

함께 만드는 완전히 새로운 경남

---

## 2022년 10월 환경 방사성물질 조사결과

---



경남보건환경연구원  
( 위 생 화 학 팀 )

## 2022년 10월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 22건 시료에 대한 조사결과
  - 해수(0.00127~0.00149 Bq/L), 갯벌(0.502~0.820 Bq/kg), 토양(1.27~2.11 Bq/kg)에서  $^{137}\text{Cs}$  검출되었고(정상범위 이내),  $^{137}\text{Cs}$  이외 모든 인공핵종 불검출
    - ※ 전국 해수  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~0.00243 Bq/L(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 해저퇴적물  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
    - ※ 전국 토양(평지)  $^{137}\text{Cs}$  정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
  - 대기, 먹는물, 지표식물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 10. 1. ~ 10. 31.

2. 조사 대상 : 5종 22건

- 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]
- 토양 4건[등산로3(천성산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	10월말	누계		
방사성물질조사	300	235	22	257	85.7%	

#### 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		10월 빗물
	10월(초중순)	10월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	9. 31. ~ 10. 14.	10. 14. ~ 10. 28.	10. 1. ~ 10. 31.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m <sup>3</sup>	1,814 m <sup>3</sup>	20 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	공기(8만초), 빗물(10만초)		

Table 5. 먹는물

구 분	원 수	정 수
채취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
의뢰 일시	10. 13. 18:00	10. 13. 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	남해군, 사천시	진해구	거제시, 통영시
채취 일시	10. 12. 11:30 ~ 16:30	10. 17. 13:00 ~ 17:30	10. 24. 11:30 ~ 16:30
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	남해군, 사천시	진해구	거제시, 통영시
채취 일시	10. 12. 11:30 ~ 16:30	10. 17. 13:00 ~ 17:30	10. 24. 11:30 ~ 16:30
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. 토양(고리원전 인근지역, 양산시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	천성산 주변
채취 일시	10. 21. 13:30 ~ 15:00	10. 21. 15:30
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 10월 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.

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 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(<sup>7</sup>Be)이 모든 시료에서 각각  $0.000111 \pm 0.0000583$  Bq/m<sup>3</sup>,  $0.000209 \pm 0.000180$  Bq/m<sup>3</sup>로 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임

### 6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 10월에 수집한 빗물 시료 총 20 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(<sup>131</sup>I), 세슘(<sup>134</sup>Cs, <sup>137</sup>Cs) 등의 주요 인공 방사성물질과 자연 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 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 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 방사성물질의 경우 칼륨(<sup>40</sup>K)과 납(<sup>212</sup>Pb)이 각각  $0.149 \pm 0.0145$  Bq/L,  $0.104 \pm 0.0145$  Bq/L로 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be) 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(<sup>212</sup>Pb)은 토륨(<sup>232</sup>Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

### 6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 10월에 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

방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

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 10에 수록하였음. 자연 방사성물질의 경우 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )이 신도시 및 원동 취수장 원수에서 각각  $0.272 \pm 0.0283$  Bq/L,  $0.211 \pm 0.0300$  Bq/L로 검출됨.

## 6. 4. 해수

2022년 10월에 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  $0.00127 \sim 0.00149$ 로 검출됨. 세슘( $^{137}\text{Cs}$ )이 10월 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.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 11에 수록하였고, 2022년 1월부터 10월까지의 분석결과를 Figure 1에 수록하였음. Figure 1에서 보여 주듯이 5개 지점 해수에서 검출된 세슘( $^{134}\text{Cs}$ ) 농도는 특이사항이 없는 것을 알 수 있음.

