

2012 輻射與核電知識深耕訪日交流心得

鳳新高中 3 年 12 班 李佩蓁

E-mail:sharonli24@yahoo.com.tw

現在台灣社會上有許多人反核，但他們反核的原因究竟是什麼？我瀏覽了社群網路 Facebook 由民眾自由創立的反核社團(如:我是人我反核、反核部隊)中發現其實大多數人並不了解核電只是一昧的跟從媒體新聞的報導卻忘了媒體報導不一定屬實，也忘了思考核能除了輻射外帶來了什麼好處？盲目的隨著新聞報導的輻射危險，但是，有多少新聞記者曾經報導過發電成本對台灣社會影響有多大？曾經研究過發展核能的話可以減少多少環境成本嗎？其實在參加 2011 清大暑期深耕輻射與核電知識科學研習營之前，我就是那一邊喊廢核一邊說環保的人之一，但參加了那次營隊我了解了發展核能的重要性及其缺點，所以這次想參加日本研習營主要是想知道其他國家與台灣對於核能的看法和作業上有何差異。

全球暖化

現在的環境已經越來越糟糕了，因為全球暖化。全球暖化指的是在一段時間中，地球的大氣和海洋因溫室效應而造成溫度上升的氣候變化現象，燃燒化石燃料、清理林木和耕作等等都增強了溫室效應。目前全球平均溫度的變化，二氧化碳濃度的變化與氣溫上升實際上並不是有直接的關係，從工業革命開始，二氧化碳的含量急劇增加，雖然植物的光合作用吸收了很大一部分二氧化碳，海洋也溶解一部分二氧化碳並固定成碳酸鈣，但空氣中二氧化碳的含量還是逐步增加。全球性的溫度增量帶來包括海平面上升和降雨量及降雪量在數額上和樣式上的變化。這些變動也許促使極端天氣事件更強更頻繁，譬如洪水、旱災、熱浪、颶風和龍捲風。除此之外，還有其它後果，包括更高或更低的農產量、冰河撤退、夏天時河流流量減少、物種消失及疾病肆虐。也因此開始出現了氣候難民，氣候變遷導致天氣異常、自然災害頻傳，根據聯合國最新報告，去年全球共有約 1490 萬人因為自然災害流離失所，其中近 9 成在亞洲(如:曼谷水患)。全球暖化使歐洲人緊張了！

歐洲大多處於中高緯度地區為何還能夠維持溫暖一人的氣候呢？因為北大西洋暖流！全球暖化，不斷升高的溫度使南北兩極的冰山開始融化，海水的鹽度、密度發生改變導致洋流減弱，北大西洋暖流的溫度不斷降低，如果繼續持續下去，歐洲將會變成一個超級大冰庫。

為了解決溫室效應繼續惡化下去，全世界傾力發展低碳排放之能源，為了減少二氧化碳產生。

太陽能: (1)取之不盡、用之不竭，且無污染 (2)太陽能發電站須使用大面積土地, (3)目前研發太陽能電池最高轉換效率僅 30%

風能: (1)低污染且無限量使用 (2)台灣風力發電及中於西部沿海(桃、竹、苗、台中、彰化

等地區) (3)發電受季風風向及地區影響大

水力能: (1)台灣及離島地區的潮汐落差及波浪高度不足以提供有效電能 (2)相關設施造價及維護費用高昂。

地熱能: (1)台灣無足夠資源可用以發電。

生質能: (泛指由生物產生的有機物質): (1)技術較成熟 (2)有商業化運轉能力 (3)經濟效益較高 (4)可能因使用食物進行發電而造成糧食危機

核能: (1)燃料體積小，運存方便 (2)發電過程中不排放溫室效應氣體 (3)建廠成本昂貴 (4)熱汙染嚴重 (5)輻射及核廢料儲存之疑慮

如何選擇?核電的低發電成本及效率是不可否認的，但在經過一連串的事故後，核電所帶來的輻射威脅及恐懼更是需要被解決、克服的!

