

국민 안전과
미래세대를 위한
방사성폐기물 관리 정책 제안서

- 방사성폐기물 처리,
지금이 바로 골든 타임 -

2025년 6월

한국원자력학회
규제개선소위원회

목차

정책 1 방사선관리구역 발생 비오염폐기물 관리 체계 개선 1
정책 2 자체처분 제도의 내실있는 운영 4
정책 3 방사성폐기물 발생원을 고려한 관리체계 수립 5
정책 4 효율적 원전 해체를 위한 사전활동 확대 6
부록 1 국내 자체처분 제도 및 해외 규제해제 제도 현황 비교 7
부록 2 방사성폐기물 대상 방사성 핵종 분석 절차 11

작성자

위원장 문주현 단국대학교

위 원 김명섭 한국원자력연구원

박태진 한국방사선진흥협회

손희동 사용후핵연료관리핵심기술개발사업단

오영석 한국수력원자력(주)

이성복 한국원자력환경공단

이우상 한국수력원자력(주)

이지훈 두산에너지빌리티

정책제안서 요지

1. 방사선관리구역 발생 비오염폐기물 관리 체계 개선

비오염폐기물 처분 현안 해소 및 규제해제 기준 마련

- ☞ 규제기관 심사가 불필요한 비오염폐기물 정의 신설
- ☞ 자체처분 제도 외 별도 규제해제 제도 신설
- ☞ 방사선관리구역 폐기물품 비오염 평가 규정 신설
- ☞ 방사능 농도(Bq/g)를 대체하는 유도기준(표면오염도 Bq/cm²) 도입
- ☞ 방사선관리구역 비오염폐기물에 대한 국민 이해도 제고

2. 자체처분 제도의 내실있는 운영

자체처분 제도 고도화를 통한 방폐물 관리 효율 증대

- ☞ 건물에 대한 자체처분 또는 규제해제 고시 마련
- ☞ 승인된 자체처분 계획의 경미한 변경 시 수정 신고 제도 마련
- ☞ 재활용 가치가 높은 폐기물에 대한 별도의 자체처분 제도 마련
- ☞ 자체처분 기준의 일관된 적용으로 처분총량 제한 완화

3. 방사성폐기물 발생원을 고려한 관리 체계 수립

방폐물의 방사선적 특성을 고려한 핵종 규명 요건의 탄력적 운영

- ☞ 비원전 발생 폐기물에 대한 핵종 규명 특례 규정 신설
- ☞ 단반감기 및 저위해도 폐기물에 대한 간소화된 핵종 규명 절차 도입

4. 효율적 원전 해체를 위한 사전활동 확대

해체 전 다양한 준비활동으로 원전 해체 시간비용 절감 추진

- ☞ 원전 최종해체계획서 승인 이전 수행 활동 규정 및 허용활동 명확화
- ☞ 원전 최종해체계획서 승인 이전 허용 활동 범위 확대

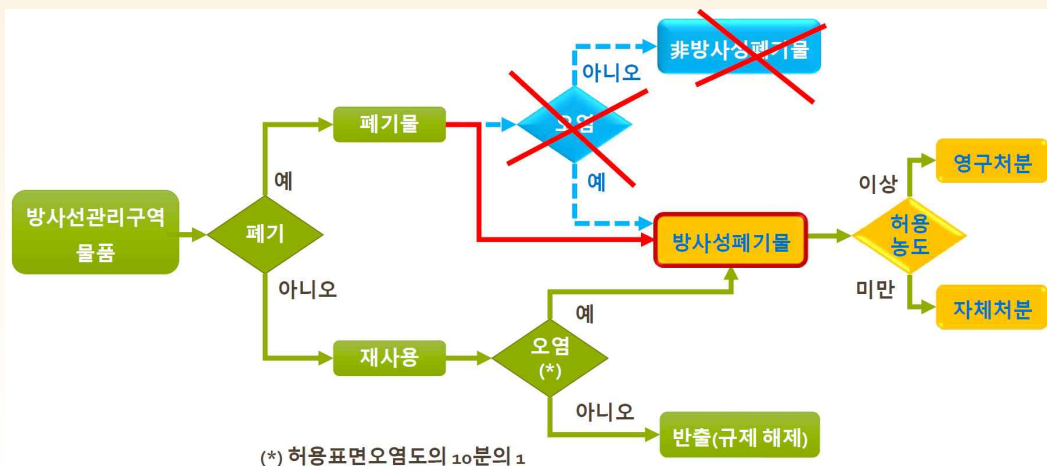
【정책1】 방사선관리구역 발생 비오염폐기물 관리 체계 개선

비오염폐기물 처분 현안 해소 및 규제해제 기준 마련

【현황】 방사선관리구역 발생 폐기물에 대한 관리 기준 미비로 처리 지체

❖ 방사선관리구역 발생 폐기물품의 일괄 관리 문제점

- 방사성물질등에 의한 오염 가능성 때문에, 국내 원전에서는 방사선관리구역에서 발생한 모든 “폐기물”을 실제 방사성오염 여부와 상관없이 “방사성폐기물(이하 ‘방폐물’이라 함)”로 간주하여 관리



〈그림 1〉 국내 원전 방사선관리구역 물품 관리현황

- 이러한 일괄적인 방폐물 분류는 비오염폐기물까지 파괴 분석을 통한 방사선적 특성 평가를 강제하여, 평가 대상 물량을 기술적으로 불가능한 수준까지 대폭 확대하는 비효율을 초래

