

방사선작업종사자 직장교육

(사)한국원자력안전아카데미

시작에 앞서

- 방사선은 우리의 오감으로 감지하기 어려운 특성
- 자연방사선은 우리 인간의 힘으로 통제 어려우나
인공방사선은 법의 통제 속에서 기술적으로 관리가
가능함.
- 우리가 사용하는 인공방사선은 지나치게 두려워
할 것도 없고 또한 함부로 가볍게 다루어서는 안됨.
- 따라서 기관마다 사용하는 방사선 종류의 특성을
잘 파악하고 대처하는 것이 중요함.
- 방사선안전은 이론도 중요하지만 현장에서 나의
안전은 내가 보호한다는 실질적 실천이 중요함.

시작에 앞서

방사선은 태초부터 인간의 생활환경에 존재하여 왔다.



목 차



I. 방사선 기본이론 및 용어 정의

II. 방사선 취급(측정) 실무

III. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

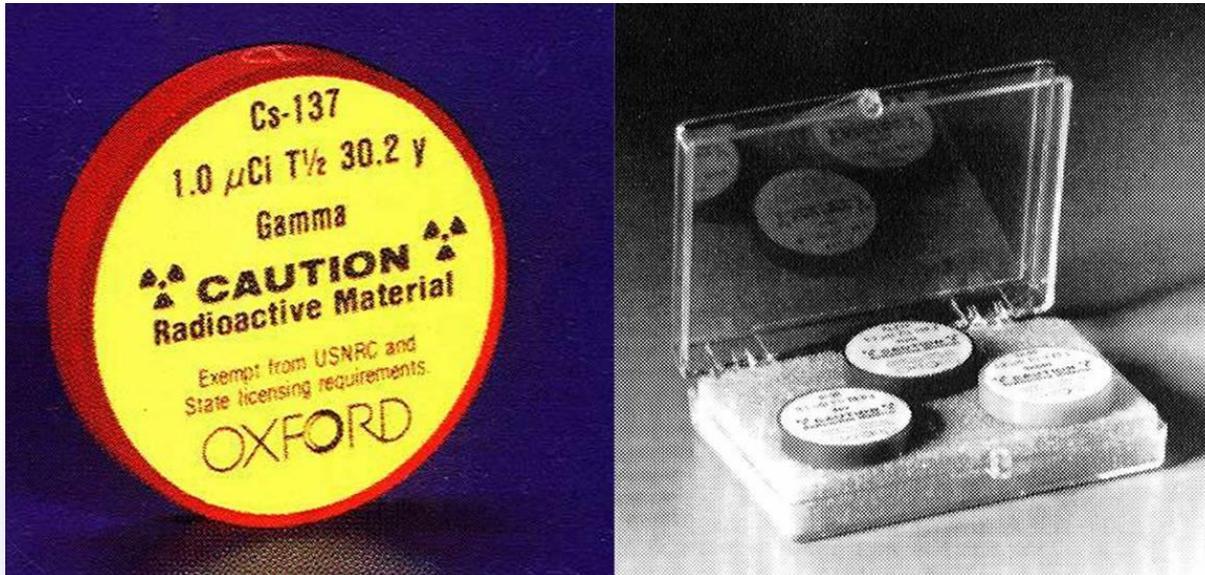
IV. 방사선안전관리규정 실무

V. 사고사례 및 교훈

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 밀봉된 방사성동위원소

- 기계적인 강도가 충분하여 파손될 우려가 없고, 부식되기 어려운 재료로 된 용기에 넣은 방사성동위원소로서
- 사용할 때에 방사선은 용기 외부로 방출하지만 방사성동위원소는 누출하지 못하도록 되어 있는 것



I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 방사선관리구역(신고대상 제외)

- ❖ 외부 방사선량률 : **400 μ Sv/week**
- ❖ 공기 중 방사성 물질의 농도 : 유도공기중농도
- ❖ 물체 표면의 오염도 : 허용표면오염한도

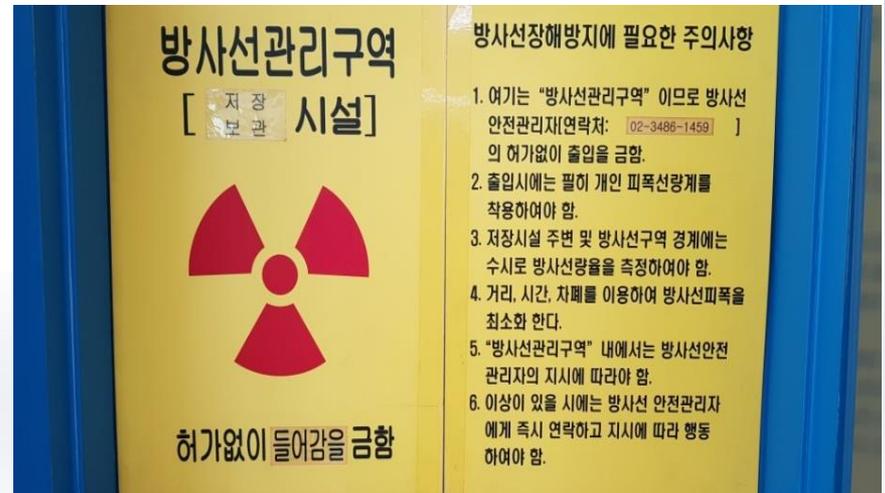


- **방사선 안전 관리**를 위하여 : 허용표면오염한도

- ✓ 사람의 **출입 관리**
- ✓ **방사선 장애 방지 조치**가 필요한 구역

- **방사선관리구역 조치 사항**

- ✓ 벽·울타리 등의 구획물로 구획
- ✓ [별표1]의 표지 부착
- ✓ 반출기준 : 허용표면오염한도의 1/10이하



I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

- 허용표면오염한도(개봉선원 관리시 매우 중요)
 - 물체 또는 인체 표면의 방사성 오염도로서
 - 그 오염을 제거할 수 있는 경우로서
 - 위원회가 정하는 것

① 알파선을 방출하는 방사성 핵종

0.4 Bq/cm²
(4 kBq/m²)

② 알파선을 방출하지 않는 방사성 핵종(베타, 감마)

4 Bq/cm²
(40 kBq/m²)

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 방사선작업종사자

원자력이용시설의 운전·이용 또는 보전이나 방사성물질등의 사용·취급·저장·보관·처리·배출·처분·운반과 그 밖의 관리 또는 오염제거 등 방사선에 피폭하거나 그 염려가 있는 업무에 종사하는 자

● 수시출입자

방사선관리구역에 청소, 시설관리 등의 업무상 출입하는 사람 (방문, 견학 등을 위하여 일시적으로 출입하는 사람은 제외)으로서 방사선작업종사자 외의 사람

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 방사선작업종사자와 수시출입자 구분

분류 기준	방사선작업종사자	수시출입자
방사성물질 취급 ?	★	
주변에 방사선 영향을 결정하는 조작 ?	★	

- I. 방사성동위원소를 직접 취급하거나 방사선발생장치를 직접 조작하는 등 방사선원을 취급하면 **방사선작업종사자**에 해당
- II. 방사선발생장치를 직접 조작하지 않고 방사선발생장치를 이용한 실험·실습을 위해 방사선 관리구역에 출입하는 학생(방사선학과 및 치위생학과)의 경우 **수시출입자**에 해당
- III. 방사선발생장치를 이용한 실험·실습을 방사선관리구역 외부에서 참관하는 경우는 **일반인**에 해당

● 방사선장해방지조치(법91조)

① 원자력관계사업자는 방사선장해를 방지하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.

1. 방사선량 및 방사성오염의 측정

2. 건강진단

3. 피폭관리

4. 방사성물질의 방출량 및 피폭방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위하여 필요한 조치

② 원자력관계사업자는 방사선작업종사자 및 대통령령으로 정하는 수시출입자의 피폭방사선량이 대통령령으로 정하는 선량한도를 초과하지 아니하도록 필요한 조치를 하여야 한다.

③ 원자력관계사업자는 방사선장해를 받은 사람 또는 방사선 장해를 받은 것으로 보이는 사람에게 원자력이용시설에의 출입 제한과 그 밖의 보건상 필요한 조치를 하여야 한다.

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 장해방지조치 및 보고(법92조)

① 원자력관계사업자는 다음 각 호의 어느 하나에 해당하면 대통령령으로 정하는

바에 따라 안전조치를 하고 그 사실을 **지체 없이** 위원회에 보고하여야 한다.

1. 지진·화재와 그 밖의 재해에 따라 원자력이용시설이나 방사성물질등에 위험이 발생하거나 발생할 염려가 있을 때
2. 원자력이용시설의 고장 등이 발생한 때
3. 방사선장해가 발생한 때

② 위원회는 제1항에 따라 보고를 받은 때에는 해당 원자력관계 사업자에게 원자력이용시설의 사용정지, 방사성물질등의 이전·오염의 제거와 그 밖의 방사선장해를 방지하기 위하여 필요한 조치를 명할 수 있다.

원자력안전위원회 및 한국원자력안전기술원
소개

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 방사성물질등 또는 방사선발생장치 양도·양수 제한(법94조)

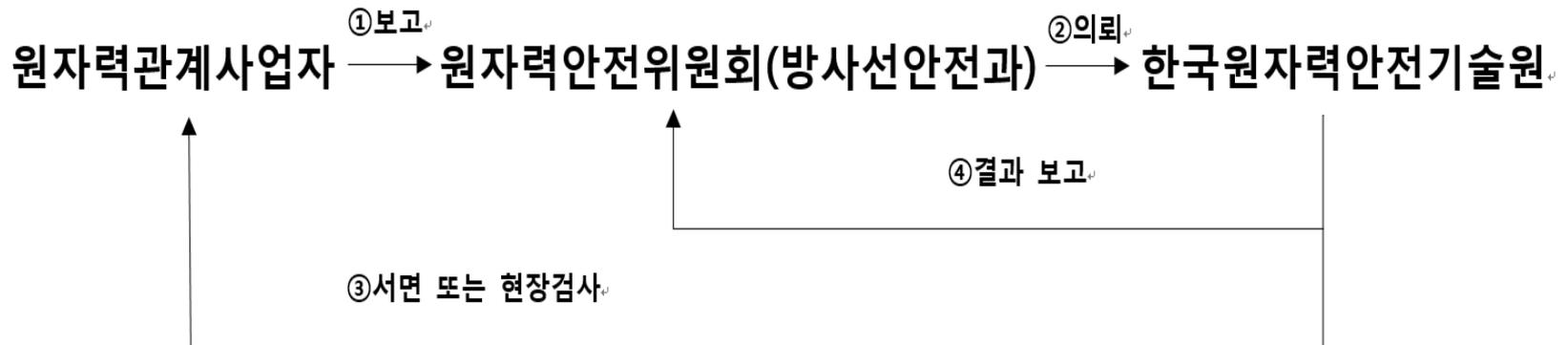
다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우 외에는 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 소지하거나 양도·양수할 수 없다. 다만, 국제약속에 따라 국가가 핵물질을 양도·양수하거나 국가로부터 양수하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2013. 3. 23.>

1. 원자력관계사업자가 이 법에 따라 허가 또는 지정을 받거나 신고를 한 범위에서 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 양수·소지하거나 다른 원자력관계사업자에게 양도하는 경우
2. 허가 또는 지정이 취소된 원자력관계사업자가 그 허가 또는 지정이 취소되었거나 사용이 금지된 때에 소지하고 있던 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 총리령으로 정하는 바에 따라 소지하거나 다른 원자력관계사업자에게 양도하는 경우
3. 해당 사업 또는 업무를 폐지한 원자력관계사업자가 그 사업 또는 업무를 폐지한 때에 소지하고 있던 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 총리령으로 정하는 바에 따라 소지하거나 다른 원자력관계사업자에게 양도하는 경우
4. 원자력관계사업자로부터 방사성물질등 또는 방사선발생장치의 운반을 위탁받은 자가 그 위탁받은 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 소지하는 경우
5. 원자력관계사업자의 종업원이 그 직무상 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 소지하는 경우
6. 원자력관계사업자가 사망하여 그 상속인이 방사성물질등 또는 방사선발생장치를 소지하는 경우. 다만, 해당 상속인이 제14조제1호부터 제3호까지 중 어느 하나에 해당하는 경우는 제외한다.

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 도난 등의 신고(법72조)

원자력관계사업자는 그가 소지하는 방사선발생장치 또는 방사성물질등에 관하여 도난·분실·화재, 그 밖의 사고가 발생한 경우 **지체 없이** 그 사실을 위원회에 신고하여야 한다



I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 도난 등의 신고(법72조)

<주요대상>

1. 방사성물질 등의 운반 및 포장 중 방사성물질등을 도난당하거나 분실한 때
2. 방사선발생장치 또는 방사성물질등의 도난 · 분실 · 화재 그 밖의 사고가 발생한 때

<보고 시한>

1. 구두보고 : 1시간 -> 즉시
2. 상세보고 : 30일 이내 -> 60일 이내

* 즉시의 의미

: 안전운영, 방사선장해방어 조치를 취하고 30분 이내(KINS)

I. 방사선 기본 이론 및 용어정의 등

● 발주자의 안전조치 의무(59조의 2)

- ① 방사선투과검사를 위하여 제53조에 따라 방사성동위원소등을 이동사용하는 경우 방사선 투과검사를 의뢰한 발주자(이하 "발주자"라 한다)는 발주자의 사업장에서 방사성동위원소등을 이동사용하는 방사선작업종사자가 과도한 방사선에 노출되지 아니하도록 위원회규칙으로 정하는 바에 따라 안전한 작업환경을 제공하여야 한다.
- ② 위원회는 발주자에게 다음 각 호의 안전설비의 설치 또는 보완을 명할 수 있다.
 1. 제91조에 따른 방사선장해방지조치에 적합한 전용작업장
 2. 방사선방호를 위한 차폐시설 또는 차폐물
- ③ 제2항에 따라 위원회가 발주자에게 안전설비의 설치 또는 보완을 명하였음에도 발주자가 이를 이행하지 아니하여 방사선작업종사자의 안전이 위협받을 경우 위원회는 위원회규칙으로 정하는 바에 따라 방사선투과검사 작업의 중지를 명할 수 있다.
- ④ 제3항에 따라 작업이 중지된 작업장에서는 방사선투과검사를 실시하여서는 아니 된다.
- ⑤ 제3항에 따라 작업이 중지된 작업장에 대하여 발주자 및 허가사용자 또는 신고사용자가 작업을 재개하기 위한 이행사항·절차·방법 및 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.
- ⑥ 발주자는 안전한 작업환경 조성을 위하여 방사선작업종사자의 실제 일일작업량을 위원회에 보고하여야 한다. 이 경우 보고 대상·방법 및 절차 등에 필요한 사항은 위원회규칙으로 정한다.
- ⑦ 방사성동위원소등을 이동사용하여 방사선투과검사를 실시할 때 방사선안전 관리 자가 안전한 방사선투과검사의 수행을 위하여 발주자에게 필요한 조치나 협력을 요청할 경우 발주자는 이에 따라야 한다.

표. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선



● 방사선과 방사능 측정

< 방사선측정기(Survey meter) >

방사선측정기는 영문으로 Survey meter라고 불리며 방사선량을 측정하여 그 지역에서의 **외부피폭의 적절성**을 평가하기 위한 계측기

< 방사선관리구역에서의 방사선방사선량을 관리기준 계산 >

- 1) 연간평균 피폭선량(전신평폭) : 20mSv
- 2) 연간 작업시간 : 2000hr(8hr/d * 5d/w * 50w/y)
- 3) 1), 2)에 근거하여 방사선관리구역 선량한도 계산
$$\frac{20\text{mSv}}{2000\text{hr}}$$
$$= 0.01\text{mSv/hr}$$
$$= 10\mu\text{Sv/hr}$$
$$= 1\text{mR/hr}(1\text{Sv} = 100\text{R})$$

평가] 연간 작업시간이 2000시간인 시설의 방사선관리구역의 방사선량을 1mR/hr 이하로 관리하면 연간 피폭선량(외부피폭)을 연간피폭선량 이하로 관리가 가능하다.

