

함께 만드는 완전히 새로운 경남

2022년 6월 환경 방사성물질 조사결과



경남보건환경연구원
(위 생 화 학 팀)

2022년 6월 환경 방사성물질 조사결과

- 6종(대기/먹는물/해수/갯벌/토양/지표식물) 36건 시료에 대한 조사결과
 - 해수(0.00109~0.00119 Bq/L), 갯벌(0.733~0.912 Bq/kg), 토양(0.604~1.12 Bq/kg)에서 ^{137}Cs 검출되었고(정상범위 이내), ^{137}Cs 이외 모든 인공핵종 불검출
 - ※ 전국 해수 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~0.00255 Bq/L(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 해저퇴적물 ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~3.83 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
 - ※ 전국 토양(평지) ^{137}Cs 정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '16년~'20년 자료)
 - 대기, 먹는물, 지표식물에서는 모든 인공핵종 불검출

1. 조사 기간 : '22. 6. 1. ~ 6. 30.

2. 조사 대상 : 6종 36건

- 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 10건[등산로3(쑥 채취지점1 중복), 평지1, 쑥 채취지점6]
- 지표식물 8건(쑥7, 솔잎1)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구 분	계 획	실 적			진도율 (%)	비 고
		기누계	6월말	누계		
방사성물질조사	300	115	36	151	50.3%	

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	^{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. 공기

구 분	공 기		6월 빗물
	6월(초순)	6월(중하순)	
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	5. 27. ~ 6. 10.	6. 10. ~ 6. 30.	6. 1. ~ 6. 30.
채취 기구	공기포집기	공기포집기	빗물채집기
채 취 량	1,814 m ³	2,592 m ³	30 L
전 처 리	없음	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)		
계측 시간	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
채취 일시	6. 8. 18:00	6. 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	거제시, 통영시	사천시, 남해군	창원시 진해구
채취 일시	6. 2. 10:00 ~ 16:30	6. 7. 10:40 ~ 16:00	6. 20. 10:50
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	사천시, 남해군	창원시 진해구
채취 일시	6. 2. 10:00 ~ 16:30	6. 7. 10:40 ~ 16:00	6. 20. 11:20
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

구 분	등산로	평 지	지표식물 채취지점
채취 지역	양산시 3건 (천성산 정상/중턱/기슭 각 1건)	양산시 (천성산 주변)	6개 지역 각 1건 (남해/사천/거창/함양/합천/산청)
채취 일시	6. 14. 13:20 ~ 16:00	6. 14. 16:30	6. 7. ~ 6. 27.
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		

Table 9. 지표식물(쑥 및 솔잎)

구 분	쑥	솔잎
채취 지역	7개 지역 각 1건 (남해/사천/양산/거창/함양/합천/산청)	양산시(천성산 정상) 1건
채취 일시	6. 7. ~ 6. 27.	6. 14. 13:50
채 취 량	3 ~ 5 kg	
전처리	이물질 제거 → 분쇄 → 측정용기(1,000 mL) 충전	
계측 장비	감마핵종분석기(HPGe; High Purity Germanium Detector)	
계측 시간	10만초	

6. 방사성물질 조사 결과

6. 1. 공기

2022년 6월 초순과 중하순에 서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 각각 1,814 m³, 2,592 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. 자연핵종의 경우 베릴륨(⁷Be)만이 2건(100%) 시료에서 0.00103 ± 0.0000564 Bq/m³, 0.000181 ± 0.0000360 Bq/m³로 검출됨. 베릴륨(⁷Be)은 계열붕괴를 하지 않는 자연 핵종으로 우주선 영향을 파악하기 위한 것임.

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.

6. 2. 빗물

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 6월에 포집한 빗물 시료 총 30 L에 대한 조사를 수행한 결과 방사성요오드(¹³¹I), 세슘(¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs) 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단됨. 자연 방사성물질인 베릴륨(⁷Be)과 납(²¹²Pb)이 각각 0.0262 ± 0.00514 Bq/L, 2.54 ± 0.289 Bq/L로 검출됨. 베릴륨은 계열붕괴를 하지 않는 자연 핵종으로 우주선 영향을 파악하기 위한 것이고, 납은 우라늄(²³⁸U)으로부터 계열 붕괴하는 핵종임.

