

중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안

Status and improvement of the national infrastructure for the radionuclide analysis in radioactive waste

KAERI



제 출 문

한국원자력연구원장 귀하

이 보고서를 “중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안”의 연구보고서로 제출합니다.

2020년 10월 30일

연구기관명	한국원자력연구원
연구책임자	정근호
연구원	박태홍 박재일



보고서 요약서

과제고유번호	79419-19	해당단계 연구기간	2019.12.01 2020.08.31	단계구분	1/1		
연구사업명	중사업명	자체연구개발사업					
	세부사업명	역량강화					
연구과제명	대과제명						
	세부과제명	중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안					
연구책임자	정근호	해당단계 참여 연구원수	총	3명	해당단계 연구비	정부	3,000 천원
			내부	3명		기업	천원
			외부	명		계	3,000 천원
		총연구기간 참여 연구원수	총	3명	총 연구비	정부	3,000 천원
			내부	3명		기업	천원
			외부	명		계	3,000 천원
연구기관명 및 소속부서명	한국원자력연구원 방사성폐기물화학분석센터			참여기업명			
국제공동연구	상대국명 :		상대국 연구기관명 :				
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :				
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내로 작성합니다.)			보고서 면수	82p.			
<p>○ 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석 - 방사성폐기물 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 조사</p> <p>○ 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황 분석 - 원자력환경공단 인수처분 된 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 현황 조사</p> <p>○ 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황 분석 - 공공기관, 연구기관, 대학 및 산업체의 핵종분석 인프라 현황 조사</p> <p>○ 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립 - 범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축방안 분석 - 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 및 제3자 검증 방법 분석</p>							
색인어 (각 5개 이상)	한글	중·저준위 방사성폐기물, 핵종분석, 인프라, 개선방안					
	영어	Radioactive waste, Radionuclide Analysis, Infrastructure, Improvement Plan					



요 약 문

I. 제 목

중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안

II. 연구개발의 목적 및 필요성

1. 목적

- 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황 파악
- 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 개선방안 도출

2. 필요성

- 상업용 원자력발전소 이외 연구용원자로, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서도 지속적으로 중·저준위 방사성폐기물이 발생하고 있음.
- 2015년 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장 운영이 시작되면서 각각의 원자력시설에서 발생된 방사성폐기물이 처분장으로 반입되어 처리/처분되고 있음.
- 2015년~2017년간 경주처분장으로 인도된 한국원자력연구원 방사성폐기물 드럼에서 핵종분석 오류가 발생하였음.
- 국내 원자력시설, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생하는 방사성폐기물 및 원자력시설의 해체로 인하여 폭발적으로 늘어나는 방사성폐기물의 적시적이고 원활한 핵종농도 규명을 위한 공공기관, 연구기관, 대학 및 산업체의 핵종분석 인프라를 활용한 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축이 필요한 시점임.
- 이를 바탕으로, 사회적으로 커다란 이슈가 되고 있는 원자력시설에서 발생되고 있는 방사성폐기물의 안전한 처리/처분을 위한 중·저준위 방사성폐기물 안전관리에 대한 국민의 신뢰 확보 방안이 범국가적으로 필요한 시점임.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석
- 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황분석

- 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석
- 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립

IV. 연구개발결과

1. 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석

- 원자력연구원 발생 방사성폐기물 핵종분석 오류 개요
- 원자력(연) 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석
- 원자력환경공단 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석

2. 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황분석

- 원자력환경공단 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 현황조사
- 인수처분된 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석 현황조사

3. 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석

- 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 특성파악
- 연구기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사
- 공공기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사
- 대학 부설기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사
- 산업체 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사

4. 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립

- 범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축방안 분석
- 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 및 제3자 검증 방법 수립

V. 연구개발결과의 활용계획

- 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계구축을 위한 기본계획수립에 활용
- 방사성폐기물 핵종분석 서비스산업의 발전전략 수립에 활용
- 중·저준위 방사성폐기물의 안전관리에 대한 국민의 신뢰 확보

SUMMARY

I. Project Title

Status and improvement of the national infrastructure for the radionuclide analysis in radioactive waste

II. Objective and Importance of the Project

- Survey the national infrastructure of the radionuclide analysis for radioactive waste
- Identify the improvement issues of the national infrastructure for radioactive waste characterization

III. Scope and Contents of Project

- Analysis of measures to prevent the recurrence of the radionuclide analysis errors
- Current status of the radioactive waste disposal and of the radionuclide analysis for radioactive waste
- Current status of the national infrastructure for radioactive waste characterization
- Improvement plan of the national infrastructure for radioactive waste characterization

IV. Result of Project

1. Analysis of measures to prevent the recurrence of the radionuclide analysis errors

- Introduction to the errors in radionuclide analysis of the KAERI radioactive waste

- Measurement plans and Implementation status of KAERI to prevent the recurrence of the radionuclide analysis errors
- Measurement plans and Implementation status of KORAD to prevent the recurrence of the radionuclide analysis errors

2. Current status of the radioactive waste disposal and of the radionuclide analysis for radioactive waste

- Current status of KORAD for the radioactive waste disposal
- Current status of the radionuclide analysis for disposed radioactive wastes

3. Current status of the national infrastructure for radioactive waste characterization

- Infrastructure characteristics of the radionuclide analysis for radioactive waste
- Current status of the research institute infrastructure for the radionuclide analysis
- Current status of the public institution infrastructure for the radionuclide analysis
- Current status of the university institution infrastructure for the radionuclide analysis
- Current status of the private research company infrastructure for the radionuclide analysis

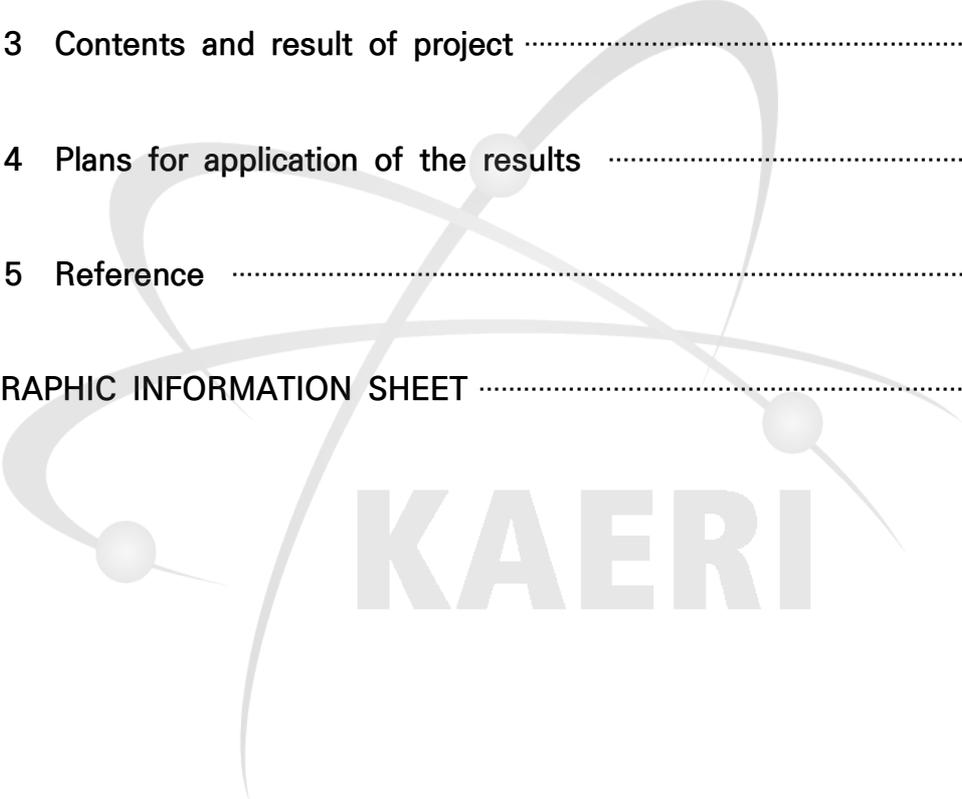
4. Improvement plan of the national infrastructure for radioactive waste characterization

- Improvement plan of the national infrastructure for the radionuclide analysis
- Current status of the test certification system and third party inspection in the field of radionuclide analysis

V. Proposal for Applications

CONTENTS

SUMMARY	7
Chapter 1. Introduction of project	13
Chapter 2. Current status of project	19
Chapter 3 Contents and result of project	33
Chapter 4 Plans for application of the results	73
Chapter 5 Reference	77
BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET	82

A large, light gray watermark of the KAERI logo is centered on the page. The logo consists of the word "KAERI" in a bold, sans-serif font, overlaid on a stylized atomic symbol with three elliptical orbits and three small spheres representing electrons.

KAERI

목 차

요약문	5
제 1 장 연구개발 과제의 개요	13
제 2 장 국내외 기술개발 현황	19
제 3 장 연구개발 내용 및 결과	33
제 1 절 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석	35
1. 원자력연구원 발생 방사성폐기물 핵종분석 오류 개요	35
2. 원자력(연) 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석	37
3. 원자력환경공단 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석	43
제 2 절 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황분석	45
1. 원자력환경공단 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 현황조사	45
2. 인수처분된 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석 현황조사	46
제 3 절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석	48
1. 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 특성파악	48
2. 연구기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사	49
3. 공공기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사	56
4. 대학 부설기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사	59
5. 산업체 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사	62
제 4 절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립	66
1. 범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축방안 분석	66
2. 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 및 제3자 검증 방법 분석	69
제 4 장 연구개발결과의 활용계획	73
제 5 장 참고문헌	77
서지정보양식	81

표 목차

표 1. 방사성핵종별 자체처분 허용농도	29
표 2. 저준위방사성폐기물의 방사능 농도 제한치	31
표 3. 방사성폐기물 핵종분석 오류 유형, 발생원인 및 문제점	35
표 4. KAERI의 방사성폐기물 핵종분석 오류에 대한 재발방지대책 총괄표	38
표 5. KAERI 신규 방사성폐기물 핵종분석 전용시설 년도 별 주요 분석설비 구축 현황	42
표 6. KAERI 환경방사선(능) 조사 항목	49
표 7. 원자력이용시설 주변 환경방사선·능 조사계획	50
표 8. 해양방사능 조사내용	51
표 9. KINS의 환경방사능 분석관련 주요장비	51
표 10. KHNP 환경조사 프로그램 및 분석핵종	56
표 11. 한수원 중앙연구원 방사화학분석시험동 분석 장비 현황	57
표 12. 국내 식품중 방사능 기준	58
표 13. 지방방사능측정소 설치 현황	61
표 14. 분석대상 시료 및 핵종	61
표 15. 동국방사능표준분석(주) 방사성폐기물 핵종분석 실험장비	62
표 16. 방사능분석기관 협의체의 시설, 인력 및 인증 현황	63
표 17. 한국인정기구(KOLAS*) 인정현황 (2018.12.31.기준)	70
표 18. 2.007_방사성물질 분야 KOLAS 시험기관 (2020.09.25.기준)	70

그림 목차

그림 1. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 절차도	39
그림 2. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 품질시스템 체계	39
그림 3. KAERI 방사성폐기물 교차 검증 체계	40
그림 4. KAERI 핵종분석 데이터관리시스템의 핵종분석시험 Workflow 체계	40
그림 5. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 전용시설 현황	41
그림 6. KORAD의 핵종분석 오류 제발방지대책 추진일정	43
그림 7. KORAD의 중-저준위 방사성폐기물 운반/처분 절차	45
그림 8. KORAD의 중-저준위 방사성폐기물 처분시설 운영현황	46
그림 9. KINS의 환경방사능 분석관련 주요 장비	51
그림 10. 방사성핵종 분리 및 추출, 정제를 위한 방사화학실험실	53
그림 11. 감마선 방출핵종 자동 시료 교환장치 및 감마분광분석기	53
그림 12. 감마분광분석기(gamma spectrometry) 10 대 보유	54
그림 13. 알파분광분석기(alpha spectrometry) 40 개 시료 동시 측정 가능	54
그림 14. 액체섬광계수기(LSC) 4 대 보유 및 $^{14}\text{C}/^3\text{H}$ 추출을 위한 연소기	54
그림 15. 지방방사능측정소 야외 MP(좌) 및 실험실 계측장비 및 시료채취 장비	60
그림 16. 연속 공기부유진중 전알파. 전베타 측정장비	60
그림 17. 공기시료 채집기 및 감마분광분석기	60
그림 18. 범국가적 방폐물 특성평가 네트워크 구축 모델	68
그림 19. 범국가적 방폐물 특성평가 네트워크 및 품질 인증센터 구축 모델	71

제 1 장

연구개발 과제의 개요

제1절 연구개발의 필요성

KAERI



제1장 연구개발 과제의 개요

본 보고서는 자체연구개발사업의 일환인 역량강화 사업의 “중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안”과제에 대해 수행한 조사분석 내용을 기술하고 있는 최종 연구보고서이다. 본 보고서에는 연구과제의 연구기간동안 수행된 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석, 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황 분석, 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석, 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립의 결과에 대해 기술한다.

제1절 연구개발의 필요성

1. 연구개발의 경제·사회·기술적 중요성

- 기술적 측면: 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축
- 1978년 국내 원자력발전소 상업운전 이후 지속적으로 중·저준위 방사성폐기물이 발생하고 있음.
- 상업용 원자력발전소 이외 연구용원자로, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서도 중·저준위 방사성폐기물이 발생하고 있음.
- 2015년 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장 운영이 시작되면서 각각의 원자력시설에서 발생한 방사성폐기물이 처분장으로 반입되어 처리/처분되고 있음.
- 국내에서 발생한 모든 중·저준위 방사성폐기물은 “원자력안전위원회 고시 제 2020-11호 중·저준위 방사성폐기물 인도규정”에 따라서 방사성폐기물 드럼에 포함된 방사성핵종의 종류 및 농도를 규명하여 경주 처분장으로 반입하여야 함.
- 경주 처분장에는 2020년 8월 기준 총 24,783드럼의 중·저준위 방사성폐기물이 원자력발전소와 원자력연구원 (2,600 드럼), 동위원소 생산 및 이용시설 및 기타 등으로부터 이송되어 처리/처분 되고 있음.
- 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생한 RI 폐기물은 원자력환경공단에서 인수하여 드럼 내 존재하는 방사성핵종을 규명한 후 경주처분장으로 이송하여 처리/처분하고 있음.
- 원자력발전소 발생 폐기물은 척도인자에 의한 간접방법으로 드럼 내 방사성핵종 농도를 규명하고 2년마다 주기적으로 척도인자를 검증하고 있으며, 척도인자 산출 및 주기적 검증은 한국수력원자력(주)에서 한국원자력연구원에 의뢰하여 수행하였음.
- 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생한 RI 폐기물의 드럼내 핵종농도 규명은 원자력

환경공단에서 한국원자력연구원에 의뢰하여 수행하였음.

- 한국원자력연구원에서 발생된 중·저준위 방사성폐기물의 드림내 핵종농도 규명은 원자력연구원이 자체적으로 수행하였음.
- 현재 방사성폐기물 처분을 위한 폐기물 내 핵종농도 규명을 위해서 직접 및 간접분석 방법을 적용하고 있음.
- 방사성폐기물 간접분석에 적용되는 척도인자의 개선을 위한 연구가 진행중 임.
- 원자력연구원의 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라는 자체적으로 발생된 폐기물의 핵종농도 규명을 수행하는 데도 불충분한 상황임.
- 따라서, 국내 원자력시설, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생하는 방사성폐기물의 효율적인 핵종농도 규명을 위해 공공기관, 연구기관, 대학 및 산업체의 핵종분석 인프라를 활용할 수 있는 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축이 필요함.

- **경제·산업적 측면: 방사성폐기물 핵종분석 서비스산업의 성장 및 관련 고용 창출**

- 국내 방사성물질 핵종분석 서비스산업은 출발단계이며, 2019년 몇몇 기업들이 방사능 분석기관 협의체를 구성하여 분석서비스산업의 활성화를 도모하고 있음.
- 이들 업체들의 주요 방사성물질 핵종분석 대상은 수·출입 식품 및 용품시료, 천연방사성물질 원료 및 제품시료, 방사선 작업자 또는 원자력시설 주민 노시료, 원자력시설에서 발생하는 극저준위 및 자체처분대상 방사성폐기물시료 등에 국한되고 있음.
- 이들 업체들의 분석 서비스사업의 향후 방향은 원자력시설의 해체시 발생하는 극저준위 및 자체처분대상 폐기물시료의 핵종분석을 목표로 하고 있으며, 궁극적으로는 국내 발생하는 모든 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석 서비스산업으로 확장하고자 하고 있음.
- 최근 동국방사능표준분석(주)에서 인프라를 확보하여 원자력발전소 발생 폐기물의 척도인자에 대한 주기적 검증 용역을 발주 받아 수행 중임.
- 그러나, 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석은 규제기관의 인허가가 필요한 특수 인프라를 요구하고 신뢰성을 제공하여야 하므로 중소기업에서 관련 설비투자를 하여 서비스산업을 확장하는 데는 한계가 있음.
- 따라서, 국내 원자력시설, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생하는 방사성폐기물 및 원자력시설의 해체로 인하여 폭발적으로 늘어나는 방사성폐기물의 적시적이고 원활한 핵종농도 규명을 위한 방사성폐기물 핵종분석 서비스산업의 성장 및 관련 고용 창출 방안이 국가적으로 필요한 시점임.

