

# 2023년 1월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

# 2023년 1월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 조사결과
  - 해수(0.00162~0.00176 Bq/L), 갯벌(0.529~1.63 Bq/kg), 토양(1.77~11.8 Bq/kg)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출되었고(정상범위 이내),  $^{137}\text{Cs}$  이외 모든 인공핵종 불검출
    - ※ 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~0.00243 Bq/L(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 토양(평지)  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
  - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '23. 1. 1. ~ 1. 31.

2. 조사 대상 : 5종 24건

- 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]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	1월말	누계		
방사성물질조사	320	0	24	24	7.5%	

#### 4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

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

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

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

5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 공기

구 분	공 기		1월 빗물
	1월(초중순)	1월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	1. 1. ~ 1. 16.	1. 16. ~ 1. 31.	1. 1. ~ 1. 31.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	2,074 m <sup>3</sup>	1,944 m <sup>3</sup>	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 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
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
의뢰 일시	1. 11. 18:00	1. 11. 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	남해군, 사천시	거제시, 통영시	창원시 진해구, 고성군
채취 일시	1. 6. 10:30 ~ 16:00	1. 9. 10:30 ~ 16:30	1. 19. 10:20 ~ 17:20
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	남해군, 사천시	거제시, 통영시	창원시 진해구, 고성군
채취 일시	1. 6. 10:30 ~ 16:00	1. 9. 10:30 ~ 16:30	1. 19. 10:20 ~ 17:20
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. 토양(고리원전 인근지역, 양산시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	천성산 주변
채취 일시	1. 10. 10:30 ~ 15:30	1. 10. 15:40
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 1월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 2,074 m<sup>3</sup>, 1,944 m<sup>3</sup>의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 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(<sup>7</sup>Be)은 모든 시료에서  $0.00147 \pm 0.0000783$  Bq/m<sup>3</sup>과  $0.00910 \pm 0.000116$  Bq/m<sup>3</sup>로, 칼륨(<sup>40</sup>K)은 1건(50%)에서  $0.00275 \pm 0.000143$  Bq/m<sup>3</sup>로 각각 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be)과 칼륨(<sup>40</sup>K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선 및 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

### 6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 1월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 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 칼륨(<sup>40</sup>K)과 납(<sup>212</sup>Pb), 악티늄(<sup>228</sup>Ac)이 각각  $0.567 \pm 0.0209$  Bq/L,  $0.456 \pm 0.0585$  Bq/L,  $18.2 \pm 3.59$  Bq/L로 검출됨. 칼륨(<sup>40</sup>K)은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(<sup>212</sup>Pb)과 악티늄(<sup>228</sup>Ac)은 우라늄(<sup>238</sup>U)과 토륨(<sup>232</sup>Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

### 6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 1월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함.

조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드( $^{131}\text{I}$ ), 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) 등의 모든 인공 방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 취수장 원수의 경우 방사성요오드( $^{131}\text{I}$ ), 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) 등의 인공 방사성 물질이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 10에 수록하였음. 자연 방사성물질의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 원동 및 신도시 취수장 원수에서  $0.463 \pm 0.0237$  Bq/L와  $0.157 \pm 0.0182$  Bq/L로 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 지각방사선 영향을 파악할 수 있는 비계열붕괴 핵종임

## 6. 4. 해수

2023년 1월에 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 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 2건(33.3%)에서  $0.00162 \pm 0.000220$  Bq/L와  $0.00176 \pm 0.000237$  Bq/L로 검출됨. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 1월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동의 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

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

자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 모든 시료에서 0.181~0.389 Bq/L로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 1건(16.7%) 시료에서  $0.0433 \pm 0.00771$  Bq/L로, 우라늄( $^{238}\text{U}$ )은 1건(16.7%)에서  $0.00287 \pm 0.000455$  Bq/L로 각각 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 지각방사선 영향을 파악할 수 있는 비계열붕괴 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )의 계열붕괴 핵종으로 토양에 많이 존재. 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 계열붕괴의 어미핵종임

## 6. 5. 갯벌

2023년 1월에 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( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 인공 방사성물질은 검출되지 않았고,



세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 4건(66.7%)에서 0.529~1.63 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)<sup>1-5)</sup> 이내로 나타남. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

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

자연 방사성물질의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 465~906 Bq/kg-dry로, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 4건(66.7%)에서 8.43~17,479 Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 4건(66.7%)에서 15.8~59.2 Bq/kg-dry로, 토륨은( $^{227}\text{Th}$ )은 1건(16.7%)에서  $3.30 \pm 0.651$  Bq/kg-dry로 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 3건(50%)에서 2.19~13,907 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납( $^{212}\text{Pb}$ ), 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ), 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ ) 등은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )과 토륨( $^{232}\text{Th}$ )으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임.

