

폐기물 관리에 적용되는 방사선 방호

송 명 재

한전 원자력환경기술원 연구개발실장

방사선 방호 책임

방사성 폐기물을 취급하는 데 있어서 방사선 피폭은 피할 수 없기 때문에 이를 최소화할 수 있도록 방사선 방호 체계를 수립하여 운영하여야 한다.

방사선 방호의 목표는 인체에 유해한 결정론적 영향의 발생을 방지하고, 확률론적 영향의 발생을 합리적으로 달성 가능한 범위 내에서 낮게 유지하는 것이다.

국제방사선방호위원회(ICRP : International Commission on Radiological Protection)에서는 방사선 방호 체계에 대한 3가지 원칙을 권고하고 있다.

첫 번째로, 「행위의 정당화」로서 “방사선 피폭을 수반하는 어떠한 행위가 개인이나 사회에 방사선적 손해를 상쇄할 수 있는 실질적이고 충분한 이익을 가져다 주지 않으면 채택하지 않아야 한다”는 것이며, 두 번째로는 「방사선 방호의 최적화」로서 “방사선 피폭을 수반하는

행위가 정당화되었을 경우에는 그 행위로 야기되는 모든 개인의 피폭 선량, 피폭하는 자의 수, 그리고 피폭이 야기될 가능성 등을 경제적 및 사회적인 요인을 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 (ALARA) 유지하여야 한다”는 것이다.

마지막으로 「개인의 선량 및 리스크(Risk) 한도」로서, “정당화 및 최적화가 된 경우에, 개인에 대한 유효 선량 또는 잠재적 피폭 리스크가 일정한 한도값을 초과하지 않아야 한다”는 것이다.

IAEA에서는 국제방사선방호위원회의 권고 ICRP-60을 토대로 이온화 방사선 방호 및 방사선 선원의 안전을 위한 국제 기본 안전 표준(BSS No.115)을 발표하였는데, 여기서는 BSS No.115를 중심으로 폐기물 관리에 적용할 수 있는 방사선 방호 원리에 대해 살펴 보았다

방사선 피폭을 수반하는 행위에 종사하는 작업자의 사용자나 인허가자뿐만 아니라 작업자 모두 방사선 방호 책임을 지게 되는데, BSS No.115에 제시된 사용자와 작업자의 방사선 방호 책임은 폐기물 관리에 있어서도 그대로 적용된다.

사용자는 작업자를 방사선 피폭으로부터 보호해야 할 책임과 적절한 규제 요건을 준수하여야 하는 책임을 가진다.

사용자가 작업자의 안전을 도모하기 위하여 이행하여야 할 주요 의무 및 책임을 요약해 보면 다음과 같다.

- 작업상의 피폭 제한
- 작업상의 피폭을 최소화하기 위한 방호 최적화
- 방사선 방호를 위한 정책, 절차서 조직의 설정

- 방사선 방호를 위한 적절한 설비, 장비 및 부대 시설 제공
- 필요한 건강 검사 및 이에 관련된 부대 서비스 제공
- 적절한 방호 장치 및 감시 장비 제공
- 체계적인 교육 및 훈련 제공
- 적절한 기록 유지
- 안전 문화 증진을 위한 필요 조건 제공

또한 사용자의 책임과 함께 작업자도 개인의 방사선 방호 측면에서 여러 가지 책임을 지게 되는데 고려해야 할 주요 사항들은 다음과 같다.

- 방사선 방호를 위한 적용 법규 및 절차서 준수
- 적절한 감시 장치 및 보호 장비 사용
- 과거 및 현재 작업에 대한 개인 정보를 사용자에게 제공
- 법적 요건을 위반하는 고의적인 행위 금지
- 방사선 방호와 관련된 정보 제공 및 교육/훈련 수용

밀봉 선원 차폐

산업체·병원 및 연구소 등에서 의료용·산업용 조사가 및 비파괴 검사용 선원으로 사용되는 밀봉 선원의 경우, 방사선 방호 측면에서 방사선에 노출되는 정도를 최소화하기 위한 일환으로써 차폐 용기에

보관하거나 저장하고 있다. 따라서 밀봉 선원을 취급하는 데 있어서의 차폐 기본 원리 및 각 방사선에 대한 차폐 원리를 간략히 기술하기로 한다.

1. 기본 원리

작업자가 밀봉 선원을 취급할 때, 방사선 피폭을 최소화하기 위해 차폐시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

- 선원의 세기 및 방사선 형태
- 차폐 재질의 특성
- 적절한 방호를 위한 차폐 형태 및 두께
- 고방사선 물질 저장고에 대한 미로 통로
- 장시간 밀봉 선원 취급시 이동형 차폐
- 납유리 또는 취급 용기와 같은 특수 차폐

2. 각 방사선에 대한 차폐

가. 알파 입자

알파 입자는 비행 거리가 짧으며, 밀봉 선원에 대해서는 차폐가 필요없다.

