'99 춘계학술발표회 논문집
한국원자력연구소

고준위폐기물 심지층 처분시스템 개념 설정을 위한 여러가지 처분대안 연구

Development of the Feasible Options for the Establishment of Reference HLW Repository Concept

최종원, 구정의, 고원일, 권상기, 최영성, 강철형
한국원자력연구소
대전광역시 유성우체국 사서함 105 호

요약

국내 원전에서 발생되는 사용후핵연료의 특성이 고려된 사용후핵연료 처분용기 포장 방안으로서 PWR/CANDU 사용후핵연료 분리 또는 공동포장 처분용기 등 두 가지 방안을 도출하였다. 지하 처분장내에서 이러한 처분용기 배열 및 처분장 배치 개념은 벤토나이트 완충재의 물리.화학적 기능이 유지될 수 있는 최대 허용온도 (100°C)를 초과하지 않는 최소 처분용기 간 거리와 처분터널 간격 등을 기준으로 도출하고, 이러한 자료를 분리 및 공동 처분용기와 처분용기 수직/수평 거치방안 등과 조합하여 심지층 처분개념 7 가지 방안을 개발하였다.

ABSTRACT

As a disposal packaging concept of spent fuel generated from the domestic NPP, two types of disposal packaging concepts (one is to package PWR and CANDU spent fuels in separate containers and another to package them in common container) were proposed. The configuration of such containers and the layout of underground repository were also developed based on the container spacing in a deposition tunnel and the deposition tunnel spacing in repository to keep the physicochemical properties of bentonite buffer (less than 100°C). Thus information was combined with spent fuel packaging concepts and container emplacement methods, from which seven feasible options were developed.

I. 서론

최근 미국에서는 1970 년대 중반부터 추진해 오던 지하 600 미터의 암염층에 초우란 폐기물 (TRU waste) 처분 시험장 (WIPP, Waste Isolation Pilot Plant)의 운영에 대한 인·허가를 취득하여 지난달부터 운영하고 있다. 초우란 폐기물은 폐기물 특성상 많은 붕괴열이 발생되는 고준위폐기물과는 다소 차이가 있지만 방사성독성이 크고 장반감기를 갖는 대부분의 악틴족 원소들은 거의 같기 때문에 처분의 장기적 안전성 관점에서는 매우 중요한 첫 시도라 평가된다. 이와같은 추세에 비해 우리나라의 경우 다소 늦은 감은 있지만 1997 년도부터 한국원자력연구소를 중심으로 본격적인 고준위폐기물 처분연구가 추진되고 있다. 이 연구는 정부의 원자력 중장기 연구개발 과제로 수행 중이며, 2003 년 3 월까지 우리나라 환경에 적용될 수 있는 기준 심지층 처분개념(reference deep geological repository concept)을 설정하는 것을 목표로 하고 있다.

본 연구에서는 기준 처분시스템 구성을 위한 단위 요소들을 설정하기 위하여 국내에서 발생되는 사용후핵연료의 종류 및 특성에 따른 처분용기 포장방안과 처분용기의 배열에 따른 지하처분장 배치방안 등이 고려된 여러가지 처분대안을 개발하고, 각 대안들을 기술성, 안전성 및 경제성 관점에서 비교.분석하기위한 대안 별 가정 및 기술사항 등을 정의하였다. 또한 각 대안들 중, 가장 양호한 개념을 선택하는 절차 및 평가항목/기준 등을 제시하여 향후 기준 처분개념 선정, 평가 및 도출에 활용하고자 하였다.

II. 처분방안 선정 요소

본 연구에서는 고준위폐기물의 방사선적.열적 선원항 관점에서 가장 보수적일 것으로 판단되는 사용후핵연료를 일단의 처분대상으로 고려하였다. 향후 우리나라에 적용될 고준위폐기물 처분 기본방향과 기준 처분개념 도출을 위한 처분대안 선정요소는 현재의 국내 현안 등을 고려하여 다음과 같이 구성하였다.

