

美華核能微言選集

美華核能微言選集

美華核能協會

July 30, 2013

談言微中、可以解紛



龍門核電廠



目錄

	頁數
1. 龍門核電廠安全資料.....	3
2. 朝氣蓬勃的龍門核電廠.....	4
3. 助龍脫困話龍門.....	6
4. 龍門烏雲終將散、雨過天青朗乾坤.....	7
5. 愛家愛國話核四	8
6. 美核電紅利台灣知多少？.....	9
7. 非核家園應改為知核家園—台灣需要核電	10
8. 傳統下的獨白	11
9. 核電與民主	11
10. 同舟共濟話核電	12
11. 火電排碳風險高過核電輻射風險	13
12. 追懷原子科學之父、前教育部長梅貽琦先生	14
13. 核四停工？	15
14. 盛世警言 — 核四停工之六	19
15. 公投功課—核四停工之八	22
16. 核四解套	25
17. 恐核病的診斷(上)	27
18. 恐核病的診斷(下)	29
19. 恐核病的治療	30
20. 核電諍言：請實事求是、勿嚇升斗小民	31
21. 核電廠的耐震設計知多少？	32
22. 核廢料處理的三大法寶—固化、乾儲存、廢燃料再處理	33
23. 風險管理與核電風險	35
24. 核災風險的迷思	36
25. 核安是核電文化的核心	38
26. 低輻射劑量對人體有害、還是有益？	41
27. 核四與國家利益	44
28. 非核不如知核	44

龍門核電廠安全資料

美華核能協會提供

機型：

進步型沸水式核反應器 (ABWR)，為通用電氣 (奇異;GE) 公司製造第七代沸水式核反應器，電功率為 1350 百萬瓦特。金山 (核一) 廠為第四代 (BWR4)，國聖 (核二) 廠為第六代 (BWR6)。

同類機型：

1. 日本東京電力公司柏崎核一廠、核二廠，1992/3動工，1996商轉。
2. 日本北陸電力公司志賀核電廠，2001動工，2005商轉。
3. 日本Chuden中國電力公司濱岡核電廠，2000動工，2005商轉。

安全特徵：

在正常冷卻水系統流失事故發生後，緊急冷卻供水系統會自動啟動，三天之內不須值班人員操作。三天之後，值班人員須補充緊急冷卻供水。這些改進，使進步型比舊型更安全。(The ABWR is fully automated in response to a loss-of-coolant accident, and operator action is not required for 3 days. After 3 days the operators must replenish Emergency Coolant Cooling System water supplies. These and other improvements make the plant significantly safer than previous reactors.)

GE風險機率評估 ([Probabilistic Risk Assessment](#)):

核爐心熔毀機率約為每六百萬年一次 (A core damage event would occur no more often than once in six million years as the core damage frequency of the ABWR is 1.6×10^{-7} .)

美華核能協會解說：

核電廠在發生嚴重事故後，會將所有中子控制棒插入爐心，立刻停機。但停機後仍有長時間餘熱放出，停機餘熱為正常運轉功率的7%，一小時後迅速下降至1.5%，一天後降至0.4%，一週後降至0.2%。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。倘爐心冷卻水流失或不再循環，則核燃料溫度會不斷升高，造成核燃料包管熔裂，大量放射性核分裂產物溢出。因此，停機後，只要供電不斷、使爐心冷卻水繼續循環，核電廠就是安全的。

所有核電廠在正常供電中斷後，備用的緊急柴油發電機都會立刻啟動供電。倘柴油發電機故障停轉，備用直流蓄電池仍可供電約8小時。在直流蓄電池電用完後，仍有不須電、用蒸氣推動的緊急冷卻水系統供水，可繼續自動循環三天。三天之後，值班人員只須補充緊急冷卻供水，至接通其它外在電源為止。因此，核電廠安全是可以控制的。

朝氣蓬勃的龍門核電廠

江仁台 3/20/2013

最近台灣朝野與大眾，對龍門核電廠的續建與否，因執政黨擬提公投案而熱烈討論。為了解龍門現況，筆者因與龍門核電廠的王廠長同是清華核工系友，很幸運的有機會以電郵方式，向王廠長請教。問答之後，覺得龍門核電廠在王廠長的領導下朝氣蓬勃。

龍門核電爐是奇異(GE)公司製造第七代進步型沸水式核反應器，電功率為1350百萬瓦特，現有四座同型的核電爐在日本商轉。

當問到龍門核電廠的近況，王廠長答：「龍門電廠員工平均的年齡是38歲，平均的年資是9年，正值人生的黃金時期，有朝氣、有活力、能吃苦耐勞、肯學習。龍門電廠在測試階段，每一步驟都用嚴謹的態度去確認，有良好的組織文化，有優秀的員工，具備先進的安全設計觀念，準備有妥善的事故因應程序和措施，萬一發生嚴重的事故，會按照廢廠的程序處理，以確保民眾安全。現在，電廠已成功地完成許多重要的測試，而且這些測試都在管制單位及顧問公司的監督下完成。所有的測試都是一次就成功，有些還打破過去其他電廠、包括火力廠的紀錄。我可以大聲的說『龍門電廠會是安全的』；因為『數據會說話』。

龍門電廠在這幾年，已經完成在燃料裝填前、必須完成的重要測試，包括：

1. 反應器壓力槽水壓測試在97年11月完成

執行設計壓力1.25 倍的靜水壓測試，證明反應器壓力槽及其系統結構的完整性。

2. 緊急爐心冷卻系統注水測試在99年4月完成

驗證緊急時可注水進入爐心，確保反應爐安全。

3. 反應器內部組件振動測試在99年9月完成

確認爐心組件可在運轉條件下保持完整。

4. 主冷凝器擴大抽真空在101年6月完成

驗證主冷凝器、主汽機、飼水泵汽機及蒸汽管閥完整沒有洩漏。以往國內外初次抽真空查漏工作都很困難，常常要花好幾個月的時間。我們廠測試的工期原定56天，但只花了28天就完成，顯示施工品質是可信賴的，打破台電以往電廠的紀錄。

5. 爐水流失事故與洩漏偵測邏輯聯合測試在101年7月完成

這項測試驗證相關安全系統的邏輯設計、警報、設備動作的正確性，確定安全功能都能正常運作。

6. 全爐心急停測試在101年8月完成

驗證205個控制棒接受急停信號後，能於規範時間內插入反應爐，證明緊急時反應爐可安全停機。

7. 反應爐壓力槽洩漏測試在102年2月完成

以運轉時的壓力執行測試，確認反應爐壓力邊界內的系統、管路及設備都沒有不正常的洩漏。

8. 發電機氫氣填充及洩放測試在102年3月完成

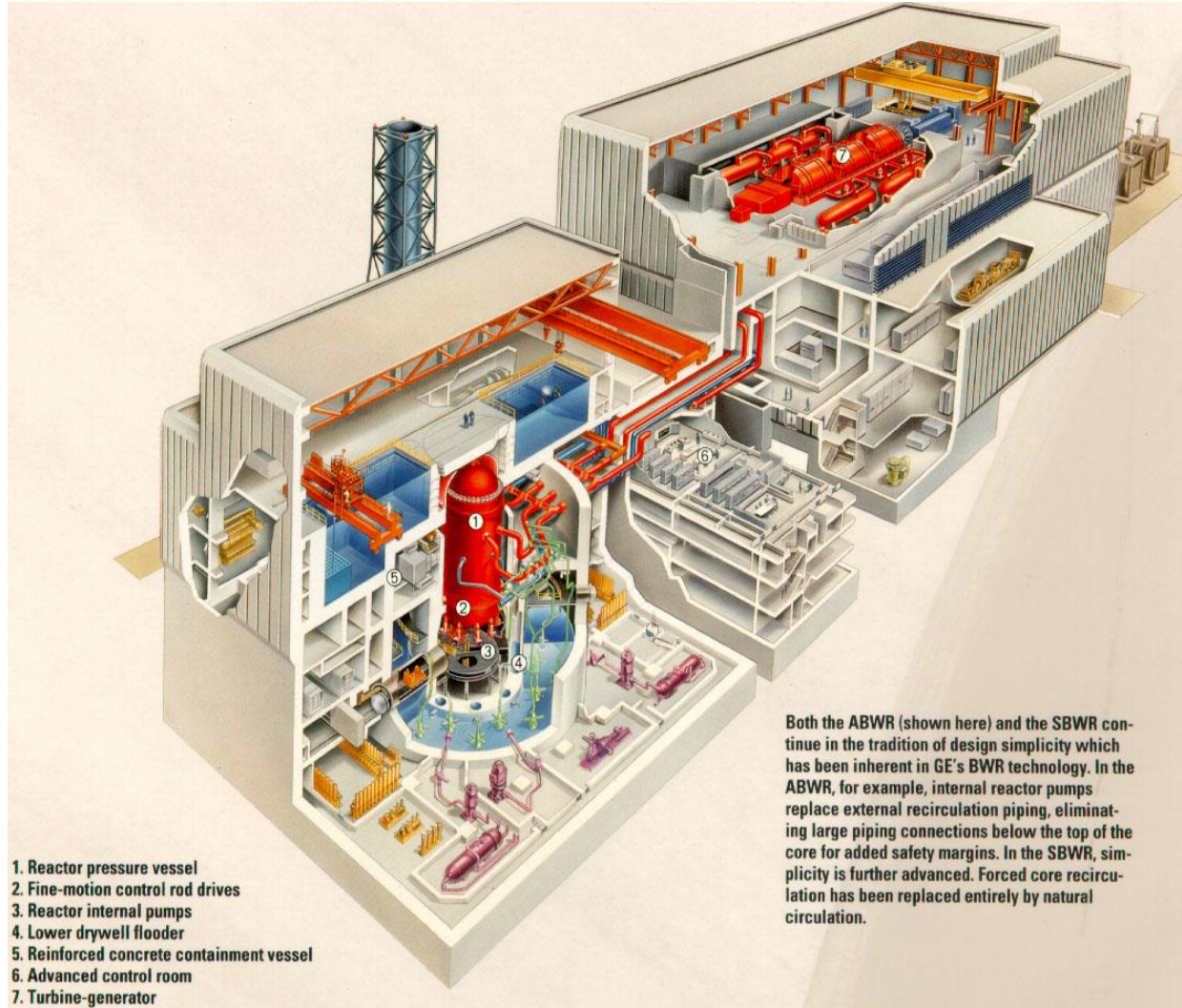
證明發電機的冷卻功能可以正常運作。現在正準備的重大測試是廠房結構完整性洩漏的測試、廠房負壓的測試，我們已經準備了很久了，狀況也完全在掌控當中！」

美華核能微言選集

當問到個人背景，王廠長答：「我生長在台灣南部的農村家庭，到北部受教育，民國61年畢業於清華大學核工系，民國63年畢業於清華核工所，對台灣這塊土地有著深厚的感情。台灣是我的母親，身為廠長，身為工程師，我必須為這塊土地負責，我一定會盡全力率領龍門電廠的全體員工，蓋個很好、很安全的電廠！」

看完解答後，筆者對王廠長的表白，肅然起敬，對龍門核電廠的團隊，更具信心。

進步型沸水式核反應器 (ABWR)



助龍脫困話龍門

江仁台 3/23/2013

現在用「龍困沙灘遭蝦戲，虎落平陽被犬欺」，來比喻龍門核電廠，應相當貼切。這裡「龍」指的當然是龍門，因為龍門核電爐是奇異公司製造第七代進步型沸水式核反應器，而國聖（核二）是第六代，金山（核一）是第四代，龍門較先進，安全度也較高，故稱龍。這裡「虎」指的是核電，核電本應是虎虎生風的，但現在在台灣卻被反核人士折磨成了病貓。這裡「蝦」指的是因不懂核、害怕核而反核的人，而這裡「犬」指的是故意誇張核害而反核的人，如將核電廠事故意誇張成核彈的人。