● 방사선과 방사능 측정

<방사능측정기(Contamination counter : 표면오염측정기)>

측정지역의 표면오염도를 측정하여 표면오염으로 인한 **내부피폭의 적절성**이나 관리구역 내에 있는 기기 등의 일반구역으로의 반출여부 등을 평가

1) 허용표면오염도한도

- * 알파선(α)을 방출하는 방사성물질 : 4 KBq/m² (0.4 Bq/cm²)
- * 베타선/감마선(β/γ)을 방출하는 방사성물질 : 40 KBq/m² (4 Bq/cm²)

2) 방사선관리구역에서 외부로 기기의 반출기준은 허용표면오염한도의 1/10

표. 방사선 취급(측정) 실무

“사람은 방사선을 탐지할 수 없다.
고로~~~ 도구가 필요하다.”

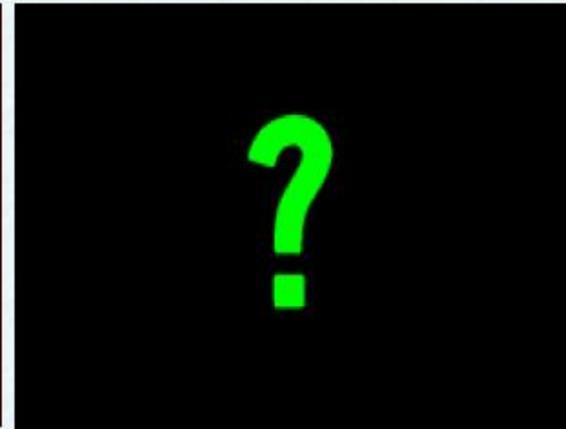
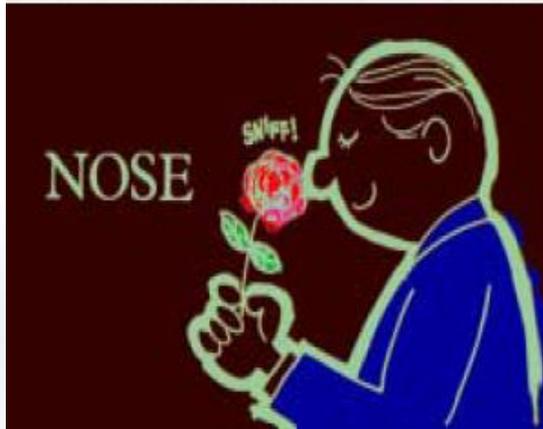
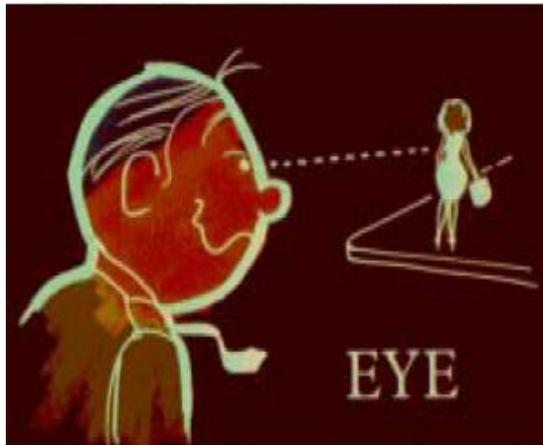


표. 방사선 취급(측정) 실무

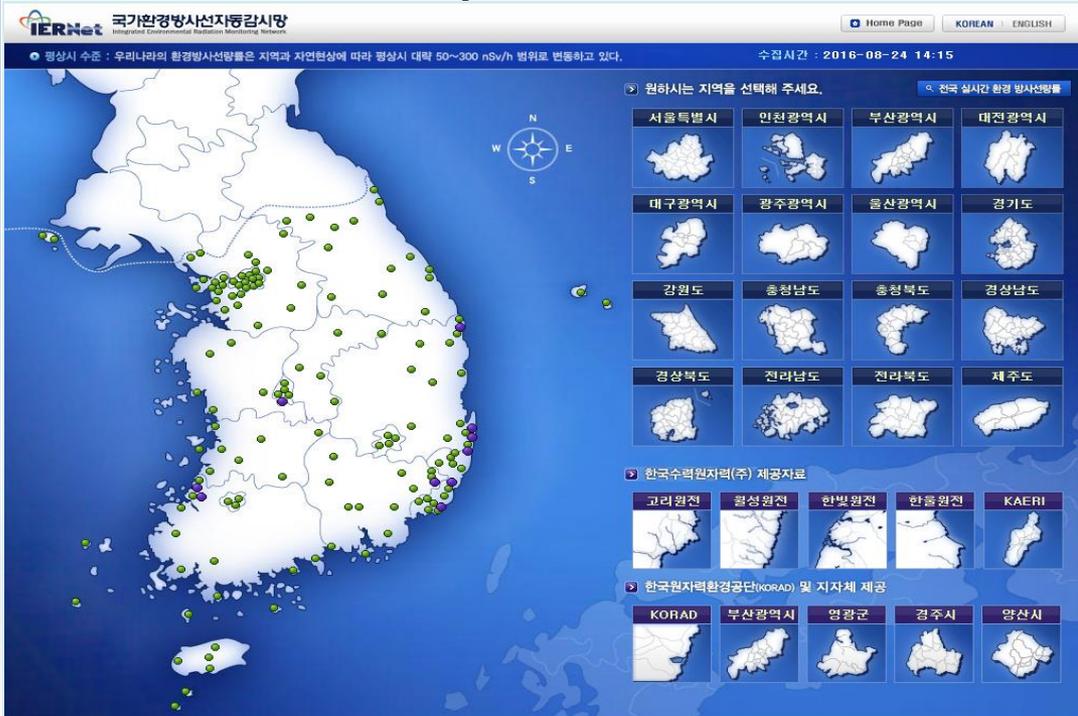
● 방사선 모니터링



개인모니터링

체외피폭모니터링

체내피폭모니터링



관리구역 또는 방사선



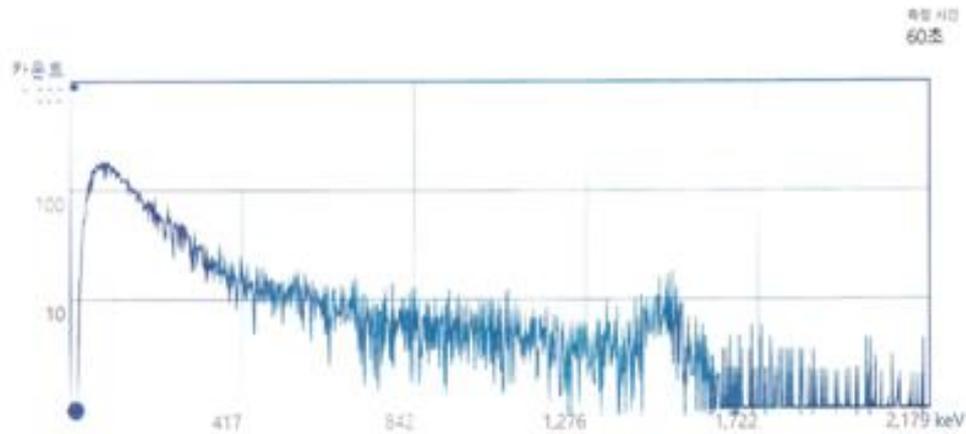
작업환경모니터링

시설주변환경모니터링

표. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선 모니터링(전신계수 측정결과)

환자 정보					
이름	등록번호	성별	생년월일	키 (cm)	몸무게 (kg)
엑스포 검진자	EXPO	남성	2016년 2월 6일	0.0cm	0.0kg
검사사항					



검사 결과				
Nuclide	Energy (keV)	Nuclide MDA (Bq)	Nuclide Activity (Bq)	Uncertainty (Bq)
^{40}K	1,461.00	2,145.03	4,477.72	612.04

예오

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선량 및 방사성물질 등에 의한 오염 상황 측정 장소

- 방사선량의 경우

- 사용 · 저장 및 폐기시설 : 매 작업 때
- 고정된 방사선차폐시설 안에 있는 밀봉방사성동위원소 : 매 작업 때 마다
- 방사성폐기물의 저장 · 처리 및 처분시설 : 매월
- 방사선 관리구역 : 출입 때 마다
- 비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소 : 누출될 때

- 방사성물질 등에 의한 오염상황의 경우

- 방사선 관리구역 안의 공기 중 방사성물질농도와 오염된 물체의 표면 : 작업 때 마다
- 방사선 관리구역으로부터 반출하는 물품의 표면 : 반출 때 마다
- 배기구 또는 배수구 : 배기 또는 배수 때 마다
- 비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소 : 누출될 때

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선량 및 방사성물질 등에 의한 오염 상황 측정 대상 및 장소

- 피폭방사선량의 경우

- 종사자 : 당해 업무에 종사하기 전 및 종사기간 중
- 수시출입자 : 출입 때마다
- 방사선 관리시설에 일시적으로 출입하는 자로서 선량한도를 초과하여 피폭될 우려가 있는 자 : 출입 때마다

- 방사성물질 등에 의한 오염상황의 경우

- 방사선작업종사자의 손 · 발 · 작업복 · 보호구, 그 밖에 오염의 우려가 있는 부위의 표면 : 작업을 마친 때마다
- 수시출입자의 손 · 발 · 작업복 · 보호구, 그 밖에 오염의 우려가 있는 부위의 표면 : 출입 때 마다

- 측정방법

- 방사선량 및 오염 상황은 방사선측정에 가장 적합한 장소에서 측정할 것
- 방사선에 의한 인체 내부의 피폭은 공기 중 또는 음료수 중의 방사성물질 농도 및 양을 측정하거나 필요한 정밀검사를 통하여 산출할 것

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선량 및 방사성물질 등에 의한 오염 상황 측정시 주의사항

- 설계에서 평가한 결과, 시설검사 등에서 측정한 결과 근거
→ 최대 방사선량률 측정지점 중심으로 측정지점 설정
※ 설계 평가값 → 실측(초기 사용시점 전후) → 주기적 확인
- 방사선량률 : 방사선관리구역 내 사용, 분배, 저장시설과 방사성폐기물의 저장, 처리, 처분시설
→ 각 시설별로 가장 **대표성이 높은 지점**을 중심으로 한 지점 이상 설정
- 표면오염도 : 사용, 분배, 저장, 폐기 등 RI 취급 단계별로 방사성 오염 우려가 있는 지점을 모두 측정 지점으로 설정
- 측정결과 : 실측값 - 백그라운드 측정값
※ 백그라운드 측정값 : 방사선원의 영향이 없는 곳에서 측정

시설설계
(계산결과)



사용개시
(초기측정)



시설유지
(모니터링)

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선량 및 방사성물질 등에 의한 오염 상황 측정시 주의사항

- 측정일시, 측정자 및 확인자
- 측정지점(대상시설 평면도를 기록양식에 반영, 측정지점 표시)
- 측정 장비(모델명, S/N)
- 교정일자 및 교정인자
- 백그라운드 측정값 및 실제 측정값
- 판정 기준값(측정값과 단위가 다른 경우 적절한 환산 절차 기술)
- 측정 결과에 대한 판정(적합여부 판단)
- 판정 기준값 초과시 조치에 관한 사항 등

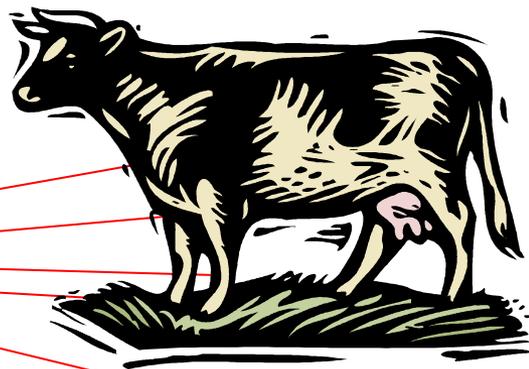
방사선량률, 오염상황 측정에 관한 사항 → 안전관리규정 반영, 관리

II. 방사선 취급(측정) 실무

● 방사선측정의 의미



방사능 = Ci, Bq



동물이나 물질이
받은 선량
= 흡수선량(rad / Gy)



방사능오염도 = Ci/cm²(표면)
Bq/cm³(공기중)



사람이 받은 선량
= 유효선량(rem / Sv)

● 방사선/능 측정기를 사용하는 이유

➤ 밀봉선원의 경우

- 밀봉방사선원이 정상적인 위치조건 등에서 사용되고 있음을 확인
- 누설여부 판단(밀봉조건의 파괴 즉, 비밀봉상태)
- 선원의 소재 파악 및 도난 여부 확인
- 계속되는 작업조건에서의 안전성 보장 확인

● 방사선/능 측정기를 사용하는 이유

➤ 개봉선원의 경우

- 오염이 예상되는 사용한 실험실의 오염 여부 확인
- 오염도를 측정하여 법적 허용오염도 초과여부 확인
 - * 알파선의 경우 ; 0.4 Bq/cm^2
 - * 알파선 이외의 경우 : 4 Bq/cm^2
- 표면오염 여부를 사전에 파악하여 2차 오염 확산 방지

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 실습(공간선량률측정을 통한 피폭선량 평가)

공간선량률 감시기와 ^{137}Cs 표준선원을 이용하여 거리에 따른 공간선량률을 측정하고 일정 시간동안 노출되었을 때의 피폭선량을 예상하여 본다.