자연 핵종의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 2건(40%)의 시료에서  $0.253 \pm 0.00916$  Bq/L와  $0.255 \pm 0.00701$  Bq/L로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 1건(20%)의 시료에서  $0.0398 \pm 0.00581$  Bq/L로 각각 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 계열붕괴하지 않는 핵종이고, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 우라늄( $^{238}\text{U}$ )으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

## 6. 5. 갯벌

2022년 10월에 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( $^{137}\text{Cs}$ )이 2건(40%)에서  $0.502 \pm 0.0864$  Bq/kg-dry와



0.820±0.0943 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(<sup>137</sup>Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)<sup>1-5)</sup> 이내로 나타남. 세슘(<sup>137</sup>Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(<sup>137</sup>Cs)과 거동이 유사한 세슘(<sup>134</sup>Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였고, 2022년 1월부터 10월까지의 결과를 Figure 2에 수록하였음. Figure 2에서 보여주듯이 월별 세슘(<sup>137</sup>Cs) 농도에 특이 사항 없음.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(<sup>7</sup>Be)은 2건(40%)에서 4.19±0.574 Bq/kg-dry와 4.39±0.645 Bq/kg-dry로, 칼륨(<sup>40</sup>K)은 1건(20%)에서 451±4.90 Bq/kg-dry로, 납(<sup>212</sup>Pb)은 2건(40%)에서 754±9.85 Bq/kg-dry와 2,045±28.2 Bq/kg-dry로, 악티늄(<sup>228</sup>Ac)은 1건(20%)에서 11,756±465 Bq/kg-dry로, 우라늄(<sup>235</sup>U)은 3건에서(60%) 1.79~2.74 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(<sup>7</sup>Be)과 칼륨(<sup>40</sup>K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(<sup>212</sup>Pb), 악티늄(<sup>228</sup>Ac) 등은 우라늄(<sup>238</sup>U)과 토륨(<sup>232</sup>Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(<sup>235</sup>U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

## 6. 6. 토양(양산시)

2022년 10월에 고리원전 인근지역인 양산시의 천성산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 천성산 주변에서 평지 토양 1건을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 의한 영향을 파악하기 위한 것임. 채취한 총 4건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(<sup>137</sup>Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(<sup>137</sup>Cs)이 2건(50%)에서 1.27±0.109 Bq/kg-dry와 2.11±0.156 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(<sup>137</sup>Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~15.8 Bq/kg-dry)<sup>6-10)</sup> 이내로 나타남. 토양에서 세슘(<sup>137</sup>Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(<sup>137</sup>Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(<sup>134</sup>Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였음. 상세한 분석결과는 Table 13에 수록하였고, 2022년 1월부터 10월까지의 검사결과를 Figure 3에 수록하였음. Figure 3에서 보여 주듯이 등산로 토양의

$^{137}\text{Cs}$  농도가 평지 토양에 비해 높게 나타났는데, 이는 방사능낙진 영향이라 판단함.

