

국내 가행 중인 일부 금속광산에 대한 항내 라돈 농도 조사 및 근무자 예비 선량평가

송명한¹ · 장병욱^{1,2} · 김용재^{1,2} · 유장한³
과학기술연합대학원대학교¹ · 한국원자력안전기술원² · 한국지질자원연구원³
E-mail : s138smh@kins.re.kr

중심어 (keyword) : 라돈, 유효선량, 광산, 종사자

서론

라돈과 라돈의 자핵종들은 인간이 자연으로부터 받는 방사능 피폭에 가장 큰 기여를 한다. 라돈의 방사능 농도는 지질학적 특성 및 환경적 요인(온도, 기압, 습도, 풍속 등) 등에 따라 그 분포가 다르며, 일반적으로 지상에서 보다 지하에서 그 농도가 더 높은 것으로 알려져 있다. 16세기 초 독일의 Schneeberg 인근 광산에서 근무하였던 광부들의 폐암으로 인한 높은 사망 빈도를 계기로 라돈과 건강의 역학관계 규명을 위해 많은 연구가 수행되었고, 가행 중인 광산에 대한 라돈 농도 조사가 국제적으로는 활발히 이루어지고 있으나 국내에서는 아직까지 이루어진바 없다.

최근 국제 원자재 가격의 급등으로 국내 폐·휴광산의 재개발이 활발히 추진되고 있는 점을 고려할 때에 국내 가행 중인 광산의 항내 라돈 농도 조사 및 라돈 흡입에 의한 관련 종사자들의 유효선량 평가의 필요성이 제기되고 있다. 따라서 본 연구는 향후 광산 종사자들에 대한 보다 체계적인 유효선량 평가를 위한 예비 조사의 일환으로 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구에서는 최근 활발히 개발 중인 국내 일부 금속 광산 중 (주)한덕철광에서 운영하는 신예미광업소와 (주)동원에서 운영하는 금성몰랜드 광산을 대상으로 라돈 농도 조사를 수행하였고, 이를 바탕으로 항내 종사자의 라돈 흡입에 의한 연간 유효선량을 평가하였다. 라돈 농도 조사에는 능동형 검출기인 RAD7(Durridge Company Inc.)이 이용되었다. 검출기의 설치 위치는 광산의 항내 근무자 수가 비교적 많고, 갱구로부터 깊이가 깊은 곳을 우선적으로 선정하였다. 계측간격은 10분으로 하였다.

결과 및 고찰

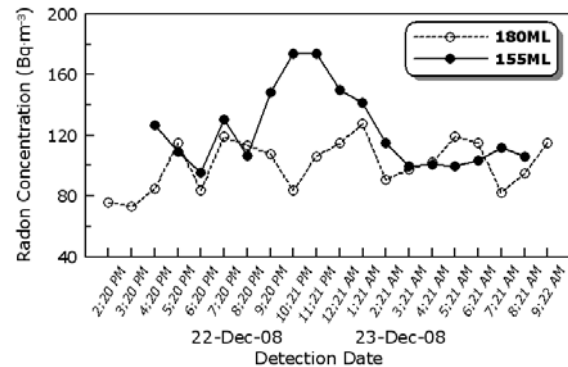


Fig. 1. Variations of radon concentrations in the Shinyemi mine

Fig. 1은 신예미광업소의 라돈 농도 계측 결과를 보여주며 평균 농도는 180ML D광체 부근에서 $101 \pm 34 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 155ML S광체 부근에서 $128 \pm 42 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 이었다. 신예미광업소는 조사 결과 갱구로부터 가장 깊은 곳인 155ML S광체 부근에서 라돈 농도가 증가하는 특징을 보였다. 라돈 농도 계측 중 온도는 20~21 °C로 일정하였고, 습도 역시 7~10%로 일정함을 보여 라돈 농도의 증가에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다. 조사 지점의 깊이가 155ML임을 고려하였을 때 외부 기후 조건에 의한 환경적 요인은 배제해도 될 것으로 판단된다. 또한 실제 일기변화와의 비교 결과 상관성이 낮은 것으로 판단된다. 신예미광업소는 일일 2회(오전 11:30, 오후 4:30) 발파를 행하는데, 발파에 의한 영향으로 지각에서 공기로 확산된 라돈 가스와 공기 중의 라돈 가스가 확산되어 발파지점에서 대략 150 m 떨어진 155ML S광체 부근에서 라돈 농도가 증가된 것으로 판단된다. 오전 11:30의 발파에 의한 영향으로 인해 22일 오후에도 라돈 농

도가 증가하는 특징을 보여야 하지만 자연풍에 의한 환기구 조와 오후시간에는 근무자 및 광물 운송차량의 유동에 의한 공기의 확산 속도 증가로 라돈 농도의 증가에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

