

經濟部「核四地質調查安全評估報告」之
原能會安全評估報告
(初稿版)

行政院原子能委員會

中華民國 105 年 5 月

摘 要

依據立法院經濟委員會於102年4月17日決議事項，經濟部要求中央地質調查所由地質專業角度，針對台電公司之核四廠地質調查案進行檢核評議工作，經中央地質調查所邀集7位地質、地震及防災等領域之專家學者組成「核四地質調查檢核經濟部評議小組」，針對核四廠各階段調查成果及近期補充地質調查成果，進行檢核作業並彙整完成書面報告-「核四地質調查安全評估報告」，於102年12月17日依前述立法院經濟委員會決議正式函送本會。本會於收到經濟部提送之「核四地質調查安全評估報告」後，隨即邀集3位地質及地震相關領域之專家學者，以核安管制角度，針對前述經濟部評議小組審查結論進行平行檢視，同時逐一審查經濟部及台電公司處理經濟部評議小組審查意見之合理性與妥適性，審查期間陸續召開4次審查會議，共提出21項審查意見，經彙整審查結果後提出本案之安全評估報告（SER）。

本案除通過龍門廠第一、二號機汽機廠房區之 S 斷層相關議題外，其餘本會審查意見之經濟部答覆說明均已獲本會委員同意，而其中涉及需進一步調查釐清者，部分議題將由本會已開立之福島後核管案件追蹤外，包含 S 斷層及其他未納入福島後管制案部分則將另案開立管制案追蹤辦理情形。針對 S 斷層部分，本會委員亦認為應依經濟部評議小組之意見，進行槽溝開挖以進一步釐清相關疑慮，惟本項工作因涉及水保計畫變更需經主管機關同意後方能執行，故 S 斷層槽溝方面之調查結果並未納入現階段之本會安全評估報告，後續本會將於 S 斷層槽溝開挖工作完成後，視調查及審查結果情形，以附件形式補充或重新修訂方式完成本安全評估報告。

報告各章節內容包括第1章前言、第2章核四地質調查檢核經濟部評議小組委員意見概述及後續應完成事項、第3章本會委員意見、第4章審查總結。

目 錄

摘 要	1
壹、前 言	6
貳、經濟部評議小組審查意見概述及後續應完成事項	8
2-1 經濟部評議小組審查意見概述	8
2-2 經濟部評議小組審查意見之後續應完成事項	11
參、本會委員審查意見	15
3-1 報告完整性議題及經濟部評議小組審查後續應完成事項 ...	15
3-2 核四廠址鄰近地質構造議題.....	22
3-3 火山活動對龍門廠區之影響議題.....	32
3-4 報告圖面文件補充	45
3-5 廠址 S 斷層議題	60
肆、審查總結	70
附件一 審查作業重要歷程	73
附件二 本會委員審查後續應辦理事項及經濟部辦理情形說明 ...	74

圖目錄

- 圖一 北台灣地質構造圖以及東北部 CD 地質剖面圖
- 圖二 核四廠區附近河階或海階階地面調查結果圖
- 圖三 北部海域火山、海底山崩及構造線調查範圍
- 圖四 北部陸域火山、古海嘯調查範圍
- 圖五 龜山島相對於日本火山活動度分級圖之等級
- 圖六 龜山島數值地形圖
- 圖七 龜山島與核四廠地理位置圖
- 圖八 比例尺 1/50 萬之地質圖
- 圖九 比例尺 1/50000 之地質圖
- 圖十 符合比例尺 1/5,000 (原圖比例尺 1/2,000) 地質圖
- 圖十一 符合比例尺 1/500 (原圖比例尺 1/200) 地質圖
- 圖十二 核四海域 40 公里範圍內地質圖
- 圖十三 核四暨台灣東北海域地質圖
- 圖十四 核四廠址周圍 5miles(8 公里)範圍內之歷史地震
(1900-2012)

表目錄

表一 經濟部評議小組審查意見之後續應完成事項

表二 台電公司規劃探查工項

壹、前言

立法院經濟委員會於102年4月17日決議「三、為防範台灣電力股份有限公司出資委託從事核電廠之地質調查工作有所偏頗、未完整揭露、片面調查分析之弊，爰要求核四廠地質重新調查工作應由經濟部、中央地質調查所(以下簡稱地調所)辦理，並經由行政院原子能委員會(以下簡稱本會)邀請國內地質專家嚴格審查，讓核四廠場址所在地與週遭地質與海域之調查，能夠獲得全面性、系統性的調查，且調查報告亦應公開」。

依據前述立法院經濟委員會決議事項，經濟部要求地調所參與台電公司進行之「核四計畫地質調查」及「龍門電廠地形調查及判釋工作」等二項地質調查委託案之地質調查工作並提供地質專業諮詢意見，上述調查工作已於102年10月完成。經濟部亦要求地調所規劃並邀集地質、地震及防災等領域之專家學者參與組成「核四地質調查檢核經濟部評議小組」（以下簡稱經濟部評議小組），檢核台電公司有關核四廠址及周遭地質調查計畫之成果，完成現階段「核四地質調查安全評估報告」，並提送本會。

本會於102年12月19日接獲經濟部提送之「核四地質調查安全評估報告」後，即著手進行審查案規劃，聘請國內地質、地震相關領域之學者專家組成專業團隊，以地質專業及核安管制角度，針對經濟部評議小組所提審查意見與建議事項進行平行檢視，同時逐一審查經濟部及台電公司處理經濟部評議小組審查意見之合理性與妥適性。審查期間陸續召開4次審查會議，並提出21項本會委員審查意見，會後並彙整本會委員審查意見及經濟部答覆內容，完成本安全評估報告，審查作業重要歷程詳附件一。以下分就「經濟部評議小組意見概述及後

續應完成事項」、「本會委員意見」、「審查總結」等項分別說明本會審查情形及審查結果。

貳、經濟部評議小組審查意見概述及後續應完成事項

2-1 經濟部評議小組審查意見概述

依據立法院經濟委員會決議事項，經濟部要求地調所邀集地質、地震及防災等領域之七位專家組成經濟部評議小組，並召開 2 次經濟部評議小組會議，檢核台電公司有關核四廠址及周遭地質調查計畫之成果，以確認台電公司調查報告內容的合理性與正確性，並提出 78 項補充地質調查審查意見。經濟部評議小組所提意見，分述如下：

(一)核四廠址鄰近地質構造議題

本項經濟部評議小組所提意見可分為陸域及海域兩部分：

陸域部分

經濟部評議小組建議核四廠址應規劃增設 GPS 固定站、水準測線，進行廠區長期觀測，因垂直方向以 GPS 觀測誤差值較大，另以雷達衛星影像資料進行廠址附近區域之 PS InSAR 分析，以確實瞭解廠址周遭之地殼變形及大地應力之變化情形。

海域部分

經濟部評議小組除建議核四廠週遭海域 40 公里範圍尚未調查部分，均應納入後續海域調查範圍外，針對海域聲波探測工作(多音束測深)僅能顯示海床形貌，而無法判釋沉積層以下地質構造之問題，亦建議以其他地質探測方式進行調查工作；此外，有關海域線型調查方面，其活動特性及與陸域斷層關係均仍有待釐清，建議於核四廠址近岸淺水區域規劃後續調查工作及取樣分析，評估其活動性及對核電廠安全的影響，前述調查範圍應包括線型 2 與澳底斷層間之關係，線

型 8 與線型 10 間之關係、宜蘭斷層向外海延伸狀況，以及龜山島南側大規模北傾之正斷層等區域，並應納入後續之強地動分析調查。

(二)火山活動對龍門廠區之影響議題：

經濟部評議小組除要求經濟部說明龜山島的火山活動特性外，依報告針對海域線型 8 之調查結果，認為此處有劇烈的火成活動之情形，要求經濟部補充及釐清。

(三)廠址S斷層議題：

為釐清通過龍門電廠第一、二號機汽機廠房區約略成南北走向之 S 斷層(原稱 S 構造)，其地質特性、延伸範圍與活動性，經濟部評議小組建議經濟部應針對 S 斷層進行地球物理調查、槽溝開挖調查，以確認 S 斷層之構造、性質，並擴大地質調查範圍至廠區周遭地區，以釐清 S 斷層與上覆沖積層之關係、延伸範圍及 S 斷層與其他斷層之截切關係，同時驗證上覆礫石層是否有受 S 斷層構造錯動影響之跡象，以期了解 S 斷層構造完整剖面與層序。

(四)地質法規符合性議題

由於國內核能法規主要引用美國法規，故核四廠址選擇及地質評估工作係參照美國核能管制委員會所頒布之法規、指引等相關規定。針對美國核管會於 2007 年新發行之法規 RG1.208，有需以實測地震波作為廠址地盤反應輸入波之要求，台電公司已於福島後強化工作中規劃進行之核四廠地震危害再評估案，將法規 RG1.208 之要求納入，相關評估工作預計將於 106 年完成。

(五)報告及圖面文件完整性議題：

經濟部評議小組針對經濟部報告內容有地表調查（光達雷達）得到之線型缺乏分析歸納、整合圖面標示不清、未標示拍照年代及位置、圖面比例尺過小造成不易判讀、陸域與海域交界處之淺海部分圖面解析度不足，以及報告內容避免使用剪切帶及 S 構造，應稱之為 S 斷層構造等問題，建議經濟部更正。

2-2 經濟部評議小組審查意見之後續應完成事項

針對前節經濟部評議小組所提之審查意見，經濟部除蒐集相關歷史資料或調查研究逐項回應外，為進一步釐清核四廠址及周遭地質之各項議題，亦規劃執行以下相關調查工作：

1. 有關核四廠址鄰近地質構造議題，台電公司已規劃於廠址近岸區域進行Boomer聲波測勘，在外海進行深層反射震測探勘，並進行海床沉積物取樣與近岸海上鑽孔等海域探查工作，確認海域線型相連性、活動性、與陸域斷層關聯性，前述調查結果將與過往調查成果進行比對檢討，此外，宜蘭斷層對核四之影響評估，亦納入前述海域調查工作進行。
2. 廠址鄰近陸域調查方面，為釐清S構造位態與大地應力的關係，台電公司已規劃進行核四廠區域大地應力之探討，將利用水力劈裂試驗(水力破裂法現地應力量測，規劃鑽探孔深400公尺，量測深度及點數將視現地鑽孔及地質情況決定)以及GPS連續站之設置與量測，以收集本區GPS觀測資料所得之主軸應變、斷層擦痕和斷層機制解之主軸應力方向，垂直方向則以雷達衛星影像資料進行廠址附近區域之PS InSAR分析。
3. 有關S斷層議題方面，台電公司已規劃槽溝預定開挖範圍80公尺(長)x60公尺(寬)x10~15公尺(深)一處，預計可由槽溝開挖剖面，驗證堆積礫石層(上覆沖積層)是否有受S斷層構造錯動之跡象，以判定S斷層構造完整剖面與層序。開挖完成後，將邀請學者專家及委員至現場鑑定，是否須在兩邊延伸處再開挖將視現場情況決定。
4. 廠房耐震設計方面，台電公司已在福島後強化工作中另規劃進行

核四廠地震危害再評估工作(註：本會核管案件LM-JLD-10101)，將依據法規RG 1.208以機率法訂定核四廠址地震加速度g值，並對重要廠房、結構、設施進行耐震設計檢討。

有關前述經濟部評議小組審查意見之後續應完成事項，彙整如下表一，至於經濟部及台電公司規劃之調查評估工作另依其調查標的、試驗之性質，整理如下表二：

表一 經濟部評議小組審查意見之後續應完成事項
火山調查
1. 有關核四廠址鄰近火山議題，目前已列入原能會核管案件編號XX-JLD-10117進行追蹤，台電公司亦已針對該項核管案件進行調查工項規劃，對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等範圍進行調查與評估，並建立火山危害機率式模型及各電廠火山危害度曲線；另有關外木山方面之火山活動調查，台電公司將依據 Szakacs(1994)之活火山定義為基礎，並彙整各專家學者意見規劃調查方式，以評估台灣北部海底火山之活動性及其對核四可能造成的影響。 2. 對於火山崩塌引起海嘯對核電廠危害問題，已列入原能會核管案件(XX-JLD-10117)作為管制追蹤事項。台電公司已研擬專案計畫，針對龜山島周遭之海底地形、火山崩塌程度等進行詳細之調查與評估，以釐清龜山島火山對核四廠的危害影響程度。
S 斷層
1. 為釐清經濟部評議小組對於 S 斷層相關審查意見，台電公司規劃於廠區內覓址進行槽溝開挖工作，以解決 S 斷層與上覆沖積層之截

切關係、斷層屬性、定年等問題，後續將進行地球物理探查、地質鑽孔、現地及實驗室試驗、大地應力量測、地形變形監測、斷層同震模擬等調查工作。

2. 槽溝開挖結果若未能滿足經濟部評議小組所提有關 S 斷層之問題，經濟部及台電公司除進行後續地球物理探查、地質鑽孔、現地及實驗室試驗、大地應力量測、地形變形監測、斷層同震模擬等調查外，亦規劃參照航照判釋結果，配合地球物理探勘、地質鑽探於核四廠外 S 斷層與澳底斷層截切處另進行槽溝開挖，以釐清 S 斷層之活動特性。

核四廠址鄰近地質構造

1. 經濟部承諾後續將依經濟部評議小組意見要求台電公司於廠內進行鑽井及水力破裂等試驗，以評估台灣東北部應力場大小及方向及其與核四廠區附近正斷層之關聯性。

線型 8 構造及海域線型構造

1. 有關線型構造與核四廠區附近發生地震海嘯之關聯性，台電公司已納入後續規劃中，將利用經驗公式估算地震規模、斷層型態和水體抬升高度間之關係，再配合海底地形資料進行海嘯波傳遞模擬，藉以推得核四廠區海嘯之上溯高度。

表二 台電公司規劃探查工項			
地球物理探查	地質鑽孔探查	槽溝開挖	實驗室試驗
1. 折射震測(或其它震波波速探測法) 2. 反射震測 3. 地電阻影像剖面	1. 淺孔地質鑽孔 2. 深孔地質鑽孔	1. 廠區槽溝開挖(註 1) 2. 斷層活動性補充調查 3. Sympathetic movement 評估	1. 碳十四定年分析 2. 化石鑑定分析 3. 岩相分析 岩土力學(動態)試驗
現地試驗	地形變形監測	海域探查	
1. PS Logging 孔內攝影 2. 水力劈裂試驗	1. GPS 連續站設置及監測 2. 精密水準點設置及監測 3. PSInSAR 分析	1. 近岸 Boomer 反射震測 2. 近岸 Sparker 反射震測 3. 海上 G. I. Gun 反射震測 4. 海床沉積物取樣 5. 近岸海上鑽孔	

註 1：槽溝開挖工作原預定於 103 年 9 月底完成工作，但因農委會仍在進行龍門水土保持計劃變更審查，待農委會同意變更始可開始執行 S 斷層槽溝開挖與執行後續調查評估工作。

參、本會委員審查意見

為求「核四地質調查安全評估報告」內容能完整涵蓋相關議題，本會委員另以核能安全及管制角度，檢視前節經濟部評議小組之審查意見，並提出本會委員審查意見，依意見性質分為報告完整性及經濟部評議小組意見後續應完成事項辦理情形、核四廠址鄰近地質構造、火山議題、報告圖面文件補充、廠址S斷層議題等5類，分述如下：

3-1 報告完整性議題及經濟部評議小組審查後續應完成事項

1. 在報告完整性方面，相關審查意見如下：

審查委員審查意見

「核四地質調查安全評估報告」為經濟部因應立法院之要求，對核四廠場址所在地、周遭地質與海域地質進行全面性調查之成果，台電公司應整理歷年來各界對核四安全所提出有關地質、地震、火山、海嘯等相關問題，利用本次調查之機會，逐一提出說明。如有未盡者，應利用本調查後續工作的機會，逐一調查澄清。

經濟部答覆說明

針對歷年來各界對核四安全所提出有關地質、地震、火山、海嘯等相關問題，說明如下：

- (1) 地質、火山方面：有關核四廠區內S斷層，經採樣定年法研判其活動年代超過43,500年，非屬核能法規定義之能動斷層（美國聯邦法規編號10CFR Part 100 Appendix A：『核能電廠地震與地質選址準則』中能動斷層(capable fault)之定義有二：一是35,000年內地表附近至少曾發生過一次錯動者；另一是500,000年內曾發

生至少兩次已知錯動者。)。至於核四廠址外鄰近陸域地區則未發現近期有活動證據之斷層。台電公司亦將利用後續調查機會針對核四廠場址，就海域、陸域及耐震設計方面，進行檢討與補充調查。

另在火山方面，臺灣東北部外海的沖繩海槽受到菲律賓海板塊隱沒作用影響正持續擴張，除龜山島是沖繩海槽西南端的一座活火山外，沖繩海槽南段海水深度1000至1400公尺有12處熱泉活動較活躍處，但目前所觀察到的現象證據尚不足以證明這些熱液活動旺盛的位置是否為活動中的火山。並且歷史上臺灣附近海域尚未有任何因海底火山爆發而致災的相關紀錄，且大部分的海底噴泉或海底火山都座落在深海中，體積很小，如果噴發可能是小型岩漿活動，評估對核四廠不會造成影響。又根據地調所持續觀測資料，龜山島之微震、井下地溫和GPS等都呈現緩慢下降趨勢，最近學者研究發表也表示龜山島噴氣、噴水蒸氣等現象也逐漸減緩，顯示龜山島的火山活動處於穩定狀態。地調所仍將持續針對大屯火山群及龜山島的火山活動進行監測。另經濟部評議小組所提外界質疑新增調查事項，台電公司亦列入後續補充地質調查工項規劃。

(2)有關地震、火山及海嘯等議題，台電公司目前亦已針對前述議題分別進行調查工項規劃。

審查委員再審查意見

請盡量先從現有的資料中尋找答案回答經濟部評議小組所提之問題，以確認再調查之必要性或內容範圍。

經濟部再答覆說明

因科技進步，以往地質調查精度的限制也逐漸有所突破。核四後續地質調查之目的除了在於獲得較以往更細緻精確的資料之外，亦須滿足社會大眾之疑慮及回應原能會之相關規定要求。未來彙整最新調查資料時，亦會將既有調查成果一併整合討論。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

2. 針對經濟部評議小組所提審查意見及後續辦理方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

「核四地質調查安全評估報告」於提送本會前，業經經濟部要求地調所邀請國內相關領域之專家學者組成經濟部評議小組審查，並彙整審查結果以附錄形式一併提送本會審查，審查過程如本會委員提出不同意見時亦應同經濟部評議小組意見一併辦理外，本會委員並將逐一審查台電公司處理經濟部評議小組審查意見之合理性與妥適性。

經濟部答覆說明

有關經濟部評議小組之各項審查意見，均已逐一回覆說明。另原能會委員要求補充調查事項，台電公司亦將辦理後續調查工項規

劃。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3. 針對「核四地質調查安全評估報告」附錄二經濟部評議小組意見審閱及複閱程序方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

