

## 경주 처분장의 중·저준위 방사성폐기물 인수검사설비 구성 및 운영

임석남, 김생기, 정기진

한국방사성폐기물관리공단, 경기도 용인시 기흥구 중동 848-2

snlim@krmc.or.kr

### 1. 서론

원전 등에서 인수한 중·저준위 방사성폐기물을 최종적으로 처분하기 전에 경주 처분장에서 인수 방폐물의 인수기준 만족여부를 확인한다. 인수 방폐물은 인수기준에 따라 포장되어 있어 파괴적으로 분석하기에는 비용과 종사자 피폭측면에서 사실상 수행하기 어렵다. 따라서 한국방사성폐기물관리공단은 비파괴적 검사기술, 원격제어 기술 및 데이터 자동화를 설계 개념으로 하는 인수검사설비를 2010년 하반기부터 운영할 계획이다. 인수 방사성폐기물은 포장물의 특성이 다양하기 때문에 인수검사시설을 구성 및 운영하기 위하여 많은 고려와 노력이 요구된다.

인수검사는 전수검사와 표본검사로 구분된다. 전수검사는 모든 방폐물에 대하여 실시하는 검사로 외관 건전성, 중량, 표면 방사선량률로 구성되고 표본검사는 표면오염도, 채움률, 유리수, 핵중농도 및 압축강도로 구성된다.

모든 측정된 인수검사자료는 자동으로 전송되어 데이터베이스 파일에 저장하게 된다.

경주 처분장은 1년에 약 13,000 드럼의 방폐물을 처분할 계획이다. 이러한 연간 처분량을 고려하여 인수검사설비의 검사속도가 결정 된다. 전수검사는 드럼 당 8분, 표본검사는 드럼 당 120분이 소요된다. 표본 검사는 전수검사 16 드럼 당 1 드럼이 실시된다.

### 2. 인수검사설비 구성 및 운영계획

#### 2.1. 인수검사설비 구성

인수검사설비는 규격 포장물(200리터/300리터 철재 드럼)과 비규격 포장물(콘크리트 용기 등) 인수검사설비로 나누어 배치되고 이들은 다시 전수검사 지역과 표본검사 지역으로 구성된다.

인수검사설비는 크게 인수검사장비, 바코드 장치, 컨베이어, 크레인, 운반대차, X-ray 차폐실 및 주체어실로 구성된다. 인수검사장비는 외관건전성검사기, 표면방사선량률 측정기, 표면오염도 측정기, 중량측정기, 핵중농도분석기, X-ray 검사기 및 압축강도 측정기로 구성된다. X-ray 검사기는 유리수, 채움률 등을 검사한다.

#### 2.2. 인수검사설비 운영

##### 2.2.1. 규격 포장물 검사설비 운영

전수검사설비는 다음과 같이 운영된다. 규격 포장물은 운반용기에 담겨져 인수검사실에 도착한다. 운반용기는 운반대차를 이용하여 인수검사실로 옮긴 후 크레인을 이용하여 뚜껑을 개방한다. 크레인은 운반용기 내의 포장물을 인양한다. 포장물이 크레인에 의해 들려 있는 동안 크레

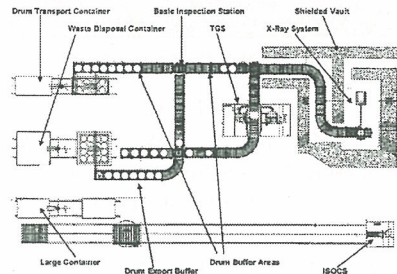


Fig. 1. 인수검사설비 구성도

인과 연결 설치된 중량측정기로 포장물의 중량을 측정한다. 그리고 CCTV 카메라로 포장물의 하부에 대하여 외관건전성 검사를 실시한다. 외관건전성검사가 종료되면 포장물은 컨베이어에 올려진다.

포장물이 컨베이어에 올려지면 포장물에 바코드를 부착한다. 바코드가 부착된 포장물은 컨베이어 상의 분석대기지역으로 이동되며 이 공정이 반복되어 총 8개 포장물이 분석대기지역에 위치하게 된다.

