방사선 장해방어

한국원자력안전기술원
구영모 선임연구원

I.이론 문제 풀이

이론 문제 풀이

1. 다음 중 결정적 영향(Deterministic Effect)에 해당하는 것은?
가) 백혈병
나) 유전적 영향
다) 피부 홍반
라) 암

정답 및 풀이:
다) 결정적 영향은 특정 선량(문턱선량) 이상을 피폭했을 때 반드시 발생하는 영향으로, 선량이 증가할수록 영향의 심각도가 증가합니다. 피부 홍반, 백내장, 탈모, 불임 등이 여기에 해당합니다. 반면, 백혈병, 암, 유전적 영향은 문턱선량 없이 선량이 증가할수록 '발생 확률'이 증가하는 확률적 영향(Stochastic Effect)입니다.

이론 문제 풀이

2. 방사선 방호의 3대 원칙(ICRP 60)으로 옳게 짝지어진 것은?
가) 정당화, 최적화, 선량한도
나) 차폐, 거리, 시간
다) 정당화, 최적화, ALARA
라) 허용, 규제, 통제

정답 및 풀이:
가) 국제방사선방호위원회(ICRP)가 권고하는 방사선 방호의 3대 원칙은 다음과 같습니다.

1. **행위의 정당화 (Justification):** 방사선 피폭을 수반하는 행위는 이익이 손해보다 충분히 크고 명백할 때만 수행되어야 합니다.
2. **방호의 최적화 (Optimization):** 모든 피폭은 경제적, 사회적 요소를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게(ALARA) 유지되어야 합니다.
3. **개인 선량한도 (Dose Limitation):** 어떠한 경우에도 개인의 피폭 선량은 정해진 선량한도를 초과해서는 안 됩니다. (나)는 외부 피폭 방호의 3대 원칙이며, (다)는 최적화와 ALARA가 같은 의미이므로 중복됩니다.

이론 문제 풀이

3. 내부 피폭 방호의 3대 원칙으로 거리가 먼 것은?
가) 격납 (Containment)
나) 희석 (Dilution)
다) 차폐 (Shielding)
라) 작업시간 단축 (Time limitation)

정답 및 풀이:
다) 내부 피폭은 방사성물질이 호흡이나 섭취를 통해 체내로 들어와 발생하는 피폭입니다. 따라서 방호 원칙은 방사성물질의 유입을 막는 데 중점을 둡니다.

- **격납/격리:** 방사성물질을 밀폐된 공간(글러브박스, 흄후드 등)에 가두어 외부로 누출되지 않게 합니다.
- **희석:** 배기시설 등을 이용해 공기 중 농도를 낮춥니다.
- **작업시간 단축:** 오염 구역에서의 작업 시간을 줄여 방사성물질 흡입/섭취 가능성을 줄입니다. **차폐**는 방사선 자체를 막는 것으로, 외부 피폭 방호의 핵심 원칙입니다.

이론 문제 풀이

4. 방사선 가중치(w_R)가 가장 큰 방사선은?
가) 광자 (X-선, 감마선)
나) 전자
다) 양성자
라) 알파 입자

정답 및 풀이:
라) 방사선 가중치는 동일한 흡수선량이라도 방사선의 종류에 따라 인체에 미치는 생물학적 효과가 다른 정도를 나타내는 보정 계수입니다. 에너지를 전달하는 능력, 즉 LET(선형에너지전달)가 클수록 방사선 가중치도 커집니다.
알파 입자: 방사선 가중치 **20**
광자, 전자: 방사선 가중치 **1**
양성자: 방사선 가중치 **2**

이론 문제 풀이

5. 다음 중 유효선량(Effective Dose)을 산출하는 데 사용되지 않는 것은?

가) 등가선량
나) 조직가중치
다) 흡수선량
라) 조사선량

정답 및 풀이:

라) 유효선량을 구하는 과정은 다음과 같습니다.

1. 각 장기가 받은 평균 **흡수선량(Gy)**을 구합니다.
2. 흡수선량에 방사선 가중치를 곱하여 **등가선량(Sv)**을 계산합니다.
3. 각 장기의 등가선량에 해당 **조직가중치**를 곱하여 모두 더하면 전신에 대한 위험도를 나타내는 유효선량(Sv)이 됩니다. **조사선량(R)**은 공기 중의 전리 능력으로 정의되는 양으로, 인체 피폭선량인 유효선량 계산에 직접적으로 사용되지 않습니다.

이론 문제 풀이

6. 방사선작업종사자의 유효선량 한도로 옳은 것은?

가) 5년간 100 mSv를 넘지 않는 범위에서, 특정 연도의 유효선량은 50 mSv를 초과하지 않도록 한다.

나) 연간 20 mSv를 절대로 초과할 수 없다.

다) 연간 50 mSv를 절대로 초과할 수 없다.

라) 5년간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서, 특정 연도의 유효선량은 20 mSv를 초과하지 않도록 한다.

정답 및 풀이:

가) 「원자력안전법 시행령」에 명시된 방사선작업종사자의 선량한도입니다. 연평균 20 mSv를 기준으로 관리하지만, 작업의 유연성을 확보하기 위해 '5년간 누적선량이 100 mSv를 초과하지 않는다면, 특정 1년간의 선량은 50 mSv까지 허용'하는 탄력적인 한도를 적용하고 있습니다.

이론 문제 풀이

7. 태아에 대한 등가선량 한도(임신 확인 시점부터 출산까지)로 옳은 것은?

가) 1 mSv
나) 2 mSv
다) 5 mSv
라) 10 mSv

정답 및 풀이:

나) 「원자력안전법 시행령」에서는 임신한 여성 방사선작업종사자의 태아를 보호하기 위해, "임신이 확인된 시점부터 출산 시까지 **임산부의 복부표면에 대한 등가선량**이 **2 mSv**를 초과하지 않도록" 규정하고 있습니다. 이는 태아가 일반인과 동일하게 방사선에 민감하다는 점을 고려한 강화된 보호 조치입니다.

이론 문제 풀이

8. 다음 중 방사선 관리구역으로 설정해야 하는 기준은?

가) 외부방사선량률이 시간당 2.5 μSv를 초과할 우려가 있는 곳

나) 공기 중 방사성물질의 농도가 유도공기중농도(DAC)를 초과할 우려가 있는 곳

다) 표면오염도가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과할 우려가 있는 곳

라) 가, 나, 다 모두 해당

정답 및 풀이:

라) 「원자력안전법 시행규칙」에 따라 다음 중 어느 하나에 해당할 우려가 있는 장소는 방사선 관리구역으로 설정하고 사람의 출입을 관리해야 합니다.

