

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2022년 7월 환경 방사성물질 조사결과

---



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

## 2022년 7월 환경 방사성물질 조사결과

- 6종(대기/먹는물/해수/갯벌/지표식물/토양) 32건 시료에 대한 조사결과
  - 해수(0.00162~0.00177 Bq/L), 갯벌(0.785~1.68 Bq/kg), 토양(0.619~9.07 Bq/kg)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출되었고(정상범위 이내),  $^{137}\text{Cs}$  이외 모든 인공핵종 불검출
    - ※ 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'20년 자료)
    - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
    - ※ 전국 토양(평지)  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
  - 대기, 먹는물, 지표식물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 7. 1. ~ 7. 31.

2. 조사 대상 : 6종 32건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 5건[창원시(진해구)1, 거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1]
- 갯벌 5건[창원시(진해구)1, 거제시1, 통영시1, 남해군1, 사천시1]
- 지표식물 6건(쑥5, 솔잎1)
  - ※ 지표식물 6건 중 2건(쑥1, 솔잎1)은 김해시 신어산 정상과 중턱에서 채취
- 토양 8건[등산로3(신어산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1, 쑥 채취지점4]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	7월말	누계		
방사성물질조사	300	151	32	183	61.0%	

#### 4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

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

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

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

## 5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 공기

구 분	공 기		7월 빗물
	7월(초중순)	7월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	7. 1. ~ 7. 15.	7. 15. ~ 7. 29.	7. 1. ~ 7. 29.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m <sup>3</sup>	1,814 m <sup>3</sup>	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	8만초		

Table 5. 먹는물

구 분	원 수	정 수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
채취 일시	7. 8. 18:00	7. 8. 18:00
채 취 량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	없음
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)	
계측 시간	8만초	1만초

Table 6. 해수

구 분	해 수		
채취 지역	창원시 진해구	거제시, 통영시	남해군, 사천시
채취 일시	7. 11. 10:00 ~ 11:00	7. 12. 13:00 ~ 17:00	7. 14. 11:30 ~ 16:00
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발농축(5 L → 1 L), 요오드 와; 인몰리브덴산암모늄 공침(60 L)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	8만초		

Table 7. 갯벌

구 분	갯 벌		
채취 지역	창원시 진해구	거제시, 통영시	남해군, 사천시
채취 일시	7. 11. 11:20 ~ 11:50	7. 12. 13:00 ~ 17:00	7. 14. 11:30 ~ 16:00
채 취 량	3 ~ 5 kg		
전 처 리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	2만초		

Table 8. 지표식물(쑥 및 솔잎)

구 분	쑥	솔잎
채취 지역	5개 지역(함안/의령/밀양/창녕/김해) 각 1건 - 김해시는 신어산 중턱에서 채취	김해시(신어산 정상) 1건
채취 일시	7. 20. ~ 7. 22.	7. 22. 13:30
채 취 량	3 ~ 5 kg	
전처리	이물질 제거 → 분쇄 → 측정용기(1,000 mL) 충전	
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)	
계측 시간	10만초	

Table 9. 토양

구 분	등산로	평 지	지표식물 채취지점
채취 지역	김해시 3건 (신어산 정상/중턱/기슭 각 1건)	김해시 (김해대학교 주변)	4개 지역 각 1건 (함안/의령/밀양/창녕)
채취 일시	7. 22. 13:20 ~ 16:00	7. 22. 16:30	7. 20. ~ 7. 21.
채 취 량	3 ~ 5 kg		
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄 → 체로 거름(2 mm)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	2만초		

## 6. 방사성물질 조사 결과

### 6. 1. 공기

2022년 7월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m<sup>3</sup>, 1,814 m<sup>3</sup>의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 자연핵종의 경우 베릴륨(<sup>7</sup>Be)만이 2건(100%) 시료에서  $0.000471 \pm 0.0000435$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.000836 \pm 0.0000558$  Bq/m<sup>3</sup>로 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be)은 계열붕괴를 하지 않는 자연 핵종으로 우주선 영향을 파악하기 위한 것임.

또한 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 10에 수록함.

