

## 대전지역 지역별 지하수종의 라돈 및 우라늄 분포 특성연구

윤운열 · 조수영 · 이길용 · 김용제

한국지질자원연구원 지하수지열연구부(yyyoon@kigam.re.kr)

### 요 약 문

대전지역 화강암지대에 존재하는 75개 지하수를 5개 지역구에서 채취하였으며, 상·하반기 동안 2차례 시료를 채취하여 건기와 우기후의 라돈 및 우라늄 농도를 분석하였다. 5개 지역에 대한 라돈과 우라늄의 평균 농도는 유성구에서 270.9 Bq/L, 43.8  $\mu\text{g/L}$  였으며, 동구의 경우 41.3 Bq/L, 4.9  $\mu\text{g/L}$ , 대덕구는 131.8 Bq/L, 54.3  $\mu\text{g/L}$ , 중구의 경우 44.0 Bq/L, 8.1  $\mu\text{g/L}$  그리고 서구는 112.9 Bq/L, 0.4  $\mu\text{g/L}$  이었다. 라돈과 우라늄의 함량은 건기가 우기후에 비해 대체로 높게 나타났으며 건기시의 평균값은 라돈은  $253 \pm 14$  Bq/L 우라늄은 63  $\mu\text{g/L}$  이었으며, 우기시는 195  $\pm 11$  Bq/L, 45.4  $\mu\text{g/L}$  이었다.

주제어 ; 대전지역 지하수, 라돈 방사능, 우라늄

### 1. 서론

지하수는 지각구성 원소들의 이동 및 재배치에 중요한 역할을 담당하므로 지화학연구, 광물탐사연구에 지하수종의 환경방사성동위원소측정기술이 유용한 수단이 될 경우가 많다. 생활하수 또는 식수로 사용하는 지하수에는 라돈과 우라늄이 포함되어 있어 지질에 따라서는 상당히 많은 양을 함유하는 경우도 있다. 지하수 중의 방사능 농도는 지역적 특성이 뚜렷하므로 이를 음용수나 생활용수로 사용하는 경우 지역에 따라 방사선피폭 정도가 크게 달라질 수 있어 여러 나라에서 라돈 및 우라늄에 대한 분석이 시도되었다. 라돈의 경우 지표수종의 함량은 낮으나 지하수에서는 지질환경에 따라 농도가 변한다.

지하수에 존재하는 방사성동위원소는 대부분 자연계에 존재하는 우라늄, 토륨, 악티늄계 원소들로부터 기인된다. 그 중 대부분은 우라늄계에 의해 발생되며 자연방사선중 특히 우라늄과 라돈에 의한 피폭이 가장 많다. 우라늄을 섭취할 경우 뼈와 신장에 축적이 되어 건강에 위해를 끼치게 된다. 우라늄의 경우 방사능보다 화학적 위해성이 더 큰데 일반적으로 섭취한 우라늄의 약 5% 정도가 위장을 통해 혈류로 흡수가 된다고 ICRP에서 평가하였다. 이러한 위해도에 대해 1976년 미국 EPA에서는 일반 음용수에 대한 환경방사성 동위원소에 대한 최대오염준위(MCL; Maximum Contamination Level)를 음용수규정(NIPDRW; the National Interim Primary Drinking Water Regulation)으로 정한바 있으며, 최근 2000년에 그동안 논란이 있어왔던 MCL에 대한 마지막 권고치를 제안하였다. 국내의 경우 국지적으로 지하수를 음용수로 사용하는 곳이 있으나 미국의 경우 대부분의 지역에서 지하수를 음용수로 사용하고 있어 음용수에 대한 방사성 물질의 위해도를 평가하기 위해 USGS에서 1960-1970년대에 89,000 곳의 지하수에 대해 방사능물질에 대한 조사가 이루어졌었다. 그러나 국내의 경우 최근 지하수종의 방사능물질에 대한 사회적 관심이 있어 전국적인 지질구조에 따른 자연방사능에 대한 조사가 이

투어졌다.

본 연구에서는 대부분 화강암지대로 이루어진 대전지역의 지하수에 포함된 라돈 및 우라늄 농도 분포를 파악코자 대전의 5개구에 대해 75개의 시료를 채취하고 상반기와 하반기 2회에 걸쳐 40개 지역의 지하수 시료를 채취하여 지하수중 라돈 및 우라늄 함량분포를 조사하였다.

## 2. 연구지역 및 실험방법

### 2.1 연구지역

대전지역의 지질은 시대미상의 변성퇴적암류와 이를 관입한 대보화강암으로 구성되어 있다. 대보화강암은 편상화강암, 흑운모화강암, 복운모화강암으로 세분된다. 편상화강암은 대전북서부와 동부에 분포하며, 흑운모화강암은 남부에, 복운모화강암은 전체화강암의 70 %를 차지할 정도로 광범위하게 분포하는데, 편상화강암을 관입하며 흑운모화강암과는 점이적인 관계를 보인다.



Fig. 1. Geological map of Daejeon area.

이러한 우라늄함량을 갖는 대전지역에서 사용되는 지하수 및 비상급수 시설로 개발된 지하수를 지역별로 동구 1곳, 중구 3곳, 서구 14곳, 유성구 17곳, 대덕구 9곳에서 시료를 채취하였으며 채취 지역인 대전 지질도를 fig. 1에 나타내었다.

