

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2022년 4월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2022년 4월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(공기/먹는물/해수/토양/갯벌) 22건 시료에 대한 조사결과 해수 (0.00150~0.00160 Bq/L), 갯벌(0.757~1.21 Bq/kg), 토양(0.519~5.47 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
- 공기, 먹는물(정수, 원수)에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 4. 1. ~ 4. 29.

2. 조사 대상 : 5종 22건

- 대기 3건(공기 2건, 빗물 1건)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 5건[창원시(진해구)1, 거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1]
- 갯벌 5건[창원시(진해구)1, 거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1]
- 토양 4건(등산로3, 평지1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	4월말	누계		
방사성물질조사	300	64	22	86	28.7%	

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(¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 등) -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. 방사성물질 조사(공기)

구 분	공 기		빗 물
	4월(초중순)	4월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	3. 25. ~ 4. 15.	4. 15. ~ 4. 29.	4. 1. ~ 4. 29.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	2,722 m ³	1,814 m ³	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	8만초		

Table 5. 방사성물질 조사(먹는물)

구 분	원 수	정 수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
채취 일시	4. 5. 18:00	4. 5. 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. 방사성물질 조사(해수)

구 분	해 수		
채취 지역	창원시(진해구)	거제시, 통영시	사천시, 남해군
채취 일시	4. 5. 10:00 ~ 11:40	4. 12. 10:00 ~ 17:30	4. 19. 11:00 ~ 17:30
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. 방사성물질 조사(갯벌)

구 분	갯 벌		
채취 지역	창원시(진해구)	거제시, 통영시	사천시, 남해군
채취 일시	4. 5. 10:00 ~ 11:40	4. 12. 10:00 ~ 17:30	4. 19. 11:00 ~ 17:30
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. 방사성물질 조사(토양)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	양산시 1건(천성산 주변)
채취 일시	4. 26. 13:30 ~ 15:00	4. 26. 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

2022년 4월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 2,722 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 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 자연 방사성물질의 경우 베릴륨(⁷Be)이 0.00290±0.0000924 Bq/m³로 검출됨

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.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 4월에 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로

판단됨. 자연 방사성물질인 칼륨(^{40}K), 악티늄(^{228}Ac), 우라늄(^{235}U) 등이 각각 0.255 ± 0.0102 Bq/L, 63.2 ± 11.3 Bq/L, 0.0145 ± 0.00105 Bq/L로 검출됨.

또한, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록하였음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 4월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra), 우라늄(^{235}U) 등이 각각 $0.362 \sim 9.84$ Bq/L, 134 ± 11.3 Bq/L, 0.137 ± 0.0249 Bq/L, 0.0188 ± 0.00165 Bq/L로 검출됨.

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.

6. 4. 해수

2022년 4월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[창원시(진해구), 거제시, 통영시, 남해군, 사천시]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 5건의 해수 중 3건(60%)에서 $0.00150 \sim 0.00160$ Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 4월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)과 라듐(^{226}Ra), 토륨(^{227}Th), 우라늄(^{235}U) 등이 각각 $0.105 \sim 0.342$ Bq/L, 0.0591 ± 0.00598 Bq/L, 0.0126 ± 0.00189 Bq/L, $0.00541 \sim 0.00792$ Bq/L로 검출됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로

판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 11에 수록하였음.

6. 5. 갯벌

2022년 4월에 일본, 중국 등 국내외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[창원시(진해구), 거제시, 통영시, 남해군, 사천시]에서 각각 1건씩 해안선 퇴적물인 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)은 모든 시료에서 0.757~1.21 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(^{137}Cs)이 모든 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)은 3건(60%)에서 3.36~20.3 Bq/kg-dry Bq/kg-dry, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 507~793 Bq/kg-dry, 납(^{212}Pb)은 4건(80%)에서 767~5,247 Bq/kg-dry, 라듐(^{226}Ra)은 4건(80%)에서 28.5~37.1 Bq/kg-dry, 토륨(^{227}Th)은 1건(20%)에서 3.17 ± 0.607 Bq/kg-dry, 악티늄(^{228}Ac)은 3건(60%)에서 10,225~95,994 Bq/kg-dry, 우라늄(^{235}U)은 2건(40%)에서 1.44~2.03 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra), 악티늄(^{228}Ac) 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.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였음.

