

” 대한민국 번영 1번지 경남”

2017년 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 : 2017. 01. 01 ~ 2017. 12. 31(12개월)

나. 검사범위 : 경상남도 18개 시·군

다. 검사대상

1) 환경 방사성물질 검사 : 총 6종 178건 시료

- 공기, 빗물, 해수, 정수장 정수, 취수장 원수, 토양

2) 공간선량률 측정 : 총 194건

- 방사선취급 허가업체 주변(97개 업체, 년 2회)

라. 검사항목

1) 환경 방사성물질 검사

- 먹는 물(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 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 6종(공기, 빗물, 해수, 정수장 정수, 취수장 원수, 토양)의 검사대상 시료를 주기적으로 채취 후 전처리
- 3) 전처리가 완료된 시료는 용기에 충전 후 감마핵종분석기를 이용하여 계측 및 분석 수행
 - 정수장 정수 : 1만초 계측
 - 공기, 빗물, 해수, 취수장 원수, 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
 - 2017년 1월에 한국원자력안전기술원(KINS)으로부터 받은 자료를 근거로 방사선취급 허가업체(97개 업체)에 대한 상세 정보 파악
 - 97개 허가업체 주변의 공간선량률을 3~5분간 측정
 - 측정된 선량률이 관련 규정을 만족하고 있는지 여부와 국내의 공간선량률 범위(50~300 nSv/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) 2017년도 상반기 교정결과를 Table 1에 제시함. Table 1은 교정인자와 불확도를 나타낸 것으로 불확도는 6.8%로 나타남. 장비교정결과 불확도가 30% 이상이면 장비에 문제가 있는 것으로 판단하고 있고, 이번 교정결과 불확도가 6.8%로 낮게 나타나 교정결과는 적합한 것으로 판단됨.

※ 하반기의 경우 선량률 검사가 지연된 관계로 1월 중 교정을 수행할 계획임

Table 1. 휴대용방사선계측기 교정 결과

교정 일시	기준선량률 ($\mu\text{Sv/hr}$)	지시값 ($\mu\text{Sv/hr}$)	교정 인자	교정 결과	비고
상반기	7,000	6436.8	1.09	적합	기준선원으로 Cs-137 사용
	3,000	2792.8	1.07		
	700	627.6	1.12		
	300	276.9	1.08		
	평균		1.09		
	확장불확도(%)		6.8		

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 **-4.53~4.90%**와 **-4.94~4.84%**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				-4.53~4.90	적합
1	²⁴¹ Am	4.17	4.11	-0.06	0.92	-0.06~4.17	적합
2	¹⁰⁹ Cd	3.65	1.85	1.06	3.67	1.06~3.65	적합
3	⁵⁷ Co	3.06	0.00	-1.80	0.74	-1.80~3.06	적합
4	¹³⁹ Ce	1.98	3.48	2.00	2.44	1.98~3.48	적합
5	⁵¹ Cr	3.69	4.81	3.76	3.76	3.69~4.81	적합
6	¹¹³ Sn	-0.29	-1.25	0.00	0.37	-1.25~0.37	적합
7	⁸⁵ Sr	-3.41	-2.14	-4.36	-3.94	-4.36~-2.14	적합
8	¹³⁷ Cs	-4.49	-4.53	-4.44	-3.35	-4.53~-3.35	적합
9	⁶⁰ Co	3.71	4.80	4.27	4.40	3.71~4.90	적합
10	⁸⁸ Y	-3.64	-3.41	-3.83	-3.55	-3.83~-3.41	적합

Table 3. 하반기 교정 결과

순서	핵종	오차(%)					판정
		1,000mL	20mL	5mL	착콜	범위	
종합	10개	4개 표준선원				-4.94~4.84	적합
1	²⁴¹ Am	3.02	1.95	2.74	-0.08	-0.08~3.02	적합
2	¹⁰⁹ Cd	4.84	3.72	2.98	0.63	0.63~4.84	적합
3	⁵⁷ Co	0.83	-0.45	-1.39	-1.03	-1.39~0.83	적합
4	¹³⁹ Ce	0.97	2.33	1.84	0.55	0.55~2.33	적합
5	⁵¹ Cr	3.84	4.12	4.54	3.88	3.84~4.54	적합
6	¹¹³ Sn	-0.22	-0.46	-0.28	-0.38	-0.46~-0.22	적합
7	⁸⁵ Sr	-2.97	-2.99	-3.44	-3.32	-3.44~-2.97	적합
8	¹³⁷ Cs	-4.01	-4.02	-4.94	-3.89	-4.94~-3.89	적합
9	⁶⁰ Co	3.76	4.22	4.05	3.61	3.61~4.22	적합
10	⁸⁸ Y	-4.49	-3.74	-3.60	-3.22	-4.49~-3.22	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. 해수

