

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2019년 8월 환경 방사성물질 조사결과

---



**보건환경연구원**  
**[위생화학팀]**

## 2019년 8월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 공기, 빗물, 해수, 정수, 원수, 토양, 갯벌, 축 등 총 6종 24개 시료에 대한 조사결과 토양과 해수에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 0.662~20.8 Bq/kg, 0.000982~0.00103 Bq/L로 평상범위 이내임.
- 전국 토양  $^{137}\text{C}$  평상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg(KINS, '16년~'18년 자료)
- 전국 토양  $^{137}\text{C}$  평상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'18년 자료)
- 토양 이외 모든 시료에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  불검출

1. 조사 기간 : '19. 7. 31. ~ 8. 29.

2. 조사 대상 : 총 6종 24건

- 공기시료 1건
- 물시료 4종 5건(빗물 1, 해수 2, 정수 1, 원수 1)
- 토양시료 18건(양산 평지 2, 양산 등산로 2, 갯벌 2, 일반토양 12)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적			진도율 (%)	비고
		7월말기준	8월	합계		
방사성물질 조사	326	215	24	239	73.3%	

#### 4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(빗물 및 공기)

내 용	빗물	공기
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	7. 31 ~ 8. 29	7. 31 ~ 8. 29
채취 기구	빗물 채집기	저용적 공기포집기
채취 수량	30 L	3,967 m <sup>3</sup>
전 처 리	증발농축(30 L → 1 L)	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. 방사성물질 조사(해수)

내 용	해 수	
채취 장소	남해군(남해대교)	거제시(어촌체험마을)
채취 기간	8. 26 13:20	8. 26 15:40
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	<sup>131</sup> I, <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> 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 <sup>131</sup>I과 <sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs을 분석하기 위한 것임

Table 4. 먹는 물(양산시) 방사성물질 조사

구분	원수	정수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	원동취수장	웅상정수장
채취 일시	8. 22 17:00	
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	$^{131}\text{I}$ , $^{134}\text{Cs}$ , $^{137}\text{Cs}$	
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 5. 갯벌 방사성물질 조사

구분	갯벌(해저퇴적물)	
채취 지역	남해군(문항어촌체험마을)	거제시(어촌체험마을)
채취 일시	8. 26 13:50	8. 26 16:20
채취 수량	2~4 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>	

Table 6. 토양 방사성물질 조사

구분	일반토양	방사선비상계획구역 토양
채취 지역	거제시, 통영시, 마산합포구, 하동군	평지 및 등산로 토양
채취 일시	8. 20 ~ 8. 29	8. 28 14:40 ~ 17:40
채취 수량	2~4 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 저용적 공기포집기를 이용하여 약 1개월(7.31~8.29) 동안 포집한 공기 시료 총 3,888 m<sup>3</sup>에 대한 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 0.00177±0.0000380 Bq/m<sup>3</sup>로 검출되어 8월 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 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 7에 제시하였음.

### 5. 2 빗물 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 약 1개월(7.31~8.29) 동안 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 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 0.0535±0.00481 Bq/L로 검출되어 8월 빗물 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 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 7에 제시하였음.

Table 7. 공기 및 빗물 분석 결과

순 서	분석 핵종	공기(Bq/m <sup>3</sup> )		빗물(Bq/L)	
		고시2017-17호 MDA	8월	고시2014-12 MDA	8월
1	<sup>7</sup> Be	N/A	0.00177±0.0000380	N/A	0.0535±0.00481
2	<sup>40</sup> K	N/A	불검출	N/A	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	불검출(<1.29E-4)	1	불검출(<0.0772)
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	불검출(<1.24E-5)	0.5	불검출(<0.0272)
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	N/A	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	불검출(<1.30E-5)	0.05	불검출(<0.00285)
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	불검출(2.86E-5)	0.03	불검출(<0.00269)
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	불검출(<1.60E-5)	0.02	불검출(<0.00583)
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	불검출(<3.26E-5)	0.05	불검출(<0.00503)
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	N/A	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	N/A	불검출
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	N/A	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5E-04	불검출(<2.38E-5)	0.5	불검출(<0.00462)
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	불검출(<1.40E-5)	0.5	불검출(<0.00300)
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	N/A	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	N/A	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	N/A	불검출(<0.0261)
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	N/A	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	N/A	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	N/A	불검출
21	<sup>131</sup> I	5E-02	불검출(<2.71E-5)	0.1	불검출(<0.00298)
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	8E-05	불검출(<9.38E-6)	0.008	불검출(<0.00244)
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	불검출(<1.48E-5)	0.008	불검출(<0.00281)
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	불검출(<5.92E-5)	10	불검출(<0.0119)
28	<sup>140</sup> La	0.1	불검출(<8.25E-5)	10	불검출(<0.00707)
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	N/A	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	불검출	N/A	불검출
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	N/A	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	N/A	불검출
40	<sup>235</sup> U	N/A	불검출	N/A	불검출
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	N/A	불검출

