

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2022년 11월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2022년 11월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 22건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(0.00154~0.00173 Bq/L), 갯벌(0.584~1.05 Bq/kg), 토양(1.27~9.20 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~0.00243 Bq/L(KINS, '17년~'21년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 11. 1. ~ 11. 30.

2. 조사 대상 : 5종 22건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 5건[거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1, 창원시(진해구)1]
- 갯벌 5건[거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1, 창원시(진해구)1]
- 토양 4건[등산로3(신어산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	11월말	누계		
방사성물질조사	300	257	22	279	93.0%	

4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

시 료	조사 핵종	조사 기준
정수	방사성요오드(¹³¹ I), 세슘(¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs) 등 7종 -원전 영향 5종(¹⁰³ Ru, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²⁴¹ Am) -우주 및 지각 방사선 영향 2종(⁷ Be, ⁴⁰ K)	세계보건기구 먹는물 가이드라인 (WHO Guideline for Drinking Water Quality)
정수 이외	방사성요오드(¹³¹ I), 세슘(¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs) 등 41종 -원전 영향 27종(¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 등) -북한 지하 핵실험 영향 2종(⁸⁸ Kr, ¹³³ Xe) -우주 및 지각 방사선 영향 12종 (⁷ Be, ⁴⁰ K 등)	원자력안전위원회 고시 제2017-17호

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

순서	핵종	핵종명	반감기	비 고	순서	핵종	핵종명	반감기	비고
1	⁷ Be	베릴륨	53.3일	자연(우주방사선)	22	¹³³ Xe	제논	5.24일	인공(핵분열생성물)
2	⁴⁰ K	칼륨	1.3×10 ⁹ 년	자연(비 붕괴계 열)	23	^{133m} Xe	제논	2.2일	인공(핵분열생성물)
3	⁵¹ Cr	크롬	27.7일	인공(방사화부식생성물)	24	¹³⁴ Cs	세슘	2년	인공(핵분열생성물)
4	⁵⁴ Mn	망간	312.3일	인공(방사화부식생성물)	25	¹³⁷ Cs	세슘	30년	인공(핵분열생성물)
5	⁵⁷ Co	코발트	271.8일	인공(방사화부식생성물)	26	¹³⁹ Ce	세륨	138일	인공(핵분열생성물)
6	⁵⁸ Co	코발트	70.8일	인공(방사화부식생성물)	27	¹⁴⁰ Ba	바륨	12.8일	인공(핵분열생성물)
7	⁵⁹ Fe	철	44.5일	인공(방사화부식생성물)	28	¹⁴⁰ La	란타넘	1.68일	인공(핵분열생성물)
8	⁶⁰ Co	코발트	5.27년	인공(방사화부식생성물)	29	¹⁴¹ Ce	세륨	32.5일	인공(핵분열생성물)
9	⁶⁵ Zn	아연	244.3일	인공(핵분열생성물)	30	¹⁴³ Ce	세륨	1.4일	인공(핵분열생성물)
10	⁸⁵ Sr	스트론튬	64.8일	인공(핵분열생성물)	31	¹⁴⁴ Ce	세륨	285일	인공(핵분열생성물)
11	⁸⁸ Kr	크립톤	2.84시간	인공(핵분열생성물)	32	²⁰⁸ Tl	탈륨	3.1분	자연(²³² Th 딸핵종)
12	⁸⁸ Y	이트륨	106.7일	인공(핵분열생성물)	33	²¹² Pb	납	10.6시간	자연(²³² Th 딸핵종)
13	⁹⁵ Zr	지르코늄	64일	인공(핵분열생성물)	34	²¹² Bi	비스무스	60.6분	자연(²³² Th 딸핵종)
14	⁹⁵ Nb	나이오븀	35일	인공(핵분열생성물)	35	²¹⁴ Bi	비스무스	19.9분	자연(²³⁸ U 딸핵종)
15	¹⁰¹ Rh	로듐	3.3년	인공(핵분열생성물)	36	²¹⁴ Pb	납	26.8분	자연(²³⁸ U 딸핵종)
16	¹⁰³ Ru	루테튬	39.3일	인공(핵분열생성물)	37	²²⁶ Ra	라듐	1,600년	자연(²³⁸ U 딸핵종)
17	¹⁰⁶ Rh	로듐	368.2일	인공(핵분열생성물)	38	²²⁷ Th	토륨	18.7일	자연(²³⁵ U 딸핵종)
18	¹⁰⁹ Cd	카드뮴	462.6일	인공(핵분열생성물)	39	²²⁸ Ac	악티늄	6.2시간	자연(²³² Th 딸핵종)
19	^{101m} Ag	은	250일	인공(핵분열생성물)	40	²³⁵ U	우라늄	7×10 ⁸ 년	자연(어미핵종)
20	¹¹³ Sn	주석	115일	인공(핵분열생성물)	41	²³⁷ U	우라늄	6.8일	자연핵종
21	¹³¹ I	요오드	8일	인공(핵분열생성물)					

