

行政院原子能委員會
放射性物料管理局
委託研究計畫研究報告

參與執行台電公司核一廠用過核燃料乾式貯存設施
執照申請先期審查與技術養成訓練

計畫編號：942005FCMA001

執行單位：國立清華大學工程與系統科學系

國立台灣海洋大學材料工程研究所

計畫主持人：蔡春鴻教授

計畫參與人員：江祥輝教授、施純寬教授、

開執中教授、鄧希平教授、

開物教授

報告日期：九十四年十二月

目 錄

| | |
|--------------------------|-------|
| 中、英文摘要 | 1-2 |
| 一、計畫目的 | 3 |
| 二、計畫緣起 | 3-4 |
| 三、執行方法與進度說明 | 4-5 |
| (一) NAC-UMS FSAR 之先期審查報告 | 5-15 |
| (二) 核一廠設計變更及特定廠址因素 | 15-16 |
| (三) 參與 NAC 技術移轉訓練心得 | 16-20 |
| (四) 平行計算建議 | 20-21 |
| 四、結論與建議 | 21 |
| 參考文獻 | 22 |
| 附錄： | |
| A. 審照前期作業『貯存護箱』審查意見(提問)表 | 23-70 |
| B. NAC 訓練課程講義 (另附光碟) | 71 |

中文摘要

本計畫之目的為參與原能會物管局準備核一廠用過核燃料乾式貯存設施建造執照的先期審查工作。台電公司預定於 95 年 5 月提送核一廠用過核燃料乾式貯存設施建造執照之申請，物管局規劃邀請會外專家和其同仁合組專案審查小組，執行該設施安全分析報告與試運轉之審查。清華大學相關研究團隊早自 83 年已和物管處(後改制局)合作進行乾式貯存相關技術問題之研究及建立其技術評估與審查能力，因此乃委託本團隊針對此次核一廠之特定設施型式與設計進行審查前評估，並協助物管局各項關鍵項目負責人有關安全審查技術之養成。在本計畫執行過程中，台電已確定將核一廠乾式貯存設施之建造工作委由核研所經由國外廠商技轉和設計，並配合尋求國內廠商合作進行施工、建造和運貯作業，且國外技轉廠商和系統亦已確定為 NAC International 的 UMS 直立式護箱系統，因此，本計畫乃先針對 NAC 公司設計的 UMS 乾式貯存系統之 FSAR 進行先期審查，並參與初期的技轉訓練。本計畫參與評估的重點包括結構(含密封)評估、熱傳評估、臨界安全和屏蔽(含輻射安全)評估，並與物管局共同評估選擇須準備進行平行驗證之關鍵項目。本報告乃針對上述審查重點分別提出 UMS 先期審查之關切問題和發現，並提出未來安全審查之建議。

英文摘要

The objective of this project is to participate in the preparation and technical training of Atomic Energy Council (AEC) for the safety review of the nuclear spent fuel interim storage facility (SFISF) at Chin-Shan Nuclear Power Station. The Taiwan Power Company (TPC) showed its intension to AEC to submit construction license application for SFISF at Chin-Shan site around May 2006. The Fuel Cycle and Materials Administration (FCMA) of AEC is therefore planning to form a review board consisting of its specialists and independent experts in the related fields. This project is aimed to review the Final Safety Analysis Report (FSAR) of NAC International for the UMS Universal Storage System for spent fuel dry storage that TPC ordered through Institute of Nuclear Energy Research (INER), focusing on the critical safety issues including structural (confinement/sealing) evaluation, thermal evaluation, criticality evaluation and shielding (radiation protection) evaluation. The participation will also include the technical training of AEC personnel, participating the technical transfer of NAC to INER, and the evaluation on which critical issue(s) that independent calculation / evaluation might be needed during the future license review process. This report mainly consists of the pre-review findings of the foresaid critical safety issues and suggestions for the future license review process.

一、計畫目的

本計畫的目的，為以本計畫主持人和共同主持人為主體，直接參與物管局的先期審查準備工作，包括參與物管局內部相關技術研習會，參加設施得標廠商及其技術合作(技轉)廠商之技術訓練與相關技術資料之瞭解，並與物管局共同討論評估選擇須準備進行平行驗證之關鍵項目，為 95 年正式審查作好審查前準備工作。

二、計畫緣起

台電公司預定於明(95)年 5 月向原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局)提送核一廠用過核燃料乾式貯存設施建造執照之申請，物管局緣起於 83 至 89 年間曾委託清華大學合作進行乾式貯存相關技術問題之研究及協助建立其技術評估與審查能力，乃商請合作之團隊參與本次的執照申請審查工作。

核一廠商業運轉至今已有 26 年，更換下來用過之乏燃料均暫存於用過燃料池，該池之貯存容量設計不足存放 40 年運轉之用過燃料，而台電公司規劃最終處置廠希望能於 2030 年完成，因此在這之前必須採用乾式貯存的方式過渡式貯存在廠區內。在未採用核燃料再處理的核能發電使用國家中均普遍採用濕式或乾式貯存的方式，經過評估後，台電公司決定採用乾式貯存設施，並在核一廠廠區內選定場址，預定於民國 100 年底之前先完成 1366 束用過核燃料之裝載與貯存；依此時程，考慮建造、試運轉，以及執照申請審查之時間，台電公司已預先向原子能委員會表示預定於 95 年 5 月提送設施建造執照申請。

乾式貯存設施在國際上已有多家公司的多種設計型式獲得安全管制機構(如美國核管會 NRC)的執照許可，且已有多年的使用經驗。早在民國 83 年，當時的物管處(物管局前身)即已委託國立清華大學核工系(工程與系統科學系前身)組成研究團隊，委託研究乾式貯存設施相關的法規和技術問題，物管局內部同仁對相關的國外法規和審查程序也已有深入的研究，並已完成國內法規之制定及編譯美國 NRC 相關的管制指引或導則(Reg. Guide 或 NUREG)。因此，從法規的層面而言，原能會已有法的依據來執行監督和管制，透過與清華大學之合作，則希望在技術層面上也有充份的準備來執行安全審查的工作。

在本計畫執行過程中，台電已確定將核一廠乾式貯存設施之建造工作委由核研所經由國外廠商技轉和設計，並配合尋求國內廠商合作進行建造和運貯作業，且國外技轉廠商亦已確定為 NAC International，因此，本計畫乃先針對 NAC 公司設計的 UMS 乾式貯存系統的 Final Safety Analysis Report (FSAR) 進行先期審查，並參與初期的技轉訓練。

三、執行方法與進度說明

用過核燃料乾式貯存設施安全審查的法規依據，國內部份主要有放射性物料管理法和其施行細則，以及放射性廢棄物管理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法之中有關乾式貯存設施之相關規定。另外可參考美國 NRC 的 10 CFR 72, Reg. Guide 3.48 和 3.62, NUREG-1536(貯存護箱)和 1567(貯存設施)的 Standard Review Plan，以及 NRC 頒佈之相關的 Generic Letters, Information Notice 與 Interim Storage Guidance。

比較上述國內法令和 NUREG 規範的乾式貯存設施安全分析報告(SAR)的內容，章節的編排雖稍有不同，可是主要關鍵性的安全評估項目可歸納如：結構評估、熱傳評估、屏蔽評估、臨界評估、密封性能評估和作業程序及意外事件分析(技術規範)等。另外，也需提出輻射防護與環境監測計畫、品質保證計畫、消防防護計畫、保安計畫、料帳管理計畫、除役規劃等。

本團隊在之前物管局所委託的研究中，分別對結構評估(含密封性，但不含混凝土結構)、熱傳評估、臨界評估和屏蔽(環境輻射)評估四個項目，進行過模擬分析計算(當時假想分析對象為 NUHOMS 系統)，因此對於這四個項目的技術問題和安全性關鍵因素已有充份的掌握，對於意外事件分析也曾進行研討，因此本計畫乃延續這個基礎，就台電公司未來核一廠乾式貯存設施得標廠商及其技術合作(技轉)廠商所可能採用的設施型號與設計進行資料審查。在本計畫執行過程中，台電已確定委由核研所經由 NAC International UMS 系統的技轉進行設計分析與施工、運貯作業。物管局相對應的負責參與同仁有劉志添(結構)、陳文泉(密封性)、陳志行(熱移除)、劉文忠(屏蔽)、和徐源鴻(臨界)、鄭武昆(作業程序)等幾位先生，另外還有多位同仁負責其他章節的審查。必要時，將由本團隊