請說明「核四地質調查安全評估報告」附錄二經濟部評議小組意見是否已送經濟部評議小組複閱並獲得同意；另該報告附錄二回覆內容提及「下一階段將要求台電公司進行各種調查工作」，請說明其後續調查工作內容及時程規劃為何，及擬回答之問題。

經濟部答覆說明

經濟部評議小組意見復閱程序方面：

對於經濟部評議小組意見之答覆說明均有經其審閱，審查過程中台電公司亦派員拜訪經濟部評議小組委員，確定答覆說明內容符合經濟部評議小組要求。

後續調查工作內容及時程規劃方面：

- (1)綜合經濟部評議小組審查意見，仍有包括第一、二號反應爐間之低速帶與S斷層之截切關聯性、陸域S斷層延伸、核四廠區域大地應力、海域線型及宜蘭斷層海域延伸等議題待釐清。已要求台電公司規劃研擬之調查工項包括地球物理探查、地質鑽孔、槽溝

開挖、現地及實驗室試驗、地形變形監測、海域反射震測及近岸海上鑽探，以及斷層同震模擬等。

(2)針對前述調查作業台電公司將先行規劃陸域廠區S斷層槽溝開挖發包工作。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見，目前S斷層槽溝開挖工作相關辦理情形可參閱本報告附件二第(二)項說明。

4. 針對「核四地質調查安全評估報告」附錄二經濟部評議小組意見方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

請說明「核四地質調查安全評估報告」附錄二承諾回覆事項，是否納入該報告 6-2 建議之內容。

經濟部答覆說明

有關附錄二回覆承諾之事項均已納入建議內容。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

5. 針對「核四地質調查安全評估報告」經濟部評議小組意見整理方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

「核四地質調查安全評估報告」中敘述共召開 2 次經濟部評議小組會議，但該報告附錄中僅有一份經濟部評議小組會議的意見整理紀錄，是否有遺漏情形？請澄清說明或加以補正。

經濟部答覆說明

經濟部評議小組第一次審查會議係在 102 年 9 月 12 日召開，當時部分地質調查工作仍在進行中，故該次會議之經濟部評議小組審查意見已納入後續調查工作中，或於第二次經濟部評議小組會議中回覆說明，並經經濟部評議小組認可辦理情形後，修正報告書內容。因此「核四地質調查安全評估報告」附錄之經濟部評議小組意見整理紀錄僅列出第二次經濟部評議小組會議之意見為本報告最終審查意見與答覆。

審查委員再審查意見

雖經濟部評議小組第一次審查意見已納入後續調查工作中，或已於經濟部評議小組第二次審查會議中回覆說明，惟為維護報告之完整性仍應將該次經濟部評議小組審查意見納入「核四地質調查安全評估報告」附錄中以供本會委員參閱。

經濟部再答覆說明

「核四地質調查安全評估報告」係因應 102 年 4 月 17 日立法院經濟委員會臨時提案之要求辦理，內容除重新檢視核四過往從

規劃選址、建廠階段之地質調查報告，並彙整近期台電公司有關核四廠址及周遭進行之地質調查計畫，包括「核四計畫地質調查」及「龍門電廠地形調查及判釋工作」等二項計畫，當中進行了核四廠址內的 S 斷層調查、廠址周遭陸域空載光達（LiDAR）調查、廠址周遭海域多音束（Multi-Beam）地形調查及廠址周邊 8 公里範圍內之野外地質核查等調查內容，針對前述調查成果，經濟部邀集地質、地震及防災等領域之專家參與組成經濟部評議小組，召開二次經濟部評議小組會議，確認調查報告內容的合理性與正確性，並提出後續補充地質調查的具體建議。惟第一次經濟部評議小組會議於 102 年 9 月 12 日召開，當時「核四地質調查安全評估報告」及「龍門電廠地形調查及判釋工作」皆尚未完成，故會議重點僅針對「核四計畫地質調查」之調查過程作審查。而後「核四地質調查安全評估報告」完成，並將台電公司之「龍門電廠地形調查及判釋工作報告」及「核四計畫地質調查」作為附件，再送經濟部評議小組，於 102 年 11 月 13 日召開第二次經濟部評議小組會議，遂行完整審查。是以「核四地質調查安全評估報告」僅得列出第二次經濟部評議小組會議之審查意見。

審查委員再審查意見

請將答覆說明適當反映於「核四地質調查安全評估報告」等相關報告附錄。

經濟部再答覆說明

遵照辦理。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3-2 核四廠址鄰近地質構造議題

1. 在核四地質調查與能動斷層定義比對方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

美國聯邦法規編號 10CFR Part 100 Appendix A:『核能電廠地震與地質選址準則』中能動斷層(capable fault)之定義有二：一是 35,000 年內地表附近至少曾發生過一次錯動者；另一是 500,000 年內曾發生至少兩次已知錯動者，綜觀「核四地質調查安全評估報告」內容對於此一議題都偏重於前者，建議經濟部針對後者進行調查分析。

經濟部答覆說明

- (1)核四廠北方之龍洞斷層被草山的安山岩體覆蓋，且未截穿此安山岩體，中國地質學會(1994)利用核飛跡定年判定龍洞斷層至少90萬年來並無活動。
- (2)枋腳斷層為核四廠區域最年輕的一條斷層，且調查顯示此斷層並未切過上覆河階，因此1981年泰興公司經枋腳斷層上覆沉積物的碳14定年，推論此斷層至少37,000年內沒有活動跡象。因無法再次於斷層上覆階地取得碳14標本定年，中國地質學會(1994)利用其他地方(如庚子寮、景美溪流域)同時期第II階河階與貢寮地區枋腳斷層上覆階地進行對比，可推論枋腳斷層上覆階地發育年代大於

45,000年，因此推得枋腳斷層至少45,000年來沒有活動。

(3)廠區內之S斷層亦藉由碳14定年判定至少43,500年來沒有活動。

因此，「核四地質調查安全評估報告」中與核四廠場址相關且重要之區域構造如澳底斷層、屈尺斷層、枋腳斷層、龍洞斷層或是規模較小的「K斷層」，經調查發現均為45,000年來未活動，甚至在900,000年以來也無活動證據。因此均不屬於USNRC所定義的35,000年內，地表附近至少曾發生過一次錯動者；或是於過去500,000年內，曾發生過至少兩次錯動之能動斷層。而斷層雖僅能確認至少43,500年來無活動跡象，但亦無直接證據可證明其於500,000年內曾發生過至少兩次之錯動。關於S斷層和其上階地覆蓋層之截切關係，台電公司已規劃於廠區內之S斷層進行槽溝開挖，以期呈現斷層完整剖面與層序，將可更確定核四廠區內之S斷層的活動性。

審查委員再審查意見

請經濟部評估核四廠址周遭各斷層的屬性，若評估結果為正斷層系統，建議再評估是否為能動斷層(capable fault)。

經濟部再答覆說明

(1)核四廠周遭的主要斷層，如龍洞斷層、澳底斷層、屈尺斷層、枋腳斷層等，皆為距今300萬至80萬年之間，因蓬萊造山運動擠壓應力，所產生的一系列以逆衝斷層為主的地質構造。根據台北盆地之調查資料，北部地區在距今約80萬年以來，大地應力已由擠壓應力轉變為東南—西北向之張力狀態。1994年中國地質學

會複查時分析大地應力，也證實以往研究成果。由於本區目前屬於伸張型大地應力架構，前述生成於造山運動時期的逆斷層及層面斷層等構造已屬於上一個應力時期的產物，在目前的大地應力架構下，這些老斷層構造不易再有逆衝活動。

(2)1994年中國地質學會複查結果顯示，在核四廠廢料廠房西南側地層內之局部小正斷層，為地層沉積同時(中新世早期，約兩千萬年前)所發生的，與現今的拉張型態大地應力無關，亦無受張力再活動之跡象。綜上可知，核四廠址周遭之逆斷層均屬於造山運動時期的擠壓型大地應力構造；而依調查資料亦顯示正斷層乃與地層沉積同時(約兩千萬年前)發生。因此，可推論這些斷層系統不屬於能動斷層(capable fault)。目前整體調查未發現較具規模的正斷層系統，若後續調查有發現的話，將會做更進一步評估是否為能動斷層。

審查委員再審查意見

建議經濟部評估穿過基隆火山群的正斷層之活動時間和成因；另應完成調查台灣東北部線型構造(可能是正斷層)的斷層面位態，並盡量利用各種可能的方法(如野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等)，以獲得現今台灣北部現地應力場的大小和方位。

經濟部再答覆說明

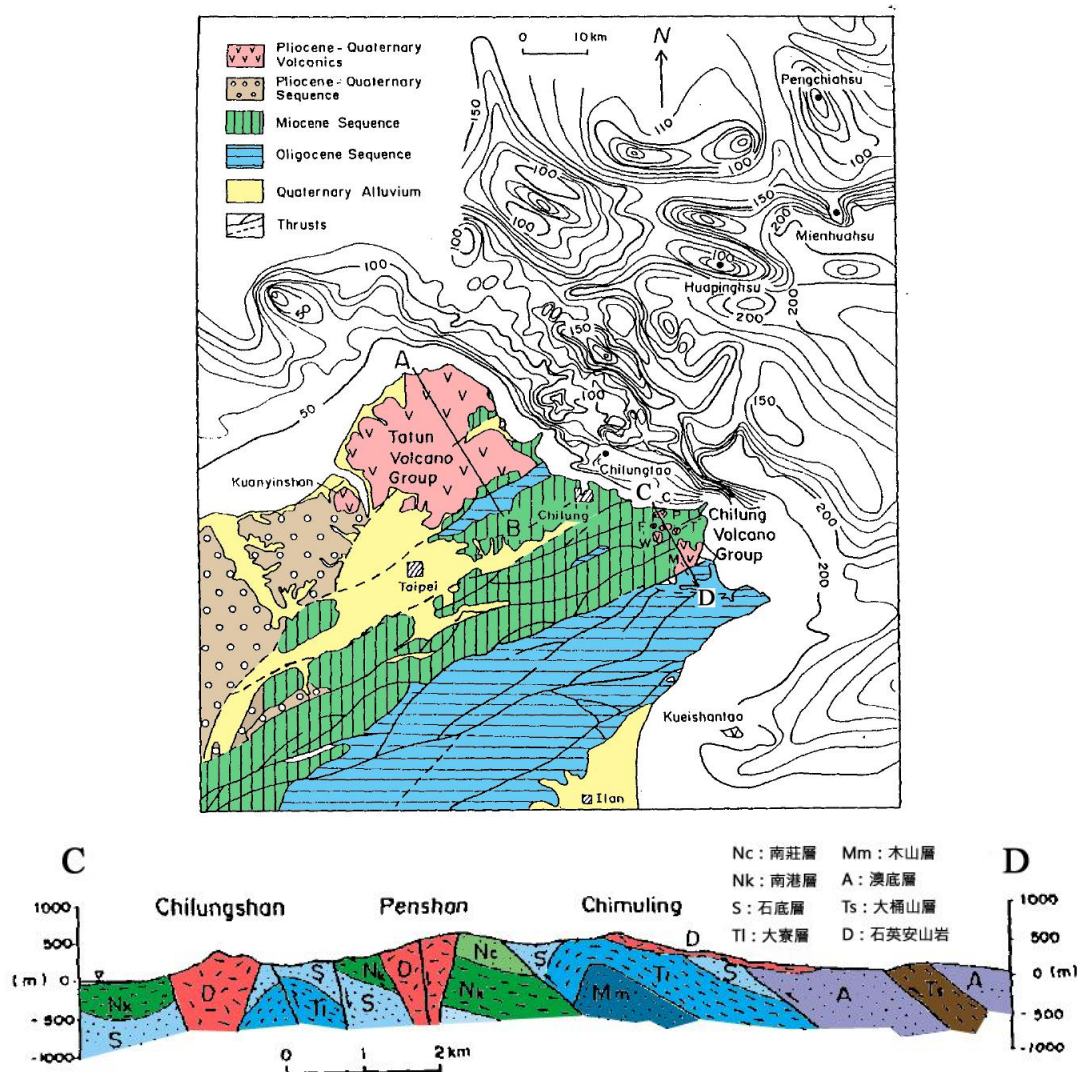
依據所收集之相關資料，穿過基隆火山群的正斷層，其形成時

間約在 100 萬年前，當時台灣北部已經不再受到菲律賓海板塊的擠壓，當擠壓力量消失之後，地殼呈現張裂並產生正斷層，岩漿沿裂隙湧出地表形成火山，十幾萬年前已停止活動(陳正宏，1990)。

此外，相關學者已對台灣東北部之斷層、節理等構造位態進行調查研究，成果要點為：在台灣北部野外地質調查研究結果中顯示，北部區域主要可分為四組節理，均形成在區域褶皺變形之前。而此區大部分的走向滑移斷層是沿著先前已存在之節理面滑動，多數逆衝斷層則是以層面為滑動面，這些走向滑移與逆衝斷層的形成大多早於或同時於褶皺形成的階段。藉由量測斷層位態所得最大應力軸之結果顯示，此區經過兩個主要的擠壓事件，分別為擠壓方向 $N110^{\circ}$ - $N120^{\circ}$ 與 $N150^{\circ}$ - 160° (Chu et al., 2013)。

台電公司後續將於廠內適當位置進行鑽井及水力破裂等試驗，以更完整地評估台灣北部大地應力場的大小、方向及其與核四廠區附近正斷層之關聯性。

台電公司補充北台灣地質構造圖(如下圖一)及基隆火山群正斷層與核四廠鄰近斷層關聯性說明如下：



圖一 北台灣地質構造圖以及東北部 CD 地質剖面圖（修改自 Teng et al., 1992）

(1)將通過基隆火山群的正斷層與核四廠區周圍的主要斷層相比較，可發現核四廠區北面的龍洞、澳底斷層、南面的屈尺、枋腳斷層以及西面的貢寮斷層等，均屬於台灣北部地區於蓬萊造山運動時期產生之逆斷層，其型態與形成機制與基隆火山群正斷層截然不同，因此可研判，通過基隆火山群之正斷層與核四廠區周圍的主要逆斷層無直接關聯。

(2)通過核四廠一、二號機汽機廠房下方之S斷層，因呈現南北方向

且具有正斷層特徵；雖然S斷層所經過的岩層中未發現火成活動相關礦體或岩石存在，但由前述之基隆火山群正斷層的形成機制，不排除S斷層與基隆火山群正斷層之形成有某種關聯性，但仍須要進一步調查；後續將成立專案計畫，加強調查S斷層的活動年代以及未來活動的可能性評估。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

2. 針對「核四地質調查安全評估報告」內容與台灣北部地質構造活動比對，審查意見如下：

審查委員審查意見

「核四地質調查安全評估報告」第 87 頁陳述中新世初期至上新世之間似無構造活動，與台灣北部之構造活動不相符，請說明。

經濟部答覆說明

中新世初期至上新世早期蓬萊造山運動之前，臺灣北部位處大陸邊緣之濱海和陸棚沉積環境，沉積物以淺海相及濱海相的碎屑沉積物為主，連續堆積在漸新世地層之上，厚度可達四至五千公尺。在此期間臺灣北部經歷了三個沉積循環，每個沉積循環由一個含煤濱海相地層和一個海相的地層所組成，依序沉積了木山層-大寮層，石底層-南港層，南莊層-桂竹林層等。

北台灣中新世至上新世早期之期間，西部麓山帶盆地內有連續

的火山作用發生，這些火山噴發大部分屬於玄武岩質，火山依時代先後可分為公館火山活動期（分布於木山層和大寮層之內），尖石火山活動期（規模較小，分布於石底層和南港層中），以及角板山火山活動期（分布於南莊層和桂竹林層，及澎湖玄武岩）。

由於中新世的三個火山活動和沉積地層受到隨後蓬萊造山運動擠壓抬昇，大地構造環境已轉為菲律賓海板塊碰撞所主導，對核四廠區及北台灣構造並非重點，因此未表列於該時期之構造活動現象之中。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3. 針對海域線型構造和陸上構造間之關聯性，審查意見如下：

審查委員審查意見

請說明「核四地質調查安全評估報告」內容海域線性構造和陸上構造之間的關聯。

經濟部答覆說明

「核四地質調查安全評估報告」第 99-102 頁中所描述之海域線型與陸上構造之關係，海域線型 2、3、4 分別為澳底、蚊子坑以及龍洞斷層向外海之延伸，而調查區內可能較具活動性的線型 8，由海域向陸延伸通過基隆海谷止於遠濱區，其尾端距離核四廠為 10.44 公里。

審查委員再審查意見

雖核電廠選址/建廠時期未對於海域的地質條件或線型構造有具體論述；但依法規，周遭歷史地震必定有納入評估，請補充海域調查所發現諸線型構造與歷史地震之關聯性。

經濟部再答覆說明

由 1900~2012 年澳底地區之地震分布，海域線型區域並無淺源地震，因此無法將海域線型構造與歷史地震進行關聯。且 20 公里範圍內沒有規模 6 以上之地震，而 20 公里範圍內深度小於 10 公里的地震最大規模為 4.4 且多數都在龜山島周圍。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

4. 針對「核四地質調查安全評估報告」內容與台灣北部海階之調查方面，審查意見如下：

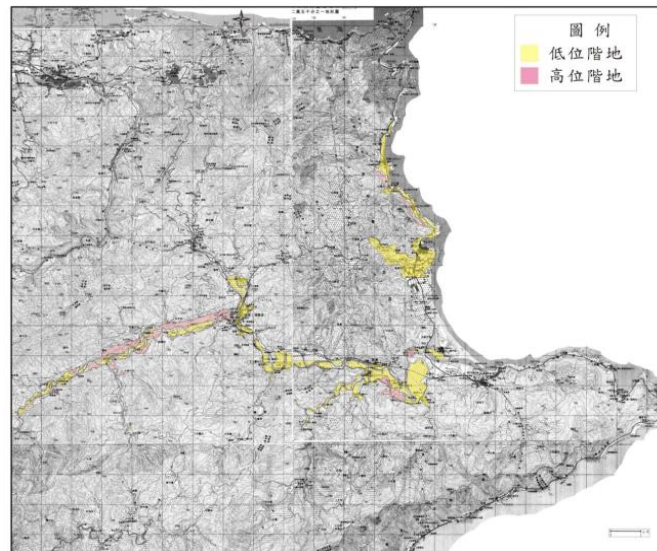
審查委員審查意見

本報告未評估或從事台灣北部海階之調查工作，台灣北部地殼在過去是否有垂直運動，請說明。

經濟部答覆說明

「核四地質調查安全評估報告」(第 95 頁)有描述關於本區河階

或海階階地面之調查成果，其結果普遍發現殘存有兩階地面(如下圖二)，顯示第四紀晚期以來本調查區整體而言陸地是呈現上升趨勢。



圖二 核四廠區附近河階或海階階地面調查結果圖

而於 1994 年中國地質學會的報告中亦指出，由本區最低階(第 I 階海階)，標高約 12 公尺，碳 14 定年的年代為 8300 Cal yr.B.P. (距今)可知此地區在全新世裡的平均上升速率約在 1.1 至 2.4mm/yr 之間，由此推得核四廠址一帶位在台灣地殼活動性較低的地區。而枋腳斷層則位於第 II 階海階之下，利用其他地方(如庚子寮、景美溪流域)第 II 階河階與貢寮地區枋腳斷層上覆階地進行對比，可推論貢寮區階地發育年代大於 45,000 年，因此推得枋腳斷層至少 45,000 年來沒有活動。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

