

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2021년 4월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2021년 4월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 6종(빗물/정수/원수/해수/토양/갯벌) 12개 시료에 대한 조사결과 해수와 토양, 갯벌에서 ^{137}Cs 이 $<0.00135\sim0.00109\text{ Bq/L}$, $<0.513\sim14.0\text{ Bq/kg}$, $1.09\sim1.36\text{ Bq/kg}$ 로 각각 검출되었으나 평상범위 이내
 - 전국 해수 ^{137}Cs 평상범위 : $<0.00102\sim0.00243\text{ Bq/kg-dry}$ (KINS, '17년~'19년 자료)
 - 전국 토양 ^{137}Cs 평상범위 : $<0.495\sim15.8\text{ Bq/kg-dry}$ (KINS, '17년~'19년 자료)
 - 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 평상범위 : $<0.656\sim3.34\text{ Bq/kg-dry}$ (KINS, '17년~'19년 자료)
- 해수와 토양, 갯벌 해수 이외 모든 시료는 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 불검출

1. 조사 기간 : '20. 4. 1. ~ 4. 30.

2. 조사 대상 : 6종 12건

- 물시료 4종 6건(빗물 1, 정수 1, 원수 1, 해수 3)
- 토양 1종 4건(김해 4)
- 갯벌 1종 2건(거제 1, 남해 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	4월말	누계		
방사성물질 조사	220	46	12	58	26.4%	

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 빗물 및 먹는 물(양산시) 방사성물질 조사

구분	빗물	먹는 물	
		원수	정수
채취 지역	진주시	양산시	양산시
채취 장소	서부청사 별관1층	원동취수장	웅상정수장
채취 일시	3. 2. ~ 3. 30.	4. 14. 14:00	4. 14. 14:00
채취 수량	30 L	20 L	1 L
전처리	증발농축(30 L → 1 L)	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	8만초	1만초
분석 핵종	41개 핵종	41개 핵종	7개 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 • 방사성물질의 분포 경향 파악 		

Table 3. 방사성물질 조사(해수)

내 용	해 수		
채취 장소	남해군	거제시	진해구
채취 기간	4. 1. 11:20	4. 5. 15:30	4. 16. 13:20
채취 기구	두레박	두레박	두레박
채취 수량	70 L	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 4. 토양 방사성물질 조사

구분	김해 토양(등산로 2개소, 평지 2개소)	
채취 지역	등산로(신어산, 토곡산)	평지(김해대학교, 생림중학교)
채취 일시	4. 8. ~ 4. 9.	4. 8. ~ 4. 9.
채취 수량	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 	

Table 5. 갯벌 방사성물질 조사

구분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	남해군	거제시
채취 일시	4. 1. 15:20	4. 5. 15:50
채취 수량	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 빗물 및 먹는 물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 약 1개월(3.2.~3.30.) 동안 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 검사를 수행한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않음. 자연 방사성물질의 경우 ^{226}Ra 이 0.245 ± 0.0193 Bq/L로 검출됨. 이러한 결과에 근거하여 빗물의 경우 인공 방사성 물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함. 또한, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 6에 제시하였음.

2021년 4월에 양산시에서 조사의뢰한 방사선비상계획구역의 원동취수장 원수와 웅상정수장 정수에 대한 방사능조사를 수행함. 조사결과 정수, 원소 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질 모두 불검출. 자연 방사성물질의 경우 원수에서 ^{40}K , ^{212}Pb , ^{235}U 등이 각각 0.391 ± 0.0168 Bq/L, 109 ± 9.67 Bq/L, 0.0242 ± 0.00184 Bq/L로 검출됨. 이러한 조사결과에 근거하여 4월 먹는물의 경우 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 6에 수록함.