자연 방사성물질의 경우 칼륨( $^{40}\text{K}$ )이 3건에서(75%) 462~940 Bq/kg-dry로, 납( $^{212}\text{Pb}$ )은 1건에서(25%)  $126,530 \pm 1,117$  Bq/kg-dry로, 라듐( $^{226}\text{Ra}$ )은 3건(75%)에서 27.4~51.9 Bq/kg-dry, 우라늄( $^{235}\text{U}$ )은 2건(50%)에서  $1.69 \pm 0.201$  Bq/kg-dry와  $1.39 \pm 0.219$  Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 칼륨( $^{40}\text{K}$ )은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납( $^{212}\text{Pb}$ ), 라듐( $^{226}\text{Ra}$ ) 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.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	10월 공기(Bq/m <sup>3</sup> )		고시2017-17호 MDA	10월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	<sup>7</sup> Be	없음	0.00111±0.0000583	0.00209±0.000180	없음	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	불검출	없음	0.149±0.0145
3	<sup>51</sup> Cr	5E-03	<2.37E-04	<3.50E-04	1	<0.0286
4	<sup>54</sup> Mn	8E-05	<3.12E-05	<3.25E-05	0.5	<0.00342
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	<sup>58</sup> Co	3E-04	<3.05E-05	<3.59E-04	0.05	<0.00363
7	<sup>59</sup> Fe	5E-04	<6.10E-05	<6.92E-05	0.03	<0.00717
8	<sup>60</sup> Co	8E-05	<3.46E-05	<3.12E-05	0.02	<0.00393
9	<sup>65</sup> Zn	5E-04	<6.65E-05	<6.82E-05	0.05	<0.00837
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	<4.86E-05	<5.81E-05	0.5	<0.00560
14	<sup>95</sup> Nb	5E-04	<2.83E-05	<3.74E-05	0.5	<0.00481
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	<4.17E-05	<5.89E-05	0.1	<0.00414
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	<2.16E-05	<3.04E-05	0.008	<0.00348
25	<sup>137</sup> Cs	8E-05	<3.06E-05	<3.37E-05	0.008	<0.00412
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	1E-01	<1.20E-04	<1.37E-04	10	<0.0137
28	<sup>140</sup> La	1E-01	<2.36E-04	<1.73E-05	10	<0.0128
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	0.104±0.0145
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)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 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	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
3	<sup>51</sup> Cr	1	<0.0466	<0.0481			
4	<sup>54</sup> Mn	0.1	<0.00403	<0.00403			
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출			
6	<sup>58</sup> Co	0.05	<0.00462	<0.00449			
7	<sup>59</sup> Fe	0.03	<0.00915	<0.00996			
8	<sup>60</sup> Co	0.02	<0.00457	<0.00527			
9	<sup>65</sup> Zn	0.05	<0.00945	<0.0102			
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	<0.00820	<0.00802			
14	<sup>95</sup> Nb	0.5	<0.00530	<0.00533			
15	<sup>101</sup> Rh	없음	불검출	불검출			
16	<sup>103</sup> Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	<sup>106</sup> Rh	없음	불검출	불검출			
18	<sup>109</sup> Cd	없음	불검출	불검출			
19	<sup>110m</sup> Ag	없음	불검출	불검출			
20	<sup>113</sup> Sn	없음	불검출	불검출			
21	<sup>131</sup> I	0.1	<0.00725	<0.00757	<0.376	<0.550	<0.383
22	<sup>133</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
23	<sup>133m</sup> Xe	없음	불검출	불검출			
24	<sup>134</sup> Cs	0.003	<0.00422	<0.00397	<0.258	<0.260	<0.290
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	<0.00501	<0.00493	<0.343	<0.390	<0.295
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출			
27	<sup>140</sup> Ba	10	<0.0219	<0.0278			
28	<sup>140</sup> La	10	<0.0332	<0.0240			
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	0.272±0.0283	0.211±0.0300			
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 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	사천시	진해구	거제시	통영시
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	불검출	불검출	불검출	0.253±0.00916	0.255±0.00701
