

2023년 3월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2023년 3월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(0.00160~0.00178 Bq/L), 갯벌(0.460~1.37 Bq/kg), 토양(2.75~21.4 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 : '23. 3. 1. ~ 3. 31.

2. 조사 대상 : 5종 24건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 갯벌 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 토양 4건[등산로3(천성산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	3월말	누계		
방사성물질조사	320	48	24	72	22.5%	

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(비붕괴계열)	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		3월 빗물
	3월(초중순)	3월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	3. 1. ~ 3. 17.	3. 17. ~ 3. 31.	3. 1. ~ 3. 31.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	2,203 m ³	1,814 m ³	20 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(20 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	공기(8만초), 빗물(8만초)		

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	3. 10. 18:00	3. 10. 18:00
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	남해군, 사천시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	3. 2. 10:30 ~ 16:30	3. 7. 10:00 ~ 15:30	3. 14. ~ 3. 15
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발.농축(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	남해군, 사천시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	3. 2. 10:30 ~ 16:30	3. 7. 10:00 ~ 15:30	3. 14. ~ 3. 15.
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, 양산시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	천성산 주변
채취 일시	3. 16. 10:00 ~ 15:00	3. 16. 15:30
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

2023년 3월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 2,203 m³, 1,814 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 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연 핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)만이 모든 시료에서 0.00132 ± 0.000710 Bq/m³, 0.000444 ± 0.0000763 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 3월에 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 원자력 안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 핵종의 경우 칼륨(⁴⁰K)과 납(²¹²Pb)이 각각 0.125 ± 0.0150 Bq/L, 5.68 ± 0.947 Bq/L로 검출됨. 칼륨(⁴⁰K)은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(²¹²Pb)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 3월에 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 핵종은 검출되지 않아 고리원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단함. 또한, 모든

인공 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 자연 방사성물질의 경우 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra)이 원수에서 각각 74.7 ± 10.1 Bq/L, 0.177 ± 0.0295 Bq/L로 검출되었고, 상세한 결과는 Table 10에 수록하였음.

6. 4. 해수

2023년 3월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]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 3건(50.0%)에서 $0.00160 \sim 0.00178$ Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 국내·외 원전 영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 11에 수록함.

자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 4건(66.7%)에서 $0.140 \sim 0.276$ Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 지각방사선 영향을 파악할 수 있는 비계열붕괴 핵종으로 토양에 많이 존재.

6. 5. 갯벌

2023년 3월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]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 모든 시료에서 $0.460 \sim 1.37$ 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(^{137}Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고,

상세한 분석결과는 Table 12에 수록함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)이 2건(33.3%)에서 $5.39\sim 4.61$ Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 $362\sim 552$ Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 2건(33.3%)에서 $147\sim 65,895$ Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 $26.1\sim 43.9$ Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 1건(16.7%)에서 4.18 ± 0.791 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 1건(16.7%)에서 477 ± 12.0 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 1건(16.7%)에서 1.27 ± 0.173 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 각각 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 6. 토양(양산시)

2023년 3월에 고리원전 인근지역인 양산시의 천성산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 천성산 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(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 3건(75.0%)에서 $2.75\sim 21.4$ Bq/kg-dry로 검출됨. 최고값은 천성산 정상에서 검출되었고, 강우에 의한 영향이라 판단함.

검출된 값은 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~ 15.8 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(^{137}Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(^{134}Cs)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 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 13에 수록함. 자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 모든 시료에서 $373\sim 817$ Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 3건(75.0%)에서 $28,179\sim 136,470$ Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 $39.7\sim 75.0$ Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 1건(25.0%)에서 4.16 ± 0.807 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 3건(75.0%)에서 $1.55\sim 2.09$ Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	3월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	3월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.00132±0.000710	0.000444±0.0000763	없음	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	0.125±0.0150
3	⁵¹ Cr	5E-03	<2.85E-04	<3.39E-04	1	<0.0264
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<3.49E-05	<4.21E-05	0.5	<0.00312
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<4.08E-05	<4.82E-05	0.05	<0.00353
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<6.89E-05	<8.07E-05	0.03	<0.00682
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.05E-05	<4.69E-05	0.02	<0.00389
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<7.71E-05	<8.47E-05	0.05	<0.00780
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	<6.00E-05	<7.07E-05	0.5	<0.00633
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<5.36E-05	<5.08E-05	0.5	<0.00394
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	<7.77E-05	<8.77E-05	0.1	<0.00479
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<3.60E-05	<3.63E-05	0.008	<0.00312
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<3.45E-05	<3.98E-05	0.008	<0.00341
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<1.47E-04	<1.71E-04	10	<0.0160
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<4.12E-04	<3.10E-04	10	<0.0392
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	5.68±0.947
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	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

1. 베릴륨(⁷Be), 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	원수			정수			
		고시2017-17호 MDA	신도시취수장	원동취수장	MDA	신도시정수장	범어정수장	웅상정수장
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0435	<0.0460				
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00459	<0.00466				
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출				
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00493	<0.00512				
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.0103	<0.00990				
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00505	<0.00557				
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.0111	<0.0101				
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출				
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출				
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출				
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00833	<0.00901				
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00354	<0.00543				
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출				
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	없음	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	<0.00775	<0.00793	없음	<0.517	<0.530	<0.557
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출				
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출				
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00446	<0.00495	없음	<0.342	<0.427	<0.383
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00482	<0.00506	없음	<0.271	<0.288	<0.303
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출				
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0246	<0.0246				
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0953	<0.1370				
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	74.7±10.1	불검출				
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출				
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출				
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	0.177±0.0295				
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			없음	불검출	불검출	불검출

1. ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하
-정수의 경우 MDA 기준 없음

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	비고
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	0.140±0.00970	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0130	<0.0116	<0.0118	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00153	<0.00108	<0.00108	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	<불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00174	<0.00177	<0.00168	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00328	<0.00331	<0.00318	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00177	<0.00180	<0.00178	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00337	<0.00383	<0.00356	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00228	<0.00274	<0.00278	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00181	<0.00225	<0.00203	
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0295	<0.0343	<0.0209	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00153	<0.00156	<0.00134	
25	¹³⁷ Cs	0.003	<0.00175	<0.00184	0.00161±0.000315 (<0.00157)	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00648	<0.00655	<0.00611	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0241	<0.0170	<0.0111	
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	

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

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	고성군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	없음	0.230±0.0883	0.256±0.00841	0.276±0.00866	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0141	<0.0137	<0.0128	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00161	<0.00154	<0.00156	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00180	<0.00171	<0.00162	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00376	<0.00349	<0.00340	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00182	<0.00184	<0.00185	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00372	<0.00357	<0.00355	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00259	<0.00280	<0.00262	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00231	<0.00201	<0.00212	
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0323	<0.0268	<0.0320	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00143	<0.00148	<0.00142	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00160±0.00300 (<0.00149)	<0.00174	0.00178±0.000304 (<0.00150)	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.0115	<0.00721	<0.00693	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<1.19	<0.0397	<0.0360	
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	

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

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	^7Be	없음	5.39 ± 0.738	불검출	4.61 ± 0.822	불검출	불검출	불검출
2	^{40}K	없음	362 ± 5.02	552 ± 5.78	540 ± 6.36	362 ± 5.54	489 ± 5.69	472 ± 5.01
3	^{51}Cr	15	<3.72	<3.67	<4.21	<4.03	<3.43	<2.86
4	^{54}Mn	2	<0.435	<0.418	<0.427	<0.437	<0.390	<0.456
5	^{57}Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	^{58}Co	2	<0.414	<0.417	<0.459	<0.447	<0.390	<0.411
7	^{59}Fe	5	<0.942	<1.03	<1.11	<1.03	<0.984	<0.975
8	^{60}Co	2	<0.571	<0.617	<0.683	<0.596	<0.605	<0.572
9	^{65}Zn	5	<0.987	<1.09	<1.17	<1.05	<1.07	<1.06
10	^{85}Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	^{88}Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	^{88}Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	^{95}Zr	5	<0.817	<0.736	<0.882	<0.898	<0.796	<0.815
14	^{95}Nb	5	<0.496	<0.487	<0.536	<0.523	<0.463	<0.506
15	^{101}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	^{103}Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	^{106}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	^{109}Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	^{113}Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	^{131}I	1.5	<0.601	<0.689	<0.784	<0.711	<0.439	<0.616
22	^{133}Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	^{134}Cs	5	<0.336	<0.272	<0.408	<0.407	<0.334	<0.334
25	^{137}Cs	5	0.460 ± 0.0858 (<0.430)	0.527 ± 0.0832 (<0.411)	0.632 ± 0.0973 (<0.480)	0.823 ± 0.0953 (<0.455)	0.773 ± 0.0914 (<0.437)	1.37 ± 0.0986 (<0.427)
26	^{139}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	^{140}Ba	70	<1.82	<1.92	<2.23	<2.05	<1.49	<1.93
28	^{140}La	70	<6.09	<14.8	<15.3	<11.6	<1.19	<9.17
29	^{141}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	^{143}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	^{144}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	^{208}Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	^{212}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	^{212}Pb	없음	$65,895 \pm 684$	불검출	불검출	불검출	147 ± 1.56	불검출
35	^{214}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	^{214}Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	^{226}Ra	없음	38.6 ± 2.57	26.4 ± 2.31	27.9 ± 2.61	43.9 ± 2.68	38.0 ± 2.58	26.1 ± 2.52
38	^{227}Th	없음	불검출	불검출	불검출	4.18 ± 0.791	불검출	불검출
39	^{228}Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	477 ± 12.0	불검출
40	^{235}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	1.27 ± 0.173
41	^{237}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 13. 양산시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(천성산)			평지 (천성산 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	373±4.31	817±6.23	428±4.66	813±5.91
3	⁵¹ Cr	15	<4.30	<5.17	<3.26	<4.20
4	⁵⁴ Mn	2	<0.501	<0.643	<0.534	<0.617
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.456	<0.576	<0.462	<0.535
7	⁵⁹ Fe	5	<0.967	<1.33	<1.00	<1.24
8	⁶⁰ Co	2	<0.580	<0.803	<0.580	<0.771
9	⁶⁵ Zn	5	<1.03	<1.46	<1.14	<1.35
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	<0.914	<1.19	<0.994	<1.04
14	⁹⁵ Nb	5	<0.567	<0.730	<0.583	<0.666
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	<0.638	<0.871	<0.658	<0.801
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.348	<0.420	<0.489	<0.481
25	¹³⁷ Cs	5	21.4±0.278 (<0.478)	2.75±0.151 (<0.640)	2.83±0.129 (<0.499)	<0.594
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.05	<2.53	<2.06	<2.32
28	¹⁴⁰ La	70	<5.39	<8.57	<5.27	<7.34
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	불검출	136,470±1,072	28,197±258	93,709±844
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	39.7±3.08	75.0±3.71	48.7±3.14	54.0±3.40
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	4.16±0.807	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	1.55±0.273	1.75±0.223	2.09±0.240
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2021).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2020).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 21, 35 (2019).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2018).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2017).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 78 (2021).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2019).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2018).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2017).
11. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, pp 211 (2017)