포장물은 순서대로 회전타자로 이동하고 회전타자가 회전되면서 바코드를 읽는다. 포장물의 외관건전성검사는 CCTV 카메라로 실시한다. CCTV 카메라는 포장물이 회전하는 동안 포장물의 상부와 측면을 검사한다. 외관건전성검사 프로그램은 CCTV 카메라로 촬영된 이미지를 처리하고 표준 이미지와의 차이를 이용하여 포장물의 결함을 확인한다.

표면감마방사선량률은 외관검사를 하는 동안 3개의 방사선량 감시기로 실시한다. 방사선량감시기의 하나는 상부를 하나는 하부를 하나는 측면을 측정한다. 전수검사가 완료된 포장물은 처분용기에 넣거나 표본검사 대기지역으로 이동한다. 전수검사 포장물 중에서 인수검사기준을 충족하지 못하는 포장물은 포장물의 회수대기지역으로 이동한다. 첫 번째 표본검사는 포장물의 표면오염도측정이다.

원격 조작기는 포장물의 표면을 스미어 천으로 훑쳐낸다. 원격 조작기는 스미어 천을 오염도 측정기에 올려놓는다. 오염도 측정이 완료되면 원격 조작기는 스미어 천을 폐기물 수집용기에 넣는다. 포장물은 이제 엑스레이 검사실로 이동하여 엑스레이 검사를 받는다. 엑스레이 검사 이미지는 1cm 간격으로 판독자에 의해 검토되어 포장물중의 빈 공간과 유리수 존재 여부를 확인한다. 유리수의 확인은 2개의 DR(Digital Radiography) 이미지를 이용한다. 이미지 하나는 포장물이 정상적인 상태로 위치시켜 측정하고 다른 하나는 포장물을 기울인 상태에서 측정한다. 이 두 개의 이미지를 이용하면 유리수의 움직임을 찾아 낼 수 있어

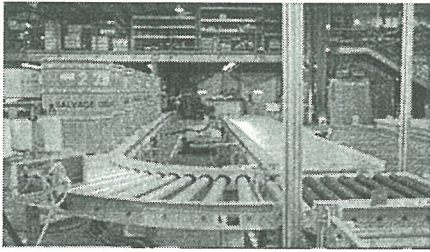


Fig. 2. 포장물 회수대지역(오른쪽)

빈공간과 유리수를 구별할 수 있다.

포장물은 핵종농도분석기로 이동되고 TGS (Tomographic Gamma Scanner) 또는 SGS (Segmented Gamma Scanning) 모드를 이용하여 핵종농도분석을 하게 된다. 전송선원을 이용하여 포장물의 밀도지도를 만든다. 이 밀도지도는 고화체에 의한 포장물 내의 감마방출 감쇄상수를 교정하는데 사용된다. 핵종농도 분석기는 고해상도 감마검출기를 기반으로 하며 포장물의 밀도와 표면 선량률에 따라 콜리메이터의 개도가 결정된다. 동위원소 전송선원은 감마선 질량 감쇄를 결정하는데 사용된다. TGS 모드에서 한번은 전송선원 없이 한번은 전송선원과 함께 방사능 세기를 측정함으로써 감마 방사선 방출지도와 상관관계를 이루고 있는 질량 감쇄 이미지 지도를 생성하는데 이용한다. 이 두 가지의 상관관계 정보는 정확한 포장물의 방사능량을 구하는데 이용된다. 고화체의 밀도가 1.5 g/cc 이상일 경우 핵종농도분석기는 자동으로 SGS 모드로 바뀐다. SGS는 여러 층으로 나누어 측정된 각 층에 대한 평균 방사능을 결정한다.

포장물은 포장물의 압축강도 측정기로 이동하게 된다. 콘크리트 또는 철재 표면의 기계적 충격은 저 주파수 압축 파동(20- 80 kHz)을 생성하게 된다.

