

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2020년 11월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2020년 11월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 9종(공기/빗물/정수/원수/해수/솔잎/쭉/토양/갯벌) 20개 시료에 대한 조사결과 토양과 갯벌, 해수에서 ^{137}Cs 이 각각 불검출 \sim 11.8 Bq/kg, 1.50 \sim 1.68 Bq/kg 불검출 \sim 0.00106 Bq/L로 정상범위 이내
 - 전국 토양 ^{137}C 정상범위 : 불검출 \sim 15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년 \sim '19년 자료)
 - 전국 해저퇴적물 ^{137}C 정상범위 : 불검출 \sim 3.34 Bq/kg-dry(KINS, '17년 \sim '19년 자료)
 - 전국 해수 ^{137}C 정상범위 : 불검출 \sim 0.00243 Bq/L(KINS, '17년 \sim '19년 자료)
- 토양과 갯벌, 해저퇴적물 이외 모든 시료는 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 불검출

1. 조사 기간 : '20. 11. 1. ~ 11. 30.

2. 조사 대상 : 9종 20건

- 공기시료 1건
- 물시료 4종 7건(빗물 1, 정수 2, 원수 1, 해수 3)
- 지표식물 2종 2건(솔잎 1, 쭉 1)
- 토양 1종 8건(솔잎채취지점 1, 쭉채취지점 1, 양산 4, 마산합포 1, 마산회원 1)
- 갯벌 1종 2건(거제 1, 남해 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	11월말	누계		
방사성물질 조사	330	282	20	302	91.5%	

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(빗물 및 공기)

내 용	빗물	공기
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	11. 1. ~ 11. 30.	11. 1. ~ 11. 30.
채취 기구	빗물 채집기	저용적 공기포집기
채취 수량	11 L	3,888 m ³
전 처 리	증발농축(11 L → 1 L)	N/A
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	11. 18. 18:00	
채취 수량	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	거제시	남해군	진해구
채취 기간	11. 24. 16:50	11. 24. 14:50	11. 03. 16:10
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 5. 지표식물 방사성물질 조사

구분	쭉	솔잎
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	웅상정수장 주변	웅상정수장 정문
채취 일시	11. 27. 14:10	11. 27. 15:40
채취 수량	약 2 kg	2~3 kg
전처리	이물질 제거 후 건조분쇄	
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	41개 핵종(자연 및 인공)	
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. 토양 방사성물질 조사

구분	고리원전 영향 파악		기타 지역 방사능 조사
채취 지역	양산(등산로2, 평지2)	지표식물 채취지점	마산합포구1, 마산회원구1
채취 일시	11.25. 14:30~16:30	11. 27. 14:30 ~ 15:40	11.3. 14.10 ~ 15:30
채취 수량	3~5 kg		
전처리	건조(105 °C, 48시간)→분쇄(믹서기)→2 μ m 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 7. 갯벌 방사성물질 조사

구분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	남해군	거제시
채취 일시	11. 24. 14:35	11. 24. 17:00
채취 수량	2~4 kg	
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 μ m 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 약 1개월(10.30.~11.30.) 동안 포집한 공기 시료 총 3,888 m³에 대한 조사를 수행한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁷Be만이 0.00278±0.0000477 Bq/m³로 검출되어 11월 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 8에 제시하였음.

5. 2 빗물 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 약 1개월(10.30.~11.30.) 동안 포집한 빗물 시료 총 11 L에 대한 조사를 수행한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질과 ⁷Be, ⁴⁰K 등의 자연 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 11월 빗물 시료의 경우 고리원전 및 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 8에 제시하였음.

