
2018년 4월 환경 방사성물질 조사결과



보건환경연구원
[위생화학팀]

2018년 4월 환경 방사성물질 조사결과

- 도내 공기, 빗물, 해수, 정수, 원수, 지하수, 토양, 축 등 총 8종 24개 시료에 대한 조사결과 토양과 해수에서 ^{137}Cs 이 각각 0.964~5.90 Bq/kg, 0.00137~0.00165 Bq/L로 정상범위 이내임
 - 전국 토양 ^{137}C 정상범위 : 불검출~24.6 Bq/kg-dry(KINS, '14년~'16년 자료)
 - 전국 해수 ^{137}C 정상범위 : 불검출~0.00277 Bq/L(한국원자력안전기술원, '14년~'16년)
- 공기, 빗물, 정수, 원수, 지하수, 축 등 기타 시료에서는 ^{137}Cs 불검출
- 거제시, 통영시, 창원시 등에 위치한 17개 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률 측정결과 측정값은 88.0~208 nSv/hr로 국내 자연범위(300 nSv/hr) 이내임

1. 조사 기간 : '17. 3. 30. ~ 4. 30.

2. 조사 대상

- ◆ 방사성물질 : 8종 24건(공기1, 빗물1, 해수2, 정수1, 원수1, 지하수5, 토양11, 축2)
- ◆ 선량률 모니터링 : 17개 방사선취급 허가업체(거제시 3, 통영시 1, 창원시 13)

3. 조사 현황

Table 1. 방사성물질 조사현황

구분	계획	실적		진도율 (%)	비고
		합계	4월		
계	370	102	41	27.6	
방사성물질 조사	277	77	24	27.8	
선량률 측정	93	25	17	26.9	

4. 조사 내용 및 방법

Table 2. 방사성물질 조사(공기)

내 용	공 기	빗 물
채취 장소	서부청사 별관1층	서부청사 별관1층
채취 기간	'18. 3. 30 ~ 4. 30	'18. 3. 30 ~ 4. 30
채취 기구	저용적 공기포집기	빗물 채집기
채취 수량	3,888 m ³	40 L
전 처 리	없음	증발농축(30 L → 1 L)
계측 시간	8만초	
분석 핵종	41개 핵종	
시험 핵종	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질 분포경향 파악 	

Table 3. 방사성물질 조사(해수)

내 용	해 수	
채취 장소	거제시(장목면 대계마을)	남해군(미조면 천하마을)
채취 기간	'18. 4. 20 15:00	'18. 4. 23 16:20
채취 기구	두레박	두레박
채취 수량	70 L	70 L
전 처 리	증발·농축(5 L → 1 L), AMP 공침(60 L)	
계측 시간	8만초	
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)	
시험 핵종	¹³¹ I, ¹³⁴ Cs, ¹³⁷ Cs 외 다수 인공핵종	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

※ 해수의 증발·농축법과 AMP 공침법은 각각 ¹³¹I과 ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs을 분석하기 위한 것임

Table 4. 먹는 물(관원) 방사성물질 조사

구분	원수	정수
채취 지역	양산시(관원)	양산시(관원)
채취 장소	원동취수장	웅상정수장
채취 일시	'18. 4. 11 14:00	
채취 수량	20 L	1 L
전처리	증발농축(20 L → 1 L)	N/A
계측 시간	8만초	1만초
분석 핵종	41개 핵종(자연 및 인공)	7개 핵종(자연핵종, 인공핵종)
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs	
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 	

Table 5. 먹는 물(지하수) 방사성물질 조사

구분	지하수					
채취 지역	거창군					
채취 장소	주상면 성기리	거창읍 김천리	남상면 무촌리	마리면 말흘리	거창읍 상림리	
채취 일시	'18. 5. 24 17:15					
채취 수량	1 L					
전처리	N/A					
계측 시간	1만초					
분석 핵종	7개 핵종(자연핵종, 인공핵종)					
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs					
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 					

Table 6. 토양(주택단지) 방사성물질 조사

구분	주택단지 토양		
채취 지역	산청군	거제시	통영시
채취 일시	4.12 15:40	4.17 11:40	4.17 15:00
채취 수량	3~5 kg		
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 μ m 체로 거른 후 계측		
계측 시간	8만초		
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)		
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs		
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 		

