

出國報告（出國類別：考察）

赴日本參訪進步型沸水式核能電廠及 其反應器壓力槽製造商

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：張國榮 技士

派赴國家：日本

出國期間：93年12月5~12日

報告日期：94年4月26日

目 次

摘 要

(頁碼)

壹、目 的	1
貳、過 程	2
參、心 得	3
肆、建 議 事 項	12
伍、附 錄	15
附件一：ABWR 與 BWR 核能電廠差異比較	16
附件二：參訪學習計畫	19
附件三：核四廠反應器壓力槽製造商 IHI 公司參與核能工程設備製造 參考資料	22
附件四：摘錄濱岡核能電廠 5 號機重要簡介	26
附件五：摘錄志賀核能電廠 2 號機重要簡介	32
附件六：參訪相關照片	43

摘 要

為了解並學習日本進步型沸水式核能機組的建造與運轉經驗，以作為核四建廠管制的參考，職奉派赴日本相關核能電廠考察。另核研所亦派員配合此次公差任務，以期了解日本進步型沸水式核能機組儀控系統的建置與測試經驗，提供未來核四廠儀控系統現場安裝及測試的參考。

此行在日本，共參觀與核四廠同型機組的日本濱岡（Hamaoka）核能電廠第五號機及志賀（Shika）核能電廠第二號機；參訪時，前者已首次裝填核燃料測試中，後者預定於今(94)年裝填核燃料。參訪的重點包括兩部分：1.學習建造及運轉經驗，2.了解儀控系統建置及測試經驗。藉由訪談，我們多少獲致了一些寶貴的經驗，有助於核四建廠管制及未來核四廠儀控系統現場安裝及測試工作。

本次公差也參訪了日本進步型沸水式反應器（ABWR）主要系統供應商的東芝（Toshiba）公司 Isogo 核能工程研究中心（Isogo Nuclear Engineering Center）及核四廠反應器壓力槽（RPV）製造商 IHI（Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.），對日本的核能工業基礎留下深刻的印象。

壹、目的

我國核四廠的核能機組基於深度防禦設計觀念，選用最新設計型態的進步型沸水式反應器（Advanced Boiling Water Reactor 簡稱 ABWR，與 BWR 差異比較如附件一），鄰我國的日本為先進國家之一，也是最早採用進步型沸水式反應器的國家。截至目前為止，已有東京電力公司柏崎刈羽核能發電廠的第六、七號機組兩部商業運轉中，且營運績效良好，另外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核能電廠第二號機則在興建中（作者按：此係指參訪前），中部電力公司的濱岡核能發電廠第五號機已於今年一月十八日正式商業運轉，北陸電力公司志賀核能電廠則預計於明年三月正式商業運轉。

核四廠的興建方式，與核一、二、三廠比較，有諸多不同點，特別是工程發包模式，工程施工至今已歷經六年，完成進度約 57.45%，在原能會管制過程中發現工程落後原因，有些是台電公司內部可掌控的。鑒於日本成功的建廠經驗，及完成建廠工程的經驗尚新，利於派員赴日本考察進步型沸水式反應器建廠情形，學習其建造的經驗，作為核四建廠管制參考，因職自本會核發核四建廠執照初期即擔任核四建廠管制的視察工作，乃奉派赴日本相關核電廠及反應爐製造廠家考察與學習，同時請核能研究所核儀組副組長郭成聰先生陪同赴日了解日本進步型沸水式核能機組儀控系統的建置與測試經驗，以提供未來核四廠儀控系統現場安裝及測試的參考。

本次出差先參訪核四廠反應爐及其內部組件製造廠家東芝公司（Toshiba）及其協力廠家石川播磨重工業公司（Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd 簡稱 IHI），認識 RPV 的設計、製造與品管的過程，接著到已首次裝填核燃料進行試運轉作業的中部電力公司濱岡核電廠，及初完成建廠工程正進行系統測試作業的北陸電力公司志賀核電廠參訪，學習並了解電廠建廠品管、運轉前系統測試情形及建廠至營運期間介面管理。

貳、過程

93年12月6日首站參訪東芝公司磯子（Isogo）核能工程研究中心，由東芝公司原子力事業部輸出推進部歐亞區課長邱海星先生及 Isogo 核能工程中心專業經理白幡安信先生接待，並由白幡安信先生簡報東芝公司組織及該研究中心現況，參訪中對於該研究中心不斷的從事設備產品維護作業的方法與維護工具開發，留下深刻印象，讓人了解一個完善企業體成功的原因必然是有不不斷的試驗與研究。接著轉往位於鄰近的石川播磨重工業公司（Ishikawajima-Harima Heavy Industries Cc 簡稱 IHI）參訪。由東芝公司原子力事業部輸出推進部歐亞區課長邱海星先生帶領，IHI 原子力事業部技術部代理部長小林博榮先生及其海外營業部代理課長宮嶋俊二先生負責接待，由小林博榮先生簡報 IHI 公司業務概況及核四廠委託製造的設備現況後，即至工廠參觀。

翌日（12月7日）參訪中部電力公司濱岡核能電廠第五號機，由日本原子力產業會議（Japan Atomic Industrial Forum，簡稱 JAIF）政策企劃部一組（企劃組）組長木下雅仁先生隨行前往，濱岡原子力綜合事務所公關組主任大石秋夫先生及課長加藤千詞先生負責接待解說中部電力公司概況及濱岡電廠興建與營運情形，並至濱岡原子力館及其模擬器訓練中心參觀。之後12月10日再前往日本本島西部能登半島南端北陸電力公司志賀核能電廠第二號機，日本原子力產業會議政策企劃部主任高橋誠一郎先生陪同前往，北陸電力公司志賀核能電廠則由廠長紫藤正一先生、工務副廠長新村尙之先生及技術副廠長石田敏幸先生接待解說北陸電力公司營運概況及志賀電廠規劃、設計、興建、營運及與地方民眾溝通處、協助地方繁榮的情形。為了解日本進步型沸水式核能機組織建造與運轉經驗，以供核四建廠管制參考使用，乃事先擬定參訪計畫（如附件二）。

參、心得

一、參訪東芝公司磯子（Isogo）核能工程中心及核四廠反應器壓力槽製造商 IHI 公司

（一）東芝公司磯子（Isogo）核能工程中心

東芝集團係於 1875 年成立，資本額 46166 百萬美金，總員工 188042 人，計區分為家電產品公司、醫用品公司、影像裝置和組件公司、半導體公司、動力系統和技術服務公司、通訊公司、數位多媒體網路公司、社會基礎建設系統公司及 e 商務公司等九大相關集團公司。整個動力公司僅佔全集團公司營業額 9%（其餘資訊和通訊佔 26%、數位多媒體佔 23%、電子裝置和組件佔 22%、家電佔 10%，以及其他轉投資佔 10%），可見電力系統公司僅佔全東芝集團企業之一小部份而已。本次參訪的核能工程研究中心（Isogo Nuclear Engineering Center, 簡稱 IEC）係屬於動力系統和技術服務公司所轄之核能系統與技術服務部門之一。

東芝公司 Isogo 核能工程研究中心（Isogo Nuclear Engineering Center, 簡稱 IEC）係在維持 3 個 E 環境（Environment）、經濟（Economy）和能量（Energy）的良好平衡基礎上，來設計和建造核電廠。東芝公司 Isogo 核能工程研究中心所開發的進步型沸水式反應器在 1997 年榮獲日本機械工程學會頒發的獎章，並獲得第二十八屆日本工業技術大賞獎（亦即 1999 年日本首相獎）。東芝公司是日本核能工業第一家核能系統及服務所有部門（包括安裝部門）獲得 ISO 9001 認證殊榮的公司（1997 年 2 月），顯現其追求全面品保的決心，這正是東芝公司均能確保在合理的建造期間內，完成高可靠度的電廠，贏得顧客極佳口碑的主因。另外，值得一提的是，藉由緊鄰 IEC 的研發實驗室緊密結合了研發和設計工程，幫助了 IEC 精確因應各種需求和應用。顯然，研發工作和工程經驗的有效結合，方能相輔相成，發揮最大的利基。

在參觀磯子核能工程研究中心過程中，對於所設置之 ABWR 核能電廠塑鋼模型、3D-CAD 系統、雷射 UT 檢測系統、數位電腦化維護系統及 IVVI 檢測機構等，投入對 ABWR 之維護技術開發的精神與成果印象深刻，特別是近一步以實體模型來驗證運轉與維護的可行性，更讓人感到東芝公司在這方面實事求是的精神。

(二)石川播磨重工業公司 (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co 簡稱 IHI)

在 IHI 參訪方面，IHI 的歷史和日本重工業歷史息息相關，該公司由興建船艦發跡，進而製造船艦用的機械組件，再跨入不同工業組件的產製，包括整個電廠，是日本三大鍋爐製造商之一。IHI 在 1955 年開始投入核能工程業務，目前其核能部門近 700 人，主要包括反應爐壓力槽、圍阻體（鋼製圍阻體及強化混凝土圍阻體牆之內襯板）、熱交換器、核能安全級管路、鋼構及廢料系統，並涉入核燃料循環相關系統的開發和建置，具有同時生產三座壓力槽的製造容量能力，為東芝公司之主要協力廠家。

IHI 由產品基本設計至最終現場安裝的整個過程，採全面品質保證系統 (total system of quality assurance)，以確保高品質產品的供應。生產製造資格方面在 1973 年 IHI 即取得 ASME N 和 NPT Stamps 授權，ANI 則由 Hartford 公司擔任，1994 年更進一步獲得 ISO 9001 品質管理系統認證，在 IHI 廠區所見，標識明晰、井然有序、注重整潔，充分展現其對品質的落實與重視。近期內所承接業務計畫包括生產濱岡電廠五號機 (ABWR)、東北電力公司東通一號機 (BWR) 和台電公司龍門電廠二號機所需的反應器壓力槽、主圍阻體容器和部份內部組件，及 Class 2、3 的管路等。而在 ABWR 電廠建造經驗方面，除了前述生產計畫外，IHI 也參與了世界上第一座 ABWR 電廠 (Kashiwazaki-kariwa unit 6) 的興建，累計已製造了日本國內 20 座及國外 4 座反應器壓力槽，以及東京電力公司福島一、二廠爐心側板結構體的更換等 (如附件三)。IHI 從事研發工作，具有三項基本目標，即“開拓前端科技的新領域”、“精進一般基本技術”及“整合科技開發新產品”。藉由持續的努力，增進效率、可靠度和耐久性，同時降低對環境的負荷，IHI 實現了其追求的理想—藉由科技對社會發展作出貢獻。而，這不正是我們科技從事者所追求的人生目標。

