

2002 년도 기술사 제 66 회

분야 : 에 너 지

자격종목 : 핵연료

제 1 교시

※ 다음 13 문제중 10 문제를 선택하여 설명하십시오. (각 10 점)

1. 핵연료 물질은 핵분열성 물질(Fissile material)과 핵원료성 물질(Fertile material)로 구분할 수 있다. 이들에 대한 설명과 물질종류를 열거하십시오.
2. 핵연료의 일종인 Cermet 연료에 대해 설명하십시오.
3. 지르칼로이 피복관 물성의 하나인 수소화물 방향성 계수(Fh)를 설명하십시오.
4. Magnox 에 대해 설명하십시오.
5. 이중 우발성 원리(Double Contingency Principle)에 대해 설명하십시오.
6. 핵물질 안전조치에 사용되는 MUF 에 대해 설명하십시오.
7. 가연성 흡수재(Burnable Poison) 에 대해 설명하십시오.
8. 경수로 핵연료와 중수로 핵연료의 차이점에 대해 설명하십시오.
9. 핵연료 주기의 구성도를 그리고 선행 핵연료 주기와 후행 핵연료 주기를 정의하십시오. 우라늄 정련부터 나타낼 것.
10. 1700°K 이하에서 이산화 우라늄 핵연료 소결체의 열전도는 아래의 각 변수에 따라 어떻게 변화되는지 정성적으로 설명하라.
 - 기공도
 - 산소대 금속비율(O/U ratio)
 - 중성자 조사(조사후 1 시간 이내를 고려)
 - 연소도(주로 고용성 핵분열 생성물이 발생함을 고려)
11. 기존의 PWR 피복관으로 Zircaloy⁴ 주로 사용되었으나 고연소도 핵연료 개발에 따라 신형 지르코늄합금이 개발되어 이용되고 있다. Westinghouse 에서 개발한 Zirlo 의 경우 Zircaloy⁴에 비해 합금원소의 성분변화에 대해 개략적으로 설명하십시오.
12. Zircaloy⁴는 중성자 조사를 받으면 조사성장을 일으킨다. hcp 구조임을 고려하여 주로 성장이 일어나는 방향에 대하여 설명하십시오.
13. 중수로(CANDU) 핵연료에 흑연도표(Graphite Coating)를 하여 핵연료의 손상을 줄이고 있다. 이 흑연도표의 역할에 대해 설명하십시오.

제 2 교시

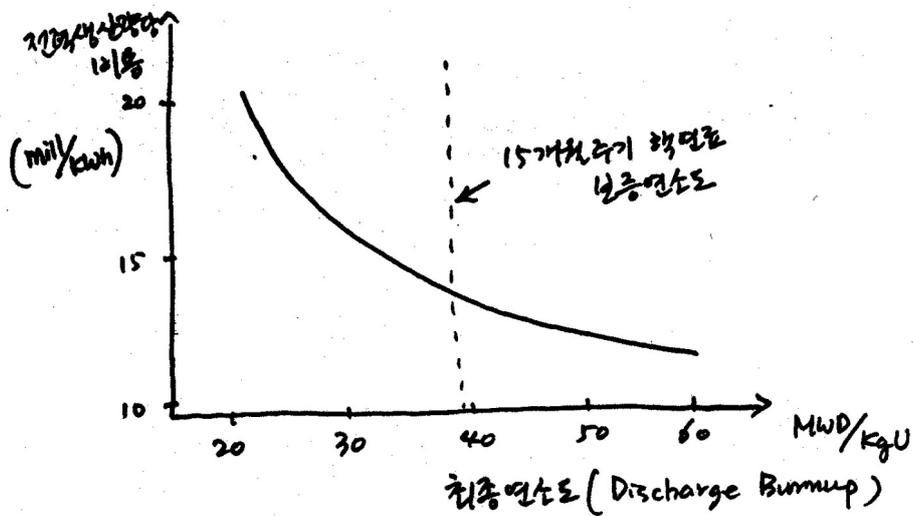
※ 다음 6 문제중 4 문제를 선택하여 설명하십시오. (각 25 점)

1. 동일한 재질을 갖는 2 개의 PWR 핵연료를 만들어 조사시험을 수행하였다. 핵연료 A 는 소결체와 피복관 간격(Gap Size)을 $50\mu\text{m}$ 로, 핵연료 B 는 그 간격을 $150\mu\text{m}$ 가 되도록 제작하였고, 두 핵연료 모두 동일한 Plenum 부피를 갖고 있다. 이 두핵연료를 동일한 조건(동일 중성자속, 동일 냉각수 온도등)에서 18kW/m 선출력으로 $30,000\text{MWD/MTU}$ 의 연소도가 되도록 조사시킨 후 냉각시켜 내압을 측정하였다. 두 핵연료중에 내압이 높은 것은 어느것인가? 왜 내압에 차이가 나는지 설명하십시오.
2. 중수로와 경수로를 동시에 보유하고 있는 우리나라는 이 특성을 살려 DUPIC 핵연료 주기기술을 개발하고 있다.
 - a) DUPIC 핵연료 주기의 원리에 대하여 간략히 설명하고 이 주기의 장점에 대해 설명하십시오.
 - b) DUPIC 핵연료 주기에서 예상되는 문제점을 i) 제작 및 운송, ii) 운전 그리고 iii) 보관 및 처분관점에서 설명하십시오.
3. 토륨핵연료 주기에 대한 관심이 요사이 고조되고 있다. PWR 에 토륨핵연료가 --사용될 경우
 - a) 토륨핵연료 주기가 갖는 장점에 대해 설명하십시오.
 - b) 아울러 예상되는 문제점에 대하여 설명하십시오.
4. 핵연료 피복관 재료가 갖추어야 할 특성에 대해 설명하십시오.
5. 원자로 재료에서 나타나는 응력부식 균열(Stress Corrosion Cracking)에 대해 설명하십시오.
6. 고속증식로 냉각재로 액체 Na 이 사용된다. 냉각재로서 Na 의 장점과 단점을 비교 설명하십시오.