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

라. 정수장 정수

1) 관원

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

2) 자체조사

- 도내 16개 시군의 47개 정수장에서 정수장별로 1 L 채취

마. 취수장 원수(관원)

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

바. 토양

- 1) 17개 시·군의 주요 24 등산로 정상에서 등산로별 1개 표층토양 채취
- 2) 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 금정산과 천성산 정상에서 표층토양 분기별 채취
- 3) 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅상정수장과 삼호34근린공원에서 표층토양 매월 채취

※ 표층토양은 표면으로부터 0~5 cm 깊이의 토양으로 본 조사에서는 선정된 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. 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

라. 정수장 정수(직접법)

- 양산시 방사선비상계획구역 주변의 3개 정수장에서 수거한 정수 1 L와 자체계획에 의해 16개 시군의 각 정수장에서 채취한 정수 1 L는 전처리 없이 1 L Marinelli Beaker에 충전한 후 감마핵종분석기로 계측

마. 취수장 원수(증발·농축법)

- 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

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. 공기, 빗물, 해수, 취수장 원수, 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

나. 정수장 정수

- 1) 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

III. 검사 결과 및 고찰

1. 환경 방사성물질 검사

가. 공기

- 2017년 1월부터 11월까지 진주시에 소재한 경상남도서부청사 별관 1층에서 매월 채취한 공기시료 총 11건을 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

※ 12월 공기는 '18년 1월 10일에 검사가 완료되어 '18년 연보에 반영할 계획임

- 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	11개월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
1	'17년 01월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
2	'17년 02월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
3	'17년 03월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
4	'17년 04월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
5	'17년 05월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
6	'17년 06월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
7	'17년 07월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
8	'17년 08월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
9	'17년 09월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
10	'17년 10월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	
11	'17년 11월	서부청사 별관	착쿨(8만), 필터(8만)	불검출	불검출	불검출	

나. 빗물

- 2017년 1월부터 10월까지 진주시에 소재한 경상남도서부청사별관 1층에 설치된 빗물채집기를 이용하여 매월 채취한 빗물시료 총 10건을 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공 방사성물질 불검출

※ 11월 빗물은 강우량이 없어 검사를 수행하지 않았고, 12월 시료의 경우 검사가 '18년 1월 10에 완료되어 '18년 연보에 반영할 계획임.

- 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	10개월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
1	'17년 01월	서부청사 별관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 30L 채취 ▪ 증발농축 : 30L→1L ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출
2	'17년 02월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
3	'17년 03월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
4	'17년 04월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
5	'17년 05월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
6	'17년 06월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
7	'17년 07월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
8	'17년 08월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
9	'17년 09월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출
10	'17년 10월	서부청사 별관		불검출	불검출	불검출

다. 해수

- 2017년 1월부터 11월까지 거제시와 남해군에서 매월 채취한 22건의 해수시료를 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함. 검사결과는 Table 6과 Figure 1에 제시하였고, Figure 1은 Table 6에 제시된 결과를 근거로 가시적으로 표현한 것임.
※ 12월 해수는 검사가 '18년 1월 10에 완료되어 '18년 연보에 반영할 계획임.

- Table 6과 Figure 1에서 보여 주듯이 ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, ^{137}Cs 이 총 22개 해수시료 중 63.6%인 14개 시료에서 검출됨. 해수에서 검출된 ^{137}Cs 농도범위는 0.00116~0.00165 Bq/L로 나타났지만 평상범위¹⁾ 내에 포함됨. Figure 1를 통해 확인할 수 있듯이 거제시 및 남해군의 ^{137}Cs 분포경향이 전국 평상범위와 유사하게 나타나고 있는 것을 볼 수 있음.

- 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.

1) 평상범위 : 불검출~0.00277 Bq/L(한국원자력안전기술원, 2014년~2016년)

