

出國報告（出國類別：考察）

# 日本進步型沸水式核能機組使用前檢查 及核四廠設備組件製造狀況

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：曹松楠 技士

派赴國家：日本

出國期間：94年6月23~7月2日

報告日期：95年1月6日

# 目 次

## 摘 要

(頁碼)

壹、目 的	1
貳、過 程	2
參、心 得	3
肆、建 議 事 項	10
附件一：JNES 之工事計畫完了使用前檢查要領書	
-控制棒驅動系統檢查	11
附件二：志賀二號機使用前檢查	
-控制棒驅動機構檢查組織表及日程	21
附件三：日本使用前檢查時機及檢查內容表	23
附件四：照 片	24

# 摘 要

爲了解並學習日本進步型沸水式反應器使用前檢查經驗，以作爲核四建廠試運轉測試管制的參考，奉派赴日本獨立行政法人原子力安全基盤機構(JNES) 研習日本 ABWR 核電廠使用前檢查作業。行程中除於 JNES 學習日本使用前檢查之有關規定，並曾會同檢查人員至日本志賀（Shika）核電廠二號機，實地見習其執行二號機使用前檢查第五階段(施工完成(工事完了時))之控制棒驅動系統(CRDM)測試之檢查作業執行情形。此外，亦赴核四廠反應器壓力槽（RPV）製造廠日本石川播磨重工公司（Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd., IHI）位於橫濱之臨海工廠參訪，並瞭解正於該廠製造中之核四廠反應器圍阻體頂蓋（Top Head）、上乾井氣鎖門(UD Airlock)及設備通道(UD Equipment Hatch)等組件之製造現況。

## 壹、目的

台灣電力公司核能四廠之發電機組係使用由美國奇異公司所新設計之沸水式反應器（Boiling Water Reactor，簡稱 BWR）為核心之進步型沸水式核反應器機組（Advanced Boiling Water Reactor，簡稱 ABWR）。與傳統之 BWR 核能機組相較，ABWR 核能機組其在圍阻體結構及反應器爐心冷卻水流與控制棒驅動機制等之設計均有顯著之改進與不同，並因此進一步提升此型核反應器機組運轉之安全性與可靠性，以及減少運轉維護人員輻射曝露之機會與劑量。

基於能源政策之考量及工業能力與發展之需求，日本除積極參與 ABWR 核能機組之製造及技術開發外，亦是首先建造、使用 ABWR 核能機組之國家。如日本東京電力公司之柏崎刈羽（Kashiwazaki-kariwa）核能發電廠第六、七號機組即為世界第 1、2 座之 ABWR 核能機組，且自 1996 年商業運轉至今營運績效良好。而其後亦持續有新機組之設置規劃及建造，以近年為例，即有中部電力公司濱岡核能發電廠第五號機及北陸電力公司志賀（Shika）核能電廠第二號機等兩部 ABWR 核能機組陸續興建完成，其中濱岡核能發電廠第五號機已於今(2005)年 1 月 18 日正式商業運轉，志賀核能電廠第二號機則自今年 3 月展開為期 1 年試運轉測試，預計明年 3 月正式商業運轉。日本工業界亦因而在此過程中陸續建立及累積 ABWR 核能機組組件之製造能量及經驗，我國核能四廠中包括反應器壓力槽及其內部組件、控制棒驅動控制機構等在內之許多重要核能組件，即均由日本之廠商負責提供，並且多在日本當地進行製造組裝。

截至目前為止，日本仍為唯一具有運轉與建造 ABWR 核能機組經驗之國家，同時因其近年來仍持續有與核四廠設計十分相近之新機組建造完成，並順利進行完成試運轉測試作業。使其亦具有最新之 ABWR 核能機組與設備試運轉測試執行及管制實務等方面之經驗。相較於日本持續且豐富之 ABWR 核能機組營運、建造與設備試運轉、測試等之經驗，我國不僅已有多年未進行類似之試運轉、測試作業，亦缺乏 ABWR 核能機組營運之經驗，因此相關之測試規劃、執行經驗均有引進並學習之需要，以提升並確保相關測試作業執行時之安全、品質及效率。

因此為學習引進日本 ABWR 核能機組相關試運轉測試執行及管制實務經驗，以作為未來核四廠試運轉測試執行與管制之參考，遂在日本北陸電力公司志賀核能電廠第二號機(其與我國核四廠幾乎為相同之設計)進入試運轉測試階段後，透過我國財團法人核能科技協進會(NuSTA)之協助，以觀察員之身份見習日本獨立行政法人原子力安全基盤機構(Japan Nuclear Energy Safety

Organization，簡稱 JNES)執行日本北陸電力公司志賀核能電廠第二號機試運轉作業之控制棒驅動系統(CRDM)測試之檢查作業。此外因台電公司臨時於行前變更當時仍在日本石川播磨重工公司(Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd., 簡稱 IHI)橫濱臨海第一工廠製造之核四廠反應器圍阻體頂蓋(Top Head)、上乾井氣鎖門(UD Airlock)及設備通道(UD Equipment Hatch)等組件之交貨日程(原定於 94 年 8 月)影響，台電公司原定之廠製製程停留檢驗作業亦因此延後進行，致原排定以觀察員身份參與之台電公司廠製製程停留檢驗作業執行情形之行程未能進行，改針對前述組件之製造現況，以及 RPV 的設計、製造與品管的過程，進行工廠參訪。

## 貳、過程

94 年 6 月 24 日首先會同台電公司核安處邱雲長先生及石威(台崧)公司徐炳塘先生，在東芝公司原子力事業部品管經理 Takaaki Sasaki 先生之陪同下赴 IHI 公司位於橫濱臨海工業區之第一工廠進行參訪。參訪過程中，除由 IHI 原子力事業部技術部部長小林博榮先生簡報 IHI 公司核能部門組織與業務概況，以及當時仍在其橫濱臨海第一工廠製造及暫存之核四廠一、二號機反應器圍阻體襯板有關組件(RCCV Liner Components)之現況外，並於播放與核四廠一、二號機同屬 ABWR 核能機組之柏崎核能電廠第六號機反應器壓力槽(RPV)製造過程之紀錄影片後，由小林博榮部長帶領至工廠參觀前述仍在製造中之核四廠設備組件現況。

