# 核電總體檢 安全 再升級

Safety Enhancement of Nuclear Power Plants

**不讓福島事故在台灣發生**

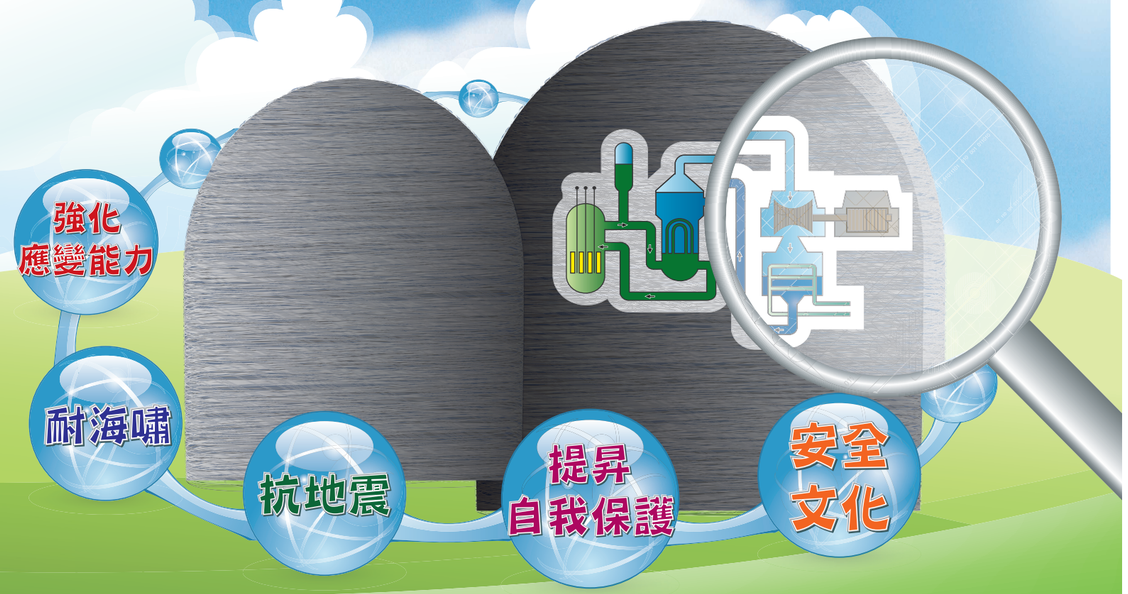
lessons learned from Fukushima

行政院原子能委員會 新北市永和區成功路一段80號2樓 電話：(02)8231-7919 傳眞：(02)8231-7833

國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢第一階段安全評估報告

中華民國100年10月

# 國內核能電廠
# 現有安全防護體制全面體檢
# 第一階段安全評估報告




行政院原子能委員會
ATOMIC ENERGY COUNCIL

100 年 10 月 7 日行政院院臺科字第 1000052749 號函備查

# 國內核能電廠

# 現有安全防護體制全面體檢

# 第一階段安全評估報告

行政院原子能委員會
中華民國 100 年 10 月

# 摘　　要

日本福島一廠發生核子事故後，原能會即針對該事故要求台電公司檢討因應異常天災包括抗地震、防山洪、耐海嘯之能力，原能會已致力並將持續與國內相關部會、機關協調合作，以執行「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」，方案內容分為「核能電廠安全防護措施」與「輻射防護及緊急應變機制」兩部份，本報告為近程第一階段安全評估之結果，第二階段將於 100 年 12 月底完成。本報告提出防範放射性危害及威脅的詳細背景，與核能安全及嚴重事故下對民眾安全防護的概要。

在日本福島事件發生且惡化原因尚未完全澄清下，原能會仍有足夠資訊提出初步及第一階段安全評估報告，並將持續了解澄清之需求以供長期及第二階段報告研議，在新增及待澄清的技術議題將要求台電公司儘速執行。日本福島事件直接的成因為規模 9.0 的地震並導致超過 14 公尺高的海嘯，此歷史曾經歷的最嚴重天然災害已遠超過電廠的設計基準，雖然日本海岸在歷史上已發生更大型的海嘯，然在福島一廠廠址的設計僅能防護達 5.7 公尺溯上的海嘯。原能會要求台電公司運轉中及正在興建的核電廠均須採相同的標準檢視設計標準，在設計基準的分析上，亦要求台電公司證實能適當防護由歷史事件外插之罕見自然事件，並要求採歐盟壓力測試規範證明核電廠能因應瀕危效應。

核能電廠安全防護措施部份，檢討現有機組因應類似福島電廠事故之能力以及異常天災發生後可能潛在之設備功能喪失危險要項，規劃現有核能電廠全面安全體檢之具體項目，包括地震、海嘯危害的防範、廠區基礎設施檢討、氫氣偵測及防爆、用過燃料池冷卻、長期喪失廠區交流電源、嚴重事故的處理及安全文化等，說明如下。

**自然危害的影響**

在此次巨災，福島一廠有效地將反應器停機，顯示日本電廠採用防震設計的強固性；原能會由過去日本核電廠的地震事件之經驗，幾年來已要求台電公司執行必要的研究，包括核電廠附近海域、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。

廠外水災對廠址及廠區/廠房的影響為本報告要求之項目，國科會已提出核電廠海嘯威脅模擬之初步結果，台電公司須依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並依重新分析之結果考量強化設計能力。

**基礎設施的復原**

福島事件觀察到電力網、通訊及交通運輸等嚴重中斷之現象，由於該情況持續數天係導致事故更嚴重的重要因素，在嚴重自然危害導致廠址及周邊基礎設施受損，核能安全將

依賴當地基礎設施的復原能力。台電公司須強化廠內事故管理能力並納入廠外支援的資源，並依據日本經驗回饋重新檢視核能電廠與廠外基礎設施復原力的相依性，並強調電廠自我防護因應特定期長需求下的電力、冷卻及備品等。

**氫氣偵測及防爆**

在福島電廠事故下缺乏冷卻時，燃料棒鋯合金護套及蒸汽的化學反應會產生大量的氫氣，在核一廠已依據美國三哩島事故因應措施安裝強化的圍阻體排氣管道，以排放反應爐的熱量；此外，福島一廠二號機抑壓池發生爆炸，且可能造成一次圍阻體的損害。核一廠具馬克一型圍阻體，對強固性及相關設計上的安全評估須再加以確認。原能會要求台電公司須依據福島一廠事件經驗回饋，審慎檢查圍阻體排氣系統設計對可燃氣體的可能濃度及具足夠強固性。

**用過燃料池的冷卻**

台電公司之用過燃料池儲存策略在廠址有增加儲量的需求，核一廠正在進行用過燃料乾式儲存設施的建置。用過燃料池為充滿水且提供輻射屏蔽以冷卻用過燃料之耐震結構，其冷卻系統之設計能力為保持水溫在攝氏 30 度至 40 度，並維持水位高於燃料元件頂部數公尺。用過燃料在池中數年之後，衰變熱降低至低於一定大小即可移出至乾式儲存。

在用過燃料池中的用過燃料應該採用周邊為低衰變

熱、中央為高衰變熱之用過燃料排列組態，原能會另要求台電公司提供足夠數量的安全相關儀器，以在控制室能監控用過燃料池的重要參數(包括水位、溫度及輻射大小)，並提供安全相關交流電源至用過燃料池補水系統。

**長期喪失廠區交流電源**

福島週邊在地震發生時電力網供應中斷，但更嚴重的問題在福島一廠為長期喪失電力。獨立之廠內緊急電源長期供應並及時回復可靠的廠外電源以確保廠址的安全，故必須依據福島事件重新評估在嚴重危害情況下，電廠緊急電力系統的強固性、可靠性以及長期的不可用。

台電公司廠址內緊急電力供應有柴油發電機及後備電池組，針對廠址配置的審查，考量廠內及廠外電源間的角色及水災的防護，必須再額外考慮採多樣化方式，長期供應與外電無關且強固的緊急電源，供應緊急爐心冷卻及儀控系統電力之需求，這類專用的電力供應要配置適宜強固性之接頭並可置於廠址內或臨近。原能會並要求台電公司評估建立喪失所有交流電源的 24 小時因應時間，並對更長期喪失所有交流電源在能滿足所必須的爐心、用過燃料池冷卻及反應器圍阻體完整性之 72 小時因應時間。

**嚴重事故處理及訓練**

審查嚴重事故處理指引在協助運轉員措施、並提出能因應福島型態事故的成功或其他設想能救援因應手段的適切

性，在執行此一審查時特別應納入關鍵安全功能優先排序的考量，對電廠為更廣泛且全面性的需求以及現行提供更詳細務實的程度。台電公司須持續瞭解核能業界在改善對嚴重事故現象的要求及做法，並且深入審查任何可能影響運轉員及相關人員訓練要求之項目，對現行模擬器模式佐助嚴重事故處理指引在正式訓練的限制，必須考量能在例行嚴重事故處理之訓練獲得合理且實務可行及安全的效益。

**安全文化**

以上所述有關福島事故的檢討本質上大多能與電廠安全文化有所連結，福島事故已強調一些台電公司各核電廠都應該檢討的議題，並視需要提出在安全文化上實務性的修訂。可接受的安全文化將要求針對在嚴重事故下對電廠及配置的變更提出適當的基礎，並須特別考量將故障失效事故序列納入長期研究，做為發展事故序列具時序的考量，在可能喪失系統功能如冷卻或電力供應的後果下，回復或修復至安全狀態的可能性。

輻射防護及緊急應變機制部份檢討應變機制及法規、應變計畫盤點及緊急應變作業能力等重要項目。

原能會針對台電公司提報核電廠安全防護資料之審查結果，在近期檢討議題中分別就核一廠廠區高程不符案，以及核二廠緊急海水泵室防海嘯能力不足案，經現場專案視察確認台電公司已依本會要求限期內完成改正。原能會要求台

電公司強化之重點在地震、海嘯及洪水危害之設計基準再評估及長期喪失電源之因應能力。

為反映近期主要核能國家及國際機構針對福島事件檢討之結論與建議事項，原能會第一階段後續要求之重點主要包括要求台電公司實施歐盟之壓力測試規範、重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練、以及緊急應變計畫區範圍之修正，第二階段將嚴謹審查核能電廠 10 年整體安全評估，及研修核子事故緊急應變相關法規。

## Executive Summary

In the wake of Japan's Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant event, the Atomic Energy Council (AEC) has asked Taiwan's Nuclear Power Plant operator (TPC) to re-evaluate its capability to copy with extreme natural disasters, including earthquake, tsunami and mudslide, and take possible countermeasures. AEC has worked, and expected to continue to work, in co-operation and co-ordination with national stakeholders. The re-examination program comprises of two parts: nuclear safety assurance and radiation protection and emergency response preparedness. This report covers the 1st stage near-term assessment results for both parts. The next stage will be completed up to the end of 2011. This report provides a brief background to radioactive hazards, and how to protect against them, as well as an overview of the approach to nuclear safety and security for the accidents.

While not all the circumstances of the accident in Japan are clarified, there is sufficient information to develop initial lessons learned for the AEC. These are discussed together with our preliminary conclusions and requirement for taking the work forward to the second stage report. There are some emerging lessons, and these are proposed as requirements for further work. The direct causes of the nuclear accident, an earthquake with magnitude 9.0 resulting an over 14 meter high tsunami, are far

beyond the design basis of most extreme natural events experienced. Design provisions at the Fukushima Daiichi site appear to only have been made to protect against a 5.7 meter high surge in sea level, and there was a huge tsunamis hitting this coast in the history of Japan. The nuclear power plants of TPC, both operating and being under construction, should follow the same criteria to examine the design basis. In addition, AEC's regulation to design basis analysis requires TPC to demonstrate that adequate protection is in place for an extremely rare natural event , developed based on extrapolation from the historical record. AEC then require TPC to show that there are no "cliff-edge" effects based on the specification of EU stress test.

Many areas of improvement have been identified in the issues of nuclear safety assurance. The key areas include the enhancement for protection of seismic, tsunami hazard, critical infrastructure, hydrogen detection and explosion, spent fuel pool cooling, prolonged station blackout (SBO), severe accidents, and safety culture, as stated in the following.

**Impact of Natural Hazards**

The Fukushima reactor's shutdown systems operated effectively in response to the event. It indicates the robustness of seismic design adopted for these Japanese plants. AEC has learned from the earthquake experience on Japan's nuclear power plants and requested TPC to perform the necessary

studies for a couple of years. This includes the supplemental geology investigation of sea area, land territory, geological stability and seismic hazard analysis nearby the nuclear power plants. Based on the relevant information of seismic margin assessment of operating nuclear power plants, the subsequent reinforcement work is to strengthen seismic design to cope with natural disasters.

External flooding has also been considered in the report as an impact on siting and site/plant layout. The simulations of threat for nuclear power plants on tsunami effect have been provided by National Science Council (NSC). TPC should analyze the tsunami hazard of nuclear power plants based on the US related laws and regulations, which is standardized by the state-of-the-art technology, and to strengthen their flooding design data.

**Infrastructure Resilience**

The severe disruption of the electrical grid, communications and transportation systems on Fukushima event was one of the important observations. It was a significant contributory factor to worsen the accident while the conditions lasted for several days. The reactor safety is reliant on the resilience of the local infrastructure in circumstances of extreme events affecting both the nuclear site itself and the surrounding area. TPC should enhance on-site accident management capabilities and introduce the off-site resources. The dependency of both the operating and

constructed nuclear plants on the resilience of off-site infrastructure should be re-examined, by lessons learned from the Japan event. This might highlight the need for the enhancement of plant's sustainabilities for extended periods in terms of electrical power, coolants and necessary supplies.

**Hydrogen detection and explosion**

A considerable quantity of hydrogen could be generated by chemical reactions under accident conditions like that happened between zirconium fuel cladding and steam on loss of cooling in Fukushima Daiichi plant. In the case of the Chinshan plant, there has been installed the hardened routes for venting containment heat from the reactor vessel, updated in line with the TMI response actions. Additionally, it appears that an explosion occurred in the suppression pool of Fukushima Unit 2, possibly breaching the primary containment. This may indicate that more attention should have been given in the design and safety assessment to the robustness of the Mark I containment. Given the experience at the Fukushima plant， AEC requests TPC to prudentially review if the systems for venting containments with potentially significant concentrations of combustible gases are sufficiently robust.

**Spent Fuel Pool cooling**

The spent fuel strategy of TPC has necessitated increased spent fuel storage capacity at reactor sites, as well as developing the interim storage installations for spent fuels (ISFSI) at

Chinshan site. The spent fuel pool is robust structure filled with water to cool the fuels and provide shielding from gamma radiation within the spent fuels. The pool is designed with cooling systems to maintain water temperature around 30°C to 40°C, and water levels several meters above the top of the fuel assemblies. After several years, the residual decay heat within the fuels were decayed to a level where the spent fuels could be transferred into dry casks for further storage.

The spent fuel assemblies in the pools should be reconfigured in a “checkerboard” pattern (Center hot spent fuel assembly surrounded by four cold assemblies) so that newer, higher decay-heat fuel elements are surrounded by older, lower decay-heat elements. AEC orders TPC to provide sufficient safety-related instrumentation to monitor key spent fuel pool parameters (i.e., water level, temperature, and area radiation levels) from the main control room. AEC also requests TPC to provide safety-related ac electrical powers for the spent fuel pool makeup system.

**Prolonged Station Blackout**

Grid supplies were lost when the earthquake struck the area around Fukushima, but problems arose at the Fukushima Daiichi site because of prolonged unavailability of electrical power. The long-term independent on-site emergency electrical supplies then provide assurance of safety on the site, coupled with the timely restoration of a reliable off-site grid supply. The

robustness, reliability and potential for extended unavailability in severe hazard conditions of the plant emergency power systems should be re-evaluated in light of the Fukushima accident.

The on-site emergency electrical supplies at the TPC site involves diesel generators and back-up batteries. By reviewing plant layouts, the protection against flooding and the interplay between on-site and off-site electrical supplies, consideration should also be given to the provision of additional, diverse means of providing robust long-term electrical suppliers independent of the grid for emergency cooling, emergency control and instrumentation systems. Such dedicated supplies may be located on or near the site with suitable robust connections. AEC requests TPC to evaluate the establishment of a coping time of 24 hours for a loss of all ac power, establish the requirement necessary to implement an “extended loss of all ac power” coping time of 72 hours for core and spent fuel pool cooling and for reactor and containment integrity.

**Severe Accident Management Guidelines and Training**

Reviewing of the suitability of Severe Accident Management Guidelines (SAMG) for supporting operator actions, informed by information on the success or otherwise of the postulated operator actions to cope with Fukushima type event. In particular such a review should consider the critical safety functions prioritization, and wider plant requirements,

and the level of detail and prescription currently offered. Approach to the requirement for industries research to improve the understanding of severe accident phenomenology.

Furthermore, TPC should review any consequential impact on operator (and other personnel) training requirements. The limitation of current simulator models to support the formal training of severe accident management, and will consider the reasonable practicability and safety benefit of extending routine training in severe accident response.

**Safety Culture**

Many of the above considerations are intrinsically linked to nuclear plant safety culture. The events at Fukushima have highlighted a number of issues that should be reviewed for each TPC plant and, if necessary, provided as reference to the revisions of the practices of safety culture. An acceptable safety culture will be required to provide an appropriate basis for any changes to plant and arrangements for severe accidents. There is a particular need to consider longer term analysis of fault sequences taking account of the development of the accident sequence over time and the potential loss of services, such as cooling and electricity, as well as the potential for repair and recovery to a stable state.

The issues of radiation protection and emergency response preparedness cover emergency responses and rulemaking, to enhance the resources are necessary to support emergency plans

and emergency planning implementation.

After reviewing the TPC's near-term action submittals required by AEC, two issues related to the current licensing basis of the nuclear power plants were found. The elevation measurement does not comply with FSAR in Chinshan plant. ECW pump room does not comply with the requirements of tsunami protection design in Kuosheng. The issues were later considered resolved, and AEC will continue the followup action. The assessment of post-Fukushima evaluation shows neither immediate nuclear safety concern nor threat to the public health and safety. However, improvement of natural hazards and prolonged SBO is the follow-up actions to demonstrate the capability to cope with the beyond design basis disasters.

To keep up with the pace of the international countermeasures after Fukushima, AEC requested TPC to adopt the following actions of near-term stage: to implement the EU's Stress Test specification, to re-evaluate the process for emphatic measures and related operator training, and to evaluate and revise the plant-specific emergency planning zone. AEC will examine rigorously the 10-year periodic safety review of nuclear power plants and amend the laws with regard to emergency preparedness in the second stage.

# 目　錄


| | | 頁碼 |
|---|---|---|
| 摘要 | | I |
| Executive | Summary | VII |
| 第一章 | 前言 | 1 |
| | 一、概述 | 1 |
| | 二、總體檢規劃與檢討 | 5 |
| | 三、執行做法摘述 | 6 |
| 第二章 | 日本福島一廠事故評析 | 11 |
| | 一、日本福島一廠事故概述 | 11 |
| | 二、福島一廠事故的經驗回饋 | 40 |
| 第三章 | 我國核能電廠安全防護之檢討 | 63 |
| | 一、喪失所有廠區交流電源之檢討 | 65 |
| | 二、海嘯之防範 | 67 |
| | 三、用過燃料池之冷卻 | 69 |
| | 四、氫氣排放及爆炸之檢討 | 71 |
| | 五、嚴重事故之處理 | 72 |
| | 六、地震之防範 | 73 |
| | 七、廠區基礎設施之檢討 | 75 |
| | 八、安全文化之檢討 | 80 |
| 第四章 | 我國輻射防護及緊急應變機制之檢討 | 83 |
| | 一、應變機制及法規 | 83 |
| | 二、平時整備 | 118 |
| | 三、緊急應變作業能力 | 134 |
| 第五章 | 第一階段安全評估報告結語 | 145 |
| | 一、核能電廠安全防護之結語 | 148 |
| | 二、輻射防護及緊急應變機制之結語 | 155 |
| 參考資料 | | 159 |

# 圖　目　錄


| | | 頁碼 |
|---|---|---|
| 圖 1-1. | 總體檢的評估方式與流程 | 7 |
| 圖 2-1. | 福島一廠一次圍阻體排氣系統流程圖 | 26 |
| 圖 2-2. | 福島一廠廠房受損照片 | 28 |
| 圖 2-3. | 福島一廠 4 號機氫氣來源可能途徑 | 29 |
| 圖 2-4. | 福島一廠附近劑量率變化圖 | 31 |
| 圖 2-5. | 福島一廠廠區輻射偵測站輻射強度數值 | 32 |
| 圖 2-6. | 福島一廠 20 公里外偵測點變化趨勢 | 34 |
| 圖 2-7. | 福島一廠 20 公里外偵測點輻射值(7 月 5 日) | 34 |
| 圖 2-8. | 福島一廠海水泵室取水口防止污染擴散設施設置情形 | 36 |
| 圖 2-9. | 福島一廠放射性物質飛散的防止劑之撒放作業情形 | 36 |
| 圖 2-10. | 日本東北大震受影響的核能電廠 | 41 |
| 圖 2-11. | 福島一廠複合式災難肇始事件圖示 | 41 |

# 表　目　錄


| | | 頁碼 |
|---|---|---|
| 表 1-1. | 我國採行檢討措施與國際核能國家做法之比較 | 4 |
| 表 1-2. | 行政院審議專家小組委員名單 | 8 |
| 表 2-1. | 福島一廠事故狀態(100 年 8 月 15 日) | 14 |
| 表 2-2. | 福島一廠各機組基本資料 | 15 |
| 表 2-3. | 福島一廠地震量測值 | 17 |
| 表 2-4. | 1~3 號機反應爐補水系統運轉與水位達 TAF 時序表 | 23 |
| 表 2-5. | 圍阻體排氣準備及實際時間 | 27 |
| 表 2-6. | 東京電力公司事故處理目標與時程(4 月 17 日) | 39 |
| 表 2-7. | 日本核能電廠防海嘯設計及廠房高程設計基準 | 44 |
| 表 2-8. | 日本運轉中電廠地震安全再評估的結果 | 56 |
| 表 3-1. | 本會要求台電公司檢討喪失所有廠區交流電源之重要項目 | 66 |
| 表 3-2. | 本會要求台電公司防範海嘯之重要項目 | 68 |
| 表 3-3. | 本會要求台電公司檢，討用過燃料池冷卻之重要項目 | 70 |
| 表 3-4. | 本會要求台電公司檢討氫氣排放及爆炸之重要項目 | 72 |
| 表 3-5. | 本會要求台電公司檢討嚴重事故處理之重要項目 | 73 |
| 表 3-6. | 本會要求台電公司防範地震之重要項目 | 74 |
| 表 3-7. | 本會要求台電公司檢討廠區基礎設施之 | 75 |

重要項目
表 3-8. 核一廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備 77
表 3-9. 核二廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備 78
表 3-10. 核三廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備 79
表 3-11. 本會要求台電公司檢討安全文化之重要項目 80
表 4-1. 緊急應變計畫區檢討劃定分析結果 86
表 4-2. 商品輻射限量標準 97
表 4-3. 輻射塵停班與停課暫行防護基準（草案） 98
表 4-4. 核災急救責任醫院一覽表 131
表 4-5. 國內核災急救責任醫院現有醫療資源 132

附錄一 國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案
附錄二 日本福島一廠事故序列摘要
附錄三 日本原子力保安院之要求事項
三.1. 原子力安全保安院3月30日要求業者採行之緊急安全對策
三.2. 原子力安全保安院 4 月 9 日要求業者有關緊急柴油發電機之相關措施
三.3. 原子力安全保安院4月15日對外部電源的要求事項
三.4. 原子力安全保安院4月28日對各核電廠耐震評估之指示及6月6日後續追加指示
三.5 原子力安全保安院5月11日有關緊急柴油發電機要求事項之補充說明
三.6 原子力安全保安院5月31日對懸吊式高壓斷路器之火災防護措施指示及6月15日各業者回報說明
三.7 原子力安全保安院6月7日對外部電源可靠度實施之評估及指示
三.8 原子力安全保安院6月7日對各核電廠嚴重事故對應措施之指示
附錄四 日本政府之經驗回饋及其他核電廠之緊急安全對策
四.1 日本電力公司針對原子力安全保安院3月30日要求提出緊急安全對策
四.2 日本政府 6 月 20 日於國際原子能總署部長級會議報

告中述及之經驗回饋摘要
附錄五 國際其他核電國家的做法
五.1 國際原子能總署日本福島事件初步調查摘要報告
五.2 國際原子能總署福島事故真相調查專家小組報告
五.3 歐盟 ENSREG 壓力測試規範
五.4 美國相關應變摘要
五.5 英國期中報告摘要
五.6 芬蘭 STUK 調查報告摘要
五.7 美國核管會福島近期專案小組報告之建議事項
五.8 國際上因應福島事故核安管制組織與架構之調整
附錄六 行政院專家審查小組第一次、第二次及第三次審查會會議紀錄及原能會之回應
附錄七 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 日當地時間 14 時 46 分發生規模 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，導致爐心燃料熔毀及放射性物質外釋。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管制機構(原子力安全保安院)、東京電力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、歐洲核能安全管制者組織、世界核能發電者協會)針對福島一廠事故採行之加強安全措施，並依我國核能電廠設計基準、地質環境及運轉狀況等特性，檢討現有機組因應類似福島電廠事故之能力以及異常天災發生後可能潛在之設備功能喪失危險要項，規劃現有核能電廠全面安全體檢之具體項目，以強化現有核能機組抗地震、防山洪、耐海嘯之能力，使台灣不致發生類似日本福島電廠事故為目標。

行政院於 4 月 19 日核定「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」，方案內容分為「核能電廠安全防護措施」與「輻射防護及緊急應變機制」兩部份。在「核能電廠

安全防護措施」的部份，首先由原能會要求台灣電力公司針對現有應變機制、程序與設計能力，分第一階段 11 項（100 年 6 月底前完成，項目及細目請參閱附錄一）與第二階段（提前執行 10 年整體安全評估，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經初步比較，在項目和作法上頗為一致，其中，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，我國則較方案規劃時國際間之作法更為嚴謹、嚴密(項目比較如表 1-1)。考量日本事故報告提出的時間、內容的完整性及各國執行檢討或壓力測試之做法，乃決定核電廠安全防護總體檢的執行方式，首先由台電公司自我檢視機組現行設計與事故因應機制，在完成檢討列出可能的改善做法後，將報告送原能會審查，原能會除進行書面審查外，並派員赴電廠執行現場符合性查證工作，在此工作期間，原能會並參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，務必確保檢討項目之完整性。

方案中也包括「輻射防護及緊急應變機制」之檢討，其執行方式則由原能會召集核子事故緊急應變之相關部會和地方政府，分應變機制及法規、平時整備、緊急應變作業能力三項進行檢討，提出改善方案也分二階段執行。上述兩個部分分別完成各階段檢討和改善措施後，由原能會負責彙整將撰寫現有安全防護體制全面體檢安全評估報告，報告中列

出要求台電公司及各相關部會依限完成之具體強化措施與改善方案。為確保兼顧評估之專業性與完整性，並力求評估結果具公信力且資訊透明，原能會完成的安全評估報告再送行政院專案成立之跨學門專家小組(由行政院李政務委員鴻源擔任召集人)審查，從行政院的高度與國際的視野檢視核安總體檢方案的完整性，同時在執行中和完成評估後均安排對社會大眾及核電廠所在地之政府、社團與地方民眾作說明，以反映學術界與一般民眾對核安總體檢的期待，有效減輕因福島事故引起之災害不確定性的衝擊及降低民眾對核能安全的疑慮。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項六，「本報告重點在於從日本福島電廠事故的經驗發掘核電廠須加強之處，並經強化後確保我國不會發生類似福島電廠之事故。請原能會在報告中加強說明總體檢的目標及範圍，並參照最新之核安國際規範及技術發展，充實及強化總體檢報告內容」，爰如上述說明總體檢的目標和範圍，並於附錄三、四、五補充說明日本和國際上主要國家的作法和規範。

表 1-1. 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[1] | NEI[2] | ENSREG[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[1]（Nuclear Regulatory Commission）
2. 美國核能協會[2]（Nuclear Energy Institute）
3. 歐洲核能安全管制者組織[3,4]（European Nuclear Safety Regulators Group）
4. 世界核能發電者協會[5]（World Association of Nuclear Operators）
5. 日本原子力安全保安院[6]（Nuclear and Industrial Safety Agency）

二、 總體檢規劃與檢討

原能會依據台電公司答覆核電廠安全防護第一、二階段各項議題內容與時程，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，迄第一階段 7 月 15 日為止蒐集國際上包括美國、日本及歐盟等國重要相關資訊如下：

(一) 蒐集並彙整日本福島電廠事故序列及演進(如附錄二)

(二) 日本原子力保安院(NISA)之重要要求內容(如附錄三)

(三) 日本電力公司回應 NISA 要求之緊急安全對策(如附錄四)

(四) 蒐集國際原子能總署相關調查與因應措施報告(如附錄五)

(五) 蒐集美國核能管制委員會相關檢討與因應報告(如附錄五)

(六) 蒐集歐盟相關國家檢討與因應做法(如附錄五)

(七) 其他相關資料

原能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。

三、執行做法摘述

本方案的評估方式與流程如圖 1-1，採用行政院核定我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案(如附錄一)，台電公司在今(100)年 4 月中旬至 5 月上旬，於完成檢討後分批次將報告送原能會審查。原能會則依據台電公司近期檢討議題之報告，於 5 月中完成審查並撰寫初步安全評估報告(報告編號 NRD-SER-100-07)，經於 5 月 31 日陳報行政院奉核定後，

在本會網站首頁「核能電廠總體檢專區」公開發佈，供各界檢視並提供意見，並於 5 月 31 日舉辦「核能安全」公聽會，邀請地方政府、民間團體等參與並提供卓見。

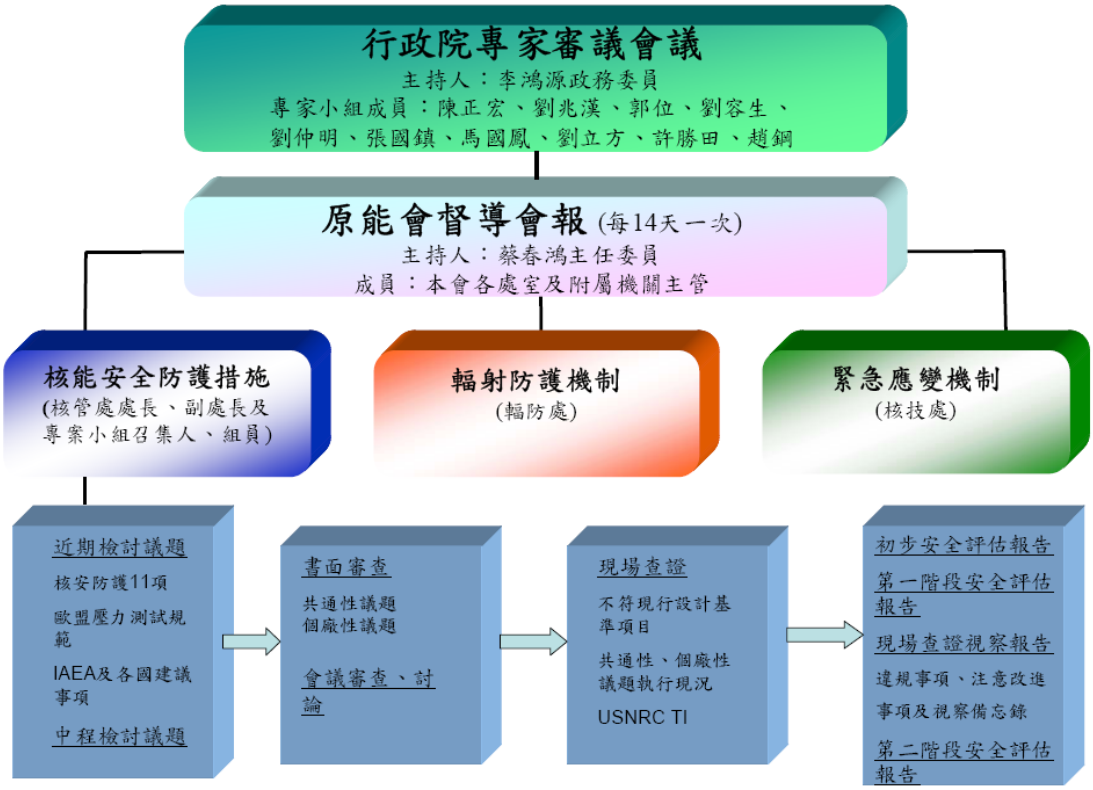



圖 1-1. 總體檢的評估方式與流程

行政院之專家審查小組之成員包括召集委員李鴻源博士(行政院政務委員兼中央災害防救委員會副主任委員)及 10 位委員，各委員經歷及專長詳表 1-2。行政院專家審查小組於 6 月 28 日召開第一次審查會議，審議原能會 5 月中完成之初步安全評估報告，於 7 月 18 日、8 月 26 日召開第二、三次審查會議，分別審議 7 月上旬、8 月中旬完成修訂之第一階段安全評估報告，三次審查會之會議紀錄如附錄六，原能會已參照委員審查意見及書面意見修訂全面總體檢之方向。本

核安總體檢報告審查小組之定位在於提出問題及發掘事實，並進而提出因應方案，要求原能會及台電公司應就核安議題強化溝通，積極檢討提出各項潛在的核安問題，並研議解決之道，倘有需跨部會協助事項，可由行政院進行協調。

表 1-2. 行政院審議專家小組委員名單

**召集委員：**李鴻源博士（行政院政務委員兼中央災害防救委員會副主任委員）

**委員：**

1.陳正宏博士（行政院國家科學委員會副主任委員、地質專長）

2.劉兆漢博士（行政院科技顧問、中央研究院院士、副院長、工程科學專長）

3.郭　位博士（中央研究院院士、香港城市大學校長、工程科學專長）

4.劉容生博士（臺灣聯合大學系統副校長、工程科學專長）

5.劉仲明博士（工業技術研究院副院長、工程科學專長）

6.張國鎮博士（國家實驗研究院國家地震工程研究中心主任、地震專長）

7.馬國鳳博士（中央大學地球物理研究所教授、地震專長）

8.劉立方博士（美國康乃爾大學土木與環境工程系系主任、海嘯專長）

9.許勝田董事長（巨廷工程顧問公司董事長、工程專長）

10.趙　鋼理事長(社團法人中華消防及減災學會理事長、前內政部消防署署長)

依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項一，「核安總體檢報告除了應嚴謹地調查目前核安的實際情形外，針對可能潛在的核安風險，必須就技術、預算、設備等可能面對的限制條件綜合考量，研擬具體可行之因應措施，並進而

提出相關之政策建議方案」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項三，「原能會與臺電在部分核安管制議題上立場不同，更能凸顯管制機關原能會的監督功能；惟仍請原能會及臺電公司就各項核安資訊及應採行之改善措施，加強聯繫及溝通」。

另原能會在 5 月中完成之初步安全評估報告已函送台電公司，要求據以修訂核能安全防護檢討事項，並於 6 月下旬完成核一、二、三廠總體檢現場查證專案視察。台電公司於 6 月 30 日將完成之初步具體強化措施與改善方案之回復，以及原訂須提報之「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」，及近期檢討議題(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化之方案提報至原能會。

依據行政院專家小組 6 月 28 日審查會議結論事項四，「請原能會於總體檢報告提出國內核能電廠運轉安全之技術意見，並盤點國內核災應變機制的能量，例如目前國軍化學兵的救災能量；此外，針對核災可能發生的最嚴重情境，應考量核電廠運轉及安全的技術限制，預為研擬核電廠安全防護、輻射防護及緊急應變機制之強化措施」。原能會審查台電公司新增提報之書面資料，檢討台電公司之具體強化措施與改善回覆資料，以及核一、二、三廠總體檢現場查證專案視察之發現，彙整後撰寫此總體檢第一階段報告。核安總

體檢報告現階段應補充說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，各項資料要更明確、完整，以助於研判檢討項目及其強化措施的適當性；本報告在第二章藉日本事故評析說明我國檢討議題與福島事故原因的關聯性，以助研判檢討項目及採取強化措施的適當性。第三章提出我國核能電廠安全防護之檢討，依序說明各檢討議題重要事項的執行進度、改善情形以及規劃完成期限。第四章針對輻射防護及緊急應變機制的檢討方案，區分為應變機制及法規、平時整備及緊急應變作業能力三大項目，說明國內現況並提出檢討與精進之規劃。最後，第五章除簡要敘述第一階段總體檢提出的安全強化措施之外，並以原能會納入後續管制之追蹤事項作為第一階段評估報告的結語，同時在結語中也提出為反映近期國際核能國家及機構針對福島事件檢討之結論與建議事項，使核安總體檢方案之執行與國際同步。

# 第二章 日本福島一廠事故評析

依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項七，「請原能會持續加強核能安全之教育宣導，以避免社會大眾產生不必要之疑慮，同時應強調核災發生有不同層次及系統的差異，以利於非核能專業人士的理解」，乃新增此章節，期藉由對日本福島一廠事故之評析來說明我國檢討議題與福島事故原因的關聯性，以有助於研判檢討項目及採取強化措施的必要性和適當性。

## 一、日本福島一廠事故概述

日本東北（Tohoku）地區外海於 3 月 11 日當地時間 14 時 46 分發生規模 9.0 之強震，造成東京電力公司（Tokyo Electric Power Company）所屬的福島一廠（Fukushima Daiichi Nuclear Power Station）6 部機組之廠外電力系統皆中斷，約 41 分鐘後第一波海嘯來襲，隔 8 分鐘後第二波海嘯來襲，再 2 分鐘後，除 6 號機 1 台緊急柴油發電機外，其餘所有機組之緊急柴油發電機皆遭海水淹沒，導致福島一廠 1~4 號機靠交流電力系統供電之反應爐冷卻系統皆因失電而無法運轉，僅剩 5, 6 號機之反應爐冷卻系統因共用未遭淹沒之 1 台緊急柴油發電機而可繼續運轉。雖然福島一廠 1~3 號機事故前運轉中之機組於地震發生後皆已因強震急停系統動作而

自動停機，另 4 至 6 號機因機組大修而處於停機狀態，但此一複合式災害之程度超出預期，救援與應變處理不及，進而造成 1~3 號機後續爐心燃料冷卻不足、爐心融毀、廠房氫爆、大量放射性物質外釋，且 4 號機用過燃料池亦疑似因冷卻不足而發生氫爆之事故，日本政府於 4 月 12 日宣佈將事故等級調升為國際原子能總署之國際核能事件分級制最嚴重的 7 級，與前蘇聯車諾比事故同級，當時預估放射性物質外釋量約為車諾比事故之 1/10，但實際外釋量仍待日本於事故告一段落後，根據爐心燃料損壞情形與輻射偵測數據，進一步確認。(註：依日本政府提供 IAEA 之報告[6]等資料，說明預估外釋量約為車諾比之 1/10，故此處引用該數值。該資料所附為日本政府於 4 月 12 日公布將事故等級提升為 7 級時之各核種統計數據，其中以 NISA 及 NSC 預估之 Iodine(I-131 及 Radiological equivalences to I-131)外釋量分別為 $3.7\times10^{17}$ 及 $6.3\times10^{17}$ Bq(貝克)，約為車諾比之 $5.2\times10^{18}$ Bq 的 1/14 及 1/8，另 Cs-137 及 Radiological equivalences to I-131 則為車諾比之 1/7~1/14，因此亦有外釋量為車諾比事故 1/7 之說法。)

福島一廠事故狀況雖已漸趨緩和，且已建立 1~3 號機反應爐內燃料密閉冷卻循環，但因廠房受損，輻射外釋情形仍然持續，東京電力公司規劃在廠房受損之機組外搭蓋氣密式聚酯材質之帷幕，以避免雨水滲入反應爐，同時防範可能的輻射外洩。因機組受損情形嚴重，且內部仍處於高輻射環

境，東京電力公司雖然已宣佈將關廠除役，但仍需長時間持續進行後續處理作業，截至 8 月 31 日為止之機組狀況如表 2-1。

以下分別就福島一廠基本資料、地震與海嘯之危害情形、事故處理過程及後續處理等方面作簡束說明。

（一）福島一廠基本資料

福島一廠共有 6 部機組，其基本資料與地震發生時機組運轉狀態如表 2-2。

# 表 2-1. 福島一廠事故狀態(100 年 8 月 31 日)

| 機　　組 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5/6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 爐心燃料完整性 | | 受損（爐心融毀） | 受損（爐心融毀） | 受損（爐心融毀） | 無燃料棒 | 未受損 |
| 爐心燃料束 | | 400 束 | 548 束 | 548 束 | 0 束 | 548/764 束 |
| 反應爐完整性 | | 研判受損且有洩漏 | 未知 | 未知 | 未受損 | 未受損 |
| 一次圍阻體完整性 | | 研判受損且有洩漏 | 研判受損且有洩漏 | 研判受損且有洩漏 | 未受損 | 未受損 |
| 二次圍阻體完整性 | | 嚴重受損（氫氣爆炸） | 局部開啟（釋壓板開啟） | 嚴重受損（氫氣爆炸） | 嚴重受損（氫氣爆炸） | 頂樓開通風孔，預防氫氣累積 |
| 爐心補水 | | 持續注淡水（循環） | 持續注淡水（循環） | 持續注淡水（循環） | 不需要 | 不需要 |
| 用過燃料池燃料完整性 | | 未知 | 大部份用過燃料未受損 | 未知 | 大部份用過燃料未受損 | 未受損 |
| 用過燃料池用過燃料束 | | 292 束 | 587 束 | 514 束 | 1331 束 | 946/876 束 |
| 用過燃料池冷卻 | | 新設循環冷卻系統運轉（8/10） | 新設循環冷卻系統運轉（5/31） | 新設循環冷卻系統運轉（6/30） | 新設循環冷卻系統運轉（7/31） | 冷卻系統運轉 |
| 反應爐水位公分（註 1） | | A:低於指示範圍（註 2）/B:-170 | -190/-220 | -140/-190 | 略(反應爐無燃料) | 安全 |
| 反應爐壓力 MPa abs（註 3） | | 0.017(A) | 0.013(A) | -0.183(A)/-0.1(B) | 略(反應爐開蓋) | 安全 |
| 反應爐槽溫度℃ | 飼水管 | 92.4 | 106.9 | 118.6 | 略 | |
| | 爐底 | 87.6 | 112.8 | 109.3 | | |
| 乾井壓力 MPa | | 0.1273 | 0.115 | 0.1015 | | |
| 抑壓槽壓力 MPa | | 0.105 | 儀器故障 | 0.1813 | | |
| 用過燃料池水溫℃ | | 29.5 | 34.0 | 31.8 | 40.0 | 28.6/36.5 |

註：摘要整理自社團法人日本原子力產業協會(Japan Atomic Industrial Forum, Inc., JAIF)網頁資料 http://www.jaif.or.jp/english/，第 5、6 號機資料自 6 月上旬後即未更新。

註：1.水位以燃料頂部(TAF)為基準點，2、3 號機所列為水位儀器 A/B 之指示，以 1 號機之經驗，其儀器指示正確性仍有疑慮，可能偏高，故僅供參考。

2.於 5/11 重新校正水位儀器，發現原水位儀器指示-170 公分，但實際水位應已低於指示範圍(燃料底部約為-360 公分)。

3.括弧中為壓力儀器 A/B 之指示。

表 2-2. 福島一廠各機組基本資料

| 機組 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 反應器型式（a） | | BWR 3 | BWR 4 | | | | BWR 5 |
| 圍阻體型式 | | 馬克 1 型 | | | | | 馬克 2 型 |
| 發電量(百萬瓦) | | 460 | 784 | 784 | 784 | 784 | 1100 |
| 開始運轉年份 | | 1971 | 1974 | 1976 | 1978 | 1978 | 1979 |
| 地震前運轉狀態 | | 運轉中 | | | 停機大修中（b） | 停機大修中（b） | 停機大修中（b） |
| 地震時機組反應 | | 強震自動停機 | | | - | | |
| 燃料數目(束) | 反應爐 | 400 | 548 | 548 | 0 | 548 | 764 |
| | 用過燃料池 | 292 | 587 | 514 | 1331 | 946 | 876 |

註：a. BWR:沸水式反應器

b.4 號機於 2010 年 10 月 30 日停機大修(停機填換燃料並執行設備維護檢修)，爐心燃料全部移至用過燃料池以進行爐心側板之改善作業；5 號機於 2011 年 1 月 3 日停機大修，地震時反應爐蓋已回裝並執行洩漏定期測試中；6 號機於 2010 年 8 月 14 日停機大修，反應爐蓋已回裝

## （二）地震與海嘯之危害情形

### 1.地震對機組設備造成之損害情形

於地震發生時，福島一廠運轉中之 1~3 號機皆因強震而自動停機，6 部機組之廠外電力系統皆因輸電塔倒塌、開關場斷路器受損、電力線接地故障跳脫等不同原因而全部中斷。

在對機組其他設備之影響方面，由目前所獲得之資訊，

只顯示地震發生後至海嘯侵襲廠區前的期間，控制棒皆插至全入位置、反應爐隔離冷卻器（Isolation Condenser，以下簡稱 IC）及反應爐隔離冷卻系統(Reactor Core Isolation Cooling，以下簡稱 RCIC)、緊急柴油發電機及對應海水系統皆正常啟動運轉，2 號機之餘熱移除系統 A/B 串亦曾起動執行抑壓池冷卻，故這些安全系統設備應未在地震中嚴重受損。其他未自動起動或需手動起動之系統，以及其他設備管路，則因未實際運轉無法確認其功能是否受影響，且因現場尚處於高輻射，無法進行檢視，故無法判定是否有因地震而受損。不過，由日本政府於 6 月提供給國際原子能總署之事故檢討報告（ Report of the Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety）第 4 章對各機組之狀況研析中，因 3 號機高壓注水系統（High Pressure Core Injection，以下簡稱 HPCI）之運轉與停止時，反應爐壓力都有明顯對應之變化，故懷疑其蒸汽管路可能有洩漏，但此是否係因地震而受損，仍待進一步釐清。

每部機組反應器廠房、汽機廠房之基礎及 2 樓處皆裝有地震儀，目前根據東京電力公司公佈之反應器廠房基礎(basemat)位置地震量測資料（如表 2-3），2、3、5 號機組所測得之東西向最大加速度值已超越原設計標準，對於廠房結構設施之衝擊影響，未來仍有待進一步評估。此外，因為記錄系統軟體問題,地震期間福島一廠各機組上述廠房基礎及 2

樓之地震儀有 7 只僅錄得前 130~150 秒不等之紀錄，所幸經過頻譜分析發現這些地震紀錄在超越設計反應譜的頻率區間均相當一致，東電公司初步研判對未來後續地震資料的運用與分析影響不大。

表 2-3. 福島一廠地震量測值

| 機組 | 廠房基礎量測最大加速度(gal)（ground motion observed） | | | 抵抗標準設計地震所需之最大加速度值(gal)（maximum response acceleration to standard seismic ground motion） | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 水平南北 | 水平東西 | 垂直 | 水平南北 | 水平東西 | 垂直 |
| 1 | 460※ | 447※ | 258※ | 487 | 489 | 412 |
| 2 | 348※ | **550**※ | 302※ | 441 | 438 | 420 |
| 3 | 322※ | **507**※ | 231※ | 449 | 441 | 429 |
| 4 | 281※ | 319※ | 200※ | 447 | 445 | 422 |
| 5 | 311※ | **548**※ | 256※ | 452 | 452 | 427 |
| 6 | 298※ | 444※ | 244 | 445 | 448 | 415 |

※：地震加速度歷時紀錄僅測得前130~150秒不等之數值

2. 海嘯對機組設備造成之損害情形

由日本政府公佈之資訊顯示，當時海嘯在廠區的上溯高度達 14~15 公尺，遠高於防波堤 5.7 公尺及 1~4 號機廠區高度 10 公尺，因此對 1~4 號機造成相當嚴重之影響，造成位於海邊且為露天無建築物之海水冷卻系統、廠房內柴油發電機、交流電力系統 6.9KV 開關室與大部分 480V 電力中心

（Power Center）及 1/2/4 號機直流電力系統之蓄電池及配電盤因淹水而失去功能。5~6 號機因廠房高度為 13 公尺，雖然部分廠房內部地下層之電力設備，包括兩台柴油發電機亦受到影響，海水泵因位於海邊而受損，但仍有部份反應爐和用過燃料池補水系統之緊急供電設備，如 6 號機 1 台緊急柴油發電機（設於獨立之柴油機廠房內，可供電至 5、6 號機）、直流電力系統、緊急交流電力中心等，並未受到海嘯影響，因此仍可提供反應爐與用過燃料池之適當冷卻，不致造成如 1~4 號機之事故。

1~4 號機因海嘯侵入廠區，當下，廠內、外之所有交流電源及 1、2、4 號機組之直流電源都已喪失，造成所有反應爐與一次圍阻體之冷卻與補水系統、儀控電源、控制室與現場照明皆無法正常運作，且因海嘯導致道路受阻，後續救援設備亦未能就位，致反應爐爐心燃料之餘熱無法有效移除，無法維持燃料被水覆蓋，造成燃料受損與產生大量氫氣，此為造成後續重大事故之主因。其中，3 號機之直流電力系統並未因海嘯而受損，故由直流系統供電之 RCIC/HPCI 系統尚能於交流電力系統斷電後運轉提供反應爐補水，惟在其蓄電池耗盡前，救援設備仍因種種因素未能備妥接替，造成反應爐補水不及。再者，反應爐需降壓以使臨時補水系統能夠將水注入反應爐，當開啟反應爐釋壓閥降壓及 RCIC 系統汽機運轉時，其蒸汽皆會導入一次圍阻體抑壓池冷凝，造成抑壓

池水溫升高，其冷卻系統因失電無法運轉，在抑壓池水溫度過高時，反應爐洩壓排放之蒸汽無法有效冷凝，又造成一次圍阻體壓力快速上升，對一次圍阻體之完整性造成衝擊，因此影響到反應爐降壓操作之進行；此外，一次圍阻體排氣降壓操作亦因失電而無法順利進行，這些皆增加反應爐補水之困難度。廠區部份水槽、廠內外道路亦因海嘯衝擊與帶來之雜物而受損或無法通行，則亦增加後續救援行動之困難度與所費時間。

（三）事故發生與處理過程

地震及海嘯後，各機組事故發生與處理時序整理如附錄二。由於地震與海嘯造成反應爐補水及冷卻系統因失電及設備受損而無法運轉，在缺水、缺電以及應變經驗不足之情況下，如何維持反應爐爐心及用過燃料池之燃料冷卻、保持反應爐及圍阻體完整性、降低放射性物質外釋，皆是極大之考驗，實際結果也顯示超大的地震與海嘯雖為造成事故的外部肇因，然無法即時提供反應爐爐心燃料適當之補水與冷卻，乃造成爐心燃料熔毀與大量放射性物質外釋之主要原因。

以下就事故過程中，反應爐補水與冷卻、一次圍阻體排氣(venting)降壓處理與氫爆、用過燃料池冷卻、電力系統恢復、放射性物質外釋及民眾疏散與人員輻射曝露情形等，分別簡述其發生過程與處理情形。

1.反應爐補水與冷卻

由於所有馬達帶動之反應爐補水與冷卻系統，包括正常與緊急之補水系統與熱移除系統，皆於海嘯後因失電或設備淹水受損而無法運轉，故爐心燃料之初期冷卻需靠不由交流電源供電之補水系統，包括 1 號機之 IC、2/3 號機由反應爐蒸汽推動之 RCIC/HPCI 系統，但這些系統仍需由直流電力系統提供閥門與控制系統之電源，或足夠之驅動蒸汽以推動汽機。當直流電源故障或蓄電池電力耗盡，或汽機驅動之蒸汽壓力不足時，這些系統將無法運轉。由日本官方公佈之資料顯示，1、2 號機之直流電力系統因第 2 波海嘯而受損失電，故 1 號機之 IC 可能於海嘯入侵當時即無法運轉，1、2 號機之 HPCI 系統亦未能運轉。至於 2 號機 RCIC 系統在直流電力系統淹水受損時正運轉中，且之後持續運轉超過 40 小時，其為何可以持續運轉之原因尚不清楚。3 號機 RCIC 系統在海嘯後運轉約 20 小時，其停止運轉之原因並不清楚，但推測其電池應已耗盡；而其蓄電池設計可供電時間為 8 小時，何以其可持續運轉超過此時間之原因，仍需就其蓄電池容量計算基礎與當時負載運轉情形方能進一步釐清。3 號機 HPCI 系統因低水位信號而自動起動運轉約 14 小時後停止運轉，其原因研判可能是反應爐蒸汽壓力過低所致。

當這些系統無法運轉時，則以臨時佈設之補水系統注水

入反應爐提供冷卻，補水動力原由消防車提供，之後改由臨時電動泵浦。而為使水可以補入反應爐，反應爐須配合降壓至低於消防車或電動泵浦可泵送之壓力。水源方面，原使用容量有限之消防用淡水，之後改用海水；而隨後於其他區域引水至廠區之淡水水源管路鋪設完成後，於 3 月下旬改用淡水。電源方面，電動泵浦之電源初期由電源車供給，於廠外電力系統重新鋪設完成後，則改由廠外電力系統供電。其中在利用消防車補水時，曾發生人員去現場查看才發現因燃油耗盡而停止運轉之情形，電廠之後也加強監視運轉情形；在 5 月上旬，亦於電動補水泵後加裝運轉監視警報裝置，以強化其運轉狀態之監視。

東京電力公司並規劃建置將 1~3 號機廠房積水處理後再打回反應爐之流程，以減少原由外部取水注入反應爐所增加之放射性廢水量。該流程經試運轉後於 7 月 2 日正式運轉。

由相關資訊顯示，原補水系統運轉時(如前述之 RCIC 系統)，反應爐水位皆能維持在有效燃料頂端(Top of Active fuel, TAF)以上，但從表 2-4 相關時序看出，當原補水系統無法運轉後，臨時補水系統皆無法即時補水入反應爐，或許可能雖然臨時補水系統已運轉，但因反應爐壓力過高而實際上並未補入反應爐，或者因補水量不足，以致反應爐水位於數小時內即下降至 TAF 以下，致燃料開始裸露，且即使之後臨時補水系統持續補水，反應爐水位始終無法回復至 TAF 以上。根

據日本官方及東京電力公司分別利用嚴重核子事故程式（MAAP/MELCOR）估算結果，研判 1~3 號機之爐心皆於反應爐水位下降至 TAF 後約兩小時左右開始融毀，熔渣掉至爐底區域，猜測數小時後可能有部分熔渣經受損之爐底穿孔掉至乾井地面，但由反應爐底金屬溫度及注水情形研判大部分熔渣仍在反應爐底內。東京電力公司另由補水量大於沸騰蒸發之蒸汽量約 1 倍以上，推估反應爐應有洩漏，同時由反應爐金屬溫度仍大於 100℃之情況研判仍有蒸汽產生，顯示部分掉至爐底燃料並未完全被水淹蓋。

至於無法即時補水的原因，包括因海嘯造成廣泛損壞，備援設備資源（水、電、管路、泵浦/消防車）供應不及（例如影響反應爐洩壓及一次圍阻體排氣），現場操作環境惡劣之普遍問題，加上事故演變過速，應變不及(如 1 號機)，或是其他機組廠房氫爆，造成已佈設完成之設備管線受損（如 2 號機），以及廠區高輻射等因素。另一個因素可能是狀況複雜，必須同時進行多部機組超出預期之救援行動，應變程序與人力、經驗不足，無法作出最適當決策，都是極大的考驗。例如 2/3 號機曾嘗試恢復高水頭低流量之控制棒驅動液壓及備用硼液系統（注水流量各約每分鐘數十加侖），但至 3 月 13 日中午才下令進行注海水之準備作業，雖然任一可能補水來源都需盡量建立，但在人力資源有限情況下，如何考量其優先順序即成為判斷與決策能力的考驗。

表 2-4. 1~3 號機反應爐補水系統運轉與水位達 TAF 時序表

| **1 號機** | |
|---|---|
| 原補水系統運轉情形 | IC 於 3/11 14:46 地震發生時自動啟動，其間曾手動控制運轉，研判於 3/11 15:37 海嘯來襲時停止。 |
| 臨時補水系統開始運轉時間 | 3/12 05:46 首次利用消防泵補水入反應爐（但水可能並未注入反應爐） |
| 水位降至 TAF 時間（爐心燃料開始裸露） | 1. 3/12 02:27（水位儀器顯示）<br>2.利用嚴重核子事故程式估算結果(假設 IC 於海嘯來襲時即停止)：<br>~地震後 3 小時：東京電力公司(MAAP)<br>~地震後 2 小時：NISA（MELCOR） |
| 爐心開始熔毀時間 | 利用嚴重核子事故程式估算結果(假設 IC 於海嘯來襲時即停止)：<br>~地震後 4 小時：東京電力公司(MAAP)<br>~地震後 3 小時：NISA（MELCOR） |

| **2 號機** | |
|---|---|
| 補水系統運轉情形 | RCIC 於 3/11 15:02 初次手動起動，之後曾因高水位而自動跳脫，於 3/11 15:39 手動起動後，研判持續運轉至 3/14 13:18 停止 |
| 臨時補水系統開始運轉時間 | 3/14 16:34（於 3/14 19:20 發現消防車已停止運轉） |

| | |
|---|---|
| 水位達 TAF 時間（爐心燃料開始裸露） | 3/14 17:17（水位儀器顯示）<br>利用嚴重核子事故程式估算結果：<br>~地震後 75 小時（東京電力公司）<br>~地震後 75 小時（NISA） |
| 爐心開始熔毀時間 | 利用嚴重核子事故程式估算結果：<br>~地震後 77 小時（東京電力公司）<br>~地震後 77 小時（NISA） |

| **3 號機** | |
|---|---|
| 補水系統運轉情形 | RCIC 於 3/11 15:05 初次手動起動，之後曾因高水位而自動跳脫，於 3/11 16:03 手動起動後，研判持續運轉至 3/12 11:36 停止<br>3/12 12:35 HPCI 因低水位信號自動起動，於 3/13 02:42 停止運轉 |
| 臨時補水系統開始運轉時間 | 3/13 09:25 開始補淡水（水位仍降）<br>3/13 13:52 改補海水 |
| 水位達 TAF 時間（爐心燃料開始裸露） | 3/13 04:15（研判）<br>利用嚴重核子事故程式估算結果：<br>~地震後 40 小時（東京電力公司）<br>~地震後 41 小時（NISA） |
| 爐心開始熔毀時間 | 利用嚴重核子事故程式估算結果：<br>~地震後 42 小時（東京電力公司）<br>~地震後 44 小時（NISA） |

註：以上所載嚴重核子事故程式估算結果係摘錄自日本 NISA 於 6

月 6 日公布之“Regarding the Evaluation of the Conditions on Reactor Cores of Unit 1, 2 and 3 related to the Accident at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station, Tokyo Electric Power Co. Inc”之內容。

2.一次圍阻體排氣降壓與氫爆

1~3 號機在地震前皆在運轉發電中，海嘯造成反應爐之電動補水冷卻系統無法運轉後，反應爐爐心燃料仍持續產生相當之餘熱，必須排至一次圍阻體之抑壓池冷凝以維持反應爐壓力不致上升，同時 2/3 號機高壓注水系統（HPCI）及爐心隔離冷卻系統（RCIC）之泵浦係由反應爐蒸汽推動之汽機驅動，其運轉時之汽機排汽亦會排至抑壓池，兩者都會造成抑壓池溫度上升。尤其是抑壓池冷卻系統亦因斷電而無法運轉，其溫度升高造成一次圍阻體乾井及抑壓池壓力逐漸上升，必須適時進行排氣以避免一次圍阻體因過壓而破損，導致大量放射性物質在無法控制的情況下外釋至環境。

福島一廠一次圍阻體排氣流程圖如圖 2-1，排氣通路中設有氣動閥及電動閥，下游端設有過壓時開啟之爆破盤，最後經廠房煙囪排放。由於閥門之電源及氣源缺乏，電動閥部分雖可至現場手動操作，氣動閥則須臨時電源（提供電磁閥引動電力）及氣源（提供閥門驅動動力）方能開啟。臨時電源及氣源之供應，以及現場高溫度及輻射狀況皆增加操作之困難度，且某些狀況乾井之壓力較抑壓槽為高，故雖然抑壓槽之排氣閥已開啟，但因其壓力低於爆破盤之動作壓力而無

法排氣，必須再開啟乾井之排氣管，亦會影響實際上有效排氣之時間。

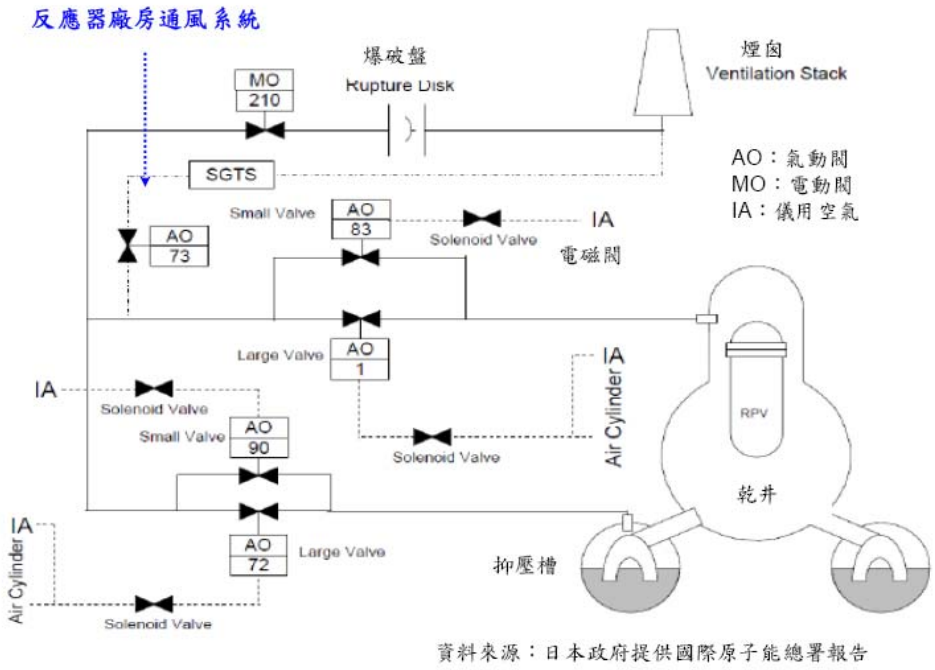



圖 2-1. 福島一廠一次圍阻體排氣系統流程圖

電廠下令開始進行排氣與實際排氣(由乾井壓力下降估計)之時間整理如表 2-5，由開始準備時間至實際排氣時間顯示需花費相當之時間。排氣後，1~3 號機乾井壓力均顯著下降，但氣動閥門開啟後亦可能因氣源或電源耗盡而關閉，此時即需再次進行操作。

由於反應爐水位因無補水而持續降低，部分爐心燃料裸露後，燃料溫度上升造成燃料護套之鋯金屬與水蒸汽作用（鋯水反應）產生氫氣，這些氫氣於反應爐洩壓時會與反應爐蒸汽中不凝結氣體一起排至一次圍阻體空間，這些氫氣可

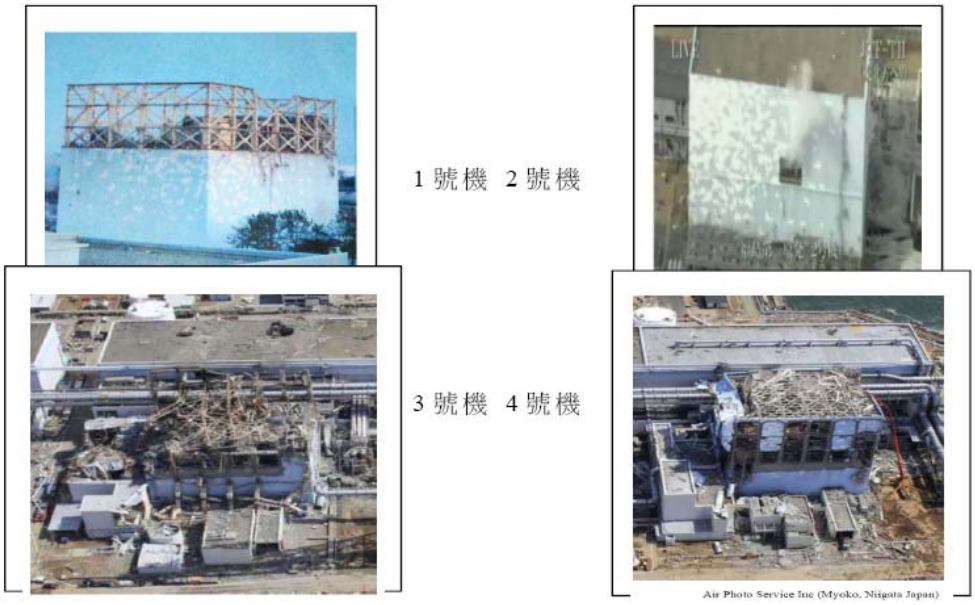
能先經受損之穿越孔填封或其他路徑再逸散至一次圍阻體外之反應器廠房，當空氣中氫氣濃度累積達到燃爆濃度後即發生氫爆。

表 2-5. 圍阻體排氣準備及實際時間表

| 機組 | 開始進行排氣<br>準備時間 | 實際初次排氣時間<br>（乾井壓力下降） |
|---|---|---|
| 1 | 3/12 00:06 | 3/12 14:30 |
| 2 | 3/13 10:15 | 3/14 18:06 |
| 3 | 3/13 05:15 | 3/13 09:24 |

1 號機於 3 月 12 日 15 時 36 分在反應器廠房頂樓區域發生氫爆，廠房屋頂及週邊牆壁因氫爆而毀損。廢料處理廠房（waste processing building）部分受損亦可能是因氫爆所致。於 3 月 14 日 11 時左右，3 號機於反應器廠房發生較 1 號機更嚴重之氫爆，造成廠房牆壁及頂樓天花板嚴重損壞，廢料處理廠房部分受損亦可能是因氫爆所致。從 1,3 號機廠房受損情形看出，其屋頂掀開處邊緣整齊，此乃為保護廠房內一次圍阻體避免因氫爆而受損之設計，同時也顯示廠房受損之同時也解除了後續因鋯水持續反應而引發氫爆之可能。4 號機於 3 月 15 日 6 時 10 分左右亦發生氫爆，反應器廠房多處樓層牆面及頂樓樓板嚴重受損，並可看到內部之設備；之後 4 樓發生火災，媒體報導 3 樓亦有火災，但現場無法確認。2 號機則於 3 月 15 日 6 時 10 分左右於廠房內有爆炸聲響，隨後抑壓池空間壓力下降，研判抑壓池亦可能發生氫爆並受

損，導致壓力下降。廠房受損照片如圖 2-2。



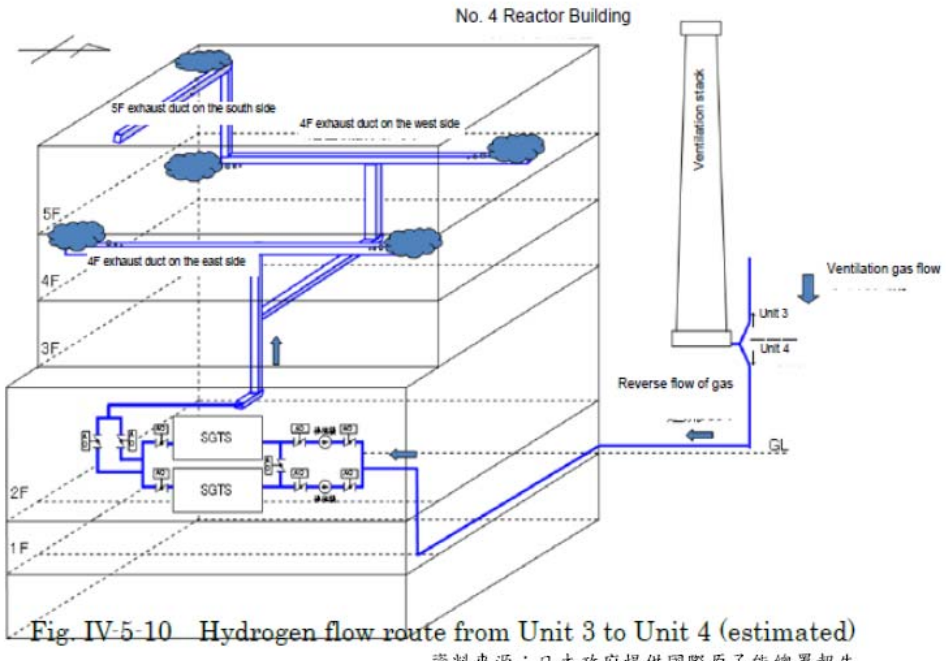

(2 號機所示為反應器廠房釋壓鈑，非氫爆之抑壓槽)

圖 2-2. 福島一廠廠房受損照片

以上 1~3 號機廠房氫爆皆在進行一次圍阻體排氣之後發生，設計上排氣流程係直接排至煙囪，為何氫氣會逸散至反應器廠房，目前日本官方公佈之資訊研判，其一途徑為一次圍阻體排氣時，經連通之備用處理系統管路倒流至反應器廠房；另一說法是因乾井壓力過高(如 1 號機)，造成乾井蓋或氣鎖門等穿越器產生隙縫而使排氣漏至反應器廠房。以上推測及確實原因仍有待進一步之資料加以確認。

4 號機部份，原懷疑氫氣來源是用過燃料池池水因用過燃料池冷卻系統失去電力無法冷卻而使池水溫度上升，池水沸

騰蒸發或池底破漏導致池水水位下降，造成貯放之用過燃料裸露，燃料溫度更為升高，因鋯水反應產生氫氣而發生氫爆。但後來經動電公司檢查池體及化驗池水，並未發現池體有洩漏或燃料有受損情形，因此在日本官方提供國際原子能總署之報告中，推測不排除是 3 號機進行一次圍阻體排氣時，排放之氣體(連同氫氣)經 3/4 號機於煙囪前連通之排放管路（如圖 2-3），經備用氣體處理系統風管倒流至 4 號機之反應器廠房而發生氫爆。




資料來源：日本政府提供國際原子能總署報告

圖 2-3. 福島一廠 4 號機氫氣來源可能途徑

3. 用過燃料池冷卻

1~4 號機用過燃料池貯存有 200~1331 束不等之用過燃

料，海嘯後冷卻系統因電力喪失而無法運轉，於事故後初期，用過燃料池之冷卻方式主要利用直升機在上空灑水及於地面利用消防噴水車噴水，之後改由高樓水泥灌漿車由高處灌注，或由原冷卻系統管路注水方式提供冷卻，2/3 號機新設之用過燃料池循環冷卻系統分別於 5 月 31 日及 6 月 30 日正式運轉，提供冷卻，1/4 號機亦將採行相同方式。

4.臨時電力系統佈設

由於廠內大部分位於地面層及以下之電力系統與設備皆因海嘯淹水而受損，事故初期係以電源車或移動式柴油發電機提供電源，並由臨時電纜供電至現場未受損之配電盤，以儘速提供相關救援設備與未受損之電力設備電源。之後則開始進行移動式配電盤及廠外電力系統佈設作業，以提供充足可靠之電力供應系統。

東京電力公司於 3 月 16 日開始進行廠外輸電線設置工程，並於 3 月 22 日完成廠外電力系統佈設，1~4 號機控制室照明乃分別於 3 月 24、26、22、29 日恢復供電，汽機廠房亦有部分照明恢復，並於 4 月 3 日將臨時注水泵電源改由廠外電力系統供應。

此外，為因應餘震可能引發之海嘯與破壞，東京電力公司除將移動式電力與配電盤設備等移至高處，並進行 1~6 號機廠外電力供應線路之強化作業，彼此可相互支援，以便於

任一外部電力供應迴路中斷時，可由其他迴路供電。

5.放射性物質外釋狀況與處理

福島一廠於 3 月 12 日開始偵測到廠區輻射劑量率升高，最高曾經到達約 12,000 微西弗/小時(背景值約為 0.1 微西弗/小時)，事故後至 4 月 1 日之廠區輻射劑量率變化如圖 2-4。

