

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2022년 3월 환경 방사성물질 조사결과

---



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

## 2022년 3월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(공기/먹는물/해수/토양/갯벌) 22건 시료에 대한 조사결과 해수 (0.00146~0.00194 Bq/L), 갯벌(0.564~0.969 Bq/kg), 토양(0.880~1.99 Bq/kg)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출되었고(정상범위 이내),  $^{137}\text{Cs}$  이외 모든 인공핵종 불검출
  - ※ 전국 토양(평지)  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
  - ※ 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'20년 자료)
  - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
- 공기, 먹는물(정수, 원수)에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 3. 1. ~ 3. 31.

2. 조사 대상 : 5종 22건

- 대기 3건(공기 2건, 빗물 1건)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 5건[남해군1, 사천시1, 거제시1, 통영시1, 창원시(진해구)1]
- 갯벌 5건[남해군1, 사천시1, 거제시1, 통영시1, 창원시(진해구)1]
- 토양 4건(등산로3, 평지1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	3월말	누계		
방사성물질조사	300	42	22	64	21.3%	

#### 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( $^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등) -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(비 붕괴계 열)	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 및 빗물

구 분	공 기		빗 물
	3월(초중순)	3월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	2. 25. ~ 3. 11.	3. 11. ~ 3. 25.	3. 1. ~ 3. 31.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m <sup>3</sup>	1,814 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	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
채취 일시	3. 11. 15:30	3. 11. 15:30
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	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	3. 8. 10:30 ~ 16:30	3. 4. 10:00 ~ 17:30	3. 14. 10:00 ~ 16:30
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	사천시, 남해군	거제시, 통영시	창원시(진해구)
채취 일시	3. 8. 10:30 ~ 16:30	3. 4. 10:00 ~ 17:30	3. 14. 10:00 ~ 16:30
채 취 량	3 ~ 5 kg		
전 처 리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	2만초		

Table 8. 토양

구 분	등산로	평 지
채취 지역	김해시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	양산시 1건(천성산 주변)
채취 일시	3. 16. 10:20 ~ 16:00	3. 16. 16:20
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

2022년 3월에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 1,814 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 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 반면 자연 방사성물질의 경우 베릴륨(<sup>7</sup>Be), 칼륨(<sup>40</sup>K), 납(<sup>212</sup>Pb), 라듐(<sup>226</sup>Ra) 등이 각각  $0.00245 \pm 0.000122$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.00440 \pm 0.000278$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.000275 \pm 0.0000276$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.00122 \pm 0.000196$  Bq/m<sup>3</sup>로 검출됨

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 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

### 6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 3월에 포집한 빗물 시료 총

30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드( $^{131}\text{I}$ ), 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 자연 방사성물질인 칼륨( $^{40}\text{K}$ ), 납( $^{212}\text{Pb}$ ), 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ ), 우라늄( $^{235}\text{U}$ ) 등이 각각  $0.258 \pm 0.0100$  Bq/L,  $0.304 \pm 0.0353$  Bq/L,  $5.20 \pm 0.769$  Bq/L,  $0.0156 \pm 0.00106$  Bq/L로 검출됨.

또한,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록하였음.

### 6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 3월에 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 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 방사성물질인 칼륨( $^{40}\text{K}$ )과 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 원동취수장의 원수와 신도시 및 범어 정수장 정수에서 각각  $0.374 \pm 0.0269$  Bq/L,  $6.92 \sim 8.34$  Bq/L로 검출됨.

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.

### 6. 4. 해수

2022년 3월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[사천시, 남해군, 거제시, 통영시, 창원시(진해구)]에서 각 지역별로 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 5건의 해수 중 3건(60%)에서  $0.00146 \sim 0.00198$  Bq/L로 검출됨. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 3월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 방사성물질의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )과 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ), 우라늄( $^{235}\text{U}$ )이 각각  $0.208 \sim 0.332$  Bq/L, 불검출  $\sim 0.0357$  Bq/L, 불검출  $\sim 0.00568$  Bq/L로 검출됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방

사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 11에 수록하였음.

