

## 報告事項：核能電廠室外及室內乾貯辦理現況

### 出席委員意見紀要

#### (一)施委員信民

1. 室外乾貯之設計，地方民眾關心防震是不是符合 SSHAC Level 3 之規定。
2. 有關室內乾貯招標，核一、核二是分開招標後流標，現在是否是合在一起辦理？如果是這樣，燃料棒之狀態、尺寸和貯存筒規格是否應該會不一樣？
3. 剛才提到有裝 AOS，AOS 是什麼？有提到乾貯設施不會傾倒但是會滑動，所謂滑動又是什麼意思？是因為沒有固定在地面造成之滑動嗎？
4. 執行裝筒之步驟、抽真空及焊接，這些技術人員是國外的技師還是國內的技師？
5. 請說明室內乾貯筒現在之設計規格，與室外乾貯筒是否會不一樣？記得前幾年討論時，有委員希望一體成型之規格，有的希望能開蓋不用焊接，可以鎖緊，但是否有安全疑慮？
6. 除役環評時，有無涵蓋到周邊？海域之監測有沒有列在環評中？
7. 將來室內乾貯營運時，室外乾貯設施要規劃怎麼處理？拆除掉或移進去室內？

#### (二)徐委員淑芷

1. 室外乾貯會不會受到地震影響，地基是用什麼樣的材質、厚度是多少，會不會有比較弱之部分？
2. 與當地民眾之溝通非常重要，施工進度與當地居民是否有保持溝通？因招標一直流標，但是好不容易得標，後續工程之監督與工程品質非常重要，把核一、二委託給一樣的廠商，後續的工程與品質監督需要加強辦理。
3. 提醒方才提到核一、二乾貯設施之負重不同，因為是同一個廠商，在施工作業的時候，也許工班是同樣的，為配合機器負重、避免搞混，這部分要加強管理，並加強提醒施工注意事項。

### (三)劉委員雅瑄

1. 乾式貯存下之基地有沒有防止河水滲透之措施。每一個乾貯筒降溫或溫度之監測是否有一定之規範，如果溫度超過，是否有其他相關緊急應變措施？
2. 其實後端處置這塊，國際上已經做得非常好，我比較不擔心設備問題，比較擔心的是臺灣之氣候。現在是極端氣候，所以會很潮濕，會有強降雨、高溫炎熱等狀況。我們現在監測出入口之間之溫度是36度，假設36度應該是給民眾看，我們自己的緊急應變監測溫度是如何設定？
3. 我知道你們已經有做排水措施，可是假設現在是在很極端之狀況，降雨很強、溫度突然升高，我們後續是不是還有什麼措施可以處理？排水可能會無法負荷，或溫度驟升很高，因我們是用氣流式降溫，如果我們真的遇到這個狀況，如何讓它降溫？

### (四)周委員玲臺

1. 27組混凝土護箱，因為有提到主體區混凝土基板是1公尺，這個護箱的厚度及強韌性有沒有相關描述？混凝土之厚度或力量、強度是什麼樣的情形？
2. 因為我們外包廠商只有一家，我比較關心是會計程序流程，這個流程應該全部是由台電公司執行，如外包廠商只有一個對象的話，未來是否可能會擴展？還是這個廠商具有某一種科技能力，所以我們必須要找它？要注意未來供應商有沒有可能擴充，並應注意保持施工品質。
3. 隨著全世界、美國物價上漲，未來我們除役工程，很多是否是要找外國技術人員、或進行零件之購買。這個部分成本之估計與我們當年編列預算時，有沒有很大的差距？如果有，我們要評估基金在未來收支之負荷量。

#### (五)張委員四立

1. 簡報第 2 頁，有呈現用過核燃料棒貯存之現況，把反應爐貯存數量、用過燃料池貯存數量與乾貯場數量加總，與總數量有差距，想請教造成差距之原因。
2. 核一、核二室內乾貯採購案，招標過程不是很順利，是否可以說明原因？合併招標後比較順利，廠商家數達到法定家數，看起來是與工程規模有關，所以我蠻擔心後續財務之規劃，因為全球經濟狀態不穩定，所有原物料價格也在上漲，對於我們財務後續議題有沒有因應方案？整體除役之工程、時程所需之財務支援是否足夠？如果不足夠要透過國家預算來彌補嗎？