1. **외부방사선량률:** 주당 0.1 mSv (100 μSv)를 초과할 우려가 있는 곳. (이를 주 40시간 근무 기준으로 환산하면 시간당 **2.5 μSv**가 됩니다.)
2. **공기 중 방사성물질 농도:** 유도공기중농도(DAC)를 초과할 우려가 있는 곳.
3. **표면오염도:** 허용표면오염도의 10분의 1을 초과할 우려가 있는 곳.

따라서 보기 가, 나, 다 모두 방사선 관리구역 설정 기준에 해당합니다.

이론 문제 풀이

9. 개인선량계의 착용 목적으로 가장 거리가 먼 것은?
가) 작업자의 피폭선량 기록 및 관리
나) 선량한도 초과 여부 확인
다) 방사선원의 위치 및 핵종 분석
라) 작업 환경의 안전성 간접 평가

정답 및 풀이:
다) 개인선량계(열형광선량계, 광자극형광선량계 등)는 작업자가 방사선 작업 중 얼마만큼의 선량에 피폭되었는지를 측정, 기록, 관리하기 위한 장비입니다. 이를 통해 개인의 피폭 이력을 관리하고 선량한도 준수 여부를 확인하며, 특정 작업의 위험도를 간접적으로 평가할 수 있습니다. 하지만 방사선원의 위치를 찾거나 방출되는 핵종의 종류와 에너지를 분석하는 것은 서베이미터나 핵종분석장비의 역할입니다.

이론 문제 풀이

10. ALARA 원칙을 가장 잘 설명한 것은?

가) 방사선 피폭은 무조건 제로(0)로 유지해야 한다.
나) 경제적 및 사회적 인자를 고려하여 합리적으로 달성 가능한 한 낮게 유지해야 한다.
다) 정해진 선량한도 이하로만 관리하면 된다.
라) 모든 방사선 작업은 정당화될 수 있다.

정답 및 풀이:

나) ALARA는 'As Low As Reasonably Achievable'의 약자로, 방사선 방호의 '최적화' 원칙을 의미합니다. 이는 피폭을 기술적으로 가능한 0에 가깝게 만드는 것이 아니라, 비용, 기술 수준, 사회적 편익 등 다양한 요소를 종합적으로 고려하여 '합리적으로' 달성할 수 있는 가장 낮은 수준으로 피폭을 관리해야 한다는 개념입니다.
선량한도를 넘지 않는 것은 기본이며, 그 한도 내에서도 불필요한 피폭을 줄이려는 노력이 바로 ALARA 원칙입니다.

이론 문제 풀이

11. 확률적 영향(Stochastic Effect)의 특징으로 옳은 것은?
가) 문턱선량(역치선량)이 존재한다.
나) 영향의 심각도가 선량에 비례하여 증가한다.
다) 영향의 발생 확률이 선량에 비례하여 증가한다.
라) 급성 피폭 시에만 나타난다.

정답 및 풀이:
다) 확률적 영향은 방사선 피폭으로 인한 암이나 유전적 영향과 같이, 그 '발생 확률'이 선량에 비례하여 증가하는 영향을 말합니다.
- **특징:**
  - **문턱선량이 없다:** 아무리 적은 선량이라도 영향이 발생할 확률이 0은 아니라고 가정합니다. (가, 라-X)
  - **심각도와 선량은 무관:** 일단 영향이 발생하면(예: 암 발생), 그 심각도는 피폭선량의 크기와는 관계가 없습니다. (나-X) 결정적 영향(피부 홍반 등)과 특징을 비교하여 명확히 구분하는 것이 중요합니다.

이론 문제 풀이

12. 공기 중 라돈(Radon)에 의한 피폭이 인공방사선이 아닌 자연방사선 피폭으로 분류되는 가장 근본적인 이유는?

가) 제어 또는 관리가 불가능하기 때문이다.
나) 인체에 미치는 영향이 미미하기 때문이다.
다) 인공적인 핵반응으로 생성되지 않기 때문이다.
라) 반감기가 매우 짧기 때문이다.

정답 및 풀이:

다) 방사선은 그 기원에 따라 자연방사선과 인공방사선으로 구분됩니다.

- **자연방사선:** 우주나 지각 등 자연계에 존재하는 방사성핵종(우라늄, 토륨 계열 등)에서 방출되는 방사선입니다. 라돈(Rn-222)은 지각의 우라늄(U-238)이 붕괴하는 과정에서 자연적으로 생성되는 핵종입니다.
- **인공방사선:** 원자로에서의 핵분열이나 입자가속기 등 인위적인 핵반응을 통해 생성되는 방사선입니다. 따라서 라돈 피폭이 자연방사선으로 분류되는 가장 근본적인 이유는 **인공적인 과정 없이 자연적으로 생성**되기 때문입니다. (가)의 제어/관리의 어려움은 자연방사선의 특징 중 하나일 뿐, 근본적인 분류 기준은 아닙니다.

이론 문제 풀이

13. 방사성물질 운반 시 운반지수(TI)가 3인 운반물이 있다. 이 운반물 표면으로부터 1m 떨어진 지점의 최대 방사선량률은 얼마인가?

가) 0.03 mSv/h
나) 0.3 mSv/h
다) 3 mR/h
라) 30 μSv/h

정답 및 풀이:

가) 운반지수(Transport Index, TI)의 정의를 정확히 알고 있어야 풀 수 있는 문제입니다. 운반지수란 '운반물 표면으로부터 **1m 떨어진 거리**에서의 방사선량률을 **mrem/h 단위**로 나타낸 값'입니다.

- TI = 3 이라는 것은, 1m 거리에서 선량률이 **3 mrem/h** 라는 의미입니다.
- 이를 SI 단위인 mSv/h로 환산해야 합니다. 100 mrem = 1 mSv 이므로, 1 mrem = 0.01 mSv 입니다.
- 따라서 3 mrem/h = 3 × 0.01 mSv/h = **0.03 mSv/h** 가 됩니다. (문제에서 1m 지점의 선량률을 물었으므로, 운반지수의 정의에 따라 바로 값을 찾을 수 있습니다.)

이론 문제 풀이

14. 방사선 비상계획구역 중 예방적보호조치구역(PAZ)의 설정 범위는?
가) 원자력발전소 부지 경계로부터 반경 3~5 km
나) 원자력발전소 부지 경계로부터 반경 5~10 km
다) 원자력발전소 부지 경계로부터 반경 20~30 km
라) 원자력발전소 부지 경계로부터 반경 50 km

정답 및 풀이:
가) 「원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법」에 따라, 방사선 비상은 2개의 구역으로 나뉘어 관리됩니다.

