

2023년 5월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2023년 5월 환경 방사성물질 조사결과

- 6종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양/지표식물) 26건 시료에 대한 조사결과
 - 갯벌(0.432~0.987 Bq/kg)과 토양(0.511~2.04 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '23. 5. 1. ~ 5. 31.

2. 조사 대상 : 6종 26건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 갯벌 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 토양 4건[등산로3(천성산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]
- 지표식물 2건(천성산 정상 솔잎1, 쭉1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

| 구 분 | 계 획 | 실 적 | | | 진도율 (%) | 비 고 |
|---------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
| | | 기누계 | 5월말 | 누계 | | |
| 방사성물질조사 | 320 | 96 | 26 | 122 | 38.1% | |

4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

| 시 료 | 조사 핵종 | 조사 기준 |
|----------|--|--|
| 정수 | 방사성요오드(¹³¹ I), 세슘(¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs) 등 7종 -원전 영향 5종(¹⁰³ Ru, ¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs, ²⁴¹ Am) -우주 및 지각 방사선 영향 2종(⁷ Be, ⁴⁰ K) | 세계보건기구 먹는물 가이드라인 (WHO Guideline for Drinking Water Quality) |
| 정수 이외 | 방사성요오드(¹³¹ I), 세슘(¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs) 등 41종 -원전 영향 27종(¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 등) -북한 지하 핵실험 영향 2종(⁸⁸ Kr, ¹³³ Xe) -우주 및 지각 방사선 영향 12종 (⁷ Be, ⁴⁰ K 등) | 원자력안전위원회 고시 제2017-17호 |

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

| 순서 | 핵종 | 핵종명 | 반감기 | 비 고 | 순서 | 핵종 | 핵종명 | 반감기 | 비고 |
|----|--------------------|------|-----------------------|--------------|----|--------------------|------|---------------------|----------------------------|
| 1 | ⁷ Be | 베릴륨 | 53.3일 | 자연(우주방사선) | 22 | ¹³³ Xe | 제논 | 5.24일 | 인공(핵분열생성물) |
| 2 | ⁴⁰ K | 칼륨 | 1.3×10 ⁹ 년 | 자연(비붕괴계열) | 23 | ^{133m} Xe | 제논 | 2.2일 | 인공(핵분열생성물) |
| 3 | ⁵¹ Cr | 크롬 | 27.7일 | 인공(방사화부식생성물) | 24 | ¹³⁴ Cs | 세슘 | 2년 | 인공(핵분열생성물) |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 망간 | 312.3일 | 인공(방사화부식생성물) | 25 | ¹³⁷ Cs | 세슘 | 30년 | 인공(핵분열생성물) |
| 5 | ⁵⁷ Co | 코발트 | 271.8일 | 인공(방사화부식생성물) | 26 | ¹³⁹ Ce | 세륨 | 138일 | 인공(핵분열생성물) |
| 6 | ⁵⁸ Co | 코발트 | 70.8일 | 인공(방사화부식생성물) | 27 | ¹⁴⁰ Ba | 바륨 | 12.8일 | 인공(핵분열생성물) |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 철 | 44.5일 | 인공(방사화부식생성물) | 28 | ¹⁴⁰ La | 란타넘 | 1.68일 | 인공(핵분열생성물) |
| 8 | ⁶⁰ Co | 코발트 | 5.27년 | 인공(방사화부식생성물) | 29 | ¹⁴¹ Ce | 세륨 | 32.5일 | 인공(핵분열생성물) |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 아연 | 244.3일 | 인공(핵분열생성물) | 30 | ¹⁴³ Ce | 세륨 | 1.4일 | 인공(핵분열생성물) |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 스트론튬 | 64.8일 | 인공(핵분열생성물) | 31 | ¹⁴⁴ Ce | 세륨 | 285일 | 인공(핵분열생성물) |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 크립톤 | 2.84시간 | 인공(핵분열생성물) | 32 | ²⁰⁸ Tl | 탈륨 | 3.1분 | 자연(²³² Th 딸핵종) |
| 12 | ⁸⁸ Y | 이트륨 | 106.7일 | 인공(핵분열생성물) | 33 | ²¹² Pb | 납 | 10.6시간 | 자연(²³² Th 딸핵종) |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 지르코늄 | 64일 | 인공(핵분열생성물) | 34 | ²¹² Bi | 비스무스 | 60.6분 | 자연(²³² Th 딸핵종) |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 나이오븀 | 35일 | 인공(핵분열생성물) | 35 | ²¹⁴ Bi | 비스무스 | 19.9분 | 자연(²³⁸ U 딸핵종) |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 로듐 | 3.3년 | 인공(핵분열생성물) | 36 | ²¹⁴ Pb | 납 | 26.8분 | 자연(²³⁸ U 딸핵종) |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 루테튬 | 39.3일 | 인공(핵분열생성물) | 37 | ²²⁶ Ra | 라듐 | 1,600년 | 자연(²³⁸ U 딸핵종) |
| 17 | ¹⁰⁶ Rh | 로듐 | 368.2일 | 인공(핵분열생성물) | 38 | ²²⁷ Th | 토륨 | 18.7일 | 자연(²³⁵ U 딸핵종) |
| 18 | ¹⁰⁹ Cd | 카드뮴 | 462.6일 | 인공(핵분열생성물) | 39 | ²²⁸ Ac | 악티늄 | 6.2시간 | 자연(²³² Th 딸핵종) |
| 19 | ^{101m} Ag | 은 | 250일 | 인공(핵분열생성물) | 40 | ²³⁵ U | 우라늄 | 7×10 ⁸ 년 | 자연(어미핵종) |
| 20 | ¹¹³ Sn | 주석 | 115일 | 인공(핵분열생성물) | 41 | ²³⁷ U | 우라늄 | 6.8일 | 자연핵종 |
| 21 | ¹³¹ I | 요오드 | 8일 | 인공(핵분열생성물) | | | | | |

