

JNES 協助原能會執行
龍門電廠視察報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 100 年 11 月 17 日

目 錄

壹、前言.....	1
貳、視察排程.....	2
參、視察經過.....	5
肆、視察發現與建議.....	10
伍、結論.....	15
陸、活動照片及附件.....	16

壹、前言

行政院原子能委員會（以下簡稱本會）肩負龍門電廠興建品質與運轉安全之管制監督職責，為使管制工作順利執行，並廣納國際間核能電廠管制之經驗，本會於 2004 年 5 月起即委請財團法人核能科技協進會（以下簡稱協進會）執行「協助行政院原子能委員會執行龍門電廠興建工程管制作業及技術交流委託技術服務契約書」委託案，邀請負責日本核能電廠檢查作業之日本獨立行政法人原子力安全基盤機構（JNES）專家，來台協助本會進行龍門電廠視察工作，並觀察龍門電廠施工及測試作業之執行。

2004 年 5 月迄今，JNES 依據工進派遣相關專家來台協助本會進行龍門電廠視察已達 5 次之多，對我龍門電廠視察技術之改進及龍門電廠建廠品質之提昇均有卓越的貢獻。鑑於龍門電廠試運轉作業逐步展開，故今（100）年再度透過協進會邀請 JNES 派遣試運轉作業檢查專家來台，協助本會人員進行龍門電廠之試運轉測試作業視察工作，並視察龍門電廠試運轉測試作業，以精進本會管制作業及龍門電廠試運轉測試作業。

貳、視察排程

依據本會 100 年 10 月 5 日與協進會「辦理龍門電廠相關之視察作業籌備會議」之會議決議，本次作業時程及工作內容如下：

(一)時程：100 年 10 月 17 日至 100 年 10 月 21 日共計五天

1.視察前會議：10 月 17 日（星期一）9 時 30 分

2.視察作業：10 月 17 日至 10 月 20 日

3.視察後會議：100 年 10 月 21 日（星期五）9 時 30 分

(二)詳細工作內容及行程如下附表所示。

JNES 協助視察行程

來訪貴賓：

日本獨立行政法人原子力安全基盤機構（Japan Nuclear Energy Safety Organization, JNES）

國際室 鶴我計介(Tsuruga Keisuke) 調查役

檢查業務部 赤堀猛(Akahori Takeshi) 調查役

檢查業務部 宇野正登(Unos Masato) 主任檢查員

日期	時間	項目	地點
10/17 (週一)	9:30~10:00	拜會原能會陳宜彬處長	原能會
	10:00~12:00	視察前會議： 1.原能會核管處簡報(視察行程) 2.JNES 簡報（控制棒驅動系統檢查內容及視察日本 FMCRD 電廠經驗回饋）	原能會
	13:30~15:00	前往龍門電廠	移動
	15:00~16:30	龍門電廠廠房、控制棒設備與控制室參觀與巡視	龍門電廠
10/18 (週二)	9:30~12:00	龍門電廠簡報控制棒驅動系統試運轉測試項目及現況報告（龍門電廠）	龍門電廠
	13:30~16:00	觀察原能會視察龍門電廠控制棒驅動系統剎車及偶合測試（程序書 POTP-010）	
	16:00~17:00	本日作業內容彙整與討論	

10/19 (週三)	9:30~12:00	觀察原能會視察龍門電廠執行控制棒摩擦測試執行情形(程序書 POTP-010)	龍門電廠
	13:30~16:00	觀察原能會視察龍門電廠執行控制棒單節抽插、連續抽插及棒群模式抽插測試(程序書 POTP-009)	
	16:00~17:00	本日作業內容彙整與討論	
10/20 (週四)	9:00~12:00	觀察原能會視察龍門電廠執行控制棒阻棒測試(程序書 POTP-009)	龍門電廠
	13:30~15:00	視察後討論會及文件整理	
	16:00~17:30	返回台北	移動
10/21 (週五)	9:30~12:00	視察後會議 1.過程與結果討論 2.未來合作協商 (1)耐震 (2)福島事故	原能會
	13:30~16:00	(3)用過燃料乾貯	原能會