與物管局相關關鍵項目負責同仁商討，評估選擇其中可能須進行平行驗證的關鍵項目且協助其進行平行驗證計算(估計執行的時間應不在本計畫期間內)，並協助物管局建立此安全評估能力。

以下概分為 NAC-UMS FSAR 之先期審查報告、核一廠設計變更及特定廠址 (site-specific) 因素、參與 NAC 技術移轉訓練心得、及平行計算建議等四個部份。

(一)NAC-UMS FSAR 之先期審查報告

1. NAC-UMS 系統概述 (General Description)

本章敘述 NAC-UMS 乾式護箱貯存系統之一般說明，本章的目的為能讓審查人、管制單位及一般民眾(或其他關切團體)瞭解系統之特性，並說明符合管制單位頒佈的標準審查規範(NRC NUREG-1536 或原能會之審查導則)。由於詳細資料在 FSAR 中的後面章節會有更詳細說明，因此在審查本章時，重點主要為認識乾式護箱貯存系統並確定與其他章節之資料一致。

NAC-UMS 系統是一個可運送與貯存的金屬內罐(Transportable Storage Canister, TSC)貯放在直立之混凝土護箱(Vertical Concrete Cask, VCC)的系統，TSC 且能適用於 NAC 之通用運送護箱(Universal Transport Cask, UTC)，以利未來運送至廠外作最終處置。系統的設計壽命和分析以 50 年為基礎。

NAC-UMS 系統可裝載貯存沸水式(BWR)和壓水式(PWR)用過核燃料，但因核一廠為 BWR，本報告僅就 BWR 燃料部份進行先期審查。一個 TSC 最多可裝載 56 束 BWR 用過核燃料組件，依裝載物之需求分為不同長度的兩種型式。安全分析的對象採用 bounding configuration，使兩種型式和不同類型的燃料都可適用，但對特定場址(site-specific)的燃料類型也會評估，以證實可涵蓋(bounded)在設計基準的燃料類型，或者另外針對特定類型作單獨分析。

除 TSC 和 VCC 之外，UMS 系統還包含一傳送護箱(Transfer Cask, TFR)，其功能是將已裝載用過核燃料組件之 TSC 由廠房運送至 VCC 或必要時從 VCC 取出 TSC 後運送至其他地點，TFR 尚必須在進行 TSC 密封作業時可提供輻射屏蔽功能。

本章(在 FSAR 中)後面章節分別描述 TSC, VCC, TFR 及輔助系統的細節部份

與功能，並描述護箱之排列(array)與間隔(至少 15 英尺，即約 457 公分)，並說明申請人資格和品質保證等，在此從略。

先期審查關切問題和發現：

- (1) FSAR 提供之系統圖面不夠完整。
- (2) NAC-UMS 系統以 50 年壽命為設計分析基準，是如何決定的？哪些是影響本系統壽命的決定因素？以上問題在 FSAR 中並未清楚交待。核一廠擬採用 NAC-UMS 系統是否仍以 50 年壽命為基準？
- (3) 雖然 NAC-UMS 設計壽命 50 年，但 NRC 只認可”至少 20 年”的安全壽命(見 SER p.3-22 F3.8, p.4-15, F4.7 和 p.6-8 F6.4)。
- (4) NAC-UMS 系統的設計有考慮 consolidated fuel 和 defective fuel，其內罐之設計將會有不同。核一廠的乾式貯存設施是否將考慮採用？若不採用，將來除役時，這些燃料如何處理？若不採用，如何驗證從燃料池取出運去貯存的燃料仍然未破損(即使當初 discharge 時是未破損的)？
- (5) 雖然 NAC-UMS 是設計可運送可貯存雙用途，但 NRC 的審查不含運送用途(見 SER p.1-5 頁 F1.6)。核一廠將來使用的貯存內罐是採用運送負載條件設計或貯存負載條件設計？

2. 結構評估 (Structure Evaluation)

結構分析在整個貯存設施的安全性方面佔有極重要的關係，應分別對 UMS 系統的 Canister, Transfer Cask 及 Vertical Concrete Cask 進行分析，以確保結構應力分佈在正常操作情況及異常事故的狀態下均能達到其設計之要求。

先期審查關切問題和發現：

- (1).由於核一廠吊車負載上限為 90 噸，因此 transfer cask 必須重新設計以減輕其總重量，對於變更設計後之結構應力分析應予重新計算，尤其在吊耳附近之應力分佈。至於物管局將來在審查時是否對此部份進行平行驗證計算，則尚待評估後決定。
- (2).現有資料中圖表、數據均以英制單位表現，將來執行單位送件審查時，應全部改為公制單位，以利審查評估。
- (3).結構應力分析所使用之程式以 ANSYS 為主，LS-DYNA 輔助。基本上應無問題，但對於結構分析驗證的範例選擇及與實驗結果之比對，應多加注意，

以提高其可靠度。

- (4). 混凝土護箱之設計，由於考慮核一廠之特殊條件限制，將來必須增加其外圍厚度以增進屏蔽效果。此部份之結構應力分析必須另行計算、分析。如何修正設計應仔細考慮對於結構分析之結果亦待深入探討其精確性。至於此部份特管局未來在審查時是否應平行驗證，仍待決定。
- (5). 物管局應增加水泥結構之專業人才，協助此方面之審查作業，並針對可能變更設計的部份，先行尋求多方協助，以利未來審查作業流程之順暢。
- (6). 有關 vertical concrete cask 之墜落分析，應增加傾斜墜落意外事件部份，並提出若此事件發生後之 canister 及燃料束的後續處理步驟，並請增加基座設計與建造要求的分析資料。
- (7). 因核一廠位於海岸旁，故關於材料長期使用於此環境下之腐蝕行為，應予適度評估與分析。
- (8). 有關 seismic design 及 earthquake condition 之分析須因應台灣之特殊地理條件重新評估分析，另外，颱風、海嘯的影響亦應列入評估範圍。
- (9). 對非破壞性檢測的方法及安全性，應有詳細操作程序書及說明。

3. 熱傳評估 (Thermal Evaluation)

在整個貯存設施的熱傳評估上，考慮的熱傳機制包括基本的熱傳導，熱對流，熱輻射。密封鋼桶內有燃料，格架圓盤，以及氬氣填充的空間。分析中只考慮熱傳導以及熱輻射，熱對流是不考慮的。密封鋼桶與混凝土護箱之間是與外界相通的自然對流的空氣通道，考慮了熱對流與熱輻射。最後混凝土護箱牆壁則是熱傳導以及表面的熱對流與熱輻射。

先期審查關切問題和發現：

- (1). 就這些依據基本的熱傳機制，所得到的分析結果而言，我們應該特別要注意幾個重點，例如材料物理機械性質，熱傳流力之特定參數，幾何性質等。材料的物理機械性質首指熱傳導度，其他如密度，比熱，粘滯度等。特定參數是指如牆壁與流體間的對流係數的決定，以及與熱輻射相關的放射度等。幾何性質則指固體間的縫隙大小以及計算熱輻射需要的形狀因子等。尤其縫隙效應的模式中所採用的等效熱阻的可靠性，應該是需要有實驗的佐證。上述資料對分析結果的靈敏度都需要加以分析。

- (2).太陽日照所引進的額外加熱，會對貯存設施造成何種影響，也需要有嚴謹的分析。畢竟，燃料的衰減熱功率會隨時間逐漸降低，而平均日照量卻可以說是固定的（除了季節與白天黑夜的變化外）。
- (3).在熱傳評估上，核研所利用 RELAP5，來進行密封鋼桶與混凝土護箱間的空氣通道分析，與 NAC 所使用的 ANSYS + FLOTTRAN 不同。事實上，ANSYS 又已與 CFX 合作，同時兼具熱傳導與熱對流下的熱分析功能。使用 RELAP5 是否有它的優越性？
- (4).核研所的設計中，將有兩項重要設計的變更。首先為了減輕傳送護箱的重量，會將傳送護箱的屏蔽用鉛板厚度變薄，這項設計變更直接降低了熱傳阻力，對熱傳評估的影響應該是好的，但是對於輻射防護的要求會有比較大的挑戰。其次，為了降低廠界輻射劑量，混凝土護箱加厚為 45 公分之圓柱環狀外套。假如空氣通道移走的熱量是密封鋼桶內產生的百分之九十（NAC 的分析，需要嚴謹確認），這項設計變更在熱傳評估的影響上就不是很嚴重。不管如何，原來護箱與外套之間一定會有寬度不一的縫隙，這些縫隙不夠大，所以不會有熱對流，這些縫隙會形成熱傳導的阻力，因此應增加縫隙縫隙熱阻模式不確定性的評估。

