

2024년 2월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2024년 2월 환경 방사성물질 조사결과

- 5종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양) 24건 시료에 대한 방사성물질 조사 결과
 - 해수(0.00124~0.00167 Bq/L)와 갯벌(0.422~1.62 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 이 정상범위 이내로 검출되었고, ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위: 불검출 ~ 0.00226 Bq/L (KINS, '18년~'22년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위: 불검출~3.83 Bq/kg-dry (KINS, '18년~'22년 자료)
 - 토양(0.766~7.43 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 이 정상범위 초과하여 검출되었으나 등산로 범위 이내이고, ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 토양(평지) 정상범위: 불검출~ 6.98 Bq/kg-dry (KINS, '18년~'22년 자료)
 - ※ 등산로 범위: 불검출 ~ 38.1 Bq/kg-dry (연구원, '15년~'17년 조사결과)
 - 대기, 먹는물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '24. 2. 1. ~ '24. 2. 29.

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(김해 등산로 3 및 평지 1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	2월말	누계		
방사성물질조사	320	24	24	48	15.0%	

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(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(비 붕괴계 열)	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	공기		2월 빗물
	2월 초중순	2월 중하순	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	2. 1. ~ 2. 16.	2. 16. ~ 2. 29.	2. 1. ~ 2. 29.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	2,074 m ³	1,685 m ³	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 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
재취 지역	양산시	양산시
채취 장소	신도시 및 원동 취수장	신도시, 범어 및 웅상 정수장
의뢰 일시	2. 16. 18:00	2. 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	남해군, 사천시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	2. 7. 9:30 ~ 17:30	2. 8. 9:30 ~ 17:30	2. 16. 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	남해군, 사천시	창원시 진해구, 고성군	거제시, 통영시
채취 일시	2. 7. 9:30 ~ 17:30	2. 8. 9:30 ~ 17:30	2. 16. 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)

구 분	토양
채취 지역	방사선비상계획구역 4건(김해시 등산로 3, 평지 1)
채취 일시	2. 15. 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

1) 공기

2024년 2월에 서부청사 별관 1층에 설치한 ‘저용적 공기포집기’를 이용하여 2회에 걸쳐 각각 2,074 m³과 1,685 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 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 9에 수록함.

자연핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)은 모든 시료에서 0.000972~0.00258 Bq/m³로 검출되었고, 칼륨(⁴⁰K)과 납(²¹²Pb)은 1건에서 0.00310±0.000125 Bq/m³와 0.404±0.0485 Bq/m³로 각각 검출됨. 베릴륨(⁷Be)과 칼륨(⁴⁰K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(²¹²Pb)은 토륨(²³²Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출됨.

2) 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 2월에 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 측정결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 9에 수록하였음.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(⁷Be)은 0.193±0.00701 Bq/L, 칼륨(⁴⁰K)은 0.258±0.0103 Bq/L, 납(²¹²Pb)은 10.3±1.28 Bq/L, 우라늄(²³⁵U)은 0.0142±0.00109 Bq/L로 각각 검출됨.

3) 먹는물(원수 및 정수)

2024년 2월에 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역의 신도시 및 원동 취수장 원수와 신도시, 웅상 및 범어 정수장의 정수의 방사성물질을 조사한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등 주요 인공핵종이 검출되지 않아 일본, 중국 등

국내·외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 또한 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 모든 인공핵종은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 최소검출 방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 10에 수록함.

