

行政院及所屬各機關出國報告  
(出國類別：實習)

參加「進步型沸水式反應器模擬操作短期訓練班」

## 訓練報告

服務機關：台灣電力公司  
出國人 職 稱：核能工程師  
姓 名：范宏志  
出國地區：日本  
出國日期：自 920412 至 920427  
報告日期：92 年 5 月 29 日

43 / 09201684

## 行政院及所屬各機關出國報告提要 C09201684

出國報告名稱：參加「進步型沸水式反應器模擬操作短期訓練班」訓練報告

頁數 15 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02) 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

范宏志/台灣電力公司/核能四廠/核能工程師/(02)2490-2401 轉 2920

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：自 92 年 04 月 12 日至 92 年 04 月 27 日

出國地區：日本

報告日期：92 年 5 月 29 日

分類號/目

關鍵詞：進步型沸水式反應器(簡稱 ABWR)、沸水式反應器(簡稱 BWR)、BWR 訓練中心(簡稱 BTC)、人機介面(Man-Machine Interface)

內容摘要：(二百至三百字)

核能四廠所引用的進步型沸水式反應器，其操控方式及控制室設計與傳統沸水式核能機組頗有差異，目前世界核能先進國家中，僅有日本具有此方面之實體裝置。為確保核能四廠未來之運轉安全，援引日本經驗可謂必要。而核能四廠實際擔任操作任務的運轉人員，更有必要嫻熟該類型機組的性能，以提升核能四廠未來運轉之穩定性。

本次訓練依據日本 BWR 訓練中心所規劃設計的課程，包含有 ABWR 基本設計原理及儀控特性【含比較傳統沸水式反應器(BWR)核能機組與日本進步型沸水式反應器(ABWR)核能機組差異性】及實習機組升、降載、異常事件及團隊操練。藉由課堂講授及上機實習等方式，使受訓人員了解各種盤面之功能，並熟習人機介面及模擬器的操作，俾便返國後將訓練心得回饋給運轉人員。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw>)

## 目 錄

	<u>頁數</u>
一、出國事由 .....	2
二、出國行程 .....	2
三、工作紀要 .....	2
四、心得與建議 .....	6

## 一、出國事由

核能四廠所引用的進步型沸水式反應器(簡稱 ABWR)，在目前世界核能先進國家中，僅有日本具有此方面之實體裝置。故應原子能委員會(簡稱原能會)要求，派遣核能四廠一名運轉人員，會同原能會陳技正建源、牛科長效中，共赴日本位在柏崎市的 BWR 訓練中心(Niigata BWR Training Center)，參加『進步型沸水式反應器模擬操作短期訓練班』。

進步型沸水式反應器核能機組其操控方式和控制室設計與傳統沸水式核能機組頗有差異，為確保核能四廠未來之運轉安全，援引日本經驗可謂必要。而核能四廠實際擔任操作任務的運轉人員，更有必要嫻熟進步型沸水式反應器核能機組的操控性能，以提升核能四廠未來運轉之穩定性。

## 二、出國行程

92年04月12日	往程(台北→東京→柏崎市)
92年04月13日至 92年04月26日	日本柏崎市 BWR 訓練中心 (4月26日住宿東京)
92年04月27日	返程(東京→台北)

## 三、工作紀要

日本 BWR 訓練中心(簡稱 BTC)安排一系列訓練活動(課程表：詳附件一)，課程內容有：

- 1、電廠參觀。
- 2、ABWR 基本設計原理及儀控特性。【含比較傳統沸水式反應器(BWR)核能機組與日本進步型沸水式反應器(ABWR)核能機組差異性】
- 3、實習機組升、降載、異常事件及團隊操練。
- 4、了解日本 BWR 訓練中心，如何去評鑑運轉員及團隊操演。(觀摩 BTC

訓練中心的講師們演練團隊操作)

