

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2021년 8월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2021년 8월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 8종(공기/빗물/정수/원수/해수/쭉/토양/갯벌) 14개 시료에 대한 조사결과
토양(10.8 ± 0.188 Bq/kg)과 갯벌(1.57 ± 0.116 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출
 - 토양의 ^{137}Cs 농도는 정상범위를 초과하였으나 문헌자료 이내
 - ※ 전국 토양 ^{137}Cs 정상범위 : $<0.428 \sim 3.83$ Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
 - ※ 문헌자료 : $13.2 \sim 103.1$ Bq/kg-dry('14년도 한국방사성폐기물학회)
 - 갯벌의 ^{137}Cs 농도는 정상범위 이내
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : $<0.428 \sim 3.83$ Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
- 토양 및 갯벌 이외 모든 시료는 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 불검출

1. 조사 기간 : '21. 8. 1. ~ 8. 31.

2. 조사 대상 : 8종 14건

- 대기 2종 2건(공기1, 빗물1)
- 물시료 3종 5건(정수1, 원수1, 해수3)
- 쭉 1건(의령1), 토양 4건(등산로 2, 평지 1, 쭉 채취지점1)
- 갯벌 2건(거제1, 남해1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

| 구분 | 계획 | 실적 | | | 진도율 (%) | 비고 |
|-------------|-----|-----|-----|-----|------------|----|
| | | 기누계 | 8월말 | 누계 | | |
| 방사성물질 조사 | 220 | 127 | 14 | 141 | 64.1% | |

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(공기 및 빗물)

| 구 분 | 공기 | 빗물 |
|-------|---|------------------|
| 채취 장소 | 서부청사 별관1층 | 서부청사 별관1층 |
| 채취 기간 | 8. 19. ~ 8. 31. | 8. 1. ~ 8. 31. |
| 채취 기구 | 공기포집기 | 빗물채집기 |
| 채 취 량 | 1,368 m ³ | 30 L |
| 전 처 리 | N/A | 증발농축(30 L → 1 L) |
| 계측 시간 | 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 • 방사성물질 분포경향 파악 | |

* N/A(해당 없음, Not Available)

Table 3. 방사성물질 조사(양산시 먹는물)

| 구 분 | 원수 | 정수 |
|-------|---|--|
| 채취 지역 | 양산시 | 양산시 |
| 채취 장소 | 신도시취수장 | 신도시 및 범어 정수장 |
| 채취 일시 | 8. 13. 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 4. 방사성물질 조사(해수)

| 구 분 | 해 수 | | |
|-------|---|--------------|--------------|
| 채취 장소 | 남해군 | 거제시 | 진해구 |
| 채취 기간 | 8. 6. 15:00 | 8. 11. 11:40 | 8. 13. 12:10 |
| 채취 기구 | 20 L 말통 | 20 L 말통 | 20 L 말통 |
| 채 취 량 | 70 L | 70 L | 70 L |
| 전 처 리 | 요오드 : 증발·농축(5 L → 1 L), 요오드외 : AMP 공침(60 L) | | |
| 계측 시간 | 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(썩 및 토양)

| 구 분 | 썩 | 토양 |
|-------|---|---|
| 채취 지역 | 의령군 1개소 | 썩 채취지점(의령군 1개소) |
| 채취 일시 | 8. 9. 16:20 | 8. 9. 16. 30. |
| 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 6. 방사성물질 조사(등산로 및 평지 토양)

| 구 분 | 등산로 | 평지 |
|-------|---|---|
| 채취 지역 | 김해시 무척산 2개소 | 생림중학교(김해시 1개소) |
| 채취 일시 | 8. 30. 16:20 | 8. 30. 16. 30. |
| 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 7. 방사성물질 조사(갯벌)

| 구 분 | 갯 벌 | |
|-------|---|--------------|
| 채취 지역 | 남해군 | 거제시 |
| 채취 일시 | 8. 6. 14:20 | 8. 11. 14:00 |
| 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 공기

서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 8월에 공기 시료 1,368 m³를 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질 조사한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질이 검출되지 않았고, 자연 방사성물질의 경우 ²¹²Pb이 0.000989±0.000159 Bq/m³로 검출됨. 조사결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 8월 공기의 경우 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨. ²¹²Pb는 ²³⁸U의 계열붕괴 핵종으로 반감기는 10.6시간임

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA(최소검출방사능, Minimum Detectable Activity) 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 Table 8에 제시하였음.

5. 2 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 8월에 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대해 조사한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질과 자연 방사성물질이 검출되지 않아 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨.

