

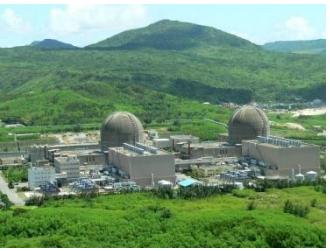

核能電廠安全檢視結果與強化措施

台灣電力公司

中華民國100年6月1日








簡 報 內 容

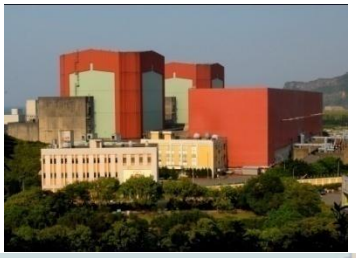
一. 前　　言

二. 核能電廠安全防護總體檢

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

四. 原能會對本公司安全防護總體檢之審查意見

五. 結　　語

一.前　言

1. 依據　總統宣示：「没有核安就没有台灣」，落實「核安第一」，本公司以日本福島事故作為借鏡，進行「核能電廠安全防護總體檢」
2. 311日本福島核災事故發生後
   - 本公司立即進行8項核能安全強化措施
   - 3月17日世界核能發電協會(WANO)提出4項建議，要求各電廠檢視超過設計基準事故的處理能力與整備
   - 4月6日原能會提出「因應日本福島事故-核能安全防護要求辦理事項」，共短期11大項(56細項)，中程2大項
   - 本公司立即將前述辦理事項，整併成短程12大項(63細項)，中程1項(4細項)與3個專案小組工作項目，建構成本公司「核能電廠安全防護總體檢」體檢項目
3. 本公司除檢討現行電廠設計基準外，同時研訂超出設計基準事故的因應與強化方案，已於5月12日前將總體檢結果與強化方案分別陳報原能會、國營會及WANO

二.核能電廠安全防護總體檢

◆ 「核能電廠安全防護總體檢」體檢項目

項次	體檢項目	陳報日期
1	廠區全黑事件檢討-8細項	100.4.15
2	廠內廠外水災事件-4細項	100.4.15
3	用過燃料池完整性及冷卻-8細項	100.4.22
4	最終熱沈能力-9細項	100.4.22
5	事故處理程序與訓練-5細項	100.4.29
6	機組斷然處置程序之檢討-3細項	100.4.29
7	一/二號機組相互支援-4細項	100.4.29
8	複合式災難事件-4細項	100.4.29

註：「熱沈」(Heat Sink)指移除熱量的能力

二.核能電廠安全防護總體檢

◆ 「核能電廠安全防護總體檢」體檢項目

項次	體檢項目	陳報日期
9	超過設計基準事故-8細項	100.5.6
10	設施/設備完備性及備品儲備-5細項	100.5.6
上述10項體檢項目已於100年5月6日前陸續陳報原能會審查		
項次	體檢項目	陳報日期
11	精進人力/組織運作及強化核能安全文化-3細項	100.6.30
12	加強廠區防災演練-3細項	核一廠：100.6.24 核二廠：100.5.17 核三廠：100.8.4
中程	提前進行10年整體安全評估	100.12.31

二. 核能電廠安全防護總體檢

◆ 「核能電廠安全防護總體檢」策略

提升設計基準防災能力

- 防海嘯
- 耐震
- 提前進行10年整體安全評估
- 精進人力/組織運作及強化核能安全文化

因應超出設計基準事故

救援能力檢討
- 後備與救援電源
- 後備與救援水源
- 用過燃料池救援
- 救援資源整備

斷然處置

防止放射性物質外釋，避免大規模民眾疏散

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

- 整理總體檢結果，規劃因應與強化方案，依方案屬性，分為四類報告：

1. 耐震能力檢討
2. 防海嘯能力檢討
3. 救援能力檢討
   - 後備及救援電源
   - 後備及救援水源(含熱沉)
   - 用過燃料池救援
   - 救援資源整備
4. 機組斷然處置檢討

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.1 耐震能力檢討

1 檢視重要安全廠房結構耐震

2 安全停機系統耐震餘裕評估與補強規劃

3 建置完成強震自動停機系統、預警系統及演練

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.1 耐震能力檢討

1. 檢視重要安全廠房結構耐震

近程	
項　　目	完成期限
1. 完成比對核能電廠法規與我國建築法規之耐震設計，以核一廠為例，其設計地震力為一般建築物設計地震力的2.58倍以上	已完成
2. 完成電廠重要安全廠房結構耐震餘裕檢視，確認具耐震餘裕	已完成
3. 依現有中央地調所公告之資料，完成山腳斷層及恆春斷層錯動初步評估，確認反應器廠房仍符合原設計耐震安全範圍內	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.1 耐震能力檢討

2. 安全設備組件耐震評估與補強

中程	
項　　目	完成期限
1. 對中央地調所公告之新事證進行地質調查	101.6.30
2. 營運中核能電廠地質穩定性及地震危害度再評估	101.12.31
3. 安全設備組件耐震餘裕度檢討及後續補強規劃	102.4.30