Table 8. 공기 및 빗물 분석 결과

순 서	분석 핵종	공기(Bq/m ³)		빗물(Bq/L)	
		고시2017-17호 MDA	11월	고시2017-17 MDA	11월
1	⁷ Be	N/A	0.00278±0.0000477	N/A	불검출
2	⁴⁰ K	N/A	불검출	N/A	불검출
3	⁵¹ Cr	5E-03	불검출(<1.16E-4)	1	불검출(<0.060)
4	⁵⁴ Mn	8E-05	불검출(<1.29E-5)	0.5	불검출(<0.0077)
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	N/A	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	불검출(<1.32E-5)	0.05	불검출(<0.0078)
7	⁵⁹ Fe	5E-04	불검출(2.90E-5)	0.03	불검출(<0.016)
8	⁶⁰ Co	8E-05	불검출(<1.50E-5)	0.02	불검출(<0.0082)
9	⁶⁵ Zn	5E-04	불검출(<2.95E-5)	0.05	불검출(<0.017)
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	N/A	불검출
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	N/A	불검출
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	N/A	불검출
13	⁹⁵ Zr	5E-04	불검출(<2.44E-5)	0.5	불검출(<0.014)
14	⁹⁵ Nb	5E-04	불검출(<1.79E-5)	0.5	불검출(<0.010)
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	N/A	불검출
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	N/A	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	N/A	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	N/A	불검출
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	N/A	불검출
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	N/A	불검출
21	¹³¹ I	5E-02	불검출(<2.85E-5)	0.1	불검출(<0.013)
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	불검출(<1.24E-5)	0.008	불검출(<0.0062)
25	¹³⁷ Cs	8E-05	불검출(<1.32E-5)	0.008	불검출(<0.0080)
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	불검출(<6.30E-5)	10	불검출(<0.041)
28	¹⁴⁰ La	0.1	불검출(<5.23E-5)	10	불검출(<0.021)
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	N/A	불검출
33	²¹² Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
34	²¹² Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
37	²²⁶ Ra	N/A	불검출	N/A	불검출
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	N/A	불검출
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	N/A	불검출
40	²³⁵ U	N/A	불검출	N/A	불검출
41	²³⁷ U	N/A	불검출	N/A	불검출

1. ⁷Be(베릴륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

5. 3 먹는물(원수 및 정수) 시료

2020년 11월 18일에 양산시에서 조사의뢰한 방사선비상계획구역 내·외부의 신도시취수장 원수와 신도시 및 범어 정수에 대한 방사능조사를 수행함. 조사 결과 정수, 원수 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질 모두 검출되지 않아 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 9에 수록함.

Table 9. 양산시 먹는물(관원) 조사결과(Bq/L)

시료	지역	장소	핵종	조사결과(Bq/L)		비고
				농도	MDA	
정수	양산시	신도시 정수장	^{131}I	불검출	<0.306	<ul style="list-style-type: none"> · WHO Guideline 적용 · 1만초 계측(1 L 사용)
			^{134}Cs	불검출	<0.208	
			^{137}Cs	불검출	<0.286	
		범어 정수장	^{131}I	불검출	<0.277	
			^{134}Cs	불검출	<0.177	
			^{137}Cs	불검출	<0.264	
원수	양산시	신도시 취수장	^{131}I	불검출	<0.00494	<ul style="list-style-type: none"> · 원자력안전위원회고시 제2017-17호 -3개 핵종모두 MDA 요건 만족 · 8만초 계측(20 L 사용)
			^{134}Cs	불검출	<0.00394	
			^{137}Cs	불검출	<0.00428	

5. 4 해수 시료

2020년 11월에 거제시 장목면 대계마을과 남해군 미조면 천하마을, 진해구 해군교육사령부 주변에서 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 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기로 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 거제시 해수에서 $0.00106 \pm 0.000209 \text{ Bq/L}$ 로 검출됨. 해수에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해수를 분석한 후 제시한 불검출 $\sim 0.00243 \text{ Bq/Ly}$ 범위에 포함되었고, 해수에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

이러한 분석결과에 근거하여 11월 해수시료의 경우 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향과 인공방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 아래 Table 10에 제시함. Table 10에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력 안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 10. 해수 분석결과(Bq/L)

순서	핵종	11월 해수			
		MDA	거제시	남해군	진해구
1	⁷ Be	N/A	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	N/A	0.217±0.00642	0.171±0.00598	0.149±0.00627
3	⁵¹ Cr	0.05	불검출(<0.00888)	불검출(<0.00968)	불검출(<0.00842)
4	⁵⁴ Mn	0.005	불검출(<0.00108)	불검출(<0.00102)	불검출(<0.000958)
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	불검출(<0.00110)	불검출(<0.00109)	불검출(<0.00103)
7	⁵⁹ Fe	0.005	불검출(<0.00232)	불검출(<0.00232)	불검출(<0.00221)
8	⁶⁰ Co	0.005	불검출(<0.00124)	불검출(<0.00119)	불검출(<0.00126)
9	⁶⁵ Zn	0.02	불검출(<0.00245)	불검출(<0.00228)	불검출(<0.00233)
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	0.006	불검출(<0.00171)	불검출(<0.00188)	불검출(<0.00176)
14	⁹⁵ Nb	0.006	불검출(<0.00139)	불검출(<0.00155)	불검출(<0.00150)
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	0.1	불검출(<0.0182)	불검출(<0.0215)	불검출(<0.0201)
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	불검출(<0.00100)	불검출(<0.000723)	불검출(<0.000740)
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00106±0.000209 불검출(<0.00107)	불검출(<0.00121)	불검출(<0.00116)
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	불검출(<0.00481)	불검출(<0.00558)	불검출(<0.00462)
28	¹⁴⁰ La	0.1	불검출(<0.0258)	불검출(<0.00832)	불검출(<0.00237)
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	N/A	불검출	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	불검출
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