❖ 방폐물 자체처분 제도 적용 범위 불분명

- 원자력안전위원회 고시 제2023-7호 「방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정」은 방폐물에만 자체처분을 적용하도록 규정하고 있으나, 현장에서는 방사선관리구역으로부터 발생하는 모든 폐기 물품에 대해 자체처분 제도를 준용 중
- 방사선관리구역 물품을 폐기하지 않고 재사용하는 경우 허용표면 오염도의 1/10을 만족하면 규제해제가 되나, 폐기 대상으로 처리하려는 경우는 무조건 해당 물품을 방폐물 인허가 제도인 자체처분 절차를 따라야 규제해제가 가능하며, 자체처분 제도 범위 불분명

❖ 폐기물 특성을 무시한 일괄적인 방사능 농도 측정 요구

- 방사선관리구역 내 폐기물 중 상당수는 방사성물질등에 노출되거나 접촉되지 않았으며, 일부는 제거 가능한 표면오염만 수반하고 있어, 방사능 농도 분석 없이도 비오염 여부를 충분히 확인 가능

🔔 원자력안전법은 방폐물에 대해 자체처분 또는 관리시설 위탁 처분(경주 방폐물 처분장)만 허용하고 있으며, 이와 관련하여 방사능 농도 기반의 기준만 운영 중

[별표 1] 방사성핵종별 자체처분 허용농도(제2조제2호 관련)

방사성핵종	허용농도 (Bq/g)
I-129	0.01
Na-22, Sc-46, Mn-54, Co-56, Co-60, Zn-65, Nb-94, Ru-106, Ag-110m, Sb-125, Cs-134, Cs-137, Eu-152, Eu-154, Ta-182, Bi-207, Th-229, U-232, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242, Pu-244, Am-241, Am-242m, Am-243, Cm-245, Cm-246, Cm-247, Cm-248, Cf-249, Cf-251, Es-254	0.1

(이하 방사성핵종의 허용농도 data는 생략)

〈그림 2〉 방사성핵종별 자체처분 허용 방사능 농도(원안위 고시 제2023-7호)

- 🔔 이에 방사선관리구역 발생 비오염폐기물을 규제해제하여 일반폐기물로 처리하기 위해서는 방폐물에 적용되는 자체처분 절차를 준용하여 방사능 농도를 측정하고 있는데, 이는 과도한 시간 소비와 비용 발생을 유발
- 🔔 아울러 방사능 분석을 위한 시료 채취는 물리적·기술적으로도 어려우며, 특히 유해 물질이 포함된 물품의 경우, 파괴적 시료 채취 자체가 거의 불가능한 상황



〈그림 3〉 국내 원전 방사성폐기물의 자체처분 흐름도

❖ 해체폐기물 대량 발생 시 병목 현상 발생 우려

- 🔔 해체 원전의 경우, 시설 철거가 진행되면서 방사선관리구역의 범위가 수시로 변하고, 방사선관리구역 내외에서 대량의 폐기물이 동시에 발생하기 때문에, 방사능 농도로 건별 평가 및 승인하는 현행 체계로는 해체폐기물 관리가 사실상 불가능
- 🔔 국내 자체처분 제도는 허용농도 또는 허용선량을 만족할 때만 자체처분을 허용하는 조건부 규제해제에 해당하며, 일반 또는 무제한 규제해제를 인정하는 국제 기준과 차이가 존재
- 🔔 방폐물 규제해제를 규정한 원안위 고시 제2023-7호에서는 방사능농도(Bq/g)만 제시할 뿐, 비오염폐기물 판정을 위한 오염 기준 또는 이와 동등한 대체 관리기준 [예, 표면오염도 (Bq/cm²)]은 부재

【제안】 비오염폐기물에 대한 기준 신설

❖ 규제기관 심사가 불필요한 비오염폐기물 정의 신설

🔔 국제 기준*은 규제기관의 보증이나 심사 없이 가능한 규제해제 유형을 별도로 구분하고 있음

* IAEA, "Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, GSR Part 3, Vienna 2014.

"Application of the Concept of Clearance : General Safety Guide, No.GSG-18 2023"

🔔 이에 우리나라도 국제 기준에 따라 원전 발생 폐기물 중 규제기관의 개입이 불필요한 비오염폐기물에 대한 개념 도입이 필요

🔔 이를 위해 원전 발생 폐기물 중 자체처분 대상에 해당하지 않는 비오염폐기물에 대한 명확한 정의와 이에 관한 관리 지침 신설이 필요

❖ 자체처분 제도 외 별도 규제해제 제도 신설

🔔 규제기관이 미리 정한 오염 관리체계를 구축하고 그 체계에 따라 폐기물의 이력을 투명하게 확인할 수 있는 경우, 해당 폐기물을 규제해제할 수 있는 제도 신설

🔔 나아가 방폐물 발생 기관, 방사선관리구역 특성, 규제기관이 지정하는 물품 종류 등에 따라 규제해제 대상과 절차를 세분화

🔔 국제 기준에 맞춰 규제해제 범위(종류)를 넓히고 이에 연계된 규제해제 시나리오¹⁾를 현실적으로 설정

❖ 방사선관리구역 폐기물품 비오염 평가 규정 신설

🔔 미국과 독일 등 선진국에서 운영하는 표준 기술 기준과 같은 국내 비오염 평가 표준 기술 기준을 제정하여, 비오염 평가에 대한 방사선(능) 측정 신뢰도와 평가 관리 수준 향상

❖ 방사능농도(Bq/g)를 대체하는 유도기준(표면오염도, Bq/cm²) 도입

🔔 폐기물 관리의 효율성과 유연성 제고를 위해, 방사능농도(Bq/g) 외에 표면오염도(Bq/cm²)를 방사성오염 판정 기준으로 도입

🔔 폐기물 오염 및 재질 특성을 고려하여 파괴적 시료 채취가 불필요한 경우, 비파괴적 오염 스캐닝 방법을 허용하고, 오염 판정기준으로 표면오염도(Bq/cm²)를 활용한 현장 밀착형 기준 수립·운영