二、參訪中部電力公司濱岡核能電廠第五號機

93 年 12 月 7 日參訪位於日本靜岡縣靜岡市西南約 50 公里氣候溫暖的中部電力公司濱岡 (Hamaoka) 核能發電廠，腹地約佔 160 萬平方公尺，所在地臨海側為平坦的海岸，內地側則為遍佈綠茶的茶園農地，地理位置上在臨太平洋的小型半島前端。中部

電力公司僅有一所濱岡核能發電廠，而濱岡核能發電廠所採用反應爐型式為沸水式反應器（低濃縮鈾、輕水減速、輕水冷卻），目前共有五部機組，最早一部一號機是在日本昭和 46（1971）年 3 月開工，昭和 51（1976）年 3 月商業運轉，二號機到四號機陸續於之後 3 到 19 年興建（詳如下表），第五號機則於日本平成 11（1999）年 3 月開工，已於今（2005）年 1 月 18 日正式商業運轉，為日本第 53 座核電廠，是全球第 3 座商轉的進步型沸水式反應器 ABWR，容量 138 萬千瓦，第五號機建廠及試運轉作業情形即為此行參訪重點。（摘錄濱岡核能電廠 5 號機重要簡介如附件四）

	1 號機 〔運轉中〕	2 號機 〔運轉中〕	3 號機 〔運轉中〕	4 號機 〔運轉中〕	5 號機 〔建設中〕
原子爐 型式	沸水式輕水爐[BWR]				改良型沸水 式輕水爐 [ABWR]
發電 負載	54 萬 kW	84 萬 kW	110 萬 kW	113.7 萬 kW	138 萬 kW
開工	昭和 46 年 3 月 1971 年 3 月	昭和 49 年 3 月 1974 年 3 月	昭和 57 年 11 月 1982 年 11 月	平成元年 2 月 1989 年 2 月	平成 11 年 3 月 1999 年 3 月
正式商業 運轉開始	昭和 51 年 3 月 1976 年 3 月	昭和 53 年 11 月 1978 年 11 月	昭和 62 年 8 月 1987 年 8 月	平成 5 年 9 月 1993 年 2 月	平成 17 年 1 月 [預定 2005/1]

濱岡核能電廠第五號機的規劃設計是由東芝公司負責，電氣 / 機械設備亦由東芝公司提供及安裝，建築工程則由鹿島建設公司負責建造。參訪時第五號機廠房設施等結構工程、設備安裝作業及各系統測試作業均完成，且反應器亦完成初次核燃料裝填作業，正準備進行運轉測試作業，也由於此一作業地點（環境）已成為管制區域，濱岡核電廠出面接待之公關部門人員，未同意攜帶照相機拍攝及人員進入管制區，因此參觀的區域相當有限。另外，接待者為公關部門人員，提出的問題涉及相當多建廠過程、施工管理、結構要求及各種系統測試的技術問題等等，公關課人員並無法當場答覆，不過由於我們態度誠懇，隨行日本原子力產業會議（Japan Atomic Industrial Forum，JAIF）木下先生也願代為請濱岡核電廠協助提出說明，因此留下問題，再由其隨後請相關技術人員說明。以下即為問題及答覆的內容：

問題一：建廠工程管理組織之規劃與時程之掌控

答覆：本公司在工程進度的管理係依據定期取得廠家提供之工程進度報告來進行管理。

問題二：施工與設備安裝間之介面管理

答覆：公司內對各部門的業務職掌有明確規定。

部門間有特別的介面問題產生時，視需要召開協調會後，訂出決定處置的解決方案。

問題三：設備安裝前、中、後各階段之維護保養及管理

答覆：設備由設備製造商負責安裝，電力公司沒有特別規定負責的部門。

問題四：廠務管理中清潔區域等級之劃分及要求事項

答覆：沒有特別規定環境整理（廠務管理）的負責部門。

環境整理（廠務管理）的執行由各部門自行實施與管理。

有關現場的環境是以定期巡查的方式來管理。

問題五：燃料裝填前設備與系統之測試項目、接受標準及測試小組人員之組成與資格要求

答覆：燃料裝填前的系統試驗項目計有 115 個系統。

公司內系統測試人員的資格規定與條件符合審查由各部門的主管來認定。

問題六：燃料裝填後至正式商轉期間之試運轉測試項目、接受標準及測試小組人員之組成與資格要求

答覆：燃料裝填後試運轉的試驗項目有 79 項。

公司內試運轉測試人員的資格規定與條件符合審查由各部門的主管來認定。

問題七：工程結束時建廠單位與運轉單位間之交接模式

答覆：公司內的交接規定是建廠完成時（商業運轉開始日）由施工處處長交接給發電廠廠長。

問題八：施工期間須主動向管制單位報告之項目(含停留查證點)

答覆：法令上並沒有向哪個單位報告的規定。

在其他方面，管制單位有定期提送工程進度狀況報告的要求。

問題九：反應爐安裝時結構要求

答覆：「核原料物質、核燃料物質及核反應爐的相關法律規定」第 24 條（許可基準）有反應爐安裝之結構要求項目。

問題十：廠用電腦系統操作程序書的範圍及內容為何？

答覆：廠用電腦系統在反應爐起動與停機時，有關自動化的操作程序書已經準備完成。

問題十一：廠用電腦系統警報處理程序書的範圍及內容為何？

答覆：主控室有關警報燈號響起的原則與程序，在現場有準備。

問題十二：主控室有關照明設計的基準為何？

答覆：主控室中央附近的照度設計，需確保有 1000 Lx(燭光)的亮度。

問題十三：ABWR 型電廠主控室與以往 BWR 型電廠主控室設計上差異點為何？

答覆：以往主控室（BWR）的設計是間接照明與直接照明的配合，第 5 號機（ABWR）的設計則是以間接照明為主。

問題十四：有何計畫來驗證主控室照明的適切性？

答覆：採用間接照明的方式，讓運轉員的疲勞感可以減輕。

問題十五：規劃如何運用數位儀控系統來輔助現場測試？

答覆：在工廠時，要先確認設備安裝驗證完畢，而在現場進行機械設備的安裝，祇需對儀電接線作確認和主邏輯來進行比較核對。並沒有在現場採用特殊的支援裝置進行驗證測試。

問題十六：現場有沒有針對電磁相容性及電波頻率干擾的測試項目？

答覆：在工廠先作測試來確認是有的，但在現場則沒有這樣的測試作業。

問題十七：數位儀控系統在現場進行的測試項目為何？

答覆：從數位儀控裝設到燃料裝填期間，實施儀電設備安裝測試和系統連鎖(interlock)的確認，以及機械設備線路匹配適宜性確認等，設計驗證原則上是在工廠做確認的工作。

除此之外也參訪了該公司模擬器訓練中心，了解值班人員值班、休假、訓練及人員資格的情形。值班人員共有五班，其中兩班人員輪值運轉、一班訓練、兩班休假。輪

值運轉的排班制度為第一班 8 時至 21 時（13 小時），第二班為 21 時至翌日 8 時（11 小時），每班設課長、副課長及六名運轉員。依照日本核能電廠運轉員之訓練法規—1987 年公佈之發電用核子反應器設置、運轉相關管制規則第 12 條要求：「核子反應器之運轉人員（responsible operator）應報經濟產業省核准。運轉人員應接受適當的訓練，訓練人員應在合格運轉員的監督下執行操作作業」，基於此規定，課長即為必須取得合格運轉員證照之資格，而副課長及運轉員則必須接受適當訓練，經公司審核同意後取得該公司運轉人員資格，並在課長（合格運轉員）的監督下操作電廠運轉作業。在運轉員訓練方面，日本在 1971 年 4 月由日本 10 家電力公司及東芝與日立兩家設計公司聯合投資成立 BTC 訓練公司，共設有四座 BWR 及一座 ABWR 模擬器，分別設置於福島訓練中心（兩座 BWR）及新瀉訓練中心（兩座 BWR 及一座 ABWR），各個電廠均委託 BTC 訓練公司執行訓練及檢定考試，如此可免除每個廠均設置模擬器訓練中心，但濱岡核電廠又基於廠方自己的考量，於 1993 年興建一座 BWR（供第三、四號機訓練用）模擬器訓練中心，之後又於 1999 年興建另一座 BWR（供第一、二號機訓練用）模擬器訓練中心。就訪談了解，由於送往 BTC 模擬器訓練中心訓練，需包含吃、住及訓練等，費用非常高，因此濱岡核電廠再自行興建兩座模擬器訓練中心，聘請退休有執照的運轉員擔任講師，辦理運轉員的各種訓練，需考照人員才送至 BTC 參加檢定考試，以節省培養運轉人員訓練費。

三、參訪北陸電力公司志賀核能電廠第二號機

93 年 12 月 10 日參訪位於日本石川縣金澤市北方羽咋郡的北陸電力公司志賀（Shika）核能發電廠，腹地約佔 160 萬平方公尺，所在地地理位置為和緩的山丘海岸地形，於日本島西岸、西臨日本海，在著名的觀光勝地能登半島南端。北陸電力公司所提供的發電量佔全國供電量 3%，有五座火力發電廠，多個水力發電廠，但僅有一所志賀核能發電廠。志賀核能發電廠共有兩部機組反應爐型式均採用沸水式反應器，一號機是在日本平成元（1988）年 2 月動工興建，平成 5（1993）年 7 月商業運轉（BWR MARK-1 型），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。日本志賀核電廠的規劃設計係由日立公司負總責，電氣／機械設備亦由日立公司製造及安裝，建築工程則與濱岡核電廠相同，由鹿島建設公司負責建造，整個工程的技術問題主要由志賀電廠及日立公司協調解決，介面單純，易於整合，有助於建廠工程管理及時程的掌握（濱岡核電廠亦採相同模式）。反觀國內正興建中的核四廠，不論建築工程或儀控系統等，牽涉廠家眾多，介面整合複雜，困難度高，對臺電公司的管理增加許多的不確定性，增加了臺電公司相當多工作項目與協調工作。