5. 5 지표식물(솔잎 및 쭉) 시료

2020년 11월에 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅상정수장 정문 및 주변에서 지표식물인 솔잎과 쭉을 각각 1건씩 총 2건을 채취함. 채취한 시료는 전처리를 수행한 후 감마핵종분석기를 이용하여 8만초 계측하였고, 그 결과를 Table 11에 상세히 수록함. 조사결과 솔잎과 쭉에서 ^7Be 이 각각 16.9 ± 0.558 Bq/kg-fresh, 36.1 ± 0.814 Bq/kg-fresh로 검출되었고, ^{40}K 는 솔잎에서만 47.9 ± 0.894 Bq/kg-fresh로 검출됨. ^{226}Ra 의 경우 솔잎과 쭉에서 각각 11.2 ± 0.661 Bq/kg-fresh, 7.82 ± 0.650 Bq/kg-fresh로 검출됨.

지표식물에서 ^7Be , ^{40}K , ^{226}Ra 등의 자연 방사성물질이 검출되었지만 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 핵종은 전혀 검출되지 않아 고리 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 11. 지표식물 분석결과(Bq/kg-freshdry)

순서	핵종	MDA	솔잎	쭉	비고
			응상정수장 경문	응상정수장 주변	
1	⁷ Be	N/A	16.9±0.558	36.1±0.814	
2	⁴⁰ K	N/A	47.9±0.894	불검출	
3	⁵¹ Cr	3	불검출(<0.668)	불검출(<0.633)	
4	⁵⁴ Mn	1	불검출(<0.0557)	불검출(<0.104)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	1	불검출(<0.0563)	불검출(<0.0766)	
7	⁵⁹ Fe	2	불검출(<0.122)	불검출(<0.136)	
8	⁶⁰ Co	1	불검출(<0.0662)	불검출(<0.0851)	
9	⁶⁵ Zn	2	불검출(<0.132)	불검출(<0.200)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.5	불검출(<0.0903)	불검출(<0.145)	
14	⁹⁵ Nb	0.5	불검출(<0.0818)	불검출(<0.0969)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.5	불검출(<0.106)	불검출(<0.131)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.1	불검출(<0.0463)	불검출(<0.0704)	
25	¹³⁷ Cs	0.1	불검출(<0.0608)	불검출(<0.0770)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	2	불검출(<0.399)	불검출(<0.412)	
28	¹⁴⁰ La	2	불검출(<0.377)	불검출(<0.698)	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	11.2±0.661	7.82±0.650	
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

5. 6 토양 시료

2020년 11월에 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅성정수장 정문과 주변에서 채취한 솔잎 및 쭉과 동일한 지점에서 표층토양 2건을 채취하였고, 평지 2곳과 등산로 2곳에서 각각 1건씩 총 4건의 표층토양을 채취함. 또한, 기타 지역 방사능 조사를 위해 마산합포구와 마산회원구 주택단지에서 각 1건씩 총 2건의 표층토양을 채취함.

채취한 8건의 토양은 전처리 수행 후 감마핵종분석기를 이용하여 2만초 계측하였고, 그 결과를 Table 12~Table 13에 상세히 수록함. 8건의 표층토양을 대상으로 조사를 수행한 결과 자연방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{222}Th , ^{235}U 등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 불검출~11.7 Bq/kg-dry, 불검출~867 Bq/kg-dry, 불검출~63.5 Bq/kg-dry, 불검출~4.49 Bq/kg-dry, 불검출~2.21 Bq/kg-dry로 나타남. ^{131}I , ^{134}Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 8건의 토양에서 불검출~11.8 Bq/kg-dry로 나타남. 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~15.8 Bq/kg-dry 범위에 포함되었고, 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 12. 지표식물 채취지점의 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	MDA	솔잎채취지점	쭉채취지점	비고
			웅상정수장 정문	웅상정수장 주변	
1	⁷ Be	N/A	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	N/A	불검출	불검출	
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<1.98)	불검출(<3.22)	
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.347)	불검출(<0.276)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.474)	불검출(<0.278)	
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<0.276)	불검출(<0.614)	
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.379)	불검출(<0.216)	
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<0.290)	불검출(<0.495)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<0.507)	불검출(<0.506)	
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.335)	불검출(<0.318)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	15	불검출(<2.18)	불검출(<2.12)	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	1.5	불검출(<0.383)	불검출(<0.385)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.282)	불검출(<0.214)	
25	¹³⁷ Cs	5	불검출(<0.323)	불검출(<0.281)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<1.58)	불검출(<0.307)	
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	불검출	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	63.5±3.96	불검출	
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	

