



고준위 방사성폐기물의 새로운 처분 개념 Managing the land, and sea

고준위 방사성폐기물의 영구 처분 문제는 전 세계 원자력계의 공통된 관심사이자 대단히 어려운 과제이기도 하다. 이와 관련하여 영국원자력공사(UKAEA)에서 핵연료주기 분야 책임자로 근무했던 Bob Burton 박사과 퀸메리대학(Queen Mary College)에서 재무회계학을 강의하고 있는 Colin Haslam 교수가 공동으로 제안한 고준위 방사성폐기물의 새로운 처분 개념에 대해 알아본다.

영국은 지난 1980년대에 주로 원자력발전소와 사용후핵연료 재처리시설에서 발생하는 중준위 및 고준위 방사성폐기물을 처분하기 위한 부지 확보 사업에 착수하였다. 그로부터 40여년 가까이 지난 지금까지도 원자력 시설의 해체와 모든 종류의 방사성폐기물에 대한 처리 및 처분, 그리고 부지 복원을 포함한 원자력 시설의 해체 및 방사성폐기물에 대한 종합적인 안전 관리 대책을 마련하지 못하고 있다.

이처럼 원자력 시설의 해체 및 방사성폐기물의 처분이 지연됨에 따라 관련 비용도 계속적으로 늘어나고 있다. 2005년 기준 총 550억 파운드가 소요될 것으로 추정되던 것이 10년만인 2016년에는 두 배가 넘는 1,170억 파운드가 소요되는 것으로 원자력 시설의 해체 및 방사성폐기물 관리 전담기관인 NDA(Nuclear Decommissioning Authority)는 추정하고 있다.

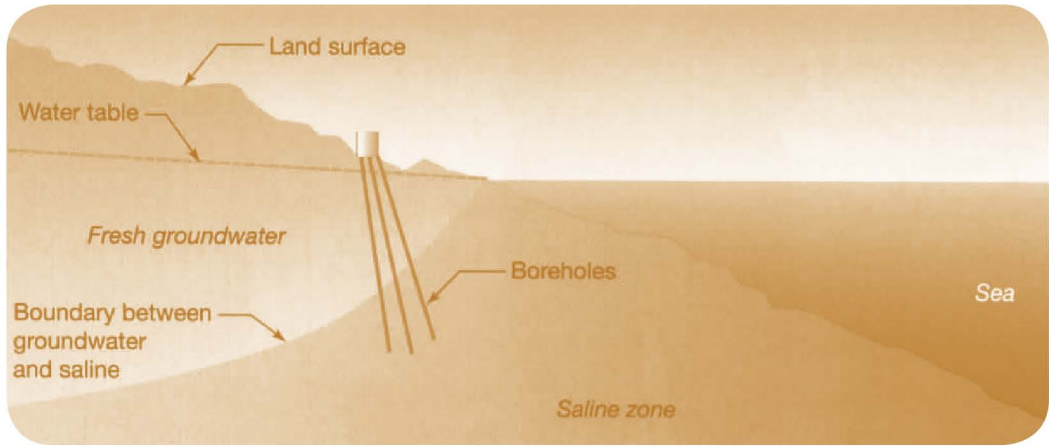
특히 이러한 비용 중 상당 부분은 지금까지 고준위 방사성폐기물의 처분방식으로 선호되고 있는 심지층 처분 시설의 건설 및 운영과 관련된 것으로 알려지고

있어 이에 대한 심층 검토가 필요한 실정이다.

이와 관련하여 우리는 이미 오래 전부터 방사성폐기물의 새로운 처분 방안에 대한 글을 <NEI> 등에 여러 편 기고했다. 2009년에는 중준위 방사성폐기물의 처분 방안에 대한 글을 기고했고, 2012년과 2014년에는 고준위 고체 폐기물의 처분 방안에 대한 글을 기고했다. 그리고 가장 최근인 2016년에는 고준위 액체 폐기물의 처분 방안에 대한 글을 기고했다.

이 기고에서 우리는 고준위의 액체 폐기물을 염분이 포함된 지하수인 브라인(brine)에 희석 처분하는 방안을 제시하였는데, 액체 폐기물을 브라인에 처분하게 되면 밀도가 바닷물보다 더 높아져서 깊은 보어홀(borehole) 속에 처분된 액체 폐기물이 지하 암반에 스며들면서 점점 더 아래로 깊숙이 내려가게 된다.