志賀核電廠在參訪時，二號機已完成廠房設施等結構工程及設備安裝作業，正進行系統測試作業，反應器尚未進行爐心燃料裝填，全廠尚未管制出入，因此參訪區域較為廣泛，也對志賀電廠各方面的設計考量有較深入的了解。由於志賀電廠臨日本海，一年四季除氣候有明顯變化外，海象相當穩定，因此在港灣碼頭的設計上，採用一字形的防波堤設計（遊客或釣客無法到達），對沙灘海流的影響相對較小，同時船舶出入相當方便；能登半島屬於丘陵地形，因此設計上配合地形地貌將開挖出來的廢方堆置於電廠南北兩側並綠化造林；主建築體開挖至岩盤上構築，因此建築體高度降低，在外觀上融入周圍環境，使核電廠隱沒在自然環境中，讓人不覺有核電廠的存在，也因此讓志賀核電廠的設計獲選為日本綠建築優良獎，是日本核能電廠中唯一獲得此項榮譽的電廠。（摘錄志賀核能電廠 2 號機重要簡介如附件五）

志賀核能發電廠所在地志賀町人口 16000 人，人口外流嚴重，因此採取了三種方法來抑制人口的外流，第一是協助成立工業區，並給予相關協助，至今已有 2、30 家廠商進駐，員工約 3、4 千人；第二是在志賀町市中心的開發區提供遊憩與休閒等設施，服務當地社區民眾；第三是大量進用當地人，提供就業機會，讓他們參與電廠運作，認識電廠營運安全等等，臺電公司已有相當回饋地方的作法，不過以上日本廠家的作法確也可提供臺電公司參考。

在建廠管理作業方面，承攬廠商為鹿島建設公司，係日本國內頗具知名的建設公司，參與無數大型工程的建設，在興建核能電廠方面的經驗亦相當豐富，就連柏崎刈羽核能發電廠的第六、七號機組兩部機（K6&K7）也是由鹿島及清水建設公司所分別承

攬興建，建廠經驗非常豐富，該公司在核四廠的工程中與榮民公司聯合承攬循環水出水隧道工程，此工程原為核四各工程中預計最晚完工的工程，但現在一號機循環水出水隧道預計今年（94年）底完工，可能成為最早完工的工程，該工程各施工項目與作業方式都能做好事前準備與計畫，且各項作業完成後品質也相當良好，顯見其施工計畫的周延與執行的確實性，鹿島建設公司確實是有豐富經驗與良好施工品質紀錄的建設公司。在施工方法方面，大量採用模組化工具與區塊施工組合，減少介面處理增強品質的系統化，採用的材料也在符合設計規範要求下盡量簡化等等，以上幾種情形可減少現場工作量、現場檢驗項目、簡化、工作介面及施工單純化。

在結構體部份，許多位置採清水模未進行表面塗裝，未發現有混凝土修補或剷除的情形，表面亦無微小孔洞的情形，僅有灌漿組模用的蓮蓬頭填補，而填補的作業品質相當良好；反觀國內核四廠結構牆面埋鈹、線槽林立，這些埋件雖多，但也增加模板組立的支撐，對於牆面位置更能有效的控制，實際上常有混凝土突出埋鈹面需剷除，偶爾有蜂窩補修，且牆面上有無數微小氣泡所留下的孔隙，蓮蓬頭的填補作業也有乾縮情形，雖然在結構安全上不致構成影響，但所顯現的是作業品質控制不佳。混凝土作業品質除了可能受到施工作業的影響外，混凝土的配比也是可能因素之一，核四工程採用的配比有數十組，同一工程便有使用好幾種配比的情形，相對地在日本核能電廠盡量使工程單純化、簡單化的情形，以及核能電廠儘管是汽機廠房設備，也一律要求採用核能級來看，混凝土的配比不會像核四廠這麼多組，相對的品控也較為容易。由此看來日本核電廠的興建有許多觀念是值得我們學習的。

另外我們也參訪了志賀核能電廠二號機的控制室，參訪時廠家日立公司持續與志賀電廠運轉員共同執行系統測試，由於系統設備 24 小時運轉，因此在接收系統測試時亦同樣採 24 小時連續運轉方式測試，測試人員由每班 3 名日立公司人員及 2 名志賀運轉員，24 小時輪班測試。日後進行燃料裝填後，試運轉人員則完全由志賀電廠 7 名運轉員擔任（此部份所談人員是指控制室值班人員），但在此同時日立公司必須派員支援試運轉，支援時間為一年即試運轉全程支援，將分別進行 20%、50%、75% 及 100% 負載的試運轉測試，同時進行安全檢討確認的作業與討論。預計試運轉將耗費一年時間至

2006年3月左右正式商業運轉前止。人力的部分，二號機電廠人員現有150人，其他包含所有廠商人員有1500人，試運轉時人員減至700人，正式商轉時電廠所需人力為350人。值班人員的情形與濱岡電廠相同，同樣採兩班執勤五班制，其中兩班人員輪值運轉、一班訓練、兩班休假。輪值運轉的排班制度則為第一班9時至21時（12小時），第二班為21時至翌日9時（12小時），每班設課長、副課長及六名運轉員，課長必須取得國家考試資格。人員訓練方面因未設置模擬器訓練中心，故均委託BTC代為訓練。其他有關儀控方面的問題，整理如下：

問題一：有沒有廠用電腦系統的操作程序書？程序書的範圍及內容是什麼？

答覆：沒有廠用電腦系統的操作程序書。

操作程序只有起動及停止，通常是不需要操作的。

因為有畫面的觸動（touch）式操作（並不是由鍵盤輸入的）。

問題二：對於廠用電腦系統，有沒有警報處置的程序書？其範圍及目的為何？

答覆：操作說明書目前正在編寫。

目的：警報發生時，可以迅速的反應處理，防止錯誤。

範圍：對於各種警報項目，有其個別的處理方法，程序書已準備中。

問題三：主控制室的照明設備基準為何？

答覆：參照照明設計設備的外觀形狀及功能說明書。

正常時：1000Lx，緊急時：100Lx。

問題四：現有電廠與以往電廠在主控室照明設計上有何差異？

答覆：完全相同。

問題五：有何計畫來確認主控制室照明的適切性？

答覆：計畫之中：執行照度的測定。

問題六：與1號機比較，2號機（與1號機同型）數位儀控系統在工廠及現場不需再執行測試的項目，其可免除測試的基準為何？

答覆：根據執行隨機取樣檢查的規定，即使在工廠及現場沒有執行全數的檢查，也可以確保其可靠度。

問題七：有沒有規劃如何運用數位儀控系統來輔助現場安裝測試？

答覆：訂定試驗條件。

在動作異常發生的情況下，能確認個別異常情況及內容。

利用模擬的數據收集計算機，執行數據的收集，收集過渡現象及長期現象的數據。

問題八：現場如何進行電磁相容性及電波干擾的測試？

答覆：核子儀器裝備的雜訊測定。

利用光纖消除及絕緣雜訊。

利用被覆電纜消除雜訊。

建築物的屏蔽：在建築物周圍，由接地網開始至上升架設的電線都圍起包覆，減少障礙。

問題九：數位儀控系統的測試內容為何？

答覆：設計階段：依據文件確認。

製作階段：依據文件確認。

出廠階段：依序試驗、警報試驗、擷取試驗。

系統試驗階段：連鎖試驗、各響應動作試驗。

起動試驗階段：安全系統的動作試驗。

肆、建議事項

- (一)核電廠儀控系統驗收測試為一相當重要的階段，驗收測試愈完整，則未來電廠安裝、測試及試運轉愈能順利進行，如何確保測試的完整性亟待共同研討。
- (二)日本沸水式反應器（BWR）運轉員訓練中心（BTC）基於風險共同承擔理念，由日本兩家 BWR 供應商（東芝與日立）及日本十家電力公司集資興建，並共同擁有但獨立運作。現有兩處廠址，位在日本 Niigata（新瀉）及 Fukushima（福島），涵括四座運轉中的 BWR 機型及一座 ABWR 的現代化觸控式模擬器，所有運轉員的檢定考試均委託 BTC 模擬器訓練中心辦理。此方式對於管制單位而言有一定的公平客觀性，技術上又減輕管制單位的負擔，其制度模式可供我國參

考。

- (三)日本志賀核電廠的設計除反應器廠房、控制廠房以及汽機廠房外，其他像抽水機房、開關廠的設計，都明顯的比國內設計小，但相信設計容量應不致比我國的設計容量小才是。有感於此方面的差異，在設計上採用較大容量設備機組，減少硬體設施及其設備維護，亦或採用較小容量設備機組，增加機組的可調性，同時相對增加維護及作業複雜性。此兩方面的差異在興建及營運階段均有相當的影響，是值得臺電公司及本會研究探討的課題。
- (四)日本的核電廠在設計時已將設備型號容量等資料確定，使得設計幾近完成（約95%）後才進入施工階段，讓施工及設備安裝都能照預定進度來進行。但核四工程與日本核電廠興建過程的比較可以發現，核四施工過程中設計影響施工的情形非常多，雖然核四工程存在著諸多先天不利的因素，導致工程介面非常複雜，但任何一個計畫，都應儘可能週延的考量可能的情形，再計畫確認可行後再施工才是，也就是核四工程的整個計畫存在太多不確定性，而這些不確定性並非完全不可控制，應儘可能降低這些不確定性後，在進行施工作業（含設備安裝），讓工程進行中儘管介面多，也僅需要先後順序或細部的調整，對工程的掌握及品質的確保，一定可以發揮相當作用。
- (五)日本建廠的施工方式係以每一樓層平面 **Block** 切割方式，並依主要工程之進度將建築、機械、電機區分依序施工，因此大大減少施工介面，盡量模組化的結果，可以減少很多不必要的衝突。而且 **Block** 之後有許多作業在工廠先預製、組裝，可有效縮短工期，此作業方式值得我們參考。
- (六)核四建廠工程屬計畫性工程，理應有週延的計畫與思考，一般大型工程或計畫都會採取統包的方式進行，且分包的制度現在也非常少用（所謂分包係指業主發包方式而論），若非採分包制度不可，則一定需要聘請有經驗的顧問公司來管理，特別是擁有 **ABWR** 的建廠經驗，顯然核四工程在這方面需多做檢討。
- (七)本次參訪係透過日本原子力產業會議（**JAIF**）居間協調，方能順利成行；在參訪核電廠過程中，**JAIF** 亦熱心派員隨行。不容置疑地，在促進台日雙方核能經驗