Table 7. 토양(산업단지) 방사성물질 조사

구분	산업단지 토양		
채취 지역	산청군	거제시	통영시
채취 일시	4.12 16:10	4.17 13:00	4.17 14:20
채취 수량	3~5 kg		
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 μ m 체로 거른 후 계측		
계측 시간	8만초		
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)		
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs		
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 		

Table 8. 토양(농경지) 방사성물질 조사

구분	농경지 토양		
채취 지역	산청군	거제시	통영시
채취 일시	4.12 16:50	4.17 12:10	4.17 13:50
채취 수량	3~5 kg		
전처리	건조(105 °C, 48시간) → 분쇄(믹서기) → 2 μ m 체로 거른 후 계측		
계측 시간	8만초		
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)		
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs		
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 		

Table 9. 쭉 및 토양 방사성물질 조사

구분	쭉		토양	
채취 지역	양산시 (웅상정수장 주변)	비교지점 (서부청사 주변)	양산시 (웅상정수장 주변)	비교지점 (서부청사 주변)
채취 일시	4.19 16:30	4.25 16:30	4.19 16:30	4.25 16:30
채취 수량	쭉(약 3 kg), 토양(3~5 kg)			
전처리	<ul style="list-style-type: none"> • 토양 : 건조(105 °C, 48시간)→분쇄(믹서기)→2μm 체로 거른 후 계측 • 쭉 : 이물질제거→건조(105 °C, 48시간)→분쇄(믹서기)→충진 및 계측 			
계측 시간	8만초			
분석 핵종	41개 핵종(자연핵종, 인공핵종)			
시험 핵종	^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs			
측정 결과	<ul style="list-style-type: none"> • 관련 규정 및 법령에서 제시한 기준 준수 여부 파악 • 방사성물질의 분포 경향 파악 			

※ 방사성물질 상관관계 파악을 위해 토양은 쭉 채취지점에서 채취한 것임

5. 방사성물질 조사결과

5. 1 공기 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 저용적 공기포집기를 이용하여 약 1개월(3.30~4.30) 동안 포집한 공기 시료 총 3,888 m³에 대한 검사를 수행한 결과 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 방사성물질은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁷Be, ⁴⁰K, ²²⁶Ra 등이 각각 0.00376±0.0000825 Bq/m³, 0.00217±0.0000969 Bq/m³, 0.000415±0.0000780 Bq/m³로 검출되어 4월 공기 시료의 경우 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함.

또한, ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 방사성물질은 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에 제시된 MDA 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 확보된 것으로 판단하였고, 분석 결과는 아래의 Table 10에 제시하였음.

5. 2 빗물 시료

서부청사 별관 1층에 설치한 빗물채집기를 이용하여 약 1개월(3.30~4.30) 동안 채집한 빗물 시료 중 30 L를 분석한 결과 모든 시료에서 ¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs 등의 주요 인공 핵종은 검출되지 않았고, 자연 방사성물질인 ⁴⁰K, ²²⁶Ra 등이 각각 0.433±0.0141 Bq/L, 0.230±0.0182 Bq/L로 검출되어 4월 빗물 시료의 경우 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단함.

또한, 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA (최소검출방사능) 기준치를 만족하였기 때문에 계측결과에 대한 신뢰도에는 문제가 없는 것으로 판단되고, 분석 결과는 아래의 Table 10에 제시하였음.

