

2020년도(일반분야)

방사선작업종사자 직장교육

- 법정(원자력안전법 제 106조) 안전교육

(사)한국원자력안전아카데미

방사선관련 법규(우리나라)

법률

원자력안전법

의료법

수의사법

의료기기법

규제대상

진단용X선발생장치를
제외한모든발생장치

의료진단용X선발생장치

동물진단용X선발생장치

방사성동위원소

원자력안전위원회

보건복지부
(식품의약품안전처)

농림축산식품부

권
한
위
탁

권
한
위
임

규제기관

한국원자력안전기술원

지방자치단체(시,군,구)

방사선 이용

건강유지

치료

- X, 감마선에 의한 암치료, 혈관내 치료
- 방사성약제 복용

방사성의약품 조제

- Tc-99mFDG, 에너지대사기능
- 신경전달기능

진단

- X선, PET, SPECT 에 의한진단
- 내시경을 사용하지 않는 혈관진단

멸균

- Co-60 의약품 및 용구등

주거환경

고부가가치 신소재

- 타이어,반도체,피복재료,내열,경화,경량재
- 고효율광전자 변환소재

자원확보

품질관리

- 비파괴검사, 두께측정등

환경보전

- 배연처리, 오수처리, 분해성플라스틱

식생활

식품조사에 의한 위생확보와 손실방지

- 살균, 멸균 저장연장 숙성도 조성
- 발아방지, 해충/기생충 방제
- 살균, 살충제 대체기술(방역)

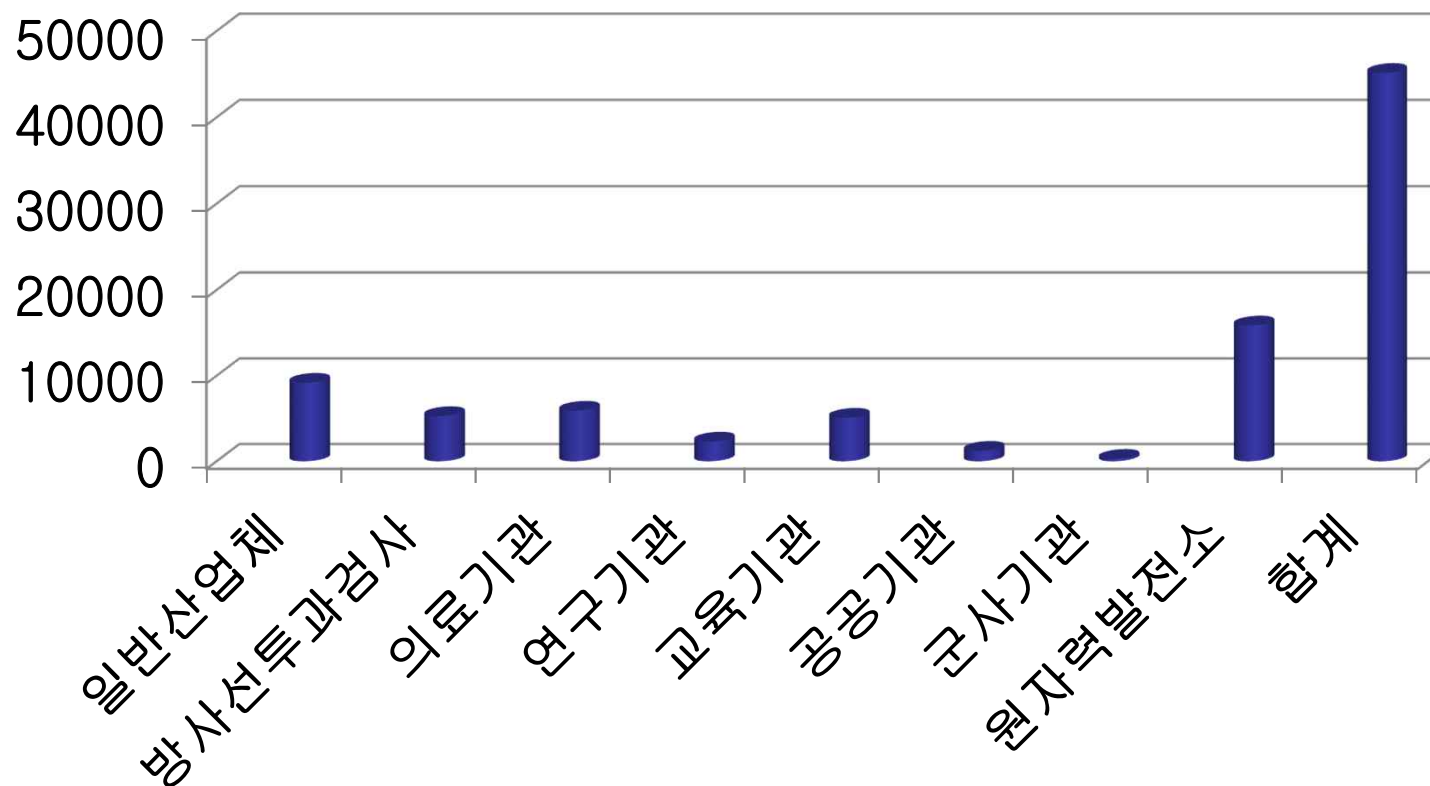
육종에 의한 품종개량

- 환경 열악한 환경하에서의 농약절감
- 꽃색개량 개선식물 생산성 유지

해충불임에 의한 농산물 손실방지

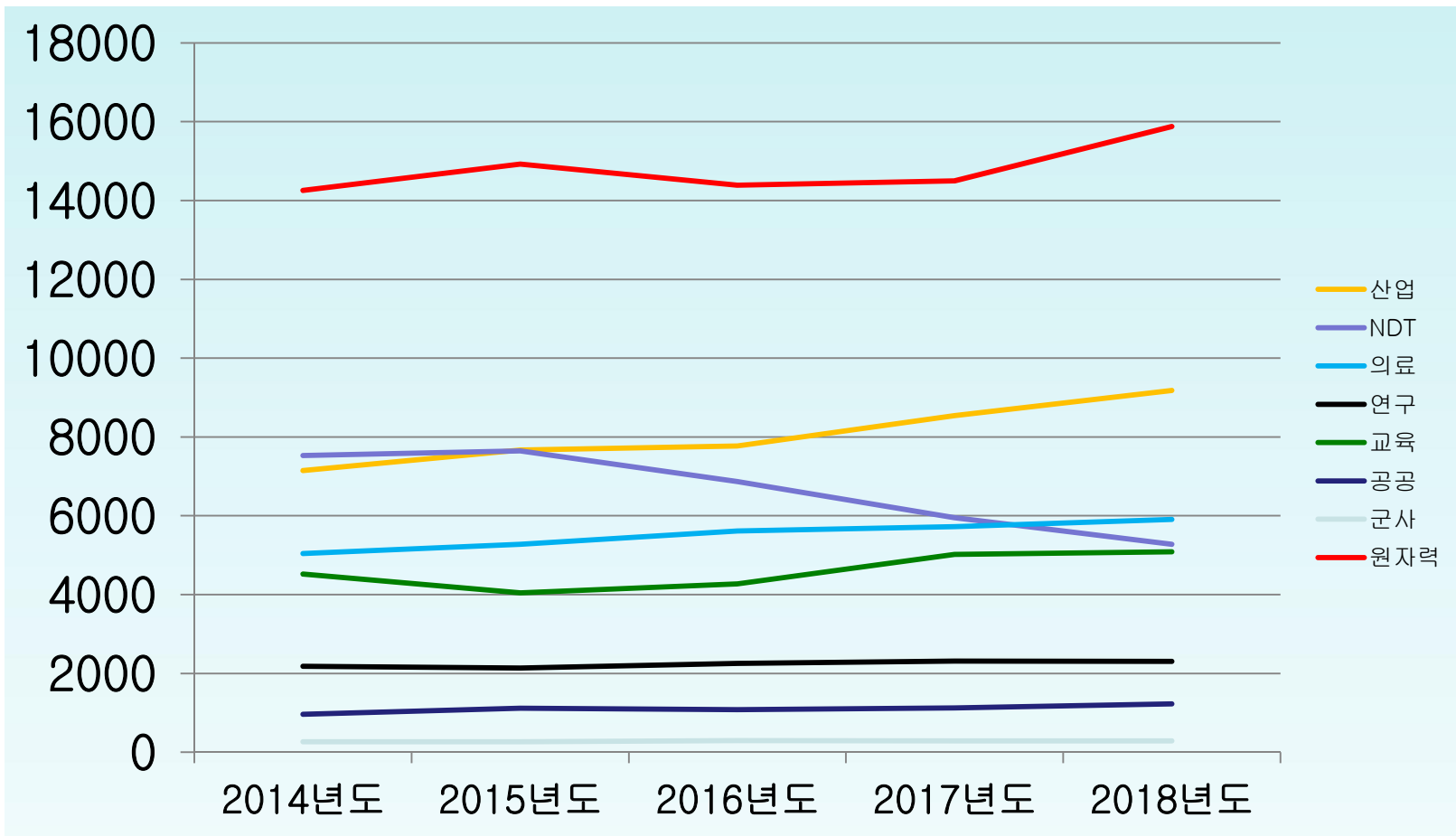
방사선작업종사자 현황

(단위 : 명, 2018년도 기준)



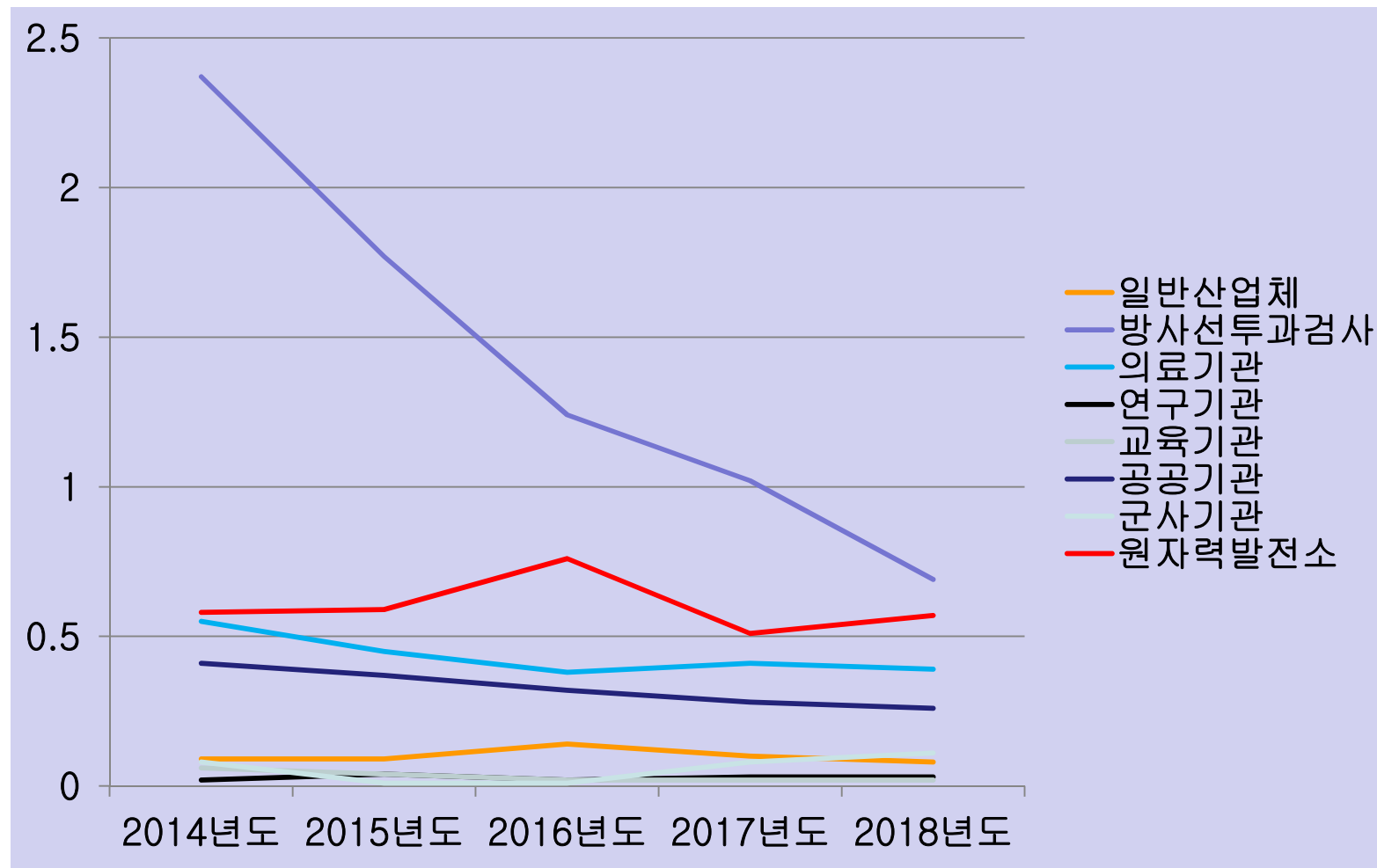
방사선작업종사자 현황

(단위 : 명)



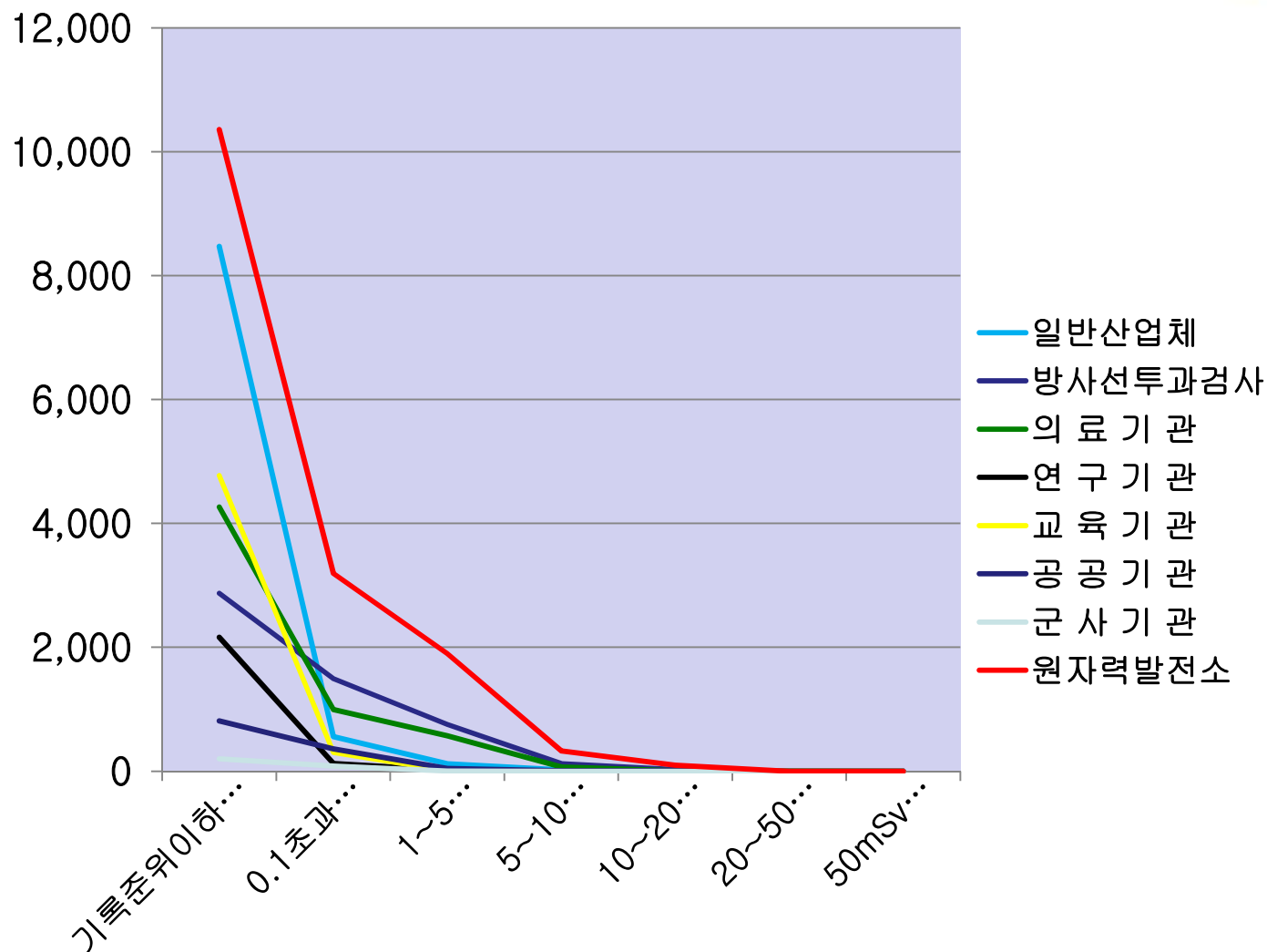
방사선작업종사자 현황

(단위 : mSv)



방사선작업종사자 현황

(단위 : 명)



방사선작업종사자 현황

(2018년도 기준)

업종	방사선작업종사자수									
		기록준위 이하 (0.1mSv 이하)	0.1초과 ~1mSv 미만	1~5 mSv 미만	5~10 mSv 미만	10~20 mSv 미만	20~50 mSv 미만	50mSv 이상	소계 (명)	평균선량 (mSv)
일반산업체		8,472	557	118	20	9	2	0	9,178	0.08
방사선 투과검사		2,875	1,496	754	122	25	3	3	5,278	0.69
의료기관		4,265	994	574	66	9	2	0	5,910	0.39
연구기관		2,162	124	15	2	0	0	0	2,303	0.03
교육기관		4,772	305	8	0	0	0	0	5,085	0.02
공공기관		810	359	43	6	5	0	0	1,223	0.26
군사기관		200	81	4	0	0	0	0	285	0.11
원자력발전소		10,361	3,193	1,897	328	98	0	0	15,877	0.57
합계		33,917	7,109	3,413	544	146	7	3	45,139	0.36

방사선안전관리

- 방사성동위원소등은 제한적인 특정 부지나 기관에서 이용되는 대규모 원자력시설등과는 달리 병원 및 산업체, 교육 및 연구, 공공 기관 등 국민의 생활과 인접한 시설에서 이용되고 있음.
- 방사선으로 인한 피폭사고 등의 재해로부터 일반국민 및 방사선 작업종사자를 보호하고, 자연환경을 보전하기 위해서는 각별한 안전관리가 필요함.

방사성동위원소에 대한 안전심사

- 선원의 고유 안전성
- 시설기준(위치, 설비, 재료, 차폐등)
- 취급기준(선원관리, 구역관리, 폐기물관리, 방사선작업 관리, 방사선 사용시설의 능력, 누설 방사선량률등)의 적합성
- 안전관리 프로그램(조직, 취급절차, 기록유지, 방사선 비상대응 프로그램, ALARA 프로그램등)의 타당성 검토

방사선 작업 종사자 피폭관리

피폭 연결망: 선원-환경-사람

방사선 재해에 효과적인 방어수단을 강구하려면 방사선의 양과 종류를 정확하게 측정하고 분석하여야 하므로 사람에게 노출되는 방사선을 측정, 관리하기 위한 방사선 피폭관리가 필요함.