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단되고, 분석 결과는 Table 8에 제시하였음.

Table 8. 공기 및 빗물 조사결과

| 순서 | 분석 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 8월 공기(Bq/m ³) | 고시2017-17 MDA | 8월 빗물(Bq/L) |
|----|--------------------|-------------------|---------------------------|------------------|-------------|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 5E-03 | <2.77E-04 | 5E-03 | <0.0254 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 8E-05 | <3.99E-05 | 8E-05 | <0.00289 |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 3E-04 | <4.27E-06 | 3E-04 | <0.00298 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 5E-04 | <7.64E-05 | 5E-04 | <0.00631 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 8E-05 | <2.89E-06 | 8E-05 | <0.00327 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 5E-04 | <6.84E-05 | 5E-04 | <0.00643 |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 5E-04 | <7.32E-05 | 5E-04 | <0.00531 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 5E-04 | <4.92E-05 | 5E-04 | <0.00355 |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 17 | ¹⁰⁶ Rh | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 18 | ¹⁰⁹ Cd | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 19 | ^{110m} Ag | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 20 | ¹¹³ Sn | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 21 | ¹³¹ I | 5E-02 | <6.54E-05 | 5E-02 | <0.00431 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 8E-05 | <4.65E-06 | 8E-05 | <0.00215 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 8E-05 | <4.43E-06 | 8E-05 | <0.00348 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | ND | 없음 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 0.1 | <1.56E-04 | 0.1 | <0.0128 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 0.1 | <4.54E-05 | 0.1 | <0.0392 |
| 29 | ¹⁴¹ Ce | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 30 | ¹⁴³ Ce | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 31 | ¹⁴⁴ Ce | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 32 | ²⁰⁸ Tl | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 33 | ²¹² Bi | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 34 | ²¹² Pb | 없음 | 0.000989±0.000159 | 없음 | 불검출 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 없음 | 불검출 |

1. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

2. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

5. 3 먹는물(원수 및 정수)

양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 원동취수장 원수와 웅상정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질과 자연 방사성물질이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨. 상세한 조사결과 Table 9에 제시하였음.

Table 9. 양산시 먹는물 조사결과(Bq/L)

| 순서 | 분석 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 원수 (원동취수장) | 정수 (웅상정수장) | 비고 |
|----|--------------------|-------------------|---------------|---------------|--|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 원수 · 원자력안전위원회고시 2017-17호 MDA 적용 정수 · WHO Guideline 적용 - ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 각 10 Bq/L · MDA 기준 없음 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 3 | ⁵¹ Cr | 1 | <0.0425 | | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 0.5 | <0.00466 | | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 0.05 | <0.00428 | | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 0.03 | <0.00875 | | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 0.02 | <0.00496 | | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 0.05 | <0.00956 | | |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | | |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | | |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | | |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 0.5 | <0.00823 | | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.5 | <0.00517 | | |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 | | |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 17 | ¹⁰⁶ Rh | 없음 | 불검출 | | |
| 18 | ¹⁰⁹ Cd | 없음 | 불검출 | | |
| 19 | ^{110m} Ag | 없음 | 불검출 | | |
| 20 | ¹¹³ Sn | 없음 | 불검출 | | |
| 21 | ¹³¹ I | 0.1 | <0.00653 | 불검출 | |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.008 | <0.00360 | 불검출 | |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.008 | <0.00506 | 불검출 | |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 10 | <0.0192 | | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 10 | <0.0589 | | |
| 29 | ¹⁴¹ Ce | 없음 | 불검출 | | |
| 30 | ¹⁴³ Ce | 없음 | 불검출 | | |
| 31 | ¹⁴⁴ Ce | 없음 | 불검출 | | |
| 32 | ²⁰⁸ Tl | 없음 | 불검출 | | |
| 33 | ²¹² Bi | 없음 | 불검출 | | |
| 34 | ²¹² Pb | 없음 | 불검출 | | |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | | |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | | |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 불검출 | | |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | | |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | | |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | | |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | | |
| 42 | ²⁴¹ Am | 없음 | NA | 불검출 | |

