

회수성을 고려한 CANDU 사용후핵연료 처분터널에 대한 열해석

차정훈, 이종열*, 최희주*, 김상녕

경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1번지

* 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

chamanse@nate.com

원자력발전으로 인하여 발생하고 있는 사용후핵연료의 안전한 관리는 현재와 미래의 인간과 자연을 보호하고, 지속적이고 안정적인 에너지 공급을 위한 필수 조건이다. 우리나라의 경우 사용후핵연료 관리에 관한 정책이 결정된 바가 아직 없으나, 한국원자력연구원에서는 위와 같은 사용후핵연료를 안전하게 심지층에 처분하고자 1997년부터 고준위폐기물 처분시스템을 개발해 왔다. 최근에는 기존 시스템에서 처분밀도를 향상시키고, 회수가 용이한 모델 개념이 도입된 새로운 시스템을 개발하고 있다. 이와 같은 새로운 시스템은 기존 시스템을 위해 수행된 열해석과 열원 및 열전달 현상에서 큰 차이가 있어 새로운 열해석이 필요하다.

본 연구에서는 새로운 시스템 조건을 적용시킨 열해석을 위하여, 우선 ANSYS CFX코드를 이용하여 처분터널 간격에 따른 터널의 외벽 온도를 계산하였다. 이 결과는 앞으로 수행될 터널내부의 실린더 및 각종 구조물의 열해석을 위한 기초자료로 사용될 것이다.

한국형처분시스템 기본설계에 따라 처분장 심도는 500m이고, 지표면 암반의 초기온도는 15°C로 가정하였다. 해석영역은 지표에서 지하 1000m까지로 설정하였으며, 100m당 3°C의 온도가 상승한다고 가정하여 지하 1000m의 암반은 45°C를 유지 하고 있다고 가정하였다. 처분될 CANDU 사용후핵연료는 30년간 중간저장 되었으며, 그림1과 같은 처분용기에 420다발(60다발×7바스켓)이 저장된다고 가정하였다.

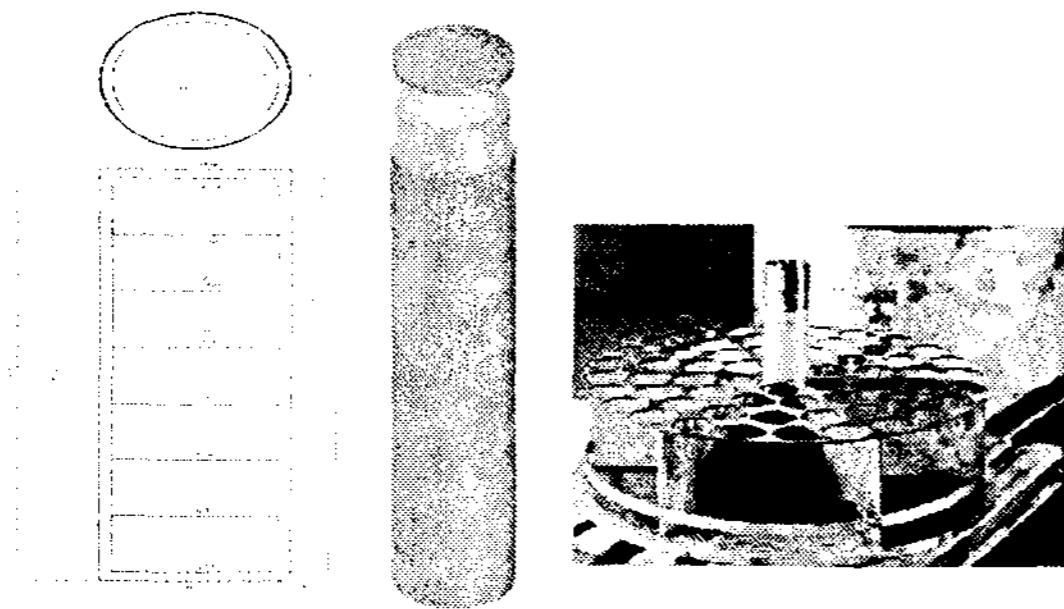


그림 1. CANDU 사용후핵연료 처분용기 및 바스켓

표 1. 계산시 사용된 주요사항

항 목	내 용
초기농축도	0.711 wt.%
방출연소도	7.5 GWD/MTU
우라늄량	19.1kg/bundle
30년 후 붕괴열	약 3W/bundle
터널내 처분용기 수	320 용기/터널
처분용기 용량(CANDU)	60bundle×7basket

CANDU 처분터널을 모사함에 있어서, 처분터널의 한쪽면에서는 30°C의 공기가 일정하게 존재하고, 내부열원은 각 터널당 320개의 CANDU 사용후핵연료 처분용기로 부터 약 403 kW가 발생한다고 가정하였다. 계산 모델은 다음 그림과 같이 한쪽 암반 방향으로만 단열되고 다른 쪽으로는 또 다른 터널이 존재하고 있다고 만들었다. 위와 같은 조건을 적용하여 정상상태에서 CANDU용 처분터널이 가지는 외벽의 온도를 터널간격 30m, 40m, 90m, 150m 마다 계산하였다.

