

2023년 6월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2023년 6월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(0.00137~0.00191 Bq/L)와 갯벌(0.467~1.69 Bq/kg), 토양(0.596~0.631 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. 6. 1. ~ 6. 30.

2. 조사 대상 : 6종 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	6월말	누계		
방사성물질조사	320	122	24	146	45.6%	

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(⁷ Be, 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 (⁷ Be, ⁴⁰ K 등)	원자력안전위원회 고시 제2017-17호

Table 3. 조사 핵종 상세 정보

순서	핵종	핵종명	반감기	비 고	순서	핵종	핵종명	반감기	비 고
1	⁷ Be	베릴륨	53.3일	자연(우주방사선)	22	¹³³ Xe	제논	5.24일	인공(핵분열생성물)
2	⁴⁰ K	칼륨	1.3×10 ⁹ 년	자연(비붕괴 계열)	23	^{133m} Xe	제논	2.2일	인공(핵분열생성물)
3	⁵¹ Cr	크롬	27.7일	인공(방사화학생성물)	24	¹³⁴ Cs	세슘	2년	인공(핵분열생성물)
4	⁵⁴ Mn	망간	312.3일	인공(방사화학생성물)	25	¹³⁷ Cs	세슘	30년	인공(핵분열생성물)
5	⁵⁷ Co	코발트	271.8일	인공(방사화학생성물)	26	¹³⁹ Ce	세륨	138일	인공(핵분열생성물)
6	⁵⁸ Co	코발트	70.8일	인공(방사화학생성물)	27	¹⁴⁰ Ba	바륨	12.8일	인공(핵분열생성물)
7	⁵⁹ Fe	철	44.5일	인공(방사화학생성물)	28	¹⁴⁰ La	란타넘	1.68일	인공(핵분열생성물)
8	⁶⁰ Co	코발트	5.27년	인공(방사화학생성물)	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	^{101m} 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		6월 빗물
	6월(초중순)	6월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	6. 1. ~ 6. 14.	6. 14. ~ 6. 30.	6. 1. ~ 6. 30.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m ³	2,074 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	6. 16. 18:00	6. 16. 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	거제시, 통영시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	6. 8. 10:30~16:30	6. 12. 10:30~17:00	6. 21. 10:00~17:00
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	거제시, 통영시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	6. 8. 10:30~16:30	6. 12. 10:30~17:00	6. 21. 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. 토양과 지표식물(고리원전 인근지역, 김해시)

구 분	토양
채취 지역	<ul style="list-style-type: none"> - 등산로 3건(신어산 정상/중턱/기슭 각 1건) - 평지 1건(김해대학교 주변)
채취 일시	6. 28. 16:00 ~ 18:00
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 6월 초중순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m³, 2,074 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 0.000992 ± 0.0000868 Bq/m³, 0.000594 ± 0.0000664 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 6월에 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 0.000508 ± 0.0000812 Bq/L로 검출됨. 납(²¹²Pb)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 6월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시정수장, 응상 및 범어 정수장 정수에 대해 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 10에 수록함.

자연 핵종의 경우 라듐(^{226}Ra)이 신도시취수장 원수에서만 0.253 ± 0.0409 Bq/L로 검출됨. 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악할 수 있음.

6. 4. 해수

2023년 6월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 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 5건(83.3%)에서 $0.00137 \sim 0.00191$ 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 국내외 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(88.3%)에서 $0.131 \sim 0.322$ Bq/L로, 납(^{212}Pb)은 3건(50%)에서 $4.20 \sim 18.8$ Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 납(^{212}Pb)은 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 5. 갯벌

2023년 6월에 일본, 중국 등 국내외 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 모든 시료에서 $0.467 \sim 1.69$ 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 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

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

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)이 5건(88.3%)에서 4.43~8.39 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 310~799 Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)은 3건(50%)에서 907~27,729 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)은 2건(33.3%)에서 30.4~32.0 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 1건(16.7%)에서 $12,381 \pm 367$ 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 6월에 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%)에서 0.596~0.631 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 정상범위(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 베릴륨(^7Be)이 2건(50%)에서 4.48~6.13 Bq/kg-dry로. 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb)은 모든 시료에서 154~1,018 Bq/kg-dry와 13.8~114,120 Bq/kg-dry로, 라듐(^{226}Ra)과 토륨(^{227}Th), 악티늄(^{228}Ac)은 2건(50%)에서 61.9~75.7 Bq/kg-dry와 4.60~5.61 Bq/kg-dry, 5.44~6.12 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