參、視察經過

10月17日上午於本會召開視察前會議，由本會說明本次協助視察作業行程，另鑑於此次試運轉測試之主題為控制棒系統，故請 JNES 專家就該系統於日方視察時之程序與經驗進行簡報說明及討論，此外亦詢及福島 311 核災後日本核電情勢，及政府的處理對策等。會後相關人員於下午抵達龍門電廠，並在台電龍門電廠同仁陪同下，參觀及巡視 1 號機反應器廠房、控制棒設備、爐內泵 (RIP)、控制棒液壓控制單元 (HCU)、微調控制棒驅動機構 (FMCRD)、電纜線、下乾井 (爐底) 廠房及控制室等區域。

10月18日上午於龍門電廠會議室召開試運轉測試前說明會，除由龍門電廠人員簡報「控制棒驅動系統試運轉測試項目及現況報告 1C11 (RCIS) / 1C12 (CRD)」外，亦就該系統之測試作業廣泛交換意見，包括：龍門電廠是否有作動力源喪失的檢查？龍門電廠 FMCRD 與日本核電廠有何不同、二次 RPV 洩漏測試加壓後或 RPV 在 7.1MPa 壓力下，是否進行急停測試、有否進行正常抽插控制棒時，發生斷電導致馬達停電，控制棒位停止，但復電後棒位保留不動的測試、爐心無燃料時執行摩擦測試有何意義？若急停閥開啟速度太慢時，可能會造成急停閥損壞、在燃料未裝填的情況下，磨擦測試是否適當、急停測試時閥體間座若不密合，可能沖蝕閥體、測試過程中發現何種問題等。台電公司亦於會議中就相關問題提出澄清，本會針對重要之議題，亦要求台電公司日後提出完整說明。

會議結束後，JNES 專家拜會龍門電廠廠長，並簡述日本處理福島事件的現況。日方表示依規定，福島事件後停機反應器機組之再啟動，需經地方政府同意，地方政府忌於民意均未

予同意，另加上日本反應器運轉週期為 13 個月，目前運轉中之核能機組將陸續停機大修。若停機者無法如期啟動，2012 年 4 月日本核電廠可能面臨全面停機之危機。龍門電廠廠長則表示歡迎 JNES 專家對龍門電廠控制棒測試，提出任何意見及建議。

18 日下午，本會進行「電廠執行控制棒馬達剎車及耦合 2 項測試」之現場抽查，JNES 專家在旁觀察與協助。13 時 30 分於人員進出廠房 (ACB) 舉行工具箱會議，QA 人員均參與，本會視察員現場抽問程序書版本、儀器校正、臨時消防、通訊、設備狀況及人員任務熟悉等問題。隨後前往反應器廠房 654 房間背盤區，進行馬達剎車測試 (程序書為 POTP-010 表 11.5.5)，儀器架設完成後，本會視察員指定測試 38-03 及 54-51 兩支控制棒。電廠測試人員按程序書步驟執行，兩組測試結果均順利完成。電流電壓波形正確，接受標準為作動及釋放時間要小於 0.4 秒，經量測值均在 0.12 秒附近，符合要求。日方詢問記錄器的公差，龍門答復均已校正完成，誤差很小。

隨後測試團隊轉往主控制室進行 FMCRD 耦合測試 (POTP-010 表 11.5.6)，另一小組至主控制室背盤 501 室，進行設備監視及復歸操作。測試主持人 (TD) 與測試人員先進行通訊測試，然後按步驟進行測試。本會視察員現場指定測試 42-55 及 42-19 兩支控制棒，但進行至 overtravel-out 步驟時發生無法動作的情形，龍門電廠儀控組人員現場檢查後發現，本份試運轉程序書設定在全爐心控制棒全出的初始狀態下進行，但目前為全爐心控制棒全入，以致操作步驟須調換順序，將指定控制棒先抽至全出，才能按下 OVER WD PERM，經修改程序書並經值班主任簽名後，重測即解決問題。再測第 2 支控制棒也正常。本會視察員提醒龍門電廠將此經驗回饋到 2