측정조건	선량률 (mR/h)
1. 백그라운드	
2. 선원의 표면	
어떤 사람이 시간동안 노출	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> $10\text{mR/h} \Rightarrow 10\text{mrem/h} (1\text{R} \approx 1\text{rem} \text{ 단, } \chi, \gamma \text{ 인 경우})$ $\Rightarrow 10\text{mrem/h} \times 10^{-2}\text{Sv/rem}$ $\Rightarrow 0.1\text{mSv/h} \times 100\text{h/y}$ $\Rightarrow 10\text{mSv/y}$ </div>

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 실습(오염측정기를 이용한 방사능 측정)

^{137}Cs 표준선원으로 표면이 오염되었음을 가정하고 오염감시기를 이용하여 최대 오염된 영역을 측정한 다음 아래 식을 이용하여 오염 정도를 단위 면적당 방사능으로 환산하여 본다. 검출기 창의 직경은 5 cm 임을 가정한다.
(단, 선원효율은 0.5)



구 분		검출기 창의 유효면적 [cm^2]
측정결과	$\frac{3,000(3,050 - 50) \text{ cpm} \times m / 60s}{0.5 \times 19.6}$ $= 5.1 \text{ Bq/cm}^2$	19.6
오염도(Bq/cm^2)		

표. 방사선 취급(측정) 실무

- 선량률 측정용 써베이미터(방사선 측정)



- 오염감시용 써베이미터(방사능 측정)



Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

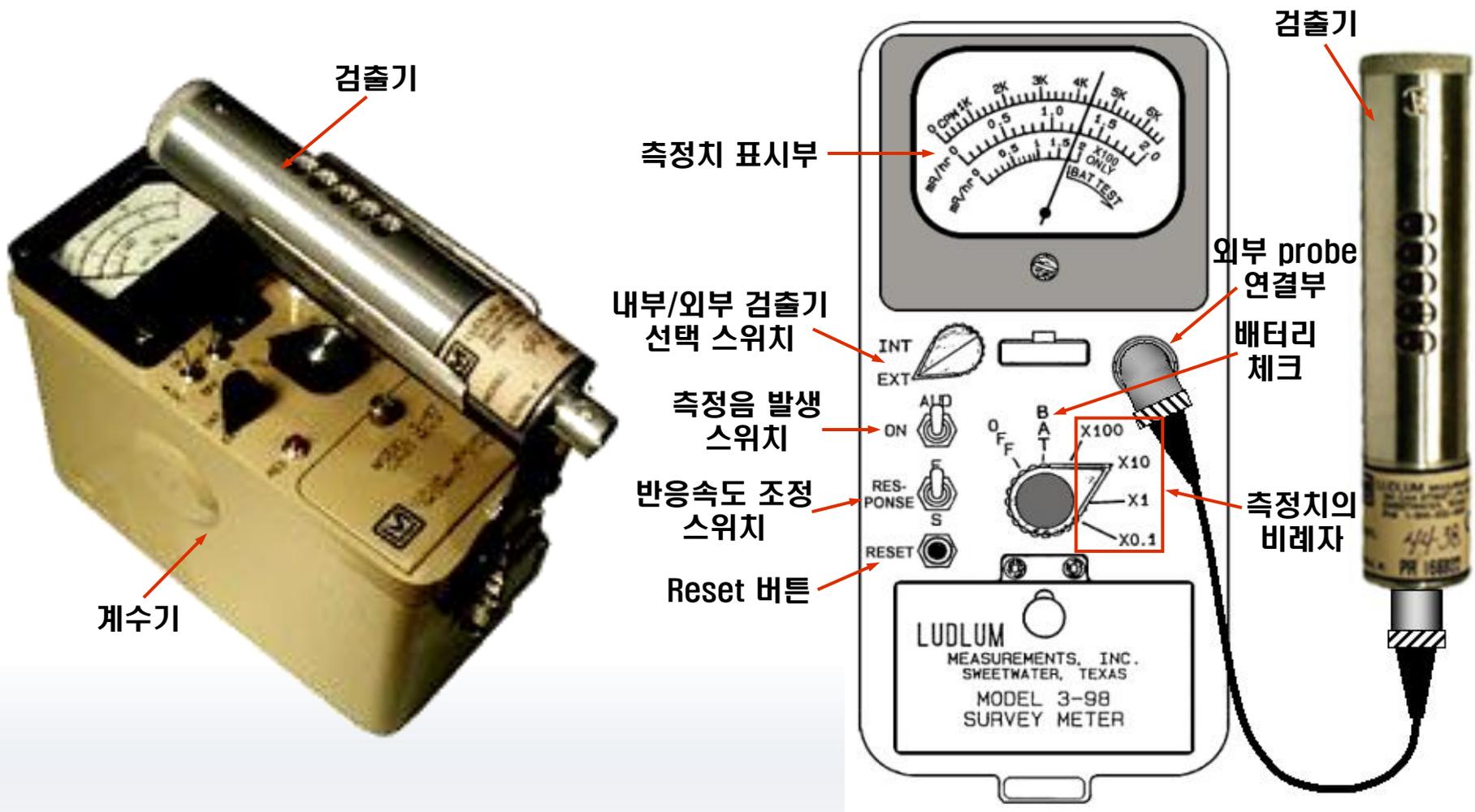


● Hand-Foot clothes Monitor



● Portal Monitor

표. 방사선 취급(측정) 실무



계수기

검출기

측정치 표시부

내부/외부 검출기
선택 스위치

측정음 발생
스위치

반응속도 조정
스위치

Reset 버튼

검출기

외부 probe
연결부

배터리
체크

측정치의
비례자

● 측정절차

- ① 측정 전에 서베이미터의 스피커를 켜다.
- ② 선원이 없는 조건에서 백그라운드를 측정하고 기록한다.
- ③ 서베이미터의 지시 바늘이 적합한 위치에 오도록 비례자를 높은 쪽부터 낮은 쪽으로 조정한다.
- ④ 측정치를 읽는다.

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

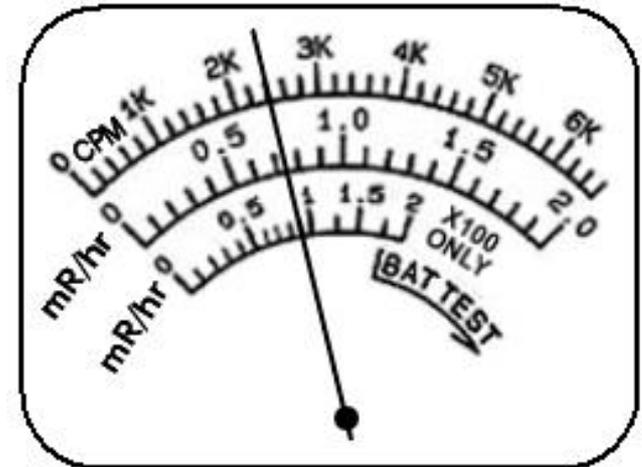
● 오염측정값 해석(예문)

① 측정환경



② 오염감시기의 지시치

비례자: X10



③ 측정치의 기록

바늘의 지시값 (cpm)	비례자	측정값 (cpm)
2,400	X 10	24,000

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 공간선량률 측정

주로 광자 방사선장, 측정단위 : R/h, Sv/h

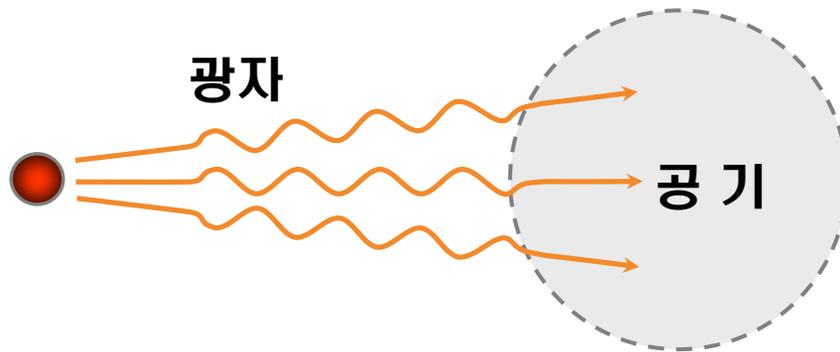
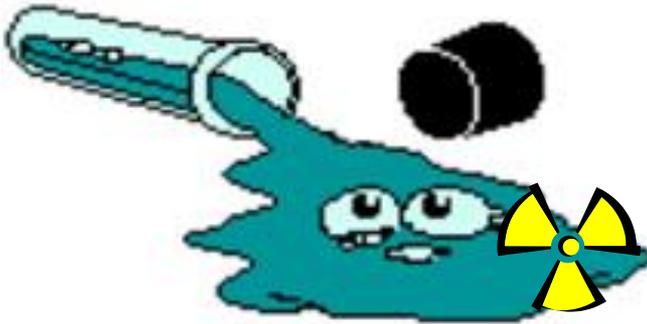


표. 방사선 취급(측정) 실무

- 오염측정(감시) : 꼼꼼하고 천천히~~



오염감시 결과 백그라운드의 2배 이상이면 오염된 것으로 간주

- 팬케익형 오염감시기(직경 약 5cm)

● 오염측정순서(직접법)

- ① 오염 의심 표면을 규칙적인 속도로 **방사능검출기 소리 음을 켜**
상태에서 오염상황을 측정
- ② 검출기를 **주변에서 시작해서 중심**으로 이동해서 측정
- ③ 방사능검출기가 **평균값을 지시**할 때까지 충분히 기다린 후에
측정값을 읽음
- ④ 알파, 약한 베타 오염 감시에 대하여
- 표면 밀착(0.5 cm 이내)

● 오염측정[간접측정]

① 시료 채취 위치 선정

- 100cm² [10cm X 10cm]
- 평평하고 부드럽고 표면
- 전이율 : 0.1[일반적]

② 장갑을 낀 채 조심스럽게 문지름

- 구멍이 날 정도의 압력을 주지 말아야 함

③ 오염위치, 날짜, 시간, 채집자의 이름, 문지름 위치 등을 보관함[비닐백]에 기록

● 오염측정 방법

1. 비오염지역에서의 자연방사능 확인
2. 피검자 표면으로부터 약 1.5cm를 유지한 상태에서 머리부터 아래방향으로 5 cm/s 이하의 속도로 천천히 측정
3. 피검자의 전면부와 후면부를 모두 감시하고 얼굴, 손, 발 등에 주의 기울여 측정(내부피폭을 판단하기 위한 안면 부위에 정밀 측정)
4. 방사능 오염시 100cm²의 면적에서 최대값을 적용하여 기록



● 오염측정 방법

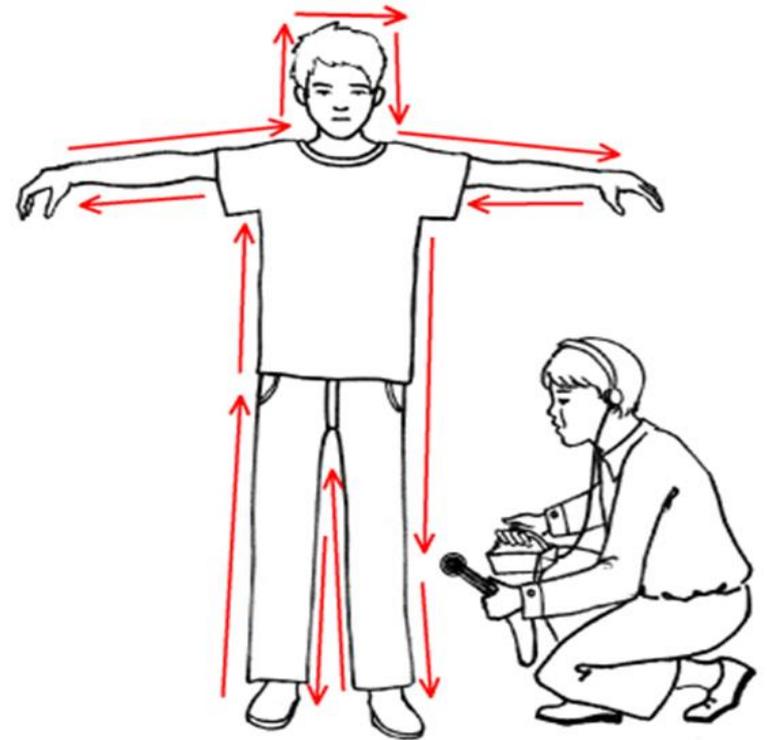
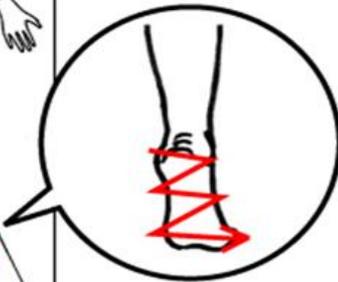
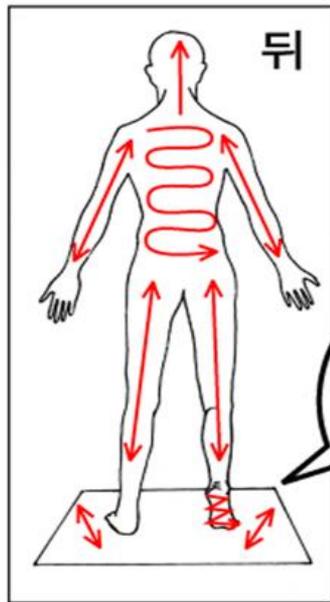
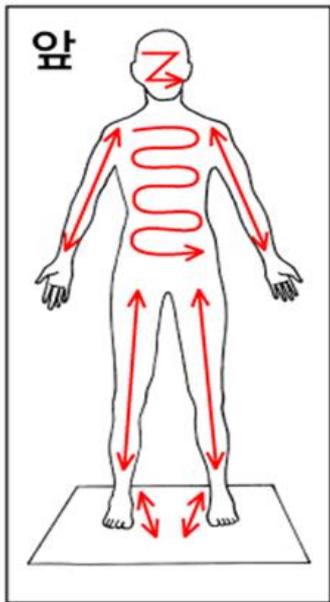


표. 방사선 취급(측정) 실무

● 제염방법



의복 제거 및 샤워를 통해 95% 이상 제염을 완료할 수 있음.

● 제염원칙

1. 오염장소와 오염원 핵종의 확인

- 오염 핵종인 방사성동위원소 및 그 화학적 형태를 조사

2. 제염방법의 검토

- 오염 물질, 핵종의 종류, 물체의 크기, 장소의 위치 등에 따라 제염방법이 다름

3. 조기제염

- 오염발생 후 짧은 시간 안에 제염

4. 오염의 확대방지

5. 습식 조작

- 인체내 흡수 가능 따라서 가능하면 습식법을 사용

6. 제염제의 선택

- 화학적으로 부식성이 작은 제염제 이용

7. 방사능 감쇠

8. 방사성폐기물 처리

- 제염작업 후 사용된 용액, 자재 등은 방사성폐기물

Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

● 제염절차

1. 용액이 확대되지 않도록 오염 영역 주위에 종이타올을 두른다
(필요하면 차폐체 설치)
2. 1회용 고무장갑을 착용한 후, 종이타올 등을 이용하여 바깥쪽에서 부터 오염의 중심부로 조심스럽게 닦아 낸다
3. 오염 영역을 테이프로 표시하고 문지름 시험이나 오염감시기로 오염된 영역 측정한다. (백그라운드(BKG) 이내)
4. 더 이상 제염이 안될 경우 표식을 한 후 차폐체 등을 설치하고 오염 확산 방지조치를 한 후 자연감쇄를 기다린다.



Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

●개인보호-방호복

- 방호복 : 방사능오염으로부터 개인방호
- 방호복은, 레벨 A~D까지 등급이 나뉘며 레벨 D는 기본적인 외부오염을 방호하는 능력 수준임.