### 6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 7월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 자연 방사성물질의 경우 납(<sup>212</sup>Pb)이  $21.7 \pm 3.93$  Bq/L로 검출됨. 납은 우라늄(<sup>238</sup>U)으로부터 계열 붕괴하는 자연 핵종임.

또한, 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<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, 상세한 결과는 Table 10에 수록하였음.

### 6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 7월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 핵종은 칼륨(<sup>40</sup>K)과 납(<sup>212</sup>Pb)이 취수장 원수에서 검출됨. 칼륨(<sup>40</sup>K)은 신도시 취수장 원수에서  $0.144 \pm 0.0163$  Bq/L로 검출되었고, 납(<sup>212</sup>Pb)의 경우 신도시 및

원동 취수장 원수에서 각각  $11.6 \pm 1.72$  Bq/L,  $12.6 \pm 2.13$  Bq/L로 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 토륨( $^{232}\text{Th}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임.

또한 취수장 원수의 경우 방사성요오드( $^{131}\text{I}$ ), 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) 등의 인공 방사성 물질이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 11에 수록하였음.

## 6. 4. 해수

2022년 7월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[창원시(진해구), 거제시, 통영시, 남해군, 사천시]에서 각 지열별로 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 5건 중 4건(80%)에서  $0.00162 \sim 0.00177$  Bq/L로 검출됨. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 7월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동의 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 4건(80%)에서  $0.136 \sim 0.175$  Bq/L, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )이 1건(20%)에서  $0.0596 \pm 0.00616$  Bq/L로 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 계열붕괴하지 않는 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였고, 2022년 1월부터 7월까지의 분석결과를 Figure 1에 수록하였음. Figure 1에서 보여 주듯이 5개 지점 해수에서 검출된 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ) 농도는 특이사항이 없는 것을 알 수 있음.

## 6. 5. 갯벌

2022년 7월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 5개 지역[창원시(진해구), 거제시, 통영시, 남해군, 사천시]에서 각각 1건씩 해안선 퇴적물인 갯벌을 채취한 후 방사성물질을 조사함. 갯벌을 조사한 사유는 원전에서 방사성물질이 해양으로 방류될 경우 해수를 통해 확산된 후 갯벌 등에 최종 침적되기 때문임. 조사결과 모든 시료에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 인공 방사성물질은



검출되지 않았고, 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 4건(80%)에서 0.785~1.68 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)<sup>1-5)</sup> 이내로 나타남. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

자연 핵종의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 4건(80%)에서 3.13~8.56 Bq/kg-dry, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 380~743 Bq/kg-dry, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 모든 시료에서 1,138~5,806 Bq/kg-dry, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 3건(60%)에서 28.4~35.6 Bq/kg-dry, 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 1건(20%)에서  $16,774 \pm 448$  Bq/kg-dry, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 3건(60%)에서 0.956~1.13 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨( $^7\text{Be}$ )과 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납( $^{212}\text{Pb}$ ), 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ), 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ ) 등은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )과 토륨( $^{232}\text{Th}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 13에 수록하였고, 2022년 1월부터 7월까지의 결과를 Figure 2에 수록하였음. Figure 2에서 보여주듯이 월별 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 농도에 특이 사항 없음.

## 6. 6. 지표식물(쭉 및 솔잎)

쭉은 일년생 식물로 방사성물질의 확산경향을 파악하기 위한 것이고, 솔잎은 다년생 식물로 방사성물질의 확산 및 축적 경향을 파악하기 위한 시료임. 쭉 및 솔잎은 뿌리와 잎을 통해 물을 흡수하고 광합성을 하기 때문에 토양과 공기 중에 방사성물질이 존재할 경우 쭉과 솔잎에도 방사성물질이 존재할 수 있음. 고리 원전에 의한 영향을 검사하기 위해 2022년 7월에 김해시 신어산 정상과 중턱에서 솔잎과 쭉을 각각 1건씩 채취하였고, 도내 방사성물질 분포경향을 파악하기 위해 함안군, 의령군 등 4개 지역에서 각 1건의 쭉을 채취함. 채취한 총 6건의 지표 식물에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 방사성요오드( $^{131}\text{I}$ ), 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하여 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보한 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 14에 수록하였음.