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.1 耐震能力檢討

3. 建置完成強震自動停機系統、預警系統及演練

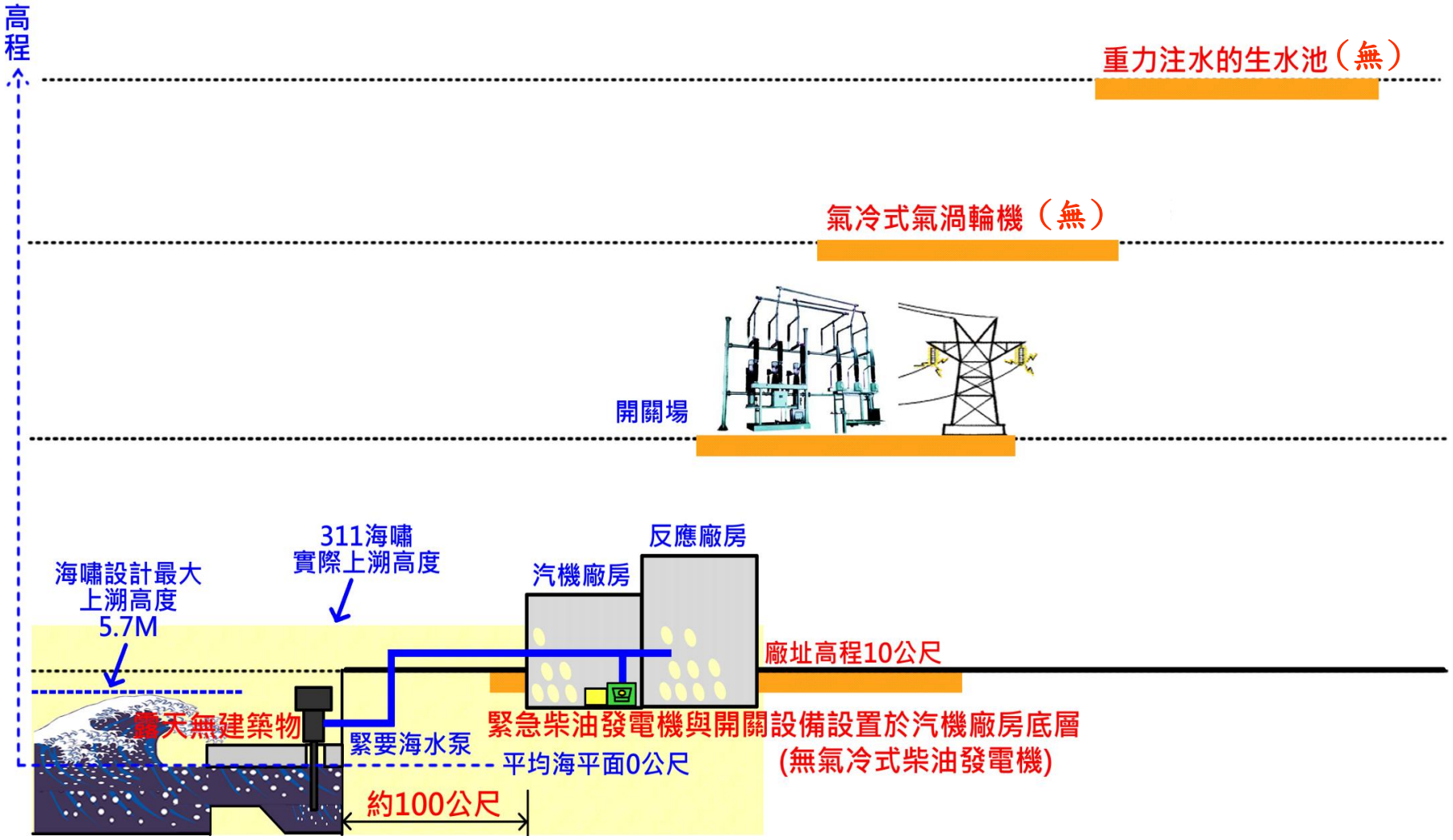
近程	
項　　目	完成期限
1. 96年10月31日建置完成各核電廠強震自動停機系統，當地震強度達安全停機地震值(SSE)的1/2值時，自動將機組安全停機	已完成
2. 定期緊急計畫動員與演練，已納入防震與處置演練	已完成
3. 建置各廠與中央氣象局地震與海嘯預警系統連線	100.10.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