日本柏崎市 BWR 訓練中心共有 5 部訓練用模擬器，其中第 5 部模擬器 (BTC #5 模擬器) 專為訓練進步型沸水式反應器機組的運轉員。訓練中心課程設計，乃藉由課堂講授及上機實習等方式，使受訓人員了解各種盤面之功能，並熟習模擬器的操作。

由於此次受訓學員，皆有傳統沸水式反應器 (BWR) 核能機組高級運轉員執照且對進步型沸水式反應器 (ABWR) 基本設計及電廠各系統有相當的瞭解。訓練中心講師授課內容則應學員要求偏重在人機介面 (Man-Machine Interface)、儀控系統、評鑑運轉員等方面。

訓練課程內容分述如下：

## 1、電廠參觀

### a. 參觀東京電力公司之柏崎-刈羽電廠

柏崎-刈羽電廠共有 7 部核能機組，其中第 6、7 部核能機組 (簡稱 K6/K7 機組) 為進步型沸水式反應器。

日本 BWR 訓練中心原本安排參觀 K6/K7 機組的控制室、反應器廠房、汽機廠房。但正逢東京電力公司之 17 部核能機組被強迫停機檢修，機組作業忙碌，沒有開放參觀內部廠房設施及主控制室。故只參訪其電廠外圍設施：展示館、維護訓練中心。

故對於進步型沸水式反應器不同於傳統沸水式反應器核能機組之人機介面、電廠運轉心得及運轉管理等相關問題，無法直接請教 K6/K7 機組的運轉人員，只能間接由訓練中心講師代為查詢。

### b. 參觀東京電力公司之福島第一原子力電廠

如同柏崎-刈羽電廠，機組正在大修檢查工作中，不合適開放參觀，故只參訪其電廠外圍設施：用過燃料儲存廠房、展示館、維護訓練中心。

- c. 參觀福島縣近廠指揮中心(Offsite Center)

## 2、基本設計原理及儀控特性

課堂講授重點內容如下：

- a. 訓練中心簡介
- b. 進步型沸水式反應器電廠系統概述
  - (1)K6/ K7機組的特色
  - (2)人機介面(MMI: Man-Machine Interface)
- c. 五種重要儀控系統
  - (1)自動功率調整系統(APR: Automatic Power Regulator System)
  - (2)再循環流量控制系統(RFC: Recirculation Flow Control System)
  - (3)棒控制及資訊系統(RCIS: Rod Control & Information System)
  - (4)液壓油控制系統(EHC: Electro-Hydraulic Control System)
  - (5)飼水控制系統(FWC: Feedwater Control System)
- d. 電廠運轉操作程序
  - (1)正常機組起動程序
  - (2)正常機組停機程序
- e. ABWR在不同暫態下的運轉狀態

## 3、實習機組升、降載、異常事件及團隊操練

- a. 正常機組起動程序

- (1)抽棒至反應器臨界
- (2)反應器升溫、升壓操作
- (3)主汽機起動
- (4)發電機同步、併聯操作
- (5)汽機驅動之飼水泵置入使用
- (6)利用爐心流量提升反應器功率

b. 正常機組停機程序

- (1)從額定功率降載
- (2)發電機解聯
- (3)反應器降溫、降壓操作
- (4)起動停機冷爐系統

c. 異常、暫態事件操作

- (1)反應器急停
- (2)汽機/發電機跳脫
- (3)主蒸汽隔離閥關閉

除以上異常、暫態事件操作外，另要求增加演練項目：

- (1) 1 台/多台爐內再循環泵跳脫，觀察機組爐心穩定度/爐水水位/反應爐功率的變化，及演練重新起動爐內再循環泵程序。
- (2) 機組滿載時，1 台汽機驅動之飼水泵跳脫或冷凝水泵跳脫，觀察