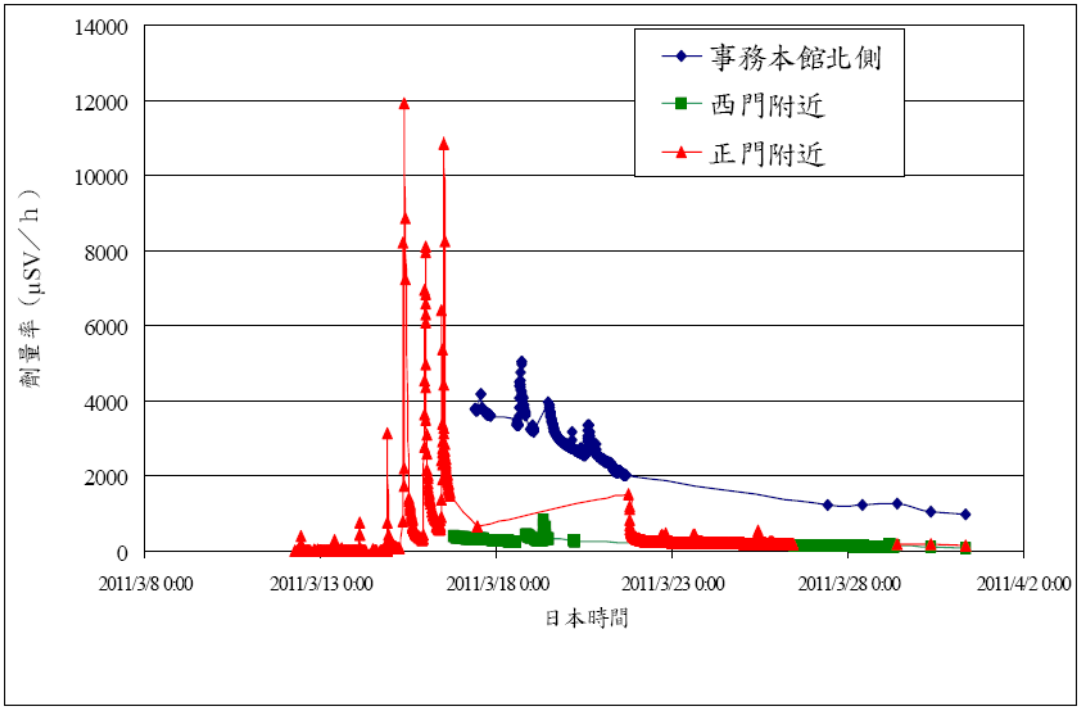



圖 2-4. 福島一廠附近劑量率變化圖

另由日本官方公布於 7 月 5 日監測之數據（如圖 2-5），於事務本館南側、西門及正門區域之空間輻射強度分別為 332/13/33 微西弗/小時，已較事故初期大幅降低，但最接近 1~4 號機廠房之事務本館區域仍屬偏高。其他廠界 9 個偵測點之空間輻射強度數值在 5~113 微西弗/小時，亦較事故初期

量測之數值降低。

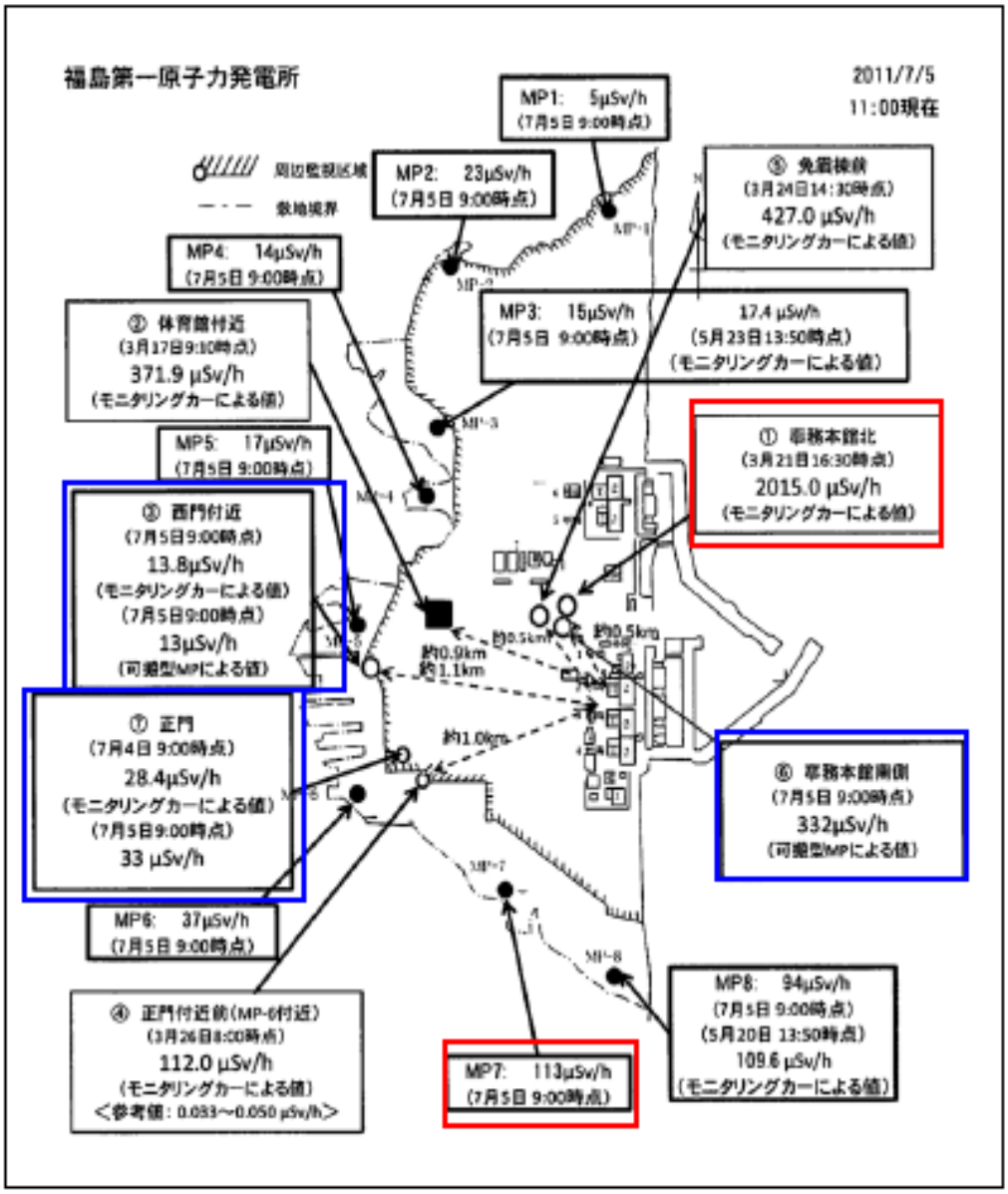



圖 2-5. 福島一廠廠區輻射偵測站輻射強度數值

在事故期間，因一次圍阻體排氣或廠房氫爆而外釋之放射性物質，依日本政府於 4 月 12 日公布由日本 NISA 及 NSC 估算當時放射性物質外釋量。碘-131 及其他核種之碘-131 等效量（Radiological equivalences to I-131）總合分別為

$3.7\times10^{17}$ 貝克及 $6.3\times10^{17}$ 貝克。另 NISA 就東京電力公司於 5 月 16 日提供之報告及相關資訊，委託日本原子力安全基盤機構(Japan Nuclear Energy Safety Organization，簡稱 JNES)重新估算外釋之放射性氣體總量，碘-131 增加為約 $1.6\times10^{17}$ 貝克，銫-137 約為 $1.5\times10^{16}$ 貝克，其主要差異原因為爐心燃料受損比例之預估值有變化，其中，1 號機爐心燃料預估受損比例減少 5%，但爐心燃料數目較大之 2 號機預估受損比例增加 20%。

在事故期間，放射性物質外釋亦造成鄰近區域輻射背景值增加。在福島一廠半徑 20 公里疏散區域外之輻射劑量率較高區域(俗稱"熱點")之偵測值變化如圖 2-6，皆位於廠區西北方向，其中偵測點 32 及 83 位於双葉郡浪江町，偵測點 33 位於相馬郡飯館村，其於事故期間最高值達 106~170 微西弗/小時。至 7 月上旬，日本全國除了福島縣部分地區以及茨城縣少部地區輻射劑量仍較背景值稍高外，其餘縣均在天然背景值變動範圍內。就 7 月 5 日日本文部科學省公佈在福島一廠半徑 20 公里疏散區域外之輻射劑量率偵測資料(如圖 2-7)，大部分偵測點之數值已在 1.0 微西弗/小時以下，但偵測點 32、33 及 83 之劑量率分別為 16.2/12.1/37.5 微西弗/小時，仍然偏高。

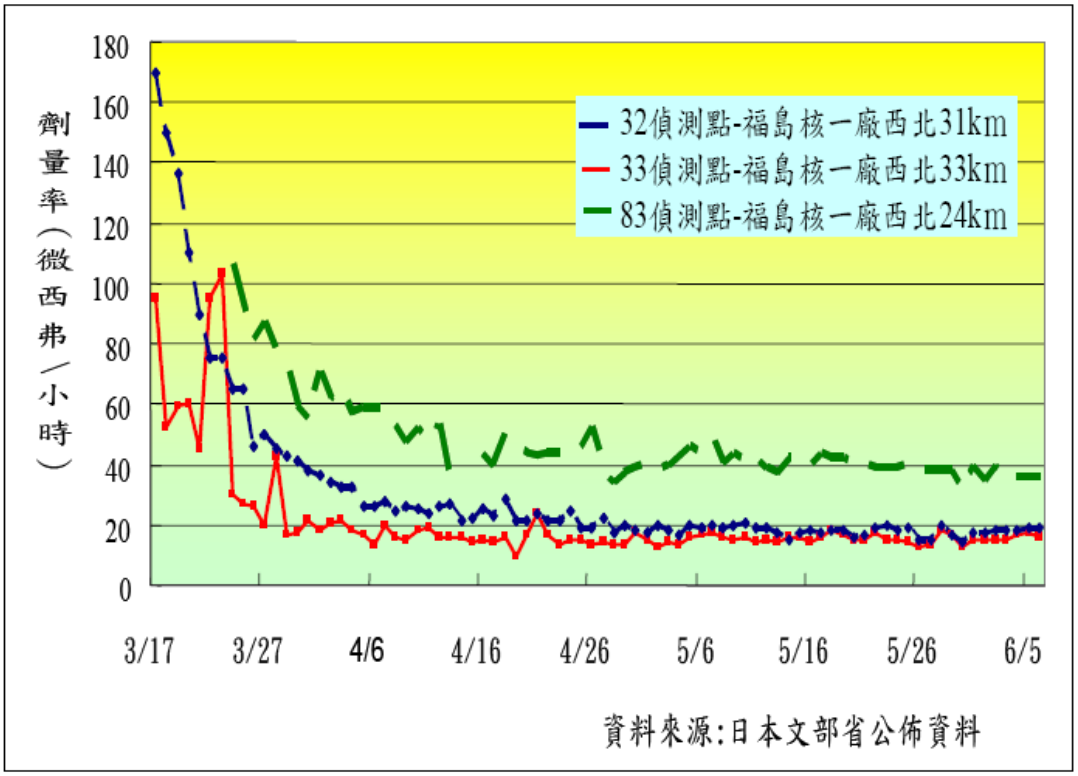



圖 2-6. 福島一廠 20 公里外偵測點變化趨勢

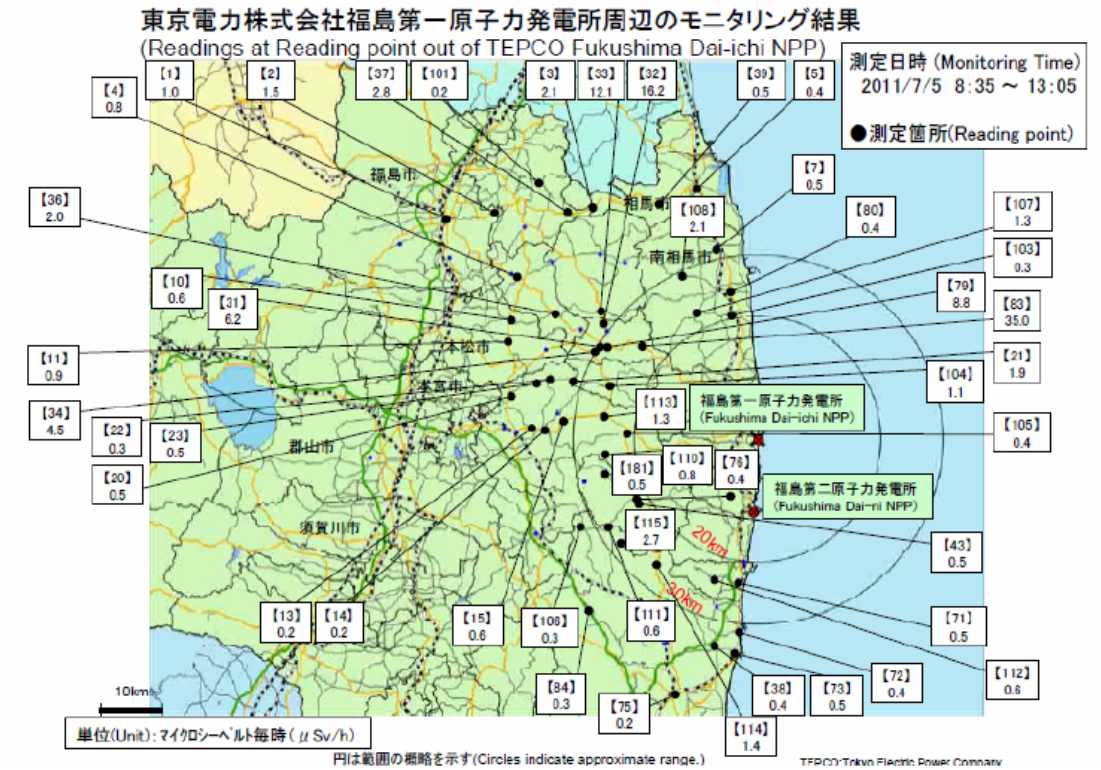



圖 2-7. 福島一廠 20 公里外偵測點輻射值(7 月 5 日)

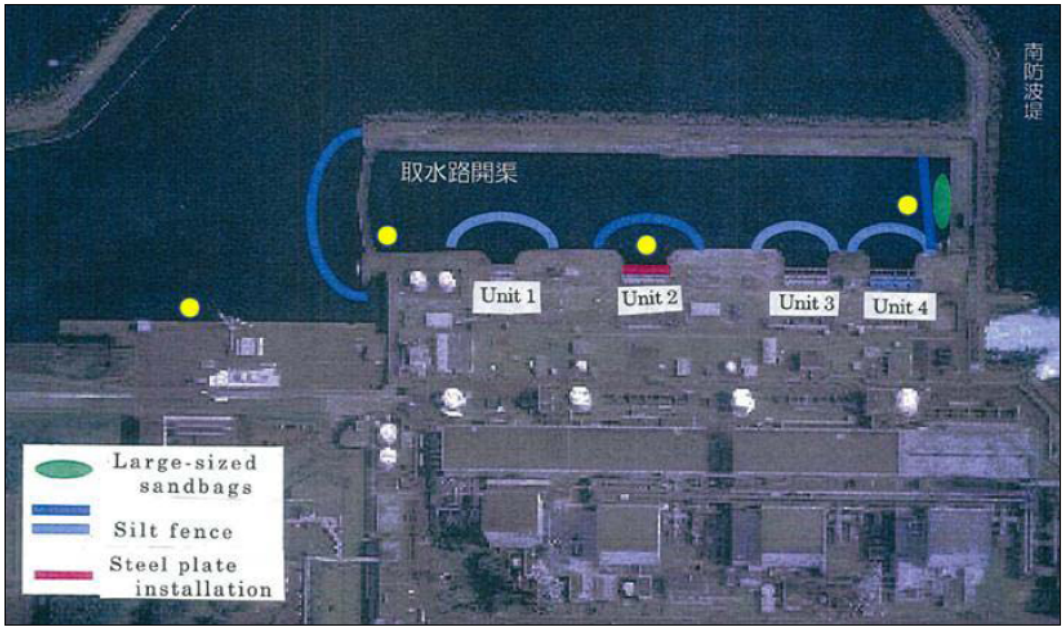
此外，各機組廠房皆存在有數量不等之放射性積水，其中 2 號機汽機廠房外電纜隧道豎井之積水曾經由裂縫而流至海水泵室取水池，並外釋至附近海水中。這些廠房及隧道積水原傳送到主冷凝器及放射性廢料處理廠房，同時並訂購臨時儲存槽以增加存放容量。同時並設置過濾除塩系統，去除廢水中之塩份、放射性及雜質後，再作為爐心注水之水源。

廠區內部分廠房或系統，如主冷凝器及廢料處理廠房儲存槽仍有若干放射性較低之廢水，為提供廠房內高放射性之積水之暫時貯存空間，東京電力公司曾申請將低放射性廢水排入大海，並規劃利用增設備用水槽及駁船等來存放。

由於 2 號機汽機廠房外電纜隧道豎井之積水，經裂縫流入海水泵室取水池中，於 4 月 2 日發現海水放射性濃度超標。於 4 月 5 日灌入俗稱水玻璃之凝固劑後，於 4 月 6 日 5 時 38 分確認漏水已停止。為了減少取水池之高放射性海水擴散至外海之數量，於 4 月 13~14 日再於 1~4 號機進水口外圍設置砂籬(Silt fences)，於 4 月 15 日將 2 號機取水過濾網設置 7 道鋼板，以阻絕高放射性之滲漏廢水擴散至外部海水。同時於 4 月 17 日完成在 1~3 號機欄污柵沖洗泵進口區域設置內有可吸附放射性物質之高分子吸收材料(Zeolite)砂袋（如圖 2-8）。

對於因氫爆而散落於廠區之廠房結構物碎片或其他設備雜物，利用遙控重機具收集後裝至貨櫃集中處理；針對廠

區被輻射污染之粉塵，則於 4 月 1 日開始執行避免放射性物質飛散的防止劑之撒放作業（如圖 2-9）。




照片來源：IAEA報告

圖 2-8. 福島一廠海水泵室取水口防止污染擴散設施設置情形



照片來源：日本經產省報告

圖 2-9. 福島一廠放射性物質飛散的防止劑之撒放作業情形

在廠外海水及陸地之輻射監測部分，自從福島電廠發生核子事故後，大量的放射性物質外釋的結果，造成附近土壤受污染，根據日本文部科學省所公布福島電廠附近土地，有不同程度的碘-131、銫-134 及銫-137 的污染，主要集中在福島第一核能電廠半徑 30 公里的土地上，經持續監測該地區附近 30 公里處土壤放射性核種含量已趨於穩定，環境輻射劑量已有顯著下降趨勢，東京電力公司自 4 月開始持續於廠區噴灑飛散防止劑，對防止地面放射性物質粉塵外釋的現象，已有相當效果。

因日本東京電力公司將福島核一廠放射性廢水排放至海中，根據日本文部科學省公布的初步量測結果，在福島核電廠外海 30 公里的海面上，經過海洋的稀釋效果，銫-137 濃度比岸邊約降低 1000 倍。而日本文部科學省管轄下之「行政法人海洋研究開發機構」，針對輻射物質排入海中之擴散情形進行檢測，該機構進行模擬並預測海水「銫-134」與「銫-137」之擴散情形。5 月中旬模擬計算結果，整個海域之「銫-134」與「銫-137」都在儀器檢測低限值以下。而文部科學省自 6 月 4 日起公布數據亦顯示，根據最新的監測結果，日本福島 30 公里外海已未檢測出碘-131 及銫-137。

目前日本政府已針對福島核能電廠半徑 30 公里地區採取復育措施，包括詳細輻射污染地圖的製作、土壤除污及改良之評估、解除管制之規劃、民眾受曝露劑量之評估與長期之健康照護等。

6.民眾疏散與工作人員傷亡及輻射曝露情形

在民眾疏散作業部分，由日本官方公布之數據，於 20 公里半徑內之居民人數為 78,200 人；於 20~30 公里區域內民眾人數為 62,400 人。於半徑 20 公里以外自願性疏散之民眾以及其他因輻射背景有升高趨勢之區域，政府考量相關物資救援與生活條件可能不良，故鼓勵民眾自發性撤離。

在電廠人員傷亡部分，依據日本經產省至 7 月 1 日公佈的統計資料，目前有 2 名工作人員死亡以及多名工作人員受傷，2 名死亡人員係於 4 號機汽機廠房發現，研判為地震海嘯期間受撞擊而死亡，多名工作人員受傷原因則為 1/3 號機廠房氫爆及在廠房內工作時不慎受傷。截至目前為止，並無人因核災導致之輻射曝露而死亡。

在工作人員輻射曝露情形方面，主要為事故初期於現場工作時受到程度不一之體內或體外污染，至 7 月 1 日止，共有 30 名工作人員體內外輻射曝露劑量超過 100 毫西弗（原工作人員每年劑量限值），8 人超過日本政府因應福島事故所修訂之緊急工作曝露限值 250 毫西弗，其中 2 名劑量達 643 毫西弗及 678 毫西弗。

（四）後續處理

東京電力公司於 4 月 17 日公佈事故處理的時間表與各項處理策略(Roadmap)，預計在 3 個月內降低核電廠的輻射外

洩，並在 6 至 9 個月內冷卻爐心、讓輻射外洩情況獲得控制，其主要之目標與時程如表 2-6。東京電力公司於 5 月 17 日公佈事故處理措施執行情形，新增防止地下水污染、強化餘震與海嘯之預防措施及改善工作人員環境等 3 項，並將建立反應爐注水冷卻循環列為優先作業，此為將廠房積水經處理冷卻後打回反應爐，可改善目前持續由外部補水方式造成廠房積水量增加的狀況。6 月 17 日東京電力公司再新增輻射管制之醫療照護乙項議題，處理因應措施由 76 增為 81 項。

表 2-6. 東京電力公司事故處理目標與時程(4 月 17 日)

| | 第 1 階段<br>3 個月 | 第 2 階段<br>6~9 個月 |
|---|---|---|
| 目標 | 輻射劑量穩定下降 | 控制放射性物質外釋<br>(劑量大幅降低) |
| 反應爐 | 穩定冷卻(水位回升至燃料頂部) | 冷爐停機 |
| 用過燃料池 | 穩定冷卻 | 更穩定的冷卻<br>（保持足夠之水位與建立遠距操作） |
| 放射性廢水 | 防止外釋至廠區外 | 降低污染水量<br>(除污與除鹽) |
| 放射性廢氣與污染之土壤 | 防止擴散 | 將反應器廠房包封，重新建立圍阻功能<br>（屬暫時措施） |

目前各項作業仍持續進行中，部分作業已完成，如建立反應爐注水冷卻循環乙項已於 7 月 2 日正式運轉，2、3 號機新設之用過燃料池循環冷卻系統亦分別於 5 月 31 日及 6 月 30 日正式運轉，將反應器廠房包封以重新建立圍阻功能部分，1 號機反應器廠房外罩之安裝工程已於 6 月 28 日開始進行。但有關反應爐穩定冷卻，水位回升至燃料頂部部分，因研判反應爐底部有洩漏，故需採取乾井灌水之措施，但乾井亦有洩漏，必須先止漏，故此項作業困難度應較高，仍有待觀察其後續執行情形。

二、福島一廠事故的經驗回饋

日本東北地區外海於當地時間 3 月 11 日下午 2 時 46 分發生規模 9.0 的大地震並引發海嘯，日本核能電廠受此地震與海嘯影響如圖 2-10 所示，由北向南依序為女川核電廠 1 至 3 號機、福島一廠 1 至 6 號機、福島二廠 1 至 4 號機及東海電廠 1 號機；地震發生當時僅福島一廠 4 至 6 號機正在進行填換燃料大修而停止運轉中，其他機組均於功率運轉之狀態，事件至今福島一廠 1 至 3 號機仍未能置於冷停機狀態。

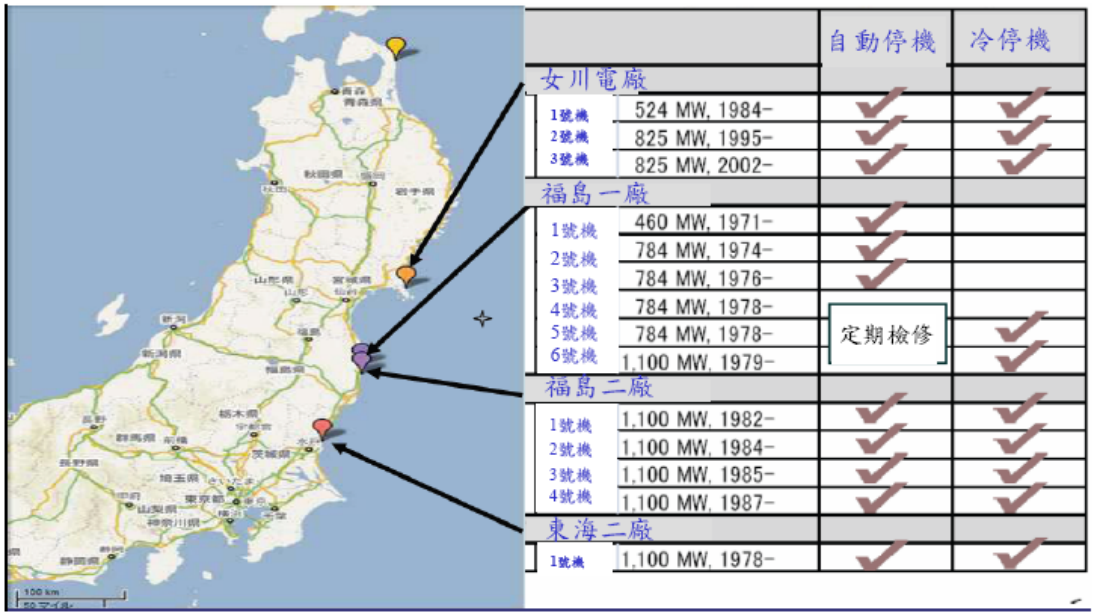



圖 2-10. 日本東北大震受影響的核能電廠

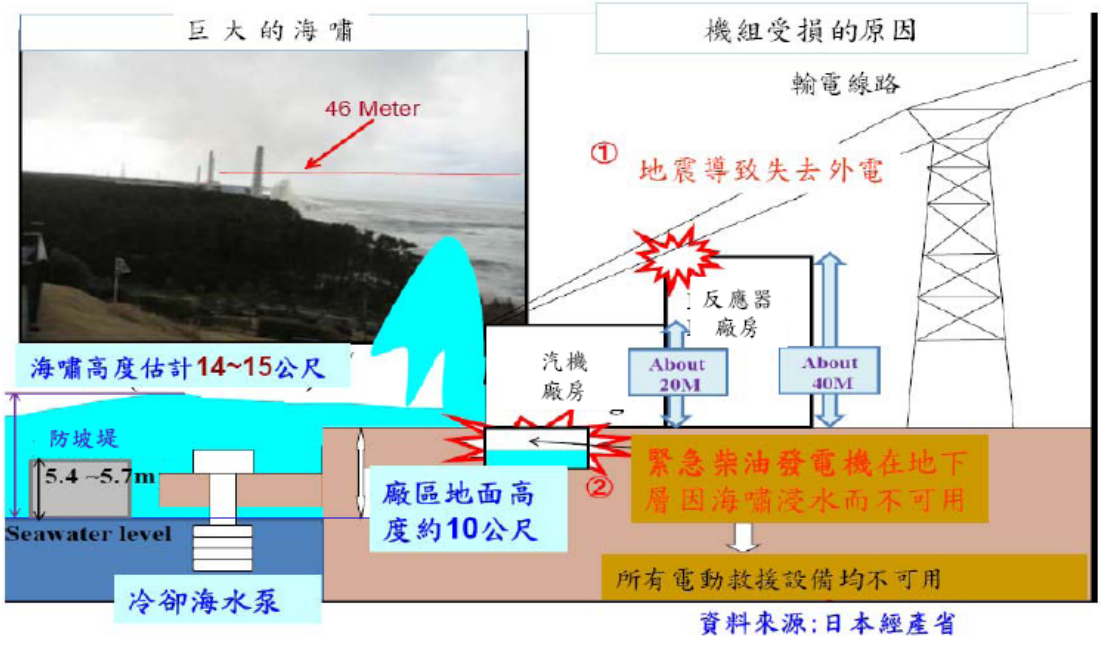



圖 2-11. 福島一廠複合式災難肇始事件圖示

圖 2-11 說明在地震發生初始，核電廠之外電供應因輸配電網(Grid Line)鐵塔耐震能力較低倒塌而跳脫，導致喪失外電之肇始事件，核電廠本身安全耐震設計包含甚高的安全係

數，故由反應器保護系統自動動作跳脫反應器，緊急柴油發電機因低電壓而自動起動運轉供應緊急用電。隨後而來的大海嘯高出電廠設計時考慮之海嘯高度(5.7 公尺)近 10 公尺，除了摧毀所有的緊急海水泵之外，由於海嘯淹沒廠區深達 4 至 5 公尺，使得福島一廠六個機組所有 13 台緊急柴油發電機中，除了 4 號機 1 台在大修，6 號機 1 台受柴油機廠房保護外，剩下的 11 台緊急柴油發電機全因浸水故障而不可用，也因為 6 號機在柴油機廠房的該台緊急柴油發電機為氣冷式，不需要由緊急海水泵提供冷卻，故其可提供機組冷卻所需之電力，穩定將福島一廠 5、6 號機帶到安全冷停機狀態。

因福島一廠廠址過於擁擠的配置，故兩機組間實體分隔性不足，故在一部機組的問題會導致相鄰機組在安全狀況的負面效應，例如，3 號機的氫氣爆炸導致用於 2 號機灌注海水消防泵失效無法運轉，受單一廠外事件(海嘯)導致同時喪失 6 部機組中 11 部緊急柴油發電機。福島一廠在廠址選定方面顯有弱點，蓋因福島二廠及女川電廠與福島一廠相距不遠，在地震及海嘯下並未遭受如福島一廠之嚴重損壞。

多機組廠址顯示優劣互見的交互影響：(1)共因失效的脆弱性增加，(2)處理多機組同時嚴重事故對人力、資源可用性挑戰甚大，(3)具有潛在較高的輻射源項，然而在(4)高度標準化有利經驗共享，及(5)共用設備有較佳經濟性，及在有足夠餘裕能相互支援時較高安全性。另外，依據目前推測在 4 號

機的氫氣爆炸或火災係經由與 3 號機共用管線的氫氣洩漏所致。至於，5、6 號機組因距離 1~4 號機較遠，故能免於受 1、3 號機組氫氣爆炸之不利影響。

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，要求台電公司檢討各核能電廠安全防護有關事項。由上述日本福島一廠事故的說明，東京電力公司在電廠事故救援過程所遭遇的困難與問題，並參考 1~3 號機爐心熔毀嚴重事故之演進，以及日本政府於今年 6 月 20 日於國際原子能總署召集的部長會議中的報告(詳參附錄 4.2)，彙整得到以下八項重要的經驗回饋，可做為我國執行核能安全防護第一階段安全評估的主要項目，據以檢討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。

(一)海嘯預防準備不足

日本福島第一、二核電廠 10 部機組、女川核電廠 3 部機組及東海電廠 1 部機組等共 14 部機組，於 3 月 11 日東北地區外海規模 9.0 大地震後，分別遭受高度不等之海嘯侵襲(相關資訊如表 2-7)，導致福島一廠 1 至 3 號機爐心熔毀及 4 號機用過燃料池喪失冷卻的嚴重事故。其中，福島一廠 5、6 號機因 6 號機在柴油機廠房之緊急柴油發電機未受損，且該台緊急柴油發電機為氣冷式不需要緊急海水泵提供冷卻；福

島二廠則未發生喪失廠外電源的情況，有足夠充裕的時間更換淹水受損泵的馬達，故與福島一廠 5、6 號機均未發生嚴重事故之後果。如表 2-7 所述，福島一、二廠，均遭到高達 15 公尺的海嘯侵襲，遠遠超過設計基準的 5.7 公尺海嘯，顯示原始防海嘯設計的不足。反觀女川及東海核電廠則因海嘯高度小於設計高程，故並未受到嚴重影響。

表 2-7. 日本核能電廠防海嘯設計及廠房高程設計基準

| 項　　目 | **福島一廠** | 福島二廠 | 女川電廠 | 東海電廠 |
|---|---|---|---|---|
| 廠址設計高程（公尺） | **1-4 號機**：10<br>5-6 號機：13 | 12 | 13.8 | 8.9 |
| 想定海嘯最高水位（公尺） | 5.7 | 5.2 | 9.1 | 7.0 |
| 此次海嘯上溯高程（公尺） | 14~15 | 局部區域達 14~15 | 13 | 6.3 |
| 海嘯淹浸廠址（公尺） | **1-4 號機**：4~5<br>5-6 號機：1~2 | 2~3 | 未淹浸 | 未淹浸 |
| 目前機組狀態 | **1-4 號機：受損**<br>5-6 號機：安全停機 | 安全停機 | 安全停機 | 安全停機 |

由於核能電廠海嘯分析為數十年前的老舊資料，而海嘯分析的結果與地震規模直接相關，近年學術界在地震工程學、海嘯分析研究等技術已有甚大之進展，宜以新技術重新分析，以了解原海嘯設計對核能電廠之安全防護是否足夠。依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項十，「請國

科會協調學術界提升海嘯研究能量，將波高、潮汐及氣候等因素納入研究範圍，並應強化各項研究數據之正確性及推估模式之可靠度」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項十三，「請原能會督導臺電公司，預為設想及推估可能造成核安問題之海嘯發生情境及機率，針對各項情境研擬可能之因應措施，並綜合考量成本及技術等因素，俾決定最終之方案」。

依據行政院專案小組 8 月 26 日審查會議結論事項一，「國科會所提『潛在大規模地震引發海嘯對核電廠之影響』報告，應針對各種預想情境的參數或標準明確定義，對於如何計算推估出地震可能引發之海嘯高度，亦宜進一步說明。另該報告目前係 2 維模擬資料，請國科會在下一階段 3 維海嘯分析中納入海浪波長、動力效應、近岸海底精細地形（例如考量南灣海灣地形之海嘯靈敏度分析，以了解核三廠分析結果的合理性）等因素，並考慮增加針對包括歷史海嘯、火山群、海底山崩等非地震斷層之海嘯分析」。原能會將持續追蹤國科會本階段及下一階段的海嘯模擬評估結果，做為採法規規範重新評估前要求台電公司納入因應措施之參考，並持續督促台電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並依重新分析之結果考量強化設計及因應超過設計基準(依設計基準水位提高 5 至 6 公尺或為水密性)之能力。

依據行政院專案小組 8 月 26 日審查會議結論事項二，「另

請原能會督促台電公司務必確實調查及掌握各核電廠所在之海、陸域斷層現況，並追蹤海嘯分析中地震規模的影響，俾據以研擬因應措施」。原能會將持續追蹤並督促核一、二、三廠附近海域、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。原能會將瞭解掌握國科會海嘯分析，並確認海、陸域斷層補充調查結果對海嘯分析之影響；由於核能電廠海嘯分析為數十年前的老舊資料，而海嘯分析的結果與地震規模直接相關，近年學術界在地震工程學、海嘯分析研究等技術已有甚大之進展，將要求台電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並視分析結果考量強化設計及因應能力。

(二)對長時間喪失所有廠區交流電源之準備不足

因為地震事件導致福島一廠喪失外電，機組雖成功自動急停，緊急柴油發電機亦自動起動供電，然隨後的海嘯摧毀所有的緊急海水泵，並淹沒廠房內位置不高的交流電源(緊急柴油發電機)，僅有 6 號機的 B 台緊急柴油發電機未淹沒能繼續供電，並將 5、6 兩機組安全帶到冷停機的狀態。在交流電源無法於短時間修復供電的情況下，該廠 1 至 3 號機或因蓄電池組亦遭水淹沒或能力用盡或汽機帶動設備失效

後，最終導致喪失爐心冷卻能力，使得燃料過熱受損，最後造成爐心熔毀的嚴重事故；4 號機雖然在停機大修期中，然因爐心燃料全移入用過燃料池，亦導致用過燃料池因喪失冷卻而可能導致燃料損毀的議題，此議題將在之後的項目中詳細討論。

核能電廠在喪失所有交流電源的安全設計規範，與廠外電源在一定時間內的回復能力、廠內緊急柴油發電機的可靠度，以及廠內直流電源在前述外電回復時間內的可用性有關。目前，我國係假設廠外電源可以在 8 小時之因應時間內回復，然此次福島事件長達數天的喪失所有交流電源事件而言，有必要重新審視安全設計上對因應時間的假設、廠內緊急電源的強固性與可靠度，在嚴重的自然危害下須能降低喪失所有交流電源事件之風險。

另外，我國核能電廠在直流電源設計容量即要求滿足上述 8 小時之因應時間，故須重新審視直流電源容量及蒸汽帶動泵等設備之能力，使可以因應超過原設計更長時間喪失所有交流電源的能力。考量該因應時間之原始設計[7]係針對惡劣天候(如降雪、颶風、強風及龍捲風等)所規劃，在非天候因素如規模甚大之地震危害事件下，須積極強化以大幅延長喪失廠外電源的因應時間，在國際間對此議題均認為須有所加強，但延長多久則尚未有定論，因此短期應先要求核能電廠強化至盡可能的更長的因應時間，並佐以移動式電源車、

發電機、空壓機等備用救援設備，使電廠在喪失廠外電源下仍有至少 72 小時之因應能力；待國際上對此議題得到共識後，將再要求核能電廠提升相關設計基準之能力。

核能電廠在電源的防護方面，除自然事件之危害外，另須納入飛機墜落等人為肇因，故緊急柴油發電機設置的位置須採多樣化方式，在地下以水密門保護防淹水的緊急柴油發電機可避免飛機墜落將其損壞，而在高處的緊急柴油發電機則可免於洪水、海嘯之威脅；爾後核能電廠新增設施應採整合性考量，以強化天災及人為事件複合式災難之因應能力。

(三)氫氣累積、偵測及防範爆炸之能力不足

由於爐心燃料長時間喪失冷卻，將導致燃料元件過熱受損，在高溫度(約攝氏 1200 度)下燃料元件護套的鋯合金材料與水蒸汽產生劇烈的氧化反應，並產生大量之氫氣與熱量，此放熱反應將加劇惡化反應爐內的情況，溫度、壓力上升更高，並加速該氧化反應的作用，產生的氫氣隨著安全釋放閥的蒸汽釋出進入一次圍阻體，在喪失所有廠區交流電源以及所有最終熱沉(所有緊急海水泵受海嘯侵襲損毀)時，蒸汽帶動泵無法運轉移除衰變熱之後，將使得一次圍阻體濕井溫度、壓力持續增加。福島一廠已依據美國三哩島事件之經驗回饋措施，裝置一次圍阻體洩壓排氣系統(Direct Torus Venting System, DTVS)，並將原有管線增設可耐排氣壓力之

鋼管(Hardened Piping)，然因排放管線上開啟操作閥門所需之電源已喪失，運轉員須穿著抗輻射裝備摸黑處理，造成延宕降壓補水處置之最適時機。另外，目前尚未澄清該排放程序使得氫氣洩漏進入在反應器廠房(二次圍阻體)之路徑，並因全黑情形下無通風系統，致氫氣累積在廠房高處，達一定濃度後導致氫氣爆炸嚴重損毀反應器廠房。

依據行政院專案小組6月28日審查會議結論事項八，「請原能會督導台電公司確實掌握核電廠氫氣可能釋出的途徑，並強化氫氣監控及排放之措施」。從圍阻體至其他相關廠房氫氣產生的監控、排除及釋放過程均須深入檢討，如強化DTVS管道的耐震性、廠房氣封密閉性，擴充排放管線閥門的操作能力，在反應器廠房或其他可能聚積氫氣之廠房高處，增設失效安全(開啟)的天窗、氫氣再結合器、氫氣點燃器，在圍阻體或廠房通風系統管道增設催化劑反應之氫氣再結合器；美國麻省理工學院福島事件的初步評估[8]，提出長期而言可考慮不再使用鋯合金作為燃料護套的材料，改採不易產生氫氣的材料(如陶瓷材料)做為燃料棒的護套。另外，可考量圍阻體在喪失所有交流電之情形下，需建立非動力操作方式之長期熱移除能力。

(四)喪失用過燃料池之冷卻

福島一廠用過燃料池因位置較高，在1及3、4號機組發

生氫爆的同時結構可能受損。在上述廠區全黑的情境，對已停機且爐心燃料全出的 4 號機，因用過燃料池內儲存大量退出爐心的燃料，仍存在有較高的衰變熱，於喪失用過燃料池的冷卻能力後，用過燃料池池水溫度會逐漸上升而開始蒸發，如使得燃料裸露未被水覆蓋，則可能導致燃料過熱受損，甚至更嚴重的鋯護套火災事件。為確保用過燃料池有足夠之冷卻，東京電力公司實施長達一週以上非傳統(如直升機、高壓水砲)的冷卻方式，目前資料顯示釋放進入環境的放射性物質最顯著的為 4 號機組。用過燃料池結構是否因地震或氫爆而受損尚待確認，惟用過燃料池水位降低則為事實，亦使得相關救援處境更加惡化。

依據美國國家研究院(National Research Council)核電廠用過燃料儲存安全及保安報告[9]指出，重新安排用過燃料池中用過燃料位置的組合，可降低鋯護套火災之可能性，並可避免釋放大量的放射性物質到環境。用過燃料池除強化補水策略外，可以藉提供噴灑策略以冷卻用過燃料。用過燃料的乾式貯存較置於用過燃料池的濕式貯存，因不需靠動力冷卻，在安全性上更具優點，但僅適用於較冷的用過燃料。

(五)電廠自救能力及週邊基礎設施損毀之威脅

福島一廠因地震、海嘯之複合型災難事件，導致電力設施、冷卻水或其他貯槽受損，廠址週邊道路交通中斷，惡化

核電廠救援及外援實施之困難性。廠外電源供應之輸電鐵塔倒塌，廠內開關場因地震而受損，重新恢復外電的提供須要修復開關場等基礎設施；未採鋼筋混凝土結構保護之貯槽受損，導致救援所需設備之支援系統(動力油、氣源、水源)中斷，損壞的設備或貯槽橫互嚴重影響救援之速度；廠區聯外道路中斷使得救援所需人員、各式設備、機具無法迅速進入，延緩救援速度並惡化機組之事故程度。

考量在惡劣情況下核電廠與廠外基礎設施之相依性，廠外電源可靠度及持續供應能力的強化，得以提高核電廠在事故後迅速獲得外部電力供應；在外電以及氣渦輪發電機進入機組供應的開關場，其耐震設計及防水災、海嘯淹沒的能力也必須檢討並視需要提升。如嚴重自然危害使得廠區聯外道路中斷之影響，核電廠有必要強化獨立因應並自我救援的能力與機制，然而，核電廠在符合特定期間的因應能力之後，仍需地方政府及中央部會的迅速協助，故在救災事項有關軍、警、消防及其他特定專業支援之協議/合約內容，以及救援人員之輻射防護設備與能力，均須針對類似福島事件之衝擊事先規劃納入考量。

(六)地震設計基準與強化措施

依據行政院專案小組6月28日審查會議結論事項八,「核電廠各項備用設備應考量在強震下的可用性，並強化操作程

序的嚴謹正確」。依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項九，「請原能會督導台電公司強化核電廠反應器一次圍阻體及管線的耐震能力，另針對核電廠組件、系統、結構物的耐震強度分析(Fragility Analysis)之長期技術發展，應檢討納入國內專家之技術能力與意見，以建立國內產、學參與並協助決策之機制」。依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項十一，「國內斷層細部及工程調查仍待發展，請國科會協調相關機構之研究應考量全波型不同頻率對建物之影響，近期內應瞭解備用設備耐震週期及在核電廠增設地震儀，長期則應完成海陸域調查、海嘯歷史事件調查研究」。依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項十二，「請原能會督導台電公司強化國內核電廠之耐震設計，透過執行模擬分析，瞭解在不同地震加速度情境下，對核能電廠可能的災損後果及影響，並進而強化對地震、海嘯複合型自然災害之因應措施」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項一，「有關將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g 一節，是否確實可行，宜再進一步審慎評估，並應說明評估之因素及最終決定之依據」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項八，「請原能會督導臺電公司在電廠增設地震儀，並對外界說明以往核電廠於實際地震時量測之結果；另請原能會督導臺電公司將海嘯分析納入核四廠終期安全分析報告（FSAR）中」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審

查會議結論事項十一，「總體檢報告中下列用語及內容請再檢討修正：1.耐震“係數”之評估與提升，改為採用耐震“能力”之評估與提升；2.有關技術之用辭，應力求能精準表達技術要項；3.考量危害度分析的可能影響，對安全停機地震（SSE）須保留彈性；4.對於核電廠因應地震之設計（Design）及能量(Capacity)須加以釐清，以避免外界誤解」。

依據行政院專案小組8月26日審查會議結論事項二，「請原能會釐清美、日在核電耐震設計基準之地震定義及相關設計要求」。美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318 等)以運轉基準地震(Operating Basis Earthquake，OBE)及安全停機地震(Safe Shutdown Earthquake，SSE)設計基準地震，進行耐震設計分析。美國規範要求，在OBE地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進入非彈性反應，但在SSE地震下安全相關之結構/系統/組件只要仍能發揮其既定功能，允許非彈性。原能會執行中之委託研究計畫「美日核能耐震相關規範/導則新舊差異分析」將持續探討並釐清美日耐震設計定義及要求。

目前瞭解之情況為地震引起的受損主要在外電的供應，尚未確認對安全重要設備、組件之影響，至少在海嘯侵襲前機組處於可管控之狀況。然而，由地震可能導致的詳細損壞情形尚待澄清及發現，且在福島一廠反應器廠房基座的地震

最大加速度紀錄顯示，2、3 及 5 號機組所測得之東西向最大加速度值超出設計基準值(Ss)，故對於反應器廠房及重要安全設備的地震安全性仍有待進一步評估。

日本在以往幾乎未曾觀測到地震活動的地區，因此次地震之誘發，頻繁發生地震，且亦出現如 4 月 11 日福島縣濱通地區地震之正斷層型地震活動。有關斷層發生活動可能性之再評估，應針對以往列為無須納入耐震設計之斷層，重新檢討其是否有納入之必要，並收集其他進一步資訊。如發現對廠區可能造成影響之斷層時，也必須進行地震動評估。日本原子力安全保安院已要求對現有反應器耐震設計上，對地質調查或文獻中所列斷層、變位地形、線性構造等納入考量，進行進一步調查瞭解。國內核能電廠為因應斷層新事證(核一、二之山腳斷層與核三之恆春斷層)，已積極執行耐震安全再評估精進作業，為因應福島一廠事件，該計畫已加速進行並參採福島一廠之經驗回饋。

日前日本原子力安全保安院在要求防海嘯之緊急安全對策時，即依據福島一廠海嘯上溯高度超過設計值為標準對所有電力公司之核電廠做齊頭式之要求，故我國要求將核一廠之耐震基準由 0.3g 齊頭式提升為 0.4g 之做法，實係積極回應我國民眾對各核電廠核安標準的迫切期許。未來若上述耐震安全再評估精進作業之地震危害度分析結果發現比 0.4g 的要求更高，則因已執行相關更新改善作業，臺電公司從執

行過程中獲取的經驗，可有助於加速完成提升耐震之安全性能；若危害度分析結果無提高之要求，則在已提高到更高的安全標準下，能強化我國政府對確保核能安全的宣誓，有助於獲取民眾對安全的信心。

依據 2010 年 9 月 2 日 GI 199 專案小組主席提供美國核管會核管署署長的備忘錄報告[10]，有關美國中部、東部地震危害機率評估更新專案之風險評估結果，提出美國核電廠 SSE 低於(包含)0.2g 的至少有 90 個機組，Quad Cities 1、2 號機為 0.24g，Clinton、Seabrook 機組為 0.25g。加州能源委員會報告[11]指出在美國加州的 San Onfree 三部機組原始 SSE 均為 0.5g，目前均已更新為 0.67g，至於也在加州的 Diablo Canyon 兩部機組原始 SSE 為 0.4g，目前均已更新為 0.75g。我國在耐震安全再評估精進作業釐清斷層新事證的影響後，也應該就斷層的影響評估並確認國內電廠更新耐震能力之需求。

日本原地震設計指引區分設計基準地表運動為 S1(活動斷層回歸期 10,000 年以上)及 S2(活動斷層回歸期 50,000 年以上)兩種，且設計理念為廠址地表運動不可能會超過 S2 者；在 2006 年修訂後僅採性能基準的地震設計指引 Ss(在約 80,000 ~ 130,000 年之前晚更新世的活動斷層)一種設計基準地震(設計值 Sd=a×Ss, a>=0.5)，且設計理念修改為廠址地表運動有可能會超過 Ss 者。日本核管單位係在發現核電廠在經

歷遠超過設計基準(S2)之強震後，安全設備均未受損能正常運作並能安全停機，故為反映地震學及地震工程之進步方向規劃上述指引之修訂；修訂後指引與原指引的差別為可接受超過設計基準地震(Ss)風險之存在。福島電廠在原指引 S2 為 370 Gal，對照在修訂後指引 Ss 為 600 Gal。

依據 JNES 在 2009 年 12 月 ICTP/IAEA 研討會[12]提出依據柏崎刈羽電廠經驗回饋，針對運轉中電廠執行地震安全再評估的簡報資料如表 2-8，第 1 欄為電廠名稱，第 2 欄為 2008 年 3 月依據新審查指引之再評估結果 Ss(單位 Gal)，第 3 欄為 2009 年 3 月新審查指引之再評估結果 Ss(單位 Gal)，最後一欄為原指引之評估結果 S2(單位 Gal)。

表 2-8. 日本運轉中電廠地震安全再評估的結果

| 電廠廠址 | New DBGM* Ss | New DBGM Ss | DBGM S2 |
|---|---|---|---|
| 泊 | 550 | | 370 |
| 女川 | 580 | | 375 |
| 東通 | 450 | | 375 |
| 福島 | 600 | | 370 |
| 東海 | 600 | | 380 |
| 濱岡 | 800 | | 600 |
| 志賀 | 600 | | 490 |
| 敦賀 | 650 | 800 | 532 |
| 美濱 | 600 | 750 | 405 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 大飯 | 600 | 700 | 405 |
| 高濱 | 550 | | 370 |
| 島根 | 600 | | 456 |
| 伊方 | 570 | | 473 |
| 玄海 | 500 | | 370 |
| 川內 | 540 | | 372 |

註：DBGM 為設計基準地表運動(Design Basis Ground Motion)

日本新審查指引 Ss 與美國安全停機地震(Safe Shutdown Earthquake, SSE)下均要求確認安全系統能發揮作用並能將機組安全停機之地震設計值。美國核管會早年要求執行個廠檢查(Individual Plant Examination, IPE)及個廠廠外事件檢查(Individual Plant Examination for External Events, IPEEE)，但目前之管制方向已採安全度評估模式(Probabilistic Risk Assessment, PRA)之風險告知做法。然過去在執行 IPEEE 有關地震事件時，美國核管會對於廠址屬非地震高風險者，允許採用地震餘裕評估(Seismic Margin Assessment, SMA)來替代執行 IPEEE 的地震分析。以 SMA 法執行時美國核能電廠預選設定之地震頻譜(可延用 NUREG-0098 資料)此即審查級地震(Review Level Earthquake, RLE)，並可藉以估算 SMA 法所需要之高信賴度低機率失效(High-Confidence Low-Probability Failure , HCLPF)概念，即在執行該分析時對欲分析的地震頻率下 HCLPFsa = max [RLEsa, SSEsa]。另在

目前核電廠如執行地震 PRA(如核管會之 SPAR 模式)分析時，一般則採個廠廠址的均勻危害頻譜(Uniform Hazard Spectrum, UHS)做為該廠的 RLE。

雖然我國核能電廠運轉迄今，廠址實際量測最大地震加速度為核三廠恆春地震之 0.171g(該廠 SSE 為 0.4g)，然為因應福島事故之經驗，亦應考量國內地震學及地震工程之進展、納入廠址新發現的地質證據及歷史地震之變化，執行地震設計之安全再評估，以確保核能電廠因應強震之能力提升。在此次日本福島事故的救援過程，亦可觀察到規模甚大的餘震持續威脅設備的可用性，以及對救援措施的嚴重阻礙，核能電廠對於此類事故之救援亦須事先將規模甚大的餘震納入考量。

(七)嚴重事故管理之效能欠佳

福島電廠在地震、海嘯之複合型自然災害衝擊下，因共因失效導致多機組同時發生嚴重事故，舉凡爐心、圍阻體、用過燃料池等機組參數之監控、運轉員的緊急應變及救援操作、設備備品的準備等均發生力有未逮的情形，尤其當整廠缺電、爐心缺乏冷卻狀態下，進入嚴重事故救援已刻不容緩，然從福島事件已顯示的資訊，在緊急運轉程序、嚴重事故處理的程序，仍看得出電廠操控之侷限性與訓練不足，同時也看出執行圍阻體排放和面對氫爆危機時之技術面與管

理面的缺失，導致氫氣爆炸後機組救援機制的劣化，最後再因隨之而來的廠區高輻射強度環境，延宕救援措施之實施。

針對複合式多機組災難的因應，目前未列入法規要求之嚴重事故管理指引，在因應能力上須再積極強化；提升廠區在控制室、技術支援中心設施在強震、水災等惡劣情形下能維持適居性的能力，及對電廠通訊、重要電廠參數、控制及資源的管控能力；此外，在嚴重事故情況下因應現有設備不可用的情況，應備妥簡單、有效、堅固耐用的移動式設備，有利於及時回復重要的安全功能。

依據行政院專案小組6月28日審查會議結論事項七,「並請原能會參考日本福島之經驗，規劃建立因應核災之國際支援及協助網絡」，原能會在「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」內容「核能電廠安全防護措施」與「輻射防護及緊急應變機制」的兩部份均如建議方向加以強化執行之措施。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項五,「請臺電公司評估核一、二廠因應大屯火山爆發時火山灰堆積的影響，分析可以承受的堆積深度並研議因應措施」，此項目已增加納入附錄七列為原能會要求台電公司之事項。

(八)安全文化之落實

美國核管會反應器監管程序之安全文化要件，包括運轉

人員績效、問題之確認及解決與工作環境之安全意識，對於人員、設備、程序書及相關資源，業主須確認為適當並可用於保證電廠長期的核能安全，諸如保持設計餘裕，長久存在設備問題的最少化，降低預防保養的延期，確認維護及工程遲延低到能佐證安全。採取施以人員訓練及提供足敷所需之符合資格人員以使工時能滿足導則之要求。完整精細設計文件、程序書及工作套件的更新，設施、設備的適當可用，包括實體的改善、模擬器的保真及緊急設施與設備等方面的要求。

機組在例行運轉中若發生異常事件或事故，係依據營運程序書執行肇因分析，釐清事故原因並建立矯正因應措施，這些工作採用系統化、組織化、且就事論事的態度，以小組討論、腦力激盪之做法，考量可能導致事故之硬體、軟體、運轉員、程序書、品保制度、法規規範等各種因素，此即核能電廠推動「核安文化」之精神。國際原子能總署及日本原子力保安院的福島事故報告均指出，所有的改善建議事項需以核安文化為基礎，沒有核安文化即無核能安全的持續改善，並持續檢討核能電廠的弱點以保護核能安全及任何在安全方面改善的空間。

依據行政院專案小組6月28日審查會議結論事項六,「核能安全的提升必須從設備、人員及管理三方面著手，除了應強化核電廠備用設備的可靠性、提升技術人員執行能力外，

請原能會要求台電公司強化核電廠之管理」。依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項九，「歷史上重大核子事故大都因人員的操作或管理問題而引起，請原能會務必督導臺電公司提升人員的操作及管理績效」，此兩項目已增加納入附錄七列為原能會要求台電公司之事項。

在核電廠發生核子事故時，最重要的是依據營運程序書的規範控制事故的演進，使其不會惡化並導致爐心熔毀甚至放射性物質外釋進入環境，避免對人民生命財產造成不利的影響。福島事件再次提醒核安文化之重要性，累積小事件未適當處置會變成大事件，如平時未針對相關營運程序書、嚴重事故管理指引切實檢討，如圍阻體排氣之實施、緊急灌水時接頭規格不符等，在實際需用的緊急情況下將會有無可挽回的危害。至於核電廠人力逐漸老化出現斷層，核能人才的流動與成長處於停滯狀態，工作長期外包對於運轉經驗與核安文化的傳承均有不利的影響。核安法規之健全，核安管制機關之獨立性均有待探討。

依據行政院專案小組 8 月 26 日審查會議結論事項十，「針對原能會於報告附錄中所提政府組織再造後，核能安全管制專責機關將調整為三級機關，於協調相關部會時恐力有未逮一節，政府有責任提供民眾最完善的核能安全保障，行政院將視組織改造之進程及結果，適時檢討強化跨部會之核能安全因應機制」。原能會將配合行政院組織改造之進程及結

果，依據經檢討並強化之跨部會核能安全因應機制，提供民眾最完善的核能安全保障。

# 第三章 我國核能電廠安全防護之檢討

檢視我國核能安全防護第一階段之 11 項議題(詳細內容如附錄一),均與前章日本福島事件之說明及經驗回饋 8 大項目密切吻合；在這 11 項檢討議題中，由於在實務運作上及事故影響時序上互為因果，且有高度相依性，在某個項目的劣化將導致其他一個或以上項目的情況更嚴重，回頭又會使得該劣化項目救援之形勢更為險峻，因此，所有檢討議題的項目都必須澈底執行，以避免影響執行事故救援及因應措施之效能；由於極端的自然危害威脅來源主要有地震、及伴隨而生的海嘯，但針對地震及海嘯的防範措施各異，因此以下先概括說明我國因應日本福島事故的電廠安全防護檢討 11 項議題和第二章之二所述福島事故經驗回饋的八個項目間的關聯性：

1. 喪失所有廠區交流電源之檢討，在近期檢討議題之項目(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，檢討內容包括電廠正常/緊急電源檢視及喪失時之處理方式與改善做法。
2. 海嘯之防範，分別在近期檢討議題之項目(二)廠房/廠區水災事件以及防海嘯能力,檢討內容包括電廠廠房/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；在項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、

處理方式與改善做法。

3. 用過燃料池之冷卻，在近期檢討議題之項目(三)用過燃料池完整性及冷卻能力，檢討內容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. 氫氣排放及爆炸之檢討，在近期檢討議題之項目(四)熱移除及最終熱沉能力，檢討內容包括反應爐、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；在項目(五)事故處理程序與訓練，檢討內容包括包括機組人員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所涵蓋。
5. 嚴重事故之處理，在近期檢討議題之項目(五)事故處理程序與訓練，檢討內容包括機組人員、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；在項目(六)機組斷然處置程序之建立，檢討內容包括建立機組斷然處置之定義、運作方式、機制、設備、程序及因應做法；以及在項目(七)一/二號機組相互支援，檢討內容包括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。
6. 地震之防範，分別在近期檢討議題之項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法；在項目(九)超

過設計基準事故，檢討內容包括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。

7. 廠區基礎設施之檢討，在近期檢討議題之項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法；在項目(十)設備/設施完備性及備品儲備，檢討內容包括廠內/廠外臨時性支援物品、設備、工具之完備及改善做法。
8. 安全文化之檢討，在近期檢討議題之項目(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，檢討內容包括檢視強化核安文化所需之組織、人力運用及改善做法。

除以下本章之檢討評估則依照上述八項經驗回饋，並綜合涵蓋台電公司回覆原能會之審查意見及現場查證專案視察的結果，分別說明我國核能電廠安全防護議題，針對防範日本福島事件之檢討重要項目及第一階段之查證結果。

## 一、 喪失所有廠區交流電源之檢討

對應近期檢討議題項目(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，內容包括電廠正常/緊急電源檢視及喪失時之處理方式與改善做法，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-1，部份項目完成日期延後(相對於 5 月份之初步評估報告)主要係受限於增購設備之採購期程。其中因應廠區全

黑能力之時間至少提高為 24 小時之要求僅作初步檢討之用，仍必須針對設計基準之分析結果重新檢討，並視需要強化必要的支援系統及功能(應急之臨時性設備不應納入提供相關分析之效益)，評估建立長期喪失所有交流電源 72 小時因應能力所需要之設備、程序書及訓練。第 5 台氣冷式柴油發電機原設置目的是為補每部機組兩台緊急柴油發電機可靠度之不足，必要時可支援任一部機組發生事故時之需求，但鑑於第二章經驗回饋所述同場址 2 部機組共因失效之可能性，台電公司規劃調配第 5 台柴油發電機之供電能力，使能同時提供兩部機的電源，原能會乃要求須事先妥為規劃供應之負載。

表 3-1. 本會要求台電公司檢討喪失所有廠區交流電源之重要項目

| 重要項目說明 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 | 預定完成日期 |
|---|---|---|---|---|
| (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 | | | | 100.12.31 |
| (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 | | | | 101.06.30 |
| (3) 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 | | | | 100.12.31 |
| (4) 購置電源 | 2 台 | 2 台 | 2 台 | 101.06.30 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 車，提供長期冷卻系統復原用電 | 4.16kV/ 1500kW | 4.16kV/ 1500kW | 4.16kV/ 1500kW | (註：核一、二各一台異地儲置於核四廠) |
| (5) 增購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 | 12 部 | 4 部 | 10 部 | 100.12.31 |
| | 480V/ 500kW (8) 200kW (4) | 480V/ 200kW | 480V/ 375kW (10) | |
| (6) 增購大型消防水泵，增加汲水容量 | 8 具 | 5 具 | 7 具 | 100.12.31 |
| | 出水壓 10kg/cm$^2$ 出水量 1500LPM | 出水壓 10kg/cm$^2$ 出水量 1500LPM | 出水量 600LPM (3) 1000LPM (2) 1600LPM (2) | |
| (7) 增購消防車以強化防火能力 | 已有水庫車、化學泡沫車各 1 輛 | 水庫車 1 輛，係汰換 | 增購泡沫車 1 輛、水庫車 1 輛 | 無/ 101.12.31/ 100.12.31, 101.06.30 |
| (8) 調配第 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 |
| (9) 要求因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時，並評估強化至長期喪失廠區全黑因應能力至 72 小時 | | | | 101.06.30 |

## 二、 海嘯之防範

在水災(包括海嘯)事件防範的部份，要求強化之重要項目對應近期檢討議題為項目(二)廠房/廠區水災事件以及防海嘯

能力，檢討內容包括電廠廠房/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；另包括對應項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表3-2，部份項目完成日期延後主要係受限於增購設備之採購期程。其中，核一廠廠房高程經重新量測後，本會要求台電公司提出高程不符 FSAR 之後果及影響評估；核二廠已依限完成 ECW 泵室阻隔海水入侵之改善措施。要求因應廠區排洪能力之設計，必須針對設計基準之分析重新檢討，並納入近來氣候變異之雨量統計結果以更新雨量危害曲線，視需要考量強化廠區排洪設計，要求每 10 年重新執行評估與確認，如有發現新事證須立即執行評估與確認；確認海、陸域斷層補充調查結果對海嘯分析之影響。國科會海嘯溯高的影響須先防範，並強化對海溝型地震源以外海嘯之分析。

表 3-2. 本會要求台電公司防範海嘯之重要項目

| 重要項目說明 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 | 預定完成日期 |
|---|---|---|---|---|
| (1) 增購排水沉水泵並配置，以因應機動之排水需求 | 4 具 | 6 具 | 30 具 | 100.12.31 |
| | 1180LPM | 500LPM (3)<br>1000LPM (3) | 600LPM | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| (2) 核一、二廠各加購1台緊要海水系統馬達備品，以達廠內各儲備2台馬達 | 1台 | 1台 | 現有廠用海水系統泵之馬達備品5台 | 101.12.31/<br>101.06.30<br>(採購完成交貨)/<br>無 |
| | 4.16kV ESW | 4.16kV ECW | 4.16kV NSCW | |
| | 須將馬達備品儲放高處 | | | |
| (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) 繪製廠區廠房易遭淹沒區域的圖面，事先規劃排洪做法 | | | | 100.12.31 |
| (5) 規劃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強化耐海嘯及防水災能力 | | | | 100.12.31 |
| (6) 增設廠區附近土石流監視、預警、防災、減災之機制 | | | | 100.09.30 |
| (7) 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 |
| (8) 參照國科會研究結果，重新檢討海嘯設計基準 | | | | 100.12.31 |
| (9) 強化緊要海水泵室在機組間的實體分隔性 | | | | 100.12.31 |

三、 用過燃料池之冷卻

對應近期檢討議題之項目(三)用過燃料池完整性及冷卻能力，檢討內容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，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表3-3。美國核管會已公佈飛機撞擊導致威脅的法規 10CFR 50.54(hh)，且在福島事件後已開始陸續對外公開相關文件(如

NEI 06-12[13])，本會在取得機敏性資料後即送台電公司據以做為執行總體檢之參考；本會已要求台電公司納入該文件(詳本報告第五章)，以強化核能電廠對飛機衝撞所衍生爆炸、火災而喪失大範圍廠區之因應能力，包括恢復用過燃料池、爐心及圍阻體冷卻能力之指引及策略。針對用過燃料池要求強化補水能力及監控儀器，包括(1)以安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、輻射)，(2)採安全相關電源供應用過燃料池補水系統，(3)修改運轉規範要求有用過燃料在池中時，有一串廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系統及儀器，(4)設置耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池。

表 3-3. 本會要求台電公司檢，討用過燃料池冷卻之重要項目

| 重要項目說明 | 完成日期 |
|---|---|
| (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升評估 | 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 | 100.12.31 |
| (3) 增加用過燃料池適當強化之補水/灑水系統 | 100.12.31 |
| (4) 評估強化用過燃料池補水能力及監控儀器之規劃，包括(a)以安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、輻射)，(b)採安全相關電源供應用過燃料池補水系統，(c)修改運轉規範要求有用過燃料在池中時，有一串廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系統及儀器，(d)設置耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池 | 100.09.30 |

四、 氫氣排放及爆炸之檢討

對應近期檢討議題之項目(四)熱移除及最終熱沉能力，檢討內容包括反應爐、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；在項目(五)事故處理程序與訓練，檢討內容包括包括機組人員、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所涵蓋，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-4。要求針對美國在嚴重事故現象的研究，持續追蹤了解圍阻體內氫氣及其他可能導致圍阻體失效的物理現象。要求臨時性救援規劃須納入電廠程序書，搭配電廠圖面做執行之說明，列出欲操作設備之位置、進出該設備之通路以及所需之工具，相關規劃須納入環境惡化之替代考量。

核一廠備用氣體處理(SBGT)系統功能之一為執行圍阻體排氣，系統之隔離閥為失效開啟(fail open)設計，若發生如福島一廠之情況，有潛在發生一次圍阻體氫氣回流至二次圍阻體的可能。此外兩部機經過強化之 DTVS 系統之圍阻體排放在煙囪處為集管，亦有潛在發生一部機一次圍阻體氫氣回流至另一部機的可能，因此要求核一廠檢視並提出強化之因應措施。核一、二、三廠新增購救援設備，以因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備如表 3-8 至表 3-10 所示。

表 3-4. 本會要求台電公司檢討氫氣排放及爆炸之重要項目

| 重要項目說明 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 | 預定完成日期 |
|---|---|---|---|---|
| (1) 增購移動式空壓機 | 3 台 | 3 台 | 3 台 | 已完成 |
| | 供氣動閥緊急操作使用 | | | |
| (2) 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 | | | | 100.12.31 |
| (3) 要求核一廠檢視氫氣排放路徑並提出強化之因應措施 | | | | 100.12.31 |
| (4) 要求訂定計畫防止在緊急情況下產生之氫氣大量積存於反應器廠房等處 | | | | 100.09.30 |

五、 嚴重事故之處理

對應近期檢討議題之項目(五)事故處理程序與訓練，檢討內容包括機組人員、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；另對應項目(六)機組斷然處置程序之建立，檢討內容包括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；以及對應項目(七)一/二號機組相互支援，檢討內容包括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，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-5，完成日期延後主要係受限於增加監測參數之建置。在類似福島事故的長期喪失電源及冷卻水的情形，爐心及圍阻體的冷卻及熱移除將是首要考量，如平時對程序書有良好的操作訓練，並妥善檢點備變的臨時性可移動設備，程序書能清楚指出該等設備之儲放位置、進出通道、所需支援系統的運作，

運轉員在事故情況下能依據事先規劃想定之情境，當能有效避免機組、圍阻體狀況之進一步惡化。另要求台電公司不應限制「超過設計基準事故」為斷然處置程序進入點，須事先評估準備執行斷然處置程序之時序(相關細節見本報告第五章)。嚴重事故處理之改善強化措施另包括：消防班人力須妥適考量能因應增加之消防設備，及在風險評估要求中增加額外氣冷式柴油發電機效益之個案分析。

表 3-5. 本會要求台電公司檢討嚴重事故處理之重要項目

| 重要項目說明 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 | 預定完成日期 |
|---|---|---|---|---|
| (1) 增列斷然處置定義及執行時機 | | | | 100.09.30 |
| (2) 增列決定斷然處置後，後續之因應策略與監控措施 | | | | 100.09.30 |
| (3) 增購天然硼酸、硼砂 | 58 噸 | 93 噸 | 50 噸 | 100.12.31 |
| (4) 參考日本做法，規劃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之評估 | | | | 100.12.31 |
| (5) 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 |
| (6) 要求檢討廠外支援之搶救人員進入輻射區域或污染區時，相關處理機制/程序/標準作業程序書之檢討、建立與訓練 | | | | 100.12.31 |

## 六、 地震之防範

在要求強化耐震能力部份，因為地震易引致複合式災難(包括地震後的水災及/或火災事件)，故檢討重要項目對應近

期檢討議題之項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法；另對應項目(九)超過設計基準事故，檢討內容包括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，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-6。台電公司在 8 月 31 日提出核一廠地震設計基準值強化為至少 0.4g 之後續補強作業規劃，未能提出具體可行之規劃方案，不符合 100 年度第 1 次核管會議(7 月 6 日)決議事項暨因應福島事故總體檢第一階段安全評估報告之要求。台電公司須在 100 年 9 月 30 日前，提出具體規劃報告及實施做法之評估說明，核一廠地震提昇案如因技術或經濟因素，無法通過總體檢安全評估，則應立即停機除役。要求必須針對地震設計基準之分析重新檢討，並每 10 年重新執行評估與確認，如有發現斷層之新事證等新資訊須立即執行評估與確認。核能電廠附近斷層性質須深入研究，如山腳斷層向北延伸及恆春斷層之南、北延伸之長度及類型，以助益於判斷可能產生地震之規模。

表 3-6. 本會要求台電公司防範地震之重要項目

| 重要項目說明 | 完成日期 |
|---|---|
| (1) 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 |
| (2) 要求規劃強化主控制室、技術支援中心(TSC)/備用 TSC 及 | 100.12.31 |

| | |
|---|---|
| 其內部設備之耐震能力 | |
| (3) 生水池管路明管化及耐震能力提升之評估與提升 | 100.12.31/<br>101.12.31 |
| (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 | 100.08.31 |
| (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，並每 10 年重新執行評估與確認，如有發現斷層之新事證等新資訊須立即執行評估與確認 | 102.04.30 |

## 七、 廠區基礎設施之檢討

對應近期檢討議題之項目(八)複合式災難事件，檢討內容包括複合式災難發生時(地震/海嘯/水災)之救援人力、設備、處理方式與改善做法；另對應項目(十)設備/設施完備性及備品儲備，檢討內容包括廠內/廠外臨時性支援物品、設備、工具之完備及改善做法，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-7。新增購救援設備須納入程序書維護、檢查及管理機制之完備性，目前核一、二、三廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備如表 3-8 至表 3-10。

表 3-7. 本會要求台電公司檢討廠區基礎設施之重要項目

| 重要項目說明 | 完成日期 |
|---|---|
| (1) 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、具體明確 | 100.09.30 |

| | |
|---|---|
| (2) 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、具體明確 | 100.09.30 |
| (3) 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 | 100.09.30 |

