



” 대한민국 변영 1번지 경남”

2016년 환경분야 방사성물질 검사결과 보고서



보건환경연구원
[위생화학팀]

I. 개 요

1. 검사 목적

- 생활밀착형 환경 방사성물질 검사체계 상시 운영으로 도내 방사성물질 오염도 파악
- 검사결과 정보공개로 도민의 불안감 해소 및 도민의 건강과 안전 확보

2. 검사 근거

가. 환경 방사성물질 검사

- 원자력안전법 제104조(환경보존), 제105조(전국환경방사능감시)
- 원자력시설등의 방호 및 방사능방재대책법
- 원자력안전위원회고시 제2014-12호(원자력이용시설 주변의 방사선 환경조사 및 방사선환경영향평가에 관한 고시)

나. 공간선량률 측정

- 원자력안전위원회고시 제2014-34호(방사선방호등에 관한 기준)
- 원자력안전위원회규칙 제14호(방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙)

3. 검사 현황

가. 검사기간 : 2016. 01. 01 ~ 2016. 12. 31(12개월)

나. 검사범위 : 경상남도 18개 시·군

다. 검사대상

1) 환경 방사성물질 검사 : 총 7종 시료

- 공기, 빗물, 해수, 먹는물(지하수, 정수장 정수), 취수장 원수, 토양

2) 공간선량률 측정

- 방사선취급 허가업체 주변(94개 업체, 년 2회)

라. 검사항목

1) 환경 방사성물질 검사

○ 먹는 물(지하수, 정수장 정수) : ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종

○ 공기, 빗물, 해수, 취수장 원수, 토양 : ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종

2) 공간선량률 측정

○ 방사선취급 허가업체(16년 기준 94개) 주변의 공간선량률

※ 공간선량률은 지표면으로부터 1 m 높이에서 측정한 선량률임

II. 검사 방법 및 내용

1. 검사 절차

가. 환경 방사성물질 검사

- 1) 한국표준과학원(KRISS)에서 보급하는 표준선원을 이용하여 반기별로 감마핵종분석기에 대한 교정 수행
 - 표준선원 : 4종(5/20/1000 mL, Charcoal filter)
- 2) 총 7종(정수장 정수, 지하수, 취수장 원수, 공기, 빗물, 해수, 토양)의 검사대상 시료를 주기적으로 채취 후 전처리
- 3) 전처리가 완료된 시료는 용기에 충전 후 감마핵종분석기를 이용하여 계측 및 분석 수행
 - 먹는물(지하수, 정수장 정수) : 1만초 계측
 - 공기, 빗물, 취수장 원수, 해수, 토양 : 8만초 계측
- 4) 분석 후 인공 및 천연 방사성물질의 종류와 농도, 원인 파악

나. 공간선량률 측정

- 1) 반기별로 휴대용방사선계측기 교정 수행
- 2) 교정 후 방사선취급 허가업체 부지경계 외부의 공간선량률 측정
 - 2016년 1월에 한국원자력안전기술원(KINS)으로부터 받은 자료를 근거로 방사선취급 허가업체(94개 업체)에 대한 상세 정보 파악
 - 94개 허가업체 주변의 공간선량률을 3~5분간 측정
 - 측정된 선량률이 관련 규정을 만족하고 있는지 여부와 국내의 공간선량률 범위(50~300nSv/hr) 내에 포함되는지 평가
 - 공간선량률 측정값이 300 nSv/hr를 초과할 경우 원자력안전위원회에 결과 제출

2. 장비 교정

가. 휴대용방사선 계측기

- 1) 대상 기기 : FH40G(with FHZ732GM)
- 2) 교정주기 : 6개월 1회(한국원자력연구원)
- 3) 교정 후 교정인자를 적용하여 공간선량률 측정
- 4) 2016년도 상반기에 수행한 교정결과를 Table 1에 제시함. Table 1에서 보여주듯이 공간선량률과 표면오염도의 교정인자는 각각 1.05~1.07, 2.67~3.03로 큰 차이가 없고, 결과는 적합한 것으로 판단됨.

※ 하반기의 경우 장비 오작동으로 장비제조사에 점검 및 수리를 의뢰한 관계로 교정을 수행하지 못함.

Table 1. 휴대용방사선계측기 교정 결과

교정 일시	교정 인자		교정 결과	비고
	공간선량률	표면오염도		
상반기	1.05~1.07	2.67~3.03	적합	공간선량률 교정용으로 Cs-137 사용

나. 감마핵종분석기

- 1) 한국표준과학연구원에서 보급하는 총 4종 표준선원을 확보 및 계측 후, 에너지 및 효율 교정 수행
- 2) 교정 후 표준선원의 방사능과 계측에 의해 계산된 방사능을 비교하여 오차가 $\pm 5\%$ 이내면 교정결과는 적합한 것으로 판단하여 완료함
- 3) 감마핵종분석기 교정결과는 Table 2와 Table 3에 제시함. 아래의 Table 2와 Table 3에서 보여주듯이 상반기와 하반기의 오차범위는 각각 -4.99~4.94%와 -4.80~4.39%로 $\pm 5\%$ 이내로 나타나 교정결과는 적합한 것으로 판단함.

Table 2. 상반기 교정 결과

순서	핵종	오차(%)					판정
		1,000mL	20mL	5mL	착콜	범위	
종합	10개	4개 표준선원					-4.99~4.94 적합
1	²⁴¹ Am	3.13	1.09	2.89	1.81	1.09~3.13	적합
2	¹⁰⁹ Cd	2.16	2.10	2.16	3.09	2.10~3.09	적합
3	⁵⁷ Co	1.06	-1.13	-1.18	-0.27	-1.18~1.06	적합
4	¹³⁹ Ce	-0.58	2.17	1.26	3.08	-0.58~3.08	적합
5	⁵¹ Cr	4.62	3.87	4.94	3.84	3.84~4.94	적합
6	¹¹³ Sn	0.85	0.65	0.54	0.81	0.54~0.85	적합
7	⁸⁵ Sr	-4.75	-4.32	-4.82	-4.99	-4.99~-4.32	적합
8	¹³⁷ Cs	-3.64	-3.67	-4.46	-3.15	-4.46~-3.15	적합
9	⁶⁰ Co	4.50	4.24	4.31	4.08	4.08~4.50	적합
10	⁸⁸ Y	-2.56	-3.65	-4.21	-3.60	-4.21~-2.56	적합

