

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2022년 2월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2022년 2월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(공기/먹는물/해수/토양/갯벌) 21건 시료에 대한 조사결과 해수 (불검출~0.00194 Bq/L), 갯벌(불검출~1.01 Bq/kg), 토양(불검출~1.58 Bq/kg)에서 ¹³⁷Cs 검출되었고(정상범위 이내), ¹³⁷Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 토양(평지) ¹³⁷Cs 정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 해수 ¹³⁷Cs 정상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ¹³⁷Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
- 공기, 먹는물(정수, 원수)에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 2. 1. ~ 2. 28.

2. 조사 대상 : 5종 21건

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

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	2월말	누계		
방사성물질조사	300	21	21	42	14%	

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	비 고
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(비붕괴계 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	루테늄	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	
	2월(초중순)	2월(중하순)
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	1. 28. ~ 2. 11.	2. 11. ~ 2. 25.
채취 기구	공기포집기	공기포집기
채 취 량	1,426 m ³	1,814 m ³
전 처 리	없음	없음
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	2. 11. 15:30	2. 11. 15:30
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	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	2. 8. 10:30~14:30	2. 10. 11:30~15:00	2. 14. 10:00
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. 방사성물질 조사(갯벌)

구 분	갯 벌		
채취 지역	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	2. 8. 10:30~14:30	2. 10. 11:30~15:00	2. 14. 08:30
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	2. 4. 13:30 ~ 15:30	2. 4. 16:00
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 2월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,426 m³, 1,814 m³의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질과 자연 방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 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.

6. 2 먹는물(원수 및 정수)

2022년 2월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 응상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공

방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단되고, 상세한 결과는 Table 10에 수록함.

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 판단함. 자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)과 우라늄(^{235}U)이 원동취수장의 원수에서 각각 0.366 ± 0.0158 Bq/L, 0.0221 ± 0.00159 Bq/L로 검출됨.

6. 3 해수

2022년 2월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[사천시, 남해군, 거제시, 통영시, 창원시(진해구)]에서 각 지역별로 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)이 5건의 해수 중 남해군과 거제시의 2건(40%)에서 $0.00140 \sim 0.00194$ Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 2월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과를 Table 11에 수록함. 또한 모든 핵종에서 원자력 안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)과 우라늄(^{235}U)이 각각 $0.263 \sim 0.496$ Bq/L, 불검출 ~ 0.00739 Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 반감기(13억 년)가 길어 대부분의 시료에서 검출되고, 우라늄(^{224}U , 반감기 7억년)은 계열붕괴의 어미 핵종임.

6. 4 갯벌

2022년 2월에 일본, 중국 등 국내외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[사천시, 남해군, 거제시, 통영시, 창원시(진해구)]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)이 5건 중 사천시 해수를 제외한 4건(80%)에서 $0.602 \sim 1.01$ Bq/kg-dry로 검출되었으며, 상세한 결과는 Table 12에 수록함. 갯벌

에서 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 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 2월 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제 2017-17호에서 제시한 최소검출방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)이 1건에서 3.78 ± 0.682 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 456~746 Bq/kg-dry로, 비스무스(^{212}Bi , 반감기 60.6분)는 1건(20%)에서 $195,430 \pm 1,940$ Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)은 3건(60%)에서 33.9~4,180 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra , 반감기 1,600년)은 2건(40%)에서 25.8~28.8 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac , 반감기 6.2시간)은 2건(40%)에서 110~59,814 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U , 반감기 7억년)은 2건(40%)에서 1.87~1.89 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

베릴륨(^7Be , 반감기 53.3일)과 칼륨(^{40}K , 반감기 13억년)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 비스무스(^{212}Bi)와 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra), 악티늄(^{228}Ac) 등은 우라늄(^{238}U , 반감기 45억년)과 토륨(^{232}Th , 반감기 130억년)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(^{235}U , 반감기 7억년)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함. 핵분열생성물인 방사성옥소(^{131}I , 반감기 8.05일)를 정확하게 분석하기 위해 모든 시료를 8일 이내에 계측을 완료하였으나 납(^{212}Pb)과 악티늄(^{228}Ac)은 짧은 반감기로 인해 오차 및 변동이 커서¹¹⁾ 향후에는 갯벌시료 채취 후 4일 이내에 계측을 완료할 계획임.

6. 5 토양

2022년 2월에 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)이 4건의 토양 중 3건(75%)에서 0.996~1.58 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 상세한 결과는 Table 13에 수록함. 토양에서 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시

한 정상범위(불검출 ~ 24.6 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(¹³⁷Cs)이 검출되었지만 환경에서 세슘(¹³⁷Cs)와 거동특성이 유사한 세슘(¹³⁴Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단됨. 또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(⁴⁰K)이 4건 모두에서 520 ~ 721 Bq/kg-dry로, 납(²¹²Pb, 반감기 10.6시간)은 4건 모두에서 2,882 ~ 33,596 Bq/kg-dry로, 라듐(²²⁶Ra, 반감기 1,600년)은 3건(75%)에서 30.7 ~ 59.9 Bq/kg-dry로, 토륨(²²⁷Th, 반감기 18.7일)은 1건(25%)에서 5.66 ± 1.10 Bq/kg-dry로, 악티늄(²²⁸Ac, 반감기 6.2시간)은 2건(50%)에서 21,507 ~ 279,540 Bq/kg-dry로, 우라늄(²³⁵U, 반감기 7억년)은 2건(50%)에서 3.06 ~ 4.01 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

Table 9. 공기 조사결과(단위 : Bq/m³)