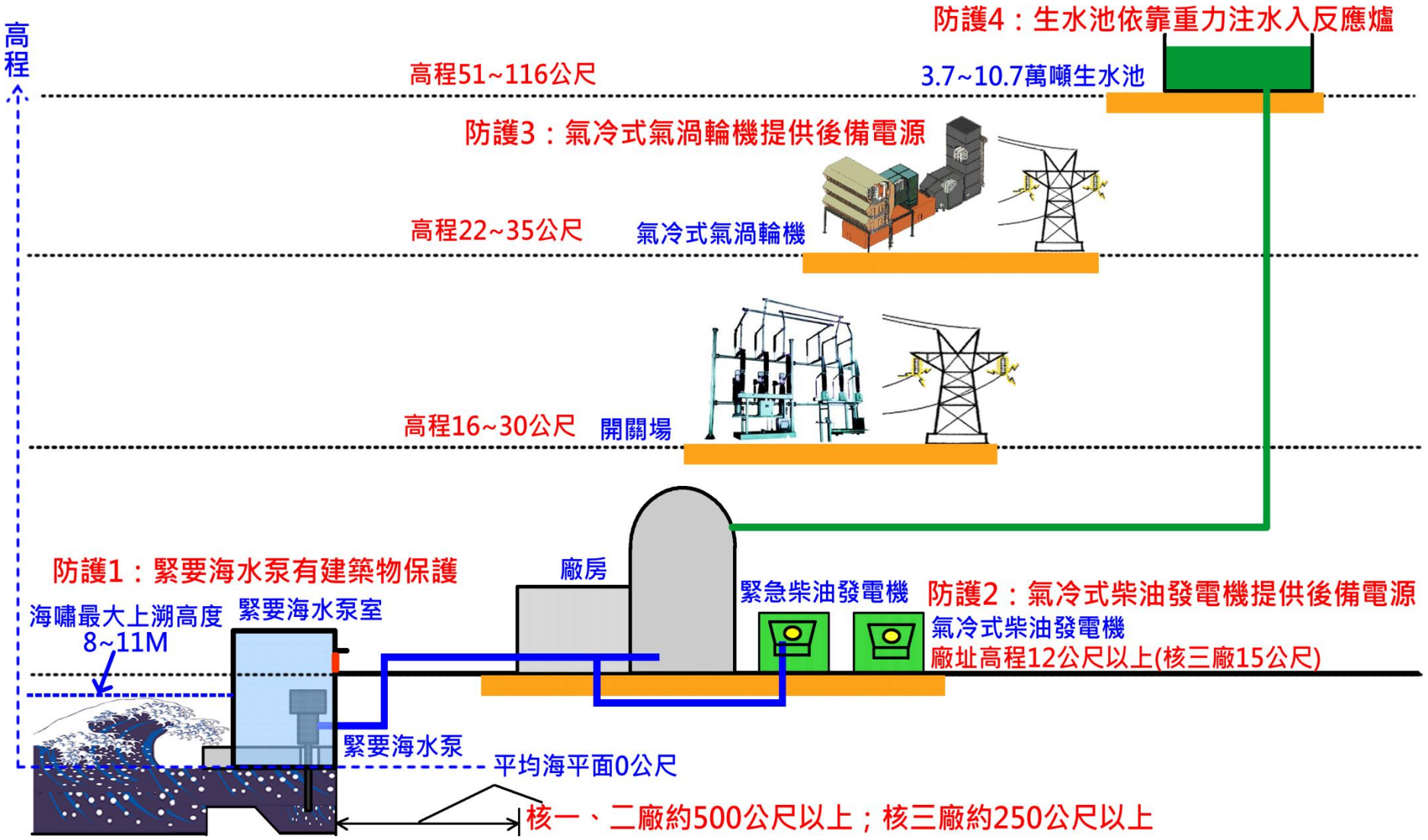
三.2 防海嘯能力檢討

1. 檢視現行設計基準
2. 各廠潛在海嘯衝擊分析
3. 強化防海嘯能力
4. 強化廠房排水設備維護與測試作業
5. 增加機動排水能力

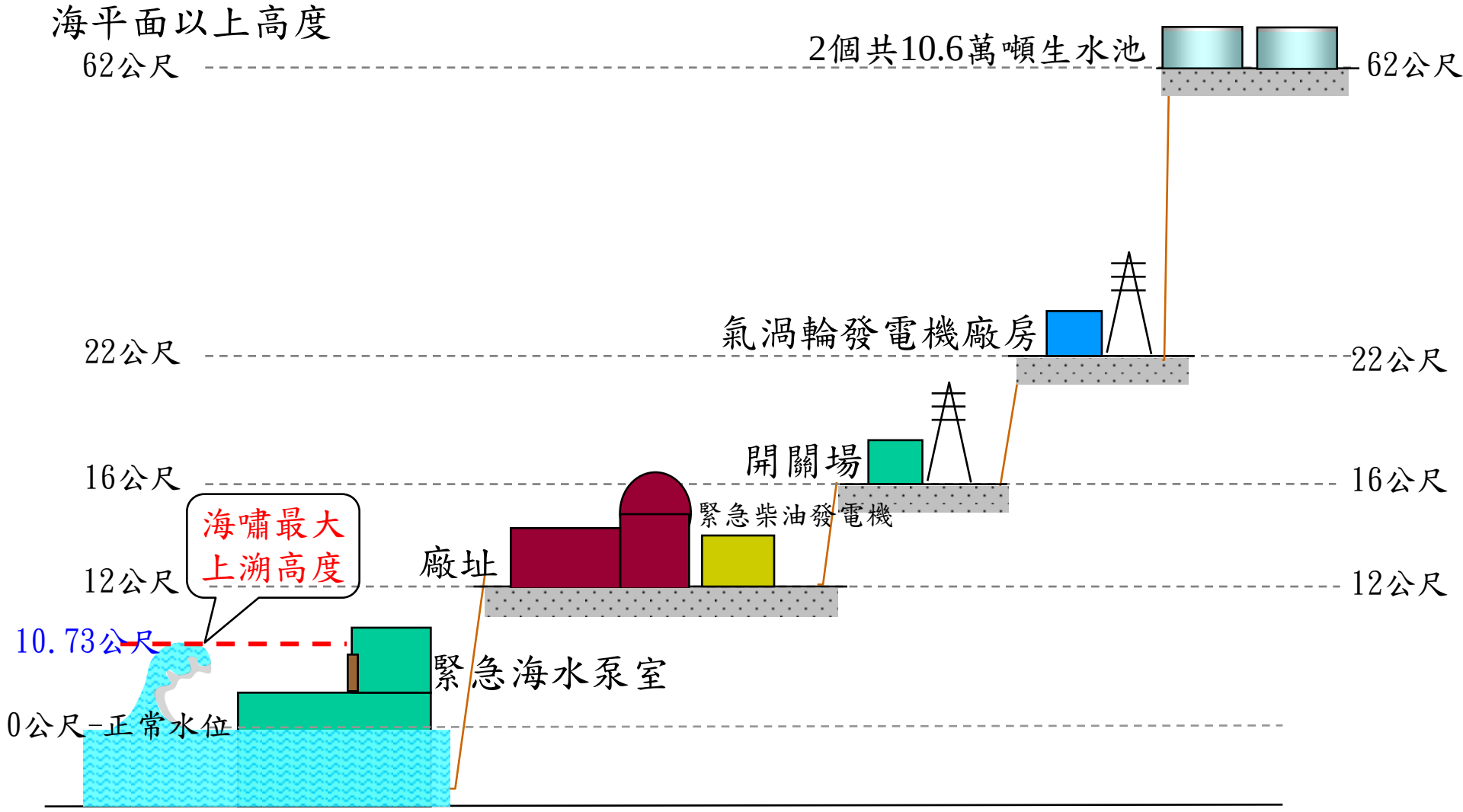
日本福島一廠防海嘯設計



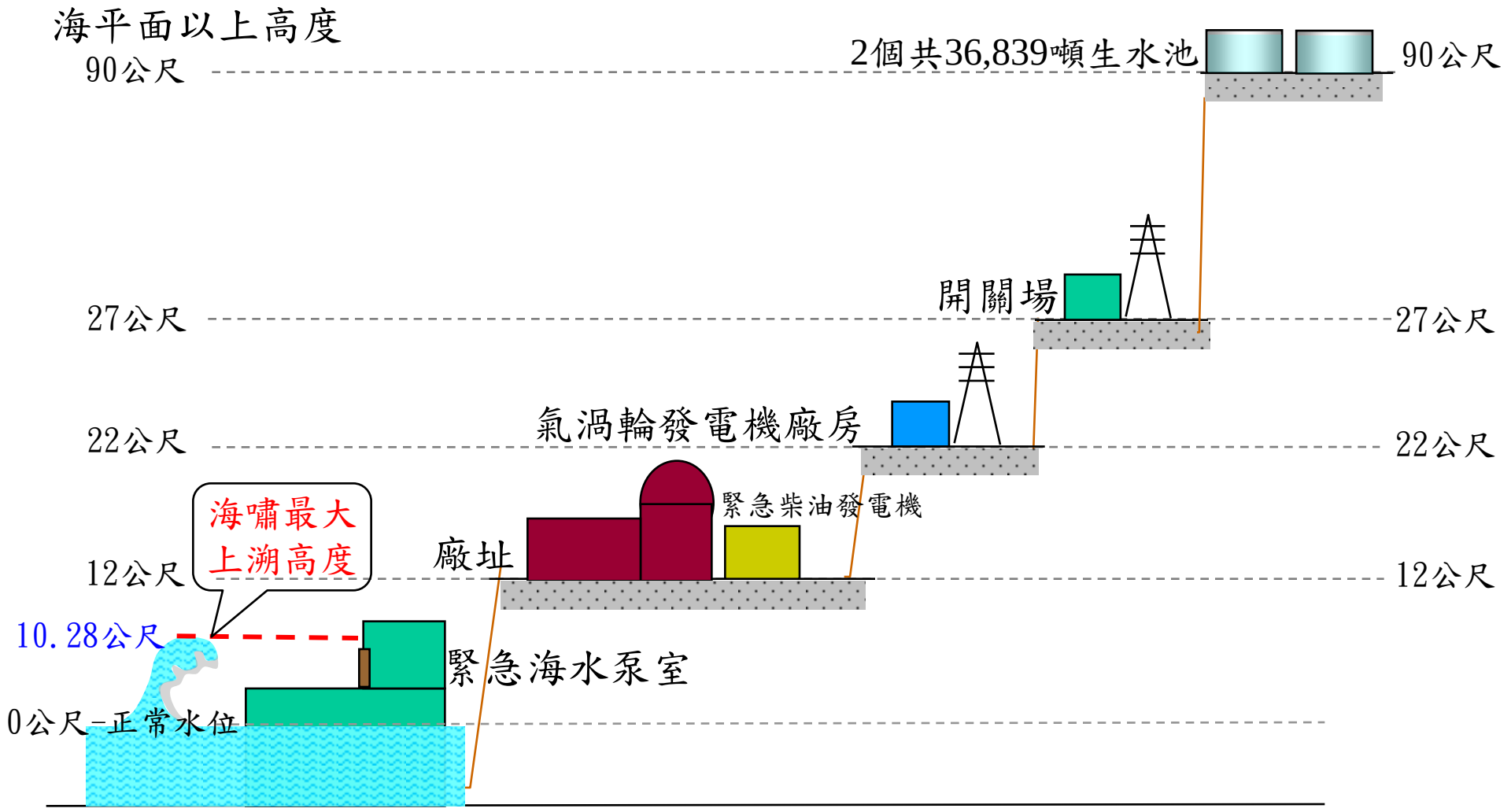
我國核能電廠防海嘯4道防護



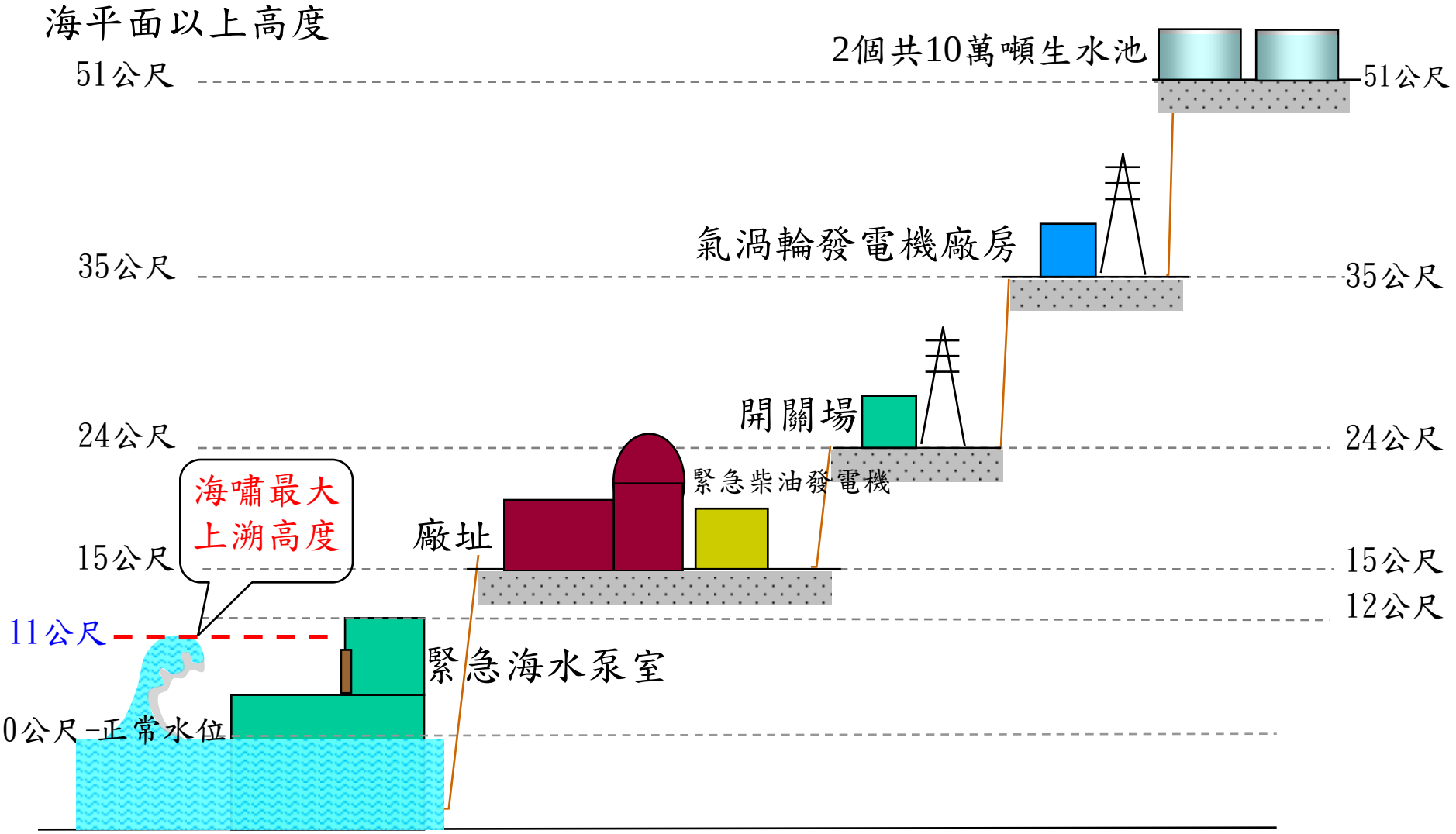
核一廠各廠房設施高程示意圖



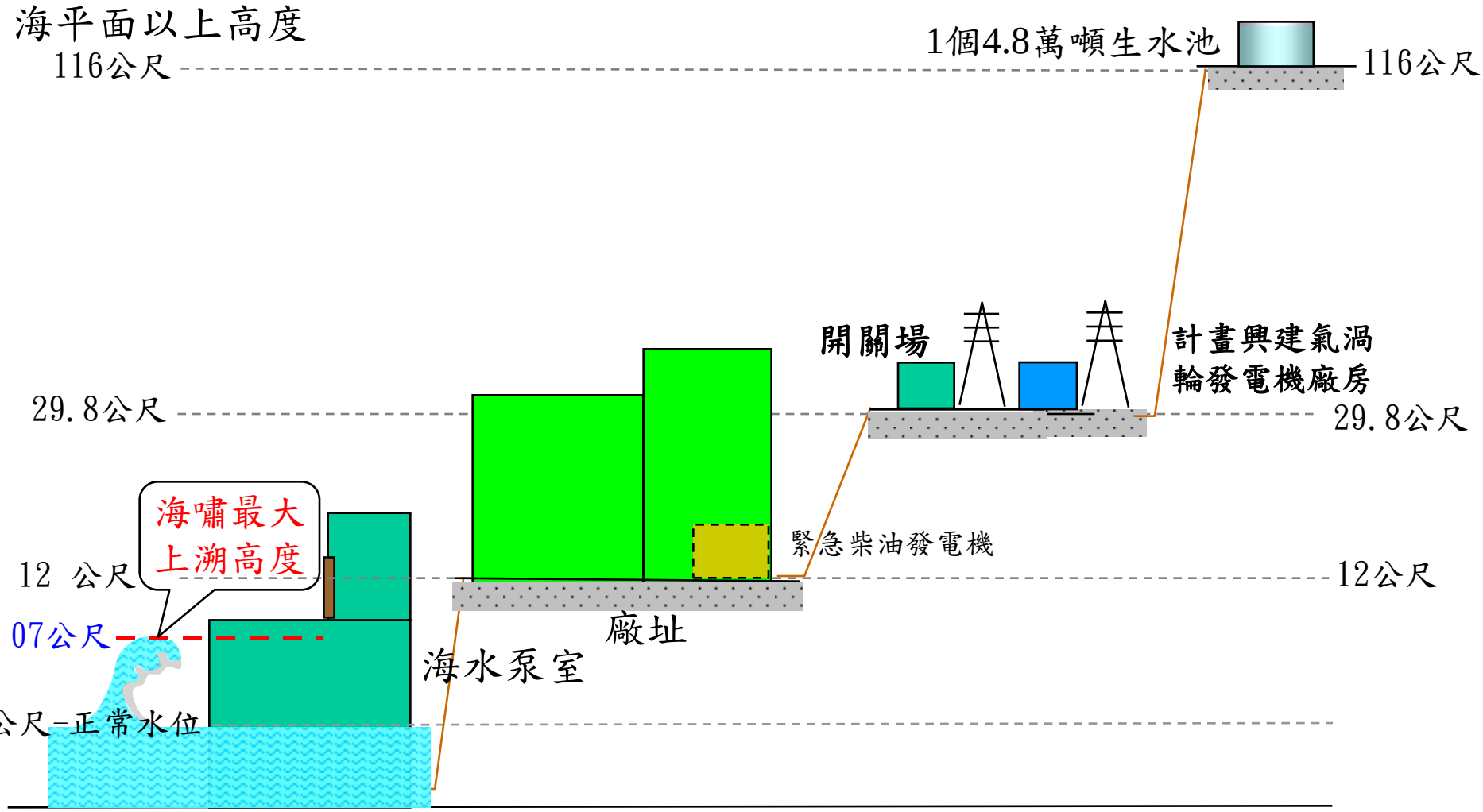
核二廠各廠房設施高程示意圖



核三廠各廠房設施高程示意圖



龍門(核四)廠各廠房設施高程示意圖



