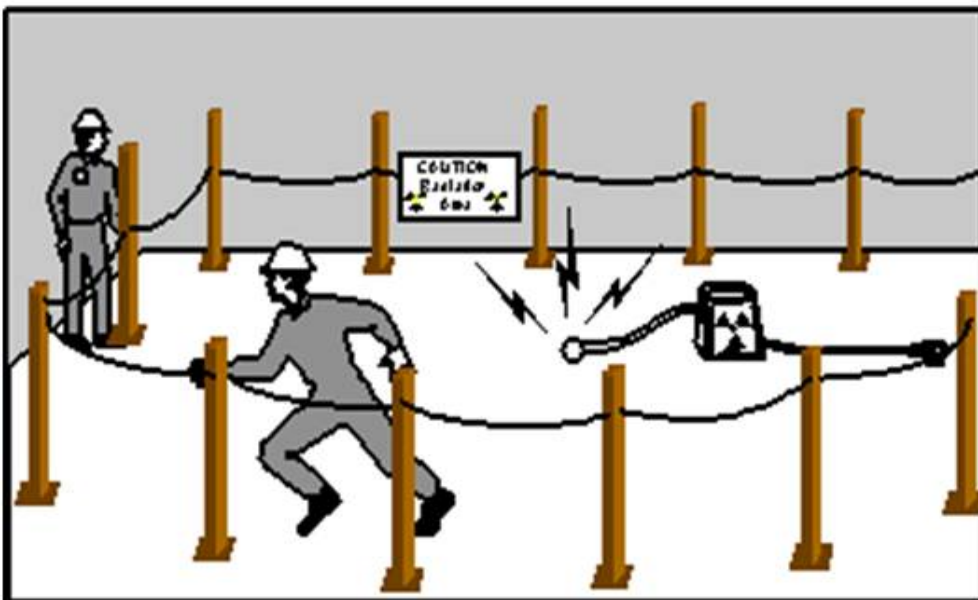


# 방사선교육 교재

21\_N



***www.kans.re.kr***



**한국원자력안전아카데미**

**KOREA ACADEMY OF NUCLEAR SAFETY**

Tel : 02-554-7330 ~ 1, Fax : 02-508-7941

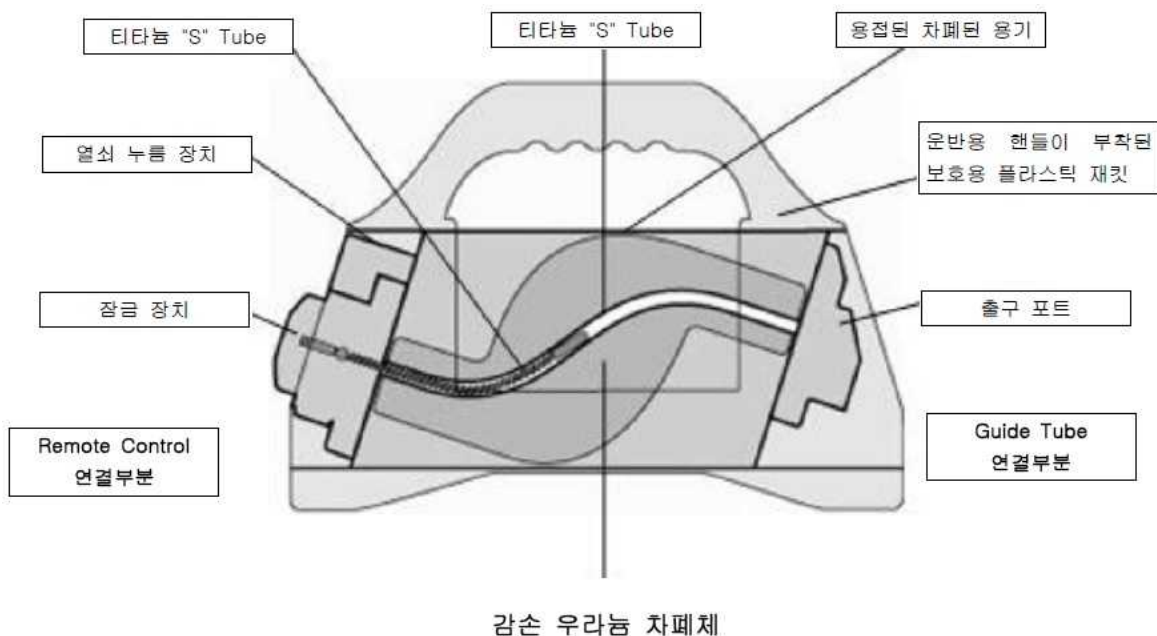
e-mail : kans@kans.re.kr / **www.kans.re.kr**

## 목 차

방사선실무 기본 다지기 .....	1
제 1장 방사선안전관리규정 .....	3
제 1절 방사선안전관리규정의 특징 .....	3
제 2절 방사선안전관리규정의 주요내용 등 .....	4
제 2장 방사선투과검사분야 방사선원 및 장비의 특성 .....	15
제 1절 밀봉 방사선원 .....	15
제 2절 방사선투과검사 장비 .....	17
제 3장 방사선투과검사 작업절차 및 안전관리 .....	24
제 1절 방사선작업절차 및 점검항목 .....	24
제 2절 방사선안전수칙 및 기타 안전관리 실무 .....	29



# 방사선 실무 기본 다지기



## 방사선안전 장비

### ① 안전로프

방사선 관리구역을 설정하고 출입 관리할 수 있는 로프(약100~200m)

### ② 콜리메터

조사기당 작업 방법에 따라 120°, 360° 1개 이상 준비한다.

### ③ 선원집게

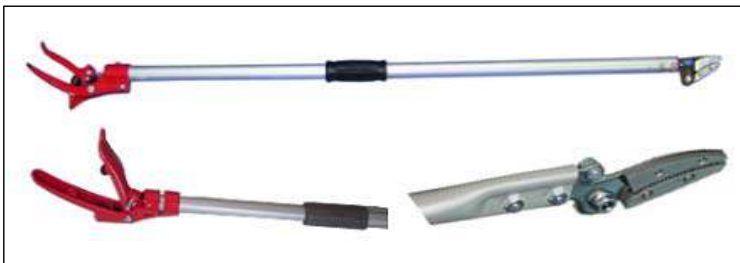
일시적 사용 장소 내 또는 방사성물질 등 운반차량에 1개 비치한다.

### ④ 납 장갑, 납 치마

일시적 사용 장소 내 또는 방사성물질 등 운반차량에 각 1개씩 비치한다.

### ⑤ 경고등, 방사선표지, 출입통제표지, 방사선표지 삼각대 등

일반인이 쉽게 볼 수 있는 곳에 설치한다(각 4~6개).



▲ 원격 집게(remote tongs)



▲ 납 장갑/납 치마



▲ 감마선원 콜리메터(120°, 360°, 60°, 360°)

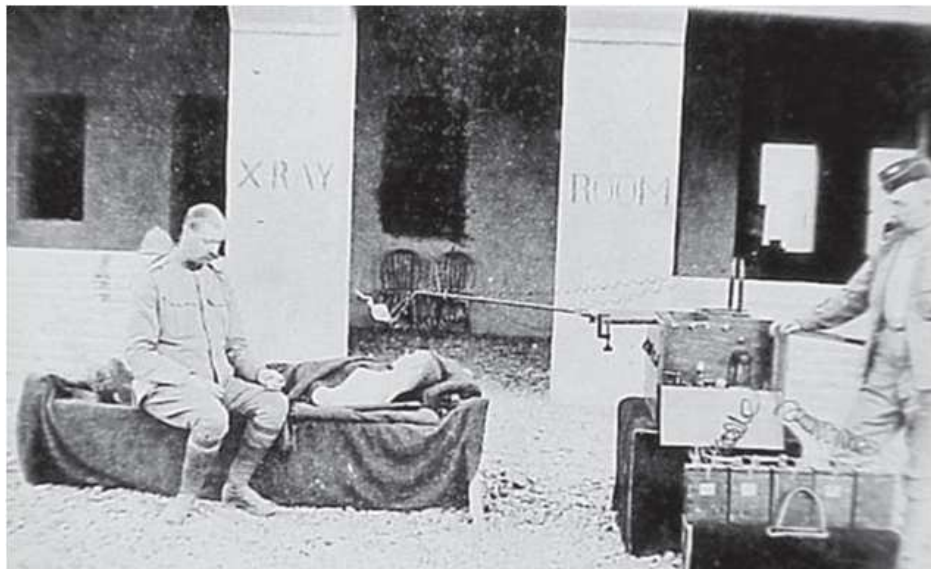


▲ 방사선 표지판

## 제 1장 방사선안전관리규정

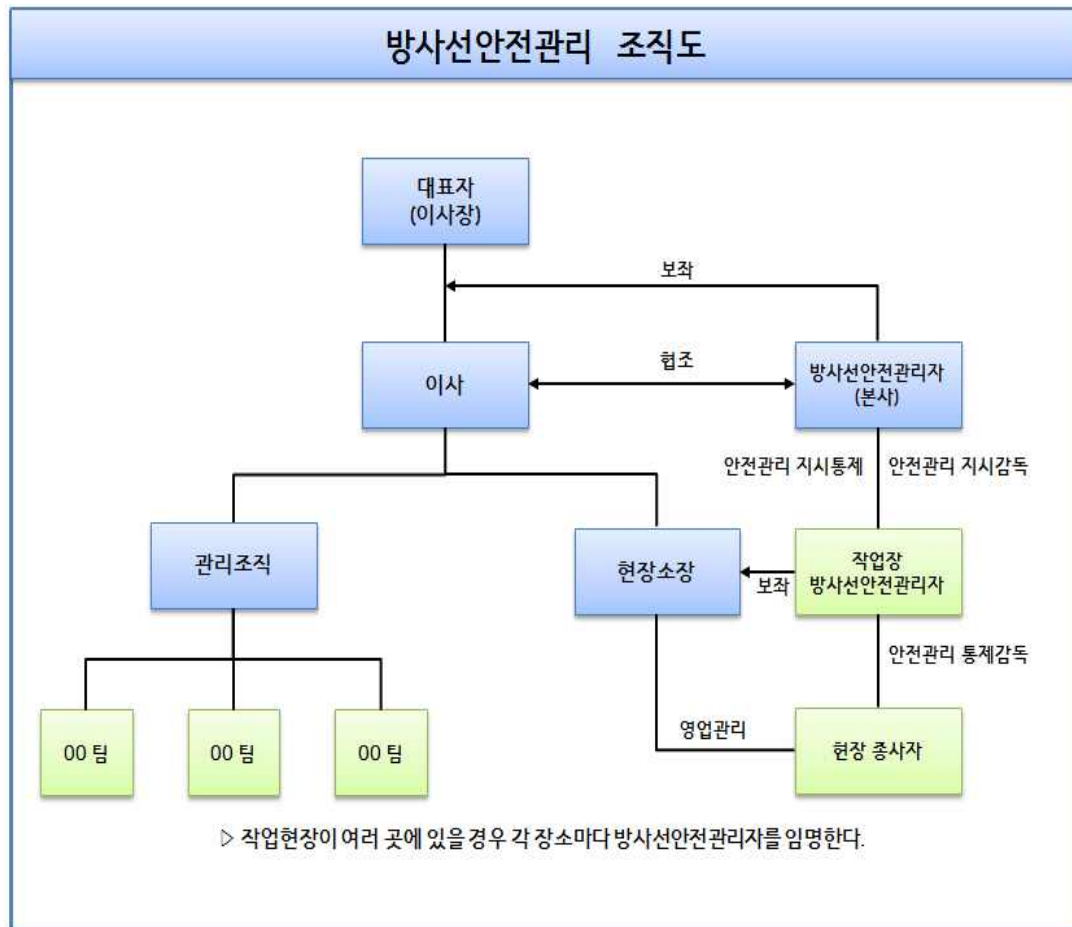
### 제 1절 방사선안전관리규정의 특징

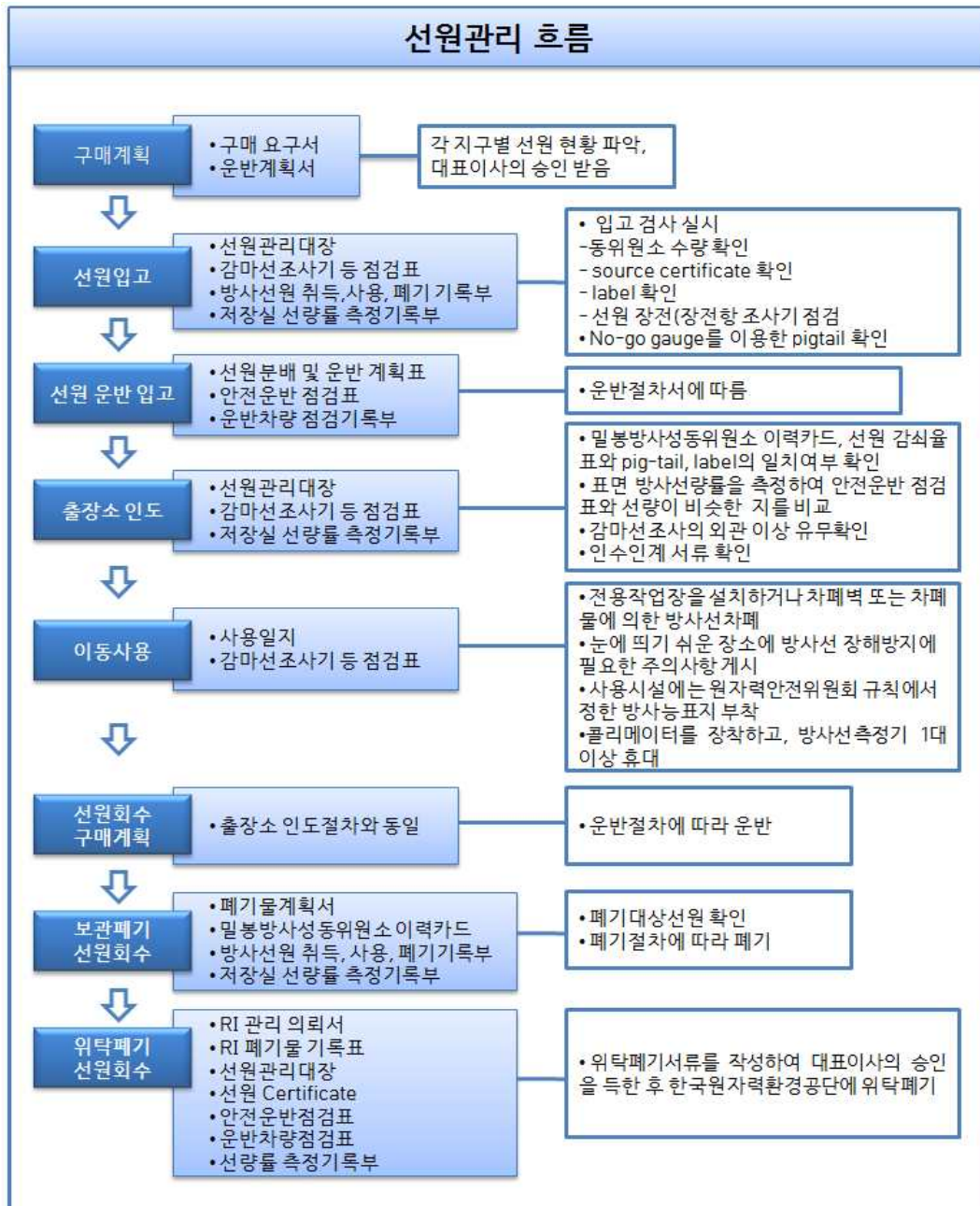
방사선투과검사 (또는 방사선비파괴검사 또는 라디오그래피) 업체에 적용되는 안전관리규정은 원자력안전위원회 고시 “안전관리규정 작성지침”에 따라 각 업체에서 작성되어 방사선 안전 당국의 검토와 승인을 받고 업체 단위로 적용된다. 방사선작업종사자는 해당 업체의 안전관리규정을 충실히 지키면서 안전하게 작업해야 할 의무가 있으므로 안전관리규정에 대해 상세히 알아야 한다. 어떤 이유로 그러한 규정이 제정되었는지를 이해해야 해당 조항을 자발적으로 지킬 수 있다. 모든 조항은 방사선작업종사자의 안전 확보를 위해 직·간접적으로 절실히 필요하여 설정된 것이다. 방사선투과검사분야의 방사선작업종사자에 대한 직장교육에서 가장 중요한 것은 안전관리규정을 제대로 이해하고 작업함으로써 방사선안전을 확보하는 것이다.