- 車諾比專家：鈾污染，永遠無法清除。2011年4月26日是車諾比核災25週年，前俄羅斯總統葉爾欽的環境顧問特別在25週年前夕，針對日本福島核電廠危機提出警告，表示一旦出現鈾外洩的情況，傷害將是永久的；美國核安全專家則認為，光是檢測衣服表面的輻射量是不夠的，因為累積在體內的輻射量會對健康造成長期損害。前俄羅斯總統葉爾欽的環境顧問「雅柏羅科夫」專門研究車諾比核災傷害，對於日本福島核電廠危機，雅柏羅科夫認為一旦鈾釋放出來，影響將是永久的。車諾比核災專家雅柏羅科夫：「如果鈾被釋放出來，將會有相當嚴重的後果，那是永久性的，整個地區跟死了一樣，永遠沒有人跡，因為你不可能清除鈾汙染。」雅柏羅科夫指出，車諾比周邊土地的銫、銻、錒、鈾等輻射汙染程度，和25年前一樣嚴重，而滲入土壤裡的這些輻射物又隨著植物生長被帶到地表。輻射安全專家福克斯：「任何一點輻射都是不安全的，我相信大家都有看到畫面，就是一個人從上到下掃描，災區民眾、婦女小孩那是必要的，但這並沒有辦法告訴我們，他們透過呼吸和飲食吸收多少進體內，而這些累積在體內的是對健康長期有害的。」日本福島電廠200公里內，有3000萬人口居住，人口密集比車諾比高得多，因此專家特別提醒，福島電廠意外對於環境以及人類的影響，恐怕不會亞於車諾比。
- 土有鈾，水有碘，日本輻射危機延燒。日本首相菅直人上午在眾議院預算委員會的會議中表示，政府因為福島第一核電廠危機，正處於「高度警戒狀態」。「時事通信社」報導，菅直人說情況「仍難以預測」，但政府「保持在高度警戒狀態，隨時解決問題」。東電昨晚宣布，在福島核電廠設施內5處地點的土壤中偵測到鈾元素；不過，濃度還不到危害人體健康的程度。東電發言人說：「5處地點的土壤樣本當中，我們相信至少有兩個極可能與目前的反應爐意外有關。不過，我們相信未達足以危害人體健康的濃度。」發言人說，檢測出的鈾濃度，與過去北韓和中國等鄰國進行核子試爆後，日本國內偵測到的濃度差不多。「時事通信社」報導，官房長官枝野幸男表示，土壤偵測到鈾元素，顯示「燃料棒有一定程度的熔解，是非常嚴重的事，為了避免影響擴大，將全力控制。」報導指出，枝野指示要「繼續監控事態發展」，並強化對土壤的檢測。同時間，福島第一核電廠週遭的地下水、水庫

和海水，可能遭核電廠外洩高量輻射「嚴重污染」，情況發展令人憂心該地區可能爆發的健康危機，美國核子和環境科學家對危機前景評估更加黯淡。用來冷卻反應爐和核廢料池的海水和淡水，被放在核電廠的貯水箱，但專家說，這些水箱都已經裝滿污水或溢出。美國科學工作者關懷聯盟(UCS)物理學家暨核電廠設計專家黎曼(Edwin Lyman)表示：「很難看出如何才能不造成海水嚴重污染。」專家表示，他們需要日本當局提供更多資訊，才能準確評估會對環境及人體健康帶來的確切影響。他們並沒有說，這起最新事件是否能解釋為何東京自來水裡驗出微量輻射物質。但他們的評論比起幾天前黯淡。當時科學家表示，廣大的海洋會稀釋輻射，不會危害健康。防衛大臣北澤俊美今天上午在內閣會議後的記者會表示，目前福島核電廠的地下輻射污水清除作業，「基本上是東電在處理，但若有合理理由，一定需要自衛隊協助，自衛隊將積極處理」。

