

## 2019년09월07일년 원자력기사 필기시험 기출문제 답안

|                               |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 【1과목 : 20문제】<br>원자력기초         | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10  |
|                               | ①  | ④  | ③  | ①  | ④  | ③  | ④  | ①  | ④  | ①   |
|                               | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20  |
|                               | ②  | ①  | ④  | ②  | ③  | ②  | ②  | ④  | ②  | ②   |
| 【2과목 : 20문제】<br>핵재료공학 및 핵연료관리 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30  |
|                               | ①  | ①  | ②  | ④  | ③  | ④  | ②  | ③  | ④  | ③   |
|                               | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40  |
|                               | ④  | ④  | ②  | ④  | ③  | ③  | ④  | ①  | ②  | ②   |
| 【3과목 : 20문제】<br>발전로계통공학       | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50  |
|                               | ②  | ①  | ④  | ④  | ④  | ③  | ④  | ②  | ②  | ②   |
|                               | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60  |
|                               | ①  | ②  | ②  | ②  | ③  | ①  | ④  | ①  | ①  | ③   |
| 【4과목 : 20문제】<br>원자로 안전과 운전    | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 | 69 | 70  |
|                               | ③  | ②  | ①  | ①  | ②  | ②  | ③  | ①  | ③  | ②   |
|                               | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80  |
|                               | ④  | ①  | ②  | ④  | ③  | ②  | ③  | ④  | ④  | ①   |
| 【5과목 : 20문제】<br>방사선이용 및 보건물리  | 81 | 82 | 83 | 84 | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90  |
|                               | ②  | ①  | ③  | ④  | ②  | ①  | ①  | ③  | ②  | ③   |
|                               | 91 | 92 | 93 | 94 | 95 | 96 | 97 | 98 | 99 | 100 |
|                               | ③  | ①  | ②  | ②  | ①  | ①  | ③  | ④  | ③  | ①   |

전자문제집 CBT 홈페이지 : <https://www.cbtestpro.kr>

최신 수정 자료와 해설(오타 • 오답 • 규정변경)은 cbtestpro.kr 웹 및 앱에서 확인하세요.

기출문제의 저작권은 출제기관에 있습니다. cbtestpro.kr 및 관련 앱에서는 편집 및 재구성 작업만 하였음을 밝힙니다.



전자문제집 CBT

빠르고 효과적으로 배워 시험 합격을 노려라!



**【1과목】 원자력기초 (20문제)**

1. 핵이성체 변환(Isomeric transition)에서 발생하는 감마선은 선스펙트럼을 가진다. 다음 중 이와 유사하게 선스펙트럼 방사선을 방출하는 붕괴반응은?

① 내부전환(Internal conversion)

②  $\beta$ +붕괴

③ 전자포획(Electron capture)

④ 쌍생성(Pair production)

2. 원자핵의 총 결합에너지(Total binding energy)가 가장 큰 것은?

① 4He

②  $^{16}\text{O}$

③  $^{56}\text{Fe}$

④  $^{238}\text{U}$

3. 다음 중 경수로에서 양(+)의 반응도(Reactivity)를 주는 것은?

① 독물질 생성

② 냉각재 온도 증가

③  $^{239}\text{Pu}$  생성

④ 노심 내 기포 생성

4. 1mg의  $^{235}\text{U}$ 로부터 얻을 수 있는 핵분열에너지는 최대 어느 정도인가? 단, 핵분열 당 발생에너지는 200MeV이다.

①  $5.13 \times 10^{20}\text{MeV}$

②  $8.20 \times 10^6\text{J}$

③  $5.13 \times 10^{18}\text{MeV}$

④  $8.20 \times 10^4\text{J}$

5. 속핵분열 인자(Fast fission factor,  $\epsilon$ )에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 경수로와 같이 저농축 연료를 사용할 때 1.02~1.08 정도의 값을 가진다.

② 일반적으로 핵연료의 농축도에 크게 영향을 받지 않는다.

③ 비균질 원자로에 대한  $\epsilon$ 값이 균질 원자로의  $\epsilon$ 값보다 크다.

④ 감속재에 대한 우라늄의 부피비가 클수록 감소한다.

6. 1GBq의  $^{60}\text{Co}$ 이 3반감기 동안 방출하는 베타( $\beta$ ) 입자는 약 몇 개인가? 단,  $^{60}\text{Co}$ 의 반감기는 5.26년이며, 붕괴 당 한 개의  $\beta$ 입자를 방출한다.

①  $0.3 \times 10^{17}$

②  $1.5 \times 10^{17}$

③  $2.1 \times 10^{17}$

④  $2.4 \times 10^{17}$

7.  $^{235}\text{U}$ 와  $^{238}\text{U}$ 를 장전한 원자로에서의 전환비(Conversion ratio)를 바르게 나타낸 것은?

① (생성된 $^{235}\text{U}$  양)  $\div$  (소모된 $^{238}\text{U}$  양)

② (생성된 $^{239}\text{Pu}$  양)  $\div$  (소모된 $^{238}\text{U}$  양)

③ (생성된 $^{238}\text{U}$  양)  $\div$  (소모된 $^{235}\text{U}$  양)

④ (생성된 $^{239}\text{Pu}$  양)  $\div$  (소모된 $^{235}\text{U}$  양)

8. 노심의 축방향 중성자속 분포에 영향을 주는 것이 아닌 것은?

① 봉산수 농도

② 제어봉 위치

③ 노심 수명

④ 제어 분포

9. 경수로의 정상운전 중 안전성과 경제성을 위해 감속재와 핵연료의 수밀도비( $N_m/N_f$ )를 어떻게 유지하는가?

① 최적값(유효증배계수가 최대가 되는 수밀도비)으로 유지(Optimal moderation)

② 최적값보다 매우 크게 유지(Over moderation)

③ 최적값보다 약간 크게 유지(Slightly over moderation)

④ 최적값보다 약간 작게 유지(Slightly under moderation)

10. 다음 중 중성미자(Neutrino)에 대한 설명으로 틀린 것은?

