

대전지역 지하수에 함유된 우라늄 및 라돈의 함량

한정희* · 박계현*

Abundances of Uranium and Radon in Groundwater of Taejeon Area

Jeong-Hee Han* and Kye-Hun Park*

ABSTRACT : The concentration of radioactive elements was measured from the groundwater samples of Taejeon Area. U and Rn concentrations of very high level were detected from many places, especially around Yusung. These levels are much higher than the concentration standards for the drinking water proposed by the United States Environmental Protection Agency. However, in Korea, there are no standard levels for the radioactive elements in drinking water yet. We think that it is necessary to provide such standards as soon as possible, and that the determination of radioactive elements in groundwater should be included in the routine analysis items for the drinking water quality, because many people currently use such relatively high level radioactive groundwater as their drinking water, especially around Yusung area.

서 론

세계적으로도 고준위의 방사선 자체가 인체에 미치는 영향에 대한 연구는 비교적 많이 보고되었으나 저농도의 방사성 물질에 지속적으로 노출되었을 경우 인체에 미치는 영향에 대해서는 연구된 결과가 많이 보고되지 않고 있다. 따라서 이러한 물질을 먹는물이나 음식의 형태로 섭취할 수 있는 대한 기준에 대해서는 잘 연구되어 있지 않다. 그러나 미국의 경우 실내의 공기중에 축적된 라돈 가스가 폐암 발생률을 심각히 증가시킬 수 있다는 보고와 함께 토양이나 지하수중 라돈의 함유량 조사 및 실내 공기에 대한 라돈의 농도 검사가 상당히 보편화 되어있다. 또한 미국의 환경청 (Environmental Protection Agency; 이하 US EPA)에서는 허용할 수 있는 먹는물 중의 우라늄, 라듐, 라돈 등의 방사성 물질의 농도에 대한 기준을 강화시켜 나가고 있는 실정이다. 그러나 우리 나라에서는 아직 먹는물에 대한 이러한 기준이 전혀 없는 실정이다. 물론 대부분의 지역에서는 지하수 중의 방사성 물질의 함량이 매우 낮기 때문에 문제가 되지 않는다. 하지만 이번 조사에서는 연구대상지역의 상당수 지하수에서 매우 높

은 수준의 라돈이 검출되었으며 일부 지하수는 우라늄의 함량이 매우 높게 나타났다. 따라서 이와같이 방사성 물질의 함량이 높은 지역에서는 과연 이 물을 마셔도 괜찮은 것인지에 대한 연구가 필요하다고 판단되며 또한 방사성 물질의 농도에 대한 먹는물의 기준이 마련되어야만 한다는 문제제기의 일환으로 조사결과를 보고한다.

시료채취 및 분석

연구지역

대전은 과거에 우라늄의 개발을 목적으로 집중적인 조사까지 수행되었던 함우라늄 흑색셰일이 분포하는 옥천대에 위치하고 있다. 따라서 이 지역의 지하수는 우라늄 또는 우라늄의 붕괴계열에 속하는 방사성 동위원소를 많이 함유하고 있을 가능성이 높다. 한편 유성의 온천수는 라듐천으로 알려져 있으며 실제로 온천수의 연구에서 다른 지역의 온천수보다 상당히 높은 우라늄 농도가 분석되기도 하였다 (김도희, 1993). 이와 같은 사실은 유성 지역에서 먹는물로 쓰이고 있는 지하수 중에 방사성 동위원소의 함량이 상당히 높을 가능성을 시사한다. 더우기 최근에는 상수도에 대한 불신이 높아져 점차로 많은 사람들이 지하수를 먹는물로 애용하고 있는 현실이지만 이 지역

* 기초과학지원연구소 (Korea Basic Science Institute, 52 Eoeun-Dong, Yusung-Gu, Taejeon 305-333, Korea)

의 먹는물에 함유된 방사성 물질들의 함량이 체계적으로 조사된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 유성지역을 중심으로 하여 대전의 여러 지역을 포함해 시료를 채취하여 분석하였다.

