

美華核能微言三十一集

美華核能協會

Volume 31, January 16, 2015

談言微中、可以解紛

目錄

頁數

1. 核能風險解析.....2
2. 瘋狂打壓核能為那樁?5
3. 是全盤廢核還是廢己?6
4. 反核須理性.....7
5. 核能電廠如何利用「安全度評估(PRA)」來改進安全?8
6. 非核家園=缺電家園.....13
7. 打造非核家園、先計算合理電價.....15
8. 反核反核，誰管飯盒?16

核能風險解析

江仁台 1/15/2015

全國能源會議將在本月底進行，為使國人對核能的風險有正確的認識，特以專業知識與經驗寫此文解析。

許多人誤把原子彈的風險加到核能發電的風險上，雖然核電和原子彈都靠鈾或鈾吸收中子後產生的核分裂能，但兩者的性質和風險卻是天壤之別。

眾所周知，原子彈是殺傷力巨大的武器。原子彈的殺傷力來自爆炸時瞬間高密度的中子束、高密度核分裂產物放射源、高速的碎片和巨熱，其他的風險包括土地和地下水被核分裂產物放射源污染，以及被飄到遠處含分裂產物放射源的落塵污染。

原子彈要爆炸的先決條件是必須使鈾或鈾燃料吸收中子後的核分裂反應瞬間達到高度超臨界(supercritical)，為達到核爆的超臨界核分裂反應，鈾-235 或鈾-239 燃料的濃縮度必須達到 95%以上。

核能發電是要提供安全、穩定和廉價的電源。為安全和穩定，核電廠只能進行次臨界(subcritical) 和臨界(critical)核分裂反應，絕對不准和不會發生超臨界核分裂反應。為價廉和避免達到超臨界核分裂反應，核電燃料鈾-235 的濃縮度必須在 5%以下。

影響大眾健康的放射源，分為人體外放射源和體內放射源。體外放射源輻射的強度大致與距離平方成反比。人要呼吸和喝水，為減少體內的放射源照射對人體健康的影響，須要控制空氣和地下水。只要空氣和飲水源中，所含各種放射線核種的濃度低於該核種的最高准許濃度，對健康就沒有壞的影響。

核電廠風險解析

為保持高度安全，核電廠有四重保護裝置，第一重保護是核燃料包管護套(Fuel cladding)，第二重保護是核反應爐壓力殼(reactor pressure vessel)，第三重保護是核反應爐壓力殼保護牆(primary containment)，第四重保護是核電廠外牆(secondary containment)。萬一發生核燃料包管熔毀的嚴重事故，第二、三、四重保護裝置仍能發揮功能。

美國三哩島核電廠二號機發生核燃料包管熔毀的嚴重事故，就是由於第二、三、四重保護裝置發揮功能，放射性核分裂產物外釋超量的很少，外部環境沒受什麼察覺到的影響，所以旁邊的三哩島核電廠一號機，至今仍在商轉。

日本的福島核電廠事故比三哩島核電廠事故嚴重得多，除發生一、二、三號機核燃料包管熔毀，還發生氫爆將電廠外牆爆破。即使核災如此嚴重，2013 年世界衛生組織《健康風險評估》指出 99%居民的外部劑量低於 10 毫西弗，99.9%居民的內部劑量低於 1 毫西弗。因此，電廠附近的人會有長時期輻射健康問題是微乎其微的。

台灣的核電廠都是美式的，可能發生的最壞事故就如同美國三哩島和日本福島核電廠事故一般，即使有這類嚴重核災，電廠附近的人會有長時期輻射健康的風險是微乎其微的。

美華核能微言三十一集

筆者以專業評估認為台灣發生核災的可能性非常低，因為已吸取了美日核災的經驗與教訓，這也是發生過核災的美國和日本都繼續利用核電的原因。

核電廠安全解析

核電廠遇到大地震或功率不正常上升事故時，反應爐安全系統會自動將所有中子控制棒插入爐心，立刻停機。但停機後核分裂產物和核活化產物仍會釋放正常運轉功率百分之七以下的餘熱，餘熱雖然會隨時間迅速遞減（一小時後降至 1.5%，一天後降至 0.4%，一週後降至 0.2%），但釋放時間很長。因此，停機後，爐心冷卻水仍須不斷循環，以避免核燃料溫度過高。因此，停機後，只要爐心冷卻系統所需要的供電不斷、使爐心冷卻水繼續循環，核電廠就是安全的。

所有核電廠在安全系統正常供電中斷後，備用的緊急柴油發電機會立刻啟動供電。倘柴油發電機故障或停轉，備用直流蓄電池仍可供電至少 8 小時（福島事故後已增加到 24 小時；日本福島電廠原設計供電能力僅 30 分鐘）。倘直流蓄電池電用完，仍有不須電、用蒸氣推動的緊急冷卻水，可繼續循環約三天。三天之內，只要恢復電廠冷卻水循環系統之電力，或利用後備移動式設施補水至冷卻水儲存池，就可確保核電廠的安全。

倘上述措施均失效，致冷卻水循環系統失去功能，仍可採「斷然處置」措施，就是使用在高位儲存生水的水池的水，由重力差（不需電力）灌入核電廠內，或用福島事故後已擴大備置之緊急電源車和消防車，取淡（溪）水或海水灌入爐心內，即可避免發生爐心熔毀、超量放射性核分裂產物外釋的嚴重核事故。