- 처분용기 및 포장 방안 : 국내에서 발생되는 사용후핵연료의 종류 및 특성에 따라 분리 또는 공동 포장하는 방안들을 비교·평가하여 기준 처분 개념에 적용될 사용후핵연료 포장 방안을 선정하는 것이 목적이다. 본 연구에서는 건전한 사용후핵연료 (intact spent fuel) 만을 수용하는 처분 용기를 평가 대상으로 하였다.
- 지하처분장내 처분용기 거치(emplacement) : 현재 고준위폐기물 심지층 처분을 고려하고 있는 세계 여러나라들의 처분개념 분석 결과[1], 지하 처분장에서의 처분용기 거치 방안은 처분용기 수직/수평 등 두 가지 경우만을 채택하였다.
- 처분용기 배열 및 지하 처분장 배치 : 처분용기 주위로 벤토나이트 완충재가 존재한다는 가정하에 near-field 방벽으로서 벤토나이트의 물리.화학적 기능이 유지될 수 있는 최대 허용 온도 (100°C)를 초과하지 않는 처분용기 및 처분터널 간격 등을 처분장 열분포 계산을 통하여 도출한 다음, 처분용기 거치 방안과 조합하여 여러가지 대안을 개발하였다.

III. 심지층 처분방안 도출

1. 기본 가정 [2]

- ❍ **처분용량** : 36,000 tHM
  - ☞ PWR **사용후핵연료** : 20,000tHM (45,500**집합체**, **집합체 당** 0.44 tHM **기준**)
  - ☞ CANDU **사용후핵연료** : 16,000 tHM (842,100**다발**, **다발 당** 0.019tHM**기준**)
- ❍ **붕괴열** (40**년 냉각 기준**) : PWR 385 Watt/**집합체**, CANDU 2.28 Watt/**다발**
- ❍ **처분용기 포장 설계 기준** :
  - ☞ **사용후핵연료의 물리.화학적 건전성 확보** (UO_2 **산화방지**, **피복관 산화막 형성 방지 등**) < 200°C (**공기중**)
  - ☞ **처분용기 표면온도** < 100°C (**벤토나이트 완충재 물리.화학적 특성 유지**
  - ☞ **처분용기 표면에서의 방사선량율** < 500 mSv/hr
  - ☞ $K_{eff} \leq 0.95$
- ❍ **처분장 운영기간인** 50**년 동안 어떤 경우에서도 사용후핵연료 회수가능 운전** : **안전성 및 국가 정책 변경 등의 이유**
- ❍ **심지층 처분장은 화강암을 모암으로 하는 지하** 500m**에**.
- ❍ **지상 및 지하시설은** 1**개의** ramp**와** 2**개의** shaft**로 연결되며**, ramp**는 처분용기 및 중장비 등의 수송에 이용되고** shaft **는 환기**, **배수 및 전기설비 등의 공급과 굴착 폐기물 운반 등에 활용**.
- ❍ **처분장의 접근터널 및 처분터널은 발파공법으로**, **수직 처분공은** blind boring**공법으로 그리고 수평처분 공은** raiseboring **공법으로 건설**.
- ❍ **지상시설에서 운반되는 처분용기는 트럭에 수평으로 적재**.
- ❍ **처분터널 충전 및 밀봉** : **회수운영 조건에 따른 다른 방안의 하나로도 고려될 수 있으나 본 연구에서는 처분용기 거치 후 즉시 충전/밀봉**.
- ❍ **운영 중 안전성 및 작업관리 등**
  - **방사선피폭 방지를 위하여 처분공 거치 전까지는** shielded flask**로 취급**.
  - **처분용기 거치 작업과 처분장 건설 작업 동시 수행**.

2. 처분용기 포장 개념

사용후핵연료 처분을 위한 포장 또는 처분용기 개념은 우리나라 원전에서 발생되는 PWR **및** CANDU **사용후핵연료의 특성에 따라 크게 두 가지로 구분될 수 있다**. **그림** 1 **과** 2 **는** PWR **및** CANDU **사용후핵연료를 각각 다른 용기에 포장하는 분리포장 개념도이고 그림** 3 **은 두 가지 핵연료를 한 용기에 수용할 수 있는 공동용기 개념도를 보여주는 것이다**. **이와 같은 두 가지 개념의 처분용기는 사용후핵연료를 처분용기에 넣는 밀봉.포장 공정과 지하 처분방안과 관계없이 외부크기는 모두 동일하며**, **내부 구조는** PWR **및** CANDU **사용후핵연료를 수용할 수 있는 사각튜브와 원통형 튜브로 되어있다**. **처분용기가 갖는 성능 즉**, **수명기간 동안 고준위폐기물의 완전한 격리를 위하여 내.외부 재료**

는 주철강과 구리를 기준 물질로 선택하였다. 구리의 경우 예상되는 처분조건하에서 수십만-수백만년의 처분용기 수명을 기대할 수 있으나, 비용측면에서 처분비용의 상당부분을 차지하는 것으로 보고되고 있다[3]. 기준 처분용기 외부 벽은 7.5cm 두께의 구리 shell 이며 핵연료가 저장되는 내부 basket 사이는 주철(cast iron insert)로 채워져 있다. 이와 같은 처분용기 구조 및 재료에 대한 기계/구조적 안전성 및 수명기간 평가 등은 처분용기 성능 및 기술기준에 따라 별도로 해석될 것이고, 재질에 따라 얻어지는 비용측면에서의 기대효과는 비용-효과분석에 따라 정량적인 해석이 수행될 것이다.