在問到有什麼委屈時，龍門核電廠王廠長答：「最近台灣社會的氛圍對核能及龍門電廠諸多批評，幾近無情及殘酷；然而大部份引用的資料都是工程初、中期的缺失。核能電廠是系統龐大，介面複雜的重大工程，不可否認，的確有一些設計介面、施工未得當的狀況，但更重要的是勇於發掘問題及誠實面對，採取適當的工程技術解決，同時避免問題再發生。龍門工程初、中期過程中的紛紛擾擾，都已做適當的處理，得到相關單位之驗證並已結案，實在不必要再重提。目前龍門工程已進入試運轉階段，在這過程中必然會發現問題；但一切都在控制中，也穩健地前進。此外，身為廠長的我，在這期間努力地讓同仁及包商情緒平穩、工作順利；同時，我也希望了解建核電廠艱辛的國人，給龍門核電廠的同仁講些公道話。」從王廠長的答覆中，筆者覺得龍門核電廠是遭到很多誤解，而且還遭到許多不實的指責。

現在金山、國聖、和馬鞍山核電廠都可商轉40年，而讓已投資數千億，較先進，而且已完成燃料裝填前重要測試的龍門核電廠停工，實在是有些厚彼薄此。各位看官，閣下覺得在龍門核電廠辛勤建廠員工的情緒，能夠平穩嗎？

美華核能協會的同仁，很高興看到一位讀者的下列迴響：『「美華核能微言集」，幾篇大作都很有說服力，尤其濮勵志先生所言，更讓我打消計劃遷居台中的念頭。如今台灣，被那些天文地理「樣樣通，樣樣鬆」的名嘴們，搞得人心惶惶，也許可將「美華核能微言集」，寄給各地立委、議員、村里長們。他們為了選舉，婚喪喜慶、應酬跑攤，每天醉茫茫，「歹勢歹勢，我無讀冊」。電郵都有公開，我也可以寄一些。』

只要認同我們理念的朋友，像這位讀者一樣，將美華核能微言各集，用電郵寄給您的立委和親友，經溝通後，除去他們對核電不必要的恐懼，就是行善。因為您不但可幫助大家未來節省電費，也能幫助減少二氧化碳的排放，有益環保。

這樣美華核能協會的同仁，為協助龍門從沙灘脫困所花的心力，就能夠得到更大的效果。

龍門烏雲終將散、雨過天青朗乾坤

司馬六郎 4/9/2013

司馬六郎，心儀漢司馬太史公與宋司馬溫公。

司馬六郎喜歡看北宋開封府尹，包公審案連續劇。耳濡目染，近朱者赤。常效青天包老爺，愛管天下不公不平之事。

為了要準備參加核四公投，六郎最近很關心核四的相關新聞，看到下列龍門廠員工吐漏的委屈，很是同情。

龍門廠工程師甲說：「我對自己的專業很有信心，但現在的社會氣氛很奇怪，都不肯相信我們，不喜歡聽專業語言，只喜歡聽名嘴似是而非的激情語言。」

龍門廠工程師乙說：「看到媽媽監督核電聯盟拍的短片，心裡很難過。好像我們在核電廠工作，就是不愛自己的孩子，還會害別人的孩子！我也是媽媽，她們很愛小孩，難道我就不愛自己的小孩嗎？她們如此扭曲地呈現，好像我們在核電廠工作，生的就是輻射寶寶，還會害她們的孩子變成輻射寶寶，心裡真的很難過。」

龍門廠工程師丙說：「我們真的這麼傻，人家講這麼危險的東西，我們卻傻傻待在這裡？…把本分做好，讓核四安全運轉，就對得起自己的良心！」

六郎聽說，龍門建廠已花了幾千億，快建完了，現在還要通過公投，才能續建。此外，龍門員工們辛勤的建廠，還要遭受許多指責，真是委屈得很啊！

六郎聽說，龍門廠使用的是奇異公司製造的進步型原子爐，安全性能優越。六郎知道，奇異是美國大發明家愛迪生創立、有輝煌歷史的公司，產品很好。

為了給龍門員工們消消氣，六郎寫了一首打油詩：

龍困沙灘遭蝦戲，龜將蟹兵急援伸。

門前烏雲終將散，雨過天青朗乾坤。

六郎意猶未盡，大聲急呼：「朗朗乾坤，昭昭日月，不信公理喚不回…」。

為了給龍門員工們些鼓舞，六郎也作了一首龍門謠：

龍門好！龍門妙！減碳環保正需要。

龍門高！龍門巧！發電一流樂陶陶。

六郎還教附近的小孩子們唱：

龍門好！龍門妙！龍門辛勞不能忘！不能忘！

愛家愛國話核四

周盛基 3/15/2013

編者按：作者十餘年前，曾在GE參與核四的部份工程，現任職於南加州電力公司

其一

對在美國對核四有意見的朋友，我認為身為台灣同胞，關心家鄉事，是件好事，但要用科學實事求是、求証的態度，才下結論或定論，因為祇有數據本身，可以講話，用不著旁人，加油或添醋。我認為這是我們身在美國談核四，應有的態度，尤其我們又是學科學出身的人，願共勉之!!!

有關核電廠，使用先進的數位系統(Digital network)，那是我1997-2000，仍在GE NuclearEnergy時，個人參與核四的部份工程。當時GE是選用了，在傳統非核電廠，供應控制系統設備的 Foxboro，為核四的基礎設施，且標書裡，要求有Safety 和非Safety部份中，Redundancy 是Safety的基本要求；如果你查一下Foxboro 這公司，是在數位控系統，是前驅的廠商，試想，非核電都能控制的，為什麼不能去控制核電廠，所以設備不是問題，而問題是在介面(interface)，就是如何從廠內，那麼多的系統中，如RHR (Residual Heat Remove)，NMS (Neutron monitoring system)，APRM (Average Power Range Monitoring) etc. 等有50+多大項其他設備，去取得信號(data acquisition)，然後主控制室的控制信號，如何回饋到這些系統，作有效的控制；任何一核電或非核電，都有試車使用測試期，也就是測這介面，核四目前就是停頓在這，所謂的Pre-op 階段；如果要真正深入了解的話，當時GE有一華人資深員工宋先生，是最清楚的人。

我知道，他派駐在核四，至少有5、6年，前幾天我打聽下，知道他也從GE退休了，有否以私人顧問，做台電的諮詢角色，不知道。 如果沒有是最好，不會有球員兼裁判的問題，等我有具體消息後，再回報!!

其二

既然我說要找數據，且找到GE同仁宋先生，昨天寫下前述個人意見後，也終於連繫上現住在San Jose的宋兄本人。和他電話對談後，知他現正過一般人，閒雲野鶴的退休日子，細節告訴諸位如下。

首先，把這宋兄背景介紹一下，他是過去1970+年代核一和核二場蓋廠期間，當年GE在台灣早年的員工，後來台灣不再蓋新核電廠，他就調回美國GE核能部，繼續參與有關GE核電廠的運轉、大修和維護，真是一位不可多得的資深核電精兵。當1997，GE核四得標之後，很自然他又是從一開始就參與核四的計劃，直到2011年8月，才從GE派駐台灣工地主任上退休下來，他應該是最有資格去下評論或結語的人。

我昨天以如此口氣諮詢他，尤其他也不排除，將來回到台灣去居住過退休生活。如果身為一員當地百姓，你會因為核四不安全性下，不考慮回台居住嗎？他說，現在大談核四不安全的人士，都是一些不清楚的人士，什麼事就用日本福島事件來比喻。那事件是在算PRA下，也超過設計系數才發生的，不要動不動就以這福島例為考量。不然，那什麼工程都不用去做了。

核四在許許多多的Preop測試下，然後即使填入燃料後，也要再做低功率運轉測試，然後一段段的加入壓力，才達到功率滿載的測試，安全的問題都是會考量到的。不斷的測試，就是在測 Design Basis下，等可以量到的數據完全都是在安全範圍內，有專人簽收後，原子能委員會才能核准放行!!!

美核電紅利台灣知多少？

江仁台 3/2/2013

美國在三哩島事故後，初期民間反核聲浪很高，但經核管會、能源部、美國核能學會與核電工業界30多年共同努力下，核能安全大幅改善，民間反核聲浪漸平息。即使在最近發生福島嚴重事故後，美國核電運作一切如常。

福島核災後，美國核能管制委員會立刻成立應變小組，檢查美國現有核電廠的安全。2011年7月12日，應變小組向核管會提出報告，作下列結論：

- 美國現有核電廠的繼續運轉，與美國現有核電廠運轉執照的審核，沒有立即的風險。
- 為加強美國現有核電廠的安全及應變準備，提出12項改進建議。

2012年3月12日，美國核管會總結應變小組的報告，向現有104座運轉中的核電廠下達三項命令：

1. 對超級天災所造成的核電廠停電，必須有應變減災的策略。
2. 圍阻體的所有溢氣孔，必須靠得住、夠堅固。
3. 必須加強核廢燃料儲存池的儀控。

2012年2月9日，美國核管會核准南方核電公司的申請，在喬治亞州沃格托核電廠現址，興建兩座西屋公司設計的AP1000核電廠。這是33年來核管會首次核准興建新的核電廠。美國核管會自1997年以來，共批准了超過140件增加功率的申請，合計6500百萬瓦，最高的增加百分之二十的功率。此外，美國核管會共核准了超過70座核電廠將使用期由40年延長至60年，並考慮接受延壽至80年的申請。

核電廠增加功率及延壽，成本很低。在美國能源部、國會及總統的支持下，核管會的核准核電廠增加功率及延壽，是促進美國經濟持續成長，造福美國大眾的德政。目前，美國核電公司很賺錢，多家核電公司股價持續穩定成長。

受「非核家園」思維的影響，台灣目前核一、核二和核三廠所有的六部機組，計劃在運轉發電四十年後，全部不再延壽。最早建的核一廠一、二號機，分別計劃將於民國108年及109年停止發電運轉。技術上，各機組延壽二十年的商業運轉，毫無問題。不再延壽，完全是為了達成「非核家園」的政治決策。停機，每部機組平均每天損失約新台幣一億元。少了六部機組多二十年的商業運轉，台電將損失新台幣約43800億元。

核四廠是民國88年3月17日動工的，但因受「非核家園」思維的政治紛擾，多災多難，建了13年，在公投爭議下不確定是否能商業運轉。89年10月27日的政治干擾，造成核四停工了約四個月。依據台電內部資料顯示，核四違約暫停損失1350億元，再加計工程費追加848億元，合計約2200億元。過去核一、核二和核三建廠，平均約七年完工。目前核四建廠歷14年，能否續建未定。長期負擔核四借債巨額的利息，難怪台電財務會惡化，不得不將用戶電費加價。

火力發電燃料成本高，並會大量排放二氧化碳，造成空氣污染與地球溫室效應。水力發電成本雖低，但有局限性。太陽能發電、風力發電和再生能源，也有局限性，無法大規模的發電。台灣能源的決策，在加強核電安全監督的原則下，宜參照美國維持適度的核能發電，以避免電價不斷上漲。

非核家園應改為知核家園——台灣需要核電 江仁台 3/31/2013

一、核電對民生的影響

以供電來說，台電所有的發電廠，如果全都同時發電，三座核電廠六部機組發的電量只佔總發電量的百分之十二、四。但台電真正發的電，核電佔總發電量的比率高達百分之十九，原因是核電最便宜，台電盡量使用核能發電。

以成本來說，台電每度電的發電成本，核能零點六九元，天然氣發電是核能的四點七倍，而每度電成本高達五點九六元的燃油，更是核能的八點六倍，台電因此依賴核能，而閒置其他發電機組。

福島核災以來，日本逐一停掉核電廠，並以大量的火力發電，來取代核電，尤其是天然氣發電。據日本政府推算，2011年，九家電力公司的燃料費，較前一年增加了超過一倍，也就是每一天，日本付給中東買天然氣的錢，就超過一百億日圓。2012年七月，東京的民生電價比當時台北的貴三倍。

二、國家核電政策的分類

目前，世界上國家的核電政策，可以分為重核、知核、非核三類。

重核的國家，重視核電的優點，能源政策為盡量使用核電，以法國為代表。法國的核電佔該國總發電量的百分之七十九。韓國近此類，韓國的核電佔該國總發電量的百分之三十四。

知核的國家，知道核電的優點，能源政策為平衡發展、使用核電、能源多元化，以美國為代表。美國的核電約佔該國總發電量的百分之二十。

非核的國家，強調核電的缺點，能源政策為逐漸廢核電，以德國為代表。2011年，德國的核電佔該國總發電量的百分之十八，政府宣佈在十一年後，停用核電。

三、台灣核電政策的建議

就核電安全、經濟發展和環保減碳三方面綜合考量，台灣的核電政策，在加強核電安全監督的原則下，宜參照美國的能源與環保多元化，理智而且負責的維持適度的核能發電。將國家的核電政策的目標，由非核家園改為知核家園。



傳統下的獨白

江仁台 4/14/2013

台灣的核電，目前是，山雨已來風滿樓，屋漏又逢連夜雨。

倘龍門順利商轉，台電將財源滾滾。台電紅利繳庫後，將大補台灣經濟。

倘無知強行廢核，呈無禮無義無恥。禮義廉恥不張後，將國困民怨哀泣。

管仲曰：「禮義廉恥，國之四維，四維不張，國乃滅亡。」

夫子曰：「微管仲，吾其被髮左衽矣！」

美華核能協會的同仁，是秉承著北宋范文正公的先天下之憂而憂，懷著北宋蘇大學士滿肚子的不合時宜，在一片非核聲中，撥亂反正，並效法北宋張大理學家，為台民核安立命，為全台環保立心，為核能前賢繼傳統，為龍門商轉開坦途。

核電與民主

江仁台 7/18/2013

民主的原則是：少數服從多數，多數尊重少數。

子曰：「君子無所爭，必也射乎！揖讓而升，下而飲，其爭也君子。」

西方民主的原則是：1) Follow the procedures and guidelines, 2) Respect to each other, and 3) Majority rules.