5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 공기

구 분	공 기		11월 빗물
	11월(초중순)	11월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	10. 31. ~ 11. 14.	11. 14. ~ 11. 30.	11. 1. ~ 11. 30.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m ³	2,073 m ³	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	공기(8만초), 빗물(10만초)		

Table 5. 먹는물

구 분	원 수	정 수
재취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
의뢰 일시	11. 10. 14:23	11. 10. 14:23
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	없음
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)	
계측 시간	8만초	1만초

Table 6. 해수

구 분	해 수		
채취 지역	거제시, 통영시	남해군, 사천시	진해구
채취 일시	11. 4. 11:30 ~ 16:30	11. 11. 13:00 ~ 14:30	11. 15. 14:30 ~ 16:00
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발농축(5 L → 1 L), 요오드 와; 인몰리브덴산암모늄 공침(60 L)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	8만초		

Table 7. 갯벌

구 분	갯 벌		
채취 지역	거제시, 통영시	남해군, 사천시	진해구
채취 일시	11. 4. 11:30 ~ 16:30	11. 11. 13:00 ~ 14:30	11. 15. 14:30 ~ 16:00
채 취 량	3 ~ 5 kg		
전 처 리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	2만초		

Table 8. 토양(고리원전 인근지역, 김해시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	김해시 3건 (신어산 정상/중턱/기슭 각 1건)	김해대학교 주변
채취 일시	11. 30. 13:30 ~ 15:30	11. 30. 15:50
채 취 량	3 ~ 5 kg	
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)	
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)	
계측 시간	2만초	

6. 방사성물질 조사 결과

6. 1. 공기

2022년 11월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m³, 2,073 m³의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(⁷Be)이 2건(100%)에서 각각 0.00150 ± 0.0000765 Bq/m³, 0.000177 ± 0.0000854 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 11월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(⁴⁰K)과 납(²¹²Pb), 악티늄(²²⁸Ac)이 각각 0.566 ± 0.0180 Bq/L, 0.173 ± 0.0131 Bq/L, 1.29 ± 0.215 Bq/L로 검출됨. 베릴륨(⁷Be) 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(²¹²Pb)과 악티늄(²²⁸Ac)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 11월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 취수장 원수의 경우 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 인공 방사성 물질이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 10에 수록하였음. 자연 방사성물질의 경우 라듐(^{226}Ra)이 원동 취수장 원수에서 0.263 ± 0.0280 Bq/L로 검출됨.

6. 4. 해수

2022년 11월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[거제시, 통영시, 남해군, 사천시, 창원시(진해구)]에서 각 지열별로 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(^{137}Cs) 이외 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)은 모든 시료에서 $0.00154 \sim 0.00173$ Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 11월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 11에 수록하였고, 2022년 1월부터 11월까지의 분석결과를 Figure 1에 수록하였음. Figure 1에서 보여 주듯이 5개 지점 해수에서 검출된 세슘(^{134}Cs) 농도는 특이사항이 없는 것을 알 수 있음.

