

辛樂克颱風造成核能四廠二號機
反應器廠房淹水事件調查報告

行政院原子能委員會
核能管制處
九十七年十月八日

目 錄

一、前言	4
二、事件經過.....	5
三、肇因分析.....	8
四、初步檢討.....	9
五、初步管制作業.....	11
六、結語	13
附錄	
圖一 核能四廠鳥瞰圖（淹水點）	15
圖二 核能四廠廠房佈置圖（淹水點）	15
圖三 反應器廠房及控制廠房北側之廢料隧道.....	16
圖四 反應器廠房牆面有三條管路（二條已完成安裝，一條 尚未完成）	16
圖五 廢料隧道淹水（實際水位較照片上為高）	17
圖六 被擠開之短管（由上往下拍攝）	17
圖七 淹水區域示意圖.....	18
圖八 餘熱移除系統之配管作業尚未完成.....	18
圖九 受影響區域設備配置圖	19
圖十 本會人員進入現場了解受影響設備狀況圖	19

圖十一 控制棒液壓控制單元淹水狀況（水位已排至約剩 10~15 公分）	20
圖十二 爐心隔離冷卻水系統淹水後淤泥狀況.....	20
圖十三 部分管節淹水後淤泥狀況.....	21
附件一 97 年 9 月 15 日本會於網站公佈之資訊「辛樂克 颱風對北部核能機組之影響說明」	22
附件二 97 年 9 月 23 日本會於網站公佈之資訊「辛樂克 颱風對核四廠二號機之影響說明」	23
附件三 97 年 9 月 24 日「辛樂克颱風災害報告」會議紀錄	25

辛樂克颱風造成核能四廠二號機反應器廠房淹水事件調查報告

一、前言

辛樂克颱風於 9 月 13 日至 14 日間侵襲台灣中、北部，對位於台北縣貢寮鄉興建中之核能四廠工地帶來強風豪雨，由於核能四廠二號機反應器廠房外尚未完工之管路地下隧道，因持續大雨且抽水機排水不及造成積水，積水水位不斷升高，導致積水壓力沖破隧道內部分未完工管路開口之密封處，造成積水由該開口處進入二號機反應器廠房底層（一、二次圍阻體間）。由於積水湧入過快，配置於該樓層之 8 台抽水機亦無法迅速將水排出，導致積水淹過抽水機之馬達，致使該 8 台抽水機均無法正常運作，最後造成反應器廠房底層（底層樓板位於海平面下 8.2 公尺，以 EL. -8200 表示）積水達 2 公尺。另反應器廠房同一高度之一次圍阻體內抑壓池區域，則因餘熱移除系統 C 串之管節尚未完成安裝，積水由反應器廠房經由該開口處漫入，致一次圍阻體內之抑壓池區域亦淹水達 2 公尺。

受影響區域已安裝之設備，包括有高壓爐心灌水系統、爐心隔離冷卻水系統、餘熱移除系統、控制棒液壓控制單元等之重要安全設備及爐水淨化系統、逆洗傳送泵、空調系統等與電廠可靠運轉相關設備，因此本會在 9 月 15 日接獲台電公司龍門施工處通報後，立即責成本會駐廠視察員在現場持續了解台電公司龍門施工處的處理情形，並立即將相關資訊公佈於網站上，而隨著積水的消退，陸續派員進入現場了解設備受影響狀況。由

於此次淹水事件造成安全相關系統受影響，本會已要求台電公司針對本案預防再發生措施、設備影響情形與復原措施等，於 9 月 24 日下午來會進行檢討報告，後續將持續追蹤其復原相關作業之執行情形，以確認安裝設備品質及不影響未來核四廠二號機的安全運轉。

二、事件經過

日期	時間	狀況
97.9.12	11：20	台電公司龍門施工處召開第 1 次防颱會議：督促承商確實做好防颱工作、要求提出防颱小組名單。
	15：00	台電公司龍門施工處召開第 2 次防颱會議：提出重點事項，並請陳副處長文智擔任召集人。
	17：30	台電公司龍門施工處召開第 3 次防颱會議：召集人提出 17 項應加強及注意事項（其中第 2 項：...二號機控制廠房北側低窪地區抽排水，請特別留意，避免經由廢料隧道入廠房內）。
	21：00	台電公司龍門施工處召開第 4 次防颱會議：召集人指示各分組戒備人員加強夜間巡視。
97.9.13	07：00	台電公司龍門施工處召開第 5 次防颱會議：目前雨勢不大但風勢有增強現象，召集人指示各分組戒備人員巡查時，注意安全。
	10：00	台電公司龍門施工處召開第 6 次防颱會議：間歇性陣雨、風勢逐漸增強，二號機反應器廠房 EL. 12300 東北側吊裝口雨水滲至 EL. 4800，該區局部積水，召集人指示現場積水要清除，並密切注意氣象及巡視。

