

밀봉 선원 폐기물의 안전 관리

Vilmos Friedrich

IAEA/Division of Nuclear Fuel Cycle and waste Technology

밀

봉 선원이란 캡슐 내에 봉 인되어 있거나 고체 상태로 완전히 결합되어 있는 선원을 말한다. 즉 누설되지 않도록 캡슐에 포장되어 있거나 혹은 그러한 역할을 하는 물질로 되어 있는 선원이다. 이러한 것들은 예견될 수 있는 비정상 조건하에서도 그 상태를 유지할 수 있도록 충분한 강도를 갖고 있어야 한다.

방사성 핵종을 생산하여 이용 용도에 적합하도록 밀봉하거나 장비에 부착시켜서 이를 동위원소 이용자들에게 공급한다. 동위원소 이용자는 이를 사용한 후 어느 정도 방사능이 붕괴되어 사용 목적에 부적합할 경우 이를 폐기한다.

폐기된 밀봉 선원은 저장고에 운반되어 저장하거나 재사용이 가능할 경우 재사용할 수도 있으며, 안정화시켜 저장한 후 처분 조건에 적합하게 한 후 처분하게 된다.

방사선원 관리

방사선원의 이용에 대한 관리를 위해서는 선원의 이용에 대해 정당화와 최적화가 이루어져야 한다. 그리고 선원을 이용하기 위해서는 정부 기관으로부터 적절한 인·허가를 받아야 하며 선원에 대한 등록과 계속적인 기록이 이루어져 추적이 가능해야 한다. 즉 이력 관리가 철저히 이루어져야 하고 선원의 이용자는 이러한 모든 지침을 철저히 이행할 의무가 있다. 그리고 폐기된 선원에 대해서는 철저한 관리를 통해 환경으로부터 격리시켜 일반인에게 불필요한 피폭이 이루어지지 않도록 관리되어야 한다.

밀봉 선원에 의해서 발생 가능한 방사선 장애는 외부 방사선에 의한 피폭과 선원 생산 단계에서 또는 사용 시설에서의 오염으로 인한 환경 오염이 있다.

이에 따라 이러한 사고의 가능성

을 계속적으로 줄이기 위한 경제적인 손실이 뒤따르게 될 수 있다.

방사선과 방사성 동위원소의 이용 방법은 매우 다양하지만 트레이서 이용 및 조사 이용의 2개 분야로 크게 구분된다.

밀봉 선원의 주된 용도는 각 핵종에 따라 다르며 <표>와 같이 여러 분야에서 이용되고 있다.

선원이 이동되는 경우는 어떤 목적을 위해 운반을 하거나 일시적으로 사용을 중지하기 위한 이동이 있을 수 있다. 다른 사용자에게 재사용을 위한 양도·양수를 위해 임시로 저장하는 경우도 있을 수 있다. 그리고 밀봉 선원을 사용 목적에 맞게 사용하였으나 그 용도가 끝나 폐기물로 간주되지는 않지만 이용을 하지 않는 경우도 있을 수 있다.

방사선원을 사용하다 폐기하는 경우는 여러 가지가 있지만 주로 다음과 같은 경우 사용자는 밀봉 선원을 폐기하게 된다.