6. 6. 토양

2022년 4월에 양산시에 위치한 천성산 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건의 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)은

모든 토양에서 0.519~5.47 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국 원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~24.6 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(^{137}Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)와 거동특성이 유사한 세슘(^{134}Cs)가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 295~796 Bq/kg-dry, 납(^{212}Pb)은 모든 시료에서 786~1,679 Bq/kg-dry, 라듐(^{226}Ra)은 2건(50%)에서 45.9~61.9 Bq/kg-dry, 토륨(^{227}Th)은 2건(50%)에서 5.12~7.04 Bq/kg-dry, 악티늄(^{228}Ac)은 모든 시료에서 7,243~24,910 Bq/kg-dry, 우라늄(^{235}U)은 2건(50%)에서 1.99~2.12 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 13에 수록하였음.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	4월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	4월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	불검출	0.0290±0.0000924	없음	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	0.255±0.0102
3	⁵¹ Cr	5E-03	<1.57E-04	<4.11E-04	1	<0.0236
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<2.59E-05	<4.08E-05	0.5	<0.00283
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<3.01E-05	<4.22E-05	0.05	<0.0280
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<5.80E-05	<8.16E-05	0.03	<0.00535
8	⁶⁰ Co	8E-05	<2.57E-05	<4.68E-05	0.02	<0.00312
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<5.01E-05	<8.44E-05	0.05	<0.00671
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	<4.66E-05	<5.80E-05	0.5	<0.00488
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<2.86E-05	<4.09E-05	0.5	<0.00316
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	<5.11E-05	<3.81E-05	0.1	<0.00355
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<2.22E-05	<3.86E-05	0.008	<0.00263
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<3.21E-05	<4.28E-05	0.008	<0.00288
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<1.12E-04	<1.99E-05	10	<0.0120
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<2.04E-04	<8.01E-05	10	<0.0205
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	불검출
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	63.2±11.3
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	없음	0.0145±0.00105
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

1. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	고시 2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	원수 (원동취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.362±0.0163	불검출	7.63±0.821	9.84±0.912	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0383	<0.0475			
4	⁵⁴ Mn	0.1	<0.00448	<0.00461			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00425	<0.00476			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00861	<0.00952			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00446	<0.00274			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.01000	<0.00885			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00680	<0.00812			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00286	<0.00563			
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	<0.00656	<0.00851	<0.361	<0.397	<0.332
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00334	<0.00328	<0.307	<0.114	<0.127
25	¹³⁷ Cs	0.003	<0.00420	<0.00475	<0.227	<0.372	<0.179
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0190	<0.0190			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0809	<0.0421			
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	134±11.3	불검출			
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출			
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출			
37	²²⁶ Ra	없음	0.137±0.0249	불검출			
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출			
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출			
40	²³⁵ U	없음	0.0188±0.00165	불검출			
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출			
42	²⁴¹ Am	없음			불검출	불검출	불검출