제 3 교시

※ 다음 6 문제중 4 문제를 선택하여 설명하십시오. (각 25 점)

1. 핵연료는 주기비용을 고려하여 점차 장주기, 고연소도 핵연료로 제작되는 추세이다. 아래 그림은 15개월 주기를 갖는 핵연료의 “연소도”와 “전력 생산량당 비용”을 개략적으로 나타낸 것이다.
 - i) 이 그림에 24개월 주기를 갖는 핵연료의 연소도와 주기비용 곡선을 개략적으로 나타내고
 - ii) 왜 이러한 차이가 나는지를 자세히 설명하고(예, 우라늄 소요량, 농축비용...)
 - iii) 장주기, 고연소 핵연료로 개발되는 이유를 설명하라.



분야 : 에 너 지

자격종목 : 핵연료

3. 경수로 및 중수로 핵연료는 운전중에 고압의 냉각수에 의해 가압상태에 놓이게 된다.
- i) 아래 2 개의 핵연료 A, B 의 자료를 비교하여, 피복관에 걸리는 하중을 계산하여 피복관이 소결체에 밀착접촉(collapsible) 하는지 여부를 결정하라. 냉각수 압력과 핵연료 내부 압력의 차이는 13MPa 이고, 밀착 접촉이 발생하는 피복관의 응력은 200MPa 이다. (Thin Wall Cylinder 로 가정하여 계산하라)

A	B
- 연료봉 외경 : 10mm	- 연료봉 외경 : 10mm
- 연료봉 내경 : 9mm	- 연료봉 내경 : 9.5mm
- 피복관 두께 : 0.5mm	- 피복관 두께 : 0.25mm

- ii) CANDU 핵연료는 원자로내에서 소결체와 피복관이 밀착접촉(collapsed) 상태에 있다. 이 경우 장점과 단점에 대하여 논의하라.

3. 핵분열 기체 방출 모형으로 Booth 모형이 핵연료 거동을 간단히 분석할 때 주로 사용된다. Booth 모형을 간략히 설명하고, 이 모형의 한계점에 대하여 논의하라.
4. 레이저 농축방법에 대해 설명하십시오.
5. 우라늄 분말(UO₂)을 제조하는 공정중의 하나인 IDR 건식공정에 대해 설명하십시오.
6. 90 만 kW 용량의 PWR 발전소의 경우 한번 재장전 하는데 소요되는 핵연료가 4.5% 농축도의 우라늄으로 28 톤이 소요된다. 농축공장에서 4.5% 농축도 우라늄을 28 톤 만드는데 소요되는 천연우라늄의 투입량을 계산하십시오.
(단, 폐기농도는 0.2w/o)

제 4 교시

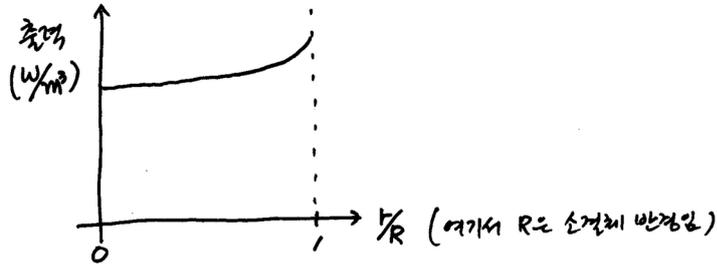
※ 다음 6 문제중 4 문제를 선택하여 설명하십시오. (각 25 점)

1. 아래 그림은 PWR 핵연료 소결체의 반경방향에 따른 완위부당 출력 분포를 나타낸 것이다. (초기 연소 상태임)
- i) 왜 중심부의 출력이 표면보다 낮은가 ?

분야 : 에 너 지

자격종목 : 핵연료

ii) 아래 그림을 참조하여 연소가 진행됨에 따라 출력분포가 어떻게 변화되는지 그림으로 나타내고, 왜 이러한 변화를 갖는지 설명하라.



2. 지르코늄 합금 피복관이 연소중에 나타나는 특성변화를 아래 관점에서 설명하라.

i) 기계적 특성 ii) 부식특성 iii) 변형

3. 경수로에서 이산화우라늄 소결체의 연소도에 따른 밀도변화를 개략적으로 그려라. 왜 고밀화가 일어나는가? 그리고 왜 팽윤이 발생하는가?

4. 소결체 제조시 수분함량이 많게되면 피복재의 수소화물 z 형성으로 피복관의 파손이 일어날 수 있다. 이러한 수소 화합물의 형성에 대해 설명하시오.

5. 저준위 고체 폐기물의 고화처리에 대해 설명하시오.

6. 사용후 핵연료의 건식저장 방식에 대해 설명하시오.