

2023년 11월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2023년 11월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(<0.00170~0.00163 Bq/L)와 갯벌(<0.371~0.729 Bq/kg), 토양(<0.699~0.868 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 나타났고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위 : <0.000821~0.00226 Bq/L(KINS, '18년~'22년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : <0.00428~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '18년~'22년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : <0.449~6.98 Bq/kg-dry(KINS, '18년~'22년 자료)
 - 대기, 먹는물, 지표식물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '23. 11. 1. ~ 11. 30.

2. 조사 대상 : 5종 24건

- 대기 3건(공기 2, 빗물 1)
- 먹는물 5건(방사선비상계획구역 정수 3, 원수 2)
- 해수 6건(남해 1, 사천 1, 진해 1, 고성 1, 거제 1, 통영 1)
- 갯벌 6건(남해 1, 사천 1, 진해 1, 고성 1, 거제 1, 통영 1)
- 토양 4건(양산 등산로 3 및 평지 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	11월말	누계		
방사성물질조사	320	276	24	300	93.8%	

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	비고
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(비붕괴계열)	23	^{133m} 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	^{110m} 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		11월 빗물
	11월 초중순	11월 중하순	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	11. 1. ~ 11. 15.	11. 15. ~ 11. 30.	11. 1. ~ 11. 30.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,944 m ³	1,944 m ³	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(11 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	빗물(8만초)		빗물(20만초)

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	11. 8. 18:00	11. 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, 고성군	남해군, 사천시	거제시, 통영시
채취 일시	11. 1. 9:30 ~ 17:30	11. 10. 9:30 ~ 17:30	11. 14. 9:30 ~ 17:30
채 취 량	70 L		
전 처 리	· 방사성요오드 : 증발·농축(5 L → 1 L) · 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) : 인몰리브덴산암모늄 공침(60 L) · 방사성요오드와 세슘 이외 : 이산화망간 공침(50 L)		
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	8만초		

Table 7. 갯벌

구 분	갯 벌		
채취 지역	창원시 진해구, 고성군	남해군, 사천시	거제시, 통영시
채취 일시	11. 1. 9:30 ~ 17:30	11. 10. 9:30 ~ 17:30	11. 14. 9:30 ~ 17:30
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(방사선비상계획구역 및 쏙 채취지점)

구 분	토양
채취 지역	· 방사선비상계획구역 4건(김해시 등산로 3, 평지 1)
채취 일시	11. 17. 9:30 ~ 17:30
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

2023년 11월에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 2회에 걸쳐 각각 1,944 m³과 1,944 m³의 공기 시료를 포집함. 포집한 공기에 대한 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 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 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)만이 1건에서 0.00171 ± 0.0000791 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종임.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 11월에 수집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능(Minimum Detectable Activity, MDA) 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연핵종의 경우 우라늄(²³⁵U)만이 0.0205 ± 0.00154 Bq/L로 검출됨. 우라늄(²³⁵U)은 계열붕괴의 어미핵종임

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2023년 11월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시, 웅상 및 범어 정수장의 정수에 대해 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등 주요 인공핵종이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 모든 인공핵종은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 10에 수록함.

자연핵종의 경우 칼륨(^{40}K)은 2건의 원수에서 0.365~1.07 Bq/L로 검출되었고, 납(^{212}Pb)과 우라늄(^{235}U)은 원동취수장 원수에서 92.3 ± 9.28 Bq/L, 0.0373 ± 0.00232 Bq/L로 각각 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종이고, 납(^{212}Pb)은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각에 주로 존재함. 우라늄(^{235}U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 지각 방사선 영향을 파악하기 위한 핵종임

6. 4. 해수

2023년 11월에 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 0.00134~0.00163 Bq/L로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2018년~2022년) 전국 표층해수를 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~0.00226 Bq/L)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 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.