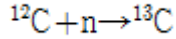
① 중성미자는 정지질량이 전자와 비슷하고 전하를 띠지 않는다.

② 최소한 6가지 종류의 중성미자가 있다.

③ 전자 중성미자와 전자 반중성미자는 각각  $\beta$ +붕괴와  $\beta$ -붕괴로부터 생성된다.

④ 일반적으로 전자 중성미자와 전자 반중성미자는 구분하지 않고 하나의 중성미자로 간주한다.

11. 다음 반응식에서 중성자(n)의 결합에너지(MeV)는 얼마인가?  
단,  $M_n=1.00866\text{amu}$ ,  $M(^{13}\text{C})=13.00335\text{amu}$ 이다.



- ① 3.23MeV
- ② 4.95MeV
- ③ 5.11MeV
- ④ 6.79MeV

12. 중성자와 원자핵과의 반응에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 대부분의 핵과 중성자 간의 반응에서 복합핵 형성은 3단계로 이뤄진다.
- ② 탄성산란 단면적은 입사중성자의 함수로서 3개의 다른 영역으로 나뉜다.
- ③ 비탄성산란은 중성자가 원자핵을 첫 번째 여기상태로 만들 수 있는 충분한 에너지를 가지고 있을 때 발생한다.
- ④ 대부분의 핵종에 대해 방사포획 단면적은 중성자 에너지가 낮은 영역에서  $1/\sqrt{E}$ 의 형태로 나타난다.

13. 핵융합 반응에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 가벼운 2개의 원자핵을 결합해 적어도 1개는 반응 전 원자핵보다 무거운 원자핵을 생성시키는 반응이다.
- ② 대표적인 예로  $D+T \rightarrow \alpha+n$  반응이 있다.
- ③ 태양에서는  $H+H \rightarrow D+e^+ + \nu_e$  반응이 일어난다.
- ④  $D+D \rightarrow T+p$  반응 전후의 결합에너지 차이는 삼중수소와 수소원자핵의 위치에너지 합과 같다.

14. 0.0253eV의 중성자가  $^{235}\text{U}$ 와 충돌하여 일어나는 반응은 탄성산란, 방사포획 및 핵분열 반응이며, 이들에 대한 미시적 반응단면적은 각각 9b, 99b 및 582b이다. 이 중성자가  $^{235}\text{U}$ 에 흡수될 때, 핵분열이 발생할 상대 확률(%)은 얼마인가?

- ① 84.3%
- ② 85.5%
- ③ 86.8%
- ④ 98.4%

15. 어떤 고속증식로의 노심이  $^{239}\text{Pu}$ 와  $^{238}\text{U}$ 의 혼합 핵연료로 구성되어 있다. 이 원자료를 전출력으로 운전할 때 지수 배가시간(Exponential doubling time)은 얼마인가? 단,  $^{239}\text{Pu}$ 의 초기 장전량은 500kg, 전출력 운전시  $^{239}\text{Pu}$ 의 소모량은 1kg/day, 증식이득(Breeding gain)은 0.15이다.

- ① 0.2년
- ② 1.4년
- ③ 6.3년
- ④ 9.1년

16. 무한증배계수( $k_\infty$ )를 구성하는 4인자에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 속핵분열 인자( $\epsilon$ )는 열중성자 핵분열에서 생성되는 증성자수에 대한 전체 핵분열에서 생성되는 중성자수의 비로 나타낸다.
- ② 일정량의 중성자는 열에너지 영역에 도달하기 전에 공명영역에서 흡수되며, 공명흡수 확률(p)로 표시한다.
- ③ 열중성자이용률(f)은 전체 흡수반응물에 대한 핵연료에서의 흡수반응률로 정의된다.
- ④ 핵연료에 흡수되는 열중성자 1개 당 생성되는 핵분열 중성자의 평균수를 재생계수( $\eta$ )로 표시한다.

17. Fick's law( $J=-D\nabla\Phi$ )에 대한 설명 중 틀린 것은? 단, J:중성자류, D:확산계수,  $\Phi$ : 중성자속

- ① 기체 확산과 유사하게 중성자 확산을 설명하기 위해 사용한다.
- ② 감속재 영역에 적용하면 큰 오차가 발생한다.
- ③ 원자로 내의 중성자 흐름은 용액 내의 용질과 유사하게 거동한다.
- ④ 중성자류의 크기는 중성자속의 차이에 비례한다.

18. 고속로에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 감속재가 필요 없고, 증식(Breeding)이 용이하다.
- ② 높은 중성자에너지 영역에서는 공명흡수 구간이 서로 중첩되어 구분하기 어렵다.
- ③ 공명영역에서 흡수반응률은 중성자 스펙트럼  $\Phi(E)$ 에 의존한다.
- ④ 안전한 운전을 위해 도플러계수(prompt)를 양(+)이 되도록 해야 한다.

19. 다음 식은 원자핵의 결합에너지에 대한 Weizsäcker의 반경험적 질량 공식(액적모델 또는 Liquid drop model)을 나타낸다. 이 공식에 따르면 주로 질량수가 작은 핵종들에 대해 핵자 당 결합에너지의 오차가 발생하는데, 이러한 오차를 발생시키는 데 가장 큰 영향을 주는 것은 어느 항과 관련이 있는가?

$$M = NM_n + ZM_p - \frac{aA}{(가)} + \frac{bA^{2/3}}{(나)} + \frac{cZ^2/A^{1/3}}{(다)} + \frac{e(A-2Z)^2/A}{(라)}$$

- ① (가) 부피(Volume) 항  
 ② (나) 표면(Surface) 항  
 ③ (다) 쿨롱(Coulomb) 항  
 ④ (라) 대칭(Symmetry) 항

20. 중수로에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 중수를 냉각재와 감속재로 사용하는 열중성자로이다.  
 ② 정상운전 시 노심에서의 비등을 허용하지 않는다.  
 ③ 중수는 열중성자 흡수단면적이 매우 작아서 핵연료로 천연우라늄을 사용해도 임계에 도달할 수 있다.  
 ④ 잉여반응도가 작아 가동 중 신연료 장전을 수행한다.

