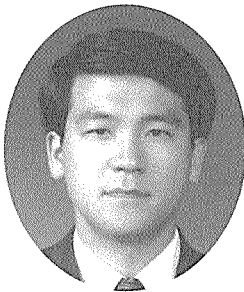


등

향

방사성동위원소 폐기물 관리사업의 현황



최 광 섭

원자력환경기술원
폐기물관리과 과장

1. 서론

방사성동위원소(RI) 폐기물이라 함은 방사성동위원소 또는 그에 의하여 오염된 물질로서 폐기의 대상이 되는 물질을 말한다고 산업자원부 고시 제 1999-102호에 정의되어 있다. 원자력의 평화적 이용에 있어 그 부산물인 방사성폐기물은 필연적으로 발생되며 폐기물을 안전하게 처리, 저장 및 처분하는 사업을 원자력환경기술원에서 수행하고 있다.

방사성동위원소의 이용은 1980년대 이후 이용기관 수가 최근 몇년간 연평균 10% 증가하고 있으며 이로 인하여 RI폐기물의 발생량도 점차 증가되고 있다. 방사성동위원소를 이용하고 있는 기관은 2000년 12월말 현재 1,698개 기관으로 RI 이용기관별로 분류하면 산업체 915개, 의료기관 126개, 연구기관 215개, 교육기관 198개, 공공기관 235개 및 기타 9개 기관으로 나누어진다.

2. RI폐기물의 특성

RI 이용기관에서는 개봉선원과 밀봉선원의 형태로 RI를 이용하고 있다. 개봉선원은 병원, 연구소 및 대학 등에서 질병의 진단과 치료 및 각종 연구목적으로 사용되며, 주요 핵종은 Tc-99m, I-125, I-131 등으로 대부분 반감기가 짧은 핵종이므로 단기간내에 방사능이 매우 낮아지는 것이 특징이다. 그러므로 개봉선원의 사용에 따라 발생하는 RI폐기물은 그 양은 많으나 비방사능은 매우 낮은 편이다. 특히 Tc-99m의 경우 반감기가 6시간 정도이므로 불과 10일만 경과하여도 방사능은 1조분의 1로 떨어진다.

오염 핵종이 명백하고 단순하며 반감기가 짧은 이러한 특성은 자체처분 등 RI폐기물을 합리적으로 관리하는데 중요한 요소가 될 수 있다. 그러나 H-3, C-14 등과 같이 반감기가 긴 핵종도 있으므로 이에 대한 관리대책은 발생자 스스로 발생당시부터 별도 분류하는 것이 중요하다. 극저선량의 개봉선원 폐기물은 『처분제한치 미만의 방사성폐기물 자체처분 등에 관한 규정』 과학기술부 고시 제 97-19호에 따라 발생기관에서 자체처분이 가능하다.

이들 RI폐기물에 대한 발생자측의 자체처분 행위는 병원, 대학 및 연구기관 등이 대도시와 인근 외곽에 위치하고 있음을 고려할 때 PA측면과 폐기물 안전관리 측면에서 세심한 주의가 필요하다.

밀봉선원은 암 치료, 비파괴검사, 생산업체의 품질관리업무 및 연기감지기 등의 여러 분야에서 비교적 반감기가 길고 방사능이 높은 핵종을 선원으로 사용하고 있다. 사용 후 용도 폐기된 밀봉선원은 특히 세심하게 관리되어야 한다. 이러한 밀봉선원의 주요 핵종은 Ir-192, Co-60, Kr-85, Ni-63, Am-241, Fe-55, Pm-147 등으로 폐기시의 방사능은 수 mCi에서 수천 Ci에 이르기까지 다양하다.

RI폐기물의 발생량은 그 부피로 볼 때 개봉선원 폐기물이 대부분을 차지하며 주요 발생기관은 병원이다. 밀봉선원 폐기물은 RI를 내장한 기기를 사용기관의 결정에 따라 적당한 시기에 용도 폐지하기 때문에 폐기물 발생시기를 예측하기 어려우며, 대형선원일 경우 차폐체의 무게 때문에 수 톤에 달하는 중량물의 형태일 수도 있다.

2000년도에는 개봉선원 폐기물 756 드럼을 인수하였으며, 밀봉선원 폐기물은 포장단위로 217상자를 인수하여 Locker와 Rack을 이용하여 적재하고

있으며 시진장치를 하여 안전하게 저장관리하고 있다.