자연 핵종의 경우 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 6건 중 5건(83.3%)에서 11.0~23.6 Bq/kg-fresh,

칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서  $49.6\sim 172$  Bq/kg-fresh, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 2건(33.3%)에서  $128\pm 21.9$  Bq/kg-fresh와  $35.2\pm 1.03$  Bq/kg-fresh, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 1건(16.7%)에서  $2.32\pm 0.428$  Bq/kg-fresh, 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 1건(16.7%)에서  $155\pm 27.5$  Bq/kg-fresh로 각각 검출됨. 베릴륨( $^7\text{Be}$ )과 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 계열붕괴를 하지 않는 자연 핵종으로 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 우주선 영향을 파악하기 위한 것이고, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 지각 방사선영향을 파악하기 위한 것임. 납( $^{212}\text{Pb}$ )과 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 토륨( $^{232}\text{Th}$ , 반감기 130억년)으로부터 계열붕괴하는 자연 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )으로부터 계열붕괴하는 자연 핵종임. 검출된 베릴륨( $^7\text{Be}$ )은 광합성 작용에 의해 공기 중에 존재하는 베릴륨이 썩에 유입된 것으로 판단되고, 칼륨( $^{40}\text{K}$ )과 납( $^{212}\text{Pb}$ ), 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ), 악티늄( $^{228}\text{Ac}$ )은 토양 중에 존재하는 방사성물질이 뿌리를 통해 유입된 것으로 판단됨.

토양과 썩의 상관관계를 파악하기 위해 반감기가 긴 칼륨( $^{40}\text{K}$ , 반감기 13억년)과 라듐( $^{226}\text{Ra}$ , 반감기 1,600년)을 대상으로 비교분석함. 썩 지점의 토양 검사결과는 Table 16에 수록함. 비교분석 결과 썩(함안군, 의령군, 밀양시, 창녕군)에서 검출된 칼륨( $^{40}\text{K}$ )과 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )의 농도범위는 각각  $49.6\sim 172$  Bq/kg-fresh,  $2.32\pm 0.428$  Bq/kg-fresh로 나타났고, 썩 채취지점과 동일한 지점의 토양에서 검출된 칼륨( $^{40}\text{K}$ )과 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )의 농도범위는 각각  $131\sim 725$  Bq/kg-fresh,  $36.2\sim 54.8$  Bq/kg-fresh로 나타남. 썩에서 검출된 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 토양에 비해 23.7~37.8%로 낮게 검출되었고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )의 경우 4.2~6.4%로 낮게 검출됨. 이러한 결과로부터 토양에 존재하는 방사성물질 중 일부가 지표식물로 흡수된 것으로 판단됨.

## 6. 7. 토양

2022년 7월에 김해시에 위치한 신어산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 김해대학교 주변에서 평지 토양 1건을 채취함. 또한 썩 채취지점과 동일한 지점(함안군, 의령군, 밀양시, 창녕군)에서 평지 토양 4건을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 의한 영향을 파악하기 위한 것임. 채취한 총 8건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 8건 중 6건(75%)에서  $0.619\sim 9.07$  Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘( $^{137}\text{Cs}$ ) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~ $24.6$  Bq/kg-dry)<sup>6-10)</sup> 이내로 나타남. 토양에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )은 검출되었지만 환경에서 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )과 거동특성이 유사한 세슘( $^{134}\text{Cs}$ )이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 모든 시료에서 131~860 Bq/kg-dry, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 7건(87.5%)에서 11,061~128,460 Bq/kg-dry, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 6건(75%)에서 36.2~69.5 Bq/kg-dry, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 3건(37.5%)에서 1.09~1.39 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨( $^7\text{Be}$ )과 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납( $^{212}\text{Pb}$ )과 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ) 우라늄( $^{238}\text{U}$ )과 토륨( $^{232}\text{Th}$ )으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였음. 상세한 분석결과는 Table 15와 Table 16에 수록하였고, 2022년 1월부터 7월까지의 검사결과를 Figure 3에 수록하였음. Figure 3에서 보여 주듯이 4월 및 5월의 등산로 토양의  $^{137}\text{Cs}$  농도가 2월 및 3월 결과에 비해 다소 높게 나타난 후 6월에는 다소 감소하였다가 7월에 다시 상승하는 것을 볼 수 있음. 이러한 경향은 강우에 의한 방사능 낙진 영향과 시료채취 지점의 변동성 등이 복합적으로 작용한 것으로 판단됨.