**【2과목】 핵재료공학 및 핵연료관리 (20문제)**

21. 가압경수로의 핵연료주기 공정에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 정련변환: 우라늄 정광(Yellow cake) 생산  
 ② 농축: 농축 UF6제로  
 ③ 재변환: UO2분말 제조  
 ④ 성형가공: 핵연료 집합체 제조

22. 열중성자(Thermal neutron)를 흡수하였을 때 핵분열을 일으키는 물질(Fissile material)이 아닌 것은?

- ①  $^{232}\text{Th}$   
 ②  $^{233}\text{U}$   
 ③  $^{235}\text{U}$   
 ④  $^{239}\text{Pu}$

23. 일반적인 핵연료 재료에 요구되는 성질이 아닌 것은?

- ① 핵분열성물질의 원자밀도가 높아야 한다.  
 ② 융점은 높고 변태점은 낮아야 한다.  
 ③ 고온에서 화학적으로 안정되어야 한다.  
 ④ 열전도율이 좋고 방사선 손상이 적어야 한다.

24. 핵연료 임계도에 영향을 미치는 고유 매개변수에 해당하는 것은?

- ① 중성자 감속작용  
 ② 질량  
 ③ 기하학적 구조

**④ 핵물질의 분포**

25. 우라늄 농축공장에서 1MTU의 농축우라늄(235U의 질량비 4.8%)을 생산하기 위해 필요한 천연우라늄의 질량은?

- ① 6.6MTU  
 ② 6.9MTU  
 ③ 9.2MTU  
 ④ 24MTU

26. 가압경수로 운전 중 핵연료 건전성 진단방법 중 틀린 것은?

- ① 지발(Delayed) 중성자 검출  
 ② 옥소(Iodine) 방사능 분석  
 ③ 세슘(Cs) 방사능 분석

**④ 초음파 탐상검사**

27. 원자로 냉각재 삼중수소( $^3\text{H}$ )에 대한 장해 대책 중 틀린 것은?

- ① 핵연료 피복재로 지르칼로이(Zircaloy) 사용  
 ② PH 제어재 수산화리튬(LiOH) 중 6Li함량 최대화  
 ③ 삼중수소가 함유된 물이나 공기의 방출 억제  
 ④ 삼중수소 구역 출입 시 공기-호스 마스크 착용

28. 원자로냉각재가 갖추어야 할 조건으로 옳지 않은 것은?

- ① 낮은 중성자 흡수 단면적  
 ② 낮은 유도 방사능  
 ③ 높은 용융온도  
 ④ 높은 비등점

29. 가압경수로형 원전 핵연료의 핵분열 과정에서 발생하는 핵분열 생성물 중 손상핵연료의 연소도 예측에 이용되는 핵종은?

- ①  $^{58}\text{Co}, ^{60}\text{Co}$   
 ②  $^{87}\text{Kr}, ^{88}\text{Kr}$   
 ③  $^{131}\text{I}, ^{133}\text{I}$   
 ④  $^{134}\text{Cs}, ^{137}\text{Cs}$

30. 가압경수로형 원자력발전소에서 발생하는 부식반응에 대한 설명으로 가장 거리가 먼 것은?

- ① 1차계통 냉각재에서는 부식반응을 통해  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ 가 생성된다.
- ② 2차계통 냉각재에서는 부식반응을 통해  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 가 생성된다.
- ③ 고온부식에서는 중간생성물인  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 는 용해도가 높아 후속 부식반응을 촉진한다.
- ④ 저온부식에서는 중간생성물인  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 로부터  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 가 생성된다.

31. 원자력발전소의 설계 및 운전 인자 중 사용후핵연료의 연간 발생량과 반비례하는 인자만을 묶은 것은?

- ① 열효율-이용률
- ② 전기출력-연소도
- ③ 이용률-열효율
- ④ 열효율-연소도

32. 원자력발전소 불활성기체(Kr, Xe 등)의 환경 배출량을 저감하기 위하여 사용할 수 있는 공정만 나열한 것은?

- ① 고효율입자여과기, 활성탄 여과기
- ② 고효율입자여과기, 활성탄 지연대
- ③ 기체감쇠탱크, 활성탄 여과기
- ④ 기체감쇠탱크, 활성탄 지연대

33. 중수로 DUPIC(Direct Use of spent PWR fuel In CANDU reactor) 핵연료에 대한 설명 중 틀린 것은?

- ① 가압경수로의 사용후핵연료를 직접 중수로 연료로 사용한다.
- ② 플루토늄(Pu) 또는 우라늄(U) 분리 공정이 필요하다.
- ③ CANDU에 재사용이 충분한 핵분열성 물질을 함유하였다.
- ④ 고연소도 중수로용 핵연료로 이용이 가능하다.

34. 가압경수로형 원자로에서 인출된 사용후핵연료 봉괴열에 대한 방출특성을 설명한 것으로 가장 거리가 먼 것은?

- ① 인출 직후의 봉괴열은 초기 약 10년 동안 1/100 미만으로 감소한다.
- ② 약 80년까지 핵분열 생성물의 봉괴열이 대부분을 차지한다.
- ③ 약 80년까지 봉괴열은 주로 방사성 세슘, 바륨, 스트론튬 및 이트륨의 방사성 붕괴에 기인한다.
- ④ 인출 후 약 100년 이후에는 반감기가 긴  $^{99}\text{Tc}$  및  $^{129}\text{I}$ 의 봉괴열이 대부분을 차지한다.

35. 사용후핵연료 중간저장시설의 책임계 안전성에 관한 설명으로 틀린 것은?