5. 針對線型8構造、海域線型構造與過去歷史地震海嘯之關聯性比對，審查意見如下：

審查委員審查意見

請說明線型 8 或海域線性與過去在此一區域所發生的地震海嘯的關係為何，是否已列入後續評估之工作項目。

經濟部答覆說明

關於地震部分皆已進行初步評估，利用 Wells and Coppersmith (1994) 之斷層長度與地震矩規模(M_w)的經驗公式，推估線型 8 可能產生之地震矩規模(M_w)為 6.48，再利用台灣與美國常用之地動預估式(GMPE)，進行線型 8 對核四廠的強地動初步推估，其 PGA 平均值為 0.21g，低於目前核四之設計值 0.4g。更細節之地震海嘯危害評估部分台電公司已納入後續規劃中，將利用經驗公式估算地震規模、斷層型態和水體抬升高度間之關係，再配合海底地形資料進行海嘯波傳遞模擬，將可推得核四廠區海嘯之上溯高度。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3-3 火山活動對龍門廠區之影響議題

1. 針對火山活動對龍門廠區影響，審查意見如下：

審查委員審查意見

國內核能法規對地質調查相關細節未詳細規定，大都採用美國聯邦法規和美國核能管制委員會的相關規定，但在美國準則中對於鄰近廠址需進行調查之火山未有明確文字規定，而火山是自然災害中最具破壞性的一種，請台電公司說明相關調查工作辦理情形。

經濟部答覆說明

有關火山議題，美國核管會(U.S.NRC): NUREG-1407 (1991)即要求鄰近火山之廠址需進行火山活動評估。另國際原子能署(IAEA)於 2012 年亦有提出 SSG-21 (Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations)法規要求。

台電公司目前亦已進行火山活動調查工項規劃，將針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與評估，並建立火山危害機率式模型及各電廠火山危害度曲線。

審查委員再審查意見

NUREG-1407(1991)即要求鄰近火山之廠址需進行火山活動評估，建議應明確定義多少公里內需評估。

經濟部再答覆說明

(1)NUREG-1407 (1991)僅要求” 鄰近活火山之廠址需進行火山活動評估” ，但並未定義多少公里內需評估。原文摘述如下：

2.11 Volcanic Activity

Most nuclear power plant sites are too far away from active volcanoes to expect any effect at the plant, so most licensees need not consider the volcanic effects. However, those sites in the vicinity of active volcanoes should assess volcanic activities(NUREG/CR-5042, Suppl.2)as part of the IPEEE process.

(2)根據美國核管會NUREG/CR-5042 定義” 在歷史上曾有噴發記錄的火山，為活火山。歷史上沒有噴發記錄且被認為不會再活動的火山，為死火山” 。原文摘述如下：

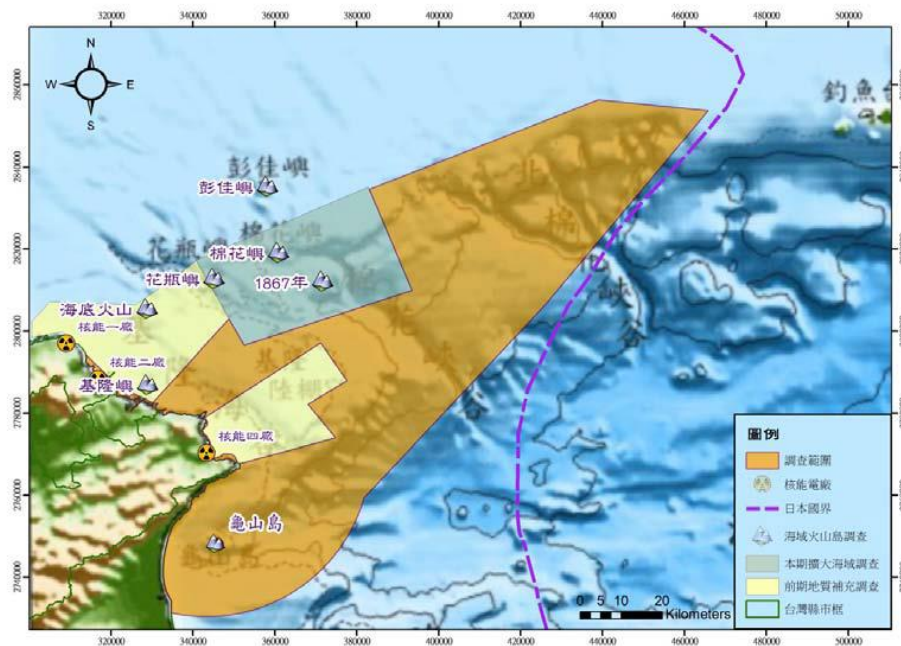
NUREG/CR-5042, Supplement 2, “Evaluation of External Hazards to Nuclear Power Plants in the United States-Other External Events”February 1989(ADAMS Accession No.

ML063470272, non-publicly available), specifically addresses volcanic activity in Section 2.2.8,“Volcanic Activity” It states, in part, that :

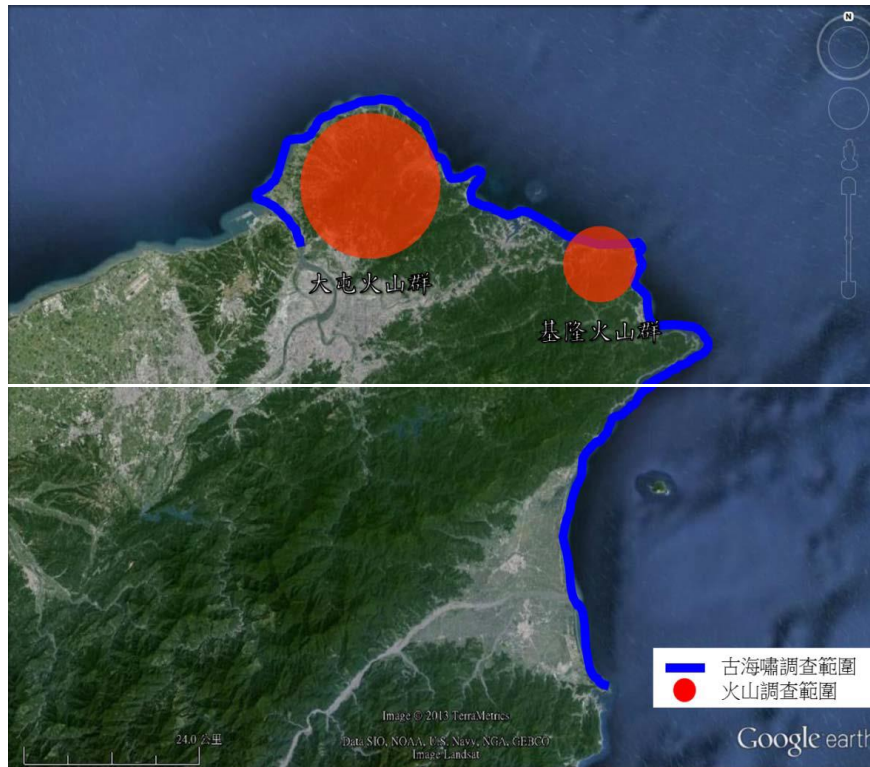
A volcano is considered active if there is some record of its having erupted within historic time. A volcano that has not erupted within historic time and is believed to be incapable of further activity if regarded as extinct.

(3)台電公司已根據美國NRC在福島事件後之最新建議(NTTF2.1,

Near Term TaskForce 2.1)之調查要求，於103年3月25日辦理北部核能電廠附近海陸域火山、海底山崩及古海嘯調查暨評估計畫之招標作業。火山部分主要利用各項調查成果進行火山活動之可能性分析，研擬對應情境並進行火山活動模擬，以評估各種火山活動事件之可能發生機率，目標為建立各電廠的火山危害度曲線，其結果將作為修訂及改進各核能電廠火山防範、保護及應變之依據。在該計畫中，核四廠相關陸域調查範圍包含大屯火山群與基隆火山群，北部海域則以基隆嶼、花瓶嶼、棉花嶼、彭佳嶼以及龜山島為調查對象，範圍如圖三、圖四所示：



圖三 北部海域火山、海底山崩及構造線調查範圍



圖四 北部陸域火山、古海嘯調查範圍

審查委員再審查意見

建議針對活火山的定義請採用 Szakacs, M. (1994)的文章，並請評估台灣北部外木山外海的海底火山(核一和核二調查報告)之活動性和可能對核四的影響。

經濟部再答覆說明

依據 Szakacs(1994)對於活火山的定義，為 10,000 年內有火山噴發記錄者，或若能利用各種科學方法，偵測出火山地底的岩漿庫還活躍者，皆應認定其為活火山。台電公司將依據 Szakacs(1994)之活火山定義為基礎，後續將廣納各專家學者之意見，規劃適當之調查方式，以能完善地評估台灣北部海底火山之活動性及其對核四廠可能造成的影響。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

2. 針對「核四地質調查安全評估報告」內容沖繩海槽與歷史紀錄比對方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

請說明在「核四地質調查安全評估報告」第 26 頁，沖繩海槽地區在歷史上並無海底火山噴發的紀錄，但根據” Volcanoes of the World” 一書中提到，台灣東北海域有兩次的火山活動，分別為 1867 年於龜山島附近和 1916 年於彭佳嶼附近，何以有此差異。

經濟部答覆說明

根據 Simkim and Siebert(1994)所著作之 Volcanoes of the World，台灣周遭海域共有 5 起海底火山噴發紀錄，其中除了 2 起分別在花蓮與恆春東部外，其餘 3 起均位於台灣東北海域一帶，分別是 1867 年位於彭佳嶼附近(編號 0801-04)、1916 年位於彭佳嶼東北方約 90 公里(編號 0801-05)，以及 1924 年位於日本石垣島和西表島附近(編號 0802-01)。這 3 起火山噴發事件，根據紀錄均未引致災害，也未明顯對周遭島嶼居民造成安全上的威脅。而這 3 起火山噴發事件已根據 Chen and Shen(2005)之文獻詳細比對、調查記錄與研判。

審查委員再審查意見

建議經濟部評估龜山島火山活動對於龍門電廠之可能危害。

經濟部再答覆說明

有關龜山島火山活動及其危害性議題，台電公司於民國 89 年委由中央大學進行評估，過程說明如下：

(1)歷史火山的研究指出，1631 年義大利地區（Vesuvian）、1741 年日本渡島大島（Oshima- Oshima）的火山海嘯多為火山口的崩塌，及火山噴發時引起的地震及山崩所造成。1741 年日本的火山海嘯，在歷史紀錄中顯示其沿岸的高浪約3~15公尺。Satake and Kato（2000）研究中認為此海嘯無法由其單一的火山口崩塌而形成，其應由其伴隨的海底山崩所形成。而此山崩的體積數為3立方公里。渡島大島火山其底部約為13 公里寬，高度為海平面以上2.3 公里。其火山口崩塌之體積約為0.4 立方公里。此體積量並無法激起3~15公尺的海嘯。

(2)龜山島的本身長僅約2公里，其可能火成岩體底部約為10公里，因此其火山活動行為應較日本渡島大島火山活動小，形成火山海嘯的可能性也較小。在評估其火山海嘯的行為，應以其可能因火山活動而引發的海底山崩來考量。由龜山島附近之海底地形，龜山島本身位於海底深度約為200~400公尺的淺灘上，其以東地區之地形較陡，但似乎無明顯的古海底的山崩遺跡，顯示此形成海底山崩的可能性不高，相對的受海嘯的威脅較低。即使火山在海底噴發，可能引起的海嘯高度應該不會太大。再經過三貂角的遮蔽，其可能對核四廠的影響就更減輕了。

(3)有關火山議題，原能會已以核管編號XX-JLD-10117 等進行管控

中。台電公司目前亦已針對該項核管案件進行調查工項規劃，將針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與危害評估。

審查委員再審查意見

龜山島東北面有一大片的崩塌地形，顯示其曾發生大規模的崩塌，可能會發生崩山海嘯，如1792年雲仙火山(Unzon Volcano)所發生的，請在後續的火山地震影響評估調查中納入，評估若發生相同的事件對核四的影響。

經濟部再答覆說明

有關海嘯議題，原能會已以核管編號XX-JLD-10102等進行管控中。台電公司目前亦已針對該項核管案件進行調查工項規劃，將針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與危害評估。其中亦包含調查龜山島東北面的崩塌地形，以及附近是否還有其他可能之崩塌，進行可能之崩山海嘯對核四廠的影響評估。

另針對日本雲仙火山崩塌海嘯相關問題，經濟部蒐集彙整龜山島相關研究資料，並初步評論龜山島潛在的火山海嘯危害如下：

- (a) 龜山島為琉球島弧南端火山噴發形成之火山島嶼，有許多旺盛的硫氣孔與噴氣孔，周圍海底冒出大量熱流湧泉，這些火山氣體的氦同位素研究發現含有地函物質，這些研究顯示龜山島底下仍有岩漿庫在活動(Yang, et al., 2005)。此外，由島上安山岩捕獲石英砂岩中的石英熱螢光定年結果為大約 7,000 年，顯示本層噴發年代約為 7,000 年，且本層以上尚覆蓋 2 層熔岩流與 2

層火山碎屑岩，顯示 7,000 年以來，龜山島火山至少發生過 4 次火山活動(Chen et al., 2001)。依照國際火山學會對活火山的時間經驗定義，龜山島符合 1 萬年內有火山活動的條件，故屬於活火山。

(b)龜山島倘若發生火山活動，依龜山島既有之火山物質推測，再度噴發的物質應以火山熔岩流、火山碎屑流、火山泥流堆積物以及火山灰落堆積物為主。由於龜山島已無定居之居民，僅少數海巡署人員輪流駐守，故若未來再度噴發，火山熔岩流、火山碎屑流、火山泥流堆積物以及火山灰落堆積物等將不至於直接造成嚴重的人員傷亡。再者，洪國騰與簡至暉(2013)彙整前人研究後認為，龜山島在萬年尺度下的致災機率不高，百年尺度下的致災機率則是極低(如圖五)，而過去的研究調查及監測成果亦顯示龜山島至少已數百到數千年以上未曾發生大規模活動，目前狀態相當穩定。然而龜山島本身地形陡峭，若發生地震可能使得島上岩體不穩定而引致山崩，大量山崩塊體進入海中恐有引發海嘯之虞。現況在龜山島東北翼存在一個大型碗狀凹陷地形(圖六)，此地形乃山崩造成山體圓弧型滑動之結果，但在現今可查詢到的史料中，並未發現有關聯之崩塌或海嘯紀錄，研判此事件可能早於人類時代，未造成人命傷亡。依據宋聖榮教授(2013)之研究，龜山島的崩塌量體初步估計可能會造成 4~5 公尺高的海嘯。基於此，龜山島若再度發生類似規模的崩塌，有關單位應考慮至少 4~5 公尺高的海嘯危害因應對策。

(c) 龜山島距離貢寮核四廠約 23 公里，與有明海東西兩岸距離相同。固然海嘯的規模大小與海嘯的前進速度會隨著火山崩落量體的大小、方式、速度、海底地形而有所差異，但發生於有明海的海嘯時間間隔，仍可做為核四廠因應龜山島發生海嘯時的重要參考值。例如同樣約為 23 公里的距離，若龜山島發生大規模山崩引致海嘯，則核四廠的因應時間，須以考慮 30 分鐘之內能完成相關因應措施較為妥適。然而從龜山島與核四廠之相對地理位置來看(如圖七)，兩者之間存在一凸出的三貂角山列，若龜山島因大規模崩塌引致海嘯，海嘯將會受到三貂角之阻隔，難以直接攻擊核四廠所位處之貢寮地區，其影響程度推測應遠小於 1792 年眉山崩塌對有明海彼岸之熊本、天草地區所造成之災害。

原能會對於上述火山崩塌引起海嘯對核電廠之危害問題，已列入核管案件(XX-JLD-10117)作為監督辦理追蹤事項。此議題後續將有專案計畫針對龜山島周遭之海底地形、火山崩塌程度等進行詳細之調查與評估，以更明確的釐清龜山島火山對核四廠的危害影響程度。



圖七 龜山島與核四廠地理位置圖（圖資來源：Google Map）

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3. 針對龜山島崩山海嘯議題，審查意見如下：

審查委員審查意見

龜山島東北面具崩塌地形，顯示其曾發生大規模崩塌，可能會發生崩山海嘯，如1792年雲仙火山（Unzon Volcano），請評估若發生相同事件時對核四之影響。

經濟部答覆說明

針對龜山島火山活動及其危害性議題，台電公司於民國89年委由中央大學進行評估，說明如下：

- (1)即使龜山島火山再度噴發，岩漿及岩石碎屑可能只在龜山島附近堆積，核四廠距龜山島約20公里，危害機會極小。至於火山灰因顆粒細小，確實可能飄散較長距離，但核四廠位於東北季風上方處，且有三貂角山脈阻隔。
- (2)根據百年來龜山島附近地震震央紀錄分析，附近並無規模超過6.5地震，即使以規模6.5地震估計，核四廠址的最大地表水平加速度約0.18 g，遠低於安全停機地震(SSE)設計值。
- (3)海底火山噴發時僅為點狀噴發，所造成的海嘯規模均較長逾百公里的海底斷層錯動所引發的小很多，核四廠海嘯設計基準係假設附近海床（距廠址約20公里）發生長逾百公里與數公尺高之斷層錯動引發之海嘯溯上水位(7.5公尺)加上最大暴潮潮位(0.57公尺)所訂定，其假設之保守度已可涵蓋任何可能的海底火山噴發。

審查委員再審查意見

有關龜山島火山爆發可能性及其直接/間接不會對核四廠運轉安全造成影響之結論，建議以研究報告方式佐證。

經濟部再答覆說明

- (1)台電公司委託中央大學(2001)評估龜山島火山活動之結果顯示，核四廠距龜山島約20公里，岩漿及岩石碎屑可能只在島附近堆積，危害機會極小。而廠址位於東北季風上方處，且有三貂角山脈阻隔，受火山灰影響亦小。
- (2)依據宋聖榮教授之研究成果(2007)，龜山島火山未來若噴發，依據該火山過去的噴發特徵和產物分布情形，可能會引發的災害如下：(a)龜山島本島火山災害影響小。(b)大量火山灰可能會影響宜蘭平原(1~25 公分以內)。(c)可能引發海嘯(於宜蘭平原可能有4~5 公尺高)因核四廠有三貂角的遮蔽，龜山島對於核四廠的影響相較於宜蘭平原就更低了。
- (c)台電公司目前亦已針對火山活動進行調查工項規劃，將針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與危害評估。

