

2012 核能日本交流團心得

基隆高中 張智淵

說實在，以前還沒接觸到核能的知識之前，從來沒想過家裡的電力到底是怎麼來的？台灣的各種發電方式有什麼不同？但是在開始了解有關電力和發電廠的知識之後，這一切都改觀了，我開始對於台灣發電廠的運作模式和情形還有各國的不同有概念。

暑假剛開始的時候參加了清大普物實驗室在北區辦的核能知識深耕參訪營，有帶我們去核能第二發電廠參觀，並且由專業人士來跟我們講解，我覺得這次的機會真的很幸運。當時副廠長還有幾位機械人員帶領我們做解說，讓我印象最深刻的是核二場的模擬控制台訓練室。他們告訴我一位合格的操作技術人員需要先考過入門考試之後，再上十個月的課程，徹底了解核能和核電廠的基礎物理知識。接下來還要跟著教師在實體核電機組裡面，實地觀察機具運作的方式、還有控制台的對應操作面板，這樣才能徹底了解當你在操作某個按鈕時，機組的整體傳動以及後續運作；最後才是進入操控室進行訓練。而且會每個禮拜考試！

我看到模擬控制式後，傻眼了！裡面一道 L 形的控制面板台上面密密麻麻閃爍著各式各樣的燈泡，有的下面對應到控制把手，有的則是搖桿。在這上千個按鈕裡面，有著複雜又精細的操作，而這些技術人員居然能夠熟練地在機械當中穿梭，我不只是佩服，還覺得很不可思議。他們不僅能夠記住這些多東西，還能應用！對核能有更深入的了解，才能接觸到核能發電機、中央控制台、反應爐等實體設備。

此外，三天的研習課程中，令我印象最深刻的是醫學上的應用，就是核能連鎖反應所產生的中子和核能放射線的標靶治療。因為將具有放射性的粒子注入人體，經由血液循環運送，利用癌細胞代謝旺盛、附著生長位置特殊以及其他異於人體細胞的特性，使它接受到大量放射線而逐漸萎縮死亡。這種方法真的很酷！就好像預先準備好很多針，然後再將特製的紅心十字標的放進身體某個部位，最後再瞄準靶心全力狙擊。這樣既不會傷害到人體內周圍其他健康細胞，也能夠非常有效率地殺死癌細胞；還不會在人體內造成永久性的遺留性傷害。真的是一個先進又科學的方法！

所以我真的很感謝國立清華大學還有台灣電力公司給我們這個機會，如果下次還有類似活動我還想參加。

其中的演講也談到台灣的未來。台灣四面環海，所以海洋能應該很有潛力。潮汐能是指從海水面晝夜間的漲落中獲得的能量。在漲潮或落潮過程中，海水進出水庫帶動發電機發電。雖然尚未得到廣泛應用，潮汐能未來將有潛力發電。潮汐比風能和太陽能具有更強的預測性。在可再生能源的來源中，潮汐能歷來都一直受限於高成本和（具有足夠高的潮差和流速的）可行地點的局限性，因而進一步限制了其總體可行性。然而，許多新技術在設計（如：動態潮汐能、潮汐潟湖）和渦輪機技術（如：新式軸流式輪機、雙擊式水輪機）上的開發和改進，表明潮汐能的總體可行性可以遠高於之前的假設，同時經濟和環境成本可以降到具有競爭力的水平。海流與潮流不同，流向是固定的，因此，又稱“定海流”。潮流在大洋上很微弱，海流卻像陸地上的河流一樣，在大洋上日夜流淌。雖然目力不易分清“河岸”和“河水”，

