

2022년 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석

(Investigation and Analysis of Actual State
of Safety Management for Radiation in
the Natural Environment, 2022)

2023년 2월



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

제 출 문

원자력안전위원회 위원장 귀하

본 보고서를 “2022년도 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석”
보고서로 제출합니다.

2023년 2월

연 구 기 관 명 : 한국원자력안전기술원

연구책임자 : 유 송 재

연 구 원 :

강 정 수, 권 재, 김 대 진, 김 하 늘, 박 경 진,
서 한 창, 선 승 진, 신 지 용, 양 완 승, 오 상 욱,
유 현 준, 이 재 국, 이 종 현, 이 현 우, 이 훈,
장 병 욱, 장 석 현, 장 재 호, 장 정 환, 전 승 엽,
정 규 환, 조 건 우, 최 은 주, 최 현 준, 최 희 열,
한 기 영 (가나다 순)

(공백)

목 차

요 약 문.....	i
표 목 차.....	iii
그 립 목 차.....	v
제 1 장. 개요.....	1
제 2 장. 생활주변방사선 실태조사.....	2
1. 공항·항만 감시기 실태조사.....	2
2. 재활용고철 감시기 실태조사.....	8
3. 원료물질 등 실태조사.....	19
4. 가공제품 실태조사.....	30
5. 항공운송사업자 실태조사.....	45
제 3 장. 결론.....	56
제 4 장. 참고문헌.....	59

(공백)

요 약 문

I. 제목

2022년도 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석

II. 사업의 목적 및 필요성

생활주변에서 접할 수 있는 방사선의 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 국민의 건강과 환경을 보호하여 삶의 질을 향상시키고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 2012년 7월 26일에 국가적 차원의 관리체계인 생활주변방사선 안전관리법(이하 “생활방사선법”)이 시행되었다. 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석의 수행을 통하여 달성하고자 하는 주요 목표는 다음과 같다.

- 천연방사성핵종을 함유하는 제품을 사용하는 일반인 보호
- 천연방사성핵종을 함유하는 물질을 취급하는 종사자 보호
- 국제노선을 운항하는 항공기의 승무원 보호
- 수입 화물 및 재활용고철의 방사선 감시를 통한 방사성물질의 국내 유입 차단
- 오염된 물질의 일반 생활환경으로의 확산 방지를 통한 국민 보호

III. 사업의 범위 및 내용

생활방사선법 제23조에 따라 원료물질과 공정부산물의 유통현황 및 가공제품의 제조 또는 수출입현황, 취급자 또는 제조업자가 운영하는 시설 주변의 방사능 농도 및 환경의 오염 정도, 감시기 운영자가 설치·운영하는 감시기의 운영·관리 현황 등의 내용을 점검하기 위해 안전관리 실태조사 및 분석을 수행하였다. '22년도 실태조사 대상의 범위는 ① 공항·항만 감시기운영자, ② 재활용고철취급자, ③ 원료물질 등 취급사업장, ④ 가공제품 및 ⑤ 항공운송사업자로 결정되었다.

IV. 결과

전체 공항·항만 감시기 운영자 44개를 대상으로 감시기 운영·관리 현황 파악을 위한 서면 실태조사 수행하였으며, 이 중 지난 3년간('19~'21년) 감시기를 신규 설치한 10개 운영자에 대해서는 별도의 현장조사를 수행하여 경보 대응 인력 및 시설 현황, 감시기 운영·관리 기준의 준수 여부, 경보 대응 적합성 등을 파악하였다.

재활용고철취급자 14개사 18개 사업장에 대한 실태조사 결과, 총 59대의 감시기가 설치·운영되고 있으며, 2021년도 취급량은 전년 대비 16.2% 증가를 확인하였다. 지정된 담당자는 일상점검을 실시하고 그 기록을 보관하며, 감시기의 점검은 운영방식에 따라 일일, 주간, 분기 등의 단위로 이루어짐을 확인하였다. 재활용비철금속을 취급하는 5개 사업장에 대한 현장 실태조사를 별도로 진행하여 사업장의 비철금속 스크랩의 처리와 관련된 주요 현황과 방사선감시기를 운영하는 경우 운영 실태 등을 확인하였다.

원료물질 등에 대한 실태조사는 저어콘 직접 취급 사업장 12개소, 실리카폼 직접 취급 사업장 1개소, 공정부산물 처리·처분 사업장 1개소, 유의물질 발생 사업장 1개소로 총 15개 업체에 대하여 진행되었다. 취급자로 기 등록된 저어콘 및 실리카폼 직접 취급 업체의 44종 시료에 대한 방사능 농도 분석 결과, ^{238}U 계열의 ^{226}Ra 은 0.78~7.3 Bq/g, ^{232}Th 계열의 ^{228}Ra 은 0.18~1.2 Bq/g, ^{40}K 은 0.012~0.37 Bq/g으로 분석되었다. 실태조사 대상 15개 업체의 최대 연간 피폭방사선량은 0.92 mSv으로 평가되어 추가적인 방사선 관련 안전 관리는 필요하지 않은 것으로 판단하였다.

가공제품 실태조사는 국내 유통제품의 방사선 안전성 조사를 위해 방사선효과 광고제품 한국소비자원 협업 및 자체조사(345개), 국민신문고 등 일반인 결함의심제보 제품조사(86개), 결함(의심)제품 제조업체 사후관리·검사(82개)의 경로를 통해 취득한 총 513개 제품의 방사능 농도 분석, 피폭방사선량평가를 수행하였다. 조사제품은 눅거나 베는 제품 72개, 깔거나 앉는 제품 21개, 신체 착용 제품 370개, 신체 세척 제품 39개, 식음·접촉 제품 11개로 분류되었으며 제품군별 비중은 팔찌 43.1%, 목걸이 13.5%, 베개 10.5%, 찜질/마사지기 8.8% 순이었다. '22년 조사제품 중 원료물질 정의농도 초과제품은 144개였으며 이 중 2개 제품(매트 1, 마스크 1)이 연간 피폭방사선량 1 mSv 초과한 것으로 확인되었다.

항공운송사업자에 대한 실태조사는 '21년도 기준 10개 사업자에 대하여 실시하였다. 항공운송사업자는 우주방사선에 의한 피폭방사선량 평가프로그램으로 CARI-6 또는 CARI-6M 또는 CARI-7A를 사용하고 있으며 승무원의 피폭방사선량은 연평균 0.76 mSv으로 전년 대비 약 14% 감소한 것으로 조사되었다. 승무원의 피폭방사선량 관리기준인 연간 6 mSv를 초과한 승무원은 없는 것으로 조사되었으며 승무원이 항상 피폭방사선량 정보를 확인할 수 있도록 항공운송사업자는 사내전산망을 통하여 해당 정보를 제공 및 제공 예정임을 확인하였다.

표 목 차

표 1. 공항·항만 감시기 실태조사 대상	2
표 2. 공항·항만 실태조사 항목 및 세부 내용	3
표 3. 2차 검색부지 및 화물 격리보관 장소 현황(65개 시설)	4
표 4. 공항·항만 감시기 현장조사 대상	5
표 5. 재활용고철취급자 감시기 및 전기 용융시설 현황 ('21.12월 기준)	9
표 6. 2021년 재활용고철 취급량 ('21.12월 기준)	10
표 7. 국내 주요 비철금속 스크랩의 수입량 및 추정 발생량	12
표 8. 국내 주요 비철금속 국내 총수요량 및 리사이클링율	13
표 9. 비철금속 스크랩 품목별 수입 동향	14
표 10. 2022년 현장 실태조사 완료 사업장	14
표 11. 한국비철금속협회의 회원사 목록	15
표 12. 노벨리스크리아(주) 영주공장의 파쇄 및 분류, 용융과정 발생 부산물의 처리	18
표 13. 원료물질 등 실태조사·분석 내용	19
표 14. 원료물질 취급 사업장 실태조사 업태정보	24
표 15. 원료물질 등 실태조사 대상 사업장 방사선량을 측정 및 평가 결과	26
표 16. 원료물질 등 취급 사업장 종사자의 최대 피폭방사선량	29
표 17. 조사제품 종류별 분류	31
표 18. 제품 방사능 농도, 피폭방사선량평가 결과	35
표 19. 실태조사·분석 내용	45
표 20. '21년 항공사별 국제항공 노선수 및 운항횟수 현황	46
표 21. '20년과 '21년 항공운송사업자별 승무원 현황	47

표 22. '21년 항공운송사업자별 승무원 피폭방사선량 현황	48
표 23. 항공운송사업자별 우주방사선 피폭방사선량 평가프로그램 사용 현황	49
표 24. CARI-7A에서 선택할 수 있는 우주방사선 모델	51
표 25. CARI-7A에서 선택할 수 있는 출력값	51
표 26. '21년도 항공운송사업자별 승무원 피폭방사선량 제공 현황	54
표 27. '21년 항공운송사업자별 우주방사선 교육 실시 현황	55

그 립 목 차

그림 1. 방사선량률(좌) 및 공기 중 분진 농도(우) 측정 예시	22
그림 2. 원료물질 및 생산제품에 대한 방사능농도 분석 결과	28
그림 3. 부속형 제품(팔찌), 원료형 제품(목욕제 배합 파우더) 예시	33
그림 4. 조사제품 최대 방사능 농도 분포 (0.1 Bq/g 이상)	34

(공백)

제 1 장. 개요

생활주변방사선 안전관리법(이하 “생활방사선법”)이란 생활주변에서 접할 수 있는 방사선의 안전관리에 관한 사항을 규정함으로써 국민의 건강과 환경을 보호하여 삶의 질을 향상시키고 공공의 안전에 이바지함을 목적으로 하는 법이다. 원자력안전위원회 (이하 “원안위”)에서는 상기 목적을 달성하기 위하여 2011년 7월 25일 생활방사선법을 제정하였으며, 2012년 7월 26일 생활방사선법 하위법령(시행령, 시행규칙, 고시)을 제정하여 법을 본격적으로 시행하였다.

생활방사선법 제23조(생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석)에 따른 안전관리 실태조사 및 분석은 천연방사성핵종을 함유하는 제품을 사용하는 일반인과 천연방사성 핵종을 함유하는 물질을 취급하는 종사자, 국제노선을 운항하는 항공기의 승무원에 대한 안전관리 현황과 수입 화물 및 재활용고철의 방사선 감시를 통한 방사성물질의 국내 유입 현황 등 실태 점검을 주요 목적으로 하고 있다.

원안위는 매년 실태조사 계획을 수립하고, 같은 법 제27조(생활주변방사선 전문기관의 지정·운영 등)에 따라 지정, 운영되는 전문기관이 이를 수행하고 있다. 한국 원자력안전기술원(이하 “KINS”)은 '13년부터 상기 전문기관 중 하나로 해당 실태조사 업무를 위탁 받아 수행하며 그 결과를 원안위에 보고하였다.

KINS에서는 생활주변방사선 안전관리 실태조사 시 다음의 사항을 조사, 분석한다. 먼저 생활방사선법 제23조제1항의 각목에 따른 원료물질과 공정부산물의 유통현황 및 가공제품의 제조 또는 수출입 현황, 취급자 또는 제조업자가 운영하는 시설 주변의 방사능 농도 및 환경의 오염 정도, 감시기 운영자가 설치 및 운영하는 감시기의 운영 및 관리 현황, 그 밖에 생활주변방사선 안전관리에 필요한 사항을 조사, 분석한다. 마지막으로 KINS에서는 매년 실태조사 결과를 정리하여 이를 원안위에 보고하며, 생활주변방사선 안전관리 업무의 효율적 추진을 위한 기초자료 및 차기년도 실태조사 수립 시 개선 사항을 도출하는 기본 자료로 활용하고 있다.

'22년도 실태조사 대상의 범위는 ① 공항·항만 감시기운영자, ② 재활용고철취급자, ③ 원료물질 등 취급 사업장, ④ 가공제품 및 ⑤ 항공운송사업자이다. 본 보고서에는 해당 실태조사에 대한 계획 수립부터 수행 내용 및 결과까지 총 업무가 정리되어 있다.

제 2 장. 생활주변방사선 실태조사

1. 공항·항만 감시기 실태조사

1.1. 실태조사 및 분석 계획

1.1.1. 실태조사 대상

원안위는 생활방사선법 제19조에 따라 '12년부터 '21년 말까지 연차적으로 15개 항만 및 2개 공항에 총 137대의 감시기를 설치하였으며, 감시기에 대한 운영은 같은 법 제19조 제3항에 따라 항공교통사업자 및 항만시설운영자에게 위탁하고 있다(총 18개 위수탁계약자, 44개 운영자).

'22년에는 전체 공항·항만 감시기 운영자를 대상으로 감시기 운영·관리 현황 파악을 위한 서면 실태조사를 수행하였으며, 이 중 지난 3년간('19~'21년) 감시기를 설치한 운영자에 대해서는 별도의 현장조사를 수행하여 감시기 운영·관리 기준의 준수 여부 및 경보 대응 적합성 등을 평가하였다. 공항·항만 실태조사 대상은 아래 표 1과 같다.

표 1. 공항·항만 감시기 실태조사 대상

구분	조사 대상
서면조사	전체 공항·항만 감시기 운영자(44개)
현장조사	'19~'21년 감시기 설치 운영자(10개)

1.1.2. 실태조사 내용 및 항목

공항·항만 감시기 실태조사 내용에는 생활방사선법 제20조의2 및 같은 법 시행규칙 제8조의2에 따른 감시기 운영·관리 기준의 준수 여부와 생활방사선법 시행령 제13조에 따라 원안위가 감시기 운영자에게 위탁한 감시기 운영업무의 이행 여부가 포함되어야 한다. 이에 따라 서면조사에서는 감시기 운영·관리와 관련한 세부 현황을 파악하고, 현장조사에서는 감시기 운영·관리 기준의 준수 여부 및 경보대응 적합성 등을 평가하였다. 실태조사 항목 및 세부 내용은 아래 표 2와 같다.

표 2. 공항·항만 실태조사 항목 및 세부 내용

구분	조사 항목	세부 내용
서면조사	감시기 운영·관리 세부 현황	<ul style="list-style-type: none"> · 감시기 설치현황 · 감시기 경보 대응 인력 현황 · 감시기 경보 대응 시설 현황(2차 검색, 화물 격리보관) · 감시기 운영 현장 변경사항 · 감시기 운영 관련 문제점 및 개선사항
현장조사	감시기 운영·관리 기준 준수 여부	<ul style="list-style-type: none"> · 감시기의 설치·운영에 관한 업무의 담당자 지정현황 · 감시기 일상점검 결과의 기록·보관 현황 · 감시기의 점검·관리 방법 및 업무에 관한 절차서 구비 여부 · 감시기 고장·파손 및 위치변경 발생 이력 및 원안위 보고 현황
	경보 대응 적합성 평가	<ul style="list-style-type: none"> · 경보발생에 따른 대응절차(2차 검색 등) 숙지 여부
	기타	<ul style="list-style-type: none"> · 감시기 운영 관련 교육(전문교육 등) 이수 현황 · 감시기 및 기타 장비 정상 작동 확인 · 2차 검색부지 및 화물 격리보관 장소 확인

1.2. 실태조사·분석 방법

서면조사에서는 감시기 운영자에게 협조공문 및 실태조사서 양식을 배부한 후, 운영자가 해당 내용을 작성하여 일정 기한 내에 KINS에 제출하도록 하였다. 제출된 실태조사서를 바탕으로 감시기의 운영·관리 실태를 파악하고, 운영상의 문제점 및 개선사항을 도출하였다.

현장조사에서는 10개 운영자('19~'21년 감시기 설치 시설)와 협의하여 현장 방문 일정을 확정된 후 협조공문 및 실태조사 계획서를 발송하였으며, 현장조사 시 감시기 관리·운영 책임자가 모두 참석할 수 있도록 요청하였다. 조사 당일에는 운영자가 사전에 제출했던 서면 실태조사서에 대한 내용 확인 및 추가 질의를 하였으며, 관련 서류를 통해 감시기 운영·관리 기준을 준수하고 있는지 확인하였다. 다음으로, 현장점검을 통해 감시기 및 부속장치, 휴대용 장비 등이 정상적으로 작동하는지 확인하였으며, 2차 검색부지 및 화물 격리보관 장소를 방문하여 보완·개선할 부분이 있는지 점검하였다. 마지막으로, 경보 대응 적합성 평가를 위해 테스트 선원을 이용하여 감시기 경보를 인위적으로 발생시킨 후 현장 운영자가 적절하게 대응하는지 확인하였으며, 미흡한 부분에 대해서는 다시 안내하였다.

1.3. 실태조사·분석 결과

1.3.1. 서면조사 결과

서면조사를 통해 전체 공항·항만 감시기 운영자(44개)가 관리·운영하고 있는 총 65개의 시설(부두, 터미널 등)에 대한 정보 대응 인력 및 시설 현황, 운영상의 문제점 및 개선 사항 등을 파악하였다.

정보 대응 인력은 주로 차량 출입 등의 보안업무를 수행하는 청원경찰 및 특수경비원 또는 게이트 관리 전문업체 소속 직원으로 확인되었으며, 그 밖에 화물조업 및 검수 등의 업무를 수행하는 경우도 있었다.

2차 검색 장소 및 화물 격리보관 장소 현황은 표 3과 같다. 2차 검색 장소에 대하여 33개 시설은 별도의 지정장소가 마련되어 있다고 응답하였으나, 32개 시설은 임시장소를 활용하고 있다고 응답하였다. 한편, 화물 격리보관 장소의 경우에는 지정장소가 마련된 시설은 16개에 해당하였으며, 나머지 49개 시설은 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다. 또한, 일부 시설은 2차 검색부지와 화물 격리보관 장소를 겸용하여 사용하고 있는 것으로 파악되었다.

표 3. 2차 검색부지 및 화물 격리보관 장소 현황(65개 시설)

	2차 검색부지	화물 격리보관 장소
지정장소	33	16
임시장소	32	49
합 계	65	65

운영상의 문제점으로는 차량 꼬리 물기 및 장비의 오작동으로 인한 문제점이 가장 많이 언급되었다. 일반적으로 화물차량이 감시기를 통과하면서 경보가 발생하면 해당 차량을 통제하기 위해 차단기가 닫히도록 설정되어 있는데, 경보가 발생한 차량과 정상차량이 연달아 감시기를 통과하는 경우에는 차단기가 적절하게 닫히지 못하거나, 차단기가 차량과 충돌하여 파손되는 경우가 발생할 수 있다. 차단기 파손 건에 대해서는 유지보수 업체를 통해 신속하게 대응하고 있으나, 근본적인 문제 해결을 위해서는 시설별 현장 여건을 고려하여 차량 사이의 일정 거리를 확보하기 위한 방안이 검토되어야 할 것으로 판단된다. 장비의 오작동 사례로는 차량번호 인식기의 성능 저하 및 차단기의 오작동 등이 주로 언급되었으며, 세부 상황을 파악한 후 유지보수 업체를 통해 해당 장비를 수리 또는 교체할 예정이다.

1.3.2. 현장조사 결과

현장조사는 '19~'21년 감시기 설치 운영자(10개)를 대상으로 실시하였으며, 감시기 운영·관리기준 준수 여부, 감시기 및 기타 장비의 동작 상태, 2차 검색부지 및 화물 격리보관 장소 현황, 운영상의 문제점 및 개선사항 등을 파악하였다. 또한, 경보 대응 적합성 평가를 통해 현장 운영자의 경보 대응 역량을 확인하였다. 현장조사 대상은 아래 표 4와 같다.

표 4. 공항·항만 감시기 현장조사 대상

연번	항만/공항	부두/터미널	감시기 설치연도(수량)
1	평택항	A부두	2013(1), 2021(1)
2	인천항	B부두	2019(1)
3	인천항	C부두	2017(1), 2020(2)
4	부산항	D부두	2019(4)
5	군산항	E부두	2020(2)
6	광양항	F부두	2020(1)
7	광양항	G부두	2013(2), 2021(1)
8	인천공항	H터미널	2021(1)
9	김포공항	I터미널	2019(1)
10	김포공항	J터미널	2020(1)

평택항 A부두는 '13년에 감시기 1대를 설치하였으며, '21년에 감시기 1대를 추가 설치하여 운영하고 있다. 전반적으로 감시기 운영 및 경보 대응 역량이 양호하였으며, 감시기 운영·관리 기준을 잘 준수하고 있었다. 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하고 있으나, 핵종분석기가 제대로 충전되지 않는 것이 확인되었다. 현장조사 이후 유지보수 업체를 통해 해당 장비를 수거하여 점검하였으며, 장비 본체와 충전 케이블 접속부가 제대로 체결되지 않아 발생한 문제인 것으로 파악되어 운영자에게 충전 방법에 대하여 다시 안내하였다. 2차 검색부지 및 화물격리 보관장소는 일부 지역을 지정하여 검용으로 사용하고 있다.

인천항 B부두는 '19년에 감시기 1대를 신규 설치하여 운영하고 있다. 감시기 운영·관리 기준을 잘 준수하고 있으며, 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 감시기 운영자에 대한 경보 대응 적합성 평가 결과, 전반적인 절차는 잘 숙지하고 있으나, 장비의 사용은 다소 미흡한 것으로 파악되었다. 이에, 경보 대응 시연을 통해 경보 대응 절차 및 장비 사용 방법을 재교육하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였으며, 화물 격리보관 장소는 야적장 일부 구역을 임시로 사용하고 있는 것으로 확인되었다.

인천항 C부두는 '17년에 감시기 1대를 설치하였으며, '20년에 감시기 2대를 추가 설치하여 운영하고 있다. 감시기 운영·관리 기준을 잘 준수하고 있었으며, 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 게이트 관리 업무를 담당하고 있는 현장 운영자가 전반적인 경보 대응 업무를 수행하고 있으며, 감시기 운영 및 경보 대응 역량이 매우 우수하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였다.