심지층 처분시스템 개념 설정에 필요한 입력인자로서의 사용후핵연료 처분 포장 또는 처분용기 개념요건을 주요 항목별로 요약하면 다음과 같다.

1) 국내에서 발생.예상되는 36,000 톤의 사용후핵연료를 수용하기 위해서는 분리포장 개념의 경우 PWR 사용후핵연료 처분용기 11,375 개와 CANDU 사용후핵연료 처분용기 2,529 개가 필요하고, 공동포장 개념의 경우에는 7,198 개의 공동 처분용기와 4,,177 개의 PWR 사용후핵연료 처분용기가 추가로 필요하다.
2) 포장개념 별 비교분석을 위한 공학적 자료는 다음과 같다.
   - 모양, 크기, 무게, 구성재질 등 : 그림 1 – 3 참조
   - 핵연료 수용량 및 배열상태 :
     - 분리포장의 경우 : PWR 사용후핵연료 처분용기 : 4 집합체
       CANDU 사용후핵연료 처분용기 : 333 다발
     - 공동포장의 경우 : PWR 사용후핵연료 4 집합체 + CANDU 연료 117 다발
   - 처분용기 내부충전 방법, 충전물의 종류 및 기계적.열적 특성: 내부는 사용후핵연료가 위치할 사각/원통형 튜브 공간을 제외하고 주철강으로 충전.
3) 지상시설에서 사용후핵연료를 처분용기에 포장하는 공정의 결함율은 10^{-3} 이고, 일단 지하처분장 최종 거치전에 결함을 가진 처분용기는 처분하지 않으며, 일단 처분장에 최종거치된 후에는 처분용기 수명동안 외부영향에 의한 결함은 생기지 않는 것으로 가정한다.
4) 처분용기는 수송 및 취급 도중 가능한 사소한 낙하사고 (small height hoisting)하에서도 건전성을 유지하도록 설계/제작될 것이지만, 운영중 처분용기 결함발생 위험도는 지상시설에서부터 최종 처분지점까지의 수송시스템, 처분용기 수, 처분용기 무게/크기, hoisting 또는 lifting/tilting 작업 수 등에 따라 결정된다.

3. 지하 처분장 개념

앞에서 정의된 바와 같이, PWR/CANDU 사용후핵연료가 분리 또는 공동 포장된 처분용기를 지하 처분장에 배치하기위한 방안은 우선적으로 크게 수직 또는 수평 거치등 두 가지로 구분하였다. 표 1에서 보여주는 바와 같이 수직 거치방안은 분리 또는 공동 포장용기가 어떤 배열로 거치될 것인가에 따라 4가지 방안으로 그리고 수평거치 방안은 3 가지로 세분하였다.

가. VAT (Vertical emplacement of PWR or CANDU container in Alternative Tunnels) 방안

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 분리 포장된 처분용기를 이웃하는 서로 다른 터널의 수직 처분공에 하나씩 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분공과 처분터널의 간격은 각각 6m, 40m 이며, 이때의 처분용기 표면온도는 93°C (6.4Watt/m^2) 이다. 이와 같은 처분터널과 처분공 간격을 기준으로 11,375 및 2,529 개의 PWR/CANDU 사용후핵연료 처분용기 각각을 수용하기 위해서는 2,136m x 1,750 m (3,738,000 m^2)의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 길이 : 250m, 터널 입구와 마지막 부분에 각각 12m/10m의 여유공간을 두고,
  - 처분 터널 크기 : 폭4m x높이6m x 길이 200m
  - 수직 처분공 크기 : 210 cm (직경) x 796 cm (깊이)
  - PWR 사용후핵연료 처분을 위한 수직 처분공을 39개 천공 (38개 처분용기 거치 + 1개 여유), 처분터널 300개 필요(수직 처분공 총 11,700 개)
  - CANDU사용후핵연료 처분을 위한 처분 터널 수 : 67개 (수직 처분공 2,613 개)
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터널 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 2,597,039 m^3