〈표〉 밀봉 선원 핵종별 용도

핵종	구분	반감기	용도
Am-241		433년	형광 X선 분석, 연기감지기, 석유 제품 중의 함유량 측정(성분 분석)
Gd-153		242일	두께 측정, 보정용, 비파괴 검사용
Cs-137		30년	비파괴 검사(철판 두께 측정), 탱크 내에 들어있는 연료의 경계면 레벨 측정, 암 치료
Kr-85		10.8년	무게 측정, 두께 측정
Co-60		5.3년	품질 개량, 해충의 방제, 암 치료, 멸균, 중량 측정, 밀도 측정, Glass Melting Furnace의 Level 측정
Ni-63		100년	성분 분석, 밀도 측정, 사진 촬영, 유해 물질의 분석, 시약 또는 약품의 불순물 측정
Sr-90		28.8년	금속 분야의 두께 측정, 레벨 측정, 식품 성분 분석
Pm-147		2.6년	야광 도료, 형광등의 스타터, 필름 생산품의 두께 측정
Ra-226		1,600년	암 치료, 보정용
H-3		12.3년	건물의 비상구 표지의 야광 도료, 유전자 공학 연구
Ir-192		74일	비파괴 검사(균열, 손상 여부 확인), 암 치료
Am-241-Be		433년	금속 분야의 두께 측정, 수분 측정, 보정용, 물질 분석용
Cm-244		17.6년	금속 재료의 화학 성분 분석, 오일중의 황 분석, 필름의 두께 측정
Cf-252		2.6년	드립 레벨 측정, 연료봉의 농도 밀도 현상 검사
Fe-55		2.6년	빈철 검사, 형광 X선 분석, 물질 분석용
I-125		60일	유전자 공학 연구, 신약품 개발, 갑상선 치료
C-14		5,730년	암석 또는 지층의 연대 측정, 신약품 개발

우선 방사선원을 사용하다 사용 목적에 맞지 않을 정도로 방사능이 붕괴되어 방사능이 낮아진 경우, 그리고 선원에 누설이 발생하여 오염 가능성이 있거나 외부의 충격을 받아 오염의 우려가 있을 경우 이를 폐기시킨다.

한편 장비에 부착하여 사용하던 선원에 대해서는 장비가 노후화되어 사용할 수 없을 경우 폐기시킨다.

그리고 어떤 검사나 기술에 방사선원을 이용하다 다른 기술이 개발되어 선원의 사용이 필요 없게 될 경우와 우선 순위에 변화가 생길

경우 불용 선원이 되게 된다. 또한 선원을 분실하거나 도둑맞을 경우 선원을 이용할 수 없게 된다.

방사선원을 이용함에 있어 그 위험도는 선원의 여러 가지 요소에 따라 위험도가 달리 나타날 수 있다. 선원의 사용에 있어 위험도에 영향을 미치는 인자로서는 우선 선원의 반감기를 들 수 있다.

반감기가 짧은 것은 현재의 방사능이 높다 하더라도 시간이 지남에 따라 붕괴가 많이 일어나 방사능이 낮아지게 되어 그 위험도는 급격히 감소하게 된다. 또한 방사선원의

방사능이 위험도에 큰 영향을 미치게 된다.

당연히 방사능이 높은 것이 방사능이 낮은 것보다 더 큰 위험을 초래할 수 있다. 또한 선원의 특성이나 선원의 기하학적 형태, 봉입 상태, 물리화학적 형태, 붕괴 후 어떤 핵종으로 변환되는지, 그리고 방사선의 형태에 따라 그 위험도는 달라질 수 있다.

폐기 또는 불용 선원에 대한 관리의 불필요한 피폭을 방지하고 환경에 미치는 영향을 억제하기 위해 철저히 이루어져야 한다.

우선 사용자는 가능한 저장 기간을 줄이도록 하여야 하고, 저장함에 있어서는 안전성을 확보할 수 있어야 하며, 이러한 선원에 대해서는 공급자에게 반환하거나 폐기물 관리 기관에 인도하도록 한다. 그리고 폐기물 관리 기관은 폐기된 선원에 대해 안정화 처리를 한 후 저장을 하거나 처분시키도록 한다.

밀봉 선원의 안전 관리 체계

국제원자력기구(IAEA)는 방사선원에 대한 안전성 향상을 위해 아래와 같은 활동을 하며 지원 업무를 수행하고 있다.

