

2012 海外核能參訪研習暨心得報告

謝宜展 高雄中學三年級

a12345671205@yahoo.com.tw

壹、參訪筆記

一、前言

福島核災之後，世界掀起了一股反核浪潮，在安全顧慮以及輿論壓力下，一些國家選擇了關閉國內所有運轉的核電廠。不管是立即停機或是逐漸關廠，目的皆為達成國內 0%核能，保障安全並安撫民眾。2012 年 5 月，日本將國內所有最後一座核能發電機組停機歲修，達成日本 43 年來首度進入零核時代，但不到一個月，又重啟了位於大飯的兩座核能機組，零核時代馬上破功。在此次參訪的途中，8/23 日本又通過一項公投，高達 90%的人希望日本在 2030 年將國內的核電產能降到 0%，若此事成真，日本將必須花費更多錢來購買取代的化石燃料，依照目前日本的電價根本不可能挪出這筆費用，但日本卻遲遲未調漲電價。目前(僅有兩座核能發電機組的狀況下)所虧損的費用全部由日本政府或是私人電力公司所吸收，這明顯不是長久之計。

台灣在能源產業這部分上與日本非常相近：同樣身為島國，國內無能源礦產，燃料非常依賴進口。若國際能源價格波動，對台灣、日本經濟的影響非常大。若想擺脫此劣勢，發展核能是個不錯的解決方式。

坦白講，我之前做有關核能的報告時，當中提到了福島核災和車諾比以及三哩島事故的比較。其中福島核災我把它歸類成「不可抗拒的天然災害」，不同於其他兩件「人為疏失」。如果沒有參加此次的活動，到現在我可能還跟大部分人一樣認為核電廠無法承受比較嚴重的天災。但在此次參訪中，我獲得的資訊讓上面的觀點不攻自破——遭遇嚴重核能災害的福島發電廠，竟然不是距離 311 震央最近的核能發電廠，反而離震央最近的東北女川核能發電廠幾乎沒有毀損，除了一個儲油槽被海嘯拉倒以外，其他設施可以說是毫髮無傷。女川核電廠能夠有如此完備的保護，在於他當初設計時，對於天災的防範相當重視，所以其高 15 米的防波堤(災後更加高到 17 米)完全抵擋了海嘯的衝擊。此一事件足夠證明核電廠確實有能力防範劇烈天災。

二、六所村

六所村是日本國內第一個核能產業重鎮，除了核能相關設施之外，尚有儲存戰備儲油的國家石油儲備基地，以及利用山背的風力發電基地，因此集中不少能源關聯設施。

較受矚目的是六所村內有一個核廢料再處理廠，他可以將用過的核廢料中產生的鈾-239 以及剩餘的鈾-238 進行再處理，高達 98%的核廢棄物能夠轉換成混合燃料(MOX)再送回核電廠發電。運用此種方法可以使核能發電後產生的廢棄物一直不斷循環利用，

讓核電廠製造出的廢棄物減到最低。

值得一提的是美國基於反恐以及國際安全，限制各國不准將鈾-239 單獨存放，必須在分離出來之後再加入鈾混合再進行保存，因為鈾-239 能夠用於核武製造。不過核廢料再生處理技術中，最終的混合燃料為含有鈾及鈾的氫和氧化物，雖然 IAEA

(International Atomic Energy Agency, 國際原子能總署) 密切監控各國核燃料再生處理廠的運作，但此一政策並不會對核燃料再生處理的過程造成任何影響。

三、女川發電廠

女川發電廠為 311 大地震發生時，離震央最近的核能發電廠。事故發生時，女川發電廠的五部外部電源有四部失效，幸好僅存的一部發電機得以供應全電廠電力。而全廠唯一受到海嘯侵襲的二號機熱交換器，也在八台抽水機正常運作下，順利恢復運轉。

雖然女川發電廠安然度過 311 大地震及海嘯，但迫於民眾輿論及日本政策，目前廠內三部機組全部呈停機狀態(日本目前只有兩座核能機組有在運轉)，而使用廠內的另外兩座活裡發電機供應女川地區電力。