	17 : 00	台電公司龍門施工處召開第 7 次防颱會議：間歇性大雨及陣風有增強的現象，二號機反應器廠房 EL. -1700 北側穿牆管漏水，房間編號 248 漏水，EL. -8200 泵浦正常運轉，水從屋頂開放空間沿著樓梯侵入 EL. -8200，造成地面積水，已請承商清除。重新分配戒備人員巡視區域。
	22 : 00	台電公司龍門施工處召開第 8 次防颱會議：狀況同第 7 次防颱會議所述。
	23 : 00	豪大雨持續不斷，強勁風雨，人車難以進入廠區。
	23 : 55	廠外電源供應線路 CR31 停電。
	23 : 57	廠外電源供應線路 CR37 停電。
97.9.14	00 : 00	承商「新亞公司」李建輝工程師緊急切換二號機反應器廠房外 2 台抽水機，改接柴油發電機，繼續加入抽水，二號機反應器廠房外圍抽水機正常運轉中。
	00 : 10	承商「中鼎公司」林朝慶經理在二號機反應器廠房 EL. -8200 巡查 8 處設置的 8 台抽水機，該抽水機因裝有電源供應自動切換功能，所需電源由緊急柴油發電機受電運轉。
	00 : 10	龍門施工處電氣組告知指揮中心，廠區所需之廠外電源沒電，其並聯絡雙溪服務所請求復電。
	00 : 30	雙溪服務所回電告知，派員檢修中。
	01 : 30	CR31 復電至廠區總電力站，承商「新亞公司」李建輝工程師到二號機反應器廠房 EL. -8200 巡查，無異狀。
	01 : 30 02 : 30	風雨持續增強，人車難以行動，總電力站係露天開放式，風雨持續不斷，電氣組俟機復電。

	02 : 30 05 : 42	電氣組 3 名操作員在電力站，試著復歸電源開關，試送電不成功。隔除部份用電設備及疑似短路之電源設備，CR31 再試復歸，終於 5 時 42 分送電成功。
	05 : 50	CR37 復歸送電成功。
	06 : 10	龍門施工處工衛組洪經理、周春祥、鄔治盛巡視廠房，發現二號機反應器廠房 EL. -8200 層，已水深至樓梯口，人員無法下樓梯至該樓層。
	06 : 15	緊急聯絡指揮官陳副處長文智及汽源組簡課長憲銘等人，至現場研商尋找及阻斷進水來源。
	06 : 30	龍門施工處汽機組、「新亞公司」、「中鼎公司」於廠外增設汽油抽水泵，排除廠內及管溝積水。
	07 : 00	台電公司龍門施工處召開第 9 次防颱會議：要求全力動員進廠搶修。
	07 : 20 17 : 00	增加 32 台 4"抽水機全力排水。
	17 : 00	台電公司龍門施工處召開第 10 次防颱會議：全力排除積水。
	20 : 00	台電公司龍門施工處召開第 11 次防颱會議：召開緊急抽水作業情形及檢討會，各組回報現場抽水現況，緊急抽水持續中，重新排班加強監控現場。
97.9.15	07 : 20	防颱小組解除，由龍門施工處各工程組接手全員投入災後復原工作。
	10 : 00	以電話方式向本會口頭通報。
	11 : 30	以「核子反應器設施興建期間異常事件立即通報表」傳真通報本會監管中心。

三、肇因分析

(一) 二號機反應器廠房及控制廠房北側之廢料隧道(圖一、二)，尚未完工(圖三)，二號機反應器廠房牆面東北角處有三條管路連通進入廢料隧道，其中二條已完成安裝，一條尚未完成安裝(僅在二號機反應器廠房安裝處之牆面內有一短管)(圖四)，該短管臨時以管節封套封住，周圍再以矽膠暫時固定密閉於牆面之封板上，但後因廢料隧道淹水(圖五)，水頭將該支短管擠落(圖六)，雨水即由該開口處進入反應器廠房，流入 EL.-8200 樓層淹水約 2 公尺高(圖七)。

(二) 若一次圍阻體相關管路完成裝置，則縱使反應器廠房 EL. -8200 淹水，亦不會影響位於該廠房中央同高度一次圍阻體內之設備，然因餘熱移除系統 C 串之配管作業尚未完成(圖八)，因此積水即從一次圍阻體穿越管之開口處漫入一次圍阻體內部，導致一次圍阻體內之抑壓池區域亦淹水達 2 公尺。(淹水區域如圖九)

(三) 淹水前，圖三之廢料隧道區域配置有 4 台抽水機，其中 2 台(分別為 15、10 馬力)可由緊急柴油發電機帶動；另反應器廠房配置 8 台抽水機(均為 10 馬力之馬達帶動臥式集水泵(非沉水泵))，可自動切換改由柴油發電機供電。

(四) 當未喪失外電時，二號機反應器廠房外 4 台抽水泵及廠房內 EL. -8200 之 8 台抽水泵可以將水排出，避免造成積水。惟 13 日深夜至 14 日凌晨

晨間雨勢過大，再加上 14 日零時廠外電源（提供 11.4kV 之 CR31、CR37 兩電源中斷）喪失（外電喪失僅約 1 個多小時，但於復電作業切入各區域之供電盤並不順利，直至約清晨六時方真正供電至各區域），喪失外電之初，反應器廠房外圍之 2 台抽水機由人工切換成柴油發電機供電，廠房內之 8 台抽水機則自動切換至柴油發電機供電，巡視人員表示電源切換順利，該 10 台（廠外另 2 台無法由緊急電源供應）抽水機均正常運作。