# 表 3-8. 核一廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備

| | 喪失所有交流電源時對策 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 緊急時電源確保 | | | 反應器及用過燃料池冷卻 | | | | | |
| | | | | 水泵等 | | | 水源確保 | 圍阻體排氣操作/海水注入 | 組織・訓練 |
| | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | | | |
| 核一廠 | #1:270kVA<br>#2:270kVA | 〈發電機〉<br>480V/100kW * 2 台<br>480V/400kW * 1 台<br><br>請購中<br>480V/500kW* 8 台<br>480V/200kW* 4 台<br>4.16kV/1500kW*2 台 | 〈保管位置〉<br>氣渦輪機廠房<br><br><br>〈要求時間〉<br>8 小時內<br><br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈水泵〉<br>#1：42 m3/h<br><br>#2：42 m3/h<br><br><br>〈水管〉<br>乾華溪生水抽水處 350m<br>乾華溪出海口抽水處 750m<br><br>總長 2200m (1100m*2 部機) | 〈水泵〉<br>移動式水泵<br>72 m3/h*3 台<br><br>消防車<br>180 m3/h*2 台<br><br>〈水管〉<br>5000m（25m*200 條）<br><br>請購中<br>消防泵<br>90 m3/h*6 台 | 〈保管位置〉<br>廠內高處 (22.4m)<br>消防車車庫 (11.2m)<br>※發佈大海嘯警報時，由消防隊員將其移往廠內高處 (22.4m)暫避<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈淡水槽〉<br><br>東邊山上生水池 2000 噸<br>東邊山上生水池 600 噸<br>東邊山上生水池 1000 噸<br>第一抽水站蓄水池 787.5 噸<br>西邊山上生水池 100000 噸<br>西邊山上生水池 3000 噸*2 座<br>乾華溪/小坑溪<br><br><br>〈海水〉<br>海岸線 | 〈程序〉<br>依 540.8 斷然處置程序書執行 | 〈訓練實施〉<br>1.運轉員已有 3 小時福島情境訓練<br>2.於 9 月底前將另有 3 小時超過設計基準事故處理訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>以 BCSS 注硼/注水程序已建立 |

# 表 3-9. 核二廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備

| | 喪失所有交流電源時對策 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 緊急時電源確保 | | | 反應器及用過燃料池冷卻 | | | | | 組織・訓練 |
| | | | | 水泵等 | | | 水源確保 | 圍阻體排氣操作<br>海水注入 | |
| | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | | | |
| 核二廠 | #1：263kW<br>#2：263kW | 5TH 柴油發電機<br>3910kW*1 台<br><br>氣渦輪機 4.16kV 柴油發電機<br>1100kW*2 台（預定於 100 年 10 月 30 日前完成）<br><br>移動式 4.16kV 柴油發電機<br>1500kW*1 台（預定於 101 年 6 月 30 日前完成）<br><br>TSC/OSC 480V 柴油發電機<br>200kW*2 台（預訂於 101 年 10 月 31 日前完成）<br><br>移動式 480V 柴油發電機<br>200kW*4 台（預定於 100 年 12 月 31 日採購到貨） | 5TH 柴油機廠房<br>(TP12m)<br><要求時間><br>1 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時<br><br>氣渦輪機廠房外<br>(TP22m)<br><要求時間><br>2 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>待 DCR 完成<br><br>氣渦輪機廠房外<br>(TP22m)<br><要求時間><br>2 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>待 DCR 完成<br><br>廠區內<br>(TP12m)<br><要求時間><br>1 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>待 DCR 完成<br><br>29 號倉庫<br>(TP20m)<br><要求時間><br>3 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈水泵〉<br>水泵約 100m 揚程 3 台<br><br>水泵約 70m 揚程 3 台<br><br>〈水管〉<br>總長約 1000m | 〈水泵〉<br>#1~2 機共用: 移動式水泵抽水量：1500 公升/分 * 3 台、1200 公升/分 3 台、消防車 10 噸 * 1 台、消防車 2 噸 * 1 台<br><br>〈水管〉<br>同必要能力之部份總長約 1000m | 〈保管位置〉<br>廠內高處 (高程 20m 之 29 號、30 號倉庫)<br>消防車車庫 (高程 12m)<br>※發佈大海嘯警報時，由廠內消防隊員將其移往廠內高處 (高程 28m) 暫避<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 3 小時 | 〈淡水槽〉<br>生水：A 池 16,572 噸，B 池 20,267 噸合計：36839 噸<br>CST：757 噸<br>DST：189 噸<br>ACST 以液位 2 公尺計為 221 噸<br>ADST：200 噸<br>熱井餘水 470 噸<br><br>〈海水〉<br>渠道餘水一號機約有 4,800 噸，二號機約有 2,650 噸，出口處另有 514 噸 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行淡水注入<br><br>通報緊執會後判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>已實施 5 次個別訓練有控制室之福島情境訓練<br>供電、替代注水等、100 年 9 月 30 日前完成各班之綜合訓練<br><br>〈改善及特殊事項〉<br>水管長度加購中<br>水泵台數加購中 |

# 表 3-10. 核三廠因應福島事件實施緊急安全措施及對策的備品整備

| | 喪失所有交流電源時對策 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 緊急時電源確保 | | | 反應器(蒸汽產生器)及用過燃料池冷卻 | | | | | |
| | | | | 水泵等 | | | 水源確保 | 圍阻體排氣操作/海水注入 | 組織・訓練 |
| | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | | | |
| 核三廠 | #1：343.3kW<br>#2：343.3kW | 5TH 柴油發電機<br>6300kW*1 台<br><br>氣渦輪機<br>51MW*2 台<br><br>移動式 4.16kV 柴油發電機<br>1500kW*2 台（預定於 101 年 6 月 30 日前完成）<br><br>TSC 480V 柴油發電機 125kW*1 台<br><br>OSC 480V 柴油發電機<br>125kW*1 台<br>（預定於 100 年 12 月 31 日完成）<br><br>移動式 480V 柴油發電機<br>375KVA*10 台<br>（預定於 100 年 12 月 31 日完成） | 5TH 柴油機廠房(TP15m)<br><要求時間>1 小時以內<br>〈訓練確認時間〉約 1 小時<br><br>氣渦輪機廠房外(TP35m)<br><要求時間><br>30 分鐘以內<br><br>工具倉庫(後備救援倉庫)(TP24m)<br><要求時間>4 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>待 DCR 完成後再確認<br><br>廠區內(TP15m)<br><要求時間>1 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>待 DCR 完成後約 1 小時<br><br>工具倉庫(後備救援倉庫)(TP24m)<br><要求時間><br>2 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | SFP〈水泵〉<br>水泵約 16m 揚程 1 台<br><br>..<br>S/G 補水泵約 60m(6kg/cm2) 揚程 1 台<br><br>反應器：<br>重力補水 | SFP〈水泵〉<br>柴油引擎泵每部機 2 台，揚程 30 米以上。<br><br>S/G 水<br>#1#2 汽機帶動輔助飼水泵、後備柴油引擎帶動輔助飼水泵。<br><br>消防泵、消防車，消防水箱車 7 噸 * 1 台、消防泡沫車 7 噸 * 1 台、消防化學車 3.5 噸 * 1<br>(可用於 SFP、S/G 、RCS 補水) | 〈保管位置〉<br>廠內高處 (高程 26m 之工具倉庫(後備救援倉庫)<br>消防車車庫(高程 26m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br>DCR 完工後<br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈淡水槽〉<br>生水池 50,000 噸*2，合計：10 萬噸<br>2000 噸*1<br>5000 噸*1<br>CST：2680 噸<br>DST：378.5 噸<br><br>龍鑾潭用消防車載水<br>〈海水〉<br>由泵室碼頭用消防傳送泵打水。 | 〈程序〉<br>依程序書 1451 斷然處置程指引執行釋壓或注水。 | 〈訓練實施〉<br>福島情境與程序書 1451 相關預定 100.7.31 日完成，供電、替代注水等 DCR 於 DCR 完工後 101 年 3 月 31 日前完成重新各班之訓練<br><br>〈改善及特殊事項〉<br>現有水泵 20 台，配備水管長度 800 公尺<br><br>水泵台數(30)、水管長度(1200 公尺)加購中 |

八、 安全文化之檢討

對應近期檢討議題之項目(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，檢討內容包括檢視強化核安文化所需之組織、人力運用及改善做法，本會要求台電公司限期完成之重要項目及期程摘要如表 3-11。國際原子能總署的基本安全規則(安全標準編號 SF-1) [14]亦為台電公司執行安全文化參考之依據。

2011 年 3 月 7 日美國核管會委員已投票通過安全文化政策白皮書(SECY 2011-05, Proposed Final Safety Culture Policy Statement)[15]，定義核安文化係領導者及從業人員共同承諾的核心價值與行為，重點在確保民眾與環境安全防護為惟一目標；在正面積極的核安文化中，安全與保安有等同重要性，美國核管會所管制的機構均有責任發展並維護正面積極的核安文化，原能會已採用並將持續追蹤瞭解適當參照美國核管會之反應器監管程序(ROP)及核管會內部管理程序以監督核安文化的落實。

表 3-11. 本會要求台電公司檢討安全文化之重要項目

| 重要項目說明 | 完成日期 |
|---|---|
| (1) 國際原子能總署的基本安全規則要求為台電公司執行安全文化參考之依據 | 100.12.31 |
| (2) 各要求事項都要評估並檢討人力需求，再彙整所有人力需求於此項，消防班人力在設備增加後須納入複合式災難下 | 100.10.31 |

| | |
|---|---|
| 之需求 | |
| (3) 要求台電公司瞭解並比對國際核能業界安全文化之作法，據以為精進方案強化之基礎 | 100.9.30 |

# 第四章 我國輻射防護及緊急應變機制之檢討

依據國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案(詳附錄一)，內容分為「核能安全防護措施」與「輻射防護及緊急應變機制」兩大部分，第三章已針對「核能安全防護措施」提出近期檢討十一項議題之檢討方向及做法；本章將針對「輻射防護及緊急應變機制」分三大項目提出近期檢討議題之檢討方向及做法。

以下分別依照應變機制及法規、平時整備及緊急應變作業能力等三大項目，分別說明我國在相關議題的執行現況，再針對因應類似日本福島事故（即超出設計基準事故），提出相關項目之檢討與須強化部分之精進規劃。

## 一、 應變機制及法規

在應變機制及法規項目之檢討，包括七個子項議題：緊急應變計畫區範圍檢討及調整方案、複合式災害應變機制、境外核災監控機制、民眾防護干預基準、相關機關任務分工與作業程序、支援能量檢討及改善方案，以及資訊公開與傳送等，除相關機關任務分工與作業程序子項議題的預定完成日期為今(100)年 12 月 31 日前，其他的六個子項議題均在今年 6 月 30 日完成。以下分別說明各個子項議題的現況，並提出該議題須強化部分之精進規劃。

(一) 核子事故緊急應變計畫區範圍檢討及調整方案

1. 現況說明

(1)「緊急應變計畫區」是指核能電廠發生核子事故時，必須實施緊急應變計畫及即時採取民眾防護措施的區域；其範圍與核電廠反應爐型式、電廠附近人口密度、地形、氣象狀況等有密切之關係。緊急應變計畫區範圍之決定乃依據我國核子事故緊急應變法施行細則(94 年 3 月發布)與參考美國核管會建議之評估準則(NUREG-0396)，並參照國際原子能總署之建議(IAEA-TECDOC-953)與世界各核能先進國家的作法，以發生反應爐爐心熔毀事件為基本假設，利用電腦程式（MACCS 2，美國 Sandia 國家實驗室所發展）模擬事故後的劑量擴散與風險狀況，以及根據「核子事故民眾防護行動規範」之劑量標準，經過專家詳細的分析與評估，並綜合考量社會、經濟、交通條件及其他因素所定之範圍。目前各核能電廠緊急應變計畫區均訂為以核能電廠為中心周圍半徑 5 公里的區域，平時即以此區域為範圍規劃適當應變作業，例如民眾疏散路線及交通工具之安排、集結點與收容站之設置等，並定期演練。

(2)世界各國目前所採取之緊急應變計畫區之資料如下：比利時 5 公里、法國 5 公里、義大利 3 公里、西班牙 3 公里、荷蘭 5 公里、英國 1 至 3.5 公里、加拿大 10 公里、德國 10 公里、芬蘭 20 公里、日本 8~10 公里、瑞典 12~15 公

里、瑞士 20 公里、美國 16 公里(以上係參閱 OECD 1995 年出版資料)。此外，韓國所訂定之「爐心熔毀核子事故」防護區為 3~5 公里，而大陸所訂定之煙羽應變計畫區為 7～10 公里。

(3)此次日本福島事故初期，政府先撤離半徑 3 公里居民，且半徑 10 公里內居民家中掩蔽；第二天政府再下令半徑 10 公里內居民撤離，後事故擴大，再下令半徑 20 公里內居民撤離及 20～30 公里內居民家中掩蔽，也就是說事故實際疏散範圍已超出其原先緊急應變計畫區（8～10 公里）之規劃，在決策過程中除了核能專業考量外，尤其因陸續發生有多達 4 部機組之事故，可能也包含海嘯及地震複合性災害對大範圍居民居住與生活影響等相關因素之考量。

2. 檢討與精進規劃

(1) 日本福島電廠事故前，正值我國核能電廠緊急應變計畫區每 5 年檢討之時機，事故發生前，我國緊急應變計畫區範圍之分析是以單部機組事故為假設，分析結果均小於 5 公里，因此依法核定公告為 5 公里；因應日本福島多機組核災事故，原能會乃要求台電公司以雙機組事故為分析假設（註：我國四座核電廠均為雙機組設計），重新計算核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍，結果核一、二廠仍小於 5 公里，核三廠 7.5 公里，為符合法規不得小

於 5 公里之規定，原能會初步劃定核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍為 8 公里，惟正式核定公告前，原能會將規劃辦理說明會，讓民眾了解劃定理由，爭取民眾認同。

(2) 原能會初步劃定緊急應變計畫區範圍 8 公里，係目前學理上分析可據以劃定之基礎，惟如未來發生極罕見之天災巨變，政府基於保護民眾生命安全考量，必仍盡全力疏散影響範圍內民眾，但是法理上，緊急應變計畫區範圍之劃定仍須以學理依據為依歸，因此，為做好萬全的應變準備作業，未來將擴大民眾掩蔽或疏散作業範圍之整備與規劃，並結合天然災害防救體系，準備民眾防護與收容規劃，擴充收容所容量及備援物資之儲備，以備緊急之需，確保民眾生命財產安全。相關說明請見本章第二節「平時整備」。

表 4-1. 緊急應變計畫區檢討劃定分析結果

| 廠別 / 事故機組 | 核一廠 | 核二廠 | 核三廠 |
|---|---|---|---|
| 單機組事故 | ＜1.0 公里 | ＜2.5 公里 | ＜4.5 公里 |
| 雙機組事故 | ＜1.5 公里 | ＜3.5 公里 | ＜7.5 公里 |

(二) 複合式災害應變機制

1. 現況說明

(1) 現行災害防救法並未涵括核子事故，核子事故緊急應變作業係依核子事故緊急應變法及相關子法辦理。

(2) 依據「核子事故緊急應變法」第 6 條，核子事故發生或有發生之虞時，依事故可能影響程度，中央主管機關（原能會）成立核子事故中央災害應變中心及輻射監測中心，國防部成立核子事故支援中心，地方主管機關（新北市政府、屏東縣政府）成立核子事故地方災害應變中心。另依據「核子事故中央災害應變中心作業要點」規定，核子事故中央災害應變中心指揮官由原能會主任委員擔任，編組單位由原能會、國防部、內政部、經濟部、交通部、行政院農業委員會、行政院衛生署、行政院環境保護署、行政院海岸巡防署、行政院新聞局及國家通訊傳播委員會等部會編組而成。

(3) 依據災害防救法中央災害應變中心作業要點第 17 點規定：當多種重大災害發生之處理模式：

- 多種重大災害同時發生時，相關之中央災害防救業務主管機關首長，應即分別成立應變中心，並陳報災防會報召集人（即行政院院長）分別指定指揮官，統籌各項災害之指揮、督導及協調。
- 因風災伴隨發生水災及土石流災害等互有因果關係之災害發生時，會報召集人原則指定內政部部長為指

揮官。

- 應變中心成立後，續有其他重大災害發生時，各該災害之中央災害防救業務主管機關首長，仍應即報請會報召集人，決定併同應變中心運作或另成立中央災害應變中心及指定其指揮官。

2. 檢討與精進規劃

(1) 因地震、海嘯所引起之核子事故，與其他原因(如廠內設備故障或人為疏失等)所造成之核子事故，其成因及演變過程不同，事故排除及廠外救援措施等均較為困難，但廠內機組搶救、控制及應變作業，尚無多大差異。惟複合性災害之形態，比單一災害更為複雜，地方政府之救災工作亦更形艱鉅。現行單一災害為主要想定之應變機制勢無法有效因應類似日本福島電廠發生之複合性災害；因此，災害防救與核子事故緊急應變二者實有採專業分工、相互合作必要，以建立國家全災害防救機制。

(2) 當重大天然災害等引發造成核子事故的情況，就災害發生時序而言，應先由該災害中央災害防救業務主管機關及該首長於第一時間成立中央災害應變中心及擔任指揮官。當後續災情擴大並引發核子事故時，原能會應報請中央災害防救會報召集人（院長）指定指揮官人選並進駐中央災害應變中心，亦即將核子事故應變體系與中央

災害應變體系合併共同運作，中央部會相關人員仍以進駐大坪林應變中心作業為主，原能會相關人員分為兩組，一組隨同主任委員進駐大坪林中央災害應變中心參與作業，另一組（緊急應變小組）留守核子事故中央災害應變中心提供各種監測及評估資料，並配合中央災害應變中心執行各項應變作業。以上作業程序已在 5 月間 100 年核安 17 號演習時透過兵棋推演的方式驗證其可行性，並歸納及建議後續需要跨部會討論或協調之議題。

(3) 依上述自然災害引發核子事故之複合式災害想定，為利於核子事故之應變處置，應於中央災害應變中心作業編組增列「核能救援組」，一般天然災害或無核子事故發生時，核能救援組不需啟動，而當天然災害併同核子事故發生時，該組則由原能會主導，同時另派員進駐參與幕僚參謀組、情資研判組、災情監控組等各功能分組協同處理，俾使二體系相互聯繫，以達到整合效果。

(4) 核子事故中央災害應變中心設置於新北市永和區原能會辦公大樓，已建置相關應變作業之軟硬體設施，若發生核子事故等複合性災害需與位於大坪林之中央災害應變中心合併運作，未來相關設備，例如視訊系統、核能電廠相關運轉資料等即時資訊傳送，需進一步整合及改善。

(三) 境外核災監控機制

境外核災監控議題包括三個細項，分別是國內應變機制啟動、強化大氣擴散及輻射劑量影響評估能力、以及海域與空中輻射偵檢作業等提出現況說明及須強化部分之精進規劃。

1. 國內應變機制啟動

(1) 現況說明

現行國內核子事故緊急應變作業相關規定，係針對國內核子反應器設施發生事故所設置，而境外國家發生核子事故對我國之影響，以此次日本福島電廠事故為例，若比照國內核設施事故應變的標準，其嚴重程度並未達啟動核子事故緊急應變機制之時機。國內目前並無針對鄰近國家發生核子事故之應變機制，此次日本核災，係由原能會啟動緊急應變小組，於業管範圍內執行各項應變作為，並先後由國安機制和行政院召集跨部會合作執行因應措施。

(2) 檢討與精進規劃

鄰近國家發生核子事故對我國主要影響為輻射塵的飄散，可歸類為「輻射公害」，主要應變作為包括環境輻射監測、飲水和食品之取樣與分析管制。日本福島核災給了我們另一種重要啟示，即大範圍影響之核災對民眾之心裡層面影響遠大於實質之輻射威脅，從福島事故發生過程之經驗，輻射塵預測和實際環境輻射量測結果均顯示，我國無需採取即

時性之掩蔽、服用碘片及疏散等民眾防護措施，惟仍造成民眾恐慌，且各項相關監測與管制因應措施之執行時機，均非考量輻射可能對人體產生危害之既有輻射防護標準所能適用，同時多數作業均涉及跨部會協調與合作。考量未來，因中國大陸於東南沿海快速發展核電，其電廠距台灣僅百餘公里，對國內民眾之威脅將遠大於距我二千餘公里之福島電廠，因此有必要研擬境外核災相關應變作業規定，進行各機關任務分工，加強機關間資訊通報，俾及時掌握事故狀況，採取必要因應作為。

2. 強化大氣擴散及輻射劑量影響評估能力

(1) 現況說明

a. 日本 311 地震後，引發海嘯，導致福島第一核能發電廠發生核子事故，造成大量放射性物質釋出，除了污染福島地區外，亦經由大氣層擴散至北半球其他國家。雖然福島電廠距離台灣有兩千多公里之遙，但已引起我國民眾高度關切，擔心國內的農、漁產品及飲水受到影響，衝擊民眾的健康。

b. 亞洲地區如大陸及韓國陸續增建核能電廠，其中離台灣最近的福建福清核電廠距新竹僅一百八十四公里，一旦發生事故對國內影響遠比日本福島電廠事故嚴重。

c. 國際原子能總署(IAEA)於福島事故後，派遣專家團赴日本

調查福島事故並提出評估報告，該報告之十五項結論提及必須強化系統、通訊、監測儀器資訊等，在嚴重事故時能提供廠內、外必要資訊，改進核子事故評估模式建立射源項，並改進緊急應變之規劃。然而，目前國內尚未建置長程大氣擴散評估模式，無法有效的精確預測境外核災發生時，其輻射塵對國內擴散之模式，以提供預警及防護功能。

(2) 檢討與精進規劃

a. 於兩年內建立高解析度境外核災輻射塵影響評估技術與輻射監控機制，以因應鄰近國家地區萬一發生核子事故，政府部門具備能力判斷輻射與放射性影響狀況，及評估對國民健康與社會經濟層面之衝擊，保障民眾生活環境。

b. 將建立亞洲區核電廠之位置與電廠類型之相關資料庫，以及相關之氣象預測與分析技術。並建置模式運算硬體及網路設備，完成核子事故案例分析及驗證技術。

c. 建立境外核災後之民眾防護措施劑量評估模式，將分析結果轉化成輻射劑量評估值，並建立相關民眾輻射防護措施輔助應變作業平台。

3. 海域及空中輻射偵檢作業

(1) 現況說明

日本 311 地震發生後引發之海嘯及核子事故，其放射性

物質外釋已對附近地區之空域及海域造成影響，事故發生後，國內所採取之因應措施如下：

a. 派艦監測輻射值：由國防部派遣配置有輻射偵檢器之海軍偵巡艦，並由海巡署派艦支援，每日於東北、南部及海峽偵巡區，持續實施輻射強度偵檢。

b. 海水及魚體採樣：由農委會針對我國近海漁場捕獲魚類魚體採樣工作，交由原能會核能研究所及輻射偵測中心進行檢測分析；此外農委會委請海巡署自 4 月 1 日起於彭佳嶼、龜山島及花蓮外海等三處漁場分別採取海水樣品，交由原能會核能研究所及輻射偵測中心進行檢測分析。原能會則於台灣四周海岸取海水樣品，送實驗室分析海水中的放射性活度。

c. 空中偵測部分：福島核子事故發生後，國內測得地面空氣中的放射性物質濃度屬極微量的程度，故未規劃實施此作業。惟於 100 年 5 月舉行之核安 17 號演習已完成小型無人載具用於量測空中輻射強度的初步測試。

(2) 檢討與精進規劃

a. 海域偵測：海域偵測主要目的為監控海水污染程度，並據以研判對我國海生物可能污染程度。此次福島事故發生後，國防部及海巡署均已啟動海域輻射偵檢作業，農委會除投入研究試驗船進行漁場水體採樣外，亦由該會請國科

會協調各大學調派研究船協助不同水層之採樣。基本上，國內在海域偵測方面已建立支援機制，可掌握日本福島事故對我國海域之影響。

b. 空中偵測：主要係監控空氣中之輻射污染程度，並據以研判對我國空域可能之影響程度。國內發生核子事故，亦可立即協調國防部或內政部支援空中交通工具，進行空中直接偵測，以迅速掌握空中輻射擴散範圍，俾利民眾採取疏散或掩蔽措施。此外，並有助於大氣擴散模式之驗證，評估國內民眾可能接受之輻射劑量。

c. 我國已與美國能源部簽訂合作意向聲明書，可在發生核災後，向美國尋求空中偵測技術支援，同時國內亦已規劃進行空中偵測儀器規格與適用性之研究，以建立本土化之空中即時輻射的偵測技術與能力。

(四) 民眾防護干預基準

1. 針對現行人員/食品/商品/飲用水/農林漁牧偵檢及污染清除等各項標準進行檢討及修訂

(1) 現況說明

a. 因應此次日本福島核災，放射性物質外釋可能對國內民生造成影響，原能會自 3 月 14 日起針對日本進口食品由原能會輻射偵測中心於市面上抽樣檢測日本進口商品。在日本進口食品方面，衛生署食品藥物管理局則自 3 月 15 日

針對自日本輸入之八大類食品（生鮮冷藏蔬果、冷凍蔬果、活生鮮冷藏水產品、冷凍水產品、乳製品、嬰幼兒食品、礦泉水或飲水、海草類）採逐批查驗方式送原能會核能研究所及輻射偵測中心檢測放射性物質含量；衛生署食品藥物管理局自 3 月 26 日後，日本受輻射污染地區（目前為福島、茨城、櫪木、群馬、千葉縣）生產製造之食品，均暫停受理輸入報驗。

b. 原能會自 3 月 23 日起協助由漁業署所送其所轄沿海及澎湖馬公等 23 處魚市場採自太平洋海域捕撈之各種漁獲放射性含量之分析檢測；自 4 月 1 日起協助全國農作物放射性含量之分析檢測；自 4 月 12 日起協助進行重要灌溉圳路放射性含量之分析檢測以及合作監控台灣附近海域放射性物質含量。為確保即將到來的秋刀魚季，原能會亦與農委會合作，由農委會水試所派船遠赴北海道外海秋刀漁場進行水體、浮游生物及魚體取樣，送回原能會核能研究所檢測，結果均未檢出人工放射性核種。

c. 經濟部標準檢驗局就日本進口商品進行輻射污染偵檢，檢測範圍為目前已公告之應施檢驗商品，共計 658 種品目。農委會亦委託標準檢驗局於辦理飼料輸入查驗時執行輻射劑量量測；交通部中華郵政股份有限公司針對日本進口郵件實施輻射檢測作業。

d. 日本福島事件發生後，為協助由日本返台民眾確定其是否

遭受污染，行政院原子能委員會於 100 年 3 月 15 日起於松山機場、桃園機場及小港機場等地設置了輻射門框偵檢器，陸續提供自日本入境旅客輻射偵測服務。從 3 月 15 日至 5 月 4 日止在五座機場與基隆港進行入境旅客輻射偵測，共檢測了 210,218 人，僅 45 人超過儀器設定值。

e. 經濟部水利署亦針對國內重要水庫每週進行放射性物質含量檢測，共公布偵測結果，以確保我國飲用水的安全。

f. 核子事故民眾防護行動規範中已訂有核子事故民眾防護行動食物及飲水管制之行動基準，可供事故發生時之飲用水及食物管制依據。

(2) 檢討與精進規劃

a. 日本福島核子事故發生後，檢視國內現行法規中，衛生署訂定之食品中原子塵或放射能污染安全容許量標準以及原能會訂定之商品輻射限量標準，所規範的核種如碘-131、銫-134 及銫-137 核種限值是一致的，各核種之限值詳見如表 4-2，而其他核種並沒有具體規定。衛生署已於 6 月 30 日針對食品中原子塵或放射能污染安全容許量標準函詢相關機關及國內專家提供修正意見，應可於本年年底完成檢討修正之建議。此一標準適用於國內食品以及進口食品之放射性含量檢測標準。

表 4-2. 商品輻射限量標準

| 食品種類 / 種 | 乳品及嬰兒食品 | 其他食品 |
|---|---|---|
| 碘 131　(I-131) | 55 貝克/公斤<br>(55 Bq/kg) | 300 貝克/公斤<br>(300 Bq/kg) |
| 銫 134+銫 137<br>(Cs-134＋Cs-137) | 370 貝克/公斤<br>(370 Bq/kg) | 370 貝克/公斤<br>(370 Bq/kg) |

b. 針對商品及其他消費品可能遭受放射性落塵污染，原能會已立即訂定之商品檢測輻射管制暫行標準，此一暫行規定，亦可應用在一般商品可能遭受放射性落塵污染的篩選標準。此外，針對可能遭受輻射塵污染食品或農漁等產品訂定了銷毀處理導則草案，未來如果國內其他部會面臨銷毀處理的程序時，原能會亦將會協助訂定相關處理規範。

c. 為減少核子事故輻射塵可能造成之輻射曝露，保障民眾安全，原能會已與相關部會商討訂定停班停課暫行防護基準草案，以提供教育部及縣市政府未來因應核子事故實施停班停課時之依據。草案內容如表 4-3，未來尚待循行政程序訂定後發布。

d. 為防止自日本進口之飼料遭受輻射塵污染，以保護消費者食的安全，農委會、經濟部標準檢驗局、原能會及學者專家已開會討論後決議，自日本進口飼料之放射性含量暫行標準為每公斤飼料所含銫 134 及銫 137 之活度之總和不得超過 1,250 貝克。

# 表 4-3 輻射塵停班與停課暫行防護基準（草案）

| | 防護基準 | 防護措施 | 說明 |
|---|---|---|---|
| 警示通知 | 環境輻射劑量率大於 0.2 微西弗/小時，或未來兩天累積劑量預測達 0.01 毫西弗以上 | 1.非必要時應減少戶外活動，外出時穿著長褲長袖，戴口罩、帽子，下雨時撐傘。<br>2.返家時，利用沐浴及洗滌衣物，即可有效避免輻射塵附著在皮膚上。<br>3.避免食用曝露在外的食物或飲水，食品在食用前應加強洗滌，在室內之食物和飲水應可安心食用。<br>4.隨時透過媒體注意政府所發布的訊息，配合各項應變措施。 | 超過自然背景變動範圍，確認有微量輻射落塵，建議民眾採取防護措施，以減少不必要之輻射曝露。 |
| 停課通知 | 環境輻射劑量率大於 2 微西弗/小時，或未來兩天累積劑量預測達 0.1 毫西弗以上 | 1.高中(含)以下學生立即停止上課，返家待在屋內，避免外出。<br>2.非必要時應減少戶外活動，外出時穿著長褲長袖，戴口罩、帽子，下雨時撐傘。<br>3.返家時，利用沐浴及洗滌衣物，即可有效避免輻射塵附著在皮膚上。<br>4.避免食用曝露在外的食物或飲水，食品在食用前應加強洗滌，在室內之食物和飲水應可安心食用。<br>5.隨時透過媒體注意政府所發布的訊息，配合各項應變措施。 | 考量高中(含)以下學生尚在發育，宜採儘量抑低之原則，故採用游離輻射防護安全標準一般民眾年劑量限值 1 毫西弗之十分之一做為防護基準，建議立即停止上課，並採取防護措施，以確保學生之健康與安全。 |
| 停班通知 | 環境輻射劑量率大於 20 微西弗/小時，或未來兩天累積劑量預測達 1 毫西弗以上 | 1.各級機關立即停止上班，返家待在屋內，避免外出。<br>2.非必要時應減少戶外活動，外出時穿著長褲長袖，戴口罩、帽子，下雨時撐傘。<br>3.返家時，利用沐浴及洗滌衣物，即可有效避免輻射塵附著在皮膚上。<br>4.避免食用曝露在外的食物或飲水，食品在食用前應加強洗滌，在室內之食物和飲水應可安心食用。<br>5.隨時透過媒體注意政府所發布的訊息，配合各項應變措施。 | 採用游離輻射防護安全標準一般民眾年劑量限值 1 毫西弗做為防護基準，建議立即停止上班，並採取防護措施，以確保民眾之健康與安全。 |

註:若立即採取上述防護措施，所接受之劑量將遠低於防護基準之數值。

2. 放射性物質外洩途徑及環境衝擊檢討

(1) 現況說明

a. 放射性物質外釋途徑分為氣體排放及液體排放，氣體排放途徑分為例行運轉時之排放以及事故時之排放。液體排放一般係以批次排放，經過廠內的收集槽收集後，經取樣分析符合排放標準後由循環海水渠道排放。

b. 放射性廢氣包括一次系統產生之系統廢氣及各廠房通風系統排氣兩大部份，系統廢氣主要為冷凝器中之不凝結氣體，其經活性炭床吸附、滯留及高效率過濾器處理後，在流程輻射監測器監測下，自主煙囪或廢氣處理廠房屋頂排放口排放至大氣。反應器廠房、輔助廠房、汽機廠房及廢料廠房之通風排氣系統，在流程輻射監測器監測下，經匯集或各自於廠房屋頂排放口排放至大氣。

c. 放射性廢水之來源包括設備洩水、地面洩水、雜項廢水、洗滌廢水及化學廢水等。核一廠兩部機及洗衣廠房各設有獨立之廢水處理系統處理發電過程及洗衣過程產生之廢水，兩部機、洗衣廠房及壹號貯存庫集水坑各設有外釋排放口，廢水排放在流程輻射監測器監測下將廢水引入廠區雜項廢水處理系統處理，經監測其濃度符合規定後再引入循環海水渠道排放到大海。核二廠兩部機共用放射性廢液儲存處理系統、一般及含油廢液系統（雜項廢液處理系統及油水分離器）以及清潔劑廢液系統，處理發電過程及洗

衣過程產生之廢水。核三廠兩部機共用乙套放射性廢水處理系統，一、二號機各自設有放射性洗衣廢水處理系統，放射性廢水處理系統與放射性洗衣廢水處理系統設有排放口，排放口設置有流程輻射監測器，廢水在監測下引入循環海水渠道後排放到大海。

d. 此次福島核子事故發生後，放射性物質之外釋經由空氣將大量的放射性物排放，隨著大氣擴散至鄰近縣，造成福島電廠附近土地上銫-137 的放射性物質含量達每公斤數千貝克至數萬貝克間，甚至於遠在 200 公里以外的東京之自來水中亦量測到碘-131。日本原子力保安院於 4 月 12 日將福島核電廠事件上修至國際核能事件分級第 7 級，其放射性氣體的排放總活度已達車諾比爾事件的 1/10 或 1/7。

e. 福島核電廠核子事故發生後，由於冷卻系統失效無法運作，東京電力公司決定採消防車噴灑及空中噴灑的方式冷卻，此一冷卻過程中，產生了大量的放射性廢液，因福島電廠本身廢液系統已無法容納，乃將放射性廢液排放至海中，希望藉由海水的大量稀釋作用，降低對環境的衝擊，然而此舉遭到鄰國的抗議。

f. 福島核電廠採用消防車等方式，試圖降低反應爐及燃料池的溫度，此作法過去並未納在緊急應變程序中，故將此部分納入放射性物質外釋途徑對環境影響的檢討項目。

(2) 檢討與精進規劃

a. 廢液外洩

(a) 事故發生所產生的放射性廢液，優先考量以廠內現有廢水貯存槽及廢液處理系統貯存。

(b) 為因應核子事故時可能產生大量之放射性廢水，已要求國內各核電廠完成檢討及規劃，以設計修改及程序書修改的方式，將廠內最大廢液貯存量加以擴增，核一廠最多可達 20,900 立方公尺；核二廠可達 30,000 立方公尺；核三廠可達 90,410 立方公尺，以防止廢液外洩。此一部分的時程將於 100 年 12 月底前完成程序書修改以及設計修改案的評估。

(c) 針對核電廠槽體管線破損、管路穿越器損壞或廠房結構受損，各核電廠將架設圍堵及隔離設備，遏止廢液溢流，並準備吸水設備回收廢液。

b. 廢氣外洩

(a) 事故發生之氣體排放

(i) 未喪失電源：圍阻體內之高輻射廢氣須經過高效率過濾器及活性炭床處理後，由主煙囪、輔助廠房或反應器廠房之排放口外釋，避免高放射性廢氣由廠房直接排放。

(ii) 喪失電源：通風排氣系統停止，廠房內廢氣將直接由內而外洩漏至大氣。

(iii)爆炸：廠房因爆炸而受損，廠房內廢氣將由受損破洞直接排放至大氣。

(b) 福島第一核電廠一、二、三及四號機皆發生氫爆，氫爆過程中造成大量的放射性物質外釋，大量的放射性分裂產物亦隨氣化的水蒸氣散布在空氣中，福島電廠所外釋的放射性物質累計已達$3.7\times10^{17}$貝克，此一外釋途徑過去在安全分析中未曾加以評估，必須重新檢視氫爆風險與其影響，並安置減緩氫爆的系統。

(c) 減緩氫爆的系統已於第三章第四部分氫氣排放及爆炸要求之檢討中要求改善。

3. 以民眾感受角度檢討現行作業方式

(1) 現況說明

a. 核子事故民眾防護行動規範中規定，核子事故發生或有發生之虞時，應考慮採行掩蔽措施之干預基準，為可減免劑量於 2 天內達 10 毫西弗以上；應考慮採行疏散措施之干預基準，為可減免劑量於 7 天內達 50 至 100 毫西弗；應考慮採行服用碘片措施之干預基準，為可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 毫西弗以上。

b. 由於輻射屬於相當專業的領域，民眾的基本認知不足，以上規範中提的預期輻射劑量、可減免劑量及等價劑量等專業用語更是難以理解。

c. 民眾對於媒體報導或本會新聞稿提及之毫西弗與貝克之間的關係亦難理解其所代表的含意。

(2) 檢討與精進規劃

a. 輻射劑量的單位與專業術語本身就不易解，未來宜將劑量術語單純化、加強宣導或透過專業人士（如放射科醫師）的解說來解答民眾疑惑，政府發言人亦可考慮與相關專家一起召開記者會。

b. 政府單位及專業的實驗室宜快速主動的提供人員、食品及物品的檢測服務並加以公布，使民眾儘速獲得檢測結果的資訊，才能讓民眾安心。

c. 應適時公開正確並有說服力的訊息，使民眾能夠安心面對怎樣的風險，防止謠言流傳。以日本的經驗而言，民眾想聽的不是「不會立即有影響」，而是「輻射要累積到什麼時候才會有影響，才好防範於未然。」

d. 未來在核能管制、輻射防護及緊急應變總體檢的結果，應以民眾的立場來考量，將台電公司或相關機關所採取的提升安全措施，以淺顯易懂的語言加以公開，讓民眾安心。

(五) 相關機關任務分工與作業程序

1. 現況說明

核子事故緊急應變法及相關子法於 94 年 7 月 1 日正式施

行，分由中央（原能會等 11 個機關）、地方（新北市、屏東縣）及核子反應器設施經營者依業管職掌執行各項任務。

2. 檢討與精進規劃

(1) 核子事故發生，影響層面廣泛，日本核災經驗，原規劃之中央 11 個機關及任務分工不足以因應，包括教育、外交、財政等相關機關需考量納入，另外，國防部、海巡署分別協助空中及海域之輻射偵測等任務，亦應考量納入。同時，應儘早考量組織改造後之部會任務分工調整。

(2) 配合緊急應變計畫區之檢討，中央與地方政府及核子反應器設施經營者平時整備之責任劃分，須進一步檢討，基於造成風險者付費原則，除核子事故緊急應變基金收取額度與核子損害賠償之檢討外，核子反應器設施經營者有必要擔付更大任務。此項檢討與改善之規劃納入第二階段，預計於今年 12 月 31 日完成。

(六) 支援能量檢討及改善方案提出

1-1. 國內緊急應變人力及設備備援能量檢討

(1) 現況說明

a. 由於輻射的專業性，國內目前核子事故緊急應變相關的應變人力及設備主要以原能會暨所屬機關、台電公司及國軍化學兵部隊為主力，地方政府則負責一般救災作業。

b. 在台電公司各核能電廠廠內緊急應變人力方面，核一、二、三廠分別有 350 人、330 人、330 人，萬一發生事故，事故電廠應變人力若有不足時，台電公司將會動員各廠派員相互支援，至於原能會暨所屬機關可動員人力約 300 人、國軍化學兵部隊可支援人力約 500 人。惟此次日本發生之複合式災難，造成極大之破壞力，面對天然災害日益嚴峻挑戰，我國亦應預為因應，強化應變能力。

(2) 檢討與精進規劃

a. 此次日本核災曝露國內應變人力及設備的不足，原能會是部會層級，但地方政府未設相對應的核能及輻射管制部門，無法全面動員協助支援救災及輻射偵檢；鑑於輻射之特性，若無高度之警覺性，將可能曝露於放射性污染環境中而不自覺。因此，於事故發生之初始，第一線救災工作人員應要熟習輻射防護要領及具備基礎偵測能力，始能有效發揮救災功能並保護救災人員之安全，減少非必要之傷害。爰此，原能會已要求台電公司提供救災人員之防護設備及程序書，並提供必要之訓練。

b. 至於國軍投入核災救援方面，經過化學兵部隊內部檢討，其提出須建置化學兵部隊機動式高靈敏度、低背景值微量輻射偵測能量與裝備除污車等 9 項設備與車輛之需求，以提升化學兵的救災能量。

c. 目前原能會已申請第二預備金增購輻射偵檢器，增購的項目包括移動式門框偵檢器、污染偵檢器、移動式能譜分析儀、中子偵檢器及輻射劑量偵檢器等設備，以因應未來應變之用。此外，並已針對國內擁有輻射偵檢器的單位進行統計，以掌握發生核災時，可支援之偵檢器數量，因應境內或境外核災發生時調度所需。

d. 以日本此次救援複合式災難所動員的人力顯示，總計動員自衛隊約 10 萬人，管制災區警力約 4 萬人及消防隊約 2 萬 6 千人，動員人力迅速。故我國已參考日本經驗開始規劃發生核災時，可能動員之人力，預為準備所需之儀器，加強輻射防護訓練以及劃分各項任務之責任區並預為演練，預定於 100 年 12 月底前完成評估。

1-2. 民間救援組織

(1) 現況說明

民間救援組織主要包括義警、義消、搜救隊、紅十字會、慈濟義工等等；核電廠廠內機組搶救涉及核能專業，並未規劃民間救援組織的支援；廠外民眾防護措施係由地方政府依核子事故中央災害應變中心的指示執行，目前亦甚少有民間救援組織之參與。

(2) 檢討與精進規劃

由於核子事故應變為較專業性之處理，且須有完善設備

可供使用，民間救援組織參與核子事故緊急應變作業規劃仍先以廠外後勤補給、疏散及收容的協助為原則，原能會將協調地方政府每年定期對民間救援組織辦理輻射防護相關之溝通宣導，以建立正確之輻射防護認知。

1-3. 國際組織與兩岸之通報及支援作業的建立

(1) 現況說明

a. 台電公司緊執會已與奇異公司、西屋公司、貝泰公司、Ebasco 公司等國外機構簽訂有合約或協定協助處理事故。

b. 原能會核安監管中心每季、每半年分別與國際原子能總署事故緊急應變中心（Incident Emergency Center）、美國核能管制委員會總部運轉中心（Operation Center）進行通訊測試一次；另每年不定期參與國際原子能總署實施會員國核安演練-ConvEx（Convention Exercise）之通報程序演練。

c. 目前兩岸核能交流均透過非官方管道，定期辦理學術交流研討會及人員互訪，因應日本 311 福島核電廠核災事故改進措施之要求，刻正研議建立兩岸核子事故緊急通報之可行方案，並就兩岸資訊相關通報與支援作業機制建立，與大陸核電安全監督機構進行初步協商。

(2) 檢討與精進規劃

a. 原能會於台美核能合作架構下與美國核管會早期即建立

核能安全、核子保防、保安方面之交流合作關係，今(100)年 5 月 26 日並與美國能源部核子安全局(NNSA)簽署「核事故與輻防意外事件交流合作意向聲明書」， NNSA 為美國聯邦政府負責核能安全與核子緊急事件主管機關，此項合作使國內核子事故國外通報與支援合作業務提供一個重要夥伴，可做為國內核子事故緊急應變工作國外技術支援與後盾。

b. 我國雖非國際原子能總署（IAEA）及經濟合作開發組織核能署（OECE/NEA）會員國，然對該二組織相關緊急通報與支援單位與管道相當熟悉，遇有事故通報與請求支援需求時，仍會依程序通知該二單位，同時會透過本會派駐維也納及巴黎之同仁，作為緊急事件時對 IAEA 及 OECE/NEA 之聯絡、通報與請求支援輔助窗口。另參與其他核能非政府組織如：國際核能學會聯席會(INSC) International Nuclear Societies Council、太平洋核能理事會（PNC）、美洲核能協會（ANS）American Nuclear Society、核能資訊網（NucNet）Nuclear Net、歐洲核能協會（ENS）European Nuclear Society、美國核能協會（NEI）Nuclear Energy Institute、全球核能婦女會 WIN-Global 等，均可作為核子事故緊急對外訊息發布與連絡管道。

c. 台灣目前不是國際原子能總署的會員國，無法進入總署的「核子事故應變支援系統」-RANet（Response Assistance

Network），宜考量爭取進入此一全球互助機制，俾一旦國內發生嚴重核子事故時，可獲得國際間迅速、有效之救災減災的技術協助與支援。

d. 日本福島嚴重核災影響範圍廣大，鄰近國家應建立區域協防機制，加強資訊通報與交流，俾及時掌握事故狀況，採取必要應變作為。日本福島核災造成民眾恐慌，大陸於東南沿海快速發展核電，有必要深度瞭解其核安資訊，核實發布資訊，並相互通報。我國與大陸應可進一步研議相關通報與合作事宜。

2. 國內輻射偵檢人力及設備備援能量檢討

(1) 現況說明

a. 日本福島事故發生後，為協助由日本入境旅客確認是否遭受輻射污染，原能會自 100 年 3 月 15 日起即於松山機場、桃園機場及小港機場等地設置了門框式輻射偵檢器，提供自日本入境旅客輻射偵測服務。由於國內門框式輻射偵檢器數量有限，以致在花蓮機場之日本返台包機僅能以速度較慢的手提式偵檢器量測旅客。

b. 事件發生後國內輻射偵檢器需求量大增，各單位皆急於採購輻射偵檢儀，部分單位原已備有少量手提式輻射偵檢儀，但因長期未使用，亦已過了校正期限，導致校正單位短期內湧入大量的輻射偵檢儀需予校正。

c. 原能會所屬實驗室配合衛生署食品藥物管理局針對由日本進口食品採樣，進行日本進口食品放射性含量分析；與農委會農糧署、畜牧處及農田水利處合作，針對國內生產的蔬果、漁牧產品及灌溉用水進行檢測，均需加班處理，已影響國內例行之環境偵測作業之進行。

d. 國內經財團法人全國認證基金會認證實驗室僅有 39 部加馬能譜分析儀，分析人力僅約 50 名；而原能會所屬專業驗室僅有 19 部，分析人員共約 10 餘人，每天最大檢測量僅能檢測 500 個樣品。國內若發生類似福島電廠核子事故，將大量湧入需檢測之各類農、漁、畜牧等產品，以及國內環境中水、空氣、土壤、植物樣品，以目前之人力及設備而言均無法負荷。

(2) 檢討與精進規劃

a. 國內宜儘速增加放射性核種分析能力，除原能會基於業務職掌實施環境輻射偵測外，建議衛生署食品藥物管理局，應就其食品衛生管理法第十一條第二項授權訂定之「食品中原子塵或放射能污染安全容許量標準」，執行該法規所規定的檢測項目，設置專業放射性分析實驗室進行分析；經濟部則針對所管轄的水庫水體建立放射性分析實驗室；農委會則針對農、漁、牧產品進行檢測。以上各機關宜評估自行設置專業實驗室或與大學及研究機構建立委託檢測機制，以因應未來事故時所需之緊急放射性分析能

力，維護民眾輻射安全，預定於 100 年 12 月底前完成檢討。

b. 在商品進行輻射污染偵檢部分，事故發生時，以國內相關單位，如港口、機場及關稅局，擁有輻射偵測儀器的數量極為有限,不足以因應大量應實施檢驗的商品,預定在 100 年 12 月底前完成國內輻射偵檢儀器數量之檢討。

c. 日本福島事件發生後，媒體亦曾報導東京電力公司之輻射偵檢設備，因海嘯破壞而不足的窘境。有鑑於此，目前原能會已完成可支援國內核災所需之輻射偵檢設備數量調查，並已著手規劃整合國內民間擁有可支援輻射偵檢之單位及偵檢人力，以因應未來發生核災時，所衍生之大量及大面積範圍環境偵測需求。經調查手提式輻射偵測儀可支援緊急應變使用的約有 400 餘部，以此數量尚不足以因應核子事故之發生，至於缺額數量預定於 100 年 12 月底前完成檢討。

3. 環境輻射偵測實驗室快速偵測分析能力（含非放射化學快速偵測能力）

(1) 現況說明

a. 原能會輻射偵測中心之環測實驗室，現有 11 個純鍺偵檢器（相對效率≦40% ），其中 7 個純鍺偵檢器之使用年限介於 11 至 27 年，偵測效能已較為老舊。另外亦缺乏非放

射化學快速偵測能力之感應耦合電漿質譜儀（ICP-MS）等精密儀器設備。

b. 台電公司方面，環境直接輻射即時監測系統，使用高壓游離腔偵檢器監測環境即時直接輻射變化。目前每廠各 5 部，共 20 部；當環境輻射發現異常升高趨勢，將逐步啟動空浮、落塵、雨水、地表水體、土壤、植物指標生物 (相思樹葉)及各種農漁產品等的取樣作業與核種分析。核種分析的主要儀器為加馬能譜分析系統，目前計有 14 套。此外，各核能電廠工安部門均備有多台手提式氫氣或多種氣體監測儀，可用於氫氣濃度偵測。

(2) 檢討與精進規劃

a. 為建立事故快速偵測分析能力，提升環測技術與品質。未來在經費的許可下，輻射偵測中心宜優先規劃購置「高效率純鍺偵檢器能譜分析系統」、「寬能量範圍純鍺偵檢器能譜分析系統」，（101 年度建置完成）；非放射化學快速偵測能力部份，規劃購置「感應耦合電漿質譜儀（ICP-MS）」等精密儀器設備，針對鈾系、釷系、鐳-226 等低能光子及環境長半衰期核種，建立並開發其偵測技術與作業程序，有效運用於事故之應變（102 年度建置完成）。

b. 台電公司規劃在5年內逐年汰換低效率純鍺偵檢器為高效

率(40%)純鍺偵檢器。並建立一套利用 3G 通訊無線傳輸的「緊急應變環境輻射監測暨展示網」(目前有 7 部機動偵測儀，將視實際需要陸續增購偵測儀)，可機動設置、自動偵測、即時傳送直接輻射劑量率、核種計數率、氣象(風向、風速、雨量)等資訊，可符合 20 公里以外地區環境輻射偵測的作業要求，未來則配合緊急應變計畫區檢討，精進其功能及數量。另外，建立一套可攜式並可重複度量的發光劑量計計讀系統，可大幅提升現有環境直接輻射累積劑量計讀作業的穩定性及快速作業能力。

(七) 資訊公開與傳送

1. 即時資訊的公布（例如網站核災專區之建置等）及民眾諮詢、現行新聞發布與媒體溝通作業之檢討

(1) 現況說明

a. 原能會已將原子能安全管制資訊公佈於網站，便利民眾取得，並透過首長信箱之設置，提供民眾建言管道，且經由製作各類文宣、廣告、出版品或舉行記者會、展覽，透過大、小眾媒體管道，將核安與輻安資訊廣泛傳播。

b. 為因應核子事故時，能正確迅速報導事故實情及處理情形，在「核子事故中央應變中心」下設有專責單位「新聞組」，在歷年來的核安演習，皆依規定進行規劃與演練。

c. 在新聞發布上，已建置「核子事故電子快報系統」，讓核

子事故現場新聞分組使用本系統，將相關資訊立即傳送新聞組組本部，便捷地進行核子事故新聞稿撰寫、潤飾、陳核、發布作業。且事故時，可迅速於原能會網站建立連結，提供相關資訊及核定後新聞稿，供民眾上網查詢；此符合現今民眾大量應用網路科技之趨勢。新聞之緊急插播及徵用媒體頻道則由新聞局、國家通訊委員會協助。

d. 新聞稿發布後即舉行記者會，由中央災害應變中心指揮官或其代理人負責主持，並請中央災害應變中心指派相關幕僚協助指揮官現場解說。

e. 此次福島核災事故，原能會除配合府院召開記者會外，也自行密集召開記者會(3 月 12 日至 4 月 27 日，共計召開 17 次記者會)，說明日本核災最新狀況及國內相關輻射檢測情形，並針對媒體提問議題於記者會中詳細對外說明，簡報時也引入天然輻射劑量和醫療輻射劑量比較，且提供記者輻射小辭典和相關書面資料，並請與會記者協助傳播國人正確防護作為，且就錯誤報導請其協助導正。同時，就媒體邀約安排本會長官及學者專家接受各電視台及廣播節目訪問(約 140 家次)。

f. 為把握民眾關切核災之契機，促使民眾在日常生活上對輻射及原子能民生應用有正確的認知，應用原能會網站設立「輻射你我她」免費演講服務機制，提供具專業及經驗豐富講師的免費演講服務，近期內已安排逾 40 場次。

g. 因應此次福島核災事件，原能會建置「日本福島核災專區」，公布相關訊息供民眾參考，因民眾急欲瞭解相關訊息，初期網站壅塞，導致網頁無法開啟或開啟後一片空白等錯誤狀態。究其因為網路頻寬不足，無法連結，以及主機設備老舊，造成系統當機。已即時請網站設計廠商技術支援協助，包括緊急修改程式、資料移轉、輻射監測資訊網頁代理伺服器及提供高速頻寬機房等服務，網站瀏覽速度已恢復正常。

(2) 檢討與精進規劃

日本福島核災係發生於境外，致此次應變僅由原能會因應，無法依據核子事故緊急應變法完全發揮中央災害應變中心下新聞組的功能，參考此次因應作為，未來可針對下列幾點進行進一步改善：

a. 密集召開記者會，提供正確和即時的資訊：以事故國之日本為例，官房長官幾乎每 1 至 2 小時就召開記者會。

b. 增加新聞組的人力：現有新聞聯繫及接待記者人力已略有不足外，提供資訊主體的核能管制處及輻射防護處的回應新聞媒體人力也需增加，方可滿足媒體。

c. 透過網路及新聞發佈等方式提供環境輻射監測的結果，在核設施附近的地區，並選擇適當地點，以電子看板直接顯示，以發揮資訊公開的功能。

d. 強化國會聯繫、政府相關部會及國際聯絡之人力：以此次日本核災發生，各級政府、民意代表皆關切，故同時皆要求派員說明或報告，故需強化人力，或建立後備人力管道，俾能完備提供資訊。

e. 需強化民眾諮詢功能：若民眾無管道反映災情和查詢救災情況，易孳生民怨或疑慮，本次日本核災期間，每日民眾詢問電話眾多。若國內有核子事故發生，則應迅速成立「諮詢防災專線」接受民眾求援或諮詢，新聞組雖下設有諮詢分組，但以此次因應經驗，大眾以電話詢問或觀看電視仍為首要，故未來除需充分應用網路科技外，仍應設置諮詢專線，而事故時則可能需近百人之人力（例：假設救災專線代表號 1 個，下設 20 線，分 4 班輪替，則需 80 人），故在軟（常見問答之準備、答詢技巧）、硬體（電話、網路、首長信箱）上都需提升量能。核子事故中央災害應變中心新聞組下設有「諮詢分組」，已配置電話供民眾詢問，惟目前量能尚不足以應付可能之複合式災害需求，且應考量建置如 1999 專線，便利民眾應用。目前台電公司已設立之客服中心 1911 專線，將製作電話錄音於 1911 客服專線播放回應；或可依 99 年核安演習方式，由原能會及台電公司指派專業人員進駐，接受民眾諮詢，台電公司客服中心配合提供必要的值機席位及協助，以回應民眾電話詢問需求。未來仍將與經濟部協調有關台電公司 1911 客服

專線功能於核子事故之諮詢機制，考量如何擴充現有硬體，以及強化常見問答題庫與明確之人力編組，並於未來核安演習，將其納入新聞組演練，以驗證可行性。

f. 建立專家學者協助接受媒體採訪機制：記者會之召開，雖可滿足新聞台報導之需求，但對談話性節目、雜誌、廣播則嫌不足，事故時此種類型之節目都會同步作專題報導或深入報導，故在「新聞組」外需有專家學者協助接受媒體採訪或參與談話性節目之討論，一者協助傳播正確資訊，二者舒緩「新聞組」為因應媒體要求之採訪壓力，故應建立機制，從專家學者資料庫的建立，到因應事故作為訊息的提供和採訪的安排，著手訂定標準作業程序。

g. 強化與新聞局建立訊息通報的機制，目前新聞局主導我國現行中央災害應變中心功能分組之新聞發布組業務，在複合性災害發生時，皆需透過此管道發布相關新聞。且此次因應日本核災時，新聞局在記者會召開及文宣片播放提供很大的協助，故未來擴大與新聞局及 NCC 就建立插播管道、徵用媒體時段、應用手機簡訊、行政院影音白板、部會間網路連結等事項及傳播資源的規劃應用等合作，俾協助新聞發布及指導民眾防護措施。

h. 研議邀請公視扮演提供官方資訊的功能：日本福島核災期間，由 NHK 電視台負責提供相關訊息給國外媒體，且獲佳評。此外，學者就台灣媒體報導多有批評，並建議未來

國內之防災體系就提供國內外新聞報導部分，建議參考日本之做法，規劃公共電視台（如公視）擔負類似 NHK 的角色。

i. 上述各項精進規劃作業，均需足夠之人力，以原能會為例，平時辦理新聞發布及聯繫等相關業務之人力為 2 人，雖為因應核子事故時，將擴大新聞組編組成員有 37 人，而此些人力均由原能會綜合計畫處人員擔任，核管處及輻防處則支援各 1 名人力，惟考量如需因應龐大民眾、各級政府、民意代表、國際人士及媒體等諮詢，尚無法滿足此需求，因此人力的來源須進一步協調及檢討。

另在資訊硬體改善方面，為因應核災緊急應變的業務，避免此次網路壅塞及系統當機的問題，未來應增加網路頻寬及汰換網路與主機相關設備，並建置全球資訊網站異地備援機制。

二、 平時整備

在平時整備項目之檢討，包括三個子項議題：依緊急應變計畫區檢討結果，檢討現有各項整備作為、輻傷醫療能量檢討以及民眾及救災人員曝露劑量重建能力建立等重要議題，本項議題的預定完成日期為今年 12 月 31 日前。以下分別說明各個子項議題的現況，並提出到 12 月 31 日前該議題須強化部分之精進規劃方向。

(一) 依緊急應變計畫區檢討結果，檢討現有各項整備作為

本子項議題包括疏散道路、集結點、收容所，預警通知機制及設施，碘片儲備及發放，救災人員防護裝備，輻射偵測計畫，溝通宣導及訓練，演習及演練以及緊急通訊等八個細項，以下分別說明各個細項議題的現況，並提出該細項議題強化措施之規劃。

1. 疏散道路、集結點、收容所

(1) 現況說明

為能及時進行民眾疏散，已在緊急應變計畫區內人口集中處，規劃集結點，萬一須進行民眾疏散，民眾只要到集結點，地方政府即會派車輛到指定地點進行疏運；在疏散路線規劃方面，係委託交通大學依據核一、二、三廠緊急應變計畫區規劃完成之集結點，實地勘查集結點基本資料、路網資料及最新人口資料等，進行各種氣象(風向)下之路網疏散模擬，並規劃公用車輛疏散之建議路線及估算疏散所需時間。疏散民眾時，地方政府可依交通部「車輛徵用辦法」徵調所需車輛，再配合軍方現有交通工具，在現有道路狀況下於最短時間內疏散民眾。因應天候狀況、人口分布及道路狀況等因素，每一核能電廠均於緊急應變計畫區外規劃有緊急收容站 2 處以上。

(2) 檢討與精進規劃

緊急應變計畫區檢討擴大之區域，其集結點、收容所及疏散道路將比照現有 5 公里範圍內之整備進行建置。核災之收容作業與一般天災之收容作業並無太大差異，唯一不同的是，民眾於進入收容站前，需進行輻射偵測並於必要時進行除污作業，前述作業完畢後，才讓民眾進入收容站進行安置；由於民眾對於收容站之輻射劑量非常關切，除了進入收容站前的輻射偵測外，裝置移動式的即時輻射劑量顯示設備，可使收容站的民眾隨時能掌握周遭的輻射劑量，以安定民心。本會將於緊急應變計畫區外設置臨時收容所加強民眾輻射偵測確保民眾安全，並與內政部就現有天然災害之收容站（約 8,700 處）規劃大規模疏散收容之計畫。此外，為因應地方居民反應防災之需求，未來五年內，緊急應變計畫區內發放每戶一個防護包，以供民眾需要。

2. 預警通知機制及設施

(1) 現況說明

核子事故民眾預警廣播系統由台電公司負責在電廠緊急應變計畫區 5 公里範圍內建制、運作及維護設置，核一、二、三及龍門電廠分別設置 4、7、6、8 個警報站；另為加強核子事故警報發布及民眾通知之效果，97 及 98 年於三芝、石門、金山、萬里等區建置 8 個民政廣播系統供當地里長使用，增進預警之效能。新北市其他 40 個里及屏東縣 12 村里亦已

編列建置預算，以因應民眾加速建置之需求（相關預算目前遭立法院教育及文化委員會凍結，已提專案書面說明，請求同意解凍）。

(2) 檢討與精進規劃

緊急應變計畫區檢討擴大之區域，台電公司將於人口稠密地區增設核子事故民眾預警廣播系統，新北市及屏東縣將對新增村里編列預算建置民政廣播系統作為輔助，並規劃巡迴廣播車行徑路線，以做到當事故發生時能於第一時間通知民眾進行應變。且將利用現代科技產品，規劃建置簡訊發送系統，在核子事故發生時，透過電信業者的「適地性簡訊傳播服務（Location Based Service，LBS）」提供手機用戶相關應變作為。

3. 碘片儲備及發放

(1) 現況說明

碘片發放目前係以核電廠半徑 5 公里為範圍，每人預先發 2 日份，另外 2 日份集中保管。平時碘片之儲備請地方政府衛生局集中保管，並由原能會定期盤點清查，發放作業及對象亦皆有計畫及控管機制。

(2) 檢討與精進規劃

a. 建置國家儲存庫、建立碘片分發優先名單、調查不宜服用

碘片之特定民眾、加強民眾宣導、增加碘化鉀溶液製作以供嬰幼兒服用等)。

b. 100 年將建置碘片國家儲存庫，先採購 80 萬份碘片集中保管，並與廠商訂定開口合約，以備將來萬一發生嚴重核子事故影響 5 公里以外民眾或境外發生核子事故救難團體之所需。

4. 救災人員防護裝備

(1) 現況說明

新北市及屏東縣政府針對核災應變人員防護裝備，目前備有部份輻防包、人員輻射劑量筆、輻射偵測器等。支援中心建置有核生化偵檢車、輻防包、人員輻射劑量筆、輻射偵測器。以現有裝備數量無法應付如日本福島之複合式災害應變所需。

(2) 檢討與精進規劃

考量福島核災救災模式，將請支援中心及緊急應變計畫區內所含之地方政府檢討核災應變所需之輻射防護裝備數量並儘速提出需求，於未來 3 年內(102 至 104 年)分年編列預算採購。對於支援核電廠廠內救災部份，將由電廠提供相關防護裝備，並於支援協定書中明列所需提供防護裝備型式及數量。另原能會將訂定於各核災事故等級時，應變人員於受

核災影響區域內應著防護裝備之等級及樣式。

5. 輻射偵測計畫

(1) 現況說明

目前核能電廠事故發生時，輻射監測中心之輻射偵測範圍為緊急應變計畫區內，其他相關監測資料僅能利用全國輻射監測網設置之固定監測站。

(2) 檢討與精進規劃

檢視此次日本福島核能電廠事故狀況，輻射偵測範圍限制於緊急應變計畫區內實有不足。輻射偵測範圍應隨事故發展而調整，自緊急應變計畫區向外延伸，並增加移動式定點偵測設備，隨時掌控核能電廠周圍環境輻射狀況的變化。同時環境試樣之取樣項目、地點亦應隨事故演變調整，以利掌握放射性落塵對環境之影響外，並應隨時增加對民眾有直接影響之飲水及農畜產品試樣。

以現有之設備與人力尚能因應現行緊急應變計畫區 5 公里範圍之輻射偵測，但參考福島核災擴大範圍後，由於監測範圍擴大須增加作業人力與設備，應增加下列精進措施：

a. 規劃於每一核電廠緊急應變計畫區範圍內增購 10 部機動偵測儀，納入 3G 通訊無線傳輸的「緊急應變環境輻射監測暨展示網」，可減少核災事故發生時輻射偵測人力之動

員，並增加即時輻射偵測資料之傳遞與更新。（102 年 12 月底前增購完畢）

b. 規劃每一核電廠增加輻射偵測車 1 輛（7-9 人座小客車，配置無線電通訊器材、直接輻射偵測器、空浮氣體計測器及個人防護用具等）及所需之人力與設備，於發生核子事故時統籌調派支援，以因應監測範圍擴大，需具備充足之偵測能力。（102 年 12 月底前完成）

c. 協調國防部支援 97 式核生化偵檢車執行地面輻射偵測作業。（100 年 9 月底前協調完畢）

d. 協調國防部與內政部空中勤務總隊支援空中交通工具，執行空中輻射偵測作業。（100 年 9 月底前協調完畢）

e. 協調海巡署與農委會支援海上交通工具，執行海上輻射偵測作業。（100 年 9 月底前協調完畢）

f. 結合現代化科技，規劃以遙控飛機執行高輻射及廣域之輻射偵測作業。（預計於 102 年 12 月底前完成）

g. 由於疏散民眾可能大幅增加，請台電公司（放射試驗室）增購移動式門框偵檢器 6 台，以供疏散民眾輻射偵檢作業。（102 年 12 月底前購置完畢）

6. 溝通宣導及訓練

(1) 現況說明

鑑於原子能民生應用層面日益廣泛，而其相關資訊又具有高度專業複雜性，如何提供讓社會大眾深入淺出且很容易獲得的正確核能資訊，以及將原子能知識納入教育系統是一直持續努力的工作；現行在教育與溝通上，係採分眾(學生、一般民眾及核能電廠所在地民眾等不同對象)及對民眾關切事項及議題來辦理。

(2) 檢討與精進規劃

a. 把握民眾需求時機，擴大輻射防護教育溝通工作：藉由複合性災害的演練，例如學校或政府間的防災演練，提供輻射知識及民眾防護的資訊，並藉由「種子教師研習營」培養教師或提供免費演講服務，便利民眾學習。

b. 於教材中納入輻射教育為首要：以本次日本核災事件，無論民眾電話詢問、媒體報導或網路訊息，皆顯示大眾對輻射認識的不足，且因錯誤報導或過度恐慌，致政府單位需對應投入大量的人力、物力來消弭民慮，故應自學校著手，在現行教育體系中納入輻射防護課程。

c. 溝通教材之準備：就民眾關切之輻射安全與輻射防護議題，製作文宣品，包括短片、錄音帶及刊物等製作，俾能即時透過媒體通路傳播正確訊息。

d. 強化對輻射的認識，協調教育部納入原子能領域知識於國中小學生之補充教材，讓學生從小就可瞭解原子能科技應用的優缺點和輻射防護的知識。

e. 鼓勵未設立核能相關科系之大專院校開設「核能、輻射與生活」、核工概論及原子能民生應用等通識課程，增加大學生對於核能科技的了解。（已於 98 年開始施行，截至 100 年，已有台北科技大學、龍華科技大學及國立高雄應用大學開課）。

f. 將編訂消防、國軍、警察、衛生、社會、民政等相關應變機關緊急應變人員和災害應變訓練教材，並辦理相關人員訓練，以提升核災應變效能。

7. 演習及演練

(1) 現況說明

為建置核災應變體系及能量，自 78 年開始每兩年輪流於南、北核能電廠擇一舉行 1 次，動員中央、地方政府及核子反應器經營者進行聯合演習，演習項目包括輻射偵測、劑量評估、民眾掩蔽與疏散及收容、碘片模擬發放、除污及醫療救護等，以測試核能電廠及各項應變措施之應變能力，2001 年起核安演習改為每年一次。經過多年的摸索及經驗累積於 2003 年 12 月 24 日完成『核子事故緊急應變法』之立法，並於 2005 年 7 月 1 日開始實施，自此完成核災應變的組織體

系與架構，迄 100 年 6 月止已辦理 17 次核安演習。演習目的以強化各應變中心間縱向和橫向之指揮、協調、溝通和聯繫能力，達成各應變中心指揮官及應變人員熟悉標準作業程序，驗證應變決策支援工具、設施、防災地圖、應變作業平台等之應用及建立民眾正確防災觀念和熟悉民眾防護行動為目標。

(2) 檢討與精進規劃

日本 311 大地震及海嘯引發福島核電廠核災，全球各國均為之震驚並紛紛全面重新檢視核電之安全性及核災應變之能力，而我國除立即實施「對國內核電廠現有安全防護體制全面檢討方案」、舉行「核子事故整備與應變公聽會」」等措施之外，另亦積極規劃每年一次之核安演習，100 年演習跳脫以往演習之模式，並嘗試超越現行法定 5 公里半徑緊急應變計畫區之演習範圍，以日本福島核災為實例，參考緊急災情及相關應變作為，擬定重要議題深入探討，驗證應變計畫與作業程序是否完備，救災資源是否充足，以找出計畫缺失及需彌補之資源缺口，擬定改進方案，並進一步修訂相關法規、計畫與作業程序等，推動跨部會整合功能之應變體制。

100 年演習之兵棋推演，為實際演練以核災為主軸之複合式重大災害，首次於大坪林消防署中央災害應變中心開設指

揮中心，配合原能會、新北市及萬里區各級應變中心之開設作業，以協調核子事故緊急應變體系與災防體系整合運作方式，選擇關鍵議題模擬情境狀況，各功能分組提報處置作為，探討因應對策，演練檢討結果將作為我國核災應變機制改進強化之依據。廠外民眾防護之實兵演練，除在萬里地區（5 公里半徑緊急應變計畫區內）實施實地演習，包括警報發放、交通管制、居家掩蔽、民眾集結、疏散等實作演練，並擴大疏散演練範圍至半徑 10 公里地區，選定汐止區與瑞芳區演練使用鐵路、船隻為載具之民眾疏散，另選定台北港（20 公里半徑外）舉行定點集中示範演練，動員新北市警消、衛生局、社會局等與軍方、原能會相關應變人員，以及金山區、萬里區、汐止區、瑞芳區 1600 位地方民眾共同參演災民收容安置、人車偵檢除污、環境輻射監測、災情偵蒐、碘片發放、消防車射水降溫、檢傷後送等實作項目，並展示應變相關設備與資料，以提供應變人員大型演訓平台，熟稔相關應變措施，此外，未來現場邀請地方民眾、學生參觀，藉以傳達給民眾正確之防災應變資訊，加強核災緊急應變之宣導溝通。

依照 100 年演習檢討將積極整合複合式災害應變編組與指管權責、介接指管及資訊通信系統、明定斷然處置時機、加強民眾應變宣導，並與相關部會規劃大規模疏散撤離及收容安置之具體細部作法。未來之核安演習將委託相關救災之

專家學者協助訂定三年之中程精進計畫，結合中央、地方及民間人物力，積極加強深入推演驗證，提升緊急應變計畫與作業之完整性及可行性。

8. 緊急通訊

(1) 現況說明

通訊是影響救災成敗的重要因素，核子事故緊急應變之通訊系統目前有視訊系統、與各核能電廠間之熱線電話、台電微波電話、衛星電話、軍方指揮電話系統及電信局撥號電話系統與行動電話等多套系統。