❖ 방사선관리구역 비오염폐기물에 대한 국민 이해도 제고

🔔 자체처분으로 승인받은 폐기물은 방폐물이라는 인식이 강하여 자원 재활용 확대에 큰 장벽으로 작용하므로, 이를 해소하기 위해 비오염폐기물에 대한 국민 이해도 제고 필요

🔔 규제기관은 "방사선관리구역일지라도 방사선적 특성에 따라 비오염폐기물이 존재할 수 있으며, 이들을 별도 기준에 따라 안전하게 처리할 수 있음"을 명확하게 홍보

1) 규제해제 시나리오 : 무제한 일반 규제해제(unrestricted and generic clearance), 무제한 특정 규제해제(unrestricted and specific clearance), 조건부 규제해제(restricted and specific clearance) 등으로 나누어 약 16개 시나리오에 따라 구분.

[정책2] 자체처분 제도의 내실있는 운영

자체처분 제도 고도화를 통한 방폐물 관리 효율 증대

【현황】 자체처분 절차 단계별로 다양한 현안 발생

❖ 오염 건물에 대한 자체처분 기준 부재로 과도한 분석 비용 발생

🔔 현행 자체처분 제도와 지침은 물품과 물질 중심으로 설계돼 있어, 대량의 콘크리트 폐기물이 발생하는 오염건물에는 적용하기 어려움

🔔 오염건물은 방사능 분석 대상이 방대하여 과도한 방사능 분석 비용이 발생

❖ 승인된 자체처분 계획 변경 시 비효율적인 재승인 절차

🔔 현행 제도하에서는 이미 승인받은 자체처분 계획의 단순 사항(처분 매립지나 소각장 등)을 변경하려 해도 재승인 신청이 필요

🔔 이는 방사선적 위험의 중대한 변화가 없는 변경 사항임도 불구하고, 불필요한 규제 심사를 초래하여 자체처분 이행을 지연하는 결과를 초래

❖ 재활용 물품의 가치 훼손 및 재활용 기준 미비

🔔 재활용이 가능한 물품은 원형을 유지해야 경제적 가치를 온전히 회복할 수 있으나, 자체처분 신청을 위한 파괴 방사능 분석 과정에서 물품이 훼손되어 재활용 가치가 상실

🔔 내부 오염이나 방사화로 인한 체적오염에 해당하지 않는 물품의 재활용을 위한 기준 부재

❖ 중복 평가로 인한 자체처분 총량 제한

🔔 현행 규제 지침은 자체처분 허용농도를 기준으로 심사받은 폐기물에 대해서도 연간 누적선량 평가를 추가로 요구하고 있어, 실제 자체처분 가능한 물량이 제한

【제안】 현장 상황을 고려한 자체처분 제도 합리화

❖ 건물에 대한 자체처분 또는 규제해제 고시 신설

🔔 오염도 조사결과를 기반으로 규제해제 승인 후, 오염건물에 대한 무제한 철거를 허용하는 제도 신설

❖ 승인된 자체처분 계획의 경미한 변경 시 수정 신고 제도 마련

🔔 자체처분 계획서 승인 이후, 경미한 변경사항에 대해서는 신고로 대신할 수 있는 제도 마련

❖ 재활용 가치가 높은 폐기물에 대한 별도의 자체처분 제도 마련

🔔 보존 또는 재활용 가치가 높은 폐기물에 대해, 비파괴 방식을 포함한 별도의 방법을 활용해 규제 해제를 신청할 수 있는 제도 도입

❖ 자체처분 허용 기준의 일관된 적용으로 처분총량 제한 완화

🔔 자체처분 허용농도를 만족하는 폐기물에 대해서는 불필요한 선량 누적 평가를 요구하지 않도록 제도를 명확히 하여 자체처분 총량에 대한 과도한 제한 완화

[정책 3] 방사성폐기물 발생원을 고려한 관리체계 수립 방폐물의 방사선적 특성을 고려한 핵종 규명 요건의 탄력적 운영

【현황】 핵종 규명 절차의 경직성으로 인한 高비용 발생 및 관리 비효율

❖ 방폐물 특성 미고려 및 일괄 규정 적용에 따른 과도한 비용 발생

- ☎ 원자력안전위원회 고시 제2024-13호 제8조(핵종 규명)*는 폐기물에 포함되어 있는 전체 방사능량의 95% 이상을 구성하는 방사성핵종을 규명하고 전알파와 13개 핵종에 대해서는 농도까지 규명하도록 규정

[고시 제2024-13호 중 · 저준위 방사성폐기물 인도 규정]

제8조(핵종 규명) ① 폐기물에 포함되어 있는 전체 방사능량의 95% 이상을 구성하는 방사성핵종을 규명하여야 하며, 다음 방사성핵종에 대하여는 그 농도가 규명되어야 한다.