機組儀控系統自動化反應。

(3) 1 台汽機驅動之飼水泵運轉中，將第 2 台汽機驅動之飼水泵手動置入運轉之操作。

e. 緊急操作

(1) 反應器低水位

(2) 預期暫態未急停

(3) 一次圍阻體壓力控制

f. 觀摩訓練中心講師們示範團隊操練

4、了解日本 BWR 訓練中心，如何去評鑑運轉員的個人及團隊操演。

#### 四、心得與建議

1、日本 BWR 訓練中心甚具規模，教材甚完備。

此次實習，對於該訓練中心教材的編寫及內容之豐富頗為讚嘆，日本 BWR 訓練中心編寫內容充實的模擬器講師暨學員手冊。雖然我們不熟悉 BTC #5 模擬器的人機介面，但依照模擬器學員手冊操作，很快就進入狀況。

趁此機會要求提供所有上課訓練教材電子檔，並將核能四廠同仁委託之問題請教訓練中心或請訓練中心代為查詢，其中有些問題雖然超出訓練範圍，然而訓練中心講師對於所提出之問題及要求，皆熱心予以解答。

至於資料部分，該訓練中心負責人 Murata 先生表示，部分上課訓練教材之內容，由於牽涉智慧財產權，無法提供電子檔並且要求課後收回教材，許多原先要求提供之資料也涉及智慧財產權亦無法提供，並強



調所有提供之訓練教材僅可在台電及原能會內部參考用。此次所攜回的教材資料尚豐富，可供核能四廠訓練中心規劃及編寫運轉人員訓練時參考使用。

## 2、良好的用過燃料儲存設施

參觀福島第一原子力電廠的外圍設施：用過燃料儲存廠房/設備(包括乾式用過燃料儲存設備)，乾式用過燃料儲存設備(參考附件二)目前有2種大、小型式之橫向放置圓筒型鋼製容器，各可貯存52及37根用過燃料元件。日方電廠引導人員特別強調其管理良好及儲存廠房之清潔，參訪人員配戴之輻射偵測劑量計讀值為0，以爭取人民之支持與信任。

## 3、協助訓練地方子弟

電廠維護訓練中心有開放部分電廠維護訓練課程供地方子弟參訓，做為敦親睦鄰的一種方案，訓練合格後發給證書並可介紹給負責電廠維護工作的外包廠商雇用，但是當地子弟多往東京等都市發展。

## 4、良好的人機介面佈置

從電廠基本設計比較，K6/K7機組的硬開關(Hard Switch)比核能四廠多，核能四廠儀控系統網路自動化比K6/K7機組複雜。

K6/K7機組控制室之主控制盤(Main Control Console；簡稱MCC)，除了ECCS(Emergency Core Cooling System)/ESF(Engineered Safety Feature)為固定盤面佈置(與核能四廠類似)外，五種重要儀控系統在主控制盤有固定盤面(核能四廠只有RCIS為固定盤面佈置)，從MCC的H11-P701至H11-P702即由中至右上的水平固定盤面佈置為：RFC、RCIS、APR、FDWC、EHC等五系統。(參考附件三)

觀察機組滿載時其主控制盤上的電腦螢幕(CRT)之盤面佈置由左至

右為：

- ◇ 主蒸汽系統畫面
- ◇ 個別警報畫面
- ◇ 常用參數趨勢畫面
- ◇ 功率階中子讀數畫面 或 爐心功率-流量圖畫面
- ◇ (滿載時 BOP 參數畫面) or (飼水系統畫面)
- ◇ (液壓油控制系統畫面) or (個別警報畫面)
- ◇ 發電機系統摘要畫面

上述盤面佈置，可在核能四廠模擬器先行演練驗證，找出適合於核能四廠運轉特性需求的佈置情形，以便將來推展到核能四廠的主控制室內。

## 5、便利的自動化操作

- a. 控制室運轉員正常操作方法趨於簡單，甚多瑣碎的操作皆改為自動化操控，運轉員僅需從旁監視(Watch Only)，但是運轉員必須熟悉自動化的邏輯並且熟練萬一自動化功能故障，必須將機組改為手動操作的程序。
- b. PGCS (Power Generation Control System) 提示 Breakpoint/Task /Step，APR 自動控制 RFC/RCIS/EHC，大量減少運轉員負擔及誤操作機率。