- **사회·문화적 측면: 중·저준위 방사성폐기물 안전관리에 대한 국민의 신뢰 확보**

- 원자력연구원은 원안위의 방사성폐기물 무단폐기, 해체폐기물 부실관리 조사결과 이후 안전관련 의혹을 불식시키고자 자체 정화노력의 일환으로 원안법 위반 의심사례 등을 자체조사 후 자진신고 하였음.
- 잇따른 폐기물 관리부실 사건('17년~'18년) 원인을 분석한 결과 과거에 비해 규제는 강화된 반면 연구여건은 개선되지 않은 것으로 보아 추가적인 위반사항이 있을 것으로 자체 판단하였음.
- 2차례(1차 '18.7.3~7.16, 2차 '18.8.20~8.31)에 걸친 자체조사 및 점검 후 위반 의심사례를 찾아내 원안위에 자진신고('18.9.20)하였음.
- 원안위 조사결과, '15년~'17년간 총8회에 걸쳐 인도된 KAERI 방폐물 2,600드럼 중 2,111드럼에 잘못된 농도분석 결과를 기재하여 방사성폐기물 인도기준을 위반하였음.
- 계측기에서 도출된 측정값 관리부터 각종 분석·계산을 거쳐 최종 인수의뢰를 위한 정보기입에 이르기까지 6개 유형으로 분류되는 오류가 발생하였음.
- 원자력연구원은 “방사성폐기물 핵종분석 오류 관련 원자력연구원 재발방지대책”을 수립하여 제 106회 원자력안전위원회에 보고(2019.8.9.)하였음.
- 원자력환경공단도 “방사성폐기물 핵종분석 오류 관련 원자력환경공단 재발방지대책”을 수립하여 제 106회 원자력안전위원회에 보고(2019.8.9.)하였음.
- 2018년 10월경부터 현재까지 원자력연구원 방사성폐기물 핵종분석 오류로 인하여 경주 방사성폐기물 처분장의 모든 폐기물 반입이 잠정 중단된 상태임.
- 경주지역에서 “방폐물 관리 안전성 확보를 위한 민관합동조사단”이 구성(2019.1.29)되어 2019년 1월부터 12월까지 원자력연구원 방사성폐기물 핵종분석 오류관련 내용에 대하여 조사를 진행하였음.
- 따라서, 사회적으로 커다란 이슈가 되고 있는 원자력시설에서 발생되고 있는 방사성 폐기물의 안전한 처리/처분을 위한 중·저준위 방사성폐기물 안전관리에 대한 국민의 신뢰 확보 방안이 범국가적으로 필요한 시점임.



제2장

국·내외 기술개발 현황

제1절 법령과 기술기준 현황

KAERI



제2장 국내·외 동향

이 장에서는 방사성폐기물 영구처분과 관련하여 적용하고 있는 법령과 기술기준 현황, 방사성물질 시험분석 인증체계 및 제3자 검증체계 현황 등을 검토하였다.

제1절 법령과 기술기준 현황

원자력안전법 제70조는 방사성폐기물의 처분제한 사항에 대해서 [1], 방사성폐기물 관리법 제13조는 방사성폐기물의 인도에 대해서 [2], 원자력안전법 시행령 제2조 1항에서는 방사성폐기물의 정의에 대해서 [3], 방사성폐기물관리법 시행령 제4조는 방사성폐기물의 인도 절차 및 방법에 대해서 [4], 원자력안전법 시행규칙 제94조는 방사성폐기물의 처분제한에 대해서 제96조에서는 방사성폐기물의 인도에 대해서 명시하고 있다 [5].

[원자력안전법]

제70조(방사성폐기물의 처분제한) ① 누구든지 방사성폐기물을 해양에 투기(投棄)하는 방법으로 처분할 수 없다.
② 방사성폐기물관리시설등건설·운영자가 아닌 자는 총리령으로 정하는 종류 및 수량의 방사성폐기물을 땅속에 천층(淺層)처분(동굴처분을 포함한다) 또는 심층(深層)처분 등의 방법으로 처분할 수 없다. <개정 2013. 3. 23., 2015. 1. 20.>
③ 제2항에 따른 방사성폐기물 외의 방사성폐기물의 처분은 대통령령으로 정하는 방법 및 절차에 적합하게 하여야 한다.
④ 제2항에 따른 방사성폐기물의 처분을 방사성폐기물관리시설등건설·운영자에게 위탁하려는 자는 총리령으로 정하는 인도(引渡)기준에 적합하게 하여야 한다. <개정 2013. 3. 23., 2015. 1. 20.>

[방사성폐기물관리법]

제13조(방사성폐기물의 인도) ① 방사성폐기물 발생자는 「원자력안전법」 제70조제2항에 따라 처분이 제한된 종류 및 수량의 방사성폐기물이 발생하였을 때에는 방사성폐기물 관리사업자에게 인도(引渡)하여 방사성폐기물 관리를 하도록 하여야 한다. <개정 2011.7.25.>
② 제1항에 따른 인도의 절차와 방법 등에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[방사성폐기물관리법 시행령]

제4조(방사성폐기물의 인도 절차 및 방법) ① 법 제13조제1항에 따라 방사성폐기물을 인도(引渡)하려는 방사성폐기물 발생자는 인도하려는 날의 3개월 전까지 법 제10조에 따른 방사성폐기물 관리사업자(이하 "방사성폐기물 관리사업자"라 한다)에게 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 해당 방사성폐기물의 인수를 의뢰하여야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

② 방사성폐기물 관리사업자는 제1항에 따른 인수의뢰를 받았을 때에는 인수 예정일, 인수 물량 등 방사성폐기물의 인수에 필요한 사항을 정하여 그 인수 예정일의 1개월 전까지 산업통상자원부령으로 정하는 바에 따라 방사성폐기물을 인도하려는 방사성폐기물 발생자에게 알려야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

③ 방사성폐기물 발생자가 방사성폐기물을 인도하는 장소는 방사성폐기물 관리사업자가 지정하는 방사성폐기물 관리시설로 한다. 다만, 방사성폐기물 관리사업자는 방사성폐기물 발생자와 협의하여 그 인도 장소를 달리 정할 수 있다.

④ 방사성폐기물 발생자가 방사성폐기물을 방사성폐기물 관리사업자에게 인도할 때에는 방사성폐기물의 분류·포장 및 운반 등의 방법 또는 절차가 산업통상자원부장관이 정하여 고시하는 인도기준에 맞아야 한다. <개정 2013. 3. 23.>

⑤ 방사성폐기물 관리사업자는 방사성폐기물의 분류·포장 및 운반 등의 방법 또는 절차가 제4항에 따른 인도기준에 맞지 아니하는 경우에는 방사성폐기물을 반송하거나 그 인도기준에 맞도록 재분류 및 포장 등의 필요한 조치를 할 수 있다. 이 경우 방사성폐기물의 반송이나 재분류 및 포장 등에 필요한 비용은 방사성폐기물 발생자가 부담한다.

⑥ 제1항부터 제5항까지에서 규정한 사항 외에 방사성폐기물의 인도 절차 및 인도 방법 등에 관하여 필요한 세부사항은 산업통상자원부장관이 정하여 고시한다. <개정 2013. 3. 23.>

[원자력안전법 시행규칙]

제94조(방사성폐기물의 처분제한) 법 제70조제2항에서 "총리령으로 정하는 종류 및 수량의 방사성폐기물"이란 개인에 대한 연간 피폭방사선량이 10마이크로시버트 이상이거나 집단에 대한 총피폭방사선량이 1맨·시버트 이상이 되는 것으로서 위원회가 정하는 핵종별 농도 이상인 방사성폐기물을 말한다.

제96조(방사성폐기물의 인도) ① 법 제70조제4항에 따른 방사성폐기물의 인도기준은 다음 각 호와 같다.

1. 방사성폐기물은 종류 및 방사능 농도에 따라 분류하고, 처분장의 처분요건에 적합하도록 할 것
2. 방사성폐기물은 처분 후의 안전성을 확보하기 위하여 고체 형태로 할 것
3. 포장물은 운반 및 취급 시 파손되지 아니하도록 구조적 건전성을 유지할 것
4. 포장내의 유리수(遊離水)는 최소화하고 고화제가 함유하고 있는 핵종의 침출물이 적절히 제한되도록 할 것
5. 방사성폐기물은 폭발·인화 및 유해성 물질 등에 따른 위험성이 제거되도록 할 것
6. 포장물 외부에 방사성폐기물에 대한 주요 정보를 알아보기 쉽게 표시할 것

② 제1항에 따른 방사성폐기물의 인도방법·절차 및 그 밖의 필요한 사항은 위원회가 정하여 고시한다.

특히 원자력연구원 및 원자력환경공단 핵종분석 오류 재발방지를 위한 일환으로 중저준위 방사성폐기물과 관련하여 품질보증을 강화하는 방향으로 원자력안전위원회고시 제2020-10호 '중저준위 방사성폐기물 처분검사에 관한 규정, 2020-11호 '중저준위 방사성폐기물 인도규정', 제2020-12호 '중저준위 방사성폐기물 처분시설 운영 등에 관한 기술기준'이 2020년 7월 30일자로 일부개정 되었다. 제2020-10호 제3조 검사방법 및 내용에서 품질보증 강화를 위한 처분검사 내용을 구체화 하였다 [6]. 원자력안전위원회고시 제2020-11호는 원자력안전위원회고시 제2017-60호의 일부개정에 해당하며, 폐기물 발생자가 중저준위 방사성폐기물을 처분사업자에게 인도하는데 필요한 인도절차 및 방법 등을 명시하고 있다 [7]. 제2020-11호는 원자력연구원 핵종분석 오류 재발방지를 위한 일환으로 제4조 8항에 폐기물관리에 관한 품질보증기록, 제18조에 폐기물관리 품질보증, 부칙 제2조에 폐기물 인수의뢰에 관한 적용례를 추가하였다. 또한 한국원자력환경공단 핵종분석 오류 재발방지를 위한 일환으로 원자력안전위원회 고시 제2020-12호 제22조는 폐기물 인수에 대해서 제27조는 폐기물관리 품질보증에 대해서 일부개정 하였다 [8].

[원자력안전법 고시 제2020-10호]

제3조(검사 방법 및 내용) ① 이 규정에 의한 처분검사는 처분하고자 하는 중·저준위 방사성폐기물에 대하여 서류검토, 현장확인, 입회검사 또는 수검자와의 면담 등의 방법으로 실시한다.

② 처분검사의 내용은 다음 각 호와 같다.

1. 인수기준 적용과 인수절차의 적합 여부
2. 폐기물 특성규명 방법 및 해당 품질보증의 적합 여부
3. 폐기물 포장물 특성의 처분요건 부합 여부
4. 처분재고량 관리, 처분계획, 처분 자재 및 설비 등 처분준비 상태

[원자력안전법 고시 제2020-11호]

제4조(폐기물 인수의뢰) 위탁자는 포장물별로 다음 각 호의 정보를 포함하여 처분시설 운영자에게 폐기물의 인수를 의뢰하여야 한다.

1. 고유번호
2. 폐기물의 발생지점, 발생시점, 포장일자 및 기타 이력
3. 폐기물의 분류 및 종류, 처리 방법, 주요 방사선적·물리적·화학적·생물학적 특성 및 특성규명 방법
4. 총 방사능량, 주요 방사성핵종별 농도 및 측정/평가 일자
5. 최대 표면방사선량률 및 측정일자
6. 용기의 종류, 포장형태, 중량, 주요 안정성 특성 및 특성규명 방법 등
7. 취급·저장·처분 등에 관한 유의사항
8. 폐기물관리에 관한 품질보증기록

제18조(폐기물관리 품질보증) 위탁자는 제6조부터 제16조까지의 규정에서 정하는 기준과 처분시설운영자가 제시하는 세부적인 기준에 적합함을 보증하기 위한 폐기물관리에 관한 품질보증계획을 수립하고 이행하여야 하며, 이는 해당 폐기물에 대한 특성규명에 관한 사항을 포함한다.

부칙 <제2020-11호, 2020. 7. 30.>

제1조(시행일)이 고시는 발령한 날부터 시행한다. 다만, 제18조의 개정규정은 2020년 1월 1일부터 시행한다.

제2조(폐기물 인수의뢰에 관한 적용례)제4조 각 호외의 부분 본문 및 같은 조 제8호의 개정규정은 이 고시 시행 이후 신규로 폐기물의 인수를 의뢰하는 경우부터 적용한다.

제3조(경과조치)이 고시의 시행 당시 종전의 원자력안전위원회고시 제2017-60호(중·저준위 방사성폐기물 인도규정)에 따라 행한 행위는 이 고시에 따라 행한 것으로 본다.

제22조(폐기물 인수) ① 운영자는 해당 처분시설에서 인수할 수 있는 폐기물의 특성과 폐기물 인수절차에 관한 세부사항을 인수기준으로 수립하여 사전에 폐기물 발생자 또는 폐기물 처분을 위탁하고자 하는 자(이하 "폐기물발생자"라 한다)에게 제공하여야 한다. 인수기준을 개정하는 경우에도 또한 같다.

② 추가적인 처리 없이 직접 처분을 목적으로 폐기물을 인수하는 경우, 제1항의 인수기준은 다음 각 호의 사항을 포함하여야 한다.

1. 해당 처분시설에서 처분을 위해 인수할 수 있는 폐기물의 특성과 관련하여, 제21조제2항의 처분폐기물 특성기준

2. 폐기물발생자가 해당 폐기물이 제1호의 기준에 적합함을 입증하는 데 적용하여야 할 다음 각 목을 포함하는 폐기물 특성규명 방법에 관한 기준과 운영자가 그 부합성을 확인하는 데 적용할 방법

가. 방사선적 특성규명: 시료 채취·전처리·보관, 분석 및 측정, 계산, 데이터 관리 등

나. 물리적 특성규명: 폐기물의 형태, 고형화 및 포장물 등에 대한 시험, 측정 또는 평가의 방법과 절차

다. 화학적·생물학적 특성규명: 유리수, 부식 및 기타 위해성 등에 대한 측정, 분석 또는 평가의 방법과 절차

3. 폐기물발생자가 해당 폐기물이 제1호의 기준에 적합함을 입증하는 데 적용하여야 할 폐기물관리에 관한 품질보증에 관한 기준, 이는 폐기물 특성규명에 관한 사항을 포함

4. 처분시설에서 폐기물을 인수하는 절차

5. 폐기물발생자가 운영자에게 폐기물을 인도할 때 제출하여야 할 서류

6. 제1호의 기준을 만족하지 못하는 폐기물에 대한 운영자의 조치 계획

③ 운영자는 제2항제2호의 기준에 따라 폐기물발생자가 수립한 폐기물 특성규명 방법 및 원자력안전위원회고시 「중·저준위 방사성폐기물 인도규정」 제18조에 따른 품질보증계획의 적합성을 사전에 확인하여야 한다.

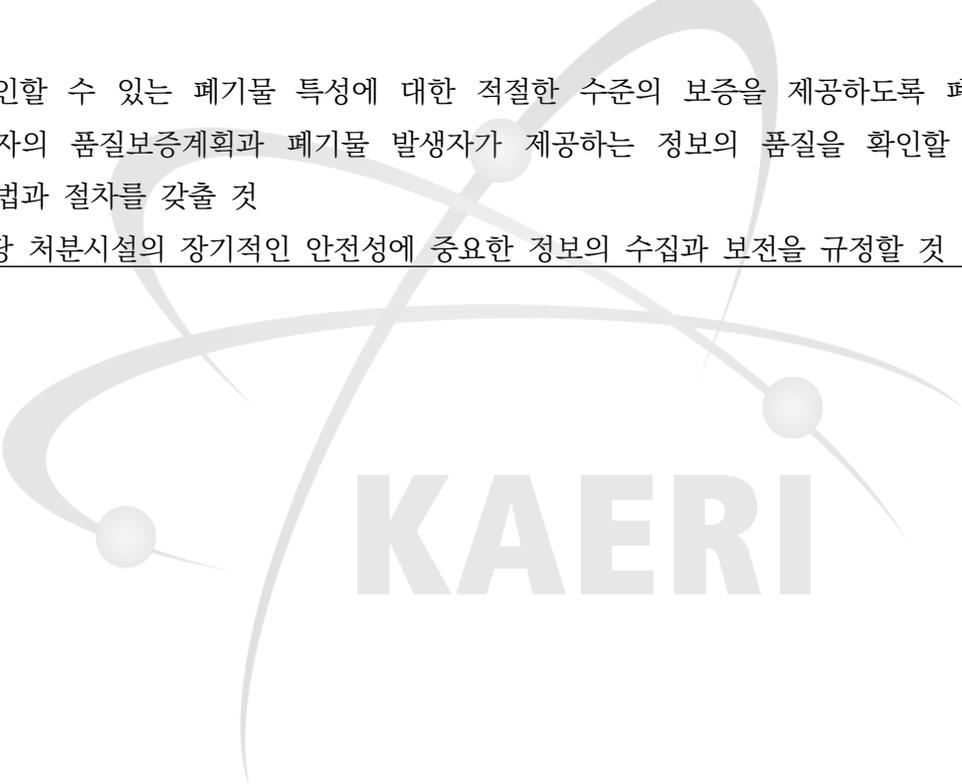
④ 운영자는 제2항의 기준에 따라 처분시설에 인도되는 모든 폐기물에 대해 인수검사를 실시하여 해당 인수기준을 만족하는지를 확인하여야 하며, 인수기준에 부합하지 않은 폐기물은 격리·보관하고 제2항제6호의 조치계획에 따라 조치를 취하여야 한다.

⑤ 운영자가 폐기물발생자로부터 폐기물을 인수한 후 처분장에서 추가적인 처리를 통해 제21조제2항의 처분폐기물 특성기준을 만족시키고자 하는 경우, 제1항의 인수기준은 인수할 수 있는 폐기물의 특성기준과 인수절차를 포함하여야 한다.

제27조(폐기물관리 품질보증) ① 운영자는 제4조제1항에 따른 건설 및 운영에 관한 품질보증계획서 외에 제21조부터 제26조까지의 규정에 따라 폐기물의 관리에 관한 품질보증계획을 수립하여 운용하여야 한다.

② 제1항의 품질보증계획은 다음 각 호에 따라 수립되어야 한다.

1. 그 구성 요소 및 활동들이 처분시설의 안전성에 미치는 잠재적인 효과를 적절히 감안하여 수립되어야 하며, 처분시설의 안전 운영에 중요한 활동들은 처분시설의 운영 및 폐쇄 후 단계에 대한 체계적인 안전성평가의 결과를 토대로 분별할 것
2. 처분시설 운영 중 폐기물 특성 및 운영 절차의 변경 관리에 각별히 유의하여 이러한 변경이 처분에 관한 안전요건들의 충족을 입증하기 위한 관리절차를 포함할 것
3. 용인할 수 있는 폐기물 특성에 대한 적절한 수준의 보증을 제공하도록 폐기물 발생자의 품질보증계획과 폐기물 발생자가 제공하는 정보의 품질을 확인할 수 있는 방법과 절차를 갖출 것
4. 해당 처분시설의 장기적인 안전성에 중요한 정보의 수집과 보전을 규정할 것



KAERI

특히, 원자력안전위원회 고시 제2020-11호 제6조에서는 방사능 농도 등의 제한에 대해서 명시하고 있으며, 제8조에서는 핵종분석을 통해 전체 방사능량의 95% 이상을 구성하는 방사성핵종을 규명해야 하며, 14개 핵종(전알파 포함)에 대해서는 농도까지 규명할 것을 요구하고 있다. 이와 함께 핵종 규명을 위한 방법도 제시하고 있다.

[원자력안전법 고시 제2020-11호]

제6조(방사능 농도 등의 제한) 위탁자가 처분시설운영자에게 인도하는 폐기물의 방사능 농도는 포장물 단위로 다음 각호의 기준을 충족하여야 한다.