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. 4 해수

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 인몰리브덴산암모늄 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 3건의 해수를 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않아 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨. 자연 방사성물질의 경우 ^{40}K 이 2건의 해수에서 0.107~0.129 Bq/L로 검출되었고, 조사결과는 Table 10에 제시함. 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 10. 해수 조사결과(Bq/L)

| 순서 | 핵종 | 고시 2017-17호 MDA | 거제시 | 남해군 | 진해구 |
|----|--------------------|--------------------|---------------|---------------|-----------|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 0.129±0.00556 | 0.107±0.00540 | 불검출 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 0.05 | <0.00715 | <0.00931 | <0.0102 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 0.005 | <0.00129 | <0.00118 | <0.000923 |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 0.005 | <0.00118 | <0.00107 | <0.00123 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 0.005 | <0.00268 | <0.00252 | <0.00367 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 0.005 | <0.00128 | <0.00127 | <0.00147 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 0.02 | <0.00251 | <0.00232 | <0.00391 |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 0.006 | <0.00215 | <0.00201 | <0.00184 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.006 | <0.00118 | <0.00107 | <0.00134 |
| 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 | 0.1 | <0.0239 | <0.0342 | <0.0311 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.003 | <0.000994 | <0.00100 | <0.00146 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.003 | <0.00128 | <0.00130 | <0.00143 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 0.1 | <0.00596 | <0.00508 | <0.00589 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 0.1 | <0.0664 | <0.0296 | <0.0197 |
| 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 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

1. ⁴⁰K(칼륨), 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 쏙 및 토양

지표식물과 토양간의 상관관계를 파악하고, 인공 방사성물질에 의한 영향 여부를 조사하기 위해 의령군에서 쏙 1건을 채취하였고, 쏙 채취지점과 동일한 지점에서 토양 1건을 채취함. 또한 고리원전에 의한 영향을 파악하기 위해 김해시 등산로와 평지에서 3건의 토양을 채취함.

채취한 총 5건의 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 핵종은 모든 시료에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 김해시 무척산 토양에서 $10.8 \pm 0.188 \text{ Bq/kg-dry}$ 로 나타났으며, 결과는 Table 11~Table 12에 수록함. 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 KINS에서 최근 3년간 (2018년~2020년)간 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 쏙시료에서 ^7Be ($25.6 \pm 0.337 \text{ Bq/kg-dry}$)과 ^{40}K ($120 \pm 1.10 \text{ Bq/kg-dry}$), ^{212}Pb ($94.7 \pm 8.17 \text{ Bq/kg-dry}$) 등이 검출됨. 토양에서는 ^{40}K ($463 \sim 750 \text{ Bq/kg-dry}$)와 ^{212}Pb ($10,797 \sim 24,616 \text{ Bq/kg-dry}$), ^{226}Ra ($32.2 \sim 33.2 \text{ Bq/kg-dry}$), ^{227}Th ($17.9 \pm 1.66 \text{ Bq/kg-dry}$), ^{235}U ($2.34 \pm 0.201 \text{ Bq/kg-dry}$) 등의 자연 방사성물질이 검출됨. 자연 핵종 중 납(^{212}Pb , 반감기 10.6시간)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 농도가 높게 나타났지만 짧은 반감기로 오차가 크고³⁾, 피폭선량 평가 자료조사⁴⁾에 의하면 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

8월 토양시료의 경우 ^{131}I 와 ^{134}Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 11~Table 12에서

1) 문헌자료: $132 \sim 103.1 \text{ Bq/kg-dry}$ (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

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)

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

Table 11. 썩 및 토양 조사결과

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 의령 썩 (Bq/kg-fresh) | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 의령 토양 (Bq/kg-dry) |
|----|--------------------|-------------------|-----------------------|--------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 25.6±0.337 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 120±1.10 | ⁴⁰ K | 없음 | 819±6.48 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 3 | <0.888 | ⁵¹ Cr | 15 | <4.14 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 1 | ND | ⁵⁴ Mn | 2 | ND |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 1 | <0.0951 | ⁵⁸ Co | 2 | <0.591 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 2 | <0.187 | ⁵⁹ Fe | 5 | <0.556 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 1 | <0.130 | ⁶⁰ Co | 2 | <0.206 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 2 | <0.228 | ⁶⁵ Zn | 5 | <1.22 |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 0.5 | <0.172 | ⁹⁵ Zr | 5 | <1.27 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.5 | <0.0993 | ⁹⁵ Nb | 5 | <0.676 |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 |
| 17 | ¹⁰⁶ Rh | 없음 | 불검출 | ¹⁰⁶ Rh | 없음 | 불검출 |
| 18 | ¹⁰⁹ Cd | 없음 | 불검출 | ¹⁰⁹ Cd | 없음 | 불검출 |
| 19 | ^{110m} Ag | 없음 | 불검출 | ^{110m} Ag | 없음 | 불검출 |
| 20 | ¹¹³ Sn | 없음 | 불검출 | ¹¹³ Sn | 없음 | 불검출 |
| 21 | ¹³¹ I | 0.5 | <0.114 | ¹³¹ I | 3 | <0.803 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.1 | <0.0815 | ¹³⁴ Cs | 5 | <0.571 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.1 | <0.0994 | ¹³⁷ Cs | 5 | <0.712 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 2 | <0.552 | ¹⁴⁰ Ba | 70 | <1.80 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 2 | <0.459 | ¹⁴⁰ La | 70 | <2.74 |
| 29 | ¹⁴¹ Ce | 없음 | 불검출 | ¹⁴¹ Ce | 없음 | 불검출 |
| 30 | ¹⁴³ Ce | 없음 | 불검출 | ¹⁴³ Ce | 없음 | 불검출 |
| 31 | ¹⁴⁴ Ce | 없음 | 불검출 | ¹⁴⁴ Ce | 없음 | 불검출 |
| 32 | ²⁰⁸ Tl | 없음 | 불검출 | ²⁰⁸ Tl | 없음 | 불검출 |
| 33 | ²¹² Bi | 없음 | 불검출 | ²¹² Bi | 없음 | 불검출 |
| 34 | ²¹² Pb | 없음 | 97.4±8.17 | ²¹² Pb | 없음 | 24,616±214 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 불검출 | ²²⁶ Ra | 없음 | 52.9±3.06 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 |

