

我國核能電廠因應日本福島電廠事故

總體檢－核能安全防護

近期檢討議題初步安全評估報告

行政院原子能委員會

中華民國 100 年 5 月 13 日



## 目 錄

|                          | 頁碼 |
|--------------------------|----|
| 第一章 前言                   | 1  |
| 一、概述                     | 1  |
| 二、總體檢規劃與檢討               | 3  |
| 第二章 核能安全防護之近期檢討議題        | 5  |
| 一、台電公司檢討及研議規劃            | 5  |
| 二、本會對現行設計基準符合性初步審查意見     | 10 |
| 三、超過現行設計基準之檢討及評估         | 15 |
| 第三章 初步安全評估報告結語           | 18 |
| 附錄一 核能電廠安全防護近期檢討議題       |    |
| 附錄二 國際其他核電國家的做法          |    |
| 附錄三 台電公司各議題研議之總結報告       |    |
| 附錄四 核一、二、三廠近期檢討議題共通性審查意見 |    |



# 第一章 前言

## 一、概述

日本東北地區外海 3 月 11 日發生規模 9.0 大地震，後續並引發大海嘯，造成福島一廠機組因廠區電源喪失及失去補水能力，導致爐心燃料熔損及放射性物質外釋。日本福島一廠發生核子事故後，總統於國家安全會議 311 專案第五次會議裁示：「三座運轉中核電廠及一座興建中核電廠，應再予以總體檢」。原能會即參考日本官方機構(原子力安全保安院)、東電公司及國際重要核能機構(國際原子能總署、美國核能管制委員會、美國核能協會、西歐核能管制者協會、世界核能發電者協會)對福島一廠採行之加強安全措施外，並依我國核能電廠設計基準、地質環境及運轉狀況等特性，檢討現有機組因應事故之能力以及天災發生後可能潛在設備功能喪失的危險要項，以強化現有核能機組抗地震、防山洪、耐海嘯之機制。

行政院已核定我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案，台灣電力公司並已針對現有應變機制、程序與設計能力，分近期 11 項（100 年 6 月底前完成，項目及細目請參閱附錄一）與中程（提前執行 10 年整體評估，100 年 12 月底前完成）兩階段執行。我國採行之檢討措施與國際核能國家做法初步比較，我國針對機組斷然處置程序、精進人力/組織運作及強化核能安全文化之考量，較目前國際間之作法更為嚴謹、嚴密(項目比較如表 1)。本方案的執行方式是，台電公司在完成檢討後，將報告送原能會審查，完成初步具體強化措施與改善方案（如後述第二章），以確保電廠更加安全。

表 1. 我國採行檢討措施與國際核能國家做法之比較

| 項目   | 我國作法之內容            | NRC <sup>1</sup> | NEI <sup>2</sup> | WENRA <sup>3</sup> | WANO <sup>4</sup> | NISA <sup>5</sup> |
|------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| (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) | 設備/設施完備性及備品儲備      |                  | ✓                | ✓                  |                   |                   |
| (11) | 精進人力/組織運作及強化核能安全文化 |                  |                  |                    |                   |                   |

備註：

1. 美國核能管制委員會 (Nuclear Regulatory Commission)
2. 美國核能協會 (Nuclear Energy Institute)
3. 西歐核能管制者協會 (Western European Nuclear Regulators Association)
4. 世界核能發電者協會 (World Association of Nuclear Operators)
5. 日本原子力安全保安院 (Nuclear and Industrial Safety Agency)

## 二、總體檢規劃與檢討

本會已蒐集並持續瞭解世界各國重要資訊如附錄二，包括：

- (一) 蒐集日本福島電廠最新狀況與日本檢討報告
- (二) 蒐集國際原子能總署相關調查與因應措施報告
- (三) 蒐集美國核能管制委員會相關檢討與因應報告
- (四) 蒐集 OECD/NEA 相關國家檢討與因應做法
- (五) 其他相關資料

本會將依據台電公司答覆近期、中程檢討之 12 項議題內容與時程，進行審慎與嚴謹之審查及列為追蹤管制項目，並持續蒐集福島電廠事故最終檢討報告及依據國際原子能總署、日本及美國等檢討報告之經驗回饋與建議，要求台電公司儘速執行相關強化暨改善措施，迄今蒐集國際上包括美國、日本及歐盟等國重要相關資訊如附錄二。

本會執行核能安全防護總體檢之評估準則如下：

- (一) 對運轉中電廠檢視並確認與現行設計基準(FSAR)的符合性
- (二) 對運轉中電廠檢討並評估超過現行設計基準的因應強化措施
- (三) 興建中之核四廠因尚未裝填核子燃料，暫不會對民眾造成安全影響
  - (1) 檢討項目原則上與運轉中電廠相同
  - (2) 因部份項目如程序書等尚未完全建立，故時間上可稍微延後
  - (3) 相關檢討項目原則上須於核子燃料裝填前完成，目前已列在核四廠燃料裝填前應完成之管制事項
  - (4) 核四廠另須在運轉執照核發前或 102 年 6 月底前(以時間先到

者為準)，完成兩部廠內氣渦輪發電機之安裝(或裝設類似功能設備)，以確保爾後運轉安全

(四) 不論運轉中或興建中之電廠，對超過設計基準的評估準則將視國際間主要核電國家之檢討標準而調整，期使我國核電廠之設計能達到國際水準

## 第二章 核能安全防護之近期檢討議題

台電公司依據本會要求分別在 100 年 4 月 15 日陳送(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兩項檢討報告；100 年 4 月 22 日陳送 (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兩項檢討報告；100 年 4 月 29 日陳送(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)複合式災難事件等四項檢討報告；100 年 5 月 6 日陳送(9)超過設計基準事故(10)設備/設施完備性及備品儲備兩項檢討報告。並在本報告完成日前，陸續提出上述 10 項議題之檢討補充資料及後續強化措施。

### 一、台電公司檢討及研議規劃

因應總體檢，台電公司成立核能電廠耐震評估專案小組、防海嘯評估專案小組、用過燃料池冷卻功能評估專案小組、以及核一、二、三廠緊要海水泵室防海嘯強化等專案小組，針對耐震、防海嘯、用過燃料池冷卻、及緊要海水泵室防海嘯能力，擬訂具體改善方案與時程。台電公司對各議題檢討研議之總結報告如附錄三。台電公司檢討報告提出的因應能力強化方向及重要改善事項摘要說明如下：

#### (一)廠區電源全部喪失(全黑)事件

清查現有維護程序書適切性、設備備品庫存量與可用性、詳細現場再巡檢、規劃補充油源以提高各發電機可靠度及延長運轉時間；完成第 5 台氣冷式柴油發電機提供兩部機電源能力、氣渦輪發電機支援廠內設備電源規劃，購置 480V 可移動式柴油發電機、購置可移動式

空壓機，規劃設計外接式加壓至直流蓄電池充電機線路，在柴油油源用罄前可連續供應直流系統使用。

## (二)廠房/廠區水災事件及防海嘯能力

各核電廠安全系統及柴油機廠房鐵捲門，將提升改善成不透水緊密門；增購沈水泵，並檢討防範廠區土石流之發生潛勢。核一廠設計基準指出海嘯溯上高度 10.73 公尺，建議廠房地面高程大於 11 公尺，主廠區高程設計為 12 公尺。經重新量測核一廠地面高程，緊急海水泵室（10.96 公尺）、一號機及二號機汽機廠房及聯合結構廠房（11.1 公尺~11.3 公尺）、第五號柴油發電機廠房（11.05 公尺）等，分別較原設計高程約低 1 公尺，但仍高於核一廠設計基準之海嘯溯上高度 10.73 公尺。

## (三)用過燃料池完整性及冷卻能力

各廠檢討各式吊車可能墜落於用過燃料池之改善措施；規劃用過燃料池冷卻異常時之緊急補水程序，擬定緊急應變準則及事故緩和措施。對大修採用全爐心燃料移除的電廠，採行政管制措施增大用過燃料池冷卻水量。

## (四)熱移除及最終熱沉能力

確認各廠緊急海水泵與取水攔污設備均安裝在防震結構體內；規劃多樣補水流徑、水源、取水途徑與資源；確認移動式柴油發電機與空壓機數量，以提供必要的電力與氣源；完成廠區全黑及熱沉喪失緊急運轉應變流程、緊急海水冷卻系統復原規劃及規劃生水池傳送管路耐震改善工程。核二廠主要廠房區地面高程為 12 公尺，但緊急循環海水(ECW)系統泵室位處廠房地下一樓，坐落高度僅 6.6 公尺，ECW 馬

達高程約 7.9 公尺，在發生設計基準海嘯下泵室 ECW 馬達將可能淹水損毀，無法滿足設計要求。台電公司於 5 月 11 日陳送「核二廠緊要海水泵室防海嘯能力提升報告」，說明緊急循環海水系統具體改善作法、時程及緊急應變方式，報告中結論「即使緊急循環海水系統無法運作時，核二廠不會重演類似福島電廠之事故，亦不會危及民眾健康與生命」。

#### (五)事故處理程序與訓練

加強天然災害預警及應變機制，對超出設計基準事件，增列因應措施並完成程序書修正後，進行人員訓練及緊急應變計畫演練；加強支援人員訓練及應急器具裝設作業規劃，並加強與中央災害應變中心之連絡、協調與配合。

#### (六)機組斷然處置程序之建立

在發生超出設計基準的複合式災變時，現行緊急運轉程序書、嚴重事故處理指引無法完全涵蓋，故針對核一、二、三廠分別訂定「機組斷然處置程序指引」，包括反應爐壓力、水位控制及圍阻體完整性控制，以及反應爐及用過燃料池緊急注入海水程序。各廠並完成長期冷卻系統的設備規劃與現場查證，以建立事故後長期冷卻能力。

#### (七)一/二號機組相互支援

各廠針對水源、電源、氣源分類，檢討現行一/二號機組間可相互支援設備之支援措施及對事故減緩及救援之功用，提出強化機組相互支援之因應措施及人力動員，並考量在雙機組事故下主控制室之運作機制。

#### (八)複合式災難事件

檢討現行電廠火災、水災、耐震、海嘯之設計基準並執行現場檢查，提出超出設計基準之因應措施。並檢討廠外救援機制無法順利抵達，電廠獨自應付能力之規劃，包括能就近支援人力、重型機具設備的補強與增購。

#### (九)超過設計基準事故

清查減緩嚴重事故的設備及支援緊急狀況之設備功能，並確認渠等可發揮功能；強化後備水源之汲水功能、注硼功能(因應注硼系統失效或須再次注硼)以因應超出設計基準事故；探討在雙機組事故時，技術支援中心運作機制與設備改善。

#### (十)設備/設施完備性及備品儲備

檢討事故處理作業程序書需用的臨時性設備及臨時性救援設備，列表檢查完整性，並將救援設備依據各廠災害防救相關程序書納入整備；探討嚴重事故下相同規範天然硼酸、硼砂之儲備量，及輻射屏蔽、拋棄式防護衣數量；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之資源，並配合核能電廠安全防護體制全面體檢項目檢討結果，檢討所需購置之設備及備品整備及配置。

台電公司現階段評估增購之重要設備、相關強化措施及完成日期如表 2。對尚未完成研議之項目，本會將要求儘速完成並提交研議報告送審。

表 2. 台電公司現階段評估增購之重要設備及強化措施(1/2)

| 設備/措施   | 增購設備/強化措施說明                                                                                                                                                                          | 完成日期      |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 空氣設備    | 每廠各 3 台移動式空壓機供氣動閥緊急操作使用                                                                                                                                                              | 100.06.30 |
| 排水沉水泵   | 並配置可移動式 120V 柴油發電機，以因應機動之排水需求                                                                                                                                                        | 100.09.30 |
| 緊要海水泵馬達 | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 核一、二廠各加購 1 台馬達備品，以達廠內各儲備 2 台馬達</li> <li>● 核三廠已備有 5 台馬達備品，並將備品儲放高處</li> </ul>                                                                | 100.12.31 |
| 電氣設備    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 購置 3 台電源車提供中壓電源（4.16KV），作為長期冷卻系統復原用電</li> <li>● 增購 14 台（核一廠 6 台、核二廠 4 台、核三廠 4 台）容量 100~200kW 480V 可移動式柴油發電機，作為緊急時操作電源與直流蓄電池的充電電源</li> </ul> | 100.12.31 |
| 消防設備    | <ul style="list-style-type: none"> <li>● 增購大型消防水泵(核一廠 5 台、核二廠 4 台)，增加汲水容量</li> <li>● 核二、三廠各增購 1 輛消防泡沫車、水庫車以強化防火能力</li> </ul>                                                         | 100.12.31 |

表 2. 台電公司現階段評估增購之重要設備及強化措施(2/2)

| 設備/措施   | 增購設備/強化措施說明                                                     | 完成日期      |
|---------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 天然硼酸、硼砂 | 核一廠 58 噸、核二廠 93 噸、核三廠 50 噸                                      | 100.12.31 |
| 供電能力    | 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 |
| 耐震評估    | ● 生水池槽體、緊急柴油發電機、第五台柴油發電機、氣渦輪機、氣渦輪機日用油槽等基礎及廠房提昇耐震設計              | 100.10.31 |
|         | ● 生水池管路明管化及耐震係數提昇                                               | 100.12.31 |
| 防洪能力    | 電廠重要安全設備室(各泵室、柴油機廠房、開關室、電池室、充電機室、第 5 部氣冷式柴油發電機等)防火門、防水門提升至水密門等級 | 101.12.31 |

## 二、本會對現行設計基準符合性初步審查意見

針對台電公司各議題研議之總結報告，及核一、二、三廠所提交各廠細項檢討內容，本會提出之共通性審查意見如附錄四，對核一、二、三廠現行設計基準符合性之初步審查結論為：核一、二、三廠除核二廠緊急循環海水(ECW)系統泵室防海嘯高程、核一廠廠房地面高程外，尚能符合各廠現行設計基準之要求。

日本福島一廠事故之主要肇因係防海嘯設計高程不足，導致部份廠房底層遭海嘯淹沒，安全設備電源及熱沉喪失，核子燃料持續產生

的熱量無法有效移除。日本福島一廠 5/6 號機及福島二廠同遭海嘯侵襲並超過設計基準，但均未發生爐心熔毀或輻射外釋的問題，顯見個廠廠址設計高程及運轉人員的操作方式或廠內應變效能扮演關鍵的因素。本會對台電公司各檢討項目的審查意見摘要說明如下：

#### (一)緊要電源供應之確保及強化

- (1) 同意台電公司增購後備交流電源設備的做法；
- (2) 要求機組於大修或停機時仍需維持兩部備用之緊急柴油發電機可用；
- (3) 對新增電氣設備之貯置，要求在地震/海嘯危害時不會同時損傷，並達到在廠區內異地儘速備援之能力。

#### (二)反應爐、圍阻體冷卻能力之確保及強化

- (1) 同意台電公司增購後備冷卻用備品做法；
- (2) 提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性；
- (3) 核二廠 ECW 泵室未符合防海嘯高程，本會限期要求核二廠完成喪失 ECW 泵緊急應變措施、斷然處置程序、備品準備及運轉人員訓練；並限期完成 ECW 泵室改善措施，採海嘯溯上高度 10.28 公尺為緊急循環海水泵室防海嘯能力基準，以阻隔海水入侵。

#### (三)用過燃料池冷卻能力之確保及強化

- (1) 要求台電公司採用最新分析技術(如 CFD 程式)執行用過燃料池缺乏冷卻及全爐心退出時的溫昇評估；
- (2) 要求檢討並調整用過燃料池中用過燃料之排列方式；
- (3) 增加用過燃料池適當強化之補水/灑水系統。

#### (四)機組斷然處置程序之強化措施

- (1) 同意台電公司規劃之斷然處置程序；
- (2) 增列斷然處置定義及執行時機；
- (3) 增列決定斷然處置後，後續之因應策略與監控措施。

#### (五)防洪、防海嘯能力之確保及強化

- (1) 同意台電公司規劃防海嘯能力強化措施之做法；
- (2) 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法；
- (3) 強化在地面層以下安全重要設備之支援系統，如儲油槽及附屬設備管線耐海嘯及防水災能力；
- (4) 增設廠區附近土石流監視、預警、防災、減災之機制；
- (5) 核一廠廠房地面高程新量測結果較原設計高程約低 1 公尺，雖仍高於核一廠設計基準之海嘯溯上高度 10.73 公尺，台電公司應於限期內完成符合性之確認及後續改善規劃。

#### (六)防震能力之確保及強化

- (1) 同意台電公司規劃防震能力強化措施之做法；
- (2) 要求增加強震後執行現場查證或檢查之方式，確認減緩事故後果之重要設備，在地震等複合式災難下是否損及原有功能，並釐清可能存在之弱點；
- (3) 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 及其內部設備之耐震能力。

#### (七)設施及人員能力之確保及強化

- (1) 限時要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 等，

在廠區全黑事故下儀控系統交直流電源容量；

- (2) 要求現行風險評估模式納入複合式災難之交互作用、隨機失效及共因失效等，檢視風險序列分析結果並驗證福島事件，以強化機組人員對事故情境之瞭解與掌握。

本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3。本會要求台電公司對新增設計或相關改善評估，均須納入其對現行正常運轉、緊急救援、及嚴重事故操作等安全上有潛在負面衝擊之考量。

表 3. 本會要求台電公司限期完成之重要項目(1/2)

| 重要項目說明                                             | 完成日期      |
|----------------------------------------------------|-----------|
| (1)要求機組於大修或停機時仍需維持兩部備用之緊急柴油發電機可用                   | 100.11.15 |
| (2)對新增電氣設備之貯置，要求在地震/海嘯危害時不會同時損傷，並達到在廠區內異地儘速備援之能力   | 100.12.31 |
| (3)提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性                       | 100.12.31 |
| (4)要求核二廠完成喪失 ECW 泵緊急應變措施、備品準備、斷然處置程序及運轉人員訓練等作業     | 100.05.31 |
| (5)要求核二廠完成 ECW 泵室改善措施，以阻隔海水入侵                      | 100.06.30 |
| (6)要求台電公司採用最新分析技術(如 CFD 程式)執行用過燃料池缺乏冷卻及全爐心退出時的溫昇評估 | 100.12.31 |
| (7)要求檢討並調整用過燃料池中用過燃料之排列方式                          | 100.12.31 |

表 3. 本會要求台電公司限期完成之重要項目(2/2)

| 重要項目說明                                                                      | 完成日期      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------|
| (8)增加用過燃料池適當強化之補水/灑水系統                                                      | 100.12.31 |
| (9)增列斷然處置定義及執行時機                                                            | 100.06.30 |
| (10) 增列決定斷然處置後，後續之因應策略與監控措施                                                 | 100.06.30 |
| (11) 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法                                               | 100.09.30 |
| (12) 強化在地面層以下安全重要設備之支援系統，如儲油槽及附屬設備管線耐海嘯及防水災能力                               | 100.12.31 |
| (13) 增設廠區附近土石流監視、預警、防災、減災之機制                                                | 100.09.30 |
| (14) 核一廠廠房地面高程新量測結果較原設計高程約低 1 公尺，台電公司應於限期內完成符合性之確認及後續改善規劃                   | 100.06.15 |
| (15) 要求增加強震後執行現場查證或檢查之方式，確認減緩事故後果之重要設備，在地震等複合式災難下是否損及原有功能，並釐清可能存在之弱點        | 100.06.30 |
| (16) 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 及其內部設備之耐震能力                                | 100.12.31 |
| (17) 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 等，在廠區全黑事故下儀控系統交直流電源容量                      | 100.06.30 |
| (18) 要求現行風險評估模式納入複合式災難之交互作用、隨機失效及共因失效等，檢視風險序列分析結果並驗證福島事件，以強化機組人員對事故情境之瞭解與掌握 | 100.12.31 |

鑑於東京電力公司對廢棄反應爐灌注海水之措施猶豫，且福島一廠並未事先備妥灌注海水管路之硬體設備，導致日本福島事故灌注海水過程並不順利；而我國廠內緊急注水另備有消防管快速接頭，本會已要求電廠加強訓練並擬定機組斷然處置程序，訂出救援行動可能廢棄該廠的條件與執行步驟，斷然執行之，即使爐心熔毀，亦可避免後續放射性物質的外釋，民眾當不致受到影響。我國核電廠以往已將廠區喪失所有電源納入電廠程序書並加以演練，經由此次福島事故經驗回饋、臨時性設備補充、運轉人員之訓練與演練，當可更為強化國內電廠因應類似事件之能力。

### 三、超過現行設計基準之檢討及評估

有關地震、水災(包括海嘯)及其他極端自然威脅，可能超過現行設計基準的檢視，在本報告附錄四第三章參照 WENRA 做法提出進一步檢討之要求，台電公司應據此執行核一、二、三廠設計基準資料的詳細檢視；台電公司也應依據對目前環境的改變及氣候變異影響，評估電廠現行設計基準的餘裕，以為後續檢討超過設計基準須改善提昇之基礎，包括地震、水災(包括海嘯)、其他極端自然威脅、喪失廠外電源、廠區電源全部喪失(廠區全黑)、喪失最終熱沉、廠區全黑下喪失最終熱沉、嚴重事故管理以及用過燃料池的冷卻補水等，以深入瞭解並掌握電廠因應超過設計基準事故的能力。本會要求台電公司在今(100)年 12 月 31 日前，提出核一、二、三廠上述超過現行設計基準之詳細檢討及餘裕評估報告。

台電公司承諾於 101 年 6 月、101 年 12 月及 102 年 4 月分別完成

海域、陸域地質補充調查，地質穩定性及地震危害度分析，以及三座核電廠耐震餘裕檢討評估。再依據耐震餘裕評估結果，進行核電廠結構、系統與組件的後續補強作業，台電公司應照承諾事項辦理，以強化運轉中核能電廠的耐震能力。

國科會已委請學者執行全國最大海嘯威脅模擬評估計畫，且承諾優先執行各核電廠之海嘯威脅分析(預計 100 年 10 月底完成)，本會將依據調查結果要求台電公司檢討核能電廠的海嘯設計基準。