審查委員再審查意見

建議調查龜山島東北海域是否有火山崩塌堆積物(debris avalanche)及其可能發生的年代。

經濟部再答覆說明

台電公司目前已針對火山活動進行調查工項規劃，將針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與危害評估。包含將會調查龜山島東北海域是否有火山崩塌堆積物(debris avalanche)及其可能發生的年代。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3-4 報告圖面文件補充

1. 針對報告圖面問題，審查意見如下：

審查委員審查意見

RG 1.208 『以性能基準法訂定廠址安全停機地震地動(A Performance-Based Approach to Define the Safe Shutdown Earthquake Ground Motion)』中規定在辦理廠區(1公里內)、廠址地區(8公里以內)、廠址鄰近(40公里內)與區域地質(320公里以內)相關地質調查作業時對應之縮尺比例限制，分別為1/500、1/5,000、1/50,000、1/50萬，建議經濟部於「核四地質調查安全評估報告」中加入相對應之地質圖顯示。

經濟部答覆說明

有關RG 1.208要求之地質圖，均已由台電公司編繪納入送審中之FSAR (Final Safety Analysis Report) Section 2.5中，包括圖2.5-8及圖2.5-22(五十萬分之一)、圖2.5-9及圖2.5-10(五萬分之一)、圖

2.5-11(二千分之一)；另廠址基礎開挖面(二百分之一)地質圖亦已縮繪至一千分之一之地質圖並附於該報告之附錄2.5-A及2.5-B。

審查委員再審查意見

建議經濟部於「核四地質調查安全評估報告」中提供廠區(1公里內)、廠址地區(8公里以內)、廠址近鄰(40公里內)與區域地質(320公里以內) 相關地質比例尺1/500、1/5,000、1/50,000、1/50萬之地質圖，並標示採用來源。

經濟部再答覆說明

台電公司已於核四廠FSAR(Final Safety Analysis Report) Section 2.5 中提供以下地質圖：

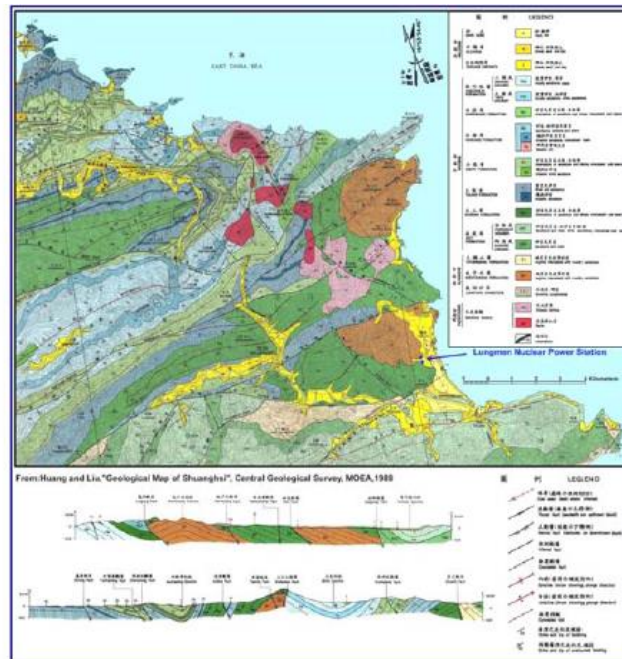


Figure 2.5-9 Regional geological map of Lungmen NPS (Shanghai Sheet)

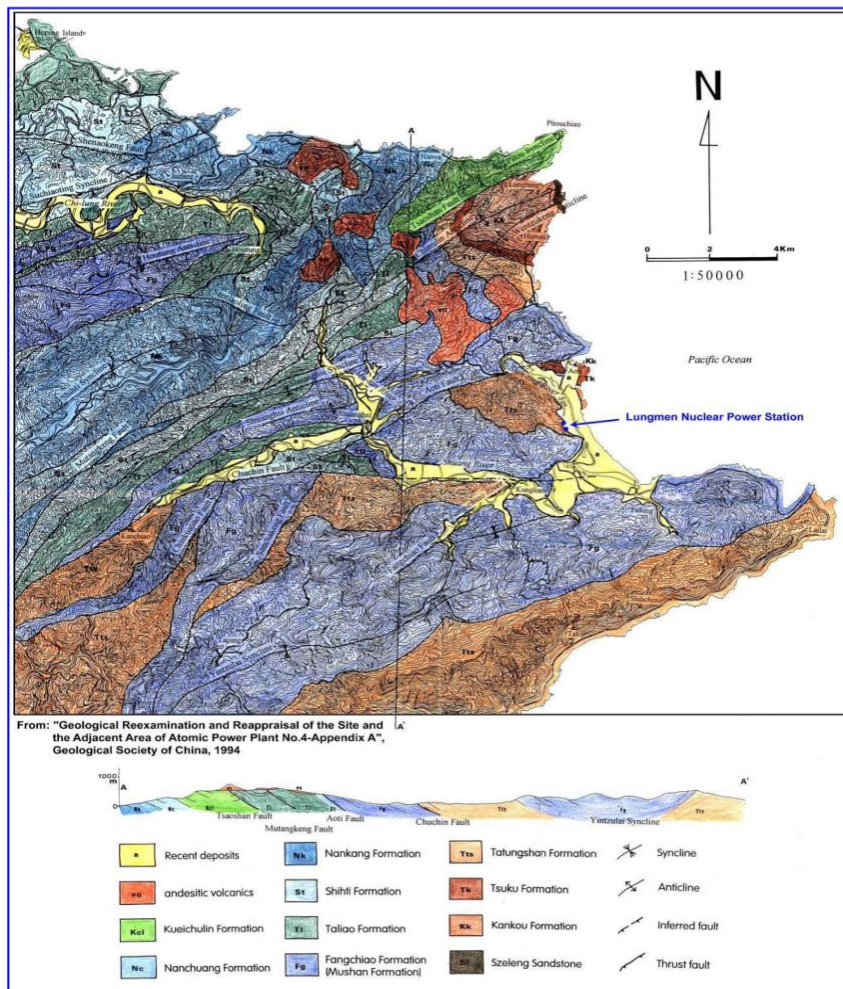
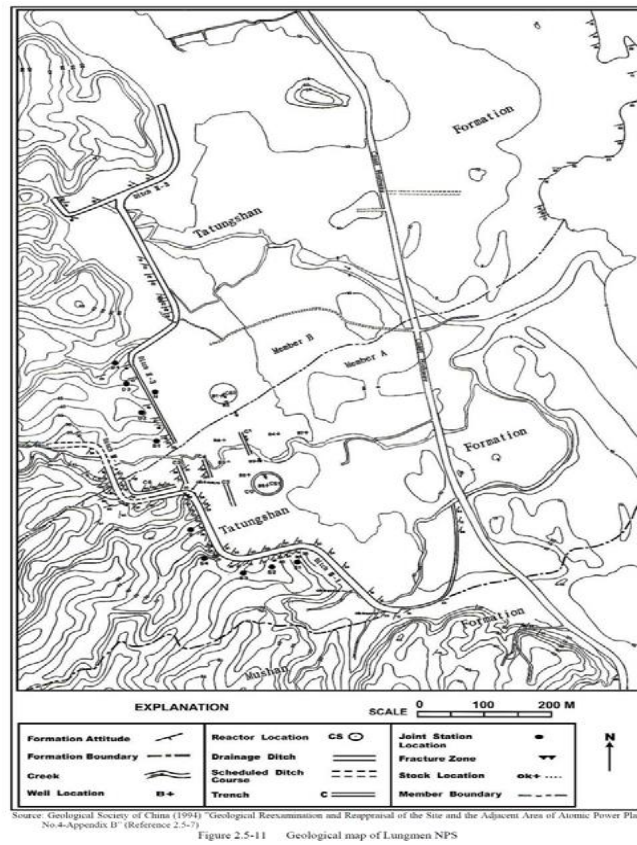
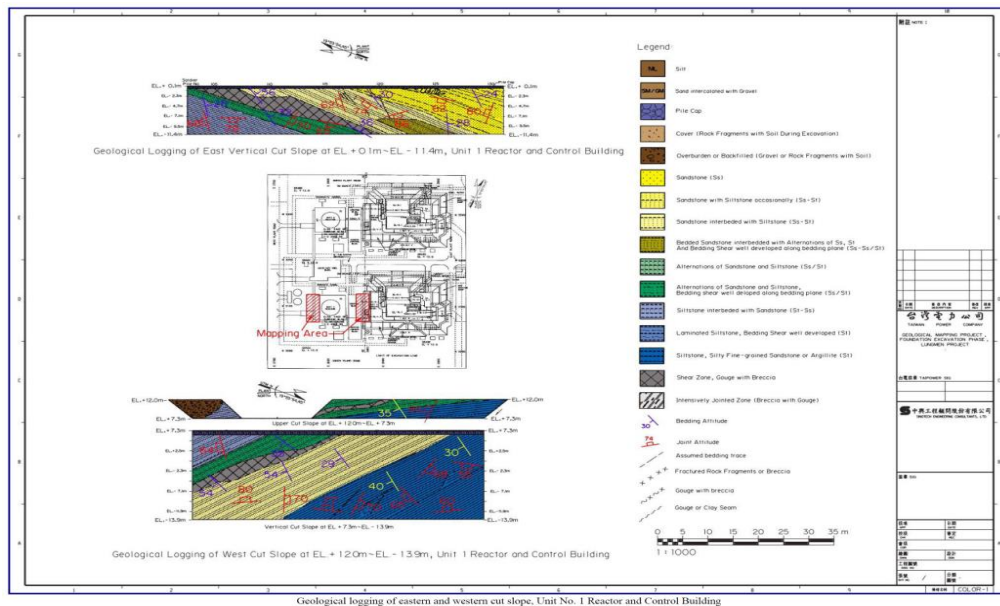


Figure 2.5-10 Regional geological map of Lungmen NPS (Aoti Sheet)

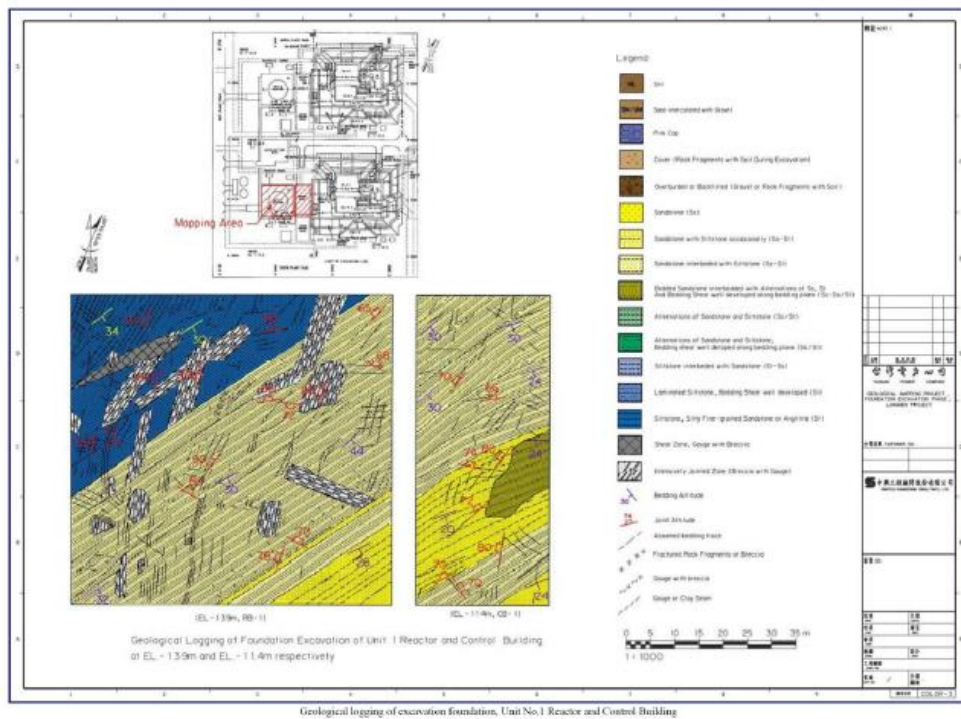
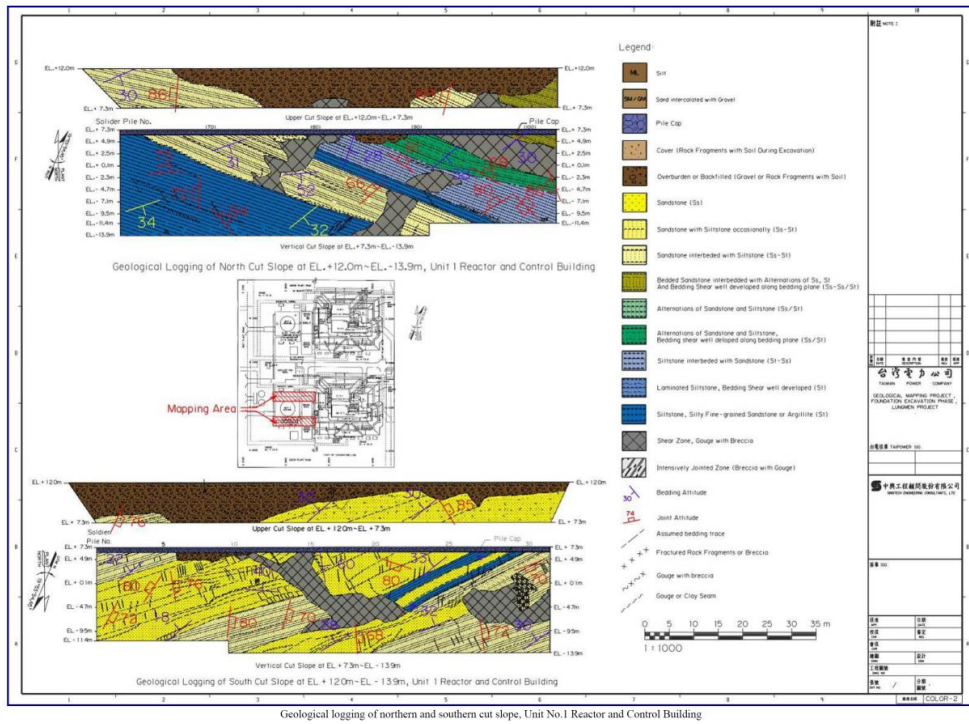
圖九 比例尺1/50000之地質圖



圖十 符合比例尺1/5,000（原圖比例尺1/2,000）地質圖

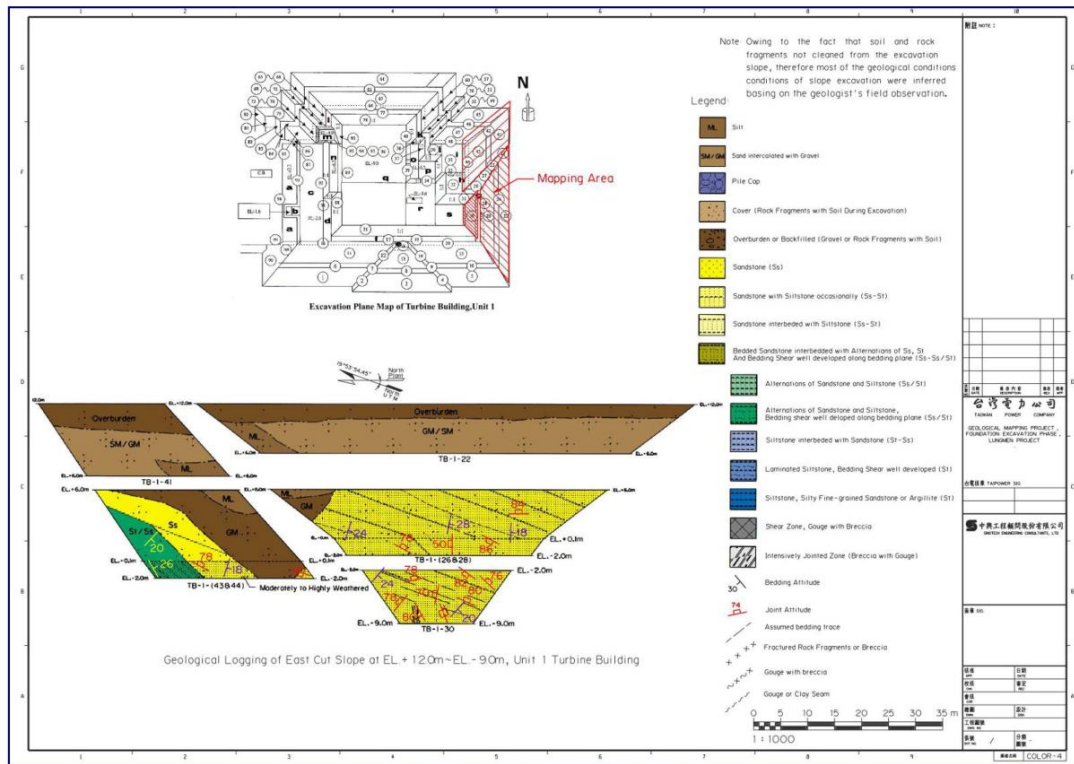


圖十一 符合比例尺1/500（原圖比例尺1/200）地質圖

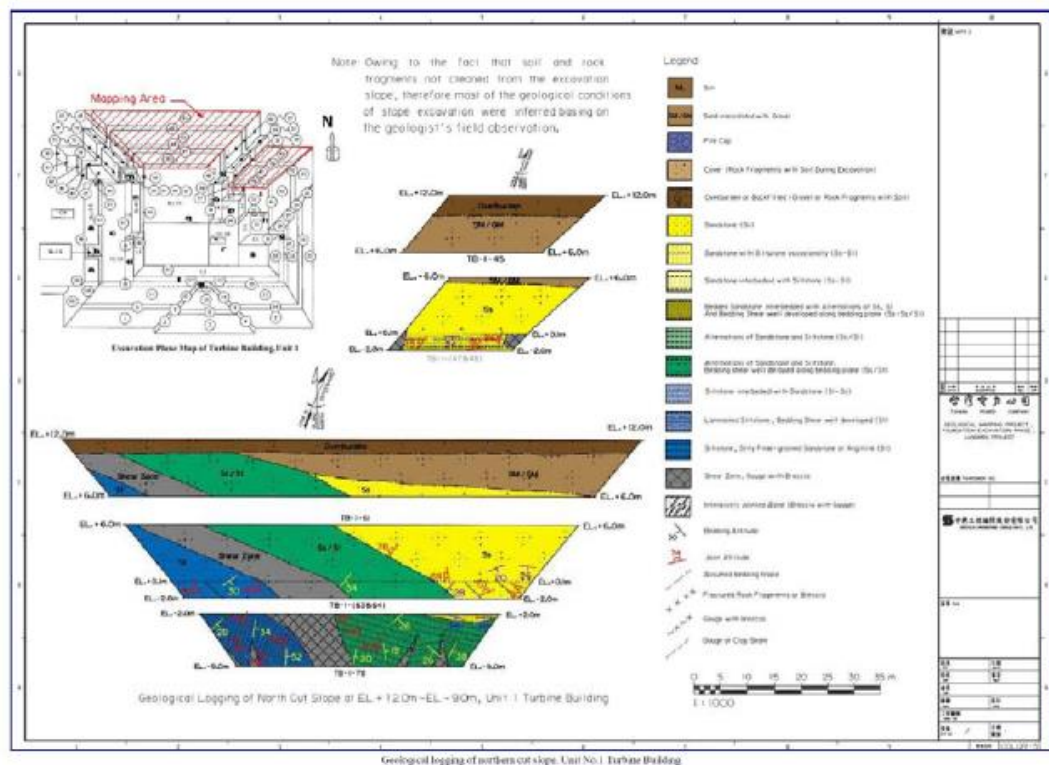


(RB1)

