

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2021년 9월 환경 방사성물질 조사결과

---



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

# 2021년 9월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 4종(정수/원수/토양/갯벌) 28개 시료에 대한 조사결과 토양(불검출~9.97 Bq/kg)과 갯벌(불검출~1.78 Bq/kg)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출
  - 토양의  $^{137}\text{Cs}$  농도는 정상범위를 초과하였으나 문헌자료 이내
    - ※ 전국 토양  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : <0.428 ~ 3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
    - ※ 문헌자료 : 13.2 ~ 103.1 Bq/kg-dry('14년도 한국방사성폐기물학회)
  - 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  농도는 정상범위 이내
    - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : <0.428 ~ 3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년 ~ '20년 자료)
- 토양 및 갯벌 이외 모든 시료는  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  불검출

1. 조사 기간 : '21. 9. 1. ~ 9. 30.

2. 조사 대상 : 4종 28건

- 물시료 2종 5건(정수3, 원수2)
- 토양 1종 20건(등산로12, 평지4, 숲 채취지점4)
- 갯벌 1종 3건(거제1, 진해1, 남해1)

※ 감마핵종분석기 정비로 인해 9월의 공기, 빗물, 해수, 숲 등의 검사결과는 월간보고서(10월)에 수록계획임

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	9월말	누계		
방사성물질 조사	220	141	28	169	76.8%	

#### 4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(양산시 먹는물)

구 분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
채취 일시	9. 16. 18:00	
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등 41개 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등 7개 핵종
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악</li> <li>• 방사성물질의 분포 경향 파악</li> </ul>	

Table 3. 방사성물질 조사(등산로 및 평지 토양)

구 분	등산로	평지
채취 지역	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양산 6건(천성산 3, 금정산 3)</li> <li>• 김해 6건(신어산 3, 무척산 3)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 양산 3건(웅상정수장, 금산근린공원, 삼호34근린공원)</li> <li>• 김해 1건(김해대학교1)</li> </ul>
채취 일시	9. 6. ~ 9. 30.	9. 6. ~ 9. 13.
채 취 량	3~5 kg	3~5 kg
전처리	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등 41개 핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악</li> <li>• 방사성물질의 분포 경향 파악</li> </ul>	

**Table 4. 방사성물질 조사(쑥 채취지점의 토양)**

구 분	쑥 채취지점의 토양	
채취 지역	양산 2건(웅상정수장1, 오봉산1)	김해 2건(김해대학교1, 생림중학교1)
채취 일시	9. 29. 13:30~14:20	9. 29. 15:20~16:20
채 취 량	2~3 kg	3~5 kg
전처리	이물제거 → 분쇄 → 충전 → 계측	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측
계측 시간	8만초	8만초
분석 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등 41개 핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악</li> <li>• 방사성물질의 분포 경향 파악</li> </ul>	

**Table 5. 방사성물질 조사(갯벌)**

구 분	갯 벌		
채취 지역	거제시	진해구	남해군
채취 일시	9. 23. 13:10	9. 27. 13:10	9. 28. 15:30
채 취 량	3~5 kg		
전 처 리	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측		
계측 시간	2만초		
분석 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 등 41개 핵종		
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악</li> <li>• 방사성물질의 분포 경향 파악</li> </ul>		

## 5. 방사성물질 조사 결과

### 5. 1 먹는물(원수 및 정수)

양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사 결과 정수, 원수 시료에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않음. 반면, 자연 방사성물질인  $^{40}\text{K}$ ( $0.381 \pm 0.0154$  Bq/L),  $^{212}\text{Pb}$ ( $0.356 \pm 0.0559$  Bq/L),  $^{228}\text{Ac}$ ( $8.14 \pm 1.05$  Bq/L),  $^{235}\text{U}$ ( $0.0275 \pm 0.00174$  Bq/L) 등이 원수에서 검출됨.  $^{40}\text{K}$ (반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨. 납( $^{212}\text{Pb}$ , 반감기 10.6시간)과 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ , 반감기 6.2시간)은 토륨( $^{232}\text{Th}$ )의 계열붕괴 핵종이고,  $^{235}\text{U}$ (반감기 7억년)는 계열붕괴의 어미핵종임. 정수 및 원수에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단되고, 상세한 결과는 Table 6에 제시하였음.

