

활기찬 경남

행복한 도민

# 2022년 12월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

# 2022년 12월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 22건 시료에 대한 조사결과
  - 해수(0.00164~0.00221 Bq/L), 갯벌(0.698~1.03 Bq/kg), 토양(1.45~5.92 Bq/kg)에서 <sup>137</sup>Cs 검출되었고(정상범위 이내), <sup>137</sup>Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
    - ※ 전국 해수 <sup>137</sup>Cs 정상범위 : 불검출~0.00243 Bq/L(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 해저퇴적물 <sup>137</sup>Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 토양(평지) <sup>137</sup>Cs 정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
  - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 11. 30. ~ 12. 26.

2. 조사 대상 : 5종 22건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 5건[거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1, 창원시(진해구)1]
- 갯벌 5건[거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1, 창원시(진해구)1]
- 토양 4건[등산로3(천성산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	12월말	누계		
방사성물질조사	300	279	22	301	100.3%	

#### 4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

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

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

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

## 5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 공기

구 분	공 기		12월 빗물
	12월(초중순)	12월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	11. 30. ~ 12. 14.	12. 14. ~ 12. 26.	11. 30. ~ 12. 26.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m <sup>3</sup>	1,555 m <sup>3</sup>	12 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(12 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	공기(8만초), 빗물(12만초)		

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	12. 3. 16:00	12. 3. 16:00
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	진해구
채취 일시	12. 5. 10:40 ~ 15:00	12. 9. 10:30 ~ 16:00	12. 15. 14:30 ~ 17:20
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발농축(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	진해구
채취 일시	12. 5. 10:40 ~ 15:00	12. 9. 10:30 ~ 16:00	12. 15. 14:30 ~ 17:20
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(고리원전 인근지역, 양산시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	천성산 주변
채취 일시	12. 13. 13:40 ~ 14:50	12. 13. 15:00
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

2022년 12월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m<sup>3</sup>, 1,555 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.

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 방사성물질의 경우 베릴륨(<sup>7</sup>Be)과 칼륨(<sup>40</sup>K), <sup>226</sup>Ra(라듐)이 1건(50%)에서 각각  $0.000842 \pm 0.0000708$  Bq/m<sup>3</sup>과  $0.00856 \pm 0.000328$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.00137 \pm 0.000269$  Bq/m<sup>3</sup>로 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be)과 칼륨(<sup>40</sup>K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선 및 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, <sup>226</sup>Ra(라듐)은 우라늄(<sup>238</sup>U)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

### 6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 12월에 수집한 빗물 시료 총 12 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 국내외 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 방사성물질의 경우 납(<sup>212</sup>Pb)과 라듐(<sup>226</sup>Ra)이 각각  $0.284 \pm 0.0430$  Bq/L,  $0.491 \pm 0.0397$  Bq/L로 검출됨. 납(<sup>212</sup>Pb)과 라듐(<sup>226</sup>Ra)은 토륨(<sup>232</sup>Th)과 우라늄(<sup>238</sup>U)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

### 6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 12월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>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 납( $^{212}\text{Pb}$ )이 신도시취수장 원수에서  $53.3 \pm 5.80$  Bq/L로 검출됨. 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 토륨( $^{232}\text{Th}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

## 6. 4. 해수

2022년 12월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[거제시, 통영시, 남해군, 사천시, 창원시(진해구)]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 3건(60%)의 시료에서  $0.00164 \sim 0.00221$  Bq/L로 검출됨. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 12월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동의 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 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 수록하였고, 2022년 1월부터 12월까지의 분석결과를 Figure 1에 수록하였음. Figure 1에서 보여 주듯이 5개 지점 해수에서 검출된 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ) 농도는 특이사항이 없는 것을 알 수 있음.