- 사용후핵연료의 초기농축도가 다양한 경우, 농축도의 다
- ① 양성을 모델링하지 않고 최대 농축도를 적용하여 책임계 안전성을 평가할 수 있다.
- ② 책임계 안전성을 평가할 때, 핵연료 관련 데이터의 불확도를 고려하여야 한다.
- 고정식 중성자흡수체 또는 연소도이득을 우선 적용하여
- ③ 미임계를 유지하고, 부족할 때 기하학적 배열 및 배치를 추가적으로 고려할 수 있다.
- ④ 동시에 저장, 취급 및 운반될 수 있는 사용후핵연료 최대 수량을 가정하여 책임계 안전성을 평가한다.

36. 가압경수로형 원자로 일차냉각재의 방사화학적 운전제한조건

의 하나로 관리되는  $\overline{E}$  (Average energy per disintegration)에 대한 설명으로 가장 거리가 먼 것은?

- ① 알파 핵종은 고려하지 않는다.
- ②  $^{16}\text{N}$ (반감기 7.13초)은 고려하지 않는다.
- ③  $^{131}\text{I}$ (반감기 8.02일)은 고려한다.
- ④  $^{133}\text{Xe}$ (반감기 5.24일)은 고려한다.

37. 방사성 세슘(Cs)이 함유된 액체 방사성폐기물을 혼상이온교환수지(세슘 제염계수2)로 처리한 후 다시 양이온교환수지(세슘 제염계수 10)으로 처리할 경우, 해당 처리계통의 제염계수 및 제거효율(%)을 바르게 나열한 것은?

- ① 12, 80%
- ② 12, 95%
- ③ 20, 80%
- ④ 20, 95%

38. 방사성폐기물 처리의 기본 원칙 중 틀린 것은?

① 연소 및 방출

② 농축 및 저장

③ 희석 및 분산

④ 지연 및 붕괴

39. 액체 방사성폐기물의 처리 방법으로 가장 적합한 것은?

① 압축처리

② 원심분리법

③ 해체처리

④ 유리화

40. 원자력발전소에서 발생한 기체 폐기물( $^{133}\text{Xe}$ )의 농도를 1/100로 줄이기 위해 필요한 지연 기간은 얼마인가? 단,  $^{133}\text{Xe}$ 의 반감기는 5.27일이다.

① 25.4일

② 35.4일

③ 40.4일

④ 50.4일

### [3과목] 발전로계통공학 (20문제)

41. 국내 표준형 원전의 노심운전제한치감시계통(COLSS) 및 노심보호용연산기(CPC)에 대한 설명에서 옳은 것은?

COLSS는 핵비등이탈률(Departure from Nucleate

① Boiling Ratio)을 감시하며 원자로를 직접 정지시키도록 설계되어 있다.

중성자속 물리량 계측을 위해 COLSS는 노내중성자계측

② 신호를 이용하며, CPC는 노외중성자계측 신호를 이용한다.

③ CPC는 2차측 열출력을 계산하여 실시간으로 감시할 수 있도록 운전원에게 제공한다.

④ 핵비등이탈 감시를 위하여 COLSS는 제어봉 위치 신호를 활용한다.

42. 가압경수로(PWR)와 비등경수로(BWR)에 대한 설명에서 옳지 않은 것은?

원자로정지 신호가 발생되면 PWR은 제어봉이 원자로 하

① 부에서 상부로 삽입되고 BWR은 원자로 상부에서 하부로 자유낙하되도록 설계되어 있다.

② BWR은 터빈을 구동시킬 증기를 핵분열이 일어나고 있는 원자로 내부에서 생산한다.

③ PWR은 정상운전 중 노심 내에서 포화 핵비등(Saturated nucleate boiling)을 허용하지 않는다.

④ PWR은 격납건물이 있기 때문에 사고 시 방사성 기체를 수용할 공간이 BWR의 강재 격납용기에 비해 훨씬 크다.

43. 원자로냉각계통으로부터 안전주입계통으로 원자로냉각재의 역류를 방지하기 위해 설치되어 있는 기기는?

① 오리피스(Orifice)

② 벤트리(Venturi)

③ 피토투브(Pitot tube)

④ 역지밸브(Check valve)



전자문제집 CBT(App Store) :[\[다운로드\]](#)



전자문제집 CBT(Google Play) :[\[다운로드\]](#)

44. 가압경수로의 원자로냉각재계통 압력제어에 사용되지 않는 기기는?

① 파일럿구동안전방출밸브(Pilot operated safety relief valve)

② 가압기살수밸브(Pressurizer spray valve)

③ 가압기전열기(Pressurizer heater)

④ 제어봉집합체(Control element assembly)

45. 원자로냉각재계통 내 자연순환을 형성시키기 위한 조건이 아닌 것은?

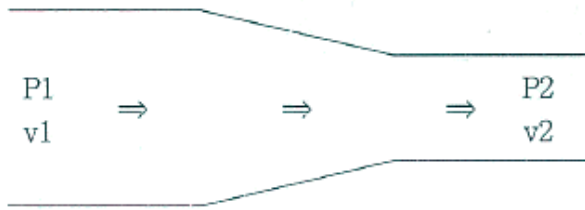
① 열원 및 열제거원 존재

② 시스템 내부 유체의 밀도 차이 존재

③ 밀폐형 시스템(Closed system)

④ 열제거원이 열원보다 낮은 곳에 위치

46. 아래와 같은 형상의 관로에서 유체가 화살표 방향으로 통과할 때 올바른 것은? 단, P는 압력, v는 속도를 의미하며, 밀도는 일정한 것으로 가정한다.