부산항 D부두는 '19년에 감시기 4대를 신규 설치하여 운영하고 있다. 감시기 일일점검을 잘 수행하고 있으며, 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 다만, 신규 설치 당시 배부하였던 감시기 절차서가 분실된 것으로 파악되어, 현장조사 이후 감시기 절차서(포스터형, 책자형)를 현장으로 발송해주었다. 게이트 관리 업무를 담당하고 있는 현장운영자가 전반적인 경보 대응 업무를 수행하고 있으나, 야간(18:00~08:00)에는 인력 부족으로 인해 경보 대응에 어려움을 겪고 있는 것으로 파악되었다. 또한, 최근 감시기 운영 외주업체가 변경되었으나 감시기 운영 및 경보 대응 업무에 대한 인수인계가 제대로 이루어지지 않아, 해당 업무에 대한 이해와 숙련도가 다소 부족하였다. 이에, 경보 대응 시연을 통해 전반적인 절차 및 장비 사용 방법 등을 다시 안내하였다. 감시기 신규 설치 당시 게이트 앞 공터에 2차 검색부지를 마련하였으나 화물차가 해당 구역에 무단으로 주정차하는 경우가 빈번하여 현재는 검색부지를 이용하지 않고 임시 공간을 사용하고 있었다. 향후 환경개선 사업을 통해 현재 2차 검색부지 위치를 재검토하고 별도 장소를 확보할 예정이다.

군산항 E부두는 '20년에 감시기 2대를 신규 설치하여 운영하고 있다. 감시기 운영·관리 기준을 잘 준수하고 있으며, 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 경보 발생이 저조한 터미널 특성으로 인해 감시기 운영자의 경보 대응 경험이 부족하며, 이로 인해 경보 대응에 다소 미흡한 부분이 발견되었다. 이에, 경보 대응 시연을 통해 전반적인 대응 절차 및 장비 사용 방법 등을 재교육하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하였으며, 인근 울타리에 표지판을 설치하였다. 화물 격리보관 장소는 부두 내 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

광양항 F부두는 '20년에 감시기 1대를 신규 설치하여 운영하고 있다. 감시기 운영·관리 기준을 잘 준수하고 있으며, 전반적으로 감시기 운영 및 경보 대응 역량이 양호하였다. 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하고 있으나, 차량번호 인식률이 다른 감시기 운영 부두보다 저조한 것으로 확인되었다. 현재 항만에서 사용되고 있는 차량번호 인식기는 일반 화물차량 촬영에 최적화되어 있으나, F부두에는 주로 차량번호판의 규격이 다른 건설용 차량 출입이 빈번하여 인식률이 저조한 것으로 파악된다. 건설용 차량번호를 촬영할 수 있는 다른 기종으로 대체 가능한지 검토 중이며, 그전까지는 감시기 운영 프로그램에서 촬영된 사진을 통해 차량번호를 확인할 수 있도록 안내하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였으며, 화물 격리보관 장소는 부두 내 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

광양항 G부두는 '13년에 감시기 2대를 설치하였으며, '21년에 감시기 1대를 추가 설치하여 운영하고 있다. 감시기 관리·운영 기준을 준수하고 있으며, 오랜 감시기 운영 경험으로 인해 경보 대응 역량이 매우 우수하였다. 특히 전반적인 경보 대응 업무를 담당하고 있는 현장운영자가 경보 발생 차량이 무단으로 반출되는 경우를 대비하여 경보가 빈번하게 발생하는 화물 및 차량 목록을 자체적으로 작성하여 관리하고 있었다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였으며, 화물 격리보관 장소는 부두 내 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

인천공항 H터미널은 '21년에 감시기 1대를 설치하여 운영하고 있다. 감시기 일일점검을 잘 수행하고 있으며, 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하는 것을 확인하였다. 다만, 신규 설치 당시 배부하였던 감시기 절차서가 분실된 것으로 파악되어, 현장조사 이후 감시기 절차서(포스터형, 책자형)를 현장으로 발송해주었다. 감시기 운영자에 대한 경보 대응 적합성 평가 결과, 전반적인 절차는 잘 숙지하고 있으나, 장비의 사용은 다소 미흡한 것으로 파악되었다. 이에, 경보 대응 시연을 통해 전반적인 절차 및 장비 사용 방법 등을 다시 안내하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였으며, 화물 격리보관 장소는 부두 내 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

김포공항 I터미널 및 J터미널은 '19년, '20년에 각각 감시기 1대를 설치하여 운영하고 있다. 신종 코로나 바이러스 확산으로 인해 지난 1년간 터미널 및 감시기 운영을 중단하였다가 '22년 7월 13일부터 운영을 재개하였다. 감시기 일일점검을 잘 수행하고 있으나, 신규 설치 당시 배부하였던 감시기 절차서가 분실된 것으로 파악되어 현장조사 이후 감시기 절차서(포스터형, 책자형)를 현장으로 발송해주었다. 감시기 및 부속장치, 2차 검색 장비 모두 정상적으로 작동하고 있으나, 경보 발생 시 자동으로 출력되는 경보발생보고서에서 일부 수정이 필요한 항목이 발견되어 현장조사 이후 유지보수 업체를 통해 해당 항목을 수정하였다. 경보 발생이 저조한 터미널 특성으로 인해 감시기 운영자의 경보 대응 경험이 부족하며, 이로 인해 경보 대응에 다소 미흡한 부분이 발견되었다. 이에, 경보 대응 시연을 통해 전반적인 대응 절차 및 장비 사용 방법 등을 재교육하였다. 2차 검색부지는 별도 구역을 지정하여 바닥에 페인트로 표지하였으며, 화물 격리보관 장소는 터미널 내 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

2. 재활용고철 감시기 실태조사

2.1. 실태조사·분석 계획

인공방사성핵종이나 천연방사성핵종에 의해 오염된 재활용고철의 유입을 방지하기 위하여 생활방사선법에서는 일정 규모 이상의 용융시설을 운영하는 재활용고철취급자에게 방사선 감시기의 설치와 운영 의무를 부과하고 있다. 생활방사선법 제20조 및 같은 법 시행령 제11조제2항에 따라 단위 용량 30톤 이상의 전기 용융시설과 단위 용량 100톤 이상의 전로를 운영하여 고철을 재활용하는 자(이하 “재활용고철취급자”)는 감시기를 설치·운영하여야 하며 감시기를 설치한 재활용고철취급자는 같은 법 제20조의2에 따른 감시기의 감시기 운영·관리 기준을 준수하여야 한다. 또한, 법 제19조에 따른 유의물질이 감시기에서 검출될 경우 재활용고철취급자는 법 제21조제1항에 따라 유의물질에 대한 사항을 원안위에 보고하여야 한다.

생활주변방사선 안전관리 실태조사는 생활방사선법 제23조 및 같은 법 시행령 제14조에 근거하여 매년 실시되며 감시기 운영자가 설치 운영하는 감시기의 운영·관리 현황 등에 대한 내용을 포함하고 있다. '22년도에는 18개 재활용고철취급자에 대한 감시기 운영 및 유의물질 발생 현황 등에 대한 서면 실태조사 계획을 수립하였다. 추가로 연간 비철금속의 취급량 및 재활용 비율, 방사선 감시기의 보유 여부 등을 고려하여 5개 비철금속 업체를 선정하여 현장조사 계획을 수립하였다.

2.2. 실태조사·분석 방법

2022년도 방사선 감시기 설치 대상인 재활용고철취급자는 전년대 변동이 없는 것으로 확인되었다. 따라서, 실태조사 대상 재활용고철취급자는 14개 제강사의 18개 사업장이며 이들을 대상으로 감시기 설치 및 전기 용융시설 현황, 재활용고철 취급량, 감시기 운영관리 및 교육 현황에 대한 서면조사 결과를 바탕으로 실태조사·분석을 수행하였다.

2.3. 실태조사·분석 결과

2.3.1. 재활용고철취급자 감시기 및 전기 용융시설 현황

재활용고철취급자는 14개사 18개 사업장에서 총 59대의 감시기를 설치·운영하고 있다. 표 5에 재활용고철취급자의 감시기 및 전기 용융시설 현황을 정리하였다. 현대제철 인천공장의 경우 인천광역시의 요청에 따라 1대의 감시기를 철거하여 5대에서 4대로 감소하였으며 두산중공업은 두산에너지빌리티로 기관명이 변경되었다.

표 5. 재활용고철취급자 감시기 및 전기 용융시설 현황 ('21.12월 기준)

연번	제강사명	사업장	감시기 대수	설치연도	전기 용융시설	용량
1	현 대 제 철	포항공장	11	13년 4대, 14년 2대, 15년 3대, 17년 1대, 19년 1대	4	30T, 80T, 100T, 120T
2		인천공장	4	13년 2대, 15년 2대	5	60T, 70T, 80T, 90T, 120T
3		당진공장	5	11년 1대, 13년 4대	3	150T, 150T, 150T
4	현대아이에프씨	순천공장	2	15년 2대	1	100T
5	포 스 코	광양공장	8	01년 2대, 05년 1대, 15년 3대, 16년 2대	1	150T
6		포항공장	10	12년 1대, 14년 1대	2	100T, 100T
7	대 한 제 강	녹산공장	1	09년 1대	1	80T
8	동 국 제 강	포항공장	3	07년 1대, 08년 1대, 20년 1대	1	140T
9		인천공장	2	08년 2대	2	100T, 120T
10	세아창원특수강	창원시	2	12년 2대	2	60T, 100T
11	한 국 철 강	창원시	2	12년 1대, 14년 1대	2	70T, 120T
12	한 국 제 강	함안군	1	12년 1대	1	70T
13	한 국 특 강	함안군	1	08년 1대	1	100T
14	두산에너지빌리티	창원시	1	03년 1대	2	30T, 100T
15	환영철강공업	당진시	1	05년 1대	1	100T
16	세아베스틸	군산시	2	99년 1대, 09년 1대	4	100T, 100T, 100T, 150T
17	와이케이스틸	부산시	2	14년 1대, 19년 1대	1	90T
18	태웅제강	부산시	1	16년 1대	1	120T
합 계			59	-	35	-

2.3.1.1. 재활용고철 취급 현황

2021년도 14개 제강사의 총 재활용고철 취급량은 24,095,200톤이었다. 이중 국내 재활용고철은 19,389,915톤(80.5%), 수입 재활용고철은 4,705,285톤(19.5%)이며 2020년(20,744,417톤) 대비 16.2% 증가하였다.

현대아이에프씨, 한국제강, 두산에너지, 환영철강공업 등 4개 사업장은 국내 고철만을 취급하였고 현대제철(포항공장, 인천공장, 당진공장), 포스코(광양공장, 포항공장), 동국제강(인천공장), 와이케이스틸 7개 사업장은 전용부두 내 또는 항만과 인접한 공장 내 감시기를 설치·운영하고 있는 것으로 조사되었다.

표 6. 2021년 재활용고철 취급량 ('21.12월 기준)

연번	제강사명	사업장	재활용고철 취급량(톤)	
			국내	수입
1	현 대 제 철	포 항 공 장	1,634,771	580,730
2		인 천 공 장	2,378,781	715,811
3		당 진 공 장	2,772,367	1,009,631
4	현대아이에프씨	순 천 공 장	147,960	0
5	포 스 코	광양제철소	890,967	397,035
6		포항제철소	1,088,129	543,636
7	대 한 제 강	녹 산 공 장	902,033	142,643
8	동 국 제 강	포 항 공 장	1,162,962	83,000
9		인 천 공 장	1,759,000	750,000
10	세아창원특수강	창 원 시	560,120	18,743
11	한 국 철 강	창 원 시	995,856	59,215
12	한 국 제 강	함 안 군	675,454	0
13	한 국 특 강	함 안 군	908,032	24,724
14	두산에너지	창 원 시	60,100	0
15	환영철강공업	당 진 시	811,933	0
16	세 아 베 스 틸	군 산 시	1,687,894	258,486
17	와 이 케 이 스 틸	부 산 시	881,556	97,231
18	(주) 태 웅 제 강	부 산 시	72,000	24,400
합 계			19,389,915	4,705,285
			24,095,200	

2.3.1.2. 감시기 운영관리 현황 및 교육 이수 현황

재활용고철취급자는 생활방사선법 제20조의2제1항 및 같은 법 시행규칙 제8조의2에 따라 아래의 감시기의 운영·관리 기준을 준수하도록 하고 있다.

- 감시기의 설치·운영에 관한 업무의 업무별 담당자를 정할 것
- 감시기를 일상점검하고 그 결과를 기록·보관할 것
- 감시기의 점검·관리 방법 및 점검·관리 업무에 관한 절차서를 마련할 것
- 감시기 고장·파손 및 위치변경이 발생한 경우에는 지체 없이 원안위에 보고할 것. 이 경우 재활용고철취급자는 해당 감시기를 대신하여 방사선 또는 방사능을 감시할 수 있는 방안과 감시기 수리에 관한 계획을 함께 보고하여야 한다.

감시기의 설치·운영에 관한 업무의 업무별 담당자 지정과 관련하여 사업장별 인력 및 시설 등을 감안하여 감시기의 설치·운영에 필요한 담당 부서 또는 담당자를 지정·운영하고 있으며 각 사업장의 고유한 특성에 맞게 운영조직별로 분장된 업무를 통해 체계적으로 관리·운영되고 있었다. 사업장별로 설치·운영하고 있는 감시기에 대하여 일상점검을 실시하고 있고 그 기록을 보관하는 것으로 조사되었다. 감시기의 점검·관리 방법 및 점검·관리 업무에 관한 절차서 마련과 관련하여 각 사업장에서는 사업장의 특성에 맞게 업무 절차서 및 지침서 등을 마련하고 있었다. 다만, 감시기에 대한 성능점검은 일부 대형 제강사(포스코 및 현대제철)의 경우 자체적으로 수행하기도 하였으나 대부분의 제강사에서는 감시기 전문업체와 유지보수 계약을 체결하여 수행하고 있는 것으로 조사되었다. 아울러, 각 사업장에서는 고철 수입 시 생활주변방사선 안전관리를 위한 안전지침에 따라 원자력사고(7등급)가 발생한 국가로부터 수입 시에는 고정형 감시기를 통한 “무방사능 확인서”를 요구하고 있는 것으로 조사되었으며 한국특강의 경우는 원자력사고 발생국으로부터는 고철을 수입하지 않고 있었다.

생활방사선법 제26조의2에 따라 감시기 운영 및 유의물질 조치 등에 관한 사항에 대하여 원안위에서 시행하는 교육을 받도록 하고 있다. 해당 교육은 한국원자력안전재단이 같은 법 제28조에 따라 교육 업무를 원안위로부터 위탁받아 수행하고 있다. '21년도 중에 재활용고철취급자의 감시기 관련 담당자는 한국원자력안전재단이 실시하는 위탁교육을 모두 이수한 것으로 조사되었다.

추가로 재활용고철의 처리 과정에서 발생하는 제강분진과 슬래그 반출시 방사선감시는 사업장 대부분에서 시행하고 있는 것으로 조사되었으며 일부 사업장의 경우 출하되어 반출되는 제품에 대한 감시도 이루어지고 있었다. 2022년도에는 제강분진이나 슬래그에서 검출된 사례는 없었던 것으로 확인되었다.

2.3.2. 비철금속 사업체 현장조사

2.3.2.1. 국내 범용금속의 재활용 현황

재활용고철과 달리 비철금속 분야의 경우, 일부 동향 자료를 제외하고는 국내 유통 스크랩 전반에 대한 구체적인 통계자료가 공식적으로 발표되지 못하고 있다. 과거 한국자원리사이클링 학회지를 통하여 일부 연구자들이 3~5년 주기로 주요 비철금속의 수급 및 리사이클링 현황을 발표하여 왔으나 2020년 이후 최근의 조사 자료는 확인이 불가하였다. 2009년부터 2019년 사이 발표된 4건(박형규와 신희덕, 2009; 박형규, 2013; 박형규와 손호상, 2015; 박형규 외, 2019)의 논문에서 추정한 국내 비철금속 스크랩의 추정 수입 및 국내 발생량과 각각의 비철금속별 국내 총수요량 대비 재생 금속 생산량으로 추정된 리사이클링율(재활용비율)을 표 7과 표 8에 요약하였다.

표 7. 국내 주요 비철금속 스크랩의 수입량 및 추정 발생량

구분	스크랩량(톤)							
	2007		2012		2014		2018	
	수입	국내 (추정값)	수입	국내 (추정값)	수입	국내 (추정값)	수입	국내 (추정값)
Al	자료없음		620,800	110,000	801,210	110,000	773,566	110,000
Cu	220,000	120,000	300,000	120,000	298,547	120,000	338,651	120,000
Zn	-				10	-	473	-
Pb					10,237		7,619	
Ni					676		2,123	
Mg					73		1,856	

표 8. 국내 주요 비철금속 국내 총수요량 및 리사이클링율

구분	리사이클링율(추정) (국내 총수요, 단위 톤)			
	2007	2012	2014	2018
Al	18.0% (1,112,700)	31.8% (2,097,300)	30.7% (2,151,300)	30.6% (2,097,996)
Cu	12.3% (585,000)	19.7% (609,700)	21.8% (1,536,000)	25% (1,465,700)
Zn	-			
Pb	~20% (254,600)	30.8% (582,200)	41.7% (815,700)	41.2%
Ni	-			1.9% (110,300)
Mg	31.5% (22,800)	40.9% (36,400)	34.4% (38,900)	48% (24,600)

최근의 주요 비철금속 스크랩의 수입량에 대한 통계자료는 한국비철금속협회의 동향자료를 통해 확인할 수 있다(한국비철금속협회, 2022). 알루미늄 스크랩의 수입은 지속해서 증가하고 있으며 동 스크랩의 수입은 감소추세를 보인다. 연간 천 톤 내외로 미미하긴 하나 아연 스크랩의 수입도 큰 폭으로 감소하고 있다. 2019년부터 2021년까지의 주요 비철금속 스크랩의 수입량과 증감률은 표 9과 같다.

국내에서 활발하게 재활용이 이루어지는 비철금속은 주로 알루미늄과 동, 아연이다. 알루미늄 스크랩의 경우 주로 생활 사용 제품(창틀, 캔 및 주방용품 등)이나 일부 기계 부품의 재활용이기 때문에 방사성물질의 오염 가능성이 거의 없다고 할 수 있다. 국내 동 스크랩의 경우 주로 폐전선에서 회수되는 것이 대부분이며 일부 배관용으로 사용되는 동 파이프 등이 있으나 스크랩으로 유통되는 양이 매우 적기 때문에 방사성 오염의 가능성이 작다. 또한, 비철금속은 그 물성 특성상 대형 NORM 시설에서 주요 설비로 사용되기에는 제한적이기 때문에 국내 원료물질 취급자들의 설비 등에서 공정부산물 등에 의해 오염되어 스크랩으로 유통되는 경우는 찾기 어렵다. 다만, 아연의 경우는 대부분 제강제품의 도금용으로 사용되고 일부는 폐전선지에서 회수된다. 아연의 재활용은 제강분진의 재활용이 대부분을 차지하고 있다. 아연 재활용은 제철 및 제강산업과 연계되어 있으므로 가장 방사성핵종에 의한 오염 가능성이 크다 할 수 있다. 국내 일부 제강사에서 방사선원에 의한 오염이 확인된 사례도 있다. 그러나 제강분진은 이미 재활용 고철의 방사선 감시 체계 내에 들어와 순환하고 있으므로 국내에서 감시가 이루어지고 있다고 보는 것이 타당하다. 니켈과 납, 마그네슘 등은 국내의 재활용 스크랩의 유통량이 극히 미미하기

때문에 방사선 오염 측면에서의 우려는 크게 없다고 할 수 있다. 그러나, 수입 비철금속 스크랩의 경우 공항이나 항만의 방사선 감시기에서 유의물질로 검출되는 경우가 간헐적으로 발생하고 있으며 전량 수출국으로 반송 처리되고 있다.

표 9. 비철금속 스크랩 품목별 수입 동향

	2019년		2020년		2021년	
	수입량(톤)	증감률	수입량(톤)	증감률	수입량(톤)	증감률
Al	885,927	14.5%	964,764	8.9%	1,040,332	7.8%
Cu	355,385	4.9%	334,207	-6.0%	338,518	-4.7%
Zn	1,107	134%	729	-34.2%	558	-23.5%
Pb	10,412	54.7%	3,429	-67.1%	3,637	6.1%
Ni	2,660	25.3%	4,551	71.1%	5,263	15.6%
Mg	자료 없음					

2.3.2.2. 5개 현장조사 대상 사업체의 선정

한국비철금속협회 회원사 중 상대적으로 규모가 큰 사업체를 현장조사 대상으로 고려하였으나, 대형 사업체의 경우 고려아연(주)을 제외하고는 협조가 여의치 않았다. 이에 따라 이들 회원사 중 우선 방사선 감시기를 자체 설치하여 운영 중인 3개 사업장과 비회원사 1개 사업장(주)울산알루미늄)을 포함하고 수입 제강분진이나 수입 스크랩에서 유의물질이 검출된 이력이 있었던 3개 업체 등 총 7개 업체를 선정하여 사전 협의하였다. 최종적으로 2개 아연 재활용업체와 3개 알루미늄 재활용업체에 대한 현장 실태조사가 완료되었다. 실태조사가 완료된 5개 사업장은 표 10과 같다. 한국비철금속협회 회원사 목록은 표 11에 정리하였다.