Table 3. 하반기 교정 결과

순서	핵종	오차(%)					판정
		1,000mL	20mL	5mL	착콜	범위	
종합	10개	4개 표준선원					-4.80~4.39 적합
1	²⁴¹ Am	1.51	4.28	1.01	4.29	1.01~4.28	적합
2	¹⁰⁹ Cd	1.08	3.94	1.52	3.51	1.08~3.94	적합
3	⁵⁷ Co	0.00	0.18	-3.25	-0.24	-3.25~0.18	적합
4	¹³⁹ Ce	0.98	2.40	0.21	2.01	0.21~2.40	적합
5	⁵¹ Cr	3.50	4.09	3.90	3.89	3.50~4.09	적합
6	¹¹³ Sn	-0.26	0.67	-0.33	0.90	-0.33~0.67	적합
7	⁸⁵ Sr	-2.38	-3.31	-3.47	-2.77	-3.47~-2.38	적합
8	¹³⁷ Cs	-3.47	-3.13	-4.80	-4.04	-4.80~-3.13	적합
9	⁶⁰ Co	3.15	4.39	3.11	3.30	3.11~4.39	적합
10	⁸⁸ Y	-3.56	-3.63	-4.69	-3.24	-4.69~-3.24	적합

3. 시료 채취

가. 공기

- 서부청사 별관 1층에 설치된 Air sampler(최대 115 LPM : Liter per minute)와 Paper 및 Charcoal filter를 이용하여 공기 중의 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 및 불활성기체 등을 약 1개월 단위로 포집

나. 빗물

- 서부청사 별관 1층에 설치된 빗물채집기를 이용하여 약 1개월 동안 내린 강우, 강설 등을 채집.

다. 먹는물

1) 정수장 정수(관원)

- 양산시 방사선비상계획구역 주변의 3개 정수장(웅상, 범어, 신도시) 대상으로 정수장별로 정수 1 L 채취

2) 지하수 : 도내 3개 군의 15개 지하수에서 지하수별로 1 L 채취

라. 취수장 원수

1) 관원

- 양산시에서 방사선비상계획구역 주변의 2개 취수장(원동, 신도시)을 대상으로 취수장별로 20 L 이상의 원수 채취

2) 자체조사

- 도내 창원시, 창원군, 남해군 등 9개 시군에 위치한 22개 정수장을 대상으로 정수장별로 1 L의 정수를 채취

마. 해수

- 일본 후쿠시마 및 고리 원전과 인접한 남해군과 거제시의 각 지점에서 약 70 L의 해수를 매월 채취.

바. 토양

- 1) 18개 시·군의 주택단지 26개 지점에서 지점별로 1개 표층토양 채취
※ 주택단지는 인구밀도 등을 고려하여 아파트단지를 선정
- 2) 주요 고산 12개를 대상으로 각 고산의 등산로 정상과 중간지점에서 각각 1개 표층토양 채취
- 3) 방사선비상계획구역의 웅상정수장과 영천초등학교, 삼호34근린공원 등 3개 지점 표층토양 채취(상반기 분기별로, 하반기 매월)
※ 표층토양은 표면으로부터 0~5 cm 깊이의 토양으로 본 조사에서는 선정한 지점을 중심으로 반경 5m 이내 최소 3개 이상의 지점에서 삽을 이용하여 표면으로부터 0~5 cm 깊이의 토양을 3kg 이상 채취함

4. 전처리

가. 공기(직접법)

- Air sampler를 이용하여 포집한 Paper 및 Charcoal filter 시료는 전처리 없이 계측용기에 담아 감마핵종분석기로 계측

나. 빗물(증발농축법)

- 1개월간 채집한 빗물 시료 중 30 L를 분취한 후 Hot plate를 이용하여 1 L로 될 때까지 증발·농축함. 농축된 빗물은 1 L Marinelli Beaker에 충전한 후 감마핵종분석기로 계측

다. 먹는물(직접법)

- 양산시 방사선비상계획구역 주변의 각 정수장에서 채취한 정수 1 L와 도내 15개 지하수에서 각각 채취한 지하수 1 L는 전처리 없이 1 L Marinelli Beaker에 충전한 후 감마핵종분석기로 계측

라. 취수장 원수(증발·농축법)

- 1) 양산시 방사선비상계획구역 주변의 2개 취수장에서 채취한 20 L 원수는

Hot plate를 이용하여 1 L로 될 때까지 증발·농축한 후 1 L Marinelli Beaker에 충전하여 감마핵종분석기로 계측

- 2) 도내 9개 시군에 위치한 취수장에서 채취한 20 L 원수는 Hot plate를 이용하여 1 L로 될 때까지 증발·농축한 후 1 L Marinelli Beaker에 충전하여 감마핵종분석기로 계측

마. 해수(증발농축법, AMP 공침법)

- 1) 거제시와 남해군에서 각각 채취한 70 L 중 5 L는 ^{131}I 검사를 위해 Hot plate를 이용하여 1 L로 증발·농축한 후 1 L Marinelli Beaker에 담아 감마핵종분석기로 계측
- 2) 나머지 65 L 중 60 L 해수는 ^{134}Cs , ^{137}Cs 검사를 위해 인몰리브덴산 암모늄(AMP) 공침법으로 침전시킴. 침전된 AMP 침전물은 건조기를 이용하여 48시간 동안 건조 후 20 mL에 담아 감마핵종분석기로 계측

바. 토양(건조분쇄법)

- 1) 채취한 토양은 건조기를 이용하여 105 °C로 약 48시간 동안 건조시킨 후 건조 전·후의 토양 무게를 측정하여 건조율 계산
- 2) 건조된 시료는 분쇄기를 이용하여 잘게 분쇄한 후 직경 2 mm 이하인 체를 이용하여 시료를 분리. 분리된 토양은 1,000 mL 측정용기에 옮겨 담아 감마핵종분석기를 이용하여 계측

