

A Study on Establishment of Buffer Zone of Radioactive Waste Repository

방사성폐기물 처분시설에서의 완충공간 설정에 대한 고찰

Jeong-Hyoun Yoon, Joo Wan Park, Min-Su Ju, Chang-Lak Kim
and Jin Baek Park

Nuclear Engineering and Technology Institute(KHNP), 25-1 Jang-Dong, Yuseong-gu, Daejeon

ihyoon@khnp.co.kr

윤정현, 박주완, 주민수, 김창락, 박진백

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전시 유성구 장동 25-1

(Received October 19, 2007/Approved December 3, 2007)

Abstract

A new proposed repository has a final capacity of 800,000 drums radioactive waste. Most of foreign repositories have a general practice of segregating control zones which mainly contributes to classification of degree of control, whether it is called buffer zone or not. Domestic regulatory requirements of establishment of buffer zone in a repository are not much different from those of nuclear power plants for operation period, in which satisfactory design objective or performance objective is the most important factor in determination of the buffer zone. The meaning of buffer zone after closure is a minimum requested area which can prevent inadvertant intruders from leading to non-allowable exposure during institutional control period. Safety assessment with drinking well scenario giving rise to the highest probability of exposure among the intruder's actions can verify fulfillment of the buffer zone which is determined by operational safety of the repository. At present, for the repository to be constructed in a few years, the same procedure and concept as described in this paper are applied that can satisfy regulatory requirements and radiological safety as well. However, the capacity of the repository will be stepwise extended upto 800,000 drums, consequently its layout will be varied too. Timely considerations will be necessary for current boundary of the buffer zone which has been established on the basis of 100,000 drums disposal.

Key words : Radioactive waste repository, Low- and intermediate level waste, Buffer zone, Restricted area

요 약

경주 방폐장은 궁극적으로 80만 드럼의 폐기물을 수용하는 처분시설이다. 대부분 국외 처분 시설의 경우도 정확히 완충의 의미가 아니더라도 관리의 정도를 차별하기 위하여 구역을 나누어 관리하는 것이 일반적이다. 국내 처분시설에서의 완충공간 설정에 대한 규제요건은 운영 중에는 원자력발전소와 크게 다르지 않아 운영중 정상운영 및 사고시 처분시설 제한구역 경계에서의 설계목표치나 성능목표치의 만족여부가 가장 주요한 요건이 된다. 폐쇄 후의 완충공간의 의미는 제도적 관리기간 중에 부주의한 침입자가 침입하는 행위를 방지하는 최소한의 영역으로 설정될 수 있다. 부주의한 침입행위 중 직접적으로 피폭을 유발할 가능성이 가장 높은 우물이용 시나리오에 대한 안전성 평가결과가 운영중 평가결과를 바탕으로 설정된 완충공간에 적용하여도 충분히 성능목표치 만족함을 보임으로써 적합성을 확인한다. 현재 본격적인 건설을 앞둔 경주 처분 시설의 완충공간 설정에도 동일한 절차와 개념이 적용되었고 규제요건과 방사선방어적으로 만족하는 구간이 설정되었다. 단, 처분시설의 활용면적은 향후 수십년간 점차로 증가하면서 그 형태가 변하게 될 것이다. 처분시설의 처분방식이나 처분용량이 달라지게 되면 10만 드럼의 처분을 기준으로 설정한 제한구역이나 완충공간은 향후 변동될 것이 확실함에 따라 이에 대한 고려도 추후 반드시 필요하다.

중심단어 : 처분시설, 중·저준위폐기물, 완충공간, 제한구역

I. 서론

2005년 11월 경주에 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 부지를 유치하면서 처분시설 부지의 효율적인 관리와 일반 대중의 안전을 도모하기 위한 여러 가지 조치가 취해지는데 그중 하나가 제한구역과 완충공간의 설정이다. 일반적으로 제한구역과 부지 내 특정시설을 보전하기 위하여 설치된 보전구역 사이의 공간을 완충구역(Buffer Zone)이라고 한다. 이 완충공간의 범위와 설정의 타당성 등은 인허가 현안은 물론 처분시설 부지의 효과적인 활용의 관건이 된다고 할 수 있다. 본 논문에서는 처분시설 운영 및 폐쇄 후의 제한구역 및 완충공간의 설정방안을 제시한다. 관리의 정도를 구분하는 이러한 구역의 설정은 설계 측면에서는 효율적인 시설배치, 안전성평가 측면에서는 운영 및 폐쇄 후 피폭시나리오 설정하고 처분시설 운영 측면에서는 방사선 방호, 시설보안 등 효과적인 운영계획 설정에 반영할 수 있다. 완충공간에서의 안전관리 수행은 운영중 보수작업 공간, 폐쇄시 폐쇄작

업 공간 그리고 제도적 관리기간 동안 환경감시 공간으로 구분할 수 있다.

본 논문에서는 중·저준위 방사성폐기물 처분에 있어서의 제한구역에 대한 설명과 이에 따른 완충공간 혹은 완충의 개념과 이에 대한 규제요건 등을 분석하며 국외 처분시설에서 완충공간의 설정에 등을 분석한다. 본 논문내 분석내용에는 운영중 정상 및 사고에 대한 성능목표치 및 폐쇄후 부지감시의 범위의 정당성 부여에 대한 기술이 포함된다. 마지막으로 현재 건설이 진행중인 처분시설에서의 완충공간 설정을 위한 방안에 대하여 기술한다.