4. 屏蔽評估 (Shielding Evaluation)

屏蔽評估包含射源計算和屏蔽模式計算兩部份，本報告分別分析 BWR 燃料元件和 PWR 燃料元件護箱，因本次計畫目的在貯存核一廠 BWR 燃料元件，因此我們只審查 BWR 燃料元件護箱屏蔽評估。

UMS 之 FSAR 利用 SCALE 4.3 PC 版程式集為分析工具，考慮通用貯存系統可能貯存的各種類型和特性之燃料元件，以 SCALE 程式集中之 SAS2H 程序分別計算出其射源特性，包含加馬射線和中子，再分別以 SAR1 一維屏蔽計算出劑量率，以劑量率為限界基礎而確定燃料為 40,000 MWD/MTU，初始濃縮度為 3.25 W% ^{235}U ，5 年冷卻時間之 GE 9×9 元件為設計基礎燃料元件。

針對設計基礎燃料元件接著利用 SCALE 程式集中的 SAS4 程序對傳輸護箱和垂直式混凝土護箱進行三維蒙地卡羅屏蔽計算。垂直式混凝土護箱的冷卻通風管道則利用 MCBEND 蒙地卡羅程式進行洩漏劑量的計算，傳輸護箱屏箱計算分別考慮密封鋼筒空腔充水及未充水兩種情況。

計算結果垂直式混凝土護箱側表面最大劑量率為 31 mrem/hr，平均劑量率為 23 mrem/hr，頂表面最大劑量率為 43 mrem/hr，平均劑量率為 20 mrem/hr，通風道入口處有補充屏蔽時為 129 mrem/hr，無補充屏蔽時為 645 mrem/hr，出口處劑量率為 55 mrem/hr。

意外事故時若衝擊造成徑向完全損失 3 吋混凝土，最大劑量率為 84 mrem/hr，平均劑量率為 54 mrem/hr，若徑向局部減少 6 吋混凝土，該處劑量率仍小於 250 mrem/hr。

傳輸護箱對密封鋼筒空腔充水的情況側面最高劑量率為 189 mrem/hr，平均劑量率為 79 mrem/hr，底面劑量率最高為 539 mrem/hr，平均劑量率為 254 mrem/hr；對於未充水的情況，側面最高劑量率為 325 mrem/hr，平均劑量率為 228 mrem/hr，底面最高劑量率為 786 mrem/hr，平均劑量率為 379 mrem/hr。

BWR 設計基礎燃料之射源項對於護箱造成的熱負擔(heat load)為 24 kW，而 UMS 貯存系統之最大容許熱負擔為 23 kW。UMS FSAR 對於各種類型及特性之燃料亦分析其最低容許冷卻時間，對於設計基礎燃料(燃料 40,000 MDW/MTU)最低容許冷卻時間為 6 年，限制因素為衰變熱，²³⁵U 濃縮度越低，所需最低冷卻時間越長，且限制條件變成是傳輸劑量。

UMS FSAR 中亦對 Maine Yankee 廠特定用過燃料，包含完整、損壞、軸向

圍包，徑向濃縮變化等用過燃料以及非燃料射源進行分析，分別定出其最低容許度冷卻時間。

先期審查關切問題和發現：

- (1).Design basis fuel assemblies for BWR 對 cask 造成的 heat load 為 24 kW，為何大於 UMS storage system 的 max. allowable heat load of 23 kW？
- (2).SAS 1 計算時如何使用 Bucklings 做 transverse leakage 計算？
- (3).Table 10.3-4 與 10.3-5 及 Table 10.3-6 與 10.3-7 radiological surveillance 20-cask array 為何較 single cask 小？
- (4).Table 10.3-3 gamma weighting factor A-9, B-9 及 A10, B10 axial 與 radial 為何不同？
- (5).Vertical concrete cask, the dose rate at the air inlet opening is 129 mrem/ hr with supplemental shielding.
- (6).請問 129 mrem/ hr 不是超過 design criteria 100 mrem/hr 嗎？請提供 supplemental shielding 組成、形狀、位置。
- (7).請提供參考文獻 5-13，以了解 SCALE 計算結果之準確性。
- (8).Fuel hardware activation 之決定係參考文獻 5-15 之經驗數據，請提供此文獻以了解細節。
- (9).為了解 BWR fuel axial burnup profile, 請提供參考文獻 5-21。
- (10).核一廠採用哪一種 transfer cask，如何做修正、設計？
- (11).核一廠待貯存之 spent fuel assemblies 之 specifications 為何？包含 enrichment, burnup, cooling time, fuel rod numbers, 是否有其他 rods？
- (12).由於 transfer cask 及 vertical concrete cask 之屏蔽計算太過複雜，平行驗證計算工程浩大，所需資源非審查單位所能承擔。現有屏蔽設計很明顯已符合游離輻射防護法及游離輻射防護安全標準，至於場界劑量限值應屬 ALARA 之考量規定。因此就安全本質比例原則考量，似不須花費巨量資源從事 transfer cask 及 vertical concrete cask 屏蔽計算之平行驗證計算。

5. 臨界評估 (Criticality Evaluation)

本章針對 NAC-UMS 之臨界安全考量及分析，作一描述。內容包含用過燃料之裝載、臨界分析模式說明、臨界計算、臨界驗證實驗(Benchmark Experiments)

以及針對 Maine Yankee 特定場址所作的用過燃料臨界分析，並針對 NAC-UMS 之臨界安全設計，作出符合美國政府法規要求之結論。

NAC-UMS 之臨界安全設計，是利用含硼之中子吸收隔板置於燃料元件之間，使得中子在燃料間受到阻隔，而不致於達到臨界質量，同時，在臨界分析時，採用了保守的假設，把用過燃料所具有之燃耗效益(burnup credit)略去不計。因此，分析所得之有效增殖因數(k_{eff})要比實際之增殖因數值低，故可確保臨界事故不致發生。若在分析時，對硼之含量再採取保守之假設，更可確保臨界安全。

在分析臨界安全所採用之程式，主要是 KENO-Va 及 27 群之 ENDF/B-IV 中子截面資料庫，這是 NRC 同意之申照程式，在分析前，曾與 63 組臨界實驗結果比較，確保對此套分析程式之熟練，使其對 NAC-UMS 所執行臨界分析結果之可信度增強。

先期審查關切問題和發現：

- (1).NAC-UMS 之臨界安全分析，通過美國核管會之審查，顯示其合適之含硼隔板設計及保守而嚴謹的分析能力與方法獲得肯定。
- (2).核燃料臨界安全分析，須考量最佳緩和劑密度(optimum moderator density)現象，NAC-UMS 安全分析報告中提到 k_{eff} 值會隨緩和劑密度之降低而降低，但未提供 k_{eff} 隨緩和劑密度變化之圖表。

6. 密封 (Confinement)

先期審查關切問題和發現：

- (1).Shell 鐸道(category A 或 B，5/8"厚 304L stainless Steel)以 RT 檢測，最後表面執行 PT，但 RT 較適於檢出體積狀瑕疵(volumetric flaw)，對於平面狀瑕疵(planar flaw)如裂縫及熔合不良等因有方向性問題不一定能檢出，建議除 RT 外加做 UT，最後表面仍執行 PT。由於材料為不銹鋼，UT 人員需先經特別訓練及考試合格。
- (2).在本節焊接檢驗如果採用超音波(ultrasonic)則允收的準則為 ASME Code Section III, NB-5330(ultrasonic);但是在 NRC 的 ISG-4R1 文件卻建議採用 ASME Code Section III, NB-5332(ultrasonic)。NB-5330 與 NB-5332 差別為何？