Table 6. 빗물 및 먹는 물 조사결과(Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	빗물	원수 (원동취수장)	정수 (웅상정수장)	비고
1	⁷ Be	없음	<0.0300	<0.0379	<1.69	빗물 및 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	<0.0852	0.391±0.0168	<2.45	
3	⁵¹ Cr	1	<0.0204	<0.0417	NA	
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00309	<0.00428	NA	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00358	<0.00537	NA	
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00319	<0.00452	NA	
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00749	<0.00939	NA	
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00558	<0.00490	NA	
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00641	<0.00975	NA	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00452	<0.00620	NA	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.243	<0.0837	NA	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00400	<0.00493	NA	
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00522	<0.00698	NA	
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00347	<0.00305	NA	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00442	<0.00531	NA	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00399	<0.00460	<0.240	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0278	<0.0367	NA	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	ND	<0.167	NA	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00296	<0.00439	NA	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00555	<0.00505	NA	
21	¹³¹ I	0.1	<0.00362	<0.00722	<0.269	
22	¹³³ Xe	없음	<0.0142	<0.0307	NA	
23	^{133m} Xe	없음	<0.0385	<0.210	NA	
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00241	<0.00428	<0.190	
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00346	<0.00480	<0.353	
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	<0.00525	NA	
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0167	<0.0202	NA	
28	¹⁴⁰ La	10	<0.00302	<0.0788	NA	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00652	<0.0104	NA	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0104	<0.148	NA	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0258	<0.0391	NA	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00548	<0.00782	NA	
33	²¹² Bi	없음	<2.03	<0.0665	NA	
34	²¹² Pb	없음	<0.0217	109±9.67	NA	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.0152	<0.0111	NA	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.0132	<0.00973	NA	
37	²²⁶ Ra	없음	0.245±0.0193	<0.150	NA	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0264	<0.0374	NA	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0802	<0.0526	NA	
40	²³⁵ U	없음	<0.0306	0.0242±0.00184	NA	
41	²³⁷ U	없음	<0.0325	<0.0540	NA	
42	²⁴¹ Am	없음	NA	NA	<2.89	

1. ⁴⁰K(칼륨)과 ²³⁵U(우라늄)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. 2 해수 시료

2021년 4월에 거제시 남부면 다대어촌체험마을과 남해군 설천면 어촌체험마을, 진해구 해군교육사령부에서 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 3건의 해수를 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 $<0.00135\sim 0.00109\text{ Bq/L}$ 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 , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{235}U 등이 각각 $<0.0462\sim 0.222\text{ Bq/L}$, $<0.00454\sim 4.78\text{ Bq/L}$, $<0.0302\sim 0.0561\text{ Bq/L}$, $<0.00796\sim 0.00492\text{ Bq/L}$ 로 검출됨.

이러한 분석결과에 근거하여 4월 해수시료의 경우 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향과 인공방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 아래 Table 7에 제시함. Table 7에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력 안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 7. 해수 분석결과(Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시	남해군	진해구
1	⁷ Be	없음	<0.00837	<0.00693	<0.0105
2	⁴⁰ K	없음	<0.0462	0.222±0.00751	0.188±0.00700
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.00905	<0.0118	<0.0109
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00107	<0.000953	<0.00110
5	⁵⁷ Co	없음	<0.000962	<0.00123	<0.00116
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00112	<0.00119	<0.00119
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00219	<0.00179	<0.00253
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00129	<0.000860	<0.00124
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00246	<0.00267	<0.00247
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.000400	<0.00169	<0.00168
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0170	<0.0192	<0.0187
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00126	<0.00140	<0.00163
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00181	<0.00199	<0.00158
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.000703	<0.00125	<0.00130
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00105	<0.000812	<0.00118
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00107	<0.00151	<0.00170
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.00825	<0.00960	<0.00966
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0259	<0.0293	ND
19	^{110m} Ag	없음	<0.000985	<0.000990	<0.00110
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00129	<0.00193	<0.00209
21	¹³¹ I	0.1	<0.0210	<0.0248	<0.150
22	¹³³ Xe	없음	<0.00430	<0.00598	<0.00715
23	^{133m} Xe	없음	<0.0323	<0.0558	<0.0932
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.000829	<0.00109	<0.00111
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00109±0.000215 (<0.00108)	<0.00135	<0.00135
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00100	ND	ND
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00454	<0.0136	<0.00823
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0123	<0.00605	<0.0220
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00185	<0.00176	<0.00207
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0200	<0.0425	<0.00965
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.00724	<0.00767	<0.00701
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00186	<0.00174	<0.00190
33	²¹² Bi	없음	<0.0156	<0.0173	<0.0162
34	²¹² Pb	없음	4.78±0.413	<15.9	<0.00454
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00402	<0.00575	<0.00580
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00210	<0.00510	<0.00517
37	²²⁶ Ra	없음	<0.0302	0.0561±0.00492	0.0535±0.00523
38	²²⁷ Th	없음	<0.00475	<0.00954	<0.0101
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0187	<0.0214	<0.0183
40	²³⁵ U	없음	0.00492±0.000367	ND	<0.00796
41	²³⁷ U	없음	<0.00603	<0.0101	<0.0122