## 6、BTC #5 模擬器之運轉畫面有設計重要操作程序資訊

其功能相當於核能四廠的 On Line Procedure，可供運轉員參考。K6/K7 機組將電廠重要的操作程序書轉為類似 PGCS 提示 Task 模式，可提醒運轉員是否已執行完成重要的操作步驟。(參考附件四)

## 7、運轉員及團隊操演之評鑑

日本 BWR 訓練中心依據日本電力協會指引 4802-2002 (Guideline for the Operator Training)，陸續發展出內容充實的模擬器講師暨學

員手冊，藉以訓練運轉員，並建立標準評分辦法及評鑑運轉員合格表及團隊操作之各崗位評鑑表。

且另開發一套團隊操作評鑑圖表，以六項評分指標繪出運轉團隊操作的雷達圖表(參考附件五)，提供給電廠管理者，藉以改進或調整運轉人員配置，達成最佳的運轉團隊。

## 8、建議增派運轉員赴日訓練

此次的訓練和原能會將來的核四考官：陳技正建源及牛科長效中，一同接受訓練。原能會長官們對 BTC 訓練中心模擬器演練課程/設備讚不絕口，並針對 BTC 講師如何去評鑑運轉員的教材及方法多加請教 BTC 訓練中心。

原能會長官希望核能四廠在模擬器建好安裝前，能增派運轉員赴日參加日本 BTC 訓練中心之模擬器操作訓練，以汲取進步型沸水式反應器運轉經驗。

附件一(1/2)

Training Course Schedule

Apr. 09, 2003  
BWR Operator Training Center Corporation



Name of Training : ABWR Training and Evaluation Course  
Duration : 14th Apr. 2003 - 25th Apr. 2003

1st week

Date	Time	Session	Location	Theme of Training	Charge of Training	Remarks
4/12 Sat	12:30 16:30		Narita Kashiwazaki	* Check In & Facility guide	Kawai	
4/13 Sun	06-10		Class Room C	*Orientation	Noji, Kawai Behara	
	10-16			*Stay in Niigata Center	Noji, Kawai Behara	
4/14 Mon	10-12 13-15	CL-1	Class Room C	1.1 * Introduction to BTC & Current Activities at BTC	Murata	
				1.2 * Current Training Activities in Taiwan Nuclear Industry	(trainee)	
				2.1 Feature of ABWR	Noji	(Miyazaga)
	15-19	SI-1	ABWR Simulator	2.2 Man Machine Interface	Mitsumori	(Miyazaga)
				3 Operational knowledges for normal plant startup (1) 3.1 ABWR Plant System 3.2 Reactor Critical Approach Procedure	Mitsumori	(Noji) (Miyazaga)
4/15 Tue	10-12 13-15	CL-2	Class Room C	S2.1 ABWR Control Panel Familiarization	Mitsumori	(Miyazaga)
				S3 Normal Plant Startup-1 S3.2 Reactor startup to reaching criticality (manual mode) ditto (auto mode)	Noji	
4/15 Tue	10-12 13-15	CL-2	Class Room C	3 Operational knowledges for normal plant startup (2) 3.3 Reactor heatup 3.4 From "reactor heatup" to "mode switch change over" 3.5 Main turbine startup 3.6 From "Generator synchronization" to "Load transfer"	Suzuki	(Miyazaga) (Noji)