시료채취

대전광역시에는 비상시에 상수도 시설이 제대로 역할을 하지 못할 경우에 먹는물로 쓰기위한 민방위 급수시설로 만들어진 지하수 급수 시설이 상당히 여러 곳에 있으며 또한 유성의 연구단지 지역에는 대부분의 연구소와 각급 학교등이 지하수 급수 시설을 한 곳 이상씩 갖추고 있어 시료채취는 비교적 용이하게 할 수 있었다. 이러한 급수 시설들 중에서 100 m 이상 굴착된 암반수와 굴착깊이가 불확실한 몇개의 급수시설에서 94년 5월과 95년 4월에 채수하였다. 기초과학지원연구소 (Table 1의 KBSI)에서는 94년 2월 17일부터 94년 10월 24일 사이에 비정기적으로 9회, 95년 6월 13일에 1회등 10회 채수하였다.

94년 5월에는 중금속 측정용 시료로 현장에서 60 ml를 채수하였다. 이 시료들은 금속이 흡착되는 것을 방지하기 위하여 석영관에서 비등점이하로 증류한 질산을 채수 당일 실험실에서 더하여 산산화 시킨후 4°C에서 냉장하여 보관하였다. 같은 날 방사능측정용 시료로 4 l씩 채수하였고, 이 시료들은 산으로 산산화 시키지 않고 상온에서 보관하였다. 산산화시키지 않은 시료의 경우 채취후 지역에 따라 녹조류나 곰팡이가 번식하는 경우가 있어 장기간 보관은 어려웠다.

95년 4월에 채취한 시료들은 각 지점에서 250 ml 부피의 시료를 2개씩 채취하였고, 이 중에서 중금속 측정용시료는 현장에서의 산처리시 문제점을 극복하기위해 실험실에서 미리 산을 첨가한 용기에 시료를 채취하였다. 이 시료들은 모두 4°C에서 냉장하여 보관하였다.

측정기기

모든 측정은 기초과학지원연구소 대덕본소에 설치되어 있는 기기들을 이용하였다. 알파방사능 총량과 라돈의 함량 측정을 위하여 Finland의 Wallac사의 Quantalus 1220 저준위 액체섬광형 방사능분석기 (liquid scintillation counter; 이하 LSC)의 α/β 분리 모드를 이용하였으며, 우라늄 동위원소의 방사능 비는 CANBERRA사의 PIPS 검출기를 이용하는 알파선 분석기를 사용하였다. 우라늄의 농도는 고분해능 유도결합플라즈마 질량분석기 (High Resolution ICP/MS; FISON'S PlasmaTrace 모델)

를 이용하여 분석하였다.

방사능 측정

지하수중 우라늄의 분리는 암석이나 퇴적물 시료와 같은 고체시료에 사용되는 방법을 단순화시켜 사용하였다. 일반적으로 우라늄의 분리농축 과정에 이용되는 이온교환수지방법을 이용하였고, 우라늄의 농도가 낮은 경우는 철공침을 이용하여 일단 우라늄을 농축한 후 정제하였다. 우라늄 및 다른 방사성 물질의 분석에 사용된 방법은 기존의 분석법 (박계현 등, 1992; Ku *et al.*, 1965; Anderson, Fleer, 1982; US EPA, 1980)들을 참조하였으며 요약하면 다음과 같다.

알파 방사능 총량의 측정

매우 간단하고 특별한 기술을 필요로 하지 않으며 한번에 여러개의 시료를 처리할 수 있는 알파 방사능 총량의 측정법은 일정량의 먹는물을 증발시킨후 측정판 위에 얇게 도포하여 알파방사능 검색기로 측정하는 것이다. 그러나 이 방법의 결과는 먹는물 중에 녹아있는 고체의 양에 의해 영향을 받으며, 증발잔류물에 의해 알파 입자의 에너지가 감소되기 때문에 측정된 총 알파방사능량이 감소한다. 이 연구에서 사용한 방법은 액체 섬광형 분석기를 이용한 방법으로 이 경우 증발농축된 시료를 액체 섬광체에 다시 녹임으로써 이러한 매질효과를 감소시킬 수 있다. LSC를 이용한 알파 방사능 총량의 측정을 위한 시료

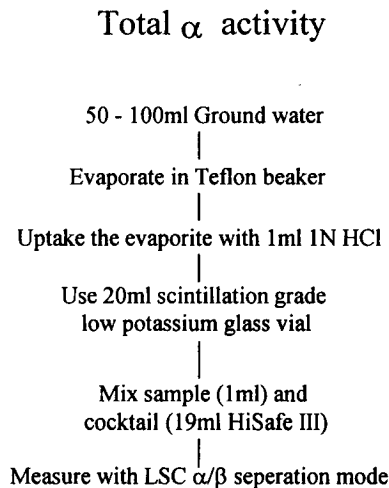


Fig. 1. Schematic procedure for the determination of gross alpha activity from groundwater using liquid scintillation counter.