Table 10. 공기 및 빗물 조사 결과

순서	분석 핵종	공기(Bq/m ³)		빗물	
		고시2014-12호 MDA	4월	고시2014-12 MDA	4월
1	⁷ Be	N/A	0.00376±0.0000825	N/A	불검출
2	⁴⁰ K	N/A	0.00217±0.0000969	N/A	0.433±0.0141
3	⁵¹ Cr	5E-03	불검출(<1.51E-4)	1	불검출(<0.0278)
4	⁵⁴ Mn	8E-05	불검출(<1.07E-5)	0.5	불검출(<0.00229)
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	N/A	불검출
6	⁵⁸ Co	3E-04	불검출(<1.35E-5)	0.05	불검출(<0.00288)
7	⁵⁹ Fe	5E-04	불검출(<4.14E-5)	0.03	불검출(<0.00590)
8	⁶⁰ Co	8E-05	불검출(<2.51E-5)	0.02	불검출(<0.00340)
9	⁶⁵ Zn	5E-04	불검출(<2.38E-5)	0.05	불검출(<0.00600)
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	N/A	불검출
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	N/A	불검출
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	N/A	불검출
13	⁹⁵ Zr	5E-04	불검출(<3.21E-5)	0.5	불검출(<0.00635)
14	⁹⁵ Nb	5E-04	불검출(<1.52E-5)	0.5	불검출(<0.00300)
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	N/A	불검출
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	N/A	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	0.05	불검출(<0.0208)
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	N/A	불검출
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	N/A	불검출
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	N/A	불검출
21	¹³¹ I	5E-02	불검출(<4.14E-5)	0.1	불검출(<0.00523)
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	N/A	불검출
24	¹³⁴ Cs	8E-05	불검출(<1.27E-5)	0.008	불검출(<0.00225)
25	¹³⁷ Cs	8E-05	불검출(<1.43E-5)	0.008	불검출(<0.00293)
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	불검출(<6.19E-5)	10	불검출(<0.0151)
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	N/A	불검출
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	N/A	불검출
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	N/A	불검출
33	²¹² Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
34	²¹² Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	N/A	불검출
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	N/A	불검출
37	²²⁶ Ra	N/A	0.000415±0.0000780	N/A	0.230±0.0182
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	N/A	불검출
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	N/A	불검출
40	²³⁵ U	N/A	불검출	N/A	불검출
41	²³⁷ U	N/A	불검출	N/A	불검출

※ ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

5. 3 해수 시료

2017년 4월 20일과 23일에 거제시 장목면 대계마을과 남해군 미조면 천하마을에서 각각 70 L의 해수를 채취함. 채취한 시료 중 5 L는 ^{131}I 을 분석하기 위해 5 L에서 2 L로 증발·농축하였고, 나머지 65 L 중 60 L는 ^{134}Cs , ^{137}Cs 등을 분석하기 위해 AMP 공침법을 이용하여 전처리를 수행함.

전처리 후 감마핵종분석기로 검사한 결과 자연 방사성물질인 ^{40}K , ^{226}Ra 등이 각각 0.301~0.350 Bq/L, 불검출~0.0523 Bq/L로 검출되었고, ^{131}I , ^{134}Cs 등의 인공 핵종은 검출되지 않음. ^{137}Cs 의 경우 2개 지점 모두에서 0.00137~0.00165 Bq/L로 검출되었으나 환경에서 ^{137}Cs 와 거동특성이 유사한 ^{134}Cs 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능낙진 영향이라 판단함. 검출된 ^{137}Cs 값은 한국원자력안전기술원에서 최근 3년간(2014년~2016년) 전국 해수를 대상으로 검사한 후 제시한 불검출~0.00277 Bq/L 내에 포함됨.

이러한 분석결과에 근거하여 4월 해수시료의 경우 인공방사성물질 또는 후쿠시마 원전에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였으며, 자세한 분석결과는 Table 11에 제시함. Table 11에서 보이듯이 모든 핵종이 원자력안전위원회고시 제2014-12호 제시된 MDA(최소검출방사능) 요건을 만족하였기 때문에 계측 및 분석 결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 11. 해수 조사결과(Bq/L)