- （五）由於雨勢過大，反應器廠房外 2 台抽水機之排水量不足以應付迅速累積之雨水，以致雨水漫過砂包（圖五）流入廠內，並擠開反應器廠房牆面上之短管，流入 EL. -8200，反應器廠房則因積水流入過大、過急，超過 8 台抽水機之排水量，最後導致積水淹過馬達，造成該 8 台抽水機失去抽水功能，並後續水淹至 2 公尺高。

四、初步檢討

- （一）97 年 9 月 12 日 17 時 30 分台電公司龍門施工處召開第 3 次防颱會議，召集人即特別提出要求所屬注意二號機控制廠房北側低窪地區抽排水，以避免該處淹水並經由廢料隧道淹入廠房。然本次事件之進水點即為該處，顯見防颱作業之整備工作並未確實落實至第一線。
- （二）由於核能四廠尚屬施工階段，工地各區仍有許多管溝、隧道及牆面開口等容易積水及水流通道等，但防颱作業內之相關人員，似未能與

施工人員有充分之橫向溝通，確實掌握工區內之弱點，以強化防颱、巡視、監控等作業。

(三) 防颱小組之戒備人員，係為臨時指派，而非固定之編組人員，且似由資淺人員擔任，此現象可能造成事件發生時，由於人員應變、處置經驗匱乏，或無力指揮包商，而錯失第一時間點之救災。

(四) 由於反應器廠房外 4 台抽水機僅 2 台配置有柴油發電機，因此在喪失外電後，僅餘 2 台在運作，然其不足以因應積水之速率，顯見防颱作業時，該區域配置之抽水機容量顯有不足；另反應器廠房配置之 8 台抽水機，均非沉水機而係臥式集水機，致積水淹過馬達時，抽水機即失去抽水功能，導致後續廠房內均無任何排水功能。總括而言，抽水機之容量並不足以克服此次颱風帶來的豪雨，顯示防颱作業之資源整備及分配仍待進一步檢討。(本會 94 年 8 月 10 日視察備忘錄 LM-會核-94-05-1 及 95 年 7 月 11 日視察備忘錄 LM-會核-95-06，均曾要求台電公司加強龍門工地颱風季節防範事項)

(五) 淹水時段經推估應為 14 日凌晨至清晨 6 時間，由於該時段廠區並無電源，再加上風強雨驟，因此基於人員安全考量，並無人員巡視廠房內各樓層，雖然仍有部分外勞駐守廠房工地內，但都駐留於 EL. 12300 處(地面)，因此 EL. -8200 之樓層淹水之始，並未能初期預警、應變，導致廠區照明回復，人員再次巡視廠房時(清晨 6 時 10 分)，該

樓層已經淹水，無法進入。

(六) 受影響之設備包括有：一次圍阻體外側之高壓爐心灌水系統、爐心隔離冷卻水系統、餘熱移除系統及控制棒液壓控制單元等重要安全設備，爐水淨化系統、逆洗傳送泵、空調系統、馬達驅動閥、空氣驅動閥、管節等與電廠可靠運轉相關設備，及一次圍阻體內部抑壓池內之安全釋壓閥排放管之 X-型冷卻器 (quencher)、緊急爐心冷卻系統進口管路過濾器 (strainer) 等。

(七) 針對相關受影響之設備，台電公司初步規劃借調公司內各單位人力 (龍門施工處、電力修護處、核四廠、核三廠、核二廠等) 全力修復。修復方式將參考美國電力研究所 (EPRI) 的安全級馬達修復指引，搭配台電公司修護處的維修經驗，進行安全級馬達之修護工作。另參考國外營運中核能電廠淹水處理經驗，執行泵浦及其他設備的維修工作，至重要設備將洽請設備廠家技術顧問到工地協助進行維修工作。

五、初步管制作業

(一) 97 年 9 月 15 日上午，本會接獲台電公司龍門施工處通報核能四廠二號機反應器廠房淹水，隨即指示駐廠視察員密切注意台電公司後續處理措施，並即將相關資訊公佈於本會網站，使民眾了解事件狀況(辛樂克颱風對北部核能機組之影響說明，附件一)。

(二) 97年9月16日下午積水仍有約10~15公分左右，本會即派員進入現場實際了解設備受影響狀況(圖十、十一、十二、十三)。

(三) 97年9月17日積水已退，本會人員陸續進入現場勘查。

(四) 97年9月19日要求台電公司於9月24日下午，針對本案預防再發生措施、設備影響情形、復原措施及接受標準等來會進行檢討報告。

(五) 97年9月23日中國時報A8版報導「史上首遭核四二號機組淹大水」，為進一步說明事件原委及後續本會管制作為，本會再將相關最新資訊公佈於本會網站(辛樂克颱風對核四廠二號機之影響說明，附件二)。

(六) 97年9月24日本會召開「辛樂克颱風災害報告」討論會議，會中決議事項為：(會議紀錄如附件三)