- **예방적보호조치구역(PAZ, Precautionary Action Zone):** 방사능 누출이 임박하거나 발생 초기에, 환경 감시 결과 없이도 주민을 즉시 대피시키는 등 예방적 조치를 위해 설정하는 구역입니다. 범위는 발전소 부지 경계로부터 **반경 3~5km**입니다.
- **긴급보호조치계획구역(UPZ, Urgent Protective Action Planning Zone):** 사고의 영향을 평가하여 구호, 대피 등 실질적인 보호조치가 필요한 구역으로, 발전소 부지 경계로부터 **반경 20~30km**입니다.

이론 문제 풀이

15. 오염된 작업복을 폐기할 때 가장 우선적으로 고려해야 할 사항은?
가) 작업복의 재질
나) 오염된 핵종의 종류와 방사능 농도
다) 작업복의 구입 가격
라) 소각의 용이성

정답 및 풀이:
나) 오염된 작업복은 방사성폐기물에 해당합니다. 방사성폐기물을 분류, 처리, 처분할 때 가장 핵심적인 기준은 **방사선학적 특성**, 즉 안전에 미치는 영향입니다.

- **오염된 핵종의 종류:** 반감기, 방출 방사선의 종류(알파, 베타, 감마) 및 에너지 등을 결정합니다.
- **방사능 농도:** 폐기물의 위험도, 즉 방사능 준위(고준위, 중저준위)를 결정합니다. 이러한 방사선학적 특성에 따라 폐기물의 처리 및 처분 방법이 결정되므로 가장 우선적으로 고려해야 합니다. 재질, 가격 등은 부차적인 문제입니다.

이론 문제 풀이

16. 열형광선량계(TLD)의 소자(element)로 주로 사용되는 물질은?
가) LiF (불화리튬)
나) NaI(Tl) (탈륨 활성 요오드화나트륨)
다) Ge (게르마늄)
라) 플라스틱 섬광체

정답 및 풀이:
가) 열형광선량계(TLD)는 방사선을 맞은 특정 결정(소자)을 가열하면 빛(형광)을 방출하는 원리를 이용하는 개인선량계입니다. 이때 사용되는 소자로는 **LiF(불화리튬)**, $CaSO_4$(황산칼슘), $Li_2B_4O_7$(사붕산리튬) 등이 있습니다. 특히 LiF는 유효원자번호가 인체 연조직과 비슷하여 조직등가물질로 널리 사용됩니다.

- NaI(Tl)과 **플라스틱 섬광체**는 섬광 검출기에 사용됩니다.
- Ge(게르마늄)은 에너지 분해능이 매우 뛰어난 반도체 검출기에 사용됩니다.

이론 문제 풀이

17. 다음 중 방사선 감수성이 가장 높은 세포는?
가) 신경 세포
나) 근육 세포
다) 골수 세포 (조혈모세포)
라) 연골 세포

정답 및 풀이:
다) 세포의 방사선 감수성(radiosensitivity)은 **베르고니-트리본도의 법칙**으로 설명할 수 있습니다. 이 법칙에 따르면, 세포는 ①세포 분열이 활발할수록, ②분화 정도가 낮을수록(미성숙할수록), ③대사 활동이 왕성할수록 방사선에 민감합니다.

- 보기 중 **골수 세포(조혈모세포)**는 끊임없이 분열하며 혈액세포를 만들어내는 미분화 세포이므로 감수성이 매우 높습니다.
- 반면, 신경, 근육, 연골 세포는 고도로 분화되었고 거의 분열하지 않으므로 방사선 저항성이 매우 큽니다.

이론 문제 풀이

18. 연간섭취한도(ALI)의 정의로 가장 옳은 것은?
가) 1년간 섭취 시 예탁유효선량이 1 mSv가 되는 방사능
나) 1년간 섭취 시 예탁유효선량이 20 mSv가 되는 방사능
다) 1년간 섭취 시 예탁등가선량이 50 mSv가 되는 방사능
라) 1년간 섭취 시 급성 장해를 유발할 수 있는 방사능

정답 및 풀이:
나) 연간섭취한도(Annual Limit on Intake, ALI)는 내부 피폭 관리를 위한 핵심 개념입니다. ALI란, '표준적인 성인 작업자가 1년 동안 섭취했을 때, 그로 인한 **예탁유효선량**이 **방사선작업종사자의 연간 선량한도인 20 mSv**에 도달하게 되는 방사능의 양(Bq)'을 말합니다. (가)의 1 mSv는 일반인 선량한도, (다)의 50 mSv는 눈의 수정체 등가선량 한도이며, (라)는 확률적 영향을 기준으로 하는 ALI의 개념과 맞지 않습니다.

이론 문제 풀이

19. 방사선 사고 시 주민보호조치에 해당하지 않는 것은?
가) 옥내대피
나) 소개 (대피)
다) 갑상선 방호 약품 복용
라) 개인선량계 즉시 지급

정답 및 풀이:
라) 방사선 사고 시 주민의 피폭을 최소화하기 위해 비상대응기관이 발령하는 조치를 주민보호조치라고 합니다.

- **옥내대피(Sheltering):** 방사성 물질이 지나갈 때까지 실내에 머물러 외부 피폭과 흡입을 줄이는 조치입니다.
- **소개(Evacuation):** 오염 우려 지역에서 벗어나 안전한 곳으로 주민을 이동시키는 조치입니다.
- **갑상선 방호 약품(KI) 복용:** 방사성 옥소(요오드)가 갑상선에 축적되는 것을 막기 위해 안정 옥소를 미리 복용하는 조치입니다.
- **개인선량계 지급**은 주로 사고 현장에 투입되는 비상 대응 요원이나 방사선작업종사자에게 적용되는 조치이며, 불특정 다수의 모든 주민에게 즉시 시행되는 보호조치는 아닙니다.

이론 문제 풀이

20. 방사성폐기물을 처분하는 방식으로 거리가 먼 것은?
가) 천층 처분
나) 동굴 처분
다) 심층 처분
라) 해양 투기

정답 및 풀이:
라) 방사성폐기물은 방사능 준위와 특성에 따라 안전하게 격리하여 처분해야 합니다.