순서	핵종	4월 해수			비고
		MDA	거제시	남해군	
1	⁷ Be	N/A	불검출	불검출	
2	⁴⁰ K	N/A	0.301±0.00720	0.350±0.00770	
3	⁵¹ Cr	0.05	불검출(<0.0130)	불검출(<0.0142)	
4	⁵⁴ Mn	0.005	불검출(<0.000857)	불검출(<0.00108)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	0.005	불검출(<0.00128)	불검출(<0.00121)	
7	⁵⁹ Fe	0.005	불검출(<0.00267)	불검출(<0.00320)	
8	⁶⁰ Co	0.005	불검출(<0.00172)	불검출(<0.00105)	
9	⁶⁵ Zn	0.02	불검출(<0.00261)	불검출(<0.00259)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	0.006	불검출(<0.00333)	불검출(<0.00252)	
14	⁹⁵ Nb	0.006	불검출(<0.00162)	불검출(<0.00144)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출	불검출	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	0.1	불검출(<0.0398)	불검출(<0.0215)	
22	¹³³ Xe		불검출	불검출	
23	^{133m} Xe		불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	0.003	불검출(<0.00109)	불검출(<0.00100)	
25	¹³⁷ Cs	0.003	0.00165±0.000217 불검출(<0.00103)	0.00137±0.000207 불검출(<0.00100)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	0.1	불검출(<0.0108)	불검출(<0.00572)	
28	¹⁴⁰ La		불검출	불검출	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce		불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	0.0523±0.00598	불검출	
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	

※ ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

5. 4 먹는물(정수 및 원수)

2018년 4월 11에 양산시에서 검사의뢰한 방사선비상계획구역 내·외부의 원동취수장 원수와 웅상정수장 정수에 대한 방사능검사를 수행함. 검사결과 정수, 원수 시료에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질 모두 검출되지 않아 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 12에 수록함.

Table 12. 양산시 먹는물(관원) 조사결과(Bq/L)

시료	지역	장소	핵종	검사결과(Bq/L)		비고
				농도	MDA	
정수	양산시	웅상정수장	^{131}I	불검출	<0.415	<ul style="list-style-type: none"> · WHO Guideline 적용 · 1만초 계측(1 L 사용)
			^{134}Cs	불검출	<0.351	
			^{137}Cs	불검출	<0.330	
원수	양산시	원동취수장	^{131}I	불검출	<0.00687	<ul style="list-style-type: none"> · 원자력안전위원회고시 제2014-12호 -3개 핵종모두 MDA 요건 만족 · 8만초 계측(20 L 사용)
			^{134}Cs	불검출	<0.00408	
			^{137}Cs	불검출	<0.00429	

5. 5 먹는물(지하수)

2018년 4월 25일에 거창군에 위치한 5개의 지하수수질측정망에서 각 1 L의 지하수를 채취한 후 전처리 없이 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 모든 지하수에서 ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 주요 인공 방사성물질 모두 검출되지 않아 고리원전 및 기타 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 결과는 아래 Table 13에 수록함.

Table 13. 거창군 지하수 조사결과(Bq/L)

순번	채취지점 (관측망명)	주소	핵종	검사결과(Bq/L)		비고
				농도	MDA	
1	N-19-a-4-01	주상면 성기리 635-1	^{131}I	불검출	<0.376	<ul style="list-style-type: none"> • WHO Guideline 적용 • 1만초 계측(1 L 사용)
			^{134}Cs	불검출	<0.328	
			^{137}Cs	불검출	<0.263	
2	N-19-b-1-01	거창읍 김천리 216-5	^{131}I	불검출	<0.266	
			^{134}Cs	불검출	<0.351	
			^{137}Cs	불검출	<0.365	
3	N-19-c-2-01	남상면 무촌리 산305-18	^{131}I	불검출	<0.393	
			^{134}Cs	불검출	<0.311	
			^{137}Cs	불검출	<0.356	
4	N-19-d-4-01	마리면 말흘리 193	^{131}I	불검출	<0.508	
			^{134}Cs	불검출	<0.372	
			^{137}Cs	불검출	<0.482	
5	N-19-e-1-01	거창읍 상림리 367-3	^{131}I	불검출	<0.370	
			^{134}Cs	불검출	<0.331	
			^{137}Cs	불검출	<0.288	

5. 6 토양 시료

- ◆ 2018년 4월에 산청군, 거제시, 통영시 등에 위치한 주택단지, 산업단지 농경지 등에서 각각 1개씩 총 9개 토양을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함.
- ◆ 검사를 수행한 결과 자연 방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{227}Th , ^{235}U 등이 검출되었고, 이들 핵종의 농도 범위는 각각 불검출~33.7 Bq/kg-dry, 불검출~641 Bq/kg-dry, 불검출~5.37 Bq/kg-dry, 불검출~43.8 Bq/kg-dry, 불검출~4.22 Bq/kg-dry로 나타났고, 상세한 검사결과는 아래 Table 14~Table 16에 수록함
- ◆ 검사한 총 9개 토양의 ^{137}Cs 농도 범위는 1.06~5.35 Bq/kg-dry로 나타났고, KINS에서 최근 3년간(2014년~2016년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~24.6 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 9개의 모든 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 모든 핵종이 원자력 안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.