台灣的立法院各黨立委之間，常互相漫罵攻擊，甚至動手動腳。議會上贏不了，就上街抗議，甚至發動群眾，包圍立法院．．．。這樣的民主，台灣能進步嗎？

核能發電是一種高度專業的綜合科技，牽涉核反應器物理、熱傳導、流體力學、電儀控制、電機、材料、機械、土木、建築、地震、水化學、放射線監測與防護、風險評估、廢料處理和環境保護等等，本質複雜。希望各行各業的大眾，充分瞭解核能發電的效益和風險，很不容易。

立法委員們的教育程度、社會經驗和判斷能力，都比一般大眾高，加以有支薪的助理們，可以協助搜集龍門核電廠相關的資料和做核電的安全研究。理論上講，龍門核電廠的存廢，大眾公投不如在立法院辯論、議決，更恰當和更有效率。可是實際上，目前的立法院不能有效的解決龍門核四廠存廢的爭議，執政黨只好求諸公投。

天佑中華民國，但願核電不會成為台灣黨爭的犧牲品！

同舟共濟話核電

江仁台 7/17/2013

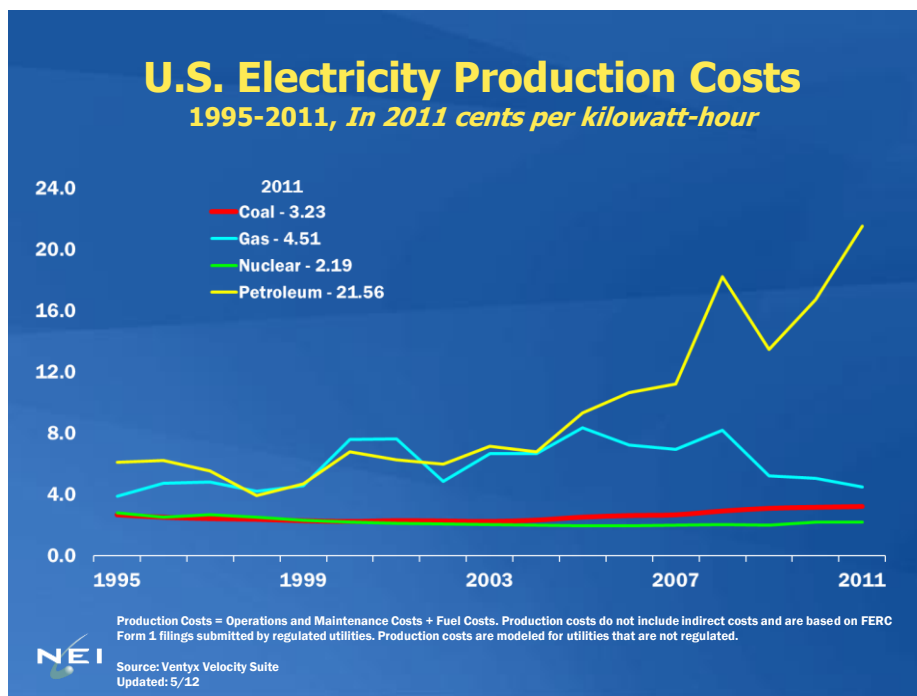
我們只有一個台灣，台民需要廉價、穩定和利大於弊的電源。

電源的的成本，以核電最低(請看下表與下圖 [註1])。

表一 2011 年美國各類電廠的生產費

電廠類別	每度美金(元)	每度台幣(元)
核能	0.0219	0.657
煤	0.0323	0.969
天然氣	0.0451	1.353
石油	0.2156	6.468

1995-2011 年美國各類電廠的生產費如下圖：



註1：資料取自 滄海君，”核電成本分析與感言“，美華核能微言九集，5/12/2013。

電源的燃料供應，以核電最穩(每一年半換料一次)。

電源的風險，以美國製造的核電廠最低(三哩島與福島核災，無人因受輻射過量死亡)。

各種發電方式所產生的二氧化碳量，以燃煤的最多，燃油的次之，燃天然氣的又次之，其次是再生能源。核能發電是藉核分裂能發電，不會產生二氧化碳。

美國三哩島二號機1979年雖出事，但三哩島一號機仍在商轉，可見事在人為。

「大道之行也，天下為公。」假如沒有偏見，出於公心，核電應該、也必須是台灣能源供應的一個選項。必須抱著「風雨同舟，齊心共濟」的信念，台民對核電爭議的正、反兩方，才能雙贏。

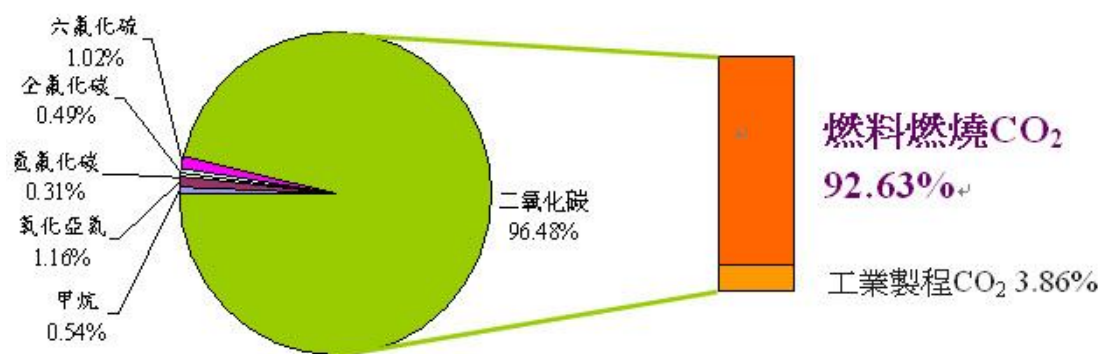
火電排碳風險高過核電輻射風險

江仁台 4/12/2013

地球越來越暖，空氣品質越來越差，夏天南北級的冰越熔越快，秋天颱風的強度越來越高，春天下的雨越下越酸，這些主要都是火力發電排碳迅速不斷上升惹的禍。

各種發電方式所產生的二氧化碳量，以燃煤的最多，燃油的次之，燃氣的又次之，其次是再生能源，最低的是核能發電。

台灣溫室氣體的總排放量，從1990年的138.3百萬公噸二氧化碳當量，上升至2010年的274.7百萬公噸二氧化碳當量，約計成長98.6%。台灣2010年溫室氣體排放量分佈，可用下圖顯示，其中二氧化碳是最大宗，約占96.48%。



英國風險專家所做能源風險的研究，舉福島核災中因海嘯死亡的人數、比核災多得多的例子，認為氣候風險遠大於核能風險，因為氣候風險無法控制，但核災的風險卻可以控制。

英國在福島核災後，支持核電的民調不降反增，就是因為大多數的英國人，覺得氣候變遷的風險，大過核災的風險。英國的環保人士、生態學家，也大都支持這種看法。目前，英國正在招標建新核電廠，英國對GE製造、與龍門核四廠同型的進步型沸水式核反應爐（ABWR），很有興趣，很可能會到日本ABWR各廠與龍門核四廠考察、取經。

法國在深受1974年能源危機之苦後，大力發展核能發電，目前核電佔法國總發電量的百分之七十九，還賣電到因減核電而缺電的德國賺錢。因為大量的使用核電，法國是排放二氧化碳最低的工業國。

美國現在有四座新核電廠在建，另外還有一座被棄置30年未完工的Bellefonte核電廠，開始續建。美國的能源政策是平衡發展，利用核電，使能源與環保多元化。目前，在美國國會參眾兩院，聽不到主張廢核的聲音，核電約佔美國總發電量的百分之二十。

看看別國，想想台灣。這些都顯示，續建龍門核四廠，合乎世界能源主流，利大於弊。

在英、美、法列強，一片興核現狀下，各位反核的立委們，在立法院還大聲急呼，爭著要廢核，到底是為那樁？民意如流水，奉勸各位反核的立委，不要錯估形勢。

美國奧巴馬總統，在2011年1月25日，參眾兩院聯席會議的國政演講中說：「Nuclear, solar, wind - we need them all.」話，說得很中肯。

追懷原子科學之父、前教育部長梅貽琦先生

江仁台 4/12/2013

法國在深受1974年能源危機之苦後，大力發展核能發電，同時在各級學校推廣能源與核能的教育，因此法國民眾對核電的接受度很高。目前核電佔法國總發電量的百分之七十九，還賣電到因減核電而缺電的德國賺錢。

教育部部長、兼清華大學校長梅貽琦先生



我國進行原子科學研究，培養核能專業人才，開始得很早。1955年，原北平清華大學梅貽琦校長，奉蔣中正總統之召自美返台，進行清華大學在新竹復校。1956年，成立原子科學研究所。1958年七月，梅貽琦先生任教育部部長、兼清華大學校長。1961年二月因健康欠佳，奉准辭教育部長，改任原子能委員會主任委員、兼清華大學校長。1962年5月，梅先生因積勞過度病逝，清華大學由陳可忠先生繼任校長，於1964年成立大學部核子工程學系。五十多年來，清華大學原科所與核工系所，造就了許多核工專才。

清華大學的校訓是：厚德載物，自強不息。語出《周易》：「天行健，君子以自強不息」（乾卦）和「地勢坤，君子以厚德載物」（坤卦）。

際此原子能和平用途在台灣被極度扭曲之時，筆者呼籲國人，善體教育部梅部長當年成立清華大學原子科學研究所，建原子爐推廣原子能和平用途的苦心，以自強不息的精神，努力學習原子科學及充實核電的常識，以厚德載物的精神，捍衛核能的和平用途。

目前，最迫切需要的行動是：團結一致，共同努力，盡量去影響親友及大眾，用公投讓受困的龍門核電廠續建，經嚴格安全測試後，早日發電，為大眾造福！

核四停工？

濮勵志 3/1/2013

「核電專業」已打通任督二脈，卻被十二道金牌拉到「風波亭」

最近新內閣上台，第一個面臨的課題是核四應否續建，正反兩面攻防已無限上綱。如果爭議只在再生能源、節能減碳或電價等方面，筆者不是各該方面專家，不當置喙。但如第一焦點仍然是安全，我個人專業上親身應對了近世三大核災（美國賓州三哩島、前蘇聯車諾比、及日本福島），並直接參與後續改正，確信問題已經塵埃落定。如還有人誤導民眾危言聳聽，就不得不站出來說幾句話，因為既然到了「公投」層次，就得讓「反核媽媽」、阿公阿嬤、以及社會賢達等所有民眾實際了解，不用專業名詞，並且所列皆個人經歷心得，已發表並在業內記錄，絕非人云亦云，就此情商予國人。

我經歷是跟著幾次大災難走的。一九七九年三哩島發生後那家公司新設工程部門招人（他們原來沒有，除運轉人員外只有四人管執照文書），做沒受損一號機的改良工作。事故總結原因是設計廠商、監管部門、和營運單位普遍認識不足，三哩島事發時主控室燈號如聖誕樹，操作員眼花瞭亂不知所措。花五年時間改正後重啟發電，其後數年績效全美第一。我在那裏工作整整二十年，該廠至今運行良好，已獲准延役二十年。