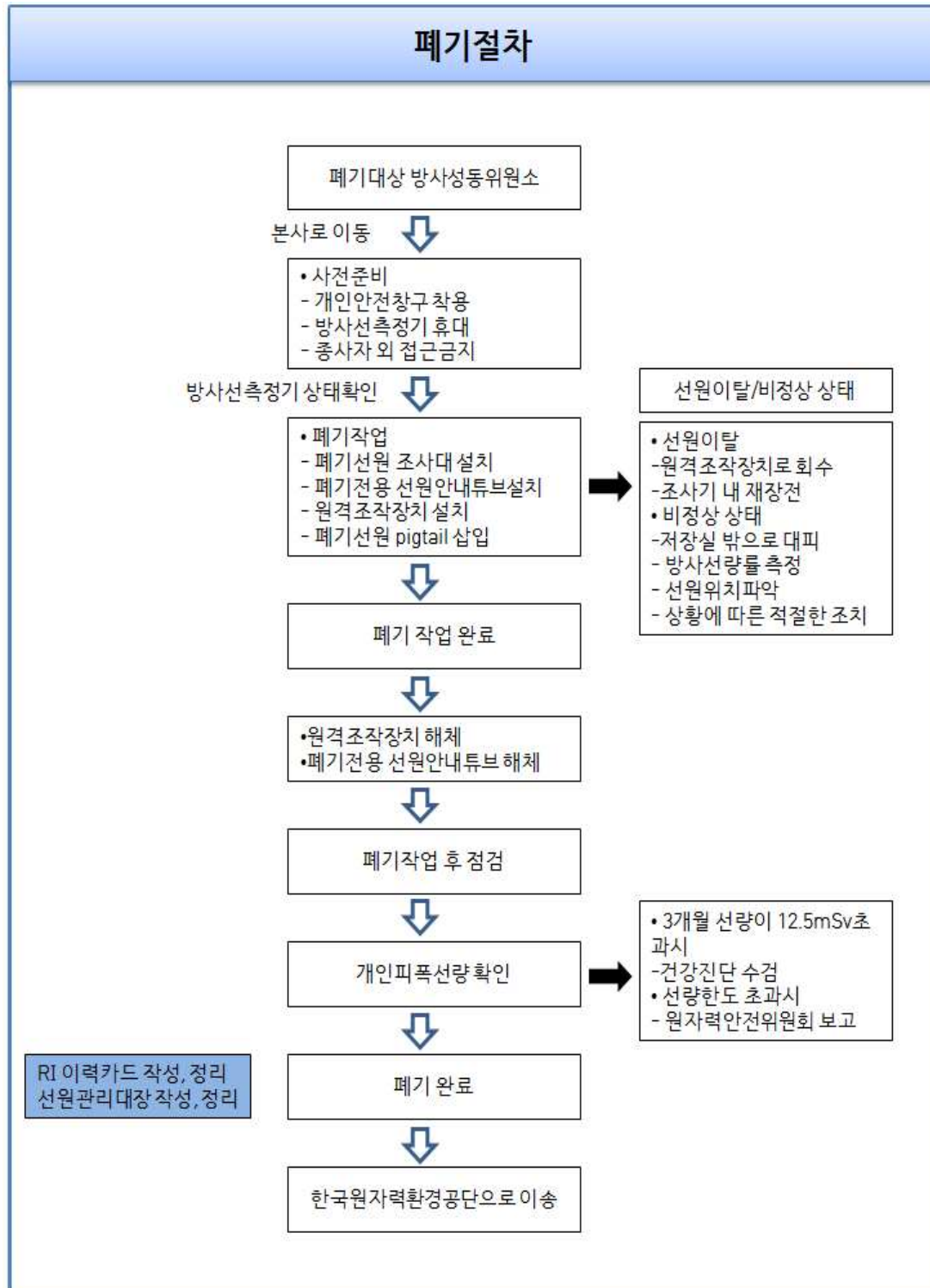


## 제 2절 방사선안전관리규정의 주요내용 등





『밀봉선원 폐기절차 흐름도』





## 방사선측정 정리!



## 관리구역 경계 내외/사업소 경계 등 측정용 측정기의 분류, 특징, 사용상 주의

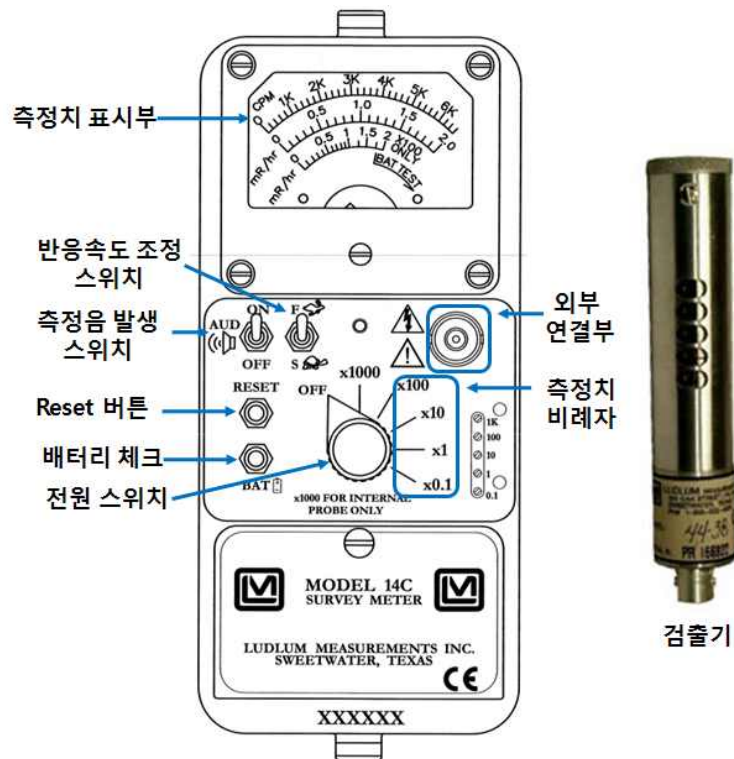
방식	주요 기종	특징/사용상 주의
이동식	<ul style="list-style-type: none"> <li>이온챔버 서베이미터</li> <li>감마신틸레이션 서베이미터</li> <li>GM계수관 서베이미터</li> <li>중성자 서베이미터</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>어디에나 휴대하여 측정할 수 있으나 측정장소, 측정일, 측정값 등을 기록해 놓아야 함</li> </ul>
고정식	<ul style="list-style-type: none"> <li>감마선 구역모니터</li> <li>중성자 구역모니터</li> <li>감마선 모니터링 포스트</li> <li>중성자 모니터링 포스트</li> <li>TLD, 형광유리선량계, OSL선량계 등 환경방사능 측정용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>측정지점이 고정되어 있음</li> <li>경시적 측정치 기록변화를 남길 수 있음</li> <li>이상 시 경보발령</li> <li>월별 적산선량을 측정함. 장기간의 실태에 가까운 값이 얻어짐.</li> <li>경시적 변화를 모름으로 이상치가 있더라도 보고서가 없으면 이상발생을 알기 어려움</li> </ul>

 $\gamma$  선 서베이미터의 종류별 측정범위

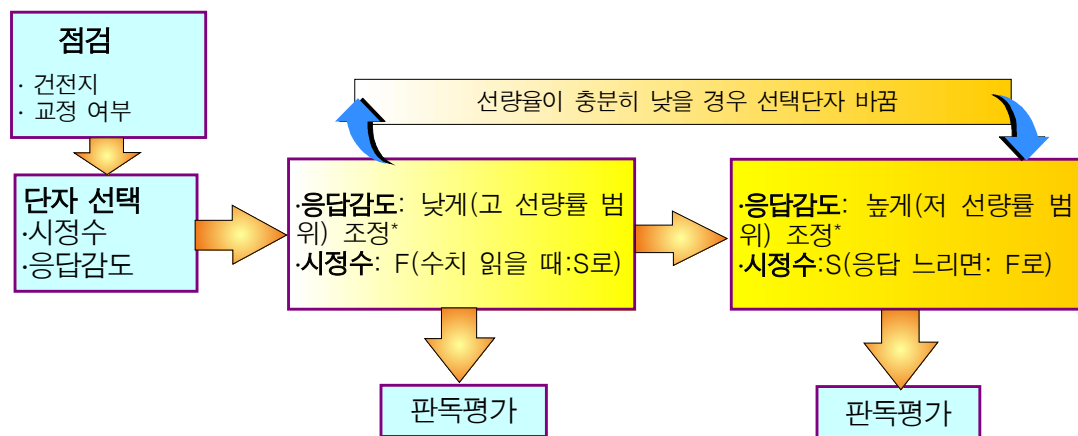
종류	에너지 범위	선량 율 범위
이온챔버 식	30 keV~2 MeV	1 $\mu$ Sv/h~100 mSv/h
GM 식	50 keV~2 MeV	0.3~300 $\mu$ Sv/h
신틸레이션 식	50 keV~3 MeV	0.1~30 $\mu$ Sv/h
반도체 식	50 keV~3 MeV	1 $\mu$ Sv/h~100 mSv/h

 $\alpha/\beta$  핵종 오염검사용 서베이미터

측정 방사선	서베이미터 검출기		프로브 넓이 (cm <sup>2</sup> )	검출 한계 (Bq/cm <sup>2</sup> )	백그라운드 계수율(cpm)
$\alpha$	신틸레이션 식	ZnS(Ag)	72	0.023	1.02
$\beta$	GM관 식	소 구경	5	0.87	10.2
		대 구경	20	0.31	60
$\alpha, \beta$	신틸레이션 식	ZnS(Ag), 플라스틱	72	$\alpha$ : 0.015 $\beta$ : 0.15	$\alpha$ : 0.49 $\beta$ : 19.9
	비례계수관 식	PR가스, 부탄	220	$\alpha$ : 0.0076 $\beta$ : 0.14	$\alpha$ : 0.6 $\beta$ : 420

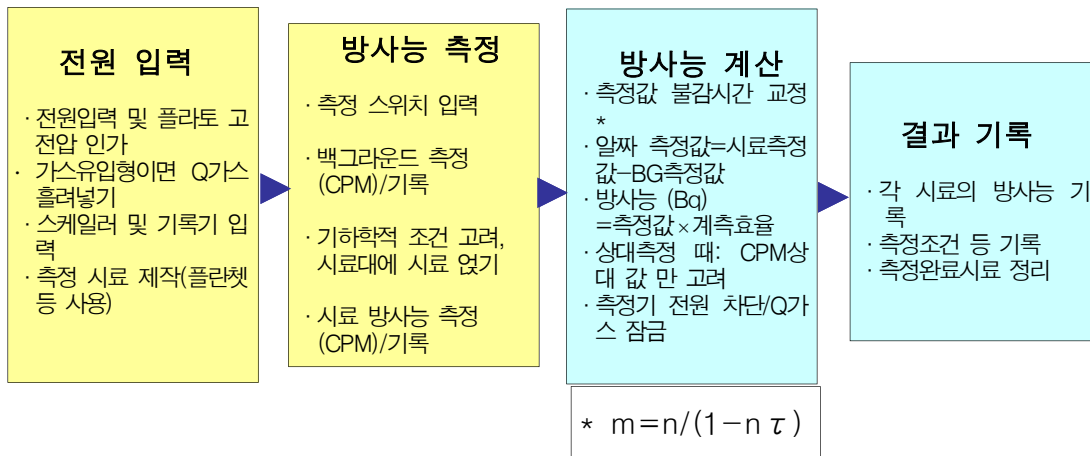


검출기(보상형 GM) 및 신호처리장치 각부의 명칭



### 서베이미터 사용절차

\* 고선량을 나타내는 방사선장에서 처음부터 저선량 단자( $\times 0.01$  단자)를 선택(서베이미터의 응답감도를 크게)할 경우 서베이미터가 과민 응답하여 손상될 우려가 있으므로 처음에는  $\times 10$  단자를 선택해야 안전함. 단창형 GM이면 창이 선원 쪽으로, 측창형 GM이면 측창이 선원 쪽으로 향하게 하여 측정. 시정수 단자가 있을 경우 지침 움직임이 느리면 F로, 그 반대면 S로 놓음



### GM형 $\beta$ , $\gamma$ 방사능 측정기

상대측정 시 측정시료에 대한 기하학적 인자나 시료의 자체흡수 등이 큰 변수로 작용할 수 있음.

