

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2021년 5월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2021년 5월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 8종(공기/빗물/정수/원수/해수/축/토양/갯벌) 31개 시료에 대한 조사결과
해수와 토양, 갯벌에서 ^{137}Cs 이 0.00121 Bq/L, 0.613~14.0 Bq/kg, 0.814~1.31 Bq/kg로 각각 검출되었으나 평상범위 이내
 - 전국 해수 ^{137}Cs 평상범위 : <0.00102~0.00243 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
 - 전국 토양 ^{137}Cs 평상범위 : <0.495~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
 - 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 평상범위 : <0.656~3.34 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
- 해수와 토양, 갯벌 해수 이외 모든 시료는 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 불검출

1. 조사 기간 : '21. 5. 1. ~ 5. 31.

2. 조사 대상 : 8종 31건

◦ 대기 2종 4건(공기 2, 빗물 2)

※ 공기와 빗물 각 2건 중 1건은 월간보고서(4월)에 누락된 결과 수록

◦ 물시료 3종 5건(정수 2, 원수 1, 해수 2)

◦ 축 6건(진주 1, 남해 1, 하동 1, 고성 1, 통영 1, 진해 1)

◦ 토양 14건(양산 8, 축 채취지점 6)

◦ 갯벌 2건(거제 1, 남해 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	5월말	누계		
방사성물질 조사	220	58	31	89	40.5%	

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(공기 및 빗물)

내 용	빗물	
채취 장소	서부청사 별관1층	빗물
채취 기간	4. 30. ~ 5. 28.	4. 30. ~ 5. 31.
채취 기구	저용적 공기포집기	빗물채집기
채취량	3,629 m ³	30 L
전 처 리	N/A	증발농축(30 L → 1 L)
계측 시간	8만초	
분석 핵종	41개 핵종	
시험 핵종	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질 분포경향 파악 	

Table 3. 먹는 물(양산시) 방사성물질 조사

구분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시취수장	신도시 및 범어 정수장
채취 일시	5. 14. 10:10	
채취량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	41개 핵종(자연 및 인공)	7개 핵종(자연핵종, 인공핵종)
시험 핵종	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs	
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(해수)

내 용	해 수	
채취 장소	남해군	거제시
채취 시간	5. 4. 11:50	5. 3. 14:40
채취 기구	20 L 말통	20 L 말통
채취량	70 L	70 L
전 처 리	증발 · 농축(5 L → 1 L), AMP 공침(60 L)	
계측 시간	8만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 외 다수 인공핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

※ 해수의 증발 · 농축법과 AMP 공침법은 각각 ^{131}I 과 ^{134}Cs , ^{137}Cs 을 분석하기 위한 것임

Table 5. 방사성물질 조사(썩 및 토양)

구분	썩	토양
채취 지역	진주 1개소	<ul style="list-style-type: none"> • 등산로(양산 2개소), 평지(양산 3개소) • 썩 채취지점(진주 1개소)
채취 일시	4. 30. 14:30	4. 30. ~ 5. 13.
채취량	2~3 kg	3~5 kg
전처리	이물제거→건조(105 °C, 48시간) →분쇄→체로거름(2 mm)→계측	건조(105 °C, 48시간)→분쇄→체로거름 (1 mm)→계측
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

Table 6. 갯벌 방사성물질 조사

구분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	남해군	거제시
채취 일시	5. 4. 11:50	5. 3. 14:40
채취량	3~5 kg	
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 mm 체로 거른 후 계측	
계측 시간	2만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	
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 공기 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 5월에(4월 30일 ~ 5월 28일) 공기 시료 3,629 m³ 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질 조사를 수행한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁷Be, ²¹²Pb, ²³⁵U 등이 각각 0.00259±0.0000531 Bq/m³, 0.0140±0.000896 Bq/m³, 0.0000722±0.00000497 Bq/m³로 검출됨. 4월 공기의 경우 5월 시료와 마찬가지로 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁷Be, ⁴⁰K, ²¹²Pb, ²³⁵U 등이 각각 0.00245±0.0000459 Bq/m³, 0.000998±0.0000568 Bq/m³, 0.000125±0.00000906 Bq/m³, 0.0000574±0.00000442 Bq/m³로 검출됨. 이러한 분석 결과에 근거하여 4월 및 5월 공기 시료의 경우 인공 방사성 물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함.

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 7에 제시하였음.

5. 2 빗물 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 5월에(4월 30일~5월 31일) 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 검사를 수행한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질과 ⁷Be, ⁴⁰K 등의 자연 방사성물질이 전혀 검출되지 않음. 4월 빗물의 경우 5월 시료와 마찬가지로 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성 물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁴⁰K, ²³⁵U이 각각 0.269±0.107 Bq/L, 0.0191±0.00119 Bq/L로 검출됨. 이러한 조사결과에 근거하여 4월 및 5월 빗물의 경우 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함.