- (3).在 Fig7.1-1 及 Fig7.1-2 中顯示 secondary confinement boundary 只出現在密封鋼筒的頂部，而鋼筒外殼及密封鋼筒的底部則無。這是否符合需要備份封閉的要求？
- (4).貯存罐間各焊道與熱影響區對熱的耐受性有無限值。
- (5).MUS 的包封系統採 leaktight 之驗證來取代 source term 的分析，又採用包封邊界又採用焊接技術，因而在貯存期間沒有監測設計(monitor)，請問如何確保長期包封的可信度？國外採用 MUS 的業者有無加裝設備（如 pressure transducer 或 thermocouples）進行包封監測的案例？
- (6).焊接檢查員之資格須符合 NAC International 之品保方案及 SNT-TC-1A，國內製作是否有類似標準，對於焊接之管制（作業人員、機件、設備與程序書等）採用之標準是否與原廠之規定一致？如何確保及驗證請說明。
- (7).原各組件材料之採用，需由 NAC 公司認可。未來將採用 ASME 認證的材料或由核研所進行認可的工作？將由何部門來認可，用何種方法、根據什麼來認可？

7. 作業程序 (Operating Procedures)

本章包含系統裝載(loading)、TSC 從 VCC 移開、和 TSC 卸載三個大項的作業程序，其中系統裝載部份為正常執行作業，其中包括 TSC 裝載和密封、VCC 裝載和護箱搬運三個程序。用過核燃料從 TSC 卸載的作業乃不太可能發生的非正常狀況下才會用到。

本章內容除描述上述各作業之作業程序外，必須保證在作業中可符合 FSAR 第二章及第十二章之用過核燃料規範及操作管制與限制條件，同時要確定程序書所有步驟都涵蓋輻防 ALARA 的原則。由於上述作業和特定場址的條件有密切關聯，在 NAC-UMS 的通用安全分析中僅能原則性規範一般作業程序(general operating procedure)的各個步驟及注意事項，因此個廠採用時尚需針對場址條件準備每個步驟之細部作業程序書。

先期審查關切問題和發現：

- (1).本章宜採特定場址 (site-specific)方式審查，並配合現場模擬之操作說明來作輔助，以補充 NAC-UMS 通用 FSAR 之不足。
- (2).各步驟之細部操作程序書完成之時機應在建造執照安全審查期間，或在用過

燃料裝填作業許可之前，尚待討論。

- (3).FSAR 中對於墜落意外高度的決定原則並不明確。核一廠未來廠內的吊車是否符合 single-failure-proof (NUREG-0554)之要求，在現有核一廠 FSAR 中並不明確。
- (4).雖然作業程序的設計基準是在儘量減少除污程序的必要性，但對傳送護箱從用過燃料池移出時，仍需作例行的除污程序。
- (5).在 NAC-UMS FSAR 作業程序中有許多步驟限制作業時間(如最長 vacuum drying 的時間...等等)，這些限制以 LCO 限制列於 Appendix 12C，但其假設依據和計算過程與結果並不明確。若有可能超過作業時間限制的處置措施亦應列作業程序。
- (6).台電應參考公司內各廠及世界上其他核能電廠過去曾發生過吊運燃料或運送燃料曾發生過之事故或人為疏失之案例，作為 FSAR 中 lesson learned 之一部份，並評估類似案例在核一廠作業過程中發生之可能性和應對策略。

8. 輻射防護 (Radiation Protection)

UMS 通用貯存系統之設計目的在確保職業輻射曝露能達合理抑低。正常運轉時垂直式混凝土護箱設計基礎表面劑量率分別為側面平均 50 mrem/hr、頂面平均 50 mrem/hr、通風道入口 100 mrem/hr、通風道出口 100 mrem/hr，而貯存設計基礎燃料元件計算所得表面劑量率為側面 23 mrem/hr、頂面 20 mrem/hr、通風入口 129 mrem/hr、通風道出口 55 mrem/hr。設計基礎意外事故對垂直式混凝土護箱造成的損壞所引起的廠界全身或任一器官之輻射曝露不得超過 5 rem。高能投射物衝擊造成局部 6 吋混凝土減損導致之表面劑量率經評估小於 250 mrem/hr。在各個操作位置之劑量率係利用 SCALE 4.3 程式集中的 SAS4 程序及 SKYSHINE-II 程式進行計算。

經評估利用傳輸護箱操作時所受劑量為 510 person-mrem；對於一個垂直式混凝土護箱正常運轉每年所造成之操作測量曝露為 17 person-mrem，對於一個 2×10 的護箱陣列，每年所造成的操作測量曝露為 239 person-mrem。垂直式混凝土

土護箱貯存場對場界造成的年劑量係以 NAC 公司 5.01 版 SKYSHINE-III 程序從事計算，計算時考慮一年的曝露時間為 2080 小時，除對單一貯存護箱做計算外，也對 2×10 護箱陣列做計算。假設每年貯放兩個護箱，較後擺放的之護箱冷卻時間較長亦考慮在計算中。場界劑量限值根據 10CFR72.104(A) 規定為 25 mrem/yr。計算結果貯存 2×10 BWR 護箱陣列，與場界距離至少須大於 186 公尺才能符合法規規定。

由於 Maine Yankee 特定廠的用過燃料經分析獲得最低冷卻時間及裝填限制，其貯存造成的劑量率已在設計基礎燃料護箱的界限之內，因此其輻射防護無須額外評估。

先期審查關切問題和發現

- (1). 請提供 SKYSHINE-III 計算之 source 及 geometry model for a single cask and for a 2×10 cask array, respectively 因說明太過簡略，請能附圖補助說明。
- (2). Table 10.4-1 及 10.4-2 為何 axial gamma 和 radial neutron doses 可以忽略？
- (3). 核一廠 ISFISI 離西南民家場界僅 100 公尺，且場界劑量限值定為 5 mrem/yr，如何能夠做到場界符合劑量限值規定？
- (4). 場界劑量主要來自用過燃料加馬射源，因此若要做平行驗證計算，建議可以考慮執行用過核燃料加馬射線 skyshine 造成的場界劑量。

9. 意外分析 (Accident Analysis)

依據貯存系統的設計使用壽命期間，可能發生的各種負載情況的假設頻率，將意外分析分成兩大類。每年可能會發生一次的稱為非正常事件(off-normal events)，而在整個設計使用壽命期間大概會發生一次的則稱為意外事件(incident events)，這還包括自然現象引起的意外。

非正常事件包括嚴酷的大氣溫度條件，空氣通道半阻塞，不正常的鋼桶處理負載（溫度，壓力，加速度），偵測儀器失靈，鋼桶外表放射性物質微洩漏。意外事件如意外壓力，鋼桶裂開，置入未使用燃料，混凝土護箱 24" 掉落，爆炸，

火災，最高大氣溫度（133F），地震，水災，雷擊，龍捲風與飛射物，護箱傾倒，空氣通道完全阻塞。

先期審查關切問題和發現：

NAC-UMS 意外分析的基礎也都是與正常狀況下分析的工具與方法一致，正常分析中所發現的疑問以及提出的意見，在意外分析中其實一樣也是需要解答的。唯一在本次的意外分析審查中，我們要注意的是個別廠所在地的特殊條件的不同。例如自然現象一項，美國的條件與台灣絕對有許多的不同，例如溫度的條件，颱風的侵襲，土石流，飛機航道等。

10. 品質保證 (Quality Assurance)

本章對 NAC 公司總裁所批准之該公司品質保證方案(QA Program)作一摘要式的描述詳細之品保方案則要查閱該公司之品質保證手冊(QA Manual)，針對美國聯邦法規對品質保證要求之十八條規範詳細說明 NAC 公司如何執行。NAC 公司之品保方案已通過 NRC 之審查。

先期審查關切問題和發現：

- (1).品質保證是確保核能安全的重要措施，核研所應比照 NAC 公司對品質保證之重視，編寫完備之品保手冊，執行對品保承諾之政策。
- (2).品保對組織架構之規範，要求負責品質之人員獨立於設計與施工人員之外，行使稽核不受干擾。核研所在本項計畫中，應注意確保負責品質人員之獨立性。
- (3).本計畫之各項重要施工，應有詳細之程序書(procedures)，使工程品質能符合設計要求，循序漸近的建立。例如：UMS 之臨界安全設計中，燃料間之含硼隔板之密度與臨界安全息息相關，應用詳細之施工、測試、查核程序書，確保硼之密度符合設計之要求。