我在那兒使用當時最先進的電腦安全分析程式，光輸入就幾百行，總是遭遇錯誤信號，我想太麻煩了，該有更有效率的方法，緊急時能即時應對，就用FORTRAN寫了一套程式。那時台電原動處、核研所和清華也跑同樣的電腦程式，就交流心得，順便把自己寫的程式給大家試用，因此認識後來做到原能會主委和處長、核研所多位所長、副所長，台電主管核安高層，和清華幾乎所有教授。

八零年代初個人電腦出現，我花了五千多元買了一台XP，請公司裏裝電腦的小伙子把輸出狀況用彩色圖形顯示，好像有市場價值，就去註冊了一個公司。上班的GPU公司不做產品生意，我就以讓他們免費使用做交換。八五年第一次在華盛頓全美核能大會上擺個攤子展示，有個老頭來看，很感興趣，原來他就是核管局NRC的主席Palladino，不久後就收到訂單，這是我們第一筆生意。

一九八六年到日內瓦的全歐核能大會擺攤，碰上蘇聯車諾比事件剛發生。蘇式石墨設計與西方輕水式本質不同，它基本上不存在穩定狀況，操控失當時有可能變成「超臨界」，不用專業名詞就是原子彈。輕水式是相對穩定的，與蘇式比較就像啤酒之於高粱酒，高粱酒一點就燒，啤酒再怎麼點也燒不起來的。與會大眾當時正面臨自己國內反核、廢核壓力，要與車諾比撇清，最好的方法就是用一台簡單易懂的PC來顯示自己的有多優越，所以我們又賣了幾台。

九零年代我們持續與台灣核能界密切交往，共同開發此軟件，清華採用做成畢業博士論文兩篇，碩士數十，台電用作緊急計畫演練，核研所自行開發核四數位化儀控找錯工具，和設計核三飼水系統，原能會以此做緊急分類等級。國際上聯合國原子能總署IAEA自九八年起「核電仿真研習班」採用做教材，我每年去授課。全世界主要官方機構和大學均採用此工具，可謂成功台灣經驗，在世界有一席之地。

說到日本福島事故，筆者自兩千年時就給他們國家實驗室和全國核安應急中心做陪訓，他們採用了我公司開發的核電安全分析軟件，但未及時更新最新版本，也沒應用到補強。事發後第一時間我們就用新版分析福島第一到第四機組事件前因後果，與現狀完全吻合。網上發表後紐約時報於四月三日專訪了美國能源部長朱棣文、NRC主席、幾位大學教授、法國AREVA公司高層（他們供應福島核燃料）和我本人，確認為最具權威性「核事故刑事偵查」報告。英國ITN、日本TBS、和義

美華核能微言選集

大利RAI電視都來專訪。其後IAEA、美國能源部來函要求支援，我們在日本的合伙公司CSAJ直接參與事故分析和總結報告，韓國和義大利當局都來接觸，一年以後各國官方報告和核能政策基本上與我們看法一致。

核心停機後有相當的輻射熱，過去設計誤入歧途，一定要依賴外電源或柴油發電機驅動高壓泵，供應緊急冷却水。碰到九級地震和海嘯切斷供電，爐心高壓不退，水灌不進去，就坐以待斃了。如考慮到只需可靠的洩壓控制閥，把原子爐壓力放掉，加上防水的發電機把預儲的冷却水低壓打進去，靠自然對流散熱，就可維持三、四天無慮。台電一、二、三廠這一年半來的補強，類似全世界四百餘機組應對措施和新廠設計，都已保證以上各點。

福島事故時，靠救火車和直升機來噴洒海水，形同兒戲。十天後我們分析的曲線上網發表後，GE公司第一代安全系統設計人RichardLehayJr找到我，要我們供應福島四台機組的尺寸參數，做海水鹽鹵分析。早在八十年代後期，他在RPI大學核工系當講座教授時，就採用了我們軟件。

核研所、清華和台電合作去年發表於 Nuclear Engineering & Design 期刊上的那篇「斷然處置」UltimateEmergencyMeasures」論文，在核能史上有里程碑式重要性，台灣核安水準和見識實質上同步甚至領先世界。

反核者謂現當局應效法三十年前蔣經國暫停核四，那時台電預訂的美國「燃燒工程」(CombustionEngineering)機組讓韓國人撿去。他們送幾百、上千人赴美，白天學晚上偷圖紙資料，曾被警察逮到送上法庭。其後GE倒閉由西屋接收，韓國就有所謂「韓國標準式」KSNP自己的設計了。至今已建好OPR1000七台，APR1400四台，在建八台，加上舊有的八台和企畫中的，全國三十多機組，他們走的可是「全核家園」路線！並出口阿聯酋四台，價二百億美元。又積極投標芬蘭、南非、東南亞和中東的案子，預估是繼汽車、電子後第三大出口產業。目前韓電是我們最大客戶，直接參與他們新廠設計。

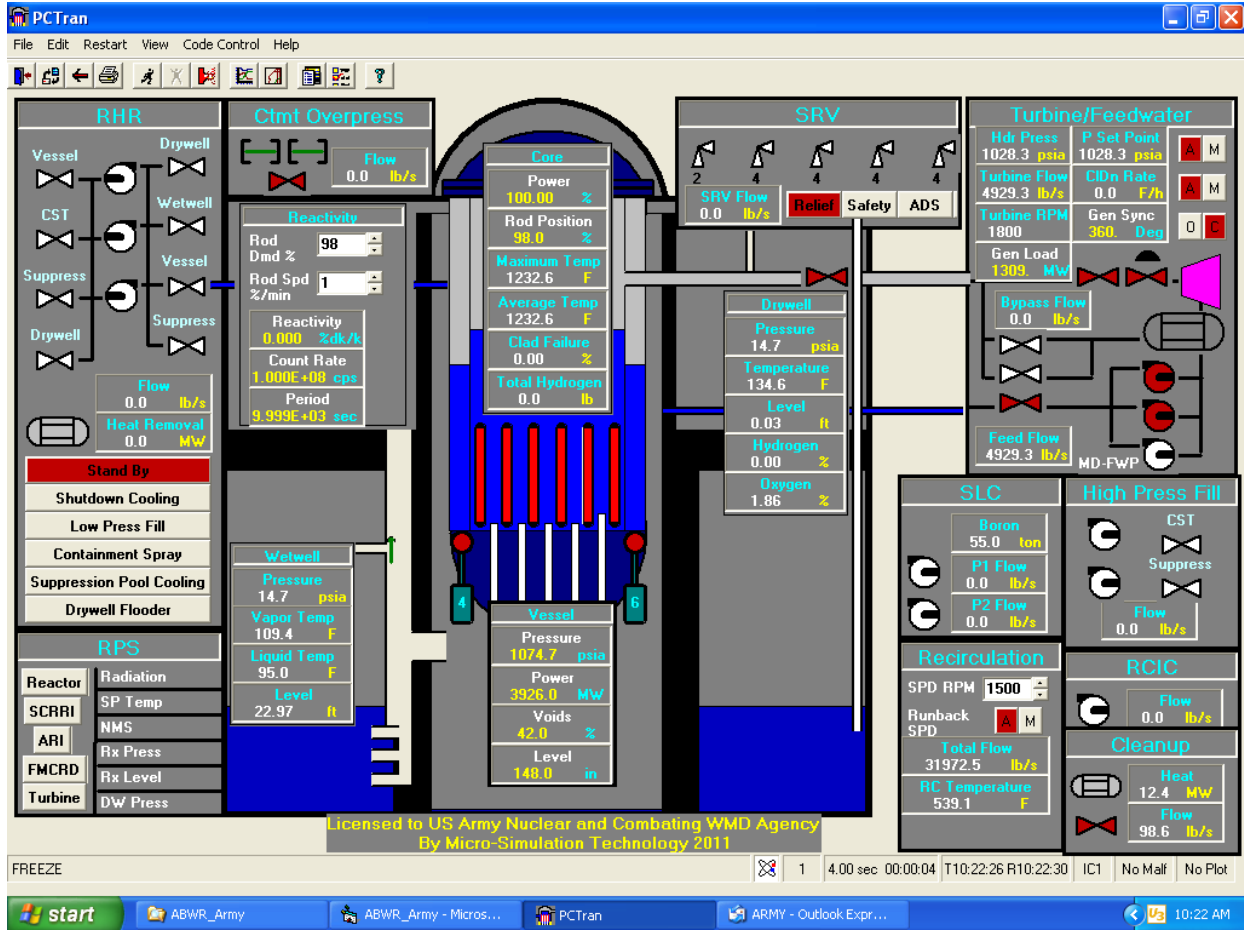
再說伊朗Bucheher廠最先用德國設計，後改用俄式，歷經專家被暗殺、控制系統被病毒入侵、和導彈來襲威脅，依然完工滿載發電，如果哪天真挨飛彈炸了也青史留名，總沒自己掛了，貽笑天下。

幾年前我在台北參加「台日核能技術交流會」，日方報告平均發電天數只有一半（我們有七、八十扒），年均跳機率好幾次（我們不到一次），大家深感意外。其實日本核能界多年來依賴美商，因循積弊，福島後他們沉痛反省，這已是客觀公論。台灣總有人深信台不如日，日本都出了那麼大的紕漏，台灣一定一踏糊塗，其實大謬不然。

反核者總以德國作例，它們有綠黨淵源，不足為訓。二十餘年前我公司也支援過他們新建的MuelheimKaerlisch廠，開始發電後反核者以建照不合程序為由，訴訟經年，最後不僅停機，整廠機組加上鋼筋水泥廠房硬是拆成平地，種上牧草綠樹，如今諸君不妨專訪一遊，保證心曠神怡。蓋到大部份卻放棄的倒子有菲律賓，以菲為師以後可期「台勞」滿天下。

