

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2021년 9월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2021년 9월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 4종(정수/원수/토양/갯벌) 28개 시료에 대한 조사결과 토양(불검출~9.97 Bq/kg)과 갯벌(불검출~1.78 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출
 - 토양의 ^{137}Cs 농도는 정상범위를 초과하였으나 문헌자료 이내
 - ※ 전국 토양 ^{137}Cs 정상범위 : <0.428 ~ 3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
 - ※ 문헌자료 : 13.2 ~ 103.1 Bq/kg-dry('14년도 한국방사성폐기물학회)
 - 갯벌의 ^{137}Cs 농도는 정상범위 이내
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : <0.428 ~ 3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
- 토양 및 갯벌 이외 모든 시료는 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 불검출

1. 조사 기간 : '21. 9. 1. ~ 9. 30.

2. 조사 대상 : 4종 28건

- 물시료 2종 5건(정수3, 원수2)
- 토양 1종 20건(등산로12, 평지4, 숲 채취지점4)
- 갯벌 1종 3건(거제1, 진해1, 남해1)

※ 감마핵종분석기 정비로 인해 9월의 공기, 빗물, 해수, 숲 등의 검사결과는 월간보고서(10월)에 수록계획임

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	9월말	누계		
방사성물질 조사	220	141	28	169	76.8%	

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(양산시 먹는물)

구 분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
채취 일시	9. 16. 18:00	
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

Table 3. 방사성물질 조사(등산로 및 평지 토양)

구 분	등산로	평지
채취 지역	<ul style="list-style-type: none"> • 양산 6건(천성산 3, 금정산 3) • 김해 6건(신어산 3, 무척산 3) 	<ul style="list-style-type: none"> • 양산 3건(웅상정수장, 금산근린공원, 삼호34근린공원) • 김해 1건(김해대학교1)
채취 일시	9. 6. ~ 9. 30.	9. 6. ~ 9. 13.
채 취 량	3~5 kg	3~5 kg
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

Table 4. 방사성물질 조사(쑥 채취지점의 토양)

구 분	쑥 채취지점의 토양	
채취 지역	양산 2건(웅상정수장1, 오봉산1)	김해 2건(김해대학교1, 생림중학교1)
채취 일시	9. 29. 13:30~14:20	9. 29. 15:20~16:20
채 취 량	2~3 kg	3~5 kg
전처리	이물제거 → 분쇄 → 충전 → 계측	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

Table 5. 방사성물질 조사(갯벌)

구 분	갯 벌		
채취 지역	거제시	진해구	남해군
채취 일시	9. 23. 13:10	9. 27. 13:10	9. 28. 15:30
채 취 량	3~5 kg		
전 처 리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측		
계측 시간	2만초		
분석 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종		
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 		

5. 방사성물질 조사 결과

5. 1 먹는물(원수 및 정수)

양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사 결과 정수, 원수 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않음. 반면, 자연 방사성물질인 ^{40}K (0.381 ± 0.0154 Bq/L), ^{212}Pb (0.356 ± 0.0559 Bq/L), ^{228}Ac (8.14 ± 1.05 Bq/L), ^{235}U (0.0275 ± 0.00174 Bq/L) 등이 원수에서 검출됨. ^{40}K (반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨. 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)과 악티늄(^{228}Ac , 반감기 6.2시간)은 토륨(^{232}Th)의 계열붕괴 핵종이고, ^{235}U (반감기 7억년)는 계열붕괴의 어미핵종임. 정수 및 원수에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단되고, 상세한 결과는 Table 6에 제시하였음.

Table 6. 양산시 먹는물 조사결과(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	0.381±0.0154	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0393	<0.0293			
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00442	<0.00445			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00413	<0.00450			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00846	<0.00843			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00482	<0.00496			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00915	<0.0093			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00775	<0.00731			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00478	<0.00505			
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	<0.00499	<0.00507	불검출	불검출	불검출
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00429	<0.00294	불검출	불검출	불검출
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00459	<0.00442	불검출	불검출	불검출
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0167	<0.0164			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0156	<0.0206			
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	0.356±0.0559			
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	8.14±1.05			
40	²³⁵ U	없음	불검출	0.0275±0.00174			
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출			
42	²⁴¹ Am	없음	NA	NA	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁸Ac(악티늄) ²³⁵U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능이고, 정수의 경우 MDA 기준치 없음
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하