3) 운영관련 사항

- 처분용기 수송 및 취급 :
  - 처분용기 수 : PWR 11,375개/CANDU 2,529개
  - 처분장내에서 수직 처분공 거치용 vehicle로 옮긴 후 (처분용기를 수평에서 수직으로 방향 전환), 수직 처분공 위치로 운반.
  - 처분 터널 별로 PWR처분용기와 CANDU 처분용기 구별이 필요.
  - 지하처분장 거치작업 (완충 작업 포함) : 수직 처분공 거치 시 낙하가능 높이는 약 8m

나. VSA (Vertical emplacement of PWR or CANDU container in Separate deposition Area) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 처분구역에 준비된 처분터널의 수직 처분공에 하나씩 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분공과 처분터널의 간격은 PWR 사용후핵연료 처분구역의 경우 각각 6m, 40m 이며, CANDU사용후핵연료 처분구역의 경우는 3m, 40m이다. 이때의 PWR 사용후핵연료 처분용기의 표면온도는 96°C (6.4Watt/m^2) 이고, CANDU 사용후핵연료 처분용기는 87°C (6.3Watt/m^2)이다. 본 개념의 수용에 필요한 면적은 약 2,136m x 1,750m (3,738,000 m^2)이다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 터널 입구와 마지막 부분에 각각 13m/12m의 여유공간을 두고 수직 처분공 천공,
  - PWR 사용후핵연료 처분터널 1개에 처분공 39개 천공(38개 처분용기 거치 + 1개 여유), 필요 처분터널 300개 : 수직 처분공 총 11,700개
  - 처분터널 및 수직 처분공 크기: VAT 경우와 동일
  - CANDU사용후핵연료 처분 터널 1개에 처분공 77개 천공(76개 처분용기 거치 + 1 개 여유), 필요 처분터널 34개 (수직 처분공 2,618개)
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터털 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 2,399,177 m^3

3) 운영관련 사항 : VAT 개념과 유사하나, ramp를 통하여 지하시설까지 운반되 온 처분용기를 PWR/CANDU 처분구역으로 나누어지기 전에 PWR처분용기와 CANDU 처분용기의 구별이 필요.

다. VAT-SPDC (Vertical emplacement of each PWR and Double CANDU canisters in Alternate Tunnel) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 분리 포장된 처분용기를 한 처분터널의 수직 처분공에는 PWR사용후핵연료 처분용기를 하나씩 거치하고 이웃하는 다른 처분터널에는 CANDU사용후핵연료 처분용기를 한 처분공에 두개씩 거치하는 개념이다. 이와 같은 개념은 PWR사용후핵연료 처분용기의 열원항이 CANDU사용후핵연료 처분용기의 열원항보다 약 두배 크다는 사실로부터 도출된 개념인데, 총 2,136m x 1,750m (3,738,000 m^2)의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 터널 입구와 마지막 부분에 각각 12m/10m의 여유공간을 두고 (처분터널 및 수직 처분공 크기: VAT와 동일),
  - PWR사용후핵연료 처분을 위한 수직 처분공을 39개 천공 (38개 처분용기 거치 + 1개 여유), 처분터널 300개 (수직 처분공 11,700 개)
  - CANDU사용후핵연료 처분 터널 수 : 35개 (수직 처분공 1,330개)
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터털 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 2,386,192m^3

라. VCop (Vertical emplacement of a Co-package) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 공동 포장된 처분용기를 지하처분장의 터널의 수직 처분공에 하나씩 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분공과 처분터널의 간격은 각각 10m, 40m 이며, 이때의 처분용기 표면온도는 96°C (4.5Watt/m^2)이다. 이

외에 PWR처분용기 4,177개의 추가 처분이 필요하다. 약 2,136m x 1,950 m (4,165,200m^2) 의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 터널 입구와 마지막 부분에 각각 12m/10m의 여유공간을 두고 (처분터널 및 수직 처분공 크기는 VAT와 동일),
  - 공동 처분용기 처분을 위한 수직 처분공을 24개 천공 (23개 처분용기 거치 + 1개 여유), 처분터널 수 313개 (수직 처분공 수 7,512개)
  - 한 처분터널 당 PWR처분용기 처분을 위한 처분공 수는 VAT와 동일 (39개), 처분 터널 수 110개 (수직 처분공 4,290개)
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터털 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 2,863,735m^3
- 처분용기 수송 및 취급 :
  - 처분용기 수 : 공동 처분용기 7,198개/PWR처분용기 4,177개

