

2023년 4월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2023년 4월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(0.00149~0.00210 Bq/L), 갯벌(0.420~1.76 Bq/kg), 토양(0.735~4.02 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~0.00243 Bq/L(KINS, '17년~'21년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~15.8 Bq/kg-dry(KINS, '17년~'21년 자료)
 - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '23. 4. 1. ~ 4. 30.

2. 조사 대상 : 5종 24건

- 대기 3건(공기2, 빗물1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수3, 원수2)
- 해수 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 갯벌 6건(남해1, 사천1, 진해1, 고성1, 거제1, 통영1)
- 토양 4건[등산로3(신어산 정상/중턱/기슭 각 1건), 평지1]

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	4월말	누계		
방사성물질조사	320	72	24	96	30.0%	

4. 조사 핵종 및 기준

Table 2. 조사 핵종 및 기준

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

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

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

5. 조사 내용 및 방법

Table 4. 대기

구 분	공 기		4월 빗물
	4월(초중순)	4월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	4. 1. ~ 4. 14.	4. 14. ~ 4. 27.	4. 1. ~ 4. 28.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m ³	1,684.8 m ³	20 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(20 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	공기(8만초), 빗물(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
의뢰 일시	4. 14. 18:00	4. 14. 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, 고성군	남해군, 사천시	거제시, 통영시
채취 일시	4. 4. 10:30 ~ 16:30	4. 6. 10:30 ~ 17:00	4. 20. 10:00 ~ 17:00
채 취 량	70 L		
전 처 리	요오드; 증발.농축(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	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	4. 4. 10:30 ~ 16:30	4. 6. 10:30 ~ 17:00	4. 20. 10:00 ~ 17:00
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. 토양(고리원전 인근지역, 김해시)

구 분	등산로	평 지
채취 지역	김해시 3건 (신어산 정상/중턱/기슭 각 1건)	김해대학교 주변
채취 일시	4. 21. 10:00 ~ 15:00	4. 21. 15:20
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

2023년 4월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m³, 1,684.8 m³의 공기 시료 2건을 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨.

또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 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 9에 수록함.

자연 핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)만이 모든 시료에서 0.00314 ± 0.000101 Bq/m³, 0.00170 ± 0.0000968 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 4월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 전혀 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 방사성물질은 원자력 안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 핵종의 경우 납(²¹²Pb)이 57.6 ± 9.13 Bq/L로 검출됨. 납(²¹²Pb)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 4월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 웅상 및 범어 정수장 정수에 대해 방사성물질을 조사함. 조사결과 정수, 원수 시료에서 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 인공 핵종과 베릴륨(⁷Be), 칼륨(⁴⁰K) 등의 자연 핵종이 검출되지 않아 고리원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단함. 또한, 모든 인공 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

6. 4. 해수

2023년 4월에 일본, 중국 등 경남인근 국내·외 원전 영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]에서 각 지열별로 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(^{137}Cs) 이외 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)은 4건(66.7%)에서 0.00149~0.00210 Bq/L로 검출됨. 해수에서 검출된 세슘(^{137}Cs)의 최근 3년간 분포경향을 Figure 1에 수록함. 세슘(^{137}Cs)이 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 국내·외 원전 영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 11에 수록함.

자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 5건(83.3%)에서 0.159~0.261 Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 지각방사선 영향을 파악할 수 있는 비계열붕괴 핵종으로 토양에 많이 존재.