- **천층 처분:** 극저준위 및 저준위 폐기물을 지표면 근처에 매립하는 방식입니다. (예: 경주 방폐장)
- **동굴 처분:** 중준위 폐기물을 지하 수십~수백 미터 깊이의 암반 동굴에 처분하는 방식입니다.
- **심층 처분:** 사용후핵연료와 같은 고준위 폐기물을 지하 500m 이상의 깊은 암반층에 영구적으로 격리하는 방식입니다.
- **해양 투기**는 과거 일부 국가에서 시행되었으나, 1993년 런던 협약에 의해 국제적으로 전면 금지되었습니다.

이론 문제 풀이

21. 방사선 투과검사 작업 시 안전관리의 핵심 요소가 아닌 것은?
가) 작업반경 내 일반인 출입 통제
나) 작업 중 개인선량계 및 방사선경보기 착용
다) 방사선원의 주기적인 누설 점검
라) 검사 대상물의 재질 및 밀도 분석

정답 및 풀이:
라) 방사선 투과검사의 안전관리는 **방사선 피폭 방지**가 최우선 목표입니다.

- (가), (나)는 작업자와 일반인의 피폭을 줄이기 위한 직접적인 안전 조치입니다.
- (다)는 밀봉 선원이 손상되어 방사성물질이 누출(오염)되는 것을 방지하기 위한 필수적인 안전 점검입니다.
- 반면, (라)의 **검사 대상물 재질 및 밀도 분석**은 원하는 검사 영상(필름)의 품질을 얻기 위한 기술적인 요소이지, 방사선 피폭을 방지하는 안전관리의 핵심 요소는 아닙니다.

이론 문제 풀이

22. 방사선작업종사자에 대한 건강진단은 언제 실시해야 하는가?
가) 작업 시작 전 1회만 실시
나) 작업에 종사하기 전 및 종사 중인 기간 동안 매년
다) 2년에 1회 정기적으로 실시
라) 작업자가 원할 때만 실시

정답 및 풀이:
나) 「원자력안전법」에 따라, 사업자는 방사선작업종사자에 대해 건강상의 위험을 예방하고 관리할 의무가 있습니다.
신규 건강진단: 방사선작업에 처음 종사하기 전에 실시하여, 작업에 적합한 건강 상태인지 확인합니다.
정기 건강진단: 작업에 종사하는 동안에는 **매년 1회** 정기적으로 건강진단을 실시하여 방사선으로 인한 건강 이상 유무를 지속적으로 확인해야 합니다. 따라서 정답은 (나)입니다.

이론 문제 풀이

23. 방사성 오염 제거(제염) 시 고려할 사항으로 틀린 것은?
가) 물리적 제염을 화학적 제염보다 우선한다.
나) 제염으로 인해 방사성폐기물이 더 많이 발생하지 않도록 한다.
다) 작업자의 피폭을 최소화하는 방법을 선택한다.
라) 가장 강력한 화학약품을 사용하여 한 번에 제거한다.

정답 및 풀이:
라) 효과적인 제염은 안전하고 효율적으로 오염을 제거하는 것입니다.

- **점진적 접근:** 제염은 항상 가장 순한 방법(예: 마른 천으로 닦기)부터 시작하여, 효과가 없으면 점차 강한 방법(젖은 천 → 세제 → 화학 약품)으로 진행하는 것이 원칙입니다. (가)는 맞는 설명입니다.
- 처음부터 강력한 화학약품을 사용하면, 오염되지 않은 표면까지 손상시켜 오염이 더 깊이 침투하게 하거나, 불필요하게 많은 양의 2차 방사성폐기물을 발생시킬 수 있습니다. 따라서 (라)는 틀린 접근 방식입니다. (나), (다) 역시 제염 시 반드시 고려해야 할 중요한 원칙입니다.

이론 문제 풀이

24. 전리함 서베이미터의 특징으로 옳은 것은?
가) 에너지 의존성이 크고 감도가 매우 높다.
나) 방사선 입사 시 포화전류를 측정하여 선량을 평가한다.
다) 알파, 베타, 감마선 등 모든 핵종 분석에 용이하다.
라) 저준위 방사선 측정에 가장 적합하다.

정답 및 풀이:
나) 전리함(Ion Chamber) 서베이미터는 방사선 방호 현장에서 선량률을 측정하는 표준 장비 중 하나입니다.

- **작동 원리:** 검출기 내의 기체(주로 공기)가 방사선에 의해 전리될 때 생성된 이온쌍을 전압을 걸어 모두 수집합니다. 이때 흐르는 미세한 전류(포화 전류)의 크기가 방사선량률에 비례하는 것을 이용합니다. 따라서 (나)는 옳은 설명입니다.
- **특징:**
  - **장점:** 에너지 의존성이 적어 넓은 에너지 범위에서 정확한 선량률 측정이 가능합니다.
  - **단점:** GM 계수기 등에 비해 감도가 낮아 매우 낮은 준위의 방사선이나 오염을 측정하는 데는 적합하지 않습니다. (가), (라)는 틀린 설명입니다.
  - **기능:** 선량률 측정용이며, 핵종을 분석하는 기능은 없습니다. (다)는 틀린 설명입니다.

이론 문제 풀이

25. 방사선 차폐체의 성능을 결정하는 가장 중요한 요소는?
가) 차폐체의 색깔과 형태
나) 차폐체의 원자번호, 밀도, 두께
다) 차폐체의 가격과 무게
라) 차폐체의 전기전도도

정답 및 풀이:
나) 방사선이 물질을 통과하며 상호작용하여 에너지를 잃고 소멸하는 현상이 '차폐'의 기본 원리입니다. 차폐체의 성능, 즉 방사선을 얼마나 잘 막는지는 다음의 물리적 특성에 의해 결정됩니다.

- **원자번호(Z):** 광전효과, 쌍생성 등 감마선과의 상호작용 확률에 큰 영향을 미칩니다. 원자번호가 클수록 효과적입니다.
- **밀도(ρ):** 단위 부피당 원자 수가 많을수록 상호작용 확률이 높아져 차폐에 유리합니다.
- **두께(t):** 차폐체의 두께가 두꺼울수록 방사선이 통과하는 경로가 길어져 감쇠 효과가 기하급수적으로 커집니다. 따라서 이 세 가지가 차폐 성능을 결정하는 가장 중요한 물리적 요소입니다.

II.계산 문제 풀이

이론 문제 풀이

26. 물리적 반감기가 30년, 생물학적 반감기가 10년인 Cs-137이 인체에 흡수되었을 때 유효 반감기는?

가) 40년
나) 20년
다) 7.5년
라) 4년

정답 및 풀이:

다) 유효 반감기(T_{eff})는 체내에 들어온 방사성물질이 물리적 붕괴와 생물학적 배출 두 가지 경로로 모두 감소하는 것을 종합적으로 고려한 반감기입니다. 공식은 다음과 같습니다.