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 측정결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 분석 결과는 Table 10에 수록하였음.

6. 3. 먹는물(원수 및 정수)

2022년 6월에 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 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 핵종의 경우 칼륨(⁴⁰K)은 취수장 원수 2건 모두에서 각각 0.132 ± 0.0153

Bq/L과 0.114 ± 0.0148 Bq/L, 납(^{212}Pb)은 취수장 원수 1건(50%)에서 30.9 ± 5.58 Bq/L로 검출됨. 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb)은 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임.

또한 취수장 원수의 경우 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 인공 방사성 물질이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에 명시된 최소검출방사능 기준치를 만족하여 계측결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 Table 11에 수록하였음.

6. 4. 해수

2022년 6월에 일본, 중국 등 경남인근 국내외 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}Cs) 이외 모든 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)은 5건 중 2건(40%)에서 0.00119 ± 0.000214 Bq/L과 0.00109 ± 0.000193 Bq/L로 검출됨. 세슘(^{137}Cs)이 6월 해수에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동의 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 자연 핵종의 경우 칼륨(^{40}K)이 3건(60%)에서 $0.116 \sim 0.129$ Bq/L로 검출됨. 칼륨은 계열붕괴하지 않는 자연핵종임.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 제시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 12에 수록하였고, 2022년 1월부터 6월까지의 분석결과를 Figure 1에 수록하였음. Figure 1에서 보여 주듯이 5개 지점 해수에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 특이사항이 없는 것을 알 수 있음.

6. 5. 갯벌

2022년 6월에 일본, 중국 등 국내외 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}Cs) 이외 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)은 4건(80%)에서 $0.733 \sim 0.912$ Bq/kg-dry로 검출됨.

검출된 세슘(^{137}Cs)은 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 해저퇴적물을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~3.83 Bq/kg-dry)¹⁻⁵⁾ 이내로 나타남. 세슘(^{137}Cs)이 모든 갯벌에서 검출되었지만 환경에서 세슘(^{137}Cs)과 거동이 유사한 세슘(^{134}Cs)이 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)은 모든 시료에서 3.89~8.29 Bq/kg-dry, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 421~828 Bq/kg-dry, 납(^{212}Pb)은 2건(40%)에서 509~66,762 Bq/kg-dry, 라듐(^{226}Ra)은 4건(80%)에서 14.5~22.3 Bq/kg-dry, 악티늄(^{228}Ac)은 1건(20%)에서 $9,692 \pm 258$ Bq/kg-dry, 우라늄(^{235}U)은 모든 시료에서 1.21~2.40 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra), 악티늄(^{228}Ac) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(^{235}U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

또한 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2017-17호에서 제시한 최소검출 방사능 기준을 만족하여 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함. 상세한 분석결과는 Table 13에 수록하였고, 2022년 1월부터 6월까지의 결과를 Figure 2에 수록하였음. Figure 2를 통해 확인 할 수 있듯이 월별 ^{137}Cs 농도에 특이사항이 없는 것을 알 수 있고, 이러한 경향은 방사능 낙진이 강우에 의해 갯벌에 침적된 ^{137}Cs 가 해수 유동에 의해 확산되거나 희석되기 때문이라 판단됨.

6. 6. 토양

2022년 6월에 양산시에 위치한 천성산 정상과 중간지점, 기슭에서 각 1건의 등산로 토양을 채취하였고, 천성산 주변에서 평지 토양 1건을 채취함. 또한, 쑥채취지점과 동일한 지점(남해군, 사천시, 거창군, 함양군, 합천군, 산청군)에서 평지 토양 6건을 채취함. 등산로와 평지로 구분하여 토양을 채취한 사유는 고도에 의한 영향을 파악하기 위한 것임. 채취한 총 10건의 토양에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 세슘(^{137}Cs) 이외 인공 방사성물질은 모든 시료에서 검출되지 않았고, 세슘(^{137}Cs)은 3건(30%)에서 0.640~1.12 Bq/kg-dry로 검출됨. 검출된 세슘(^{137}Cs) 농도는 한국원자력안전기술원에서 최근 5년간(2016년~2020년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 정상범위(불검출~24.6 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.

