

核二廠用過核子燃料乾式貯存設施建造執照申請案

預備聽證爭點 - 台電公司之說明

一、乾式貯存設施的必要性及相關問題.....	1
1.核二廠不再延役，是否還需要興建用過核子燃料乾式貯存設施？.....	1
2.核二廠用過核子燃料乾式貯存設施，會不會成為最終處置場？.....	1
3.核二廠用過核子燃料乾式貯存設施鄰近基隆市中山區及安樂區人口密度相對較高，是否違法設置於高密度人口區？.....	2
4.核一廠乾式貯存設施是否可以擴大設計？核二廠用過核子燃料送去貯存可節省經費。.....	2
5.乾式貯存設施鄰近區的補助是否公平？.....	3
6.核能電廠計畫由 5 公里增加至 8 公里，是否有做好相關應變準備？.....	4
7.萬里地區假日塞車，現有道路已不足以因應，核二乾貯興建前應優先妥善規劃緊急應變疏散道路，以利疏散因應，例如萬雙隧道等道路的闢建。.....	4
二、乾式貯存設施的安全性問題(含相關應變措施).....	4
1.乾式貯存設施遇到地震、海嘯、土石流的安全性問題？.....	4
2.乾式貯存護箱是否會有破裂、鏽蝕或爆炸的風險？.....	9
3.乾式貯存護箱露天貯存是否易成為飛彈等武器攻擊目標或遭遇飛機墜毀撞擊的風險？.....	10
4.乾式貯存護箱之用過核子燃料是否可以安全的再取出，40 年貯存後如何有計畫的將貯存護箱及鋼桶安全運送至最終處置場？.....	11
5.乾式貯存護箱的輻射線是否會製造懸浮放射性物質而污染環境？.....	12
6.國外乾式貯存發生意外事件的安全問題？.....	13
7.大屯山火山群活動是否對核二廠乾式貯存設施造成影響？.....	14
8.用過核子燃料完整性檢測及其安全規定問題、吊卸過程安全性問題及緊急狀況處理？.....	14
9.乾式貯存設施的設計如何與最終處置場接軌？.....	15

三、核能政策、財務、誠信等相關問題.....	16
1.台電備載容量百分之16不缺電的狀況，核電廠是否有必要運轉？.....	16
2.財務保證說明中的乾式貯存設施的除役費用顯然低估，運轉維護費用是否應該與建造費用分開編列？.....	17
3.財務保證說明中，未編列核災賠償準備金，未來一旦發生核子事故會不會求償無門？.....	17
4.核電人才斷層是否會影響乾式貯存場安全？.....	17
附件、國外用過核子燃料乾式貯存安裝作業異常／意外事件之經驗回饋說明資料.....	19

一、乾式貯存設施的必要性及相關問題

1.核二廠不再延役，是否還需要興建用過核子燃料乾式貯存設施？

說明：

遵照政府於 100 年 11 月 3 日所宣布之新能源政策，既有核電廠將不再延役。由於核二廠 1、2 號機係分別於民國 70 年及 72 年開始商轉，原能會核准運轉執照效期為 40 年，故運轉執照將分別至民國 110 年及 112 年屆滿。但是現有水池容量有限，無法貯存運轉 40 年退出之所有用過核子燃料，因此，台電公司參考歐、美、日、韓等核能先進國家之作法，計畫將部份經水池充分冷卻之用過核子燃料移至乾式貯存設施，以維持電廠運轉發電 40 年。亦即，規劃興建之乾式中期貯存設施，係以滿足核二廠 1、2 號機各運轉至民國 110 年及 112 年為目的，以確保國內電力供應。

2.核二廠用過核子燃料乾式貯存設施，會不會成為最終處置場？

說明：

原能會已核定台電公司的用過核子燃料最終處置計畫，未來我國用過核子燃料最終處置計畫將採階段性發展推動。其各階段時程依序如下：

- (1) 「潛在處置母岩特性調查與評估」(2005-2017)；
- (2) 「候選場址評選與核定」(2018-2028)；
- (3) 「場址詳細調查與試驗」(2029-2038)；
- (4) 「處置場設計與安全分析評估」(2039-2044)；
- (5) 「處置場建造」(2045-2055)。

因此，台電公司依據「放射性物料管理法」規定及原能會已核定之用過核子燃料最終處置計畫，持續推動執行用過核子燃料最終處置的地質調查與技術發展工作，並預定於 2055 年完工啟用最終處置場，以接收各核電廠之用過核子燃料。另，依「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」，高放射性廢棄物最終處置應採深層地質處置，意即高放射性廢棄物必須置放在地表下適當之深度(國際上一般指地下 300 至 1000 公尺處)與地質環境內，使能長期將放射性核種與生

物圈安全隔離。此外，相關法規對於乾式貯存設施與最終處置場所要求之安全標準不同，故乾式貯存設施不會變成「最終處置場所」。

惟於 2055 年之前，台電公司若與其他國家達成國際或區域合作處置計畫之協議，則可以提前將用過核子燃料遷離電廠並送至其他國家進行最終處置；或者於 2055 年之前，若用過核子燃料之再處理符合核子保防、經濟效益、國家能源政策等，且與其他國家達成再處理之協議，則台電公司可以提前將用過核子燃料遷離電廠並送至其他國家進行再處理。

參考文獻：

1. 「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」(民國 94 年 08 月 30 日發布)。
2. 台灣電力公司，「用過核子燃料最終處置計畫書(2010 年修訂版)」(公布於行政院原子能委員會網站動態管制專欄)