核廢燃料風險解析

核廢燃料約含 94%的鈾（約 93.7%鈾-238、0.3%鈾-235）、1%的鈾、0.1%其它活化重核種（Actinides:Np-237、Am-241、Cm-244 等）和 5%核分裂產物（如碘-131、銫-137 等）。大部份核廢料輻射來自核分裂產物與核活化產物（主要是鈾 239 和 Np 239）beta 衰變所放出的 beta 與 gamma 射線，小部份核廢料輻射來自核活化重核種 alpha 衰變所放出的 alpha 射線。通常 beta 衰變衰減較快，alpha 衰變衰減很慢。核分裂產物和核活化產物的輻射量與半衰期成反比。換句話說，就是核分裂或核活化產物的輻射量越強，它的半衰期就越短，核分裂或核活化產物的半衰期越長，它的輻射量就越弱。因此，核廢料的輻射即使 10,000 年還不消失，它的輻射量已非常微弱，而且多屬射線射程很短（通常小於一釐米）的 alpha 衰變，不須憂慮。

用過核燃料棒裏面含微量的鈾-235、鈾-239 和鈾-241，總含量在百分之一（1%）之下，是絕對不會和原子彈一樣爆炸的。

核廢燃料放在儲存池五年，等餘熱降低後，可轉換成乾儲存，用流動的空氣冷卻少量的餘熱。核廢燃料在儲存池中和乾儲存時，在低溫下都不會漏出放射性的氣體污染空氣。核廢燃料乾儲存的好處是不會造成地下水污染，而且廢燃料包管因不與水接觸，比較不會被腐蝕。

由上解析，核廢燃料的風險，比核電廠的風險更小。

美華核能微言三十一集

結語

任何事都有風險，譬如搭飛機，但只要風險在可以控制的範圍內，應該可以接受。由上解析，核電廠和核廢燃料的風險，比起不排二氧化碳和價廉、穩定可作基載電源的效益，應與搭飛機的風險與效益類似，應該可以接受。筆者認為，這就是發生過核災的美國和日本，都繼續利用核電主要的原因。

瘋狂打壓核能為那樁？

江仁台 1/10/2015

久居日本的劉黎兒，近日在媒體為文〈新年起別再瘋狂打壓綠能了〉，言「馬政府以經濟部為首，最近召開能源會議的分區會議，拚死擁護核電，想為三座老朽核電廠延役背書，甚至想啟封核四，恐怖之至。」

馬政府的能源政策是「打造綠能低碳環境、確保核安、穩健減核、逐步邁向『非核家園』的能源發展願景，但在逐步達成之前，必須務實評估台灣有多少條件可以做到。就能源自主性與多元化的角度而言，任何一種能源都不能輕言放棄。」，此政策並未瘋狂打壓綠能。

全國能源會議將在本月進行，此會議關係到我國能源政策的方向和人民的福祉。美國的太陽能、風力能、核能、化石能和水力能都繼續使用並發展，能源政策是多元化，目前有五部新核電機組正在興建，核電廠普遍增加功率，75%核電廠延役20年。日本的能源政策也是能源多元化，福島核災停機經加強核安後的核電廠群，將在2015年陸續再啟動。

自2011年日本福島核災以來，劉黎兒常寫文扭曲真相、誇張核害、製造恐慌。譬如2013年8月7日，媒體載「劉黎兒以台灣人你睡在二十三萬顆核彈上，形容核能的危險性，擔心台灣今天不廢核，未來若發生嚴重核災，會廢掉台灣！她是以廣島原子彈的份量來算，台灣核一到核三廠有近一萬六千束燃料棒，相當二十三萬顆原子彈的輻射量」。看了這些文字，老百姓很難用常識判斷，可能很多會被嚇出一身冷汗，寢食難安。事實是，核電廠使用鈾235燃料的濃縮度低於5%，核彈使用鈾235燃料的濃縮度高於95%，美國製造的台灣核電廠永遠不會像核彈一樣爆炸。

2012年10月21日劉黎兒邀日本京都大學反核人士小出裕章來台在師大附中演講「假設核四輻射外洩，死亡將達三萬人，另七百萬人罹癌」。小出裕章那次反核發言太過誇張、扭曲事實、非常離譜。就以日本福島超級核電事故論，該事故已歷3年餘，不但無人因此受放射線傷害死亡，而且無人因此有明顯受放射線傷害的跡象（2013年世界衛生組織《健康風險評估》指出99%居民的外部劑量低於10毫西弗，99.9%居民的內部劑量低於1毫西弗。因此，電廠附近的人會有長時期輻射健康問題是微乎其微的。）倘反向思考，反而顯得美式核電廠相當安全。

隔行如隔山，劉黎兒文史出身、無核工專長，用生花之筆誇張核害，失之毫釐，差以千里，嚴重誤判。

筆者與劉黎兒一樣關心台灣核能，但不同的觀點，有不同的看法。偏聽生奸，兼聽則明。為免台灣鄉親們被劉黎兒誤導，特以專業科學求真的精神寫此文，希望能平衡劉黎兒的看法。

由美國和日本的能源多元化政策看來，我國的能源政策也應能源多元化，保留核能。

核安早在三哩島後三十餘年前，就確定釋壓注水法原則，日本人不理不睬，付出了代價。福島近四年後台灣人仍然不理不懂。不說別人，就是國安當局，明知核四有七道防線，填充燃料起動測試絕對安全，卻挺不過壓力，先為競選承諾舊廠到期不延役，後又封存核四。朱立倫市長準主席更不落後，卡死核一乾式貯存場「水保設施完工證明」，眼看不等政權輪替，全盤廢核可期。