但是，海流也有寬、有窄、有頭、有尾、有急、有緩地川流不息。最強的海流寬上百公里，長數萬公里，流速最大可達 6-7 節(每小時 12-14 公里)。

當時也談到日本福島發生的核災。我們聽到媒體報導「中國官方今天表示，日本福島第一核電廠輻射洩露事件後，大陸 18 個省市部分地區監測到極微量放射性物質，但不會危害環境與民眾健康。針對日本福島第一核電廠事故可能對大陸產生的影響，中國國家核事故應急協調委員會發布了最新訊息。官方表示，上海、天津、重慶、河北、山西、內蒙古、吉林、黑龍江、江蘇、安徽、浙江、福建、河南、廣東、廣西、四川、陝西、寧夏部分地區空氣中監測到來自日本核事故釋放出的極微量人工放射性核素碘 131。

不過，核事故應急協調委員會表示，飄來的碘 131 對環境和民眾健康不會產生影響，毋需採取任何防護措施。稍早前，中國環保部官方網站曾公布，監測到碘 131 的地方還包括北京。」「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) 今 (30) 日表示，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。法國總統沙柯吉 (Nicolas Sarkozy) 也計畫明 (31) 日訪問日本，是日本地震後首位訪日的外國元首。」「下個月 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，表示一旦出現銻外洩的情況，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銻釋放出來，影響將是永久的。車諾比核災專家雅柏羅科夫：「如果銻被釋放出來，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，因為你不可能清除銻污染。」雅柏羅科夫指出，車諾比周邊土地的銻、銻、銻、銻等輻射污染程度，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。」「日前、日本發生芮氏規模 8.8 級的強烈地震，這起嚴重的天災以及後續引發的海嘯，不僅對日本東北地區造成了嚴重傷亡事件，尤有甚者，對福島地區的核電廠更造成了重大的損害，甚至引起了爆炸與輻射外洩嚴重事故，一時間，車諾比輻射污染的夢魘，又再度引發人們心中的恐懼。台灣環境保護聯

盟對此嚴重的核災事件，表達強烈的遺憾。長期以來，環保聯盟秉持對台灣環境永續的堅持，主張非核家園的立場始終如一，就是希望台灣人民能免於核災恐懼的威脅。此次日本福島核電廠的嚴重意外事故，清楚的打破了核能『絕對安全』的神話，為了保障台灣人民免於核災風險的恐懼，環保聯盟特別召開記者會，除了說明日本核電廠意外事故發生的始末，更希望藉此不幸事件，回頭檢視台灣現有核能安全現況，同時，我們也將公佈徐光蓉教授的氣象模擬資料，讓大家清楚了解，萬一台灣北部核電廠發生輻射外洩災變，會再多短的時間內，對台灣民眾造成多嚴重的衝擊，另外環盟高成炎教授已將提出他對未來反核運動的策略主張。所謂他山之石、可以攻錯，對於日本發生如此重大的核災意外，除了表達哀悼之意，環保聯盟更希望全體國民能夠引以為鑒，共同督促政府，早日落實非核家園、永續環境的願景。」聽到這些消息第一時間確實令人害怕！