표 10. 2022년 현장 실태조사 완료 사업장

순 번	대상 금속	업체명	사업소(소재지)	방사선 감시기 운영여부	과거 수입 화물 유의물질 검출 이력 (공항·항만 감시기)
1	Zn	고려아연(주)	울산광역시 울주군	×	○
2	Zn	베페사징크코리아(주)	경상북도 경주시	○	○
3	Al	(주)울산알루미늄	울산광역시 남구	○	×
4	Al	(주)세아항공방산소재	경상남도 창원시	○	×
5	Al	노벨리스코리아(주)	경상북도 영주시	○	×

표 11. 한국비철금속협회의 회원사 목록

대상 원소	한국비철금속협회 회원사	사업장	방사선 감시기 설치 여부
Al	(주)나이스엘엠에스	충남 예산, 충북 충주	×
	노벨리스코리아(주)	경북 영주	○
	(주)동양A.K코리아	세종시, 경기 군포	×
	동원시스템스(주)	충남 아산	×
	동일알루미늄(주)	충남 천안	×
	롯데알미늄(주)	경기 안산/오산, 충북 진천	×
	삼아알미늄(주)	경기 평택	×
	(주)알루코	대전 대덕	×
	(주)세아항공방산소재	경남 창원	○
	씨엔리(주)	경남 사천	×
	(주)우일금속	경기 화성	×
	조일알미늄(주)	경북 경산	×
	(주)한국알미늄	충북 증평	×
Zn	고려아연(주)	울산 울주	×
	(주)영풍	경북 봉화	×
	(주)스틸사이클에스씨	전남 순천	○
Zn/Al	삼화비철공업(주)	경남 함안	×
	(주)풍전비철	인천 서구, 경기 고양, 전북 군산	×
Cu	(주)대창	경기 시흥	×
	LS MnM(주)	울산 울주	- *
	이구산업(주)	경기 평택	×
	KBI메탈(주)	대구 달성, 충북 음성	×
	(주)풍산	울산 울주	- *
	(주)하나금속	인천 남구	×
Pb	(주)단석산업	전북 군산	×
	삼지금속공업(주)	경기 안산	×
	(주)중일	경기 안산	×
Ni	(주)에스엔앤씨	전남 광양	- *
	코리아니켈(주)	경기 성남, 울산 울주	- *
W	대구텍(유)	대구 달성	×

* 해당 정보 확인 불가

2.3.2.3. 현장 실태조사 결과

5개 현장 실태조사 업체의 규모나 특성이 차이가 크기 때문에 실태조사 결과는 업체별로 따로 기술하였다. 업체별 현장조사 결과를 정리하면 다음과 같다.

2.3.2.3.1. 고려아연(주)

1974년 설립된 고려아연(주)은 연 및 아연의 제련, 정련 및 합금제조업체로 1,500여 명의 임직원과 연 매출 10조 규모의 대기업이다. 현장 실태조사는 고려아연에서 운영 중인 온산제련소를 대상으로 진행되었으며 아연재 처리를 위한 배소로(Waelz Kiln)와 스크랩 처리를 위한 파쇄, 선별 및 소성 시설을 운영하고 있다. 방사선 감시기는 운영하고 있지 않으며 입고 및 출고 화물에 대한 방사선감시는 하고 있지 않았다.

2022년 국내 스크랩 취급량은 국내의 경우 8개 업체로부터 취득한 약 2,284톤이며 수입 스크랩 취급량은 일본과 미국 등 9개국에서 수입된 총 13,426톤이다. 스크랩의 수입은 부산항을 통해 이루어지고 있고 일본에서 수입한 비철금속 스크랩의 경우 무방사능확인서를 확인하고 있다. 고려아연은 제강분진을 재활용하여 생산된 조산화아연을 사용하여 아연괴를 생산하고 있으며 상당량의 아연재를 수입하고 있다. 제련공정에서 연간 약 1,000톤의 분진이 발생하며 모두 자체 처리하고 있다. 슬래그는 연간 약 750,000톤이 발생하며 전량 제품으로 판매하고 있다.

2.3.2.3.2. 베페사징크코리아(주)

2007년 설립된 베페사징크코리아(주)는 조산화아연 및 합금제조를 주요 사업으로 하는 550명의 사원과 연 매출 650억원 규모의 중소기업으로 경북 경주시의 천북산업단지 내에 있다. 제강분진에서의 아연의 회수를 목적으로 각각 시간당 25톤과 20톤의 처리가 가능한 2기의 배소로(Waelz Kiln)를 운영하고 있으며 2018년도에 방사선 감시기를 설치하여 운영하고 있다. 휴대용핵종분석기와 선량률측정기도 각각 1대씩 같이 도입하여 운영하고 있으며 전담부서(품질환경안전팀) 담당자들의 방사선감시에 대한 이해도가 매우 높은 편이었다. 또한, 방사선 감시기에서 경보가 발생할 경우를 대비하여 관련 업무 절차는 내부적으로 정하여 시행하고 있었다.

국내 제강분진은 세아베스틸과 한국제강으로부터 2022년 기준 20,000톤 및 12,000톤 규모로 공급받았으며 수입 제강분진은 태국과 대만에서 각각 27,000톤 및 40,000톤이 울산항을 통해 수입되었다. 국내 및 수입 모두 제강분진의 사내 입고 시 방사선감시를 수행하고 있었다. 2020년 4월 부산항의 방사선 감시기에서 동사에서 수입한 제강분진에서 인공방사성핵종(Cs-137)이 포함된 유의물질이 검출된 사례가 있었으며 전량 원 수출국으로 반송 조치 완료된 바 있다. 제강분진에서 조산화아연을 생산하는 재활용 공정에서 연

간 약 63,984톤의 광재와 78,182톤의 슬래그가 발생하며 광재는 재활용 또는 매립처리하고 있다. 슬래그로부터 회수되는 환원철은 전로나 고로 등을 운영하는 제강사로의 제철 원료로 사용되며 생산되는 조산화아연은 대부분 고려아연(주) 등의 아연제련 사업체로 판매되어 제련 공정에서 처리된다.

2.3.2.3.3. (주)울산알루미늄

2017년 설립된 (주)울산알루미늄은 알루미늄 제품(압연, 판, 캔) 제조를 주요 사업으로 하며 600여명의 사원과 연 매출 1조 3천억원 규모의 중견기업이다. 스크랩 처리시설로 5기의 용해로(33톤 2기, 58톤 2기, 50톤 1기)를 운영하고 있으며 50톤 용해로를 재활용 전용으로 사용하고 있다. 방사선 감시기는 1999년에 설치되어 입고 화물에 대한 감시가 이루어지고 있었으며 방사선안전관리자의 협조하에 제품설비관리 부서에서 운영하고 있었다. 방사선 감시기에 대한 일상점검(월간)과 점검 결과에 대한 기록관리는 이루어지고 있었으며 정보준위 확인 및 업무 수행 절차서도 마련되어 있었다.

2021년 기준 국내 스크랩 취급량은 두 개 업체로부터 취득한 21,094톤이며 수입 스크랩은 중국으로 들어온 149톤으로 부산항을 통하여 소량 수입되었다. 모두 화물 입고 시 계근대에 위치한 방사선 감시기를 통하여 감시를 수행하고 있다. 분진과 슬래그 등은 5기의 용해로를 통하여 연간 약 8,000톤 정도 발생하는 것으로 추정되며 재활용업체를 통해 반출 처리되고 있다. 연간 약 12톤 정도 발생하는 분진은 전문 폐기물 매립업체를 통해 처리하고 있었다.

2.3.2.3.4. (주)세아항공방산소재

경남 창원시에 소재한 (주)세아항공방산소재는 1945년 설립되었으며 알루미늄 압출 소재 생산을 주요 사업으로 하는 중견기업으로 사원수 180명 연 매출 450억 규모이다. 스크랩 처리를 위한 용해로(가스로 8톤) 2기를 운영하고 있으며 계근대 후단에 고정형 방사선 감시기를 2015년부터 설치하여 운영하고 있다. 방사선 감시기를 설치한 계기는 당시 미국 알코닉사의 계열사였기 때문에 본사의 정책에 따른 것으로 확인되었다. 핵종분석장비는 보유하고 있지 않으며 휴대용 선량률측정기 1대를 추가 보유하고 있다. 안전관리부서에서 운영을 담당하고 있었으며 감시기 경보 대응은 외주 보안 담당 업체를 통해 수행하고 있다. 방사선 감시기에 대한 일상점검은 분기별로 수행하고 있었으며 점검결과에 대한 기록관리는 하지 않고 있었으며 감시기 점검 및 경보 발생과 관련된 수행업무 절차서는 구비하고 있다. 국내 재활용금속 취급량은 2021년 기준 두 개 업체로부터 취득한 1,616,540톤이며 수입재활용금속은 취급하지 않았다. 알루미늄 스크랩의 처리에 따른 분진 발생량은 대략 연간 344톤이며 발생분진 전량은 1개 전문 업체를 통해 매각처리되고 있다.

2.3.2.3.5. 노벨리스코리아㈜

1999년 설립된 노벨리스코리아㈜는 알루미늄 압연, 판 및 캔 제조를 주요 사업으로 하며 900여명의 임직원과 연간 매출 3조원 규모의 중견기업으로 경북 영주시의 영주공장을 대상으로 실태조사를 진행하였다. 영주공장에는 125톤 규모의 반사로 4기와 120톤 규모의 유지로 1기를 운영 중이다. 방사선 감시기는 2001년도에 설치하였으며 계근대에 설치되어 원자재와 제품 등의 반입화물에 대한 감시가 이루어지고 있었다. 휴대용 선량률측정기도 같은 시기에 도입하여 보유하고 있다. 방사선 감시기를 설치하게 된 계기는 과거 외국계 계열 자본의 합작법인(대한전선㈜와 Alcan Inc.)으로 세워지면서 본사의 지침에 따라 설치된 것으로 확인되었다. 방사선 감시기의 운영은 설비기술팀이 담당하며 리사이클링공정팀의 방사선안전관리자와 협조하여 감시기 경보 대응을 하고 있다. 분기별로 방사선원을 이용한 방사선 감시기의 감도 체크를 수행하고 있으며 감시기 점검 및 경보 발생 시 수행업무 절차서는 마련되어 있었다. 동사는 제품 수출 시 일부 국가(주로 유럽국가)에서 방사선감시 자료를 요구하는 경우가 많아 방사선 감시기의 운영은 향후에도 지속할 예정인 것으로 확인되었다.

2022년 기준 국내 재활용금속 취급량은 28,054톤이며 수입 재활용금속의 취급량은 267,414톤으로 부산항을 통해 수입되었다. 고순도 재활용 캔만을 스크랩으로 취급하고 있다. 입고 화물에 대한 방사선감시는 수행하고 있었으며 현재까지 방사성 오염 발생이력은 없는 것으로 확인되며 경보 발생 시 반송 등의 절차가 마련되어 있는 것으로 확인된다. 노벨리스코리아㈜ 영주공장의 파쇄 및 분류, 용융과정에서 발생하는 분진(Dust)과 불순물(Dirt 및 Dross)의 발생량과 처리 방법은 표 12와 같다. 발생하는 부산물은 재활용하거나 모두 폐기하고 있기 때문에 별도로 보관하고 있는 부산물은 없었다.

표 12. 노벨리스코리아㈜ 영주공장의 파쇄 및 분류, 용융과정 발생 부산물의 처리

구분	발생원	연간발생량(톤)	처리방법
분진 (Dust)	파쇄분류과정	5,021	폐기
불순물 (Dirt)	파쇄분류과정	4,601	폐기
불순물 (White Dross)	용융과정 (알루미늄 포함)	1,404	재활용후 폐기
유지로 Dross	용융과정 (알루미늄 포함)	2,330	재활용후 폐기
Black Dross	용융과정 (알루미늄 불포함)	12,209	폐기

3. 원료물질 등 실태조사

3.1. 실태조사·분석 계획

‘22년도 원료물질 및 공정부산물에 대한 생활주변방사선 안전관리 실태조사는 원료물질 취급 사업장, 공정부산물 발생·처리 사업장 및 유의물질 발생 사업장의 3가지 분야에 대하여 수행되었다. 현장에서의 조사 및 분석 내용은 표 13에 정리하였다.

표 13. 원료물질 등 실태조사·분석 내용

조사·분석 사항
· 원료물질 등의 현황(취급수량, 유통현황 등) 파악
· 작업공정 및 종사자 근무형태 파악
· 작업장 내 방사선량률 및 공기 중 분진농도 측정
· 시료 채취 및 분석
· 종사자 외부 및 내부 피폭방사선량 평가

생활방사선법 제9조에 따라 원료물질·공정부산물 취급자(이하 “취급자”) 및 가공제품 제조업자(이하 “등록제조업자”)로 등록한 업체는 동 법 제12조에 따라 원료물질, 공정부산물 및 가공제품 취득·발생·보관·판매·처분 현황(이하 “유통현황”)을 기록·보관하고, 이를 원안위에 보고해야 한다. 유통현황 내용을 분석하면 취급자의 수출입현황 및 국내 다른 사업장에 판매한 원료물질의 종류와 수량 등의 내용을 확인할 수 있다.

생활방사선법에 따라 취급자로 등록한 사업장 중 가장 많이 취급하는 원료물질은 저어콘과 칼륨화합물(염화칼륨, 수산화칼륨 및 탄산칼륨 등)이다. 다만 2016년도와 2020년도에 KINS에서 실시한 칼륨화합물 취급 사업장에 대한 실태조사 결과에 따르면, 종사자의 연간 피폭방사선량은 각각 평균 0.09 mSv 및 0.12 mSv, 최대 0.54 mSv 및 0.46 mSv으로 평가되어 안전관리를 수행할 필요성이 없는 것으로 판단하였다(KINS, 2017; KINS, 2021).

이에 따라 ‘22년도에는 수출입현황 및 유통현황보고를 분석하여 칼륨화합물은 제외하고, 취급자가 저어콘을 직접 취급하는 사업장 12개소와 실리카폼을 직접 취급하는 사업장 1개소를 실태조사 대상으로 선정하였다.

또한, 생활방사선법에 따라 공정부산물 취급자로 등록한 사업장 중 부산물로 염화칼륨이 발생하여 약 월 1회 공정부산물 처리·처분 또는 재활용 신고를 통하여 처리하는 취급자에 대하여 공정부산물 발생·분포 현황 및 공정부산물 처리·처분 현황 등의 점검

이 필요하였다. 해당 사업자의 부산물은 유통현황보고를 통하여 유통업체들을 거쳐 최종 사용자가 취득하여 비료 생산에 사용하는 것을 확인하였다. 해당 부산물을 유통하는 업체들은 현재 취급자로 등록되어 있으며, 시설과 종사자가 없는 알선판매업자로 확인하였다. 최종 사용자 또한 취급자로 등록되어 있으며, 해당 부산물을 이용하여 비료를 제조하는 업체로 확인하였다. 이에 따라 현재 유통되고 있는 부산물의 최초 발생 사업장 1개소를 '22년 실태조사 대상으로 선정하였다.

또한 생활방사선법 제20조 및 제20조의2에 따라 재활용고철취급자는 감시기의 설치 및 감시기의 운영·관리 기준을 준수하도록 하고 있다. 생활방사선법 제21조에 따라 방사성 핵종을 포함하고 있는 재활용고철에 함유하고 있는 방사성물질이 원안위가 정하여 고시하는 방사능농도를 초과하거나 초과할 것으로 의심되는 경우, 이를 유의물질로 정의하고 있다. 이러한 유의물질이 감시기에서 검출될 경우 재활용고철취급자는 유의물질에 대한 사항을 원안위에 보고하고 조치를 취하도록 하고 있다.

'22년 7월 재활용고철취급자 사업소 내에 방사선감시기 경보신호가 발생하였고, 해당 유의물질의 발생처를 확인하였다. 유의물질 확인으로 원료물질 또는 공정부산물의 취급이 예상되어 해당 유의물질 발생처 1개소를 '22년 실태조사 대상으로 선정하였다.

최종적으로 '22년 실태조사 대상으로 저어콘 직접 취급 사업장 12개소, 실리카폼 직접 취급 사업장 1개소, 공정부산물 처리·처분 사업장 1개소 및 유의물질 발생 사업장 1개소를 선정하여 실태조사를 진행하였다.

3.2. 실태조사·분석 방법

원활한 실태조사 수행을 위해, 실태조사 대상 사업장 15개소를 대상으로 조사에 대한 사항을 유선으로 안내하고 협조공문을 발송하였다. 발송한 협조공문에는 실태조사 시 수행할 항목을 기술하였으며, 유선 안내 시에도 이를 충분히 설명하였다.

3.2.1. 원료물질 등 취급현황 조사

실태조사 시 먼저 업체가 취급하는 원료물질 및 공정부산물에 대한 현황(취급수량, 유통현황 등)을 파악하였다. 원료물질 및 공정부산물 취급자의 경우, 유통현황보고, 등록 첨부서류 등의 기록된 사항 이외에 추가로 고려해야 할 사항을 확인하였다. 또한 사업장에서 생산되는 제품의 경우, 유통현황, 사용용도를 파악하여 원료물질 또는 가공제품의 해당 여부를 파악하였으며, 제품 생산 시 원료물질 함유분율, 연간 생산량 등을 파악하여 등록기준 초과 여부를 확인하였다.

유기물질 발생 사업장은 실태조사 전 유기물질이 보관되어 있는 재활용고철취급자 사업장의 현장조사를 통해 유기물질의 시료채취, 방사능 분석 등을 수행하였으며, 유선으로 담당자로부터 유기물질 취급 목적, 공정, 발생처 등을 확인하였다.

3.2.2. 사업장 작업환경 분석

종사자의 방사선 안전관리 조치 필요성을 확인하기 위해서는 먼저 원료물질의 취급에 따른 방사선학적 영향을 파악해야 한다. 원료물질 및 공정부산물을 취급하는 종사자의 피폭방사선량 평가를 위해 각 사업장의 작업공정 및 종사자 근무형태를 조사하여 피폭시나리오를 구성하였다. 전반적인 작업공정은 사업장 담당자의 구두설명을 통해 파악하였으며, 이후 담당자의 안내에 따라 실제 작업장에 접근하여 작업공정을 확인하였다. 종사자의 근무형태는 원료물질 및 공정부산물 또는 생산제품 취급 공정과 관련이 있는 종사자들을 위주로 조사하였다. 원료물질 및 공정부산물 관련한 근무방식이나 공정 중 접촉시간 등은 공정별로 상이하므로, 실제로 작업을 수행하는 종사자에게 별도로 질의하였다.

원료물질 및 공정부산물을 취급하는 종사자는 직접 취급으로 인한 감마선 외부피폭과 부유하는 분진의 흡입으로 인한 내부피폭이 발생할 수 있다. 이에 종사자의 방사선 안전성을 확인하기 위해 사업장 내 작업환경을 분석하여 방사선량을 측정하였으며, 작업장 내 분진 발생이 확인될 경우 공기 중 입자 농도를 측정하였다. 실제 작업장에 접근하여 작업공정을 상세하게 확인하는 과정에서 휴대용 에너지 보상형 GM 방사선량률 측정기 Radeye B20(Thermo 社)를 이용하여 공정지역 및 종사자의 주요 접근지역 등에 대한 방사선량률(표면 및 공간)을 측정하였다. 실태조사 시 방사선량률 측정지역은 아래와 같다.

- ① 사업장 정문 또는 주차장 등(배경준위 측정)
- ② 원료물질 등 보관지점(창고 내부, 원료물질 및 공정부산물 표면 10 cm 또는 1 m 이격지점)
- ③ 주요 작업 공정 지역(종사자의 작업지점 위주, 공정 진행 순서대로 측정)
- ④ 그 외 종사자 근무지(사무실 등)

분진으로 인한 내부피폭 우려가 있는 지점에서는 광학입자계수기(OPC; optical particle counter)를 이용하여 작업장 내 분진 농도를 측정하였다. 측정장비는 입도별 농도를 측정할 수 있는 OPC 장비인 Model 11-R(GRIMM 社)이 사용되었다. 원료물질 취급 종사자의 주요 작업공간을 고려하여 측정장비를 설치하고, 종사자의 호흡기 위치를 고려하여 공기 중 입자를 채집하였다.



그림 1. 방사선량률(좌) 및 공기 중 분진 농도(우) 측정

유기물질 발생 사업장의 경우, 상기 사항 외에 유기물질이 설치되어 있던 주요 장소에서 휴대용 에너지 보상형 GM 방사선량률 측정기 Radeye B20(Thermo 社), 휴대용 핵종 분석기 SPIR-Ace(MIRION 社) 및 감마선 영상 촬영장비 Polaris-H(H3D 社)를 이용하여 유기물질과 관련한 원료물질 또는 공정부산물을 찾는 작업을 추가로 수행하였다.

3.2.3. 방사능농도 분석

원료물질 등 취급 사업장 실태조사 시 취급자가 사용하고 있는 저어콘, 지르코니아, 실리카폼의 방사능농도 특성과 농도 범위 등 국내 현황을 파악하기 위해 사업장에서 취급 및 보관 중인 원료물질과 생산제품의 시료채취와 방사능농도 분석을 수행하였다. 채취 시료의 방사능 분석은 고순도 게르마늄(HPGe) 검출기를 이용한 감마분광분석법이 적용되었다. 채취된 시료는 계측용기에 충전 및 밀봉 후 3주 이상의 보관기간을 거쳐 ^{238}U 및 ^{232}Th 계열의 어미핵종과 딸핵종간에 방사평형이 이루어지도록 하였다.

^{238}U 계열과 ^{232}Th 계열의 방사능 분석은 방사평형 후 ^{214}Pb (^{238}U 계열)과 ^{228}Ac 및 ^{212}Pb (^{232}Th 계열)에서 방출되는 감마선을 이용하였으며, ^{40}K 분광분석에는 붕괴되는 과정에서 방출되는 1460.8 keV의 감마선을 이용하였다. 다음의 식을 이용하여 시료 내 방사능 농도를 도출하였으며, 계수값, 배경 방사선 보정, 분광학적 보정 및 효율 적용 등을 거쳤다.

$$\text{방사능 농도}(Bq/g) = \frac{\text{순계수}(\text{count})}{\text{질량}(g) \times \text{효율} \times \text{감마선 방출확률} \times \text{계측시간}(s)}$$

3.2.4. 종사자 피폭방사선량 평가

원료물질 등 실태조사의 주요 목적 중 하나는 취급 물질 관련 작업 중 종사자의 방사선 안전성을 확인하는 것으로, 원료물질 등의 취급 공정지역 인근에서 근무함으로써 발생하는 피폭방사선량을 객관적, 정량적으로 평가하는 것이 필요하다.