三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.2 防海嘯能力

1. 現行設計基準檢視

近程	
項　　目	完成期限
1. 調查各廠附近海陸域地形地貌	已完成
2. 重新檢視各電廠終期安全分析報告(FSAR)之海嘯設計基準及電廠設施安全性	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.2 防海嘯能力

2.各廠潛在海嘯衝擊分析

近程	
項　　目	完成期限
1. 以精細分析網格進行海嘯動能衝擊力數值模擬評估及海嘯總體檢分析	100.10.15
2. 依據山腳及恆春斷層海域調查結果，評估斷層錯動時，海嘯對核一二三廠的衝擊	100.10.31

- 依據國科會「台灣潛在的最大海嘯威脅模擬」之八大海嘯震源及其地震規模及深度，重新模擬海嘯溯上水位並進行海嘯衝擊力分析，將依模擬結果增訂強化方案

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.2 防海嘯能力

3. 強化防海嘯能力

中程	
項　　目	完成期限
1. 依據最大海嘯溯上水位模擬及衝擊力分析結果，規劃防海嘯牆或電廠重要安全設備室之水密門建構(須經進一步工程評估)	101.12.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.2 防海嘯能力

4. 強化廠房防水與排水設備維護與測試作業

近程	
項　　目	完成期限
1. 執行所有可接近之防水門、屏蔽(包括井欄等)及穿越器填封完整性之現場查證或檢查	已完成
2. 落實廠房排水設備定期維護與測試作業	已完成
3. 檢視各廠防洪設計基準與排洪能力*	已完成

＊ 依中央氣象局公告資料顯示，全台歷史上單日最大降雨量發生在民國56年10月18日宜蘭冬山河，降雨量為1,672mm，確認各廠反應器廠房排洪設計能力為單日最大降雨量的3倍以上