3. 관리체계

RI폐기물을 안전하게 처리 및 저장관리하기 위하여 1989년 10월 RI폐기물관리사업이 시작되었다. 한국원자력연구소 부지내에 RI폐기물 관리시설을 건설하여 '96년 말까지 한국원자력연구소에서 운영하였으나 '96년의 원자력사업 추진체제 조정 이후 한국전력공사 원자력환경기술원에서 '97년부터 RI폐기물을 포함한 방사성폐기물관리사업을 수행하고 있다. RI폐기물관리사업은 전기사업법 시행령 제23조의 4에서 규정하는 방사성폐기물관리사업중의 하나로써 추진되며, 그 내용은 원전 운영자외의 자가 발생시키는 방사성폐기물의 저장 처리 및 처분업무이다.

RI폐기물 관리사업자의 관리감독권은 산업자원부에 있으며, 안전규제는 과학기술부에서 맡아 한국원자력안전기술원으로 하여금 RI폐기물 관리시설의 인·허가, 심사 및 검사, 안전규제 및 정기검사 등의 업무를 수행하도록 위탁하고 있다.

RI폐기물의 수거 및 운반업무는 RI폐기물 발생자가 직접 수행하거나 또는 한국방사성동위원소협회(RI협회)에 위탁하여 원자력환경기술원에 인도하고 있다.

RI폐기물 발생자가 사업자에게 폐기물을 인도하는데 필요한 제반사항은 『방사성폐기물의 인도 및 비용에 관한 규정』(산업자원부 고시 제1999-102호)에 언급되어 있으며, 주요 내용은 RI폐기물 분류 및 포장방법(표 1), 관리비용(표 2) 및 인도절차

〈표 1〉동위원소폐기물의 분류기준

구 분	종 류	표준용기
가연성 종이류	<ul style="list-style-type: none"> 종이류 : 휴지, 종이컵 등 섬유류 : 거즈, 솜, 흡수지, 시험지 등 나무류 	100 l 철제드럼
가연성 플라스틱류	<ul style="list-style-type: none"> 플라스틱류 : 주사기, Vial, Bead, Tube, Tray, Tip, Cup, Hose 등 고무류 : 장갑 	"
비가연성 압축성	<ul style="list-style-type: none"> 유리류 : Vial, Tube, Beaker, 시약병 압축성 금속류 	"
비가연성 비압축성	<ul style="list-style-type: none"> 금속류 : 주사바늘, Tc-Generator, Planchet 콘크리트류 : 콘크리트, 흙 등 	50 l 철제드럼
폐 필터	<ul style="list-style-type: none"> HEPA 필터, Prefilter 	종이상자
유기폐액	<ul style="list-style-type: none"> 유기용매류 : 용매함유폐액(액체섬광계수폐액 포함) 	외용기: 50 l 철제드럼 내용기: 25 l
무기폐액	<ul style="list-style-type: none"> Vial 병내 잔액의 세정액 등 	"
동물사체	<ul style="list-style-type: none"> 동물사체, 배설물 등 	외용기: 50 l 철제드럼
밀봉선원 폐기물	<ul style="list-style-type: none"> 밀봉선원류, 선원내장기기 등 	사업자와 협의

* 핵연료주기사업 등의 폐기물은 200 l 드럼 사용

〈표 2〉R1폐기물 관리비용

구 분		2000년	2001년	2002년
개봉 선원 폐기물	냉동된 동물 사체류	822,580 + (1+전년도 물가상승 률) 2,338,198원	863,870 + {(1+전년 도물가 상승률) (1+ 전전년도 물가상승 률) 2,338,198원}	905,160 + {(1+전년도 물가 상승 률) (1+ 전전년도 물가상승률) (1+전전전년도 물가상승률)} 2,338,198원}
	기타 개봉 선원 폐기물 (건조·포장된 동물 사체포함)	822,580	863,870	905,160
밀봉선원폐기물		7,255,000	7,922,500	8,590,000

* 물가상승률 : 한국은행이 고시하는 생산자물가지수

* 인수기준에 부적합시 처리비용 부과

(단위: 원/200 l 드럼, VAT 별도)

등이 상세히 규정되어 있다.

또한, RI폐기물 관리사업자인 한전은 『방사성동위원소 등의 폐기물 인수에 관한 사업자지침서』를 작성하여 산업자원부장관과 협의하여 방사성동위원소 등의 폐기물 인도 인수에 필요한 세부기준 및 절차를 정하여 고시를 효율적으로 운영하고 있다.