Table 6. 해수에 대한 방사성물질 검사결과

순번	채취 지점	채취 시기	분석조건	검사 결과(Bq/L)		
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
계	2개	22개		불검출	불검출	불검출 ~0.00165
1	거제시	'17. 01	<ul style="list-style-type: none"> 지점별 70L 채취 증발농축(5L→1L) : ¹³¹I 검사 목적 	불검출	불검출	0.00116
		'17. 02		불검출	불검출	0.00150
		'17. 03		불검출	불검출	0.00150
		'17. 04		불검출	불검출	불검출
		'17. 05		불검출	불검출	불검출
		'17. 06		불검출	불검출	0.00165
		'17. 07		불검출	불검출	0.00137
		'17. 08		불검출	불검출	0.00135
		'17. 09		불검출	불검출	0.00143
		'17. 10		불검출	불검출	불검출
		'17. 11		불검출	불검출	0.00122
2	남해군	'17. 01	<ul style="list-style-type: none"> AMP 공침(60L 사용) : ^{134,137}Cs 검사 목적 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출
		'17. 02		불검출	불검출	불검출
		'17. 03		불검출	불검출	0.00145
		'17. 04		불검출	불검출	불검출
		'17. 05		불검출	불검출	불검출
		'17. 06		불검출	불검출	0.00130
		'17. 07		불검출	불검출	0.00139
		'17. 08		불검출	불검출	0.00119
		'17. 09		불검출	불검출	0.00140
		'17. 10		불검출	불검출	불검출
		'17. 11		불검출	불검출	0.00153

※ 전국 해수의 ¹³⁷Cs 평상범위 : 불검출~0.00277 Bq/L(KINS, '14년~'16년)

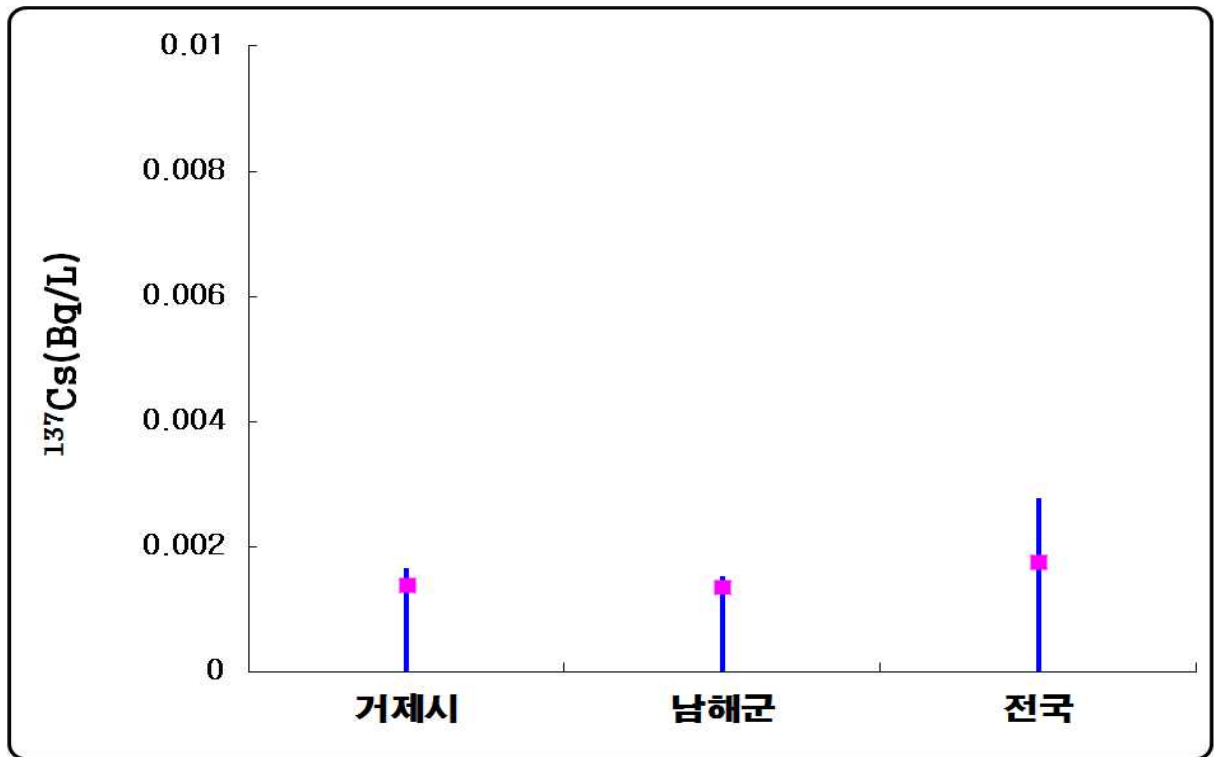


Figure 1. 해수의 ^{137}Cs 분포경향

라. 정수장 정수

1) 관원

- 2017년 1월부터 11월까지 방사선비상계획구역 주변의 웅상정수장, 범어정수장, 신도시정수장 등 3개 정수장에서 채취한 정수시료 17개를 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 7개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행함.