II. 완충공간에 대한 규제요건

가. 국내 법규

국내 법규에서 규정하고 있는 완충공간에 대한 규정은 과기부고시 제 2005-12호[1] 제7조 ①항 2호 : 부속시설들과 제한구역 경계선 사이에는 환경감시를 비롯하여 처분시설 운영, 폐쇄 및 제도적 관리활동을

적절히 수행할 수 있도록 완충공간을 확보하도록 요구하고 있다. 과기부고시 제 2005-13호[2]에서는 지상의 처분시설과 제한구역 경계선 사이에 위치한 완충공간의 규모에 대해 기술하도록 요구한다. 규제기관이 처분시설의 인하가를 위한 심사시 활용하는 중·저준위방사성폐기물 처분시설 안전심사지침서 [3]에서는 처분부지의 일부로서 처분고 하부 및 처분고들과 제한구역경계 사이의 영역으로 허가소지자에 의해 통제되는 완충공간을 확보하도록 요구하고 있다. 국내의 대표적인 원자력시설인 원자력발전소에 있어서의 제한구역 등에 대한 규제요건은 부지경계에 인접하여 부지중심(원자로)으로부터 약 600~900 m 지역에 대하여 설정하도록 되어있다. 이 제한구역 내에 위치한 시설들은 보전구역으로 관리하며 제한구역과 보전구역사이의 공간을 완충공간으로 설정하여 관리한다, 보전구역은 방사선안전관리의 목적보다는 출입관리와 보안경비 활동으로 일반적으로 100 m 이내에서 설정한다. 관리구역은 원자로 건물이나 사용후연료 건물등과 같이 적극적인 방사선 관리를 목적으로 하는 구역으로 설정한다. 그림 1에는 국내 원자력발전소에서 정하는 제한구역, 보전구역 그리고 관리구역설정에 대한 개념을 나타내었다.

나. 국외 법규

주로 천층처분에 대한 규제요건을 포함하는 미국 10CFR61[4]의 부지의 완충공간에 대한 규정은 처분된 폐기물과 처분부지 경계 사이에 그리고 처분된 폐기물 하부에 있어야 하며 완충공간은 감시활동을 수행하고 필요시 완화조치를 취할 수 있는 충분한 크기

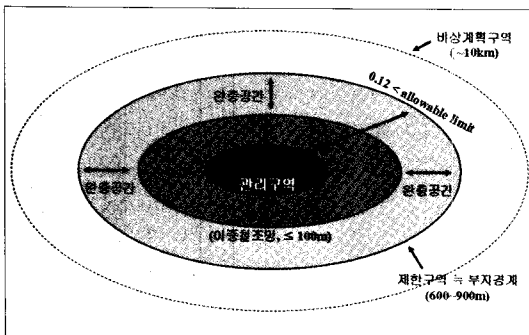


그림 1. 국내 원자력 시설에서의 제한구역, 보전구역 및 관리구역의 개념

이어야 하다고 기술되어 있다. 국내 규제기관의 안전심사지침과 비슷한 성격의 문서인 NUREG-1200[5]에서는 완충공간은 처분시설 주위로부터 최소 30 m를 요구하고 있다. 미국 10CFR20[6]에서는 「제한구역에 대해 신청자가 개인을 방사선피폭으로부터 보호하기 위하여 설정한 구역이나 접근통로, 제한구역은 거주영역을 포함하지 않으나 거주목적의 건물의 일부공간이 제한구역으로 편입될 수는 있다고 규정하고 있다」.

완충공간의 정의로서 방사성핵종 이동에 대한 조기 경보와 필요시 완화조치를 취하기 위하여 설정하는 통제영역이라고 되어있다. 우리나라와 처분방식이 아주 유사한 핀란드의 원자력법에서는 완충공간을 “처분시설에 대한 감시와 안전성 확보 측면에서 처분시설 주변의 일정한 범위의 보호구역”으로 정의되어 있다. 국제원자력기구 (IAEA)에서는 완충공간을 “원자력 시설을 둘러싸고 있는 통제구역으로 원자력 시설과 일반주민과의 사요의 이 일반대중이 사용/접근지역 사이에 충분한 거리를 확보할 수나 있도록 설정된 공간”으로 정의하고 있다. 국외 규정이나 국제기구의 권고 등을 종합해보면 중·저준위 처분시설에 대한 완충공간을 설정해야 한다는 것은 공통된 규제요건이다. 하지만 미국을 제외하고는 완충공간에 대한 정량적인 수치는 규제요건으로 제시하고 있지는 않다.