或資訊交流上，JAIF 扮演著重要的角色。本會在建制上無專職溝通協調人員，乃透過非官方機構與 JAIF 人員溝通聯絡，而全世界僅日本與我國採用 ABWR 型核能電廠，日本已運轉多年有相當多值得我國學習參考與借鏡的地方。國內是否需要一個可與 JAIF 對口的組織，值得思索（JAIF 政策企劃本部高橋誠一郎部長也在隨行交流中，提及此一問題；高橋先生認為目前國內由謝牧謙博士領導的核能科技協進會規模太小，活動受限，在這方面應可推動加強，作為日本與我國間的窗口，增進彼此交流的機會）。

伍、附錄

附件一：ABWR 與 BWR 核能電廠差異比較

附件二：參訪學習計畫

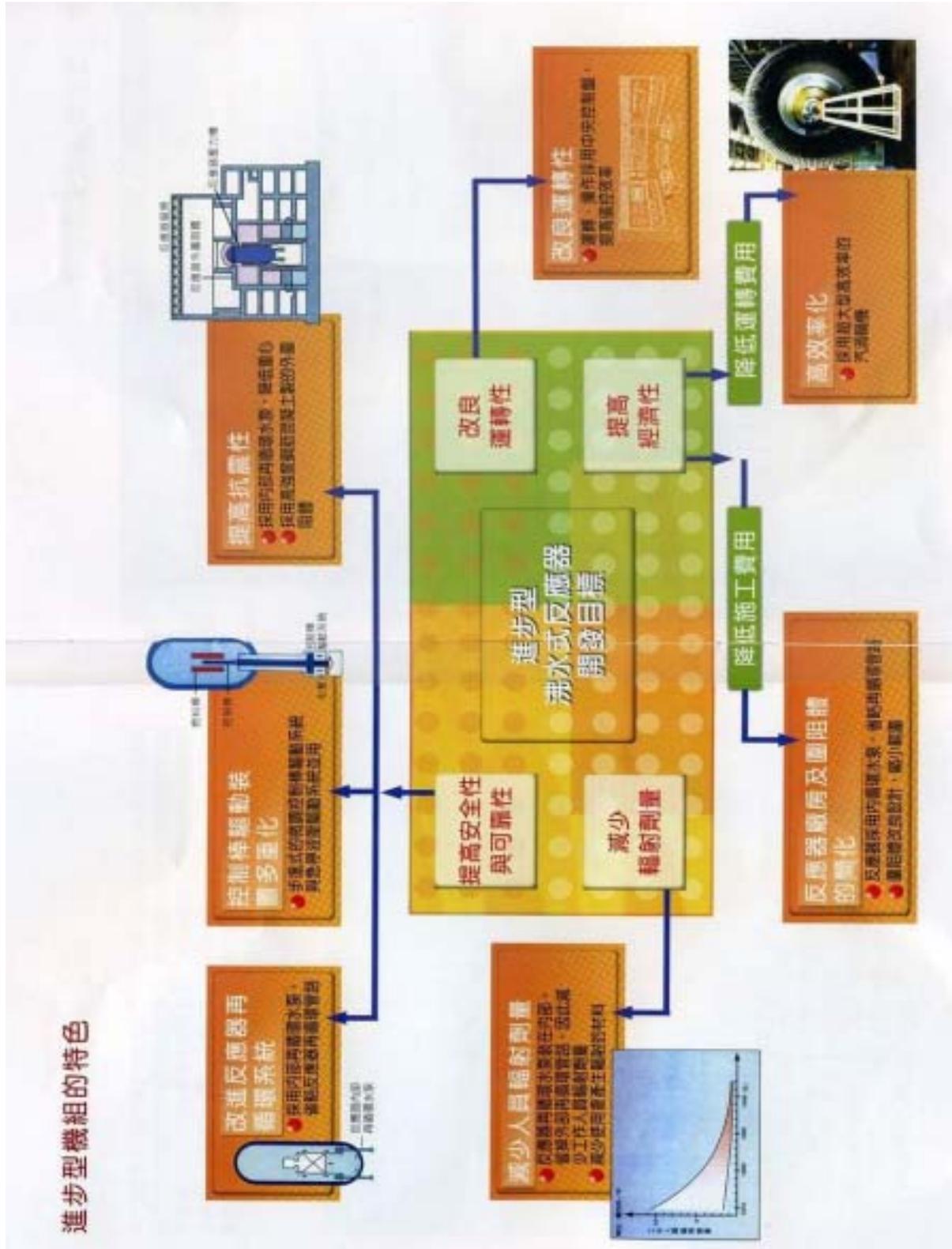
附件三：核四廠反應器壓力槽製造商 IHI 公司參與核能工程設備製造

參考資料

附件四：摘錄濱岡核能電廠 5 號機重要簡介

附件五：摘錄志賀核能電廠 2 號機重要簡介

附件六：參訪相關照片





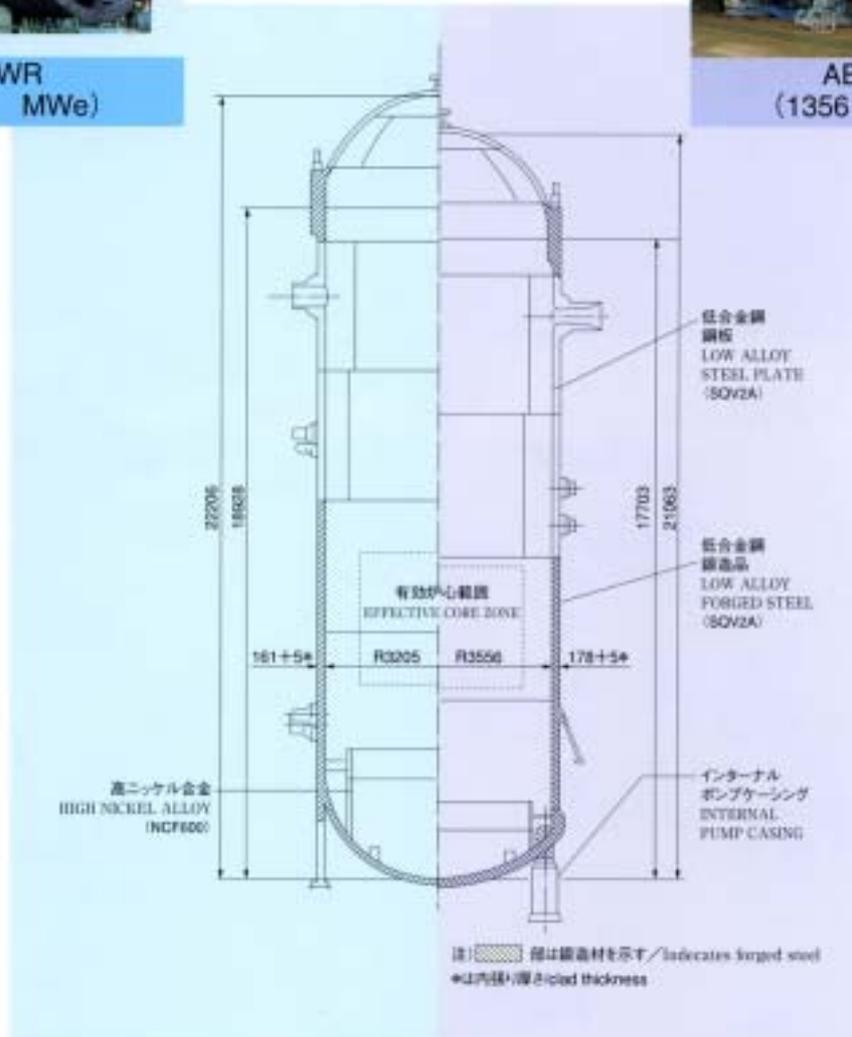
BWR
(1100 MWe)

原子炉压力容器 (RPV) の構造比較

Comparison of RPV Structure



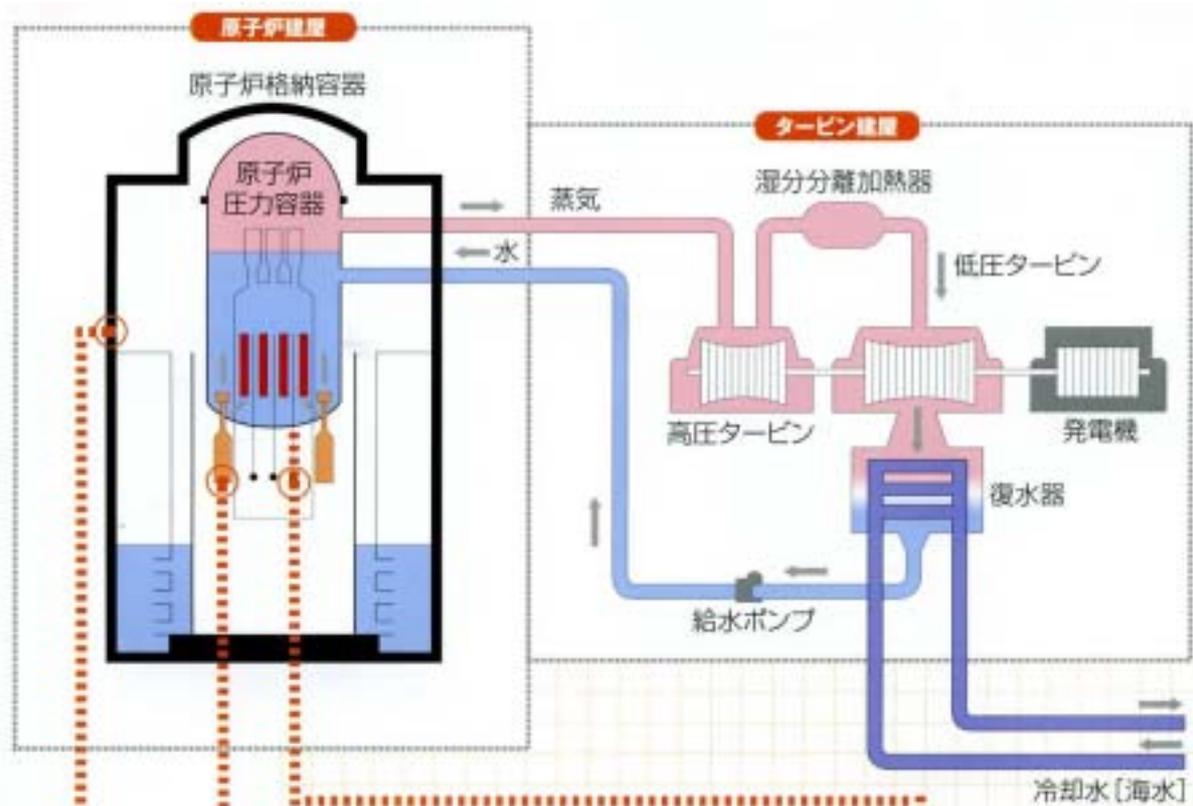
ABWR
(1356 MWe)