四、福島高校

福島高校目前雖可讓師生在校園裡教學及讀書，但核能事故發生時此地也一度成為撤離區，等到空氣輻射含量低於標準後才再度開放。雖然福島高校師生目前能夠使用自己的校園，但 311 地震也使得許多校舍被毀，目前有部分校舍還是緊急搭蓋的便利屋。

貳、參訪心得

一、前言

有緣能夠參加此次的海外研習營，要從去年清大辦的「深耕輻射與能源知識科學營」開始。在去年的營隊中，我們參觀了清大裡面的小型原子爐以及核二廠北展館，實在是獲益匪淺。在營期結束時，李敏教授有提到今天會有這樣一個海外參訪及交流的營隊，希望我們到時也能夠踴躍參加。而看了今年活動的內容之後，知道有一些場所不是想要參觀就有辦法進去的，有了前一年的基礎，以及對核能這種新科技的好奇，我滿懷期待的參加了這個活動。

之前學校有舉辦過一個講座，是關於台灣能不能，或該不該廢除核能的議題。講座中提到了台灣的總發電量為全國所需最大發電量的 1.3 倍，而核能卻只有佔發電量的 10%，所以廢除核能，台灣還是可以維持穩定的電力供應，並且不會調漲電價。但我後來才知道，核能發電的平均花費比台灣目前的發電大宗—火力發電還要便宜許多，若廢除核能發電，電價上漲是免不了的；而在該講座中也有提到關於核能發電廠所帶來的種種汙染，不過他未提到的是火力發電廠所排放的汙染物會造成酸雨以及全球暖化。平均來講，火力發電廠的傷害可能更甚於核能發電廠。

台灣為海島型國家，國內沒有礦產，火力發電所需的化石燃料完全依賴進口，在國際原油價格日漸增高的情況下，火力發電的成本也水漲船高。相較之下，核能發電所需的鈾燃料的國際價格不僅較低，其穩定的礦產也使得價格穩定。更重要的是，核能發電廠平均的發電成本中，燃料進口的比例比火力發電還要少很多，如果鈾礦的國際價格飆漲，對國內的電價影響也會比較小。雖然台灣有辦法完全廢止核能發電而維持電力供應，但這代表著台灣必須要花費更多的資金來進口發電燃料。若提升核能發電的比例，省下來的費用則可以有更多的利用。並且能夠減少台灣的溫室氣體排放量，如果有可能，甚至能夠將「省」下來的碳排放量作為碳權與其他國交易。對於台灣，核能不是一種發電方式，而是一種選擇。

二、參訪心得

這次參觀日本的六所村，在裡面的展覽館學到的高放射性核廢料，也就是用過的燃料棒，可以有更棒的處理方式。以前我以為燃料棒中 3~5%的鈾-235 用罄之後，整根燃料棒就必須丟棄，如此一來核能也只是個浪費資源的發電方式罷了。不過六所村內設有的核燃料再生處理廠，使得廢燃料棒有了最佳的利用方式。廢燃料棒中含有約 1%的鈾-239 及幾乎未反應過的鈾-238，其中鈾-239 是一種不存在於自然界，並且能夠運用在核子武器上的元素。而廢燃料棒經過再處理後，可以做出混合燃料(MOX)，並且再度被核電廠使用。能夠達到這樣的核燃料循環，就能使得核電廠產生的高放射性廢棄物能夠減到最少。雖然目前因為再生技術終會分離出鈾 239 所以受 IAEA 嚴密控管，並且限制少數國家能夠進行核燃料再生。如果未來全世界的核能發電廠都採用此技術，一定能使核能變成較不會影響環境的發電方式。