- 1.請台電公司補充說明事件發生之時序，並徹底檢討事件發生的肇因、防颱作業的妥適性及人員應變的效能，以防止事件再度發生。
- 2.有關受影響設備的復原作業，請台電公司確依相關法規要求及參考國內、外經驗，於擬妥計畫並訂定適當之接受標準程序後儘速展開，且應避免待修時間過長，增加日後處理之困難度。
- 3.對於淹水區域上方之設備，亦應考量設備對於濕氣及環境條件之敏感度，執行適當之檢查、維護作業，確保其功能仍能符合原設計要求。

4.台電公司必須確保維修設備之品質及安全，相關復原作業除應考量設備之可用外，並應考量其日後運轉之可靠性，而其日後之維護保養、檢測等作業，亦應訂定特別管制程序，以確保各設備均能發揮其應有之功能。

5.上述 2 之復原作業計畫（含接受標準等）、3 之檢查、維護作業計畫及 4 之特別管制程序等，請台電公司於一個月內報會，惟設備先期之復原作業得同步進行。

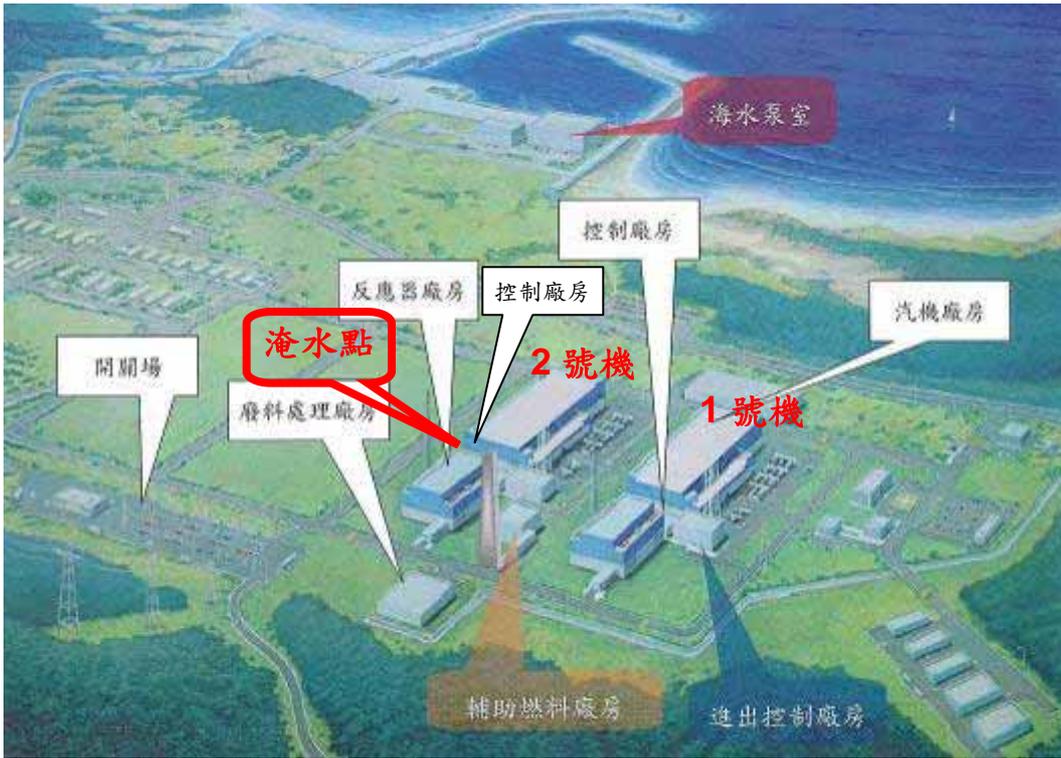
（七）台電公司核能四廠興建工地因辛樂克颱風侵襲，造成安全相關系統、組件受損，未依核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法要求於二小時內通報主管機關，本會將依核子設施違規事項處理作業要點第十四點及其附件之二、（四）.2 等規定開立四級違規。