5. 계측 및 분석

가. 먹는물(지하수, 정수장 정수)

- 1) 지하수 및 정수는 전처리 없이 감마핵종분석기를 이용하여 1만초 계측
- 2) 계측 후 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종을 적용하여 분석 수행
- 3) 먹는물에 대한 국내 법적 기준이 없어 WHO Guideline에 제시된 인공 방사성물질의 종류 및 농도와 비교 분석

나. 공기, 빗물, 취수장 원수, 해수, 토양

- 1) 채취 및 전처리 후 감마핵종분석기를 이용하여 8만초 계측
- 2) 계측 후 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 분석 수행
- 3) 분석결과에 대한 신뢰도를 확보할 목적으로 원자력안전위원회고시 제2014-12호에 명시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였는지 여부를 파악
- 4) 인공 및 천연 방사성물질이 검출될 경우 방사성물질의 종류와 양을 정량적·정성적으로 검사

III. 검사 결과 및 고찰

1. 환경 방사성물질 검사

가. 공기

- 2016년 1월부터 2016년 12월까지 진주시에 소재한 경상남도서부청사 별관 1층에서 매월 채취한 공기시료 총 16건을 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 핵종은 검출되지 않아 인공핵종에 의한 영향은 없는 것으로 사료됨

※ 공기 16건 중 4건은 북한 4차 및 5차 핵실험에 의한 영향평가

- 또한, 모든 결과는 원자력안전위원회 고시 2014-12호에 명시된 MDA (최소검출방사능) 요건을 만족하여 본 조사에서는 검사결과에 대한 신뢰도는 확보한 것으로 판단하였고, 결과는 Table 4에 제시함

Table 4. 공기 중 방사성물질 검사결과

순번	채집기간	채취지점	분석조건(초)	검사결과(Bq/m ³)			비고
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	
합계	12개월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
1	'16년 01월	서부청사 별관	필터(8만)**	불검출	불검출	불검출	북한4차핵실험(1차)
2	'16년 01월	서부청사 별관	착쿨(8만)	불검출	불검출	불검출	북한4차핵실험(2차)
3	'16년 01월	서부청사 별관	필터(8만)**	불검출	불검출	불검출	북한4차핵실험(3차)
4	'16년 01월	서부청사 별관	착쿨(8만)	불검출	불검출	불검출	북한4차핵실험(4차)
5	'16년 02월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
6	'16년 03월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
7	'16년 04월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
8	'16년 05월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
9	'16년 06월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
10	'16년 07월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
11	'16년 08월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
12	'16년 09월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)**	불검출	불검출	불검출	북한5차핵실험(1회)
13	'16년 09월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
14	'16년 10월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
15	'16년 11월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
16	'16년 12월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	

※ 위의 표에서 **은 고용적 공기포집기를 이용하여 포집한 공기임.

나. 빗물

- 2016년 1월부터 2016년 12월까지 진주시에 소재한 경상남도서부청사 별관 1층에 설치된 빗물채집기를 이용하여 매월 채취한 빗물시료 총 12건을 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않음
- 모든 검사결과는 원자력안전위원회 고시 2014-12호에 명시된 MDA (최소검출방사능) 요건을 만족하여 본 조사에서는 검사결과의 신뢰도는 확보된 것으로 판단하였고, 검사 결과는 Table 5에 수록함

Table 5. 빗물 중 방사성물질 검사결과

순번	채집 기간	채취 지점	분석조건	검사결과(Bq/L)		
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
합계	12개월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
1	'16년 01월	서부청사 별관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30L 채취 ▪ 증발농축 : 30L→1L ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출
2	'16년 02월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
3	'16년 03월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
4	'16년 04월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
5	'16년 05월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
6	'16년 06월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
7	'16년 07월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
8	'16년 08월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
9	'16년 09월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
10	'16년 10월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
11	'16년 11월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
12	'16년 12월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출

다. 먹는물

1) 정수장 정수(관원)

- 2016년 1월부터 12월까지 방사선비상계획구역 주변의 웅상정수장, 범어정수장, 신도시정수장 등 3개 정수장에서 채취한 정수시료 18개를 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함.
- 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공핵종은 검출되지 않아 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 검사결과는 Table 6과 같음

Table 6. 방사선비상계획구역 정수장 정수에 대한 방사성물질 검사 결과

순번	정수장 명칭	접수 일시	분석 조건	검사결과(Bq/L)			비고
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	
합계	3개	18건		불검출	불검출	불검출	
1	웅상 정수장	02.29	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1~12월 수거 ▪ 1L 채취 ▪ 전처리 미수행 ▪ 1만초 계측 	불검출	불검출	불검출	
		04.27		불검출	불검출	불검출	
		06.23		불검출	불검출	불검출	
		08.22		불검출	불검출	불검출	
		10.19		불검출	불검출	불검출	
		12.01		불검출	불검출	불검출	
2	범어 정수장	01.29		불검출	불검출	불검출	
		03.22		불검출	불검출	불검출	
		05.20		불검출	불검출	불검출	
		08.01		불검출	불검출	불검출	
		09.26		불검출	불검출	불검출	
		11.16		불검출	불검출	불검출	
3	신도시 정수장	01.29		불검출	불검출	불검출	
		03.22		불검출	불검출	불검출	
		05.20		불검출	불검출	불검출	
		08.01		불검출	불검출	불검출	
		09.26		불검출	불검출	불검출	
		11.16		불검출	불검출	불검출	

2) 지하수

- 도내 함양군, 합천군, 남해군 등 3개 군의 15개 지하수에서 각각 1개씩 채취한 총 15개 지하수를 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종을 적용하여 방사능 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않아 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 검사 결과는 Table 7에 제시함.