(二)核一廠設計變更及特定廠址因素

1. 設計變更和 NAC-UMS 比較：

- (1) transfer cask 因受限於核一廠吊車 90 tons capacity 之故，需採用較 NAC universal design 為輕(可能是 100 short tons 相當於 89 tons)的 cask，cask

壁可能變薄。

- (2) canister 仍採用 NAC BWR fuel 設計(56 束容量)，不會更動。會先從核一最早的 GE 8x8 fuel 運，期望已有較長 cooling 時間，也避開 high burn up fuel。
- (3) seismic 要求會從 NAC 原有 0.26 g 提高到 0.3 g，以符合 AEC 要求。
- (4) concrete cask 因廠界劑量限制和西南民家的影響，因此 concrete cask 需加厚 shielding，可能採用外加屏蔽(35~45 公分)方式，即仍用 NAC 原設計，但加厚部份是另加殼，而不是改設計本身的厚度。
- (5) 以上 component 的製造可能是 transfer cask 仍委由 NAC 國外製造，但 canister 和 concrete cask 在國內製造。

2. 特定廠址因素：

- (1) 用過燃料的型式、燃料組件的設計(包括燃料匣)等差異是否可被 NAC 的 bounding configuration 所含蓋，以及是否貯存 defective fuel 等等均為特定廠址因素中需要 verify 的。
- (2) 氣候因素為特定廠址因素，需要 verify。
- (3) 墜落高度的假設和個廠 layout 和吊運作業條件有關，可能為特定廠址因素。
- (4) 運輸作業和個廠的設計與條件有關，故作業程序為特定廠址因素。
- (5) 屏蔽設計和輻射防護因原能會和 NRC 法規的差異和廠址／廠界距離的因素，為特定廠址因素。
- (6) 意外分析中考量的自然現象需考慮個廠特定廠址的差異。
- (7) 此系統雖採用 NAC-UMS 設計，但乃間接由核研所技術轉移，根據 NAC-UMS FSAR 其品質保證制度不適用，必須由核研所另行建立。

(三)參與 NAC 技術移轉訓練心得

1. 前言

核能研究所在決定與美國 NAC-International 簽約合作，進行國內核一廠用過核燃料乾式貯存設施的興建後，便積極依據合約安排所內相關同仁，以及國內相關單位代表（台電公司、放射性物料管理局、國立清華大學工科系等），到美國喬治亞州亞特蘭大市郊的 NAC 總部，進行技術轉移訓練與諮詢。整個行程是九月二十六日自台灣出發到十月十日返抵國門為止。國立清華大學工科系

由施純寬教授代表出席，放射性物料管理局代表是鄭武昆先生以及劉文忠先生，台電公司代表是邱顯郎先生及楊志雄先生，核研所則有詹春孟顧問（土木工程，結構分析）、施建樑先生（核工與保健物理，執照申請）、黃毓皓先生（計劃協同主持人，核工）、楊經統先生（安全分析）、楊玉堂先生（機械工程，設計）、張添昌先生（機械工程，設計）、彭正球先生（機械工程，製造）、陳英鑒先生（核工與保健物理，執照申請）、喬凌寰先生（核工，運轉操作）、王仲容先生（品質保證）、葉昭廷先生（臨界分析）、楊宗佑先生（熱流分析）、林威廷先生（屏蔽分析）、朱棟樑先生（土木工程，結構分析）、吳晃昭先生（機械工程，結構分析），整團一共二十位。

2. 技轉訓練課程內容

本節依據每日的技轉訓練課程（共八天，見表 X.1），做一概括性的介紹。除了每天的上課外，該日結束以前，整個團隊都會進行內部會議，討論當天的工作狀況及心得，以及有何新的需求，對隔天的上課與跟 NAC 接觸做準備。

第一天，九月二十八日（星期三）

第一天是到 Atlanta 的 Residence Inn Marriot 的會議室內進行訓練課程。內容是早上的簡單開幕致詞，密封鋼筒與混凝土護箱製造及相關文件，密封鋼筒結構分析。下午繼續談結構分析，以及熱流分析。最後結束時，我特地跟全體大家提及今天是台灣的教師節，希望大家為今天的講員鼓掌致敬。

第二天，九月二十九日（星期四）

早上就在 Norcross 的 NAC International 總部上課。先是小組繼續介紹熱流分析細節。接著，介紹傳送護箱的設計變更並與標準傳送護箱做比較，提到 NAC 輕型 100 噸傳送護箱的設計。該設計曾送至 NRC，申請執照。但是由於沒有市場的需求，NAC 又主動撤回該申請。也就是說，該輕型傳送護箱是不具有 NRC 認可的執照。早上還繼續談組件製造以及相關文件。下午繼續介紹輕型傳送護箱的結構分析，屏蔽計算，並表示該護箱的 FSAR 可以提供給核研所參考。

第三天，九月三十日（星期五）

早上是標準傳送護箱結構分析，以及其他熱流及結構分析細節討論。整個下午則是討論介紹整個乾式貯存作業的過程與操作細節介紹，可以幫助了解各

環環相扣的組件設計。

第四天，十月三日（星期一）

經過週末的休息後，早上介紹混凝土護箱的建造過程，以及燃料至傳送護箱，以及最後移至 ISFSI 的整個運轉操作過程。下午則是屏蔽計算，劑量評估等。以及其他分組的小組討論。也對核研所在增加混凝土護箱牆壁壁厚、頂蓋加厚的規劃的可行性，有非常細微的討論。

第五天，十月四日（星期二）

早上先介紹現場護箱運送的各種不同方法，可以用拖車(trailer)，也可以用自走式吊車(VCT, Vertical Cask Transporter)。隨後也介紹規劃於作業程序中，運轉作業的各種限制條件。

第六天，十月五日（星期三）

今天是參觀 Duke 電力公司的兩個電廠的 NAC 乾式貯存護箱現況。早上一大早七點即出發，約十一點半抵達 Catawba 電廠，參觀現場的混凝土護箱的製造過程。目前有二十四個護箱製作中。下午兩點離開，三點到 McGuire 電廠，該廠有早年的八個 TN 的金屬護箱，以及後來已經放入用過核燃料的五個 NAC 護箱。還有空的 19 個 NAC 混凝土護箱，尚未開始裝填。McGuire 電廠使用 VCT，為了避免投資閒置，該 VCT 也可以與 Catawba 電廠分享共用。兩座電廠都有進行並獲得二十年的延壽執照申請。其實 Duke 電力公司還有另外的一個核能電廠 Oconee，也設有用過核燃料的乾式貯存。

第七天，十月六日（星期四）

早上介紹整個系統作業的試裝填運轉計劃，以及多個小組的分組討論，包括結構，執照申請，管制，製造等等。下午介紹一些電廠相關的作業經驗，以及該注意的事項。同時還有非均勻燃料裝填的熱應力問題。

第八天，十月七日（星期五）

早上介紹事故分析的假設以及結果，以及輔助設備的採買規範訂定與接受準則。下午則是品質保證作業。四點整個技轉訓練課程結束，我認為這次了解了核研所在這方面莫大的潛力，相信乾式貯存的案子，能夠順利圓滿成功。晚