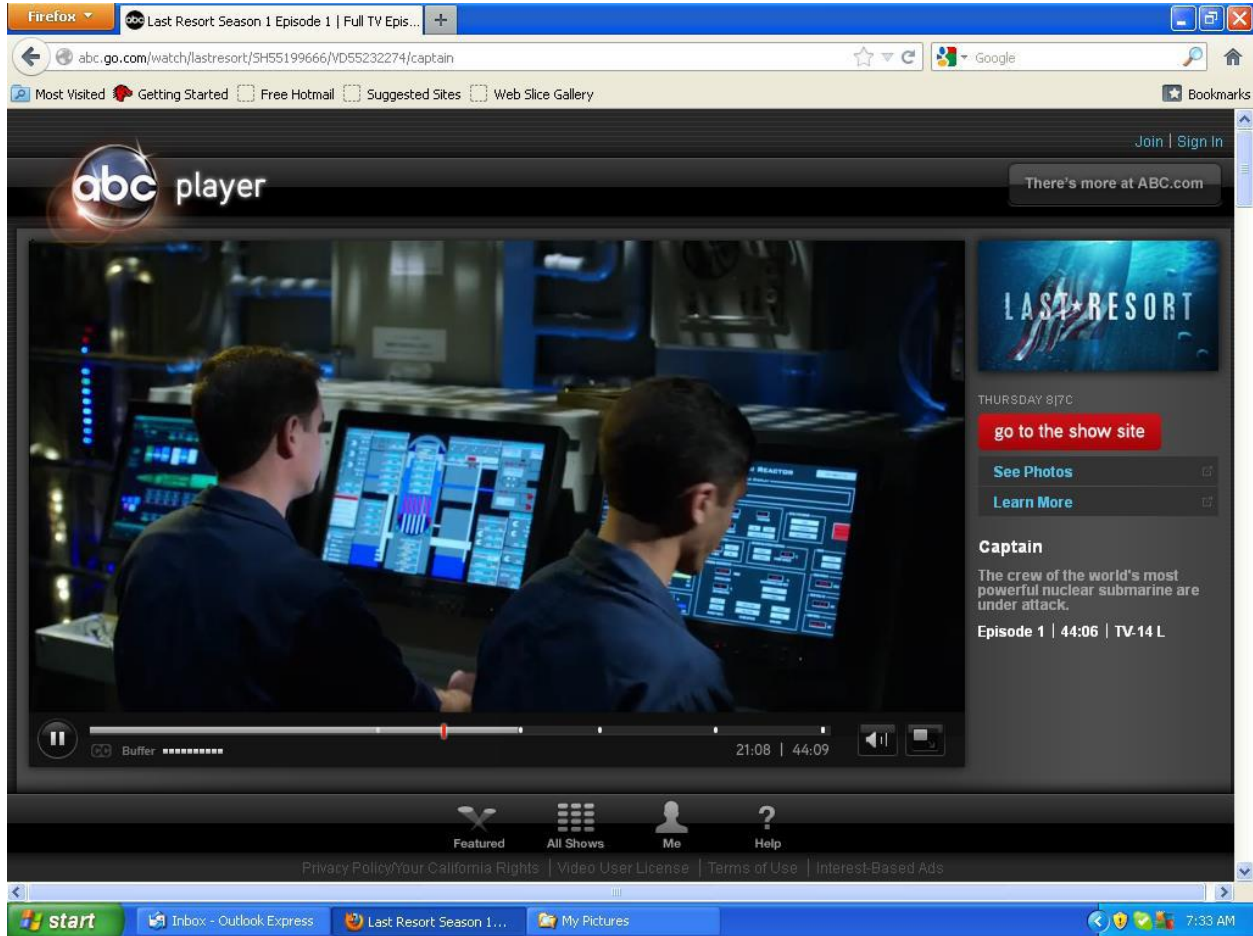
各位可能不知，核四工程在國際上有相當知名度，我們直接涉入的就有以下三樁：

1。美國陸軍位於華頓近郊 Fort Belvoir 反大規模殺傷武器作戰署 US Army Combating Weapon for Mass Destruction Agency (USACWMD) 為證實新型 ABWR即使遭恐怖份子破壞或劫持，也不致輻射洩漏傷人無數，找到我們幫忙。我們就用為台電和原能會開發的ABWR程式，略作修改滿足美方規格，於去年完成交貨，其主界面如下：



圖中除參數為英制（核四用公制）以外，與核四完全相同。我們去了警備森嚴的兵營，為他們做培訓，反覆演練各種情況，包括爆破緊急設備、劫持操作員工、甚至讓非常專業的恐怖份子像911的飛行員一樣，故意造成最大傷害。ABWR設計，的確相當耐打，絕對不像外界所說弱不禁風，應該以「固若金湯」來形容。這可不是空口白話，經過美國陸軍部嚴格驗證過的，下列為採購訂單，明確標明同於核四的ABWR。

2. 美國ABC電視網2012年九月起播放LASTRESORT「終極歸宿」十三集電視劇，虛構導彈核潛艦抗命向巴基斯坦發射核導彈，蒙冤叛變故事，採用我們為台電核四開發的核模擬機作道具。其實核潛艦大都採用壓水式，不可能用ABWR，SonyABC製作部門欺負觀眾不懂，我們也怕PWR太接近真的，有泄密之嫌，就以之擋塞。電視拍的非常專業，真的核潛艦在夏威夷拍外景，潛艦裏面當然不讓拍，就在影棚裏搭了極端逼真的控制艦橋，有雷達、導彈、魚雷、聲納等操控儀表。最重要的推進部份，沒有一個反應器就不能算核潛艦，所以把我們的ABWR放在中心位置，可見「唬老百姓」中外一理。只是反核人士反過來「嚇老百姓」，我們的老百姓也太容易被嚇了。



3. 美國南德克薩斯州SouthTexasProject也選用東芝ABWR機型，三、四年前曾多次派員來台觀摩學習，拜訪過台電大樓、原能會和核四工地。那時他們值工師常駐日本 K6-K7廠參加培訓，營建主管和處長William Jump常來台電「取經」。他們出資為德州三所大學購置我們的A BWR模型。Jump先生親口告訴我對核四工程進展和質量“Veryimpressed”。可惜在福島事件後他們的大股東「東京電力公司」為財務困難撤資，STP無限延期。

結論

總而言之，不做事的政府是最民主的政府，不發電的電廠是最安全的電廠，全世界最和諧的族羣在台灣。台灣四十年來歷盡艱辛建立起來的產業，從業員工也兢兢業業克盡職守，在國際上已達頂尖水平。近三十年國外三大災難的肇因已為業界確認排除，無論運轉中和在建的核四，根本上已無安全顧慮。對我們這群練武的人來說，就像剛打通任督二脈，卻被十二道金牌拉到風波亭，於心何乾？被自己人封殺還不如在伊朗當烈士被敵人刺殺。個人年過花甲，台灣一行行產業陸續凋零，可憐後生台勞跑天下，情何以堪？

盼「反核媽媽」、阿公阿嬤、以及社會賢達和青年才俊們，慎用手中之一票。

盛世警言 —— 核四停工之六

濮勵志 4/12/2013

自三月初起，為了核四停工，我連寫了五篇文章，公開談談自己在這行，幹了近四十年的經驗和看法。既然官方已正式宣佈，核四前途將訴諸公投，那也是沒有辦法中的辦法，想我話已講完，任他正反攻防，管他最後定奪，待年底分曉罷了。沒想到形勢逼人，急轉到「立即停建」立馬對決的地步，實在不解如此巨大全民相關項目，為何匆匆言廢？相煎何太急？

我們一群生長在台灣，就業在國外的「美華核能協會」同仁，經會長江仁台博士規畫，並主編「微言集」，希望用廣角鏡頭和歷史回顧，橫向把世界核能現況，縱向將四十年沿革前因後果，介紹給國人，微言中有大義，盼能排難解紛。

開始時，我們以讀者投書方式寄往知名媒體，不想無論藍綠媒體幾遭全部封殺，只有中央日報電子版接受幾篇，幾天內得到極大反響，絕大多數讀者表示，媒體反核一面倒，很新鮮地見到理性談核的文章。緊接著，美華核能協會自行出版「美華核能微言集」，藉電郵發行，獲得讀者群更多的反響。

EraPost，年代郵報的編輯們慧眼獨具，看過「美華核能微言集」後，致函美華核能協會，希望能轉載「美華核能微言集」。經商量，年代郵報與江會長，達成美華核能協會授權年代郵報轉載「美華核能微言集」的協議，開始轉載美華核能微言各集。到現在，已有22275位讀者上EraPost電子報的「美華核能微言全集」網址，閱覽「美華核能微言全集」的文章。

許多其他網站，包括Mobile01和「台灣能源」，也轉載一部份。當然，也有多起反核陣營攻擊謾罵的登文。這樣非常好，因為我們常年旅居國外，不熟悉國內反核環境，正好研讀一下他們的立場和基調。經整理分析，可歸納成下列四項：

一、地震安全

他們認為台灣位在東亞地震帶上，混淆歷史上最大地震芮氏級數，與電廠設計應力。前者為釋放總能量，每級差約三十倍，後者考慮震央距離和方向，以重力加速度g為單位，我們美華核協林超先生已回文解答。其實，台灣能源網站上的陳立誠先生，早已詳細解說，反核陣營代表視而不見，資訊不是不透明，而是認知相差太遠，或拒絕了解。

我已反覆解釋「多重防禦」加「斷然處置」二重對策，已徹底解決多年來，困擾電廠位置的隱憂，這已是普世接受的準則。就在前幾天，英國政府正式開始審核奇異日立(GEHitachi)核能公司設計與核四廠類似的ABWR機型。英國與我們相近，都是海島國家，不能像德國一樣可買外電。近年來，英國淘汰舊機組，引入法式EPR，現在加上ABWR。

在新加坡舉行的世界核燃料循環大會上，國際原子能組織IAEA，總結世界核電的發展趨勢，雖受福島核災影響減緩，但目前仍呈長期增長趨勢。地主國也發言，新加坡目前沒有建廠規畫。注意到沒有？第一、彈丸之國做世界核能大會東主，第二、「目前沒有」意謂已有腹案。請問這兩條堪稱重大的核能國際新聞，在國內與立法院表決廢核四同時發生，有幾家國內的媒體在報導？有幾位反核大將上網查到？新加坡為防馬來西亞斷水，有百分之百自力供應海水淡化的設備。為求能源和輻安自主，去夏也找我去講授核安，及顧問海上移動式核電設施可行性。在新加坡國防部內，有整套核能研究和放射實驗室的編制。

人類自古以來，畏懼不熟悉的雷、電、火、砲。最初對電、火、砲，避而遠之，乃理所當然之事。其後電力為生活所必需，火能煮食取暖、砲能傷敵自衛，都已駕馭自如了。

美華核能微言選集

核電自發展六十年至今，有數起階段性的事故發生，如今已瞭解，排除了肇因。如自我設限，就此停掉在建的核四廠，並廢棄大可延役的核一、核二、核三廠，就像當年義和團，不屑於洋槍洋砲一樣，一來膽小怕事，二來無知清高，結果引來八國聯軍攻北京，戰敗，庚子賠款四萬萬兩，乃愚不可及之舉。國內反核團體，旦旦責備專業機構，資訊不夠透明，溝通不夠順暢。實際上，也要看看反核團體，有沒有求知，和求進步的心態。

二、利益輸送

反核者攻訐利益輸送、圖利外商。我等大都是中層實幹工程師，對上層內幕，無緣參與。但數十年來，沒聽說核四有重大弊案，不像拉法葉艦有人被害，有人坐牢，財務至今撲朔迷離。至於投資近三千億，的確巨大，但考慮其間執政黨輪替，改變設計，停工復工等等波波折折，實在也無可奈何。

假定核四廠兩台機組，要再花一千億完工，總價約四千億。發電2700百萬瓦，合每瓦約5.2美元。相較芬蘭在建的EPR和美國南卡和喬治亞州的西屋AP1000，平均6至8美元也差不多。我們的同行，清華核工系出身的許澄滄君，現在直接參與美國AP1000營建，他將有一篇短文附成本估算公式，以後錄入「微言集」中，供參考。

三、施工品質

這項是殺傷力最大的，我在第二篇已較詳論述，監督必須嚴格、測試必須仔細。其成員必須是專業，內行和不預設立場，不存心找渣的。在專業上，國內很難找到第三方面，獨立又夠水準的，因為幹這行的，不是台電，就是原能會，或是包工。不能事事迴避，以「球員兼裁判」譏諷，找些所謂「學者」、「環保」人士，甚至婆婆、媽媽。因為行內人，也有良心，他們簽字通過，倘以後出問題，面子很不好看。

反觀學者和環保人士，為彰顯其獨立性，經常無的放矢，亂槍打鳥。為事者，得花好多功夫，滿足他們的責任心和成就感。我講這話，不是刻薄譏諷，因為最近溜覽反核言論，其附圖有用原子彈爆炸做背景，短片有聲色驚悚，以無知當有理，以恐怖當先知的。任何負責監督委員會，成員工作經驗，都應超過受檢單位。審查標準如遇爭辯時，也應在同一科技水平上各申解讀，沒法跟道聽塗說之輩合作溝通，細說從頭。當局自然該找到，真正夠水準的第三方人士，至誠歡迎，並虛心延攬入會。

至於一般民眾，至多找專人陪伴參觀工地，或在各地設核能輻射展示館參觀。若說請媽媽們來「監督」，我不宜。核四廠有女姓工程師表示，妳們愛孩子，我也是媽媽，我也愛孩子。男員工也說，上班時不喜歡我老媽來監督。不過不能怪聯盟成員，她們三十多年來是被嚇大的，收驚，也不是一朝半載就能辦好的事。

若工程因為部份找渣砸鍋的監督委員或公投而廢建，其結果可不只三千億，和全國百分之六的能量而已，因為一個國家經濟體的「形象就是一切」(Image/is/everything)。我在第四篇「別鬧了」，以韓國汽車和核能業為例，如今舉世已接受韓國科技品質。記得八十年代，韓航客機飛越蘇聯被擊落，和漢城漢江大橋坍塌事故吧？那時韓國整體，給人冒進和鹵莽形象，其經濟發展也因此滯後，好不容易，花了二十年工夫，才擺脫壞形象。如今我們不打自害，全國有史以來最大的工程項目，不適運轉，以後你怎麼推銷MIT台灣的產品？其影響不止當天股市崩盤而已，甚至從此跌入第三世界。難道反核者，看不到這點，必要「引刀逞一快」嗎？