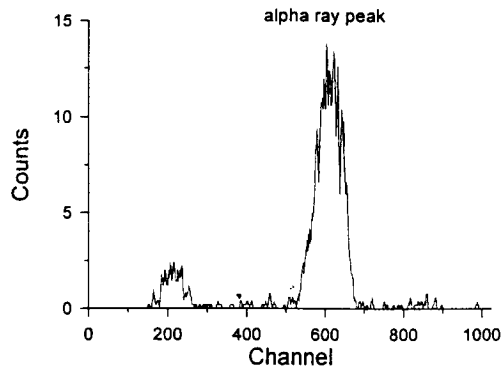


Fig. 2. An example of alpha ray spectrum measured by the method explained in Fig. 1.

전처리방법을 Fig. 1에 요약하였다. 알파방사능 총량의 측정은 기기적 그리고 주위의 환경적인 변화에 대한 시료 간의 차이를 상쇄시키기 위해 10분씩 20회 측정하여 하나의 스펙트럼으로 합하였다. Fig. 2는 이 방법으로 측정된 알파입자 스펙트럼의 예를 보여준다. 이 실험에서 60 ml의 시료를 증발건조시킨 후 200분간 측정하였을 경우 측정하한값은 1.1 pCi/l이다.

라돈-222(²²²Rn)의 측정

²²²Rn은 기체인 라돈의 동위원소로 반감기는 3.82일에 지나지 않기 때문에 약 20일 후면 대부분의 ²²²Rn은 붕괴되어 사라진다. 따라서 이와같은 ²²²Rn의 특성상 시료를 채취한 뒤에 바로 밀봉하여 보관하고, 채수후 최단시간 내에 측정하여야 하며, 채수 시간과 측정의 시작 및 끝 시간을 정확히 기록하여 보정하여야 한다. LSC용 20 ml 저농도 칼륨 유리병에서 전처리를 거치지 않은 시료 5 ml과 섬광액 (HiSafe III) 15 ml을 혼합하여 측정하였다. Fig. 3은 LSC를 이용한 지하수 중의 ²²²Rn 측정 스펙트럼을 보여준다.

알파선을 내는 다른 방사능 핵종이 존재하여 ²²²Rn의 peak와 겹쳐져서 나타나는 경우에는 이를 보정해 주어야 한다. 보정 방법은 ²²²Rn이 반감기가 짧다는 사실이나 라돈이 기체라는 성질을 이용한다. 한가지 방법은 1차 측정 시료를 약 20일 이상의 기간이 경과한 후에 다시 측정하는 것으로 이 방법을 사용하면 반감기가 3.82일인 ²²²Rn이 완전히 붕괴하여 나타나지 않고 알파선을 내는 다른 핵종만의 스펙트럼을 얻을 수 있다. 다른 방법은 시료를 가열 및 증발시키거나 또는 불활성기체를 통과시키는 방법으로 기체인 ²²²Rn을 제거한 뒤에 제거시키지 않은 시료와 동일한 방법으로 측정한 뒤 비교하여 다른 핵종의 영향을

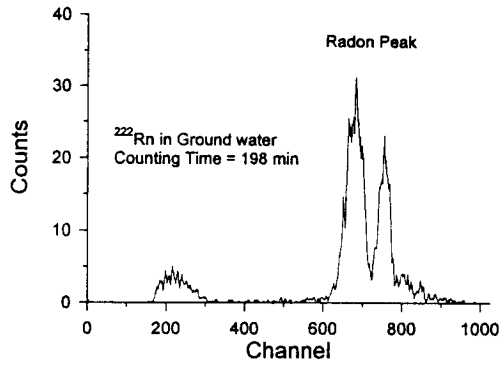


Fig. 3. An example of LSC spectrum which shows the presence of ²²²Rn in groundwater.

보정하는 것이다. 이 연구에서는 라듐등 다른 방사성핵종의 존재를 확인하기 위하여 라돈이 완전히 붕괴된 뒤의 스펙트럼으로 보정하는 방법을 택하였다.