자연 핵종의 경우 베릴륨(^7Be)은 6건(60%)에서 3.58~5.23 Bq/kg-dry, 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 475~1,001 Bq/kg-dry, 납(^{212}Pb)은 8건(80%)에서 922~124,530 Bq/kg-dry, 라듐(^{226}Ra)은 8건(80%)에서 21.8~62.7 Bq/kg-dry, 토륨(^{227}Th)은 1건(10%)에서 4.85 ± 0.887 Bq/kg-dry, 악티늄(^{228}Ac)은 6건(60%)에서 8,211~205,930 Bq/kg-dry, 우라늄(^{235}U)은 7건(70%)에서 1.73~2.46 Bq/kg-dry로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 비계열붕괴 핵종으로 우주선과 지각 방사선에 의한 영향을 파악하기 위한 핵종이고, 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra), 토륨(^{227}Th), 악티늄(^{228}Ac) 등은 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th)으로부터 계열 붕괴하는 핵종으로 지각에서 많이 검출되는 핵종임. 우라늄(^{235}U)은 계열붕괴의 어미핵종으로 자연에 약 0.7 % 존재함.

또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였음. 상세한 분석결과는 Table 14와 Table 15에 수록하였고, 2022년 1월부터 6월까지의 검사결과를 Figure 3에 수록하였음. Figure 3에서 보여 주듯이 4월 및 5월의 등산로 토양의 ^{137}Cs 농도가 2월 및 3월 결과에 비해 다소 높게 나타난 후 6월에는 다소 감소하는 것을 볼 수 있음. 이러한 경향은 강우에 의한 방사능 낙진 영향과 시료채취 지점의 변동성 등이 복합적으로 작용한 것으로 판단됨.

6. 7. 지표식물(쭈 및 솔잎)

쭈는 일년생 식물로 방사성물질의 확산경향을 파악하기 위한 것이고, 솔잎은 다년생 식물로 방사성물질의 확산 및 축적 경향을 파악하기 위한 시료임. 쭈 및 솔잎은 뿌리와 잎을 통해 물을 흡수하고 광합성을 하기 때문에 토양과 공기 중에 방사성물질이 존재할 경우 쭈와 솔잎에도 방사성물질이 존재할 수 있다. 방사성 물질의 분포경향을 파악하기 위해 2022년 6월에 양산시 천성산 정상에서 1건의 솔잎을 채취하였고, 쭈의 경우 양산시와 사천시 등 7개 시·군에서 각 1건씩 7건 쭈를 채취함. 채취한 총 8건의 지표식물에 대한 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 조사한 결과 방사성요오드(^{131}I), 세슘(^{134}Cs , ^{137}Cs) 등의 모든 인공 방사성 물질은 검출되지 않아 일본, 중국 등 국내외 원전영향은 없는 것으로 판단함. 또한 모든 핵종에서 원자력안전위원회고시 제2017-17호 명시된 최소검출방사능 요건을 만족하여 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보한 것으로 판단하였고, 상세한 분석결과는 Table 16~Table 17에 수록하였음.

자연 방사성물질의 경우 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 모든 시료에서 각각 5.69~45.0 Bq/kg-fresh, 40.3~157 Bq/kg-fresh, 납(^{212}Pb)은 2건(25%)의 시료에서

809±57.2 Bq/kg-fresh와 12,246±557 Bq/kg-fresh. 라듐(^{226}Ra)은 3건(37.5%)에서 3.23~3.89 Bq/kg-fresh, 우라늄(^{235}U)은 4건(50%)에서 0.257~0.720 Bq/kg-fresh로 각각 검출됨. 베릴륨(^7Be)과 칼륨(^{40}K)은 계열붕괴를 하지 않는 자연 핵종으로 베릴륨(^7Be)은 우주선 영향을 파악하기 위한 것이고, 칼륨(^{40}K)은 지각 방사선영향을 파악하기 위한 것임. 납(^{212}Pb)은 토륨(^{232}Th , 반감기 130억년)으로부터 계열붕괴하는 자연 핵종으로 지각 방사선 영향을 파악하기 위한 것임. 검출된 베릴륨(^7Be)은 광합성 작용에 의해 공기 중에 존재하는 베릴륨이 썩에 유입된 것으로 판단되고, 칼륨(^{40}K)과 납(^{212}Pb), 라듐(^{226}Ra)은 토양 중에 존재하는 방사성물질이 뿌리를 통해 유입된 것으로 판단됨.