1. 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)

5. 3 토양

2021년 4월에 고리원전 주변 지역인 김해시의 평지 및 등산로에서 총 4건의 표층토양을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 주요 인공 방사성물질인 ^{131}I 와 ^{134}Cs 는 모든 토양에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 총 4건의 토양에서 $<0.513\sim 14.0$ Bq/kg-dry로 나타났고, 결과는 Table 8에 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 ^{40}K , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{227}Th , ^{228}Ac , ^{235}U 등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 486~884 Bq/kg-dry, $<1.07\sim 33,434$ Bq/kg-dry, $<16.0\sim 54.2$ Bq/kg-dry, $<4.82\sim 5.05$ Bq/kg-dry, $<2.37\sim 189,300$ Bq/kg-dry, $<3.81\sim 2.36$ Bq/kg-dry로 나타남. 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 많아¹⁾ 분포경향 파악을 위해 선정함. ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 조사결과 농도는 각각 $<1.07\sim 33,434$ Bq/kg-dry, $<2.37\sim 189,300$ Bq/kg-dry로 높게 나타남. ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 는 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면²⁾ 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 의하면³⁾ 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 과 ^{228}Ac 만을 대상으로 선량을 평가할 경우 0.11 mSv보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

1) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

3) 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)

4월 토양시료의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 8에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 8. 김해시 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	신어산	무척산	김해대학교	생림중학교
1	⁷ Be	없음	<4.45	<4.82	<6.39	<5.22
2	⁴⁰ K	없음	657±6.04	486±5.49	884±6.66	664±5.62
3	⁵¹ Cr	15	<4.13	<4.78	<6.55	<4.64
4	⁵⁴ Mn	2	<0.578	<0.569	<0.659	<0.518
5	⁵⁷ Co	없음	<0.462	<0.499	<0.582	<0.495
6	⁵⁸ Co	2	<0.492	<0.512	<0.561	<0.481
7	⁵⁹ Fe	5	<1.15	<1.14	<1.11	<1.39
8	⁶⁰ Co	2	<0.687	<0.688	<0.760	<0.361
9	⁶⁵ Zn	5	<1.26	<1.20	<1.33	<1.18
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.520	<0.303	<0.616	<0.527
11	⁸⁸ Kr	없음	<3.03	<2.99	<3.33	<2.74
12	⁸⁸ Y	없음	<0.528	<0.538	<0.321	<0.272
13	⁹⁵ Zr	5	<0.997	<0.989	<1.10	<0.916
14	⁹⁵ Nb	5	<0.588	<0.637	<0.682	<0.548
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.636	<0.500	<0.733	<0.583
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.499	<0.540	<0.644	<0.272
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.61	<4.03	<3.86	<2.92
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<22.4	<0.231	<ND	ND
19	^{110m} Ag	없음	<0.532	<0.526	<0.526	<0.452
20	¹¹³ Sn	없음	<0.540	<0.665	<0.489	<0.458
21	¹³¹ I	3	<0.615	<0.837	0.805	0.552
22	¹³³ Xe	없음	<2.75	<4.66	<3.74	<2.90
23	^{133m} Xe	없음	<10.9	<37.2	<17.6	<13.4
24	¹³⁴ Cs	5	<0.477	<0.458	<0.516	<0.419
25	¹³⁷ Cs	5	14.0±0.212 (<0.490)	5.00±0.151 (<0.504)	<0.665	<0.513
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.525	<0.544	ND	ND
27	¹⁴⁰ Ba	70	<3.34	<2.51	<2.44	<1.34
28	¹⁴⁰ La	70	<2.08	<16.9	<1.77	<1.78
29	¹⁴¹ Ce	없음	<1.01	<1.05	<1.16	<0.940
30	¹⁴³ Ce	없음	<5.36	<38.1	<10.7	<7.52
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<4.06	<4.08	<4.00	<3.84
32	²⁰⁸ Tl	없음	<1.53	<1.62	<0.722	<0.595
33	²¹² Bi	없음	<27.1	<26.7	<33.9	<27.2
34	²¹² Pb	없음	5,656±46.6	<1.07	33,434±277	11,914±132
35	²¹⁴ Bi	없음	<2.06	<2.23	<1.86	<1.47
36	²¹⁴ Pb	없음	<1.03	<1.02	<1.27	<1.03
37	²²⁶ Ra	없음	53.1±3.13	54.2±3.07	<16.0	47.7±2.78
38	²²⁷ Th	없음	5.05±0.802	<4.82	<5.22	4.20±0.767
39	²²⁸ Ac	없음	189,300±3.836	<3.10	<3.60	<2.37
40	²³⁵ U	없음	2.36±0.222	1.77±0.223	<4.69	<3.81
41	²³⁷ U	없음	<5.17	<8.13	<7.65	<6.32

