

국내 중·저준위 방사성폐기물 처분시설의 인간침입 평가 발전방향 고찰

정혜용, 서은진, 박진용, 정찬우

한국원자력안전기술원, 대전광역시 유성구 구성동 19번지

hviung@kins.re.kr

방사성폐기물 처분시설은 폐쇄후 먼 미래까지 방사성폐기물을 인간으로부터 격리해야 하며, 이를 확인하기 위한 안전성평가는 필수적이다. 특히, 먼 미래에 처분시설의 존재 사실을 인지하지 못한 부주의한 인간활동으로 인해 처분시설이 영향을 받는 것은 안전성평가에서 중요하게 고려되어야 하는 부분으로 인간침입의 측면에서 평가된다. 현재 동굴 방식으로 1단계 처분시설(10만 드럼 규모)이 건설되고 있는 경주방폐장은 향후 80만드럼 규모까지 확장될 예정인 바, 향후 처분시설의 안전성평가를 위해 인간침입 평가의 발전방향을 고찰한다.

처분시설 안전성평가에서의 인간침입 평가

현행 원자력법령에서는 중·저준위방사성폐기물 처분시설에 관한 방사선위해방지 기준을 교육과학기술부고시 제2008-63호에 규정하고 있으며, 인간침입에 대해서는 동 고시 제11조(인간침입에 대한 방호)에 “처분시설의 제도적 관리기간 이후 인간침입에 따른 방사선영향은 일반인에 대한 선량한도 이하로 제한되어야 하며 합리적으로 가능한 한 낮추도록 설계되어야 한다.”라고 기술하고 있다. 국내 중·저준위방사성폐기물 처분시설의 폐쇄후 성능목표는 크게 세 가지 범주로 구분되어 있는데, 첫 번째는 일반적으로 처분시설이 시간에 따라 진행되는 진화(evolution)과정을 거치면서 겪게 되는 정상적인 자연현상에 의한 것과 두 번째는 인적요구나 비정상적 자연사건(예, 지진)처럼 예상하기 어려운 현상으로 인한 것이며, 마지막으로 처분시설 제도적 관리 기간 이후 인간침입에 의한 것이다. 인간침입에 대해서는 앞선 두 가지와는 다르게 성능목표치라는 용어 대신 방사선방호 측면의 기준이 사용되고 있는데, 이는 처분시설에 대한 인간침입 행위 자체가 처분시설의 여러 방벽(공학적 방벽, 천연방벽)을 우회하는 우연한 사건으로써 처분시설에 처분된 방사성폐기물이 인간 생활권에 이르게 되는 일반적인 두 가지 경로(자연현상, 인위적 사건)와는 차별된 평가 및 기준이 필요함을 의미한다. 즉, 인간침입의 함축적 의미를 고려할 때 인간침입은 방사선 방호 최적화의 일부로서 설정되는 방벽들의 일부 또는 전부를 배제하게 되므로 방호 최적화의 범주에서 고려하는 것은 부적절하지만, 처분시설의 인간침입의 경우에도 그 결말을 제한하거나 침입의 가능성을 낮추기 위해 합리적인 노력을 기울여야 한다.

일반적인 인간침입의 평가

일반적으로 처분시설의 폐쇄후 안전성평가는 IAEA ISAM 방법론이 널리 사용되고 있는데, 인간침입에 대한 평가도 안전성평가의 일부분으로써 상기 방법론의 절차 및 방법에 의해 수행된다. 경주처분시설의 경우에도 이 방법론이 적용되어 인간침입을 포함한 안전성평가가 수행되고 검증되었다. 일반적인 처분시설 안전성평가에서와 마찬가지로 인간침입평가에서 가장 중요한 평가의 시작단계는 처분시설의 특성을 파악하고 FEP (Features, Events and Processes) 목록 분석을 통한 시나리오를 설정하여 평가 모델을 만드는 것이다. 이러한 단계를 거쳐 필요한 데이터를 수집·확보하여 적용하고 계산하여 부합성을 입증하는 일련의 단계를 거치게 된다. 그러나, 이러한 일련의 평가과정을 진행하기 위해서는 먼저 인간침입이 발생할 수 있는 처분시설 폐쇄후의 먼 미래에 대한 합리적이고 객관적으로 타당한 예측이 필요하다. 즉, 인간침입은 앞서 언급한 바와 같이 방사선방호 최적화의 일부로서 설정되는 방벽들의 일부 또는 전부를 우회하여 방사선원에 접근하는 행위로써 시나리오의 설정과 그 발생 가능성이 굉장히 주관적이다. 먼 미래에 대한 합리적이고 객관적 타당성의 예측을 하고 평가의 불확실성을 줄이기 위해서는 처분부지 인근에서 현재 이뤄지고 있는 인간활동을 기초로 하여 평가하는 것이 중요하다.

