

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2021년 2월 환경 방사성물질 조사결과

---



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

## 2021년 2월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 6종(공기/정수/원수/해수/토양/갯벌) 19개 시료에 대한 조사결과 해수와 토양, 갯벌에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 0.00127~0.00141 Bq/L, <0.465~12.1 Bq/kg, 0.857~0.915 Bq/kg로 평상범위 이내
  - 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  평상범위 : <0.00102~0.00243 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
  - 전국 토양  $^{137}\text{Cs}$  평상범위 : <0.495~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
  - 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  평상범위 : <0.656~3.34 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'19년 자료)
- 해수와 토양, 갯벌 해수 이외 모든 시료는  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  불검출

1. 조사 기간 : '20. 1. 29. ~ 2. 26.

2. 조사 대상 : 6종 19건

- 공기시료 1건
- 물시료 3종 4건(정수 1, 원수 1, 해수 2)
- 토양 1종 12건(양산 8, 김해 4)
- 갯벌 1종 2건(거제 1, 남해 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	2월말	누계		
방사성물질 조사	220	9	19	28	12.7%	

#### 4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(공기)

내 용	공기
채취 장소	서부청사 별관1층
채취 기간	1. 29. ~ 2. 24.
채취 기구	고용적 공기포집기
채취 수량	11,606 m <sup>3</sup>
전 처 리	N/A
계측 시간	8만초
분석 핵종	41개 핵종
시험 핵종	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악</li> <li>• 방사성물질 분포경향 파악</li> </ul>

Table 3. 먹는 물(양산시) 방사성물질 조사

구분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	원동취수장	웅상 정수장
채취 일시	2. 17. 14:30	
채취 수량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	41개 핵종(자연 및 인공)	7개 핵종(자연핵종, 인공핵종)
시험 핵종	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs	
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(해수)

내 용	해 수	
채취 장소	거제시	남해군
채취 기간	2. 18. 14:10	2. 17. 11:50
채취 기구	두레박	두레박
채취 수량	70 L	70 L
전 처 리	증발 · 농축(5 L → 1 L), AMP 공침(60 L)	
계측 시간	8만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$ 외 다수 인공핵종	
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>	

※ 해수의 증발 · 농축법과 AMP 공침법은 각각  $^{131}\text{I}$ 과  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ 을 분석하기 위한 것임

Table 5. 토양 방사성물질 조사

구분	토양(등산로 및 평지)	
채취 지역	양산시(등산로 4개소, 평지 4개소) · 등산로 : 천성산, 오봉산, 금정산, 토곡산 · 평지 : 원동자연휴양림, 웅상정수장, 삼호34근린공원, 금산근린공원	김해시(등산로 2개소, 평지 2개소) · 등산로 : 무척산, 신어산 · 평지 : 김해대학교, 생림중학교
채취 일시	2. 23. ~ 2. 26.	2. 22. ~ 2. 24.
채취 수량	3~5 kg	
전처리	건조(105 $^{\circ}\text{C}$ , 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 mm 체로 거른 후 계측	
계측 시간	2만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$	
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 6. 갯벌 방사성물질 조사

구분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	거제시	남해군
채취 일시	2. 18. 14:30	2. 17. 11:20
채취 수량	3~5 kg	
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 $\mu$ m 체로 거른 후 계측	
계측 시간	2만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$	
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 공기 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 고용적 공기포집기를 이용하여 약 4주간(1월 29일~2월 24일) 동안 공기 시료 11,606 m<sup>3</sup> 포집함. 포집한 공기시료에 대한 방사성물질 조사를 수행한 결과 <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 <sup>7</sup>Be만이 0.00232±0.0000267 Bq/m<sup>3</sup>로 검출되어 2월 공기 시료의 경우 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함.

또한, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 7에 제시하였음.