5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 대기

| 구 분 | 공 기 | | 5월 빗물 |
|-------|---|----------------------|------------------|
| | 5월(초중순) | 5월(중하순) | |
| 채취 장소 | 서부청사 별관1층 | 서부청사 별관1층 | 서부청사 별관1층 |
| 채취 기간 | 4. 28. ~ 5. 12. | 5. 12. ~ 5. 26. | 5. 1. ~ 5. 31. |
| 채취 기구 | 공기포집기 | 공기포집기 | 빗물채집기 |
| 채 취 량 | 1,814 m ³ | 1,814 m ³ | 20 L |
| 전 처 리 | 없음 | 없음 | 증발농축(20 L → 1 L) |
| 계측 장비 | 감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector) | | |
| 계측 시간 | 공기(8만초), 빗물(8만초) | | |

Table 5. 먹는물

| 구 분 | 원 수 | 정 수 |
|-------|---|------------------|
| 재취 지역 | 양산시 | 양산시 |
| 채취 장소 | 신도시 및 원동 취수장 | 신도시, 범어 및 웅상 정수장 |
| 의뢰 일시 | 5. 10. 18:00 | 5. 10. 18:00 |
| 채 취 량 | 20 L | 1 L |
| 전처리 | 증발농축(20 L → 1 L) | 없음 |
| 계측 장비 | 감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector) | |
| 계측 시간 | 8만초 | 1만초 |

Table 6. 해수

| 구 분 | 해 수 | | |
|-------|--|---------------------|----------------------|
| 채취 지역 | 창원시 진해구, 고성군 | 남해군, 사천시 | 거제시, 통영시 |
| 채취 일시 | 5. 4. 10:30 ~ 16:30 | 5. 9. 10:30 ~ 17:00 | 5. 15. 10:00 ~ 17:00 |
| 채 취 량 | 70 L | | |
| 전 처 리 | 요오드; 증발.농축(5 L → 1 L), 요오드 와; 인몰리브덴산암모늄 공침(60 L) | | |
| 계측 장비 | 감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector) | | |
| 계측 시간 | 8만초 | | |