Table 6. 양산시 먹는물 조사결과(Bq/L)

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	원수 (원동취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	0.381±0.0154	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0393	<0.0293			
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00442	<0.00445			
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출			
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00413	<0.00450			
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00846	<0.00843			
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00482	<0.00496			
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00915	<0.0093			
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	<0.00775	<0.00731			
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00478	<0.00505			
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출			
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	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	<0.00499	<0.00507	불검출	불검출	불검출
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
24	<sup>134</sup> Cs	0.008	<0.00429	<0.00294	불검출	불검출	불검출
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00459	<0.00442	불검출	불검출	불검출
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출			
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0167	<0.0164			
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0156	<0.0206			
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	0.356±0.0559			
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	8.14±1.05			
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	0.0275±0.00174			
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출			
42	<sup>241</sup> Am	없음	NA	NA	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>228</sup>Ac(악티늄) <sup>235</sup>U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능이고, 정수의 경우 MDA 기준치 없음
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하

## 5. 2 토양

양산시에 위치한 천성산 및 금정산의 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건씩 총 6건의 등산로 토양을 채취하였고, 김해시에 위치한 신어산 및 무척산의 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건씩 총 6건의 등산로 토양을 채취함. 또한, 양산시 및 김해시의 평지와 쭉 채취지점과 동일한 지점에서 각각 4건씩 총 8건의 표층토양을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 따른 방사성물질 분포경향을 파악하기 위한 것임

채취한 총 20건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종은 모든 시료에서 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 불검출~9.97 Bq/kg-dry로 나타났으며, 최고값은 신어산 정상 토양에서 검출되었음. 상세한 결과는 Table 7~Table 10에 수록함. Table 7은 양산시 등산로 토양에 대한 조사결과, Table 8은 김해시 등산로 토양에 대한 조사결과를 각각 수록한 것임. Table 9~Table 10은 양산시 및 김해시의 평지와 쭉 채취지점과 동일한 지점에서 채취한 토양에 대한 조사결과를 수록한 것임.

모든 토양에서 검출된  $^{137}\text{Cs}$  농도는 KINS에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~6.98 Bq/kg-dry 범위를 초과하였지만 문헌자료<sup>1)</sup> 이내로 나타남. 토양에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 검출되었지만 환경에서  $^{137}\text{Cs}$ 과 거동특성이 유사한  $^{134}\text{Cs}$ 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단됨. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ (불검출~17.2 Bq/kg-dry),  $^{40}\text{K}$ (174~1,125 Bq/kg-dry),  $^{212}\text{Pb}$ (불검출~121,540 Bq/kg-dry),  $^{212}\text{Pb}$ (10,797~24,616 Bq/kg-dry),  $^{226}\text{Ra}$ (불검출~48.1 Bq/kg-dry),  $^{227}\text{Th}$ (불검출~6.69 Bq/kg-dry),  $^{228}\text{Ac}$ (불검출~234,950 Bq/kg-dry),  $^{235}\text{U}$ (0.849~3.86 Bq/kg-dry) 등이 검출됨. 자연 핵종 중 납( $^{212}\text{Pb}$ , 반감기 10.6 시간)과 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ , 반감기 6.2시간)은 토륨( $^{232}\text{Th}$ )의 계열붕괴 핵종으로 모든 토양에 존재하는  $^{232}\text{Th}$ 의 평균 농도는 6 ppm으로  $^{238}\text{U}$ (평균 2.3 ppm)에 비해 약 2.6배 정도 많아<sup>2)</sup> 분포경향 파악을 위해 선정함. 토양에서  $^{212}\text{Pb}$  및  $^{232}\text{Th}$  농도가 높게 나타났지만 짧은 반감기로 오차가 크고<sup>3)</sup>, 피폭선량 평가 자료조사<sup>4)</sup>에 의하면

