

옥천대 우라늄 함량, 지표방사능 및 공간 선량을 측정 결과

윤욱^{1*} · 홍영국² · 김통권² · 김건한²

¹ 한국지질자원연구원 지하수 지열연구부(yunuk@kigam.re.kr),

² 지질환경재해연구부

1. 서론

1988년 유엔 방사선영향과학위원회(UNSCEAR, 1988) 자료에 의하면 자연방사능의 인체 피폭량은 세계평균이 2.4mSv로써 인체에 미치는 위해성이 미약한 것으로 나타나고 있으나, 낮은 수준의 자연방사능이라도 장기간 노출된 주민에게는 폐암, 골수암, 면역체계 감퇴 등 여러 질병이 유발될 가능성이 매우 높다는 사실이 최근 미국, 캐나다 등에서 제기되고 있다.

이번 연구는 국내 지질기원의 우라늄에 의한 우려지역의 인체 위해성 평가기술 개발 기초 조사 중간결과이다. 조사지역은 옥천대(연장 170km, 폭 20~30km, 총면적 5,100 km²) 지역을 대상으로 격자상 등간격으로 지표방사능(총방사능, U, Th, K) 함량의 이상분포대에 대한 실태조사를 수행하였으며, 각 지질매체(암석, 지표수, 지하수)에 대한 우라늄 함량분석을 통하여 지표방사능 및 우라늄 농도의 이상분포대를 파악하여, 공간분포 특성을 비교 검토하였다. 지질기원 방사능 공간선량 평가를 하기 위하여 피산지역, 보은지역 및 금산-대전지역 등의 우려지역(총 1,100km²)을 설정하여 이지역의 주거지, 농림지, 산간, 우라늄 고함량지역 등을 대상으로 총 450 지점에 외부피폭량 디텍터인 열형광선량계(Thermoluminescent dosimeter: TLD)를 설치 측정하였다.

2. 연구방법

2-1. 지표방사능 측정 및 우라늄 분석 시료채취

옥천대 전 지역을 대상으로 2.5x2.5km의 격자상으로 총 500개 지점을 선정하여 휴대용 감마선측정기(GR320-A)를 이용하여 각 지점에서 5분간 지표방사능(총방사능, eU, eTh, eK)을 측정하였으며, GPS를 이용하여 위경도 좌표도 확보하였다. 지표방사능 측정 지점에서 우라늄 분석용 암석시료 422개도 함께 채취하였으며, 가장 가까운 주변 수계에서 하천수 시료 399개와 지하수 시료 251개를 채취하였다. 지표수 및 지하수 시료는 0.45 μ m 여과지에 여과 후 1ℓ씩 채취하였으며 우라늄 분석용 시료는 질산 처리하여 5℃이하에서 이동, 보관하였다.

외부피폭량 디텍터인 열형광선량계는 TL-형광물질로서 Li₂B₄O₇과 LiF-7을 사용하였으며 Li₂B₄O₇은 직경은 4.5mm × 0.8mm, 밀도 : 1.930g/Cm³, 측정선종은 α , γ , β , neutron으로서, Residual Dose는 0.5%이하, Linearity는 5%이며, Fading은 월 5% 미만이며, Dose range는 1mrad~10E4rad(10 μ Gy~10E2Gy), 선형 반응도는 1mrad~10E4rad(10 μ Gy~10E2Gy), 재현성은 1rad에서 1.5% 표준편차를 나타낸다.

2-2. 실험 및 분석

하천수와 지표수 시료채취 시에 현장에서 휴대용 측정기(SK1250MC, HM-12P TOA, CM-14P TOA)를 이용하여 수온, pH, Eh, 전기전도도를 직접 측정하였고, 암석의 U 및 Th

농도는 시료를 300# 이하로 분쇄하여 산 처리 후 물 시료와 함께 ICP-MASS(Perkinelma DRC2)에 의해 분석되었다.

외부피폭량 조사지역 선정 및 열형광선량계 설치는 괴산지역, 보은지역 금산 및 대전지역 등 (총 1,100km²)에 대하여 공간적으로 약 1.5km당 1개씩 설치하였다. 특히 주거지, 농림지, 산림지역, 흑색세일분포지역인 우라늄 고함량지역 등 총 450 지점에 열형광선량계(TLD)를 장소에 따라 지상으로부터 0.3-2m에 높이에 설치하여 강우나 바람의 영향을 받지 않도록 보호 설치하였다. 총 450개 지점에 TLD를 설치하여 32-49일간 계속 외부피폭량을 누적 피폭 시킨 후 수거하여 측정하였다. 설치기간에 있어서 각각 차이가 있으므로 선량률(선량값/시간)을 연간피폭량으로 보정하여 결과를 취득하였다.