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.2 防海嘯能力

5. 增加機動排水能力

近程	
項　　目	完成期限
1. 增購排水沉水泵*，強化機動排水能力	100.9.30

*現有沉水泵數量(台)
核一廠：13台
核二廠：26台
核三廠：20台

*現有機動發電機數量(台)
核一廠：13台
核二廠：6台
核三廠：22台

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援電源

1. 提升氣冷式柴油發機與氣渦輪機的供電能力
2. 增購移動式救援電源，包括電源車與移動式柴油發電機

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援電源

1.1 提升第5台柴油發電機供電能力

近程	
項　　目	完成期限
1. 擴充第5台氣冷式柴油發電機供電能力，使可同時提供兩部機電源	100.12.31
2. 第5部氣冷式柴油發電機基礎及廠房耐震評估	100.10.31
3. 規範第5部氣冷式柴油發電機廠房吊車停置於墜落安全位置，防止地震墜落損及柴油發電機	100.5.31

中程	
項　　目	完成期限
1. 建構第5部氣冷式柴油發電機廠房水密門或防海嘯擋牆	101.12.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援電源

1.2. 提升氣冷式氣渦輪機供電能力

近程	
項　　目	完成期限
1. 氣渦輪機基礎及廠房耐震評估	100.10.31
2. 氣渦輪機日用油槽耐震評估	100.10.31
3. 規範氣渦輪機廠房吊車停置於墜落安全位置，防止地震墜落損及氣渦輪機	100.5.31
4. 利用氣渦輪發電機全黑起動柴油機提供廠內4.16kV電源	100.10.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援電源

2. 增購移動式救援電源

近程	
項　　目	完成期限
1. 購置14台(核一廠6台；核二廠4台；核三廠4台)容量100~200 KW 480V移動式柴油發電機*	100.12.31
2. 延續廠內直流電源供電能力(>8小時)	

*現有480V移動式柴油發電機：核一廠1台、核二廠2台、核三廠1台、核四廠5台

中程	
項　　目	完成期限
1. 購置4台電源車，提供4.16 kV電源，提供安全系統泵電源	101.6.30

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

1. 廠區既有系統注水之各項水源包括廠內水源與生水系統
2. 採消防車注水之淡水水源，包括廠區與鄰近溪水、排洪道、深井與水潭等淡水
3. 採消防車注水之海水，包括海水渠道存水、碼頭海水等
4. 建立海水熱沉，復原長期冷卻能力

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

1.1提升廠內水源供水能力

近程	
項　　目	完成期限
1. 清查廠內水源容量	已完成
2. 規劃注水流徑與動力來源	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

1.2 提升生水可靠度

近程	
項　　目	完成期限
1. 生水池耐震提升評估	100.10.31

中程	
項　　目	完成期限
1. 生水管路明管化，特定管路改為撓性管路	101.12.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

2. 消防車注水之淡水水源

近程	
項　　目	完成期限
1. 廠外水源現勘，規劃運送途徑	已完成
2. 完成注水流徑規劃	已完成
3. 核二廠廠內排洪道設置短堰攔水	已完成
4. 廠內與地方消防車及水車數量、容量、注水揚程清查	已完成
5. 增購大型消防水泵(核一廠5台；核二廠4台)，增加汲水容量	100.12.31
6. 核三廠增購消防泡沫車與水庫車，強化注水資源	101.12.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

3. 消防車注水之海水

近程	
項　　目	完成期限
1. 規劃海水取水地點與運送途徑	已完成
2. 規劃海水注水流徑	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

4. 建立海水熱沉，復原長期冷卻能力

近程	
項　　目	完成期限
1. 完成「長期冷卻復原」點檢資料庫*，包括備品、設備高程、充水路徑與水源等資料	已完成
2. 依點檢資料庫，執行現場查證，包括設備室、開關室、電池室、穿越器的防水性等	已完成
3. 核一、二廠各加購1台緊要海水泵馬達備品	100.12.31
4. 成立「核一二三廠緊要海水泵室防海嘯強化小組」，針對「防海嘯評估專案小組」目前體檢發現的弱項，提出具體改善方案	已完成

*長期冷卻復原設備包括緊要海水泵、餘熱移除泵、核機冷卻水泵、緊要電源開關設備、緊要直流控制電源

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-後備與救援水源(含熱沉)

4. 建立海水熱沉，復原長期冷卻能力

中程	
項　　目	完成期限
1. 提升長期冷卻復原設備室*防水性(納入安全重要設備防水性提升計畫)	101.12.31

*長期冷卻復原設備室包括緊要海水泵、餘熱移除泵、核機冷卻水泵、緊要電源開關設備、緊要直流控制電源等設備室

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-用過燃料池救援

1. 完成「用過燃料池緊急補水指引」，規劃4項補水途徑，確保燃料曝露時限內，建立用過燃料池補水功能
2. 防止吊車因地震墜落，損及燃料池結構或燃料
3. 分析大修與非大修期間用過燃料最佳安全置放位置

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-用過燃料池救援

1. 用過燃料池緊急補水指引

近程	
項　　目	完成期限
1. 喪失廠區配置的交流電源時，將使用過燃料池與燃料儲存池的補水功能喪失，可優先使用移動式發電機及空壓機，提供補水泵與閥開關的動力，恢復正常補水功能	已完成
2. 經由廠房消防系統，利用廠房消防水帶注入生水	已完成
3. 利用消防車運水，經由消防水系統與消防水帶注水	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-用過燃料池救援

1. 用過燃料池緊急補水指引

近程	
項　　目	完成期限
4. 利用消防車運水，直接駛入燃料廠房對池中注水(核二廠用過燃料池開口位於平面樓)	已完成
5. 於燃料廠房裝設消防水車連接管，作為消防水車直接注入用過燃料池的流徑	100.12.31
6. 計算燃料喪失冷卻與補水後的曝露時間，作為補水行動完成時限	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-用過燃料池救援