자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 모든 시료에서  $0.181 \sim 0.389$  Bq/L로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 2건(40%) 시료에서  $0.0470 \pm 0.00849$  Bq/L와  $0.0508 \pm 0.00749$  Bq/L로 각각 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 계열붕괴하지 않는 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

## 6. 5. 갯벌

2022년 12월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[거제시, 통영시, 남해군, 사천시, 창원시(진해구)]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(80%)에서 0.698~1.03 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 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였고, 2022년 1월부터 12월까지의 결과를 Figure 2에 수록하였음. Figure 2에서 보여주듯이 월별 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 농도에 특이 사항 없음.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 3건(60%)에서 4.32~8.88 Bq/kg-dry로, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 427~695 Bq/kg-dry로, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 모든 시료에서 226~102,810 Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 2건(40%)에서  $15.5 \pm 2.60$  Bq/kg-dry와  $32.7 \pm 2.67$  Bq/kg-dry로, 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 3건(60%)에서 32,936~119,450 Bq/kg-dry로, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 1건(20%)에서  $2.16 \pm 0.170$  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.

## 6. 6. 토양(양산시)

2022년 12월에 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 2건(75%)에서  $1.45 \pm 0.107$  Bq/kg-dry와  $5.92 \pm 0.164$  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 13과 Figure 3에 수록하였음. Table 13과