자연핵종의 경우 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb)이 모든 원수에서 0.372~0.388 Bq/L과 2.82~86.9 Bq/L로 검출되었고, 라듐(^{226}Ra)과 우라늄(^{235}U)은 원수 1건에서 235 ± 29.2 Bq/L와 0.0190 ± 0.00167 Bq/L로 각각 검출됨. 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악하기 위한 것으로 라돈(^{222}Rn)의 어미핵종임

4) 해수

2024년 2월에 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 모든 시료에서 0.00124~0.00167 Bq/L로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2018년~2022년) 전국 표층해수를 분석한 후 제시한 평상범위(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 모든 시료에서 0.174~0.221 Bq/L로 검출되었고, 라듐(^{226}Ra)은 2건(33.3%)에서 0.0458 ± 0.00835 Bq/L와 0.0757 ± 0.0121 Bq/L로, 악티늄(^{228}Ac)은 1건(16.7%)에서 0.0174 ± 0.00183 Bq/L로, 우라늄(^{235}U)은 4건(66.7%)에서 0.00725~0.00904 Bq/L로 각각 검출됨. 라듐(^{226}Ra)은 우라늄(^{238}U)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 라돈(^{222}Rn)의 어미핵종임. 악티늄(^{228}Ac)은 토륨(^{232}Th)으로부터 계열붕괴하는 핵종으로 지각 방사선영향을 파악하기 위한 것임

5) 갯벌

2024년 2월에 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 모든 시료에서 0.422~1.62 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(^{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 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 1건(16.7%)에서 7.87 ± 0.922 Bq/kg-dry로, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 543~818 Bq/kg-dry로, 납(^{212}Pb)과 라듐(^{226}Ra)은 5건(83.3%)에서 139~109,400 Bq/kg-dry와 22.2~48.6 Bq/kg-dry로, 악티늄(^{228}Ac)은 4건(66.7%)에서 24.6~972 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 3건(50.0%)에서 1.36~1.98 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{237}U)은 1건(16.7%)에서 4.53 ± 0.755 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

6) 토양

2024년 2월에 김해시에 위치한 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)은 3건(75.0%) 시료에서 0.766~7.43 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2018년~2022년) 전국 평지토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~6.98 Bq/kg-dry)⁶⁻¹⁰⁾를 초과하였으나 연구원에서 과거 3년간(2015~2017년) 도내 18개 시군의 등산로 토양을 대상으로 조사한 결과(불검출~38.1 Bq/kg-dry)¹²⁻¹⁴⁾ 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 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(^{137}Cs) 경향을 Figure 2에 수록함.

자연핵종의 경우 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra)은 모든 시료에서 309~960 Bq/kg-dry와 43,200~199,100 Bq/kg-dry, 70.7~90.4 Bq/kg-dry로 검출되었고, 악티늄(^{228}Ac)은 3건(75.0%)에서 50.4~64.5 Bq/kg-dry로, 우라늄(^{235}U)은 1건(25.0%)에서 2.14 ± 0.238 Bq/kg-dry로 각각 검출됨.

