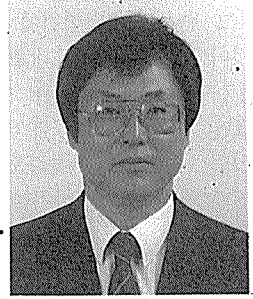


핵의학 분야의 방사성폐기물 자체처분 필요성 및 관리대책



이 명 철
서울대학교병원 핵의학과 교수

최근 방사성동위원소 이용후 발생하는 폐기물을 어떻게 수거하여 처분하는 것이 환경과 사람을 보호할 수 있는지 알아야 할 필요가 커졌다. 병원에서 발생하는 방사성폐기물은 방사성동위원소를 이용하여 환자 진료를 하거나 연구용으로 사용할 때 나오는 방사성동위원소에 오염된 쓰레기를 말한다.

방사성폐기물인 모든 쓰레기는 분리하여 모아 법정 수집용기에 수집하여 법에 정해진 원자력폐기물 처리 규정에 의하여 처리하였다. 그러나 병원에서 발생하는 방사성폐기물은 반감기가 짧고 에너지가 약하여 취급 종사자나 일반인에게 피해가 거의 없을 정도이다. 따라서 일반 산업용 또는 원자력발전소에서 나오는 원자력폐기물과 달리 수집용기에 담아 폐기하기 위해 처분하는데 드는 시간과 영구보관 폐기에 드는 비용이나 노력이 지나치다는 의견이 많았다.

이번에 방사성폐기물 처리규칙이 개정되어 의료용 또는 의학연구용 방사성동위원소의 폐기물은 자체보관 폐기 처리하게 되었다. 다음에 개정된 처리규칙의 내용과 방법을 실무자의 입장에서 알아야 할 일을 설명하겠다.

가장 흔히 쓰이는 방사성동위원소는 테크네슘과 옥

소(I-125)이며 폐기처리 규칙만 세우면, 쉽게 다룰 수 있다. 치료에 쓰이는 방사성옥소(I-131)도 소변과 같은 많은 양의 폐기물이 생기므로 자체 폐기방법이 설정되어 있어야 하는 중요한 방사성 물질이다.

테크네슘(Tc-99m)은 반감기가 6시간으로 처음 370MBq(10mCi) 일주일만 지나면 28반감기를 지나게 되어 2의 28제곱 즉 처음의 2억분의 1로 줄어들어 μBq 단위에 이르고 더이상 방사능 물질이 아니다. 이는 방사능물질이었던 물질도 희석 또는 기간경과후 규정양보다 농도와 방사능이 작아지면 방사성물질이라 하지 않기 때문이다. 이 것이 반감기가 짧고 에너지가 약한 방사성동위원소를 자체처분 할 수 있는 근거이다. 방사성물질을 자연계에 섞어 희석폐기하는 것도 같은 근거에 의하지만 같은 양의 방사성 물질인데도 보관후 폐기하는 것에 비해 훨씬 환경접촉범위가 넓다는 단점이 있다.

이 글에서 우선 과학기술처의 규정을 인용 설명하고 실제 핵의학과 의 영상 및 검사실 또는 생물학적검사와 치료 때 발생하는 방사성폐기물의 처리 실재를 설명한 후 연구용으로 쓰인 방사성폐기물에 대한 의견을 덧붙이겠다.

과학기술처의 개정 규칙

다음 표-1은 의료기관에서 흔히 쓰이는 방사성동위원소와 그 반감기 및 이번에 개정된 규칙에서 정한 폐기규정이다. 이 규칙은 대부분의 방사성동위원소는 사용 의료기관에서 자체보관 폐기처리하고 오직 반감기가 100일 이상인 Co-57과 Ge-68은 방사능량이 처분제한치인 제한농도 이하라도 자체처분하지 않도록 규정하였다. 이때 처분제한치는 무엇인가?

개인에 대한 연간선량이 10μSv(1mRem) 이상이고 집단에 대한 연간총선량이 1manSv(100manRem) 이상이 되는 원자력폐기물을 원자력법 시행규칙 제97조에 별도로 핵종별 농도를 정해놓았는데 이것이 처분제한치이다. 따라서 원래 Co-57과 Ge-68을 제외하고는 이 처분제한치값 이하로 내려간 핵종은 방사성폐기물이 아니므로 병원폐기물에 준해 처리할 수 있다.