III. 국외 처분시설의 완충공간 설정

가. 일본 로카쇼 처분시설

일본 로카쇼 중·저준위 방사성폐기물 천층 처분 시설에서는 주변감시구역이라는 용어를 적용하고 있다. 이는 매설지 및 관리 건물로부터 부지경계(주변 감시구역 경계)까지의 최단거리는 매설설비 북방으로 약 190 m 정도로 주로 운영 중 및 폐쇄 후 30년까지 환경감시를 행하는 구역이다. 운영기간중의 가상 사고가 아닌 평상시 피폭평가가 법령에서 정한 선량 한도가 연간 1 mSv 이내에 있음을 확인하는 것이 주요 규제요건이다. 관리구역은 인수, 검사시설인 폐기물 관리건물과 매설지의 일부로서 관리구역 내에는

차폐설계를 위해 5개 세부구역으로 구분하고 있다. 마지막으로 매설보전구역이 있는데 폐기물 매설지의 보전을 위한 장소, 매설지 및 그 근처를 지칭하며 제도적 관리기간(천층처분이기 때문에 폐쇄 후 300년) 완료시까지 순찰과 점검 이외에 해당 구역에서의 농경작업 등 특정행위를 금지하는 구역이다. 이러한 보전구역의 범위는 건물의 용도변경 등과 같이 축소조정의 필요가 있을시 조정이 가능하다. 따라서 일본 로카쇼 처분시설에서는 국내에서와 같은 완충공간에 대한 적용은 명확히 구분되지는 않는다. 대신 거주 제한이나 부지감시 등이 강조되었다고 할 수 있다. 그림 2에는 일본 로카쇼 처분시설 주내 구역관리의 개념을 나타내었고 그림 3에는 처분시설 주변지역에 감시구역의 설정 개념을 나타내었다.

나. 미국의 천층처분시설

미국 천층처분시설에 대한 최상위 규제요건을 정하고 있는 10CFR61에서는 제한구역의 설정요건으로

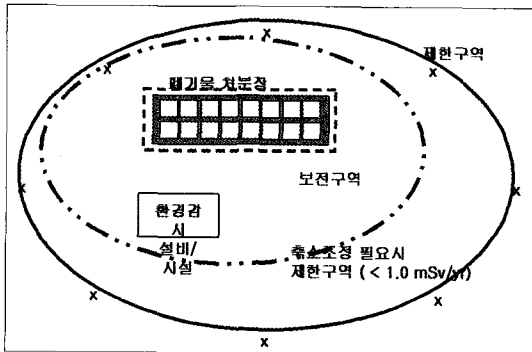


그림 2. 일본 로카쇼 처분시설의 구역관리 개념

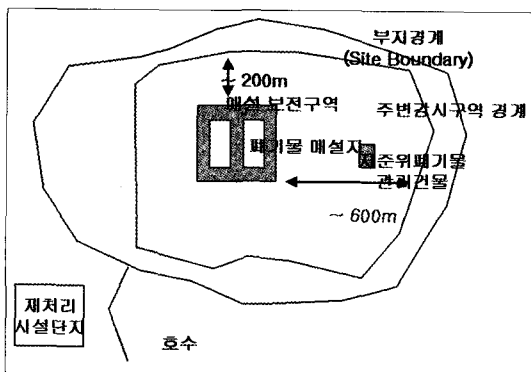


그림 3. 일본 로카쇼 처분시설 주변의 감시구역 설정 개념

정상 누출시나리오시 부지외부의 일반대중의 피폭이 연간 0.25 mSv 이하로 유지할 수 있도록 하는 범위로 설정하도록 하고 있다. 운영 중 가상사고로 인한 일반대중의 피폭제한치는 10CFR20에서 일반인에 대한 연간 선량기준치(dose limit)인 1 mSv 를 적용하고 있다. 완충지역(buffer zone)은 적절한 환경감시활동 이행, 방사성핵종 누출 사전 경고 및 필요한 완화조치를 수행하기 위한 구역으로 적극적 제도적 관리기간인 폐쇄 후 100년까지 설정, 관리하도록 하고 있으며 천층처분이라는 점을 감안하여 3차원적으로 고려되어야 한다고 규정하고 있다. 완충공간의 정량적 규모에 대하여는 NRC는 최소 30 m 이상, DOE의 경우 매설지로부터 100 m 이내로 할 것을 권고하고 있다. 그림 4에는 미국 중·저준위 처분시설에서의 완충공간 설정에 대한 개념을 묘사하였고 표 1에는 미국내 최근에 운영 예정인 처분시설들에서의 완충공간 적용과 규제요건들에 대하여 나타내었다.

다. 프랑스 로브 처분시설

프랑스 법령에 따르면 처분시설은 Basic Nuclear Facility로 분류하며 물리적으로는 비제한구역(unrestricted zone), 감시구역(supervised zone), 관리구역(controlled zone)의 3개 구역으로 구분하고 있다. 로브 처분시설의 경우 관리구역을 다시 surveyed area(청색), monitored area (녹색), controlled access areas(황색, 오렌지색 그리고 적색)의 5개 세부구역으로 구분한다. 폐기물이 매설된 처분고는 관리구역 중 황색지역으로, 운영중인 처분