表 4 為本會要求台電公司因應超過設計基準檢討之項目，此項目標準將視國際間主要核電國家之檢討標準而調整，進而擬定具體作法，以提昇我國核能電廠超過設計基準事故之因應能力，俾確保核能機組之安全。

表 4. 本會要求台電公司因應超過設計基準檢討之項目

| 超過設計基準檢討項目                                                                                                      | 完成日期                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 進一步檢討超過設計基準及餘裕評估報告                                                                                              | 100.12.31                           |
| 廠區全黑能力提昇<br>● 要求因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時                                                                          | 100.12.31                           |
| 水災防洪能力提昇                                                                                                        | 100.12.31                           |
| 防海嘯能力提昇<br>● 參照國科會研究結果，重新檢討海嘯設計基準<br>● 強化緊要海水泵室在機組間的實體分隔性                                                       | 100.12.31                           |
| 防地震能力提昇<br>● 要求將核一廠地震設計基準值由 0.3g 強化為至少 0.4g 之後續補強作業規劃<br>● 要求補強生水池結構及管路等之耐震能力<br>● 參照海陸域地質補充調查及地震危害度分析，規劃後續補強作業 | 100.06.30<br>101.12.31<br>102.04.30 |

日本福島事故一~三號機發生氫爆的時間不同，與其直流電源可用的時間有關，在上述超過設計基準進一步檢討完成前，台電公司應修訂現行程序書之負載管理方式，提高廠區全黑時直流電源之使用時間，以維持蒸汽帶動泵浦的持續運轉。

### 第三章 初步安全評估報告結語

原能會執行核能電廠安全防護總體檢，首先檢視各廠現行設計基準之符合性，目前核一、二、三廠除以下項目外尚能符合原始設計基準：

- (一) 核二廠主要廠房區地面高程為 12 公尺，但緊急循環海水(ECW)系統泵室位處廠房地下一樓，坐落高度僅 6.6 公尺，ECW 馬達高程約 7.9 公尺，在發生設計基準海嘯下泵室 ECW 馬達將可能淹水損毀，無法滿足設計要求。台電公司於 5 月 11 日陳送「核二廠緊要海水泵室防海嘯能力提升報告」，說明緊急循環海水系統具體改善作法、時程及緊急應變方式，報告中結論「即使緊急循環海水系統無法運作時，核二廠不會重演類似福島電廠之事故，亦不會危及民眾健康與生命」。本會要求核二廠於 5 月 31 日前完成喪失 ECW 泵緊急應變措施、斷然處置程序、備品準備及運轉人員訓練；並於 6 月 30 日完成 ECW 泵室改善措施，採海嘯溯上高度 10.28 公尺為緊急循環海水泵室防海嘯能力基準，以阻隔海水入侵。
- (二) 核一廠廠房地面高程新量測結果較原設計高程約低 1 公尺，本會要求台電公司於 6 月 15 日完成符合性之確認及後續改善規劃。

除上述不符現行設計基準的狀況外，評估台電公司可符合原始設計基準。日本福島一廠事故突顯過去對地震、海嘯等自然危害的掌握有待強化，隨著氣候變異等因素可能侵蝕原有的設計安全餘裕。台電公司應於 100 年底釐清設計基準餘裕有所減損之部份，並據以改善以

提昇原有設計基準。因應日本福島事故而要求檢討超過現行設計基準項目，包括廠區全黑因應能力、氣候變異下防洪能力以及防海嘯、防地震能力準則之重新評估，本會將視國際間主要核電國家之檢討標準而調整，擬定強化之具體作法，要求台電公司檢討改善，必要時提昇現行設計基準，俾確保核能機組之運轉安全。

在上述基準餘裕尚未檢討完成前，為確保我國核能電廠可面對類似福島之事故，台電公司應同步執行第二章表 2、表 3 及表 4 的軟硬體改善措施，包括強化備用緊急電源供應能力、最終熱沉能力之確保、備品設備之購置、增加用過燃料池補水/灑水系統、提高緊要海水系統廠房設備之防水設計、檢討應變程序書、建立斷然處置程序與相關的訓練、建立一/二號機相互支援因應及控制室運作機制等。本階段所評估購置之設備、強化措施及人員訓練等，台電公司應依本會審查核定日期如期完成。

此次福島一廠事故主因係超過設計基準之海嘯，導致預期外的長時間廠區全黑，然同遭海嘯侵襲的福島一廠 5/6 號機及福島二廠，雖然亦遭受超過設計基準之海嘯，並未發生爐心熔毀，顯示個廠廠址設計高程及運轉人員的操作方式或廠內應變效能亦佔有相當重要的因素。在因應廠區全黑方面，本會要求核能電廠之直流電源供應能力應至少提高到 24 小時以上，未來將再依據國際上主要核能國家之作法持續追蹤檢討。

國科會已委請學者執行全國最大海嘯威脅模擬評估計畫，將優先執行並預計在 100 年 10 月底前完成各核電廠之海嘯威脅分析，本會將

要求台電公司依據調查結果檢討並強化核能電廠的海嘯設計基準。

台電公司應依承諾分別於 101 年 6 月、101 年 12 月及 102 年 4 月完成海域、陸域地質補充調查，地質穩定性及地震危害度分析，以及三座核電廠耐震餘裕檢討評估。再依據耐震餘裕檢討評估結果，進行後續補強作業，以強化運轉中核能電廠的耐震設計基準。

台電公司已建立機組斷然處置程序，應嚴格落實此措施之執行，強化運轉人員、緊急應變成員對斷然處置措施之認知，確保機組在緊急狀況時，能果決斷然執行圍阻體排氣、反應爐灌水之程序，確保爐心與用過燃料池之燃料均能為水覆蓋，避免放射性物質大量外釋，使環境和民眾受到的影響減到最小。

原能會自福島電廠事故發生起，持續蒐集美國、日本及歐盟等主要核能國家重要相關資訊，包括美國核能管制委員會關注之核能安全議題及相關重要機敏性資料，本會取得後即送台電公司據以做為執行總體檢之參考；本會陸續蒐集並參考日本原子力安全保安院有關福島事故的緊急處分或命令，日本各電力公司的核能電廠安全對策，以及歐盟 WENRA 提出壓力測試之執行規範等。爾後將持續掌握國際上根據此次福島事件的經驗回饋、建議及檢討修正的國際規範，以及國內地質調查結果和防海嘯相關的研究與評估結果，檢視並強化現有設計基準，以強化因應類似事故之能力，避免災害的發生。

此一報告為我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案在「核能安全防護措施」部份前 10 項檢討議題的初步安全評估報告。原能會規劃在今年 7 月中旬提出近期安全評估第二階段報告，內容涵蓋台電

公司迄今年 6 月 30 日止依據本方案，在「核能安全防護措施」部份尚須提報議題(九)超過設計基準事故細項「檢討運轉中電廠採用相同耐震能力(設計基準值由 0.3g 強化為 0.4g)之後續補強作業規劃與評估」，及議題(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，並須提報「輻射防護及緊急應變機制」部分的議題(一)應變機制及法規之三細項「緊急計畫區範圍檢討及調整方案提出」、「複合式災害應變機制」及「資訊公開與傳送」的研議結果。

核能電廠每 10 年執行一次的整體安全評估已納入「日本福島核災事故之檢討與評估」專章，並將提前執行，亦為本體檢方案運轉中電廠中程檢討議題，本會將依核子反應器設施管制法之規定審查；至於興建中的核四廠部份，則已將「日本福島核災事故之檢討與評估」納入未來最重要的管制點—核子燃料裝填前應完成事項中列管。所有列入本體檢方案檢討須改善項目，本會將管制追蹤，並視未來耐震餘裕檢討和海嘯威脅分析結果適時調整。因福島事故仍持續發展中，相關資訊尚未充分完整得到，本初步評估報告內容仍會依後續資訊的澄清及國際主要核能國家的做法而有所調整。

看待我國核能議題，剛開始屬「是否需要採用核能」的選擇題，一旦核能成為現有能源政策中之選項，則核能的安全性就是原能會及營運單位所要堅持的是非題，只有確保核能安全，才能放心使用核能。只要有核能電廠繼續運轉，核能安全就不能打折扣，原能會稟持「我愛台灣，我要核安」，「沒有核安，就沒有台灣」的心態做好核能安全管制，這樣才能讓人民心安。



# 附錄一

## 核能電廠安全防護 近期檢討議題



## 附錄一 核能電廠安全防護近期檢討議題

### 一、概述

為提昇我國核能電廠機組應變能力，以因應類似日本福島電廠之事故，並防範類似事故下機組狀況的持續惡化，原能會依據對福島一廠事故的初步瞭解，就我國核能電廠現有應變機制、程序與設計能力，優先以運轉中電廠分近期(100 年 6 月底前完成)與中程(100 年 12 月底前完成)兩階段，以及考量興建中電廠之特性，要求台電公司檢討各核能電廠安全防護有關事項。

### 二、運轉中電廠近期檢討議題

依近期、中程二階段要求台電公司檢討各運轉中核能電廠機組安全有關事項，目標為確認電廠具處理以下事件之能力，並視需要研議強化措施，依期程完成相關應辦理事項並提報本會，至少包括但不限於下列 11 項重要關切議題：

1. 廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括電廠正常/緊急電源檢視及喪失時之處理方式與改善做法
2. 廠房/廠區水災事件及防海嘯能力，包括電廠廠房/廠區排水設施檢視及緊急狀況(包含海嘯、土石流、淹水)之處理方式與改善做法
3. 用過燃料池完整性及冷卻能力，包括用過燃料池之耐震、冷卻能力、防範重物墜落、備援能力之檢視及喪失能力時之處理方式與改善做法
4. 熱移除及最終熱沉能力，包括反應爐、抑壓池、圍阻體及相關安全有關移熱系統功能檢視及喪失功能時之處理方式與改善做法
5. 事故處理程序與訓練，包括機組人員、廠外支援與備援人力與設

備之檢視與人員訓練，及緊急狀況時之處理方式與改善做法

6. 機組斷然處置程序之建立，包括檢討與建立機組斷然處置之通報、運作方式、機制、設備、程序及因應做法
7. 一/二號機組相互支援，包括檢討每座電廠一/二號機組相互支援之人員、設備、措施與強化做法
8. 複合式災難事件，包括檢討複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法
9. 超過設計基準事故，包括檢視設計上用來減緩嚴重事故之設備、機制、備援及超過設計基準事故之處理方式與改善做法
10. 設備/設施完備性及備品儲備，包括檢討廠內/廠外臨時性支援物品、設備、工具之完備及改善做法
11. 精進人力/組織運作及強化核能安全文化，包括檢視強化核安文化所需之組織、人力運用及改善做法

以上重要議題的詳細要求及提報期程說明如下。

#### (一)廠區電源全部喪失(全黑)事件

確認機組用於救援廠區全黑事件之設計為有效且能適時發揮作用，針對廠區全黑設計能力範圍內及超過廠區全黑設計範圍之兩階段考量，檢討處置廠區全黑事件之能力、容量並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 正常/緊急電源
2. 廠內、廠外交流/直流電源之可靠度及持久性
3. 緊急柴油發電機、氣渦輪發電機之可靠度及持久性
4. 蒸汽驅動安全注水設備
5. 儀器控制系統
6. 壓縮空氣系統

7. 正常/緊急通訊設備
8. 維持上述設備功能所需之支援系統

本項於 100 年 4 月 15 日前 完成。

## (二) 廠房/廠區水災事件及防海嘯能力

確認電廠處理廠房/廠區水災事件及防海嘯之能力，檢討並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 執行包含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
2. 正常/停電時，廠房/廠區淹水及排水功能/機制/流程/SOP 等項目檢討
3. 廠區防範土石流發生之檢討
4. 現有防海嘯設計相關設備/功能/流程/SOP 等項目檢討

本項於 100 年 4 月 15 日前 完成。

## (三) 用過燃料池完整性及冷卻能力

確認電廠對處理喪失用過燃料池完整性或冷卻能力事件之能力，檢討並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 現場查證或檢查用過燃料池之耐震性，及其他重物墜落而喪失功能之可能性
2. 重新評估用過燃料池系統之冷卻能力及備援能力
3. 強化燃料池冷卻/補水能力及應變措施
4. 計算用過燃料池在缺乏冷卻水與大修全爐心燃料移除時之溫升情形，並評估大修時採用全爐心燃料移除之安全性與妥適性

本項於 100 年 4 月 22 日前 完成。

#### (四)熱移除及最終熱沉能力

確認電廠發生嚴重事故下熱移除及最終熱沉的能力，檢討並視需要研議強化方案，並以確保放射性物質外釋量最低為目標，至少包括下列項目：

1. 檢討反應爐緊急洩壓的時機及方式
2. 檢討反應爐/抑壓池/圍阻體之熱移除能力
3. 檢討機組最終熱沉的容量、支援系統、備援的能力
4. 檢視海岸進水口結構物之耐震性
5. 移除衰變熱水源存量及因應措施
6. 檢討海岸進水口因海嘯受損或嚴重堵塞的預防及因應措施
7. 除海水外，檢討其他可能的熱沉
8. 檢討各種水源灌水路徑及動力來源

以上項目於 100 年 4 月 22 日前完成。

9. 檢討生水池槽體管路的耐震能力及完整性

本項目於 100 年 4 月 29 日前完成。

#### (五)事故處理程序與訓練

確認電廠發生各類嚴重事故、極端惡劣的機組狀況、機組互相支援或機組須斷然處置下，因應之相關程序、指引及訓練能確保爐心燃料、壓力容器及圍阻體的完整性，檢討並視需要研議強化方案，至少包括下列項目：

1. 檢討現行因應措施之程序書或指引之完整性及涵蓋性
2. 檢討機組人員、廠外支援人員之訓練規劃完整性/符合性
3. 檢討在緊急情況下協助處理事故之協議/合約，能及時發揮減輕事故後果之功效

4. 廠外支援之搶救人員進入輻射區或污染區時，相關處理機制/程序/SOP 之檢討、建立與訓練
  5. 經由機組人員、廠外備援資源、人員調度的實際演練，確認上述因應措施之程序書或指引為可行
- 本項於 100 年 4 月 29 日前 完成。

#### (六)機組斷然處置程序之建立

確認電廠發生極嚴重事故且喪失因應能力時，在保護民眾安全之考量下的斷然處置程序，檢討並視需要研議強化措施，並以確保放射性物質外釋量最低為目標，至少包括下列項目：

1. 檢討機組斷然處置程序之運作/機制/設備/SOP。
2. 檢討機組斷然處置程序的通報機制/SOP。
3. 檢討機組斷然處置程序的後續因應作為及備援能力。

本項於 100 年 4 月 29 日前 完成。

#### (七)一/二號機組相互支援

確認電廠在發生事故時一/二號機組相互支援之因應能力，檢討並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 檢討一/二號機組可相互支援減緩事故後果的設備或措施，現場查證或檢查對事故救援能力之影響
2. 強化一/二號機組相互支援的措施及備援能力
3. 檢討一/二號機組相互支援時，主控制室之運作機制

本項於 100 年 4 月 29 日前 完成。

#### (八)複合式災難事件

由大型地震導致可能的海嘯、火災、或廠房/廠區水災的複合式災

難事件，確認電廠處理複合式災難事件之能力，檢討並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 現場查證或檢查緩減事故後果之重要設備(如防火設備)，渠等功能是否因地震/海嘯/水災之交互作用而喪失，並確認潛在弱點
  2. 針對但不限於消防設備、相關儲存槽、各式管線等救援設備劣化、或誤動作，並導致救援功能之喪失
  3. 檢討大型設備(如吊車)在地震事故下，可能衍生對完整性或救援之不利效應
  4. 檢討廠外救援人員/設備無法順利抵達，電廠獨自應付之能力
- 本項於 100 年 4 月 29 日前 完成。

#### (九)超過設計基準事故

確認超過電廠設計基準事故(嚴重事故)之救援能力，檢討並視需要研議強化措施，至少包括下列項目：

1. 執行測試或檢查，確認設計上用來減緩嚴重事故之設備為可用且能發揮功能
2. 檢討在雙機組事故下，技術支援中心之運作機制
3. 檢討啟用廠外備用水源（如核一廠乾華溪、核三廠之龍鑾潭）或抽用海水之機制
4. 檢討圍阻體、反應器廠房、燃料廠房內氫氣偵測、稀釋及排除能力
5. 檢討大型設備(如吊車)在圍阻體、反應器廠房或燃料廠房內重物墜落情況下，可能衍生對結構完整性或救援之不利效應
6. 檢討保護機組人員免於氫爆或其他重物墜落情況威脅之安全防護機制

7. 考量福島電廠海嘯事件之衝擊，對海嘯浪高超出電廠設計基準時，檢討可能影響廠房內安全設備可用性之範圍與因應措施  
以上項目於 100 年 5 月 6 日前 完成。
8. 檢討運轉中電廠採用相同耐震能力(設計基準值由 0.3g 強化為 0.4g)之後續補強作業規劃與評估  
本項於 100 年 6 月 30 日前 完成。

#### (十)設備/設施完備性及備品儲備

檢討並確認電廠發生極嚴重事故且喪失因應能力下，執行相關程序書及指引所需臨時性設備/設施之完備性、備品及工具等儲備，檢討並視需要研議強化方案，至少包括下列項目：

1. 檢討現行因應措施之程序書或指引所需設備/設施（如：日本 KK 電廠強震後經驗回饋新增建之備用防震一級 TSC）、臨時性設備、備品、工具之完備性
2. 檢討廠內/廠外臨時性支援設備(燃油、電源、冷卻水等)及備援能力
3. 檢討並確認上述設備、備品、工具已妥善整備及配置
4. 檢討廠區硼砂、輻射屏蔽、防護衣等儲存量
5. 檢討廠區輻射偵檢器備用電源

本項於 100 年 5 月 6 日前 完成。

#### (十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化

檢討並確認電廠運轉人力及 101 年政府組織再造後，有關電廠核能安全文化之措施，檢討並視需要研議強化方案，至少包括下列項目：

1. 檢討現行電廠人力是否足以因應正常運轉及類似福島電廠遭遇之緊急事件

2. 檢討政府組織再造後，核能研究所部分人力改隸經濟及能源部  
在強化核能電廠安全之組織/人力運作之做法

3. 檢討核安文化現行措施及精進方案

本項於 100 年 6 月 30 日前完成。

### 三、運轉中電廠中程檢討議題

運轉中電廠中程檢討議題為提前進行 10 年整體安全評估，依核子反應器設施管制法之規定，核一廠已於 98、99 年間完成兩部機組第三次 10 年整體安全評估報告，核二廠、核三廠分別需於 100 年 6 月及 103 年 1 月提交第三次 10 年整體安全評估報告送本會審查。本會為因應福島電廠事故之管制要求，10 年整體安全評估報告已增訂“因應日本福島電廠事故”專章評估內容，台電公司應依下列規定辦理：

1. 核一廠於 100 年 6 月補提新增專章內容送本會審查
2. 核二廠依原訂時程含新增專章內容送本會審查
3. 核三廠則提前至 100 年 12 月含新增專章內容送本會審查

### 四、興建中電廠檢討議題

核四廠至今尚未裝填核子燃料，並不會對民眾造成安全影響；檢討項目原則上與運轉中電廠相同，惟因部份項目如程序書等尚未完全建立，故時間上可稍微延後，相關檢討項目原則上須於核子燃料裝填前完成並提報本會。

另為確保安全，核四廠須在運轉執照核發前或 102 年 6 月底前(以時間先到者為準)完成兩部廠內氣渦輪發電機之安裝(或裝設類似功能設備)。

## 附錄二

# 國際其他核電國家的做法



## 附錄二 國際其他核電國家的做法

### 一、概述

本會自事故發生開始積極瞭解事故之演進，持續蒐集世界各國重要資訊並持續蒐集福島電廠事故最終檢討報告及依據國際原子能總署、日本及美國等檢討報告之經驗回饋與建議，要求台電公司儘速執行相關強化暨改善措施。

### 二、美國核能管制委員會(USNRC)相關檢討與因應措施

美國核管會在2011年3月18日發行IN 2011-05, “Tohoku-Taiheiyou-Okai Earthquake Effects on Japanese Nuclear Power Plants”，要求持照業主檢視或採行對策以避免類似之問題，說明美國核管會在911恐怖攻擊之後，發佈安全及保安暫行補償措施之命令EA-02-26 (ICM命令)，在第B.5.b章節要求持照業主採用備變可用之資源，保持並維護爐心冷卻、圍阻體、用過燃料池冷卻等能力，以因應任何原因(包括超過設計基準飛機衝撞)導致火災或爆炸而喪失大範圍廠區。

美國核管會依據第B.5.b章節第一階段導則，採用暫行指引(TI) 2515/164 「Inspection of Nuclear Reactor Safeguards Interim Compensatory Measures - Section B.5.b of the February 25, 2002, Order」及TI 2515/168 「Closeout Inspection of Nuclear Reactor Safeguards Interim Compensatory Measures - Section B.5.b of the February 25, 2002 Orders」以執行運轉機組的視察，俾確認ICM命令第B.5.b章節的符合性。在2006年12月美國核管會採用美國核能協會(NEI)發行之NEI 06-12(第2版), “B.5.b Phase 2&3 Submittal Guidance”，此導則文件提供

在火災或爆炸而喪失大範圍廠區時，保持並維護爐心冷卻、圍阻體、用過燃料池冷卻等能力的施行策略。導則內容主要包括：

- (1)增加補水到用過燃料池
- (2)在用過燃料上噴灑水
- (3)強化對威脅爐心冷卻及圍阻體之初期指令及控制活動
- (4)強化對威脅爐心冷卻及圍阻體的反應策略

美國核管會接著在2011年3月23日發行TI 2515/183,“Followup to the Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Event”，指引如何評估業主針對福島電廠事故採取對策之適切性。