1. H-3, C-14, Fe-55, Co-58, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-137, Ce-144, 전알파

- ☎ 특정 방사성핵종만 사용하는 의료기관이나 산업체 등 원전 이외 기관에서 발생하는 폐기물의 경우, 해당 폐기물에 포함되지 않았을 가능성이 높은 핵종까지도 의무적으로 방사능 농도를 분석해야 해서, 사업자에게 상당한 비용 부담을 가중

❖ 원전 이외 기관 발생 방폐물 특성을 반영한 평가 방식 부재

- ☎ 단반감기 방사성핵종만을 사용하는 기관에서 발생한 폐기물임에도 불구하고, 원전 폐기물과 동일한 기준을 적용하여 핵종 규명을 요구하고 있어, 해당 폐기물의 처분 인도가 원활히 이뤄지지 않는 상황

【제안】 방사성 핵종 규명 규정의 탄력적 적용 제도 마련

❖ 비원전 발생 폐기물에 대한 핵종 규명 특례 규정 신설

- ☎ 방폐물 발생 기관의 특성과 방폐물의 방사선적 특성(예: 사용 핵종 등)을 고려하여, 핵종 규명 방법 및 제도를 다양화

* 이를 위해, 원자력안전위원회 고시 제2024-13호 제8조(핵종 규명)에 다음 조항의 신설 검토

- ③ 제2항의 규정에도 불구하고 특정 방사성 핵종만 포함된 것을 입증할 수 있는 폐기물일 때는 해당 폐기물의 특성을 고려한 별도의 방사성핵종 규명 방법을 마련하여 원자력안전위원회의 승인을 받아 적용할 수 있다.

- ☎ 반감기가 짧고 위험도가 낮은 방사성 핵종으로 구성된 폐기물에 대해서는 방사성핵종 규명 방법을 별도로 마련하여 승인받아 적용할 수 있는 제도 신설

* 이를 위해, 원자력환경공단의 “중 · 저준위 방사성폐기물 동굴처분시설 인수기준” 제2.1절(특성기준)

- ② 방사선적 요건에 다음 조항 신설 검토

- ③ 반감기 5년 미만의 핵종으로 구성되고 극저준위 폐기물에 대한 방사성 핵종 규명은 원자력안전위원회 고시 ‘중 · 저준위 방사성폐기물 인도규정’ 제8조제3항에 따른 평가를 인정할 수 있다.

[정책4] 효율적 원전 해체를 위한 사전활동 확대

해체 전 다양한 준비활동으로 원전 해체 시간·비용 절감 추진

【현황】 최종해체계획서 승인 전 사전활동 수행 불가로 시간·비용 낭비

❖ 원전 해체 준비를 위한 사전활동 허용 범위 불명확

- 🔔 해체 전 계통제엄, 특성 평가, 유해물질 제거 작업 등은 해체 사업 기간을 단축하고 비용을 절감하는 데 핵심적인 사전 활동이나, 현행 규정에는 이러한 사전 허용 활동에 대한 구체적인 범위나 절차가 명시돼 있지 않아 사업자가 필요한 준비 작업을 원활히 수행하기 어려움

❖ 해체 준비를 위한 측정·평가 활동의 시행 어려움

- 🔔 해체 전 방사성오염을 정확히 파악하기 위해서는 파괴 분석용 시료 채취가 필수적인데, 현재 시료 채취 후 원상복구 요구 등 과도한 규제로 작업종사자들이 고선량 지역에 불필요하게 오래 체류하면서 과피폭으로 이어질 위험이 잠재
- 🔔 원전 해체 작업 착수 전 유해 물질을 제거하면 방사선 피폭 및 비용을 절감할 수 있으나, 국내 규정은 원전 해체계획서 승인 전 유해 물질 제거 작업을 불허

【제안】 해체안전성과 경제성 향상을 위한 해체 준비활동 확대

❖ 원전 최종해체계획서 승인 이전 수행 활동 규정 및 허용활동 명확화

- 🔔 영구정지 후 즉시 계통제엄을 준비하고, 최종해체계획서 승인 이전에 계통제엄을 수행할 수 있도록 사전 허용 활동을 명확히 규정
- 🔔 방사화 구조물 및 방사성오염 기기 특성 평가를 위한 시료 채취 시, 구조적·방사선적 위험이 없는 경우, 시료 채취 후 원상복구 요건 완화