- 福島核電廠，海水輻射，超標 3355 倍，震後最高。日本福島核電廠輻射物資飄洋過海，包括美國、英國、中國、俄羅斯、菲律賓、越南、韓國、法國、瑞典等國家均檢測到來自日本的微量放射性物質，核電廠附近海水放射性物質也測出超標 3355 倍，是地震後最高的數據。華爾街日報指出，經濟產業省原子能安全保安院(Nuclear and Industrial Safety Agency)表示，週二下午福島核電廠 4 號核反應爐出水口以南 330 米處採集的海水樣本中，檢測出放射性碘 131 濃度為法定限值的 3355 倍。而包括中國北京、寧夏回族自治區、廣西壯族自治區等地都檢測出微量放射性物質。報導也指出，福島核電廠工作人員週二在通往外部的排水溝周圍堆上沙袋和混凝土障礙物，做為防止放射性物質流入海中的最後一道防線，日本政府也持續向核電廠反應爐注水。目前日本政府為了讓反應爐冷卻，避免核熔解發生核災，所以願意冒險讓一些含有放射性物質的水從離海約 46 米到 64 米的排水口流出。新華社報導，法國將派出專家協助日本東京電力公司、美國也將運送抗輻射機器人協助日本政府處理輻射危機。

全球反核運動告急？

奧巴馬政府要大力扭轉自三哩島核災(1979)後全美無一核廠新訂單的疲態，歐洲在切爾諾貝爾事，故(1986)後僅有三兩宗新訂單的核電夕陽面貌也要平反過來。亞非拉及中東的核電發展，則由減碳、買碳賣碳之大筆金錢交易促使下如虎添翼。2011 年 12 月，美國的所謂第三代核反應爐設計 AP1000 型號，幾經訴訟爭辯後，終獲發牌。在此之前，中國已率先在浙江、山東興建此 AP1000 型號核反應爐。福島災核後，溫家寶下令的「停一停做大安檢」，至此由美國方面 AP1000 之取得牌照而令這批在中國正在興建中的反應爐取得「安全標籤」，繼續大建可也。但 AP1000 的設計始終在美國受到極大質疑，能否落實為建造工程實屬未知之數。反之，中國在大安檢後其他在營運、

在建造、在籌備的一共 240 台核反應爐都能順利過關，安全保證可想而知。就以德國為例，以下這篇駐柏林的新聞撰稿人 Paul Hockenos 為我們分析了「廢核」是歷時數十載帶著無比毅力辛勤的運動而得來的成果，不是一朝從天掉下來的。

所謂全德 2022 年全面不生產核電，還拖搭著「那麼德國還搞出入口核電嗎？」這樣的

一個問題——現時德國仍向法國、捷克等進口核電，亦有出口電力（核電？）。從現時到未來，這些出入口電力之間有多少空隙讓核電在德國名亡實存，或借屍還魂，從不息止？那些大財團及與之共謀的政客、政府官員究竟在搞甚麼鬼？這其實牽涉整個歐洲甚至全球的電力生產、電力買賣必須透明化，並且權力下放等大問題。君不見德國政府又在那邊廂削減太陽能電力的資助？究竟廢核的誠意有多大？

歐洲方面，福島核災後最令人振奮的是，德、意、瑞三國向核能說再見的消息傳來，但我們需要清楚知道這些消息夾帶而來的訊息究竟是甚麼。

最後值得一提的，是在德國持續反核運動的人士亦提出「不要煤也不要核」的口號，他們也反對在其他國家的核電廠——這陳義絕不過高，甚至更應反對各項在外地榨取能源資源之舉。但無論如何，必須在能源體制權力上有基本的改變——以社區為本——才可望事成。際此在中東針對伊朗的戰爭如箭在弦，美國及歐洲等 NATO 列國不惜夷平中東以取得使用石油的長久保證，加上天然氣等火石能源之爭奪與開採在全球方興未艾，如此形勢下，所謂關注氣候改變、暖化、減碳實屬虛妄之言，而這些賣核者之推銷辭令，則預料還是會講下去的。一眾發展中國家，包括中國，在這全球化核能大買賣之中，大概還是會不甘後人，甚至爭先恐後的。

長期以來，社會上常出現的反核運動多以希望能讓台灣環境永續發展為主要訴求，為何他們會如此擔心呢？因為台灣位於環太平洋火山地震帶，而花東更是位於太平洋板塊與菲律賓海板塊之上方隨時都可能會有不知道規模大小的地震發生，而一旦發生了意外，位於新北市石門區的核一廠與新北市萬里區的核二廠因為位在台灣首都台北市附近而讓民眾對於核電安全更加的關心。