²²²Rn의 측정효율은 우라늄 표준시료로 측정된 측정효율과 같다고 가정하였다. 라돈이 기체이기 때문에 측정용기에서 확산되어 측정용기중의 섬광용액 상층부의 공간에 머무르게 되면 측정효율이 떨어질 것을 우려하여 측정용기의 빈 공간을 공간을 최대한 적게 하였으며 또한 라돈이 외부로 빠져나가지 않도록 밀폐시켜 측정하였다. 이 연구에 사용한 방법의 ²²²Rn의 측정하한은 5 ml 시료를 전처리 없이 200분간 측정하였을 경우 35.5 pCi/l이다. 이 측정하한 값은 측정시간을 증가시킬 경우 더 낮은 농도범위로 확장시킬 수 있다.

우라늄 동위원소의 방사능비 측정

지하수중 우라늄의 분리는 이온교환수지방법을 이용하였고, 우라늄의 농도가 낮은 경우 철 공침을 이용하여 일단 우라늄을 농축한후 우라늄을 정제하였다. 사용된 방법은 Fig. 4에 요약되어있다. 이렇게 분리농축된 우라늄은 1 M NH₄Cl 용액에서 스테인레스 스틸판위에 9 V에서 30분간 전기도금하였다. 이렇게 준비된 시료는 알파입자 측정기를 이용하여 측정하였다. 측정된 스펙트럼의 예를 Fig. 5에 나타내었다.

결과 및 고찰

우라늄의 함량 및 방사능비

이번 연구에서 분석된 지하수중의 우라늄 함량은 유성 지역에서 높게 나타났으며, 그 밖의 지역에서는 대체로

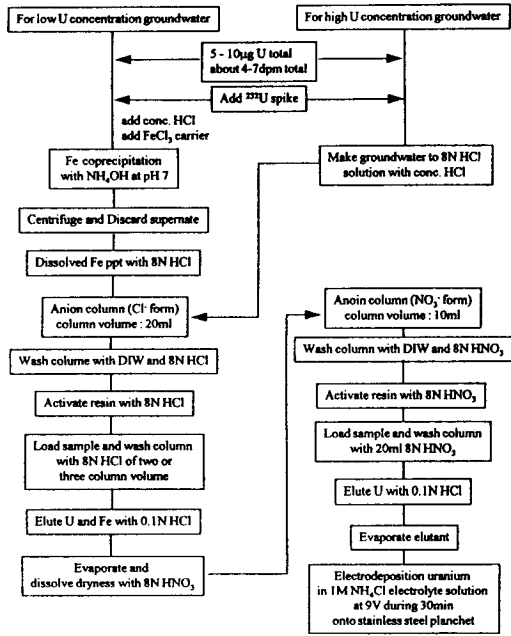


Fig. 4. Flow chart for the procedures of separation of uranium from groundwater and of electrodeposition to determine isotopic composition of uranium.

낮은 것으로 나타났다. 알파방사능 총량또한 우라늄과 같은 현상을 보인다. 1994년 5월과 1995년 4월에 채취한 시료들의 우라늄 농도를 비교해보면 대체적으로는 유사한 경향을 보이거나 시간적으로 상당한 변화를 보임을 알 수 있으며 특히 10회에 걸쳐 채수한 기초과학지연연구소의 지하수는 131 ppb에서 1093 ppb까지 매우 큰 농도 변화를 보인다.

분석된 자료들을 먹는물의 수질기준과 비교하여 보면 우라늄의 경우 대전의 많은 지역 지하수에서 미국 EPA의 권장치 (20 ppb)보다 높게 나타났으며, 특히 유성지역이 높은 것으로 나타났다. 조사된 지하수가운데 권장치를 초과하는 지역의 모두가 유성지역에 존재하며, 유성지역 지하수중 미국 EPA권장치 이하의 우라늄함량을 보이는 지역은 어은약수와 충남대 공대와 기숙사 지역이다. 유성을 제외한 다른 지역의 지하수는 대부분 10 ppb이하의 우라늄함량을 보인다. 비록 이들 지역의 우라늄 함량이 미국 EPA의 권장치보다는 낮을지라도 일반적인 지하수의 우라늄 함량보다는 매우 높은 값이다. 따라서 이러한 사실은 이 지역들도 우라늄의 함량이 높은 지층의 영향을 받고 있다는 증거이다.