六、結語

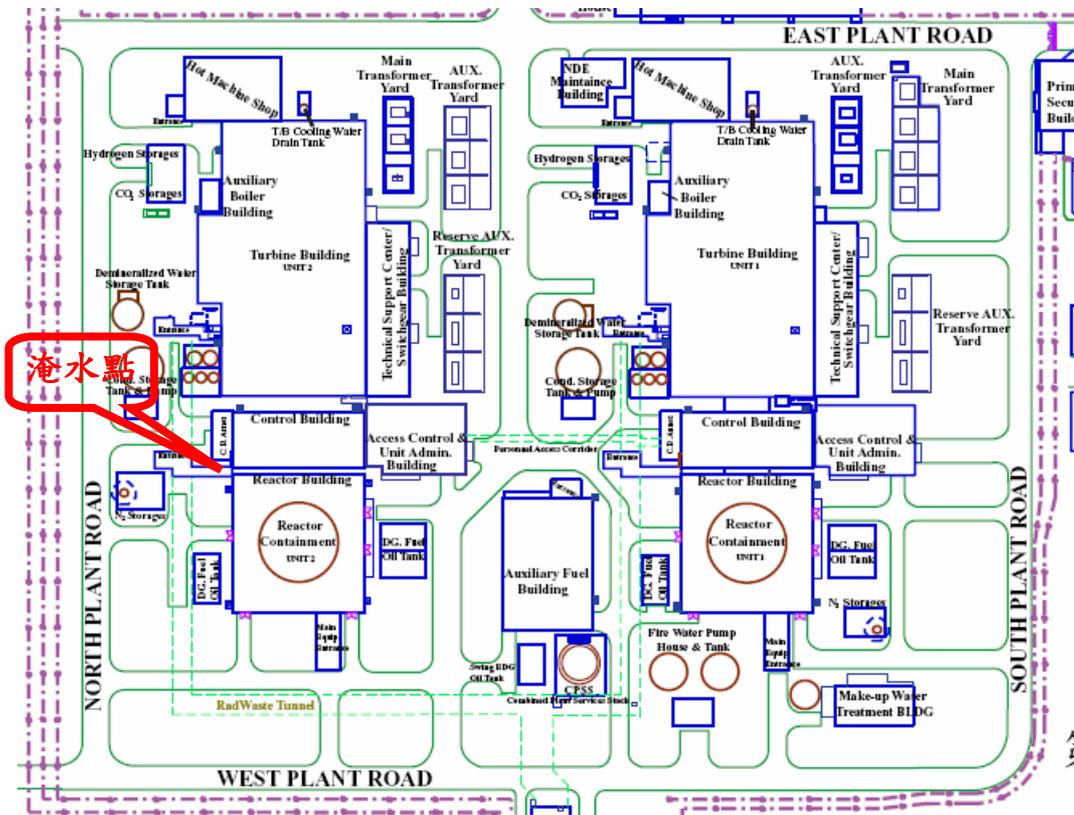
辛樂克颱風造成核能四廠二號機反應器廠房 EL. -8200（含一次圍阻體內之抑壓池區域）淹水達 2 公尺，顯示出台電公司龍門施工處防颱資源並未能有效規劃、掌握及分配，而防颱人員與施工人員對於工地現況資訊之傳遞與溝通，仍有待進一步加強。

此次事件受影響之設備包括有意外事件時必須能順利運轉之緊急爐心注水系統及其他使電廠可靠運轉之相關設備、組件，因此，本會除要求

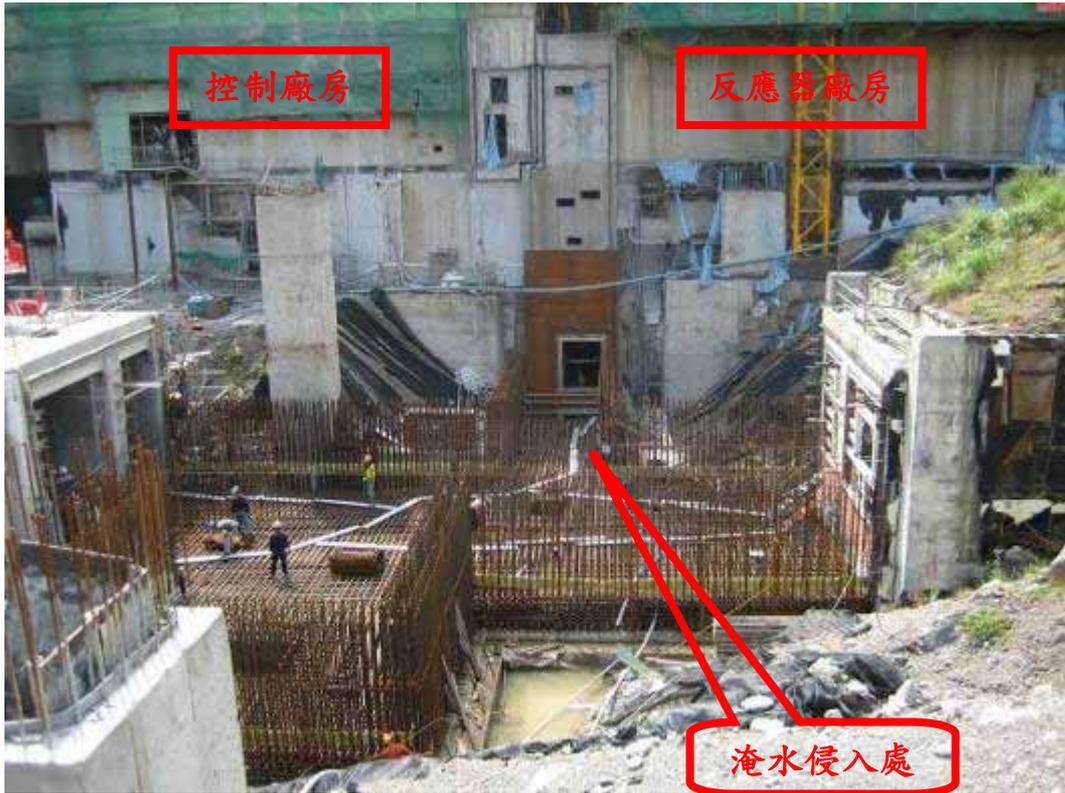
台電公司提出相關受影響設備之復原計畫外，亦要求其對該等設備日後之維護保養、檢測等作業，訂定特別管制程序，以確保各設備均能發揮其應有之功能。此外，對於雖非直接接觸淹水，但可能受其間接影響（對環境條件敏感度高等）之設備，本會亦將加強管制。本會將持續監控台電公司相關之復原作業，並加強對該等設備日後運轉之稽查作為，以確保相關設備均能符合要求。