저 주파수 압축 파동은 물질을 통하여 전파된다. 이러한 압축 파동의 파장은 모래, 자갈 등의 혼합재, 공기방울, 미세균열 등의 콘크리트내의 자연적인 비균질 지역의 지름 보다 긴 50mm ~ 2,000mm의 길이를 가진다. 따라서 균질한 탄성체와 거의 같이 콘크리트를 통하여 전달하게 된다. 이러한 구조물 내의 파장의 반사는 진동을 일으킨다. 그 결과로 생성되는 포장물 표면의 변위가 가속도계에 의해 기록된다. 가속도계는 변위에 비례하는 전압을 생성한다. 그 결과로써 발생하는 전압 대 시간 신호는 디지털 신호화 되어 컴퓨터의 저장장치에 전송된다. 저장된 신호는 수학적으로 진폭 대 주파수의 스펙트럼으로 변형된다. 파동 형태와 스펙트럼을 컴퓨터 스크린 상에 표시하면 스펙트럼 내의 피크로 나타나는 주파수들은 구조물 내의 압축 파동의 다양한 반응과 관련되어 있다. 포장물은 처분용기에 포장하기 전에 바코드 회전탁자에서 다시 바코드를 붙이게 된다.

2.2.2 비규격 포장물 검사설비 운영

비규격 포장물은 케도위의 대차위에 놓이게 된다. 비규격 포장물은 전수검사지역으로 이동되어 중량과 육안검사를 받는다. CCTV 카메라라가 포장물이 회전하는 동안 포장물의 상부와 측면을 검사하고 자동적으로 손상부위를 찾아낸다.

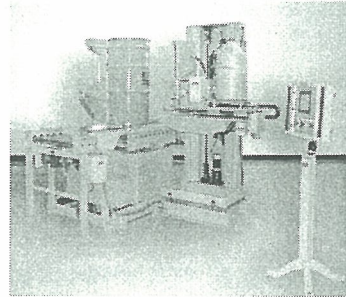


Fig. 3. 방사성핵종분석장치

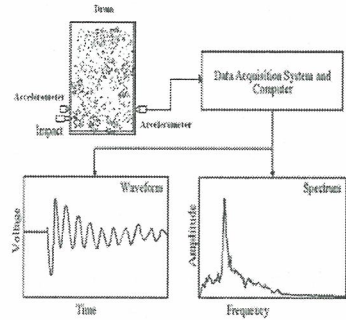


Fig. 4. 콘크리트 압축강도 측정 원리도

포장물이 회전하는 동안 포장물 상부, 측면 및 하부의 표면 감마 방사선량률이 측정된다. 표면검사를 실시할 포장물은 표면 검사 지역으로 이동된다.

감미분석기술을 기반으로 하는 ISOCs(In Situ Object Counting System)의 핵종분석기가 포장물의 핵종농도를 분석한다. ISOCs는 고정형 콜리메이터와 고해상도 감마검출기를 사용한다. 포장물은 표면 방사선량률에 따라 1.7 ~ 4.7m 의 어느 곳에 위치하게 된다. 추가적으로 높은 방사능 농도를 가지는 포장물의 핵종농도 분석을 위하여 검출기가 측정하기에 적절한 준위의 방사선이 입사되도록 세기를 조절하는 자동 콜리메이터를 갖추고 있다.

포장물은 다음에 표면오염측정 위치로 이동한다. 표면오염검사는 자동 스메어에 의하여 오염도를 측정한다. 비규격 포장물은 바코드를 새로 붙이게 된다.

3. 결론

경주 처분장에 설치, 운영되는 중·저준위 방사성폐기물 특성 평가 설비는 종합적인 비파괴 기술을 적용하고 종사자의 출입을 필요로 하지 않도록 원격 자동제어 되도록 설계되어 종사자의 피폭을 최소화 할 수 있고 종사자의 안전을 증가시킬 수 있다. 또한 인수검사설비 운영과정에서 발생하는 2차 방사성폐기물의 발생을 최소화 할 수 있다.

그리고 폐폐물 특성평가에 소요되는 시간과 비용을 줄일 수 있다. 자동자료처리시스템은 자료의 보관 기간 동안 자료의 품질과 완결성을 유지할 수 있다. 그리고 필요한 자료는 필요한 시기에 신뢰도 있게 접근하여 이용할 수 있다.