1. 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. 4 갯벌(해저퇴적물)

2021년 4월에 남해군 설천면의 문항어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선퇴적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 갯벌의 ^{137}Cs 농도 범위는 1.09~1.36 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 9에 수록함

자연 방사성물질의 경우 ^7Be , ^{40}K , ^{212}Pb , ^{226}Ra , ^{227}Th , ^{228}Ac , ^{235}U 등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 <3.59~5.15 Bq/kg-dry, 647~810 Bq/kg-dry, 404~124,910 Bq/kg-dry, <13.9~23.9 Bq/kg-dry, <3.19~5.56 Bq/kg-dry, <3.04~3,682 Bq/kg-dry, <4.01~1.80 Bq/kg-dry로 나타남. 자연 핵종 중 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)과 악티늄(^{228}Ac , 반감기 6.2시간)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 많아4) 분포경향 파악을 위해 선정함. ^{212}Pb 과 ^{228}Ac 조사결과 농도는 각각 404~124,910 Bq/kg-dry, <3.04~3,682 Bq/kg-dry로 높게 나타남. 이들 핵종은 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면5) 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 의하면6) 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.

4) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

6) 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)

4월 해저퇴적물의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 9에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 9. 갯벌 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	거제시	비고
1	⁷ Be	없음	5.15±0.862	<3.59	
2	⁴⁰ K	없음	810±6.27	647±5.98	
3	⁵¹ Cr	15	<3.65	<2.36	
4	⁵⁴ Mn	2	<0.576	<0.453	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.627	<0.393	
6	⁵⁸ Co	2	<0.508	<0.414	
7	⁵⁹ Fe	5	<0.895	<1.01	
8	⁶⁰ Co	2	<0.811	<0.667	
9	⁶⁵ Zn	5	<1.30	<1.09	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.586	<0.421	
11	⁸⁸ Kr	없음	<3.02	<2.28	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.540	<0.465	
13	⁹⁵ Zr	5	<0.988	<0.798	
14	⁹⁵ Nb	5	<0.630	<0.454	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.664	<0.507	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.622	<0.373	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.35	<2.58	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	ND	<16.4	
19	^{110m} Ag	없음	<0.495	<0.406	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.690	<0.467	
21	¹³¹ I	1.5	<0.697	<0.456	
22	¹³³ Xe	없음	<3.87	<1.89	
23	^{133m} Xe	없음	<21.3	<6.13	
24	¹³⁴ Cs	5	<0.463	<3.22	
25	¹³⁷ Cs	5	1.36±0.120 (<0.568)	1.09±0.0882	
26	¹³⁹ Ce	없음	ND	<0.418	
27	¹⁴⁰ Ba	70	<3.03	<1.50	
28	¹⁴⁰ La	70	<4.42	<1.59	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<1.05	<0.770	
30	¹⁴³ Ce	없음	<15.7	<2.35	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<4.17	<3.25	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.657	<0.977	
33	²¹² Bi	없음	<31.1	<0.207	
34	²¹² Pb	없음	124,910±1,079	404±5.32	
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.86	<1.75	
36	²¹⁴ Pb	없음	<1.16	<0.887	
37	²²⁶ Ra	없음	<13.9	23.9±2.38	
38	²²⁷ Th	없음	5.56±0.923	<3.19	
39	²²⁸ Ac	없음	<3.04	3,682±155	
40	²³⁵ U	없음	<4.02	1.80±0.163	
41	²³⁷ U	없음	<7.63	3.17	

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)