RI폐기물 발생기관에서는 한전 원자력환경기술원에 RI폐기물을 인수의뢰 하고자 할 때 개봉선원 폐기물의 경우 RI협회에서 폐기물 드럼을 구입하여 RI폐기물 종류별로 분류하여 포장한 후 원자력환경기술원에 인수의뢰신청공문을 발송한다. 원자력환경기술원에서는 RI폐기물 인도일 20일 전에 인수계획을 통보하고, 산업자원부 고시 제1999-102호의 규정에 의거하여 관리비용을 고지한다. 발생기관에서는 관리비용을 납부한 후 RI협회에 폐기물 드럼의 운반을 의뢰하여 원자력환경기술원에 RI폐기물을 인도한다. 밀봉선원 폐기물의 경우에도 개봉선원 폐기

물의 경우와 절차는 비슷하지만 발생기관이 직접 원자력환경기술원에 폐기물을 인도하거나 또는 위탁 대행기관을 통하여 인도한다.

4. RI폐기물관리사업 추진현황

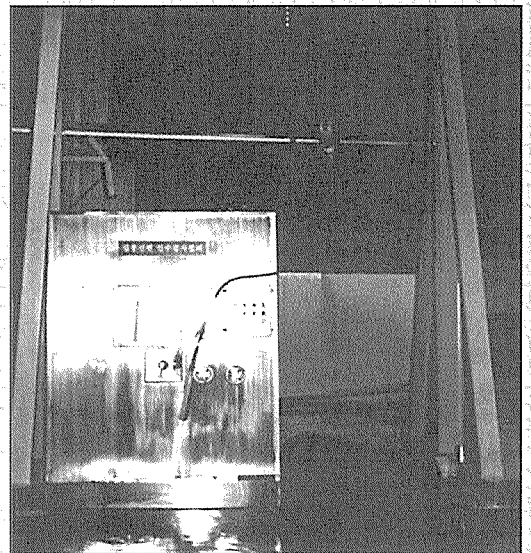
가. 개봉선원 폐기물 관리

개봉선원 폐기물중 가연성, 압축성, 비압축성 폐기물의 수거량은 최근 몇 년간 연평균 6% 정도의 증가율을 보여 왔으나, 2000년에는 74,340 가 수거되어 94,900 가 수거된 1999년도에 비하여 22% 감소하였다.

2001년부터 동물사체 폐기물을 인수하여 저장 관리하기 위하여 원자력환경기술원에서는 동물사체 냉동건조설비를 설치하였으며(〈사진 1〉참조), 동물사체 폐기물 운반용기(50리터 철제드럼) 내에 동물사체 폐기물을 냉동된 상태 또는 건조된 상태



〈사진1〉 동물사체 냉동건조설비



〈사진 2〉 밀봉선원 인수검사설비

로 넣을 수 있는 내용기(랙(Rack) 10 Set와 트레이(Tray) 200개)를 제작하였다. 동물사체 폐기물 운반용기는 외용기 50리터 드럼이며, 드럼 내에 1개의 랙을 넣고 10개의 트레이를 랙에 넣을 수 있도록 구성되어 있다.

동물사체 폐기물을 폐기 의뢰하고자 하는 기관에서는 원자력환경기술원이나 RI협회에 사전에 문의하여 내용기를 무상으로 임대 받아 내용기에 동물사체 폐기물을 넣어 냉동보관 후 폐기 의뢰하면 된다.

나. 밀봉선원 폐기물 관리

초기에 도입된 RI선원 내장기거나 내장선원들이 사용 년수에 거의 도달하고 있고 비파괴검사 업체에서의 Ir-192 사용량이 증가하고 있어 밀봉선원 폐기물의 폐기의뢰가 점차 증가하고 있다. 2000년도에 폐기의뢰된 폐기선원은 Cs-137, Ni-63, Ir-192, Co-60, Am-241, Kr-85 등으로서 121개 기관으로부터 포장단위로 217상자('99년도 132상자), 폐기선원의 수는 6,351개('99년도 5,258개)가 수거되었다. 밀봉선원 폐기물의 인수의뢰량이 증가된 사유는 RI이용기관이 밀봉선원 폐기물을 장기간 자체보관하는 경우 도난이나 분실 등 관리상의 문제점이 발생할 우려가 있으므로 원자력법 제71조 제2항의 규정에 의거 자체보관 밀봉선원 폐기물에 대하여 2000년 12월말까지 원자력환경기술원에 폐기하도록 과학기술부에서 RI 이용기관에 공문을 발송하였기 때문이다.