(2) 檢討與精進規劃

協調納入災害防救專用衛星、微波及現場通信指揮車之緊急通訊系統，俾有效整合及運用國家資源，務求救災通訊無死角。

(二) 輻傷醫療能量檢討

1. 現況說明

a. 衛生署於 90 年已逐步建置國內三級輻傷醫療體系。台電公司則於 88 年奉經濟部指示，捐助金山醫院籌建經費（含院舍與輻傷相關設備），該院規模可容納 100 床病患。並補助前 5 年營運虧損部份金額。

b. 為因應核子事故發生時之醫療除污、偵檢及醫療等需要，

衛生署於新北市、屏東縣已建置完成核災緊急醫療網。一旦核子事故中央災害應變中心啟動應變機制時，地方衛生主管機關立即通報核災急救責任醫院待命收置傷患，並即時利用緊急醫療管理系統，隨時掌握醫院收治傷患之最新情形。

c. 為強化災害發生時之各項醫療服務，緊急醫療救護法明定應建置區域緊急醫療應變中心，以建構中央、區域及地方三層級之緊急醫療指揮架構，俾便進行包括縣市間醫療支援及跨區域醫療協助等。衛生署自 89 年起陸續規劃核能災害緊急醫療網，分別輔導核災急救責任醫院，建置輻傷病人收治作業流程，同時因應嚴重輻傷事件，可適時成立核災緊急醫療諮詢小組。核災急救醫療分為三級，第一級(核電廠內、外之緊急醫療)、第二級(核電廠附近，設有核醫科或放射治療科，可提供檢傷分類、除污及支持性治療。)及第三級(核電廠附近之醫學中心，提供三級輻傷處理，如：治療、骨髓移植、放射性污染拮抗藥物給予、燒傷治療和嚴重創傷治療。)。核災緊急醫療諮詢小組，成員包括專家學者、地方政府、原能會及台電公司代表等，小組任務包括成立「前進急救小組」，指派小組成員協助核災緊急醫療救護事宜；成立「輻傷醫療緊急處理小組」，協助各醫療院所緊急醫療之處置作業；協助動員核災急救責任醫院、整合二級、三級急救責任醫院人力、物力和資源

等。

d. 衛生署自 97 年起委託六區區域緊急醫療應變中心，整合各區核災急救責任醫院醫護相關人員輻射醫療教育訓練、輻傷偵檢與個人防護裝備及辦理定期演練與評核。核災緊急醫療網 19 家核災急救責任醫院名單如表 4-4。國內核災急救責任醫院現有醫療資源整備包括急性一般病床 16,039 床、加護病床 1,762 床、一般隔離床 156 床及骨髓移植隔離病床 59 床(全國)，詳如表 4-5。

表 4-4. 核災急救責任醫院一覽表

| | 南部（10） | 北部（9） |
|---|---|---|
| 二 級（11） | 署立恆春旅遊醫院、署立屏東醫院、恆春基督教醫院、屏東基督教醫院、枋寮醫院、東港安泰醫院、輻英醫院（7） | 署立基隆醫院、長庚醫院基隆分院、台大金山分院與馬偕醫院淡水院區(4) |
| 三 級（8） | 高雄長庚醫院、高雄醫學大學附設醫院及高雄榮民總醫院（3） | 臺大醫院、馬偕醫院、台北榮總、三軍總醫院與長庚醫院林口分院（5） |

表 4-5. 國內核災急救責任醫院現有醫療資源

| 醫院名稱 | 急性一般病床核定數 | 急性一般病床開放數 | 骨髓移植隔離病床數 | 一般隔離床核定數 | ICU 核定數總數 | ICU 開放數 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 行政院衛生署基隆醫院 | 300 | 300 | 0 | 0 | 32 | 40 |
| 長庚醫療財團法人基隆長庚紀念醫院 | 550 | 550 | 0 | 0 | 53 | 53 |
| 國立臺灣大學醫學院附設醫院金山醫院 | 100 | 46 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 財團法人基督長老教會馬偕紀念醫院淡水分院 | 829 | 829 | 0 | 0 | 59 | 63 |
| 行政院國軍退除役官兵輔導委員會台北榮民總醫院 | 2404 | 2380 | 4 | 48 | 217 | 228 |
| 財團法人臺灣基督長老教會馬偕紀念社會事業基金會馬偕紀念醫院 | 793 | 793 | 0 | 8 | 132 | 102 |
| 國立台灣大學醫學院附設醫院 | 2388 | 1899 | 14 | 81 | 192 | 261 |
| 國防醫學院三軍總醫院 | 1250 | 1250 | 2 | 0 | 108 | 105 |
| 長庚醫療財團法人林口長庚紀念醫院 | 2918 | 2918 | 5 | 0 | 376 | 291 |
| 行政院國軍退除役官兵輔導委員會高雄榮民總醫院 | 971 | 971 | 2 | 0 | 104 | 100 |
| 長庚醫療財團法人高雄長庚紀念醫院 | 1388 | 1388 | 4 | 0 | 246 | 206 |
| 財團法人私立高雄醫學大學附設中和紀念醫院 | 1200 | 1200 | 3 | 0 | 119 | 144 |
| 行政院衛生署屏東醫院 | 200 | 200 | 0 | 9 | 24 | 26 |
| 善工醫療財團法人屏東基督教醫院 | 346 | 346 | 0 | 10 | 57 | 57 |
| 輔英科技大學附設醫院 | 371 | 371 | 0 | 0 | 16 | 16 |
| 安泰醫療社團法人安泰醫院 | 450 | 450 | 0 | 0 | 49 | 52 |
| 枋寮醫療社團法人枋寮醫院 | 160 | 92 | 0 | 0 | 12 | 12 |
| 行政院衛生署恆春旅遊醫院 | 50 | 30 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| 財團法人恆春基督教醫院 | 40 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 總計 | 16708 | 16039 | 34 | 156 | 1802 | 1762 |

2. 檢討與精進規劃

核子事故如果災情擴大，除依據中央災害應變中心啟動民眾防護行動命令，各地方災害應變中心於「緊急應變計畫區」之管制點執行輻傷病患之檢傷，並通報各級急救責任醫院。如遇大量傷患，則優先騰空「緊急應變計畫區」外之隔離病房，隨時協調以掌握收治情形。

(三) 民眾及救災人員曝露劑量重建能力建立

1. 現況說明

國內除輻射工作人員外，個人配置之警報式電子劑量計只有少數單位使用，目前救災人員皆無此類裝備。又國內曾建立生物劑量評估技術，因工作人員退休而未能延續此劑量重建能力。

2. 檢討與精進規劃

a. 以日本福島電廠事故觀之，現場的輻射偵測設備除了可以佐證事故現場的輻射狀況，亦可粗估救災人員允許之工作時間，但是仍需要有一定數量的偵測設備(固定或移動式)，才能完整地描繪出現場劑量圖，提供救災人員之參考。然而此為空間劑量，並非救災人員實際接受劑量，救災工作仍應以個人劑量計紀錄為主，故應提供救災人員足夠之警報式劑量計以有效管控其劑量，並應提供面具及防

護設備，以避免超過人員劑量限值。

b. 人員接受意外曝露後，劑量重建是必要的過程。當發生意外輻射曝露時，當事人可能未配帶任何劑量計，或因輻射劑量過高無法以正常劑量計評估時，可藉血液及染色體分析技術推算所接受之劑量，以利後續之健康照護及治療。

c. 國內目前已積極建立人員生物劑量技術(100~101 年)，添購所需之劑量判讀儀器，建立劑量標準曲線，並與國際實驗室比對，以提供意外曝露時民眾及救災人員劑量評估之服務。

三、 緊急應變作業能力

在緊急應變作業能力項目之檢討，包括二個子項議題：應變作業管理以及檢討飲用水污染淨化與食品及各項民生用品緊急調度供應能力等二項議題，本項議題的完成日期為今年 6 月 30 日。以下分別說明各個子項議題的現況，並提出該議題須強化部分之精進規劃。

(一) 應變作業管理

1.事故評估系統

(1) 現況說明

緊急應變支援系統（Emergency Response Support System；ERSS）是核研所自行開發的一套人機介面程式，用

以作為協助核能電廠緊急應變事故評估工作之系統，可藉以評估在事故演進過程中操作人員的處置是否適當及輔助相關人員的決策事宜。目前包含電廠狀態展示系統、事故狀態診斷系統、事故演變預測系統、事故處理監測系統、事故評估資料庫等五個子系統。

(2) 檢討與精進規劃

目前已透過原能會完成 SPDS 連線，並順利取得 SPDS 資料，另外正研究 SPDS 資料格式及代表意義，預估今年(100)底前完成 SPDS 與 ERSS 系統的連結。未來應擴增 ERSS 電廠狀態展示畫面的動態顯示資訊，將用過燃料池的水位、溫度等相關資訊展示於 ERSS 上。

2. 劑量評估系統

(1) 現況說明

a. 核子事故緊急應變劑量評估系統係依據法規評估可減免劑量與提供民眾防護行動建議，計算範圍在電廠半徑 30 公里內為 1 公里解析度的網格數值，5 公里半徑內為 250 公尺解析度的網格數值，氣象預報時間為未來 8 天之氣象預報資料。並已內建 5 公里半徑範圍之村里界資料，做為民眾防護行動計算與評估判斷之參考。

b. 中央氣象局每日兩次定時更新未來 8 天之氣象預報資訊

（系統並提供專家研判手動修訂氣象預報資訊的功能），系統依照預報資訊即時自動進行 8 天氣象場的運算，並將結果存放於伺服器端。當演習或意外事故發生時，則由遠端個人電腦依據事故電廠提供預估之外釋核種濃度資料，輸入伺服器端，利用已備於伺服器中的預報氣象場條件，執行放射性雲團擴散模式分析，擴散分析結果結合劑量模式，進行廠外劑量分布狀態顯示，與民眾防護行動措施的可減免劑量計算與評估建議。

(2) 檢討與精進規劃

a. 目前核子事故緊急應變劑量評估系統 A2CDOSE 之伺服器，由原能會核技處與輻射偵測中心各建置一套，做為相互備援，然伺服器均已超過使用年限，建議需配置長期專屬經費來進行相關軟硬體維護與更新。另外事故發生時，無法提供放射性物質外釋項（含事故情節分析，及外釋時序與預估外釋量），氣象預報資料未包含降雨量預測，均為未來系統提升發展之方向。

b. 更新氣象資訊資料庫，參考日本福島電廠事故應變經驗，核子事故緊急應變劑量評估系統 A2CDOSE，可重新統計並建立大範圍之氣象資訊資料庫，擴大現行劑量評估系統不同解析度之大氣擴散計算網格，計算範圍在電廠半徑 120 公里為 1 公里解析度,30 公里半徑為 250 公尺解析度,

並考慮將北部核一、核二與龍門電廠合併成一區域，同時應增加民眾防護行動所涵蓋分析之村里。

c. 建立大氣擴散模式考慮不同核種特性，依核種分類考慮乾、溼沉降之機制。

d. 預報氣象係做為預估民眾可減免劑量影響評估，事故全期之劑量影響目前因無法規之規範與應變準則，故劑量評估系統並未建立此評估結果。基於事故後之民眾劑量重建之重要性，因此建議本套系統可開發擴增此項功能，引入事故後實際氣象觀測資料，作為事故全期大氣擴散分析與民眾劑量評估。

e. CWB/GFS 及 CWB/WRF 預報資料的引入，精進降尺度作業系統(TDS, Taiwan downscaling system)，產生即時化氣象預報資訊。

f. 開發 A2CDOSE 單機版之核子事故緊急應變劑量評估系統，以降低網路依存風險，並達快速、穩定之劑量評估作業。單機版將三維氣象資訊資料庫儲存於硬碟，可於單一電腦完成氣象場運算、大氣擴散分析與劑量計算評估。

g. 劑量評估結果界面更新，並提升輸出至 Google Earth 之能力，強化與民眾之資訊溝通工具。

h. 進行國內核電廠各項意外事故(含設計基準事故與嚴重事故)不同等級與發展序列所造成之外釋射源項情節分析，提供可行之外釋濃度資料。

i. 建議可針對緊急應變區內以村里為單位，強化地面氣象觀測資料之收集與統計分析，以提供氣象預報子系統評估校驗，與調校大氣擴散模式等參數之依據，精進大氣擴散與劑量評估之能力。本資料收集工作可採租用氣象觀測設備，進行全年之觀測分析，將來則定期重新收集資料，以符合整體氣候變遷之趨勢。

j. 預計可完成期限為 5 年，第 1 年系統完成緊急應變計畫區擴大修正後之各項準備工作規劃，於 1-3 年依序完成核一、二、三與龍門電廠之氣象資訊資料庫建置更新，並開發整合氣象觀測分析與預報資料之機制；第 4 年完成長天期之劑量評估結果，與單機版劑量評估系統；第 5 年完成 TDS 即時化氣象資訊的模式建立，並與劑量評估系統相結合，使能同時輸出氣象資訊資料庫與即時預報氣象資訊之劑量評估結果。每年之開發成果，回饋至劑量評估系統功能之擴增，以避免事故應變劑量評估工具之空窗期。

3. 地理資訊系統（電子地圖）

(1) 現況說明

目前電子地圖之於核災應變與演習著重在展示功能方面，目的在於提供民眾或相關單位的決策者能夠快速的瀏覽與得知所需要的訊息。目前核一、二、三及龍門電廠緊急應變計畫區範圍（涵蓋 5km、10km、15km、20km、30km 等）

之集結點、輻傷醫院、環測站、警報站、疏散的路線等，都能夠在電子地圖上作展示。此外，透過授予各單位管理者的權限，將整備物資做更完善的建置，讓相關單位在平時更能掌握目前物資積存與放置的情形，使得物資管理上更加簡單。因應福島電廠事故，已加大緊急應變計畫區範圍的展示，並購入了台北市圖資資料，未來若緊急應變計畫區含跨至部份台北市區域，也能更精確的算出所有需疏散的人口與疏散的路線等等。

(2) 檢討與精進規劃

目前尚未有收容站的圖檔與資料，因應緊急應變計畫區範圍之檢討，再與相關部會檢討規劃收容站之位置後將於 101 年加入電子地圖裡，可使展示功能更完整，並擴增資料來源（例如 Google Map、結合氣象局衛星雲圖以及雷達回波圖等）及查詢功能。

4. 應變作業平台

(1) 現況說明

核子事故緊急應變工作平台提供各應變組織作為共同資料庫，並作為人員訓練、整備、系統測試及演習作業規劃之資訊工具。事故發生核子事故中央災害應變中心可藉由核子事故緊急應變工作平台掌握即時資訊，並與各中心，進行即

時命令下達、訊息傳遞及資訊交流等各項應變協商。

(2) 檢討與精進規劃

整合核子事故緊急應變工作平台命令下達與回報功能及電子防災地圖、劑量評估系統等緊急應變工具，透過網路快速即時功能，強化資訊流通與應變處置能力，並可作為平時規劃、訓練及演習之各項整備作業之工具，俾核子事故發生或有發生之虞時，能迅速採行應變措施。未來應研議與災害防救體系已建立之緊急應變資訊管理系統（EMIS）進行相關資料庫之聯結與整合，以因應複合性災害應變之需要。

5. 輻射資源整合系統（放射性物質使用場所、偵檢儀器數量等）

(1) 現況說明

國內目前有 1,521 個使用放射性物質的單位，手提輻射偵檢器與其他型式的輻射偵檢器數量大約有 2,900 餘部。其中 840 餘部為台電公司所有。平均每個使用場所輻射偵檢器的數量為 1.35 部，平時皆用於例行輻射作業時的偵測。

(2) 檢討與精進規劃

國內發布緊急動員令時，國內持有輻射偵檢器大部分單位，所持有的偵檢器數量約 1~2 部，用於輻射工作場所的輻射偵測，事故發生後，大部分單位皆無法提供應變偵測所需。

目前已針對國內持有輻射偵檢器數量較多的單位，如原能會暨所屬單位、台電公司及清華大學等，已完成調查各類輻射偵檢器之統計及支援數量，初步統計國內執行應變所需的輻射偵檢器大約有 400 餘部，並已將這類設備建檔管理，未來每年會更新數量及現況，因應未來應變作為所需。此外上述單位未來定期予以分批實施救災防護訓練，以便能有效動員投入核災之輻射偵測作業。

(二) 檢討飲用水污染淨化與食品及各項民生用品緊急調度供應能力

1. 現況說明

a. 飲用水方面：研訂「公共給水受輻射污染因應作業機制暫行措施」，水庫或淨水場環境背景輻射達「20 微西弗/時」，或所送原水達水體種原濃度達輻射限量標準以上，或所送自來水水樣種源濃度達「商品輻射限量標準」規定之飲用水輻射限量標準時，比照旱災應變機制成立緊急應變小組，並由水庫管理機關(構)或自來水事業單位執行輻射緊急監測，另由緊急應變小組通知媒體籲請民眾儲水備用，及通知各縣市政府增加包裝水貯備能量，作為公共給水受輻射污染時之緊急應變安全飲用水。

b. 進出口方面：依現行輸入規定，水、食品及民生用品除少部分大陸產製品不准進口外，其餘國家產製者均屬准許進

口並免辦輸入許可證，凡在貿易局登記之出進口廠商可逕向海關報關進口，惟進口時應依我國檢驗、檢疫相關規定辦理；又依現行輸出規定，水、食品及民生用品均屬准許出口並免辦輸出許可證之貨品，出進口廠商者可逕向海關辦理通關出口。前述貨品倘非屬經濟部公告准許進口之大陸物品，進口人如有進口需要，可依專案進口或建議開放進口之程序向貿易局申請辦理，經審核通過後始准予專案進口或公告開放進口。

c. 產銷方面：於災害發生時，為執行重要民生物資供應調度工作，成立緊急民生物資供應調度應變小組，以統籌處理市場產銷情勢，並掌握重要民生物資供應情況，同時協調國內重要民生物資生產廠商排除生產障礙，增加產能，並函請各公會並轉知會員廠商，必要時協調專案進口，加強充裕物資供應。有關受輻射污染地區之包裝飲用水及食品則由衛生署依食品衛生管理法規執行相關管制措施；受輻射污染地區民生用品之管制措施部分，由標準檢驗局配合原能會執行應施檢驗商品之輻射偵檢。

d. 商品零售流通方面：建立流通業物資網絡(包含量販店、超市、超商) 緊急連繫窗口清單，救災重要民生物資項目列冊管理(如包裝飲用水、乾糧、帳棚、睡袋)，調查運輸補給能量和網絡。

2. 檢討與精進規劃

a. 飲用水方面：研擬「公共給水及水庫原水輻射災害防救業務計畫（草案）」，經濟部於 100 年 5 月 6 日召開會議研商，另鑑於前述計畫係屬全國災防體系之一環，尚須行政院災害防救辦公室決策評估可行，預計於 100 年 9 月 30 日完成。

b. 進出口方面：配合國內需要，擴大民生物資（食品或用品）之進口來源，俾充裕國內供給，例如屬未開放之大陸物品，將迅速專案核准使用單位或廠商進口，並對民生物資採取出口限制措施，俾優先提供國內使用，或防止受污染產品出口，以免遭國際關切。

c. 產銷方面：配合國內需要，依法管制重要及短缺之民生物資出口，嚴密注意市場動態，維持物價穩定。必要時將協調徵調民間庫存之民生物資。

d. 商品零售流通方面：物資尚未進入災區：配合內政部、各地方政府與通路業者所訂之「開口合約」，協調當地零售通路與盤商，對於災後仍堪用的商品，優先提供災民免費取用。物資開始進入災區後則配合內政部社會司所設立之物資集貨配送中心（或協調業者成立迷你便利店），彙集重要民生物資能量，結合軍方補給與物流業運輸能量。

# 第五章 第一階段安全評估報告結語

原能會針對台電公司提報資料之審查結果，在近期檢討議題中分別就核一廠廠區高程不符案，以及核二廠緊急海水泵室防海嘯能力不足案，原能會經現場查證專案視察確認台電公司已依原能會要求限期內完成改正，相關後續改善措施持續追蹤。

針對列為近期對策之海水泵馬達等備品確保、移動式緊急發電機(如電源車等)等設置、防海嘯措施等項目，原能會未來亦將嚴格確認其實施狀況。同時，原能會亦將持續督促台灣電力公司依據海嘯分析、地震評估之結果採取必要之改善措施，以提高核能電廠因應複合式災難之能力。

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可能有所減損之部份，並據以改善以提升原有設計基準。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，原能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，必要時提升現行設計基準，俾確保核能機組之運轉安全。依國際原子能總署及美國核管會之建議事項，原能會將要求台電公

司每 10 年確認地震、水災危害並處理任何新得知且重要資訊，視需要更新設計基準。

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，原能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 月完成核一、二、三廠附近海域、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，應依據原能會後續要求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，避免爐心熔毀及放射性物質大量外釋，使環境和民眾受到的影響減到最小。

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 11 項檢討議題的安全評估報告，內容增加台電公司迄今年 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，提出近期安全評估第一階段報告的研議結果。至下一階段則應對各項核安議題進行全面性之考量,例如將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g，在技術、經濟及核電廠服役期限等層面是否皆可行。另依據行政院專案小組 7 月 18 日審查會議結論事項七，「有關核安事故發生時可能引發之能源安全問題，請原能會考量在報告中予以補充說明」，此能源安全議題及上項經濟及核電廠服役期限等層面可行性，擬在此一報告核定後請經濟部協助提供資料，俾納入本報告之附錄佐參。

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，目前已接獲核一廠新增專章及核二廠之十年整體安全評估，原能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，原能會將管制追蹤，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，本第一階段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。

茲綜合彙整核安總體檢「核能電廠安全防護」與「輻射防護及緊急應變機制」兩部份評估結果，原能會納入後續管制之追蹤事項如下：

一、 核能電廠安全防護之結語

(一) 本會管制追蹤事項

原能會已在今年 6 月下旬前赴核一、二、三廠，完成執行總體檢現場查證專案視察，視察項目及依據包括如下：

1. 核能管制處，「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，NRD-SER-100-07，民國 100 年 5 月 13 日
2. USNRC, TI 2515/183, Followup to the Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Event, March 23, 2011.[16]
3. USNRC, TI 2515/184, Availability and Readiness Inspection of Severe Accident Management Guidelines (SAMGs), April 29, 2011.[17]

原能會針對總體檢對台電公司檢討報告之共通性、個廠性審查意見，以及台電公司規劃之執行方向與進度進行檢視與確認。並參照美國核管會在日本福島事件之後，陸續公佈發行的兩份視察暫行指引(Temporary Instruction) TI 2515/183 及 TI 2515/184： TI 2515/183 視察目的係檢視核能電廠執行

B.5.b 的實施狀況、喪失所有交流電源、水災、地震及其他事件交互影響之防範因應能力； TI 2515/184 視察目的則係檢視核能電廠執行嚴重事故處理指引(SAMG)的現況，了解針對類似福島事件之準備、防範與因應能力。

原能會此次總體檢現場查證專案視察所查證之項目，在視察報告提出審查意見要求各廠修正並納入個廠總體檢報告，對現場查證專案視察所發現之缺失除現場立即指正電廠人員外，已於電廠視察後會議中提出檢討，要求改善，後續視情節將分別開立核能電廠違規事項、注意改進事項及視察備忘錄要求改正，以強化核電廠因應類似福島電事故之整體能力。

(二) 後續要求之規劃

為反映近期主要核能國家及國際機構針對福島事件檢討之結論與建議事項，提出本會後續要求之規劃，主要項目如下：

1. 要求台電公司實施歐盟之壓力測試規範

依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項三,「請原能會參考歐盟核電廠壓力測試之評估項目及內容，檢討強化我國核能安全措施，並研議推動我國核安總體檢加入歐盟之壓力測試」。歐盟定義「壓力測試」係以全面、透明的安全及風險評估為基礎，針對所有歐盟境內核能電廠執行的安

全審查。執行壓力測試的目的是評估現有電廠持照基準的安全餘裕是否足以因應未預期的事件，並經由對日本事故的經驗回饋，避免並防範類似事件在歐洲發生。

目前歐盟已參照 WENRA 壓力測試規範之草案，提出 ENSREG 版本之壓力測試規範，各國管制單位至遲 100 年 6 月 1 日應將該規範送交核電業主展開重新評估核電廠安全餘裕的三階段程序，(1)先期評估：核電業主須回應壓力測試的問題，說明電廠在不同情境下之反應作為，要求分別在 8 月 15 日、10 月 31 日提出進度報告及總結報告。(2)國家報告：各國管制單位分別在 9 月 15 日、12 月 31 日提出核電業主進度報告及總結報告之各國審查報告，各國總結報告之審查結果為國家報告。(3)同行審查(Peer Review)：該國家報告須經由同行審查之程序。

歐盟委員會要求國家報告須由他國執行同行審查程序，同行審查由七名成員組成，包括一名歐盟委員會的代表，另六名成員由 27 個 ENSREG 的管制單位派出，其中兩名須固定以確認審查方法論有整體一致性，成員應迴避所屬國家報告之審查，此一同行審查程序應在 2012 年 4 月完成。國家報告及同行審查結果均對大眾公開。在該國及歐盟公開會議將討論各國之審查結果，並邀請其他利害關係人(包括非核能領域、非政府機構等專家)參與。

原能會將要求台電公司參照附錄五所列歐盟 ENSREG 壓

力測試規範，執行各電廠核安總體檢的壓力測試，並於今(100)年 9 月 30 日前提出個廠壓力測試專章之進度報告，在 10 月 31 日前本會須完成台電公司進度報告之現場查證。初步安全評估報告附錄四原列歐盟 WENRA 壓力測試規範停止適用。台電公司在 11 月 30 日提出個廠壓力測試專章之總結報告，本會將現場查證及審查結果納入第二階段報告。

2. 要求台電公司實施美國核能協會(NEI) 06-12 報告

核電廠藉由它堅固的圍阻體建築，以及多重安全系統及訓練有素的操作員來保障大眾的健康及安全。它的圍阻體建築堪稱是最堅固的結構之一，原來就用來抵抗颱風、地震、龍捲風等嚴重的事故。所有存有放射性物質的設施，都有緊急應變計畫可以減輕放射性物質外洩對大眾的影響。

因應美國 911 事件，為防範核電廠成為攻擊目標，原能會與交通部民航局、國防部及經濟部等單位，劃定各核能電廠所在地空域全部劃設為限航區，民航局已於 91 年 3 月 4 日公告，並於 91 年 3 月 11 日正式實施。一旦有任何飛行器誤闖此限航區，國防部將會即時採取適當措施。另已建立空中預警機制與相關應變作業，以降低核能電廠遭受空中攻擊的威脅。

在國際上，德國及美國均曾做過飛機撞擊核電廠圍阻體之模擬試驗。德國使用波音 707 客機以每小時 366 公里速

度，及用幽靈式噴射戰鬥機以每小時 766 公里速度撞擊 1.8 公尺厚模擬圍阻體牆。試驗結果，證實安全無虞。美國山迪亞國家實驗室則以幽靈式噴射機以每小時 768 公里速度撞擊 4 公尺厚模擬圍阻體牆，結果飛機撞成一堆廢鐵而圍阻體牆僅傷及 2.4 吋深度。此外，美國利用電腦模擬 20 萬磅的飛機以每小時 240 公里速度撞擊核電廠，分析結果均顯示最外層圍阻體就足以保護核電廠反應器安全[18]。美國核管會已公佈飛機撞擊導致威脅的法規 10CFR50.54(hh)，在福島事件後已開始陸續對外公開相關文件(如 NEI 06-12)，本會在取得機敏性資料後即送台電公司據以做為執行總體檢之參考。

原能會要求台電公司遵循美國法規 10CFR50.54(hh)要求執行 NEI 06-12「B.5.b Phase 2&3 Submittal Guidance」針對火災或爆炸導致喪失大範圍廠區之指引，強化國內核能電廠對飛機衝撞所衍生爆炸、火災而喪失大範圍廠區的因應能力。

3. 重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練

台電公司目前提報之斷然處置程序，仍未符合原能會之要求須具體再予精進之必要，並須加強人員之訓練，說明如下。

針對程序書定義「超出電廠設計基準的情況發生時，機組喪失廠內外交流電源或反應爐/蒸汽產生器補水，必須採取

決斷行動做好廢棄反應爐的準備」而言，程序書要求不應限制在「超出電廠設計基準」之事故為斷然處置程序進入點，蓋電廠未遭遇超出電廠設計基準的情況，然而因為暫態再加上一連串設備隨機失效及運轉員誤操作，雖然其發生概率或為甚微，機組仍有可能面對極嚴酷之挑戰而須採取斷然處置之措施。

程序書定義斷然處置起動時機係「機組強震急停，同時中央氣象局發佈海嘯警報、機組喪失廠內外交流電源或反應爐/蒸汽產生器喪失補水時」，同上敘述指稱機組並非在超過設計基準事故才有執行斷然處置之需，睽諸美國三哩島爐心熔毀事故的發生即可確證。電廠必須事先評估機組狀態以為準備執行斷然處置程序之時序，如核一、二、三廠在喪失所有交流電源之情形下，蒸汽帶動之設備亦因隨機故障而無法起動，分別在 1.3 小時、0.9 小時及 3.1 小時達爐心燃料開始損毀之溫度(華氏 2200 度)，因此，在執行時序上各廠須備有不同機組運轉組態的事先分析資料庫，協助機組運轉員判斷以瞭解並為執行斷然處置程序之先期準備。

程序書在斷然處置決策點為「決定將生水或海水注入反應爐或蒸汽產生器」，然在核一、二廠如在最嚴重之情況下，類似福島電廠須將圍阻體內具放射性物質的壓力排放進入環境，才得以降低系統壓力執行低壓注水，對環境的影響具一定之衝擊，故亦須納入決策點之考量。

目前的執行程序在通報經董事長同意後，電廠據以執行；如通訊中斷，才依授權由廠長或當值值班經理執行，依據行政院審查委員意見以及日本做法，須落實技術問題由電廠技術人員決定，並對斷然處置措施採事後通報，以使經營管理及管制單位能瞭解掌握機組特殊狀況(如圍阻體排氣的環境輻射影響、壓力容器灌注海水之棄廠操作)。

4. 要求台電公司依廠址撰寫個廠總體檢報告

我國核能電廠安全防護總體檢方案，要求執行檢討之核能安全防護近期議題有以下 11 項：

(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

目前台電公司針對總體檢方案，提出核能安全防護近期

檢討 11 項議題的報告，以及對本會初步安全評估報告的共通性議題、個廠性議題之審查意見分別提出回覆。

歐盟做法係依不同廠址提出報告，強化審查程序及透明化並增加國內民眾對核安之信心，故要求台電公司依據並納入原能會專案視察及審查意見修訂，於今(100)年 9 月 30 日前提出個廠之總體檢進度報告，章節內容須包括上述 11 項近期檢討議題專章及歐盟壓力測試專章等章節；要求台電公司在 11 月 30 日提出個廠上述報告之總結報告，須包括台電公司對個廠總體檢的各個項目提出自我評估。

二、 輻射防護及緊急應變機制之結語

(一) 輻射防護部份之追蹤事項

日本福島核子事故的經驗檢討，國內不論是在因應境外各部會之輻射偵測人力及輻射偵測設備在能力及能量上均有不足；跨部會整合機制亦有待加強；境外核子事故對我國的影響評估能力亦需要強化，因此，藉由全面總體檢可確實找出弱點，並據以提出補強措施。

台電公司核能電廠在放射性物質外釋途徑檢討部分，需要強化其放射性廢液貯存量及處理能力，以及重新檢視氫爆風險與其影響，以降低環境衝擊。

(二) 緊急應變機制之追蹤事項

本階段在緊急應變作業檢討之工作目標是汲取日本福島電廠事故經驗與教訓，強化我國核子事故緊急應變體系，確保我國核能電廠營運安全，並讓民眾瞭解政府已做好萬全的應變與整備作業，萬一不幸發生類似核災，政府會確保民眾的安全與健康，請民眾安心。

在緊急應變作業之檢討，時間上由平時整備至事故應變與事後復原，地理情境上含括國境內外，應變組織上包括強化縱向指揮與橫向聯繫及協調等。包括應變機制及法規、平時整備及緊急應變作業能力三部分，在應變機制及法規方面，緊急應變計畫區範圍初步劃定擴大為 8 公里，並針對複合式災害應變機制、境外核災監控機制、民眾防護干預基準、相關機關任務分工與作業程序、支援能量檢討及改善方案，以及資訊公開與傳送等現行作業，進行檢視；另外，因應緊急應變計畫區範圍的擴大，必須進行疏散道路、收容所、碘片儲備、防護裝備、輻射偵測計畫、溝通宣導等各項平時整備作業，進行持續規劃檢討，並精進與強化緊急應變工作平台功能，以及研議與災害防救 EMIS 系統之整合，以提升緊急應變作業能力。

日本福島核災引起國人對核安諸多疑慮，總統指示原能會協調相關機關進行核安總體檢，並經由各方專家多次會議審查討論，除了確認我國核電廠於類似日本地震海嘯下之防護能力較高外，並於假設日本核災情境下，提出全面強化應

變體系方案，加上備妥之機組斷然處置作業程序，相信在此重重防護下，民眾生命與財產安全可以充分獲得確保。

參考資料


1. IN 2011-05, “Tohoku-Taiheiyou-Oki Earthquake Effects on Japanese Nuclear Power Plants,” USNRC, March 18, 2011.
2. Fact Sheet,“Industry Taking Action to Ensure Continued Safety at U.S. Nuclear Energy Plants,” NEI, March 16, 2011.
3. WENRA, “First proposal about European-stress tests-on nuclear power plants,” WENRA, March 23, 2011.
4. ENSREG, “EU stress test specifications,” ENSREG, May 25, 2011.
5. SOER 2011-02, “Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Caused by Earthquake and Tsunami,” WANO, March 17, 2011.
6. Nuclear Emergency Response Headquarters, Government of Japan, “Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety — The Accident at TEPCO’s Fukushima Nuclear Power Stations,” June 2011.
7. RG 1.155, “Station Blackout,” USNRC, August, 1988.
8. MIT, “Technical Lessons Learned from the Fukushima-Daichii Accident and Possible Corrective Actions for the Nuclear Industry: An Initial Evaluation,” MIT-NSP-TR-025, May 2011.
9. National Research Council, “Safety and Security of

Commercial Spent Nuclear Fuel Storage," Public Report, National Academy of Sciences, 2006.

10. Memorandum from Chairman of Safety/Risk Assessment Panel for Generic Issue 199 to NRR director, Safety/Risk Assessment Results for Generic Issue 199, " Implications of Updated Probabilistic Seismic Hazard Estimates in Central and Eastern United States on Existing Plants," September 2, 2010. (ML100270598)
11. MRW & Associates, Inc. "AB 1632 Assessment of California's Operating Nuclear Plants, Final Report, California Energy Commission, CEC-100-2008-005-F, October 2008.
12. Hiroshi Abe, "Outline of Seismic Regulation on NPPs and Seismic Safety Reevaluation in Japan", Japan Nuclear Energy Safety Organization, Presented at Joint ICTP/IAEA Advanced Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear Facilities, 30 November - 4 December, 2009.
13. NEI, "B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline," NEI 06-12 (Revision 2), December 2006.
14. Safety Fundamentals No. SF-1, "Fundamental Safety Principles," IAEA Safety Standards, Vienna, 2006.
15. USNRC, "Proposed Final Safety Culture Policy Statement," SECY 2011-05, January 5, 2011.
16. USNRC, TI 2515/183, Followup to the Fukushima

Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Event, March 23, 2011.

17. USNRC, TI 2515/184, Availability and Readiness Inspection of Severe Accident Management Guidelines (SAMGs), April 29, 2011.
18. USNRC, “Containment Integrity Research at Sandia National Laboratories-An Overview,” NUREG/CR-6906, July 2006.

# 附錄一

# 國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案

100 年 4 月 19 日行政院核定本

# 國內核能電廠現有安全防護體制

# 全面體檢方案

行政院原子能委員會

中華民國 100 年 4 月

# 目　　錄

壹. 緣起……1
貳. 目的……1
參. 內容……1
一. 核能安全防護措施……1
（一）運轉中電廠近期檢討議題……1
（二）運轉中電廠中程檢討議題……3
（三）興建中電廠檢討議題……3
（四）後續規劃……4
二. 輻射防護及緊急應變機制……4
（一）應變機制與法規……4
（二）平時整備……5
（三）緊急應變作業能力……6
肆. 期程……6
伍. 經費……6
陸. 效益……6
柒. 執行情形追蹤與管考……7
捌. 附則……7
玖. 附錄……8
附錄一. 研議因應日本福島電廠事故要求辦理事項參考資料……8
附錄二. 運轉中電廠近期檢討議題 11 項重要關切議題之執行細目及期程……9
附錄三. 因應日本福島電廠事故美國對核能電廠核安體檢之作法……15
附錄四. 因應日本福島電廠事故 OECD/NEA 對核能電廠核安體檢之作法……17

# 國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案

## 壹、 緣起

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」。旋由原能會、經濟部、臺電公司、放射性物料管理局、核能研究所等單位共同檢討現有核能機組因應事故之能力以及天災發生之後救災過程中，潛在可能發生設備喪失功能的危險要項，並參酌國際組織及世界核能先進國家對現有機組所採行的改善措施，爰研提本方案。

## 貳、 目的

強化現有核能機組抗地震、抗山洪、抗海嘯之機制，以確保國內核能電廠的運轉更加安全，務求讓民眾安心、放心。

## 參、 內容：分為「核能安全防護措施」與「輻射防護及緊急應變機制」兩部分。

### 一、核能安全防護措施：（原能會主辦，經濟部協助督導，臺電公司受檢）

依據對日本福島一廠事故的初步瞭解，優先以運轉中電廠之近期（100年6月底前完成）與中程（100年12月底前完成）兩階段，以及興建中電廠之特性，參酌附錄一之國際組織及世界核能先進國家的改善措施，要求臺電公司檢討各核能電廠安全有關事項。

#### （一）運轉中電廠近期檢討議題：（100年6月30日前完成）

依近期、中程二階段要求臺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原能會，至少包括但不限於下列11項重要關

切議題(各項執行細目及期程列如附錄二)。

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、備源及超過設計基準事故之處理方式與改善做法。

— 包括檢討運轉中電廠防震能力之補強作業規劃與評估。

10. 設施/設備完備性及備品儲備：

— 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。

（二）運轉中電廠中程檢討議題：（100 年 12 月 31 日前完成）

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原能會審查。原能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，臺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原能會審查。
2. 核二廠依原訂時程含新增專章內容送原能會審查。
3. 核三廠提前至 100 年 12 月含新增專章內容送原能會審查。

（三）興建中電廠檢討議題：

龍門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原能會。

另為確保安全，龍門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)。

（四）後續規劃：

原能會將持續蒐集世界各國重要資訊，包括：

1. 蒐集日本福島電廠最新狀況與日本檢討報告。
2. 蒐集國際原子能總署相關調查與因應措施報告。
3. 蒐集美國核能管制委員會(目前參考資料詳附錄三)相關檢討與因應報告。
4. 蒐集 OECD/NEA 相關國家(目前參考資料詳附錄四)檢討與因應做法。
5. 其他相關資料。

原能會將依據臺電公司答覆近期、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，要求臺電公司儘速執行相關強化暨改善措施。

二、輻射防護及緊急應變機制

(一) 應變機制及法規：

1. 緊急計畫區範圍檢討及調整方案提出：(原能會主辦，內政部、國防部、衛生署、地方政府協辦，臺電公司承辦，100 年 6 月 30 日前完成)
   (1) 針對劃定準則與其他國家作法及參考日本福島核災民眾防護作為進行緊急計畫區範圍之檢討。
2. 複合式災害應變機制：(原能會主辦，內政部、國防部、災害防救辦公室協辦，100 年 6 月 30 日前完成)
   (1) 因應此次日本發生地震、海嘯及核子事故等複合性災害應變，配合行政院災害防救辦公室針對災害防救與核子事故緊急應變機制二者介面進行檢討，建立國家全災害防救機制。
3. 境外核災監控機制：(原能會主辦，核研所、偵測中心、

中央氣象局協辦，100 年 6 月 30 日前完成）

(1) 國內應變機制啟動。

(2) 強化大氣擴散及輻射劑量影響評估能力。

(3) 海域及空中輻射偵檢作業。

4. 民眾防護干預基準：（原能會主辦，農委會、消保會、經濟部、財政部協辦，100 年 6 月 30 日前完成）

(1) 針對現行人員/食品/商品/飲用水/農林漁牧偵檢及污染清除等各項標準進行檢討及修訂。

(2) 放射性物質外洩途徑及環境衝擊檢討及因應方案提出。

(3) 以民眾感受角度檢討現行作業方式。

5. 相關機關任務分工與作業程序：（原能會主辦，100 年 12 月 31 日前完成）

(1) 修正核子事故緊急應變法及相關子法，檢討應變組織架構，明確劃分應變成員任務及作業程序。

6. 支援能量檢討及改善方案提出：（原能會主辦，臺電公司協辦，100 年 6 月 30 日前完成）

(1) 國內緊急應變人力及設備備援能量檢討、民間救援組織、國際組織與兩岸之通報及支援作業的建立。

(2) 國內輻射偵檢人力及設備備援能量檢討。

(3) 環境輻射偵測實驗室快速偵測分析能力（含非放射化學快速偵測能力）。

7. 資訊公開與傳送：（原能會主辦，臺電公司協辦，100 年 6 月 30 日前完成）

(1) 即時資訊的公布（例如網站核災專區之建置等）及民眾諮詢、現行新聞發布與媒體溝通作業之檢討。

(二) 平時整備：（原能會主辦，衛生署、偵測中心、物管局、地方政府、臺電公司協辦，100 年 12 月 31 日前完成）

1. 依緊急計畫區檢討結果，針對現有各項整備作為（疏散

道路、集結點、收容所預警通知機制及設施、碘片儲備及發放、救災人員防護裝備、輻射偵測計畫、溝通宣導及訓練、演習及演練、緊急通訊等）進行檢視與強化。

2. 輻傷醫療能量檢討、民眾及救災人員曝露劑量重建能力建立。

(三) 緊急應變作業能力檢討及改善方案提出：（原能會主辦，核研所、偵測中心、物管局、臺電公司、中央氣象局及相關機關協辦，100 年 6 月 30 日前完成）

1. 現有應變作業工具包括事故評估系統、劑量評估系統、地理資訊系統（電子地圖）、應變作業平台、輻射資源整合系統（放射性物質使用場所、偵檢儀器數量等），俾即時提供研析評估結果及掌握各項救災資源。

2. 飲用水污染淨化與食品及各項民生用品緊急調度供應能力。

肆、 期程：自 100 年 4 月起至 100 年 12 月止，計 9 個月。分近期(3 個月)及中程(9 個月，即至 100 年 12 月底)兩個階段辦理。

伍、 經費：原則由各機關編列年度預算辦理，並得透過法定程序，由核子事故緊急應變基金支應。

陸、 效益：依據對日本福島一廠事故的初步瞭解，針對運轉中電廠與興建中電廠之特性，相關單位共同檢討出我國核能電廠現有應變機制、程序與原始設計應持續強化之處，防杜類似事故機組持續惡化狀況。方案實施後，將會給予民眾更堅實確切的保障，有效減輕重大不確定災害的衝擊及降低民眾對核能的恐懼。

柒、 執行情形追蹤與管考

一、本方案自行政院核定後推動實施，由原能會負責方案之幕僚工作及協調各部會應辦事項。

二、各主、協辦機關(構)應自行督促依既定時程辦理，並應於每週一提報上週執行情形送原能會管考單位進行考核；管考結果提供各相關部會作為評估獎懲之依據。

三、本方案每月召開督導會報一次，由原能會召集之，並得指定有關機關及相關學者專家出席。必要時，得召開臨時會議。

捌、 附則：本方案於報奉行政院核定後實施，修正時亦同。

玖、 附錄

附錄一、研議因應日本福島電廠事故要求辦理事項參考資料

1. IN 2011-05, “Tohoku-Taiheiyou-Oki Earthquake Effects on Japanese Nuclear Power Plants,” USNRC, March 18, 2011.

2. TI 5215/183,“Followup to the Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Event,” USNRC, March 23, 2011.

3. Fact Sheet,“Industry Taking Action to Ensure Continued Safety at U.S. Nuclear Energy Plants,” NEI, March 16, 2011.

4. SOER 2011-02, “Fukushima Daiichi Nuclear Station Fuel Damage Caused by Earthquake and Tsunami,” WANO, March 17, 2011.

5. “First proposal about European-stress tests-on nuclear power plants,” WENRA, March 23, 2011.

附錄二、運轉中電廠近期檢討議題 11 項重要關切議題之執行細目及期程

1. 廠區電源全部喪失(全黑)事件:(本項於 100 年 4 月 15 日前完成)

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。

2. 廠房/廠區水災事件及防海嘯能力：(本項於 100 年 4 月 15 日前完成)

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/標準作業程序書等項目檢討。
(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/標準作業程序書等項目檢討。

3. 用過燃料池完整性及冷卻能力：（本項於 100 年 4 月 22 日前完成）

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時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。

4. 熱移除及最終熱沉能力:（本項第 1 至 8 目於 100 年 4 月 22 日前完成，本項第 9 目於 100 年 4 月 29 日前完成）

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。
(9) 檢討生水池槽體管路的耐震能力及完整性。

5. 事故處理程序與訓練：（本項於 100 年 4 月 29 日前完成）

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/標準作業程序書之檢討、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。

6. 機組斷然處置程序之建立：（本項於 100 年 4 月 29 日前完成）

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/標準作業程序書。

(2) 檢討機組斷然處置程序的通報機制/標準作業程序書。

(3) 檢討機組斷然處置程序的後續因應作為及備援能力。

7. 一/二號機組相互支援：（本項於 100 年 4 月 29 日前完成）

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。

8. 複合式災難事件：（本項於 100 年 4 月 29 日前完成）

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。

9. 超過設計基準事故：（本項第 1 至 7 目於 100 年 5 月 6 日前完成，本項第 8 目於 100 年 6 月 30 日前完成）

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。

(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。

10. 設施/設備完備性及備品儲備：（本項於 100 年 5 月 6 日前完成）

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：日本新潟強震後經驗回饋新增建之備用防震一級技術支援中心）、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。

11. 精進人力/組織運作及強化核能安全文化：（本項於 100 年 6 月 30 日前完成）

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。

附錄三、因應日本福島電廠事故美國對核能電廠核安體檢之作法

美國核管會在2011年3月18日發行IN 2011-05, “Tohoku-Taiheiyou-Oki 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 5215/183, “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。

# 附錄四、因應日本福島電廠事故 OECD/NEA 對核能電廠核安體檢之作法

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。

# 附錄二

# 日本福島一廠事故序列摘要

# 附錄二

# 日本福島一廠事故序列摘要

以下內容主要為就日本政府於今年 6 月提供國際原子能總署之事故檢討報告及經產省原子力安全保安院(NISA)與東京電力公司網站公布資料整理而得，部分為初步資訊，將視新的訊息更新。另所載時間皆為日本當地時間。

## 緊急應變與疏散作業

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震

3/11 15:06　東京電力公司總部重大災害處理中心成立，統籌地震造成損害情形及恢復電力供應事宜。

3/11 15:42　東京電力公司及福島一廠成立核能事故緊急應變中心

3/11 16:00　原子力安全委員會（ Nuclear Safety Commission）召開臨時會議，決定成立緊急技術諮詢組織。

3/11 16:36　副官房長官於首相辦公室成立核能事故緊急應變中心

3/11 19:03　首相宣布進入緊急狀況，並成立核能緊急應變中心及地方緊急應變中心。

3/11 20:50　福島縣政府下令要求電廠半徑 2 公里內居民撤離

3/11 21:23　首相下令電廠半徑 3 公里內居民撤離，半徑 10 公里內居民家中掩蔽。

3/12 00:30　政府確認電廠半徑 3 公里內居民完成撤離

3/12 05:44　首相下令電廠半徑 10 公里內居民撤離

3/12 08:27　電廠確認 Okuma 鎮部分居民尚未疏散

3/12 08:37　電廠通報福島縣政府，說明準備於 09:00 開始執行一次圍阻體排氣，並協調於居民完成疏散後進行排氣。

3/12 09:03　電廠確認 Okuma 鎮居民疏散完成

3/12 18:25　首相下令電廠半徑 20 公里內居民撤離

3/15 11:00　首相下令電廠半徑 20~30 公里內居民家中掩蔽

3/15 19:00　確認電廠半徑 20 公里內居民撤離作業開始進行

4/21 11:00　日本官房長官於記者會中正式宣布電廠半徑 20 公里內建立限制區（Restricted Area），禁止民眾擅自進入，於 4 月 22 日零時開始生效。

4/22 上午　日本政府宣布電廠半徑 20 公里外，年劑量預估達 20 毫西弗的區域為「計畫性疏散區」，居民應在 1 個月內疏散。

4/23　日本政府公布限制區臨時進出之相關原則規定，允許民眾短時間返回住家取得必要之物品文件。

## 各機組事故發生與處理時序

### 1 號機

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震，廠外電力系統斷電，反應爐因強震而自動停機，控制棒全入。

3/11 14:47　緊急柴油發電機自動起動供電

3/11 14:52　運轉員確認兩串反應爐隔離冷卻器(Isolation Condenser，以下簡稱 IC)自動起動，反應爐水位維持正常範圍，運轉員決定當水位下降時由高壓注水系統(HPCI)提供反應爐補水，隔離冷卻器則用於調節反應爐壓力。

3/11 15:03　因反應爐壓力指示快速下降，反應爐溫降率達 55℃/小時，運轉員為避免溫降率超過運轉規範限值，乃將隔離冷卻器回水至反應爐之兩只隔離閥關閉 MO-3A/B，並決定利用其中 1 串來控制反應爐壓力，並將水補入殼側（於 15:10~15:30 反應爐壓力有 3 次變動，以及隔離冷卻器回水至反應爐所經之再環環系統溫度亦顯示有 3 次下降，研判為運轉員手動利用隔離冷卻器進行降壓操作）。

3/11 15:06　東京電力公司總部重大災害處理中心成立

3/11 15:07　起動一次圍阻體噴灑系統以進行抑壓池冷卻

3/11 15:27　第一波海嘯侵襲廠區

3/11 15:35　第二波海嘯侵襲廠區

3/11 15:37　海嘯侵襲廠區，兩台緊急柴油發電機因其冷卻海水泵、

電力系統盤面因海嘯造成廠房淹水而停止運轉，6.9KV 開關箱(Metal Clad Switchgear)及 480V 電力中心（Power Center）配電盤亦因淹水而全部受損，廠內外交流電力全部喪失，直流電力系統蓄電池及配電盤亦因淹水而故障。

3/11 15:42　電廠通報管制單位（廠內交流電力全部喪失），之後控制室正常照明及盤面儀器指示與指示燈逐漸喪失，僅餘緊急照明；因無相關儀器及閥位指示，無法獲知 IC 及 HPCI 之運轉狀態。

電廠緊急應變中心成立

3/11 15:50　儀用電源喪失，控制室水位儀器無指示

3/11 16:36　因無法確認反應爐水位，故判定反應爐緊急爐心冷卻系統無法注水，電廠並於 16:45 通報管制單位。

3/11 16:45　因能夠確認反應爐水位，電廠於 16:55 通報管制單位，取消反應爐緊急爐心冷卻系統無法注水之通報。

3/11 17:12　因無法確認反應爐緊急爐心冷卻系統之注水狀況，電廠再次通報。

廠長指示考慮利用柴油驅動消防水泵經消防管路與爐心噴灑系統連結管路注水入反應爐之準備作業，派員至現場將爐心噴灑系統之電動閥手動開啟，並需配合將反應爐降壓至 690kPa 以下，以使水能夠注入。

3/11 17:30　柴油驅動消防水泵起動在備用模式運轉(未打水入反應爐)

3/11 18:18　利用臨時電源開啟隔離冷卻器 A 串回水隔離閥 MO-3A 及蒸汽管隔離閥 MO-2A，確認有蒸汽產生（由臨時電源供電後發現 MO-2A/MO-3A 之閥位指示在關閉位置，研判 15:37 時隔離冷卻器即未運轉）。

3/11 18:25　運轉員關閉隔離冷卻器回水隔離閥 MO-3A

3/11　現場檢查發現所有電氣盤面與設備因海嘯淹水而無法使用，但 2 號機 1 只 480V 之電力中心(Power Center)仍正常，故準備利用電源車經 2 號機該只電力中心供電至高

出口水頭之備用硼液系統。

3/11 20:07　主控制室監視儀器因失電而不可用，運轉人員摸黑至反應器廠房現場確認反應爐壓力為 690kPaA。

3/11 20:49　利用小型發電機提供控制室臨時照明

3/11 21:19　控制室反應爐水位指示利用臨時電源恢復指示，水位指示在燃料頂部(TAF)上方 20 公分。

進行柴油引擎驅動泵至隔離冷凝器之建立流程作業

3/11 21:30　運轉員開啟隔離冷卻器回水隔離閥 MO-3A，確認有蒸汽產生。

3/11 21:35　由柴油引擎驅動泵補水至隔離冷凝器

3/11 21:51　因反應器廠房輻射值升高，禁止進入該區域

3/11 22:00　確認反應爐水位在 TAF 上方 55 公分（註：由事後利用嚴重核子事故程式估算，爐心可能於地震後數小時即發生熔毀，反應爐亦可能破漏，爐水洩漏至乾井造成壓力及溫度上升，故反應爐水位儀器指示可能偏高）。

3/11 23:00　通報主管當局，於 22:40 於汽機廠房 1 樓南北側雙重門所測得之輻射值分別為 0.5 及 1.2 毫西弗/小時。

3/11 午夜　電源車開始陸續到廠

3/12 00:06　因乾井壓力指示上升，可能超過 600kPaA，廠長指示進行一次圍阻體排氣之準備作業。

3/12 00:30　由柴油引擎驅動泵補水至隔離冷凝器。

3/12 00:49　電廠確認圍阻體壓力可能超過 600kPaA，於 00:55 通報管制單位。

3/12 01:30　提出一次圍阻體排氣之申請，並獲得首相、經產省大臣、原子力安全保安院核准。

3/12 01:48　柴油驅動消防水泵停止運轉，經補油及更換電池後仍無法起動，研判泵浦故障。開始進行利用消防車經消防與爐心噴灑系統管路注水入反應爐之準備作業，廠區道路因地震及海嘯而無法順利通行，增加準備作業時間。

3/12 02:30　乾井壓力上升達 840kPaA，反應爐水位儀器 A/B 為燃料頂度(TAF)上方 130/53 公分。

3/12 02:47　通報主管機關乾井壓力於 02:30 上升達 840kPaA
反應爐水位 A/B 指示分別為 TAF 上方 130/53 公分

3/12 03:06　召開記者會說明將進行一次圍阻體排氣

3/12 03:33　將一次圍阻體排氣之輻射暴露評估結果提報主管機關

3/12 03:45　電廠人員開啟反應器廠房氣鎖門以進行輻射強度量測時，發現有白色氣體，隨即將氣鎖門關上。

3/12 04:30　因考慮餘震造成海嘯之可能性，電廠應變中心要求禁止在廠區活動。

3/12 04:55　廠區大門之輻射值於 04:00 之 0.069 微西弗/小時，於 04:23 上升至 0.59 微西弗/小時，研判有放射性物質外釋，通報主管機關。

3/12 05:14　由於廠區劑量升高，且乾井壓力有下降趨勢，研判有放射性物質外釋，並通報主管機關。

3/12 05:09　乾井壓力下降至 770kPaG

3/12 05:19　乾井壓力為 770kPaA

3/12 05:46　開始利用消防車由 1 號機消防水槽取水後，再至反應器廠房附近經消防管路連接爐心噴灑管路，將水注入反應爐（配合將反應爐降壓至 690kPaA 以下），之後利用消防水帶連接消防車及消防管路補水入反應爐。後來另台消防水車到廠後，則由 3 號機之消防水槽取水，補入 1 號機消防水槽，所以補水作業可能會因水源補充不及而中斷。

3/12 06:35　由消防車至反應爐注水量累計約 2 公噸

3/12 06:50　經產省大臣下令要求依法令執行一次圍阻體排氣，以降低壓力。

3/12 07:11　首相抵達電廠

3/12 07:55　反應爐水位降至燃料頂度(TAF)下方 20 公分，燃料裸露

3/12 08:03　廠長指示目標於 9:00 開始執行一次圍阻體排氣

3/12 08:04　首相離開電廠

3/12 08:27　確認 Okuma 鎮部分居民尚未疏散

3/12 08:37　通報福島縣政府，說明準備於 09:00 開始執行一次圍阻體

排氣，並協調於居民完成疏散後進行排氣。

3/12 09:03　確認 Okuma 鎮居民疏散完成

3/12 09:04　兩位運轉值班人員穿著消防衣，配戴呼吸器及警報型劑量計、手電筒至反應器廠房進行一次圍阻體排氣之操作。

~3/12 09:15 運轉值班人員手動開啟一次圍阻體排氣管路之電動隔離閥至約 25%開度，人員接受約 25 毫西弗之劑量。

消防車至反應爐注水量累計約 9 公噸

3/12 09:30　另組運轉值班人員嘗試開啟抑壓槽排氣管路（小管）之氣動隔離閥，但因現場輻射劑量過高而放棄。

3/12 09:40　累計約有 21 公噸水經消防管路注入反應爐

3/12 09:53　將一次圍阻體排氣之輻射曝露評估結果提報主管機關

3/12 10:17　開始嘗試利用氣動閥驅動空氣管路之內之殘餘空氣操作開啟排氣管路（小管）之氣動隔離閥，但無法確認閥門是否有開啟。

3/12 10:40　廠區輻射監測站測得之劑量率升高，研判有放射性物質經排氣管路外釋。

3/12 11:15　廠區輻射監測站測得之劑量率下降，懷疑排氣狀況不佳

3/12 11:39　通報主管機關，1 名至反應器廠房進行一次圍阻體排氣操作之電力公司員工接受輻射劑量為 106.3 毫西弗，超過許可劑量 100 毫西弗。

3/12 12:55　反應爐水位指示 A/B 下降至 TAF 下方 170/150 公分

乾井壓力下降至 750kPaG

3/12 14:00　利用臨時空壓機及空氣管連接至氣動閥之操作空氣管線後，開啟抑壓槽排氣管路（大管）之氣動隔離閥。

3/12 14:30　確認乾井壓力由 750kPa 開始下降，判斷有放射性物質外釋，於 15:18 通報主管機關。

3/12 14:53　估計約有 80 噸之水經由消防車與消防管路注入反應爐

3/12 14:54　東京電力公司副社長指示執行將海水注入反應爐之準備作業（因電廠淡水存量有限）。

3/12 14:55　乾井壓力下降至 580kPa

3/12 15:18　通報主管機關說明正進行備用硼液系統之注硼及注海水

之準備作業（考量取水長度，未直接由海邊抽水，而由3號機旁之海水逆洗池抽取海水）。

3/12 15:30　由電源車至2號機電力中心之電纜線佈設完成

3/12 15:36　反應爐廠房頂樓發生氫爆，人員疏散至技術支援中心。事後檢查發現消防車仍運轉，但提供備用硼液系統電力之電纜受損，電源車自動停止運轉，取用海水之消防水管亦受損。

3/12 15:40　發現反應器廠房上方有白色煙霧冒出

3/12 16:27　廠區輻射偵測站輻射強度達1,015微西弗/小時，通報主管機關。

3/12 17:55　經產省大臣要求採取將海水注入反應爐之措施

3/12 19:04　經重新佈線後，開始將海水經消防車及消防管路注入反應爐。

3/12 20:45　開始將海水與硼液混合經消防水管路注入反應爐

3/16　開始進行廠外輸電線佈設工程

3/22　廠外電力系統佈設完成

3/23 09:00　改由飼水管路注海水入反應爐

3/24 11:30　主控制室照明恢復

3/25 15:37　改注淡水入反應爐

3/29 08:32　改用電動泵浦注淡水入反應爐

3/31 13:03　開始利用高樓水泥灌漿車由高處灌注淡水入1號機用過燃料池

4/2　汽機廠房部分照明恢復

4/03 12:02　改由廠外電力系統供電至電動泵浦

4/06 22:30　開始執行一次圍阻體灌氮作業，以預防發生氫爆

4/07 01:31　確認氮氣已灌入一次圍阻體

4/11 17:16　福島縣浜通地區發生地震，廠外電力中斷，反應爐注水及一次圍阻體灌氮作業停止，之後陸續恢復。

4/19 10:23　完成1、2號機及3、4號機間電力線路之強化作業，由Tohoku及Okuma電力輸電系統供電。

4/25 17:38　完成1、2號機及5、6號機間電力線路之強化作業，可

相互支援供電。

4/26 10:02　開始進行將注水量由每小時 6 公噸逐漸提升為 14 公噸之測試計畫（藉此觀察一次圍阻體是否完整，以作為日後執行一次圍阻體灌水作業之參考），但因發現有漏水情形，故測試計畫暫停。

5/5　完成反應器廠房空氣過濾系統設置，以降低內部放射性空浮濃度，改善現場環境。

5/9 04:17　反應器廠房雙重門開啟，以改善內部環境(經向主管機關申請同意)。

5/29　開始由用過燃料池冷卻系統注入淡水，以提供用過燃料冷卻。

5/31　統計至 5 月底止，反應爐注水量淡水約 10787 公噸，海水約 2482 噸，估計沸騰蒸發量為 5100 公噸，反應爐容積為 350 立方米。

7/2　反應爐循環補水流程正式運轉，將廠房積水經處理系統過濾、去塩後，再由臨時泵浦注入爐心。

## 2 號機

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震

3/11 14:47　廠外電力系統斷電，反應爐因強震而自動停機，緊急柴油發電機自動起動供電。

3/11 14:50　運轉員手動起動爐心隔離冷卻系統(Reactor Core Isolation Cooling，以下簡稱 RCIC)，後因反應爐高水位而自動跳脫。

3/11 14:51　RCIC 因反應爐高水位而自動跳脫

3/11 15:00 ~15:07　餘熱移除泵 A/B 台陸續起動進行抑壓池冷卻

3/11 15:02　手動起動 RCIC

3/11 15:06　東京電力公司總部事故應變中心成立

3/11 15:26　RCIC 因反應爐高水位而自動跳脫

3/11 15:27　第一波海嘯侵襲廠區

3/11 15:35　第二波海嘯侵襲廠區

3/11 15:36　餘熱移除泵 A/B 台停止運轉(研判為海嘯引起)

3/11 15:39　手動起動 RCIC

3/11 15:41　兩台緊急柴油發電機因其冷卻海水泵、電力系統盤面因海嘯造成廠房淹水而停止運轉，6.9KV 開關箱及部分 480V 電力中心配電盤亦因淹水而全部受損，部分 480V 電力中心配電盤(PC 2A、2B、2C、2D)雖淹水情形不嚴重，但因上游電源淹水跳脫而失電，廠內交流電力全部喪失；直流電源系統蓄電池及配電盤亦因淹水而故障，之後控制室所有照明及儀器指示逐漸喪失。

3/11 15:42　電廠通報相關主管機關（廠內交流電力全部喪失）

3/11 15:50　儀用電源喪失，控制室水位儀器無指示

3/11 16:36　電廠通報（因無法確認反應爐水位及反應爐緊急爐心冷卻系統注水情形）。

3/11 17:12　廠長指示考慮利用原用於事故後及消防用之柴油驅動消防水泵經消防管路與爐心噴灑系統連結管路注水入反應爐之準備作業。需派員至現場將爐心噴灑系統之電動閥手動開啟，並需配合將反應爐降壓至 690kPa 以下，以使水能夠注入。

之後考量 1 號機之經驗，於現場輻射背景升高前，派員至反應器廠房及汽機廠房將餘熱移除系統閥門先手動開啟，以建立其他可能之補水途徑。

現場查看電力設備受損情形，經絕緣測試，發現其中 1 只 480V 電力中心（Power Center）尚可使用，同時高出口水頭之控制棒驅動系統及備用硼液系統泵馬達仍正常，遂開始進行將電源車供電至該只電力中心之接線作業。

3/11 20:49　利用小型發電機提供控制室臨時照明

3/11 20:50　福島縣政府下令要求電廠半徑 2 公里內居民撤離

3/11 21:02　通報說明因無法確定反應爐水位及 RCIC 系統補水情

形，反應爐水位有可能下降至燃料頂部（TAF）以下。

3/11 21:13　通報主管機關，預估反應爐水位於 21:40 會降至 TAF

3/11 21:23　首相下令電廠半徑 3 公里內居民撤離，半徑 10 公里內居民家中掩蔽，

3/11 22:00　控制室反應爐水位指示利用臨時蓄電池電源恢復指示，水位指示在 TAF 上方 340 公分，於 22:10 通報主管機關

3/11 23:25　反應爐壓力 6.3MPaG，乾井壓力為 0.141MPaA 。

3/11 23:55　乾井壓力為 40kPaG

3/12 00:00　反應爐水位在 TAF 上方 350 公分

3/12 00:30　確認電廠半徑 3 公里內居民完成撤離

3/12 01:30　提出一次圍阻體排氣之申請，並獲得首相、經產省大臣、原子力安全保安院核准。

3/12 02:00　運轉人員再度進入 RCIC 系統之現場設備室，現場積水較之前進入時更高(原高約淹過鞋面)，但仍無法確認其運轉狀態。

3/12 02:55　由現場儀器盤顯示之反應爐壓力及系統出口壓力，研判 RCIC 系統已在運轉。

3/12 03:06　召開記者會說明將進行一次圍阻體排氣

3/12 03:33　將一次圍阻體排氣之輻射暴露評估結果提報主管機關

3/12 04:20　冷凝水槽(RCIC 之水源之一)水位下降，於 05:00 改由抑壓池取水。

註：以下所列輻射偵測站偵測之劑量率數值為事故期間所有機組放射性物質外釋之綜合結果

3/12 04:55　廠區大門之輻射值於 04:00 之 0.069 微西弗/小時，於 04:23 上升至 0.59 微西弗/小時，通報主管機關。

3/12 05:44　首相下令電廠半徑 10 公里內居民撤離

3/12 06:50　經產省大臣下令要求依法令執行一次圍阻體排氣

3/12 15:30　電源車至唯一正常之電力中心的電纜線連接完成，惟因 15:36 一號機廠房氫爆產生之碎片，造成電纜受損，電源車自動跳脫停止運轉（次日再嘗試啟動電源車，仍因過

電流保護電驛動作而無法運轉）。

3/12 16:27　廠區輻射偵測站輻射強度達 1,015 微西弗/小時，通報主管機關。

3/12 17:30　廠長指示進行一次圍阻體排氣準備作業（查閱相關圖面，確認流程上電動閥可直接手動開啟，氣動閥需其他輔助氣源與電源方可開啟）。

乾井壓力維持在 200~300kPaA 左右

3/12 18:00　反應爐壓力開始上升，研判安全釋壓閥可能因驅動空氣或電磁閥問題而關閉。

3/12 18:25　首相下令電廠半徑 20 公里內居民撤離

3/13 03:00　乾井壓力由 3/12 00:30 之 40kPaG 上升至 315kPaG

3/13 08:10　至現場將一次圍阻體下游爆破盤前之電動排氣閥手動開啟至 25%開度。

3/13 08:56　廠區輻射偵測站輻射強度為 822 微西弗/小時，通報主管機關。

3/13 10:15　廠長指示開始執行一次圍阻體排氣降壓作業

3/13 11:00　利用臨時發電機提供抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥操作空氣管路之電磁閥電源，將氣動閥開啟，但由於排氣管路壓力低於爆破盤之動作壓力，故實際上並無排氣（爆破盤於壓力達到 427kPaG 時，將破裂以釋放壓力）。

首相下令電廠半徑 20~30 公里內居民家中掩蔽

3/13 12:05　廠長下令進行海水注入反應爐之準備作業（利用消防車及消防水帶自 3 號機旁之逆洗池抽水）

3/13 14:15　廠區輻射偵測站輻射強度為 905 微西弗/小時，於 16:23 通報主管機關

3/13 05:18　將執行一次圍阻體排氣之劑量評估結果通報主管機關

3/14 02:20　廠區輻射偵測站偵測之劑量率為 751 微西弗/小時，於 04:24 通報主管機關。

3/14 02:40　廠區輻射偵測站偵測之劑量率為 650 微西弗/小時，於 05:37 通報主管機關。

3/14 04:00　廠區輻射偵測站偵測之劑量率為 820 微西弗/小時，於 08:00 通報主管機關。

3/14 09:12　廠區輻射偵測站偵測之劑量率為 518.7 微西弗/小時，於 09:34 通報主管機關。

3/14 11:00　將反應爐廠房側牆之釋壓板(blowout panel)開啟，以預防氫氣累積。

註：日本官方於提供國際原子能總署之報告中提及於 4 月 14~15 日之機組相關參數變化頗大，其數值可能不宜直接引用，僅作為變動趨勢之參考。

3/14 11:01　抑壓槽排氣管路排氣管路（大管）之氣動隔離閥因 3 號機廠房氫爆造成電磁閥斷電而關閉，無法開啟；佈設之海水注水入反應爐途徑，其消防車及消防水帶亦受損
除控制室值班人員外，其餘人員撤離至技術支援中心
乾井壓力在 450kPa 左右。

3/14 12:30　抑壓槽池水溫度達 149.3℃，壓力達 486kPaG，且上升中（反應爐安全釋壓閥開啟降壓時，其蒸汽會經管路導入抑壓槽，將蒸汽冷凝，若抑壓池水溫度過高時，蒸汽無法有效冷凝，可能造成抑壓槽壓力升高）。

3/14 13:05　重新佈設海水注水入反應爐之消防車及水帶，考量 3 號機廠房氫爆造成鄰近區域佈滿碎石雜物，決定改由另處碼頭抽取海水。

3/14 13:18　反應爐水位開始下降，推估爐心隔離冷卻系統(RCIC)應無法運轉補水，加速進行注海水之準備作業。

3/14 13:25　確認 RCIC 系統功能喪失

3/14 14:43　消防車至消防系統之臨時補水管線佈設完成

3/14 15:26　評估反應爐水位於 16:30 會降至 TAF，將此訊息通報主管機關。

3/14 16:00　撤離指令解除，將抑壓槽排氣管路（大管）氣動閥開啟，以利於使用安全釋壓閥進行反應爐降壓操作，但於 16:20，因臨時空壓機之壓力不足，該閥門仍無法開啟。

3/14 16:30　啟動消防車，準備將海水注入反應爐

3/14 16:34　開始執行反應爐降壓準備作業，並通報主管機關開始利用消防系統將海水注入反應爐（不確認水是否注入反應爐，不過當時反應爐壓力為 6.998MPaG，研判超過消防車之水頭，水應未注入）。

3/14 16:35　研判抑壓槽排氣管路（大管）氣動閥因電磁閥故障而無法開啟，改嘗試開啟排氣管路（小管）氣動閥。

3/14 17:17　反應爐水位下降至燃料頂端，於 17:25 通報主管機關

3/14 18:06　開啟反應爐釋壓閥，反應爐壓力由 5.4MPaG（錶頭壓力）開始下降，反應爐水位亦下降（之前因安全釋壓閥操作所需 120V 直流電源不足，乃利用所蒐集到之汽車電瓶串接後提供所需電壓，另壓力下降為東京電力公司之說法，由日本官方提供國際原子能總署之報告說明內容表示壓力有下降，但隨後可能因氣源或電磁閥問題造成釋壓閥回關，反應爐壓力又回升，但由所附參數變化圖，當時反應爐壓力並未下降，反而上升至 7.5 MPaG，兩者不相符）。

3/14 18:22　反應爐水位下降至 TAF 以下 370 公分，燃料裸露，於 19:32 通報主管機關。

3/14 19:03　反應爐壓力下降至 0.63MPaG（此為東京電力公司之說法，但對壓力下降之疑問參見 3/14 18:06 括弧內之說明）。

3/14 19:20　注水之消防車因燃油耗盡而停止運轉（因廠區輻射值高，人員須輪流至現場查看消防車運轉狀態）。

3/14 19:53　再開啟 1 只反應爐釋壓閥

3/14 19:54　經補充燃油後，重新啟動消防車，將海水注入反應爐。

3/14 21:00　抑壓槽排氣管路（小管）之氣動隔離閥可微開啟，爆破盤前之一次圍阻體排氣流程操作完成。

3/14 21:20　開啟 2 只反應爐安全釋壓閥，反應爐壓力下降，之後確認反應爐水位指示有回升。

3/14 21:30　反應爐水位指示回升至 TAF 下方 300 公分，於 21:34 通報主管機關

3/14 21:35　廠區輻射偵測站輻射強度為 760 微西弗/小時，於 22:35

通報主管機關。

3/14 22:50　一次圍阻體壓力異常上升

3/14 22:14　反應爐水位回升至 TAF 下方 180 公分，研判反應爐燃料已有受損。

3/14 22:50　乾井壓力異常上升，超出設計值 427kPaG，通報主管機關。

~3/14 23:35　由於抑壓槽壓力低於爆破盤壓力（約 300~400kPaG），而乾井側壓力持續上升，決定由開啟乾井側排氣管路(小管)之氣動隔離閥。

3/15 00:02　開啟乾井側排氣管路(小管)之氣動隔離閥，至爆破盤前之流程操作完成，但爆破盤仍完整。數分鐘後該氣動隔離閥關閉，乾井壓力仍維持在 750kPaA(絕對壓力)。