우라늄의 방사능비는 94년 5월에 채취한 시료와 기초과학지연연구소의 시료에대해 이루어졌다 우라늄 함량이

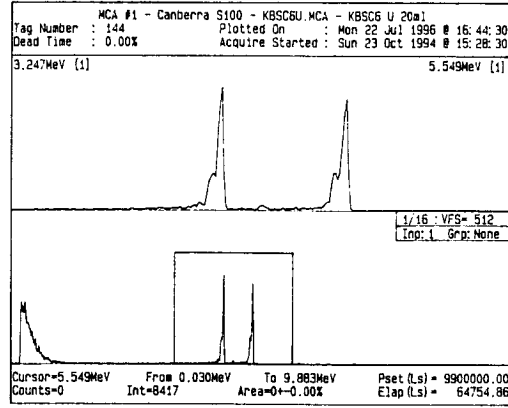


Fig. 5. An example of alpha spectrum measured by PIPS detector from prepared uranium sample. Upper figure is the expansion of the square box shown in lower figure. The first peak is ²³⁸U peak and the second one is ²³⁴U peak.

시간에따라 크게 변하는 것과는 대조적으로 ²³⁴U과 ²³⁸U 동위원소 사이의 방사능비는 1에 근접하여 비교적 일정한 값을 가지고 있다. 대체적으로 지하수에서의 우라늄 방사능비는 반동이탈 (recoil) 과정에 의해 ²³⁴U가 농축되어 어미핵종인 ²³⁸U과의 방사능비가 1보다 큰 값을 나타내는 것이 일반적이며, 지하수의 잔류시간에 비례하여 방사능비는 증가한다 (Osmond, Cowart, 1992). 일반적으로 지하수에서 우라늄함량이 낮을수록 높은 방사능비를 가지는 것으로 관찰되며, 이러한 현상은 우라늄이 화학적 작용에의해 용해되기 어려워 낮은 농도를 갖게되며, 반동작용에 의해 ²³⁴U가 선택적으로 증가하기 때문인 것으로 보인다. 연구 지역에서의 방사능비는 1에 가깝고, 방사능함량 또한 매우 높은 것으로 보아 지하수 중의 우라늄 공급원은 우라늄이 물에 쉽게 녹을 수 있는 지질구조 및 암석 조성을 가지고 있는 것으로 생각된다.

알파 방사능 총량

알파 방사능 총량 (Table 1; gross alpha activity)은 우라늄 함량과 정의 상관관계를 가진다 (Fig. 6). 두 인자사이의 기울기는 0.684 (r²=0.979)로 정적평형상태에서 우라늄 1 μg의 방사능 0.679 pCi/μg과 유사한 값을 가진다. 즉 이러한 결과는 알파 방사능 총량은 대부분 우라늄 동위원소에 의해 결정됨을 의미한다.

알파 방사능 총량은 그 값이 갖는 생물학적 독성 이외에도 독성을 지닌 다른 방사성 동위원소의 존재유무를 간접적으로 판단하기 위한 기초자료로도 사용될 수 있다. 미국 EPA에서는 측정방법이 복잡하고 어려운 ²²⁶Ra과

Table 1. Uranium content, gross alpha activity, and ^{222}Rn activity in groundwater samples from Taejeon area.

Sample location	Sampling date	U (ppb)	Gross alpha activity (pCi/L)	^{222}Rn activity (pCi/L)
Kyeongnam Apt.	95-04-03	3.5	4.2 +/- 0.7	1420 +/- 50
KOSEF	95-04-03	356.1	243.5 +/- 4.6	3460 +/- 70
	94-05-06	149.9	117	
Dangdae Spring	95-04-03	8.2	0.8 +/- 0.3	300 +/- 120
	94-05-06	3.9		
Samcheon Sports Park	95-04-03	7.6	7.5 +/- 0.9	720 +/- 40
	94-05-06	5.7		
Damsudae	95-04-03	3.5	4.8 +/- 0.7	670 +/- 40
	94-05-06	3.1		
KAIST #3 Hole	95-04-03	58.1	41.8 +/- 1.9	4580 +/- 80
	94-05-06	56.2	19	
Eoeun Spring	95-04-03	13.3	7.1 +/- 0.9	330 +/- 30
	94-05-06	6.7		
Eoeun Elementary School	94-05-06	24.2	7	
Hot Spring Park	95-04-03	96.1	62.8 +/- 2.4	2400 +/- 90
	94-05-06	106.5	52	
Indong Hyundai Apt.	95-04-03	2.2	3.1 +/- 0.7	140 +/- 20
Eupnaedong HD Apt	94-05-06	2.9		
Jangdae Spring	95-04-03	57.8	35.4 +/- 1.8	2050 +/- 50
	94-05-06	62.8	30	
Chungnam Univ. (Engineering College)	95-04-03	4.9	5.9 +/- 0.8	1430 +/- 50
	94-05-06	4.1		
Chungnam Univ. Dorm.	94-05-06	8.5		
KRISS	95-04-03	3.5	5.3 +/- 0.8	1730 +/- 50
	94-05-06	3.0		
Hanul Apt.	95-04-03	16.0	13.0 +/- 1.1	400 +/- 30
KAIST Bachelor Hole	94-05-06	19.8	10	
KBSI (Korea Basic Science Institute)	94-02-17	651.6		
	94-05-06	1092.5	312.0	
	94-05-23	504.9	79.9	
	94-06-07		18.4	
	94-06-21	355.4		
	94-07-04	876.6	126.7	
	94-07-25	130.5	20.6	
	94-09-12	357.9	233.1 +/- 4.5	
94-10-24	665.9	276.9 +/- 4.9		
95-06-13			10310 +/- 130	