인간침입 평가의 발전을 위한 고려사항

우리나라의 경우 처분시설에 대한 안전성평가에 대한 연구는 상당히 오랜 기간 동안 이루어져 왔으며, 특히 경주방폐장 안전성평가를 통해 기존에 연구되었던 안전성평가 전략, 방법론, 평가도구 등이 구체적으로 구현되었다. 그러나, 오랜 기간동안 수행되어 왔던 연구과제로서의 처분시설 안전성평가가 실제 처분시설의 안전성평가에 구현되는 과정에서는 여러 가지 개선점을 나타냈으며, 이러한 점들은 향후 국내 처분시설의 추가 개발을 위해서 더욱 개선·발전되어야 할 것으로 생각된다. 특히, 안전성평가 중에서도 불확실성이 가장 크다고 볼 수 있는 인간침입의 경우에는 더욱 많은 노력이 필요할 것으로 판단되는 바, 이에 인간침입 평가를 발전시키기 위한 몇 가지 고려사항들을 살펴보고자 한다.

- ① 시나리오의 객관적 타당성 증진 : IAEA ISAM 방법론을 사용하여 시나리오를 설정함에 있어서 가장 기본적인 부분은 객관적 타당성을 바탕으로 미래의 인간활동을 예측하여 FEP 목록을 분석하는 것이다. 처분시설 인근의 인간활동을 적절히 분석하고 이를 바탕으로 미래의 활동을 예측할 필요가 있으며, 우리나라의 일반적 사회발달 및 환경변화 등을 충분히 고려해서 시나리오 설정을 위한 기본 자료를 구축하는 것이 필요하다. 일반적으로 인간침입 평가에서는 폐쇄후 제도적 관리기간이 종료된 이후에 지하광물 탐사나 지하자원개발을 위한 시추활동을 가장 대표적인 시나리오로 설정하는데, 이러한 일반적인 시나리오 설정이 과연 국내 처분시설의 주변환경이나 생활방식 등에 타당한지에 대한 고려가 필요하고, 추가적 우리나라 처분시설의 환경인자 등을 고려한 객관적 타당성을 가진 시나리오가 설정될 수 있는 지에 대한 연구도 필요한 것으로 보인다.
- ② 결정집단(Critical group) 또는 대표인(representative person)의 구체화 : 처분시설 안전성평가에서는 안전기준과의 비교를 위해 결정집단 또는 대표인을 설정하여 평가의 대상으로 삼아야 하며, 결정집단이나 대표인은 임의의 시간에 그 처분시설에 영향을 미칠 수 있는 사건들의 분석에 기초하여 설정되어야 한다. 인간침입 평가를 위한 결정집단이나 대표인은 해당 사건이 발생하는 시점에서 영향을 받을 수 있는 처분시설 주변의 인간집단을 양식화된 방법을 통해 균질성과 대표성을 가지도록 구체적으로 설정되어야 한다. 또한, 결정집단이나 대표인에 대한 선량평가를 위해서 현재의 생태계를 기반으로 미래 생태계에 대한 체계적인 모델링이 필요하다. 기후변화 등과 같은 주요 환경변화에 대한 연구를 바탕으로 생태계 모델링을 구체화·다양화 할 필요가 있다.
- ③ 입력변수 자료의 특성화 및 체계화 : 인간침입 평가에 대해서는 사용되는 입력 데이터들이 부지 특성을 반영하도록 하고 이것들을 전체적으로 체계화해서 관리하는 것이 필요하다. 이는 안전성평가에 사용되는 입력 데이터 전반에 해당되는 것이라고도 할 수 있겠으나, 특히나 불확실성이 큰 인간침입에 대해서는 더욱 그러하다.