1. ²²⁶Ra(라듐)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

Table 13. 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	MDA	양산시 방사선비상계획구역				기타 지역(주택단지)	
			천성산	오봉산	웅상정수장	삼호34근린공원	마산합포구	마산회원구
1	⁷ Be	N/A	불검출	11.7±0.811	불검출	불검출	불검출	6.97±0.736
2	⁴⁰ K	N/A	298±3.62	327±3.71	455±4.56	336±4.06	867±6.09	597±5.33
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<3.16)	불검출(<3.96)	불검출(<3.70)	불검출(<4.40)	불검출(<3.86)	불검출(<3.85)
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.470)	불검출(<0.467)	불검출(<0.515)	불검출(<0.519)	불검출(<0.596)	불검출(<0.516)
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.420)	불검출(<0.403)	불검출(<0.455)	불검출(<0.529)	불검출(<0.493)	불검출(<0.418)
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<0.836)	불검출(<0.858)	불검출(<1.00)	불검출(<0.998)	불검출(<1.09)	불검출(<1.02)
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.489)	불검출(<0.512)	불검출(<0.579)	불검출(<0.577)	불검출(<0.715)	불검출(<0.626)
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<0.915)	불검출(<0.914)	불검출(<1.02)	불검출(<1.08)	불검출(<1.28)	불검출(<1.07)
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<0.777)	불검출(<0.829)	불검출(<0.872)	불검출(<0.976)	불검출(<0.883)	불검출(<0.899)
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.510)	불검출(<0.515)	불검출(<0.543)	불검출(<0.587)	불검출(<0.561)	불검출(<0.531)
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	15	불검출(<3.34)	불검출(<3.25)	불검출(<3.49)	불검출(<3.68)	불검출(<3.78)	불검출(<3.26)
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	1.5	불검출(<0.706)	불검출(<0.667)	불검출(<0.696)	불검출(<0.844)	불검출(<0.607)	불검출(<0.667)
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.402)	불검출(<0.391)	불검출(<0.410)	불검출(<0.424)	불검출(<0.468)	불검출(<0.413)
25	¹³⁷ Cs	5	11.8±0.197 불검출(<0.278)	6.23±0.156 불검출(<0.188)	4.47±0.146 불검출(<0.163)	9.88±0.194 불검출(<0.254)	1.46±0.124 불검출(<0.126)	1.11±0.101 불검출(<0.103)
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<2.00)	불검출(<1.91)	불검출(<2.17)	불검출(<2.29)	불검출(<2.01)	불검출(<2.01)
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	N/A	40.8±2.70	34.3±2.68	35.8±2.84	40.0±3.05	30.8±2.88	27.4±2.57
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	4.49±0.788	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	N/A	1.92±0.187	1.80±0.185	1.84±0.194	2.21±0.209	1.85±0.196	1.30±1.77
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²³⁵U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

5. 7 갯벌 시료

2020년 11월에 남해군 설천면의 문항어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선평적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사를 수행한 결과 자연 방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{235}U 등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 3.49~3.62 Bq/kg-dry, 592~749 Bq/kg-dry, 19.5~24.0 Bq/kg-dry, 1.33~1.82 Bq/kg-dry로 나타났고, 상세한 조사결과는 아래 Table 14에 수록함

조사한 총 2건 갯벌의 ^{137}Cs 농도 범위는 1.50~1.68 Bq/kg-dry로 나타났고, 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 불검출~3.34 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 2건의 모든 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.

Table 14. 갯벌 분석결과(Bq/kg-fresh)

순서	핵종	11월 갯벌(해저퇴적물)			비고
		MDA	남해군	거제시	
1	⁷ Be	N/A	3.49±0.686	3.62±0.696	
2	⁴⁰ K	N/A	749±5.25	592±5.85	
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<3.58)	불검출(<3.17)	
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.421)	불검출(<0.494)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.414)	불검출(<0.441)	
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<1.04)	불검출(<1.00)	
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.628)	불검출(<0.647)	
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<1.05)	불검출(<1.09)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<0.765)	불검출(<0.733)	
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.493)	불검출(<0.500)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	1.5	불검출(<0.624)	불검출(<0.544)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.363)	불검출(<0.370)	
25	¹³⁷ Cs	5	1.50±0.0964 불검출(<0.996)	1.68±0.108 불검출(<0.112)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<1.86)	불검출(<1.68)	
28	¹⁴⁰ La	70	불검출(<9.17)	불검출(<2.71)	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	24.0±2.33	19.5±2.54	
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	1.33±0.160	1.82±0.168	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²³⁵U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임