Table 10. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	7월 공기(Bq/m <sup>3</sup> )		고시2017-17호 MDA	7월 빗물(Bq/L)
			초순	중하순		
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.000471±0.0000435	0.000836±0.0000558	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	불검출	없음	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<1.78E-04	<2.21E-04	1	<0.0233
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<3.03E-05	<3.40E-05	0.1	<0.00263
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<2.63E-05	<2.85E-05	0.05	<0.00284
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<4.94E-05	<5.89E-05	0.03	<0.00571
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<3.22E-05	<3.45E-05	0.02	<0.00294
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<5.68E-05	<6.43E-05	0.05	<0.00619
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	없음	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	없음	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5E-04	<4.79E-05	<5.36E-05	0.5	<0.00521
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<2.18E-05	<2.65E-05	0.5	<0.00353
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	없음	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	없음	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	없음	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	없음	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	없음	불검출
21	<sup>131</sup> I	5E-02	<3.48E-05	<8.01E-05	0.1	<0.00429
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	8E-05	<2.29E-05	<2.82E-05	0.008	<0.00269
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<2.96E-05	<3.22E-05	0.008	<0.00326
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	1E-01	<7.35E-05	<1.01E-04	10	<0.0132
28	<sup>140</sup> La	1E-01	<1.14E-05	<6.74E-05	10	<0.0474
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	없음	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	없음	21.7±3.93
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	없음	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	없음	불검출
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	없음	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	없음	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	없음	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