5. 2 토양

양산시에 위치한 천성산 및 금정산의 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건씩 총 6건의 등산로 토양을 채취하였고, 김해시에 위치한 신어산 및 무척산의 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건씩 총 6건의 등산로 토양을 채취함. 또한, 양산시 및 김해시의 평지와 숲 채취지점과 동일한 지점에서 각각 4건씩 총 8건의 표층토양을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 따른 방사성물질 분포경향을 파악하기 위한 것임

채취한 총 20건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 핵종은 모든 시료에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 불검출~9.97 Bq/kg-dry로 나타났으며, 최고값은 신어산 정상 토양에서 검출되었음. 상세한 결과는 Table 7~Table 10에 수록함. Table 7은 양산시 등산로 토양에 대한 조사결과, Table 8은 김해시 등산로 토양에 대한 조사결과를 각각 수록한 것임. Table 9~Table 10은 양산시 및 김해시의 평지와 숲 채취지점과 동일한 지점에서 채취한 토양에 대한 조사결과를 수록한 것임.

모든 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~6.98 Bq/kg-dry 범위를 초과하였지만 문헌자료¹⁾ 이내로 나타남. 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단됨. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

자연 방사성물질의 경우 ^7Be (불검출~17.2 Bq/kg-dry), ^{40}K (174~1,125 Bq/kg-dry), ^{212}Pb (불검출~121,540 Bq/kg-dry), ^{212}Pb (10,797~24,616 Bq/kg-dry), ^{226}Ra (불검출~48.1 Bq/kg-dry), ^{227}Th (불검출~6.69 Bq/kg-dry), ^{228}Ac (불검출~234,950 Bq/kg-dry), ^{235}U (0.849~3.86 Bq/kg-dry) 등이 검출됨. 자연 핵종 중 납(^{212}Pb , 반감기 10.6 시간)과 악티늄(^{228}Ac , 반감기 6.2시간)은 토륨(^{232}Th)의 계열붕괴 핵종으로 모든 토양에 존재하는 ^{232}Th 의 평균 농도는 6 ppm으로 ^{238}U (평균 2.3 ppm)에 비해 약 2.6배 정도 많아²⁾ 분포경향 파악을 위해 선정함. 토양에서 ^{212}Pb 및 ^{232}Th 농도가 높게 나타났지만 짧은 반감기로 오차가 크고³⁾, 피폭선량 평가 자료조사⁴⁾에 의하면

1) 문헌자료: 132~103.1 Bq/kg-dry(14년도 한국방사성폐기물학회 지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구)

2) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

3) 홍건철외 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, Journal Nuclear Medical Technology Vol. 16. No.1, April 2012

옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적어 문제없을 것으로 판단됨

9월 토양시료의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 7~Table 10에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소 검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

4) 감마선에 의한 국내 지각방사선(옥외)의 연간 피폭선량(0.11 mSv/yr)은 자연방사선량(2.99 mSv/yr)의 3.68%(한양대학교, 국민 피폭선량 종합 DB 구축, 2005년)

Table 7. 양산시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	천성산			금정산		
			정상	중턱	기슭	정상	중턱	기슭
1	⁷ Be	없음	11.0±0.875	불검출	4.74±0.739	11.5±1.02	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	577±4.75	408±3.72	686±4.88	452±5.10	312±3.53	578±4.46
3	⁵¹ Cr	15	<3.38	<3.31	<3.99	<4.59	<4.40	<3.90
4	⁵⁴ Mn	2	<0.570	<0.390	<0.481	<0.574	<0.549	<0.468
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.470	<0.358	<0.444	<0.511	<0.425	<0.404
7	⁵⁹ Fe	5	<1.05	<0.781	<1.03	<1.19	<0.930	<0.950
8	⁶⁰ Co	2	<0.632	<0.498	<0.629	<0.732	<0.525	<0.571
9	⁶⁵ Zn	5	<1.15	<0.889	<1.11	<1.30	<0.924	<1.00
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	<1.00	<0.741	<0.894	<1.13	<0.836	<0.830
14	⁹⁵ Nb	5	<0.609	<0.427	<0.541	<0.672	<0.572	<0.509
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	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	3	<0.618	<0.427	<0.613	<0.809	<0.744	<0.644
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.464	<0.348	<0.420	<0.436	<0.401	<0.381
25	¹³⁷ Cs	5	0.584±0.103 (<0.516)	0.672±0.086 (<0.415)	0.618±0.0965 (<0.476)	5.25±0.177 (<0.581)	1.60±0.111 (<0.488)	7.51±0.153 (<0.413)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.05	<1.49	<1.88	<2.42	<2.28	<1.92
28	¹⁴⁰ La	70	<3.45	<2.22	<4.54	<1.29	<11.3	<8.76
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	5,076±7.20	1599±30.4	20,441±289	불검출	불검출	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	47.9±3.34	19.5±2.34	26.2±2.82	17.7±3.31	32.6±2.92	27.2±2.50
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	4.52±0.795	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	74,675±182	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	2.82±0.225	1.69±0.152	1.99±0.187	1.68±0.212	2.00±0.196	1.63±0.168
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
- < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