3/15 00:45　反應爐壓力升至 1.823MPaG

3/15 03:00　通報主管機關說明雖然嘗試降低乾井壓力以利反應爐降壓及補水，但乾井壓力仍無下降徵象。

3/15 05:00　反應爐壓力降至 626kPaG

3/15 06:00 ~06:10　廠房發生爆炸聲響，之後抑壓池壓力下降至 0，研判抑壓槽可能損傷，非必要人員共 650 名再度撤離至福島二廠，70 名東京電力公司員工留守。

運轉值班人員定時至控制室記錄乾井壓力等參數，反應爐水位為 TAF 下方-280 公分，乾井壓力為 730kPa，反應爐及抑壓槽壓力不明（東京電力公司表示抑壓槽壓力降至 0 MPaA）。

3/15 06:50　廠區大門輻射偵測站輻射強度為 518.7 微西弗/小時，於 07:00 通報主管機關。

3/15 07:00　通報主管機關說明除必要人員外，其餘人員將撤離至福島二廠。

3/15 07:20　乾井壓力為 730kPaA

3/15 08:11　廠區輻射偵測站輻射強度為 807 微西弗/小時，於 08:36 通報主管機關。

3/15 08:25　確認白煙(疑似蒸汽)由反應器廠房 5 樓外牆冒出，於 09:18

通報主管機關。

3/15 10:30　經產省大臣下令要求儘速執行反應爐注水及必要時進行一次圍阻體排氣。

3/15 11:25　電廠確認乾井壓力下降至 155kPaA

3/15 16:00　廠區輻射偵測站輻射強度為 531.6 微西弗/小時，於 16:22 通報主管機關。

3/15 23:05　廠區大門輻射偵測站輻射強度為 4,548 微西弗/小時，於 11:20 通報主管機關。

3/19 13:30　廠外電力至廠區輸電線佈設完成，進行至負載端之電力線佈設作業。

3/20 15:05　開始使用消防車經燃料池冷卻系統管路補水入用過燃料池，之後即進行間歇補水作業。

3/15 15:25　反應爐壓力為 119 kPaG，乾井壓力為 174kPaG

3/21 18:22　從反應爐廠房側牆之釋壓板噴出白煙(水蒸汽)

3/20 15:46　480V 電力中心（Power Center）2C 由東北電力公司電力線提供之臨時電源供電。

3/25 10:30　經由用過燃料池冷卻系統開始向用過燃料池注水，於 12:19 完成。

3/26 10:10　改用淡水注入反應爐（內加硼酸）

3/26 16:46　主控制室照明恢復

3/27 18:31　改用電動泵浦注水入反應爐

3/29 16:30　改用電動泵浦將淡水注入用過燃料池

4/02 09:30　確認海水泵室取水口附近之高放射性廢水係來自汽機廠房外側電纜隧道於海水泵室邊工作豎井，地面有 20 公分之裂縫，並有水持續流入取水口。

4/02 16:02　開始進行電纜隧道於海水泵室邊工作豎井裂縫止漏作業

4/02　汽機廠房部分照明恢復。

4/03 12:12　反應爐注水之電動泵改用廠外電源供電

4/06 05:38　經於 4 月 5 日在電纜隧道週邊開挖注入俗稱水玻璃之止水劑，確認原流入取水口之開口已無水流出。

4/11 17:16　福島縣浜通地區發生地震，廠外電力中斷，反應爐注水

作業停止，之後陸續恢復。

4/15　將反應爐注水臨時電動泵浦之配電盤移至高處，以防海嘯。

4/16　進行用過燃料池池水取樣分析作業，於次日分析結果顯示有高濃度之碘-131、銫-134/137 等核分裂產物存在，其濃度分別為 $4.1\times10^3/1.6\times10^5/1.5\times10^5$ 貝克/c.c.，較 4 號機高出許多。

4/18 19:30　再於電纜隧道灌入水玻璃之止水劑

4/19 10:08　開始將汽機廠房之積水抽至廢料處理廠房之儲存槽

4/19 10:23　完成 1、2 號機及 3、4 號機間電力線路之強化作業

4/25 14:44　進行 1、2 號機及 5、6 號機間電力線路之強化作業

5/1　開始進行電纜隧道豎井封填作業

5/2　安裝反應爐注水臨時電動泵浦運轉狀態之監視警報裝置

5/31　新設之用過燃料池循環冷卻系統開始正式運轉

統計至 5 月底止，反應爐注水量淡水約 21000 公噸，海水約 2482 噸，估計沸騰蒸發量為 7900 公噸，反應爐容積為 500 立方米。

6/28　一次圍阻體開始灌入氮氣，以預防一次圍阻體內部聚集之氫氣與氧氣作用而發生氫爆。

7/2　反應爐循環補水流程正式運轉，將廠房積水經處理系統過濾、去塩後，再由臨時泵浦注入爐心 。

## 3 號機

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震

3/11 14:47　反應爐因強震而自動停機

3/11 14:48　廠外電力系統斷電，緊急柴油發電機自動起動供電

3/11 15:05　運轉員手動起動爐心隔離冷卻系統(RCIC)

3/11 15:06　東京電力公司總部事故應變中心成立

3/11 15:25　RCIC 因反應爐高水位而自動跳脫

3/11 15:27　第一波海嘯侵襲廠區

3/11 15:35　第二波海嘯侵襲廠區

3/11 15:38　海嘯侵襲廠區，兩台緊急柴油發電機因其冷卻海水泵、電力系統盤面與匯流排因海嘯造成廠房淹水而停止運轉，6.9KV 開關箱及部分 480V 電力中心配電盤亦因淹水而全部受損（有 4 只 480V 電力中心配電盤未受損，但上游無法供電），廠內交流電力全部喪失，直流電力系統正常，電廠於 15:42 通報相關政府單位。

3/11 16:03　手動起動 RCIC

3/11 21:58　控制室使用臨時照明

3/11 20:50　福島縣政府下令要求電廠半徑 2 公里內居民撤離

3/11 21:23　首相下令電廠半徑 3 公里內居民撤離，半徑 10 公里內居民家中掩蔽。

3/11 23:35　反應爐寬範圍水位儀器指示由 22:58 之 40 公分降至 35 公分。

3/12 00:30　確認電廠半徑 3 公里內居民完成撤離

3/12 04:55　廠區大門之輻射值於 04:00 之 0.069 微西弗/小時，於 04:23 上升至 0.59 微西弗/小時，通報主管機關。

3/12 05:44　首相下令電廠半徑 10 公里內居民撤離

3/12 11:36　RCIC 跳脫，無法重新起動

~3/12 12:30　反應爐壓力有下降趨勢，至 19:00 下降幅度約 6MPa

3/12 12:35　高壓爐心注水系統(HPCI)因反應爐低水位信號自動啟動

3/12 18:25　首相下令電廠半徑 20 公里內居民撤離

3/12 21:00　控制室人員開始研擬一次圍阻體之排氣作業

~3/12 02:00　反應爐壓力稍下降，至約 02:30 開始回升

3/13 02:42　HPCI 跳脫（東京電力公司說明為因無蓄電池提供電源，無法起動；日本官方研判可能是反應爐壓力過低）。

3/13 03:51　反應爐水位儀器電源恢復，水位指示在 TAF 下方-160 公分。

~3/13 04:00　反應爐壓力上升至 7MPaG

3/13 04:15　電廠於確定反應爐水位下降至爐心燃料頂部(TAF)後，於

06:19 通報相關政府單位。

3/13 04:50　嘗試利用臨時電源開啟抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥，並派員至現場抑壓槽室確認閥門位置，但閥位指示在關閉位置。

3/13 05:10　HPCI 停止運轉，反應爐無注水。嘗試起動 RCIC，但無法起動；嘗試起動 HPCI，但因無蓄電池而無法起動；柴油驅動消防泵因反應爐壓力過高，超過其水頭，故無法提供補水，電廠於 05:58 通報相關政府單位。另備用硼液系統之復原作業因不時的餘震及現場環境不良，故未能進行。

3/13 05:15　廠長下令執行一次圍阻體排氣相關閥門開啟作業

3/13 05:23　更換抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥之驅動氣瓶

3/13 06:00　反應爐寬範圍水位儀器指示-350 公分

3/13 07:35　將一次圍阻體排氣之輻射暴露評估結果提報主管機關

3/13 07:39　開始執行一次圍阻體噴灑作業

3/13 07:45　反應爐水位降至 TAF 下方 300 公分，反應爐壓力 7.31MPaG，乾井壓力 450kPaG，抑壓槽壓力 440kPaG

3/13 08:35　至現場將一次圍阻體下游爆破盤前之電動排氣閥手動開啟至 15%開度。

3/13 08:41　開啟抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥（由於排氣管路壓力低於爆破盤之動作壓力，故實際上並無排氣）。

3/13 09:08　執行反應爐快速降壓（由蒐集之汽車電瓶串接後提供安全釋壓閥開啟所需電力）

3/13 09:10　乾井壓力 0.637MPaA

3/13 09:24　乾井壓力降至 0.540MPaA，研判乾井已有排氣，之後，於 12:30 更換新氣瓶後於重新開啟。另曾嘗試將氣動閥固定在開啟位置，但因現場高溫及抑壓槽因反應爐釋壓閥開啟洩壓造成的振動而放棄。

3/13 09:25　利用消防車經消防水管路將含硼淡水注入反應爐

3/13 10:30　廠長下令進行注海水入反應爐之準備作業

3/13 11:00　首相下令電廠半徑 20~30 公里內居民家中掩蔽

3/13 11:17　抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥因臨時氣瓶耗盡而關閉

3/13 12:20　淡水注入反應爐作業中止（水源用盡）

3/13 12:30　更換新氣瓶後於重新開啟抑壓槽排氣管路(大管)之氣動閥

3/13 13:12　改用消防車由取水坑（vertical shaft）經消防水管路將海水注入反應爐

3/13 22:15　柴油驅動消防泵停止運轉(燃油即將耗盡)

3/14 01:10　反應爐注水暫停（因原取水坑之海水存量不足），消防車改安排抽海水打入取水槽。

3/14 02:00　乾井壓力為 0.265MPaA，並開始上升

3/14 03:00　乾井壓力為 0.315MPaA

3/14 03:20　反應爐利用消防車注水恢復，由圍阻體大氣偵測系統(CAMS)指示乾井輻射強度為 140 西弗/小時，東京電力公司推估爐心燃料有 30%熔毀。

3/14 05:20　再度執行一次圍阻體排氣降壓作業，開啟抑壓槽排氣管路(小管)之氣動閥。

3/14 06:10　確認抑壓槽排氣管路(小管)之氣動閥開啟（之後因電磁閥電源喪失，無法維持氣動閥在開啟位置），乾井壓力為 460kPaA。

3/14 07:44　圍阻體壓力異常上升

3/14 09:05　乾井壓力為 490kPaA

3/14 09:20　利用消防車由他處取海水注入取水坑

3/14 11:01　反應器廠房發生氫爆，廢料處理廠房受損，4 樓再循環系統馬達發電機組轉速控制裝置液壓油亦發生爆炸。爆炸之碎裂物造成消防車及水帶受損，反應爐注水停止，人員撤離至技術支援中心，4 名東京電力公司員工、3 名包商及 4 名自衛隊員受傷。

3/14 11:25　反應爐水位為 TAF 下方 180 公分，反應爐壓力 0.185MPaG，乾井壓力 360kPa，抑壓槽壓力 380kPa。

3/14 16:30　反應爐注水恢復，重新佈設之消防車及水帶，由碼頭區直接抽取海水。

3/15 07:00　電廠通報說明除必要監測與操作人員外，其餘人員將暫時撤離至福島二廠。

~3/15 08:30　反應器廠房發現有白煙冒出(蒸汽)

3/16 10:45　因懷疑一次圍阻體受損，故運轉員自 3、4 號機共用之主控制室撤離，注水作業暫停。

3/16 11:30　運轉員回至主控制室，注水作業恢復

3/17　使用直升機及消防噴水車進行用過燃料池噴灑海水作業

3/20 11:00　一次圍阻體壓力上升至 320kPa，進行排氣降壓準備，於 11:25 開啟氣動閥,之後壓力下降,於 3/21 12:15 降至 120 kPa。

3/20　反應爐金屬溫度超過儀器指示範圍 400℃,經增加補水量後，於 3/24 逐漸回降至 100℃左右。

3/21 15:55　反應器廠房有灰煙冒出，於 18:02 停止。

3/22 22:28　120VAC 主儀器匯流排電氣盤(Main Bus Panel for measurement)恢復供電

3/22 22:43　主控制室照明恢復

3/23 11:03　利用燃料池冷卻系統管路將海水注入用過燃料池，之後間歇性補水。

3/23 16:20　反應器廠房噴出些微灰煙(於 3/23 23:30 左右確認停止)

3/25 13:28　利用消防車將水噴灑入用過燃料池

3/25 18:02　改用淡水注入反應爐

3/27 17:40　由高樓灌漿車將海水灌入用過燃料池

3/28 20:30　改用電動泵浦注水入反應爐

3/29 14:17　改用高樓水泥灌漿車將淡水灌入用過燃料池，之後間歇性進行灌水作業。

4/03 11:50　反應爐注水之電動泵改用廠外電源供電

~4/8 18:30　發現抑壓槽排氣管路氣動閥在關閉位置

4/11 17:16　福島縣浜通地區發生地震，廠外電力中斷，反應爐注水作業停止，之後陸續恢復。

4/15　將反應爐注水電動泵電源之配電盤及相關設備移至高處，以防海嘯。

4/17　利用遙控機器人進行現場勘查

4/19　完成 1~4 號機廠外電力供電系統可互相支援之電力系統強化措施

4/22 13:40　進行利用過燃料池冷卻系統管路進行注水之測試作業

4/26 12:25　開始利用用過燃料池冷卻系統管路進行注水

4/30　進行廠外電力供電至廠內電力系統之強化作業

5/1　開始進行將廠房外電纜隧道豎坑之封填作業，避免海嘯淹水時造成內部放射性廢水溢流至環境

5/2　設置反應爐電動補水泵運轉狀態之監視警報

5/8　進行用過燃料池水位量測並取池水以進行化驗

5/9　開始將聯氨(hydrazine，腐蝕抑制劑)加入用過燃料池注水中

~5/11 12:30　確認海水取水池附近之電纜坑內有水流入，於 18:40 進行止漏作業，並於 18:45 確認漏水已停止。

5/12 16:53　為準備將反應爐注水流程由消防管路改為飼水管路，約 3 噸淡水經反應爐經飼水管路注入反應爐。

5/31　統計至 5 月底止，反應爐注水量約 20700 公噸，估計沸騰蒸發量為 8300 公噸，反應爐容積為 500 立方米

6/30　新設之用過燃料池循環冷卻系統開始正式運轉

7/2　反應爐循環補水流程正式運轉，將廠房積水經處理系統過濾、去塩後，再由臨時泵浦注入爐心。

## 4 號機

註：4 號機機組於 2010 年 10 月 30 日停機大修，地震前反應爐爐心燃料已全部移至用過燃料池，用過燃料池與反應爐間之閘門在關閉位置。

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震，廠外電力系統斷電，用過燃料池冷卻系統因斷電而停止運轉，1 台緊急柴油發電機自動起動運轉，另 1 台緊急柴油發電機維護中。

3/11 15:38　海嘯來襲，運轉中之緊急柴油發電機因其冷卻海水泵、電力系統盤面與匯流排因海嘯造成廠房淹水而停止運轉，6.9KV 開關箱及部分 480V 電力中心配電盤亦因淹水而受損，部分 480V 電力中心配電盤(PC 4A、4B、4C、4D)雖淹水情形不嚴重，但因上游電源淹水跳脫而失電，廠內交流電力全部喪失；直流電源系統蓄電池及配電盤亦因淹水而故障，之後控制室所有照明及儀器指示逐漸喪失。

3/11 20:30　控制室臨時照明完成

3/14 04:08　用過燃料池水溫達到 84℃

~3/15 06:00 反應器廠房發生氫爆，5 樓牆壁及屋頂嚴重受損

3/15 08:11　確認反應爐廠房受損，大門輻射強度超過 500 微西弗/小時，電廠通報主管機關。

3/15 09:38　反應器廠房 3 樓西北側發生火災，通知消防單位準備滅火，美國陸軍(Armed Forces)及日本消防隊規劃進行滅火作業，於 11:00 確認自然熄滅。

3/16 05:45　報導反應器廠房 4 樓北側發生火災，通知消防單位準備滅火，但電力公司表示現場無法確認何處發生火災。

3/16 10:43　因 3 號機反應器廠房上方冒出白色蒸汽，人員疏散至緊急應變中心。

3/16 10:55　大門輻射強度達 2.9 毫西弗/小時

3/20　開始利用消防噴水車將海水灑入 4 號機用過燃料池

3/22 10:36　緊要電力中心 PC4D 恢復供電

3/22 17:17　改用高樓水泥灌漿車將海水灌入燃料池，之後間歇性進行灌水作業

3/22 21:52　主儀器匯流排電氣盤(Main Bus Panel for measurement)恢復供電

3/25　測試利用燃料池冷卻系統管路進行注水作業

3/29 11:50　控制室照明恢復

3/30 18:33　改用淡水利用高樓水泥灌漿車灌入燃料池，之後間歇性進行灌水作業

4/2　　汽機廠房部分照明恢復

4/12　　進行用過燃料池池水取樣分析作業，於次日分析結果顯示有碘-131、銫-134/137 等核分裂產物之濃度分別為 220/88/93 貝克/c.c.。

4/22　　利用高樓水泥灌漿車進行用過燃料池水位測量作業，池水位仍未恢復正常。

5/9　　開始進行用過燃料池底部支撐結構加強的作業

## 5/6 號機

註：5 號機機組於 2011 年 1 月 3 日停機大修，地震前反應爐爐心燃料已回填，反應爐加壓進行洩漏測試中；6 號機機組於 2010 年 8 月 14 日停機大修，地震前反應爐爐心燃料已回填，反應爐蓋已回裝完成。

3/11 14:46　發生規模 9.0 之地震，廠外電力系統斷電（電塔倒塌）

3/11 14:47　5/6 號機緊急柴油發電機自動起動供電

3/11 15:36　海嘯來襲，5/6 號機運轉中之緊急柴油發電機因其冷卻海水泵於海嘯時淹水受損而停止運轉，6.9KV 開關箱及部分 480V 電力中心配電盤亦因淹水而受損，僅餘 6 號機 1 台位置較高之緊急柴油機 DG6B 及部分 6.9KV 開關箱（M/C 6D）與部分 480V 電力中心(PC6D、6E)能正常供電，部分 6.9KV 開關箱及部分 480V 電力中心配電盤雖未淹水(M/C 6C、HPCS DG M/C 與 PC 5A-1、5B-1、6C)，但因上游電源淹水跳脫而失電，其餘廠內外交流電力則全部喪失；5/6 號機直流電源系統蓄電池及配電盤則未淹水。

3/12 06:06　5 號機反應爐餘熱移除系統系統因斷電無法運轉，反應爐壓力因燃料衰變熱而逐漸上升至約 8MPa，電廠採取降壓措施，但壓力仍緩慢上升，6 號機因停機時間較長，故壓力上升相對較緩。

3/13　5/6 號機冷凝水傳送泵由 6 號機供電運轉，將水補入反應爐。

3/14　5/6 號機開始利用反應爐安全釋壓閥降低反應爐壓力及冷凝水傳送泵將水補入反應爐之方式維持反應爐之壓力及水位

3/19 04:22　6 號機另一台緊急柴油發電機 DG6A 起動運轉

3/19　完成將反應器廠房屋頂開孔(3 處)，以預防氫氣可能產生後之問題。

3/19 05:00　5 號機臨時之餘熱移除系統海水泵安裝完成，並利用 6 號機 1 台共用之緊急柴油發電機起動餘熱移除系統泵 C 台交替提供反應爐及用過燃料池之冷卻，並優先提供用過燃料池冷卻系統電源。

3/19 05:11　6 號機用過燃料池冷卻系統起動

3/19 21:26　6 號機臨時餘熱移除系統海水泵起動

3/19 22:14　6 號機餘熱移除系統 B 串起動

3/20 14:30　5 號機達冷爐停機

3/20 19:27　6 號機達冷爐停機

3/20 19:52　廠外電力系統電源恢復

3/21 11:36　6 號機 6.9KV 匯流排 M//C 6C 由起動變壓器 5SA 供電

3/22 20:13　5 號機 480KV 電力中心 PC 5A-1 由 M//C 6C 供電

3/22 19:17　6 號機 6.9KV 匯流排 M//C 6C/D 恢復由廠外電力系統供電

3/23 17:24　5 號機臨時之餘熱移除系統海水泵電源切換時跳脫

3/24 16:14　5 號機臨時之餘熱移除系統海水泵起動

3/24 16:35　5 號餘熱移除系統泵起動執行停機冷卻

4/4　21:00　6 號機廠房積水與地下水坑之地下水經申請核准後開始排放至大海，至 4/9 18:52 停止排放，共排放約 373 立方公尺。

4/5　17:25　5 號機廠房積水經申請核准後開始排放至大海，至 4/8 12:14 停止排放，共排放約 950 立方公尺低放射性廢水。

4/25　執行 1、2 號機與 5、6 號機間電力線之強化作業

# 附錄三

# 日本原子力保安院之要求事項

附錄三.1

# 原子力安全保安院3月30日要求業者採行之緊急安全對策

1. 緊急安全對策內容

福島一廠事故之發生，是由於伴隨巨大地震而來之海嘯，導致：

(1)喪失外電同時，亦無法確保緊急電源；
(2)喪失將反應爐停機後衰變熱排放入海之海水系統、功能；
(3)喪失用過燃料池冷卻及供水同時，無法以移動式設備供應冷卻水；

因而使得事故惡化，成為核子災害，且災害規模進一步擴大。
有鑑於此，本院直接以命令（對運轉規範之要求事項）等方式，要求所有核電廠（不含福島第一、二核電廠）強化以下安全對策作為。

- 法規上要求

即使三大機能（所有交流電源、海水冷卻功能、用過燃料池冷卻功能）均因海嘯而喪失，亦必須有適當對策可避免爐心及用過燃料受損、防止放射性物質外釋，並恢復冷卻功能。

- 具體要求事項

(1) 實施緊急檢查
針對海嘯引發緊急狀況時所需機器設備，實施緊急檢查。

(2) 緊急應變計畫之檢查及訓練實施
緊急應變計畫內需假設喪失所有交流電源、海水冷卻功能、用過燃料池冷卻功能，並針對計畫內容進行檢查及實施訓練。

(3) 確保緊急電源
當喪失廠內電源、亦無法確保緊急電源時，必須確保可以移動式設備供給所需電力。

(4) 確保緊急狀況下之最終熱移除功能

假定喪失海水系統或其功能，必須以移動式熱移除設備等方式恢復熱移除功能。

(5) 確保緊急狀況下之用過燃料池冷卻

喪失用過燃料池冷卻及供水時，需以移動式設備供應冷卻水。

(6) 針對各廠本身設計，實施必要之對策

2. 實施緊急安全對策

各電力公司應立即執行以上所述安全對策，對象包含所有核電廠，且需就該等緊急安全對策之實施狀況（包含今後計畫）儘速向原子力安全保安院提出報告。

3. 原子力安全保安院之確認等

原子力安全保安院將就各電力公司所提緊急安全對策實施狀況之妥適性嚴格執行確認。除針對載有緊急安全對策之書面認可申請進行嚴格審查外，並將藉視察等方式嚴格審視各電廠之緊急安全對策實施狀況。

原子力安全保安院將於業者提出緊急安全對策後，大約 1 個月內完成緊急安全對策實施狀況之確認。

附錄三.2

# 原子力安全保安院4月9日要求業者有關緊急柴油發電機之相關措施

4月7日23:32宮城縣海域地震發生後，東北電力公司東通核電廠1號機3部緊急柴油發電機（以下簡稱EDG）於4月8日14:08全數進入不可用狀態。有鑑於該次事件，原子力安全保安院要求各業者採取以下對策：

1. 變更有關冷停機及更換燃料時之運轉限制規定：
   - 依現行規定，起動、運轉中及熱停機狀況下，均需確保有2部以上EDG可用；冷停機狀況下，僅需維持1部EDG可用。
   - 原子力安全保安院向所有擁有核電廠之電力公司下達指示，要求即使於冷停機狀況下，亦需確保2部以上EDG「可用、且可與緊急電力系統連結」。（要求針對規定進行變更）
   - 本院已於4月8日口頭向東北電力下達指示，要求就前述事項檢討規定變更事宜。
   - 對於無法立即達成前述要求之其他核電廠，要求依照上月30日公布之緊急安全對策內容，採行配置電源車及消防泵等方式，並於今日所下達指示當中，要求立即著手執行。藉由以上方式，可確保冷卻所需之緊急電源擁有雙重保障。

2. 東北電力公司東通核電廠狀況

   4月8日，本院派遣負責東通核電廠之安全檢查官事務所長前往電廠，針對以下項目進行現地視察：
   - 因漏油而不可用之EDG，已於4月9日7:00恢復正常。
   - EDG不可用期間，電源車及消防水泵車均進入待命位置，以備萬一發生喪失外電狀況時，可立即進行必要處置。
   - 消防水泵車及水帶規格均符合規定。
   - 經審視訓練紀錄，確認實際將消防水泵連接至反應器廠房之消防栓後，其水壓、流量足以供水至用過燃料池所在之廠房最高樓層。

附錄三.3

# 原子力安全保安院 4 月 15 日對外部電源的要求事項

1. 核電廠電源線之狀況

- 依運轉規範，核電廠與廠外電力系統間需有 2 回路以上之連結；以目前現狀，單一送電路徑架有 1～2 回路，兩條送電路徑即有 3 回路以上，且大多數電廠均有兩條以上高於 27.5 萬伏特之超高壓大容量送電線，以提高其可靠度。
- 今年 4 月 7 日發生宮城縣海域地震後，東通核電廠（2 路徑 3 回路）及六個所村再處理設施（1 路徑 2 回路）喪失所有外電，依靠緊急柴油發電機供給電力（東通於外電恢復後，緊急柴油發電機因故障而無法運轉）。女川核電廠（3 路徑 5 回路，其中 1 回路停用中）則有 3 回路無法使用，僅 1 回路可送電。
- 本事件之起因為主要變電所發生接地事故，導致供應北東北之電力系統停止運作，使得與其連接之核能設施失去外電供給，引發電力系統可靠度問題。

2. 各電力公司為提高電力系統可靠度所為對策

- 鑑於前述電力系統可靠度問題，保安院對各電力公司下達指示，針對因地震等原因造成核電廠外電受影響之狀況，進行電力系統供電可靠度之分析及評估，並依分析評估結果檢討如何提升電廠之電力供應可靠度（亦包括強化廠內電源在內）。

3. 提高核電廠廠內電源之可靠度對策（短期對策）

由於提高外電可靠度需要時間，在完成前，採取下列措施以確保供電可靠度：

(1) 已實施之對策

①確保反應爐於停機狀況下，仍有兩台以上緊急柴油發電機可用

- 基於宮城縣海域地震經驗，即使反應爐處於停機狀況下，亦需確保兩台以上緊急柴油發電機可用，以提高電源可靠度。（已於今年 4 月 9 日下達指示）

②緊急柴油發電機容量及各機組互相間之電力融通

・擁有兩部以上機組之電廠，將各機組之緊急柴油發電機互相跨接，以便在必要時向其他機組供電，藉以提高電源可靠度（屬 accident management 之一環，已實施完畢）

③配置電源車

・配合經產省要求，於緊急安全對策中載明各電廠需配置電源車及水源車，其電源容量、注水容量必須足供冷卻功能所需。（已於今年 3 月 30 日下達指示）

(2) 進一步提高可靠度之對策

為提高核電廠電源可靠度，下達以下指示：

④各機組分別與所有送電回路連結

・為提高各機組供電可靠度，將所有送電回路分別與各機組連結，使其全數具備供電能力。

⑤電塔（電源線）之強化

・針對吊掛送電線之電塔進行耐震、地基安定性等評估，並依評估結果進行必要補強。

⑥開關場之防淹水對策

・針對開關場等電氣設施，採行如室內化、防水工程等防海嘯對策。

附錄三.4

# 原子力安全保安院4月28日對各核電廠耐震評估之指示及6月6日後續追加指示

4月28日原子力安全委員會完成「原子力安全保安院檢討各業者依新耐震方針進行既設核電廠耐震安全性評估之結果乙案，本委員會之追加意見」決議，並通知本院。

該決議內容指出，以往幾乎未曾觀測到地震活動的地區，因此次地震之誘發，頻繁發生地震，且亦出現如4月11日福島縣濱通地區地震之正斷層型地震活動。有鑑於此，原子力安全委員會針對本院目前實施中，依新耐震方針進行既設核電廠耐震安全性評估乙案，提出以下意見，並要求本院進行檢討。

- 伴隨東北地方太平洋海域地震之發生，可觀測到巨大之地殼變動，並造成大範圍區域之應力變化。因此各業者應就其目前調查中之斷層、變位地形、線性構造等進行評估，考慮該等地形是否屬於應列入耐震設計考量之活動斷層。

- 伴隨東北地方太平洋海域地震之發生，如於廠址周邊原本非屬地震頻發區域處發生地震，或於非耐震設計考量對象之斷層附近發生地震時，必須對該等地震進行評估。

- 基於以上評估結果，如發現對廠區可能造成影響之斷層時，必須進行地震動評估。

本院接獲以上決議內容後，請各業者針對以下事項，於5月31日前提出報告。

- 伴隨東北地方太平洋海域地震之發生，可觀測到巨大之地殼變動，因此請貴公司就自行實施之地質調查或文獻資料中所列斷層、變位地形、線性構造等，評估其屬既設核電廠耐震設計上應納入考慮對象之可能性，並提報該等重要資訊。

配合以上指示，各業者於5月31日提出調查結果報告。依該等報告內容所述，原本評估為不需納入耐震設計考慮之斷層中，有一條斷層因受3月11日之

後陸續發生之地震影響，實際於地表上出現斷層。本院基於上述原因，於 6 月 6 日向各業者下達指示，要求執行附件中所示內容。

附件要求內容：

有關斷層發生活動可能性之再評估，本院認為各業者應針對以往列為無須納入耐震設計之斷層，重新檢討其是否有納入之必要，並收集其他進一步資訊。有鑑於此，本院要求各業者需在必要距離範圍內，針對前述斷層進行調查，確認 3 月 11 日後陸續發生之地震狀況及所造成地殼變動量。如調查結果認為無法排除該等斷層應列入耐震設計考量之可能性，則需進行現地勘察，並於本年 8 月 31 日前向本院提出報告。

附錄三.5

# 原子力安全保安院5月11日有關緊急柴油發電機要求事項之補充說明

1. 經過

4 月 7 日，東北電力公司東通核電廠於宮城縣海域地震後，發生外電喪失狀況。當時緊急柴油發電機雖成功起動供電，卻於外電復原後，所有緊急柴油發電機進入不可用狀態。有鑑於前述事件，為確保反應爐停機時仍有 2 部以上緊急柴油發電機可用，本院下達「運轉規範內有關緊急用發電設備相關事項」之指示。(已於 4 月 9 日下達指示)

以下業者於收到指示後，提出運轉規範之變更認可申請書：

(申請日)

4 月 20 日：關西電力公司(美濱、大飯、高濱)

4 月 21 日：北海道電力公司(泊)、東京電力公司(柏崎刈羽)、九州電力公司(玄海、川內)、日本原子力發電公司(東海第二、敦賀)

4 月 22 日：東北電力公司(女川、東通)、中部電力公司(濱岡)、北陸電力公司(志賀)、中國電力公司(島根)

4 月 25 日：四國電力公司(伊方)

4 月 28 日：東京電力公司(福島第二)

2. 審查內容

運轉規範中必須明訂，即使反應爐處於冷停機或更換燃料狀態，亦需保持 2 部以上之緊急發電設備可用。

依各電廠設計不同，目前部分電廠每一機組擁有 2 部緊急柴油發電機，部分為 3 部。每一機組僅有 2 部緊急柴油發電機之電廠，一旦發電機進行檢修，便無法保持 2 部可用；擁有 3 部發電機者，一旦進行檢修，仍有可能無法保持 2 部可用，因此必須增設緊急發電設備。

由於增設該等設備需相當時間，因此採取緊急措施，於設備之增設尚未完成之前，電廠需於運轉規範中增加附加條款，自其他機組之緊急柴油發電機進行跨接(如該電廠有 2 部以上機組)以及使用電源車供電。

(1)第一階段措施(需儘速實施)

①機組間之電源跨接

擁有 2 部以上機組之電廠，需將各機組之緊急柴油發電機跨接，以備必要狀況下可互相供應電力，並確保 2 部以上電源可用，以提高電源之可靠度。

②無法於機組間跨接電源之電廠

如電廠無法藉其他機組互相供應電力，則必須藉由配備足供冷卻所需電力容量之電源車、或規定緊急柴油發電機不得同時檢修等方式，以提高電源之可靠度。

（參考用）無法於機組間跨接電源之電廠對策概要

- 東北電力公司東通核電廠（1 部機組）

本次大修時，3 部緊急柴油發電機皆可用。預定將於本次大修完成後、下次大修開始前，新設大容量之緊急發電機。

- 日本原子力發電公司東海第二核電廠（1 部機組）

配備有 3 部緊急柴油發電機，當反應爐停機進行發電機檢修時，一次僅檢修一部，因此可確保隨時保有 2 部發電機可用。當不得不同時進行 2 部發電機之檢修時，將以配置電源車方式，確保電源之可靠度。

- 日本原子力發電公司敦賀核電廠（機組間無法互相跨接供電）

為應緊急柴油發電機檢修時所需，已配置完成電源容量足夠之電源車。（800kVA 2 部、220kVA 2 部）

(2)第二階段措施（1～2 年內完成）

所有核電廠均需訂定計畫，於廠內不受海嘯影響之高處設置大容量氣冷式緊急發電機。

3. 審查結果

運轉規範中已明訂，即使反應爐處於冷停機或更換燃料狀態，亦需保持 2 部以上之緊急發電設備可用。

每一機組僅有 2 部緊急柴油發電機之電廠，一旦發電機進行檢修，便無法保持 2 部可用；擁有 3 部發電機者，一旦進行檢修，仍有可能無法保持 2 部可用，因此必須增設緊急發電設備。由於增設該等設備需相當時間，因此採取緊急措施，於設備之增設尚未完成之前，電廠需於運轉規範中增加附加條款，自

其他機組之緊急柴油發電機進行跨接、以及使用電源車供電。以上項目經確認，各電廠均已完成。

基於以上審查結果，提出變更認可申請之業者，本院已於 5 月 11 日認可其變更後之運轉規範。東北電力公司女川核電廠及東京電力公司福島第二核電廠部分，將待本院收到其緊急安全對策實施報告後，再行審查。

附錄三.6

# 原子力安全保安院5月31日對懸吊式高壓斷路器之火災防護措施指示及6月15日各業者回報說明

原子力安全保安院（以下簡稱「本院」）於本年5月30日接獲東北電力公司提出之報告，內容為女川核電廠因東北地方太平洋海域地震及伴隨而來之海嘯所受損傷狀況。

依該報告內容所述，3月11日當天1號機之正常用高壓分電盤發生火災，其原因為：地震使得分電盤內懸吊式高壓斷路器劇烈搖晃，導致其導體部分和周遭結構互相接觸而發生短路、接地，並隨之發生電弧放電，因而生熱造成火災。為防止相同原因之事故再次發生，本院於5月31日下達指示，要求持有核電廠之業者，確認其廠內是否亦裝設有懸吊式高壓斷路器。如裝有該型斷路器，則業者必須訂定計畫，於其下裝設耐震台架、或更換為高耐震性設備，並於本年6月15日前向本院提出報告。

本院於6月15日接獲各業者依前述通知要求所提出之報告書，依報告內容所述，共計有5家業者、6個電廠合計11部機組（不含目前運轉中機組），裝有359部懸吊式高壓斷路器。其中288台已採取下側加裝防震台架或斷電之措施，其餘71台由於事前準備作業之故，加裝防震台架或斷電之措施將於本年7月15日前完成，詳細時程目前正由相關業者規劃中。而遭斷電之高壓斷路器，將待相關準備作業完成後，進行防震台架之加裝或更換為抗震型斷路器，再重新上線使用。

本院今後亦將針對業者對策之實施狀況進行確認。

附錄三.7

## 原子力安全保安院6月7日對外部電源可靠度實施之評估及指示

1. 本年4月7日宮城縣海域地震發生後，部分電力系統因發生接地事故，導致核電廠等設施喪失外電；有鑑於此，本院對業者下達以下4項指示：

   (1). 針對供應核電廠等設施外電之電力系統，進行可靠度評估及可靠度提升對策；

   (2). 所有送電回路均需與各機組相連；

   (3). 對電塔（電源線）之耐震能力進行評估及採取對策；

   (4). 開關場之抗海嘯對策。(均已於4月15日完成通知)

2. 本院已於本年5月16日接獲各電力公司所屬核電廠(不含福島第一及第二核電廠）針對以上指示所提出之報告。(已於5月16日完成通知)

有關該等報告內容，本院另行以附件方式告知審查結果。另有關福島第二核電廠之外電可靠度對策部分，已要求東京電力公司就設備復原、維持反應爐冷停機所需採取之緊急安全對策實施狀況儘速提出報告。其他電力公司部分，則要求根據福島第一核電廠測得之地震數據，評估開關場等電氣設備因而發生倒塌、損傷，損及其功能之可能性，並將所採對策實施狀況於7月7日前提出報告。

附錄三.8

# 原子力安全保安院6月7日對各核電廠嚴重事故對應措施之指示

1. 確保控制室之作業環境

為確保控制室之作業環境，應考量緊急狀況下之輻射防護等事宜，故需訂定計畫，確保即使喪失所有交流電源，仍能以電源車供電等方式維持控制室緊急通風設備（再循環系統）之運轉。

2. 確保緊急狀況下之廠內通訊

為確保緊急狀況下之廠內通信，以維持各項作業之順暢執行，需訂定計畫，確保即使喪失所有交流電源，仍能維持廠內正常通訊。

3. 高劑量環境用防護服裝等機材確保，以及劑量管理相關組織整備

為確實執行緊急狀況下之工作人員輻射防護及劑量管理，需訂定計畫，使各電力公司可互相支援高劑量環境用防護服裝、個人劑量計等機材，且需完成組織整備，以應緊急狀況下接受劑量管制人員之擴充。

4. 防止氫爆對策

為防止爐心損傷產生之氫爆導致設備損毀，需訂定計畫，以防止緊急狀況下產生之氫氣大量積存於反應器廠房等處。

5. 配置清除瓦礫所需之重機具

為確保緊急狀況下能快速執行相關廠區作業，需訂定計畫，配置如推土機之類重機具，以快速清除海嘯所造成之瓦礫。

# 附錄四

# 日本政府之經驗回饋及其他核電廠之緊急安全對策

**附錄四.1**

# 日本電力公司針對原子力安全保安院3月30日要求提出緊急安全對策

## 為因應福島第一核電廠事故，其他各電廠之緊急安全對策實施狀況確認結果，以及運轉規範變更之認可（女川電廠）

原子力安全保安院（以下簡稱本院）基於福島第一核電廠所發生之事故，於3月30日下達指示，要求各電力公司立即採取緊急安全對策，以確保即使三大功能（所有交流電源、海水冷卻功能、用過燃料池冷卻功能）因海嘯來襲而全部喪失，亦需能確保爐心不致受損，並需儘速就對策實施狀況提出報告。

基於以上指示，東北電力公司（以下簡稱東北電力）就女川核電廠之緊急安全對策提出報告，本院並派遣保安檢查官至現場進行視察，針對電源車・水泵車等資材及機器設備之配備狀況、緊急程序書之整備狀況、以及緊急應變訓練實施狀況等項進行嚴格視察。

與以上視察同時，另針對運轉規範以及相關公司內部規定（程序書等），依據運轉規範審查內規進行審查。

視察結果，本院認為東北電力已確實執行所提出報告內之緊急安全對策，且運轉規範及相關內部規定之修改及新增亦均已確實完成，因此於6月1日同意其運轉規範變更之申請。

今後本院亦將利用保安視察等時機，就東北電力列為中長期對策之海水泵馬達等備品確保、大容量緊急發電機之設置、防海嘯措施等項目，嚴格確認其實施狀況。

本院亦將繼續督促各業者採取必要之改善措施，以進一步提高緊急安全對策之可靠度。

另基於本院4月9日發出之「緊急發電設備之運轉規範（指示書）」所為之運轉規範變更認可申請，經本院就申請內容進行現場視察、並予嚴格審查結果，認定足可防止災害之發生，因此於今日認可其運轉規範之變更申請。

1. 經過

・3月30日 保安院就緊急安全對策之實施及報告等事項下達指示，並修正相關命令
・4月8日 東北電力收到3月30日發出之修正命令，向保安院提出女川核電廠之運轉規範變更認可申請書
・5月18日 東北電力提出女川電廠之緊急安全對策實施狀況報告
・4月9日 保安院就「緊急發電設備之運轉規範」下達指示
・4月22日 東北電力基於4月9日之指示內容，提出運轉規範變更認可申請書
・5月19～20日 保安院檢查官進行現場視察，確認實施狀況
・6月1日 保安院彙整女川電廠之緊急安全對策實施狀況之評估結果後，認可依3月30日修正命令所為之運轉規範變更申請。另依4月9日指示所為之運轉規範變更申請亦同

時予以認可。

2.東北電力之實施狀況

(1)實施緊急點檢

RCIC 水泵、蓄電池、冷凝水泵、原水槽、戶外消防栓等設備之外觀點檢、功能確認等。

(2)緊急應變計畫之點檢及訓練實施

訂定緊急應變計畫，其中需包含前往操作地點的路線之多樣性、排氣或海水注入之實施程序、以及權限明確化等項目在內。另為提升緊急安全對策之實際效果，實施各項訓練，包括：喪失所有交流電源時之應變、替代供電、爐內及用過燃料池之替代注水、綜合訓練（同時有超過一部以上機組開始進行應變）。

(3)緊急狀況下之電源確保

配備 4 部電源車（均為 400kVA）以供反應器或用過燃料池注水設備之驅動及控制，並將該等電源車停放於不受海嘯影響之高處（O.P.+24～25m）。

(4)緊急狀況下之最終移熱功能確保

配備 2 部消防車作為 RCIC 之水源確保或替代用注水，並將該等消防車停放於不受海嘯影響之高處（O.P.+25m）。另配備 2 部消防車作為燃料池補給水泵之水源確保或替代用注水，並將該等消防車停放於不受海嘯影響之高處（O.P.+25m）。

(5)提高可靠度之中長期對策

計畫進行以下項目：設置大容量緊急電源（4000kVA 3 部）（本年度內）、確保海水泵馬達之備品（本年度內）、設置海水泵室週邊防水牆（2012 年 4 月）、廠區靠海側及側面設置防波堤（2012 年 4 月）。

3.運轉規範變更認可之申請內容

(1) 針對 3 月 30 日修正命令所為運轉規範變更申請之認可

以下設備喪失功能時：所有交流供電設備、所有使用海水進行反應器相關裝置冷卻之設備、所有用過燃料池冷卻設備（以下簡稱「喪失電源功能等狀況」），為組織人員執行反應器安全相關作業，於運轉規範中追加以下內容：

①需訂定計畫，以利喪失電源功能等狀況下執行反應器安全相關作業
②喪失電源功能等狀況下，為執行反應器安全相關作業所需人力配置、訓練、及其所需資材及機器設備
③喪失電源功能等狀況下所執行反應器安全相關作業之定期評估、及評估結果之改善

措施

(2) 基於 4 月 9 日指示所為運轉規範變更申請之認可

於運轉規範本文中明訂，即使反應器處於冷停機或更換燃料狀態，仍須維持 2 部緊急發電設備可用。

女川電廠 1 號機配備 2 部緊急柴油發電機，2 號機及 3 號機分別配備 3 部緊急柴油發電機。

1 號機由於僅有 2 部緊急柴油發電機，一旦發電機進行檢修，便無法保持 2 部可用；2 號機及 3 號機雖各有 3 部發電機，一旦進行檢修，仍有可能無法保持 2 部可用，因此必須增設緊急發電設備。

由於增設該等設備需相當時間，因此採取緊急措施，於設備之增設尚未完成之前，確認電廠已於運轉規範中增加附加條款，需自其他機組之緊急柴油發電機進行跨接、以及使用電源車供電。

(1)第一階段措施（已實施完畢）

女川電廠已將各機組之緊急柴油發電機進行跨接，使其在必要狀況下可互相供應電力，以符合隨時需有 2 部以上發電機可用之規定，同時備有 4 部容量均為 400kVA 之電源車，以確保電源之可靠度。

(2)第二階段措施（本年度內進行）

女川電廠計畫於本年度內，於廠內不受海嘯影響之高處，新增 3 部 4000kVA 容量之氣冷式大容量緊急發電機。

4.保安院評估結果

經保安院派遣保安檢查官進行現場視察，針對電源車・消防車等資材及機器設備配置狀況、緊急應變程序書準備狀況、以及緊急應變訓練實施狀況等項目進行嚴格檢視後，認定東北電力公司報告中，就女川電廠所提出之緊急安全對策均已確實執行。

另喪失電源功能等狀況下，為組織人員執行反應器安全相關作業，相關人員配置、訓練及必要之資材及機器設備整備事項，均已明訂於運轉規範內，相關公司內部規定之修改及新增亦均已確實執行。

今後本院亦將利用視察等時機，就東北電力列為中長期對策之海水泵馬達等備品確保、大容量緊急發電機之設置、防海嘯措施等項目，嚴格確認其實施狀況。

本院亦將繼續督促業者採取必要之改善措施，以進一步提高緊急安全對策之可靠度。

另基於本院 4 月 9 日發出之指示書所為之運轉規範變更申請，經本院進行現場視察、並針對運轉規範進行嚴格審查結果，認定足可防止災害之發生，因此於今日認可其運轉

規範之變更申請。

附件：女川核電廠緊急安全對策實施狀況之確認結果

參考：因應福島第一・第二核電廠事故，東北電力公司女川核電廠緊急安全對策實施狀況之評估

（http://www.nisa.meti.go.jp/itiran/new_onagawa_index.html）

附件

# 女川核電廠緊急安全對策實施狀況之確認結果

2011 年 6 月 1 日
原子力安全・保安院

1.經過

・3 月 30 日 保安院就緊急安全對策之實施及報告等事項下達指示，並修正相關命令
・5 月 18 日 東北電力提出女川電廠之緊急安全對策實施狀況報告
・5 月 19～20 日 保安院檢查官進行現場視察，確認實施狀況

2.緊急安全對策之確認方針

[確認事項]

(1)短期對策

①喪失所有交流電源時之對策

假設 3 大功能（所有交流電源、海水冷卻功能、用過燃料池冷卻功能）均因海嘯而喪失。確認在此種狀況下，仍能以注水方式進行冷卻、掌握爐心狀況，且可將反應器帶至冷停機狀態。

②廠房防淹水對策

確認所有喪失交流電源對策所需設備，均已實施防淹水措施，使其不致受海嘯影響。

(2)中長期對策

①加快冷停機速度，以提高可靠度

確認已訂定包括加強緊急電源等適當對策之實施計畫，以達到數日內完成冷停機之目標。

②針對海嘯之防護措施

確認已訂定適當計畫，藉由加強防水、防波堤、防水牆等方式，提高緊急安全對策之可靠度。

3.確認・評估結果

[短期對策]

(1)喪失所有交流電源時之對策

①訂定緊急應變計畫

◯假設遭受海嘯襲擊，訂定緊急應變計畫
◯達成以下要求：前往操作地點的路線之多樣性、排氣或海水注入之實施程序、以及權限明確化

（確認結果）

・緊急應變計畫已明訂於運轉規範及程序書中。
・關於喪失所有交流電源時之緊急應變計畫：①已就反應器停機後之衰變熱移除所需水量進行分析評估；②基於前項評估結果，已於適當程序書內載明，一定時間內需開始以水泵車及電源車進行供水供電；③藉由以上對策，使反應器可維持熱停機，且燃料不致受損。
・反應器廠房已設置多個緊急電源接頭及注水口，且電源車及水泵車亦已安排多條行進路線。
・可藉裝設臨時水泵及修復海水泵方式，維持反應器之穩定冷卻，並將反應器帶至冷停機狀態。
・運轉規範及程序書中明訂：電廠廠長被賦予權限，可於緊急狀況下採取相關安全對策。廠長亦有權決定是否進行排氣、注水（含海水）。藉由以上規定，可使緊急狀況下之處置動作更為迅速。

②緊急狀況下之電源確保

◯電源車之容量及台數，需足以維持儀控系統、控制室之監控功能以及閥門驅動所需。
◯電纜線長度需足以連接電源車及廠房接頭。
◯以上設備需保管於不受海嘯影響之高處。

（確認結果）

・電源車容量足供控制室監控、儀控設備作動、以及驅動閥門所需（400kVA 電源車 4 部），電源車之燃料供給亦已完成適當規劃。保管地點部分，亦已採行遷往更高處（O.P.+24~25m）等改善對策。
・電源車及電纜線之搬運、鋪設、連接等，需於蓄電池之設計供電時間（8 小時）以內完成；經由訓練，確認可於 2 小時內完成。
・即使 4 部電源車及 2 部水泵車同時運作，廠內燃料亦足以維持 25 天以上。

③緊急狀況下之移熱功能確保

◯消防車、水泵車之加壓能力、容量、台數，需足供衰變熱移除之注水所需。
◯除確保足夠容量之水源外，水帶長度亦需足供注水所需。
◯設備需保管於不受海嘯影響之高處或置放於廠內消防單位待命。
◯明確訂定排氣之操作程序、權限，並確保可快速執行。

（確認結果）

・水泵車（2 部）供水能力足供衰變熱移除所需（約 20㎥/h），亦有足夠之燃料供給，且保管於高處（O.P.+25m）。
・水泵車及水帶之搬運、鋪設、連接等，需於要求時間（8 小時）以內完成；經由訓練，確認可於 1.5 小時內完成。
・水源部分，除確保有多個水量足夠之水槽外，如需使用海水做為水源，相關取水・供水設施亦均已設置完成。
・即使 4 部電源車及 2 部水泵車同時運作，廠內燃料亦足以維持 25 天以上。
・實施排氣所需管線組裝訓練，訂定程序書及相關組織，確保可迅速確實執行排氣程序。
・排氣閥門之空氣驅動閥部分，除確保作為替代性設備之氮氣瓶以外，並確認可於現場執行排氣操作。

④實施設備之檢查及訓練

○已完成緊急用設備之檢查作業。
○除執行因海嘯喪失所有交流電源之對策訓練外，並確認其執行程序。

（確認結果）

・設備檢查計畫之訂定及執行，已藉由現場視察等方式確認完畢。
・使用電源車或水泵車進行實際演練、設備操作程序訓練、電廠所有機組同時喪失功能之綜合訓練等訓練項目，已藉由現場視察等方式確認完畢。
・訓練時發現之問題（配備擴音器、頭燈等），已將其與其他單位分享並進行改善。

⑤運轉規範變更

○運轉規範中明訂當發生喪失電源等狀況時，為確保反應器安全所採取作為之要求事項。

（確認結果）

・確認運轉規範或程序書中已載明緊急應變計畫之訂定、人員配置、訓練實施、資材及機器設備、定期評估等事項。

(2)廠房防淹水對策

○針對喪失所有交流電源時對策所需設備，必須訂定計畫，確保其不受海嘯影響。

（確認結果）

・經現場視察等方式，確認已針對反應器廠房採取防淹水對策（如於門縫處貼附膠條等），即使遭受福島第一核電廠事故同等級海嘯襲擊，交流電喪失相關對策所需設備（如反應器廠房 1 樓分電盤等設備之進出門等）亦不致因而淹水受損。

［中長期對策］

(1)加速冷停機，以提高可靠度之對策

①海水泵馬達等備品之確保[約需 1 年左右實施]

○為快速於緊急狀況下將機組帶至冷停機，需修復原有之 RHR；目前已開始訂定計畫，以確保所需之海水泵馬達備品或替代用水泵（沈水泵、移動式水泵）等設備。

（確認結果）

・已訂定計畫，預計以 1 年左右時間完成 RHR 海水泵馬達備品及替代用水泵之導入。

②設置氣冷式緊急發電機[約需 1～3 年左右實施]

○需訂定計畫，於不受海嘯影響之高處設置足以驅動衰變熱移除用熱交換水泵之大型發電機。

（確認結果）

・已訂定計畫，預計於 1 年內導入足夠容量之氣冷式緊急發電機（4000kVA 3 台）

(2)海嘯防護對策

③海岸設置防波堤、廠房周邊設置防水牆、廠房周邊進行防水工程[約需 2～3 年左右實施]

○需訂定計畫，藉由防波堤、防水牆及廠房周邊防水工程等方式，使反應器安全相關設備不受海嘯影響，以提高緊急安全對策之可靠度。

（確認結果）

・已訂定計畫，預計於 2～3 年內完成廠房周邊防水工程（更換為防水門等），以加強防水能力。
・已訂定計畫，以海嘯高度 15m 為假設條件，預計於 1 年內於廠址前方建造高 3m 之防波堤。

4.結論

依本院之確認結果，認定東北電力公司報告中，就女川電廠所提出之緊急安全對策均已確實執行。

針對列為中長期對策之海水泵馬達等備品確保、氣冷式緊急發電機等設置、防海嘯措施等項目，本院未來亦將嚴格確認其實施狀況。

今後本院亦將持續督促東北電力採取必要之改善措施，以提高緊急安全對策之可靠度。

伴隨福島第一核電廠事故之詳細調查，待事故原因明朗後，如需追加任何對策，本院亦將要求東北電力採取必要之改善。

（改善資料）

附件一 各電力公司緊急安全對策概要（短期對策）
附件二 各電力公司緊急安全對策概要（中長期對策）
附件三 緊急安全對策中有關防止淹水措施之概要

附件一

# 各電力公司緊急安全對策概要

| | | | | 喪失所有交流電源時對策 | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 緊急時電源確保 | | | 反應爐及用過燃料池冷卻 | | | | | 組織・訓練 |
| | | | | | | | 水泵等 | | | 水源確保 | 圍阻體釋壓操作<br>海水注入 | |
| | | | | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | 必要能力 | 確保能力 | 保管位置等 | | | |
| 北海道 | 泊 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | #1: 110kVA<br>#2: 110kVA<br>#3: 255kVA | 〈電源車〉<br>#1～3 共用:<br>4000kVA * 1 台<br><br>備用: 625kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>廠區內高處<br>(TP31m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1.5 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 約 20m3/h<br>#2: 約 20m3/h<br>#3: 約 32m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 2360m | 〈水泵〉<br>#1: 移動式水泵<br>30m3/h * 2 台<br>#2: 移動式水泵<br>30m3/h * 2 台<br>#3: 移動式水泵<br>30m3/h * 4 台<br>#1~3 共用: 移動式水泵 45m3/h * 3 台、180 m3/h * 1 台、30m3/h * 6 台、消防車<br>48m3/h * 2 台<br><br>〈水帶〉<br>2710m (相當於 20m * 136 條) | 〈保管位置〉<br>廠內高處<br>(TP31m, 33m)<br>消防車車庫<br>(TP10m)<br>※發佈大海嘯警報時，由常駐自衛消防隊員將其移往廠內高處<br>(TP31m) 暫避<br><br>〈要求時間〉<br>10 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 3 小時 | 〈淡水槽〉<br>#1: 825t (3 座合計)<br>#2: 825t (3 座合計)<br>#3: 1310t (2 座合計)<br>#1~3 共用:<br>27960t (16 座合計)<br><br>〈海水〉<br>取水口 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 11 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・水帶長度、水泵台數最佳化，以及佈置的修改<br>・程序書中加註留意水帶糾結 |
| 東北 | 東通 | #1 | BWR | #1: 813.8kVA | 〈電源車〉<br>400kVA * 3 台 | 〈保管位置〉<br>固體廢料儲存所停車場(TP18m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2.5 小時 | 〈水泵〉<br>約 40m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 1500m | 〈水泵〉<br>消防車 120m3/h * 2 台<br><br>〈水帶〉<br>1600m (20m * 80 條) | 〈保管位置〉<br>消防車車庫<br>(TP13m)<br>※發佈大海嘯警報時，由常駐自衛消防隊員將其移往固體廢料儲存所停車場<br>(TP18m) 暫避<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 4 小時 | 〈淡水槽〉<br>3166t (12 座合計)<br><br>〈河水〉<br>每日 2300t<br><br>〈海水〉<br>取水口 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>壓縮空氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 13 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・配置免手持頭燈 |
| | 女川 | #1<br>#2<br>#3 | BWR | 〈必要容量〉<br>#1: 287kVA<br>#2: 217kVA<br>#3: 188kVA<br>共用: 50kVA | 〈電源車〉<br>#1～3 共用:<br>400kVA * 4 台 | 〈保管位置〉<br>3 台: 備用變電設備設置場所周邊<br>(O.P.+24m)<br>1 台: 消防車庫周邊(O.P.+25m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內 | 〈水泵〉<br>#1: 約 20m3/h<br>#2: 約 30m3/h<br>#3: 約 30m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 1800m(最長狀況下) | 〈水泵〉<br>120m3/h * 2 台<br>(消防車)<br><br>〈水帶〉<br>約 2000m (20m * 100 條) | 〈保管位置〉<br>消防車車庫<br>(O.P.+25m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1.5 小時 | 〈淡水槽〉<br>#1: 2900t 以上<br>#2: 3000t 以上<br>#3: 3000t 以上<br><br>〈海水〉<br>取水口 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>壓縮氮氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 36 次個別訓練 (供電、替代注水等)、2 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・配置擴音器、頭 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | 〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | | | | | | 燈(已完成)<br>・準備失電狀況下之閥門狀態確認程序書(已完成)<br>・檢討改善釋壓用氣瓶之連接方式(檢討中) |
| 東京 | 柏崎<br>刈羽 | #1<br>#2<br>#3<br>#4<br>#5<br>#6<br>#7 | BWR<br>BWR<br>BWR<br>BWR<br>BWR<br>ABWR<br>ABWR | | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台<br>#5: 500kVA * 1 台<br>#6: 500kVA * 1 台<br>#7: 500kVA * 1 台<br><br>〈發電機〉<br>#2: 195kVA * 1 台<br>#3: 450kVA * 1 台<br>#4: 195kVA * 1 台<br>共用(淡水送水用): 195kVA * 1 台、125kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>高處停車場<br>(TP35m)<br>1 台: 消防車庫周邊(O.P.+25m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 3 小時 | 〈水泵〉(注)<br>(運轉中機組)<br>#1: 約 30m3/h<br>#5: 約 30m3/h<br>#6: 約 40m3/h<br>#7: 約 40m3/h<br>(停止中機組)<br>#2: 約 1m3/h<br>#3: 約 1m3/h<br>#4: 約 1m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長 1970m<br><br>(注)長期停機中之#2,3,4，已完成其用過燃料池冷卻能力之確認 | 〈水泵〉<br>#1,2: 消防車約 60m3/h * 1 台<br>#3: 消防車約 60m3/h * 1 台<br>#4: 消防車約 60m3/h * 1 台<br>#5,6: 消防車約 120m3/h * 1 台<br>#7: 消防車約 50m3/h * 1 台<br><br>〈水帶〉<br>2080m (20m * 104 條) | 〈保管位置〉<br>高處停車場<br>(TP35m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈淡水槽〉<br>#1: 1575t * 1 座<br>#2: 415t * 1 座<br>#3: 415t * 1 座<br>#4: 415t * 1 座<br>#5: 1550t * 1 座<br>#6: 1050t * 1 座<br>#7: 1050t * 1 座<br>#1~7 共用: 12500t (8 座合計)<br><br>〈海水〉<br>取水口 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>氮氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 10 次個別訓練 (供電、替代注水等)、3 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・建立電源車或消防車之燃料補給制度<br>・製作表格，一旦多部機組同時發生狀況時，可用以確認各機組作業進展<br>・將各機能班分為數個小組，各自任命負責人 |
| 中部 | 濱岡 | #1<br>#2<br>#3<br>#4<br>#5<br>(#1,2 除役中) | BWR<br>BWR<br>BWR<br>BWR<br>ABWR | #1: 28kVA<br>#2: 38kVA<br>#3: 186kVA<br>#4: 195kVA<br>#5: 202kVA | 〈發電機〉<br>#1: 150kVA * 1 台<br>#2: 220kVA * 1 台<br>#3: 150kVA * 2 台<br>#4: 150kVA * 2 台<br>#5: 125kVA * 3 台 | 〈保管位置〉<br>反應器廠房中間屋頂<br>#1: TP14.5m<br>#2: TP14.5m<br>#3: TP16.0m<br>#4: TP22.8m<br>#5: TP30.5m<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 0m3/h ※1,2<br>#2: 0.3m3/h ※1<br>#3: 40m3/h<br>#4: 40m3/h<br>#5: 45m3/h<br><br>※1 除役中僅維持用過燃料池冷卻<br>※2 用過燃料池中僅有 1 組用過燃料，故無須供水<br><br>〈水帶〉<br>總長約 1420m | 〈水泵〉<br>#1,2: 移動式水泵 67.8m3/h * 2 台<br>#3: 移動式水泵 52.8m3/h * 2 台<br>#4: 移動式水泵 52.8m3/h * 2 台<br>#5: 移動式水泵 52.8m3/h * 2 台<br><br>〈水帶〉<br>1440m (20m * 72 條) | 〈保管位置〉<br>開關場 (TP25m)<br><br>〈要求時間〉<br>約 1.3 日以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈淡水槽〉<br>水槽容量計算<br>#1: 118t (2 座合計)<br>#2: 488t (3 座合計)<br>#3: 1960t (2 座合計)<br>#4: 1597t (2 座合計)<br>#3,4 共用: 3450t (2 座合計)<br>#5: 1592t (2 座合計)<br><br>〈海水〉<br>#2 海水連動泵豎井<br>#3,4,5 取水槽<br><br>〈河水〉<br>新野川 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>氮氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 56 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・追加採購並配置夜間作業用反光背心<br>・於閥門貼上夜間作業用螢光條<br>・於程序書中記錄輸出端子識別 (R・S・T) 及電纜三相識別 (藍・白・紅) 之對應關係 |
| 北陸 | 志賀 | #1<br>#2 | BWR<br>ABWR | #1: 586kVA<br>#2: 733kVA | 〈電源車〉<br>#1: 300kVA * 2 台 | 〈保管位置〉<br>#2 反應器廠房東 | 〈水泵〉<br>#1: 16m3/h | 〈水泵車等〉<br>#1,2 共用: | 〈保管位置〉<br>水泵車等: 消防 | 〈淡水槽〉<br>水槽容量計算 | 【釋壓、海水注入】 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 29 次個 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | #2: 300kVA * 3 台 | 側(TP21m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2.5 小時 | #2: 40m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長 700m | 消防車 84m3/h * 1 台<br>消防車 60m3/h * 1 台<br>移動式水泵 60m3/h * 1 台<br><br>〈水帶〉<br>1000m (20m * 50 條) | 車庫、事務本館旁車庫 (TP11m)<br>水帶: 資材及機器設備倉庫 (TP64m)、水泵車上(TP11m)<br>※發佈大海嘯警報時，由常駐自衛消防隊員將其移往 TP30m 高處暫避<br><br>〈要求時間〉<br>約 1 日以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | #1: 972t * 1 座<br>#2: 1193t * 1 座<br>#1,2 共用: 1243t (4 座合計)<br><br>〈水庫水〉<br>36 萬 t<br><br>〈海水〉<br>#2 排水槽 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>壓縮空氣瓶 | 別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・程序書明確化<br>・由於電纜重量極重，於樓梯間布設時極花時間，因此樓梯間之電纜改為常態性配置 |
| 關西 | 美濱 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | #1: 232kVA<br>#2: 275kVA<br>#3: 293kVA | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台<br>#2: 800kVA * 1 台<br>#3: 400kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>#3 旁 32m 高處 (TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 約 13m3/h<br>#2: 約 18m3/h<br>#3: 約 17m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 3090m | 〈水泵〉<br>#1: 移動式水泵 36m3/h * 3 台、52.8m3/h * 1 台<br>#2: 移動式水泵 36m3/h * 6 台、52.8m3/h * 1 台<br>#1,2: 移動式水泵 52.8m3/h * 1 台<br>#3: 移動式水泵 36m3/h * 3 台、52.8m3/h * 4 台<br><br>〈水帶〉<br>3640m (20m * 182 條) | 〈保管位置〉<br>水帶、水泵: #3 旁 32m 高處 (TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 80 分鐘 | 〈淡水槽〉<br>#1: 312t (2 座合計)<br>#2: 384t (2 座合計)<br>#3: 4330t (7 座合計)<br>#1~3 共用 3660t (5 座合計)<br><br>〈海水〉<br>#1,2: #1,2 出水口<br>#3: #3 出水道豎井、#3 進水口 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 47 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>實施水帶條數、水泵台數最佳化以及使用搬運台車等改善措施 |
| 關西 | 大飯 | #1<br>#2<br>#3<br>#4 | PWR | #1: 386kVA<br>#2: 386kVA<br>#3: 197kVA<br>#4: 197kVA | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台<br>#2: 610kVA * 1 台<br>#3: 610kVA * 1 台<br>#4: 610kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>#1,2: #1,2 後方道路(TP31m)<br>#3,4: #3,4 後方道路(TP33m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 19.88m3/h<br>#2: 19.88m3/h<br>#3: 19.44m3/h<br>#4: 19.44m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 4860m | 〈水泵〉<br>#1: 移動式水泵 46m3/h * 3 台<br>#2: 移動式水泵 46m3/h * 3 台<br>#1,2: 移動式水泵 48m3/h * 3 台<br>#3: 移動式水泵 36m3/h * 4 台、48m3/h * 4 台<br>#4: 移動式水泵 36m3/h * 4 台、48m3/h * 4 台<br><br>〈水帶〉<br>5720m (20m * | 〈保管位置〉<br>水帶、水泵: 吉見隧道內 (TP62.8m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 70 分鐘 | 〈淡水槽〉<br>#1: 1075t (2 座合計)<br>#2: 1075t (2 座合計)<br>#3: 730t * 1 座<br>#4: 730t * 1 座<br>#1,2,3,4 共用: 21116t (10 座合計)<br><br>〈海水〉<br>#1,2 進水道 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 47 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>實施水帶條數、水泵台數最佳化以及使用無線電對講機等改善措施 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 286 條) | | | | |
| 關西 | 高濱 | #1<br>#2<br>#3<br>#4 | PWR | #1: 358kVA<br>#2: 358kVA<br>#3: 220kVA<br>#4: 197kVA | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台<br>#2: 800kVA * 1 台<br>#3: 610kVA * 1 台<br>#4: 400kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>#1,2: #1,2 後方道路(TP32m)<br>#3,4: #3,4 後方道路(TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 17m3/h<br>#2: 17m3/h<br>#3: 17.33m3/h<br>#4: 17.33m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 7040m | 〈水泵〉<br>#1: 移動式水泵 46m3/h * 4 台、48m3/h * 5 台<br>#2: 移動式水泵 46m3/h * 6 台、48m3/h * 5 台<br>#3: 移動式水泵 46m3/h * 9 台、48m3/h * 9 台<br>#4: 移動式水泵 46m3/h * 7 台、48m3/h * 7 台<br><br>〈水帶〉<br>8280m (20m * 414 條) | 〈保管位置〉<br>水泵: 污泥焚化爐附近高處 (TP49.5m)<br>水帶: visitor's house 附近高處 (TP28.0m)、用過燃料槽區域 (TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 70 分鐘 | 〈淡水槽〉<br>#1: 680t (2 座合計)<br>#2: 680t (2 座合計)<br>#3: 660t (2 座合計)<br>#4: 660t (2 座合計)<br>#1,2,3,4 共用: 26160t (12 座合計)<br><br>〈海水〉<br>#1: #1,2 進水道、出水道<br>#2: #1,2 出水道<br>#3: #3,4 進水道、#1,2 出水道<br>#4: #1,2 出水道、出水口 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 55 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>實施水帶條數最佳化、配置搬運用附吊臂貨車、卡車以及使用無線電對講機等改善措施 |
| 中國 | 島根 | #1<br>#2 | BWR | #1: 141kVA<br>#2: 290kVA<br>共用: 32kVA | 〈電源車〉<br>500kVA * 2 台<br><br>〈發電機〉<br>共用(消防泵用): 90kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>#1 CST 旁 (TP15m)(發電機位於過濾水槽旁 TP22m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 約 13m3/h<br>#2: 約 22m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 1000m | 〈水泵〉<br>消防車 142.8m3/h * 1 台、92.4m3/h * 1 台<br>移動式水泵 76.8m3/h * 2 台、72.6m3/h * 1 台、60m3/h * 5 台<br><br>〈水帶〉<br>1980m (20m * 99 條) | 〈保管位置〉<br>消防車庫 (TP8.5m)及資材及機器設備置放場(TP15m)<br>※發佈海嘯警報時，由常駐自衛消防隊員將其移往 TP15m 高處暫避<br><br>〈要求時間〉<br>約 4 日<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 30 分鐘 | 〈淡水槽〉<br>#1: 1600t * 1 座<br>#2: 1400t * 1 座、1500t * 1 座<br>#1,2 共用: 5792t (4 座合計)<br>#1,2 共用儲水槽: 18000t (4 座合計)<br><br>〈海水〉<br>輪谷灣內 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>氮氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 12 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・將圍阻體釋壓驅動用供氣管之安裝方法貼於現場 (附加照片) |
| 四國 | 伊方 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | #1: 145kVA<br>#2: 137kVA<br>#3: 93kVA | 〈電源車〉<br>#1: 300kVA * 1 台<br>#2: 300kVA * 1 台<br>#3: 300kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>tank yard (TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1.5 小時 | 〈水泵〉<br>#1: 約 21m3/h<br>#2: 約 21m3/h<br>#3: 約 34m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 1960m | 〈水泵〉<br>消防車 84m3/h * 2 台<br>移動式水泵 73.2m3/h * 2 台<br><br>〈水帶〉<br>3200m (20m * 160 條) | 〈保管位置〉<br>tank yard (TP32m)<br><br>〈要求時間〉<br>#1,2 約 5 小時以內 / #3 約 9 小時以內<br><br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈淡水槽〉<br>#1: 1505t (2 座)<br>#2: 1505t (2 座)<br>#1,2 共用: 12400t (3 座)<br>#3: 8410t (4 座)<br><br>〈海水〉<br>#1,2 出水口<br>#3 海水 pit | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 11 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>修正水帶必要長度及條數 |
| 九州 | 玄海 | #1<br>#2 | PWR | #1: 125kVA<br>#2: 125kVA | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>電源車: 廠內高 | 〈水泵〉<br>#1: 約 13m3/h | 〈水泵〉<br>移動式水泵 | 〈保管位置〉<br>臨時水泵、水帶 | 〈淡水槽〉<br>#1: 305t * 1 座 | 〈程序〉<br>依值班課長或發 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 15 次個 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | #3<br>#4 | | #3: 174kVA<br>#4: 174kVA | #2: 500kVA * 1 台<br>#3: 500kVA * 1 台<br>#4: 500kVA * 1 台 | 處 (TP26.0m)<br>資材及機器設備:<br>廠內高處<br>(TP24.6m)<br><br>(#1,2)<br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 105 分鐘<br><br>(#3,4)<br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 115 分鐘 | #2: 約 13m3/h<br>#3: 約 31m3/h<br>#4: 約 28m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 4920m | #1: 30.0m3/h * 1 台、46.8m3/h * 1 台、4.8m3/h * 1 台<br>#2: 30.0m3/h * 1 台、46.8m3/h * 1 台、4.8m3/h * 1 台<br>#3: 48.0m3/h * 1 台、46.8m3/h * 1 台、30.0m3/h * 1 台<br>#4: 30.0m3/h * 1 台、46.8m3/h * 1 台、18.0m3/h * 1 台<br><br>〈水帶〉<br>約 7500m (相當於 20m * 375 條) | 等: 廠內高處<br>(TP24.6m)<br><br>(#1,2)<br>〈要求時間〉<br>約 5 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 60 分鐘<br><br>(#3,4)<br>〈要求時間〉<br>約 6 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 50 分鐘 | #2: 305t * 1 座<br>#3: 690t * 1 座<br>#4: 690t * 1 座<br>#1,2 共用: 830t * 2 座、1400t * 2 座<br>#3,4 共用: 1430t * 2 座、6500t * 2 座<br><br>〈硼酸水槽〉<br>#1: 860t * 1 座<br>#2: 860t * 1 座<br>#1,2 共用: 280t * 1 座<br><br>〈河川水〉<br>八田浦儲水池<br>(水量約 13 萬 t)<br><br>〈海水〉<br>#1: #1 進水 pit<br>#2: #2 進水 pit<br>#3: #3 進水 pit<br>#4: #4 進水 pit | 電課長判斷，進行海水注入 | 別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・追加蓄壓槽開始注入時機，並列為注意事項(#1,2)<br>・追加蓄壓槽開始注入壓力及主蒸汽釋壓閥開度(#3,4) |
| 九州 | 川內 | #1<br>#2 | PWR | #1: 194kVA<br>#2: 189kVA | 〈電源車〉<br>#1: 500kVA * 1 台<br>#2: 500kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>電源車: 廠內高處 (TP27.0m)<br>資材及機器設備:<br>廠內高處<br>(TP27.0m)<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 130 分鐘 | 〈水泵〉<br>#1: 約 25m3/h<br>#2: 約 25m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長約 2000m | 〈水泵〉<br>移動式水泵<br>#1: 30.0m3/h * 2 台、7.8m3/h * 1 台<br>#2: 30.0m3/h * 2 台、7.8m3/h * 1 台<br><br>〈水帶〉<br>約 2900m (相當於 20m * 145 條) | 〈保管位置〉<br>臨時水泵、水帶等: 廠內高處<br>(TP27.0m)<br><br>〈要求時間〉<br>約 6 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 80 分鐘 | 〈淡水槽〉<br>#1: 520t * 1 座<br>#2: 520t * 1 座<br>#1,2 共用: 930t * 2 座、2100t * 2 座<br><br>〈硼酸水槽〉<br>#1: 1470t * 1 座<br>#2: 1470t * 1 座<br>#1,2 共用: 1040t * 1 座<br><br>〈河川水〉<br>みやま池 (水量約 34 萬 t)<br><br>〈海水〉<br>#1: #1 進水 pit<br>#2: #2 進水 pit | 〈程序〉<br>依值班課長或發電課長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 13 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>・追加蓄壓槽開始注入時機，並列為注意事項(#1,2)<br>・追加發佈海嘯或大海嘯警報時，通報所有廠內作業人員方式 |
| 日本原電 | 敦賀 | #1<br>#2 | BWR<br>PWR | #1: 148kVA<br>#2: 629kVA | 〈電源車〉<br>#1: 220kVA * 1 台<br>#2: 220kVA * 1 台、800kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>廠址附近高處<br>(約 TP20m)<br><br>〈#1〉 | 〈水泵〉<br>#1: 20.7m3/h<br>#2: 50.8m3/h<br><br>〈水帶〉 | 〈水泵〉<br>#1: 移動式水泵 67.8m3/h * 2 台<br>#2: 消防車 120m3/h * 2 台、 | 〈保管位置〉<br>高處(約 TP20m)<br>消防車庫(TP3m)<br>※發佈大海嘯警報時，由常駐自衛 | 〈淡水槽〉<br>水槽容量總計約 9400t (13 座)<br>#1: 232t, 385t, 60t, 1000t, 300t | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 4 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 備用: 800kVA * 1 台 | 〈要求時間〉<br>8 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 109 分鐘<br><br>〈#2〉<br>〈要求時間〉<br>5 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 85 分鐘 | #1: 總長 480m<br>#2: 總長 520m | 移動式水泵<br>67.8m3/h * 2 台<br><br>〈水帶〉<br>#1: 480m (20m * 24 條)<br>#2: 520m (20m * 26 條) | 消防隊員將其移往 TP20m 高處暫避<br><br>(#1)<br>〈要求時間〉<br>2.2 日以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 33 分鐘<br>(#2)<br>〈要求時間〉<br>1.1 日以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 35 分鐘 | #2: 957t, 1592t, 60t, 2300t (2 座合計), 188t, 270t, 2100t<br><br>〈海水〉<br>#1: #1 進水口<br>#2: #2 進水口 | | 〈訓練之改善及特殊事項〉<br>•考量移動式水泵保管位置之可接近性，更改至發電用水槽附近 |
| 日本原電 | 東海第二 | | BWR | 431kVA | 〈電源車〉<br>700kVA * 1 台<br>備用: 700kVA * 2 台 | 〈保管位置〉<br>廠內高處 (TP21m)<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 3 小時 | 〈水泵〉<br>36.2m3/h<br><br>〈水帶〉<br>總長 442m | 〈水泵〉<br>消防車 168m3/h * 2 台、移動式水泵 60m3/h * 1 台<br><br>〈水帶〉<br>480m (24 條) | 〈保管位置〉<br>TP8.2m<br>※發佈大海嘯警報時，由常駐自衛消防隊員將其移往 TP21m 高處暫避<br><br>〈要求時間〉<br>1.9 日以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 2 小時 | 〈淡水槽〉<br>水槽容量總計約 2800t (670t * 2 座、103t, 963t, 372t)<br><br>〈海水〉<br>進水口 | 【釋壓、海水注入】<br>〈程序〉<br>依廠長判斷，進行釋壓、海水注入<br><br>〈對應設施(釋壓)〉<br>氮氣瓶 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 9 次個別訓練 (供電、替代注水等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>•準備電池式 LED 燈及雨天用防水布 |
| JAEA | 文殊 | | FBR | 483kVA | 〈電源車〉<br>500kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>電源車: 廠內高處，EL 約 42m<br>資材及機器設備: 廠內高處，EL 約 31m 以上<br><br>〈要求時間〉<br>8 小時以內<br>〈訓練確認時間〉<br>約 4 小時 | 因反應爐及燃料儲存設備可以自然循環方式移熱，無須使用水泵車等方式注水冷卻。用過燃料池則以水泵注水方式冷卻。 | | | | | 〈訓練實施〉<br>共計實施 9 次個別訓練 (供電、輔助冷卻設備葉片、阻尼器手動操作等)、1 次綜合訓練<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>•設置電源連接用 mockup<br>•準備雨天用防水布 |
| | 普賢 (對象為燃料池) | | ATR | 0.1kVA (沈水泵 1 台用) | 〈發電機〉<br>2.3kVA * 1 台 | 〈保管位置〉<br>發電機: TP 約 70m<br>資材及機器設備: 廠內高處，TP 約 20m 以上<br><br>〈要求時間〉<br>5 小時<br>〈訓練確認時間〉<br>約 1.5 小時 | | 〈水泵〉<br>0.2m3/h<br><br>〈水帶〉<br>15 條 | 〈保管位置〉<br>TP70m<br><br>〈要求時間〉<br>約 15.5 小時<br>〈訓練確認時間〉<br>約 1 小時 | 〈淡水槽〉<br>水槽容量總計 2000t * 1 座、300t, 170t, 20t 及其他<br><br>〈海水〉<br>進水口 | 〈程序〉<br>依廠長判斷，進行海水注入 | 〈訓練實施〉<br>共計實施 2 次個別訓練 (綜合訓練、冷卻水補給路徑、補給方法等)<br><br>〈訓練之改善及特殊事項〉<br>•為使聯繫順暢，設置無線電對講機 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | | | ‧於水帶補給口裝置瞄子，以防止飛散 |