四、非核家園

當初核電廠設計壽命，依照傳統火力電廠的年限，即約四十年。實際上，火力電廠超過四十年後，持續安全運轉的，比比皆是，台灣及國外例子甚多。核能電廠也依此原則，但更加保守，此皆

在設計階段，選擇材質時，審慎考量，汽輪發電機須大過核反應爐出熱功率，才有提升功率和延役的空間。經多年累積經驗，少數的電廠（約百分之五），因營運管理不良，或維修成本太高，而提前退役外，大多數進行升功率，和延役改良，因為改良花費，比建新廠或找替代能源，節省了太多太多。我個人就直接參與了，紐約州Ginna、馬利蘭州CalvertCliff和墨西哥LagunaVerde廠的升載電功率工程。

台電現役三核電廠營運情況，我不了解。不過，升載延役，不用提了。如今，「非核家園」居然能成為朝野「共識」，非去核不可，但同時又為替代能源爭辯不休。其實，最好的方案，就是原來的延役，這也鼓勵了所有員工的士氣。

我們會長江仁台博士的「非核家園是真好？還是假好？」和「非核家園應改為知核家園——台灣需要核電」兩文，甚值一讀。

五、結論、狗皮公投

有句市井粗話，叫「狗皮倒灶」（話裏有髒字，在此以皮代之），是說一羣人胡搞亂搞，把煮飯的灶都砸了。其中胡搞的一幫人，定然不是倒灶的另一幫人，但灶倒了後，大家都沒飯可吃，其結果則一。鬥爭哲學，上焉者為「雙贏」，其次為「零和」，即不是你死我活，就是我死你活。「狗皮倒灶」屬雙輸，乃下下之策，這是天下最可悲的結局。

為何明知下下策，還拼命一搏呢？甲方曰：「我從頭就兢兢業業，一心求好，是你一再搗亂掣肘」。乙方曰：「我從頭就說，不該這樣做，是你一直在胡搞，必砸之而後快」。

真設定公投日期後，雙方得趕緊「資訊公開」，「教育」民眾，各自搞出一套，對己方有利的教材。我的天啊！全民變專家。選票上高手反面命題，字面藏有無限玄機，連我都看不懂。路上兩人交談，不如問「老兄你是投狗屁幫？還是投倒灶幫？」。好多人看不懂，打算棄投，名嘴們立刻分析棄投，幫了狗屁幫，還是倒灶幫。公投叫平民百姓選邊，只在卸責，讓大家自認倒楣咎由自取。無論哪邊贏了，都將見到民意撕裂，和產業凋零，大家全沒好處。

為今之計，最好還是回歸專業。原能會是法定的監管機構，責無旁貸。監督委員人數，擴大一點可以，但一定要有兩把刷子，不為黨派左右，又一心向好的。成功發電後，成全贏之局。其他修法也好、公投也好，都別再開了！不要再天真了！

有朋友說，我是「政智」（politicalwisdom）零分，屬白癡等級。但看看剛去世的英國鐵娘子，就是這麼幹的。這位媽媽，可真不含糊，英國歷史那十年裏，原來也是狗皮倒灶，都讓她給擺平了。

良藥苦口利於病，忠言逆耳利於行。千言萬語，**盛世警言**，就此打住。

公投功課一核四停工之八

濮勵志 4/28/2013

不管大家多麼不情願，龍門核四廠解套，訴諸公投，看來無法避免。只好先從自己開始，做點功課。按慣例，不用專業名詞，以通俗易懂的白話，細說看似複雜的核能，其實沒大學問。

這世界為核能存續舉行公投，曾在五個地方發生：瑞士、德國、瑞典、義大利和美國加州。其中義大利是從無核到新建，不巧兩次都趕上別國核災大事故之後，沒能過關。其他三國都是為停核做定奪，德國決定按期除役，瑞士和瑞典幾經反覆，目前決定持續運轉，在美國加州被公民斷然否決。只有我們台灣是世界有史以來第一次，把兩台快完工的電廠，交付全民來決定存廢，可見每一位老百姓責任有多大！何以至此？前面我已談過許多，現在就把沒涵蓋的商量一下：

一、「拼裝車」

有人說龍門核四廠沒有品牌，原廠美商奇異不包整廠，後續分塊分包所以是「拼裝貨」。話說得不清楚，讓一般老百姓直覺就認為不可靠、瞎湊的。我們幹這行的都知道，核電廠裏原子爐供應高壓蒸氣的部分，加上安全裝置和鋼筋混凝土圍阻體，被稱為核蒸氣供應系統(Nuclear Steam SupplySystem)，俗稱「核島」，有原廠設計的品牌。至於產生蒸氣後輸送到氣輪轉動機(Turbine)廠房，其中透平、發電機、冷凝器、飼水加熱器、及其他輔助系統，俗稱「常規島」，與一般火力發電廠無異。就算核島原廠供應商，也供應透平和發電機，也經常採用其他品牌。其餘水泵、管路、熱交換器、閥門等從來都是挑好擇價、五花八門。因此，說龍門核電廠是「拼裝貨」，是極不負責的外行話。

經濟部已照林宗堯先生的建議，組成核四監督團隊，由資深員工、學術和工業界權威、和包商代表組成。若說一定要找美國NRC和國際WANO派十數人常駐台灣，每週「彙報」並「驗收」「所有」項目，NRC對美國自己的電廠，WANO對任何成員國，也沒這種權責。他們內部也找不出那麼多有二十年測試經驗的工程師，專為台灣服務，所以現有團隊應已符合須要了。

運轉品質經測試而達到保障，經原能會發照商轉，前幾年可能磕磕碰碰，動輒跳機，這在任何新廠無論核能、火力，經常發生，但和整廠安全或福島類型外因引發顧慮毫無關係。我前面七篇已反覆解釋過了，ABWR核島的多重防禦和斷然處置，加上龍門特有的生水池，可確保安全，完全沒有所謂新北市逃命區顧慮。當然等初期磕碰原因排除，機組穩定運轉後，無碳無塵，其樂融融。

二、替代能源

陳謨星教授質疑核電計價方法。我有幸在八十年代初，即與陳教授同時返台，參加一個台電主辦的核能研討會。那時他論點為核四機組太大，不適海島電網，我認為當時十大建設漸完，宜一鼓作氣蓋好，並建立完整自主（包括廢物料處理）的核工業體系。當時經濟部長趙耀東先生，聽信國內一些人懼怕三哩島言論，報告蔣院長後，決定廢棄美國CombustionEngineering公司得標的核四，否則核四早已建成。其後機組和技術讓韓國人撿去，如今韓國已成核能大國。又海島國家如英國、日本以及我國，和缺天然能源的獨立經濟體如法、韓、南非，核能必須佔比世界平均值更高的比重。以上極端重要因素，在電價結構中應考量。

四月十七日國際能源組織International Energy Agency在印度新德里舉行清潔能源Clean Energy部長會議，其總裁MariavanderHoeven很沉重的宣佈，幾乎所有再生能源發展都已停滯(Stalled)。為達到在2025年，比現在上升2攝氏度(簡稱2DS)，限制全球暖化的目標，全球必須保有16%的核能。然而，受福島事故影響，2012年全世界只有七座核電廠動工。福島事故發生之前的2010年，有十二座電廠動工。

請注意IEA正為全球核能發電還沒達到16%，而擔憂並努力，這數字正巧是台灣目前核電比率。若急急於停建廢核，IEA已明白告示舉世再生能源發展停滯，風力發電僅限於已知風場強勁且穩定的地域，例如西歐的丹麥和中國甘肅河西走廊，太陽能板需強日照及大面積，又價錢極貴，只算是單獨建築的點綴。台灣無核後，到那裏去找替代能源？結果減碳成空喊，靠煤、油和天然氣，台灣變成了「全碳家園」。

三、台灣核能技術

陳教授在文中舉數樁事故特例，要「大家評評台電的核技術？大家評評原能會核技術？清華大學懂得核安技術？」。這要看詢問人本身對核技術的了解和地位。

在陳教授居住和任教的德克薩斯州，有兩家核電力公司，LuminantEnergy 擁有Comanche Peak 兩台大型西屋廠，並籌建兩台三菱APWR；SouthTexasProject(STP)公司有兩台類似的西屋廠，策畫中有兩台與核四類似的ABWR。在達拉斯市的洛克希德馬丁公司，負責美海軍所有核艦隊，和Luminant的APWR儀控系統。全美排名第三、規模最大的核工系在德州農工大學(TexasA&MUniversity)，有學士、碩士和博士生三百餘名。以上四處都是我們公司客戶，經查詢德州核能比重及政策，未曾聽說或受到ProfessorMoShingChen任何影響。除此公開信，陳教授與德州大學同儕合作的一百多篇論文中，英文“Nuclear”字一次都沒出現過。他稱核四若建成後超龐大是世界第一，其實ABWR功率1300MW，小於法、德現有1500/1600MW機組，和韓國的APR1400。他又說「世界趨勢也是朝超小型高速核子反應爐發展」，其實全世界第四、五代新設計仍在萌芽階段，完全談不上趨勢。如今舉世在建的都是大型輕水式電廠，已考量並解決福島式外因所肇造事端。

清華在台復校，自始就以核科學起家，數十年來培養上千學、碩、博士，遍佈台電、原能會，歷任主委、副總、處長、所長、廠長、以至中層和新進員工，支起整個台灣核能業界。其餘遍佈所有相關包商、美國NRC、DOE、各大國家實驗室、西屋、奇異、AREVA，各大營造商、電力公司、模擬機等等業界，可以說有核的地方就有清華。我雖沒在清華讀過，但間接的指導過學生和合作過研究，深知以上三單位技術水平，不容一句話全盤抹殺。

四、廢料處置

一般人把高、中、低放射性廢棄物，混為一談，聞廢色變，大呼「毒得很，近不得」。其實低階放射性廢棄物如手套，防護衣等，經焚化回收輻射物，並無放射性廢棄物產生。中階放射性廢棄物為過濾殘渣，經水泥或玻璃固化後裝桶，現在蘭嶼貯存的就是；但硬要放在任何一處，於理於法都說不過去。其實只要有一個足球場大的空間距離，附近住民即無任何新增輻射劑量，所以並不一定要放到偏遠地區。以我書生之見，不妨立法讓國內各縣市來投標，包括台東縣蘭嶼鄉，誰標的最低就放在誰那兒，如沒有一個縣市願意承擔，即追加預算，像樂透累積獎金一樣，總有一天，某縣某鄉願意接下來，其收益由居民均分。

高放射性廢棄物是用過鈾燃料，經浸泡在各電廠的燃料池裏，等五年後餘熱降到可用空氣自然冷卻時，轉放在不銹鋼和水泥做成的容器裏，在廠區內置放。當然這不是永遠之計，但十年、二十年後外國的岩洞、沙漠或許開放租貯。這世界有需求就有供應，水到自然渠成，花銀子送走，目前無解其實就是問題沒有急迫性。現在舉世只有北歐國家和美國軍方有永久的存放場，其餘都在廠區內置放，不是火燒眉毛的大事。

五、公投必要嗎？

最後，我做這些功課的動機是什麼？今年農曆年後，我和五十年前建中同學聯絡敘舊，談到核四，發現他們幾乎全部反對，引起我好奇心和鬥志，於是開始寫了幾篇文字，給他們試閱，讀後問答，到第三篇後幾乎全部改變原先看法，有位甚至說：

美華核能微言選集

「幾篇大作都很有說服力，讓我打消計劃遷居台中的念頭。如今台灣被那些天文地理 ” 樣樣通、樣樣鬆 ” 的名嘴們，搞得人心惶惶，也許可將大作寄給各地立委、議員、村里長們。他們為了選舉、婚喪喜慶、應酬跑攤、每天醉茫茫， ” 歹勢歹勢，我無讀冊 ” ；他們的電郵都有公開，我也可以寄一些。」

這些老同學當年都屬「小時了了」之輩，初中聯考高分進入建中所謂「好班」，現為國內知名主治醫師、教授、製造業和電子公司老闆、高管、建築師、藝術家等等，包括後來做過衛生署長的楊志良（那時我們叫他楊不良）。對我講的一點就透，於是信心大增，開始投書網路，反應褒遠多於貶。一來受褒方鼓勵、二來為回應貶方，以至欲罷不能，從三、四到如今第八集，感謝中央電子報、EraPost和台灣能源，還沒厭煩刊登。