외부피폭 방사선량 평가를 위해 아래 산출식을 사용하였다. 방사선량률은 종사자의 노출시간이 긴 지점의 값이 주로 적용되었으며, 필요한 경우 여러 지점에서의 피폭방사선량을 합산하였다. 계산 시 배경방사선에 의한 기여분은 제하였다. 연간 작업시간은 종사자 또는 관리자와의 인터뷰를 통해 산출하였다.

$$\text{외부피폭 방사선량}(mSv/y) = \frac{(\text{측정선량률} - \text{배경선량률})(\mu Sv/h) \times \text{연간 작업시간}(h/y)}{1,000}$$

내부피폭 방사선량은 IMBA(Integrated Modules for Bioassay Analysis) Professional Plus 코드를 사용하여 평가하였다. 해당 전산코드는 ICRP-66의 호흡기 모델 및 ICRP-30의 GI 경로 모델 등을 사용한 해석적 방법으로 계산을 수행한다. 공기역학적 방사능 중간직경(AMAD; Activity Median Aerodynamic Diameter)과 직경 분포에 따른 분산(GSD; Geometric Standard Deviation)은 OPC의 측정결과를 활용하였으며, 방사성핵종별 공기 체적 당 방사능 농도 등은 채취시료의 방사능농도 분석 결과와 물질안전보건자료(MSDS) 등 실태조사를 통해 확인한 결과를 활용하였다. 모양인자의 경우, 과거 국내 저어콘 취급산업에 대한 부유분진의 입자모양 실측결과를 반영하여 1을 적용하였다(KINS, 2015). 핵종 별 기본 흡수형태는 IAEA에서 제공하고 있는 저어콘 분진에 적절한 흡수형태 Type S를 적용하였다(IAEA, 2007).

3.3. 실태조사·분석 결과

3.3.1. 원료물질 등 취급현황 조사

원료물질 등 취급 사업장의 실태조사는 총 15개소에 대해 수행되었으며, 아래 표에 취급 사업장의 업체 정보를 요약하였다.

표 14. 원료물질 취급 사업장 실태조사 업체정보

번호	사업장명	취급물질	업체
1	사업장 A	저어콘, 이산화지르코늄	브레이크패드 제조
2	사업장 B	저어콘, 이산화지르코늄	
3	사업장 C	저어콘, 이산화지르코늄	
4	사업장 D	저어콘, 이산화지르코늄	
5	사업장 E	저어콘	유약 제조
6	사업장 F	저어콘	
7	사업장 G	저어콘	
8	사업장 H	저어콘, 이산화지르코늄	내화벽돌 제조
9	사업장 I	저어콘, 이산화지르코늄	용접봉 제조
10	사업장 J	저어콘	정밀주조 코팅제 사용
11	사업장 K	저어콘, 도형제	도형제 제조
12	사업장 L	저어콘, 이산화지르코늄, 실리카폼	세라믹 비드 제조
13	사업장 M	실리카폼	실리카폼 제조
14	사업장 N	칼륨화합물(염화칼륨)	공정부산물 발생
15	사업장 O	유의물질	유의물질 발생

실태조사 대상 총 15개 업체로 저어콘 취급 업체는 12개소(사업장 A-L), 실리카폼 취급 업체 1개소(사업장 M), 공정부산물 발생 업체 1개소(사업장 N) 및 유의물질 발생 업체 1개소(사업장 O)이다. 저어콘 취급 업체는 제조하는 제품이 다양하였으며, 브레이크패드, 유약, 내화벽돌 등의 제품 생산 시 원료로 사용되었다.

사업장 A-D에 해당하는 4곳은 저어콘과 이산화지르코늄을 수입하여 브레이크패드 제조 시 원료로 사용하며, 생산된 제품은 국내 자동차 부품 기업에 판매되고 있다. 각 업체마다 브레이크패드 원료에 들어가는 저어콘 및 이산화지르코늄의 비율(0.1~10%)이 상이하나 제품에 들어가는 기본적인 원료는 저어콘, 이산화지르코늄 및 기타물질들을 혼합한 형태로 동일하였다. 또한 원료물질을 수입·보관하고 기타재료와 혼합 및 성형과정을 거친 뒤 열처리 후 제품을 연마하는 생산 공정을 가지고 있었다.

사업장 E-G에 해당하는 3곳은 저어콘을 수입하여 유약 제조 시 원료로 사용하는 업체였다. 구체적으로 사업장 E는 저어콘을 원료로 사용하여 유약을 제조한 후 업체에서 생산하는 위생도기에 외부코팅을 위해 사용하는 업체이다. 불밀에 저어콘 및 기타재료를 불밀에 투입하여 분쇄 및 혼합과정을 거쳐 유약을 제조하며, 유약은 점토 등으로 만들어진 반제품 상태의 위생도기에 도포된 후 소성공정을 거쳐 최종 위생도기 제품이 완성된다.

사업장 F는 유백효과 및 내열효과의 목적으로 범랑 유약 파우더 제품의 원료로 저어콘을 사용하는 업체이다. 저어콘은 기타원료와 배합되어 첨가물로 생산되며, 첨가물은 1차 생산품과 함께 분쇄 공정에 투입된 후 포장되어 판매하고 있다.

사업장 G는 요업용 타일 유약의 원료로 저어콘을 사용하는 업체이다. 저어콘은 기타 원료와 배합 후 포장하여 타일업체에 판매되고 있다. 과거에는 용융공정을 통하여 프리트를 제조하였으나, 현재는 가동하지 않고 있다. 또한 저어콘을 구매하여 창고에 보관 후 단순유통판매도 하고 있으며, 해당 저어콘은 주조업체에 판매를 하고 있다.

사업장 H는 저어콘과 이산화지르코늄을 수입하여 내화벽돌 제조 시 원료로 사용하는 업체이다. 각 제품마다 일정 배합비율로 투입된다. 배합된 원료는 성형 및 소성 공정을 거쳐 최종 내화벽돌 제품이 완성된다. 제품의 사용상에 따라 저어콘 또는 이산화지르코늄의 사용종류와 배합비율은 상이해지며, 대체로 정밀주조 시 이산화지르코늄의 투입비율이 증가한다.

사업장 I는 저어콘과 이산화지르코늄을 수입하여 용접봉 제조 시 원료로 사용하는 업체이다. 각 제품마다 일정 배합비율로 투입된다. 배합된 원료를 이용하여 최종 제품인 용접봉을 제조한다. 용접봉 제품의 용점을 상승시키기 위해 저어콘 및 이산화지르코늄을 사용하며, 이산화지르코늄 함유 제품이 용점이 저어콘 함유 제품보다 높다.

사업장 J은 저어콘을 수입하여 정밀주조를 위한 코팅공정에서 코팅층을 성형 시 원료로 사용하는 업체이다. 제작한 금형을 코팅하기 위해 저어콘은 슬러리 용액을 만드는 용도 및 용액을 침적시키는 용도로 사용한다. 코팅된 금형은 디왁싱 및 주조 공정을 거치며 탈사 공정에서 저어콘이 이용된 코팅재에서 모두 제거가 된다. 제거된 코팅재는 과거 업체가 제출한 방사능농도분석서에 따라 등록기준 미만임을 확인했다.

사업장 K는 저어콘을 국내 구매하여 금속주조용 도형제 제조 시 원료로 사용하는 업체이다. 저어콘은 기타 원료와 배합되어 최종 도형제 제품이 완성된다. 도형제 제품에는 저어콘이 최대 70% 투입되기 때문에, 도형제는 저어콘과 더불어 생활방사선법에 따른 원료물질로 등록되어 있다. 도형제는 캔포장을 하여 국내 및 수출을 통하여 판매되고 있다. 또한 해당 사업장은 구매한 저어콘을 창고에 보관 후 단순유통판매도 하고 있다.

사업장 L은 저어콘과 이산화지르코늄을 수입하여 세라믹 비드 제조 시 원료로 사용하는 업체이다. 저어콘 및 이산화지르코늄은 불밀로 투입되어 분쇄 후 성형 및 소성공정을 통해 최종 세라믹 비드 제품이 완성된다. 생산된 세라믹 비드 제품은 포장되어 국내 및 수출을 통하여 판매되고 있다.

사업장 M는 실리카품을 수입하여 황산바름 및 흑연 등 타원료와 혼합되어 가공 실리카품의 원료로 사용하는 업체이다. 각 제품마다 일정 배합비율로 투입되며, 배합된 원료는 여과 필터를 거쳐 최종 가공 실리카품 제품이 완성된다. 제조된 가공실리카품은 주물산업 업체에 판매되고 있다. 주물산업에서 가공 실리카품은 주물용 점결제 첨가원료로 사용되며, 주물 틀의 강도를 조절하기 위한 목적으로 사용된다.

사업장 N은 소금(NaCl)을 제조하는 업체로 소금 제조 시 부산물로 염화칼륨(KCl)이 발생하는 업체이다. 해수가 사업장으로 유입이 되고 농축, 증발 및 결정 과정을 통해 고즙 배출 시 염화칼륨(KCl)이 부산물로 발생한다. 발생한 부산물은 고즙저장소에서 자연석출되며, 포장 및 자연탈수 후 재활용업체를 통하여 처리하고 있다. 사업장은 생활방사선법 제13조에 따른 공정부산물 처리·처분 또는 재활용 신고 후 부산물을 처리하고 있으며, 해당 부산물의 최종구입처에서는 비료의 원료로 사용하고 있다.

사업장 O는 재활용고철취급자의 방사선감시기를 통해 추적한 유의물질 발생 업체이다. 과거 실리카겔 제조 시 해당 유의물질 설비를 이용하여 실험을 진행한 것으로 추정되며, 장기간 방치 후 '22년 해당 설비를 폐기하였다. 현장 확인 결과, 유의물질 설비와 관련된 원료물질 또는 공정부산물은 없는 것으로 확인하였다. 해당 사업장은 현재 액상의 규산나트륨 및 규산칼륨을 제조하고, 실리카겔을 재포장하는 업체이다. 규산칼륨 제조 시 45% 함량의 수산화칼륨을 국내에서 구매하여 사용하고 있다. 해당 수산화칼륨은 방사능 농도 계산 결과 9.59 Bq/g으로 등록기준 미만임을 확인하였다. 유의물질의 처리·처분을 위하여 취급자로 등록하였다.

3.3.2. 사업장 작업환경 분석

상기 15개 업체의 생산되는 제품 또는 부산물 공정을 파악하면서 방사선량률 측정을 병행하였다. 원료물질 또는 공정부산물, 공정설비 또는 제품 등의 1m 이격거리 방사선량률 측정결과를 표 15에 정리하였다.

표 15. 원료물질 등 실태조사 대상 사업장 방사선량률 측정 및 평가 결과 (측정대상 1m 거리)

번호	사업장명	측정 위치	작업 내용	방사선량률 ($\mu\text{Sv/h}$)	
				측정값	배경준위
1	사업장 A	배합지역	투입	1.62	0.16
2	사업장 B	원료투입지역(호퍼)	투입	0.69	0.16
3	사업장 C	배합지역	투입	2.52	0.15
4	사업장 D	원료투입지역(호퍼)	투입	1.32	0.14
5	사업장 E	원료투입지역(볼밀)	투입	1.22	0.17
6	사업장 F	배합지역	투입	1.61	0.12
7	사업장 G	배합지역	투입	2.54	0.17
8	사업장 H	보관지역	운반	0.46	0.13
9	사업장 I	계근지역	투입	0.99	0.12
10	사업장 J	원료투입지역(슬러리탱크)	투입	1.11	0.17
11	사업장 K	원료투입지역(볼밀)	투입	2.16	0.17
12	사업장 L	제품성형지역(볼밀)	성형	0.60	0.14
13	사업장 M	원료투입지역(호퍼)	투입	1.70	0.14
14	사업장 N	포장지역	포장	0.57	0.16
15	사업장 O	—*	—	—	—

* 작업자의 주요 작업지점에서 방사선량률이 배경준위 수준으로 측정

3.3.3. 방사능농도 분석

그림 2에 2022년도 원료물질 등 실태조사를 수행하면서 확보한 시료 44종에 대한 방사능농도 분석결과를 나타내었다. 실태조사 시 취급 물질의 물질안전보건자료(MSDS)를 확인한 결과, 물질명이 다양하여 기존 실태조사 및 취급자 등록을 통해 이미 알려진 명칭으로 묶어 ‘업체-물질명-물질번호’ 순으로 정리하였다. 지르콘샌드, 지르콘플라워, 저어콘샌드, 저어콘플라워, 규산지르코늄, 지르코늄실리케이트 등 주로 $ZrSiO_4$ 로 구성된 물질은 저어콘으로 분류하였으며, 이산화지르코늄, 칼슘안정지르코니아, 지르코니아블라이트, 단사정 지르코니아 등 주로 ZrO_2 로 구성된 물질은 지르코니아로 분류하였다. 그리고 도형제, 가공실리카폼과 같이 상기 원료를 사용하여 생산한 제품은 관련 제품으로 묶어 분류하였다.

실태조사를 통해 확보한 시료의 방사능농도 분석 결과는 ^{238}U 계열의 딸핵종인 ^{226}Ra , ^{232}Th 계열의 딸핵종인 ^{228}Ra 와 ^{40}K 에 대해 나타내었다. 저어콘 25종의 경우 ^{226}Ra 은 2.26-7.32 Bq/g, ^{228}Ra 은 0.531-1.21 Bq/g, ^{40}K 은 0.0115-0.114 Bq/g으로 나타났으며, 지르코니아 13종의 경우 ^{226}Ra 은 1.17-3.05 Bq/g, ^{228}Ra 은 0.181-0.635 Bq/g, ^{40}K 은 0.0124-0.0401 Bq/g으로 나타났다. 실리카폼 2종의 경우 ^{226}Ra 은 4.78-6.06 Bq/g, ^{228}Ra 은 0.982-1.11 Bq/g, ^{40}K 은 0.0657-0.0785 Bq/g으로 나타났으며, 관련 제품 4종의 경우 ^{226}Ra 은 0.775-2.70 Bq/g, ^{228}Ra 은 0.202-0.442 Bq/g, ^{40}K 은 0.0512-0.374 Bq/g으로 나타났다. 저어콘의 평균 방사능농도는 ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{40}K 각각 3.93 Bq/g, 0.680 Bq/g, 0.0524 Bq/g이며, 지르코니아는 ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{40}K 각각 1.73 Bq/g, 0.336 Bq/g, 0.0262 Bq/g으로 지르코니아에 비해 저어콘의 방사능농도가 비교적 높은 것으로 나타났다.

저어콘과 지르코니아, 실리카폼의 방사능농도 중 ^{238}U 계열은 모두 1-10 Bq/g의 구간에 분포하여 취급자 등록기준(방사능농도)인 1 Bq/g을 초과하였으며, ^{232}Th 계열은 대부분 0.1-1 Bq/g의 구간에 분포하는 것으로 나타났다. ^{40}K 의 경우, 대부분 0.01-0.1 Bq/g 사이의 구간에 분포하여 취급자 등록기준인(방사능농도) 10 Bq/g의 1/100 미만인 것으로 나타났다. 관련 제품의 경우, 해당 업체에서 취급하는 원료물질의 배합비에 따라 방사능농도가 비례하게 감소하는 경향을 보였다. 상기 원료물질의 방사능 분석 결과는 국외 문헌에서 제공하는 저어콘(^{238}U 계열 3 Bq/g, ^{232}Th 계열 0.7 Bq/g)과 실리카폼(^{226}Ra 6 Bq/g)의 일반적인 방사능농도와 유사한 수준이다(IAEA, 2007; Wouter, 2017). 다만, 실리카폼은 ^{232}Th 계열 내 ^{228}Ra 의 방사능농도가 ^{226}Ra 에 비해 4배 이상 높은 것으로 나타나 향후 실리카폼의 ^{232}Th 에 대한 방사능농도 분석 시 면밀한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

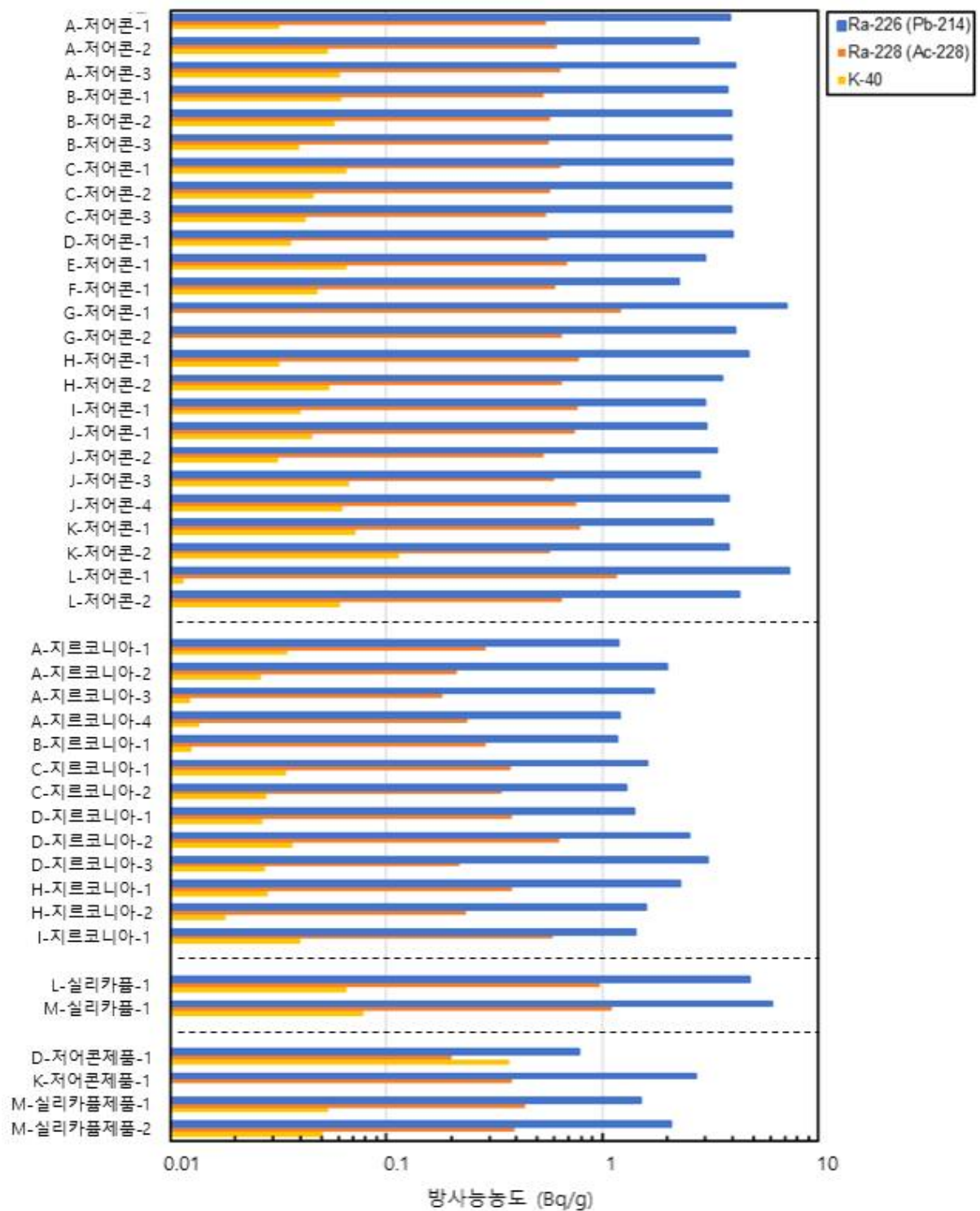


그림 2. 원료물질 및 생산제품에 대한 방사능농도 분석 결과

3.3.4. 종사자 피폭방사선량 평가

표 16에 원료물질 등 취급 실태조사 대상 15개 사업장의 종사자 피폭방사선량 평가결과를 정리하였다. 사업장 O는 주요 작업지점에서 방사선량률이 배경준위 수준으로 확인되었으며, 원료물질을 액상으로 취급하여 분진 흡입에 의한 내부피폭이 발생할 개연성이 낮아 방사선량 평가 대상에서 제외되었다. 방사선량 평가 결과는 동일한 사업장에서 작업하는 종사자이더라도 작업형태와 작업환경에 따라 피폭방사선량에 차이를 보이며, 표에는 각 사업장마다 가장 높게 피폭할 것으로 예상되는 종사자의 평가 결과를 나타내었다.

원료물질 등 취급 사업장 종사자의 연간 피폭방사선량은 전체 평균 0.32 mSv, 저어콘 취급 사업장 L에서 최대 0.92 mSv으로 평가되었다. 사업장 L의 종사자는 세라믹비드 제조 시 원료성형지역에서 2교대로 장시간 원료물질을 접촉하고 있어 가장 높은 선량을 보였다. 상기 결과는 종사자의 연간 선량한도(연평균 20 mSv)의 약 1/50 미만에 해당하는 수준으로 실태조사 대상 사업장의 종사자에 대한 추가적인 방사선학적 안전관리는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

표 16. 원료물질 등 취급 사업장 종사자의 최대 피폭방사선량

번호	사업장명	연간 피폭방사선량(mSv/y)
1	저어콘 취급 사업장 A	0.34
2	저어콘 취급 사업장 B	0.27
3	저어콘 취급 사업장 C	0.45
4	저어콘 취급 사업장 D	0.22
5	저어콘 취급 사업장 E	0.050
6	저어콘 취급 사업장 F	0.30
7	저어콘 취급 사업장 G	0.020
8	저어콘 취급 사업장 H	0.32
9	저어콘 취급 사업장 I	0.42
10	저어콘 취급 사업장 J	0.39
11	저어콘 취급 사업장 K	0.73
12	저어콘 취급 사업장 L	0.92
13	실리카폼 취급 사업장 M	0.029
14	공정부산물 취급 사업장 N	0.039
15	유기물질 발생 사업장 O	—*

* 원료물질을 액상으로 취급하여 분진 흡입에 의한 내부피폭의 발생 개연성이 낮으며, 작업자의 주요 작업지점에서 방사선량률이 배경준위 수준으로 측정되어 평가 제외

4. 가공제품 실태조사

4.1. 제품 조사방식 및 분류

가공제품 실태조사 업무는 시중 유통되고 있는 제품의 방사선 안전성 조사를 통해 천연방사성 핵종을 함유한 제품에서 방출되는 방사선으로부터 불필요한 피폭을 저감하기 위한 목적으로 수행하고 있다.

‘22년 실태조사는 생활제품 방사선 안전성 모니터링, 결함의심 제보제품 조사, 결함(의심) 제품 제조업체 사후관리로 크게 세 가지 조사방식을 통해 총 513개 제품에 대한 방사능 분석·평가를 수행하였다.