核二廠一號機反應爐發生全世界未曾出現過的底座錨定螺栓斷裂，更換了 6 顆，花費 3 百萬美元。最可怕的不是「壞掉六顆」，或者要不要檢修其他 114 顆，而是「這六顆根本就不該壞掉」！假如這六顆可以壞掉，那就表示：連不該壞的都壞掉了，就很難評估其他「本來就有可能壞的」未爆彈到底有多少！除非設計不當、安裝不當，或者使用（含維護）不當，錨定螺栓本來就可以不斷也不該斷！所以才會叫做「世界首例」。假如前三者中有任一者發生，即使一次換掉 120 顆錨定螺栓，真正的根本問題可能還是沒有排除，不知道何時要再闖禍，以及要闖多大的禍。設計不當、安裝不當，或者使用（含維護）不當叫做「人為疏失」，全世界研究核能安全的人最頭痛的就是「人為疏失」。「人為疏失」是不可預測的，所以無法預防。而台灣的核安專家每次在電視上拍胸脯保證核電安全的，都是在講課本知識，都有一個前提：假如沒有任何「人為疏失」！根據報載資料推測，這次「基座錨定螺栓」壞掉應該是疲勞破壞沒有錯。「疲勞破壞」（fatigue）是金屬受到忽大忽小的週期性外力（疲勞負荷，fatigue loading）而壞掉的現象。許多金屬都有一個疲勞負荷忍受極限（endurance limit），只要外力被設計成小於該疲勞負荷忍受極限，錨定螺栓就可以永遠不壞掉。台電說核二用的是鉻與鉬組成的高強度合金鋼，假如這種鋼材沒有明顯的疲勞負荷忍受極限，那就是材料選擇錯誤（絕不該犯的設計錯誤）；假如設計正確且這種鋼材有明顯的疲勞負荷忍受極限，那

就根本不該壞掉！不該壞的為什麼會壞掉？一個可能的原因是安裝或某次維修時沒有照程序逐一栓上錨定螺栓，導致 120 顆錨定螺栓中有某幾顆實際受力超過原設計非常多倍。多幾倍呢？照日本 JIS 規定，至少要 10 倍以上。但是，因為沒有照程序栓上錨定螺栓而導致部分錨定螺栓受力超過原設計 10 倍，那幾乎是不可能的事，除非有人是酗酒狀況下胡亂上螺栓。所以，只好去想第二種可能性：螺栓原本就有特殊的材料瑕疵，加上鹽分侵蝕，形成 30 年前機械系和土木系少有人知道的「鹽蝕疲勞」（Corrosion fatigue）。如果這樣，還是得問：為何 120 顆錨定螺栓只壞了 7 顆？從品管的觀點看，這個比例高到不可思議，意味著錨定螺栓的製造與品管過程出了極為嚴重的問題。假如原因是這樣，核二愈早除役愈好！因為，一個核電場的零件來源如果在製造與品管過程出了極為嚴重的問題，我們將很難猜測到底還有多少零件的來源可能有問題，以及到底有多少零件必須要更換。其實可能的問題還很多，我只是想用這兩個最簡單的例子說明：6 顆螺栓和 3 百萬美元根本只是這事件的冰山一角，真正該擔心的事是在很難想像得到的地方，而且很有機會要等下一次又出問題時我們才進一步發現問題比原來想像的更嚴重。核能專家一直說核電廠事故機率比飛機失事還低。我同意。但是飛機失事只會死幾百人，而那幾百人又是自願上機的；核二若出事，台北很可能必須淨空。我們擔不起這風險，所以別再跟我們談機率！不過，所有新聞資訊中我覺得最毛骨悚然的是台電核安處副處長吳才基的一段話：「剩餘的 113 顆螺栓經過安全分析，就算少了其他 7 顆支撐，支撐強度仍有 8% 餘裕」。隨便一個設計上的小錯誤，材料的小瑕疵，或者維修程序的小瑕疵就可以用掉超過 8% 的安全裕度，所以日本 JIS 規定連電梯鋼纜的設計安全裕度都必須要達到 10 倍（900%），而一般的機械零件安全裕度是 300%，「8% 的安全裕度」根本是在拿北台灣的人命當玩笑！