이번 글에서는 기존의 액체 폐기물에 더해 유리고화(vitrified)된 폐기물의 처분 요건에 대한 내용을 추가하였다. 또한 옥스퍼드대의 Wade Addison 교수가 제안한 새로운 개념의 방사선 안전 관리 원칙을 적용



〈그림〉 보어홀(borehole)을 이용한 해저 암반 처분 개념

하는 방안도 새롭게 추가하였다.

고준위 유리화 폐기물의 새로운 처분 방안

지난 1980년대에 UKAEA가 수행한 연구 결과에 따르면, 고준위 액체 폐기물을 유리화한 후 처분 용기를 사용하지 않고 셀라필드(Sellafield) 재처리시설 내의 파이프라인 끝에 그대로 뒀을 경우에도 당시 영국 정부가 정한 방사선 안전 기준 한도를 초과하지 않는 것으로 나타났다.

2009년에 기고한 글에서 이른바 'Low Fel'로 묘사된 처분시설의 모습과 개념은 다음과 같다.

먼저 처분 개념은 셀라필드에서 염분이 포함된 해저 암반까지 깊은 보어홀을 뚫고 폐기물을 처분하는 것이다. 그럴 경우 배수 시설을 갖춘 지상 건물에서 빗물 등이 배수로를 따라 보어홀 안으로 들어가서 처분된 폐기물과 접촉이 된다고 해도 그 빗물은 염분이 들어 있는 지하수 층으로 빠져나가기 때문에 안전하게 된

다.

이러한 개념은 반감기가 무한한 독성 폐기물에 대한 영국 정부의 처분 지침과도 일치하는 것이다. 독성 폐기물에 대한 영국 정부의 처분 지침은 독성 폐기물에서 흘러나온 물이 사람이 마실 수 없는 지하수 층으로 흘러들어 가도록 해야 한다는 것이다.

이와 같은 새로운 처분 개념에 따라 고준위 방사성 폐기물을 처분하게 될 경우 무엇보다 기존의 심지층 처분 방식을 선택할 경우에 필요한 부지 확보의 부담이 줄어들게 된다. 뿐만 아니라 소요 비용도 대폭 줄어들기 때문에 궁극적으로는 국민의 경제적 부담도 그만큼 줄어들게 된다.

새로운 개념에 따른 고준위 방사성폐기물 처분 절차는 다음과 같다.

먼저 셀라필드 부지를 대상으로 보어홀을 뚫는 작업을 한다. 염분이 포함된 해저 암반 지역을 찾을 때까지 일정한 간격으로 보어홀을 뚫어 나간다. 원하는 지점을 찾은 후에는 지상에 폐기물 저장 시설을 건설한다.



Sellafield 원전 사이트

이러한 지상의 저장 건물은 해수면이 가장 높을 때 인 만조 수위보다 높은 곳에 위치하도록 한다. 지상 건물에 폐기물을 저장할 때는 발열량을 고려하여 필요하다면 방사능 준위가 좀 더 낮은 중준위 방사성폐기물을 이용하여 고준위 방사성폐기물을 에워싸는 형태를 취할 수도 있다. 보어홀은 지상건물의 바닥에서 시작하여 염분이 포함된 해저 암반 지역까지 이어지도록 뚫어놓은 상태이다. (그림 참조).

이해하기 쉬운 새로운 개념의 방사선 방호 원칙

옥스퍼드대 물리학과 명예교수이자 케블 컬리지 (Keble College)의 펠로우이기도 한 Wade Addison 박사가 방사선의 위해에 대한 그의 오랜 연구결과를 대중들이 쉽게 이해할 수 있도록 하기 위하여 최근 〈Radiation and Reason〉이라는 제목으로 핵물질 관

리에 관한 저서를 발간했다.

그는 이 저서를 통해 지금까지 방사선 방호원칙으로 널리 쓰이고 있는 ‘ALARP/ALARA’(As Low As Reasonably Practicable/Achievable)의 개념과는 다른 ‘AHARS’(As High As Relatively Safe)라는 새로운 개념의 방사선 방호원칙을 내놓았다.