上由 NAC 請客，主客盡歡，看來合作在這開始的階段是頗為成功的。

INER-NAC 技術轉移訓練課程標題與講員

| Date | Sec | Topic | Time | Presenter |
|---------|-----|---|--------|---------------|
| 9/28 am | | Introduction and welcoming remarks | 0.25 h | Cole |
| | 2 | Canister and VCC liner fabrication | 2 h | Kierpa |
| | 3 | Canister structural analysis, introduction | 2 h | Yaksh |
| 9/28 pm | 4 | Thermal analysis, introduction | 2 h | Yaksh |
| | 1 | Questions and clarification of document submittals | 1 h | Danner/Kierpa |
| 9/29 am | 5 | Follow-up discussions on canister and VCC liner fabrication | 1 h | Kierpa |
| | 6 | Design changes needed for transfer cask | 2 h | Carver |
| | 7 | Thermal analysis detailed discussion (in parallel with #5) | 1 h | Yaksh/Wang |
| 9/29 pm | 8 | Transfer cask fabrication | 2 h | Carver |
| | 9 | Canister structural analysis detailed discussion | 1 h | Yaksh/Lin |
| 9/30 am | 10 | Transfer cask structural analysis | 2 h | Yaksh |
| | 11 | Thermal analysis detailed discussion | 1 h | Yaksh/Wang |
| 9/30 pm | 12 | Operations and handling | 3 h | Tjersland |
| weekend | 13 | Study group | | |
| 10/3 am | 14 | Concrete cask construction | 1 h | Hoedeman |

| | | | | |
|---------|-----|---|------|---------------|
| | 19 | Operations and handling continued discussion | 2 h | Tjersland |
| 10/3 pm | 16 | Thermal analysis detailed discussion | 1 h | Yaksh/Wang |
| | 17 | Transfer cask structural analysis detailed discussion | 1 h | Yaksh/Lin |
| | 18 | Shielding analysis | 2 h | Pfeifer |
| 10/4 am | 15 | Transportation mechanism for VCC (Crawler or trailer) | 2 h | Tjersland |
| | 20 | Review of INER proposed modifications on thermal analysis | 1 h | INER/Yaksh |
| | 21 | LCOs for system operations | 1 h | Tjersland |
| 10/4 pm | 22 | Concrete cask structural analysis | 2 h | Yaksh/Lin |
| | 25 | Criticality analysis (in parallel with #22) | 2 h | Pfeifer |
| 10/5 am | 27a | Visit Catawba, VCC cask construct | | Hoedeman |
| 10/5 pm | 27b | Visit McGuire, casks in storage | | Kierpa/Dargis |
| 10/6 am | 23 | System dry run | 2 h | Tjersland |
| | 24 | Concrete cask thermal loading for structural analysis | 1 h | Yaksh/Wang |
| 10/6 pm | 26 | Operational incidents and lessons learned | 2h | Tjersland |
| 10/7 am | 28 | Accident analysis summary | 1 h | Yaksh |
| | 29 | Auxiliary equipment procurement specifications | 2 h | Tjersland |
| 10/7 pm | 30 | Quality Assurance | 2 h | Smith |
| | | Concluding remarks and identification of action items | .5 h | Cole/Kierpa |

3. 心得與收穫

此次本人參與核研所與 NAC 的技術轉移訓練課程中，所扮演的角色是以物管局的審查技術支援顧問身分。在整個上課的過程中，本人有些問題是直接向 NAC 的技術人員提出，有些問題本人卻認為應該是向核研所提出。核研所有答案的，他們可以立即回答；假如他們沒有答案的，我則是希望他們可以在現場向 NAC 的人詢問或要求額外資料(Requests for Additional Information)。不管如何，訓練上課期間，本人曾提出的問題，已列入核研所整個課程活動的書面紀錄當中。

分析技術部分裡面，NAC 的分析已經得到 NRC 的執照（除了輕型傳送護箱外），因此問題似乎比較不大。本人也注意到熱流分析中，在處理混凝土護箱的空氣通道對流熱傳時，核研所會利用 RELAP5，與 NAC 所使用的 ANSYS + FLOTRAN 不同。而且 ANSYS 又已與 CFX 合作，在同時具熱傳導與熱對流下的熱分析功能，則又更加強了。

變更設計後的傳送護箱，以及混凝土加厚後的各項分析（熱流、結構、與屏蔽等），加上搭配的輔助設備製作及現場運轉操作等程序，都將是未來物管局審查台電公司提送的執照申請的重點。

至於國外運轉操作經驗有一些是實際操作的疏忽，也有的是對操作程序書或法規條文的解釋錯誤。核一廠需要注意的是過去曾經在進行類似作業（如更換燃料作業）上，所發生過的不正常事件之原因及解決方案之資料庫建立與整理。

4. 攜回資料

這次訓練考察中，本人攜回的資料最主要的就是訓練課程的簡報電子檔案。請參見附件光碟。

(四) 平行計算建議

雖然 NAC 的分析軟體和分析結果基本上均為美國 NRC 所接受，但因核一廠乾式貯存設施需作設計上的變更，故原則上，若符合下列條件之一，則需對軟體作 validation 或考慮平行驗證計算的必要性：

- ◆因設計上的變更，必須重新作計算分析者。
- ◆由核研所採用與 NAC 不同之軟體，重作分析者。
- ◆美國 NRC 在審查乾式貯存設施時，有曾經執行獨立平行驗證計算者。

基於以上原則，建議對下列分析項目進行平行驗證計算必要性之評估，並及早準備：

- (1).在熱傳分析上，核研所將利用 RELAP5 進行密封鋼桶與混凝土護箱間之空氣通道分析，與 NAC 使用的 ANSYS+FLOTRAN 不同。
- (2).針對 NAC-UMS 之臨界安全分析，NRC 曾使用 MONK8a (連續能譜)，對 NAC 之 KENO-Va (多群 Monte Carlo) 作獨立驗證計算。
- (3).為因應核一廠吊車容量之不足，傳送護箱屏蔽用鉛板厚度需變薄，對於作業中輻射防護分析必須重作。
- (4).為因應廠界劑量法規的不同，將使用加外套屏蔽，因此核研所必須重作屏蔽分析。由於 transfer cask 及 vertical concrete cask 之屏蔽計算太過複雜，平行驗證計算工程浩大，所需資源非審查單位所能承擔。現有屏蔽設計很明顯已符合游離輻射防護法及游離輻射防護安全標準，至於場界劑量限值應屬 ALARA 之考量規定。因此就安全本質比例原則考量，似不須花費巨量資源從事 transfer cask 及 vertical concrete cask 屏蔽計算之平行驗證計算。

至於上述那些項目需要進行平行驗證計算，則俟審查委員與物管局同仁作深入討論再行決定。

四、結論與建議

本報告乃以 NAC-UMS 系統 FSAR (2004 年 3 版)為基礎，就結構評估、熱傳評估、臨界安全、密封、作業程序、屏蔽評估，意外分析和品質保證等章節作先期審查，提出審查之提問，並與物管局同仁和其他審查委員討論，在本報告中分別提出關切的問題和初步的發現。

由於核一廠貯存設施乃經由核研所技術移轉 UMS 系統，而且許多特定廠址條件的因素也必須考慮，乃針對特定廠址因素提出未來審查的重點。

在平行計算的需要性方面，本報告提出考慮的原則，但有哪些項目需要作平行計算則尚需與物管局同仁作深入的討論再行決定。

參考文獻

1. 游離輻射防護法規彙編，原子能委員會, 2003。
2. 放射性物料法規彙編，原子能委員會放射性物料管理局, 2003。
3. 10 CFR Part 71, Part72, US NRC。
4. Standard Review Plan for Dry Cask Storage Systems, US NRC NUREG-1536, 1997.
5. FSAR-UMS Universal Storage System, NAC International, Version 3 (Non-Proprietary), 2004.
6. 核一廠 FSAR。