1. 「원자력안전법 시행령」 제2조제1호 에 따라 원자력안전위원회가 정하는 중·저준위 방사성폐기물에 해당할 것
2. 원자력안전위원회 고시 「중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영등에 관한 기술기준」에 따른 방사성폐기물 인수기준의 방사성핵종별 농도를 만족할 것

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

② 폐기물에 포함되어 있는 방사성핵종의 규명은 다음 각 호의 방법에 따른다.

1. 원자력안전위원회 고시 「방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정」에 따라 중준위, 저준위, 극저준위로 분류할 수 있도록 방사성핵종별 농도를 평가하여야 한다.
2. 방사선 계측 등에 의한 직접 측정방법의 경우, 해당 계측시스템은 제1항에서 정한 핵종(단, Fe-55, Co-58, Ce-144은 제외한다)에 대하여는 원자력안전위원회 고시 「방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정」이 정하는 저준위방사성폐기물 방사능농도제한치의 1% 수준을 평가할 수 있는 능력을 보유하여야 하며, 기타 핵종에 대하여는 이에 준하는 측정 성능을 갖추어야 한다.
3. 척도인자 등 간접 평가방법의 경우, 예측의 정확도를 제시하여야 하고, 핵종 농도가 과소평가 되지 않도록 척도인자의 값을 보수적으로 설정해야 한다. 척도인자의 확인주기는 2년에 1회 이상이어야 하며, 폐기물 조성에 변화를 줄 수 있는 요인이 발생한 경우에는 그때마다 실시하여야 한다.
4. 물질수지 등을 이용한 이론적 평가방법의 경우, 예측의 정확도를 제시하여야 하고, 핵종 농도가 과소평가 되지 않도록 하여야 한다.

원자력안전위원회 고시 제2020-06호 ‘방사성폐기물의 분류 및 자체처분 기준에 관한

규정' 제3조는 방사성폐기물 분류, 제4조는 방사성폐기물 처분방식, 제5조는 방사성폐기물 처분제한에 대해서 명시하고 있다 [9].

[원자력안전법 고시 제2020-6호]

제3조(방사성폐기물 분류) ① 「원자력안전법 시행규칙」제94조에서 "위원회가 정하는 핵종별 농도"라 함은 별표1의 핵종별 농도를 말한다.

② 영 제2조제1호에서 "위원회가 방사능 농도를 고려하여 정하는 바"란 다음 각호와 같다.

1. "중준위방사성폐기물"은 중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 별표2의 핵종별 농도 이상인 것을 말한다.
2. "저준위방사성폐기물"은 중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 자체처분 허용농도의 100배 이상이고 별표2의 핵종별 농도 미만인 것을 말한다. 단, 별표2에 규정되지 않은 핵종에 대해서는 처분시설 운영자의 인수기준에 따른 처분제한 농도를 적용한다.
3. "극저준위방사성폐기물"은 중·저준위방사성폐기물 중에서 방사능 농도가 자체처분 허용농도 이상이고, 자체처분 허용농도의 100배 미만인 방사성폐기물을 말한다.

제4조(방사성폐기물 처분방식) 방사성폐기물의 처분방식은 다음 각 호와 같다.

1. "심층처분"은 지하 깊은 곳의 안정한 지층구조에 천연방벽 또는 공학적 방벽으로 방사성폐기물을 처분하는 것을 말한다.
2. "천층처분"은 다음 각목의 어느 하나에 해당하는 것을 말한다.
 - 가. 동굴처분 : 지하의 동굴 또는 암반 내에 천연방벽 또는 공학적 방벽으로 방사성폐기물을 처분하는 것
 - 나. 표층처분 : 지표면과 가까이에 천연방벽 및 공학적 방벽으로 방사성폐기물을 처분하는 것
 - 다. 매립형처분 : 지표면과 가까이에 천연방벽으로 방사성폐기물을 매립하여 처분하는 것

제5조(방사성폐기물의 처분제한) ① 제3조의 방사성폐기물은 다음 각 호와 같이 처분되어야 한다.

1. 극저준위방사성폐기물은 천층처분 또는 심층처분 방식으로 처분 할 수 있다.
2. 저준위방사성폐기물은 매립형처분 방식으로 처분 할 수 없다.
3. 중준위방사성폐기물은 표층처분 또는 매립형처분 방식으로 처분 할 수 없다.
4. 고준위방사성폐기물은 천층처분 방식으로 처분 할 수 없다.

② 제1항에도 불구하고 원자력안전위원회가 방사성폐기물의 효율적 처분을 위해 필요하다고 인정하는 때에는 제1항을 적용하지 아니할 수 있다.

원자력안전위원회 고시 제2020-06호 제5조에서는 방사성폐기물의 처분제한에 대해서, 제6조에서는 자체처분 허용기준에 대해서 명시하고 있다.

[원자력안전법 고시 제2020-6호]

제5조(방사성폐기물의 처분제한) ① 제3조의 방사성폐기물은 다음 각 호와 같이 처분되어야 한다.

1. 극저준위방사성폐기물은 천층처분 또는 심층처분 방식으로 처분 할 수 있다.
2. 저준위방사성폐기물은 매립형처분 방식으로 처분 할 수 없다.
3. 중준위방사성폐기물은 표층처분 또는 매립형처분 방식으로 처분 할 수 없다.
4. 고준위방사성폐기물은 천층처분 방식으로 처분 할 수 없다.

② 제1항에도 불구하고 원자력안전위원회가 방사성폐기물의 효율적 처분을 위해 필요하다고 인정하는 때에는 제1항을 적용하지 아니할 수 있다.

제6조(자체처분 허용기준) ① 자체처분 허용농도 미만인 방사성폐기물은 자체처분 할 수 있다.

② 자체처분 허용선량을 만족하는 것이 입증된 방사성폐기물은 자체처분할 수 있다.

③ 영 제107조제3항제2호에서 "위원회가 정하여 고시하는 자체처분 허용기준"이라 함은 다음 각 호와 같다.

1. 제9조 및 제10조에 따른 기준을 만족시킬 것
2. 제11조에 따른 절차가 수립되어 있을 것
3. 자체처분 방법 및 절차 등이 위원회로부터 적합한 것으로 판정된 검토결과를 통지받은 자체처분계획서의 내용과 변경이 없을 것

표 1과 표2는 방사성폐기물의 자체처분 및 처분제한에 기준이 되는 방사성폐기물의 분류기준에 해당되는 핵종별 허용농도를 표시하고 있다.

표 1. 방사성핵종별 자체처분 허용농도

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
C-14, Na-24, Cl-36, Sc-48, V-48, Mn-52, Fe-59, Co-57, Co-58, Se-75,	1

Br-82, Sr-85, Sr-90, Zr-95, Nb-95, Tc-96, Tc-99, Ru-103, Ag-105, Cd-109, Sn-113, Sb-124, Te-123m, Te-132, Cs-136, Ba-140, La-140, Ce-139, Eu-155, Tb-160, Hf-181, Os-185, Ir-190, Ir-192, Tl-204, Bi-206, U-233, Np-237, Pu-236, Cm-243, Cm-244, Cf-248, Cf-250, Cf-252, Cf-254	
Be-7, F-18, Cl-38, K-43, Ca-47, Mn-51, Mn-52m, Mn-56, Fe-52, Co-55, Co-62m, Ni-65, Zn-69m, Ga-72, As-74, As-76, Sr-91, Sr-92, Zr-93, Zr-97, Nb-93m, Nb-97, Nb-98, Mo-90, Mo-93, Mo-99, Mo-101, Tc-97, Ru-97, Ru-105, Cd-115, In-111, In-114m, Sn-125, Sb-122, Te-127m, Te-129m, Te-131m, Te-133, Te-133m, Te-134, I-126, I-130, I-131, I-132, I-133, I-134, I-135, Cs-129, Cs-132, Cs-138, Ba-131, Ce-143, Ce-144, Gd-153, W-181, W-187, Pt-191, Au-198, Hg-203, Tl-200, Tl-202, Pb-203, Po-203, Po-205, Po-207, Ra-225, Pa-230, Pa-233, U-230b, U-236, Np-240, Pu-241, Cm-242, Es-254m	10
H-3, S-35, K-42, Ca-45, Sc-47, Cr-51, Mn-53, Co-61, Ni-59, Ni-63, Cu-64, Rb-86, Sr-85m, Sr-87m, Y-91, Y-91m, Y-92, Y-93, Tc-97m, Tc-99m, Rh-105, Pd-109, Ag-111, Cd-115m, In-113m, In-115m, Te-129, Te-131, I-123, I-125, Cs-135, Ce-141, Pr-142, Nd-147, Nd-149, Sm-153, Eu-152m, Gd-159, Dy-166, Ho-166, Er-171, Tm-170, Yb-175, Lu-177, Re-188, Os-191, Os-193, Ir-194, Pt-197m, Au-199, Hg-197, Hg-197m, Tl-201, Ra-227, U-231, U-237, U-239, U-240, Np-239, Pu-234, Pu-235, Pu-237, Bk-249, Cf-253, Es-253, Fm-255	100
Si-31, P-32, P-33, Fe-55, Co-60m, Zn-69, As-73, As-77, Sr-89, Y-90, Tc-96m, Pd-103, Te-125m, Te-127, Cs-131, Cs-134m, Pr-143, Pm-147, Pm-149, Sm-151, Dy-165, Er-169, Tm-171, W-185, Re-186, Os-191m, Pt-193m, Pt-197, At-211, Th-226, Pu-243, Am-242, Cf-246	1,000
Co-58m, Ge-71, Rh-103m, Fm-254	10,000

주1) 다수의 방사성핵종이 혼합되어 있는 경우에는 다음과 같이 한다.

$$\sum_i \frac{C_i}{C_{L,i}} < 1$$

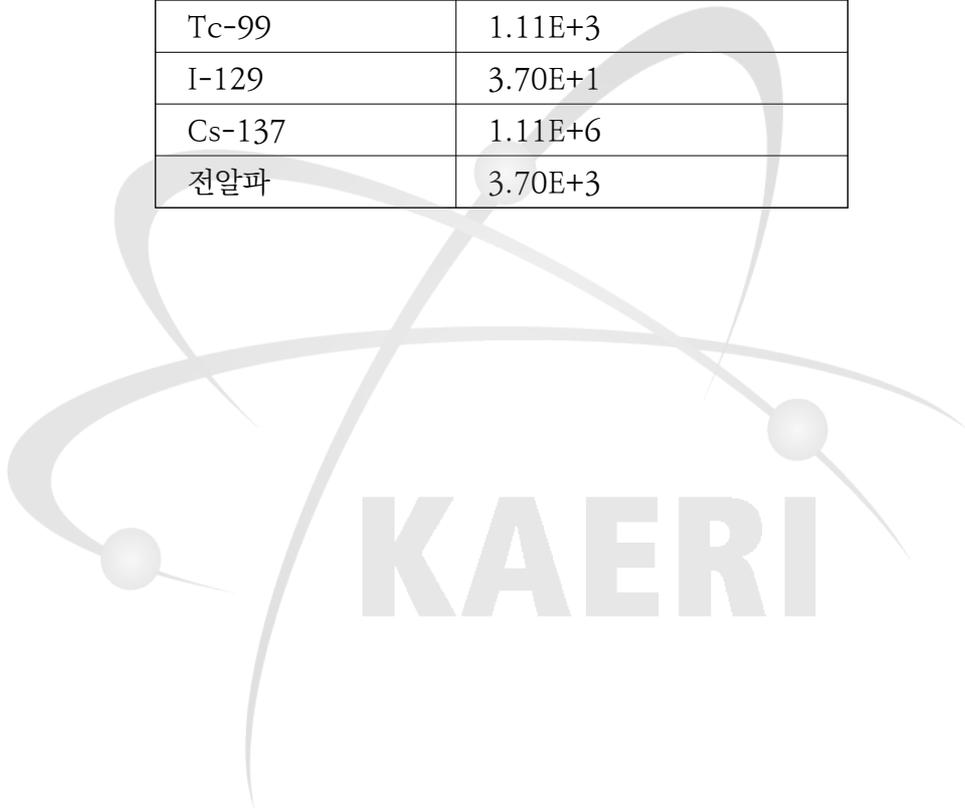
C_i : 방사성핵종 i의 방사능농도(Bq/g)

C_{L,i} : 별표1에 주어진 방사성핵종 i의 자체처분 허용농도(Bq/g)

주2) 별표1에 수록되지 않은 알파선을 방출하지 아니하는 방사성핵종의 경우 자체처분 허용농도로써 0.1 Bq/g을 적용할 수 있다.

표 2. 저준위방사성폐기물의 방사능 농도 제한치

방사성 핵종	방사능 농도 (Bq/g)
H-3	1.11E+6
C-14	2.22E+5
Co-60	3.70E+7
Ni-59	7.40E+4
Ni-63	1.11E+7
Sr-90	7.40E+4
Nb-94	1.11E+2
Tc-99	1.11E+3
I-129	3.70E+1
Cs-137	1.11E+6
전알파	3.70E+3





제3장

연구개발 내용 및 결과

- 제1절 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석
- 제2절 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황분석
- 제3절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석
- 제4절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립



제3장 연구개발 내용 및 결과

제1절 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석

한국원자력연구원의 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 내용은 제106차 원자력 안전위원회 회의에 보고된 안건으로 분석하였다 [10].

1. 원자력연구원 발생 방사성폐기물 핵종분석 오류 개요

가. 주요위반 사항

- KAERI 방사성폐기물 인도기준 위반
 - ‘15년~17년간 총8회에 걸쳐 인도된 KAERI 방폐물 2,600드럼 중 2,111드럼에 잘못된 농도분석 결과를 기재
 - 계측기에서 도출된 측정값 관리부터 각종 분석·계산을 거쳐 최종 인수의뢰를 위한 정보기입에 이르기까지 6개 유형으로 분류되는 오류 발생

나. 원인 및 문제점

한국원자력연구원의 방사성폐기물 핵종분석 오류 원인 및 문제점에 대한 총괄표를 표 3에 나타냈다.

표 3. 방사성폐기물 핵종분석 오류 유형, 발생원인 및 문제점

오류 유형	발생원인	문제점 분석
① 일부 드럼의 시료데이터 망실	(A) 시험분석 전과정 절차 문서화 미흡 (B) 시험분석 결과의 추적관리 및 확인 절차 미흡 (C) 방사성폐기물 안전관리 전담 시스템 미비	☞ (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움 ☞ (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차미흡 ☞ (구조적) 핵종분석 인프라 미흡 및 핵종분석 전담조직 인력 부족
② 시료 측정 후 기재시 다른 값을 적용	(A) 시험분석 전과정 절차 문서화 미흡 (B) 시험분석 결과의 추적관리 및 확인 절차 미흡 (C) 방사성폐기물 안전관리 전담 시스템 미비 (D) 시험분석 전문인력 정기적 교육·훈련 절차 미흡	☞ (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움 ☞ (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차미흡 ☞ (구조적) 핵종분석 인프라 미흡 및 핵종분석 전담조직 인력 부족

오류 유형	발생원인	문제점 분석
③ 방폐물 발생정보가 유사하지 않은 드럼 그룹핑	(A) 시험분석 전과정 절차 문서화 미흡 (C) 방사성폐기물 안전관리 전담 시스템 미비 (D) 시험분석 전문인력 정기적 교육·훈련 절차 미흡 (E) 핵종분석 전담조직 인력 부족 (F) 핵종분석 전용 시설 및 장비 부족 (G) 부서 인프라(시설, 인력, 장비) 역량 이상의 분석물량 폭주에 따른 부작용	☞ (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움 ☞ (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차미흡 ☞ (구조적) 핵종분석 인프라 미흡 및 핵종분석 전담조직 인력 부족 ☞ (사회적) 방폐물 핵종분석 유일기관으로 처분장 운영개시 이후 분석물량 폭주
④ 척도인자 적용 대상이 아닌 방폐물에 대해 적용	(C) 방사성폐기물 안전관리 전담 시스템 미비 (E) 핵종분석 전담조직 인력 부족 (H) 척도인자 산출범위 관련 인허가 제출 자료 검토 미비	☞ (구조적) 핵종분석 인프라 미흡 및 핵종분석 전담조직 인력 부족
⑤ 계산수식·데이터 적용 오류	(B) 시험분석 결과의 추적관리 및 확인 절차 미흡 (D) 시험분석 전문인력 정기적 교육·훈련 절차 미흡 (I) 시험분석 장비 품질관리 절차 미흡 (J) 시험분석 제3자 교차검증 미흡	☞ (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움 ☞ (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차미흡
⑥ 핵종 분석 결과 데이터 관리시스템(DB) 오류	(B) 시험분석 결과의 추적관리 및 확인 절차 미흡 (K) 시험분석 데이터관리시스템 유효성평가 절차 미흡	☞ (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움 ☞ (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차미흡

다. 세부 발생원인 분석

방폐물 관리 문제에 대한 자체 및 원안위 검사결과를 종합한 결과 기능적, 절차적, 사회환경적, 구조적인 취약점을 발견하였으며, 세부적인 발생원인 분석은 다음과 같다.

- (기능적) 핵종분석 과정의 복잡성에 따른 오류 파악 어려움
 - (A) 시험분석 전과정 절차 문서화 미흡
- (절차적) 핵종분석결과 검증 및 데이터 품질관리 절차 미흡
 - (B) 시험분석 결과의 추적관리 및 확인 절차 미흡
 - (D) 시험분석 전문인력 정기적 교육·훈련 절차 미흡
 - (I) 시험분석 장비 품질관리 절차 미흡
 - (J) 시험분석 결과의 제3자 교차검증 미흡
 - (K) 시험분석 데이터관리시스템 유효성평가 절차 미흡
- (사회적) 방폐물 핵종분석 유일기관으로 처분장 운영개시 이후 분석물량 폭주
 - (G) 부서 인프라 역량 이상의 분석물량 폭주에 따른 부작용
- (구조적) 핵종분석 인프라 미흡 및 핵종분석 전담조직 인력 부족

- (C) 방사성폐기물 안전관리 전담 시스템 미비
- (E) 핵종분석 전담조직 인력 부족
- (F) 핵종분석 전용 시설 및 장비 부족
- (H) 척도인자 산출범위 관련 인허가 제출 자료 검토 미비

2. 원자력(연) 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석

가. 핵종분석오류 재발방지대책 수립 목표

방사성폐기물 핵종분석 업무의 투명성·신뢰성 검증체계 구축을 통해 유사·동일 사건 재발을 원천 차단하고 전사적 방사성폐기물 안전관리 구현

나. 핵종분석오류 재발방지대책 중점 사항

□ 중점사항	
중점대책	이행 방안
1. 핵종분석 업무 프로세스 혁신	① 핵종분석 품질보증체계 강화 ② 제3자 교차검증 방안수립 및 시행 ③ 데이터관리 시스템(LIMS*) 도입 및 유효성 검증 * LIMS: Laboratory Information Management System
2. 방폐물 관리 인프라 정비	④ 방사성폐기물 안전관리 체계 강화 ⑤ 방사성폐기물 인프라 확충



기관운영계획서 반영을 통해 재발방지 대책의 적극 이행

다. 핵종분석오류 재발방지대책 내용

한국원자력연구원의 방사성폐기물 핵종분석 오류에 대하여 오류 항목별로 수립한 재발방지 대책을 표 4에 나타냈다.