Table 7. 지하수 먹는물에 대한 방사성물질 검사결과

순번	지역	소재지	분석 조건	검사결과(Bq/L)		
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
계	3개	15건		불검출	불검출	불검출
1	함양군 (5)	함양읍 대덕리 313-1	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1L 채취 ▪ 전처리 미수행 ▪ 1만초 계측 	불검출	불검출	불검출
		함양읍 백연리 589-2		불검출	불검출	불검출
		유림면 서주리 127		불검출	불검출	불검출
		지곡면 개평리 221		불검출	불검출	불검출
		유림면 상림리 367-3		불검출	불검출	불검출
2	합천군 (5)	합천읍 합천리 940-27		불검출	불검출	불검출
		야로면 구정리 322-1		불검출	불검출	불검출
		초계면 상대리 670-1		불검출	불검출	불검출
		쌍백면 평구리 147		불검출	불검출	불검출
		가야면 치인리 1230-112		불검출	불검출	불검출
3	산청군 (5)	주상면 송기리 635-1		불검출	불검출	불검출
		거창읍 김천리 216-5		불검출	불검출	불검출
		웅양면 죽림리 389-2		불검출	불검출	불검출
		마리면 말흘리 193		불검출	불검출	불검출
		거창읍 상림리 367-3		불검출	불검출	불검출

라. 취수장 원수

1) 방사선비상계획구역(관원)

- 2016년 1월부터 12월까지 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역 주변의 원동취수장과 신도시취수장 2곳에서 채취한 원수시료 12개를 대상으로 방사성물질 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 방사성물질은 검출되지 않았고, 검사결과는 Table 8과 같음

Table 8. 방사선비상계획구역 취수장 원수에 대한 방사성물질 검사결과

순번	취수장 명칭	접수 일시	분석 조건	검사결과(Bq/L)			비고
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs	
합계	2개소	12건		불검출	불검출	불검출	
1	신도시	01.29	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1~12월 수거 ▪ 20L 채취 	불검출	불검출	불검출	
		03.22		불검출	불검출	불검출	
		05.20		불검출	불검출	불검출	
		08.01		불검출	불검출	불검출	
		09.26		불검출	불검출	불검출	
2	원동	02.29	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 증발농축(20L→1L) ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출	
		04.27		불검출	불검출	불검출	
		06.23		불검출	불검출	불검출	
		08.22		불검출	불검출	불검출	
		10.19		불검출	불검출	불검출	

2) 자체조사

- 2016년에 창원시, 창녕군, 함양군 등 도내 8개 시·군에 위치한 22개 취수장에서 20 L의 원수를 채취한 후 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공방사성물질은 검출되지 않았고, 검사결과 Table 9와 같음

Table 9. 취수장 원수(자체조사)에 대한 방사성물질 검사결과

순번	지역	취수장 명칭	분석 조건	검사결과(Bq/L)		
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
계	8개	22건		불검출	불검출	불검출
1	창원시	석동취수장	<ul style="list-style-type: none"> 20L 채취 증발농축(20L→1L) 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출
2	창녕군	노단이취수장		불검출	불검출	불검출
3	함양군	함양취수장		불검출	불검출	불검출
4	의령군 (2)	화정취수장		불검출	불검출	불검출
		서동취수장		불검출	불검출	불검출
5	거창군 (2)	위천취수장		불검출	불검출	불검출
		웅양취수장		불검출	불검출	불검출
6	산청군 (3)	시천취수장		불검출	불검출	불검출
		생초취수장		불검출	불검출	불검출
		단성취수장		불검출	불검출	불검출
7	합천군 (3)	삼가취수장		불검출	불검출	불검출
		적중취수장		불검출	불검출	불검출
		해인사취수장		불검출	불검출	불검출
8	남해군 (9)	남면취수장		불검출	불검출	불검출
		대곡취수장		불검출	불검출	불검출
		향도취수장		불검출	불검출	불검출
		지족취수장		불검출	불검출	불검출
		선원취수장		불검출	불검출	불검출
		상주취수장		불검출	불검출	불검출
		아산취수장		불검출	불검출	불검출
		창선취수장		불검출	불검출	불검출
		봉성취수장		불검출	불검출	불검출

마. 해수

- 2016년 1월부터 12월까지 거제시와 남해군에서 매월 채취한 24건의 해수시료를 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함. 검사결과는 Table 10과 Figure 1에 제시하였고, Figure 1은 Table 10에 제시된 결과를 근거로 가시적으로 표현한 것임.
- Table 10과 Figure 1에서 보여 주듯이 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 인공 방사성물질인 ^{137}Cs 이 총 24개 시료 중 58.3%인 14개 시료에서 검출됨. 해수에서 검출된 ^{137}Cs 농도범위는 0.000879~0.00205 Bq/L로 나타났지만 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 해수를 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 평상범위(불검출~0.00277Bq/L) 내에 포함됨
- 해수에서 ^{137}Cs 이 미량 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 와 거동특성이 유사한 ^{134}C 이 검출되지 않아 후쿠시마 원전 및 인공 방사성물질에 의한 영향은 없고 50~60년대 해외 선진국에서 수행한 핵실험에 의한 낙진영향이라 판단함.
또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 본 조사에서는 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 10. 해수에 대한 방사성물질 검사결과

순번	채취 지점	채취 시기	분석조건	검사 결과(Bq/L)		
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
계	2개	24개		불검출	불검출	불검출 ~0.00205
1	거제시	'16. 01	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지점별 70L 채취 ▪ 증발농축(5L→1L) ▪ : ¹³¹I 검사 목적 	불검출	불검출	0.00137
		'16. 02		불검출	불검출	0.00159
		'16. 03		불검출	불검출	0.00109
		'16. 04		불검출	불검출	불검출
		'16. 05		불검출	불검출	0.00148
		'16. 06		불검출	불검출	불검출
		'16. 07		불검출	불검출	0.00107
		'16. 08		불검출	불검출	0.00205
		'16. 09		불검출	불검출	0.00099
		'16. 10		불검출	불검출	불검출
		'16. 11		불검출	불검출	0.00108
		'16. 12		불검출	불검출	0.00129
2	남해군	'16. 01	<ul style="list-style-type: none"> ▪ AMP 공침(60L 사용) ▪ : ^{134,137}Cs 검사 목적 ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	0.00137
		'16. 02		불검출	불검출	불검출
		'16. 03		불검출	불검출	불검출
		'16. 04		불검출	불검출	불검출
		'16. 05		불검출	불검출	0.00193
		'16. 06		불검출	불검출	0.00102
		'16. 07		불검출	불검출	0.000879
		'16. 08		불검출	불검출	불검출
		'16. 09		불검출	불검출	0.00121
		'16. 10		불검출	불검출	불검출
		'16. 11		불검출	불검출	0.00183
		'16. 12		불검출	불검출	0.00111