## 6. 5. 갯벌

2022년 3월에 일본, 중국 등 국내외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[사천시, 남해군, 거제시, 통영시, 창원시(진해구)]에서 각각 1건씩 해안선 퇴적물인 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( $^{137}\text{Cs}$ )은 모든 시료에서 0.564~0.969 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)<sup>1-5)</sup> 이내로 나타남. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 모든 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 1건(20%)에서  $6.82 \pm 0.659$  Bq/kg-dry, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 427~98 Bq/kg-dry, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 모든 시료에서 6.11~3,370 Bq/kg-dry, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 3건(40%)에서 16.7~37.2 Bq/kg-dry, 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 모든 시료에서 2.25~71,200 Bq/kg-dry, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 3건(60%)에서 1.3.6~2.76 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨( $^7\text{Be}$ )과 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 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 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

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



## 6. 6. 토양

2022년 3월에 김해시에 위치한 신어산 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건의 등산로 토양을 채취하였고, 김해대학교 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( $^{137}\text{Cs}$ )은 모든 토양에서 0.880~1.99 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~24.6 Bq/kg-dry)<sup>6-10)</sup> 이내로 나타남. 토양에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동 특성이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ )이 1건(20%)에서  $6.10 \pm 0.786$  Bq/kg-dry, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 482~1,040 Bq/kg-dry, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 2건(50%)에서 697~1,060 Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 모든 시료에서 17.4~46.8 Bq/kg-dry로, 토륨( $^{227}\text{Th}$ )은 2건(50%)에서 4.65~6.76 Bq/kg-dry, 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 3건(75%)에서 6,657~13,500 Bq/kg-dry로, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 2건(50%)에서 3.94~4.63 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

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

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	핵종(구분)	고시2017-17호 MDA	3월 공기(Bq/m <sup>3</sup> )		고시2017-17호 MDA	3월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	<sup>7</sup> Be(자연)	없음	불검출	0.00245±0.000122	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K(자연)	없음	불검출	0.00440±0.000278	없음	0.258±0.0100
3	<sup>51</sup> Cr(인공)	0.005	<0.000318	<0.000349	1	<0.0233
4	<sup>54</sup> Mn(인공)	0.00008	<0.0000422	<0.0000431	0.1	<0.00295
5	<sup>57</sup> Co(인공)	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co(인공)	0.0003	<0.0000488	<0.000371	0.05	<0.00273
7	<sup>59</sup> Fe(인공)	0.0005	<0.0000846	<0.0000509	0.03	<0.00538
8	<sup>60</sup> Co(인공)	0.00008	<0.0000425	<0.0000327	0.02	<0.00303
9	<sup>65</sup> Zn(인공)	0.00005	<0.0000895	<0.0000855	0.05	<0.00671
10	<sup>85</sup> Sr(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
11	<sup>88</sup> Kr(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
12	<sup>88</sup> Y(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
13	<sup>95</sup> Zr(인공)	0.0005	<0.0000740	<0.0000609	0.5	<0.00464
14	<sup>95</sup> Nb(인공)	0.0005	<0.0000426	<0.0000423	0.5	<0.00319
15	<sup>101</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
16	<sup>103</sup> Ru(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
17	<sup>106</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
18	<sup>109</sup> Cd(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
19	<sup>110m</sup> Ag(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
20	<sup>113</sup> Sn(인공)	없음	<불검출	불검출	없음	<불검출
21	<sup>131</sup> I(인공)	0.01	<0.0000605	<0.0000683	0.1	<0.00339
22	<sup>133</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
23	<sup>133m</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
24	<sup>134</sup> Cs(인공)	0.00008	<0.0000437	<0.0000393	0.008	<0.00255
25	<sup>137</sup> Cs(인공)	0.00008	<0.0000522	<0.0000400	0.008	<0.00283
26	<sup>139</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
27	<sup>140</sup> Ba(인공)	0.1	<0.000142	<0.0002000	10	<0.0106
28	<sup>140</sup> La(인공)	0.1	<0.0000952	<0.0000584	10	<0.0128
29	<sup>141</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
30	<sup>143</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
31	<sup>144</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
32	<sup>208</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
33	<sup>212</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
34	<sup>212</sup> Pb(자연)	없음	불검출	0.000275±0.0000276	없음	0.304±0.0353
35	<sup>214</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
36	<sup>214</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
37	<sup>226</sup> Ra(자연)	없음	불검출	0.00122±0.000196	없음	<불검출
38	<sup>227</sup> Th(자연)	없음	불검출	불검출	없음	<불검출
39	<sup>228</sup> Ac(자연)	없음	불검출	불검출	없음	5.20±0.769
40	<sup>235</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출	없음	0.0156±0.00106
41	<sup>237</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출	없음	불검출