### 서베이미터 사용 관련 상세 설명

#### □ 준비

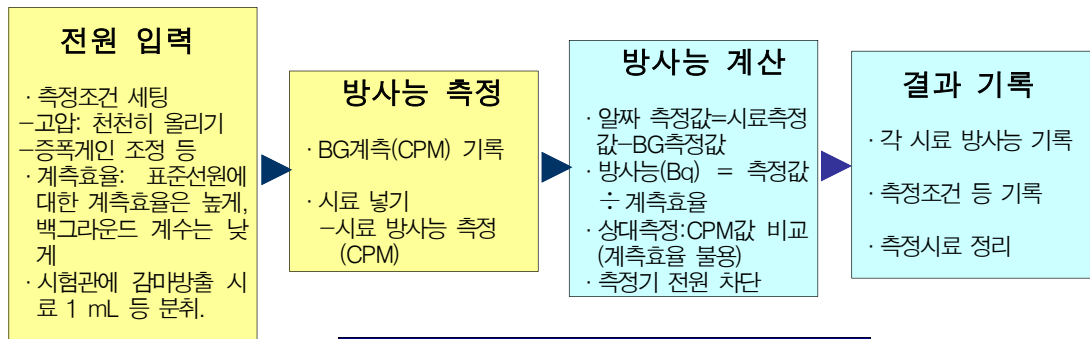
- 1) 배터리 설치: “범위” 스위치나 “배터리” 버튼으로 배터리 점검
- 2) F/S 스위치: “S”(slow)에 놓음
- 3) "Audio" (소리) 스위치 켜기

#### □ 자연준위 방사능(백그라운드) 측정

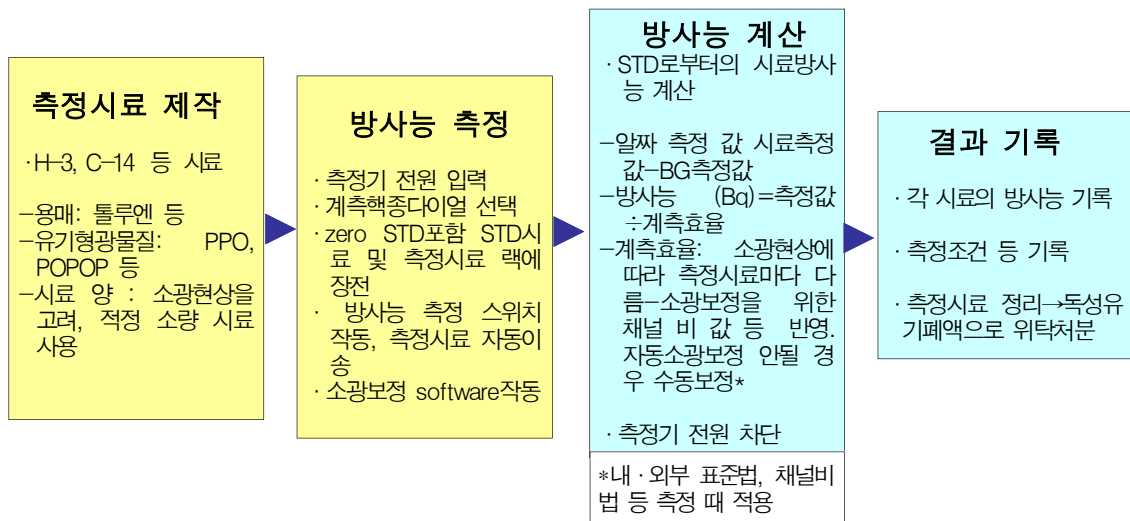
- 1) “F/S” 스위치가 ” S”(slow) 쪽에 있는지 확인
- 2) 측정범위를 **민감한 쪽(×0.1)**에 맞춤
- 3) 검출부의 창(window) 덮개를 벗김
- 4) 자연준위 방사능을 1분간씩 여러 번 반복 측정, 평균값 기록

#### □ 사람에 대한 방사능 오염검사

- 1) “F/S” 스위치: ” F” 쪽에 놓음
- 2) 측정범위: **가장 민감한 쪽에 놓음**
- 3) 오염측정 대상자를 방사능오염이 없는 깨끗한 곳에 세움
- 4) 바로 서서 손을 펴고 양 팔을 벌리게 함
- 5) 검출기를 피부/옷 가까이 대고(1~3 cm 거리) 머리부터 발 까지 천천히 움직이며 측정
- 6) 양 손, 등 뒤 등을 같은 방법으로 측정
- 7) 발바닥도 측정
- 8) 서베이미터 전원 끄. 검출부 덮개 씌움. 배터리 빼고 보관



### Na I 신틸레이션 $\gamma$ 방사능측정기



### 액체 섬광계측기에 의한 저에너지 $\beta$ 방사능 측정

배기, 배수 모니터				
모니터 명칭	목적	핵종/방사선	검출기	개요
$\beta(\gamma)$ 선 가스모니터	배기 중 농도측정	$\beta, (\gamma)$	통기 형 이온챔버	배기의 연속측정
$\gamma$ 선 가스모니터	상동	$\gamma$	NaI(Tl) 신틸레이션 검출기	배기의 연속측정
$\beta$ 선 분진모니터	상동	$\beta, (\gamma)$	GM관	배기 중 분진을 여과지에 포집, 측정
자동 요오드 모니터	상동	$^{125}\text{I}, ^{131}\text{I}$	NaI(Tl) 신틸레이션 검출기	요오드를 탄소분말에 흡착시켜 측정, 탄소분말은 자동교환
스트론튬용 $\beta$ 선 배수모니터	배수 중 농도측정	$^{89}\text{Sr}$	플라스틱 신틸레이터	배수조에서 자동 샘플링하여 측정
$\gamma$ 선 배수모니터	상동	$\gamma$	NaI(Tl) 신틸레이션 검출기	전 $\gamma$ 선 측정과 함께 스펙트럼 관찰가능

## &lt;장비의 점검대상 · 절차 및 주기&gt;

장비 명	대 상	절 차	주 기
방사선측정기	battery check	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ battery 유무를 확인</li> <li>◦ 방사선측정기의 battery check</li> <li>◦ button을 눌러 정상치 이상여부 확인</li> </ul>	검/교정 후, 작업 전·후
	지침계의 직선성 확인 등	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 2개 이상의 방사선측정기 준비</li> <li>◦ 조사기의 일정거리에 일렬로 배치</li> <li>◦ 지침계의 직선성 등을 확인</li> </ul>	월 1회
필름팩트(F/B)/TLD	케이스 필터 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 케이스 내부 확인</li> <li>◦ 필터의 위치 확인</li> <li>◦ 필터의 순서(Al-Cu-Sn-Cd) 확인</li> </ul>	매 1개월
포켓도시미터	지침계 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ P/D charge를 눌러 0 점 확인</li> <li>◦ 완료 후 밝은 빛에 비추어 지침의 유무상태 확인</li> </ul>	수시
알람 모니터 (경고 모니터)	소리 등의 점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ check hole를 눌러 소리 유무 확인</li> <li>◦ 조사기 등의 표면에 갖다대어 정상작동 여부 확인</li> </ul>	수시
원격조작 장치 (케이블 포함)	male ball 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ no-go gauge의 check hole 적합여부 확인</li> <li>◦ no-go gauge의 check notch 적합 여부 확인</li> <li>◦ 손잡이 기어부분의 맞물림 작동 확인</li> </ul>	수시
콜리메이터	깨짐 등의 확인	◦ 콜리메이터가 충격 등으로 인한 crack의 발생유무를 육안으로 확인	수시
	나사선 등의 확인	◦ 콜리메이터 선원 안내튜브의 연결 나사부분이 건전한지를 확인	
방사능 표지	글자 구분성 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 다량사용 또는 표지의 찢어짐 등으로 인한 인쇄의 벗겨짐</li> <li>◦ 경고 문구의 훼손 등이 있는지 확인</li> </ul>	수시
경고등	battery check	◦ 경고등 battery 소모로 인한 작동불량 등을 점검	수시
	경고등 불빛 점검	◦ 경고등 전구의 파손으로 경고불빛 건전성 여부를 확인	
경계표지용 줄	장력 확인	◦ 양쪽에서 힘을 주어 끊어지지 않는지 확인	수시
원격 선원집게	작동여부 확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 손잡이를 눌러 원격작동 건전성 확인</li> <li>◦ 끝부분의 맞물림 유격의 정도 확인</li> </ul>	수시





**방사선규칙 제58조 (방사선투과검사 작업)** 방사성동위원소등을 이동사용하는 경우의 기술 기준은 다음 각호와 같다.

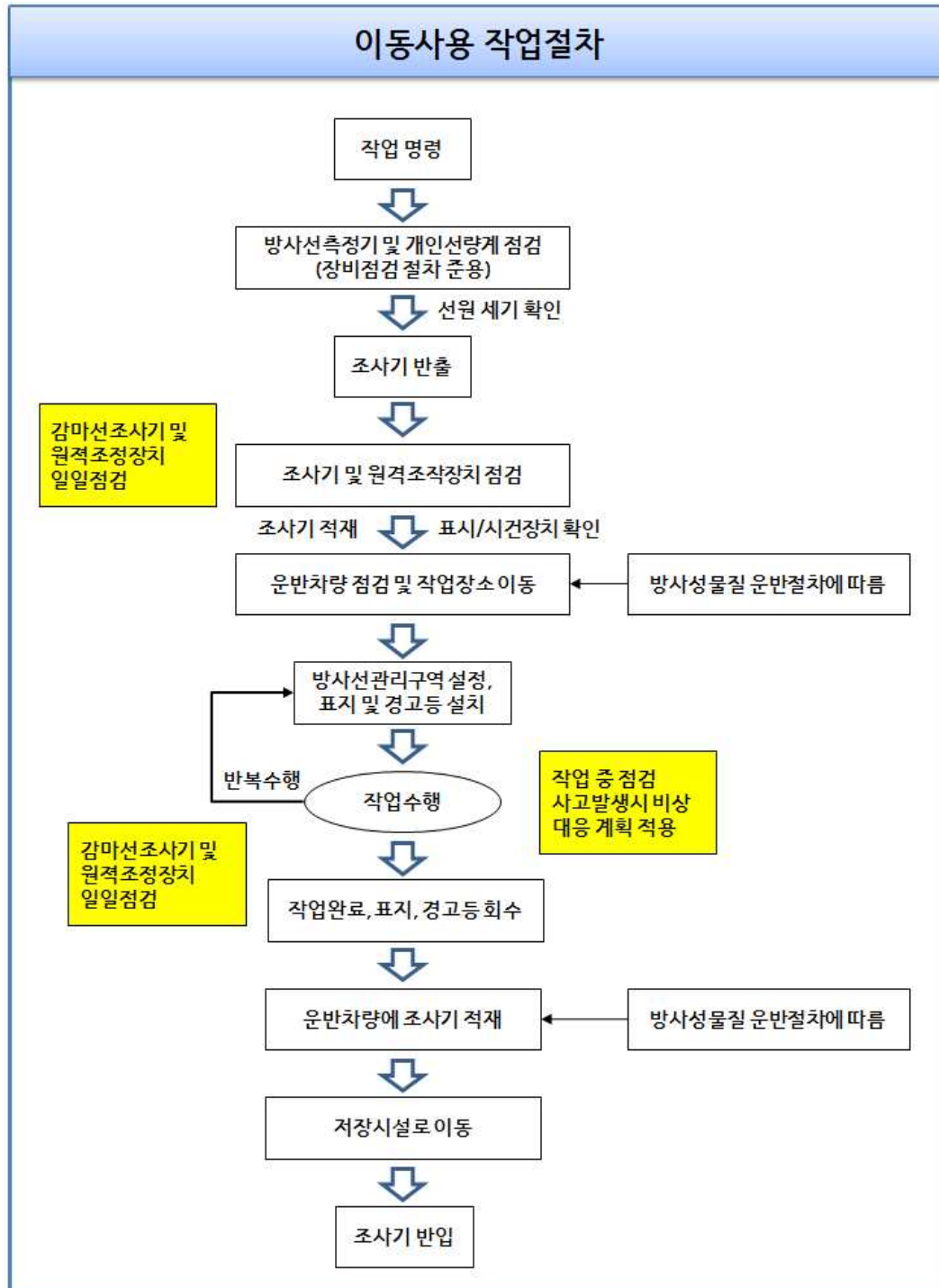
10. 방사선작업은 반드시 2인 이상을 1조로 편성하여 작업을 수행하고 각 개인에 대한 직무를 분담하되, 조장은 다음 각목의 1에 해당하는 자일 것
- 가. 방사성동위원소취급자일반면허 또는 방사선취급감독자면허 취득자
- 나. 방사선투과검사 경력 2년이상 또는 「국가기술자격법」에 의한 방사선비파괴검사 기능사 이상의 자격을 취득한 자로서 영 제148조제3항의 기본교육기관에서 실시하는 제58조의2에 따른 조장교육을 받은 자

**제58조의2(조장교육)** ① 제58조제10호나목에 따라 조장이 되고자 하는 자는 신규 조장교육을 받아야 하며, 2년마다(조장교육을 받은 날부터 기산하여 2년이 되는 날이 속하는 해의 1월 1일부터 12월 31일까지를 말한다) 정기 조장교육을 받아야 한다.

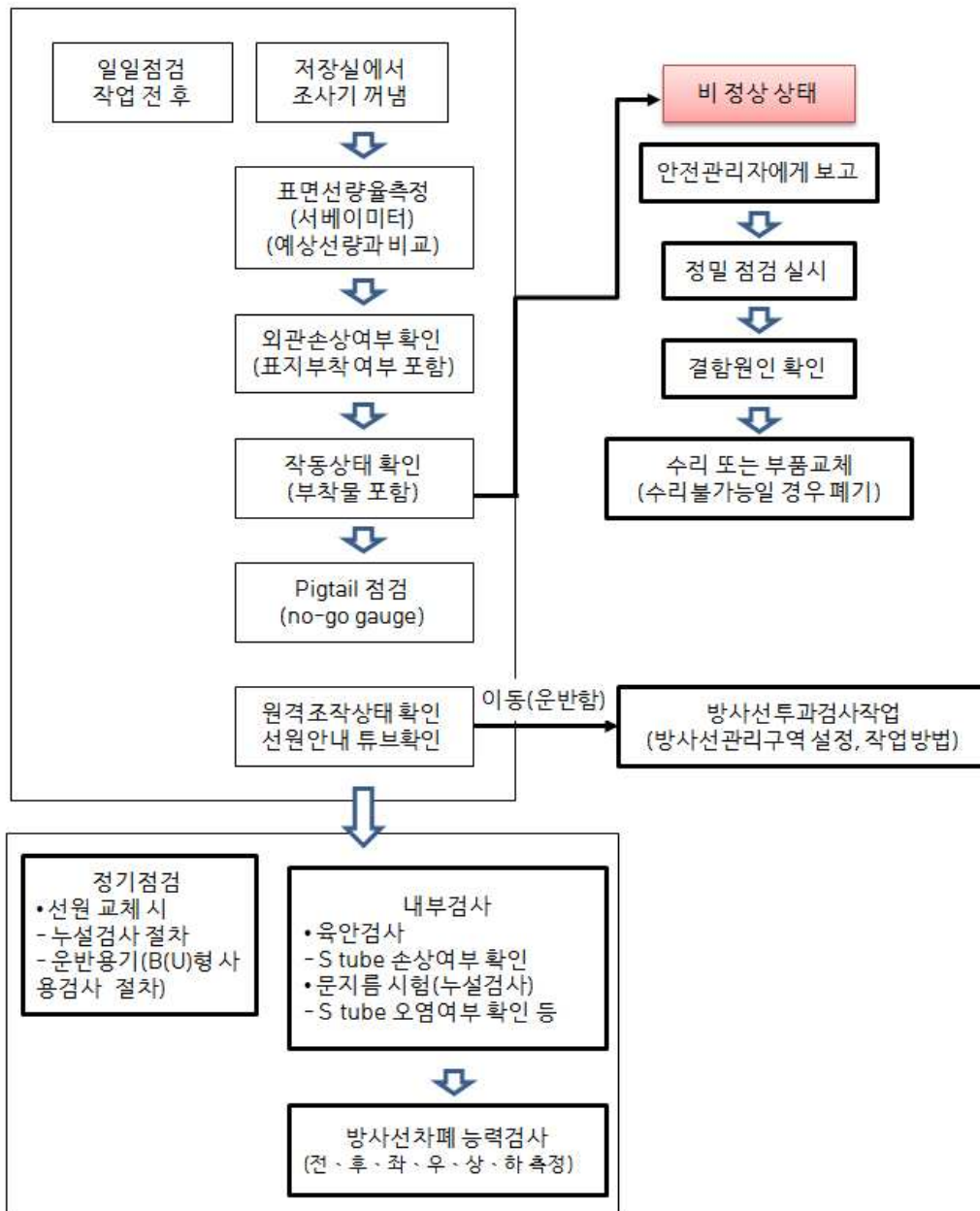
② 조장교육의 내용은 다음 각 호와 같다.

