

경북도내 민방위 비상급수시설의 자연방사성물질 분포 실태조사

이은영 · 이수진 · 최찬규 · 홍경지 · 박순길 · 송정환 · 김재식 · 김보은 · 김장현 · 이은지 · 손영훈

본원 먹는물검사과, 북부지원 먹는물검사과

- 민방위 급수시설의 라돈 및 우라늄 분포 현황을 파악하여 기초자료로 활용
- 민방위 급수시설의 자연방사성물질 검사강화로 먹는물 안전성 확보

1. 조사개요

- 조사기간 : 2023년 3월 ~ 2023년 12월
- 조사지역 : 포항시, 경주시, 김천시, 안동시, 구미시, 영주시, 상주시, 문경시, 경산시, 군위군, 의성군, 청송군, 영양군, 영덕군, 청도군, 고령군, 성주군, 칠곡군, 예천군, 봉화군, 울진군, 울릉군 등 22개 지역 231개소
- 조사대상 : 경북 도내 민방위 비상급수시설(지하수)
- 조사항목 : 라돈, 우라늄
- 라돈과 우라늄은 자연방사성물질로 땅에 있는 우라늄이 붕괴되면서 라듐이 만들어지고, 이는 다시 붕괴되면서 라돈을 만들어 기체 상태로 대기 중에 방출되거나 주변에 있는 지하수로 녹아든다.

(※ 출처 : 생활 속 자연 방사성 물질, 라돈의 이해, 환경부, 2016. 12.)

- 라돈의 특성 : 모핵종인 라듐(^{226}Ra)의 방사성 붕괴로 생성되는 라돈은 자연계에 널리 존재하는 무색, 무취, 무미의 비활성기체로서 공기보다 무겁고 반감기는 약 3.82일이다.
- 라돈의 위해성 : 인체로 유입되어 폐암이나 위암을 유발할 수 있으며, 물에 의한 영향은 전체 위해성의 1~2%를 차지하며, 이 중 약 89%는 음용, 샤워 및 설거지 등의 과정에서 호흡을 통해 이루어지고, 약 11%는 직접 섭취에 의한 영향으로 알려져 있다.

II. 조사사업

- 지하수 중 라돈의 저감 방안 : 폭기, 활성탄처리, 방치, 끓임 등으로 제거할 수 있다.
- 우라늄의 특성 : 우라늄은 은백색의 중금속으로, 화강암과 지하수 등 자연계에 널리 존재하는 불용성의 고체로서 반감기는 44.5 억년이다.
- 우라늄의 위해성 : 인체위해성은 방사성 독성보다는 중금속으로서의 화학적 독성이 문제시되며, 음식이나 물을 통해 섭취된 우라늄의 99%는 배설물을 통해 배출되고, 나머지는 혈액으로 흡수되어 대부분 신장을 통해 소변으로 배출된다. 그러나 우라늄이 빠르게 이동하는 경우 수년간 잔류할 수 있다.
- 지하수 중 우라늄의 저감 방안 : 이온교환수지, 연화장치, 응집/침전, 역삼투압 등으로 제거할 수 있다.

(※ 출처 : 미국 EPA, 2012 ; 미국 NAS, 1999 ; 국립환경과학원, 2015)

2. 조사방법

- 라돈은 먹는물 수질감시항목 운영 등에 관한 고시 [별표 3] 먹는물 수질감시항목 시험방법 32. 라돈-액체섬광계수법에 따라 시료채취 및 분석을 수행하고, 측정지점은 표 1과 같다.
- 우라늄은 먹는물수질공정시험기준(국립환경과학원 고시 제2023-33호, 2023. 6. 23.) ES 05400.3h 및 ES 05414.1b에 따라 금속류-유도결합플라스마-질량분석법으로 시료채취 및 분석을 하였고, 측정지점은 표 1과 같다.

표 1. 측정지점

(단위 : 개소)

구분		민방위 비상급수시설(지하수)																					
조사 지역	총	포항시	경주시	김천시	안동시	구미시	영주시	상주시	문경시	경산시	군위군	의성군	청송군	영양군	영덕군	청도군	고령군	성주군	칠곡군	예천군	봉화군	울진군	울릉군
		라돈	116	8	6	4	13	30	15	5	-	7	1	4	2	1	3	2	1	2	6	1	1
우라늄	115	8	6	4	13	30	10	5	5	7	-	4	2	1	3	2	1	2	5	1	2	2	2

3. 조사결과

본 조사는 민방위 급수시설 지하수에 대해 라돈은 2023년 3월~11월, 우라늄은 2023년 8월~11월에 각각 조사하였다.