A. 審照前期作業『貯存護箱』審查意見(提問)表

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：蔡春鴻 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：2-1</p> <p>頁碼及行數：Table 2-1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 10 月 25 日</p> |
| 問題內容 | <p>有關 Universal Storage System Design Criteria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 核一廠將採用的 design life 是否維持 NAC 的 50 年？ 2. UMS SAR 採用 normal condition annual average temperature 76 °F，在核一場址將採用多少？依據為何？ 3. UMS SAR 採用 off normal condition 最高溫度 106 °F 和最低溫度 -40 °F，在核一場址將採用多少？其中 106 °F 為三天均溫，其依據為何？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：蔡春鴻 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：2-1</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 10 月 25 日</p> |
| 問題內容 | <p>有關 spent fuel 的 specification:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 核一是否將會貯存 consolidated fuel(個別燃料棒仍需符合 intact 要求)? 2. 原能會要求貯存的燃料不能有 defective，然核一用過燃料池中的燃料即使在 discharge 時是 non-defective，如何驗證將來取出運去貯存的仍為 non-defective? 3. 核一未來貯存的 fuel assembly 是否有長於 UMS storage canister 標準高度的情形？有沒有可能在 UMS-56 所考慮的標準配備之外多的 component 的情形(即所謂 site-specific fuel assembly)? |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：蔡春鴻 召集人： 所屬單位：國立清華大學 問題章節：3 和 4 章 頁碼及行數： <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 10 月 25 日 |
| 問題內容 | UMS 的結構分析中使用的 material property 是否考慮 temperature dependent? 若有，是使用 thermal 分析(包括 normal, off-normal 和 accident)計算的溫度值，還是 allowable temperature 的值？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：蔡春鴻 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：8 章</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 10 月 25 日</p> |
| 問題內容 | <p>1. 核一廠廠內運送將選擇拖板車運送或直立護箱搬運機運送？</p> <p>2. Table 8.1.1-3 計算 handling time limit 的假設依據為何？</p> <p>3. 請台電提供各核電廠過去廠內吊運燃料或搬運燃料曾遭遇過的事故或人為疏失的案例，並評估類似案例在 dry storage spent fuel 運送操作中發生之可能性。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節： } 核一廠 site specific issue</p> <p>頁碼及行數： }</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>核一廠 ISFISI 離西南民家場界僅 100 m，且場界劑量限值定為 5 mrem/yr，如何能夠做到場界符合劑量限值規定？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節： } 核一廠 site specific issue</p> <p>頁碼及行數： }</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>核一廠採用哪一種 transfer cask，如何做修正、設計？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節： } 核一廠 site specific issue</p> <p>頁碼及行數： }</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>核一廠待貯存之 spent fuel assemblies 之 specifications 為何？包含 enrichment, burnup, cooling time, fuel rod numbers, 是否有其他 rods？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節： } 平行驗證計算</p> <p>頁碼及行數： }</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>1. 由於 transfer cask 及 vertical concrete cask 之屏蔽計算太過複雜，平行驗證計算工程浩大，所需資源非審查單位所能承擔。現有屏蔽設計很明顯已符合游離輻射防護法及游離輻射防護安全標準，至於場界劑量限值應屬 ALARA 之考量規定。因此就安全本質比例原則考量，似不須花費巨量資源從事 transfer cask 及 vertical concrete cask 屏蔽計算之平行驗證計算。</p> <p>2. 場界劑量主要來自用過燃料加馬射源，因此若要做平行驗證計算，建議可以考慮執行用過核燃料加馬射線 skyshine 造成的場界劑量。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.2.4</p> <p>頁碼及行數：5.2-4 該節第 3 行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>Assembly power density 選作多少？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.2.2</p> <p>頁碼及行數：5.2-3 第 1 行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>For dry cask condition, keff 為何取作 0.4，是根據臨界計算結果嗎？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.4</p> <p>頁碼及行數：5.4-1 第二節最後一行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>請提供參考文獻 5-13，以了解 SCALE 計算結果之準確性。</p> <p>ref. 5-13 B.L. Broadhead et al., “Evaluation of shielding Analysis Methods in Spent Fuel Cask Environment,” EPRI TR-104329, May 1995.</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.2.6.1</p> <p>頁碼及行數：第 2 節第 3 行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>為了解 BWR fuel axial burnup profile, 請提供下列參考文獻 5-21</p> <p>ref. 5-21</p> <p>Washington Public Power Supply system, Washington 2, “Preliminary Discharged Assembly Exposure Distribution,” RFP C-314001 Addendum 03 Q-R No.5.</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.2</p> <p>頁碼及行數：5.2-1 第 2 節最後一行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>Fuel hardware activation 之決定係參考文獻 5-15 之經驗數據，請提供此文獻以了解細節。</p> <p>ref. 5-15 PNC-6905, Vol. 1, “Spent Fuel Hardware Characterization and 10 CFR 61 Classification for waste Disposal,” June, 1989.</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：江祥輝 召集人： 所屬單位：國立清華大學工科系 問題章節：5.5 頁碼及行數：5.5-1 第一段 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 11 月 11 日 |
| 問題內容 | Design basis fuel assemblies for BWR 對 cask 造成的 heat load 為 24 kW 為何大於 URS storage system 的 max. allowable heat load of 23 kW ? |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：江祥輝 召集人： 所屬單位：國立清華大學工科系 問題章節：5.3 頁碼及行數：5.3-1 第二節 6-7 行 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 11 月 11 日 |
| 問題內容 | SAS 1 計算時如何使用 Bucklings 做 transverse leakage 計算？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：江祥輝 召集人： 所屬單位：國立清華大學工科系 問題章節：10.3.2 頁碼及行數：10.3-8 及 10.3-9 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 11 月 11 日 |
| 問題內容 | Table 10.3-4 與 10.3-5 及 Table 10.3-6 與 10.3-7radiological surveillance 20-cask array 為何較 single cask 小？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：江祥輝 召集人： 所屬單位：國立清華大學工科系 問題章節：10.3.2 頁碼及行數：10.3-7 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 11 月 11 日 |
| 問題內容 | Table 10.3-3 gamma weighting factor A-9, B-9 及 A10, B10 axial 與 radial 為何不同？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：10.4</p> <p>頁碼及行數：10.4-1</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>請提供 SKYSHINE-III 計算之 source 及 geometry model for a single cask and for a 2×10 cask array, respectively 因說明太過簡略，請能附圖補助說明。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：江祥輝 召集人： 所屬單位：國立清華大學工科系 問題章節：10.4 頁碼及行數：10.4-3 及 10.4-4 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 11 月 11 日 |
| 問題內容 | Table 10.4-1 及 10.4-2 為何 axial gamma and radial neutron doses are negligible ? |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：江祥輝 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學工科系</p> <p>問題章節：5.4.3.1</p> <p>頁碼及行數：5.4-5 第 4 節第 6-7 行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 11 日</p> |
| 問題內容 | <p>Vertical concrete cask, the dose rate at the air inlet opening is 129 mrem/ hr with supplemental shielding. 請問 129 mrem/ hr 不是超過 design criteria 100 mrem/hr 嗎？請提供 supplemental shielding 組成、形狀、位置。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者： 施純寬 召集人： 所屬單位：清華大學工科系 問題章節：general 頁碼及行數： <input type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期： 年 月 日 |
| 問題內容 | Canister for PWR fuels 有 90 度的對稱, 但是 BWR 卻只有 180 度的對稱。而 discs 製造後, 組裝時有無方向性? |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：general</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>年平均溫度的定義，如何取得？一天量幾次？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：4.4.1.5</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>Canister 內之 fuel model 中，pin-to-pin 之熱傳機制是不是只有熱輻射?</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者： 施純寬 召集人： 所屬單位：清華大學工科系 問題章節：4.2 頁碼及行數： <input type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期： 年 月 日 |