3.核二廠用過核子燃料乾式貯存設施鄰近基隆市中山區及安樂區人口密度相對較高，是否違法設置於高密度人口區？

說明：

我國現行法規中，「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」規定低放射性廢棄物最終處置設施場址不得位於高人口密度之地區，此規定係因低放射性廢棄物最終處置設施為一永久設施，為避免在長期處置免監管期間有非故意之人為闖入事件，故訂定此規定。

本計畫用過核子燃料貯存設施為設置於核二廠廠內之暫時性設施，並非永久性的設施，營運期間將執行嚴密之監管，所貯存之用過核子燃料未來將送往高放射性廢棄物最終處置場進行處置，故無所謂違法設置於高密度人口區之情事。本乾式貯存設施興建計畫係依法通過環境影響評估程序，並已將安全分析報告提送原子能委員會審查中。此外，核二廠用過核子燃料乾式貯存設施對最近廠界個人年有效劑量不超過 0.05 毫西弗，為我國現行法規 0.25 毫西弗的 1/5。

4.核一廠乾式貯存設施是否可以擴大設計？核二廠用過核子燃料送去貯存可節省經費。

說明：

台電公司興建中之核一廠乾式貯存設施，其開發計畫係依法通過環境影響評估程序，並提報安全分析報告經原子能委員會核准而執行，其計畫的內容與開發的範圍均不得恣意變更。加上其用地面積有限而只能設置 30 個混凝土護箱，僅夠提供核一廠用過核子燃料乾式貯存之所需，並無餘裕可容納核二廠之用過核子燃料。

本計畫所規劃興建的用過核子燃料乾式貯存設施，在歐、美、日、韓等先進國家都已採用，也有 20 年以上安全運轉經驗。此外，本計畫之安全分析報告須經主管機關審查核准後才能興建，不論興建或運轉過程，都將受到主管機關的嚴密監督，可以確保安全。

5. 乾式貯存設施鄰近區的補助是否公平？

說明：

- (1) 依據經濟部核定發布之「核能發電後端營運基金放射性廢棄物貯存回饋要點」之規定，用過核子燃料乾式貯存設施回饋金額度如下表：

貯存 方式 接受 回饋者	濕式貯存回饋金 計算方式	乾式貯存回饋金計算方式	
		興建階段	運轉階段
設施所在鄉 (鎮、區)公 所	依上一年底實際 貯存用過核子燃 料計：每公噸鈾新 台幣 1 萬 5,000 元	全部一次 新台幣 6,000 萬元	獎勵金新臺幣 1,200 萬元及 設施上一年底實際 貯存之用過核子燃 料每公噸鈾新臺幣 3 萬元
設施各鄰接 鄉(鎮、區) 公所及所在 直轄市、縣 政府	依上一年底實際 貯存用過核子燃 料計：每公噸鈾新 台幣 4,500 元	全部一次 新台幣 3,000 萬元	依上一年底實際貯 存用過核子燃料計 ：每公噸鈾新臺幣 9,000 元

- (2) 上開回饋方式均已考量到所在地及鄰接鄉鎮區之公平性及一體適用性，例如新北市金山區因介於核一、二廠之間，係屬核一廠及核二廠之鄰接鄉鎮，故金山區同時享有核一廠及核二廠用過核子燃料濕式貯存及乾式貯存的興建、運轉階段鄰接鄉鎮應得之回饋金。

6.核能電廠計畫由 5 公里增加至 8 公里，是否有做好相關應變準備？

說明：

原能會已於 100 年 10 月 27 日公告核一、二、三廠緊急應變計畫區範圍由半徑 5 公里擴大為 8 公里，依法台電公司需進行緊急應變計畫區內民眾防護分析規劃（內容包括人口分布、輻射偵測計畫、民眾預警系統、民眾集結、疏散及收容等項目）。目前台電公司已依據原能會要求，委託國立交通大學及核能研究所積極辦理 8 公里緊急應變計畫區民眾防護分析規劃，預定 101 年底規劃完成後陳報原能會及地方政府審查，作為地方政府修訂及執行其「核子事故區域民眾防護應變計畫」之參考。

7.萬里地區假日塞車，現有道路已不足以因應，核二乾貯興建前應優先妥善規劃緊急應變疏散道路，以利疏散因應，例如萬雙隧道等道路的闢建。

說明：

有關萬里地區緊急應變疏散道路，台電公司已委託國立交通大學規劃中，交通大學於 101 年 4 月 25 日在新北市金山區公所辦理金山區與萬里區集結點設置位置村里長座談會，各與會里長提出對集結點設置位置之建議，部分未出席里長，交通大學則以電話洽詢對集結點設置位置之建議，預定 101 年底規劃完成後將陳報原能會及地方政府審查，作為地方政府修訂及執行其「核子事故區域民眾防護應變計畫」之參考，至於是否需要闢建新的疏散道路，需由地方政府視該應變計畫進行整體考量。

二、乾式貯存設施的安全性問題(含相關應變措施)

1.乾式貯存設施遇到地震、海嘯、土石流的安全性問題？

說明：

(一)有關地震對乾式貯存設施安全性之影響：

我國核能電廠於廠址選擇時，均依相關法規嚴格選址，詳查廠址周邊地震歷史紀錄，保守預估廠址可能遭受之最大地震震度，以此基準設計核電廠安全設備之耐震防護能力，核二廠耐震設計之基礎岩盤基準

值為 0.4g，反應器廠房地面層加速度值為 0.53g。【1】

在山腳斷層被列為為第二類活動斷層之新事證發現後，台電公司依據中央地質調查所公布之資料，委託國立中央大學辦理「核能電廠場址振動特性及地震反應研究」，依據新事證已知斷層震度進行初步評估（已於 98 年 5 月完成），結論為：斷層錯動時，將對核二廠之基盤產生 0.205g 之加速度，小於上述之設計基準地震值。【2】