다음 표-2는 이 방사성동위원소를 사용한 후 발생하는 폐기물의 종류를 요약한 것이며 다음 2,3,4절에 각각에 대해 상술하겠다. 표-3은 원래 저준위 폐기물 수집계통으로서 저준위 폐기물을 폐기하는 방법을 표현한 것이다. 이 수집방법에 따라 모은 방사성동위원소는 자체처분 처분제한치 미만일 때까지 보관하고 폐기하는데 다음과 같이 해야 한다.

- (가) 발생기관에서는 처분제한치 미만의 폐기물을 별도로 분리수거하여 저장한다.
- (나) 이때 방사성물질 표지 및 표식을 제거해야 한다.
- (다) 자체처분에 대한 절차를 만든다.
- (라) 서식에 의하여 6월과 12월에 과학기술처장관에게 신고한다.
- (마) 신고 후 1개월이 경과하면 자체처분할 수 있다.
- (바) 자체처분 제한치 이상의 폐기물은 전과 같이 위탁처리한다.

핵의학영상검사 후 방사성폐기물 처리

먼저 구체적으로 의료기관에서 많이 나오는 방사성폐기물을 예를 들어 본다. 체내검사로 알려진 검사에서 나오는 핵종 폐기물은 다음의 것들이다.

- 1) Tc-99m
보통 상품화된 Mo/Tc Generator에서 Tc-99mO4

를 추출하여 직접 희석 사용하거나 상품화된 방사약품과 혼합하여 투여한다. 검사목적에 사용량을 결정하는데 보통 37MBq(1mCi)에서 740MBq(20mCi)까지를 1cc 주사기를 이용하여 정맥주사한다. 이때 남은 폐기물은 처음 분주한 테크네슘 병과 주사기, 알코

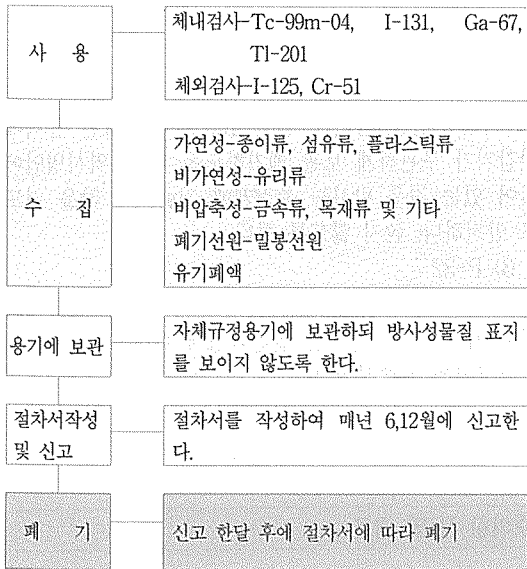
표-1. 의료기관에서 많이 사용하는 방사성동위원소와 반감기

구분	허용 기준 핵종		반감기 100일 이하		반감기 100일이상	
	핵 종	반감기	핵 종	반감기	핵 종	반감기
2군	Ca-45	165.0일	Na-22	2.6년	Co-57 Ge-68	271.0일 288.0일
	Sc-46	83.8일	Co-58	70.8일		
	Se-75	118.5일	Sr-89	50.5일		
	Sr-85	64.8일				
	Sn-113	115.1일				
	I-126	60.2일				
	3군	P-32	14.3일	C-11		
S-35		87.4일	N-13	9.7분		
K-42		12.4시간	O-15	122.0분		
Fe-59		44.6일	Na-24	15.0시간		
Ga-67		78.3시간	Ca-47	4.5일		
Ga-68		68.0분	Cu-64	67.9시간		
Mo-99		66.0분	As-74	17.8일		
To-99m		6.0시간	Sr-82	25.0일		
In-111		2.8일	Rb-82	80.0초		
In-123		13.0시간	Xe-133	5.3일		
I-131		8.0일	(기체)			
Au-198		2.7일				
4군		H-3	12.3일			
	C-14	5730일				
	F-18	109.8분				
	Cr-51	27.7일				
	Tl-201	73.0시간				

표-2 의료기관에서 발생하는 방사성폐기물의 종류 및 분류

구분	종 류
가 연 성	종이류: 휴지, 종이컵 등 섬유류: 거즈, 솜, 흡수지, 시험지 등 플라스틱류: 주사기, 병, 구슬, 시험관, 트레이, 팁 고무류: 장갑
비 가 연 성	유리류: 시약병, 시험관, 비커
비 압 축 성	금속류: 주사바늘, Tc-99m발생기
생물학적물질	혈액검사 관련 폐기물 : 시험관, 트레이, 구슬, 흡수지 등
유 기 폐 액	유기용매류: 용매함유 폐액 액체섬광계수 폐액
폐 기 선 원	밀봉선원류, 선원내장기기 등