방사선 안전관리의 목적은 방사선 재해로부터 국민의 안전을 확보하는데 있으며 크게 선원관리, 환경관리, 개인관리로 구분함. 이 중 개인관리는 개인의 **방사선 피폭선량**이 **법에서 정한 허용 피폭선량**을 초과하지 않았다는 것과 피폭선량이 적절하게 관리되고 있음을 보장하기 위한 수단이다. (**허용 피폭선량**: 100mSv/5yr, 특정년도 50mSv)

방사선방어의 개념

- ✓ 필요에 의해 방사선을 이용해야 할 경우
- ✓ 방사선으로부터 보호하기 위한 노력과 법률적 체계

방사선(Radiation)

방사선이란?

불안정한 원자핵이 안정한 원자핵으로 변환 될 때 방출되는 입자나 파동

방사능이란?

불안정한 원소의 원자핵이 스스로 붕괴하면서 내부로부터 방사선을 방출하는 현상으로, 이러한 성질을 가진 원자핵을 방사성핵종(약 2,000여종)이라고 하고, 방사성핵종을 함유하는 물질을 방사성물질이라 함

방사선의 종류와 이용분야

- 알파선 : 헬륨 원자핵, 공기 중 수 cm 이동, 종이 1장 차단 가능
- 베타선 : 전자, 빠른 속도, 고 에너지, 고 투과성
(알루미늄 수 mm 차폐)
- 감마선 : 전자파, 고 투과성 (Co-60 차폐시 납 4cm 필요)

원자로

- 산업용 : Ir-192, Co-60
- 의료용 : I-131, Tc-99m
- 연구용 : Ar-41, Kr-79

Cyclotron

- 의료용 : Tl-201, FDG-18
- 연구용 : C-11, N-13

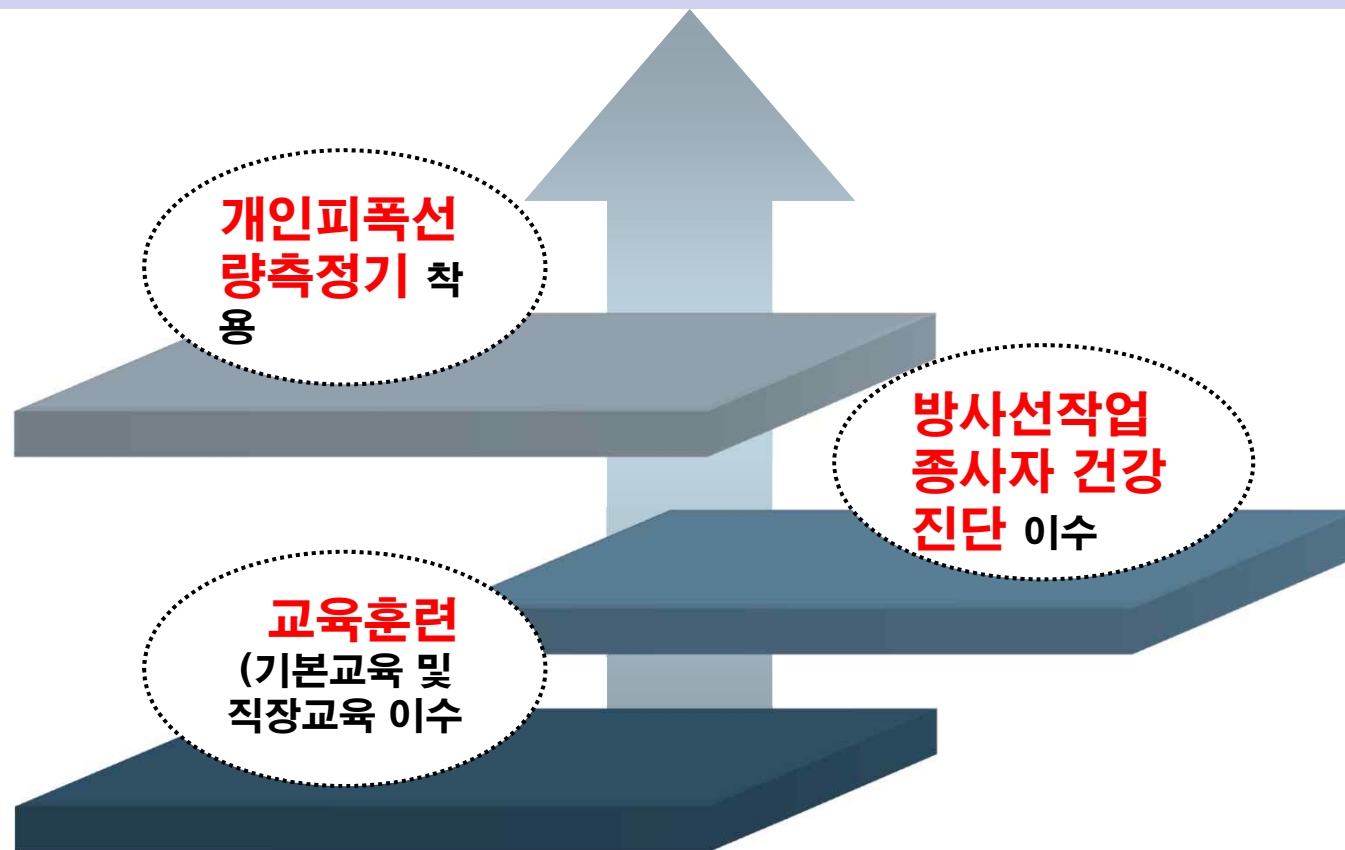
방사선작업종사자 정의

온전하게 보호
하여 유지함

- 원자력이용시설의 운전·이용 또는 보전(保
全)이나
- 방사성물질등의 사용·취급·저장·보관·처리
·배출·처분·운반과 그 밖의 관리 또는 오염
제거 등
- 방사선에 피폭하거나 그 염려가 있는 업무
에 종사하는 자

방사선작업종사자 역할

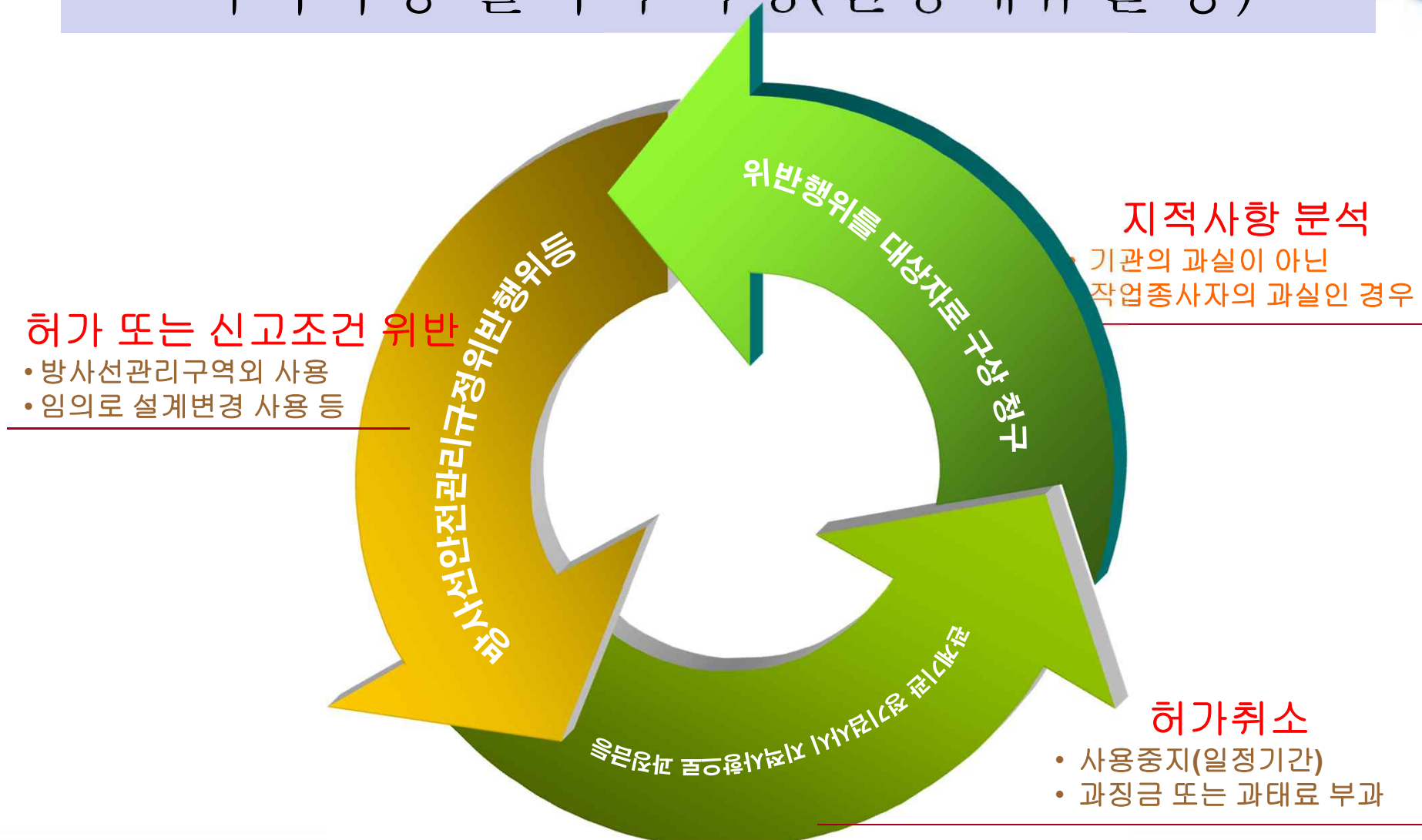
방사선관리구역 출입요건 철저히 준수



출입빈도가 적어서 등...종사자 등록 회피, 자의적인 해석 금지

방사선작업종사자 역할

방사선관리구역 출입내 안전관리자
지시사항 철저히 이행(현장매뉴얼 등)



방사선안전관리자 정의

방사선 안전관리에 관한 안전관리규정 및 기술기준의 준수여부 점검, 방사선작업종사자 또는 방사선관리구역에 출입하는 자에 대한 방사선장해방지조치, 허가사용자 및 신고사용자에 대한 방사선 안전관리에 관한 조치 권고, 그 밖에 방사선 안전관리를 위하여 필요한 조치를 수행하는 자

< 면허 또는 기술사 소지자 >

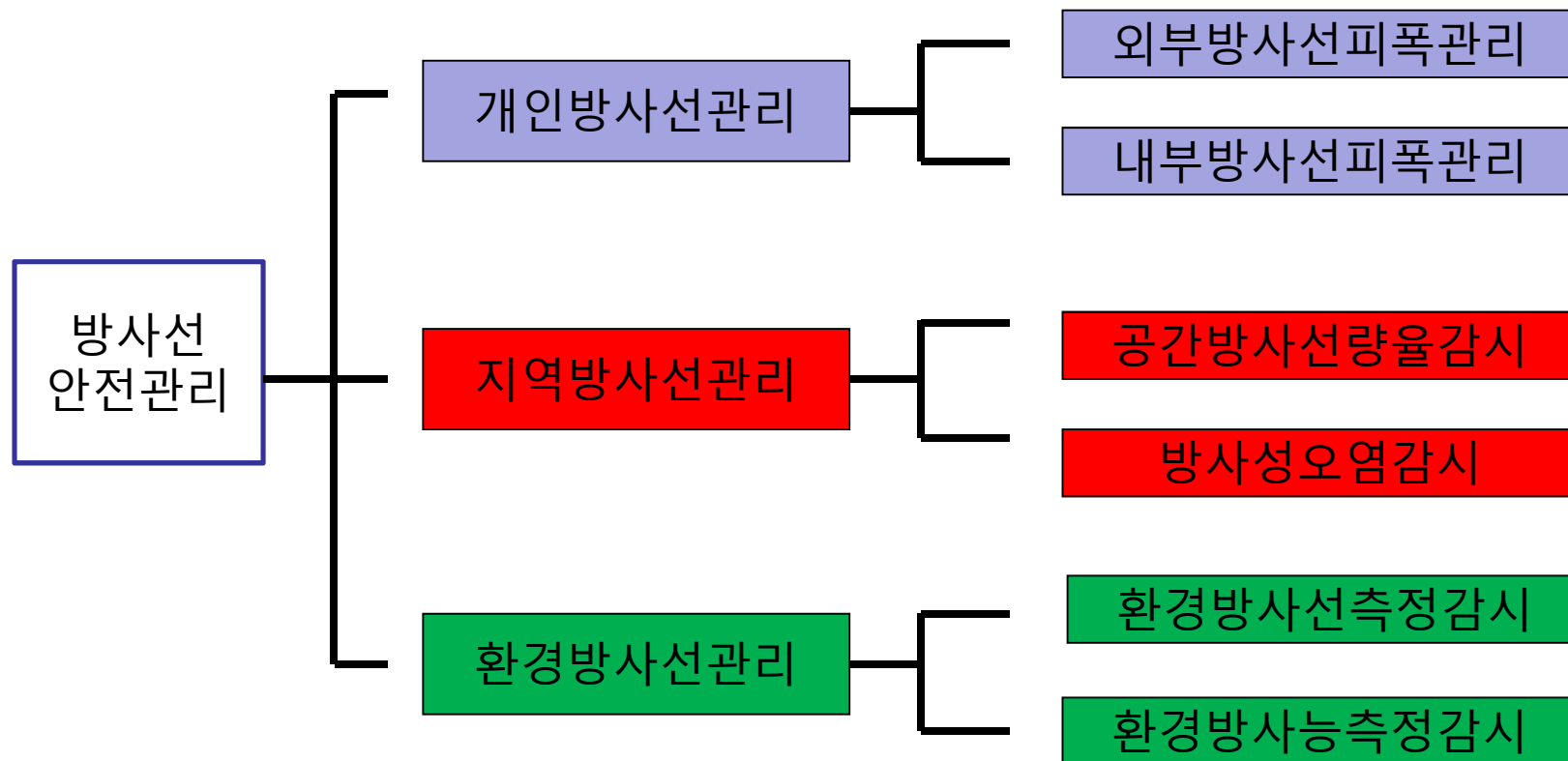
- 방사성동위원소취급자 일반면허
- 방사선취급감독자면허
- 방사선관리기술사

방사선안전관리규정 주요구성

- 1) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질을 취급하는 조직 및 그기능에 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

방사선안전관리규정 이행 주요 사항

방사선모니터링



방사선안전관리규정 이행 주요 사항

측정(Measurement)의 목적

- 방사선이나 방사성물질에 대한 피폭의 추정 또는 피폭의 제어(오염 확산의 방지 등)에 관계되는 방사선/능의 측정을 방사선 모니터링이라 함
- 모니터링(monitring)은 방사선, 방사성물질에 관한 정보의 입수, 측정시료의 채집, 방사선이나 방사능의 측정, 모니터링 결과물의 해석 등 측정에 관련된 각과정의 모든 작업을 총칭
- 모니터링은 측정하는 것으로서 끝난 것이 아니고, 그 측정결과를 해석하여 관련법규나 기준(선량한도, 법적허용 기준 등)과 상호 비교하여 방사선 안전관리의 적합성 확인
- 모니터링 측정결과물의 분석을 통해 시설, 작업 방법 등의 개선을 촉구하여 방사선방호에 적극적인 역할을 함
- 모니터링 결과는 사고(방사선사고, 민사상분쟁)등의 발생시 수습에 활용
- 기타(방사선 작업 시간, 오염의 정도 판단 등)

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기

분 류	측 정 내 용	주 요 측 정 기
개 인 모니터링	외부피폭선량 체내 방사성물질량	TLD , 형광유리선량계, PDA, 경보계 전신계수기, 폐카운터(lung counter), 배설 물의 분석 및 측정장치
작업환경 모니터링	피부오염 공간선량을 방사성표면오염도 방사성먼지, 가스농도	손, 발 오염모니터, 표면오염검사계 서베이미터, 지역감시기(area monitor), 선 량계 표면오염검사계, 마루오염모니터(floor monitor), 스메어법+방사능검출기 먼지, 가스모니터, 샘플러+방사능측정장치
시설주변환경 모니터링	공간선량을 방사성먼지, 가스농도, 물. 농수산물, 토양 등 환경시료 내의 방사능	지역감시기, 선량계 먼지, 가스모니터, 샘플러+방사능측정장치 방사능측정장치, 감마선분석장치

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기

검출원리	물질특성	검출기 명칭	주요 용도
전리작용	기체전리 고체전리	전리함 비례계수관 GM관 반도체검출기	선량(률)측정, α/β 계수 β 계수 방사능측정 에너지측정, 방사능측정
여기작용	고체섬광 액체섬광 열형광	NaI(Tl), ZnS(Ag) 액체섬광계수기 TLD	γ 측정, α 측정 저에너지 β 측정 방사선량측정
화학작용	감광	필름뱃지	선량측정 비적측정 방사선영상

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기



전자선량계

방사선 위험 작업을 수행하는 동안 방사선 상황
및 피폭량을 실시간으로 확인 가능

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기



Hand-Foot Contamination Monitors

손, 신발, 의복의 방사능 표면오염검사기



Floor Contamination Monitors

개봉 방사성물질을 사용하는 기관의
바닥오염 검사

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기



인체표면
물체표면

표면오염도 측정기
[직접측정-고착성/유리성]



Ci/cm^2
 Bq/cm^2

Smear Paper + beta Counter
[간접측정-유리성오염도]



Ci/cm^3
 Bq/cm^3

공기중



Air Sampler +
HPGe(감마핵종분석기)

방사선모니터링의 측정내용과 주요 측정기



지역감시기(area monitor)

- 방사선시설에 대한 공간방사선량률을 실시 간감시
- 취급시설내에서 방사성물질의 이동, 저장, 폐기상황 감시

Sample Analysis System

Smear Test(간접 문지름 시험법) Filter Paper를 카운터하여 오염유무 확인

방사선안전관리규정 이행 주요 사항

측정(Measurement)

측 정 항 목	측 정 장 소
방사선량의 경우 (mR/h, μ Sv/h)	- 사용, 분배, 저장 및 폐기 시설 - 고정된 방사선차폐시설 안에 있는 밀봉방사성동위원소 또는 방사선발생장치 - 방사성폐기물의 저장, 처리 및 처분시설 - 방사선관리구역 - 비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소
방사성물질에 의한 오염 (Bq/cm ²)	- 방사선관리구역에서의 공기중 방사성물질의 농도와 오염된 물체의 표면 - 방사선관리구역으로부터 반출하는 물품의 표면 - 배기구 또는 배수구 - 비정상적으로 방사성물질이 누출된 장소

방사선안전관리규정 이행 주요 사항

방사선관리구역의 모니터링

3단 배기구
(Pre, Hepa, Carbon)

P H C

방사성오염농도 측정 관리

기체폐기물(배기)

★공간방사선량
률 측정

★표면오염 측정

<허용표면오염한도>

- α : 0.4 Bq/cm²

- β, γ : 4 Bq/cm²

방사
성 폐
기물
(액체
또는
고체)

물건의 반출

물건표면오염측정
(반출기준 : 허용
표면오염한도의 1/10)

작업종사자 출입

인체표면오염측정

액체폐기물(배수)