Table 7. 공기 분석 결과

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	공기(Bq/m <sup>3</sup> )	비고
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.00232±0.0000267	
2	<sup>40</sup> K	없음	<1.60E-04	
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<6.7E-05	
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<4.34E-06	
5	<sup>57</sup> Co	없음	<6.00E-06	
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<5.32E-06	
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<9.37E-06	
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<9.50E-06	
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<1.28E-05	
10	<sup>85</sup> Sr	없음	<8.11E-06	
11	<sup>88</sup> Kr	없음	<1.00E-04	
12	<sup>88</sup> Y	없음	<8.10E-06	
13	<sup>95</sup> Zr	5E-04	<9.36E-06	
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<6.00E-06	
15	<sup>101</sup> Rh	없음	<4.70E-06	
16	<sup>103</sup> Ru	없음	<8.06E-06	
17	<sup>106</sup> Rh	없음	<4.96E-05	
18	<sup>109</sup> Cd	없음	<1.13E-04	
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	<5.49E-06	
20	<sup>113</sup> Sn	없음	<9.29E-06	
21	<sup>131</sup> I	5E-02	<7.17E-06	
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<2.10E-05	
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<1.18E-04	
24	<sup>134</sup> Cs	8E-05	<5.43E-06	
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<6.32E-06	
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<2.75E-05	
28	<sup>140</sup> La	0.1	<1.62E-05	
29	<sup>141</sup> Ce	없음	<9.61E-06	
30	<sup>143</sup> Ce	없음	<5.62E-05	
31	<sup>144</sup> Ce	없음	<3.08E-05	
32	<sup>208</sup> Tl	없음	<9.58E-06	
33	<sup>212</sup> Bi	없음	<9.09E-05	
34	<sup>212</sup> Pb	없음	<8.77E-04	
35	<sup>214</sup> Bi	없음	<2.48E-05	
36	<sup>214</sup> Pb	없음	<2.47E-05	
37	<sup>226</sup> Ra	없음	<1.54E-04	
38	<sup>227</sup> Th	없음	<4.74E-05	
39	<sup>228</sup> Ac	없음	<4.65E-02	
40	<sup>235</sup> U	없음	<4.20E-05	
41	<sup>237</sup> U	없음	<4.36E-05	

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 측정하였으나 검출되지 않음)

## 5. 2 먹는물(원수 및 정수)

2021년 2월에 양산시에서 조사의뢰한 방사선비상계획구역 내·외부의 원동 취수장 원수와 웅상정수장 정수에 대한 방사능조사를 수행함. 조사결과 정수, 원수 시료에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 주요 인공 방사성물질 모두 불검출. 자연 방사성물질은  $^{40}\text{K}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 원수 시료에서 각각  $0.399\pm0.0164$  Bq/L,  $0.125\pm0.0197$  Bq/L,  $0.0280\pm0.00176$  Bq/L로 검출됨. 이러한 조사결과에 근거하여 2월 먹는물의 경우 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 8에 수록함.



Table 8. 양산시 먹는물(관원) 조사결과(Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	원동취수장 원수	웅상정수장 정수	비고
1	<sup>7</sup> Be	없음	<0.0370	<3.46	원수 · 원자력안전위원회고시 2017-17호 MDA 적용  정수 · WHO Guideline 적용 - WHO 기준치 <sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs 각각 10 Bq/L · MDA 기준 없음
2	<sup>40</sup> K	없음	0.399±0.0164	<6.93	
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0380	NA	
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00431	NA	
5	<sup>57</sup> Co	없음	<0.00536	NA	
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00454	NA	
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00844	NA	
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00476	NA	
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00934	NA	
10	<sup>85</sup> Sr	없음	<0.00580	NA	
11	<sup>88</sup> Kr	없음	<0.438	NA	
12	<sup>88</sup> Y	없음	<0.00451	NA	
13	<sup>95</sup> Zr	0.5	<0.00781	NA	
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00485	NA	
15	<sup>101</sup> Rh	없음	<0.00622	NA	
16	<sup>103</sup> Ru	없음	<0.00432	<0.421	
17	<sup>106</sup> Rh	없음	<0.0408	NA	
18	<sup>109</sup> Cd	없음	<0.167	NA	
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	<0.00441	NA	
20	<sup>113</sup> Sn	없음	<0.00573	NA	
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.00492	<0.434	
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<0.0203	NA	
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<0.0580	NA	
24	<sup>134</sup> Cs	0.008	<0.00396	<0.348	
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00454	<0.364	
26	<sup>139</sup> Ce	없음	<0.00518	NA	
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0162	NA	
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0157	NA	
29	<sup>141</sup> Ce	없음	<0.00965	NA	
30	<sup>143</sup> Ce	없음	<0.0208	NA	
31	<sup>144</sup> Ce	없음	<0.0402	NA	
32	<sup>208</sup> Tl	없음	<0.00615	NA	
33	<sup>212</sup> Bi	없음	<0.0648	NA	
34	<sup>212</sup> Pb	없음	0.125±0.0197	NA	
35	<sup>214</sup> Bi	없음	<0.00785	NA	
36	<sup>214</sup> Pb	없음	<0.0155	NA	
37	<sup>226</sup> Ra	없음	<0.148	NA	
38	<sup>227</sup> Th	없음	<0.0339	NA	
39	<sup>228</sup> Ac	없음	1.41±0.158	NA	
40	<sup>235</sup> U	없음	0.0280±0.00176	NA	
41	<sup>237</sup> U	없음	<0.0364	NA	
42	<sup>241</sup> Am	없음	NA	<2.53	