표-3 저준위폐기를 수집계통도



을솨 등이 테크네슘 관련 폐기물이고 Mo-99도 중요한 폐기물이다. Mo-99는 반감기가 100일 이내긴 하지만 워낙 다량에서 출발하여 보관폐기기간이 매우 길어져서 문제가 될 수 있다. 이럴 경우 안전관리책임자는 종전과 같이 포장 운반 저장폐기를 의뢰할 수도 있다. 이때 처리방법을 표-4에 그림으로 나타냈다.

2) I-131

방사성옥소(I-131)는 진단과 치료에 사용되며 치료에 사용되는 양은 갑상선기능항진증에서 111MBq(3mCi)에서 740MBq(20mCi)이고 경구 투여하며 갑상선암인 경우에는 1110MBq(30mCi)에서 7400MBq(200mCi)이고 역시 경구 투여한다. 진단 목적으로는 3.7MBq(100uCi)를 경구 투여후 2시간, 6시간, 24시간 후에 갑상선에 섭취되는 섭취율을 측정하기도하고 37MBq(1mCi)를 경구 투여하고 전신을 촬영한다. 이때 발생하는 폐기물은 방사성옥소를 담았던 병과 종이컵 뿐이나 방사성옥소는 결정장기인 갑상선에 매우 작은 양(nCi)도 위험하므로 주의가 필요하다. 364KeV의 감마선 보다는 베타선의 해가 중요하므로 폐기시에도 액체가 흘러나오지 않게 증발하지 않게 보관폐기하는 것이 중요하다.

치료후 환자의 소변은 별도의 정화조에 장기간 보관되어 액체폐기시설 관리지침에 따라 배출하도록 규

정되어 있다. 단 80년대 이전에 건축한 병원의 경우는 별도의 방사성동위원소치료용 정화조가 없는 경우가 있다. 이때는 소변을 안전관리팀이 모아 보관 폐기하여야 한다. 보관하였다가 1년에 2회 신고후 폐기하도록 한다.

3) Ga-67, Tl-201, P-32

방사성갈륨은 111MBq(3mCi)를 정맥으로 환자에게 투여하고 종양부위를 스캔하는데 이때 발생하는 폐기물은 방사성갈륨을 담았던 병과 주사기이다. 방사성탈륨은 111MBq(3mCi)를 정맥으로 환자에게 투여하고 심근을 스캔하는데 이때 발생하는 폐기물은 방사성탈륨을 담았던 병과 주사기이다. 방사성인은 치료 목적으로는 대개 111MBq(3mCi)를 경구투여한다. 이때 발생하는 폐기물은 방사성인을 담았던 병 들이다.

핵의학검사실검사/생물학적검사 후 방사성 폐기물처리

체외검사로 알려진 검사에서 나오는 핵종의 폐기물은 다음과 같다.

1) I-125

방사성옥소(I-125)는 I-125 표지항체나 항원, 각종 호르몬, 단백질, 바이러스항원, 항체, 약제가 표지된 화합물 들이다. 방사면역측정법(RIA)은 반응한 반응물질을 분리하는데 액체를 쓰며 면역방사계수측정법(IRMA)은 고체를 쓰므로 나오는 폐기물의 성상이 조금 다르다. 공통된 고체폐기물이 시험관과 여과지이며 IRMA에서 구슬, 세파덱스 등이 주로 나온다.

키트내의 총방사능은 37kBq(1uCi)에서 370kBq(10uCi)사이인데 100개의 시험관에 분주하여 반응시키고 반응하지 않은 부분을 흡입한 것이 액체폐기물로 방출되고 1개의 시험관 자체에는 최대 370Bq(10uCi)에서 3.7kBq(100nCi) 정도만 남는다.

2) Cr-51

방사성크롬은 혈액량측정, 적혈구수명측정 등 혈액 질환 진단에 쓰이는데 사용량이 1회에 3.7MBq(100uCi)로 사용빈도가 많지 않아 폐기물 양도 많지 않다. 폐기물로 주사기와 몇 개의 시험관이 나온다.