- 라돈 검사결과 총 116개소 중 불검출(2 Bq/L 미만) 36개소, 감시기준 이내(2 Bq/L~148 Bq/L) 77개소, 기준 초과(148 Bq/L 초과) 3개소로 나타났다.
- 지역별 라돈 평균 농도는 포항시 9.3 Bq/L, 경주시 2.5 Bq/L, 김천시 1.3 Bq/L, 안동시 2.9 Bq/L, 구미시 20.0 Bq/L, 영주시 73.0 Bq/L, 상주시 17.9 Bq/L, 경산시 7.7 Bq/L, 군위군 4.0 Bq/L, 의성군 13.9 Bq/L, 청송군 5.3 Bq/L, 영양군 21.5 Bq/L, 영덕군 24.7 Bq/L, 청도군 5.9 Bq/L, 고령군 96.2 Bq/L, 성주군 0.2 Bq/L, 칠곡군 11.3 Bq/L, 예천군 54.0 Bq/L, 봉화군 46.9 Bq/L, 울진군 19.5 Bq/L, 울릉군 1.0 Bq/L로 나타났으며, 결과는 표 2 및 그림 1과 같다.
- 라돈 기준초과지역은 영주시 3개소에서 161.0 Bq/L~193.9 Bq/L로 나타났고 표 3과 같다.

표 2. 지역별 라돈 농도

(단위 : Bq/L)

조사지역	라돈 농도				중양값
	평균	최대	최소		
포항시	9.3	27.0	0.1		13.6
경주시	2.5	9.4	0.0		4.7
김천시	1.3	2.2	0.1		1.2
안동시	2.9	20.1	0.0		10.1
구미시	20.0	90.7	0.3		45.5
영주시	73.0	193.9	0.0		97.0
상주시	17.9	29.6	0.0		14.8
경산시	7.7	32.5	0.3		16.4
군위군	4.0	4.0	4.0		4.0
의성군	13.9	22.0	5.2		13.6
청송군	5.3	10.5	0.0		5.3
영양군	21.5	21.5	21.5		21.5
영덕군	24.7	27.2	22.0		24.6
청도군	5.9	8.2	3.6		5.9
고령군	96.2	96.2	96.2		96.2
성주군	0.2	0.2	0.1		0.2
칠곡군	11.3	43.8	1.1		22.5
예천군	54.0	54.0	54.0		54.0
봉화군	46.9	46.9	46.9		46.9
울진군	19.5	28.2	10.9		19.5
울릉군	1.0	2.0	0.0		1.0

II. 조사사업

표 3. 라돈 기준초과 지역

(단위: Bq/L)