자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 모든 시료에서 $0.240 \sim 0.378$ Bq/L로, 납(^{212}Pb)은 2건(40%)의 시료에서 0.740 ± 0.0811 Bq/L와 13.4 ± 1.49 Bq/L로 각각 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 계열붕괴하지 않는 핵종이고, 납(^{212}Pb)은 토륨(^{232}Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

6. 5. 갯벌

2022년 11월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[거제시, 통영시, 남해군, 사천시, 창원시(진해구)]에서 각각 1건씩 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 갯벌을 조사한 사유는 원전에서 방사성물질이 해양으로 방류될 경우 해수를 통해 확산된 후 갯벌 등에 최종 침적되기 때문임. 조사결과 모든 시료에서 세슘(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 3건(60%)에서 $0.584 \sim 1.05$ Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한

후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(¹³⁷Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(¹³⁷Cs)과 거동이 유사한 세슘(¹³⁴Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였고, 2022년 1월부터 11월까지의 결과를 Figure 2에 수록하였음. Figure 2에서 보여주듯이 월별 세슘(¹³⁷Cs) 농도에 특이 사항 없음.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(⁷Be)은 3건(60%)에서 4.00~4.66 Bq/kg-dry로, 칼륨(⁴⁰K)은 모든 시료에서 477~828 Bq/kg-dry로, 납(²¹²Pb)은 2건(40%)에서 61,327±929 Bq/kg-dry와 85,133±925 Bq/kg-dry로, 라듐(²²⁶Ra)은 3건(60%)에서 16.5~22.5 Bq/kg-dry로, 우라늄(²³⁵U)은 2건에서(40%) 0.899±0.168 Bq/kg-dry와 1.72±0.168 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(⁷Be)과 칼륨(⁴⁰K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(²¹²Pb), 라듐(²²⁶Ra) 등은 우라늄(²³⁸U)과 토륨(²³²Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(²³⁵U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

6. 6. 토양(김해시)

2022년 11월에 고리원전 인근지역인 김해시의 신어산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 김해대학교 주변에서 평지 토양 1건을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 의한 영향을 파악하기 위한 것임. 채취한 총 4건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(¹³⁷Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(¹³⁷Cs)이 3건(75%)에서 1.27~9.20 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(¹³⁷Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~15.8 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(¹³⁷Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(¹³⁷Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(¹³⁴Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였음. 상세한 분석결과는 Table 13과 Figure 3에 수록하였음. Table 13과 Figure 3에서 보여 주듯이 고도가 높을수록 ¹³⁷Cs 농도가 높게 나타난 반면, 평지인 김해대학교 주변에서 채취한 토양에서 ¹³⁷Cs 농도가 가장 높게 나타났는데, 이는 토양의 성분 차이에 기인한 것으로 판단됨.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)이 모든 시료에서 553~984 Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 3건에서(75%) 341~166,030 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 3건(75%)에서 20.8~41.0 Bq/kg-dry, 토륨(^{227}Th) 3건(75%)에서 4.85~9.08 Bq/kg-dry로, 악티늄은 2건(50%)에서 $18,845 \pm 436$ Bq/kg-dry와 $19,517 \pm 334$ Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 3건(75%)에서 3.78~5.06 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(^{235}U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	11월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	11월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.00177±0.0000854	0.00150±0.0000765	없음	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	0.566±0.0180
3	⁵¹ Cr	5E-03	<3.59E-04	<2.88E-04	1	<0.0298
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<3.98E-05	<3.73E-05	0.5	<0.00326
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<4.93E-05	<3.88E-05	0.05	<0.00315
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<9.07E-05	<6.85E-05	0.03	<0.00735
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.27E-05	<4.05E-05	0.02	<0.00473
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<9.33E-05	<7.92E-05	0.05	<0.00742
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	없음	불검출
13	⁹⁵ Zr	5E-04	<6.51E-05	<6.11E-05	0.5	<0.00588
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<5.94E-05	<4.63E-05	0.5	<0.00375
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	없음	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	없음	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	없음	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	없음	불검출
21	¹³¹ I	5E-02	<1.04E-04	<5.02E-05	0.1	<0.00416
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<4.22E-05	<3.63E-05	0.008	<0.00318
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<4.30E-05	<3.67E-05	0.008	<0.00329
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<1.85E-04	<1.37E-04	10	<0.0131
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<4.91E-04	<1.14E-04	10	<0.0057
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	없음	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	없음	0.173±0.0131
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	없음	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	없음	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	없음	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	없음	1.29±0.215
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