생활제품 모니터링의 조사제품은 자체조사와 한국소비자원 협업을 통해 온라인마켓에서 방사선효과를 광고하는 제품을 검색·필터링하여 선정하였으며 결함의심제보 제품조사는 국민신문고·옴부즈만·라돈측정기대여서비스 등의 일반인 제보제품과 공항·항만 방사선감시기 경보발생 제품을 조사하였다. 결함(의심)제품 제조업체 사후관리는 행정처분된 결함제품 제조업체가 생산한 결함 유사제품과 결함의심제품 제조업체 검사를 통해 수거된 제품 및 부분품을 대상으로 수행하였다.

조사수량은 생활제품 방사선 안전성 모니터링 제품 345개(67%), 결함의심 제보제품 86개(17%), 결함(의심)제품 제조업체 사후관리 및 검사 수거 제품 82개(16%)이었다.

조사제품을 제조·수출입 금지대상 가공제품 종류(생활방사선 안전관리 규정 제4조제2항 [별표])에 따라 분류할 경우 눕거나 베는 제품 72개, 깔거나 앉는 제품 21개, 신체 착용 제품 370개, 신체 세척 제품 39개, 식음접촉 제품 11개로 분류되었다. 제품군별 비중은 팔찌(43.1%)가 가장 높은 비중을 차지하였으며 목걸이(13.5%), 베게(10.5%), 찜질/마사지기(8.8%) 순이었다.

표 17. 조사제품 종류별 분류

대분류	중분류	제품군	제품 (개)
눅거나 덮거나 베는 제품	침 구 류	베 개	54
		소파베드	1
		매트리스	13
		이 불	4
	소 계		72
바닥에 깔거나 얹는 제품	매 트 류	토파·패드	7
		전기매트	10
	소 파 류	소 파	2
		소파쿠션	2
	소 계		21
신체·의복 착용·부착 제품	장신구류	팔 찌	221
		목 걸 이	69
		안 경	1
	의 류	모 자	3
		팬 티	3
		덧신(깔창)	2
	마스크류	마 스 크	14
		스 트 랩	6
	건강/찜질류	찜질/마사지	45
		보 호 대	6
	소 계		370
씻거나 닦는 제품	목 욕 제		35
	칫 솔		3
	사 위 기		1
	소 계		39
식음 접촉제품	정수필터		11
	소 계		11
합 계			513

4.2. 방사능 분석 및 피폭방사선량평가 방법

4.2.1. 방사능 농도

조사제품의 ^{238}U 과 ^{232}Th 의 방사능 농도는 생활방사선 안전관리지침에 제시된 “제품 내 농도” 산출을 위해 제품의 분석 부속 수량에 따라 1개인 단일구성제품과 여러 개의 부속이 조합된 제품은 다중구성제품으로 구분하여 계산식을 적용하였다.

$$^{238}\text{U}, ^{232}\text{Th} \text{ 농도 } [Bq/g] = \frac{\sum_{n=1}^n \text{개별 부속품}(n) \text{ 농도 } [Bq/g] \times \text{개별 부속품}(n) \text{ 무게 } [g]}{\text{제품 1개 무게 } [g]}$$

단일구성제품 : $n = 1$ (분석부속품 1개)

다중구성제품 : $n =$ 개별 분석부속품 (분석부속품 2개 이상)

^{238}U 과 ^{232}Th 농도분석은 ICP-MS(유도결합 플라즈마 분광분석기)를 이용한 질량분석법, HPGe(고순도 게르마늄 감마분광분석기)를 이용한 감마분광분석법 중 분석시료의 매질에 따라 최적화된 분석법을 결정하여 분석하였다. 질량분석법은 시료의 측정시간이 빠르다는 장점이 있지만 화학 전처리과정이 복잡하며 1100°C 이상에서 용융되지 않는 매질은 분석이 불가능한 한계점을 가지고 있다. 감마분광분석법은 측정시료 제작에 방사평형을 위해 약 4주의 시간이 소요되지만 상대적으로 전처리 과정이 단순한 장점을 가지고 있다.

^{222}Rn (이하 “라돈”)과 ^{220}Rn (이하 “토론”)의 농도는 한국인 실제 체형을 기반으로 제작된 인체모형을 이용해 제품을 실제 사용위치에 착용하여 코에 부착된 측정구로 흡입된 라돈·토론을 능동형 라돈측정기(RAD7)를 이용해 측정하였다.

라돈·토론 측정은 가공제품 피폭시나리오 전문가 회의(최종 ‘21.4월, 12차)에서 “사용위치가 호흡기(코)로부터 50 cm 이상 이격 사용되는 제품은 내부피폭평가 제외”를 결정함에 따라 50 cm 이내 사용되는 제품을 대상으로만 측정을 수행하였다.

4.2.2. 피폭방사선량평가

가공제품의 피폭방사선량평가는 가공제품에 함유된 천연방사성핵종으로 인해 방출되는 방사선에 의한 피폭방사선량을 제품의 방사능 분석결과(^{238}U , ^{232}Th , 라돈·토론 농도)와 피폭 시나리오(사용형태·위치·시간 등)를 종합적으로 고려하여 평가한다. 제품별 피폭 시나리오는 국내 방

사선방호, 방사선영향, 선량평가, 제품안전, 통계학 등 관련 분야 전문가로 구성된 가공 제품 피폭시나리오 전문가 회의(최종 12차, '21년 4월)를 통해 결정함으로써 객관성 및 타당성을 확보하고 있다.

제품에 의한 피폭방사선량은 라돈·토론에 의한 내부피폭과 ^{238}U , ^{232}Th 에 의한 외부피폭을 합하여 계산한다.

내부피폭은 측정된 라돈·토론 농도[Bq/m³]와 피폭 시나리오를 적용하여 다음의 계산식을 이용해 내부피폭방사선량[mSv/y]으로 환산하는 방법을 사용하였다.

내부 피폭선량[mSv/y] = 농도[Bq/m³] × 평형인자 × 사용시간[h/y] × 선량환산인자[mSv/(Bq·h/m³)]

평형인자 : 라돈 0.4 (^{222}Rn 대비 약 40% 딸핵종이 존재)

토론 0.04 (^{220}Rn 대비 약 4% 딸핵종이 존재)

선량환산인자 : 라돈 20.4×10^{-6} mSv/(Bq·h/m³)

토론 120×10^{-6} mSv/(Bq·h/m³)

외부피폭선량[mSv/y]은 분석된 ^{238}U , ^{232}Th 농도[Bq/g]와 제품 무게[g]를 통해 계산된 방사능량[Bq]과 피폭 시나리오를 적용하여 Geant4 기반으로 만들어진 전산모사 프로그램을 이용하여 평가하였다.

예외적으로 호흡기와 50 cm 이상 이격 사용하는 제품은 내부피폭을 제외하고 외부피폭만 평가하였다. 또한, 부속·원료형 제품은 이를 이용해 제작된 완제품에 따라 사용형태, 무게, 방사능 농도가 결정됨으로서 피폭 시나리오를 결정할 수 없어 농도 분석은 수행하되 피폭평가는 제외하였다.



그림 3. 부속형 제품(팔찌), 원료형 제품(목욕제 배합 파우더) 예시

4.2.3. 분석·평가 결과

조사제품 총 513개 제품의 방사능 분석 및 피폭방사선량평가 결과, 원료물질 정의농도(=0.1 Bq/g) 초과제품은 144개로 자체조사 58개(40.3%), 결함의심제품 제조업체 검사 수거 46개(31.9%), 한국소비자원 협업 24개(16.7%), 일반인 제보 15개(10.4%), 감시기 경보발생 1개(0.7%)를 통해 취득된 제품이었다. 제품 종류는 팔찌 101개, 목걸이 25개, 패치 3개, 마스크 2개, 찜질기 4개, 정수필터(원료) 3개, 목욕제(원료) 2개, 모자·안경·팬티·매트 4개로 이 중 매트와 마스크가 연간 피폭방사선량 1 mSv를 초과하였다. 동 제품들에 대해서는 취급업체 대상 추가조사를 진행할 예정이다.

‘22년 조사제품의 방사능 농도는 (^{238}U , ^{232}Th 중 큰 값 기준)는 0.1 Bq/g 이하 368개, (0.1 ~ 1) Bq/g 34개, (1 ~ 10) Bq/g 91개, 10 Bq/g 초과 19개의 분포를 나타내었다.

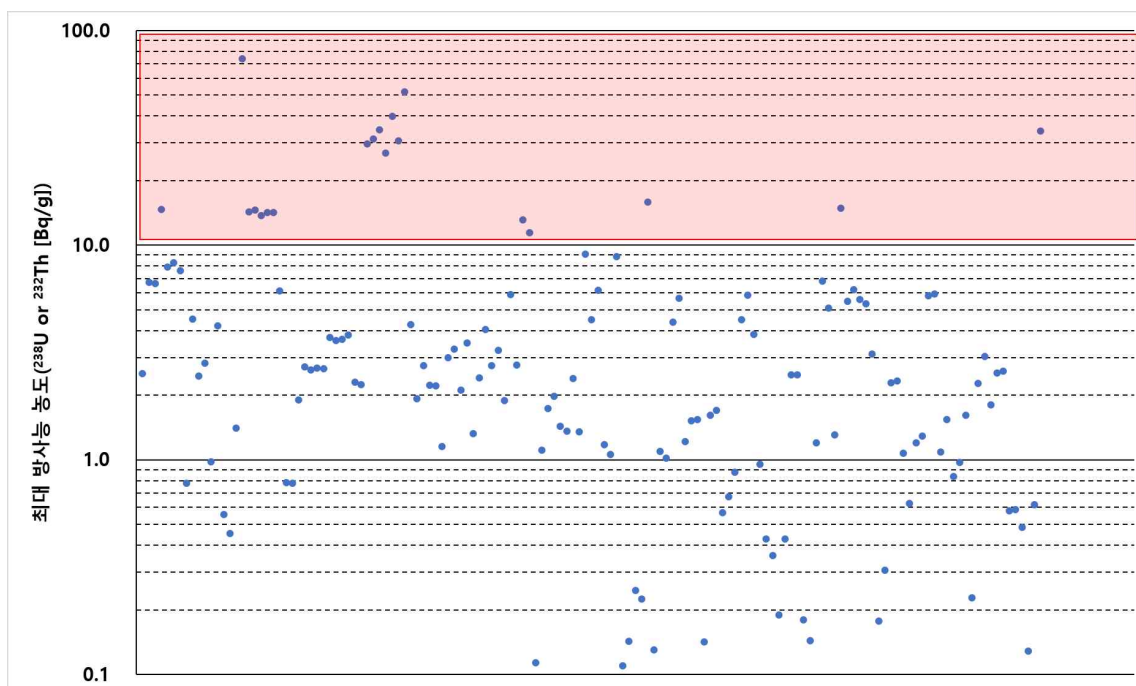


그림 4. 조사제품 최대 방사능 농도 분포 (0.1 Bq/g 이상)

‘22년 조사제품의 방사능 농도, 피폭방사선량평가 결과를 아래의 표에 정리하였으며 각 열의 표기방법은 다음과 같다.

[업체번호]는 제품 취급업체 140개社 각각 1~140 까지 번호를 부여하여 표기

[제품번호]는 제품 종류별 수량 구분을 위해 세 번호로 표기

[방사능 농도]는 안전관리지침의 “제품 내 농도” 기준으로 유효자리 세 자리까지 표기하였으며 MDA(검출한계) 이하의 결과는 “<MDA” 처리

[피폭방사선량은 유효자리에 관계없이 소수점 여섯째 자리까지(기준 1 mSv/y의 백만분의 일) 표기하였으며 이 이하의 값은 “-” 으로 처리, 예외적으로 ① 호흡기부터 50 cm 이상 이격 사용제품의 내부 피폭은 [평가제외1], ② (완제품이 확정되지 않아) 피폭평가가 불가능한 부속·원료형 제품의 피폭 선량은 [평가제외2]으로 표기

표 18. 제품 방사능 농도, 피폭방사선량평가 결과

연번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
1	1	베개	1	<MDA	<MDA	-	-	-
2	1	베개	2	<MDA	<MDA	-	0.075095	0.075095
3	1	베개	3	<MDA	<MDA	-	-	-
4	1	베개	4	<MDA	<MDA	-	-	-
5	1	베개	5	<MDA	<MDA	-	-	-
6	1	베개	6	<MDA	<MDA	-	0.019336	0.019336
7	2	베개	7	<MDA	<MDA	-	0.060017	0.060017
8	2	베개	8	<MDA	<MDA	-	0.143226	0.143226
9	3	베개	9	<MDA	<MDA	-	0.077329	0.077329
10	3	베개	10	<MDA	<MDA	-	0.314112	0.314112
11	3	베개	11	<MDA	<MDA	-	-	-
12	3	베개	12	<MDA	<MDA	-	-	-
13	3	베개	13	<MDA	<MDA	-	0.214708	0.214708
14	3	베개	14	<MDA	<MDA	-	0.049184	0.049184
15	3	베개	15	<MDA	<MDA	-	0.017017	0.017017
16	4	베개	16	<MDA	<MDA	-	0.248215	0.248215
17	4	베개	17	<MDA	<MDA	-	0.015900	0.015900
18	4	베개	18	0.0393	<MDA	0.000499	-	0.000499
19	5	베개	19	<MDA	<MDA	-	0.105252	0.105252
20	5	베개	20	<MDA	<MDA	-	0.170032	0.170032
21	5	베개	21	<MDA	<MDA	-	0.189019	0.189019
22	6	베개	22	<MDA	<MDA	-	-	-
23	7	베개	23	<MDA	0.0769	0.001447	-	0.001447
24	8	베개	24	<MDA	<MDA	-	-	-
25	8	베개	25	<MDA	<MDA	-	0.024835	0.024835
26	8	베개	26	<MDA	<MDA	-	-	-
27	8	베개	27	<MDA	<MDA	-	-	-
28	8	베개	28	<MDA	<MDA	-	-	-
29	8	베개	29	<MDA	<MDA	-	-	-
30	8	베개	30	<MDA	<MDA	-	-	-
31	8	베개	31	<MDA	<MDA	-	0.000185	0.000185
32	8	베개	32	<MDA	<MDA	-	0.071745	0.071745
33	8	베개	33	<MDA	<MDA	-	-	-
34	8	베개	34	<MDA	<MDA	-	0.126473	0.126473
35	8	베개	35	<MDA	<MDA	-	-	-
36	8	베개	36	<MDA	<MDA	-	-	-
37	9	베개	37	<MDA	<MDA	-	-	-
38	3	베개(커버)	38	<MDA	<MDA	-	0.077329	0.077329
39	3	베개(커버)	39	<MDA	<MDA	-	0.314112	0.314112
40	3	베개(커버)	40	<MDA	<MDA	-	-	-
41	3	베개(커버)	41	<MDA	<MDA	-	-	-
42	3	베개(커버)	42	<MDA	<MDA	-	0.214708	0.214708
43	3	베개(커버)	43	<MDA	<MDA	-	0.049184	0.049184
44	3	베개(커버)	44	<MDA	<MDA	-	0.017017	0.017017

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
45	10	베개(커버)	45	<MDA	<MDA	-	0.170032	0.170032
46	10	베개(커버)	46	<MDA	<MDA	-	0.129823	0.129823
47	10	베개(커버)	47	<MDA	<MDA	-	0.118654	0.118654
48	3	베개(받침)	48	<MDA	<MDA	-	0.077329	0.077329
49	3	베개(받침)	49	<MDA	<MDA	-	0.184552	0.184552
50	3	베개(받침)	50	<MDA	<MDA	-	0.189019	0.189019
51	3	베개(받침)	51	<MDA	<MDA	-	0.019250	0.019250
52	3	베개(받침)	52	<MDA	<MDA	-	0.148811	0.148811
53	3	베개(받침)	53	<MDA	<MDA	-	0.165564	0.165564
54	3	베개(받침)	54	<MDA	<MDA	-	0.000185	0.000185
55	11	소파베드	1	<MDA	0.0850	0.006794	0.417711	0.424505
56	2	매트리스	1	<MDA	<MDA	-	-	-
57	12	매트리스	2	0.000536	<MDA	0.000031	0.196837	0.196868
58	12	매트리스	3	<MDA	<MDA	-	-	-
59	12	매트리스	4	<MDA	<MDA	-	-	-
60	12	매트리스	5	<MDA	<MDA	-	0.071745	0.071745
61	12	매트리스	6	<MDA	<MDA	-	-	-
62	12	매트리스	7	<MDA	<MDA	-	-	-
63	12	매트리스	8	<MDA	<MDA	-	0.100784	0.100784
64	12	매트리스	9	<MDA	<MDA	-	0.056108	0.056108
65	12	매트리스	10	<MDA	<MDA	-	-	-
66	12	매트리스	11	<MDA	<MDA	-	0.105252	0.105252
67	12	매트리스	12	<MDA	<MDA	-	-	-
68	12	매트리스	13	<MDA	<MDA	-	0.137642	0.137642
69	13	이불	1	<MDA	<MDA	-	-	-
70	10	이불	2	<MDA	<MDA	-	0.135408	0.135408
71	10	이불	3	<MDA	<MDA	-	0.056108	0.056108
72	10	이불	4	<MDA	<MDA	-	0.166681	0.166681
73	14	토파	1	<MDA	<MDA	-	0.049407	0.049407
74	14	토파	2	<MDA	<MDA	-	0.066160	0.066160
75	14	토파	3	<MDA	<MDA	-	0.061693	0.061693
76	15	패드	1	<MDA	<MDA	-	-	-
77	10	패드	2	<MDA	<MDA	-	0.015900	0.015900
78	10	패드	3	0.0302	<MDA	0.000406	-	0.000406
79	10	패드	4	<MDA	<MDA	-	0.077329	0.077329
80	16	전기매트	1	0.248	2.53	0.792025	5.811448	6.603473
81	17	전기매트	2	<MDA	<MDA	-	0.104693	0.104693
82	18	전기매트	3	<MDA	<MDA	-	0.047731	0.047731
83	19	전기매트	4	0.000807	0.00120	0.000215	-	0.000215
84	16	전기매트	5	0.0318	0.0507	0.013360	0.018524	0.031884
85	16	전기매트	6	0.0325	0.0310	0.006718	0.047544	0.054262
86	16	전기매트	7	0.0239	0.00779	0.003125	-	0.003125
87	20	전기매트	8	<MDA	<MDA	-	-	-
88	20	전기매트	9	<MDA	0.00138	0.000072	-	0.000072
89	20	전기매트	10	<MDA	0.00134	0.000030	-	0.000030
90	21	쇼파	1	<MDA	<MDA	-	-	-
91	21	쇼파	2	<MDA	<MDA	-	-	-
92	21	쇼파쿠션	1	<MDA	<MDA	-	-	-
93	21	쇼파쿠션	2	<MDA	<MDA	-	-	-
94	22	팔찌	1	0.0626	0.0649	0.000010	평가제외1	0.000010
95	22	팔찌	2	0.0576	0.0686	0.000013	평가제외1	0.000013
96	22	팔찌	3	0.0566	0.0655	0.000016	평가제외1	0.000016
97	23	팔찌	4	0.446	1.08	0.000183	평가제외1	0.000183

연번	업체번호	제품종류	제품번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외부	내부	외부+내부
98	23	팔찌	5	0.266	1.54	0.000120	평가제외1	0.000120
99	23	팔찌	6	0.198	0.835	0.000136	평가제외1	0.000136
100	24	팔찌	7	0.000899	0.00229	-	평가제외1	-
101	25	팔찌	8	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
102	25	팔찌	9	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
103	25	팔찌	10	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
104	26	팔찌	11	0.00447	0.0155	0.000002	평가제외1	0.000002
105	26	팔찌	12	0.00283	0.00941	0.000002	평가제외1	0.000002
106	26	팔찌	13	0.00435	0.0147	0.000001	평가제외1	0.000001
107	26	팔찌	14	0.00338	0.0114	0.000001	평가제외1	0.000001
108	26	팔찌	15	0.00366	0.0122	0.000001	평가제외1	0.000001
109	27	팔찌	16	0.342	2.67	0.000060	평가제외1	0.000060
110	27	팔찌	17	0.353	2.66	0.000059	평가제외1	0.000059
111	28	팔찌	18	0.0147	0.0192	0.000003	평가제외1	0.000003
112	29	팔찌	19	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
113	29	팔찌	20	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
114	29	팔찌	21	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
115	29	팔찌	22	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
116	29	팔찌	23	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
117	29	팔찌	24	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
118	29	팔찌	25	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
119	29	팔찌	26	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
120	29	팔찌	27	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
121	29	팔찌	28	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
122	29	팔찌	29	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
123	29	팔찌	30	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
124	29	팔찌	31	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
125	30	팔찌	32	0.262	1.62	0.000249	평가제외1	0.000249
126	30	팔찌	33	0.0430	0.227	0.000037	평가제외1	0.000037
127	30	팔찌	34	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
128	30	팔찌	35	0.367	2.27	0.000228	평가제외1	0.000228
129	30	팔찌	36	0.491	3.03	0.000297	평가제외1	0.000297
130	30	팔찌	37	0.286	1.80	0.000172	평가제외1	0.000172
131	30	팔찌	38	0.334	2.53	0.000217	평가제외1	0.000217
132	30	팔찌	39	0.357	2.58	0.000232	평가제외1	0.000232
133	30	팔찌	40	0.0497	0.578	0.000168	평가제외1	0.000168
134	30	팔찌	41	0.0517	0.586	0.000169	평가제외1	0.000169
135	30	팔찌	42	0.0394	0.484	0.000140	평가제외1	0.000140
136	31	팔찌	43	2.29	14.8	0.001570	평가제외1	0.001570
137	31	팔찌	44	0.00930	5.46	0.000541	평가제외1	0.000541
138	31	팔찌	45	0.752	6.20	0.000669	평가제외1	0.000669
139	31	팔찌	46	0.0138	5.58	0.000554	평가제외1	0.000554
140	31	팔찌	47	0.0135	5.32	0.000535	평가제외1	0.000535
141	31	팔찌	48	0.00759	3.11	0.000332	평가제외1	0.000332
142	32	팔찌	49	0.264	1.74	0.000204	평가제외1	0.000204
143	32	팔찌	50	0.290	1.98	0.000227	평가제외1	0.000227
144	32	팔찌	51	0.221	1.43	0.000196	평가제외1	0.000196
145	32	팔찌	52	0.207	1.36	0.000157	평가제외1	0.000157
146	32	팔찌	53	0.153	2.40	0.000266	평가제외1	0.000266
147	32	팔찌	54	0.100	1.35	0.000146	평가제외1	0.000146
148	33	팔찌	55	0.514	6.73	0.000466	평가제외1	0.000466
149	33	팔찌	56	0.486	6.63	0.000512	평가제외1	0.000512
150	33	팔찌	57	1.35	14.7	0.001067	평가제외1	0.001067