圖十一 符合比例尺1/500（原圖比例尺1/200）地質圖（續）



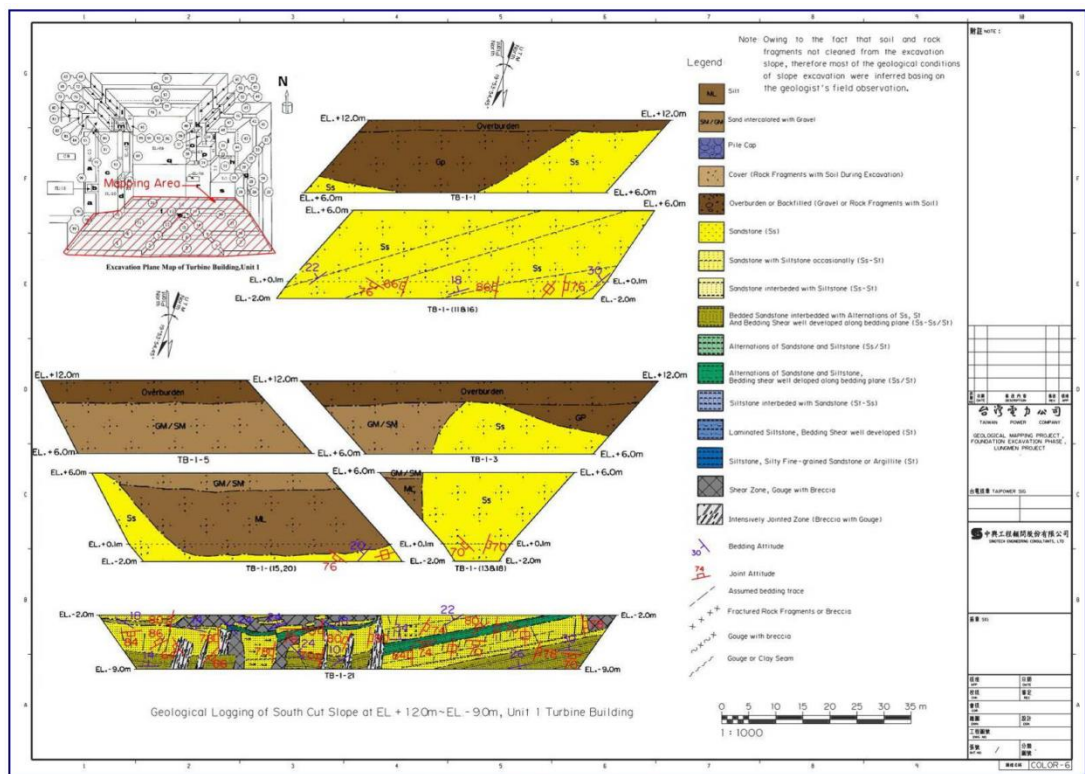
Geological logging of eastern cut slope, Unit No.1 Turbine Building



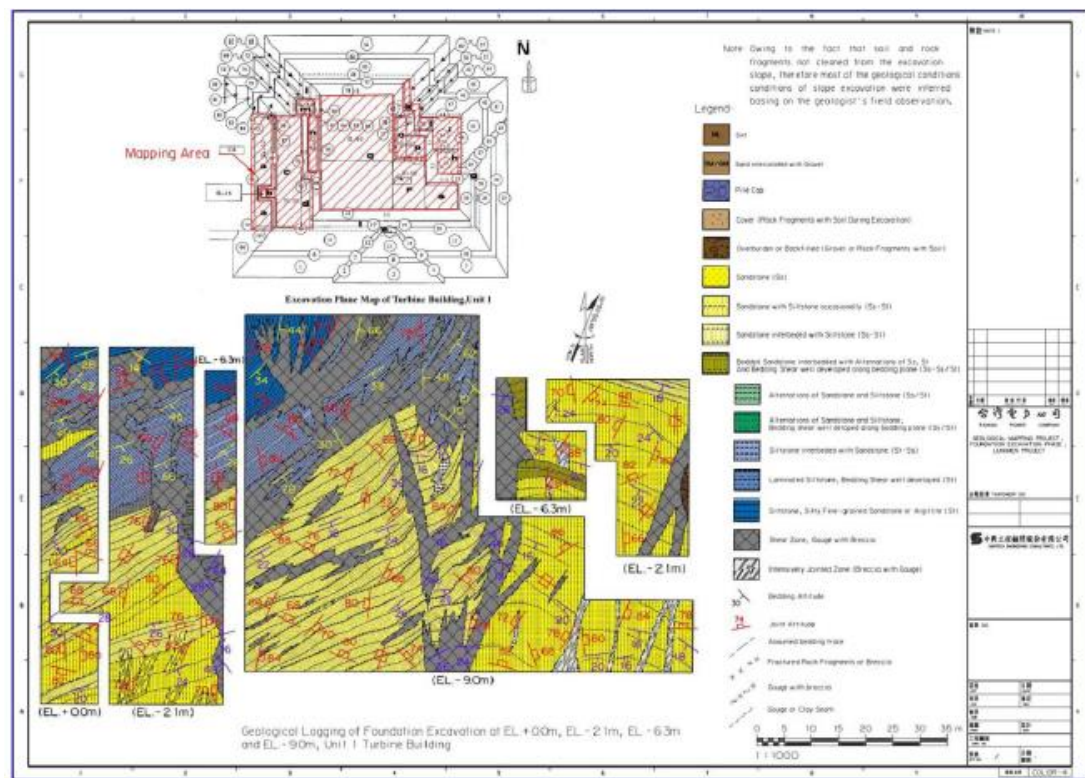
Geological logging of northern cut slope, Unit No.1 Turbine Building

(TB1)

圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖(續)

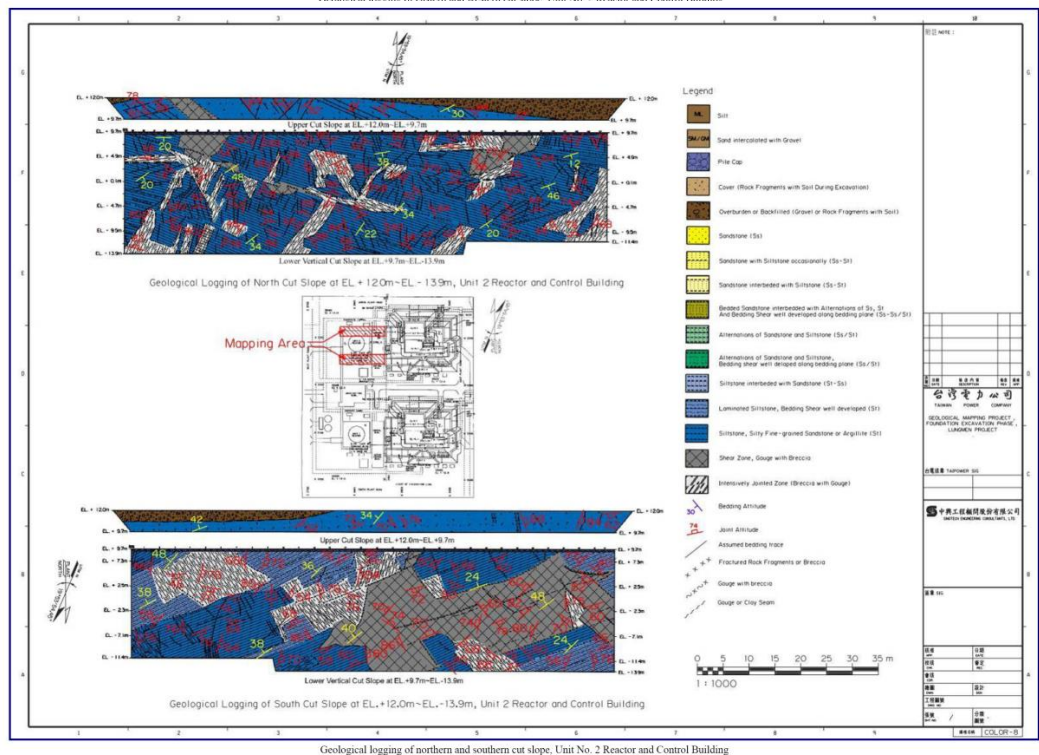
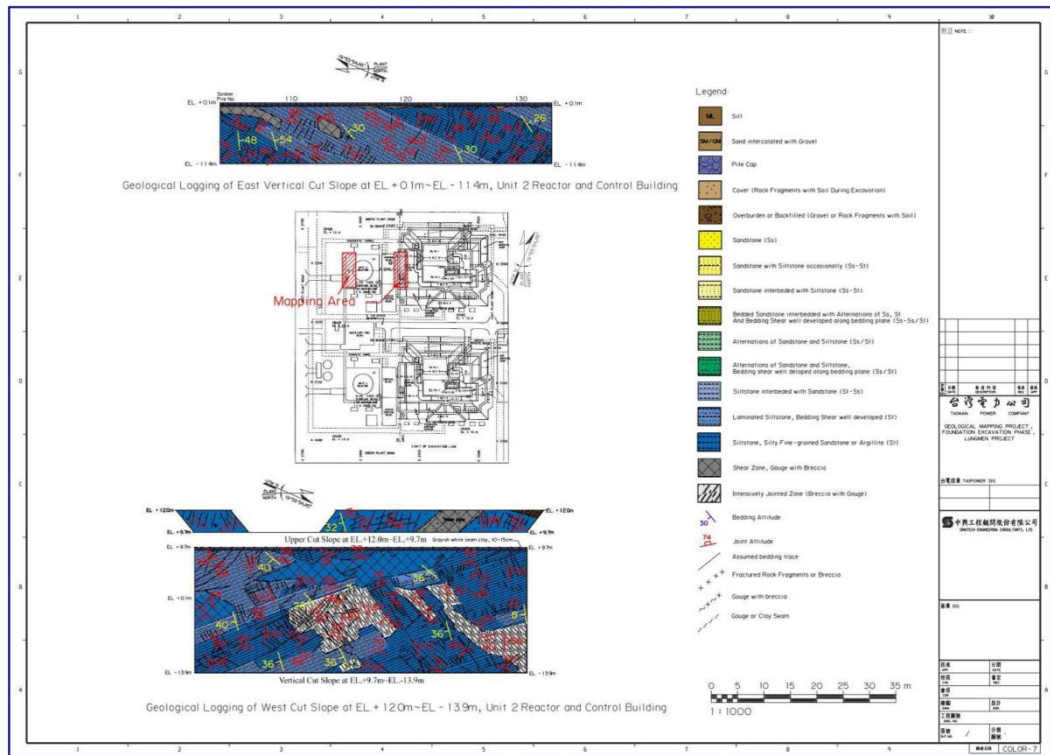


Geological logging of southern cut slope, Unit No.1 Turbine Building

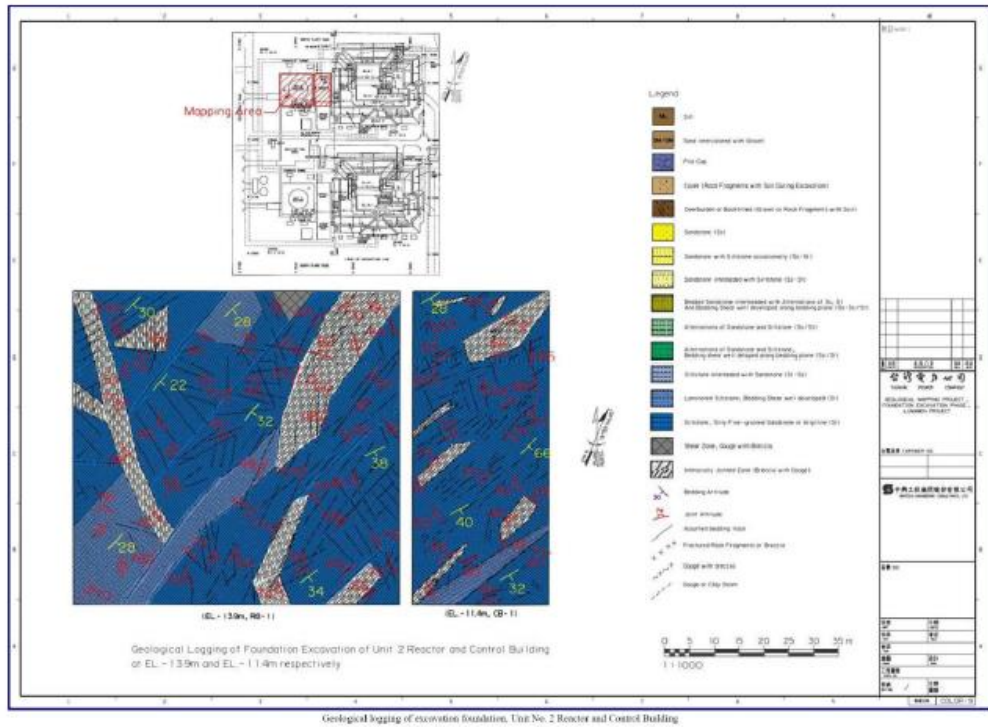


Geological logging of excavation foundation, Unit No.1 Turbine Building

圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖 (續)

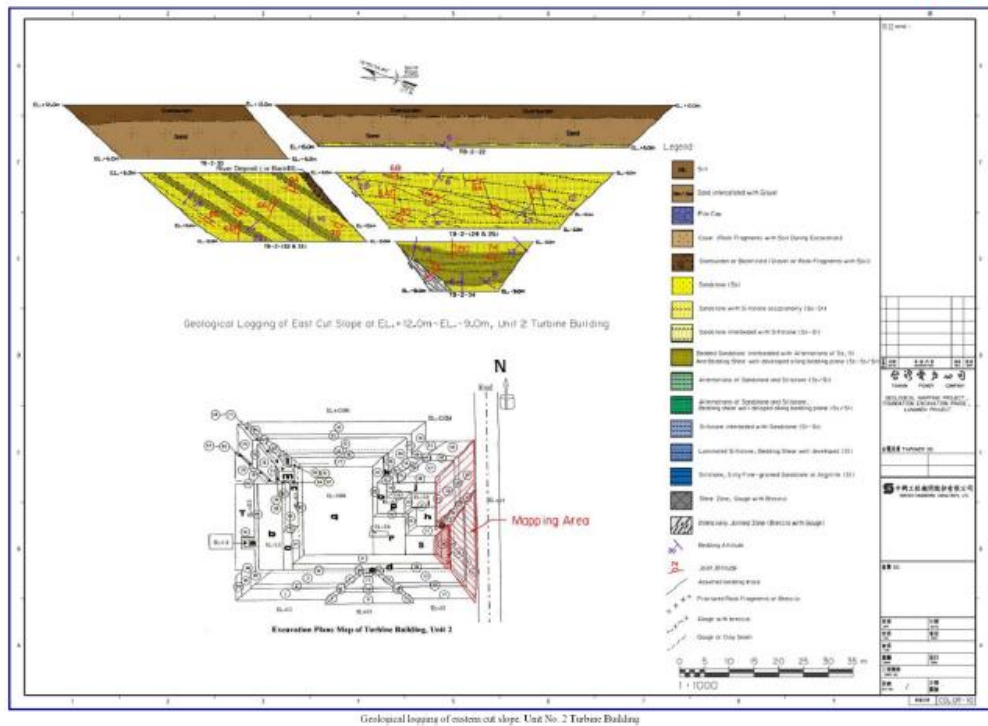


圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖(續)



Geological logging of excavation foundation, Unit No. 2 Reactor and Control Building

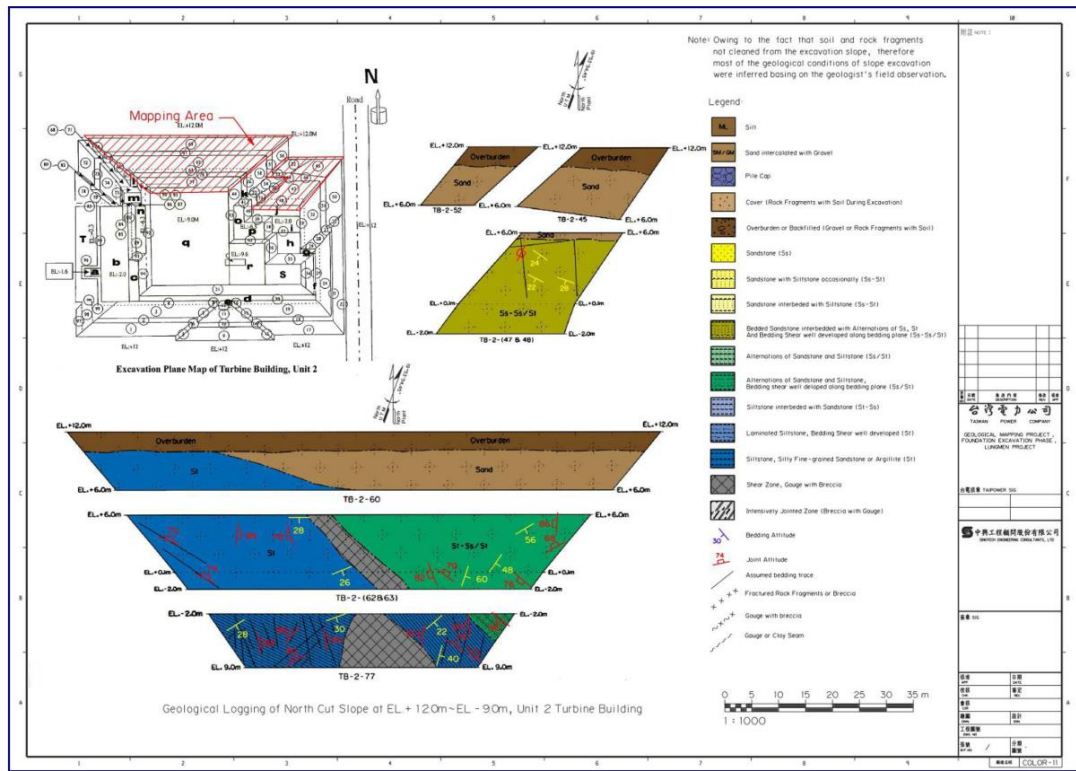
(RB2)