Table 9. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	6월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	6월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.000992±0.0000868	0.000594±0.0000664	없음	불검출
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	불검출
3	⁵¹ Cr	5E-03	<3.81E-04	<2.70E-04	1	<0.0206
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<3.90E-05	<4.03E-05	0.5	<0.00315
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<4.81E-05	<4.12E-05	0.05	<0.00331
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<9.82E-05	<7.42E-05	0.03	<0.00658
8	⁶⁰ Co	8E-05	<4.82E-05	<4.16E-05	0.02	<0.00362
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<1.01E-04	<8.40E-05	0.05	<0.00665
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	<7.63E-05	<5.19E-05	0.5	<0.00571
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<5.44E-05	<4.41E-05	0.5	<0.00346
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	<7.91E-05	<3.96E-05	0.1	<0.00269
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<3.92E-04	<3.80E-05	0.008	<0.00315
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<4.28E-05	<3.78E-05	0.008	<0.00356
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<2.28E-04	<1.20E-04	10	<0.0107
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<1.86E-03	<4.81E-05	10	<0.00321
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	0.000508 ±0.0000812
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	응상정수장
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	<0.0594				
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00473	<0.00419				
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출				
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00393	<0.00485				
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00743	<0.00720				
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00678	<0.00327				
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00890	<0.00648				
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출				
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출				
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출				
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00748	<0.00853				
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00754	<0.00548				
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	<0.00963	<0.0108	없음	<0.463	0.548	0.445
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출				
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출				
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00466	<0.00544	없음	<0.326	0.346	0.335
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00522	<0.00529	없음	<0.423	0.208	0.416
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출				
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0299	<0.0312				
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0758	ND				
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	0.253±0.0409	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	0.308±0.00771	불검출	0.131±0.00864	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0121	<0.0143	<0.0144	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00127	<0.00153	<0.00157	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00124	<0.00177	<0.00195	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00319	<0.00362	<0.00428	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00103	<0.00187	<0.00180	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00292	<0.00355	<0.00372	
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	<0.00218	<0.00277	<0.00313	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00134	<0.00191	<0.00262	
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	<0.00895	<0.00243	<0.0390	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00122	<0.001550	<0.00145	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00155±0.000250 (<0.00123)	0.00191±0.000316 (<0.00155)	<0.00176	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00475	<0.00727	<0.0136	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0244	<0.02870	<0.0303	