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 7에 제시하였음.

Table 7. 공기 및 빗물 조사결과(Bq/L)

순 서	분석 핵종	고시2017-17 호 MDA	공기(Bq/m ³)		고시2017-1 7 MDA	빗물	
			4월	5월		4월	5월
1	⁷ Be	없음	2.45E-3±4.59E-5	2.59E-3±5.31E-5	없음	<0.0278	<0.0310
2	⁴⁰ K	없음	9.98E-4±5.68E-5	<0.000412	없음	0.269±0.107	<0.0853
3	⁵¹ Cr	5E-03	<9.90E-5	<1.26E-4	5E-03	<0.0297	<0.0375
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<1.42E-5	<1.48E-5	8E-05	<0.00304	<0.00294
5	⁵⁷ Co	없음	<1.17E-5	<1.24E-5	없음	<0.00352	<0.00475
6	⁵⁸ Co	3E-04	<1.37E-5	<1.57E-5	3E-04	<0.00314	<0.00327
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<2.60E-5	<3.12E-5	5E-04	<0.00635	<0.00715
8	⁶⁰ Co	8E-05	<1.56E-5	<1.77E-5	8E-05	<0.00335	<0.00508
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<2.97E-5	<3.73E-5	5E-04	<0.00623	<0.00731
10	⁸⁵ Sr	없음	<1.75E-5	<2.06E-6	없음	<0.00389	<0.00451
11	⁸⁸ Kr	없음	<2.26E-5	<2.36E-4	없음	<0.0562	<0.0640
12	⁸⁸ Y	없음	<1.43E-5	<1.70E-5	없음	<0.00324	<0.00434
13	⁹⁵ Zr	5E-04	<2.34E-5	<2.39E-5	5E-04	<0.00543	<0.00370
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<1.35E-5	<1.08E-5	5E-04	<0.00431	<0.00369
15	¹⁰¹ Rh	없음	<1.31E-5	<1.49E-5	없음	<0.00403	<0.00459
16	¹⁰³ Ru	없음	<1.19E-5	<1.45E-5	없음	<0.00343	<0.00406
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<1.09E-4	<1.25E-4	없음	<0.0248	<0.0271
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<3.18E-4	<3.58E-4	없음	<0.110	ND
19	^{110m} Ag	없음	<1.30E-5	<1.47E-5	없음	<0.00295	<0.00304
20	¹¹³ Sn	없음	<1.59E-5	<1.48E-5	없음	<0.00401	<0.00557
21	¹³¹ I	5E-02	<1.18E-5	<2.68E-5	5E-02	<0.00595	<0.00458
22	¹³³ Xe	없음	<3.18E-5	<5.35E-5	없음	<0.0346	<0.0182
23	^{133m} Xe	없음	<1.06E-4	<2.94E-4	없음	<0.381	<0.0739
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<1.31E-5	<1.34E-5	8E-05	<0.00286	<0.00261
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<1.42E-5	<1.56E-5	8E-05	<0.00312	<0.00334
26	¹³⁹ Ce	없음	<1.19E-5	<1.41E-5	없음	<0.00350	ND
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<2.87E-5	<6.26E-5	0.1	<0.0158	<0.0173
28	¹⁴⁰ La	0.1	<4.53E-5	<1.07E-4	0.1	<0.199	<0.00480
29	¹⁴¹ Ce	없음	<2.07E-5	<2.50E-5	없음	<0.00746	<0.00692
30	¹⁴³ Ce	없음	<3.32E-5	<1.52E-5	없음	<0.492	<0.0295
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<8.82E-5	<1.02E-4	없음	<0.0265	<0.0366
32	²⁰⁸ Tl	없음	<6.22E-5	<2.80E-5	없음	<0.00448	<0.00574
33	²¹² Bi	없음	<2.53E-5	<2.28E-4	없음	<0.0421	<0.0474
34	²¹² Pb	없음	1.25E-4±9.06E-6	0.0140±0.000896	없음	<0.0115	<0.570
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.11E-4	<5.21E-5	없음	<0.00630	<0.0160
36	²¹⁴ Pb	없음	<5.02E-5	<3.14E-5	없음	<0.00849	<0.0143
37	²²⁶ Ra	없음	<3.69E-4	<4.22E-4	없음	<0.0982	<0.0965
38	²²⁷ Th	없음	<8.19E-5	<1.04E-4	없음	<0.0284	<0.0271
39	²²⁸ Ac	없음	<2.49E-5	<6.05E-1	없음	<0.0286	<25.3
40	²³⁵ U	없음	5.74E-5±4.42E-6	7.22E-5±4.97E-6	없음	0.0191±0.00119	<0.0292
41	²³⁷ U	없음	<5.23E-5	<7.92E-5	없음	<0.0592	<0.0344

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²³⁵U(우라늄)은 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 먹는물(원수 및 정수)

2021년 5월에 양산시에서 조사의뢰한 방사선비상계획구역 내·외부의 신도시 취수장 원수와 신도시 및 범어 정수장 정수에 대한 방사능조사를 수행함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질 모두 불검출. 자연 방사성물질인 ^{40}K 와 ^{226}Ra 의 경우 신도시정수장 정수와 신도시취수장 원수에서 각각 $11.0 \pm 0.905 \text{ Bq/L}$, $0.261 \pm 0.0309 \text{ Bq/L}$ 로 검출됨. 이러한 결과에 근거하여 5월 먹는물의 경우 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 8에 수록함.

