

회수 및 장기저장을 고려한 CANDU 사용후핵연료 처분 개념

이종열, 이양, 조동건, 차정훈, 최희주
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150
njylee@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력발전소에서 전기를 생산하고 난 후 배출된 사용후핵연료의 안전한 관리는 원자력에 의한 지속적인 에너지 생산을 위한 필수사항이다. 이들 사용후핵연료를 관리하기 위한 후행핵연료주기는 사용후핵연료 내의 유용한 물질을 회수하여 재활용하고자 하는 순환주기와 사용후핵연료를 최종 처분하는 비순환주기로 구분할 수 있으며, 원자력을 활용하는 국가들은 자국의 사회, 경제, 기술 환경에 따라 그 관리정책을 결정하거나, 결정에 필요한 다양한 분석을 수행하고 있다.

국내에서 발생하고 있는 사용후핵연료는 가압 경수로형(PWR) 사용후핵연료와 가압 중수로형(PHWR:CANDU) 사용후핵연료로 분류된다. PWR 사용후핵연료는 농축된 우라늄을 사용하는 핵연료로서 재활용할 수 있는 물질을 추출하는 재순환주기에 대한 고려가 가능하지만, CANDU 발전소의 경우 농축하지 않은 천연우라늄을 핵연료로 사용하기 때문에 CANDU 사용후핵연료의 경우 여러 가지 측면에서 재활용 가능성은 낮다고 판단된다. 따라서, 본 논문에서는 CANDU 사용후핵연료를 심지층에 직접 처분하는 것을 고려하여 근래에 관심사항이 되고 있는 회수 및 장기저장 개념이 도입된 효율적인 사용후핵연료 처분 개념을 설정하였다.

2. CANDU 사용후핵연료 심지층 처분 개념

가. CANDU 처분용기 및 처분동굴 개념

CANDU 사용후핵연료 처분용기는 원자력발전소에서 사용 중인 60 번들용 저장 바스켓을 그대로 처분용기에 적재하는 것으로 하여 규모, 열 및 취급 등을 고려하여 개념을 도출하였으며, 이를 바탕으로 처분동굴 개념은 처분용기를 동굴 단면 방향으로 간격 3 m로 하여 4열, 동굴 길이 방향으로 간격 6 m로 적재하도록 하여 장기저장 후 폐쇄가 가능한 개념을 설정하였으며, 그림 1은 이에 대한 개괄적인 개념을 나타내고 있다.