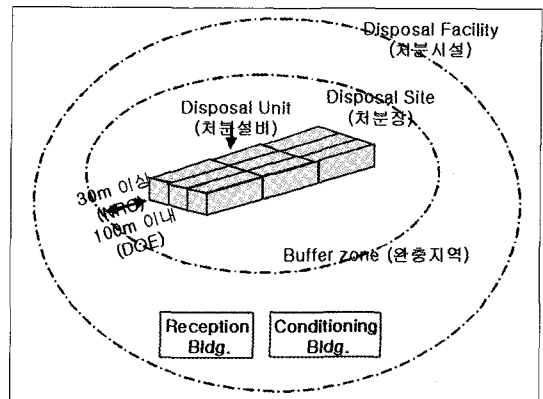


그림 4. 미국 중·저준위 처분시설 완충공간의 개념

표 1. 미국 내 처분시설 완충공간 적용현황

처분시설	적용 기준	선량제한치 (mSv/yr)	비고
CIC 처분시설 SAR[8]	선량제한치를 만족하는 부지경계 Class B/C 폐기물 처분고를 기준 완충공간 설정(500~600 ft)	전신 : 0.25 갑상선 : 0.75 기타장기 : 0.25	완충공간(Buffer Zone) 개념 적용 저준위 방사성폐기물 처분
WCS 처분시설 SAR (Texas)[9]	선량제한치를 만족하는 부지경계 설정	전신 : 0.25 갑상선 : 0.75 기타장기 : 0.25	완충공간 개념에 대한 특별한 언급 없음 저준위 방사성폐기물 처분
Proto type SAR[10]	선량제한치를 만족하는 부지경계 설정 부지경계와 처분고 fence 사이의 완충공간 설정 (500 ft)	전신 : 0.25 갑상선 : 0.75 기타장기 : 0.25	완충공간 개념 적용 저준위 방사성폐기물 처분

고는 녹색지역으로 분류하고 있다. 프랑스 로브 처분 시설에서는 별다른 완충공간이란 개념을 적용하고 있지 않다.

라. 핀란드와 스웨덴

경주 처분시설과 같은 동굴처분방식을 적용하고 있는 핀란드 원자력법에서는 완충공간을 “처분시설에 대한 감시와 안전성 확보 측면에서 처분시설 주변의 일정면적의 보호구역”으로 정의되어 있다. 하지만 울킬로우토 원전 내 위치한 VIJ 처분시설은 완충공간을 설정하고 있지 않으며 이는 처분시설이 원전부지 내에 위치하기 때문인 것으로 판단된다. 또다른 동굴 처분방식의 처분시설을 운영하고 있는 스웨덴의 SFR 처분시설에서도 완충공간을 적용했다는 자료는 없다. 이는 처분시설이 해저에 위치하고 또한 전반적으로 원전부지 내에 위치하기 때문인 것으로 판단된다.

IV. 국내처분시설의 완충공간 설정

가. 운영 중 정상 및 사고와 관련된 완충공간

국내 법규에서의 규정요건에 따라 제한구역과 보전구역 사이를 의미하는 완충공간은 첫 번째로 운영 중 정상에 대한 고려로 정해진다. 완충공간은 처분시설로부터 운영기간 또는 폐쇄 후 기간에 방출되는 핵종이 제한구역에 도달되기 이전에 적절한 조치나 농도 희석을 가질 수 있는 최소한의 크기로 정해져야한다. 이에 따라 지하매설된 처분동굴로부터 지상 배출구가 되는 수직 출입구에서 최소 이격거리를 제한구역으로 하였다. 운영 중 처분시설이 위치하는 제한구역경계에서 운영 중 예상누출 시나리오에서 제한구

역 경계에서의 일반대중 피폭선량 한도인 기체: 0.05 mSv/yr, 액체: 0.03 mSv/yr 을 넘지 않음을 확인한다 [11]. 사고분석을 통해서 이 위치에서의 성능목표치인 5 mSv의 만족여부를 확인하는 평가결과를 제시하여 처분시설 운영 중 완충공간의 규모를 결정하도록 한다. 사고분석에서의 성능목표치는 현재 국내 규정에서 제시하고 있지 않기 때문에 사업자가 방사선 방어적인 측면과 운영 측면을 고려하여 설정하고 이를 규제당국에서 최종 확인하도록 한다. 그림 5에는 운영 중 처분시설에서의 완충공간 설정 방안을 나타내었고 그림 6에는 운영 중 관리, 보전, 제한구역 설정의 개념을 나타내었다.

나. 처분시설 폐쇄 후 완충공간 설정

① 폐쇄 후 완충공간 개념

처분시설에 관련된 폐쇄 후 시간대(Time frame)는

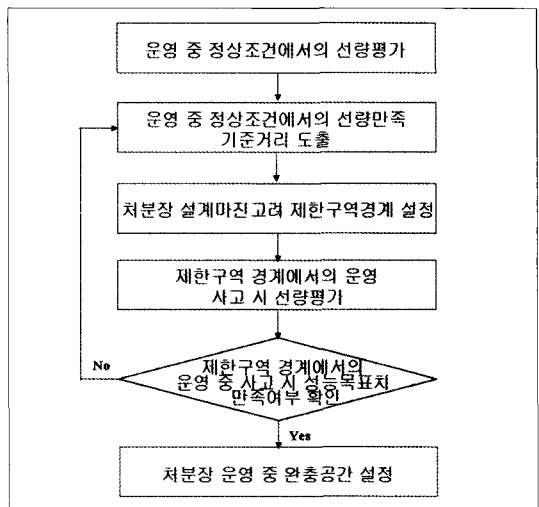


그림 5. 국내처분시설의 제한구역과 이에따른 완충공간 설정 방안

관리의 유무에 따라 정확하게는 폐쇄 후 제도적 관리 기간과 제도적 관리 기간 이후로 나누어진다

각 시간대별로 정해지는 완충공간 설정에서 유의 할 개념은 다음 몇 가지로 요약될 수 있다.