				S3 Normal Plant Startup-2 S3.3 Reactor heatup S3.4 From "reactor heatup" to "mode switch change over" S3.5 Main turbine startup S3.6 From "Generator synchronization" to "Load transfer"	Mitsumori Suzuki	(Shiyama)
4/16 Wed	10-15	CL-3	Class Room C	3 Operational knowledges for normal plant startup (3) 3.7 Feedwater Pump Transfer from MDRFP to TDRFP 3.8 Power Ascension by Increase of Core Flow (RFP Control)	Suzuki	
				4 Surveillance Tests on Power 5 Abstracts of Shutdown Process		
4/16 Wed	15-19	SI-3	ABWR Simulator	S3 Normal Plant Startup-3 S3.6 Load Transfer S3.7 Feedwater Pump Transfer from MDRFP to TDRFP (Auto & Manual) S3.8 Power Ascension by Increase of Core Flow (RFP Control) from 80% Power (Manual & Auto)	Mitsumori Noji	(Shiyama)
				S4 Various Operations at 100% Power and Surveillance Tests		
4/17 Thu	8:30- 12:30	ST-1	K-6/7 Site	6 Site Tour of K-6/7 6.1 Visit of K-6/7 Control Room 6.2 Visit of K-6/7 Reactor Building 6.3 Visit of K-6/8 Turbine Building	Kawai Kawai, Noji	
				S5 Normal Shutdown-1 S5.1 Power Descension S5.2 Generator / Turbine Off-line S5.3 Reactor Subcritical S5.4 Reactor Power at 10% S5.5 Reactor Subcritical S5.6 Depressurization	Mitsumori Noji	(Ishikawa)
4/18 Fri	8-12 13-17	SI-5	ABWR Simulator	S5 Normal Shutdown-2 S5.7 Shutdown Cooling In-service at a pressure of 0.7MPa S5.8 Condenser Vacuum Break S5.9 Condenser Vacuum-up Operation	Mitsumori Noji	(Ishikawa)
				S7 Transients Caused by Single Equipment Failure		
4/18 Fri	13-17 18-20		Fukushima Center	* Move to Fukushima Center * Welcome Party with Namie Rotary Club	Noji, Kawai	
4/19 Sat	09-12 13-17		Fukushima Center	BTC-FC(Technical discussion and facility tour) Site Tour for Off site center and Fukushima-Daiichi site	Noji, Kawai Ueda	
4/20 Sun	08-18		Fukushima-Kashiwazaki	* Move back to Niigata Center	Noji, Koshi	