- (1)評估業主對超過設計基準事故的救援能力，依據第B.5.b章承諾的保安威脅、嚴重事故導則以及10 CFR 50.54(hh)之要求
- (2)評估業主在10 CFR 50.63要求救援廠區全黑的能力及電廠設計可運作並證實
- (3)評估業主電廠設計所要求救援廠內/廠外水災之能力
- (4)評估業主對救援水災/火災為重要設備現場履勘及檢視的完整性，並能確認這些設備受廠址地震損毀而喪失功能的可能性。評估業主經確認弱點所新發展之救援對策

另外，美國核能協會(NEI)在2011年3月16日發行「Fact Sheet—Industry Taking Action to Ensure Continued Safety at U.S. Nuclear Energy Plants」指出日本福島電廠事故顯著地威脅電廠結構完整性及安全，要求持照業主對核能電廠執行體檢，與美國核管會要求內容亦大致相仿，摘要如下。

- (1)確認電廠救援包括天災、火災、飛機衝撞及爆炸導致喪失重要運轉及安全系統嚴重事件下的能力，特定措施涵蓋對救援相關事件所需設備之測試與檢查，確認運轉員及現行實施救

援所需支援人員的資格

- (2) 確認核電廠對完全喪失電源之救援能力為適當且可行，此須檢查並確認所有要求的物資為適切且妥善備置、且程序書為可實行
- (3) 確認救援水災的能力以及廠內/廠外水災影響之系統，特定措施涵蓋確認要求的物資及設備適切地安置以防護水災
- (4) 對救援水災及火災所需的重要設備執行現場履勘及檢查，釐清設備在廠址地震下功能喪失的可能性，並針對潛在的弱點發展救援對策

### 三、日本原子力安全保安院(NISA)近期因應之管制作為

日本原子力安全保安院(NISA)在 3 月 30 日發布緊急安全措施，迄 4 月 21 日要求福島第二核電廠也納入實施。主要的具體要求事項包括：

- (1) 實施緊急檢查：實施對海嘯發生時緊急因應之機器、設備等之緊急檢查
- (2) 實施緊急時對應計畫的檢查及訓練：實施對喪失全部交流電源、喪失海水冷卻機能及喪失用過燃料池冷卻機能等假定之緊急時對應計畫之檢查及訓練
- (3) 確保緊急時的電源：廠內電源喪失時，不能確保緊急電源的場合，確保能機動供應必要電力的代替電源
- (4) 確保緊急時最終移熱機能：準備有關當海水系統設施若其機能喪失的場合，機動回復移熱機能之措施
- (5) 確保緊急時用過燃料池的冷卻：用過燃料池的冷卻喪失時及廠內平常用來向其供水之路徑中斷時，實施機動供給冷卻水

的措施

(6)基於各廠構造需要立刻實施的對應措施

原子力安全保安院於 4 月 15 日發布對核能發電廠及再處理設施之確保外部電源可靠度－核能發電廠內電源可靠度提升措施(短期措施)：

(1)已實施的可靠度提升措施

- a. 確保反應爐停機時有複數台緊急柴油發電機(4月9日命令)
- b. 緊急柴油發電機的供給容量在各機組間的互相融通
- c. 配備電源車

(2)進一步的可靠度提升措施

- a. 各機組複數電源線接續到所有的迴路
- b. 強化電塔(電纜線)
- c. 開關場防淹水措施

以下內容擷取自我國駐大阪辦事處摘譯之「關西電力公司對東日本大地震之災後重建支援措施及核能電廠安全對策」，關西電力公司近半電力仰賴福井縣之核能電廠，為確保核能發電之安全，並配合福井縣方之要求，關西電力公司已就地震及海嘯採取緊急因應對策。

本次福島核能電廠事故，係受地震伴隨之海嘯影響所致，加以下列 3 項因素之發生，致使核災規模擴大。其 1，核電廠廠外電源與緊急電源同時失效(即電源確保問題)。其 2，反應爐停止運作後之爐心冷卻裝置失效(即反應爐冷卻機能確保問題)。其 3，用過燃料池無法冷卻且無法供水(即用過燃料池冷卻機能確保問題)。

關西電力公司就上列 3 項問題研擬對策如下：

(一) 電源確保問題－地震、海嘯等造成廠外電源及廠內緊急柴油發電

機無法運作時，為確保中央控制室之監測儀器需用電源，已於各發電機組配置電源車(共 11 機組，每機組配置 2 部電源車)。另，在緊急用柴油發電機無法使用狀況下，為確保中央控制室監測儀器及反應爐冷卻水泵所需之電力，將配置 21 部「氣冷式移動發電裝置」，並裝設於高處(以防淹沒)。再者，緊急柴油發電機冷卻所需之海水泵如有損壞，為確保緊急柴油發電機之正常運作，將配置 70 部「移動式引擎驅動泵」提供緊急柴油發電機之冷卻。此外，對於各核能電廠廠外電源之供電纜線，將優先汰換使用年數較久者。

(二) 反應爐冷卻機能確保問題—倘核電廠廠外電源中斷，且緊急柴油發電機無法運作時，將利用不需電力之「蒸汽帶動輔助飼水泵」送水，藉以移除反應爐之熱能；另此類壓水式反應器所產生之蒸汽因不含放射性物質，得排放於大氣中。惟為利此方式得以順利運作，必須確保儲水槽之水源，故將增置消防用泵及消防水管，並在位於低處之儲水槽外加蓋防護壁。

另因反應爐停止後仍須持續冷卻，故各反應爐均已設有爐心緊急冷卻系統。關西電力公司在福島事故發生後，已對該等爐心緊急冷卻系統進行測試，並確認可正常運作。此外，對於定期停機檢查之機組，已實際進行反應爐注水試驗，確認緊急爐心冷卻系統之安全。

(三) 用過燃料池冷卻機能確保問題—不再填回爐心之燃料棒及反應爐定期檢查取出之燃料棒，係存放於「用過燃料池」予以冷卻。為因應「用過燃料池」冷卻裝置失效之情事，關西電力公司已進行實際訓練，確認自消防栓及消防泵注水自燃料池之操作程序、相關器材之檢查等。另為確保燃料池水源之多樣化，將增設管

線，並補強配管之耐震措施。

(四) 其他一關西電力公司已模擬核能電廠所有交流電源均無法使用之狀況，對核電廠 500 名員工逐次進行緊急應變訓練。另該公司已於核能事業本部及各核電廠配屬專任人員，專責處理核災事宜。此外，為避免重要設備受海嘯損傷，將加高發電廠之防波堤或設置防潮堤，並在海水泵週邊設置防護壁，且將重要設備之入口改為防水閘門，以避免海嘯進水。

#### **四、經濟合作暨發展組織核能署(OECD/NEA)相關國家檢討與因應做法**

WENRA (Western European Nuclear Regulators' Association)成立於 1999 年，係由運轉核電廠之歐盟國家如瑞士、英國等十七國之核管機構，以及關切相關事務的八個歐洲國家為觀察員所組成的核能安全合作組織。

WENRA 在 2011 年 3 月 23 日發行 First proposal about European-stress tests-on nuclear power plants，要求各國持照業主針對所屬核能電廠執行壓力測試，考量日本福島核電廠事故的發生，採針對性重新評估核能電廠的安全餘裕。

壓力測試所考量的技術議題設想如下：

##### **肇始事件**

- (1) 超過設計基準的地震
- (2) 超過設計基準的水災
- (3) 威脅特定廠址的其他極端外部情況

##### **相應而生的喪失安全功能**

- (4) 長期的喪失所有電力

(5)長期的喪失最終熱沉

### 事故管理議題

(6)爐心熔損事故，納入相應而生的效應包括氫氣的積聚

(7)用過燃料儲存的劣化情況，納入相應而生的效應包括輻射屏蔽的喪失

上述項目應該考量：

- － 自動動作的措施
- － 緊急運轉程序書所要求特定之運轉員措施
- － 對事故預防、回復、救援等任何其他規劃的方案
- － 廠外的情況
- － 多機組同時受影響的可能性

安全是業主的最主要責任，須由業主負責執行上述重新評估，並由管制單位獨立審查業主的評估結果。

WENRA 專案小組將與歐洲核能工業合作探討，並提交建議事項至今年 5 月 12 日的歐洲核能安全管制機構組織(European Nuclear Safety Regulators Group, ENSREG)會議，而各國業主執行上述壓力測試的期程為六個月，並送交結果及相關文件至該國的管制單位。各國的管制單位須在三個月完成審查該國業主提交的報告並公佈審查結果，各國管制單位間必須相互交換意見並由 WENRA 或 ENSREG 管理。

WENRA 在 2011 年 4 月 21 日發行“Stress tests”specifications Proposal by the WENRA Task Force，要求各國持照業主依據本規模所提出之技術內涵，針對所屬核能電廠執行壓力測試，考量日本福島核電廠事故的發生，採針對性重新評估核能電廠的安全餘裕；相關要求請如本報告附錄四的第三章要求事項之說明。

## 附錄三

# 台電公司各議題研議之 總結報告



因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題一：廠區全黑事件之檢討及因應措施

100 年 4 月 15 日

## 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難，引發廠區全黑，喪失爐心緊要救援電源；經本公司檢視現有電廠設計基準，確認各核電廠在廠區全黑設計基準上，較福島電廠在深度防禦上，多兩道緊要電源防線（1. 第 5 部氣冷式柴油發電機、2. 兩部氣渦輪發電機）可提供緊要電源。然考量福島事故係超過設計基準事故（Design Bases Accident）之事件，因此，本公司除檢討現行電廠設計基準外，亦同時進行檢討當超出設計基準時之因應作為，並進行深度防禦之補強措施，以具體強化本公司因應複合式災害之電源應變能力。各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行電廠設計基準

經檢查各廠現有正常、緊要電源的配置與功能，在發生設計基準廠區全黑事件時，均能提供電廠安全停機的必要電源。為強化現有氣渦輪發電機及緊急柴油發電機電源之可靠度與持久性，已於 100 年 4 月 11 日完成檢討：現有維護程序書適切性、設備備品庫存量與可用性、詳細現場再巡檢、規劃補充油源以提高各發電機可靠度及延長運轉時間（電廠各細項檢討內容詳如附件說明）。

## 參、超出設計基準時之因應措施

各核電廠分別於 100 年 4 月 11 日前完成檢討，內容包括：假設情境當各廠發生廠區全黑與冷卻海水完全喪失時，第 5 部氣冷式柴油發電機與兩部氣渦輪發電機可提供緊要電源，若氣冷式電源設備再完全喪失時，各廠亦已完成相關應變措施規劃（電廠各細項檢討內容詳如附件說明）。

## 肆、超出設計基準之深度防禦措施

### 一、完成第 5 台氣冷式柴油發電機提供兩部機電源能力規劃

已完成規劃第 5 台氣冷式柴油發電機同時提供支援兩部機緊要電源，程

序書將於 100 年 5 月 31 日前完成修訂，並將利用各廠機組停機時驗證成效；同時擴充氣冷式柴油發電機的供電能力，以提升應付兩部機組同時面臨全黑事件之能力。

## 二、完成氣渦輪發電機支援廠內設備電源規劃

已完成規劃氣渦輪發電機用全黑起動柴油機支援廠內設備能力，提供廠內緊要柴油發電機與氣冷式柴油發電機的後備電源，相關事項預計 100 年 10 月 30 日前完成。

## 三、購置 14 台 480V 可移動式柴油發電機

核一二三廠預計購買 14 台 100KW~200KW/3 $\phi$ /480V 移動式柴油發電機，做為提供緊急設備的操作電源與直流電池的充電電源，提升後備電源的機動性與防海嘯能力，預計於 100 年 12 月前完成採購。另龍門電廠已備有 5 台移動式柴油發電機，可供運轉中電廠緊急調撥使用。

## 四、規劃設計外接式加壓至直流蓄電池充電機線路

已完成規劃直流蓄電池充電機緊急外加電源充電之線路，配合移動式緊急電源設備的機動充電，以延長直流系統使用時間，預計於 100 年 12 月前完成。

## 五、檢討全黑時主控制室之照明與必要之監控參數，並強化其電源供給

主控制室必要之監控參數電源已於 100 年 4 月 11 日檢討完成，在配合緊急後備電源供電下，全黑時必要的儀器電源已可確保，詳如附件說明。

## 六、購買可移動式空壓機（各廠三台）

購買移動式空壓機供氣動閥（A O V）緊急操作使用，預計 100 年 6 月 30 日前完成。

## 七、檢討緊要通訊系統

已於 100 年 4 月 11 日完成檢討緊急通訊系統，現有通訊系統足以因應緊急時通訊之使用：

-各廠及總處均配置一組衛星電話主機，每月定期測試功能，必要時可移

至戶外使用。

-高聲電話廣播系統

-微波電話系統

-廠內電話系統

-P H S 電話系統

#### 八、檢討支援設備與器材

-運輸工具：各廠已備有堆高機、卡車、吊車等機具已足以因應緊急時之使用。

-備妥足夠備用電源線。

伍、現有氣渦輪發電機及柴油發電機之耐震與防海嘯措施，將由「防海嘯專案小組」與「耐震評估小組」進行評估加強後據以改善。

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題二：廠內/廠外水災事件檢討

100 年 4 月 15 日

## 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲，衍化成複合式災難，造成廠區淹水，電廠全黑；經本公司檢視現有電廠防海嘯設計高程，確認各核電廠【核一(12 公尺)、核二(12 公尺)、核三(15 公尺)】在設計基準上，較福島電廠(一至四號機海嘯設計高程 10 公尺)在深度防禦上為佳。然考量福島事故係超過設計基準事故 (Design Bases Accident) 之事件，因此，本公司即展開檢視現行電廠設計基準範圍內相關設施：

- 一、安全有關防水門、屏蔽(包括井欄等)及穿越器填封完整性；
- 二、廠房/廠區淹水及排水功能/機制/流程/SOP/檢討；
- 三、現有防海嘯設計相關設備/功能/流程/SOP 等項目檢討。

同時，進行檢討當超出設計基準時之因應作為，並進行深度防禦之補強措施，以具體強化本公司因應複合式災害之防洪應變能力。各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行電廠設計基準

- 一、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

(一)核一廠防水門、水密穿越孔、地板排水孔等廠房內重要設備防洪設計，已於 100 年 4 月 8 日完成列表，並至現場進行巡視檢查確認完整性符合設計。

(二)核二廠緊要設備區域防水門、地板集水槽抽水泵之設置(RHR ROOM、HPCS ROOM、RCIC ROOM、LPCS ROOM 等)、所有廠房(輔助廠房、控制室廠房、柴油發電機廠房、燃料廠房、廢料廠房及汽機廠房等)之管線穿越器，

皆有適當設計封填，上述防洪設備已於 100 年 3 月 30 日前完成檢查，確認一切正常。

(三)核三廠廠房內防洪設計包括圍阻體廠房、輔助廠房、控制廠房、汽機廠房、行政廠房、廢料廠房、輔助鍋爐廠房、廠房內房間及 NSCW 系統閥室等廠房內重要設備防洪設計，已於 100 年 4 月 8 日完成列表，並至現場進行巡視檢查，確認完整性符合設計。

## 二、正常/停電時廠房/廠區淹水及排水功能/機制/流程/SOP/檢討

核一、二、三廠已於 100 年 4 月 11 日完成廠區淹水及排水功能評估、檢查、超出設計基準之因應措施。

## 三、現有防海嘯設計相關設備/功能/流程/SOP 等項目檢討

核一、二、三廠已就現有設計基準進行檢討，本公司已成立核電廠海嘯總體檢專案小組，並委託中興工程顧問公司辦理核一、二、三及龍門廠廠址近岸地形及廠區內現狀地貌調查、驗證各電廠終期安全分析報告（FSAR）之海嘯條件設計基準適當性。嗣後再依中央地調所公告山腳斷層及恒春斷層為第二類活動斷層新事證，委外進行「營運中核能電廠補充地質調查工作」與「營運中核能電廠地質穩定性及地震危害度再評估計畫」，以驗證評估對廠址所產生之耐震及海嘯影響，評估結果若超出原設計基準時，將再進行相關改善補強措施。

## 參、超出設計基準之因應措施

一、核一、二廠已於 100 年 4 月 15 日完成規劃，計劃將部份廠房區域之防火門，提升為兼具防水功能之閘門。

二、核三廠已於 100 年 4 月 11 日完成規劃，計劃將抽水機房低於 15 公尺之所有開口，均提升至 15 公尺以上。

## 三、檢視各廠防洪設計基準與排洪能力

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，降雨量高達 1,672mm，若與各廠 FSAR 反應器廠房排洪設計能力比較(如下表)，確認各廠均有足夠的排洪安全能力。

| 項 目              | 核一廠                     | 核二廠                     | 核三廠                     | 龍門廠<br>(核四廠)             |
|------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 廠址設計高程<br>(公尺)   | 12                      | 12                      | 15                      | 12                       |
| 海嘯可能上遡高<br>程(公尺) | 10.73                   | 10.28                   | 11                      | 8.07                     |
| 颱風造成浪高<br>(公尺)   | 7.4                     | 6.5                     | 5.56                    | 8.69                     |
| 反應器廠房<br>排洪能力    | 297mm/小時<br>(7,128mm/日) | 241mm/小時<br>(5,784mm/日) | 228mm/小時<br>(5,472mm/日) | 700mm/小時<br>(16,800mm/日) |

## 肆、超出設計基準之深度防禦措施

- 一、各核電廠安全系統及柴油機廠房鐵捲門，將提升改善成不透水緊密門。
- 二、增購沈水泵，並配置可移動式 120V 柴油發電機。
- 三、防範廠區土石流發生之檢討

核一廠：

乾華溪上游距核一廠 4.2 公里，依據農委會防災資訊網，石門區乾華溪上游之三和及富貴角雨量站有潛勢溪流 2 處，因此以三和及富貴角雨量測候站之累積雨量為監測依據，已編寫程序書「104.37 乾華溪土石流監測」長期監測，並加強河道清淤，確保排水通暢。

核二廠：

保護區東南之二號廢倉及兩條廢料貯存壕溝在土石流編號 DF207 溪流(瑪鍊溪)之影響範圍內，發生潛勢為中等，與最近廠房區相距約 500 公尺，過去並無發生土石流之歷史紀錄，且整條 DF207 流域並無開發整地行為，現場由航照圖可知植被茂密，坡面保護良好。

核三廠：

最高地為海拔約 70 公尺的馬鞍山(位於屏鵝公路旁)，與廠房區海拔 15 公尺高差 55 公尺，最高點與廠房區相距達 600 公尺，坡度平緩，迄今尚無土石流情形，且自建廠以來均未予以擾動、開發，應不致於發生土石流的情況。

## 因應日本福島電廠核子事故

### 台電公司核電廠安全總體檢報告

#### 議題三：用過燃料池完整性及冷卻能力之檢討及因應措施

100 年 4 月 21 日

#### 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難，引發廠區全黑，導致用過燃料池完全喪失強制冷卻能力；經本公司檢視現有電廠設計基準，加上適當的管制程序與補強措施，確認各核電廠可有效因應，維持用過燃料處於安全狀態。然考量福島事故係超過設計基準事故（Design Basis Accident）之事件，因此，本公司除檢討現行電廠設計基準外，亦同時進行檢討超出設計基準時之因應作為，並進行深度防禦之補強措施，以具體強化本公司因應複合式災害之應變能力。各廠檢討結果摘要說明如下。

#### 貳、檢討現行電廠設計基準

各廠用過燃料池之結構均為耐震一級設計。檢討可能墜落用過燃料池之重物，透過適當的管制程序與補強措施，可降低對用過燃料池完整性之威脅。因應乾貯，核一廠燃料護箱吊車為失效安全設計、核二廠亦將改為失效安全設計，可防止吊運燃料護箱時異常掉落。用過燃料池冷卻系統為雙重設計，獨立運轉乙套時，可移除正常熱負載。緊急時，可利用現有各補水系統及後備水源，補水注入用過燃料池，可有效因應設計基準事故，維持用過燃料處於安全狀態，相關檢討已於 100 年 4 月 21 日完成，電廠各細項檢討內容詳如附件說明。

#### 參、超出設計基準時之因應措施

##### 一、重物墜落檢討及補強措施

各廠依其用過燃料池座落位置，檢討當發生超過設計基準事故時，可能墜落之重物為各式吊車。依吊車特性及其可能產生之風險進行改善及因應。懸臂式吊車之懸臂將以鋼索繫固，以防止懸臂自由旋轉；軌道式吊車將研擬加裝防滑裝置；行程可達用過燃料池上方之大型吊車將檢討管制其正常停放位置，遠離用過燃料池。上述改善措施，詳附件說明。程序書修改部分將於

100 年 5 月 31 日前完成，硬體修改部分各廠依其特性規劃不同，核一、二廠於 100 年 6 月 30 日前完成；核三廠於 100 年 10 月 31 日前完成。

## 二、用過燃料池將喪失強制冷卻功能及應變措施

當發生廠區全黑事件時，用過燃料池將喪失強制冷卻功能。各廠已進行規劃燃料池冷卻異常時之緊急補水應變程序，以符合用過燃料池貯存現況計算所需之救援時間，並配合「廠區全黑事件檢討」提出需增購之電氣設備及硬體修改，以強化燃料池冷卻及補水能力。利用既有設備、設施之用過燃料池緊急補水應變準則，將於 100 年 4 月 30 日前完成擬訂，核一、二廠於 100 年 5 月 31 日前完成運轉人員訓練；核三廠適逢大修預定於 100 年 7 月 31 日前完成運轉人員訓練。

## 三、大修時採用全爐心燃料移除策略之安全性與妥適性評估

核一廠用過燃料池及核二廠之上燃料池，正常大修時與反應爐爐穴連通。大修時是否採用全爐心燃料移除策略，燃料總衰變熱與冷卻水總容量未有不同，其風險相當。惟若考量僅有用過燃料池之冷卻水容量，則全爐心燃料移除風險較高。核一、二廠目前採取爐內燃料挪移策略，未來若需進行全爐心燃料移除時，將依個案進一步評估；核三廠大修時採用全爐心燃料移除策略，將評估以行政管制措施於爐心燃料移出至回填前，維持燃料填換池充水，並與用過燃料池連通以增大池水量之可行性，於 100 年 5 月 31 日前完成評估。電廠各細項檢討內容詳如附件說明。