Figure 3에서 보여 주듯이 고도가 높을수록  $^{137}\text{Cs}$  농도가 높게 나타남

자연 방사성물질의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ ) 1건(25%)에서  $4.27 \pm 0.787$  Bq/kg-dry로, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 모든 시료에서 334~865 Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 3건(75%)에서 35.7~69.9 Bq/kg-dry로, 토륨( $^{227}\text{Th}$ )과 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 1건(25%)에서 각각  $4.14 \pm 0.799$  Bq/kg-dry와  $1.69 \pm 0.201$  Bq/kg-dry로 검출됨. 베릴륨( $^7\text{Be}$ )과 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 지각 및 우주선 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )과 토륨( $^{227}\text{Th}$ ) 등은 우라늄( $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	12월 공기(Bq/m <sup>3</sup> )		고시2017-17호 MDA	12월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.000842±0.0000708	불검출	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	0.00856±0.000328	없음	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<3.25E-04	<4.02E-04	1	<0.0546
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<4.21E-05	<5.51E-05	0.5	<0.00617
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<4.62E-05	<6.06E-05	0.05	<0.00658
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<8.71E-05	<1.17E-04	0.03	<0.0135
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<4.57E-05	<6.36E-05	0.02	<0.00670
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<9.88E-05	<1.32E-04	0.05	<0.0134
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	<6.40E-05	<9.30E-05	0.5	<0.0107
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<5.01E-05	<6.90E-05	0.5	<0.00842
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	<6.33E-05	<6.08E-05	0.1	<0.00737
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	<3.70E-05	<5.71E-05	0.008	<0.00623
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<4.18E-05	<6.58E-05	0.008	<0.00684
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	1E-01	<1.73E-04	<1.93E-04	10	<0.02528
28	<sup>140</sup> La	1E-01	<2.10E-04	<1.19E-04	10	<0.0293
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	0.284±0.0430
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	0.00137±0.000269	없음	0.491±0.0397
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	없음	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	없음	불검출
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), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>226</sup>Ra(라듐)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석종	원수			정수			
		고시2017-17호 MDA	원동취수장	신도시취수장	MDA	신도시정수장	범어정수장	응상정수장
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0351	<0.0409				
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00505	<0.00441				
5	<sup>57</sup> Co	없음	<불검출	<불검출				
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00494	<0.00427				
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.0101	<0.00345				
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00543	<0.00358				
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.0105	<0.0103				
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	<0.00852	<0.00914				
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00629	<0.00553				
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	<0.00783	<0.00660	없음	<0.573	<0.564	<0.584
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<불검출	<불검출				
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<불검출	<불검출				
24	<sup>134</sup> Cs	0.008	<0.00411	<0.00370	없음	<0.294	<0.257	<0.266
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00531	<0.00505	없음	<0.195	<0.146	<0.239
26	<sup>139</sup> Ce	없음	<불검출	<불검출				
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0246	<0.0261				
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0735	<0.0294				
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	53.3±5.80				
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>212</sup>Pb(납)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	거제시	통영시	진해구
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.381±0.00782	0.181±0.00928	0.230±0.00906	0.389±0.00904	0.258±0.0101
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0121	<0.0146	<0.0169	<0.0118	<0.0164
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.00107	<0.00151	<0.00148	<0.00115	<0.0015
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00124	<0.00169	<0.00181	<0.00119	<0.00195
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00302	<0.00346	<0.00383	<0.00342	<0.00428
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.000754	<0.00189	<0.00174	<0.00152	<0.00194
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00274	<0.00356	<0.00362	<0.00233	<0.00417
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	<0.00168	<0.00273	<0.00293	<0.00224	<0.00318
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00144	<0.00231	<0.00230	<0.00155	<0.00259
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.0226	<0.0272	<0.0335	<0.0370	<0.0045
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00115	<0.00132	<0.00128	<0.00109	<0.00175
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00164±0.000241 (<0.00117)	<0.00182	0.00221±0.000292 (<0.00139)	0.00175±0.000232 (<0.00111)	<0.00200
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00462	<0.00780	<0.0108	<0.00932	<0.0104
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.0473	<0.0665	<0.860	<0.292	<0.353
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	0.0508±0.00749	불검출	0.0470±0.00849
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	거제시	통영시	진해구
1	<sup>7</sup> Be	없음	4.32±0.623	6.44±0.669	불검출	불검출	8.88±0.901
2	<sup>40</sup> K	없음	507±4.52	695±5.59	427±4.13	442±4.32	543±5.59
3	<sup>51</sup> Cr	15	<2.88	<3.55	<3.19	<4.28	<3.16
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.416	<0.420	<0.118	<0.454	<4.94
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.378	<0.433	<0.358	<0.408	<0.459
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.07	<1.02	<0.858	<0.948	<1.08
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.278	<0.622	<0.530	<0.445	<0.652
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.917	<1.09	<0.928	<1.05	<1.15
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<0.748	<0.798	<0.710	<0.739	<0.854
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.511	<0.487	<0.431	<0.545	<0.503
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	1.5	<0.514	<0.501	<0.452	<0.620	<0.656
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.336	<0.413	<0.346	<0.386	<0.390
25	<sup>137</sup> Cs	5	0.698±0.0895 (<0.430)	<0.490	0.885±0.0891 (<0.411)	0.811±0.0869 (<0.409)	1.03±0.0949 (<0.427)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.23	<1.71	<1.50	<1.69	<2.01
28	<sup>140</sup> La	70	<1.23	<2.53	<2.53	<3.46	<7.90
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	2,748±35.0	226±36.6	1,183±49.4	65,335±865	102,810±1,314
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	15.5±2.60	불검출	불검출	32.7±2.67
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	110,050±365	32,936±183	119,450±322	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	2.16±0.170	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- <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
- 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	4.27±0.787
2	<sup>40</sup> K	없음	541±5.63	425±4.33	865±6.83	334±5.70
3	<sup>51</sup> Cr	15	<6.29	<4.71	<5.24	<4.09
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.575	<0.470	<0.646	<0.506
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.511	<0.436	<0.596	<0.449
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.18	<0.668	<1.33	<1.06
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.481	<0.679	<0.788	<0.618
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.12	<0.844	<1.42	<1.13
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	<1.37	<0.971	<1.22	<0.936
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.715	<0.636	<0.712	<0.585
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	<0.759	<1.01	<0.986	<0.752
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	<0.465	<0.422	<0.517	<0.385
25	<sup>137</sup> Cs	5	5.92±0.164 (<0.527)	1.45±0.107 (<0.477)	<0.657	<0.534
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.60	<2.67	<2.77	<2.07
28	<sup>140</sup> La	70	<7.07	<25.0	<19.1	<10.1
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	40.6±3.40	불검출	69.9±3.47	35.7±2.91
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	4.14±0.799
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	1.69±0.201
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

- <sup>7</sup>Be(베릴륨) <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
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