如今在台核能工作者士氣低落，我是過來人，自 1980（三哩島事件半年後）進那家公司，做沒出事的一號機改良工程，四年多下來前景不很明朗，大門外也有人示威，但內部兢兢業業工作，政府嚴厲督導，壓根沒人想到封存。等起動後商轉良好，沒幾年創連續運轉四百多天世界記錄，其後延役至今，別說所在地賓州，全美鮮有人再反核。

舉世節能和發展綠能勢在必行，且無可厚非。若唯獨台灣非廢核不可，今後會不會缺電？新造好的不用，舊廠賬面值為零，但只要每廠再投資約億把(美元)，就可延續十到二十年，市值暴升至數十億。統統不要，就必需花許多錢買天然氣和建碼頭，少了其後幾十年核電費收入作後端儲備金，卻必須馬上處理所有廢廠和廢料，輪替後的新政府，憑幾張嘴就統統有解？

核電不像飛機，系統、天候、人因等變化迅速，最近印尼到新加坡又掉一架。核反應及餘熱變化緩慢，只要電、水、人三元保障，幾天內按步操控，可保絕對安全，無絲毫輻射物外洩。台灣自退出聯合國後，其核能總署 IAEA 仍舊約束我們的電廠和核物質，在非擴散條約監管之列。但數十年來我國無緣參與核安和輻射教育等福利項目。今年二月下旬將在義大利為時兩週的訓練課程，由當今主要廠家講授：一、美式進步壓水式 AP1000（西屋現為日資東芝所有）、二、沸水式 ABWR（與龍門相同）、三、韓式、四、俄式新進壓水式、五、加拿大重水式設計和模擬。我負責福島事故解讀和所有以上機型在極端天災、機件固障和人為失誤後嚴重事故緩解導則。無論機型新舊，基本上電、水、人三元保障，確保零輻射外洩，這是當今世界公認準則。

這次我特別情商，主辦人答允可通容台灣，好幾位國內同人正準備報名，但日期不巧碰上農曆年。不僅台灣，連會員國大陸、新加坡以至越、泰、馬和韓國的許多代表都放棄參加。這個區域在建核電廠數佔世界三分之一，IAEA 已經答允來年絕對注意，會期錯過亞裔年節。

台灣反對黨的所謂非核家園政策，前後不到百字，從無詳細規劃，核心無一有資歷的人選，放任一兩位專業上被裁汰的甚至無業人士信口開河，恐嚇民眾綁架媒體，不負任何責任，一切以選舉執政為第一優先，果然大勝。如今檯面上政治人物，碰上問題不論科技進步與世界潮流，只看島內風向，唯恐逆風披靡或跑在最後被吞食。結果隔海相望的山東、江蘇、浙江、福建、廣東和鄰近韓、日、越南核電廠林立，核四建成廢棄，學樣與菲律賓同格，淪入三流國家。

美華核能微言三十一集

為今之計勸別再封存了，也別搞得那麼專業，一個系統一個系統的來，封得太好了又不作古董展示！何妨兩黨聯手 - 啓封。技術上不難，原能會安檢已過關了，台電當局曾說過，電源接上抽棒即可，值工師也做過全部低功率模擬機測試。政治上彼此心知肚明，誰也別怪誰。等來年大選過後不管誰上台，把增收每天一億多的電費，作全民最低保障薪資基金，從 22K 提升到 40K，不亦可乎？

世界潮流早已興核減碳，連德國財政部長在去年世界核能大會上都說，綠能「太」成功了以至難以持續。瑞士也通過十年延役，台灣喧鬧三十年，是廢核還是廢己？一場遊戲一場夢，盼夢醒時分皆大歡喜。

反核須理性

江仁台 1/12/2015

敬告反核的朋友們：

核能有風險，這是事實。核能倘不安全，當然可以反。只要是理性的反核，都很好。任何事都有風險，譬如搭飛機，但只要風險在可以控制的範圍內，應該可以接受。

1979 年發生過三哩島二號機核災後，美國不斷改良和發展核能，目前有上百部核電機組(包括三哩島一號機)在商轉，五部新核電機組在興建，75%核電廠延役 20 年。

2011 年發生過嚴重的福島核災後，日本內閣決定就核能安全規則進行組織改造，於 2012 年 6 月制定成立日本原子力規制委員會的法案，並於 9 月 19 日正式成立該委員會。日本 2012 年公布的能源白皮書中，針對核能發電廠的營運問題、如何妥善運用電力、就核能發電廠的意外以及電力系統改革等問題，進行檢討與調查，並制訂因應措施。目前停機約三年經加強核安後的核電廠群，正準備在 2015 年陸續再啟動。