## 肆、超出設計基準之深度防禦措施

### 一、強化因應用過燃料池喪失強制冷卻事故

配合「廠區全黑事件檢討」進行增設電氣設備及硬體修改，時程同「廠區全黑事件檢討」所提。

### 二、擬定事故緩和措施

若發生用過燃料池長期喪失強制冷卻功能，備援系統無法及時救援時，池水水位將因沸騰及蒸發而下降。當用過燃料裸露時，在最嚴重情況下，燃料護套鋁合金開始急速氧化，將因自催化反應(autocatalytic，即大量放熱

引起相鄰燃料棒溫度上升而加速反應)發生燃料護套鋁合金火災。各廠將擬定事故緩和措施，研提大修與非大修期間用過燃料之擺放方式，如：以衰變熱較低燃料作為較高燃料之「熱沉」，或將衰變熱較高燃料分散擺放等，以延緩燃料護套鋁合金發生火災的時間。相關行政管制措施於100年6月30日前完成擬定。

**伍、本公司將針對核能工業界對此議題檢討後，所研提之後續改善措施及建議持續進行補強。**

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告

議題四：熱移除及最終熱沉的檢討及因應措施

100 年 4 月 21 日 REV.0

## 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難，引發正常與緊要冷卻海水設備嚴重受損，機組喪失最終熱沉。本公司除檢討現行最終熱沉的設計基準外，也同時檢討超出設計基準時的因應作為，進行深度防禦的補強措施，具體強化本公司因應熱沉喪失的應變能力。各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行電廠設計基準

- 一、各核能電廠緊急海水泵與取水攔污設備均安裝在防震結構體內，緊急泵室結構訂有檢測週期與改善追蹤機制，確保結構體完整性。
- 二、在最終熱沉喪失情況下，廠內可供 RPV 補水的水源除廠內抑壓池、CST 及 DST 等水槽外，並於高程 50 公尺以上建有生水池，可依靠重力方式提供爐心補水與圍阻體灌水，詳下表。

台電核能電廠生水後備水源資料

| 廠別  | 生水存水量     | 水池高程         | 圍阻體淹蓋至<br>燃料頂端需水量<br>(單部機組) | 圍阻體淹蓋<br>生水可用倍數<br>(2 部機) |
|-----|-----------|--------------|-----------------------------|---------------------------|
| 核一廠 | 106,000 噸 | 海拔 62 公尺以上   | 8,000 噸                     | <u>6.6</u>                |
| 核二廠 | 43,366 噸  | 海拔 90 公尺以上   | 10,600 噸                    | <u>2.0</u>                |
| 核三廠 | 107,000 噸 | 海拔 51.5 公尺以上 | 3,690 噸                     | <u>14.4</u>               |

- 三、檢視現行緊急操作程序書與嚴重事故管理程序書，相關程序書已提供設計基準事故之反應爐控制、圍阻體控制、氫氣控制與放射性物質外釋控制等因應指引。
- 四、各廠現有緊急泵室的高程為 12 公尺(核一、二廠)及 15 公尺(核三廠)，

均高於設計基準海嘯之上溯高程(核一廠：10.73 公尺；核二廠：10.28 公尺；核三廠：11 公尺)。進水口並設有多道攔污設備，可有效將垃圾、雜物阻擋。

上述檢討已於 100 年 4 月 18 日完成，各細項內容詳如附件說明。

### 參、超出設計基準時之因應措施

- 一、當地震強度超過 OBE 自動急停設定值，機組自動急停或依據中央氣象局發佈海嘯警報，研判直接衝擊機組安全時，利用正常熱沉，預先將反應爐降壓，啟動可用注水系統提升反應爐水位，移除反應爐急停時燃料衰變熱，在熱沉喪失與廠區全黑時，減輕抑壓池熱移除負荷。
- 二、當最終熱沉喪失時，規範電廠後備補水、反應爐降壓與圍阻體排氣的操作方式及時機，提供後備燃料衰變熱移除途徑。
- 三、規劃多樣補水流徑、水源、取水途徑與資源，移動式柴油發電機與空壓機提供必要的電力與氣源。

上述檢討已於 100 年 4 月 18 日完成檢討，各細項內容詳如附件說明

### 肆、超出設計基準之深度防禦措施

- 一、完成廠區全黑及熱沉喪失運轉緊急應變流程
  - (一)已完成廠區全黑及熱沉喪失運轉緊急應變流程圖。
  - (二)緊急應變準則將於 4 月 30 日前完成
  - (三)運轉人員訓練將於 5 月 31 日前完成，以提升人員應付全黑事件與熱沉喪失的能力。
- 二、完成緊急海水冷卻系統復原規劃
  - (一)已完成緊要海水泵馬達備品建置：核一、二廠將於 100 年 12 月 31 日前各加購一台緊要海水泵馬達，以達廠內各儲備 2 台馬達(核三廠已儲備 5 台)，並將備品儲放高處。
  - (二)進水池垃圾雜物清運規劃，俾能 8 小時內同時完成替換緊要海水泵馬

達與清理進水池，爭取熱沉重建時效。

- (三)配合電廠重要安全設備防水門改善計畫，提升緊急泵室與緊要海水泵馬達電纜的防水性，預訂 100 年 12 月 31 日前完成。
- (四)核一廠緊急進水口蓄水池加裝格子網(核三廠原設計已建置)；核二廠緊急進水口加裝防海嘯閘門，阻擋海嘯沖入的垃圾、雜物堵塞進水口，縮短復原時間。各廠改善工程預訂 100 年 12 月 31 日前完成。
- (五)事故後長期爐心冷卻系統復原規劃與檢查，將於短程體檢項目第 6 項「機組斷然處置程序之檢討」第 3 子項「檢討機組斷然處置程序的後續因應作為及備援能力」中說明

### 三、生水管路改善工程

- (一)生水池補水管路明管化，斷管時易於發現及修復。
- (二)特定管路改為撓性管路，提升管路耐震能力。
- (三)研究增設斷管超流控制閥，避免管路斷裂時生水資源流失

上述工程預訂 100 年 12 月 31 日前完成。

伍、現有緊急泵室防海嘯措施與生水池耐震提升，將由「防海嘯專案小組」與「耐震評估小組」進行評估加強後據以改善。

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題五：事故處理程序與訓練

100 年 4 月 29 日

## 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難，引發廠區全黑，喪失爐心緊要救援電源；本公司檢視現有電廠設計、設備、緊急應變措施等，確認各核電廠在類似事故設計基準上，較福島電廠在深度防禦上為佳。然考量福島事故係超過設計基準事故（Design Bases Accident）之事件，因此，本公司除檢討現行電廠設計基準外，亦同時進行檢討當超出設計基準時之因應作為，並進行深度防禦之補強措施，以具體強化本公司因應複合式災害之應變能力。各項重要措施將在完成設備修改、程序書發行後進行訓練及緊急計畫演練，以確保各項措施落實執行；各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行電廠程序書、訓練及緊急應變能力

- 一、經由模擬器訓練及緊急計畫演練，現行程序書之因應措施能完整與涵蓋電廠目前設計基準事故。
- 二、現行電廠 115 程序書對於機組運轉、維護人員訓練及再訓練以及緊急應變訓練要求均有明確規定，電廠持照運轉人員訓練則包括緊急操作程序書（EOP）及嚴重核子事故指引（SAG）。
- 三、一般支援人員包括友廠、修護處、包商技術支援人員等，已各具有專長，除了各專業需求項目外，進廠支援時需接受「電廠環境介紹及輻射防護」課程及進廠人員訓練。
- 四、本公司目前在總公司及各核能電廠均訂有核子事故緊急應變措施、應變組織、實施程序，緊急組織係以各廠緊急控制大隊為核心單位，以台灣電力公司緊急計畫執行委員會為直接支援單位，以核子事故中央災害應變中心為廠外協調支援單位，本公司相關人員均依程序執行年度訓練及年度演習。

五、本公司目前業與奇異公司／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。

六、各廠均納入中央氣象局海嘯預警通報系統內，且與地方消防局、兵警單位訂有救災／支援協定。

### 參、超出設計基準時之因應措施

一、各廠模擬福島電廠之複合式事故，對機組運轉員進行模擬器情境訓練及演練，核一廠於 4/26 至 4/29 完成訓練，核二廠於 4 月 8 日完成訓練，核三廠已於 4 月 13 日完成各班全套情境演練。

二、依據總體檢各項超過設計基準事故之事件檢討結果，所涉及的設備修改、程序書發行、人員訓練及緊急計畫演練需確認可行性及完整性。

### 肆、超出設計基準之深度防禦措施

一、加強天然災害預警及應變機制

已建置海嘯預警系統及程序書，當有海嘯預警，中央氣象局都會傳真到核一、二、三廠，各廠可依已建置之海嘯程序書執行應變措施。另各廠除已建置地震程序書外，核二廠目前已與中央氣象局建立地震通報連線，中央氣象局強震即時警報系統利用地震 P 波(5~8 公里/秒)與 S 波(3 公里/秒)到達時間差來做預警，約能在破壞性地震波來襲前數秒至數十秒提出警告。目前連線程式安裝於控制室值班經理之電腦，正持續測試中。未來將依評估結果決定是否推行至各核能電廠使用，預計 100 年 10 月 30 日前完成。

二、超出設計基準改善措施完成程序書後將進行訓練及配合緊急計畫演練。

已進行核能電廠總體檢，檢討結果已訂定的超出設計基準之深度防禦措施重要者如下；相關的設備修改、作業變更等涉及程序書部份將於 DCR 施工完成二個月內（或預定時程）完成程序書修改，程序書修改後三個月內（或預定時程）完成必要之相關訓練（含實作訓練），並列入年度緊急計畫演練。

（一）完成第 5 台氣冷式柴油發電機提供兩部機電源能力規劃，程序書將於 100 年 5 月 31 日前完成修訂。

- (二)購置 480V 可移動式柴油發電機及可移動式空壓機，預計於 100 年 12 月前完成。
- (三)完成廠區全黑及熱沉喪失運轉緊急應變流程圖，緊急應變準則將於 4 月 30 日前完成，運轉人員訓練將於 5 月 31 日前完成。
- (四)各廠將擬定用過燃料池長期喪失強制冷卻功能事故之緩和措施，相關行政管制措施於 100 年 6 月 30 日前完成擬定。
- (五)機組斷然處置程序指引，預訂 100 年 4 月 30 日前完成，訓練於 5 月 31 日前完成。
- (六)完成緊急海水冷卻系統復原規劃，包括緊要海水泵馬達備品建置、防水門改善計畫、緊急進水口蓄水池加裝格子網或緊急進水口裝置防海嘯閘門等，預訂 100 年 12 月 31 日前完成。
- (七)核二廠將配合原能會舉辦兩部機組同時發生地震與海嘯侵襲的複合式災害的廠內、外緊急應變聯合演練，以驗證應變能力，並使各相關組織、單位、人員熟練應變及救災措施及行動。預計 100 年 5 月完成。核一、三廠亦將在今年舉辦兩部機組同時發生地震與海嘯侵襲的複合式災害的廠內緊急應變演練。

### 三、加強支援人員訓練及作業規劃

編寫廠外備援人員輻防課程講義，增加廠區環境介紹及緊急暴露劑量與風險等內容，定期提供廠外備援人力（如消防、兵警力等支援單位）「電廠環境介紹及輻射防護」課程等相關訓練。對未經輻防訓練之廠外支援搶救人員，其進廠後由電廠輻防人員陪同前往現場指導等相關輻防管制規定擬列入程序書中。相關事項預計 100 年 10 月 30 日前完成。

### 四、加強與中央災害應變中心之連絡、協調、配合

透過緊急計畫演練，中央災害應變中心之連絡、協調、配合；例如當道路不通時，或其他不預期狀況時，核能電廠能及時通報『中央災害應變中心』統一指揮調度國內運輸工具，即時安排吊運器材及人員運送，使救災所需人員和器材能及時協助處理。

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題六：機組斷然處置程序之建立

100 年 4 月 29 日 REV. 0

## 壹、緣由

依據各核能電廠現行耐震與防海嘯的設計基準，遵循既有的緊急操作程序書與嚴重核子事故處理指引，可處理設計基準地震與海嘯的衝擊，確保機組安全停機。惟發生超出設計基準的複合式災變時，現行程序書無法完全涵蓋。因此，擬定「機組斷然處置程序指引」。緊急時，作為決策與操作的依據；平時，作為人員訓練與演練的規範。

## 貳、機組斷然處置程序

### 一、定義

超出電廠設計基準的情況發生時，機組同時遭遇廠區全黑、熱沉喪失，必須採取決斷行動，進行反應爐緊急洩壓、圍阻體排氣，以後備水源注入爐心，確保反應爐內與用過燃料池燃料受水淹蓋，以避免放射性物質外釋，保障民眾健康與安全。

### 二、內涵

- (一)明快的行動：預先規劃後備水源、電源與各項資源，斷然處置指令下達後，立即連通後備水源，執行反應爐緊急洩壓，接通移動式電源、氣源，提供操作動力。處理過程須果決明快。
- (二)明確的決策與通報機制：依據電廠技術支援中心動員與應變程序、嚴重核子事故處理程序，研判機組狀態已達斷然處置的條件，由緊急控制大隊長向緊執會主任委員報告，經公司與政府同意後，電廠據以執行。
- (三)長期冷卻復原：規劃長期冷卻復原計畫，檢視長期冷卻需運轉的設備、流徑、水源與程序，並定期點檢基礎資料。

### 三、處置流程圖

(一) BWR 機組斷然處置程序(參照附件一：核一廠斷然處置程序流程圖；附件二：核二廠斷然處置程序流程圖)

1. 反應爐壓力控制：當地震強度超過 OBE 自動急停設定值，機組自動急停或依據中央氣象局發佈海嘯警報，預期將直接衝擊機組安全時，立即利用電廠現有正常熱沉與注水系統，將反應爐降壓、並維持在正常水位狀態。海嘯直接衝擊後，在緊要熱沉可用時(可由氣冷式緊急柴油發電機或氣渦輪機提供電源)，立即再降壓至蒸汽驅動注水系統可運轉的壓力，運轉餘熱移除(RHR)抑壓池冷卻模式將餘熱移除。若廠區配置的交流電源與緊要冷卻系統(最終熱沉)均喪失時，反應爐餘熱移除與降壓，將在爐心注水的水源與動力備齊後(在此之前仍需要靠 RCIC 洩壓及補水)，開啟反應爐壓力釋放閥進行緊急洩壓，同時經由活性碳吸附過濾系統進行圍阻體排氣操作(移動式發電機提供此系統電力)，操作與運轉的動力源由規劃配置的移動式發電機與空壓機提供，以保持抑壓池溫度在熱容溫度限值以下，維持抑壓池熱沉能力。
2. 反應爐水位控制：當地震強度超過 OBE 自動急停設定值，機組自動急停或依據中央氣象局發佈海嘯警報，預期將直接衝擊機組安全時，立即進行高程生水池 Line-up 工作，保持單一手動閥關閉作為隔離閥，並立即啟動生水傳送泵，保持生水池高水位。廠區交流電源可用時，依 EOP 啟動注水系統、注水支系統確保爐心燃料受水淹蓋。若廠區交流電源完全喪失(含氣冷式柴油發電機與氣渦輪機)，將啟動替代注水支系統，Line-up 廠內各淡水槽提供水源。緊急並在反應爐壓力低時，可開啟生水槽隔離閥，藉重力將生水注入爐心。操作與運轉的動力源由規劃配置的移動式發電機與空壓機提供，Line-up 廠內各淡水源的同時，立即依事先規劃後備廠外水源、消防車、沉水泵進行汲水，機動補充各槽與生水池，必要時，由事先規劃之注水口直接注水入反應爐。若事故演進至所有淡水源用罄，則汲取海水注入爐心，確保爐心燃料受水淹蓋。

3. 圍阻體完整性控制：依據緊急操作程序書(EOP)與嚴重核子事故處理指引(SAG)，執行圍阻體控制與氫氣控制，維持圍阻體完整，操作與運轉的動力源由規劃配置的移動式發電機與空壓機提供。

(二) PWR 機組斷然處置程序(參照附件三：核三廠斷然處置程序流程圖)

1. 反應爐冷卻水系統降溫與降壓：廠區配置的交流電源喪失與緊要冷卻系統(最終熱沉)均喪失時，汽機帶動輔助飼水泵或柴油引擎後備飼水泵提供蒸汽產生器二次側飼水冷卻，配合現場手動開啟蒸汽產生器釋壓閥(PORV 排放蒸汽，移除反應爐餘熱。反應爐冷卻水系統降溫降壓後，可從蓄壓槽自動將硼酸水注入 RCS，補充爐心水量。
2. 蒸汽產生器與反應爐水位控制：蒸汽產生器主要注水源來自 CST、DST 及生水，另可以深生井抽水或以消防車、水箱車緊急由龍鑾潭、牡丹水庫或海水汲水作為後備水源。更換燃料用水儲存槽 RWST 可藉由正壓排量泵 BH-P020(由移動式發電機供電)注水入反應爐或壓力低時亦可藉由重力方式注水。必要時，使用消防車由規劃開口處注水入反應爐。
3. 圍阻體完整性控制：依據緊急操作程序書(EOP)與嚴重核子事故處理程序(SAMG)，執行圍阻體控制與氫氣控制，維持圍阻體完整，操作與運轉的動力源由規劃配置的移動式發電機與空壓機提供。

(三) 用過燃料池緊急注水(參照各廠處理流程圖)

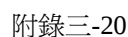
1. 喪失廠區配置的交流電源時，將使用過燃料池與燃料儲存池的補水功能喪失，可優先使用移動式發電機及空壓機，提供補水泵與閥開關的動力，恢復正常補水功能。
2. 經由廠房消防系統，利用廠房消防系統水帶將生水注入池中。
3. 利用消防車運水，直接駛入燃料廠房對池中注水(核二廠用過燃料池開口位於平面樓)

## 參、長期冷卻系統復原規劃

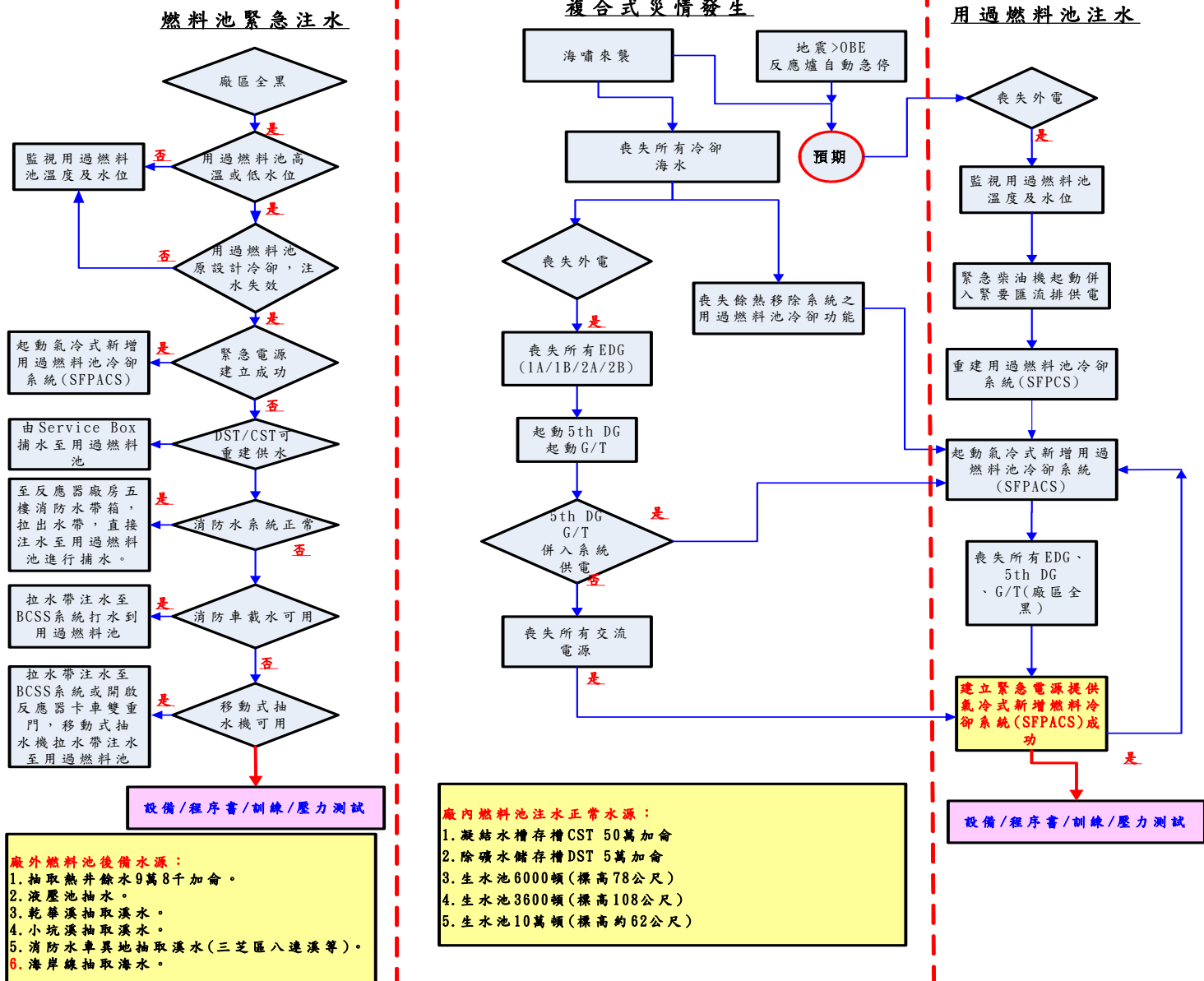
發生超出設計基準的事故時，餘熱移除系統與其熱沉在喪失後，如何在短

時間內復原，建立爐心餘熱移除功能，是復原規劃重點。因此，各廠已規劃完成長期冷卻系統運轉所需的設備、流徑、電源、氣源與程序，詳各廠第 3 子項「檢討機組斷然處置程序的後續因應作為及備援能力」。因應短時間的復原重建要求，各廠已建立完成長期冷卻系統的點檢資料，點檢內容包括各項備品清點與儲放位置、設備高程檢視、充水路徑、水源規劃與現場查證等，預訂 100 年 5 月 6 日前完成點檢工作。相關設備整備與強化措施（詳短程體檢項目第四項「最終熱沉能力」）完成後，各廠遭遇超出設計基準事故時，可在最短的時間恢復爐心餘熱移除功能，維持反應爐冷停機狀態。