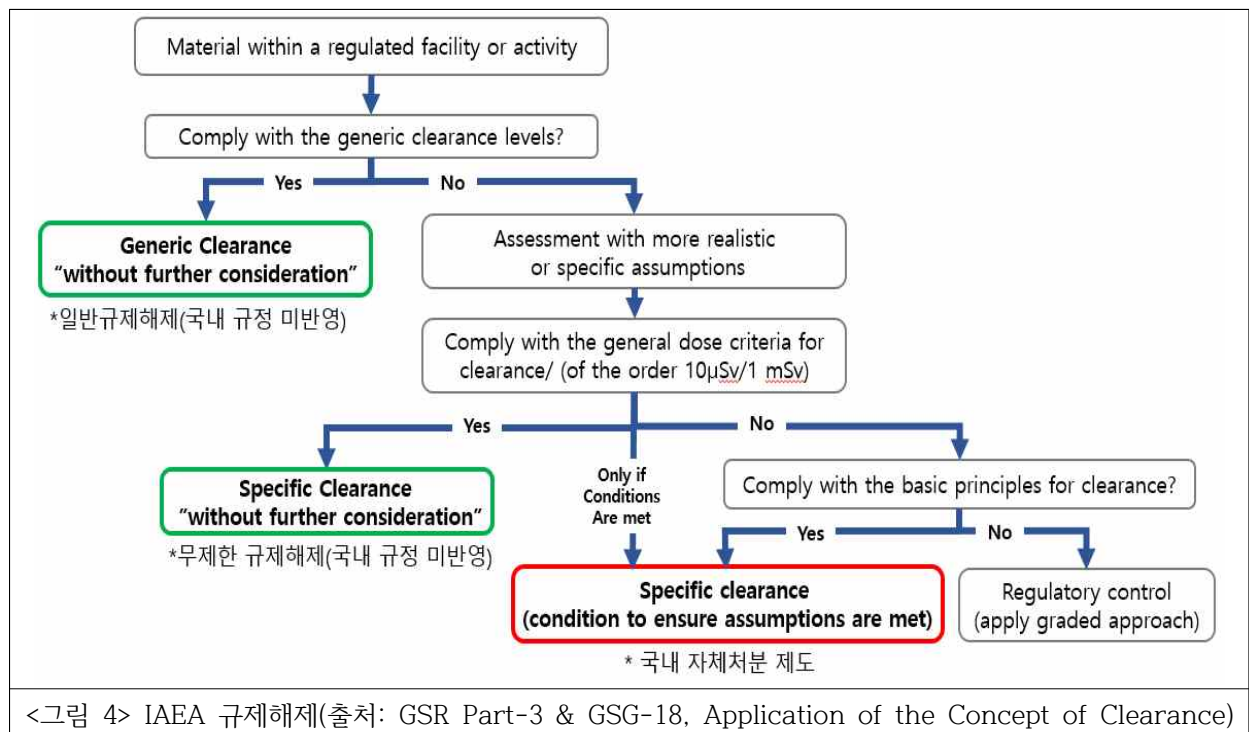
❖ 원전 최종해체계획서 승인 이전 허용 활동 범위 확대

- 🔔 해체 준비 기간 중 구조적·방사선적 위험이 없는 경우, 석면, 잔유 등 유해물질 제거 작업을 선제적으로 수행할 수 있도록 허용
- 🔔 해체 작업 준비를 위한 인프라(전원, 소방설비 등)의 수정·보완 작업을 최종해체계획서 승인 이전에도 허용

【부록1】 국내 자체처분 제도 및 해외 규제해제 제도 현황 비교

가 국내 자체처분 제도

- 자체처분은 방폐물 중 허용농도와 허용선량을 만족하는 경우에만 처분을 허용하는 규제해제 제도로 IAEA에서 규정하는 특정(조건부) 규제해제에 해당하며, 우리나라 규제해제 제도는 IAEA 국제기준 중 일부만을 규정(일반 또는 무제한 규제해제 미반영 등)
- IAEA²⁾는 방폐물에 대한 규제해제를 아래 <그림 4>와 같이 구분하고 있으며, 규제해제 이후 추가 방사선 방호 수단에 따라 일반(generic) 및 특정(specific) 규제해제³⁾로 구분



- 국내의 자체처분은 규제해제 이후 추가 조건이 따르므로, 국제기준상 IAEA 특정 또는 NEA 조건부 규제해제에 해당(즉, IAEA의 specific clearance(conditions to ensure assumptions are met))
- 국내 규제해제 기준은 자체처분 제도만 운영 중으로 원전 관리구역 비오염폐기물 관리와 직접적으로 연관되는 무조건 규제해제(Generic clearance without further consideration, Specific clearance without further consideration 등 2가지)와 같은 국제기준은 미반영
- 또한 오염 판단 기준으로 방사능농도(Bq/g) 기준만을 채택하고 있어, 모든 잠재 폐기물의 오염 판정 수단은 파괴적 시료채취에 의한 직접 방사능 분석이 유일한 상황
- 관리구역에 있었다라도 내부 오염이 일어날 수 없는 금속폐기물 또는 대형폐기물 비파괴적 오염 판정에 원자력 선도국에서 보조적으로 적용하는 표면오염도(Bq/cm²)⁴⁾ 단위는 미채택

2) IAEA 일반안전원칙-3(Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards)

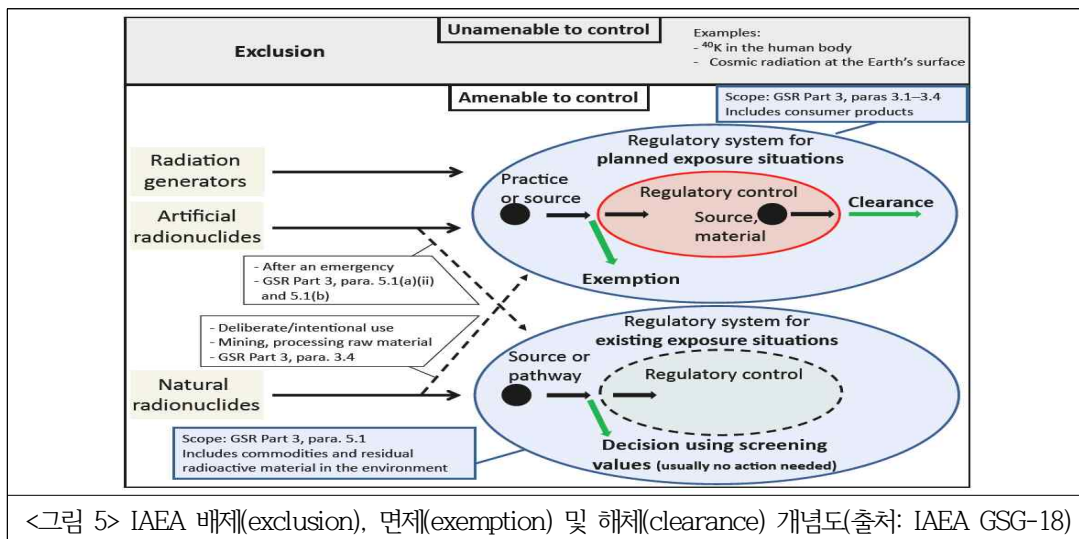
3) 일반 규제해제는 해제후 방사선학적 추가 요구가 따르지 않는 규제해제이며, 특정 규제해제는 해제 이후 추가 방사선학적 요구가 따르지 않는 특정 규제해제(1)와 추가 방사선학적 요구가 따르는 특정 규제해제(2)로 구분함