1. <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>212</sup>Pb(납)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 11. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	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	0.144±0.0163	불검출	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0389	<0.0274			
4	<sup>54</sup> Mn	0.1	<0.00415	<0.00391			
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출			
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00399	<0.00462			
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00849	<0.00769			
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00470	<0.00168			
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00905	<0.0101			
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	<0.00699	<0.00298			
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00568	<0.00538			
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출			
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출			
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	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	<0.00607	<0.00766	<0.151	<0.266	<0.412
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00313	<0.00399	<0.128	<0.316	<0.228
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	<0.00443	<0.00487	<0.274	<0.263	<0.263
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출			
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0183	<0.0179			
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0543	<0.0252			
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	11.6±1.72	12.6±2.13			
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), <sup>212</sup>Pb(납)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	진해구	거제시	통영시	남해군	사천시
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	0.175±0.00729	0.136±0.00793	0.170±0.00709	불검출	0.165±0.00758
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0140	<0.0113	<0.0133	<0.0115	<0.0111
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.000958	<0.00119	<0.000930	<0.00114	<0.00116
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00136	<0.00142	<0.00131	<0.00120	<0.00130
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00285	<0.00283	<0.00273	<0.00288	<0.00263
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00138	<0.00143	<0.00134	<0.00128	<0.00113
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00278	<0.00263	<0.00270	<0.00263	<0.00268
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	0.006	<0.00195	<0.00215	<0.00187	<0.00237	<0.00189
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00153	<0.00146	<0.00145	<0.00119	<0.00143
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.0213	<0.0259	<0.0117	<0.0239	<0.0285
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.000945	<0.000998	<0.000919	<0.000992	<0.00118
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00167±0.000256 (<0.00126)	0.00177±0.000250 (<0.00122)	0.00162±0.000249 (<0.00123)	<0.00135	0.00171±0.000248 (<0.00121)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00775	<0.00839	<0.00709	<0.00778	<0.00592
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.0180	<0.0377	<0.0109	<0.498	<0.00929
29	<sup>141</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	<sup>143</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	<sup>144</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	<sup>208</sup> Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	<sup>212</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	<sup>212</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
35	<sup>214</sup> Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	<sup>214</sup> Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	<sup>226</sup> Ra	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	0.0596±0.00616
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 13. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	진해구	거제시	통영시	남해군	사천시
1	$^7\text{Be}$	없음	8.56±0.752	불검출	3.50±0.665	3.13±0.576	3.77±0.649
2	$^{40}\text{K}$	없음	743±5.35	380±5.85	423±4.49	668±5.22	441±4.27
3	$^{51}\text{Cr}$	15	<3.80	<3.24	<1.16	<2.50	<3.18
4	$^{54}\text{Mn}$	2	<0.484	<0.431	<0.469	<0.436	<0.387
5	$^{57}\text{Co}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	$^{58}\text{Co}$	2	<0.427	<0.390	<0.406	<0.374	<0.349
7	$^{59}\text{Fe}$	5	<0.950	<0.951	<0.592	<0.935	<0.827
8	$^{60}\text{Co}$	2	<0.414	<0.606	<0.288	<0.582	<0.487
9	$^{65}\text{Zn}$	5	<0.895	<1.08	<0.781	<0.972	<0.931
10	$^{85}\text{Sr}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	$^{88}\text{Kr}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	$^{88}\text{Y}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	$^{95}\text{Zr}$	5	<0.651	<0.797	<0.820	<0.727	<0.719
14	$^{95}\text{Nb}$	5	<0.505	<0.474	<0.524	<0.430	<0.424
15	$^{101}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	$^{103}\text{Ru}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	$^{106}\text{Rh}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	$^{109}\text{Cd}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	$^{113}\text{Sn}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	$^{131}\text{I}$	1.5	<0.514	<0.496	<0.505	<0.460	<0.485
22	$^{133}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	$^{134}\text{Cs}$	5	<0.340	<0.354	<0.393	<0.337	<0.276
25	$^{137}\text{Cs}$	5	0.920±0.0964 (<0.457)	0.785±0.0931 (<0.446)	1.68±0.105 (<0.446)	<0.459	0.870±0.0829 (<0.384)
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	$^{140}\text{Ba}$	70	<1.41	<1.62	<1.25	<1.49	<1.46
28	$^{140}\text{La}$	70	<0.540	<2.96	<0.836	<2.94	<2.70
29	$^{141}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	$^{143}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	$^{144}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	$^{208}\text{Tl}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	$^{212}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	$^{212}\text{Pb}$	없음	1,138±13.1	5,347±56.1	3,876±48.2	5,806±63.6	4,937±48.0
35	$^{214}\text{Bi}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	$^{214}\text{Pb}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	$^{226}\text{Ra}$	없음	불검출	35.6±2.48	불검출	28.4±2.23	30.9±2.25
38	$^{227}\text{Th}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	16,774±448	불검출	불검출	불검출	불검출
40	$^{235}\text{U}$	없음	불검출	1.10±0.171	불검출	1.13±0.153	0.956±0.154
41	$^{237}\text{U}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 14. 지표식물(쑥과 솔잎) 조사결과(단위 : Bq/kg-fresh)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	쑥(함안군)	쑥(의령군)	쑥(밀양시)	쑥(창녕군)	쑥 (신어산 중턱)	솔잎 (신어산 정상)
1	<sup>7</sup> Be	없음	13.7±0.490	22.9±0.614	12.1±0.239	불검출	11.0±0.239	23.6±0.322
2	<sup>40</sup> K	없음	144±1.42	172±1.67	91.5±0.971	123±4.10	94.6±0.890	49.6±0.719
3	<sup>51</sup> Cr	15	<0.249	<0.170	<0.707	<0.841	<0.484	<0.638
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.0331	<0.0253	<0.0861	<0.0774	<0.0697	<0.0786
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.0300	<0.0255	<0.0847	<0.0748	<0.0856	<0.0805
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.0762	<0.0773	<0.194	<0.120	<0.0614	<0.194
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.0109	<0.0333	<0.122	<0.0195	<0.0767	<0.102
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.0672	<0.0910	<0.216	<0.0683	<0.160	<0.194
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	<0.0452	<0.0519	<0.152	<0.0552	<0.134	<0.150
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.0332	<0.0293	<0.0879	<0.0633	<0.0953	<0.105
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	<0.0428	<0.0414	<0.0967	<0.0943	<0.122	<0.141
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	<0.0215	<0.0192	<0.0720	<0.0823	<0.0674	<0.0625
25	<sup>137</sup> Cs	5	<0.0273	<0.0344	<0.0950	<0.0860	<0.0972	<0.0846
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	<불검출	<불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<0.134	<0.101	<0.318	<0.265	<0.412	<0.378
28	<sup>140</sup> La	70	<0.0765	<0.151	<0.388	<0.00757	<0.818	<2.40
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	불검출	128±21.9	35.2±1.03	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	불검출	불검출	불검출	불검출	2.32±0.428	불검출
38	<sup>227</sup> Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	<sup>228</sup> Ac	없음	불검출	불검출	155±27.5	불검출	불검출	불검출
40	<sup>235</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- <sup>7</sup>Be(베릴륨), <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>212</sup>Pb(납), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>228</sup>Ac(악티늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하