3	<sup>51</sup> Cr	0.05	<0.0115	<0.00958	<0.0146	<0.0110	<0.0110
4	<sup>54</sup> Mn	0.005	<0.00128	<0.00130	<0.00103	<0.00123	<0.00123
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	0.005	<0.00133	<0.00119	<0.00131	<0.00127	<0.00120
7	<sup>59</sup> Fe	0.005	<0.00323	<0.00236	<0.00337	<0.00345	<0.00273
8	<sup>60</sup> Co	0.005	<0.00122	<0.00134	<0.00157	<0.00188	<0.00140
9	<sup>65</sup> Zn	0.02	<0.00299	<0.00277	<0.00282	<0.00246	<0.00266
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	<0.00222	<0.00223	<0.00188	<0.00213	<0.00209
14	<sup>95</sup> Nb	0.006	<0.00158	<0.00114	<0.00144	<0.00152	<0.00150
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	<0.0206	<0.0194	<0.0218	<0.0263	<0.0321
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	<0.00123	<0.000952	<0.00113	<0.00119	<0.00111
25	<sup>137</sup> Cs	0.003	0.00137±0.000253 (<0.00127)	<0.00147	0.00140±0.000247 (<0.00124)	0.00149±0.000254 (0.00127)	0.00127±0.000235 (<0.00121)
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	<불검출	<불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	0.1	<0.00682	<0.00529	<0.00526	<0.00645	<0.00666
28	<sup>140</sup> La	0.1	<0.00984	<0.02070	<0.03150	<0.0139	<0.155
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	0.0398±0.00581	불검출
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), <sup>235</sup>U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사2017-17호 MDA	남해군	사천시	진해구	거제시	통영시
1	$^7\text{Be}$	없음	불검출	$4.19 \pm 0.574$	$4.39 \pm 0.645$	불검출	불검출
2	$^{40}\text{K}$	없음	$451 \pm 4.90$	불검출	불검출	불검출	불검출
3	$^{51}\text{Cr}$	15	$< 3.13$	$< 2.88$	$< 2.68$	$< 2.95$	$< 1.99$
4	$^{54}\text{Mn}$	2	$< 0.411$	$< 0.402$	$< 0.467$	$< 0.450$	$< 0.487$
5	$^{57}\text{Co}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	$^{58}\text{Co}$	2	$< 0.385$	$< 0.356$	$< 0.394$	$< 0.395$	$< 0.411$
7	$^{59}\text{Fe}$	5	$< 0.718$	$< 0.913$	$< 0.950$	$< 0.943$	$< 0.831$
8	$^{60}\text{Co}$	2	$< 0.422$	$< 0.586$	$< 0.605$	$< 0.607$	$< 0.406$
9	$^{65}\text{Zn}$	5	$< 1.02$	$< 1.04$	$< 1.10$	$< 1.22$	$< 0.927$
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	$< 0.773$	$< 0.581$	$< 0.775$	$< 0.702$	$< 0.629$
14	$^{95}\text{Nb}$	5	$< 0.482$	$< 0.456$	$< 0.477$	$< 0.564$	$< 0.562$
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	$< 0.453$	$< 0.384$	$< 0.441$	$< 0.480$	$< 0.423$
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	$< 0.354$	$< 0.244$	$< 0.357$	$< 0.281$	$< 0.357$
25	$^{137}\text{Cs}$	5	$0.502 \pm 0.0864$ ( $< 0.431$ )	$< 0.450$	$< 0.507$	$< 0.558$	$0.820 \pm 0.0943$ ( $< 0.450$ )
26	$^{139}\text{Ce}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	$^{140}\text{Ba}$	70	$< 1.52$	$< 1.45$	$< 1.46$	$< 1.53$	$< 1.36$
28	$^{140}\text{La}$	70	$< 0.984$	$< 1.53$	$< 1.59$	$< 2.43$	$< 0.480$
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	$754 \pm 9.85$	불검출	불검출	불검출	$2,045 \pm 28.2$
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	불검출	불검출	불검출	불검출
38	$^{227}\text{Th}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	$^{228}\text{Ac}$	없음	$11,756 \pm 465$	불검출	불검출	불검출	불검출
40	$^{235}\text{U}$	없음	불검출	$1.79 \pm 0.141$	$2.08 \pm 0.154$	$2.74 \pm 0.156$	불검출
41	$^{237}\text{U}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- $^7\text{Be}$ (베릴륨),  $^{40}\text{K}$ (칼륨),  $^{212}\text{Bi}$ (비스무스),  $^{212}\text{Pb}$ (납),  $^{226}\text{Ra}$ (라듐),  $^{227}\text{Th}$ (토륨),  $^{228}\text{Ac}$ (악티늄),  $^{235}\text{U}$ (우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임,  $< : \text{MDA}$  이하