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

### 5. 3 해수 시료

2019년 8월 26일에 거제시 남부면 어촌체험마을과 남해군 남해대교 주변에서 각각 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료 중 5 L는  $^{131}\text{I}$ 를 분석하기 위해 5 L에서 2 L로 증발·농축하였고, 나머지 65 L 중 60 L는  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등을 분석하기 위해 AMP 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기로 조사한 결과  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  등의 인공 핵종은 전혀 검출되지 않았고,  $^{137}\text{Cs}$ 이 0.000982~0.00103 Bq/L로 검출됨. 검출된 값은 KINS(한국원자력안전기술원)에서 최근 3년간(2016년~2018년) 조사한 후 제시한 불검출~0.00277 Bq/L 범위 내에 포함됨. 2개 지점의 해수에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 미량 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  $^{40}\text{K}$ 가 거제시 0.155±0.00652 Bq/L로 검출됨.

이러한 분석결과에 근거하여 8월 해수시료의 경우 인공방사성물질 또는 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 Table 8에 제시함. Table 8에서 보이듯이 모든 핵종에서 원자력안전위원회 고시 제2017-17호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.



Table 8. 해수 분석결과(Bq/L)

순서	핵종	8월 해수			비고
		고시2017-17호 MDA	거제시	남해군	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	불검출	불검출	
2	<sup>40</sup> K	N/A	0.155±0.00652	불검출	
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	불검출(<0.00761)	불검출(<0.00610)	
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	불검출(<0.000589)	불검출(<0.000595)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	0.005	불검출(<0.000642)	불검출(<0.000634)	
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	불검출(<0.00143)	불검출(<0.00129)	
8	<sup>60</sup> Co	0.005	불검출(<0.000976)	불검출(<0.000680)	
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	불검출(<0.00105)	불검출(<0.00154)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	불검출(<0.000992)	불검출(<0.00114)	
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	불검출(<0.000776)	불검출(<0.000797)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	0.1	불검출(<0.0284)	불검출(<0.0241)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	불검출(<0.000518)	불검출(<0.000490)	
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00103±0.000198 (<0.000633)	0.000982±0.000195 (<0.000638)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	불검출(<0.00471)	불검출(<0.00445)	
28	<sup>140</sup> La	0.1	불검출(<0.0633)	불검출(<0.0259)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	불검출	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	불검출	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	불검출	

※ <sup>40</sup>K(칼륨)은 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음

## 5. 4 먹는물

2019년 8월 22에 양산시에서 조사의뢰한 방사선비상계획구역 내·외부의 원동취수장 원수와 웅상정수장 정수에 대한 방사능조사를 수행함. 조사결과 정수, 원수 시료에서  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  등의 주요 인공 방사성물질 모두 검출되지 않아 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 9에 수록함.

Table 9. 양산시 먹는물(관원) 조사결과(Bq/L)

시료	지역	장소	핵종	조사결과(Bq/L)		비고
				농도	MDA	
정수	양산시	웅상정수장	$^{131}\text{I}$	불검출	<0.260	· WHO Guideline 적용 · 1만초 계측(1 L 사용)
			$^{134}\text{Cs}$	불검출	<0.296	
			$^{137}\text{Cs}$	불검출	<0.288	
원수	양산시	원동취수장	$^{131}\text{I}$	불검출	<0.00563	· 원자력안전위원회고시 제2017-17호 -3개 핵종모두 MDA 요건 만족 · 8만초 계측(20 L 사용)
			$^{134}\text{Cs}$	불검출	<0.00293	
			$^{137}\text{Cs}$	불검출	<0.00450	

1. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능이고 정수는 MDA 기준 없음
2. WHO Guideline 기준치는  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  각각 10 Bq/L임

## 5. 5 갯벌 시료

2019년 8월에 남해군 설천면의 문항어촌체험마을과 거제시 남부면에 위치한 어촌체험마을에서 각각 1개씩 해안선타적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사를 수행한 결과 자연 방사성물질인  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 불검출~3.34 Bq/kg-dry, 694~705 Bq/kg-dry, 불검출~22.6 Bq/kg-dry, 불검출~0.877 Bq/kg-dry로 나타났고, 상세한 조사결과는 아래 Table 10에 수록함

조사한 총 2개 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  농도 범위는 1.25~1.52 Bq/kg-dry로 나타났고, 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2016년~2018년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 불검출~3.34 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 2개의 모든 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.