토양과 썩의 상관관계를 파악하기 위해 반감기가 긴 칼륨(^{40}K , 반감기 13억년)과 라듐(^{226}Ra , 반감기 1,600년)을 대상으로 비교분석함. 비교분석 결과 썩(남해군, 사천시, 거창군, 함양군, 합천군, 산청군)에서 검출된 칼륨(^{40}K)과 라듐(^{226}Ra)의 농도범위는 각각 127~157 Bq/kg-fresh, 3.23~3.89 Bq/kg-fresh로 나타났고, 썩 채취지점과 동일한 지점의 토양에서 검출된 칼륨(^{40}K)과 라듐(^{226}Ra)의 농도범위는 각각 475~922 Bq/kg-fresh, 21.8~47.1 Bq/kg-fresh로 나타남. 썩에서 검출된 칼륨(^{40}K)은 토양에 비해 17.0~26.7%로 검출되었고, 라듐(^{226}Ra)의 경우 8.26~14.8%로 검출됨. 이러한 결과로부터 토양과 썩 사이의 방사능 농도는 완전한 평형상태에 도달하지 못하는 것으로 판단됨.

Table 10. 공기 및 빗물 조사결과

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	6월 공기(Bq/m ³)		고시2017-17호 MDA	6월 빗물(Bq/L)
			초순	중하순		
1	⁷ Be	없음	0.00103±0.0000564	0.000181±0.0000360	없음	0.0262±0.00514
2	⁴⁰ K	없음	불검출	불검출	없음	불검출
3	⁵¹ Cr	5E-03	<2.14E-04	<2.45E-04	1	<0.0329
4	⁵⁴ Mn	8E-05	<3.36E-05	<1.98E-05	0.1	<0.00255
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	없음	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	<2.88E-05	<2.38E-05	0.05	<0.00304
7	⁵⁹ Fe	5E-04	<6.14E-05	<5.32E-05	0.03	<0.00505
8	⁶⁰ Co	8E-05	<3.54E-05	<3.24E-05	0.02	<0.00435
9	⁶⁵ Zn	5E-04	<6.44E-05	<5.27E-05	0.05	<0.00639
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	<5.47E-05	<4.16E-05	0.5	<0.00555
14	⁹⁵ Nb	5E-04	<2.52E-05	<2.86E-05	0.5	<0.00375
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	<7.17E-05	<9.05E-05	0.1	<0.00364
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	없음	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	<2.57E-05	<1.91E-05	0.008	<0.00277
25	¹³⁷ Cs	8E-05	<3.31E-05	<2.30E-05	0.008	<0.00373
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	없음	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	1E-01	<1.04E-04	<1.12E-04	10	<0.0139
28	¹⁴⁰ La	1E-01	<7.30E-05	<4.59E-04	10	<0.0159
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	2.54±0.289
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. ⁷Be(베릴륨), ²¹²Pb(납)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음.
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 11. 양산시 먹는물 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	분석핵종	고시2017-17호 MDA	원수 (신도시취수장)	원수 (원동취수장)	정수 (신도시정수장)	정수 (범어정수장)	정수 (웅상정수장)
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.132±0.0153	0.114±0.0148	불검출	불검출	불검출
3	⁵¹ Cr	1	<0.0401	<0.0374			
4	⁵⁴ Mn	0.1	<0.00423	<0.00410			
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출			
6	⁵⁸ Co	0.05	<0.00406	<0.00403			
7	⁵⁹ Fe	0.03	<0.00825	<0.00898			
8	⁶⁰ Co	0.02	<0.00446	<0.00450			
9	⁶⁵ Zn	0.05	<0.00876	<0.00847			
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출			
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출			
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출			
13	⁹⁵ Zr	0.5	<0.00654	<0.00777			
14	⁹⁵ Nb	0.5	<0.00575	<0.00527			
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출			
16	¹⁰³ Ru	없음	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	<0.00704	<0.00628	<0.487	<0.445	<0.481
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출			
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출			
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00394	<0.00354	<0.249	<0.316	<0.220
25	¹³⁷ Cs	0.003	<0.00449	<0.00473	<0.280	<0.292	<0.303
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출			
27	¹⁴⁰ Ba	10	<0.0202	<0.0186			
28	¹⁴⁰ La	10	<0.1090	<0.0680			
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	30.9±5.58			
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			불검출	불검출	불검출