## 核一廠斷然處置程序流程圖

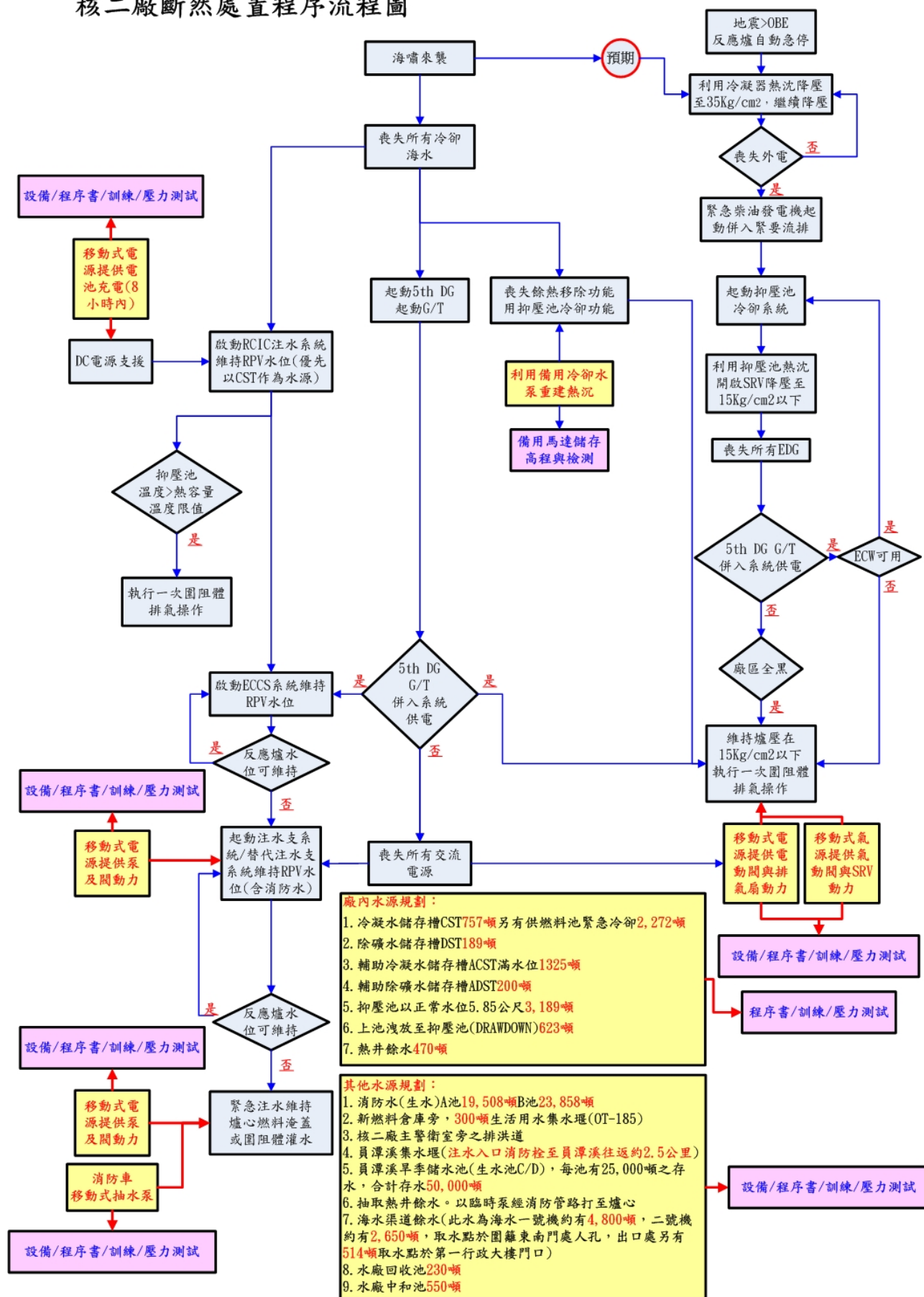


# 海嘯地震用過燃料池注水緊急應變流程(CS)

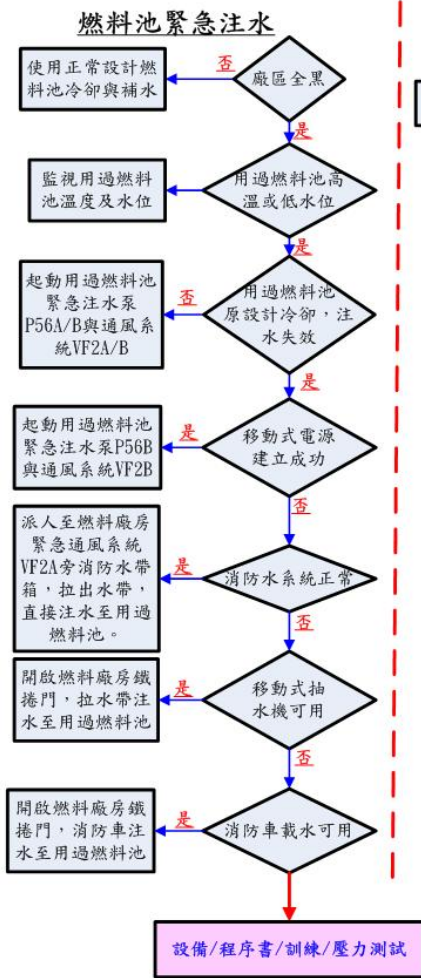


## 附件二 核二廠斷然處置程序流程圖

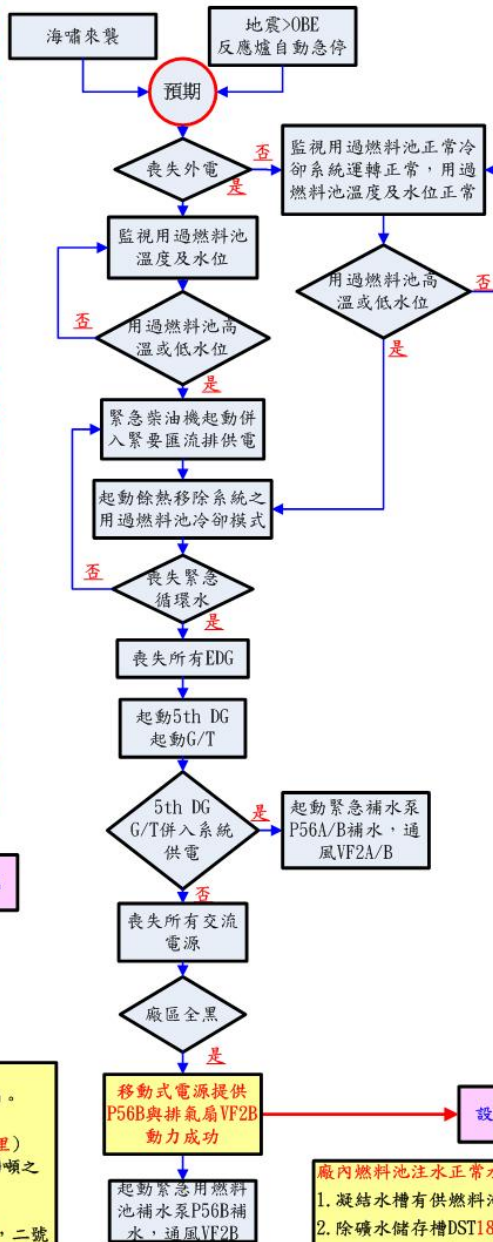
核二廠斷然處置程序流程圖



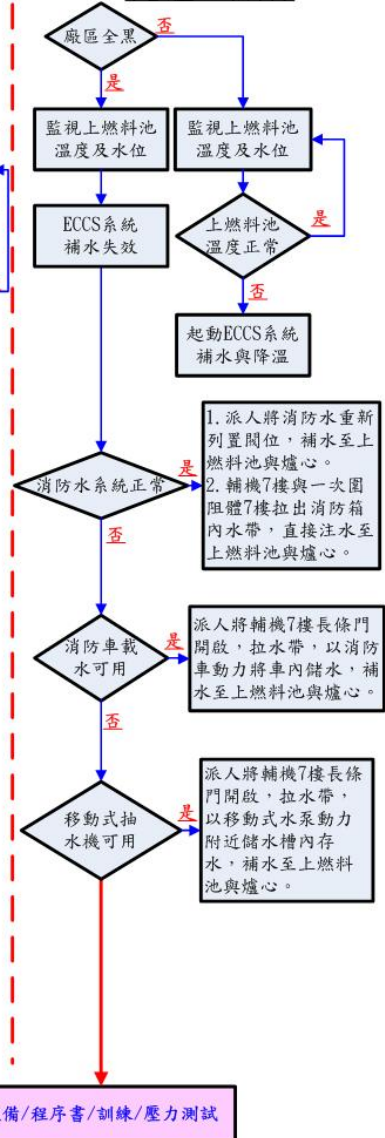
## 海嘯地震用過燃料池注水緊急應變流程(KS)



## 複合式災情發生用過燃料池注水



## 大修上燃料池緊急注水 (含爐心燃料)



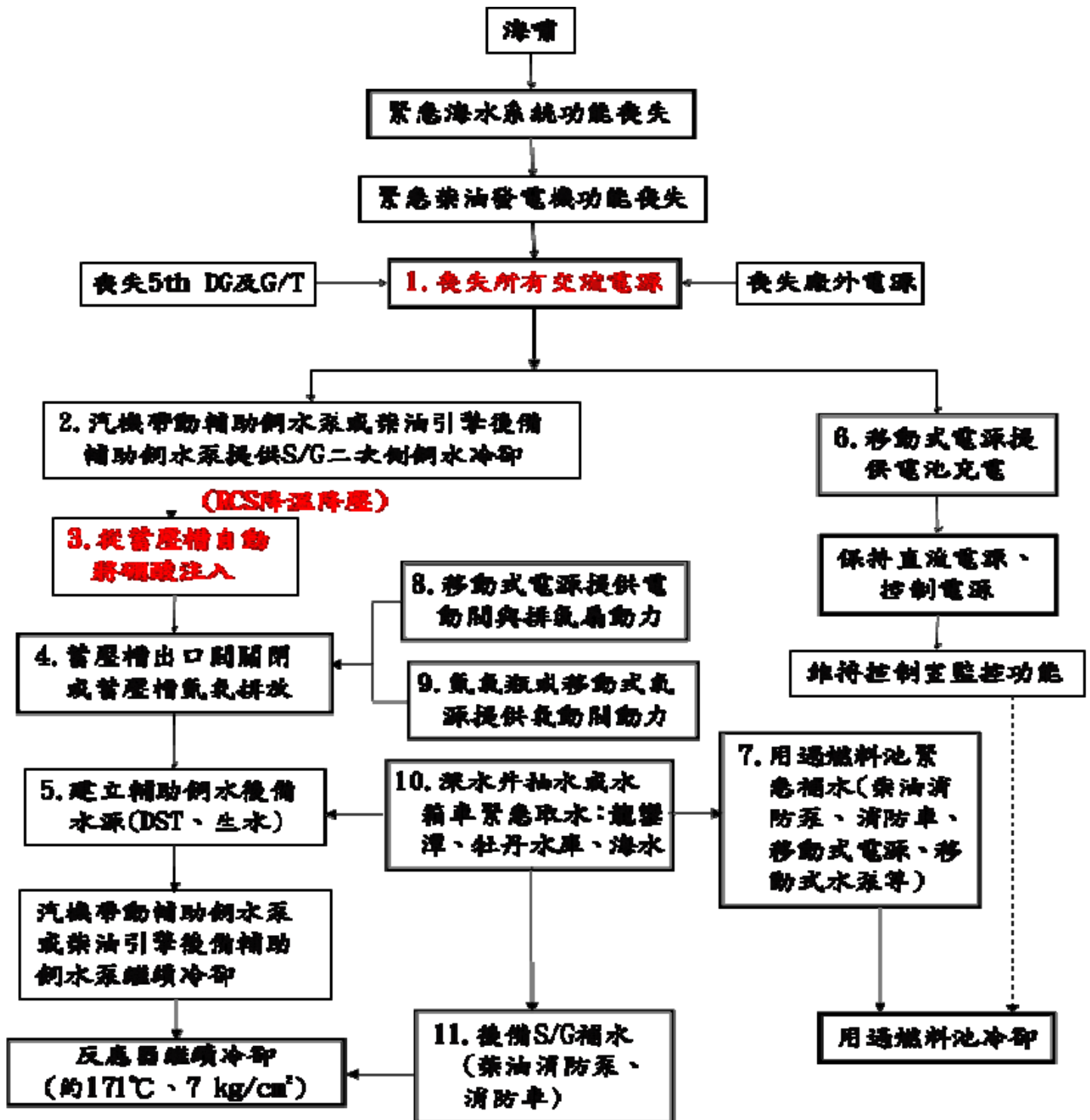
### 廠外燃料池後備水源：

1. 新燃料倉庫旁，300噸生活用水集水堰(OT-185)。
2. 核二廠主警衛室旁之排洪道(仁和宮溪)
3. 員潭溪集水堰(員潭溪至燃料廠房往返約2.5公里)
4. 員潭溪旱季儲水池(生水池C/D)，每池有25,000噸之存水，合計存水50,000噸。
5. 抽取熱井餘水。
6. 海水渠道餘水(此水為海水一號機約有4,800噸，二號機約有2,650噸，取水點於圍籬東南門處人孔，出口處另有514噸取水點於第一行政大樓門口)
7. 水廠旁回收水池約230噸
8. 水廠中和池目前約550噸

### 廠內燃料池注水正常水源：

1. 凝結水槽有供燃料池緊急冷卻2,272噸(用P56A/B動力)
2. 除礦水儲存槽DST189噸
3. 輔助凝結水儲存槽ACST滿水位1325噸
4. 輔助除礦水儲存槽ADST200噸
5. 熱井餘水470噸
6. 消防水(生水)A池19,508噸B池23,858噸

### 附件三 核三廠斷然處置程序流程圖



因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題七：一/二號機組相互支援之因應措施

100 年 4 月 29 日 REV.0

## 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故係遭受地震與海嘯侵襲的複合式災難，引發機組設備嚴重受損，於本次事故處理中亦顯示出相互支援問題。本公司針對各核電廠一/二號機組間相互支援問題，除檢討現行相互支援的設計外，也同時檢討超出設計基準時(以福島電廠事故狀況為藍本)之因應作為，進行深度防禦的補強措施，具體強化本公司各核電廠於事故時機組間相互支援的應變能力。各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行機組相互支援設計、措施及功用

一、針對各核能電廠其水源、電源、氣源分類：(一)冷凝水及其相關系統、(二)海水系統、(三)緊要匯流排系統、(四)壓縮空氣系統及蒸汽、(五)其他等方面，進行檢討現行可相互支援設備之支援(耐震等級已於第四項最終熱沉能力檢討)措施及對事故減緩及救援之功用。各廠已於 100 年 4 月 26 日查證完成。

二、上述評估於各細項內容詳如附件說明。

## 參、強化一/二號機組相互支援之因應措施

一、設備相互支援強化：一/二機相互支援設備強化及措施之檢討，詳大會要求之第一項廠區全黑事件檢討及第四項喪失最終熱沉之改善。

二、人力動員強化：

(一)各廠已完成清查廠區與鄰近地區住宿員工人數。並重新檢視各廠緊急計畫動員機制、測試與演練計畫，強化動員的時效與人力。

(二)於 4 月 26 日完成兩部機組人力相互支援評估：

1. 各廠兩部機組採相同列置，人力資源可相互調度。

2. 維護運轉訓練均含括機組間差異性的訓練內容。人員調度不受機組設備差異性影響。

#### **肆、一/二號機相互支援時，主控制室之運作機制**

一、已於 4 月 26 日完成各廠控制室運作機制的檢視：

- (一)緊急時，人力調配機制檢視，包括運轉人員現有調派機制、預召/留置辦法與後勤支援等，評估結果現有機制已完備。
- (二)值班人力輪值方式：6 班每班輪值 8 小時(每天 3 班輪值、1 班訓練、1 班空班、1 班為機動支援班(工作時間為正常上班時間)。緊急時，機動支援班與訓練班可立即投入支援，如非上班時間調配廠區附近備勤宿舍值班人員進廠支援。
- (三)兩部機組同時面臨相同事故狀況之應變措施：主控制室依不同的狀態，採取不同操控(遵循 EOP 或 SAG)，各項操控及採取緊急措施皆由主控制室及技術支援中心統籌商討決策及指揮。

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告  
議題八：複合式災難事件檢討及因應措施

100 年 4 月 29 日

## 壹、緣由

福島事件係超過設計基準事故，由地震、海嘯所引發之複合式災難事件，針對本議題除分別由地震、海嘯、水災、廠區全黑各單一災難事件的因應檢討現行電廠設計基準，及檢討超出設計基準時之因應作為，並進行深度防禦之補強措施外，同時檢討火災事件及大型設備(如吊車)在地震事故下之因應措施，並配合因應各事故處理程序與訓練，以因應複合式災害之應變能力。

## 貳、現場查證或檢查緩減事故後果之重要設備(如防火設備)，渠等功能是否因地震/海嘯/水災之交互作用而喪失，並確認潛在弱點

### 一、檢討現行電廠設計基準：

各核能電廠已完成緩減事故後果重要設備之所在位置、耐震等級、使用電源來源及目前維護措施之查證，包括：反應爐灌水設備、反應度控制、氫氣控制、圍阻體排氣、用過燃料池緊急補水系統、緊急循環水系統及防火設備等(詳各核能電廠報告)。各重要設備對火災、水災、耐震、海嘯事件現行電廠設計基準現場查證或檢查之結果如下：

#### (一)火災方面：

1. 各核能電廠已完成對於消防相關設施測試、維護和檢查，包括：自動消防水噴灑系統、CO<sub>2</sub> 自動噴灑系統、消防泡沫噴灑系統、海龍自動滅火系統、室內外消防栓（詳各核能電廠報告）。
2. 各核能電廠與安全停機有關區域之消防設施為耐震 1 級，但其源頭設備、管線非為耐震 1 級。

#### (二)水災方面：

電廠設計基準範圍內相關設施查證結果(詳見因應日本福島電廠核子事故台電公司核電廠安全總體檢報告議題二：廠內/廠外水災事件檢討)，包括：

1. 核一廠已於 100 年 4 月 8 日完成防水門、水密穿越孔、地板排水孔等廠房內重要設備防洪設計檢查。
2. 核二廠已於 100 年 3 月 30 日完成緊要設備區域防水門、地板集水槽抽水機(RHR ROOM、HPCS ROOM、RCIC ROOM、LPCS ROOM 等)、所有廠房(輔助廠房、控制室廠房、柴油發電機廠房、燃料廠房、廢料廠房及汽機廠房等)管線穿越器封填之檢查。
3. 核三廠已於 100 年 4 月 8 日完成圍阻體廠房、輔助廠房、控制廠房、汽機廠房、行政廠房、廢料廠房、輔助鍋爐廠房、廠房內房間及 NSCW 系統閥室等廠房內重要設備防洪設計檢查。
4. 核一、二、三廠已於 100 年 4 月 11 日完成正常/停電時廠房/廠區淹水及排水功能/機制/流程/SOP/檢討。

(三)耐震方面：

1. 各核能電廠主要廠房設計，其地表加速度設計值均大於修訂後之建築技術規則要求，可達耐震 7 級之最高震度。
2. 「核能電廠耐震評估專案小組」已完成各核能電廠緊急柴油發電機系統、緊急海水泵室、全黑啟動氣渦輪機系統、儲油槽及生水池之勘查。(詳見耐震評估小組核能電廠勘查報告)
3. 各核能電廠發、變電相關設施廠房內，非屬系統上既有之設備、器材、雜項物件等各種物件之臨時性或長期性之存放皆有管理辦法，以確保這些物件之儲放位置，於地震或平時均不會損壞安全設備。

(四)海嘯方面

本公司已檢視現有電廠防海嘯設計高程，確認各核電廠防海嘯高程為【核一(12 公尺)、核二(12 公尺)、核三(15 公尺)】。

二、超出設計基準之因應措施：

(一)火災方面：

各核能電廠非安全停機有關區域之消防系統雖非耐震一級之設計，但已完成功能查證或檢查(詳各核能電廠報告)，並將進行下列補強：

1. 消防管路明管化，強化巡視、維護作業，以增加消防管路之可靠度，預定 100 年 12 月 31 日完成。
2. 生水池特定管路改為撓性管路，提升管路耐震能力，預定 100 年 12 月 31 日完成。
3. 核一廠增購大型消防泵 5 台、核二廠增購大型消防泵 4 台，預定 100 年 12 月 31 日前完成。
4. 核二廠將汰換消防水庫車，預定 101 年 12 月 31 日前完成。
5. 核三廠增購消防泡沫車，預定 100 年 12 月 31 日前完成。
6. 緊急後備消防隊人力依緊急計畫組織編組協助消防工作。

(二)廠區全黑方面：

有關廠區全黑方面，各核能電廠依據核能電廠安全防護體制全面體檢項目“廠區電源全部喪失(全黑)事件”評估結論辦理。(詳核能電廠安全防護體制全面體檢項目“廠區電源全部喪失(全黑)事件”)