ABWR (135.6万kW) 原子炉压力容器の仕様

Main characteristics

電気出力	(Out put)	1356MWe
最高使用圧力	(Max. operating pressure)	8.62Mpa (87.9kg/cm ²)
最高使用温度	(Max. operating temperature)	302℃
内部容積	(inner volume)	750m ³
質量	(weight)	約900Ton



鉄筋コンクリート製格納容器の採用

従来型BWR **改良型BWR**

鋼製格納容器にかえて鉄筋コンクリート製格納容器を採用しています。これにより原子炉建屋と原子炉格納容器が一体となり、かつ重量化が図れ、高い耐震性を有しています。

原子炉内蔵型再循環ポンプの採用

従来型BWR **改良型BWR**

原子炉内蔵型再循環ポンプを採用することにより、再循環系配管がなくなり、定期検査時に作業員が受ける放射線量が低減されます。

改良型制御棒駆動機構の採用

従来型BWR **改良型BWR**

通常運転時の制御棒駆動方式を電動駆動とすることにより、連続して微調整が可能となり、運転性が向上します。

日本進步型沸水式反應器核電廠參訪計畫（附件二）

一、目的

為瞭解並學習日本進步型沸水式核能機組之建造與運轉經驗，以作為核四建廠管制之參考，並增進雙方經驗交流。

二、參訪人員

郭成聰：行政院原子能委員會核能研究所核儀組副組長

張國榮：行政院原子能委員會核能管制處核四專案小組視察員

三、參訪期程

2004年12月7日參訪濱岡核電廠第5號機

2004年12月10日參訪志賀核電廠第2號機

四、參訪及學習事項

建造及測試與試運轉經驗－濱岡核電廠第5號機&志賀核電廠第2號機

- 建廠工程管理組織之規劃與時程之掌控
- 施工與設備安裝間之介面管理
- 設備安裝前、中、後各階段之維護保養及管理
- 廠務管理中清潔區域等級之劃分及要求事項
- 燃料裝填前設備與系統之測試項目、接受標準及測試小組人員之組成與資格要求
- 燃料裝填後至正式商轉期間之試運轉測試項目、接受標準及測試小組人員之組成與資格要求
- 工程結束時建廠單位與運轉單位間之交接模式
- 施工期間須主動向管制單位報告之項目(含停留查證點)
- 反應爐安裝時結構要求
- 現場參訪（含主控制室作業）並期望能觀摩現場當時進行中之測試

VISITING NUCLEAR POWER PLANT (ABWR) IN JAPAN

一、 Purpose

The purpose of this trip is to understand and gain experience in the construction and operation of Japan's ABWR NPP. These valuable regulation experiences can be applied to the construction and operation of our Fourth Nuclear power plant as well to as enhance the information exchange for both sides.

二、 Visiting Team

郭成聰：行政院原子能委員會核能研究所核儀組副組長

張國榮：行政院原子能委員會核能管制處核四專案小組視察員

三、 Visiting Schedule

Visit Shika #2 NPP on Dec.10, 2004

Visit Hamaoka #5 NPP on Dec.7, 2004

四、 參訪及學習事項 (QUESTIONS)

Construction and Testing Experience – Visiting Shika-2 & Hamaoka #5 Nuclear Power Plant

1. Plans of Engineering Management and Schedule Controls
2. Interface Management of Construction and Equipment Installation
3. Maintenances and Management of Equipment Installation at various Construction Stages
4. Division of housekeeping at site and their requirements
5. Items set forth for equipment and system test before fuel loading and their personnel qualification requirements
6. Items set forth for pre-operation test after fuel loading and their personnel qualification requirements
7. Transfer Method between Construction Units and Operation

Units when the Engineering Work has Completed

8. Items have to be reported to the Regulatory Agency during the Construction Period (encompasses all hold points)
9. Structural Requirements for the Reactor Installation
10. Site Tour and wishes to view any tests conduction at the time.
11. Plant Computer System (PCS)
 - (1). Is there a System Operation Procedure (SOP) for Shika #2/Hamaoka #5 Plant Computer System? What is the scope and content?
 - (2). Is there an Alarm Response Procedure (ARP) for Shika #2/Hamaoka #5 Plant Computer System? What is the scope and content?
12. Lighting in Main Control Room (MCR)
 - (1). What is the design basis for the lighting of Shika #2/Hamaoka #5 MCR?
 - (2). Is there any design difference between Shika #2/Hamaoka #5 MCR and conventional MCR?
 - (3). What kind of verification activity is planned for ensuring the suitability of the lighting of MCR?
13. I&C Testing
 - (1). Test contents for Unit 2 (duplicate to Unit 1) as compared to Unit 1, what are the criteria used to justify items not to be retested at factory and site?
 - (2). How are Digital I&C Systems planned to support the performance of construction tests at site?
 - (3). How are Electric Magnetic Compatibility/Radio Frequency Interference (EMC/RFI) Tests performed at site?
 - (4). How are Digital I &C Systems Tests performed at site?
14. What kind of software configuration management tool was adopted in DCIS?

PRODUCTS & MANUFACTURING RECORD OF DOMESTIC NUCLEAR POWER PLANTS 1 / 2

Closed	Customer	Name of plant	Output Mwe gross	Type of reactor	Date of turn over	Main constructor	IHI				
							RPV	PCV	Hx.	Pipe	RW
	Japan atomic energy research institute	JPDR	12.5	BWR	1963/10	GE		○	○	○	
	Japan atomic power co.	Tsuruga-1	357	BWR	1970/3	GE		○			
	Power reactor & nuclear fuel development corp.	Joyo	-	FBR	1977/4	TOSHIBA		○			
	Power reactor & nuclear fuel development corp.	Fugen	165	ATR	1979/3	Joint Venture		○			
	Tokyo electric power co.	Fukushima I -1	460	BWR	1971/3	GE	○	○		○	
	Tokyo electric power co.	Fukushima I -2	784	BWR	1974/7	GE/TOSHIBA	○		○	○	○
	Tokyo electric power co.	Fukushima I -3	784	BWR	1978/3	TOSHIBA	○	○	○	○	○
	Tokyo electric power co.	Fukushima I -5	784	BWR	1978/4	TOSHIBA	○		○	○	○
	Tokyo electric power co.	Fukushima I -6	1100	BWR	1979/10	GE/TOSHIBA	○		○	○	○
	Chubu electric power co.	Hamaoka-1	540	BWR	1978/3	TOSHIBA	○	○	○	○	
	Chubu electric power co.	Hamaoka-2	840	BWR	1978/11	TOSHIBA	○	○	○	○	○
	Tokyo electric power co.	Fukushima II -1	1100	BWR	1982/4	TOSHIBA	○	○	○	○	○
	Tohoku electric power co.	Onagawa-1	524	BWR	1984/6	TOSHIBA	○	○	○	○	○
	Tokyo electric power co.	Fukushima II -3	1100	BWR	1985/6	TOSHIBA	○	○	○	○	○
Operating											

(附件三)

 **PRODUCTS & MANUFACTURING RECORD OF
DOMESTIC NUCLEAR POWER PLANTS 2 / 2**

	Customer	Name of plant	Output Mwe gross	Type of reactor	Date of turn over	Main constructor	IHI					
							RPV	PCV	Hx.	Pipe	RW	
Operating	Tokyo electric power co.	Kashiwazaki Kariwa-1	1100	BWR	1985 / 9	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Chubu electric power co.	Hamaoka-3	1100	BWR	1987 / 8	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Tokyo electric power co.	Kashiwazaki Kariwa-2	1100	BWR	1990 / 9	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Tokyo electric power co.	Kashiwazaki Kariwa-3	1100	BWR	1993 / 7	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Chubu electric power co.	Hamaoka-4	1137	BWR	1993 / 9	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Tohoku electric power co.	Onagawa-2	825	BWR	1995 / 7	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
Under construction	Tokyo electric power co.	Kashiwazaki Kariwa-6	1350	ABWR	1996 / 12	GE/TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Tohoku electric power co.	Onagawa-3	825	BWR	2002 / 1	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Power reactor & nuclear fuel development corp.	Monju	280	FBR	(1993 / 10)	Joint Venture						○
	Chubu electric power co.	Hamaoka-5	1380	ABWR	(2005 / 1)	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○
	Tohoku electric power co.	Higashidori-1	1100	BWR	(2005 / 6)	TOSHIBA	○	○	○	○	○	○

 **PRODUCTS & MANUFACTURING RECORD OF INTERNATIONAL
POWER PLANTS(EXPORTED) 1/2**

Component	Plant	Country	Quantity	Year Shipped
RPV	Brownsferry-2	USA	1 set	1971
RPV	Brownsferry-3	USA	1 set	1972
RPV	Ringhals-1	Sweden	1 set	1972
RPV	Lung Men-2	Taiwan	1 set	2003(Under Fabrication)
SG	Indian Point-3	USA	4 sets	1987
	WPPSS-2	USA	1 set	1974
	Seabrook-1&2	USA	2 sets	1978
	WPPSS-1	USA	1 set	1979
	WPPSS-1&4	USA	2 sets	1980
	WPPSS-3,4,&5	USA	3 sets	1980
Containment Vessel	Qin Shan-1	China	1 set	1987
	Ling Ao-1&2	China	2 sets	1999
	Ling Ao-1&2	China	4 sets	1999
	Lungmen-1&2	Taiwan	6 sets	2001~2004
	Lungmen-1&2	Taiwan	4 sets	2001~2004
	Lungmen-1&2	Taiwan	2 sets	2003,2004

◆ PRODUCTS & MANUFACTURING RECORD OF INTERNATIONAL
POWER PLANTS(EXPORTED) 2/2

Component	Plant	Country	Quantity	Year Shipped
Piping	Class-1 Piping	Korea	215ton	1979
	Recombination Tee	Mexico	4 set	1979
	PLR,RHR,CUW,CS Piping (Type 316NG)	USA	83 ton	1984
	PLR,RHR,CUW Piping (Type 316NG)	USA	60 ton	1985
	PLR,IC,LPCI,SHC,CUD (Type 316NG)	Spain	45 ton	1985
	PLR,RHR,CUW Piping (Type 316NG)	USA	2 ton	1986
	Class-2,3 Piping	Taiwan	200 ton	1999~2003
Others	Support for RV, SG, CRDM, Manway Cover, Crossover Leg, RCP, and Pressurizer	Taiwan	Each set 1	1981
	Breeder Reactor Equipmet Fuel Storage Tank	USA	1 set	1982

Welcome to Hamaoka NPS



Dec. 7 2004
Chubu Electric Power Co., Inc.