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨)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. 등산로 및 평지 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 무척산 정상 | 무척산 중턱 | 생림중학교 |
|----|--------------------|-------------------|------------|--------------------|------------|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 463±4.25 | 750±5.25 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 15 | <4.51 | <4.01 | <4.36 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 2 | ND | <0.488 | <0.540 |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 2 | <0.484 | <0.436 | <0.467 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 5 | <1.30 | <0.975 | <1.08 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 2 | <0.534 | <0.579 | <0.672 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 5 | <1.86 | <1.06 | <1.23 |
| 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 | <0.857 | <0.882 | <0.976 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 5 | <0.512 | <0.554 | <0.586 |
| 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 | 3 | <0.600 | <0.586 | <0.621 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 5 | <0.752 | <0.434 | <0.449 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 5 | <0.945 | 10.8±0.188(<0.442) | <0.537 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 70 | <1.76 | <1.91 | <2.01 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 70 | <2.09 | <4.24 | <4.73 |
| 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 | 10,803±170 | 10,797±154 | 17,858±242 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | ND | 32.2±2.89 | 33.2±3.03 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 17.9±1.66 | 불검출 | 불검출 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 2.34±0.201 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

1. ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨)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 갯벌

남해군 설천면의 문향어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험 마을에서 각각 1건씩 해안선평적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 조사결과 인공 방사성물질인 ^{131}I 와 ^{134}Cs 는 모든 시료에서 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 남해 갯벌에서 1.57 ± 0.116 Bq/kg-dry로 나타났지만 한국원자력안전 기술원에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상 범위(<0.428~3.83 Bq/kg-dry) 내에 포함됨.

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 제2017-17 호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단되고, 조사결과는 Table 11에 제시하였음.

자연 방사성물질의 경우 갯벌에서 ^{40}K (804~1,140 Bq/kg-dry)와 ^{226}Ra (10.9~43.9 Bq/kg-dry)이 검출됨. ^{40}K 는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기(13억년)가 길어 대부분의 시료에서 검출되는 핵종이고, ^{226}Ra 는 ^{238}U 의 계열붕괴 핵종으로 반감기는 1,600년임

Table 13. 갯벌 조사결과(Bq/kg-dry)

| 순서 | 핵종 | 고사2017-17호 MDA | 남해군 | 거제시 | 비고 |
|----|--------------------|-------------------|--------------------|------------|----|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 804±5.91 | 1,140±5.78 | |
| 3 | ⁵¹ Cr | 15 | <5.04 | <3.01 | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 2 | <0.559 | <0.426 | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 2 | <0.536 | <0.398 | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 5 | <0.952 | <1.13 | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 2 | <0.442 | <0.676 | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 5 | <1.15 | <1.17 | |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 5 | <1.09 | <0.742 | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 5 | <0.677 | <0.456 | |
| 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 | 1.5 | <0.919 | <0.603 | |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 5 | <0.365 | <0.305 | |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 5 | 1.57±0.116(<0.529) | <0.439 | |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 70 | <2.95 | <1.76 | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 70 | <8.85 | <8.96 | |
| 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 | 43.9±3.29 | 10.9±1.95 | |
| 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(칼륨), 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)