

1. a) 토카막 플라즈마에서 발생될 수 있는 다음과 같은 불안정성을 유발시키는 driving source (free energy source)와 이 불안정성을 안정화 시키는 방법이나 조건을 설명하라. (12점)
  - 1) Ideal external kink modes    2) Ideal ballooning modes    3) Tearing modes
 b) 위 문제에서 제시한 안정화 조건을 토카막 핵융합로를 안정된 평형상태로 가동하기 위해서 유지되어야 하는 플라즈마 전류 값과 밀도 값의 제한 영역에 대하여 논하라. (8점)
  
2. Stellarator에서 자기장을 발생 시키는 방법을 설명하고, 발전을 목적으로 하는 핵융합로로 개발하려 할 때, 토카막과 비교된 특징과 장단점을 설명하라 (10점)
  
3. 토카막 플라즈마의 보조가열 방법에 있어서 (15점)
  - a) Negative-ion based NBI가 positive-ion based NBI와 비교하여 플라즈마 가열에 유리한 점을 중성화 효율과 플라즈마 내에서 penetration depth 관점에서 설명하라.
  - b) ICRH와 ECRH를 wave source, coupling 방법, 가열효과 측면에서 비교 설명하라.
  
4. a) 토카막에서 불순물에 의한 radiation 발생과 이에 의한 에너지 손실에 대해서 논하고, 이러한 불순물을 조절 또는 제거하는 방법을 상세히 논하라. (15점)
  - b) 탄소(C) 불순물의 경우에 연료 플라즈마 밀도의 1 %까지 불순물이 허용된다면, 플라즈마 반경  $a = 1 \text{ m}$  인 토카막에서 10 keV로 Alcator scaling law  $\tau_E = 2.5 \times 10^{-21} n a^2 \text{ sec}$ 에 따라 운전하면서 break-even 조건을 만족 시키려면 탄소의 농도는 몇  $\text{m}^{-3}$  이하로 유지시켜야 하느냐? (5점)
  
5. 핵융합로 블랑켓과 관련하여 다음에 답하라. (20점)
  - a) 블랑켓의 기능에 대해서 설명하고, 이러한 기능을 발휘하기 위한 운전조건을 말하라.
  - b) 블랑켓의 기본적인 구조를 설명하고. 여기에 사용되는 재료들을 예시하라.
  - c) 사용 재료 간의 호환성을 고려한 블랑켓 설계에 대하여 논하라.
  
6. 핵융합 발전의 안전성과 환경문제와 관련된 다음 물음에 답하라. (20점)
  - a) 핵융합발전소 운전 시 발생할 수 있는 사고 유형을 들어라
  - b) 핵융합발전에서 발생하는 방사성 물질의 종류와 그 배출의 최소화 방안을 제시하라.
  - c) 핵분열 발전과 차별화된 방사성 측면에서 상대적으로 안전한 핵융합로 개발을 위해 최우선적으로 해결해야할 문제가 무엇인지 설명하라.

## 기말고사 계산문제 풀이

4. b) Break-even condition:

$$n\tau_E \approx 10^{20} \text{ sec} \cdot \text{m}^{-3} \quad \text{at } T = 10 \text{ keV}$$

From the Alcator scaling law,

$$n\tau_E \approx 2.5 \times 10^{-21} n^2 a^2$$

which should satisfies the break-even condition.

$$\therefore 2.5 \times 10^{-21} n^2 a^2 = 10^{20}$$

$$\Rightarrow n^2 a^2 = \frac{10^{20}}{2.5 \times 10^{-21}} = 4 \times 10^{40}$$

For  $a = 1 \text{ m}$ ,

$$n = 2 \times 10^{20} \text{ sec} \cdot \text{m}^{-3}$$

Therefore, carbon density  $n_c$  should be limited by

$$n_c < 1\% \times n = \underline{2 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}}$$