Table 8. 김해시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	신어산			무척산		
			정상	중턱	기슭	정상	중턱	기슭
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	11.9±0.910
2	⁴⁰ K	없음	174±2.74	663±4.56	895±5.48	578±4.97	645±5.13	755±5.14
3	⁵¹ Cr	15	<4.02	<3.73	<4.29	<4.57	<3.89	<4.57
4	⁵⁴ Mn	2	<0.551	<0.502	<0.583	<0.571	<0.591	<0.540
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.438	<0.460	<0.525	<0.474	<0.503	<0.487
7	⁵⁹ Fe	5	<0.849	<1.14	<1.11	<1.08	<1.11	<1.13
8	⁶⁰ Co	2	<0.468	<0.596	<0.678	<0.663	<0.692	<0.676
9	⁶⁵ Zn	5	<0.974	<1.08	<1.20	<1.20	<1.27	<1.15
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	<0.998	<0.841	<1.03	<1.00	<1.09	<1.02
14	⁹⁵ Nb	5	<0.609	<0.658	<0.621	<0.611	<0.666	<0.623
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	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	3	<0.620	<1.39	<0.604	<0.695	<0.686	<0.740
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.432	<0.402	<0.436	<0.476	<0.449	<0.462
25	¹³⁷ Cs	5	9.97±0.188 (<0.502)	4.64±0.129 (<0.434)	<0.584	5.98±0.158 (<0.484)	2.52±0.135 (<0.569)	0.657±0.107 (<0.530)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.98	<3.07	<2.00	<2.15	<2.19	<2.32
28	¹⁴⁰ La	70	<2.48	<2.93	<3.24	<5.31	<4.69	<7.55
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	2,067±17.8	불검출	4,480±55	20,380±344	14,806±219	90,951±1,400
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	46.4±3.48	32.7±2.67	33.2±3.14	29.6±3.17	34.1±3.41	36.7±3.23
38	²²⁷ Th	없음	5.16±0.812	불검출	4.74±0.771	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	34,485±573	불검출	234,950±393	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	3.33±0.232	2.06±0.179	2.87±0.208	2.17±0.210	3.00±0.224	3.03±0.215
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

Table 9. 양산시 및 김해시 평지 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	양산 응상정수장	양산 삼호34근린공원	양산 금산근린공원	김해 김해대학교
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	647±4.90	678±5.16	597±4.53	1,043±6.25
3	⁵¹ Cr	15	<4.11	<3.97	<3.97	<4.64
4	⁵⁴ Mn	2	<0.494	<0.516	<0.501	<0.607
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.436	<0.469	<0.463	<0.546
7	⁵⁹ Fe	5	<1.03	<1.13	<1.05	<1.30
8	⁶⁰ Co	2	<0.646	<0.676	<0.607	<0.801
9	⁶⁵ Zn	5	<1.10	<1.24	<1.11	<1.39
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	<0.885	<0.997	<0.835	<1.18
14	⁹⁵ Nb	5	<0.565	<0.643	<0.602	<0.709
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	<0.561	<0.613	<0.782	<0.752
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.453	<0.501	<0.320	<0.467
25	¹³⁷ Cs	5	0.930±0.107 (<0.512)	8.36±0.179 (<0.522)	7.64±0.160 (<0.461)	<0.653
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.86	<2.03	<2.36	<2.41
28	¹⁴⁰ La	70	<2.19	<2.55	<14.6	<5.22
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	10,421±13.4	1,214±17.1	불검출	19,494±241
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	37.6±3.14	41.4±3.40	33.3±3.03	42.5±3.68
38	²²⁷ Th	없음	4.03±0.726	4.34±0.788	4.58±0.873	6.69±0.934
39	²²⁸ Ac	없음	18,302±343	26,899±583	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	2.57±0.209	2.96±0.226	2.78±0.199	3.86±0.242
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