- ①  $P1 > P2, v1 > v2$   
 ②  $P1 < P2, v1 > v2$   
 ③  $P1 > P2, v1 < v2$   
 ④  $P1 < P2, v1 < v2$
47. 가압경수로의 원자로냉각재계에 연결된 부속 계통이 아닌 것은?
- ① 화학 및 체적제어계통(CVCS)  
 ② 안전주입계통(SIS)  
 ③ 정지냉각계통(SCS)  
 ④ 주급수계통(MFWS)
48. 가압경수로에서 노심손상을 방지하거나 일반 공중으로의 방사성물질 누출을 최소화하기 위한 안전기능에 해당하지 않는 것은?
- ① 노심 반응도 및 출력제어  
 ② 터빈 및 발전기 계통 건전성 유지  
 ③ 원자로냉각재계통 재고량 유지 및 노심 열제거  
 ④ 원자로건물 격리 및 건전성 유지
49. 가압경수로의 원자로냉각재계통 누설을 탐지하기 위한 방법이 아닌 것은?
- ① 원자로건물 대기입자 및 기체방사능 준위변화 감시  
 ② 원자로냉각재계통 온도변화 감시  
 ③ 원자로건물 배수조의 수위변화 감시  
 ④ 원자로냉각재 재고량 변화 감시
50. 가압경수로의 원자로냉각재계통 건전성을 감시하기 위한 핵증기공급계통 건전성감시계통을 구성하는 하위 계통이 아닌 것은?
- ① 음향누설 감시계통  
 ② 수소감시계통  
 ③ 금속파편 감시계통  
 ④ 원자로 내부진동 감시계통

51. 정상상태(Steady state)에서 원자로의 무한히 긴 원통형 핵연료에서 나타나는 반지름 방향의 전도 열전달에 대하여 바르게 설명한 것은?

- ① 열전달률은 핵연료 직경(a)과 피복재 두께(b)의 비(b/a)가 클수록 감소한다.  
 ② 열전달률은 핵연료의 길이에 반비례한다.  
 ③ 열전달률은 핵연료와 피복재 표면의 온도 차이가 작을수록 크다.  
 ④ 열전달률은 피복재의 열전도계수에 반비례한다.

52. 다음 자료를 활용하여 계산한 노심 평균열속(Average heat flux)은 얼마인가?

- (1) 최소 핵비등미탈률(DNBR) : 2.0  
 (2) 고온 열수로계수(HCF) : 3.0  
 (3) 임계열속(CHF) :  $30 \text{ W/m}^2$

- ①  $3.33 \text{ W/m}^2$   
 ②  $5.00 \text{ W/m}^2$   
 ③  $6.00 \text{ W/m}^2$   
 ④  $7.50 \text{ W/m}^2$

53. 가압경수형 원자력발전소를 다음과 같은 조건에서 이상적인 랭킨사이클로 운전할 때 2차계통의 열효율은 얼마인가?

- (1) 1차계통을 통과하는 유량률 :  $18,500 \text{ kg/sec}$   
 (2) 원자로 입구온도 및 출구온도 :  $294^\circ\text{C}/314^\circ\text{C}$   
 (3) 1차계통을 통과하는 유체의 비열 :  $6.1 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$   
 (4) 복수기를 통과하는 유량률 :  $25,700 \text{ kg/sec}$   
 (5) 복수기 입구온도 및 출구온도 :  $16^\circ\text{C}/30^\circ\text{C}$   
 (6) 복수기 통과하는 유체의 비열 :  $4.3 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$

- ① 27.51%  
 ② 31.45%  
 ③ 35.17%  
 ④ 64.48%

54. 지름이 3cm인 원형관에서  $50^\circ\text{C}$ 의 물이 흐르고 있다. 물의 평균 속도가  $0.2 \text{ m/s}$ 일 때 레이놀즈수(Re)는? 단, 물의 밀도( $\rho$ )는  $0.98573 \text{ g/cm}^3$ , 점성계수( $\mu$ )는  $10^{-3} \text{ N} \cdot \text{s/m}^2$ 이다.

- ① 5,894  
 ② 5,914  
 ③ 5,934  
 ④ 5,954

55. 정상상태의 비회전 비압축성 유체가 유동 마찰계수와 단면적이 각각  $f, A$  및  $2f, A/4$ 인 두 원형관 속에서 동일한 유량으로 흐르고 있을 때 두 유체의 단위 길이 당 마찰 압력 손실의 비는?

- ① 1:4
- ② 1:16
- ③ 1:64
- ④ 1:128

56. 원자력 발전소 사고 시 원자로와 유출 가능성이 있는 방사능으로부터 공중을 보호하기 위한 공학적 안전설비의 기능으로 알맞은 것은?

- ① 핵연료 피복재의 용융을 방지한다.
- ② 원자로의 격납용기 내의 대기를 최대 온도 및 압력으로 유지한다.
- ③ 핵분열생성물 중 방사성요드 농도를 저감한다.
- ④ 비정이 짧은 방사성 핵종이 원활하게 외부로 방출되도록 한다.

57. 열출력 3,000MW인 가압경수형 원자로에서 냉각수가 원자로 입구에서 284°C의 온도와  $60 \times 10^6 \text{ kg/hr}$ 의 유량률로 흘러 들어가서 출구로 나올 때 단위 질량 당 엔탈피 증가량으로 알맞은 것은?

- ①  $5 \times 10 \text{ J/kg}$
- ②  $5 \times 102 \text{ J/kg}$
- ③  $1.8 \times 104 \text{ J/kg}$
- ④  $1.8 \times 105 \text{ J/kg}$

58. 가압경수형 원자로 1차 계통에 대한 설명으로 틀린 것은?

- 원자로냉각재계통은 정상운전 중 과냉각상태에서 운전
- ① 되며, 이러한 과냉각상태는 증기발생기의 급수예열기에 의해 유지된다.
- 원자로냉각재펌프는 원자로냉각재계통에 강제순환유량을
- ② 을 제공하고 발전소 기동 중에는 원자로냉각재계통을 가열시킨다.
- 원자로압력용기는 방사선의 영향과 고온고압 상태에서
- ③ 견디도록 설계되며 핵연료 집합체, 제어봉 집합체 및 내부구조물을 내장한다.
- 원자로냉각재계통은 원자로 노심에서 발생하는 열을 증
- ④ 기발생기를 통하여 이차계통으로 전달하는 역할을 한다.

59. 전기 출력 1,000MWe의 경수형 원자력발전소의 1년(365일) 동안 발전량이 250,000 MWD이었으며 60일의 정비(Overhaul) 기간과 30일의 연료 재장전 기간 동안 정지하였다. 이 발전소의 연간 이용률(Capacity factor)과 가동률(Availability)은?