1. 신규 조장교육 : 방사선투과검사 작업절차, 방사선투과검사장비 점검방법 및 유지보수 절차, 방사선이 인체에 미치는 영향, 방사선 사고사례 등에 관한 교육 8시간 이상
2. 정기 조장교육 : 방사선투과검사 취급 방법 및 안전취급, 방사선 장애방지, 방사선 사고사례 등에 관한 교육 4시간 이상





## 조사기 점검절차(사용검사, 누설검사 포함)



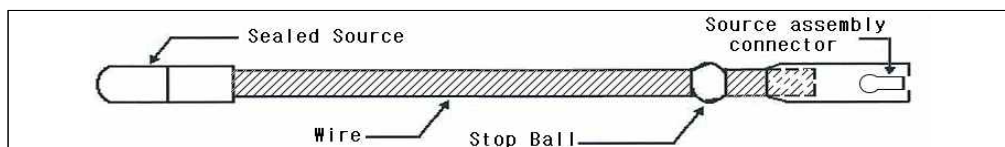
## 제 2장 방사선투과검사분야 방사선원 및 장비의 특성

### 제 1절 밀봉 감마선원

방사선투과검사에 흔히 쓰이는 방사선원은  $\gamma$  선 방출체인  $^{60}\text{Co}$ (1.11 ~ 3.70 TBq),  $^{192}\text{Ir}$ (1.85 ~ 3.70 TBq) 등과 200 ~ 300 kVp의 X 선이다. 감마선원인 경우  $^{192}\text{Ir}$  가 주종이며 두꺼운 구조물의 검사에는 투과력이 큰 감마선을 내는  $^{60}\text{Co}$ 을 사용한다.



현재 방사선투과검사에 사용하고 있는 밀봉 감마선원은 아래와 같이 굴곡형 강철 와이어로 구성된 Pig-tail에 연결된 Stainless steel capsule 내부에 얇은 Ir-192 디스크를 넣고 밀봉하여 사용한다.



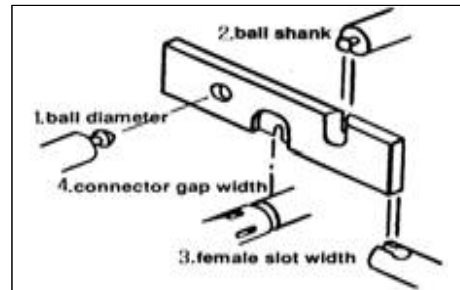
▲ 기본적인 감마선원 Pig tail 형태

조사기의 제작사 및 안전장치 구조에 따라 Stop Ball 위치가 다르거나, Stainless steel capsule 내부에 들어가는 동위원소 디스크 모양에 따라 capsule 모양이 다르기 때문에 다양한 형태의 pig tail 이 있다.



▲ 다양한 감마선원 홀더(pigtail)

방사선투과검사에 사용하는 pig tail의 연결부위는 오랫동안 사용하면 마모되어 유격이 생길 수 있다. 유격이 생길 경우에 선원이 이탈하는 사고가 발생하므로 No-Go gauge로 다음과 같이 점검하여야 한다. 연결부분을 ①~④항목을 점검하여 No-Go gauge가 들어 가면 불량이므로 교체하여야 한다.



▲ No-Go gauge

- ① Ball Diameter : 상, 하, 좌, 우방향으로 회전하며 No-Go gauge 점검한다.



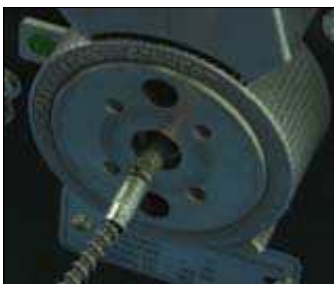
- ② Ball Shank : No-Go gauge를 Ball Shank 중심으로 회전하여 점검한다.



- ③ Female Slot Width : No-Go gauge를 Female Slot Width에 누르기, 밀기로 점검한다.




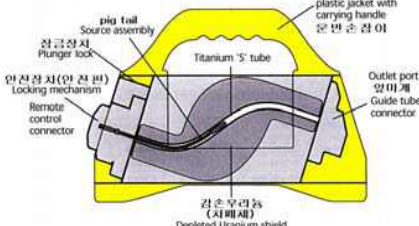

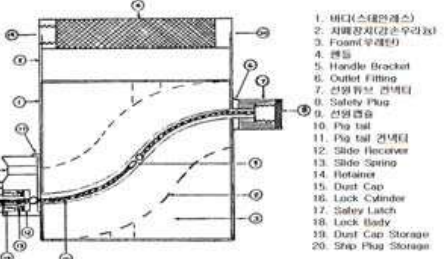

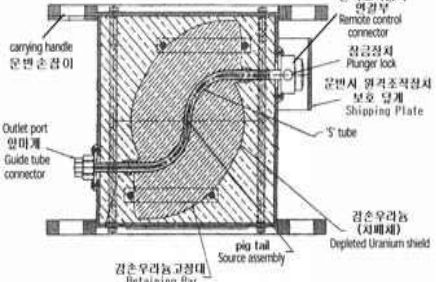

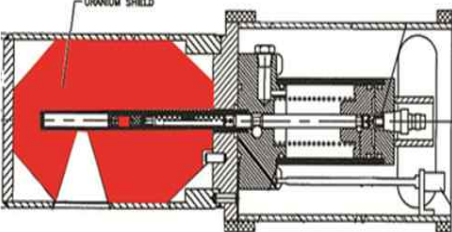
- ④ Connector Gap Width : No-Go gauge를 Connector Gap Width 눌러 회전하여 점검한다.





## 제 2절 방사선투과검사 장비

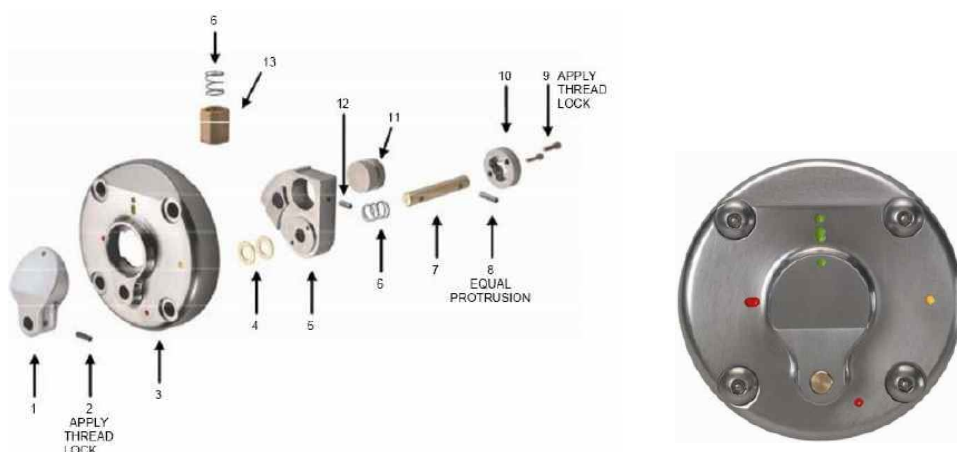
### 1. 감마선 조사기

 <p>880 DELTA</p> <p>880 ELITE</p>	 <p>Protective plastic jacket with carrying handle 운반 손잡이</p> <p>Outlet port 있마개</p> <p>Guide tube connector</p> <p>Remote control connector</p> <p>잠금장치 (아전편) Locking mechanism</p> <p>plg tail Source assembly</p> <p> Titanium 'S' tube</p> <p>감손우려능 (자폐재) Depleted Uranium shield</p>
880D, 880S(Ir-192)	
 <p>CAUTION RADIOACTIVE MATERIAL TYPE B(U) PACKAGE UN 2916</p>	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 배다(스태인레스)</li> <li>2. 자폐재(감손우려능)</li> <li>3. Foam(우레탄)</li> <li>4. 핸들</li> <li>5. Handle Bracket</li> <li>6. Outlet Fitting</li> <li>7. 선외플러그 컨넥터</li> <li>8. Safety Plug</li> <li>9. 선외관</li> <li>10. Pig tail</li> <li>11. Pig tail 컨넥터</li> <li>12. Slider Receiver</li> <li>13. Slider Spring</li> <li>14. Rotamer</li> <li>15. Dust Cap</li> <li>16. Lock Cylinder</li> <li>17. Safety Latch</li> <li>18. Lock Body</li> <li>19. Dust Cap Storage</li> <li>20. Ship Plug Storage</li> </ol>
IR-100(Ir-192)	
 <p>DANGER RADIOACTIVE MATERIAL</p>	 <p>Remote control connector</p> <p>잠금장치 Plunger lock</p> <p>문반사 열거조작장치 Shipping Plate</p> <p>Outlet port 있마개</p> <p>Guide tube connector</p> <p>plg tail Source assembly</p> <p>감손우려능 (자폐재) Depleted Uranium shield</p> <p>감손우려능 고정대 Retaining Bar</p>
680B(Co-60)	
	 <p>URANIUM SHIELD</p>
SCAR(Se-75)	

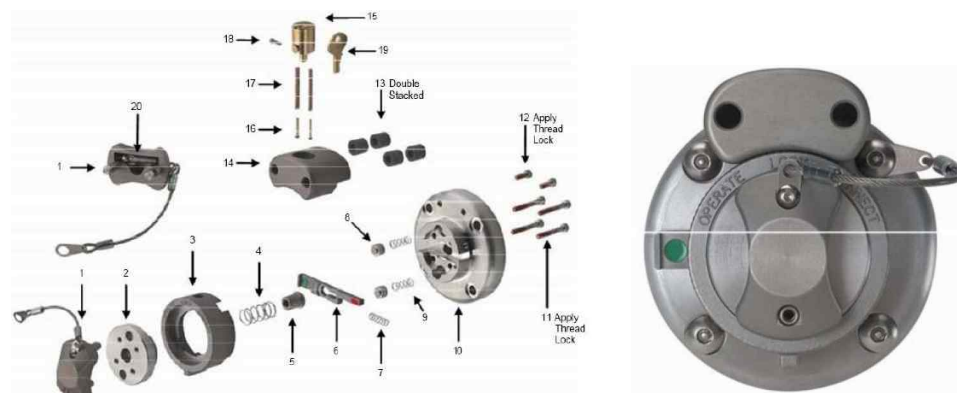
▲ 감마선조사기별 외관 및 내부 구조

## 2. 감마선 조사기의 내부 구조(880 Type)

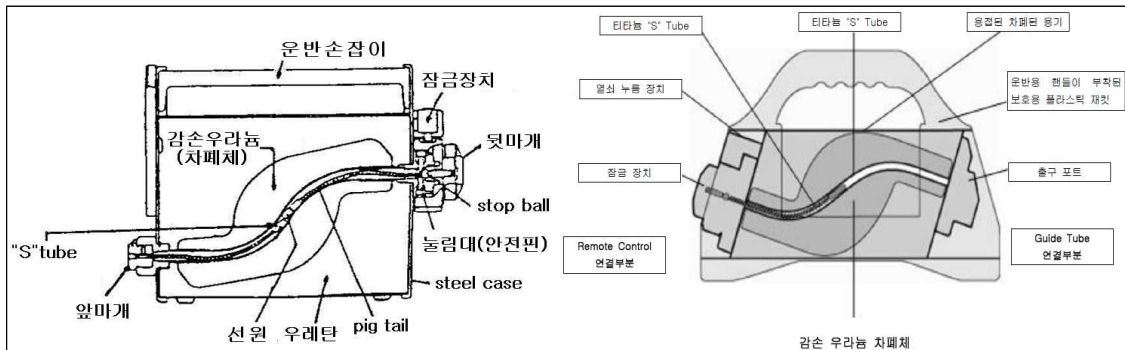
「전면 부분 (출구 포트) Guide Tube 연결부분」



「후면 부분 (잠금 장치) Remote Control 연결부분」



<방사선조사기(880 Type)의 전면(좌)과 후면(우)>



조사기 주요부분의 기능은 다음과 같다.

① 잠금장치

도난 및 분실 시 밀봉 방사성동위원소 선원의 외부노출을 방지한다.

② 안전장치

작업종사자가 밀봉 선원을 노출하고자 할 때 수동으로 선원을 고정하고 해제하는 장치이다.

③ 원격조작장치 연결부(Remote control Connector)

원격조작장치(Remote control)와 감마선 조사기 및 밀봉 선원을 연결 고정하여 감마 선원을 원격 조정하는 것이다.

④ 선원 안내 튜브 연결부(Guide tube Connector)

선원안내 튜브(Guide tube)와 조사기를 연결 고정해주어 밀봉 선원을 원하는 위치에 정지(콜리메터)시키는 것이다.

⑤ 감손우라늄(Depleted Uranium)

감마선을 노출하지 않을 때에 조사기 내에 밀봉 선원을 보관하기 위한 차폐체의 재료이다. 천연 우라늄에는 우라늄 238-99.27%, 우라늄 235-0.7% 존재하는데 우라늄 235의 함유량이 천연 우라늄에 포함된 0.7%보다 낮게 된 것을 감손우라늄(DU)이라 한다. 현재 Ir-192 조사기에 DU 15.4 ~16.8kg, Co-60 조사기에 DU 130kg이 있다. 밀봉된 감마선원이 조사기 내에 있을 때 Ir-192 조사기 표면선량은 약20~50 $\mu$ Sv/hr (2~5mR/hr)이고, Co-60 조사기 표면선량은 약50~100 $\mu$ Sv/hr(5~10mR/hr) 정도가 서베이메타로 측정된다.

⑥ “S”-tube

감손우라늄(Depleted Uranium)에 의한 밀봉 선원의 오염을 방지한다.