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

Table 12. 해수 조사결과(단위 : Bq/L)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거제시	통영시	남해군	사천시	진해구
1	⁷ Be	없음	불검출	불검출	불검출	<불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	0.116±0.006396	불검출	0.129±0.00641	0.116±0.00583	불검출
3	⁵¹ Cr	0.05	<0.0182	<0.00886	<0.00957	<0.0141	<0.00915
4	⁵⁴ Mn	0.005	<0.00112	<0.00116	<0.00124	<0.00093	<0.00111
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	0.005	<0.00143	<0.00107	<0.00110	<0.00119	<0.0011
7	⁵⁹ Fe	0.005	<0.00367	<0.00237	<0.00248	<0.00329	<0.00234
8	⁶⁰ Co	0.005	<0.00129	<0.00126	<0.00129	<0.00121	<0.00125
9	⁶⁵ Zn	0.02	<0.00262	<0.00236	<0.00257	<0.00241	<0.00234
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	0.006	<0.00242	<0.00173	<0.00210	<0.00208	<0.00204
14	⁹⁵ Nb	0.006	<0.00189	<0.00098	<0.00116	<0.00158	<0.00114
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	0.1	<0.0421	<0.0115	<0.0122	<0.00715	<0.0400
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.003	<0.00104	<0.00105	<0.00110	<0.00094	<0.00093
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00119±0.000214 (<0.00110)	<0.00127	<0.00121	0.00109±0.000193 (<0.000997)	<0.00129
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	<불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	<0.0202	<0.00456	<0.00486	<0.0138	<0.00470
28	¹⁴⁰ La	0.1	<0.00243	<0.0125	<0.00263	<0.0223	<0.0179
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

1. ⁴⁰K(칼륨), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
2. MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 13. 갯벌 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사2017-17호 MDA	거제시	통영시	남해군	사천시	창원시 진해구
1	⁷ Be	없음	3.89±0.725	4.87±0.530	6.32±0.711	8.29±0.775	4.39±0.708
2	⁴⁰ K	없음	687±4.91	421±3.70	538±4.21	828±5.38	762±5.01
3	⁵¹ Cr	15	<4.01	<2.70	<2.91	<3.79	<4.13
4	⁵⁴ Mn	2	<0.508	<0.343	<0.397	<0.476	<0.494
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.432	<0.314	<0.365	<0.425	<0.436
7	⁵⁹ Fe	5	<1.00	<0.725	<0.901	<1.10	<1.01
8	⁶⁰ Co	2	<0.605	<0.454	<0.513	<0.651	<0.603
9	⁶⁵ Zn	5	<1.05	<0.826	<0.971	<1.12	<1.09
10	⁸⁵ Sr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	5	<0.890	<0.582	<0.729	<0.824	<0.856
14	⁹⁵ Nb	5	<0.525	<0.353	<0.477	<0.510	<0.532
15	¹⁰¹ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
18	¹⁰⁹ Cd	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
21	¹³¹ I	1.5	<0.627	<0.366	<0.645	<0.656	<0.728
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.398	<0.292	<0.306	<0.380	<0.404
25	¹³⁷ Cs	5	0.867±0.0978 (0.467)	0.793±0.0745 (<0.341)	<0.441	0.912±0.0887 (<0.412)	0.733±0.0936 (<0.453)
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출	불검출	불검출	불검출	<2.84
28	¹⁴⁰ La	70	<6.33	<1.48	<13.8	<12.6	<13.4
29	¹⁴¹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
33	²¹² Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
34	²¹² Pb	없음	66,762±1,130	509±10.0	불검출	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	17.5±2.69	14.5±1.97	22.3±2.38	16.8±2.44	불검출
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	9,692±258	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	2.40±0.171	1.21±0.128	1.98±0.156	1.70±0.158	1.63±0.177
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 14. 양산시 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	등산로(천성산)			평지 (천성산 주변)
			정상	중턱	기슭	
1	⁷ Be	없음	4.75±0.746	3.58±0.783	불검출	불검출
2	⁴⁰ K	없음	518±4.48	1,001±5.98	922±6.41	626±4.76
3	⁵¹ Cr	15	<3.95	<4.16	<5.05	<3.98
4	⁵⁴ Mn	2	<0.484	<0.545	<0.690	<0.550
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.455	<0.475	<0.542	<4.44
7	⁵⁹ Fe	5	<0.992	<1.11	<1.36	<0.982
8	⁶⁰ Co	2	<0.589	<0.707	<0.810	<0.605
9	⁶⁵ Zn	5	<1.07	<1.23	<1.41	<1.13
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	<0.926	<1.00	<1.14	<0.977
14	⁹⁵ Nb	5	<0.538	<0.575	<0.704	<0.569
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	<0.552	<0.534	<0.709	<0.525
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.385	<0.427	<0.458	<0.431
25	¹³⁷ Cs	5	1.12±0.105 (<0.487)	<0.551	<0.998	<0.559
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<1.78	<1.86	<2.34	<1.81
28	¹⁴⁰ La	70	<2.80	<1.98	<3.57	<2.08
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	3,784±43.2	922±6.95	6,917±50.0	1,494±110
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	49.8±2.99	47.3±3.16	62.7±3.76	61.1±3.11
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	4.85±0.887	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	153,920±3,028	8,211±118	205,930±3,702	17,997±319
40	²³⁵ U	없음	2.40±0.203	2.46±0.213	2.43±0.258	1.84±0.217
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