- ① 이용률: 68.5%, 가동률: 75.3%
- ② 이용률: 68.5%, 가동률: 83.6%
- ③ 이용률: 75.3%, 가동률: 68.5%
- ④ 이용률: 83.6%, 가동률: 68.5%

60. 원자로 풀비등(Pool boiling) 열전달에 대한 설명으로 맞는 것은?

- ① 관내부로 흐르는 물이 관표면으로부터 가열될 때 나타난다.
- 핵비등 영역에서는 처음 핵비등이 시작될 때는 기포가 전
- ② 체에 걸쳐 분포하다가 핵비등이 지속될수록 응축되어 기포는 가열면 근처에만 존재한다.

핵비등 영역에서 열유속을 더욱 증가시키면 가열면에서 발생한 기포들에 의하여 형성된 증기막이 가열면을 덮으면서 막비등(Film boiling)으로 변하고 가열면의 온도는 급격히 상승한다.

- 핵비등으로부터의 이탈 현상이 일어나는 임계열유속 이
- ④ 하의 핵비등에서는 열유속이 작을수록 열전달이 효율적 이므로 정확한 임계열유속의 예측이 매우 중요하다.

【4과목】 원자로 안전과 운전 (20문제)

61. 다음 중 출력계수에 포함되지 않는 것은?

- ① 감속재 온도계수
- ② 연료 온도계수
- ③ 독물질 밀도계수
- ④ 기포계수

62. 중대사고 현상 중 원자로냉각재계통이 감압되지 않고 고압상태로 유지된 상태에서 원자로용기가 파손되면서 고온의 노심용융물이 파편화되어 분출되는 현상은?

- 노심용융물-냉각수 반응(Fuel-Coolant Interaction : FCI)
- ② 고압용융물 분출(High Pressure Melt Ejection : HPME)
- 격납건물 직접가열(Direct Containment Heating : DCH)
- ③
- 노심용융물-콘크리트 반응(Molten Core-Concrete Interaction : MCCI)
- ④

63. 원자로 출력운전 중 불시정지되었다. 이때  $^{149}\text{Sm}$ 의 농도 변화로 바르게 기술된 것은?

- ① 정지 후 일정 시간 동안 농도 증가 후 유지
- ② 정지 후 일정 시간 동안 농도 증가 후 감소
- ③ 정지 후 일정 시간 동안 농도 감소 후 유지
- ④ 정지와 관계없이 농도 유지

64. 다음 중 가압경수로형 원자력발전소에 장전되는 잉여반응도 (Excess reactivity)에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 노심팔기 $^{239}\text{Pu}$  생성에 의한 부(-) 반응도 보상
- ② 원자로 출력증가 과정에서 생기는 부(-) 반응도 보상
- ③ 핵분열 생성 독물질의 축적에 의한 부(-) 반응도 보상
- ④ 연료 연소에 의한 부(-) 반응도 보상

65. 다음 중 출력운전 중인 원자로의 정지여유도를 확보하기 위한 방법으로 옳은 것은?

- ① 충분한 양의 가연성 독물질봉을 사용한다.
- ② 정지제어봉집합체를 일정한 높이 이상 인출한 상태로 유지한다.
- ③ 원자로냉각재 내의 붕산 농도를 높게 유지한다.
- ④ 독물질(Xe, Sm)의 발생량이 최대가 되도록 운전한다.

66. 다음 중 원자력발전소에서 사용하는 과냉각여유도(Sub-Cooling Margin: SCM)에 대한 설명으로 틀린 것은?

- ① 현재압력에서의 포화온도와 현재온도의 차이이다.
- ② 원자로출력이 증가하면 과냉각여유도는 증가한다.
- ③ 과냉각여유도가 '0'이면 노심 내 비등이 발생한다고 판단할 수 있다.
- ④ 가압기 온도와 노심출구, 고온관, 저온관 온도 차이로 볼 수 있다.

67. 설계기준사고 중 노심에 정반응도가 부가되어 사고 초기 출력이 증가하는 사고는?

- ① 원자로 냉각재 상실사고(LOCA)
- ② 증기발생기 튜브 파열사고(SGTR)
- ③ 증기과잉 방출사고(ESDE)
- ④ 급수 완전 상실사고(LOAF)

68. 일반적인 원자력발전소 원자로보호계통의 신뢰성을 향상하기 위한 설계기준 중 다음 설명에 해당하는 것은?

단일 부품의 고장 혹은 단일사고 발생 시에도 요구되는 본래의 기능을 상실하지 않도록 적어도 2개의 100%용량을 갖는 독립된 여유계통을 둔다.

- ① 다중성(Redundance)
- ② 독립성(Independence)
- ③ 다양성(Diversity)
- ④ 동시성(Coincidence)

69. 다음 중 원자력발전소에서 대형 원자로 냉각재 상실사고(Large LOCA)가 발생하였을 때 핵연료 피복재 온도가 최대치에 도달하는 단계는?

- ① 방출(Blow down)
- ② 재충수(Refill)
- ③ 재충전(Reflood)
- ④ 장기재순환(Long term recirculation)

70. 다음 중 공학적 안전설비가 아닌 것은?

- ① 안전주입계통
- ② 터빈보호계통
- ③ 격납용기 격리계통
- ④ 보조급수계통

71. 증기발생기 튜브 파열사고(SGTR) 발생 시 나타나는 증상을 모두 고른 것은?

가. 가압기 수위 감소  
나. 손상된 증기발생기 수위 증가  
다. 격납건물 고 방사선  
라. 원자로냉각재 과냉각도 감소

- ① 가, 나
- ② 나, 다
- ③ 가, 나, 다
- ④ 가, 나, 라

72. 기동율(SUR)이 0.5DPM일 때, 출력이 40%에서 80%로 증가되는데 걸리는 시간은?