Table 7. 갯벌

| 구 분 | 갯 벌 | | |
|-------|---|---------------------|----------------------|
| 채취 지역 | 창원시 진해구, 고성군 | 남해군, 사천시 | 거제시, 통영시 |
| 채취 일시 | 5. 4. 10:30 ~ 16:30 | 5. 9. 10:30 ~ 17:00 | 5. 15. 10:00 ~ 17:00 |
| 채 취 량 | 3 ~ 5 kg | | |
| 전 처 리 | 건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm) | | |
| 계측 장비 | 감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector) | | |
| 계측 시간 | 2만초 | | |

Table 8. 토양과 지표식물(고리원전 인근지역, 양산시)

| 구 분 | 토양 | 지표식물(쑥, 솔잎) |
|-------|--|-----------------------------------|
| 채취 지역 | - 등산로 3건(천성산 정상/중턱/기슭 각 1건) - 평지 1건(천성산 주변) | - 쑥 1건(천성산 정상) - 솔잎 1건(천성산 정상) |
| 채취 일시 | 5. 16. 10:00 ~ 17:00 | 5. 16. 10:00 ~ 17:00 |
| 채 취 량 | 3 ~ 5 kg | |
| 전처리 | 건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm) | |
| 계측 장비 | 감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector) | |
| 계측 시간 | 2만초 | |

6. 방사성물질 조사 결과

6. 1. 공기

2023년 5월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m³, 1,814 m³의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연 핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)만이 모든 시료에서 0.000794 ± 0.000108 Bq/m³, 0.00214 ± 0.0000995 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 5월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 방사성물질은 원자력 안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 핵종의 경우 납(²¹²Pb)이 1.09 ± 0.184 Bq/L로 검출됨. 납(²¹²Pb)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 5월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고,

상세한 분석 결과는 Table 10에 수록함.

자연 핵종의 경우 라듐(^{226}Ra)이 모든 원수 시료에서 0.272 ± 0.0418 Bq/L와 0.249 ± 0.0410 Bq/L로 검출되었고, 우라늄(^{235}U)의 경우 원동취수장 원수에서만 0.0154 ± 0.00244 Bq/L로 검출됨. 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 4. 해수

2023년 5월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]에서 각 지열별로 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 11에 수록함.

자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 4건(66.7%)에서 $0.0928 \sim 0.141$ Bq/L로 검출되었고, 라듐(^{226}Ra)은 사천시 해수에서만 0.0508 ± 0.00815 Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 지각 방사선 영향을 파악할 수 있는 비계열붕괴 핵종이고, 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)의 계열붕괴 핵종으로 토양에 많이 존재.

6. 5. 갯벌

2023년 5월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]에서 각각 1건씩 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 갯벌을 조사한 사유는 원전에서 방사성물질이 해양으로 방류될 경우 해수를 통해 확산된 후 갯벌 등에 최종 침적되기 때문임. 조사결과 모든 시료에서 세슘(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 모든 시료에서 $0.432 \sim 0.987$ Bq/kg-dry로 검출되었으며, 최근 3년간의 세슘(^{137}Cs) 경향을 Figure 2에 수록함. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~ 3.83 Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(^{137}Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 12에 수록함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)이 4건(66.7%)에서 $4.16\sim 21.6$ Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 5건(83.3%)에서 $303\sim 662$ Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 4건(66.7%)에서 $662\sim 156,890$ Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 $24.3\sim 41.9$ Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 1건(16.7%)에서 5.47 ± 0.895 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 3건(50.0%)에서 $7,630\sim 124,320$ Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 3건(50.0%)에서 $1.06\sim 1.18$ Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 각각 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 6. 토양(양산시)

2023년 5월에 고리원전 인근지역인 양산시의 천성산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 천성산 주변에서 평지 토양 1건을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 의한 영향을 파악하기 위한 것임. 채취한 총 4건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 3건(75.0%)에서 $0.511\sim 2.04$ Bq/kg-dry로 검출되었으며, 최근 2년간의 세슘(^{137}Cs) 경향을 Figure 3에 수록함.

검출된 값은 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~ 15.8 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(^{137}Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 13에 수록함.