※ 전국 해수의 ¹³⁷Cs 평상범위 : 불검출~0.00277 Bq/L(KINS, '12년~'15년)

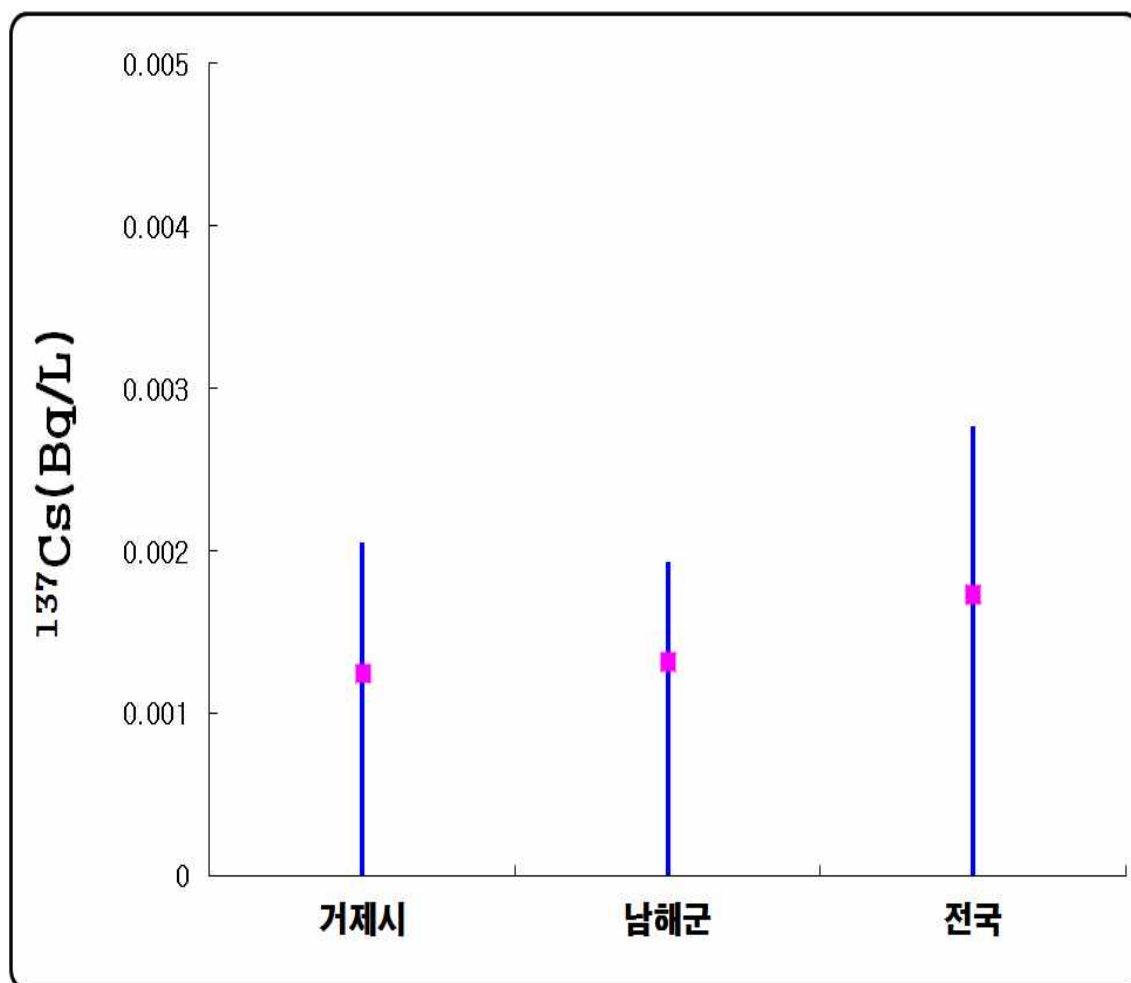


Figure 1. 2016년도 해수의 ^{137}Cs 분포 경향

바. 토양

도내 주택단지와 방사선비상계획구역, 고산지대(등산로)에서 채취한 총 74개의 토양(주택단지 26, 방사선비상계획구역 24, 고산지대 24)을 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행하였고, 상세한 분석 결과는 아래에 기술하였음

1) 주택단지

- 도내 18개 시·군의 주택단지에서 채취한 총 26개 표층토양에 대한 방사성물질 검사결과를 Table 11에 수록함. Table 11에서 보여주듯이 88.5%인 23개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었고, ^{137}Cs 농도범위는 불검출~2.47 Bq/kg-dry로 나타남.
- 주택단지 토양에서 ^{137}Cs (반감기 30년)이 미량 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs (반감기 2년)이 검출되지 않아 50~60년대 해외 선진국에서 수행한 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함.
- 검출된 농도는 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 토양을 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 의 정상범위(불검출~29.7 Bq/kg-dry) 내에 포함됨