- **$1 / T_{eff} = 1 / T_p + 1 / T_b$** ($T_p$: 물리적 반감기, T_b: 생물학적 반감기)
- $1 / T_{eff} = 1/30 + 1/10$
- $1 / T_{eff} = 1/30 + 3/30 = 4/30$
- 따라서, $T_{eff} = 30 / 4 =$ **7.5년** (유효 반감기는 항상 두 반감기 중 짧은 쪽보다 더 짧아진다는 것을 기억하면 좋습니다.)

이론 문제 풀이

27. 100 mCi의 Co-60 점선원으로부터 2m 떨어진 지점의 방사선량률은 몇 mSv/h인가? (단, Co-60의 감마상수는 1.32 R·m²/Ci·h 이고, 1R=10mSv로 근사한다.)

가) 0.33
나) 3.3
다) 33
라) 330

정답 및 풀이:

가) 점선원으로부터 특정 거리에서의 선량률은 감마상수와 거리제곱 역법칙을 이용하여 계산합니다.

- **공식:** 선량률($\dot{X}$) = (감마상수(Γ) × 방사능(A)) / 거리(r)²
- **단위 환산:** 먼저 방사능 단위를 Ci로 통일합니다. 100 mCi = 0.1 Ci
- **계산:**
  - $\dot{X}$ = (1.32 R·m²/Ci·h × 0.1 Ci) / (2 m)²
  - $\dot{X}$ = 0.132 / 4 = 0.033 R/h
- **단위 변환:** 문제에서 주어진 환산인자(1 R = 10 mSv)를 사용하여 단위를 mSv/h로 변환합니다.
  - 0.033 R/h × 10 mSv/R = **0.33 mSv/h**

이론 문제 풀이

28. 반가층(HVL)이 1.2 cm인 납으로 어떤 방사선을 차폐하여 세기를 초기 강도의 12.5%로 줄이려고 한다. 필요한 납의 최소 두께는?

가) 1.2 cm
나) 2.4 cm
다) 3.6 cm
라) 4.8 cm

정답 및 풀이:

다) 반가층(Half-Value Layer, HVL)은 방사선의 세기를 절반(50%)으로 줄이는 데 필요한 차폐체의 두께입니다.

- **감쇠율 분석:** 초기 강도의 12.5%는 분수로 1/8에 해당합니다.
- 1/8은 1/2을 세 번 곱한 값, 즉 $(1/2)^3$ 입니다.
- 이는 방사선의 세기를 절반으로 줄이는 과정이 3번 필요하다는 의미이므로, **3 HVL**의 두께가 필요합니다.
- **두께 계산:**
  - 필요한 두께 = HVL × 3
  - 1.2 cm × 3 = **3.6 cm**

이론 문제 풀이

29. 방사능이 4 GBq인 Ir-192 선원의 30일 후 방사능은 약 몇 GBq인가? (단, Ir-192의 반감기는 74일이다.)

가) 1.0
나) 2.0
다) 3.0
라) 3.5

정답 및 풀이:
다) 특정 시간이 지난 후 남은 방사능(A)은 방사성붕괴 공식을 이용하여 계산합니다.

- **공식:** $A = A_0 \times (1/2)^{(t/T)}$ (A_0: 초기 방사능, t: 경과 시간, T: 반감기)
- **값 대입:**
  - A = 4 GBq × (1/2)^(30일 / 74일)
  - A ≈ 4 GBq × (1/2)^0.4054
- **계산:**
  - (1/2)^0.4054 ≈ 0.755
  - A ≈ 4 GBq × 0.755 ≈ **3.02 GBq** 따라서 보기 중 가장 가까운 값은 3.0 GBq 입니다.

이론 문제 풀이

30. 방사선작업종사자가 10 μGy/h의 감마선(w_R=1)과 2 μGy/h의 열중성자선(w_R=5)이 혼재된 구역에서 8시간 동안 작업했다. 이 작업자의 총 등가선량은 몇 μSv인가?

가) 12
나) 96
다) 160
라) 80

정답 및 풀이:
다) 여러 종류의 방사선이 함께 존재하는 혼합방사선장에서는 각 방사선에 의한 등가선량을 각각 계산한 후 모두 더해야 합니다.

- **1단계: 시간당 등가선량률(μSv/h) 계산**
  - 감마선에 의한 등가선량률 = 10 μGy/h × (w_R = 1) = 10 μSv/h
  - 열중성자선에 의한 등가선량률 = 2 μGy/h × (w_R = 5) = 10 μSv/h
  - 총 등가선량률 = 10 μSv/h + 10 μSv/h = 20 μSv/h
- **2단계: 총 등가선량 계산**
  - 총 등가선량 = 총 등가선량률 × 작업 시간
  - 총 등가선량 = 20 μSv/h × 8 h = **160 μSv**

이론 문제 풀이

31. 연간섭취한도(ALI)가 $4x10^7$ Bq인 핵종을 작업자가 $1x10^7$ Bq 섭취하였다. 이로 인한 예탁유효선량은 몇 mSv인가?

가) 1
나) 2.5
다) 5
라) 10

정답 및 풀이:

다) 연간섭취한도(ALI)는 1년간 섭취 시 예탁유효선량이 20 mSv가 되는 방사능을 의미합니다. 따라서 실제 피폭선량은 ALI에 대한 실제 섭취량의 비율로 간단히 계산할 수 있습니다.

- **공식:** 예탁유효선량 = (실제 섭취량 / ALI) × 20 mSv
- **계산:**
  - $(1 \times 10^7$ Bq / 4×10^7 Bq) × 20 mSv
  - = (1/4) × 20 mSv = **5 mSv**

이론 문제 풀이

32. 어떤 작업장의 공기 중 방사성물질 농도가 DAC의 4배이다. 이곳에서 방호장비 없이 작업할 경우, 연간 선량한도(20 mSv)에 도달하는 데 걸리는 시간은? (단, 연간 총 작업시간은 2000시간 기준)

가) 250 시간
나) 500 시간
다) 1000 시간
라) 2000 시간

정답 및 풀이:

나) 유도공기중농도(DAC)는 '1 DAC 농도에서 연간 2000시간 작업 시 20 mSv의 유효선량을 받는 공기 중 농도'를 의미합니다.