4) 방사성폐기물/규제해제 결정 단위를 IAEA는 방사능농도(Bq/g), EU/독일/미국 등은 Bq/g과 표면오염도(Bq/cm²)을 병행 적용

나 해외 규제해제 현황

IAEA 기준과 상응하는 무조건 규제해제와 조건부 규제해제를 국가별로 기준을 마련하여 모두 운영하고 있고, 오염 평가와 판단을 위한 규제해제 기준으로 방사능농도(Bq/g)와 표면오염도(Bq/cm²)를 혼합하여 적용 중임

- IAEA는 일반안전원칙(generic safety requirements, GSR)⁵⁾ Part-3에서 규제제외 과정을 배제(exclusion), 면제(exemption), 해체(clearance) 등 3가지로 구분하고 있으며 (<그림 5>), 규제해제는 방사선방호조치 이행 여부에 따라 일반 및 특정 규제해제로 구분



- 일반 규제해제(generic clearance)는 규제해제 시행 이후 반출(release)과 이용(use)에 방사선적 추가 제약(요구사항)이 없는 제외 과정이고, 특정 규제 해체(specific clearance)는 방사선적 추가 제약 여부에 따라 다시 두 가지(①, ②)로 구분함
 - ① 방사선적 제약이 없는 규제해제 ② 추가 제약과 가정사항을 만족한 경우 해제하는 특정 규제해제
- IAEA 안전표준은 규제해제 안전성 영향평가에 방사능농도(Bq/g) 단위를 적용하고 있으며, 부가적인 유도단위(예, 표면오염도 단위로서 Bq/cm² 등) 적용을 권고
- OECD/NEA는 유럽연합(EU)과 공동으로 전문가 그룹을 구성, 적용 기준과 사례보고서 등을 발간하여 방폐물 규제해제를 통한 재이용/재활용을 촉진하고 있음
 - 규제해제의 실무적 적용을 위해 무조건(unrestricted) 규제해제와 조건부(restricted) 규제해제로 구분하고, 해제 대상 방폐물 관리방안을 제시함(예, 원전 SSCs 대형기기와 콘크리트 대상)
 - 무조건 규제해제는 IAEA 일반 규제해제, 조건부 규제해제는 특정 규제해제에 상응하고, 규제해제 반출(release)에 대해서도 무조건/조건부 반출, 이용(use)의 경우도 무조건/조건부 이용으로 구분
 - 규제해제에 적용하는 단위는 방사능농도(Bq/g) 단위를 기본으로 하나, 규제해제 범위/시나리오에 따라 표면오염도(Bq/cm²)를 규제해제의 단위로 제시하여 융통성을 부여하고 있음

5) IAEA 일반안전원칙-3(Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards) 또는 이를 줄여서 IAEA 국제 기본안전기준이라 함