※ 12월에 수거된 웅상정수장 정수의 경우 검사가 '18년 1월 10에 완료되어 '18년 연보에 수록할 계획임

- 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공핵종은 검출되지 않아 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 검사결과는 Table 7과 같음

Table 7. 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	17건		불검출	불검출	불검출	
1	웅상 정수장	02.14	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1~11월 수거 ▪ 1L 수거 ▪ 1만초 계측 	불검출	불검출	불검출	
		04.17		불검출	불검출	불검출	
		06.22		불검출	불검출	불검출	
		08.21		불검출	불검출	불검출	
		10.23		불검출	불검출	불검출	
2	범어 정수장	01.29		불검출	불검출	불검출	
		03.20		불검출	불검출	불검출	
		05.23		불검출	불검출	불검출	
		07.17		불검출	불검출	불검출	
		09.18		불검출	불검출	불검출	
		11.20		불검출	불검출	불검출	
3	신도시 정수장	01.29		불검출	불검출	불검출	
		03.20		불검출	불검출	불검출	
		05.23		불검출	불검출	불검출	
		07.17		불검출	불검출	불검출	
		09.18		불검출	불검출	불검출	
		11.20		불검출	불검출	불검출	

2) 자체조사

- 도내 창원시, 진주시, 김해시 등 16개 시군에 위치한 47개 정수장을 대상으로 각 정수장별로 1 L 정수를 채취한 후 ^{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 8~Table 9에 제시함.

Table 8. 정수장 정수에 대한 방사성물질 검사결과(자체조사, 1/2)

순번	지역	정수장명치	분석 조건	검사결과(Bq/L)		
				^{131}I	^{134}Cs	^{137}Cs
계	16개	47건		불검출	불검출	불검출
1	창원시 (5)	북면1만정수장	▪ 1L 채취 ▪ 1만초 계측	불검출	불검출	불검출
		대산1만정수장		불검출	불검출	불검출
		대산12만정수장		불검출	불검출	불검출
		칠서정수장		불검출	불검출	불검출
		석동정수장		불검출	불검출	불검출
2	진주시 (2)	제1정수장		불검출	불검출	불검출
		제2정수장		불검출	불검출	불검출
3	통영시	용지정수장		불검출	불검출	불검출
4	사천시	곤명정수장		불검출	불검출	불검출
5	김해시	명동정수장		불검출	불검출	불검출
		삼계정수장		불검출	불검출	불검출
6	밀양시	교동정수장		불검출	불검출	불검출
7	거제시	일운정수장		불검출	불검출	불검출
8	의령군 (4)	부림정수장		불검출	불검출	불검출
		화정정수장		불검출	불검출	불검출
		서동정수장		불검출	불검출	불검출
		우곡정수장		불검출	불검출	불검출
9	함안군 (2)	칠서정수장		불검출	불검출	불검출
		함안정수장		불검출	불검출	불검출
10	창녕군 (2)	노단이정수장		불검출	불검출	불검출
		상월정수장		불검출	불검출	불검출

Table 9. 정수장 정수에 대한 방사성물질 검사결과(자체조사, 2/2)

순번	지역	정수장명칭	분석 조건	검사결과(Bq/L)		
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs
계	16개	47건		불검출	불검출	불검출
11	남해군 (10)	아산정수장	▪ 1L 채취 ▪ 1만초 계측	불검출	불검출	불검출
		봉성정수장		불검출	불검출	불검출
		남면정수장		불검출	불검출	불검출
		지족정수장		불검출	불검출	불검출
		상주정수장		불검출	불검출	불검출
		대곡정수장		불검출	불검출	불검출
		난음정수장		불검출	불검출	불검출
		황도정수장		불검출	불검출	불검출
		선원정수장		불검출	불검출	불검출
		창선정수장		불검출	불검출	불검출
12	하동군 (2)	두곡정수장		불검출	불검출	불검출
		청룡정수장		불검출	불검출	불검출
13	산청군 (3)	단성정수장		불검출	불검출	불검출
		시천정수장		불검출	불검출	불검출
		통합정수장 ¹⁾		불검출	불검출	불검출
14	함양군 (2)	서상정수장		불검출	불검출	불검출
		함양정수장		불검출	불검출	불검출
15	거창군 (4)	웅양정수장		불검출	불검출	불검출
		가조정수장		불검출	불검출	불검출
		위천정수장		불검출	불검출	불검출
		거창정수장		불검출	불검출	불검출
16	합천군 (5)	합천정수장		불검출	불검출	불검출
		삼가정수장		불검출	불검출	불검출
		적중정수장		불검출	불검출	불검출
		해인사정수장		불검출	불검출	불검출
		가야정수장		불검출	불검출	불검출

※ 위의 표에서 1)은 기존의 산청정수장과 생초정수장을 통합한 것임

마. 취수장 원수(관원)