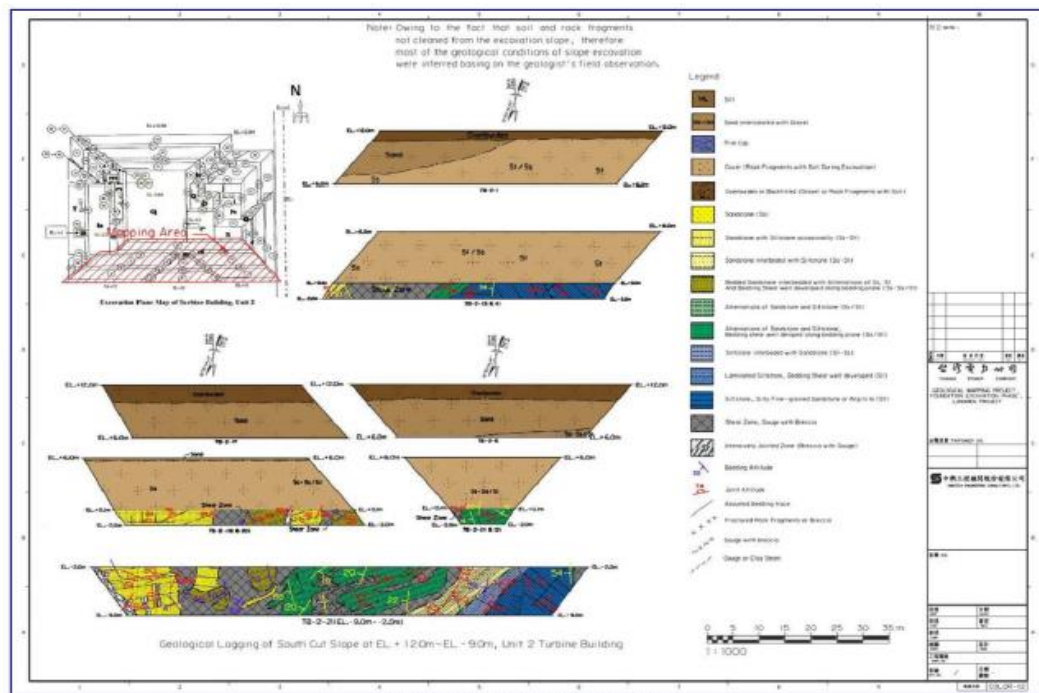
Geological logging of eastern cut slope, Unit No. 2 Turbine Building

(TB2)

圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖(續)



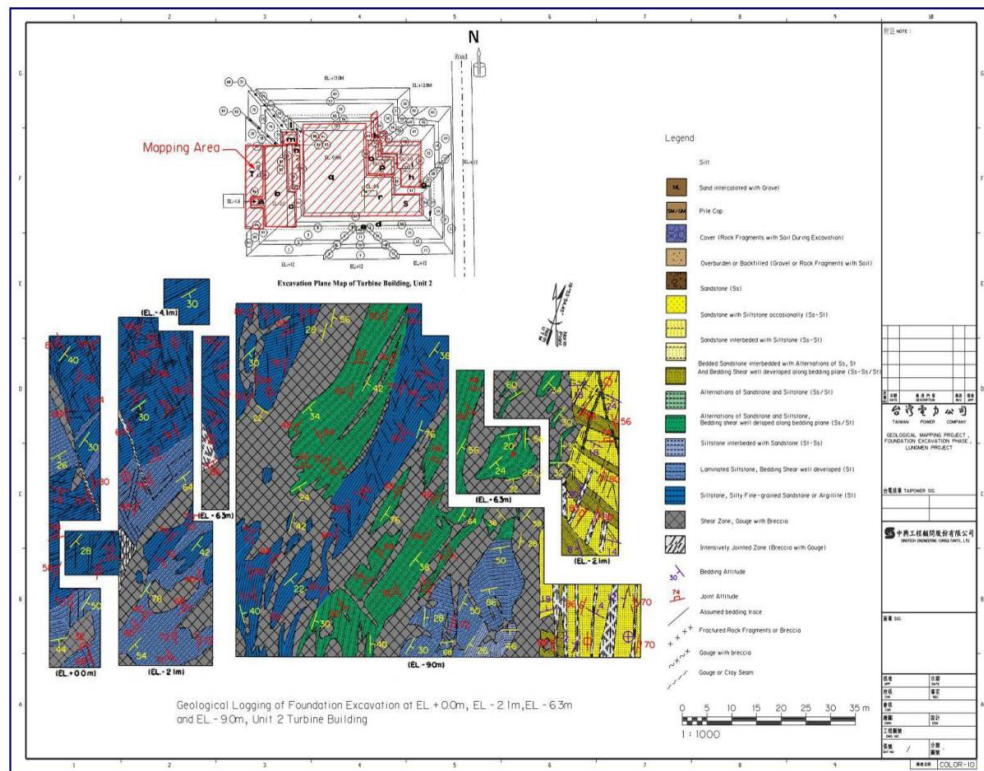
Geological logging of northern cut slope, Unit No. 2 Turbine Building



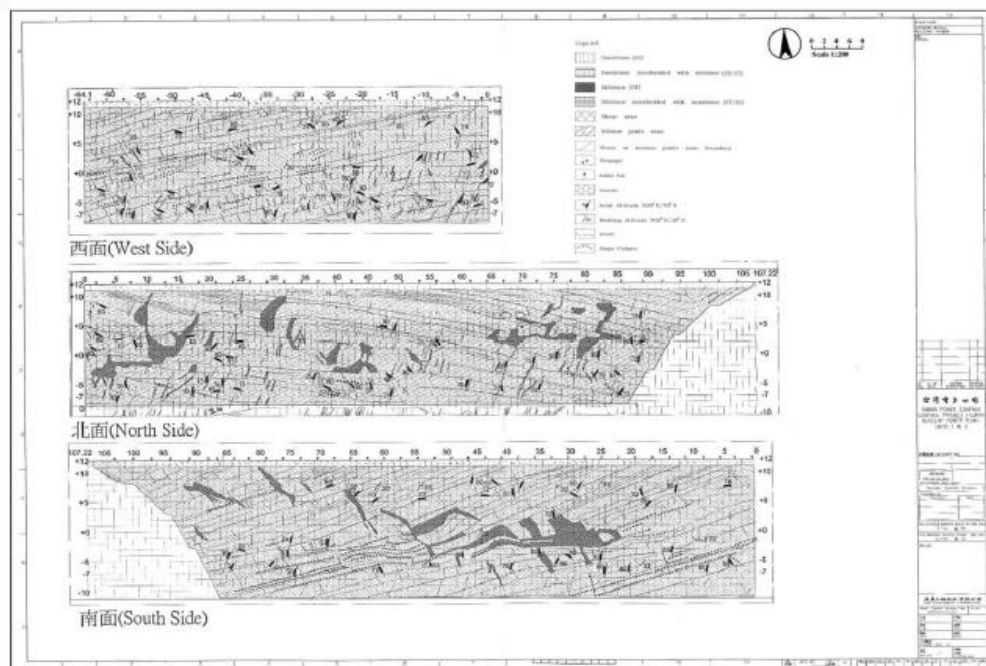
Geological logging of southern cut slope, Unit No. 2 Turbine Building

(TB2)

圖十一 符合比例尺1/500（原圖比例尺1/200）地質圖（續）

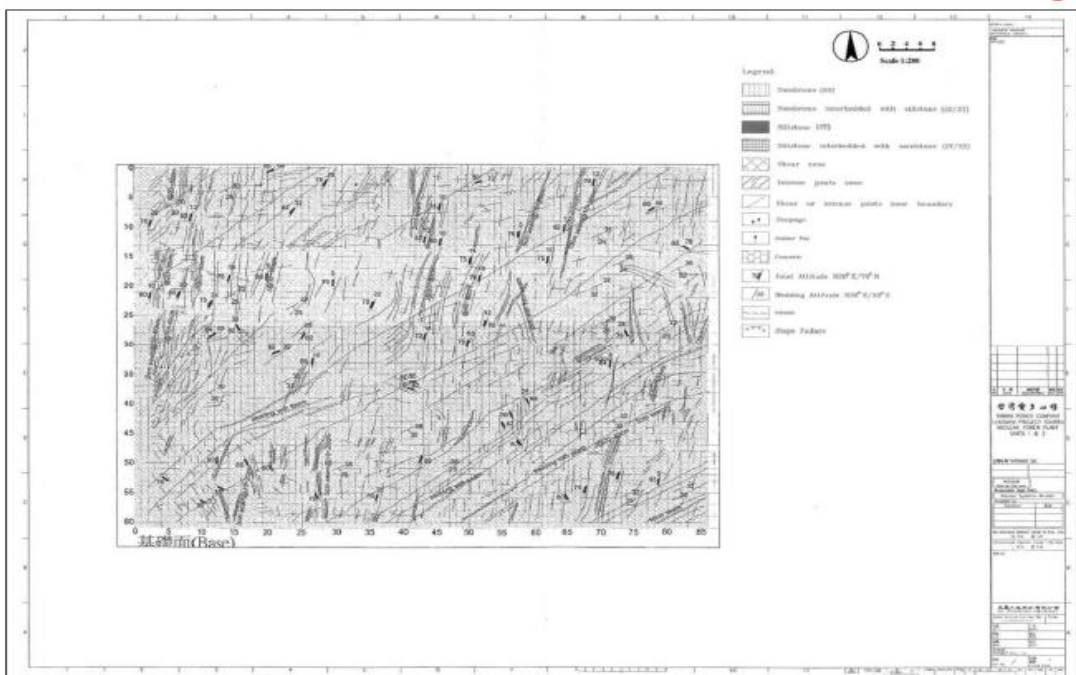
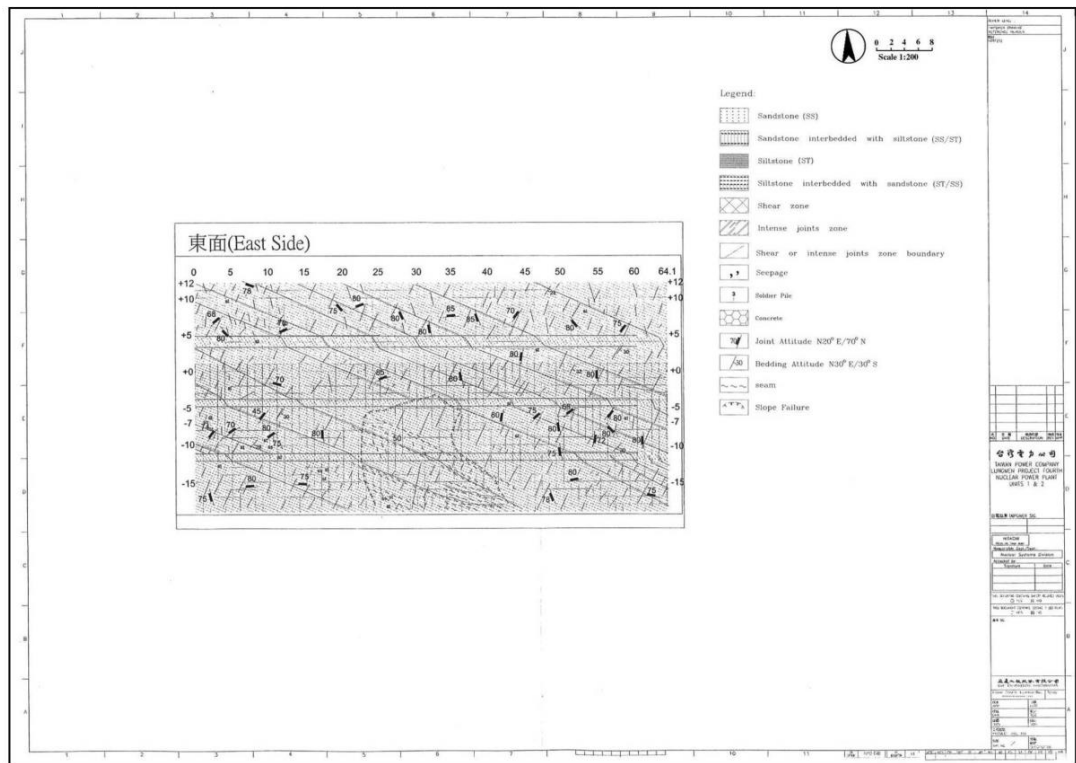


Geological logging of excavation foundation, Unit No. 2 Turbine Building



(Radwaste Building)

圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖(續)



(Radwaste Building)

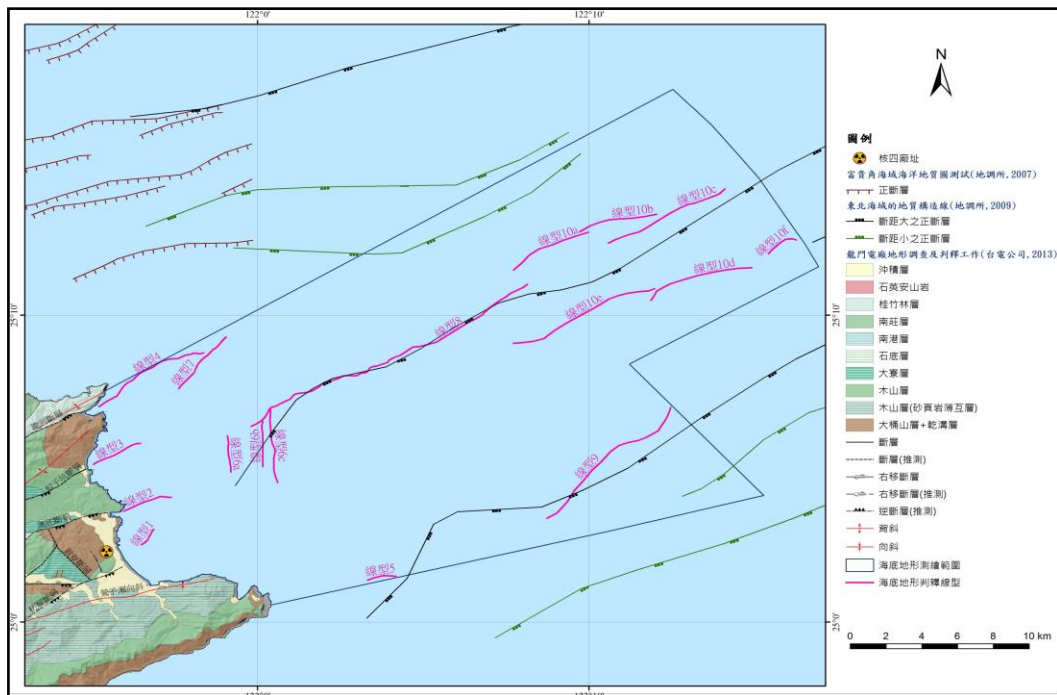
圖十一 符合比例尺1/500 (原圖比例尺1/200) 地質圖(續)

審查委員再審查意見

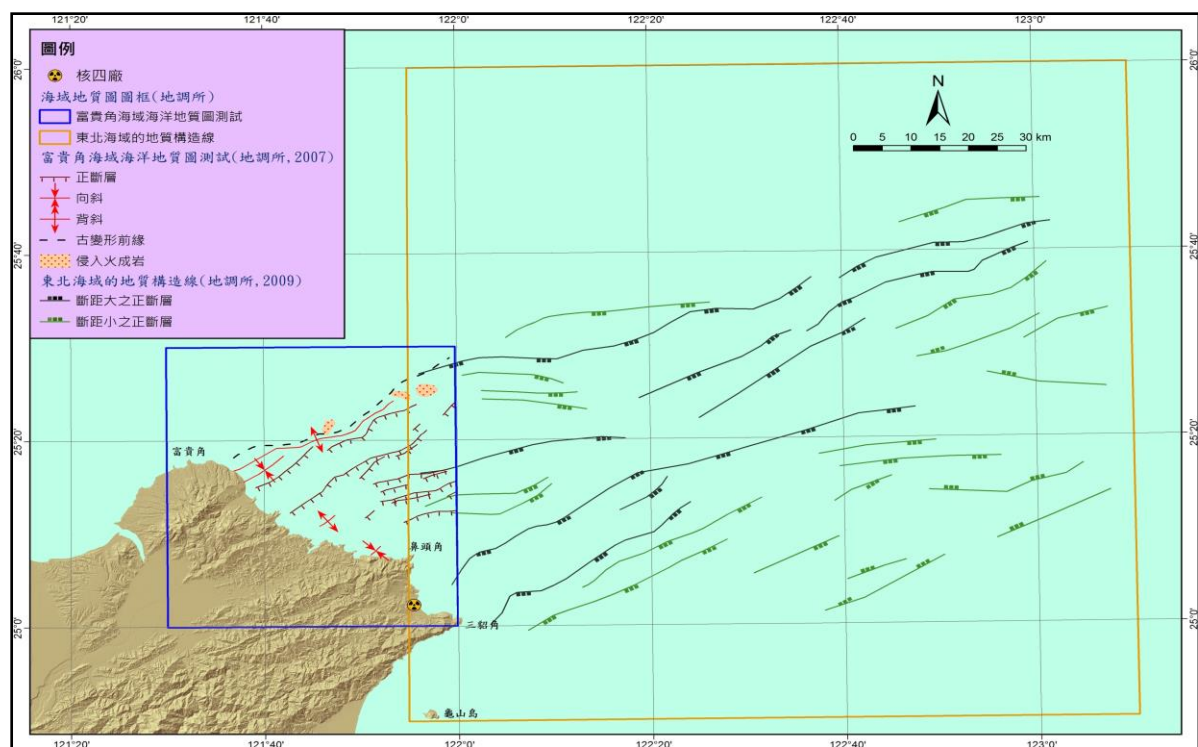
建議經濟部於「核四地質調查安全評估報告」中彙整現有海域調查資料（可參考地調所海洋地質圖）於相當比例尺的地質圖內，使電廠周圍的地質資料更為完整。

經濟部再答覆說明

台電公司後續之地質安全評估或調查將參考既有之海域地質資料，如地調所海洋地質圖(試測版)、核四廠相關海域地質資料等，使核四廠周圍的海域地質資料更為完整。針對委員所提問之「應彙整現有海域調查資料於相當比例尺的地質圖內，使電廠周圍的地質資料更為完整」，經彙整相關圖資如下。



圖十二 核四海域 40 公里範圍內地質圖



圖十三 核四暨台灣東北海域地質圖

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

2. 針對「核四地質調查安全評估報告」之LiDAR地形圖，審查意見如下：

審查委員審查意見

建議標示相關地名和核四廠址，以利查閱。

經濟部答覆說明

遵照辦理。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3-5 廠址 S 斷層議題

1. 針對地質鑽探 AA' 剖面圖與地球物理探勘資料比對方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