- ① 약 0.6분
- ② 약 0.8분
- ③ 약 1.1분
- ④ 약 1.4분

73. 중대사고 발생 시 노심손상 중지 및 격납건물의 건전성을 유지하여 핵분열 생성물 소외방출을 최소화하기 위한 중대사고 관리단계에서 원자로용기 외벽냉각 전략을 수행하는 단계는?

① 노심손상 방지

② 노심손상 완화 및 노심용융물 억류

③ 격납건물 건전성 유지

④ 핵분열 소외방출 최소화

74. 가압경수로형 원자력발전소의 노심손상 완화 측면에서 비상노심냉각계통(ECCS) 설계기준에 대하여 제한치와 목적이 잘못 짝지어진 것은?

① 연료피복재 표면 최대온도( $\leq 1,204^{\circ}\text{C}$ ) - 피복재와 물의 급속한 반응 방지

② 연료 피복재 산화율(피복재 두께의 17% 이하) - 취성파괴 방지, 피복재 건전성 확보

수소 생성율(노심 내 전체 Zr과 물이 반응하여 생성될 수 있는 H<sub>2</sub>가사량의 1% 이내) - 폭발성 기체에 의한 격납용기 건전성 유지

④ 기하학적 형상유지 - 부가적인 노심손상 방지, 붕괴열 제거

75. 확률론적 안전성 평가(PSA) 수행 시 2단계 PSA에서 수행하는 것은?

① 발전소 계통분석, 사고경위 분석으로 노심손상빈도 계산

② 노심손상 정도, 냉각재와의 반응 정도 분석으로 원자로 파손빈도 계산

③ 원자로건물 반응, 거동 분석으로 방사능방출빈도 계산

④ 방사성물질의 환경누출에 따른 사고결과 평가 및 위험도 계산

76. 계획예방정비(OH)후 발전소 재기동을 위해서는 상온의 원자로 냉각재를 무부하 운전온도까지 가열하여야 한다. 원자로냉각재 가열을 위해 사용하는 기기는?

① 가압기 전열기

② 원자로냉각재펌프

③ 제어봉

④ 정지냉각계통

77. 다음 중 후쿠시마 원전사고(2011년) 이후 대두된 후속조치 및 개선 항목이 아닌 것은?

① 중대사고 대처설비 및 대응강화

② 가동호기 Stress Test 수행

③ 확률론적 안전성 평가(PSA), 주기적 안전성 평가(PSR) 등 종합감시체계 수립

④ 다수호기 동시피해에 대한 대응방안 모색

78. 원자로 내 핵연료 장전량이 72 MTU 이고, 80% 출력으로 300일 운전하였을 때 연소도(Core burn up)는 얼마인가? 단, 100% 열출력: 2,825 MWth, GEN 출력: 1,040 MWe

① 약 8,825 MWD/MTU

② 약 9,018 MWD/MTU

③ 약 9,237 MWD/MTU

④ 약 9,417 MWD/MTU

79. 노심 반응도에 영향을 미치는 것은 여러 인자가 있다. 그 중 수초 혹은 수 분에 걸쳐 노심 반응도에 미치는 것은?

① 핵분열생성 독물질(<sup>135</sup>Xe, <sup>149</sup>Sm)의 농도 변화

② 가연성 독물질(Burnable poison)의 연소

③ 플루토늄의 축적

④ 등온계수(ITC)의 변화

80. 다음 원자력발전소 안전설비 중 심층방어개념에서 그 목적이 다른 것은?

① 원자로격납건물 살수계통

② 원자로보호계통

③ 원자로정지계통

④ 비상노심냉각계통

#### 【5과목】 방사선이용 및 보건물리 (20문제)

81. 다음 중 중성자에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 중성자는 질량이 1.0087u인 소립자이다.

② 자유중성자의 평균 수명은 약 15초이다.

③ 핵 밖에 있는 중성자는 불안정하여 양성자와 전자로 붕괴한다.

④ 중성자는 전하가 없어 양전하를 띤 핵 속에 쉽게 들어갈 수 있다.

82. 다음 중 베타붕괴에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 양전자 붕괴 전 · 후 궤도 전자의 수는 변하지 않는다.

② 베타붕괴 중 양전자 붕괴는 전자포획과 경쟁적으로 일어난다.

③ 베타 방사선의 연속스펙트럼은 주로 페르미(Fermi) 함수에 따라 결정한다.

④ 음전자 붕괴 반중성미자를 방출하며, 양전자 붕괴 시는 중성미자를 방출한다.

83. 다음 중 저지능(Stopping power)에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 저지능은 하전입자에 대해서만 정의된 개념이다.

② 물질의 저지능은 물질의 원자번호(Z)에 비례한다.

③ 양성자의 경우 물의 저지능은 약 2MeV 근처에서 최대값을 가진다.

④ 물에 대한 1MeV 알파입자의 질량저지능은 1MeV 양성자의 질량저지능보다 크다.

84. 다음 방사선검출기 중 검출원리가 같은 검출기로 짝지어지지 않은 것은?

① 전리함, 반도체검출기

② 섬광검출기, OSL 선량계

③ 반도체자검출기, BF3RJACNFRL

④ 고체비적검출기, 바이오마커

85. 다중채널분석기(MCA)를 이용하여  $^{22}\text{Na}$ 를 분석하였을 때 나타나는 에너지 피크 중 에너지가 가장 낮은 것은?

① 소멸감마선 피크

② 이중이탈피크

③ 단일이탈피크

④ 콤프턴단애

86. 방사선에 의해 야기되는 변화의 양을 나타낼 때 G값(G-value)을 사용하는데, 이것은 흡수된 방사선 에너지 100eV 당 변화의 수로 정의된다. 다음 중 방사선에 의해 생성된 기단 또는 물질 중 G값이 가장 큰 것은?