- 2017년 1월부터 11월까지 양산시에서 의뢰한 방사선비상계획구역 주변 원동취수장과 신도시취수장 2곳의 원수시료 11개를 대상으로 방사능검사를 수행함. 검사결과 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 방사성물질은 검출되지 않았고, 검사결과는 Table 10과 같음

※ 12월에 수거된 원동취수장 원수의 경우 검사가 '18년 1월 10에 완료되어 '18년 연보에 수록할 계획임

Table 10. 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	11건		불검출	불검출	불검출	
1	신도시	01.29	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1~11월 수거 ▪ 20L 수거 ▪ 증발농축(20L→1L) ▪ 8만초 계측 	불검출	불검출	불검출	
		03.20		불검출	불검출	불검출	
		05.23		불검출	불검출	불검출	
		07.17		불검출	불검출	불검출	
		09.18		불검출	불검출	불검출	
		11.20		불검출	불검출	불검출	
2	원동	02.13		불검출	불검출	불검출	
		04.17		불검출	불검출	불검출	
		06.22		불검출	불검출	불검출	
		08.21		불검출	불검출	불검출	
		10.23		불검출	불검출	불검출	

바. 토양

양산시 방사선비상계획구역 내 평지 및 등산로 토양과 방사선비상계획구역 이외의 일반 등산로에서 채취한 총 60개 토양을 대상으로 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등 41개 핵종을 적용하여 방사성물질 검사를 수행하였고, 상세한 분석 결과는 아래에 기술하였음

1) 평지(방사선비상계획구역)

- 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅상정수장과 삼호34근린공원에서 채취한 총 24개 평지토양에 대한 방사성물질 검사를 수행하였고, 그 결과를 Table 11에 수록함. Table 11에서 보여주듯이 95.8%인 23개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었고, 24개 토양의 ^{137}Cs 농도범위는 불검출~16.6 Bq/kg-dry로 나타남. 본 검사를 통해 제시한 ^{137}Cs 농도는 한국원자력안전기술원에서 제시한 평상범위¹⁾내로 나타남.
- 방사선비상계획구역 내 평지 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 없고, 해외 선진국에서 50~60년대에 수행한 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함

1) 평상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(한국원자력안전기술원, 2014년~2016년)

Table 11. 방사선비상계획구역 평지토양에 대한 방사성물질 검사결과

순번	채취 지점	채취 일시	분석 조건	검사결과(Bq/kg-dry)			비고
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
합계	2개소	24건		불검출	불검출	불검출 ~16.6	
1	웅상 정수장	1월	▪ 3~5kg 채취 ▪ 8만초 계측	불검출	불검출	5.79	
		2월		불검출	불검출	5.10	
		3월		불검출	불검출	5.25	
		4월		불검출	불검출	0.266	
		5월		불검출	불검출	0.238	
		6월		불검출	불검출	8.50	
		7월		불검출	불검출	4.53	
		8월		불검출	불검출	0.492	
		9월		불검출	불검출	0.419	
		10월		불검출	불검출	2.48	
		11월		불검출	불검출	2.17	
		12월		불검출	불검출	1.25	
2	삼호34 근린공원	1월	▪ 3~5kg 채취 ▪ 8만초 계측	불검출	불검출	14.8	
		2월		불검출	불검출	16.6	
		3월		불검출	불검출	5.98	
		4월		불검출	불검출	7.73	
		5월		불검출	불검출	불검출	
		6월		불검출	불검출	3.17	
		7월		불검출	불검출	2.40	
		8월		불검출	불검출	0.348	
		9월		불검출	불검출	0.394	
		10월		불검출	불검출	0.277	
		11월		불검출	불검출	2.05	
		12월		불검출	불검출	5.41	

2) 등산로(방사선비상계획구역)

- 방사선비상계획구역 내에 위치한 금정산과 천성산 정상에서 분기별로 채취한 총 8개 등산로 토양에 대한 방사성물질 검사를 수행하였고, 그 결과를 Table 12에 수록함. Table 12에서 보여주듯이 87.5%인 7개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었으며, 8개 토양의 ^{137}Cs 농도범위는 불검출 ~ 25.4 Bq/kg-dry로 나타남. 한국원자력안전기술원(KINS)에서 제시한 평상범위¹⁾를 초과한 곳은 1분기에 금정상 정상에서 채취한 토양으로 나타났으나 문헌자료²⁾ 범위 이내임.
- 방사선비상계획구역 내 평지 및 등산로 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

1) 평상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(한국원자력안전기술원, 2014년~2016년)

2) 문헌자료 : 13.2~103.1 Bq/kg-dry('14년도 한국방사성폐기물학회, 지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구)