Table 11. 주택단지 토양에 대한 방사성물질 검사 결과

순 번	지역		구분	지점 위치	검사결과(Bq/kg-dry)		
					¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
계	18개		26개		불검출	불검출	불검출 ~2.47
1	창 원 시	의창구	주택	용호동 무학APT	불검출	불검출	0.53
		성산구	주택	성산동 대호타워APT	불검출	불검출	0.59
		진해구	주택	석동 푸르지오APT	불검출	불검출	0.64
		마산회원구	주택	구암동 중앙하이츠APT	불검출	불검출	0.26
		마산합포구	주택	신포동 센트럴파크APT	불검출	불검출	0.58
2	진주시		주택	초전동 해모로APT	불검출	불검출	0.46
			주택	충무공동 한림폴에버APT	불검출	불검출	0.19
3	통영시		주택	무전동 일성한샘빌라2차	불검출	불검출	불검출
4	사천시		주택	사천읍 진성4차APT	불검출	불검출	0.81
5	김해시		주택	진영읍 중흥S클래스APT	불검출	불검출	0.70
				진영읍 자이APT	불검출	불검출	0.59
6	밀양시		주택	내이동 롯데인벤스APT	불검출	불검출	2.47
7	거제시		주택	양정동 힐스테이트APT	불검출	불검출	0.43
			주택	고현동 덕산베스트타운APT	불검출	불검출	0.78
8	양산시		주택	덕계로 11번길 부영벽산APT	불검출	불검출	0.37
			주택	평산북로 31번길 삼성명가타운	불검출	불검출	0.53
9	의령군		주택	서동 주공APT	불검출	불검출	0.34
10	함안군		주택	가야읍 검암리 파미르APT	불검출	불검출	0.25
11	창녕군		주택	창녕읍 솔터APT	불검출	불검출	불검출
12	고성군		주택	고성읍 디에스아이존빌	불검출	불검출	1.14
13	남해군		주택	남해읍 보성노블레스APT	불검출	불검출	0.46
14	하동군		주택	하동읍 읍내리 연화APT	불검출	불검출	0.47
15	산청군		주택	산청읍 옥산리 성우APT	불검출	불검출	불검출
16	함양군		주택	함양읍 한주APT	불검출	불검출	1.59
17	거창군		주택	거창읍 상동주공APT	불검출	불검출	0.51
18	합천군		주택	합천읍 궁전빌라	불검출	불검출	1.02

2) 방사선비상계획구역

- 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅상정수장과 영천초등학교, 삼호34근린공원 등에서 채취한 총 24개 토양에 대한 방사성물질 검사를 수행하였고, 그 결과를 Table 12에 수록함. 상반기에는 이들 3개 지점에서 분기별로 채취하였고, 하반기에는 매월 채취한 후 방사성물질 검사를 수행함. Table 12에서 보여주듯이 87.5%인 21개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었고, ^{137}Cs 농도범위는 불검출~7.56 Bq/kg-dry로 나타남
- 방사선비상계획구역 토양에서 ^{137}Cs (반감기 30년)이 미량 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs (반감기 2년)이 검출되지 않아 고리원전 및 인공 방사성물질에 의한 영향은 나타나지 않고, 해외 선진국에서 50~60년대에 수행한 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함
- 검출된 농도는 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 토양을 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 의 평상범위(불검출~29.7 Bq/kg-dry) 내에 포함됨

Table 12. 방사선비상계획구역 토양에 대한 방사성물질 검사결과

순번	채취지점	채취일시	분석조건	검사결과(Bq/kg-dry)			비고
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
합계	3개소	24건		불검출	불검출	불검출 ~7.56	
1	웅상 정수장	1분기	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 3~5kg 채취 ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	0.86	
		2분기		불검출	불검출	1.70	
		7월		불검출	불검출	2.12	
		8월		불검출	불검출	1.74	
		9월		불검출	불검출	7.56	
		10월		불검출	불검출	0.56	
		11월		불검출	불검출	0.75	
		12월		불검출	불검출	불검출	
2	영천 초등학교	1분기		불검출	불검출	1.66	
		2분기		불검출	불검출	3.84	
		7월		불검출	불검출	1.32	
		8월		불검출	불검출	3.76	
		9월		불검출	불검출	5.15	
		10월		불검출	불검출	1.36	
		11월		불검출	불검출	불검출	
		12월		불검출	불검출	1.63	
3	삼호34 근린공원	1분기		불검출	불검출	3.33	
		2분기		불검출	불검출	1.69	
		7월		불검출	불검출	0.33	
		8월		불검출	불검출	1.76	
		9월		불검출	불검출	1.13	
		10월		불검출	불검출	불검출	
		11월		불검출	불검출	0.51	
		12월		불검출	불검출	0.83	

3) 고산지대

- 이용객이 많은 도내 주요 고산지대(등산로) 12개를 대상으로 등산로 정상과 중간지점에서 채취한 24개 토양에 대한 방사성물질을 검사한 결과를 Table 13에 제시함. 아래의 Table 13에서 보이듯이 등산로 정상과 중간지점에서 채취한 총 24개 중 70.8%인 17개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출됨.
- 24개 토양의 ^{137}Cs 농도범위는 불검출~38.1 Bq/kg-dry로 나타났고, 일부 토양에서 한국원자력안전기술원(KINS)에서 2012년~2015년에 전국 토양을 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 평상범위(불검출~29.7 Bq/kg-dry)를 초과하였음. 한국원자력안전기술원에서 조사한 결과는 평지토양을 대상으로 한 것으로 '04년도 한국방사성폐기물학회 『지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구』 자료에 의하면 영광원전 인근 고산인 금정산과 불갑산, 내장산 지역의 ^{137}Cs 농도 범위는 13.2~103.1 Bq/kg-dry로 나타남
- 대기 중에 존재하는 방사성물질은 기상조건에 의해 확산된 후 강우나 강설에 의해 지표면에 침적되기 때문에 평지에 비해 고산지대 토양에 먼저 침적되는 물리적 특성이 있기 때문에 ^{137}Cs 농도 또한 평지에 비해 고산지대 토양에서 높게 나타난 것으로 판단됨. 조사결과 평상범위를 초과한 곳은 와룡산 중간지점과 금산 정상과 중간지점, 금오산 중간지점 등 4개 지점의 토양으로 이들 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도범위는 32.5~38.1 Bq/kg-dry 이었고, 최고 값은 금산 정상에서 채취한 토양에서 나타남. 또한, 등산로 높이에 따른 영향보다는 토양의 점도 차이에 따라 차이를 보였음.
- 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 나타난 방사능 낙진 영향이라 판단함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

