

함께 만드는 완전히 새로운 경남

# 2021년 11월 및 12월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

# 2021년 11월 및 12월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 7종(공기/빗물/정수/원수/해수/토양/갯벌) 40건 시료에 대한 조사결과 토양과 갯벌, 해수에서  $^{137}\text{Cs}$  검출
  - 토양의  $^{137}\text{Cs}$  농도(불검출~18.5 Bq/kg-dry)는 정상범위를 초과하였으나 문헌자료 이내
    - ※ 전국 토양  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : <불검출~6.98 Bq/kg-dry(KINS, '18년~'20년 자료)
    - ※ 문헌자료 : 13.2~103.1 Bq/kg-dry('14년도 한국방사성폐기물학회)
  - 갯벌(0.815~1.33 Bq/kg-dry)과 해수(불검출~0.00175 Bq/L)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출되었으나 정상범위 이내
    - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : <불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년~'20년 자료)
    - ※ 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : <불검출~0.00204 Bq/L(KINS, '18년~'20년 자료)
- 토양과 갯벌, 갯벌 이외 모든 시료는  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  불검출

1. 조사 기간 : '21. 11. 1. ~ 12. 31.

2. 조사 대상 : 7종 40건

- 공기 1종 3건
- 물시료 4종 15건(빗물1, 정수6, 원수4, 해수4)
- 갯벌 1종 3건(남해2, 거제1)
- 토양 1종 19건(등산로13, 평지6)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		기누계	12월말	누계		
방사성물질 조사	220	208	40	248	112.7%	

#### 4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(공기 및 빗물)

구 분	공기			빗물(11월)
	11월(초중순)	11월(중하순)	12월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	11. 1. ~ 11. 15.	11. 15. ~ 11. 30.	11. 30. ~ 12. 15.	11. 1. ~ 11. 30.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,368 m <sup>3</sup>	1,368 m <sup>3</sup>	1,368 m <sup>3</sup>	30 L
전 처 리	N/A			증발농축(30 L → 1 L)
계측 시간	8만초			
분석 핵종	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs 등 41개 핵종			
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>			

\* N/A(해당 없음, Not Available)

Table 3. 방사성물질 조사(양산시 먹는물)

구 분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장 4건	신도시, 범어 및 웅상 정수장 6건
채취 일시	11. 11. ~ 12. 10.	
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs 등 41개 핵종	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> 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 4. 해수 방사성물질 조사

구 분	해 수		
채취 장소	남해군(남해대교) 2건	거제시	진해구
채취 기간	11. 12. ~ 12. 17.	12. 15. 12:50	12. 17. 14:30
채 취 량	70 L	70 L	70 L
전 처 리	· 요오드 : 증발·농축(5 L → 1 L), 요오드외 : AMP 공침(60 L)		
계측 시간	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(등산로 및 평지 토양)

구 분	등산로	평지
채취 지역	양산 7건, 김해 6건	양산 4건, 김해 2건
채취 일시	11. 4. ~ 12. 14.	11. 4. ~ 12. 14.
채 취 량	3~5 kg	3~5 kg
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측	
계측 시간	2만초	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>	

Table 6. 방사성물질 조사(갯벌)

구 분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	남해 2건	거제 1건
채취 일시	11. 12. ~ 12. 7.	12. 15. 15:20
채 취 량	3~5 kg	3~5 kg
전처리	건조(105 ℃, 48시간) → 분쇄 → 체로거름(2 mm) → 계측	
계측 시간	2만초	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 공기

서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 11월과 12월에 공기 시료 1,368 m<sup>3</sup>를 각각 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질 조사한 결과 <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 주요 인공 방사성물질이 검출되지 않았고, 자연 방사성물질의 경우 <sup>7</sup>Be이 0.00208~0.00374 Bq/m<sup>3</sup>로 검출됨. <sup>7</sup>Be(베릴륨, 반감기 53.3일)은 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종임. 조사결과 <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 인공 핵종이 검출되지 않아 11월 및 12월 공기의 경우 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨.

또한, <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA(최소검출방사능, Minimum Detectable Activity) 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 Table 7에 제시하였음.

### 5. 2 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 11월에 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대해 조사한 결과 <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않음. 자연 방사성물질의 경우 <sup>40</sup>K, <sup>212</sup>Pb, <sup>228</sup>Ac 등이 각각  $0.327 \pm 0.0181$  Bq/L,  $2.45 \pm 0.270$  Bq/L,  $265 \pm 5.18$  Bq/L로 검출되었고, 상세한 결과는 Table 7에 제시함. <sup>40</sup>K(칼륨, 반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출되고, 납(<sup>212</sup>Pb, 반감기 10.6시간)과 악티늄(<sup>228</sup>Ac, 반감기 6.2시간)은 토륨(<sup>232</sup>Th)의 계열붕괴 핵종임. <sup>131</sup>I, <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs 등의 주요 인공핵종이 검출되지 않아 11월 빗물의 경우 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단됨.