號機程序書，並檢視偵測試驗營運程序書是否有此問題，因偵測試驗也是在全棒入的狀態下執行耦合測試。

10月19日上午，一行人先於ACB觀摩工具箱會議，本會視察員現場抽問目前設備狀況與當時做測試差異(最大差異是HCU已充氮至110kg)之應對及人員分組與任務等問題。此項測試人員分散置五個區域：西側HCU房間、RB 654房間RCIS櫃區、主控制室、背盤室501房間、RB 31700燃料填換樓層。TBM後前往西側HCU房間，TD及測試人員進行儀器與設備架設。視察團隊再進入HCU/FMCRD廠房參觀FMCRD之摩擦測試(Friction Test)，以確認控制棒葉片與double blade guide間路徑是否流暢(最大/最小之間壓差 ≤ 98 kPaD)。由本會視察員現場指定測試編號0072 HCU的38-27及46-11兩支控制棒。TD按程序書步驟執行，唯一發生的小問題是流量指示計FI-1沒有指示，研判是有一段時間沒用造成，經Hitachi TA現場調整，恢復正常。通訊由專人負責，可三方通話(HCU、主控制室及燃料填換樓層，再由主控制室與654及501聯絡)。兩支控制棒摩擦測試順利完成，記錄器印出的差壓波形經核技組人員判讀，均符合接受標準。上午測試順利結束，指認呼喚與雙重確認都有做到，通訊順暢，技術熟練，設備狀態良好，值得肯定。

19日下午執行RCIS控制棒抽插測試，進行單棒、群棒之選棒及各種抽插模式(步(step)、節(notch)、連續(continuous))測試，運轉模式則包括手動、半自動及自動三種操作模式。13:30於ACB舉行工具箱會議，QA/QC/TI均參與。隨後前往主控制室進行測試。本會視察員現場指定編號38-31控制棒進行單棒之step, notch, continue抽插模式測試。測試結果均符合接受標準(兩個synchro位置與標準值誤差小

於 4mm)。

10 月 20 日上午於 ACB 觀摩工具箱會議，再進入廠房視察 RCIS 之控制棒 double notch 抽插測試，計有抽出阻棒、插入阻棒及自動阻棒三種測試。此測試為電廠現階段執行之作業，電廠從第 1 支棒開始進行測試。TD 先進行控制棒佈局設定，隨後按程序書步驟執行，期間本會視察員發現並質疑某步驟文句可能導致執行者誤解，TD 也覺得不妥，經修改後由值班主任簽署後繼續執行。由於後續測試係 205 支控制棒之重複動作，故視察第 1 支棒測試完成並符合要求後，即轉往燃料填換樓層參觀台、汽機廠房主汽機、MSR 及主發電機等進行訪視，最後參觀模擬器。

20 日下午於龍門電廠會議室召開測試後討論會，就 JNES 專家此次協助視察之發現與建議進行討論，相關建議事項，見下節五視察發現與建議。

10 月 21 日假本會舉行本次視察後會議，針對本次視察建議及明年度合作交流之視察主題提出討論，JNES 專家除了認同本次協助本會視察的任務順利成功外，亦發覺龍門電廠在電纜線重整及廠區清潔等方面進步很大，惟鑒於前幾年協助視察時的經驗，以及有感於在處理福島 311 事件時遭遇圖件遺失的嚴重問題，JNES 善意地再次強調下列建議：

- 一、文件及圖檔之整合：JNES 受命執行福島 311 核災有關之地震、海嘯及輻射劑量等評估與處理時，發現福島電廠與安全有關之設備與系統在設計及規格的圖樣文件大多遺失，以致造成工作上之嚴重困擾，是以強調提醒我方應予以重視。
- 二、量測儀器校正管理：去年度已然提出過，本次特別強調