Table 8. 양산시 먹는물(관원) 조사결과(Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	비고
1	⁷ Be	없음	<0.0443	<2.39	<2.39	원수 · 원자력안전위원회고시 2017-17호 MDA 적용 정수 · WHO Guideline 적용 - WHO 기준치 ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 각 10 Bq/L · MDA 기준 없음
2	⁴⁰ K	없음	<0.125	11.0±0.905	<7.12	
3	⁵¹ Cr	1	<0.0587	NA	NA	
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00497	NA	NA	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00615	NA	NA	
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00507	NA	NA	
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.0123	NA	NA	
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00858	NA	NA	
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00989	NA	NA	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00697	NA	NA	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.103	NA	NA	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00579	NA	NA	
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00743	NA	NA	
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00555	NA	NA	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00686	NA	NA	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00640	<0.291	<0.436	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0427	NA	NA	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.138	NA	NA	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00459	NA	NA	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00819	NA	NA	
21	¹³¹ I	0.1	<0.00925	<0.421	<0.466	
22	¹³³ Xe	없음	<0.0448	NA	NA	
23	^{133m} Xe	없음	<0.320	NA	NA	
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00361	<0.193	<0.280	
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00513	<0.333	<0.360	
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	NA	NA	
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0270	NA	NA	
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0605	NA	NA	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.0117	NA	NA	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0244	NA	NA	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0424	NA	NA	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00861	NA	NA	
33	²¹² Bi	없음	<0.0721	NA	NA	
34	²¹² Pb	없음	<0.0226	NA	NA	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.0220	NA	NA	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.0205	NA	NA	
37	²²⁶ Ra	없음	0.261±0.0309	NA	NA	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0460	NA	NA	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0719	NA	NA	
40	²³⁵ U	없음	<0.0461	NA	NA	
41	²³⁷ U	없음	<0.0855	NA	NA	
42	²⁴¹ Am	없음	NA	<3.04	<2.72	

1. ⁴⁰K(칼륨)과 ²²⁶Ra(라듐)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, NA(Not Available, 계측하지 않음)

5. 4 해수 시료

2021년 5월에 거제시 남부면 다대어촌체험마을과 남해군 설천면 어촌체험 마을에서 각각 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료 중 5 L는 ^{131}I 을 분석하기 위해 5 L에서 1 L로 증발·농축하였고, 나머지 65 L 중 60 L는 ^{134}Cs , ^{137}Cs 등을 분석하기 위해 AMP(인몰리브덴산암모늄) 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 2건의 해수를 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 $0.00121 \pm 0.000211 \text{ Bq/L}$ 로 검출됨. 해수에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해수를 분석한 후 제시한 $<0.00102 \sim 0.00243 \text{ Bq/L}$ 범위에 포함되었고, 해수에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 자연 방사성물질의 경우 ^{40}K , ^{226}Ra , ^{235}U 등이 각각 $0.207 \sim 0.268 \text{ Bq/L}$, $0.0613 \pm 0.00564 \text{ Bq/L}$, $0.00534 \pm 0.000357 \text{ Bq/L}$ 로 검출됨.

이러한 분석결과에 근거하여 5월 해수시료의 경우 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향과 인공방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 아래 Table 9에 제시함. Table 9에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력 안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 9. 해수 분석결과(Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시	남해군	비고
1	⁷ Be	없음	<1.23	<0.00932	
2	⁴⁰ K	없음	0.207±0.00883	0.268±0.00631	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0110	<0.0100	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00233	<0.00105	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00279	<0.000918	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00452	<0.00117	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00197	<0.00247	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00161	<0.00133	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00706	<0.00256	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.0832	<0.000153	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0188	<0.0172	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00152	<0.00128	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00194	<0.00197	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00111	<0.00133	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00116	<0.000967	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00133	<0.00116	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.00958	<0.00886	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0500	<0.0259	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00109	<0.00104	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00214	<0.00112	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0236	<0.0227	
22	¹³³ Xe	없음	<0.00286	<0.00859	
23	^{133m} Xe	없음	<0.0110	<0.169	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00145	<0.00103	
25	¹³⁷ Cs	0.003	<0.00139	0.00121±0.000211 (<0.00135)	
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	0.00104	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00359	<0.00614	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0134	<0.155	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00180	<0.00205	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.00304	<0.305	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.00473	<0.00746	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00155	<0.00185	
33	²¹² Bi	없음	<0.0164	<0.0159	
34	²¹² Pb	없음	<0.00463	<0.00314	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00516	<0.00284	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00497	<0.00221	
37	²²⁶ Ra	없음	0.0613±0.00564	<0.0297	
38	²²⁷ Th	없음	<0.00802	<0.00900	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0201	<0.0187	
40	²³⁵ U	없음	<0.00802	0.00534±0.000357	
41	²³⁷ U	없음	<0.00591	<0.0108	

1. ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²³⁵U(우라늄)은 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. 5 지표식물(쭉)

2021년 4월 30일부터 5월 28일까지 진주시, 남해군, 하동군, 고성군, 통영시, 진해구 등에서 각 1건씩 총 6건의 쭉을 채취함. 채취한 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 주요 인공 방사성물질인 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{235}U 등이 각각 7.90~25.5 Bq/kg-fresh, 12.3~232 Bq/kg-fresh, 40.0~406 Bq/kg-fresh, 2.23~4.12 Bq/kg-fresh, 0.290~0.302 Bq/kg-fresh로 검출됨. ^{212}Pb 은 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면1) PET(양성자단층촬영) 검사 시 단 반감기 핵종을 사용할 경우 검사시간이 길어 질수록 오차가 증가하여 반감기 보정 외에 추가 보정이 필요한 것으로 조사됨. 또한 피폭선량 평가 자료조사에 의하면2) 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적음. 0.11 mSv는 모든 자연 핵종으로부터 방출된 감마선을 조사한 것으로 검출된 ^{212}Pb 을 대상으로 선량을 평가할 경우 0.11 mSv보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

이러한 조사결과에 근거하여 쭉 시료의 경우 인공방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 조사한 상세결과는 Table 10에 수록함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

-
- 1) 홍건철외 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, Journal Nuclear Medical Technology Vol. 16. No.1, April 2012
 - 2) 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 10. 쑥 분석결과(Bq/kg-fresh, dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	진주시	남해군	하동군	고성군	통영시	진해구
1	⁷ Be	없음	7.90±0.204	20.6±0.560	21.4±0.297	25.5±0.345	24.7±0.341	23.2±0.356
2	⁴⁰ K	없음	12.3±1.28	232±1.42	190±1.47	226±1.30	149±1.44	230±1.39
3	⁵¹ Cr	3	<0.481	<0.935	<0.648	<0.827	<0.742	<0.642
4	⁵⁴ Mn	1	<0.0616	<0.0893	<0.0895	<0.098	<0.094	<0.094
5	⁵⁷ Co	없음	<0.0784	<0.0981	<0.0807	<0.070	<0.086	<0.092
6	⁵⁸ Co	1	<0.0873	<0.101	<0.0926	<0.093	<0.092	<0.104
7	⁵⁹ Fe	2	<0.214	<0.345	<0.235	<0.261	<0.237	<0.263
8	⁶⁰ Co	1	<0.131	<0.144	<0.152	<0.120	<0.145	<0.132
9	⁶⁵ Zn	2	<0.232	<0.292	<0.254	<0.267	<0.257	<0.285
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.0898	<0.118	<0.0919	<0.108	<0.096	<0.123
11	⁸⁸ Kr	없음	<1.29	<1.59	<1.32	<1.45	<1.34	<1.62
12	⁸⁸ Y	없음	<0.0988	<0.0879	<0.104	<0.072	<0.106	<0.078
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.143	<0.180	<0.164	<0.066	<0.161	<0.150
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.0750	<0.105	<0.0966	<0.101	<0.099	<0.117
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.0902	<0.111	<0.0947	<0.084	<0.100	<0.110
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.0745	<0.101	<0.0763	<0.097	<0.083	<0.128
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.531	<0.678	<0.549	<0.597	<0.559	<0.678
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<2.45	<2.07	<2.60	<2.21	<2.62	<2.71
19	^{110m} Ag	없음	<0.776	<0.0918	<0.0820	<0.085	<0.082	<0.084
20	¹¹³ Sn	없음	<0.888	<0.0855	<0.101	<0.120	<0.105	<0.135
21	¹³¹ I	0.5	<0.104	<0.151	<0.0988	<0.147	<0.121	<0.174
22	¹³³ Xe	없음	<0.435	<0.492	<0.396	<0.666	<0.592	<0.841
23	^{133m} Xe	없음	<2.26	<2.32	<1.75	<5.15	<4.44	<7.66
24	¹³⁴ Cs	0.1	<0.0727	<0.0899	<0.0625	<0.076	<0.0784	<0.075
25	¹³⁷ Cs	0.1	<0.0813	<0.100	<0.0919	<0.093	<0.0862	<0.010
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.0746	ND	<0.0824	ND	<0.082	ND
27	¹⁴⁰ Ba	2	<0.326	<0.283	<0.554	<0.461	<0.388	<0.472
28	¹⁴⁰ La	2	<0.824	<0.324	<0.331	<0.860	<1.83	<1.50
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.145	<0.176	<0.150	<0.171	<0.165	<0.192
30	¹⁴³ Ce	없음	<1.35	<0.939	<0.824	<3.57	<3.42	<7.18
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.585	<0.619	<0.605	<0.648	<0.636	<0.718
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.119	<0.138	<0.130	<0.102	<0.124	<0.135
33	²¹² Bi	없음	<1.18	<1.48	<1.32	<1.26	<1.22	<1.43
34	²¹² Pb	없음	406±2.59	40.0±6.96	102±4.62	<0.340	<0.281	<0.378
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.230	<0.345	<0.223	<0.326	<0.247	<0.356
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.155	<0.317	<0.166	<0.281	<0.158	<0.311
37	²²⁶ Ra	없음	<2.13	<2.54	2.23±0.391	4.12±0.447	<2.21	<2.430
38	²²⁷ Th	없음	<0.576	<0.731	<0.581	<0.732	<0.662	<0.826
39	²²⁸ Ac	없음	<0.940	<368	<275	<1.36	<1.08	<1.57
40	²³⁵ U	없음	0.295±0.0269	<0.665	0.302±0.0275	<0.864	0.290±0.0278	<0.752
41	²³⁷ U	없음	<0.863	<1.09	<0.807	<1.30	<1.18	<1.56