1. <sup>40</sup>K(칼륨)과 <sup>235</sup>U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, NA(Not Available, 측정하지 않음)

### 5. 3 해수 시료

2021년 2월에 거제시 남부면 다대어촌체험마을과 남해군 설천면 어촌체험 마을에서 각각 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료 중 5 L는  $^{131}\text{I}$ 을 분석하기 위해 5 L에서 1 L로 증발·농축하였고, 나머지 65 L 중 60 L는  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등을 분석하기 위해 AMP(인몰리브덴산암모늄) 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 2건의 해수를 조사한 결과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 0.00127~0.00141 Bq/L로 검출됨. 해수에서 검출된  $^{137}\text{Cs}$  농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해수를 분석한 후 제시한 <0.00102~0.00243 Bq/L 범위에 포함되었고, 해수에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 검출되었지만 환경에서  $^{137}\text{Cs}$ 과 거동특성이 유사한  $^{134}\text{Cs}$ 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 자연 방사성물질의 경우  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 각각 0.218~0.306 Bq/L, <0.0301~0.0322 Bq/L, <0.00813~0.00535 Bq/L로 검출됨.

이러한 분석결과에 근거하여 2월 해수시료의 경우 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향과 인공방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 아래 Table 9에 제시함. Table 9에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력 안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 9. 해수 분석결과(Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시	남해군	비고
1	<sup>7</sup> Be	없음	<0.0103	<0.00913	
2	<sup>40</sup> K	없음	0.218±0.00726	0.306±0.00628	
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0142	<0.0100	
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.00123	<0.00102	
5	<sup>57</sup> Co	없음	<0.000974	<0.000973	
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00111	<0.00116	
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00179	<0.00233	
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00107	<0.00136	
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00258	<0.00250	
10	<sup>85</sup> Sr	없음	<0.00155	<0.000150	
11	<sup>88</sup> Kr	없음	<0.0191	<0.0172	
12	<sup>88</sup> Y	없음	<0.00155	<0.00120	
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	<0.00237	<0.00194	
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00125	<0.00131	
15	<sup>101</sup> Rh	없음	<0.000968	<0.00111	
16	<sup>103</sup> Ru	없음	<0.00134	<0.00113	
17	<sup>106</sup> Rh	없음	<0.00985	<0.00834	
18	<sup>109</sup> Cd	없음	ND	<0.0272	
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	<0.000989	<0.00105	
20	<sup>113</sup> Sn	없음	<0.00221	<0.00104	
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.0214	<0.0358	
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<0.00656	<0.00665	
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<0.0721	<0.0851	
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00101	<0.000812	
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00141±0.000233 (<0.00119)	0.00127±0.000225 (<0.00111)	
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	<0.00104	
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00608	<0.00533	
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.0154	<0.0461	
29	<sup>141</sup> Ce	없음	<0.00209	<0.00200	
30	<sup>143</sup> Ce	없음	<0.0697	<0.111	
31	<sup>144</sup> Ce	없음	<0.00715	<0.00748	
32	<sup>208</sup> Tl	없음	<0.00107	<0.00170	
33	<sup>212</sup> Bi	없음	<0.0162	<0.0158	
34	<sup>212</sup> Pb	없음	<0.00466	<0.00360	
35	<sup>214</sup> Bi	없음	<0.00477	<0.00227	
36	<sup>214</sup> Pb	없음	<0.00500	<0.00259	
37	<sup>226</sup> Ra	없음	0.0322±0.00627	<0.0301	
38	<sup>227</sup> Th	없음	<0.00985	<0.00817	
39	<sup>228</sup> Ac	없음	<0.0190	<0.01958	
40	<sup>235</sup> U	없음	<0.00813	0.00535±0.000364	
41	<sup>237</sup> U	없음	<0.0117	<0.00877	

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>235</sup>U(우라늄)은 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. 4 토양