發生過核災的美國和日本都繼續利用核電，請大家仔細想想沒發生過核災的台灣一定要廢核嗎？

轉載：核能電廠如何利用「安全度評估(PRA)」來改進安全？

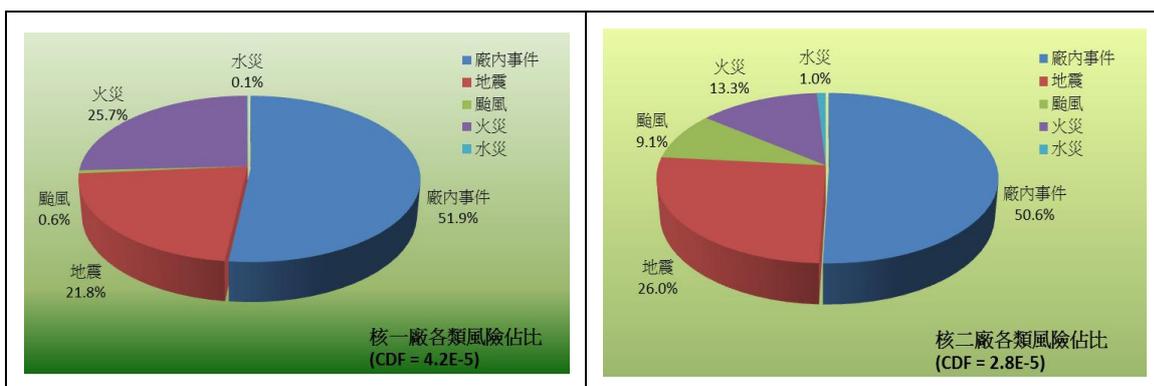
原子能委員會 周源卿 1/12/2015

拜讀了廖英凱先生於 2014 年 12 月 22 日在 Pansci 發表的文章：「從好像不太準的千萬分之一，到有點危言聳聽的 24%，核災機率到底怎麼算？」後，非常佩服廖先生能以條理分明又淺顯易懂的說法，把兩種「極端相悖論點」分析得如此清楚。該文章內提到核能電廠「安全度評估(Probabilistic Risk Assessment 簡稱 PRA)」是管制爐心熔毀頻率(Core Damage Frequency 簡稱 CDF)的重要依據。為了呼應廖先生的文章，筆者想藉此機會分享一些 PRA 加值應用的情形。

「安全度評估(PRA)」最重要的價值在於改進核能電廠的安全！

定期的「全身健檢」是許多人維護健康的重要方式，尤其年過半百的人每次健檢後常被告知血壓過高、膽固醇過高、血糖過高、或血脂過高，若不加以改善則中風或罹患心血管疾病的機率很高。此時醫師會提出持續吃藥、節制飲食、以及經常運動等建議。若聽醫師的話努力去做，則下一年的健檢結果多半會好很多，中風或罹患心血管疾病的機率也會隨之降低。所以「全身健檢」不僅是瞭解身體的狀態，更重要的是找出威脅健康的弱點並加以改善，進而減少罹患疾病的機率。

「安全度評估」即是對核能電廠的全身健檢，評估的過程包括儘量找出威脅電廠安全的因素(如地震、水災、零組件故障、人為失誤等)，與電廠防禦這些因素的能力(如耐震設計、防水設施、多重零組件、人為失誤之補救設計)。其結果除了用機率分析求得之爐心熔毀頻率(CDF)外，也可得知導致爐心熔毀的關鍵因素與其比重。下圖即為核一廠與核二廠 2013 年安全度評估的部份結果。在下圖中首先要強調的是兩個電廠的爐心熔毀頻率(CDF)數值不相同，但都低於法規要求的 1.0×10^{-4} (萬分之一)。其次從圖中可看出核一廠與核二廠都是「廠內事件」導致爐心熔毀的比例最高，所謂廠內事件包括零組件故障與人為失誤等，這也是兩座核能電廠改進安全首要注意的領域。



美華核能微言三十一集

在利用「安全度評估」增進電廠的安全性方面，下表顯示核一廠在 1980 年代第一次安全度評估後改善的項目與改善後爐心熔毀頻率(CDF)的變化。表中所列的改善項目都是經由安全度評估結果找出最能減少爐心熔毀頻率(CDF)的項目，改善完成後的 CDF 值由 1.3×10^{-4} (萬分之 1.3) 下降至 2.9×10^{-5} (十萬分之 2.9)，減少約 77%。

核一廠第一次安全度評估後改善之項目	爐心熔毀頻率(CDF)變化量(單位: 1/年)
未改善前	1.3×10^{-4}
加裝第五台柴油發電機	9.0×10^{-5}
加裝第五台柴油發電機+硼液自動注入改善	8.9×10^{-5}
加裝第五台柴油發電機+控制室(天花板)耐震改善	3.1×10^{-5}
加裝第五台柴油發電機+硼液自動注入改善+控制室(天花板)耐震改善+安全釋壓閥蓄壓槽耐震加強	2.9×10^{-5}

目前我國三個核能電廠為了隨時掌握電廠的安全程度，都已建立了活態安全度評估(Living PRA)模式，這是一種能隨時反映電廠系統現狀的安全度評估模式。例如有任何安全相關零組件發生故障時，可立即分析該故障對爐心熔毀頻率(CDF)的影響，並做適當的應變措施。另一個例子是於電廠運轉中若要將某個安全相關零組件停止運作以進行預防性維修，則可事先評估停止運作對爐心熔毀頻率(CDF)的影響，據以判斷是否可以進行該項預防性維修。

綜合上述說明，可知不但每個電廠因設計不同而有不同的爐心熔毀頻率(CDF)，且同一個電廠在不同時間也可能因設備狀況的差異而有不同的 CDF 值。就安全管制的立場而言，這些 CDF 值都必須符合管制法規的要求。此外，一座核能電廠中有數以千計的零組件，日常運轉中常有更換或維修零組件的情形，因此我國核能電廠不但須定期隨著電廠中零組件的更動而修訂安全度評估模式，且要在電廠安全系統有重大改變時使用該模式評估電廠爐心熔毀的頻率，並做適當的軟硬體改善或應變措施，以保障電廠運轉的安全。