자연핵종의 경우 칼륨(^{40}K)은 3건(50.0%)에서 0.164~0.220 Bq/L로, 라듐은(^{226}Ra)은 3건(50.0%)에서 0.0855~0.0897 Bq/L로 각각 검출됨. 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)의 계열붕괴에 의해 생성되는 핵종으로 라돈(^{222}Rn)의 어미핵종임

6. 5. 갯벌

2023년 11월에 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 2건(33.4%)에서 0.620~0.729 Bq/kg-dry로 검출되었으며, 최근 3년간의 세슘(^{137}Cs) 경향을 Figure 2에 수록함. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2018년~2021년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83

Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(¹³⁷Cs)이 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(¹³⁷Cs)과 거동이 유사한 세슘(¹³⁴Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

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

자연핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)은 3건(50.0%)에서 4.59~12.8 Bq/kg-dry, 칼륨(⁴⁰K)은 5건(83.3%)에서 603~902 Bq/kg-dry, 납(²¹²Pb)은 3건(33.4%)에서 24,913~82,395 Bq/kg-dry, 라듐(²²⁶Ra)은 1건(16.7%)에서 51.6±10.0 Bq/kg-dry, 토륨(²²⁷Th)은 1건(16.7%)에서 5.05±1.00 Bq/kg-dry, 악티늄(²²⁸Ac)은 4건(66.7%)에서 18.7~34.8 Bq/kg-dry로, 우라늄(²³⁵U)은 2건(33.4%)에서 2.07~4.08 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(²¹²Pb)과 라듐(²²⁶Ra) 등은 우라늄(²³⁸U)과 토륨(²³²Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

6. 6. 토양

2023년 11월에 양산시에 위치한 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(¹³⁷Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(¹³⁷Cs)은 1건(25.0%)에서 0.868±0.135 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(¹³⁷Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2018년~2022년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 평상범위(불검출~6.98 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾ 이내로 나타남. 토양에서 세슘(¹³⁷Cs)은 검출되었지만 환경에서 세슘(¹³⁷Cs)과 거동특성이 유사한 세슘(¹³⁴Cs)이 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함.

또한 모든 인공핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출 방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 13에 수록함. 최근 3년의 세슘(¹³⁷Cs) 경향을 Figure 2에 수록함.

자연핵종의 경우 칼륨(⁴⁰K)과 납(²¹²Pb), 라듐(²²⁶Ra)은 모든 시료에서 102~1,093 Bq/kg-dry와 1,046~7,387 Bq/kg-dry, 34.0~116 Bq/kg-dry로, 토륨(²²⁷Th)은 1건(25.0%)에서 5.87±1.05 Bq/kg-dry로, 악티늄(²²⁸Ac)은 2건(50.0%)에서 57.4~68.9 Bq/kg-dry로,

우라늄(^{235}U)은 2건(50.0%)에서 3.87~4.35 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 자연핵종이고, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨

Table 9. 공기와 빗물 조사결과

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	11월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	11월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	<0.000345	0.00171±0.0000791	없음	<0.0350
2	⁴⁰ K	없음	<0.00177	<0.00155	없음	<0.0933
3	⁵¹ Cr	0.005	<0.000350	<0.000326	1	<0.0374
4	⁵⁴ Mn	0.00008	<0.0000411	<0.0000386	0.5	<0.00387
5	⁵⁷ Co	없음	<0.0000335	<0.0000309	없음	<0.00429
6	⁵⁸ Co	0.0003	<0.0000408	<0.0000413	0.05	<0.00373
7	⁵⁹ Fe	0.0005	<0.0000929	<0.0000845	0.03	<0.00718
8	⁶⁰ Co	0.00008	<0.0000471	<0.0000454	0.02	<0.00429
9	⁶⁵ Zn	0.0005	<0.000102	<0.0000921	0.05	<0.00841
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.0000292	<0.0000254	없음	<0.00433
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.000606	<0.000618	없음	<0.0718
12	⁸⁸ Y	없음	<0.0000461	<0.0000435	없음	<0.00430
13	⁹⁵ Zr	0.0005	<0.0000744	<0.0000629	0.5	<0.00717
14	⁹⁵ Nb	0.0005	<0.0000606	<0.0000554	0.5	<0.00320
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.0000394	<0.0000384	없음	<0.00561
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.0000419	<0.0000392	없음	<0.00414
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.000410	<0.000382	없음	<0.0312
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.00101	<0.000926	없음	<0.152
19	^{110m} Ag	없음	<0.0000421	<0.0000398	없음	<0.00395
20	¹¹³ Sn	없음	<0.0000454	<0.0000472	없음	<0.00455
21	¹³¹ I	0.05	<0.0000988	<0.0000573	0.1	<0.00668
22	¹³³ Xe	없음	<0.000199	<0.000151	없음	<0.0348
23	^{133m} Xe	없음	<0.00165	<0.00110	없음	<0.238
24	¹³⁴ Cs	0.00008	<0.0000392	<0.0000300	0.008	<0.00340
25	¹³⁷ Cs	0.00008	<0.0000429	<0.0000420	0.008	<0.00400
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.0000359	<0.0000358	없음	<0.00454
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.000804	<0.000445	10	<0.105
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.000196	<0.000173	10	<0.0192
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.0000666	<0.0000643	없음	<0.00871
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.00182	<0.000794	없음	<0.231
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.000258	<0.000253	없음	<0.0352
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.000424	<0.0000389	없음	<0.00394
33	²¹² Bi	없음	<0.000656	<0.000620	없음	<0.0568
34	²¹² Pb	없음	<0.678	<0.0868	없음	<0.0176
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.000160	<0.000127	없음	<0.0114
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00228	<0.000162	없음	<0.0172
37	²²⁶ Ra	없음	<0.00107	<0.00105	없음	<0.131
38	²²⁷ Th	없음	<0.000288	<0.000266	없음	<0.0339
39	²²⁸ Ac	없음	<0.000737	<0.000696	없음	<0.0507
40	²³⁵ U	없음	<0.0000734	<0.0000728	없음	0.0205±0.00154
41	²³⁷ U	없음	<0.000289	<0.000193	없음	<0.0610

1. 베릴륨(⁷Be, ²³⁵U(우라늄)은 자연 핵종으로 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	<0.0604	<0.0479	없음	<3.14	<0.586	<4.13
2	⁴⁰ K	없음	1.07±0.0314	0.365±0.0217	없음	<9.34	<1.96	<9.56
3	⁵¹ Cr	1	<0.0844	<0.0532				
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00709	<0.00557				
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00860	<0.00634				
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00781	<0.00557				
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.0167	<0.0119				
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.0103	<0.00604				
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.0152	<0.0123				
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.0101	<0.00710				
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.114	<0.105				
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00488	<0.00495				
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00958	<0.0104				
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00811	<0.00548				
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.0113	<0.00802				
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00759	<0.00592	없음	<0.426	<0.0982	<0.358
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0685	<0.0454				
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.307	<0.228				
19	^{110m} Ag	없음	<0.00666	<0.00576				
20	¹¹³ Sn	없음	<0.0121	<0.00750				
21	¹³¹ I	0.1	<0.0163	<0.00882	없음	<0.418	<0.115	<0.358
22	¹³³ Xe	없음	<0.0996	<0.0446				
23	^{133m} Xe	없음	<1.00	<0.255				
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00708	<0.00499	없음	<0.455	<0.0805	<0.367
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00760	<0.00590	없음	<0.461	<0.0731	<0.454
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00917	<0.00695				
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0391	<0.0946				
28	¹⁴⁰ La	10	<0.123	<0.0256				
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.0182	<0.0131				
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.121	<0.193				
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0657	<0.0519				
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00744	<0.00576				
33	²¹² Bi	없음	<0.0983	<0.0853				
34	²¹² Pb	없음	<0.0338	92.3±9.28				
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.0237	<0.0147				
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.0279	<0.0245				
37	²²⁶ Ra	없음	<0.248	<0.200				
38	²²⁷ Th	없음	<0.0794	<0.0479				
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0324	<0.0777				
40	²³⁵ U	없음	<0.137	0.0373±0.00232				
41	²³⁷ U	없음	<0.0573	<0.0842				
42	²⁴¹ Am	없음			없음	<2.69	<0.857	<2.18