① ② ③

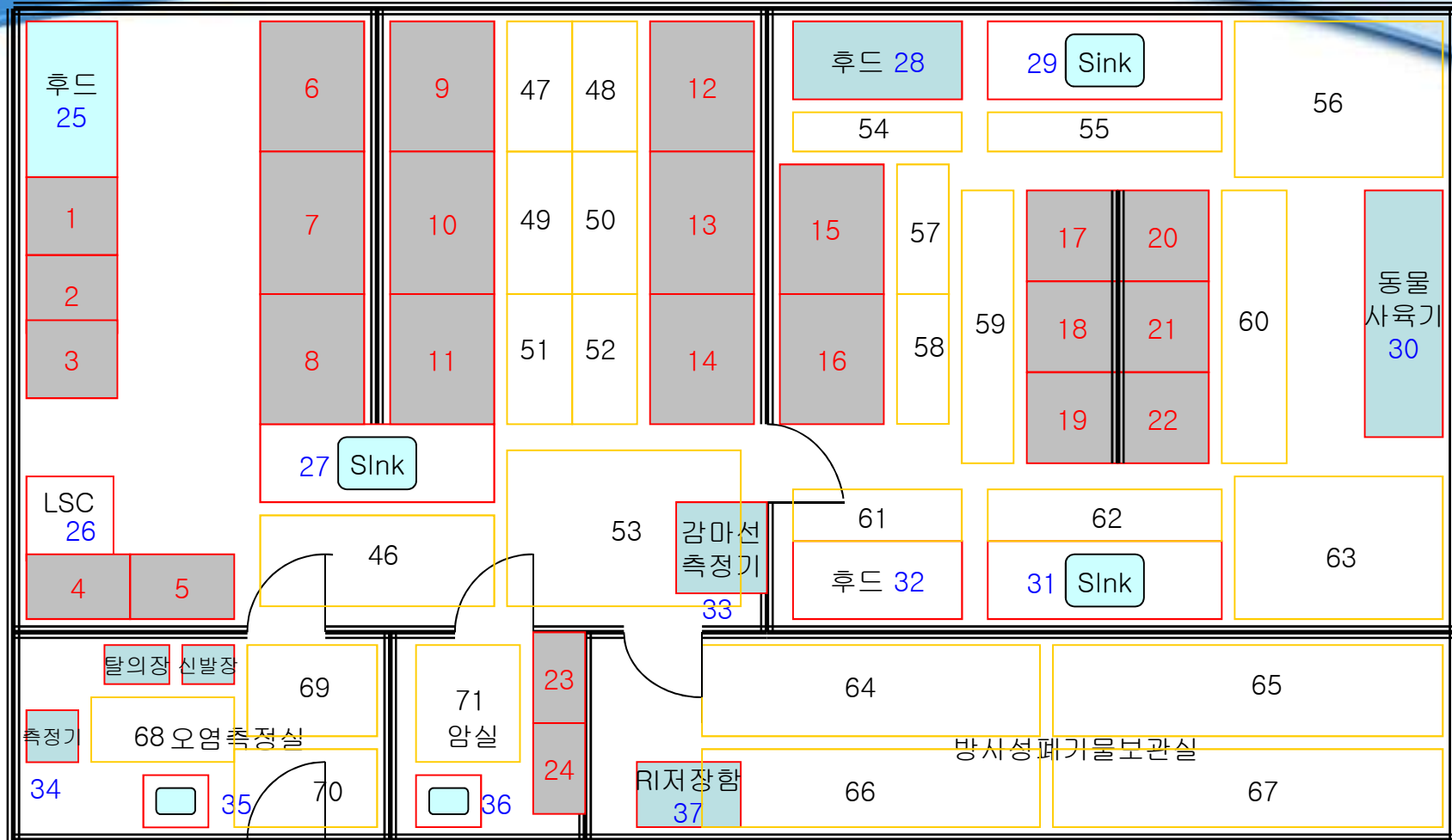
LSC(액체섬광계수기) 또는 Gamma Counter
농도분석 후 법적기준치 이하면 방류

3단 Hot-Sink

자체
또는
위탁
처분

임의
처분
절대
금지

방사선안전관리규정 이행 주요 사항



예문) 측정장소는 명확하고 구체적이어야 하며 방사선관리구역을 Map(지도)으로 작성하여 측정기록을 요함.

방사선안전관리규정 이행 주요 사항

방사선/능 장비교정

○ 교정(calibration, 校正)

- 국가표준기본법 제3조(정의)에는 “교정”이란 특정조건에서 측정기기, 표준물질, 척도 또는 측정체계 등에 의하여 결정된 값을 표준에 의하여 결정된 값 사이의 관계로 확정하는 일련의 작업을 말한다.로 정의되어 있으며, 교정은 측정기의 사용자가 국제 또는 국가표준과의 소급성을 유지하고 어느 정도의 오차를 가지고 있는지를 알고자 할 경우 실행되는 임의 제도

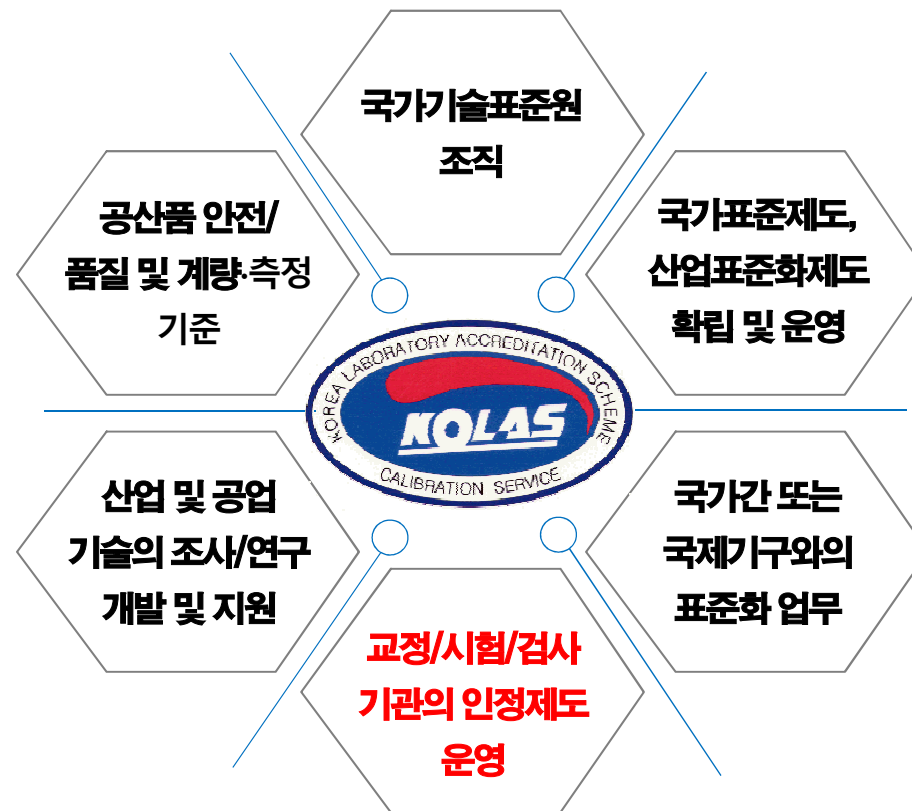
○ 검정(verification, 檢定)

- 검정은 공정한 상거래질서 확립과 정확한 계량기를 사회에 공급하기 위하여 기술표준원장이 정한 검정기준에 적합한지의 여부를 검사(구조 및 오차 등)하여 동기준에 적합한 계량기에 한하여 기물에 검정증인을 표기(검정 유효기간이 정하여진 계량기에 대하여는 검정유효기간 까지를 포함)하는 제반 절차를 총칭하며, 검정은 계량에 관한 법률에 의해 상거래 및 계량기 18종에 대해 강제적으로 시행되는 제도입니다.

교정(Calibration)

KOLAS 란?

- 한국인정기구 (KOLAS; Korea Laboratory Accreditation Scheme)



방사선안전관리규정 이행 주요 사항

방사선/능 장비구입 및 교정관련

★ 방사선/능 계측기 구입시 반영사항

- ▶ 사용하고자 하는 방사선 종류 및 에너지(측정범위) 고려(기기구매시 지급한 매뉴얼 참조)
- ▶ 교정, 고장 등에 대비한 예비 사용장비 상시

★ 측정절차

- ▶ 사용 전 확인사항 : 교정 일자 및 교정인자, 정상작동여부, 백그라운드 측정값(기기마다 차이)
- ▶ 측정방법 : 방사선원으로부터 먼 곳에서 측정값을 확인하면서 서서히 접근
- ▶ 측정결과 기록 : 가동조건, 측정위치, $(\text{측정값} - \text{BKG}) * \text{교정인자}$
- ▶ 방사성오염 측정 : $(\text{측정값} - \text{BKG}) * \text{기기보정인자}$ [cps 또는 cpm $\rightarrow$ Bq/㎡]
- ▶ 측정기록부 양식

※ 백그라운드, 측정기 모델/일련번호/교정일자/교정인자, 측정일자, 가동조건, 측정자 및 확인자, 측정위치를 반영하는 평면도 필요

방사선 표지(Radition Symbol)

국제 표준 2종 :



방사선원이란?

- 일반적 의미 : **방사선 방출**하는 **물질** 또는 **장치**
- 규제적 의미 :

방사성동위원소 (RI)

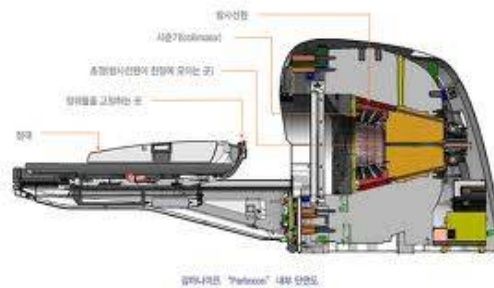


개봉

밀봉

방사선기기

: RI가 내장된 기기



방사선발생장치 (RG)



교육연구분야 방사선원 및 방사선 장비



가스크로마토그래프.



액체신틸레이션카운터와 감마카운터



X선 발생장치



형광 X선 분석기.



글로브박스

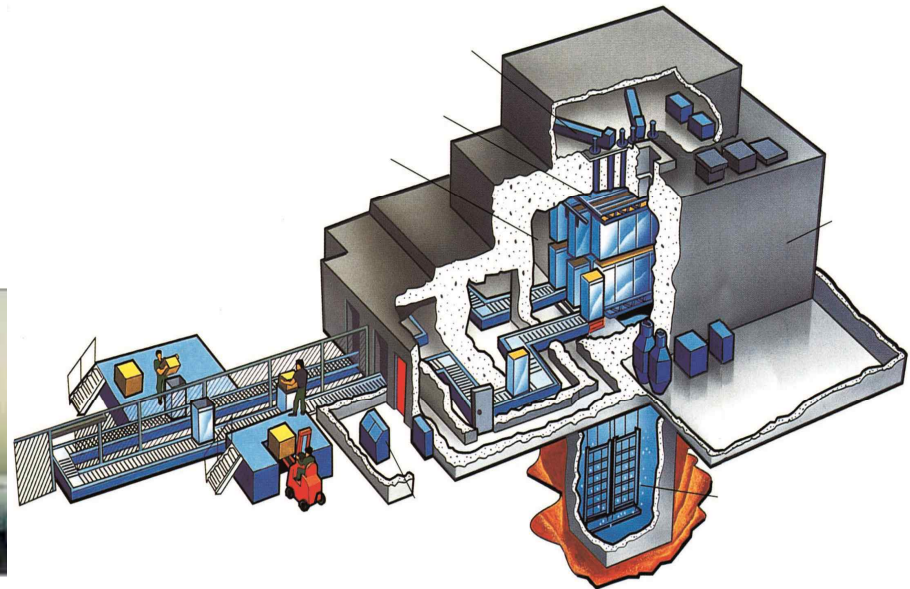


치과용 X선 발생장치

의료분야 방사선원 및 방사선 장비

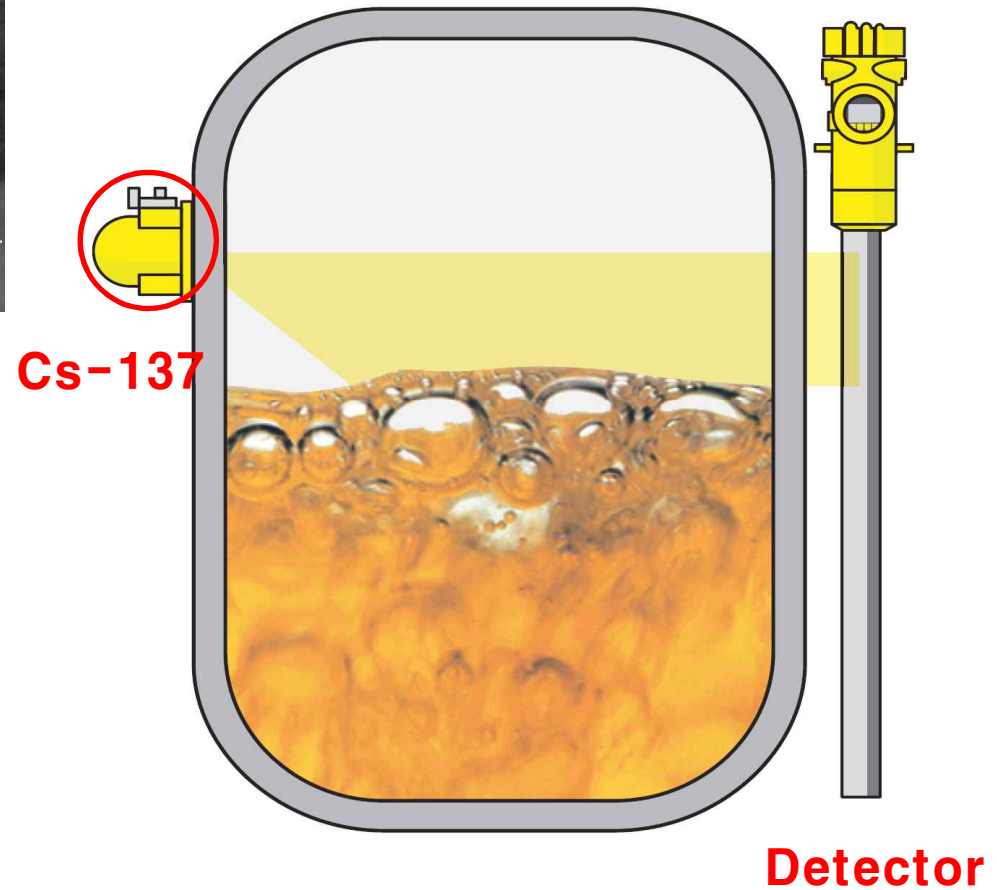


산업분야 방사선원 및 방사선 장비



산업분야 방사선원 및 방사선 장비

무인격리형 - 두께 측정기, 레벨게이지



Photon Switching (Level Gauge)

<원리>

- 방사선원, 검출기 반대방향에 위치
- 투과방사선강도
 - ion chamber, NaI detector
- 준위 측정
- Co-60, Cs-137, Am-241 : 1 ~ 80 GBq
- X-ray : 수십 ~ 수백 kVp

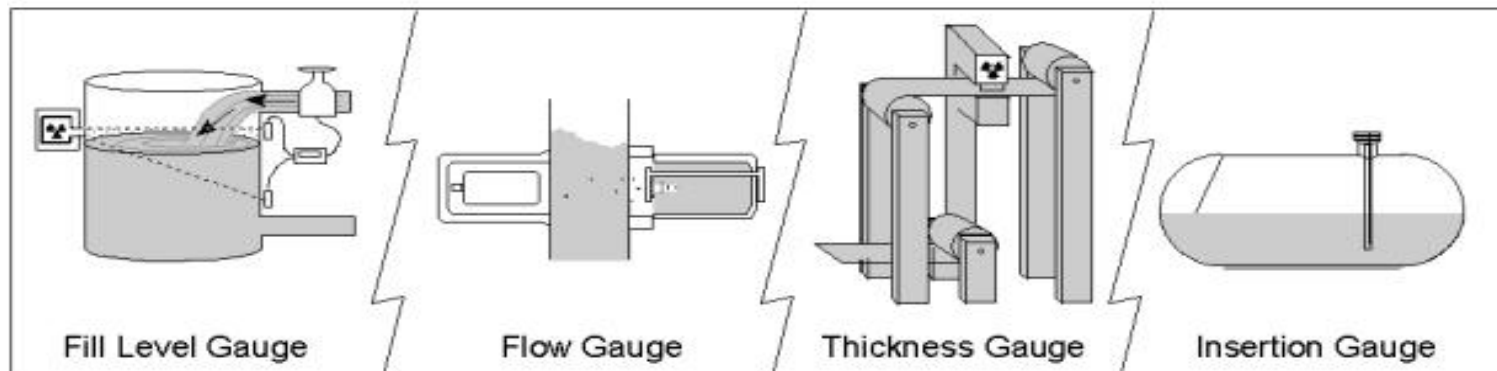
Photon Switching (Level Gauge)

- 사용분야

- can 또는 병 내용물의 적정성 확인
- 대형 탱크의 내용물 공정관리 (수용액, 액체연료 등)

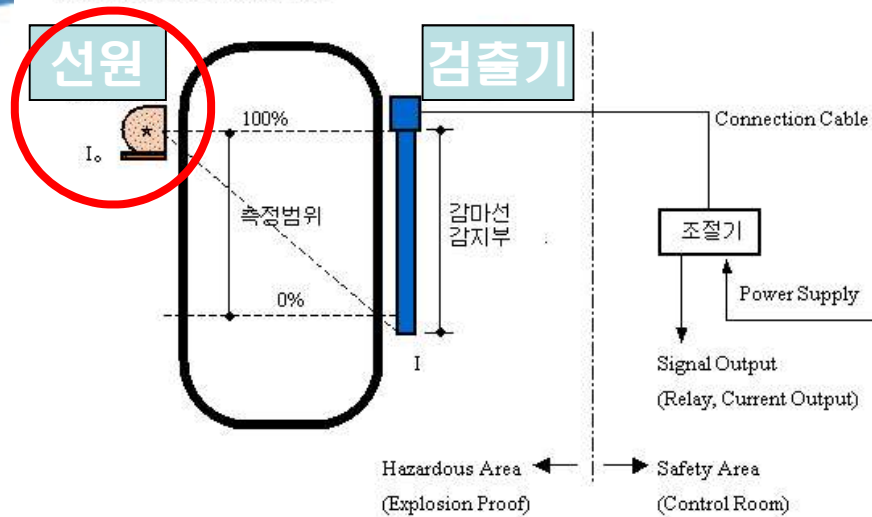
- 방사선 방호 (B)

- Shutter 장치 및 사용표시 설비 필요
- 휴대용 경우 shutter 개방 방지 장치 필요
- 용기내에 설치하는 경우 내용물에 의한 선원 손상 주의

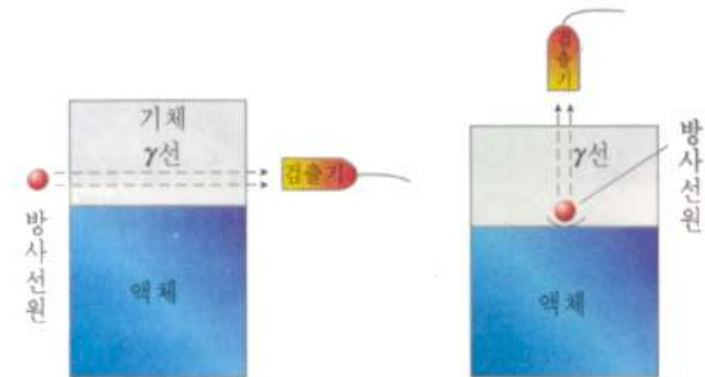
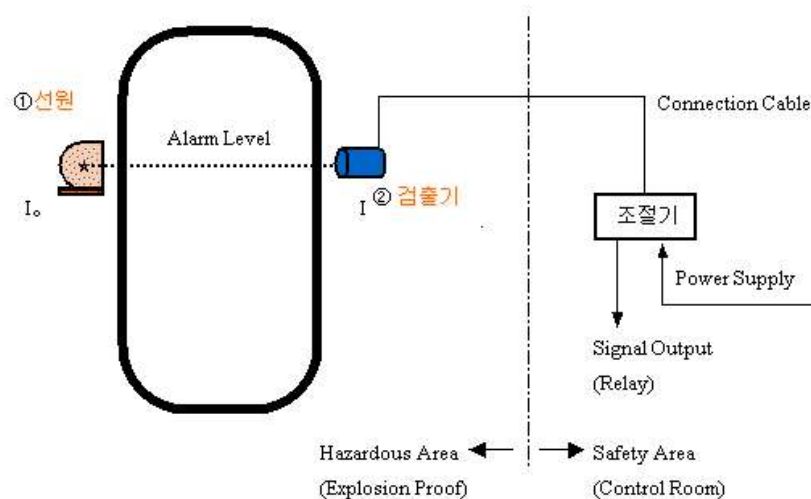


Photon Switching (Level Gauge)

→ Continuous Level Transmitter



→ Level Switch



액면계

음료공장 캔 용량 검사(Am-241)



산업분야 방사선원 및 방사선 장비

비닐 또는 종이 두께 측정 : Sr-90, Kr-85 두께 측정기

핵 종	방출입자	에너지(최대에너지)	방사능량	반감기
Kr-85	베타선	687keV	9.25GBq	10.7년
Sr-90		2284keV	~ 370MBq	28.2년
		546keV		

주) 최대에너지란?