그는 방사선 피폭 수준을 가능한 낮추도록 하는 현재의 ALARA 개념은 이해하기 어렵고 모호하기 때문에 방사선 피폭 한도를 인체에 무해한 최고의 수준까지 높이는 개념인 이른바 AHARS 원칙으로 바꿀 필요가 있다고 역설하고 있다.

해외 국가들과의 협력 타당성

현재 전 세계적으로 많은 나라들이 원자력발전소를 운영하고 있다. 그러나 이들 나라 중 상당수가 원전의



운영 과정에서 발생되고 있는 방사성폐기물의 명확한 처리 및 처분 정책을 수립하지 못하고 있는 실정이다.

영국은 이들 나라들과 이 분야에 대한 협력 관계를 구축할 필요가 있다. 언제부터 협력하는 것이 좋은가에 대한 협력의 시점이나 단계에 대해서는 좀 더 많은 검토가 필요하겠지만 사용후핵연료의 인도에서부터 재처리 과정에서 발생하는 고준위 방사성폐기물의 처분에 이르기까지 다양한 관점에서 시점을 선택할 수가 있을 것이라고 생각한다.

셀라필드 부지는 넓기 때문에 전술한 바와 같이 보어홀을 통해 고준위 액체 폐기물을 염분이 포함된 해저 암반에 안전하게 처분할 수 있을 것이라고 생각한다.

고준위 고체 폐기물은 배수 시설을 갖춘 지상의 건물에 충분히 오랫동안 안전하게 보관할 수가 있다. 이러한 서비스 제공을 통해 벌어들인 수입은 새로운 일자리 창출이나 비원자력 분야의 프로젝트에 투자함으로써 지역의 발전을 꾀하는 데 사용할 수가 있다.

앞으로의 과제

영국 정부는 많은 수의 원자력시설을 안전하게 해체하고, 그 과정에서 발생하는 다양한 종류의 방사성폐기물을 안전하게 처분해야 하는 막중한 책임을 지고 있다. 또한 그에 따른 막대한 비용, 특히 지금까지 고준위 방사성폐기물의 적정 처분 방식으로 알려지고 있는 심지층 처분 방식의 추진과 그에 따른 막대한 소요 비용으로 인한 국민의 경제적 부담을 줄일 수 있는 방안도 강구해 나가야 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 일들을 적극적으로 해 나갈 필요가 있다.

△ 심지층 처분의 대안으로 보어홀을 통한 해저 암반

처분 방식을 검토하고, 셀라필드 지역을 대상으로 적정 부지를 모색하기 위한 보어홀 관련 데이터 검토

△ 배수 기능을 갖춘 폐기물 저장 시설 건설을 위한 부지 선정

△ 고준위 액체 폐기물 처분 보어홀 시추를 위한 각종 테스트

△ 셀라필드 인근 또는 해안을 대상으로 한 고준위 액체 폐기물 처분 가능 부지 검토

△ 선별된 후보 부지에 대한 규제기관의 기술적 검토

△ AHARS 개념에 의한 방사선 방호 원칙의 적용 가능성 검토

맺는 말

영국은 이제 기존의 통제 불가능한 원자력시설 해체 및 방사성폐기물 관리 전략에 대하여 정치적 및 경제적 관점에서 실현 가능성 여부를 진지하게 재검토해보아야 할 시점에 이르렀다.

특히 지금과 같은 상황에서 방사성폐기물을 안전하게 처분할 수 있는 새로운 방법과 부지 선정에 대한 국민적 합의를 얻지 못한다면 새로운 원전을 추가로 건설하는 일 자체가 어려워질 수도 있다.

우리가 제시한 새로운 개념의 방식으로 방사성폐기물을 처분하게 되면 지상에서는 젖소와 양들이 평화롭고 한가롭게 풀을 뜯고, 지하에서는 안전하게 방사성폐기물이 처분되는 꿈같은 일이 현실화될 수 있다. 말 그대로 셀라필드는 목가적인 풍경의 'Low Fell'로 변모하게 될 것이다. 이 얼마나 멋진 일인가. 🌱

- <NEI> Vol.61 No.749