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 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

Table 7. 공기 및 빗물 조사결과

순 서	분석 핵종	고사 2017-17호 MDA	공기(Bq/m <sup>3</sup> )			고사 2017-17 MDA	11월 빗물(Bq/L)
			11월(초중순)	11월(중하순)	12월(초중순)		
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.00374±0.0000839	0.00352±0.0000837	0.00208±0.0000677	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	불검출	불검출	없음	0.327±0.0181
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<0.0002940	<0.0002470	<0.0002330	1	<0.0216
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<0.0000265	<0.0000333	<0.0000317	0.5	<0.00256
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<0.0000280	<0.0000292	<0.0000295	0.05	<0.00290
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<0.0000665	<0.0000648	<0.0000591	0.03	<0.00425
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<0.0000286	<0.0000336	<0.0000339	0.02	<0.00509
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<0.0000580	<0.0000670	<0.0000616	0.05	<0.00596
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	없음	<불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5E-04	<0.0000573	<0.0000591	<0.0000540	0.5	<0.00461
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<0.0000434	<0.0000386	<0.0000335	0.5	<0.00327
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	없음	ND
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
21	<sup>131</sup> I	5E-02	<0.0001760	<0.0000676	<0.0000642	0.1	<0.00448
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	8E-05	<0.0000215	<0.0000231	<0.0000268	0.008	<0.00217
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<0.0000271	<0.0000321	<0.0000324	0.008	<0.00317
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	없음	ND
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.0002200	<0.0001260	<0.0001140	10	<0.0189
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.0436000	<0.0002470	<0.0001530	10	<0.0167
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	없음	2.45±0.270
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	불검출	없음	ND
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	없음	265±51.8
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	없음	불검출

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>228</sup>Ac(악티늄)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. 3 먹는물(원수 및 정수)

2021년 11월과 12월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수 4건과 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장의 정수 6건에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않음. 반면, 자연 방사성물질의 경우  $^{40}\text{K}$ 이 4건의 원수 중 2건에서 0.433~0.454 Bq/L로 검출됨.  $^{40}\text{K}$ (칼륨, 반감기 13억년)는 계열 붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨.

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 8~Table 9에 제시하였음. 또한,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

Table 8. 양산시 먹는물(11월) 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	0.454±0.0294	불검출	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0444	<0.0465			
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00445	<0.00429			
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출			
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00447	<0.00447			
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00905	<0.00900			
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00174	<0.00488			
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00851	<0.00965			
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	<0.00700	<0.00854			
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00547	<0.00566			
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	ND	불검출			
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출			
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출			
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.00937	<0.00748	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	<0.00338	<0.00328	불검출	불검출	불검출
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00479	<0.00503	불검출	불검출	불검출
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	불검출			
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0261	<0.0213			
28	<sup>140</sup> La	10	<0.115	<0.0986			
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	NA	NA	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능이고, 정수의 경우 MDA 기준치 없음
3. < : 방사성물질 농도 MDA 이하

Table 9. 양산시 먹는물(12월) 조사결과(Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)	원수 (원동취수장)
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.433±0.0317	불검출	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.04810				<0.04470
4	<sup>54</sup> Mn	0.5	<0.00443				<0.00409
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출				불검출
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00458				<0.00443
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00923				<0.00932
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00840				<0.00489
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00997				<0.00973
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	<0.00636				<0.00808
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00528				<0.00536
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	ND				불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출				불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출				불검출
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.00760	불검출	불검출	불검출	<0.00707
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출				불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출				불검출
24	<sup>134</sup> Cs	0.008	<0.00438	불검출	불검출	불검출	<0.00433
25	<sup>137</sup> Cs	0.008	<0.00459	불검출	불검출	불검출	<0.00479
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND				불검출
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.02160				<0.01980
28	<sup>140</sup> La	10	<0.05030				<0.05850
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		불검출	불검출	불검출	

1. <sup>40</sup>K(칼륨)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. 4 해수

2022년 11월과 12월에 거제시 남부면 다대어촌체험마을과 남해군 설천면 어촌체험마을, 진해구 해군교육사령부에서 각각 70 L의 해수 4건을 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 인몰리브덴산암모늄 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 4건의 해수를 조사한 결과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ , 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 <불검출~0.00175 Bq/L로 나타남. 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 영향으로 고리 및 일본 원전에 의한 영향은 없는 것으로 본 조사에서는 판단함. 자연 방사성물질의 경우  $^{40}\text{K}$ 이 <불검출~0.385 Bq/L로 나타났고, 상세한 조사결과는 Table 10에 제시함.  $^{40}\text{K}$ (칼륨, 반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨.