1) 문헌자료: 132~103.1 Bq/kg-dry(14년도 한국방사성폐기물학회 지형 및 지질에 따른  $^{137}\text{Cs}$  분포 및 거동에 관한 연구)

2) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

3) 홍건철외 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, Journal Nuclear Medical Technology Vol. 16. No.1, April 2012

옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적어 문제없을 것으로 판단됨

9월 토양시료의 경우  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 7~Table 10에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소 검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

---

4) 감마선에 의한 국내 지각방사선(옥외)의 연간 피폭선량(0.11 mSv/yr)은 자연방사선량(2.99 mSv/yr)의 3.68%(한양대학교, 국민 피폭선량 종합 DB 구축, 2005년)



Table 7. 양산시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	천성산			금정산		
			정상	중턱	기슭	정상	중턱	기슭
1	<sup>7</sup> Be	없음	11.0±0.875	불검출	4.74±0.739	11.5±1.02	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	577±4.75	408±3.72	686±4.88	452±5.10	312±3.53	578±4.46
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.38	<3.31	<3.99	<4.59	<4.40	<3.90
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.570	<0.390	<0.481	<0.574	<0.549	<0.468
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.470	<0.358	<0.444	<0.511	<0.425	<0.404
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.05	<0.781	<1.03	<1.19	<0.930	<0.950
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.632	<0.498	<0.629	<0.732	<0.525	<0.571
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.15	<0.889	<1.11	<1.30	<0.924	<1.00
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<1.00	<0.741	<0.894	<1.13	<0.836	<0.830
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.609	<0.427	<0.541	<0.672	<0.572	<0.509
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	3	<0.618	<0.427	<0.613	<0.809	<0.744	<0.644
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.464	<0.348	<0.420	<0.436	<0.401	<0.381
25	<sup>137</sup> Cs	5	0.584±0.103 (<0.516)	0.672±0.086 (<0.415)	0.618±0.0965 (<0.476)	5.25±0.177 (<0.581)	1.60±0.111 (<0.488)	7.51±0.153 (<0.413)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.05	<1.49	<1.88	<2.42	<2.28	<1.92
28	<sup>140</sup> La	70	<3.45	<2.22	<4.54	<1.29	<11.3	<8.76
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	5,076±7.20	1599±30.4	20,441±289	불검출	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	47.9±3.34	19.5±2.34	26.2±2.82	17.7±3.31	32.6±2.92	27.2±2.50
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	4.52±0.795	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	74,675±182	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	2.82±0.225	1.69±0.152	1.99±0.187	1.68±0.212	2.00±0.196	1.63±0.168
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	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) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

Table 8. 김해시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시 2017-17호 MDA	신어산			무척산		
			정상	중턱	기슭	정상	중턱	기슭
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	11.9±0.910
2	<sup>40</sup> K	없음	174±2.74	663±4.56	895±5.48	578±4.97	645±5.13	755±5.14
3	<sup>51</sup> Cr	15	<4.02	<3.73	<4.29	<4.57	<3.89	<4.57
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.551	<0.502	<0.583	<0.571	<0.591	<0.540
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.438	<0.460	<0.525	<0.474	<0.503	<0.487
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.849	<1.14	<1.11	<1.08	<1.11	<1.13
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.468	<0.596	<0.678	<0.663	<0.692	<0.676
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.974	<1.08	<1.20	<1.20	<1.27	<1.15
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<0.998	<0.841	<1.03	<1.00	<1.09	<1.02
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.609	<0.658	<0.621	<0.611	<0.666	<0.623
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	3	<0.620	<1.39	<0.604	<0.695	<0.686	<0.740
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.432	<0.402	<0.436	<0.476	<0.449	<0.462
25	<sup>137</sup> Cs	5	9.97±0.188 (<0.502)	4.64±0.129 (<0.434)	<0.584	5.98±0.158 (<0.484)	2.52±0.135 (<0.569)	0.657±0.107 (<0.530)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.98	<3.07	<2.00	<2.15	<2.19	<2.32
28	<sup>140</sup> La	70	<2.48	<2.93	<3.24	<5.31	<4.69	<7.55
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	2,067±17.8	불검출	4,480±55	20,380±344	14,806±219	90,951±1,400
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	46.4±3.48	32.7±2.67	33.2±3.14	29.6±3.17	34.1±3.41	36.7±3.23
38	<sup>227</sup> Th	없음	5.16±0.812	불검출	4.74±0.771	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	34,485±573	불검출	234,950±393	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	3.33±0.232	2.06±0.179	2.87±0.208	2.17±0.210	3.00±0.224	3.03±0.215
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	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) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