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	18.8±3.30	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	0.284±0.00701	0.322±0.00796	0.155±0.00887	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0107	<0.0169	<0.0107	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00093	<0.00118	<0.00158	
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00124	<0.00119	<0.00185	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00337	<0.00414	<0.00349	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00105	<0.000668	<0.00177	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00263	<0.00268	<0.00343	
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	<0.00219	<0.00212	<0.00283	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00134	<0.00131	<0.00230	
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	<0.0725	<0.00383	<0.00221	
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00104	<0.00113	<0.00153	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00137±0.00248 (<0.00124)	0.00186±0.000242 (<0.00115)	0.00158±0.000309 (<0.00154)	
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00449	<0.00566	<0.00744	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0132	<0.0173	<0.00327	
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	4.20±0.509	11.9±1.54	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	고사2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	⁷ Be	없음	8.39±0.755	6.74±0.595	불검출	5.99±0.798	5.91±1.02	4.43±0.816
2	⁴⁰ K	없음	310±4.15	494±4.37	799±5.87	717±5.57	640±4.96	714±6.11
3	⁵¹ Cr	15	<2.40	<2.41	<2.78	<3.46	<3.09	<3.02
4	⁵⁴ Mn	2	<0.345	<0.353	<0.451	<0.495	<0.421	<0.444
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.379	<0.359	<0.443	<0.480	<0.393	<0.505
7	⁵⁹ Fe	5	<0.822	<1.28	<1.03	<0.408	<0.452	<1.02
8	⁶⁰ Co	2	<0.493	<0.432	<0.385	<0.574	<0.406	<0.452
9	⁶⁵ Zn	5	<0.893	<0.940	<1.12	<1.14	<1.10	<1.14
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	<0.733	<0.710	<0.889	<0.941	<0.707	<0.991
14	⁹⁵ Nb	5	<0.442	<0.436	<0.535	<0.603	<0.511	<0.639
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	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	1.5	<0.583	<0.526	<0.429	<0.564	<0.651	<0.800
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.323	<0.261	<0.311	<0.384	<0.349	<0.369
25	¹³⁷ Cs	5	<0.410	0.467±0.0720 (<0.351)	0.914±0.101 (<0.480)	1.69±0.116	1.12±0.0889 (<0.396)	1.31±0.112 (<0.506)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.66	<1.13	<1.86	<1.29	<1.87	<2.14
28	¹⁴⁰ La	70	<6.95	<2.67	<0.83	<2.11	<3.79	<4.83
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	불검출	27,729±478	907±11.1	15,418±164	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	30.4±2.28	불검출	불검출	불검출	불검출	32.0±2.74
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	12,381±367	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. 베릴륨(⁷Be), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), 토륨(²²⁷Th), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(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	4.48±0.832	불검출	6.13±0.899
2	⁴⁰ K	없음	154±3.27	598±6.03	1,018±7.14	750±6.60
3	⁵¹ Cr	15	<4.24	<4.92	<3.94	<3.58
4	⁵⁴ Mn	2	<0.560	<0.629	<0.699	<0.569
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.439	<0.495	<0.551	<0.513
7	⁵⁹ Fe	5	<0.847	<1.49	<1.25	<1.11
8	⁶⁰ Co	2	<0.475	<0.926	<0.671	<0.750
9	⁶⁵ Zn	5	<0.951	<1.24	<1.50	<1.28
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	<0.950	<1.18	<1.16	<0.903
14	⁹⁵ Nb	5	<0.543	<0.661	<0.671	<0.578
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	<0.690	<0.795	<0.532	<0.466
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.395	<0.478	<0.542	<0.508
25	¹³⁷ Cs	5	0.596±0.0955 (<0.473)	0.631±0.108 (<0.537)	<0.676	<0.609
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.09	<2.46	<1.82	<1.74
28	¹⁴⁰ La	70	<6.79	<4.37	<0.424	<0.680
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	114,120±874	89,713±860	13.8±0.119	16.2±0.110
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	61.9±2.96	불검출	불검출	75.7±3.40
38	²²⁷ Th	없음	4.60±0.818	불검출	불검출	5.61±0.740
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	5.44±0.0805	6.12±0.105
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