(三)水災方面：

有關水災方面，各核能電廠依據核能電廠安全防護體制全面體檢項目“廠內/廠外水災事件”評估結論辦理。(詳核能電廠安全防護體制全面體檢項目“廠內/廠外水災事件”)

(四)耐震方面：

1. 本公司依行政院院長指示將核一廠耐震設計從 0.3g 提升至 0.4g 進行評估。
2. 目前本公司正辦理營運中核能電廠補充地質調查及地震危害度再評估等案。
3. 其餘有關地震超出設計基準之因應措施由「核能電廠耐震評估專案小組」進行評估加強後據以改善。

(五)海嘯方面：

由「核能電廠防海嘯評估專案小組」進行評估加強後據以改善。

(六)核一、二廠若因事故造成備用硼液系統不可用，而須執行反應度控制時，已擬有緊急注硼因應措施 如下：

1. 電廠內有電情況下，依各電廠程序書替代硼液注入方式有：

(1)從 SBLC 硼液槽經由 RWCU 系統打入爐心。

(2)以硼砂/硼酸經由 RWCU 系統打入爐心。

(3)以 DST 槽經由 CRD 系統打入爐心。

2. 當發生廠區全黑事件時，將硼液以沉水泵輸送至消防水車，再將消防水車內之硼液泵送經由餘熱移除系統注入爐心，此因應措施於 100 年 5 月 31 日前完成程序書的修訂。

3. 已購置兩部機共用之備用硼酸、硼砂(B-10 濃度 19.8%)貯存於倉庫，供兩部機緊急用，緊急注硼所需各項設備均已準備妥當。

### **參、針對但不限於消防設備、相關儲存槽、各式管線等救援設備劣化、或誤動作，並導致救援功能之喪失**

#### **一、檢討現行電廠設計基準：**

各核能電廠已針對消防設備、相關儲存槽、各式管線等救援設備依設備屬性進行必要的查証、檢查或測試（設計基準詳各核能電廠報告），其非耐震 1 級之相關儲存槽遇強震可能發生損壞。

#### **二、超出設計基準之因應措施：**

(一)各核能電廠重要儲水槽因地震、海嘯或水災不可用時，可使用消防車載水或使用臨時引擎帶動的抽水泵，從各救援水源取水。

(二)本公司已成立「核能電廠耐震評估專案小組」，將評估是否提升生水池耐震能力，各核能電廠將依據其結論辦理。

(三)儲油槽雖非耐震一級，但如其災變影響造成損害則其儲油亦會被承接漏油之防溢堤所圍堵，此時可使用臨時泵抽取再利用卡車載運以供緊急柴油機使用。

## **肆、檢討大型設備(如吊車)在地震事故下，可能衍生對完整性或救援之不利效應**

### **一、檢討現行電廠設計基準：**

- (一)已針對各核能電廠之大型吊車依設備屬性進行必要的查証。(詳各核能電廠報告)。
- (二)反應器廠房、ECCS 及燃料廠房之吊車均採耐震 1 級之設計；柴油機廠房及氣渦輪機廠房之吊車除核二廠第 5 台緊急柴油發電機廠房之吊車為耐震 1 級外，其餘皆為非耐震 1 級。

### **二、超出設計基準之因應措施：**

- (一)吊車平時停放位置已於相關程序書中規定置於遠離設備之安全位置。
- (二)吊車停用時有自動煞車功能會將吊車固定在停止位置。
- (三)吊運作業時依各相關程序書執行安全荷重路徑管制。
- (四)懸臂式吊車之懸臂停用時將以鋼索繫固，以防止懸臂自由旋轉；軌道式吊車將研擬加裝防滑裝置。(核一、二廠預定於 100 年 6 月 30 日前完成；核三廠預定於 100 年 10 月 31 日前完成)

## **伍、檢討廠外救援機制無法順利抵達，電廠獨自應付之能力**

- 一、建立公司員工及協力廠商就近支援人力之名冊。(預定 100 年 6 月 30 日完成)
- 二、重型機具設備除自有之外，補強與增購的部份，各電廠將依核能電廠安全防護體制全面體檢項目十、“因應事故設施建置及設備備品儲備”檢討結果，增購消防救災器材及重型救災機具設備。
- 三、電廠各細項檢討內容詳各核能電廠報告說明。

## **陸、本公司將針對核能工業界對此議題檢討後，所研提之後續改善措施及建議持續進行補強。**

## 因應日本福島電廠核子事故

### 台電公司核電廠安全總體檢報告

#### 議題九：超過設計基準事故之檢討及因應措施

100 年 5 月 4 日 REV. 0

#### 壹、緣由

日本福島核電廠 311 核子事故為超過電廠設計基準的事故，本公司除檢討現行嚴重事故指引的各項應變措施與清查減緩嚴重事故設備功能測試的結果，並擬定超出設計基準的因應與強化措施。以深度防禦的觀念，規劃新增設備與改善運轉維護策略，減緩超出設計基準事故的衝擊。各廠檢討結果摘要說明如下。

#### 貳、檢討現行電廠設計基準

- 一、依 WANO SOER 2011-2 建議事項清查減緩嚴重事故的設備功能(測試結果)，清查設備的功能包括(1)RPV/圍阻體注水；(2) RPV 排氣及壓力控制；(3)反應度控制；(4)氫氣控制；(5)圍阻體排氣；(6)緊急電源；(7)熱移除(熱沉)(8)池水冷卻(用過燃料池與抑壓池)。上述設備，均已依品保制度納入各廠定期測試、保養，並由 MMCS 進行管控。經查證結果均依相關測試週期進行測試，現均處於可用狀態。詳如附件說明。(4 月 26 日完成)
- 二、清查支援緊急狀況之設備，包括(1)AMT 小組作業場所硬體(含各成員電腦)、運作軟體及手冊；(2)事故處理所須參數指示儀表(包括 ERF 及盤面儀表)；(3)替換硼液注入設備；(4)生水緊急補水入爐心(包括生水池、相關管路及盲板)；(5) EOP 程序書連鎖需跨接或拆除的接點部分，查驗跨接線數量、位置；(6) DIV I/II/III 移動空壓機(起動空氣備用) (7) TSC/OSC 柴油發電機；(8) 防火(含水源、CO2 存量、發電機、消防泵、取水泵、消防車等)。上述設備依屬性(主動 Active、被動 Passive)，進行相關之「測試(Test)」或「檢視(Inspect)」/「現場巡查(Walkdown)」，來確認其設備可用並可發揮功能。各項設備檢視結果均正常，但部分項目預防保養未涵蓋，將新增列至 MMCS 管控，定期執行預防保養(預定完成日期 100 年 5 月 31 日)。詳如附件說明。(4 月 26 日完成清查)

### 三、完成檢視技術支援中心運作機制：

- (一)技術支援中心(含嚴重核子事故處理小組)之運作機制，在成員安排上，平時即有兩組之分組安排，若有缺員或需要支援，亦有多級代理機制之規劃，可由大隊長(或代理人)立即指令通知補替。
- (二)各廠廠內除技術支援中心外，亦設置有後備技術支援中心可做為後備運作場所。

有關技術支援中心因應雙機組事故之強化措施詳第參節

### 四、相關廠外備用水源、抽用海水的機制詳體檢項目第四項「最終熱沉能力」

### 五、EOP 與 SAG「圍阻體壓力與氫氣控制」程序確認

- (一)當一次圍阻體壓力達壓力限值(PCPL)前，不管輻射釋放率，逕執行一次圍阻體排氣。
- (二)當一次圍阻體氫氣濃度大於爆燃過壓限制值，不管輻射釋放率，逕執行一次圍阻體排氣。

## 參、超出設計基準之因應與強化措施

### 一、強化後備水源之汲水功能

- (一)增購大型消防水泵，增加消防水車及水庫車汲水效率。(預訂 100 年 12 月 31 日完成)
- (二)將移動式消防取水泵、移動式汽油引擎發電機與消防水庫車列入 MMCS 預防保養範圍，定期檢查與測試(預訂 100 年 5 月 31 日完成)
- (三)核二廠 TSC 旁排水渠道設置攔水堰。(核一廠乾華溪水源充沛經評估無需設置攔水堰，核三廠龍鑾潭水深足夠取水)

### 二、強化注硼功能(因應注硼系統失效或須再次注硼)

- (一)增購硼砂(詳體檢項目第十項「因應事故設施建置及設備備品儲備」)
- (二)擬訂後備硼液注入程序(含消防水車機動注入)，程序書修訂預訂 100 年 5 月 31 日前完成。

### 三、雙機組事故時，技術支援中心運作機制與設備改善

- (一)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。(規劃期限：100 年 5 月 31 日)
- (二)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。(檢討期限：100 年 5 月 31 日)。
- (三)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。(預訂 100 年 6 月 30 日完成)
- (四)年度緊急計畫訓練及演練增加雙機組事故情境處理作業方式訓練。(規劃期限：100 年 5 月 31 日)

#### 四、強化圍阻體、反應器廠房、燃料廠房內氫氣偵測、稀釋及排除能力

- (一)考量在超出設計基準事故時，儀器可靠度可能降低。因此，已於「機組斷然處置程序指引」中要求，執行反應爐緊急洩壓時，不管輻射釋放率與一次圍阻體壓力是否超過壓力限值，同時執行一次圍阻體排氣，避免氫氣累積發生爆燃與一次圍阻體過壓。
- (二)在超出設計基準事故時，避免一次圍阻體排氣時氫氣混合蒸汽，造成氫氣洩漏至二次圍阻體。已於「機組斷然處置程序指引」中要求，當抑壓池溫度達熱容量溫度限制值(HCTL)時，不管輻射釋放率，執行一次圍阻體排氣。(原 EOP 係採反應爐緊急洩壓，後視一次圍阻體壓力是否超過壓力限值，再決定是否執行一次圍阻體排氣)
- (三)發生爐心或燃料池內的燃料未受水淹蓋時，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。
- (四)增設 480V 移動式發電機，做為核一廠圍阻體充氮系統與核二廠圍阻體及乾井氫氣點火器的備用電源。(詳體檢項目第一項「廠區全黑事件檢討」)。

五、廠房內吊車防墜管制與改善：相關檢討與改善時程，詳體檢項目第八項「複合式災難事件」

#### 六、安全系統防海嘯因應措施

(一)提升必要安全系統防水性：詳體檢項目第二項「廠內/廠外水災事件」

(二)長期冷卻系統復原規劃：詳體檢項目第六項「機組斷然處置程序之檢討」

因應日本福島電廠核子事故  
台電公司核電廠安全總體檢報告

議題十：設施/設備完備性及備品儲備之檢討及因應措施

100 年 5 月 6 日

## 壹、緣由

本議題是本公司針對日本福島電廠事件檢討現有核能電廠因應緊急事故之設施建置及設備備品儲備及當超出設計基準事故時之因應設施備品、器材、工具建置之完整性，包括：

- 一、檢討現行因應措施之程序書或指引所需設備/設施、臨時性設備、備品、工具之完整性。
- 二、檢討廠內/廠外臨時性設備之支援設備(燃油、電源、冷卻水等)及備援能力。
- 三、檢討並確認上述設備、備品、工具已妥善整備及配置。
- 四、檢討廠區硼砂、輻射屏蔽、防護衣等儲存量。
- 五、檢討廠區輻射偵檢器備用電源。

各廠檢討結果摘要說明如下。

## 貳、檢討現行電廠設計基準

- 一、檢討現行因應措施之程序書或指引所需設備/設施、臨時性設備、備品、工具之完整性

目前因應事故災變的程序書係依據緊急計劃 1400 系列及災害防救相關程序書(核一廠 SOP 113.5、核二廠 SOP 107、核三廠 SOP 192)列入例行檢點計劃做整備。

以上因應事故處理作業程序書需用的臨時性設備及臨時性救援設備，已依 WANO SOER 2011-2 要求列表檢查(詳核一、二、三廠檢討報告)。

- 二、檢討廠內/廠外臨時性設備之支援設備(燃油、電源、冷卻水等)及備援能力

- (一)廠內臨時性設備需要的柴油存量有 EDG A&B/EDG-5/氣渦輪機/輔助鍋爐油槽等燃油儲存槽可足供使用。
- (二)廠內臨時性設備需要的汽油存量除原救援設備油箱外，並無其他存量，須以機動車輛載油補充。
- (三)緊急電源另有 480VAC 柴油發電機工作車（核一廠 1 台、核二廠 2 台、核三廠 1 台）及 220VAC 多用途工作車（核一廠 6 台、核二廠 5 台、核三廠 3 台）。
- (四)前述用以應付災變之臨時性機具、設備，包括各式發電機、抽水機、空壓機、各式車輛等，均是自主性之氣冷式/水冷式機具，因此均無須額外之冷卻水系統來提供冷卻。萬一須補充設備本身水箱之冷卻水時，則可由生水池取水補充。

### 三、檢討並確認上述設備、備品、工具已妥善整備及配置

- (一)目前核一、二、三廠依據災害防救相關程序書(核一廠 SOP 113.5、核二廠 SOP 107、核三廠 SOP 192)整備的救援設備皆可經常性維持在可用狀況。
- (二)一般救援設備、備品、工具、消防車、取水泵、移動式發電機，因考量平時緊急用，不必集中儲放。

### 四、檢討廠區硼砂、輻射屏蔽、防護衣等儲存量

- (一)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。
- (二)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，儲量可供正常運轉與緊急狀況使用。

### 五、檢討廠區輻射偵檢器備用電源

核電廠之廠區輻射偵檢器皆配有 UPS（電池），並不受外電喪失影響。

## 參、超出設計基準時之因應與強化措施

- 一、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之資源，整理成「核一、二、三廠設施備品、器材、工具建置規劃表」(詳核一、二、三廠檢討報告)，以妥善救援設備之完整性。
- 二、配合核能電廠安全防護體制全面體檢項目檢討結果所需購置之設備及備品整備及配置，包括：
  - (一)購置 14 台(核一廠 6 台、核二廠 4 台、核三廠 4 台)容量 100~200KW 480V 可移動式柴油發電機做為提供緊急設備的操作電源與直流電池的充電電源(龍門電廠已備有 5 台移動式柴油發電機，可供運轉中電廠緊急調撥使用)(100 年 12 月 31 日前完成採購)。
  - (二)評估購置 3 台電源車，提供中壓電源(4.16KV)，作為長期冷卻系統復原用電。
  - (三)採購移動式空壓機(各廠 3 台)供氣動閥緊急操作使用(100 年 6 月 30 日前完成採購)。
  - (四)增購沈水泵，並配置可移動式 120V 柴油發電機，以因應機動之排水需求。
  - (五)完成緊要海水泵馬達備品建置(核一、二廠將於 100 年 12 月 31 日前各加購 1 台，以達廠內各儲備 2 台馬達；核三廠已備有 5 台)，並將備品儲放高處。
- 三、上述重要救災臨時性設備，核一廠考慮以一、二號廢料倉庫(約 35 公尺以上)為存放地點；核二廠將集中管理存放在 29/30 號倉庫(距海平面高約 20 米)；核三廠原則上將集中管理存放在原施工處留下的鐵皮屋倉庫(約 25 公尺高程)，地震中若損壞，對救援設備應還不致造成損壞。
- 四、發生喪失冷卻水嚴重事故時，將使用相同規範之天然硼酸、硼砂注入一次圍阻體、反應器或燃料池，考量各廠倉儲空間，各廠只需各自備妥一部機用量，事故發生時若儲存量不足，則可由各廠互相支援。核一廠需請購天然硼酸、硼砂共 58 噸，核二廠需請購天然硼酸、硼砂共 93 噸，核三廠需

請購天然硼酸 50 噸。

五、各廠利用水箱車，做為硼酸水運送及注加之用。

六、考量事故發生時搶救人員緊急防護需求，規劃再增加各式輻射屏蔽約 750 件及拋棄式防護衣 70,000 套，將儘速向國內相關單位申請調撥統籌運用。

## 核一、二、三廠假想嚴重情況之檢討

假設我國電廠遭遇與日本福島事故相同之情境，完全喪失廠內、外交流電源及最終熱沉能力，而刻意忽略我國電廠防海嘯高程設計更高，且各電廠尚有第五部柴油發電機、兩部氣渦輪發電機等事實。在此一嚴格假設的情境下，檢討蒸汽帶動泵的持續運轉、壓力槽及圍阻體降壓排氣之操作，直流電源、氬氣控制等事故管理作為，評估在現有資源調度支援下，核一、二、三廠可延長因應能力時間，初步估計爐心受損約發生在事件肇始後 4 天，而用過燃料池完全喪失冷卻能力使用過燃料開始裸露的時間也在 3 天以上，然中央或地方政府資源在當時或更早即已介入，協助緩解或主導完成後續復原工作。

至於用過燃料池完全喪失冷卻能力後，假設大修停機後第七天，全爐心燃料退出時之衰變熱，分析事故起始溫度假設為燃料池喪失冷卻能力時之一般水溫約為 30℃，溫升評估結果如下表。

| 完全喪失冷卻能力後之各項時間初步評估                               | 核一廠     | 核二廠     | 核三廠     |
|--------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| 用過燃料池沸騰時間(小時)                                    | 12.6 小時 | 13.6 小時 | 20.0 小時 |
| 適當輻射屏蔽不能維持時間(天)<br>*距 TAF 10 呎                   | 2.2 天   | 2.5 天   | 2.4 天   |
| 用過燃料池水位降至燃料元件頂部 TAF 時間 (天)                       | 3.4 天   | 3.6 天   | 3.9 天   |
| 燃料開始劣化時間(天)<br>*護套溫度 $\geq 2200^{\circ}\text{F}$ | 4.0 天   | 4.2 天   | 4.3 天   |

## 附錄四

### 核一、二、三廠近期檢討 議題共通性審查意見



## 附錄四 核一、二、三廠近期檢討議題共通性審查意見

### 一、概述

台電公司依據本會要求陳送十項近期檢討議題之強化措施研議，項目包括(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件、(二)廠房/廠區水災事件及防海嘯能力、(三)用過燃料池完整性及冷卻能力、(四)熱移除及最終熱沉能力、(五)事故處理程序與訓練、(六)機組斷然處置程序之建立、(七)一/二號機組相互支援、(八)複合式災難事件、(九)超過設計基準事故、(十)設備/設施完備性及備品儲備等，此附錄為本會針對核一、二、三廠近期檢討議題提出共通性審查意見。

涉及現行法規更新的要求(如直流電源容量強化為 72 小時)，係較長期的規劃必須追蹤美國的做法；鑑於美國核管會管制法規尚待澄清之議題，本會將藉由台美雙邊合作及其他國際合作之機制探討待釐清與法規、天然危害等相關項目，如下：

1. 參照美國核管會 SBO 法規、RG 1.155，目前考量大雪、颶風、強風、龍捲風等天候相關自然威脅，非天候的自然威脅(如地震)並未涵蓋在內，本會須瞭解並參考美國對此技術議題之考量，以研議並建立因應對策之可行性
2. 美國核管會 SBO 法規管制之成本效益的研究結論，本會須瞭解並參考美國對此技術議題之後續作法，以研議並建立因應對策之可行性
3. 參照美國在海嘯、水災、地震等技術議題研究及對法規的影響，瞭解日本、世界先進國家在該技術議題的趨勢，以研議並建立因應對策之可行性
4. 蒐集瞭解美國在 911 事件後針對因爆炸或火災導致喪失大範圍廠

區(Loss Of Large Areas, LOLA)之因應措施，確保大範圍廠區消防措施、用過燃料池、爐心、圍阻體等安全防護之研究議題及強化措施，以研議並建立因應對策之可行性

在本附錄針對台電公司運轉中電廠提出共通性審查意見，將列為管制追蹤案並訂定完成日期，在附錄五至附錄七為針對各運轉中電廠另提出之審查意見其為個廠性管制追蹤要求。

## 二、初步結論與改善時間表

對新增設計或相關改善評估，在共通性及個廠性管制追蹤案均須納入其對現行正常運轉、緊急救援、及嚴重事故操作等安全上有潛在負面衝擊之考量。本會對責成台電公司核一、二、三廠須改善之共通性管制追蹤要求之項目如下，共通性管制追蹤案之改善時間表如附表一。

### (一)廠區電源全部喪失(全黑)事件

1. 要求因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時
2. 針對上項廠區全黑因應能力時間之要求，納入電廠現狀為相符及一致性的檢討，執行 FSAR 相關內容之檢視與重新評估，採用最新(state-of-the-art)分析技術執行因應廠區全黑重新評估報告；本會將再視美國對法規修訂的要求執行後續更新
3. 針對超過現行廠區全黑法規之要求，評估以外援(如地方政府或國家資源)能介入的時間為考量的範圍，研議台電公司各核電廠能因應延長至超過設計基準期長的廠區全黑，以協調地方政府或建議國家資源投入的需求。

- (1) 考量並區別為地震、天候、電網、開關場、電廠本身等問題所導致之廠區全黑，檢討上項 FSAR 相關內容所有設備在現

行能力可運作期長，評估如第二、第三水源須手動操作或動力等額外措施，考量能因應延長至超過設計基準期長的廠區全黑

(2) 建立須因應廠區全黑期長的不同階段，針對爐心救援、圍阻體完整性包括隔離、氫氣偵測、控制、排氣等不同功能，所需設備包括其支援設備及容量之清冊，納入或增設適當的程序書及運轉人員之訓練

4. 要求機組於大修或停機時仍需維持兩部備用之緊急柴油發電機可用，故第五部柴油發電機僅為大修或停機機組而不得為運轉中機組之備用
5. 增設移動式之發電機、電源車、電池充電器、電池組、空壓機等，供應廠房設備之供應接頭位置，要求之設備容量、所需燃油儲量等，須納入所有新增規劃供應設備總需求之考量；對新增電氣設備之貯置，要求在地震/海嘯危害時不會同時損傷，並達到在廠區內異地儘速備援之能力