附件一(2/2)

Training Course Schedule

Apr. 09. 2003  
BWR Operator Training Center Corporation



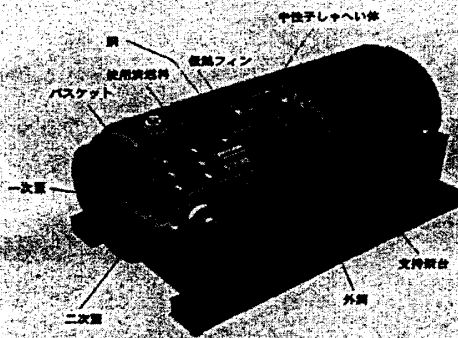
Name of Training : ABWR Training and Evaluation Course  
Duration : 14th Apr. 2003 - 25th Apr. 2003

2nd week

Date	Time	Session	Location	Theme of Training	Charge of Training	Remarks	
4/21 Mon	8-10	CL-4	Class Room C	8	Plant Major Interlocks	Koshi	(Shiyama) (Nogi)
				9	Plant Behaviors during Basic Transients		
	9.1			Reactor Scram			
	9.2			Turbine Trip			
	9.3			Inadvertent MSIV Closure			
10-12	10	Operations Guideline for the Basic Transients					
10.1	Basic Response Guideline for Reactor Scram with MSIV Open						
	10.2	Basic Response Guideline for Reactor Scram with Closed MSIV					
13-17	SI-6	ABWR Simulator	S10.1	Basic Scram Recovery Observation on the Plant Behaviors during Scram Confirmation on the Manipulations and Monitoring Observation on the Standard Performances by Instructors Practice of the Plant Operation during Turbine Trip with MSIV Open Condition	Nogi Watabe	(Koshi) Operators : (Oosawa) (Ishikawa) (Myanaga)	
4/22 Tue	8-10	CL-5	Class Room C	11.1	Plant response & operational procedure on typical transients Plant Behaviors and Procedural Response for the Typical Abnormal Transients	Koshi	(Myanaga) (Watabe)
	10-12						
	13-17	SI-7	ABWR Simulator	S10.2	Required Responses for the Transients with Closed MSIV Observation on the Plant Behaviors during MSIV Closure Confirmation on the Manipulations and Monitoring Observation on the Standard Performances by Instructors Practice of the Plant Operation during Turbine Trip with Closed MSIV Condition	Nogi Watabe	(Koshi) Operators : (Imazumi) (Ishikawa) (Sueoka)
4/23 Wed	8-10	CL-6	Class Room C	11.2	EOP Guideline Review	Mitsumori	(Nogi)
	10-12	SI-2	K-Site	6	Site Tour of K-6/7 Tour around the K-site Yard, Maintenance Training Center and Exhibition Hall	Kawai, Nogi	
	13-17	SI-8	ABWR Simulator	S11.1	Practice for the Typical Transients Loss of AC Power Loss of All Feedwater Pumps Loss of Coolant Accident	Watabe Mitsumori Nogi	Operators : (Imazumi) (Ishikawa) (Myanaga)
				S11.2	Practice for the Typical EOP Phenomena Loss of High Pressure Injection Means PCV Pressure Uncontrollable ATWS		
4/24 Thu	8-10	CL-7	Class Room C	12.1	Performance Evaluation System for Individual Trainees	Kobayashi	(Nogi)
	10-12			12.2	Performance Evaluation System for Shift Team		
	13-17	SI-9	ABWR Simulator	S11	Practical Response for the Transients	Kobayashi Nogi	Operators : (Imazumi) (Myanaga) (Sueoka)
				S12.1	Evaluation Practice of Operational Performances		
4/25 Fri	8-10	CL-8	Training Replay System	12.1	Replay and Review the Participants Performances	Kobayashi	(Nogi)
	10-12		Class Room C	12.1	Simulated Evaluation Practice		
	13-14	SI-10	ABWR Simulator	S12.2	Evaluation Practice of Team Performances	Kobayashi Nogi	Operators : (Shiyama) (Imazumi) (Oosawa) (Myanaga)
	15-17			S13	Wrap up Session		
4/26 Sat	7:30		Kashiwazaki-Nagaoka for Tokyo				Checkout and leave for Tokyo

③乾式貯蔵設備

- ・竣工：平成7年8月
- ・既設の使用済燃料輸送容器保管建屋に設置
- ・横置き円筒形の鋼鉄製容器（乾式キャスク（9基）計408体）
- ・二重蓋構造：蓋を二重とし密封性に優れた金属ガスケットを使用
- ・内部にヘリウムガスを封入  
キャスク内部を負圧、二重蓋間を正圧とし、放射性物質の漏洩を防止  
二重蓋間の圧力を常時監視
- ・冷却方式：伝熱フィンと外気の対流による自然空冷方式
- ・臨界防止：キャスク内部の燃料を納めるバスケットにホウ素入りアルミ合金を使用
- ・放射線の遮蔽  
ガンマ線：鋼鉄（厚さ26～30cm）で遮蔽  
中性子線：水素とホウ素を添加したシリコン樹脂（厚さ14～17cm）で遮蔽