Table 13. 고산지대 토양 방사성물질 검사 결과

순번	지역	고산 이름	채취지점	검사결과(Bq/kg-dry)			
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
계	11개지역	12개소	24건	불검출	불검출	불검출 ~38.1	
1	창원시	대암산	정상	불검출	불검출	8.37	
			중간지점	불검출	불검출	8.00	
		불모산	정상	불검출	불검출	4.43	
			중간지점	불검출	불검출	5.05	
2	진주시	달음산	정상	불검출	불검출	11.5	
			중간지점	불검출	불검출	26.9	
3	사천시	와룡산	정상	불검출	불검출	17.7	
			중간지점	불검출	불검출	34.6	
4	김해시	용지봉	정상	불검출	불검출	11.9	
			중간지점	불검출	불검출	5.81	
5	의령군	국사봉	정상	불검출	불검출	불검출	
			중간지점	불검출	불검출	불검출	
6	창녕군	화왕산	정상	불검출	불검출	불검출	
			중간지점	불검출	불검출	불검출	
7	거창군	감악산	정상	불검출	불검출	불검출	
			중간지점	불검출	불검출	불검출	
8	함안군	광려산	정상	불검출	불검출	1.32	
			중간지점	불검출	불검출	불검출	
9	산청군	웅석봉	정상	불검출	불검출	19.8	
			중간지점	불검출	불검출	1.79	
10	남해군	금산	정상	불검출	불검출	38.1	
			중간지점	불검출	불검출	32.5	
11	하동군	금오산	정상	불검출	불검출	2.65	
			중간지점	불검출	불검출	33.9	

※ 2016년 하반기 장비교정으로 검사가 지연됨에 따라 밀양시 가지산 2건과 창원시 장복산 2건 토양의 경우 2017년 검사실적에 반영

4) 종합 분석

- 도내 주택단지, 양산시 방사선비상계획구역, 이용객이 많은 고산지대(등산로) 정상과 중간지점 토양에서 검출된 ^{137}Cs 평균값(최소~최대)은 각각 0.68 Bq/kg-dry(0.25~2.46), 2.1 Bq/kg-dry(0.33~7.56), 15.5 Bq/kg-dry(1.32~38.1)로 나타났고 그 결과를 Figure 2에 나타냄.
- Figure 2는 Table 11~Table 13에 수치로 표현된 결과를 가시적으로 나타낸 것임. Figure 2를 통해 확인할 수 있듯이 평균 값 기준으로 고산지대 토양이 주택단지와 방사선비상계획구역 토양에 비해 ^{137}Cs 농도가 상당히 높은 경향을 보임. 전국 토양의 경우 한국원자력안전기술원에서 평지토양을 대상으로 검사한 결과로 고산지대 토양이 전국 토양에 비해서도 상당히 높은 것을 확인 할 수 있음.
- 고산지대 토양이 평지토양에 비해 ^{137}Cs 농도가 높게 나타난 것은 대기 중으로 나온 방사성물질은 기상조건에 의해 확산된 후 강우나 강설에 의해 지표면에 침적되기 때문에 평지에 비해 고산지대 토양에 먼저 침적되는 물리적 특성이 있음. 이로 인해 ^{137}Cs 농도 또한 평지에 비해 고산지대 토양에서 높게 나타난 것으로 판단됨.
- 24개 토양의 ^{137}Cs 농도범위는 불검출~38.1 Bq/kg-dry로 일부 토양에서 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 평지토양을 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 평상범위(불검출~29.7 Bq/kg-dry)를 초과하였으나 고산지대 토양을 대상으로 조사한 문헌조사 결과 범위 내에 포함됨
- 본 조사에서 등산로 정상과 중간지점의 토양을 검사한 결과 산의 높이에 따른 영향보다는 토양의 점도에 따른 영향이 오히려 크게 나타남. 평지토양은 평평하고 배수가 잘 되는 지점을 선정한 후 반경 5 m 이내에서 토양을 채취함. 반면 등산로 토양의 경우 산의 특성상 경사가 있고, 채취한 토양도 평지토양에 비해 점도가 있어

이로 인해 ^{137}Cs 농도가 높게 나타난 것으로 판단됨

- 2016년에 도내 18개 시·군의 토양 74개를 검사한 결과 81.1%인 60개 지점의 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}Cs 과 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 고리원전 및 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함. 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA 기준을 만족하였기 때문에 본 조사에서는 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함