本設施基於安全考量以及考慮山腳斷層為第二類活動斷層，為了防止混凝土護箱滑動，於混凝土護箱周圍每隔 90 度設置了四根直徑 15.24cm (6 inch) 的固定樁。在岩盤地震最大水平加速度 0.4g 及相關最大垂直加速度下，考量土壤結構互制效應，保守採用 0.88g 與 0.78g 作為最大水平與垂直加速度的分析輸入值進行設計。以 LS-DYNA 進行非線性動力分析，結果顯示護箱不會傾倒。

若未來調查發現山腳斷層長度再往棉花嶼延伸之新事證，台電公司將重新檢視原設計之安全性，如本設施須提高耐震需求，將加以補強。

參考文獻：

1. 台灣電力公司，「核能電廠場址振動特性及地震反應研究」，2009。
2. 台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」，2012。

(二)有關海嘯對乾式貯存設施安全性之影響：

台電公司現有核電廠之廠址高程設計，係依現有歷史氣象資料推斷，考量廠址所在地及鄰近地區曾發生而可能侵襲核電廠海嘯之高程，並依據全島周邊海溝分布情形，加入合理餘裕，作為廠址設計高程之依據，以確保廠區不受海嘯淹溢，以下就台電公司曾經委外對東北海域可能產生海嘯進行研究之成果作一說明。

- (1)台電公司核能四廠廠址評估規劃之初，即已考慮到因海底地震可能引起海嘯將影響電廠結構物安全問題，於 1983 年(民國 72 年)委託國立成功大學水工試驗所進行海嘯初步推算研究工作，由於該項研究工作係在 28 年前執行，當時受限於台灣有關大海嘯之文獻資料極為缺乏，資料之準確性亦有待查考，因此成功大學水工試驗所在 1983 年之研究報告僅係根據台灣東北部海域之地震規模及颱風資料及工程規劃上亟需考慮的項目進行研究，包括最大可能的海嘯波高與周期、最低可能之水位降落標高及延時、最大溯上(Run-up) 高度等問題，分別以統計方法推算地震及颱風頻率特性，經由經驗

公式估計核能四廠的海嘯及颱風暴潮，計算簡便，惟因當時遠域海底地震資料不足，各種經驗公式計算結果差距頗大，也含有地域性之因素，在當時台灣附近並無實測海嘯資料可資印證情形下，其準確性不足，另，當時未聘請地震學專家針對地震規模進行確認，故1983年(民國72年)之報告書已註明本數值模擬計算僅供參考。

(2)在民國74年核能四廠進入工程初步設計階段，台電公司考量有進一步詳細研究評估之必要，遂於當年再委託成功大學水工試驗所進行更詳細之調查評估，並聘請地震專家蔡義本博士參與協助。該次研究項目包括台灣東北海域最大可能地震規模、地震規模與斷層參數之關係、海嘯傳播數值計算、海嘯溯上(Run-up)計算、颱風波浪數值計算、暴潮數值計算及工程設計標高計算等。研究結果顯示，造成海嘯之最大地震可能發生於鹽寮附近海域，其最大可能海嘯溯上高度約7.5公尺。因此，該研究建議核四廠海嘯加上颱風暴潮之影響，廠址高程應採12公尺，此為目前核四廠廠址高程。

(3)另，台電公司委託中興工程顧問公司所進行之「核能電廠海嘯總體檢評估」報告於101年04月完成，採用國科會所訂定之22個海嘯震源，評估海嘯溯上對電廠產生之影響，結果顯示：地震發生時，核二廠外海產生之海嘯最高水位，緊急進水口前水位為EL 4.38米，鄰近緊急進水口之陸地側最大溯升水位為EL 4.39米；其餘陸地區域則在EL 4.37~EL 4.66米之間不等，低於主廠區基地高程EL 12米，主廠區各設施均不受影響。

核二廠乾式貯存場址高程約為12.3米，高於海嘯可能溯上高程，因此，不會有淹水情形。惟基於保守考量，台電公司已針對混凝土護箱淹水及水流衝擊的假設情節來進行分析，分析結果顯示混凝土護箱不會滑動或傾倒，產生之水壓也不會對混凝土護箱內之密封鋼筒造成顯著的應力，亦無放射性物質釋出之虞。