## **(二)廠房/廠區水災事件及防海嘯能力**

1. 廠區排水/排洪設計基準須納入近年來氣候變異現象之考量，重新檢討並評估 FSAR 相關設計基準內容的適切性，並視檢討結果判斷修訂或更新之要求，以強化電廠因應氣候變異的能力
2. 檢討可能導致廠區廠房水災之來源，如乾華溪、龍鑾潭(確證 FSAR 指出在廠址與龍鑾潭間地形為自然隆起，經歷多年後地形地貌仍未有更迭)等；針對廠區的洪水氾濫或淹水，確認可能的流徑或改道的方向，以及可能的水深，對可能遭受威脅的廠房，現場履勘以確認該廠房有足夠的水災防護
3. 全面檢討確認廠區範圍內高程，以釐清地勢低窪位置或區域，針

對該位置或區域建立適切之排洪或排水之能力

4. 確認廠房廠區內排水渠道暗管之暢通，並須確認該排水通道由外往廠房內回淹可能性及因應措施
5. 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法；增列廠區廠房的防洪圖面，強化廠區廠房排洪能力，包括防水門、井欄等設備及設計值，另建立廠區廠房各排放流徑及排放能力之列表，全面檢視驗證相關能力之適切性
6. 在海水泵的設備廠房包括汲水渠道入口結構物，參照日本電廠做法，增設大型海嘯鋼筋混凝土擋牆
7. 強化在地面層以下安全重要設備之支援系統，包括儲油槽及附屬設備管線耐海嘯及防水災能力；安全重要設備包括柴油發電機、電池組、電池充電器、4kV 開關箱室以及泵等重要設備及相關支援系統
8. 參照國科會研究結果，重新檢討海嘯設計基準；台電公司防海嘯小組儘速完成並提出評估結果，另參考美、日最新海嘯法規，重新檢討並評估 FSAR 相關設計基準內容的適切性，並視檢討結果判斷修訂或更新之要求，以強化電廠因應海嘯衝擊的能力
9. 增設廠區附近土石流監視、預警、防災、減災之機制；包括電廠應考量廠區附近山坡土石流產生的可能及其堵塞排水通道所引發之廠區水災，因此廠區附近山坡應增加順向坡/逆向坡之檢討並將相關機制納入程序書
10. 核一廠廠房地面高程新量測結果較原設計高程約低 1 公尺，雖仍高於核一廠設計基準之海嘯溯上高度 10.73 公尺，本會要求台電公司應於限期內完成符合性之確認及後續改善規劃

### **(三)用過燃料池完整性及冷卻能力**

1. 要求台電公司採用最新分析技術(如 CFD 程式)執行用過燃料池缺乏冷卻及全爐心退出時的溫昇評估
2. 要求檢討並調整用過燃料池中用過燃料之排列方式；針對新退出要回填與不再回填用過燃料(包括可留空的位置)為最適化的排列安置，考量採用全爐心燃料退出、非全爐心燃料退出及延遲由爐心退出燃料之規劃
3. 分析計算須納入不再回填爐心用過燃料將持續增加之長期規劃
4. 針對用過燃料池或廠房嚴重受損，考量燃料池適當強化之噴灑系統(低壓，提供經上述分析評估為適當之流量)之實施
5. 增加用過燃料池適當強化之補水/灑水系統，並能涵蓋不同情況下之補水/噴灑水經計算分析之最高需求容量
6. 相關措施須納入廠房嚴重受損或高輻射限制進出區域之考量，即現場作業人員可能曝露於高劑量輻射環境，應區分作業現場為可接近或不可接近兩種狀況，並就不同之情境，評估各因應措施之可行性
7. 建立相關程序書執行定期維護作業，以確保吊車基座銲道及用過燃料池之完整性，並定期檢視追蹤

#### **(四)熱移除及最終熱沉能力**

1. 考量低壓、重力或臨時性補水設備之可用性，在嚴重事故下須檢討緊急洩壓執行的時機
2. 採臨時性設備提供熱移除能力須評估在不同機組情況下(如注水水頭、動力源等)之適用性，並須評估潛在之負面效應，針對多個後備水源須考量其各別所需供應時間對整體救援之影響
3. 對備品(尤其大型泵、設備等)置入可用所需機械、修護、卡車操作等人員操作所需時間亦納入考量

4. 提升緊要海水泵室防海嘯設施(如閘門等)之耐震能力；並考量現有備援設備(如核三蒸汽產生器及週邊設施)耐震性是否高於進水口結構並視需要補強
5. 進水口雜物清理所需之車輛及設備之停放地點，應考量是否受海嘯影響。須事先評估外援(如縣市消防車)置入可用的人員指引及所需時間，電廠所需大型機具及人力等外援，應先行協調、規劃並納入相關程序書
6. 提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性；在增設大型鋼筋混凝土海嘯擋牆，須再納入可減少受大型物體損毀或嚴重堵塞之檢討
7. 考量不同水源之供應，須納入各種水源供應所需操作時間，以為提供注水、灌水規劃之考量
8. 非海水之熱沉如以重力為動力方式須考量緊急降壓之需求，如為廠區外之供水水源須事先協調並提出規劃、執行方案
9. 要求補強生水池結構及管路等之耐震能力。在生水池槽體完成改善為安全等級前，須檢視池槽體受損水流的可能路徑，並預先規劃排除對廠房廠區重要設備淹水影響
10. 強化緊要海水泵室在機組間的實體分隔性；包括核一廠 ESW 系統、核二廠 ECW 系統、核三廠 NSCW 系統在機組間、串間的實體分隔性，以提昇安全相關系統、組件、結構物的重複冗餘性及結構保護性
11. 核二廠 ECW 泵室未符合防海嘯高程
  - (1) 要求核二廠完成喪失 ECW 泵緊急應變措施、備品準備、斷然處置程序及運轉人員訓練等作業
  - (2) 要求核二廠完成 ECW 泵室改善措施，採海嘯溯上高度 10.28 公

尺為緊急循環海水泵室防海嘯能力基準，以阻隔海水入侵

#### (五)事故處理程序與訓練

1. 電廠大致在年底前能有初步之改善(如新購置移動電源)作為，須針對完成初步改善前的空窗期建立相關因應暫行措施，如檢討以現有直流電源設施最大化直流電源供應時間之暫行程序，該程序並須包括反應爐壓力控制、爐心圍阻體氫氣控制及壓力控制功能
2. 總體檢所新增之設備/操作須檢討納入程序書或指引
3. 原有程序書、嚴重事故處理(SAG)指引須再檢討實務上之可行性，納入新增之考量，並監視相關措施之可用時間
4. 檢討現行 SAG 指引能適用於雙機組事故並適切考量可精進為程序書之部份
5. 用過燃料池喪失冷卻、圍阻體壓力及氫氣控制等包括相關嚴重事故之物理現象，均須納入運轉員訓練項目
6. 消防救災相互支援協定、兵警力支援協定書及總處支援合約應儘速制定，釐清並確認核電廠在相關合約/協定的優先度，並須確認合約/協定及納入程序書之內容適切性
7. 須考量極少數特殊專業人員之陪同輻防人員資源建冊列管，並納入第(十一)1 項人力檢討，相關輻防衣物、配章及劑量警報器適當數量備便
8. 在平時、廠內或緊急應變計畫演習，須考量適當納入相關合約/協定支援要求的執行，並納入參與演訓人員的意見回饋
9. 考量納入國內技術支援團隊配合或納入與國外機構簽訂協助處理事故之合約或協定之可行性
10. 內政部消防、警方人力或國軍須考量進入高輻射區規劃之協議/合約，並落實在電廠程序書

11. 各要求事項都要評估人力需求並檢討，再彙整所有人力需求於要求事項(十一)、1

12. 程序書未經編組廠外支援搶救人員，須修訂程序書

#### **(六)機組斷然處置程序之建立**

1. 增列斷然處置定義及執行時機；包括斷然處置之定義(執行作業將廢棄該反應爐)、通報標準(如爐心、或圍阻體狀況)、通報對象等程序均須納入探討
2. 增列決定斷然處置後，後續之因應策略與監控措施；包括後續因應須另納入圍阻體狀況、輻射外釋情況之監控，並須考量電廠現有系統、設備為不可用之備援能力

#### **(七)一/二號機組相互支援**

1. 此類兩機組間相互支援之考量均須事先研究、瞭解，以掌握其對現行正常運轉、緊急救援及嚴重事故操作等考量，及其對任一機組安全上之潛在負面衝擊
2. 電氣連鎖之解除須依相關設計修改若涉及安全系統設計變更，影響原有之正常運轉功能，或衍生其它未經分析之安全議題，應依相關法令規定辦理
3. 發生異常、緊急事件下(尤其在非上班時間)須檢討人員編制(包括特殊車輛、器械操作人員等)的適切性，並納入要求陳報項目(十一)1.檢討
4. 須評估並提出緊急應變人力可因應短時間之期長
5. 提出並確認兩機組間對安全為重要之差異

#### **(八)複合式災難事件**

1. 要求增加強震後執行現場查證或檢查之方式，確認緩減事故後果之重要設備，在地震等複合式災難下未損及原有功能，並釐清可

能存在之弱點；包括事先釐清在地震事件下破斷管淹水或水噴灑，可能導致在地震下未受損之設備水損無法發揮功能；或在地震下因油槽或潤滑油等引起火災，可能導致在地震未受損之設備火損無法發揮功能；或海嘯引起廠房水災，可能導致在地震未受損之設備水損無法發揮功能

2. 確認並釐清防火門、穿越孔填封的防水或水密能力
3. 須針對相關救援設備釐清在地震及餘震下劣化、斷裂無法發揮功能，或者地震下如消防系統誤動作(或注水系統誤隔離)導致相關救援設備無法發揮功能；消防系統(CO2)在地震及餘震下誤動作影響人員救援之考量
4. 檢討大型設備(如吊車)在地震事故下或爆炸事件下墜落，對廠房、圍阻體、用過燃料池等結構完整性之影響須審慎評估並提出分析結果
5. 檢討目前廠內資源(包括人力、物料及備料數量)在不同嚴重事故、超過設計基準及複合型事故下能獨自因應之期長；釐清並事先提出須由外部協議/合約所提供的物資、機具
6. 要求現行風險評估模式納入複合式災難之交互作用、隨機失效及共因失效等，檢視風險序列分析結果並驗證福島事件，以強化機組人員對事故情境之瞭解與掌握

#### **(九)超過設計基準事故**

1. 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 等，在廠區全黑事故下儀控系統交直流電源容量，供運轉人員在廠區全黑事故下須掌握機組狀況；主控制室人員除掌握機組狀況外，尚須釐清包括主控制室、TSC、備用 TSC 等相關人員主導、協助或執行的工作

2. 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 及內部設備之耐震能力；包括廠用電腦、流程電腦、及 SPDS 等耐震等級之需求，在安全相關控制系統數位化後，並須考量商用級相關產品在主控制室(包括 TSC、備用 TSC)的相關設備耐震等級之要求
3. 檢討主控制室(包括 TSC、備用 TSC)人員配置之適切性，一位值班經理在因應該廠雙機組事故下的適切性；考量增加簡易支持設施供運轉人員在強震下持握
4. 要求將核一廠地震設計基準值由 0.3g 強化為至少 0.4g 之後續補強作業規劃
5. 參照海陸域地質補充調查及地震危害度分析，規劃後續補強作業

#### **(十)設備/設施完備性及備品儲備**

1. 考量 TSC、備用 TSC 在耐震性能強化的規劃
2. 參考日本做法，增建兩機組共用之耐震級緊要 TSC，該建築除有高耐震等級外，並有柴油發電機、爐心圍阻體儀控參數資訊、輻射屏蔽及維生物資等
3. 備品存放位置、高程、耐震性等須妥適規劃，以避免單一天災之共因受損
4. 澄清各廠硼砂、天然硼酸存量之適切性，須考量包括用過燃料池之需求，以及在核事故長期補水下因稀釋效應的損耗；確認硼砂、天然硼酸對避免燃料重新臨界之效益為相當；並須重新檢討各廠僅購置需求量半數做法之適切性；另因各廠規劃購置數量差距甚大(如核一、核二兩廠存量才能支援核四之需)，須再檢討互相支援能力之適切性
5. 持續追蹤並瞭解福島核災後續處理復原資源的特性(如水玻璃、機器人等)，納入經驗回饋並可為預先準備之規劃方向

6. 核三部份與核一、二寫法不一致，建請台電公司應統一格式；請考量添購足夠之輻射屏蔽設備(如鉛衣)供救災人員使用並研定使用時機

### 三、超過現行設計基準進一步檢討的要求

有關地震、水災(包括海嘯)及其他極端自然威脅，可能超過現行設計基準的檢視，本章參照歐盟做法提出進一步檢討之要求，台電公司應據此執行核一、二、三廠設計基準資料的詳細檢視；台電公司也應依據對目前環境的改變及氣候變異影響，評估電廠現行設計基準的餘裕，以為後續檢討超過設計基準須改善提昇之基礎，包括地震、水災(包括海嘯)、其他極端自然威脅、喪失廠外電源、廠區電源全部喪失(廠區全黑)、喪失最終熱沉、廠區全黑下喪失最終熱沉、嚴重事故管理以及用過燃料池的冷卻補水等，以深入瞭解並掌握電廠因應超過設計基準事故的能力。本會要求台電公司在今(100)年 12 月 31 日前，提出核一、二、三廠上述超過現行設計基準之詳細檢討及餘裕評估報告，本會要求超過現行設計基準進一步檢視之事項說明如下。

#### 1. 地震

##### (1) 現行設計基準符合性之確認

##### (a) 電廠設計所能抵抗的地震

- － 說明設計基準地震(DBE)的大小(PGA)，以及選擇該數值的原因，如 DBE 與原持照基準不同亦須說明考量的原因
- － 說明評估 DBE 的方法論(回歸期、考量的歷史事件及選取的理由，所增加的安全餘裕等)、以及現今該數據的有效性
- － 說明設計基準適切性的結論

##### (b) 保護電廠抵抗 DBE 的條款

- － 確認為達到安全停機所需關鍵的結構物、系統及組件(SSC)，

並且在地震後是能夠保持可用

- 為避免在地震後導致反應器爐心、或用過燃料池受損，運轉的主要條款(包括緊急運轉程序書、移動式設備)
- 考量並須納入地震所導致的間接效應，
  - 設計並未要抵禦 DBE 的 SSC 之失效，以及喪失其完整性時，可能導致須維持可用的 SSC 隨之發生的受損
  - 喪失廠外電源供應
  - 廠外之情況可能阻礙或延遲人員及設備到達廠區

(c) 電廠承諾的現行持照基準

- 業主用以確認承諾的一般程序(例如，定期維護、檢查及測試)
- 業主用以確認在緊急運轉程序書考量的廠外移動設備/補給為可用且維持任務所需的程序，
- 任何已知的偏離、及該偏離對安全的可能後果，及矯正措施的規劃
- 業主在福島核一廠事故後已經開始檢視確認的特定承諾

(2) 現行設計基準之餘裕評估

(d) 依據現成可用的資訊(可能包括地震 PRA、地震餘裕評估或可佐助工程判斷的其他地震工程研究)，在給定的地震嚴重度範圍內評估上述基本安全功能的喪失或者無法避免(爐心或用過燃料池)燃料的嚴重受損

- 說明何處為弱點，並依據地震嚴重度具體說明所有的瀕危效應
- 說明任何設想能夠阻止瀕危效應、或者能增加電廠強固性的條款(硬體、程序書的改善，組織架構等)

(e) 依據現成可用的資訊(可能包括地震 PRA、地震餘裕評估或可

佐助工程判斷的其他地震工程研究)，瞭解電廠能夠承受而不會喪失包封圍阻完整性的地震嚴重度範圍

## 2. 水災(包括海嘯)

### (1) 現行設計基準符合性之確認

#### (a) 電廠設計所能抵抗的水災

- － 說明設計基準水災(DBF)的大小，以及選擇該數值的原因，如 DBF 與原持照基準不同亦須說明考量的原因
- － 說明評估 DBF 的方法論(回歸期、考量的歷史事件及選取的理由，所增加的安全餘裕等)，水災的來源(海嘯、潮汐、湧浪、潰壩等)，以及現今該數據的有效性
- － 說明設計基準適切性的結論

#### (b) 保護電廠抵抗 DBF 的條款

- － 確認為達到安全停機所需關鍵的 SSC，並且在水災後是能夠保持可用，包括：
  - 維持取水口功能的條款
  - 維持緊急電源供應的條款
- － 確認主要設計用於防護廠址免於水災(平臺高程、防護欄)之條款，
- － 運轉的主要條款(包括緊急運轉程序書、移動式設備)可預警，並救援水災的影響，
- － 考量並須納入與水災有關的其他效應，或引致水災的現象(諸如極惡劣的天候)，包括：
  - 喪失廠外電源供應
  - 廠外之情況可能阻礙或延遲人員及設備到達廠區

#### (c) 電廠承諾的現行持照基準

- 業主用以確認承諾的一般程序(例如，定期維護、檢查及測試)
- 業主用以確認在緊急運轉程序書考量的廠外移動設備/補給為可用且維持任務所需的程序，
- 任何已知的偏離、及該偏離對安全的可能後果，及矯正措施的規劃
- 業主在福島核一廠事故後已經開始檢視確認的特定承諾

## (2) 現行設計基準之餘裕評估

- (d) 依據現成可用的資訊(包括可佐助工程判斷的工程研究)，決定電廠能夠承受且不會導致(爐心或用過燃料池)燃料嚴重受損的水災範圍內，
- 視預警及水災之間的時間說明是否能設想或實施額外的防護措施
  - 說明何處為水災弱點，並具體說明所有的瀕危效應，確認最先被淹沒的廠房及設備
  - 說明任何設想能夠阻止瀕危效應、或者能增加電廠強固性的條款(硬體、程序書的改善，組織架構等)

## 3. 其他極端自然威脅

- (a) 極端惡劣天候情況(暴風雨、豪大雨)
- 說明考量事件及事件的組合，以及選擇(或不選擇)為設計基準的原因
  - 說明何處為水災弱點，並具體說明所有的瀕危效應，確認可能受影響的廠房及設備
  - 說明任何設想能夠阻止瀕危效應、或者能增加電廠強固性的條款(硬體、程序書的改善，組織架構等)
- (b) 超過 DBE 的地震及隨之而來超過 DBF 的水災

- 考量電廠位置及電廠設計說明此類情況實質地可能發生與否，針對此考量，尤其須確認如廠內及廠外(如潰壩、防護欄、土石流)的結構嚴重受損，可能影響電廠的安全
- 說明何處為水災弱點，並具體說明所有的瀕危效應，確認可能受影響的廠房及設備
- 說明任何設想能夠阻止瀕危效應、或者能增加電廠強固性的條款(硬體、程序書的改善，組織架構等)

上述與設計基準有關部份的報告應涵蓋資訊包括如下：

- 電廠設計基準所採行的規範，及電廠與其設計基準的符合性
- 電廠在超過設計基準的強健性，基此目的，必須評估與安全相關系統、組件、結構物的強健性(可用的設計餘裕、多樣性、重複冗餘性、結構保護性、實體分隔性等)，以及深度防禦觀念的有效性；審查針對有關設施及措施的強健性，須聚焦於確認辨識隨事故序列(瀕危效應)的逐步演進，並視需要考量避免的措施
- 任何可能的修改能夠改善已考量深度防禦的層級，並涵蓋改善組件的強固性或強化其他防禦層級的獨立性

考量日本福島一廠核事故的特性，本會另針對喪失廠外電源、廠區全黑(近期檢討議題(一))、喪失最終熱沉、廠區全黑下喪失最終熱沉(近期檢討議題(四))、嚴重事故管理相關議題(近期檢討議題(五))以及針對用過燃料池的冷卻/補水(近期檢討議題(三))探討在近期檢討議題(一)、(四)之情境的檢討。台電公司應在今(100)年 12 月 31 日前完成核一、二、三廠要求執行的分析評估及評估報告，要求事項羅列如下。

#### **4. 喪失廠外電源**

- 說明設計基準的因應，及廠內設計因應之後備電源
- 說明在無廠外支援下廠內電源的運轉時間
- 說明廠內電源延長運轉時間所需的準備(例如柴油發電機補充柴油或油槽)
- 說明電廠任何強化措施的研議(硬體、程序書的改善，組織架構等)

## **5. 廠區電源全部喪失(全黑)**

- 說明電池容量及運轉期長
- 在燃料嚴重受損無可避免之前，說明在無廠外支援下能承受全黑事件的運轉時間
- 說明預期可阻止燃料劣化的措施(包括外部支援)
  - 廠內現有設備，例如其他機組的設備
  - 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備
  - 臨近電廠(如水力、氣渦輪機組)能經專用配線直接配置供電
  - 上述任一系統操作運轉所需時間
  - 執行特殊連接合格人員的可用性
  - 確認主要瀕危效應發生的時間
- 說明任何可避免瀕危效應或增強電廠能力的強化措施(硬體、程序書的改善，組織架構等)

## **6. 喪失主要最終熱沉**

- 說明設計上能阻止喪失最終熱沉的因應措施(如在不同位置主要最終熱沉的不同水源，使用替代的最終熱沉等)
- 在燃料嚴重受損無可避免之前，說明在無廠外支援下能承受喪失最終熱沉的運轉時間

- 說明預期可阻止燃料劣化的外部支援措施
  - 廠內現有設備，例如其他機組的設備
  - 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備
  - 上述任一系統操作運轉所需時間
  - 執行操作合格人員的可用性
  - 確認主要瀕危效應發生的時間
- 說明任何可避免瀕危效應或增強電廠能力的強化措施(硬體、程序書的改善，組織架構等)

## **7. 在全黑事件下喪失主要最終熱沉**

- 在燃料嚴重受損無可避免之前，說明在無廠外支援下能承受全黑事件下喪失主要最終熱沉的運轉時間
- 說明預期可阻止燃料劣化的外部支援措施
  - 廠內現有設備，例如其他機組的設備
  - 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備
  - 上述任一系統操作運轉所需時間
  - 執行操作合格人員的可用性
  - 確認主要瀕危效應發生的時間
- 說明任何可避免瀕危效應或增強電廠能力的強化措施(硬體、程序書的改善，組織架構等)