但是聽過教授們的科學講座後，我覺得其實沒有媒體報導的那麼誇張。我們生活在地球上，不斷接受來自天然放射性物質的放射線與宇宙射線。也就是，地球約在 45 億年前誕生時，就遺存下來許多放射性物質。例如，地殼岩石中含有三種「原始核種」，鈾-238（半衰期 45 億年）、鈾-235（7 億年）及釷-232（141 億年），各自進行一連串的蛻變，同時放出阿伐（ α ）射線。因此產生了三大系列，眾多的阿伐放射元素。此外，從遙遠的宇宙太空，不斷向地球直射著宇宙射線，含有高能量的電子、光子（加馬射線）、中子等。另有食物中的放射性元素（如鉀-40、碳-14），所造成之體內輻射。故每人每年約接受 2.1 毫西弗的天然背景輻射。而碘 131 在生活當中就會碰到，所以不用太擔心。並不是像反對核能的人說的「鈾礦開採留下死土。一般鈾礦砂只能析出 0.1 到 1% 的鈾，有些甚至只到 0.01%。為一公噸的自然鈾需要用到 100 到 10,000 噸礦砂。腐蝕溶解，加工最後留下極毒的爛泥擱置萬年，而且鈾礦存量再過幾年就見底了。全球容易獲得的鈾礦層很快的就開採光了線在要越來越深層和越多延時才能獲得等量的鈾礦。價格及環境傷害風險都在提高；這條路，走了二十幾年，坎坷不平，夾著恐慌，蹣跚踱來，雖然匯聚了高昂民氣，卻敵不過政商勾結的議事暴力，對核電矇懂茫然者，除了替他們祈禱外，只有悵然。買扮官僚強調核電的安全，認為可控制的技術，然而，美國三哩島、蘇聯車諾保的核災意外，卻是禍延幾十年的苦難；當美國太空梭在升空五秒時爆炸，可見科技之不可恃，況且，曾有核電員工當班時的瞌睡前科，安全性如何讓人安心？核電一個更難處理的夢魘，是核廢終端處置；當年參加蘭嶼「驅逐惡靈」的活動，不只見識達悟族人的悲憤，也感嘆政府對偏遠弱勢的欺凌。半衰期上萬年的核廢，會一直增加，台灣小島何能容納驅之不盡的惡靈。我們說「反核就是反獨裁」，但很清楚的，連政黨都再次輪替了，核四問題竟然還繼續存在。獨裁者的暴力絕非某個政黨而已，而是跨國資本、軍工複合體、台灣的官商複合體，以及壟斷電業市場的台電。核電問題從來不是個發展與反發展的對立，而是我們根本沒有權力進行沒有明天似的豪賭。核四廠的啟動，代表台灣的能源結構離再生能源的方向愈來愈遠。饑腸轆轆的肚子被垃圾食物給塞滿了，如何還有空間享受上好的美食？更何況，台灣現在根本不缺電，未來也不該再發展高耗能產業。蓋一座核廢場，同時埋葬的是那塊土地恢復生機的機會；啟動一座核電廠，同時葬送掉後代子孫選擇更好出路的機會。」、「核四所在地的貢寮鄉鹽寮灣海域生物種類繁多、珊瑚群聚，為世界級的海洋資源保護區，此處可見的珊瑚群超過 120 種，但因核四廠違法重建碼頭，已造成福隆鹽寮沙灘流失、景觀破壞、珊瑚死亡的事實。未來一旦核四廠開始運作，輻射外洩、高溫廢水排放、施用管線藥劑等問題，勢必將造成更嚴重的海洋污染、魚源枯竭等生態浩劫。1994 年 6 年，在核四廠址