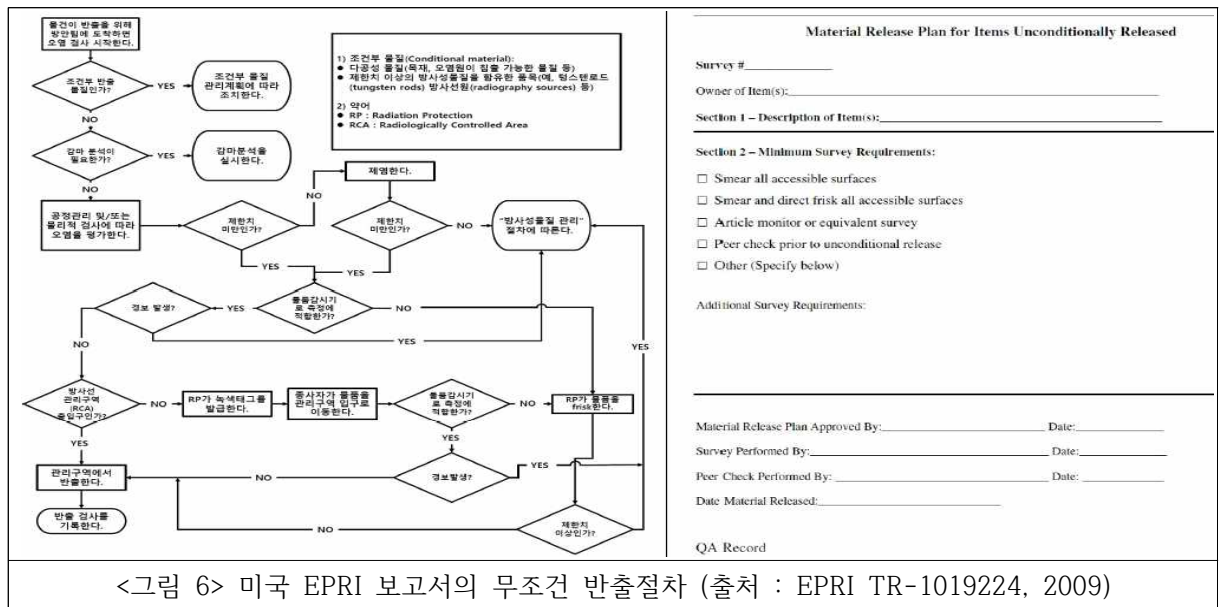
- 유럽연합(EU)은 EU 기본안전기준(EU Basic Safety Standards)⁶⁾을 발간하고, IAEA 안전 표준에 조화를 이루도록 3개의 후속 문서⁷⁾를 발행하여, 유럽 국가별 법령에 반영
 - EU 무조건 규제해제는 IAEA 일반 규제해제와 상응하고, 조건부 규제해제는 특정 규제해제에 상응하며, 규제해제를 통한 반출의 경우를 무조건 반출과 조건부 반출로 구분하고, 이용의 경우도 무조건 이용과 조건부 이용으로 구분함
 - 규제해제 적용 단위는 규제해제 범위/시나리오에 따라 방사능농도(Bq/g)와 표면오염도(Bq/cm² 등) 단위를 선택적으로 적용하여 융통성을 부여함(예를 들어 무조건 규제해제는 방사능 농도 단위를 필수적으로 적용하지만, 조건부 규제해제는 방사능 농도 또는 표면오염도 단위를 선택 적용)
- 미국은 2000년대 이전 NRC 차원 방폐물 규제해제 제도 도입을 위한 인허가 문서 등을 개발하였으나, 이해당사자 반대(철강업체)로 철회하고 원전별로 반출관리를 시행
 - NRC는 사후 원자로규제감독프로세스(Reactor Oversight Process, ROP) 점검을 통해 무제한 또는 제한적 반출관리 적절성을 확인하고, ROP 점검보고서를 NRC 홈페이지에 공개함
 - NRC ROP 점검 : 1) 반출에 이용된 방사선감시기가 적합한지, 2) 표면/체적성 오염물질에 대한 측정기기 민감도가 NRC 규제입장(예 IE Circular 81-07, NUREG/CR-5569 등)에 적합한지, 3) 방사성 오염 감시 및 반출기준이 NRC 요구조건과 일관성을 갖추고 있는지, 4) 방사선안전관리원이 정해진 절차를 이행하고 있는지, 5) 발견사항이 후속조치로 이행되고 있는지 확인(점검 결과 인용)
- 미국 표준연구소는 보건물리학회와 공동으로 관리구역 물품의 규제해제에 적용할 표준을 개발하였고, 이는 원전과 핵주기 시설의 규제해제/반출에 폭넓게 적용 중
 - 미국 표준연구소는 보건물리학회(HPS)와 공동으로 NRC/DOE 시설에서 무조건 반출에 적용할 ANSI/HPS N13.12⁸⁾ 표준을 1999년 개발하고, 2013년에 IAEA 기준과 조화를 이루도록 개정함
 - 이 표준에서 방사능 농도 단위 외에 표면오염도 단위를 적용하도록 융통성을 부여하였고, 이는 NRC의 규제해제 제도 도입 무산에도 불구하고, NRC/DOE 원자력시설에는 적용 중
- 미국 전력연구소(EPRI)⁹⁾는 2009년 NRC 규제해제 정책과 ANSI 표준 등을 이용하여, 관리구역에서 인력, 물질 및 장비 반출 시 일관성있는 방사성물질 감시 및 통제와 신뢰 확보를 위해, 산업계 전문가가 합의한 지침을 발간하였고, 이는 원전의 무조건 반출(unconditional release) 관리 절차로 운영 중
 - EPRI는 오염 감시후 배경방사선을 초과하는 검출가능한 핵종이 없는 경우 무제한적 이용을 위해 관리구역에서 장비나 물질을 내보는 무조건 반출이 가능함을 명시(<그림 6> 참조)

6) EU 기본안전기준(Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, 2013)

7) RP-89(Recommended Radiological Protection Criteria for the Recycling of Metals from the Dismantling of Nuclear Installations), RP-113(Recommended Radiological Protection Criteria for the Clearance of Buildings and Rubble from the Dismantling of Nuclear Installations), RP-122(Practical Use of the Concepts of Clearance and Exemption - Part 1, Guidance on General Clearance Levels for Practices)

8) American National Standard, ANSI/HPS N13.12, Surface & Volume Radioactivity Standards for Clearance(2013)

9) EPRI 발행보고서, Radioactive Material Monitoring and Control Guideline(2009) EPRI-1019224



○ 이외 국가별 방폐물에 대한 규제해제 동향은 다음과 같음

- 프랑스는 ‘방사성 물질’에 대한 규제해제 제도를 도입하지 않고, 원자력시설 방사선구역에서 발생하는 모든 폐기물을 방폐물로 관리하는 방사선구역화(zoning) 개념을 채택하여 운영하였으나, 늘어나는 방폐물 발생량을 감당할 수 없어 2024년 규제해제 제도 도입을 결정하고 후속 기준을 마련 중
- 독일은 방폐물 발생 최소화 정책에 따라 규제해제 제도 도입에 가장 적극적이며, 방사능 농도 단위 외 표면오염도 단위를 규제해제 범위와 연계하여 적용 중임(예를 들어, 무조건 규제해제는 방사능 농도(Bq/g)와 표면오염도(Bq/cm²) 단위를 모두 적용 중이고, 조건부 규제해제는 규제해제 범위와 시나리오에 따라 Bq/g 또는 Bq/cm² 단위를 선별적으로 적용 중 (<표 1> 참조)

<표 1> 국가별 규제해제 표면오염도 단위 적용(출처: IAEA GSG-18)