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²³⁵U(우라늄)은 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. 6 토양

2021년 4월 30일부터 5월 28일까지 진주시, 남해군, 하동군 등 6개 시군의 쑥 채취지점과 동일한 지점에서 6건의 토양을 채취함. 또한, 양산시 천성산과 오봉산 등 4개 등산로에서 각 1건씩 4건의 토양을 채취하였고, 양산시 웅상정수장과 금삼근린공원 등 4개 지점에서 각 1건씩 4건의 토양을 채취함. 채취한 총 14건 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사를 수행한 결과 주요 인공 방사성 물질인 ^{131}I 와 ^{134}Cs 는 모든 토양에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 14건의 토양에서 0.613~14.0 Bq/kg-dry로 검출되었고, 결과는 Table 11~Table 13에 수록함. 모든 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년)간 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~15.8 Bq/kg-dry 범위에 포함됨.

토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 14건의 토양에서 ^7Be , ^{40}K , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{227}Th , ^{228}Ac , ^{235}U 등이 각각 3.25~30.6 Bq/kg-dry, 292~956 Bq/kg-dry, 655~117,030 Bq/kg-dry, 24.5~88.7 Bq/kg-dry, 2.87~6.66 Bq/kg-dry, 6,312~20,195 Bq/kg-dry, 0.932~4.15 Bq/kg-dry로 검출됨. 자연 핵종 중 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)과 악티늄(^{228}Ac , 반감기 6.2시간)은 토륨(^{232}Th)의 계열붕괴 핵종으로 모든 토양에 존재하는 ^{232}Th 평균 농도는 6 ppm으로 ^{238}U (평균 2.3 ppm)에 비해 약 2.6배 정도 많아³⁾ 분포경향 파악을 위해 선정함. ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 조사결과 농도는 각각 655~117,030 Bq/kg-dry, 6,312~20,195 Bq/kg-dry로 높게 나타남. ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 는 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면⁴⁾ PET(양성자단층촬영) 검사 시 단 반감기 핵종을 사용할 경우 검사 시간이 길어질수록 오차가 증가하여 반감기 보정 외에 추가 보정이 필요한 것으로 조사됨. 또한 피폭선량 평가 자료조사에 의하면⁵⁾ 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적음. 0.11 mSv는 모든 자연 핵종으로부터 방출된

3) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

5) 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)

감마선을 조사한 것으로 검출된 ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 만을 대상으로 선량을 평가할 경우 0.11 mSv보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