2021년 2월에 고리원전 주변 지역인 양산시와 김해시의 평지 및 등산로에서 총 12건의 표층토양을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 주요 인공 방사성물질인  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$ 는 모든 토양에서 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 총 12건의 토양에서  $<0.465 \sim 12.1 \text{ Bq/kg-dry}$ 로 나타남. 토양 조사결과는 Table 10~Table 12에 수록함. 토양에서 검출된  $^{137}\text{Cs}$  농도는 KINS에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출 $\sim 15.8 \text{ Bq/kg-dry}$  범위에 포함되었고, 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 판단함. 모든 핵종이 원자력 안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{227}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각  $<3.82 \sim 6.09 \text{ Bq/kg-dry}$ ,  $471 \sim 1,355 \text{ Bq/kg-dry}$ ,  $<15.1 \sim 67.1 \text{ Bq/kg-dry}$ ,  $<4.00 \sim 5.99 \text{ Bq/kg-dry}$ ,  $<3.76 \sim 4.11 \text{ Bq/kg-dry}$ 로 나타남. 자연 핵종 중 납( $^{212}\text{Pb}$ , 반감기 10.6시간)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>1)</sup> 분포경향 파악을 위해 선정함.  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$  조사결과 농도는 각각  $<1.18 \sim 123,440 \text{ Bq/kg-dry}$ ,  $<2.39 \sim 247,350 \text{ Bq/kg-dry}$ 로 높게 나타남.  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$ 는 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면<sup>2)</sup> PET(양성자 단층촬영) 검사 시 단 반감기 핵종을 사용할 경우 검사시간이 길어질수록 오차가 증가하여 반감기 보정 외에 추가 보정이 필요한 것으로 조사됨. 또한 피폭선량 평가 자료조사에 의하면<sup>3)</sup> 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은( $0.11 \text{ mSv}$ ) 국내 연간 자연방사선량( $2.99 \text{ mSv}$ )의 3.68 %로 상당히 적음.  $0.11 \text{ mSv}$ 는 모든 자연 핵종으로부터 방출된 감마선을 조사한 것으로 검출된  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$  만을 대상으로 선량을 평가할 경우  $0.11 \text{ mSv}$ 보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

2월 토양시료의 경우  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및

1) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

3) 감마선에 의한 국내 지각방사선(옥외)의 연간 피폭선량( $0.11 \text{ mSv/yr}$ )은 자연방사선량( $2.99 \text{ mSv/yr}$ )의 3.68%(한양대학교, 국민 피폭선량 종합 DB 구축, 2005년)

후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 10~Table 12에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소 검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 10. 김해시 등산로 및 평지 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로		평지	
			신어산	무척산	김해대학교	생림중학교
1	<sup>7</sup> Be	없음	<3.82	5.16±0.801	<4.81	<4.33
2	<sup>40</sup> K	없음	1,355±6.80	477±4.40	1,005±6.75	788±5.56
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.71	<3.38	<1.46	<4.31
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.491	<0.497	<0.584	<0.581
5	<sup>57</sup> Co	없음	<0.461	<0.476	<0.556	<0.506
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.488	<0.443	<0.544	<0.480
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.25	<0.972	<0.946	<1.14
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.809	<0.593	<0.375	<0.722
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.37	<1.08	<1.45	<1.24
10	<sup>85</sup> Sr	없음	<0.394	<0.484	<0.583	<0.474
11	<sup>88</sup> Kr	없음	<2.84	<2.79	<3.30	<3.00
12	<sup>88</sup> Y	없음	<0.548	<0.489	<0.974	<0.549
13	<sup>95</sup> Zr	5	<0.987	<0.933	<0.974	<1.07
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.571	<0.534	<0.662	<0.619
15	<sup>101</sup> Rh	없음	<0.492	<0.587	<0.744	<0.650
16	<sup>103</sup> Ru	없음	<0.466	<0.438	<0.675	<0.485
17	<sup>106</sup> Rh	없음	<3.35	<3.70	<3.72	<3.55
18	<sup>109</sup> Cd	없음	<19.9	<20.0	ND	<21.7
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	<0.496	<0.476	<0.462	<0.509
20	<sup>113</sup> Sn	없음	<0.605	<0.602	<0.807	<0.509
21	<sup>131</sup> I	3	<0.533	<0.537	<0.636	<0.622
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<2.25	<2.30	<2.81	<2.80
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<6.92	<7.85	<8.76	<11.3
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.375	<0.381	<0.530	<0.563
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.06±0.109 (<0.514)	7.68±0.171 (<0.465)	<0.657	<0.470
26	<sup>139</sup> Ce	없음	<0.502	<0.481	ND	<0.529
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.82	<1.79	<1.93	<1.98
28	<sup>140</sup> La	70	<1.90	<2.15	<0.611	<3.35
29	<sup>141</sup> Ce	없음	<0.917	<0.887	<1.09	<1.01
30	<sup>143</sup> Ce	없음	<2.95	<3.39	<3.35	<6.01
31	<sup>144</sup> Ce	없음	<3.76	<3.60	<3.48	<4.12
32	<sup>208</sup> Tl	없음	<1.14	<1.50	<0.838	<1.45
33	<sup>212</sup> Bi	없음	<27.3	<27.6	<30.3	<28.9
34	<sup>212</sup> Pb	없음	628±6.36	1,261±12.4	985±7.9	6,040±59.4
35	<sup>214</sup> Bi	없음	<0.956	<1.00	<1.26	<9.08
36	<sup>214</sup> Pb	없음	<2.26	<1.92	<1.30	<2.56
37	<sup>226</sup> Ra	없음	27.7±2.85	39.3±2.90	<15.1	38.4±3.12
38	<sup>227</sup> Th	없음	3.79±0.690	3.68±0.698	5.94±0.950	<4.00
39	<sup>228</sup> Ac	없음	6,065±159	17,618±279	8,922±151	247,350±426
40	<sup>235</sup> U	없음	2.64±0.194	2.26±0.204	1.87±0.154	2.74±0.215
41	<sup>237</sup> U	없음	<4.04	<3.93	<6.19	<5.89