[방호수준에 따라 A>B>C>D로 분류]



Ⅱ. 방사선 취급(측정) 실무

●개인보호-방호복

레벨 D 방호복 착용순서	레벨 D 방호복 탈의순서
<ol style="list-style-type: none"> 1. 신발신고 방호복 착용 2. 신발위로 부츠 커버착용 3. 마스크착용 [코, 턱은 고정, 코는 밀착 할것, 마스크 눌러 공기누설 확인할것] 4. 고글 착용 5. 모자착용 6. 장갑착용 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 부츠커버 2. 방호복 3. 고글 4. 마스크 5. 장갑
	<p>※ 주의사항</p> <ul style="list-style-type: none"> - 오염물질 없는 청결한 지역에서 탈의 - 탈의후 보호구는 적절한 방법으로 폐기

● 밀봉선원 취급시 주의사항

- 선원의 소재 분명, 선원목록 철저 유지, 관리
- 방사능표지, 주의사항 게시판 등은 보기 쉬운 위치에 게시
- 안전수칙의 철저한 이행
- 불필요한 사람의 접근제한
- 차폐체 설치를 통한 방사선피폭 저감 (작업시간고려)
- 손으로 취급 금물 (핀셋, tong, manipulator 등 이용)

[밀봉선원 오염방지대책]

- 밀봉선원으로 사용되고 있는 방사성 핵종은 약간의 누설로도 아주 중대한 결과를 초래함.
- 주의할 선원: 알파선원, 저에너지 베타선원 등

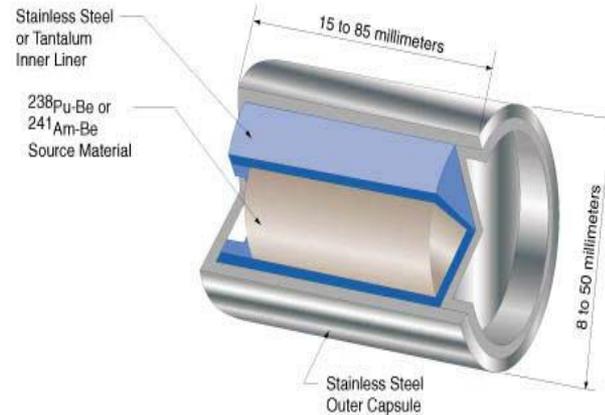
“ 문지름시험법을 통한 건전성 검사 시행(매1년 마다)”

● 방사선기기관리 방법

- ❖ 사용장소 진입 또는 방사선기기로의 접근 전,
 - 방사선 방출여부를 먼저 확인해야 함
 - 출입문(방사선기기)에 부착된 경고등(X-ray ON 표시) 확인
 - 측정장비로 방사선량률 준위를 확인하면서 접근
 - ※ 가장 먼저 방사선기기의 설계승인정보(식별표지) 확인
- ❖ 치료용 방사선기기 가동 전,
 - 가동 전, 사용장소 내부 사람의 존재여부 확인(감시카메라 등)
 - 사용장소 출입문 잠김 상태 반드시 확인
 - 주기적인 품질관리 수행 및 취급절차에 따라 가동
 - 사용장소 주변 및 조정실 방사선량률(광자, 중성자) 측정

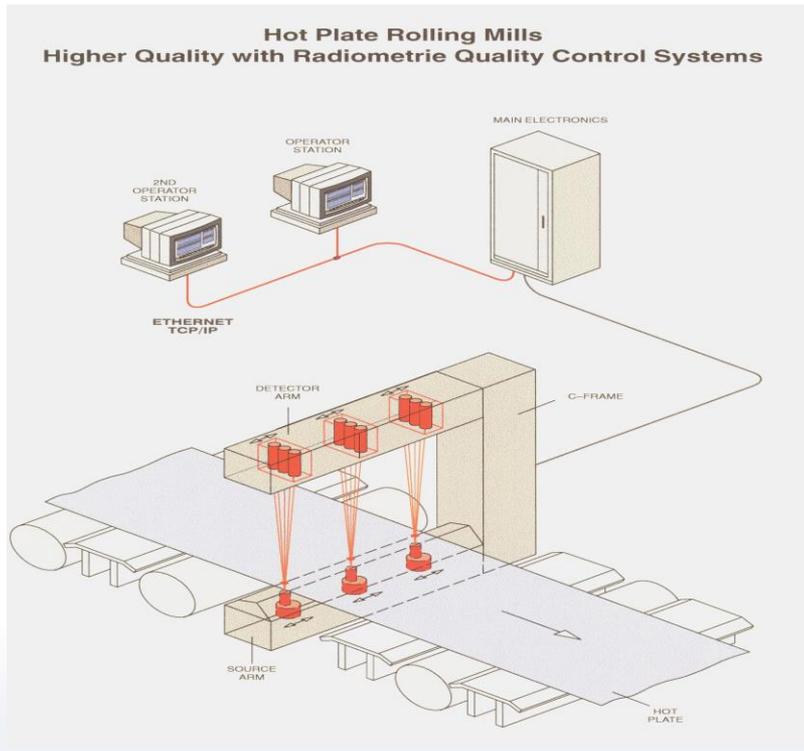
Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

- 밀봉선원 : 대부분 고체
→ 제작된 형태를 그대로 사용



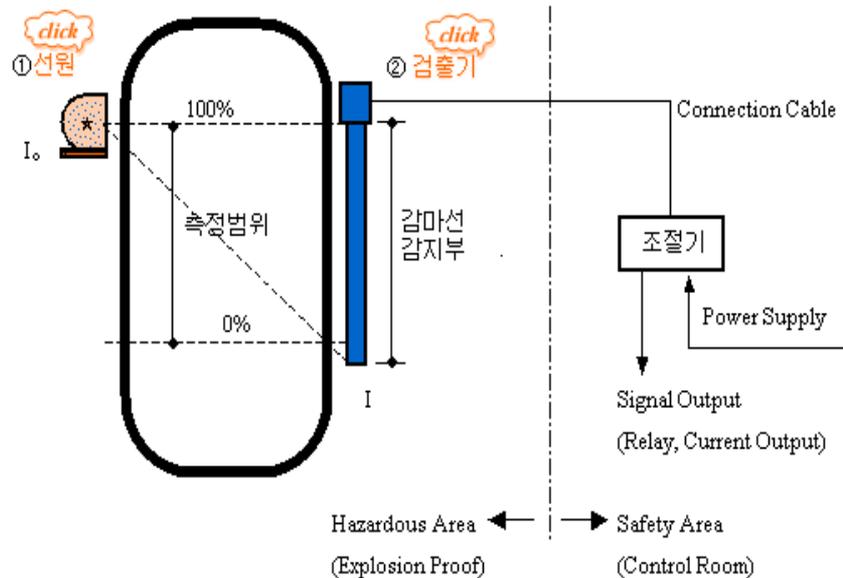
● 게이지류(Gauge)

- 종이, 철판 등의 두께(밀도) 측정
- 밀봉선원 및 발생장치 모두 사용



Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

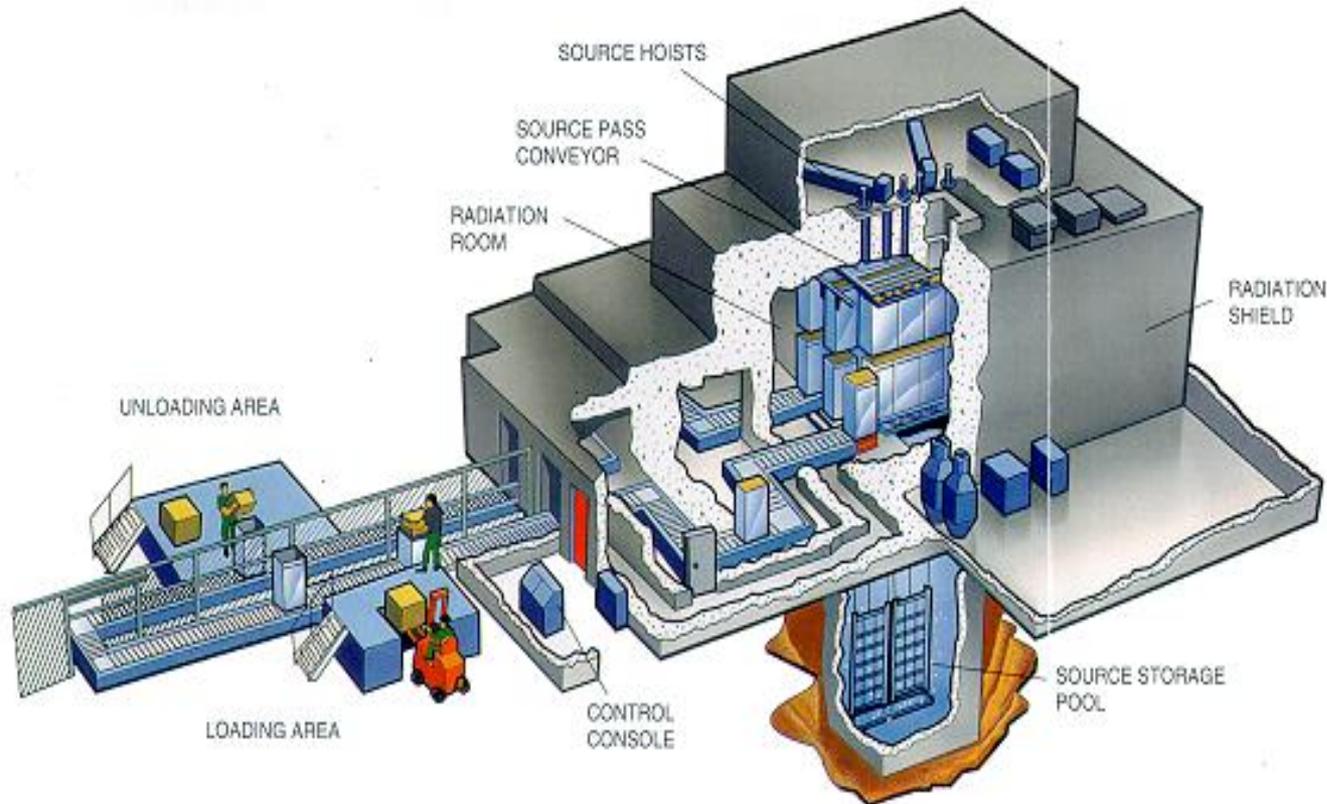
- 정유탱크 내용물 준위 측정
- 밀봉선원을 주로 사용



- ✓ 정비기간에 누설검사로 건전성 검사
- ✓ 정비기간 중 선원 보안 주의

● 대단위조사시설

- 밀봉선원 : Co^{60}
- 방사능량 : 500,000 – 1,000,000 Ci



● 혈액조사기

- 밀봉선원 : Cs¹³⁷, Co⁶⁰
- TA-GVHD(Transfusion Associated Graft-Versus-Host Disease)로부터 수혈환자 보호

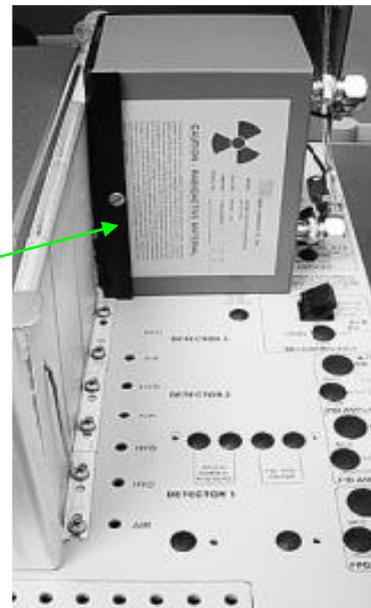
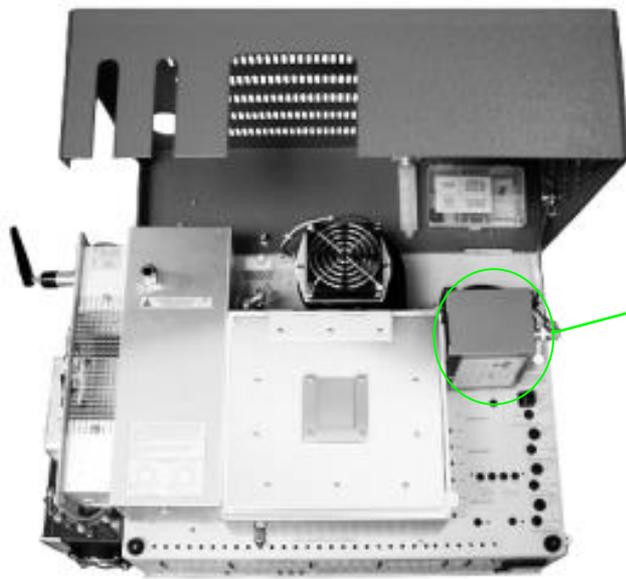


- ✓ 보안관리법 준수
- ✓ 유지보수.폐기시 전문가 조작



● 가스크로마토그래피(Ni^{63})-신고대상

- 잔류농약, 휘발성 유기물질 분석 등에 적용
- 주요 사용기관 : 대학 및 연구기관



GC-ECD
(Ni^{63} 10~15 mCi내장)

- ✓ 폐기시 원자력안전법 준수($Ni-63$, 10mCi)
- ✓ 임의로 타기관에 양도 양수 금지

● 개봉선원 취급시 주의 사항

- 방사성물질 취급상의 기초 지식, 조작 방법을 숙지함
- 사용하는 핵종의 특성, 사용량(필히 최소량), 차폐, 거리, 시간 으로 부터 피폭 선량, 선량을 등을 추정
- 비 방사성물질을 사용한 실습으로 작업 방법 숙지
- 손에 상처가 있을 경우, 방사성물질을 취급하지 않는 것이 좋음
- 방사성핵종의 종류, 양에 따라 필요시 차폐를 함. 차폐체는 될 수 있으면 선원에 가깝게 설치 하고 오염되지 않도록 함
- 방사성물질을 취급할 때는 반드시 고무장갑(라텍스, 폴리글러브)을 착용함.
- 분말상태의 방사성물질은 글러브 박스 혹은 후드 안에서 취급
- 사용한 용기류는 즉시 세척
- 장갑을 벗기 전에 휴대용 측정기로 오염여부를 확인함.

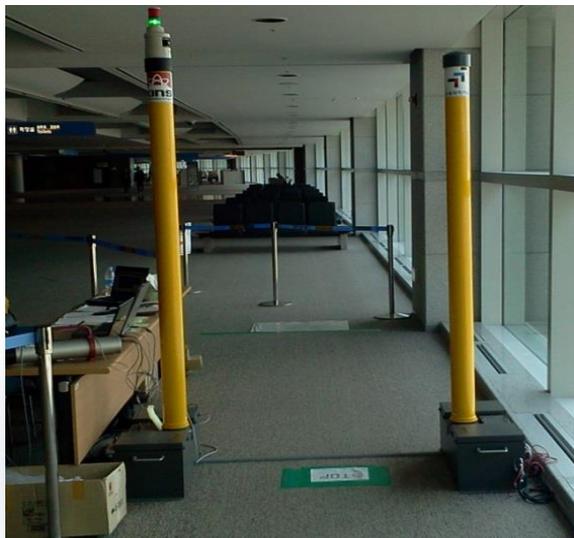
Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

● 오염 관점에서의 고체 표면

- 비 침투성 고체표면 : 폴리염화비닐판, 유리판, 스테인리스 강판, 폴리비닐시트, 표면처리 한 콘크리트
- 침투성 고체 표면 : 목재판, 무 처리 콘크리트

● 오염처리 관점에서의 방사성오염 분류

- 유리성(제거성) 오염 : 공기 중의 먼지 또는 수증기 형태의 내부피폭의 원인
- 고착성(비제거성) 오염 : 외부피폭의 원인이 됨



● 치료

- 개봉선원 : I^{131}
- 갑상선 질환 및 갈색세포종 등의 진료 목적
- 액체 또는 분말 형태로 사용
- 인공 방사성 핵종
 - 원자로 핵분열
 - $Te^{130}(n,\gamma)I^{131}$
- 두 종류의 방사선 방출
 - 베타선 : 606 keV → 치료에 적용
 - 감마선 : 365 keV → 차폐평가에 중요
- 반감기 : 8일 → 정화조 용량 평가에 중요

● ¹³¹I 치료병실 종사자 피폭 저감을 위한 노력 필요

- ❖ 환자에 의한 피폭(이동형 차폐체 활용)
- ❖ 치료병실 오염에 의한 피폭
 - 작업계획을 통한 시간 단축
 - 환자 퇴원 후, 병실내부에 존재하는 오염 제거/저감
- ❖ 환자복, 침구(베개 등), 음식잔여물에 의한 피폭
 - 일정 기간 동안의 보관 등에 의한 방사능 감쇄
- ❖ 환자의 인가되지 않은 외출 → 출입문에 측정/경보기 설치
- ❖ 전용 정화조 배출 → 시료 측정결과에 근거한 배출

개봉선원 사용에 있어서 일어날 수 있는 일들

[추적관리와 재고 파악이 어려움]

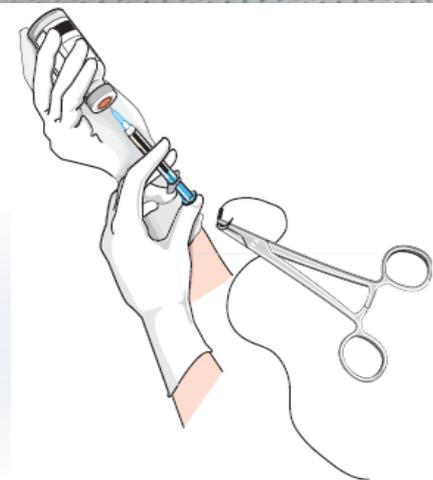
- ❖ 많은 인원이 출입하며, 밤낮없이 실험하는 공동 RI실의 경우 RI선원의 분실 가능성이 높고, 일반구역으로 무단반출의 확률이 높음(허가받지 않은 타기관간의 거래 금지)
- ❖ 방사능오염에 대한 일차적인 책임자를 가려내기 어려움(책임을 서로 전가함)
- ❖ RI 저류조 사용법에 대한 기본 개념이 없음(간혹 RI 물질의 역류가능성 내재)
 - 실수로 Hot Sink의 물을 틀어 놓고 퇴근
 - 고의로 실험실내 RI 역류사고를 일으킴