- ⁷Be(베릴륨)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	원수 (원동취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.00393	<0.0429			
4	⁵⁴ Mn	0.1	<0.00039	<0.00396			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00404	<0.00453			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00906	<0.0127			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00466	<0.00483			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00894	<0.00926			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00761	<0.00867			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00608	<0.00586			
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출			
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출			
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출			
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출			
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출			
21	¹³¹ I	0.1	<0.00737	<0.00830	<0.709	<0.770	<0.735
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00330	<0.00413	<0.287	<0.262	<0.269
25	¹³⁷ Cs	0.003	<0.00497	<0.00521	<0.384	<0.369	<0.374
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0195	<0.0234			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.1130	<0.0154			
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출			
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출			
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출			
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출			
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출			
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출			
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출			
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출			
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	0.263±0.0280			
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출			
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출			
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출			
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출			
42	²⁴¹ Am	없음			불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시	통영시	남해군	사천시	진해구
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.248±0.00854	0.240±0.00809	0.275±0.00871	0.372±0.00799	0.378±0.00898
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0139	<0.0124	<0.0131	<0.0116	<0.0140
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00162	<0.00146	<0.00153	<0.000940	<0.00125
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00176	<0.00163	<0.00171	<0.00112	<0.00116
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00325	<0.00323	<0.00323	<0.00309	<0.00297
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00185	<0.00179	<0.00174	<0.00132	<0.000930
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00370	<0.00333	<0.00342	<0.00266	<0.00218
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00270	<0.00259	<0.00266	<0.00209	<0.00210
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00192	<0.00186	<0.00194	<0.00139	<0.00128
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	0.1	<0.0395	<0.00300	<0.0334	<0.0313	<0.0169
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00156	<0.00133	<0.00153	<0.00111	<0.000879
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00159±0.000303 (<0.00151)	0.00154±0.000302 (<0.00151)	0.00164±0.000306 (<0.00152)	0.00168±0.000233 (<0.00112)	0.00173±0.000234 (<0.00112)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00743	<0.00659	<0.00688	<0.00550	<0.00546
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0431	<0.0230	<0.0275	<0.0183	<0.00815
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	13.4±1.49	0.740±0.0811
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사2017-17호 MDA	거제시	통영시	남해군	사천시	진해구