台灣對於核能發電所擁有的技術上有許多的不足，有更多的系統體制與檢查過程上的細節需要小心注意，核能畢竟是個高風險的發電方式，所有的細節都不容疏忽，更別說是會造成核輻射外洩疑慮的錯誤，其實無論是否會造成輻射外洩，只要聽到是核電廠出事的消息大家就會不禁將事件與輻射聯想在一起，會被放大檢視更容易被媒體新聞的報導渲染，導致民眾聽取了誇張的報導，而引起社會不安和社會反核運動。

核電廠的安全設計上使用了多層的屏蔽將有具有放射線的物質層層包覆在其中，屏蔽包括燃料丸，燃料棒護套、封閉的冷卻水系統與圍阻體。通常一層屏蔽就能夠發揮效果，除非發生了爐心熔毀的重大事故，如新熔毀代表著前 3 層屏蔽都已失去保護作用，但只要圍阻體保持完整便能阻止有放射性的物質釋放到外界。一般核電廠交流電的來源包括廠外電源、每台機組有 2 台緊急柴油發電機，若意外造成廠外電源喪失，緊急柴油發電機將啟動，供電將會在啟動後 1 小時停止運轉，在這一個小時內電廠人員會做出正當的決定，例如先讓機組停止運轉等待電廠脫離意外所造成的危害之類的相關動作。

之前參加的營隊給了我這些知識，讓我不會在繼續盲目害怕下去，去年參加的營隊曾經帶我們參觀核二廠的，在展覽館裡有人替我們做介紹核電廠，核電廠構造、發電過程、核廢料處理過程等等，我們也參觀了低核廢料儲存場，其實所有的設施不僅都是經過嚴密的審查

也有專業的人員在監控、操作的，在一邊正常的情形下核電廠並不會發生任何有害於人民健康安全的意外，但若發生了意外，其實電廠也有應變計畫而非大眾想像的那樣束手無策！

台灣是個地小卻人稠的地方，台灣的經濟與民生都極需要許多的能源，為了解決此問題政府大力發展火力發電但是環保問題卻不得不讓世界各國政府改變發電方式於是開始大力發展核能，沒錯，核能有輻射問題，輻射會讓人的基因產生改變，變的畸形或是癌症，但使人體產生如此變化需要接受大量的輻射劑量。

科學家發現，去年日本福島核災後，當地蝴蝶的腳、觸角與翅膀突變情況增加，後代畸形率更比上代高一倍。英國廣播公司（BBC）報道，福島核災後兩個月，研究人員在福島等 10 個日本不同地點，捕捉觀察 144 隻醃漿灰蝶成蝶，比對各地突變案例。比對結果發現，環境輻射量較大的地區，蝴蝶的翅膀小很多，眼睛也發育異常。福島事件發生時，醃漿灰蝶還在幼蟲過冬階段。領導研究的沖繩琉球大學教授大瀧丈二，在「科學報告」期刊發表研究成果指出：「一般相信昆蟲非常能抗輻射，從那個角度看來，我們的結果相當令人意外。」大瀧團隊接著在距離福島核災事故地點約 1750 公里、幾乎測不到輻射的實驗室內培育醃漿灰蝶，發現新生蝶出現上一代沒有的某些畸形，比方說觸角畸形。6 個月後，他們再從這 10 地捕捉成蝶，結果發現突變率比福島事故後沒多久捉到的蝴蝶高出一倍。團隊總結，突變率較高是因為食用污染物，但也因為這些蝴蝶的親代基因突變，即便外觀沒有變化，也會遺傳到子代。大瀧團隊研究醃漿灰蝶超過 10 年。團隊先前研究顯示，醃漿灰蝶對環境改變非常敏感，因此福島事故前曾考慮用以偵測環境，扮演「環境指標」的角色；不過現在這份新研究結果顯示，福島事故後殘餘的輻射物質雖已衰變，仍會影響醃漿灰蝶發育。