자연 핵종의 경우 베릴륨(^7Be)이 1건(25.0%)에서 4.45 ± 0.821 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 $266\sim 608$ Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 3건(75.0%)에서 $2,175\sim 80,866$ Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 $53.6\sim 81.4$ Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 3건(75.0%)에서 $4.81\sim 5.23$ Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 3건(75.0%)에서 $34,437\sim 312,220$ Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 1건(25.0%)에서 1.52 ± 0.207 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 각각 우주선과 지각

방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 7. 지표식물(솔잎, 쭉)

2023년 5월에 고리원전 인근지역인 양산시의 천성산 정상에서 지표식물인 솔잎과 쭉을 각각 1건씩 총 2건을 채취함. 채취한 시료를 전처리한 후 감마핵종 분석기를 이용하여 조사한 결과 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 14에 수록함.

자연 핵종의 경우 베릴륨(^7Be)이 모든 시료에서 34.7 ± 0.635 Bq/kg-dry와 66.7 ± 0.830 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 쭉에서 4.77 ± 0.814 Bq/kg-dry로 검출됨. 베릴륨(^7Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

| 순서 | 분석핵종 | 고시2017-17호 MDA | 5월 공기(Bq/m ³) | | 고시2017-17호 MDA | 5월 빗물(Bq/L) |
|----|--------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------|
| | | | 초중순 | 중하순 | | |
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 0.000794±0.000108 | 0.00214±0.0000995 | 없음 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 5E-03 | <4.62E-04 | <2.68E-04 | 1 | <0.0299 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 8E-05 | <5.87E-05 | <4.03E-05 | 0.5 | <0.00306 |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 3E-04 | <5.65E-05 | <4.56E-05 | 0.05 | <0.00312 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 5E-04 | <1.23E-04 | <9.84E-05 | 0.03 | <0.00679 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 8E-05 | <6.35E-05 | <4.60E-05 | 0.02 | <0.00359 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 5E-04 | <1.25E-04 | <9.53E-05 | 0.05 | <0.00684 |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 5E-04 | <9.14E-05 | <7.66E-05 | 0.5 | <0.00498 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 5E-04 | <7.57E-05 | <5.74E-05 | 0.5 | <0.00358 |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 17 | ¹⁰⁶ Rh | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 18 | ¹⁰⁹ Cd | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 19 | ^{110m} Ag | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 20 | ¹¹³ Sn | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 21 | ¹³¹ I | 5E-02 | <8.35E-05 | <1.44E-04 | 0.1 | <0.00410 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 8E-05 | <5.30E-05 | <4.42E-05 | 0.008 | <0.00267 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 8E-05 | <5.58E-05 | <4.04E-05 | 0.008 | <0.00323 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 1E-01 | <2.48E-04 | <2.05E-04 | 10 | <0.0148 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 1E-01 | <1.08E-03 | <1.03E-03 | 10 | <0.0235 |
| 29 | ¹⁴¹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 30 | ¹⁴³ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 31 | ¹⁴⁴ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 32 | ²⁰⁸ Tl | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 33 | ²¹² Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 34 | ²¹² Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 1.09±0.184 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 |

1. 베릴륨(⁷Be), 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

| 순서 | 분석핵종 | 원수 | | | 정수 | | | |
|----|--------------------|-------------------|--------------|----------------|-----|--------|--------|--------|
| | | 고시2017-17호 MDA | 신도시취수장 | 원동취수장 | MDA | 신도시정수장 | 범어정수장 | 응상정수장 |
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 1 | <0.0459 | <0.0650 | | | | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 0.5 | <0.00572 | <0.00422 | | | | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 0.05 | <0.00489 | <0.00619 | | | | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 0.03 | <0.0116 | <0.00645 | | | | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 0.02 | <0.00544 | <0.00294 | | | | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 0.05 | <0.00966 | <0.00773 | | | | |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 0.5 | <0.0107 | <0.00702 | | | | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.5 | <0.00448 | <0.00725 | | | | |
| 15 | ¹⁰¹ Rh | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 16 | ¹⁰³ Ru | 없음 | 불검출 | 불검출 | 없음 | 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 | <0.0102 | <0.00408 | 없음 | <0.429 | <0.464 | <0.427 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.008 | <0.00231 | <0.00373 | 없음 | <0.297 | <0.281 | <0.295 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.008 | <0.00639 | <0.00558 | 없음 | <0.208 | <0.303 | <0.288 |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 10 | <0.0329 | <0.0232 | | | | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 10 | <0.0231 | <0.0157 | | | | |
| 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 | 0.272±0.0418 | 0.249±0.0410 | | | | |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 0.0154±0.00244 | | | | |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | | | | |
| 42 | ²⁴¹ Am | 없음 | | | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

1. ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하
-정수의 경우 MDA 기준 없음

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 남해군 | 사천시 | 창원시 진해구 | 비고 |
|----|--------------------|-------------------|---------------|----------------|-----------|----|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 0.141±0.00922 | 불검출 | 불검출 | |
| 3 | ⁵¹ Cr | 0.05 | <0.0169 | <0.0138 | <0.00390 | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 0.005 | <0.00153 | <0.00150 | <0.000465 | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 0.005 | <0.00185 | <0.00172 | <0.000466 | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 0.005 | <0.00404 | <0.00395 | <0.000898 | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 0.005 | <0.00187 | <0.00181 | <0.000519 | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 0.02 | <0.00379 | <0.00344 | <0.000998 | |
| 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 | <0.00288 | <0.00296 | <0.000772 | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.006 | <0.00244 | <0.00264 | <0.000578 | |
| 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 | <0.0261 | <0.0219 | <0.0278 | |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.003 | <0.00160 | <0.00170 | <0.000440 | |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.003 | <0.00176 | <0.00181 | <0.000529 | |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 0.1 | <0.0110 | <0.0109 | <0.00181 | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 0.1 | <1.13 | <0.858 | <0.00460 | |
| 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 | 0.0508±0.00815 | 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. 칼륨(⁴⁰K)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 고성군 | 거제시 | 통영시 | 비고 |
|----|--------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|----|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 0.0928±0.00951 | 0.125±0.00890 | 0.141±0.00893 | |
| 3 | ⁵¹ Cr | 0.05 | <0.0136 | <0.0128 | <0.0132 | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 0.005 | <0.00152 | <0.00161 | <0.00158 | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 0.005 | <0.00160 | <0.00173 | <0.00156 | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 0.005 | <0.00362 | <0.00324 | <0.00330 | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 0.005 | <0.00176 | <0.00176 | <0.00170 | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 0.02 | <0.00345 | <0.00351 | <0.00354 | |
| 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 | <0.00278 | <0.00256 | <0.00259 | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 0.006 | <0.00228 | <0.00210 | <0.00216 | |
| 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 | <0.00221 | <0.00799 | <0.00578 | |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.003 | <0.00129 | <0.00162 | <0.00158 | |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.003 | <0.00171 | <0.00175 | <0.00186 | |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 0.1 | <0.00699 | <0.00693 | <0.00667 | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 0.1 | <0.0243 | <0.0246 | <0.0166 | |
| 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)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