6 月 27 日赴日本獨立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)東京總部進行參訪研習，首先由 JNES 安全情報部資深研究員山田(Yoshio Yamamoto)先生接待說明 JNES 之組織沿革及現況，其後並分別由 JNES 檢查業務部之資深檢查員鶴見先生及首席檢察員大越先生，針對日本核能機組之使用前檢查有關規定進行概要性之介紹說明，以及就志賀核能電廠二號機施工完成後使用前檢查控制棒驅動系統試驗程序書(如附件一)進行詳細之說明與討論。由於原預定陪同帶領參與試驗見習之 JNES 安全情報部資深研究員富田(Kazuhide Tomita)先生，臨時因公無法陪同前往志賀核能電廠，因此 6 月 28 日另改由山田先生會同，由東京出發前往位於日本本島西部能登半島南端之北陸電力公司志賀核能電廠。由於實際負責執行志賀核能電廠二號機控制棒驅動系統試驗檢查之檢查業務部之兩位檢查員高橋博和先生及津田光伸先生，因仍在別處執行檢查作業，需至 6 月 29 日下午方能趕至志賀核能電廠展開檢查前準備作業，因此 6 月 29 日上午即先在山田先生之陪同下，由志賀核能電廠公關課長山下先生接待，除簡報介紹志賀核能電廠一、

二號機建設經過及現況外，並在其帶領下分別參訪志賀核能電廠廠區、模擬訓練中心、展示館，以及主要由志賀核能電廠回饋金興建之熱帶花卉館，從而了解志賀電廠營運、維護情形，以及其與民眾溝通、回饋地方、協助地方繁榮之措施情形。

6月29日下午當兩位 JNES 檢查人員抵達志賀電廠後，測試檢查前會議中隨即於 JNES 位於志賀電廠內之辦公室展開，參與人員計有 JENS 檢查人員、志賀電廠人員，以及設備製造與施工廠家(日立公司)人員等(如附件二)。

6月30日上午 JENS 檢查人員與志賀電廠所有參與測試人員，集合於二號機控制室後，兩位 JENS 檢查人員即依程序書內容，於控制室及兩處 HCU Room 完成設備設定及儀表查證後，即於控制室依電廠事先選定之控制棒順序，逐一抽查見證控制棒連續插入與抽出及急全入等測試執行之情形，以及查核測試結果是否與電廠自行全面測試之平均值相近並符合要求。測試檢查作業完成後，JNES 人員隨即與志賀電廠測試人員立即召開檢查後會議，雙方並於再確認測試檢查結果後，當場各自於紀錄上簽章。而據陪同之山田先生說此一檢查紀錄，將會於呈送原子力安全保安院(Nuclear and Industrial Safety Agency，簡稱 NISA)後於其網站上公佈。

## 參、心得

### 一、參訪核四廠圍阻體組件及二號機反應器壓力槽製造商 IHI 公司

IHI 公司最初僅為一造船廠，而隨著日本重工業之持續發展，其逐步由製造船艦用機械組件為起點，次第投入鍋爐、熱交換器等電廠設備組件之製造，並成為日本三大鍋爐製造商之一。IHI 在 1955 年開始發展其核能業務，至 1960 年代初期開始即逐步建立核能安全級熱交換器與管路等核能組件之製造能力，其核能部門並於 1972 年成立，至今已有 5 百多名之從業人員，分屬於橫濱第一工廠、橫濱工程中心及磯子研究所。其目前主要為東芝公司之主要協力廠家，產品則包括反應爐壓力槽、圍阻體襯板及其附屬組件、熱交換器、核能安全級管路及廢料系統等。而為打開海外之市場，其亦早於 1973 年即申請獲得美國機械工程師學會(ASME)之核能級設備及組件之製造認可標章(N&NPT Stamps)。

至今 IHI 公司除已累積製造日本國內外 20 多座反應器壓力槽之製造經驗外，而我國核四廠一、二號機反應器圍阻體襯板有關組件及二號機反應器壓力槽，亦是由其負責實際之製造作業(主承包商為東芝公司)。其中核四廠二號機反應器壓力槽是其製造之第三座 ABWR 型式之反應

器壓力槽(柏崎六號機之反應器壓力槽即為其所製造)，並已於 93 年中交運至核四廠。在簡報中 IHI 公司除播放柏崎核能電廠第六號機反應器壓力槽製造過程之紀錄影片，並由小林博榮部長逐一說明 ABWR 反應器壓力槽，由材料生產、成形、組裝銲接、熱處理、非破壞檢測、加工、水壓測試等各個重要製造與測試階段之作業情形進行說明。經由此一紀錄影片及詳細之說明，除令人對核四廠反應器壓力槽之製程有更具體之了解外(特別是窄縫(Narrow Gap)銲接與內部不銹鋼覆層(Cladding)之 2 次銲接作業)，亦更明確澄清以往於執行核四廠一號反應器壓力槽製造品質文件視察中，有關窄縫(Narrow Gap)銲接銲道與放射線檢測底片顯示等之疑慮(銲道與母材影像黑度相當接近)。

而仍在 IHI 公司橫濱第一工廠製造之核四廠一、二號機反應器圍阻體襯板有關組件，計有一、二號機之圍阻體頂蓋( Top Head)、二號機之上乾井氣鎖門及設備通道(UD Airlock & Equipment Hatch)等，其中襯板頂蓋有關組件幾已完工，僅餘最後之塗裝及包裝作業。至於上乾井氣鎖門等組件，如亦能通過因台電公司臨時變更交貨日期，致遭取消執行之洩漏測試(Leak Test)、操作測試及尺寸量測等檢驗作業，則其亦僅剩最後之塗裝及包裝作業。根據會同之台電公司邱先生之說明，由於目前台電公司傾向將交貨期至少延至明(95)年初，因此相關設備之後續製造作業將暫停並暫存於 IHI 之工廠。而於參觀有關設備現況時發現有部分設備係在露天下儲存，由於 IHI 公司之第一工廠位居海邊，仍詢問設備存放準備情形，發現由於 IHI 公司目前並無倉庫可提供台電公司存放前述設備，因此其需再搭建臨時性之倉庫，惟台電公司與 IHI 公司雙方當時尚未就有關之商務問題達成共識。