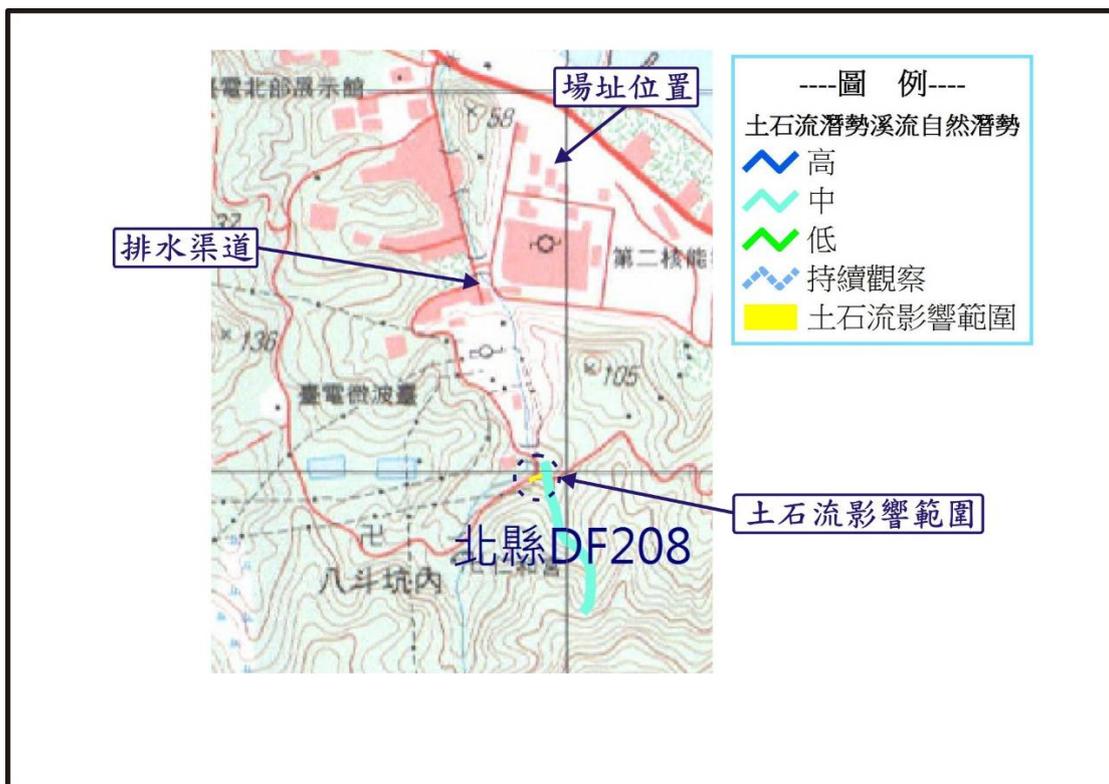
參考文獻：

台灣電力公司，「核能發電廠海嘯總體檢評估第二核能發電廠第二階段期末報告書(定稿版)」，2012。

(三)有關土石流對乾式貯存設施安全性之影響：

土石流的成因包含了下列三個條件：(1) 足夠土石作為移動材料；(2) 足夠水量作為潤滑；(3) 地形具有足夠位能(坡度一般為15°~30°)。依據行政院農委會土石流防災資訊網(<http://246.swcb.gov.tw>)，較接近本

計畫場址為編號新北 DF208(萬里礮溪)、新北 DF209(瑪鍊溪)兩條土石流潛勢溪流，該 2 條潛勢溪流為核二廠區西側小溪的上游，無人工開挖或土石堆積情狀，且此西側小溪在核二建廠時期已整治為廠區內的排水渠道，新北 DF208(萬里礮溪)、新北 DF209(瑪鍊溪)土石流潛勢溪流的影響範圍如下圖所示，其影響範圍僅局限於溪流匯入排水渠道附近，距離本計畫場址約 1600 公尺，在此，西側排水渠道以緩坡降排水入海，即便或有些許土石，也無提供土石移動的位能，因此，場址不受土石流潛勢溪流之威脅。



新北 DF208 潛勢溪流的影響範圍



新北 DF209 潛勢溪流的影響範圍



潛勢溪流影響範圍與本計畫場址相對位置圖

2.乾式貯存護箱是否會有破裂、鏽蝕或爆炸的風險？

說明：

(一)乾式貯存護箱無破裂之風險：

在安裝階段：密封鋼筒裝填用過核子燃料後，密封上蓋與鋼筒外殼的鐸道鐸接完成後，該鐸道須經氬氣洩漏測試並滿足密封的要求。故在在安裝階段不會有任何的破裂發生。在貯存階段：預估 50 年之局部金屬表面平均腐蝕深度為 0.0037 ± 0.000005 英吋(約 $0.925 \pm 0.013 \mu\text{m}$)，不會因為腐蝕而造成破裂；如果假設鋼筒內所有燃料棒均破損時，內部壓力將上升至 132.5 psig，仍遠低於意外狀態之設計壓力 250 psig，不會因為壓力上升而造成破裂。

(二)乾式貯存護箱無鏽蝕之風險：

本設施之乾式貯存護箱乃由密封鋼筒及混凝土護箱所組成，也就是混凝土護箱為外套筒，其內放置密封鋼筒。密封鋼筒外殼材料採用不銹鋼 304/304L。不銹鋼 304/304L 具有極佳的耐久性及抗鏽蝕性，使用在核能組件非常普遍。依據工業界之測試結果，以美國金屬協會第 13 冊「腐蝕」報告為例，304 不銹鋼的腐蝕測試結果，在海水的環境下，其平均腐蝕率小於 0.001mils/年(約 $0.025 \mu\text{m}/\text{年}$)；在 50 年後，局部金屬表面平均腐蝕深度為 0.0037 ± 0.000005 英吋(約 $0.925 \pm 0.013 \mu\text{m}$)。由此可知貯存用過核燃料之密封鋼筒的外殼在正常或意外條件下，最大可能鏽蝕深度約為原厚度之 0.007%，腐蝕所造成的厚度變化並不顯著。

為長期監測密封鋼筒材料-不銹鋼 304/304L(含鐸道熱影響區)之耐久性與抗鏽蝕性，台電公司將於每個護箱裝設與密封鋼筒外殼材料相同之環境測試試片，作為長期材料耐腐蝕劣化之監測，以確認密封鋼筒之耐腐蝕性。

(三)乾式貯存護箱無爆炸之風險：

密封鋼筒本身為壓力容器，主要根據美國機械工程師協會 ASME, Section III, NB 之規定設計、製造及執行品質保證計畫。依台電公司陳報原能會之「核能二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第第六章第三節所述，本設施所用密封鋼筒之設計正常壓力為 100 psig，但實際之正常壓力在 80 psig 以下。如果假設密封鋼筒內所有燃

料棒均破損時，內部壓力將上升至 132.5 psig，仍遠低於意外狀態之設計壓力 250 psig。因此不會有爆炸之風險。

參考文獻：

台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」， 2012。

3.乾式貯存護箱露天貯存是否易成為飛彈等武器攻擊目標或遭遇飛機墜毀撞擊的風險？

說明：

(一)飛彈攻擊評估

依據 1949 年 8 月所簽訂之日內瓦公約的附加議定書（1977 年第一附加議定書）第 56 條，明確規定作戰中攻擊方應避免將含有危險力量的工程或裝置(如堤壩和核電站（無論民用還是軍用）)，或其他在這類工程或裝置的位置上或在其附近的軍事目標列為攻擊對象。因此，核電站係屬國際公約所規定避免受攻擊的特別保護設施。