① 수화전자( $\text{e}^-$ )

② 수소유리기( $\text{H} \cdot$ )

③  $\text{H}_2$

④  $\text{H}_2\text{O}_2$

87. 주변 온도가  $25^\circ\text{C}$ 이고 대기 압력이 75mmHg인 어떤 작업장에서, 자유공기전리함으로 조사선량률을 측정하였더니  $10^{-3}\text{C/kg} \cdot \text{hr}$ 였다. 실제 조사선량률은 약 얼마인가?

①  $1.1 \times 10^{-3}\text{C/kg} \cdot \text{hr}$

②  $9.1 \times 10^{-3}\text{C/kg} \cdot \text{hr}$

③  $9.5 \times 10^{-3}\text{C/kg} \cdot \text{hr}$

④  $1.0 \times 10^{-2}\text{C/kg} \cdot \text{hr}$

88. GM계수관으로 선원 A를 측정하여 4,800cpm을 얻었으며, 선원 B를 측정하여 3,600cpm을 얻었다. 그리고 선원 A와 B를 함께 놓고 측정하여 8,000cpm을 얻었을 때, GM계수관의 분해시간은 약 얼마인가? (단, 자연계수율은 60cpm이다)

① 250μsec

② 345μsec

③ 729μsec

④ 947μsec

89. 불감시간이 120μs이고, 전계수효율이 20%인 GM계수기로  $0.25\mu\text{Ci}$ 의  $^{32}\text{P}$ 를 계수할 때 관측계수율은 약 얼마인가?

① 1,430cps

② 1,514cps

③ 1,621cps

④ 2,411첸

90. 어떤 핵종의 내부전환계수가 3일 때 미 붕괴 당 방출되는 내부전환전자의 수는?

① 0.25개

② 0.33개

③ 0.75개

④ 3개

91. 다음 중 NaI(Tl) 무기섬광검출기에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① NaI(Tl)의 Tl을 활성물질이라고 한다.

② NaI(Tl)는 발광 중심 역할을 하도록 Tl불순물을 첨가하였다.

③ 방사선에 의해 여기된 총만대의 전자는 도전대로 이동하여 결합전자가 된다.

④ 도전대로 이동한 전자는 Tl의 에너지 밴드와 만나면 천이하여 빛을 내게 된다.

92. 다음 중 방사선 피폭에 대한 영향이나 피해를 나타낼 때 사용하는 용어에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 손상(Damage)이란 영향 중 인체에 부정적인 것만을 말한다.

② 위해(Detriment)는 인체에 대한 보건 상의 해로운 영향을 의미한다.

③ 위험(Risk)은 확률을 포함하는 건강 상의 위해 또는 일반적인 의미의 위험을 말한다.

영향(Effect)는 방사선 또는 방사능으로 인해 유발되는  
④ 모든 종류의 효과를 말한다. 따라서, 영향에는 부정적인 의미뿐만 아니라 긍정적인 의미의 결과까지 포함된다.

93. 다음 중 확률론적 영향에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 영향의 발현을 우연성이 지배한다.

② 큰 무리의 세포에서 발생한다.

③ 타원인 영향과 구분이 잘 안된다.

④ 세포유전의 결과로 발생이 가능하다.

94.  $\text{BF}_3$  비례계수관으로 Ra-Be 선원에서 방출되는 속중성자를 측정하고자 한다. 검출기의 감도를 높이기 위한 감속재의 재질로 적절하지 않은 것은?

① 파라핀

② 납(Pb)

③ 폴리에틸렌

④ 수소 함량이 많은 물질

95. 고에너지 감마선이 존재하는 혼합 방사선장에서 저에너지 엑스선을 측정할 수 있는 방사선검출기는?

① Phoswich(Phosphor Sandwich) detector

② 액체섬광검출기

③  $\text{ZnS(Ag)}$  섬광검출기

④ HPGe 반도체검출기

96. 다음 중 의료상 피폭의 범주에 해당하지 않는 것은?

① 의사, 의료기사 및 간호사의 피폭

② 환자 또는 피검자로서 진료과정에서 받는 피폭

③ 의학 또는 생물학적 연구를 위한 실험의 대상으로서 자원이 받는 피폭

환자의 보호자가 자신이 방사선을 피폭할 것을 인지하고  
④ 서 환자의 부축이나 간호 등의 사유로 불가피하게 받는 피폭

97. 감마선과 물질과의 상호작용 중 광전효과에 관한 설명으로 옳지 않은 것은?

① 광전효과는 비탄성산란이며, 선스펙트럼을 가진다.

② 광전효과 단면적은 물질의 원자번호(Z)와 광자의 에너지(E)에 따라 매우 민감하게 변한다.

광전효과에 의해 방출되는 광전자의 운동에너지는 입사  
③ 하는 감마선의 에너지와 전자의 결합에너지를 더한 값과 같다.

광전효과란 입사하는 감마선이 원자의 궤도전자와 반응  
④ 하여 감마선은 소멸되고 대신 하나의 전자가 그 원자로부터 튀어나오는 반응이다.

98. 다음 중 엑스선 이용시설의 차폐시설 설계에 영향을 주는 인자로 옳지 않은 것은?

① 가동인자(Work load)

② 가동율(Use factor)

③ 점유도(Occupancy factor)

④ 방사화(Radio-activation)

99. 시료의 계수율이 600cpm이고, 백그라운드 계수율이 60cpm 일 때 총 계수시간 20분으로 최상의 결과를 얻기 위한 측정시간 배분은?

① 시료: 약 13분, 백그라운드: 약 7분

② 시료: 약 14분, 백그라운드: 약 6분

③ 시료: 약 15분, 백그라운드: 약 5분

④ 시료: 약 16분, 백그라운드: 약 4분

100. 원자력시설의 사고로 인근 주민이  $^{131}\text{I}$ 을 100MBq 섭취하였다. 이 중 25%는 갑상선에 흡수되고 나머지는 소변으로 배출되었다.  $^{131}\text{I}$ 의 유효반감기가 8일이라면, 섭취 후 5일 뒤에 남아있는  $^{131}\text{I}$ 의 방사능은 얼마인가?

① 16.2MBq

② 32.4MBq

③ 48.6MBq

④ 64.8MBq