| 순서 | 핵종 | 고사2017-17호 MDA | 남해군 | 사천시 | 고성군 | 창원시 진해구 | 거제시 | 통영시 |
|----|---------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | ^7Be | 없음 | 11.4±0.840 | 12.4±0.781 | 21.6±1.05 | 4.16±0.801 | 불검출 | 불검출 |
| 2 | ^{40}K | 없음 | 390±4.68 | 654±53.57 | 662±5.92 | 불검출 | 486±5.82 | 303±4.39 |
| 3 | ^{51}Cr | 15 | <3.63 | <3.15 | <3.78 | <4.10 | <3.68 | <3.15 |
| 4 | ^{54}Mn | 2 | <0.376 | <0.426 | <0.555 | <0.439 | <0.437 | <0.422 |
| 5 | ^{57}Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 6 | ^{58}Co | 2 | <0.409 | <0.408 | <0.492 | <0.515 | <0.410 | <0.352 |
| 7 | ^{59}Fe | 5 | <0.953 | <1.05 | <1.17 | <1.10 | <1.00 | <0.838 |
| 8 | ^{60}Co | 2 | <0.516 | <0.601 | <0.701 | <0.620 | <0.614 | <0.502 |
| 9 | ^{65}Zn | 5 | <0.974 | <1.13 | <1.24 | <1.14 | <1.15 | <0.909 |
| 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 | <0.742 | <0.685 | <0.976 | <0.873 | <0.853 | <0.772 |
| 14 | ^{95}Nb | 5 | <0.477 | <0.460 | <0.593 | <0.535 | <0.497 | <0.404 |
| 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 | $^{110\text{m}}\text{Ag}$ | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 20 | ^{113}Sn | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 21 | ^{131}I | 1.5 | <0.718 | <0.486 | <0.735 | <0.750 | <0.572 | <0.475 |
| 22 | ^{133}Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 23 | $^{133\text{m}}\text{Xe}$ | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 24 | ^{134}Cs | 5 | <0.356 | <0.375 | <0.454 | <0.414 | <0.302 | <0.365 |
| 25 | ^{137}Cs | 5 | 0.518±0.0788 (<0.388) | 0.432±0.0730 (<0.364) | 0.745±0.107 (<0.527) | 0.987±0.108 (<0.514) | 0.804±0.0926 (<0.438) | 0.767±0.0854 (<0.403) |
| 26 | ^{139}Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 27 | ^{140}Ba | 70 | <1.95 | <1.51 | <2.28 | <2.06 | <1.77 | <1.52 |
| 28 | ^{140}La | 70 | <24.8 | <1.88 | <8.25 | <8.72 | <2.88 | <2.46 |
| 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 | 불검출 | 662±8.71 | 156,890±1,396 | 불검출 | 3,427±41.5 | 2,722±32.0 |
| 35 | ^{214}Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 36 | ^{214}Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 37 | ^{226}Ra | 없음 | 28.5±2.28 | 24.3±2.45 | 41.9±3.07 | 41.9±2.78 | 38.8±2.60 | 33.7±2.40 |
| 38 | ^{227}Th | 없음 | 불검출 | 불검출 | 5.47±0.895 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 39 | ^{228}Ac | 없음 | 불검출 | 7,630±263 | 불검출 | 불검출 | 124,320±437 | 86,815±262 |
| 40 | ^{235}U | 없음 | 불검출 | 1.12±0.169 | 1.18±0.219 | 불검출 | 불검출 | 1.06±0.170 |
| 41 | ^{237}U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

1. 베릴륨(^7Be), ^{40}K (칼륨), ^{212}Pb (납), ^{226}Ra (라듐), 토륨(^{227}Th), ^{228}Ac (악티늄), ^{235}U (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 13. 양산시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 등산로(천성산) | | | 평지 (천성산 주변) |
|----|--------------------|-------------------|-------------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| | | | 정상 | 중턱 | 기슭 | |
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 4.45±0.821 |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 381±5.34 | 608±71.6 | 266±4.66 | 423±5.81 |
| 3 | ⁵¹ Cr | 15 | <4.16 | <4.93 | <4.53 | <3.85 |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 2 | <0.533 | <0.594 | <0.447 | <0.518 |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 6 | ⁵⁸ Co | 2 | <0.479 | <0.588 | <0.469 | <0.489 |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 5 | <0.981 | <1.28 | <1.01 | <1.05 |
| 8 | ⁶⁰ Co | 2 | <0.625 | <0.777 | <0.543 | <0.633 |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 5 | <1.04 | <1.34 | <0.998 | <1.12 |
| 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 | <1.02 | <1.17 | <0.971 | <0.958 |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 5 | <0.567 | <0.644 | <0.597 | <0.569 |
| 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 | <0.568 | <0.685 | <0.901 | <0.628 |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 5 | <0.465 | <0.485 | <0.353 | <0.330 |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 5 | <0.560 | 1.97±0.140 (<0.629) | 2.04±0.115 (<0.491) | 0.511±0.0976 (<0.490) |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 70 | <1.88 | <2.24 | <2.43 | <1.95 |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 70 | <2.53 | <3.61 | <32.8 | <3.42 |
| 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 | 2,175±18.6 | 7,423±55.6 | 불검출 | 80,866±58.6 |
| 35 | ²¹⁴ Bi | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 36 | ²¹⁴ Pb | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |
| 37 | ²²⁶ Ra | 없음 | 66.8±3.13 | 74.6±3.51 | 53.6±2.99 | 81.4±3.18 |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 4.81±0.902 | 5.23±0.866 | 5.18±0.787 |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 34,437±70.9 | 243,260±447 | 불검출 | 312,220±5,796 |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 1.52±0.207 | 불검출 |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | 불검출 | 불검출 |

1. ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 14. 방사선비상계획구역 지표식물(솔잎, 쭉) 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

| 순서 | 핵종 | 고시2017-17호 MDA | 쭉 (천성산 정상) | 솔잎 (천성산 정상) | 비고 |
|----|--------------------|-------------------|---------------|----------------|----|
| 1 | ⁷ Be | 없음 | 34.7±0.635 | 66.7±0.830 | |
| 2 | ⁴⁰ K | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 3 | ⁵¹ Cr | 6 | <0.202 | <0.319 | |
| 4 | ⁵⁴ Mn | 2 | <0.00953 | <0.00870 | |
| 5 | ⁵⁷ Co | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 6 | ⁵⁸ Co | 2 | <0.0335 | <0.0106 | |
| 7 | ⁵⁹ Fe | 3 | <0.0575 | <0.0541 | |
| 8 | ⁶⁰ Co | 2 | <0.0322 | <0.0228 | |
| 9 | ⁶⁵ Zn | 3 | <0.0643 | <0.0595 | |
| 10 | ⁸⁵ Sr | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 11 | ⁸⁸ Kr | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 12 | ⁸⁸ Y | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 13 | ⁹⁵ Zr | 1 | <0.0595 | <0.0576 | |
| 14 | ⁹⁵ Nb | 1 | <0.0269 | <0.0336 | |
| 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 | <0.032 | <0.0558 | |
| 22 | ¹³³ Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 23 | ^{133m} Xe | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 24 | ¹³⁴ Cs | 0.1 | <0.0266 | <0.0290 | |
| 25 | ¹³⁷ Cs | 0.1 | <0.0258 | <0.0268 | |
| 26 | ¹³⁹ Ce | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 27 | ¹⁴⁰ Ba | 5 | <0.135 | <0.101 | |
| 28 | ¹⁴⁰ La | 5 | <0.0286 | <0.105 | |
| 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 | 4.77±0.814 | 불검출 | |
| 38 | ²²⁷ Th | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 39 | ²²⁸ Ac | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 40 | ²³⁵ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | |
| 41 | ²³⁷ U | 없음 | 불검출 | 불검출 | |

- ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

6. 7. 최근 3년간 월별 세슘(^{137}Cs) 분포경향(2021년~)

※ 정상범위(KINS 자료)는 최근 7~8년간 최고값의 평균치

(해수 0.00227 Bq/L, 갯벌 3.51 Bq/kg-dry, KINS 평지 10.2 Bq/kg-dry)

※ 정상범위(도내 등산로) 38.1 Bq/kg-dry는 도내 등산로(정상) 25곳 조사결과('15~'17년)