Table 9. 공기와 빗물 조사결과

순서	분석 핵종	고시2017-17호 MDA	2월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	2월 빗물(Bq/L)
			초중순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.000972±0.0000693	0.00258±0.0000917	없음	0.193±0.00701
2	⁴⁰ K	없음	<0.000704	0.00310±0.000125	없음	0.258±0.0103
3	⁵¹ Cr	0.005	<0.00312	<0.000376	1	<0.0238
4	⁵⁴ Mn	0.00008	<0.0000197	<0.0000332	0.5	<0.00287
5	⁵⁷ Co	없음	<0.0000264	<0.0000240	없음	<0.00279
6	⁵⁸ Co	0.0003	<0.0000301	<0.0000378	0.05	<0.00291
7	⁵⁹ Fe	0.0005	<0.0000714	<0.0000801	0.03	<0.00553
8	⁶⁰ Co	0.00008	<0.0000345	<0.0000379	0.02	<0.00326
9	⁶⁵ Zn	0.0005	<0.0000721	<0.0000760	0.05	<0.00609
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.0000370	<0.00000689	없음	<0.00363
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.000527	<0.000516	없음	<0.0526
12	⁸⁸ Y	없음	<0.0000433	<0.0000364	없음	<0.00290
13	⁹⁵ Zr	0.0005	<0.0000553	<0.0000679	0.5	<0.00518
14	⁹⁵ Nb	0.0005	<0.0000408	<0.0000557	0.5	<0.00378
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.0000325	<0.0000315	없음	<0.00368
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.0000332	<0.0000379	없음	<0.00271
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.000247	<0.000257	없음	<0.0233
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.000814	<0.000766	없음	<0.0994
19	^{110m} Ag	없음	<0.0000209	<0.0000324	없음	<0.00270
20	¹¹³ Sn	없음	<0.0000443	<0.0000395	없음	<0.00334
21	¹³¹ I	0.05	<0.0000554	<0.0000724	0.1	<0.00407
22	¹³³ Xe	없음	<0.000160	<0.000717	없음	<0.00173
23	^{133m} Xe	없음	<0.00138	<0.0577	없음	<0.0943
24	¹³⁴ Cs	0.00008	<0.0000308	<0.0000316	0.008	<0.00273
25	¹³⁷ Cs	0.00008	<0.0000324	<0.0000334	0.008	<0.00302
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.0000315	<0.0000307	없음	<0.00321
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.000151	<0.000850	10	<0.0357
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.000285	<0.000270	10	<0.0122
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.0000497	<0.0000687	없음	<0.00609
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.00125	<0.0000808	없음	<0.0598
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.000200	<0.000204	없음	<0.0231
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.0000397	<0.0000442	없음	<0.00397
33	²¹² Bi	없음	<0.000367	<0.000473	없음	<0.0414
34	²¹² Pb	없음	0.404±0.0485	<0.000111	없음	10.3±1.28
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.0000759	<0.000129	없음	<0.0138
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.0000913	<0.0000985	없음	<0.0104
37	²²⁶ Ra	없음	<0.000849	<0.000897	없음	<0.0923
38	²²⁷ Th	없음	<0.000267	<0.000351	없음	<0.0229
39	²²⁸ Ac	없음	<0.000106	<0.000618	없음	<0.0327
40	²³⁵ U	없음	<0.000493	0.000159	없음	0.0142±0.00109
41	²³⁷ U	없음	<0.000202	<0.000707	없음	<0.0338

1. 베릴륨(⁷Be), 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb), 우라늄(²³⁵U) 등은 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	<0.0357	<0.0485	없음	<2.64	<3.04	<2.28
2	⁴⁰ K	없음	0.372±0.0160	0.388±0.0157	없음	<9.66	<9.16	<7.29
3	⁵¹ Cr	1	<0.0308	<0.0528				
4	⁵⁴ Mn	0.5	<0.00408	<0.00477				
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00503	<0.00196				
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00430	<0.00493				
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00812	<0.0114				
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00476	<0.00427				
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00906	<0.0104				
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00577	<0.00679				
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0783	<0.0831				
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00450	<0.00593				
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00793	<0.00906				
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00263	<0.00589				
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00573	<0.00732				
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00425	<0.00530	없음	<0.171	<0.313	<0.295
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0331	<0.0359				
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.152	<0.198				
19	^{110m} Ag	없음	<0.00405	<0.00429				
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00531	<0.00696				
21	¹³¹ I	0.1	<0.00539	<0.00887	없음	<0.549	<0.524	<0.318
22	¹³³ Xe	없음	<0.0234	<0.0434				
23	^{133m} Xe	없음	<0.100	<0.227				
24	¹³⁴ Cs	0.008	<0.00303	<0.00369	없음	<0.295	<0.338	<0.304
25	¹³⁷ Cs	0.008	<0.00451	<0.00517	없음	<0.377	<0.323	<0.545
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00492	<0.00646				
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0173	<0.0245				
28	¹⁴⁰ La	10	<0.0329	<0.0487				
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00923	<0.0143				
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0522	<0.189				
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0371	<0.0339				
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00585	<0.00441				
33	²¹² Bi	없음	<0.0619	<0.0704				
34	²¹² Pb	없음	2.82±0.361	86.9±10.6				
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.0224	<0.0171				
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.0160	<0.0207				
37	²²⁶ Ra	없음	<0.137	<0.157				
38	²²⁷ Th	없음	<0.0336	<0.0488				
39	²²⁸ Ac	없음	235±29.2	<0.0225				
40	²³⁵ U	없음	0.0190±0.00167	<0.0951				
41	²³⁷ U	없음	<0.0409	<0.0395				
42	²⁴¹ Am	없음			없음	<2.87	<3.35	<2.74