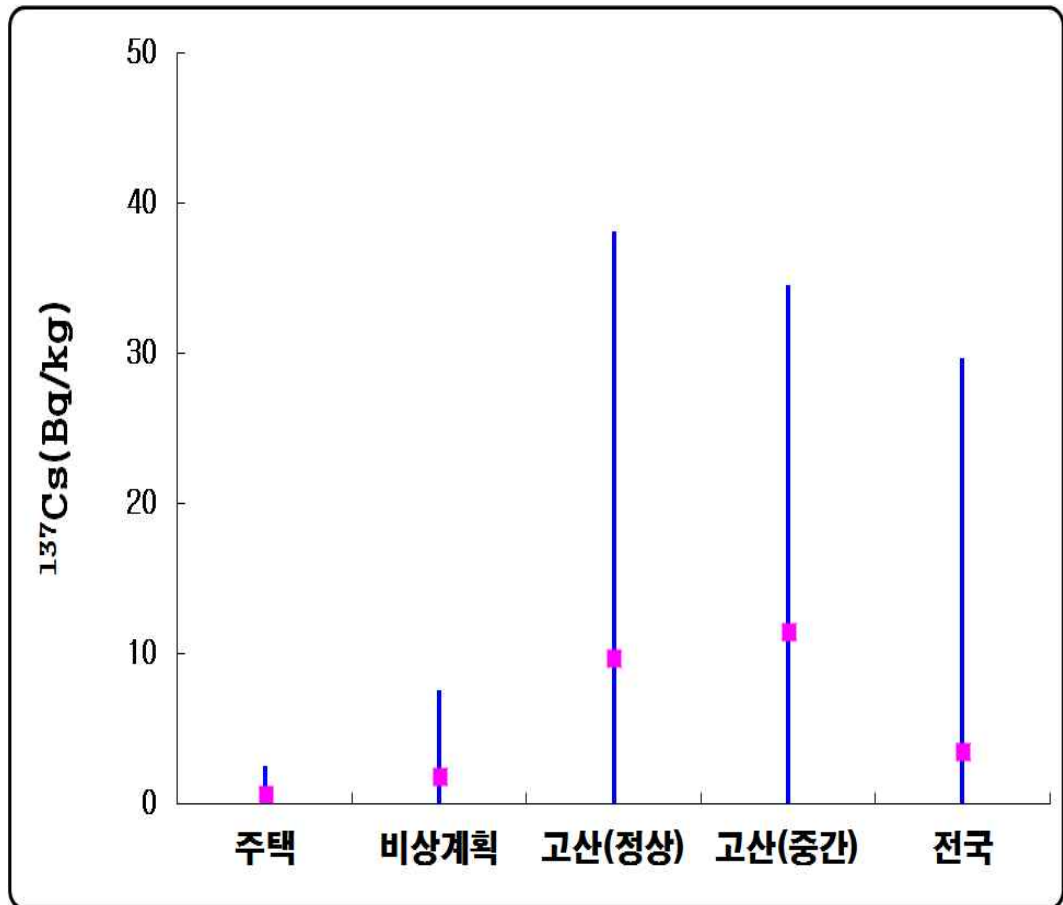


Figure 2. 2016년도 토양의 ^{137}Cs 분포 경향

2. 방사선량률

가. 공간선량률

- 2016년도에 도내 방사선취급 허가업체 94개를 대상으로 상반기와 하반기로 나누어 총 184건 측정하였고, 그 결과를 Table 14에 제시함. Table 14에서 보여주듯이 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률을 측정한 결과 공간선량률 범위는 상반기와 하반기에 각각 77.5~205 nSv/hr, 80.8~256 nSv/hr로 나타남. 밀양시의 경우 하반기에 휴대용 방사선측정기 점검 및 수리 문제로 측정을 수행하지 못함
- 측정한 공간선량률 값은 엑스선 및 감마선에 의한 국내 자연방사선 준위인 50~300 nSv/hr 범위 내에 포함되어, 방사선취급 허가업체 운영으로 인해 주변 환경에 미치는 영향은 없는 것으로 판단함

Table 14. 방사선취급 허가업체 주변 공간선량률 측정 결과

순 번	지 역		측정대상 산업장수	공간선량률(nSv/hr)				비 고
				상반기		하반기		
				최소	최대	최소	최대	
계	13개 시·군		94개	77.5	205	80.8	256	
1	창 원 시	성산구	17	100	190	97.0	192	· 검사 실적(184건) 장비 점검 및 수리로 밀양시 4개 업체 하반기 검사 미수행
		의창구	11	89.0	187	89.0	205	
		마산합포구	1	121	189	122	189	
		마산회원구	3	89.0	181	90.0	172	
		진해구	5	92.0	172	90.0	176	
2	김해시		12	90.5	205	88.9	171	· 국내 공간선량률 준위는 50~300 nSv/hr임 (한국원자력안전기술원)
3	진주시		11	84.0	182	80.8	256	
4	양산시		9	95.0	201	90.0	201	
5	거제시		3	89.0	155	112	162	
6	통영시		1	112	165	114	156	
7	사천시		6	90.5	189	94.0	168	· 측정결과 국내 준위 내에 포함됨
8	함안군		4	77.5	172	112	192	
9	거창군		2	94.0	140	119	201	
10	합천군		1	88.0	136	86.0	120	
11	함양군		2	94.0	146	90.7	142	
12	의령군		2	102	160	99.0	151	
13	밀양시		4	84.0	169	미검사	미검사	

VI. 결 론

1. 방사성물질 검사(총 193건)

가. 공기, 빗물, 먹는물(95건)

- '16년 1월부터 '16년 12월까지 서부청사 별관 1층에서 채취한 공기 16건, 빗물 12건과 먹는물 33건(지하수 15, 정수장 정수 18), 취수장 원수 34건 등 총 4종 91건을 대상으로 방사성물질 검사를 수행한 결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 방사성물질은 전혀 검출되지 않음.
- 또한, 원자력안전위원회고시 제2014-12호에서 각 시료별로 제시한 MDA(최소검출방사능) 조건을 만족하여 본 조사에서는 분석결과의 신뢰도는 확보한 것으로 판단함.

나. 해수(24건)

- '16년도에 총 24개 해수시료에 대한 방사성물질을 검사한 결과 인공 방사성물질인 ^{137}Cs 이 58.3%인 14개 시료에서 검출되었고, 검출된 농도 범위는 0.000879~0.00205 Bq/L로 나타남.
- 검출된 ^{137}Cs 농도는 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 해수를 대상으로 조사한 후 제시한 ^{137}Cs 의 평상범위(불검출~0.00277Bq/L) 내에 포함됨
- 비록 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 후쿠시마 원전 및 인공방사성물질에 의한 영향은 없고 과거 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함.
- 또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 본 조사에서는 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

다. 토양(74건)

- 도내 주택단지, 방사선비상계획구역, 고산지대에서 채취한 총 74개의 토양(주택단지 26개, 방사선비상계획구역 24, 고산지대 24개)에 대한 방사성물질 검사결과 81.1%인 60개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출됨
- 검출된 ^{137}Cs 범위는 0.19~38.1 Bq/kg-dry로 한국원자력안전기술원에서 2012년~2015년에 전국 평지토양을 대상으로 조사한 불검출~29.7Bq/kg-dry 범위를 초과하였고, 전국 평상범위를 초과한 곳은 고산지대 토양임
- '04년도 한국방사성폐기물학회 『지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구』 자료에 의하면 영광원전 주변 금정산과 불감산, 내장산 지역의 ^{137}Cs 농도범위는 13.2~103.1 Bq/kg-dry로 나타남
- ^{137}Cs 이 토양에서 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 후쿠시마 원전 및 인공방사성물질에 의한 영향은 없고 50~60년대에 해외 선진국에서 수행한 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함

2. 공간선량률(총 184건)

- 도내 94개 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률을 년 2회 측정한 결과 측정된 선량률 범위는 80.5~228 nSv/hr로 엑스선 및 감마선에 의한 국내 자연 방사선준위인 50~300 nSv/hr 내에 포함되어 인공 핵종 사용으로 인한 영향은 나타나지 않은 것으로 사료됨.
- 도내에서 방사선을 취급하는 신고 및 허가 업체의 수는 매년 증가하고 있고, 방사선에 대한 도민의 관심이 증대됨에 따라 향후에도 허가업체 주변의 선량률 모니터링 사업은 지속적으로 수행할 계획임.