Table 13. 양산시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(천성산)			평지 (천성산 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	<sup>7</sup> Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	<sup>40</sup> K	없음	462±4.44	불검출	940±6.78	717±5.76
3	<sup>51</sup> Cr	15	<3.40	<6.52	<3.71	<3.91
4	<sup>54</sup> Mn	2	<0.526	<0.614	<0.632	<0.540
5	<sup>57</sup> Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	<sup>58</sup> Co	2	<0.436	<0.591	<0.563	<0.514
7	<sup>59</sup> Fe	5	<1.00	<1.28	<1.20	<1.16
8	<sup>60</sup> Co	2	<0.581	<0.953	<0.525	<0.695
9	<sup>65</sup> Zn	5	<1.06	<1.27	<1.35	<1.28
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	<0.945	<1.26	<1.09	<1.02
14	<sup>95</sup> Nb	5	<0.577	<0.833	<0.735	<0.650
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	<0.776	<0.896	<0.944	<0.806
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	<0.423	<0.438	<0.400	<0.462
25	<sup>137</sup> Cs	5	1.27±0.109 (<0.502)	2.11±0.156 (<0.711)	<0.614	<0.578
26	<sup>139</sup> Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	<sup>140</sup> Ba	70	<2.28	<3.150	<2.64	<2.35
28	<sup>140</sup> La	70	<14.6	<3.630	<6.33	<10.1
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	126,530±1,117	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	44.5±2.94	27.4±4.28	불검출	51.9±3.13
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	1.69±0.201	불검출	불검출	1.39±0.219
41	<sup>237</sup> U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. <sup>40</sup>K(칼륨), <sup>226</sup>Ra(라듐), <sup>227</sup>Th(토륨), <sup>235</sup>U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