5월 토양시료의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 11~Table13에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소 검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 11. 양산시 등산로 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	천성산	오봉산	토곡산	금정산
1	⁷ Be	없음	3.25±0.637	4.87±0.832	5.07±0.868	<3.38
2	⁴⁰ K	없음	295±3.57	377±6.09	731±6.15	292±4.85
3	⁵¹ Cr	15	<3.27	<3.02	<2.25	<3.32
4	⁵⁴ Mn	2	<0.421	<0.473	<0.602	<0.373
5	⁵⁷ Co	없음	<0.404	<0.512	<0.504	<0.394
6	⁵⁸ Co	2	<0.350	<0.468	<0.516	<0.373
7	⁵⁹ Fe	5	<0.791	<1.11	<0.823	<0.905
8	⁶⁰ Co	2	<0.507	<0.670	<0.739	<0.548
9	⁶⁵ Zn	5	<0.862	<1.17	<1.08	<0.967
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.401	<0.512	<0.565	<0.439
11	⁸⁸ Kr	없음	<2.31	<2.82	<3.06	<2.16
12	⁸⁸ Y	없음	<0.395	<0.500	<0.212	<0.422
13	⁹⁵ Zr	5	<0.665	<0.777	<1.04	<0.776
14	⁹⁵ Nb	5	<0.460	<0.566	<0.633	<0.481
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.492	<0.497	<0.630	<0.392
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.383	<0.472	<0.575	<0.384
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.18	<3.44	<3.25	<2.93
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<17.5	<21.3	ND	<15.5
19	^{110m} Ag	없음	<0.396	<0.470	<0.441	<0.384
20	¹¹³ Sn	없음	<0.484	<0.568	<0.567	<0.434
21	¹³¹ I	3	<0.450	<0.651	<0.660	<0.634
22	¹³³ Xe	없음	<1.88	<3.07	<3.39	<3.44
23	^{133m} Xe	없음	<6.18	<15.0	<16.3	<26.4
24	¹³⁴ Cs	5	<0.340	<0.437	<0.482	<0.366
25	¹³⁷ Cs	5	10.5±0.182 (<0.381)	2.45±0.129 (<0.539)	0.613±0.109 (<0.556)	6.55±0.164 (<0.564)
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.413	<0.500	ND	<0.392
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.74	<4.98	<2.16	<1.18
28	¹⁴⁰ La	70	<1.50	<2.01	<3.35	<1.87
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.769	<0.996	<1.06	<0.774
30	¹⁴³ Ce	없음	<2.53	<8.36	<7.68	<2.60
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<3.17	<3.88	<3.23	<2.95
32	²⁰⁸ Tl	없음	<1.22	<1.52	<0.700	<1.11
33	²¹² Bi	없음	<19.6	<30.6	<32.0	<22.4
34	²¹² Pb	없음	655±6.90	34,385±278	19,877±198	<0.801
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.06	<2.37	<1.82	<1.99
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.755	<0.970	<1.31	<0.812
37	²²⁶ Ra	없음	32.7±2.46	52.3±2.90	<13.7	4.57±2.29
38	²²⁷ Th	없음	<3.25	4.87±0.812	<5.05	<3.45
39	²²⁸ Ac	없음	6,312±160	<2.67	<2.71	<5.45
40	²³⁵ U	없음	1.67±0.175	1.57±0.212	<3.91	1.15±0.170
41	²³⁷ U	없음	<4.58	<6.45	<6.34	<6.16

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 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 12. 양산시 평지 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	원동자연휴양림	금삼근린공원	웅상정수장	삼호34근린공원
1	⁷ Be	없음	<3.00	<5.51	<4.21	5.82±0.721
2	⁴⁰ K	없음	<26.3	721±7.28	357±4.34	458±4.61
3	⁵¹ Cr	15	<2.75	<5.28	<3.30	<4.09
4	⁵⁴ Mn	2	<0.393	<0.615	<0.551	<0.431
5	⁵⁷ Co	없음	<0.278	<0.663	<0.581	<0.442
6	⁵⁸ Co	2	<0.334	<0.641	<0.444	<0.406
7	⁵⁹ Fe	5	<0.786	<1.32	<0.911	<0.889
8	⁶⁰ Co	2	<0.489	<0.839	<0.531	<0.619
9	⁶⁵ Zn	5	<0.865	<1.46	<0.971	<1.03
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.328	<0.626	<0.513	<0.479
11	⁸⁸ Kr	없음	<1.80	<3.70	<2.87	<2.51
12	⁸⁸ Y	없음	<0.373	<0.636	<0.387	<0.365
13	⁹⁵ Zr	5	<0.717	<1.27	<0.710	<0.862
14	⁹⁵ Nb	5	<0.382	<0.735	<0.560	<0.481
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.346	<0.790	<0.507	<0.539
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.327	<0.570	<0.451	<0.344
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<2.37	<4.16	<3.33	<2.79
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<10.3	<26.9	ND	ND
19	^{110m} Ag	없음	<0.344	<0.604	<0.473	<0.410
20	¹¹³ Sn	없음	<0.383	<0.656	<0.609	<0.446
21	¹³¹ I	3	<0.446	<0.801	<0.566	<0.587
22	¹³³ Xe	없음	<1.39	<4.01	<2.43	<3.28
23	^{133m} Xe	없음	<9.37	<19.3	<7.93	<18.7
24	¹³⁴ Cs	5	<0.316	<0.552	<0.373	<0.310
25	¹³⁷ Cs	5	1.14±0.0887 (<0.402)	<0.672	1.42±0.113 (<0.518)	0.645±0.0890 (<0.443)
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.311	<0.660	ND	ND
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.45	<2.59	<2.07	<1.18
28	¹⁴⁰ La	70	<3.31	<6.32	<1.31	<2.97
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.567	<1.29	<0.881	<0.703
30	¹⁴³ Ce	없음	<5.71	<11.6	<2.92	<13.9
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<2.22	<4.98	<2.99	<3.36
32	²⁰⁸ Tl	없음	<1.09	<1.93	<0.609	<0.534
33	²¹² Bi	없음	<22.6	<31.1	<26.7	<24.4
34	²¹² Pb	없음	19,141±156	55,239±368	873±8.11	106,010±1,162
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.70	<2.97	<1.44	<1.59
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.746	<1.26	<1.07	<0.951
37	²²⁶ Ra	없음	29.9±1.78	88.7±3.73	ND	<11.3
38	²²⁷ Th	없음	<2.65	6.66±0.999	<4.24	3.75±0.739
39	²²⁸ Ac	없음	<2.63	<3.58	8,428±205	<2.28
40	²³⁵ U	없음	0.932±0.130	1.94±0.277	4.15±0.749	<3.48
41	²³⁷ U	없음	<2.47	<7.86	<5.21	<6.37