따라서 2000년 12월말 현재 RI폐기물 관리시설에서 저장 관리되고 있는 밀봉선원 폐기물은 총 1,035상자(22,452개)이다. 밀봉선원 폐기물의 인수검사시 수량 확인 및 이리듬(Ir-192) 밀봉선원 절단작업 할 때 작업자의 피폭을 저감화 하기 위하여 밀봉선원 인수검사설비를 설치하였다(〈사진 2〉

참조).

RI이용기관에서 이리듬 192 선원을 폐기의뢰 할 때 총 방사능량이 2 Ci 이내이면 기술원에서 보유하고 있는 밀봉선원 인수검사설비에서 수량확인 작업이 가능하지만, 총 방사능량이 2 Ci 이상인 경우 핫셀에서 수량확인을 하여 확인서를 제출하여야 한다

『방사성폐기물의 인도 및 비용에 관한 규정』(산업자원부 고시 제1999-102호)에 따르면 비파괴 검사용 이리듬 192 밀봉선원 폐기물은 발생된 상태로 차폐용기에 넣거나, 또는 발생자가 선원부분과 꼬리(Pigtail)부분을 분리한 후 선원부분은 차폐용기에 넣고 선원의 진위 확인에 필요한 꼬리부분은 동시에 인도할 수 있도록 별도로 포장하여 방사성폐기물관리 사업자(원자력환경기술원)에게 인수의뢰 하도록 되어 있다.

이에 따라 기술원에서는 이리듬 192의 선원부분과 꼬리부분을 절단하여 선원부분을 밀집저장하기 위하여 절단기와 밀집저장용기를 제작 설치하였으며, 금년부터는 밀봉선원의 꼬리부분을 절단하여 선원부분은 밀집저장용기에 저장할 것이다. 또한 이리듬 192 운반용기는 발생기관에 되돌려 주어 용기제작비용을 절감할 수 있도록 할 계획이다.

밀봉선원 폐기물은 대체적으로 방사능의 세기에 비례하는 크기의 차폐체에 넣어져 있는데 차폐체의 크기에 따라 대형선원, 중형선원 및 소형선원으로 구분하여 관리하고 있다.

기술원에서는 RI 이용기관으로부터 매년 약 400드럼(200리터 드럼기준)의 RI폐기물을 인수하여 저장관리하고 있으며, 1990년부터 RI폐기물을 시험 수거한 이후 지난 10년 동안 RI폐기물 관리시설

에 인수하여 저장중인 RI폐기물의 저장현황은 <표 3>과 같다.

다. RI폐기물 감용처리

한전 원자력환경기술원에서는 발생기관으로부터 인수한 RI폐기물을 RI폐기물 관리시설내에 저장관리하고 있으며, 저장효율을 향상시키기 위하여 일부 폐기물을 감용처리하고 있다.

RI폐기물을 처분하기 위한 최종처리는 추후 중저준위 폐기물 처분시설 건설계획과 병행하여 별도의 처리계획을 수립할 계획이다. 유리류의 비가연성 폐기물은 50톤 압축기를 사용하여 압축처리를 하고 있으며, '99년~2000년에 430드럼/100ℓ를 압축처리 하였고 감용비는 1/4 이었다.

가연성폐기물은 2001년 하반기부터 방사성폐기물 전용소각로를 이용하여 소각처리할 계획이며,

유기폐액은 핵종분석 후 처분제한치 미만의 것은 자체처분하고 그 이외의 것은 소각처리할 계획이다. 밀봉선원 폐기물중 방사능이 감쇠된 Ir-192는 선원부분과 꼬리부분을 분리하여 선원부분만을 밀집저장용기에 넣어 밀집저장 관리할 계획이다.