⑦ 내부 충격흡수재(우레탄)

외부 충격에 의한 감손우라늄 파손 방지와 위치를 고정시킨다.

⑧ 앞 마개

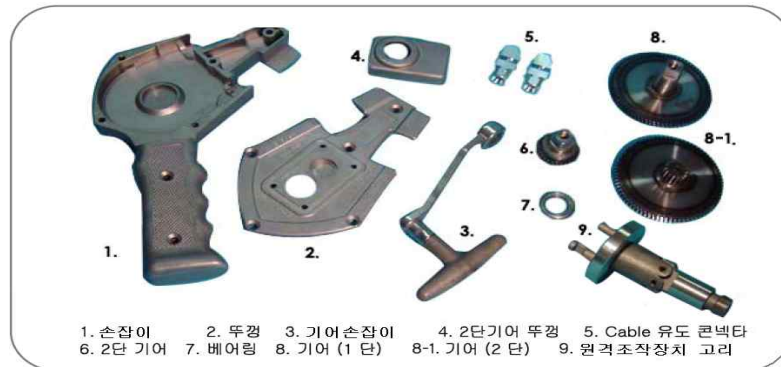
조사기의 안전장치 이상 또는 충격에 의해 밀봉선원이 비이상적인 외부노출을 방지한다.

⑨ 뒤 마개

조사기운반 및 이동시 외부충격(전도, 전락)에 의해 밀봉선원 연결부분의 파손을 방지한다.

### 3. 원격 조작장치(Remote Control)

원격 조작장치는 크랭크와 와이어가 내장된 이송케이블이 연결되어 있으며, 조사기 앞쪽에 선원 안내튜브가 설치된다. 그리고 주요 부품의 기능은 다음과 같다.



#### ① 손잡이

밀봉 감마선원의 이송과 회수를 안정적으로 할 수 있게 도와준다.

#### ② 기어, 기어핸들

선원 이동 케이블을 움직여 밀봉 감마선원을 조사기 외부로 노출시키고 회수한다.

#### ③ 원격조작기 고리(Remote control Collar)

조사기의 원격조작장치 연결부와 원격 조작장치를 고정시킨다..

#### ④ 선원 이동케이블

밀봉 감마 선원 Pig-tail과 연결하여 선원 노출과 회수를 자유롭게 한다.

#### ⑤ 선원안내 튜브(Guide tube)

밀봉 감마 선원을 원하는 위치로 이동시킨다.

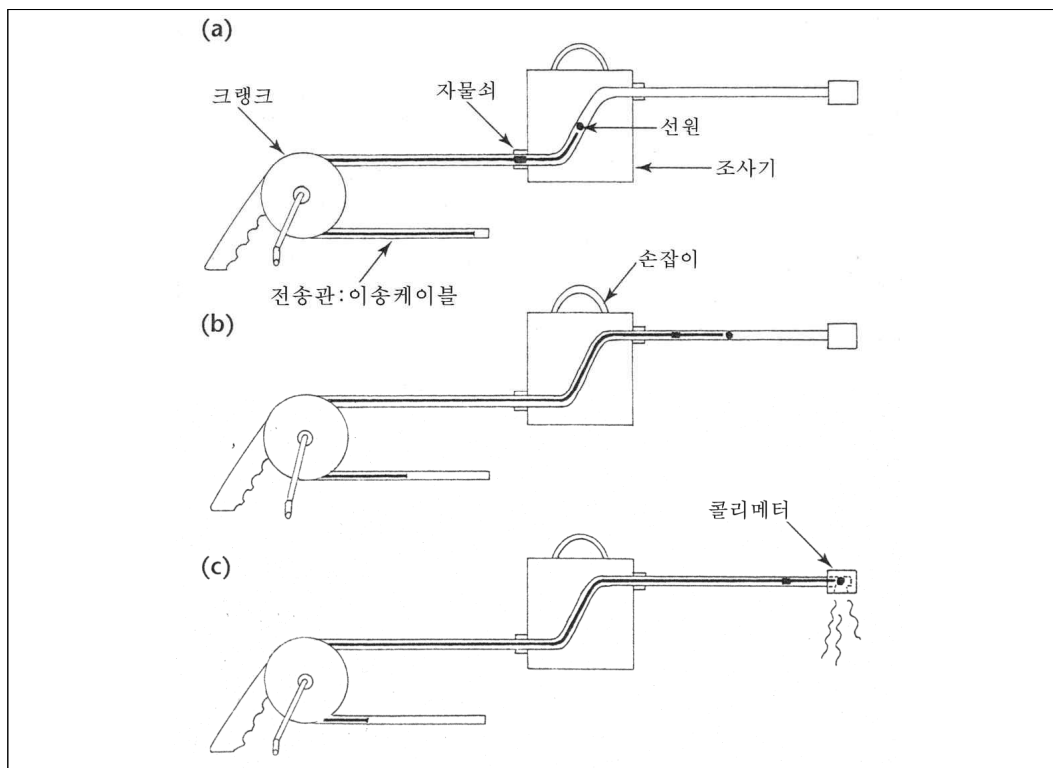
- 원격조작장치 (Remote control) : 길이 7.5m, 15m
- 선원 안내 튜브(Guide tube) : 길이 2m, 3m, 4m, 6m



원격조작장치의 조작 순서는 다음과 같다.

- ① 작업 전 작업종사자는 서베이메터(surveymeter)로 공간 선량률( $\mu\text{Sv/hr}$ )을 측정하여 감마 선조사기의 이상 유무와 방사선관리 구역( $400\mu\text{Sv/주}$ )을 설정한다.
- ② 감마선조사기를 소정의 위치에 두고 선원안내튜브 앞쪽에 불필요한 부위에 노출되는 감마 선을 차폐하는 콜리메터를 부착시킨다.
- ③ 선원안내튜브를 감마선조사기에 정확히 연결시킨다.
- ④ 원격조작장치의 와이어 연결부와 감마선조사기의 연결부를 연결한다.
- ⑤ 시험체에 적합한 노출조건(필름 선원 거리, 노출시간 등)을 설정하고 조작장치의 손잡이를 조작하여 선원을 외부로 노출시키고, 노출시간이 완료되면 다시 회수시킨다.
- ⑥ 촬영 작업 중 감마선조사기를 이동하는 경우에는 반드시 결합상태를 해제하고 잠금장치를 확인한 후 이동하여야 한다.
- ⑦ 작업이 종료되면 감마선조사기와 원격조작장치는 사용 전, 후 선원이 조사기 내에 완전히 회수되어 있는지, 잠금 상태가 이상이 없는지의 여부를 서베이메터 등을 통해 확인하여야 한다.

촬영 작업이 끝난 후 일정장소에 장치를 보관 시에는 필수적으로 도난방지와 안전 확보를 위하여 열쇠를 사용하여야 하고 책임자가 보관하여야 한다.



(a) 저장된 선원, (b) 이송중인 선원, (c) 노출중인 선원

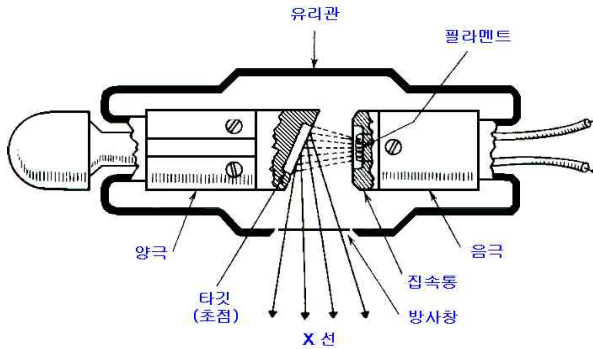
▲ 감마선원의 원격 조작



## 4. 방사선발생장치

### 1) X선의 발생원리

X-선관 구조

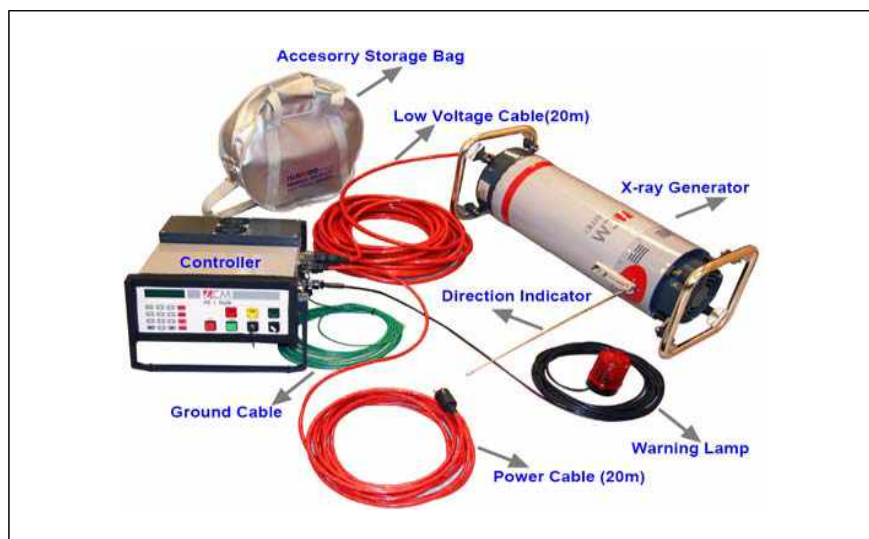


X-선관은 열전자 2극관의 구조를 가지는 고 진공관의 일종이며, 고 온으로 가열된 필라멘트로부터 열 전자를 발생시켜 10~300keV의 고전 압으로 가속해서 금속 타겟(양극)에 충돌시킴으로써 엑스선을 발생 시킨다. 이때 타겟의 재질에 따라 방사선의 에너지는 연속 또는 특 성에너지를 가진다.

### 2) X선 장치 접속

휴대용 X선 장치를 접속시켜 촬영을 하기 위해서는 체계적으로 다음 순서에 의해 관련된 주의 사항을 지켜야만 안전하게 모든 작업을 마칠 수 있다. X선 장치의 전원은 정격 전압(220V 또는 110V), 정격주파수(50 Hz 또는 60 Hz)에 적합한 전원인지 반드시 확인하여야 하며, 장치의 정격출 력에 있어서 입력에 대한 충분한 전원 용량을 갖고 있는 가를 확인하여야 한다. 용량이 부족하면 전 압 저하를 일으켜 정격 출력을 발생시키는 것이 불가능할 경우가 있고, 전원 변동이 크고 파형이 고 르지 못하면 X선관에 이상 전압이 생겨 장치의 고장 원인이 될 수 있다.

X선 장치에 접속될 전원에 대한 확인이 끝나면 먼저 제어기를 접지선으로 접지한 후 제어기와 X선 발생기를 저압케이블로 접속시킨 다음 전원케이블로 제어기에 전원을 연결하는 순서로 X선 장치를 접속시키면 된다. 작업 장소와 전원과의 거리가 먼 경우 전압 강하가 생기므로 충분한 굵기 의 저항이 적은 도선을 사용하여야 한다. 전원과 전압케이블과의 접속은 콘센트와 플러그의 사용 또는 전원 개폐기 단자에 케이블을 직접 설치하는데 어떠한 상황이라도 확실한 방법으로 접속·설 치하여 안전사고가 발생하지 않도록 주의한다.



▲ 일반적인 휴대용 X선 발생장치의 구성

## 2) 조작 순서

휴대용 X선 장치의 접속이 완료된 것을 확인한 후 X선 장치의 작동을 시작한다. 제어기의 조작 순서는 다음과 같다.

- ① 전원 개폐기를 닫는다.
- ② 관전압을 일정 노출 조건의 값이 되도록 조정한다. 다만 장치를 장시간 사용하지 않을 때는 워밍업(warming up)을 해야 한다.
- ③ 타이머(timer)를 일정 노출시간의 값이 되도록 조정한다.
- ④ X선 개폐기를 닫는다. X선 개폐기를 닫음에 따라 X선관에 고전압이 가해져 X선이 발생하는 상태가 된다.
- ⑤ 일정 노출시간이 경과하면 타이머가 작동하여 X선 개폐기가 열리고 X선의 방사가 정지된다. X선 개폐기는 열려도 X선관의 냉각기가 작동하는 장치도 있으므로 잠시 전원 개폐기는 그대로 두는 편이 좋다.
- ⑥ 전원 개폐기를 연다.

## 3) X선 장치에 대한 안전상의 주의

X선은 인체에 유해하다. 그러므로 X선 장치를 취급하는 경우에는 X선에 피폭되지 않도록 충분히 주의하여야 한다. 또한 보수점검의 경우에는 고전압, 고압가스에 의한 위험에 주의하여 사고를 방지하기 위해 다음 사항을 준수하여야 한다.

- ① 조리개와 필터는 산란선이나 연속 X선의 피폭을 방지하기 위해 부착한다. 사용 시에 이들 부품을 부주의하게 취급하거나 개조해서는 안 된다.
- ② X선 조사 중에는 직접선 및 산란선을 충분히 방호하고 작업은 방사선 안전관리 책임자의 지시에 따라 수행하여야 한다.
- ③ X선의 발생, 정지 호가인은 복수의 방법으로 해야 한다. 예를 들어 조사 종료는 경고음만이 아니고 경고등, X선 발생 표시 램프, mA 표시 램프 등 모든 것을 확인하여야 한다.
- ④ 인터록 도어 스위치 등 외부 안전 회로와 연결하여 사용하는 경우는 정기적으로 안전 회로의 동작확인을 하여야 한다.
- ⑤ X선 발생기 및 제어기는 고전압이 인가되기 때문에 부주의로 커버를 분해하지 않는다.
- ⑥ X선 발생기는 고압가스나 절연유가 봉입되어 있기 때문에 조여 있는 나사의 부품을 불필요하게 풀지 않는다.
- ⑦ X선 장치를 사용 중에는 서베이미터 및 개인안전장구인 도시미터, 알람모니터, 필름뱃지, TLD 등을 휴대하여야 한다.

