

Review and Application of the Radioactive Waste Certification Program

방사성 폐기물 인증프로그램의 검토 및 적용

Hee-Jun Chung, Joo-Ho Whang

Jae-Min Lee*

Heon Kim**, Yi-Yeong Jeong**

Kyung Hee University, 1 Sochen-ri Giheung-eup Yongin-si Gyeonggi-do

*ACT Co., Ltd, #407, 1688-5 Sinil-dong Daedeok-gu, Daejeon 306-230

**Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd. 139-9 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350

정희준, 황주호

이재민*

김 현**, 정의영**

경희대학교, 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

*(주)ACT, 대전 대덕구 신일동 1688-5

**한국수력원자력(주), 대전 유성구 가정동 139-9

neutron1004@khu.ac.kr

Abstract

Securing of radioactive waste disposal site and the related operations for disposal of low and intermediate level radioactive waste is being actively carried out in Korea. For disposal of radioactive wastes, physicochemical and radiological status and integrity of radioactive wastes must be secured first. Also, waste generators must provide this information to disposers. In addition, to secure the safety of waste disposal, waste acceptance criteria (WAC) and site specific waste acceptance criteria (SWAC) to consider characteristics of the disposal site are required. Radioactive wastes must be processed, generated, managed and transferred in accordance with these criteria. [1] For this, evaluation of properties on each of the radioactive wastes must be performed. However, in reality, atomic power plants are experiencing difficulties in relation to this due to the large quantity of radioactive waste generation.

In order to solve this problem, IAEA and major overseas countries have developed, thus are using waste certification program (WCP) and quality assurance program (QAP) [2,3]. On the basis of these programs, radioactive waste certification program has been developed for safe

disposal of radioactive wastes in Korea to satisfy the provisions specified in 'low and intermediate level radioactive waste transfer guidelines' of announcement No. 2005-18 from the Ministry of Science and Technology and specific site waste acceptance criteria (tentative plan). In addition, it is being planned to administer amendment on commercial atomic power plant related procedures and onsite staff training in order for early introduction and operation of radioactive waste certification system.

Key word : Waste Acceptance Criteria (WAC), Site Specific Waste Acceptance Criteria(SWAC), Wastes Certification Program(WCP), Quality Assurance Program (QAP)

요 약

국내 중·저준위 방사성폐기물 처분을 위한 처분부지 확보 및 관련업무가 활발히 진행 중이다. 방사성폐기물 처분을 위해서는 방사성폐기물의 물리화학적, 방사학적 상태 및 건전성 등을 확보하여야 하며 폐기물 발생자는 이러한 정보를 처분사업자에게 제공해야 한다. 또한 처분 안전성을 확보하기 위하여 방사성폐기물 인수기준(Waste Acceptance Criteria : WAC) 및 처분부지 특성을 고려한 세부인수기준(Site Specific Waste Acceptance Criteria : SWAC)이 필요하며 방사성폐기물을 이 기준에 적합하게 처리·생성·관리 및 인도하여야 한다.[1] 이를 위해서는 각각의 방사성폐기물에 대한 특성평가를 수행하여야 하나 원자력발전소의 경우 방사성폐기물 발생량이 많아 현실적으로 어려움이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 IAEA 및 해외 주요 국가는 방사성폐기물 인증체계(Waste Certification Program : WCP) 및 품질보증체계(Quality Assurance Program : QAP)를 개발하여 활용하고 있으며[2,3] 이를 바탕으로 국내 방사성폐기물의 안전한 처분을 위해 과기부고시 2005-18호 '중저준위 방사성폐기물 인도규정' 및 세부인수기준(시안)을 만족할 수 있는 방사성폐기물 인증프로그램을 개발하였다. 또한 방사성폐기물 인증체계 조기 도입 및 운영을 위해서 상용원전 관련 절차서 개정 및 실무자 교육을 추진 중이다.

중심단어 : 방사성폐기물 인수기준(WAC), 방사성폐기물 세부인수기준(SWAC), 폐기물 인증 프로그램(WCP), 품질보증체계(QAP)

1. 서론

국내 중·저준위 방사성폐기물 처분을 위한 처분부지 확보 및 관련업무가 활발히 진행 중이다. 이에 한국수력원자력(주)와 경희대학교는 중·저준위 방사성폐기물 처분적합성 확보를 위한 연구를 수행하였고[4,5] 그 결과 국내 원자력발전소에서 발생하는 중·저준위 방사성폐기물 처분적합성 확보를 위해 개발한 방사성폐기물 인증프로그램을 적용할 단계에 이르렀다.