項目	大型（5基）	中型（4基）
重量	約115トン	約96トン
全長	約5.6m	約5.6m
外径	約2.4m	約2.2m
収納体数	52体	37体

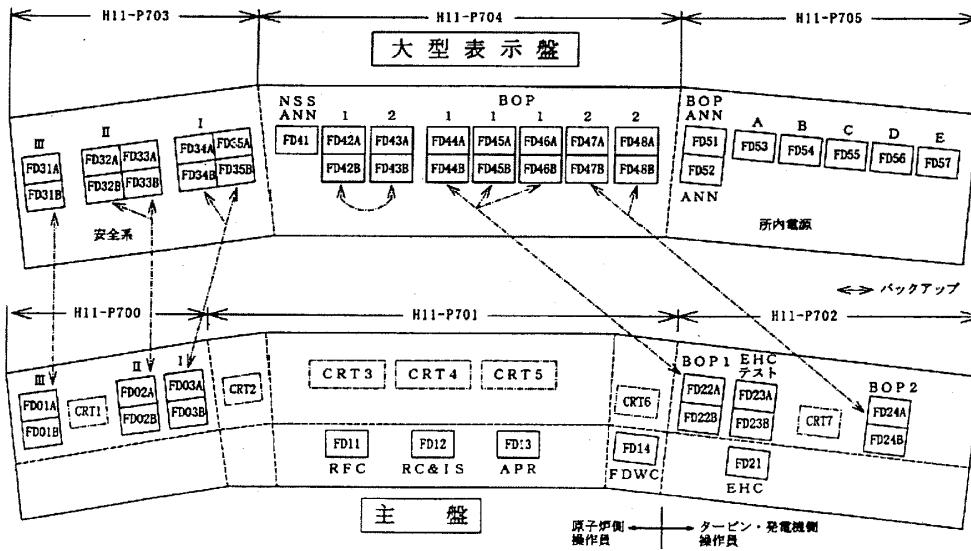
使用済燃料の貯蔵状況

（平成14年12月末現在）

貯蔵場所	貯蔵量（体）	貯蔵容量（体）	
原子炉建屋使用済燃料プール	1号機	208	900
	2号機	423	1,240
	3号機	382	1,220
	4号機	825	1,590
	5号機	805	1,590
	6号機	860	1,770
	小計	3,575	8,310
使用済燃料共用プール	3,369	6,840	
乾式貯蔵設備	408	408 (注1)	
発電所合計	7,280	15,558	

(注1) 乾式キャスク9基の場合、なお最大20基（860体）の設置許可を得ている。

附件三  
BTC #5 模擬器



注2) 1. FD22A, B及びFD24A, Bは監視機能のみを有する。

附件四

スクラム後確認 (MS I V開) (S10) 0 MW

原子炉側		BOP側	
〈 確認項目 〉	〈 操作項目 〉	〈 確認項目 〉	〈 操作項目 〉
全制御棒全挿入	原子炉モードSW切替 「運転」→「停止」	主タービントリップ	発電機断路器 開
中性子束減少 (APRM 下限)	C UWブローダウン 運転	タービン全弁 閉	主タービン 油ポンプ起動
RIPトリップ ランバック	SGTS 停止	タービン バイパス弁 開	発電機ロックアウト リレ リセット
T/D RFP トリップ	HVAC 起動	発電機ロックアウト リレ 作動	固定子冷却水ポンプ 起動
M/D RFP 起動	スクラムリセット	発電機遮断器 開 界磁遮断器 開	
PCIS隔離		所内電源切替 「所変」→「起変」	
給水制御「三要素」 →「単要素」			

スクラム後確認 (MS I V開) (S11) 0 MW

原子炉側		BOP側	
〈 確認項目 〉	〈 操作項目 〉	〈 確認項目 〉	〈 操作項目 〉
全制御棒全挿入	原子炉モードSW切替 「運転」→「停止」	主タービントリップ	発電機断路器 開
中性子束減少 (APRM 下限)	C UWブローダウン 運転	タービン全弁 閉	主タービン 油ポンプ起動
RIPトリップ ランバック	SGTS 停止	発電機ロックアウト リレ 作動	主S JAE 停止
T/D RFP トリップ	HVAC 起動	発電機遮断器 開 界磁遮断器 開	スランドセル切替
M/D RFP 起動	スクラムリセット	所内電源切替 「所変」→「起変」	発電機ロックアウト リレ リセット
SR弁 開			固定子冷却水ポンプ 起動
PCIS隔離			
給水制御「三要素」 →「単要素」			



附件五

六項評分指標繪出運轉團隊操作的雷達圖表

Common weak Point ; Crew superintendent