貶方有氣沖沖的回應「讓你住核電廠旁邊好不好？」「廢料放你家好不好？」我在核電廠工作了二十幾年，穿過防塵衣，戴過防毒面具，進過炎熱的圍阻體，走近過廢料桶和燃料池旁，至今身體無恙。這些都不重要，更重要的是我也做過最基本的牛頓定律、熱力學、中子遷移、到輻射劑量等計算，有兩招很管用，可解輻射恐懼病：

第一是輻射強度「一呎減十」，對主要的伽瑪輻射線，要用混凝土來阻擋，每一呎厚度就減到原來的十分之一，所以就在廢料桶或圍阻體旁邊，其劑量已算好了，小於人體可容忍程度。第二是「平方反比」，就是隔越遠劑量越小，理論上幾十公尺也就夠了。如放在山洞裏，岩石相當混凝土，兩呎厚就減到百分之一，如此類推。放在遠離民居的地方，幾百公尺外平方反比把原已可接受的劑量降到零下十幾位。遠隔純為政治和心理因素，沒別的道理。附近居民承受的劑量，還是當地天然背景值，如有津貼可領，又何樂而不為？

說穿了其實沒什麼大學問，任何事懂了就不可怕了，這就是做功課的好處。用我同窗老友作試點，這幾集「核四功課」若廣為流傳，說不定反核民調也會從七十幾呎下降到二、三十呎，那麼這勞民傷財的公投也就不必辦了。

三哩島核電廠2010年的相片，左邊是事故後永遠停機的TMI-2機組



核四解套

濮勵志 5/26/2013

五一九第二次反核遊行，聲勢大減。看到沒？所謂停建、直接廢核四廠的訴求，蒼白無力，又回到反對黨的基本面，赤裸暴露所謂核四問題，只是一枚為反對執政黨而反對的煙霧彈。

為了捅穿反核陣營最後的兩大盲點，我這裏再提供直接回應。其一是核安方面對「斷然處置」的質疑，這裏有第一手直接參與的成果，經西屋公司認證、美國核管署批准，紐約州Ginna廠升載17%，並延壽二十年的案例。其二是列舉日本核能界全面復甦，境內營建、境外推銷事實。福島事件後，日本浴火重生，我們卻停建廢核，台灣就那麼差嗎？就此請教國人。

所謂極端情況下「斷然處置」概念，其實早在1979年三哩島事故後，所有電廠通用，叫做Feed and Bleed「餵溢法」或Once-through「一次通」冷卻。美國最近公佈的Diverse and Flexible Strategies「多元可伸縮策略」FLEX，也是同一回事。名目雖多，原理不複雜，就是直接灌水到爐心，讓它冷卻。在福島沒能啟動，是因為喪失了直流電操控洩壓閥和交流電趨動的注水泵。如今台灣四座廠都已補強，「斷然處置」只等原能會核管處審核。

美國ConstellationEnergy公司，位在紐約州的R. E. Ginna廠，在緊急情況下用「斷然處置」法分析結果，經總包西屋公司認證，美國核管署NRC批准，於2006年獲准熱功率，從1550MW提升至1811MW(約17%)，並延壽二十年。西屋DAR-0A-05-6號文件「餵溢法分析報告」七十三頁結論為：

依照「星座能源公司」請求，西屋公司完成R. E. Ginna電廠在設定情況下，用「餵溢法」冷卻的評估結果。該結論為星座能源公司採用其電腦分析程式在兩種熱功率運轉，即現行1550MW、及升載至1811MW後事故結果比對。其目的為獨立評估並明確認證，及時啓用「餵溢法」可成功冷卻，免於核心裸露及損壞。本報告內容按西屋公司WP4.25號「核能服務策略手冊」準備並得到批准，技術上正確地表達電廠預期結果。

其次、台灣總有人深信事事台不如日，日本都出了那麼大的紕漏，台灣一定一踏糊塗，其實大謬不然。幾年前我在台北參加「台日核能技術交流會」，日方報告平均發電天數只有一半（我們有七、八十扒），年均跳機率好幾次（我們不到一次），大家深感意外。我們公司經日方伙伴供應多處國家機構和電廠分析軟件，裝機培訓後久無音訊，詢問日方伙伴，他們用得怎樣？他笑答「日本國家機構和電力公司是不做研究分析的，廠商和顧問公司做過了就夠了」。又說「他們買了不用，需要時再找我們，不是更好嗎？」相較我們台電核安處、核技處和緊執會，核研所核工組、核儀組，和清華許多研究生，都跑程式作分析，多年來完成千百件案例。兩地我都熟悉，至少在核安文化上，我方不輸。

福島後日本官方結論：

「必煩痛苦的承認，這是一個『日本製』的災難，其基本肇因為傳統日本文化：我們對上級盲目的服從，對長官的意見從不質疑，做事固守成規，團隊精神至上，跳不出一個島國的閉鎖心態，造成了此意外。」

但兩年後的今天，且看就在這幾個月內見報的：

一、「大飯」電廠兩台機組已重新發電。

二、耗資兩百億美元的「六所」乏燃料再處理廠，恢復營建，即將完成。並不顧美國、中國大陸和韓國反對，決定生產可做核武原料鈾的混合氧化燃料。

三、完工40%的「大間」和97%的「島根」ABWR廠已恢復營建。

四、奇異和日立得到美國北卡州合約，再度申請ESBWR執照。

美華核能微言選集

五、日立併購英國Horizon公司，申請建造四到六座ABWR。

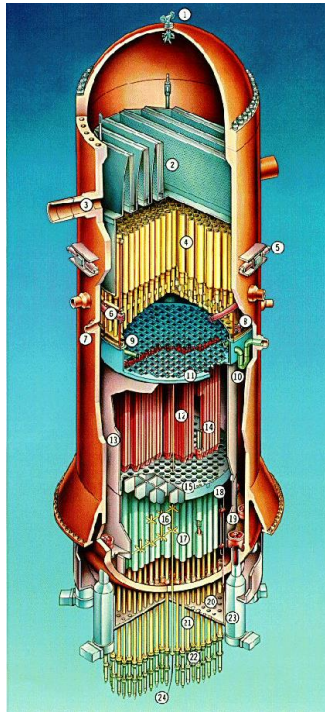
六、三菱與法國合作在土耳其新建四座ATMEA1機組。

七、位在日本西海岸的敦賀電廠二號機地層下發現「活斷層」，預計將被迫永久除役。

以上七條新聞，最後一條最耐人尋味。敦賀二號有「活斷層」，必須永久除役，那兒旁邊的一、三號機，加上全國其餘四十八台，底下沒有「活斷層」的，豈不等補強完工後，指日可復役？

日本人從不諱言島國心態，每每大難後痛定思痛、浴火重生。美商西屋公司早已為東芝所購得，以上歷歷可見他們國內正痛改積弊，補強後再運轉。在國外東芝、日立和三菱全面出擊，搶佔全世界市場。只有我們嚇破了膽，要把所有新的、舊的指日關掉、廢掉，我們真的那麼爛嗎？

當局一再宣示「沒有核安，就不運轉」，可見心中無底，就靠大家幫他打點底氣。我們拿得出鐵板釘釘的評估報告，和普世通行的核安準則。不怕地震海嘯，也經得起同行的檢驗和外行的挑釁。這麼專業嚴肅的課題，需要「瞎子摸象」式的公投或遊行鼓噪來解決嗎？盲目仇日、媚日和哈日都不足取，不如實事求是，學點人家自省再造的長處，長點出息。



恐核病的診斷(上)

江仁台 4/6/2013

一、恐核病的起源

自從第二次世界大戰末期，美國在日本長崎和廣島投下兩顆原子彈爆炸，造成巨大毀滅性的傷亡以來，原子彈在一般人們心中，自然而然深刻的發生了一種談核色變的恐懼症。這是很正常的心理狀態。有識的政治家，就公開承認核武器超級可怕，利用這種對核武器超級害怕的事實和心理作用，做為防止世界戰爭的一種方法。但正因為核武器戰爭的可怕，有些民眾不免把和平用途的核能發電，同樣也認為在核災時，會和原子彈一般爆炸，萬分可怕，於是就產生了恐核病。

1979年3月28日，在美國發生了三哩島核電廠事故，雖無人傷亡，恐核病開始從美國漫延到許多有核電的其他國家。1986年4月26日，在俄國發生了車諾比爾核電廠事故，有36人因核災死亡，噴出的輻射性氣體飄至東歐、北歐和西歐，恐核病在世界多國漫延，達到高潮。2011年3月11日，在日本發生了福島核電廠事故，雖無人因受核放射線照射過量死亡，因地近台灣，恐核病在台灣迅速遭擴大傳染，加速漫延。

反觀美國，在三哩島事故後，初期民間恐核病漫延嚴重，但經核管會、能源部、核能學會與核電工業界30多年共同努力下，核能安全大幅改善，民間恐核病群漸被治癒。即使在最近發生福島嚴重事故後，美國得恐核病的民眾數目不多，核電運作一切如常。

二、恐核病的解析

恐核病顧名思義，就是由對核放射線照射傷害的恐懼，而生的病。恐核病是一種疑心病，由害怕可能遭核災所放出來，可能造成致命的、或重傷身體健康的放射線源照射而起。

在醫院裏接受放射線照射的診斷和治療時，民眾因有醫護人員的照顧，大多不會有恐核症。然而，對核電廠可能發生的核災，台灣民眾大多沒有接受過適當的核能教育，很容易被傳染到恐核病。

日本發生福島事故後，台灣政府缺乏大批有效的核電溝通人才，恐核病在台灣迅速被擴大傳染、加速漫延，反核勢大，衝擊龍門核四廠續建與測試。美華核協同仁們，愛鄉情切，見狀憂心重重，迅速與國內相關單位聯繫，寫文解析核電安全與核廢料處理，出核能微言集，就核電問題與台灣鄉親們溝通，希望盡些棉薄之力以安民心，以防台灣恐核病的傷害、惡化加深。

三、恐核病的診斷

筆者現在將美國公視台的恐核病測試題翻譯於下，供台灣鄉親們測試自己有沒有恐核病。總共有十個測試題，依美國公視台的標準，答對七題以上，才算沒有恐核病。

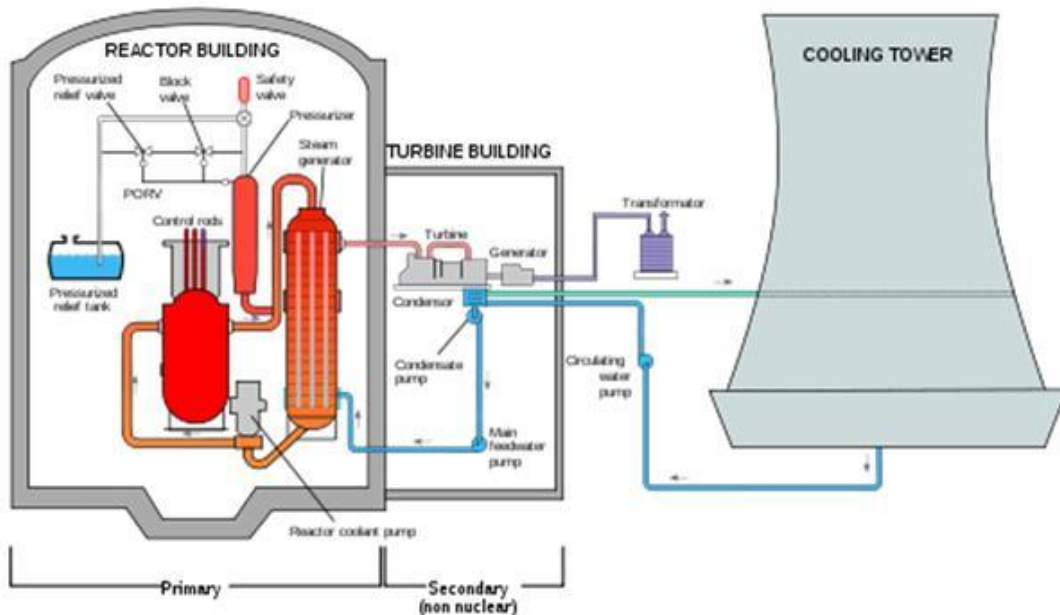
各位鄉親請自行測試，不會答時，可自行查資料，或請教核工專家。標準答案，筆者將寫「恐核病的診斷(下)」，於美華核能微言六集中公佈，並解說。