Outline of Chubu Electric Power Co.

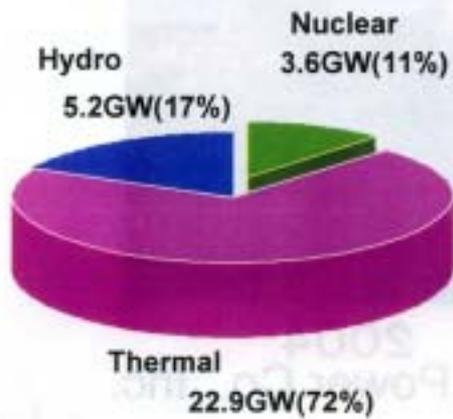


- ❖ Generating Capacity : 31.7 GW as of March '04
- ❖ Electric Energy Sales Volume : 122.2 thousands GWh in Fiscal '03
- ❖ 10.3 million Customers as of March '04
- ❖ 17,416 Employees as of March '04

Share of Electric Power Facilities

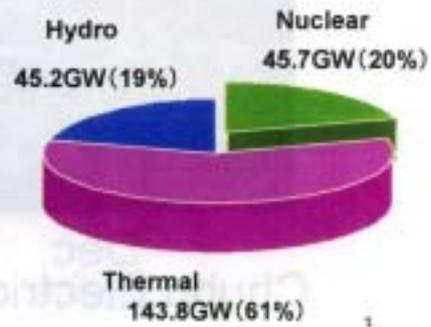
Chubu Electric Power as of Fiscal 2003

Total 31.7GW



Japan as of Fiscal 2003

Total 234.7GW



Outline of Hamaoka NPS



Site Area : 1.6 km²

Employees : 709

Contractor Personnel
: 2,834

(as of Nov. 1 '04)

4

Organization & Generating Capacity

Hamaoka Nuclear Central Administration Office

Hamaoka Nuclear Power Station

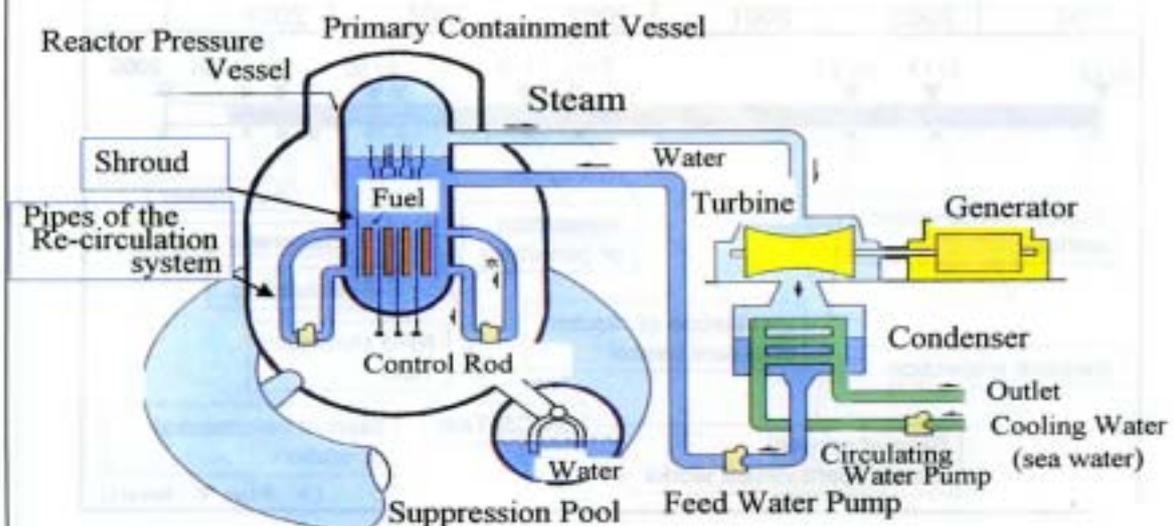
Hamaoka Nuclear Power Plant Construction Office

	Generating Capacity(MW)	Start of Commercial Operation
Unit 1	540	1976
Unit 2	840	1978
Unit 3	1100	1987
Unit 4	1137	1993
Total		3617

	Generating Capacity(MW)	Start of Commercial Operation
Unit 5	1380	2005(planning)

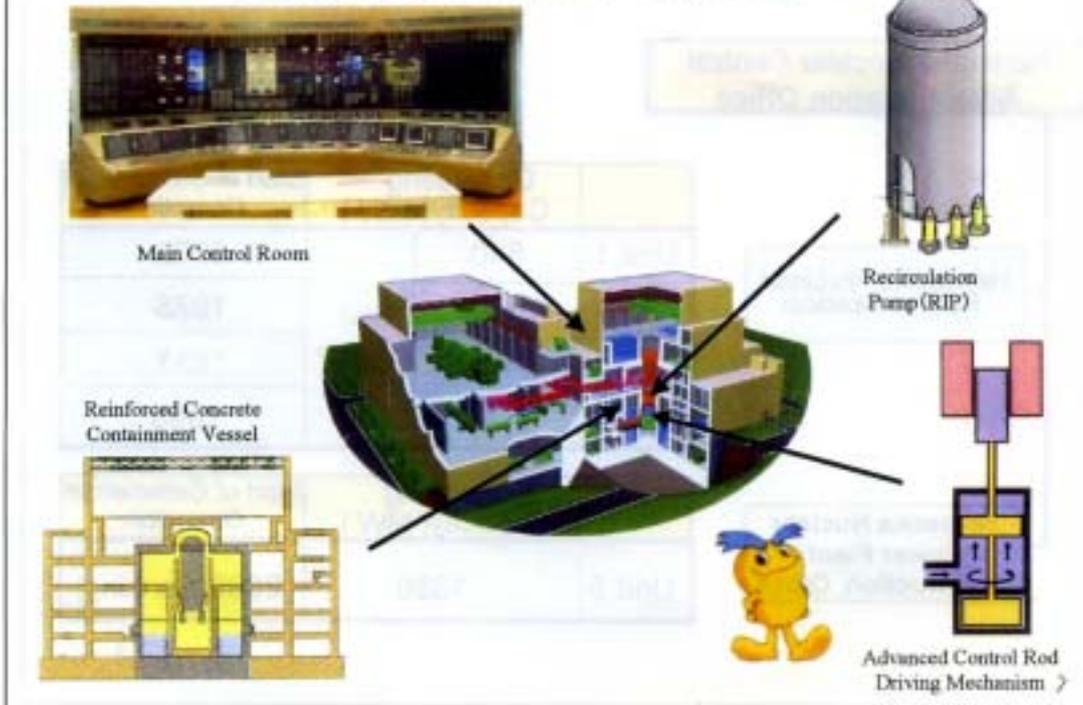
5

Outline of the Nuclear Power Station(BWR type)

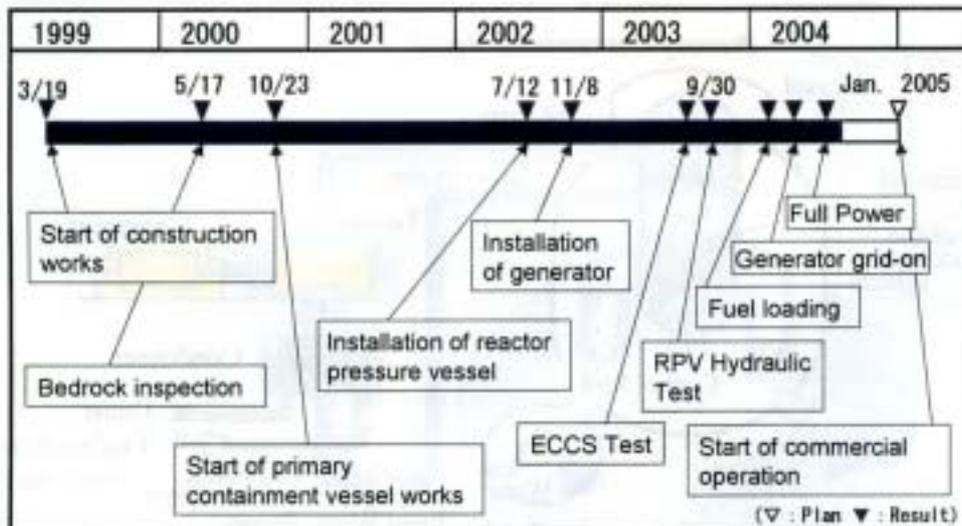


6

Main Features of Unit 5



Schedule of Unit 5



Percentage of Completion : 99.1% (as of November 30 2004)

Hamaoka Nuclear Exhibition Center and New Energy Exhibition Hall

➤ Hamaoka Nuclear Exhibition Center



- Opening in 1972
(Replaced on April 1988)
- Since its opening, 8 million people has visited this center. (February 1st, 2004)

➤ New Energy Exhibition Hall



- Opening on July 1997

11

Disclosure of Plant Operation Data

Items

- | | |
|---|----------------------------|
| 1: Generating Power | 5: Monitoring Station |
| 2: Stack Radiation Monitor | 6: Wind velocity/direction |
| 3: Water discharge outlet radiation monitor | 7: Dose in Nagoya City |
| 4: Monitoring Post | |

On-line monitor

- Hamaoka Nuclear Exhibition Center
- Lobby of town halls around Hamaoka NPS
- Shizuoka Pref. Environmental Radiation Monitoring Center
- Street Monitor in Nagoya

On Internet

From November 2000, everyone can see these plant operation data on the home page of Hamaoka NPS.

From June 2002, information of small accidents and periodical inspection's progress is also carried.