3) Co-57

방사성코발트는 거대적아구성빈혈의 감별진단에 중요하므로 검사빈도는 적어도 어느 검사실에서나 폐기물이 배출된다. 환자 1명에게 18.5kBq(0.5uCi)를 먹

이고 24시간 소변을 모아 측정하므로 과, 물은 소변 용기이다. Co-57이 특별한 점은 반감기가 271일 이므로 개정된 규칙에서도 자체 폐기하지 못하고 보관 포장 후 폐기업자에게 주어야 한다는 점이다. 표4는 Co-57과 Ge-68을 폐기하려고 할 때 규칙 개정전 모든 폐기물처럼 알아야 하는 폐기절차를 나타냈다.

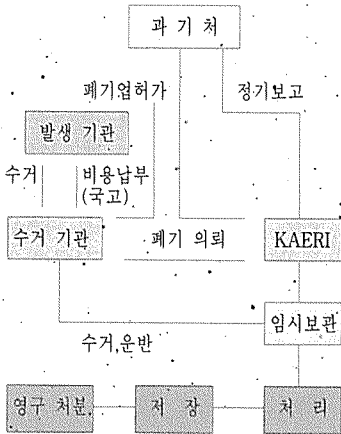
연구용 폐기물처리 방법

연구실에서 연구용으로 사용하는 경우 발생하는 폐기물은 다음과 같다.

1) H-3

세포를 조직배양을 하여 시험관내에서 삼중수소의 표지물과 반응을 측정하는데 주로 쓰인다. 베타선계측기를 사용하게 되어 섬광용액인 유기액체가 주 폐기물이다. 발생하는 고체폐기물은 계측용, 병과 시험관 등이다. 반감기는 물론 100일이 넘지만 규칙에 반감기와

표-4 수거 또는 자체 폐기처분 관리방법 흐름도



무관하게 보관 폐기하도록 한다. 병안에 들어 있는 경우 방사능 측량계에 검출되지 않을 정도로 안전하다. 쏟지 않도록 한다. 섬광측정에 쓴 유기용매는 정화조에 흘려 들어가도록 조금씩 흘릴 경우는 문제가 되지 않다가도 보관폐기를 위해 모았다가 한꺼번에 흘려보

내면 하수구의 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리스티렌 관이 녹을 수 있다는 점을 주의하여야 한다.

2) C-14

삼중수소와 같은 목적으로 사용하고 폐기물의 성분도 비슷하다. 반감기는 물론 100일이 넘지만 규칙에 반감기가 무관하게 보관 폐기하도록 한다. 역시병안에 들어 있는 경우 방사능 측량계에 검출되지 않을 정도로 안전하다. 쏟지 않도록 한다.

3) P-32

분자생물학실험에 널리 쓰이며 방사능측량계로 측정이 가능하다는 장점을 실험과정에 살려쓰는 만큼 제동방사선을 포함하여 방사능 장애방어에 충분한 주의가 필요한 방사성동위원소이다. 방사성폐기물중 핵산에 친화력이 큰만큼 초심하여야 한다. 보관 폐기한다.

주의할 점 및 결론

이번에 개정된 저준위폐기물의 자체처분에 관한 본래의 뜻을 충분히 이해하고 폐기물관리의 비용과 노력이 많이 절약되게 되었음을 환영한다. 특히 주의할 반감기 100일 이상인 Co-57과 Ge-68은 중전과 같이 처리하여야 한다는 점, 방사성물질 표기된 병의 표지를 모두 제거하거나 지워야 한다는 점, 방사성물질이 아니도록 보관폐기할 물질도 혈액과 같이 병원성 폐기물일 경우는 전염병 원인이 될 가능성 등을 고려하여 폐기하여야 한다는 점, 연 2회 폐기할 경우 소변의 경우 부패하는 것을 어떻게 처리하여야 할 지, H-3 또는 C-14의 경우는 반감기와 상관없이 보관폐기한다는 점등이다. 이런 미묘한 부분과 아직 예측하지 못하였으나 생길 수 있는 문제점은 실제 보관폐기 처리경험을 쌓은 후 증지를 모아 개선하여야 한다고 생각한다.

의료기관의 방사선안전관리책임자는 종사자들이 관계법령 및 방사선안전관리규정에 의하여 폐기물의 분류, 수집, 포장 등을 절차에 따라 작업하도록 지도와 교육을 하여야겠다. 원자력폐기물 뿐 아니라 병원폐기물 처리도 규정에 따라 이뤄지도록 하여 우리 자신뿐 아니라 국민 모두가 안심하고 살아가도록 하여야 한다. 방사성폐기물의 관리에 최대한의 관심을 기울여 책임있는 처리에 최선을 다할 것을 제안하는 바이다.