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

Table 9. 양산시 및 김해시 평지 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	양산 웅상정수장	양산 삼호34근린공원	양산 금산근린공원	김해 김해대학교
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	647±4.90	678±5.16	597±4.53	1,043±6.25
3	<sup>51</sup> Cr	15	<4.11	<3.97	<3.97	<4.64
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.494	<0.516	<0.501	<0.607
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.436	<0.469	<0.463	<0.546
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.03	<1.13	<1.05	<1.30
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.646	<0.676	<0.607	<0.801
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.10	<1.24	<1.11	<1.39
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	<0.885	<0.997	<0.835	<1.18
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.565	<0.643	<0.602	<0.709
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	<0.561	<0.613	<0.782	<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	<0.453	<0.501	<0.320	<0.467
25	<sup>137</sup> Cs	5	0.930±0.107 (<0.512)	8.36±0.179 (<0.522)	7.64±0.160 (<0.461)	<0.653
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.86	<2.03	<2.36	<2.41
28	<sup>140</sup> La	70	<2.19	<2.55	<14.6	<5.22
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	10,421±13.4	1,214±17.1	불검출	19,494±241
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	37.6±3.14	41.4±3.40	33.3±3.03	42.5±3.68
38	<sup>227</sup> Th	없음	4.03±0.726	4.34±0.788	4.58±0.873	6.69±0.934
39	<sup>228</sup> Ac	없음	18,302±343	26,899±583	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	2.57±0.209	2.96±0.226	2.78±0.199	3.86±0.242
41	<sup>237</sup> U	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) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

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

Table 10. 쑥 채취지점의 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	양산 웅상정수장	양산 오봉산입구	김해 김해대학교	김해 생림중학교
1	<sup>7</sup> Be	없음	6.65±0.890	불검출	불검출	17.2±0.946
2	<sup>40</sup> K	없음	932±5.89	1,125±6.55	1,094±6.30	806±5.39
3	<sup>51</sup> Cr	15	<4.78	<3.82	<4.85	<4.47
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.561	<0.553	<0.654	<0.566
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.531	<0.536	<0.530	<0.483
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.21	<1.33	<1.24	<1.14
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.740	<0.809	<0.820	<0.685
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.36	<1.42	<1.38	<1.24
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	<0.987	<1.06	<1.13	<1.04
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.676	<0.661	<0.687	<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	<0.770	<0.846	<0.627	<0.684
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	<0.353	<0.494	<0.534	<0.462
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.14±0.119 (<0.566)	2.13±0.128 (<0.556)	<0.612	0.665±0.102 (<0.503)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.44	<2.43	<2.16	<2.18
28	<sup>140</sup> La	70	<8.29	<11.7	<2.53	<6.66
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	121,540±1,737	불검출	1,281±14.8	55,853±880
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	39.9±3.38	28.8±3.17	48.1±3.64	36.9±3.13
38	<sup>227</sup> Th	없음	5.63±0.908	4.84±0.861	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	23,444±384	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	3.54±0.226	2.77±0.208	3.34±0.243	2.28±0.211
41	<sup>237</sup> U	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) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)

### 5. 3 갯벌

거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험마을과 진해 해군교육사령부, 남해군 설천면의 문항어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선평적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 조사결과 인공 방사성물질인  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$ 는 모든 시료에서 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 <불검출~1.78 Bq/kg-dry로 나타났지만 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(<0.428~3.83 Bq/kg-dry) 내에 포함됨.

진해와 남해 갯벌에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 검출되었지만 환경에서  $^{137}\text{Cs}$ 과 거동특성이 유사한  $^{134}\text{Cs}$ 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$ 는 검출되지 않았고, 검출된  $^{137}\text{Cs}$ 는 낙진영향으로 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단되고, 조사결과는 Table 10에 제시하였음.

