

KURT 내에서의 라돈에 의한 피폭선량 평가

정종태, 최희주, 최종원, 강문자, 최근식

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

jtjeong@kaeri.re.kr

1. 서론

라돈은 지각을 구성하는 암석이나 토양 중에 천연적으로 존재하는 우라늄(^{238}U)과 토륨(^{232}Th) 그리고 ^{235}U 이 몇 단계의 방사성붕괴를 거뒀던 후 생성되는 무색, 무미, 무취하며 방사능을 띠는 불활성 기체이다. 라돈은 생활환경 어디에나 존재하며 그 방출량은 암석 및 토양 중에 포함된 우라늄의 양에 따라 지역적으로 상당한 차이를 나타낸다. 라돈은 지반뿐만 아니라 건축자재, 상수, 취사용 천연가스 등을 통해서도 실내로 들어오지만 약 85%이상은 지각으로부터 방출된 것이다. 특히, 환기상태가 저조한 지하공간에서 라돈의 농도는 더욱 높으며 이로 인해 지하철역사 뿐만 아니라 지하공간에서의 라돈문제가 제기되고 있다. 지역에 따라서 차이가 크지만 평균적으로 연간 약 1.3 mSv를 피폭하며 이는 개인이 받는 방사선피폭량의 약 50%를 차지하는 양이다. 본 연구의 목적은 원자력연구원에서 운영 중인 지하처분연구시설 내에서 2007년도에 측정된 라돈 농도와 이로 인한 피폭선량과 리스크를 평가하고 필요한 대책을 논하는데 있다.

2. 지하처분시설 내의 라돈 농도 및 피폭선량 평가

현재 ICRP에서는 라돈의 권고기준 (Action Level)을 $200 \sim 600 \text{ Bq/m}^3$ 으로 정하고 있으며 영국의 NRPB(National Radiological Protection Board)에서는 주택 내 라돈의 권고기준을 200 Bq/m^3 이하로 유지하도록 권장하고 있다. 또한, 미국 EPA (Environmental Protection Agency)에서는 환경중 라돈에 의한 인체 유해성은 라돈 4 pCi/l (148 Bq/m^3)가 인체에 흡입되었을 때 폐암에 걸릴 수 있는 확률이 1,000명당 13~50명이며, 약 20 pCi/l (740 Bq/m^3)에 노출될 경우 흡연자가 하루 담배 1갑을 피우는 것과 같은 정도의 위험성을 가진다고 보고하였다. 또한 주택내 공기중 라돈의 권고기준을 4 pCi/l (148 Bq/m^3) 이하로 유지하도록 권장하고 있다. UNSCEAR에서 제시하는 연간실효선량은 1.0 mSv/yr 이다.

원자력연구원 내 지하처분연구시설 방사선환경 조사계획에 의하면 환경방사선 뿐만 아니라 육상시료로써 공기중 라돈 농도와 지하수 내의 삼중수소와 우라늄 농도를 매 분기마다 측정하고 있다. 이중 라돈농도는 알파트랙검출기(Alpha Track Detector)를 이용하여 측정하며 2007년도 분기별 측정 결과는 Table 1에 요약된 바와 같다. 국내 방사선 방호 등에 관한 기준에 의하면 딸핵종을 포함한 경우, 유도 공기중농도는 $1,000 \text{ Bq/m}^3$ 이다. 측정 결과에 의하면 3분기에 실험 모듈들에서 기준치를 초과하였다. 따라서, 이에 대한 원인분석을 통해 농도 증가 원인을 규명하고 감소 대책을 수립해야 한다. 현재 강제환기를 통하여 라돈농도를 기준치 이하로 유지하고 있지만 증가 원인에 대한 근본적인 분석에 기초한 지하처분연구시설 내 라돈농도 감소대책이 수립되어야 한다.

라돈에 의한 피폭선량 평가는 의생태학적 평가에 기초한 ICRP 선량변환 인자를 이용하는 방법과 UNSCEAR에서 제안한 유효선량변환인자를 이용하는 방법이 있는데 100 Bq/m^3 에 노출되었을 경우, 라돈에 의한 연간 유효피폭선량은 각각 1.72 mSv 와 2.5 mSv 가 된다. 본 연구에서는 WISE(World Information Service on Energy Uranium Project)에서 개발한 Radon Individual Dose Calculator를 이용하여 피폭선량을 평가하였다. 평가에 기본 입력자료로써, UNSCEAR에서 제안한 선량변환인자 $9 \text{ nSv}/(\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^3)$, 연간작업시간 2달 (340 시간), 라돈 평형인자 0.4, 선량인자 (Dose Factor)로써 작업자의 경우에는 5 mSv/WLM , 일반인의 경우에는 4 mSv/WLM 를 이용하였다. 평가결과는 Table 2에 요약된 바와 같다.

Table 1. 2007년도 분기별 공기중 라돈 측정 결과 (Bq/m³)

측정지점	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
시설 입구	37.7	16.7	52.2	53.3
터널 중앙 통로	100.3	352.6	725.2	179.1
터널 좌측 실험 모듈	122.5	488.0	1198.8	*
터널 우측 실험 모듈	111.4	552.8	1124.8	323.4
터널 중앙 실험 모듈	108.0	593.5	1036.0	257.2

* 시추공 공사 중 검출기 분실로 인한 측정 불가

Table 2. 2007년도 분기별 공기중 라돈에 의한 피폭선량 (mSv/yr)

측정지점	1/4분기	2/4분기	3/4분기	4/4분기
시설 입구	0.04	0.02	0.16	0.06
터널 중앙 통로	0.11	0.38	0.77	0.19
터널 좌측 실험 모듈	0.13	0.52	1.28	*
터널 우측 실험 모듈	0.12	0.59	1.20	0.35
터널 중앙 실험 모듈	0.12	0.63	1.11	0.27

3. 결론

지하처분연구시설 내 2007년도 분기별 라돈 농도 측정결과를 토대로 라돈에 의한 연간 피폭선량을 평가하였다. 측정결과에 의하면 3분기에 국내 기준을 초과한 라돈 농도가 측정되었는데 이에 대한 원인규명과 이에 기초한 저감대책 수립이 필요하다. 또한, 보수적인 결과를 얻기 위해 ICRP에서 제안한 자료가 아닌 UNSCEAR에서 제안한 자료를 이용하여 평가한 결과에 의하면 성인이 받는 연평균 실효선량 2.4 mSv 이하의 값을 나타내며 라돈에 의한 연평균 실효선량 1.3 mSv보다 적은 값을 나타낸다. 그러나, 이는 지하처분연구시설 작업 종사자들이 받게되는 추가적인 피폭선량이 되므로 환기나 강제통풍 방법 등을 이용하여 라돈 농도의 저감 방안이 수립되고 시행되어야 한다.

감사의 글

본 연구는 교육과학기술부가 주관하는 원자력 중장기 연구의 일환으로 수행되었습니다.