3. 본론

3-1. 지표방사능

육천대 지층 834 지점에서의 지질기원 지표방사능의 측정결과는 Fig. 1과 같다. 총방사능의 강도의 범위와 평균값은 1.2~190.5ppm와 25.4ppm 이고, 등가 우라늄 방사능 강도(eU)는 0.6~287ppm(평균, 8.5ppm), 등가 토륨 방사능 강도(eTh)는 1~102ppm(평균, 31.2ppm) 그리고 등가 칼륨 방사능 강도(eK)는 0.6~10.3%(평균, 5.1%) 이다. eU와 eTh 사이에는 정(+)의 상관성을 보이며, eTh/eU 비가 작은 시료들은 eK-eTh 관계에서 높은 상관성을 보여준다(Fig. 2). 이는 암반의 풍화작용에 의해 Th과 K 성분이 동시에 용탈되는 현상을 보여준다. 암상별 지표 총방사능 강도는 탄질점판암에서 가장 높은 93.2ppm 값을 보이며, 석회암에서 가장 낮은 15.5ppm의 강도를 나타내고 있다. 총방사능 강도의 값은 괴산, 보은, 금산지역에서 100ppm 이상의 분포대를 보이는데, 이는 흑색점판암의 저품위 우라늄 광상에 의한 영향을 나타내고 있다(Fig. 3).

3-2. 기반암의 U 함량

507개의 암석 시료에 대한 우라늄의 농도는 0.9~307ppm이며, 평균값은 6.8ppm 이다. 암상별 우라늄의 평균함량은 탄질점판암에서 가장 높은 35.8ppm의 함량을 보이며(Table 1), 석회암에서 가장 낮은 2.1ppm의 값을 나타낸다. 토륨의 경우는 전체 기반암 시료가 0.1~60.1ppm의 범위를 보이며, 15.3ppm의 평균값을 나타낸다. 기반암의 우라늄 농도의 이상분포대는 총방사능 강도와 같은 지역인 괴산, 보은, 금산지역에 형성되며, 이상분포대의 지역이 다소 작은 지역에 제한되고 있음을 알 수 있다(Fig. 4).

3-3. 지표수 및 지하수의 U 함량

399개의 지표수에 대한 우라늄 농도는 0.01~3,334ppb 이며, 평균값은 0.4ppb 이다(Fig. 5). 미국 음용수 허용치(EPA)인 30ppb를 크게 초과하는 3,334ppb 값은 폐광산(석탄)의 갱내수로써 이 시료를 제외하면 26ppb 이하의 함량을 보인다. 251개의 지하수에 대한 우라늄 농도는 0.01-10.0ppb 이며, 평균값은 0.7ppb 이다. 채취된 모든 시료들은 음용수기준치 이하의 함량을 나타내고 있다. 지표수의 경우는 충주 남부의 일부지역과 괴산 그리고 보은 서부지역에서 비교적 다른 지역 보다 다소 높은 우라늄 함량의 값을 보이며, 지하수는 보은과 금산지역에서 다소 자연 배경치 보다 다소 높게 나타난다(Fig. 6).