「安全度評估(PRA)」在我國核能電廠中有哪些重要的加值應用？

美國從 1979 年發生三哩島核能電廠事故後，即在核能電廠營運與管制方面大量使用「安全度評估」技術，也使該國核能電廠的安全績效有長足的進步。我國從 1982 年開始對核能電廠執行「安全度評估」並依據評估結果進行軟硬體改善後，國內核能電廠的安全績效也有顯著的提升。在累積三十多年的使用經驗後，「安全度評估」除了被用來分析爐心熔毀頻率與導致爐心熔毀的重要原因外，尚且衍生許多加值的應用。以下列舉「安全度評估」目前在我國核能電廠中數項重要的加值應用。

- **核能電廠大修風險的控制：**目前我國核能電廠每運轉一年半就須停機進行大修與更換燃料的工作，大修中有許多系統要進行檢查與保養，平常密封的圍阻體也須開啟

美華核能微言三十一集

以供人員器具出入，其中燃料的更換作業特別須要注意安全。過去這些工作都是仰賴國外與前人的經驗，以人為方式安排系統檢修與更換燃料等工作順序，使得大修時程的安排不但費時也無法評估其對安全的影響。因此為了增進大修工作的安全，台電公司參考美國電廠的做法，於2001年起於核能電廠實施大修時，使用以「安全度評估」為基礎所發展的工具，對大修工作進行整體風險評估，並於大修進行中監視風險的變化；所有重要安全系統的大修維護作業，都須事前做好風險計算，並證明符合法規要求後方能執行維護工作。這種作法使得大修時程可用安全優先的原則進行安排，也使大修工作的風險得到良好的控制。

- **核能電廠安全狀態的量化**：原子能委員會為了管制核能電廠的安全，透過駐廠視察、團隊視察、專案視察、大修視察、及安全文件審查等方式對核能電廠的運轉與大修進行嚴密的管控。這些視察人員均須接受嚴格的課堂與實務訓練，並利用視察工作中累積經驗以求有效地執行管制工作。為了進一步增進安全管制工作的效能，原子能委員會於2006年開始實施核安管制紅綠燈方案，該方案採用以「安全度評估」為基礎的視察風險評估軟體，使視察人員可以運用「安全度評估」的量化特性，針對其所發現的電廠安全績效缺失進行評估，並將評估所得風險值以不同燈號顯示，定期更新公布在原能會官方網站。如此不但使視察員可以在安全視察中掌握電廠風險的狀況與視察重點，也可增進核安資訊的透明公開，使民眾易於瞭解核能電廠的安全狀態。
- **核能電廠維護風險的控制**：核能電廠不但每運轉一年半就須停機進行大修，平常運轉中也須對許多安全系統進行維護測試工作。為了使這些維護測試工作不致影響運轉的安全，過去也是仰賴國外與前人的經驗安排工作時程與項目。而為了進一步控制維護測試工作的風險，台電公司於2008年開始依據原子能委員會的管制要求，針對核一、二、三廠的設備依照其風險的重要性進行分類，並採用以「安全度評估」為基礎的「維護排程建立暨整體風險評估」工具，建立日常維護工作時程並計算相關的風險值，以便適當地調整維護工作時程與項目，保障運轉的安全。

如何判斷或監督「安全度評估」相關法規是否有妥善運行？

前述廖英凱先生的文章中特別提出「對於一個有心監督官方的認真民眾來說……如何判斷或監督法規是否有妥善運行？」的疑慮。對這種疑慮筆者嚐試從兩方面來說明。首先從判斷或監督評估內容是否正確這方面來講，「安全度評估」是很複雜的工作，須要熟悉電廠系統的人員、瞭解風險評估方法的專家、懂得分析地震、颱風等天災危害的專家等等共同參與。因此美國核能協會(Nuclear Energy Institute, NEI)在1990年訂定了「安全度評估同行審查導則」，美國機械工程師協會(American Society of Mechanical Engineer, ASME)也在1998年開始制定「安全度評估標準程序」，美國核能管制委員會也對這些導則與程序審查並予以背書，並要求核能電廠據以執行「安全度評估」工作。我國核能電廠執行「安全度評估」時也依照ASME制定的標準程序進行，完成後也須聘請獨立而有經驗的專家進行同行審查(peer review)。相關報告送至原子能委員會後，又會請安全度評估專家進行審查，確認其內容的正確性。這種程序就像建築物的設計須

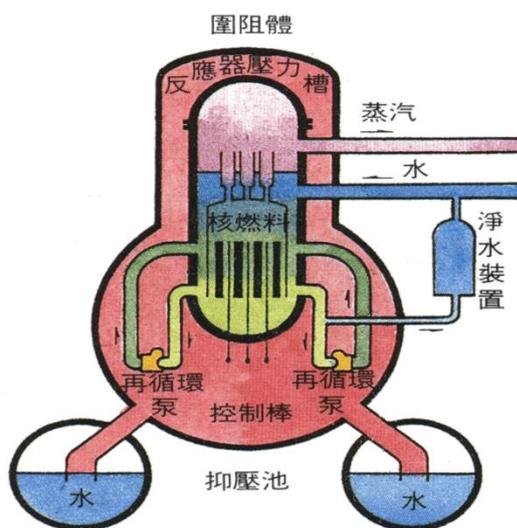
美華核能微言三十一集

有土木技師審查一樣，對於不具土木專業的人而言，確認有合格的土木技師簽字認可，即可相信設計的內容。其次從判斷或監督評估結果是否妥善執行方面來講，原子能委員會依據評估結果執行的管制工作都有公文書的紀錄，內容包括管制的要求、台電公司執行過程的追蹤、執行結果的審查等，若民眾有興趣瞭解則可依照政府資訊公開程序到原子能委員會閱覽。