另在 IHI 公司小林博榮部長帶領參觀時，發現廠房內各製造中之設備均有明確清楚之標示，有關之作業程序書及圖面均見其一併放置於設備標示之附近，十分容易可見，整個廠房顯得十分有序。此外因工廠內亦有其他業主之設備仍在進行製造作業中(當時即發現有一台塑公司之設備在製作中)，因此為避免衍生商務之困擾，IHI 公司禁止參觀之來賓人員隨意照相，如有業主需要拍攝其委製設備之現況，則需由 IHI 之人員進行拍攝，相片並需經權責人員檢視後，方可交由訪客攜出。故在參觀過程中即由帶領之小林博榮部長，負責拍攝核四有關設備組件之現況，而在參訪結束將離去時，小林部長亦親自將相機送交檢查部門進行檢視，由於檢查過程因故多耗費了些時間，小林部長曾因此致歉，但此顯示 IHI 公司人員對制度之尊重及堅持，亦令人對其品質的落實與重視更有信心。

## 二、JNES 東京總部參訪及日本使用前檢查規定研習

爲進一步強化核安管制以確保核能安全，日本政府於檢討其所有之核安管制及檢查機構及其職掌後，於 2003 年 10 月 1 日將原有之財團法人原子力發電技術機構(NUPEC)、財團法人發電設備技術檢查協會(JAPEIC)、財團法人原子力安全技術中心(NUSTEC)等三機構重新進行合併調整，成爲獨立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)，其主要之任務係在其核能管制單位-原子力安全保安院(Nuclear and Industrial Safety Agency，簡稱 NISA)之委託與監督下，依日本電氣事業法、反應爐等管制法規，分擔及執行核能設施之檢查、管制、安全評估與審查等技術性之作業，以及核能設施之防災訓練、核能技術之研究與資訊之蒐集與分析評估等之業務。JNES 成立後人員約有 4 百多人，其組織除了理事長以外，另有理事 3 人、監事 2 人，下設 8 個部，主要之業務部門分別爲：檢查業務部、解析評估部、規格基準部、防災支援部、安全情報部及核燃料循環設施檢查部等 6 部。本次計畫見習之使用前檢查業務，其屬檢查業務部之職掌範圍。

在日本使用前檢查之法令(規)依據主要爲電氣事業法第 49 條，而在實際之檢查作業執行方面，則係依據其原子爐等規制法第 16 條第 3 項、第 28 條第 3 項、第 43 條之 9 第 3 項、第 46 條第 3 項、第 51 條之 8 第 3 項等之規定，且大約有 80% 以上的檢查項目由 JNES 執行，其餘才由 NISA 執行。

在日本使用前檢查之目的在於確認施工品質符合當初提送給 NISA 之工事計畫(Construction Plan)及技術基準等之要求。其檢查之內容涵括：材料、尺寸、外觀、組立、安裝狀態、耐壓與洩漏試驗、岩盤、功能、性能等，其檢查執行之時點與範圍內容在日本之電氣事業法施行細則第 69 條中有原則性之說明(如附件三)。至於更具體之應檢查時點與設備項目內容，則需再進一步依核能機組之型式進行確認，而爲建立明確之規則供檢查人員做爲檢查項目訂定時，較具體之執行依據，JNES 對此除已建立一套「工事計畫運用內規」及其參考資料外，其亦建置有各型核能機組之檢查項目範例表，供檢查人員參考。

簡單地說，依日本電氣事業法施行細則第 69 條，日本核能機組之使用前檢查作業，係縱貫了整個建廠的各個施工階段，其涵括之內容與範圍，較美國 ASME 之 Pre-Service Inspection 廣泛，其檢查實施之時點，共計分爲以下五個階段：

(一) 各設備安裝完成時：反應爐本體、反應爐冷卻系統設備、計測控制系統設備、燃料設備、



輻射防護設備、廢料設備或圍阻體安裝完成，可供執行結構、強度或洩漏等有關試驗之狀態時。

(二) 汽機及輔助鍋爐安裝完成時：汽機下半部安裝完成，以及輔助鍋爐本體組立完成，可供執行結構、強度或洩漏等有關試驗之狀態時。

(三) 反應爐燃料裝填前。

(四) 反應爐達到臨界達成前、後。

(五) 工事工程完成時。

以上第(一)、(二)階段檢查之目的主要在確認有關設施之壓力邊界之完整性，第(三)階段檢查之目的則在確認反應爐有關與安全保護設施(系統)之功能及性能(Unit Function)，第(四)階段檢查之目的係在確認整個核能系統之功能及性能(System Function)，第(五)階段檢查則針對整個的核能發電系統進行功能及性能測試(Power Test)。

### 三、志賀核能電廠二號機施工完成後控制棒驅動系統使用前檢查作業見習

志賀核能電廠二號機與核四廠一、二號機之控制棒驅動機構，係使用同樣由日本日立公司所設計、提供之改良型微調控制棒驅動系統。其設計之特色係在傳統液壓驅動機構之外，再增加了一組電動馬達驅動機構，此除增加控制棒驅動系統之多樣性，提升該系統正常可用之可靠度及選擇性外，具微調控制能力之電動馬達驅動機構，亦有助於反應爐運轉操作時之穩定度。

本次之控制棒驅動系統檢查，係屬志賀核能電廠二號機施工完成後(工事完了)使用前檢查階段(即第五階段)之第一項檢查項目(V-1)，其將進行檢查測試之內容有兩項，分別為：控制棒連續驅動測試與(單一對)控制棒急全入測試(Single Pair Rod Scram)。此兩項測試係分別依據日本「發電用原子力設備技術基準」第 22 及 24 條之規定，針對反應爐緊急(非常)停止裝置與控制(制御)棒驅動裝置性質所為之檢查測試，以確認設備性能符合工事計畫書之要求。

於 JNES 總部由首席檢察員大越先生針對檢查程序書進行之詳細說明後，曾再就檢查人員資格經驗要求、檢查計畫與程序書擬定，以及檢查前電廠應先完成事項等問題向其請教。有關檢查人員資格經驗要求方面，在日本之管制法規中對於檢查人員之教育、經驗、訓練要求等已有明確之規定，而 JNES 之檢查人員大多為來自 NISA、電力公司或設備製造廠家等已有相當工作經驗之人員，且 JNES 於招募時已將之納入考量。而另據山田先生之說明，依其經驗，JNES