發現了珍貴的凱達格蘭族遺址，遺憾的是，在政治口水與行政刻意疏忽下遭到破壞，如何搶救喚起社會大眾注意，搶救遺址已是當務之急。核四廠興建經費遭兩度追加預算，投資總額由 1697 億增至 2431 億元，核四停工並不是主要因素，過去核一廠預算追加 6 次、核二場 4 次、核三廠 3 次，而核四廠違法擴大機組為 135 萬千瓦，台電又私自將「統包」改為「分包」，以便邊設計、邊採購、邊施工造成工程延宕，以致須不斷追加預算，並將預算調高歸因於不可抗力因素，但卻避談是錯誤決策導致的惡果，日後複雜的工程介面整合問題，追加預算也無法解決。去年的世紀災難南亞海嘯震撼世人，核四廠附近八十公里內至少有 11 座活火山，不穩定的地質就像是一顆不定時炸彈，一旦火山爆發波及核電廠，屆時將不只是貢寮、台灣的災難，更是世界災禍。1979 年美國三哩島核電廠爆發嚴重輻射外洩重大意外，肇因於一個 5 毛錢的閥零件發生故障，操作員一時誤判，導致嚴重輻射外洩污染及 10 億美元的經濟損失。1986 年，前蘇聯車諾堡核電廠因決策錯誤發生爆炸，付出極慘痛的代價。而台灣位於板塊交接的頻震區，平均每三十年會發生一次七級以上大地震，核四廠位於六條地震帶上，防震係數卻只有 0.4g，一旦發生緊急事故將無力應變，台灣將變成輻射災難隔離島！核四廠採用進步型沸水式反應爐（ABWR），同型機組在日本柏崎，曾因為運轉後出現裂縫，導致 17 座機組停機全面維修，跳機次數比日本所有機組的平均跳機次數高出兩倍，安全紀錄極差，連設計公司都不敢保證該型機組安全性，但台灣卻缺乏警覺。核四運轉 40 年之後，將產生 2 萬桶低放射性核廢料、高放射性核廢料 2430 公噸，無法運到國外，只能隔離貯存，台電針對高放射性核廢料預定在台北縣設置乾式貯存場，近日卻遭舉發環評資料不實，廠址下方地下水位極高，預定設置場址多處鑽探點之地下水位分別從 0 公尺至 4 公尺，台電竟強行設置，無視於地下水污染問題，草率態度令人咋舌！為了因應能源耗竭問題，世界各國紛紛投入太陽能、風力、生質能、地熱等產業發展，台灣因為核電廠無法降載發電，限制電力結構調整空間，而核四廠與再生能源的資源及空間衝突，一旦啟用，將可能延誤再生能源發展長達五十年，後續除役的龐大費用更會讓再生能源無翻身的餘地。」「有鑑於台灣的三座核能電廠在過去的十多年間，由於人員管理不善，屢傳事故，安全實在令人擔憂。核能輻射會傷害人體，增加致癌可能性的這項事實，眾所週知。高輻射核廢料迄今仍無法安全處理，對人類及動物的危害可能長達數萬年，也是不爭的事實。台灣地處地震頻繁地帶，再加上地窄人稠，人口密度在全世界中數一數二，人為疏失及天災（地震）均可能導致核災難，而以今日台灣的科技、能力、設備及資源，根本無法有效處理大規模的核災變。任何致命的核災難，都將對台灣造成無法挽救、彌補的傷害。核能電廠是台灣社會的不定時炸彈，續建核四，更加重台灣後代子孫的夢魘。仔細檢視台電的邏輯，所謂「接收核廢料、拿回饋金」，不就是對這些人口稀少、長期資源不足的鄉鎮打著「協助地方發展」之名，實際上用重金買下這些地方世世代代的污染權嗎？可怕的是，台電在媒體及地方宣傳中，總是隱瞞或刻意減低核廢料對人類和自然環境的真正危害，在資訊傳遞上就造成不對等，遑論選址邏輯所挾帶的歧視與不正義。核廢料若非高危險的物質，也不需要大費周章評估場址的地質、水文（只要有鄉鎮向選址小組提出申請，就可以先拿三千萬元的探測金），否則依照政府最愛談的使用者付費思維，應該是誰用電最多就分配處理最多核廢料，那麼由高耗能的企業來分擔處理這些用電後的衍生物，是再合理不過的事情了！核廢料場選址凸顯的現況，不只是弱勢地區待宰的悲哀處境，更清楚的明示：核廢料人人懼怕，沒人敢要，且尚無保證完全零風險的處理方式。政府應該重新檢討整個產業結構和能源政策、並面對「無法完善解決核電爭議及核廢料」的現實，才是務實的

作法，而非一味將高成本、高風險的核電列為能源的優先選項。」而且這些反核團體的理由幾乎都沒有科學性根據，我們調查 YAHOO、Google、PChome 的前十大搜尋反核的網站，只有約百分之六十五有列出原因，但是全部有列出的原因都沒有明確的科學根據，也就是說幾乎所有人都只是為反對核能而反對核能，其實都不了解事實！