- ⁴⁰K(칼륨)과 우라늄(²³⁵U)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- 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	사천시	남해군	창원시 진해구	비고
1	⁷ Be	없음	<0.0139	<0.0158	<0.0196	
2	⁴⁰ K	없음	0.164±0.00628	<0.0819	<0.0754	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0168	<0.0148	<0.0235	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00158	<0.00195	<0.00198	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00138	<0.00178	<0.00183	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00189	<0.00194	<0.00222	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00341	<0.00414	<0.00566	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00186	<0.00215	<0.00217	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00379	<0.00486	<0.00504	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00210	<0.00217	<0.00275	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0289	<0.0320	<0.0307	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00227	<0.00221	<0.00234	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00287	<0.00364	<0.00403	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00204	<0.00256	<0.00353	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00187	<0.00213	<0.00169	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00192	<0.00198	<0.00270	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0147	<0.0186	<0.0190	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0449	<0.0511	<0.0494	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00153	<0.00192	<0.00205	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00216	<0.00229	<0.00239	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0362	<0.0367	<0.0432	
22	¹³³ Xe	없음	<0.00925	<0.00965	<0.0935	
23	^{133m} Xe	없음	<0.0628	<0.0825	<17.9	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.0134	<0.00103	<0.00143	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00134±0.000255 (<0.00128)	<0.00170	0.00155±0.000263 (<0.00131)	
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00172	<0.00191	<0.00200	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00746	<0.00854	<0.0217	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0186	<0.0349	<0.00417	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00322	<0.00358	<0.00507	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0623	<0.0817	<0.00543	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0123	<0.0134	<0.0139	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00269	<0.00182	<0.00193	
33	²¹² Bi	없음	<0.0256	<0.0339	<0.0302	
34	²¹² Pb	없음	<17.2	<29.9	<0.00932	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00485	<0.00706	<0.00625	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00500	<0.00919	<0.00847	
37	²²⁶ Ra	없음	0.0855±0.00804	<0.0546	<0.0568	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0144	<0.0143	<0.0276	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0111	<0.0357	<0.0306	
40	²³⁵ U	없음	<0.0276	<0.00382	<0.00387	
41	²³⁷ U	없음	<0.0110	<0.0148	<0.0734	

1. ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐)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	<0.0259	<0.0165	<0.0218	
2	⁴⁰ K	없음	0.220±0.00985	<0.0754	0.220±0.00985	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0242	<0.0170	<0.0174	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00171	<0.00192	<0.00166	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00203	<0.00177	<0.00196	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00201	<0.00196	<0.00177	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00407	<0.00462	<0.00332	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00147	<0.00216	<0.00146	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00373	<0.00486	<0.00359	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00255	<0.00239	<0.00222	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0286	<0.0307	<0.0286	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00275	<0.00215	<0.00252	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00307	<0.00350	<0.00266	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00279	<0.00272	<0.00216	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00227	<0.00168	<0.00225	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00233	<0.00214	<0.00184	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0160	<0.0190	<0.0160	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0452	<0.0484	<0.00443	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00153	<0.00197	<0.00147	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00196	<0.00221	<0.00181	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0602	<0.0314	<0.0277	
22	¹³³ Xe	없음	<0.0847	<0.0167	<0.0150	
23	^{133m} Xe	없음	<15.8	<0.290	<0.251	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00145	<0.00130	<0.00125	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00143±0.000273 (<0.00138)	<0.00188	0.00163±0.000255 (<0.00126)	
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00164	<0.00187	<0.00153	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.0249	<0.187	<0.0119	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.00214	<0.0107	<0.0795	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00450	<0.00384	<0.00341	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.00487	<0.561	<0.398	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.00965	<0.0134	<0.00935	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00255	<0.00193	<0.00255	
33	²¹² Bi	없음	<0.0239	<0.0302	<0.0239	
34	²¹² Pb	없음	<0.00683	<0.00932	<0.00683	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00501	<0.00625	<0.00501	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00715	<0.00847	<0.00715	
37	²²⁶ Ra	없음	0.0897±0.00804	<0.0568	0.0897±0.00804	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0272	<0.0170	<0.0167	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.00800	<0.0306	<0.00800	
40	²³⁵ U	없음	<0.0277	<0.00387	<0.0277	
41	²³⁷ U	없음	<0.0651	<0.0192	<0.0170	

1. ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐)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	2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	^7Be	없음	12.8 ± 2.06	< 7.85	< 4.63	6.44 ± 0.957	< 2.59	4.59 ± 0.686
2	^{40}K	없음	603 ± 6.26	902 ± 7.11	787 ± 6.03	< 44.1	703 ± 3.66	717 ± 5.52
3	^{51}Cr	15	< 5.99	< 4.32	< 3.75	< 3.69	< 3.18	< 3.53
4	^{54}Mn	2	< 0.538	< 0.491	< 0.563	< 0.636	< 0.299	< 0.444
5	^{57}Co	없음	< 0.586	< 0.695	< 0.476	< 0.613	< 0.321	< 0.427
6	^{58}Co	2	< 0.515	< 0.602	< 0.467	< 0.574	< 0.309	< 0.398
7	^{59}Fe	5	< 1.17	< 1.69	< 1.10	< 1.29	< 0.304	< 0.836
8	^{60}Co	2	< 0.662	< 0.706	< 0.510	< 0.781	< 0.294	< 0.533
9	^{65}Zn	5	< 1.62	< 1.40	< 1.39	< 1.43	< 0.847	< 0.987
10	^{85}Sr	없음	< 0.571	< 0.591	< 0.463	< 0.527	< 0.315	< 0.404
11	^{88}Kr	없음	< 3.90	< 3.22	< 2.17	< 3.46	< 4.78	< 2.49
12	^{88}Y	없음	< 0.470	< 0.190	< 0.304	< 0.593	< 0.125	< 0.439
13	^{95}Zr	5	< 1.20	< 0.643	< 0.848	< 0.932	< 0.457	< 0.723
14	^{95}Nb	5	< 0.808	< 0.751	< 0.630	< 0.733	< 0.407	< 0.494
15	^{101}Rh	없음	< 0.849	< 0.788	< 0.525	< 0.747	< 0.413	< 0.540
16	^{103}Ru	없음	< 0.664	< 0.585	< 0.524	< 0.522	< 0.332	< 0.388
17	^{106}Rh	없음	< 4.61	< 4.22	< 3.35	< 4.15	< 2.21	< 3.05
18	^{109}Cd	없음	< 29.0	< 26.6	< 21.5	< 23.7	< 14.4	< 17.5
19	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	< 0.468	< 0.586	< 0.494	< 0.551	< 0.302	< 0.409
20	^{113}Sn	없음	< 0.732	< 0.812	< 0.695	< 0.546	< 0.455	< 0.531
21	^{131}I	1.5	< 0.880	< 0.886	< 0.632	< 0.818	< 0.431	< 0.489
22	^{133}Xe	없음	< 4.71	< 4.68	< 4.28	< 4.28	< 3.17	< 2.30
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	< 21.6	< 25.5	< 24.6	< 23.5	< 0.230	< 9.12
24	^{134}Cs	5	< 0.512	< 0.543	< 0.469	< 0.505	< 0.294	< 0.295
25	^{137}Cs	5	0.729 ± 0.129 (< 0.651)	0.620 ± 0.122 (< 0.619)	< 0.581	< 0.807	< 0.371	< 0.493
26	^{139}Ce	없음	< 0.655	< 0.662	< 0.565	< 0.606	< 0.358	< 0.437
27	^{140}Ba	70	< 2.97	< 2.57	< 2.20	< 8.02	< 1.24	< 2.60
28	^{140}La	70	< 1.53	< 3.84	< 2.68	< 2.41	< 3.29	< 1.56
29	^{141}Ce	없음	< 1.32	< 1.25	< 1.07	< 1.19	< 0.715	< 0.804
30	^{143}Ce	없음	< 15.4	< 18.0	< 19.2	< 19.7	< 23.8	< 5.44
31	^{144}Ce	없음	< 5.40	< 5.01	< 4.22	< 4.55	< 2.74	< 3.40
32	^{208}Tl	없음	< 0.681	< 0.680	< 0.515	< 0.581	< 0.412	< 0.401
33	^{212}Bi	없음	< 34.8	< 34.0	< 28.3	< 51.9	< 4.55	< 34.9
34	^{212}Pb	없음	$24,913 \pm 344$	$50,398 \pm 839$	$82,395 \pm 1,417$	$< 8,506$	< 1.28	< 248
35	^{214}Bi	없음	< 1.67	< 1.60	< 1.18	< 1.77	< 0.862	< 0.883
36	^{214}Pb	없음	< 1.70	< 1.72	< 1.37	< 2.88	< 0.940	< 2.13
37	^{226}Ra	없음	< 16.5	51.6 ± 10.0	< 13.3	< 19.4	< 8.96	< 13.8
38	^{227}Th	없음	< 8.45	< 7.94	< 6.21	5.05 ± 1.00	< 4.45	< 3.42
39	^{228}Ac	없음	34.8 ± 1.08	27.5 ± 1.56	18.7 ± 0.621	< 7.94	23.4 ± 0.586	$< 17,368$
40	^{235}U	없음	< 10.4	< 9.51	< 8.61	4.08 ± 0.228	< 5.60	2.07 ± 0.167
41	^{237}U	없음	< 4.51	< 4.31	< 3.85	< 7.18	< 2.80	< 5.15