大多會依據機組之製造廠家，指派具該製造廠家或設施經驗之人員負責檢查之業務，例如其以往曾在東芝公司工作之經驗，因此其大多前往由東芝公司負責建設之電廠執行業務，志賀電廠由於是日立公司所承造，因此此次是其首次前往。在檢查計畫與程序書擬定方面，檢查計畫其實由有關之法規與機組之工事計畫書，再配合前述 JNES 已擬定檢查項目範例，應可以建立出來，至於檢查程序書方面，其表示乃是依據電廠所提方案參考 NISA 訂定之概括性程序書及工事計畫書，並再與電廠協調檢查測試數量及對象後方製作完成。以此次之檢查程序書為例 JNES 檢查人員主要僅就測試之數量(各 8 對)與電廠協調，至於具體之測試對象，則授權由電廠於檢查作業執行時再自行選定。對於在檢查作業實施前，電廠是否需先進行並完成全面性之自我測試，則視狀況而定，不過電廠一般都會先做完測試，而由此次之檢查作業之結果，將根據全部控制棒測試之平均值，做為是否合格之判斷依據。因此志賀電廠已於 6 月 6 至 23 日間，依據檢查程序書中之測試程序，先完成了全部 205 支控制棒之測試作業。

6 月 29 日下午進行之測試檢查前會議中，除介紹 JENS 檢查人員與電廠受檢人員雙方認識外，主要之作業重點在於共同研讀並再確認所用之檢查測試程序書之內容是否正確無誤，以及查驗量測儀具校驗之情形。另志賀電廠已先完成之測試紀錄結果及平均值，JNES 人員亦一併進行了查核。

6 月 30 日上午現場檢查測試作業正式於二號機控制室展開，首先 JNES 檢查人員與志賀電廠測試人員共同進行 TBM 作業，再一次指派、確認作業之分工，其中擔任主要受測者之兩位日立公司人員，一位係擔任測試指揮者之角色，由其控制測試程序之進行，與 JNES 之首席檢查人員(高橋博和)配合並回報測試結果。另一位之日立人員則主要負責現場設備之控制，並與 JNES 另一位檢查人員(津田光伸)配合進行設備設定及儀表校驗情形之查證。至於志賀電廠之人員則負責反應爐控制棒之操作及現場設備之設定操作等技術支援作業。

於檢查測試之 TBM 作業結束後，即跟隨 JNES 檢查人員津田先生至南北兩處之微調控制棒(FMCRD)現場控制盤室，查驗 Scram 計時器之編號是否與提送 JNES 之校驗文件一致。而在與津田先生進行 Scram 計時器編號查驗之同時，JNES 之高橋先生即於二號機控制室，依檢查程序書分別完成反應爐壓力指示計校正查驗、反應爐壓力確認(約 7.1Mpa)、主蒸汽旁通閥開度調至 10%以上，以及控制棒全出位置指示是否正常等控制棒驅動機構連續驅動測試執行前，應確認之事項。因此在津田先生返回控制室後，日立公司之測試指揮人員，在獲得高橋先生同意

後即開始依其選定之 8 個控制棒序展開測試作業，並分別紀錄控制棒全出(位置指器顯示：200)、全入之時間。依檢測程序書之規定此一時間需在 111~135 秒間方為合格。測試作業結束後，JNES 與日立人員除再次確認反應爐壓力是否仍在 7.1Mpa 附近外，亦再就雙方各自紀錄之測試結果進行比對確認。

連續驅動測試結束後，即再隨津田先生至控制棒液壓控制單元室(HCU Room)查驗將進行測試之 8 對控制棒之 HCU 氮氣蓄壓器壓力表編號與校驗文件，並見證志賀電廠人員執行 113 號充水閥門關閉之作業(共 8 只)。於上述查核及見證作業完成後急全入測試檢查作業隨即於控制室開始進行。

因急全入之時間係藉由 Scram 計時器之量測所得為標準，故於每一對控制棒急全入測試後，JNES 與日立公司之人員均會再至背盤室之 Scram 計時紀錄電腦處，各自記錄結果並同時進行核對。而測試作業結束後，JNES 與日立人員亦再次進行了反應爐壓力之確認動作(約 7.1Mpa)。

在測試檢查之過程中有下列發現，

- (一) 整個測試作業實際上是由機組之建設廠家日立公司之人員直接與 JNES 檢查人員應對，電廠人員反而是處在相當間接、提供作業協助支援及受其指揮等之位置。因此對於 JNES 檢查人員之各項問題，均都是由二位日立公司人員進行答覆及處理，JNES 檢查人員亦復如此，在整個測試檢查過程中，基本上亦是透過日立公司之人員與電廠人員進行互動。
- (二) 在測試過程中之所有作業順序，幾乎均依照 JNES 程序書之檢查順序進行，顯示程序書之編寫相當符合技術實務。
- (三) 在測試過程中 JNES 檢查人員似乎並未自外於志賀電廠之測試團隊，除參於其 TBM 作業外，對於測試過程中需執行複頌確認之作業動作，其亦會配合執行。
- (四) 在執行測試檢查之過程中，JNES 檢查人員除對測試之步驟程序嚴謹的遵守外，其對測試中所用應校驗儀表器材查驗亦十分之嚴謹且專業。例如：除全面性之查驗有關儀表器材之校驗文件外，在測試檢查前會議中，JNES 檢查人員曾將測試計時所用之電子式馬錶之電池壽命長短，亦列為查核之目項，並在此問題上與日立公司之人員質疑討論許久，最後才在日立人員改使用全新未用之馬錶後獲得解決，當時之情形令人印象深刻。

#### 四、參訪北陸電力公司志賀核能電廠第二號機

志賀核能電廠位於日本島西岸、西臨日本海，著名的觀光勝地能登半島之南端，行政區屬日本石川縣金澤市之羽咋郡，為北陸電力公司目前僅有之核能發電廠，其廠區約佔 160 萬平方公尺。志賀核能發電廠共有兩部沸水式反應器之核能機組，其一號機平成元（1988）年 2 月動工興建，平成 5（1993）年 7 月商業運轉，根據志賀核電廠人員之介紹其於 1967 年時即宣佈規畫與建，是日本目前籌建期最長之核能機組；二號機則於日本平成 10（1998）年 8 月開工，預計於明（2006）年 3 月正式商業運轉，又根據志賀核電廠人員之介紹其於 1993 年時宣佈規畫與建，是日本目前籌建期最短之核能機組。由志賀核能發電廠一、二機籌建期如此巨大之差異，可看出志賀核能發電廠對外溝通之成效，應有可供人借鏡學習之處。