Table 12. 방사선비상계획구역 등산로토양에 대한 방사성물질 검사결과

순번	채취 지점	채취 일시	분석 조건	검사결과(Bq/kg-dry)			비고
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
합계	2개소	8건		불검출	불검출	불검출 ~25.4	
1	천성산	1분기	▪ 3~5kg 채취 ▪ 8만초 계측	불검출	불검출	4.95	
		2분기		불검출	불검출	11.7	
		3분기		불검출	불검출	4.58	
		4분기		불검출	불검출	불검출	
2	금정산	1분기	▪ 3~5kg 채취 ▪ 8만초 계측	불검출	불검출	25.4	
		2분기		불검출	불검출	10.6	
		3분기		불검출	불검출	1.84	
		4분기		불검출	불검출	4.23	

2) 일반 등산로(방사선비상계획구역 이외)

- 이용객이 많은 도내 주요 등산로(고산지대) 24개를 대상으로 등산로 정상과 중간지점에서 채취한 28개 토양에 대한 방사성물질을 검사한 결과를 Table 13에 제시함. 아래의 Table 13에서 보이듯이 등산로 정상에서 채취한 총 24개 중 91.7%인 22개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출됨.
- 28개 토양의 ^{137}Cs 농도범위는 불검출~32.9 Bq/kg-dry로 나타났고, 3개 토양에서 평상범위¹⁾를 초과하였으나 문헌자료²⁾ 이내로 나타남. 대기 중에 존재하는 방사성물질은 기상조건에 의해 확산된 후 강우나 강설에 의해 지표면에 침적되기 때문에 평지에 비해 등산로 토양에 먼저 침적되는 물리적 특성이 있기 때문에 ^{137}Cs 농도 또한 평지에 비해 등산로 토양에서 높게 나타난 것으로 판단됨. 하동군 금오산, 사천시 와룡산, 밀양시 가지산 정상에서 채취한 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 각각 32.9 Bq/kg-dry, 31.7 Bq/kg-dry, 25.4 Bq/kg-dry로 최고 값은 금오산 정상토양에서 나타남.
- 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(최소 검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단됨.

1) 평상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(한국원자력안전기술원, 2014년~2016년)

2) 문헌자료 : 13.2~103.1 Bq/kg-dry('04년도 한국방사성폐기물학회, 지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구)

Table 13. 고산지대 토양 방사성물질 검사 결과

순번	지역	고산 이름	채취지점	검사결과(Bq/kg-dry)			
				¹³¹ I	¹³⁴ Cs	¹³⁷ Cs	
계	17개지역	24개소	28건	불검출	불검출	불검출 ~32.9	
1	창원시	대암산	정상	불검출	불검출	3.61	
		불모산	정상	불검출	불검출	11.5	
		장복산	정상	불검출	불검출	0.888	
			정상	불검출	불검출	0.852	
			중간지점	불검출	불검출	1.89	
		정병산	정상	불검출	불검출	12.0	
		적벽산	정상	불검출	불검출	0.704	
2	진주시	달음산	정상	불검출	불검출	1.10	
		광제산	정상	불검출	불검출	9.66	
3	통영시	벽방산	정상	불검출	불검출	불검출	
4	사천시	와룡산	정상	불검출	불검출	31.7	
5	김해시	용지봉	정상	불검출	불검출	4.67	
		신어산	정상	불검출	불검출	5.31	
6	밀양시	가지산	정상	불검출	불검출	4.08	
			정상	불검출	불검출	25.4	
			중간지점	불검출	불검출	17.5	
7	거제시	가라산	정상	불검출	불검출	12.7	
		계룡산	정상	불검출	불검출	7.19	
8	의령군	국사봉	정상	불검출	불검출	3.73	
9	함안군	광려산	정상	불검출	불검출	1.04	
10	창녕군	화왕산	정상	불검출	불검출	14.2	
11	고성군	연화산	정상	불검출	불검출	13.7	
12	남해군	금산	정상	불검출	불검출	13.6	
13	하동군	금오산	정상	불검출	불검출	32.9	
14	산청군	웅석봉	정상	불검출	불검출	불검출	
15	함양군	백운산	정상	불검출	불검출	0.659	
17	거창군	감악산	정상	불검출	불검출	10.2	
17	합천군	가야산	정상	불검출	불검출	10.8	