표 4. KAERI의 방사성폐기물 핵종분석 오류에 대한 재발방지대책 총괄표

<p>① 핵종분석 품질보증 체계 도입</p>
<p>1-1) 핵종분석 품질보증절차서 작성 1-2) 운영절차서 작성 1-3) 분석시험지침서 개정보완, 신규 작성 1-4) 시험원 자격 부여 교육 및 평가 1-5) 핵종분석 업무에 전면 적용 1-6) 품질보증체계 고도화 (개선보완 사항 도출 및 지속적 개선)</p>
<p>② 제3자 교차검증 방안수립 및 이행</p>
<p>2-1) 국내 교차 검증 가능한 기관 선정 2-2) 교차분석 가능 시료 및 핵종 선정 2-3) 교차분석 주기 및 핵종 선정 2-4) 교차분석 주기 및 평가방법 설정 2-5) 교차분석 수행</p>
<p>③ 데이터관리 시스템 도입 및 유효성 검증</p>
<p>3-1) LIMS 시스템 설계 및 요구사항 확정 3-2) LIMS 시스템 구현 및 단위 테스트 3-3) LIMS 시스템 안정성 테스트 및 교육 3-4) LIMS 시스템 유효성 평가 3-5) LIMS 시스템 시험운영 3-6) LIMS 시스템 전면운영</p>
<p>④ 방사성폐기물 인프라 (방사화학분석동) 확충</p>
<p>4-1) 규제기관 인허가 서류 작성/제출 4-2) 시설 안전설비 구축 4-3) 전문분석, 시설/안전관리 인력보강 4-4) 시험설비 및 분석 장비 구축 4-5) 시설인허가 획득 4-6) 시설 시운전 4-7) 시설 정상 운전</p>

라. 핵종분석오류 재발방지대책 이행 현황

KAERI의 방사성폐기물 핵종분석 오류에 대하여 오류 항목별로 수립한 재발방지대책에 대하여 2019년 9월부터 2020년 9월까지 추진한 이행현황을 정리하였다. KAERI는 방사성폐기물 핵종분석에 대한 품질보증체계를 수립하였다. KAERI의 방사성폐기물 분석 절차를 그림 1에 나타냈다. 핵종분석 품질보증체계 중 최상위 문서인 품질보증계획서와 두 번째 순위문서인 품질절차서는 품질 담당부서에서 작성하였으며, 세 번째 순위 문서인 시험운영절차와 최하위 문서인 시험절차서는 핵종분석 담당부서에서 작성하였다 (그림 2).

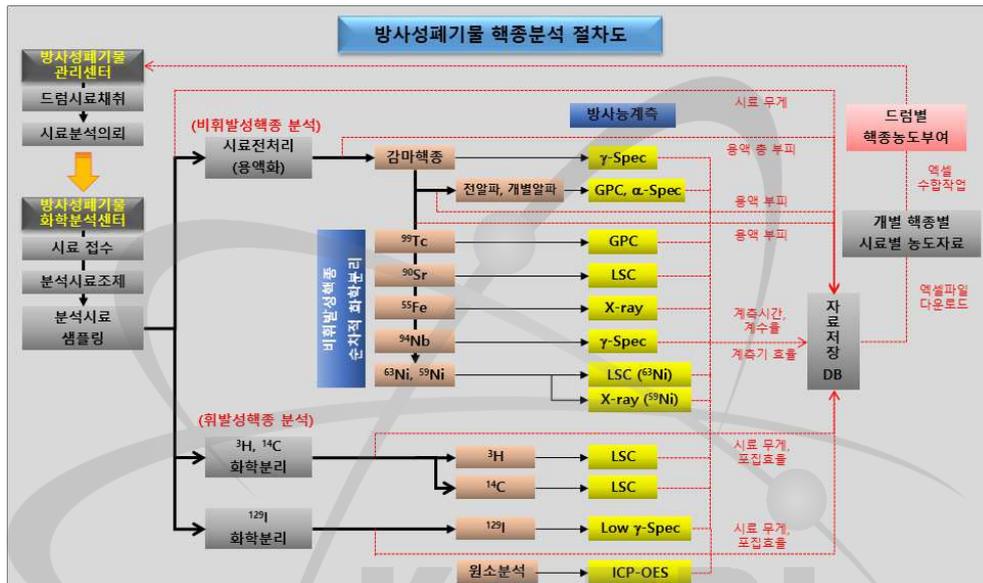


그림 1. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 절차도

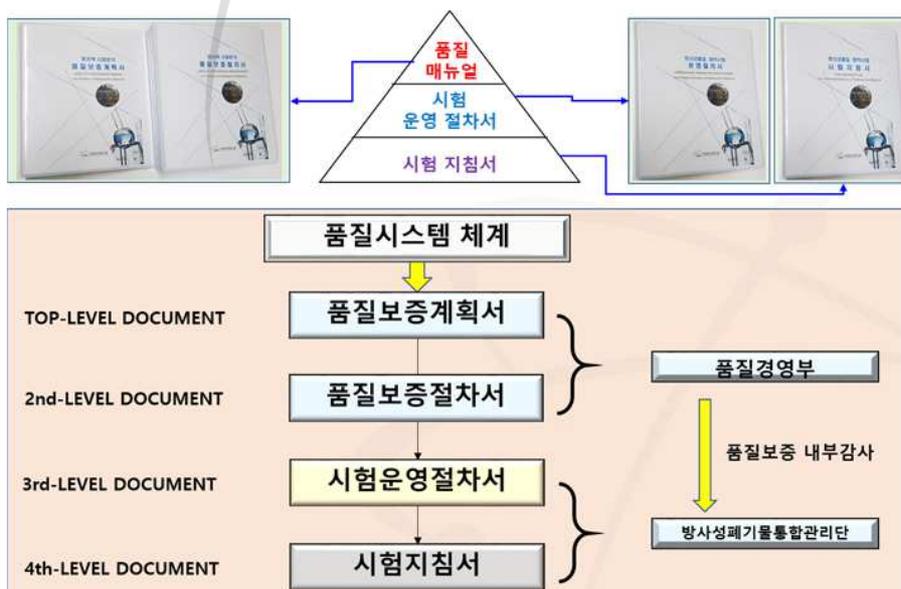


그림 2. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 품질시스템 체계

또한 그림 3에 나타난 바와 같이 제3자 교차 검증방안을 수립하였다. 내부 품질감사를 강화하고, 외부 제3자 전문가 검증을 강화하는 체계를 구축하였으며, KAERI-KORAD 업무협약 체결을 통해서 상호 교차분석이 가능하도록 하였다.

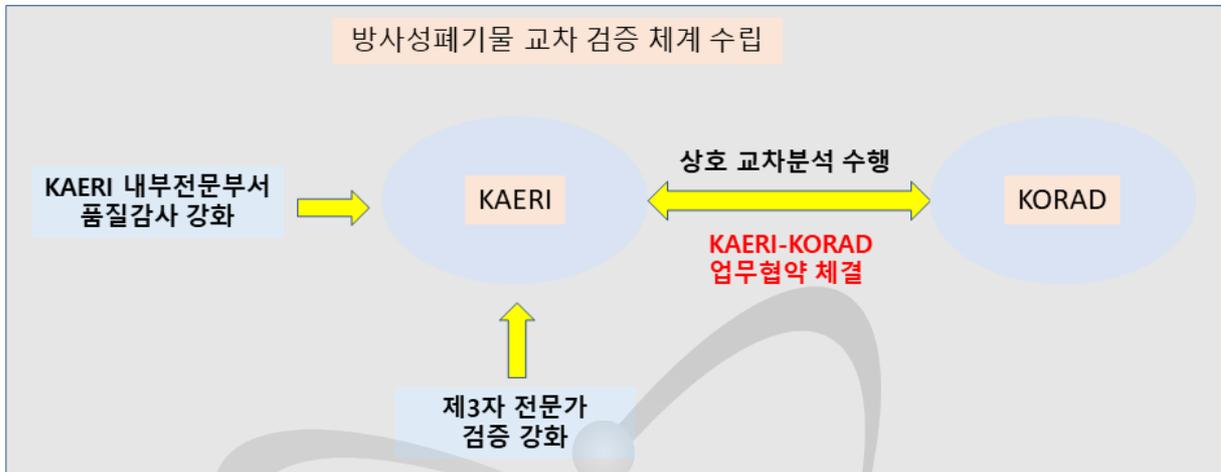


그림 3. KAERI 방사성폐기물 교차 검증 체계

Abbott사의 STARLIMS를 기반으로 그림 4의 핵종분석시험 Workflow에 따라 모든 실험결과가 저장 관리되는 핵종분석 데이터관리시스템(LIMS)을 구축하였다.

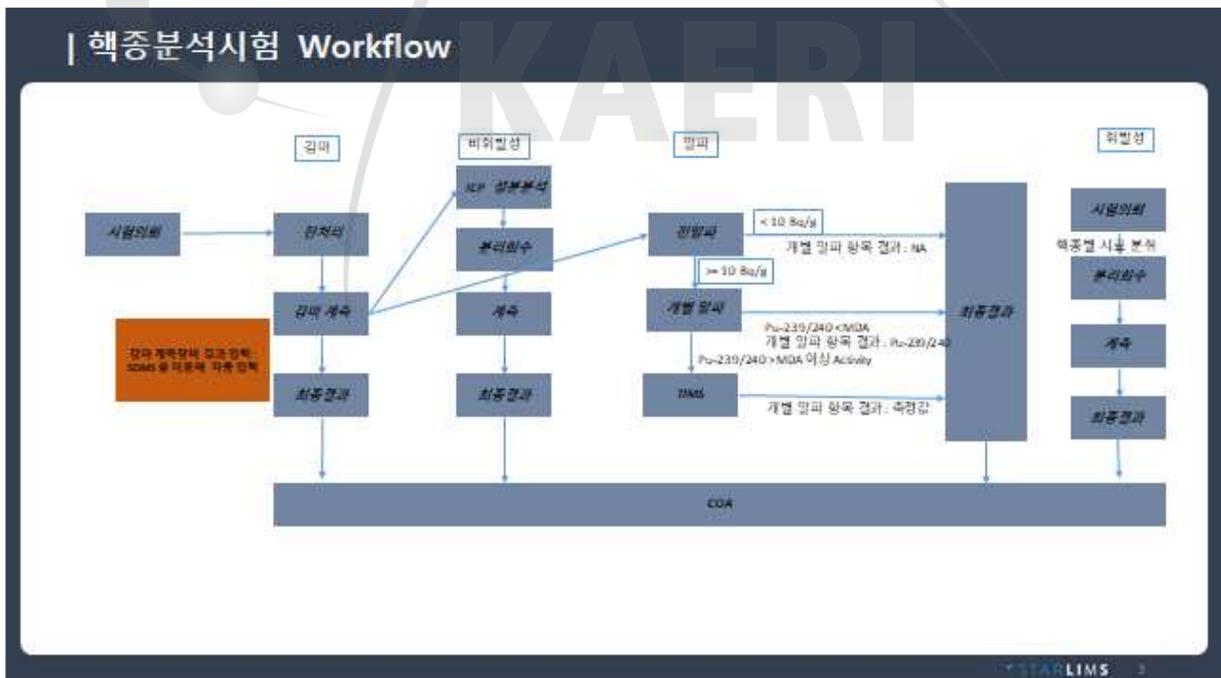


그림 4. KAERI 핵종분석 데이터관리시스템의 핵종분석시험 Workflow 체계

방사성폐기물 핵종분석 인프라 확충 일환으로 폐기물분석 전용시설을 구축하였다. 시설의 1층 및 2층 도면과 시설 외부 전경 사진을 그림 5에 나타냈다. 전용시설은 연면적 1,830 m³ (지하 1층 330 m³, 지상 2층 1,500 m³) 콘크리트 구조물로 건설되었다.

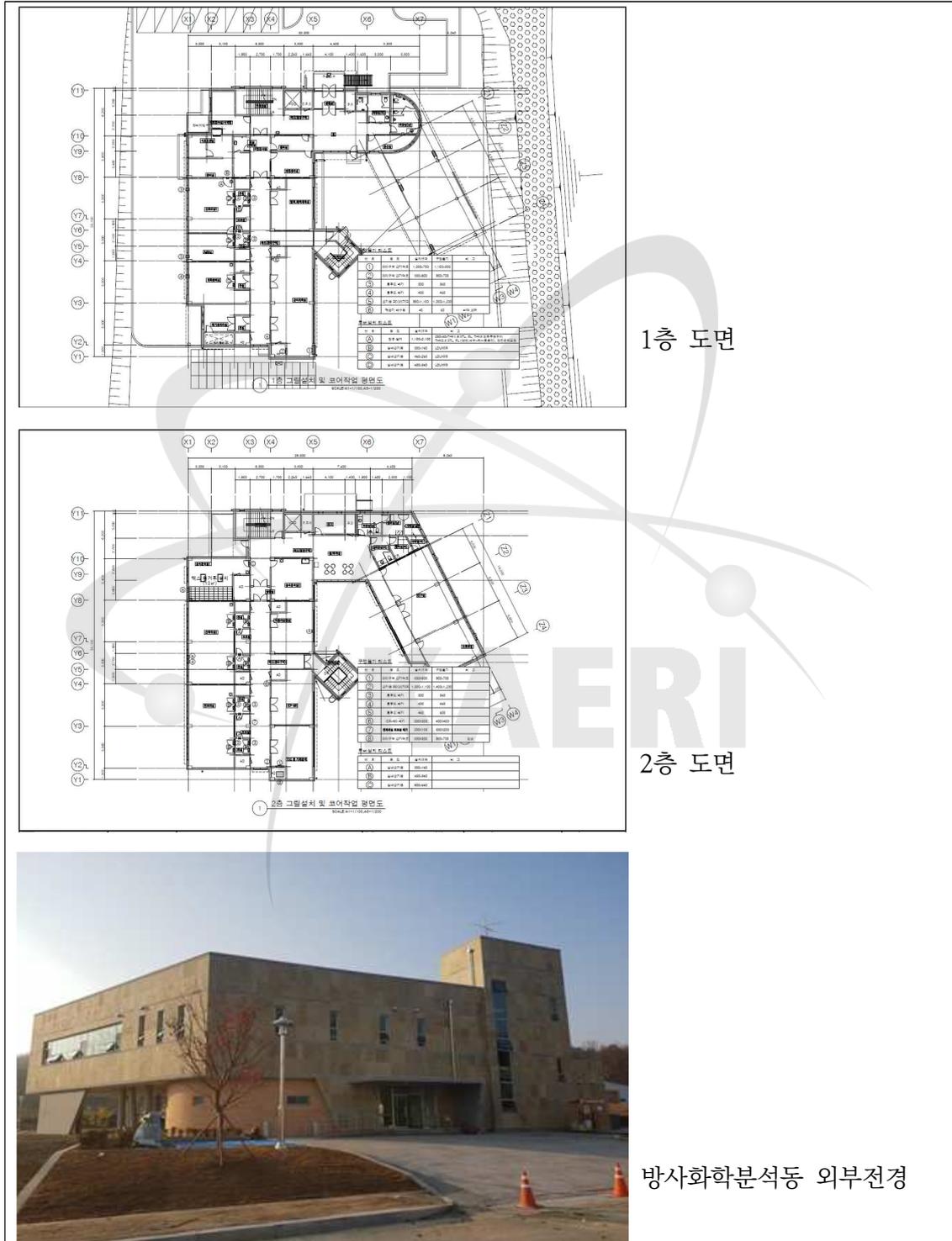


그림 5. KAERI 방사성폐기물 핵종분석 전용시설 현황

KAERI 방사성폐기물 핵종분석 전용시설은 2018년 12월 완공된 후, 2019년 방사선안전설비 구축, 2020년 급배기시설 환경개선공사와 2021년 상반기까지 주요 분석설비를 순차적으로 도입 중이며, 인허가 문서를 2020년 3분기에 제출하여 2021년 1분기까지 방사성동위원소 시설사용허가를 받을 계획이다. KAERI 방사성폐기물 핵종분석은 현재까지는 조사후시험시설 내 화학분석시험시설에서 공동 시설과 장비를 이용하여 연간 400개 시료를 분석하였다. 신규 방사성폐기물 핵종분석 전용 분석 시설은 연간 600개 이상의 시료를 분석 가능하도록 분석설비, 인력 및 예산을 확보하였다. 신규 시설에 구축 중인 주요 분석설비 현황은 표 5과 같다.

표 5. KAERI 신규 방사성폐기물 핵종분석 전용시설 년도 별 주요 분석설비 구축 계획

분석설비 종류	장비명	2019	2020	2021	계
		수량	수량	수량	
안전장비	손발오염감시기	1			1
	GPC(실험실오염도측정)	1			1
	CCD카메라	13			13
	실험실 오염감시기	1			1
	휴대용 측정기	8			8
계측장비	ICP-AES		1		1
	ICP-MS			1	1
	감마분광기 (시료교체기포함)		1	1	2
	Low energy 감마		1	2	3
	LSC	1		3	4
	알파분광기			1	1
	GPC			2	2
	UV-Vis spectrometer			1	1
	HPLC			1	1
실험장비	흡 후드 (scrubber, filter, blower포함)		20		20
	전기로	3			3
	마이크로파 용해장치	1			1
	용융장치			1	1
	Pyrolizer			1	1
DB	LIMS 시스템	1			1

3. 원자력환경공단 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 분석

한국원자력환경공단의 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 내용은 제106차 원자력안전위원회 회의에 보고된 안건으로 분석하였다 [11]. KORAD는 핵종분석에 대한 국가적 차원의 물적·제도적 인프라 부족에 기인하여 핵종분석 오류가 발생한 것으로 평가하였다. KORAD는 국가 방폐물 처분기관임에도 핵종 분석과정 및 결과 값의 건정성을 사후 검증하거나 교차검증할 수 있는 인적·물적 역량에 한계가 있었다고 자체 평가하였다. KORAD는 핵종분석 오류에 대한 재발방지대책의 추진목표를 국가 방폐물 처분기관으로 책임을 갖고 향후 유사사례가 재발되지 않도록 예비검사 확대, 교차분석 시행 및 검사역량 강화를 주도적으로 추진하기로 했다. KORAD는 핵종분석 오류에 대한 추진 방향은 다음과 같다.