在量測儀器的「可追溯性」，尤以「應追溯到最初的量測校正機關與原器具（Basic Instrument）」最為重要。

三、控制室所採用之顏色識別不易：主控制室大盤圖示有顏色、狀態之不同，擔心運轉員在緊急事故時會發生誤判情況，且若是別的電廠來的運轉員是否有習慣上問題；因為日本電廠僅有紅綠兩色比較簡單。

另於會議中亦討論明年度合作交流事項，包括：預計明年 2、3 月舉辦耐震及抗海嘯之技術研討會，本會希望 JNES 能將 10 月份提交 IAEA 之安全評估報告能納入研討項目、針對福島 311 事件之處理經驗交流事宜，希望 JNES 能提出福島 1 至 4 號機組，反應爐及用過燃料池之耐震再評估結果。

肆、視察發現與建議

JNES 專家就此次協助本會視察作業，針對龍門電廠廠內環境，主控制室及試運轉測試執行情形，提出多點建議如下：

一、廠內環境

- (一) 現場因平日之清掃整理比起去年 JNES 來的時候更加乾淨，差不多與日本核電廠一樣，今後繼續維持整潔相當重要。
- (二) 電纜施工狀態也已改善，狀況良好。
- (三) 電氣設備房間內之消防設備為「水」之消防方式，萬一在通電狀態下進行滅火時有感電之虞，最好用二氧化碳消防設備（滅火時人員避難為前題）。另外，也可以防止電氣設備被水淋濕。
- (四) 電氣設備使用延長線時採用捲筒（DRUM），在大部分電線捲在捲筒上即進行通電，此次小電流之計測器應無問題，若使用大電流之設備，電線會變成感應線圈（INDUCTION COIL），有過熱而發生火災之虞，平時應該注意。
- (五) 往主控制室之通路上，有 RMU 盤凸出，恐會造成危險性，且移往它處亦有所困難，必須充份注意不要造成人員受傷之工安問題。
- (六) 反應器廠房有一台小型電梯，電廠開始運轉後大修時，電梯容量可能不足。大修時作業員極多，人員會頻繁上下樓層，樓梯無法搬運之工具及機械必須使用電梯，故電梯之運用方法等宜仔細考量。

- (七) 廠房入口有設置洗淨鞋底污物之裝置，電廠保持整潔，此為良好事例。
- (八) 反應器廠房 1 樓電梯前設置地震儀，令人擔憂搬運東西時是否會碰撞到。此外，地震儀計之正上方有電話，打電話的人必須注意不要坐在地震儀上，也不要放置物品其上。
- (九) 人員通路上有階梯，建議改成斜坡式，防止人員受傷並增進推車搬運物品之便利性；此外，亦必須考量鄰近的門可以開關無礙。

二、主控制室

- (一) 龍門核電廠並非單一廠家，由各個不同廠家提供製品，圖面之規格各式各樣，也許有未能蒐集全部完整圖面之虞，台電宜有綜合性之統一圖面「電氣、管路系統、邏輯迴路、電源交流（高壓、低壓）、直流」。
- (二) 統一之圖面不僅可用於教育訓練，發生故障時亦有助於找出原因。發生故障時若無統一圖面，則必須分別向不同廠家詢問。
- (三) 建議在開始運轉前準備統一之圖面。
- (四) 統一圖面放置於主控室內，必要時隨時可查閱。
- (五) 主控室比日本核電廠狹小（COMPACT），日後開始運轉、大修時可能作業空間不足。
- (六) 主控室之主盤面泵浦狀態使用紫、藍、白等 3 種顏色表示 4 種狀態。若泵浦突然發生變化時，運轉員