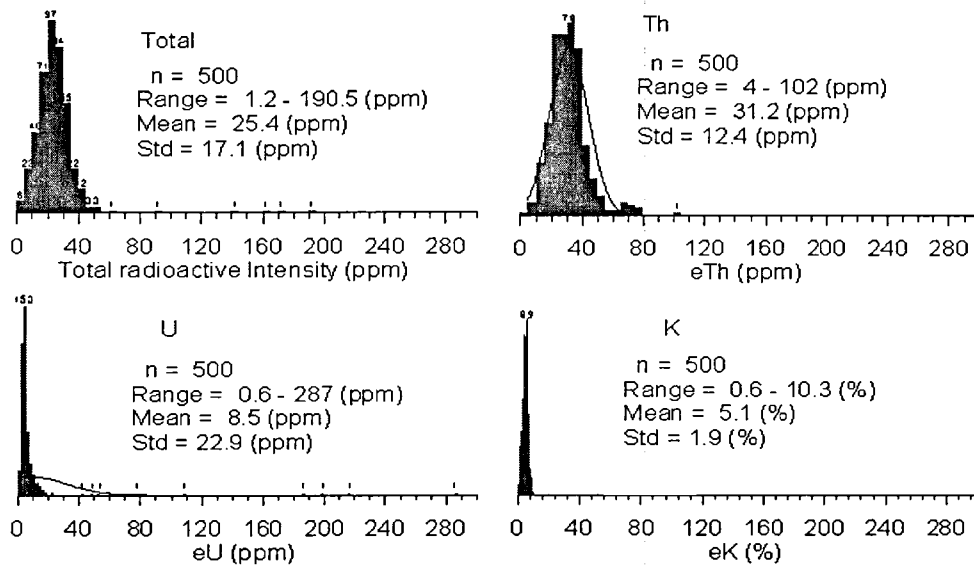


Fig. 1. 옥천대 지층의 지표방사능 측정치의 빈도분포

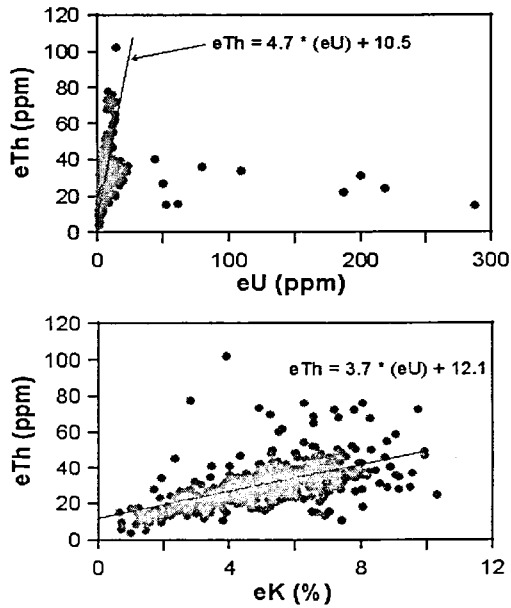


Fig. 2. 옥천대 지층의 eU-eTh과 eK-eTh 사이의 상관성

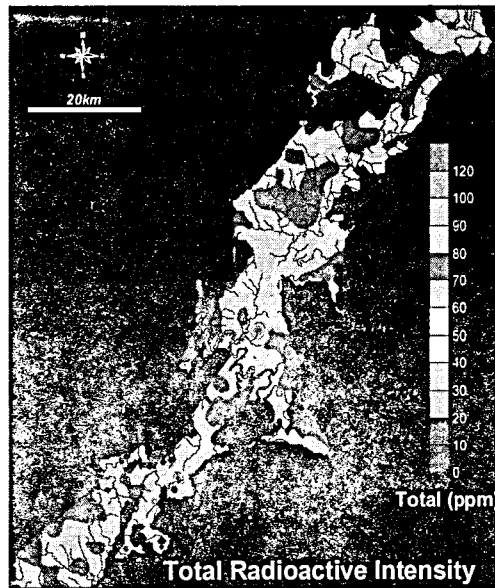


Fig. 3. 옥천대 지표방사능 강도의 이상분포대

암 상	우라늄 함량 (ppm)	평균값 (ppm)
탄질점판암	0.9~307.6	35.8
점판암	1.0~61.2	5.1
천매암	0.8~21.2	3.1
석회암	0.0~6.0	2.1
변성사질암	0.0~12.2	3.9
화강암	0.2~17	3.7