- (예비검사 확대) 발생기관 핵종분석과정자료에 대한 서류검사 추가 수행
- (교차분석 시행) 교차분석을 통해 발생기관의 핵종분석결과 상호비교
- (검사역량 강화) KORAD 전담조직 신설, 인력양성 및 분석인프라 구축

KORAD는 핵종분석 오류에 대한 재발방지대책 추진일정을 그림 6에 나타냈다.

V. 추진일정(안)

분 야	추진일정		
	'19	'20	'21
1. 핵종분석과정자료 검사			
○ 핵종분석과정자료 검사 준비			
- 발생기관 상호협약체결 착수			
- 세부수행방안 수립 및 KORAD 절차서 반영 등			
○ 핵종분석과정자료 검사			
2. 핵종 교차분석 시행			
○ 핵종 교차분석 기관조사			
○ 핵종 교차분석 세부계획 수립			
- 교차분석 기관 선정 및 수행범위 협의			
- 교차분석 대상 시료 및 핵종 선정			
- 교차분석 주기 및 평가방법 설정			
○ 핵종 교차분석 착수			
3. 핵종분석 검사역량 강화			
○ '방사능 검증팀(가칭)' 신설			
○ 핵종분석 검사인력 역량강화			
4. 방폐물통합안전센터(가칭) 설립 추진			
○ 사업추진 외부기관 자문(용역)			
○ 사업추진 내부 기본계획			
○ 사업타당성 및 예산확보 정부협의			

그림 6. KORAD의 핵종분석 오류 재발방지대책 추진일정

방사성폐기물 핵종분석과 관련하여 KORAD는 재발방지 대책 일환으로 방폐물 분석센터 건립을 추진하고 있다. 2020년 4월에 분석센터 기본계획을 수립하였다. '21년 설계에 착수하여 '25년까지 건축 시공, '26년 운영개시를 목표로 연면적 2,330 m² (지하 1층, 지상 2층) 분석센터 건물을 구축하려고 하고 있다. 연간 600개 분석시료, 분석핵종 약 50개를 목표로 조직 및 인력, 기술·절차·장비 확보 계획을 2020년 5월에 수립하여 분석센터 건립을 위한 설계 예산 4억원을 확보하였다.



제2절 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황분석

1. 원자력환경공단 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 현황조사

이 절에서는 한국원자력환경공단 (KORAD)의 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황을 살펴보기로 한다. KORAD의 중·저준위 방사성폐기물 운반/처분 절차를 그림 7에 나타냈다. 원자력 시설에서 발생하는 기체, 액체, 고체 형태의 중·저준위 방사성폐기물은 적절한 처리 후 200L 드럼에 담아 발생지 예비검사를 거친 후 운반용기에 담아 육상 및 해상으로 운반하여 KORAD로 이송한다. KORAD에서 인수검사 후 지하처분시설에 영구처분한다 [12].



그림 7. KORAD의 중·저준위 방사성폐기물 운반/처분 절차

KORAD의 2020년 8월 기준 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영현황을 그림 8에 나타냈다. 2020년 8월 현재 200L 드럼 기준으로 인수저장건물에 2,390.38 드럼과 방사성폐기물 건물에 1775.42 드럼이 저장되었고, Silo 1~6 처분고에 20,617.6 드럼이 처분되어서 총 24,783.40 드럼이 KORAD로 인수되었다 [13]. 24,783.40 드럼은 상업용 원자력발전소 이외 연구용원자로, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생되어 KORAD로 이송된 중·저준위 방사성폐기물이다.



중·저준위방사성폐기물 처분시설 운영현황

2020. 8. 31 중·저준위운영본부

1. 인수현황

(단위 : 200L 드럼)

구 분	~ 2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	누 계
수 량	13,798.27	5,825.60	3,682.72	17.19	1459.62	24,783.40

2. 저장현황

(단위 : 200L 드럼)

구 분	인수저장건물	방사성폐기물건물	합 계
수 량	2,390.38	1,775.42*	4,165.80

* 페아스콘 1,496드럼 포함

3. 처분현황

(단위 : 200L 드럼)

구 분	처분고						합 계
	Silo 1	Silo 2	Silo 3	Silo 4	Silo 5	Silo 6	
수 량	2,144	4,528	1,011.2	2,320	9,952	662.4	20,617.6

.. 끝.

그림 8. KORAD의 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영현황

2. 인수처분된 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석 현황조사

규제기관의 규제지침 ‘고체방사성폐기물의 방사성핵종 재고량 평가’는 원자력시설에서 발생되는 고체 방사성폐기물에 존재하는 방사성핵종 재고량 평가를 수행함에 있어 요구되는 주요 기본사항을 기술하고 있다 [14]. 원자력안전 위원회 고시 제2020-11호 제8조 1항에서는 방사성폐기물에 포함되어 있는 전체 방사성핵종의 95% 이상을 규명하여야 한다고 규정되어 있으

며, 제8조 2항에 제시된 방사성핵종 규명방법은 방사선 계측 등에 의한 직접측정방법, 척도인자 등을 이용하는 간접평가방법, 물질수지 등을 이용하는 이론적 평가방법이다.

원자력발전소 발생 폐기물은 척도인자에 의한 간접평가방법으로 드럼 내 방사성핵종 농도를 규명하고 2년마다 주기적으로 척도인자를 검증하고 있으며, 척도인자 산출 및 주기적 검증은 한국수력원자력(주)에서 한국원자력연구원에 의뢰하여 수행하였다. 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생된 RI 폐기물은 원자력환경공단에서 인수하여 드럼 내 존재하는 방사성핵종을 규명한 후 경주처분장으로 이송하여 처리/처분하고 있으며, RI 폐기물의 드럼내 핵종농도 규명은 원자력환경공단에서 한국원자력연구원에 의뢰하여 파괴분석에 의한 직접측정방법으로 수행하였다. 한국원자력연구원에서 발생된 중·저준위 방사성폐기물의 드럼내 핵종농도 규명은 원자력연구원이 자체적으로 개발한 척도인자에 의한 간접평가방법과 파괴분석에 의한 직접측정방법으로 수행하였다.



제3절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황분석

1. 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 특성파악

중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석은 규제기관의 인허가가 필요한 특수 인프라를 요구하고 신뢰성을 제공하여야 하므로 공공기관, 대학 및 산업체에서 관련 설비투자를 하여 서비스산업 을 확장하는 데는 한계가 있다. 한국원자력연구원의 방사성폐기물 전용 분석시설은 건축비 약 60억 분석설비 약 30억이 소요되었다. 현재까지 규제기관의 인허가 취득하고 방사성폐기물 핵종분석을 위한 시설을 보유하고 한수원 운영폐기물 핵종분석 위탁과제를 수행했거나 수행하고 있는 기관은 한국원자력연구원과 동국방사능표준분석(주) 두 곳 뿐이다. 한수원 중앙연구원은 분석시설을 갖추고 규제기관의 인허가 문서 심사완료 후 시설 사용 전 검사를 준비 중이다. 기타 기관들은 방사성물질 (주로 환경시료 및 식품시료) 분석에 대한 실험실 및 방사선 관리구역을 확보하고 있으며, 현황은 아래와 같다.

- | |
|--|
| <p><input type="checkbox"/> 방사성물질 핵종분석 기능 보유한 실험실 확보 기관</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (공공기관) 한국원자력연구원, 한수원 중앙연구원, 한국표준과학연구원, 한국원자력 안전기술원, 원자력환경공단, 지자체 민간환경감시기구, 한국원자력안전기술원 지방 측정소 등 ○ (산 업 체) 동국방사능표준분석(주), 한국방사능분석협회※ ((주)라드솔, (주)선광티엔에스, 세안에너지(주), (주)알엠텍, (주)엑트, (주)엘림글로벌, (주)오르비텍, 하나원자력(주), 한일원자력(주)) 등 <p>※ 경북도청(지자체)에 재단법인 설립허가 신청 중 (2020.9)</p> |
| <p><input type="checkbox"/> 방사성물질 핵종분석 실험실 방사선 관리구역※ 인허가 취득 기관</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (공공기관) 한국원자력연구원†, ○ (산 업 체) 동국방사능표준분석(주)†, (주)알엠텍, (주)오르비텍, 세안에너지(주) <p>※ 방사선 관리구역: 방사선동위원소 사용 인허가 시설</p> <p>† 현재기준 한수원 운영폐기물 핵종분석 위탁과제 수행 경력 기관</p> |
| <p><input type="checkbox"/> 방사성물질 핵종분석 실험실 방사선 관리구역 인허가 준비 기관</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ (공공기관) 한수원 중앙연구원† ○ (산 업 체) (주)엘림글로벌※, (주)엑트※, (주)선광티엔에스※ <p>† 방사선동위원소 사용시설 인허가 문서검사 완료 (‘20.2) 및 시설검사 완료 예정(‘20.11)</p> <p>※ 방사선 관리구역 인허가 신청 준비 중</p> |

2. 연구기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사

가. 한국원자력연구원(KAERI)

KAERI는 방사성폐기물 핵종분석과 함께 환경방사선/능 모니터링 담당부서에서도 방사성물질을 분석하고 있다. 모니터링 담당부서에서 환경방사능 분야에 대한 시료채취 및 분석을 수행하고 있다. 평시 수행하고 있는 환경방사능 대상 방사능 분야는 전알파/전베타, 알파선 방출핵종(우라늄(^{234}U , ^{235}U , ^{238}U), 플루토늄($^{239+240}\text{Pu}$), ^{222}Rn 등), 베타선 방출핵종(^{14}C , ^3H , ^{90}Sr , ^{55}Fe , ^{63}Ni , ^{129}I , 및 ^{99}Tc 등) 그리고 감마선 방출핵종에 대한 분석을 수행하고 있으며 다양한 환경시료에 대하여 대덕주변 및 비교지점에 대한 환경 방사능조사를 수행하고 있다. 자세한 조사 항목은 표 6와 같다.

표 6. KAERI 환경방사선(능) 조사 항목

KOLAS 인증 항목		환경방사선/방사능	
시험항목	시험품명	시험항목	시험품명
전알파/전베타 방사능측정 • 전알파 방사능 • 전베타방사능	<ul style="list-style-type: none"> • 대기중 미립자 • 토양(광물질) • 지표수 • 농수산물(식품)생물 	알파선 방출 핵종 • 라돈	<ul style="list-style-type: none"> • 지표수/지하수 • 토양(광물질)
알파선 방출 핵종 • 우라늄 • 플루토늄	<ul style="list-style-type: none"> • 대기중 미립자 • 토양(광물질) • 지표수 • 농수산물(식품)생물 	방사선량율	<ul style="list-style-type: none"> • 토양(광물질) • 농수산물(식품)생물 • 공산품
베타선 방출 핵종 • 삼중수소, 방사성탄소 • 스트론튬, ^{55}Fe , ^{63}Ni	<ul style="list-style-type: none"> • 대기중 미립자 • 토양(광물질) • 지표수 • 농수산물(식품)생물 	방사성 탄소	<ul style="list-style-type: none"> • 조주정 • 고체
감마선 방출 핵종 • Th/U 계열 • 인공 방사선 방출 핵종	<ul style="list-style-type: none"> • 대기중 미립자 • 토양(광물질) • 지표수 • 농수산물(식품)생물 	우라늄 질량분석	<ul style="list-style-type: none"> • 지표수/지하수 • 토양(광물질) • 농수산물(식품)생물
		삼중수소	<ul style="list-style-type: none"> • 고체

나. 한국원자력안전 기술원(KINS)

한국원자력안전기술원(KINS)은 방사선환경 조사업무를 원자력안전위원회(NSSC)로부터 원자력안전법 제111조(권한위탁)에 따라 위탁을 받아 고리, 월성, 한울, 한빛 등 4개 원전시설, 대덕의 원자력연료주기시설 및 원자력연구시설, 경주의 방사성폐기물 처분시설 주변의 환경방사

선·능 확인감시를 수행하고 있으며, 시료별 분석항목 및 주기는 표 7과 같다.

표 7. 원자력이용시설 주변 환경방사선·능 조사계획

시료명		분석항목	분석주기	
방사선 조사	공간감마선량률	공간감마선량률	연속감시	
	공간집적선량	공간집적선량	매 분 기	
방사능 분석	환경 시료	토 양	감마동위원소, ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U	연 2 회 연 1 회 연 1 회
		해저 퇴적물, 하천토양	감마동위원소, ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U	연 2 회 연 1 회 연 1 회
		대 기	^3H , ^{14}C	매 월
		솔 앞	^3H , ^{14}C	매 월
	물 시료	해 수	감마동위원소, ^3H , ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu	매 분 기 연 2 회
		지하수	감마동위원소*, ^3H *, ^{90}Sr , U 및 Pu 동위원소, ^{99}Tc	연 2 회
		지표수	감마동위원소	매 분 기
		빗 물	감마동위원소, ^3H	매 월
	식품 시료	우 유	감마동위원소 ^{90}Sr ^3H , ^{14}C	매 분 기 연 2 회 매 월
		배 추	감마동위원소	연 1 회
		쌀	감마동위원소	연 1 회
	해양 시료	어 류	감마동위원소	연 2 회
		해조류	감마동위원소	연 2 회

*) 원전시설 2개 지점 포함

**) 목장폐쇄로 시료채취 불가

KINS는 1993년 구소련의 방사성 폐기물의 해양투기를 계기로 한반도 주변 해역에 대한 방사능감시의 필요성이 제기됨에 따라, 1994년부터 해양에서 환경방사능감시를 시작하였다. 대상시료 및 분석항목은 표 8과 같다.

표 8. 해양방사능 조사내용

구분	감시대상	분석항목	조사시기	정점수
해수	표층 해수	^{137}Cs , ^3H , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	^{137}Cs : 4, 8월	22개 정점
		^{90}Sr	^3H , ^{90}Sr , Pu : 4월	16개 정점
	수심별 해수	^{137}Cs , ^3H	^{137}Cs : 4, 8월 ^3H : 4월	6개 정점
		^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	4월	3개 정점
퇴적물	해저퇴적물 (0~5cm)	^{137}Cs , ^{40}K	2~4월	15개 정점
		^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	2~4월	6개 정점
해양생물	어류	^{137}Cs , ^{40}K	2~10월	19개 정점
		^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	4~5월	4개 정점
	패류	^{137}Cs , ^{40}K	4~6월	4개 정점
		^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	4~5월	3개 정점
	해조류	^{137}Cs , ^{40}K , ^{131}I	2~10월	9개 정점
		^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	4~5월	2개 정점

KINS의 환경방사능 분석관련 주요장비를 표 9와 그림 9에 나타냈다. 주요장비는 알파스펙트로미터, ICP-MS, 기체비례계수기, 액체섬광계수기, 감마핵종분석기, 저에너지 감마핵종분석기 등이 있다.

표 9. KINS의 환경방사능 분석관련 주요장비

Instruments (number of the equipment)	Radionuclides
Alpha spectrometer (24 detectors)	U, Th, Pu, Ra isotopes
MC-ICP-MS (2)	Pu, Tc, U isotopes
Gas proportional counter (2)	^{90}Sr , Gross beta
1220 Ultra Low level Liquid Scintillation Counter (5) HIDEX (2)	^{90}Sr , ^3H , ^{14}C , etc
HPGe gamma spectrometer (11)	^{137}Cs , ^{60}Co
Low energy photon spectrometer (1)	^{241}Am , ^{210}Pb , ^{57}Co
Potable MCA & HPGe detector (2)	^{137}Cs , ^{60}Co
Radiation emergency kit (3)	Ambient dose rate



그림 9. KINS의 환경방사능 분석관련 주요 장비

다. 한국표준과학연구원(KRISS)

KRISS 내 방사선환경 방사능 분석 주무 부서는 안전측정연구소 환경방사능 안전팀과 화학바이오표준본부 내 방사선표준그룹에서 담당하고 있다. 환경방사능안전팀은 국민 안전과 밀접한 생활주변 방사능과 원전운영·해체사업 등 국가 전략 핵심 사업에 필요한 환경 방사능측정 표준을 선도하는 임무를 가지고 있으며 환경 중 방사능 측정 표준기술 확립과 방사능 측정용 매질 (인증)표준물질 개발 연구를 중점적으로 추진하여 환경 방사능 측정에 대한 소급성과 신뢰성 확보를 추구하고 있다. 방사선표준그룹은 전리방사선의 국가측정표준 확립 및 보급에 필요한 연구개발을 수행하고 있다. 의료방사선, 방사선/방사능, 중성자 측정표준 및 정밀측정표준기술 개발, 방사선 측정장비 교정기술 개발 및 방사선기기 시험인증 기술개발 등을 수행하고 병(의)원, 지자체 환경분석기관, 방사선 응용 연구소/대학교 및 원자력발전소 등 다양한 의료, 산업, 연구, 학술계의 방사선 안전/측정품질 관리에 요구되는 법정계량 지원 및 방사선기기 교정/시험 서비스를 제공하고 있다. 방사능 측정 인적구성의 주요 배경은 핵물리학 배경의 연구원이 3명, 방사화학 전공자가 2명, 연구 보조 기술원 2명으로 구성되어 있다. 주요 연구 분야는 방사성기체, 난분석핵종 및 라돈 방사능 측정표준 및 국제적 동등성 확립과 방사능측정 분야 측정기술 개발 및 교정/시험 서비스 제공, 방사능 인증표준물질 개발 및 보급 방사능, 교정 및 측정기관 대상 숙련도시험 관련 기술개발 및 주관하고 있다. 이러한 업무를 수행하기 위하여 표준연은 다양한 측정 장비 및 관련 실험실을 보유하고 있으며 간략히 소개하면 다음과 같다. 방사성 핵종 1차 표준화를 위한 주요 측정 장비, 기체 방사성 핵종의 1차 표준화 시스템, 방사성 라돈 농도 교정을 위한 시스템을 보유하고 있다. 또한 표준연의 방사능측정 분야 연구의 주요 역할은 방사능 측정기술 개발 및 교정/시험 서비스 제공과 방사능 인증표준물질 개발 및 보급, 방사능 교정 및 측정기관 대상 숙련도시험 관련 기술개발을 주관하고 있다. 이러한 목적을 달성하기 위하여 실제 시료 중 방사능 분석을 위한 다양한 실험실과 장비 등을 보유하고 있으며 주요 측정 장비 및 시설 (그림 10~그림 11)은 다음과 같다. 시료 전처리 시설 (전기로, 건조기 및 시료분쇄를 위한 Ball Mill 등), 액상 시료 농축 장치/Freeze dryer/인증표준물질 제조용 반죽기, 방사성핵종 분리 및 추출, 정제를 위한 방사화학실험실, 감마선 방출핵종 자동 시료 교환장치 및 감마분광분석기 등을 보유하고 있다.