附件二

# 各電力公司緊急安全對策概要

| | | | | 提高可靠度之中長期對策（需時間完成之項目） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 快速冷停機所需備品確保、維持反應爐安全功能所需大容量緊急電源之設置 | | 海嘯防護措施 | | |
| | | | | 海水泵等備品確保 | 大容量緊急電源之設置 | 反應器廠房防水工程 | 設置防水牆 | 設置防波堤 |
| 北海道 | 泊 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | 海水泵馬達(2 年左右)<br>替代用海水泵(1 年左右) | 追加配置 2000kVA 等級之移動式發電機車輛(2 年左右) | 確保安全所需重要設備區域之防水等(3 年左右) | 檢討設置廠房出入口周邊防水牆(3 年左右) | -<br>(廠址位於海拔+10m) |
| 東北 | 東通 | #1 | BWR | 海水泵馬達(2012 年度上期中)<br>替代用海水泵(2012 年 6 月中) | DG2000kVA 4 台 (2011 年度上期中) | 廠房門之防水工程等(3 年左右) | 海水除塵裝置周邊等開口部設置防水牆(3 年左右) | 廠址靠海側及側面設置防水牆(3 年左右) |
| | 女川 | #1<br>#2<br>#3 | BWR | 海水泵馬達(2011 年度內)<br>替代用海水泵(2012 年 6 月中) | DG4000kVA 3 台 (2011 年度內) | 廠房門之防水工程等(3 年左右) | 海水泵室周邊設置防水牆(2012 年 4 月) | 廠址靠海側及側面設置防波堤(高約 17m，2012 年 4 月) |
| 東京 | 柏崎刈羽 | #1<br>#2<br>#3<br>#4<br>#5<br>#6<br>#7 | BWR<br>BWR<br>BWR<br>BWR<br>BWR<br>ABWR<br>ABWR | 替代用海水泵(2012 年度上期附近)<br>替代用熱交換器(2012 年度上期附近) | 氣渦輪發電機車輛 4500kVA 2 台 (2011 年度下期附近) | 反應器廠房等改為防水門(2012 年度下期附近) | 設置防水牆(2012 年度下期附近) | 於廠址海岸線設置防波堤(高 15m 左右，2013 年度上期附近) |
| 中部 | 濱岡 | #3<br>#4<br>#5 | BWR<br>BWR<br>ABWR | 緊急爐心冷卻系統等(2012 年度末) | DG4000kVA 3 台 (2012 年度初期) | 提高反應器廠房防水門之可靠度(2013 年 9 月) | - | 於廠址海岸線設置防波堤(長 1.5km 左右，高 12m 以上，2013 年度) |
| 北陸 | 志賀 | #1<br>#2 | BWR<br>ABWR | 反應器輔助冷卻系統水泵備用馬達(2012 年度上期) | DG4000kVA 左右 2 台 (2 年左右) | 海水熱交換器廠房改為防水門(2 年左右) | 通往進水槽、出水槽處設置防水牆(標高 15m，2 年左右) | 廠址西側(靠海側)構築防波堤(標高 15m，2 年左右) |
| 關西 | 美濱 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | 海水泵馬達(2012 年 3 月附近)<br>臨時大容量水泵(2011 年 12 月附近) | DG1800kVA 5 台 (2011 年 9 月附近) | 更換為防水門等防水對策強化(依順序進行) | 海水泵區域之防護牆(2012 年 3 月附近)<br>淡水槽等周邊(2013 年 3 月附近) | 設置防波堤(2012 年 3 月附近) |
| | 大飯 | #1<br>#2<br>#3<br>#4 | PWR | 海水泵馬達(2012 年 3 月附近)<br>替代用大容量水泵(2011 年 12 月附近) | DG1800kVA 8 台 (2011 年 9 月附近) | 更換為防水門等防水對策強化(依順序進行) | 海水泵區域之防護牆(2012 年 3 月附近)<br>淡水槽等周邊(2013 年 3 月附近) | 加高防波堤(2013 年 12 月附近) |
| | 高濱 | #1<br>#2<br>#3<br>#4 | PWR | 海水泵馬達(2012 年 3 月附近)<br>臨時大容量水泵(2011 年 12 月附近) | DG1800kVA 8 台 (2011 年 9 月附近) | 更換為防水門等防水對策強化(依順序進行) | 海水泵區域之防護牆(2012 年 3 月附近) | 設置防波堤(2012 年 3 月附近) |
| 中國 | 島根 | #1<br>#2 | BWR | 海水泵馬達(2011 年內) | 氣渦輪發電機 12000kVA 2 台 (2011 年內) | 廠房改用防水門等(2012 年度內) | 海水泵區域之防水牆(2011 年度內) | 強化防波牆(2 年左右) |
| 四國 | 伊方 | #1<br>#2<br>#3 | PWR | 海水泵馬達(2012 年 3 月末)<br>替代用海水泵(2012 年 3 月末) | 大容量電源車: 1825kVA 4 台<br>(#1,2 用: 2011 年下期)<br>(#3 用: 2012 年 4 月末。目前配備 4500kVA 1 台) | 確保安全所需重要設備區域更換為防水門等防水對策(2~3 年左右) | 強化海水泵區域之防水對策(2~3 年左右) | -<br>(廠址位於海拔+10m) |
| 九州 | 玄海 | #1<br>#2<br>#3<br>#4 | PWR | 海水泵馬達(1 年左右)<br>替代用海水泵(3 年左右) | DG4000kVA 4 台 (1 年左右) | 確保安全所需重要設備區域之防水等(3 年左右) | 強化海水泵區域之防水對策(3 年左右)<br>水槽周邊設置防護牆(3 年左右) | -<br>(廠址位於海拔+11m) |
| | 川內 | #1<br>#2 | PWR | 海水泵馬達(1 年左右)<br>替代用海水泵(3 年左右) | DG4000kVA 2 台 (1 年左右) | 確保安全所需重要設備區域之防水等(3 年左右) | 強化海水泵區域之防水對策(3 年左右) | -<br>(廠址位於海拔+13m) |

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 水槽周邊設置防護牆(3 年左右) | |
| 日本原電 | 敦賀 | #1<br>#2 | BWR<br>PWR | 海水泵馬達(2011 年度中)<br>替代用海水泵(1.5 年左右) | DG1825kVA 4 台 (2011 年度中) | 強化水封及防水門(1.5 年左右) | 設置海水泵及水槽周邊防護牆(1.5 年左右) | 檢討是否於廠區海岸線設置防波堤 |
| | 東海第二 | | BWR | 海水泵馬達(1.5 年左右)<br>替代用海水泵(1.5 年左右) | DG1725kVA 3 台 (2011 年度中) | 強化水封及防水門(1.5 年左右) | 強化海水泵防護牆(1.5 年左右) | 檢討是否於廠區海岸線設置防波堤 |
| JAEA | 文殊 | | FBR | 輔助冷卻海水泵備用馬達、輔助冷卻海水泵之替代用水泵 | 追加配置替代用空冷電源設備(預定裝設 2500kVA 等級設備) | 海水入侵路徑之止水對策(依順序實施) | 補強海水泵周邊防水牆(2012 年 3 月左右) | -<br>(廠址位於海拔+21m) |
| | 普賢 | | ATR | 移動式發電機 | 200V 1 台(2011 年度中) | - | - | -<br>(廠址位於海拔+20m) |

附件三

# 緊急安全對策中有關防止淹水措施之概要

○防止淹水措施的考量點

・福島第一核電廠此次遭到 15m 高的海嘯襲擊，較土木學會所評估之 5.5m 超出 9.5m。

・因此各電力公司依土木學會的評估值，再加 9.5m（上限 15m）做為基準，訂定防止淹水措施。

| 電力公司 | 電廠 | 廠址高度 | 土木學會 2002 年海嘯評估值 | 依福島事故經驗應考慮之淹水高度 | 防止淹水措施(短期對策)可應付之淹水高度 | 更進一步之防止淹水對策(中長期對策) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 東京 | 福島第一 #1~4 | O.P. +10 | O.P. +5.4~5.5 | 東北地方太平洋沖地震所引發之海嘯高度(O.P. +15) | - | - |
| | 福島第一 #5,6 | O.P. +13 | O.P. +5.6~5.7 | | | |
| 北海道 | 泊#1<br>泊#2<br>泊#3 | T.P. +10 | T.P. +9.8 | T.P. +15 | T.P. +15.0 | 更換為防水門等<br>(3 年左右) |
| 東北 | 女川#1<br>女川#2<br>女川#3 | O.P. +約 13.8<br>(原 14.8m，考量地震導致之地殼變動(約-1m, 快報值)) | O.P. +13.6 | O.P. +15 | O.P. +15.8 | 1 年左右<br>(設置防波堤)<br>3 年左右<br>(更換為防水門等) |
| | 東通 | T.P. +13.0 | T.P. +8.8 | T.P. +15 | T.P. +15.0 | 更換為防水門、設置防波堤(3 年左右) |
| 東京 | 柏崎刈羽#1<br>柏崎刈羽#2<br>柏崎刈羽#3<br>柏崎刈羽#4 | T.P. +5.0 | T.P. +3.7<br>(#1: +3.7<br>#2: +3.6<br>#3: +3.6<br>#4: +3.5<br>#5: +3.6<br>#6: +3.6<br>#7: +3.5) | T.P. +13.2 | T.P. +13.2(注 1)<br>T.P. +13.2(注 2)<br>T.P. +13.2(注 2)<br>T.P. +13.2(注 2) | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右)<br>設置防波堤等<br>(2 年左右) |
| | 柏崎刈羽#5<br>柏崎刈羽#6<br>柏崎刈羽#7 | T.P. +12.0 | | | T.P. +15.2 | |
| 中部 | 濱岡#3<br>濱岡#4<br>濱岡#5 | T.P. +6.0<br>T.P. +8.0 | T.P. +6.8 | T.P. +15 | T.P. +15.0(注 1) | 更換為防水門、設置防水牆等<br>(2~3 年左右) |
| 北陸 | 志賀#1<br>志賀#2 | T.P. +11.0 | T.P. +4.0 | T.P. +15 | T.P. +15.0 | 更換為防水門、設置防波堤等<br>(2 年左右) |
| 關西 | 美濱#1<br>美濱#2<br>美濱#3 | T.P. +3.5 | T.P. +1.6 | T.P. +11.1 | T.P. +11.1 | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右) |
| | 高濱#1<br>高濱#2<br>高濱#3<br>高濱#4 | T.P. +3.5 | T.P. +1.3 | T.P. +10.8 | T.P. +10.8 | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右) |
| | 大飯#1<br>大飯#2<br>大飯#3<br>大飯#4 | T.P. +9.3 | T.P. +1.9 | T.P. +11.4 | T.P. +11.4 | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右)<br>加高防波堤<br>(3 年左右) |
| 中國 | 島根#1<br>島根#2 | T.P. +8.5<br>(女兒牆高: +9.4) | T.P. +8.7 | T.P. +15 | T.P. +15.0(注 1)<br>T.P. +15.0 | 更換為防水門等<br>(2 年左右) |
| 四國 | 伊方#1<br>伊方#2<br>伊方#3 | T.P. +10 | T.P. +4.0<br>(#1,2: 3.97 /<br>#3: 3.66) | T.P. +13.5 | T.P. +13.8<br>T.P. +13.8<br>T.P. +14.2 | 更換為防水門等<br>(2~3 年左右) |
| 九州 | 川內#1<br>川內#2 | T.P. +13.0 | T.P. +2.7 | T.P. +12.2 | T.P. +15.0 | 更換為防水門等<br>(3 年左右) |
| | 玄海#1<br>玄海#2<br>玄海#3<br>玄海#4 | T.P. +11.0 | T.P. +1.9 | T.P. +11.4 | T.P. +13.0 | 更換為防水門等<br>(3 年左右) |
| 原電 | 敦賀#1 | T.P. +3.0 | T.P. +2.1 | T.P. +11.6 | T.P. +6.8<br>(T.P. +11.6)(注 3) | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右) |
| | 敦賀#2 | T.P. +7.0 | T.P. +2.1 | T.P. +11.6 | T.P. +11.6(注 1) | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右) |
| | 東海第二 | T.P. +8.0 | T.P. +4.9 | T.P. +15 | T.P. +15.0(注 1) | 更換為防水門等<br>(1.5 年左右) |
| 原子力機構 | 文殊 | T.P. +21.0 | T.P. +5.2 | T.P. +14.7 | T.P. +23.0 | - |

(注 1)截至 5 月底止，已完成所有防止淹水措施

(注 2)因中越沖地震後進行設備完整性檢查・評估，目前長期停機中。預計於該等檢查・評估作業完成前進行防止淹水措施。

(注 3)因大修之故，目前反應爐長期停機中。防止淹水措施至遲會於燃料裝填前（2012 年 2 月附近）完成。目前所有燃料均存放於用過燃料池中，並可以外部注水及水位監視方式確保冷卻功能。

附錄四.2

# 日本政府 6 月 20 日於國際原子能總署部長級會議報告中述及之經驗回饋摘要

日本政府代表於國際原子能總署(IAEA) 6 月 20 日舉辦之部長級會議中，報告日本福島一廠核電廠事故經驗回饋及改善做法，分為五大類別 28 小項，簡述如下。

## 第一大類： 強化嚴重事故防範措施（共 8 小項）

（一） 強化防震與防海嘯措施

1. 強化外電耐震能力並與地震中心建立多方聯結機制
2. 安全設計目標納入適度之海嘯發生頻率與目標，強化安全設計結構
3. 依據海嘯造成之淹水及破壞力，強化設施防範能力

（二） 確保電力供應

1. 提供多樣緊急電源，延長廠區供電時間
2. 增加如氣冷式緊急發電機、氣渦輪機、電源供應車、電源切換開關、電池充電電源

（三） 確保反應器與一次圍阻體容器之冷卻功能

1. 水源注入功能多樣化
2. 增加注入水源及多樣性
3. 引入氣冷式系統

（四） 確保用過燃料池足夠冷卻功能

1. 提供額外冷卻方式如自然循環或氣冷系統
2. 提供其他注水功能

（五） 完整檢視嚴重事故防範措施

1. 將自願性之嚴重事故管理改為強制性
2. 建置意外管理措施

（六） 多機組電廠特殊要求

1. 確保意外發生時機組操作之獨立性
2. 確保反應器間工程之獨立以避免事故時影響其他機組

3. 發展各機組獨立應變處置機制

（七） 核電廠基礎設計檢視

1. 推廣電廠基礎設計時考量充足冷卻與設施防備能力

2. 對現有機組增加功能以符合需求

（八） 關鍵設施防水檢視

1. 確保超過設計基準之海嘯與淹水時，重要安全功能仍能正常運作

2. 確保重要儀器設施防水能力

**第二大類： 強化嚴重事故應變方式（共7小項）**

（九） 強化防範氫爆設施

1.增加防範氫爆設施如氫氣點火系統、排氫裝置、氫氣偵測裝置

（十） 強化圍阻體排氣系統

1. 增加圍阻體排氣能力

2. 確保圍阻體排氣系統獨立性

（十一） 強化應變作業環境

1. 強化緊急應變作業環境，提供更長作業時間

2. 增加主控制室及緊急應變中心輻防能力、增加廠區空調及排氣能力

3. 強化通訊及照明能力

（十二） 強化意外事故即時輻射暴露管理系統

1. 提供足夠之人員劑量配章及防護衣

2. 建立及時擴張輻射應變人力組織及設施之架構

（十三） 強化緊急事故訓練

1. 建立緊急事故反應及復原組織並加強訓練

2. 確認廠內外狀況並與其他組織有效整合人力支援

（十四） 強化反應爐及一次圍阻體容器之儀器指示

1. 強化嚴重事故時反應爐及一次圍阻體容器之儀器指示功能

（十五） 建立緊急情況儀器供應及救援派遣之集中管理機制

1. 建立緊急情況時集中提供儀器供應機制

2. 提供緊急及惡劣情況下救援與操作人力派遣

**第三大類： 強化核災緊急應變措施（共 7 小項）**

（十六） 強化大規模自然災害與長期核災複合式災害之應變能力

1. 確保大規模天然災害與延長核事故複合式災害發生時，通訊與儀器設備資源取得之架構與環境

2. 強化緊急應變與準備機制，包含有效的動員計畫及不同專業人員徵調

（十七） 強化環境輻射監測

1. 建立政府處理緊急狀況時環境輻射監測機制

（十八） 建立中央與地方組織之明確人力分工

1. 檢視與確認中央與地方機構緊急應變角色與職責，提供通訊所需工具

（十九） 強化意外事故通訊能力

1. 強化事故狀況與處置之前瞻資訊

2. 增進對事故鄰近居民輻射影響之說明與未來風險因素之預估

（二十） 強化請求國際支援及與國際溝通能力

1. 建立有效反應之全球性機制

2. 強化全球資訊分享機制

(二十一)增進辨別與預估輻射外釋能力

1. 強化儀器與設施獲得外釋射源資訊

2. 強化劑量評估系統(SPEEDI)早期事故評估與資訊公佈能力

(二十二)精進核子緊急事故時大規模疏散區域判定與輻防指引

1. 明確界定緊急事故時疏散區域與強化輻射防護指引

**第四大類： 檢視核電廠安全實體架構是否足夠（共 5 小項）**

（二十三）強化核安管制機構

1. 將原子力安全保安院(NISA)與經產省(METI)分離

2. 重新檢視核電安全管制與環境輻射監測組織架構

（二十四）強化法制架構與指引

1. 重新檢視與強化核電安全、緊急應變整備之法規架構與指引

2. 澄清新法規與新事證所需之技術需求及所需之法律與組織架構

3. 提供 IAEA 改善指引所需之相關資訊

(二十五)強化核安與緊急應變與準備人力資源

1. 強化管制機關與電廠運轉單位人力資源

2. 強化教育機構之核電安全、緊急應變整備、危機處理與輻射醫學教育

(二十六)確保安全系統獨立與多樣性

1. 確保安全系統獨立與多樣性，避免共因失效(Common Cause Failure)

(二十七)有效應用風險評估機制

1. 採用風險評估(PSA)提升意外事故處理效能

**第五大類： 檢視核安文化(共 1 小項)**

(二十八)全面融入核安文化

1. 利用知識與發現檢視電廠安全防護是否不足

2. 檢視國家核安管制機構負責人員是否即時、認真採用新知識以確保安全

3. 依據基本之縱深防禦、持續學習、發覺弱點等方式，建立核安文化

# 附錄五

# 國際其他核電國家的做法

**附錄五.1**

# 國際原子能總署日本福島事件初步調查摘要報告

24 May- 1 June, 2001

資料來源:

http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/missionsummary010611.pdf

國際原子能總署與日本政府協議執行日本福島事件事實調查的初期任務，在 2011 年 5 月 24 日至 6 月 1 日期間針對東京電力公司福島核一廠釐清事故原因，提出初步發現與經驗回饋，提供相關資訊供國際核能社群參考，此一結果也將在 2011 年 6 月 20 日至 24 日於維也納國際原子能總署總部舉辦的核能安全部長級會議提出。

福島事件在地震、海嘯下，導致喪失外電、廠內交流電源、最終熱沉、以及廠房、儲槽與其他基礎設施的廣泛破壞等之複合式災難，雖然事件至今並無由於核事故輻射曝露導致任何個人健康影響的報告，日本政府將此一核子事故判定為 INES 最高等級(第 7 級)。

初步調查摘要報告的主要發現與經驗回饋如下：

- 日本政府、核能管制及運轉機構已完整公開資訊並分享，協助並回覆專案小組相關問題，積極協助核能領域經驗回饋以改善核能安全
- 在極艱鉅事故情況下的典範，由現場堅守崗位專業的特定人員協助，在異常環境形勢下提供小組人員最佳的安全保護，提供專案

小組高度專業的後援協助對調查工作進行有極大助益，尤其在救災總部(J-Village，原國家訓練中心)提供小組在現場工作人員安全防護確保之準備工作甚為完善

- 日本政府保護大眾包括人員疏散等長期之因應措施，予專案小組留下深刻印象並有極良好的組織執行；適切、適時的後續輻防計畫對大眾及工作人員曝露及健康情形監測甚有助益
- 日本政府規劃對復原受損反應器的方案已獲得認可，然在國際合作協助之新情勢下該方案應適需要修訂；在此廣泛計畫的一部份做為係提供對廠外受輻射影響區域的矯正措施，以使疏散的人民能回復正常之生活；並佐證在如此極端嚴重核事故下，相關因應措施所能獲致的成效
- **在日本許多廠址低估海嘯的危害，核工設計及運轉業者應適當評估並提供能抵抗所有自然危害風險的防護，並應按照新資訊、運轉經驗及認識，以定期更新這些評估及評估的方法論**
- **深度防禦、實體分隔性、多樣性及重複冗餘性等需求應適用在極端外部事件，特別在會導致共因失效的極端洪水**
- **核能管制體系應適切的處理極端外部事件，包括對這些事件的定期審查，並應確認在所有情況下，都能與 IAEA 安全標準為一致，保持管制角色的獨立性及明確性**

- **在設計、運轉、資源分配及緊急應變的安排，應該能適當的涵蓋長期且嚴重外部事件的組合**
- **日本的事故證實適當備妥強化之廠區緊急應變中心對通訊、重要電廠參數、控制及資源的重要性，在具嚴重事故威脅潛勢的重要核設施應該設置；此外，對嚴重事故情況下應備妥簡單、有效、堅固耐用的設備，以便及時回復重要的安全功能**
- **氫氣風險的管理應有詳細評估及提供必須的救援系統**
- **針對嚴重事故應設計能健全反應的緊急應變計畫，尤須特別注意初期階段**

國際原子能總署專案小組強烈建議國際核能社群，利用福島事故得到的特殊機會，尋求並學習改善全球的核能安全。

**附錄五.2**

## IAEA 福島事故真相調查專家小組報告　2011.06.16

IAEA 於 2011 年 5 月 24 日至 6 月 1 日派遣專家團赴日本調查福島事故情形，並於 6 月 20 日 IAEA 總部舉行之部長級會議中提出真相調查專家小組報告。專家團設定之目標包含：瞭解事實真相、發現問題與經驗回饋。

專家團前往地點包括福島第一核電廠、福島第二核電廠、東海第二核電廠，並向日本首相辦公室報告真相調查專家小組評估結果與交換意見；專家團做出 15 項結論、16 項經驗回饋(Lessons)，並提出加強核電廠安全建議。

### IAEA 提出之 15 項結論

| 項次 | 結論內容 |
|---|---|
| 1 | IAEA Fundamental Safety Principles 提供健全基礎，並包含福島事件各項經驗回饋 |
| 2 | 事故後地區處理已依基本原則第三點採取最佳可能方式 |
| 3 | 對海嘯危害深度防禦(Defense In Depth)不足 |
| 4 | 對於福島一、二廠及東海電廠需進行短期計畫、評估及採取措施以確保安全 |
| 5 | 必須依據福島資訊、IAEA 安全標準與最新研發結果 |

| | |
|---|---|
| | 更新管制要求與指引 |
| 6 | 日本已建置良好的緊急準備與應變體制，但複雜的組織架構可能延緩緊急事故時決策執行 |
| 7 | 全心投入之官員與工作人員及完善組織與具彈性的系統，可能處理超過預期事故及避免工作人員與民眾健康重大影響 |
| 8 | 合宜之後續民眾暴露與健康調查將對核安有益 |
| 9 | 目前顯示影響地區之輻射暴露已有效控制 |
| 10 | 必須重新檢視 IAEA 安全規範指引(Safety Requirements and Guides)以確保足夠納入多廠嚴重事故設計與緊急處理 |
| 11 | 必須考量定期將國家管制規範與國際標準一致，並借鏡外部危害事件之國際經驗 |
| 12 | IAEA ISSC (International Seismic Safety Center)可提供日本外力危害、地震停機後啟動前現場勘查、地震準備之安全檢視服務 |
| 13 | 後續任務應仔細檢視廠內外緊急應變之經驗，包含緊急應變整備檢視(Emergency Preparedness Review) |
| 14 | 後續任務應納入福島經驗，尋求大規模輻射防護之有效模式 |
| 15 | 後續任務應包含 2007 年 IRRS (Integrated Regulatory Review Service)完成後，將福島事件經驗納入，並再 |

| | |
|---|---|
| | 次協助日本政府強化管制系統 |

## IAEA 提出之 16 項經驗回饋

| 項次 | 內容 |
|---|---|
| 1 | 電廠必須確保已考量外在天然災害(包含: 設計、廠址及安全分析中考量淹水長期影響、實體分隔、關鍵安全系統多樣性、共因失效、定期檢視外在天然災害影響、海嘯預警等) |
| 2 | 簡易備用設施(Mobile power, Compressed Air, Water)應做為嚴重事故處理時提供功能之必須設備 |
| 3 | 簡易備用設施應存放於安全位置，電廠操作人員應完成操作訓練 |
| 4 | 電廠應有耐震、適當屏蔽、通風及設備充足之緊急應變中心(ERC)，空間足夠容納事故處理人員及提供足夠輻射防護 |
| 5 | ERC 應有適當基本安全資訊(水位、圍阻體狀況、壓力等)，並與控制室及廠內外建立安全通訊線路 |
| 6 | 制定嚴重事故導引(SAMG)與程序時，必須考量儀器、照明、電源失效等及電廠處於不正常狀況(如高輻射環境) |
| 7 | 外部事件可能同時影響多座電廠及多部機組，必須有足夠之訓練人員、設備、資源及外部支援。應確 |

| | |
|---|---|
| | 保能及時召及足夠能處理特定機組事件之專業人員 |
| 8 | 必須重新檢視氫爆風險與影響並安置減緩氫爆之系統 |
| 9 | 避免共因失效採用之多重安全系統，應具備足夠之多樣性(diversity)、備用設施與實體分離，以提供必要之安全功能 |
| 10 | 必須強化系統、通訊、監測儀器資訊等，在嚴重事故時能提供廠內外必要資訊 |
| 11 | 採用 IAEA 安全規範(Safety Requirements, 如GS-R-2)及指引對特定事件之廠外緊急準備及應變更有效益 |
| 12 | 長期掩蔽(long Term Sheltering)不是有效處理方式 |
| 13 | 國際核能組織應由福島事件經驗與數據，改進現有核子事故評估模式建立之射源項，並改進緊急計畫規劃 |
| 14 | 良好之領導與組織及適當訓練之員工，對嚴重事故大規模廠內人員輻射防護將有效益(effective) |
| 15 | 福島經驗將幫助建立嚴重事故時廠區及外部支援人員輻防之能力，並對演練提供助益 |
| 16 | 不論在任何情況下，管制機關必須維持獨立性及明確角色，並符合 IAEA 安全標準(Safety Standards) |

**IAEA 其他建議**

- 日本福島事件提供全世界嚴重核子事故處理之寶貴學習機會
- 應專注確保 3C (Containment、 Cooling、 Control)
- 應強化對外部危害之設計
- 應對嚴重事故做好準備(Multiple Barrier、Simple effective contingency measures、Trained and capable response)
- 強化緊急應變準備

專家團提出的 16 項經驗回饋，對因應福島事故、加強核電廠安全有實質的助益，與本會總體檢相關範圍者列在次頁表，說明我國總體檢在檢視項目的完整性與涵蓋性，與 IAEA 提出之經驗回饋內容之符合性。

## 我國總體檢做法與 IAEA 福島事件調查小組經驗回饋之完備性

| 項次 | 內容說明 | 我國總體檢做法 | 符合性 |
|---|---|---|---|
| 1 | 電廠必須確保已考量外在天然災害(包含: 設計、廠址及安全分析中考量淹水長期影響、實體分隔、關鍵安全系統多樣性、共因失效、定期檢視外在天然災害影響、海嘯預警等) | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(二)廠房/廠區水災事件及防海嘯能力，包括「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」、「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」、「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 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」<br>(四)熱移除及最終熱沉能力，包括「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，以提升安全相關系統、組件、結構物的重複冗餘性及結構保護性」<br>(八)複合式災難事件，包括「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」、「確認並釐清防火門、穿越孔填封的防水或水密能力」、「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」<br>(九)超過設計基準事故，包括「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」、「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」 | |
| 2 | 簡易備用設施(Mobile power, Compressed Air, | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Water)應做為嚴重事故處理時提供功能之必須設備 | 之要求能完整涵蓋：<br>(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括「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」<br>(四)熱移除及最終熱沉能力，包括「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」、「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」 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | (八)複合式災難事件，包括「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」<br>(十)設備/設施完備性及備品儲備，包括「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」 | |
| 3 | 簡易備用設施應存放於安全位置，電廠操作人員應完成操作訓練 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 量能因應延長至超過設計基準期長的廠區全黑」、「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」、「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」<br>(四)熱移除及最終熱沉能力，包括「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」、「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」<br>(五)事故處理程序與訓練，包括「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)」、「總體檢所新增之設備/操作須檢討納入程序書或指引」<br>(十)設備/設施完備性及備品 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 儲備，包括「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 | 電廠應有耐震、適當屏蔽、通風及設備充足之緊急應變中心(ERC)，空間足夠容納事故處理人員及提供足夠輻射防護 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(九)超過設計基準事故，包括「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」、「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 制室(包括 TSC、備用 TSC)的相關設備耐震等級之要求」、「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」<br>(十)設備/設施完備性及備品儲備，包括「考量 TSC、備用 TSC 在耐震性能強化的規劃」、「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」 | |
| 5 | ERC 應有適當基本安全資訊(水位、圍阻體狀況、壓力等)，並與控制室及廠內外建立安全通訊線路 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(九)超過設計基準事故，包括「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 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」<br>(十)設備/設施完備性及備品儲備，包括「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」<br>在(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件要求強化控制室對廠內外通訊能力之強化，包括「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」及超過現行設計基準進一步檢討的中亦特別強化控制室對廠內外通訊能力之強化 | |
| 6 | 制定嚴重事故導引(SAMG)與程序時，必須考 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見本會之要求 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 量儀器、照明、電源失效等及電廠處於不正常狀況(如高輻射環境) | 能完整涵蓋：<br>(五)事故處理程序與訓練，包括「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」、「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」、「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」 | |
| 7 | 外部事件可能同時影響多座電廠及多部機組，必須有足夠之訓練人員、設備、資源及外部支援。應確保能及時召及足夠能處理特定機組事件之專業人員 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(五)事故處理程序與訓練，包括「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」、「須考量極少數特殊專 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 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」、「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」、「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」<br>(七)一/二號機組相互支援，包括「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」、「須評估並提出緊急應變人力可因應短時間之期長」<br>(八)複合式災難事件，包括「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」<br>(九)超過設計基準事故，包括「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」 | |
| 8 | 必須重新檢視氫爆風險與影響並安置減緩氫爆之系統 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵：<br>(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括「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」<br>(五)事故處理程序與訓練， | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 包括「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)」、「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」 | |
| 9 | 避免共因失效採用之多重安全系統，應具備足夠之多樣性(diversity)、備用設施與實體分離，以提供必要之安全功能 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 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」<br>(四)熱移除及最終熱沉能力，包括「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，以提升安全相關系統、組件、結構物的重複冗餘性及結構保護性」、「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」<br>(八)複合式災難事件，包括「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」 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | (十)設備/設施完備性及備品儲備，包括「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」 | |
| 10 | 必須*強化*系統、通訊、監測儀器資訊等，在嚴重事故時能提供廠內外必要資訊 | 相關內容在核能安全防護之共通性審查意見等項中本會之要求能完整涵蓋：<br>(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件，包括「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」<br>(九)超過設計基準事故，包括「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 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 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」<br>(十)設備/設施完備性及備品儲備，包括「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」 | |
| 11 | 採用 IAEA 安全規範(Safety Requirements, 如 GS-R-2)及指引對特定事件之廠外緊急準備及應變更有效益 | IAEA 安全規範相關作法，在國情考量下，將因應日本福島核災，適度引用納入我國緊急應變整備機制與作業 | 是 |
| 12 | 長期掩蔽(long Term Sheltering)不是有效處理方式 | 掩蔽是目前國內核子事故緊急應變民眾防護行動的短期初始對策，但在考量掩蔽期間民眾之心理因素及相關民生物質提供等作業繁複，若掩蔽時間需要增加，將建請決策單位將疏散納入考量 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 | 國際核能組織應由福島事件經驗與數據，改進現有核子事故評估模式建立之射源項，並改進緊急計畫規劃 | 將參考國際核能組織針對福島事件經驗與數據所改善現有核子事故評估模式，修正國內現有評估模式建立之射源項，並進而修正現有國內緊急計畫 | 是 |
| 14 | 良好之領導與組織及適當訓練之員工，對嚴重事故大規模廠內人員輻射防護將有效益(effective) | 1. 「游離輻射防護法」中明定電廠應設立輻射防護組織，督導電廠內輻射防護事項，輻射防護組織分為輻射防護委員會及輻射防護業務單位，輻射防護組織由廠長擔任主席，各單位主管為委員，依規定每半年最少召開一次會議，必要時得加開會議，討論廠內輻射防護事項。電廠的保健物理組為實際執行輻射防護的業務單位。<br>2. 輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準，每一機組應至少配置輻射防護師二名，輻射防護員五名；設施內每一輪值應 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 至少有一名輻射防護員當值。且要求此人員配置應由電廠員工擔任。<br>3. 「游離輻射防護法」及其施行細則規定，電廠每年應予以工作人員最少3小時之輻射作業防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練。<br>4. 因此，在法規要求及電廠落實執行情形下，電廠藉由良好之領導與組織及適當訓練之員工，對嚴重事故時之輻射防護應能發揮到最大效益。 | |
| 15 | 福島經驗將幫助建立嚴重事故時廠區及外部支援人員輻防之能力，並對演練提供助益 | 1.相關內容在「廠外支援之搶救人員進入輻射區域或污染區時，相關處理機制、程序與標準作業程序書」之項目中，已請台電公司全面檢討，並預計於10月底前完成增（修）訂。<br>2.目前台電公司各核能電廠分別與所在縣市消防局簽署「消防救災支援協定書」並 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 每年定期實施輻防訓練。核一、二廠主要與新北市政府消防局第六大隊合作，核三廠則與屏東縣政府消防局第四大隊合作。<br>各核能電廠均按輻防訓練計畫每年定期對電廠附近地區消防分隊實施輻射防護訓練與廠區環境介紹，98、99 年各廠共實施 15 場次訓練，總計 253 人次完成參訓。 | |
| 16 | 不論在任何情況下，管制機關必須維持獨立性及明確角色，並符合 IAEA 安全標準(Safety Standards) | 一、依現階段政府組改作業擘劃方向，原能會將由現行中央二級機關調整為中央三級機關核能安全署（以下簡稱核安署），並改隸「科技部」，所屬物管局併入核安署、輻射偵測中心調整為中央四級機關輻射偵測分署，隸屬於核安署；至所屬核研所除支援核能安全管制業務移出至核安署外，餘組織及業務則併入未來「經 | 是 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 濟及能源部」，並更名為「能源研究所」。<br>二、組織變革後，無論在行政機關組織位階，或是受限於三級機關框架下的專業人力、編列經費或技術支援能量，以原先規劃實不足以滿足國家及人民對核能安全品質的高度期待；復因核能安全管制業務具高度專業及特殊性，未來職務列等調降、員額配置等，將嚴重影響現有資深管制人員留任意願及未來專業人才之延攬培育。<br>三、日本福島事故後，國際間對核安管制單位之組織定位問題亦做了相當程度的檢討：<br>(一)日本核安管制單位原子力安全保安院(NISA)原為隸屬經濟產業省 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 的三級機關，福島事故後，日本政府已提出規劃，參照美國核能管制委員會之位階及獨立運作模式，將該單位移出並提升層級整併至內閣府原子力安全委員會。<br>(二)英國正在進行設置更具獨立性的核安管制專責機構之評估。<br>(三)IAEA 專家團於 5 月間赴日本調查福島事故情形，提出 15 項結論、16 項經驗回饋(lessons)，其結論5明確指出日本已建置良好的緊急準備與應變體制，但複雜的組織架構可能延緩緊 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 急事故時決策執行。此項結論突顯出三級管制機關受限於位階，需層層請示，致無法充份發揮獨立性功能之缺點。<br>四、從實際因應福島事故之經驗來看，原能會在尚屬部會層級的情況下，已深感力有未逮，更遑論一旦台灣發生類似事故，以未來一個三級單位所配賦之組織能量，若要有效因應並協調其他部會共同面對，實不無疑問。<br>五、考量我國短期內勢必無法完全排除使用核能發電的方式，政府對全體民眾最大的責任當然是提供完善的核能安全保障，在組改進程當中，維持一個適當層級、獨立且專業性的核能管制 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 單位，並賦予充足人力、經費及技術支援能量，是符合民眾對核能安全殷切期待的首要考量。 | |

## 附錄五.3

# 歐盟 ENSREG 壓力測試規範

資料來源：

http://ec.europa.eu/energy/nuclear/safety/doc/20110525_eu_stress_tests_specifications.pdf

**壓力測試之技術範圍**

歐洲國家核能電廠現有安全分析涵蓋大範圍之情況，此壓力測試之技術範圍已定義須考量發生在福島事件所強調的議題，包括肇始事件及失效的組合。重點為以下議題：

(a) 肇始事件

- 地震
- 水災

(b) 在廠址任何可想像的肇始事件導致喪失安全功能之後果

- 喪失電源，包括廠區全黑(SBO)
- 喪失最終熱沉(UHS)
- 上述兩者之組合

(c) 嚴重事故管理議題

- 防護並管理喪失爐心冷卻功能的方法
- 防護並管理喪失用過燃料池喪失冷卻功能的方法
- 防護並管理喪失圍阻體完整性的方法

(b)及(c)項的範圍並不限於福島事件的海嘯及地震，將包括不論其來源之水災，並且，納入惡劣天候之情況。

此外，喪失安全功能後果的評估係與直接肇始事件所導致者相關，例如，電網大擾動影響交流配電系統，或森林火災、飛機撞擊。

嚴重事故管理議題的審查重點為持照業主的規定，也可能包括已

規畫用於維持電廠安全功能的廠外支援。雖然由福島事故的經驗回饋可能包括緊急應變措施，以管理有關公眾防護的廠外服務(消防、警察、醫療等)，此議題不在壓力測試之範圍內。

以下章節包括：

- 要求持照業主提供的一般性資訊，
- 持照業主應考慮的每個應納入之極端情況之議題

**一般性觀點**

**報告的格式**

持照業主的每個廠址應提出一份報告，如有數機組在該廠址亦然。所有核電廠的廠址縱然機組已停機，只要用過燃料儲存設施仍運轉者均須提出。

第一部份應該清楚的說明廠址的特性：

- 位置(海、河流)
- 機組數目
- 持照業主

每個機組主要的特性應該提出包括：

- 反應器型式
- 熱功率
- 初次臨界日期
- 用過燃料儲存設施(或共用者)

應強調多部機組間對安全為重要之差異者。

應提供安全度評估(Probabilistic Safety Assessments)的範圍與主要結果。

第二部份應該依據以下的指引評估各個極端情況：

**壓力測試的前提**

對現有電廠的重新評估應該參照並視電廠為在 2011 年 6 月 30 日已建造並運轉，對興建中電廠之重新評估應該參照電廠執照的設計。

壓力測試採定論式本質的評估方法論，在分析極端的情境時應遵循漸進的方式，假設防護措施係依序的受損。

電廠的情況應代表在運轉規範允許下之最不受歡迎的運轉狀態(LCO)，應該考量所有運轉狀態，在嚴重事故的情境下可能考慮非合格等級設備以及符實的評估。

所有反應器及用過燃料儲存設施應該假設在同一時間受影響，應該納入廠址週圍區域劣化的可能性。

相關考量包括：

- 自動措施
- 在緊急運轉程序書中指示的運轉員操作
- 任何用於預防、回復、及事故救援的其他已規劃措施

**應提供之資訊**

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[註])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

註：瀕危效應的例子為在廠區全黑事件下電池容量的耗竭

此外，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。分析應該視需要補充該特定廠址現場履勘之結果，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、包封侷限輻射物質)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
- 在同廠址之該反應器功能與其他反應器之相依性

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

**佐證文件**

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

**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、移動式設備等)
- 考量並須納入地震所導致的間接效應，包括：
  1. 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(例如，廠址或廠房內非防震等級管線的破裂或洩漏，形成水災的水源及可能的後果)
  2. 喪失廠外電源供應
  3. 廠外之情況，包括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

(f) 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)

**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：
  1. 維持取水口功能的條款
  2. 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：
  1. 喪失廠外電源供應
  2. 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)

**喪失電源以及最終熱沉**

交流電源包括：

1. 廠外電源(電網)
2. 廠內發電機
3. 正常後備發電機(柴油發電機、氣渦輪機等)
4. 特定情形下其他不同樣式的後備電源

必須考量依序喪失上述電源的情況(參考下述(a)及(b))。

最終熱沉(UHS)為移除反應器餘熱之媒介，有些電廠除了大海或河流之主要 UHS，另可由如湖水、地下水或大氣等替代的 UHS 所補充，必須考量依序喪失上述熱沉的情況(參考下述(c))。

(a)喪失廠外電源(LOOP [註])

- 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)

需明確指出如蒸汽帶動泵、貯能之氣槽等系統，已考量該系統不依賴已假設為喪失電源之功效，以及該系統設計能承受肇始事件(如地震)。

註：長時間喪失外電下，廠址成為孤島在 72 小時內無法藉公路、鐵路或河運輸送重型物質，至於輕型可移動設施可在 24 小時後由其他位置送抵廠址

(b)喪失外電及廠區後備電源(廠區全黑)

應該考量兩種情況：

1. 喪失外電及喪失正常後備電源
2. 喪失外電及喪失正常後備電源、任何其他不同樣式的後備電源

上述情況均應說明：

- 說明電池容量及運轉期長
- 說明在這些情況下的設計規範之資訊
- 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)
  1. 廠內現有設備，例如其他機組的設備
  2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備
  3. 臨近電廠(如水力、氣渦輪機組)能經專用配線直接配置供電

4. 上述任一系統操作運轉所需時間

5. 執行特殊連接合格人員的可用性

6. 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)

(c)喪失主要最終熱沉(UHS [註])

- 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)

應該考量兩種情況：

1. 喪失主要最終熱沉，也就是說，由大海或河流取用的水源

2. 喪失主要最終熱沉及替代的最終熱沉

上述情況均應說明：

- 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
- 說明在這些情況下的設計規範之資訊
- 說明預期可阻止燃料劣化的外部支援措施

1. 廠內現有設備，例如其他機組的設備

2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備

3. 上述任一系統操作運轉所需時間

4. 執行操作合格人員的可用性

5. 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)

註：長時間喪失外電下，廠址成為孤島在 72 小時內無法藉公路、鐵路或河運輸送重型物質，至於輕型可移動設施可在 24 小時後由其他位置送抵廠址

(d)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
  1. 廠內現有設備，例如其他機組的設備
  2. 假設廠內所有機組都受損，從廠外提供可用的設備
  3. 上述任一系統操作運轉所需時間
  4. 執行操作合格人員的可用性
  5. 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)

**嚴重事故管理**

本章節主要在處理救援的議題，縱然該事件的機率甚微，仍應該評估用於防護圍阻體免於完整性受威脅之負載，嚴重事故管理為運轉員在深度防禦的最後一道防線，應該與用於防阻爐心受損的方法及電廠整體安全方式為一致。

(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
  1. 防止燃料受損的最後辦法
  2. 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；如保護圍阻體須要讓外釋進入環境，應該評估該外釋是否須要過濾，此情況下，應該說明估算外釋進入環境輻射量方法的可用性
- 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 電力及壓縮空氣供應要求

(c) 說明救援喪失圍阻體完整性後果之現行設置的事故管理措施

(d) 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
- 用過燃料池燃料劣化(護套迅速氧化產生氫氣)之前/之後

在上述(a)、(b)、(c)及(d)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：
  1. 防止燃料受損的最後辦法需用儀控的適宜性及可用性
  2. 電廠重要區域(控制室、技術支援中心、現場控制及取樣位置及修復的可能性)的可用性及適居性
  3. 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：
  1. 值班人員、資源及其他人員的管理
  2. 使用廠外技術支援以為事故防護管理(包括廠外支援不可用的應急措施)
  3. 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)
- 輻射外釋的管理及侷限輻射外釋的準備；工作人員劑量的管理及侷限劑量獲得的準備
- 通訊及資訊系統(包括廠內及廠外)，包括事故後長期活動之規劃

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，以及確認可避免前述情況發生之措施。

**附錄五.4**

# 福島災變發生後，美國相關應變說明

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

在 2011 年 3 月 11 日福島災變發生後，美國核管會在 2011 年 3 月 23 日發行臨時指引(Temporary Instruction, TI)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。2011 年 4 月 29 日美國核管會發行臨時指引(Temporary Instruction, TI)TI 2515/184，“AVAILABILITY AND READINESS INSPECTION OF SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT GUIDELINES (SAMGs)”，評估電廠 SAMGs 可用性的及維護情況，以及業者對於 SAMG 訓練及演練的性質與程度（nature and extent ）。

**TI 2515/183，NRC 分成下列四個方向來執行查證：**

**一、超過設計基準事故的救援能力：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。使用 IP-71111.05T 之 02.03 與 03.03**

**作為導則，特別著重在與用過燃料池相關部分。**

a.透過測試或檢查確認設備可得且能發揮功能。主動設備應測試，被動設備應巡視。

b.現場巡視或模擬示範關於 B.5.b 和 10 CFR 50.54(hh)之程序書已備妥且可執行。

c.確認運轉員及支援人員之訓練及資格。

d.確認電廠與外界之協議/合約已備妥，且內容能用於救援前項所述之狀況。

e.審查尚未結案之改正行動文件，確認有無弱點尚未被改善完成。

**註: 10 CFR 50.54(hh) 要求摘述如下：**

(1) 電廠要建立飛航事故之處理程序書。此程序書涵蓋下列項目：(a)確認事件通報之正確性。(b)維持與通報來源之連繫。(c)連絡廠內人員及廠外應變組織。(d)減輕事件後果之必要行動。(e)疏散人員。

(2) 電廠要建立當火災或爆炸而喪失大範圍廠區時，保持/恢復爐心冷卻、圍阻體冷卻、用過燃料池冷卻等能力的施行策略。

**註:IP-71111.05T 之 02.03 與 03.03 要求摘述如下：**

(1) 02.03 重新探討一件關於處理大火災或爆炸事件之救援策略。確認業者符合 B.5.b 及 10 CFR 50.54 (hh)(2)之要求，包括：(a) 程序書有適當維護且能滿足需求。(b) 設備存在，且有維護與測試。(c) 電廠人員知識充份以實施此程序書。

(2) 03.03 要求：(a)在 NEI 06-12，「B.5.b 階段 2 & 3 之承諾指南」，依電力公司所做的承諾、NRC 安全評估報告和電廠的執照條件(如 10 CFR 50.54 (hh) (2))，可利用 B.5.b 來視察核電廠相關的設備基準和接受準則以及其減緩災害之策略。並可對照之

前視察報告中電力公司依功能視察或臨時指引 TI 2515/171 所做的改正行動或承諾。(b)預計視察工作的大多數材料將涉及敏感但非機密性保障資訊(SUNSI)。然而，根據視察的範圍，預計視察報告應該不需要包括任何 SUNSI。如果視察需要 SUNSI 的文獻，IMC 0612「動力反應爐檢查報告」，提供其導則，關於 SUNSI 的另外的指引在 NRC 網站可以找到。

**二、 廠區全黑的救援能力：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。**

a.透過現場巡視和檢查確定所有緊急及備援必需的材料是充足且儲存於適當地點，且有適當的測試和維護。

b.透過現場巡視顯示電廠應變的做法在廠區全黑時之可執行性。

**三、 廠內/廠外水災之救援能力：評估業主電廠設計所要求救援廠內/廠外水災之能力。**

a.透過現場巡視和檢查確定所有緊急及備援必需的材料是充足且儲存於適當地點，且有適當的測試和維護。

**四、 地震對防洪/滅火設備功能之影響：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。**

a.透過現場巡視和檢查確定所有緊急及備援必需的材料是充足且儲存於適當地點，且有適當的測試和維護。

**TI 2515/184，NRC 以下列項目來執行評估查證：**

一、 SAMG 最近一次更新情況。

二、 TSC/EOF/控制室有無控制版 SAMG ？

三、 SAMG 是否列入電廠程序書文件管控，包括定期 Review 及進版？

四、 SAMG 是否反映設計變更？

五、 與業界標準比較，SAMG 是否與 BWROG 的指引一致。

六、 SAMG 的訓練是如何執行、訓練的對象及頻率為何？

七、 訪談四位持照人員（兩個 RO 及 2 個 SRO），及執行 SAMG 的 2 位 TSC 成員及 2 位 TSC 經理。訪談內容包括：(1)受訪人員是否有接受初始及定期訓練。(2)受訪人員是否能清楚說明其權責？

八、 SAMG 執行相關人員是否有定期演練？

**福島災變發生後，美國核管會長期之應變工作如下：**

一、 確認福島事件形成的順序以及當時設備狀態。

二、 評估所有技術和政策議題以確認潛在研究、一般性對反應器監管程序(ROP)的問題、變動，法規設立和管制架構調整。

三、 評估各部門間的潛在問題，例如緊急應變。

四、 相關適用經驗回饋至非運轉中反應器和輻射設施。

五、 在 6 個月向委員會報告政策方向的評估結果。

## 附錄五.5

# 日本地震與海嘯：英國核能業界的參與

資料來源：http://www.hse.gov.uk/nuclear/fukushima/interim-report.pdf

### 期中報告摘要

日本福島核事故的直接原因係規模九的強烈地震及高達14公尺的海嘯，均遠超過在英國由經驗顯示所預期最嚴重的自然事件，讓英國消除疑慮的是在地震活動較常見且嚴重之地殼板塊的邊緣約距離1000哩之外。在福島一廠廠址設計的規定顯示僅能防護抵禦海平面以上5.7公尺高的浪高，然而日本歷史上海岸曾遭受甚大海嘯攻擊，據報在約150年之前日本東海岸經歷很多高達6公尺以上甚至20公尺的海嘯，然而，英國尚未能確認福島一廠特定海嘯的歷史記錄。

英國在運轉中及興建中的核能電廠係採與福島一廠BWR反應器為不同的設計，此外，英國設計基準分析的方法論，對依據歷史記錄外推的極罕見自然事件，要求設計者及運轉者證實已妥善設置適當的防護能力。之後，設計者及運轉者將被要求證實沒有「瀕危效應」，或無法合理完成防禦的極罕見事件，基於這些考量獲得以下的初步結論：

### 期中報告的結論

1. 考量福島事故的直接原因，英國沒有理由削減核能電廠或其他核設施的運轉，在未來工作所完成任何建議的改善，將依據正常管制程序考量採個案方式的基礎實施改善措施。
2. 英國核工業界迄今已負責並適切扮演在安全及優良安全文化的領

導角色，以積極回應對福島事故的需要。

3. 英國政府意圖對核管署設立採前瞻建議，在法規對主任督察的職位及責任，應該能強化英國核管領域更有效面對未來挑戰的信心。
4. 至今，對英國核設施的安全評估原則的深度與範圍，在已知福島事故情況的考量下尚未顯示任何的差異。
5. 對日本事件的考慮及英國所獲得的經驗回饋，在英國核能發照制度尚未顯示任何重大的弱點。
6. 在英國未來幾年可能廠址的新建核電廠，不可能受水災風險所阻礙，對廠址水災風險的詳細考慮，可能要求變更廠址的配置及特定水災防護的規定。
7. 英國新建核能電廠無須變更現行的選址策略。
8. 在英國發展新反應器所考量設計方式，以及在設計及運轉安全之適切證實，沒有理由偏離多機組廠址的觀念
9. 英國氣冷式反應器較水冷式反應器具較低功率密度及較大熱容，其自然循環能力可提供較長時間供矯正措施；此外，在喪失冷卻下較無圍阻體排放之需求，也不會從過熱燃料護套產生足夠濃度的氫氣。
10. 目前無證據佐證在福島一廠三號機MOX燃料，在事故或廠址外有重大的健康影響之貢獻。
11. 在得到更多資訊及經驗回饋後，有助益英國針對類似事件對嚴重事故下運轉人員強化因應緊急管理行為及訓練之要求。

**期中報告的建議事項**

基於英國對福島一廠事故的思考，已確認許多經考量必須審查之事務，俾利決定須否為英國核能業界的安全執行實務上合理可行的改

善。此外，英國亦確認一些需納入考量之一般性事務。期中報告的建議事項依邏輯區分類組提供系統化的闡述方式，並確認預期必須有後續處置的建議事項，這些建議事項依類組分項列出。

**一般性建議**

| 議題 | 建議事項的說明 |
|---|---|
| 事故反應之國際合作 | **建議1:**政府應聯繫IAEA並與其他機構合作，確認改善的配置已到位，在世界任何地區核事件有關官方資訊能及時傳播。 |
| 國家緊急應變計劃 | **建議2:**政府應該考量執行對日本緊急應變反應的審查，以確認對英國公眾緊急計畫在反應緊急事件的任何經驗回饋，並納入可能存在的社會、文化及組織體系的差異。<br>**建議3:**英國緊急計劃聯絡組應該依據長期處理日本事故的經驗，鼓吹審查英國國家核子緊急應變之配置。 |
| 公開及透明化 | **建議4:**英國核工業及管制單位均應該考量與公眾、及其他利益關係人，建立能強化並確認更開放、透明、及互信溝通的方式及關係。 |

**對管制單位之建議**

| 議題 | 建議事項的說明 |
|---|---|
| 安全評估方法論 | **建議5:**在更多詳細資訊獲得及研究完成後，核管署應執行安全評估原則的正式審查，以決定按照福島事件尤其在瀕危效應是否有新增加導則之需求。 |

| | |
|---|---|
| 緊急應變計劃及演練 | **建議6:**核管署應考慮在何種期長範圍的嚴重事故，能夠且應該被管制單位監督的緊急應變計畫演練所涵蓋。<br>**建議7:**核管署應審查英國管制單位對可能嚴重事故因應之整備，以瞭解是否應針對此種罕見事件執行更深入的準備。 |

**<u>對核能業界之建議</u>**

| 議題 | 建議事項的說明 |
|---|---|
| 廠外基礎設施的韌性 | **建議8:**英國核工業界應該審查在惡劣情況下核安與廠外基礎設施之相依性，並考量須否在惡劣情況特定之電網可靠度下，強化廠址本身在自給能力。<br>**建議9:**在獲得更多有關資訊後，英國核工業界應該審查福島一廠及二廠並比較事件可獲得的經驗回饋。 |
| 自然危害的衝擊 | **建議10:**英國核工業界應該案照福島經驗開始審查包括海嘯之水災研究，以確認英國核廠廠址及新建反應器水災之設計基準及餘裕，確認須否對個廠水災風險評估做更進一步的改善並納入定期安全審查計畫，也應納入海平面高程之防護。 |
| 多機組廠址 | **建議11:**英國核工業界應該確認有多機組新建廠址的安全個案，適切地證實能處理由嚴重廠外危害所導致多重嚴重事故同時發生的能力。 |

| | |
|---|---|
| 用過燃料儲存 | **建議12:** 英國核工業界應該與在安全評估原則對被動安全及良好工程實務的預期，確認相較而言任何新的用過燃料策略為適當。 |
| 廠址及機組佈置 | **建議13:** 英國核工業界應該審查現有及新建設計電廠之機組和廠址佈置，以確認安全系統及其重要供給及控制對防禦嚴重水災及其他嚴重廠外事件有適切的強健性。 |
| 用過燃料池設計 | **建議14:** 英國核工業界應該確認靠近反應器之新型用過燃料池的設計，能將易於虹吸故障的底部穿越器及管線數量降至最少，任何抵禦故障的強健性需求與燃料池本身為相當。 |
| 地震韌度 | **建議15:** 在獲得混凝土、其他結構及設備的性能之詳細資訊後，英國核工業界應該考慮任何涉及有關設計及分析改善的細節。 |
| 嚴重廠外事件 | **建議16:** 英國核工業界應該以本報告所建議能按照所有嚴重危害本身去考量，尤其電廠的佈置及機組安全相關的設計。 |
| 外電供應 | **建議17:** 英國核工業界應該對國家電網執行更多的作為，建立在嚴重危害情況下廠外電源供應的不可用性及強健性。 |
| 廠內供電 | **建議18:** 英國核工業界應該審查廠內電源在新增的、多樣化方式能長期獨立且足夠強健提供相關規定之需求，以反映在嚴重情況下喪失廠外電源供應的可用性。 |
| 冷卻水供應 | **建議19:** 英國核工業界應該審查現有及新增建電廠 |

| | |
|---|---|
| | 在嚴重廠外毀損下，提供長期冷卻水供應至廠址能力的需求，並視需要考量廠內供應或更大的廠外供應量之更進一步要求，並包括二氧化碳(註：針對氣冷式反應器)及淡水供應。<br>**建議20:**英國核工業界應該審查廠址的緊急應變計畫對嚴重事故情況下水池的補水，以瞭解在福島事)經驗下能夠做及應該做的強化之需。 |
| 可燃性氣體 | **建議21:**英國核工業界應該審查高濃度可燃性氣體可能流經會累積的核設施之通風及排氣路徑，以決定須否提供更都多的防護。 |
| 緊控中心、儀空及通訊 | **建議22:**英國核工業界應該按照福島事故的環境審查廠內緊急儀控及通訊之規定，包括長期時間、廣泛廠內廠外的破壞以及與嚴重事故有關的廠內環境。<br>**建議23:**英國核工業界應該視需要結合其他機構，審查包括廣泛破壞的嚴重事故之必須廠外通訊之強健性。 |
| 人力資源及資格 | **建議24:**英國核工業界應該對在廠內尤其超長時期採取因應措施之工作人員的身體、機能性、行為反應、情緒及文化等面向施以特殊考量，審查在現有嚴重事故下之緊急備便及訓練。此也應該納入對廠內一些採取合約方面如維修及可能措施反應的影響。 |

| | |
|---|---|
| 安全個案 | **建議25:**英國核工業界應該視需要擴展審查長期嚴重事故之事序分析，並應確認可達穩定狀態之適當的修理或回復策略，釐清任何在設備集中貯存及協助後勤支援有強化之需要。 |

**今後因應之建議**

| 議題 | 建議事項的說明 |
|---|---|
| 未來展望 | **建議26:**在期中報告各式建議的回應應該在一個月內提出並公佈，並應該包括處理該項建議為適當的計畫，由核管署彙編相關回應後公佈在網頁上。 |

**未來的發展**

英國正在發展核能電廠「壓力測試」的作為以回應歐盟議會之要求，包括國家管制單位要求核電業主執行對安全餘裕的相關檢視，由國家管制單位獨立地評估該結果，在英國接著要求依據「實務上合理可行」( as low as reasonably practicable, ALARP)的原則執行改善。此報告的建議事情與「壓力測試」間容或重疊重複，因此建議核能業界以此報告建議及「壓力測試」回應形成一共通計畫，並須公開公佈此一計畫。此報告要求及「壓力測試」之結果以及對電廠、人員或程序書所顯現實務上合理需求的改善計畫應該一併公佈，由於「壓力測試」的時間不同將可能須要將「壓力測試」結果納入此期末版的報告。

**附錄五.6**

# 芬蘭輻射及核子安全管制單位(STUK)有關核能電廠因應異常自然現象之調查報告

16/05/2011

(網站資料來源：http://www.stuk.fi/stuk/tiedotteet/en_GB/news_680/)

STUK 於調查報告說明，經由福島事故後所進行之調查，芬蘭的核能電廠並未發現必須立即執行安全改善的威脅因子或不足。

由於日本發生福島核能電廠事故，勞工及經濟部門(TEM)要求 STUK 針對發生各種不同缺陷及故障狀況，芬蘭的核能電廠以其電廠現有之功能如何準備因應洪水效應及其他極端自然現象，以及電廠如何證實其電力的可用性。

芬蘭雖然並無需考慮造成福島核能電廠事故之強烈地震及極端的海嘯現象，然而，事故所顯現出的起因仍必須被加以考慮。

STUK 說明雖然無需立即採取安全改善措施，但電力公司仍應繼續針對一些異常自然狀況的準備進行調查，而安全改善之調查計劃的安排時程，可與今年歐盟委員會(EU)部門所要求執行之壓力測試時程相同。

電力公司應該針對各種極端現象的結果進行額外調查，譬如即使實體上不可能發生大量洪水的 Loviisa 發生大量洪水的可能性，同時，電力公司將調查於發生比截至目前為止芬蘭可能發生之地震強度還大的地震時，電廠機組的一些系統如何提供其功能，而預先未加以考量不太可能發生的零下溫度及高溫亦將包括在內，電力公司同時將調查於事故狀態時，電廠機組系統電力供給需求的功能。

STUK 在發展核子安全守則時，將把由福島核能事故所獲取之經驗及調查結果納入考量，相關經驗亦將被考量於芬蘭研究方案中有關

核能電廠安全的強化計劃中，然而，目前為止並無重大改變之需求。在描述中，STUK 說明有效率地改善芬蘭核能電廠機組安全是有可能的，為了確保計劃營運壽命、電廠現代化及改善安全，電力公司針對舊有電廠已有一套長期管理方案。

**附錄五.7**

# 美國核管會福島近期專案小組報告之建議事項

12/07/2011

(網站資料來源：http://www.nrc.gov/)

2011 年 7 月 12 日美國核管會(NRC)公布福島事故近期專案小組依據對該事故洞識之審查，提出在 21 世紀強化反應器安全之建議事項，包括五個面向的 12 個建議事項，分別說明如下。

一、 澄清闡明管制架構

建議事項 1－建立具邏輯性、系統化且一致性的管制架構，在深度防禦及風險考量(Risk-Informed Defense-in-Depth, RIDID)間合理平衡以提供適切的安全防護

(1) 草擬風險告知深度防禦架構之政策白皮書，以確保廣泛的設計基準要求能有適當防護

(2) 開始為實施風險告知深度防禦架構立法

(3) 修改管制分析指引與現行強調風險基準指引平衡，更有效地實施深度防禦哲學

(4) 評價由個廠檢查(Individual Plant Examination, IPE)、個廠廠外事件檢查(Individual Plant Examination for External Events, IPEEE)的洞識，以確認潛在共通性或個廠性的管制要求

二、 確保安全防護

建議事項 2－要求業主對運轉中機組重新評估並視需要更新結構物、系統、組件(Structures, Systems, and Components, SSC)在

設計基準地震及水災的防護能力(每 10 年納入新的、重要的歷史資料以確認並視需要更新此設計基準)

(1) 命令業主依 NRC 現行要求與指引重新評估地震、水災的危害，視需要更新設計基準

(2) 開始立法以要求業主每 10 年確認上述危害並處理任何新得知且重要資訊，視需要更新設計基準

(3) 命令業主在上述長期措施完成前，執行地震、水災防護的現場履勘，以確認並處置個廠弱點，針對防水門、密封等防護措施證實有適切的監視與維護

建議事項 3－要求強化預防或減緩由地震導致火災及水災之能力(長期階段)

(1) 共通性安全議題(Generic Safety Issue, GSI) 172：多重性系統反應計畫(Multiple System Responses Program)，已依據 IPEEE 計畫之結果結案

(2) 重新評估 GSI-172，以瞭解地震導致火災及水災使電廠安全設備共因失效的可能性

三、 強化救援能力

建議事項 4－要求對運轉中及興建中機組針對設計基準及超過設計基準廠外事件，導致廠區全黑救援能力的強化

(1) 開始立法以修訂 10 CFR 50.63「廠區全黑」的要求

a、 建立至少 8 小時因應喪失所有交流電源之能力

b、 建立長期喪失所有交流電源 72 小時因應能力所需要之設備、程序書及訓練

c、 事先規劃及備置廠外資源以支援長期因應能力

(2) 命令業主對根據 10 CFR 50.54(hh)(2)之現行設備增加適合的防護，並視需要增加處置多機組事件能力之設備

建議事項 5－要求採馬克 I 型及 II 型圍阻體的沸水式(BWR)電廠強化排氣設計及可靠性

(1) 命令業主在 BWR 馬克 I 型及 II 型圍阻體增置可靠且強固的排氣系統

(2) 考慮在福島事故的洞識，對其他設計之圍阻體重新評估此強化排氣系統的需求，並視需要採取適當的管制措施

建議事項 6－在福島一廠事故揭露更多資訊後，要求針對在圍阻體或其他廠房內提出並確認氫氣控制及救援的洞識(長期階段)

(1) 建議事項 4 減少爐心受損及氫氣產生的可能性

(2) 建議事項 5 主要目的為圍阻體過壓保護，也能提供氫氣排放的可靠路徑

(3) 目前資訊尚不足以合理地規劃任何特定建議

建議事項 7－要求針對用過燃料池強化補水能力及監控儀器

(1) 命令業主以安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、輻射)

(2) 命令業主採安全相關電源供應用過燃料池補水系統

(3) 命令業主修改運轉規範要求有用過燃料在池中時，有一串廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系

