

類 科：核子工程
科 目：核能概論
考試時間：2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)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

- 一、中子與不同元素原子核的作用中，除了彈性散射與非彈性散射，另有輻射捕獲 (Radiative Capture)、帶電粒子 (Charged-Particle) 生成及核分裂 (Nuclear Fission) 等反應。據此，請回答下列問題：(每小題 10 分，共 20 分)
- (一)請詳述輻射捕獲的反應機制，並說明此反應為吸熱或是放熱反應。
 - (二)一般而言，帶電粒子生成反應多為吸熱反應，但某些輕核元素與中子進行的帶電粒子生成反應卻是屬於放熱反應，因而具有吸收低能量中子的特性。請以硼-10 同位素為例，完整寫出其與中子進行的帶電粒子反應式，並詳述此同位素於輕水式反應器運轉的可能應用方式。
- 二、我國核電廠採用兩種類型的輕水式反應器，分別為核一、二廠的沸水式反應器與核三廠的壓水式反應器。由於設計不同，兩種反應器在全功率運轉狀態下，汽機廠房區域的空間輻射劑量率差異甚大。
- (一)相較於壓水式反應器，請詳述沸水式反應器運轉時汽機廠房出現明顯較高空間輻射劑量率的原因。(15 分)
 - (二)請詳述沸水式反應器停止運轉超過 30 分鐘後，汽機廠房的空間輻射劑量率即已明顯下降的原因。(5 分)
- 三、輕水式反應器運轉後的主冷卻水均含有不少放射性核種，如鈷-60、鈷-58、鉻-51、錳-54、鐵-59 及氚。其中，絕大多數核種可經水質淨化系統加以濾除收集，但氚無法由水質淨化系統濾除，必須透過冷卻水批次更換，將其移出主冷卻水系統。(每小題 10 分，共 20 分)
- (一)請詳述沸水式反應器主冷卻水中氚的產生機制。
 - (二)比較發電功率相近的壓水式反應器與沸水式反應器，可發現壓水式反應器中氚的產出量明顯較高，請詳述其原因。
- 四、核一廠兩部機組的運轉執照均已到期，由於兩部機組的用過燃料池都已滿載，反應器爐心內的用過核燃料因此無法退出。核安主管機關行政院原子能委員會雖已核發除役許可給臺電公司，但因用過核燃料尚未退出，除役工作僅能從反應器周邊非運轉相關的組件設備開始進行。在室外乾式貯存設施無法啟用的情況下，用過核燃料從爐心移出的時間可能長達數年，考量必要的核能安全維護，核電廠應有的對應作為為何？(20 分)

五、微、小型反應器的設計開發是目前國際間關於未來核電應用的重點工作之一，歐、美、亞許多正在使用核電的國家都積極投入。根據國際原子能總署（International Atomic Energy Agency）的分類標準，發電功率在 300 MWe 以下的核電機組都屬小型反應器，發電功率在 20 MWe 以下的機組則屬微型反應器。相較於全球為數甚多且發電功率動輒超過 1000 MWe 的大型機組，小型反應器的功率大小不及其三分之一，而微型反應器的功率則不及其百分之一，甚至千分之一不到。然而，國際發展趨勢如此，顯示微、小型反應器在應用上必有其優點。

（每小題 10 分，共 20 分）

(一)請詳述小型反應器相對於大型機組的應用優勢。

(二)相較於小型反應器，微型反應器的發電功率更小，請詳述其相對於小型反應器的應用優勢。