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
151	33	팔찌	58	1.17	7.93	0.000444	평가제외1	0.000444
152	33	팔찌	59	1.21	8.27	0.000467	평가제외1	0.000467
153	33	팔찌	60	1.12	7.60	0.000452	평가제외1	0.000452
154	33	팔찌	61	0.111	0.779	0.000096	평가제외1	0.000096
155	33	팔찌	62	0.603	4.53	0.000514	평가제외1	0.000514
156	33	팔찌	63	0.286	2.46	0.000279	평가제외1	0.000279
157	33	팔찌	64	0.328	2.81	0.000339	평가제외1	0.000339
158	33	팔찌	65	0.184	0.979	0.000123	평가제외1	0.000123
159	33	팔찌	66	0.582	4.21	0.000506	평가제외1	0.000506
160	34	팔찌	67	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
161	34	팔찌	68	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
162	34	팔찌	69	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
163	34	팔찌	70	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
164	34	팔찌	71	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
165	34	팔찌	72	0.00691	<MDA	-	평가제외1	-
166	34	팔찌	73	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
167	34	팔찌	74	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
168	34	팔찌	75	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
169	34	팔찌	76	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
170	34	팔찌	77	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
171	34	팔찌	78	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
172	34	팔찌	79	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
173	34	팔찌	80	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
174	34	팔찌	81	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
175	34	팔찌	82	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
176	35	팔찌	83	0.0313	0.225	0.000021	평가제외1	0.000021
177	36	팔찌	84	0.655	4.38	0.001075	평가제외1	0.001075
178	36	팔찌	85	0.707	5.67	0.002536	평가제외1	0.002536
179	37	팔찌	86	0.319	2.49	0.000381	평가제외1	0.000381
180	37	팔찌	87	0.320	2.50	0.000374	평가제외1	0.000374
181	38	팔찌	88	6.90	73.8	0.000007	평가제외1	0.000007
182	39	팔찌	89	1.31	13.1	0.000668	평가제외1	0.000668
183	39	팔찌	90	1.34	11.4	0.000598	평가제외1	0.000598
184	40	팔찌	91	0.00889	<MDA	0.000001	평가제외1	0.000001
185	40	팔찌	92	0.00842	0.0128	0.000002	평가제외1	0.000002
186	40	팔찌	93	0.00696	0.0155	0.000002	평가제외1	0.000002
187	40	팔찌	94	0.00666	0.0115	0.000001	평가제외1	0.000001
188	40	팔찌	95	0.00844	0.0144	0.000002	평가제외1	0.000002
189	40	팔찌	96	0.00730	0.0133	0.000002	평가제외1	0.000002
190	41	팔찌	97	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
191	41	팔찌	98	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
192	42	팔찌	99	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
193	42	팔찌	100	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
194	42	팔찌	101	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
195	42	팔찌	102	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
196	42	팔찌	103	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
197	42	팔찌	104	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
198	42	팔찌	105	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
199	42	팔찌	106	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
200	42	팔찌	107	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
201	42	팔찌	108	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
202	42	팔찌	109	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
203	42	팔찌	110	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
204	42	팔찌	111	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
205	42	팔찌	112	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
206	42	팔찌	113	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
207	42	팔찌	114	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
208	42	팔찌	115	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
209	42	팔찌	116	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
210	43	팔찌	117	0.124	0.0219	0.000024	평가제외1	0.000024
211	43	팔찌	118	0.106	0.0195	0.000024	평가제외1	0.000024
212	44	팔찌	119	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
213	44	팔찌	120	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
214	44	팔찌	121	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
215	44	팔찌	122	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
216	44	팔찌	123	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
217	45	팔찌	124	0.208	1.20	0.000123	평가제외1	0.000123
218	46	팔찌	125	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
219	46	팔찌	126	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
220	46	팔찌	127	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
221	46	팔찌	128	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
222	47	팔찌	129	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
223	47	팔찌	130	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
224	47	팔찌	131	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
225	48	팔찌	132	0.00959	<MDA	0.000001	평가제외1	0.000001
226	48	팔찌	133	0.0219	0.0358	0.000009	평가제외1	0.000009
227	48	팔찌	134	0.0150	0.0370	0.000009	평가제외1	0.000009
228	48	팔찌	135	0.00739	<MDA	0.000001	평가제외1	0.000001
229	49	팔찌	136	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
230	49	팔찌	137	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
231	49	팔찌	138	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
232	49	팔찌	139	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
233	49	팔찌	140	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
234	49	팔찌	141	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
235	49	팔찌	142	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
236	49	팔찌	143	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
237	49	팔찌	144	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
238	49	팔찌	145	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
239	50	팔찌	146	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
240	50	팔찌	147	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
241	50	팔찌	148	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
242	50	팔찌	149	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
243	50	팔찌	150	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
244	51	팔찌	151	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
245	51	팔찌	152	0.0154	5.79	0.000392	평가제외1	0.000392
246	51	팔찌	153	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
247	51	팔찌	154	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
248	51	팔찌	155	0.0116	5.93	0.000404	평가제외1	0.000404
249	52	팔찌	156	0.0367	0.177	0.000043	평가제외1	0.000043
250	52	팔찌	157	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
251	52	팔찌	158	0.0564	0.306	0.000055	평가제외1	0.000055
252	52	팔찌	159	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
253	53	팔찌	160	0.230	1.31	0.000247	평가제외1	0.000247
254	53	팔찌	161	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
255	53	팔찌	162	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
256	53	팔찌	163	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
257	54	팔찌	164	0.433	3.72	0.000136	평가제외1	0.000136
258	54	팔찌	165	0.406	3.59	0.000138	평가제외1	0.000138
259	54	팔찌	166	0.454	3.63	0.000135	평가제외1	0.000135
260	54	팔찌	167	0.456	3.82	0.000143	평가제외1	0.000143
261	55	팔찌	168	0.186	2.25	0.000139	평가제외1	0.000139
262	56	팔찌	169	0.00491	0.555	0.000044	평가제외1	0.000044
263	56	팔찌	170	0.00762	0.453	0.000036	평가제외1	0.000036
264	57	팔찌	171	<MDA	0.0594	0.000005	평가제외1	0.000005
265	57	팔찌	172	0.000942	0.0711	0.000006	평가제외1	0.000006
266	57	팔찌	173	0.0253	1.90	0.000150	평가제외1	0.000150
267	58	팔찌	174	0.592	1.21	0.000196	평가제외1	0.000196
268	58	팔찌	175	0.615	1.52	0.000307	평가제외1	0.000307
269	58	팔찌	176	1.02	1.54	0.000337	평가제외1	0.000337
270	59	팔찌	177	0.142	1.92	0.000425	평가제외1	0.000425
271	59	팔찌	178	0.317	2.75	0.000627	평가제외1	0.000627
272	59	팔찌	179	0.166	2.22	0.000391	평가제외1	0.000391
273	59	팔찌	180	0.223	2.21	0.000339	평가제외1	0.000339
274	59	팔찌	181	0.123	1.16	0.000209	평가제외1	0.000209
275	59	팔찌	182	0.414	2.99	0.000428	평가제외1	0.000428
276	59	팔찌	183	0.379	3.28	0.000512	평가제외1	0.000512
277	59	팔찌	184	0.227	2.11	0.000367	평가제외1	0.000367
278	59	팔찌	185	0.405	3.50	0.000655	평가제외1	0.000655
279	59	팔찌	186	0.102	1.32	0.000248	평가제외1	0.000248
280	59	팔찌	187	0.240	2.41	0.000450	평가제외1	0.000450
281	59	팔찌	188	0.463	4.04	0.000907	평가제외1	0.000907
282	59	팔찌	189	0.290	2.75	0.000428	평가제외1	0.000428
283	59	팔찌	190	0.378	3.25	0.000635	평가제외1	0.000635
284	60	팔찌	191	3.69	29.6	0.001297	평가제외1	0.001297
285	60	팔찌	192	4.62	34.5	0.001136	평가제외1	0.001136
286	60	팔찌	193	4.69	39.8	0.001406	평가제외1	0.001406
287	61	팔찌	194	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
288	62	팔찌	195	0.318	1.61	0.000171	평가제외1	0.000171
289	62	팔찌	196	0.939	1.70	0.000389	평가제외1	0.000389
290	63	팔찌	197	<MDA	0.0752	-	평가제외1	-
291	63	팔찌	198	<MDA	0.00767	-	평가제외1	-
292	63	팔찌	199	<MDA	0.0290	-	평가제외1	-
293	63	팔찌	200	<MDA	0.0109	-	평가제외1	-
294	64	팔찌	201	0.354	0.781	0.000122	평가제외1	0.000122
295	64	팔찌	202	0.217	0.780	0.000127	평가제외1	0.000127
296	64	팔찌	203	0.0485	0.0834	0.000016	평가제외1	0.000016
297	64	팔찌	204	0.0171	0.0559	0.000005	평가제외1	0.000005
298	65	팔찌	205	0.193	1.10	0.000212	평가제외1	0.000212
299	65	팔찌	206	0.182	1.02	0.000215	평가제외1	0.000215
300	65	팔찌	207	0.166	1.11	0.000225	평가제외1	0.000225
301	66	팔찌	208	0.238	1.88	0.000368	평가제외1	0.000368
302	66	팔찌	209	0.619	5.90	0.000979	평가제외1	0.000979
303	66	팔찌	210	0.282	2.76	0.000469	평가제외1	0.000469
304	67	팔찌(부속)	211	0.227	1.18	평가제외2	평가제외2	평가제외2
305	67	팔찌(부속)	212	0.208	1.06	평가제외2	평가제외2	평가제외2
306	68	팔찌(부속)	213	0.0587	0.357	평가제외2	평가제외2	평가제외2
307	68	팔찌(부속)	214	0.0233	0.0582	평가제외2	평가제외2	평가제외2
308	68	팔찌(부속)	215	0.0542	0.0594	평가제외2	평가제외2	평가제외2
309	69	팔찌(부속)	216	0.191	2.28	평가제외2	평가제외2	평가제외2

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
310	69	팔찌(부속)	217	0.179	2.33	평가제외2	평가제외2	평가제외2
311	69	팔찌(부속)	218	0.767	1.08	평가제외2	평가제외2	평가제외2
312	69	팔찌(부속)	219	0.399	0.626	평가제외2	평가제외2	평가제외2
313	70	팔찌(부속)	220	0.866	1.20	평가제외2	평가제외2	평가제외2
314	70	팔찌(부속)	221	0.776	1.29	평가제외2	평가제외2	평가제외2
315	22	목걸이	1	0.0584	0.0721	0.000156	0.063815	0.063971
316	22	목걸이	2	0.0596	0.0691	0.000195	-	0.000195
317	22	목걸이	3	0.0599	0.0747	0.000258	0.106237	0.106495
318	23	목걸이	4	0.142	0.973	0.001205	-	0.001205
319	26	목걸이	5	0.00638	0.0200	0.000013	0.025952	0.025965
320	26	목걸이	6	0.00596	0.0188	0.000013	-	0.000013
321	26	목걸이	7	0.00607	0.0195	0.000014	0.114745	0.114759
322	27	목걸이	8	0.345	2.71	0.000563	-	0.000563
323	27	목걸이	9	0.333	2.63	0.000548	-	0.000548
324	29	목걸이	10	<MDA	<MDA	-	-	-
325	29	목걸이	11	<MDA	<MDA	-	-	-
326	29	목걸이	12	<MDA	<MDA	-	-	-
327	29	목걸이	13	<MDA	<MDA	-	-	-
328	29	목걸이	14	<MDA	<MDA	-	-	-
329	29	목걸이	15	<MDA	<MDA	-	-	-
330	34	목걸이	16	<MDA	<MDA	-	-	-
331	34	목걸이	17	<MDA	<MDA	-	-	-
332	34	목걸이	18	<MDA	<MDA	-	-	-
333	34	목걸이	19	<MDA	<MDA	-	-	-
334	34	목걸이	20	<MDA	<MDA	-	-	-
335	34	목걸이	21	<MDA	<MDA	-	-	-
336	34	목걸이	22	<MDA	<MDA	-	-	-
337	34	목걸이	23	<MDA	<MDA	-	-	-
338	34	목걸이	24	<MDA	<MDA	-	-	-
339	34	목걸이	25	<MDA	<MDA	-	-	-
340	34	목걸이	26	<MDA	<MDA	-	-	-
341	34	목걸이	27	0.00797	<MDA	0.000002	-	0.000002
342	34	목걸이	28	0.00712	<MDA	0.000002	-	0.000002
343	71	목걸이	29	1.81	14.3	0.009019	0.060916	0.069934
344	71	목걸이	30	1.84	14.6	0.009301	-	0.009301
345	71	목걸이	31	1.69	13.7	0.008393	-	0.008393
346	71	목걸이	32	1.89	14.2	0.008846	0.008121	0.016967
347	71	목걸이	33	1.83	14.2	0.008796	-	0.008796
348	71	목걸이	34	0.708	6.10	0.003233	0.143226	0.146460
349	72	목걸이	35	<MDA	<MDA	-	-	-
350	72	목걸이	36	<MDA	<MDA	-	-	-
351	72	목걸이	37	<MDA	<MDA	-	-	-
352	73	목걸이	38	0.0781	0.569	0.000139	-	0.000139
353	73	목걸이	39	0.0934	0.671	0.000157	0.089350	0.089506
354	73	목걸이	40	0.0229	<MDA	0.000003	0.249781	0.249784
355	42	목걸이	41	<MDA	<MDA	-	-	-
356	42	목걸이	42	<MDA	<MDA	-	-	-
357	42	목걸이	43	<MDA	<MDA	-	-	-
358	42	목걸이	44	<MDA	<MDA	-	-	-
359	42	목걸이	45	<MDA	<MDA	-	-	-
360	49	목걸이	46	<MDA	<MDA	-	-	-
361	49	목걸이	47	0.0106	0.0187	0.000019	-	0.000019
362	49	목걸이	48	<MDA	<MDA	-	-	-

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
363	49	목걸이	49	<MDA	<MDA	-	-	-
364	74	목걸이	50	<MDA	0.0523	0.000034	-	0.000034
365	74	목걸이	51	0.0318	0.0529	0.000056	-	0.000056
366	55	목걸이	52	0.190	2.29	0.001245	-	0.001245
367	75	목걸이	53	0.0204	0.179	0.000072	0.008665	0.008737
368	76	목걸이	54	0.00529	<MDA	0.000003	0.015701	0.015704
369	76	목걸이	55	<MDA	<MDA	-	-	-
370	76	목걸이	56	0.107	1.40	0.001090	-	0.001090
371	60	목걸이	57	3.77	31.2	0.018378	0.009603	0.027980
372	60	목걸이	58	3.91	26.9	0.010680	-	0.010680
373	60	목걸이	59	3.69	30.6	0.012206	0.049007	0.061213
374	61	목걸이	60	0.452	9.11	0.006322	0.488104	0.494425
375	61	목걸이	61	0.499	4.48	0.002560	0.052979	0.055540
376	61	목걸이	62	0.712	6.15	0.004037	0.148056	0.152093
377	61	목걸이	63	<MDA	<MDA	-	-	-
378	61	목걸이	64	0.791	6.81	0.003945	0.251168	0.255112
379	61	목걸이	65	1.04	5.08	0.001207	-	0.001207
380	77	목걸이	66	0.135	0.875	0.000288	0.064956	0.065245
381	77	목걸이	67	0.665	4.51	0.004370	-	0.004370
382	77	목걸이	68	0.713	5.83	0.004862	-	0.004862
383	67	목걸이(부속)	69	1.03	8.83	평가제외2	평가제외2	평가제외2
384	78	안경	1	2.26	15.9	0.002832	0.042680	0.045512
385	60	모자	1	0.509	4.27	0.002289	0.021604	0.023893
386	79	모자	2	0.00387	<MDA	0.000001	-	0.000001
387	79	모자	3	<MDA	<MDA	-	0.327817	0.327817
388	80	팬티	1	0.00236	0.00386	0.000008	평가제외1	0.000008
389	81	팬티	2	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
390	81	팬티	3	0.0127	0.143	0.000242	평가제외1	0.000242
391	82	덧신	1	0.00539	0.00586	0.000002	평가제외1	0.000002
392	61	갈창	2	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
393	83	마스크	1	<MDA	<MDA	-	0.016683	0.016683
394	84	마스크	2	<MDA	<MDA	-	0.034642	0.034642
395	84	마스크	3	<MDA	<MDA	-	0.014806	0.014806
396	60	마스크	4	8.27	51.9	0.001018	3.942504	3.943522
397	60	마스크	5	<MDA	<MDA	-	-	-
398	60	마스크	6	5.52	34.1	0.000928	-	0.000928
399	61	마스크	7	<MDA	<MDA	-	0.009445	0.009445
400	61	마스크	8	<MDA	<MDA	-	-	-
401	85	마스크	9	<MDA	<MDA	-	0.050726	0.050726
402	86	마스크	10	<MDA	<MDA	-	-	-
403	87	마스크	11	0.00264	<MDA	0.000002	-	0.000002
404	87	마스크	12	<MDA	<MDA	-	0.050726	0.050726
405	88	마스크	13	<MDA	<MDA	-	0.014806	0.014806
406	88	마스크	14	<MDA	<MDA	-	0.012662	0.012662
407	89	스트랩	1	0.00108	0.00186	0.000001	-	0.000001
408	89	스트랩	2	0.00119	0.00861	0.000003	-	0.000003
409	89	스트랩	3	0.000943	0.00129	0.000001	0.241513	0.241514
410	89	스트랩	4	0.00108	0.00228	0.000001	-	0.000001
411	89	스트랩	5	0.000986	0.00121	0.000001	-	0.000001
412	89	스트랩	6	0.000975	0.00121	0.000001	0.143226	0.143227
413	90	마사지기	1	0.00687	0.00820	0.000004	0.020140	0.020144
414	91	마스크팩	1	<MDA	<MDA	-	-	-
415	7	안대	1	<MDA	<MDA	-	-	-

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
416	92	온열벨트	1	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
417	93	전기찜질	1	<MDA	<MDA	-	0.035447	0.035447
418	93	전기찜질	2	<MDA	<MDA	-	-	-
419	93	전기찜질	3	0.171	0.953	0.003068	-	0.003068
420	93	전기찜질	4	<MDA	<MDA	-	0.029817	0.029817
421	93	전기찜질	5	0.0287	<MDA	0.000098	0.008909	0.009007
422	94	전기찜질	6	0.00961	0.0300	0.000460	평가제외1	0.000460
423	94	전기찜질	7	0.0637	0.426	0.005985	평가제외1	0.005985
424	94	전기찜질	8	0.0103	0.0157	0.000290	평가제외1	0.000290
425	95	찜질기(부속)	9	0.0427	0.0739	평가제외2	평가제외2	평가제외2
426	95	찜질기(부속)	10	0.0262	0.0610	평가제외2	평가제외2	평가제외2
427	94	찜질기(부속)	11	0.0250	0.0408	평가제외2	평가제외2	평가제외2
428	96	찜질기(부속)	12	0.0271	0.0409	평가제외2	평가제외2	평가제외2
429	95	찜질기(원료)	13	0.0511	0.0871	평가제외2	평가제외2	평가제외2
430	95	찜질기(원료)	14	0.0277	0.0588	평가제외2	평가제외2	평가제외2
431	95	찜질기(원료)	15	0.0215	0.0476	평가제외2	평가제외2	평가제외2
432	96	찜질기(원료)	16	0.0391	0.128	평가제외2	평가제외2	평가제외2
433	97	찜질기(원료)	17	0.146	0.616	평가제외2	평가제외2	평가제외2
434	98	찜질팩	18	<MDA	<MDA	-	0.014680	0.014680
435	99	찜질팩(목)	19	0.0114	0.00886	0.000005	-	0.000005
436	99	찜질팩(손목)	20	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
437	100	찜질팩(손목)	21	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
438	43	패치	1	0.0279	0.0343	-	평가제외1	-
439	101	패치	2	0.0194	0.113	0.000009	평가제외1	0.000009
440	82	패치	3	0.00398	0.00268	-	평가제외1	-
441	102	패치	4	0.00146	0.0119	0.000001	평가제외1	0.000001
442	103	패치	5	0.0197	0.130	0.000009	평가제외1	0.000009
443	104	패치	6	0.00387	0.0157	0.000002	평가제외1	0.000002
444	105	패치	7	0.0902	0.142	0.000004	평가제외1	0.000004
445	106	패치	8	0.000112	<MDA	-	평가제외1	-
446	106	패치	9	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
447	75	패치	10	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
448	75	패치	11	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
449	75	패치	12	0.0340	0.0323	0.000089	평가제외1	0.000089
450	75	패치	13	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
451	107	패치	14	<MDA	<MDA	0.000003	평가제외1	0.000003
452	108	패치	15	<MDA	0.0181	-	평가제외1	-
453	109	패치	16	0.0326	0.0411	0.000133	-	0.000133
454	110	패치	17	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
455	111	패치	18	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
456	112	패치	19	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
457	113	패치(발)	20	0.000191	<MDA	-	평가제외1	-
458	114	보호대(무릎)	1	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
459	114	보호대(무릎)	2	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
460	115	보호대(손목)	3	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
461	115	보호대(손목)	4	0.000267	<MDA	-	평가제외1	-
462	115	보호대(손가락)	5	<MDA	<MDA	-	평가제외1	-
463	115	보호대(손가락)	6	0.00124	<MDA	-	평가제외1	-
464	38	목욕제	1	0.157	0.0702	0.000016	0.017476	0.017492
465	126	목욕제	2	0.0789	0.0333	0.000013	0.033212	0.033225
466	116	목욕제(원료)	3	<MDA	<MDA	평가제외2	평가제외2	평가제외2
467	117	목욕제(원료)	4	<MDA	<MDA	평가제외2	평가제외2	평가제외2
468	118	목욕제(원료)	5	0.0307	0.0488	평가제외2	평가제외2	평가제외2