개봉선원 사용에 있어서 일어날 수 있는 일들

- ❖ 실제로 실험을 하나 종사자로 등록을 하지 않고 실험을 함.
 - 피폭관리가 전혀 안됨
 - 안전관리자 없는 야간을 이용하여 비공식적으로 실험
 - 종사자 명의를 빌려 RI 구입
 - 개봉선원 줌으로는 적당히 사용해도 별 문제가 없다고 스스로 판단....
- ❖ 종사자의 변동이 심하여 퇴직 또는 졸업하는 경우 사용중이던
RI 물질의 인수인계가 안됨 (예 : H-3, C-14 등)

Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

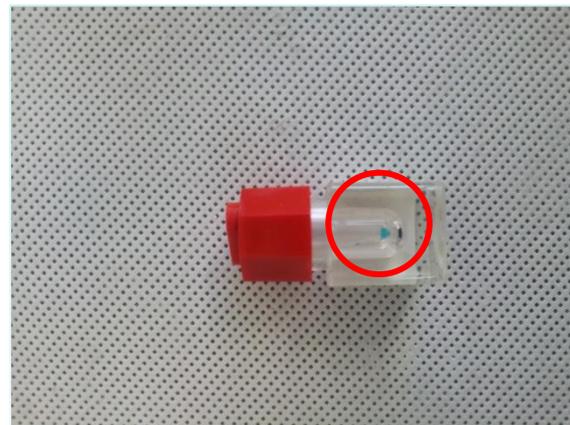
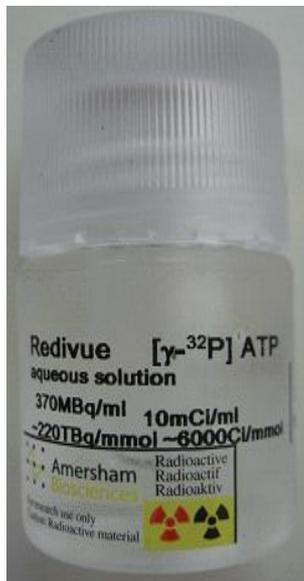
- 개봉선원 : 액체(Liquid)
→ 일정량을 분배하여 사용



Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

● 방사성추적자

- 개봉선원 : P³², S³⁵, H³, C¹⁴
- 배기/배수 시설, 오염가능성, 방사성폐기물

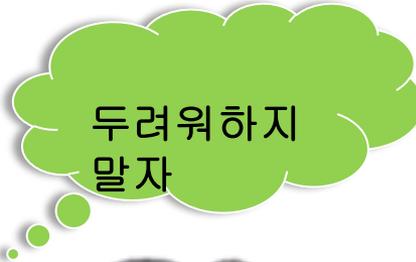


- ✓ 발이 달린 Source(실험자의 의지에 따라...)
- ✓ 선원 재고관리 어려움(특히 H-3, C-14)

● 방사성동위원소(RI)를 취급시 유의사항



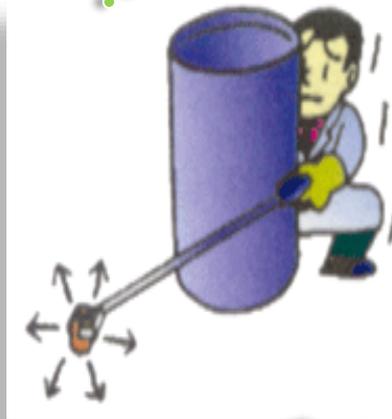
서두르지 말고



두려워하지 말자



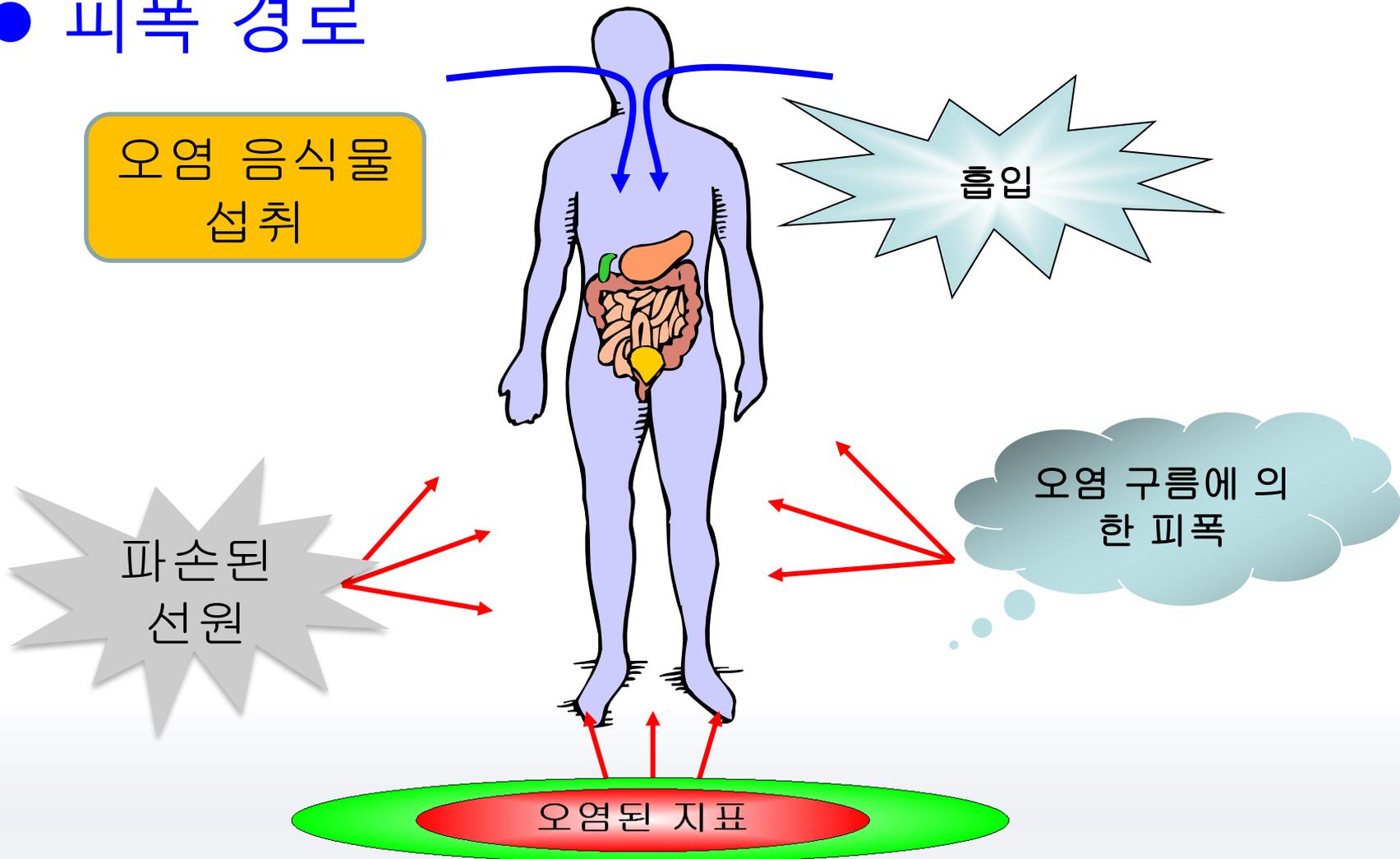
칼보지 말고



사용하는 선
원의 특성을
정확히 알고
있자!!!



● 피폭 경로



● 내부피폭 방호의 원칙 : 격납, 희석, 차단

방사성물질이 체내에 들어오는 경로 3가지

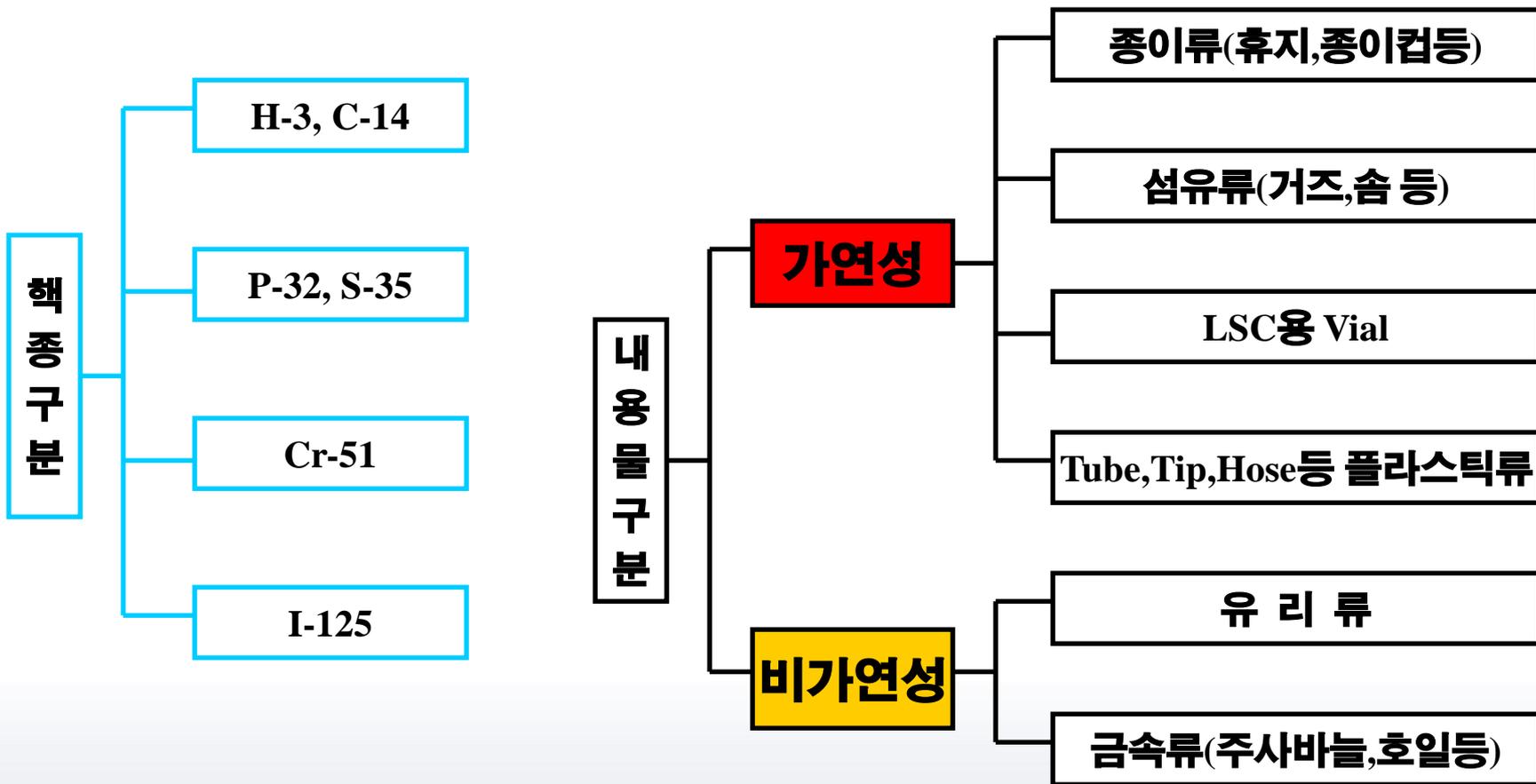
- 호흡기를 통과하는 섭취(inhalation)
- 입, 소화기를 통해서 섭취(ingestion)
- 피부 특히 상처를 통해서 섭취(injection)

호흡보호구

- 공기오염의 우려가 있는 작업환경에서 오염준위에 따라 착용
- 간이 마스크
- 반면방독면: 코, 입 가림 (방호인자:10)
- 전면방독면: 얼굴전체 가림 (방호인자: 50)
- 공기공급형 방독면 (방호인자 : 1000 이상)
- 방독면 착용시 필터의 유효기간 확인 필요



● 방사성폐기물의 분류)



●개봉선원 관리구역 출입관리(예)

오염검사실

까운보관함

신발장

손, 발 오염측정기



● 개봉선원 관리구역 출입관리(예)

신발장

끈끈이 매트(50장/1조)



바닥
(에폭시페인트)

●개봉선원 관리구역 출입관리(예)

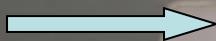


오염측정실 (세면대) – RI저류조와 연결

의복, 장비 오염제거제



손 오염제거제



● 개봉선원 관리구역 출입관리(예)

표면오염측정기

공간방사선량을 측정기



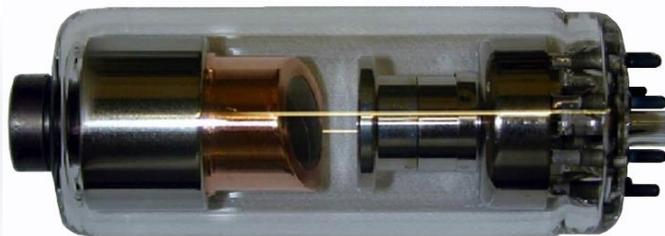
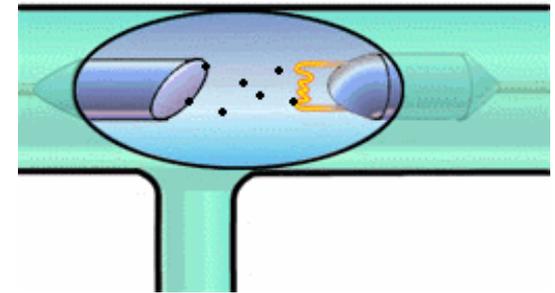
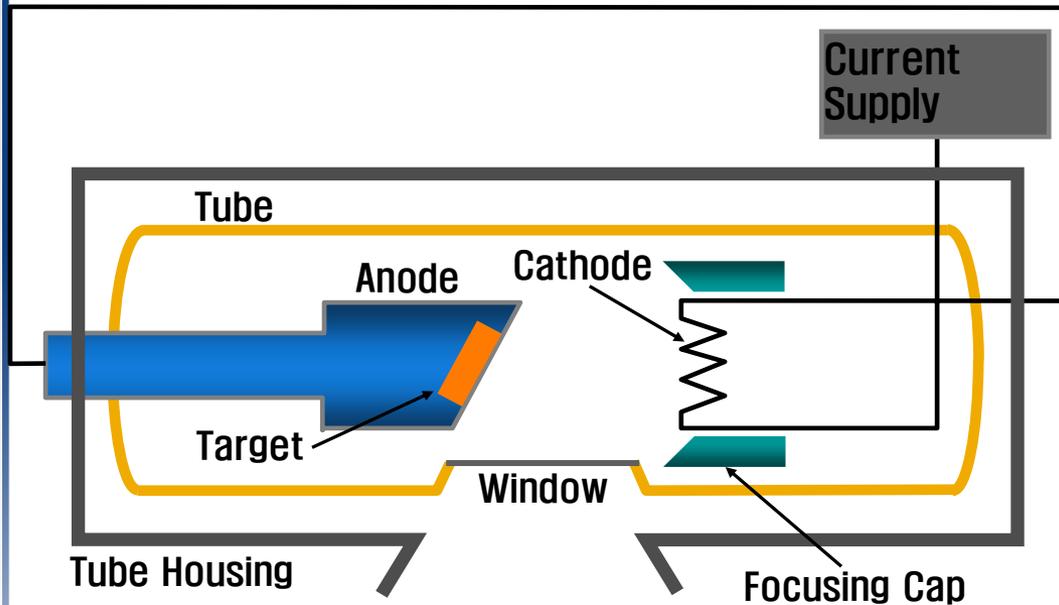
사용 및 폐기 기록부

