

等 別：一級考試
類 科：原子能
科 目：策略規劃與問題解決
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。

- 一、2011 年日本福島一廠發生 311 核災，核電廠發生氫爆。三哩島事故及車諾比爾事故也發生了氫氣爆炸。爆炸時刻，有相當的差異。三哩島約為事故發生後十小時，車諾比爾是事故後幾分鐘內，而福島 1 號機則是大約一天後，3 號機則為三天後發生的。請分析發生氫爆的物理機制，說明在三個核災中發生氫爆時間差異的原因？請論述三哩島事故、車諾比爾事故及福島事故三個核子事故電廠的災變處理，並提出核能業界在三次核災後所提出的相關安全防治策略及措施。(25 分)
- 二、核子燃料處理的長程規劃是商用核能電廠除役的重要一環，請說明用過核子燃料長期處理的可能策略及方案，並就國內現況進行 SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, Threats) 分析，並根據分析結果，規劃可能的解決策略。(25 分)
- 三、福島事故發生後，日本國會另外獨立於日本政府針對福島事故的調查委員會之外，再成立一調查團，以釐清福島事故相關始末。該調查團重要調查發現如下：
- (一)福島事故本質是政府管制單位和業者之間的衝突，以及缺乏管理而造成的。兩造雙方實際上都違背了日本可以免於核災的權力，調查報告遂認為事故是「人為」的，並且相信根本原因是組織和管制系統的問題，而非任何特定人物。政府和業者都疏於發展最基本的安全要求，例如事故機率分析、對災害控制的準備、嚴重輻射外洩的民眾疏散計畫的整備等。
- (二)若東電有對於嚴重事故更高水平的知識、訓練及設備，以及提供電廠員工在事故發生時特定時間內之特別指引程序，那麼事故應變將更有效率；惟東電相關手冊缺乏對於嚴重事故的相關指引。
- (三)政府、管制單位、東電管理階級以及日本首相辦公室都缺乏對於處理緊急應變的準備。因此，在事故中並未提出任何有效限制災害擴大的作為。在事故發生後的關鍵時刻，日本首相辦公室並未即刻宣布緊急命令，區域的核事故應變團隊本應在首相辦公室和東電間進行聯繫，以讓首相即時了解現地狀況。然而，首相辦公室卻直接聯繫東電總部和福島電廠，打亂了已規劃好的流程。
- (四)當地居民對於緊急疏散命令的紊亂，係源自於管制者的忽略，歷年來對於核事故防範缺乏足夠執行，以及過去政府及管制者對危機管理的缺乏所造成的。目前日本首相辦公室和管制機關的危機管理機制應該保障民眾的健康與安全，但是卻未見發揮。中央政府無法傳達災害的嚴重性，造成只有 20% 的電廠附近居民在事故發生時知道疏散命令已發布。部分居民因為未被提供輻射偵檢資訊，甚至疏散至高劑量之區域。
- (五)核能相關法律和規範皆奠基於現存的意外，因而並未全面謹慎地以國際標準檢討事故應變及保防措施，而與時俱進，造成法規並未對可預測的危機進行著墨。現有的法規主要沿著推展核電的方向走，而非對公共安全福祉的保障。法規裡有關業者對於核子事故無可推卸的責任亦未著墨，且對於造成緊急事故團體的責任並不明確。
- 請參考上述調查發現以及你對我國核電廠緊急應變作法的了解，提出我國應變機制與法規方面應檢討的「項目」，(7 分)並列舉各「項目」應檢討的「細項」。(18 分)

(請接背面)

等 別：一級考試
類 科：原子能
科 目：策略規劃與問題解決

四、在美國 Salem 1 號機，漲潮常使附近沼澤中枯死的蘆葦與草大量堆積在循環水取水口的濾網上。為了因應濾網上嚴重的草屑負擔，運轉員會快速降載。運轉員常因在這種不良狀況採取行動維持電廠運轉而受到誇獎。1994 年 4 月 7 日沼澤漂來的草阻塞了循環水取水口的濾網使循環水泵跳脫，運轉員緊急降載以為因應。運轉團隊在尋求「反應器功率降低」與「汽機負載降低」間之平衡時遭遇困難，致使反應器冷卻水溫度快速下降難以控制。反應器冷卻水壓力與調壓槽水位也快速下降。調壓槽加熱器因調壓槽低水位而自動失能，進而造成引水系統隔離。此外，冷凝器背壓也超過汽機繼續運轉的限值。運轉員不管這些電廠的狀況，努力恢復反應器冷卻水溫度與循環水流量，而反應器也持續運轉。

在控制室執行的多項活動使運轉員分心而未監視關鍵電廠參數。其中一例是負責反應器控制的運轉員被派到控制盤的另一部分去改變電氣的連結。這項作法使重要的反應器指示與控制之監視不足。反應器冷卻水溫度持續下降直到低於臨界所允許的最低溫度。在恢復反應器冷卻水溫度的工作中，運轉員開始抽出控制棒。此項動作持續約 55 秒，直到反應器因 25%低功率高中子通量設定而急停，此項急停又引發安全注水與部分主蒸氣管隔離。運轉團隊未充分監視爐心參數，也未預期反應器會急停。

主蒸氣隔離閥關閉後，反應器冷卻水系統溫度開始上升。而主蒸氣大氣排放閥操作失效使情況更為複雜，此排放閥的設計功能是限制反應器冷卻水溫度上升。此一溫度上升加上安全注水，使得系統壓力升高，也使調壓槽水位升高至系統充滿水（water-solid）的狀態。這種狀態使得調壓槽動力釋壓閥（PORV）反覆而快速地開開關關。

反應器冷卻水系統溫度之上升使二次側蒸氣壓力升高，數個主蒸氣安全閥因而啟動。安全閥啟動之冷卻效果使充滿水的反應器冷卻水系統快速降壓，造成二次側安全注水之自動啟動。然後反應器冷卻水系統壓力再度增高，使得調壓槽動力釋壓閥再度反覆開開關關。

根據上述事件的描述，請(一)嘗試列出至少 4 項本事件的缺失；（15 分）(二)根據你列出的缺失，提出改善建議。（10 分）