또한, 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출 방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 10. 방사성물질(해수) 조사결과(Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해(11월)	남해(12월)	거제(12월)	진해(12월)
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.294±0.00784	0.132±0.00770	0.385±0.00801	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0127	<0.0117	<0.0138	<0.0148
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	ND	<0.0012	<0.0014	<0.0017
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00128	<0.0012	<0.0014	<0.0016
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00222	<0.0030	<0.0034	<0.0034
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00105	<0.0014	<0.0004	<0.0018
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00306	<0.0026	<0.0026	<0.0037
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	0.006	<0.00234	<0.0022	<0.0024	<0.0030
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00163	<0.0017	<0.0017	<0.0019
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	ND	불검출	ND	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	0.1	<0.031	<0.0207	<0.0589	<0.0498
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	0.003	<0.00108	<0.0012	<0.0012	<0.0013
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00170±0.000260 (<0.00127)	<0.00128	0.00175±0.000248 (<0.00120)	<0.00186
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	불검출	ND	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00528	<0.0085	<0.0094	<0.0078
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.0107	<0.0059	<0.0766	<0.0586
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	불검출	불검출	불검출	불검출
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <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 토양

2021년 11월과 12월에 양산시에 위치한 천성산, 오봉산, 토곡산, 금정산에서 7건의 등산로 토양을 채취하였고, 김해시의 신어산과 무척산에서 6건의 등산로 토양을 채취함. 또한, 양산시와 김해시에 위치한 웅상정수장과 김해대학교 등 6개 지점에서 6건의 평지 토양을 채취함. 채취한 총 19건의 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~18.5 Bq/kg-dry로 나타났으며, 최고값은 토곡산 정상 토양에서 검출됨. 상세한 결과는 Table 11~Table 14에 제시함. Table 11은 양산시 등산로 토양 조사결과를, Table 12는 김해시 등산로 토양 조사결과를, Table 13은 양산시 평지 토양 조사결과를, Table 14는 김해시 평지 토양 조사결과를 각각 제시한 것임.

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 판단함. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ (불검출~22.7 Bq/kg-dry),  $^{40}\text{K}$ (불검출~1,105 Bq/kg-dry),  $^{212}\text{Pb}$ (불검출~166,410 Bq/kg-dry),  $^{226}\text{Ra}$ (불검출~35.3 Bq/kg-dry),  $^{227}\text{Th}$ (불검출~7.08 Bq/kg-dry),  $^{228}\text{Ac}$ (불검출~27,079 Bq/kg-dry),  $^{235}\text{U}$ (불검출~4.81 Bq/kg-dry) 등이 검출됨. 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>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 옥외 활동으로 인한 국내 지각방사선의 연간 피폭선량은(0.11 mSv) 국내 연간 자연방사선량(2.99

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

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)