志賀核電廠二號機的規劃設計，以及電氣／機械設備之製造及安裝均由日立公司負責，因此整個建廠的相關工程問題主要由日立公司協調整合，並對志賀核電廠負責，相對而言介面單純許多，此亦應是其能成為日本籌建期最短核能機組之原因之一。目前志賀核電廠二號機正在日立公司人員之協助下進行為期一年之試運轉測試作業(至 2006 年 3 月)，且已於 5 月 6 日時完成燃料裝填，並於 5 月 26 日達成反應爐之初臨界。

由於目前全廠正進行試運轉測試作業，以日本正推行之反恐措施影響，廠方原不僅不同意於檢查測試前進入廠房內參觀，廠區內亦禁止攝影，所幸在山田先生之協助下廠方始同意可循供一般來賓參觀之路線，參觀二號機之反應器與汽機廠房，以及主控制室，並原則同意可在同意下由廠方人員協助進行攝影。

於廠區內參訪完畢後，再於廠方之帶領下至緊鄰電廠之模擬訓練中心，以及志賀電廠回饋所在地之睦鄰設施參觀。其中，除模擬訓練中心眾多之實體維護模擬訓練設備外，剛落成開放之 FLEURI 熱帶植物花園更人印象深刻。由電廠人員之介紹中得知 FLEURI 熱帶植物花園是由志賀電廠出資 3 分之 2、當地政府出資 3 分之 1 之方式所設置之睦鄰設施，此外志賀電廠除派有 2 位人員協助經營外，電廠亦提供溫室所需之熱源。該園自今年 4 月開園後，已成為當地著名之景點，吸引了許多外地之遊客，對當地之繁榮有相當之正面助益，對照參觀當時仍有不少遊客在內參觀，以及離去時有巴士來到，電廠人員所言應不假，也對志賀電廠以增加當地產業活力及觀光資源，做為其回饋措施設計(置)之思考與做為留下具體之印象。

## 肆、建議事項

- 一、本次透過我國財團法人核能科技協進會協助，以觀察員之身份參與見習日本 JNES 檢查人員執行使用前檢查作業之實況，除可克服日本電廠因忙於試運轉測試人力無暇，以及安全考量而婉拒本會參觀其試運轉測試作業之問題外，亦可近距離觀察學習日本檢查人員之檢查執行之技巧與態度，建議日後如仍要學習日本之檢查經驗時，宜採用此一模式進行。此外或亦可考慮與 JNES 之檢查部建立更直接之對口，有利於在檢查作業前、中，取得更進一步及直接之檢查資訊。
- 二、志賀電廠以設備製造廠家負責主導試運轉測試之做法，似乎可藉由設備製造廠家人員對設備之熟悉度達成快速上手、品質測試，以及同時進行電廠人員訓練之目的。而核四廠許多設備亦是由日本廠家所提供，其協助電廠執行試運轉測試之經驗應亦相當豐富，可加以利用引進。因建議核四廠可以參考日本電廠之作法，視狀況及需要將日本設備製造廠家納入試運轉團隊中，以引進其試運轉測試之經驗。
- 三、依據目前核四工程之進程規劃，其一號機之試運轉作業時間可能會較日本之電廠還短。而根據 JNES 人員之說明，以本次之控制棒驅動機構之測試為例，檢查負責人員約在 2 個多月前即需與電廠人員將檢查程序定案，以供其進行準備，因此至少 3 個月前即需開始與電廠進行討論及準備作業。有關試運轉測試管制執行之作法，日本之作法固可參考學習，然考量日本電廠之使用前檢查作業係由其管制機關 NISA 及 JNES 分工合作執行，此兩機構之檢查人力，遠較本會充裕之狀況，試運轉測試管制之範圍，恐需及早思考並向外尋求資源協助，以能及早規劃、分工及準備。
- 四、針對日本志賀電廠模擬訓練中心眾多之實體維護模擬訓練設備情形，以及參考志賀電廠人員對大修前維護模擬訓練實施及要求之說明，建議台電公司宜再加強此方面之投資及要求，除可提升維護之品質及可靠度外，亦可抑低不必要之人員輻射吸收之劑量。
- 五、對於志賀電廠以增加當地產業活力及觀光資源，為電廠所在地製造金雞母，做為其規劃回饋措施之思考方向，實在值得做為國內規劃有關回饋措施時之參考及借鏡。

北陸電力株式会社  
志賀原子力発電所第2号機

工事の計画に係るすべての  
工事が完了した時に係る  
使用前検査要領書

検査名：制御棒駆動系検査

要領書番号：05検要（志2）使ホ03

（ホー1）

平成17年5月

独立行政法人 原子力安全基盤機構

## 目 次

I. 検査目的	1
II. 検査場所	1
III. 検査方法	2
IV. 判定基準	2
V. 添付資料	3
1. 制御棒駆動機構図	4
2. 検査手順	5
3. 制御棒連続駆動時間の測定方法	7
4. スクラム時の挿入時間測定方法	8
5. 検査用測定器リスト	9
6. 使用前検査成績書	10

## I. 検査目的

本検査は、原子力発電所に係る工事が認可された工事計画に従って行われ、経済産業省令に定める技術基準（\*）に適合しないものでないことを確認するもので、以下の検査を行う。

- \* : 経済産業省令で定める技術基準とは「発電用原子力設備に関する技術基準」（昭和40年6月15日 通商産業省令第62号）であり、この工事に関する条項は次のとおりである。

### （非常停止装置）

第22条 原子力発電所には、原子炉の出力の著しい上昇、原子炉圧力容器内において発生した熱を除去する能力の著しい減少、地震の発生等により、原子炉を安全に運転することができなくなるおそれが生じたときにこれを確実に検出して、燃料許容損傷限界を超えることなく速やかに原子炉の運転を自動的に停止する装置（以下この条において「非常停止装置」という。）を施設しなければならない。

### （制御材駆動装置）

第24条 制御材を駆動する装置は、次の各号により施設しなければならない。

- 一 原子炉の特性に適合した速度で制御材を駆動できるものであること。

## 1. 制御棒駆動系検査

- (1) 原子炉圧力約 7.1MPa における制御棒連続駆動検査
- (2) 原子炉圧力約 7.1MPa におけるシングル・ペアロッドスクラム検査

## II. 検査場所

石川県羽咋郡志賀町字赤住

北陸電力株式会社 志賀原子力発電所



### Ⅲ. 検査方法

原子炉圧力約 7.1MPa の状態で、制御棒の連続駆動及び定格アキュムレータ圧力 (13.8MPa～16.1MPa) におけるシングル・ペアロッドスクラムを行い、全挿入、全引抜きにおける駆動時間及びスクラム時間を測定する。