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 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 13. 축채취지점 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	진주시	남해군	하동군	고성군	통영시	진해구
1	⁷ Be	없음	<4.23	<4.19	<3.24	5.46±0.885	6.64±0.887	30.6±1.05
2	⁴⁰ K	없음	817±6.51	956±6.18	625±6.25	<34.9	400±4.57	412±5.62
3	⁵¹ Cr	15	<4.48	<4.23	<3.13	<4.68	<3.94	<3.62
4	⁵⁴ Mn	2	<0.451	<0.506	<0.452	<0.516	<0.517	<0.438
5	⁵⁷ Co	없음	<0.489	<0.464	<0.400	<0.533	<0.291	<0.428
6	⁵⁸ Co	2	<0.479	<0.498	<0.387	<0.488	<0.461	<0.420
7	⁵⁹ Fe	5	<1.16	<1.23	<0.868	<1.12	<0.915	<0.960
8	⁶⁰ Co	2	<0.576	<0.164	<0.573	<0.671	<0.668	<0.635
9	⁶⁵ Zn	5	<1.27	<1.16	<1.01	<1.16	<1.09	<1.11
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.571	<0.543	<0.414	<0.551	<0.579	<0.416
11	⁸⁸ Kr	없음	<2.86	<2.94	<2.27	<3.02	<2.83	<2.39
12	⁸⁸ Y	없음	<0.198	<0.163	<0.421	<0.543	<0.140	<0.463
13	⁹⁵ Zr	5	<0.889	<1.09	<0.787	<1.01	<1.24	<0.798
14	⁹⁵ Nb	5	<0.579	<0.57	<0.453	<0.616	<0.592	<0.483
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.634	<0.583	<0.484	<0.644	<0.621	<0.509
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.550	<0.588	<0.360	<0.517	<0.617	<0.405
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.25	<3.32	<2.80	<3.43	<3.13	<2.76
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.483	ND	<16.7	<22.3	ND	<18.0
19	^{110m} Ag	없음	<0.678	<0.510	<0.396	<0.507	<0.372	<0.419
20	¹¹³ Sn	없음	<0.680	<0.855	<0.417	<0.560	<0.597	<0.540
21	¹³¹ I	3	<3.19	<0.591	<0.431	<0.855	<0.712	<0.598
22	¹³³ Xe	없음	<15.4	<2.54	<1.84	<4.69	<4.27	<3.01
23	^{133m} Xe	없음	<0.450	<8.86	<6.02	<37.2	<35.8	<17.9
24	¹³⁴ Cs	5	<0.584	<0.470	<0.35	<0.477	<0.399	<0.386
25	¹³⁷ Cs	5	14.0±0.212 (<0.490)	<0.590	<0.443	<0.822	<0.568	0.619±0.0880 (<0.428)
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	ND	<0.404	<0.558	ND	<0.434
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.54	<2.50	<1.48	<0.558	<2.16	<1.90
28	¹⁴⁰ La	70	<1.19	<0.823	<1.68	<2.37	<7.69	<6.54
29	¹⁴¹ Ce	없음	<1.00	<0.961	<0.754	<1.12	<1.05	<0.86
30	¹⁴³ Ce	없음	<8.00	<3.17	<2.31	<35.5	<33.6	<12.1
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<3.98	<2.96	<3.09	<4.13	<3.47	<3.28
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.605	<0.814	<1.20	<1.61	<0.659	<1.22
33	²¹² Bi	없음	<31.5	<31.5	<20.8	<41.8	<30.4	<25.1
34	²¹² Pb	없음	23,234±210	1,500±12.5	846±7.88	<1.06	<1.24	117,030±110
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.86	<1.37	<1.55	<2.66	<1.98	<1.90
36	²¹⁴ Pb	없음	<1.09	<1.11	<0.803	<1.05	<1.13	<0.874
37	²²⁶ Ra	없음	<14.3	24.5±3.03	29.6±2.15	58.3±3.19	<14.7	30.7±2.42
38	²²⁷ Th	없음	<4.35	<4.20	2.87±0.554	5.47±0.895	5.38±0.939	<3.62
39	²²⁸ Ac	없음	<2.72	20,195±406	8,661±201	<5.14	<3.96	<6.12
40	²³⁵ U	없음	<4.03	<4.11	<0.838	2.30±0.225	<4.04	1.23±0.172
41	²³⁷ U	없음	<6.62	<4.47	<3.68	<8.83	<8.02	<5.48