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>228</sup>Ac(악티늄), <sup>235</sup>U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음

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

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	원수 (원동취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)
1	<sup>7</sup> Be(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K(자연)	없음	불검출	불검출	8.34±0.852	6.92±0.790	불검출
3	<sup>51</sup> Cr(인공)	1	<0.0538	<0.0582			
4	<sup>54</sup> Mn(인공)	0.1	<0.00391	<0.00432			
5	<sup>57</sup> Co(인공)	없음	불검출	불검출			
6	<sup>58</sup> Co(인공)	0.05	<0.00468	<0.00440			
7	<sup>59</sup> Fe(인공)	0.03	<0.00879	<0.0133			
8	<sup>60</sup> Co(인공)	0.02	<0.00509	<0.00501			
9	<sup>65</sup> Zn(인공)	0.05	<0.00968	<0.00830			
10	<sup>85</sup> Sr(인공)	없음	불검출	불검출			
11	<sup>88</sup> Kr(인공)	없음	불검출	불검출			
12	<sup>88</sup> Y(인공)	없음	불검출	불검출			
13	<sup>95</sup> Zr(인공)	0.5	<0.00563	<0.00681			
14	<sup>95</sup> Nb(인공)	0.5	<0.00506	<0.00512			
15	<sup>101</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출			
16	<sup>103</sup> Ru(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출			
18	<sup>109</sup> Cd(인공)	없음	불검출	불검출			
19	<sup>110m</sup> Ag(인공)	없음	불검출	불검출			
20	<sup>113</sup> Sn(인공)	없음	불검출	불검출			
21	<sup>131</sup> I(인공)	0.1	<0.00673	<0.00783	<0.422	<0.572	<0.483
22	<sup>133</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출			
23	<sup>133m</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출			
24	<sup>134</sup> Cs(인공)	0.008	<0.00391	<0.00426	<0.307	<0.387	<0.327
25	<sup>137</sup> Cs(인공)	0.008	<0.00479	<0.00494	<0.351	<0.187	<0.252
26	<sup>139</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출			
27	<sup>140</sup> Ba(인공)	10	<0.0195	<0.0263			
28	<sup>140</sup> La(인공)	10	<0.0232	<0.0385			
29	<sup>141</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출			
30	<sup>143</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출			
31	<sup>144</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출			
32	<sup>208</sup> Tl(자연)	없음	불검출	불검출			
33	<sup>212</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출			
34	<sup>212</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출			
35	<sup>214</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출			
36	<sup>214</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출			
37	<sup>226</sup> Ra(자연)	없음	0.377±0.0269	불검출			
38	<sup>227</sup> Th(자연)	없음	불검출	불검출			
39	<sup>228</sup> Ac(자연)	없음	불검출	불검출			
40	<sup>235</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출			
41	<sup>237</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출			
42	<sup>241</sup> Am	없음			불검출	불검출	불검출