1. 베릴륨(^7Be), ^{40}K (칼륨), ^{212}Pb (납), ^{226}Ra (라듐), 토륨(^{237}Th), 악티늄(^{228}Ac), 우라늄(^{235}U)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, $<$: 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	⁷ Be	없음	<5.54	<5.93	<7.93	<5.01
2	⁴⁰ K	없음	102±7.15	1,093±7.42	864±7.84	473±8.97
3	⁵¹ Cr	15	<4.38	<6.29	<7.10	<5.25
4	⁵⁴ Mn	2	<0.562	<0.651	<0.682	<0.698
5	⁵⁷ Co	없음	<0.690	<0.820	<0.810	<0.663
6	⁵⁸ Co	2	<0.566	<0.649	<0.723	<0.569
7	⁵⁹ Fe	5	<1.23	<1.34	<1.27	<1.36
8	⁶⁰ Co	2	<0.778	<0.584	<0.612	<0.831
9	⁶⁵ Zn	5	<1.40	<1.73	<18.9	<1.57
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.594	<0.684	<0.731	<0.415
11	⁸⁸ Kr	없음	<3.94	<3.63	<3.96	<3.74
12	⁸⁸ Y	없음	<0.670	<0.445	<0.503	<0.675
13	⁹⁵ Zr	5	<1.18	<1.27	<1.47	<1.22
14	⁹⁵ Nb	5	<0.830	<0.867	<0.991	<0.787
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.826	<0.970	<0.877	<0.684
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.597	<0.588	<0.646	<0.594
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<5.09	<4.95	<5.87	<0.675
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<30.3	<32.9	<38.5	<28.3
19	^{110m} Ag	없음	<0.614	<0.652	<0.748	<0.594
20	¹¹³ Sn	없음	<0.810	<0.825	<1.04	<0.793
21	¹³¹ I	3	<0.803	<0.733	<0.853	<0.777
22	¹³³ Xe	없음	<3.76	<4.54	<4.91	<3.75
23	^{133m} Xe	없음	<13.7	<15.6	<17.9	<14.2
24	¹³⁴ Cs	5	<0.509	<0.524	<0.744	<0.573
25	¹³⁷ Cs	5	<0.699	0.868±0.135 (<0.670)	<0.846	<0.705
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.705	<0.786	<0.879	<0.673
27	¹⁴⁰ Ba	70	<3.82	<2.51	<2.58	<4.11
28	¹⁴⁰ La	70	<2.49	<2.06	<2.24	<2.41
29	¹⁴¹ Ce	없음	<1.31	<1.07	<1.64	<1.22
30	¹⁴³ Ce	없음	<8.00	<8.85	<9.11	<8.51
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<5.22	<6.00	<6.71	<5.22
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.670	<0.732	<1.03	<0.666
33	²¹² Bi	없음	<60.9	<37.5	<47.3	<55.6
34	²¹² Pb	없음	1,570±64.9	7,387±67.7	6,333±58.4	1,046±80.3
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.40	<1.53	<2.00	<1.34
36	²¹⁴ Pb	없음	<3.73	<1.79	<2.21	<3.52
37	²²⁶ Ra	없음	38.4±4.31	88.1±3.86	116±8.05	34.0±4.03
38	²²⁷ Th	없음	5.87±1.05	<8.93	<11.3	<5.35
39	²²⁸ Ac	없음	<19,660	57.4±0.971	68.9±1.70	<29,465
40	²³⁵ U	없음	4.35±0.282	<12.5	<13.9	3.87±0.264
41	²³⁷ U	없음	<7.58	<4.50	<5.18	<6.69

1. ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), 토륨(²³⁷Th), 악티늄(²²⁸Ac), 우라늄(²³⁵U)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

6. 7. 최근 3년간 월별 세슘(^{137}Cs) 분포경향(2022년~)

※ 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)

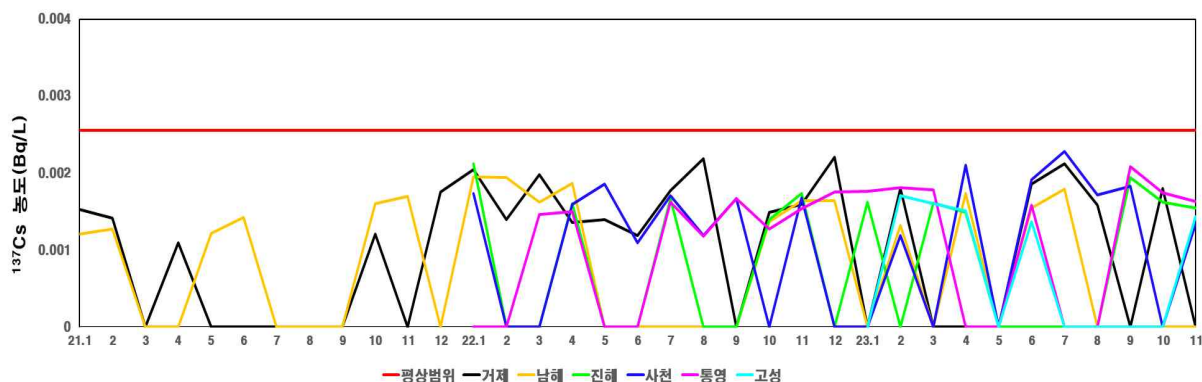


Fig. 1. 최근 3년간 해수의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

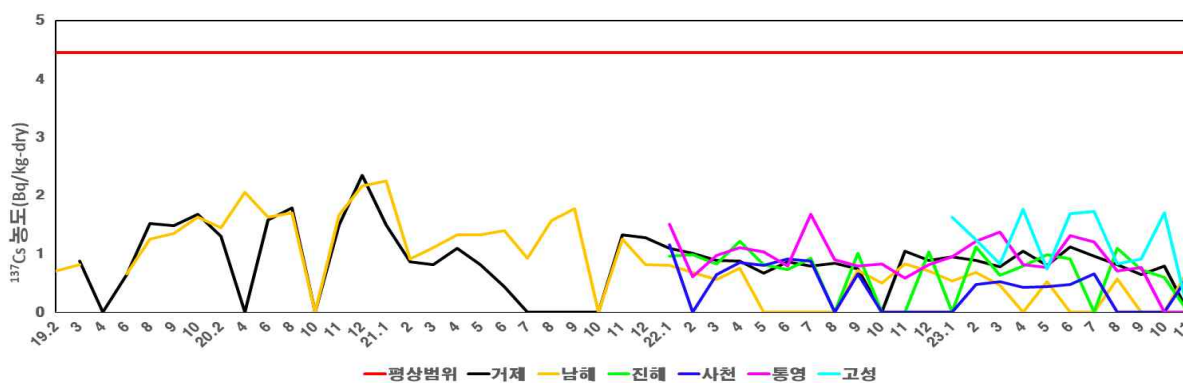


Fig. 2. 최근 3년간 갯벌의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

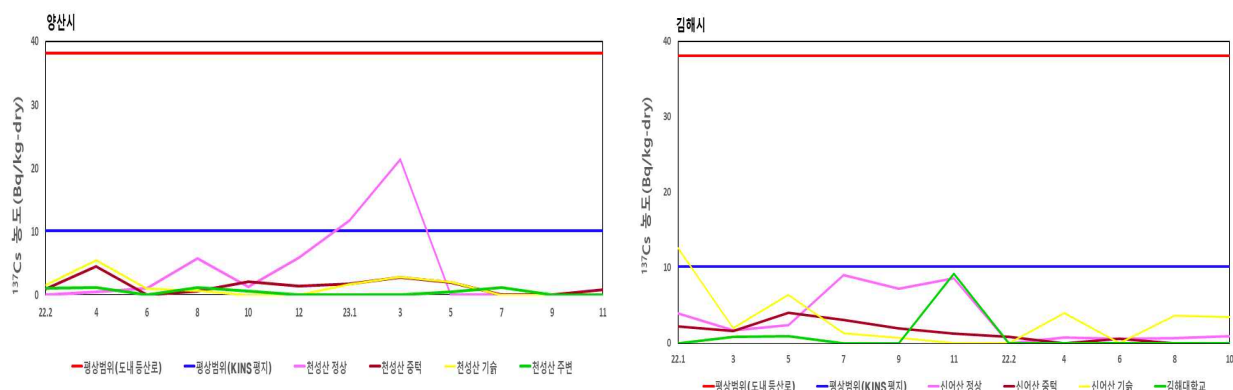


Fig. 3. 최근 2년간 등산로 및 평지 토양의 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

참고 문헌

1. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 35 (2022).
2. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2021).
3. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2020).
4. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 21, 35 (2019).
5. 한국원자력안전기술원, 해양환경방사능조사, pp 16, 30 (2018).
6. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 78 (2022).
7. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 78 (2021).
8. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 72 (2020).
9. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 79 (2019).
10. 한국원자력안전기술원, 전국환경방사능조사, pp 83 (2018).
11. WHO, Guidelines for Drinking-water Quality, 4th edition, pp 211 (2017)