베타선의 경우 단일 에너지로 방출되는 것이 아닌 스펙트럼 형태로 방출되므로 최대 에너지로 표기를 하며, 실제 평균에너지는 최대에너지의 1/3수준으로 볼 수 있음

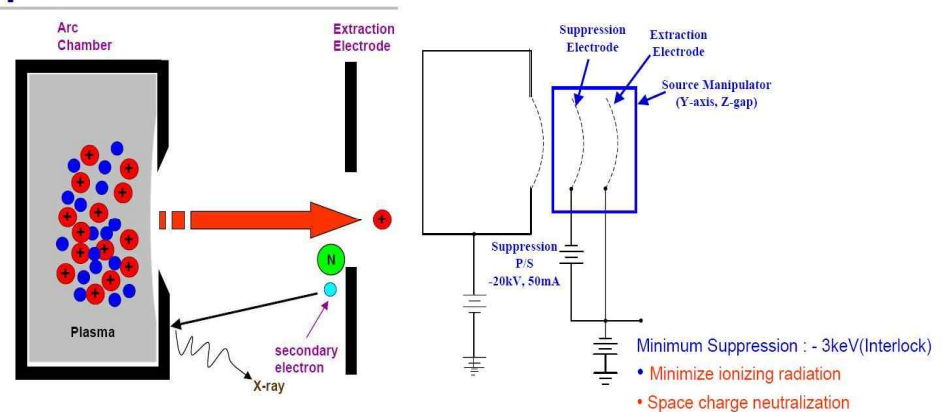


산업분야 방사선원 및 방사선 장비

- 실리콘 Wafer를 생산하는 과정에서 특정 이온을 주입하는 장비
- 이온빔(B^+ , As^+ , P^+ 등)이 추출전극에 이끌려 빠져 나가는 과정에서 2차 전자(제동복사선의 주된 발생원)가 발생.
- 가속이온주입기에서 발생하는 제동복사선이 불연속적으로(랜덤하게) 생성되므로 상용 방사선량률 측정기로 정확한 방사선량률의 측정은 어려우며, 가속이온주입기 외부에 TLD 또는 OSL을 부착하여 기기의 방사선 안전성을 주기적으로 확인해 주는 절차가 필요.



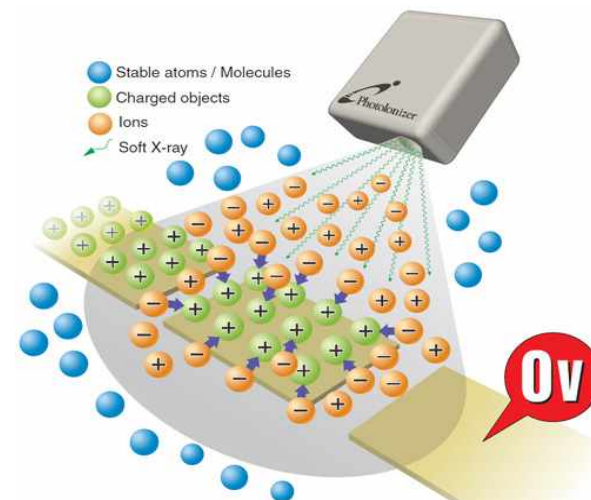
Suppression



산업분야 방사선원 및 방사선 장비

X-ray 를 사용한 정전기 제거기 방법 : 디스플레이 패널 제조 분야

- 생산라인 상부에 어레이 형태로 엑스선발생장치를 설치하고 방사선은 하향 조사 됨.
- 방사선이 조사되는 부분으로 생산하고자 하는 디스플레이 패널이 지나가며 패널 주변의 정전기가 제거됨
- 보통 9~15keV 엑스선을 사용함으로 Plastic 또는 Acrylic로 차폐가 가능하며 심부선량 보다는 피부선량 피폭관점에서 관리가 중요함.

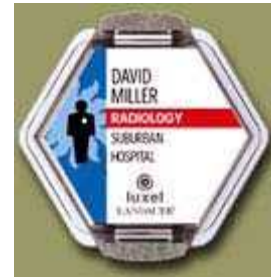


방사선 방호 장구 및 장비



개인피폭선량계

- 필름배지
- 열형광선량계(TLD)
- OSL선량계
- 유리선량계



〈그림〉 주선량계(필름선량계,TLD,OSL선량계)와 착용 위치(좌측가슴)

방사선량(Radiation Dose)

흡수선량 Absorbed dose

조직의 단위 무게당 전달된 에너지

기호

D_{tr}

단위

Gy (Gray)



등가선량 Equivalent dose

방사선 종류별 위험도를 가중
(radiation weighting factors)

$H = \sum W_r \cdot D_{tr}$ Sv (Sievert)

방사선가중치×흡수선량



유효선량 Effective dose

신체 장기별 방사선 민감도를 가중
(tissue weighting factors)

$E = \sum W_t \cdot H_t$ Sv (Sievert)

조직가중치×등가선량

방사선량(Radiation Dose) 측정 이유

- 방사선위해도
→ 대상(인체)에 전달된 에너지에 비례
- 즉, 인체에 전달된 에너지를 정확히 평가하는 것이 중요

선량한도

구분		방사선작업종사자	수시출입자 및 운반종사자	일반인
유효선량한도		50mSv/y를 넘지 않는 범 위에서 100mSv/5y	6 mSv/y	1mSv/y
등가 선량 한도	수정체	150mSv/y	15mSv/y	15mSv/y
	손, 발, 피부	500mSv/y	50mSv/y	50mSv/y

▷ 피폭방사선량 : 사람의 신체 외부 또는 내부에 피폭하는 방사선량

▷ 피폭방사선량에서 제외되는 사항

- 진료를 위하여 피폭하는 방사선량
- 인위적으로 증가시키지 아니하는 자연 방사선량

Sv는 어느정도의 큰 피폭선량인가?

- 원전 방사선작업종사자 연간 평균선량 : 약 0.57mSv
(2018년도 기준)
- 방사선작업종사자 선량한도 : 100mSv/5y
(1년 최대 50mSv)
- 방사선작업종사자 평균 선량 : 0.36mSv(2018년 기준,
45,000명)
- 일반인 선량한도 : 1mSv/y
- 항공기 승무원 평균선량 : 3~4mSv
- 반치사선량 : 약 4Sv
- Sv는 대단히 높은 선량 단위
(보통 mSv, μ Sv 사용)

방사선 장해방어 조치(종사자건강진단)

혈 액	증 상	문턱선량 (Gy)	명목 정상치
백혈구	불안정하며 대체로 감소 추세를 보임	0.5	$3,500 \sim 10,000 \mu\text{L}^{-1}$
적혈구		1.0	$400 \sim 500 \times 10^4 \mu\text{L}^{-1}$
혈소판		1.0	$2 \times 10^5 \mu\text{L}^{-1}$
혈색소		-	$12 \sim 17 \text{ g dL}^{-1}$

● 방사선장해를 받았거나 받은 것으로 보이는 경우

- ✓ 즉시 의사의 진단 등 필요한 보건상의 조치
- ✓ 방사선 장해 정도에 따라 방사선 관리 구역 출입 시간 단축 및 출입 금지
- ✓ 방사선 피폭 우려가 적은 업무로의 전환 등 필요한 조치

● 일시 출입자가 방사선장해를 받았거나 받은 것으로 보이는 경우

- ✓ 즉시 의사의 진단 등 필요한 보건상의 조치

방사선피폭(급성영향)

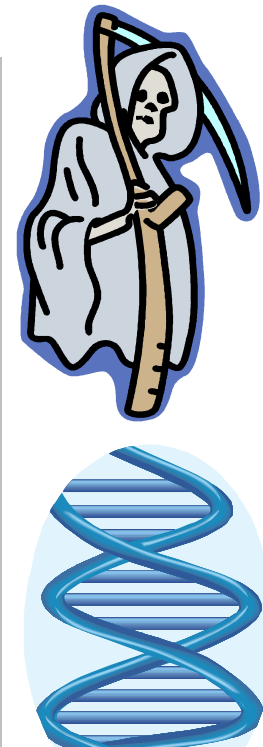
- 단기간에 높은 선량(대체로 1Gy이상)을 피폭하면 신체 조직에 따라 여러가지 급성영향이 나타날 수 있음.
- 0.25Gy 이하에서는 남성 정자수의 일시적 감소외에는 증상이 관찰되기 어렵고 0.5Gy 이상이 되면 혈액중 백혈구의 밀도 변화가 관찰되기 시작하여 1Gy를 넘어서면 약간의 메스꺼움을 느끼는 사람이 나타나며 이때 면역기능의 저하가 수반됨.
- 거의 모든 피폭자가 사망할 것으로 보는 치사선량은 7Gy정도임.

* γ (X)선을 일시에 전신에 받았을 경우

감마선 또는 X선을 일시에 전신에 받았을 경우

- | | |
|-------------|----------------------------|
| ✓ ~ 0.25 Gy | 거의 무증상 |
| ✓ ~ 1.0 Gy | 임파구 일시 감소 |
| ✓ | (일부 메스꺼움, 구토, 전신피로) |
| ✓ ~ 3.0 Gy | 심한 구토, 빈혈, 무력감 (혈액장애) |
| ✓ ~ 6.0 Gy | 위의 증세외에 출혈, 설사, 영구불임 |
| ✓ 4.0 Gy | 반치사량 LD ₅₀₍₃₀₎ |
| ✓ > 6.0Gy | 위의 증세외에 중추신경계 손상 |
| ✓ 7.0 Gy | 전치사량 LD ₁₀₀₍₃₀₎ |

LD₅₀₍₃₀₎ : 50%의 사람이 30일안에 사망할 치사선량(Lethal Dose)



방사선피폭(만성영향)

- 대표적인 증상은 암, 백내장 등이 있음. 피폭에 따른 잠복기간은 피폭기간·조직, 연령, 피폭선량 등에 따라 차이가 있으나, 대체로 10~30년 정도로 추정하고 있음.
- 방사선 피폭에 따른 발암 확률은 조직, 연령 등에 따라 차이가 있으나, ICRP(국제방사선방호위원회)에서는 10 mSv를 전신에 피폭받을 경우의 치사성 암의 발생확률을 1만분의 1로 추정하고 있음.
- 눈의 수정체가 혼탁하는 백내장의 잠복기간은 피폭선량에 따라 차이가 있기는 하나, 수년~수십년 정도이다. 백내장은 1회에 5 Sv이상의 방사선을 받는 경우가 아니면 발생하지 않는다. 이와같은 영향이 발생하는 최소의 선량을 문턱값이라고 함.
- 암이나 백혈병은 방사선 이외의 원인에 의해서도 일어날 수 있음.
- 따라서 어떤 방사선작업 종사자에게 나타난 암이 피폭에 의하여 발생한 것인지 아닌지는 구별하기 어렵음.

담배 한개비를 피우는 것은 10~40 μ Sv의 피폭선량과 같은 정도의 발암확률에 해당하는 것으로 추정하고 있다. 즉, 담배를 하루 20개비씩 1년간 계속 피운 사람의 발암 확률은 0.07~0.28 mSv의 방사선 피폭을 받은 사람의 발암확률과 같은 정도임.

급성영향과 만성영향 정리

- 급성피폭 - 급성효과(Acute Exposure-Effect)

- ✓다량의 방사선을 짧은 시간에 피폭
- ✓고선량, 고선량률
- ✓방사선의 영향이 수주일 이내에 관찰

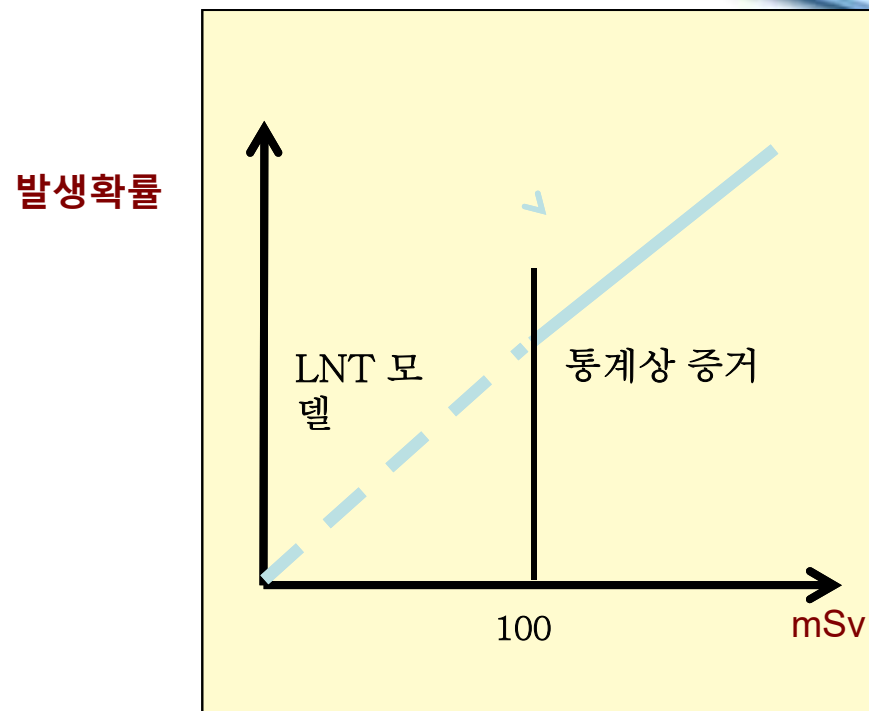
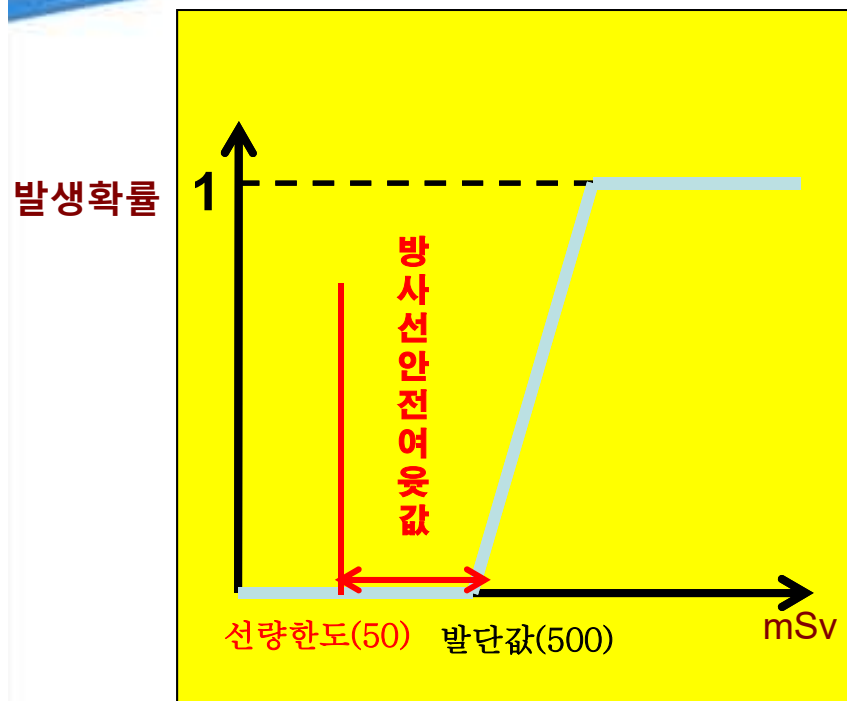
- 만성피폭 - 만성효과(Chronic Exposure-effect)

- ✓오랜 시간에 걸쳐 저선량을 꾸준히 피폭
- ✓저선량, 저선량률
- ✓만발성 효과
- ✓방사선 이외의 다른 원인으로도 같은 증상이 일어날 수 있으므로 인과관계를 명확히 하기 어려움

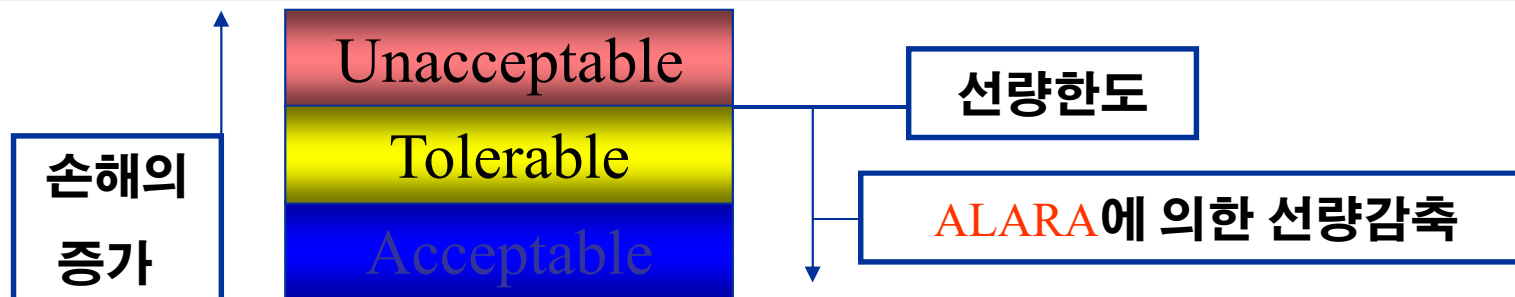
선량한도와 급성(만성)양향의 이해

급성영향(근본 방지)

만성영향(신중하게 관리)



선량한도 ; 모든 선원으로로부터 개인이 받을 수 있는 선량의 상한치



방사선작업종사자피폭관리

판독특이자에 대한 조치 (개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정 제6조, 제7조, 제8조)

판독 업무자

즉시 보고
(안전기술원장)

- 판독특이자가 발생한 경우
- 판독 특이자의 인적 사항 및 선량 판독 결과 등

즉시 보고

한국원자력안전기술원장(KINS)

- 보고서 내용을 기초로 사업자 추정선량을 평가
- 추정선량 평가를 위하여 해당사업자 또는 판독업무자에게 추가 정보나 자료 제출을 요구 및 현장조사를 실시
- 사업자 추정선량 평가 결과를 심의·확정하기 위하여 피폭 방사선량 평가 위원회 구성 → 판독 특이자의 피폭 방사선량 확정
- 확정된 날로부터 10일 이내 → 위원회 보고 및 해당 사업자에 통보