### Ⅳ. 判定基準

#### 1. 原子炉圧力約 7.1MPa における制御棒連続駆動検査

全挿入、全引抜きの所要時間は 111～135 秒であること。

(駆動速度は、 $30\text{mm/s} \pm 3\text{mm/s}$  以内)

(工事計画書)

#### 2. 原子炉圧力約 7.1MPa におけるシングル・ペアロッドスクラム検査

##### (1) 60%挿入平均時間

スクラム時において、全ストロークの 60%挿入に要する時間が全制御棒の平均値で 1.44 秒以下であること。

##### (2) 100%挿入平均時間

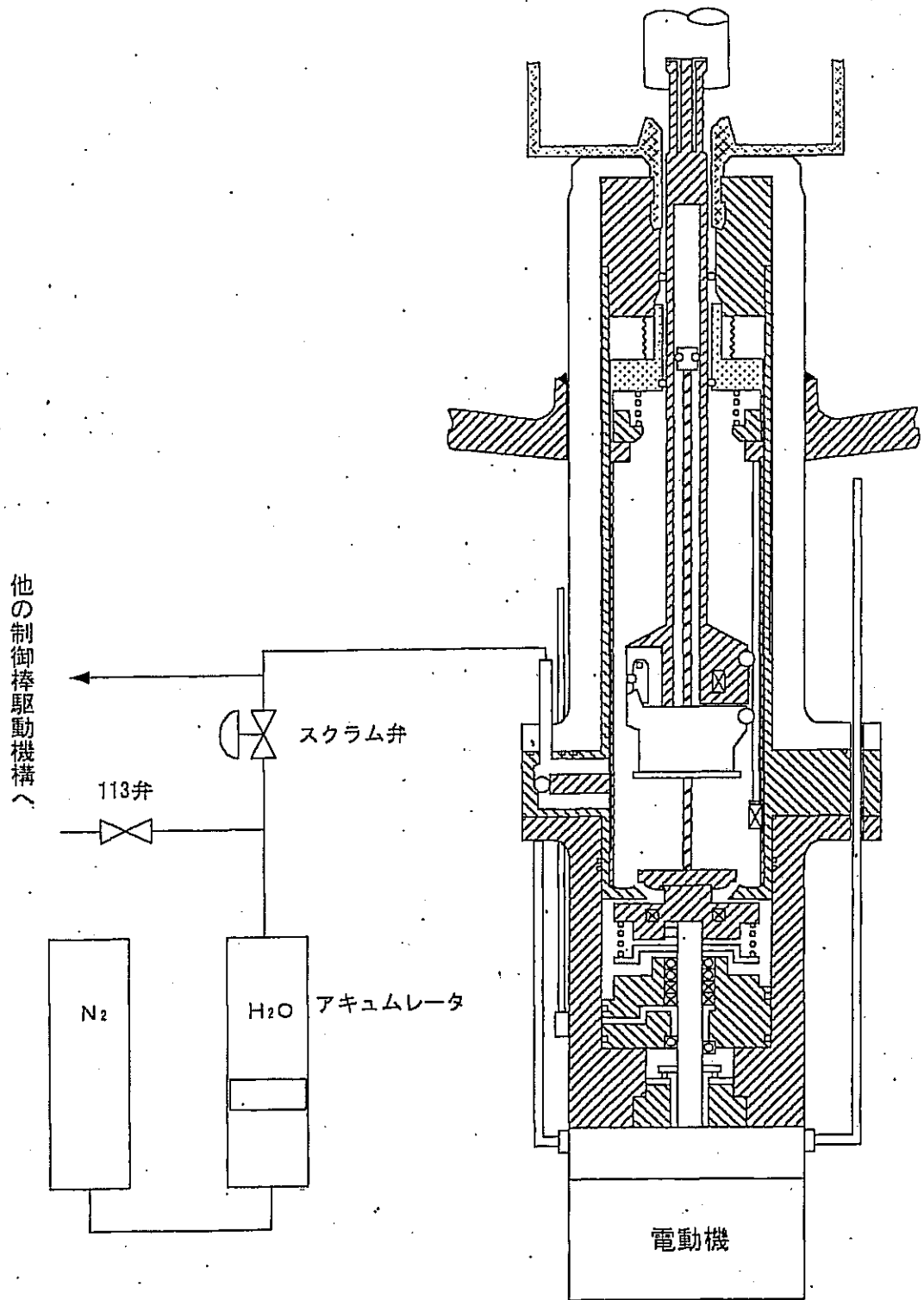
スクラム時において、全ストロークの 100%挿入に要する時間が全制御棒の平均値で 2.80 秒以下であること。

(工事計画書)

## V. 添付資料

1. 制御棒駆動機構図
2. 検査手順
3. 制御棒連続駆動時間の測定方法
4. スクラム時の挿入時間測定方法
5. 検査用測定器リスト
6. 使用前検査成績書

1. 制御棒駆動機構図



## 2. 検査手順

### (1) 原子炉圧力約 7.1MPa における制御棒連続駆動検査

#### a. 検査前確認事項

(a) 使用する測定器\*の校正が完了していること。

\*原子炉圧力指示計

\*ストップウォッチ

(b) 原子炉は所定の原子炉圧力で安定に運転され、タービンバイパス弁の開度が 10%以上であること。

(c) 検査制御棒は全引抜き位置であること。

#### b. 検査手順

(a) 検査制御棒を選択する。なお、検査制御棒はその時の制御棒パターンの全引抜きになっている制御棒から選択する。

(b) 上記制御棒の全挿入、全引抜きの連続駆動を行い、駆動の所要時間を V. 添付資料 3. によりストップウォッチを用いて測定し、IV. 判定基準 1. の通りであることを確認する。

(c) 任意に選択した制御棒 8 本について、(a)～(b)を繰り返す。なお、立会検査対象以外の制御棒については電気事業者の検査記録値を確認する。

(d) 検査終了後、再度原子炉圧力が所定の検査圧力となっていることを確認する。

### (2) 原子炉圧力約 7.1MPa におけるシングル・ペアロードスクラム検査

#### a. 検査前確認事項

(a) 使用する測定器\*の校正が完了していること。

\*原子炉圧力指示計

\*HCUアキュムレータ圧力指示計

\*スクラム時間測定装置 (スクラムタイミングレコーダ)