必須確實認知此 4 種狀態之意義。充分之教育訓練以及養成習慣相當重要。由其他核電廠調到此電廠的人也許更需注意。日本之核電廠只有單純的紅、綠 2 種顏色表示 2 種狀態。

三、試運轉測試

- (一) 撰寫程序書時建議先傳閱有關人員，如此在正式測試、檢查前也許就可發現錯誤。
- (二) 測試、檢查之判定基準有容許範圍，如果測試結果在容許範圍之內又有相當餘裕，則無問題，如果結果距離限制值相當接近，則必須確認計測器之誤差確實在容許範圍內。因此，選擇計測器時先確認必要之精度相當重要。
- (三) 計測器之電源插座 (PLUG) 有接地線，為三孔插座，現場並未使用二孔變換插座。電線捲筒也是三孔插座式，建議不要用變換插座，直接連接較佳。
- (四) 連接在計測器上之訊號電纜 (CABLE) 中間用鱷魚夾 (CLIP) 夾住。此訊號電纜今後亦將用於測試、檢查用，為提升作業方便性、防止雜訊，建議採用專用電纜。
- (五) 測試時無法操作「超出行程」(Over Travel)，排除原因後再測試成功。但是，最好不要依賴經驗與感覺，確認系統圖、邏輯圖之連鎖相當重要。
- (六) 若發生上述狀況時，若有系統圖及邏輯圖等之縮小版圖面將較為容易確認，或在測試程序書上納入系統圖及邏輯圖等。

- (七) 測試時將計測器連接到電氣盤上，但無「連接許可」之標識，運轉管理時若有需要，採用許可標識之許可證比較易於管理。
- (八) 工具箱會議(TBM)時說明測試、檢查之任務分配，由程序書無法得知具體之任務分配。日本之電力公司通常備有測試、檢查之體制表(特別是大修時)，記載各人之任務。在執行步驟上，何人在何處(主控室或現場)均有記載，易於確認。另外，視需要記載連接計測器之電氣盤名稱、端子編號等。
- (九) JNES 進行功能檢查、性能檢查時一定有兩位檢查員會同，此時視需要分別在主控室及現場會同檢查。
- (十) 參加 TBM 之人員未帶程序書，依據程序書進行測試、檢查為基本原則，建議每人均帶程序書。
- (十一) 程序書上有摩擦試驗之系統圖、流程圖(CHART)等，此為良好事例。但是，程序書上之圖面太小，閥門之編號無法判讀，附上可判讀之圖面相當重要。另圖面上可知有 V-101 及 V-103，但不確定是否有 V-102、1C12-BV-0036B，測試檢查時圖面上宜記載需操作閥門之相關數據等資訊。
- (十二) 在準備測試、檢查階段時，水從軟管(HOSE)流至樓板面，燃料裝填後測試時將變成污染水，必須更加注意。
- (十三) 最初管路內滯留空氣，流量計無法正確動作，建議程序書上註記通氣(VENT)之步驟或注意事

項。

- (十四) 測試檢查結束後之復原作業時，在關閉 1C12-BV-0036B 前即將連接在 141 號閥之軟管取下，因摩擦試驗裝置之閥門關閉，故無問題，但考慮萬一之操作誤失，建議關閉有壓力水流之 1C12-BV-0036B 後再從將 141 號閥之軟管取下。
- (十五) 測試檢查時由畫面上數字得知 CRD 之位置誤差為 $\pm 4\text{mm}$ ，程序書上標準值為 STEP 數 $\times 18.3\text{mm}$ 。雖然由程序書無法得知，但計算機如果進行完全相同之計算，則會變成沒有誤差。最好先考慮畫面上顯示之數據係經過什麼樣的計算過程後才進行測試檢查。
- (十六) 標準值為 5 位數，畫面顯示為 4 位數，建議二者在例如四捨五入之處理後，其位數應相同。