해당 사업자

- 판독특이자가 발생한 해당사업자는 발생 사실을 인정한 날로부터 20일 이내 → 별지 제1호 및 제2호 서식에 따라 보고서 작성하여 안전기술원장에게 보고
- 판독특이자의 피폭 방사선량이 확정될 때까지 선량 한도가 초과하지 않도록 판독특이자에 대한 피폭을 최소화하기 위한 조치
- 해당사업자는 다음 각 호의 내용을 안전기술원장에게 피폭방사선량 확정 후 1년간 반기별로 보고
 - 건강검진 결과 등 방사선 장해 관련 사항
 - 비방사선작업으로 전환 등 조치 내용 및 관리 현황

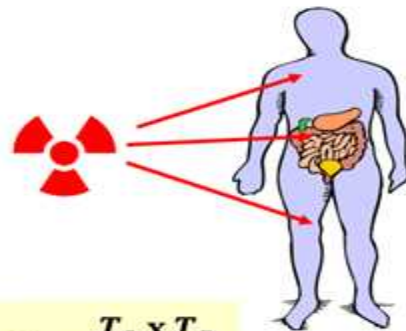
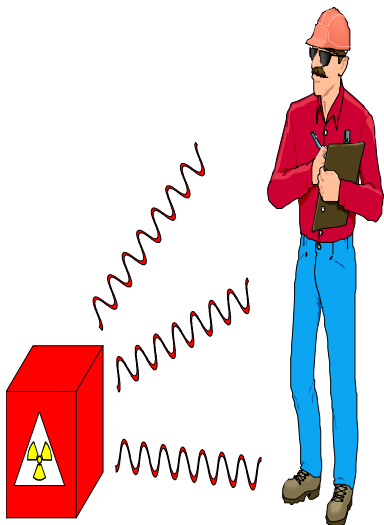
외부피폭과 내부피폭

구 분	정 의	비 고
외부피폭	● 선원이 인체 외부에 있고 방사선에 노출됨 ● 신체가 오염되는 것은 아님 ● 선원 근처를 떠나면 피폭은 없음	● 방사선발생장치 ● 밀봉방사성동위원소 ● 시간, 거리, 차폐
내부피폭	● 오염된 공기, 음식물 등 흡입, 섭취함으로써 피폭 ● 방사성물질이 체내에 있어 방사능이 붕괴, 소멸때까지 피폭	● 개봉 방사성동위원소 ● 격리, 희석, 차단

❖ 몸 안에 들어 온 방사성물질은 유효반감기로 줄어듦

➡ 유효반감기(T_E) = (물리적 반감기(T_R), 생물학적 반감기(T_B))

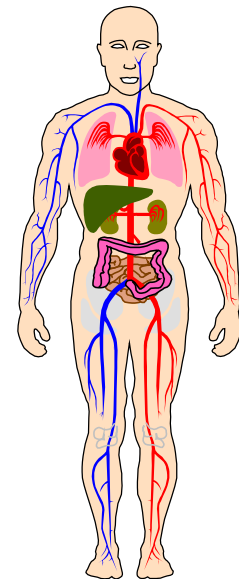
❖ 방사선피폭으로 인한 암 사망 위험도는 방사선량 값에 정비례



$$T_E = \frac{T_R \times T_B}{T_R + T_B}$$

5%/Sv

T_B		T_R	
H-3	10일	H-3	12년
Sr-90	30일후 8% 잔류	Sr-90	29년
Cs-137	110일	Cs-137	30년



방사선(능) 측정시 주의사항

- 건전지 및 검교정 여부
- 측정기 사양 확인(측정가능 에너지범위, 선량을 범위)
- 백그라운드 수치 확인(~ 0.03 mR/hr, ~ 0.3 μ Sv/h, 40 cpm)
- 금속탐지기 스캔하듯이 하지 말 것
~ 검출기별 반응 시간이 3~10초 정도 되므로 충분한 시간을 두고 천천히 측정수행
- 의심되는 지점을 집중적으로 측정
- 교정인자 확인 및 반영(특히 표면오염감시기)
- 전자기기의 특성상 일시적으로 높은 수치를 나타내는 경우가 존재함

방사선측정기 및 방사능측정기 보유기준

방사선원의 종류	확보해야 할 장비 및 수량	비고
개봉선원	1. 방사선측정기 ¹⁾ 1대 이상 2. 방사능측정기 ²⁾ 1대 이상	사용시설별
밀봉선원	방사선측정기 1대 이상	사용시설별
방사선발생장치		

1) 방사선측정기(Survey meter : 방사선량을 측정기)

* 측정단위 : $\mu\text{Sv/hr}$, mR/hr

2) 방사능측정기(Contamination counter : 표면오염감시기)

* 측정단위 : Bq/cm^2

위의 방사선계측기는 주기적으로 교정기관(KOLAS)에 의뢰하여 그 결과의 신뢰도를 검증받아야 하며 그 교정기록은 정기검사시 제시하여야 한다.



방사선과 방사능

	방사선 (방사선량율)	방사능 (오염도)
측정단위	mR/h, μ Sv/h	Bq/cm ²
측정목적	작업종사자 외부피폭관리	작업종사자 내부피폭관리
해당 방사선	밀봉 RI, 개봉 RI 방사선발생장치	개봉 RI

★ 허용표면오염도한도

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

방사선과 방사능

방사능/방사선은 총의 발사속도/ 총알의 관계

- 총의 1분당 발사속도: 어떤 소총이 1분에 100발의 총알을 발사하면
- 발사속도(방사능)은 100발/분 소총에서 발사되는 총알은 방사선에 해당

교정성적서를 활용한 오염도 측정

기기보정인자

$$\text{표면오염도} = \frac{\text{측정값} \times \text{교정인자}}{\text{선원효율} \times \text{검출기유효면적}}$$

<예문>

cps단위로 측정한 계수율이
200cps(단, 백그라운드 계수율은 20cps)
일때 표면오염도는?(단, 검출기유효면적은
15cm²)

<풀이> 교정성적서의 교정결과를 활용

$$\begin{aligned} \text{표면오염도} &= \frac{(200-20) \times (1.66)}{0.56 \times 15} \\ &= 3.56 \text{ Bq/cm}^2 \end{aligned}$$

교 정 결 과		성적서 번호 : 2018-A-0432	KOLAS CALIBRATION NO. KCCP-181		
		페이지 : (2)/(총 2)			
1. 피교정기기					
☐ 기 기 명 : 표면오염감시기 ; 베타 ☐ 제작회사 및 형식 : Thermo RadEYE B20-ER ☐ 기기번호 : 03400					
2. 교정결과					
기준선원 (에너지, 방사능값)	기준선원의 표면방출율 (2πi sr/s)	선원 면적 (cm ²)	순계수율 (s ⁻¹)	교정인자	비고
Cl-36 (0.71 MeV , 1 006 Bq)	570	150	34.29	1.66	검출기 유효면적 : 15 cm ²
Sr/Y-90 (2.27 MeV , 785 Bq)	521	150	30.27	1.72	
3. 측정불확도 (상대 확장 불확도)					
☐ Cl-36 (0.71 MeV) : 11 % (신뢰수준 약 95 %, k = 2) ☐ Sr/Y-90 (2.27 MeV) : 11 % (신뢰수준 약 95 %, k = 2)					
4. 참고사항					
☐ 교 정 거 리 : 10 mm (기기의 바닥면에서 기준 선원면까지 거리) ☐ 기기보정인자 - Cl-36 : 0.20 Bq · cm ⁻² · s - Sr/Y-90 : 0.17 Bq · cm ⁻² · s					
* 교정인자 = (기준선원의 표면방출율 × (검출기 유효면적 / 선원 면적) × 붕괴보정인자) / 순계수율 * 기기보정인자 = 교정인자 / (검출기 유효면적 × 선원효율) * 선원효율 = 기준선원 표면방출율 / 기준선원 방사능 * 단위면적당 방사능(Bq/cm ²) = 순계수율 × 기기보정인자, 끝.					

측정기록부 예문)

측정일		측정자	(서명)	방사선안전관리자	(서명)	
측정장비	모델명			고유번호		
	교정일자					
	교정인자 (교정성적서 활용)		방사선량을 측정기			
			표면오염감시기			
측정장소	방사선량			오염도		
	측정값 (usv/h)	교정인자가 반영된 값	비고	측정값 (Bq/cm ²)	교정인자가 반영된 값	비고
오염검사실						
사용실						
저장실						

질문) 사용실(실험대) 오염도 측정값이 400 Bq/cm² 이 나올 경우 조치하여야 할 사항을
비고란에 기재하시오!

방사선안전관리 기록부 보관기간

기록 사항	기록 시기	보존 기간
• 방사성동위원소 등의 사용기록	사용한 때 마다	5년
• 방사성동위원소 또는 방사성동위원소에 의한 오염물의 보관, 처리, 저장 및 배출 기록(일시, 장소, 방법, 종사자 성명, 종류 및 수량)	보관, 처리, 저장 및 배출한 때 마다	5년
• 방사선안전관리 기록 - 방사성동위원소 등의 사용, 분배, 저장 및 폐기시설의 방사선량을	작업 전·후 및 매주 1 회	10년
- 밀봉방사성동위원소 또는 방사선발생장치로서 방사선차폐시설이 일정한 장소의 방사선량을	매월 1 회	10년
- 배기구 및 배수구에서의 방사성물질의 농도	배기 및 배수한 때 마다	10년
- 방사선 관리구역 안의 방사성물질로 오염된 물체의 표면 오염도	작업한 때 마다	10년
- 1월 1일, 4월 1일, 7월 1일, 10월 1일을 기준으로 한 각 3월간의 종사자의 피폭 방사선량	매분기 1 회	사용을 폐지할 때까지
- 방사선작업종사자가 당해 업무에 종사하기 이전의 건강진단 기록 및 방사선 피폭경력	방사선작업종사자가 당해업무에 종사하기 시작할 때	사용을 폐지할 때까지
- 방사선작업종사자로 근무한 기간 중의 건강진단 기록	건강진단을 한 때 마다	사용을 폐지할 때까지
- 자체 처분한 방사성폐기물의 발생원, 종류, 수량, 방사선량을, 처분방법 및 처리 일시	자체처분한 때 마다	5년
- 방사선원의 누설점검 기록	점검한 때 마다	5년

방사선관리구역이란?

- 외부 방사선량을
공기 중 방사성 물질의 농도
물체 표면의 오염도
- 방사선 안전 관리를 위하여
 - 사람의 출입 관리
 - 방사선 장애 방지 조치가 필요한 구역
- 방사선관리구역 조치 사항

400 μ Sv/week
유도공기중농도
허용표면오염도

를 초과 할
우려가 있는 곳

방사선구역
폐기시설



허가없이 들어감을 금함

출입자 주의사항

1. 본 구역은 상시 근무자 및 수시출입자로 허가를 받은 자만이 출입할 수 있다.
2. 허가자 이외는 출입하기 전에 방사선 동위원소 취급자의 허가를 얻고 지시에 따라야 한다.
3. 본 구역을 출입할 때는 포켓 도시메터를 항상 착용하여야 한다.
4. 이상이 발생했을 때에는 즉시 동위원소 취급자에게 알려야 한다.

방사선관리구역
설정

- ① 벽·울타리 등의 구획물로 구획
- ② [별표1]의 표지 부착

반출
기준

허용표면오염도
 $\leq 1/10$

방사선관리구역의 설정

방사선
관리



방사선관리구역 **A**
(야외: Field)



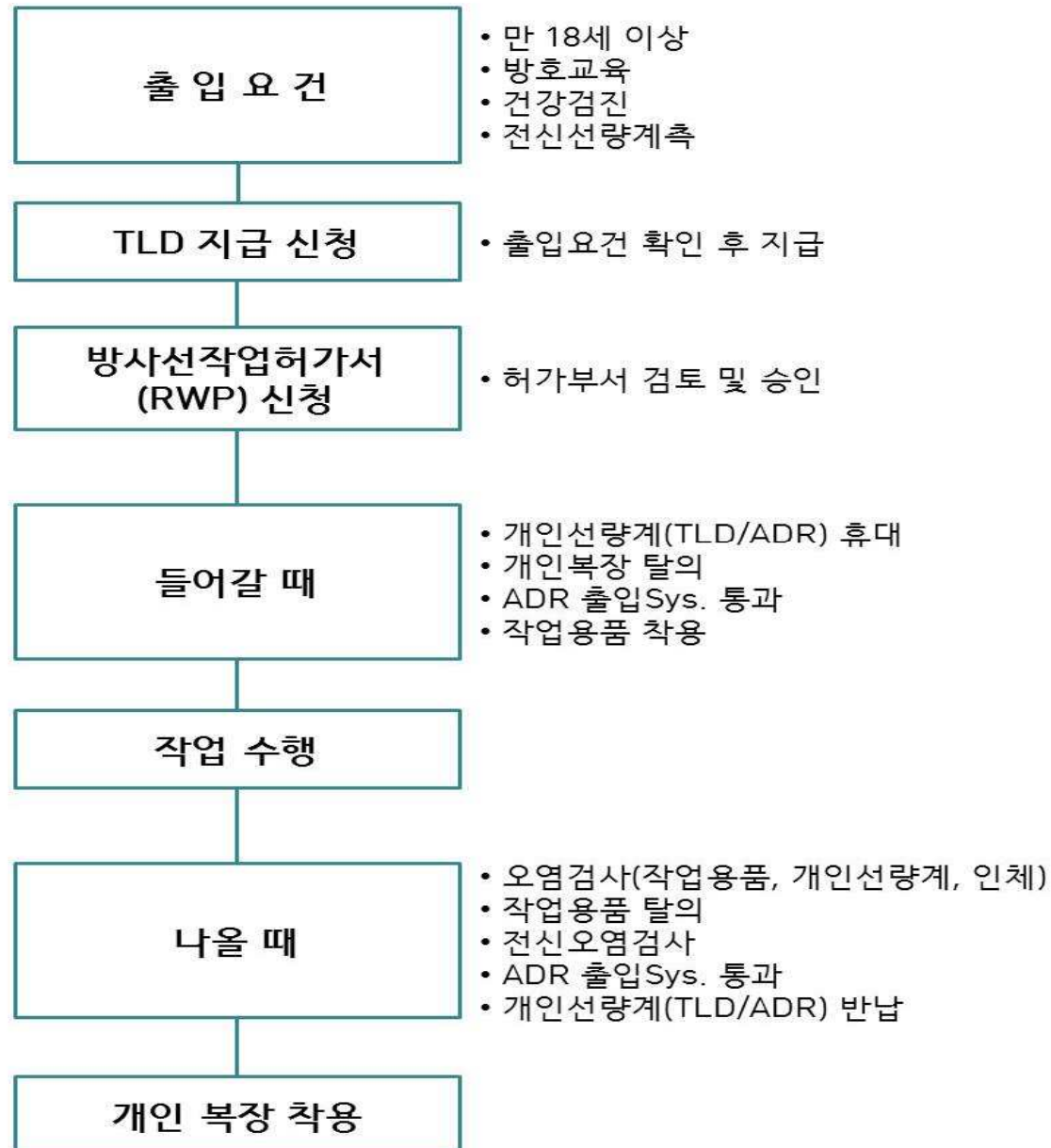
방사선관리구역 **B**
(공장: Shop)



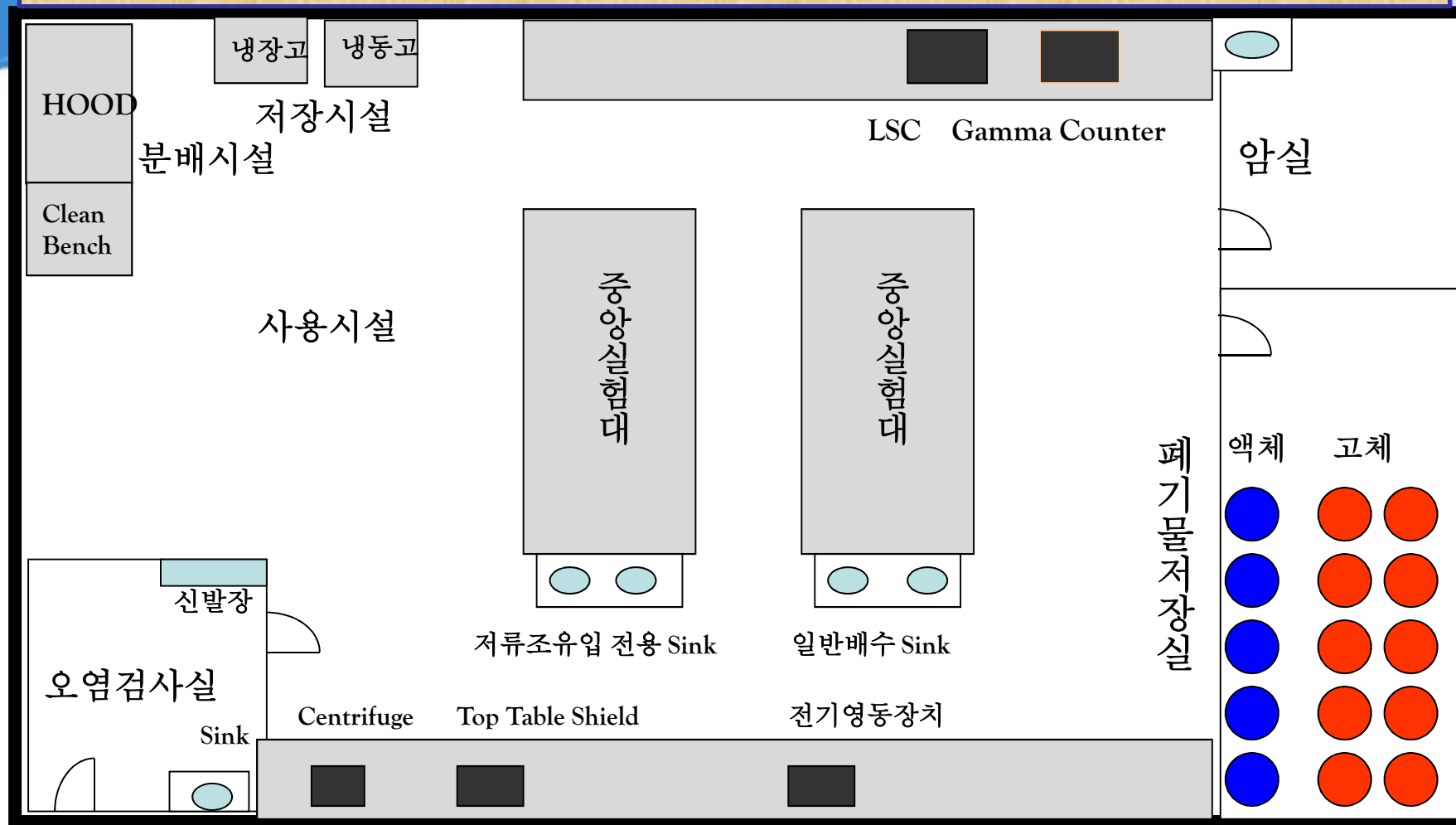
방사선관리구역 **C**
(사용시설: Room)

정문

방사선관리구역 출입절차



개봉방사성동위원소실 설계시 주의사항



- ✓ 방사선관리구역은 **Model House**가 되어서는 안됨.
- ✓ 연구원이 쾌적한 환경에서 실험할 수 있도록 여유 있는 공간 설계가 필요함.
- ✓ 공조는 **단독 배기**를 원칙으로 함.