1) 완충공간 설정의 목적은 앞에 기술한 10CFR20의 정의에 따르면 누설되는 방사능핵종의 생태계로 완전히 나가기 이전에 충분히 낮추기 위한 것이거나 이를 확인하는 것이라고 할 수 있다. 처분시설에서 폐쇄 후 완충 공간 영역에서 핵종을 감시한다는 것은 결국 인공방벽을 이미 통과하여 나온 핵종에 대한 감시라고 할 수 있는데 대부분 장반감기핵종(반감기 수 천년이상)과 예외적으로 일부 핵종이동속도가 빠른 삼중수소와 같은 단반감기핵종도 해당한다. 제도적 관리기간이 100년 이내임을 감안하면 장반감기핵종에 대하여는 감쇠효과를 얻기 위한 완충이라는 의미의 적용은 어렵다고 할 수 있다.

2) 처분시설에서 완충공간을 설정하는 사유는 방

사선적으로 크게 두가지로 고려해볼 수 있다. 방사성 핵종의 농도의 희석(공간)이나 감쇠(시간) 그리고 주목할 것은 불필요한 피폭을 유발할 수 있는 침입 행위에 대한 방지이다. 농도의 희석 또는 지연의 필요 유무는 일반적으로 해당농도의 방사성핵종에 의해 일반인이 피폭 받았을 때 정해진 규제치를 초과할 가능성이 있는지 여부에 대한 평가를 통해 예측하게 된다. 처분시설은 어떠한 경우에도 이러한 가능성이 없다는 것이 평가를 통해서 입증되어야만 건설/운영이 가능하기 때문에 규제치를 초과할 가능성은 없다고 할 수 있다. 처분시설에서의 농도 감쇠는 폐기물 용기, 처분용기 그리고 사일로와 같은 인공방벽에 의해서 단반감기 핵종에 대하여 이루어지는데 여기서도 1)에서 기술한 이유로 완충공간의 역할은 거의 없다고 할 수 있다.

3) 처분시설의 폐쇄 직후부터 사일로내로 지하수 유입이 시작된다고 가정하는데 이 경우 인공방벽은 운영 중의 완충공간과 같은 지연의 개념을 갖게 된다. 동굴처분이라는 특성상 지하수가 유입되어도 핵종이 완충공간영역으로 누출되는 시기는 제도적 관리기간 내에는 이루어지지 않는다고 할 수 있다. 처분시설은 폐쇄 후 사일로나 처분고 등으로 지하수가 유입되고 핵종이동이 시작되면 방사성물질이 누설되어 생태계(여기서는 결정 개인의 섭식영역)로 이동을 시작하는데 이때 걸리는 시간은 인공방벽과 자연방벽(부지)을 통과하는 기간으로 상당히 장기간이 소요된다. 실제 유의 핵종이 생태계와 만나는 시점은 제도적 관리기간 훨씬 이후가 된다. 그림 8은 이와

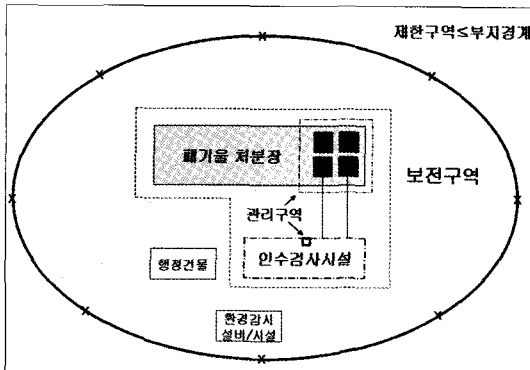


그림 6. 운영 중 관리, 보전, 제한구역 설정의 개념

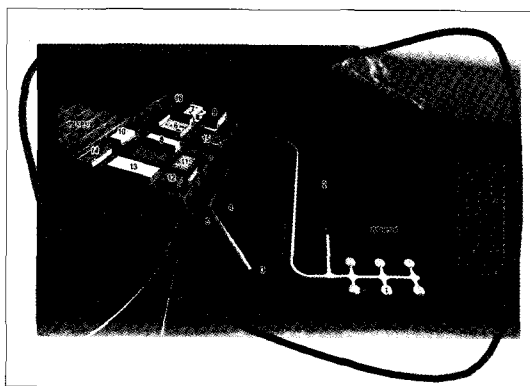


그림 7. 처분시설 배치 및 완충공간 설정에 대한 3차원 조감도

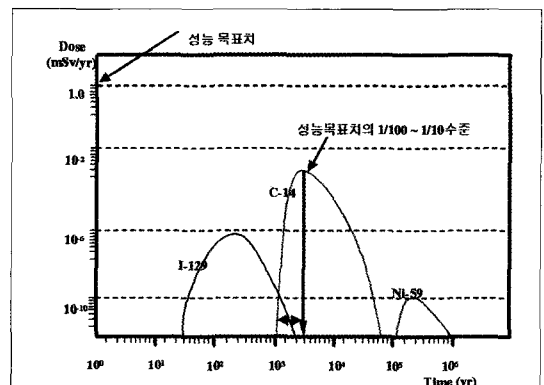


그림 8. 처분시설 폐쇄 후 시간경과에 따른 최대피폭선량의 구현 형태 (폐쇄 후 정상시나리오)

같은 논리를 뒷받침하기 위해 제시한 처분시설 폐쇄 후 정상시나리오에 따라 평가된 시간경과에 따른 피폭선량 추이인데 그림에서와 같이 폐쇄 후 1,000년 이상 경과해서야 피폭선량이 최대치에 도달한다.