- ④ 평가 전산코드의 고도화 : 외국의 사례를 살펴보면, 처분시설 안전성평가를 위한 종합성능평가(TSPA)용 전산코드들이 일반화 되어 있으며 널리 사용 중이다. 우리나라의 경우에도 경주방폐장 안전성평가에서는 다양한 외국의 전산코드들이 사용되었다. 하지만, 인간침입 평가를 위해서는 비교적 간단하고 단순한 코드가 사용되었는데, 향후 처분시설 안전성평가 특히 인간침입 평가의 신뢰도를 높이기 위한 다양한 방식의 평가를 위해서는 평가용 전산코드를 선정하고 운용하는 데에도 많은 노력이 필요할 것으로 판단된다.
- ⑤ 확률론적 평가방법의 도입 : 인간침입 평가에서는 특정 시기에 인간 활동으로 인한 처분시설에 대한 침입이 발생하고 이로 인한 방사선학적 영향을 결정론적 방법론에 의해 평가하는 것이 일반적이다. 하지만, 미래의 사건은 예측하기 힘들며 특히 우물이용시나리오와 같이 평가 관점에 따라 결정론적 평가와 확률론적 평가의 논란이 있는 경우에는 확률론적 평가 방법을 통해 결정론적 평가 결과를 보완하는 것도 인간침입 평가 결과의 신뢰성을 제고하는 데 좋은 방안이 될 수 있을 것으로 생각된다. 따라서, 인간침입 사건에 대한 확률론적 평가 가능성 및 구체적 적용 방안에 대한 검토가 필요할 것이다.
- ⑥ 기준치(1mSv/yr) 적용 : 현행 인간침입에 대한 기준은 연간 1mSv로 이것은 방사선학적으로 개입(intervention)이 정당성을 갖는 하한(10mSv/yr)의 분율(1/10)을 고려하여 설정된 것으로 인간침입의 기준으로는 외국에 비해 상대적으로 보수적인 값이다. 이러한 기준치를 적용할 때 가장 중요한 것은 과도한 억측을 바탕으로한 시나리오를 배제하고 합리적이고 보편타당한 시나리오를 바탕으로 평가하여 그 결과의 부합성을 판단하는 방식으로 접근해야 하는 것이다.

맺음말

처분시설 안전성평가는 처분시설 폐쇄후 먼 미래에서의 인간에 대한 영향을 평가하는 것으로 필연적으로 큰 불확실성을 내포하고 있다. 특히, 인간활동으로 인해 처분시설이 영향을 받게 되는 인간침입에 대해서는 미래 사건에 대한 예측의 불확실성이 크기 때문에 평가가 더욱 어렵다고 할 수 있다. 우리나라의 경우 처분시설 개발의 역사가 그리 오래지 않기 때문에 인간침입 평가에 대한 기술력의 축적이 더욱 필요한 상황이다. 본 연구에서는 향후 인간침입 평가를 좀 더 발전시키기 위한 여러 가지 사항들을 고찰해 보았다. 우리나라 처분시설의 주변 환경이나 생활 방식 등을 고려해서 시나리오를 설정하고 평가에 사용되는 데이터를 체계적으로 수집·관리하며, 좀 더 향상된 전산코드를 사용함으로써 해서 인간침입 평가의 불확실성을 저감하고 평가결과의 신뢰성을 제고할 수 있을 것이다. 이러한 사항들이 일반적인 처분시설 안전성평가 전반에도 적용될 수 있지만, 특히 인간침입 평가에서는 그 중요성이 클 것으로 생각하며, 향후 처분시설의 지속적인 개발을 위해서는 안전성평가 전반에 걸친 노력을 통해 Safety Case를 견고히 구축하는 것이 필요하다.