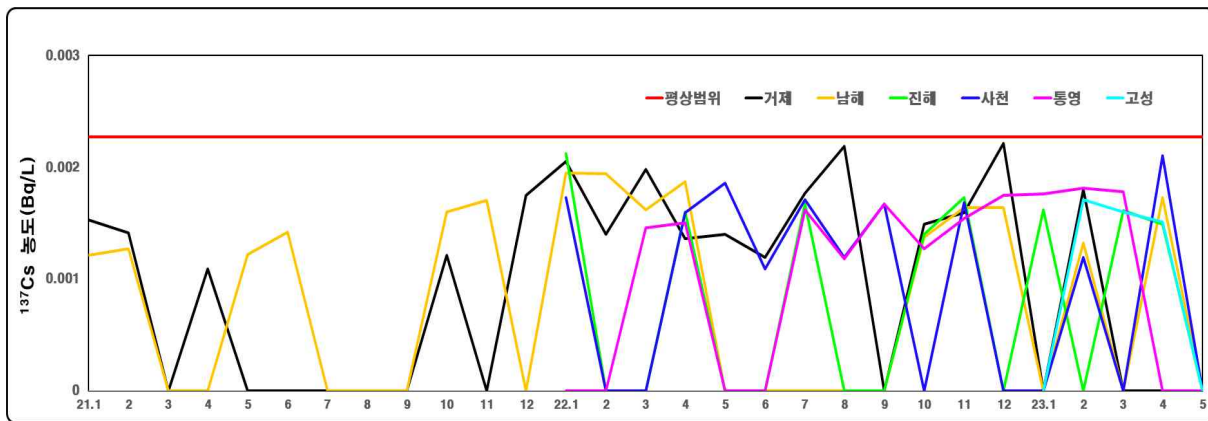


Fig. 1. 최근 3년간 해수의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

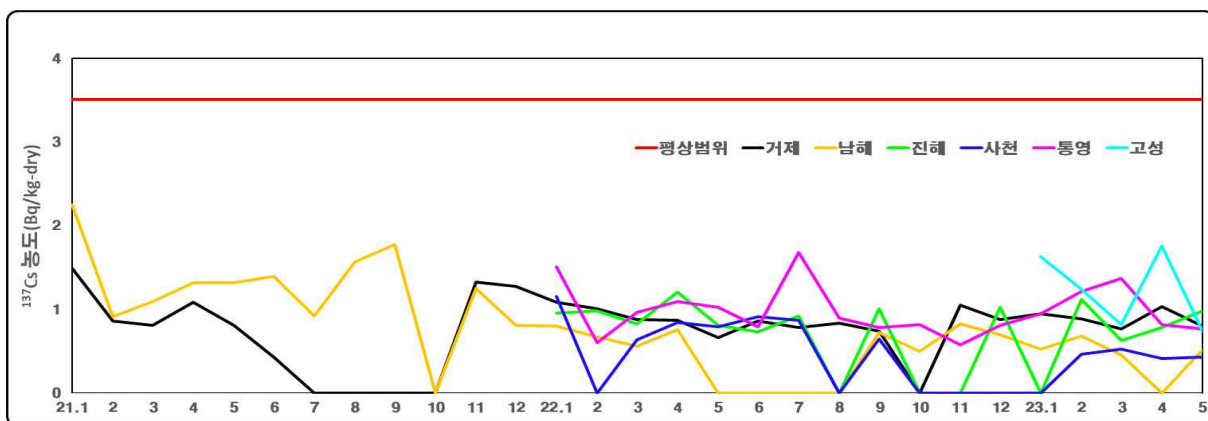


Fig. 2. 최근 3년간 갯벌의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

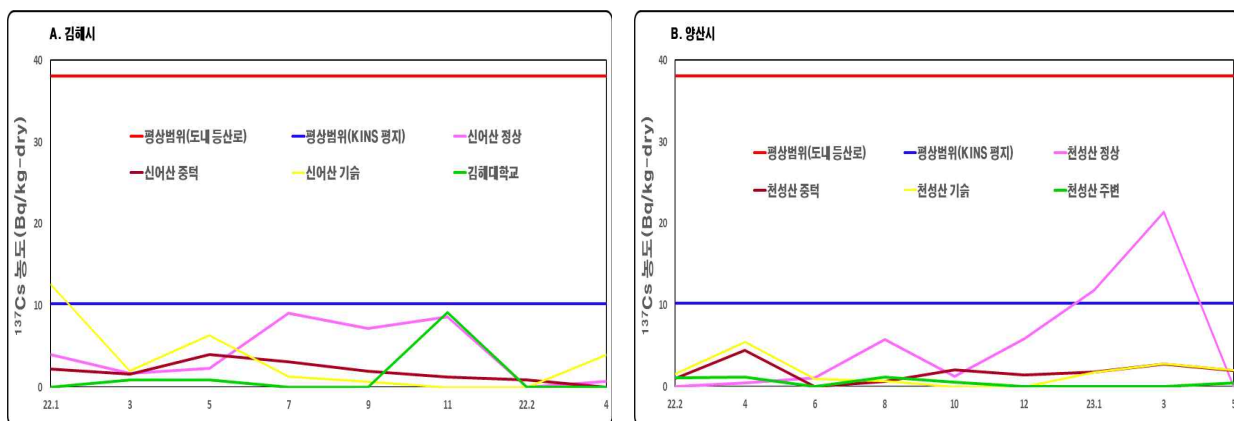


Fig. 3. 최근 2년간 등산로 및 평지 토양의 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2021).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2020).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 21, 35 (2019).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2018).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2017).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 78 (2021).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2019).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2018).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2017).
11. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, pp 211 (2017)