② 폐쇄 후 안전성평가와 완충공간

폐쇄 후 안전성평가의 목적은 보수적인 핵종누설 시나리오를 적용하여 핵종이 누출되는 것으로 가정하고 생태계에 도달하였다고 하더라도 법규에서 규정된 성능목표치를 만족한다는 것을 입증하는 것이다. 폐쇄 후 피폭은 처분시설로부터 누출된 방사성핵종이 지하수에 포함되거나 가스등의 형태로 생태계와 접촉이 이루어져야만 발생한다. 폐쇄 후 안전성평가와 연관해서는 폐쇄 후 제도적 관리 동안에 인간이 처분시설로부터 누출된 핵종과 만날 수 있는 경로는 침입자가 처분구역으로 부주의하게 접근하여 피폭을 유발하는 행위이다. 이런 침입행위가 발생하지 못하도록 처분시설 존재 유무에 대한 정보 식별을 가장 유리한 위치에 공개적으로 나타내는 표식이 필요하다. 이때 정확한 표식의 위치는 운영단계보다는 훨씬 더 정확한 정보가 형성되고 폐쇄 후 부지내의 모든 처분고의 배치, 지하수 유동이나 지질분포의 특성이 충분히 파악되는 폐쇄 직전이 가장 적합하다고 할 수 있다. 주로 완충공간에서 이루어지는 폐쇄 후 제도적 관리의 처분시설을 포함한 원자력시설 운영시의 관리 행위와는 많이 다르다. 현재 건설계획 중인 방폐장의 폐쇄 후 제도적 관리는 일정기간 환경감시를 포함하는 관리형태로 가장 큰 목적은 처분시설지역에서의 생업을 포함한 거주행위 제한이다. 이러한 폐쇄 후 제도적 관리 기간의 완충공간은 운영 중 설정한 완충공간을 기준으로 다소 적은 범위에서 설정이 가능하다. 그림 9에는 폐쇄 후 제도적 관리기간 동안의 완충공간에 대한 개념을 나타내었다.

③ 제도적 관리기간 이후의 완충공간

처분시설에서 폐쇄 후 제도적 관리기간 이후는 실질적으로 처분시설에 관한 모든 관리행위가 없어지고 처분시설 건설 운영 이전으로 다시 돌아간다는 개념이다. 따라서 제도적 관리 기간이후의 평가와 관련된 관리 행위는 있을 수 없기 때문에 완충공간이라는 개념을 적용하는 것은 의미가 없다.

V. 처분시설 완충공간의 규모

앞에서 소개된 정의와 개념에 따라 결정된 적절한 처분시설의 완충공간의 설정과 그 규모에 대하여 제시하면 다음과 같다.

가. 운영 중 완충공간

운영 중 정상 및 사고 분석을 통해 지상건물 방출구 및 수직 출입구 배출구로부터 제한구역경계까지 충분한 거리를 이격하면 정상 운영중에서는 운영 중 방사선피폭 영향평가에 사용한 부지특성자료(기상자료를 근거로 한 대기확산인자)과기부고시 2002-23호[11]의 규제 제한치 이내로 만족할 수 있다. 운영 중 완충공간의 설정 절차에 따라 정상운영중의 선량평가 결과에 따라 정해진 거리에서의 운영 중 사고 시 피폭선량을 평가하고 그 결과 역시 사고 시 성능 목표치로 제시한 5 mSv와 비교하여 충분한 안전 여유도를 가지고 만족함을 보임으로써 운영중 완충공간으로 제안할 수 있다.

나. 폐쇄 후 완충공간

최종적으로 처분시설 폐쇄 후 어느 정도 규모에 걸쳐 환경을 감시 하거나 생업제한을 위한 표식을 해야 하는냐는 문제가 제기되는데 이와 관련한 안전성평가에서 적용한 시나리오 중에 침입자와 관련된 것은 두 가지가 있다. 첫 번째 침입자가 처분시설을 거쳐 나오는 지하수대에 우물을 파서 생업에 사용하는 우물시나리오와 두 번째 부주의한 침입자가 처분시설로 관통하는 코어링을 하고 그 배출물이 생태계에