Table 10. 쑥 채취지점의 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	양사 웅상정수장	양사 오봉산입구	김해 김해대학교	김해 생림중학교
1	⁷ Be	없음	6.65±0.890	불검출	불검출	17.2±0.946
2	⁴⁰ K	없음	932±5.89	1,125±6.55	1,094±6.30	806±5.39
3	⁵¹ Cr	15	<4.78	<3.82	<4.85	<4.47
4	⁵⁴ Mn	2	<0.561	<0.553	<0.654	<0.566
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.531	<0.536	<0.530	<0.483
7	⁵⁹ Fe	5	<1.21	<1.33	<1.24	<1.14
8	⁶⁰ Co	2	<0.740	<0.809	<0.820	<0.685
9	⁶⁵ Zn	5	<1.36	<1.42	<1.38	<1.24
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	<0.987	<1.06	<1.13	<1.04
14	⁹⁵ Nb	5	<0.676	<0.661	<0.687	<0.585
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	<0.770	<0.846	<0.627	<0.684
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.353	<0.494	<0.534	<0.462
25	¹³⁷ Cs	5	1.14±0.119 (<0.566)	2.13±0.128 (<0.556)	<0.612	0.665±0.102 (<0.503)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.44	<2.43	<2.16	<2.18
28	¹⁴⁰ La	70	<8.29	<11.7	<2.53	<6.66
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	121,540±1,737	불검출	1,281±14.8	55,853±880
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	39.9±3.38	28.8±3.17	48.1±3.64	36.9±3.13
38	²²⁷ Th	없음	5.63±0.908	4.84±0.861	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	23,444±384	불검출
40	²³⁵ U	없음	3.54±0.226	2.77±0.208	3.34±0.243	2.28±0.211
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

5. 3 갯벌

거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험마을과 진해 해군교육사령부, 남해군 설천면의 문항어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선타적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 조사결과 인공 방사성물질인 ^{131}I 와 ^{134}Cs 는 모든 시료에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 <불검출~1.78 Bq/kg-dry로 나타났지만 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(<0.428~3.83 Bq/kg-dry) 내에 포함됨.

진해와 남해 갯벌에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. ^{131}I 와 ^{134}Cs 는 검출되지 않았고, 검출된 ^{137}Cs 는 낙진영향으로 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단되고, 조사결과는 Table 10에 제시하였음.

자연 방사성물질의 경우 ^7Be (2.99~5.61 Bq/kg-dry), ^{40}K (772~981 Bq/kg-dry), ^{212}Pb (불검출~4,830 Bq/kg-dry), ^{226}Ra (불검출~22.6 Bq/kg-dry), ^{227}Th (불검출~4.16 Bq/kg-dry), ^{228}Ac (불검출~6,950 Bq/kg-dry), ^{235}U (0.849~2.49 Bq/kg-dry) 등이 갯벌에서 검출됨. ^7Be (반감기 53.3일)는 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종이고, ^{40}K (반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨. ^{226}Ra (반감기 1,600년), ^{227}Th (반감기 18.7일), ^{228}Ac (반감기 6.2시간) 등은 ^{238}U 및 ^{232}Th 의 계열붕괴 핵종임

Table 11. 갯벌 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	거제시	진해구	남해군	비고
1	⁷ Be	없음	2.99±0.581	3.87±0.739	5.61±0.739	
2	⁴⁰ K	없음	981±5.43	772±4.91	850±5.23	
3	⁵¹ Cr	15	<3.31	<4.11	<3.62	
4	⁵⁴ Mn	2	<0.409	<0.486	<0.464	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	<0.388	<0.432	<0.437	
7	⁵⁹ Fe	5	<1.03	<1.05	<1.03	
8	⁶⁰ Co	2	<0.654	<0.609	<0.667	
9	⁶⁵ Zn	5	<1.12	<1.09	<1.12	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	<0.741	<1.09	<0.859	
14	⁹⁵ Nb	5	<0.452	<0.451	<0.533	
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	1.5	<0.495	<0.749	<0.519	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	<0.276	<0.406	<0.379	
25	¹³⁷ Cs	5	<0.440	1.28±0.105 (<0.484)	1.78±0.108 (<0.472)	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.58	<2.11	<1.73	
28	¹⁴⁰ La	70	<3.74	<1.43	<1.84	
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	4,830±161	불검출	597±7.22	
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	14.9±2.72	22.6±2.89	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	4.16±0.769	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	6,950±138	
40	²³⁵ U	없음	0.849±0.135	2.19±0.175	2.49±0.189	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하