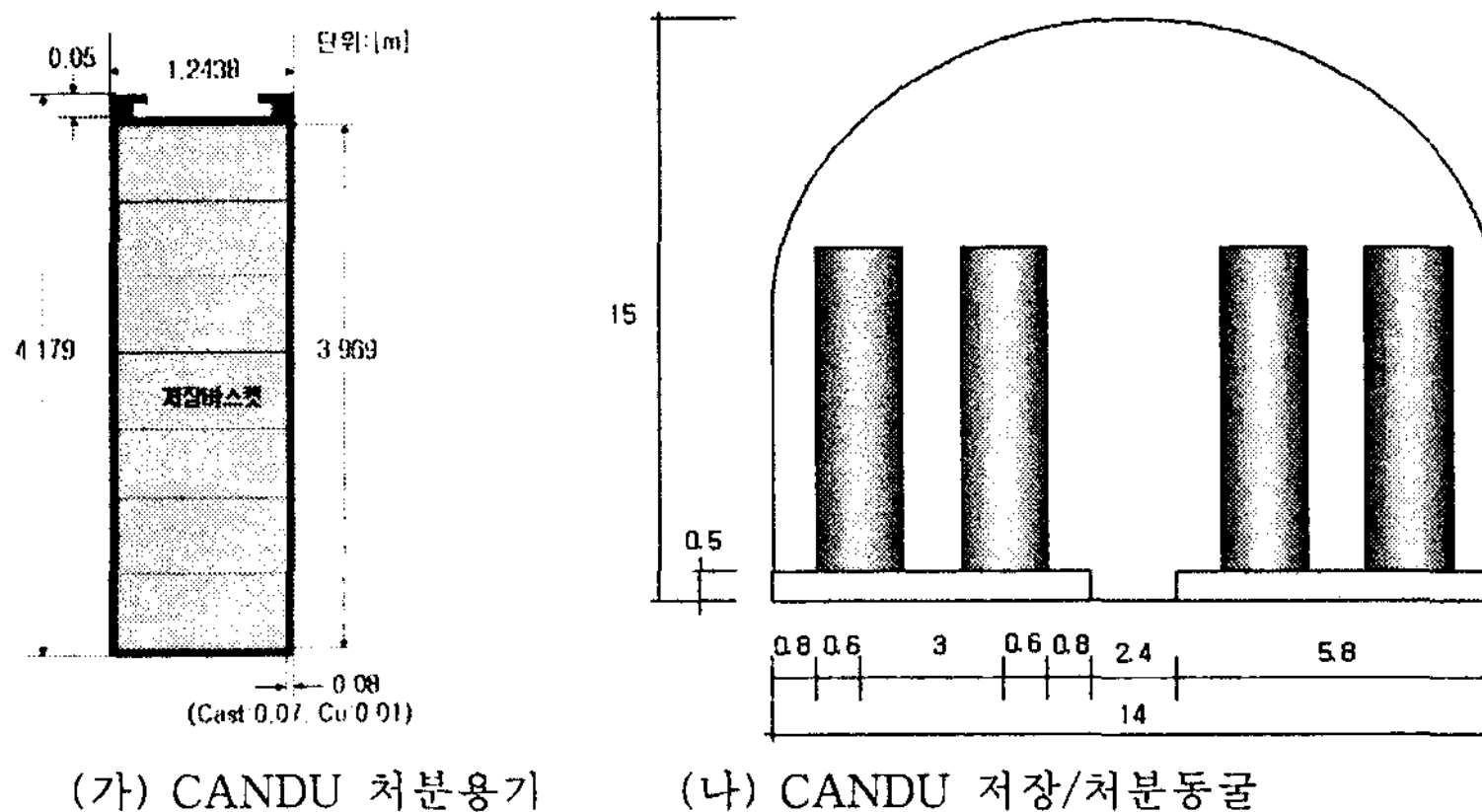


그림 1. CANDU 처분용기 및 처분동굴 개념

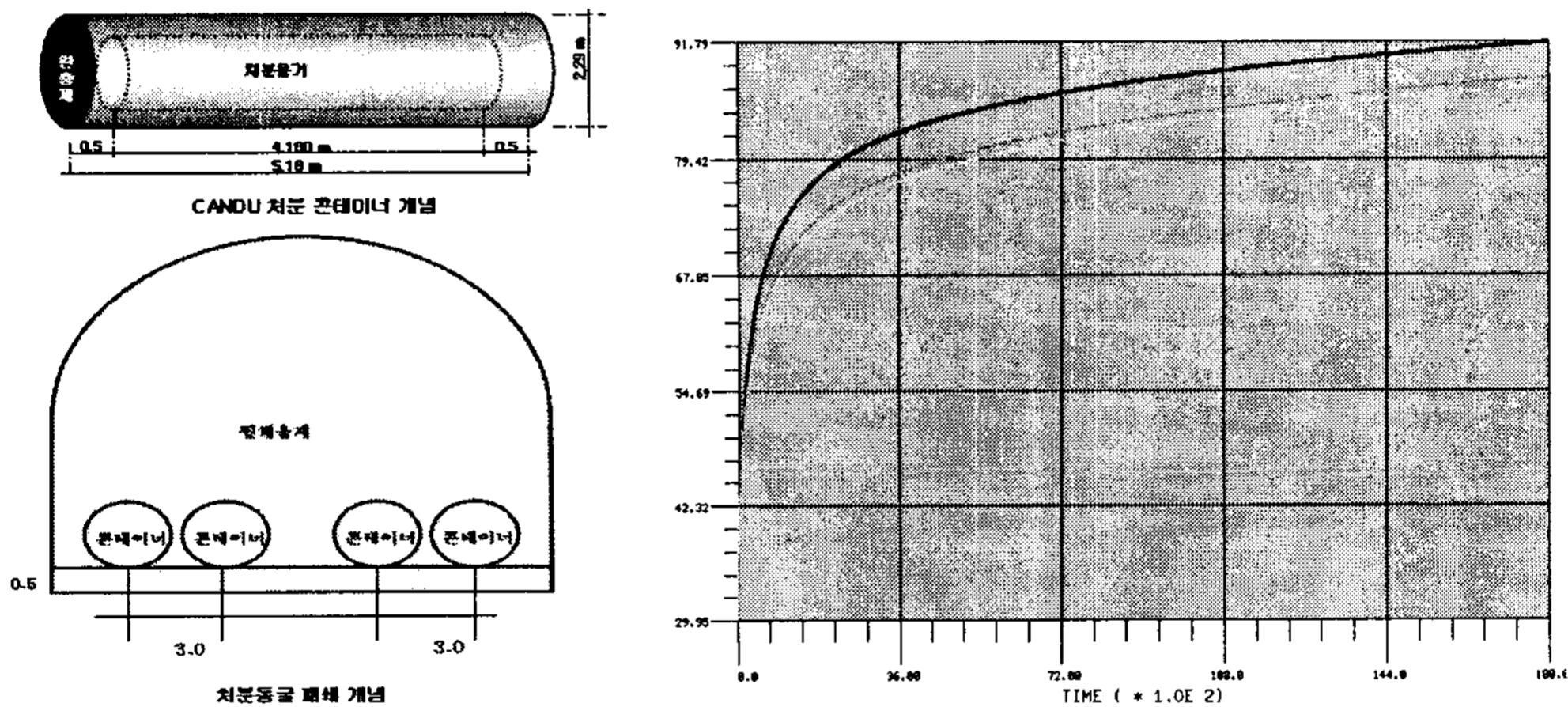
나. 처분동굴 운영 및 폐쇄 방안

처분동굴 운영은 방사선 방호관점에서 볼때 레일 또는 크레인 수송시스템을 이용한 원격 조작으로 수행하며, 50 - 300년 동안 장기저장을 위하여 정기적으로 유지보수를 수행하고 이를 위

하여 추가적인 보조 저장동굴을 설치한다. 환기는 운영기간동안 필수적인 것이며, 능동적 시스템과 수동적 시스템을 조합하여 활용한다. 즉, 기준의 경우로 처분동굴에서의 온도는 필요시 언제든지(예 : 검사, 감시 또는 청소 및 유지 보수시) 접근이 필요할 경우 충분히 낮은 온도(최대 온도 40 °C 정도).를 유지하도록 능동적 환기 시스템을 이용하고, 기타 다른 시기에는 수동적 환기시스템을 이용한다.

처분동굴의 폐쇄는 2가지 특수한 경우를 고려하는데, 폐기물의 열발생이 현격하게 줄어든 후에 밀봉하는 것과 조기폐쇄의 경우로 아직 잠열하중에도 불구하고 처분장 폐쇄를 결정하는 경우이다. 모든 경우에 대해서 품질보증 용이성과 폐쇄후 안전성의 보증 및 비용 최소화 관점에서 다양한 폐쇄 재료들과 폐쇄 방안들을 고려하여야 한다. 