## 제 3장 방사선투과검사 작업절차 및 안전관리

### 제 1절 방사선작업 절차 및 점검항목

#### 1. 방사선투과검사 작업 절차

작업 절차	주요 항목	세부 내용
방사선 작업준비	방사선 안전장비 점검착용	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 작업장 개설변경 신고</li> <li>▶ 방사선 작업조 편성</li> <li>▶ 휴대용 장비 점검               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 개인선량계(TLD)</li> <li>- 전자누적선량계(ADR)</li> <li>- 방사선경보기(AM)</li> <li>- 포켓도시메타(PD)</li> <li>- 방사선측정기(SM)</li> </ul> </li> </ul>
	방사선원 안전점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 방사선원 반출               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감마선 조사기/엑스선 발생장치</li> </ul> </li> <li>▶ 조사기 및 발생장치 점검</li> <li>- 원격조작장치 점검</li> <li>▶ 기타 RT 기자재 확인</li> </ul>
방사성 동위원소 운반	운반차량 운반책임자	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 전용 운반차량               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운반차량용 표지 부착</li> <li>- 운반책임자</li> </ul> </li> </ul>
	포장 및 운반점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 방사성물질 운반               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 운반지수</li> <li>- 운반물 등급</li> </ul> </li> </ul>
	운반관련 서류작성	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 운반 관련 서류 구비 및 작성               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사성물질 운반명세서</li> <li>- 운반 점검 기록부</li> </ul> </li> </ul>
방사선 관리구역 설정	방사선 관리구역	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 일시적인 사용장소(작업장)</li> <li>▶ 방사선관리구역 거리 계산</li> <li>▶ 방사선 관리구역 설정</li> <li>▶ 방사선 표지(설치)</li> <li>▶ 방사선 조사기와 원격조작장치 연결</li> </ul>
방사선 작업	작업 전·중·후	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 작업 전 안전점검</li> <li>▶ 작업 중 안전점검</li> <li>▶ 휴식 또는 이동시의 안전조치</li> <li>▶ 작업 후 안전점검</li> </ul>
방사선 작업종료	장비철수	▶ 방사선 관리구역 해제
	방사선원 운반복귀	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ 운반 안전 점검</li> <li>▶ 방사선원 반입(저장실)</li> <li>▶ 개인피폭선량 확인</li> <li>▶ 사용기록부 작성</li> </ul>

## 2. 작업 전 점검사항

### 가. 작업 전 확인

- 1) 방사선안전관리 수칙을 읽고 작업에 임한다.
- 2) 방사선장비가 정상적으로 작동되는지 여부를 사전 점검한다.
  - 가) 조사기의 표면선량률 측정
  - 나) 조사기의 외부표면 점검 및 자물쇠 상태 점검
  - 다) pig-tail 확인 및 연결부 점검 확인
  - 라) 원격조작장치의 선원안내튜브 작동 점검 및 손상 여부 등 확인
  - 마) 콜리메이터의 선정 및 확인
- 3) 방사선안전관리구역의 설치용품 등을 점검한다.  
(방사능 표지, 경계용 줄, 경고등, 주의 사항 게시판 등)
- 4) 개인피폭선량계 착용과 휴대용 서베이미터의 건전지 등 점검과 확인
- 5) 작업장 주변 방사선관리구역 설치



[조사기 표면선량률 측정]

### 나. 작업 중 확인

- 1) 방사선관리구역 내 일반인의 출입 엄금
- 2) 방사선장비의 사용상태 수시점검
- 3) 방사선관리구역의 경계용 줄, 방사능 표지 등 점검 확인
- 4) 알람 모니터 또는 **알람 도시미터** 경고음 주기적 확인
- 5) 개인선량계 착용확인 및 **직독식 개인선량계(A/D, P/D)** 값 수시 확인
- 6) 작업장 주변의 방사선량률 수시 측정 및 기록
- 7) 방어의 3대원칙(거리, 시간, 차폐)을 최대한 활용

### 다. 작업 후 확인

- 1) 감마선 조사기의 선원확인 · 잠금 장치 및 장비점검(앞마개, 뒷마개 등)
- 2) 감마선 조사기의 표면선량률 측정 및 기록
- 3) 방사선안전관리 구역 해제 및 안전 장구류 등 점검확인
- 4) 감마선 조사기 저장실에 보관
- 5) P/D의 눈금 확인 및 피폭선량 기록

### 3. 방사선 관리구역 설정

외부의 방사선량, 공기 중의 방사성물질의 농도 또는 방사성물질에 의하여 오염된 물질의 표면오염도가 원자력안전위원회 규칙으로 정하는 값을 초과할 우려가 있는 곳으로서 방사선안전관리를 위하여 사람의 출입을 관리하고 방사선장해를 방지하기 위한 조치가 필요한 구역을 말하며 원자력안전위원회에서 정하는 값은 다음과 같다.

가. 외부 방사선량 :  $400 \mu\text{Sv/week}$  및  $10 \mu\text{Sv/hr}$  이하

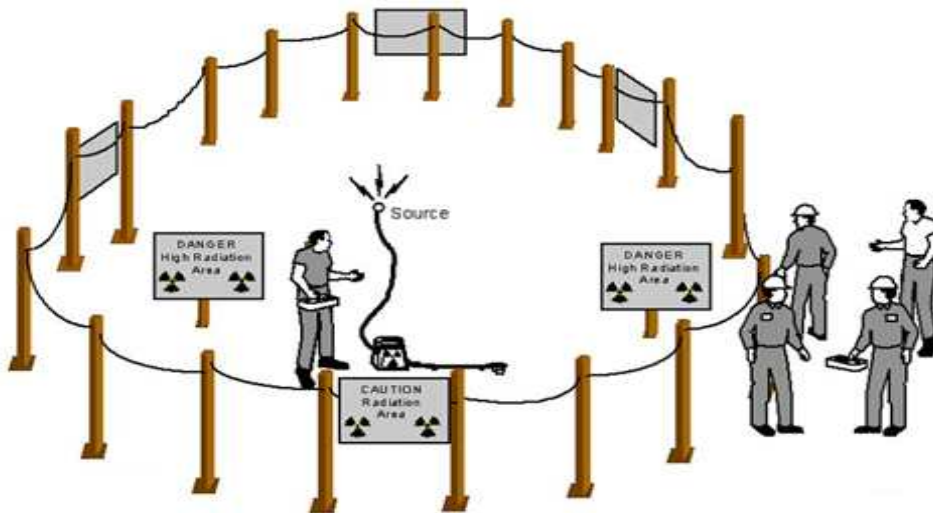
※ 일반인 감시구역 기준 :  $1 \mu\text{Sv/hr}$  이하

나. 공기 중의 방사성물질의 농도 : 유도공기중농도

다. 물체 표면 오염도 : 허용표면오염도

라. 상기 가 ~ 나 항을 초과할 우려가 있는 곳은 출입을 관리하고 방사선장해방지를 위하여 다음과 같은 조치를 한다.

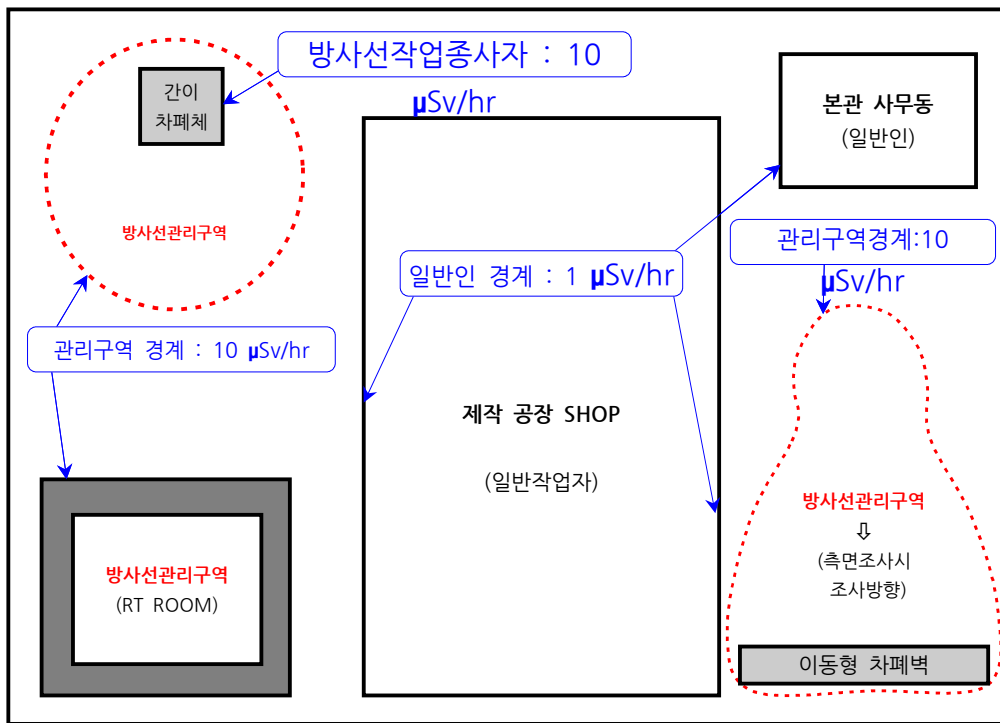
- 1) 방사선관리구역의 설정
- 2) 벽·울타리 등의 구획물로 구획하여 방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙의 별표 1에 의한 표지를 부착함으로써 다른 장소와 구별하고 종사자외의 사람이 당해 구역에 출입하는 경우에는 종사자의 지시에 따르도록 할 것
- 3) 바닥·벽 기타 사람이 접촉할 우려가 있는 물체의 표면이 방사성물질에 오염된 경우 그 오염도가 허용표면오염도를 초과하지 아니하도록 할 것
- 4) 방사선관리구역으로부터 사람이 퇴거하거나 물품을 반출하는 경우에는 인체 및 의복·신발 등 인체에 착용하고 있는 물품과 반출하는 물품(그 물품이 용기에 들어있거나 포장한 경우에는 그 용기 또는 포장)표면의 방사성물질의 오염도가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과하지 아니하도록 할 것



※ 방사선작업은 반드시 방사선관리구역 내에서 실시하여야 하며 이때 기준량은 시간당 10마이크로 시버트이고 필요한 거리를 구하는 공식은 다음과 같다.

$$\text{선량 한도}(10\mu\text{Sv/hr}) = \frac{\text{선원강도}(Ci) \times \text{감마상수}(m\text{Sv} \cdot m^2 / Ci \cdot hr)}{\text{거리}^2(m^2)} \times e^{-0.693 \left( \frac{\text{차폐두께}}{\text{반가층}} + \dots + n \right)}$$





<방사선관리구역 설정 예시>

방사선투과검사는 검사대상물에 따라 작업형태가 다양하며 기존에는 Field 에서의 방사선투과검사가 일반적이었으나 최근 원자력안전법에 따른 정부규제 강화에 따라 이동이 가능한 보일러, 압력용기, pipe, 강교 Box 등의 검사 대상물에 대해서는 최근 고정 차폐설비(RT Room) 설치가 필수적으로 요구되고 있다.



<고정 차폐설비(RT Room) 운영>

최근 가스공사, 지역난방, 도시가스 등 일반인 접근 우려가 상존하는 매설배관 검사의 경우에는 방사선관리구역 및 일반인 감시구역의 설정이 쉽지 않아 이 문제를 해결하기 위해 표준형 차폐체를 개발하여 적용하는 추세이다. 가스, 석유, 위험물 저장탱크 등의 대형 검사물의 경우에도 방사선차폐 등이 용이하지 않다. 이 경우는 최근 근본적으로 방사선 강도를 줄이는 방향(Ir-192, 50Ci → 20Ci)으로 안전규제가 시행되고 있다.



<가스공사 배관검사(신형 차폐체 적용) 및 LNG 탱크 현장>

중공업, 석유화학 플랜트 등의 설치배관은 대부분 고소작업이므로 안전한 검사 수행이 용이하지 않다. 따라서 최근 규제강화에 따라 SCAR(Se-75) 등 신형 검사장비 도입 또는 첨단 UT기술인 위상배열초음파검사(PAUT) 확대 등이 적극 고려되는 추세이다.

※ 운반물의 등급분류 기준

운반지수	최대 표면 방사선량률 (mSv/h)	등 급	비 고
0	0.005 이하	제1종 백색운반	
0 초과 1 이하	0.005 초과 0.5 이하	제2종 황색운반	
1 이상 10 미만	0.5 초과 2 이하	제3종 황색운반	
10 이상	2 초과 10 이하		전용 운반차량으로 운반

## 제 2절 방사선안전수칙 및 기타 안전관리 실무

### 1. 방사선작업 안전수칙

#### 가. 방사선안전관리 수칙

- 1) 종사자는 방사선취급에 수반되는 모든 방사선의 위험에 대하여 적절한 조치를 취할 수 있는 지식을 갖추고 있어야 한다.
- 2) 종사자는 방사선으로부터 자기 스스로 및 주위의 개개인을 방어할 의무가 있음을 자각하여야 한다.
- 3) 필요한 개인 **피폭선량계**는 항상 몸에 착용하고 작업에 임하여야 하며 수시로 검하여야 한다.
- 4) 작업시작 전 모든 방사선장비는 안전한지 사전 점검하여야 한다.
- 5) 작업시작 전 모든 방사선관리구역 설정하고, 방사능 표지를 부착하여야 한다.
- 6) 작업 시 방사선방어의 3대 원칙(시간, 거리, 차폐)을 준수하고, 불필요한 피폭은 금하여야 한다.
- 7) 방사선장비의 고장이나 방사성동위원소의 분실 등 사고 발생 시에는 방사선위험구역을 설정하고 방사선안전관리자에게 즉시 보고하여야 한다.
- 8) 종사자는 작업장소의 형편을 파악하여 작업조건의 개선을 꾸준히 모색하고 노력하여야 한다.
- 9) 기타 안전관리규정에 대한 제반 사항을 철저히 준수하여야 한다.

**방사선 안전관리 수칙**

1. 방사선작업종사자는 작업에 수반되는 모든 방사선의 위험과 취해야 할 예비수단에 대한 적절한 지식을 갖고 있어야 한다.
2. 필요한 개인방호기구를 항상 몸에 착용하고 수시로 점검한다.
3. 불필요한 방사선 피폭을 줄인다.
4. 작업시간 전후에 모든 방사선 발생장치는 안전한지 점검한다.
5. 방사선 방호 3대 원칙을 준수한다.  
(거리, 시간, 차폐)
6. 작업시작전에 방사선 관리구역(1 mR/h)을 설정하고 위험표지판을 부착한다.
7. 방사선 발생장치 고장이나 방사성동위원소 분실등의 사고 발생시, 방사선 위험구역을 설정하고 방사선 안전관리 책임자에게 즉각 보고한다.
8. 매일 방사선 발생장치의 안전여부와 지물쇠의 시건 상태를 점검한다.