^{228}Ra 의 경우 알파 방사능 총량이 기준 (20 pCi/l)을 초과하는 경우에 한해 측정할 것을 제안하고 있다. 그러나 대전지역의 경우 알파방사능 총량이 우라늄 함량에 의해 결정되고, ^{222}Rn 의 공시료에서 다른 방사성동위원소의 존재가 확인되지 않는 것으로 보아 라돈의 방사능 함량이 기준치를 크게 초과하지 않는 것으로 보인다.

^{222}Rn 의 함량

^{222}Rn 의 방사능량은 Table 1에 나타내었다. ^{222}Rn 의 측정값은 시료채취시 ^{222}Rn 가 가스상태로 존재하므로 시료채취, 보관과 시료준비 과정에서 약간의 손실 가능성을 가지기 때문에, 각 지역에서 나타낼 수 있는 방사능의 최

소값일 것이다. 측정된 ^{222}Rn 의 양은 우라늄의 함량과는 직접적인 관계가 없다 (Fig. 7). 이러한 현상은 라돈이 상온에서 기체이기 때문에 지하수에 공급 혹은 지하수에서 방출되는 경로가 우라늄과는 다르기 때문으로 생각된다. 또한 짧은 반감기이므로 공급원으로 부터의 거리나 지하수의 이동 속도 등에 영향을 받았을 것이나 어떤 경로를 통해 공급되는지 그리고 공급원은 어디인지 알 수 없다. ^{222}Rn 함량에 대한 보다 자세한 분포 및 원인은 라돈의 정확한 측정과 지하의 자세한 지질구조 및 지층의 지화학적 분석이 요구된다.

^{222}Rn 의 함량은 조사된 지역중 1지역을 제외하고 나머지 지역 모두에서 미국 EPA의 권장치를 1에서 약 30배를 초과한다. ^{222}Rn 의 함량 또한 유성지역이 높은 것으로 나타나

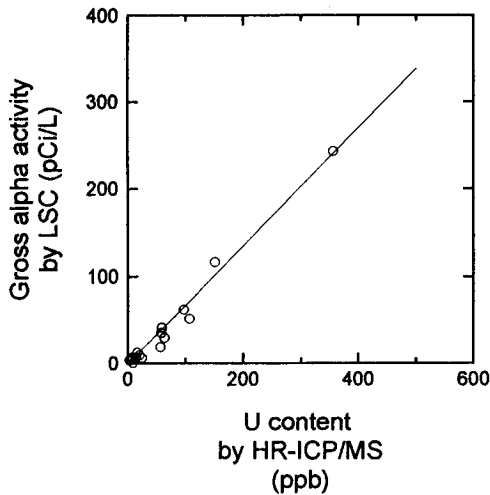


Fig. 6. A diagram showing a linear positive relationship between gross alpha activity and uranium concentration in groundwater. Gross alpha activities were measured by liquid scintillation counter (LSC) and uranium concentrations were measured by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometer (HR-ICP/MS).