Table 15. 김해시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(신어산)			평지 (김해대학교)
			정상	중턱	기슭	
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	155±3.18	819±6.55	708±5.87	860±6.11
3	<sup>51</sup> Cr	15	<5.52	<4.22	<4.52	<4.64
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.618	<0.607	<0.500	<0.602
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.472	<0.519	<0.497	<0.553
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.866	<1.21	<1.10	<0.645
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.514	<0.730	<0.738	<0.285
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.764	<1.29	<0.960	<1.10
10	<sup>85</sup> Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
11	<sup>88</sup> Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
12	<sup>88</sup> Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
13	<sup>95</sup> Zr	5	<1.08	<1.03	<0.956	<1.02
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.660	<0.585	<0.602	<0.679
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	<0.720	0.681	<0.585	<0.722
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	<0.470	<0.478	<0.349	<0.508
25	<sup>137</sup> Cs	5	9.07±0.198 (<0.612)	3.10±0.131 (<0.523)	1.36±0.116 (<0.534)	<0.612
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.18	<2.19	<1.74	<2.35
28	<sup>140</sup> La	70	<1.73	<5.44	<2.80	<0.749
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	128,460±1,058	40,182±290	19,719±229	11,061±84.5
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	65.5±3.32	69.5±3.20	41.2±2.79	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	1.23±0.227	불검출	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)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 16. 쪽 채취지점의 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	조사 2017-17호 MDA	함안군	의령군	밀양시	창녕군
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	378±4.21	612±5.60	725±5.61	131±5.61
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.31	<4.41	<3.88	<3.99
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.403	<0.511	<0.491	<0.618
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.349	<0.470	<0.451	<0.487
7	<sup>59</sup> Fe	5	<0.850	<0.945	<1.04	<1.04
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.493	<0.550	<0.641	<0.597
9	<sup>65</sup> Zn	5	<0.877	<1.26	<1.11	<1.06
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	<0.724	<1.01	<0.899	<1.10
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.444	<0.592	<0.551	<0.627
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	<0.530	<0.582	<0.680	<0.695
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	<0.278	<0.414	<0.403	<0.439
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.57±0.0912 (<0.375)	1.45±0.113 (<0.506)	0.619±0.0910 (<0.447)	<0.572
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<1.58	<2.14	<2.03	<2.29
28	<sup>140</sup> La	70	<5.52	<1.77	<7.91	<5.46
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	78,979±801	106,770±1,193	불검출	48,699±353
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	36.2±2.16	불검출	54.8±2.75	49.1±3.24
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	1.09±0.195	1.39±0.225
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)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음