<http://www.chuden.co.jp/hamaoka/index.html>
2/20/04 14:26:00 APM



12

(附件五)

はじめに

日頃から当社の事業につきまして、皆さまの暖かいご理解とご協力を賜り、厚くお礼申し上げます。

当社は、長期的な展望に立ち、安定供給の確保、供給コストの低減、環境保全の観点から原子力をはじめとする電源の多様化を進めております。特に、エネルギーセキュリティーの確保、地球温暖化防止のための二酸化炭素の低減に、原子力は大きな役割を果たす電源であると考えております。

このような考えのもと、志賀原子力発電所の建設を進めております。

おかげさまで1号機は、平成5年7月に営業運転を開始し、電気の安定供給に大きな役割を果たしておりますが、さらに、平成10年代後半の重要な電源として2号機を建設中です。建設に当たっては、1号機の経験を十分に生かすとともに、品質管理、環境保全、工事安全に万全を期して、地域の皆さまから信頼される発電所づくりに全力をあげる所存でございますので、今後とも、なお一層のご理解とご協力をお願い申し上げます。

目次

はじめに	1
1 2号機の概要	2
2 2号機の特徴	3
3 建設工事の概要	5
4 環境への配慮	9
5 2号機主要経緯	10

1

2号機の概要

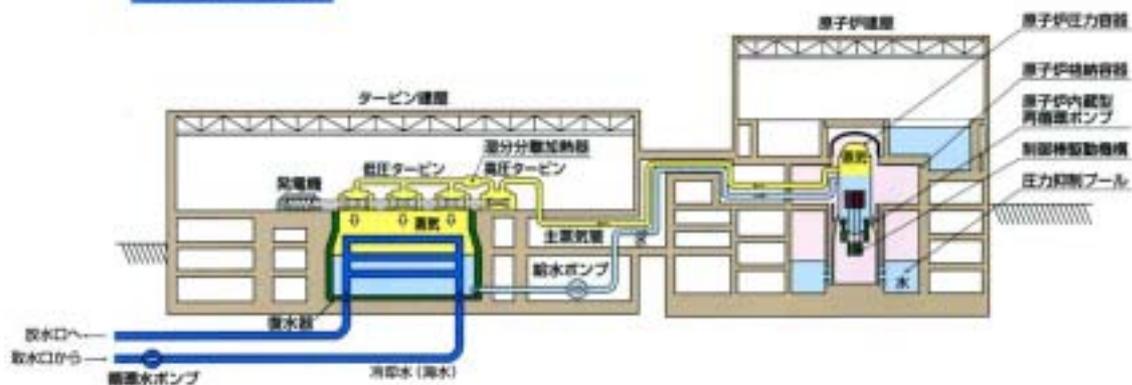


2号機設備概要

発電所位置 石川県羽咋郡志賀町字赤住
 発電所敷地面積 約160万㎡
 定格電気出力 135万8千kW

原子炉	型式	沸騰水型軽水炉(改良型BWR)
	定格熱出力	392万6千kW
	圧力・温度	約7.1MPa(約72kg/cm ²), 287℃(出口)
燃料	種類	低濃縮二酸化ウラン
	平均濃縮度	約3.5%(初装荷時)
	燃料集合体	872体
原子炉圧力容器	全高/内径	約21m/約7.1m
	厚さ	約170mm
原子炉格納容器	形式	圧力抑制形(鉄筋コンクリート製)
	内高/内径	約36m/約29m
	厚さ	約2m(鋼製内張部 約6mm)
タービン	形式	くし形6流排気復水式(再熱式)
	回転数	1,800回転/分
	蒸気流量	約7,300トン/時
発電機	形式	横軸円筒回転界磁3相交流同期発電機
	容量	約154万kVA

主要施設断面図



2 2号機の特徴

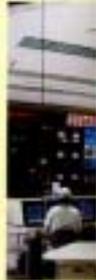
志賀2号機は、電気出力135万8千キロワットの最新の沸騰水型原子力発電所です。

この原子力発電所は、これまでに培ってきた国内外の原子力発電所の建設・運転・保守の経験を踏まえ、国、メーカー、電力会社で開発実証された技術を集大成した安全性・信頼性に優れたプラントです。

主な特徴として、原子炉内蔵型再循環ポンプ、改良型制御棒駆動機構、鉄筋コンクリート製原子炉格納容器、改良型中央制御盤など最新の技術を採用し、安全性・信頼性の確保に万全を期しています。

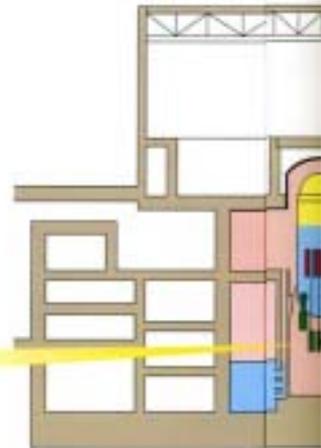
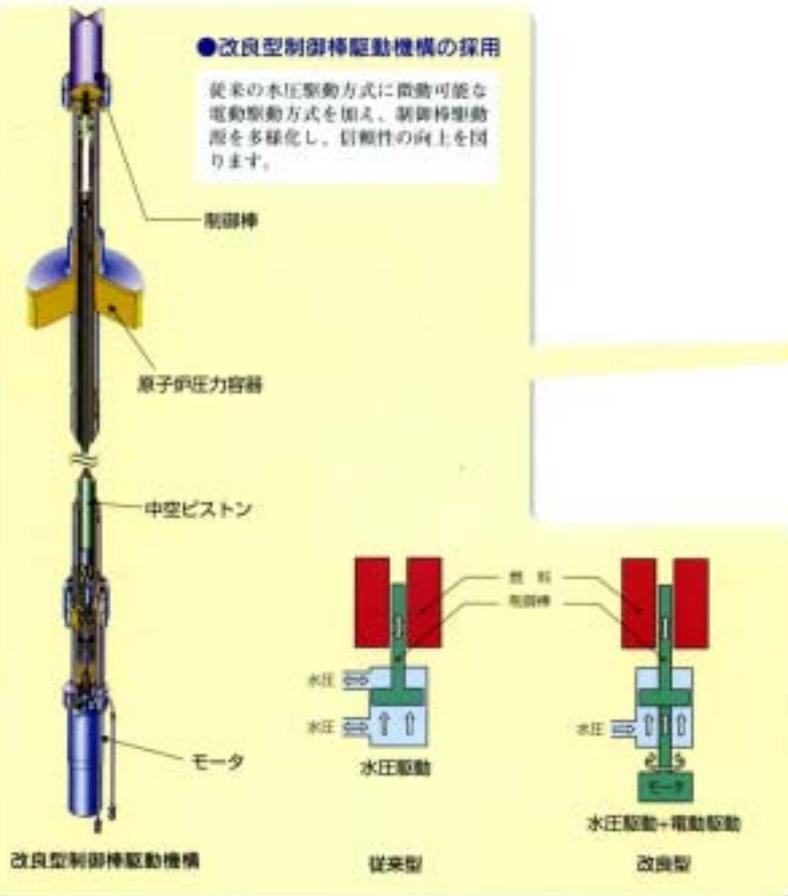
●改良型中央制御盤の採用

大型表示盤の設置により情報の共有化と、監視・操作性の向上を図ります。



●改良型制御棒駆動機構の採用

従来の水圧駆動方式に電動駆動可能な電動駆動方式を加え、制御棒駆動源を多様化し、信頼性の向上を図ります。



●改良型

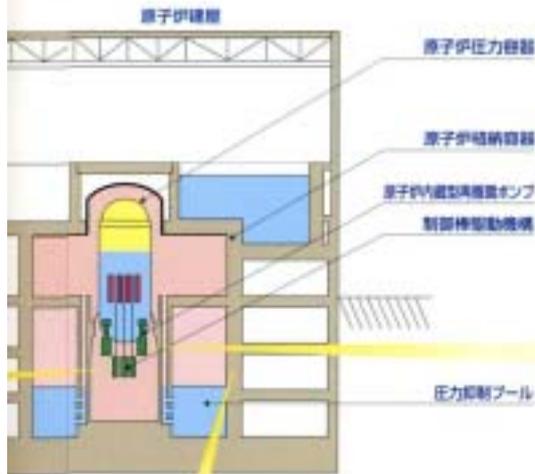
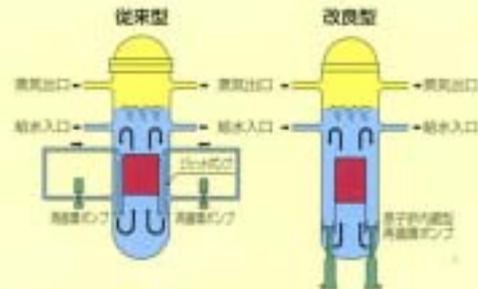




中央制御室（系統試験の様子）

●原子炉内蔵型再循環ポンプの採用

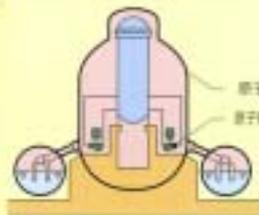
原子炉再循環ポンプを原子炉圧力容器に内蔵することにより原子炉圧力容器外部の配管系統を簡素化し、安全性の向上を図ります。



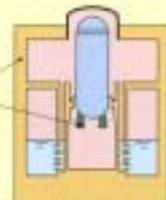
原子炉内蔵型再循環ポンプモデル

●鉄筋コンクリート製原子炉格納容器の採用

原子炉建屋と一体構造となる鉄筋コンクリートの原子炉格納容器（鋼製内殻）を採用し、十分な耐震性の確保を図ります。

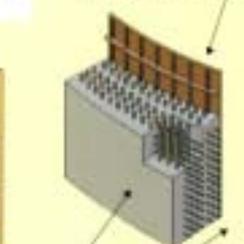


従来型



改良型

鋼製内殻部（約6mm）



鉄筋コンクリート部 約2m



鉄筋コンクリート製原子炉格納容器モデル

3

建設工事の概要

主要工事内容と規模

施設・設備		構造・規模
土木工事	基礎掘削	掘削量約72万m ³ 、最大深さ約32m
	取水路	延長約405m×内径6.8m
	取水槽	長さ62m×内幅25m×内高約26m
	放水槽	長さ40m×内幅18m×内高約19~24m
	放水路	本坑：延長約730m×内径6.8m 分岐坑：延長約80m×内径4.8m×2条
建築工事	原子炉建屋	鉄筋コンクリート、一部鉄骨造 地上5階、地下2階、床面積約3万2千m ²
	タービン建屋	鉄筋コンクリート、一部鉄骨造 地上3階、地下3階、床面積約3万1千m ²
	廃棄物処理建屋	鉄筋コンクリート造 地上4階、地下3階、延床面積8千m ²
	海水熱交換器建屋	鉄筋コンクリート造 地上2階、地下2階、延床面積4千m ²
	排気筒	鋼製自立型 地上高さ100m
機器据付工事	原子炉格納施設	圧力抑制形（鉄筋コンクリート製） 内径約29m、内高約36m
	原子炉圧力容器	鋼製胴部 内径約7.1m、全高（内のり）約21m
	タービン	くし形6流排気復水式（再熱式）
	発電機	横軸円筒回転界磁3相交流同期発電機