#### 나. 방사선작업자의 의무수칙

- 1) 방사선 측정
  - 가) 방사선조사 후 선원 안내튜브와 조사기의 방사선량률을 측정하여 선원의 위치를 확인한다.
  - 나) 방사선측정은 작업 전·후 및 작업 중 수시로 한다.
  - 다) 제한구역 경계의 방사선량률을 측정하여 외부 사람들이 피폭되지 않도록 한다.
- 2) 방사선 위험표지 설치
  - 가) 방사선관리구역 표지로 줄 울타리를 설치하여 외부인의 접근을 막는다.
  - 나) 종사자는 방사선원이 노출되어 있는 구역에 아무도 들어가지 않도록 감시하고 출입을 통제해야 한다.
  - 다) 경고등을 가능한 사방에 설치한다.(1 개인 경우 선원의 위치에 설치한다.)
- 3) 안전관리장비의 휴대 및 사용

- 가) 종사자는 필히 개인선량계(TLD, P/D)를 착용하고 규정에 따라 측정하여 과 피폭을 막는다.
- 나) 공용 안전관리 장비인 서베이미터나 알람 모니터를 휴대하고 규정에 따라 측정하여 과 피폭을 막는다.
- 4) 원격조작장치의 정상조작  
(회전 수 확인 등)
- 5) 선원의 보관 철저
- 가) 종사자는 선원의 도난·분실 등에 대비해 적절한 조치를 한다.
- 나) 감마선조사기는 시건장치가 되어 있는 저장실에만 보관한다.
- 6) 감마선조사기와 원격조작장치의 수시 상태 점검 및 보존
- 가) 방사선조사 후 선원 안내튜브와 조사기의 방사선량률을 측정하여 선원의 위치를 확인한다.
- 나) 원격조작장치의 이상 여부를 사용할 때마다 확인한다.
- 다) 이상이 발견된 장치에 대해서는 별도로 방사선안전관리자에게 보고한다.
- 7) 방사선작업조장의 역할
- 가) 방사선작업조장은 작업보조원이 원격조작장치를 다루는데 있어 방사선원이 안전하게 차폐된 위치로 되돌아왔는지의 확인과정을 도와주고 보살피 주어야 한다.
- 8) 안전관리 교육내용대로 실행한다.
- 가) 안전관리규정을 숙지하여 실천한다.
- 나) 장비의 사용방법의 원칙에 따른다.



## 2. 방사성 오염검사 및 제염

### 가. 오염상황 확인

방사선 계측장비로 오염부분에 닿지 않도록 유의하면서 직접 표면을 측정하거나 스메어법으로 오염 상황(장소, 범위, 정도 등)을 확인하여 오염부분을 명시해놓고 오염 확대를 방지한다.

### 나. 신속한 제염

되도록 빨리 제염한다. 오염직후 물로 쉽게 제염할 수 있는 것도 방지하면 제거할 수 없게 되는 경우도 있다.

다. 오염 확대 방지

종이 타월, 헝겊 등으로 확대되지 않도록 덮어 닦아낸다.

라. 저준위에서 고준위 순으로 제염 실시

마. 제염 시 주의사항

1) 피부 오염

피부에 상처를 주지 않도록 주의한다. 피부표면은 쉽게 제염할 수 없더라도 주로 외부 피폭이기 때문에 피부의 신진대사와 함께 제염된다. 그러나 피부에 상처가 나면 체내로 섭취되어 체내 피폭을 받게 된다. 따라서 무리한 제염으로 상처를 내지 않도록 해야 한다.

2) 상처 또는 점막의 오염

상처, 눈 또는 점막이 오염되었을 때에는 곧 다량의 온수로 씻어낸다. 상처부분을 눌러 피가 조금 나오게 한다.

3) 바닥 및 기기의 제염

바닥에서 엮지른 방사성물질은 곧 종이 또는 천을 이용하여 건식 또는 습식으로 닦아낸다. 기기의 제염은 보통 분해하여 오염 부분만을 제어한다.

### 3. 방사성물질 운반 시 안전수칙

가. 사업소 내 운반기준

- 1) 방사성동위원소 및 그에 의해 오염된 물질을 운반할 경우 이를 운반함에 넣고 시건 한 후 운반한다.
- 2) 방사성동위원소 및 그에 의해 오염된 물질을 넣은 용기(이하 “운반물”이라 한다) 및 이를 적재하는 차량이나 방사성동위원소 및 그에 의하여 오염된 물질을 운반하는 기계·기구(이하 “차량 등”이라 한다)의 표면의 방사선량률과 허용 표면오염도는 다음과 같은 기준을 초과하지 아니한다.

가) 표면 방사선량률

- 운반물 표면에서 10 cm 위치 : 2 mSv/h
- 운반물 표면에서 1 m 떨어진 위치 : 0.1 mSv/h
- 운반차량 표면 : 2 mSv/h
- 운반차량으로부터 2 m 떨어진 위치 : 0.1 mSv/h
- 사람이 승차하는 위치 : 0.02 mSv/h

나) 표면 오염도

운반물의 외부표면과 덧포장·화물 컨테이너 및 탱크의 내·외부표면의 제거성 표면 오염도는 임의의 표면 300 cm<sup>2</sup> 이상에 대하여 측정한 평균값이 베타·감마 방출체 및 저독성 알파 방출체는 4 Bq/cm<sup>2</sup>, 그 이외의 모든 알파 방출체는 0.4





Bq/cm<sup>2</sup>을 초과하지 아니한다.

- 3) 운반물을 차량 등에 실을 때에는 운반 중에 이동·전도 또는 전락 등에 의하여 운반물의 안전성이 손상되지 않도록 한다.
- 4) 동일차량에 위험물과 운반물을 혼재하지 아니한다.
- 5) 운반물의 운반경로에는 표지를 설치하거나 감시인을 배치하는 등의 방법으로 운반에 종사하지 아니하는 자와 운반에 사용되지 아니하는 차량 등의 출입을 제한한다.
- 6) 운반차량은 서행하는 등 안전운행하며 교통법규를 준수한다.
- 7) 운반차량에는 방사성동위원소 취급지식과 경험을 갖춘 자가 동승하거나 방사선장해 방지를 위하여 필요한 감독을 하도록 한다.
- 8) 운반물 및 운반차량에는 눈에 잘 띄는 곳에 포장 및 운반관계 표지를 부착한다.
- 9) 원칙적으로 종사자 이외의 사람이 운반물의 운반에 종사하지 않도록 한다. 부득이한 경우 비 종사자의 피폭방사선량이 일반인의 선량한도를 초과치 않도록 한다.
- 10) 용기 밖의 운반물 등을 오염시킬 우려가 있는 방사성동위원소 및 그에 의하여 오염된 물질은 기밀구조의 용기에 넣어 운반한다.
- 11) 상기 가 항 2) 호 조치의 전부 또는 일부를 시행하기 곤란할 경우 원자력안전위원회의 승인을 얻은 후 운반한다. 이 경우, 당해 운반물의 표면 및 표면으로부터 2 m 떨어진 위치에서의 방사선량률은 다음에 정한 기준 값을 넘지 않아야 한다.
  - 가) 운반물 표면 : 10 mSv/h
  - 나) 운반물 표면으로부터 2 m 떨어진 위치 : 0.1 mSv/h
- 12) 상기 가 항 1) 호, 2) 호, 5) 호 ~ 8) 호의 규정은 방사선관리구역 내 작업 중 이동에는 적용하지 아니한다.
- 13) 상기 가 항의 규정은 사용시설, 분배시설, 저장시설 및 폐기시설 안에서 운반하는 경우와 운반시간이 짧고 방사선장해의 우려가 없는 경우에는 적용하지 아니한다.
- 14) 기타 세부 사항은 방사성물질 운반절차 및 원자력안전위원회 고시 “방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정”을 적용한다.





#### 나. 사업소 외의 운반기준

- 1) 방사성물질을 사업소 외의 장소로 운반할 때 사용하는 운반용기 등은 원자력안전위원회 고시를 제반기준으로 적용한다.
- 2) A형 운반물을 초과하는 운반물에 대해서는 원자력안전법 운반신고의 규정에 의한 운반신고를 하여야 한다.
- 3) A형 운반물을 초과하는 운반용기는 사용검사에서 승인된 것만을 사용한다.
- 4) 국외로 반출하는 운반물은 운반물이 경유되거나 도착하는 국가의 관계규정에 적합하도록 하며 별도의 방사성물질 등의 운반절차서 등을 작성, 신고하도록 한다.



#### 다. 방사성물질의 포장기준

- 1) 방사성물질의 운반을 위한 포장은 해당 설계승인서에 명시된 모든 기준을 만족시키는 지를 확인하고 방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙의 기준을 준수한다.
- 2) 방사성물질의 운반에는 사용검사를 받은 B(U)형 운반용기를 사용한다.
- 3) 기타 원자력안전위원회 규칙과 원자력안전위원회 고시를 적용하여 준수한다.

#### 라. 방사성물질 안전운반의 중요성

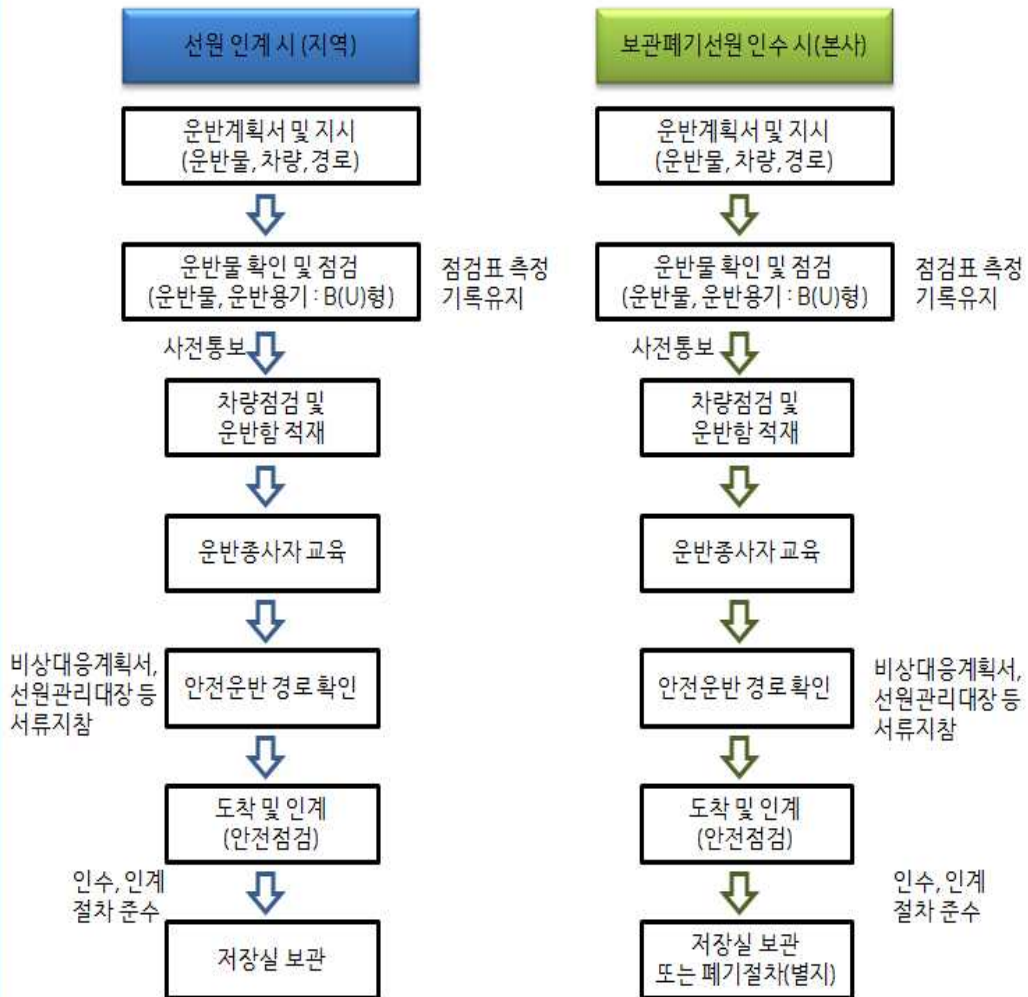
방사성물질은 일반적으로 배기, 배수, 차폐 등 안전시설이 갖추어진 장소에서 사용되며 그 구역에 일반인의 출입이 제한된다. 그러나 흔히 산업적 방사선 비파괴검사의 경우처럼 장소를 옮겨가며 사용하려면 방사성물질을 운반·이동해야 하며 그 운반·이동 경로에는 안전시설이 되어있지 않고 일반인도 쉽게 접근할 수 있다. 방사성물질을 운반할 경우 운반수단의 충돌, 전복, 파손 등 사고발생위험은 물론 방사성 물질의 유출, 확산 등에 의한 환경오염 등으로 안전상 문제가 증첩됨으로 방사성물질의 운반에는 매우 엄격한 규정을 적용할 수밖에 없다. 운반수단, 운반용기, 포장 등에 관한 규정을 지켜야 하며 운반물은 여러 까다로운 시험을 거쳐야 한다. 방사선작업 종사자는 안전운반을 위해 최선을 다해야 한다.

#### 마. 방사성물질 등의 운반절차

- 1) 방사성동위원소 등의 운반은 업체나 기관 대표자의 승인을 얻어 방사선안전관리자의 감독 하에 수행한다.
- 2) 방사성물질 운반절차에 따라 수행하며 기록을 유지한다.
- 3) 밀봉선원을 내장한 방사선조사기를 운반차량으로 운반할 때에는 반드시 방사선 조사기를 운반차량 내 운반함에 넣고 시건 장치를 체결하여 운반한다.
- 4) 방사선안전관리자의 감독 하에 신고된 일시적 사용 장소로 이동은 운반절차에 따라 시행한다.
- 5) 운반책임자에 대한 교육을 실시하며 교육일지에 교육내용의 기록을 유지한다.

## 방사성물질 운반절차

- 이 절차는 이동사용허가업체의 국내도로(허가 차량) 운반 시에 적용함.
- 선박 등 타 운반수단 또는 해외로 운반 시에는 별도로 작성해야함.



#### 4. 방사선방호 장비 취급 요령

##### 가. 방사선측정기의 종류 및 사용법

###### 1) 휴대용 계측기

###### 가) 장비의 구성성분

휴대용 계측기는 방사선 계측기 중에서 간단한 구조를 갖고 있으며, 매우 견고하여 사용 시 고장이나 파손에 대비하여 제작되었다. 그러나 정밀한 측정 장비이므로 사용 시에는 항상 주의를 기울여야 한다. 측정기의 종류마다 여러 가지 모양 및 특성을 갖추고 있으나 대략은 다음과 같은 구성성분으로 분류되어 제작되었다.



###### 나) 검출기(detector)

GM tube, ion chamber, scintillation tube, BF<sub>3</sub> tube

###### 다) 판독기 scaler)

digital(수치), analog(눈금)

###### 라) 선택단자(range switch)

- 측정범위설정( $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$  또는 .1, .10, .100으로 나타냄)
- 선택단자(측정, battery 점검 등)

###### 2) 장비선택 기준

###### 가) 측정 방사선의 종류

측정 방사선의 종류에 따라 방사선 측정기를 선택

→ 측정 목적에 따라 알파선, 베타선, 감마선, 중성자용 측정기 선택

###### 나) 선량측정 범위

측정 범위에 따라 측정기의 종류를 구분하여 선택

###### 3) 방사선량률 측정

###### 가) 베타-감마 선량률 측정기

###### 나) 중성자 선량률 측정기

###### 다) 베타선량률 측정기

###### 4) 방사능 오염도 측정

###### 가) 베타-감마 오염도 측정기

###### 나) 표면오염도 측정기

###### 다) 바닥오염 감시기

###### 5) 방사선 계측기 사용 시 주의사항

가) 측정할 방사선의 종류 및 에너지, 측정범위, 측정방법, 계측기의 감도를 고려하여 사용할 계측기 선정

나) 계측기 사용 전 배터리 점검 및 외장검사(외부파손, 물리적 손상 등) 실시

다) 계측기 검·교정 일자 확인

라) 장비의 오염을 방지하기 위하여 오염우려가 있는 지역에서 사용할 때는 검출부 또는 장비 전체를 얇은 비닐 등으로 감싼다.