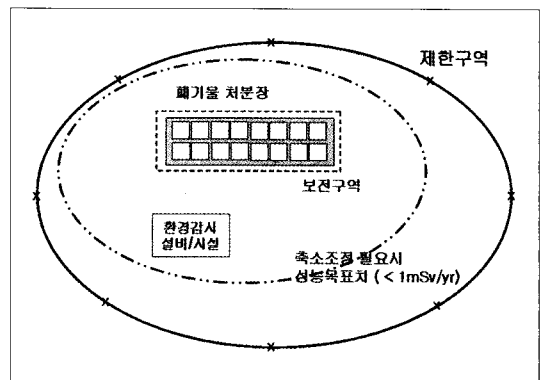


그림 9. 폐쇄 후 제도적관리기간 동안의 완충공간의 개념

노출되어 피폭을 초래하는 부주의한 침입자 시나리오가 있다. 두 번째 부주의한 침입자 시나리오는 논리적으로 완충공간의 크기는 물론 유무에 관계없는 것이고 첫 번째 우물 시나리오가 제도적 관리기간 동안에 발생하지 않도록 하는 것이 관건이라 하겠다. 그림 10은 폐쇄 후 부주의한 인간침입에 위한 피폭 모식도(우물시나리오)를 보여준다. 이러한 개념은 완충구역의 경계가 일반 주민과 침입자가 차지하는 구역을 분리하는 것으로 가정한다는 미국 DOE 처분시설에서 개념과 동일하다고 할 수 있다. 미국 DOE에서 제시하는 적절한 완충공간의 규모로 매설지로부터 약 100 m 이내로 할 것이라는 제안에도 부합된다. 폐쇄 직후에서는 방사성폐기물 즉 방사성핵종이동이 시작된다고 상정한다. 지하수의 핵종 이동을 고려하여 처분된 폐기물과 주민이 접근할 수 있는 지역과의 충분한 거리를 확보하여야 한다. 추가적으로 처분시설 배치, 부지이용, 부지운영조건, 부지보안 및 소외선량 등을 고려하여야 한다. 예를들어 경주처분시설과 같이 해안에 가까운 위치에서의 핵종은 자연법칙에 따라 내륙 쪽이 아닌 궁극적으로 반드시 바다 쪽으로 이동하게 된다. 표 2는 우물시나리오를 적용한 폐쇄 후 안전성평가 결과를 보여주고 있다. 현재 1단계 10만 드림의 폐쇄 후 안전성평가의 우물시나

리오를 적용하면 처분고 위치로부터 바다쪽 방향으로 100 m 정도 떨어진 부근이 될 것이다. 안전성평가 관점에서 제도적 관리기간 이후 부지특성을 고려한 핵종이동 평가결과를 보더라도 핵종이 생태계와 만나는 지점이 처분시설에서 가까운 바다로서 지상구간에서 운영 중 완충공간의 경계이기도 한 현 제한구역경계는 폐쇄 후 제도적 관리기간 중에도 완충공간의 경계로 설정하는 것은 핵종이동 관점에서 충분히 보수적이라 할 수 있다.

폐쇄 후 경주 처분시설의 개념은 1단계 처분이후 증설과정에서 1단계운영 경험 등을 통해 보완 될 여지가 있다.

VI. 결 론

현재 경주 방폐장은 궁극적으로 80만 드림의 폐기물을 수용하는 처분시설이다. 즉, 현재 부지 내에서 처분시설의 활용면적은 향후 수십년간 점차로 증가하면서 그 형태가 변하게 될 것이다. 따라서 현재 인허가 신청 중인 10만 드림의 처분을 기준으로 설정한 제한구역이나 완충공간은 향후 변동될 것이 확실하다. 따라서 국내법에서 요구하고 있는 완충공간을 설정하는 데 있어서 현재 1단계 처분시설에서의 완충공간의 크기나 형태의 고수는 큰 의미는 없다. 그러나 처분시설 폐쇄 후 완충공간 설정을 위하여 도입한 개념이 타당한지의 여부가 관건이라고 할 수 있을 것이다. 완충공간을 운영기술적인 측면에서 살펴보면 운영 중 보수공간 관점에서, 지하 동굴처분시설의 보수는 지하 공간에서 이루어지고, 지상 건물의 보수는 지상시설내의 공간에서 이루어진다. 따라서 운영중 보수공간이 완충공간 설정에 미치는 영향은 없다. 폐쇄 시 폐쇄작업 공간의 경우, 지하 동굴처분시설의 폐쇄는 지하공간을 활용하여 이루어진다. 지상시설의 폐쇄를 위하여 소요되는 공간은 현재 확보되어 있는 보전구역 공간으로도 충분할 것으로 판단된다. 제도적 관리기간 동안의 환경감시 항목에는 물 시료, 토양 시료, 농산물 시료, 지하수 시료 채취 등을 통해 감시하며, 이중 핵종 이동과 관계되는 감시항목은 지하수 시료 분석을 통해 수행한다. 지하수는 처분시설

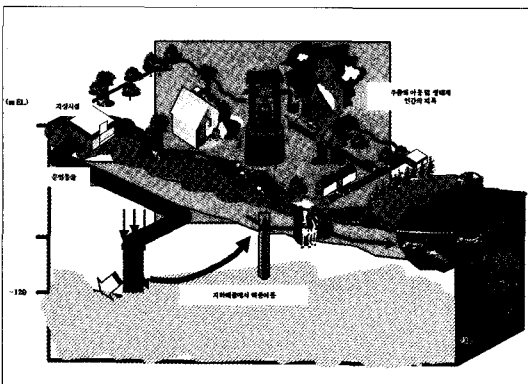


그림 10. 폐쇄 후 부주의한 인간침입에 위한 피폭 모식도(우물시나리오)