방사성폐기물 인증체계는 IAEA 및 해외 주요 국가의 인증체계(WCP)와 품질보증체계(QAP)를 바탕으로 평가하여 국내 여건에 부합하도록 설정하였고 ISO 및 원전실무자 자문과 상용원전 시범

적용을 통해 개선하였다. 인증체계의 원활한 도입 및 운영을 위해서 상용원전 관련 절차서 개정 및 실무자 교육을 추진 중이며 각각의 인증공정에 대해 과기부고시 2005-18호 '중저준위 방사성 폐기물 인도규정' 및 세부인수기준(시안) 부합여부를 재확인하였다.

국내 원자력발전소 방사성폐기물 인증체계 운영은 방사성폐기물 처분 소요비용 및 시간 절약, 대외신뢰도 확보에 많은 도움이 될 것이며 도입 이후 처분장 건립 이전까지 발생한 방사성폐기물에 대한 처분 적합성이 확보되어 현재와 같이 적합성 확인이 안된 폐기물이 더 이상 발생하지 않을 것이다.

2. 인증파일의 작성

인증파일은 각 방사성폐기물 처리 스트림에서 발생한 폐기물의 유효재현성을 확보하기 위한 주요 요소이다. 즉, 원자력발전소와 같은 대용량 폐기물 발생자가 각각의 폐기물에 대해 발생시점마다 특성평가를 수행할 수 없으므로 설계기준 및 운전조건이 변경되지 않는 한 폐기물 특성의 변화가 유효수치 이내임을 증명하기 위한 기준이다. 이를 위해서는 각 스트림에서 발생한 폐기물 특성평가를 통해 각각의 폐기물에 대한 처분적합성을 증명하고 지속적인 스트림의 유지 보수를 통해 재현성을 유지해야 한다.

즉, 발전사업자는 중·저준위 방사성 폐기물 인도규정 및 폐기물 인수기준(시안)에 의거 폐기물 처리 시설, 폐기물, 운반조건, 저장, 기타 제한요건에 대한 평가방법 및 유지 방안에 대해 입증, 제시해야 하며 인증파일의 작성 시 규제기관 및 처분사업자의 적극적인 참여를 유도하여 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다. 인증파일의 주요 항목은 다음과 같다.

○ 폐기물 처리시설

- 파괴검사 항목에 대한 유효 재현성 확보
- 유효 재현성 운전조건 정립

○ 폐기물

- 포장물 형태 및 특성 인허가 조건 만족 여부 확인
- 고형화 물질 인허가 조건 만족 여부 확인
- 방사능 준위 제한치 이하 생성 여부 확인

○ 운반조건

- 용기 기준 확인
- 각 운반 전 조건 확인
- 운반물 위해도 확인
- 손상, 오염된 폐기물 재처리 방안

○ 기타 규제기관 및 처분사업자 제한요건

3. 인증체계의 구성

인증조직

인증조직은 독립적인 신규조직으로 구성하며 인증원의 경우 방사성폐기물 특성 및 공정 전반에 대한 지식을 지니고 있어야 함을 원칙으로 하며 방사성폐기물 처리공정작업의 책임 또는 관련종사자가 아니어야 한다. 인증조직 구성방안은 표 1. 과 같다.

표 1. 인증조직 구성

구분	업무	편제	비고
인증조직 총괄(자)	- 인증조직의 업무 지원 및 대외지원 업무	한수원(주) 본사	
인증조직	인증관	한수원(주) 각 원전본부	부장급 책임자 1인
	검사역할(원)		6인 이상의 구성
	평가역할(원)		
	감사역할(원)		
	- 인증체계 (현장) 최종승인자		
	- 방사성폐기물 처리 업무 및 실공정 검사 역할		
	- 각종 서류에 대한 기술적 분석 역할		
	- 방사성폐기물 처리공정 및 체계의 감사 역할		

인증지원조직

인증지원조직이라 함은 한수원(주) 원전본부 품질관리부, 품질검사부, 방사선안전부 및 기타 폐기물 처리공정 관련자(협력업체 포함)를 뜻하며 인증업무를 지원한다. 인증지원조직의 구성방안은 표 2. 와 같다.