Table 1. 옥천대 기반암별 우라늄 함량

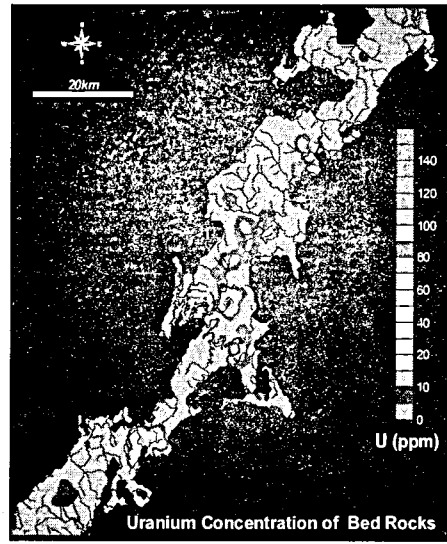


Fig. 4. 옥천대 기반암의 우라늄 이상분포대

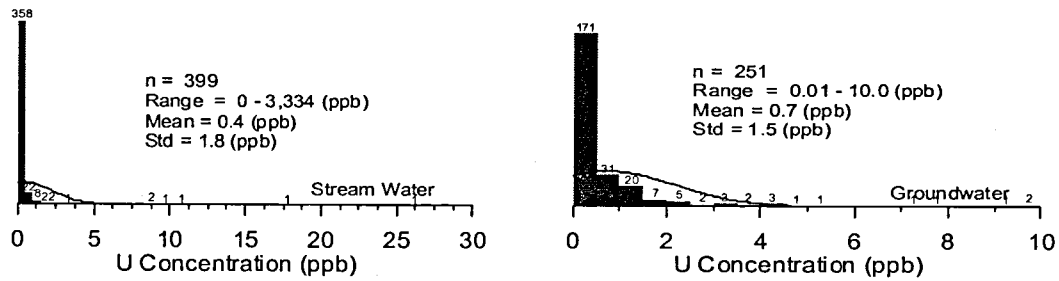


Fig. 5. 옥천대 지표수 및 지하수 우라늄 농도의 빈도분포

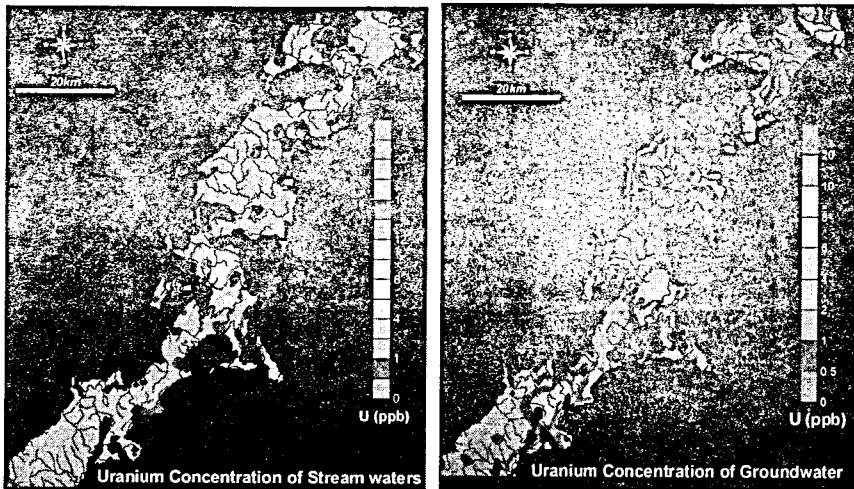


Fig.6. 옥천대 하천수 및 지하수의 우라늄 이상분포대

3-4. 공간 방사능 측정

설치된 450개의 열형광 선량계 중 유효값을 보이는 총 441개의 선량률값은 심부선량은 0.7~6.0 mSv/year, 표층선량은 0.7~4.3 mSv/year의 범위를 보이며 평균 값은 각각 1.0과 1.1 mSv/year이다. 각 지역별로 보면 괴산지역은 심부선량은 0.7~6.0 mSv/year, 표층선량은 0.7~4.3 mSv/year의 범위(Fig. 7), 보은 지역은 심부선량은 0.7~2.5 mSv/year, 표층선량은 0.7~3.9 mSv/year의 범위(Fig. 8), 대전-금산지역은 심부선량 0.7~2.6 mSv/year, 표층선량은 0.7~3.7 mSv/year의 범위를 보인다(Fig. 9). 괴산군 덕평리, 대전리 일대와 보은군 군북면과 금산군 다목리 및 대전시 유성구에서 상대적으로 높은 선량 값을 보인다