伍、結論

本次 JNES 協助本會執行龍門電廠視察，經過為期一週的會議、電廠巡視及試運轉測試之查證，已順利完成，同時本會已將查證情形及 JNES 之各項觀察建議，開立核能電廠備忘錄 LM-會核-100-18-0 號（附件一）函請龍門電廠澄清改善，期能精進龍門電廠之興建與測試相關作業。

本會本於職責，對於龍門電廠之安全興建、測試品質乃至未來之運轉，始終秉持安全第一，品質至上的態度，強力監督以確保民眾生命財產安全。而為提昇本會視察之廣度與深度，並擷取國外專家的經驗，本會將持續邀請國外專家來台協助相關視察作業，期能更進一步確保龍門電廠興建品質及運轉安全。

註：本報告限於篇幅，如對文內敘述有任何疑問，請洽本會李綺思科長，Tel：02-2232-2121

陸、活動照片及附件



照片 1 JNES 專家參加本會召開之視察前會議



照片 2 本會視察員查證龍門電廠控制棒驅動系統耦合測試



照片 3 本會視察員查證龍門電廠控制棒驅動系統摩擦測試



照片 4 JNES 專家於主控制室觀察阻棒測試



照片 5 JNES 專家參加龍門電廠召開之試運轉測試後討論會



照片 6 JNES 專家參加本會召開之視察後會議

核能電廠視察備忘錄

編號	LM-會核-100-18-0	日期	100年11月4日
廠別	龍門核能電廠	相關單位	核能安全處
<p>事由：請針對10月17日至20日，日本JNES人員參訪龍門電廠及觀察執行FMCRD試運轉測試後所提之建議事項，予以檢討說明。</p> <p>說明：</p> <p>一、現場巡視（包含主控制室）：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 控制廠房通道有RMU裝置，因突出於通道上，易發生工安危險，且RMU的移動及維護都有困難，請檢討。2. 反應器廠房電梯容量有限，大修時載運容量更不足，且工作人員多，工具設備也要使用，請檢討。3. 反應器廠房1樓電梯口有設置強震儀，旁邊有高聲電話，因電梯有人員出入，可能搬物碰撞，或講電話時坐在上面，甚至將物品置放其上，請檢討。4. 廠房通道地面高低有落差，為考量人員安全及運輸方便，建議改成斜坡，避免直接落差，請檢討。5. 龍門電廠設備非來自單一廠家，各種設備分屬多個廠家，建議電廠將圖面統一，如電源、管路、儀控等。並將圖面放置於主控制室，以便隨時查證。 <p>二、試運轉測試：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 測試結果有判定基準及容許範圍，若很接近容許值，就必須考量儀器誤差，故於進行測試時，建議準備儀器校正紀錄，以了解儀器之精準度。			

2. 測試時儀器電源發現有人員使用鱷魚夾，建議用專用電纜器具，避免接觸失誤和人為疏失。
3. 執行overtravel-out測試時一度失敗，後來調整測試步驟才成功，建議不要憑經驗和感覺更改程序書，應依據邏輯圖及連鎖來確認操作步驟，並提出程序書修改後再執行測試較為適當。
4. 工具箱會議時，建議參與人員均能持有程序書。
5. 管路內因有空氣，以致流量計無法順利動作，所以建議在程序書內將這項問題加入「注意事項」中，並於測試前先做逸氣的動作。
6. 測試後的復原動作，發現關閉V-0036B閥時，有管子碰到V-141。故當管路有壓力時，建議先關閥再拔接頭，以免高壓水噴出。
7. APR在功率超過70%後，控制棒的調整不能使用自動只能手動操作，龍門廠是否一樣？請澄清。
8. 日本電廠於二次RPV洩漏測試加壓後，或RPV在7.1MPa壓力下，有執行控制棒急停測試，但龍門廠無此測試；請澄清。
9. 日本電廠有於正常抽插控制棒時，發生斷電導致馬達停電，控制棒位停止，但復電後棒位保留不動的測試，但龍門廠無此測試；請澄清。

承辦人：王迪生

電話：2232-2123