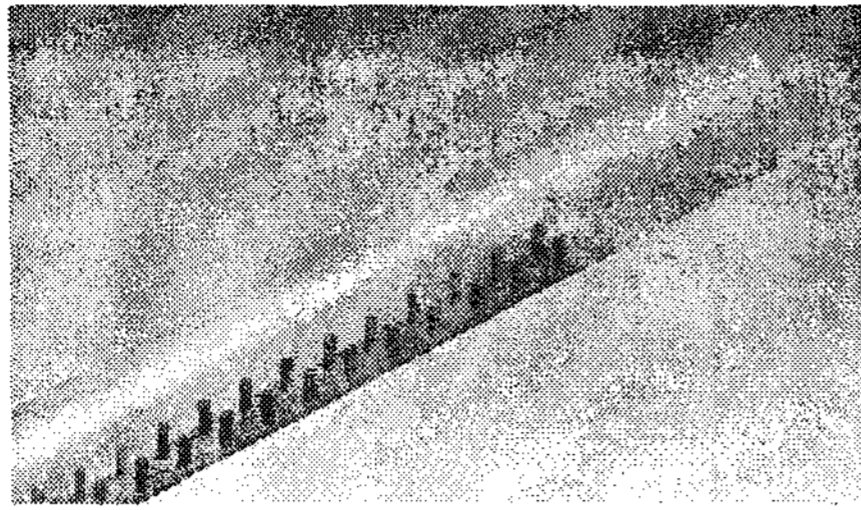


그림 2. 터널내부 이미지

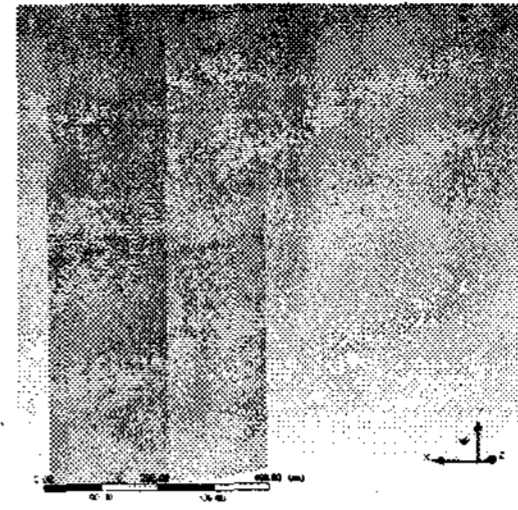


그림 3. 계산수행 모델

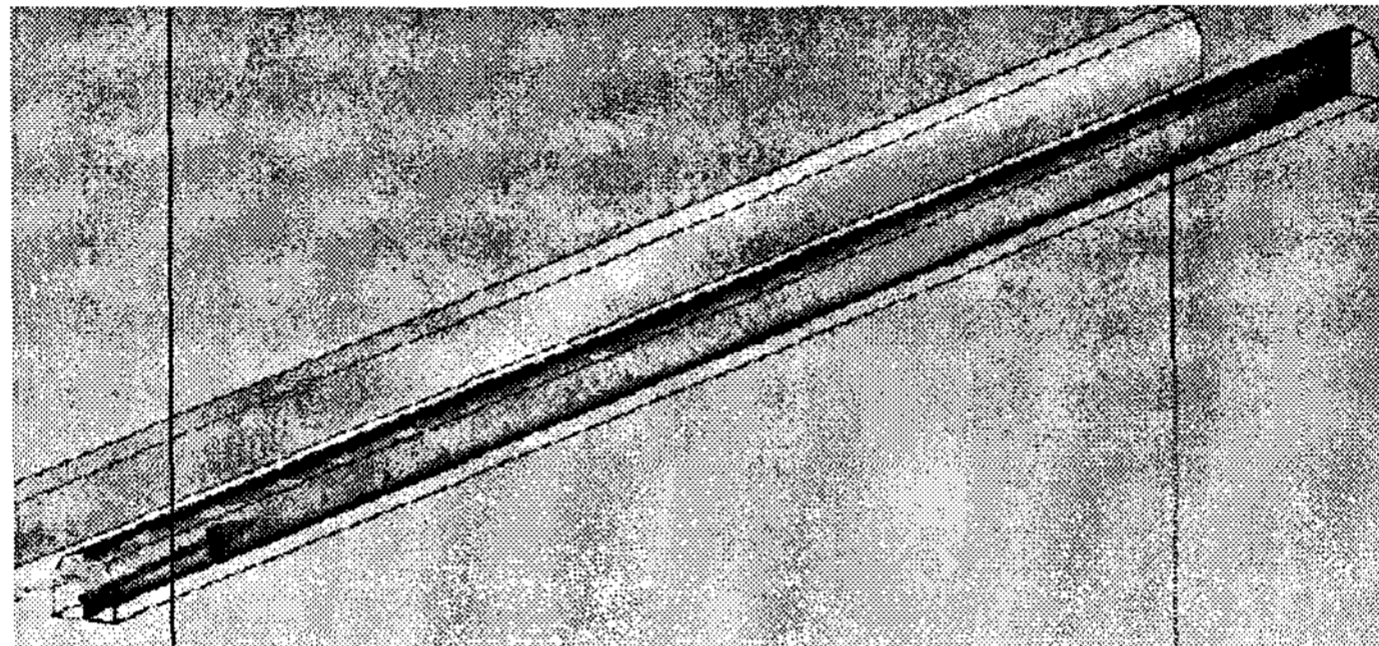


그림 4. 터널 내부의 공기흐름

위 그림과 같이 터널 내부에서는 부력이 작용하며 자연대류로 인하여 열전달이 이루어진다. 터널 외부와의 기압차에 의해 터널 입구로 부터 30℃로 유지되는 공기가 흡입되고, 터널 내부에서 가열된 고온의 공기는 배출된다. 터널의 지붕, 옆면, 바닥의 최대 온도 값을 표2와 그림5에 나타내었다.

표 2. 계산결과 값

간 격	평균벽면온도 [℃]	온도(지붕①, 옆면②, 바닥③)[℃]
30m	36	40.0, 38.8, 37.5
40m	36	40.4, 38.8, 37.6