개봉선원 취급시 주의사항

- 방사선 경고 표지와 방사선안전관리자 연락처가 표시된 지정 작업장(방사선관리구역)에서만 사용
- 작업실에 게시된 비상시 대처 요령과 작업 규칙 숙지 및 이행
- 방사성물질과의 거리 유지
- 시간 단축: 작업 숙달을 통한 작업시간 단축
- 장갑, 방호 안경, 작업복 등 방호 장비 착용/사용 오염 방지
- 폐기물의 적법 처리, 기록
- 었질렀을 경우 비상 대처 요령에 따를 것
- 이상 사태 때 즉시 방사선 안전 관리자에게 보고

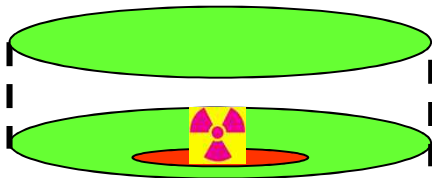
개봉선원 취급시 주의사항

- 필요시 방사선 차폐
- 방사선구역 내 음식물 섭취, 흡연, 화장 등 금지
- 작업실 이탈 시 수세 및 방사성 오염 검사
- 개인방사선량계의 작업실 내에서의 올바른 패용
- 피부 상처 있을 경우 상처 오염방지 조치 하에 작업
- 새로운 취급방법 도입 시 상급자/방사선안전관리자의 사전 허가 필요
- 자동분배 기구 및 자동 피펫 사용
- 방사선구역 내 유리세공 금지
- 방사선구역 출입절차의 바른 이행

밀봉선원의 정의

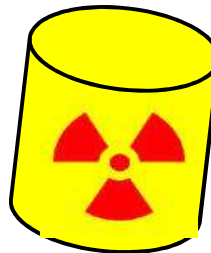
- ◆ 기계적인 강도가 충분하여 파손될 우려가 없고, 부식되기 어려운 재료로 된 용기에 넣은 방사성동위원소(방사성물질)
- ◆ 사용할 때에 방사선(에너지)은 용기외부로 방출하지만 방사성동위원소(방사성물질 알파/베타/감마)는 누출하지 못하도록 되어 있는 것

Plated



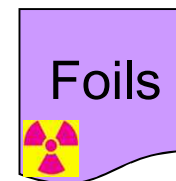
Am-241, Po-210,
Ra-226, Ni-63,
H-3, C-14

Capsules



Cs-137, Co-60,
Ir-192

Activated metal



Foils

wires



동위원소 생산 등

밀봉선원의 종류

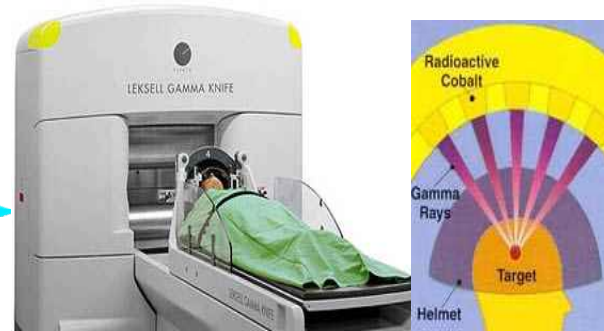
교정용 선원

(Co-57(감마카메라), Ge-68, Na-22, Cs-137)

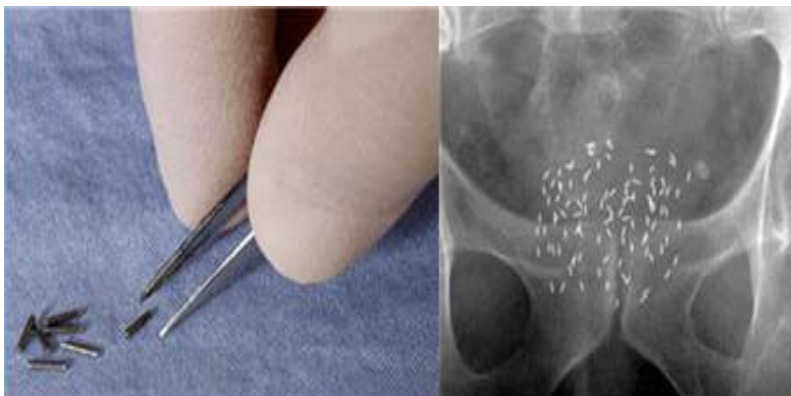


치료용 선원

(Co-60(감마나이프), Ir-192(근접치료기), Sr-90)



GammaKnife with ~200 Co60 sources

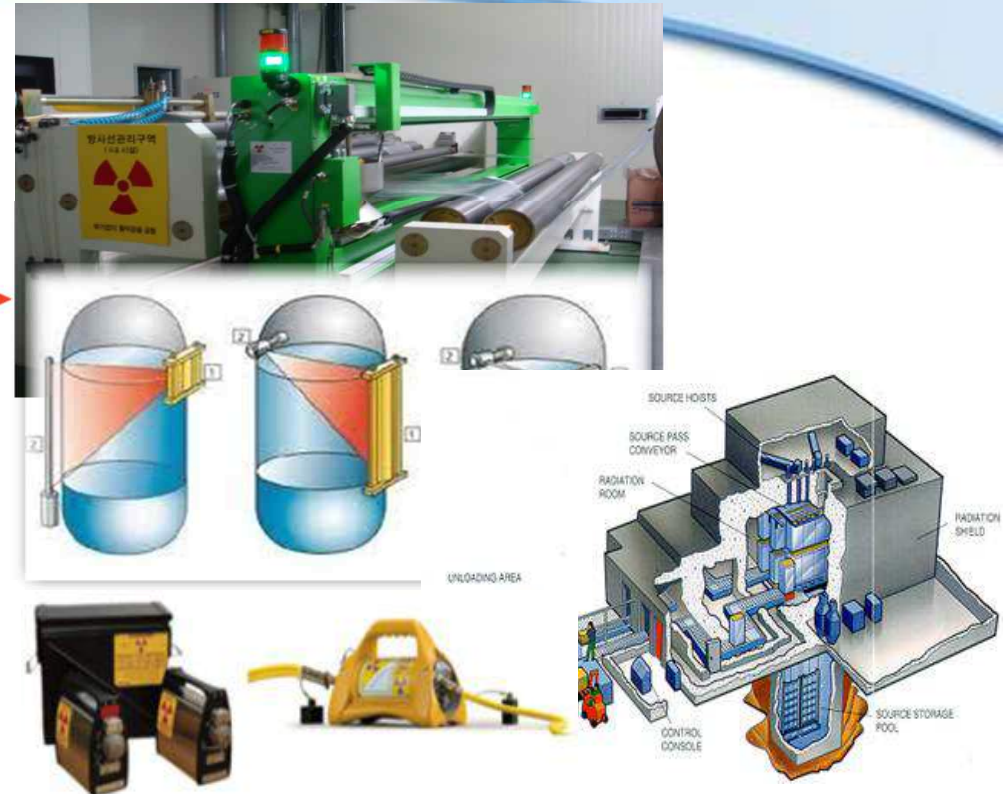


쌀알 크기의 선원
전립선암 환자에 I-125 선원 이식

밀봉선원의 종류

산업용

(^{137}Cs , ^{241}Am , ^{147}Pm , ^{60}Co (대단위조사시설))



비파괴검사(^{60}Co , ^{192}Ir)



밀봉선원 취급시 주의사항

- 선원의 소재가 분명하고 선원목록도 철저히 유지 관리한다.
- 선원의 소재가 불분명 또는 분실한 경우 안전관리 책임자에게 즉시 통보하고 분실이 확실하면 규제당국에 **즉시(30분 이내)** 보고 한다.
- 선원취급시 방사선 방어원칙의 모든 수단을 동원하여 방사선 피폭이 최소가 되도록 한다.
- 안전수칙이나 주의사항을 출입구나 시설경계에 게시하고 고준위방사선을 분명히 표시하여 방사선 피폭을 방지, 필요시 끈이나 철책으로 불필요한 사람의 출입을 막는다.
- 밀봉선원 사용은 사람이 없는 시설 내에서 사용
- 선원은 손으로 취급해서는 안되며 원격조작기구를 이용하여 취급
- 작업전 철저한 계획을 세워 가능한 짧은 시간내에 작업을 끝낸다
- 방사선 피폭을 줄이기 위해 작업시간, 차폐체 설치로 최선의 방안

밀봉선원 누설검사와 누설검사 방법

누설검사 테스트는 소스에서 누출 활동을 수집하여 캡슐의 무결성을 보장하기 위해 밀봉 된 소스에서 수행되는 물리적 테스트



< 누설검사의 시기 >

- 최초 반입 후 30일 이내(단 제조사 Certification가 있는 경우 예외) 또는 Source의 손상이 의심 될 때마다 오염 유무
- 누출 시험은 최소 1 년에 한 번

밀봉선원 누설검사와 누설검사 방법

Proportional counter(비례계수관)

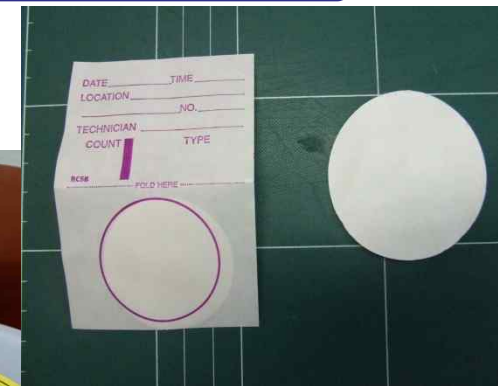
- 저에너지 알파/베타선 측정가능
- 개봉방사성동위원소실 Smear 측정 가능(간접측정법)
- 알파/베타선 선원 누설점검 가능



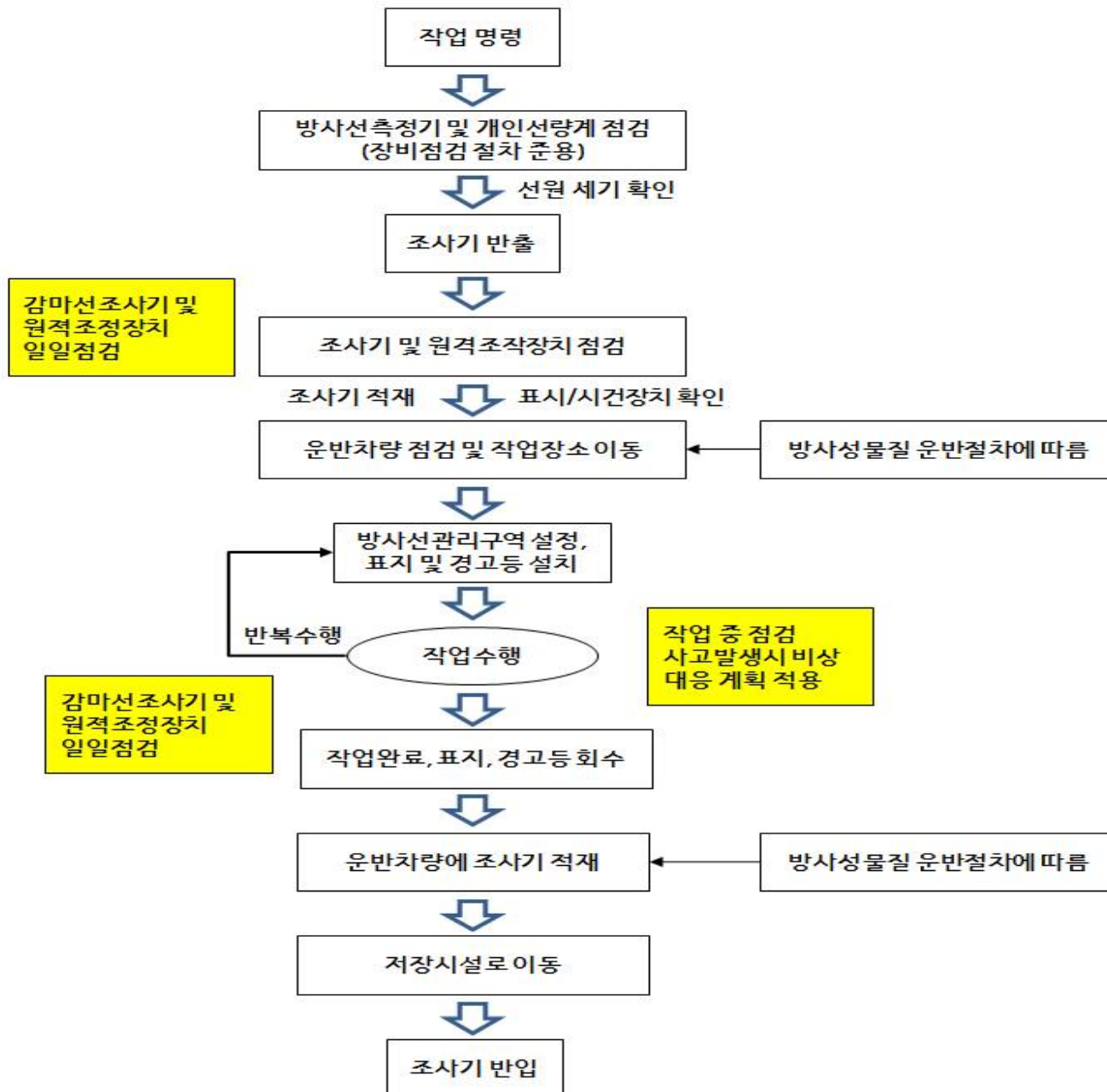
밀봉선원 누설검사와 누설검사 방법

HP(Ge) Gamma Spectroscopy(감마핵종분석기)

모든 감마방사선 측정가능



이동사용 작업절차



방사선 방호의 원칙

방사선 방호의 원칙

정당화

방사선피폭을 수반하는 행위에서 얻는 이득이 피폭의 위험보다 **순 이득을 가져오지 않으면 그 행위는 인정되지 않음**

최적화

방사선피폭을 수반하는 행위가 정당화되었을 경우에도 그 행위로 인한 모든 방사선 피폭을 경제적, 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지해야 함

선량한도

정당화, 최적화가 된 경우에도
개인의 선량한도를 초과해서
피폭되어서는 안됨

외부 방사선피폭 방호의 3원칙

외부피폭방호의 3대원칙

거리

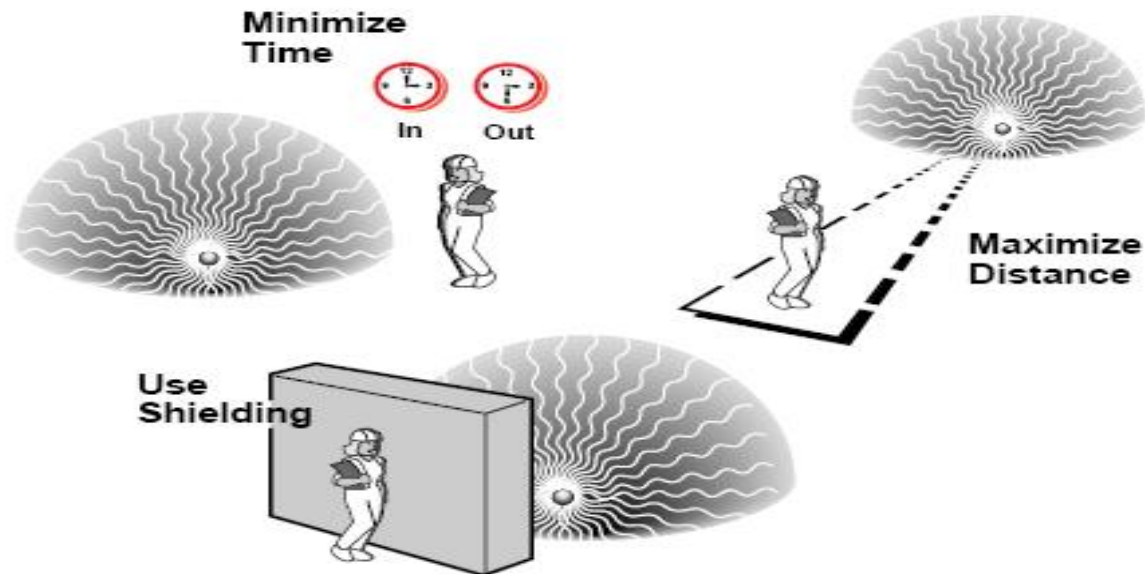
가능한 한 최대 거리
확보

시간

작업시간 단축

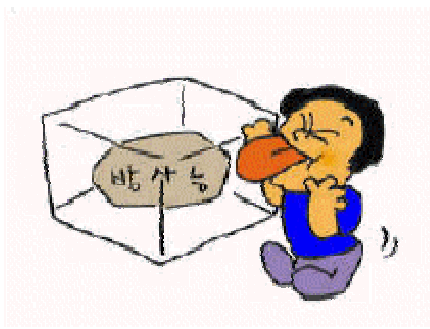
차폐

적절한 차폐체를 이용
하여
방사선의 세기를 감
소



내부 방사선피폭 방어 3원칙

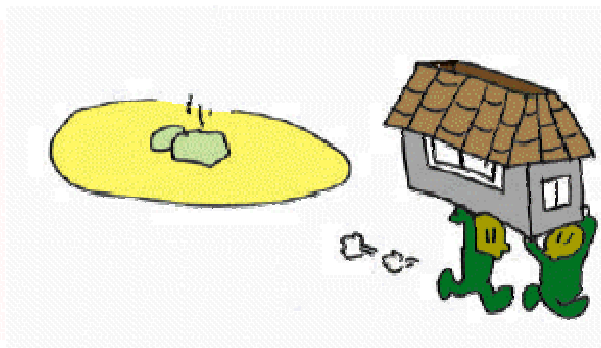
1.



hood, glove
box, hot cell 등

격납

2.



공기정화, filtering후
배기와 배수, 표면오염의
제거 등

희석

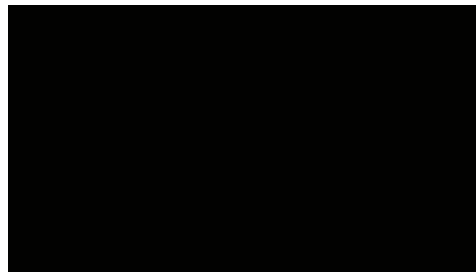
3.