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

Table 15. 쪽 채취지점의 토양 조사결과(단위 : Bq/kg-dry)

순서	핵종	고사 2017-17호 MDA	남해군	사천시	거창군	함양군	합천군	산청군
1	⁷ Be	없음	3.74±0.733	불검출	4.44±0.853	불검출	5.23±0.924	4.68±0.735
2	⁴⁰ K	없음	475±4.19	773±5.56	636±5.52	922±6.12	846±6.48	647±5.26
3	⁵¹ Cr	15	<3.92	<3.72	<5.31	<4.68	<4.16	<3.58
4	⁵⁴ Mn	2	<0.477	<0.559	<0.537	<0.519	<0.614	<0.511
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.430	<0.476	<0.496	<0.494	<0.569	<0.428
7	⁵⁹ Fe	5	<0.997	<1.12	<0.604	<0.716	<0.723	<1.02
8	⁶⁰ Co	2	<0.516	<0.665	<0.167	<0.302	<0.615	<0.643
9	⁶⁵ Zn	5	<0.982	<1.16	<1.11	<1.25	<1.19	<1.09
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	<0.790	<0.982	<0.994	<1.01	<1.11	<0.887
14	⁹⁵ Nb	5	<0.558	<0.604	<0.655	<0.587	<0.701	<0.510
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	3	<1.05	<0.783	<0.562	<0.652	<0.579	<0.516
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.286	<0.377	<0.349	<0.451	<0.420	<0.331
25	¹³⁷ Cs	5	1.05±0.0875 (0.393)	0.604±0.100 (<0.498)	<0.590	<0.533	<0.809	<1.49
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	<불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<2.63	<불검출	<1.73	<2.30	<1.47	<1.81
28	¹⁴⁰ La	70	<1.20	<14.3	<3.72	<0.898	<0.774	<2.74
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	불검출	124,530±1,073	17,814±168	5,951±51.5	3,798±34.0
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	27.0±2.53	29.9±2.86	불검출	21.8±2.83	불검출	47.1±2.88
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	197,620±4,250	114,120±2,461
40	²³⁵ U	없음	1.76±0.168	1.83±0.190	불검출	불검출	불검출	1.73±0.197
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출	불검출

- ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²¹²Pb(납), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁸Ac(악티늄), ²³⁵U(우라늄)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 16. 지표식물(쭈과 솔잎) 조사결과(단위 : Bq/kg-fresh)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	쭈			솔잎
			남해군	사천시	양산시	양산시
1	^7Be	없음	14.6 ± 0.251	12.2 ± 0.251	45 ± 0.443	23.6 ± 0.354
2	^{40}K	없음	155 ± 1.04	157 ± 1.12	131 ± 0.952	40.3 ± 0.748
3	^{51}Cr	15	<0.615	<0.962	<1.06	<0.654
4	^{54}Mn	2	<0.0856	<0.0943	<0.0842	<0.0829
5	^{57}Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	^{58}Co	2	<0.0866	<0.0916	<0.0928	<0.0831
7	^{59}Fe	5	<0.211	<0.227	<0.251	<0.133
8	^{60}Co	2	<0.129	<0.0323	<0.124	<0.0321
9	^{65}Zn	5	<0.236	<0.226	<0.239	<0.187
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	<0.146	<0.170	<0.172	<0.120
14	^{95}Nb	5	<0.0848	<0.102	<0.108	<0.100
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	$^{110\text{m}}\text{Ag}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
20	^{113}Sn	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
21	^{131}I	3	<0.0978	<0.163	<0.367	<0.141
22	^{133}Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	$^{133\text{m}}\text{Xe}$	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	^{134}Cs	5	<0.0728	<0.0691	<0.0591	<0.0664
25	^{137}Cs	5	<0.0899	<0.0979	<0.0853	<0.0920
26	^{139}Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	^{140}Ba	70	<0.324	<0.328	<0.688	<0.403
28	^{140}La	70	<0.468	<0.903	<0.203	<0.248
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	불검출	불검출	불검출	809 ± 57.2
35	^{214}Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	^{214}Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	^{226}Ra	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
38	^{227}Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
39	^{228}Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	^{235}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
41	^{237}U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

- ^7Be (베릴륨), ^{40}K (칼륨), ^{212}Pb (납)은 자연핵종으로 특별한 관리가 필요하지 않음
- MDA(Minimum Detectable Activity)는 최소검출방사능임, < : MDA 이하

Table 17. 지표식물(쑥) 조사결과(단위 : Bq/kg-fresh)

순서	핵종	고시2017-17호 MDA	거창군	함양군	합천군	산청군
1	⁷ Be	없음	8.50±0.369	8.92±0.403	9.23±0.400	5.69±0.391
2	⁴⁰ K	없음	127±1.20	135±1.30	146±1.38	156±1.53
3	⁵¹ Cr	15	<0.2940	<0.274	<0.304	<0.302
4	⁵⁴ Mn	2	<0.0255	<0.0210	<0.0289	<0.0204
5	⁵⁷ Co	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	2	<0.0186	<0.0237	<0.0205	<0.0269
7	⁵⁹ Fe	5	<0.0214	<0.0610	<0.0229	<0.0692
8	⁶⁰ Co	2	<0.0270	<0.0248	<0.0309	<0.0349
9	⁶⁵ Zn	5	<0.0563	<0.0613	<0.0636	<0.0575
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	<0.0265	<0.0488	<0.0290	<0.0452
14	⁹⁵ Nb	5	<0.0275	<0.0274	<0.0291	<0.0121
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	<0.0549	<0.0766	<0.0444	<0.0445
22	¹³³ Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	5	<0.0155	<0.0159	<0.0176	<0.0142
25	¹³⁷ Cs	5	<0.0236	<0.0275	<0.0270	<0.0252
26	¹³⁹ Ce	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	70	<0.172	<0.145	<0.158	<0.108
28	¹⁴⁰ La	70	<3.27	<0.863	<0.714	<0.257
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	불검출	불검출	불검출	12,246±557
35	²¹⁴ Bi	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	없음	3.23±0.635	불검출	3.69±0.726	3.89±0.714
38	²²⁷ Th	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
39	²²⁸ Ac	없음	불검출	불검출	불검출	불검출
40	²³⁵ U	없음	0.257±0.0371	0.720±0.195	0.294±0.0424	0.343±0.0443
41	²³⁷ U	없음	불검출	불검출	불검출	불검출