4) 종합 분석

- 방사선비상계획구역 내 웅상정수장과 삼호34근린공원에서 매월 채취한 평지 토양 24건과 방사선비상계획구역 내의 금정산과 천성산 정상에서 분기별로 채취한 등산로 토양 8건, 방사선비상계획구역을 제외한 등산로 정상에서 채취한 토양 28건 등 총 60개 토양을 대상으로 방사성물질 검사를 수행함. 방사능검사 결과 웅상정수장, 삼호34근린공원, 금정산, 천성산, 일반 등산로 등에서 검출된 ^{137}Cs 평균값(최소~최대)은 각각 3.04 Bq/kg-dry(0.238~8.50), 3.76 Bq/kg-dry(불검출~16.6), 10.5 Bq/kg-dry(1.84~25.4), 7.08 Bq/kg-dry(불검출~11.7), 9.68 Bq/kg-dry(불검출~32.7)로 나타났고 그 결과를 Figure 2에 나타냄.
- Figure 2는 Table 11~Table 13에 수치로 표현된 결과를 가시적으로 비교분석하기 위해 나타낸 것임. Figure 2를 통해 확인할 수 있듯이 웅상정수장과 삼호34근린공원의 ^{137}Cs 농도는 서로 비슷하였고, 두 지점 모두 전국 평상범위 이내로 나타남. 반면, 두 지점의 ^{137}Cs 농도는 등산로 토양에 비해 낮게 나타난 것을 확인 할 수 있음. 방사선비상계획구역 내 천성산과 금정산 정상에서 채취한 토양과 일반 등산로에서 채취한 토양의 ^{137}Cs 농도는 웅상정수장과 삼호34근린공원에서 검출된 토양과 전국 평상범위¹⁾에 비해 다소 높게 나타난 것을 가시적으로 확일 할 수 있음.
- 등산로 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 등산로 토양에 먼저 침적되는 물리적 특성이 있음. 이로 인해 ^{137}Cs 농도 또한 평지에 비해 등산로 토양에서 높게 나타난 것으로 판단됨.

1) 평상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(한국원자력안전기술원, '14년~'16년)

- 방사선비상계획구역 내 금정산 및 천성산 정상에서 분기별로 채취한 토양의 경우 1분기 금정산 토양만이 ^{137}Cs 평상범위(불검출~24.6 Bq/kg-dry)를 초과하였으나 문헌조사 결과 범위 내에 포함됨. 또한, 방사선비상계획구역을 제외한 도내 17개 시군의 등산로 정상에서 채취한 28개 토양 중 3개 토양에서 검출된 ^{137}Cs 농도는 25.4~32.9 Bq/kg-dry로 ^{137}Cs 평상범위(불검출~24.6 Bq/kg-dry)를 초과하였으나 문헌조사¹⁾ 결과 범위 내에 포함됨
- 2017년에 도내 18개 시·군의 토양 60개를 검사한 결과 93.3%인 56개 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

1) 문헌자료 : 13.2~103.1 Bq/kg-dry('04년도 한국방사성폐기물학회, 지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구)