나. 베타 입자

베타선의 차폐에는 원자 번호가 낮은 물질(플라스틱·알루미늄 등)이 선호된다.

그 이유는 베타선이 금속 차폐 물질과 반응하여 에너지를 잃으면서 발생하는 제동 복사선 또는 제

동 X-선 (Bremsstrahlung)을 방지하기 위해서다.

제동 X-선은 연속 스펙트럼으로 나타나며, 이 때 베타선의 에너지가 X-선으로 전환되는 율(f)은 흡수 번호의 원자 번호(Z)와 베타 입자의 최대 에너지(E)에 다음과 같이 비례한다.

$$f = 3.5 \times 10^{-4} Z E_{max}$$

f : beta energy fraction for bremsstrahlung

Z : atomic number

E_{max} : max. energy of beta particle

따라서 베타선의 차폐에는 원자 번호가 낮은 물질로 1차 차폐하고, 이후 발생 되는 제동 X-선을 차폐하기 위하여 납이나 철 등의 원자 번호가 높은 물질을 사용한다.

다. 투과성 X-감마선

일반적으로 투과력이 강한 감마선이나 X-선의 차폐에는 원자 번호가 크고 밀도가 높을수록 방사선의 감쇠 계수가 커지므로 밀도가 높은 납·철·텅스텐·(감손)우라늄 및 콘크리트가 주로 사용된다.

라. 중성자

중성자의 차폐는 중성자가 매질 내에서 감속되고 흡수되는 과정을 정확히 알아야 하며 복잡한 수송 방정식이나 확산 방정식을 풀어야 비교적 정확한 해를 구할 수 있다.

중성자는 원자 번호가 작을수록 에너지를 잘 잃기 때문에



(중성자 감속 및 감쇠 현상으로 설명) 보통 물이나 · 피라핀 · 폴리에틸렌 · 탄소 및 콘크리트로 차폐된다.

개봉 선원 취급

개봉 선원을 취급하는 데 있어서 사용상의 부주의로 인하여 외부로 누출되었을 경우 작업 구역의 오염과 함께 작업자의 내부 피폭이 문제될 수 있다.

따라서 개봉 선원을 다루는 데 있어서 우선적으로 고려되어야 하는 것은 밀폐된 영역에서 개봉 선원을 취급하는 것으로 이때에는 Gloved Box 혹은 Fume hood를 이용한다.

또한 밀폐된 영역에서의 누출 및 확산을 방지하기 위해서 Air cleaning system이나 air ventilation system을 설치해야 한다.

아울러 내부 오염 경로를 차단하기 위해서 적절한 마스크나 방호복을 착용하고 감시 설비를 설치하여 감시해야 한다

밀폐된 영역에서 개봉 선원을 취급할 때 고려되어야 할 Glove Box의 주요 설치 요건들은 다음과 같다.

- 견고하고 질긴 그리고 화재에 강한 물질 사용
- 실험 과정에서 흘린 액체를



방사성 폐기물을 취급하는 데 있어서 방사선 피폭은 피할 수 없기 때문에 이를 최소화할 수 있도록 방사선 방호 체계를 수립하여 운영하여야 한다. 방사선 방호의 목표는 인체에 유해한 결정론적 영향의 발생을 방지하고, 확률론적 영향의 발생을 합리적으로 달성 가능한 범위 내에서 낮게 유지하는 것이다.

수집하여 저장할 수 있는 트레이 설치

- 작업과정을 충분히 인식할 수 있는 안내창 설치
- Glove Box 한쪽 끝에 Air interlock 설치
- Glove Box의 위쪽에 Unit blower 설치

있도록 하고 있다.

방사선 관리 조직이 작업자 및 작업 공간 내의 방사선 방호를 위하여 설치 운영하고 있는 방사선 감시기는 다음과 같이 구분된다.