조사지역	소재지	라돈	기준
영주	가흥동 530-2	161.0	148
	풍기읍 산법리 376-1	193.9	
	상망동 834-35	173.6	

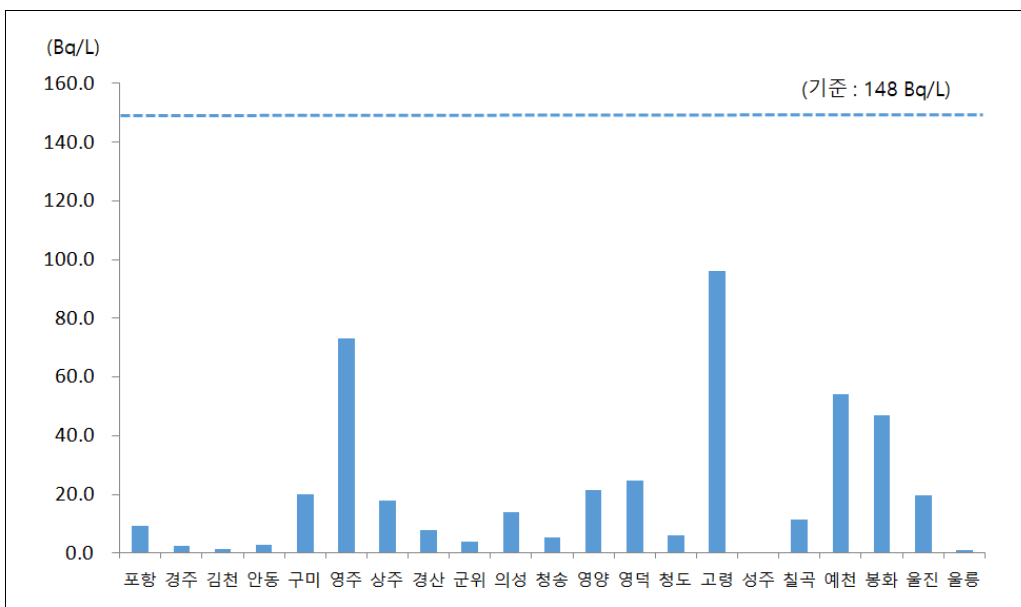


그림 1. 지역별 라돈 평균농도

- 우리나라 검사 결과 총 115개소 중 불검출(0.1 $\mu\text{g/L}$ 미만) 73개소, 먹는물수질기준 이내(30 $\mu\text{g/L}$) 42개소. 기준초과 (30 $\mu\text{g/L}$ 초과) 지역은 없는 것으로 나타났다.
- 지역별 우리나라 평균농도는 포항시 0.3 $\mu\text{g/L}$, 경주시 0.0 $\mu\text{g/L}$, 김천시 2.0 $\mu\text{g/L}$, 안동시 0.5 $\mu\text{g/L}$, 구미시 3.2 $\mu\text{g/L}$, 영주시 0.7 $\mu\text{g/L}$, 상주시 0.0 $\mu\text{g/L}$, 문경시 0.1 $\mu\text{g/L}$, 경산시 0.4 $\mu\text{g/L}$, 의성군 0.4 $\mu\text{g/L}$, 청송군 0.4 $\mu\text{g/L}$, 영양군 2.9 $\mu\text{g/L}$, 영덕군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 청도군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 고령군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 성주군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 칠곡군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 예천군 0.1 $\mu\text{g/L}$, 봉화군 7.9 $\mu\text{g/L}$, 울진군 0.0 $\mu\text{g/L}$, 울릉군 0.0 $\mu\text{g/L}$ 로 나타났으며, 결과는 그림 2 및 표 4와 같다.

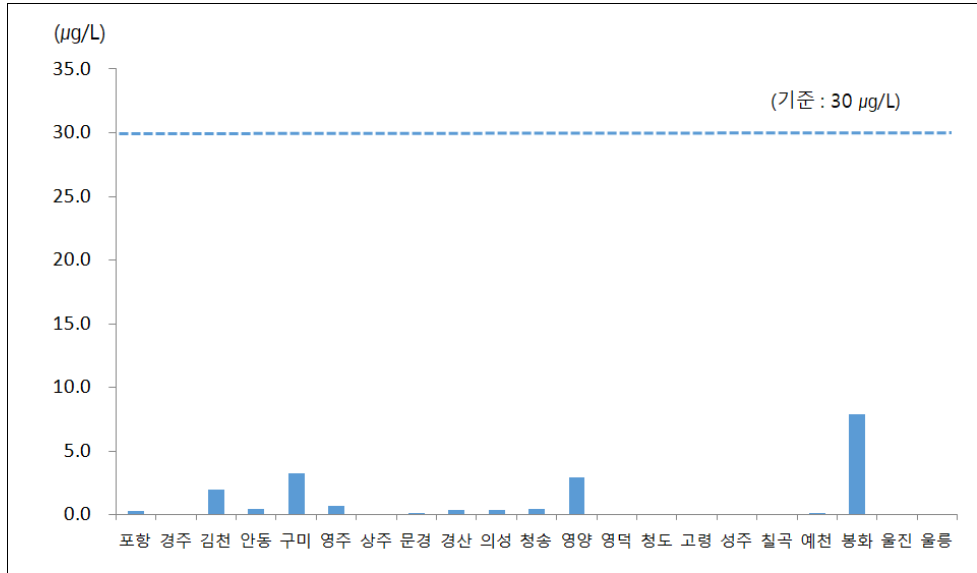


그림 2. 지역별 우라늄 평균농도

표 4. 지역별 우라늄 농도

(단위 : μg/L)