至於廖先生文中「謎之音」所提到的「XXXXXX 監督委員會」若是指「核四安全監督委員會」的話，因該委員會之性質主要是代表相關機關或民眾(即所謂利害關係者)參與監督，一方面反應利害關係者的意見，一方面也有管制資訊透明的目的，較不屬於技術性的監督，因此在考慮委員會成員時並不以專業能力為前題，特此補充說明。

更該關注的「風險」！

廖先生文中最後一段以「除了機率，你更應該要關注的是……風險」為標題，這應該也是民眾最在意的議題。歷史上三次重大核災都發生爐心熔毀情況，其中前蘇聯車諾比電廠事故與日本福島電廠事故都造成大量輻射物質外洩、但美國三哩島電廠事故外洩的量卻很少。造成這種差異的最大原因是防止輻射物質外洩的圍阻體是否完好（請參閱下列我國核一廠圍阻體示意圖）。車諾比電廠沒有圍阻體，福島電廠有圍阻體卻無法保持完好，只有三哩島電廠在爐心熔毀後灌水成功保住圍阻體的完整性，也因而將絕大部分的輻射物質包容在圍阻體內。



美國核能管制委員會為了使核能電廠在爐心熔毀後仍可盡量保住圍阻體的完整性，從1985年開始推動嚴重事故處理的觀念。而經過長期的研究與溝通後，美國核能電廠從1998年開始自願性地實施嚴重事故處理導則(Severe Accident Management Guideline 簡稱 SAMG)。其重要內容包括爐心熔毀後如何保持水位與壓力的量測能力，如何繼續灌水至反應爐內，甚至在反應爐槽被熔後如何灌水至圍阻體內等。我國核能電廠也自2003年開始仿照實施 SAMG 相關軟硬體的設置，核一、二、三廠至2009年已全部設置完成。

美華核能微言三十一集

日本福島電廠事故後，原子能委員會特別經由核能總體檢要求我國核能電廠增加許多加強安全的措施，包括在天災預測方面增加古海嘯與較長歷史年代的地震研究；在防範天災方面強化防海嘯能力(包括對重要安全設備廠房加強水密性、改善海嘯閘門、與增建防海嘯牆)與加強電廠耐震能力；在電力供應方面增置移動式電源車與加長直流電池供電時間；在水源方面加強原在高處(海拔 80 公尺以上)生水池的耐震能力與備妥河水、海水、或井水之緊急供應配置等等。這些都是針對劇烈天災、長期失去電源、與原有緊急安全設備故障等情形加強電廠的因應能力，也可具體加強廖先生所謂的「發生事故時的補救或防範設備」。

結語

核能電廠的爐心熔毀頻率(CDF)會因不同的電廠設計與不同的時間而異，「安全度評估(PRA)」是管制爐心熔毀頻率(CDF)的重要依據。本文從改進核能電廠安全的角度分享一些 PRA 的加值應用，這些應用多年來已產生具體效益，對核能電廠而言，各電廠的爐心熔毀頻率已有效地降低，大修工作的風險得到良好的控制，也可進一步控制維護測試工作的風險；對管制機關而言，可協助視察員掌握電廠風險的狀況與視察重點；對民眾而言，可使民眾易於瞭解核能電廠的安全狀態等。另筆者也非常認同廖先生對風險的重視，因此特別說明我國核能電廠在嚴重事故的應變或防範設備方面的努力。安全的改進是持續性的工作，希望透過大家理性的討論，使我國核能電廠的營運更加安全！

轉載：非核家園＝缺電家園 葉宗洸/清華大學工程與系統科學系主任

中國時報 1/16/2015

攸關國家未來發展甚鉅的全國能源會議將在本月底舉行，在超過 8 成民眾並不知道我國 98% 的能源依賴進口的情況下，此次會議具有非常重要的意義。考量台灣海島型的地理位置與貧乏的天然資源，身處能源使用型態進入關鍵轉型期的我們，更有責任為下一代準備好他們所要面對的未來。

10 年後缺電 235 億度

根據經濟部能源局的估計，我國的再生能源在 2030 年完成最大化發展後，可提供 300 億度左右的電力。讓我們假設再生能源的最大化發展提前在 2025 年達成，同時亦假設相關儲能技術屆時均已發展成熟，因此太陽能發電與風力發電均可成為基載電源。那麼在核電於 2025 年全數除役且核四廠未能商轉的「非核家園」情境下，當年度的電力供給到底夠不夠？

過去 10 年我國的用電量從 2004 年的 1812 億度上升至 2013 年的 2134 億度，儘管這期間經濟狀況不是很好，但仍以每年平均 1.65% 的成長率增加。若以同樣的成長率計算，2025 年的需求將達 2597 億度，增加 463 億度。屆時身處「非核家園」的我們，電力來源將僅剩火力發電與再生能源發電。