這次去日本當然也談到災後檢討，事後的調查結果「10月5日小淵首相在記者會上表示「這次事故來自於我們最不願意見到的人為失誤，為了避免再次發生類似事故，首先要徹底查明事故原因，盡快建立防範機制，並且立刻針對其他核燃料工廠進行稽查。至於政府之危機處理，我們必須重新思考，記取教訓，以求過程更為完善」。核設施現場操作員永遠是核能安全的第一道防線，即使管制法令再嚴謹，也不能確保百分之一百不會發生核子事件，因此第一線之核設施現場操作員必須兼負起此一重責大任。同時核設施經營業者除了營利之外，必須確保核能安全，因此必須(1) 要求核設施經營業者，藉由類似 ISO 9000 之方法來建立有效之內部稽核系統。(2) 徹底執行員工安全教育，建立考核或證照制度提升操作員技能。(3) 建立核能安全相關文件檔案，並由專業人員專人專責執行管理審核。(4) 以合理適當的經費購買核子安全必須之設備與儀器，以利第一線操作員掌控狀況。(5) 由政府建立一套資訊系統，提供第一線操作員提出並分享各項核能安全相關資訊與心得，藉以提升整體安全管理文化。JCO 所在之東海村，是一個核能村，村內擁有 15 個包括原子力研究所、核燃料開發機構、日本原子力發電(株)等核能相關單位，村內的核能專家能夠在事故發生之際，在最短時間內迅速集結到現場，對於事故的處理提供相當大的協助，尤其是在輻射偵測與臨界終止技術兩方面，助益最大。另外來自日本國內九個核能電力公司的支援人員也迅速提供必要的協助，估計總共有超過 700 位以上之專家聚集在東海村為 JCO 事件貢獻心力，這些人士深深獲得東海村民的感激。部份人士認為此次事故幸虧發生在擁有許多核能從事人員的核能村，才得以迅速召集這麼多專家共同協助事故處理。然而，如何建立一套災害防治系統，將相關專家及救援人員迅速送達可能發生事故(或已經發生事故)之現場，依舊是個問題。日本國內有關原子力災害防治之法令，主要依據『災害對策基本法』、『原子力發電所等周邊之防災對策』以及科技廳制定之『防災基本計畫』、『核子災害緊急應變手冊』，但是這些應變計畫都是針對核能電廠所發生的事故，無法涵蓋鈾燃料處理工廠的臨界事故。現今日本縣級地方政府之核子災害防治系統仍以一般天然災害防治系統處理之，核能相關資訊與專門技術都掌握在中央政府手中，即使核設施之建造審核也都歸中央辦理，核設施所在之地方政府根本無從置喙。這次 JCO 事故就突顯出，不僅縣政府或核設施所在之市鎮，連掌握相關技術與資訊的中央政府都無法掌握災情。由於事故現場資訊無法確實掌握以及中央政府反應遲鈍，使得主持救災的中央政府無法下達正確而及時之指令與措施，進而延誤宣佈疏散居民與其他救災措施之時機。而且事故現場之正確資訊未能及時通知民眾，造成謠言四起，人心浮動，尤其是附近居民急於得知自身健康是否受到輻射傷害。JCO 工廠本身更是欠缺緊急應變能力，未來勢必要建立一套緊急應變系統，清楚告知員工在緊急狀況下應如何處置。針對以上種種問題，日本政府必須修改「原子爐等管制法」部份條文，以便執行燃料處理設施現場稽查、定期考核操作員、查核工廠管理與員工訓練等稽查業務。並且加速推動「原子防災特別措置法」立法工作，於法案中明定(1)情報之適切掌握，(2) 情報的流動，(3)中央、地方與相關機構間之聯繫與救災工作之分配，(4)強化中央緊急救災應變系統，(5)核設施事業者之職責，(6)強化輻射監測系統等等是項。上述「原子爐等管制法」部份條文修正案以及「原子防災特別措置法」已經在 11