| 問題內容 | 放射度 emissivity 資料之來源取得，有的只是來自一般標準的教科書，是否足夠好(good enough)? NAC 有無實驗佐證? |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：general</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>Fuel Tube 很薄, 會不會受到 dummy fuel 之試插, 造成兩者碰撞凹陷(indentation)</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：general</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>metric 制度的使用要一致與合理。例如 50 lb 力的要求，因為要用公制，該如何訂。是 $50/2.2=22.7$ kg，還是取整數 20 kg?</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：general</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>Concrete cask 空氣的進出口形狀不同，進口比較方正，出口扁平，有無特別原因？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：Fig. 4.4.3-6</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>canister shell 溫度在 transfer 的 vacuum 階段進入 helium 階段會有快速的溫度上升, why?</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：4.4.1.1</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>FSAR 第四章內有提到 Q_{in} 包含了 Q_{fuel} (23kW) 以及 Q_{sun} (9.52kW), 而 Q_{out} 則有 Q_{air} (20.7kW) 及 Q_{con} (12.12kW). 上面的數字顯示 Q_{air} 佔 Q_{out} 的約 60%, Q_{con} 佔 40%, 因此, 我們可不可以說空氣通道帶走的熱量是 60%?</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：</p> <p>頁碼及行數：p. 4.4.1-9</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>transfer cask 及 concrete cask 的分析中都有提到 off center 條件下，annulus 一邊變窄，會提高空氣流量，而且 basket 如果與 canister 接觸，也會增加熱傳。</p> <p>但是一邊減小 gap 時，同時在直徑另外一邊的 gap 會變大，所以 SAR 如此的結論似乎不是那麼顯而易見。</p> <p>若偏心的設計比較好，能否一開始就採取呢？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者： 施純寬 召集人：</p> <p>所屬單位：清華大學工科系</p> <p>問題章節：structural</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input type="checkbox"/>初<input type="checkbox"/>複 提出日期： 年 月 日</p> |
| 問題內容 | <p>loading pattern 的選擇中，如有不同功率密度的燃料組件的話，要注意產生的熱應力問題</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者： 施純寬 召集人： 所屬單位：清華大學工科系 問題章節： 頁碼及行數： <input type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期： 年 月 日 |
| 問題內容 | accident analysis 暫態分析之時間步階大約是多少？element distribution 是否如同穩態？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> － <input type="text"/> (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者： 施純寬 召集人： 所屬單位：清華大學工科系 問題章節：4.4.1.1 頁碼及行數： <input type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期： 年 月 日 |
| 問題內容 | Concrete cask 中的空氣通道進出口都有 screen，它們的壓降與 duct bend 的壓降比較如何？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：開執中 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：第3章</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94年10月26日</p> |
| 問題內容 | <p>因核一廠吊車能力之限制，transfer cask 加上燃料、水及其他附件後之總重量可能超過其限值，若變更設計，則結構應力評估應重新計算。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：開執中 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：第3章</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94年10月26日</p> |
| 問題內容 | <p>UMS, SAR 中之各種單位，均為英制，將來台電送審查的資料(包括承包廠商附件)均應改為相當之公制單位，例如：攝氏度、公尺、公斤...等等。</p> <p>由於數量繁多，不在此一一列舉。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | 審查者：鄧希平 召集人： 所屬單位：國立清華大學 問題章節：6.4.3 頁碼及行數：6.4-12 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 10 月 28 日 |
| 問題內容 | 請提供 moderator 密度變化對增殖因數影響之分析結果。曾有針對新核燃料貯存之臨界分析，發現在 moderator 密度約在 0.1 g/c.c.時，會發生”最佳緩和狀況”(optimal moderation)。這種緩和劑密度在貯存護箱 fuel loading 過程中會不會發生？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□ (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：鄧希平 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：criticality</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 28 日</p> |
| 問題內容 | <p>1. 執行 criticality safety 分析之程式 KENO-Va，曾與 63 個臨界實驗作比較驗證分析，這些實驗是否包含與 UMS 設計類似，含有 borated aluminum neutron absorber 隔板？</p> <p>2. 新核燃料貯存，曾有分析顯示當 moderator 密度約為 0.1 g/cm³ 時 (接近消防泡沫之密度)，會發生殖因數超過 0.95 之現象。不知是否分析過 UMS 之設計，因有吸收中子之含硼隔板，縱使 moderator 密度為 0.1 g/cm³，亦無臨界安全之顧慮？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：鄧希平 召集人：</p> <p>所屬單位：國立清華大學</p> <p>問題章節：Quality Assurance</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 28 日</p> |
| 問題內容 | <p>UMS 設計中，燃料間之含硼隔板之硼密度與臨界安全息息相關，請說明所採取之品質要求及查核行動，確保硼之密度符合設計之要求。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-001-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者：葉競榮 召集人：開 物 所屬單位：大葉大學 問題章節：7.1.3.2 頁碼及行數：7.1-5 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 10 月 20 日 |
| 問題內容 | FSAR 內容 Shell 鐸道(category A 或 B, 5/8"厚 304L stainless Steel)以 RT 檢測，最後表面執行 PT，但 RT 較適於檢出體積狀瑕疵(volumetric flaw)，對於平面狀瑕疵(planar flaw)如裂縫及熔合不良等因有方向性問題不一定能檢出，建議除 RT 外加做 UT，最後表面仍執行 PT。由於材料為不銹鋼，UT 人員需先經特別訓練及考試合格。 |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-002-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者：葉競榮 召集人：開 物 所屬單位：大葉大學 問題章節：7.1.3.3 頁碼及行數：7.1-7 <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：94 年 10 月 20 日 |
| 問題內容 | FSAR 內容---- shield lid to canister weld 及 structural lid to canister weld 執行 PT 問題 (1)如以人員執行檢測，依據 5.1.3.2(Page5.1-9)是否無輻安問題 (2)執行 PT 時可能之熱源至少有銲接及燃料，在此情形下如何使 PT 能有效發揮其檢測正常功能？ |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-003-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：雷添壽 召集人：開 物</p> <p>所屬單位：台灣科技大學</p> <p>問題章節：Section 7.1.3.2 welding specifications</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 10 月 27 日</p> |
| 問題內容 | <p>在本節焊接檢驗如果採用超音波(ultrasonic)則允收的準則為 ASME Code Section III, NB-5330(ultrasonic)；但是在 NRC 的 ISG-4R1 文件卻建議採用 ASME Code Section III, NB-5332(ultrasonic)。NB-5330 與 NB-5332 差別為何？</p> <p>註 ISG-4R1 的文件另附 PDF 檔</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|--|
| 編號 | 1-07-004-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：雷添壽 召集人：開 物</p> <p>所屬單位：台灣科技大學</p> <p>問題章節：Section 7.1 Confinement Boundary</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94年10月27日</p> |
| 問題內容 | <p>在 Fig7.1-1 及 Fig7.1-2 中顯示 secondary confinement boundary 只出現在密封鋼筒的頂部，而鋼筒外殼及密封鋼筒的底部則無。</p> <p>這是否符合需要備份封閉的要求[10CFR72.236(e)]？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-005-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：蔡顯榮 召集人：開 物</p> <p>所屬單位：台灣科技大學</p> <p>問題章節：Section 7.1.3.2 welding specifications</p> <p>頁碼及行數：</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：2005 年 10 月 27 日</p> |
| 問題內容 | <p>貯存罐間各焊道與熱影響區對熱的耐受性有無限值。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-006-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者：蔡顯榮 召集人：開 物 所屬單位：台灣科技大學 問題章節： 頁碼及行數： <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：2005 年 10 月 27 日 |
| 問題內容 | 本案未來設計時採用公制或英制單位，若採公制單位，則兩單位間的轉換要取至小數點後第幾位（是否會統一）。 |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」 審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-007-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | 審查者：陳文泉 召集人：開 物 所屬單位：物管局 問題章節： 頁碼及行數： <input checked="" type="checkbox"/> 初 <input type="checkbox"/> 複 提出日期：2005 年 10 月 27 日 |
| 問題內容 | <p>MUS 的包封系統採 leaktight 之驗證來取代 source term 的分析，又採用包封邊界又採用焊接技術，因而在貯存期間沒有監測設計(monitor)，請問如何確保長期包封的可信度？國外採用 MUS 的業者有無加裝設備（如 pressure transducer 或 thermocouples）進行包封監測的案例？</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | 1-07-008-1 (由物管局填) |
| 基本資料 | <p>審查者：鄭武昆 召集人：開 物</p> <p>所屬單位：物管局</p> <p>問題章節：Table 1.2-3</p> <p>頁碼及行數：1.2-24 第 16 行</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 02 日</p> |
| 問題內容 | <p>焊接檢查員之資格須符合 NAC International 之品保方案及 SNT-TC-1A，國內製作是否有類似標準，對於焊接之管制（作業人員、機件、設備與程序書等）採用之標準是否與原廠之規定一致？如何確保及驗證請說明。</p> |

C 表－4 審照前期作業「貯存護箱」

審查意見表

| | |
|------|---|
| 編號 | □－□□－□□□－□（由物管局填） |
| 基本資料 | <p>審查者：黃克尤 召集人：開 物</p> <p>所屬單位：</p> <p>問題章節：Appendix B3.3</p> <p>頁碼及行數：B3-3, 行 12</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>初 <input type="checkbox"/>複 提出日期：94 年 11 月 14 日</p> |
| 問題內容 | <p>原各組件材料之採用，需由 NAC 公司認可。未來將採用 ASME 認證的材料或由核研所進行認可的工作？將由何部門來認可，用何種方法、根據什麼來認可？</p> |

B. NAC 訓練課程講義 (另附光碟)