建設工事工程

項目	年度	平成10	11	12	13	14	15	16	17
			▲ 準備工事 着手						▲ 運転
準備工事		■							
土木・建築工事			■	■	■	■	■	■	
機器据付工事					■	■	■	■	
試運転									■

建屋・機器据付工事

工場や現地の組立エリアで機器・構造物を一体化（モジュール化）ないし大ブロック化し、大型クローラークレーンを使用して据付箇所に搬入・組立てることにより、工事の安全・品質の向上、工期の短縮を図りました。



原子炉圧力容器の搬入を原子炉建屋建築工事と干渉せず並行して行いました。（重量：約800トン、内径：約7.1m）

原子炉圧力容器据付

（平成15年9月）

原子炉建屋断面図

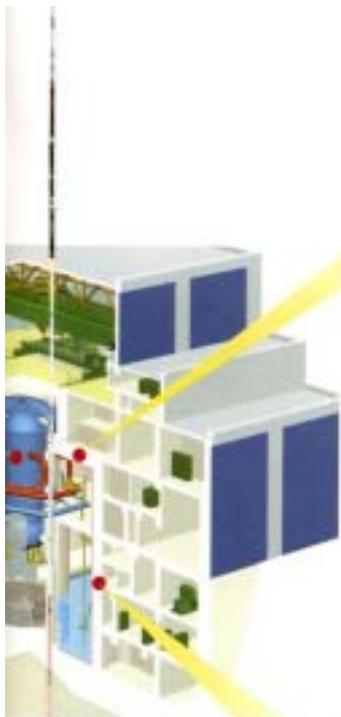


主蒸気配管トンネル内の配管・弁等及びそれらを支える構造物を現地組立エリアで一体化して吊り込みました。（重量：約650トン）

原子炉格納容器 ドライウェル機器・配管大型モジュール据付



（平成15年2月）



鉄筋コンクリート製原子炉格納容器上部（トップスラブ）部分の鉄筋・内張りライナ・配管を現地組立エリアで一体化して吊り込みました。
 (直径：約30m、重量：約300トン)

トップスラブ据付



(平成15年6月)

鉄筋コンクリート製原子炉格納容器内張りのライナを大ブロック化して大型クローラークレーンにより吊り込みました。
 (直径：約30m、重量：約680トン)

鉄筋コンクリート製原子炉格納容器内張りライナ据付

前後にクローラを設けた世界最大級のクレーン。最大重量930トンの物を吊り上げたまま移動することができます。平成16年4月まで使用し、その後解体しました。

大型クローラークレーン
ビッグ アイビス
 【愛称：BIG IBIS(大きな朱鷺)】



(平成14年1月)

4 環境への配慮

2号機の建設工事にあたりましては、環境保全対策に万全を期して進めてまいります。

冷却水の取・放水

冷却水の取・放水にあたっては、発電所周辺海域の地形、海象などの状況を踏まえ、1号機と同様、深層取水、水中放水方式を採用して漁業や海生生物などへの影響の低減を図ります。

なお、冷却水流量は毎秒93立方メートルで、取水と放水の温度差は7℃以下とします。

緑化計画

樹木伐採範囲を必要最小限にとどめ、改変する区域についてはできるかぎり緑化を行うとともに、鳥類などが好む植物を取り入れた植栽を行います。

自然景観

発電所建屋などの配置、色彩について周辺の自然景観と調和するよう配慮します。

騒音・振動

建設機械などの使用にあたっては、工法や機種を適切に選定し、周辺環境にあたる影響を少なくするよう配慮しています。

水質汚濁・一般排水

陸域の工事にともなう濁水は、濁水処理設備で適切な処理を行い、排出しています。海域の工事にあたっては、施工場所周辺に汚濁拡散防止膜を設置するなどにより、周辺海域にあたる影響を少なくするよう配慮しています。

資機材の運搬

陸上輸送にあたっては、運転者に対する安全教育の実施や、必要に応じて交通監視員を配置するなどの対策を行い、安全運転に努めています。また、海上輸送にあたっては、他の船舶の航行や漁業の操業に影響を与えないよう努めています。

掘削した土石の処理

掘削工事により発生する土石は、敷地内に盛土しています。

リサイクル

コンクリート廃材は道路の路盤材として再利用するなど、工事にともなう廃材については、資源保護の観点からできるだけ有効利用に努めています。

5

2号機主要経緯

- 平成 5 年 5 月 建設及び環境調査の申し入れ
- 平成 6 年 7 月 環境調査を開始（終了 平成7年6月）
- 平成 7 年11月 環境影響調査書・環境影響評価準備書を提出
- 平成 8 年11月 第一次公開ヒアリング開催
- 平成 9 年 3 月 電源開発調整審議会において電源開発基本計画への組み入れを了承（着手）
- 平成 9 年 4 月 修正環境影響調査書、環境影響評価書を提出
- 平成 9 年 5 月 志賀原子力発電所2号機増設に係る原子炉設置変更許可申請書を提出
- 平成10年 9 月 建設準備工事着手
- 平成10年10月 第二次公開ヒアリング開催
- 平成11年 4 月 原子炉設置変更許可
- 平成11年 8 月 建設協定締結
- 平成11年 8 月 工事計画認可（第一回）
着工
- 平成13年 6 月 原子炉建屋基礎盤検査受検
- 平成15年 9 月 原子炉圧力容器据付
- 平成16年 4 月 275kV送電線より所内受電
- 平成18年 3 月 営業運転開始（予定）



平成16年9月
非常用炉心冷却系(ECCS)の原子炉注水状況



発電所完成予想写真

● 写真誌の写眞
 【左上】 平家貞雄：志賀町（町）
 【右下】 萩原大輔



參觀東芝核能研究中心 ABWR 反應器及圍阻體模型



利用大型吊具進行區塊設備組裝施工情景



利用大型吊具進行區塊設備組裝施工情景



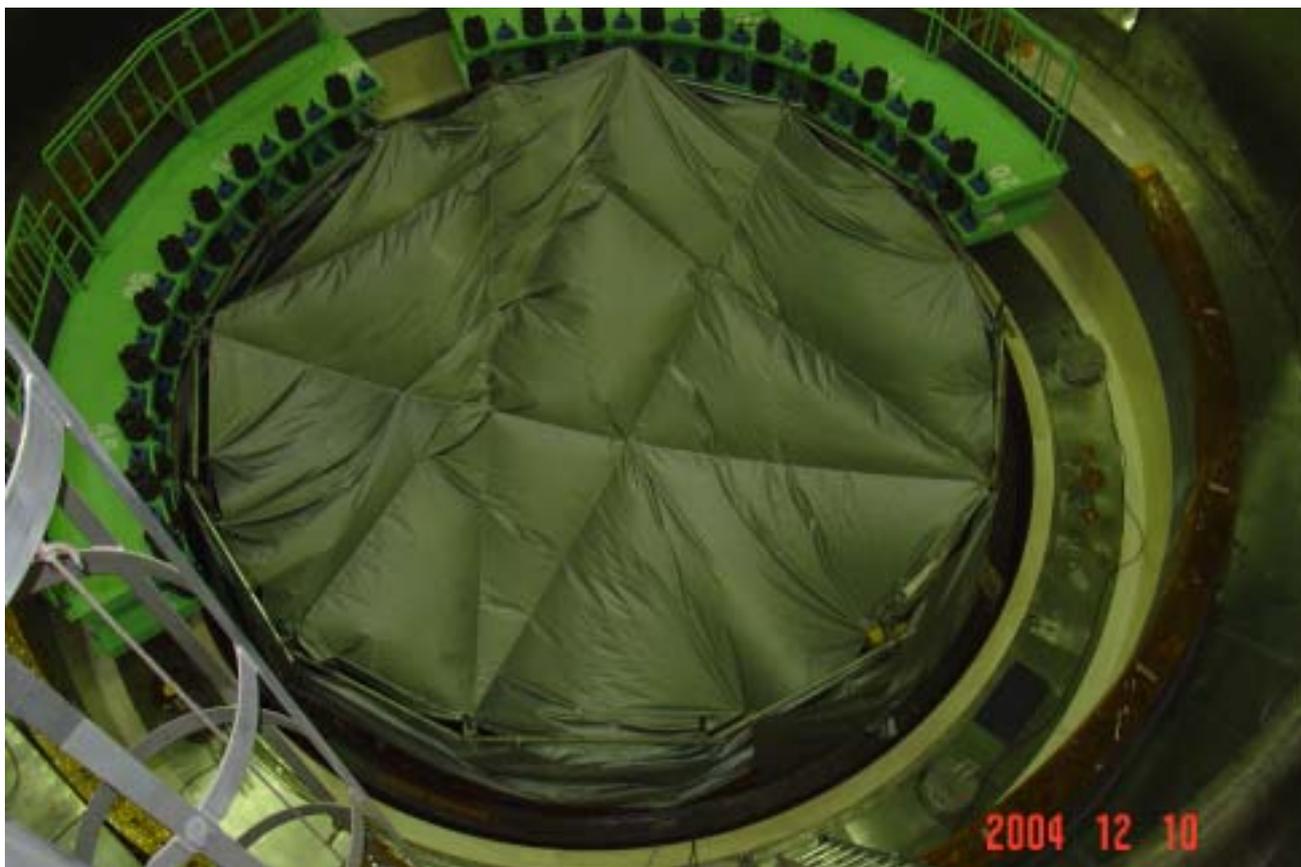
參觀志賀核能電廠 2 號機控制室日立公司與電廠運轉員進行系統測試作業情景



參觀志賀核能電廠 2 號機 RPV 主蒸氣管等設備一景



參觀志賀核能電廠 2 號機結構牆面優良施工品質一景



參觀志賀核能電廠 2 號機 RPV 爐穴一景



參觀志賀核能電廠 2 號機 Operation Floor 燃料棒操作台等設備一景