## 6. 6. 토양(양산시)

2023년 1월에 고리원전 인근지역인 양산시의 천성산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 천성산 입구 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( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 3건(75%)에서 1.77~11.8 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~15.8 Bq/kg-dry)<sup>6-10)</sup> 이내로 나타남. 토양에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동특성이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )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 판단하였음. 상세한 분석결과는 Table 13에 수록함. 자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 모든 시료에서 342~865 Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 2건(50%)에서  $53.6 \pm 3.18$  Bq/kg-dry와  $82.3 \pm 3.59$  Bq/kg-dry로, 토륨( $^{227}\text{Th}$ )과 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 1건(25%)에서 각각  $5.59 \pm 0.982$  Bq/kg-dry와  $1.22 \pm 0.232$  Bq/kg-dry로 검출됨.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	1월 공기(Bq/m <sup>3</sup> )		고시2017-17호 MDA	1월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.00910±0.000116	0.00147±0.0000783	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.00275±0.000143	불검출	없음	0.567±0.0209
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<2.55E-04	<3.10E-04	1	<0.0390
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<2.32E-05	<3.91E-05	0.5	<0.00324
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<2.71E-05	<4.08E-05	0.05	<0.00316
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<7.19E-05	<8.41E-05	0.03	<0.00599
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<3.79E-05	<4.41E-05	0.02	<0.00419
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<5.67E-05	<9.10E-05	0.05	<0.00594
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	없음	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5E-04	<4.44E-05	<5.93E-05	0.5	<0.00812
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<3.17E-05	<5.02E-05	0.5	<0.00413
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	없음	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	없음	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	없음	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	없음	불검출
21	<sup>131</sup> I	5E-02	<1.03E-04	<1.03E-04	0.1	<0.00478
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	8E-05	<2.59E-05	<3.42E-05	0.008	<0.00339
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<2.96E-05	<3.90E-05	0.008	<0.00365
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	1E-01	<1.25E-04	<1.50E-04	10	<0.0107
28	<sup>140</sup> La	1E-01	<1.43E-04	<2.02E-04	10	<0.00681
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	없음	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	없음	0.456±0.0585
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	없음	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	없음	불검출
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	없음	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	없음	18.2±3.59
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	없음	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

- <sup>7</sup>Be(베릴륨), 칼륨(<sup>40</sup>K), 납(<sup>212</sup>Pb), 악티늄(<sup>228</sup>Ac) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	원수			정수			
		고시2017-17호 MDA	원동취수장	신도시취수장	MDA	신도시정수장	범어정수장	웅상정수장
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.463±0.0237	0.157±0.0182	없음	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0373	<0.0506				
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00400	<0.00488				
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출				
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00455	<0.00484				
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00280	<0.0106				
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00561	<0.00511				
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00879	<0.0111				
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출				
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출				
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출				
13	<sup>95</sup> Zr	0.5	<0.00827	<0.00745				
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00536	<0.00661				
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출				
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출				
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출				
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출				
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출				
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.00768	<0.00930	없음	<0.646	<0.586	<0.634
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출				
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출				
24	<sup>134</sup> Cs	0.008	<0.00381	<0.00407	없음	<0.240	<0.296	<0.272
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00485	<0.00550	없음	<0.288	<0.136	<0.380
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출				
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0148	<0.0247				
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0500	<0.1970				
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출				
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출				
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출				
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출				
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출				
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출				
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출				
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출				
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출				
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출				
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출				
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출				
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출				
42	<sup>241</sup> Am	없음			없음	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨)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	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	<sup>40</sup> K	없음	0.197±0.00950	0.373±0.00854	0.385±0.00864	
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0139	<0.0137	<0.0091	
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.00152	<0.00115	<0.00109	
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00167	<0.00122	<0.00120	
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00332	<0.00340	<0.00332	
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00185	<0.00140	<0.000918	
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00349	<0.00194	<0.00267	
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	<0.00275	<0.00208	<0.00211	
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00187	<0.00136	<0.00138	
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.0292	<0.00235	<0.0261	
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00151	<0.00108	<0.000886	
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	<0.00169	<0.00134	0.00162±0.000220 (0.00105)	
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00776	<0.00569	<0.00533	
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.00658	<0.0362	<0.0443	
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	