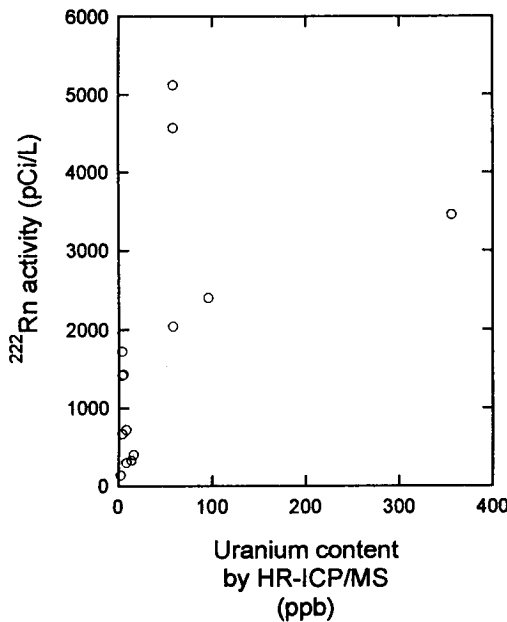


Fig. 7. A diagram showing no clear relationship between radon-222 activity and uranium concentration of groundwater in studied area, which could reflect the differences in chemistry, source of supply, and escape routes of these elements.

나 다른 지역의 채수지점 수가 적기 때문에 명확한 구분을 짓기는 어렵다. 경남아파트의 경우에서와 같이 다른 지역

Table 2. Radioactivity standards in drinking water of US EPA(1993) and health effects of radioactive materials.

Chemicals	MCLG	MCL	Units	Health Effects
Beta and photon activity	zero	4	mrem	Cancer
Gross alpha particle activity	zero	15	pCi/L	Cancer
Radium 226	zero	20	pCi/L	Bone Cancer
Radium 228	zero	20	pCi/L	Bone Cancer
Radon	zero	300	pCi/L	Lung Cancer
Uranium	zero	20	µg/L	Kidney

MCLG; maximum contaminant level goal, MCL; maximum contaminant level. See further discussion in text.

에서도 ²²²Rn의 함량이 높을 가능성을 배제할 수 없다.

결론

대전지역의 방사성 동위원소는 전체적으로 볼 때 높은 방사능함량을 나타내고, 지역적으로는 유성지역 (대전북부) 이 대전내의 다른 지역보다 높게 나타났으며, 우라늄과 라돈의 함량이 매우 높은 반면 라돈의 존재가 확인되지 않았다. 이러한 사실들은 우라늄의 경우 물에 쉽게 녹을 수 있는 형태로 존재하고, 라돈의 공급원이 되는 지층이 라돈에 대해 흡착성이 강하거나, 라돈이 물과 반응하지 않는 형태로 존재하기 때문일 것이다. 또한 ²²²Rn의 반감기가 매우 짧기 때문에 이들의 함량이 높다는 것은 이들의 공급원이 이 지역에서 멀지않은 곳에 존재한다는 것을 의미한다.

방사능에대한 먹는물의 수질기준은 우리나라에서는 아직 마련되어있지않다. 그러나 미국 EPA는 먹는물에 대하여 방사능 관련 6개 항목의 허용농도 표준 (Table 2)이 제안되어 있다 (US EPA, 1993). MCLG (maximum contaminant level goal)은 건강에 악영향을 주지 않는다고 판단되는 값으로 이 정도의 양이 포함된 물을 평생 마시더라도 아무런 병에 걸리지 않아야하는 값이며, 관리적인 측면에서의 목표치이고 법적인 규제치는 아니다. MCL (maximum contaminant level)은 법적으로 규제되며 관리권자는 MCL의 설정을 최대한 MCLG에 가깝거나 같은 값이 되도록 노력할 의무가 있으며, 기술적 경제적 측면등도 고려되어 결정되는 값이다. 아직 높은 방사능 원소들을 함유한 물을 지속적으로 마실 경우에 어떤 건강상의 영향이 있는지에 대한 절대적으로 믿을만한 역학 조사가 우리나라에서 실시된 적은 없다. 그러나 이번 조사의 결과 대전지역 특히 유성의 경우 많은 곳의 지하수에서 상당량의 우라늄과 라돈 함량이 측정되었으며 이는 미국 EPA가 제안한 기준 (US EPA, 1993)에 비추어 볼 때 매우 높은 수치이다. 따라서 우리나라에서도 이에

대한 기준치가 마련되어야 할 것으로 생각된다.