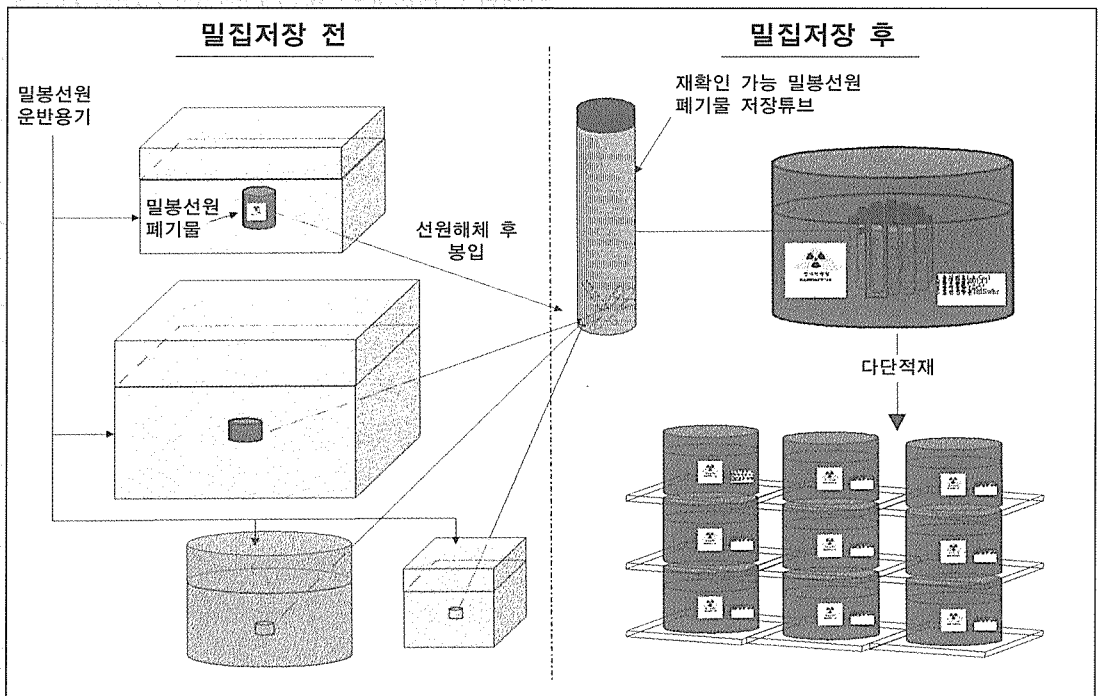
또한, 이리듐 192 선원을 제외한 밀봉선원 폐기물을 밀집저장하기 위하여 핵종별로 4개 그룹으로 나누어 각 그룹별로 밀집저장용기를 1개씩 설계 제작하였고, 베타선원용 밀집저장용기도 2개를 설계·제작하였다.

제작된 밀집저장용기는 규제기관으로부터 인허가를 받은 후 밀봉선원 폐기물을 핵종별로 밀집저장할 계획이다. 밀봉선원 폐기물을 밀집저장할 경우 RI폐기물 관리시설의 저장공간 확장효과 뿐만 아니라 포장 및 운반용기의 효율적 이용도 기대할

<표 3> RI폐기물 저장현황(2000년 12월말 기준)

구 분		표준용기	현 저장량	2000ℓ 드럼 환산시	허기용량
개봉 선원 폐기물	가연성	100ℓ 철제드럼	7,194드럼	3,597드럼	8,800드럼/200ℓ
	비가연성	100ℓ 철제드럼	540드럼	270드럼	
	비압축성	50ℓ 철제드럼	677드럼	205드럼	
	폐필터	종이상자	68개	43드럼	
	동물사체	50ℓ 철제드럼	-	-	
	유기폐액	25ℓ 플라스틱통	1,022통	102드럼	106드럼/200ℓ (1,056통/20ℓ)
소 계				4,217드럼	8,906드럼/200ℓ
밀봉선원 폐기물	사업자와 협의	22,452개 1,035상자	84드럼	360드럼/200ℓ (Concrete Shell 30개)	
총 합 계				4,301드럼	9,266드럼/200ℓ

그룹	핵종	분류 기준
I	Ra-226, Am-241, Cm-244, Cf-252	알파/중성자 방출체
II	Co-60, Cs-137	고 에너지
III	Fe-55, Cd-109, I-125, Pm-147, Gd-153	저 에너지
IV	H-3, Ni-63, Kr-85, Sr-90	장반감기



〈그림 1〉 밀집저장용기

수 있다.

5. 맺는말

과학기술의 발전에 따라 방사성동위원소의 이용이 산업 전반에 걸쳐 널리 이용되고 인류 복지 증진

에 크게 기여하고 있다. 그러나 이로 인하여 발생하는 부산물인 RI폐기물을 안전하게 처리하여야 할 의무도 있다. RI폐기물관리사업자인 한전은 RI폐기물을 안전하게 저장 처리 및 처분할 수 있도록 지침을 마련하고 관련 기술을 개발하는 등 RI폐기물 안전관리에 최선을 다하고 있다. **KRIA**