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

6. 7. 최근 3년간 월별 세슘(¹³⁷Cs) 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)

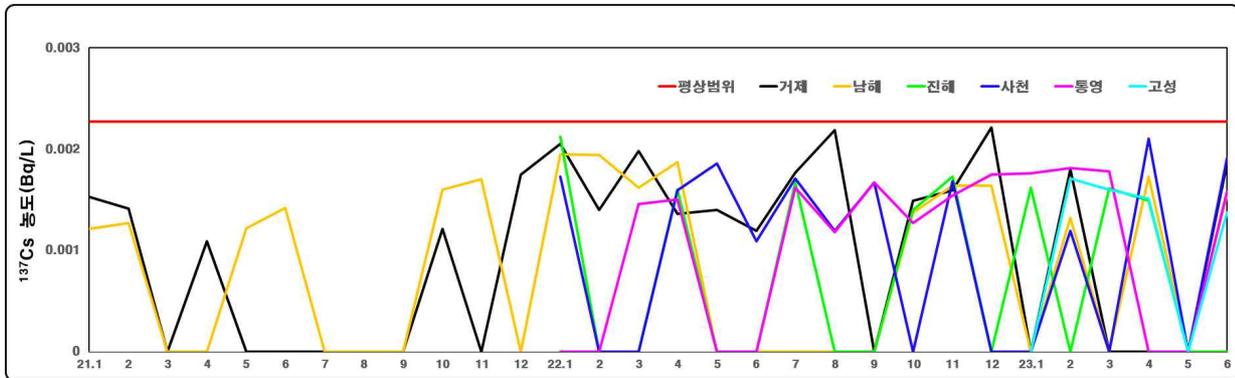


Fig. 1. 최근 3년간 해수의 월별 세슘(¹³⁷Cs) 농도

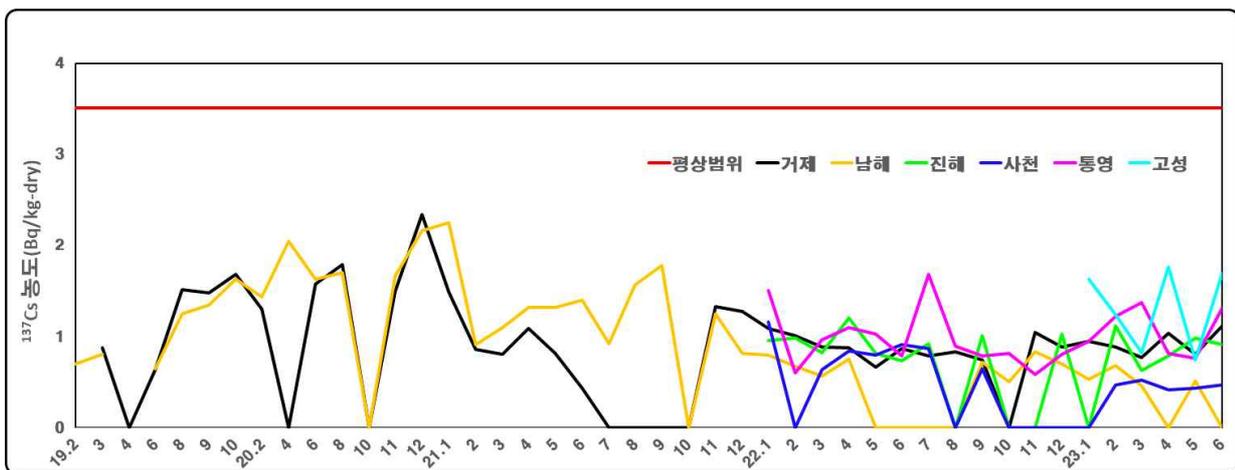


Fig. 2. 최근 3년간 갯벌의 월별 세슘(¹³⁷Cs) 농도

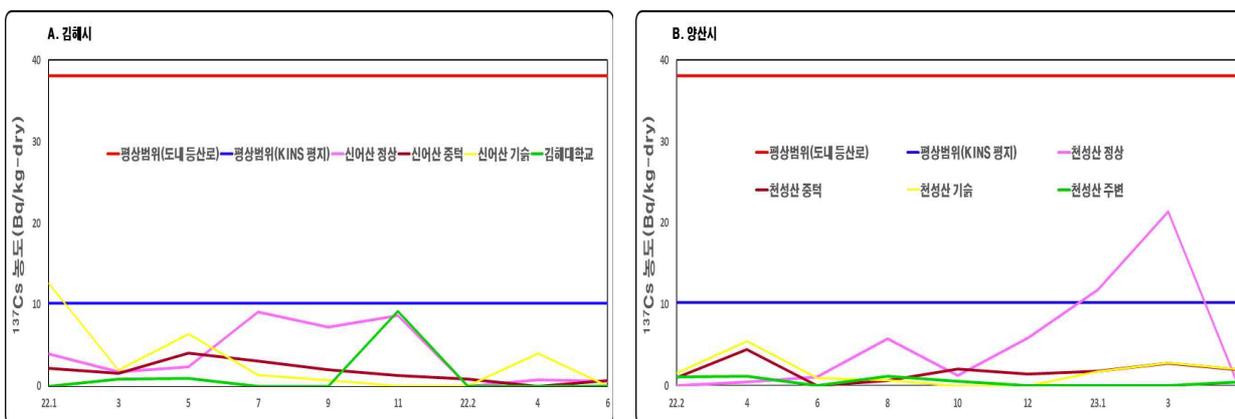


Fig. 3. 최근 2년간 등산로 및 평지 토양의 세슘(¹³⁷Cs) 농도 경향

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)