1	^7Be	없음	4.48 ± 0.734	불검출	4.00 ± 0.688	불검출	4.66 ± 0.707
2	^{40}K	없음	728 ± 5.83	477 ± 4.43	494 ± 4.64	760 ± 5.24	828 ± 5.77
3	^{51}Cr	15	<5.06	<3.08	<3.67	<2.84	<2.83
4	^{54}Mn	2	<0.463	<0.438	<0.460	<0.420	<0.463
5	^{57}Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	^{58}Co	2	<0.447	<0.404	<0.404	<0.423	<0.448
7	^{59}Fe	5	<0.872	<0.614	<0.298	<1.02	<1.12
8	^{60}Co	2	<0.525	<0.391	<0.566	<0.652	<0.688
9	^{65}Zn	5	<1.17	<1.06	<1.01	<1.11	<1.21
10	^{85}Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	^{88}Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	^{88}Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	^{95}Zr	5	<0.895	<0.918	<1.04	<0.705	<0.849
14	^{95}Nb	5	<0.587	<0.557	<0.531	<0.472	<5.09
15	^{101}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	^{103}Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	^{106}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	^{109}Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	^{113}Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	^{131}I	1.5	<0.520	<0.674	<0.600	<0.590	<0.655
22	^{133}Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	^{134}Cs	5	<0.350	<0.375	<0.332	<0.367	<0.427
25	^{137}Cs	5	1.05 ± 0.101 (<0.468)	0.584 ± 0.0854 (<0.416)	0.830 ± 0.0874 (<0.407)	<0.474	<0.533
26	^{139}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	^{140}Ba	70	<1.70	<1.46	<1.95	<1.53	<1.53
28	^{140}La	70	<2.41	<5.05	<3.78	<2.43	<2.43
29	^{141}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	^{143}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	^{144}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	^{208}Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	^{212}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	^{212}Pb	없음	$85,133 \pm 925$	불검출	불검출	$61,327 \pm 929$	불검출
35	^{214}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	^{214}Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	^{226}Ra	없음	불검출	22.5 ± 2.87	불검출	16.5 ± 2.50	17.8 ± 2.47
38	^{227}Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	^{228}Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	^{235}U	없음	불검출	불검출	불검출	1.72 ± 0.166	0.899 ± 0.168
41	^{237}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- ^7Be (베릴륨), ^{40}K (칼륨), ^{212}Bi (비스무스), ^{212}Pb (납), ^{226}Ra (라듐), ^{227}Th (토륨), ^{228}Ac (악티늄), ^{235}U (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 13. 김해시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(신어산)			평지 (김해대학교 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	630±5.17	553±5.58	847±6.88	984±6.90
3	⁵¹ Cr	15	<4.24	<4.54	<3.43	<5.62
4	⁵⁴ Mn	2	<0.572	<0.634	<0.668	<0.630
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.456	<0.534	<0.553	<0.588
7	⁵⁹ Fe	5	<1.02	<1.15	<1.43	<1.13
8	⁶⁰ Co	2	<0.669	<0.714	<0.656	<0.735
9	⁶⁵ Zn	5	<1.16	<1.25	<1.08	<1.58
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	5	<0.994	<1.09	<1.01	<1.19
14	⁹⁵ Nb	5	<0.577	<0.652	<0.728	<0.768
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	3	<0.574	<0.817	<0.652	<0.939
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.463	<0.514	<0.526	<0.591
25	¹³⁷ Cs	5	8.64±0.186 (<0.583)	1.27±0.123 (<0.575)	<0.643	9.20±0.214 (<0.763)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.89	<2.39	<1.83	<3.56
28	¹⁴⁰ La	70	<2.30	<8.23	<1.34	<6.65
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	없음	341±17.3	불검출	1,593±13.2	166,030±123
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	24.9±3.33	20.8±3.67	41.0±3.22	불검출
38	²²⁷ Th	없음	4.85±0.775	5.11±0.946	불검출	9.08±1.56
39	²²⁸ Ac	없음	19,517±334	불검출	18,845±436	불검출
40	²³⁵ U	없음	3.78±0.217	4.08±0.235	불검출	5.06±0.939
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