● 방사선발생장치 종류

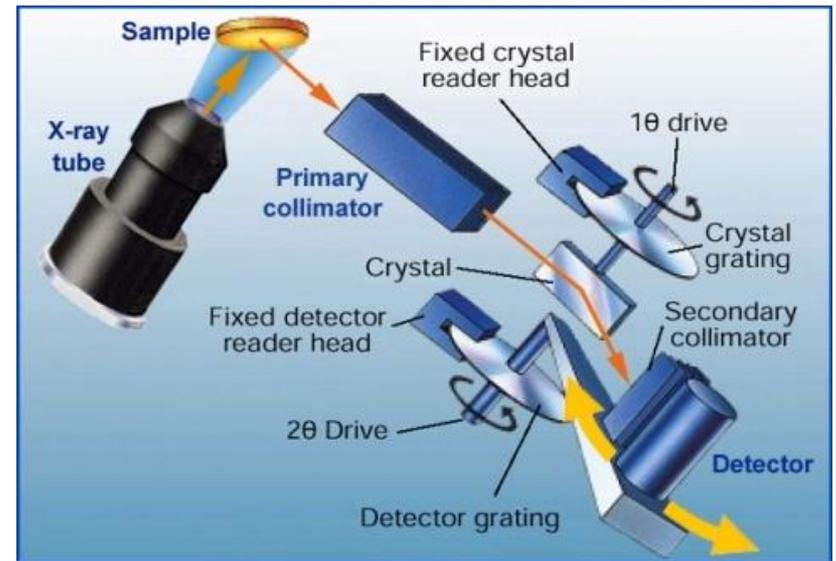
용도	용량
정전기 제거	9~11 kV
회절분석	15~50 kV
형광분석	30~50 kV
식품이물질검사	60~100 kV
인체 진단용 엑스선	~ 120 kV
전자부품 결함검사 (PCB, 배터리 등)	80~170 kV
배관검사(철판)	200~350 kV
포탄검사	500~1000 kV
전선가교(물성개선)	1000~1500 kV
대형용기 검사, 암치료	6~15 MV

● 방사선발생장치 원리

- 필라멘트에서 열전자 발생
- 양극으로 이동/가속되어 표적(Target)과 충돌



● XRF

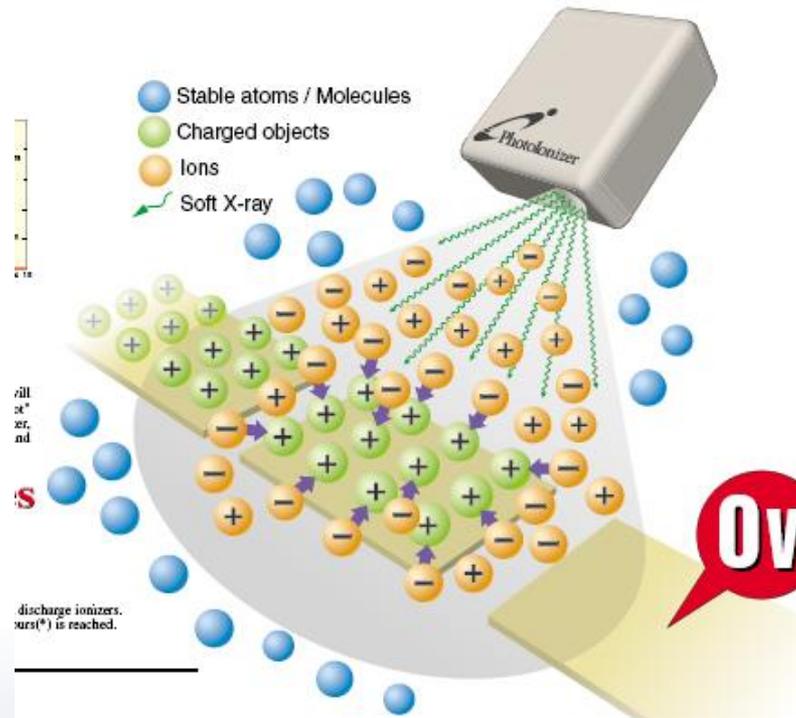


Ⅲ. 밀봉선원/개봉선원/방사선발생장치 특성

- 정전기제거

- 밀봉선원 : Po^{210}

- 발생장치 : 저 에너지(6-12 keV) 엑스선

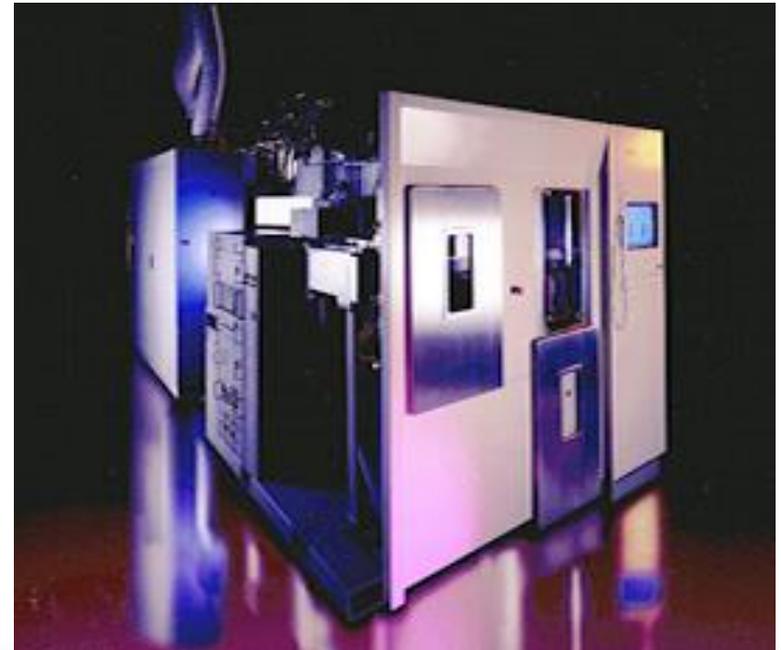
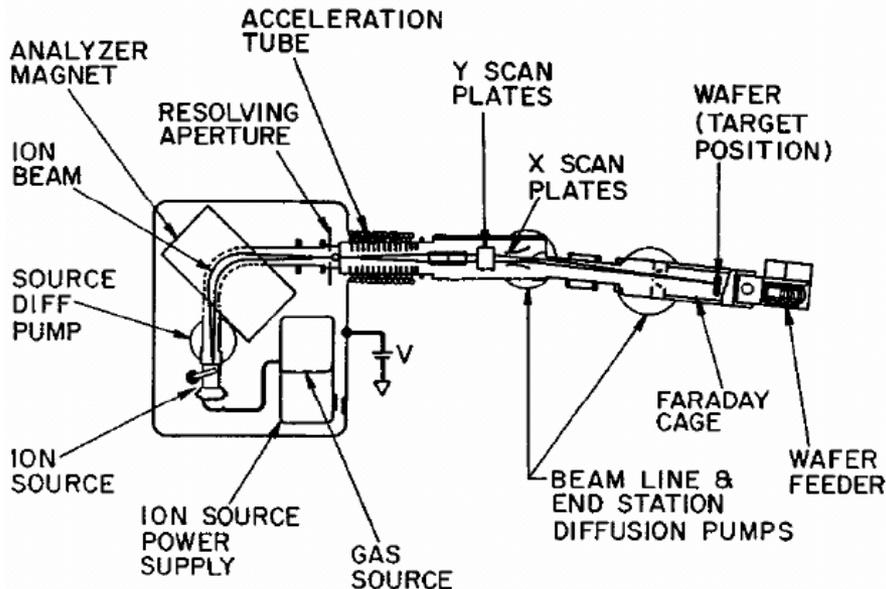


정전기제거기
(발생장치)



정전기제거기
[Po^{210}]

- Ion Implanter(이온주입기)
 - 발생장치, 물질표면의 속성 변화
 - 반도체 Doping 공정 등에 적용



Doping ;

반도체의 전기 전도(傳導)는 불순물의 영향을 강하게 받기 때문에 반도체공학에서는 함유(含有)된 불순물의 제어(制製)가 대단히 중요한

● 비파괴검사

- 밀봉선원(Co^{60} , Cs^{137} , Ir^{192}) 및 발생장치 사용



방사선발생장치

- ✓ 작업전,중,후 조치사항 철저히 이행
- ✓ 조사기 분실을 위한 감시인 배치 철저

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

- 1) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질을 취급하는 조직 및 그 기능에 관한 사항
- 2) 방사성동위원소 등의 구매·사용 및 판매에 관한 사항
- 3) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질의 분배·보관·운반·처리·배출·저장·자체처분 및 인도에 관한 사항
- 4) 방사선량률·피폭방사선량 및 방사성 동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염되었을 경우 그 오염상황의 측정 및 측정결과의 기록과 보존에 관한 사항
- 5) 방사선안전관리장비의 보관·관리 및 교정에 관한 사항
- 6) 방사선작업종사자의 피폭방사선량의 평가 및 개인선량계의 관리에 관한 사항
- 7) 방사선작업종사자 또는 수시출입자의 방사선장해발생을 방지하기 위하여 필요한 교육훈련에 관한 사항
- 8) 방사선장해발생 여부를 발견하기 위하여 필요한 조치에 관한 사항
- 9) 방사선장해를 받은 자 또는 그 우려가 있는 자에 대하여 취하여야 할 보건상 필요한 조치에 관한 사항
- 10) 「원자력안전법」 제58조에 따른 기록과 이의 비치에 관한 사항
- 11) 위험시의 조치에 관한 사항
- 12) 방사성동위원소 등의 분실·도난 등 사고시의 조치 및 사고예방에 관한 사항
- 13) 방사선안전관리자의 권한·책임 및 직무수행에 관한 사항
- 14) 기타 방사선장해의 방어에 필요한 사항

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

- 1) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질을
취급하는 조직 및 그 기능에 관한 사항 (조직도, 직무)

방사선 취급면허 또는 국가기술자격법에 따른 방사선관리기술사 자격을 소유한 사람만 방사선을 취급하도록 규정함. 그러나 모든 종사자가 해당 면허나 자격을 획득할 수는 없으므로 이행 보조자의 활용을 허용하고 있는데, 소정의 교육(즉, 방사선작업 종사자 교육)을 이수한 사람은 이들 면허나 자격 보유자의 지시, 감독 아래 방사선을 취급할 수 있도록 규정함.(원자력안전법 제84조(면허 등))

- 2) 방사성동위원소 등의 구매·사용 및 판매에 관한 사항(구매, 사용, 판매, 생산)

- ✓ 생산, 판매, 사용허가 범위를 초과하지 말 것
(생산, 판매, 허가증 상의 핵종, 방사능량 및 용량, 수량 확인)
- ✓ 방사선원 사용시 기술기준 준수
- ✓ 밀봉선원을 사용하는 경우(매 1년마다 누설검사 실시-건전성 검사)
- ✓ 판매시 운반 및 취급기술기준 준수(전용차량 운반)

● 방사선안전관리규정 구성

3) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질의 **분배**

·보관·운반·처리·배출·저장·자체처분 및 인도에 관한 사항(**절차, 기술기준**)

- ✓ 방사선관리구역을 벗어나서 보관,분배,저장하지 말 것
- ✓ 방사선관리구역에서 발생한 오염물질 등은 자체처분 승인 또는 위탁 처분(원자력환경공단)을 할 것(임의처분 절대안 됨)
- ✓ 배출(기체,액체상)을 할 경우 관련 배기/배수 허용농도 기준을 만족하여야 하고 그 결과를 기록하여야 함(측정결과 Raw Data 관리 등)

● 방사선안전관리규정 구성

- 4) 방사선량률·피폭방사선량 및 방사성 동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염되었을 경우 그 오염상황의 측정 및 측정결과의 기록과 보존에 관한 사항 (측정, 기록 및 보존)

✓ 방사선량률 또는 오염측정 기록

✓ 사용하는 방사선원 특성 고려, 측정절차, 방법, 주기 설정

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

구분	측정장소
방사선량 ($\mu\text{Sv/h}$)	사용, 분배, 저장, 폐기시설
	고정된 방사선차폐시설안의 밀봉 RI, RG
	방사선폐기물의 저장, 처리, 처분시설
	방사선관리구역
	비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소
방사성물질 등에 의한 오염상황 (Bq/cm^2)	방사선관리구역에 있어서 공기중의 방사성물질 농도와 오염된 물체의 표면(예 : 작업대 등)
	방사선관리구역으로부터 반출하는 물품의 표면
	배기구, 배수구
	비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

5) 방사선안전관리 장비의 보관·관리 및 교정에 관한 사항 (보관 및 관리, 교정)

분류 번호	소분류명	교정용 표준기	정밀 계기
80101	공기커마세기(Air Kerma Strength)	12	12
80102	개인피폭선량계(Personal Dosimeter, ADR, poket)	-	6
80103	표준조사 : 베타, 엑스, 감마 (Standard irradiations : Beta, X, Gamma)	-	6
80104	환경선량률 감시기(Environmental monitors)	-	12
80105	전리함 선량계 : 공기커마, 물흡수선량 (Ionization Chamber : Air kerma, Water absorbed dose)	12	12
80106	베타/전자 조사장치(Beta/Electron irradiators)	12	-
80107	광자 조사장치 : 엑스선, 감마선 (Photon irradiators : X-ray, Gamma ray)	12	-
80108	베타 서베이미터(Beta survey meter)	-	6
80109	엑스/감마 서베이미터(X/Gamma survey meter)	-	6

[측정기 교정대상 및 주기(국가기술표준원 고시 2015-499호)]

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

분류 번호	소분류명	교정용 표준기	정밀 계기
80201	핵종교정기(Isotope calibrators)	12	12
80202	표면오염 감시기 : 알파, 베타, 감마 (Contamination counters : alpha, Beta, Gamma)	-	6
80203	가이거물러 계수기(Geiger Muller counters)	-	6
80204	개봉 알파선원(Unsealed alpha sources)	수시	수시
80205	개봉 베타선원(Unsealed beta sources)	수시	수시
80206	개봉 엑스/감마선원(Unsealed X/gamma sources)	수시	수시
80207	밀봉 알파선원(Sealed alpha sources)	수시	수시
80208	밀봉 베타선원(Sealed beta sources)	수시	수시
80209	밀봉 엑스/감마선원(Sealed X/gamma sources)	수시	수시
80210	비례계수기(Proportional counters)	12	6
80211	섬광검출기 : 알파, 베타, 엑스/감마 (Scintillation detectors : Alpha, Beta, X/Gamma)	12	6
80212	반도체 검출기 : 알파, 베타, 엑스/감마 (Semiconductor detectors : Alpha, Beta, X/Gamma)	12	6
80213	액체 섬광계수기(Liquid scintillation counters)	-	12

[측정기 교정대상 및 주기(국가기술표준원 고시 2015-499호)]

● 방사선안전관리규정 구성

6) 방사선작업종사자의 피폭방사선량의 평가 및 개인선량계의 관리에 관한 사항 (피폭방사선량의 평가, 개인선량계의 관리)

- ✓ 개인피폭선량 측정기는 외부 전문 판독기관과 연간 계약(자체 판독기관 제외)
- ✓ 1개월 내지는 3개월(분기) 마다 선량계 판독(직독식 선량계는 즉시)
- ✓ 선량계 훼손, 분실에 주의
 - * 작업종사자 해제(퇴사)시 선량계를 반드시 반납하여야 함.

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

[판독특이자란 ?]