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

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종(구분)	고사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시(진해구)
1	<sup>7</sup> Be(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K(자연)	없음	0.208±0.00685	0.332±0.00671	0.244±0.00182	0.234±0.00692	0.274±0.00621
3	<sup>51</sup> Cr(인공)	0.05	<0.0145	<0.0101	<0.00980	<0.00875	<0.00923
4	<sup>54</sup> Mn(인공)	0.005	<0.00120	<0.00113	<0.000630	<0.00121	<0.00112
5	<sup>57</sup> Co(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co(인공)	0.005	<0.00116	<0.00133	<0.00125	0.00106	<0.00125
7	<sup>59</sup> Fe(인공)	0.005	<0.00320	<0.00269	<0.00264	0.00236	<0.00234
8	<sup>60</sup> Co(인공)	0.005	<0.00144	<0.00134	<0.00125	0.00137	<0.00132
9	<sup>65</sup> Zn(인공)	0.02	<0.00275	<0.00279	<0.00278	0.00249	<0.00244
10	<sup>85</sup> Sr(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr(인공)	0.006	<0.00210	<0.00210	<0.00218	<0.00208	<0.00164
14	<sup>95</sup> Nb(인공)	0.006	<0.00135	<0.00142	<0.00133	<0.00120	<0.00132
15	<sup>101</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I(인공)	0.1	<0.0242	<0.0210	<0.0253	<0.0317	<0.0243
22	<sup>133</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs(인공)	0.003	<0.000916	<0.00122	<0.00117	<0.00105	<0.00111
25	<sup>137</sup> Cs(인공)	0.003	0.00162±0.000234 (<0.00114)	<0.00145	0.00198±0.000238 (<0.00113)	0.00146±0.000225 (<0.00114)	<0.00136
26	<sup>139</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba(인공)	0.1	<0.00576	<0.00580	<0.00534	<0.00468	<0.00461
28	<sup>140</sup> La(인공)	0.1	<0.0100	<0.0282	<0.0122	<0.01720	<0.0120
29	<sup>141</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra(자연)	없음	0.0357±0.00580	불검출	불검출	불검출	불검출
38	<sup>227</sup> Th(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U(자연)	없음	불검출	0.00568±0.000371	불검출	불검출	0.00547±0.000347
41	<sup>237</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사리 2017-17호 MDA	남해군	사천시	거제시	통영시	창원시 (진해구)
1	$^7\text{Be}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	$6.82 \pm 0.659$
2	$^{40}\text{K}$ (자연)	없음	$500 \pm 4.59$	$798 \pm 5.54$	$427 \pm 4.13$	$680 \pm 5.61$	$669 \pm 5.28$
3	$^{51}\text{Cr}$ (인공)	15	<3.99	<3.11	<3.19	<4.58	<3.14
4	$^{54}\text{Mn}$ (인공)	2	<0.411	<0.376	<0.118	<0.431	<0.447
5	$^{57}\text{Co}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	$^{58}\text{Co}$ (인공)	2	<0.390	<0.378	<0.358	<0.403	<0.388
7	$^{59}\text{Fe}$ (인공)	5	<0.674	<0.980	<0.858	<1.04	<0.916
8	$^{60}\text{Co}$ (인공)	2	<0.457	<0.606	<0.530	<0.523	<0.589
9	$^{65}\text{Zn}$ (인공)	5	<0.995	<1.12	<0.928	<1.14	<1.04
10	$^{85}\text{Sr}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	$^{88}\text{Kr}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	$^{88}\text{Y}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	$^{95}\text{Zr}$ (인공)	5	<0.797	<0.768	<0.710	<0.806	<0.778
14	$^{95}\text{Nb}$ (인공)	5	<0.469	<0.435	<0.431	<0.496	<0.437
15	$^{101}\text{Rh}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	$^{103}\text{Ru}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	$^{106}\text{Rh}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	$^{109}\text{Cd}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	$^{113}\text{Sn}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	$^{131}\text{I}$ (인공)	1.5	<0.501	<0.450	<0.452	<0.375	<0.433
22	$^{133}\text{Xe}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	$^{134}\text{Cs}$ (인공)	5	<0.361	<0.351	<0.346	<0.380	<0.359
25	$^{137}\text{Cs}$ (인공)	5	$0.564 \pm 0.0793$ (<0.388)	$0.639 \pm 0.0836$ (<0.401)	$0.885 \pm 0.0891$ (<0.411)	$0.969 \pm 0.0960$ (<0.451)	$0.829 \pm 0.0845$ (<0.391)
26	$^{139}\text{Ce}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	$^{140}\text{Ba}$ (인공)	70	<2.28	<1.48	<1.50	<1.33	<1.43
28	$^{140}\text{La}$ (인공)	70	<1.58	<2.34	<2.53	<0.204	<1.78
29	$^{141}\text{Ce}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	$^{143}\text{Ce}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	$^{144}\text{Ce}$ (인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	$^{208}\text{Tl}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	$^{212}\text{Bi}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	$^{212}\text{Pb}$ (자연)	없음	$3,370 \pm 37.2$	$2,090 \pm 26.3$	$1,180 \pm 4.94$	$6.11 \pm 0.0707$	$1,090 \pm 11.3$
35	$^{214}\text{Bi}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	$^{214}\text{Pb}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	$^{226}\text{Ra}$ (자연)	없음	$37.2 \pm 2.47$	$16.7 \pm 2.11$	불검출	불검출	$17.6 \pm 2.17$
38	$^{227}\text{Th}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	$^{228}\text{Ac}$ (자연)	없음	$13,100 \pm 410$	$71,200 \pm 216$	$11,900 \pm 3.22$	$2.25 \pm 0.0539$	$17,200 \pm 589$
40	$^{235}\text{U}$ (자연)	없음	불검출	$1.36 \pm 0.146$	$2.76 \pm 0.148$	불검출	$1.47 \pm 0.149$
41	$^{237}\text{U}$ (자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1.  $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음