연 번	업체 번호	제품 종류	제품 번호	방사능 농도(Bq/g)		연간 피폭방사선량(mSv/y)		
				²³⁸ U	²³² Th	외 부	내 부	외부+내부
469	118	목욕제(원료)	6	0.0125	0.0127	평가제외2	평가제외2	평가제외2
470	119	목욕제(원료)	7	0.00317	0.00917	평가제외2	평가제외2	평가제외2
471	120	목욕제(원료)	8	0.00668	0.00760	평가제외2	평가제외2	평가제외2
472	121	목욕제(원료)	9	0.0531	0.0863	평가제외2	평가제외2	평가제외2
473	122	목욕제(원료)	10	0.0510	0.0986	평가제외2	평가제외2	평가제외2
474	123	목욕제(원료)	11	0.0541	0.0860	평가제외2	평가제외2	평가제외2
475	124	목욕제(원료)	12	0.0751	0.00434	평가제외2	평가제외2	평가제외2
476	125	목욕제(원료)	13	0.0492	0.0753	평가제외2	평가제외2	평가제외2
477	110	목욕제(원료)	14	0.0641	0.0210	평가제외2	평가제외2	평가제외2
478	110	목욕제(원료)	15	0.0708	0.428	평가제외2	평가제외2	평가제외2
479	68	목욕제(원료)	16	0.0422	0.0815	평가제외2	평가제외2	평가제외2
480	68	목욕제(원료)	17	0.0671	0.0677	평가제외2	평가제외2	평가제외2
481	68	목욕제(원료)	18	0.0836	0.0579	평가제외2	평가제외2	평가제외2
482	68	목욕제(원료)	19	0.00677	0.00662	평가제외2	평가제외2	평가제외2
483	127	목욕제(원료)	20	0.00644	0.0110	평가제외2	평가제외2	평가제외2
484	127	목욕제(원료)	21	0.0376	0.0686	평가제외2	평가제외2	평가제외2
485	128	목욕제(원료)	22	0.00222	<MDA	평가제외2	평가제외2	평가제외2
486	129	목욕제(원료)	23	0.0132	0.0135	평가제외2	평가제외2	평가제외2
487	129	목욕제(원료)	24	0.0505	0.0882	평가제외2	평가제외2	평가제외2
488	130	목욕제(원료)	25	0.127	0.0973	평가제외2	평가제외2	평가제외2
489	130	목욕제(원료)	26	0.0344	0.0634	평가제외2	평가제외2	평가제외2
490	130	목욕제(원료)	27	0.0391	0.0431	평가제외2	평가제외2	평가제외2
491	130	목욕제(원료)	28	0.0327	0.0575	평가제외2	평가제외2	평가제외2
492	130	목욕제(원료)	29	0.0674	0.0793	평가제외2	평가제외2	평가제외2
493	131	목욕제(원료)	30	0.0367	0.0626	평가제외2	평가제외2	평가제외2
494	132	목욕제(원료)	31	0.0379	0.0885	평가제외2	평가제외2	평가제외2
495	133	목욕제(원료)	32	0.0489	0.0619	평가제외2	평가제외2	평가제외2
496	134	목욕제(원료)	33	0.115	0.189	평가제외2	평가제외2	평가제외2
497	135	목욕제(원료)	34	0.0327	0.0769	평가제외2	평가제외2	평가제외2
498	136	목욕제(원료)	35	0.0520	0.0932	평가제외2	평가제외2	평가제외2
499	137	칫솔	1	0.000603	<MDA	-	-	-
500	137	칫솔	2	0.000601	<MDA	-	-	-
501	137	칫솔	3	<MDA	<MDA	-	-	-
502	138	샤워기	1	0.0131	0.0187	0.000001	평가제외1	0.000001
503	139	정수필터(부속)	1	0.0394	0.0950	평가제외2	평가제외2	평가제외2
504	139	정수필터(부속)	2	0.0546	0.110	평가제외2	평가제외2	평가제외2
505	139	정수필터(부속)	3	0.0345	0.0418	평가제외2	평가제외2	평가제외2
506	139	정수필터(부속)	4	0.0440	0.142	평가제외2	평가제외2	평가제외2
507	139	정수필터(부속)	5	0.0525	0.247	평가제외2	평가제외2	평가제외2
508	139	정수필터(부속)	6	0.0152	0.0323	평가제외2	평가제외2	평가제외2
509	139	정수필터(부속)	7	0.0443	0.0573	평가제외2	평가제외2	평가제외2
510	139	정수필터(부속)	8	0.0354	0.0530	평가제외2	평가제외2	평가제외2
511	139	정수필터(부속)	9	<MDA	0.00383	평가제외2	평가제외2	평가제외2
512	139	정수필터(부속)	10	0.00885	0.0129	평가제외2	평가제외2	평가제외2
513	140	정수필터(부속)	11	0.0218	0.0549	평가제외2	평가제외2	평가제외2

5. 항공운송사업자 실태조사

5.1. 실태조사·분석 계획

생활방사선법 제18조제1항 및 같은 법 시행령 제9조에 따라 국제항공운송사업을 경영하는 자(이하 “항공운송사업자”)는 국제항공노선에 탑승하는 운항승무원 및 객실승무원(이하 “승무원”)의 건강 보호와 안전을 위하여 노력하여야 한다.

또한 항공운송사업자는 생활방사선법 제18조제3항, 제4항 및 같은 법 시행령 제10조에 따라 승무원의 피폭방사선량이 선량한도를 초과하지 않도록 우주방사선에 대한 피폭방사선량 조사·분석, 피폭방사선량을 낮추는 데에 필요한 조치, 피폭방사선량 정보제공 등의 안전조치를 하여야 한다.

원안위는 이러한 안전관리 실태를 확인하기 위해 '22년도 생활주변방사선 안전관리 실태조사 계획을 수립하여 항공운송사업자에 대한 실태조사를 추진하였다. 이에 따라, KINS는 1단계로 실태조사 대상 항공운송사업자를 확인, 2단계로 '21년도 기준 우주방사선 안전관리 현황 등 아래 표의 각 항목에 대한 서면조사와 현장조사를 계획하였다.

표 19. 실태조사·분석 내용

구분	조사·분석 내용
우주방사선 안전관리 현황	<ul style="list-style-type: none"> 안전관리 조직 현황 안전관리 대상 승무원 현황
우주방사선 선량평가프로그램에 대한 사항	<ul style="list-style-type: none"> 선량평가프로그램 종류 프로그램 입력인자 반영 여부 프로그램 입력 파일
피폭저감에 필요한 조치	<ul style="list-style-type: none"> 피폭저감 조치현황
피폭방사선량 정보제공	<ul style="list-style-type: none"> 정보제공 여부 및 주기
승무원에 대한 우주방사선 안전관리 교육훈련	<ul style="list-style-type: none"> 교육훈련 실적
피폭방사선량 기록 데이터	<ul style="list-style-type: none"> 노선별 운영횟수 노선별 피폭방사선량 승무원 개인별 연간 피폭방사선량

5.2. 실태조사·분석 방법

실태조사·분석의 1단계로 실태조사 대상 확인은 국토교통부 항공통계를 통해 '21년도 기준 국제항공노선을 운항한 항공운송사업자를 확인하였다.

2단계로 서면조사는 각 항공운송사업자에게 위 표의 각 항목이 반영된 서면조사표를 배포하여 작성 및 제출토록 하였다. 분석은 항공운송사업자가 제출한 자료를 바탕으로 전체 항공운송사업자의 데이터를 비교·분석하여 안전관리 대상 승무원 현황, 승무원 피폭방사선량 분포, 선량평가프로그램 현황, 피폭저감이 필요한 승무원에 대한 조치여부 등을 확인하였다. 현장조사는 서면조사 결과 특이사항과 생활방사선법 하위법령 개정을 위해 필요한 사항, 항공운송사업자별 우주방사선 안전관리의 애로사항 및 개선사항을 파악하였다.

5.3. 실태조사·분석 결과

5.3.1. 항공운송사업자 현황

'21년 1월부터 12월까지 국제항공노선을 운항한 항공운송사업자는 대한항공, 아시아나항공, 에어부산, 에어서울, 에어인천, 에어프레미아, 제주항공, 진에어, 티웨이항공 9개이며, 플라이강원은 '21년도 국제항공노선 운항 실적이 없지만 COVID-19로 인한 일시적인 현상으로 보고 특이사항 파악을 위한 서면조사만 수행하였다.

'21년 항공운송사업자의 전체 노선 수는 635 개로 '20년(1,151개) 대비 44.8% 감소하였고 운항횟수는 연간 83,334 건으로 '20년(118,745 건) 대비 29.8% 감소한 것을 확인하였다.

표 20. '21년 항공사별 국제항공 노선수 및 운항횟수 현황

구분	대한항공	아시아나	에어부산	에어서울	에어인천	에어프레미아
노선수	363	151	11	4	20	3
운항횟수	52,932	25,225	146	208	2,300	4
구분	제주항공	진에어	티웨이	플라이강원	계	
노선수	34	22	27	0	635	
운항횟수	1,048	559	912	0	83,334	

국제항공노선에 탑승하는 승무원의 수는 20,644 명으로 '20년(21,685 명) 대비 4.8% 감소하였다. 승무원별로는 운항승무원이 6,046 명(29.3%), 객실승무원이 14,598 명(70.7%)으로

분포하고 있다. 항공운송사업자별로는 대한항공이 10,153 명(49.2 %)으로 전체 승무원 수에서 절반 정도를 차지하고 있으며, 아시아나항공이 5,173 명(25.1 %), 그 외에 항공사가 5,318 명(25.7 %)으로 분포하고 있는 것으로 나타났다.

표 21. '20년과 '21년 항공운송사업자별 승무원 현황

항공사명	2020년 승무원(명)			2021년 승무원(명)		
	운항승무원	객실승무원	계	운항승무원	객실승무원	계
대한항공	2,812	7,546	10,358	2,793	7,360	10,153
아시아나	1,567	4,200	5,767	1,284	3,889	5,173
에어부산	293	560	853	293	542	835
에어서울	99	188	287	96	181	277
에어인천	16	0	16	39	0	39
에어프레미아	—	—	—	13	101	114
제주항공	695	1,170	1,865	692	1,180	1,872
진에어	466	812	1,278	432	562	994
티웨이	426	751	1,177	373	731	1,104
플라이강원	36	48	84	31	52	83
계	6,410	15,275	21,685	6,046	14,598	20,644

5.3.2. 피폭방사선량 조사·분석

5.3.2.1. 승무원의 피폭방사선량 현황

전체 승무원 20,644 명의 1인당 연평균 피폭방사선량은 0.76 mSv로 '20년도 대비 약 14 % 감소한 것으로 나타났다. 승무원별 연평균 피폭방사선량은 운항승무원이 1.33 mSv로 '20년 대비 약 15 % 증가하였고, 객실승무원이 0.53 mSv로 '20년 대비 약 32 % 감소한 것으로 집계되었는데, 이는 '21년도에 대한항공, 아시아나 항공이 화물 운송을 통해 줄어든 여객 운송의 매출 공백을 채우기 위해 노력함에 따라 운항승무원이 객실승무원에 비해 더 많이 국제항공노선에 탑승한 결과로 해석되었다. 에어인천의 경우도 여객운송을 하지 않는 화물전용항공사업에 따라 COVID-19 사태에도 불과하고 승무원의 피폭방사선량이 2년 연속 증가하였다. 국토교통부와 한국항공협회에서 발간한 항공시장동향 115호에 따르면 '21년도의 여객운송실적은 '20년 대비 7.7% 감소했고, '21년도의 화물운송실적은 '20년 대비 11.4% 성장한 것으로 나타났다.

항공사별 연평균 피폭방사선량은 대한항공이 1.04 mSv로 가장 높았고, 그 다음으로 아시아나항공이 0.96 mSv로 나타났다. 전년도와 마찬가지로 COVID-19 사태의 여파가 '21년도에도 지속되어 항공운송업이 회복되지 못하였고, 그 결과 에어인천을 제외한 저비용항공사(LCC)는 피폭방사선량이 이미 큰 폭으로 감소했던 '20년도 보다는 최소 30% 이상 감소하였다. 아래 표의 승무원의 피폭방사선량 현황 중, 선량이 미미한 최솟값은 소수점 다섯째 자리에서 반올림을 하였고 플라이강원의 경우 '21년도 국제항공노선 실적이 없어 피폭방사선량 기록이 없다. 그 밖의 수치는 소수점 셋째 자리에서 반올림하였다.

표 22. '21년 항공운송사업자별 승무원 연간 피폭방사선량 현황

항공사명	운항승무원(mSv/y)			객실승무원(mSv/y)			평균
	최대	최소	평균	최대	최소	평균	
대한항공	5.44	0.0024	2.03	3.57	0.0033	0.67	1.04
아시아나	5.17	0.0020	1.75	1.80	0.0040	0.69	0.96
에어부산	0.05	0.0010	0.01	0.04	0.0010	0.01	0.01
에어서울	0.21	0.0041	0.11	0.37	0.0181	0.12	0.12
에어인천	1.84	0.0714	0.97	—	—	—	0.97
에어프레미아	0.14	0.0107	0.04	0.18	0.0155	0.03	0.03
제주항공	0.11	0.0001	0.01	0.11	0.0002	0.01	0.01
진에어	0.08	0.0012	0.03	0.10	0.0011	0.02	0.03
티웨이	0.24	0.0010	0.06	0.22	0.0022	0.03	0.04
플라이강원	0	0	0	0	0	0	0
종합	5.44	0	1.33	3.57	0	0.53	0.76

※ 선량이 미미한 최솟값은 소수점 다섯째 자리에서 반올림, 그 밖의 수치는 소수점 셋째 자리에서 반올림하였음

※ 에어인천의 경우 화물전용항공사로 객실승무원이 없음

5.3.2.2. 우주방사선 피폭방사선량 평가프로그램 현황 및 평가 절차 등

5.3.2.2.1. 항공운송사업자별 우주방사선 피폭방사선량 평가프로그램 현황

항공운송사업자는 승무원의 피폭방사선량 평가를 위해 생활방사선법 제18조제5항에 따라 제정된 국토교통부 고시 「승무원에 대한 우주방사선 안전관리규정」 제5조에 따라 우주방사선 측정 장비를 통한 직접 측정 또는 우주방사선 피폭방사선량 평가프로그램을 사용할 수 있다. 모든 항공운송사업자는 프로그램을 통해 피폭방사선량 평가를 하고 있으며, 그중 대한항공, 아시아나, 제주항공, 진에어 4개 항공운송사업자는 CARI-6M을 에어부

산, 에어서울, 에어인천, 티웨이, 플라이강원 5개 항공운송사업자는 CARI-6를, 에어프레미아는 CARI-7A를 활용하여 승무원의 피폭방사선량을 평가하고 있는 것으로 조사되었다. 이 중 CARI-6를 사용하는 에어부산, 에어서울, 에어인천, 티웨이, 플라이강원은 국립전파연구원의 항공 우주방사선 예측 시스템(이하 “SAFE”)의 CARI-6를 사용하고 있는 것으로 조사되었다. 미국 연방항공청(FAA)이 제공하는 CARI-6를 직접 사용하는 경우 사용자가 직접 노선 정보(고도 변화 및 해당 고도에서의 비행 시간)를 입력하여 계산하여야 하나, SAFE는 출·도착지 공항만 입력하면 CARI-6에 해당 노선 정보를 자동으로 입력하여 계산 결과를 제공해준다. 추가로, 제주항공은 ‘23년도부터 CARI-7으로 전환하여 사용할 계획으로 조사되었다.

표 23. 항공운송사업자별 우주방사선 피폭방사선량 평가프로그램 사용 현황

프로그램	항공운송사업자
CARI-6M	대한항공
	아시아나
	제주항공
	진에어
CARI-6 (SAFE)	에어부산
	에어서울
	에어인천
	티웨이
	플라이강원
CARI-7A	에어프레미아

5.3.2.2.2. 우주방사선 피폭방사선량 평가 절차 등

첫 번째로, 전년도 실태조사를 통해 평가 절차를 확인하였던 항공운송사업자 중 절차가 변동된 경우는 없었다. 에어프레미아의 피폭방사선량 평가 절차를 확인한 결과 FAA의 가장 최신 프로그램인 CARI-7A를 사용하고 있었다. 에어프레미아는 승무원의 피폭방사선량 평가를 위해 안전관리 담당자가 FAA 홈페이지를 통해 주기적인 태양활동의 영향을 반영 여부를 확인하고, 이에 따라 관련 부서를 통해 평가 기간 동안의 비행계획서를 전송받는다. 이후 담당자는 비행계획서상의 비행고도와 해당 고도에서 비행한 시간을 수기로 추출하여 CARI-7A를 구동시키기 위한 노선별 입력파일을 생성 및 CARI-7A에 입력하여 노선별 피폭방사선량을 출력한다. 이후 이를 정리하여 운항승무원, 객실승무원의 스케줄을 관리하는 팀에 각각 송부하면 각 팀에서 노선별 선량을 승무원이 해당 기간에 비행한 이력에 반영하여 승무원별 피폭방사선량을 산출한다. 에어프레미아는 CARI-7A에서 선택할 수 있

는 다양한 옵션 중 어떠한 옵션을 사용하는 것이 적절한지 몰라 애로사항이 있었다. CARI-7A에서 선택 가능한 우주방사선 모델은 표 24와 같이 총7가지가 있는데, 5번과 6번은 과거에 발생했던 태양양성자사건에 의한 지면준위증가에 대한 평가 예시로 일상적인 피폭방사선량 평가를 위해선 1번부터 4번까지의 모델 중 선택하여야 한다. KINS는 2021년도에 표 24의 4가지 은하우주방사선 모델에 대한 비교평가를 수행한 바 있다. 그 결과는 모든 모델이 ICRU 84 기준값과의 상대 오차율 기준을 만족하였고, 1번과 4번 모델이 2번과 3번 모델보다 비교적 보수적인 결과를 제공하는 것으로 나타났다. 때문에 어떠한 모델을 사용하여도 무방하지만 모두 기준을 만족한다면 피폭방사선량 관리 목적에서 보수적인 추정치를 제공하는 모델을 사용할 것을 권고하였다. 또한 선택 가능한 출력값으로는 표 25와 같이 8가지가 있는데 피폭방사선량은 유효선량(Effective Dose)으로 관리하기 때문에 2번 또는 3번을 선택해야하고, 국내 피폭방사선량 평가 체계가 ICRP 60 권고의 방사선가중치를 적용하고 있음에 따라 현재 시점에서는 3번을 선택하는 것이 적절함을 안내하였다. 추가로 “superposition approximation”은 대기에서의 우주방사선 입자수송을 단순화하기 위한 접근 방식으로 비행 고도에서 그 영향은 미미하여 적용하지 않는 것이 보다 개선된 입자수송을 모사한 것이므로 적용하지 않는 것으로 선택할 것을 권고하였다. 또한, CARI-7은 은하우주방사선 모델이 4번 모델로 고정 선택 되어있고, superposition approximation을 적용하지 않도록 고정 선택 되어있어, 특별히 사유가 있는 것이 아니라면 프로그램 구동 중 다양한 옵션의 선택 과정에서 발생하는 인적 오류를 줄이기 위해 CARI-7A 보다는 CARI-7을 사용할 것을 권고하였다.

표 24. CARI-7A에서 선택할 수 있는 우주방사선 모델

구분	분류	모델명
<1>	은하우주방사선(GCR)	ISO 2004
<2>		BADHWAR-O`NEILL 2011 (BO`11)
<3>		BADHWAR-O`NEILL 2014 (BO`14)
<4>		ISO 2004 LIS modulated heliocentric potential
<5>	태양양성자사건(SPE)	LaRC FEB 1956 Event Total
<6>		LaRC SEP 1989 Event Total
<7>	사용자 지정	MY_MODEL.OUT

표 25. CARI-7A에서 선택할 수 있는 출력값

구분	출력값
<1>	SECONDARY PARTICLE FLUENCE
<2>	ICRP PUB 103 EFFECTIVE DOSE
<3>	ICRP PUB 60 EFFECTIVE DOSE
<4>	ICRU H*(10) AMBIENT DOSE EQUIVALENT
<5>	WHOLE BODY ABSORBED DOSE
<6>	ABSORBED DOSE IN 0.5mm Si chip
<7>	ABSORBED DOSE IN 0.3mm Si chip
<8>	NM-64 COUNTS

두 번째로, 피폭방사선량 평가와 관련한 특이사항으로 SAFE의 CARI-6를 이용하는 항공 운송사업자의 경우 HCP 데이터 및 운항 경로의 적절한 반영을 위해 보완해야 할 사항이 있었다. CARI 프로그램은 주기적인 태양활동의 영향에 따른 은하우주방사선(GCR)의 변화를 HCP 데이터를 통해 반영한다. CARI에 사용되는 HCP 데이터는 매월 FAA 홈페이지에 업데이트 된다. 보통 현재 시점 1~2개월 이전의 데이터가 업데이트되기 때문에 안전관리 담당자는 HCP 데이터가 업데이트 되었는지를 항상 체크하고 업데이트가 된 시점에 해당 월의 피폭방사선량 계산을 수행한다. SAFE를 이용하는 항공운송사업자의 경우 CARI-6M을 사용하는 항공운송사업자와 달리 HCP 데이터를 직접 체크하여 반영하지 않고 SAFE 내에서 반영을 해주기 때문에 이러한 절차를 대부분 거치지 않고 있는데, SAFE 역시 FAA 홈페이지에 업데이트가 될 때마다 1~2개월 이전의 데이터가 업데이트되는 것이기 때문에 담당자가 이를 고려하지 않고 실시간으로 피폭방사선량을 산출하거나 당월 또는 직전월의 피폭방사선량을 산출하는 경우 최신의 HCP 데이터가 반영되지 않을 수 있다. 하지만 HCP 데이터는 승무원이 비행할 당시의 우주방사선 피폭 환경을 반영해주는 변수이기 때문에 승무원의 피폭방사선량을 계산할 때에는 그 차이가 크지 않더라도 피폭할 당시의 상황을 가능한 근접하게 모사할 필요가 있어 HCP 데이터를 체크하며 평가할 것을 안내하였다. 추가적으로 항공운송사업자가 항공기를 운항할 때 같은 노선이라 하더라도 상황에 따라 다양한 비행경로를 통해 운항을 하는데, 비행경로 또한 승무원이 비행할 당시의 우주방사선 피폭 환경을 반영해주는 변수임에 따라 피폭할 당시 즉, 승무원이 탑승한 노선의 경로를 가능한 근접하게 모사하여 평가할 필요가 있다. 하지만 현재 SAFE는 비행 때마다 변동되는 경로 데이터를 반영해주지 않고 과거 특정 시점의 경로 데이터를 고정하여 제공해주고 있는 것으로 확인되어 승무원의 피폭환경을 가능한 근접하게 모사하는데 어려움이 있다. 이에 SAFE를 통해 CARI-6를 사용하는 항공운송사업자에 비록 지금까지 적절하게 반영되지 않았더라도 피폭방사선량이 매우 낮은 노선을 주로 운항하는 것을 고려했을 때 이로 인한 누적 피폭방사선량의 차이는 방사선학적 관점에서 유의미한 수준은 아니지만, 비행경로를 가능한 승무원이 비행한 당시의 정보를 반영할 수 있도록 하는 것이 피폭방사선량 관리의 관

점에서 적절한 것이므로 이를 위해 CARI-6 프로그램을 직접 사용하는 등 가용한 방법을 강구할 것을 안내하였다.