### 2.2 실험방법

라돈분석을 위한 시료의 채취는 배수관에 차있는 지하수를 충분히 배출한 후 약 5 L 크기의 용기에 와류나 기포의 발생이 없도록 주의를 하여 받은 후 바로 측정용기인 20 ml EPA vial에 채수하여 공기중 노출에 의한 손실이 없도록 하였다. 채집한 시료는 하루안에 실험실로 운반한 다음 라돈 추출용 섬광용액(톨루엔에 나프탈렌, PBBO를 녹인 용액)을 1.5 ml 첨가하여 라돈을 유기용매로 추출한 후 1 ml 용액을 측정용 borosilicate tube 관에 옮긴 후 알파전용 액체섬광계수기인 PERALS분광기로 라돈의 알파방사능을 측정하였다. 그리고 우라늄 분석은 1 L PE 채수병에 지하수 시료를 채수하여 바로 1 N 질산용액 15 ml를 첨가하여 용액의 pH를 1로 맞추어준 다음 시료를 실험실로 운반하여 0.45  $\mu$ m 필터로 걸러준 후 ICP/MS로 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

지하수중의 우라늄은 거의 극미량으로 존재하나 물-암석반응에 의해 경우에 따라 수 ppb~수백 ppb까지 나타나기도 한다. 또한 암석내에 존재하는 우라늄의 딸핵종인 라돈은 확산에 의해 지하수에 용해되므로 그 함량이 암석에 따라 변화가 크다. 물속의 우라늄함량은 지질학적, 수리지질학적인 요소들인 온도, 산화환원전위, pH, 다른 용존성분들의 활동도, 기체의 분압, 용해속도, 지질매체의 수리전도도 등에 의해 영향을 받는다. 대전지역의 지질은 대부분의 지질이 화강암으로 이루어져 있으며, 이런 화강암 지대 지하수들에서는 라돈의 함량이 높게 나타난다는 보고가 있다. 대전지역은 유성구와 서구 지역은 복운모화강암, 중구는 흑운모 화강암, 대덕구는 편마성 화강암이 대부분을 차지하는 지질학적 특성을 가지고 있다. 이러한 지역에서 시료를 채취하여 우라늄 및 라돈의 함량분포를 분석한 결과를 그림 2에 나타내었다. 그림 2에서 보면 시료채취 지역에 따른 라돈 및 우라늄의 평균 함량은 유성구의 경우 270.9 Bq/L, 43.8  $\mu\text{g/L}$ , 서구는 112.9 Bq/L, 0.4  $\mu\text{g/L}$ , 동구는 41.3 Bq/L, 4.9  $\mu\text{g/L}$ , 대덕구는 131.8 Bq/L, 54.3  $\mu\text{g/L}$  그리고 중구는 44.0 Bq/L, 8.1  $\mu\text{g/L}$  이었다. 이상의 분포조사 결과 라돈은 환경부에서 제시한 권고 제한치인 111 Bq/L 이상을 함유한 지하수가 25 % 이상이었으며, 우라늄은 미국 EPA 및 환경부 제한 권고치인 30  $\mu\text{g/L}$  이상 함유한 지하수가 15 % 이상 이었다.

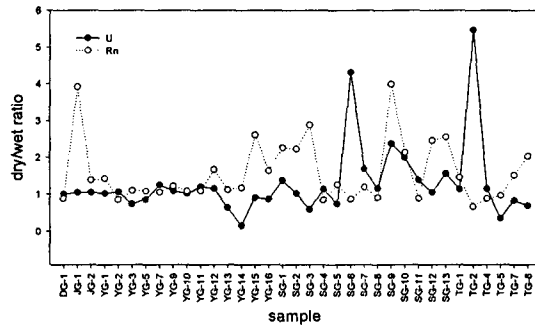


Fig. 2. Radon and uranium contents ratios between dry and after wet seasons at Daejeon areas

40개 지하수에 대한 상,하반기 채취시료는 라돈의 경우 상반기에 4.95부터 728.2 Bq/L의 농도 분포를 가지며, 하반기는 5.57부터 663.4 Bq/L의 농도 분포를 나타내었다. 또한 우라늄은 상반기에 0.5부터 640  $\mu\text{g/L}$ , 하반기는 0.6부터 560  $\mu\text{g/L}$ 의 농도 범위를 가지고 있었다. 상반기와 하반기 농도차를 나타낸 그림 2의 결과를 보면 유성구에서 채취한시료는 건기시인 상반기가 약 10 % 정도 높고, 서구와 대덕구의 경우 약 50 % 이상 상반기의 함량이 높게 나타난다.

#### 참고문헌

1. A. Varhegyi, I. Baranyi, I. Gerzson, G. Somogyi, J. Hakl, I. Hunyadi, *Inter. J. Radiat. Appli. Instr. Part D*, 15 609-612 (1988)
2. "Radon, Radium and Uranium in Drinking Water", C. Richard Cothorn, Paul A. Rebers ed. Lewis Publishers, Inc., 1990.
3. 김종환, 박중권, 고상모, "옥천층군의 지질과 광상", 한국자원연구소 KR-95(B)-4, 과학기술처, 1995.
4. D. Amrani, D.E. Cherouati, M.E.H. Cherchali, *J. Environ. Radioact.*, 51 173-180 (2000).
5. N. Zouridakis, K.M. Ochsenkühn, A. Savidou, *J. Environ. Radioact.*, 61 225-232 (2002).

6. V.M. Choubey, S.K. Bartarya, R.C. Ramola, *Radiation Measurements*, **36** 401-405 (2003).
7. R.M.R. Almeida, D.C. Laueia, A.C. Ferreira, O. Sracek, *J. Environ. Radioact.*, **73** 323-334 (2004).
8. L.S. Cho, J.K. Ahn, H.C. Kim, D.W. Lee, *J. Environ. Radioact.*, **75** 105-112 (2004).
9. M.E. Dillon, G.L. Carter, R. Arora, B. Kahn, *Health Physics*, **60** 229-236 (1991).
10. 40 CFR Parts 9, 141, and 142 National Primary Drinking Water Regulations: Radionuclides; Final Rule, EPA 2000.