

等 級：簡任

類科(別)：原子能

科 目：核能安全研究

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、2011 年 3 月 11 日下午日本東北地區外海發生規模九的地震，四十多分鐘後因地震引起的海嘯侵襲了福島縣第一核能發電廠及附近地區，該核電廠的四部機組在其後數日之內陸續發生氫氣爆炸，其中一號機、三號機及四號機的廠房屋頂更因此被炸穿，並導致部分放射性核種外洩至周邊環境。請回答下列問題：

(一)大量氫氣產生的原因、起始位置與化學機制各為何？(15 分)

(二)爆炸過程中各機組的一次圍阻體似乎並未受到大規模毀損，此一推論的依據為何？(5 分)

二、一般而言，停止運轉後的核反應器仍然會自爐心中持續釋放出熱能。因此，反應器停機後，餘熱移除系統 (Residual Heat Removal System) 的正常運轉相當重要。請回答下列問題：

(一)請詳述反應器停機後熱能持續產生的原因，包含其來源與傳導方式。(10 分)

(二)以國內的沸水式反應器為例，若餘熱移除系統在反應器停機後因故失效，且無法於短時間內修復，此時適當的餘熱移除替代機制為何？(10 分)

三、目前全世界商用核反應器所使用的核燃料，絕大多數以鋯合金做為燃料護套的材料，而燃料護套也是反應器安全設計概念中，用以侷限放射性物質移動的多重屏障之一。

(一)相較於其他合金材料，以鋯合金做為護套材料的優點為何？請列舉至少三項。(12 分)

(二)侷限放射性物質移動的多重屏障一般可區分為五種，除了燃料護套外，其他四種各為何？(8 分)

四、請以簡圖說明沸水式反應器主冷卻水迴路各重要系統與組件的相關位置，列入考量的組件與系統應至少包括反應器爐心 (Reactor Core)、控制棒 (Control Rods)、壓力槽 (Pressure Vessel)、再循環系統 (Recirculation System)、主蒸汽管路 (Main Steam Line)、汽渦輪機 (Steam Turbines)、發電機 (Electricity Generator)、冷凝器 (Condenser)、飼水泵以及飼水管路 (Feedwater Pump and Feedwater Line)。(20 分)

五、位於屏東恆春的核三廠採用了美國西屋 (Westinghouse) 公司的壓水式反應器。

(一)壓水式反應器運轉期間的爐心反應度 (Reactivity) 控制主要以那些方式達成？(10 分)

(二)此類型反應器一次側冷卻水迴路中金屬組件的腐蝕防制主要是以何種方式達成？(10 分)