很多人不知道其實自己一直生活在輻射中，來自太空的宇宙射線、地表輻射、空氣中的氬-222、人體的體內輻射、微波爐電視機.....以及許多人們日常生活中所使用的電器用品都會發散出輻射線，一般人每年接受輻射限度(不含天然輻射劑量)不得超過 1 毫西弗(1000 微西弗)。一般而言，照一次胸部 X 光所接受的輻射劑量大約是 20 微西弗，搭乘飛機往返台灣與美國西岸一次接受的輻射劑量大約是 90 微西弗，通常人體全身一次不接受 250 毫西弗的輻射劑量時，身體並不會出現不舒服的症狀；當人體在短時間內接受的輻射劑量超過 1~2 西弗以上時，因為許多細胞會死亡或無法修復，而產生疲倦、噁心、嘔吐、皮膚紅斑、託法、抵抗力下降等症狀，當輻射劑量更高時，症狀的嚴重程度加大，甚至導致死亡，大家害怕的是生病、死亡，其實，我也害怕，但如果沒有了解他，害怕是沒有意義而且愚蠢的。

其實輻射除了會可能對人的身體造成危害，相反的也可以利用它來治療疾病，去年營隊中我們曾到清大的核能反應爐中參觀，清大的核能爐比起商轉中的反應爐來的小，但其主要目的在於教學，但近年來除了教學外也和榮總醫院合作治療癌症病患，但因仍在初期故目前主要以頸部以上的患者為治療主軸，先注射具有放射性的物質進體內，當藥劑隨著血液循環到達了癌細胞後再以高輻射線照射，癌細胞會漸漸萎縮死亡，且因此輻射照射是以注射的藥劑與癌細胞為鎖定目標，所以不會對於其他部位產生永久性的傷害，這樣的技術真的值得好好的研究發展因為他能夠為人們帶來好處，能給人類的未來帶來希望。

這次到日本我印象最深刻的是到六所村中參觀，六所村原本只是一個小漁村，人口大約只有一千多人，說是個窮鄉僻壤也不為過。但在 1992 年 12 月，日本政府設在青森縣六所村的低放射性廢棄物最終處置場正式運轉，至今已過了將近 20 年，除了放射性廢料獲了妥善的處理，越來越多有關核能的廠商進駐，帶來的工作機會也讓六所村的經濟有了明顯的成長，六所村現在無疑是個核電重鎮。除了他們的經濟發展之外，讓我驚訝的是他們的人民與政府互相之間的信任。日本政府為了在六所村開發，舉辦的許多課程讓居民們了解其中的損益以及開發後會造成怎麼樣的影響，還有會給居民們什麼樣的回饋都說得明白，一旦居民們有了認同感反對聲浪便會漸漸消失。反觀台灣呢？台電公司或許也曾經舉辦過說明會，儘管如此人民對於政府長久以來都有著強烈的不信任感，總是認為會有官商勾結的過程，如此的現象造成了民眾們不願意接受台電公司開出來的條件，或者是彼此的溝通根本沒有做好，台電認為他們已經盡力給了最好的條件但居民們卻認為台電公司不知道他們想要的到底是什麼？其實他們要的只是一份保障，不只有金錢還要讓居民們完全消除疑慮，但目前要讓大家信任是一件困難的事，因為網路、新聞媒體給予的錯誤觀念和偏激言論使人民與政府之間更加的不信任。還有金錢上的補償，日本的補償是間接的金錢轉變成建立公共建設給居民們更好的生活品質，而台灣是將錢匯至地方政府在慢慢的將錢向下轉移，在分發過程中，經過了好幾道手續，到最後居民真正拿到的補償可能已經比當初希望的少了很多，如果能夠好好解決與民眾之間的問題或許政策執行起來就能容易一些，雖然不能完全解決但是只要成功的邁進一步，未來的執行之路將會越來越順暢。

我很開心能有機會參加這次的日本交流團，能到一些平常人不會去的地方參觀還學習到許多知識，與其他國家的人作交流才能發現其實每個國家的人的想法觀念能夠影響國家的發展，每個城市也都有各不同的需求，謝謝教授們及核能委員會能讓我體驗到如此特別交流行程，這麼好的活動可以讓更多人了解，再由我們慢慢的推廣出去，希望有一天核能能夠獲得社會大家的認可、共識。

參考資料

維基百科 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%85%A8%E7%90%83%E6%9A%96%E5%8C%96>

環境資訊中心 <http://e-info.org.tw/taxonomy/term/15643>

日本 311 特別蒐集報導 <http://myweb.nutn.edu.tw/~hycheng/1today/2011Mar11Sunami.html>

反對核能發電原子能缺點壞處危險不安全關注健康核電站洩漏輻射事故意外

<http://www.facebook.com/nukefree>