표 2. 우물시나리오를 적용한 폐쇄 후 안전성평가 결과

우물 위치(사일로 끝단)	최대피폭선량(mSv/yr)	최대피폭발생 시점
50 m	성능목표치의 5%수준	폐쇄 후 480년경
100 m	성능목표치의 4%수준	

주변 지하수의 흐름을 고려하여 선정하고, 또한 부지 특성에 따라 결정되는 지하수 채취심도 등을 추가로 고려하여야 하며 부지감시를 위한 시추 감시정이 설치되면 이를 시료채취지점으로 사용할 수 있다. 따라서 지하수 감시를 위한 위치는 완충공간 내에서 이루어질 수 있다. 위에서 기술한 분석의 내용을 종합하면 다음과 같다.

- 운영 중 정상 및 사고의 결과로 현재 경주 방폐장에 정해진 제한구역과 완충구역은 방사선방어 측면이나 주민보호 측면에서 충분하다고 판단된다.

- 처분시설 폐쇄 후 완충공간은 제도적 관리기간 동안 핵종농도 감소나 희석의 기능을 기대할 수는 없지만 우물 시나리오 등이 제도적 관리기간 이전 발생하지 않도록 침입자의 출입을 제한하는 관리 영역의 범위는 필요하다. 따라서 폐쇄 후 제도적 관리기간 중에도 운영기간 중 설정하였던 제한구역을 그대로 유지하면 무리가 없고 단, 폐쇄 당시 필요에 따라 부지고유 안전성평가를 통해 그 범위를 축소 조정할 수 있다.

- 제도적 관리영역의 경계는 처분시설내로 침입하는 우물시나리오를 유발할 수 있는 부주의한 침입자의 침입방지를 위한 표식의 경계로써 판단될 수 있다.

- 폐쇄 후 제도적 관리기간 이후에는 완충공간을 설정할 필요가 없다.

완충공간 설정의 기술상의 제언으로써 관리구역의 최소화를 위해 보전구역을 가능한 한 밀집하여 배치 관리구역 내 세부 구역분류 기준(안)은 처분시

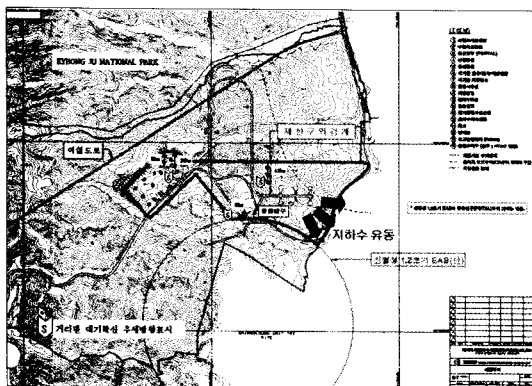


그림 11. 경주 방폐장 제한구역 경계와 지하수 유동방향

설 설계시 계통/기기 배치, 운전 및 보수조건 등과 작업자 피폭영향이 반영된 구체적인 검토가 요구되며 필요시 재조정할 수 있어야 한다. 처분시설 운영 중의 제한구역은 기본설계의 안전성 평가 시 이 단계에서 일반 주민이 받는 피폭선량이 선량한도를 넘지 않음을 확인하여 결정하였고 폐쇄 후 제한구역 설정은 처분시설의 핵종 재고량, 제도적 관리기간 및 방사선 피폭선량한도 그리고 부지 내 지하수 유동등과 관련이 있으므로 향후 처분시설의 폐쇄 직전 사업자 혹은 운영자가 규제기관과 협의하여 확정 지을 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] "방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙" 제7조 ①항 2호, 과기부고시 제2005-12호, 과학기술부, 2005. 06.
- [2] "중·저준위방사성폐기물처분시설의 안전성분석보고서 작성지침", 과기부고시 제2005-13호, 과학기술부, 2005. 06.
- [3] "중·저준위 방사성폐기물처분시설 안전심사지침서", KINS/GE-W001, 한국원자력안전기술원, 2005. 11
- [4] "Licensing Requirements For Land Disposal of Radioactive Waste", 10CFR61, USNRC
- [5] "Standard review plan for the review of a license application for a low-level radioactive waste disposal facility: Safety analysis report", NUREG-1200, USNRC, 1987
- [6] "Standards for Protection Against Radiation", 10CFR20, USNRC
- [7] "Radioactive Waste Management Glossary", IAEA-TECDOC-447, IAEA, 1988
- [8] "Safety Analysis Report for Central Interstate Compact Butte Low-Level Radioactive Waste Disposal Facility at Butte, Nebraska", US Ecology, Inc, 1995
- [9] APPLICATION FOR LICENSE TO AUTHORIZE

NEAR-SURFACE LAND DISPOSAL OF
LOW-LEVEL RADIOACTIVE WASTE Waste
Control Specialists LLC, 2004. 3

- [10] National Low-Level Waste Management Program, "Prototype License Application Project Safety Analysis Report: US DOE, Low-Level Waste Management Program, DOE/LLW-72T, Oct. 1988.
- [11] "방사선방호 등에 관한 기준", 과기부고시 제 2002-23호, 과학기술부, 2003. 01.