而最後無法使用而必須被丟棄的高放射性廢棄物，無論各國都無法找到合適的廠址，畢竟這是具有高輻射性的危險廢棄物。就像李敏教授說的，如果想要找到這種廢棄物的最終處置場，應該要期待各國可以彼此合作，找到一個共同放置的最終處置場。不過這地方可能不能在任何一個國家境內，我認為可以在遠離各國的大洋上，如太平洋或大西洋，建造一個工作站，並向下鑽探到岩層之下，然後在地底建造最終處理場，這樣就有了岩層及大量海水的保護，也不鄰近任何一國家。唯獨要探討的是該有哪個國家主導建造及維護？我想各國都不想接手這燙手山芋吧。

而對於低階放射廢料的最終處置場，六所村已經有一個幾乎填滿，要進行填土工程了。全世界也有許多國家有如此的低階放射物最終處置場，反觀台灣目前的唯一放置廠——蘭嶼貯存場，為目前國內低階核廢棄物的「暫時」儲存廠，但裡面的廢棄物一放就是三十年，卻遲遲沒有找到最終處置場的廠址。以青森的六所村，以及其他各國的低階廢棄物放置廠的例子，低階廢棄物儲存廠的設置對當地的影響可以說是微乎其微的，但由於 311 過後對全球造核的核災恐慌，使得台灣人民間「核」色變，要成功在台東縣達仁鄉或是金門縣烏坵鄉設廠，政府及原科會可能還需要更加努力。

高階廢棄物最終處置場，一直都是世界各國很頭痛的問題，因為沒有任何一個地方會同

意他們吧用過的廢燃料如此高階的廢棄物丟在自己家園隔壁。李敏教授說，高放射廢棄物處置場最後可能會由各國合作統一存放，但我認為這種地方不可能設置在任何一個國家境內，可以選擇在大洋如太平洋或大西洋的中間，建立一個海上工作站，並向下延伸到岩床，在岩床下方幾百公尺處建在最終處置場。如此一來高階廢棄物到我們居住的地方會有岩層及海水的阻隔，並且距離世界各國都很遙遠。若要存放高階廢棄物，則由船隻運送到工作站，再由工作站內一條直達地底處置場的電梯運送。但必須要有個國家出來負責建設這個工作站及儲存場，我想應該很難有國家會接下這個燙手山芋吧。

在全世界爭相報導福島核災時，卻沒有人注意到福島電廠不是離 311 震央最近的核能發電廠，反而離震央最近的女川發電廠，安然的度過地震及海嘯。女川發電廠早在設廠時就考量到的海嘯的問題，所以特地將發電廠建在高 14.8 米的防波堤後面，311 地震時，女川及福島電廠的海嘯皆高達 13 公尺，但福島電廠的防波堤卻只有 10 公尺高，才會釀成如此的悲劇。有人可能會說 10 公尺的防波堤也算很高了，但他們不像女川發電廠有考慮到日本位於火環帶加上電廠臨太平洋，海嘯頻繁，所以才會蓋如此高的防波堤。除此之外，海嘯過後女川發電廠將防波堤加高三公尺，並在原有的防波堤上利用水泥增加強度。更在當地海拔最高的地方建了三座氣冷式才油發電機，足以供給整個電廠所需電量。今年年底更打算購入兩部移動式的高壓泵，如果核能機組的海水泵壞掉可以做為替代之用(311 海嘯就有發生過 2 號機組海水泵故障，所幸及時排除沒有釀成災害)。電力公司所作的無疑是想讓核電廠的安全層級提升到最高，但受到核災陰影籠罩的居民，卻不願意女川核能電廠重新啟動，目前只能依賴女川發電廠內的兩個附屬火力發電廠進行發電。但在不調漲電價，又要負擔龐大的進口燃料費用的情況下，女川發電廠已經從 311 虧損至今。講座上有人提問：「既然你們是私人電力公司，不是國營企業，為什麼不考慮歇業關廠呢？」電廠表示不願在看到女川居民飽受海嘯之餘，還要過著沒有電的生活，不漲電價也是因為這個原因。而為了減少虧損，公司內部也達成了全體員工減薪 20% 的措施。聽著演講員不斷的說出："I hate to say this, but....." 的字句時，不禁令人感到鼻酸，同時也大大讚賞女川電力公司如此偉大的情操。