統及儀器

(4) 命令業主設置耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池

(5) 開始立法要求執行上述措施

建議事項8－要求強化並整合廠內緊急應變能力相關之緊急運轉程序書畫 Emergency Operating Procedures, EOPs)、嚴重事故管理指引用(Severe Accident Management Guidelines, SAMGs)及大範圍廠區受損管理指引(Extensive Damage Management Guidelines, EDMGs)

(1) 命令業主修改 EOP 技術指引，以

a、 整合 EOPs、SAMGs 及 EDMGs

b、 具體清楚說明其執行之命令與控制策略

c、 對緊急時執行決策者規定適當的資格及訓練

(2) 修改標準運轉規範第五章行政管制

(3) 命令業主修改運轉規範以符合上述變更

(4) 開始立法對相關人員在 SAMGs 及 EDMGs 要求更務實、實用的訓練及演習

四、 強化緊急應變機制

建議事項9－要求業主的緊急計畫處理長時間廠區全黑及多機組事故

(1) 開始立法要求強化緊急計畫因應多機組事件能力(包括人員、劑量評估、訓練、設備等)

(2) 開始立法要求強化緊急計畫因應長期全黑事件能力(包括通訊、緊急應變資料系統(Emergency Response Data System, ERDS)、訓練、設備等)

(3) 在立法完成前命令業主之要求事項

(4) 命令業主在 2012 年 6 月前完成 ERDS 現代化做為，以確保多機組廠址監控能力

建議事項 10－要求針對長時間廠區全黑及多機組事故尋求額外的緊急計畫重點(長期階段)

(1) 依據福島事故的洞識分析應變人員現行防護設備的要求及指引

(2) 在長期全黑、多機組事故或兩者，評估決策者的資格及命令、控制架構，以確保在正確設施有適當層級的授權與監督

(3) 評估 ERDS，包括

a、 判定傳送 ERDS 資料的替代方式(如衛星)

b、 判定目前設定從廠址接收之資料為足供評估所需

c、 判定在緊急情況期間 ERDS 須要求持續傳送，不需要運轉員操作

建議事項 11－要求針對決策架構、輻射監測及大眾教育尋求建立緊急計畫之主題(長期階段)

(1) 研究是否須強化廠內緊急應變資源以佐助業主緊急計畫的有效執行

(2) 結合聯邦緊急應變署(Federal Emergency Management Agency, FEMA)、州政府及外部利害關係人評估依據福島事故緊急計畫實施的洞識，確認美國在包括回復、再入等決策架構可能的強化做法

(3) 研究在廠內與緊急應變計畫區(Emergency Plan Zone,

EPZ)範圍內即時輻射偵測的效力

(4) 協調適當的聯邦機構執行輻射及輻射安全的訓練，及在核電廠週邊社區適當使用碘片

五、 改善 NRC 計畫效能

建議事項 12－更專注在與建議事項 1 要求建立深度防禦架構之相關要求，強化對業主安全績效(如反應器監管方案(Reactor Oversight Program, ROP))的管制監督

(1) 擴大年度 ROP 自我評估及兩年一次 ROP 重組的範圍，納入更完整深度防禦的考量

(2) 強化 NRC 幕僚在嚴重事故的訓練，包括駐廠視察員在 SAMGs 的訓練

## 附錄五.8

# 國際上因應福島事故核安管制組織與架構之調整

一、 依現階段政府組改作業擘劃方向，原能會將由現行中央二級機關調整為中央三級機關核能安全署(以下簡稱核安署)，並改隸「科技部」，所屬物管局併入核安署、輻射偵測中心調整為中央四級機關輻射偵測分署，隸屬於核安署；至所屬核研所除支援核能安全管制業務移出至核安署外，餘組織及業務則併入未來「經濟及能源部」，並更名為「能源研究所」。

二、 組織變革後，無論在行政機關組織位階，或是受限於三級機關框架下的專業人力、編列經費或技術支援能量，以原先規劃實不足以滿足國家及人民對核能安全品質的高度期待；復因核能安全管制業務具高度專業及特殊性，未來職務列等調降、員額配置等，將嚴重影響現有資深管制人員留任意願及未來專業人才之延攬培育。

三、 日本福島事故後，國際間對核安管制單位之組織定位問題亦做了相當程度的檢討：

(一)日本核安管制單位原子力安全保安院(NISA)原為隸屬經濟產業省的三級機關。福島事故後，日本政府參照美國核能管制委員會之位階及獨立運作模式，規劃將該單位移出，並與內閣府原子力安全委員會(NSC)合併，成立新的核能安全管制機關，隸屬環境省，並預定於2012年4月前完成。

(二)英國正在進行設置更具獨立性的核安管制專責機構之評估。

(三)IAEA專家團於5月間赴日本調查福島事故情形，提出15項

結論、16 項經驗回饋(lessons)，其結論 5 明確指出日本已建置良好的緊急準備與應變體制，但複雜的組織架構可能延緩緊急事故時決策執行。此項結論突顯出三級管制機關受限於位階，需層層請示，致無法充份發揮獨立性功能之缺點。

四、 從實際因應福島事故之經驗來看，原能會在尚屬部會層級的情況下，已深感力有未逮，更遑論一旦台灣發生類似事故，以未來一個三級單位所配賦之組織能量，若要有效因應並協調其他部會共同面對，實不無疑問。

五、 考量我國短期內勢必無法完全排除使用核能發電的方式，政府對全體民眾最大的責任當然是提供完善的核能安全保障，在組改進程當中，維持一個適當層級、獨立且專業性的核能管制單位，並賦予充足人力、經費及技術支援能量，是符合民眾對核能安全殷切期待的首要考量。

# 附錄六

# 行政院專家審查小組第一次、第二次及第三次審查會會議紀錄及原能會之回應

# 審查「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」會議紀錄

一、時間：100 年 6 月 28 日（星期二）上午 9 時 40 分

二、地點：本院 2 樓第 2 會議室

三、主席：李召集委員鴻源

四、出席人員：詳如後附簽到單　　紀錄：吳景輝、林廣宏

五、主席致詞：(略)。

六、報告事項：

(一)原能會報告「核能安全防護近期檢討議題」(略)。

(二)原能會報告「輻射防護及緊急應變機制」(略)。

七、審查結論：

(一) 本核安總體檢報告審查小組之定位在於提出問題及發掘事實，並進而提出因應方案，原能會及台電公司應就核安議題強化溝通，積極檢討提出各項潛在的核安問題，並研議解決之道，倘有需跨部會協助事項，可由本院進行協調。

(二) 核安總體檢報告現階段應補充說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，各項資料要更明確、完整，以助於研判檢討項目及其強化措施的適當性；至下一階段則應對各項核安議題進行全面性之考量，例如將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g，在技術、經濟及核電廠服役期限等層面是否皆可行。

(三) 請原能會參考歐盟核電廠壓力測試之評估項目及內容，檢討強化我國核能安全措施，並研議推動我國核安總體檢加入歐盟之壓力測試。

-

(四) 請原能會於總體檢報告提出國內核能電廠運轉安全之技術意見，並盤點國內核災應變機制的能量，例如目前國軍化學兵的救災能量；此外，針對核災可能發生的最嚴重情境，應考量核電廠運轉及安全的技術限制，預為研擬核電廠安全防護、輻射防護及緊急應變機制之強化措施。

(五) 核子事故緊急應變區範圍為立法院、民眾與媒體高度關注議題，請原能會審慎研議可行方案。

(六) 核能安全的提升必須從設備、人員及管理三方面著手，除了應強化核電廠備用設備的可靠性、提升技術人員執行能力外，請原能會要求台電公司強化核電廠之管理。

(七) 請原能會持續加強核能安全之教育宣導，以避免社會大眾產生不必要之疑慮，同時應強調核災發生有不同層次及系統的差異，以利於非核能專業人士的理解；並請參考日本福島之經驗，規劃建立因應核災之國際支援及協助網絡。

(八) 請原能會督導台電公司確實掌握核電廠氫氣可能釋出的途徑，並強化氫氣監控及排放之措施；核電廠各項備用設備應考量在強震下的可用性，並強化操作程序的嚴謹正確。

(九) 請原能會督導台電公司強化核電廠反應器一次圍阻體及管線的耐震能力，另針對核電廠組件、系統、結構物的耐震強度分析(Fragility Analysis)之長期技術發展，應檢討納入國內專家之技術能力與意見，以建立國內產、學參與並協助決策之機制。

(十) 請國科會協調學術界提升海嘯研究能量，將波高、潮汐及氣候等因素納入研究範圍，並應強化各項研究數據之正確性及推估模式之可靠度。

-

(十一) 國內斷層細部及工程調查仍待發展，請國科會協調相關機構之研究應考量全波型不同頻率對建物之影響，近期內應瞭解備用設備耐震週期及在核電廠增設地震儀，長期則應完成海陸域調查、海嘯歷史事件調查研究。

(十二) 請原能會督導台電公司強化國內核電廠之耐震設計，透過執行模擬分析，瞭解在不同地震加速度情境下，對核能電廠可能的災損後果及影響，並進而強化對地震、海嘯複合型自然災害之因應措施。

(十三) 請原能會納入委員口頭及書面意見(詳如後附)檢討修訂核安總體檢報告，針對核電廠各項核安關鍵設施(如生水池)，應在報告中提出強化措施，並於下次會議中提出內容更具體、數據更完整、外界更易瞭解之報告。

八、散會(中午 12 時 10 分)

審查「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」會議簽到單

一、時間：100年6月28日(星期二)上午9時

二、地點：行政院2樓第2會議室

三、主持人：李召集委員鴻源

四、出席單位人員：

| 出(列)席人員 | 簽　　名 |
|---|---|
| 陳委員正宏 | |
| 劉委員兆漢 | (請假) |
| 郭 委員 位 | |
| 劉委員容生 | |
| 劉委員仲明 | |
| 張委員國鎮 | |
| 馬委員國風 | |
| 劉委員立方 | |
| 許委員勝田 | |
| 趙 委員 鋼 | (出國請假) |

| 出(列)席人員 | 職　　稱 | 簽　　名 |
| --- | --- | --- |
| 內政部 | 副署長<br>孫揚文 | 孫增剛<br>許惠雪 |
| 經濟部 | 副主委 | 陳照華代 |
| 國科會 | 災防應用科技計畫<br>執行秘書 | 游子勇 |
| 原能會 | 主委 | 李毅 |
| 台電公司 | 董事長<br>副總經理 | 陳貴明<br>徐德修 |
| 災害防救辦公室 | 組長<br>王鴻濬 | 謝金鵬代 |
| 本院第五組 | 參議 | 林煥商 |
| 本院第六組 | 組長 | 孫重權 |

2

## 附件：審查委員及相關機關書面意見

**<u>陳正宏</u>委員審查意見：**

1. 建議台電建立地震災損系統中的災害評估。
2. 建議原能會建立更精密的偵測能力。
3. 建議原能會儘早規劃核能安全研究所之設置。

**<u>郭位</u>委員審查意見：**

1. 技術問題應該由核電技術人員來決定(e.g. 在此情形，台電)，避免層層申報(此點美國較日本為優)。
2. 蓄水池(生水池)的可靠性也應該受到重視。否則，水池可能先遭破壞，而無法發生救援作用。
3. 備用設備(Cable, for example)應先安排妥當，甚至應與外國合作互通有無。日本福島事故是一管理問題。
4. 原委會的總體檢詳實，應澈底執行。

**<u>劉容生</u>委員審查意見：**

1. 強調人才和管理對災難處理的重要性，應深入瞭解福島一廠 5/6 號機及福島二廠，未發生爐心熔毀的原因，了解操作方式與應變的差異性，以為未來我國核安的參考。海嘯分析應有數據來佐證。
2. 擴大學術界的參與及加強資訊的透明化，可聘用專業的廣告公司，協助相關單位(能委會、台電、核能)加強對社會的宣導，減少社會民眾對核能的疑慮及不安。增加社會對核能接受度及信心。此體檢報告可能關係台灣未來核能的發展應慎重處理。

**劉仲明委員審查意見：**

總體檢顯示我國相關人才核心能力具備相當高的水準，惟在日本災變之後，相關專業領域人才的士氣以及未來生涯規劃及發展的衝擊，對專業人員的影響必須加以重視，畢竟，完備的系統仍需適當團隊來相輔相成。

實務上很難有百分之百安全的設計，如何在最壞的狀況能避免大災難應該是可能做到的，但如何與民眾溝通所謂的安全是一項挑戰。建議對法國的社會能持續支持核能發展做深入的瞭解並持續有具體做法，建立民眾對核能發電的信心。

**張國鎮委員審查意見：**

1. 原能會與台電近幾個月對我國核電廠安全的提升做了許多的努力與具體的改善措施，值得肯定。
2. 台電公司必須思考如何結合、藉助國內產學界的投入，以加快進程，並進行長期之研究。(天然災害方面)
3. 電廠與設備耐震安全餘裕評估應盡快開始，並研究影響核能安全的關鍵結構、系統或元件，優先進行分析、試驗、驗證及補強改善。

**馬國鳳委員審查意見：**

電廠重要設施抗震週期的界定，評估其耐震度，以供未來地震模擬，做全面的情境模擬評估。

**許勝田委員審查意見：**

一、 由報告得知福島一廠 1~4 機組在大地震後廠內電源喪失又失去補水能力是爐心燃料熔損及放射物外釋所致，目前台電所做大量的檢討工作主要是：

- 確保海嘯不入侵 ECW 的抽水機。
- 提供 ECW 足夠的備用電源。
- 確保 ECW 系統生水供應能力。
- 確保 Spent fuel pool 有水。

雖然個人對 ECW 系統的設計細節不完全瞭解，但由原能會的審查顯示，對 ECW 可能問題的考慮應已相當詳細。

二、 個人認為核災之發生有不同原因，也有不同系統來防止或控制問題的發生，目前報告所提僅止於其中的一些面向，建議應綜合列出可能發生的面向與層次及相應的安全系統，由此才容易讓委員或其他專業人員瞭解本檢討工作是否完整，核電廠的安全可以得到適當的保證。

**內政部**

**警政署意見：**

初步安全評估報告附錄四之(五).6 及(五).10(警力協定書)

警察於協助防救災的工作任務為執行災區警戒、治安維護及收容處所安全維護、交通管制、疏導、災情查通報、協助疏散及搶救災區民眾等；至核電廠事故處理，非屬警察專業，不宜由警察人員進入廠區內救災。

**消防署意見：**

一、有關第五點「事故處理程序與訓練」，原能會意見第 10 點：內政部消防……進入高輻射區規畫之協議/合約，並落實在電廠程序書乙節，依據災害防救法及地方制度法規定，災害防救係為地方自治事項，有關消防救災應由地方政府執行，爰此，有關消防單位人員進入核電廠高輻射區規劃之之協議/合約，原能會原建議由本署執行，依上開規定，應由核電廠與所在地之地方政府簽訂救災協議/合約，並落實在電廠程序書內，以落實防災體制。

二、查目前核電廠所在之新北市及屏東縣政府消防局，基於核電廠搶救需要，均有與轄內之台電公司核能電廠簽訂消防救災支援協定書，惟為進一步確保消防救災人員支援核電廠救災安全，有關第五點「事故處理程序與訓練」部分，建請應將前不久日本發生東北強震引發核電廠核物質外釋事故搶救過程前車之鑑，深切檢討並重新修訂廠外消防單位人員支援進入輻射區或汙染區之SOP、台電公司前與各核電廠所轄之消防局簽訂之救災支援協定書等內容，建議修訂重點如下：

1. 應邀集核物質應變專家學者開會研商並訂定消防人員進入核電廠協助救災之可承受輻射劑量標準，並納入上開修訂事項辦理。
2. 建請依核電廠事故國際分級、狀況，廠內消防隊無法有效控制火勢等，明確訂定廠外消防單位須支援時機。
3. 建請核電廠應提供所在地之縣(市)政府消防局及緊急計畫區內消防單位足夠之人員防護、輻射偵檢裝備、完整之核電廠

事故火災搶救等教育訓練及定期搭配演練等，以利支援救災任務之執行。

4. 當核電廠發生事故，廠內消防隊無法有效滅火時，依上開支援時機，請求外部消防單位支援時，核電廠消防隊除應提供進入廠內之外部消防單位人員足夠之安全防護裝備器材，並在廠內專業應變人員引導下進入廠內配合救災外，救災時，廠內並應全程監控及管制消防救災人員應在可承受輻射劑量標準範圍時間內配合救災。

5. 於支援協定中，應界定消防單位支援範圍，對於圍阻體(爐心)內之火災搶救任務，因屬核電救災專業領域，建請應由廠內專業消防隊執行之，消防單位支援任務則應以圍阻體(爐心)以外之一般構造物火災滅火為主。

**民防組意見：**

一、對轄區分局員警辦理說明會，製作支援人員手冊，敘明輻射劑量與人體健康之關係、遭受輻射汙染時之處置作為，以減少第一線執勤人員之心理壓力。

二、輻防包、劑量筆、防護衣等裝備應補足至轄區分局員警數，並有備用數量以備其他單位支援時使用。

三、建立第一線執勤人員之輻射教育訓練、健康檢查及額外保險機制。

# 行政院原子能委員會回應
# 行政院審查「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」意見

## 壹、行政院審查結論：

| 序號 | 審查結論 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|
| 101 | 本核安總體檢報告審查小組之定位在於提出問題及發掘事實，並進而提出因應方案，原能會及台電公司應就核安議題強化溝通，積極檢討提出各項潛在的核安問題，並研議解決之道，倘有需跨部會協助事項，可由本院進行協調。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 本會配合審查小組指導核安防護強化之方向，秉持專業積極把關核安議題，強化我國核能電廠防範並因應類似福島事件之能力，期能協助國人消除福島事件後果之疑慮。本會在報告初稿完成後，均邀請台電公司人員參與討論會議，說明核能電廠應強化之方向，並藉不定期、不同層級之會議及溝通方式，交換有關技術資訊，加強凝聚技術面之認知與共識，故在實施核安強化措施之技術面上並無歧見。然台電公司對非本會權責之經濟效益(如延役與否)，在實施強化措施時對成本效益之考量仍多有保留，故建議經濟部/國營會對未來核能發展之長期政策面向能明確釐清；另針對與強化核能安全措施有關之經費，建議經濟部能大力支持，共同爭取行政院在預算方面的協助。<br>報告初稿的第四章「我國輻射防護及緊急應變機制之檢討」中，諸多議題仍需要持續進行跨部會的協調，尤其經過 311 專案過程及 5 月份的核安 17 號演習，各項議題已經歷非常密切的討論與協調，故對第一階段報告中的檢討及強化規劃，各相關部會已有充分共識，惟將來一部分強化措施的落實尚需由相關部會共同來爭取經費預算，這部分將來需要行政院的鼎力支持。 |
| 102 | 核安總體檢報告現階段應補充說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，各項資料要更明確、完整，以助於研判檢討項目及其強化措施的適當性；至下一階段則應對各項核安議題進行全面性之考量，例如將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g，在技術、經濟及核電廠服役期限等層面是否皆可行。 | 核管處 | 第一階段報告已增加第二章專章說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，建立檢討議題及防範、救援、減緩事故的基礎，以助益於協助研判檢討項目及其強化措施的適當性；配合核安議題的檢討已做整體性之考量，本會持續追蹤日本在 2006 年後核電廠因應耐震提升之實績，技術面非執行不可行之考量因素。日前日本原子力保安院在要求防海嘯之緊急安全對策，即依據福島一廠海嘯上溯高度超過設計值為標準做齊頭式之要求，故我國要求將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g 之做法，實係積極回應我國民眾對各核電廠核安標準的迫切期許。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 103 | 請原能會參考歐盟核電廠壓力測試之評估項目及內容，檢討強化我國核能安全措施，並研議推動我國核安總體檢加入歐盟之壓力測試。 | 核管處<br>綜計處 | 一、本會在初步安全評估報告已將歐盟核電廠壓力測試草案納入要求，在第一階段評估報告亦參照定案版規範修訂納入要求。目前歐洲已有近 200 座反應器將遵循該壓力測試規範，日本政府決定參考歐盟規範對所有核電廠執行壓力測試，基於地球世界村核安無國界之理念，爰請外交部協助推動加入歐盟壓力測試之做法，本會已修訂要求檢討該規範之期程，並積極配合辦理歐盟後續之做法，以符國人對核安有更高之標準，並緩解民眾對核安之擔憂。<br>二、本會已於 6 月 28 日外交部舉辦之第 22 屆台歐盟諮商「綜合及其他部門別」議題期中檢討會中，提請歐盟考量同意我國（以非會員身份）參加歐盟境內電廠壓力測試，並願與歐盟分享運轉經驗及管制訊息。歐盟中、台、蒙處長 Mr. Franz Jessen 表示會攜回意見研議後復。 |
| 104 | 請原能會於總體檢報告提出國內核能電廠運轉安全之技術意見，並盤點國內核災應變機制的能量，例如目前國軍化學兵的救災能量；此外，針對核災可能發生的最嚴重情境，應考量核電廠運轉及安全的技術限制，預為研擬核電廠安全防護、輻射防護及緊急應變機制之強化措施。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、本會在初步安全評估報告以及現場查證專案視察，持續蒐集瞭解國際核能國家之做法，廣泛納入有助益於強化核電廠耐震、防海嘯之技術能力，全面納入第一階段安全評估報告，爾後待事故真相日漸發掘釐清本會仍將蒐集並瞭解國際做法以為修訂本會之技術意見。本會在安全防護總體檢方案即已要求核電廠考量複合式災難、超過設計基準事故以及雙機組事故等特殊情境，要求強化嚴重事故管理指引及斷然處置措施，事先瞭解電廠弱點備妥各式備品以為強化核電廠因應之措施。<br>二、在輻射防護方面：<br>1.原能會已針對國內緊急應變人力及設備之備援能量進行檢討，並已完成緊急應變人力之初步統計，其中國軍化學兵部隊可支援人力約 500 人。<br>2.已要求台電公司提供救災人員之防護設備及程序書，並施予必要之訓練。<br>3.我國已參考日本經驗開始規劃發生核災時，可能動員之人力，預為準備所需之儀器，加強輻射防護訓練以及劃分各項任務之責任區並預為演練。<br>三、在有關強化緊急應變機制說明如下：<br>1.因地震、海嘯所引起之核子事故，與其他原因所造成之核子事故，其成因及演變過程不同，事故排除亦較困難，但核能電廠機組搶救、控制及應 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 變作業，尚無多大差異。惟複合式災害之形態，比單一災害更為複雜，地方政府之救災工作亦更形艱鉅。現行單一災害應變機制勢無法有效因應類似此次日本發生地震、海嘯及核子事故等複合式災害應變；因此，災害防救與核子事故緊急應變二者實有採專業分工、相互合作必要，以建立國家全災害防救機制。<br>2.經檢視現有災害防救法規已有相關複合式災害應變規定，為利於核子事故之應變處置，將於中央災害應變中心作業編組增列「核能救援組」，由原能會主導並進駐幕僚參謀組、情資研判組、災情監控組等各功能分組協同處理，俾使二體系相互聯繫，以達到整合效果。<br>3.國軍具備核電廠輻射外釋處置能力<br>（1）依我國「核子事故緊急應變法」與相關計畫規定，當發生輻射事件時，行政院原能會依法成立中央災害應變中心，國防部配合成立「支援中心」，負責執行輻射污染消除，並支援醫療、民眾疏運與收容等任務。<br>（2）自民國 78 年起於南北核電廠，每 2 年實施 1 次全國性核子事故緊急應變演練，90 年起提升為每年 1 次，100 年於新北市核能二廠與週邊地區實施。歷年國軍均依法配合執行，迄今已完成 17 次「核安演習」。<br>（3）國軍化學兵部隊除參與國家級演練外，平時學校教育及部隊訓練、測考均將輻射污染偵測、消除作業納入訓練。就現有編組、裝備及訓練，可執行人員、車輛、裝備、設施及地區偵、消作業。<br>4.國軍化學兵戰備部隊的緊急應變機制<br>（1）當我國發生輻射污染事件時，國軍係依「核子事故緊急應變法」於中央災害應變中心下成立「支援中心」，負責執行輻射污染消除，並支援醫療、民眾疏運與收容等任務。<br>（2）國軍化學兵戰備部隊係以陸軍為主體，各軍團平日均保持偵消部隊三分之一兵力任戰備部隊，計連級 3、排級 2、班級 3，可於第一時間立即投入，預判狀況發展，適時投入後續支援與跨區增援部隊。<br>（3）偵消部隊具核子與放射性偵、消能力，可定 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 點及機動前推配置，執行輻射偵測與消除作業。偵檢裝備：可量測中子、γ、β射線與分析核種；消除裝備：可移除人員、車輛及地面輻射落塵。<br>（4）配置於北、中、南地區之核生化偵檢車（10輛）均已完成整備，可配合原能會輻射及環境輻射監測站執行偵測作業；另各式消除機具與編組亦同步完成待命。<br>（5）因應核子事故，原能會 93 年已核撥六、八軍團任務部隊碘片各 700 盒（1400 錠），依原能會指示管制使用。另現有防護服（隔離衣）、口罩等計 5 類 8 項 282 萬餘件，足敷使用。 |
| 105 | 核子事故緊急應變區範圍為立法院、民眾與媒體高度關注議題，請原能會審慎研議可行方案。 | 核技處 | 一、依現行法規規定且人口分布、氣象、地理資訊等條件，近 5 年內並無明顯差異，經分析評估後，核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍仍為 5 公里。<br>二、參考日本福島經驗，以二部機組同時發生爐心熔毀之最嚴重事故為假設條件，經分析評估後，並在民眾安全及務實可行的原則下，初步劃定為 8 公里。<br>三、緊急應變計畫區域係萬一核電廠發生緊急事故時，為確保迅速執行有效的防護行動，以保護廠外民眾而需詳加規劃之地區。在該區域內所做詳細規劃，當必要時可提供擴大充份應變能量之基礎。至於萬一發生核子事故之實際疏散範圍，仍需視機組狀況及放射性物質外釋情形而定。未來除於緊急應變計畫區內做完善之民眾防護措施規劃外，並將以該區域為基礎，結合災害防救體系，規劃緊急應變計畫區外大規模疏散、收容安置等相關配套措施，以供必要時採行預防性之疏散與掩蔽作業，確保民眾之安全。<br>四、此外，核能電廠已完成機組斷然處置作業程序，原能會亦將要求台電公司確實執行，必要時，應即時進行事故機組之斷然處置措施，減緩放射性物質之外釋，爭取廠外民眾防護行動之時間。 |
| 106 | 核能安全的提升必須從設備、人員及管理三方面著手，除了應強化核電廠備用設備的可靠性、提升技術人員執行能力外，請原能會要求台電公司強化核電廠之管理。 | 核管處 | 本會在安全防護總體檢方案除要求核電廠強化備品備變，強化重要設備的可靠度計畫，要求針對各式緊急程序書及斷然處置措施完成整備與人員訓練及測試，以確認在各種突發情境、惡劣環境，運轉員須確實依據程序書或指引完成因應措施。並在檢討議題強調「精進人力/組織運作及強化核能安全文化」項目，事先瞭解電廠弱點備妥各式備品以為強化核電廠因應之措施，本會納入此項議題並確實督導台電公司落實 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 此要求。 |
| 107 | 請原能會持續加強核能安全之教育宣導，以避免社會大眾產生不必要之疑慮，同時應強調核災發生有不同層次及系統的差異，以利於非核能專業人士的理解；並請參考日本福島之經驗，規劃建立因應核災之國際支援及協助網絡。 | 核管處<br>綜計處 | 一、本會第一階段報告已增加第二章專章說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，有利於瞭解核災的演進，並強調在關鍵性的問題上(包括設備、人員及管理)實係一連串的突破，最後才導致嚴重的後果，不同的情境及因應措施的執行會有不同的結果；由各電廠甚至福島一廠不同機組的事件發展，即有利於瞭解總體檢的目的，係掌握上述異或同的可能缺失以利強化作為。本會在近期檢討議題(五)事故處理程序與訓練，提出要求事先規劃核災所需國內外之救援及協議/合約之確認，本會納入此項議題並確實督導台電公司落實此要求。<br>二、讓社會大眾深入淺出且很容易的獲得正確的核能資訊，進而建立共識，一直是原能會近年來努力的目標。為消弭民眾的疑慮，原能會力求資訊公開透明，將核安管制資訊公佈於原能會網站，便利民眾取得，並透過電子郵件首長信箱之設置，隨時與民眾做第一線之互動。且經由製作各類文宣、廣告、出版品或舉行記者會、展覽，透過媒體，將核能資訊傳播，俾瞭解政府推廣原子能科技在和平上之應用，以有效提升國人對核能與輻射安全的認知。<br>福島事件時，感受到民眾對輻射的疑慮甚深，故規劃辦理推動國人正確防護作為之教育溝通事項，為此已申請動支第二預備金共 250 萬元，俾經由出版品的製作或短片類多媒體等，及經由大眾傳播管道，將正確訊息傳播。此外，也將培育種子教師或對民眾團體說明。<br>而為把握民眾關切核災之契機，已應用原能會網站設立「輻射你我她」免費演講服務機制，提供具專業及經驗豐富講師的免費演講服務，近期內已安排逾 60 場次。 |
| 108 | 請原能會督導台電公司確實掌握核電廠氫氣可能釋出的途徑，並強化氫氣監控及排放之措施；核電廠各項備用設備應考量在強震下的可用性，並強化操作程序的嚴謹正確。 | 核管處 | 本會初步安全評估報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件、(五)事故處理程序與訓練、(九)超過設計基準事故等項中本會之要求能完整涵蓋；該報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(一)廠區電源全部喪失(全黑)事件、(四)熱移除及最終熱沉能力、(八)複合式災難事件、(十)設備/設施完備性及備品儲備等項中本會之要求能完整涵蓋；本會納入此兩項議題並確實督導台電公司落實此要求。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 109 | 請原能會督導台電公司強化核電廠反應器一次圍阻體及管線的耐震能力，另針對核電廠組件、系統、結構物的耐震強度分析(Fragility Analysis)之長期技術發展，應檢討納入國內專家之技術能力與意見，以建立國內產、學參與並協助決策之機制。 | 核管處 | 本會初步安全評估報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(九)超過設計基準事故項中本會之要求能完整涵蓋；目前台電公司承諾分別於 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。以往核能電廠之地震危害度分析即由國內科研團隊執行，對核能電廠地震風險有重要之貢獻，如在耐震強度分析結合國內產、學專家協助建立本土化地震評估模式，爾後可立即執行事件反應評估，對風險決策有實質的助益，本會納入此項議題之要求並確實督導台電公司落實。 |
| 110 | 請國科會協調學術界提升海嘯研究能量，將波高、潮汐及氣候等因素納入研究範圍，並應強化各項研究數據之正確性及推估模式之可靠度。 | 核管處 | 本會持續保持與國科會研究團隊資訊溝通及連繫，亦將配合國科會的後續結果審查。本會納入此項議題之要求，並確實督導台電公司落實。 |
| 111 | 國內斷層細部及工程調查仍待發展，請國科會協調相關機構之研究應考量全波型不同頻率對建物之影響，近期內應瞭解備用設備耐震週期及在核電廠增設地震儀，長期則應完成海陸域調查、海嘯歷史事件調查研究。 | 核管處 | 本會持續保持與國科會研究團隊資訊溝通及連繫，亦將配合國科會的後續結果審查。台電公司在 7 月 6 日核管會議已承諾參考日本做法儘速增設地震儀。本會納入近期、長期議題之要求，並確實督導台電公司落實。 |
| 112 | 請原能會督導台電公司強化國內核電廠之耐震設計，透過執行模擬分析，瞭解在不同地震加速度情境下，對核能電廠可能的災損後果及影響，並進而強化對地震、海嘯複合型自然災害之因應措施。 | 核管處 | 本會初步安全評估報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(八)複合式災難事件、(九)超過設計基準事故項中本會之要求能完整涵蓋；另將要求台電公司針對不同地震情境(地震加速度)，模擬核能電廠可能的災損後果及影響。本會納入此項議題之要求並確實督導台電公司落實。 |
| 113 | 請原能會納入委員口頭及書面意見(詳如後附)檢討修訂核安總體檢報告，針對核電廠各項核安關鍵設施(如 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 本會已納入委員口頭及書面意見，並在第一階段評估報告要求台電公司限期辦理，本會確實督導台電公司落實。本會在第一階段評估報告並增加第二章福島一廠事故說明，將事故過程所顯現的弱點或缺失， |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 生水池)，應在報告中提出強化措施，並於下次會議中提出內容更具體、數據更完整、外界更易瞭解之報告。 | | 與我國總體檢的項目建立關聯性，以確認是否仍有不足或須改進之處；第三章針對重要檢討議題各項目的要求，提出本會要求之重點摘要；第五章列出中長期管制追蹤的作法及第一階段評估報告新增的要求事項；也希望委員能再提出指正，確保本會總體檢方案之完整性。 |

**貳、口頭及書面意見：**

| 序號 | 提案委員 | 書面意見 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|---|
| 201 | **陳正宏委員** | 建議台電建立地震災損系統中的災害評估。 | 核管處 | 本會將要求台電公司針對不同地震情境(地震加速度)，模擬核能電廠可能的災損後果及影響，並確實督導台電公司落實。 |
| 202 | | 建議原能會建立更精密的偵測能力。 | 輻防處<br>核管處<br>輻射偵測中心 | 一、原能會已提出專案計畫，將增購效率較高之加馬能譜分析儀，同時亦將添購高流量之空浮抽氣採樣設備，建立更精密的偵測能力。<br>二、檢討現行環境輻射偵測計畫，結合境內及境外核子事故緊急應變作為，精進輻射偵測系統與儀器設備，以提升偵測能力，並提供廣泛而細密的監測資訊，作為民眾防護應變之參考。<br>三、更新系統與儀器設備，包括：<br>1.高效率純鍺偵檢器能譜分析系統。<br>2.寬能量範圍純鍺偵檢器能譜分析系統。<br>3.感應耦合電漿質譜儀（ICP-MS）。<br>4.自動化熱發光劑量計計讀儀。 |
| 203 | | 建議原能會儘早規劃核能安全研究所之設置。 | 綜計處<br>核管處 | 目前刻參酌獨立行政法人日本原子力安全基盤機構（JNES）核能安全研究單位之架構與內部組成，著手研擬未來組改「核能安全研究所」設置要件草案（含職掌、人力、預算、研究屬性及組織架構等），並將配合國科會規劃進度進行後續協商討論。 |
| 204 | **郭位委員** | 技術問題應該由核電技術人員來決定(e.g. 在此情形，台電)，避免層層申報(此點美國較日本為優)。 | 核管處 | 本會要求台電公司建立斷然處置措施，將確實督導台電公司落實由電廠技術人員決定，並對斷然處置措施採事後通報，以使經營管理及管制單位能瞭解掌握機組特殊狀況。 |
| 205 | | 蓄水池(生水池)的可靠性也應該受到重視。否則，水池可能先遭破壞，而無法發 | 核管處 | 本會初步安全評估報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(四)熱移除及最終熱沉能力之項(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 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 生救援作用。 | | 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；本會持續追蹤此項議題並確實督導台電公司落實此要求。 |
| 206 | | 備用設備(Cable, for example)應先安排妥當，甚至應與外國合作互通有無。日本福島事故是一管理問題。 | 核管處 | 本會初步安全評估報告相關內容在核能安全防護之共通性審查意見：(十)設備/設施完備性及備品儲備之項(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；(五)事故處理程序與訓練之項(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；與設備、人員有關之措施均依品保程序納入程序書管控、維護測試及訓練；(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，即在要求台電公司強化管理落實核安文化。本會持續追蹤相關議題並確實督導台電公司落實此要求。 |
| 207 | | 原委會的總體檢詳實，應澈底執行。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 本會持續追蹤瞭解福島事故之成因，並蒐集研析各國因應及強化之做法，期望能積極提升核能電廠因應地震、海嘯及喪失所有電源威脅之設計能力，本會將確實督導台電公司澈底執行並落實相關要求。 |
| 208 | **劉容生委員** | 強調人才和管理對災難處理的重要性，應深入瞭解福島一廠 5/6 號機及福島二廠，未發生爐心熔毀的原因，了解操作方式與應變的差異性，以為未來我國核安的參考。海嘯分析應有數據來佐證。 | 核管處 | 本會持續追蹤瞭解福島事故之成因，並蒐集日本原子力保安院的調查報告，瞭解研析事故後受損的機制、各機組因應的做法，以為我國強化並提升核能電廠做法之基礎；故在第一階段報告第二章福島一廠事故經驗回饋第一項，表列比較 14 個受大地震急停之機組，廠址高程、想定海嘯最高位置及此次海嘯實際上溯高程，直指最重要之事故原因係福島一廠海嘯預防準備不足；然而，福島一廠 5/6 號機除了廠址高程較另 4 部機組高 3 公尺，僅淹浸水 1 至 2 公尺，且 6 號機是較其他機組更新之設計，建有廠房保護之氣冷式緊急柴油發電機，僅靠這部倖存的柴油發電機，即發揮了保護 5/6 號機組至安全停機的功用。至於，福島二廠的 4 部機組均與福島一廠 6 號機為相同的設計，故雖然廠區局部區域淹浸水達 2 至 3 公尺，然而福島二廠的 4 部機組並無傳出類似福島一廠多重安全設備單一共因故障的嚴重後果。本會在核能安全防護近期檢討議題：(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，即在要求台電公司健全組織人力、強化管理以落實核安文化。海嘯分析方面將配合國科會的後續結果審查。本會將確實督導台電公司落實相關要求。 |
| 209 | | 擴大學術界的參與及加強資訊的透明 | 綜計處 | 原能會除了要善盡核能安全管制的責任外，讓民眾更認識原能會、更瞭解原能會，絕對是本會各項業 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 化，可聘用專業的廣告公司，協助相關單位(能委會、台電、核能)加強對社會的宣導，減少社會民眾對核能的疑慮及不安。增加社會對核能接受度及信心。此體檢報告可能關係台灣未來核能的發展應慎重處理。 | | 務成敗的重要關鍵。因此原能會 99 年之施政策略目標，已將「落實資訊透明化，增進民眾信任」納入。<br>福島事件時，感受到民眾對輻射的疑慮甚深，故規劃辦理推動國人正確防護作為之教育溝通事項，為此已申請動支第二預備金共 250 萬元，俾經由出版品的製作或短片類多媒體等，及經由大眾傳播管道，將正確訊息傳播。此外，也將培育種子教師或對民眾團體說明。<br>未來在民眾溝通說明上也會遵照委員建議，引入學界及專業人士的協助，俾有效提升國人對核能與輻射安全的認知和消弭民慮。此外，原能會已開始規劃如何向民眾說明，並就溝通說明內容及辦理方式向學者專家請益中，且將渠等建議納入未來推動規劃應用。 |
| 210 | **劉仲明委員** | 總體檢顯示我國相關人才核心能力具備相當高的水準，惟在日本災變之後，相關專業領域人才的士氣以及未來生涯規劃及發展的衝擊，對專業人員的影響必須加以重視，畢竟，完備的系統仍需適當團隊來相輔相成。<br>實務上很難有百分之百安全的設計，如何在最壞的狀況能避免大災難應該是可能做到的，但如何與民眾溝通所謂的安全是一項挑戰。建議對法國的社會能持續支持核能發展做深入的瞭解並持續有具體做法，建立民眾對核能發電的信心。 | 核管處<br>綜計處 | 一、本會持續追蹤瞭解福島事故之成因，並蒐集日本原子力保安院的調查報告，瞭解研析事故後受損的機制、各機組因應的做法，以為我國強化並提升核能電廠做法之基礎；本會在核能安全防護近期檢討議題：(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化，即在要求台電公司健全組織人力、人才斷層的補強、強化管理以落實核安文化。本會將確實督導台電公司落實相關要求。<br>二、如何與民眾溝通「安全」確是一項挑戰，原能會就核能總體檢之溝通說明的內容及辦理方式正向學者專家請益中，且將渠等建議納入未來推動規劃之參考，並將瞭解國外做法，俾盡全力讓民眾瞭解並進而建立信心。 |
| 211 | **張國鎮委員** | 原能會與台電近幾個月對我國核電廠安全的提升做了許 | 核管處 | 本會持續追蹤瞭解福島事故之成因，並蒐集研析各國因應及強化之做法，期望能積極提升核能電廠因應地震、海嘯及喪失所有電源威脅之設計能力，本會 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 多的努力與具體的改善措施，值得肯定。 | | 將確實督導台電公司澈底執行相關改善措施並落實相關要求。 |
| 212 | | 台電公司必須思考如何結合、藉助國內產學界的投入，以加快進程，並進行長期之研究。（天然災害方面） | 核管處 | 本會持續追蹤國內外研究，並要求台電公司針對地震、海嘯、水災及衍生之喪失所有交流電源事故，應按照新資訊、運轉經驗及認識，以定期更新這些評估及評估的方法論，俾強化核電廠抵抗所有自然危害風險的防護能力。本會將確實督導台電公司結合、藉助國內產學界的投入，執行相關長期研究以落實相關要求。在福島事故後能源國家型計畫，核能主軸計畫已調整計畫方向以核能安全為主軸，未來建議應廣為邀請國內產學界共同參與規劃與執行。 |
| 213 | | 電廠與設備耐震安全餘裕評估應盡快開始，並研究影響核能安全的關鍵結構、系統或元件，優先進行分析、試驗、驗證及補強改善。 | 核管處 | 目前台電公司承諾分別於 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。耐震安全餘裕評估之執行如受限前述期程，本會將要求台電公司先行建立評估方法論及個案分析實作之技術能力。本會將確實督導台電落實相關要求 |
| 214 | **馬國鳳委員** | 電廠重要設施抗震週期的界定，評估其耐震度，以供未來地震模擬，做全面的情境模擬評估。 | 核管處 | 本會將要求台電公司執行電廠重要設施抗震週期的界定，為爾後全面的地震情境模擬評估之用。本會將確實督導台電落實相關要求。 |
| 215 | **許勝田委員** | 由報告得知福島一廠 1~4 機組在大地震後廠內電源喪失又失去補水能力是爐心燃料熔損及放射物外釋所致，目前台電所做大量的檢討工作主要是：<br>・確保海嘯不入侵 ECW 的抽水機。<br>・提供 ECW 足夠的備用電源。<br>・確保 ECW 系統生水供應能力。<br>・確保 Spent fuel pool 有水。 | 核管處 | 本會持續追蹤瞭解福島事故之成因，並蒐集研析各國因應及強化之做法，針對核能電廠可能遭遇超過設計基準之地震、海嘯及喪失所有電源等威脅，在設計能力之外補強核能電廠可能之因應措施，本會將確實督導台電公司澈底執行相關改善措施並落實相關要求。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 雖然個人對 ECW 系統的設計細節不完全瞭解，但由原能會的審查顯示，對ECW可能問題的考慮應已相當詳細。 | | |
| 216 | | 個人認為核災之發生有不同原因，也有不同系統來防止或控制問題的發生，目前報告所提僅止於其中的一些面向，建議應綜合列出可能發生的面向與層次及相應的安全系統，由此才容易讓委員或其他專業人員瞭解本檢討工作是否完整，核電廠的安全可以得到適當的保證。 | 核管處 | 第一階段報告已增加第二章專章說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，建立檢討議題及防範、救援、緩減事故的基礎，以助益於協助研判檢討項目及其強化措施的適當性；本會將確實督導台電公司澈底執行相關改善措施並落實相關要求。<br>考量日本事故報告提出的時間、內容的完整性及各國執行檢討或壓力測試之做法，乃決定核電廠安全防護總體檢的執行方式，首先由台電公司自我檢視機組現行設計與事故因應機制，在完成檢討列出可能的改善做法後，將報告送原能會審查，原能會除進行書面審查外，並派員赴電廠執行現場符合性查證工作，在此工作期間，原能會並參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，務必確保檢討項目之完整性。歐盟 WENRA 的壓力測試規範草案，及定案稿後 ENSREG 版壓力測試規範，國際原子能總署真相調查小組報告、美國核管會福島專案小組近期報告等建議事項，本會均即時掌握並了解其內涵，確保我國在執行核安防護總體檢作法與國際同步。 |
| 217 | **內政部警政署意見** | 初步安全評估報告附錄四之(五).6 及(五).10(警力協定書)警察於協助防救災的工作任務為執行災區警戒、治安維護及收容處所安全維護、交通管制、疏導、災情查通報、協助疏散及搶救災區民眾等；至核電廠事故處理，非屬警察專業，不宜由警察人員進入廠區內救災。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、本會將左列意見納入為審查意見，並將確實督導台電公司落實相關要求。<br>二、依地方政府區域民眾防護應變計畫，警察單位的分工為執行災區警戒、治安維護及收容處所安全維護、交通管制、疏導、災情查通報、協助疏散及搶救災區民眾等，並無規劃警察人員進入廠區內協助救災。 |
| 218 | **內政部消** | 有關第五點「事故處理程序與訓練」，原 | 核管處<br>輻防處 | 一、本會將左列意見納入為審查意見，並將確實督導台電公司落實相關要求。<br>二、目前台電公司各核能電廠分別與所在縣市消防局 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **防署意見** | 能會意見第 10 點：內政部消防……進入高輻射區規畫之協議/合約，並落實在電廠程序書乙節，依據災害防救法及地方制度法規定，災害防救係為地方自治事項，有關消防救災應由地方政府執行，爰此，有關消防單位人員進入核電廠高輻射區規劃之之協議/合約，原能會原建議由本署執行，依上開規定，應由核電廠與所在地之地方政府簽訂救災協議/合約，並落實在電廠程序書內，以落實防災體制。 | 核技處 | 簽署「消防救災支援協定書」並每年定期實施輻防訓練。核一、二廠主要與新北市政府消防局第六大隊合作，核三廠則與屏東縣政府消防局第四大隊合作。<br>三、各核能電廠均按輻防訓練計畫每年定期對電廠附近地區消防分隊實施輻射防護訓練與廠區環境介紹，98、99 年各廠共實施 15 場次訓練，總計 253 人次完成參訓。<br>四、目前消防救災支援協定書係由核電廠與所在地之地方政府簽訂，內容包括支援事項、範圍、程序、統一指揮、災情傳遞等協定事項。<br>五、各核電廠訂有消防作業程序書，內容包括編組、涉及輻射危險地區與涉有輻射危險顧慮之消防行動程序、消防人員之輻射防護規定與注意事項、廠外消防人員之責任與能力及聯繫方法、廠外消防人員進廠集結與引導及滅火注意事項暨人員輻射監測與防護之特別指導等。 |
| 219 | | 查目前核電廠所在之新北市及屏東縣政府消防局，基於核電廠搶救需要，均有與轄內之台電公司核能電廠簽訂消防救災支援協定書，惟為進一步確保消防救災人員支援核電廠救災安全，有關第五點「事故處理程序與訓練」部分，建請應將前不久日本發生東北強震引發核電廠核物質外釋事故搶救過程前車之鑑，深切檢討並重新修訂廠外消防單位人員支援進入輻射 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、本會將左列意見納入為審查意見，並將確實督導台電公司落實相關要求。<br>二、有關「核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」之廠外支援之搶救人員進入輻射區域或污染區時，相關處理機制、程序與標準作業程序書等，已請台電公司全面檢討，並預計於 10 月底前完成增（修）訂。<br>三、核子事故發生時，基於搶救生命或防止嚴重危害目的等，對於進入事故電廠從事干預行動之工作人員(除電廠員工及雇工人員外，尚可能包括軍警、消防人員、醫護人員等)，原則悉依「游離輻射安全標準」第 17 條「緊急曝露」規定處理，包括事先告知及訓練。<br>四、有關接受「緊急曝露」工作人員之劑量限制，依「游離輻射安全標準」第 18 條規定略以：為搶救生命，劑量儘量不超過 500 毫西弗；其餘搶救者劑量儘量不超過 100 毫西弗。<br>五、有關廠外消防進廠相關事宜綜合說明如下：<br>1.依核電廠 1420 作業程序書規定於設備火災或在 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 區或汙染區之SOP、台電公司前與各核電廠所轄之消防局簽訂之救災支援協定書等內容，建議修訂重點如下：<br>1. 應邀集核物質應變專家學者開會研商並訂定消防人員進入核電廠協助救災之可承受輻射劑量標準，並納入上開修訂事項辦理。<br>2. 建請依核電廠事故國際分級、狀況，廠內消防隊無法有效控制火勢等，明確訂定廠外消防單位須支援時機。<br>3. 建請核電廠應提供所在地之縣(市)政府消防局及緊急計畫區內消防單位足夠之人員防護、輻射偵檢裝備、完整之核電廠事故火災搶救等教育訓練及定期搭配演練等，以利支援救災任務之執行。<br>4. 當核電廠發生事故，廠內消防隊無法有效滅火時，依上開支援時機，請求外部消防單位支援 | | 地震後引起火災持續10分鐘以上，仍無法有效控制火勢，將協請廠外消防支援。另依消防救災支援協定事項廠外消防支援範圍，包括輻射管制區之核電廠財產區所轄範圍，惟進入輻射管制區之支援人員，須事先經輻防管制人員偵測無安全顧慮及同意後，始得進入，且核電廠應提供偵測及防護裝備供支援人員使用。<br>2.台電公司應針對簽訂支援協定之消防單位加強廠內救災之教育訓練且備妥進廠協助救災人員所需之防護裝備並定期辦理相關聯合實兵演練。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 時，核電廠消防隊除應提供進入廠內之外部消防單位人員足夠之安全防護裝備器材，並在廠內專業應變人員引導下進入廠內配合救災外，救災時，廠內並應全程監控及管制消防救災人員應在可承受輻射劑量標準範圍時間內配合救災。<br>5. 於支援協定中，應界定消防單位支援範圍，對於圍阻體(爐心)內之火災搶救任務，因屬核電救災專業領域，建請應由廠內專業消防隊執行之，消防單位支援任務則應以圍阻體(爐心)以外之一般構造物火災滅火為主。 | | |
| 220 | **內政部民防組意見** | 1. 對轄區分局員警辦理說明會，製作支援人員手冊，敘明輻射劑量與人體健康之關係、遭受輻射汙染時之處置作為，以減少第一線執勤人員之心理壓力。<br>2. 輻防包、劑量 | 核技處 | 一、本會將左列意見納入為審查意見，並將確實督導台電公司落實相關要求。<br>二、將配合地方政府針對救災人員辦理輻射防護相關之教育訓練，建立救災人員正確的輻射防護觀念。<br>三、救災人員所需之防護裝備，除由台電公司提供外，相關輻防包、劑量筆、防護衣等裝備將請地方政府依實際需求在核子事故緊急應變基金預算中編列。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 筆、防護衣等裝備應補足至轄區分局員警數，並有備用數量以備其他單位支援時使用。<br>3. 建立第一線執勤人員之輻射教育訓練、健康檢查及額外保險機制。 | | |

# 審查「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢第一階段報告」會議紀錄

一、時間：100 年 7 月 18 日（星期一）上午 10 時 30 分

二、地點：本院 3 樓第 4 會議室

三、主席：李召集委員鴻源

四、出席人員：詳如後附簽到單　　紀錄：吳景輝

五、主席致詞：(略)。

六、報告事項：

(一)原能會第一階段「近期核能安全議題之檢討」報告（略）。

(二)原能會第一階段「輻射防護及緊急應變機制之檢討」報告(略)。

七、審查結論：

(一) 核安總體檢報告除了應嚴謹地調查目前核安的實際情形外，針對可能潛在的核安風險，必須就技術、預算、設備等可能面對的限制條件綜合考量，研擬具體可行之因應措施，並進而提出相關之政策建議方案。

(二) 核子事故緊急應變區、疏散圈範圍為外界高度關注議題，原能會應依據專業的學理及分析來劃定範圍，並應就劃定之理由提出清楚的專業說明，及研擬完善之應變行動計畫，以化解民眾不必要之疑慮。

(三) 原能會與台電在部分核安管制議題上立場不同，更能凸顯管制機關原能會的監督功能；惟仍請原能會及台電公司就各項核安資訊及應採行之改善措施，加強聯繫及溝通。

(四) 有關將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g 一節，是否確實可

行，宜再進一步審慎評估，並應說明評估之因素及最終決定之依據。

(五) 請台電公司評估核一、二廠因應大屯火山爆發時火山灰堆積的影響，分析可以承受的堆積深度並研議因應措施。

(六) 本報告重點在於從日本福島電廠事故的經驗發掘核電廠須加強之處，並經強化後確保我國不會發生類似福島電廠之事故。請原能會在報告中加強說明總體檢的目標及範圍，並參照最新之核安國際規範及技術發展，充實及強化總體檢報告內容。

(七) 有關核安事故發生時可能引發之能源安全問題，請原能會考量在報告中予以補充說明；另核能安全易受心理因素影響，尤其恐怖攻擊等人為蓄意破壞對民眾心理面之影響極大，宜在報告中涵蓋相關之因應措施。

(八) 請原能會督導台電公司在電廠增設地震儀，並對外界說明以往核電廠於實際地震時量測之結果；另請原能會督導台電公司將海嘯分析納入核四廠終期安全分析報告（FSAR）中。

(九) 歷史上重大核子事故大都因人員的操作或管理問題而引起，請原能會務必督導台電公司提升人員的操作及管理績效。

(十) 目前國內有數個機關（構）進行放射性物質之研究及監測，為避免產生資訊不一致之情形，請原能會以日本福島事故時放射性物質擴散及分佈的資訊為例，研議建立類似氣象預報之官方單一資訊公布窗口。

(十一) 總體檢報告中下列用語及內容請再檢討修正：1.耐震“係數”之評估與提升，改為採用耐震“能力”之評估與提升；2.有關技術之用辭，應力求能精準表達技術要項；3.考量危害

度分析的可能影響，對安全停機地震（SSE）須保留彈性；4.對於核電廠因應地震之設計（Design）及能量(Capacity)須加以釐清，以避免外界誤解。

(十二) 請原能會規劃核化學相關輻射偵測技術與同位素分析之人力資源等需求，並會同國科會及教育部強化相關分析能量。

(十三) 請原能會督導台電公司，預為設想及推估可能造成核安問題之海嘯發生情境及機率，針對各項情境研擬可能之因應措施，並綜合考量成本及技術等因素，俾決定最終之方案。

(十四) 為瞭解國軍對核能的防救災能量，下次會議建議邀請國防部列席；另核安總體檢為一專業而複雜之工作，為利後續向民眾說明政府所採取各項核安管制及強化措施，下次會議宜邀請新聞局列席。

(十五) 請原能會參照委員口頭意見及書面意見(詳如後附)，檢討修正第一階段評估報告之內容，並將修正後報告函送本院。

八、散會(中午 12 時 10 分)

# 審查「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢第一階段報告」會議簽到單

一、時間：100 年 7 月 18 日(星期一)上午 10 時 30 分

二、地點：行政院 3 樓第 4 會議室

三、主持人：李召集委員鴻源

四、出席單位人員：

| 出(列)席人員 | 簽　　名 |
|---|---|
| 陳委員正宏 | 陳正宏 |
| 劉委員兆漢 | 劉兆漢 |
| 郭　委員　位 | 郭　位 |
| 劉委員容生 | (請假) |
| 劉委員仲明 | 劉仲明 |
| 張委員國鎮 | 張國鎮 |
| 馬委員國鳳 | 馬國鳳 |
| 劉委員立方 | (請假) |
| 許委員勝田 | 許勝田 |
| 趙　委員　鋼 | |

| 出(列)席人員 | 職　　稱 | 簽　　名 |
| --- | --- | --- |
| 內政部 | 消防署主秘<br>科長 | 馮啟益<br>李雅芳 |
| 經濟部 | 執行長 | 劉明吉 |
| 國科會 | 博士後研究 | 廖名偉 |
| 原能會 | 主委 | 李昆儒 |
| 台電公司 | 副總經理 | 許慶復 |
| 災害防救辦公室 | 組長<br>協理 | 許文章<br>謝適瑋 |
| 本院第五組 | 參議 | 紀純真 |
| 本院第六組 | 組長 | 許秉權 |

**書面意見**

陳正宏委員審查意見：

輻安偵測牽涉整體核化學各系列所分裂的元素同位素的偵測方法及能力，宜由原能會作整體偵測規劃，並設置人才培育的長程計劃，不是僅由各部會署建立自行偵測能量。

郭位委員審查意見：

一、美國NRC近日提出福島核事故的報告，可作為我們的參考、討論。

二、心理恐慌對社會安定有不良影響（而且是最主要的角色），因此推廣與宣導有必要加強，雖然宣導不易達成。

三、請注意暴力對核電廠未來的影響。

四、核安全是人員與管理的問題。應隨時做模擬演練。對核安全應做全體考量（地震，水災，火災，暴力，etc.）。

劉容生委員審查意見：

一、建議邀請國防部相關單位及專家出席未來會議，針對國軍對核災可能造成傷害及應變、救災能力做說明，並檢討日本福島事件，日本軍方所做之處理作評估，以為我國未來之參考。

二、核安總體檢是一個非常專業且複雜的討論，但如何讓社會民眾經由此嚴謹的安檢過程，了解相關單位對核安要求的嚴格，以減除民眾對核能的不安，增加社會的對核能的接受度，也是非常重要的結果。建議邀請未來對此事務相關的發言人或相關單位專家參與列席。

劉仲明委員審查意見：

專業上的討論仍需轉化成使人民“安心”的政策，例如 0.3g、0.4g 等數字，一般人無法瞭解，但實際量測的數據或許可增加一般人的感受。此外，若能 benchmark 國際上的數字，也可增加國人的安心。美國能源部部長朱棣文曾在 CNN 上接受訪問時，有一些溝通表達的方式可以參考，甚或可專程請益。

張國鎮委員審查意見：

一、報告中提及耐震係數（例如P.54表6-6），意義不夠明確，容易產生誤解，相關名詞可用耐震能力、耐震性能等。而核一廠耐震設計基準地震由0.3g提升至0.4g影響深遠，相關說明要更清晰周到，應考量新的地震危害評估結果的可能變化（避免說死，保持彈性）。

二、關於日本柏崎刈羽電廠在2007年新潟地震後，將其安全停機加速度值提升至1000gal（P.40），與電廠耐震設計基準SSE之關係為何？是否不同？（RLE，Review Level Earthquake？）應加以說明；如果相同，亦應說明為何其值高出我國核能電廠SSE值之理由。

許勝田委員審查意見：

一、本報告對福島事件之說明有助於委員對事件經歷的瞭解。

二、行政院核定的是「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢」，但本報告係針對「因應日本福島電廠事故」之體檢，兩者有相當

差距，建議就本報告的scope下定義。

三、核電廠出工安問題都源自於冷卻系統無法運轉或無法正常運轉。目前針對福島事件皆屬動力系統及供水系統的檢討，但若有些冷卻水系統在試俥期間沒做過試運轉（因該等系統僅在非常事件時才啟動），是否應列入本次體檢的對象？

# 行政院原子能委員會回應

## 行政院審查「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢第一階段報告」意見

### 壹、行政院審查結論：

| 序號 | 審查結論 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|
| 301 | 核安總體檢報告除了應嚴謹地調查目前核安的實際情形外，針對可能潛在的核安風險，必須就技術、預算、設備等可能面對的限制條件綜合考量，研擬具體可行之因應措施，並進而提出相關之政策建議方案。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、原能會依據行政院於 4 月 19 日核定之「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」之項目，要求臺灣電力公司針對現有應變機制、程序與設計能力執行檢討列出可能的改善做法後，將報告送原能會審查，原能會除進行書面審查外，並派員赴電廠執行現場符合性查證工作，在此工作期間，原能會並參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，務必確保檢討項目之完整性；原能會考量改善措施之國際做法及技術可行性，將請經濟部督促臺電公司提出不同改善措施方案之預算規劃，在確保核能安全之前提下研擬政策制定之建議方案。<br>二、核安總體檢報告中有關輻射防護部分，已就現有輻射安全的風險加以評估，並從技術、預算及設備等方面進行考量，並研擬出具體之措施。 |
| 302 | 核子事故緊急應變區、疏散圈範圍為外界高度關注議題，原能會應依據專業的學理及分析來劃定範圍，並應就劃定之理由提出清楚的專業說明，及研擬完善之應變行動計畫，以化解民眾不必要之疑慮。 | 核技處 | 將遵照辦理。原能會目前初步劃定之核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍 8 公里即是依據專業學理分析之結果，並研擬 8 公里範圍內外相關應變整備行動計畫與說帖及問答集等說明資料，另規劃辦理說明會，以面對面方式直接向核電廠附近民眾說明劃定理由與民眾防護行動，取得民眾共識，化解疑慮。 |
| 303 | 原能會與臺電在部分核安管制議題上立場不同，更能凸顯管制機關原能會的監督功能；惟仍請原能會及臺電公司就各項核安資訊及應採行之改善措施，加強聯繫及溝通。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 原能會在報告初稿完成後，均邀請臺電公司人員參與討論會議，說明核能電廠應強化之方向，並藉不定期、不同層級之會議及溝通方式，交換有關技術資訊，加強凝聚技術面之認知與共識，故在實施核安強化措施之技術面上並無歧見。未來原能會將會就各項核安資訊及應採行之改善措施，持續與臺電公司加強聯繫及溝通。 |
| 304 | 有關將核一廠之耐震基準 | 核管處 | 「核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g」一案係 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 由 0.3g 提升為 0.4g 一節，是否確實可行，宜再進一步審慎評估，並應說明評估之因素及最終決定之依據。 | | 行政院列管案件及核安總體檢項目之一，臺電公司迄未提出較詳細完整的規劃或針對不同個案比較之後續補強作業規劃，原能會已於 7 月 6 日核管會議要求臺電公司於 100 年 8 月底前提出報告。<br>心理面－在日本福島事故後國、內外媒體廣泛報導我國核電廠廠址具地震高風險，部份國人亦深感憂慮與不安，原能會有必要積極回應，要求臺電公司能確保核能電廠因應強震之能力提升。<br>經濟面－爰請經濟部協助提供不同方案評估之結果。<br>技術面－大多數美國核能電廠在地震方面並無高風險，然美國核管會仍要求核電業主依據 USGS 每六年公佈更新之地震危害資料，定期審視地震之危害及視需要提出因應或改善措施。我國核能電廠承諾參照美國核管會之法規，然我國核能電廠自建廠即未曾評估或更新地震之危害，且臺電公司過去亦未能積極規劃執行相關評估；另日本在 2006 年福島事故前即執行地震再評估之積極作為，我國核能電廠面臨地震之威脅亦高，亦應積極瞭解評估更新之作為。<br>綜上所述，耐震基準之提升實係複雜之社會性議題，最終評估決定之依據亦非單純面向可決，原能會將秉持專業及核能安全之最高原則提出佐助行政院決策之建議方向。 |
| 305 | 請臺電公司評估核一、二廠因應大屯火山爆發時火山灰堆積的影響，分析可以承受的堆積深度並研議因應措施。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 原能會將此議題納入第一階段安全評估報告，要求臺電公司針對大屯火山爆發時，評估火山灰堆積對核一、二廠的影響、分析可以承受的火山灰堆積深度及研議因應措施。 |
| 306 | 本報告重點在於從日本福島電廠事故的經驗發掘核電廠須加強之處，並經強化後確保我國不會發生類似福島電廠之事故。請原能會在報告中加強說明總體檢的目標及範圍，並參照最新之核安國際規範及技術發展，充實及強化總體檢報告內容。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、原能會即參考日本官方管制機構(原子力安全保安院)、東京電力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、歐洲核能安全管制者組織、世界核能發電者協會)針對福島一廠事故採行之加強安全措施，並依我國核能電廠設計基準、地質環境及運轉狀況等特性，檢討現有機組因應類似福島電廠事故之能力以及異常天災發生後可能潛在之設備功能喪失危險要項，規劃現有核能電廠全面安全體檢之具 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 體項目，以強化現有核能機組抗地震、防山洪、耐海嘯之能力，使臺灣不致發生類似日本福島電廠事故為目標。<br>考量日本事故報告提出的時間、內容的完整性及各國執行檢討或壓力測試之做法，乃決定核電廠安全防護總體檢的執行方式，首先由臺電公司自我檢視機組現行設計與事故因應機制，在完成檢討列出可能的改善做法後，將報告送原能會審查，原能會除進行書面審查外，並派員赴核電廠執行現場符合性查證工作，在此工作期間，原能會並參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，務必確保檢討項目之完整性。<br>二、原能會另已針對歐洲壓力測試項目以及IAEA 福島事件調查小組經驗回饋，相關內容進行審視，並已充實及強化總體檢報告內容。 |
| 307 | 有關核安事故發生時可能引發之能源安全問題，請原能會考量在報告中予以補充說明；另核能安全易受心理因素影響，尤其恐怖攻擊等人為蓄意破壞對民眾心理面之影響極大，宜在報告中涵蓋相關之因應措施。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、原能會將請經濟部協助瞭解並提供書面資料針對在核能機組因故無法長期提供電力時潛在之能源安全問題，俾納入第一階段安全評估報告附錄加以補充說明。<br>二、恐怖攻擊等人為蓄意破壞為核子保安與核能安全界面部份，已在目前的管制體制中納入，建請臺電公司納入總體檢報告。至於恐怖攻擊等人為破壞自 911 事件後即進行一序列的檢討精進，此部份屬密件等級建議不公開為宜。 |
| 308 | 請原能會督導臺電公司在電廠增設地震儀，並對外界說明以往核電廠於實際地震時量測之結果；另請原能會督導臺電公司將海嘯分析納入核四廠終期安全分析報告（FSAR）中。 | 核管處 | 原能會於7月6日核管會議中再度要求臺電公司參考日本案例，在核電廠重要廠房各樓層加裝地震儀，且各機組皆須裝設，以期有完整數據可提供地震分析或地震後再起動之用，本項作業已要求臺電公司提出規劃時間表。原能會將要求臺電公司提出並公佈核電廠在地震時，廠址實際量測之歷史紀錄。原能會將要求臺電公司將海嘯分析納入核四廠終期安全分析報告（FSAR）中。 |
| 309 | 歷史上重大核子事故大都因人員的操作或管理問題而引起，請原能會務必督導臺電公司提升人員的操作及管理績效。 | 核管處 | 我國採行之檢討措施與國際核能國家做法經初步比較，在項目和作法上頗為一致，其中，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，我國則較方案規劃時國際間之作法更為嚴謹、嚴密。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 在核電廠發生核子事故時，最重要的是依據營運程序書的規範控制事故的演進，使其不會惡化並導致爐心熔毀甚至放射性物質外釋進入環境，避免對人民生命財產造成不利的影響。福島事故再次提醒核安文化之重要性，累積小事件未適當處置會變成大事件，平時未針對相關營運程序書切實檢討，在實際需用的緊急情況下將會有無可挽回的危害。至於核電廠人力逐漸老化出現斷層，核能人才的流動與成長處於停滯狀態，工作長期外包對於運轉經驗與核安文化的傳承均有不利的影響。核安法規之健全，核安管制機關之獨立性均有待探討。 |
| 310 | 目前國內有數個機關（構）進行放射性物質之研究及監測，為避免產生資訊不一致之情形，請原能會以日本福島事故時放射性物質擴散及分佈的資訊為例，研議建立類似氣象預報之官方單一資訊公布窗口。 | 輻防處<br>核技處<br>輻射偵測中心 | 原能會將按委員意見，在應變體系內研議官方單一資訊發布機制。 |
| 311 | 總體檢報告中下列用語及內容請再檢討修正：1.耐震“係數”之評估與提升，改為採用耐震“能力”之評估與提升；2.有關技術之用辭，應力求能精準表達技術要項；3.考量危害度分析的可能影響，對安全停機地震（SSE）須保留彈性；4.對於核電廠因應地震之設計（Design）及能量(Capacity)須加以釐清，以避免外界誤解。 | 核管處 | 第 1 項及第 2 項：總體檢報告中用語遵照委員意見修訂。<br>第 3 項：日前日本原子力安全保安院在要求防海嘯之緊急安全對策，即依據福島一廠海嘯上溯高度超過設計值為標準做齊頭式之要求，故我國要求將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g 之做法，實係積極回應我國民眾對各核電廠核安標準的迫切期許。如危害度分析結果之要求更高，因已執行相關更新改善作業，臺電公司能由執行過程經驗回饋，以加速完成提升耐震之安全性能；若危害度分析結果無提高之要求，在已提高到更高的安全標準下，能強化我國政府對確保核能安全的宣誓。<br>第 4 項：日本原地震設計指引區分設計基準地表運動為 S1(活動斷層回歸期 10000 年以上)及 S2(活動斷層回歸期 50000 年以上)兩種，且設計理念為廠址地表運動不可能會超過 S2 者；在 2006 年修訂後採性能基準的地震設計指引僅 Ss(在約 80000 ~ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | 130000 年之前晚更新世的活動斷層)一種設計基準地震(設計值 Sd=a×Ss, a>=0.5)，且設計理念修改為廠址地表運動有可能會超過 Ss 者。在修訂後指引與原指引的差別為接受超過設計基準地震(Ss)風險之存在。福島電廠在原指引 S2 為 370 Gal，對照在修訂後指引 Ss 為 600 Gal。日本核管單位係在發現核電廠經歷遠超過設計基準(S2)之強震，然安全設備均未受損能正常運作並能安全停機，故為反映地震學及地震工程之進步方向規劃上述指引之修訂。雖然我國核能電廠運轉迄今，廠址實際量測最大地震加速度為核三廠恆春地震之 0.171g(該廠 SSE 為 0.4g)，然在福島事故之因應做為亦應考量國內地震學及地震工程之進展、納入廠址新發現的地質證據及歷史地震之變化，執行地震設計之安全再評估，以確保核能電廠因應強震之能力提升。 |
| 312 | 請原能會規劃核化學相關輻射偵測技術與同位素分析之人力資源等需求，並會同國科會及教育部強化相關分析能量。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處<br>輻射偵測中心 | 本次核能總體檢中，已針對國內輻射偵測技術與同位素分析能力做一完整的調查與分析，以及每日最大的檢測能量。輻射偵測儀器部分將會與相關部會協商，針對因應境內事故以及境外事故發生時，國內所需檢測能量進行討論，並於 100 年 12 月底完成檢討。同位素分析能力部分，原能會輻射偵測中心已提出中程計畫，提出計畫需求開始增補國內分析能力及設備。至於核化學相關輻射偵測技術與同位素分析之人力資源等需求，將會與國科會及教育部研議強化國內相關分析能量。 |
| 313 | 請原能會督導臺電公司，預為設想及推估可能造成核安問題之海嘯發生情境及機率，針對各項情境研擬可能之因應措施，並綜合考量成本及技術等因素，俾決定最終之方案。 | 核管處<br>核技處 | 一、原能會將此議題納入第一階段安全評估報告，要求臺電公司針對海嘯發生情境及機率，評估可能造成核安問題，針對各項情境研擬可能之因應措施，並要求臺電公司綜合考量成本及技術等因素，決定最終之方案。<br>二、原能會並將把此意見納入核安演習情境。 |
| 314 | 為瞭解國軍對核能的防救災能量，下次會議建議邀請國防部列席；另核安總體檢 | 核管處<br>核技處 | 原能會將採取與國際同步之技術考量，要求各項核安管制及強化措施，俾達成臺灣不致發生類似日本福島電廠事故之目標。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 為一專業而複雜之工作，為利後續向民眾說明政府所採取各項核安管制及強化措施，下次會議宜邀請新聞局列席。 | | |
| 315 | 請原能會參照委員口頭意見及書面意見(詳如後附)，檢討修正第一階段評估報告之內容，並將修正後報告函送本院。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處<br>綜計處 | 原能會已納入委員口頭及書面意見，並在第一階段評估報告要求臺電公司限期辦理，本會確實督導臺電公司落實。 |