「核四地質調查安全評估報告」第 56 頁圖 4-2.11，建議一號機汽機廠房地質鑽探 AA' 剖面圖可與地球物理探勘資料進行比對。

經濟部答覆說明

中興工程顧問公司於 2013 年已進行廠區的地球物理探勘調查，包含表面波頻散震測與折射震測(測線位置分布如核四地質調查安全評估報告第 116 頁)，並與先前地質鑽探剖面圖成果(如「核四地質調查安全評估報告」第 56 頁 AA' 剖面)進行比對，S 斷層位置結果大致上相符。詳細地球物理成果剖面圖請參閱原始報告相關內容。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

2. 針對廠址 S 斷層鑽探樣本之年代判定，審查意見如下：

審查委員審查意見

有關廠址 S 斷層之鑽探所獲得老於 43,000 年之樣本，並非在破碎帶上所採之樣本，此一年代只能顯示含有此一鑽探物質之沉積年代，而並沒有明確的證據顯示斷層活動老於 43,000 年，而於最近沒有活動，建議對前述問題加以說明。

經濟部答覆說明

為瞭解 S 斷層之活動性，台電公司已於 S 斷層兩側使用密集排鑽進行調查，核四廠區地層為大桶山層不整合上覆階地礫石層，若上覆階地礫石層未被錯動，則依地質事件截切關係即可表示 S 斷層至少在階地礫石層沉積以後未活動，調查結果說明如下：

根據地質鑽探成果顯示，靠近山側之地質鑽孔 S6 及 S12 之岩盤面上覆回填層，其餘各地質鑽孔之岩盤面或斷層帶皆上覆厚約 2~8m 之沖積層，該沖積層可約略分為上部厚 0.4~1.6m 且具水平紋理之泥層夾薄層紋理之砂層，以及下部厚約 0.9~7.8m 且具粒徑向上變細趨勢之礫石層。依地層原始水平定律研判，此沖積層並未受地質構造擾動。

依斷層二側(S13及S7)沖積層之下部(礫石層底部)以及上部(泥層夾薄層紋理之砂層頂部)之樣本，C14定年成果分別為老於43,500 yr.B.P.(距今)(3個定年標本)以及8,640-8,180 Cal yr.B.P.(距今)，年代上和沉積層上下關係相符。由於斷層帶上覆之沖積層顯示並未受地質構造作用，其沉積年代至少老於43,500年，因此斷層帶之構造活動應老於43,500年。

由以上可推論S斷層至少43,500年來沒有活動，為非能動斷層。惟為進一步確認斷層和階地覆蓋層之截切關係，台電公司也已規劃進行S斷層之槽溝開挖，將可更進一步直接證明S斷層的活動性。

審查委員再審查意見

有關核四廠址S斷層的工程影響顯著性(engineering significance)應予評估，尤其此S斷層是否符合美國10CFR100 App.A內有關能動斷層與tectonic structure之關聯性，周遭5 miles範圍內之歷史地震，及其是否可能影響到既有SSE的訂定。

經濟部再答覆說明

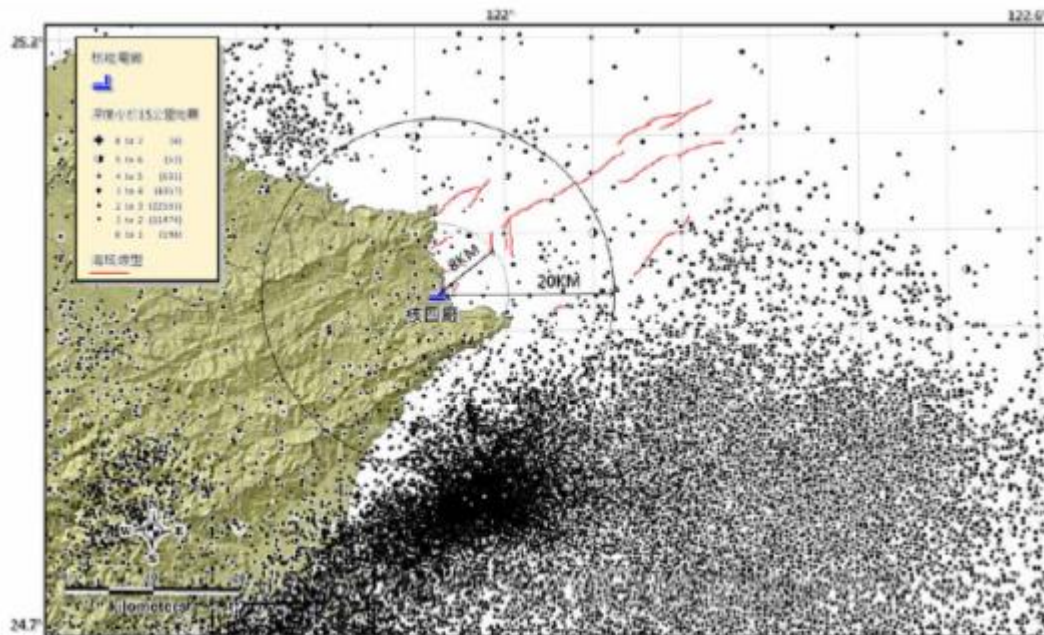
台電公司在民國88年發現S斷層時，即於89、90年委請中興公司進行深入探查，並由原設計廠家美國石威公司於90~91年對汽機廠房結構安全性評估，結論顯示：在地震歷時及設計反應譜分別依據 GE Nuclear Energy(1998a)及 IESER (1992)之前提下，相關地盤設計參數之變更對汽機廠房(TB)、汽機基座(TP)、管路系統及設備物等之設計均無負面影響。另台電公司於102年「核四廠址斷層及地震影響調查評估」之成果顯示：地質材料特性與以往調查一致，故前述石威公司依當時地質參數重新評估汽機廠房安全性之結論亦不變。

台電公司目前已在廠區規劃S斷層槽溝調查工作，預定103年6月中旬可進行槽溝開挖工作，8月中旬可提初步報告，10月底可完成調查正式報告，以更進一步釐清S斷層是否為能動斷層之疑慮。朱傲祖等人(Chu et al., 2013)針對北台灣褶皺逆衝帶的破裂型式進行研究，共分出四組節理，包含一組接近南北向之節理(J1：走向 N110~N190)，藉由野外調查與古應力研究推論，此走向滑移斷層形成時間約與褶皺同時，屬於北台灣造山運動時期構造。財團法人國際海洋大氣研發基金會(2013)調查鹽寮海岸一帶波蝕平台常出現之小斷層構造(參見本報告p.90~91頁)(核四地質調查安全評估報告)，主要一組為南北走向，由露頭觀察斷層大部分屬於剪裂型，這些小斷層可能是沿已存在之節理面發展，屬於一種層內構造。後續台電公司亦將進行大地構造應力之探討與評估。

由核四廠址周圍5 miles (8公里)範圍內之歷史地震(1900-2012)記錄圖(如下圖十四)，深度小於35 公里之淺層地震只有2 個大於規模3，分別是規模3.7(深度22 公里)與4.6(深度25 公里)，且此兩地震距離核電廠將近8 公里遠，目前從歷史地震的分佈中看不出地震活動與S斷層之關連性。

由於核四廠目前安全停機地震(SSE)是將1908年發生在台灣東部規模7.3地震，假設到距廠址最近之地體構造區分界處(約5公里)而定出SSE=0.4g。換言之，只要在场址5公里內不發生規模大於7.3的地震，皆不致影響SSE的設計基準。由於目前尚未發現足以發生地震規模超過7.3的能動地質構造，因此目

前不需改變核四廠耐震設計基準。



圖十四 核四廠址周圍5miles(8公里)範圍內之歷史地震(1900-2012)，歷史地震分佈中看不出地震活動與S斷層之關聯性

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

3. 針對S斷層後續調查工作方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

請台電公司儘快提出並進行此項槽溝開挖工作，以確認汽機廠房間S斷層 (shear zone)之活動性及地震安全性。

經濟部答覆說明

台電公司已著手進行槽溝開挖調查，預定103年6月底可完成調查工作，9月底提出報告。

審查委員再審查意見

請經濟部說明預定之槽溝開挖何時會有具體成果，亦即是否9月底提出的報告就可評估澄清S斷層之活動性。

經濟部再答覆說明

台電公司預定於103年6月中旬開始進行槽溝開挖調查，預計8月中旬可提出調查成果之初步報告，10月底提出調查成果之正式報告。

審查委員再審查意見

建議盡快完成廠址S斷層的槽溝開挖。

經濟部再答覆說明

經濟部答覆遵照委員意見辦理。

審查結果

本項待S斷層槽溝開挖後再辦理後續審查事宜。

4. 針對S斷層調查工作及地質調查證據方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

經調查S構造已確認其為斷層，且「核四地質調查安全評估報告」認為其非為活動斷層。但S斷層在現階段未經槽溝開挖，僅依排鑽所得之剖面解釋不整合於岩盤上之近代沖積層未經斷層錯動，其證據力顯然不足，基於前述原因建議澄清下列4項問題：

(1) S 斷層經研判為左移斷層，平移斷層是無法造成水平地層的垂直錯位的，因

此斷層二側同一水平地層出現在同一深度並不能代表未被錯動。

- (2)斷層帶上覆沖積層中的礫石完整無破碎不能說明其未被擾動，要視其分布的深度，本基地的礫石層厚僅 3-5 公尺，且分佈深度不超過 10 公尺，受力時會旋轉、鬆動，而非壓碎。
- (3)S 斷層二側基盤面有 4m 或 7m 的落差，本報告解釋為古河道所造成，本基地所在地為一古海蝕平台，其上不可能發育有造成如此大落差的「古河道」。
- (4)各剖面都顯示斷層二側的沖積層沉積物有差異，斷層東側明顯有砂層出現，並非全為礫石層。

經濟部答覆說明

依據第一號汽機廠房開挖和地質鑽探資料以及本次調查結果之綜合研判，S 斷層為左移斷層並帶有正斷層分量，因此若斷層兩側同一水平地層出現在同一深度，可合理推測此地層並未被斷層錯動。為瞭解 S 斷層之活動性，已於 S 斷層兩側使用密集排鑽進行調查，並經過詳細比對，可推得 S 斷層上覆礫石階地並無被斷層錯動之跡象。

若斷層有截切上覆礫石層，礫石則有可能會被捲入錯動帶內，但於 S 斷層中並未發現此現象，因此可推論 S 斷層沒有擾動上覆礫石層。

S 斷層二側於中興工程顧問公司(2013)計畫中，北側 A 及 B 排鑽剖面岩盤最大落差約 4~7m，但於推估斷層二側之實際落差僅約 3~4.5m(西高東低)。由本安全評估報告圖 5-3.10(原始報告圖 6.3.4)岩盤面等深圖顯示，此二剖面有一略呈南(低)北(高)向之等高線穿越，研判應為古河道沿斷層弱帶發育形成，此外由礫石層內夾含有火山岩質礫石亦可應證礫石部份源自北側之草山火成岩體。

整體而言，斷層二側沉積物可約略分為上部厚 0.4~1.6m 且具水平紋理之泥層夾薄層紋理之砂層，以及下部厚約 0.9~7.8m 且具粒徑向上變細趨勢之礫

石層。依地層原始水平定律研判，此沖積層並未受地質構造擾動，為更確定 S 斷層未截切其上階地覆蓋層，台電公司已規劃於廠區內之 S 斷層進行槽溝開挖，以期呈現斷層完整剖面與層序，確認核四廠區內 S 斷層的活動性。

審查委員再審查意見

請說明下列 2 項問題：

- (1) 平移分量與正移分量的比例有無評估，否則很難由排鑽資料肯定水平的礫石層未被錯動。
- (2) 地層水平並不表示沒有被「錯動」。相關說明文字均是「推論」所得，請加速開挖工作以取得直接證據。

經濟部再答覆說明

台電公司目前已規劃陸域廠區 S 斷層槽溝開挖發包作業，預計103年10月底可完成槽溝開挖面地質圖測繪工作，後續在S斷層兩側將進行400m深孔鑽探，以進一步評估斷層兩側之層位落差。

審查委員再審查意見

鑒於廠區內S斷層的槽溝開挖工作為接續最重要的調查工作，雖然以目前計畫，槽溝開挖預訂在10月可完成，惟一個槽溝開挖不一定能獲得足夠的資料。台電公司對各不同階段本會委員所提有關S斷層的問題，多寄望於後續的槽溝開挖、深井鑽探及現地應力量測等，但這些調查探勘不一定成功。如果這些調查未能肯定回答各委員所提有關S斷層的問題有何因應計畫，是否另覓場址開挖，抑或以台灣北部地區的區域性應力場變化解釋S斷層形成的大約時間，並以其與大地應力現況的關係解釋該斷層的活動性。

經濟部再答覆說明

槽溝開挖將有助於釐清S斷層與上覆蓋層之截切關係、斷層屬性、定年等問題。後續另將進行地球物理探查、地質鑽孔、現地及實驗室試驗、大地應力量測、地形變形監測、斷層同震模擬等；亦規劃於核四廠外S斷層與澳底斷層截切處另進行槽溝開挖，將可更進一步釐清S斷層之活動特性。

另有關以台灣北部地區的區域性應力場變化解釋S斷層形成之大約時間，並以其與大地應力現況的關係解釋該斷層的活動性之相關問題如下：

S斷層為一接近南北走向之剪切帶，然而在東側厚層砂岩與S斷層交界附近，均有顯著近似南北向、高角度傾角之節理面特徵，推測S斷層之形成，可能與此節理面有關。Chu et al. (2003)認為，此區域之節理形成時間早於區域褶皺變形之前。若S斷層與南北向節理有關，可推論S斷層應與該區南北向之節理一樣，在區域褶皺變形之前形成。目前區域之應力已由褶皺造山運動時期之收縮變形，轉為塊體旋轉以及張裂（Lu et al., 1995），因此S斷層之活動應隨著台灣東北部造山運動的停止而漸不活動。另外，雖然S斷層所經過的岩層中未發現火成活動相關礦體或岩石存在，但由基隆火山群正斷層的形成機制，不排除S斷層與基隆火山群正斷層之形成有某種關聯性。

根據現在GPS的觀測及分析結果，顯示核四廠區目前是以接近南北向伸張應變為主（平均伸張應變為 $0.19 \mu\text{strain/yr}$ ，方位角為 2° ；平均壓縮應變為 $0.07 \mu\text{strain/yr}$ ，方位角為 92° ），且應變率相較於桃園-宜蘭以南皆呈相對低值（Hu et al., 2002）；應變場分布也顯示相同的結果（徐敏儀，2006）。由以上文獻研究結果顯示，台灣東北部區域現存大地應力及應變場方向並不易導致南北向S斷層之再活動發展。

審查結果

本項待S斷層槽溝開挖後再辦理後續審查事宜。

5. 針對核四廠址附近斷層構造方面，審查意見如下：

審查委員審查意見

S斷層不應為核四廠址附近惟一南北走向的左移斷層，建議就鄰近沿岸地質調查或影像判釋結果分析是否有同一性質的其他線型或斷層構造(近岸出露的岩盤有許多斷層構造呈南北向)，同時比對海域調查的線型(例如線型6a, 6b, 6c)以解釋該斷層的成因，並由同成因同性質之其他斷層構造或線型推演S斷層活動的時間。甚至在無法直接開挖S斷層的情形下，以相同屬性的斷層開挖來推演S斷層的活動性。

經濟部答覆說明

相關報告中顯示核四廠區有許多與S斷層類似屬性的構造，整理出以下3點說明：

- (1)1994年中國地質學會報告中指出，廠區內節理主要為近乎南北向及東西走向，南北走向之節理發育較為完整，其成因可能是與區域性構造相關，並非受局部的構造控制。
- (2)朱傲祖等人（Chu et al., 2013）曾針對北台灣褶皺逆衝帶的破裂型式進行研究，於此區區分了四組節理，藉由野外調查與古應力研究推論，走向滑移斷層形成時間約與褶皺同時，當時多沿其中一組已存在之節理面再度活動(J1：走向 N110~N190)。
- (3)「核四地質調查安全評估報告」第90~91頁中，於海岸地帶大桶山層出露的波蝕平台常可見到小斷層構造，多為南北走向，大部分屬於剪裂型，這些小斷層可能是沿已存在之節理面發展，屬於一種層內構造。

經由上述三點，可知核四廠區除S斷層外，也有許多類似屬性或走向的構

造，而目前台電公司也已規劃進行槽溝開挖，將可更直接確定S斷層的活動性。

審查結果

本項待 S 斷層槽溝開挖後再辦理後續審查事宜。

6. 針對廠址附近之地形特徵，審查意見如下：

審查委員審查意見

建議經濟部蒐集核四廠興建前本地區的航空照片，進行細部地形判釋，以瞭解 S 斷層延展處是否有地形特徵。

經濟部答覆說明

中國地質學會(1994)即已對 1992 年(興建前)拍攝之航空照片進行地形觀察及地質研判，經查閱判釋成果資料，於 S 斷層延展處並無線型特徵。

審查委員再審查意見

中國地質學會調查時並無 S 斷層的問題，如果重新檢視航空照片，有機會在 S 斷層二端延伸方向找到地形特徵，以協助廠區外的開挖選址。

經濟部再答覆說明

後續將參考航照判釋結果，並配合地球物理探勘、地質鑽探，評估是否有適合之場址進行槽溝開挖。

審查結果

本項經濟部答覆說明經本會委員審查後無進一步意見。

肆、審查總結

綜合本會委員針對經濟部「核四地質調查安全評估報告」經濟部評議小組所提意見平行檢視，以及逐一審查經濟部及台電公司處理經濟部評議小組審查意見之辦理情形，除部分涉及 S 斷層之審查意見需待槽溝開挖完成，方可進一步審查確認外，其餘本會審查意見之經濟部答覆說明均已獲本會委員同意。本會委員建議強化追蹤之事項，在火山活動及海嘯相關議題部分，因已納入本會福島事件後開立之核管案件，故後續將由相關管制案追蹤，至於廠址 S 斷層之槽溝開挖及後續調查工作，則將增列管制案追蹤。本案現階段審查結果及後續應辦理事項，說明如下：