체내섭취를 예방하는
것으로 방독면, 방호복,
오염검사 등

차단

방사선방어복



내부 방사선피폭 방어 방법

- 화학적(의학적) 처치 및 Blocking법
 - ✓ EDTA, DTPA, TTHA 등의 Chelating Agent 투여 → 배설제
 - ✓ KI (요오드화 칼륨) 투여
→ I-131 흡수 방지
 - ✓ 다량의 물섭취 → H-3 흡수 방지

내부피폭 방어 중요성

- 차폐설정이 불가능하고 거리효과가 없어 전 방사능에 모두 피폭
- 제염이 불가능하고 특별한 핵종은 **오랜 기간 체 내에 남아 있음**
- 인체에 흡수된 양을 결정하기가 어려우므로 피폭 받은 선량을 **정확히 측정하기가 어려움**
- 체외에서 문제되지 않는 **알파, 베타**가 주 피폭 **원** 친화력에 따라 특정장기(결정장기: Critical Organ)에 집중 축적됨

방사선관리구역 안에서의 준수사항

- 금연, 화장, 음식 섭취 금지
- 방사선작업허가서(RWP) 상의 준수사항 이행
- 방사선안전관리담당자의 지시에 순응
- 지시 안내문과 표지판 내용 준수
- 작업 중 바닥에 앉지 않기(오염 및 오염 확산방지)
- 지역분리대 출입절차 준수
- 얼굴부분을 만지거나 땀 닦지 않기
- 폐기물은 오염/비 오염을 분리수거
- 개인선량계(TLD/ADR)를 반드시 착용
- 관리구역작업용품 및 방호 장구류의 임의 해체 금지
- 다음 사항 발생 시 신속히 방사선안전관리담당자에게 통보
 - ✓ 상처발생 시
 - ✓ 선량한도 초과 시
 - ✓ 방호장구 파손 시
 - ✓ 비정상적인 사고 발생 시 등

방사성물질 운반 안전지침

• 일반지침

- L형 운반물 이외의 운반에서는 방사성운반물의 종류와 양, 취급방법, 운반 시 주의사항, 사고시의 조치 등을 기록한 **운반서류 휴대**
- 위험물 운송내용명세서를 휴대할 것 . 운반지수 표시, 방사능 삼엽표지 등 운반규정 충족 포장
- 화물 접촉시간 최소화 . 최대한 단 시간 내 운송(지체시간 극소화)
- 화물 위 서류작성 등 지체행위 금지 . 화물과 운전자의 거리: 최소 1 m 이상
- 포장물 저장위치: 사무실, 회의실과 멀리 떨어질 것
- 운반지수가 50 이상 되게 운반물을 모아놓지 말 것

• 사고시 조치

- 방사성포장물의 손상/누설이 의심될 경우의 조치:
 - 인명관련 사고발생 시 인명 구호 최우선
 - 운반물과의 거리유지 및 운반물 축수 엄금
 - 제 3자 접근 차단(일반인 접근 금지)
 - 상급자 및 방사선안전 관리자에게 연락
 - 현장 이탈 이전, 손.발 등 오염 확인
 - 차량 오염여부 확인시점까지 차량운행 금지
 - 사고원인 조사 협력

방사선 비상시 보고

허가사용자는 원자력안전법 제92조(장해방어조치 및 보고) 및 제97조(도난 등의 신고)에 따라 다음과 같은 상황이 발생하는 경우 지체없이 그 사실을 원자력안전위원회에 보고⁵⁾하여야 합니다.

- ▶ 지진·화재와 그 밖의 재해에 따라 방사선이용시설이나 방사성물질등에 위험이 발생하거나 발생할 염려가 있을 때
- ▶ 방사선이용시설의 안전성에 영향을 주는 고장 등이 발생한 때
- ▶ 방사선의 누설, 방사성물질의 오염, 작업자의 과피폭 등 방사선장해가 발생한 때
- ▶ 방사성물질등의 도난·분실, 그 밖의 사고가 발생한 경우

구분	비상 연락처
원자력안전위원회	주간 : 02-397-7332 야간 : 02-397-7300
한국원자력안전기술원	주간 : 080-004-4949 야간 : 042-868-0402

질문) 만일 본인이 소속된 기관의 방사선관리구역에서 화재 및 분실 등의 사고에 대비하여 평상시 준비해야 할 사항과 실제 상황이 발생한 경우 어떠한 조치를 취하여야 하는가? (자유롭게 기술하세요)

방사선 비상시 보고

보고대상	보고시한		사건 등급 평가
	구두 보고	상세 보고	
법 제74조 및 같은 법 시행령 제110조에 따른 방사성물질등의 운반 및 포장 중 다음의 사건이 발생한 때 • 방사성물질의 누설 또는 일탈 등으로 환경오염의 우려가 있거나 방사선 작업종사자의 안전이 위협받게 된 때 • 차량 또는 방사성물질등의 화재로 인하여 방사성물질의 누설이 우려될 때 • 방사선작업종사자 및 수시출입자가 선량한도 이상의 피폭을 받은 때 • 외국으로부터 반입된 포장물이 법 및 시행령에 의한 운반기준에 적합하지 아니한 때 • <u>방사성물질등을 도난당하거나 분실한 때</u> • 방사성물질등이 누출되어 인근주민의 긴급대피가 필요한 때	즉시	30일 이내	○
법 제90조에서 규정한 방사선발생장치 또는 방사성물질 등의 도난·분실·화재 그밖의 사고가 발생한 때	1시간	30일 이내	○
방사성물질등의 누설로 인하여 시설의 방사선구역이 아닌 지역에서 물체의 표면오염도가 다음 기준을 초과한 때 • 알파선을 방출하는 방사성물질에 대하여 40 kBq/m² • 알파선을 방출하지 않는 방사성물질에 대하여 400 kBq/m²	1시간	60일 이내	○
관계규정을 초과하는 비정상적인 방사선피폭이 발생하였을 때	4시간	60일 이내	○

방사선 사고의 정의

- 방사선 또는 방사성물질에 비의도적으로 노출된 경우와 노출이 의심되는 경우를 포함하는 상황
- 방사선에 의한 과다 피폭과 방사성 물질에 의한 인체와 환경 오염을 일으키는 예상치 못한 사건

방사선피폭 사고

• 사고 발생 현황

- 전체적으로 작업자 실수 등 **인위적인 사고**
- 분실·피폭 관련사고가 **전체의 70%**
- 밀봉선원 관련사고가 **전체의 70%**
- **분실사고**는 의료기관 중심으로 발생
- **오염사고**는 연구기관 중심으로 발생
- 보관폐기 밀봉선원의 분실 사고 증가 추세

• 사고시 비상대책

- 인체손상이 있을 경우 그 치료 대책을 최우선 할 것
- 상황을 파악하고 행동에 앞서 생각할 것
- 필요하면 사람을 대피(evacuate)시킬 것
- 상급자와 방사선안전 관리자에게 우선 구두보고 할 것
- 방사선 위험을 관리할 것
- 사람, 시설, 기구 등을 제염할 것
- 긴급조치 후 상급자와 방사선안전 관리자에게 다음 내용을 서면보고할 것

방사선 사고의 특징

- 오감으로 감지하기 어려운 방사선의 특성 상 사고 초기에 발견하기 쉽지않음.
- 방사선, 방사성물질에 대해 모르는 일반인들은 소규모의 방사선원만으로도 치명적인 사고로 이어질 수 있음.
- 원전 같은 대형 핵주기 시설의 사고가 아니더라도 불특정 다수에게 피폭을 초래하는 사고가 일어날 수 있음.

방사선 사고방지 대책

일반 대책	
시설기준 준수	방사성동위원소 사용 등이 허가된 시설의 허가 기준을 유지할 것
작업기준 준수	방사선작업이 방사선안전관리규정 등에 의거하여 작성된 작업기준을 준수하고, 작업절차서에 따라 작업할 것
측정에 의한 확인	선량률, 오염상황 등을 정기적으로 측정하며, 한도값 이하를 유지할 것
방사성동위원소의 이동파악	방사성동위원소의 입수, 보관, 사용, 폐기 등의 관리와 기록을 철저히 할 것

방사선 사고방지 대책

사고별 대책

분실·도난 사고

- 방사성동위원소의 사용이나 보관등은 정해진 절차에 따라 엄격하게 이루어져야 하며, 사용후에는 저장함에 보관하여 종류 및 수량 등을 반드시 확인해야 함.
- 방사성동위원소는 항상 일정한 장소에 보관하며 저장고에서는 출고 사실을 쉽게 판별할 수 있도록 표시해 두어야 함.
- 작업이 종료된 후 또는 정기적으로 작업자나 보관책임자는 장부와 방사성동위원소의 현물을 조사하여 이상유무를 확인하는 것이 중요함.
- 도난방지를 위해 동위원소 저장고나 저장실의 열쇠관리를 엄격히 함.

피폭 사고

- 방사선 작업에서 선원이나 방사선발생장치 또는 조사장치의 안전관리가 유지되고, 안전작업 매뉴얼의 정비 그리고 정해진 절차의 준수 등 3가지 요건이 충족되면 외부피폭 사고는 일어나지 않음.(3가지 요건:거리,시간,차폐)

방사선 사고방지 대책

일반 대책	
시설기준 준수	방사성동위원소 사용 등이 허가된 시설의 허가 기준을 유지할 것
작업기준 준수	방사선작업이 방사선안전관리규정 등에 의거하여 작성된 작업기준을 준수하고, 작업절차서에 따라 작업할 것
측정에 의한 확인	선량률, 오염상황 등을 정기적으로 측정하며, 한도값 이하를 유지할 것
방사성동위원소의 이동파악	방사성동위원소의 입수, 보관, 사용, 폐기 등의 관리와 기록을 철저히 할 것

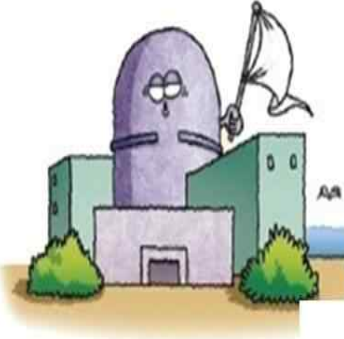
방사선 사고방지 대책

교육훈련

방사선 시설에서는 화재를 조기 진압하여 방사선 사고로 이행되는 것을 막기 위하여 방화 훈련이 필수적임.

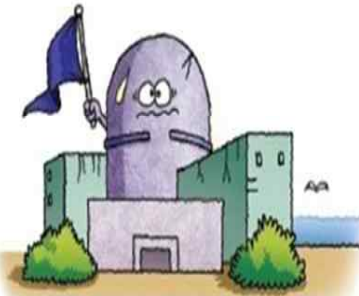
- 화재 발견시에 건물내부 및 외부로의 통보
- 초기잔화를 위한 소화기의 사용법, 조작법, 방호구와 긴급용구의 용법
- 오염의 검출과 오염구역의 설정
- 소방차를 화재현장으로 유도 및 진화상의 문제점 조언
- 피난유도 및 구급활동
- 진화후의 조치 등을 교육하고 훈련해야 함.

방사능 방재 비상 종류



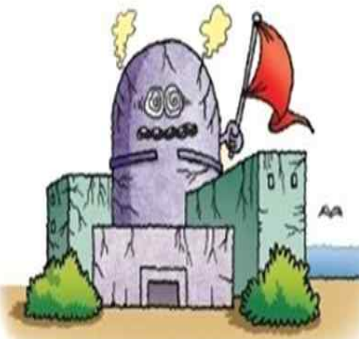
백색 비상

방사성물질의 누출로 방사선 영향이 원자력시설의 건물 내에 국한될 것으로 예상되는 비상사태



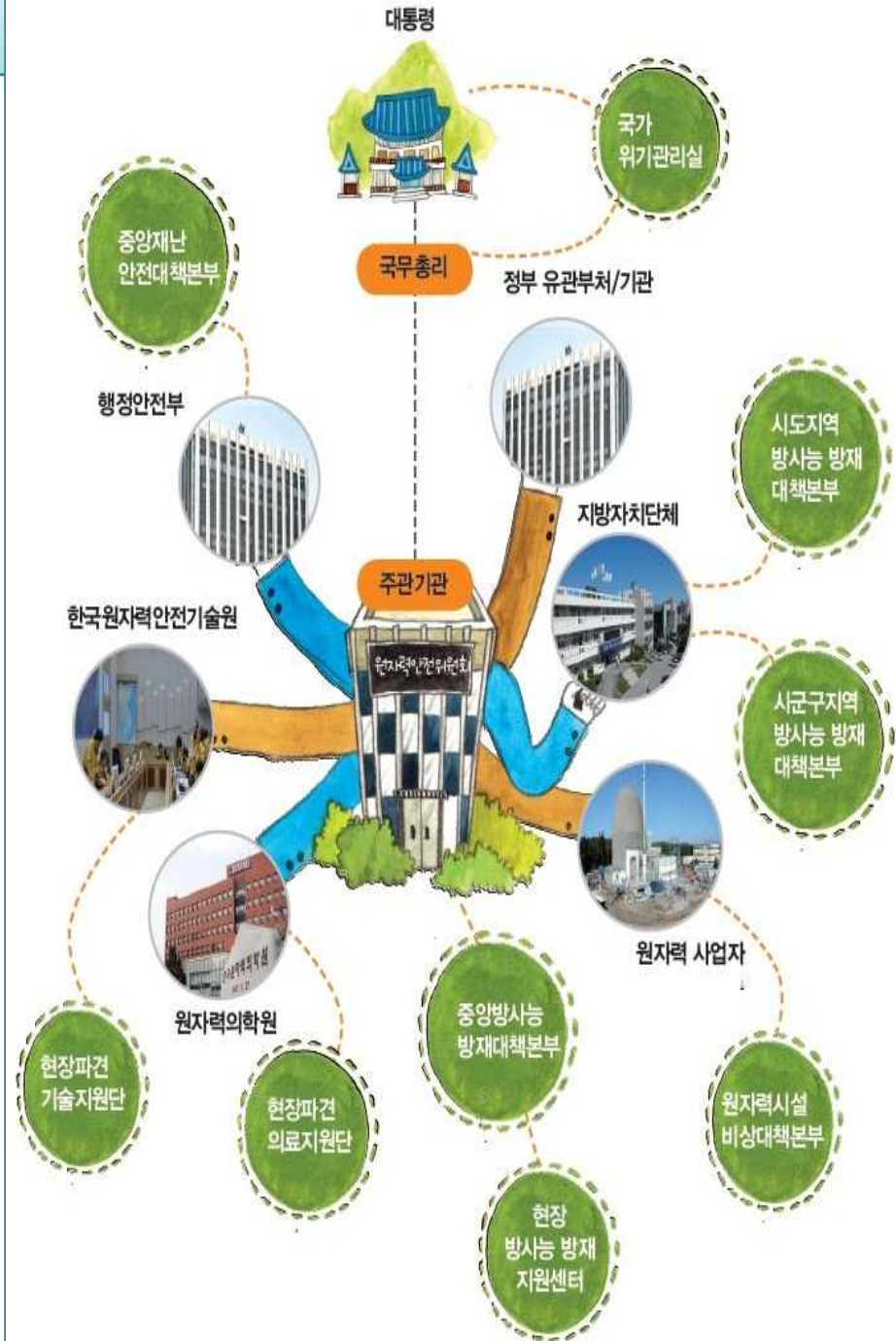
청색 비상

방사성물질의 누출로 방사선 영향이 원자력시설의 부지 내에 국한될 것으로 예상되는 비상사태



적색 비상

방사성물질의 누출로 방사선 영향이 원자력시설의 부지 밖까지 미칠 것으로 예상되는 비상사태



방사능 오염사고시 조치방법

1. 비상연락망을 구성하고 및 사고 시 긴급조치 시나리오를 평소에 숙지
2. 사고사실 전파
3. 사고확대방지를 위한 조치 실시(방사선원 밀폐 등)
4. 환기장치 가동중지 및 외부인 출입통제
5. 오염구역 외부에 오염사고 표지부착
6. 상황에 따라 제염방법 결정(습식 or 건식)
 - 직접법 - 선량계 오염방지
 - 간접법 - 스메어법
 - 오염도에 따라 오염부위 제거
7. 적절한 보호장구를 착용하고 제염지로 제염시작(제염순서 고→저)
8. 씻어낸 제염지를 방사성폐기물로 처리
9. 오염표면의 오염도 측정



방사선발생장치의 안전관리

- 방사선발생장치에서 일어난 사고는 약 80%는 외부피폭이며, 외부피폭의 약 70%는 인터록(interlock) 장치와 경보·표시 장치의 미비 또는 불량에 의해 일어남.
- 각종 인터록 및 경보장치 등은 실제로 100% 안전이 보장되지 못하므로 작업종사자가 주의하여 작업에 종사하는 것이 가장 중요함.

방사선발생장치의 안전관리

인터락(Interlock)장치 고장에 대한 대비책

- 고장시에 즉시 대책을 강구할 수 있도록 모든 인터록 계통의 작동설명서와 회로도를 언제나 볼 수 있도록 준비
- 인터록 장치의 고장수리가 완료되면, 즉시 정상적으로 작동되는지를 확인할 것. 그리고 수리에 관한 상세한 사항을 공식기록으로 남겨둘 것
- 조기에 수리 및 부품교환이 불가능한 경우에는 응급조치로서 인터록 회로계통의 고장 부분을 바이패스(bypass)시켜, 일단 정상적으로 기능을 회복시킬 것. 이러한 경우에는 취급상의 안전을 위해 반드시 관계자에게 통보해야 함.

방사선발생장치의 안전관리

경보장치

- 방사선 발생장치를 사용하는 장소의 일반 출입구에는 방사선의 발생 유무를 자동적으로 나타내는 표시등의 설치가 법령에서 의무사항으로 되어 있음.
- 이 외에도 방사선발생장치의 운전 상태를 관계자에게 알려주기 위한 각종 설비도 설치됨.
- 따라서 관계자는 이러한 설비 기능과 표시 내용을 적절하게 파악하면서 작업을 수행하지 않으면 안됨.