마. HAT (Horizontal emplacement of PWR or CANDU container in Alternate Tunnel) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 분리 포장된 처분용기를 이웃하는 서로 다른 터널 (여기서는 수평 처분공 개념)에 각각 수평으로 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분터널내 처분용기 간격과 처분터널의 간격은 각각 6m, 40m 이며, 이때의 처분용기 표면온도는 94°C (4.8Watt/m^2) 이다. 약 2,136m x 1,810m (3,866,160m^2)의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분용기의 배치/배열
  - 한 처분터널의 터널 입구와 마지막 부분에 각각 12m/10m의 여유공간을 두고, 처분용기 중심간격이 6m 되게 37개의 처분용기를 수평배열하고 나머지 1개 거치공간은 여유.
  - 수평 처분공 크기 : 폭4m x 높이4.5m x 길이250 m
  - PWR사용후핵연료 처분을 위한 처분터널 308개, CANDU사용후핵연료 처분 터널 69개 필요.
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터털 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 1,696,500 m^3

3) 운영관련 사항 : VAT개념과 동일하나, 다른점은 지상에서 운반된 처분용기를 처분장내에서 수평 거치용 vehicle로 옮긴 후, 수평 처분공내 처분위치까지 vehicle이 접근하여 최종 처분위치로 밀어 넣는 운영작업 조건이 다르고 수직 처분공 거치 경우 보다 낙하 가능성 작음.

바. HAS (Horizontal emplacement of PWR or CANDU container in Separate deposition Area) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 처분구역에 준비된 처분터널에 각각 수평으로 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분용기간 간격과 처분터널의 간격은 PWR 사용후핵연료 처분구역의 경우 각각 6m, 40m 이며, CANDU사용후핵연료 처분구역의 경우는 6m, 20m이다. 이때의 PWR 사용후핵연료 처분용기의 표면온도는 96°C (6.4Watt/m^2) 이고, CANDU 사용후핵연료 처분용기는 84°C이다. 약 2,136m x 2,150m (4,592,400m^2)의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 입구와 마지막 부분에 각각 14m/14m의 여유공간을 두고, 처분용기 수평 배열 (처분공 크기는 HAT와 동일),
  - 한 처분터널에 37개의 처분용기만을 수평 배열하고 처분용기 한 개 거치공간(6m)는 여유
  - PWR사용후핵연료 처분을 위한 처분터널 수 : 308개
  - CANDU사용후핵연료 처분을 위한 처분 터널 수 : 69
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터널 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널과 처분공 부분만 고려) : 1, 696,500 m^3

3) 운영관련 사항 : HAT 개념과 유사.

사. HCop (Horizontal emplacement of a Co-packaged-canister) **방안**

1) 일반사항

이 개념은 PWR/CANDU연료가 공동 포장된 처분용기를 지하처분장의 터널에 수평으로 거치하는 개념인데, 열분포 해석으로부터 도출된 처분공과 처분터널의 간격은 각각 7m, 60m 이며, 이때의 처분용기 표면온도는 98.5°C (4.3Watt/m^2)이다. VCop 개념에서와 같이 7,198개의 PWR/CANDU공동 처분용기와 4,177개의 PWR사용후핵연료 처분용기가 추가로 필요한데, 이들 모두를 수용하기 위해서는 2,136m x 2,290 m (4,891,440m^2)의 면적이 필요한 것으로 나타났다.

2) 건설관련 사항

- 처분터널과 처분공의 배치
  - 한 처분터널의 터널 입구와 마지막 부분에 각각 13m의 여유공간을 두고, 공동 처분용기를 7m 간격으로 32개 수평배열 (나머지 처분용기 1개 공간은 여유)하고, PWR처분용기는 한 터널에 37개 거치.
  - PWR/CANDU사용후핵연료 공동 처분용기를 위한 처분터널 수 : 233개
  - PWR사용후핵연료 처분을 위한 처분 터널 수 : 113개
- 총 굴착량 (ramp/shaft 및 access/transportation 터널 등은 공통시설로 간주하고, 여기서는 처분터널 부분만 고려) : 1,521,000 m^3

3) 운영관련 사항 : 처분터널에 수평 거치하는 부분 만 제외하고는 VCop개념과 동일.