(b) 原子炉は所定の原子炉圧力で安定に運転され、タービンバイパス弁の開度が 10%以上であること。

(c) 検査制御棒は全引抜き位置であること。

#### b. 検査手順

(a) 検査制御棒を選択する。なお、検査制御棒はその時の制御棒パターンの全引抜きになっている制御棒から選択する。

- (b) 検査制御棒の水圧制御ユニット充填水止め弁（113 弁）を全閉にする。
- (c) 検査制御棒のHCUアキュムレータ圧力を測定する。
- (d) スクラムテストスイッチにより検査制御棒をスクラムさせる。
- (e) スクラム時間測定装置（スクラムタイミングレコーダ）を用いて、スクラム時における全ストロークの 60%挿入及び 100%挿入に要する時間を測定する。なお、測定方法は、V. 添付資料 4. スクラム時の挿入時間測定方法を参照。
- (f) 任意に選択した制御棒 8 組について(a)～(e)を繰り返し、全制御棒における、全ストロークの 60%挿入及び 100%挿入に要する時間の平均値を算出し、IV. 判定基準 2. の通りであることを確認する。なお、立会検査対象以外の制御棒については電気事業者の検査記録値を用いる。
- (g) 検査終了後、再度原子炉圧力が所定の検査圧力となっていることを確認する。

### 3. 制御棒連続駆動時間の測定方法

制御棒の連続挿入、連続引抜き時間の測定は、中央制御室の制御棒操作画面で制御棒位置を見ながらストップウォッチにより下記のように測定する。

#### (1) 連続挿入時間

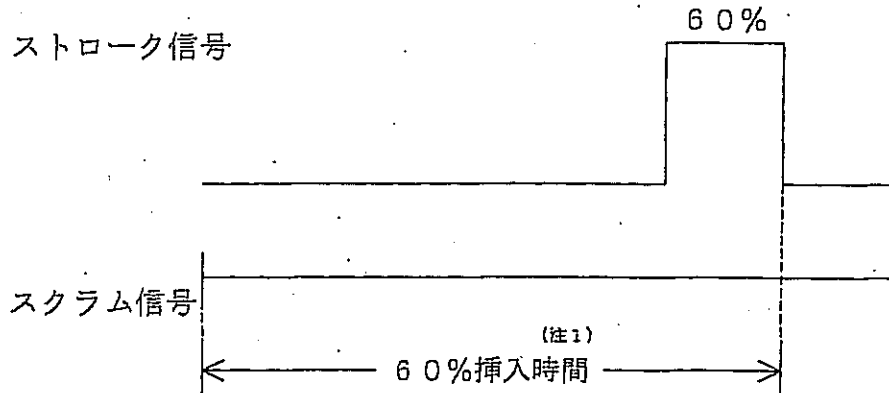
制御スイッチを押した時から、全挿入位置表示“0”となるまでの時間を測定する。

#### (2) 連続引抜き時間

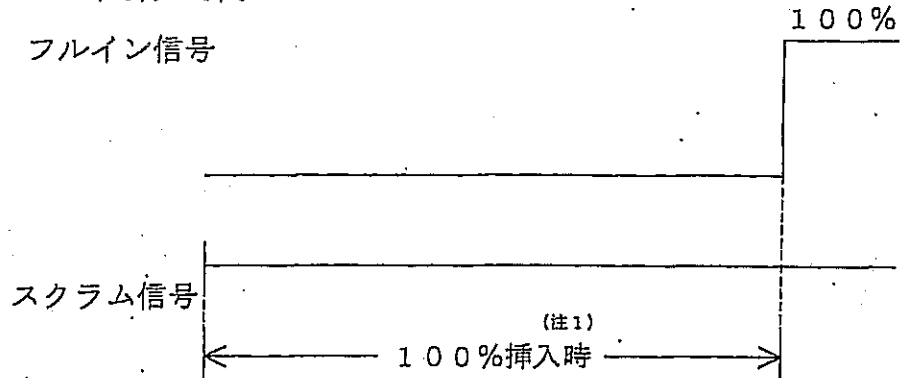
制御スイッチを押した時から、全引抜き位置表示“200”となるまでの時間を測定する。

#### 4. スクラム時の挿入時間測定方法

##### (1) 60%挿入時間



##### (2) 100%挿入時間



(注1) スクラム時 60%挿入時間及び100%挿入時間は、スクラム時間測定装置 (スクラムタイミングレコーダ) に数値表示される。

5. 検査用測定器リスト

測定器名称	測定器番号	測定項目	測定範囲	精度	備考
ストップウォッチ	*	制御棒連続挿入, 引抜き時間			
スクラムタイミングレコーダ	H21-P012-01N	制御棒スクラム時間			
スクラムタイミングレコーダ	H21-P012-01S	制御棒スクラム時間			
HCU7キユムレタ 圧力指示計	C12-PI-131	HCU7キユムレタ 圧力			
原子炉圧力指示計	B21-PI-607	原子炉圧力			