用過核子燃料乾式貯存設施係座落於核電廠場址內，受日內瓦公約保護，屬避免受攻擊的特別保護設施。且就核電廠防空而言，應在我國的國土防空範圍內，可實施飛彈攔截，為核電廠內的設施提供了空中安全保障，但該資訊屬國土保安之機密文件，台電公司無法取得及對外公開。

另，依據美國桑地亞國家實驗室之分析，以強度為一般反坦克武器 30 倍強度的裝置攻擊乾式貯存混凝土護箱時，分析結果顯示，並無放射性物質外釋。

參考文獻：

Could terrorists attack the casks with explosive weapons and release lethal amounts of radiation into the environment? (網址 <http://www.safesecurevital.com/dry-cask-storage-faqs/>)

(二)飛機墜毀撞擊評估

美國核管會(NRC)2001 年發布之 CLI-01-22 訂定乾式貯存設施設想事故(credible accident)的門檻機率為 10^{-6} ，亦即發生機率小於 10^{-6} 的事故不屬於 credible accident，執照申請人無需進行設施可以承受該事故之分析。

核二廠位於限航區，限制半徑為 3.7 公里(2 海浬)，限航區內各種飛行器於任何時間皆不得進入。另，經調查國內距離核二廠乾貯場址最近並且飛機起降次數最頻繁的松山與桃園機場，其飛機起降次數少於 NUREG-0800 規定之容許起降架次。因此，依據 NUREG-1567 與 NUREG-0800 針對乾式貯存設施設置地點受飛機撞擊之機率評估之要求，已符合飛機撞擊事件導致輻射外釋劑量超過 10 CFR 100 規定的發生機率小於 10^{-7} 次/年之規定。

若依據上述美國核管會的規定，核二廠用過核子燃料乾式貯存設施的興建並不需要做飛機撞擊事故分析，但為了讓民眾對核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全性的了解，台電公司特蒐集下列美國的評估報告作為說明，基於國土保安的理由，美國不將分析的細節提供給民眾，僅提供一般性分析結果。

(1)美國電力研究所(EPRI)

假設波音 767-400 型客機撞到混凝土護箱表面中心點及上端，分析結果顯示：雖然撞擊點有混凝土粉碎現象，但是對混凝土護箱內部裝用過核子燃料的密封鋼筒而言，只是產生凹痕，並沒有裂痕，因此不會造成放射性物質外釋到環境中。

(2)美國 NAC International

假設波音 747 型客機撞到混凝土護箱，分析結果顯示，護箱會發生滑移或傾倒外，並不致造成密封鋼筒之密封蓋焊接失效，無放射性物質外釋。

(3)美國核管會

依據 Indian Point Energy Center 之分析資料，NRC 曾經針對假設 F-16 戰機撞擊混凝土護箱乙節進行評估，評估結果顯示，無放射性物質外釋。

參考文獻：

1. Aircraft Crash Impact Analyses Demonstrate Nuclear Power Plant's Structural Strength, EPRI, 2002.
2. The safety of NAC UMS following militant Acts destructiveness.
3. Analyses of Potential Terrorist Acts On DCS, Indian Point Energy Center.

4.乾式貯存護箱之用過核子燃料是否可以安全的再取出，40 年貯存後如何有

計畫的將貯存護箱及鋼桶安全運送至最終處置場？

說明：

已裝填用過核子燃料之密封鋼筒，僅在將用過核子燃料運離貯存場進行再處理或最終處置時，才須由混凝土護箱再取出。另外，在極低微的機率下，若須開啟已封鐸的密封鋼筒，以取出其內貯存之用過核子燃料，則依照再取出作業程序執行。較詳細之再取出程序可參考台電公司陳報原能會之「核能二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第五章第一節，略以：將密封鋼筒自混凝土護箱吊出並置入傳送護箱，再藉由傳送護箱將其運回燃料廠房，打開密封鋼筒，移出用過核子燃料等作業。

若欲將乾式貯存設施中之用過核子燃料送至最終處置場時，可將含有用過核子燃料之密封鋼筒從混凝土護箱取出並置入運輸專用的金屬護箱，次將該運輸專用金屬護箱以路運或海運方式送至最終處置場。過去 30 年來，美國境內之用過核子燃料運輸超過 2,700 運次，總運送距離超過 160 萬英哩，均未曾發生運送容器破裂或輻射洩漏之意外事件，用過核子燃料之運輸作業安全無虞。

參考文獻：

台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」， 2012。

5.乾式貯存護箱的輻射線是否會製造懸浮放射性物質而污染環境？

說明：

乾式貯存護箱的輻射不會製造懸浮放射性物質而污染環境，說明如下：

(1)用過核子燃料係密封於密封鋼筒內，其衰變熱係由鋼筒內的氬氣傳到鋼筒外殼，次由空氣將鋼筒外殼的熱量以對流的方式帶走，因此，外界空氣不會直接與用過核子燃料接觸，不會帶走放射性物質。密封鋼筒包含之主要組件包括鋼筒外殼、底板、密封上蓋。密封鋼筒外殼由厚度約 12.7 mm 的不銹鋼(304/304L)板滾製並以全滲透鐸接結合，底部則以厚度約 69.9 mm 的不銹鋼(304/304L)板鐸接結合，以達成密封功能。密封鋼筒裝載用過核子燃料後，對其密封上蓋及兩個孔蓋執行雙層封鐸。密封邊界是由密封鋼筒外殼之不銹鋼組件鐸接結合而成，密封鋼筒外殼的鐸道是用目視檢查、液滲檢測