- 선량률은 농도에 비례하므로, 농도가 DAC의 4배이면 시간당 피폭되는 선량률도 4배가 됩니다.
- 따라서 선량한도(20 mSv)에 도달하는 데 걸리는 시간은 기준 시간(2000시간)의 1/4로 줄어듭니다.
- **계산:** 2000시간 / 4 = **500 시간**

이론 문제 풀이

33. 1m 거리에서 조사선량률이 128 mR/h인 점선원이 있다. 거리를 8m로 멀리하면 조사선량률은 몇 mR/h가 되는가?

가) 16
나) 8
다) 4
라) 2

정답 및 풀이:

라) 점선원으로부터 방사선량률은 거리의 제곱에 반비례합니다(거리제곱 역법칙).

- **공식:** $I_2 = I_1 \times (r_1 / r_2)^2$ (I: 선량률, r: 거리)
- **계산:**
  - $I_2 = 128\ mR/h \times (1\ m / 8\ m)^2$
  - $I_2 = 128\ mR/h \times (1/64)$
  - $I_2 = \mathbf{2\ mR/h}$

이론 문제 풀이

34. 초기 선량률이 일당 4 mSv이고 유효반감기가 10일인 방사성 의약품을 환자에게 투여했다. 이로 인한 총 예탁유효선량은 약 몇 mSv인가?

가) 13.9
나) 57.7
다) 96.0
라) 138.6

정답 및 풀이:
나) 체내에 유입된 방사성물질로 인한 총 예탁선량은 초기 선량률이 시간에 따라 지수적으로 감소하는 것을 적분하여 구합니다. 그 결과는 다음과 같은 공식으로 간단하게 계산할 수 있습니다.

- **공식:** H_total = (초기 선량률($\dot{H}_0$) × 1.443 × 유효반감기(T_eff)) *또는* H_total = ($\dot{H}_0$ × T_eff) / ln(2)
- **주의:** 선량률과 반감기의 시간 단위를 일치시켜야 합니다. ($\dot{H}_0$: mSv/day, T_eff: day)
- **계산:**
  - H_total = (4 mSv/day × 10 day) / 0.693
  - H_total = 40 / 0.693 ≈ **57.7 mSv**

이론 문제 풀이

35. 표면 오염도 측정 결과 100 cm²의 면적에서 6,000 CPM이 계측되었다. 계측기의 효율이 25%, 백그라운드가 1,000 CPM일 때, 표면 오염도는 몇 Bq/cm²인가?

가) 0.67
나) 1.33
다) 3.33
라) 4.00

정답 및 풀이:
다) 표면 오염도 계산은 여러 단계를 거칩니다.

- **1단계: 순계수율(Net CPM) 계산**
  - 순계수율 = 총계수율 - 백그라운드 = 6,000 CPM - 1,000 CPM = 5,000 CPM
- **2단계: 방사능(DPM, Bq) 계산**
  - DPM(분당 붕괴수) = CPM / 효율 = 5,000 CPM / 0.25 = 20,000 DPM
  - Bq(초당 붕괴수) = DPM / 60 = 20,000 DPM / 60 s/min = 333.3 Bq *(이 값은 100 cm² 전체 면적의 방사능입니다.)*
- **3단계: 단위면적당 오염도(Bq/cm²) 계산**
  - 오염도 = 총 방사능 / 면적 = 333.3 Bq / 100 cm² = **3.33 Bq/cm²**

이론 문제 풀이

36. 선형감쇠계수가 0.2 cm^{-1}인 물질로 방사선을 차폐하여 투과율을 1% 이하로 만들고 싶다. 필요한 최소 두께는 약 몇 cm인가?

가) 11.5
나) 17.3
다) 23.0
라) 34.5

정답 및 풀이:
다) 방사선 투과율과 차폐체 두께의 관계는 감쇠 공식을 이용합니다.
- **공식:** $I / I_0 = e^{(-\mu x)}$ (I/I_0: 투과율, μ: 선형감쇠계수, x: 두께)
- **값 대입:** 투과율 1%는 0.01입니다.
  - $0.01 = e^{(-0.2 \times x)}$
- **x에 대해 풀기:** 양변에 자연로그(ln)를 취합니다.
  - $\ln(0.01) = -0.2 \times x$
  - $-4.605 \approx -0.2 \times x$
  - $x \approx -4.605 / -0.2 \approx$ **23.0 cm**

이론 문제 풀이

37. 방사선량률이 2.5 mSv/h인 구역에서 총 15 mSv의 작업이 필요하다. 작업자 1인당 피폭선량을 2.0 mSv로 제한할 때, 최소 몇 명의 작업자가 교대로 투입되어야 하는가?

가) 6명
나) 7명
다) 8명
라) 9명

정답 및 풀이:
다) 이 문제는 작업 계획 수립에 필요한 계산입니다.
- **1단계: 총 작업 시간 계산**
  - 총 작업 시간 = 총 필요 선량 / 선량률 = 15 mSv / 2.5 mSv/h = 6 시간
- **2단계: 1인당 최대 허용 작업 시간 계산**
  - 1인당 최대 시간 = 개인별 제한 선량 / 선량률 = 2.0 mSv / 2.5 mSv/h = 0.8 시간/인
- **3단계: 최소 필요 인원 계산**
  - 최소 인원 = 총 작업 시간 / 1인당 최대 시간 = 6 시간 / 0.8 시간/인 = 7.5 인
- **결론:** 작업자는 0.5 **올림**하여 **최소 8명**이 필요합니다.

이론 문제 풀이

38. 10 MeV 광자선에 대한 납의 반가층(HVL)이 1.5 cm이다. 이 납의 십가층(TVL)은 약 몇 cm인가?

가) 3.0
나) 4.5
다) 5.0
라) 15.0

정답 및 풀이:
다) 반가층(HVL)과 십가층(TVL) 사이에는 일정한 관계가 있습니다.
- **정의:**
  - HVL: 방사선 세기를 1/2로 줄이는 두께
  - TVL: 방사선 세기를 1/10로 줄이는 두께
- **관계식:** TVL = HVL × (ln10 / ln2)
- **계산:** ln10 ≈ 2.303, ln2 ≈ 0.693 이므로, (ln10 / ln2) ≈ 3.32 입니다.
  - TVL ≈ 1.5 cm × 3.32 ≈ 4.98 cm
- 따라서 보기 중 가장 가까운 값은 **5.0 cm** 입니다. (암기 Tip: TVL은 HVL의 약 3.32배)