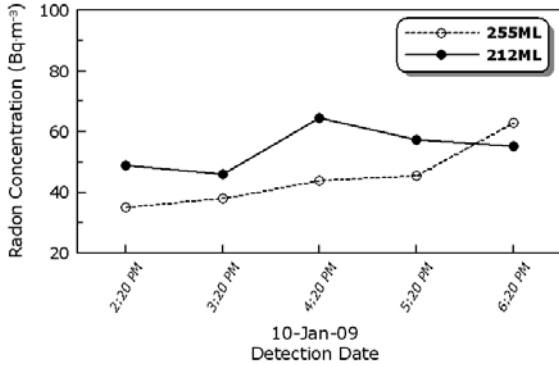


Fig. 2. Variations of radon concentrations in the Geumsung mine

Fig. 2는 금성몰랜드 광산의 라돈 농도 측정 결과이며 평균 농도는 255ML 부근에서 $43.0 \pm 25.0 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, 212ML 부근에서 $54.3 \pm 27.3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 이었다. 금성몰랜드 광산은 라돈 농도 측정 결과 지상에서와 비슷한 라돈 농도를 보였고, 라돈 농도가 낮아 갱구로부터의 깊이, 환경적 요인(온도, 기압, 습도, 풍속 등) 등과의 상관성이 낮은 것으로 판단된다. 신예미광업소보다 심도가 깊지 않고, 조사 당시 본격적인 채굴에 앞서 채굴준비를 하는 건설단계였기 때문에 상대적으로 라돈 농도가 낮은 것으로 판단된다.

Table 1. Effective dose equation and value (UNSCEAR REPORT 2000)

$E(\text{mSv} \cdot \text{y}^{-1}) = Q \cdot F \cdot T \cdot K$	Value
.Q : a radon concentraion($\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$)	
.F : the equilibrium factor	0.4
.T _y : annual work time ($\text{h} \cdot \text{y}^{-1}$)	1560 ($\text{h} \cdot \text{y}^{-1}$)
.K : dose conversion coefficient	9 ($\text{nSv}(\text{Bq} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h})^{-1}$)

각 광산에서 측정된 라돈 농도 각각의 평균값을 구해 Table 1.의 유효선량식(UNSCEAR REPORT 2000)을 이용하여 연간 추정 유효선량을 계산하였다. 유효선량 계산에 있어 많은 비중을 차지하는 광산 종사자의 근로시간은 산업안전보건법, 제46조(근로시간 연장의 제한)에 근거하여 1일 6시간, 주 5일(34시간)을 적용하여 계산하였다.

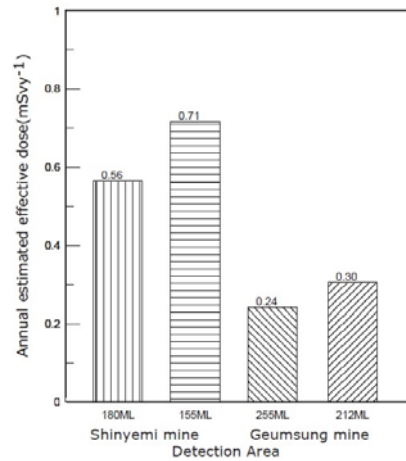


Fig. 3. Annual estimated effective doses of two mines

Fig. 3은 라돈 흡입에 의한 연간 추정 유효선량을 보여주며, 광산 향내 종사자의 유효선량은 가장 높은 곳이 약 $0.72 \text{ mSv} \cdot \text{y}^{-1}$ 이었다.

결론

지하 광산 종사자들의 라돈 흡입에 의한 유효선량 평가를 위해 두 곳의 금속 광산을 대상으로 라돈 농도를 조사하였다. 라돈 농도 조사 결과 가장 높은 곳이 평균 $128 \pm 42 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 로 ICRP 신권고의 조치준위 $600 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ 에 비해 매우 낮았다. 조사된 라돈 농도에 근거한 광산 향내 종사자의 유효선량은 UNSCEAR REPORT 2000에서 제시한 공기 중에 존재하는 라돈과 그 자핵종들의 흡입에 의한 평균 유효선량 1.15 mSv 보다 낮았다.

추후 보다 많은 광산의 조사를 통해 라돈과 그 자핵종에 의한 광산 근무자들의 방사선 피폭에 대한 안전성을 확인하고, 만일, 방사선 피폭 위험도가 높은 지점이 발견된다면 관련 종사자의 보호를 위한 적절한 조치를 취해야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, REPORT (2000)
- [2] The International Commission on Radiological Protection, DRAFT RECOMMENDATIONS (2007)
- [3] 산업안전보건법, 제46조, 근로시간 연장의 제한 (전문개정 2009.2.6)