mSv)의 3.68 %로 상당히 적어 문제없을 것으로 판단됨

11월 및 12월 토양시료의 경우  $^{131}\text{I}$ 와  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종이 검출되지 않아 고리 및 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 11. 양산시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	천성산			오봉산		토곡산	금정산
			정상	중턱	기슭	정상	기슭		
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	11.1±1.84	불검출	불검출	227±0.943	455±0.906	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	497±4.88	613±5.41	불검출	221±3.39	554±4.77	358±4.46	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	15	<5.64	<5.51	<6.07	<3.990	<3.640	<4.290	<4.66
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.483	<0.490	<0.490	<0.410	<0.540	<0.528	<0.361
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.486	<0.441	<0.483	<0.340	<0.458	<0.452	<0.423
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.822	<0.929	<1.00	<1.100	<1.030	<1.020	<1.26
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.719	<0.479	<0.634	<0.445	<0.651	<0.623	<0.624
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.01	<0.973	<1.13	<0.860	<1.180	<1.140	<1.04
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<1.05	<0.963	<0.877	<1.020	<0.946	<1.040	<0.760
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.675	<0.594	<0.638	<0.469	<0.579	<0.630	<0.610
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	ND	ND	ND	ND	불검출	불검출	ND
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	3	<0.764	<0.730	<0.771	<0.453	<0.545	<0.858	<0.719
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.444	<0.413	<0.418	<0.295	<0.462	<0.476	<0.386
25	<sup>137</sup> Cs	5	<0.558	<0.506	<0.623	7.73±0.16	1.77±0.115	185±0.277	8.11±0.183
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	ND	ND	ND	불검출	불검출	ND
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.47	<2.87	<1.79	<1.730	<1.830	<2.500	<1.75
28	<sup>140</sup> La	70	<4.40	<2.31	<1.62	<0.793	<1.970	<13.100	<4.13
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	166,410±1,441	불검출	105,100±985	501±6.11	303±100	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	35.3±2.69	불검출	불검출	25.1±3.23	280±3.26	19.1±2.97
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	3.76±0.73	불검출	불검출	5.57±1.07
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	4456±111	6618±157	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	304±0.209	272±0.213	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	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 12. 김해시 등산로 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	신어산			무척산		
			정상	중턱	기슭	정상	중턱	기슭
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	5.41±0.774	불검출	불검출	불검출	7.14±0.834
2	<sup>40</sup> K	없음	88.4±6.53	895±5.52	87.1±7.46	145±2.69	579±5.76	675±5.35
3	<sup>51</sup> Cr	15	<4.09	<3.78	<4.88	<3.83	<3.46	<4.06
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.523	<0.492	<0.620	<0.500	<0.567	<0.553
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.541	<0.467	<0.518	<0.393	<0.468	<0.495
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.14	<1.13	<1.17	<0.759	<1.43	<1.10
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.916	<0.695	<0.730	<0.433	<0.701	<0.704
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.38	<1.26	<1.41	<0.848	<1.12	<1.24
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	<1.16	<0.959	<1.03	<0.848	<0.943	<0.998
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.729	<0.605	<0.689	<0.429	<0.584	<0.576
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	ND	불검출	불검출	불검출	ND	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	<0.774	<0.638	<0.735	<0.542	<0.571	<0.540
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	<0.402	<0.474	<0.525	<0.274	<0.449	<0.346
25	<sup>137</sup> Cs	5	6.09±0.180 (<0.667)	0.693±1.05 (<0.519)	<0.603	121±0.203 (<0.554)	10.4±0.204 (<0.618)	<0.601
26	<sup>139</sup> Ce	없음	ND	불검출	불검출	불검출	ND	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.61	<2.09	<2.34	<1.73	<2.34	<1.88
28	<sup>140</sup> La	70	<2.98	<5.04	<4.94	<2.37	<1.75	<2.14
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	38,529±296	11,607±327	불검출	600±23.5	1,129±10.2	258±12.8
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	불검출	29.8±3.12	26.4±3.61	23.7±3.09	불검출	26.9±3.06
38	<sup>227</sup> Th	없음	7.08±1.23	4.56±0.878	6.9±0.964	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	27,079±629	13,056±336	8,529±238
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	2.87±0.205	4.81±0.230	3.17±0.198	불검출	2.51±0.200
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 13. 양산시 평지 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	웅상정수장	삼호34근린공원	원동자연휴양림	금산근린공원
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	233±3.15	394±4.38	1,105±7.77	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	15	<2.82	<3.62	<4.81	<5.69
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.403	<0.497	<0.652	<0.441
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.343	<0.432	<0.572	<0.469
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.724	<0.925	<1.62	<1.16
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.442	<0.594	<0.795	<0.645
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.785	<1.09	<1.39	<1.05
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	<0.689	<0.890	<1.27	<0.724
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.458	<0.540	<0.754	<0.672
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	ND	ND
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	<0.576	<0.576	<0.915	<0.758
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	<0.279	<0.392	<0.520	<0.423
25	<sup>137</sup> Cs	5	2.18±0.103 (<0.406)	0.616±0.0958 (<0.472)	<0.638	0.857±0.104
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	ND	ND
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.67	<1.73	<2.98	<1.29
28	<sup>140</sup> La	70	<7.93	<4.02	<5.27	<5.72
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	4,771±202	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	19.0±2.40	20.5±2.87	불검출	불검출
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	1.97±0.154	2.38±0.183	4.48±0.884	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>226</sup>Ra(라듐), <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 14. 김해시 평지 토양 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	김해대학교	생림중학교	비고
1	$^7\text{Be}$	없음	불검출	불검출	
2	$^{40}\text{K}$	없음	불검출	715±5.60	
3	$^{51}\text{Cr}$	15	<1.83	<5.13	
4	$^{54}\text{Mn}$	2	<0.530	<0.516	
5	$^{57}\text{Co}$	없음	불검출	불검출	
6	$^{58}\text{Co}$	2	<0.545	<0.435	
7	$^{59}\text{Fe}$	5	<1.49	<1.04	
8	$^{60}\text{Co}$	2	<0.563	<0.676	
9	$^{65}\text{Zn}$	5	<1.47	<1.00	
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	불검출	불검출	
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	불검출	불검출	
12	$^{88}\text{Y}$	없음	불검출	불검출	
13	$^{95}\text{Zr}$	5	<0.948	<0.906	
14	$^{95}\text{Nb}$	5	<0.733	<0.582	
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	불검출	불검출	
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	ND	ND	
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	불검출	불검출	
21	$^{131}\text{I}$	3	<0.726	<0.507	
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	
24	$^{134}\text{Cs}$	5	<0.362	<0.427	
25	$^{137}\text{Cs}$	5	1.10±0.120 (<0.579)	0.533±0.0961 (<0.480)	
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	ND	ND	
27	$^{140}\text{Ba}$	70	<2.48	<1.540	
28	$^{140}\text{La}$	70	<2.68	<0.940	
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	불검출	불검출	
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	26,617±240	1,357±13.4	
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	불검출	불검출	
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	불검출	29.6±3.36	
38	$^{227}\text{Th}$	없음	불검출	불검출	
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	불검출	22,235±604	
40	$^{235}\text{U}$	없음	불검출	불검출	
41	$^{237}\text{U}$	없음	불검출	불검출	