#### (六)謝委員蕙蓮

1. 關於核電廠除役對於生態影響方面，核二室外乾貯部分，我有看到土方堆置區，請問在環境生態化方面有做哪一些規劃？因為簡報中看主體區周邊有比較自然之環境，希望有更好之生態化規劃。另滯洪沉砂池採景觀綠化方式設計，我期望這個景觀綠化是真的做到自然化，而不是水泥構造物之綠化方式。
2. 目前核三廠已經停機了，它進出水口之水文動態一定會改變，過去營運期間已經造就了豐富之珊瑚礁生態系統，除役後生態結構一定會受影響。在後續除役工作上，對於現地海洋生態多樣性之維護，包括珊瑚礁，學界與社會大眾都非常關切，請問相關規劃會如何進行？
3. 關於生態的部分，其實不只與溫排水有關，很重要的一點是自然營造力。核三廠吸進來的水要經過冷卻排出，所以吸力是很重要之環境主宰力，本來建設開發是對環境有衝突，但因為這意外之作用力，使得核三廠進水口有很好之水動力，循環很好、流速比較快，帶進來之養分比較多，造就豐富之珊瑚礁生態系統。也因出水口溫度上升，發現了耐溫之珊瑚種，也給我們一個很好的啟發，它造就了珊瑚礁之生物多樣性。配合核電廠之管理機制，這個生態區有相當高的保護作用。其他的電廠也應該有像這樣陸域與海域之思考。
4. 因應氣候暖化、強降雨等等極端氣候，在工程設計時，包括景觀及綠

化，都會對降溫、維護有幫助，所以要鼓勵各個廠區能夠多植樹木、規劃生態池，可緩和極端氣候之衝擊。

#### (七)吳委員明全

1. 室外乾貯之目的主要是儘快將反應爐內之用過燃料棒取出，我計算核一廠在反應爐之燃料棒，170 束加 408 束，加上已在乾貯場之 168 束，還有在裝載之 56 束，加起來是 802 束燃料棒，這是本來在核一廠的反應爐內，核一室外乾貯是 30 組的護箱，每組有 56 束燃料棒，加起來是 1680 束。目前室外乾貯之容量，核一廠是原來反應爐內燃料棒的 2 倍多一點。核二廠在反應爐之燃料棒是 1,248 束，室外乾貯容量為 2,349 束，也大約為核二廠反應爐燃料棒之 2 倍。想知道當時這樣規劃之原因。
2. 核一廠過去 40 年總共發 3,380 億度電，最後產生 6,874 束用過燃料棒，核三廠共發了 2,741.6 億度，產生 3,785 束用過燃燒棒。核一、二廠是沸水式、核三廠是壓水式，如果我們計算每度電產生之用過燃料棒，核一廠產生的是核三之 1.47 倍，想請問是否是核三廠燃料棒之尺寸與核一廠的有差距？或是壓水式產生之核廢料比沸水式少？
3. 核三廠出海口的珊瑚礁，因核三廠停止運轉，可能會有一些影響。目前海洋溫度特別高，會造成珊瑚的白化，核電廠排出的水應該也是比較高溫的水，所以如果沒有水的流動，不一定會造成珊瑚之減少。想知道核三廠有沒有進行相關的研究？

#### (八)陳委員文泉

1. 台電公司目前相關計畫都緊鑼密鼓的執行中，後續可預見之未來會遇到的，除了目前順利進行中的核一廠反應爐用過燃料棒移除作業、核二廠室外乾貯之興建作業。之後馬上要面臨到核二廠室外乾貯之試運轉計畫申請及核一、核二廠室內乾貯建造執照申請。雖然這都有開國際標，也不一定哪一個廠商會得標，最終我們要求的是中文化的資料，且台電公司答覆核安會問題，也需要協力廠商之協助才

能處理。這些案子的相關人力與資源之調度和整合，要請台電公司特別注意。

2. 核二室外乾貯在興建過程中，工程品質會備受關注，多位委員也提到相關的工安與管理，這邊特別請台電公司做好工程品質控管。
3. 提醒台電公司，核一廠室外乾貯試運轉，很多國外廠商提供了相當多好的建議。而核二廠室外乾貯設施基本設計之形態確實有點不一樣，裡面運作之技巧和方式也會不太一樣，所以建議台電公司參考核一廠室外乾貯做法，進行熱測試時，請原廠商來做技術指導。