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ (2.99~5.61 Bq/kg-dry),  $^{40}\text{K}$ (772~981 Bq/kg-dry),  $^{212}\text{Pb}$ (불검출~4,830 Bq/kg-dry),  $^{226}\text{Ra}$ (불검출~22.6 Bq/kg-dry),  $^{227}\text{Th}$ (불검출~4.16 Bq/kg-dry),  $^{228}\text{Ac}$ (불검출~6,950 Bq/kg-dry),  $^{235}\text{U}$ (0.849~2.49 Bq/kg-dry) 등이 갯벌에서 검출됨.  $^7\text{Be}$ (반감기 53.3일)는 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종이고,  $^{40}\text{K}$ (반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨.  $^{226}\text{Ra}$ (반감기 1,600년),  $^{227}\text{Th}$ (반감기 18.7일),  $^{228}\text{Ac}$ (반감기 6.2시간) 등은  $^{238}\text{U}$  및  $^{232}\text{Th}$ 의 계열붕괴 핵종임

Table 11. 갯벌 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	거제시	진해구	남해군	비고
1	$^7\text{Be}$	없음	$2.99 \pm 0.581$	$3.87 \pm 0.739$	$5.61 \pm 0.739$	
2	$^{40}\text{K}$	없음	$981 \pm 5.43$	$772 \pm 4.91$	$850 \pm 5.23$	
3	$^{51}\text{Cr}$	15	$< 3.31$	$< 4.11$	$< 3.62$	
4	$^{54}\text{Mn}$	2	$< 0.409$	$< 0.486$	$< 0.464$	
5	$^{57}\text{Co}$	없음	불검출	불검출	불검출	
6	$^{58}\text{Co}$	2	$< 0.388$	$< 0.432$	$< 0.437$	
7	$^{59}\text{Fe}$	5	$< 1.03$	$< 1.05$	$< 1.03$	
8	$^{60}\text{Co}$	2	$< 0.654$	$< 0.609$	$< 0.667$	
9	$^{65}\text{Zn}$	5	$< 1.12$	$< 1.09$	$< 1.12$	
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	불검출	불검출	불검출	
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	불검출	불검출	불검출	
12	$^{88}\text{Y}$	없음	불검출	불검출	불검출	
13	$^{95}\text{Zr}$	5	$< 0.741$	$< 1.09$	$< 0.859$	
14	$^{95}\text{Nb}$	5	$< 0.452$	$< 0.451$	$< 0.533$	
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	불검출	불검출	불검출	
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	불검출	불검출	불검출	
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	불검출	불검출	불검출	
21	$^{131}\text{I}$	1.5	$< 0.495$	$< 0.749$	$< 0.519$	
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	
24	$^{134}\text{Cs}$	5	$< 0.276$	$< 0.406$	$< 0.379$	
25	$^{137}\text{Cs}$	5	$< 0.440$	$1.28 \pm 0.105$ ( $< 0.484$ )	$1.78 \pm 0.108$ ( $< 0.472$ )	
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	
27	$^{140}\text{Ba}$	70	$< 1.58$	$< 2.11$	$< 1.73$	
28	$^{140}\text{La}$	70	$< 3.74$	$< 1.43$	$< 1.84$	
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	불검출	불검출	불검출	
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	$4,830 \pm 161$	불검출	$597 \pm 7.22$	
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	불검출	불검출	불검출	
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	불검출	$14.9 \pm 2.72$	$22.6 \pm 2.89$	
38	$^{227}\text{Th}$	없음	불검출	$4.16 \pm 0.769$	불검출	
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	불검출	불검출	$6,950 \pm 138$	
40	$^{235}\text{U}$	없음	$0.849 \pm 0.135$	$2.19 \pm 0.175$	$2.49 \pm 0.189$	
41	$^{237}\text{U}$	없음	불검출	불검출	불검출	

1.  $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{227}\text{Th}$ (토륨),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄),  $^{235}\text{U}$ (우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하