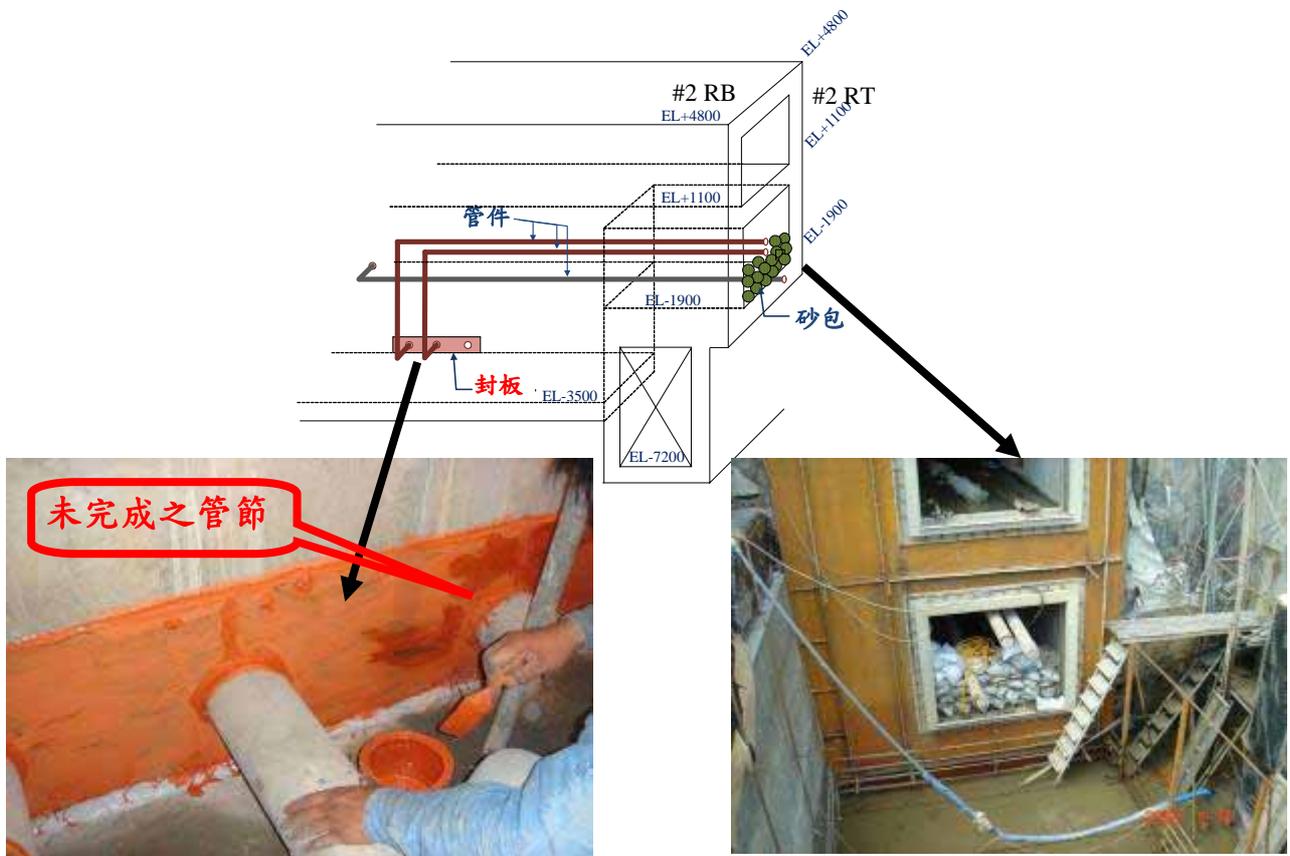
圖一 核能四廠鳥瞰圖 (淹水點)



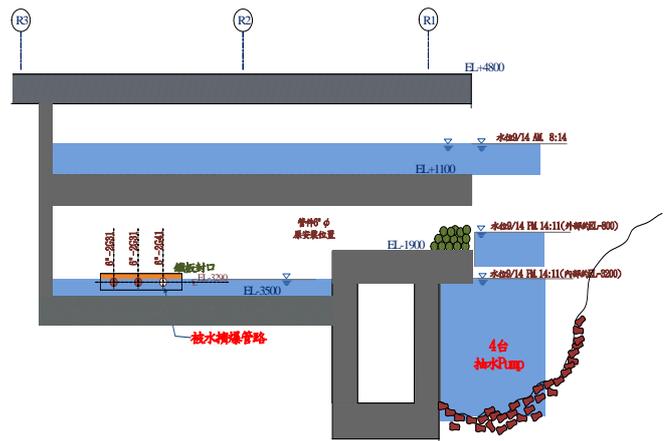
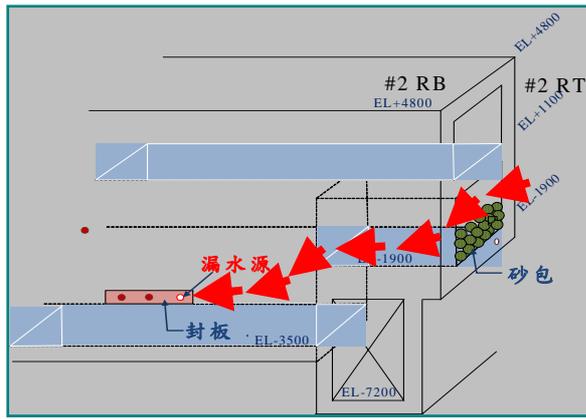
圖二 核能四廠廠房佈置圖 (淹水點)