- ◆ 선량한도를 초과하여 방사선에 피폭된 사람
- ◆ 선량계의 훼손·분실 등으로 인하여 선량판독이 불가능하게 된 사람
- ◆ 위원회가 정하는 선량계 교체주기를 2개월 이상 지난 후 선량계를 제출한 사람

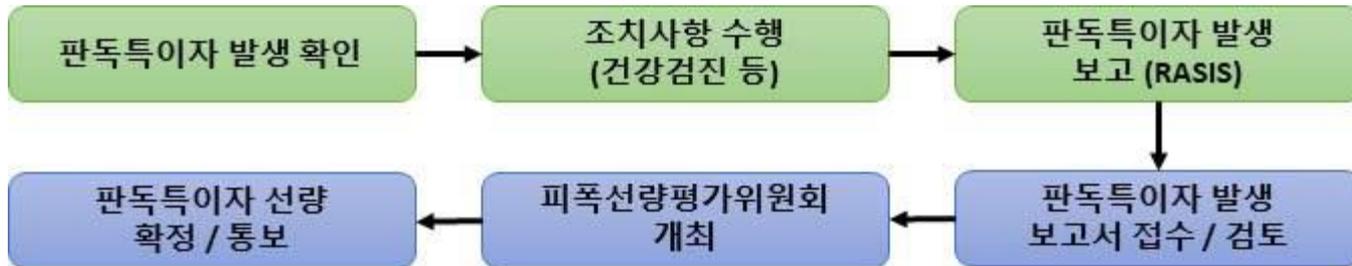


※ 의도적으로 방사선원 근처에 방치하는 경우 선량한도 초과

● 방사선안전관리규정 구성

[판독특이자에 대한 조치사항]

-한국원자력안전기술원 자료 참고-



○ 조치사항 수행

- 건강진단 수행(방사선작업종사자 혈액검사)
 - : 원자력안전법 시행규칙 제121조(건강진단)제2호3항
- 염색체이상검사(선량한도 초과시 또는 방사선투과검사업체의 경우)
 - : KINS 유선 보고 시 원자력의학원에 검사 의뢰 절차 수행 (KINS 비용 부담)
- 비방사선 업무 전환(선량한도 초과시)
- 선량한도 초과 확정시
 - : 확정 이후 1년간 반기별로 건강검진 결과 등 종사자 관리현황 보고

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

◆ 주선량계



**열형광선량계(TLD
: Thermoluminescence Dosimeter)**



광자극형광선량계(OSLD)

◆ 보조선량계



자동선량계(ADR : Alarm Dosimeter)



포켓도시메타

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성



손가락선량계



손목선량계

손으로 방사선 작업을 많이 하는 경우 유용함.

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

[개인선량계 착용 및 관리방법]

❖ 착용하는 방법(일반적)

- 선량계는 가슴 부분에 착용을 권장함(상황에 따라서 어깨나 목 착용)
- 납 지마 등 방호복을 착용한 경우에는 차폐체 안쪽에 착용함.
- 임신이 확인된 여성은 하복부에 착용을 권장함.

* 선량계의 장이 반드시 몸 밖을 향하도록 ~~~

❖ 착용시 주의사항

- 방사선관리구역에 출입하지 않을 경우에는 정해진 장소에 보관하여 분실을 예방함.(햇빛이 들지 않는 곳이 적합)
- 선량계를 업무 외의 목적으로 방사선에 노출시키지 않아야 함.
(예: 병원에 진단복적으로 방문시, 항공기 탑승시 등)

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

[내부피폭평가방법]

❖ Whole Body Counter(전신계수법)



● 방사선안전관리규정 구성

[내부피폭평가방법]

❖ 간접생체 검정법

- ✓ 생체의 시료, 주로 배설물이나 분비물의 시료를 채취하여 함유된 방사능을 계측한 다음 섭취량을 추정
- ✓ 생체시료로는 많은 경우 소변시료가 이용되지만 핵종에 따라서는 대변시료를 사용해야 하는 경우도 있으며 특별한 목적으로는 혈액, 타액, 손톱, 머리카락 등도 대상이 될 수 있음
- ✓ 채취한 시료는 계측이 용이하도록 화학적 처리, 핵종의 분리, 계측시료의 제조를 거쳐 방사능을 측정
- ✓ 많은 경우 HPGe를 이용한 감마 스펙트로메트리가 적용되지만 감마선을 방출하지 않는 핵종에 대해서는 알파 스펙트로메트리, 저준위 베타 계수, 액체 섬광계수법 (특히, 트리튬과 C-14)이 사용
- ✓ 이 방법의 주된 기술적 문제는 대표시료의 채취 및 전처리(화학적 분리, 계측시료의 제도 등), 저준위 방사능 계측, 배설함수의 결정

IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

[내부피폭평가방법]

❖ 개인공기시료채취기(Personal Air Sampler)



IV. 방사선안전관리규정 실무

● 방사선안전관리규정 구성

7) 방사선작업종사자 또는 수시출입자의 방사선장해발생을 방지하기 위하여 필요한 **교육훈련**에 관한 사항

교육과정	신규교육 시간		정기교육 시간		
	기본교육	직장교육	기본교육		직장교육
			방사선안전관리자	방사선안전관리자 이외의 종사자	
일반분야	8시간 이상	4시간 이상	매년 3시간 이상	매년 3시간 이상	매년 3시간 이상
방사선투과 검사분야	12시간 이상	6시간 이상	매년 5시간 이상	매년 5시간 이상	매년 5시간 이상

주1) 종사자의 기본교육은 기관의 방사선관리자가 받는 방사선안전관리자 교육(적색)을 신청하면 안됨
 주2) 수시출입자는 기본교육 또는 직장교육 중 택1하여 이수하면 됨.

IV. 방사선안전관리규정 실무

8) 방사선장해발생 여부를 발견하기 위하여 필요한 조치에 관한 사항

방사선작업종사자 및 수시출입자 건강진단서 (제17조제2항 관련)[의료기관 작성용]

진단대상	성명	구분 (방사선작업종사자/ 수시출입자)	
	주민등록번호		
건강진단결과			
문진	<ul style="list-style-type: none"> ■ 과거 질병력: ■ 가족력: ■ 최근 특이증상 (*급격한 시력저하 등): ■ 방사선 작업과 관련된 기타 특이사항 (*해당 경우에 작성): 		
일반혈액 검사결과	백혈구(WBC)		/ μ L
	혈소판(PLT)		10^3 / μ L
	혈색소(Hb)		g/dL
판정소견			
채혈일		년 월 일	

담당의사 의사면허번호/성명 :
 연락처(전화):
 의료기관명(직인)

● 방사선안전관리규정 구성

- ❖ 검사, 검진부위 및 항목
 - 말초혈액 중 백혈구, 적혈구의 수 및 혈색소 양
 - 심폐기능 등 의사가 필요하다고 인정하는 검사

- ❖ 건강진단 실시하는 시기
 - 최초 방사선작업에 종사하기 전
 - 방사선작업에 종사 중인 자 : 매년
(단, 건강진단 후 **12**월간 피폭선량이 일반인 선량한도 (1mSv) 미초과 시 생략 가능)
 - 방사선작업종사자에 대한 선량한도를 초과한 때

● 방사선안전관리규정 구성

- 9) 방사선장해를 받은 자 또는 그 우려가 있는 자에 대하여 취하여야 할
보건상 필요한 조치에 관한 사항

원자력안전법제110조(보상)

원자력이용과 이에 따른 안전관리 중에 방사선에 의하여 신체 또는 재산에 피해를 입은 자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 정당한 보상을 받는다.

* 보상기준에 협력업체 방사선작업종사자도 포함하여 관리하여야 함.

● 방사선안전관리규정 구성

- 10) 「원자력안전법」 제58조에 따른 기록과 이의 비치에 관한 사항(기록, 비치)
- 11) 위험시의 조치에 관한 사항
- 12) 방사성동위원소 등의 분실·도난 등 사고시의 조치 및 사고예방에
관한 사항(즉시→30분 이내 원자력안전위원회 또는 KINS 신고)
- 13) 방사선안전관리자의 권한·책임 및 직무수행에 관한 사항
- 14) 기타 방사선장해의 방어에 필요한 사항

○ 방사사고의 특징

- 1) 오감으로 감지하기 어려운 방사선의 특성 상 사고 초기에 발견하기 어렵다.
- 2) 방사선, 방사성물질에 대해 모르는 일반인들은 소규모의 방사선원 만으로도 치명적인 사고로 이어질 수 있다.
- 3) 원전 같은 대형 핵주기 시설의 사고가 아니더라도 불특정 다수에게 피폭을 초래하는 사고가 일어날 수 있다.

○ RI전용 핫싱크(hot sink) 저장탱크 폐액 넘침

- 개요

- 1) RI전용 저장탱크가 만수임에도 불구하고 인지 못하고 계속적으로 싱크대에서 장비를 세척함
- 2) Hot Sink 저장탱크의 폐액이 넘쳐 방사성동위원소실 바닥이 오염됨 (무기폐액저장조의 역류)

- 조치

- 1) 오염여부를 확인 후 제염지를 이용하여 제염 실시
- 2) 제염액을 사용하여 오염수치가 백그라운드로 낮아질 때까지 제염 실시

▶ **평상시 RI 저류조 Level을 정확히 확인하여 만수가 되기 전에 측정을 통한 배수 및 폐액 유입을 차단하는 등의 적절한 조치함**

○ 원심분리기(Centrifuge) 취급 미숙

-개요

- 1) 신규 종사자가 원심분리기를 사용하여 Tube안에는 RI가 혼합된 시료를 분리하기 위하여 작업
- 2) 뚜껑을 닫고 작동 해야, 열어놓고 작동하여 작업실 다른 공간으로 비산되어 주위와 원심분리기가 오염

-조치

- 1) 오염 정도를 확인하고 오염된 곳 제염액과 제염지로 제염
 - 2) 원심분리기는 제염액을 이용하여 해체 가능한 부분까지 해체하여 제염
- ▶ **평상시 장비 사용 Manual 숙지 및 사용법 훈련 등 원심분리기 및 사용 장비를 안전하게 취급 할 수 있도록 조치함**

○ 작업테이블과 작업실 바닥 오염

-개요

RI 작업하는 도중에 작업대와 바닥에 오염된 폐액을 떨어뜨려 방사성 오염 발생

-조치

- 1) 방사선작업종사자가 1차 오염여부 확인한 후 방사선 안전관리자에게 신고
- 2) 안전관리자가 오염부위를 확인하고, 오염구역 설정
- 3) 오염부위를 제염액과 제염지를 이용 제염함

- ▶ **향후 오염을 방지하기 위하여 방사선작업종사자가 작업에 필요한 부분만큼 흡착재(세이퍼매트)를 잘라서 깔고 사용토록 조치함**

○ 방사선계측기 손잡이, 기록부 양식 등 오염

-개요

- 1) RI실험 중 착용중인 장갑(폴리글러브)가 오염되었음에도 오염여부를 인지하지 못함
- 2) 방사선계측기, 실험기기, 양식철, 볼펜 등을 만져 방사능 오염이 확산됨

-조치

- 1) 오염이 확인된 방사선계측기 제염
- 2) 양식철과 볼펜은 새로운 것으로 교체함

▶ **종사자 교육훈련을 통하여 RI 실험 중 오염이 의심되면 반드시 장갑의 오염여부를 확인 후 자주 교체토록 조치함**

○ 방사선치료시설 일반인 임의 출입

-개요

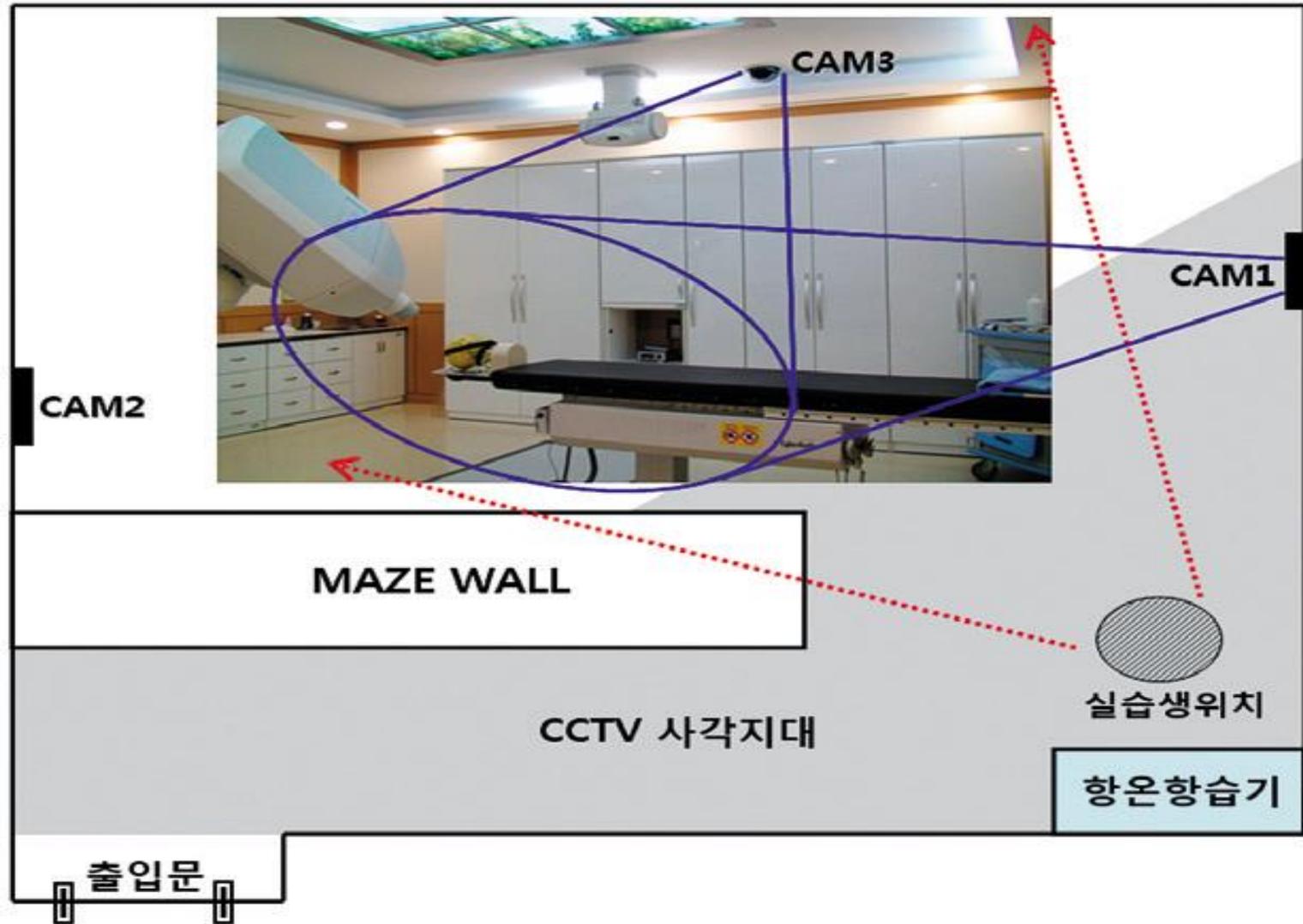
일반인(간호사 실습생)이 치료용 방사선발생장치 사용시설(Cyber-Knife)에 출입 확인 절차 없이 임의로 출입하여 피폭된 사건

-조치

TLD, 서베이미터 측정을 통해 평가된 실습생의 피폭선량은 1.59~2.4mSv

- ▶ **병원 치료실 진입로 및 출입문에 방사선과리구역 출입 제한 표지 부착 강화 하고 CCTV 사각 지대를 없애는 조치함**

V. 방사선 사고사례 및 교훈



○ 방사성폐기물 오인 배출

-개요

I-131 오염된 포장 용기 및 고철에 대해 오염여부 검사를 실시하지 않고 일반폐기물로 간주하여 재활용폐기물로 처분, 유통되다가 인근 철강회사의 모니터에 탐지