1.  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄) 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. 6 갯벌

2021년 11월과 12월에 거제시와 남해군에서 해저퇴적물인 총 3건의 갯벌을 채취함. 채취한 총 3건의 갯벌을 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종은 모든 시료에서 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 3건의 모든 시료에서 0.815~1.33 Bq/kg-dry로 검출됨. 갯벌에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 검출되었지만 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2018년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(<0.428~3.83 Bq/kg-dry) 내에 포함되었고, 환경에서  $^{137}\text{Cs}$ 과 거동특성이 유사한  $^{134}\text{Cs}$ 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진영향이라 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 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단되고, 조사결과는 Table 15에 제시하였음.

자연 방사성물질의 경우  $^7\text{Be}$ (불검출~4.23 Bq/kg-dry),  $^{40}\text{K}$ (219~780 Bq/kg-dry),  $^{226}\text{Ra}$ (불검출~15.3 Bq/kg-dry),  $^{227}\text{Th}$ (불검출~5.43 Bq/kg-dry),  $^{235}\text{U}$ (불검출~3.26 Bq/kg-dry) 등이 검출됨.  $^7\text{Be}$ (베릴륨, 반감기 53.3일)는 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연 핵종이고,  $^{40}\text{K}$ (칼륨, 반감기 13억년)는 계열붕괴를 하지 않는 핵종으로 반감기가 길어 대부분의 시료에서 검출됨.  $^{226}\text{Ra}$ (라듐, 반감기 1,600년)과  $^{227}\text{Th}$ (토륨, 반감기 18.7일)은  $^{238}\text{U}$ (우라늄) 및  $^{232}\text{Th}$ (토륨)으로부터 계열 붕괴하는 자연핵종이고,  $^{235}\text{U}$ (우라늄, 반감기 7억년) 또한 자연 방사성물질로 자연에 약 0.7 % 존재함.

Table 15. 갯벌(해저 퇴적물) 조사결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시(12월)	남해군		비고
				11월	12월	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	3.64±0.612	4.23±0.737	불검출	
2	<sup>40</sup> K	N/A	603±4.77	780±5.60	219±6.63	
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.24	<3.93	<4.22	
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.390	<0.485	<0.542	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.395	<0.437	<0.449	
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.529	<1.34	<1.06	
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.296	<0.650	<0.651	
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.08	<1.09	<1.23	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	<0.791	<0.937	<0.918	
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.532	<0.597	<0.623	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	15	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	ND	ND	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	1.5	<0.628	<0.751	<0.699	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	<0.360	<0.396	<0.445	
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.33±0.0920 (<0.399)	1.25±0.105 (<0.485)	0.815±0.117 (<0.574)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	ND	ND	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.18	<2.23	<2.12	
28	<sup>140</sup> La	N/A	<2.38	<7.77	<6.39	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	15.3±2.26	불검출	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	5.43±1.02	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	불검출	불검출	3.26±0.189	
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	불검출	불검출	

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>237</sup>Th(토륨), <sup>235</sup>U(우라늄)은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임