2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

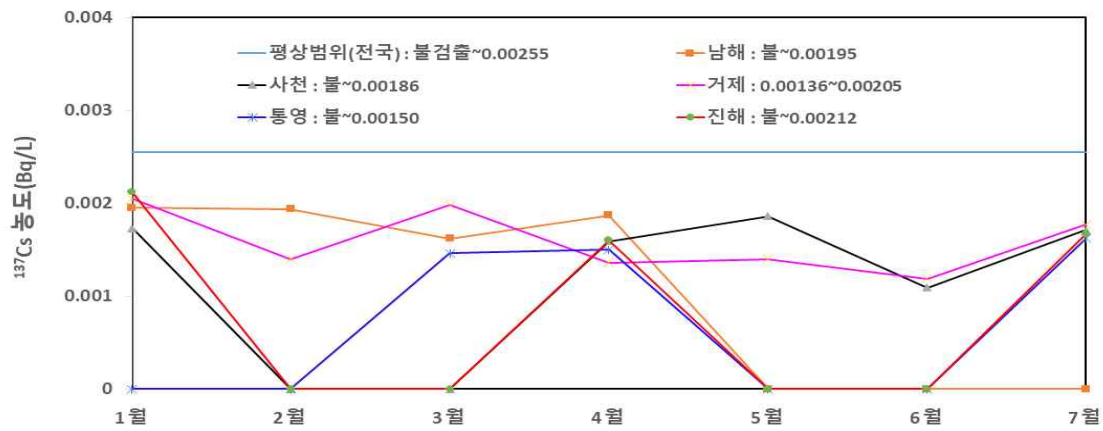


Figure 1. 해수의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

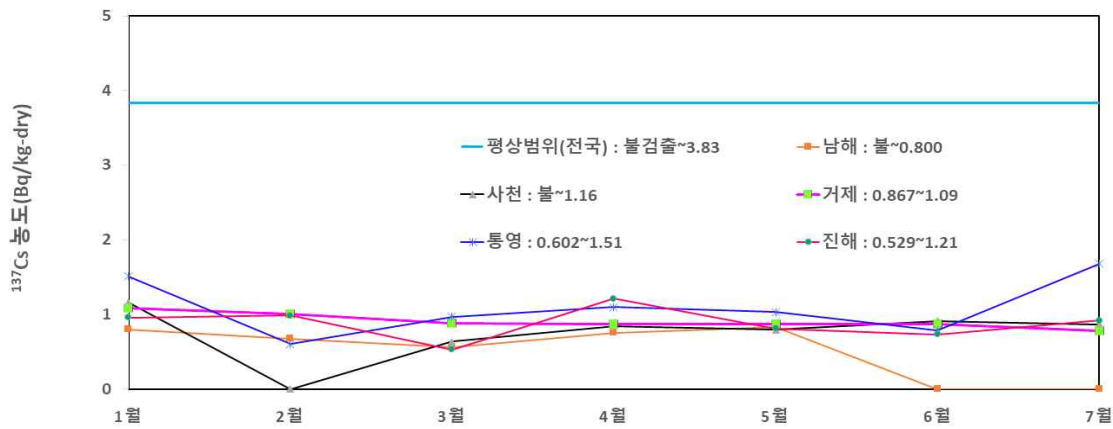


Figure 2. 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

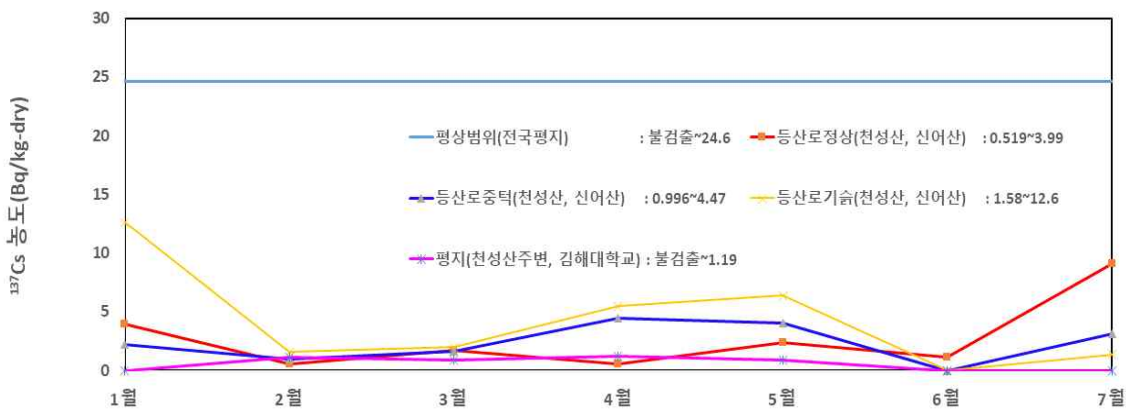


Figure 3. 토양의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

## 참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2020).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 35 (2019).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2018).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 30 (2017).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 31 (2016).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 30 (2019).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2018).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2017).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2016).
11. 홍건철외, 단 반감기 핵종을 이용한 PET 검사 시 영상 획득 시간에 따른 정량성 평가, pp 105-106 (2012).