**貳、口頭及書面意見：**

| 序號 | 提案委員 | 書面意見 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|---|
| 401 | **陳正宏委員** | 輻安偵測牽涉整體核化學各系列所分裂的元素同位素的偵測方法及能力，宜由原能會作整體偵測規劃，並設置人才培育的長程計劃，不是僅由各部會署建立自行偵測能量。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處<br>輻射偵測中心 | 同位素分析偵測方法及偵測能力部分，原能會輻射偵測中心已提出中程計畫，強化國內分環境析能力及設備。依國外經驗，美國食品藥物管理局本身有放射分析實驗室、而日本部分縣亦具有放射性分析能力；在中央則有文部科學省負責環境放射性分析。為了強化國內放射分析能力，國內宜比照美日等國分工模式，衛生署針對食品檢測，設置專業放射性分析實驗室進行分析；經濟部則針對所管轄的水庫水體建立放射性分析實驗室；農委會則針對農、漁、牧產品進行檢測。以上各機關宜評估自行設置專業實驗室或與大學及研究機構建立委託檢測機制，以因應未來事故時所需之緊急放射性分析能力，維護民眾輻射安全。 |
| 402 | **郭位委員** | 美國NRC近日提出福島核事故的報告，可作為我們的參考、討論。 | 核管處 | 第二次會議之簡報資料已彙整美國核管會福島事故專案小組近期報告之重要建議事項，原能會參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，並追蹤掌握各主要核能國家發表的報告及提出的建議事項，以為我國核安總體檢之依據。 |
| 403 | | 心理恐慌對社會安定有不良影響（而且是最主要的角色），因此推廣與宣導有必要加強，雖然宣導不易達成。 | 綜計處<br>輻防處<br>核技處 | 謝謝委員提醒，在總體檢報告中亦針對以民眾感受角度檢討現行作業方式進行陳述，冀望對於爾後宣導有所助益，另並加強規劃辦理溝通與宣導工作。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 404 | | 請注意暴力對核電廠未來的影響。 | 核技處 | 謝謝委員意見，將要求臺電公司檢討及加強防範措施。 |
| 405 | | 核安全是人員與管理的問題。應隨時做模擬演練。對核安全應做全體考量（地震，水災，火災，暴力，etc.）。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、我國採行之檢討措施與國際核能國家做法經初步比較，在項目和作法上頗為一致，其中，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，我國則較方案規劃時國際間之作法更為嚴謹、嚴密。原能會已針對廠外自然危害、及可能衍生之水災、火災納入運轉程序書，要求臺電公司備便應變設備及備品並納入實施案例之教育訓練。<br>臺電公司已建立機組斷然處置程序，仍未符合原能會之要求須具體再予精進之必要，在第一階段安全評估報告第五章提出本會後續要求之規劃「重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練」;臺電公司應依據原能會後續要求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，避免爐心熔毀及放射性物質大量外釋，使環境和民眾受到的影響減到最小。<br>二、謝謝委員提醒，未來針對核能安全人員與管理部分會隨時加強模擬演練。 |
| 406 | **劉容生委員** | 建議邀請國防部相關單位及專家出席未來會議，針對國軍對核災可能造成傷害及應變、救災能力做說明，並檢討日本福島事件，日本軍方所做之處理作評估，以為我國未來之參考。 | 核管處<br>核技處 | 原能會召集方案督導會報的成員涵括國防部在內的 13 個部會及地方政府，未來將持續與國防部相關單位及專家，針對國軍對核災可能造成傷害及應變、救災能力等逐項探討，並會就日本軍方在福島事件所做之處理進行評估參考。 |
| 407 | | 核安總體檢是一個非常專業且複雜的討論，但如何讓社會民眾經由此嚴謹的安檢過程，了解相關單位對核安要求的嚴格，以減除民眾對核能的不安，增加社會的 | 核管處<br>核技處<br>綜計處 | 原能會已規劃就核安總體檢的過程及第一階段檢討的項目與改善措施，期透過記者會、說明會等公開方式向社會大眾解說，供民眾了解相關單位對核安的嚴格要求。 |

<table>
<tr><td></td><td></td><td>對核能的接受度，也是非常重要的結果。建議邀請未來對此事務相關的發言人或相關單位專家參與列席。</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>408</td><td>劉仲明委員</td><td>專業上的討論仍需轉化成使人民“安心”的政策，例如 0.3g、0.4g 等數字，一般人無法瞭解，但實際量測的數據或許可增加一般人的感受。此外，若能 benchmark 國際上的數字，也可增加國人的安心。美國能源部部長朱棣文曾在 CNN 上接受訪問時，有一些溝通表達的方式可以參考，甚或可專程請益。</td><td>核管處<br>綜計處</td><td>如第 311 項回應提及我國核能電廠運轉迄今，廠址實際量測最大地震加速度為核三廠恆春地震之 0.171g (該廠 SSE 為 0.4g)。<br>依據 2010 年 9 月 2 日 GI 199 專案小組主席提供美國核管會核管署署長的備忘錄報告，有關美國中部、東部地震危害機率評估更新專案之風險評估結果，提出美國核電廠 SSE 低於(包含)0.2g 的至少有 90 個機組，Quad Cities 1、2 號機為 0.24g，Clinton、Seabrook 機組為 0.25g。另在美國加州的 San Onfree 三部機組原始均為 0.5g，目前均已更新為 0.67g (825 F.2d 1356 No. 85-7003. United States Court of Appeals, Ninth Circuit)，至於也在加州的 Diablo Canyon 兩部機組原始為 0.4g，目前均已更新為 0.75g (AB 1632 加州運轉中核電廠評估報告，CEC-100-2008-005-F，加州能源委員會)。<br>依據 JNES 在 2009 年 12 月 ICTP/IAEA 研討會的簡報資料如下表，第 1 欄為機組名稱，第 2 欄為 2008 年 3 月新審查指引之 Ss(單位 Gal)，第 3 欄為 2009 年 3 月新審查指引之 Ss(單位 Gal)，最後一欄為原指引之 S2(單位 Gal)。
<table>
<tr><th>核電廠名</th><th>New DBGM Ss</th><th>New DBGM Ss</th><th>DBGM S2</th></tr>
<tr><td>泊</td><td>550</td><td></td><td>370</td></tr>
<tr><td>女川</td><td>580</td><td></td><td>375</td></tr>
<tr><td>東通</td><td>450</td><td></td><td>375</td></tr>
<tr><td>福島</td><td>600</td><td></td><td>370</td></tr>
<tr><td>東海</td><td>600</td><td></td><td>380</td></tr>
<tr><td>濱岡</td><td>800</td><td></td><td>600</td></tr>
<tr><td>志賀</td><td>600</td><td></td><td>490</td></tr>
<tr><td>敦賀</td><td>650</td><td>800</td><td>532</td></tr>
<tr><td>美濱</td><td>600</td><td>750</td><td>405</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 大飯 600 700 405<br>高濱 550 370<br>島根 600 456<br>伊方 570 473<br>玄海 500 370<br>川內 540 372 |
| 409 | **張國鎮委員** | 報告中提及耐震係數（例如 P.54 表 6-6），意義不夠明確，容易產生誤解，相關名詞可用耐震能力、耐震性能等。而核一廠耐震設計基準地震由 0.3g 提升至 0.4g 影響深遠，相關說明要更清晰周到，應考量新的地震危害評估結果的可能變化（避免說死，保持彈性）。 | 核管處 | 相關名詞遵照委員意見修訂。<br>日本核管單位發現核電廠經歷遠超過設計基準(S2)之強震，安全設備正常運作且能安全停機，故為反應地震學及地震工程之進步規劃地震設計審查指引之修訂。日本原地震設計指引區分設計基準地表運動為 S1(定義活動斷層回歸期 10000 年以上)及 S2(定義活動斷層回歸期 50000 年以上)兩種,且設計理念為廠址地表運動不可能會超過 S2 者；在 2006 年修訂後採性能基準(performance based)的地震設計指引僅 Ss(定義在約 80000 ~ 130000 年之前晚更新世的活動斷層)一種設計基準地震(設計值 Sd=a×Ss, a>=0.5)，且設計理念為廠址地表運動有可能會超過 Ss 者；在修訂後指引與原指引的差別為接受超過設計基準地震(Ss)風險之存在。此次事故之福島電廠在原指引 S2 為 370 Gal，對照在修訂後指引 Ss 為 600 Gal。我國亦應考量地震學及地震工程之進展、廠址新發現的地質證據及歷史地震之變化，執行地震設計之安全再評估，以確保核能電廠因應強震能力之提升。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 410 | | 關於日本柏崎刈羽電廠在2007年新潟地震後，將其安全停機加速度值提升至1000gal（P.40），與電廠耐震設計基準SSE之關係為何？是否不同？（RLE，Review Level Earthquake？）應加以說明；如果相同，亦應說明為何其值高出我國核能電廠SSE值之理由。 | 核管處 | 同409項之說明，在Ss之定義與SSE類似，均係確認安全系統能發揮作用並能將機組安全停機之地震設計值。美國核管會早年要求執行個廠檢查(IPE)及個廠廠外事件檢查(IPEEE)，目前之管制方向已採安全度評估模式(PRA)之風險告知做法，然當時執行IPEEE有關地震事件，美國核管會對於廠址非地震高風險者，可以採用地震餘裕評估(SMA)來替代執行IPEEE的地震分析。以SMA 法執行時美國核能電廠預選設定之地震頻譜(可延用 NUREG-0098 資料)此即RLE，並可藉以估算SMA法所需要之HCLPF，在執行該分析時對欲分析的地震頻率下 HCLPFsa = max [RLEsa, SSEsa]。另在目前核電廠如執行地震PRA(如核管會之 SPAR 模式)分析時，一般採個廠廠址的均勻危害頻譜(UHS)做為該廠的RLE。 |
| 411 | **許勝田委員** | 本報告對福島事件之說明有助於委員對事件經歷的瞭解。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 原能會係遵照第一次會議委員審查意見辦理，並謝謝委員肯定。 |
| 412 | | 行政院核定的是「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢」，但本報告係針對「因應日本福島電廠事故」之體檢，兩者有相當差距，建議就本報告的 scope 下定義。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 原能會即參考日本官方管制機構(原子力安全保安院)、東京電力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、歐洲核能安全管制者組織、世界核能發電者協會)針對福島一廠事故採行之加強安全措施，並依我國核能電廠設計基準、地質環境及運轉狀況等特性，檢討現有機組因應類似福島電廠事故之能力以及異常天災發生後可能潛在之設備功能喪失危險要項，規劃現有核能電廠全面安全體檢之具體項目，以強化現有核能機組抗地震、防山洪、耐海嘯之能力，使臺灣不致發生類似日本福島電廠事故為目標。<br>考量日本事故報告提出的時間、內容的完整性及各國執行檢討或壓力測試之做法，乃決定核電廠安全防護總體檢的執行方式，首先由臺電公司自我檢視機組現行設計與事故因應機制，在完成檢討列出可能的改善做法後，將報告送原能會審查，原能會除進行書面審查外，並派員赴電廠執行現場符合性查證工作，在此工作期間，原能會並參考國際間各主要核能國家做法作適時調整，務必確保檢討項目之完整性。 |
| 413 | | 核電廠出工安問題都源 | 核管處 | 核能電廠在緊急時需用之設備，均列在運轉規範 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 自於冷卻系統無法運轉或無法正常運轉。目前針對福島事件皆屬動力系統及供水系統的檢討，但若有些冷卻水系統在試俥期間沒做過試運轉（因該等系統僅在非常事件時才啟動），是否應列入本次體檢的對象？ | | 之可用性要求，配合電廠營運程序書之定期測試以佐證該系統設備之可用性，如未能符合可用性要求須依規範執行適切之因應或改善措施，該等系統均為提供緊急時冷卻、電源等之供應，均為本次總體檢的重要項目。針對福島事故要求核能電廠因應超過設計基準事件所準備之額外設備，均要求納入電廠程序書列管並定期檢視及訓練，俾能符合原能會總體檢之要求。 |

# 續審「我國核能電廠因應日本福島電廠事故現有安全防護體制全面體檢第一階段安全評估報告」會議紀錄

一、時間：100 年 8 月 26 日（星期五）下午 1 時 30 分

二、地點：本院 2 樓第 1 會議室

三、主席：李召集委員鴻源

四、出席人員：詳如後附簽到單　　紀錄：吳景輝、林廣宏

五、主席致詞：(略)。

六、報告事項：

(一)原能會報告「第一階段核安總體檢結果之地方政府與民眾溝通規劃」(略)

(二)國科會報告「潛在大規模地震引發海嘯對核電廠之影響」(略)

(三)國防部報告「日本 311 地震福島核電廠事故國軍化學兵啟示與作為」(略)

七、審查結論：

(一)國科會所提「潛在大規模地震引發海嘯對核電廠之影響」報告，應針對各種預想情境的參數或標準明確定義，對於如何計算推估出地震可能引發之海嘯高度，亦宜進一步說明。另該報告目前係 2 維模擬資料，請國科會在下一階段 3 維海嘯分析中納入海浪波長、動力效應、近岸海底精細地形（例如考量南灣海灣地形之海嘯靈敏度分析，以了解核三廠分析結果的合理性）等因素，並考慮增加針對包括歷史海嘯、火山群、海底山崩等非地震斷層之海嘯分析。

(二)請原能會釐清美、日在核電耐震設計基準之地震定義及相關設

計要求；另請原能會督促台電公司務必確實調查及掌握各核電廠所在之海、陸域斷層現況，並追蹤海嘯分析中地震規模的影響，俾據以研擬因應措施。

(三)針對海嘯對各核電廠可能造成之影響，各媒體間的報導有相當差異，國科會及原能會在後續對民眾的宣導溝通上，應以更淺顯易懂、清楚及明確的方式進行。

(四)中研院和國際科學理事會合作設立之災害風險整合研究中心（Integrated Research on Disaster Risk, IRDR），業將核災納入研究之重點項目，請原能會等相關機關透過該平台，就核能安全議題強化與國際間之資訊交流及分享；另請行政院災害防救辦公室安排李政務委員鴻源拜會該中心，洽商未來之合作事宜。

(五)法國有約 80%之電力來自核能發電，核電廠安全管理及核安技術先進，民眾對核能發電接受度亦高。建議原能會可透過外交部或歐盟駐臺辦事處，邀請法國或歐盟核安相關學者專家來臺，引進先進之核能安全技術及觀念。

(六)核安議題宣導及溝通計畫之對象要明確，並應有具體之做法及策略，建議原能會再行檢討強化對民眾之宣導溝通計畫，可研議透過學校加強核安教育，及委請專業公關公司規劃核安宣導事宜，並請原能會研議投入更多之宣導經費。另後續對民眾之溝通宣導，可針對日本福島事故所呈現之缺失，及我國核能廠與日本核電廠之系統及設計差異等事項，加強說明。

(七)目前國內對核安、生物及化毒等事件之因應機制，分由不同的機關主政，應研議整合相關之應變機制及資源；國軍之核生化防護裝備應檢討強化，有關國軍核生化防護設備之現況及需強

化事項，請本院災害防救辦公室適時安排國防部於中央災害防救會報報告。

(八)大陸刻正積極推動核能發電，對臺灣可能造成之影響，應及早設想因應。

(九)請原能會在報告中加強摘要之內容，使摘要內容能具體呈現總體檢的執行重點與結論，同時建議修訂總體檢報告內容使其更平實易懂。

(十)針對原能會於報告附錄中所提政府組織再造後，核能安全管制專責機關將調整為三級機關，於協調相關部會時恐力有未逮一節，政府有責任提供民眾最完善的核能安全保障，行政院將視組織改造之進程及結果，適時檢討強化跨部會之核能安全因應機制。

(十一) 原能會所提之核電廠第一階段安全評估報告，業參酌前二次審查會議結論檢討修正，本案報告內容原則上尊重原能會之專業與權責。感謝各位審查委員費心審查，並請原能會參酌本次會議委員口頭及書面意見（詳如後附）修正報告部分內容後函送本院，再由本院幕僚單位據以簽復該會。

九、散會(下午 3 時 30 分)

續審「我國核能電廠因應日本福島電廠事故現有安全防護體制全面體檢第一階段安全評估報告」會議簽到單

一、時間：100 年 8 月 26 日(星期五)下午 1 時 30 分

二、地點：行政院 2 樓第 1 會議室

三、主持人：李召集委員鴻源

四、出席單位人員：

| 出(列)席人員 | 簽　　名 |
|---|---|
| 陳委員正宏 | |
| 劉委員兆漢 | |
| 郭　委員　位 | |
| 劉委員容生 | |
| 劉委員仲明 | |
| 張委員國鎮 | |
| 馬委員國鳳 | |
| 劉委員立方 | |
| 許委員勝田 | |
| 趙　委員　鋼 | |

| 出(列)席人員 | 職稱 | 簽名 |
| --- | --- | --- |
| 內政部 | 消防署主任秘書<br>經中將務總隊<br>李政宏 | 馮健豪<br>劉小玲 代理<br>周昭任 孫志盛 |
| 國防部 | 少將處長 | 曹君範 |
| 經濟部 | 組長 | 簡金河 |
| 國科會 | 技士員 | 張文孝<br>廖宏偉 |
| 原能會 | 主委 | 李長沛 |
| 新聞局 | 編審 | 吳輝雲 |
| 台電公司 | 副總經理<br>組長 | 徐慶豫<br>許永婷 |
| 災害防救辦公室 | 組長 | 王明德 |

列席人員：林志芳

| 出(列)席人員 | 職　　稱 | 簽　名 |
| --- | --- | --- |
| 本院第五組 | 參　議 | 林煥彰 |
| 本院第六組 | 組　長 | 孫亞秋 |



: 81:11:11-80-08

## 書面意見

陳正宏委員審查意見：

1. 國科會「潛在大規模地震引發海嘯之核電廠之影響」僅為 2 維模擬，3 維模擬套入精密之近海岸海底地形資料後，可能對溯高會有重大改變，宜先防範，並對海溝型地震源以外之海嘯多作瞭解。
2. 核能電廠附近之斷層性質宜多作深入研究，例如山腳斷層向北延伸及恆春斷層之南、北延伸之長度及類型均應儘速設法瞭解，有助於判斷可能產生地震之規模。

郭位委員審查意見：

1. 社會上對核電廠與核安全有許多不解，甚至誤解因此而引起許多嚴重誤導，造成社會不安。有效與有說服力的宣導十分重要，值得研究。我們的策略為何？
2. 中華民國危機應變處理模式如何？如果發生類似日本福島事故，我們能處理的更好嗎？
3. 法國的電力 80%來自核電，並額外支助鄰近國家的電力。可否邀請法國能源專家來台交流以便吸取他們的經驗。

劉容生委員審查意見：

1. 針對原能會的報告：加強與社會及民眾溝通是件重要的事情，但報告中，未說明整體的策略及溝通的對象？宣傳工具的選擇？經費的分配？各相關單位(原能會、台電、能源局、新聞局)整體的宣傳策略。

2. 國科會海嘯模擬：此項模擬計劃，十分重要，國科會應大力支持。但海嘯模擬是一個非常複雜的系統，本模擬結果與實際的情況可能與實際差異有落差，不宜納入本總體檢的報告。
3. 國防部報告：國防部報告十分詳細，國軍救災救民之投入及辛勞亦為國民有目共睹。針對未來核、生、化災之救援，應有統籌之規劃。特別是對大陸積極發展核能，未來對台灣造成的核害，應加強對策。
4. 法國核能佔全國 80%，核安也為全球所稱道，建議邀請法國專家來台，以分享其成功的經驗。

張國鎮委員審查意見：

1. 報告第 54 頁關於日本運轉中電廠之設計基準地表運動(DBGM，亦即 Ss)，提及『日本新審查指引 Ss 之定義與美國安全停機地震(Safe Shutdown Earthquake, SSE)類似，目的均係確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機之地震設計值』。關於美、日在核能耐震設計基準地震定義及相關設計性能要求仍需進一步釐清。未釐清之前，本報告用詞宜保留彈性。

   說明：日本 2006 年審查指引中對一級(S 級)結構之性能要求規定，在遭遇 Ss 地震下，允許結構降服，進入非彈性階段(指針第 7 節 Load Combination and Allowable Limit；陳宜彬處長「訪問日本核能地震安全相關機構及東京電力公司柏崎刈羽核電廠」報告第 6 頁)；而美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318 等)以 SSE 設計基準地震，進行彈性設計(參閱 FSAR)。換言之，美國規範要求，在 SSE 地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進

入非彈性反應。日本 Ss 及美國 SSE 地震下，均要求確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機。

由日、美西、台之地震環境比較，日本之地震環境較美西、台險惡，但應不致於動輒高出一倍(柏崎刈羽核電廠之 Ss 值為 1000gal)。日本核電廠審查指針之 Ss 地震與美國核電廠 SSE 地震之差異，仍需進一步釐清。

2. 報告中關於日本 311 地震規模之敘述，請將『芮氏規模』改為『規模』即可，請全文搜尋更改。

說明：學界對規模之定義很多種，媒體多誤為『芮氏規模』，為避免過於學術或錯誤，請只使用『規模』兩字，模糊涵蓋所有狀況。

許勝田委員審查意見：

1. 核電廠的原罪是它必須百分之百安全，但百分之百安全的東西是極難達到的，本次福島事件發生給國人的衝擊很大，因為日本人一向做事精細，如何說明核電事件會發生於日本，不會發生於台灣是極度困難的。但事實上福島電廠在一個廠址裝了 6 部機是規劃的一大缺失，建議在安全評估報告適當針對福島與台灣核電廠做比較，點出其差異，讓讀者了解。
2. 與民眾溝通，建議以學校為出發，學生較容易接受新資料，目標學生可影響家長。
3. 核三廠海嘯浪高較大，是否因其位於南灣內，而致使能量集中，建議就南灣的影響作補充說明。
4. 軍方設備不足，救災補貼條件差，建議往上呈報。

# 行政院原子能委員會回應
# 行政院續審「我國核能電廠因應日本福島電廠事故現有安全防護體制全面體檢第一階段安全評估報告」意見

## 壹、行政院審查結論：

| 序號 | 審查結論 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|
| 501 | 國科會所提「潛在大規模地震引發海嘯對核電廠之影響」報告，應針對各種預想情境的參數或標準明確定義，對於如何計算推估出地震可能引發之海嘯高度，亦宜進一步說明。另該報告目前係 2 維模擬資料，請國科會在下一階段 3 維海嘯分析中納入海浪波長、動力效應、近岸海底精細地形（例如考量南灣海灣地形之海嘯靈敏度分析，以了解核三廠分析結果的合理性）等因素，並考慮增加針對包括歷史海嘯、火山群、海底山崩等非地震斷層之海嘯分析。 | 核管處 | 原能會將持續追蹤國科會本階段及下一階段的海嘯模擬評估結果，做為採法規規範重新評估前要求臺電公司納入因應措施之參考，並持續督促臺電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並依重新分析之結果考量強化設計及因應能力。 |
| 502 | 請原能會釐清美、日在核電耐震設計基準之地震定義及相關設計要求；另請原能會督促臺電公司務必確實調查及掌握各核電廠所在之海、陸域斷層現況，並追蹤海嘯分析中地震規模的影響，俾據以研擬因應措施。 | 核管處 | 美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318 等)以 OBE 及 SSE 設計基準地震，進行耐震設計分析。美國規範要求，在 OBE 地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進入非彈性反應，但在 SSE 地震下安全相關之結構/系統/組件只要仍能發揮其既定功能，允許非彈性。原能會執行中之委託研究計畫「美日核能耐震相關規範/導則新舊差異分析」將持續探討並釐清美日耐震設計定義及要求。<br>美國核管會法規 10 CFR 50 附錄 S 原文如下，在 SSE 設計地震下，允許安全相關結構物、系統、組件超過降服應變。<br>100 CFR 50 Appendix S “Earthquake Engineering Criteria for Nuclear Power Plants”<br>IV. *Application To Engineering Design*<br>(a) Vibratory Ground Motion<br>(1) Safe Shutdown Earthquake Ground Motion<br>(iv) The evaluation must take into account soil-structure interaction effects and the expected |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | duration of vibratory motion. **It is permissible to design for strain limits in excess of yield strain in some of these safety-related structures, systems, and components during the Safe Shutdown Earthquake Ground Motion and under the postulated concurrent loads, provided the necessary safety functions are maintained**.<br>原能會將持續追蹤並督促核一、二、三廠附近海域、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。<br>原能會將瞭解掌握國科會海嘯分析，並確認海、陸域斷層補充調查結果對海嘯分析之影響；由於核能電廠海嘯分析為數十年前的老舊資料，而海嘯分析的結果與地震規模直接相關，近年學術界在地震工程學、海嘯分析研究等技術已有甚大之進展，將要求臺電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並視分析結果考量強化設計及因應能力。 |
| 503 | 針對海嘯對各核電廠可能造成之影響，各媒體間的報導有相當差異，國科會及原能會在後續對民眾的宣導溝通上，應以更淺顯易懂、清楚及明確的方式進行。 | 核管處<br>綜計處 | 一、原能會將依據國科會不同階段之海嘯分析結果，擬定對民眾溝通為淺顯易懂、清楚及明確的核電廠因應海嘯威脅之管制方式說明。<br>二、在後續對民眾的宣導溝通上，目前已規劃對民眾之宣導溝通方案，將依計畫逐步推展；且為促進民眾對本案專業內容的瞭解，透過現場說明等方式近距離溝通，讓民眾更清楚瞭解。 |
| 504 | 中研院和國際科學理事會合作設立之災害風險整合研究中心（Integrated Research on Disaster Risk, IRDR），業將核災納入研究之重點項目，請原能會等相關機關透過該平臺，就核能安全議題強化與國際間之資訊交流及分享；另請行政院災害防救辦公室安排李政務委員鴻源拜會該中心，洽商未來之合作事宜。 | 核管處 | 原能會將配合行政院災害防救辦公室洽商IRDR合作事宜進行在核災方面可能合作之研究項目。 |
| 505 | 法國有約 80%之電力來自核能發電，核電廠安全管理及核安技術先進，民眾對核能發電接受度亦高。建議原能會可透 | 核管處<br>綜計處 | 原能會將持續並強化對臺電公司核安管制之作為，建立民眾對核安、輻安之信心，以增進民眾對核能發電之接受度。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 過外交部或歐盟駐臺辦事處，邀請法國或歐盟核安相關學者專家來臺，引進先進之核能安全技術及觀念。 | | |
| 506 | 核安議題宣導及溝通計畫之對象要明確，並應有具體之做法及策略，建議原能會再行檢討強化對民眾之宣導溝通計畫，可研議透過學校加強核安教育，及委請專業公關公司規劃核安宣導事宜，並請原能會研議投入更多之宣導經費。另後續對民眾之溝通宣導，可針對日本福島事故所呈現之缺失，及我國核能廠與日本核電廠之系統及設計差異等事項，加強說明。 | 核管處<br>綜計處 | 一、原能會在總體檢第一階段安全評估報告已說明日本福島事故所呈現之缺失，將再針對民眾之溝通宣導，加強說明我國核能廠與日本核電廠之系統及設計等事項之差異。<br>二、宣導溝通已按「分眾」的概念在規劃執行中，除於教師研習營、種子教員培養之各項活動中，講述核安議題，並已諮詢專業公關公司，對本會未來推動核安宣導事宜，提供專業意見及規劃，目前刻對經費及內容進行執行評估。 |
| 507 | 目前國內對核安、生物及化毒等事件之因應機制，分由不同的機關主政，應研議整合相關之應變機制及資源；國軍之核生化防護裝備應檢討強化，有關國軍核生化防護設備之現況及需強化事項，請本院災害防救辦公室適時安排國防部於中央災害防救會報報告。 | 核技處 | 1.核子事故緊急應變作業係基於專業分工、相互合作原則執行，核子事故緊急應變法亦規定本法未規定者依災害防救法辦理，必要時，並可適時啟動全民防衛動員體系。<br>2.災害防救法修正草案已規劃納入輻射災害，未來緊急應變機制將更為完善，並有效運用國家整體救災資源。<br>3.國軍之核生化防護裝備及需強化事項，將配合國防部之檢討結果，提供必要之協助。 |
| 508 | 大陸刻正積極推動核能發電，對臺灣可能造成之影響，應及早設想因應。 | 核技處 | 大陸發生核子事故對我國主要影響為輻射塵的飄散，可歸類為「輻射公害」，主要應變作為包括環境輻射監測、飲水和食品之取樣與分析管制。原能會已參考此次日本福島事故因應作業，針對應變機制、大氣擴散及輻射劑量評估能力、海域及空中輻射偵檢作業等進行檢討，並做必要改善。 |
| 509 | 請原能會在報告中加強摘要之內容，使摘要內容能具體呈現總體檢的執行重點與結論，同時建議修訂總體檢報告內容使其更平實易懂。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處<br>綜計處 | 遵照辦理。原能會採納委員歷次審查意見，修訂總體檢第一階段安全評估報告，使摘要內容能具體呈現總體檢的執行重點與結論，同時依據委員審查意見修訂總體檢報告內容使其更平實易懂。 |
| 510 | 針對原能會於報告附錄中所提政府組織再造後，核能安全管制專責機關將調整為三級 | 核管處<br>綜計處 | 一、原能會將配合行政院組織改造之進程及結果，依據經檢討並強化之跨部會核能安全因應機制，提供民眾最完善的核能安全保障。 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 機關，於協調相關部會時恐力有未逮一節，政府有責任提供民眾最完善的核能安全保障，行政院將視組織改造之進程及結果，適時檢討強化跨部會之核能安全因應機制。 | | 二、政府組織再造方面：<br>1.原能會在此次政府組織改造作業中，由現行中央二級機關調整改隸為「科技部」所轄三級專責機關「核能安全署」（以下簡稱「核安署」），職掌功能定位為獨立行使功能的「核能安全管制」機關已確立。<br>2.依據100年6月7日立法院黨團協商結果，已參酌獨立行政法人日本原子力安全基盤機構（JNES）核能安全研究單位之架構與職掌，研擬未來組改「核能安全研究所」設置構想（含職掌、人力、預算、研究屬性及組織架構等），復經100年8月10日行政院組織改造推動小組會議討論決議，同意於核能安全署內成立派出單位「核安管制研究中心」，提供核能安全管制技術與研究必要之支援。<br>3.另為有效維護我國核能安全，研議保障核能及輻射安全對策，並加強督導及管考，以補強未來核安署於協調相關部會時恐力有未逮之核能安全因應機制，特規劃設置「行政院核能安全會報」，本會報置召集人、副召集人各一人，分別由行政院院長、副院長兼任，並為當然委員，其餘委員由相關部會首長兼任，務求為民眾提供最完善的核能安全保障。 |
| 511 | 原能會所提之核電廠第一階段安全評估報告，業參酌前二次審查會議結論檢討修正，本案報告內容原則上尊重原能會之專業與權責。感謝各位審查委員費心審查，並請原能會參酌本次會議委員口頭及書面意見（詳如後附）修正報告部分內容後函送本院，再由本院幕僚單位據以簽復該會。 | 核管處<br>輻防處<br>核技處<br>綜計處 | 遵照辦理。原能會採納委員歷次審查意見，修訂總體檢第一階段安全評估報告，並依據原能會之專業與權責持續執行後續工作。 |

**貳、口頭及書面意見：**

| 序號 | 提案委員 | 書面意見 | 回應單位 | 回應意見 |
|---|---|---|---|---|

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 601 | **陳正宏委員** | 國科會「潛在大規模地震引發海嘯之核電廠之影響」僅為2維模擬，3維模擬套入精密之近海岸海底地形資料後，可能對溯高會有重大改變，宜先防範，並對海溝型地震源以外之海嘯多作瞭解。 | 核管處 | 原能會將持續追蹤國科會本階段及下一階段的海嘯模擬評估結果，做為採法規規範重新評估前要求臺電公司納入因應措施之參考，並持續督促臺電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並依重新分析之結果考量強化設計及因應能力。 |
| 602 | | 核能電廠附近之斷層性質宜多作深入研究，例如山腳斷層向北延伸及恆春斷層之南、北延伸之長度及類型均應儘速設法瞭解，有助於判斷可能產生地震之規模。 | 核管處 | 原能會將持續追蹤並督促核一、二、三廠附近海域、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。 |
| 603 | **郭位委員** | 社會上對核電廠與核安全有許多不解，甚至誤解因此而引起許多嚴重誤導，造成社會不安。有效與有說服力的宣導十分重要，值得研究。我們的策略為何？ | 核管處<br>綜計處 | 一、原能會將針對社會民眾對核電與核安之誤解，強化相關之溝通宣導，協助提供嚴謹正確資料加強對民眾之說明。<br>二、另著眼於不同屬性的民眾，對於核安及政府安全管制的觀點亦有不同，已按「分眾」的概念，施行不同的宣導作業方式。 |
| 604 | | 中華民國危機應變處理模式如何？如果發生類似日本福島事故，我們能處理的更好嗎？ | 核管處<br>輻防處<br>核技處 | 一、我國核能電廠具有供應兩部機組之氣冷式第五部柴油發電機、氣渦輪發電機，以及在高處能採重力補水之生水池，或不致於如日本福島事故惡化，然在執行因應日本福島事故核能安全總體檢之前，如發生類似事故之電廠因應及處置未必能較順利；我國在執行因應日本福島事故核能安全總體檢並強化後，並記取日本福島事故之教訓及經驗回饋，能確認我國電廠將能處理的更好。<br>二、萬一發生核子事故，將依據核子事故緊急應變法規定，先由原能會成立緊急應變小組因應，若事故持續惡化，將適時動員成立輻射監測中心、支援中心、地方與中央災害應變中心進行各項應變作業。原能會亦已參考日本福島事故經驗，針對應變機制及法規、平時整備、緊急應變作業能力 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 進行檢討及相關改善作為，希萬一類似事故，能將損害降至最低。 |
| 605 | | 法國的電力 80%來自核電，並額外支助鄰近國家的電力。可否邀請法國能源專家來臺交流以便吸取他們的經驗。 | 核管處<br>綜計處 | 原能會將持續並強化對臺電公司核安管制之作為，建立民眾對核安、輻安之信心，以增進民眾對核能發電之接受度，配合相關業務規劃與國際先進核能國家做經驗交流。 |
| 606 | **劉容生委員** | 針對原能會的報告：加強與社會及民眾溝通是件重要的事情，但報告中，未說明整體的策略及溝通的對象？宣傳工具的選擇？經費的分配？各相關單位(原能會、臺電、能源局、新聞局)整體的宣傳策略。 | 綜計處 | 針對總體檢內容及未來宣導事項，目前已整體規劃並積極推動中。 |
| 607 | | 國科會海嘯模擬：此項模擬計劃，十分重要，國科會應大力支持。但海嘯模擬是一個非常複雜的系統，本模擬結果與實際的情況可能與實際差異有落差，不宜納入本總體檢的報告。 | 核管處 | 原能會將持續追蹤國科會本階段及下一階段的海嘯模擬評估結果，做為採法規規範重新評估前要求臺電公司納入因應措施之參考，並持續督促臺電公司依據美國相關法規規範以新技術重新分析，並依重新分析之結果考量強化設計及因應能力。國科會海嘯分析之初步評估結果，將遵照委員審查意見不納入目前總體檢第一階段安全評估報告。 |
| 608 | | 國防部報告：國防部報告十分詳細，國軍救災救民之投入及辛勞亦為國民有目共睹。針對未來核、生、化災之救援，應有統籌之規劃。特別是對大陸積極發展核能，未來對臺灣造成的核害，應加強對策。 | 核技處 | 1.災害防救法修正草案已規劃納入輻射災害，未來緊急應變機制將更臻完善。<br>2.有關中國大陸積極發展核電可能之影響，詳如序號 508 回應意見。 |
| 609 | | 法國核能佔全國 80%，核安也為全球所稱道，建議邀請法國專家來臺，以分享其成功的經驗。 | 核管處<br>綜計處 | 原能會將持續並強化對臺電公司核安管制之作為，建立民眾對核安、輻安之信心，以增進民眾對核能發電之接受度，配合相關業務規劃與國際先進核能國家做經驗交流。 |
| 610 | **張國** | 報告第 54 頁關於日本運轉中電廠之設計基準地 | 核管處 | 本報告遵照委員審查意見修訂敘述為「日本新審查指引 Ss 與美國安全停機地震(Safe |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **鎮委員** | 表運動(DBGM，亦即Ss)，提及『日本新審查指引Ss之定義與美國安全停機地震(Safe Shutdown Earthquake, SSE)類似，目的均係確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機之地震設計值』。關於美、日在核能耐震設計基準地震定義及相關設計性能要求仍需進一步釐清。未釐清之前，本報告用詞宜保留彈性。<br>說明：日本2006年審查指引中對一級(S級)結構之性能要求規定，在遭遇Ss地震下，允許結構降服，進入非彈性階段(指針第7節Load Combination and Allowable Limit；陳宜彬處長「訪問日本核能地震安全相關機構及東京電力公司柏崎刈羽核電廠」報告第6頁)；而美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318等)以SSE設計基準地震，進行彈性設計(參閱FSAR)。換言之，美國規範要求，在SSE地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進入非彈性反應。日本Ss及美國SSE地震下，均要求確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機。 | | Shutdown Earthquake, SSE)下均要求確認安全系統能發揮作用並能將機組安全停機之地震設計值」。<br>在美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318等)以OBE及SSE設計基準地震，進行耐震設計分析。美國規範要求，在OBE地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進入非彈性反應，但在SSE地震下安全相關之結構/系統/組件只要仍能發揮其既定功能，允許非彈性。原能會執行中之委託研究計畫「美日核能耐震相關規範/導則新舊差異分析」將持續探討釐清耐震設計之要求。<br>美國核管會法規10 CFR 50附錄S原文如下，在SSE設計地震下，允許安全相關結構物、系統、組件超過降服應變。<br>100 CFR 50 Appendix S "Earthquake Engineering Criteria for Nuclear Power Plants"<br>IV. *Application To Engineering Design*<br>(a) Vibratory Ground Motion<br>(1) Safe Shutdown Earthquake Ground Motion<br>(iv) The evaluation must take into account soil-structure interaction effects and the expected duration of vibratory motion. **It is permissible to design for strain limits in excess of yield strain in some of these safety-related structures, systems, and components during the Safe Shutdown Earthquake Ground Motion and under the postulated concurrent loads, provided the necessary safety functions are maintained**. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 由日、美西、臺之地震環境比較，日本之地震環境較美西、臺險惡，但應不致於動輒高出一倍(柏崎刈羽核電廠之Ss 值為 1000gal)。日本核電廠審查指針之Ss地震與美國核電廠 SSE 地震之差異，仍需進一步釐清。 | | |
| 611 | | 報告中關於日本 311 地震規模之敘述，請將『芮氏規模』改為『規模』即可，請全文搜尋更改。<br>說明：學界對規模之定義很多種，媒體多誤為『芮氏規模』，為避免過於學術或錯誤，請只使用『規模』兩字，模糊涵蓋所有狀況。 | 核管處<br>綜計處 | 原能會已遵照委員審查意見修訂報告內容。 |
| 612 | **許勝田委員** | 核電廠的原罪是它必須百分之百安全，但百分之百安全的東西是極難達到的，本次福島事件發生給國人的衝擊很大，因為日本人一向做事精細，如何說明核電事件會發生於日本，不會發生於臺灣是極度困難的。但事實上福島電廠在一個廠址裝了 6 部機是規劃的一大缺失，建議在安全評估報告適當針對福島與臺灣核電廠做比較，點出其差異，讓讀者了解。 | 核管處 | 在第一階段安全評估報告增加以下敘述：<br>因福島一廠廠址過於擁擠的配置，故兩機組間實體分隔性不足，故在一部機組的問題會導致相鄰機組在安全狀況的負面效應，例如，3 號機的氫氣爆炸導致用於 2 號機灌注海水消防泵失效無法運轉，受單一廠外事件(海嘯)導致同時喪失 6 部機組中 11 部緊急柴油發電機。福島一廠在廠址選定方面顯有弱點，蓋因福島二廠及女川電廠與福島一廠相距不遠，在地震及海嘯下並未遭受如福島一廠之嚴重損壞。<br>多機組廠址顯示優劣互見的交互影響：(1)共因失效的脆弱性增加，(2)處理多機組同時嚴重事故對人力、資源可用性挑戰甚大，(3)具有潛在較高的輻射源項，然而在(4)高度標準化有利經驗共享，及(5)共用設備有較佳經濟性，及在有足夠餘裕能相互支援時較高安全性。另外，依據目前推測在 4 號機的氫氣爆炸或火災係經由與 3 號機共用管線的氫氣洩漏所致。至於，5、6 號機組因距離 1~4 號機較遠，故能免於受 1、3 號機組氫氣爆炸之不利影響。 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 613 | | 與民眾溝通，建議以學校為出發，學生較容易接受新資料，目標學生可影響家長。 | 綜計處 | 目前以核能種子教師研習方式，將核安知識向校園紮根，學生、校園部分則規劃網路、園遊會、專題講座等較生活化、活潑方式，向學生傳達核安相關資訊。 |
| 614 | | 核三廠海嘯浪高較大，是否因其位於南灣內，而致使能量集中，建議就南灣的影響作補充說明。 | 核管處 | 原能會將持續追蹤國科會本階段及下一階段的海嘯模擬評估結果，了解南灣地形對海嘯分析結果浪高的影響情形。 |
| 615 | | 軍方設備不足，救災補貼條件差，建議往上呈報。 | 核技處 | 將配合國防部之檢討結果，提供必要之協助。 |

# 附錄七

# 核一、二、三廠近期檢討議題共通性審查意見

-

# 附錄七 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十一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、(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化等，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、海嘯)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，在今年 9 月 30 日前須依要求提出個廠總體檢報告，原能會執行書面審查及現場查證做確認。在個廠性管制追蹤要求為針對各運轉中電廠現場查證另提出之現場查證專案視察報告。

## 二、第一階段報告結論與改善時間表

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 小時僅作初步檢討之用，仍必須針對設計基準之分析結果重新檢討，並視需要強化必要的支援系統及功能(應急之臨時性設備不應納入提供相關分析之效益)，評估建立長期喪失所有交流電源 72 小時因應能力所需要之設備、程序書及訓練
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
6. 第 5 台氣冷式柴油發電機同時提供兩部機電源須事先妥為規劃供應之負載

**(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，要求每 10 年重新執行評估與確認，如有發現新事證須立即執行評估與確認
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. 規劃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、第 5 部氣冷式柴油發電機以及泵等重要設備及相關支援系統防火門、防水門提升至水密門等級

-

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升評估
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. 評估強化用過燃料池補水能力及監控儀器之規劃，包括(a)以安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、

-

輻射)，(b)採安全相關電源供應用過燃料池補水系統，(c)修改運轉規範要求有用過燃料在池中時，有一串廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系統及儀器，(d)設置耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池

7. 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
8. 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，以提升安全相關系統、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要求完成後續改善措施
12. 要求核一廠檢視氫氣排放路徑並提出強化之因應措施
13. 要求針對美國在嚴重事故現象的研究，持續追蹤了解圍阻體內氫氣及其他可能導致圍阻體失效的物理現象

**(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
13. 要求訂定計畫防止在緊急情況下產生之氫氣大量積存於反應器廠房等處
14. 要求臨時性救援規劃須納入電廠程序書，搭配電廠圖面做執行之說明，列出欲操作設備之位置、進出該設備之通路以及所需之工具，相關規劃須納入環境惡化之替代考量

-

**(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
3. 修訂意見之要求如本附錄第四章「第一階段報告後續要求之規劃」之第 3 項「重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練」說明

**(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(重新評估美國 GSI-172)

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，在風險評估要求中增加額外氣冷式柴油發電機效益之個案分析

**(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. 要求規劃強化主控制室、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；要求必須針對地震設計基準之分析重新檢討，並每 10 年重新執行評估與確認，如有發現斷層之新事證等新資訊須立即執行評估與確認

**(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，規劃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之評估
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

**(十一)精進人力/組織運作及強化核能安全文化**

1. 國際原子能總署的基本安全規則要求為台電公司執行安全文化參考之依據
2. 各要求事項都要評估並檢討人力需求，再彙整所有人力需求於此項，消防班人力在設備增加後須納入複合式災難下之需求要求
3. 要求台電公司瞭解並比對國際核能業界安全文化之作法，據以為精進方案強化之基礎

## 三、行政院審議專家小組審查意見

行政院之專家審查小組於 6 月 28 日、7 月 18 日及 8 月 26 日召開第一、二、三次審查會議，分別審議原能會 5 月中、7 月上旬、8 月中旬完成之初步安全評估報告、第一階段安全評估報告及修訂版，三次審查會之會議紀錄詳如附錄六，原能會要求台電公司應遵照委員審查意見及書面意見修訂，並納入於 9 月 30 日前提出之個廠總體檢進度報告。

(一)、行政院第一次審查會議

**1. 審查結論**

| 序號 | 審查結論 |
|---|---|
| 101 | 本核安總體檢報告審查小組之定位在於提出問題及發掘事實，並進而提出因應方案，原能會及台電公司應就核安議題強化溝通，積極檢討提出 |

-

| | |
|---|---|
| | 各項潛在的核安問題，並研議解決之道，倘有需跨部會協助事項，可由本院進行協調。 |
| 102 | 核安總體檢報告現階段應補充說明檢討議題與福島事故原因的關聯性，各項資料要更明確、完整，以助於研判檢討項目及其強化措施的適當性；至下一階段則應對各項核安議題進行全面性之考量，例如將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g，在技術、經濟及核電廠服役期限等層面是否皆可行。 |
| 103 | 請原能會參考歐盟核電廠壓力測試之評估項目及內容，檢討強化我國核能安全措施，並研議推動我國核安總體檢加入歐盟之壓力測試。 |
| 104 | 請原能會於總體檢報告提出國內核能電廠運轉安全之技術意見，並盤點國內核災應變機制的能量，例如目前國軍化學兵的救災能量；此外，針對核災可能發生的最嚴重情境，應考量核電廠運轉及安全的技術限制，預為研擬核電廠安全防護、輻射防護及緊急應變機制之強化措施。 |
| 106 | 核能安全的提升必須從設備、人員及管理三方面著手，除了應強化核電廠備用設備的可靠性、提升技術人員執行能力外，請原能會要求台電公司強化核電廠之管理。 |
| 107 | 請原能會持續加強核能安全之教育宣導，以避免社會大眾產生不必要之疑慮，同時應強調核災發生有不同層次及系統的差異，以利於非核能專業人士的理解；並請參考日本福島之經驗，規劃建立因應核災之國際支援及協助網絡。 |
| 108 | 請原能會督導台電公司確實掌握核電廠氫氣可能釋出的途徑，並強化氫氣監控及排放之措施；核電廠各項備用設備應考量在強震下的可用性，並強化操作程序的嚴謹正確。 |
| 109 | 請原能會督導台電公司強化核電廠反應器一次圍阻體及管線的耐震能力，另針對核電廠組件、系統、結構物的耐震強度分析(Fragility Analysis)之長期技術發展，應檢討納入國內專家之技術能力與意見，以建立國內產、學參與並協助決策之機制。 |
| 110 | 請國科會協調學術界提升海嘯研究能量，將波高、潮汐及氣候等因素納入研究範圍，並應強化各項研究數據之正確性及推估模式之可靠度。 |
| 111 | 國內斷層細部及工程調查仍待發展，請國科會協調相關機構之研究應考量全波型不同頻率對建物之影響，近期內應瞭解備用設備耐震週期及在核電廠增設地震儀，長期則應完成海陸域調查、海嘯歷史事件調查研究。 |
| 112 | 請原能會督導台電公司強化國內核電廠之耐震設計，透過執行模擬分析，瞭解在不同地震加速度情境下，對核能電廠可能的災損後果及影響，並進而強化對地震、海嘯複合型自然災害之因應措施。 |
| 113 | 請原能會納入委員口頭及書面意見(詳如後附)檢討修訂核安總體檢報告，針對核電廠各項核安關鍵設施(如生水池)，應在報告中提出強化措 |

-

| | |
|---|---|
| | 施，並於下次會議中提出內容更具體、數據更完整、外界更易瞭解之報告。 |

## 2.書面意見

| 序號 | 書面意見 |
|---|---|
| 201 | 建議台電建立地震災損系統中的災害評估。 |
| 204 | 技術問題應該由核電技術人員來決定(e.g. 在此情形，台電)，避免層層申報(此點美國較日本為優)。 |
| 205 | 蓄水池(生水池)的可靠性也應該受到重視。否則，水池可能先遭破壞，而無法發生救援作用。 |
| 206 | 備用設備(Cable, for example)應先安排妥當，甚至應與外國合作互通有無。日本福島事故是一管理問題。 |
| 207 | 原委會的總體檢詳實，應澈底執行。 |
| 208 | 強調人才和管理對災難處理的重要性，應深入瞭解福島一廠 5/6 號機及福島二廠，未發生爐心熔毀的原因，了解操作方式與應變的差異性，以為未來我國核安的參考。海嘯分析應有數據來佐證。 |
| 210 | 總體檢顯示我國相關人才核心能力具備相當高的水準，惟在日本災變之後，相關專業領域人才的士氣以及未來生涯規劃及發展的衝擊，對專業人員的影響必須加以重視，畢竟，完備的系統仍需適當團隊來相輔相成。<br>實務上很難有百分之百安全的設計，如何在最壞的狀況能避免大災難應該是可能做到的，但如何與民眾溝通所謂的安全是一項挑戰。建議對法國的社會能持續支持核能發展做深入的瞭解並持續有具體做法，建立民眾對核能發電的信心。 |
| 211 | 原能會與台電近幾個月對我國核電廠安全的提升做了許多的努力與具體的改善措施，值得肯定。 |
| 212 | 台電公司必須思考如何結合、藉助國內產學界的投入，以加快進程，並進行長期之研究。（天然災害方面） |
| 213 | 電廠與設備耐震安全餘裕評估應盡快開始，並研究影響核能安全的關鍵結構、系統或元件，優先進行分析、試驗、驗證及補強改善。 |
| 214 | 電廠重要設施抗震週期的界定，評估其耐震度，以供未來地震模擬，做全面的情境模擬評估。 |
| 215 | 由報告得知福島一廠 1~4 機組在大地震後廠內電源喪失又失去補水能力是爐心燃料熔損及放射物外釋所致，目前台電所做大量的檢討工作主要是：<br>・確保海嘯不入侵 ECW 的抽水機。<br>・提供 ECW 足夠的備用電源。 |

-

| | |
|---|---|
| | ・確保 ECW 系統生水供應能力。<br>・確保 Spent fuel pool 有水。<br>雖然個人對 ECW 系統的設計細節不完全瞭解，但由原能會的審查顯示，對 ECW 可能問題的考慮應已相當詳細。 |
| 216 | 個人認為核災之發生有不同原因，也有不同系統來防止或控制問題的發生，目前報告所提僅止於其中的一些面向，建議應綜合列出可能發生的面向與層次及相應的安全系統，由此才容易讓委員或其他專業人員瞭解本檢討工作是否完整，核電廠的安全可以得到適當的保證。 |
| 217 | 初步安全評估報告附錄四之(五).6 及(五).10(警力協定書)<br>警察於協助防救災的工作任務為執行災區警戒、治安維護及收容處所安全維護、交通管制、疏導、災情查通報、協助疏散及搶救災區民眾等；至核電廠事故處理，非屬警察專業，不宜由警察人員進入廠區內救災。 |
| 218 | 有關第五點「事故處理程序與訓練」，原能會意見第 10 點：內政部消防……進入高輻射區規畫之協議/合約，並落實在電廠程序書乙節，依據災害防救法及地方制度法規定，災害防救係為地方自治事項，有關消防救災應由地方政府執行，爰此，有關消防單位人員進入核電廠高輻射區規劃之之協議/合約，原能會原建議由本署執行，依上開規定，應由核電廠與所在地之地方政府簽訂救災協議/合約，並落實在電廠程序書內，以落實防災體制。 |
| 219 | 查目前核電廠所在之新北市及屏東縣政府消防局，基於核電廠搶救需要，均有與轄內之台電公司核能電廠簽訂消防救災支援協定書，惟為進一步確保消防救災人員支援核電廠救災安全，有關第五點「事故處理程序與訓練」部分，建請應將前不久日本發生東北強震引發核電廠核物質外釋事故搶救過程前車之鑑，深切檢討並重新修訂廠外消防單位人員支援進入輻射區或汙染區之 SOP、台電公司前與各核電廠所轄之消防局簽訂之救災支援協定書等內容，建議修訂重點如下：<br>1. 應邀集核物質應變專家學者開會研商並訂定消防人員進入核電廠協助救災之可承受輻射劑量標準，並納入上開修訂事項辦理。<br>2. 建請依核電廠事故國際分級、狀況，廠內消防隊無法有效控制火勢等，明確訂定廠外消防單位須支援時機。<br>3. 建請核電廠應提供所在地之縣(市)政府消防局及緊急計畫區內消防單位足夠之人員防護、輻射偵檢裝備、完整之核電廠事故火災搶救等教育訓練及定期搭配演練等，以利支援救災任務之執行。<br>4. 當核電廠發生事故，廠內消防隊無法有效滅火時，依上開支援時機，請求外部消防單位支援時，核電廠消防隊除應提供進入廠內之外部消防單位人員足夠之安全防護裝備器材，並在廠內專業應變人員引導下進入廠內配合救災外，救災時，廠內並應全程監控及管制消防救災人員應在可承受輻射劑量標準範圍時間內配合救災。 |

-

| | |
|---|---|
| | 5. 於支援協定中，應界定消防單位支援範圍，對於圍阻體(爐心)內之火災搶救任務，因屬核電救災專業領域，建請應由廠內專業消防隊執行之，消防單位支援任務則應以圍阻體(爐心)以外之一般構造物火災滅火為主。 |

## (二)、行政院第二次審查會議審查結論

### 1. 審查結論

| 序號 | 審查結論 |
|---|---|
| 301 | 核安總體檢報告除了應嚴謹地調查目前核安的實際情形外，針對可能潛在的核安風險，必須就技術、預算、設備等可能面對的限制條件綜合考量，研擬具體可行之因應措施，並進而提出相關之政策建議方案。 |
| 303 | 原能會與台電在部分核安管制議題上立場不同，更能凸顯管制機關原能會的監督功能；惟仍請原能會及台電公司就各項核安資訊及應採行之改善措施，加強聯繫及溝通。 |
| 304 | 有關將核一廠之耐震基準由 0.3g 提升為 0.4g 一節，是否確實可行，宜再進一步審慎評估，並應說明評估之因素及最終決定之依據。 |
| 305 | 請台電公司評估核一、二廠因應大屯火山爆發時火山灰堆積的影響，分析可以承受的堆積深度並研議因應措施。 |
| 306 | 本報告重點在於從日本福島電廠事故的經驗發掘核電廠須加強之處，並經強化後確保我國不會發生類似福島電廠之事故。請原能會在報告中加強說明總體檢的目標及範圍，並參照最新之核安國際規範及技術發展，充實及強化總體檢報告內容。 |
| 308 | 請原能會督導台電公司在電廠增設地震儀，並對外界說明以往核電廠於實際地震時量測之結果；另請原能會督導台電公司將海嘯分析納入核四廠終期安全分析報告（FSAR）中。 |
| 309 | 歷史上重大核子事故大都因人員的操作或管理問題而引起，請原能會務必督導台電公司提升人員的操作及管理績效。 |
| 311 | 總體檢報告中下列用語及內容請再檢討修正：1.耐震“係數”之評估與提升，改為採用耐震“能力”之評估與提升；2.有關技術之用辭，應力求能精準表達技術要項；3.考量危害度分析的可能影響，對安全停機地震（SSE）須保留彈性；4.對於核電廠因應地震之設計（Design）及能量(Capacity)須加以釐清，以避免外界誤解。 |
| 313 | 請原能會督導台電公司，預為設想及推估可能造成核安問題之海嘯發生情境及機率，針對各項情境研擬可能之因應措施，並綜合考量成本及技術等因素，俾決定最終之方案。 |
| 315 | 請原能會參照委員口頭意見及書面意見(詳如後附)，檢討修正第一階段 |

-

| | |
|---|---|
| | 評估報告之內容，並將修正後報告函送本院。 |

## 2.書面意見

| 序號 | 書面意見 |
|---|---|
| 402 | 美國 NRC 近日提出福島核事故的報告，可作為我們的參考、討論。 |
| 405 | 核安全是人員與管理的問題。應隨時做模擬演練。對核安全應做全體考量（地震，水災，火災，暴力，etc.）。 |
| 407 | 核安總體檢是一個非常專業且複雜的討論，但如何讓社會民眾經由此嚴謹的安檢過程，了解相關單位對核安要求的嚴格，以減除民眾對核能的不安，增加社會的對核能的接受度，也是非常重要的結果。建議邀請未來對此事務相關的發言人或相關單位專家參與列席。 |
| 408 | 專業上的討論仍需轉化成使人民“安心”的政策，例如 0.3g、0.4g 等數字，一般人無法瞭解，但實際量測的數據或許可增加一般人的感受。此外，若能 benchmark 國際上的數字，也可增加國人的安心。美國能源部部長朱棣文曾在 CNN 上接受訪問時，有一些溝通表達的方式可以參考，甚或可專程請益。 |
| 409 | 報告中提及耐震係數（例如 P.54 表 6-6），意義不夠明確，容易產生誤解，相關名詞可用耐震能力、耐震性能等。而核一廠耐震設計基準地震由 0.3g 提升至 0.4g 影響深遠，相關說明要更清晰周到，應考量新的地震危害評估結果的可能變化（避免說死，保持彈性）。 |
| 410 | 關於日本柏崎刈羽電廠在 2007 年新潟地震後，將其安全停機加速度值提升至 1000gal（P.40），與電廠耐震設計基準 SSE 之關係為何？是否不同？（RLE，Review Level Earthquake？）應加以說明；如果相同，亦應說明為何其值高出我國核能電廠 SSE 值之理由。 |
| 411 | 本報告對福島事件之說明有助於委員對事件經歷的瞭解。 |
| 412 | 行政院核定的是「我國核能電廠現有安全防護體制全面體檢」，但本報告係針對「因應日本福島電廠事故」之體檢，兩者有相當差距，建議就本報告的 scope 下定義。 |
| 413 | 核電廠出工安問題都源自於冷卻系統無法運轉或無法正常運轉。目前針對福島事件皆屬動力系統及供水系統的檢討，但若有些冷卻水系統在試俥期間沒做過試運轉（因該等系統僅在非常事件時才啟動），是否應列入本次體檢的對象？ |

## (三)、行政院第三次審查會議審查結論

### 1. 審查結論

-

| 序號 | 審查結論 |
|---|---|
| 501 | 國科會所提「潛在大規模地震引發海嘯對核電廠之影響」報告，應針對各種預想情境的參數或標準明確定義，對於如何計算推估出地震可能引發之海嘯高度，亦宜進一步說明。另該報告目前係 2 維模擬資料，請國科會在下一階段 3 維海嘯分析中納入海浪波長、動力效應、近岸海底精細地形（例如考量南灣海灣地形之海嘯靈敏度分析，以了解核三廠分析結果的合理性）等因素，並考慮增加針對包括歷史海嘯、火山群、海底山崩等非地震斷層之海嘯分析。 |
| 502 | 請原能會釐清美、日在核電耐震設計基準之地震定義及相關設計要求；另請原能會督促臺電公司務必確實調查及掌握各核電廠所在之海、陸域斷層現況，並追蹤海嘯分析中地震規模的影響，俾據以研擬因應措施。 |
| 509 | 請原能會在報告中加強摘要之內容，使摘要內容能具體呈現總體檢的執行重點與結論，同時建議修訂總體檢報告內容使其更平實易懂。 |
| 510 | 針對原能會於報告附錄中所提政府組織再造後，核能安全管制專責機關將調整為三級機關，於協調相關部會時恐力有未逮一節，政府有責任提供民眾最完善的核能安全保障，行政院將視組織改造之進程及結果，適時檢討強化跨部會之核能安全因應機制。 |
| 511 | 原能會所提之核電廠第一階段安全評估報告，業參酌前二次審查會議結論檢討修正，本案報告內容原則上尊重原能會之專業與權責。感謝各位審查委員費心審查，並請原能會參酌本次會議委員口頭及書面意見（詳如後附）修正報告部分內容後函送本院，再由本院幕僚單位據以簽復該會。 |

## 2.書面意見

| 序號 | 書面意見 |
|---|---|
| 601 | 國科會「潛在大規模地震引發海嘯之核電廠之影響」僅為 2 維模擬，3 維模擬套入精密之近海岸海底地形資料後，可能對溯高會有重大改變，宜先防範，並對海溝型地震源以外之海嘯多作瞭解。 |
| 602 | 核能電廠附近之斷層性質宜多作深入研究，例如山腳斷層向北延伸及恆春斷層之南、北延伸之長度及類型均應儘速設法瞭解，有助於判斷可能產生地震之規模。 |
| 604 | 中華民國危機應變處理模式如何？如果發生類似日本福島事故，我們能處理的更好嗎？ |
| 607 | 國科會海嘯模擬：此項模擬計劃，十分重要，國科會應大力支持。但海嘯模擬是一個非常複雜的系統，本模擬結果與實際的情況可能與實 |

-

| | |
|---|---|
| | 際差異有落差，不宜納入本總體檢的報告。 |
| 610 | 報告第 54 頁關於日本運轉中電廠之設計基準地表運動(DBGM，亦即 Ss)，提及『日本新審查指引 Ss 之定義與美國安全停機地震(Safe Shutdown Earthquake, SSE)類似，目的均係確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機之地震設計值』。關於美、日在核能耐震設計基準地震定義及相關設計性能要求仍需進一步釐清。未釐清之前，本報告用詞宜保留彈性。<br>說明：日本 2006 年審查指引中對一級(S 級)結構之性能要求規定，在遭遇 Ss 地震下，允許結構降服，進入非彈性階段(指針第 7 節 Load Combination and Allowable Limit；陳宜彬處長「訪問日本核能地震安全相關機構及東京電力公司柏崎刈羽核電廠」報告第 6 頁)；而美國核能法規及相關設計規範(NRC/RG、ACI-349、ACI-318 等)以 SSE 設計基準地震，進行彈性設計(參閱 FSAR)。換言之，美國規範要求，在 SSE 地震下，核電廠一級結構必須保持彈性，並不允許降服或進入非彈性反應。日本 Ss 及美國 SSE 地震下，均要求確認安全系統能發揮作用並將機組安全停機。<br>由日、美西、臺之地震環境比較，日本之地震環境較美西、臺險惡，但應不致於動輒高出一倍(柏崎刈羽核電廠之 Ss 值為 1000gal)。日本核電廠審查指針之 Ss 地震與美國核電廠 SSE 地震之差異，仍需進一步釐清。 |
| 611 | 報告中關於日本 311 地震規模之敘述，請將『芮氏規模』改為『規模』即可，請全文搜尋更改。<br>說明：學界對規模之定義很多種，媒體多誤為『芮氏規模』，為避免過於學術或錯誤，請只使用『規模』兩字，模糊涵蓋所有狀況。 |
| 612 | 核電廠的原罪是它必須百分之百安全，但百分之百安全的東西是極難達到的，本次福島事件發生給國人的衝擊很大，因為日本人一向做事精細，如何說明核電事件會發生於日本，不會發生於臺灣是極度困難的。但事實上福島電廠在一個廠址裝了 6 部機是規劃的一大缺失，建議在安全評估報告適當針對福島與臺灣核電廠做比較，點出其差異，讓讀者了解。 |
| 614 | 核三廠海嘯浪高較大，是否因其位於南灣內，而致使能量集中，建議就南灣的影響作補充說明。 |

## 四、第一階段報告後續要求之規劃

為反映近期主要核能國家及國際機構針對福島事件檢討之結論與建議事項，提出本會後續要求之規劃，主要項目如下：

-

1. 要求台電公司實施歐盟之壓力測試規範

依據行政院專案小組 6 月 28 日審查會議結論事項三，「請原能會參考歐盟核電廠壓力測試之評估項目及內容，檢討強化我國核能安全措施，並研議推動我國核安總體檢加入歐盟之壓力測試」。歐盟定義「壓力測試」係以全面、透明的安全及風險評估為基礎，針對所有歐盟境內核能電廠執行的安全審查。執行壓力測試的目的是評估現有電廠持照基準的安全餘裕是否足以因應未預期的事件，並經由對日本事故的經驗回饋，避免並防範類似事件在歐洲發生。

原能會將要求台電公司參照附錄五所列歐盟 ENSREG 壓力測試規範，執行各電廠核安總體檢的壓力測試，並於今(100)年 9 月 30 日前提出個廠壓力測試專章之進度報告。初步安全評估報告附錄四原列歐盟 WENRA 壓力測試規範停止適用。台電公司在今年 11 月 30 日前提出個廠壓力測試專章之總結報告，本會將現場查證及審查結果納入第二階段報告。

2. 要求台電公司實施美國核能協會(NEI) 06-12 報告

美國核管會已公佈飛機撞擊導致威脅的法規 10CFR50.54(hh)，在福島事件後已開始陸續對外公開相關文件(如 NEI 06-12)，本會在取得機敏性資料後即送台電公司據以做為執行總體檢之參考。

原能會要求台電公司遵循美國法規 10CFR50.54(hh)要求執行 NEI 06-12「B.5.b Phase 2&3 Submittal Guidance」針對火災或爆炸導致喪失大範圍廠區之指引，強化國內核能電廠對飛機衝撞所衍生爆炸、火災而喪失大範圍廠區的因應能力，台電公司應在今年 12 月 31 日前提出個廠因應作法、硬體改善及程序書更新之規劃報告。

-

3. 重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練

台電公司目前提報之斷然處置程序，仍未符合原能會之要求須具體再予精進之必要，並須加強人員之訓練，說明如下。

針對程序書定義「超出電廠設計基準的情況發生時，機組喪失廠內外交流電源或反應爐/蒸汽產生器補水，必須採取決斷行動做好廢棄反應爐的準備」而言，程序書要求不應限制在「超出電廠設計基準」之事故為斷然處置程序進入點，蓋電廠未遭遇超出電廠設計基準的情況，然而因為暫態再加上一連串設備隨機失效及運轉員誤操作，雖然其發生概率或為甚微，機組仍有可能面對極嚴酷之挑戰而須採取斷然處置之措施。

程序書定義斷然處置起動時機係「機組強震急停，同時中央氣象局發佈海嘯警報、機組喪失廠內外交流電源或反應爐/蒸汽產生器喪失補水時」，同上敘述指稱機組並非在超過設計基準事故才有執行斷然處置之需，睽諸美國三哩島爐心熔毀事故的發生即可確證。電廠必須事先評估機組狀態以為準備執行斷然處置程序之時序，如核一、二、三廠在喪失所有交流電源之情形下，蒸汽帶動之設備亦因隨機故障而無法起動，分別在 1.3 小時、0.9 小時及 3.1 小時達爐心燃料開始損毀之溫度(華氏 2200 度)，因此，在執行時序上各廠須備有不同機組運轉組態的事先分析資料庫，協助機組運轉員判斷以瞭解並為執行斷然處置程序之先期準備。

程序書在斷然處置決策點為「決定將生水或海水注入反應爐或蒸汽產生器」，然在核一、二廠如在最嚴重之情況下，類似福島電廠須將圍阻體內具放射性物質的壓力排放進入環境，才得以降低系統壓力執行低壓注水，對環境的影響具一定之衝擊，故亦須納入決策點之考

量。

目前的執行程序在通報經董事長同意後，電廠據以執行；如通訊中斷，才依授權由廠長或當值值班經理執行，依據行政院審查委員意見以及日本做法，須落實技術問題由電廠技術人員決定，並對斷然處置措施採事後通報，以使經營管理及管制單位能瞭解掌握機組特殊狀況(如圍阻體排氣的環境輻射影響、壓力容器灌注海水之棄廠操作)。

4. 要求台電公司依廠址撰寫個廠總體檢報告

我國核能電廠安全防護總體檢方案，要求執行檢討之核能安全防護近期議題有以下 11 項：

(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

目前台電公司針對總體檢方案，提出核能安全防護近期檢討 11 項議題的報告，以及對本會初步安全評估報告的共通性議題、個廠性議題之審查意見分別提出回覆。歐盟做法係依不同廠址提出報告，強化審查程序及透明化並增加國內民眾對核安之信心，故要求台電公司

-

依據並納入原能會專案視察及審查意見修訂，於今(100)年 9 月 30 日前提出個廠之總體檢進度報告，章節內容須包括上述 11 項近期檢討議題專章及歐盟壓力測試專章等章節；要求台電公司在 11 月 30 日提出個廠上述報告之總結報告，須包括台電公司對個廠總體檢的各個項目提出自我評估。

-

# 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 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 1. 要求因應廠區全黑能力之時間至少提高為 24 小時僅作初步檢討之用，仍必須針對設計基準之分析結果重新檢討，並視需要強化必要的支援系統及功能(應急之臨時性設備不應納入提供相關分析之效益)，評估建立長期喪失所有交流電源 72 小時因應能力所需要之設備、程序書及訓練 | 101.06.30 |
| | 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 | 100.06.30<br>(後續追蹤) |
| | 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 | 100.12.31 |

-

| | | |
|---|---|---|
| | 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 | 101.06.30 |
| | 6. 第 5 台氣冷式柴油發電機同時提供兩部機電源須事先妥為規劃供應之負載 | 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 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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，要求每 10 年重新執行評估與確認，如有發現新事證須立即執行評估與確認 | 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. 規劃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 | 100.12.31 |
| | 8. 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、第 5 部氣冷式柴油發電機以及泵等重要設備及相關支援系統防火門、防水門提升至水密門等級 | 101.12.31 |
| | 9. 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 |
| | 10. 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 |
| | 11.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後續改善規劃 | 100.9.30 |

-

| 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升評估 | 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 | 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. 評估強化用過燃料池補水能力及監控儀器之規劃，包括(a)以安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、輻射)，(b)採安全相關電源供應用過燃料池補水系統，(c)修改運轉規範要求有用過燃料在池中時，有一串廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系統及儀器，(d)設置耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池 | 100.09.30 |
| | 7. 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<br>(後續追蹤) |
| | 8. 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<br>(後續追蹤) |

-

| 項目 | 四、熱移除及最終熱沉能力 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 3. 考量原有系統組件具相同功能之耐震能力提升，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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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明管化等之耐震能力。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 | 評估 100.12.31<br>提升 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、核二廠 ECW、核三廠 NSCW 系統在機組間、串間的實體分隔性，以提升安全相關系統、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要求完成後續改善措施 | 100.9.30 |
| | 12.要求核一廠檢視氫氣排放路徑並提出強化之因應措施 | 100.12.31 |
| | 13.要求針對美國在嚴重事故現象的研究，持續追蹤了解圍阻體內氫氣及其他可能導致圍阻體失效的物理現象 | 100.12.31 |

-

| 項目 | 五、事故處理程序與訓練 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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 | 100.12.31 |
| | 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、具體明確 | 100.9.30 |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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、具體明確 | 100.9.30 |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 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(後續追蹤) |
| | 13.要求訂定計畫防止在緊急情況下產生之氫氣大量積存於反應器廠房等處 | 100.12.31 |
| | 14.要求臨時性救援規劃須納入電廠程序書，搭配電廠圖面做執行之說明，列出欲操作設備之位置、進出該設備之通路以及所需之工具，相關規劃須納入環境惡化之替代考量 | 100.12.31 |

-

| 項目 | 六、機組斷然處置程序之建立 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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 | 100.9.30 |
| | 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 | 100.9.30 |
| | 3. 修訂意見之要求如本附錄第四章「第一階段報告後續要求之規劃」之第 3 項「重新檢討斷然處置措施之完整性與人員訓練」說明 | 100.9.30 |

-

| 項目 | 七、一/二號機組相互支援 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 5. 提出並確認兩機組間對安全為重要之差異 | 100.6.30<br>(後續追蹤) |

-

| 項目 | 八、複合式災難事件 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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(重新評估美國 GSI-172) | 100.12.31 |
| | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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 | 100.9.30 |
| | 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，在風險評估要求中增加額外氣冷式柴油發電機效益之個案分析 | 100.12.31 |

-

| 項目 | 九、超過設計基準事故 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 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 | 100.12.31 |
| | 2. 要求規劃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<br>(後續追蹤) |
| | 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 | 100.8.31 |
| | 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；要求必須針對地震設計基準之分析重新檢討，並每 10 年重新執行評估與確認，如有發現斷層之新事證等新資訊須立即執行評估與確認 | 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<br>(後續追蹤) |
| | 3. 參考日本做法，規劃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之評估 | 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<br>(後續追蹤) |
| | 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<br>(後續追蹤) |

-

| 項目 | 十一、精進人力/組織運作及強化核能安全文化 | 預定完成期限 |
|---|---|---|
| 原能會意見 | 1. 國際原子能總署的基本安全規則要求為台電公司執行安全文化參考之依據 | 100.12.31 |
| | 2. 各要求事項都要評估並檢討人力需求，再彙整所有人力需求於此項，消防班人力在設備增加後須納入複合式災難下之需求 | 100.10.31 |
| | 3. 要求台電公司瞭解並比對國際核能業界安全文化之作法，據以為精進方案強化之基礎 | 100.9.30 |