그림 2의 (가)는 처분용기와 완충재를 일체화 시킨 처분 콘테이너와 뒷채움재를 이용한 처분동굴 폐쇄의 예를 보여주고 있으며, (나)는 장기저장 이후 처분동굴을 폐쇄한 상태에서의 열적거동을 나타내고 있다.

그러나 예정된 저장기간 중에 폐쇄하여야 할 수도 있으며, 가장 심한 경우는 처분터널이 폐기물로 채워진 후 즉시 폐쇄하여야 하는 경우로 운영이 시작된 후 50년 정도로서 이때 최고온도가 벤토나이트의 안전성 한계 이상이 될 수도 있으므로 대안 완충재 물질이 필요할 수도 있다.



(가) CANDU 처분동굴 폐쇄 개념 (나) CANDU 처분동굴 폐쇄 후 열적 거동

그림 2. CANDU 처분동굴 폐쇄 개념 및 열적 거동

3. 결론

본 연구에서는 CANDU형 원자로에서 배출된 사용후핵연료를 직접 처분하는 것으로 가정하여 근래에 처분 효율 및 미래의 기술의 향상 등의 측면에서 관심이 집중되고 있는 장기저장 및 회수 개념을 고려한 심지층 처분시스템 개념을 제안하였다. 향후 개념을 구체화하여 저장기간, 회수 방안 및 열적 거동 등에 대한 상세분석이 필요하며, 이는 PWR 사용후핵연료의 재활용 공정에서 발생하는 고준위폐기물 및 장반감기 폐기물과 함께 처분하기 위한 복합 폐기물 처분시스템 개발의 기초자료로 활용할 예정이다.