1. 칼륨(⁴⁰K)과 납(²¹²Pb), 라듐(²²⁶Ra), 우라늄(²³⁵U) 등은 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	고시 2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	비고
1	⁷ Be	없음	<0.0126	<0.0130	<0.0143	
2	⁴⁰ K	없음	0.190±0.00636	0.193±0.00653	0.174±0.00631	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0108	<0.0120	<0.0137	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00149	<0.00155	<0.00152	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00129	<0.00122	<0.00120	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00143	<0.00151	<0.00166	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00320	<0.00330	<0.00379	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00165	<0.00176	<0.00154	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00323	<0.00330	<0.00323	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.000676	<0.000434	<0.000233	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0242	<0.0235	<0.0238	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00170	<0.00166	<0.00172	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00260	<0.00289	<0.00272	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00184	<0.00106	<0.00218	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00157	<0.00118	<0.00152	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00150	<0.00152	<0.00180	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0116	<0.0120	<0.0118	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0357	<0.0372	<0.0369	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00143	<0.00145	<0.00151	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00166	<0.00185	<0.00153	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0222	<0.0190	<0.0284	
22	¹³³ Xe	없음	<0.00808	<0.00901	<0.0299	
23	^{133m} Xe	없음	<0.0816	<0.110	<1.94	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00114	<0.000819	<0.000867	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00161±0.000243 (<0.00117)	0.00124±0.000221 (<0.00109)	0.00151±0.000235 (<0.00114)	
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00135	<0.00143	<0.00144	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.00705	<0.00769	<0.0121	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.0408	<0.0591	<2.42	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00249	<0.00276	<0.00327	
30	¹⁴³ Ce	없음	<0.0821	<0.130	<12.1	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.00973	<0.00982	<0.0105	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00186	<0.00210	<0.00186	
33	²¹² Bi	없음	<0.0213	<0.0227	<0.0220	
34	²¹² Pb	없음	<0.00505	<0.00518	<0.00517	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00540	<0.00543	<0.00538	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00743	<0.00748	<0.00759	
37	²²⁶ Ra	없음	<0.0427	<0.0404	<0.0439	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0112	<0.0116	<0.0165	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.0235	<0.0243	<0.0257	
40	²³⁵ U	없음	0.00730±0.000494	0.00739±0.000492	0.00904±0.000496	
41	²³⁷ U	없음	<0.0123	<0.0108	<0.0313	