그림 10. 방사성핵종 분리 및 추출, 정제를 위한 방사화학실험실



그림 11. 감마선 방출핵종 자동 시료 교환장치 및 감마분광분석기

방사성폐기물을 포함한 환경 시료 중 방사성 핵종들은 주로 감마분광분석기, 알파분광분석기, 베타분광분석기(액체섬광계수기)등 장치를 이용하여 측정하는데 한국표준연은 이와 관련된 다수의 장비 (그림 12~14)를 보유하고 있다.



그림 12. 감마분광분석기(gamma spectrometry) 10 대 보유



그림 13. 알파분광분석기(alpha spectrometry) 40 개 시료 동시 측정 가능



그림 14. 액체섬광계수기(LSC) 4 대 보유 및 $^{14}\text{C}/^3\text{H}$ 추출을 위한 연소기

라. 한국기초과학지원연구원(KBSI)

환경방사능 분석과 관련하여 환경모니터링연구팀에서 관련 업무를 수행하고 있으며, 주요수행업무는 다음과 같다.

- 환경재난 대처 기술 개발 (방사성 물질 분석 및 거동 평가, 환경오염 지시자 발굴 및 오염원 추적)
- 한국형 Sr 동위원소 조성 분포 지도 구축 연구: 토양/하천 등 환경시료와 식물체에 대한 스트론튬 동위원소 지도 제작을 통하여 원산지판별과 이를 이용한 법과학적 활용 가능성을 제시
- 방사성 요오드의 환경 내 확산을 방지하기 위한 흡착제 개선 연구: 방사성 요오드가 토양이나 지하수 환경에 유출되었을 경우 성능 개선된 흡착제를 이용하여 확산을 방지하고 주변 환경 정화에 활용
- 환경 (물, 토양, 암석) 중 환경방사능 및 인공방사능 감마선 분석Environmental Radioactivity Measurement : Natural and Artificial Radioactivity Measurement in Environmental sample (water, soil, and rock)
- 식품시료 (농수축산물, 가공식품, 및 음용수) 중 환경방사능 및 인공방사능 감마선 분석 Earth Science (Ocean Science, Geology, Atmospheric science) : Sediment behavior study in Ocean and Lake, Ground water, water-mass transport trace study

환경방사능 분석업무를 위하여 환경방사능측정 시스템(Natural Radioactivity Measurement System)을 구축하였으며 주요 장비는 아래와 같다.

- HPGe gamma-ray spectrometer : 2-2000 keV, 50% BEGe detector
- Liquid Scintillation Spectrometer : Quantalus 1220 LSC 2 ea
- Alpha spectrometer : 12 Channels
- Low Background Gas Proportional Counter : S5XLB and LB4200

분석인력과 관련하여 지구환경연구부 소속의 5명의 인원이 환경방사능 연구 및 분석, 저준위 자연방사능 측정, 방사성핵종의 거동연구, 환경방사능분석의 업무를 수행하고 있다.

3. 공공기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사

가. 한국수력원자력 주식회사(KHNP)

원자력발전소 주변 환경방사능 조사 및 평가는 NSSC고시 및 자체 환경조사계획에 따라 수립되고 NSSC로부터 승인된 '원자력발전소 주변 환경방사선조사계획'에 따라 수행하고 있다. 자세한 환경조사 내용은 표 10과 같다.

표 10. KHNP 환경조사 프로그램 및 분석핵종

조 사 내 상	빈도 (회/년)	시료채취 지점수					측정수단, 측정항목 ^{주)}
		고리	한빛	월성	한울	계	
접 직 선 량	4	41	26	37	35	139	열형광선량계
감 마 선 량 률	연속	16	10	16	13	55	환경방사선감시기
미 립 자 (공기)	52	10	10	10	10	40	전베타, 감마
옥 소 (공기)	52	10	10	10	10	40	³ H
수 분 (공기)	24	0	0	10	0	10	³ H
이산화탄소 (공기)	12	0	0	3	0	3	¹⁴ C
식 수	4	4	2	4	3	13	감마, ³ H
지 하 수	4	3	2	4	3	12	감마, ³ H
지 표 수	12	4	2	5	3	14	감마, ³ H
빗 물	12	5	4	8	5	22	감마, ³ H, 전베타
표 층 토 양	2	5	5	4	6	20	감마, ⁹⁰ Sr
하 천 토 양	4	5	2	3	3	13	감마
곡 류	1	3	4	6	4	17	감마, ⁹⁰ Sr, (¹⁴ C, ³ H)
채소 · 과일	1~2	8	8	5	4	25	감마, ⁹⁰ Sr, (¹⁴ C, ³ H)
우 유	12	2	2	2	1	7	감마, ⁹⁰ Sr, (¹⁴ C, ³ H)
육 류	2	2	2	2	2	8	감마, (¹⁴ C, ³ H)
술	2	5	5	5	4	18	감마, ⁹⁰ Sr
썩	2	2	3	3	2	9	감마
해 수	12	13	4	6	4	27	감마, ³ H, 전베타, ⁹⁰ Sr
해 저 퇴 적 물	2	11	4	8	3	26	감마, ⁹⁰ Sr
어 류	2	6	5	8	3	22	감마, ⁹⁰ Sr
패 류	2	6	4	7	3	20	감마, ⁹⁰ Sr
해 조 류	2	8	4	7	3	22	감마, ⁹⁰ Sr
저 서 생 물	2	7	3	5	3	18	감마

시료채취지점은 원자력발전소 부지 주변 5 km 이내 기상상태, 인구분포, 지역의 특성 등을

고려하여 선정하며, 비교지점도 선정하여 조사한다. 채취 대상은 공기시료(공기 중 미립자), 육상 물시료(빗물, 지표수, 식수, 지하수), 표층토양 및 하천토양, 육상식품류(곡류, 채소류, 과일류, 육류, 우유), 지표생물(솔잎, 썩), 해양시료(해수, 해저퇴적물, 어·패류, 해조류, 저서생물) 등으로서 분석항목은 발전소에서 배출될 가능성이 있는 ^{54}Mn , ^{58}Co , ^{60}Co , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{106}Ru , ^{131}I , ^{137}Cs , ^{144}Ce 등의 감마선 방출핵종과 ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr 등의 베타선 방출 핵종 및 전베타 방사능이다. 시료별로 건조, 흡착 등 적절한 방법을 사용하여 전처리한 후 감마선 방출 핵종은 HPGe 검출기로, ^3H 는 LSC로, 전베타 방사능은 저준위 알파베타 계측기로 측정한다. 순수 베타방출체인 ^{90}Sr 은 방사화학적 분리과정을 거쳐 저준위 알파베타계측기로 베타선을 계수하여 정량하고 있다. 또한, 한수원 중앙연구원은 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석을 목적으로 인프라를 구축하고 있다. 방사화학분석시험동은 558 m²로 2개 층으로 구성되어 있고, 관리구역(7개 실험실), 비관리구역(2개 실험실), 폐수 저장탱크 시설 등으로 이루어져 있다. 실험실 보유 전처리 및 분석장비 현황을 표 11에 나타냈다. 분석인력은 총 6명으로 구성되었다. 방사화학분석시험동은 방사성동위원소 사용시설 인허가 문서검사를 '20년 2월 완료하였으며, 사용 전 시설검사 완료를 '20년 11로 계획 중에 있다. 본 시설은 방사성폐기물 시료를 연간 100~250개를 분석할 수 있다.

표 11. 한수원 중앙연구원 방사화학분석시험동 분석 장비 현황

번호	용도	장비명	수량	용도
1	전처리	디스크 분쇄기	1	고형시료 파쇄
2		원심분리기	1	고체/액체 시료 분리
3		전기회화로	1	잡고체 열분해 전처리
4		고온연소로	1	^3H 및 ^{14}C 열분해 전처리
5		자동용융장치	1	고형시료 용액화
6		마이크로파 산분해장치	1	고형시료 내 방사성 핵종 산추출
7		전기전착기	1	알파핵종 전기전착
8	회수율 측정	ICP-OES	1	원소 분석 및 분리핵종 회수율 측정
9		ICP-MS	1	장반감기(^{129}I , ^{99}Tc) 및 알파(Pu 등) 동위원소 분석
10		XRF	1	폐기물 내 핵종 Screening
11	방사능 계측	알파 스펙트로미터	1	알파핵종 분석
12		액체섬광계수기	2	베타핵종 분석
13		전알파/전베타 계수기	1	전알파/전베타 분석
14		HPGe	2	감마핵종 분석
15		LEGe	1	저에너지 감마핵종 분석

※ 시약보관을 위한 밀폐형 환기식 시약장 및 흡 후드 보유

나. 환경관리공단(KORAD)

KORAD의 분석핵종은 인접 원전에서 법적 제한치 미만으로 방출하고 있는 방사성핵종과 처분되는 폐기물에 포함된 방사성핵종을 비롯하여 RI폐기물에 들어있거나 체르노빌원전사고 또는 핵실험에 의해 환경에 존재하는 인공 방사성핵종 및 자연에 존재하는 천연방사성 핵종의

일부로 한다. 비교적 짧은 반감기(수일 이하)의 것을 제외하고 선별된 핵종은 아래와 같다.

- 감마동위원소: ^{54}Mn , ^{59}Fe , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{65}Zn , $^{95}\text{Zr-Nb}$, ^{106}Ru , ^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{140}\text{Ba-La}$, ^{144}Ce
- 삼중수소(^3H), 탄소(^{14}C), 방사성옥소(^{129}I , ^{131}I), 테크네슘(^{99}Tc), 철(^{55}Fe), 니켈 (^{63}Ni)
- 전알파(Gross- α), 전베타(Gross- β)
- 스트론튬(^{90}Sr), 우라늄(U), 플루토늄($^{239+240}\text{Pu}$)

다. 식약처

국내 식품 중 방사능 기준이 정해져 있으며 관리되고 있는 대상 핵종은 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 이다. 기준 및 규격이 정해지지 않은 방사성핵종에 대해서는 국제식품규격위원회의 규정을 준용하고 있다. 요오드와 세슘에 대해서는 방사능 표준시험법을 확립하여 현재 지방 식약처 및 부시험검사기관을 두고 운영 중에 있다. 표 12는 국내 식품 중 방사능 기준 값이다.

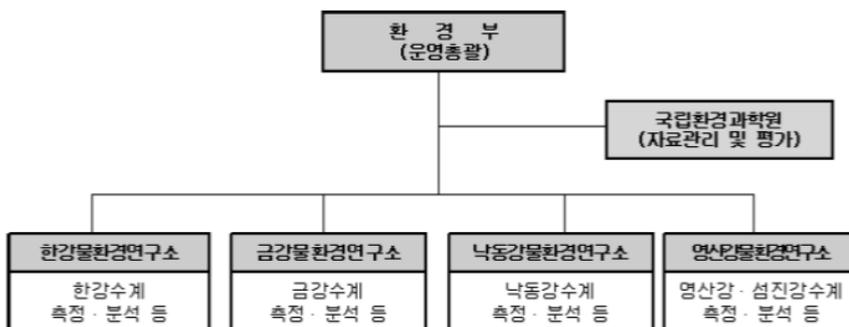
표 12. 국내 식품중 방사능 기준

핵종	대상식품	기준(Bq/kg, L)
요오드 ^{131}I	영아용 조제식, 성장기용 조제식, 영·유아용 곡류 조제식, 기타 영·유아식, 영·유아용특수조제식품	100
	유 및 유가공품	100
	기타식품	300
세슘 $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	모든식품	370 → 100(임시강화기준)

※ 기준 및 규격이 정하여지지 아니한 유해물질 등은 국제식품규격위원회(CAC : Codex Alimentarius Commission) 규정을 준용

다. 환경부

환경부에서는 ‘공공수역 방사성물질 측정망 운영계획’을 수립하여 2016년 1월 1일부터 시행하고 있다. 위 운영계획의 목적은 방사성물질, 방사성폐기물의 하천·호소 등의 공공수역 유입 여부 조사 및 환경정책 수립의 기초자료를 확보하기 위한 방사성물질 측정망 운영과 관련된 세부사항을 규정하기 위함이다. 방사성물질 측정망 운영에 필요한 측정·조사 등은 국립환경과학원, 4대강 물환경연구소가 실시하여 운영체계는 아래 그림과 같다.



라. 해수부

해수부 산하 해양환경관리공단에서는 “해양방사성물질측정망 운영”을 통하여 일본 후쿠시마 원자력발전소 사고(11.03.11.) 이후 국내 연근해로 유입되는 방사성물질의 분포 및 거동을 주기적으로 감시함으로써, 해양방사능오염에 대한 국민의 우려를 불식시키고, 체계적인 해양방사성물질 감시 체계를 구축하기 위하여 해양환경에 대한 방사능분석을 수행하고 있으며 분석대상 및 항목은 아래와 같다.

구분	조사시기(월)	분석항목	조사정점(개)
해수	2	^{134}Cs , ^{137}Cs , 전베타, ^3H , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	32
	5	^{134}Cs , ^{137}Cs	18
	8	^{134}Cs , ^{137}Cs , 전베타, ^3H	32
	11	^{134}Cs , ^{137}Cs	18
해저퇴적물	2	^{134}Cs , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$	32
해양생물	2~4	^{134}Cs , ^{137}Cs	7

4. 대학 부설기관 방사성물질 핵종분석 인프라 현황조사

대학분석기관의 방사성물질 인프라 현황은 한국원자력안전기술원(KINS)의 지방측정소 인프라 현황 중심으로 파악하였다. KINS는 중앙방사능측정소 역할을 수행하고 있으며, 전국 15개 지방방사능측정소를 운영하고 있다. 조사 대상은 환경방사선의 변동을 신속하게 확인할 수 있는 공간감마선량률을 비롯하여 대기부유진, 낙진, 강수 및 수돗물중의 환경방사능을 감시하고 있다. 표 13은 15개 지방방사능측정소의 위치 및 설치현황이며, 표 14는 지방방사능측정소에서 수행하고 있는 분석핵종 및 조사대상을 요약한 것이다. 방사성물질 핵종분석 인프라와 관련해서는 그림 15~17에 나타내었다. 주요설비는 공간감마선량률 측정기, 감마핵종분석기, 기체비례계수기, 연속 공기부유진 중 전알파, 전베타 측정장비, 공기시료 채집기, 자동 빗물 및 낙진 채집장치 등이 있다. KINS 지방측정소는 인프라는 환경방사선/능 측정을 위한 설비인 반면, 방사성폐기물 분석과 관련한 설비는 없으며, 방사성폐기물 핵종분석 수행 경험도 없는 것으로 파악되었다.



그림 15. 지방방사능측정소 야외 MP(좌) 및 실험실 계측장비 및 시료채취 장비



그림 16. 연속 공기부유진중 전알파. 전베타 측정장비



그림 17. 공기시료 채집기 및 감마분광분석기

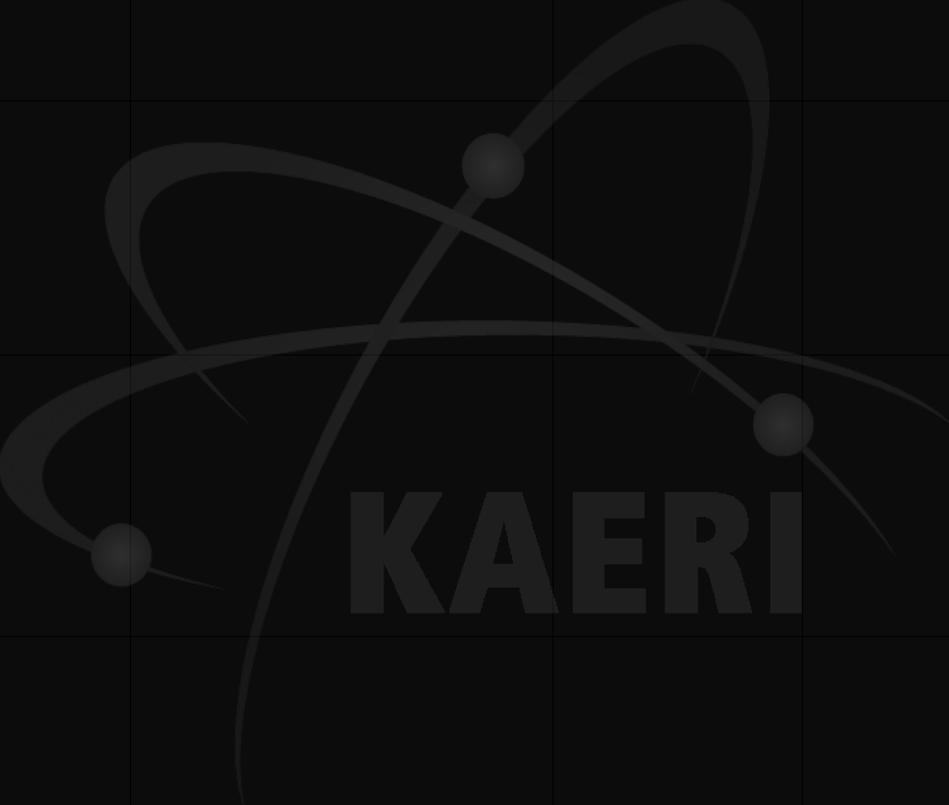
표 13. 지방방사능측정소 설치 현황

측정소명		설치 기관	관할 지역	설치연도
중앙측정소		한국원자력안전기술원	총괄 운영	1992
지방측정소	서울	한양대학교	서울, 경기북부	1967
	춘천	강원대학교	강원 영서	1987
	대전	충남대학교	대전, 충남	1967
	군산	군산대학교	전북	1989
	광주	전남대학교	광주, 전남	1978
	대구	경북대학교	대구, 경북남부	1967
	부산	부경대학교	부산, 경남남부	1967
	제주	제주대학교	제주	1967
	강릉	강릉원주대학교	강원 영동	1994
	안동	안동대학교	경북 북부	1997
	수원	경희대학교	경기남부	2002
	청주	청주대학교	충북	2002
	울산	울산과학기술원	울산, 경남북부	2012
	인천	인천대학교	인천, 경기서부	2013
	진주	경상대학교	경남서부	2014
계	15개 지방 방사능측정소			