이론 문제 풀이

39. Am-241 1 μg의 방사능은 약 몇 kBq인가? (단, Am-241의 원자량은 241 g/mol, 반감기는 432년, 아보가드로수는 6.02×10^{23} 개/mol이다.)

가) 12.6
나) 126
다) 1,260
라) 12,600

정답 및 풀이:
나) 질량을 방사능으로 변환하는 계산입니다.
- **공식:** $A = \lambda N$ (A: 방사능, λ: 붕괴상수, N: 원자수)
- **1단계: 원자수(N) 계산**
  - N = (질량 / 원자량) × 아보가드로수
  - $N = (1 \times 10^{-6}\ g / 241\ g/mol) \times (6.02 \times 10^{23}\ 개/mol) \approx 2.5 \times 10^{15}$ 개
- **2단계: 붕괴상수(λ) 계산 (단위: s^{-1})**
  - $\lambda = \ln(2) / T_{half} = 0.693 / (432년 \times 3.15 \times 10^{7}\ s/년) \approx 5.09 \times 10^{-11}\ s^{-1}$
- **3단계: 방사능(A) 계산 (단위: Bq)**
  - $A = \lambda \times N = (5.09 \times 10^{-11}\ s^{-1}) \times (2.5 \times 10^{15}) \approx 1.27 \times 10^{5}$ Bq
- **4단계: 단위 변환 (kBq)**
  - 1.27×10^{5} Bq = **127 kBq**

이론 문제 풀이

40. 300g의 인체 조직에 1.5 MeV 베타선이 10^{13}개 흡수되었다. 이 조직의 흡수선량은 몇 Gy인가?

가) 8.0
나) 12.5
다) 16.0
라) 24.0

정답 및 풀이:
가) 흡수선량은 단위 질량당 흡수된 에너지로 정의됩니다.
•**공식:** 흡수선량(D) = 총 흡수 에너지(E_total) / 질량(m)
•**1단계: 총 흡수 에너지(E_total) 계산 (단위: J)**
- 먼저 1.5 MeV를 줄(Joule)로 변환합니다. (1 MeV = 1.6×10^{-13} J)
- E_total = $(1.5 \times 1.6 \times 10^{-13}$ J/개$) \times 10^{13}$ 개 = 2.4 J

•**2단계: 질량(m) 단위 변환 (단위: kg)**
- m = 300 g = 0.3 kg

•**3단계: 흡수선량(D) 계산 (단위: Gy)**
- D = E_total / m = 2.4 J / 0.3 kg = 8 J/kg = **8.0 Gy**

이론 문제 풀이

41. 50 keV X선에 대한 공기의 질량에너지흡수계수는 0.035 cm^2/g, 연조직은 0.038 cm^2/g이다. 10 R/h의 X선장에서 연조직이 받는 흡수선량률은 약 몇 cGy/h(rad/h)인가? (단, 1R = 0.877 cGy(rad) in air)

가) 0.95
나) 8.3
다) 9.5
라) 10.8

정답 및 풀이:
다) 조사선량(R)으로부터 특정 매질(연조직)의 흡수선량(cGy)을 구하는 문제입니다.

•1단계: 공기의 흡수선량률 계산
- 주어진 환산인자(1R = 0.877 cGy in air)를 사용하여 조사선량률을 공기의 흡수선량률로 변환합니다.
- D_air_rate = 10 R/h × 0.877 cGy/R = 8.77 cGy/h

•2단계: 연조직의 흡수선량률 계산
- 공기의 흡수선량률에 두 매질의 질량에너지흡수계수 비를 곱하여 연조직의 흡수선량률을 구합니다.
- D_tissue_rate = D_air_rate × ($(\mu_{en}/\rho)_{tissue}$ / $(\mu_{en}/\rho)_{air}$)
- D_tissue_rate = 8.77 cGy/h × (0.038 / 0.035) ≈ 8.77 × 1.0857 ≈ **9.52 cGy/h**

이론 문제 풀이

42. 공기 중 H-3의 농도가 20,000 Bq/m³인 작업장에서 작업자가 방호장비 없이 100시간 동안 근무했다. 이 작업자의 예탁유효선량은 몇 mSv인가? (단, H-3의 선량환산계수는 1.8×10^{-11} Sv/Bq, 작업자 호흡률은 1.2 m³/h 이다.)

가) 0.0432
나) 0.432
다) 4.32
라) 43.2

정답 및 풀이:
가) 흡입으로 인한 내부피폭선량은 총 섭취한 방사능에 선량환산계수를 곱하여 계산합니다.

- **1단계: 총 섭취 방사능(Bq) 계산**
  - 총 섭취량 = 공기 중 농도 × 호흡률 × 작업 시간
  - 총 섭취량 = 20,000 Bq/m³ × 1.2 m³/h × 100 h = 2,400,000 Bq (2.4×10^6 Bq)
- **2단계: 예탁유효선량(Sv) 계산**
  - 유효선량 = 총 섭취량 × 선량환산계수
  - 유효선량 = (2.4×10^6 Bq) × (1.8×10^{-11} Sv/Bq) = 4.32×10^{-5} Sv
- **3단계: 단위 변환(mSv)**
  - 4.32×10^{-5} Sv = **0.0432 mSv**

이론 문제 풀이

43. 10 Ci의 Cs-137 선원으로부터 50 cm 떨어진 지점에서의 감마선 플루언스율은 약 몇 photons/cm²·s 인가? (단, Cs-137은 붕괴당 0.85개의 감마선을 방출한다.)

가) 1.0×10^7
나) 2.0×10^7
다) 1.0×10^8
라) 2.0×10^9

정답 및 풀이:
가) 플루언스율(Φ)은 단위 시간당 단위 면적을 통과하는 입자의 수를 의미합니다.

- **공식:** $\Phi = (A \times Y) / (4\pi r^2)$ (A: 방사능, Y: 방출률, r: 거리)
- **1단계: 방사능(A)을 Bq 단위로 변환**
  - $A = 10\ Ci \times (3.7 \times 10^{10}\ Bq/Ci) = 3.7 \times 10^{11}\ Bq\ (photons/s)$
- **2단계: 총 감마선 방출률(photons/s) 계산**
  - 총 방출률 = $A \times Y = (3.7 \times 10^{11}\ decays/s) \times 0.85\ photons/decay = 3.145 \times 10^{11}\ photons/s$
- **3단계: 플루언스율 계산**
  - $\Phi = (3.145 \times 10^{11}\ photons/s) / (4 \times \pi \times (50\ cm)^2)$
  - $\Phi \approx (3.145 \times 10^{11}) / (31{,}416\ cm^2) \approx$ **1.0×10^7 photons/cm²·s**

이론 문제 풀이

45. 어떤 방사성 핵종의 유효반감기는 20일이고, 물리적 반감기는 30일이다. 이 핵종의 생물학적 반감기는 며칠인가?