演講快結束之餘，我問了為什麼大飯縣的核電廠能夠重新運轉，但是其他的核電廠卻沒有跟進？除了人民的輿論壓力下，政府在福島事件後也要求各核能機組關廠大修，並提高核電廠的安全測試標準，還增加了一些壓力測試等項目。而女川發電廠都有達到政府所要求的目標，但送給政府檢查的資料卻遲遲沒有下文。他們同時還提到，日本政府手上目前大概有 30 份左右的審核文件，或許是因為輿論，或是其他政治考量，通過的卻只有大飯的兩個核電廠機組而已。反觀台灣，每到了大選期間，核能發電總是能成為熱門議題，但台灣政黨的目的只是希望利用擁核或反核，爭取相同意見的選票，卻沒有把台灣的核電問題當作一回事。對於台灣的核能產業是一大傷害，希望民間的相關組織以及學術單位能夠呼籲政府重視核能議題。

前往福島高校進行交流的當天早上，日本通過了一個新的公投，內容是 2030 前日本應該達到的核能發電比例，選項有 0%、15%以及 20~25%三種，最後的結果有高達 90%得然選擇日本應該要在 2030 前達到 0%核能發電。而日本首相也對這樣的公投表示擔心，因為如果真的維持 0%發電，對日本的經濟會有很大的衝擊，不管是興建新的火力發電廠或是增加發電燃料的進口。看來日本在推動核能產業這方面，還有很長的路要走。

福島高校的學生熱情的招待我們，並帶領我們到一個叫梅苑會館的新建築，途中有看到他們學校有許多地方還在重建當中。從他們的報告中看得出來，福島高校的學生跟我們一樣為了這次的交流準備很久。而他們與我們不同的是，他們有親身體驗過核災的恐怖(不是身體遭受輻射，是指家鄉承受核能災害)，所以對於核能的觀點比我們更保留一些。不同於某些偏激團體或是政黨的模糊看法，這次的交流中，每個學生對於核能的觀點都有具體的想法，雖然雙方都不是用自己的母語交談，但是討論仍非常熱烈，最後迫於時間關係只好匆匆揮手道別。但大家希望的是以後能夠多多辦這種交流會，除了發表自己的看法，也能夠多聽聽其他聲音。

穿梭在日本各地時，常常會看到「節電」兩字的標章，不管是商店、販賣機、甚至是路燈，都有可能貼上節電標章。乍看之下可能會覺得是政府推廣的節能減碳政策，實際上是日本政府為的應付零核時代後第一個夏季用電高峰所做的政策，目的除了使總用電量不超過總發電量外，對於日本目前將核能全面改回火力發電，節電政策也能減輕燃油花費。

三、我對核能的觀點

關於核能發電，我認為它是一個選擇，不管是哪一種發電方式，都有它的優缺點，而核能的缺點是人民看不到的輻射。說來可笑，日本目前將近 0%的核能發電，相較於之前的 27%，短少的部分都是由火力發電來補足，但是火力發電所排放的二氧化碳、二氧化硫及其他氣體，會造成空氣汙染、酸雨，甚至加劇全球暖化，平均來講，火力發電對人類所帶來的傷害是不亞於核能發電的。而我們無法控制火力發電廠不排放氣體，但可以小心處理核能發電產生的放射源，使放射線不留入大氣中。而且核能發電的燃料棒 18 個月才須更換一次，相較於每天都需要進貨大量化石燃料的火力發電廠，不需要時常進口燃料，燃料的保存、運送也比較方便。更何況目前國際原油價格節節高升，而鈾礦價格維持穩定，怎麼看核能發電的優勢都比較多。而其他的再生能源發電，都有破壞生態系、佔地面積廣大、裝置效率不高、等困擾，無法成為國家主要依賴的發電方式，所以各國的再生能源發電百分比才會遠低於核能及火力發電。

儘管核電廠的安全措施再怎麼高級，廠內人員還是要嚴陣以待，車諾比和三里島事件就是單純人為疏失而釀成的巨大災害。建廠時的監督也必須做確實，福島核災能夠確幸的是儘管發生了氫爆，圍阻體還是保持著應有的完整性，不然會造成更大的災難。若政府把建廠的