Table 14. 토양(주택단지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	MDA	주택단지 토양			
			산청군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	N/A	4.18±0.797	33.7±1.03	5.41±0.696	
2	⁴⁰ K	N/A	641±5.38	522±4.93	499±5.05	
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<3.17)	불검출(<4.55)	불검출(<3.71)	
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.557)	불검출(<0.508)	불검출(<0.494)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.438)	불검출(<0.400)	불검출(<0.424)	
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<0.474)	불검출(<0.847)	불검출(<1.34)	
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.632)	불검출(<0.412)	불검출(<0.671)	
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<0.893)	불검출(<0.739)	불검출(<0.969)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<0.697)	불검출(<1.09)	불검출(<1.24)	
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.538)	불검출(<0.455)	불검출(<0.511)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	15	불검출(<3.76)	불검출(<2.99)	불검출(<3.32)	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	3	불검출(<0.642)	불검출(<0.450)	불검출(<0.307)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.396)	불검출(<0.404)	불검출(<0.398)	
25	¹³⁷ Cs	5	5.35±0.147 (<0.471)	2.21±0.113 (<0.433)	1.79±0.109 (<0.456)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<2.29)	불검출(<1.67)	불검출(<1.30)	
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	불검출	불검출	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	불검출	

※ ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

Table 15. 토양(산업단지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	MDA	산업단지 토양			
			산청군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	N/A	불검출	9.72±0.752	13.4±0.795	
2	⁴⁰ K	N/A	632±5.14	595±5.32	580±4.92	
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<6.14)	불검출(<3.80)	불검출(<3.05)	
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.536)	불검출(<0.435)	불검출(<0.442)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.464)	불검출(<0.421)	불검출(<0.434)	
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<0.802)	불검출(<0.955)	불검출(<1.21)	
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.503)	불검출(<0.555)	불검출(<0.696)	
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<1.01)	불검출(<1.08)	불검출(<1.03)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<0.397)	불검출(<0.726)	불검출(<0.822)	
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.549)	불검출(<0.481)	불검출(<0.520)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	15	불검출(<3.82)	불검출(<3.12)	불검출(<3.00)	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	3	불검출(<0.515)	불검출(<0.448)	불검출(<0.769)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.449)	불검출(<0.309)	불검출(<0.315)	
25	¹³⁷ Cs	5	4.79±0.143 (<0.482)	1.17±0.0984 (<0.444)	1.06±0.0980 (<0.448)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<2.64)	불검출(<1.66)	불검출(<2.22)	
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	불검출	불검출	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	불검출	43.8±2.57	불검출	
38	²²⁷ Th	N/A	4.00±0.748	3.06±0.604	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	4.22±0.747	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	불검출	

※ ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁶Ra(라듐), ²²⁷Th(토륨), ²³⁵U(우라늄) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

Table 16. 토양(농경지) 분석결과(Bq/kg-dry)