조사지역	우라늄 농도			
	평균	최대	최소	중앙값
포항시	0.3	1.6	0.0	0.8
경주시	0.0	0.0	0.0	0.0
김천시	2.0	3.6	0.0	1.8
안동시	0.5	4.5	0.0	2.2
구미시	3.2	13.1	0.0	6.6
영주시	0.7	3.6	0.0	1.8
상주시	0.0	0.1	0.0	0.1
문경시	0.1	0.6	0.0	0.3
경산시	0.4	2.8	0.0	1.4
의성군	0.4	1.5	0.0	0.8
청송군	0.4	0.9	0.0	0.4
영양군	2.9	2.9	2.9	2.9
영덕군	0.0	0.0	0.0	0.0
청도군	0.0	0.0	0.0	0.0
고령군	0.0	0.0	0.0	0.0
성주군	0.0	0.0	0.0	0.0
칠곡군	0.0	0.0	0.0	0.0
예천군	0.1	0.1	0.1	0.1
봉화군	7.9	15.7	0.1	7.9
울진군	0.0	0.0	0.0	0.0
울릉군	0.0	0.0	0.0	0.0

II. 조사사업

- 경북 도내 민방위 급수시설 지하수의 라돈과 우라늄에 대한 상관성(R)은 0.0265로 나타났으며, 그림 3과 같다.

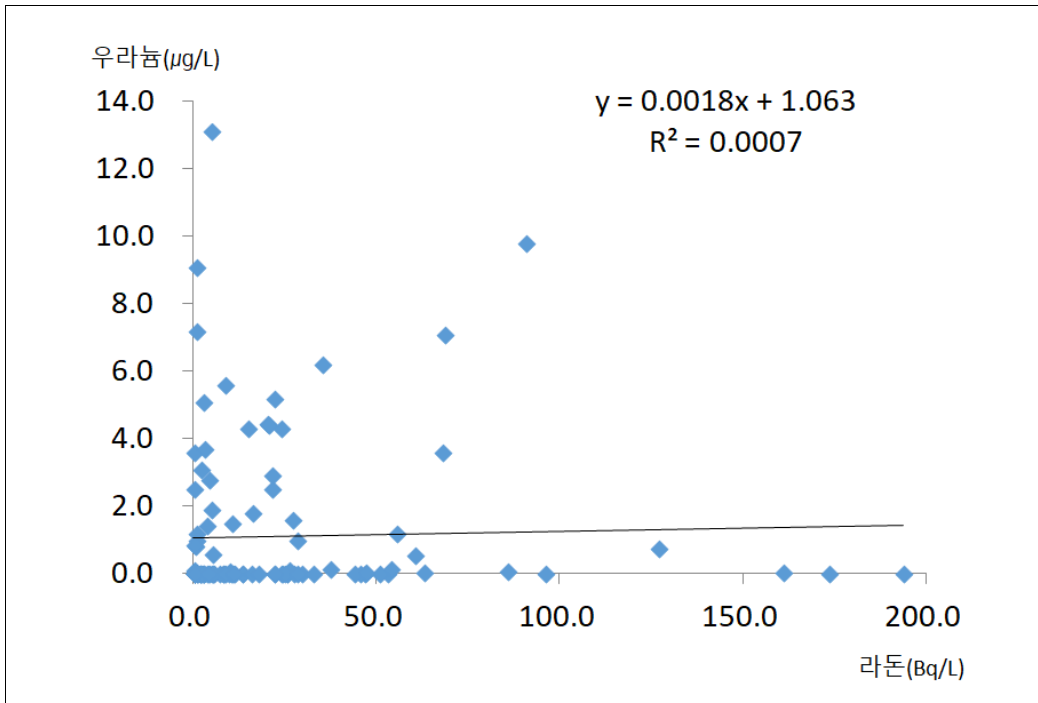


그림 3. 라돈과 우라늄 상관관계

4. 활용방안

- 민방위 비상급수시설 지하수에 대한 라돈 및 우라늄 분포 실태조사를 통하여 지하수 오염 부적합 시설에 대해 대처방안 마련을 위한 기초자료로 활용하고,
- 지하수인 민방위 비상급수시설의 자연방사성물질 검사강화로 먹는물에 대한 안전성을 확보하고자 한다.