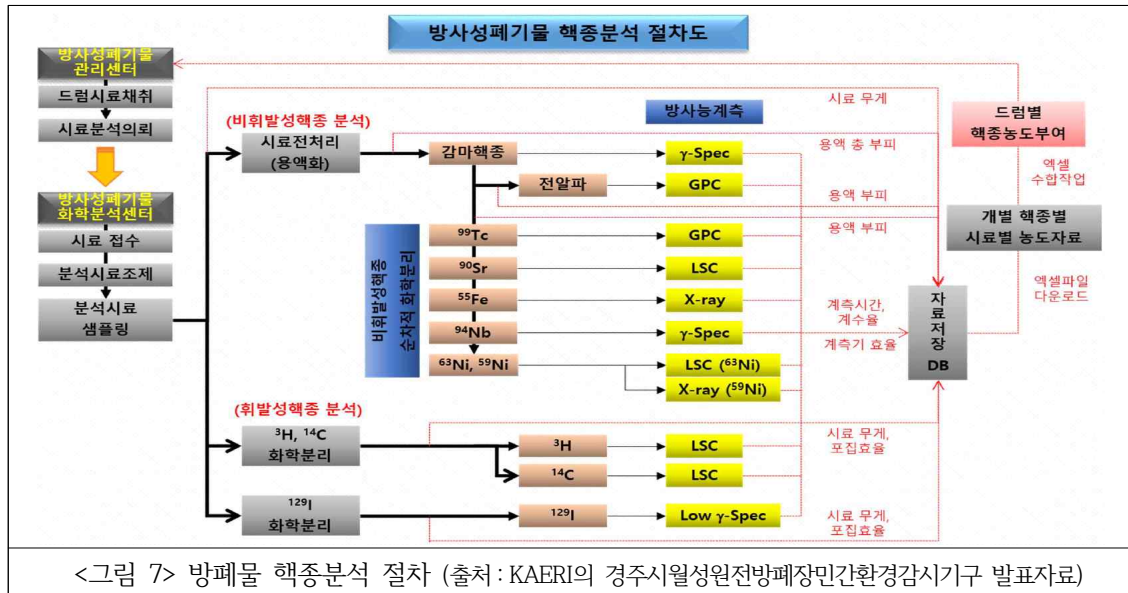
TABLE II-1. COMPARISON OF SURFACE CONTAMINATION CLEARANCE LEVELS FOR GENERIC CLEARANCE					
Radionuclide	European Commission [II-3, II-4] (Bq/cm ²)		Germany [II-5] (Bq/cm ²)	United States of America [II-6] ^a (Bq/cm ²)	
	Unrounded	Rounded	Rounded	Mean	95th percentile
H-3	25 000	10 000	100	1500	700
C-14	770	1000	100	1600	1100
Cl-36	130	100	100	29	7
Fe-55	1500	1000	100	110 000	30 000
Co-60	1	1	1	1	0.3
Sr-90	8.5	10	1	83	34
Cs-137	3.7	10	1	3.1	1.0

(이하 자료는 생략함)

- 일본, 스페인, 이탈리아는 IAEA GSR Part-3 및 EU BSS 근간으로 자국 법령에 반영하여 운영

【부록2】 방사성폐기물 대상 방사성 핵종 분석 절차

- 방폐물 자체처분은 파괴적 시료채취, 화학적/물리적 처리(황산/질산 등 이용)를 통한 액상화, 방사능 측정 등 복잡한 절차와 핵종별 방사능농도(Bq/g) 규명 필요 (<그림 7> 참조)
- 방사성 물질에 노출되지 않았던 비오염폐기물도 경주 방폐물 영구처분과 같이 핵종분석을 적용함에 따라, 복잡한 절차와 과다한 시간, 고가의 비용 소요는 물론 현실적으로 시료채취가 매우 어렵거나 특정 위해물질이 포함된 물품의 경우 파괴적 시료채취 자체가 불가능



- 방폐물 처분 시 14개 핵종¹⁰⁾에 대해 파괴적 시료채취와 핵종분석을 위해 핵종별로 최소 7단계 이상의 화학적/물리적 전처리를 수반하며 짧게는 수일에서 수주일이 소요됨(<표 2> 참조)

<표 2> 핵종별 개략적 전처리와 시간(출처: 경북도청 방폐물 인프라구축 기본구상 최종보고서 참조)

핵종	전처리 및 방사능분석 과정	시간	단계
H-3	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 증류 → 각테일 → 계측(액체섬광계수기, LSC) → 방사능계산	5일	7
C-14	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → CO ₂ 추출 → 각테일 → 계측(LSC) → 방사능계산	5일	7
Ni-59	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 수지추출(음이온) → 각테일 → 계측(LSC) → 방사능계산	2주	7
Ni-63	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 수지추출(음이온) → 각테일 → 계측(LSC) → 방사능계산	2주	7
Fe-55	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 수지추출 → 각테일 → 계측(LSC) → 방사능계산	1.5주	7
Tc-99	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 추적자 계측 → 여과 → 수지추출 → 화학수율 측정 → 계측(LSC) → 방사능계산	2주	9
Sr-90	폐기물 시료채취 → 액상화 → 탄산침전 → 옥살산 침전 → 공침 → 방사평형 → Sr/Y 분리 → 여과 → 계측(LSC) → 방사능계산	6주	10
Nb-94	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	1.5주	5
Co-58	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	3일	5
Co-60	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	3일	5
Cs-137	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	3일	5
Ce-144	폐기물 시료채취 → 액상화 → 정제 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	3일	5
I-129	폐기물 시료채취 → 시료증발 농축 → Fe, Co, I 담체 → 철 침전 → 코발트 침전 → 침전물 분리 → 환원과정 → Pd ₂ 침전 생성 → 침전물 여과 → 무게측정 → 침전물고정 → 계측(고성능 반도체검출기, HPGe) → 방사능계산	2주	13

10) 14개 핵종 : 폐기물에 포함되어 있는 핵종으로, H-3, C-14, Fe-55, Co-58, Co-60, Ni-59, Ni-63, Sr-90, Nb-94, Tc-99, I-129, Cs-137, Ce-144, 전알파를 대상으로 전체 방사능량의 95% 시상을 규명하도록 규정