1. 有關龜山島火山活動問題，經濟部評議小組已要求經濟部說明該島火山活動特性，依前述審查意見台電公司亦已針對陸域火山、火山島、海底火山及海域歷史火山事件等進行調查與評估工作，並建立火山危害機率式模型及各電廠火山危害度曲線。針對經濟部評議小組所提審查意見，本會委員亦進一步提出審查意見，要求台電公司蒐集台灣北部外海海底火山之相關歷史紀錄及國外相關資料(如日本1792年雲仙火山之成因與對鄰近區域造成之影響)，用以評估龜山島火山活動情形及對龍門電廠可能之影響。針對火山活動對核電廠可能之安全影響，本會已於福島事件後開立管制案(LM-JLD-10117)要求台電公司辦理相關調查評估，故本項後續執行情形將由該管制追蹤案管控，目前辦理情形可參見報告附件二項次(一)。
2. 有關崩山海嘯方面，經濟部評議小組針對位於沖繩海槽、龜山島南側有一大規模北傾之正斷層是否影響核四廠區，要求經濟部調查評估。經濟部針對前述要求，承諾將成立專案計畫，針對龜山島周遭之海底地形、火山崩塌程度等進行調查，以釐清龜山島火山對核四廠危害影響程度。針對經濟部評議小組所提審查意見，本會委員亦進一步提出審查意見，認為龜山島東北面具崩塌地形，應參考1792年日本雲仙火山崩落後產生海嘯，並因灣

澳地形作用對島原地區造成大規模影響之事例，對火山崩落引發崩山海嘯進行評估調查，本項火山活動調查要求，本會亦已納入福島事件後管制追蹤案(LM-JLD-10117)要求台電公司辦理，並由該案管控後續執行情形，目前辦理情形可參見報告附件二項次(一)。

3. 有關核四廠址內S斷層調查方面，經濟部評議小組要求經濟部說明S斷層與上覆沖積層截切關係，並進一步調查確認S斷層之活動性，關於前述審查意見，台電公司已規劃辦理廠址S斷層之槽溝開挖工作，以求了解S斷層之活動特性及延伸範圍。本會委員除要求應依經濟部評議小組意見盡快辦理槽溝開挖工作外，並建議若槽溝開挖、深井鑽探及現地應力量測等調查未能肯定回答各委員所提有關S斷層之問題時，經濟部及台電公司應預先規劃因應計畫，並建議可參考核四廠址過去之航照判釋結果，配合區域內海域線型之比對，以釐清S斷層衍生之相關議題。台電公司已依本會委員審查意見，規劃「核四計畫廠區S斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質調查工作」，其中核四廠區附近海域線型構造特性海域地球物理探測工作已於103年12月完成，核四廠區S斷層構造槽溝開挖地質調查工作部分，則因涉及水保計畫變更及環境差異分析評估等二項工作，需待審查通過後方可執行，本項經濟部目前辦理情形可參見報告附件二項次(二)，後續本會將開立管制追蹤案追蹤。
4. 針對大地應力狀態與斷層位態間之關連性問題，因目前地質證據不足以說明核四鄰近廠區大地應力狀態與斷層位態間之關係，經濟部已依經濟部評議小組要求，將「核四地質調查安全評估報告」內文之“斷層之應力方向與現今大地應力方向不符，故應非屬近期活動之構造”之推論刪除。本會委員亦由核安管制角度，建議經濟部除調查台灣東北部線型構造以釐清斷層面位態相關問題外，並盡量利用各種可能的方法(如野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯ASR、和水破實驗等)，完整評估台灣北部大地

應力場大小/方向及與核四廠區附近正斷層之關聯性，本項台電公司已規劃「核四廠S斷層構造第二階段地質調查工作」進行野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯(ASR)和水破實驗等，以釐清目前台灣北部現地應力場的大小及方位，本項經濟部目前辦理情形可參見報告附件二項次(三)，後續本會將開立管制追蹤案追蹤。

5. 有關廠址附近正斷層問題，經濟部評議小組要求釐清是否有證據或根據可判定陸域之逆斷層不會反轉成正斷層，前述意見已由經濟部澄清並獲經濟部評議小組同意答覆內容，詳參經濟部核四地質調查安全評估報告附件一，針對陸域正斷層相關問題，本會委員進一步提出審查意見，要求評估穿過基隆火山群的正斷層之活動時間和成因，本項台電公司已於福島事件後管制追蹤案(LM-JLD-10117)規劃之「台電核能電廠陸域火山與火山島調查暨評估工作」，將前述評議小組及本會委員意見納入調查工作範圍，本項經濟部目前辦理情形可參見報告附件二項次(四)。
6. 有關「核四地質調查安全評估報告」廠址附近海陸域調查發現之線型構造與歷史地震之關聯性調查，經濟部評議小組提出海域調查缺乏沉積物擾動資料，線性8是否為斷層構造目前無法得到結論，應進行後續調查工作，並整合海域及陸域之線型構造進行說明。本會委員進一步提出審查意見，除要求經濟部依經濟部評議小組意見進行前述調查工作外，亦須補充海域調查所發現諸線型構造與歷史地震之關聯性，判釋線型8或海域線性與過去在此一區域所發生的地震海嘯的關係，並列入後續評估之工作項目。目前台電公司已完成「核四計畫廠區S斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質調查工作」案之近海域探測工作，判釋出1條逆斷層與7條正斷層，唯一之逆斷層F1為新判釋出之線型，其與陸域斷層之關係，台電公司已規劃納入前述補充地質調查工作執行，本項經濟部目前辦理情形可參照報告附件二項次(五)，後續本會將開立管制追蹤案追蹤。

附件一 審查作業重要歷程

日期	審查進行事項
103/2/17(一)	召開第 1 次審查會議，經濟部簡報地質調查安全評估報告之內容。
103/2/19(三)	完成第 1 次審查會議紀錄。
103/2/27(四)	審查委員提出第 1 次審查意見。
103/3/4(二)	將第 1 次審查意見送經濟部。
103/3/11(二)	經濟部答覆第 1 次審查意見。
103/3/19(一)	召開第 2 次審查會議，經濟部簡報核四地質調查安全評估報告之第 1 次重要答覆說明。
103/3/24(一)	完成第 2 次審查會議紀錄。
103/4/3(四)	審查委員提出第 2 次審查意見。
103/4/7(一)	將第 2 次審查意見送經濟部。
103/4/14(一)	審查委員提出第 2 次審查意見(新增意見)。
103/4/22(二)	經濟部答覆第 2 次審查意見。
103/4/28(一)	召開第 3 次審查會議，經濟部簡報核四地質調查安全評估報告之第 2 次重要答覆說明。
103/5/1(四)	完成第 3 次審查會議紀錄。
103/5/9(五)	審查委員提出第 3 次審查意見。
103/5/15(四)	將第 3 次審查意見送經濟部。
103/5/26(一)	經濟部答覆第 3 次審查意見。
103/7/21(一)	彙整並撰寫完成 SER 草稿。
103/7/25(五)	召開第 4 次審查會議，並於審查會議將 SER 草稿經濟部簡報核四地質調查安全評估報告之第 3 次重要答覆說明。(審查結論討論會)
103/8/14(四)	完成第 4 次審查會議紀錄。
103/8/22(五)	經濟部回覆第 4 次審查意見(全案審查意見)。
103/9/9(二)	審查委員確認針對經濟部答覆審查意見內容已無後續審查意見(除 S 斷層議題外)。
103/9/19(五)	彙整並撰寫完成 SER 初稿，並送審查委員 review。
103/9/26(五)	審查委員 review 後提出 SER 初稿意見。
103/10/9(四)	完成修訂 SER(除 S 斷層議題外)。
105/4/29(五)	依調查進度修訂 SER

附件二 本會委員審查後續應辦理事項及經濟部辦理情形說明

原能會審查委員審查後續應辦理事項	經濟部及台電公司答覆說明
(一) 台灣北部外海及龜山島海底火山調查 蒐集台灣北部外海海底火山之相關歷史紀錄及國外相關資料，以評估龜山島火山活動情形及對龍門電廠可能之影響與危害。並針對龜山島周遭之海底地形、火山崩塌程度等進行詳細之調查與評估，以釐清龜山島火山對核四廠的危害影響程度。	(一) 經濟部及台電公司答覆說明(第 1 季) 1. 台電公司已遵照原能會核管案件 XX-JLD-10117(海陸域火山、海底山崩及古海嘯調查暨評估工作)之調查工作內容，委請科技部辦理有關台灣北部外海及龜山島海底火山調查工作。 2. 台電公司將依據審查委員所提議調查工作內容進行是項地質調查工作。 (二) 經濟部及台電公司答覆說明(第 2 季) 1. 台電公司正遵照原能會核管案件 XX-JLD-10117(海域及陸域火山調查與噴發危害度評估)之調查工作內容，辦理「台電核能電廠陸域火山與火山島調查暨評估工作」採購發包作業中，合約工作項目包括北部外海海底火山文獻資料蒐集、分析及評估，以評估龜山島火山活動情形及對龍門電廠可能之影響與危害。另外，亦將就龜山島周遭進行空中磁力探測資料評估分析，海底地形測彙、海域地球物理探測、海域地質鑽探、LIDAR 地形測繪與判釋、地表地質查核、地表變形監測、井下微震監測等詳細地質調查工作，以詳細探查火山崩塌程度，並更明確的釐清龜山島火山活動情形及對龍門電廠可能之危害影響程度。 2. 上述地質調查工作預定於 104 年 11 月完成採購發包工作，其中，105 年 10 月所完成之第一階段調查成果報告，可提出文獻資料蒐集、分析龜山島火山活動情形及對龍門電廠可能之影響與危害之初步分析評估結果，並預定於 108 年 4 月完成調查評估總結報告。
(二) S 斷層槽溝開挖調查及後續因應對策計畫 請儘快辦理 S 斷層槽溝開挖工作外，另針對槽溝開挖、深井鑽探及現地應力量測等調查	(一) 經濟部及台電公司答覆說明(第 1 季) 1. 台電公司業已完成「核四計畫廠區 S 斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質調查工作」發包採購案，進一

仍可能無法肯定回答各委員所提有關 S 斷層之問題，建議經濟部及台電公司應預為規劃因應對策計畫，或可參考核四廠址過去之航照判釋結果，配合區域內海域線型之比對，以釐清 S 斷層衍生之相關議題。	步執行廠區 S 斷層構造槽溝開挖及附近海域線型構造特性之地球物理及地質調查工作中。 - 由於目前 S 斷層構造槽溝開挖工作涉及農委會水保局提及必須辦理水保計畫設計變更及台電公司環保處提及需要辦理環境差異分析評估之澄清及外在因素之影響，致目前尚無法進行槽溝開挖工作。 - 台電公司將依據上述地質調查成果資料，進一步規劃核四廠 S 斷層構造第二階段地質調查工作；其中，除將遵照辦理審查委員所提議調查工作項目：野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等，以確實釐清 S 斷層構造屬性外；並遵照審查委員所建議參考核四廠址過去之航照判釋結果，並配合區域內海域線型之比對等相關因應對策計畫，以確實釐清 S 斷層構造衍生之相關議題。 (二) 經濟部及台電公司答覆說明(第 2 季) - 台電公司目前執行之核四廠區 S 斷層構造槽溝開挖地質調查工作，預計於 105 年 2 月底先行完成水保計畫變更設計及環境差異分析評估等二項工作。因此，預定於 105 年 6 月左右開始執行 S 斷層構造槽溝開挖地質調查評估工作，並預定於 105 年 12 月底完成調查評估。 - 台電公司將依據上述地質調查成果，進一步規劃核四廠 S 斷層構造第二階段地質調查工作；其中，除遵照審查委員之意見進行：野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等，以確實釐清 S 斷層構造屬性外；並遵照審查委員所建議參考核四廠址過去之航照判釋結果，配合區域內海域線型之比對，以釐清 S 斷層衍生之相關議題。
(三) 台灣東北部大地應力狀態與斷層位態間之關連性問題 調查台灣東北部線型構造(可能是正斷層)的斷層面位態，並盡量利用各種可能的方法(如	(一) 經濟部及台電公司答覆說明(第 1 季) 台電公司業已遵照審查委員之建議事項，完成「核四計畫廠區 S 斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質

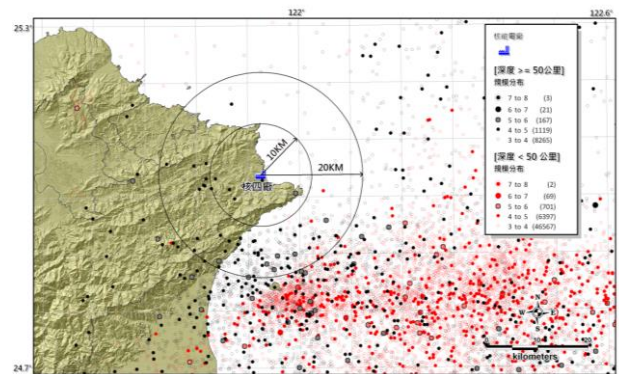
野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等)，以獲得現今台灣北部現地應力場的大小和方位。	調查工作」發包採購案，進一步執行廠區 S 斷層構造槽溝開挖及附近海域線型構造特性之地球物理及地質調查工作中。 2. 台電公司將依據上述地質調查成果資料，規劃核四廠 S 斷層構造第二階段地質調查工作；其中，將遵照採行審查委員所提議調查工作項目：野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等，以確實釐清 S 斷層構造屬性；並進一步獲得台灣北部現地應力場的大小和方位等資料。 (二) 經濟部及台電公司答覆說明(第 2 季) 1. 台電公司業已遵照審查委員之建議事項，完成「核四計畫廠區 S 斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質調查工作」採購案，其中，已於 103 年 12 月完成核四廠區附近海域線型構造特性海域地球物理探測工作。此外，核四廠區 S 斷層構造槽溝開挖地質調查工作，因涉及之水保計畫變更，及環境差異分析評估等二項工作，預計 105 年 6 月底方可完成。因此，預定於 105 年 7 月左右始可開始執行 S 斷層構造槽溝開挖地質調查評估工作，並預定於 105 年 12 月底完成調查評估結果。 2. 台電公司將依據上述地質調查結果，規劃「核四廠 S 斷層構造第二階段地質調查工作」；其中，將遵照審查委員之意見進行：野外斷層構造的量測、地震應力解、鑽井岩芯 ASR、和水破實驗等，以確實釐清 S 斷層構造屬性；台灣北部現地應力場的大小和方位等資料。以上第二階段地質調查工作，預定於 106 年 6 月完成採購發包工作，並於 107 年 7 月完成調查評估。
(四) 基隆火山群的正斷層之活動時間和成因調查 調查及評估穿過基隆火山群的正斷層之活動時間和成因。	(一) 經濟部及台電公司答覆說明(第 1 季) 1. 有關「穿過基隆火山群的正斷層之活動時間和成因」，台電公司已蒐集相關基隆火山群正斷層的形成原因及形成年代等

	文件資料，於答覆審查委員第 4 次審查意見中，做一詳細回覆說明。 2. 台電公司即將發包執行之核管案件，XX-JLD-10117(海陸域火山、海底火山及古海嘯調查暨評估工作)之調查工作內容，已包含穿過基隆火山群的正斷層活動時間和成因之調查及評估工作，預計 108 年 4 月提供調查結果。 (二) 經濟部及台電公司答覆說明(第 2 季) 1. 有關「穿過基隆火山群的正斷層之活動時間和成因」，台電公司已蒐集基隆火山群正斷層的形成原因及形成年代等相關文件，並於答覆審查委員第 4 次審查意見中，做詳細回覆說明。 2. 台電公司即將執行之「台電核能電廠陸域火山與火山島調查暨評估工作」，將包含穿過基隆火山群的正斷層活動時間和成因之調查及評估工作，調查工作項目包括：海域地球物理探測、海域地質鑽探、LIDAR 地形測繪與判釋、數值地形模型建置、地表地質查核、火成岩定年分析、全岩分析、岩象分析、地表變形監測、井下微震監測、空中磁力探測等詳細地質調查工作。 3. 上述地質調查工作預定於 104 年 11 月完成採購發包工作，並於 108 年 4 月完成調查評估成果。
(五) 龍門廠區附近海域調查發現之線型構造與歷史地震之關聯性調查 請補充海域調查所發現之海域線性與過去在此一區域內所發生的地震海嘯的關係調查。	(一) 經濟部及台電公司答覆說明(第 1 季) 1. 「核四地質調查安全評估報告」經濟部評議小組蔡義本教授於審查意見中說明：1980~2012 年澳底地區之地震分布圖，核四半徑 20 公里範圍內沒有規模 6 以上之地震，而 20 公里範圍內深度小於 10 公里的地震最大規模為 4.4 且多數都在龜山島周圍(詳評估報告 P.182~P.183)，如下圖。故推測核四海域之構造線型與區域性的地震較無關聯性。 2. 台電公司將以目前執行中之「核四計畫廠區 S 斷層構造及附近海域線型構造特

性之後續補充地質調查工作」發包案及規劃中之核四廠 S 斷層構造第二階段地質調查工作所完成相關資料，進一步調查說明廠區附近海域調查發現之線型構造與歷史地震之關聯性。

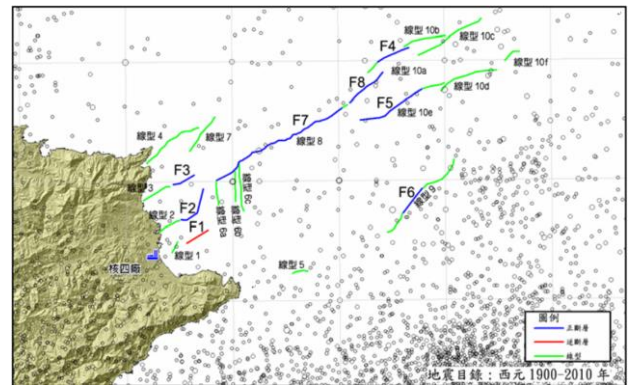
(二) 經濟部及台電公司答覆說明(第 2 季)

1. 「核四地質調查安全評估報告」經濟部評議小組蔡義本教授於審查意見中提出：1980~2012 年澳底地區之地震分布圖(如下圖)，核四半徑 20 公里範圍內沒有規模 6 以上之地震，且該範圍內深度小於 10 公里的地震最大規模為 4.4 且多數都在龜山島周圍。故本公司推測核四海域之構造線型與區域性的地震較無關聯性。



2. 台電公司業已完成「核四計畫廠區 S 斷層構造及附近海域線型構造特性之後續補充地質調查工作」案之近海域探測工作，利用 Boomer 與 G. I. Gun 法詳細調查核四附近海域線型，判釋出 1 條逆斷層(下圖紅線 F1)與 7 條正斷層(下圖藍線 F2~F8)。比對本次斷層線型與前期海洋大氣研發基金會(2013)所判釋的海域線型(下圖綠線之線型 1~10)結果，正斷層 F2 西側可能為澳底斷層的延伸，正斷層 F3 西側可能為蚊子坑斷層的延伸。F7 與 F8 相當於前期線型 8；F6 相當於前期線型 9；F4 相當於前期線型 10。唯一之逆斷層 F1 為本期判釋出之新線型，可能為枋腳斷層的延伸。疊合斷層線型分布與 1900~2010 年的歷史地震目錄，由下圖可知，斷層分布地區並非地震記錄明顯密

集帶，兩者之間並無直接證據顯示其相關性。



註：本項於原能會接獲經濟部第 2 季提報時，即於 104 年 9 月詢問原能會審查委員，委員同意待台電公司槽溝開挖完成並依程序提交報告時一併審查本項判釋之新線型。