6. 5. 갯벌

2023년 4월에 일본, 중국 등 국내·외 원전영향을 파악하기 위해 남해연안 6개 지역[남해군, 사천시, 창원시(진해구), 고성군, 거제시, 통영시]에서 각각 1건씩 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}Cs) 이외 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 5건(83.3%)에서 0.420~1.76 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 최근 3년간의 세슘(^{137}Cs) 경향을 Figure 2에 수록함. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(^{137}Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 12에 수록함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)이 2건(33.3%)에서 5.04 ± 0.677 Bq/kg-dry와 4.11 ± 0.763 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 514~738 Bq/kg-dry로, 납

(^{212}Pb)은 5건(83.3%)에서 420~87,690 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 17.2~48.8 Bq/kg-dry로, 토륨(^{227}Th)은 1건(16.7%)에서 3.93 ± 0.740 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 2건(33.3%)에서 $3,717 \pm 99.1$ Bq/kg-dry와 $94,599 \pm 330$ Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 5건(83.3%)에서 1.22~1.45 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 각각 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 6. 토양(김해시)

2023년 4월에 고리원전 인근지역인 김해시의 신어산 정상과 중턱, 기슭에서 각 1건씩 등산로 토양을 채취하였고, 김해대학교 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(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)이 2건(50.0%)에서 0.735 ± 0.118 Bq/kg-dry와 4.02 ± 0.170 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 최근 2년간의 세슘(^{137}Cs) 경향을 Figure 3에 수록함.

검출된 값은 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2017년~2021년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~15.8 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(^{137}Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(^{134}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 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 13에 수록함. 자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 각각 700~822 Bq/kg-dry, 58,131~281,960 Bq/kg-dry, 64.5~76.5 Bq/kg-dry로 검출되었고, 토륨(^{227}Th)은 3건(75.0%)에서 5.13~5.99 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 3건(75.0%)에서 1.32~1.71 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	4월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	4월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.00314±0.000101	0.00170±0.0000968	없음	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	불검출
3	⁵¹ Cr	5E-03	<3.55E-04	<2.82E-04	1	<0.0320
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<4.18E-05	<4.41E-03	0.5	<0.00339
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<4.23E-05	<5.41E-05	0.05	<0.00334
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<8.37E-05	<8.95E-05	0.03	<0.00710
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.68E-05	<5.23E-05	0.02	<0.00361
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<9.07E-05	<9.78E-05	0.05	<0.00755
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
13	⁹⁵ Zr	5E-04	<7.33E-05	<7.39E-05	0.5	<0.00632
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<5.30E-05	<5.66E-05	0.5	<0.00470
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
21	¹³¹ I	5E-02	<6.03E-05	<6.43E-05	0.1	<0.00565
22	¹³³ Xe	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<3.74E-05	<3.91E-05	0.008	<0.00283
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<4.17E-05	<4.32E-05	0.008	<0.00343
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	<불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<1.69E-04	<2.17E-04	10	<0.0176
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<3.02E-04	<9.47E-04	10	<0.0735
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	없음	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	없음	57.6±9.13
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	없음	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	없음	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	없음	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	없음	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	없음	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	없음	불검출

1. 베릴륨(⁷Be), 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 10. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	원수			정수			
		고시2017-17호 MDA	신도시취수장	원동취수장	MDA	신도시정수장	범어정수장	웅상정수장
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0704	<0.0564				
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00473	<0.00658				
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출				
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00500	<0.00454				
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.0115	<0.0106				
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00626	<0.00465				
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.0104	<0.00772				
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출				
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출				
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출				
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.0124	<0.00635				
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00603	<0.00779				
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출				
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	없음	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출				
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출				
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출				
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출				
21	¹³¹ I	0.1	<0.00890	<0.00618	없음	<0.514	<0.343	<0.560
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출				
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출				
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00223	<0.00495	없음	<0.317	<0.343	<0.318
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00367	<0.00420	없음	<0.414	<0.280	<0.202
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출				
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0307	<0.0289				
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0905	<0.0265				
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출				
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출				
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출				
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출				
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출				
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출				
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출				
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출				
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출				
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출				
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출				
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출				
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출				
42	²⁴¹ Am	없음			없음	불검출	불검출	불검출

1. ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하
-정수의 경우 MDA 기준 없음

Table 11. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	비고
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	없음	불검출	0.166±0.00918	0.261±0.00857	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0168	<0.0123	<0.0124	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00189	<0.00152	<0.00147	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00207	<0.00177	<0.00152	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00424	<0.00340	<0.00333	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00213	<0.00189	<0.00183	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00432	<0.00340	<0.00331	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00328	<0.00246	<0.00269	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00273	<0.00195	<0.00200	
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0330	<0.0313	<0.0270	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00159	<0.00134	<0.00160	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00173±0.00341 (<0.00170)	0.00210±0.00283 (<0.00134)	0.00149±0.000295 (<0.00148)	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00909	<0.00741	<0.00606	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0766	<0.0412	<0.0113	
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	

1. 칼륨(⁴⁰K)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	고성군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	없음	0.257±0.00854	0.182±0.00893	0.159±0.00949	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0134	<0.0138	<0.0143	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00151	<0.00155	<0.00151	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00177	<0.00171	<0.00168	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00330	<0.00336	<0.00351	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00185	<0.00177	<0.00175	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00359	<0.00377	<0.00365	
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00280	<0.00262	<0.00280	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00219	<0.00200	<0.00204	
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0341	<0.0197	<0.0454	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00130	<0.00148	<0.00138	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00151±0.000300 (<0.00150)	<0.00172	<0.00181	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00683	<0.00699	<0.00813	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0258	<0.0402	<0.139	
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	

1. ⁴⁰K(칼륨)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	^7Be	없음	5.04 ± 0.677	불검출	4.11 ± 0.763	불검출	불검출	불검출
2	^{40}K	없음	514 ± 4.34	726 ± 4.96	738 ± 5.42	622 ± 5.88	549 ± 5.30	588 ± 5.98
3	^{51}Cr	15	<2.61	<2.95	<3.51	<4.08	<3.85	<4.13
4	^{54}Mn	2	<0.416	<0.330	<0.478	<0.491	<0.455	<0.479
5	^{57}Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	^{58}Co	2	<0.392	<0.375	<0.446	<0.455	<0.421	<0.469
7	^{59}Fe	5	<0.878	<0.913	<1.09	<1.08	<1.02	<1.14
8	^{60}Co	2	<0.540	<0.574	<0.673	<0.693	<0.612	<0.694
9	^{65}Zn	5	<1.01	<1.00	<1.21	<1.19	<1.11	<1.23
10	^{85}Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	^{88}Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	^{88}Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	^{95}Zr	5	<0.717	<0.711	<0.786	<0.919	<0.814	<0.943
14	^{95}Nb	5	<0.435	<0.417	<0.536	<0.576	<0.516	<0.593
15	^{101}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	^{103}Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	^{106}Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	^{109}Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	^{113}Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	^{131}I	1.5	<0.546	<0.408	<0.699	<0.593	<0.646	<0.681
22	^{133}Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	^{134}Cs	5	<0.311	<0.316	<0.414	<0.455	<0.305	<0.437
25	^{137}Cs	5	<0.455	0.420 ± 0.0745 (<0.373)	0.789 ± 0.0967 (<0.464)	1.76 ± 0.116 (<0.505)	1.04 ± 0.0964 (<0.443)	0.819 ± 0.104 (<0.502)
26	^{139}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	^{140}Ba	70	<1.69	<1.40	<1.96	<1.84	<1.87	<2.10
28	^{140}La	70	<5.85	<1.61	<9.30	<3.07	<6.89	<7.12
29	^{141}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	^{143}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	^{144}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	^{208}Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	^{212}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	^{212}Pb	없음	$87,089 \pm 102$	420 ± 5.40	불검출	$3,938 \pm 37.4$	$87,690 \pm 981$	$72,219 \pm 87.8$
35	^{214}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	^{214}Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	^{226}Ra	없음	21.5 ± 2.29	17.2 ± 2.28	25.4 ± 2.68	48.8 ± 3.07	29.7 ± 2.60	31.7 ± 2.94
38	^{227}Th	없음	불검출	불검출	불검출	3.93 ± 0.740	불검출	불검출
39	^{228}Ac	없음	불검출	$3,717 \pm 99.1$	불검출	$94,599 \pm 330$	불검출	불검출
40	^{235}U	없음	불검출	1.32 ± 0.154	1.45 ± 0.183	1.40 ± 0.220	1.22 ± 0.181	1.42 ± 0.203
41	^{237}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 13. 김해시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(신어산)			평지 (김해대학교 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	700±6.41	822±7.04	762±7.60	781±6.51
3	⁵¹ Cr	15	<4.96	<3.63	<5.55	<3.66
4	⁵⁴ Mn	2	<0.674	<0.595	<0.627	<0.582
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.565	<0.548	<0.596	<0.544
7	⁵⁹ Fe	5	<1.23	<1.30	<1.48	<1.20
8	⁶⁰ Co	2	<0.752	<0.804	<0.880	<0.763
9	⁶⁵ Zn	5	<1.36	<1.41	<1.55	<1.34
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	5	<1.18	<1.14	<1.25	<1.14
14	⁹⁵ Nb	5	<0.687	<0.638	<0.747	<0.651
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	3	<0.784	<0.832	<0.925	<0.818
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.395	<0.510	<0.542	<0.379
25	¹³⁷ Cs	5	0.735±0.118 (<0.585)	<0.612	4.02±0.170 (<0.647)	<0.620
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.50	<2.39	<2.83	<2.54
28	¹⁴⁰ La	70	<6.39	<8.02	<10.0	<9.38
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	없음	58,131±458	132,111±102	165,730±156	281,960±1,997
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	70.7±3.55	69.7±3.47	64.5±3.78	76.5±3.52
38	²²⁷ Th	없음	5.37±0.941	5.99±0.924	불검출	5.13±0.941
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	1.45±0.258	1.32±0.254	불검출	1.71±0.257
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