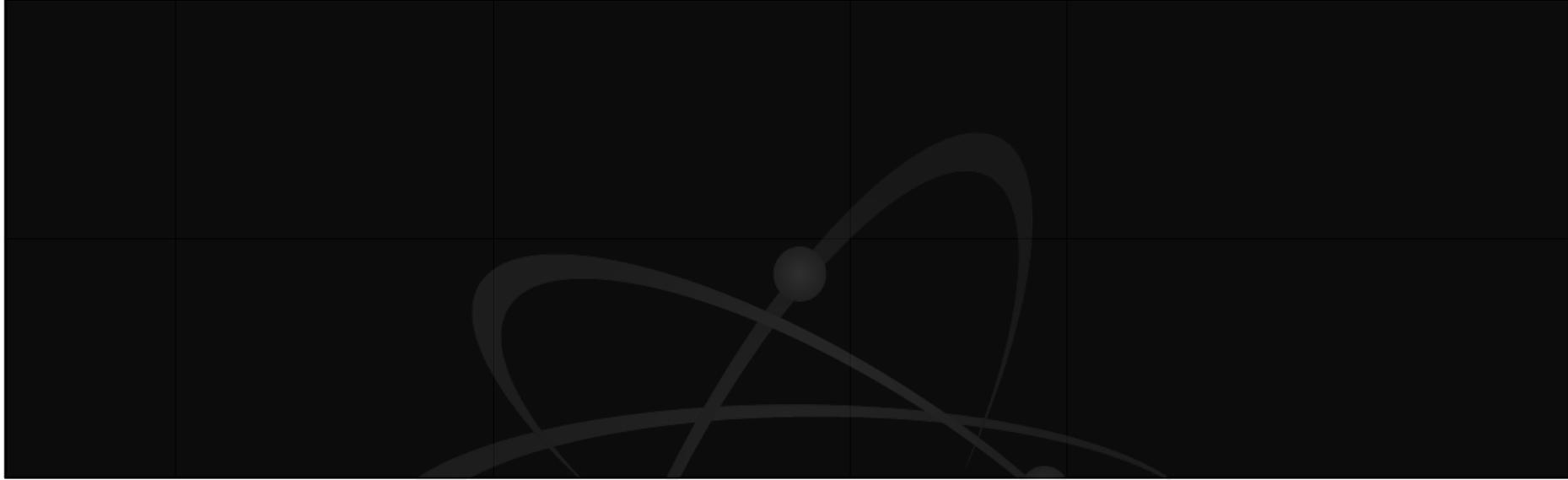
표 14. 분석대상 시료 및 핵종

구 분	감시대상	분석항목	감시주기
중앙측정소	공간감마선	공간감마선량률	연 속
	"	집적선량(TLD)	매분기
	강 수	³ H	매 월
	우 유	감마핵종 ⁹⁰ Sr	매 월 연2회(반기)
지방측정소	공간감마선	공간감마선량률	연 속
	대기부유진	전알파/베타	연 속
	"	전베타	매 주
	"	감마핵종	매주/매월
	공 기	방사성요오드(Charcoal)	매 주
	낙 진	감마핵종	매 월
	강 수	전베타 / 감마핵종	강수시/매월
	수돗물	감마핵종	매 월
	토양		연 2 회
	쌀, 배추 소비식품 지표식품(토양)	감마핵종	연 1 회 연10개 연 1 회
공간감마선	공간감마선량률	연 2 회	
토양	감마핵종	연 1 회	

표 16. 방사능분석기관 협의체의 시설, 인력 및 인증 현황

기관명	장비 현황			
				





제4절 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립

1. 범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축방안 분석

가. 방사성폐기물 핵종분석 서비스산업의 발전 방향 분석

중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석은 규제기관의 인허가가 필요한 특수 인프라를 요구하고 신뢰성을 제공하여야 하므로 공공기관, 대학 및 산업체에서 관련 설비투자를 하여 서비스산업을 확장하는 데는 한계가 있다. 현재까지 규제기관의 인허가 취득된 방사성폐기물 핵종분석을 위한 시설을 보유하여 한수원 운영폐기물 핵종분석 위탁과제를 수행한 경력 기관은 한국원자력연구원과 동국방사능표준분석(주) 두 곳 뿐이며, 한수원 중앙연구원은 분석시설을 갖추고 규제기관의 인허가 문서 심사완료 후 시설 사용 전 검사를 준비 중이다. 방사능분석협의체는 국내 발생하는 모든 중·저준위 방사성폐기물의 핵종분석 서비스산업으로 확장하고자 관련인프라를 구축하고 있다. 방사성폐기물 분석사업을 하고자 하는 방사능분석협의체의 주요 애로사항은 다음과 같다.

- (방사능분석을 위한 전문인력 확보 어려움)

- ① 방사능분석을 위한 전문인력은 장기적인 교육과 훈련에 의해 전문성을 갖춘 인력이 배출되나 그동안 이에 대한 투자가 없어 소요 인력을 확보하는데 어려움이 있음
- ② 전문인력의 핵종별 분석능력(전처리 포함) 강화를 위한 구체적인 교육 프로그램 필요(기존 방사선진흥협회 등의 교육은 전반적인 개요 수준으로만 다루고 있어, 실질적인 현장 적용을 위한 구체적인 분석능력 구비 및 향상에는 실질적인 도움이 되지 못하고 있음.)

- (시설 및 장비 확보를 위한 경제적 어려움)

- ① 방사능 분석으로 인한 수익에 비해 장비는 고가이며, 시설의 운영 유지비 등에 대한 소요 비용이 비교적 큼
- (원전 해체 시장에 대한 일관성 있는 정책 부재에 따른 의사결정 및 집행 어려움)

- ① 해체 시장의 추진 일정 불확실성으로 시설 및 인력의 구축 시기를 확정하기 어려우며, 초기 투자 비용이 과다하여 실험실 규모 확정 및 인력확보에 어려움이 있음
- ② 현재 방사능 분석 사업은 대체적으로 일회성 또는 단기간 내에 종료될 것으로 예상되므로 지속적인 방사능분석 사업을 위한 구체적인 사업발굴과 계획이 필요
- ③ 또한 정부출연연구소나 공공기관이 아닌 민간기업이 주도할 수 있을 만한 사업정책이 없음(현재 KAERI 방사능분석 오류 사건으로 인해 공공기관, 사업자 등이 정부 지원 또는 대규모 자체 비용으로 투자를 진행하고 있음)

- (기술적 한계 및 정보 부재에 따른 미래 설계의 어려움)

- ① KOLAS, 방사선관리구역 인허가 등 관련 자료 미비로 인증을 갖추는데 시간이 많이 소요됨. 이를 극복하기 위한 기술적 정책적 지원을 할 수 있는 시스템 지원이 필요함
- ② 방사능분석 사업 관련 유관기관들 간에 교류할 수 있는 네트워크 부족으로 방사능분석에 관한 기술교류 및 의견공유가 부족함

위와 같은 어려움을 극복하기 위하여 방사능분석협의체가 방사성폐기물 분석 사업을 수행하고자 함에 있어 정부(산업통상자원부, 원자력안전위원회, 과학기술정보통신부 등) 또는 공공기관(원자력연구원 등), 사업자(한수원, 원자력환경공단)에게 기술애로사항 해소, 정책적 지원 등이 필요한 요구사항은 다음과 같다.

- (방사성폐기물 분석에 대한 제도 및 규정 정비 필요)
 - ① 원전해체 및 방사성폐기물 분석사업은 향후 원자력분야의 핵심 사업으로, 국가적 차원에서 관련기관이 적극적으로 참여할 수 있는 네트워크시설에 관한 인프라 구축과 이와 관련된 제도 및 법적인 지원이 필요함(예 : 분석사업 관련 법령이나 고시의 제정 등)
 - ② 원전 등에서 발주하는 방사능 분석사업에 대한 일반기업 참여를 위한 제도 마련 및 정책적 지원사업이 필요하다고 생각됨(사업자 사업 및 용역 진입을 위해서는 관련 실적이 필요한 상황에서 실적 부재로 초기 시장 진입 어려움)
- (교육·훈련 필요)
 - ① 방사능핵종 분석에 대한 주기적인 교육, 분석 방법에 대한 표준절차서 공급 등 기술 자문, 시설구축에 따른 공동화 방안 확보가 필요함
 - ② 모든 불확실성을 제외하더라도 현재 구체적으로 기술을 준비하고 확보할 수 있는 기초를 다지는데 KAERI 등 공공기관에서 중소기업을 대상으로 한 교육 및 훈련이 적기에 이루어져야 함
- (기술·정책 관련 정보 공개 및 공유)
 - ① 현재 방사성폐기물 분석이 가능한 공공기관에서 독점하고 있는 기술(절차서 포함) 및 정책에 관한 자료를 공개하여 활용할 수 있게 지원이 필요함
 - ② 방사능 분석 관련 산·학·연 전문가 및 전문기관의 협의체 필요
- (국가 또는 공공기관의 정책 로드맵 제시 필요)
 - ① 원전 운영 뿐만 아니라 해체에 따른 방사성폐기물 관리의 구체적인 로드맵이 제시되지 않은 상황에서 영세한 중소기업이 준비하는데 한계가 있고 또한 준비를 하더라도 불확실성이 너무 커서 투자에 대한 애로가 있음
 - ② 방사성폐기물 분석에 대한 사업 및 용역 입찰시 관련 실적 보유 여부가 심사에서 상당한 비중을 차지함에 따라 실적을 갖춘 일부 중소기업의 준비를 하고 있는 기업의 진입이 어려움. 이에 대한 진입 장벽을 낮추는 방안이 필요함
 - ③ 현재 KAERI의 방사성폐기물 분석 오류로 인한 개선 작업이 완료되어가는 시점에 향후 분석이 가능한 공공기관(KAERI, KHNP, KORAD)의 분석 영역이 구체적으로 제시되어야 중소기업이 진입할 수 있는 영역을 준비하고 확보할 수 있음
 - ④ 정부 및 사업자의 민간기업 주도 가능한 사업아이템 발굴 및 육성 지원 필요

특히, 방사능분석협의체가 한국원자력연구원에 지원을 요구하는 사항은 다음과 같다.

기업지원과 분석사업의 활성화를 위해서 고리 1호기의 본격 해체 전 원자력연구원이 보유한 분석기법 등을 기술 이전의 형태 등으로 민간으로 이관하고 해체 폐기물의 방사능 분석은 민간 분석기관에서 전담하여 수행될 수 있도록 기술적·제도적 지원이 필요하다. 원자력연구원은 민간 분석기관들이 해체 및 분석사업에 보다 용이하게 진입할 수 있도록 관련 분석 교육, 기술 애로사항 해소 등의 지원을 해주고 주기적 교차분석 등을 통해 분석결과의 신뢰성, 재현성 및 객관성 등을 확보하는 역할을 수행해야 한다.

나. 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축 방안 수립

원자력연구원의 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라는 자체적으로 발생된 폐기물의 핵종농도 규명을 수행하는 데도 불충분한 상황이다. 따라서, 국내 원자력시설, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용시설에서 발생하는 방사성폐기물 및 원자력시설의 해체로 인하여 폭발적으로 늘어나는 방사성폐기물의 적시적이고 원활한 핵종농도 규명을 위해서는 공공기관, 연구기관, 대학 및 산업체의 핵종분석 인프라를 모두 활용하여 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계를 구축하는 것이 가장 효율적인 방법이다. 구축 모델은 현재까지 KAERI에서 보유하고 있는 공공기술 (중·저준위 방사성폐기물 특성평가 기술)을 대학 및 산업체로 이전하여 방사성폐기물 분석사업 범국가적 네트워크를 구축하는 방식이다. 방사성폐기물 핵종분석 인허가 시설 및 장비 등의 충분한 인프라와 기술력을 확보하고 있는 기관 (한국원자력연구원 등)은 네트워크 허브센터 역할을 수행하고, 기타 기관은 참여센터 역할을 수행하는 구조이다. 그림 18에 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축 모델을 나타냈다.

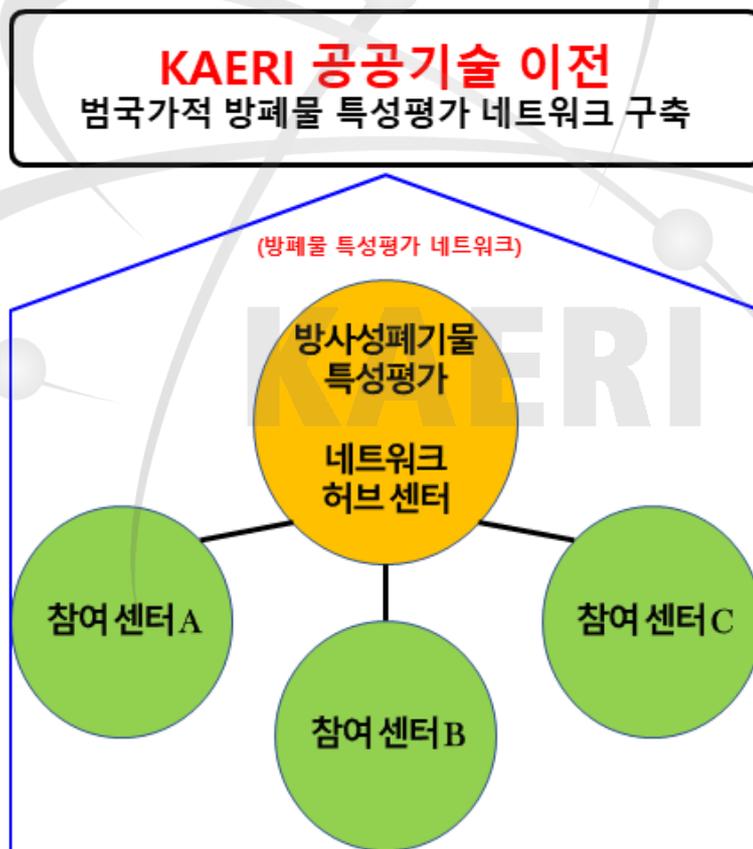


그림 18. 범국가적 방폐물 특성평가 네트워크 구축 모델

범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 하에서는 민간 분석기관들이 분석사업에 보다 용이하게 진입할 수 있다. 네트워크를 통해서 민간 분석기관은 분석 기술, 분석교육, 기술 애

로사항 등을 해소할 수 있다. 그러나 민간 분석기관의 분석결과에 대한 품질을 보장하기 위해서는 주기적 교차분석 및 제3자 독립 검증 등을 통해 분석결과의 신뢰성, 재현성 및 객관성 등을 확보할 수 있는 품질인증 체계가 반드시 필요하다.

2. 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 및 제3자 검증 방안 분석

가. 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 분석

국가기술표준원은 적합성평가기관이 규정된 요건을 충족시키고 특정 적합성평가업무를 수행할 수 있는 능력이 있음을 제3자가 증명해주는 인정업무를 수행하고 있다. 적합성평가란 제품, 절차, 시스템, 요원 및 기관이 규정된 요건을 만족시키고 있음을 입증해주는 활동으로 적합성평가기관에는 시험기관, 교정기관, 검사기관, 표준물질생산기관, 제품인증기관, 요원인증기관 등이 있다. 국가기술표준원은 인정업무를 수행하기 위한 법적근거를 마련하고 관련 국제기준을 도입하여 한국인정기구(KOLAS)와 한국제품인증제도(KAS)를 운영하고 있다. KOLAS는 “국가표준기본법” 및 ISO/IEC 17011의 규정에 따라 교정, 시험, 검사, 메디컬시험, 표준물질생산, 숙련도시험운영기관 인정업무를 수행하고 있으며 제품인증기관 인정업무는 KAS에서 수행하고 있다. “인정기구”는 법 및 국제표준관련기구에서 정한 국제기준에 따라 교정, 시험, 검사기관 등을 평가하여 공인하는 기구를 말하며, “공인기관”은 KOLAS로부터 인정을 획득한 교정, 시험, 검사, 메디컬시험, 표준물질생산, 숙련도시험운영기관을 말한다 [15]. 시험기관 (Testing Laboratories) 인정제도는 법률 또는 국제기준에 적합한 인정기구가 전문적인 자격을 갖춘 평가사로 하여금 시험기관의 품질 시스템과 기술능력을 평가토록하여 특정분야에 대한 시험능력이 있다는 것을 공식적으로 인정하는 제도이다 [16].



2018년말 기준 KOLAS의 인정현황을 표 17에 나타냈으며, 이 중 시험기관은 564개 이다 [17]. KOLAS 시험기관 인정분야는 대분류로 총 11개 분야가 있으며, 이 중 방사능분석과 관련한 분야는 대분류 “02.화학시험” 중분류 “02.007_방사성물질”이며, 이 분야로 인정을 받은

기관은 표 18에 나타내 바와 같이 총 7개에 해당된다 [18]. 베토라이프 (인정번호 KT893)는 실내 공기 중 라돈 측정분야(인정규격 1개)로, 동남권원자력의학원은 전신계수 및 뇨시료 중 감마방출핵종 측정분야(인정규격 2개)로, 하나원자력기술(주)환경방사능분석센터는 수질, 토양, 식품 중 감마방출핵종 측정분야(인정규격 4개)로, 한일원자력(주)는 수질, 토양, 식품 중 감마방출핵종 측정분야(인정규격 3개)와 방사선원의 누설점검 중 감마방출핵종, 전알파, 전베타 측정분야(인정규격 1개)로, (주)오르비텍은 토양 및 식품 중 감마방출핵종 측정분야(인정규격 2개)와 수질 중 삼중수소 측정분야(인정규격 2개)로, 재단법인 한국화학융합시험연구원은 수질 중 감마방출핵종 측정분야 (인정규격 1개)로 KOLAS 시험기관 인증을 받았다.