圖三 反應器廠房及控制廠房北側之廢料隧道



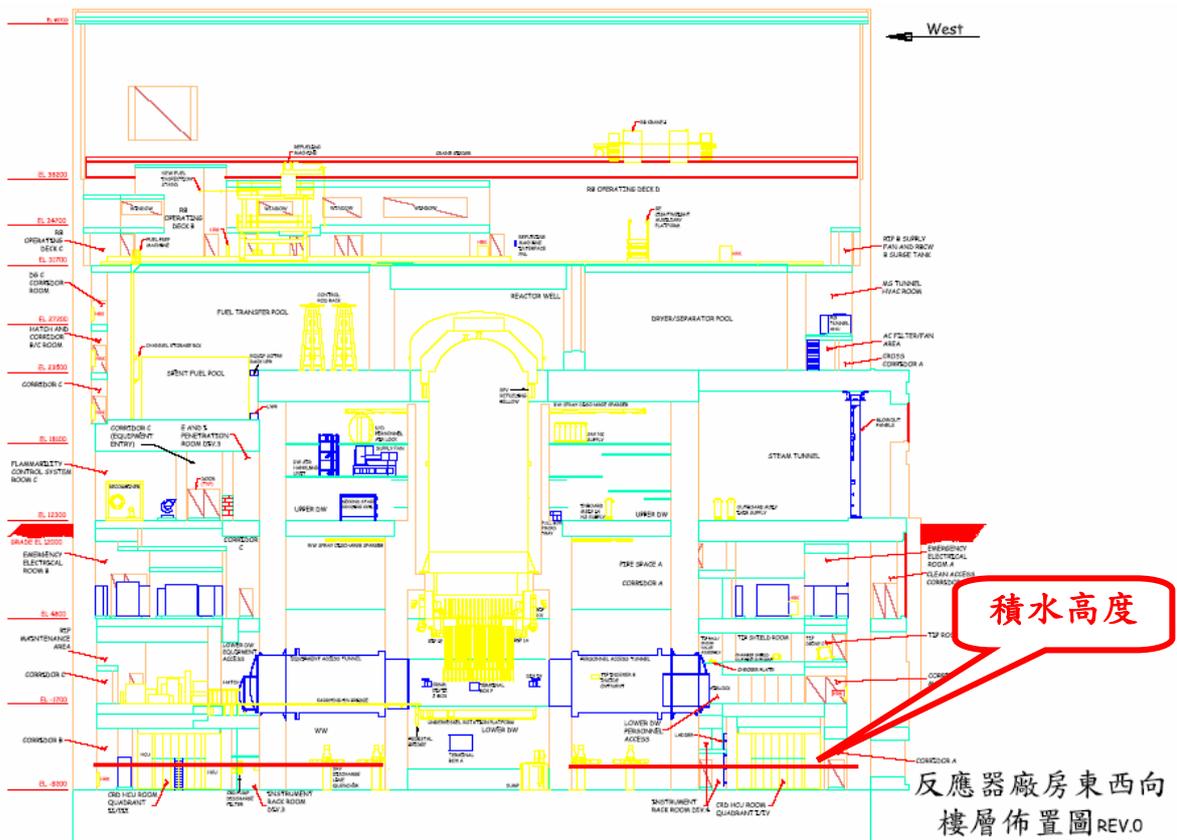
圖四 反應器廠房牆面有三條管路（二條已完成安裝，一條尚未完成）



圖五 廢料隧道淹水（實際水位較照片上為高）



圖六 被擠開之短管（由上往下拍攝）



圖七 淹水區域示意圖



圖八 餘熱移除系統之配管作業尚未完成



圖九 受影響區域設備配置圖



圖十 本會人員進入現場了解受影響設備狀況



圖十一 控制棒液壓控制單元淹水狀況（水位已排至約剩 10~15 公分）



圖十二 爐心隔離冷卻水系統淹水後淤泥狀況



圖十三 部分管節淹水後淤泥狀況

辛樂克颱風對北部核能機組之影響說明

中度颱風辛樂克於9月13日至14日間侵襲台灣中北部，對運轉中之核一、二廠及興建中之核四工地所在地帶來強風豪雨。在颱風期間，核一、二廠廠區所測得之15分鐘最大平均風速分別為28.5米/秒及24.4米/秒，均尚未達到運轉技術規範所規定之颱風期間降載標準之12級風（32.7米/秒），且電廠設備並未受損，廠區亦未淹水，因此核一、二廠四部機組在颱風期間均維持穩定運轉。至於位於台北縣貢寮鄉核四廠部分，2號機反應器廠房外尚未完工之管路地下隧道由於持續大雨造成積水，並因隧道內部分未完工管路開口密封處不耐積水壓力，積水即由此進入2號機反應器廠房底層，且由於13日晚間11時起，電力系統迴路中斷，導致廠房內抽水機均無法正常運作，因而造成反應器廠房底層積水達1.8公尺。由於反應器廠房底層之設備，例如高壓爐心灌水系統水泵、爐心隔離冷卻系統水泵、餘熱移除水泵、爐水淨化水泵及控制棒液壓控制單元等均屬重要安全設備，核四龍門工地除已將漏水來源堵住外，並緊急調派抽水設備，惟預計仍需一日時間始能將廠房底層內積水完全排出。