IV. 결론 및 향후계획

국내 원전에서 발생되는 사용후핵연료의 특성이 고려된 사용후핵연료 처분용기 포장 방안으로서 PWR/CANDU 사용후핵연료 분리 또는 공동포장 처분용기 등 두 가지 방안을 도출하였다. 지하 처분장내에서 이러한 처분용기 배열 및 처분장 배치 개념은 벤토나이트 완충재의 물리.화학적 기능이 유지될 수 있는 최대 허용온도 (100°C)를 초과하지 않는 최소 처분용기 간 거리와 처분터널 간격 등을 도출하였다. 이러한 자료를 기준으로 분리 및 공동 처분용기와 처분용기 수직/수평 거치방안 등을 조합하여 총 7 가지 방안을 개발하였다.

이러한 개념들은 기술성, 경제성 및 안전성 관점에서 정량적으로 비교.분석되어야 하나, 정의된 각 개념들 간의 정보의 한계로 인하여 정성적 분석 정도가 가능할 것으로 판단된다. 정성적 분석으로 선택된 가장 양호한 방안 (the most promising option)이 향후 예비 개념설계 등을 통하여 어느 정도의 공학적 정보를 확보하게 되면 본 연구단계에서 수행치 못했던 각 방안별 주요 비교.분석 항목들을 민감도 분석차원에서 재평가 할 수 있을 것으로 생각된다. 현재 고려되고 있는 정성적 평가 항목들은 다음과 같다.

- 기술성 : 지하처분장 건설기술 난이도/성숙도, 처분공정/공정장비 운영상 적용기술의 난이도, 처분용기 취급/운송 난이도, 처분장 건설로 인한 환경영향,
- 안전성 (운영중 안전성) : 처분공정 상 작업자의 방사선 피폭 위험도, 처분용기 취급/운송 중 결함발생 가능성,
- 경제성 : 건설비용 (굴착량으로 상대평가), 지하 처분장 면적

참고문헌

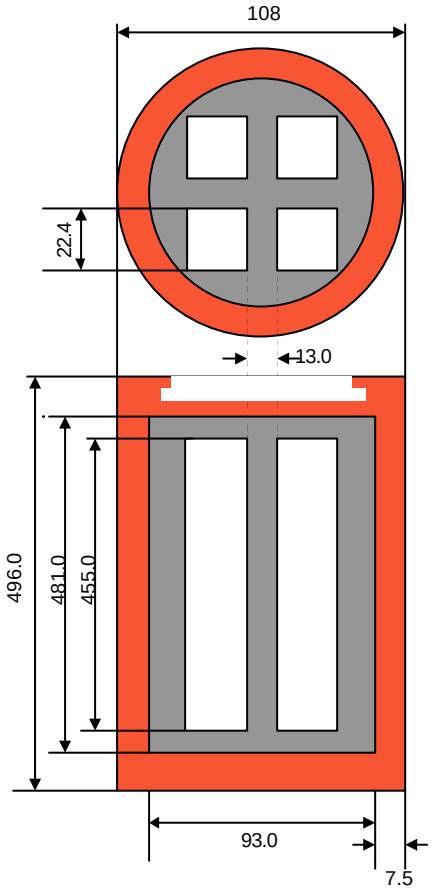
1. 고원일, 최종원, 강철형, 세계주요국의 고준위폐기물 처분개념 및 기술기준, 한국원자력연구소, KAERI/AR-499/98 (1998).
2. 심지층 처분시스템 개념 설정을 위한 기준 사용후핵연료 선정 및 특성 분석, 한국원자력연구소, KAERI/TR-914/97 (1997).
3. Project on Alternative Systems Study (PASS) Final Report, Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Technical Report 94-04 (1992).

표 1. 처분용기 거치방안

구분	거치방안 (Case)	거치 (Emplacement) 방법	비고
수직	**VAT** (Vertical emplacement of each PWR or CANDU canister in Alternative Tunnels)	PWR/CANDU 연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 터널에 수직처분공 거치	▪처분용기 간격: 6 m ▪처분터널 간격: 40 m ▪용기표면온도: 93°C
	VSA (Vertical emplacement of each PWR or CANDU canister in Separate deposition Area)	PWR/CANDU 연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 처분 구역의 처분장에 수직처분공 거치	1) 참조
	VCop (Vertical emplacement of a Co-package)	PWR/CANDU 연료가 동일 포장된 처분용기를 처분터널에 수직처분공 거치	▪처분용기 간격: 10 m ▪처분터널 간격: 40 m 용기표면온도: 93°C
	VAT-SPDC (Vertical emplacement of each PWR and Double CANDU canisters in Alternate Tunnel)	한 처분터널에는 PWR 용기를 하나씩 수직처분공 거치하고, 이웃하는 다른터널에는 CANDU 용기 두개 거치	▪처분용기 간격: 6 m ▪처분터널 간격: 40 m ▪용기표면온도: 96°C
수평	**HAT** (Horizontal emplacement of each PWR or CANDU canister in Alternate Tunnel)	PWR/CANDU 연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 터널에 수평 거치	▪처분용기 간격: 6 m ▪처분터널 간격: 40 m ▪용기표면온도: 94°C
	HAS (Horizontal emplacement of each PWR or CANDU canister in Separate deposition Area)	PWR/CANDU 연료가 분리 포장된 처분용기를 서로 다른 처분 구역의 처분장에 수평 거치	2) 참조
	HCop (Horizontal emplacement of a Co-packaged-canister)	PWR/CANDU 연료가 동일 포장된 처분용기를 수평 거치	▪처분용기 간격: 6 m ▪처분터널 간격: 40 m 용기표면온도: 93°C