표 2. 인증지원조직 구성

구분	업무	편제
인증지원조직	품질보증부서	한수원(주) 원전본부
	품질검사부서	한수원(주) 원전본부
	방사선안전부	한수원(주) 원전본부
	협력업체	한수원(주) 원전본부
	- 기초이력 품질검사계획 수립	
	- 기초이력 품질검사계획에 의거 (공정, 계측기기 및 자재) 확인	
	- 공정은 동일, 점검사항 및 방법 일부 수정	
	- 실명확인제 도입	
	- 폐기물 처리 관련 절차서의 개정 및 관리 의무	
	- 공정은 동일, 점검사항 및 방법 일부 수정	
	- 실명확인제 도입	

인증원 자격요건 및 교육방안

인증원은 일정 기준 이상의 자격을 갖추어야 하며 그 자격의 유지를 위해 매년 교육계획에 의거 원자력교육원 또는 동등 기관의 방사선안전, 폐기물 관리, 품질보증, 인증절차 등의 교육을 이수하도록 한다.

가. 인증원의 자격

- 이공계 대졸자와 동일한 자격수준으로 폐기물 처리 계통 실무 2년 또는 품질업무 실무 2년 이상인 자로서 인증관련 교육을 이수한 자

나. 인증관의 자격

- 이공계 대졸자와 동일한 자격수준으로 폐기물 관리 업무 2년 이상이며 인증업무 2년 이상인 자

인증장비 설정

인증장비에 대해서는 별도의 설정은 필요하지 않다. 그러나 검증을 위한 초음파, X-ray 장치 등의 도입은 고려해야 한다. 단, 장비의 운영 및 관리 책임은 인증부서가 아닌 방사선안전부에 있다.

- 검사/시험장비는 처분사업자의 방사성폐기물의 검사항목 및 방법에 의거 선정
- 선정된 장비와 유사/동일 기능의 장비로의 대체도 가능
- 특성평가 장비는 특성평가 시험법에 명시된 장비로 대체
- 인증장비는 특성평가 시험법에 명시된 장비 이외의 비파괴적 검사 대상에 대한 장비로 구성
- 인증장비는 다음과 같으며 인증공정에 따라 변경 및 대체가 가능
 - High Resolution Gamma Spectroscopy(HRGS)
 - Neutron Multiplicity Counter(NMC)
 - Passive Neutron Coincidence Counter(PNCC)
 - X선 투시/X선 단층 검사 장비
 - 휴대용 방사선계측기
 - 기타 비파괴검사 장비

인증수행 단계

인증수행 단계는 폐기물 기초 이력의 작성 단계, 인증공정 단계(Check-point) 1·2·3, 부적합 조치 단계, 폐기물 최종 처분요청 단계로 표 3. 과 같이 구분하며 각 단계별 주관 부서의 수행 결과는 인증체계 DB를 활용하여 검토할 수 있도록 한다. 공정단계 별 인증수행단계는 표 3. 과 같다.

표 3. 인증수행 단계

공정 단계		주관 부서	주요 수행업무
기초이력작성 단계		각 원전본부 품질부서	- 공정, 자재, 절차, 기기에 대한 품질검사 - 폐기물 특성 유지 여부 검사
인증공정 단계	사전점검	인증조직 검사역할(원)	- 잡고채 폐기물 적용 잡고채분류 및 유해물질 포함여부 확인 잡고채 건조상태 확인
	Check-point 1		- 폐기물 드럼화 전 육안검사 이물질 혼입여부 및 충전량 확인 드럼 생성 기록부 확인 드럼생성번호와 폐기물 정보 부합성 확인 휴대용 계측장비 교정이력 현장 확인
	반출 및 운반		- 드럼 반출 및 운반조건 기록부 확인 - 드럼 중량 측정
	Check-point 2		- 임시저장 시 핵종분석
	Check-point 3		- 최종 처분 운반 전 비파괴검사 및 처분 문서와 폐기물의 부합성 확인
부적합조치 단계		방사성폐기물 처리 및 지원 조직	- 인증조직의 지시에 따른 절차 수행
폐기물 최종 처분요청 단계		인증조직 평가역할(원)	- 기초 이력 및 인증공정 단계별 생산자료의 문서화 및 처분요청서 작성

부적합폐기물 처리

과기부고시 2005-14호 '중저준위 방사성폐기물 처분 검사에 관한 규정'에 의거 부적합 판정된 폐기물 또는 발생시점에서 인증조직에 의해 부적합 판정된 폐기물은 다음과 같이 처리한다.

○ 부적합폐기물 처리방안

- 부적합 판정 보고서 작성
- 규제기관/처분사업자 처리방법 협의
- 처리방법 협의 전 처분 불가

인증체계 Database

방사성폐기물 인증프로그램 DB는 현재 한국수력원자력(주)에서 활용하고 있는 SAP DB와의 연동을 고려하여 개발하였다.