표 17. 한국인정기구(KOLAS*) 인정현황 (2018.12.31.기준)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
시험기관	403	416	460	468	487	496	532	564
검사기관	46	49	52	50	55	58	61	62
교정기관	193	189	192	201	209	212	226	231
표준물질기관	9	11	11	13	13	12	13	13
메디컬	-	-	-	2	5	6	8	8
숙련도	-	-	7	7	8	9	9	11
계	651	665	722	741	777	793	849	889

* KOLAS : Korea Laboratory Accreditation Scheme, 한국인정기구

표 18. 2.007_방사성물질 분야 KOLAS 시험기관 (2020.09.25.기준)

- ▣ 인정분야(Field of Testing)
- ▣ 세부분야 점령방법 분류번호순 가나다순
- ▣ 세부분야
- ▣ 규격 분야(Type of Standard) KS ISO IEC 기타
- ▣ 규격번호(Standard Number)
- ▣ 규격명(Keyword)
- ▣ 시도별(City)
- ▣ 기관명(Organization Name)

tip 시험방법(규격번호) 검색을 위해서는 KS 검색서비스를 활용해 주세요. [KS검색서비스](#)

검색결과 검색결과: 7건

인정번호 (ACC.NO)	기관명 (Organization Name)	공인유효기간 (Accreditation Period)	시도 (City)	공인인증서 사본 (ACC.Certificate)	마크사용 (Mark)	인증상태 (Status)
KT893	베토라이프	2020-03-11 ~ 2024-03-10	경기도			유효
KT887	동남권원자력의학원	2020-01-31 ~ 2024-01-30	부산광역시		사용	유효
KT856	하나원자력기술(주) 환경방사능분석센터	2019-07-19 ~ 2023-07-18	충청북도		사용	유효
KT777	(주)오르비텍	2018-01-04 ~ 2022-01-03	서울특별시		사용	유효
KT745	한일원자력(주)	2017-05-08 ~ 2021-05-07	경기도		사용	유효
KT047	한국원자력연구원	2019-06-25 ~ 2023-06-24	대전광역시		사용	유효
KT011	재단법인 한국화학융합시험연구원	2018-04-28 ~ 2022-04-27	경기도		사용	유효

특히, 한국원자력연구원은 토양, 수질, 핵연료 등에서 전도도, pH, 보론, 알파, 베타, 감마방출핵종 측정분야(인정규격 60개)로 KOLAS 시험기관 인증을 받았다. 이들 7개 기관의 인정규격은 대부분 국제적으로 유효성이 검증된 표준규격 (ISO, ASTM, HASL-300 등)을 사용하여 KOLAS 인증을 받았다. 그러나, 현재까지 방사성폐기물 중 방사능분석분야에서 KOLAS 인정규격을 확보하고 있는 기관은 없다. 주된 이유는 방사성폐기물 중 방사능분석분야에서 국제적으로 유효성이 검증된 표준규격 확보의 어려움 때문이다. 현재까지 국내외적으로 방사성폐기물 중 방사능분석분야는 각자 기관에서 자체 개발한 분석규격을 사용하고 있다. 또한, 현재까지 국내의 방사성폐기물 중 방사능분석분야에서는 제3자 검증체계가 확립되지 않은 상황이다.

나. 방사성폐기물 핵종분석 제3자 검증체계 구축 방안 수립

방사성폐기물 핵종분석 네트워크에서 생산되는 분석결과의 신뢰성, 재현성 및 객관성 등을 확보하기 위해서는 원자력분야 전문가로 구성된 자문기구를 바탕으로 방사성폐기물 핵종분석 결과 품질 인증센터를 도입하는 것이 가장 효율적이다. 품질 인증센터를 활용하여 방사성폐기물 분석 결과에 대한 제3자 검증 체계를 구축한다. 또한, 품질 인증센터 주관 하에 방사성폐기물 분석사업 범국가적 네트워크 소속기관이 참여하여 교차분석을 수행하고 교차분석 결과를 평가하는 검증 체계를 구축한다. 그림 19에 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 및 품질 인증센터 구축 모델을 나타냈다. 방사성폐기물 핵종분석 인프라와 기술력을 확보하고 있는 기관 (한국원자력연구원 등)은 네트워크 허브센터 역할을 수행하고, 기타 기관은 참여센터 (산업체 등) 역할을 수행하며, 핵종분석결과의 제3자 검증을 위한 기관은 품질인증센터 역할을 수행하는 구조이다.

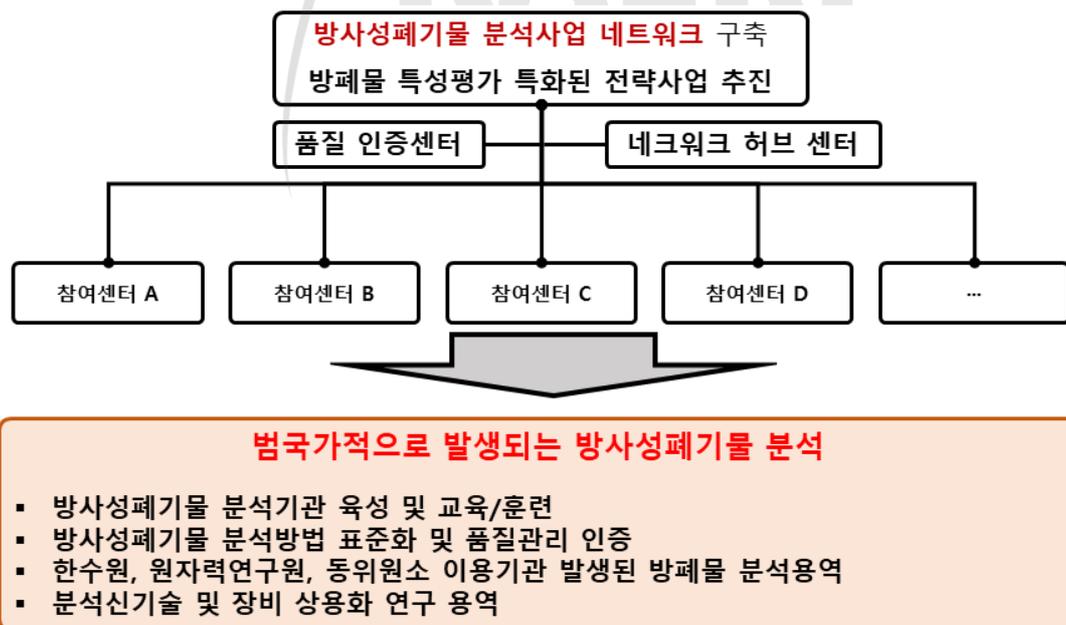


그림 19. 범국가적 방폐물 특성평가 네트워크 및 품질 인증센터 구축 모델



제4장

연구개발결과의 활용계획

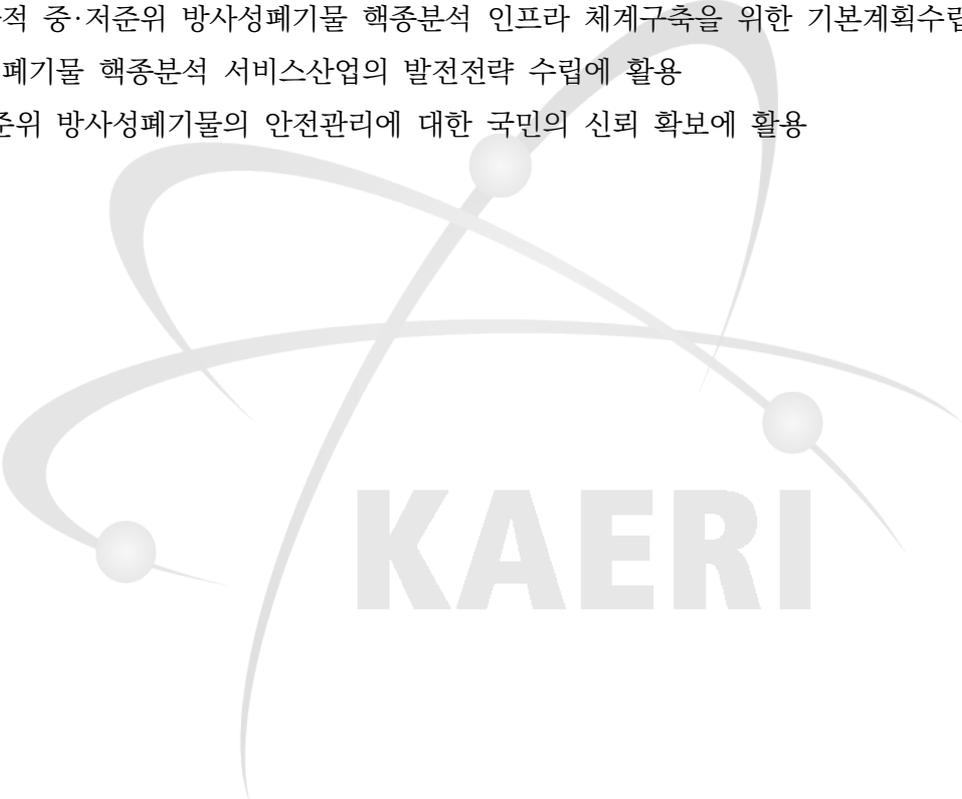
KAERI



제4장 연구개발결과의 활용계획

본 보고서에서는 상업용 원자력발전소 이외 연구용원자로, 연구시설, 동위원소 생산 및 이용 시설에서도 지속적으로 발생하는 중·저준위 방사성폐기물과 향후 원자력시설 해체로부터 발생하는 중·저준위 방사성폐기물의 방사선학적 특성분석을 범국가적 측면에서 효율적으로 수행하기 위한 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립에 대해서 검토하였다. 연구개발결과의 활용방안은 다음과 같다.

- 범국가적 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계구축을 위한 기본계획수립에 활용
- 방사성폐기물 핵종분석 서비스산업의 발전전략 수립에 활용
- 중·저준위 방사성폐기물의 안전관리에 대한 국민의 신뢰 확보에 활용



KAERI



제5장

참고문헌



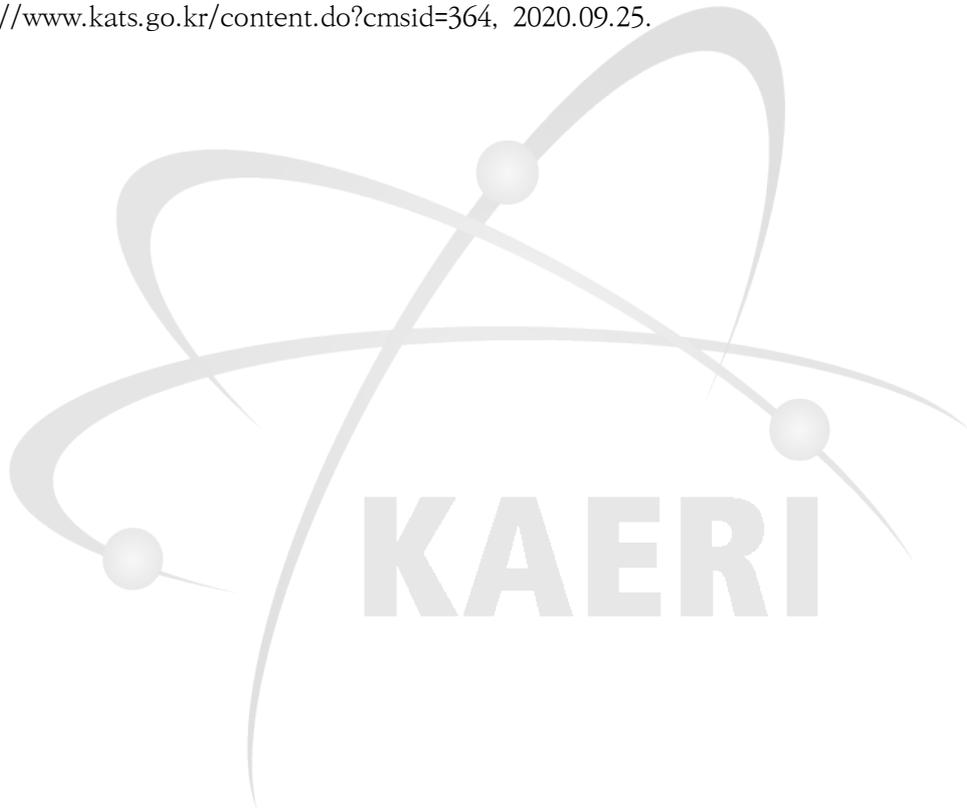
KAERI



제5장 참고문헌

- [1] 원자력안전위원회, "원자력안전법", [시행 2020. 6. 9] [법률 제17359호, 2020. 6. 9, 타법개정].
- [2] 산업통상자원부, "방사성폐기물 관리법", [시행 2017.11.28.] [법률 제15082호, 2017.11.28., 일부개정].
- [3] 원자력안전위원회, "원자력안전법 시행령", [시행 2020. 5. 26] [대통령령 제30721호, 2020. 5. 26, 일부개정].
- [4] 산업통상자원부, "방사성폐기물 관리법 시행령", [시행 2018. 11. 1] [대통령령 제29269호, 2018. 10. 30, 타법개정].
- [5] 원자력안전위원회, "원자력안전법 시행규칙", [시행 2020. 5. 29] [총리령 제1616호, 2020. 5. 29, 일부개정].
- [6] 원자력안전위원회, "중저준위 방사성폐기물 처분검사에 관한 규정", [시행 2020. 7. 30.] [원자력안전위원회고시 제2020-10호, 2020. 7. 30., 일부개정.].
- [7] 원자력안전위원회, "중저준위 방사성폐기물 인도규정", [시행 2020. 7. 30.] [원자력안전위원회고시 제2020-11호, 2020. 7. 30., 일부개정.].
- [8] 원자력안전위원회, "중저준위 방사성폐기물 처분시설 운영 등에 관한 기술기준", [시행 2020. 7. 30.] [원자력안전위원회고시 제2020-12호, 2020. 7. 30., 일부개정.].
- [9] 원자력안전위원회, "방사성폐기물 분류 및 자체처분 기준에 관한 규정", [시행 2020. 5. 26.] [원자력안전위원회고시 제2020-6호, 2020. 5. 26., 일부개정.].
- [10] 원자력안전위원회, "방사성폐기물 핵종분석오류 관련 한국원자력연구원 재발방지대책", 제106회 원자력안전위원회, 2019.8.9.
- [11] 원자력안전위원회, "방사성폐기물 핵종분석오류 관련 한국원자력환경공단 재발방지대책", 제106회 원자력안전위원회, 2019.8.9.
- [12] 한국원자력환경공단, "방폐물 관리사업/ 중저준위방폐물 관리/ 개요", https://www.korad.or.kr/korad/html.do?menu_idx=153, 2020.09.25.
- [13] 한국원자력환경공단, "방폐물 관리사업/ 중저준위방폐물 관리/ 방폐장운영", https://www.korad.or.kr/korad/board/index.do?menu_idx=34&manage_idx=15, 2020.09.25.

- [14] 한국원자력안전기술원, "고체방사성폐기물 방사성핵종 제고량 평가", KINS/RG-N12.07, 2015.08.
- [15] 한국인정기구, "시험기관검색", <https://www.knab.go.kr/usr/inf/srh/InfoTestInsttSearchList.do>, 2020.09.25.
- [16] 국가기술표준원, "인정제도 안내", <http://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=61>, 2020.09.25.
- [17] 한국인정기구, "시험기관", <https://www.knab.go.kr/usr/gud/tei/TestInsttSumryInfo.do>, 2020.09.25.
- [18] 국가기술표준원, "기술표준통계/ 국가기술표준원통계 (2018.12월 기준)", <http://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=364>, 2020.09.25.



서지정보양식

KAERI보고서번호	KAERI/RR-4594/2020	보고서종류	연구보고서
제 목 / 부 제	중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안		
연구책임자 및 부서명	정근호 / 방사성폐기물화학분석센터		
연구자 및 부서명	박태홍, 박재일 / 방사성폐기물화학분석센터		
출 판 지	대전	발 행 일	2020.10.30
			총 페이지
			82p.
공 개 여 부	공개(O), 비공개()		참고사항 표(18)개, 그림(19)개, 참고문헌(18)개
비 밀 여 부	대외비(), _ 급 비밀		
INIS 공개여부	공개(O), 비공개()		
초록 (15-20줄 내외)			
<p>본 보고서는 자체연구개발사업의 일환인 역량강화 사업의 “중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 현황 및 구축방안”과제에 대해 수행한 조사분석 내용을 기술하고 있으며, 주 연구내용은 아래와 같다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성폐기물 핵종분석 오류 및 재발방지 대책 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 방사성폐기물 핵종분석 오류 재발방지대책 및 이행현황 조사 ○ 중·저준위 방사성폐기물 인수처분 및 핵종분석 현황 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 원자력환경공단 인수처분 된 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 현황 조사 ○ 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 범국가적 인프라 현황 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 공공기관, 연구기관, 대학 및 산업체의 핵종분석 인프라 현황 조사 ○ 중·저준위 방사성폐기물 핵종분석 국가 인프라 체계 구축방안 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 범국가적 방사성폐기물 핵종분석 인프라 체계 구축방안 분석 - 방사성물질 시험분석 인증체계 현황 및 제3자 검증 방법 분석 			
주제명키워드 (10단어내외)	중·저준위 방사성폐기물, 핵종분석, 인프라, 개선방안		

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET

KAERI Report No.	KAERI/RR-4594/2020	Report Type	Research Report
Title / Subtitle	Status and improvement of the national infrastructure for the radionuclide analysis in radioactive waste		
Project Manager and Department	Kun Ho Chung / Radioactive Waste Chemical Analysis Center		
Researcher and Department	Tae-Hong Park, Jai Il Park / Radioactive Waste Chemical Analysis Center		
Publication Place	Daejeon	Date of Publication	2020.10.30
Open	Open(O), Closed ()	Reference	Total number of page 82p. Tabs. (18) Figs. (19) Refs. (18)
Classified	Restricted(), __Class Document		
INIS Open	Open(O), Closed ()		
Abstract (15–20 Lines)			
<p>The purpose of this project is to survey the national infrastructure of the radionuclide analysis for radioactive waste, and to identify the improvement issues of the national infrastructure.</p> <p>This study has carried out the followings:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysis of measures to prevent the recurrence of the radionuclide analysis errors <ul style="list-style-type: none"> - Survey the measurement plans and implementation status of the radionuclide analysis errors • Current status of the radioactive waste disposal and of the radionuclide analysis for radioactive waste <ul style="list-style-type: none"> - Survey the current status of KORAD for the radioactive disposal and for radioactive waste characterization • Current status of the national infrastructure for radioactive waste characterization <ul style="list-style-type: none"> - Survey the infrastructures of research institutes, public institutions, university institutions and private research companies for the radionuclide analysis • Improvement plan of the national infrastructure for radioactive waste characterization <ul style="list-style-type: none"> - Improvement plan of the national infrastructure for the radionuclide analysis - Current status of the test certification system and third party inspection in the field of radionuclide analysis 			
Subject Keywords (About 10 words)	Radioactive waste, Radionuclide Analysis, Infrastructure, Improvement Plan		

주 의

1. 이 보고서는 한국원자력연구원에서 시행한 방사선기술개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 한국원자력연구원에서 시행한 방사선기술개발사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표하거나 공개하여서는 아니 됩니다.