工作外包出去，就必須監督好承包商有無偷工減料，還有之後的維護也不能鬆懈，畢竟核能事故通常都很嚴重。

四、親友對核能的觀點

以下數字區分不同人的觀點(三位皆為我高中同學)

- 1.我覺得台灣這樣一個沒有礦產的海島國家，不發展核能是很不明智的想法。對於其他的再生能源，幾乎都有佔地廣大的缺點，對於地狹人稠的台灣更是不適用。
- 2.之前學校辦的講座說台灣目前總發電量為用電總需求的 130%，我想台灣要發展核能可以暫緩，等過幾十年後，台灣真的需要新建核電廠時，再依那個時候的狀況做評估。
- 3.台灣人口密度太高發展核能會有風險，或許該利用台灣的地利之便，發展季風或是洋流發電比較妥當。

五、台灣該不該發展核能

如同前面說的，台灣是個海島型國家，國內又無礦產，燃料必須從國外進口，而相較於火力發電燃料，核能發電燃料要便宜許多，價格也穩定更多。而且核能發電幾乎不會排放二氧化碳，可以降低台灣的二氧化碳總排放量。對於目前財政赤字的台灣來說，既可以減少燃料進口的支出，還能達到減碳目的，何樂而不為？

六、如果要繼續發展政府應該如何與民眾溝通

我覺得台灣大部分的人都不是很清楚核能發電的內容，導致反核人士一再呼籲核能是很危險時，大部分的人開始懼怕核能而反核。近年來政府開始有利用網路宣導核能的正確觀念，但成效不彰，我覺得應該要和民間團體合作，並且多多舉辦公聽會、講座等活動，直接與民眾溝通，相信許多人在更認識核能之後，不管擁核還是反核，都能做出更明確的判斷。

至於低階核廢料設廠地點的居民，台灣原本採用的是和當地立法委員、民代溝通，再請他們向該地居民宣導。但這樣子不僅使政府無法直接聽到人民的聲音，那些立委民代更有可能從中獲取非法利益。我覺得能夠參考日本的方法，由政府拚人直接到當作辦公聽會，並且向當地居民詢問是否要建造某些公共設施做為回饋，避免採直接發錢的方式，待當地居民取得共識之後回報給政府，政府再依照居民要求去進行社區改造作為回饋，具體措施有建造公園、公立托兒所等.....

七、結語

在能源危機及全球暖化下，核能或許是一個解決之道，如此能源高密度且汙染性低的發電方式。唯獨目前各國政府對核廢料處置問題還是一個頭兩個大，期待某一天各國能夠合作

解決核廢料安置問題，能夠把核能發電中最頭痛的問題解決，屆時核能產業必能突飛猛進。

致力於發展核能發電(開源)的同時，應該還要考慮到節流。若發展核能發電的目的是為了防止火力發電排放過多的溫室氣體，還要考慮到節能減碳才是最根本的方法，並非發展核能之後溫室效應就會顯著改善，還需要全體人民的幫忙。發展核能發電是減緩全球暖化的一個方法，但絕對不是藉口！

八、後記

從日本回來後，我除了上網搜尋更多有關核能的資料，同時也收集的擁核和反核各方的意見。有趣的是反核的一方，他們在建立在反對的基礎上的理由大概有兩種：第一種是核廢料的危險性，也是網路上常常看到反核一方所抱持的論點；第二種是認為如果全力投入再生能源，他們的發電量是可以達到全人類的發電需求的。兩種觀點的差異在於第一種純粹認為核能是高風險性的產業。第二種人除了關心核能所帶來的風險以外，也為全世界的氣候著想，因此大力反對火力發電而提倡再生能源發電。擁核一方，以及第二種反核的聲音，兩者的想法都是為了降低全球暖化，本質上來說是相同的，差別再一個選擇了核能，另外一個則將希望投注在再生能源上。從這角度看，大家都是關心地球的，就不會有所謂的對錯了。