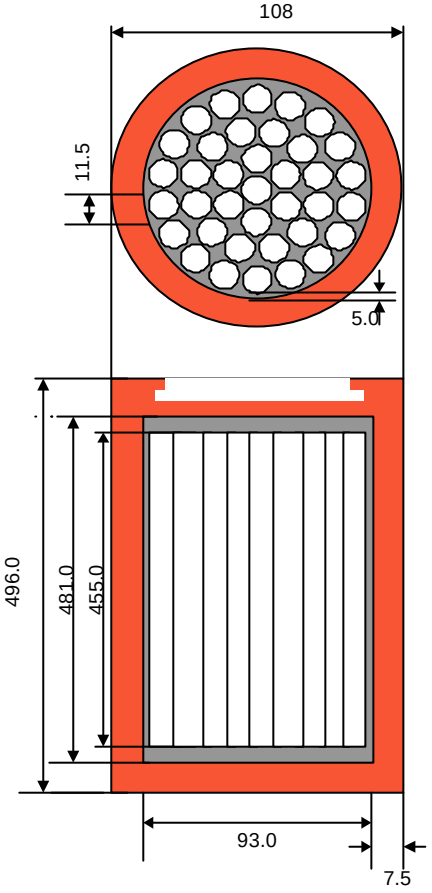
1) PWR 연료처분구역 : 처분용기 간격: 6 m, 처분터널 간격: 40 m, 용기표면온도: 93°C
CANDU 연료 처분구역: 처분용기 간격: 3 m, 처분터널 간격: 40 m, 용기표면온도: 87°C

2) PWR 연료처분구역 : 처분용기 간격: 6 m, 처분터널 간격: 40 m, 용기표면온도: 97°C
CANDU 연료 처분구역: 처분용기 간격: 6 m, 처분터널 간격: 20 m, 용기표면온도: 86°C



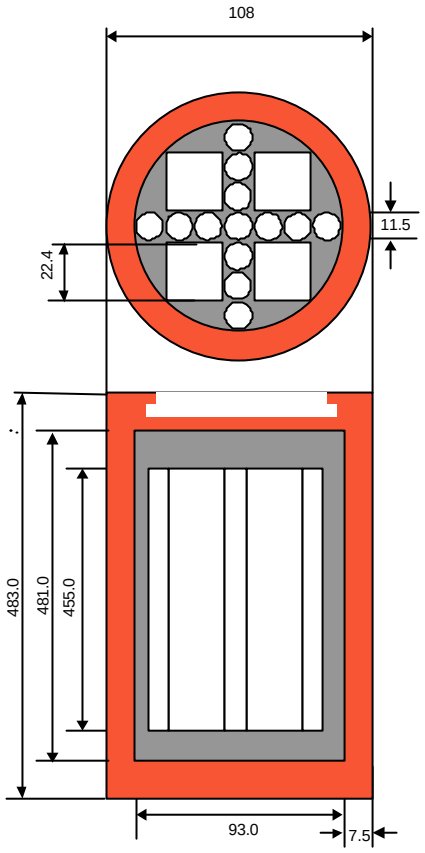
- Canister Outer shell : Copper
- Cast Insert (Fuel region) : Carbon steel
- Capacity : 4 PWR S/F
- 11,375 canisters
- Residual Heat in Canister : 1,540 Watt
- Total Volume : 4,513 m^3
- Surface : 19 m^2
- Total Weight : 32,963kg
  - ☞Fuel wt. : 2,660 kg
  - ☞Cast Insert : 19,189kg
  - ☞Container wt. : 11.114 kg (copper)

