

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2022년 1월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2022년 1월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(공기/먹는물/해수/토양/갯벌) 21건 시료에 대한 조사결과 토양(불검출~12.6 Bq/kg), 해수(불검출~0.00212 Bq/L), 갯벌(0.800~1.51 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출 ~ 24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년 ~ '20년 자료)
 - ※ 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)
- 공기, 정수, 원수에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 1. 1. ~ 1. 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	1월말	누계		
방사성물질조사	300	-	21	21	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(^7Be , ^{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 (^7Be , ^{40}K 등)	원자력안전위원회 고시 제2017-17호

5. 조사 내용 및 방법

Table 3. 방사성물질 조사(공기)

구 분	공 기	
	1월(초중순)	1월(중하순)
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	2021. 12. 31. ~ 2022. 1. 14.	1. 14. ~ 1. 28.
채취 기구	공기포집기	공기포집기
채 취 량	1,685 m ³	1,685 m ³
전 처 리	없음	없음
계측 시간	8만초	

Table 4. 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	1. 14. 18:00	1. 14. 18:00
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	없음
계측 시간	8만초	1만초

Table 5. 방사성물질 조사(해수)

구 분	해 수		
채취 지역	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	1. 14. 11:00~17:30	1. 20. 10:00~18:00	1. 21. 13:00~18:00
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발·농축(5 L → 1 L), 요오드 외; 인몰리브덴산암모늄 공침(60 L)		
계측 시간	8만초		

Table 6. 방사성물질 조사(갯벌)

구 분	갯 벌		
채취 지역	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	1. 14. 11:00~17:30	1. 20. 10:00~18:00	1. 21. 13:00~18:00
채 취 량	3~5 kg		
전 처 리	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)		
계측 시간	2만초		

Table 7. 방사성물질 조사(토양)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	김해시 3건 (신어산 정상/중턱/기슭 각 1건)	김해시 1건(김해대학교 주변)
채취 일시	1. 21. 13:00 ~ 17:00	1. 21. 17:10
채 취 량	3~5 kg	
전처리	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)	
계측 시간	2만초	

6. 방사성물질 조사 결과

6. 1 공기

2022년 1월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,685 m³의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성 물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성 물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(⁷Be)과 칼륨(⁴⁰K)이 각각 0.000748~0.00180 Bq/m³, 불검출~0.00488Bq/m³로 나타났고, 납(²¹²Pb)은 1월 초중순 시료에서 극미량 (6.13E-12)이 검출됨. 베릴륨(⁷Be, 반감기 53.3일)과 칼륨(⁴⁰K, 반감기 13억년)은 각각 우주방사선 영향과 지각방사선에 의한 분포경향을 파악하기 위한 자연 핵종임.

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 8에 수록함.

Table 8. 공기 조사결과(단위 : Bq/m³)

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	1월(초중순)	1월(중하순)	비고
1	⁷ Be	없음	0.00180±0.0000658	0.000748±0.0000788	
2	⁴⁰ K	없음	불검출	0.00488±0.000195	
3	⁵¹ Cr	5E-03	<1.92E-04	<4.60E-04	
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<3.75E-05	<4.50E-05	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	3E-04	<3.10E-05	<4.51E-05	
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<6.01E-05	<9.61E-05	
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.00E-05	<4.10E-05	
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<7.91E-05	<7.80E-05	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5E-04	<5.95E-05	<7.72E-05	
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<3.46E-05	<5.13E-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	<2.41E-05	<1.10E-04	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<2.76E-05	<4.09E-05	
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<3.81E-05	<4.40E-05	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<6.68E-05	<2.59E-04	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<8.35E-07	<1.88E-03	
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	6.13E-12±8.62E-13	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. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(포타슘), ²¹²Pb(납)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : MDA 이하

6. 2 먹는물(원수 및 정수)

2022년 1월에 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 않았고, 대표 자연 방사성물질인 포타슘(^{40}K)만이 신도시 취수장의 원수에서 $0.415 \pm 0.0187 \text{Bq/L}$ 로 검출됨. 정수 및 원수에서 모든 인공 방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨

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 분석 결과는 Table 9에 수록함. 정수에 대한 최소검출방사능 기준치는 없어 검출된 결과만을 수록함.