(PT)、射線照相檢測(RT)與超音波檢測(UT)來確認其完整性，並使用氬氣洩漏測試(LT)來確定其密封性。密封上蓋與鋼筒外殼的多層鐸道檢測，是利用漸進式液滲檢測(至少檢測根部、中間鐸層與表面)來確認該鐸道的完整性與密封性。密封上蓋與鋼筒外殼的鐸道鐸接完成後，須進行現場水壓測漏測試。為了確認鋼筒外殼及排水/排氣孔內層孔蓋與密封上蓋的密封邊界鐸道密封性，該鐸道須經氬氣洩漏測試並滿足密封的要求。因此，不會有放射性物質外釋。

- (2)本計畫乾式貯存場之四周輻射監測作業係依照核二廠輻射監測計畫執行，使用核二廠現有的熱發光劑量計(TLD)、輻射監測器及連續空浮取樣器，全天候 24 小時監測該區域之直接輻射強度和空浮濃度，以確保輻射安全。
- (3)本計畫用過核子燃料乾式貯存設施對最近廠界個人年有效劑量不超過 0.05 毫西弗，僅為我國現行法規 0.25 毫西弗的 1/5。

參考文獻：

台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」，2012。

6.國外乾式貯存發生意外事件的安全問題？

說明：

自 1986 年首座用過核子燃料乾式貯存設施開始啟用至今，已安全運轉逾 25 年，美國核管會已核准該貯存設施可運轉 60 年(至 2046 年)，顯示乾式貯存是成熟的技術。用過核子燃料乾式貯存已經是目前國際上普遍採行的做法，至 2012 年 5 月止，世界上的乾式貯存設施共有 110 座(美國有 58 座)，分布於歐洲、美洲、亞洲及非洲共 22 個國家。

有關國外用過核子燃料乾式貯存設施異常／意外事件之經驗回饋，台電公司彙整相關說明資料如附件。雖然曾經發生過如附件所述之國外乾貯設施異常／意外事件，惟從未有造成放射性物質外洩之情形。此外，雖該等異常／意外事件中之乾貯設施及燃料型式(含沸水式核電廠(BWR)及壓水式核電廠(PWR))與本計畫乾貯設施不盡相同，但這些異常／意外事件仍提供寶貴之經驗回饋，本計畫乾貯設施已據以採行相關因應對策。

7.大屯山火山群活動是否對核二廠乾式貯存設施造成影響？

說明：

核二廠在建廠選址時即已充分考量斷層、地震及火山等之地質情況，該電廠運轉數十年來，台電公司亦積極進行大屯火山活動之監測與調查，例如：

- (1)85 年到 90 年間委託美國系統科技公司進行大屯火山群火山活動可能性之研究。
- (2)99 年委託中華民國地質學會針對 98 年 10 月 20 日金山地區四起有感地震，其地震機制與山腳斷層及大屯火山之關聯性研究。
- (3)100 年核二廠耐震安全評估報告研究指出：假設大屯火山群中距該廠最近之丁火朽山及浦子山爆發，其熔岩流分別經瑪鍊溪及員潭溪流入太平洋而不會流向核二廠。

另，國科會等單位成立大屯火山觀測站，添加傾斜儀，如果有地殼隆起產生變化，都能偵測到。大屯火山就算噴發，其熔岩流分別經瑪鍊溪及員潭溪流入太平洋而不會流向核二廠，且核二廠離大屯火山還有一段距離，因此，影響應極輕微。

但台電公司仍謹慎以對，若乾式貯存設施進氣口遭火山灰或更細的火山塵完全堵塞，則將依照核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告之要求，於時限(25 天)內移除進氣口的堵塞物，維持設施自然對流的功能。

參考文獻：

台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」， 2012。

8.用過核子燃料完整性檢測及其安全規定問題、吊卸過程安全性問題及緊急狀況處理？

說明：

(一)有關用過核子燃料完整性檢測及其安全規定問題

美國核能管制委員會(NRC)依據聯邦法規 10 CFR Part 72 中關於用過核子燃料貯存相關規範，訂定專家審查指導方針(Interim Staff

Guidance Document, ISG)，作為用過核子燃料貯存時之規範。

台電公司規劃將採用 ISG-1 所同意使用之真空啜吸檢查方式，進行用過核子燃料之完整性檢測，若有任何被判定為破損燃料或疑似破損燃料，將排除在乾式貯存待貯存燃料之外。真空啜吸檢查設備是目前用過核子燃料完整性檢查靈敏度(或稱鑑別度)較高的方法，台電公司迄今共檢查近 4000 束用過核子燃料，並正確地找到其中 6 束破損用過核子燃料（其中一束未能以其他方式鑑別出來，最後以真空啜吸檢查設備找到），故可確保用過核子燃料之完整性。

(二)有關吊卸過程安全性問題

為了確保吊卸作業之安全，台電公司目前正將核二廠之護箱吊車升級為耐單一失靈功能之吊車。此吊車之額定荷重為 150 美噸(136.36 公噸)，而傳送護箱裝滿燃料，且在充滿水之狀況下，再加上吊具之總重量為 107 公噸，因此有相當大之安全餘裕。此外，傳送護箱雖然經安全分析顯示並不會發生傾倒意外，惟傳送護箱仍配備有環狀緩衝器，以進一步確保吊運過程之安全性。即使傾倒，依據台電公司陳報原能會之「核能二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」第 6.6 節之分析結果，傳送護箱如傾倒時，其頂部最大加速度為 25.7 g，遠低於密封鋼筒的設計值 40 g，也低於提籃的設計值 35g。因此，所有的內部構件於傾倒時皆仍維持設計上的各項功能。