#### (九)陳委員永棟

核一、二廠室內乾貯合併招標，在時程的要求上，與原本各廠乾貯之規劃有沒有差異？

#### (十)黃委員厚輯

有關核一、二、三室內乾貯採購進度，之前用過核子燃料貯存計畫之進度落後是因為採購案的問題，希望在問題解決後，可以配合工程進度核實編列預算。

#### (十一)胡委員文中

有關工程品質部分，現在既然有新的標案，因為它是一個工程案，會比照工程會三級品管制度，由國營司列入工程查核範圍，定期檢視工程有無如原設計執行。

### 基金業務部門、台電公司說明及回應委員意見紀要

- (一) 針對耐震的部分，SSHAC Level 3 我們知道它的加速度是 0.698g，就是每 1 萬年會出現 0.698g 的加速度、頻率是 1Hz，可是我們在室外乾貯，室外乾貯本身只有乾貯桶的時候，他的臨界傾倒是在 0.5g 左右，我們後來在外面有加裝一個 AOS(外加屏蔽)，本來是為了輻射屏蔽，但是它其實也有耐震效果，後來我們重新分析，加了 AOS 之後，

耐震可以到 0.849g，發生傾倒是不可能的，在物理上是違反力學原理的，因為它的底比較大，所以事實上是不會倒的，真正發生地震的時候它只有可能會滑移不會倒。事實上它耐震之強度是足夠的，我們也分析過各組之間的間距，在這樣的加速度狀況下，護箱不會發生推擠和碰撞，我們在安全分析時都有做相關的評估。

- (二) 核一、二廠核燃料之尺寸是一致的，都是沸水式，都是 15.02 公分×15.02 公分，長度是將近 4 米。核三廠因為形式不一樣，所以尺寸就會不相同。核一、二廠室內乾貯筒本身之規格也是一致，所以由廠商去製作兩個廠的貯存設施其實並無困難。我們當時考慮的原因，是因為廠家的產線，在大規模生產時，成本會下降，所以會有以價制量之效應。核一廠吊車荷重比較小，理論上來說只能用小筒，核二廠吊車荷重比較大，可以用大筒，可是現在廠家兩個廠都是用大筒。據我們了解，核一廠雖然用大筒但不裝滿，吊車吊得動用，且兩個同規格的筒價格就會降低。核一廠乾貯筒容量是 56 束，如果用大筒可以裝到 72 束，筒的數量會減少，對廠家而言，反而有經濟規模。我們是經過評估之後才做這樣的決定。
- (三) 有關地基的部分，我們地基有 1 米以上的厚度。我們有自動監測與人工監測的機制，有相關的儀器進行記錄，如果真的有觀察到（目前沒有觀察到）弱點，我們就會進行補強作業。所以我們認為它的安全係數是足夠的，在熱測試的期間我們也沒有觀察到任何異常之狀況。
- (四) 台電公司持續與核電廠鄰近居民進行溝通，也包括鄰里之宣導，我們也都有在辦理。
- (五) 未來這兩個廠的室內乾貯案合併辦理後，工程進度與品質一定會加強執行，核能安全是沒有辦法妥協的，我們一定會做到。事實上承作的廠商也都是國際之間的大廠，其實製造乾貯筒的廠商在國際間數量並不多，每一個來投標的廠商至少都有數百桶到數千桶之製造經驗，在美國或其他國家都有大量供應，他們的產品對應不同國家之核能安全法規都有適用，所以我們相信在工程品質上不會讓我們失望。
- (六) 我們的乾貯廠在設計時，相關的排水、隔水措施都會做，這是基本的要求，在設計上都有考量到。同時新北市政府也進行非常嚴格的檢核，