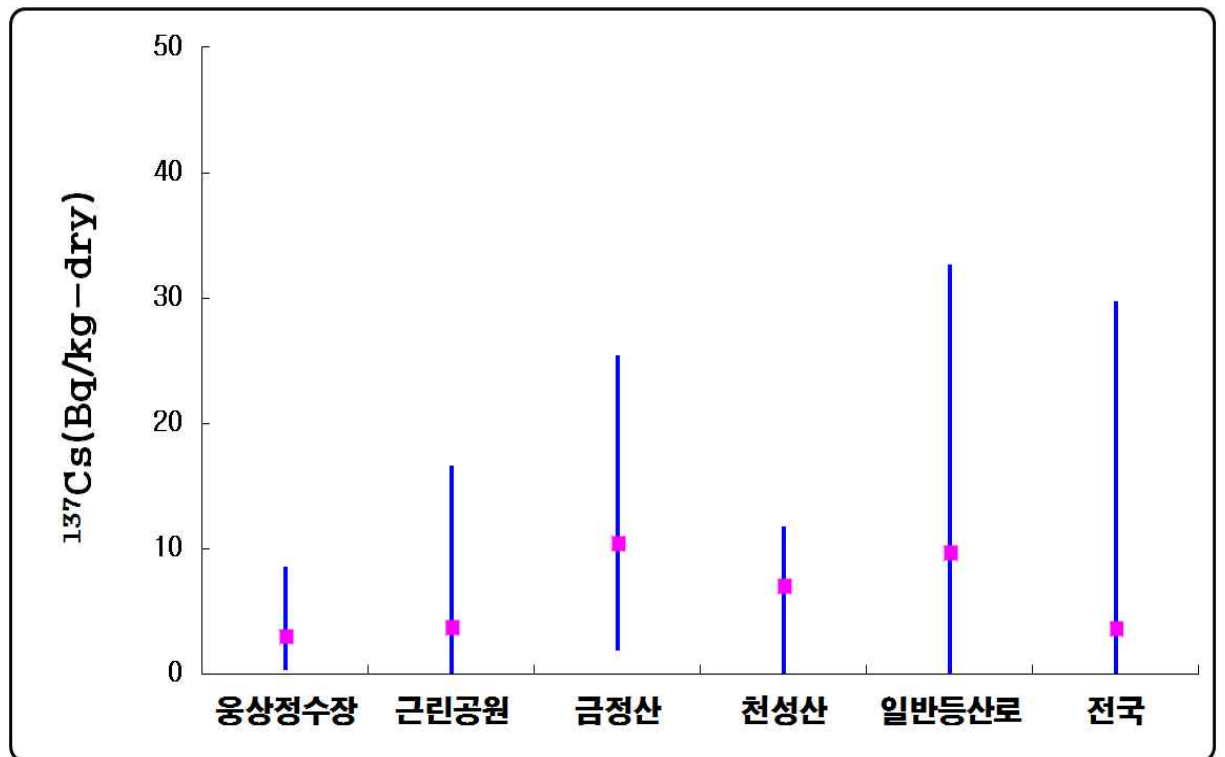


Figure 2. 도내 토양의 ^{137}Cs 분포 경향

2. 방사선량률

가. 공간선량률

- 2017년도에 도내 방사선취급 허가업체 97개를 대상으로 상반기와 하반기로 나누어 총 194건 측정하였고, 그 결과를 Table 14에 제시함. Table 14에서 보여주듯이 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률을 측정한 결과 공간선량률 범위는 상반기와 하반기에 각각 80.5~256 nSv/hr, 85.5~232 nSv/hr로 나타남.
- 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)				비고
				상반기		하반기		
				최소	최대	최소	최대	
계	13개 시·군		97개	80.5	256	85.5	232	
1	창 원 시	성산구	19	90.0	256	89.0	186	· 검사 실적 : 194건 · 국내 공간선량률 준위는 50~300 nSv/hr임 (한국원자력안전기술원) · 측정결과 국내 준위 내에 포함됨
		의창구	12	95.5	213	90.0	218	
		마산합포구	1	125	191	100	172	
		마산회원구	3	101	179	102	171	
		진해구	5	100	170	98.0	172	
2	김해시		12	100	202	90.0	225	
3	진주시		11	94.0	225	89.0	224	
4	양산시		9	80.5	211	90.0	232	
5	거제시		3	95.0	162	99.0	152	
6	통영시		1	109	158	95.0	129	
7	사천시		6	90.5	192	91.0	172	
8	함안군		4	98.0	171	90.5	169	
9	거창군		2	100	170	85.5	142	
10	합천군		1	100	160	89.0	129	
11	함양군		2	100	180	92.5	152	
12	의령군		2	90.0	181	100	158	
13	밀양시		4	100	169	99.0	162	

VI. 결 론

1. 방사성물질 검사(총 178건)

가. 공기, 빗물, 먹는물(96건)

- '17년도에 서부청사 별관 1층에서 채취한 공기 11건, 빗물 10건과 정수장에서 채취 및 수거한 정수 64건, 취수장에서 수거한 원수 11건 등 총 4종 96건을 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(22건)

- '17년도에 거제시와 남해군에서 매월 채취한 총 22개 해수시료에 대한 방사성물질을 검사한 결과 인공 방사성물질인 ^{137}Cs 이 58.3%인 14개 시료에서 검출되었고, 검출된 농도 범위는 0.00116~0.00165 Bq/L로 나타남. 검출된 ^{137}Cs 농도는 한국원자력안전기술원에서 '14년~'16년에 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(60건)

- 방사선비상계획구역 평지 및 등산로와 방사선비상계획구역 이외의 일반 등산로에서 채취한 총 60개 토양(비상계획구역 평지 24개, 비상계획구역 등산로 8, 일반등산로 28개)에 대한 방사성물질 검사결과 93.3%인 56개 토양에서 ^{137}Cs 이 검출됨. 56개 토양에서 검출된 ^{137}Cs 범위는 0.238~32.9 Bq/kg-dry로 나타났고, 56개 중 3개 토양에서 한국원자력안전기술원에서 제시한 평상범위를 초과하였으나 '04년도 한국방사성폐기물학회 『지형 및 지질에 따른 ^{137}Cs 분포 및 거동에 관한 연구』 자료에서 제시한 13.2~103.1 Bq/kg-dry 범위 이내로 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 194건)

- 도내 94개 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률을 년 2회 측정한 결과 측정된 선량률 범위는 80.5~256 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.