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

Table 13. 김해시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(신어산)			평지 (김해대학교 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	<sup>7</sup> Be(자연)	없음	6.10±0.786	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K(자연)	없음	482±4.02	1,020±6.18	915±6.65	1,040±6.28
3	<sup>51</sup> Cr(인공)	15	<3.39	<3.69	<4.37	<4.08
4	<sup>54</sup> Mn(인공)	2	<0.551	<0.520	<0.599	<0.571
5	<sup>57</sup> Co(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co(인공)	2	<0.447	<0.464	<0.534	<0.558
7	<sup>59</sup> Fe(인공)	5	<0.907	<1.17	<1.05	<1.28
8	<sup>60</sup> Co(인공)	2	<0.527	<0.590	<0.583	<0.746
9	<sup>65</sup> Zn(인공)	5	<1.03	<0.985	<1.22	<1.35
10	<sup>85</sup> Sr(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr(인공)	5	<0.988	<0.948	<0.900	<1.17
14	<sup>95</sup> Nb(인공)	5	<0.587	<0.562	<0.617	<0.724
15	<sup>101</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I(인공)	3	<0.530	<0.525	<0.495	<1.17
22	<sup>133</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs(인공)	5	<0.461	<0.435	<0.476	<0.479
25	<sup>137</sup> Cs(인공)	5	1.72±0.113 (<0.500)	1.60±0.109 (<0.493)	1.99±0.124 (<0.542)	0.880±0.114 (<0.552)
26	<sup>139</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba(인공)	70	<1.82	<1.74	<2.59	<3.19
28	<sup>140</sup> La(인공)	70	<1.96	<0.848	<1.31	<0.600
29	<sup>141</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce(인공)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb(자연)	없음	불검출	697±6.51	1,060±10.6	불검출
35	<sup>214</sup> Bi(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra(자연)	없음	17.4±3.29	46.8±3.10	43.8±2.72	31.2±3.23
38	<sup>227</sup> Th(자연)	없음	4.65±0.882	불검출	불검출	6.76±1.07
39	<sup>228</sup> Ac(자연)	없음	12,500±203	6,650±142	13,500±328	불검출
40	<sup>235</sup> U(자연)	없음	4.63±0.208	불검출	불검출	3.94±2.15
41	<sup>237</sup> U(자연)	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>227</sup>Th(토륨), <sup>228</sup>Ac(악티늄), <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 30 (2020).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 35 (2019).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2018).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2017).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 31 (2016).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 30 (2019).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2018).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2017).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2016).
11. 홍건철외, 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, pp 105-106 (2012).