순서	핵종	MDA	농경지 토양			
			산청군	거제시	통영시	비고
1	⁷ Be	N/A	4.93±0.977	24.0±0.887	19.9±0.860	
2	⁴⁰ K	N/A	불검출	520±4.72	536±5.11	
3	⁵¹ Cr	15	불검출(<3.06)	불검출(<1.78)	불검출(<3.62)	
4	⁵⁴ Mn	2	불검출(<0.681)	불검출(<0.432)	불검출(<0.417)	
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	불검출	
6	⁵⁸ Co	2	불검출(<0.582)	불검출(<0.407)	불검출(<0.399)	
7	⁵⁹ Fe	5	불검출(<0.707)	불검출(<1.22)	불검출(<1.12)	
8	⁶⁰ Co	2	불검출(<0.866)	불검출(<0.592)	불검출(<0.650)	
9	⁶⁵ Zn	5	불검출(<1.41)	불검출(<0.871)	불검출(<0.767)	
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	불검출	
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	불검출	
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	불검출	
13	⁹⁵ Zr	5	불검출(<1.40)	불검출(<1.02)	불검출(<1.26)	
14	⁹⁵ Nb	5	불검출(<0.653)	불검출(<0.468)	불검출(<0.474)	
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	불검출	
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	불검출	
17	¹⁰⁶ Rh	15	불검출(<4.68)	불검출(<2.99)	불검출(<2.96)	
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	불검출	
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	불검출	
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	불검출	
21	¹³¹ I	3	불검출(<0.648)	불검출(<0.516)	불검출(<0.518)	
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	불검출	
24	¹³⁴ Cs	5	불검출(<0.453)	불검출(<0.406)	불검출(<0.379)	
25	¹³⁷ Cs	5	2.89±0.175 (<0.784)	2.60±0.112 (<0.413)	2.19±0.106 (<0.402)	
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
27	¹⁴⁰ Ba	70	불검출(<2.92)	불검출(<1.87)	불검출(<2.27)	
28	¹⁴⁰ La	N/A	불검출	불검출	불검출	
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	불검출	
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	불검출	
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	불검출	
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	불검출	
37	²²⁶ Ra	N/A	불검출	불검출	불검출	
38	²²⁷ Th	N/A	5.37±0.856	3.15±0.598	불검출	
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	불검출	
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	불검출	
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	불검출	

※ ⁷Be(베릴륨), ⁴⁰K(칼륨), ²²⁷Th(토륨) 등은 자연 방사성물질로 특별한 관리가 필요하지 않음

5. 7 쭉 및 토양 시료

- ◆ 2018년 4월에 양산시 방사선비상계획구역 내에 위치한 웅상정수장 정문 주변과 비교지점인 진주시 서부청사 주변에서 각각 1개씩 총 2건의 쭉을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사결과 자연 방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{226}Ra 등이 각각 11.5~15.9 Bq/kg-dry, 153~179 Bq/kg-dry, 불검출~2.40 Bq/kg-dry로 나타났고, ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs 등의 인공핵종은 전혀 검출되지 않음. 이러한 조사 결과에 근거하여 쭉 시료의 경우 인공 방사성물질에 의한 영향은 없는 것으로 판단하였고, 상세한 검사결과는 아래 Table 17에 수록함. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.
- ◆ 쭉과 토양과의 방사성물질 상관관계 파악을 위해 2018년 4월에 웅상정수장과 서부청사 주변에서 채취한 쭉 채취 지점과 동일한 지점에서 토양 1개씩 총 2건을 채취한 후 방사성물질 조사를 수행함. 조사를 수행한 결과 자연 방사성물질인 ^7Be , ^{40}K , ^{227}Th 등이 각각 4.45~14.5 Bq/kg-dry, 457~873 Bq/kg-dry, 불검출~4.60 Bq/kg-dry로 나타났고, 상세한 결과는 Table 17에 수록함. 검사한 총 2개 토양의 ^{137}Cs 농도 범위는 0.964~5.90 Bq/kg-dry로 나타났고, KINS에서 최근 3년간(2014년~2016년) 전국 토양을 분석한 후 제시한 불검출~24.6 Bq/kg-dry 범위 내에 포함됨. 2개의 모든 토양에서 ^{137}Cs 이 검출되었지만 환경에서 ^{137}C 과 거동특성이 유사한 ^{134}C 가 검출되지 않아 과거 핵실험에 의한 방사능 낙진에 의한 영향이라 판단함. 모든 핵종이 원자력안전위원회 고시 제2014-12호에서 제시한 MDA(최소검출방사능) 기준을 만족하였기 때문에 분석결과에 대한 신뢰도는 확보된 것으로 판단함.
- ◆ 쭉과 토양시료 조사결과를 비교분석한 결과 토양시료에서는 ^{137}Cs 이 0.964~5.90 Bq/kg-dry로 나타났으나 쭉 시료에서는 전혀 검출되지 않음. ^{40}K 의 경우도 토양에서는 457~873 Bq/kg-fresh로 쭉에서 검출된 153~179 Bq/kg-fresh에 비해 크게 나타난 것을 알 수 있음. 이러한 경향을 보이는 것은 쭉은 일년생 식물로 방사성물질의 축적경향이 없기 때문이라 판단됨.