(1) 소프트웨어(Software)

소프트웨어는 SAP 및 Web 환경과의 연동을 고려하여 JAVA-2 Program을 활용하여 개발하였다. JAVA-2 Program은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- OOP 언어의 기능들을 모두 지원
- 특정 플랫폼에 종속되지 않는 프로그램 개발이 가능하며, 한번 개발된 프로그램은 JAVA 런타임 환경(JRE)만 있으면 어느 곳에서는 실행이 가능

- 바이트 코드라는 형태로 컴파일하고 JAVA 인터프리터를 이용하여 실행함으로써 개발의 신속성과 코드 인식성 향상
- C/C++ 언어와 많은 부분에서 유사하지만 버그가 발생할 소지가 있는 부분들(메모리 관리, 포인터 사용)을 삭제하고, 가독성을 확보함으로써 보다 나은 안정성을 제공
- 런타임 시 코드 장을 다운로드하는 것에 의해 프로그램을 동적으로 변화시킴, 즉 동적 적재를 지원
- 모든 코드 장은 실행 시 검증과정을 거쳐 보완성이 우수
- 멀티스레드 프로그램 작성 가능

(2) DB 정보

인증체계 DB에는 다음과 같은 정보가 포함되어야 한다.

- 폐기물 정보 : WAC 및 SWAC 요구항목
- Check-Point
- 인증자 : 성명, 사번(개인 실명화 방안)

자체평가

- 인증관은 인증조직 자체평가 계획을 수립하고 시행한다.
- 자체평가 결과에 의거 인증절차의 수정이 가능하다. 단, 수정사항에 대해 처분사업자 및 인증체계 총괄자에게 통보하여야 한다.
- 자체평가에 의한 인증절차 변경시 인증원 교육 일정을 재수립하여 시행한다.

서류관리

- 모든 서류의 기록은 인수기준 및 처분사업자 요구사항에 부합되도록 일관성 있도록 유지하여야 한다.
- 기록 유지를 위한 포괄적인 구조의 수립 및 유지가 필요하다.
- 기록은 검사를 위하여 항상 명확하고 법적이며 연속성을 유지해야 한다.
- 기록은 컴퓨터(운영 DB)에 의해 유지됨이 바람직하며 관련 기관이 접속할 수 있어야 한다.
- 문서 체계는 처분에 이르기까지 모든 취급, 처리 단계의 기록을 관리한다.

4. 결론 및 토의

IAEA 및 해외 주요 국가는 방사성폐기물 처분안전성 확보를 위해 품질보증체계(QAP)또는 방사성폐기물 인증체계(WCP)의 활용을 권고하고 있다. 그 내용을 살펴보면 수행부서의 차이를 제외한 기타 처분안전성 확보 방안은 유사하다. 이에 국내 여건을 고려하여 품질부서와 인증부서의 상호보완이 가능한 방향으로 설정하였다.

다수의 현장실무 책임자 회의 및 시범적용을 통해 개발된 방사성폐기물 인증체계의 활용 가능성을 타진한 결과, 인증체계의 도입을 위해서는 발전사업자 및 관련자들이 우선적으로 방사성폐기물에 대해 단순 매립대상물질이 아닌 원자력발전의 생산품으로서 인식을 전환해야 한다. 발전사업

자 및 관련자 인식이 변화하지 않는다면 인증체계 도입을 통한 처리 활동은 큰 난관에 부딪힐 것으로 예상된다.

또한 국내 상용원전의 경우 발전소 별로 서로 다른 절차를 수립하여 운영하고 있으므로 개발된 방사성폐기물 인증체계에 따라 관련 절차를 재분류하여 표준절차서를 작성하고 지금부터라도 처분안전성이 확인된 방사성폐기물을 생산하여 처분에 대비하여야 한다. 이를 위해서는 방사성폐기물 인증프로그램 적용시점에서부터 원전 관련 부서와 규제기관의 적극적인 참여와 관심을 유도해야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 정찬우 외 5, '중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영기준 수립방안', 한국방사성폐기물학회 학술논문집, 한국방사성폐기물 학회, 2004.6
2. Oak Ridge National Lab, Tennessee, 'Waste Certification Program Plan', ORNL/TM-13288 Revision 7, 2001.11
3. IAEA, 'Inspection and verification of waste packages for near surface disposal', IAEA-TECDOC-1129, 2000.1
4. 이재민 외 6, '방사성폐기물 인증프로그램 개발을 위한 검토', 2004 방사선방어 및 방사성폐기물에 관한 추계 심포지움 논문집, 한국방사성폐기물 학회, 2004.11
5. 정희준 외 4, '방사성폐기물 인증프로그램 개발 방안', 2005 춘계 한국방사성폐기물학회 학술논문집, 한국방사성폐기물 학회, 2005.6