90m	36	39.7, 38.8, 37.5
150m	35.9	39.6, 38.7, 37.3

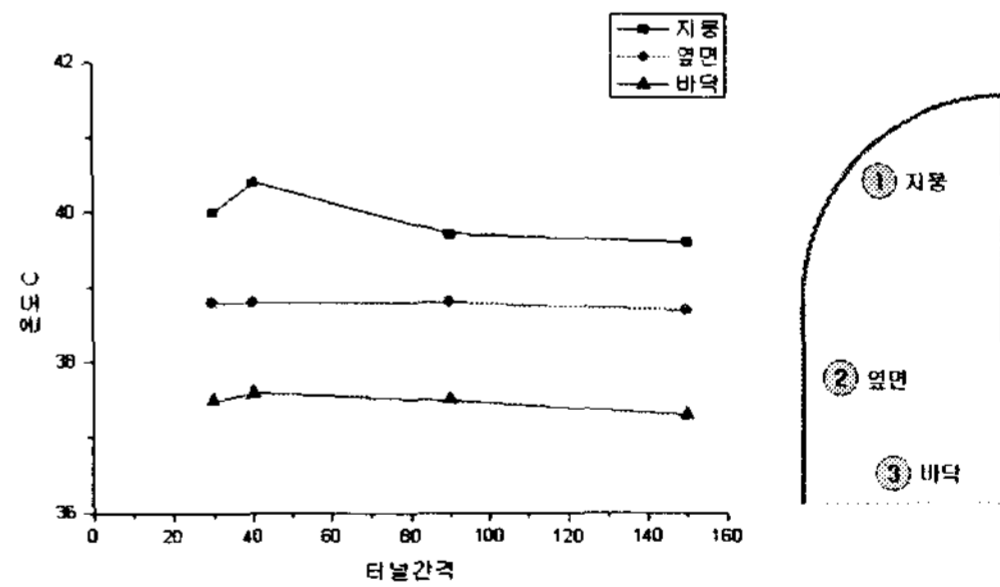


그림 5. 계산결과 그래프

계산결과 터널사이의 간격에 의한 외벽의 평균 온도는 거의 일정하고, 각 부분별 최대온도도 크게 차이가 없음을 그래프를 통해 알 수 있다. 향후 터널 내부의 실린더 및 내부시설의 온도 계산 시, 위에 계산된 각 터널 부위의 최대 온도를 터널 외벽에 적용하여 열해석을 수행할 것이다.

참고문헌

1. 한국원자력연구원, “고준위폐기물 처분기술개발”, KAERI/RR-2765/2006, 2006.
2. 조동건, “심지층 처분시스템 설계를 위한 기준 사용후핵연료 선정 및 선원항 평가”, KAERI/TR-3084/2005, 한국원자력연구원, 2005.