Table 17. 쑥 및 토양 방사성물질 조사결과

순서	핵종	쑥(Bq/kg-fresh)			토양(Bq/kg-dry)		
		MDA	응상정수장 정문 주변	서부청사 주변	MDA	응상정수장 정문 주변	서부청사 주변
1	⁷ Be	N/A	11.5±0.239	15.9±0.247	N/A	14.5±1.86	4.45±0.777
2	⁴⁰ K	N/A	179±0.725	153±0.727	N/A	457±4.82	873±6.45
3	⁵¹ Cr	3	불검출(<0.491)	불검출(<0.533)	15	불검출(<4.53)	불검출(<5.16)
4	⁵⁴ Mn	1	불검출(<0.451)	불검출(<0.0745)	2	불검출(<0.537)	불검출(<0.513)
5	⁵⁷ Co	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
6	⁵⁸ Co	1	불검출(<0.0464)	불검출(<0.0466)	2	불검출(<0.454)	불검출(<0.473)
7	⁵⁹ Fe	2	불검출(<0.188)	불검출(<0.128)	5	불검출(<1.43)	불검출(<0.734)
8	⁶⁰ Co	1	불검출(<0.0644)	불검출(<0.0497)	2	불검출(<0.717)	불검출(<0.787)
9	⁶⁵ Zn	2	불검출(<0.133)	불검출(<0.136)	5	불검출(<1.03)	불검출(<1.21)
10	⁸⁵ Sr	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
11	⁸⁸ Kr	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
12	⁸⁸ Y	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
13	⁹⁵ Zr	0.5	불검출(<0.104)	불검출(<0.0783)	5	불검출(<0.915)	불검출(<1.08)
14	⁹⁵ Nb	0.5	불검출(<0.0498)	불검출(<0.0500)	5	불검출(<0.537)	불검출(<0.563)
15	¹⁰¹ Rh	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
16	¹⁰³ Ru	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
17	¹⁰⁶ Rh	N/A	불검출(<0.227)	불검출(<0.259)	15	불검출(<3.39)	불검출(<3.46)
18	¹⁰⁹ Cd	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
19	^{110m} Ag	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
20	¹¹³ Sn	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
21	¹³¹ I	0.5	불검출(<0.0746)	불검출(<0.0584)	3	불검출(<0.669)	불검출(<0.665)
22	¹³³ Xe	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
23	^{133m} Xe	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
24	¹³⁴ Cs	0.1	불검출(<0.0361)	불검출(<0.0388)	5	불검출(<0.416)	불검출(<0.444)
25	¹³⁷ Cs	0.1	불검출(<0.0441)	불검출(<0.0457)	5	5.90±0.152 (<0.438)	0.964±0.103 (<0.480)
26	¹³⁹ Ce	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
27	¹⁴⁰ Ba	2	불검출(<0.885)	불검출(<0.408)	70	불검출(<2.72)	불검출(<3.23)
28	¹⁴⁰ La	2	불검출(<0.255)	불검출(<0.237)	N/A	불검출	불검출
29	¹⁴¹ Ce	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
30	¹⁴³ Ce	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
31	¹⁴⁴ Ce	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
32	²⁰⁸ Tl	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
33	²¹² Bi	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
34	²¹² Pb	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
35	²¹⁴ Bi	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
36	²¹⁴ Pb	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
37	²²⁶ Ra	N/A	2.42±0.211	불검출	N/A	불검출	불검출
38	²²⁷ Th	N/A	불검출	불검출	N/A	4.60±0.715	불검출
39	²²⁸ Ac	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
40	²³⁵ U	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출
41	²³⁷ U	N/A	불검출	불검출	N/A	불검출	불검출

6. 선량률 측정 결과

2018년 4월에 거제시와 통영시, 창원시 의창구와 진해구 등에 위치한 17개 방사선취급 허가업체 주변의 공간선량률을 측정하였고, 그 결과를 아래의 Table 18~Table 20에 수록함. 공간선량률은 지표면으로부터 1m 높이에서 측정 한 선량률로 아래의 Table 10에서 보여주듯이 17개 허가업체 주변에서 측정된 공간선량률의 범위(최소~최대)는 88.0~208 nSv/hr로 자연방사선에 의한 국내 공간선량률 범위인 50~300 nSv/hr 내에 포함됨.