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

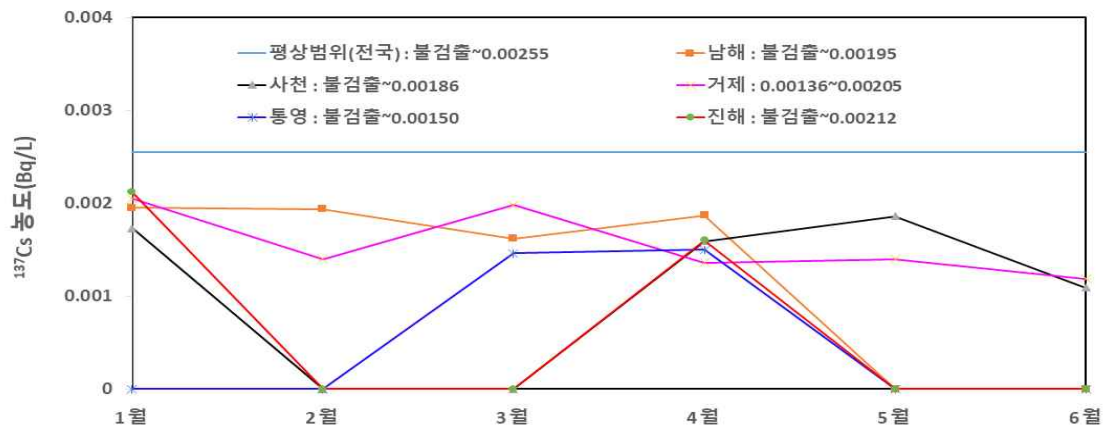


Figure 1. 해수의 ^{137}Cs 분포경향

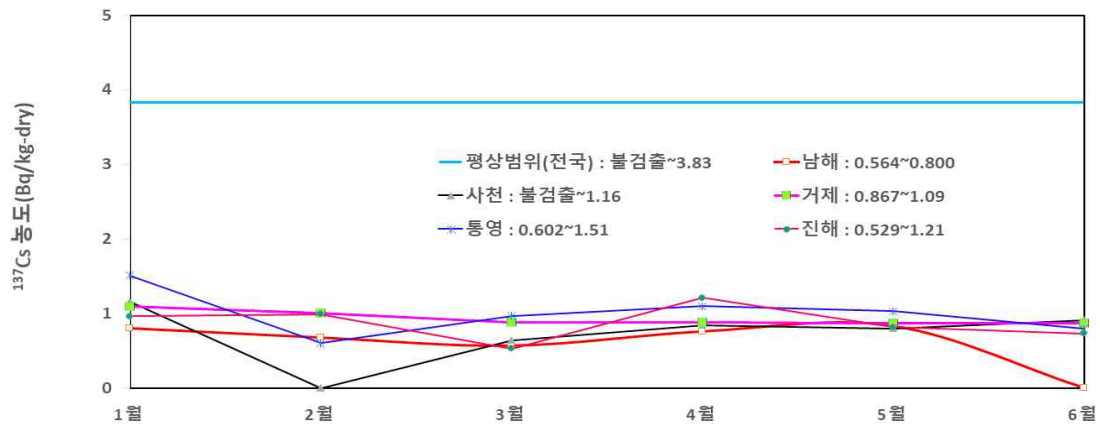


Figure 2. 갯벌의 ^{137}Cs 분포경향

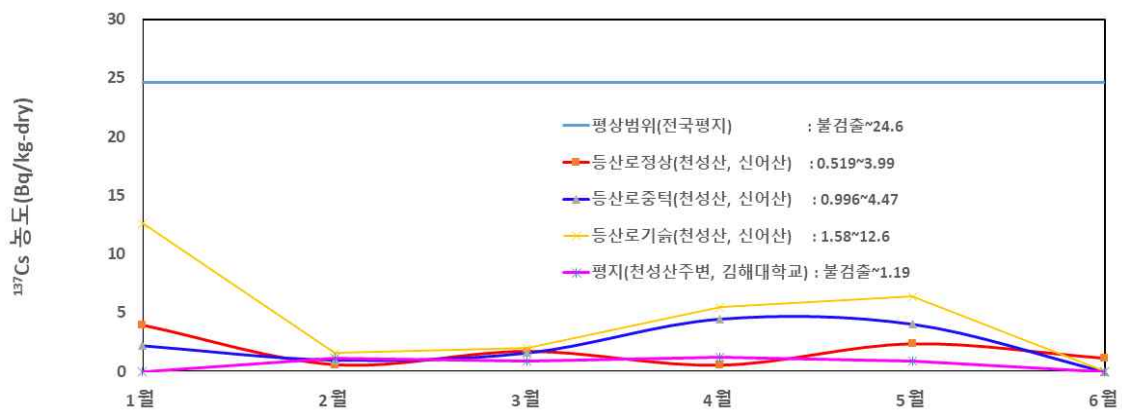


Figure 3. 토양의 ^{137}Cs 분포 경향

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).