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

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순 서	핵종	고시2017-17호 MDA	창원시(진해구)	거제시	통영시	남해군	사천시
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.105±0.00777	0.342±0.00710	0.234±0.00808	0.337±0.00979	0.209±0.00845
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0136	<0.00960	<0.0135	<0.0135	<0.0120
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00113	<0.00116	<0.00113	<0.00130	<0.000887
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00126	<0.00128	<0.00123	<0.00173	<0.00120
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00258	<0.00258	<0.00260	<0.00343	<0.00272
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00116	<0.00139	<0.00116	<0.00176	<0.00132
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00243	<0.00261	<0.00258	<0.00338	<0.00279
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	<0.00221	<0.00198	<0.00211	<0.00272	<0.00212
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00141	<0.00130	<0.00137	<0.00167	<0.00130
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	<0.0247	<0.0194	<0.0250	<0.0218	<0.0188
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00117	<0.00107	<0.000940	<0.00138	<0.00100
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00160±0.000245 (<0.00121)	<0.00136	0.00150±0.000234 (<0.00116)	<0.00187	0.00159±0.000248 (<0.00123)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00842	<0.00511	<0.00220	<0.00714	<0.00737
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0218	<0.0293	<0.0140	<0.0373	<0.0174
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	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	0.0591±0.00598	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	없음	0.0126±0.00189	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	0.00541±0.000349	불검출	0.00792±0.000570	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²³⁵U(우라늄)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	고사2017-17호 MDA	창원시 (진해구)	거제시	통영시	남해군	사천시
1	^7Be	없음	20.3±2.32	불검출	4.14±0.666	불검출	3.36±0.640
2	^{40}K	없음	771±6.37	606±5.26	637±5.16	507±4.80	793±5.73
3	^{51}Cr	15	<3.73	<3.31	<3.02	<3.22	<3.93
4	^{54}Mn	2	<0.550	<0.446	<0.445	<0.495	<0.449
5	^{57}Co	없음	불검출	불검출	불검출	<불검출	불검출
6	^{58}Co	2	<0.459	<0.409	<0.419	<0.420	<0.422
7	^{59}Fe	5	<1.51	<0.955	<0.947	<0.625	<0.714
8	^{60}Co	2	<0.451	<0.581	<0.586	<0.668	<0.417
9	^{65}Zn	5	<1.19	<1.05	<1.04	<0.810	<1.10
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	<0.944	<0.838	<0.860	<0.759	<0.703
14	^{95}Nb	5	<0.577	<0.489	<0.491	<0.514	<0.468
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	<0.633	<0.504	<0.625	<0.500	<0.489
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	<0.442	<0.289	<0.383	<0.389	<0.332
25	^{137}Cs	5	1.21±0.105 (<0.484)	0.876±0.0933 (<0.439)	1.10±0.0927 (<0.418)	0.757±0.0909 (<0.435)	0.846±0.0900 (<0.426)
26	^{139}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	^{140}Ba	70	<2.52	<1.62	<1.87	<2.06	<1.84
28	^{140}La	70	<1.65	<2.82	<8.25	<1.13	<0.572
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	3,584±37.3	5,247±51.1	불검출	767±9.64	2,563±32.2
35	^{214}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	^{214}Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	^{226}Ra	없음	37.1±2.82	28.5±2.40	33.4±2.39	37.0±2.48	불검출
38	^{227}Th	없음	불검출	3.17±0.607	불검출	불검출	불검출
39	^{228}Ac	없음	95,994±276	불검출	불검출	10,225±321	77,210±267
40	^{235}U	없음	불검출	2.03±0.167	1.44±0.171	불검출	불검출
41	^{237}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ^7Be (베릴륨), ^{40}K (칼륨), ^{212}Bi (비스무스), ^{212}Pb (납), ^{226}Ra (라듐), ^{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	430±5.74	295±4.85	423±4.73	796±5.77
3	⁵¹ Cr	15	<3.14	<3.69	<4.19	<3.97
4	⁵⁴ Mn	2	<0.531	<0.509	<0.513	<0.489
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.450	<0.425	<0.446	<0.500
7	⁵⁹ Fe	5	<1.00	<0.930	<1.37	<0.823
8	⁶⁰ Co	2	<0.621	<0.564	<0.361	<0.534
9	⁶⁵ Zn	5	<1.12	<1.03	<1.00	<1.28
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	<0.978	<0.898	<0.990	<1.05
14	⁹⁵ Nb	5	<0.544	<0.496	<0.567	<0.602
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	<0.527	<0.487	<0.485	<0.589
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	<불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	<불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.453	<0.408	<0.450	<0.452
25	¹³⁷ Cs	5	0.519±0.0998 (<0.497)	4.47±0.135 (<0.427)	5.47±0.161 (<0.540)	1.19±0.115 (<0.545)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.81	<1.67	<2.07	<1.39
28	¹⁴⁰ La	70	<2.20	<1.86	<0.353	<0.797
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	1,679±13.2	844±7.60	786±7.84	1,612±12.7
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	61.9±2.96	45.9±2.77	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	없음	5.12±0.703	불검출	불검출	7.04±0.933
39	²²⁸ Ac	없음	24,910±497	8,466±187	7,243±181	21,571±441
40	²³⁵ U	없음	2.12±0.216	1.99±0.199	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

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

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).