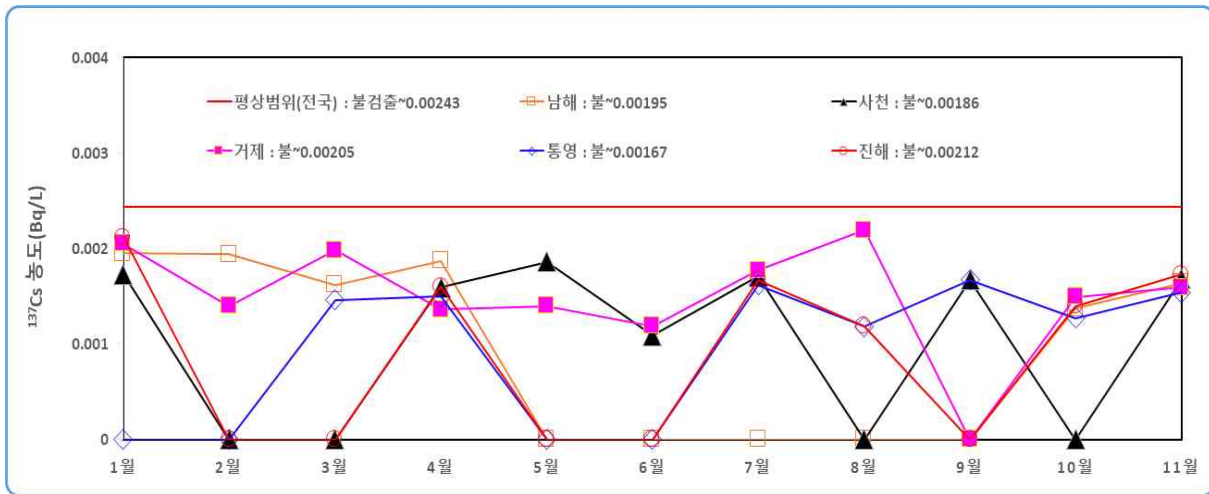


Figure 1. 해수의 ^{137}Cs 분포경향



Figure 2. 갯벌의 ^{137}Cs 분포경향

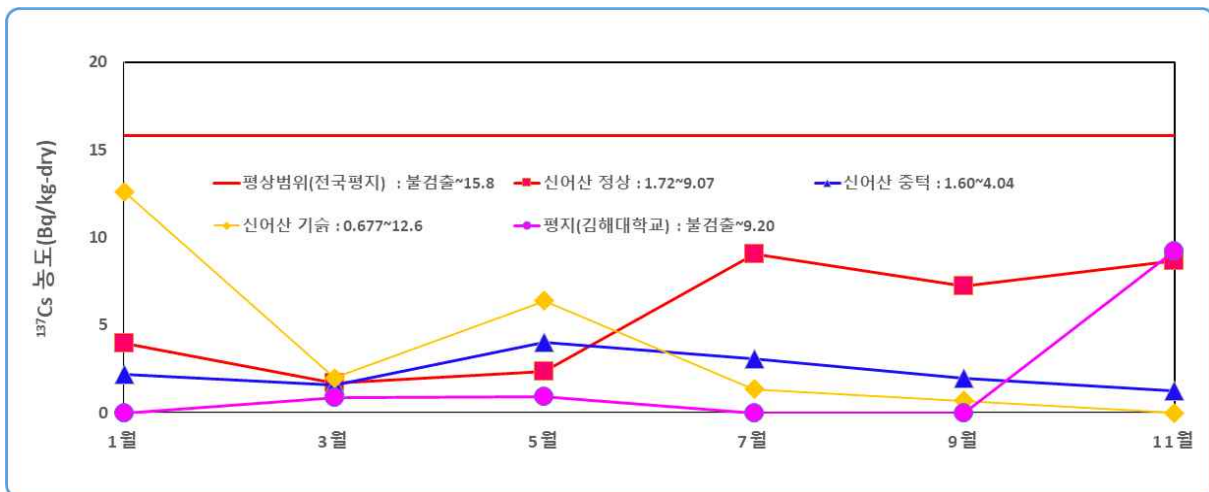


Figure 3. 김해시 토양의 ^{137}Cs 분포경향

참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2020).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 35 (2019).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2018).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2017).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 31 (2016).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 30 (2019).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2018).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2017).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2016).
11. 홍건철외, 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, pp 105-106 (2012).