依據台電公司《103 年長期電源開發方案》，如果 2014 年至 2025 年期間，林口、大林、通霄 3 座火力電廠順利完成更新擴建計畫，加上其他規畫中的台電公司發電廠以及民營電廠也均能如期完工運轉，再扣除同期間退役電廠的裝置容量後，發電設施的裝置容量將可增加 5490MW，每年多出 433 億度的電。

火力發電在 2013 年的總發電量為 1629 億度，2025 年將增加為 2062 億度。此時，如果再生能源極大化發展與相關儲能技術均提前在當年度完成，將可額外提供 300 億度的發電量，於是 2025 年總發電量將成為 2362 億度。但與前述 2597 億度的預估需求相較，卻還是有 235 億度的缺口。

全面衝擊 孩子未來不保

此時的電力缺口，在排除污染性較高的燃煤後，如果全部依賴每度成本高達 3.91 元的燃氣發電補足，不僅電價勢必要大幅調漲，我國的人均排碳量，也會因此而快速攀升，讓全球暖化現象又再增加一些來自台灣的「足跡」。此外，面對全球性的碳稅課徵，這樣的電源使用配置，將直接衝擊到我國的國際貿易與經濟發展，屆時全民感受到的將不只是高電價的負擔，還會有經濟層面的損失，例如企業外移、薪資凍漲與物價上揚等。

在前述的電價與經濟衝擊考量下，如果仍然執意要以燃氣發電取代核電，也並非不可，但是必須現在就開始規畫執行，因為新設天然氣接收站與電廠的期程將近 10 年，現

美華核能微言三十一集

在不做，2025 年依舊會缺電。同時，我們也要加快再生能源最大化發展的腳步，積極研發儲能技術，冀望未來再生能源至少可擔任尖載或提供電力備用容量的角色。

過去幾年，台灣社會對於該用何種發電方式始終爭執不休，政府雖有持續推行節電措施，但是電力供給吃緊的現象，卻仍在逐漸惡化。我們現在所做的關鍵決定影響下一代的生活甚鉅，因此必須要冷靜且務實地共同解決當前的問題，否則以「非核家園」換來「缺電家園」，實在難以許給我們的孩子一個安全無慮、經濟無慮、甚至生活品質無慮的未來！

美華核能微言三十一集

轉載：打造非核家園 先計算合理電價 周麗芳(邱莞仁整理)

聯合報 1/14/2015

打造非核家園、追求節能減碳，近年來已普遍成為國際社會共同追求的目標，但要達到非核家園台灣應採取怎樣的能源發展策略？在全球暖化的壓力下，我們究竟要留給後代子孫怎樣的一個家園？

在推動綠色能源經濟上，我們目前太陽能跟風力發電的占比是全國發電的1%，相較於其他國家全體的平均是2%，仍低於國際標準。雖然台灣也通過了再生能源發展條例，但為什麼再生能源沒辦法蓬勃發展起來，它的問題在哪裡？主因就在電價低於售電成本。台灣的電價長期凍漲、緩漲，不僅無法充分反映成本，成本價格偏低，也導致再生能源無法獲得良好的發展沃土。

從民國92年以來，台灣的售電價格低於發電成本，且長期價格偏低，如此一來，不論是產業或居家部門，不但誘導民間過多的用電需求，對於節能減碳也造成負面效益。

根據統計，目前台灣的住宅用電價格排名全球倒數第三，僅次於大陸跟墨西哥；台灣的工業用電電價則是全球排行四，僅次於美國、挪威及瑞典。國內電價長期凍漲和緩漲且長期偏低，過去雖對經濟發展有很大的助益，但時至今日，不僅阻礙了再生能源的發展，對推動節能減碳也相當不利，且今天台灣更希望走向的是綠色經濟。

尤其，電業是一個資本密集、投資的產業，每一年其實都在重置成本，為了一些老舊設備做準備，但在建置中的資本支出，不但無法記入當年的電價計算，龐大的資本支出對經營者也是一個很大的負擔。

基於世代正義，再考慮民眾的可負擔性、確保電價合理性，保持電業供給不限電的情況，合理的電價計算模式是必要的，台灣也亟需建立「取之於全民、回饋於全民」的合理電價計算機制，否則台灣非核家園與綠色經濟的目標難以達成。

轉載：反核反核，誰管飯盒？ 謝永生/美國朔榮有機光電科技公司總經理

中國時報 4/29/2014

很多反核的，是年輕人。抱怨薪水低，買不起房子的，也是年輕人。很多反服貿的，還是年輕人。如果你反服貿，又反核，月薪又低，那麼你的未來是什麼？我敢說不會太好。偏偏這三者是互為表裡，互為因果的。

反服貿+反核+低薪 =>未來何在

先從你切身的問題低薪說起

對於這一點，我不曉得你為甚麼要怪政府？如果你是個人才而又勤奮，恭喜，不管你到哪兒，或出身為何，遲早會拿高薪或賺大錢。所以我得假設你大概是個沒有特殊專長的年輕人。我沒說你沒有學歷，但這年頭學歷只是門票，不是飯票。那人模人樣的你，為甚麼拿不到高薪呢？近因可能是入錯行了，或是你的專長不具商業價值，至少現在還不值錢。一般來說，如果在一個地方工作了2年，還沒有爭取到好機會，就應該好好思考自己在單位裡扮演的角色了。怕離題太遠，我就不贅言了。