Table 10. 갯벌 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	갯벌(해저퇴적물)			비고
		고시2017-17호 MDA	남해군	거제시	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	3.34±0.511	불검출	
2	<sup>40</sup> K	N/A	694±4.45	705±4.89	
3	<sup>51</sup> Cr	15	불검출(<2.67)	불검출(<3.44)	
4	<sup>54</sup> Mn	2	불검출(<0.355)	불검출(<0.434)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	불검출(<0.323)	불검출(<0.404)	
7	<sup>59</sup> Fe	5	불검출(<0.581)	불검출(<1.09)	
8	<sup>60</sup> Co	2	불검출(<0.454)	불검출(<0.571)	
9	<sup>65</sup> Zn	5	불검출(<0.760)	불검출(<0.909)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	불검출(<0.658)	불검출(<1.06)	
14	<sup>95</sup> Nb	5	불검출(<0.384)	불검출(<0.473)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	1.5	불검출(<0.546)	불검출(<0.522)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	불검출(<0.299)	불검출(<0.360)	
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.25±0.0787 불검출(<0.340)	1.52±0.0932 불검출(<0.401)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	불검출(<1.62)	불검출(<1.68)	
28	<sup>140</sup> La	70	불검출(<1.42)	불검출(<1.71)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	22.6±1.84	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	0.877±0.111	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	불검출	

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 관리 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

## 5. 6 토양 시료

2019년 8월에 양산시의 방사선비상계획구역 내 웅상정수장과 삼호34근린공원, 천성산 및 오봉산 정상에서 각각 1개씩 총 4개의 표층토양을 채취함. 또한, 거제시, 통영시, 창원시 마산합포구, 하동군에 위치한 산업단지와 주택단지, 농경지 각각에서 1개씩 총 12개의 표층토양을 채취함. 8월에 채취한 총 16개의 토양을 대상으로 방사성물질 조사를 수행함. 조사를 수행한 결과 자연 방사성물질인  $^7\text{Be}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{227}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 불검출~70.7 Bq/kg-dry, 396~897 Bq/kg-dry, 불검출~64.4 Bq/kg-dry, 불검출~4.42 Bq/kg-dry, 불검출~1.70 Bq/kg-dry로 나타났고, 상세한 조사결과는 Table 11~Table 14에 수록함

조사한 총 16개 토양의  $^{137}\text{Cs}$  농도 범위는 0.662~20.8 Bq/kg-dry로 나타났고, 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2016년~2018년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~24.6 Bq/kg-dry 범위 내에 포함되었고, 천성산 정상의 토양에서 가장 높은 측정값을 보였음. 모든 토양에서  $^{137}\text{Cs}$ 이 검출되었지만 환경에서  $^{137}\text{Cs}$ 와 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 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 11. 토양(산업단지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	산업단지				비고
			거제시	통영시	마산합포구	하동군	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	43.4±1.10	10.0±1.05	6.83±0.735	10.2±1.79	
2	<sup>40</sup> K	N/A	492±4.89	591±5.15	645±4.95	790±5.45	
3	<sup>51</sup> Cr	15	불검출(<3.45)	불검출(<4.27)	불검출(<3.92)	불검출(<3.58)	
4	<sup>54</sup> Mn	2	불검출(<0.463)	불검출(<0.589)	불검출(<0.532)	불검출(<0.549)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	불검출(<0.386)	불검출(<0.473)	불검출(<0.441)	불검출(<0.451)	
7	<sup>59</sup> Fe	5	불검출(<0.849)	불검출(<0.937)	불검출(<1.11)	불검출(<1.07)	
8	<sup>60</sup> Co	2	불검출(<0.505)	불검출(<0.401)	불검출(<0.244)	불검출(<0.563)	
9	<sup>65</sup> Zn	5	불검출(<1.02)	불검출(<1.12)	불검출(<0.901)	불검출(<1.06)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	불검출(<0.848)	불검출(<0.978)	불검출(<0.840)	불검출(<1.241)	
14	<sup>95</sup> Nb	5	불검출(<0.482)	불검출(<0.636)	불검출(<0.563)	불검출(<0.563)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	3	불검출(<0.439)	불검출(<0.806)	불검출(<0.697)	불검출(<0.487)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	불검출(<0.370)	불검출(<0.453)	불검출(<0.411)	불검출(<0.435)	
25	<sup>137</sup> Cs	5	2.37±0.111 (<0.416)	2.93±0.127 (<0.497)	1.32±0.103 (<0.465)	0.772±0.101 (<0.493)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	불검출(<2.22)	불검출(<1.99)	불검출(<2.12)	불검출(<1.59)	
28	<sup>140</sup> La	70	불검출(<5.47)	불검출(<7.51)	불검출(<4.90)	불검출(<1.14)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	31.5±2.50	56.7±2.99	49.4±2.70	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	3.34±0.634	불검출	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	0.945±0.156	1.42±0.192	1.41±0.172	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	