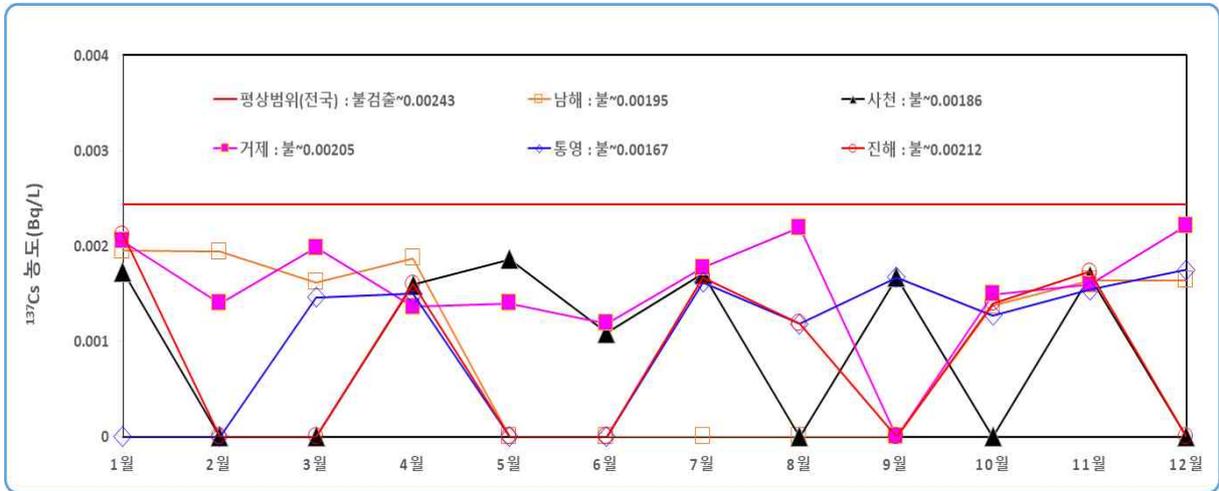


Figure 1. 해수의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

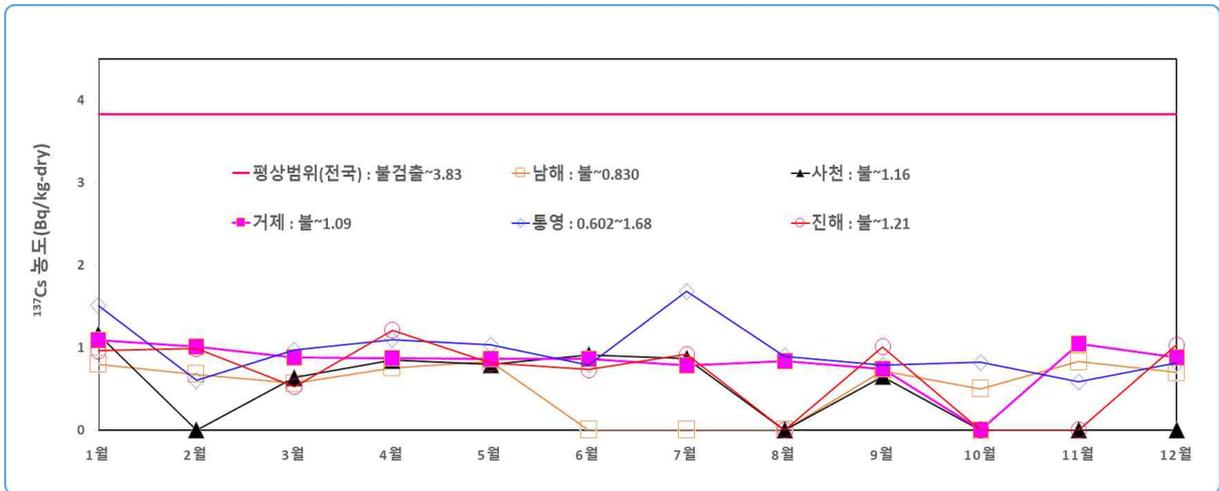


Figure 2. 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향



Figure 3. 양산시 토양의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

## 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).