-조치

즉시 KINS에 연락 후 수거, 조치 하였으며 유통과정 및 작업자 피폭선량 측정(피폭선량은 미미)

- ▶ **개봉선원을 사용하거나 이를 판매하는 병원 및 업체에서 반출 시 반드시 반출 물품의 오염 검사를 실시하고 기록 유지 하도록 조치함**

○ 진료용 방사성동위원소 분실

-개요

I-131 동위원소를 판매회사로부터 인수받아 저장시설에 저장하지 않고 분배실 내 일반병원성 폐기물 수집상자 옆에 둔 사이 병원 미화원이 일반폐기물로 오인하여 병원 내 폐기물 처리장으로 반출

-조치

- 1) 분실여부를 안 즉시 수거, 조치 함
- 2) 용기표면 선량을 측정하고 누설 선량 없음 확인
- 3) 미화원의 피폭선량 측정하였으나 피폭 없는 것으로 평가됨

- ▶ **방사성동위원소 취득 시 원자력법 관련 규정에 따라 적절한 저장시설에 보관하는 등 방사선 안전관리 강화 조치 함**

○ 방사성동위원소 운반 중 오염사고

-개요

방사성물질 판매업체가 대전 소재 대학병원으로 운반업무 수행 중 방사성 동위원소 운반용기가 주차장 바닥으로 떨어져 오염이 발생한 사건

-조치

- 1) 오염구역 출입 통제 및 차폐 수행(격리조치), 운반 차량 오염검사 수행
- 2) 자연방사선 준위로 낮아진 것을 확인 후(48시간 경과 후) 격리조치 해제

- ▶ **운반 작업자의 부주의, 운반용기의 결착상태 확인 및 안전 교육을 강도 높게 할 것을 권고하는 조치함**

V. 방사선 사고사례 및 교훈

○ 방사선치료환자 간병 중 과피폭(2010.04.20: 미국)

-개요

Cs-137 및 Ir-192 선원을 이용한 저선량을 강내치료(**Low dose rate remote afterload brachytherapy**)를 받는 환자의 보호자가 의료진의 주의사항(24시간 동안 2시간 이내 면담, 면담 중 차폐물 사용)을 무시하고 2일 동안 병실에 머물러 환자로부터 방출되는 방사선에 피폭된 사건

-조치

보수적인 선량 평가 결과 전신 약 60mSv의 선량을 받은것으로 추정

- ▶ 환자 보호자 또는 간병인에 대한 관리, 교육, 면회 제한 등의 관리가 부족

V. 방사선 사고사례 및 교훈

인도 델리대학교 방사성물질 유출 사망사고

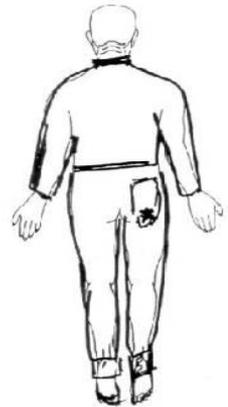
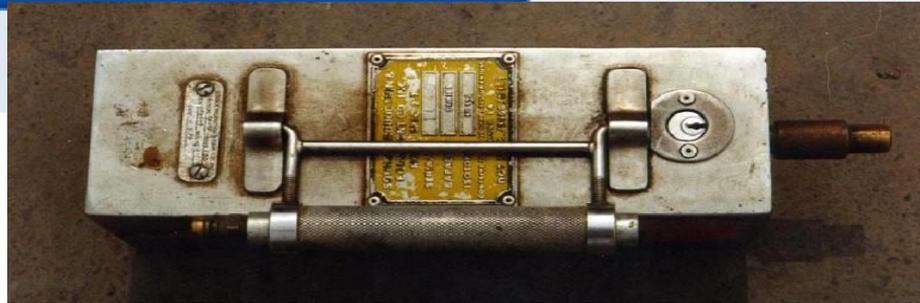


인도 델리대학교는 보관 중이던 감마선조사장치 Gamma Irradiator 를 방사성동위원소가 내장된 상태로 고철시장에서 매각하였고, 이 장치를 해체하는 과정에서 작업자 8명이 방사선에 피폭되어 병원에 입원, 치료 중 **1명이 사망**하는 사고 발생

● Peru 선원관리 부주의사고(1999년)

- ▶ 페루의 Yanango 수력발전소에서 Ir-192(^{37}Ci) 비파괴검사 장치를 이용하여 터널의 건전성 검사를 시행하던 중 운전원이 선원이 분실될 것을 확인
- ▶ 인근의 용접공이 방사성물질임을 모르고 선원을 바지 뒷주머니에 넣어두고 6.5시간동안 방치하여 국소 과피폭된 사고

V. 방사선 사고사례 및 교훈



V. 방사선 사고사례 및 교훈

0.96TBq ^{192}Ir (선원에 의한 근접조사로 인한 피부손상. (bmj, March 2004)



V. 방사선 사고사례 및 교훈

● 비파괴검사용조사기 선원 손상

❖ 사고원인

- 작업자가 선원안내튜브 끝 부분에 고착되어 있는 Ir-192 선원(약: 20 Ci)을 방사선조사기 내로 회수하기 위해 울산출장소 저장실에서 선원 안내 튜브 끝단 부위를 그라인더로 제거하는 과정에서 선원 캡슐이 파손 분산되었고,
- 작업자가 오염된 의복 및 신발을 그대로 입은 채로 건물앞 도로까지 나옴으로써 사무실 및 주변 도로 일부가 오염

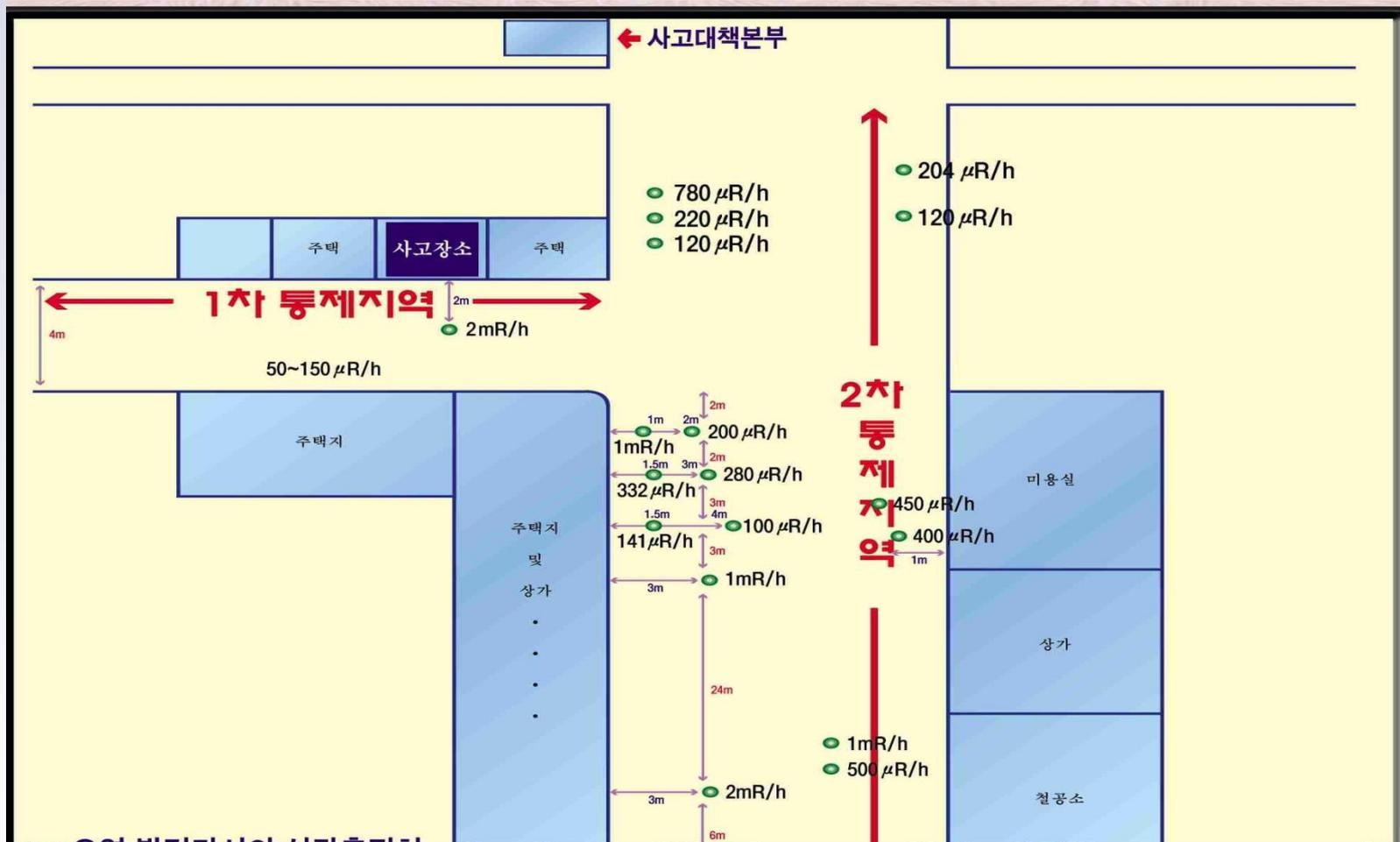


✓ 초동대응 실패(사고확산)

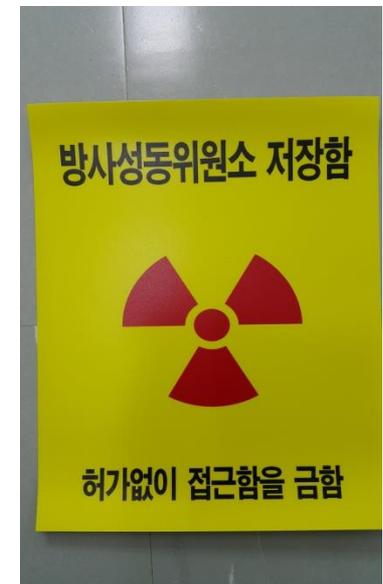
✓ 방사선사고 발생시 당황하지 말고 오염확산을 방지하기 위한 조치 필요

V. 방사선 사고사례 및 교훈

● 비파괴검사용조사기 선원 손상



○ 방사능표지판



V. 방사선 사고사례 및 교훈



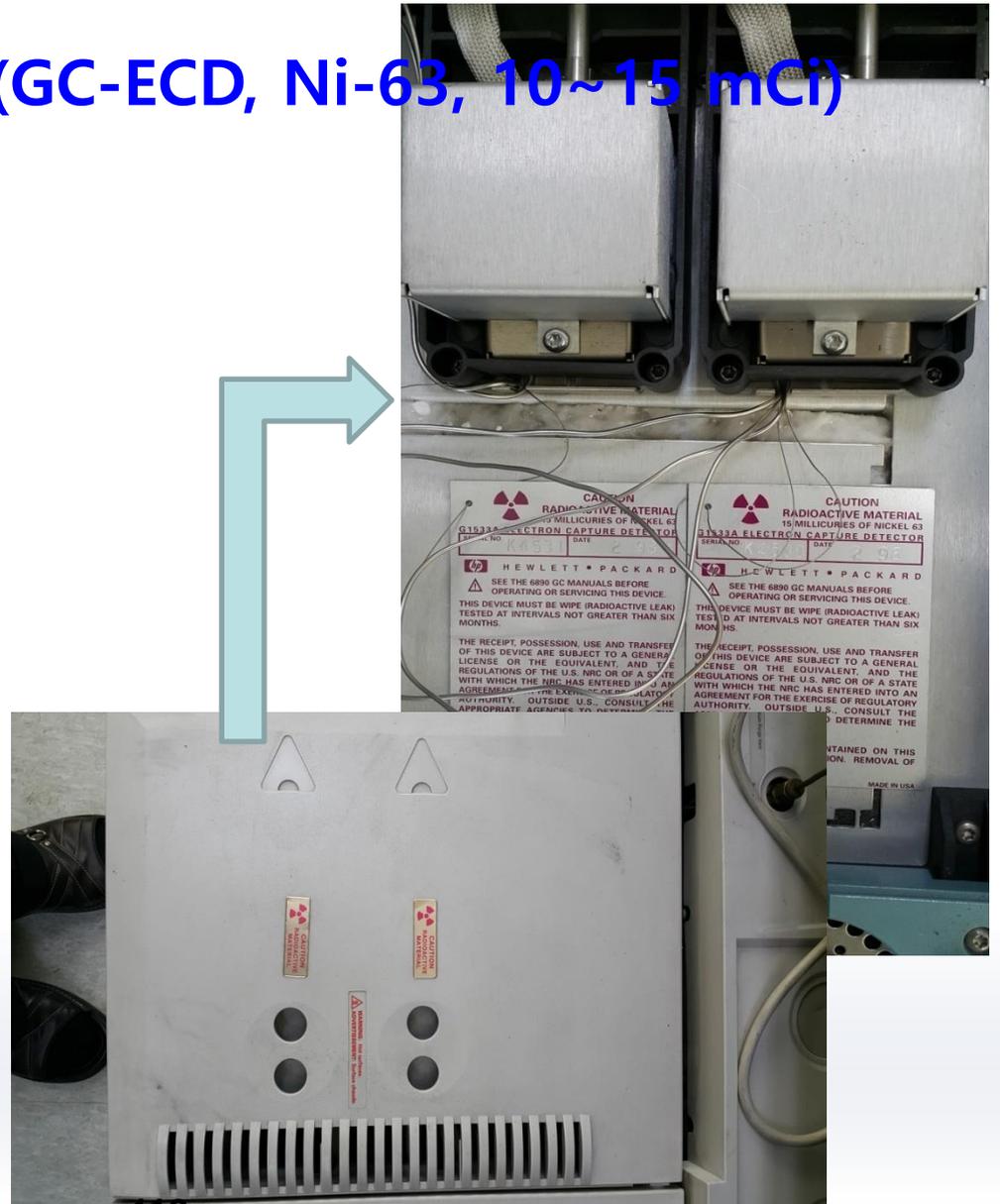
V. 방사선 사고사례 및 교훈

- 밀봉 RI 선원 관리(GC-ECD, Ni-63, 10~15 mCi)
분실주의



V. 방사선 사고사례 및 교훈

○ 밀봉 RI 선원 관리(GC-ECD, Ni-63, 10~15 mCi) 분실주의



○ 사고대응 조치 요령

❖ 오염확대 방지 및 과대 평가

오염에 따른 추가적인 상해나 손실을 방지하고, 사고결과에 대해서는 보수적인 평가를 통해 과소평가되지 않도록 함.

❖ 인체 안전보호 및 관계기관 신속 통보

일반적으로 방사선 상해를 통해 즉각적인 인체위협을 초래하지 않으므로 의학적 안정을 먼저 취하도록 하고, 관리자 및 관계기관 전문가에게 신속히 보고하도록 함.

V. 방사선 사고사례 및 교훈

○ 맺음말

방사선 안전에 대한 책임과 올바른 인식

피종업원(근로자)를 유해한 환경(방사선 등)에 종사
종사시키기 위해서는 사용자의 적극적인 위험관리
방안 수립과 당사자의 위험 요인에 대한 적극적인 동

의 **“ 더 중요한 것은 사업장의 방사선안전시스템
이 아무리 잘 되었다 하더라도 방사선작업종사
자 스스로 철저한 법규 준수와 안전을 실천
할 때만 안전을 보장받을 수 있다”(LSB)**

있으며, 구두 언급은 법적인 효력이 없음

* 사회가 선진화되고, 개인의 권익이 강조되는 가치관

이

만연한 상황에서 사소한 것 같은 방사선 관련문제가