我們花了 10 年去調整，所以我們確信可以做好。

- (七) 溫度監測是即時監測，溫差達到 36 度時會有警報，在核能後端營運處網站都可以看到實際之監測溫度與輻射劑量實況，是公開資訊。
- (八) 乾貯筒間之間距，避免碰撞與維護空間之預留在設計上都會有多功能考量，並不會只是單純的耐震考量。期間也有遇到一些地震，我們在設計上有足夠的安全餘裕，也沒有觀察到有龜裂的現象。
- (九) 在地震時其實產生之物理現象是位移。在進行熱測試之過程也有遇到地震，並沒有位移的產生。
- (十) 有關於如何掌握工程品質，我們按照美國的法規，即 standard review plan 的標準工程要求，研擬品質檢查之項目。其他包括他們的聯邦法規、機械工程學會、混凝土學會等，我們有清單臚列 2、300 種需要對應的法規，我們都按照這些法規去逐條確認。在製造之過程也聘請國外的技師來監督，在進行用過核燃料裝填時，也有找第三方美國電力研究院來看，當時的兩位技師，一位是專門做燃料裝填，另一位是焊接專家，這些技師對我們的執行是非常肯定的，當時口頭上說我們是 A+ 或 A++，我們問他們可不可以寫在報告裡面，他說他們不習慣這樣寫，但確實已在口頭上被肯定。我們也要求同仁要嚴格遵守程序書，從製造到運儲上都要有條不紊，按照程序去執行。
- (十一) 另補充說明「滑動」，因不會有傾倒的機率，剛才提及 SSHAC Level 3，它的標準是 0.698g 的加速度，經過計算之後，目前核一室外乾貯耐震力已經可以達到 0.849g。核一廠室外乾貯當初提報安全分析報告給核安會審查時，核安會聘請輻射防護、環境保護、結構土木、地質水文和熱傳等領域之專家，總共提出 300 多個意見，在審查過程中也有人提出這樣的質疑。至於為什麼有同仁提到滑動之機率？因為曾經有美國的電廠，它的耐震是 0.1g，結果發生一次超過設計基準的地震到 0.12g，超出一點點，有滑動很小的距離，超出設計基準的時候也許會有滑動，但目前國際上沒有發生過任何室外乾貯筒有傾倒之情形。
- (十二) 有關品質保證，任何室內乾貯之得標廠商，得標之後要提安全分析報告，包括整體結構、耐震、土質以及設計、結構土建之部分，必

須要送給核安會審查，在設計上有一個安全把關之機制。開始施工以後，因為是屬於工程，工程會會要求每一個關卡、工程品質的部分，台電公司要依照整國家要求安全品質之工程標準執行。

- (十三) 台電公司是國營事業，所以招標程序要符合政府採購法，室內乾貯是公開招標，第 1 次流標的原因，主要是預算的問題，沒有足夠的誘因可以讓國外的廠商進來投標，所以後來預算有進行調整，重新經過投審會、董事會審議過，重新陳報經濟部。後來我們採用公開招標評選之最有利標進行，這樣可以吸引到優質廠商進來，目前剛好在審標之階段。
- (十四) 有關核三廠的珊瑚生態，當時台電公司進行研究，有聘請幾位學校學者去研究，發現鹿角珊瑚竟然可以耐熱，可以比一般珊瑚耐熱到 4 度。在 112 年時，台達電子文教基金會與海生館有一合作案，嘗試把核三廠海域之耐熱鹿角珊瑚移植到海生館附近的礁石，後來是成功的。感謝兩位委員的提醒，會後我們會找海生館及原來協助我們的專家討論，看是否要進行監控或是進行其他處置。
- (十五) 有關生態化規劃，核二廠在當初除役環評時，有委員提出要求核二廠養蜂，所以核二在它的廠區有特別養蜜蜂，每一季去算蜜蜂的數量與採蜜的量。所以台電公司在核電廠除役後，也會特別關注生態的保育。委員提到滯洪池的生態，這一塊會列入整體考量。
- (十六) 有關核一、二燃料束數量，當初核一室外乾貯的容量的確比反應爐內的燃料多，核二也是多 2 倍，其實當初美國的設計就不是為了運轉 40 年，他們認為後面必須要接續做乾式貯存。最近很多有關新核能的發展，核燃料的部分，也有美國的公司處理，用過的核燃料可以重新處理，把 95% 燃料用到新式核能反應器，陸陸續續無論是美國或法國，大概都有這個技術，只是美國還沒有把它商業化，川普政府上來之後，商業化會加速，也有很多國外廠商和台電公司接洽，表示用過核燃料可以運到美國處理，我們持續關切中，但這牽扯到很多國際法及台美核能和平使用協定之議題，要尋求突破。
- (十七) 壓水式電廠的燃料束比較大，不論是高低放廢棄物的數量，壓水式比沸水式少很多。核三廠燃料棒的體積比較大、鈾 253 的濃度比較