그림 1. PWR 사용후핵연료 처분용기 개념도



☞Fuel wt. : 8,325 kg
☞Cast Insert : 15,528kg
☞Outer-shell wt. : 11.114 kg (copper)

그림 2. CANDU 사용후핵연료 처분용기 개념도



☞Fuel wt. : 2,660 kg
☞Cast Insert : 19,189kg
☞Container wt. : 11.114 kg (copper)

그림 3. PWR/CANDU 사용후핵연료 혼합 처분용기 개념도

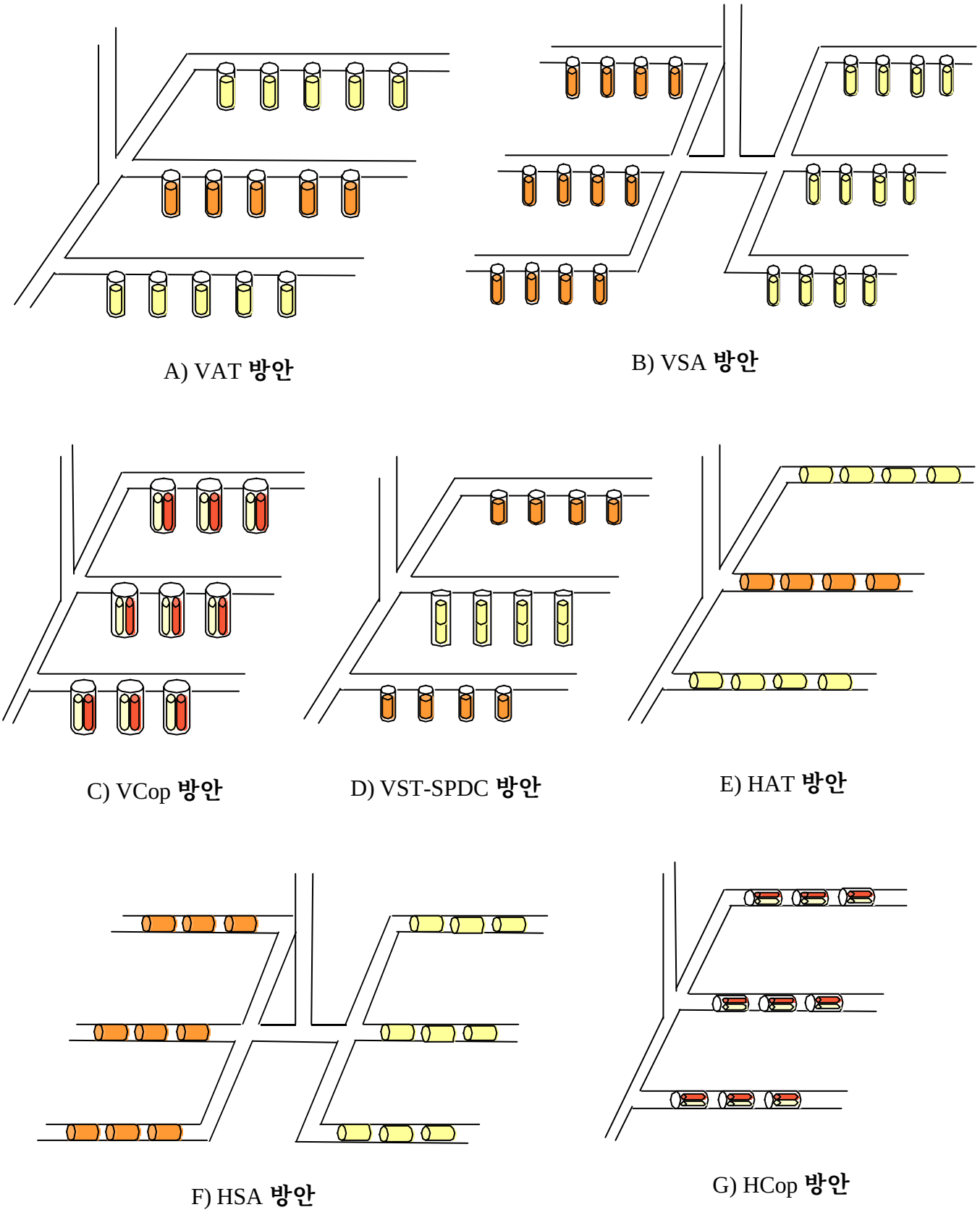


Fig4. Illustration of the disposal concepts developed by the waste packaging and emplacement methods