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

순서	핵종	고시 2017-17호 MDA	고성군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	없음	<0.0129	<0.0129	<0.0197	
2	⁴⁰ K	없음	0.209±0.00745	0.206±0.00673	0.221±0.00882	
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0189	<0.0107	<0.0148	
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00250	<0.00151	<0.00203	
5	⁵⁷ Co	없음	<0.00169	<0.00131	<0.00132	
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00188	<0.00147	<0.00183	
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00502	<0.00315	<0.00374	
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00181	<0.00173	<0.00189	
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00390	<0.00313	<0.00377	
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.00231	<0.000427	<0.00225	
11	⁸⁸ Kr	없음	<0.0299	<0.0245	<0.0300	
12	⁸⁸ Y	없음	<0.00250	<0.00170	<0.00130	
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00335	<0.00260	<0.00308	
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00230	<0.00220	<0.00209	
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.00189	<0.001231	<0.00207	
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.00179	<0.00158	<0.00204	
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<0.0140	<0.0117	<0.0124	
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<0.0464	<0.0366	<0.0470	
19	^{110m} Ag	없음	<0.00171	<0.00146	<0.00165	
20	¹¹³ Sn	없음	<0.00256	<0.00176	<0.00304	
21	¹³¹ I	0.1	<0.0264	<0.0310	<0.0287	
22	¹³³ Xe	없음	<0.0294	<0.0112	<0.0227	
23	^{133m} Xe	없음	<1.32	<0.203	<0.744	
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00115	<0.000868	<0.00113	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00167±0.000248 (<0.00120)	0.00157±0.000213 (<0.00101)	0.00166±0.000246 (<0.00119)	
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.00147	<0.00137	<0.00186	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.0133	<0.129	<0.0109	
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.656	<0.00821	<0.256	
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.00387	<0.00285	<0.00372	
30	¹⁴³ Ce	없음	<5.70	<0.324	<2.11	
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<0.0135	<0.0100	<0.0126	
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.00202	<0.00178	<0.00258	
33	²¹² Bi	없음	<0.0252	<0.0214	<0.0253	
34	²¹² Pb	없음	<0.00640	<0.00584	<0.00632	
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.00551	<0.00530	<0.00536	
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.00753	<0.00729	<0.00571	
37	²²⁶ Ra	없음	0.0757±0.0121	<0.0420	0.0458±0.00835	
38	²²⁷ Th	없음	<0.0205	<0.0122	<0.0190	
39	²²⁸ Ac	없음	<0.00704	<0.0250	0.0174±0.00183	
40	²³⁵ U	없음	<0.0295	0.00725±0.000485	<0.0290	
41	²³⁷ U	없음	<0.0299	<0.0165	<0.0238	