1. <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 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

Table 12. 토양(주택단지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	주택단지				비고
			거제시	통영시	마산합포구	하동군	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	70.7±1.38	4.66±0.713	4.68±0.664	18.6±0.800	
2	<sup>40</sup> K	N/A	458±5.00	897±5.75	576±4.68	680±4.74	
3	<sup>51</sup> Cr	15	불검출(<2.32)	불검출(<4.01)	불검출(<2.98)	불검출(<3.54)	
4	<sup>54</sup> Mn	2	불검출(<0.472)	불검출(<0.464)	불검출(<0.444)	불검출(<0.460)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	불검출(<0.409)	불검출(<0.441)	불검출(<0.471)	불검출(<0.427)	
7	<sup>59</sup> Fe	5	불검출(<1.17)	불검출(<0.823)	불검출(<0.579)	불검출(<0.504)	
8	<sup>60</sup> Co	2	불검출(<0.379)	불검출(<0.588)	불검출(<0.526)	불검출(<0.567)	
9	<sup>65</sup> Zn	5	불검출(<0.900)	불검출(<0.998)	불검출(<0.752)	불검출(<0.942)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	불검출(<1.09)	불검출(<0.906)	불검출(<0.729)	불검출(<0.884)	
14	<sup>95</sup> Nb	5	불검출(<0.501)	불검출(<0.558)	불검출(<0.492)	불검출(<0.547)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	3	불검출(<0.479)	불검출(<1.18)	불검출(<0.527)	불검출(<0.513)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	불검출(<0.418)	불검출(<0.388)	불검출(<0.383)	불검출(<0.316)	
25	<sup>137</sup> Cs	5	2.25±0.119 (<0.462)	1.61±0.102 (<0.440)	1.58±0.100 (<0.434)	0.825±0.0983 (<0.475)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	불검출(<1.68)	불검출(<2.89)	불검출(<1.39)	불검출(<1.26)	
28	<sup>140</sup> La	70	불검출(<0.955)	불검출(<2.15)	불검출(<2.63)	불검출(<1.16)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	27.2±2.57	29.2±2.38	40.9±2.49	44.6±2.92	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	3.15±0.627	불검출	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	1.04±0.158	1.13±0.144	1.23±0.156	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	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 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임

Table 13. 토양(농경지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	농경지				비고
			거제시	통영시	마산합포구	하동군	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	22.4±0.841	13.7±0.881	5.84±0.764	12.7±1.31	
2	<sup>40</sup> K	N/A	512±4.84	584±5.02	680±5.20	636±4.58	
3	<sup>51</sup> Cr	15	불검출(<1.63)	불검출(<4.28)	불검출(<2.38)	불검출(<1.92)	
4	<sup>54</sup> Mn	2	불검출(<0.457)	불검출(<0.528)	불검출(<0.525)	불검출(<0.244)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	불검출(<0.375)	불검출(<0.457)	불검출(<0.447)	불검출(<0.240)	
7	<sup>59</sup> Fe	5	불검출(<1.18)	불검출(<0.829)	불검출(<0.833)	불검출(<0.491)	
8	<sup>60</sup> Co	2	불검출(<0.587)	불검출(<0.432)	불검출(<0.573)	불검출(<0.169)	
9	<sup>65</sup> Zn	5	불검출(<0.794)	불검출(<1.12)	불검출(<1.08)	불검출(<0.479)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	불검출(<0.845)	불검출(<0.934)	불검출(<1.09)	불검출(<0.498)	
14	<sup>95</sup> Nb	5	불검출(<0.453)	불검출(<0.582)	불검출(<0.540)	불검출(<0.291)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	3	불검출(<0.415)	불검출(<0.672)	불검출(<0.612)	불검출(<0.293)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	불검출(<0.375)	불검출(<0.443)	불검출(<0.367)	불검출(<0.231)	
25	<sup>137</sup> Cs	5	2.40±0.113 (<0.431)	0.795±0.0968 (<0.464)	1.05±0.0977 (<0.452)	0.680±0.0886 (<0.273)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	불검출(<1.72)	불검출(<5.07)	불검출(<2.04)	불검출(<0.978)	
28	<sup>140</sup> La	70	불검출(<0.244)	불검출(<2.31)	불검출(<4.34)	불검출(<0.426)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	27.1±2.39	62.2±2.95	44.0±2.62	불검출	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	5.07±0.867	불검출	4.22±0.740	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	1.07±0.148	1.70±0.189	1.44±0.166	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	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 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임