- 규제를 위한 하부 조직 구성
- 불용 선원 관리, 선원의 분류
- 비정상적 사건에 대한 질의 응답
- 정보 교환, 교육 및 훈련, 국제

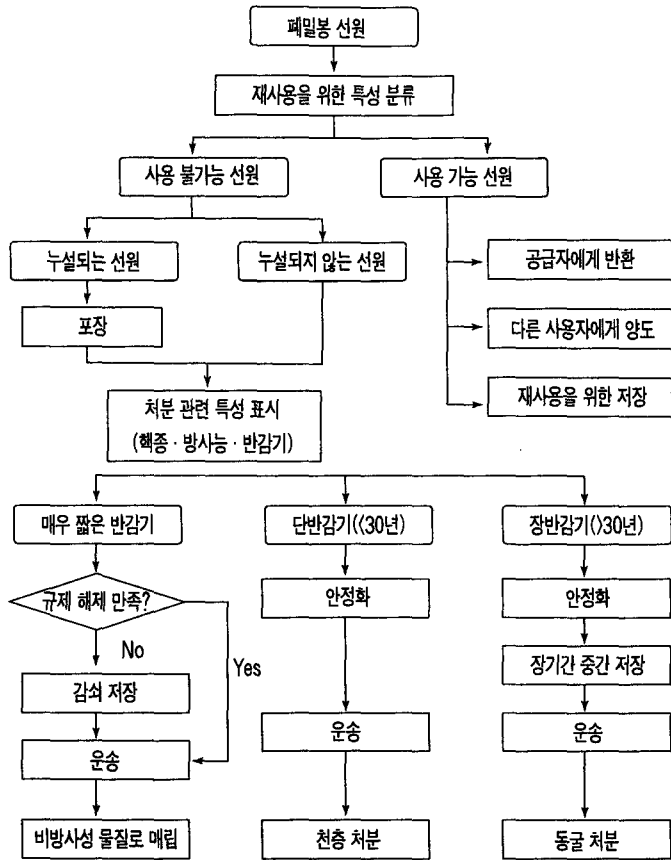
사업

모든 규제 면제 준위 이상의 방사능을 지닌 폐밀봉 선원은 안전하게 관리하여야 하며 최종 처분 전까지 안정화와 중간 저장이 필요하다. 1년 이내에 규제 면제 준위로 감쇠되는 단반감기 방사선원은 안정화하지 않고 저장해도 좋다. 저장 관리하는 동안 최종 처분에 대한 운반 및 인수 기준을 고려하여야 한다.

만일 저장 기간이 몇 주일 이내로 짧으면 접근을 통제하고 콘크리트 또는 납 벽돌로 간지 차폐를 하여야 하고, 장기간 보관한다면 케비넷 또는 안전 잠금 장치, 화재 방호, 납 차폐 등으로 안전하게 관리하여야 한다.

안정화를 위한 장소로의 운반은 방사성 물질 운반에 대한 규제 조건(IAEA에서 권고한 지침서)을 만족하여야 한다. 운송하기 전에 누출 시험, 오염 검사, 외부 피폭 선량률을 측정 한 후 운반하여야 한다. 안정화 절차시 아래와 같이 기본적인 사항을 표기하여야 한다.

- 방사성 핵종, 방사능과 일자 (예 Co-60, 20 GBq, 14 January 1988)
- 선원 제조사(예, Amersham, UK)
- 크기와 모양을 포함한 선원의 형태
- 선원의 이력에 관한 상세 정보를 알고 있는 사람의 이름과



〈그림〉 폐밀봉 선원의 관리 체계

주소를 포함한 선원의 사용자
 • 누설 시험을 수행했던 시험 결과
 만일 선원이 장비 또는 차폐 용기에 포함되어 있다면 장비·크기 및 물질 등에 대한 상세 정보가 필요하며 차폐 용기 표면과 1m 떨어진 거리에서의 선량률을 측정하여야 한다.

안정화 작업을 수행하기 위해서는 대학교에서 방사화학 또는 방사물리학을 전공하고 밀봉 선원 취급 경험이 있는 자가 전반적인 운영을 책임져야 한다.

운반 차량과 지게차를 운전하는 사람은 방사성 용기의 취급과 이동을 위한 훈련이 필요하며, 숙련된 작업자가 될 수 있도록 방사성 물질 취급 훈련을 받아야 한다.

폐 밀봉 선원의 관리 체계에 대하여 〈그림〉에 나타냈다. 폐 밀봉 선원의 방사능이 높아 다른 이용 기관에서 사용하고자 할 경우에는 안전성 검사(누설 시험, 차폐체 건전성 검사)를 한 후 방사성 물질 통보계를 작성하여 사용 기관에 밀봉 선원을 인계 인수한다.