(三)有關吊卸過程緊急狀況處理

經查國外曾有電廠發生因設定值太低而使緊急煞車作動，造成吊起的傳送護箱懸在池子上方無法動彈，核二廠針對此異常狀況已有因應措施，未來若發生此種異常狀況，則可採取手動方式將吊掛物下降至安全位置。(註：核二廠護箱吊車之手動下降，會在手動下降過程產生逆向電流以平衡下降之速度，確保平穩緩慢下降。)此一緊急下降程序將納入相關操作人員之訓練課程及電廠程序書內，並於吊車上適當位置張貼此一程序。

參考文獻：

台灣電力公司，「核二廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」， 2012。

9.乾式貯存設施的設計如何與最終處置場接軌？

說明：

未來核二廠用過核子燃料欲從乾式貯存設施運至用過核子燃料最終處置場時，可將盛裝用過核子燃料之密封鋼筒自混凝土護箱中取出裝入運輸用金屬護箱中，然後運至最終處置場進行處置。用過核子燃料抵達最終處置場後，將先送至接收處理場進行安全檢測並登錄編號，然後送至包封工廠，將用過核子燃料從密封鋼桶轉換至處置罐內並封裝，最後再經由豎井將處置罐從地表傳送至地下處置隧道進行最終處置。

三、核能政策、財務、誠信等相關問題

1. 台電備載容量百分之 16 不缺電的狀況，核電廠是否有必要運轉？

說明：

台灣為一獨立島嶼，電力系統並無外來電源可供奧援；為維持供電安全及穩定，兼顧電力系統最適開發規模，台電公司經長期審慎評估，及參酌世界先進國家電力系統標準，以電力系統合理備用容量率為 16 % 為目標，經報奉行政院核定，作為各種電源開發的原則。前述「備用容量」之計算，係考慮了系統安全運轉所必需之備轉、停機、檢修、故障、及其他影響機組運轉的不確定因素(如氣溫變化、負載預測不確定)，其中已包括各種水力、火力、核能、再生能源等電源的容量在內。

我國目前有 3 座核能電廠，共 6 部機組運轉中，總裝置容量為 514 萬瓩，約占系統之淨尖峰供電能力的 14.5%。根據台電公司負載預測(10106 案)與研擬之長期電源開發方案，在未來數年內，整體電力系統的供電能力並不充裕，備用容量率約僅達 15% 左右，甚或將低於 15%，因此，在近期無足夠替代電源情形下，如貿然停止核能機組運轉，備用容量率將降至 0%~1%，甚至負值，屆時勢必造成嚴重缺電，連帶影響產經發展，及衝擊民眾日常生活，其負面衝擊將會相當深遠。

另從電力系統最佳運轉觀點來看，發電系統中各類發電機組因運轉特性與發電成本各不相同，可區分為基載機組，中載機組、尖載機組，並按電力系統負載變化及機組特性與發電經濟性，依基、中、尖載等先後次序，調度各類機組。台電公司現有運轉中之 6 部核能發電機組

，因具穩定性高、燃料成本低、發電量大等特性，最適合擔任基載機組，故均予以優先調度，以符經濟調度原則。未來即便因經濟景氣與用電需求發生重大變化，致短期間內發生備用容量率高於理想目標 16 % 之情形，但基於經濟調度與機組特性，核能機組仍宜優先運轉，俾降低電力系統整體發電成本。

2.財務保證說明中的乾式貯存設施的除役費用顯然低估，運轉維護費用是否應該與建造費用分開編列？

說明：

本計畫乾式貯存設施之除役費用及建造與運轉維護費用係各依其作業性質進行估算，其中除役費用係用過核子燃料貯存護箱移出後僅餘混凝土基座之拆除及混凝土護箱之處理所需費用，故遠較乾式貯存設施之建造與運轉維護費用為低。

有關本計畫乾式貯存設施興建計畫運轉維護費用及建造費用共計約為新台幣 28 億 3,364 萬元，將依建議分開編列，其中運轉維護費用約為新台幣 0.5 億元，建造費用約為 27 億 8,364 萬元。

3.財務保證說明中，未編列核災賠償準備金，未來一旦發生核子事故會不會求償無門？

說明：

本計畫用過核子燃料乾式貯存設施於運轉期間，台電公司必須依「核子損害賠償法」之規定投保核子責任險，故不會有未來一旦發生核子事故將求償無門之可能。

4.核電人才斷層是否會影響乾式貯存場安全？

說明：

台電公司自 92 年起，為因應退補及可能的人力需求，已積極向上級溝通爭取增員額補充人力，近年來，核心技術人力均按退離人數進用。此外，台電公司亦獲上級支持辦理專案精簡及同意增補精簡員額，另，今(101)年再獲經濟部核定，得提前運用未來年度空缺員額 81 名，並於今(101)年 4 月及 6 月分別完成對外招考作業，預訂於 101 年

10 月底可新增 148 名派用人員及 46 名雇用人員，可以確保不會發生人力斷層及從業人員老化問題。

目前台電公司核能系統建有完備之訓練體系及計畫。另，為加強人員核心技術及經驗傳承，採取下列強化措施：

- (1)各單位除「程序書」外，尚包括「核能營運運轉資訊」、「經驗回饋」、「核能安全文化」、「核能電廠維護」、「大修管理」、「各類訓練教材」、「人員作業疏失案例」及各類「會議紀錄」等，各類資訊均有專屬部門或人員負責管理與維護，以供公司內部員工參考、下載，以期經驗技術能順利傳承。
- (2)台電公司林口訓練中心及各核能電廠訓練中心均已將經驗回饋及各類案例列入教材編寫重點。各項訓練亦邀請資深且經驗豐富員工擔任講師、助教等相關工作，傳承核心技術及經驗。
- (3)核一、二、三廠及龍門核電廠已於網路建立「技術經驗」回饋系統，並訂有相關管理辦法，以傳承技術經驗。