- 지역 방사선 감시기
- 개인 방사선 감시기
- 환경 방사선 감시기
- 방사성 물질 감시기

방사선 감시기

방사선 감시기는 방사능 준위를 측정 · 지시 · 기록하여 작업자에게 방사능 준위를 알려줌으로써 방사성 물질의 확산 방지와 작업자의 안전 및 시설 외부 환경으로 방사성 물질의 누출을 억제하기 위해 시설 내에 설치하거나 휴대할 수

1. 지역 방사선 감시기

지역 방사선 감시기의 목적은 방사선 또는 방사성 물질을 취급하는 작업장 또는 지역에 대한 방사선 준위와 방사성 오염 준위를 감시하여 안전한 작업 환경을 유지함으로써 작업자의 건강과 환경을 보전하는 것이 주목적이며, 이를 위해서

는 작업장의 공간 방사선량, 표면 오염도, 공기중 방사성 오염도를 정기적으로 측정하고 그 결과를 평가하여 안전성 확보 측면에서 필요한 일련의 조치나 권고를 수행해야 한다.

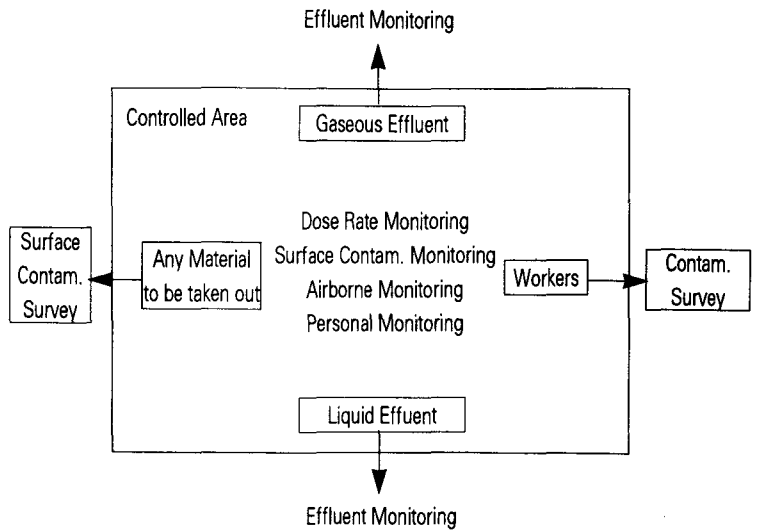
2. 개인 방사선 감시기

개인 방사선 감시기의 목적은 방사선 종사자 개인의 피폭 선량이 기본 선량 한도 또는 인정 한도를 초과하지 않도록 하며 방사선 피폭으로 인한 확률적 영향의 발생 확률을 제한하는 것이다.

개인 방사선 감시기는 크게 외부 피폭 선량과 내부 피폭 선량 측정으로 구분되며, 외부 피폭 선량을 필름 배지, TLD 배지, 포켓 도시메타 등의 개인 선량계를 이용하여 사용 기간 동안의 누적된 선량을 물리적으로 판독하여 평가한다.

또한 방사선 작업 도중 자신의 피폭 선량을 직접 수시로 확인할 수 있는 보조 선량계로서 개인 휴대용 직독식 포켓 선량계나 포켓 정보 선량계 등을 이용한다. 또한 중요한 것은 인체 내부 오염의 판단과 이로 인한 내부 피폭 선량의 평가다. 체내 피폭 선량 평가는 체내에 예탁된 방사능을 측정하는 일부터 시작된다.

체내 방사능의 측정에는 인체의 배설물 중의 방사능을 측정하여 체내 부하량을 예상하는 간접적 방법



인 생체 시료 분석법(Bioassay 법)과 감도가 매우 좋은 방사선 검출기를 사용하여 체내 방사능을 인체 외부에서 직접 측정하는 전신계측법(Whole Body counting 법) 등이 주로 이용된다.

3. 환경 방사선 감시기

환경 방사선 감시기는 방사선원이나 방사성 물질 등의 취급 및 시설의 가동으로 인하여 시설 외부 환경으로 방출되는 방사능 및 방사선 준위를 연속적으로 감시하는 것으로 환경 방사능의 감시는 주로 선정된 환경 시료(토양·물·공기·농작물 등) 중의 방사능을 측정/분석하며, 환경 시료는 방출될 수 있는 핵종의 물리적·화학적 성질과 해당 지역 환경의 특성(기

상·수리·지질·토지 이용·인구 분포 등) 등을 면밀히 검토하여 선정되어야 한다.

4. 방사성 물질 감시기

개인의 방사선 피폭이 방사선 관리자의 통제하에 있도록 하기 위하여 가장 중요한 것 중의 하나가 방사성 물질의 감시이다. 시설 내외부에 있는 방사성 물질의 양을 항상 판단할 수 있으므로 해당 구역에서의 방사선 피폭 가능성을 예측할 수 있다.

방사성 폐기물의 관리가 제대로 수행되지 않을 경우에는 작업자 또는 개인에게 불의의 오염이나 피폭을 줄 가능성이 커진다. 따라서 방사성 폐기물에 대한 철저한 관리가 필요하다. ☞