2. 防止吊車因地震墜落，損及燃料池結構或燃料

近程	
項　　目	完成期限
1. 燃料吊車、燃料沖洗吊車及廠用吊車於導輪端加裝機械式手動防滑移裝置	100.10.31
2. 懸臂吊車之懸臂以鋼索繫固	100.6.30
3. 單軌吊車繫固於吊車行走之鋼樑	100.6.30
4. 規範吊車平時位置，與重要設備保持墜落的安全距離，吊運作業時，管制安全荷重路徑	100.5.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-救援資源整備

1. 人力物資整備

近程	
項　　目	完成期限
1. 各廠現有鉛衣，鉛毯等輻射屏蔽約3700件，各式防護衣約70,000套，規劃再增加各式輻射屏蔽約750件及拋棄式防護衣70,000套	100.12.31 (鉛毯採購預訂101.6.30完成)
2. 建立「設施備品、器材、工具建置規劃表」，除了一般性救援設備整備外，另整合增購救援設備及各廠既有的資源	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-救援資源整備

1. 人力物資整備

近程	
項　　目	完成期限
3. 建立公司員工及協力廠商就近支援人力名冊*	100.6.30
4. 開發/建置移動式環境輻射即時監測系統#	已完成

*目前業與奇異公司/西屋公司/貝泰顧問公司/Ebasco /INPO等國外機構簽訂有合約或協定協助處理事故

#建置完成一套整合輻射偵測設備、衛星定位、氣象資訊、工業電腦(或智慧型手機)、3G通信、Google地圖和網路技術的移動式環境輻射即時監測系統。事故時，可機動佈置成廠界地區環境輻射即時自動監測網

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-救援資源整備

2. 強化技術支援中心運作機制與設備

近程	
項　　目	完成期限
1. 因應雙機組事故，強化技術支援中心與後備技術支援中心裝置與設備之改善，使可同時對雙機組狀況連線與多螢幕分開顯示，俾能同時掌握不同機組之狀況，進行即時之對策處理	100.6.30
2. 擴增嚴重核子事故處理小組參與成員，並每兩年辦理一次嚴重核子事故處理小組成員之訓練，強化雙機組事故運作能力	100.5.31
3. 檢討技術支援中心緊急控制小組的人力配置，做適當規劃，以建置緊急控制小組兩組人力運作時的輪替人力，確保事故處理不受時間影響	100.5.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.3 救援能力檢討-救援資源整備

2. 強化技術支援中心運作機制與設備

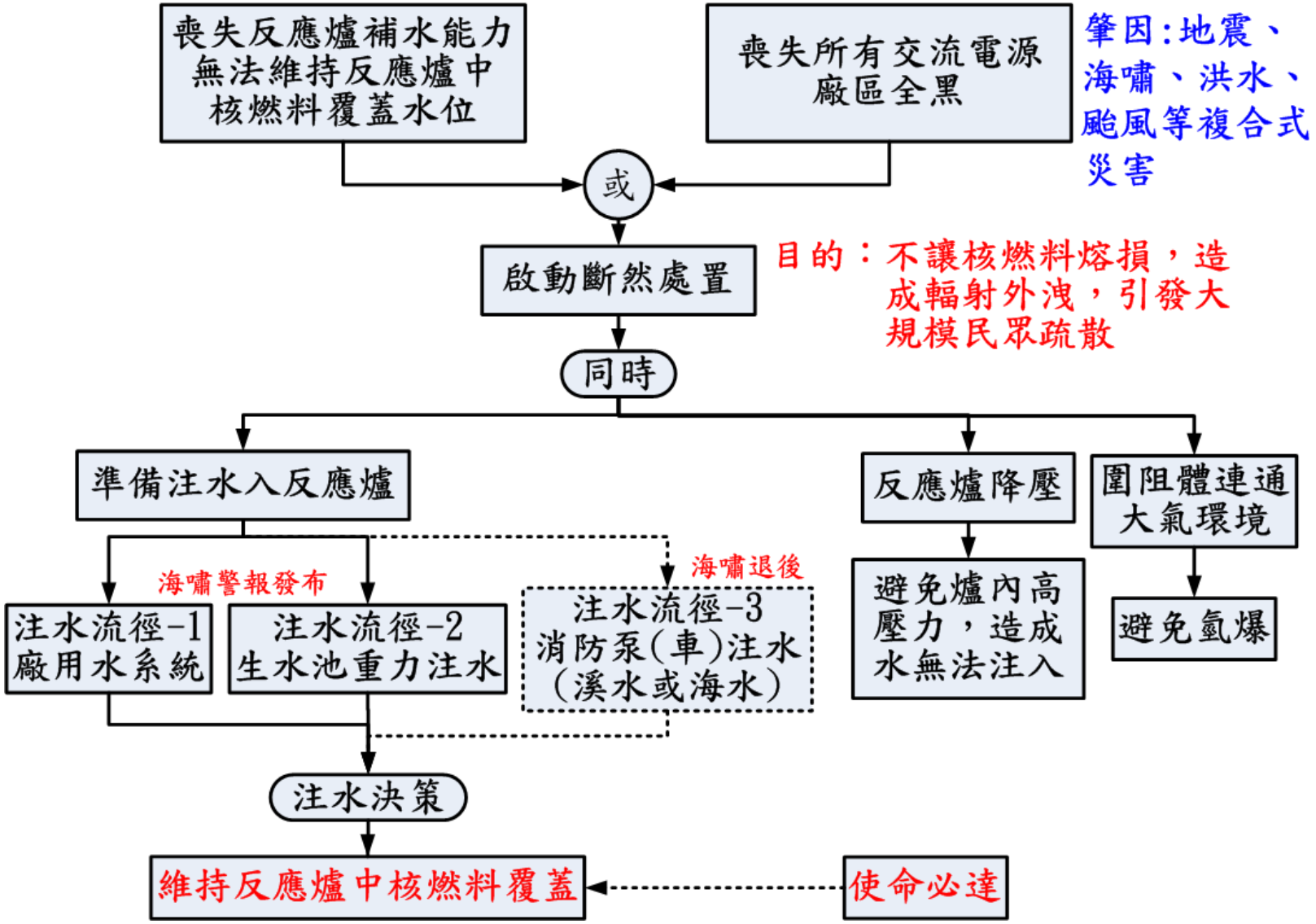
近程	
項　　目	完成期限
4. 提升衛星電話通訊能力，緊執會再增加3具衛星電話，達成各廠與緊執會一對一通訊功能	100.12.31
5. 各廠與緊執會運轉參數傳輸除現有光纖網路外，再新增微波傳輸途徑	100.12.31