本次核四廠2號機淹水所影響設備，本會將在龍門工地完成積水清除及受影響設備清查後，除要求台電公司針對如何檢查及維護提出具體作法，並將持續追蹤其執行情形，以確認安裝設備品質。

辛樂克颱風對核四廠 2 號機之影響說明

97-09-23

中度颱風辛樂克於 9 月 13 日至 14 日間侵襲台灣中北部，對位於台北縣貢寮鄉興建中之核四廠工地帶來強風豪雨。由於核四廠 2 號機反應器廠房外尚未完工之管路地下隧道，持續大雨造成積水，積水壓力冲破隧道內部分未完工管路開口之密封處，導致積水由該開口處進入 2 號機反應器廠房底層，且由於 13 日晚間 11 時起，電力系統迴路中斷，致廠房內抽水機均無法正常運作，造成反應器廠房底層積水達 2 公尺。事件發生後，核四龍門工地除已將漏水來源堵住外，並緊急調派抽水設備，於 9 月 17 日將廠房底層內積水排出。

本次核四廠 2 號機反應器廠房淹水所影響設備，初步清查包括有 55 台泵浦、5 台高壓馬達以及為數甚多之電動閥(MOV)、氣動閥(AOV)及空調裝置(AHU)等，龍門施工處針對淹水設備已開立品質不符報告進行管制、追蹤，並於 9 月 19 日邀集電力修護處及核四廠召開工作協調會，對於完全浸水之 2 台控制棒驅動水泵及 1 台爐心隔離冷卻系統水泵，將先請奇異公司之技術顧問人員進行現場勘驗，必要時將邀請原製造廠家至現場勘驗，由核四廠進行檢修；高壓馬達部分則將運往電力修護處進行處理；其餘低壓馬達、泵浦及 MOV/AOV/AHU 等淹水設備，則將由龍門施工處、核四廠及其他友

廠進行修復。

由於受影響設備，例如高壓爐心灌水系統水泵、爐心隔離冷卻系統水泵、餘熱移除水泵、爐水淨化水泵及控制棒液壓控制單元等均屬重要安全設備，因此在 9 月 15 日接獲台電公司通報後，立即責成本會駐廠視察員在現場持續了解龍門施工處的處理情形外，亦立即將相關資訊公佈於網站上，並隨著積水的消退，陸續派員進入現場了解設備受影響狀況，並於 9 月 19 日要求台電公司於 9 月 24 日下午針對本案預防再發生措施、設備影響情形與復原措施及接受標準等來會進行檢討報告，並將持續追蹤其未來執行情形，以確認設備品質。

「辛樂克颱風災害報告」會議紀錄

- 一、 時間：中華民國 97 年 9 月 24 日（星期三）下午 2 時 00 分
- 二、 地點：原能會六樓會議室
- 三、 主席：陳處長宜彬
- 四、 出席人員（敬稱略）：
原能會：莊長富、牛效中、黃偉平、黃海永、宋清泉、曹松楠、許明童、李綺思
台電公司：
 - （一） 核安處：葉英川、陳傳宗、李榮曜、許懷石
 - （二） 核四廠：林榮宜
 - （三） 龍門施工處：邱德成、林清榮、吳耀文
- 五、 記錄：李綺思
- 六、 主席致詞：略
- 七、 專案報告：「辛樂克颱風災害報告」簡報（台電公司）
- 八、 結論
 - （一） 請台電公司補充說明事件發生之時序，並徹底檢討事件發生的肇因、防颱作業的妥適性及人員應變的效能，以防止事件再度發生。
 - （二） 有關受影響設備的復原作業，請台電公司確依相關法規要求及參考國內、外經驗，於擬妥計畫並訂定適當之接受標準程序後儘速展開，且應避免待修時間過長，增加日後處理之困難度。
 - （三） 對於淹水區域上方之設備，亦應考量設備對於濕氣及環境條件之敏感度，執行適當之檢查、維護作業，確保其功能仍能符合原設計要求。
 - （四） 台電公司必須確保維修設備之品質及安全，相關復原作業除應

考量設備之可用外，並應考量其日後運轉之可靠性，而其日後之維護保養、檢測等作業，亦應訂定特別管制程序，以確保各設備均能發揮其應有之功能。

(五) 上述(二)之復原作業計畫(含接受標準等)、(三)之檢查、維護作業計畫及(四)之特別管制程序等，請台電公司於一個月內報會，惟設備先期之復原作業得同步進行。

九、 散會：下午4時00分