1. 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb), 악티늄(²²⁸Ac) 등은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 12. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	조사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	창원시 진해구	고성군	거제시	통영시
1	⁷ Be	없음	<3.37	<3.86	7.87±0.922	<4.08	<4.03	<5.80
2	⁴⁰ K	없음	543±4.38	805±5.63	818±6.17	694±5.03	698±4.90	660±5.36
3	⁵¹ Cr	15	<3.12	<3.04	<4.97	<3.87	<3.82	<4.32
4	⁵⁴ Mn	2	<0.416	<0.465	<0.610	<0.497	<0.408	<0.438
5	⁵⁷ Co	없음	<0.385	<0.442	<0.566	<0.449	<0.432	<0.505
6	⁵⁸ Co	2	<0.375	<0.385	<0.403	<0.423	<0.407	<0.465
7	⁵⁹ Fe	5	<0.853	<1.07	<1.10	<0.984	<1.02	<0.633
8	⁶⁰ Co	2	<0.569	<0.530	<0.368	<0.624	<0.598	<0.224
9	⁶⁵ Zn	5	<0.952	<1.22	<1.37	<1.11	<1.03	<1.24
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.353	<0.411	<0.545	<0.408	<0.420	<0.450
11	⁸⁸ Kr	없음	<2,565	<1,282	<3.20	<2.48	<2.42	<2.75
12	⁸⁸ Y	없음	<0.407	<0.260	<0.227	<0.476	<0.461	<0.151
13	⁹⁵ Zr	5	<0.715	<1.08	<0.974	<0.821	<0.827	<0.927
14	⁹⁵ Nb	5	<0.444	<0.546	<0.686	<0.532	<0.516	<0.553
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.477	<0.431	<0.713	<5.23	<0.461	<0.617
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.358	<0.346	<0.294	<0.432	<0.417	<0.328
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<2.76	<2.94	<3.82	<3.07	<2.68	<3.07
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<15.9	<18.6	<24.1	<18.5	<16.4	<20.4
19	^{110m} Ag	없음	<0.385	<0.429	<51.5	<0.413	<0.423	<0.446
20	¹¹³ Sn	없음	<0.459	<0.738	<0.615	<0.542	<0.522	<0.473
21	¹³¹ I	1.5	<0.379	<0.463	<1.06	<0.624	<0.668	<0.677
22	¹³³ Xe	없음	<1.67	<2.00	<4.12	<3.04	<3.81	<3.59
23	^{133m} Xe	없음	<4.66	<5.46	<22.6	<16.7	<29.4	<18.4
24	¹³⁴ Cs	5	<0.257	<0.417	<0.488	<0.395	<0.359	<0.363
25	¹³⁷ Cs	5	0.422±0.0786 (<0.395)	0.713±0.0911 (<0.440)	0.613±0.109 (<0.548)	1.62±0.103 (<0.447)	0.696±0.0899 (<0.436)	0.898±0.0975 (<0.462)
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.393	<0.473	<0.577	<0.456	<0.443	<0.505
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.17	<1.91	<2.01	<1.97	<1.95	<2.18
28	¹⁴⁰ La	70	<1.32	<0.572	<3.12	<5.96	<1.32	<3.67
29	¹⁴¹ Ce	없음	<0.704	<0.851	<1.11	<0.879	<0.821	<0.885
30	¹⁴³ Ce	없음	<1.82	<1.97	<18.9	<12.1	<31.3	<17.2
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<2.95	<3.56	<4.36	<3.48	<3.36	<3.87
32	²⁰⁸ Tl	없음	<1.04	<0.531	<0.755	<1.31	<1.13	<0.589
33	²¹² Bi	없음	<21.2	<2.44	<28.9	<23.3	<22.7	<26.1
34	²¹² Pb	없음	199±2.19	139±1.87	109,400±107	86,680±763	<0.911	75,437±858
35	²¹⁴ Bi	없음	<0.905	<1.01	<1.12	<1.09	<1.43	<1.12
36	²¹⁴ Pb	없음	<0.931	<1.11	<1.75	<1.00	<0.927	<1.20
37	²²⁶ Ra	없음	22.2±2.32	37.8±5.63	48.6±2.81	37.8±2.61	39.3±2.45	<12.3
38	²²⁷ Th	없음	<2.81	<4.67	<7.03	<3.75	<3.78	<5.95
39	²²⁸ Ac	없음	972±27.7	24.6±0.901	43.2±0.909	<3.08	<2.97	24.9±0.617
40	²³⁵ U	없음	1.98±0.158	<7.27	<6.98	1.73±0.184	1.36±0.177	<6.65
41	²³⁷ U	없음	<3.40	<2.11	4.53±0.755	<5.16	<6.01	<3.45