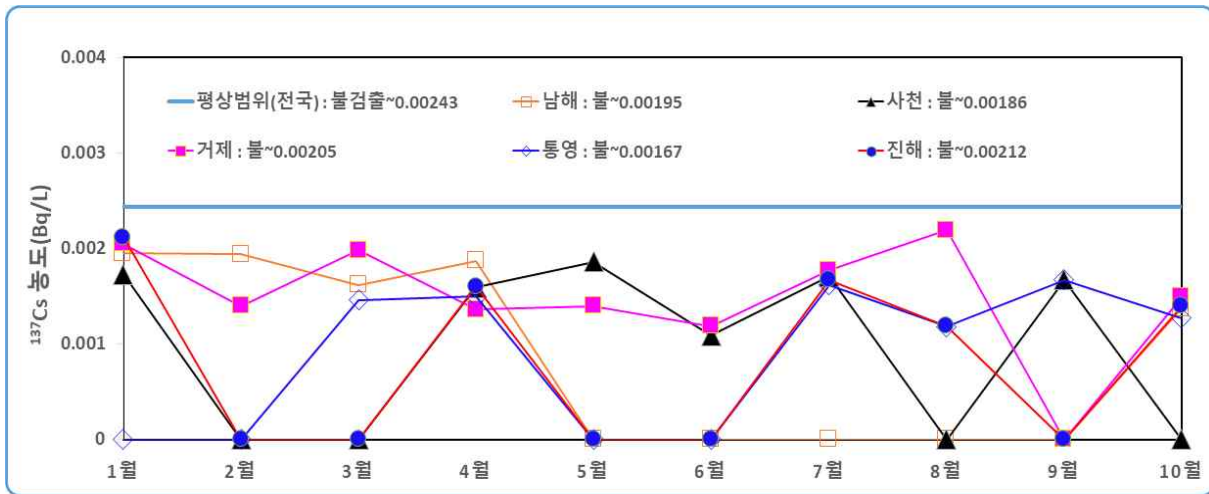


Figure 1. 해수의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

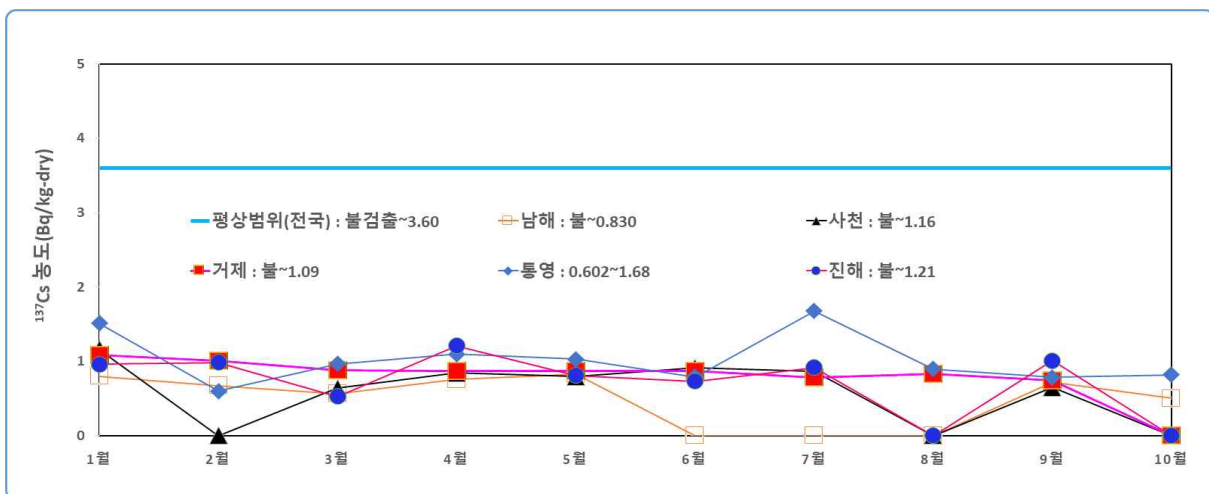


Figure 2. 갯벌의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향

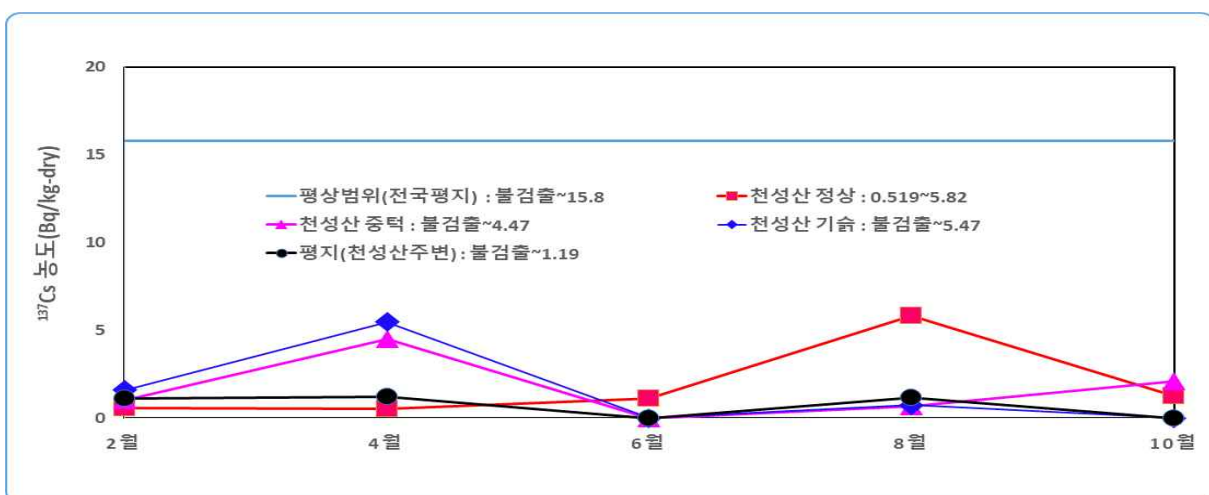


Figure 2. 양산시 토양의  $^{137}\text{Cs}$  분포경향



## 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).