Table 14. 토양(방사선비상계획구역) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로		평지토양		비고
			천성산 정상	오봉산 정상	웅상정수장	삼호34근린공원	
1	<sup>7</sup> Be	N/A	23.7±1.16	4.59±0.801	불검출	5.55±0.807	
2	<sup>40</sup> K	N/A	549±5.62	396±4.44	651±5.40	576±5.03	
3	<sup>51</sup> Cr	15	불검출(<2.36)	불검출(<4.94)	불검출(<1.72)	불검출(<4.79)	
4	<sup>54</sup> Mn	2	불검출(<0.661)	불검출(<0.572)	불검출(<0.554)	불검출(<0.561)	
5	<sup>57</sup> Co	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
6	<sup>58</sup> Co	2	불검출(<0.527)	불검출(<0.481)	불검출(<0.485)	불검출(<0.459)	
7	<sup>59</sup> Fe	5	불검출(<1.33)	불검출(<0.590)	불검출(<0.880)	불검출(<0.938)	
8	<sup>60</sup> Co	2	불검출(<0.697)	불검출(<0.619)	불검출(<0.306)	불검출(<0.586)	
9	<sup>65</sup> Zn	5	불검출(<0.975)	불검출(<1.04)	불검출(<1.07)	불검출(<1.06)	
10	<sup>85</sup> Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
11	<sup>88</sup> Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
12	<sup>88</sup> Y	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
13	<sup>95</sup> Zr	5	불검출(<1.12)	불검출(<1.01)	불검출(<1.02)	불검출(<1.09)	
14	<sup>95</sup> Nb	5	불검출(<0.709)	불검출(<0.624)	불검출(<0.600)	불검출(<0.613)	
15	<sup>101</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
16	<sup>103</sup> Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
17	<sup>106</sup> Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
18	<sup>109</sup> Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
19	<sup>110m</sup> Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
20	<sup>113</sup> Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
21	<sup>131</sup> I	3	불검출(<0.701)	불검출(<0.730)	불검출(<0.506)	불검출(<0.385)	
22	<sup>133</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
23	<sup>133m</sup> Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
24	<sup>134</sup> Cs	5	불검출(<0.532)	불검출(<0.447)	불검출(<0.465)	불검출(<0.457)	
25	<sup>137</sup> Cs	5	20.8±0.281 (<0.604)	0.662±0.109 (<0.537)	1.15±0.113 (<0.530)	7.83±0.172 (<0.535)	
26	<sup>139</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
27	<sup>140</sup> Ba	70	불검출(<1.69)	불검출(<1.99)	불검출(<2.24)	불검출(<2.28)	
28	<sup>140</sup> La	70	불검출(<0.759)	불검출(<1.37)	불검출(<1.18)	불검출(<0.750)	
29	<sup>141</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
30	<sup>143</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
31	<sup>144</sup> Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
32	<sup>208</sup> Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
33	<sup>212</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
34	<sup>212</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
35	<sup>214</sup> Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
36	<sup>214</sup> Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
37	<sup>226</sup> Ra	N/A	불검출	불검출	불검출	64.4±3.05	
38	<sup>227</sup> Th	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
39	<sup>228</sup> Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
40	<sup>235</sup> U	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	
41	<sup>237</sup> U	N/A	불검출	불검출	불검출	불검출	

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐)은 자연 방사성물질로 특별한 관리 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임