月 25 日送交參眾議院審議。JCO 事故的發生大大影響茨城縣的經濟，該地的中小企業與農林水產品產銷公司停擺，造成工廠停工、民眾失業。中央政府下令通產省，凡茨城縣中小企業都可專案申請「災後復舊貸款」。主要銷售至臨近大都市(如東京)之農林水產品因此事故而滯銷者，請日本原子力產業會議(JAIF)通知組織成員(約 760 個核能機構)，儘量採購當地農林水產品，以減緩災害損失。JCO 本身在 10 月 4 日就設立事故受害賠償申請窗口，10 月 22 日科技廳設立「原子力損害賠償紛爭審查會」負責相關賠償紛爭之調解。另外依據日本「原子力損害賠償法」規定，核能電廠造成之核子事故賠償上限為 300 億日元(JCO 事故發生前，已將核子事故賠償上限提高為 600 億日元，該修正案正在國會審議當中)，JCO 事故之賠償上限僅有 10 億日元，據了解，目前各界提出之損害賠償要求已經超出 60 億日元，超出 10 億日元的部份，將由 JCO 母公司，也就是住友金屬礦山(株)負擔。事故發生後隔週(10 月 5 日)日本原子力產業會議，邀請日本原子力相關會員團體，召開臨時會員大會，發表「民間原子力關係者之自己改革方向」宣言，以五項行動來恢復當地居民與全國人民對核能的信心，其中「原子力安全之確保」是最主要的議題，各單位經營方針之設定必須以安全為最大考量。同時由來自法、英、美、日等國鈾加工工廠操作員自發性地組成一個鈾加工工廠安全檢查系統，稱之為「世界核燃料加工安全網絡」(International Network for Safety Assurance of Fuel Manufacturers)，藉由世界各國鈾加工工廠操作員在安全上的努力，分享經驗，相互提攜，達成建構世界共通之安全文化為目的。除此之外，另有 35 個組織團體，包括電氣事業者、燃料加工會社、研究機關等組成一個「核安網絡」(Nuclear Safety Network)，藉由安全文化的普及、會員相互考評、安全情報的交換、並以過去事例為基礎之教育訓練支援，來達成原子力產業全體安全文化之共有，並以日本版的 WANO(World Association of Nuclear Operators)自我期許。」所以其實日本國內的專家最後檢討起來，行政體系當中的人為疏失是釀成這次事件最大的原因，並不是民眾想的核電廠本身出非常大的問題。但是探究起來其實女川核電廠比福島核電廠距離海邊更近，但是女川核電廠並沒有發生重大事故，這和核電廠本身的設計有關。女官核電廠當初設計時不僅將當地發生過最大的海嘯高度考量進去還預留空間，而福島核電廠則心存僥倖並沒有做最壞的打算；至於機組的配置上，女川核電廠將重要預備機具都放置離海邊有一段距離還增設更多的備用發電機，而福島核電廠因為機具太靠近海邊導致海嘯來的時候大部分的緊急應變系統都無法運作。

這次有機會能夠到日本去看發生核災的鄰近區域我覺得機會難得也得到非常多的寶貴經驗，能夠和當地的人交談並且聽一聽他們的想法，這對於未來我憑斷核能的觀點和態度有很大的幫助，我很感謝清華大學和核能委員會舉辦這樣的參訪行程，我希望還能夠再參加！

參考資料

1. 日本 311 東北 9.0 級地震海嘯核災 新聞匯集
<http://myweb.nutn.edu.tw/~hycheng/1today/2011Mar11Sunami.html>
2. 反核四、核電絕對有理 <http://www.wretch.cc/blog/tepu/4189542>
3. 諾努客 http://taiwannonuke.blogspot.tw/2010/08/blog-post_9803.html
4. 行政院原子能委員會 http://www.aec.gov.tw/www/control/emergency/index_06_1-8.php
5. 苦勞網 <http://www.cooloud.org.tw/node/57864>