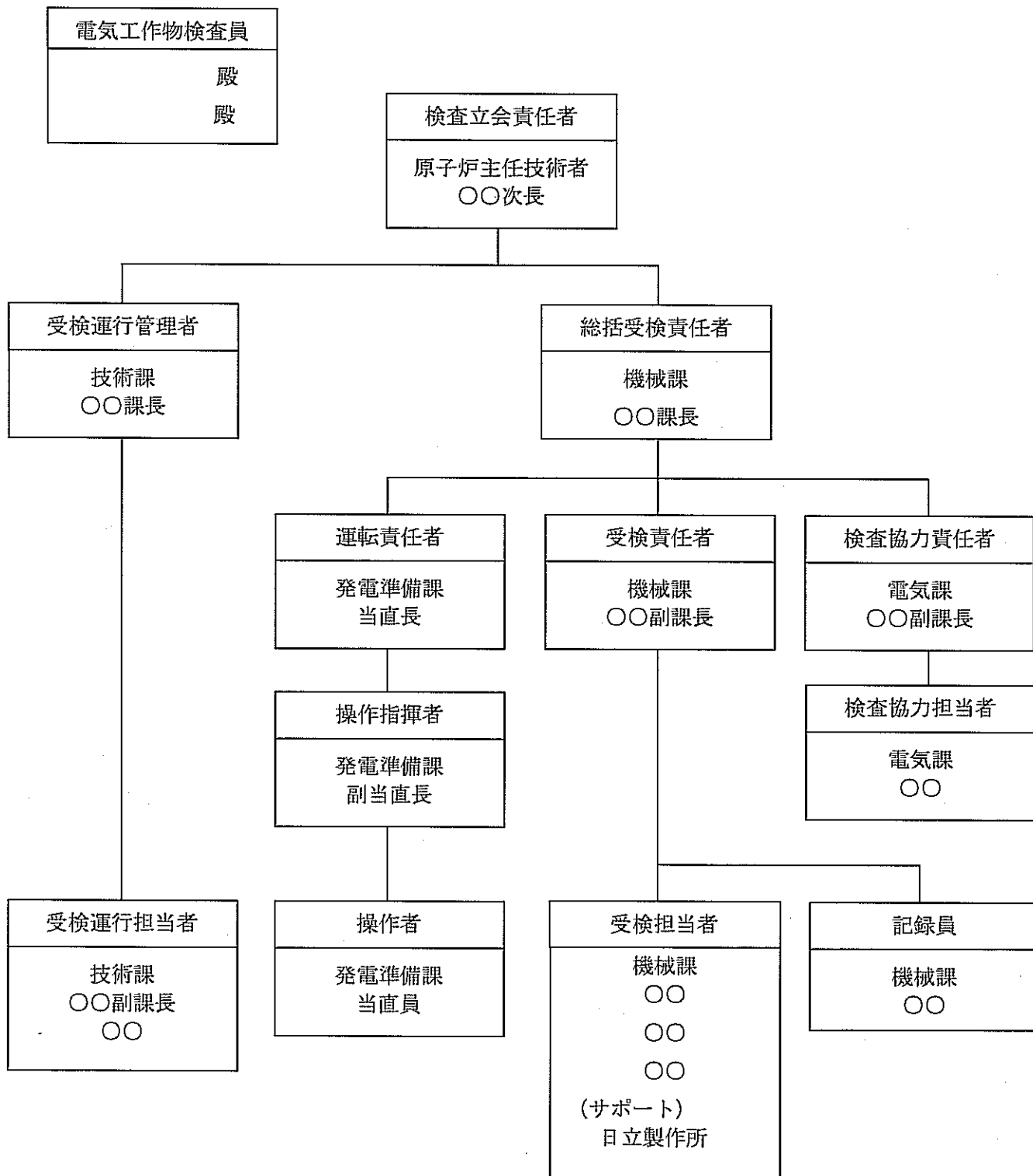
\* : 仮設計器のため検査時に確認する。



# 志賀原子力発電所第2号機

## 水項使用前検査 制御棒駆動系検査 受検体制

検査実施日：平成17年6月29, 30日



志賀原子力発電所2号機 使用前検査スケジュール (案)

要領書名称 制御棒駆動系検査

要領書番号 05検査(志2)使ホ3(ホ-1)

検査員 殿

検査員 殿

受検日	受検項目	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
平成17年 6月29日(水)	放射線防護教育			■	■				■					
	要領書説明									■				
	記録確認検査										■			
	スケジュール確認		■											
平成17年 6月30日(木)	現場御立会い			■	■			■						
	成績書作成・御講評												■	

連絡先：北陸電力株式会社 志賀原子力発電所建設所 技術課  
 担当：笈田副課長，阿部  
 電話：0767-32-4690 (代表)

表14-1 使用前検査の概要

検査の時点	検査内容
(1)各設備据付時	<p>原子炉本体、原子炉冷却系統設備、計測制御系統設備、燃料設備、放射線管理設備、廃棄設備又は原子炉格納施設については、構造、強度又は漏えいに係る試験ができる状態になった時に、随時、これらに係る試験を実施する。</p> <p>具体的には、材料検査、構造検査及び耐圧漏えい検査のほか、基礎基盤検査、支持構造物検査等である。</p>
(2)蒸気タービン・補助ボイラー据付時	<p>蒸気タービンについてはその車室の下半部の据付けが完了した時に構造に係る試験を、補助ボイラーについてはその本体の組立が完了した時に構造、強度又は漏えいに係る試験を実施する。</p>
(3)燃料装荷時	<p>原子炉に燃料を装入することができる状態になった時には、原子炉周りの系統等の機能及び安全確保の観点から原子炉に燃料を装荷する前に検査を必要とする項目、並びに燃料装荷前に検査を行っておかないと確認が困難になるものについて検査を実施する。</p> <p>BWRを例にとれば、主蒸気逃し安全弁の検査、制御棒駆動系、炉心スプレイ系、残留熱除去系等の各系統の機能・性能検査、安全保護系の機能検査等を実施する。</p>
(4)臨界達成時	<p>原子炉の臨界反応操作を開始することができる状態になった時には、原子炉の核的特性、並びに燃料装荷後でないことと確認できない原子力施設全体に係る機能及び性能について検査を実施する。</p> <p>BWRを例にとれば、全燃料装荷時の停止余裕確認検査、制御棒連続駆動検査、初臨界時の実効増倍率測定検査、減速材温度係数計測検査等を実施する。</p>
(5)工事完了時	<p>工事の計画に係るすべての工事が完了した時には、原子炉周りの系統等の性能、燃料装荷後でないことと確認できない原子力施設全体に係る機能及び性能、並びに原子炉周り以外の系統等の機能及び性能について検査を行う。</p> <p>BWRを例にとれば、制御棒単体スクラム検査、外部電源喪失検査、発電機負荷しゃ断検査、プラントトリップ検査、負荷検査等を実施する。</p>

附件四 照 片



反應器圍阻體頂蓋(RCCV Top Head)



上乾井氣鎖門(UD Airlock)



上乾井設備通道(UD Equipment Hatch)



志賀電廠人員介紹操作盤面情形



檢查作業執行情形(一)(測試人員報讀測試結果)



檢查作業執行情形(二)(檢查人員觀察運轉人員操作情形)



測試人員以高聲電話指揮控制棒急全入測試執行情形



檢查人員檢視記錄控制棒急全入測試結果情形



檢查人員於 HCU Room 查驗 HCU 氮氣蓄壓器壓力表編號情形



檢查人員於 HCU Room 查驗 HCU 氮氣蓄壓器壓力表校正紀錄情形





測試完畢後檢查人員與測試人員確認測試結果情形



測試完畢後全體測試檢查人員合影