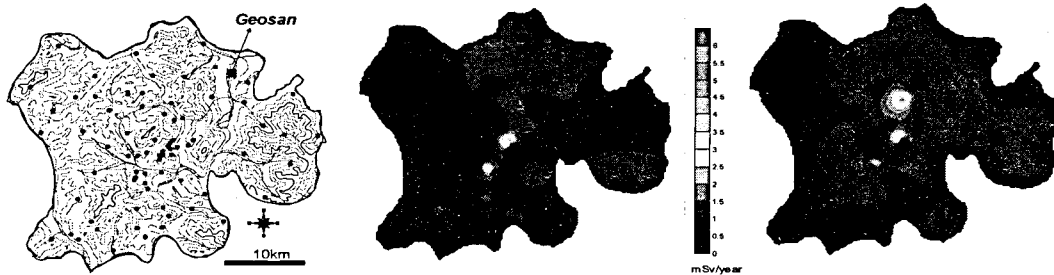


Fig.7. 괴산지역 공간선률 측정위치, 심부선량, 표층선량의 이상 분포대

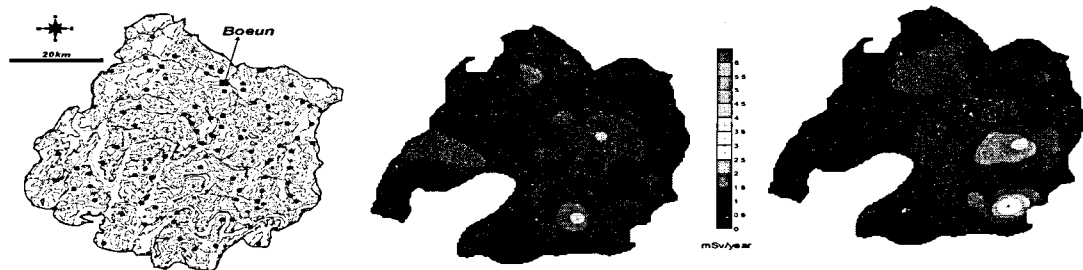


Fig.8. 보은지역 공간선률 측정위치, 심부선량, 표층선량의 이상 분포대

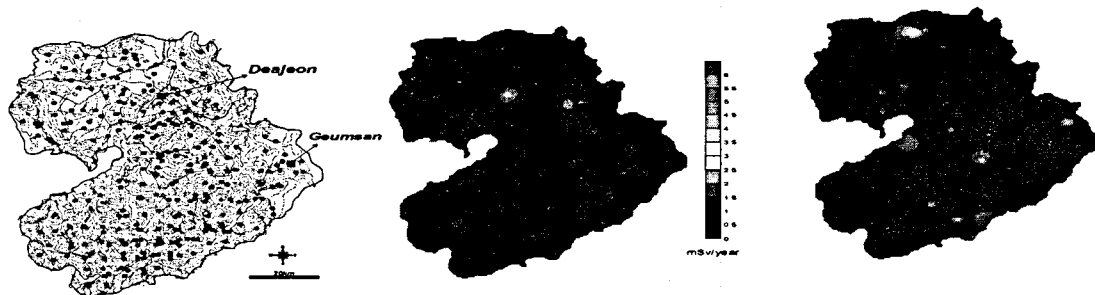


Fig.9. 대전-금산지역 공간선률 측정위치, 심부선량, 표층선량의 이상 분포대

4. 결론

- 1) 옥천대 지역 지표 총방사능 강도는 최고 190.5ppm로써 괴산, 보은, 금산 지역에 100ppm 이상의 이상분포대가 존재한다.
- 2) 기반암의 우라늄 최고 함량 값은 307ppm으로 확인되었으며, 암상별 평균함량은 탄질점 판암에서 35.8ppm으로 최고 함량을 보이며, 석회암에서 가장 낮은 값인 2.1ppm을 나타낸다. 이상분포대는 지표방사능과 일치하고 있다.
- 3) 지표수의 우라늄 함량은 0.01~3,334ppb로 최고치는 탄광의 갱내수로써 이 시료를 제외한 시료는 26ppb 이하의 값을 나타내며, 지하수의 경우는 10.0 ppb 이하의 값을 보여 음용수 기준치 이하의 함량을 나타내고 있다.
- 4) 공간선량 측정 결과 심부선량은 0.7~6.0mSv/year, 표층선량은 0.7~4.3mSv/year의 범위를 보이며 평균 값은 각각 1.0과 1.1mSv/year의 값을 보여준다.

5. 사사

이 연구는 과학기술부 국책연구개발사업인 자연재해방재기술개발사업 (과제번호: M103 2406000103B310600100)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

- UNSCEAR (1988) Sources, Effects and risks of ionizing radiation. UN Report. New York.
- US EPA (1990) " National Primary Drinking Water Regulations; Radionuclides; Proposed Rule." Appendix A - Fundamentals of Radioactivity in Drinking Water. Federal Register. Vol. 56, No. 138, July 1991, p. 33050