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>235</sup>U(우라늄)은 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 11. 양산시 등산로 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	천성산	오봉산	토곡산	금정산
1	$^7\text{Be}$	없음	<4.39	4.48±0.755	4.83±0.885	<4.91
2	$^{40}\text{K}$	없음	553±4.73	485±5.15	471±5.30	884±5.99
3	$^{51}\text{Cr}$	15	<3.62	<3.09	<3.92	<5.04
4	$^{54}\text{Mn}$	2	<0.536	<0.512	0.601	<0.599
5	$^{57}\text{Co}$	없음	<0.535	<0.153	<0.531	<0.609
6	$^{58}\text{Co}$	2	<0.514	<0.443	<0.508	<0.588
7	$^{59}\text{Fe}$	5	<1.05	<0.777	<0.592	<1.25
8	$^{60}\text{Co}$	2	<0.627	<0.636	<0.663	<0.777
9	$^{65}\text{Zn}$	5	<1.17	<0.968	<1.11	<1.35
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	<0.502	<0.480	<0.543	<0.553
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	<3.00	<2.76	<3.10	<3.37
12	$^{88}\text{Y}$	없음	<0.525	<0.164	<0.174	<0.602
13	$^{95}\text{Zr}$	5	<1.01	<0.932	<1.04	<0.15
14	$^{95}\text{Nb}$	5	<0.608	<0.547	<0.607	<0.697
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	<0.647	<0.587	<0.687	<0.671
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	<0.499	<0.365	<0.667	<0.579
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	<3.98	<3.48	<3.91	<4.39
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	<23.2	ND	ND	<25.7
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	<0.539	<0.491	<0.378	<0.580
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	<0.652	<0.617	<0.379	<0.738
21	$^{131}\text{I}$	3	<0.711	<0.551	<0.555	<0.822
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	<3.58	<2.33	<3.06	<4.08
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	<19.4	<7.78	<11.4	<0.219
24	$^{134}\text{Cs}$	5	<0.467	<0.381	<0.353	<0.528
25	$^{137}\text{Cs}$	5	4.96±0.149 (<0.482)	9.99±0.197 (<0.500)	3.23±0.145 (<0.583)	12.1±0.214 (<0.557)
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	<0.539	ND	ND	<0.602
27	$^{140}\text{Ba}$	70	<2.23	<1.94	<0.670	<2.45
28	$^{140}\text{La}$	70	<6.94	<0.613	<1.88	<7.93
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	<1.08	<0.884	<1.05	<1.20
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	<14.5	<3.10	<5.79	<16.5
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	<4.12	<3.08	<2.91	<4.55
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	<1.64	<0.579	<0.773	<1.76
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	<24.6	<25.1	<27.4	<29.7
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	110,230±91.0	763±8.93	4,078±39.1	123,440±96.5
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	<1.29	<1.04	<1.00	<1.39
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	<1.05	<1.11	<12.5	<1.22
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	42.1±3.17	<16.7	17.1±2.29	67.1±3.66
38	$^{227}\text{Th}$	없음	4.43±0.829	3.93±0.772	<4.93	5.97±0.940
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	<2.96	8,002±233	125,750±239	<3.63
40	$^{235}\text{U}$	없음	2.68±0.220	<3.76	<4.32	3.62±0.257
41	$^{237}\text{U}$	없음	<6.63	<5.10	<6.11	<7.27