라돈은 기체가기 때문에 오래 보관하거나 끓이면 물 속의 라돈이 모두 날아간다. 따라서 우라늄 함량이 높지 않고 라돈만 높은 지하수의 경우는 오래 보관하거나 끓여 먹으면 라돈 문제는 해결된다. 그러나 오래 보관하는 방법의 경우 한달 이상 보관이 필요할 수도 있으며 이 기간 중에 미생물이 번식할 수도 있다. 끓이는 경우는 대부분의 사람들이 생수를 마시는 목적과는 거리가 있어 선택이 곤란한 방법이 될 수도 있다. 우라늄 역시 제거하는 방법이 여러 가지 제안되고 있으나 (US EPA, 1982) 이 방법들 또한 정수과정을 거치는 것으로 통상적인 생수 개념과는 거리가 있다. 그러나 지하수만이 유일한 먹는물인 지역에서는 고려해볼 필요가 있는 방법들로 판단된다.

만약 이러한 정제를 하지 않을 경우에는 우라늄이 높은 수준으로 함유된 물을 마시지 않을 것을 추천한다. 이러한 문제는 아직 법적으로 먹는물 기준이 마련되지 않은 상태이고 의학적으로도 장기적으로 섭취했을 경우의 영향에 대해 단언하기는 매우 어려운 문제로 생각되기 때문에 지금 당장에 강제적인 조치를 취하기는 힘들다고 생각한다. 그러나 적어도 먹는물 기준이 마련되기 전까지는 각 공동 급수시설의 정기적인 분석항목에 우라늄과 라돈 가스등 방사성 물질 관련 항목들을 포함시키고 그 결과를 항상 보기 쉽게 고지하여 일반인들이 각자의 판단에 따라 마시고 안 마시고를 선택할 수 있도록 하여야 한다고 생각한다. 우라늄은 활성탄 필터등을 이용하면 비교적 쉽게 제거될 수도 있기 때문에 먹는물로 사용하는 지하수에는 필요시 적절한 여과장치를 통해 급수하는 것도 고려해볼 만한 방법으로 생각한다.

옥천대의 여러 지역에서 생산되고 있는 생수에도 상당량의 방사성 물질이 포함되어 있을 가능성을 배제할 수는 없다. 이 경우 사용자가 전국적이기 때문에 이에 대한 대책이 시급히 마련되어야한다. 옥천대 이외의 지역 중에서도 이천, 온양, 도고, 덕산온천 지역과 같이 온천수의 우라

늄 농도가 15 내지 92 ppb로 높게 나타나는 지역 (김도희, 1993) 은 주변의 지하수에 대해 방사성물질의 함량조사를 실시하는 것이 바람직하다고 판단된다.

사 사

이 연구는 기초과학지원연구소의 연구비 지원에 의해서 이루어졌다. 고분해능 ICP-MS를 이용하여 우라늄의 정량분석을 도와준 최만식 선임연구원에게 감사드린다.

참고문헌

- 김도희 (1993) 우리나라 주요온천의 수질특성과 유형분류에 관한 연구. 건국대학교 교육대학원 석사학위논문, 61pp.
- 박계현, 최만식, 이석훈, 정창식, 이광식, 한정희, (1992) 도입 첨단 연구기기의 성능 평가 및 활용도 제고에 대한 기초 연구-지구과학 관련 연구기기에 관하여 (II). 기초과학지원센터 미발간 연구보고서, 143p.
- Anderson, R.F. and Fleer, A.P. (1982) Determination of natural actinides and plutonium in marine particulate material. *Anal. Chem.*, v. 54, p. 1142-1147.
- Ku, T.L. (1965) An evaluation of the U-234/U-238 method as a tool for dating pelagic sediments. *J. Geophys. Res.*, v. 70, p. 3457-3474.
- Osmond, J.K. and J.B. Cowart (1992) Ground water: In "Uranium-series disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences" (M. Ivanovich and R.S. Harmon eds), p290-333, Oxford Science Publications
- US EPA (1980) Prescribed procedures for measurement of radioactivity in drinking water, EPA 600/4-80-032, United States Environmental Protection Agency.
- US EPA (1982) Methods of removing uranium from drinking water: A literature survey. Present municipal water treatment and potential removal method, EPA 570/9-82-003, United States Environmental Protection Agency.
- US EPA (1993) Drinking water regulations and health advisories, EPA 822/F-93-011, United States Environmental Protection Agency.

1996년 6월 21일 원고접수