1. <sup>40</sup>K(칼륨)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	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	<sup>40</sup> K	없음	0.243±0.00870	0.181±0.00854	0.389±0.00821	
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0144	<0.0124	<0.0122	
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.00154	<0.00147	<0.000919	
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00173	<0.00149	<0.00118	
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00357	<0.00341	<0.00283	
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00178	<0.00178	<0.00114	
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00330	<0.00329	<0.00267	
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	<0.00277	<0.00290	<0.00196	
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00214	<0.00132	<0.00132	
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.0283	<0.0349	<0.0372	
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00139	<0.00138	<0.00108	
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	<0.00170	<0.00173	0.00176±0.000237 (<0.00114)	
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00877	<0.00719	<0.00498	
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.222	<0.0472	<0.0259	
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	0.0433±0.00771	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	0.00287±0.000455	
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), 악티늄(<sup>228</sup>Ac) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	조사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	$^7\text{Be}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	$^{40}\text{K}$	없음	$643 \pm 5.64$	$603 \pm 5.47$	$906 \pm 5.88$	$632 \pm 6.33$	$703 \pm 5.31$	$465 \pm 4.38$
3	$^{51}\text{Cr}$	15	<3.35	<5.50	<1.07	<3.72	<4.20	<4.02
4	$^{54}\text{Mn}$	2	<0.427	<0.545	<0.445	<0.482	<0.480	<0.474
5	$^{57}\text{Co}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	$^{58}\text{Co}$	2	<0.411	<0.469	<0.424	<0.450	<0.445	<0.424
7	$^{59}\text{Fe}$	5	<0.961	<0.883	<1.14	<1.09	<1.09	<0.766
8	$^{60}\text{Co}$	2	<0.626	<0.356	<0.526	<0.703	<0.667	<0.474
9	$^{65}\text{Zn}$	5	<1.08	<1.07	<1.04	<1.23	<1.17	<1.03
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	$^{88}\text{Y}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	$^{95}\text{Zr}$	5	<0.744	<0.981	<0.808	<0.916	<0.901	<1.17
14	$^{95}\text{Nb}$	5	<0.475	<0.642	<0.476	<0.519	<0.564	<0.585
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	$^{131}\text{I}$	1.5	<0.560	<0.686	<0.408	<0.416	<0.785	<0.774
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	$^{134}\text{Cs}$	5	<0.293	<0.450	<0.349	<0.436	<0.373	<0.385
25	$^{137}\text{Cs}$	5	$0.529 \pm 0.0830$ (<0.410)	<0.552	<0.467	$1.63 \pm 1.15$ (0.506)	$0.946 \pm 0.0984$ (<0.461)	$0.951 \pm 0.0953$ (0.442)
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	$^{140}\text{Ba}$	70	<1.73	<2.15	<1.49	<1.55	<2.17	<2.39
28	$^{140}\text{La}$	70	<4.15	<2.32	<0.982	<0.613	<17.3	<8.14
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	$12,157 \pm 156$	$17,479 \pm 18.7$	$885 \pm 11.4$	$8.43 \pm 0.0784$	불검출	불검출
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	$42.1 \pm 2.26$	불검출	$15.8 \pm 2.10$	$59.2 \pm 2.94$	$52.6 \pm 2.64$	불검출
38	$^{227}\text{Th}$	없음	불검출	불검출	불검출	$3.30 \pm 0.651$	불검출	불검출
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	불검출	불검출	$13,907 \pm 338$	$2.19 \pm 0.595$	불검출	$4.25 \pm 0.639$
40	$^{235}\text{U}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	$^{237}\text{U}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- 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	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	342±4.93	865±7.13	705±6.33	401±5.42
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.64	<5.09	<5.45	<3.78
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.529	<0.656	<0.676	<0.538
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.485	<0.589	<0.562	<0.577
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.03	<1.23	<1.23	<1.17
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.622	<0.812	<0.676	<0.702
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.12	<1.52	<1.26	<1.30
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<1.08	<1.14	<1.08	<1.03
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.604	<0.787	<0.775	<0.681
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	3	<0.847	<1.01	<0.720	<0.883
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.456	<0.566	<0.567	<0.514
25	<sup>137</sup> Cs	5	11.8±0.218 (0.511)	1.77±0.140 (0.641)	1.77±0.135 (0.609)	<0.588
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.48	<1.62	<3.62	<2.63
28	<sup>140</sup> La	70	<12.5	<5.28	<5.48	<12.1
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	53.6±3.18	불검출	불검출	82.3±3.59
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	5.59±0.982
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	1.22±0.232	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

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

## 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)