Table 18. 거제시 및 통영시 산업장주변 선량률 측정결과(4월 17일)

지역	업체명	공간선량률(nSv/hr)			지역	업체명	공간선량률(nSv/hr)		
		최소	최대	평균			최소	최대	평균
거제시	삼****(주)	121	135	128.00	거제시	다*(주)	139	168	153.50
		112	128	120.00			101	139	120.00
		130	162	146.00			111	127	119.00
		132	148	140.00			132	149	140.50
	소계	112	162	133.50		소계	101	168	133.25
	대***** (주)	111	131	121.00	통영시	자***** (주)	111	132	121.50
		102	123	112.50			124	142	133.00
		92.5	121	106.75			132	162	147.00
		100	121	110.50			132	159	145.50
	소계	92.5	131	112.69		소계	111	162	136.75

- ※ 1. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv, 시간당 20,000 nSv까지 허용(제한적 또는 일시적 사용)
 2. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv(제한적 또는 일시적 사용이외)

Table 19. 의창구 산업장주변 선량률 측정결과(4월 26일)

순 서	업체명	공간선량률(nSv/hr)			순 서	업체명	공간선량률(nSv/hr)		
		최소	최대	평균			최소	최대	평균
1	세*****(주)	123	152	137.50	6	우*****	111	129	120.00
		120	142	131.00			90.0	121	105.50
		132	162	147.00			111	129	120.00
		121	142	131.50			101	122	111.50
	소계	120	162	136.75		소계	90.0	129	114.25
2	창*****	122	175	148.50	7	(주)중*****	110	129	119.50
		124	179	151.50			126	169	147.50
		110	149	129.50			132	164	148.00
		121	148	134.50			129	145	137.00
	소계	110	179	141.00		소계	110	169	138.00
3	동*****(주)	113	132	122.50	8	창****	118	166	142.00
		113	150	131.50			130	174	152.00
		100	120	110.00			119	151	135.00
		100	123	111.50			110	136	123.00
	소계	100	150	118.88		소계	110	174	138.00
4	현*** (주)	123	182	152.50	9	한***** (주)	132	168	150.00
		145	208	176.50			129	172	150.50
		137	190	163.50			119	144	131.50
		119	149	134.00			129	162	145.50
	소계	119	208	156.63		소계	119	172	144.38
5	삼***** (주)	125	142	133.50	10	한***** (주)	130	176	153.00
		119	129	124.00			121	138	129.50
		119	147	133.00			114	130	122.00
		120	138	129.00			120	142	131.00
	소계	119	147	129.88		소계	114	176	133.88

- ※ 1. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv, 시간당 20,000 nSv까지 허용(제한적 또는 일시적 사용)
 2. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv(제한적 또는 일시적 사용이외)

Table 20. 진해구 산업장주변 선량률 측정결과(4월 27일)

순서	업체명	공간선량률(nSv/hr)		
		최소	최대	평균
1	영*** (주)	94.0	126	110.00
		102	118	110.00
		99.0	131	115.00
		112	139	125.50
	소계	94.0	139	115.13
2	팔*** (주)	88.0	154	121.00
		103	184	143.50
		96.0	202	149.00
		152	198	175.00
	소계	88.0	202	147.13
3	해****	102	120	111.00
		93.0	118	105.50
		98.0	133	115.50
		95.0	122	108.50
	소계	93.0	133	110.13

- ※ 1. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv, 시간당 20,000 nSv까지 허용(제한적 또는 일시적 사용)
 2. 연간 1mSv 초과하지 않는 범위 내에서 주당 0.1 mSv(제한적 또는 일시적 사용이외)