세 번째로, 피폭방사선량 평가의 사각지대 파악을 위해 항공운송사업자별로 부정기편의 편성 현황 및 평가 반영 여부, 승무원의 임무와 관련된 탑승 현황 및 평가 반영 여부를 조사하였다. 승무원의 우주방사선 피폭은 직무피폭이며 직무로 인해 피폭이 증가되는 모든 상황에서의 피폭방사선량 감시가 이루어져야 한다. 여기서 피폭이 증가되는 상황은 국제항공노선에 탑승하는 상황을 말한다. 「항공안전법」 제77조에 따른 국토교통부 고시 「고정익항공기를 위한 운항기술기준」 제8장에서는 “근무(duty)”를 “항공기운영자가 운항승무원 또는 객실승무원에게 수행토록 요구하는 모든 임무로서 피로를 야기하는 비행근무, 행정업무, 훈련, 비임무 이동 및 대기를 말한다.”로 정의하고 있다. 때문에 근무에 포함되는 모든 행위는 직무와 연관된 것으로 볼 수 있고, 항공운송사업자는 해당 노선이 정기편이던 부정기편이던 관계없이 임무와 연관된 비행근무, 훈련, 비임무 이동 등으로 인한 국제항공노선 탑승은 빠짐없이 평가하여 승무원의 피폭방사선량에 반영하여야 한다. 조사 결과 대부분의 항공운송사업자는 정기편과 부정기편을 구분하지 않고 운항한 모든 국제항공노선의 정보를 전달받아 평가에 반영하고 있었다. 다만, 항공기의 도입/반납, 정비 등 매우 드물게 발생하는 경우는 평가에 반영하지 않는 항공운송사업자가 있었다. 이 경우 또한 명확하게 운항승무원이 임무로 국제항공노선을 탑승하는 것이기 때문에 평가에 반영할 것을 권고하였다. 또한 운영자의 지시에 따른 비임무 이동의 경우도 대부분의 항공운송사업자가 승무원의 근무에 편성된 것은 일괄적으로 반영하여 평가에 반영하고 있었으나, 그렇지 않은 항공운송사업자도 있어 이 경우 또한 임무와 연관된 국제항공노선 탑승이므로 평가에 반영할 것을 권고하였다.

5.3.3. 승무원에 대한 건강 보호 및 안전을 위한 조치

5.3.3.1. 피폭방사선량 최적화 조치

항공운송사업자는 생활방사선법 제18조제4항 및 같은 법 시행령 제10조에 따라 승무원의 우주방사선에 의한 피폭방사선량을 선량한도인 연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv(연평균 20 mSv)를 초과하지 않도록 하여야 한다. 또한 국토교통부 고시 「승무원에 대한 우주방사선 안전관리규정」 제4조에서는 승무원의 피폭방사선량은 연간 누적하여 6mSv를 초과하지 않는 범위에서 관리되어야 하며 임신한 여성 승무원의 경우 그 임신 사실이 확인된 날부터 출산 시까지 피폭방사선량을 1mSv 이하로 관리되도록 규정하고 있다.

실태조사 결과 피폭방사선량 분포가 가장 높은 대한항공과 아시아나항공은 승무원의

피폭방사선량 최적화를 위해 자체적으로 누적 피폭방사선량이 상대적으로 높은 승무원에 대해 피폭방사선량이 더 낮은 노선으로 전환하는 등 비행근무를 조정하여 관리기준을 초과하지 않도록 관리하고 있었다. LCC의 경우 별도의 피폭방사선량 최적화를 목적으로 한 조치를 수행하고 있진 않으나 승무원별 근무 형평성 차원에서 비행시간이 고루 분배되도록 근무를 편성하고 있어 결과적으로 피폭방사선량 최적화와 관련된 활동을 수행하고 있는 것으로 분석하였다. 결과적으로 '21년 10개 항공운송사업자에 종사하는 승무원 중 연간 6 mSv 초과자는 없는 것으로 조사되었으며, 모든 항공운송사업자는 임신한 승무원에 대하여 임신 사실을 확인한 즉시 비행정지 등 업무전환 조치를 하였고, 임신이 확인된 시점부터 출산시 까지 1 mSv를 초과한 승무원은 없는 것으로 조사되었다.

5.3.3.2. 승무원에 대한 피폭방사선량 정보제공

항공운송사업자는 생활방사선법 제18조제4항 및 같은 법 시행령 제10조제3호에 따라 우주방사선에 따른 승무원의 피폭방사선량 정보를 제공하여 승무원이 항상 확인할 수 있도록 하여야 한다.

실태조사 결과 에어프레미아를 제외한 모든 항공운송사업자는 사내전산망을 통해 승무원에 대한 피폭방사선량 정보를 월 단위로 갱신하여 제공한 것으로 조사되었다. 에어프레미아는 '21년 국제항공노선을 운항한 실적에 대해 피폭방사선량 산출을 '21년 12월에 처음 실시한 후 '22년 6월에 누적한 정보에 대해 처음 정보제공한 것을 확인하였다. 에어프레미아는 이후 월단위로 사내 전산망을 통해 제공할 예정임을 확인하였다.

표 26. '21년도 항공운송사업자별 승무원 피폭방사선량 제공 현황

구분	대한항공	아시아나	에어부산	에어서울	에어인천
제공방법	사내 전산망	사내 전산망	사내 전산망	사내 전산망	사내 전산망
제공주기	월1회	월1회	월1회	월1회	월1회
구분	에어프레미아	제주항공	진에어	티웨이	플라이강원
제공방법	미실시	사내 전산망	사내 전산망	사내 전산망	사내 전산망
제공주기	—	월1회	월1회	월1회	상시

5.3.3.3. 승무원에 대한 교육사항

생활방사선법 제26조에서는 생활주변방사선에 대한 이해 및 생활주변방사선 안전관리의

효과를 높이기 위하여 원안위로 하여금 생활주변방사선에 피폭할 우려가 있는 사람을 위한 교육프로그램을 개발·운용할 수 있도록 하고 있다. 원안재단은 해당 업무를 원안위로부터 위탁받아 수행하고 있다. 승무원의 우주방사선 피폭에 대한 사회적 관심과 우려가 확산됨에 따라 원안재단에서는 우주방사선 교육 프로그램을 개발 및 제공하고 있으며 항공운송사업자 또한 자체적으로 승무원에게 우주방사선 관련 교육을 실시하고 있다.

실태조사 결과 '21년도에 원안재단은 온라인 교육 프로그램을 제작하여 현장 강의 및 유튜브 등을 이용해 항공사별로 제공하였고 각 항공사는 필요에 따라 해당 프로그램을 이용한 것으로 조사되었다. 대한항공과 아시아나항공, 에어부산의 경우 자체 교육프로그램을 통해 집체교육 또는 온라인교육을 실시하였고, 진에어의 운항승무원은 자체 온라인교육을, 객실승무원은 대한항공 위탁 온라인교육을 실시하였다. 에어인천, 제주항공, 티웨이항공은 원안재단에서 제공하는 온라인 교육 프로그램을 사내 공지를 통해 교육을 수강하도록 안내하고 있었고, 에어프레미아는 원안재단에서 제공하는 현장교육을 수강, 에어서울과 플라이강원은 운항횟수가 크게 감소하여 승무원에 대한 관련 교육을 실시하지 않은 것으로 조사되었다.

표 27. '21년 항공운송사업자별 우주방사선 교육 실시 현황

구분 (명)	원안재단 현장교육	집체 교육	온라인 교육	특이사항
대한항공	26	—	13,000	자체교육
아시아나	17	4,000	5,494	자체교육
에어부산	—	—	823	자체교육
에어서울	—	—	—	미실시
에어인천	2	—	39	원안재단 제공 온라인 교육
에어프레미아	43	—	—	—
제주항공	12	—	1,872	원안재단 제공 온라인 교육
진에어	43		1,208	대한항공 위탁교육
티웨이	107	—	70	원안재단 제공 온라인 교육
플라이강원	—	—	—	미실시
합계	250	4,000	22,506	

제 3 장. 결론

생활방사선법 제23조에 따라 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석이 연차별로 진행되어 왔으며, '22년 KINS에서는 다음 5가지 분야에 대한 생활주변방사선 안전관리 실태조사 및 분석을 수행하였다. 실태조사 계획수립, 수행방법, 수행결과 정리 및 분석에 관한 내용을 다음과 같이 정리하였다.

전체 공항·항만 감시기 운영자 44개를 대상으로 감시기 운영·관리 현황 파악을 위한 서면 실태조사를 수행하였으며, 이 중 지난 3년간('19~'21년) 감시기를 설치한 10개 운영자에 대해서는 별도의 현장조사를 수행하여 정보 대응 인력 및 시설 현황, 감시기 운영·관리 기준의 준수 여부, 정보 대응 적합성 등을 파악하였다.

2차 검색부지의 경우, 65개 시설 중 33개 시설은 별도의 지정장소가 마련되어 있으나, 32개 시설은 임시장소를 활용하고 있는 것으로 확인되었다.

현장조사를 통해 10개 운영자의 감시기 운영 실태를 확인하였으며, 현장별로 정보 대응 숙련도 부족, 업무절차서 분실, 장비의 오작동 등의 문제점이 파악되었다. 이에 현장조사 시 전반적인 정보 대응 업무에 대하여 교육하였고, 기타 문제들에 대하여 후속 조치하였다.

재활용고철취급자 14개사 18개 사업장에 대해서도 실태조사가 수행되었다. 총 59대의 감시기가 설치·운영되고 있으며, '21년 재활용고철 취급량은 전년 대비 16.2% 증가하였다. 재활용고철취급자는 담당자를 지정하여 일상점검을 실시, 그 기록을 보관하고 있는 것으로 조사되었다. 감시기의 성능점검은 전문업체와 유지보수 계약의 방식으로 진행됨을 확인하였다.

현대제철 인천공장의 경우 인천광역시의 요청에 따라 1대의 감시기를 철거하여 5대에서 4대로 감소하였으며 두산중공업은 두산에너지빌리티로 기관명이 변경되었다.

5개 비철금속 사업체(2개 아연 재활용업체와 3개 알루미늄 재활용업체)에 대한 현장 실태조사가 수행되었다. 4개 업체는 자체적으로 설치한 방사선 감시기를 운영 중이었고, 유의미한 방사성 오염이 확인된 경우는 현재까지 없었던 것으로 보인다.

원료물질 등에 대한 실태조사는 저어콘 직접 취급 사업장 12개소, 실리카폼 직접 취급 사업장 1개소, 공정부산물 처리·처분 사업장 1개소, 유의물질 발생 사업장 1개소를 대상으로 총 15개 업체에 대해 진행되었다.

저어콘 및 실리카폼 직접 취급 사업장은 13개소로 브레이크패드, 유약, 내화벽돌 등의 제품 생산 시 원료로 사용되었다. 별도의 공정부산물 발생하지 않았으며, 외부 피폭의 우려가 있는 지역에서의 최대 방사선량률은 $2.37 \mu\text{Sv/h}$ 로 측정되었다. 실태조사 시 취득한 시료 44종에 대해 방사능 농도를 분석하였으며, ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{40}K 의 평균 방사능 농도로 저어콘은 3.93 Bq/g, 0.680 Bq/g, 0.0524 Bq/g, 지르코니아는 1.73 Bq/g, 0.336 Bq/g, 0.0262 Bq/g, 실리카폼은 5.42 Bq/g, 1.05 Bq/g, 0.0721 Bq/g으로 나타났다. ^{40}K 의 경우 대부분 0.01-0.1 Bq/g 사이의 구간에 분포하여 취급자 등록기준인(방사능농도) 10 Bq/g의 1/100 미만으로 확인되었다. 저어콘 및 실리카폼 직접 취급 종사자에 대한 피폭방사선량은 평균 0.34 mSv/y, 최대 0.92 mSv/y로 평가되어 추가적인 방사선학적 안전관리는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

공정부산물 처리·처분 사업장은 1개소로 소금 제조 시 부산물로 염화칼륨이 발생한다. 해당 부산물은 공정부산물 처리·처분 또는 재활용 신고 후 처리하고 있으며, 처리·처분 시 외부피폭의 우려가 있는 지역에서의 최대 방사선량률은 $0.41 \mu\text{Sv/h}$ 로 측정 되었다. 공정 부산물 처리·처분 시 취급 종사자에 대한 연간 피폭방사선량은 0.039 mSv로 평가되어 추가적인 방사선학적 안전관리는 필요하지 않은 것으로 판단된다.

유의물질 발생 사업장은 1개소로 재활용고철취급자의 방사선감시기를 통해 추적한 유의물질 발생 업체이다. 과거 실리카겔 제조 시 해당 유의물질 설비를 이용하여 실험을 진행한 것으로 추정되며, 장기간 방치 후 '22년 해당 설비를 폐기하였다. 현재 유의물질 설비와 관련된 원료물질 또는 공정부산물은 없는 것으로 확인하였다. 작업자의 주요 작업 지점에서의 방사선량률은 배경준위 수준으로 측정되어 추가적인 방사선학적 안전관리는 필요하지 않았으나, 유의물질 처리·처분을 위하여 취급자로 등록 안내를 하였다.

가공제품 실태조사는 국내 유통제품의 방사선 안전성 조사를 위해 방사선효과 광고제품 한국소비자원 협업 및 자체조사(345개), 국민신문고 등 일반인 결함의심제보 제품조사(86개), 결함(의심)제품 제조업체 사후관리·검사(82개)의 경로를 통해 취득한 총 513개 제품의 방사능 농도 분석, 피폭방사선량평가를 수행하였다. 조사제품은 눅거나 베는 제품 72개, 깔거나 앉는 제품 21개, 신체 착용 제품 370개, 신체 세척 제품 39개, 식음·접촉 제품 11개로 분류되었으며 제품군별 비중은 팔찌 43.1%, 목걸이 13.5%, 베개 10.5%, 찜질/마사지기 8.8% 순이었다. '22년 조사제품 중 원료물질 정의농도 초과제품은 144개였으며 이 중 2개 제품(매트 1, 마스크 1)이 연간 피폭방사선량 1 mSv 초과한 것으로 확인되었다. 동 제품들에 대해서는 추가조사를 진행할 예정이다. 특히, 한국소비자원 시민감시단 협업, 라돈측정기대여서비스 등 일반인 제보 기반 조사를 통해 원료물질 정의농도 초과제품 144개 중 39개(27%)가 확인됨에 따라 생활밀착형 가공제품에 대한 모니터링 채널로 지속 운영이 필요할 것으로 판단된다.

항공운송사업자에 대한 실태조사는 '21년도 기준 10개 사업자에 대하여 실시하였다. 항공

운송사업자는 우주방사선에 의한 피폭방사선량 평가프로그램으로 CARI-6 또는 CARI-6M 또는 CARI-7A를 사용하고 있으며 승무원의 피폭방사선량은 연평균 0.76 mSv으로 전년 대비 약 14% 감소한 것으로 조사되었다. 승무원의 피폭방사선량 관리기준인 연간 6 mSv를 초과한 승무원은 없는 것으로 조사되었으며 승무원이 항상 피폭방사선량 정보를 확인할 수 있도록 항공운송사업자는 사내전산망을 통하여 해당 정보를 제공 및 제공 예정임을 확인하였다.

〈 연도별 생활방사선 실태조사 주요결과 〉

구분	2020년	2021년	2022년
원료물질 등 취급자	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 칼륨화합물 취급업체 및 단순유통업체 등 20개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 종사자의 피폭선량은 최대 0.46 mSv/y으로 종사자의 연간 선량한도(연평균 20 mSv/y) 미만 확인 - 2020년도 등록 원료물질·공정부산물 취급자 수 : 311개 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 골재 채취업체 2개소, 모나자이트 보관업체 18개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - (골재) 방사능농도 분석결과, 취급자 등록기준(1 Bq/g) 미만 확인 - (모나자이트) 종사자의 피폭선량은 최대 0.75 mSv/y으로 종사자의 연간 선량한도(연평균 20 mSv/y) 미만 확인 - 2021년도 등록 원료물질·공정부산물 취급자 수 : 401개 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 자갈 및 싼재 취급업체 13개소, 공정부산물 발생·처리업체 2개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 종사자의 피폭선량은 최대 0.92 mSv/y으로 종사자의 연간 선량한도(연평균 20 mSv/y) 미만 확인 - 2022년도 등록 원료물질·공정부산물 취급자 수 : 441개
가공 제품	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 생활제품 방사선 안전성 조사 513종 • 주요결과 : 연간 1 mSv 초과제품 14종 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 생활제품 방사선 안전성 조사 506종 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 1 mSv 초과제품 7종 - 원료물질 정의농도 초과 198종(1mSv 초과 5종 중복) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 생활제품 방사선 안전성 조사 513종 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 연간 1 mSv 초과제품 2종 - 원료물질 정의농도 초과 144종(1mSv 초과 2종 중복)
재활용 고철 취급자	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 재활용고철취급자 사업장 18개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 총 57대 방사선 감시기 운영 중 - 고철 국내 취급량 약 15,689,947톤 (73.1%), 해외수입량 5,780,310톤(26.9%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 재활용고철취급자 사업장 18개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 총 60대 방사선 감시기 운영 중 - 고철 국내 취급량 약 16,597,328톤 (80.0%), 해외수입량 4,147,090톤 (20.0%) 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 재활용고철취급자 사업장 18개소 • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 총 59대 방사선 감시기 운영 중 - 고철의 국내 취급량 약 19,389,915톤 (80.5%), 해외수입량 4,705,285톤 (19.5%)
항공운송 사업자	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 10개 항공사(19년 기준) • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 평균피폭선량 : 2.12 mSv/y - 최대피폭선량 : 5.46 mSv/y - 승무원수 : 23,251명 - 국제항공노선수 : 1,603 - 운항횟수 : 424,685 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 9개 항공사(20년 기준) • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 평균피폭선량 : 0.89 mSv/y - 최대피폭선량 : 4.89 mSv/y - 승무원수 : 21,685명 - 국제항공노선수 : 1,151 - 운항횟수 : 118,745 	<ul style="list-style-type: none"> • 대상 : 10개 항공사(21년 기준) • 주요결과 <ul style="list-style-type: none"> - 평균피폭선량 : 0.76 mSv/y - 최대피폭선량 : 5.44 mSv/y - 승무원수 : 20,644명 - 국제항공노선수 : 635 - 운항횟수 : 83,334

제 4 장. 참고문헌

- 1) 박형규, 신희덕, 2009, 국내 비철금속 스크랩 리사이클링 현황, 자원리사이클링 제18권제1호 52-57
- 2) 박형규, 2013, 국내 범용 비철금속 스크랩 리사이클링 현황, 자원리사이클링 제22권제6호 81-86
- 3) 박형규, 손호상, 2015, 국내 범용 비철금속 스크랩 리사이클링 현황, 자원리사이클링 제24권제5호 72-79
- 4) 박형규, 강정신, 이태혁, 이진영, 김영민, 2019, 국내 범용 비철금속의 2014-2018 년간 수요 공급과 스크랩 리사이클링 현황 조사, 자원리사이클링 제28권제3호 68-76
- 5) 한국비철금속협회, 2022, 2021년 비철금속 스크랩 수출입동향자료
- 6) IAEA, 2007, Radiation Protection and NORM Residue Management in the Zircon and Zirconia Industries, SRS No.51
- 7) Wouter Schroeyers, 2017, Naturally Occurring Radioactive Materials in Construction, COST Action Tu1301 NORM4BUILDING
- 8) KINS 2015, 광물질 취급 및 오일정유 산업 종사자의 천연방사성핵종 함유물질 취급으로 인한 방사선학적 안전성 검증요건 개발, KINS/HR-1386
- 9) KINS 2017, 2016년도 생활주변방사선 안전관리 사업결과보고서, KINS/GR-547, vol.4
- 10) KINS 2021, 2020년도 생활주변방사선 안전관리 사업결과보고서, KINS/GR-547, vol.8
- 11) 산업통상자원부, 2021, '21년 9월 주요유통업체 매출동향

KINS

KOREA
INSTITUTE OF
NUCLEAR
SAFETY



한국원자력안전기술원
KOREA INSTITUTE OF NUCLEAR SAFETY

우)305-338 대전광역시 유성구 과학로 62
www.kins.re.kr