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	1월(초중순)	1월(중하순)	비고
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	
3	⁵¹ Cr	5E-03	<4.18E-04	<2.22E-04	
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<5.07E-05	<3.87E-05	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	3E-04	<5.56E-05	<4.47E-05	
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<1.07E-04	<7.50E-05	
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.89E-05	<3.71E-05	
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<1.04E-04	<7.70E-05	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5E-04	<7.69E-05	<6.00E-05	
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<5.54E-05	<3.86E-05	
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	없음	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	5E-02	<1.26E-04	<1.37E-04	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<5.17E-05	<3.76E-05	
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<6.21E-05	<5.02E-05	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<2.44E-04	<1.39E-04	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<1.18E-03	<8.67E-05	
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	불검출	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	

1. 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	0.366±0.0158	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0403	<0.0392			
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00335	<0.00434			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00452	<0.00427			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00963	<0.00882			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00179	<0.00478			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.0102	<0.00921			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00798	<0.00717			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00538	<0.00503			
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	<0.00749	<0.00683	<0.345	<0.635	<0.609
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00327	<0.00374	<0.269	<0.328	<0.333
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00476	<0.00423	<0.283	<0.309	<0.344
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0204	<0.0203			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0123	<0.101			
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	불검출			
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출			
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출			
40	²³⁵ U	없음	불검출	0.0221±0.00159			
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출			
42	²⁴¹ Am	없음		불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²³⁵U(우라늄)는 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	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시(진해구)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.279±0.00889	0.496±0.00933	0.263±0.00875	0.373±0.00775	0.351±0.00709
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0128	<0.0102	<0.0159	<0.996	<0.00842
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00100	<0.00114	<0.00107	<0.00122	<0.00109
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00126	<0.00169	<0.00125	<0.00138	<0.00122
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00262	<0.00326	<0.00287	<0.00263	<0.00228
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00156	<0.00178	<0.00142	<0.00151	<0.00136
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00263	<0.00329	<0.00278	<0.00292	<0.00261
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	<0.00235	<0.00282	<0.00175	<0.00214	<0.00191
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00135	<0.0018	<0.00160	<0.00164	<0.00081
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	<0.00258	<0.0202	<0.0307	<0.0236	<0.0397
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00108	<0.00123	<0.00099	<0.00123	<0.00110
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00194±0.000237 (<0.00113)	<0.00179	0.00140±0.000238 (<0.00119)	<0.00150	<0.00136
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00554	<0.00703	<0.00432	불검출	<0.00422
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0224	<0.0591	<0.0910	불검출	<0.00666
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	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	0.00739±0.000568	불검출	0.00524±0.000372	0.00489±0.000338
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁴⁰K(칼륨), ²³⁵U(우라늄)은 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	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시 (진해구)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	3.78±0.682	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	456±4.58	746±4.80	682±5.28	463±4.11	728±5.28
3	⁵¹ Cr	15	<4.10	<2.08	<4.06	<3.35	<3.13
4	⁵⁴ Mn	2	<0.455	<0.373	<0.484	<0.428	<0.432
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.381	<0.346	<0.445	<0.388	<0.394
7	⁵⁹ Fe	5	<1.10	<0.870	<1.31	<0.871	<0.945
8	⁶⁰ Co	2	<0.506	<0.566	<0.626	<0.526	<0.629
9	⁶⁵ Zn	5	<0.912	<0.967	<0.905	<0.896	<1.06
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	<0.790	<0.671	<0.801	<0.770	<0.712
14	⁹⁵ Nb	5	<0.469	<0.387	<0.592	<0.464	<0.444
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	1.5	<0.379	<0.408	<0.773	<0.554	<0.398
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.369	<0.323	<0.286	<0.267	<0.290
25	¹³⁷ Cs	5	0.675±0.0830 (<0.399)	<0.407	1.01±0.0965 (<0.451)	0.602±0.0814 (<0.392)	0.988±0.0953 (<0.439)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.76	<1.31	<1.93	<1.66	<0.380
28	¹⁴⁰ La	70	<1.52	<2.23	<5.37	<7.76	<0.937
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	195,430±1,940
34	²¹² Pb	없음	4,180±48.9	740±31.4	불검출	불검출	33.9±0.902
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	25.8±2.88	28.8±2.16	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	59,814±194	불검출	불검출	110±3.25
40	²³⁵ U	없음	불검출	1.87±0.127	불검출	불검출	1.89±0.152
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Bi(비스무스), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(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	540±4.83	721±5.83	520±5.50	618±5.91
3	⁵¹ Cr	15	<3.76	<4.31	<4.70	<4.70
4	⁵⁴ Mn	2	<0.566	<0.588	<0.612	<0.606
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.465	<0.496	<0.511	<0.521
7	⁵⁹ Fe	5	<0.971	<1.12	<0.928	<1.30
8	⁶⁰ Co	2	<0.626	<0.685	<0.480	<0.678
9	⁶⁵ Zn	5	<1.09	<1.25	<1.15	<0.956
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	<0.891	<1.03	<1.18	<1.15
14	⁹⁵ Nb	5	<0.581	<0.590	<0.695	<0.679
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	<0.569	<0.651	<0.748	<0.566
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.432	<0.474	<0.489	<0.377
25	¹³⁷ Cs	5	<0.575	0.996±0.116 (<0.557)	1.58±0.122 (<0.552)	1.12±0.119 (<0.567)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<3.17	<2.16	<3.21	<2.97
28	¹⁴⁰ La	70	<1.95	<4.92	<2.61	<0.851
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	2,882±65.3	21,801±298	33,596±285	7,722±60.7
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	30.7±3.14	36.1±3.10	59.9±3.52	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	5.66±1.10
39	²²⁸ Ac	없음	21,507±422	불검출	불검출	279,540±565
40	²³⁵ U	없음	4.01±0.208	3.06±0.212	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- 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).