마) 고온, 고습의 환경에 장비가 노출되지 않도록 하여야 한다.

바) 측정지역에 가서 계측기의 가장 높은 눈금에서 낮은 눈금으로 낮춰가면서 측정

- 사) 측정 장비의 취급 시 무리한 힘을 가하지 말 것  
 아) 장비 사용 후에는 필히 검출기를 포함한 장비전체에 대해 오염검사를 실시한다.

#### 나. 개인선량계의 종류 및 사용법

##### 1) 열형광선량계(TLD)

###### 가) 측정 범위

- 측정 방사선의 종류 : X선,  $\gamma$  선,  $\beta$  선, 중성자, 혼합 방사선
- 측정 범위 :  $\beta$  선(0.5 MeV~4 MeV),  
 $\gamma$ , X선(20 keV ~ 3 MeV) 0.1 mSv ~ 10 Sv

###### 나) 방사선량평가

- (1) 방사선의 형태
- (2) 선량정의
- (3) 기록된 선량에 대한 책임
- (4) 선량결정에 이용되는 교정절차
- (5) 품질관리
- (6) 선량평가 서비스의 한 부분으로 사용되는 특별한 처리절차
- (7) 백그라운드 제어용 선량계의 사용 및 취급 지침
- (8) 처리과정 중에서 나타난 비 정상치의 식별



###### 다) 착용 위치

가슴 위치에 착용함을 원칙으로 한다. 다만, 종사자의 신체 조건이나 작업조건을 고려하여 종사자의 피폭방사선량을 대표할 수 있어야 한다.

###### 라) 사용시 주의사항

- (1) TLD holder를 임의로 열지 말 것
- (2) TLD에 충격을 가하지 말 것
- (3) 선량계를 오염(먼지, 때, 기름, 방사성 물질 등) 시키지 말 것
- (4) 선량계를 사용하지 않을 때는 지정된 보관함에 보관할 것
- (5) TLD 교체시기를 준수 할 것
- (6) 방사선관리구역 내에서만 TLD를 착용할 것(소외 착용금지)
- (7) 분실하지 않도록 개인별로 TLD 관리를 철저히 할 것
- (8) 분실, 파손 또는 오염 시에는 즉시 TLD 담당자에게 알리고 보고서를 작성, 제출 할 것



## 2) 포켓도시메타(P/D)

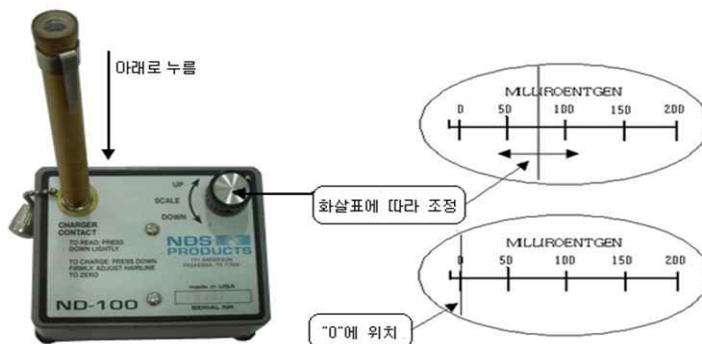
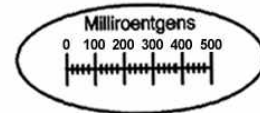
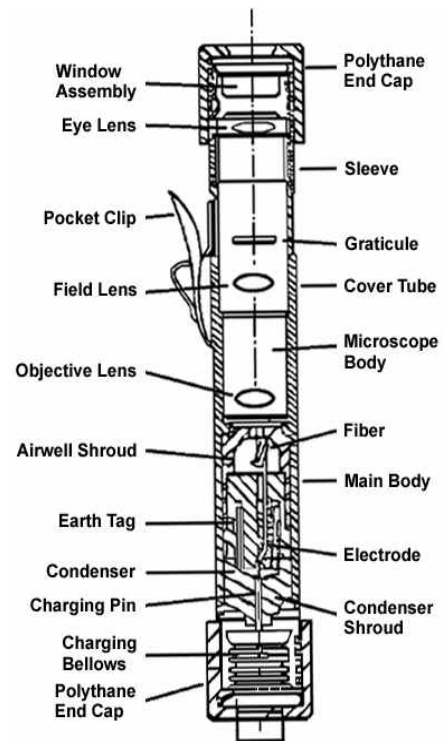
종사자의 상의 주머니 또는 일정부위에 부착하여 작업시마다 선량을 측정할 수 있으며, 선량계는 선질 특성이 좋고 언제나 직접 피폭 선량을 알 수 있다. 긴급 조작 등에 있어 매우 유리하며 감도가 비교적 좋은 것이 특징이다

## 가) 측정범위

- 측정 방사선의 종류 : X선,  $\gamma$  선
- 측정 범위 : 0 ~ 200 mR

## 나) 사용 시 주의 사항

- (1) 진동이나 충격을 가하지 말 것
- (2) 절연물과의 접촉을 피할 것
- (3) 자연누설에 대한 보정을 필요로 함
- (4) 사용치 않을 때 건조기 속에 보관할 것
- (5) 장기간 사용한 것을 다시 사용할 경우 재충전 할 것
- (6) 습도가 높은 곳에서 사용하지 말 것



## 3) 개인경보기

방사선작업 시 고준위 방사선 작업장에서 방사선피폭을 가능한 한 최소로 하기 위해 사용되는 보조선량계로서 방사선준위의 변화를 기기에 설정된 경보기 준치에 따라 기준치 이상으로 방사선 준위가 변화하면 경보음을 발하여 방사선작업을 제한하게 한다. 개인 경보기의 종류는 다음과 같은 것이 있다.

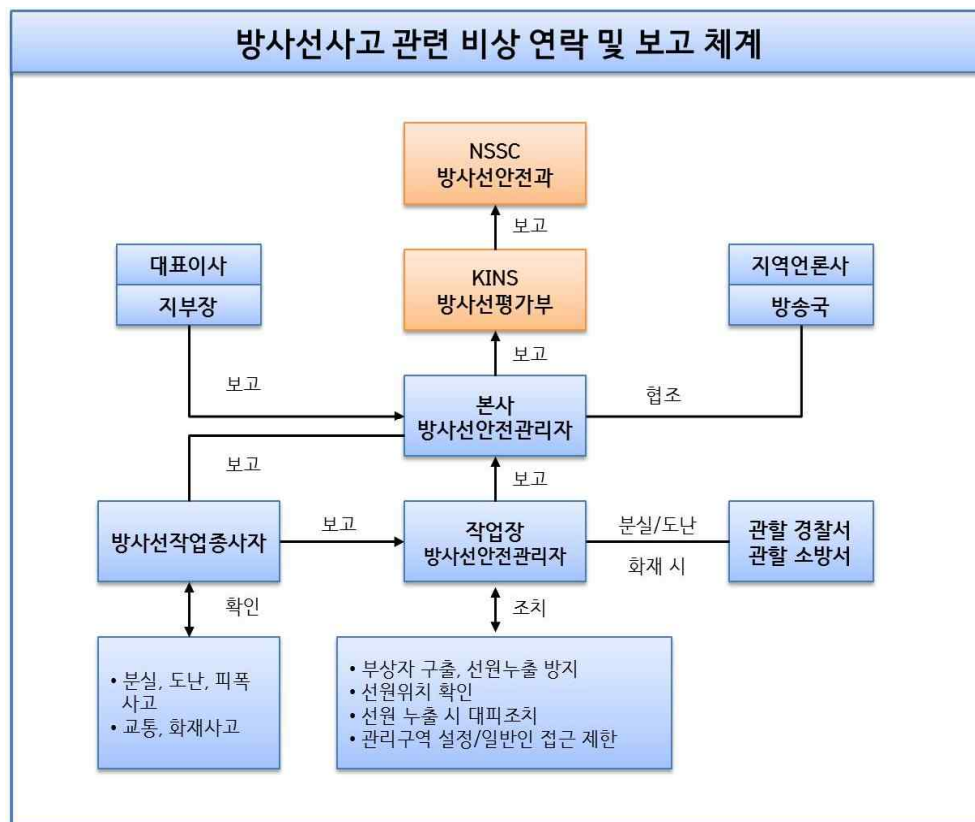


## 가) 일정한 기준치 이상이면 경보음이 발생하는 것(알람모니터)

- 나) 방사선 준위의 고저에 따라 경보음이 고저로 구분하여 발생하는 것  
 다) 피폭선량이 누적되어 나타나는 것 등이 있다.

<비상대응 계획>

단계 및 책임	조치 행동 및 절차	비고
I. 종사자 (작업조장 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 상황 평가(작업조장)</li> <li>◦ 사고보고 → 지부장(방사선안전관리자 포함)</li> <li>◦ 지시에 따라 긴급대응 조치</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 확산방지를 위한 긴급 조치 및 대응</li> <li>◦ 교통 및 접근통제(필요 시)</li> </ul>
II. 지방출장소장 (방사선안전관리자 포함)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 조치사항 확인 및 보고접수 후 추가 조치</li> <li>◦ 작업장출동, 본사보고 및 필요조치(KINS포함)</li> <li>◦ 작업장 도착, 작업장 수습책임자 역할 수행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사고보고서</li> <li>- 관계기관 협조(범위)</li> <li>- KIN조치, 보고 병행</li> </ul>
III. 비상대책반 (대표:방사선안전관리자)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 작업장 파견근무 및 KINS에 보고 및 협조요청</li> <li>◦ 지역대응조직의 협조요청</li> <li>◦ 경찰(교통, 파출소) 및 지자체(주민센터)의 협조</li> <li>◦ KINS 기동대책반 도착 전 작업장 책임자 역할</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 종합상황 파악 및 조치사항 확인</li> <li>◦ 주민 협조</li> <li>◦ KINS대책반 도착 후 종합보고 및 추가조치</li> </ul>
IV. 방사선기동대책반 (KINS, NSSC)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 작업장 확인, 안전조치 확인, 조정</li> <li>◦ 조치사항 확인 및 추가조치(협조)</li> <li>◦ 사고수습 및 관계기관과의 협조/대응</li> <li>◦ NSSC와 연계한 종합상황 처리 및 통제</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ KINS 협조에 따라 필요조치 강구, 언론 등</li> </ul>





## &lt;안전점검 사항&gt;

사고 유형	점검 및 조치	비고
I. 운반 중 사고 - 전복 - 충돌 - 추돌 - 기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>운반함 및 운반용기의 상태와 선량률 확인(육안 및 서베이미터 이용)</li> <li>운반함 및 운반용기 파손 시               <ul style="list-style-type: none"> <li>납판으로 차폐조치 후 방사선관리구역 설정</li> <li>긴급작업종사자의 유효선량한도 적용</li> </ul> </li> <li>감마선 조사기의 파손유무 확인               <ul style="list-style-type: none"> <li>파손 시 : 차폐 후 다른 조사기에 이동 (방사선안전관리자 확인)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>필요시 교체</li> <li>차량 교체</li> <li>방사선관리구역 설정</li> <li>KINS확인 (필요 시)</li> </ul>
II. 화재 사고 - 저장시설 - 운반 중	<ul style="list-style-type: none"> <li>감마선 조사기를 안전한 장소로 이동               <ul style="list-style-type: none"> <li>육안 및 서베이미터로 선량률 확인</li> </ul> </li> <li>감마선 조사기의 과열방지 조치               <ul style="list-style-type: none"> <li>물 뿌리기 혹은 물속에 담금</li> </ul> </li> <li>타 출장소 또는 동종업체 저장시설로 이동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>방사선관리구역 설정</li> <li>보고/협조</li> </ul>
III. 조사기의 도난/분실 - 저장시설 - 운반 중 - 작업 중	<ul style="list-style-type: none"> <li>주변 확인 및 수색, 주변주민에 홍보 및 회수노력               <ul style="list-style-type: none"> <li>본사 지시에 따라 현황파악 및 홍보매체 활용(위험성 경고, 발견 시 신고요령 등)</li> <li>지역반장의 협조를 받아 탐문 및 수색(가능한 곳)</li> </ul> </li> <li>도난/분실 조사기의 회수 후 조치               <ul style="list-style-type: none"> <li>육안 및 서베이미터를 이용, 조사기 상태확인(조사기 및 내장된 선원의 일련번호 등 확인)</li> <li>운반함에 담아 “운반절차서”에 따라 이동</li> </ul> </li> <li>선원이 내장된 조사기 파손 시(선량률 측정결과)               <ul style="list-style-type: none"> <li>차폐 조치 후 방사선관리구역 설정</li> <li>다른 조사기(빈)에 선원 교체 장입</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>주민홍보용 메시지</li> <li>사고보고</li> <li>종결보고 (언론 등)</li> <li>방사선안전관리자</li> </ul>
IV. 운반용기의 도난/분실	<ul style="list-style-type: none"> <li>주변 확인 및 수색, 주민에 홍보(경찰/지자체)               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 위의 조사기 운반용기 등 조치와 같음</li> </ul> </li> <li>조사기 확인, 운반용기 확인, 차량확인 등 회수 후 조치               <ul style="list-style-type: none"> <li>* 위와 같은 조치</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>차량도난 신고</li> <li>위험물적재 등 주민 홍보메시지</li> </ul>

V. 운반차량의 도난/분실 - 운반용기 - 조사기 포함	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 노출된 선원으로부터 사람을 대피시킴</li> <li>◦ 제한구역 설정 후 가까이 접근 금지</li> <li>◦ 노출된 선원을 방치한 채 지역이탈 금지 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 협조를 구할 수 없을 경우 현장에 잔류</li> </ul> </li> <li>◦ 이탈 선원의 회수 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사기에 이상이 있을 경우에는 동위원소 집계를 사용하여 빈 조사기에 장입</li> <li>- 원격조작장치에 이상이 있을 경우에는 절단한 후 집계를 이용하여 빈조사기에 장입</li> </ul> </li> <li>◦ 추락사고로 인한 이탈선원의 회수 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 조사기에 이상이 있으므로 집계 사용 장입</li> <li>- 조사기 점검 후 이상이 있으면 사용금지</li> <li>- 외관상태</li> <li>- selector ring 작동상태</li> <li>- 자물쇠 뭉치 작동상태</li> <li>- safety plug 이상 유무</li> <li>- dummy source를 이용한 기타 작동을 거부하는 요인</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 사고보고</li> <li>◦ 방사선안전관리자 조치</li> </ul>
VI. 과피폭 VII. 분쇄/오염	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 제한구역설정 및 출입통제</li> <li>◦ 관련 장비 등에 대한 조치 및 점검사항 ( I ~IV참조)</li> <li>◦ 종사자 등 인원의 장애방어</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ 사고보고</li> <li>◦ 방사선안전관리자 조치</li> </ul>