高。低放廢棄物的部分，核一廠大約 4 萬 5 千桶，核三廠大約 1 萬桶。所以可以看出壓水式核電廠慢慢都成為世界之主流，我想核廢料的產量是一個最主要的原因。

- (十八) 乾貯設施熱測試的部分，核一廠的經驗會移植到核二廠。室內乾貯規劃用 5 到 6 年蓋起來，包括許可、運轉執照之取得、冷熱測試、地方政府之許可，我們打算在 119 年之前蓋好。
- (十九) 有關於預算的部分，我們每年都會核實編列預算，也會提報到委員會請各位委員指教。
- (二十) 國際情勢動盪，俄烏戰爭，以色列與伊朗戰爭都在進行中。台電公司後端營運相關計畫 114 年沒有任何一個工程案沒有流標。室內乾貯我們已經很幸運，流標 1 次以後，第 2 次總算可以進入到審標之過程。委員關切後端基金未來不夠怎麼辦，前一陣子外界也有新聞在關切。民間版後端基金總費用估算，是最終處置最為困難。芬蘭方面我們拿不到實際估算金額的資料，但我們有拿到瑞典版的預估，民間版就是用瑞典的預估 1800 億元做最終處置之預估金額。在我們最新經濟部核定的版本，高放處置費用大約 1314 億元。民間版就攻擊我們的估算不夠，何況臺灣的地質又比較差。後端處的處長有去芬蘭、瑞士看最終處置之規劃，有機會我們可以報告。其實臺灣核燃料產量大概只有瑞典的三分之一。有關我們的最終處置計畫，因為有參與很多國外地下實驗室和芬蘭處置場的試運轉計畫，透過國外之實驗數據，可以減少我們走很多冤枉路，可有效降低某些成本。
- (二十一) 後端基金總費用每 5 年要檢討 1 次，我們最近要開始啟動新一次的重估計畫。即使 114 年已達到非核家園了，但台電公司是核廢料的製造者，費用不足之部分還是要由台電公司提撥。
- (二十二) 乾貯設施之外加屏蔽套上去之後，它底下有一個座是比較大的方形，每一個外加屏蔽重量大概是在 15 到 25 噸，一共有 5 塊。所以除了乾貯筒本身之外，額外會產生一個自重，原本設計是 0.3g，但後來 102 年做地震檢核，一路提升到 0.777g，後來到 0.849g，之後經整體分析發現，在設計之加速度下是連位移都不

會發生，但是超過設計基準，會有一點位移的現象，但是它不會倒，因為倒本身對乾貯筒之傷害比較大，這是我們分析的結果。

- (二十三) 目前我們乾貯熱測試有找國外的技師，但是開始實際裝填之後，因為我們有進行技轉也有程序書，就沒有再找國外技師。因為我們的技術，都已經過真空協會跟非破壞性協會之認證，在操作過程當中，國外技師都給予肯定，目前都順利進行中。
- (二十四) 有關乾貯筒的規格，目前我們是使用美國的技術。乾貯筒有金屬筒與混凝土筒，金屬筒在歐洲是用來再取出的，本身沒有內筒，它打開之後裡面就是核燃料。美國的是有內筒，會把內筒焊死。主因為歐洲有考量再處理，所以不希望桶子太難開，美國不考慮再處理，所以把它封死。我們後來遵循美國之做法，使用焊接，當然我們也有考慮金屬筒，但是價格比較貴。
- (二十五) 除役環評部分沒有特別考慮到海洋生態，因為我們認為停役之後，就不會再有溫排水，對於環境的衝擊是下降，會恢復到原本的狀態。海洋部分有一些環評額外之考量，考慮海嘯的衝擊預防，但沒有研究溫排水停止排放後對環境產生之影響。
- (二十六) 工安的部分我們一定會加強，雖然兩個廠是同一承攬商，事實上，它有分為核一廠與核二廠之團隊，合併招標，但是是分別履約，他們要獨自完成履約工作，避免產生混亂之情況。
- (二十七) 室外乾貯筒與室內乾貯筒不太一樣，室外乾貯筒是 10 幾年前之規格，這 10 幾年來，廠商有開發更新式之設計。以前的筒可能用混凝土擋輻射，後來研發改用合金之方式做輻射的屏蔽，從體積之減少、運輸到運至最終處置場，優點都會比較多。待決標之後再和委員報告得標廠商之相關設計規格。
- (二十八) 有關極端氣候對於乾貯設施的影響，以前講對流狀況導致溫度異常，是擔心我的對流孔有問題，所以在出風口實際上是有溫度之監控。我們擔心的是堵塞或小鳥在裡面住築巢，以後會研發小機器人在裡面定期確認通風孔狀況正常。極端氣候的部分，我們再去確認安全分析報告有無提及，再向委員報告。

## 召集人

- (一) 本案洽悉。
- (二) 乾式貯存是核電廠除役之關鍵工程，委員提出之意見請納入整體考量，期勉台電公司如期如質完成乾式貯存計畫。