1. 베릴륨(⁷Be), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), 토륨(²²⁷Th), 악티늄(²²⁸Ac), 우라늄(²³⁵U)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(천성산)			평지 (천성산 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	<4.08	<5.18	<5.24	<4.61
2	⁴⁰ K	없음	309±4.02	880±6.54	818±6.25	960±6.47
3	⁵¹ Cr	15	<5.04	<5.29	<4.35	<4.83
4	⁵⁴ Mn	2	<0.483	<0.645	<0.715	<0.588
5	⁵⁷ Co	없음	<0.364	<0.623	<0.849	<0.514
6	⁵⁸ Co	2	<0.457	<0.576	<0.582	<0.563
7	⁵⁹ Fe	5	<0.853	<1.34	<1.01	<1.29
8	⁶⁰ Co	2	<0.248	<0.670	<26.9	<0.760
9	⁶⁵ Zn	5	<1.09	<1.14	<1.39	<1.37
10	⁸⁵ Sr	없음	<0.549	<0.646	<0.641	<0.528
11	⁸⁸ Kr	없음	<3.26	<3.48	<3.62	<3.27
12	⁸⁸ Y	없음	<0.372	<0.442	<0.463	<0.608
13	⁹⁵ Zr	5	<1.04	<1.38	<1.11	<1.13
14	⁹⁵ Nb	5	<0.659	<0.722	<0.762	<0.672
15	¹⁰¹ Rh	없음	<0.754	<0.762	<0.829	<0.698
16	¹⁰³ Ru	없음	<0.424	<0.486	<0.428	<0.525
17	¹⁰⁶ Rh	없음	<3.98	<4.13	<4.38	<3.84
18	¹⁰⁹ Cd	없음	<25.6	<26.0	<28.1	<23.3
19	^{110m} Ag	없음	<0.411	<0.593	<0.611	<0.555
20	¹¹³ Sn	없음	<0.695	<0.749	<0.768	<0.624
21	¹³¹ I	3	<0.743	<0.883	<0.859	<0.780
22	¹³³ Xe	없음	<4.31	<4.49	<4.21	<4.02
23	^{133m} Xe	없음	<22.9	<23.8	<15.9	<22.6
24	¹³⁴ Cs	5	<0.417	<0.525	<0.550	<0.491
25	¹³⁷ Cs	5	0.766±0.110 (<0.542)	6.13±0.173 (<0.590)	7.43±0.188 (<0.635)	<0.608
26	¹³⁹ Ce	없음	<0.589	<0.627	<0.646	<0.579
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.04	<2.73	<2.67	<2.47
28	¹⁴⁰ La	70	<4.16	<4.84	<3.27	<7.94
29	¹⁴¹ Ce	없음	<1.17	<1.21	<1.13	<1.10
30	¹⁴³ Ce	없음	<20.7	<20.4	<14.1	<16.5
31	¹⁴⁴ Ce	없음	<4.53	<4.69	<4.94	<4.30
32	²⁰⁸ Tl	없음	<0.668	<0.748	<0.743	<1.74
33	²¹² Bi	없음	<28.3	<30.0	<33.8	<30.8
34	²¹² Pb	없음	190,000±1,406	138,780±1,329	43,200±355	199,100±1,330
35	²¹⁴ Bi	없음	<1.09	<1.25	<1.32	<2.11
36	²¹⁴ Pb	없음	<1.41	<1.81	<1.52	<1.23
37	²²⁶ Ra	없음	79.3±4.46	70.7±3.11	90.4±6.13	72.9±3.27
38	²²⁷ Th	없음	<7.89	<7.24	<7.91	<4.68
39	²²⁸ Ac	없음	64.5±1.04	50.4±1.24	64.0±1.06	<3.54
40	²³⁵ U	없음	<9.18	<9.84	<10.2	2.14±0.238
41	²³⁷ U	없음	<4.36	<4.51	<4.37	<7.21

1. 칼륨(⁴⁰K), 납(²¹²Pb), 라듐(²²⁶Ra), 토륨(²³⁷Th), 악티늄(²²⁸Ac), 우라늄(²³⁵U, ²³⁷U)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)