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 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. 7 갯벌(해저퇴적물)

2021년 5월에 남해군 설천면의 문항어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선퇴적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 갯벌의 ^{137}Cs 농도 범위는 0.814~1.32 Bq/kg-dry로 나타났고, 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 <0.656~3.34 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 2건의 갯벌에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호의 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 조사결과는 아래 Table 14에 수록함

자연 방사성물질의 경우 ^7Be , ^{40}K , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{235}U 등이 검출되었고, 검출된 농도는 각각 5.47~13.2 Bq/kg-dry, 806~842 Bq/kg-dry, 7,542~11,183 Bq/kg-dry, 13.0~43.4 Bq/kg-dry, 1.72 ± 0.143 Bq/kg-dry로 나타남. 자연 핵종 중 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)은 토륨(^{232}Th) 계열붕괴 핵종으로 모든 토양에 존재하는 ^{232}Th 평균 농도는 6 ppm으로 ^{238}U (평균 2.3 ppm)에 비해 약 2.6배 정도 많아⁶⁾ 분포경향 파악을 위해 선정함. ^{212}Pb 조사결과 농도는 7,542~11,183 Bq/kg-dry로 높게 나타남. ^{212}Pb 는 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면⁷⁾ PET(양성자단층촬영) 검사 시 단 반감기 핵종을 사용할 경우 검사시간이 길어질수록 오차가 증가하여 반감기 보정 외에 추가 보정이 필요한 것으로 조사됨. 또한 피폭선량 평가 자료조사에 의하면⁸⁾ 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은 (0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적음. 0.11 mSv는 모든 자연 핵종으로부터 방출된 감마선을 조사한 것으로 검출된 ^{212}Pb 만을 대상으로 선량을 평가할 경우 0.11 mSv보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

5월 해저퇴적물의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 14에서 보이듯이

6) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

8) 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)

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

Table 14. 갯벌 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사2017-17호 MDA	남해군	거제시	비고
1	⁷ Be	없음	5.47±0.821	13.2±0.726	
2	⁴⁰ K	없음	842±5.88	806±5.06	
3	⁵¹ Cr	15	<2.86	<3.16	
4	⁵⁴ Mn	2	<0.471	<0.395	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.510	<0.377	
6	⁵⁸ Co	2	<0.466	<0.391	
7	⁵⁹ Fe	5	<1.20	<0.968	
8	⁶⁰ Co	2	<0.655	<0.601	
9	⁶⁵ Zn	5	<1.22	<1.10	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.494	<0.358	
11	⁸⁸ Kr	없음	<2.86	<2.19	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.447	<0.435	
13	⁹⁵ Zr	5	<0.957	<0.719	
14	⁹⁵ Nb	5	<0.571	<0.459	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.625	<0.459	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.413	<0.356	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.40	<2.51	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	ND	<14.2	
19	^{110m} Ag	없음	<0.462	<0.366	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.563	<0.457	
21	¹³¹ I	1.5	<0.643	<0.490	
22	¹³³ Xe	없음	<2.88	<2.33	
23	^{133m} Xe	없음	<12.2	<11.4	
24	¹³⁴ Cs	5	<0.443	<0.341	
25	¹³⁷ Cs	5	1.32±0.114 (<0.540)	0.814±0.0821 (<0.0380)	
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	<0.388	
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.20	<3.93	
28	¹⁴⁰ La	70	<1.44	<1.55	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.964	<0.741	
30	¹⁴³ Ce	없음	<5.94	<7.33	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<3.91	<2.89	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.644	<0.719	
33	²¹² Bi	없음	<26.3	<21.1	
34	²¹² Pb	없음	7,542±66.3	11,183±1.75	
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.15	<0.693	
36	²¹⁴ Pb	없음	<1.10	<1.69	
37	²²⁶ Ra	없음	43.4±3.02	13.0±2.13	
38	²²⁷ Th	없음	<4.40	<3.02	
39	²²⁸ Ac	없음	<3.09	<2.19	
40	²³⁵ U	없음	<4.01	1.72±0.143	
41	²³⁷ U	없음	<6.01	<4.06	

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