1.  $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{227}\text{Th}$ (토륨),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 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 12. 양산시 평지 토양 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	웅상정수장	삼호34근린공원	금산근린공원	원동자연휴양림
1	<sup>7</sup> Be	없음	5.69±0.855	<4.43	6.09±0.856	<4.58
2	<sup>40</sup> K	없음	609±5.50	664±5.60	560±5.87	1,157±6.45
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.51	<4.60	<5.20	<4.78
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.600	<0.534	<0.512	<0.605
5	<sup>57</sup> Co	없음	<0.536	<0.513	<0.495	<0.609
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.509	<0.493	<0.502	<0.578
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.589	<0.19	<0.681	<1.28
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.637	<0.695	<0.695	<0.793
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.03	<1.25	<1.26	<1.37
10	<sup>85</sup> Sr	없음	<0.464	<0.530	<0.525	<0.518
11	<sup>88</sup> Kr	없음	<3.03	<2.97	<3.07	<3.41
12	<sup>88</sup> Y	없음	<0.289	<0.550	<0.253	<0.595
13	<sup>95</sup> Zr	5	<0.963	<1.04	<1.10	<1.15
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.656	<0.636	<0.648	<0.685
15	<sup>101</sup> Rh	없음	<0.662	<0.631	<0.667	<0.611
16	<sup>103</sup> Ru	없음	<0.393	<0.511	<0.414	<0.550
17	<sup>106</sup> Rh	없음	<3.65	<3.88	<3.62	<4.00
18	<sup>109</sup> Cd	없음	ND	<22.6	ND	<25.7
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	<0.372	<0.524	<0.506	<0.567
20	<sup>113</sup> Sn	없음	<0.4477	<0.652	<0.781	<0.636
21	<sup>131</sup> I	3	<0.879	<0.721	<0.822	<0.712
22	<sup>133</sup> Xe	없음	<4.32	<3.63	<3.91	<3.17
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	<28.0	<21.5	<0.217	<12.1
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.467	<0.480	<0.429	<0.429
25	<sup>137</sup> Cs	5	0.845±0.110 (<0.546)	0.717±0.112 (<0.551)	0.830±0.111 (<0.552)	<0.635
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	<0.540	ND	<0.605
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.80	<2.31	<2.62	<1.87
28	<sup>140</sup> La	70	<3.27	<7.86	<2.38	<0.339
29	<sup>141</sup> Ce	없음	<1.08	<1.07	<1.05	<1.16
30	<sup>143</sup> Ce	없음	<25.3	<15.5	<14.1	<6.33
31	<sup>144</sup> Ce	없음	<4.02	<3.90	<3.39	<4.63
32	<sup>208</sup> Tl	없음	<0.745	<1.55	<0.759	<1.43
33	<sup>212</sup> Bi	없음	<28.2	<25.9	<28.7	<0.326
34	<sup>212</sup> Pb	없음	<1.18	149,420±134	106,270±100	6,328±50.4
35	<sup>214</sup> Bi	없음	<1.28	<1.14	<1.31	<1.05
36	<sup>214</sup> Pb	없음	<1.15	<0.996	<1.15	<2.97
37	<sup>226</sup> Ra	없음	ND	55.5±3.14	62.3±3.62	66.9±3.53
38	<sup>227</sup> Th	없음	5.99±0.980	<4.69	<5.10	5.68±0.899
39	<sup>228</sup> Ac	없음	<2.98	<3.14	<2.39	216,280±353
40	<sup>235</sup> U	없음	4.11±0.795	2.34±0.225	<4.26	3.40±0.250
41	<sup>237</sup> U	없음	<7.52	<6.67	<7.73	<6.23

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>235</sup>U(우라늄)은 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. 5 갯벌(해저퇴적물)

