

等 別：高考一級
類 科：原子能
科 目：核能安全研究
考試時間：3 小時

座號：_____

※注意：(一)禁止使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目得以本國文字或英文作答。

一、請針對一般輕水式核能電廠的用過核燃料回答下列問題：

(一)用過核燃料中含有那些重要的同位素或物質，各同位素或物質的重量百分比約為多少？(5 分)

(二)用過核燃料輻射強度減少到與天然鈾礦相同輻射強度所需的時間一直是大家關注的問題，請說出兩種縮短這種時間的技術，並說明各約可縮短多少時間？(15 分)

二、核一廠用過核燃料乾式貯存主要由下圖的四大部分組成，其中密封鋼筒中充填氦氣，而該設施之熱傳設計特點為沿密封鋼筒外側由下往上流動之被動式 (passive) 自然對流空氣。常溫空氣經混凝土護箱底部之進氣口流入，而熱空氣則由護箱頂部之出氣口流出，移除密封鋼筒產生之熱能。請說明密封鋼筒內部、密封鋼筒外部、以及混凝土護箱外加屏蔽結構體對於外在環境等三部分在熱傳分析時應考慮的熱傳機制各有那些？(20 分)



三、國際上核能電廠除役可分為立即拆除、延遲拆除與固封除役 (safe storage) 三種型式，請比較三者的優缺點。(20 分)

四、我國核二廠 1、2 號機分別於 105 年 11 月、106 年 5 月面臨燃料池貯存容量不足的情形，電廠考慮利用兩部機組的護箱裝載池貯存一些用過核燃料。針對用過燃料池溫度之分析，請回答下列問題：

(一)依據管制法規，用過燃料池在正常狀況與非正常狀況的溫度限制各為何？(2 分)

(二)計算用過核燃料衰變熱時要考慮那兩種來源？(2 分)

(三)假設用過燃料池（溫度為 T ，水量為 m ，水之比熱為 C_p ）中已有許多過去存放的用過核燃料，最近又放入一批剛從爐心移出的用過核燃料，而且冷卻系統都正常運轉，則請寫出一個計算池水溫度隨時間變化的能量平衡方程式。(用不同的 Q 值代表不同的熱量)(8 分)

(四)承上題，但假設冷卻系統失效，不過另有補水系統補入少量的冷卻水（溫度為 T_{mw} ），也請寫出一個計算池水溫度隨時間變化的能量平衡方程式。(8 分)

五、根據我國核子事故緊急應變法施行細則，應依照下列準則計算核子事故緊急應變計畫區的範圍：

1. 設計基準事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，不超過核子事故民眾防護行動規範之疏散干預基準（0.05~0.1 西弗，5~10 侖目）。

$F1$ （設計基準全身劑量 $> \text{PAG}$ 疏散， $> \text{EPZ}$ ）= 0

2. 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過核子事故民眾防護行動規範之疏散干預基準之年機率應小於十萬分之三。

$F2$ （爐心熔損全身劑量 $> \text{PAG}$ 疏散， $> \text{EPZ}$ ） $< 3 \times 10^{-5}/\text{年}$

3. 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過（2 西弗，200 侖目）之年機率應小於百萬分之三。 $F3$ （爐心熔損全身劑量 $> \text{PAG}$ 疏散， $> \text{EPZ}$ ） $< 3 \times 10^{-6}/\text{年}$

請參考上述資料回答下列問題：

(一)我國緊急應變計畫區半徑在日本福島事故前為幾公里？為何四座電廠都用同樣的半徑？(5 分)

(二)我國緊急應變計畫區半徑在日本福島事故後改為幾公里？變更的原因為何？(5 分)

(三)我國緊急應變計畫在日本福島事故後有那些重要的改善措施？(10 分)