방사선발생장치의 안전관리

가속기 취급시의 유의사항

- 방사선 손상
조사손상에 의해 장치에 내장된 절록체의 저항값 저하, 절록 파괴, 전자 회로 부품의 성능저하 등이 일어나서 작동불량이 되는 경우가 있으므로 주의가 필요함.
- 나노빔 누출
빔샤터 및 콜리메타 등의 작동기구 주변에서는 강하고 좁고 그리고 직접적으로 누설되는 빔 및 펄스성의 누출빔이 아주 작은 틈새 등에서 방출되는 경우가 있음.
- 고에너지 가속기
고에너지가속기에서는 빔에서 벗어난 방사선이 가속관 또는 표적용기에 유도방사능을 발생시켜 실내공기를 오염시킴.
- 그러므로 유도방사능에 주의해야 하는데, 시설내에서 발생하는 공기오염이나 표적, 가속관 등에서 발생하는 방사선, 잔류 방사선등을 고려해야 함

방사선발생장치(엑스선회절분석기)



- X선 회절실험 특징

- 결정구조 및 격자상수 측정, 결정 배향성조사 가능
- 결정의 방향성 측정, 결정내부의 변형조사 가능
- **물질의 정성분석 및 정량분석 가능**
- 다양한 시료 측정가능, 시료훼손이 적고 실험조작 용이

방사선발생장치(엑스선회절분석기)

* XRD 측정(60kVp 80mA 주로사용)

- 인위적으로 XRD 문을 열고 방사선량을 측정함
- 0.005~0.013 mSv/hr
- 종사자 손 등가선량한도 0.25mSv/hr이하이나 인위적으로 문을 열지 않도록 함



XRD 수리(유지보수)시 주의사항

- 판매 회사는 면허자를 채용하여 판매와 관련된 방사선안전관리
- XRD 수리 엔지니어는 TLD 배지 미착용하고 수리하는 경우 발생
(만일 수리 엔지니어의 피폭부위는 대부분 손으로 추정되기 때문에 뚜렷한 증상을 알기 어려움)
- XRD 장비의 연동장치를 해제하고 X-ray 발생 상태에서 얼라인먼트
(XRD power: 2~16 kW, RT power: 0.9 kW)
- 연동장치 해제 키(key)를 오작동 시켜 사용자의 피폭을 야기 시킬 우려가 있음 (안전관리자의 key 관리 필요)
- XRD 수리(엔지니어) 작업시 안전관리자 참관이 필요
- XRD 연동장치 해제 key관리 또는 수리 완료 시점에 연동장치의 정상 작동확인

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



밀봉 RI 선원 관리(GC-ECD)

품명 : 밀봉된 방사성동위원소가 내장된 기기
(이온발생기 : 크로마토그래피)



[ECD 일반정보]

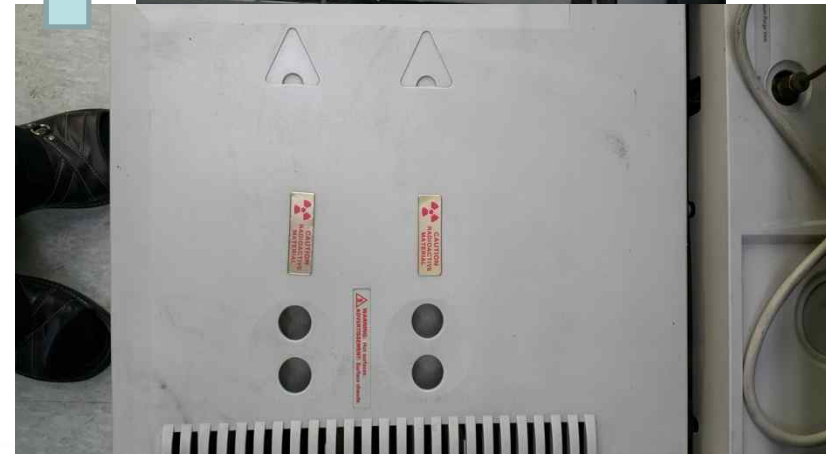
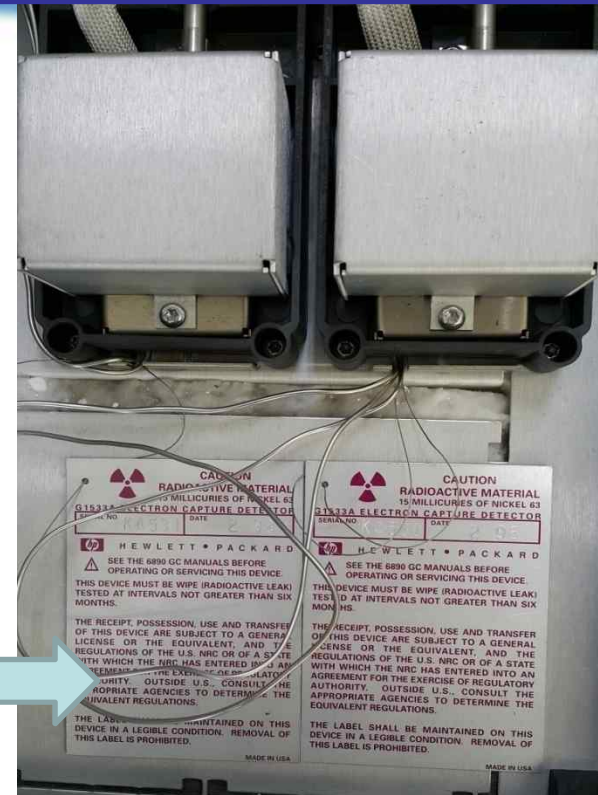
- ☞ 방사선원 : Ni-63 (Model : G1533A, Serial No. : K4530 & K4531)
- ☞ 15mCi(555MBq) X 2
- ☞ 반감기 : 101.1년
- ☞ 선원의 에너지 : 최대 65.87Kev, 베타선 (β -ray)
- ☞ 녹는 온도 : 섭씨 1453도
- ☞ 내경 : 6mm
- ☞ 높이 : 4.2mm

[준수사항]

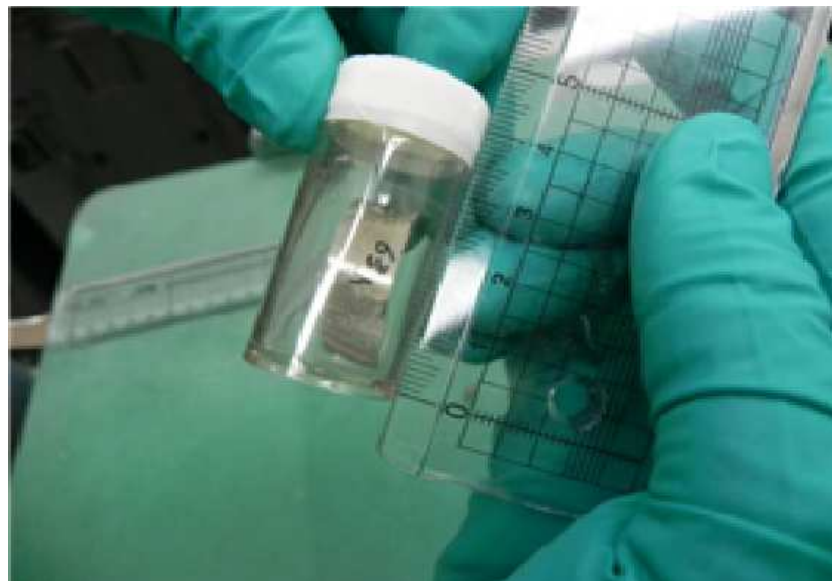
- ☞ 본 ECD는 방사성동위원소(Ni-63)가 내장된 장비로 임의로 분해, 양도 또는 설치장소를 변경할 수 없고, 폐기시 임의 처분이 안되며, 방사선안전관리자와 사전 협의를 하여야 합니다.
 - ☞ 만약, ECD가 고장으로 인하여 부득이 하게 외부로 반출 사유가 발생할 경우나 설치장소 변경이 필요한 경우 방사선안전관리자와 사전 협의를 하여야 합니다.
 - ☞ ECD를 분실하였을 경우 즉시 방사선안전관리자에게 통보를 하여야 합니다.
- 상기 사항을 위반하였을 경우 관련 법규에 의하여 처벌을 받을 수 있습니다.

총 장

방사선안전관리자 연락처 : 공동기원(내선 : 6713/6760)

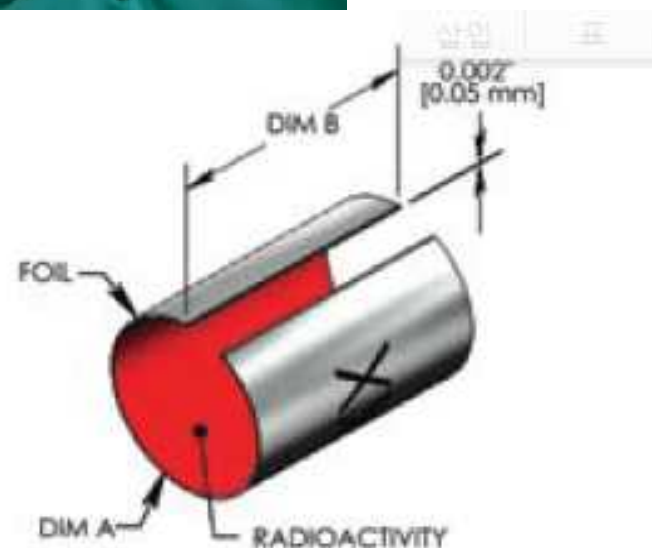
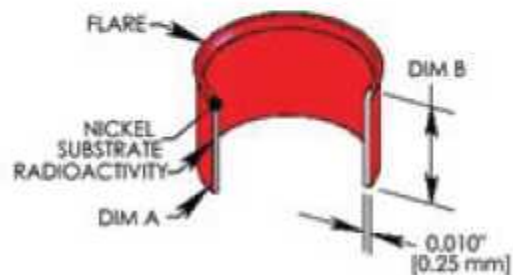


밀봉 RI 전원 폐기(GC-ECD)



NER-004R Nickel Ring Sources

Nickel or brass ring with Ni-63 electrodeposited
ISO Rating: C42211



밀봉 RI 선원 폐기(GC-ECD)

폐기처 : 한국원자력환경공단



Ni-63 선원



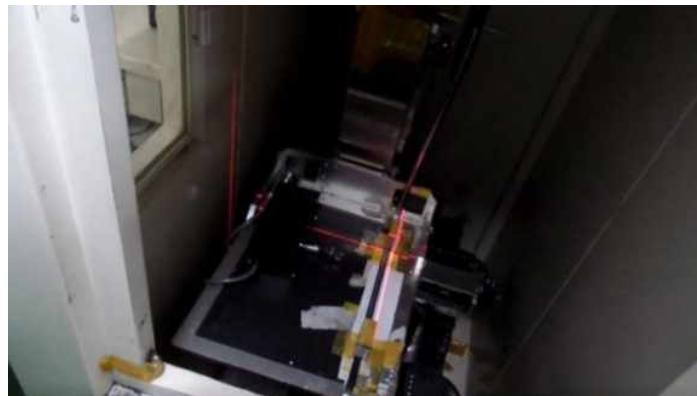
Ni-63 선원 포장

신고대상 X-선 발생장치 손가락 피폭

인위적인인터락해제



X레이 발생장치 SOFTEX SFX-100 <사진:원자력안전위원회>



사고제품 및 X-레이 조사위치 세팅 모습

설계승인무단변경

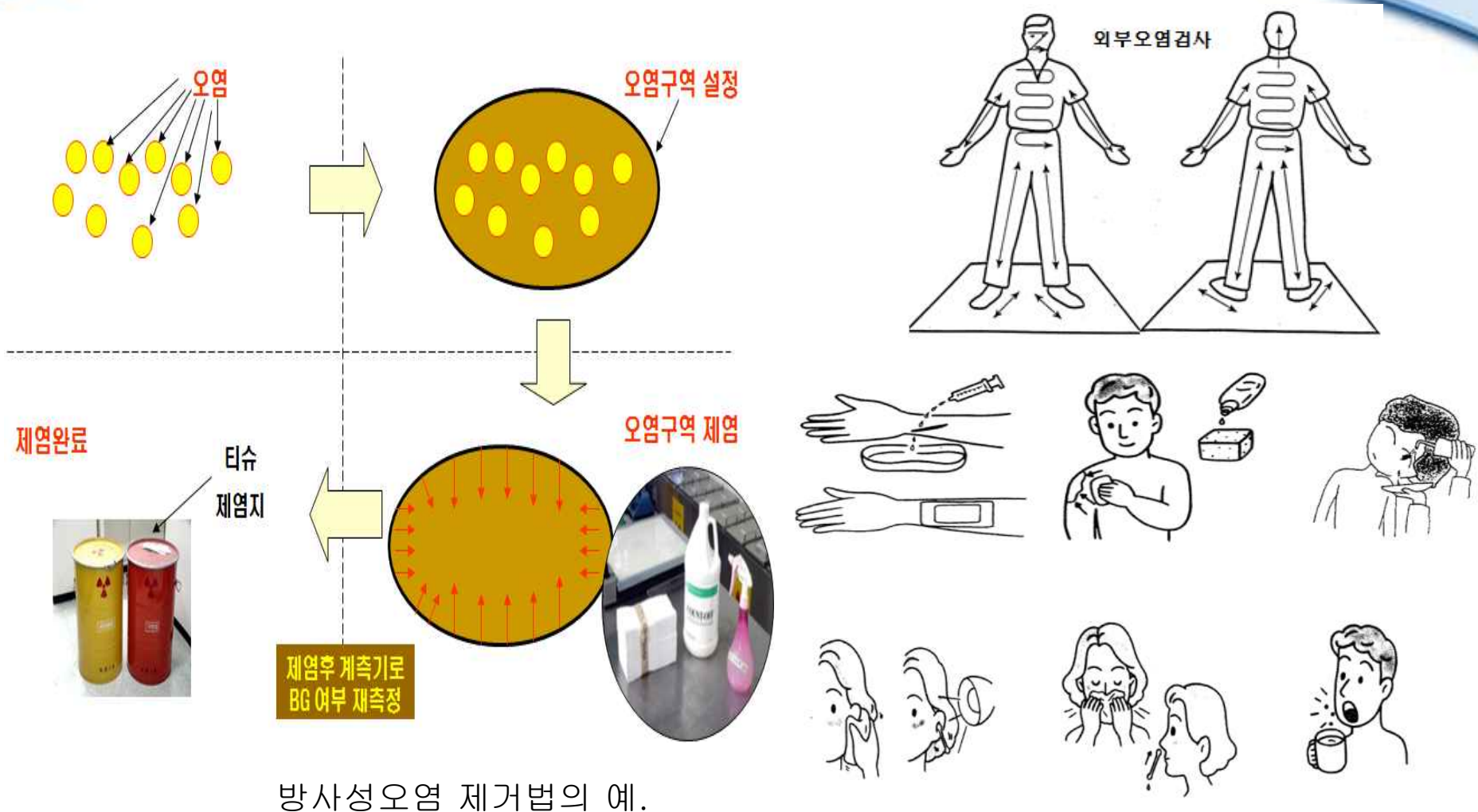
신고대상 X-선 발생장치 손가락 피폭



안전연동장치(인터락)에 테이프가 붙여진 사진



방사성 오염 검사, 인체 오염 검사 및 제거



과징금 부과 (시행령 제175조, 별표11)

< 방사성동위원소 사용허가자 >

- 기술기준 부적합 시 시설 수리, 개선, 이전 조치 명령 불응
(1차; 1억2천만원, 2차; 1억8천만원, 3차; 2억4천만원)
- 안전관리규정 미준수 또는 방사선작업종사자 교육 위반
(1차; 4천만원, 2차; 8천만원, 3차; 1억6천만원)

< 방사성동위원소 이동사용 허가자 >

- 안전관리규정 미준수, 방사선작업종사자 교육 위반
(1차; 8천만원, 2차; 1억6천만원, 3차; 3억2천만원)

과징금 부과 (시행령 제175조, 별표11)

< 핵연료주기사업자 >

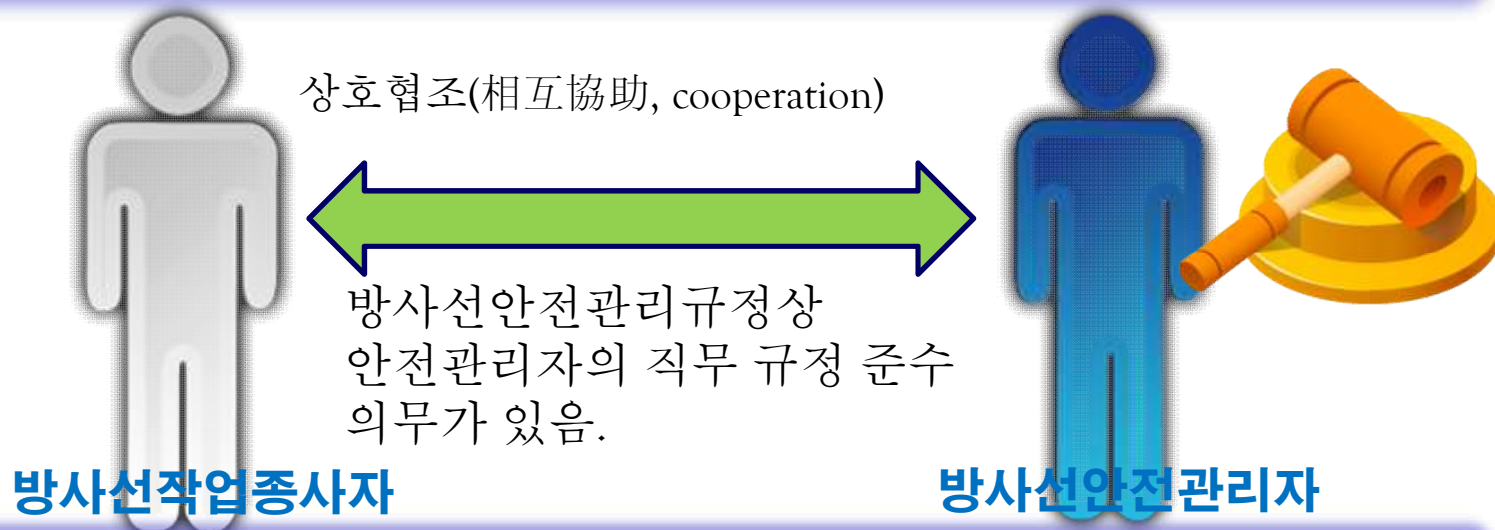
- 허가 또는 지정기준에 미달 [법 제36조]
(1차; 8억원, 2차;16억원, 3차;32억원)
- 안전관리규정 미준수 또는 방사선작업종사자교육 위반
(1차; **12억원**, 2차; 24억원, 3차; 36억원)

< 발전용원자로 운영자 >

- 방사성폐기물 처분제한 위반
(1차; 24억원, 2차; 36억원, 3차; 50억원)
- 방사선작업종사자교육 위반
(1차; **8억원**, 2차; 16억원, 3차; 32억원)

방사선 작업종사자와 안전관리자의 관계

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, 방사선작업종사자 교육)을 이수한 사람은 이들 면허나 자격 보유자의 지시, 감독 아래 방사선 취급을 규정(원자력안전법 제 84조(면허 등))



이 제도를 역으로 해석하면 방사선안전관리자가 인정하지 않는 사람은 방사선 취급 작업에 종사할 수 없다는 의미와 같다. 방사선안전관리자가 무단히 특정인을 배치할 수는 없지만 만약 종사자가 원자력 법규나 내규로 정하는 방사선안전관리규정을 고의로 위반하는 등 방사선 취급 부적격자로 판단하면 해당 직무를 금지시킬 수 있다고 봐야 함.

방사선작업종사자 안전수칙

1. 방사선 피폭에 따른 영향을 바르게 이해할 필요가 있다.
 - 가. 내가 받고 있는 방사선량은?
 - 나. 방사선을 받으면 어떻게 되는지?
2. 방사선 안전수칙을 성실하게 준수하는 것이 바람직하다.
 - 가. 방사선관리구역 출입
 - 나. 게시 또는 표지사항에 주의
 - 다. 오염우려 구역에서 상처부위의 보호
 - 라. 작업 개시 전 현장상태 점검
 - 마. 불필요하게 물건이나 표면에 접촉금지
 - 바. 방사성물질의 이동을 안전관리자에게 통보
 - 사. 이상 감지시 지체 없이 안전관리자에게 통보
 - 아. 방사선사고시 절차
 - 자. 작업 종료 후 절차
3. 보호받을 권리를 갖고 있음을 인식함이 바람직하다.
4. 정확하게 상황을 파악하고 합리적인 사고를 갖는 것이 바람직하다.
5. 많은 사고가 인간의 자만심과 나태함에서 비롯됨을 알아야 한다.
 - 가. 이것 쯔미야, 남도 하는데, 누가 해봤겠지, 내가 안해도 하는 이런 태도는 위험 자초
 - 나. 나의 태만이 남을 해침
 - 다. 인간은 규범을 지켰을 때보다 위반 했을 때 재미를 느끼는데 이것이 화를 불러옴

방사선에 대한 안전기준 해석?

문제점?

- 방사선에 대한 막연한 두려움과 불신, 실험 중단 포기
- 방사선에 대한 지나친 경솔과 간과로 인한 장해 우려

개선방안?

- 막연한 두려움 보다는 선원의 특성을 파악하여 사용하는 지혜가 필요
- 종사자 실무교육 중심 강화 필요

결론

- 방사선안전의 중요성 인식
 - 위험의 실체 이해 필요(방사선원의 특성 이해)
- ICRP, D. Beninson : 방사선은 두려워할(fear) 대상이 아니라 다독거릴(care) 대상이다
- 경영진과 방사선 작업자의 안전에 대한 인식
 - 기본 방호원칙 준수
 - 안전을 중요하게 생각하고 이를 위해 노력하는 자세
 - 자신의 안전은 자신이 지킴

지킬 것은 반드시 지킨다. 안전 제일 !!!