6. 7. 최근 3년간 월별 세슘(^{137}Cs) 분포경향(2021년~)

※ 정상범위(KINS 자료)는 최근 7~8년간 최고값의 평균치

(해수 0.00227 Bq/L, 갯벌 3.51 Bq/kg-dry, KINS 평지 10.2 Bq/kg-dry)

※ 정상범위(도내 등산로) 38.1 Bq/kg-dry는 도내 등산로(정상) 25곳 조사결과('15~'17년)

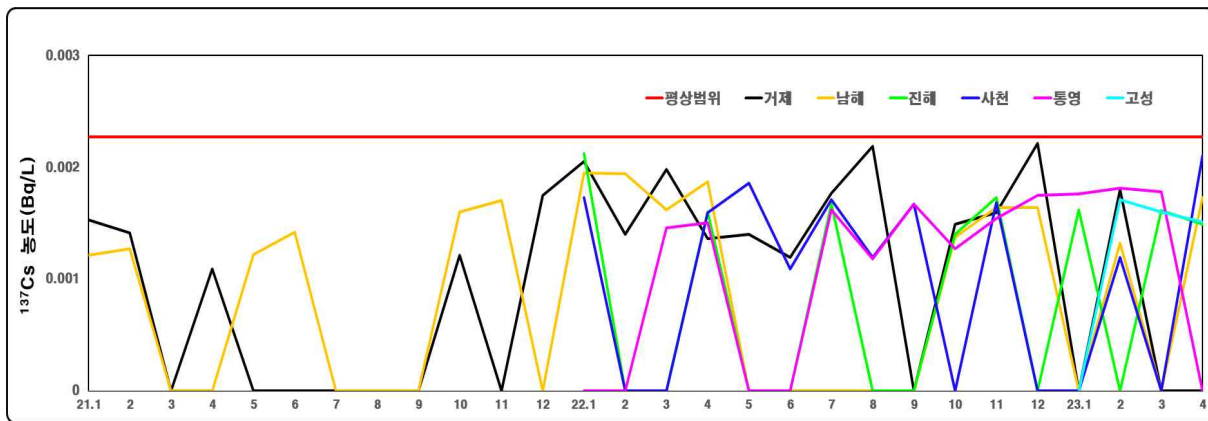


Fig. 1. 최근 3년간 해수의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

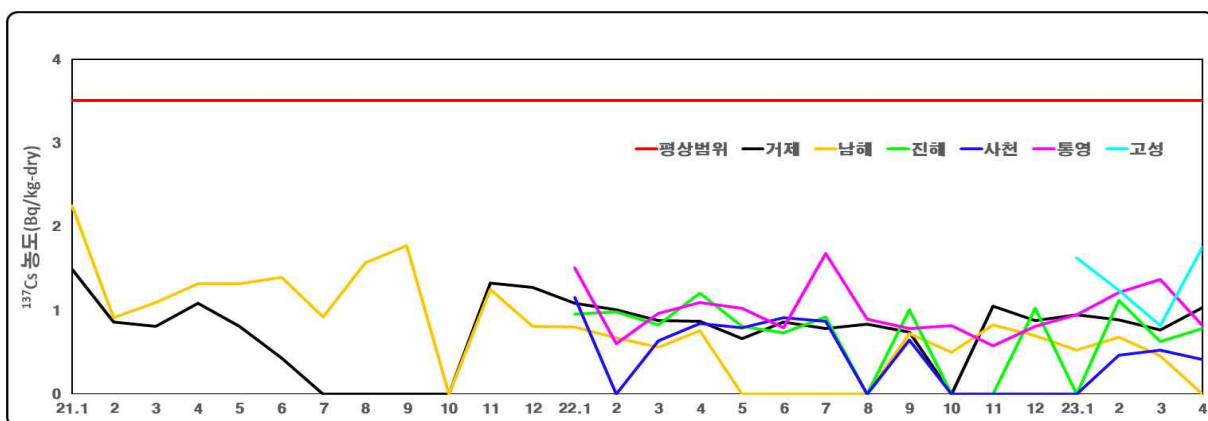


Fig. 2. 최근 3년간 갯벌의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

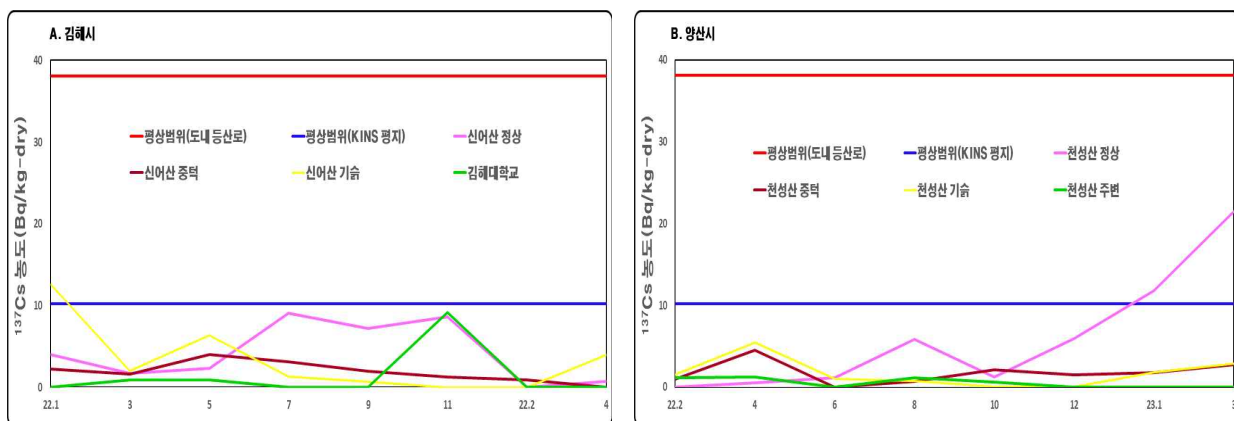


Fig. 3. 최근 2년간 등산로 및 평지 토양의 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2021).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2020).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 21, 35 (2019).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2018).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2017).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 78 (2021).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2019).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2018).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 88 (2017).
11. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, pp 211 (2017)