Table 9. 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	0.415±0.0187	불검출	불검출	불검출	8.79±0.838
3	⁵¹ Cr	1	<0.0388	<0.0437			
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00454	<0.00237			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00460	<0.00453			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.0107	<0.00882			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00405	<0.00493			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.0100	<0.00965			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00670	<0.00865			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00538	<0.00557			
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	<0.00667	<0.00751	불검출	불검출	불검출
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00340	<0.00427	불검출	불검출	불검출
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00483	<0.00505	불검출	불검출	불검출
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.109	<0.0209			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0241	<0.122			
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			
42	²⁴¹ Am	없음			불검출	불검출	불검출

1. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능이고, 정수의 경우 MDA 기준치 없음
2. < : MDA 이하,

6. 3 해수

2022년 1월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[사천시, 남해군, 거제시, 통영시, 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)이 5건의 해수 중 4건(80%)에서 0.00173~0.00212 Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 1월 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 10에 수록함

자연 방사성물질의 경우 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb)이 각각 0.270~0.423 Bq/L, 17.2~18.2 Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K , 반감기 13억년)은 지각방사선에 의한 분포 경향을 파악하기 위한 자연 방사성물질이고, 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)은 우라늄(^{238}U , 반감기 45억년)으로부터 계열붕괴하는 자연 방사성물질임.

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

Table 10. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순 서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시(진해구)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.411±0.00952	0.413±0.00886	0.409±0.00868	0.270±0.00734	0.423±0.00898
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.00960	<0.0117	<0.0132	<0.00882	<0.0133
4	⁵⁴ Mn	0.005	불검출	불검출	불검출	<0.00121	불검출
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00136	<0.010291	<0.00128	<0.00116	<0.00131
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00284	<0.00246	<0.00309	<0.00259	<0.00314
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00162	<0.00120	<0.00167	<0.00136	<0.00173
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00309	<0.00223	<0.00283	<0.00265	<0.00292
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	<0.00225	<0.00195	<0.00183	<0.00231	<0.00187
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00157	<0.00152	<0.00151	<0.00142	<0.00152
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	<0.00363	<0.00363	<0.0262	<0.0226	<0.0282
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.000984	<0.00122	<0.000943	<0.00111	<0.000975
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00195±0.000261 (0.00125)	0.00173±0.000254 (0.001213)	0.00205±0.000263 (0.00125)	<0.00114	0.00212±0.000273 (0.00129)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00441	<6.64E-03	<0.00501	<0.00490	<0.00486
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.00669	<2.38E-02	<0.0122	<0.0128	<0.00713
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	17.1±2.24	불검출	불검출	불검출	18.2±2.10
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

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

6. 4 갯벌

2022년 1월에 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 모두에서 0.800~1.51 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 상세한 결과는 Table 11에 수록함. 갯벌에서 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry) 이내로 나타남. 세슘(^{137}Cs)이 1월 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)이 3건에서 3.93~7.17 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 524~796 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 3건에서 45,539~61,119 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 1건에서 $60,959 \pm 139$ Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 1건에서 2.26 ± 0.189 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be , 반감기 53.3일)은 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종이고, 칼륨(^{40}K , 반감기 13억년)은 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨. 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)은 토륨(^{232}Th , 반감기 130억년)의 계열붕괴 핵종이고, 우라늄(^{235}U , 반감기 7억년)은 자연 방사성물질로 자연에 약 0.7 % 존재함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함