## **8. 嚴重事故管理**

- (a) 針對喪失爐心冷卻功能情境之不同階段，說明現行嚴重事故管理之措施
  - 在爐心燃料受損發生之前
    - 防止燃料受損的最後辦法
    - 排除燃料在爐心高壓下受損的可能性

- 在爐心燃料受損之後
- 在反應爐壓力槽受損之後

(b) 說明在爐心燃料受損後，保護圍阻體完整性之事故管理措施及電廠設計特點

- 防止氫氣爆燃或爆炸(充氮、再結合、或點燃器)，亦考量排放之程序
- 防止圍阻體過壓
- 防止再臨界
- 防止圍阻體基座熔穿
- 用於保護圍阻體完整性設備所需之 AC、DC 電力供應要求

(c) 針對喪失用過燃料池冷卻功能情境之不同階段，說明現行嚴重事故管理之措施

- 喪失適當輻射屏蔽之前/之後
- 用過燃料池水位降至燃料元件頂部之前/之後
- 用過燃料池燃料嚴重損毀之前/之後

在上述(a)、(b)、(c)的每個階段

- 確認任何瀕危效應及評估發生該效應之時間
- 評估現行管理措施的適切性，包括因應嚴重事故的程序化指引，並評估可能的額外措施；業主被要求須特別考量：
  - 防止燃料受損的最後辦法需用儀控的適宜性及可用性
  - 控制室的可用性及其適居性
  - 氫氣可能積聚在圍阻體之外的廠房

以下為必須處理的議題：

- 業主管理上述情況之組織架構，包括：
  - 值班人員及其他人員的管理

- 使用廠外技術支援以為事故管理(包括廠外支援不可用的應急措施)
- 程序書、訓練、及演習
- 使用現有設備的可能性
- 使用移動式設施的備便(此類設施的可用性、運送到廠內以及置入運轉的時間)
- 後勤供應管理的備便(柴油發電機的燃油、水等)
- 輻射外釋的管理及局限輻射的準備
- 通訊及資訊系統(包括廠內及廠外)

考量可能在廠址發生的以下情況，必須評估所設想的事故管理措施：

- 在電廠週邊基礎設施包括通訊設施受到廣泛全面的破壞(將使得從廠外的技術及人力支援更為困難)
- 因廠區局部高劑量率、輻射污染及許多設施受損將損及工作績效(包括影響主控制室及其他控制室可進出性、適居性)
- 在外部危害(地震、水災)情況下，事故管理措施的可行性及有效性
- 電力供應的不可用性
- 儀控系統失效的可能性
- 廠址內其他臨近機組的可能效應

業主必須確認阻礙機組人員至主控制室及其他控制室的情況，以及認可避免前述情況發生之措施。

業主在嚴重事故管理應適需要確認：

- 提出功率運轉情況下爐心燃料受損無可避免的時間，包括爐心水位降至燃料頂部的時間、燃料開始劣化(迅速氧化產生氫氣)的時間

- 提出填換燃料大修情況燃料在用過燃料池，包括用過燃料池沸騰時間、適當輻射屏蔽不能維持的時間、用過燃料池水位降至燃料元件頂部的時間以及燃料開始劣化(迅速氧化產生氫氣)的時間

## **9. 用過燃料池的冷卻/補水**

針對上述第 4 項至第 8 項之情境，探討並檢討用過燃料池的冷卻/補水。

**業主須描述有助益於避免在壓力測試中假想的極端情境之防護措施，以提供壓力測試的背景脈絡。為此目的業主另須確認：**

- 維持三類基本安全功能(控制反應度、冷卻燃料、包封局限輻射物質)以及支援功能(電源供應、最終熱沉的冷卻)的方法，考量並納入可能因肇始事件所導致的損害，以及在電廠執照安全分析報告所未採納其效益之任何方法
- 移動式外部方法的可能性以及適用的條件狀況
- 由一機組採用任何現行程序書所使用的方法協助另一機組

**業主須提出有關的參考文件須歸類如下：**

- 經發照程序所確證者
- 未經發照程序所確證然而係由業主品保計畫所確證者
- 非上述之一者

## 附表一 共通性管制追蹤案及改善時間表



| 項目        | 一、廠區電源全部喪失(全黑)事件                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 預定完成期限    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 要求因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 100.12.31 |
|           | 2. 針對上項廠區全黑因應能力時間之要求，納入電廠現狀為相符及一致性的檢討，執行 FSAR 相關內容之檢視與重新評估，採用最新(state-of-the-art)分析技術執行因應廠區全黑重新評估報告；本會將再視美國對法規修訂的要求執行後續更新                                                                                                                                                                                               | 100.10.31 |
|           | 3. 針對超過現行廠區全黑法規之要求，評估以外援(如地方政府或國家資源)能介入的時間為考量的範圍，研議台電公司各核電廠能因應延長至超過設計基準期長的廠區全黑，以協調地方政府或建議國家資源投入的需求。<br>(1)考量並區別為地震、天候、電網、開關場、電廠本身等問題所導致之廠區全黑，檢討上項 FSAR 相關內容所有設備在現行能力可運作期長，評估如第二、第三水源須手動操作或動力等額外措施，須考量能因應延長至超過設計基準期長的廠區全黑<br>(2)建立須因應廠區全黑期長的不同階段，針對爐心救援、圍阻體完整性包括隔離、氫氣偵測、控制、排氣等不同功能，所需設備包括其支援設備及容量之清冊，納入或增設適當的程序書及運轉人員之訓練 | 100.6.30  |
|           | 4. 要求機組於大修或停機時仍需維持兩部備用之緊急柴油發電機可用，故第五部柴油發電機僅為大修或停機機組而不得為運轉中機組之備用                                                                                                                                                                                                                                                         | 100.11.15 |
|           | 5. 增設移動式之發電機、電源車、電池充電器、電池組、空壓機等，供應廠房設備之供應接頭位置，要求之設備容量、所需燃油儲量等，須納入所有新增規劃供應設備總需求之考量；對新增電氣設備之貯置，要求在地震/海嘯危害時不會同時損傷，並達到在廠區內異地儘速備援之能力                                                                                                                                                                                         | 100.12.31 |

| 項目                    | 二、廠房/廠區水災事件及防海嘯能力                                                                                                                       | 預定完成期限                          |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 原<br>能<br>會<br>意<br>見 | 1. 廠區排水/排洪設計基準須納入近年來氣候變異現象之考量，重新檢討並評估 FSAR 相關設計基準內容的適切性，並視檢討結果判斷修訂或更新之要求，以強化電廠因應氣候變異的能力                                                 | 100.9.30                        |
|                       | 2. 檢討可能導致廠區廠房水災之來源，如乾華溪、龍鸞潭(確證 FSAR 指出在廠址與龍鑾潭間地形為自然隆起，經歷多年後地形地貌仍未有更迭)等；針對廠區的洪水氾濫或淹水，確認可能的流徑或改道的方向，以及可能的水深，對可能遭受威脅的廠房，現場履勘以確認該廠房有足夠的水災防護 | 100.12.31                       |
|                       | 3. 全面檢討確認廠區範圍內高程，以釐清地勢低窪位置或區域，針對該位置或區域建立適切之排洪或排水之能力                                                                                     | 高程檢討 100.6.30<br>其餘規劃 100.12.31 |
|                       | 4. 確認廠房廠區內排水渠道暗管之暢通，並須確認該排水通道由外往廠房內回淹可能性及因應措施                                                                                           | 100.9.30                        |
|                       | 5. 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法；增列廠區廠房的防洪圖面，強化廠區廠房排洪能力，包括防水門、井欄等設備及設計值，另建立廠區廠房各排放流徑及排放能力之列表，全面檢視驗證相關能力之適切性                                  | 100.12.31                       |
|                       | 6. 在海水泵的設備廠房包括汲水渠道入口結構物，參照日本電廠做法，增設大型海嘯鋼筋混凝土擋牆                                                                                          | 100.12.31 完成規劃                  |
|                       | 7. 強化在地面層以下安全重要設備之支援系統，包括儲油槽及附屬設備管線耐海嘯及防水災能力；安全重要設備包括柴油發電機、電池組、電池充電器、4kV 開關箱室以及泵等重要設備及相關支援系統                                            | 100.12.31                       |
|                       | 8. 參照國科會研究結果，重新檢討海嘯設計基準；台電公司防海嘯小組儘速完成並提出評估結果，另參考美、日最新海嘯法規，重新檢討並評估 FSAR 相關設計基準內容的適切性，並視檢討結果判斷修訂或更新之要求，以強化電廠因應海嘯衝擊的能力                     | 100.12.31                       |
|                       | 9. 增設廠區附近土石流監視、預警、防災、減災之機制；包括電廠應考量廠區附近山坡土石流產生的可能及其堵塞排水通道所引發之廠區水災，因此廠區附近山坡應增加順向坡/逆向坡之檢討並將相關機制納入程序書                                       | 100.9.30                        |
|                       | 10.核一廠廠房地面高程新量測結果較原設計高程約低 1 公尺，台電公司應於限期內完成符合性之確認及後續改善規劃                                                                                 | 100.6.15                        |

| 項目        | 三、用過燃料池完整性及冷卻能力                                                                               | 預定完成期限                       |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 原能會<br>意見 | 1. 要求台電公司採用最新分析技術(如 CFD 程式)執行用過燃料池缺乏冷卻及全爐心退出時的溫昇評估                                            | 100.12.31                    |
|           | 2. 要求檢討並調整用過燃料池中用過燃料之排列方式；針對新退出要回填與不再回填料(包括可留空的位置)為最適化的排列安置，考量採用全爐心燃料退出、非全爐心燃料退出及延遲由爐心退出燃料之規劃 | 100.12.31                    |
|           | 3. 分析計算須納入不再回填爐心用過燃料將持續增加之長期規劃                                                                | 配合第 1 項時程                    |
|           | 4. 針對用過燃料池或廠房嚴重受損，考量燃料池適當強化之噴灑系統(低壓，提供經上述分析評估為適當之流量)之實施                                       | 100.12.31                    |
|           | 5. 增加用過燃料池適當強化之補水/灑水系統，並能涵蓋不同情況下之補水/噴灑水經計算分析之最高需求容量                                           | 1.100.6.30 初評<br>2.配合第 1 項時程 |
|           | 6. 相關措施須納入廠房嚴重受損或高輻射限制進出區域之考量，即現場作業人員可能曝露於高劑量輻射環境，應區分作業現場為可接近或不可接近兩種狀況，並就不同之情境，評估各因應措施之可行性    | 100.6.30                     |
|           | 7. 建立相關程序書執行定期維護作業，以確保吊車基座銲道及用過燃料池之完整性，並定期檢視追蹤                                                | 100.6.30                     |

| 項目        | 四、熱移除及最終熱沉能力                                                                                     | 預定完成期限    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 考量低壓、重力或臨時性補水設備之可用性，故在嚴重事故下須檢討緊急洩壓執行的時機                                                       | 100.6.30  |
|           | 2. 採臨時性設備提供熱移除能力須評估在不同機組情況下(如注水水頭、動力源等)之適用性，並須評估潛在之負面效應，針對多個後備水源須考量其各別所需供應時間對整體救援之影響             | 100.6.30  |
|           | 3. 考量原有系統組件具相同功能之耐震能力提昇，對備品(尤其大型泵、設備等)置入可用所需機械、修護、卡車操作等人員操作所需時間亦納入考量                             | 100.6.30  |
|           | 4. 提升防海嘯設施(如閘門等)之耐震能力，並考量現有備援設備(如核三蒸汽產生器及週邊設施)耐震性是否高於進水口結構並視需要補強                                 | 100.6.30  |
|           | 5. 進水口雜物清理所需之車輛及設備之停放地點，應考量是否受海嘯影響。須事先評估外援(如縣市消防車)置入可用的人員指引及所需時間，電廠所需大型機具及人力等外援，應先行協調、規劃並納入相關程序書 | 100.6.30  |
|           | 6. 提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性；在增設大型鋼筋混凝土海嘯擋牆，須再納入可減少受大型物體損毀或嚴重堵塞之檢討                               | 100.12.31 |
|           | 7. 考量不同水源之供應，須納入各種水源供應所需操作時間，以為提供注水、灌水規劃之考量                                                      | 100.6.30  |
|           | 8. 非海水之熱沉如以重力為動力方式須考量緊急降壓之需求，如為廠區外之供水水源須事先協調並提出規劃、執行方案                                           | 100.9.30  |
|           | 9. 要求補強生水池結構及管路等之耐震能力。在生水池槽體完成改善為安全等級前，須檢視池槽體受損水流的可能路徑，並預先規劃排除對廠房廠區重要設備淹水影響                      | 101.12.31 |
|           | 10. 強化緊要海水泵室在機組間的實體分隔性；包括核一廠ESW系統、核二廠ECW系統、核三廠NSCW系統在機組間、串間的實體分隔性，以提昇安全相關系統、組件、結構物的重複冗餘性及結構保護性   | 100.12.31 |
|           | 11. 核二廠 ECW 泵室未符合防海嘯高程(1)要求核二廠完成喪失 ECW 泵緊急應變措施、備品準備、斷然處置程序及運轉人員訓練等作業                             | 100.5.31  |
|           | 12. 核二廠 ECW 泵室未符合防海嘯高程(2)要求核二廠完成 ECW 泵室改善措施，採海嘯溯上高度 10.28 公尺為緊急循環海水泵室防海嘯能力基準，以阻隔海水入侵             | 100.6.30  |

| 項目        | 五、事故處理程序與訓練                                                                                                         | 預定完成期限   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 電廠大致在年底前能有初步之改善(如新購置移動電源)作為，須立即針對完成初步改善前的空窗期建立相關因應暫行措施，如檢討以現有蒸汽泵設施之直流電源最大化供應時間之暫行程序(另包括反應爐壓力控制、爐心圍阻體氫氣控制及壓力控制功能) | 100.6.30 |
|           | 2. 總體檢所新增之設備/操作須檢討納入程序書或指引                                                                                          | 100.6.30 |
|           | 3. 原有程序書、嚴重事故處理(SAG)指引須再檢討實務上之可行性，納入新增之考量，並監視相關措施之可用時間                                                              | 100.6.30 |
|           | 4. 檢討現行 SAG 指引能適用於雙機組事故並視需要考量精進為程序書                                                                                 | 100.6.30 |
|           | 5. 用過燃料池喪失冷卻、圍阻體壓力及氫氣控制等包括相關嚴重事故之物理現象，均須納入運轉員訓練項目                                                                   | 100.6.30 |
|           | 6. 消防救災相互支援協定、兵警力支援協定書及總處支援合約應儘速制定，釐清並確認相關合約/協定的優先度，並須確認合約/協定及納入程序書之內容適切性                                           | 100.6.30 |
|           | 7. 須考量極少數特殊專業人員之陪同輻防人員資源建冊列管，並納入第(十一)1 項人力檢討，相關輻防衣物、配章及劑量警報器適當數量備便                                                  | 100.6.30 |
|           | 8. 在平時、廠內或緊急應變計畫演習，須考量適當納入相關合約/協定支援要求的執行，並納入參與演訓人員的意見回饋                                                             | 100.6.30 |
|           | 9. 考量納入國內技術支援團隊配合或納入與國外機構簽訂協助處理事故之合約或協定之可行性                                                                         | 100.6.30 |
|           | 10.內政部消防、警方人力或國軍須考量進入高輻射區規劃之協議/合約，並落實在電廠程序書                                                                         | 100.6.30 |
|           | 11.各要求事項都要評估人力需求並檢討，再彙整所有人力需求於要求事項(十一)、1                                                                            | 100.6.30 |
|           | 12.程序書未經編組廠外支援搶救人員，須修訂程序書                                                                                           | 100.6.30 |

| 項目        | 六、機組斷然處置程序之建立                                                              | 預定完成期限   |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 增列斷然處置定義及執行時機；包括斷然處置之定義(執行作業將廢棄該反應爐)、通報標準(如爐心、或圍阻體狀況)、通報對象等程序均須納入探討     | 100.6.30 |
|           | 2. 增列決定斷然處置後，後續之因應策略與監控措施；包括後續因應須另納入圍阻體狀況、輻射外釋情況之監控，並須考量電廠現有系統、設備為不可用之備援能力 | 100.6.30 |

| 項目        | 七、一/二號機組相互支援                                                           | 預定完成期限   |
|-----------|------------------------------------------------------------------------|----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 此類兩機組間相互支援之考量均須事先研究、瞭解，以掌握其對現行正常運轉、緊急救援及嚴重事故操作等考量，及其對任一機組安全上之潛在負面衝擊 | 100.6.30 |
|           | 2. 電氣連鎖之解除須依相關設計修改若涉及安全系統設計變更，影響原有之正常運轉功能，或衍生其它未經分析之安全議題，應依相關法令規定辦理    | 100.6.30 |
|           | 3. 發生異常、緊急事件下(尤其在非上班時間)須檢討人員編制(包括特殊車輛、器械操作人員等)的適切性，並納入要求陳報項目(十一)1.檢討   | 100.6.30 |
|           | 4. 須評估並提出緊急應變人力可因應短時間之期長                                               | 100.6.30 |
|           | 5. 提出並確認兩機組間對安全為重要之差異                                                  | 100.6.30 |

| 項目        | 八、複合式災難事件                                                                                                                                                                              | 預定完成期限    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 要求增加強震後執行現場查證或檢查之方式，確認緩減事故後果之重要設備，在地震等複合式災難下未損及原有功能，並釐清可能存在之弱點；包括事先釐清在地震事件下破斷管淹水或水噴灑，可能導致在地震下未受損之設備水損無法發揮功能；或在地震下因油槽或潤滑油等引起火災，可能導致在地震未受損之設備火損無法發揮功能；或海嘯引起廠房水災，可能導致在地震未受損之設備水損無法發揮功能 | 100.6.30  |
|           | 2. 確認並釐清防火門、穿越孔填封的防水或水密能力                                                                                                                                                              | 100.12.31 |
|           | 3. 須針對相關救援設備釐清在地震及餘震下劣化、斷裂無法發揮功能，或者地震下如消防系統誤動作(或注水系統誤隔離)導致相關救援設備無法發揮功能；消防系統(CO2)在地震及餘震下誤動作影響人員救援之考量                                                                                    | 100.6.30  |
|           | 4. 檢討大型設備(如吊車)在地震事故下或爆炸事件下墜落，對廠房、圍阻體、用過燃料池等結構完整性之影響須審慎評估並提出分析結果                                                                                                                        | 100.12.31 |
|           | 5. 檢討目前廠內資源(包括人力、物料及備料數量)在不同嚴重事故、超過設計基準及複合型事故下能獨自因應之期長；釐清並事先提出須由外部協議/合約所提供的物資、機具                                                                                                       | 100.6.30  |
|           | 6. 要求現行風險評估模式納入複合式災難之交互作用、隨機失效及共因失效等，檢視風險序列分析結果並驗證福島事件，以強化機組人員對事故情境之瞭解與掌握                                                                                                              | 100.12.31 |

| 項目        | 九、超過設計基準事故                                                                                                                      | 預定完成期限    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 要求強化主控制室、技術支援中心(TSC)、備用 TSC 等，在廠區全黑事故下儀控系統交直流電源容量，供運轉人員在廠區全黑事故下須掌握機組狀況；主控制室人員除掌握機組狀況外，尚須釐清包括主控制室、TSC、備用 TSC 等相關人員主導、協助或執行的工作 | 100.6.30  |
|           | 2. 要求強化主控制室包括包括 TSC、備用 TSC 及內部設備之耐震能力；包括廠用電腦、流程電腦、及 SPDS 等耐震等級之需求，在安全相關控制系統數位化後，並須考量商用級相關產品在主控制室(包括 TSC、備用 TSC)的相關設備耐震等級之要求     | 100.12.31 |
|           | 3. 檢討主控制室(包括 TSC、備用 TSC)人員配置之適切性，一位值班經理在因應該廠雙機組事故下的適切性；考量增加簡易支持設施供運轉人員在強震下持握                                                    | 100.6.30  |
|           | 4. 要求將核一廠地震設計基準值由 0.3g 強化為至少 0.4g 之後續補強作業規劃                                                                                     | 100.6.30  |
|           | 5. 參照海陸域地質補充調查及地震危害度分析，規劃後續補強作業                                                                                                 | 102.4.30  |

| 項目        | 十、設備/設施完備性及備品儲備                                                                                                                                          | 預定完成期限    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 原能會<br>意見 | 1. 考量 TSC、備用 TSC 在耐震性能強化的規劃                                                                                                                              | 100.12.31 |
|           | 2. 備品存放位置、高程、耐震性等須妥適規劃，以避免單一天災之共因受損                                                                                                                      | 100.6.30  |
|           | 3. 參考日本做法，增建兩機組共用之耐震級緊要 TSC，該建築除有高耐震等級外，並有柴油發電機、爐心圍阻體儀控參數資訊、輻射屏蔽及維生物資等                                                                                   | 100.12.31 |
|           | 4. 澄清各廠硼砂、天然硼酸存量之適切性，須考量包括用過燃料池之需求，以及在核事故長期補水下因稀釋效應的損耗；確認硼砂、天然硼酸對避免燃料重新臨界之效益為相當；並須重新檢討各廠僅購置需求量半數做法之適切性；另因各廠規劃購置數量差距甚大(如核一、核二兩廠存量才能支援核四之需)，須再檢討互相支援能力之適切性 | 100.6.30  |
|           | 5. 持續追蹤並瞭解福島核災後續處理復原資源的特性(如水玻璃、機器人等)，納入經驗回饋並可為預先準備之規劃方向                                                                                                  | 100.12.31 |
|           | 6. 核三部份與核一、二寫法不一致，建請台電公司應統一格式；請考量添購足夠之輻射屏蔽設備(如鉛衣)供救災人員使用並研定使用時機                                                                                          | 100.6.30  |