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三.4 機組斷然處置檢討

1. 機組斷然處置程序指引
   - 處置流程
   - 決策機制
   - 長期冷卻復原
2. 反應爐、圍阻體完整與氫氣控制強化措施
3. 熱沉喪失替代餘熱移除之換水操作指引
4. 安全停機

三.4 機組斷然處置檢討


喪失反應爐補水能力
無法維持反應爐中
核燃料覆蓋水位
喪失所有交流電源
廠區全黑
肇因:地震、
海嘯、洪水、
颱風等複合式
災害
或
啟動斷然處置
目的：不讓核燃料熔損，造
成輻射外洩，引發大
規模民眾疏散
同時
準備注水入反應爐
反應爐降壓
圍阻體連通
大氣環境
海嘯警報發布
海嘯退後
注水流徑-1
廠用水系統
注水流徑-2
生水池重力注水
注水流徑-3
消防泵(車)注水
(溪水或海水)
避免爐內高
壓力，造成
水無法注入
避免氫爆
注水決策
維持反應爐中核燃料覆蓋
使命必達

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三. 4 機組斷然處置檢討

1.「機組斷然處置流程指引」

近程	
項　　目	完成期限
1. 擬定「機組斷然處置流程指引」	已完成
2. 設計外接式加壓線路至直流蓄電池充電機線路，運用移動電源延續DC控制電源可用性(RCIC、儀用電源)	100.12.31
3. 採購移動式空壓機(每廠各3台)供氣動閥緊急操作使用	100.6.30
4. 擬訂反應爐、圍阻體完整與氫氣控制強化措施	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三. 4 機組斷然處置檢討

2. 反應爐、圍阻體完整與氫氣控制強化措施

近程	
項　　目	完成期限
1. 增設480V移動式發電機，做為圍阻體充氮系統與氫氣再結合器等設備的救援電源	100.12.31
2. 執行反應爐緊急洩壓時，同時執行一次圍阻體排氣，不管輻射釋放率與一次圍阻體壓力值，避免氫氣累積發生爆燃與一次圍阻體過壓	已完成
3. 開啟二次圍阻體與燃料廠房機件進出長條門、鐵捲門與通氣閥門(由移動式電源與氣源提供動力)，避免二次圍阻體氫氣累積	已完成

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三. 4 機組斷然處置檢討

3. 熱沉喪失替代餘熱移除之換水操作指引

近程	
項　　目	完成期限
1. 規劃抑壓池洩水流徑與動力來源，建立循環換水機制	100. 6. 30
2. 規劃換水靜置降溫水槽	100. 6. 30

三. 安全防護總體檢結果與改善方案

三. 4 機組斷然處置檢討

4. 安全停機

近程	
項　　目	完成期限
1. 採購天然硼酸、硼砂：核一廠58噸；核二廠93噸；核三廠50噸*	100.12.31
2. 修訂後備硼液注入程序，納入利用消防水車機動注入硼液的程序	100.5.31

*核一廠現有儲存0.3噸濃縮五硼酸鈉及天然硼酸、硼砂共12噸
核二廠現有儲存364磅濃縮五硼酸鈉及天然硼酸、硼砂共6噸
核三廠現有儲存天然硼酸約4.5噸
各廠現有儲存量可提供正常運轉補充及緊急情況時使用

四.原能會對本公司安全防護總體檢之審查意見

◆本公司核能電廠安全防護總體檢與國際比較

項次	台電公司安全總體檢內容	NRC [1]	NEI [2]	WENRA [3]	WANO [4]	NISA [5]
1	廠區電源全部喪失(全黑)事件	✓	✓	✓	✓	✓
2	廠房/廠區水災事件及防海嘯能力	✓	✓	✓	✓	✓
3	用過燃料池完整性及冷卻能力	✓		✓		✓
4	熱移除及最終熱沉能力	✓		✓		✓
5	事故處理程序與訓練	✓	✓	✓		✓
6	機組斷然處置程序之建立					
7	一/二號機組相互支援			✓		
8	複合式災難事件	✓	✓	✓	✓	
9	超過設計基準事故	✓	✓	✓	✓	
10	設施/設備完備性及備品儲備	✓	✓	✓		
11	精進人力/組織運作及強化核能安全文化	✓				

資料來源：原能會

1. 美國核能管制委員會(NRC)
2. 美國核能協會(NEI)
3. 西歐核能管制者協會(WENRA)
4. 世界核能發電協會(WANO)
5. 日本原子力安全保安院(NISA)

四.原能會對本公司安全防護總體檢之審查意見

- 原能會審查意見
  - 本公司評估增購之重要設備，需依期限採購完成（共9項）。
  - 原能會要求本公司限期完成之重要項目共18項。
  - 核一、二、三廠共通性審查意見（共10大項65小項），列入管制追蹤案並限期完成。
- 總處已於100年5月24日召集核一、二、三、龍門廠開會討論處理措施。

四.原能會對本公司安全防護總體檢之審查意見

- 原能會初步結論
  - 針對設計基準事故，電廠已建立相關應變程序，並定期演練，應已具備適當之能力。
  - 對於超出設計基準之狀況，需假設現有設備可能受損，故需採取加強措施，例如
    - 電源強化：增購移動式電源車/發電機、提高直流電源使用時間
    - 添購水泵、消防車、輸送水帶、空壓機等
    - 強化重要廠房開口(如出入門) 之防水淹能力
    - 強化部分非耐震一級設備之耐震能力，如氣渦輪發電機
    - 強化相關應變程序書與應變能力，包括必要時執行電廠不再使用之斷然處置措施，與人員演練

五. 結　　語

- 經過本次總體檢後，台電公司未來面對複合式災害，將更有信心做好防災、救災的整備，保障民眾的健康與安全
- 若發生遠超於設計基準之事故，將及時採取斷然處置放棄電廠，台電公司將以「沒有核安，就沒有台灣」的心態做好準備，使命必達地防止大規模民眾疏散

報告 完畢
敬請 指教