Table 11. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사2017-17호 MDA	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시 (진해구)
1	⁷ Be	없음	불검출	7.17±0.757	3.93±0.736	불검출	4.14±0.664
2	⁴⁰ K	없음	524±4.75	796±5.92	602±5.36	660±4.89	827±5.25
3	⁵¹ Cr	15	<2.94	<3.96	<3.89	<3.44	<3.46
4	⁵⁴ Mn	2	<0.456	<0.512	<0.458	<0.499	<0.434
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.415	<0.447	<0.436	<0.431	<0.410
7	⁵⁹ Fe	5	<0.759	<1.44	<0.688	<1.00	<0.999
8	⁶⁰ Co	2	<0.584	<0.622	<0.649	<0.645	<0.639
9	⁶⁵ Zn	5	<0.902	<1.04	<1.21	<1.10	<1.11
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	<0.853	<0.880	<1.12	<0.931	<0.745
14	⁹⁵ Nb	5	<0.538	<0.560	<0.548	<0.568	<0.482
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	<0.652	<0.636	<0.649	<0.626	<0.498
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.311	<0.402	<0.307	<0.367	<0.383
25	¹³⁷ Cs	5	0.800±0.0918 (0.437)	1.16±0.0995 (0.453)	1.09±0.100 (0.458)	1.51±0.106 (0.465)	0.961±0.09387 (0.437)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.97	<2.56	<1.98	<1.99	<1.64
28	¹⁴⁰ La	70	<4.88	<1.33	<3.05	<6.19	<2.41
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	55,353±627	61,119±722	45,539±779	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	29.0±	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	60,959±139
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	2.26±0.189	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : MDA 이하

6. 5 토양

2022년 1월에 김해시에 위치한 신어산 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건의 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(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 4건의 토양 중 3건에서 2.22~12.6 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 상세한 결과는 Table 12에 수록함. 토양에서 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국 원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~24.6 Bq/kg-dry) 이내로 나타남. 토양에서 세슘(^{137}Cs)이 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단됨.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)은 2건에서 4.83~6.33 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 4건 모두에서 197~1,040 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 2건에서 17.7~31.5 Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 3건에서 4.90~8.56 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 2건에서 4.15~4.67 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be , 반감기 53.3일)은 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종이고, 칼륨(^{40}K , 반감기 13억년)은 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨. 라듐(^{226}Ra , 반감기 1,600년)은 우라늄(^{238}U , 반감기 45억년)으로부터 계열붕괴하는 핵종이고, ^{235}U (우라늄, 반감기 7억년)은 자연 방사성물질로 자연에 약 0.7 % 존재함.

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

Table 12. 김해시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(신어산)			평지 (김해대학교)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	6.33±0.877	4.83±0.937	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	197±2.84	1,014±6.78	846±6.53	1,040±6.30
3	⁵¹ Cr	15	<4.84	<5.57	<5.07	<5.86
4	⁵⁴ Mn	2	<0.555	<0.588	<0.658	<0.648
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.468	<0.566	<0.555	<0.593
7	⁵⁹ Fe	5	<0.896	<1.28	<1.13	<1.39
8	⁶⁰ Co	2	<0.476	<0.616	<0.740	<0.806
9	⁶⁵ Zn	5	<0.941	<1.44	<1.43	<1.47
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	<1.07	<1.15	<1.09	<1.21
14	⁹⁵ Nb	5	<0.651	<0.775	<0.782	<0.776
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	ND	ND	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	3	<0.871	<1.07	<1.02	<1.16
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.466	<0.373	<0.526	<0.4791
25	¹³⁷ Cs	5	3.99±0.143 (0.531)	2.22±0.126	12.6±0.221 (0.581)	<0.700
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	ND	ND	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.55	<3.26	<2.24	<3.40
28	¹⁴⁰ La	70	<0.185	<5.72	<7.34	<43.1
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	불검출	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	17.7±3.50	불검출	불검출	31.5±3.71
38	²²⁷ Th	없음	4.90±0.962	7.85±1.32	불검출	8.56±1.25
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	4.67±0.218	불검출	불검출	4.15±0.240
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : MDA 이하, ND(Not Detection) : 계측하였으나 검출되지 않음