那麼你低薪的遠因是什麼呢？答案是：台灣的經濟成長率長期處於低迷所致。講了你不會高興，這個跟我們民主發展剛好成反比。台灣的平均經濟成長率在1988年之前是8%，之後則在4-5%之間。而在政黨交替之後，有一年（2001）台灣甚至於曾絕無僅有的有過負成長。那麼為甚麼會有這樣的發展呢？我認為有兩個因素：一，大陸的改革開放。二，我們政黨政治的運作。偏偏這兩件事，開始的時間點差不多。

台灣的經濟屬於海島型經濟，其成長有賴於貿易的持續擴張。講白了，我們自己沒市場，賺錢全靠賣東西給大國。過去都是靠美國老大哥，而現在我們依賴則是大陸。依賴後者的程度遠比政府（或政客們）願意承認的更深更廣。大陸（含香港）同時是我們最大的出口（2012年占40%）與進口（2012年占16%）市場，也是我們最大的貿易順差市場。但是因為台灣對大陸貿易有產業及金額的限制，實際依賴的程度與數字恐怕要比這個高多了。最早去大陸的是傢俱業，五金業，然後才是電子業。剛開始的時候，是整個村莊，甚至整個產業通通搬過去了。不管是李登輝也好，陳水扁也好，或馬英九也好，都沒能擋住這個趨勢。而這樣的情形進行了30年，政府官員也漠視了30年。所以說，大陸的崛起與台灣產業空洞化造成了你的低薪，並不為過。

另外一個狀況是上世紀的90年代，歐盟及北美國家相繼成立了區域整合經濟體，對台商在出口上造成了前所未有的挑戰。台灣商品如果無法出口到這些區域整合經濟區，台灣的經濟就不會成長。因此，台灣最大的貿易夥伴大陸，對台灣的經濟成長就變得非常重要。國際經濟發展趨勢如此，台灣沒有選擇的自由。若要有效的興利除弊，就要解決台商在與大陸貿易上的不穩定因素，藉大陸為跳板，進入世界市場。如果我們與大陸沒有正式的雙邊協議，我們怎麼有效的保護台商？近年來，海峽兩岸貿易的穩定成長，來往方便，關係正常化，就是ECFA的功用。（可惜，被很多人解釋成了急統

美華核能微言三十一集

傾中。)你今天堅決反對服貿協議，又暢談「木馬屠城」陰謀論。說真的，想清楚了嗎？

再說一個故事。在北美貿易區下的經濟合作，到目前為止墨西哥是個輸家。為甚麼？因為墨西哥縱使有豐富的自然資源、廣大的幅員、低廉的勞工，卻競爭不過遠在太平洋另一邊的中國。而貨物貿易免稅，反而增加了美國商品在墨西哥的市場。墨西哥中小企業無法與其競爭，致使經濟長期衰退，失業率居高不下，民不聊生，造成墨西哥人大量移民美國，只求打工餬口。這個故事對我們的啟示是，貿易自由化是擋不住的趨勢，我們要以墨西哥為戒，及早積極營造台灣的競爭力。而競爭力絕不是關起門來比強，而是要在公平公開的基礎上開放競爭，讓企業適者生存，弱者淘汰。不能賺錢的企業，是社會的癌細胞。

德國廢核後、出現電力貧民

而你堅決要廢核，就是要在結構上增加營運的成本，削弱我們的競爭力。核能，除了供電穩定，是公認最便宜的能源。很多人說，德國已經廢核了，所以我們也應該廢。可是，他們廢核的前提是，他們需要電時要能向鄰國買電，這也是為何德國是歐盟自由電力交易最大的支持者。另外一個對你及家人很重要，是德國廢核之後電費漲了115%，工商業用電則是漲了160%。晚近，德國有個新族群叫「電力貧民」，指的是在廢核電價急漲之後，付不起電費的老百姓。所以你看，廢核的結果受到影響最大的其實是低收入者。德國尚且有鄰國可以輸入電力，台灣呢？離我們最近的是大陸，我們願意跟他們買煤買天然氣嗎？從現實的角度來說，老百姓不會忍受長期的高電價政策，企業也不會在有高電價的地區設立經營據點。美國加州就是一個最好的例子。90年代後期，加州通過讓電力在自由市場的買賣的議案，以期達成市場訂價機制的效益。結果是電價漲了三倍，還斷電限電，弄得老百姓怨聲載道，苦不堪言。不到兩年，支持這議案的州長也因社會譴責而黯然下台。台灣工研院調查指出：「全球第一個喊出綠能的國家瑞典，曾在1982年通過核電公投，要求政府在未來30年內完全廢核；然而，30年過去了，瑞典核電比例仍占38.4%，再生能源占56.2%，其中水力發電占44%，瑞典人民決定與核電共存，達到零排碳量。」瑞典「事緩則圓」的理性與耐心，很值得我們參考。

我們那個年代，台灣也是面臨著動盪不安的經濟，及危急艱鉅的局勢。當時，退出聯合國後，邦交國一個個斷交；中東戰爭，石油禁運，引發國家財政困難；越南戰敗，韓菲相繼政變，蘇聯侵略阿富汗，伊朗革命，扣押美國人質，致使美國經濟蕭條，國力衰弱。但當時大家都知道要「莊敬自強，處變不驚」，齊心建設台灣，專心發展出口貿易。同時，大家也都相信明天生活會更好，會賺更多錢。大學的時候，我們很少去遊行，也沒那個膽佔據立法院。但畢業後，我們都有手拿007手提箱，準備走世界搶單的勇氣、成為踩不死的蟑螂志氣；以及打拚才會贏，憨厚樸實的黑手精神。這些不正是我們現在最需要的嗎？