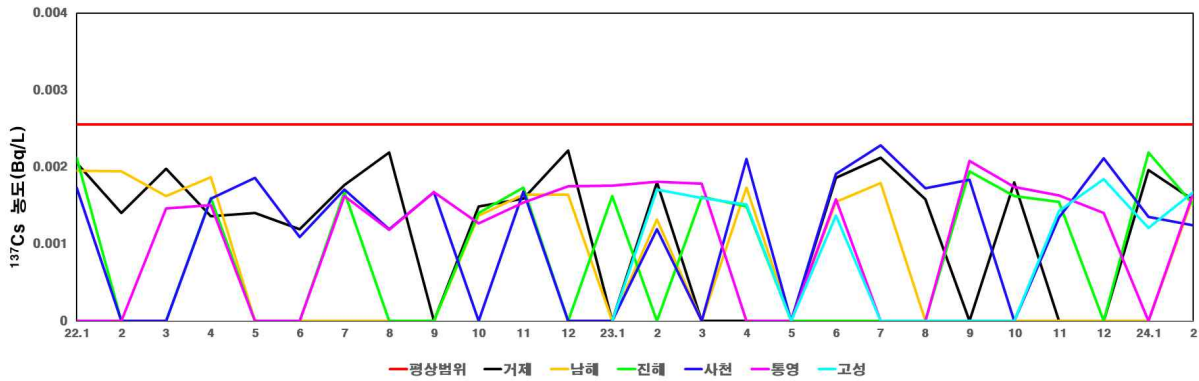


Fig. 1. 최근 3년간 해수의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

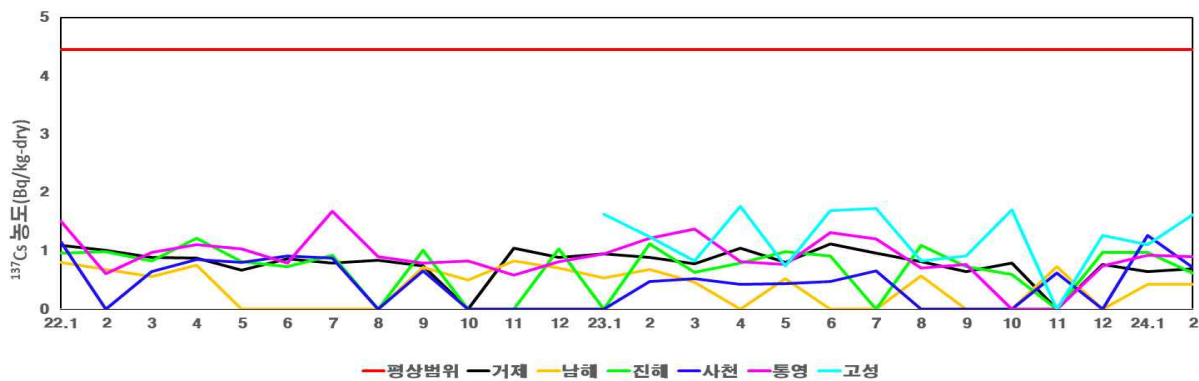


Fig. 2. 최근 3년간 갯벌의 월별 세슘(^{137}Cs) 농도

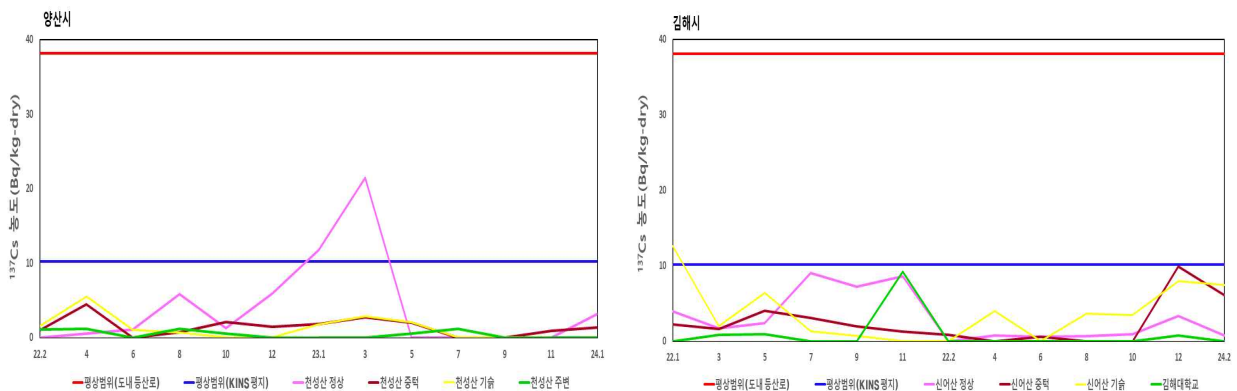


Fig. 3. 최근 3년간 등산로 및 평지 토양의 세슘(^{137}Cs) 농도 경향

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)
12. 경상남도보건환경연구원, 환경방사성물질 조사결과, pp 23 (2015).
13. 경상남도보건환경연구원, 환경방사성물질 조사결과, pp 25 (2016)
14. 경상남도보건환경연구원, 환경방사성물질 조사결과, pp 25 (2017)