가) 10
나) 12
다) 50
라) 60

정답 및 풀이:

라) 유효반감기(T_{eff}), 물리적 반감기(T_p), 생물학적 반감기(T_b)의 관계식을 이용합니다.

- **공식:** $1/T_{eff} = 1/T_p + 1/T_b$
- **생물학적 반감기에 대해 정리:** $1/T_b = 1/ T_{eff} - 1/ T_p$
- **값 대입:**
  - $1/T_b = 1/20 - 1/30$
  - $1/T_b = 3/60 - 2/60 = 1/60$
- **결론:** T_b = **60일**

이론 문제 풀이

46. 2 m 거리에서 방사선량률이 20 mSv/h인 선원을 반가층이 5 cm인 콘크리트 15 cm로 차폐하였다. 선원 위치에 차폐체를 설치했을 때, 2 m 거리에서의 방사선량률은 몇 mSv/h인가?

가) 0.625
나) 1.25
다) 2.5
라) 5.0

정답 및 풀이:

다) 이 문제는 차폐에 의한 감쇠 효과만을 계산하는 문제입니다. 차폐 전후의 측정 거리가 2m로 동일하므로 거리제곱 역법칙은 고려할 필요가 없습니다.

- **1단계: 차폐체가 몇 반가층(HVL)에 해당하는지 계산**
  - n (HVL 수) = 차폐체 두께 / HVL = 15 cm / 5 cm = 3 HVL
- **2단계: 감쇠율 계산**
  - 감쇠율 = (1/2)^n = $(1/2)^3$ = 1/8
- **3단계: 차폐 후 선량률 계산**
  - 차폐 후 선량률 = 차폐 전 선량률 × 감쇠율
  - 차폐 후 선량률 = 20 mSv/h × (1/8) = **2.5 mSv/h**

이론 문제 풀이

47. 방사선관리구역 경계에서 선량률이 40 μSv/h로 측정되었다. 이 구역에서 주 40시간 근무하는 작업자의 연간(50주) 피폭선량은 몇 mSv인가?

가) 40
나) 80
다) 120
라) 160

정답 및 풀이:

나) 연간 총 피폭선량은 시간당 선량률에 총 근무시간을 곱하여 계산합니다.

- **1단계: 연간 총 근무시간 계산**
  - 총 근무시간 = 40 시간/주 × 50 주/년 = 2,000 시간/년
- **2단계: 연간 총 피폭선량 계산**
  - 총 피폭선량 = 선량률 × 총 근무시간
  - 총 피폭선량 = 40 μSv/h × 2,000 h/년 = 80,000 μSv/년
- **3단계: 단위 변환 (mSv)**
  - 80,000 μSv = **80 mSv**

이론 문제 풀이

48. 방사성 옥소(I-131) 치료를 받은 환자의 체내 방사능이 1 GBq이다. 일반인이 이 환자로부터 1m 거리에서 2시간 동안 간병했을 때 예상되는 피폭선량은 얼마인가? (단, I-131의 감마상수는 0.22 R·m²/Ci·h 이고, 1 Ci = 37 GBq, 1 R ≈ 10 mSv 이다.)

가) 약 0.03 mSv
나) 약 0.12 mSv
다) 약 0.3 mSv
라) 약 1.2 mSv

정답 및 풀이:
나) 환자를 점선원으로 간주하고, 감마상수와 거리제곱 역법칙을 이용하여 총 피폭선량을 계산합니다.

•1단계: 방사능(A)을 Ci 단위로 변환
- $A = 1\ \text{GBq} / (37\ \text{GBq/Ci}) \approx 0.027\ \text{Ci}$

•2단계: 시간당 선량률(R/h) 계산
- $\dot{X} = (\Gamma \times A) / r^2 = (0.22\ \text{R·m²/Ci·h} \times 0.027\ \text{Ci}) / (1\ \text{m})^2 \approx 0.00594\ \text{R/h}$

•3단계: 총 피폭선량(R) 계산
- 총 조사선량 = $\dot{X}$ × 시간 = 0.00594 R/h × 2 h = 0.01188 R

•4단계: 단위 변환 (mSv)
- 총 피폭선량 ≈ 0.01188 R × 10 mSv/R ≈ **0.1188 mSv**

따라서 보기 중 가장 가까운 값은 0.12 mSv입니다.

이론 문제 풀이

49. 10 MeV 중성자(w_R=10)에 피폭되어 50 mGy의 흡수선량을 받았다. 동일한 생물학적 효과를 나타내기 위해 감마선(w_R=1)에 피폭된다면 몇 mGy의 흡수선량이 필요한가?

가) 5
나) 50
다) 500
라) 5000

정답 및 풀이:
다) '동일한 생물학적 효과'는 '동일한 등가선량'을 의미합니다.

- **1단계: 중성자에 의한 등가선량 계산**
  - $H_{중성자}$ = 흡수선량(D) × 방사선 가중치(w_R)
  - $H_{중성자}$ = 50 mGy × 10 = 500 mSv
- **2단계: 필요한 감마선 흡수선량 계산**
  - 동일한 등가선량 500 mSv를 감마선으로 받기 위해 필요한 흡수선량($D_{감마}$)을 구합니다.
  - 500 mSv = $D_{감마}$ × (w_R = 1)
  - $D_{감마}$ = **500 mGy**

이론 문제 풀이

50. 열형광선량계(TLD)로 측정한 결과 500 mR의 값이 나왔다. 이 값을 SI 단위인 mSv로 환산하면 약 얼마인가? (단, 광자에 대한 선량환산인자를 1로 가정한다.)

가) 0.5
나) 5
다) 50
라) 5000

정답 및 풀이:

나) 조사선량(R)과 등가선량(Sv)은 다른 물리량이지만, 방사선 방호 분야에서는 실용적인 목적으로 근사적인 환산 관계를 사용합니다.

- **근사 관계:** 공기 중에서 1 R의 광자선 피폭은 인체 연조직에 약 1 rad(1 cGy)의 흡수선량을 유발하고, 광자의 방사선 가중치(w_R)는 1이므로, 등가선량으로는 약 1 rem(1 cSv)에 해당합니다.
  - **1 R ≈ 1 rem = 10 mSv**
- **단위 변환:**
  - 먼저 500 mR을 R 단위로 바꿉니다. 500 mR = 0.5 R
- **계산:**
  - 0.5 R × (10 mSv / 1 R) = **5 mSv**

감사합니다