綜上所述，依台電公司人力規劃及相關訓練措施，足以確保核電人才充足，不會影響乾式貯存場安全。

附件、國外用過核子燃料乾式貯存安裝作業異常／意外事件之 經驗回饋說明資料

(一) 乾式貯存安裝作業之氫氣燃燒事件

1996 年 5 月 28 日美國 Point Beach 電廠在進行其混凝土護箱 (VSC-24) 密封鋼筒屏蔽蓋板封焊時，產生氫氣點燃並造成屏蔽蓋板異位。經美國核管會(NRC)調查，本事件之氫氣由鋼筒所漆之 Carbon Zinc 11 內的鋅成份與燃料池的硼酸水，起化學氧化作用產生。美國核管會要求核電廠乾式貯存作業應辦理下列事項：(1)注意氫氣可能來源，特別注意硼酸水與乾貯鋼筒材料之可能化學作用對安全之影響；(2)採取適當行動以防止氫氣的產生或累積；(3)檢視運貯程序書，確保無相關安全顧慮。

2008 年 04 月 08 日及 16 日 Columbia 電廠之用過核子燃料裝填，因沒有適當地評估排放與監控設備的配置，造成護箱氫氣燃燒事件。

本計畫之因應：

核二廠乾式貯存案之運轉規劃將依據上述之經驗回饋，進行下述三項防範作業：(1)核二廠現有乾式貯存系統並不含有鋅的成分，且燃料池水並不含硼酸，不會造成產生氫氣之化學反應(2)上蓋銲接過程中，將全程以氫氣沖流，以帶出其中之空氣或其他氣體，並全程監測氫氣濃度，以防止氫氣的產生或累積，確定筒內氫氣濃度低於 2.4% 才會施銲。(3) 將撰寫相關操作程序書，會納入防止氫氣的產生或累積機制，以避免發生氫氣燃燒之類似事件。

(二) 乾式貯存吊卸作業之意外事件

1995 年 05 月 13 日 Prairie Island 電廠，因吊車超載感知系統校正不精確，設定點太低，以致太早啟動超載感知系統，自動切斷升降馬達之電源，並啟動煞車裝置，而造成護箱懸在用過燃料池上空。

2005 年 10 月 11 日至 13 日，Palisades 電廠因吊車捲筒煞車(drum brake)設定值太低而使緊急煞車作動，但電廠未將緊急下降程序(emergency lowering procedure)納入電廠運轉程序書內，且操作人員未接受過相關的訓練，造成一時之間電廠無法以手動操作方式將護箱下降到安全位置。

2008 年 05 月 12 日，Vermont Yankee 電廠，因啟動吊車煞車功能的繼電器(relay)未經正確地校正，造成吊車操作員在將傳送護箱下降過程時，未如預期地停止。

本計畫之因應：

台電公司核二廠之護箱吊車荷重為 150 美噸，而 Prairie Island 之護箱吊車荷重只有 125 美噸。因此核二廠因有較大之安全餘裕，超載感知系統之設定點與護箱吊車之荷重有較大距離。此外，核二廠護箱吊車在民國 101 年開始進行升級為耐單一失靈(single-failure-proof)之改善工程，採用成熟之負載感知裝置。並且在安裝完成後，將通過完整的機械、儀電等各項組件的校正、功能測試與系統整體功能測試，及進行操作人員之訓練、並將緊急下降程序納入電廠程序書內。同時在核二廠營運程序書納入定期維護保養程序，每年執行各組件的檢查、校正與測試，以確保各組件功能正常，避免發生上述之類似事件。

(三) 乾式貯存品質管理瑕疵事件

2000 年美國 Holtec 公司被內部檢舉品質有問題；1994 年 8 月，NRC 發現 Palisades 乾式儲槽 VSC-24 封口的焊接有瑕疵； VECTRA Technologies 製造的 NUHOMS 鋼桶壁太薄，低於技術規範要求。

本計畫之因應：

台電公司乾式貯存設施必須在正常及異常或意外事故等情況下維持符合法規安全要求及環境標準。因此，對技術、品質及功能要求嚴格，不論在設計、製造與運轉上，本計畫所訂定之品保作業均遵守 ASME NQA-1 或 ISO 9001 相關之要求，嚴格把關，以確保符合技術規範。為達該品質目標，採三級品質管理系統：(1)由承包商負責品質管制系統，於施作工前應提出品管計畫，設立品管組織，訂定各項工程品質管理標準、材料及施工檢驗程序、自主檢查表，以及建立文件紀錄管理系統等，以落實品質管制；(2)由台電公司主辦單位負責品質保證系統，訂定品質管理計畫，執行監督施工及材料設備之檢驗作業，並對檢驗結果留存紀錄，檢討成效與缺失；(3)由台電公司品質單位負責施工品質查核與評鑑，確認工程品質管理工作執行之成效。

核二廠乾式貯存系統各組件依據 NUREG/CR-6407 之規定，按其功能及公共安全為標準進行品質分級，除依上述之三級品質管理系統及 ASME NQA-1 或 ISO 9001 相關之要求執行外，對於等級 A 之安全有關組件，於製造與安裝過程中，台電公司將另委託具有 SNT-TC-1A 資格者進行第三者查驗。因此，核二廠乾式貯存系統之設計、製造、安裝、檢驗、測試與運轉，經由上述品質管制、保證與查核系統，可確保貯存設施之品質與安全。