2021년 2월에 남해군 설천면의 문향어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 다대어촌체험마을에서 각각 1건씩 해안선퇴적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  농도 범위는 0.857~0.915 Bq/kg-dry로 나타났고, 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2017년~2019년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 <0.656~3.34 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 2건의 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. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호의 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 조사결과는 아래 Table 13에 수록함

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 4.05~4.40 Bq/kg-dry, 838~842 Bq/kg-dry, <10.8~17.1 Bq/kg-dry, 1.87~2.35Bq/kg-dry로 나타남. 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>4)</sup> 분포경향 파악을 위해 선정함.  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$  조사결과 농도는 각각 707~39,400 Bq/kg-dry, <3.02~10,328 Bq/kg-dry로 높게 나타남.  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$ 는 짧은 반감기로 오차가 크지만 인체에 미치는 영향이 적어 문제 없을 것으로 판단함. 연구결과에 의하면<sup>5)</sup> PET(양성자단층촬영) 검사 시 단 반감기 핵종을 사용할 경우 검사시간이 길어질수록 오차가 증가하여 반감기 보정 외에 추가 보정이 필요한 것으로 조사됨. 또한 피폭선량 평가 자료조사에 의하면<sup>6)</sup> 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99 mSv)의 3.68 %로 상당히 적음. 0.11 mSv는 모든 자연 핵종으로부터 방출된 감마선을 조사한 것으로 검출된  $^{212}\text{Pb}$ 과  $^{228}\text{Ac}$  만을 대상으로 선량을 평가할 경우 0.11 mSv보다 상당히 적을 것으로 판단되고, 도민에게 미치는 영향 또한 미미할 것으로 사료됨.

2월 해저퇴적물의 경우  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리

4) 원자력안전위원회·한국원자력안전기술원 생활주변방사선 정보 서비스

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

6) 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)

및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, Table 13에서 보듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출 방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 13. 갯벌 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	거제시	비고
1	$^7\text{Be}$	없음	$4.05 \pm 0.729$	$4.40 \pm 0.666$	
2	$^{40}\text{K}$	없음	$842 \pm 5.98$	$838 \pm 5.29$	
3	$^{51}\text{Cr}$	15	<3.19	<2.75	
4	$^{54}\text{Mn}$	2	<0.416	<0.399	
5	$^{57}\text{Co}$	없음	<0.473	<0.410	
6	$^{58}\text{Co}$	2	<0.454	<0.440	
7	$^{59}\text{Fe}$	5	<0.784	<1.07	
8	$^{60}\text{Co}$	2	<0.719	<0.658	
9	$^{65}\text{Zn}$	5	<1.06	<1.11	
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	<0.450	<0.380	
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	<2.51	<2.24	
12	$^{88}\text{Y}$	없음	<0.248	<0.472	
13	$^{95}\text{Zr}$	5	<0.833	<0.726	
14	$^{95}\text{Nb}$	5	<0.520	<0.480	
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	<0.492	<0.442	
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	<0.479	<0.374	
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	<2.70	<2.41	
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	ND	<15.2	
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	<0.441	<0.391	
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	<0.720	<0.469	
21	$^{131}\text{I}$	1.5	<0.540	<0.564	
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	<2.26	<2.70	
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	<7.74	<0.151	
24	$^{134}\text{Cs}$	5	<0.415	<0.374	
25	$^{137}\text{Cs}$	5	$0.915 \pm 0.0975$ (<0.470)	$0.857 \pm 0.0882$ (<0.411)	
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	ND	<0.407	
27	$^{140}\text{Ba}$	70	<1.87	<1.70	
28	$^{140}\text{La}$	70	<0.339	<5.52	
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	<0.853	<0.793	
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	<3.36	<10.8	
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	<2.54	<3.01	
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	<0.535	<0.922	
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	<23.4	<20.4	
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	$707 \pm 9.45$	$39,400 \pm 546$	
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	<0.881	<0.858	
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	<0.996	<1.53	
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	<10.8	$17.1 \pm 2.29$	
38	$^{227}\text{Th}$	없음	<3.79	<3.46	
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	$10,328 \pm 280$	<3.02	
40	$^{235}\text{U}$	없음	$2.35 \pm 0.199$	$1.87 \pm 0.154$	
41	$^{237}\text{U}$	없음	<4.77	<5.62	

1.  $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하, ND(Not Detection, 계측하였으나 검출되지 않음)