美華核能微言選集

恐核病測試題 [測試標準] 對1到6題、有恐核病；對7到10題，無恐核病

- ___對___ 錯 1. 所有核材料的高放射線毒會持續幾千年。
- ___對___ 錯 2. 在接受同樣的劑量後，人造放射線比天然放射線更毒。
- ___對___ 錯 3. 人體有能力修補，放射線照射造成的傷害。
- ___對___ 錯 4. 在台灣，大部份人體的癌症是由人造 放射線造成的。
- ___對___ 錯 5. 我寧願住在一個燒煤的電廠、而不是一個核電廠的50公里範圍內。
- ___對___ 錯 6. 核電廠一個主要的危險是，會像核 彈一樣爆炸。
- ___對___ 錯 7. 駕駛在一個載汽油的卡車後面，比 一個載廢核燃料的卡車後面安全。
- ___對___ 錯 8. 平均而言，大眾從核電廠，比在家中從氡氣，照射到更多的放射線。
- ___對___ 錯 9. 自從建造第一座核電廠以來，人造 放射線照射導致新植物和動物品種的產生。
- ___對___ 錯 10. 核電廠附近詳細疏散的計劃顯示，核電廠比其他種的電廠危險。

三哩島核電廠簡介



恐核病的診斷(下)

江仁台 4/14/2013

四、恐核病測試題的答案與解說

1. 所有核材料的高放射線毒會持續幾千年。

錯 – 高放射線核材料的放射線毒衰降得很快，有些半衰期只有幾秒鐘或幾分鐘。

2. 在接受同樣的劑量後，人造放射線比天然放射線更毒。

錯 – 在接受同樣的劑量後，人體的反應是一樣的，與放射線源無關。

3. 人體有能力，修補放射線照射造成的傷害。

對 –

人體是有能力，修補放射線照射造成的傷害。否則，人類在充滿了低強度輻射線源的自然環境中，很難生存。

4. 在台灣，大部份人體的癌症是由人造放射線造成的。

錯 – 大部份的癌症，產生的原因不明。

5. 我寧願住在一個燒煤的電廠、而不是一個核電廠的50公里範圍內。

錯 –

實際上，平常一個燒煤的電廠比核電廠放出的放射線稍微多一點，由於煤煙含有微量的鈾和鈾的放射線同位素。但兩種電廠放出的放射線，都很微量。

6. 核電廠一個主要的危險是，會像核彈一樣爆炸。

錯 –

核電廠永遠不會像原子彈一樣爆炸，因為原子彈使用鈾235燃料的濃縮度高於百分之九十五，而核電廠使用鈾235燃料的濃縮度低於百分之五，操作時又可迅速的將所有中子控制棒插入爐心緊急停機，因此核電是一種可控制的能源。

7. 駕駛在一個載汽油的卡車後面，比一個載廢核燃料的卡車後面安全。

錯 – 偶爾有人會因載汽油卡車意外燃爆而喪生，但從未有人由載廢核燃料的卡車的意外事件中，因接受過量的劑量而死亡。

8. 平均而言，大眾從核電廠，比在家中從氬氣，照射到更多的放射線。

錯 –

平均而言，大眾從核電廠接受到的年放射線劑量低於0.005毫西弗，在家中從氬氣接受到的年放射線劑量約1毫西弗。

9. 自從建造第一座核電廠以來，人造放射線照射導致新植物和動物品種的產生。

錯 – 自從建造第一座核電廠以來，新植物和動物品種的產生率沒有察出的變化。

10. 核電廠附近詳細疏散的計劃顯示，核電廠比其他種的電廠危險。

錯 –

核電廠附近詳細疏散的計劃，是為符合核管法的規定。其他種的電廠，大多沒有附近疏散的計劃，因沒有相關法規的規定。實際上，核電廠的風險，不見得比其他種電廠的風險高。

恐核病的治療

美華核協 江仁台 4/19/2013

恐核病是一種心理病，由害怕可能遭核災所放出來，可能造成致命的、或重傷身體健康的放射線源照射而引起的。主要起因之一是，有民眾認為核電廠在核災時，會和原子彈一般爆炸，萬分可怕，於是就產生了恐核病。

心病須用心藥醫，只要接受適當的核能教育，恐核病就會消失。

一、恐核病的簡易治療

筆者在「恐核病的診斷」一文中，將美國公視台的恐核病十個測試題列出，依美國公視台的標準，答對七題以上，就算沒有恐核病。

因此，倘有讀者自行測試，答對七題以下，只要自行查資料，或請教核工專家，將答錯題的原因想清楚，把觀念改正，重新測試，答對七題以上，就算沒有恐核病了。

二、恐核病的常識治療

恐核病常識治療的方法是，藉增進核電的常識，慎思明辨，知核後就不會恐核，步驟包括：

1. 對核電，不要先有偏見的預設立場。
2. 上谷歌網站，打”核能發電廠”搜尋，就可以找到龍門、金山、國聖、馬鞍山核能發電廠的資料，仔細讀這些資料。
3. 上谷歌網站，打”核電廠事故”搜尋，就可以找到三哩島核電廠事故、車諾比爾核電廠事故、福島核電廠事故的資料，詳細比較這三種電廠與事故的不同處。
4. 上谷歌網站，打”美華核能微言”搜尋，仔細讀「美華核能微言集」的文章。

假如做了這些，相信恐核病就能治好。

三、恐核病的害處

恐核病倘不治療，日日生活在對核災不必要的恐懼當中，會影響正常的生活和社會關係的和諧，對身體健康不利。

恐核病倘不治療，恐核病對身體健康的傷害，將超過核災風險的傷害。因為，心理會影響生理，心存恐懼，當然會影響健康。

四、結語

檢日不如撞日，請患者立刻開始搜尋上述資料，相信很快的就會知到病除。

核電諍言：請實事求是、勿嚇升斗小民 江仁台 3/12/2013

見友人傳來《今周刊》所載：「台灣人，你睡在一萬顆核彈上」、「燃料棒會讓你房產歸零、股票變壁紙」，理由是「燃料棒使用過，退出反應爐之後，外觀仍然不變，而且還會繼續散發熱量，需要放在有循環系統的冷卻水池，起碼存放五年以上，讓溫度慢慢降低。如果沒有冷卻，累積的熱量會促使燃料棒繼續產生核反應，當溫度持續升高，燃料棒就會跟反應爐出問題一樣，散發出大量輻射物質，甚至產生氫爆，演變成無法收拾的核災。」

隔行如隔山，看了這些文字，升斗小民很難用常識判斷。相信的升斗小民，可能會像該文作者一般，被嚇得驚出一身冷汗，寢食難安。筆者認為該文作者也是出於善意的警告，但由於專業不足，誤導結果，可能弄巧成拙。

事實是：

- 核電廠在發生嚴重事故後，會將所有中子控制棒插入爐心，立刻停機。但停機後仍有長時間餘熱放出，停機餘熱為正常運轉功率的7%，一小時後迅速下降至1.5%，一天後降至0.4%，一週後降至0.2%，長時間的繼續下降。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。
- 使用過的燃料棒，仍需放在有冷卻水循環的儲存池中，等燃料棒溫度慢慢降低。如果沒有冷卻，累積的熱量在不通風的儲存池中，會使燃料棒溫度升高。在高溫下，燃料棒包管的鋯金屬可能會和水起劇烈的化學反應，產生大量的氫氣。當大量的氫氣與空氣中的氧接觸後，會迅速燃燒，發生氫爆。氫爆有可能將核電廠外層圍阻體震壞，但不一定會造成燃料棒嚴重損壞。請注意，在儲存池中使用過的燃料棒沒有產生連鎖核反應的環境，也不會繼續發生連鎖核反應產生有害的熱。
- 核電廠使用鈾235燃料的濃縮度低於百分之五，核彈使用鈾235燃料的濃縮度高於百分之九十五，美國製造的台灣核電廠永遠不會像核彈一樣爆炸。

各位看官，在看了上列事實的敘述和解說後，「台灣人，你是睡在一萬顆核彈上嗎？」的答案是不是就呼之欲出了呢？

文學對意境的描述，有許多想像的空間。但科學的描述，卻不能只憑想像，要實事求是，要講求證據，而且有三分證據，不能講五分的話，不然隨意誇張，難免失實。倘誇張過度，更容易造成「失之毫厘，差以千里」的流弊。

在西方科學的領域裏，事實和意見是很不一樣的。此外，倘以「部份事實」當做「全部事實」，也容易造成「以偏概全」的失誤，產生「瞎子摸象」般的情形。

「國有諍臣，不失其國。家有諍子，不敗其家」。謹呈核電諍言，請同胞們核電公投三思。

核電廠的耐震設計知多少？

林超 4/1/2013

編者按：林超先生、現任職於核電安全與風險管理顧問公司

在台灣，反核人士談核電，一向喜歡用錯誤的訊息來嚇唬和誤導民眾。比如說：「0.3g耐震相對地震等級，僅僅只有5級」，「7級應為0.6g」，簡直是一派胡言。

全世界核能電廠的地震設計，都必須考慮和審查過去至少兩、三百年，在整個區域方圓幾百公里內的地震史，不單是斷層或是其他可能造成地震的地層結構。甚至在附近區域裡，不明原因的地震，例如盲斷層，都要考慮。從過去的地震以及區域內的地層結構，來保守的訂出一個可能發生對核電廠有最大影響的地震。從這個對核電廠有最大影響的地震的震源，再來保守的推算出當這個最大地震發生時，在核電廠廠址岩盤的地震加速度。然後，經過土壤與結構物的交互作用計算，估計出來在廠房地基處的地震加速度。這個地震加速度，就是這座核電廠的地震設計基準(Design basis earthquake)，又稱為安全停機地震(Safe shutdown earthquake)。

依據地震設計基準，結構工程師再用廠房的電腦模型，來計算廠房各個樓層的受力大小，來作廠房及設備的設計。所有的這些地震和結構計算，包括從地震的震源到廠址岩盤，從廠址岩盤到廠房地基，從廠房地基到廠房樓層，都是非常的保守。

福島第一核電廠六個機組的地震設計基準是0.42g到0.50g，包括有兩個水平方向和一個垂直方向。2011年3月11日的9級大地震發生時，在福島廠址偵測到的最大地震加速度只有0.56g。可見9級大地震也只在福島廠房造成0.56g的地震加速度。在核電廠址的最大地震加速度，不但和地震的大小有關，也和地震震源的距離以及地震的深度有關。雖然0.56g的地震加速度，超過其中一個方向的地震設計基準，福島核電廠的廠房及設備都完全沒有被地震震壞，這都是因為我們前面講到的非常保守的設計計算。依據最近美國電力研究所，用更精確的電腦模型計算，電廠廠房設計的保守度，可能有10倍以上。

所以，雖然核一廠的地震設計基準是0.3g，核二，三，四廠的地震設計基準是0.4g，它們的耐震度絕對是能抗得住，在整個區域內可能發生的最大地震。再說，過去30幾年以來，台灣不知道經歷過多少次6級以上的地震，我們的核電廠一向都是毫髮未傷。這都是核能法規的要求，以及保守的設計實務，造成了核電廠從頭到腳，混身都充滿了“安全餘裕”。而不是像有些反核人士所說的：「同紙糊一般」。

解說：“g”是重力加速度， $1g = 9.8$

牛頓/公斤。地震力是向量，在三度空間，地震力可分解成兩個橫向(東西橫向與南北橫向)分量和一個縱向(上下縱向)分量。在福島核災，最大地震加速度是0.56g，發生在東西橫向。

核廢料處理的三大法寶——固化、乾儲存、廢燃料再處理

江仁台 3/29/2013

在龍潭的核能研究所，1998年研發成的高效率壓水式核污染廢液固化技術，獨步全球，獲得美、日、法等十多個國家的專利。使用這種固化技術後，馬鞍山核三廠每年由以往的四、五百桶的核污染廢液，1999年驟降為34桶固化核廢料。在技術繼續改進後，2002年更降至17桶，使該廠成為全世界核廢料總量最少的核電廠。

在核電爐中，主要的核燃料是鈾235，鈾235是一個核種(nuclide)，鈾代表化學元素，235代表質量數，是核裡中子數與質子數的總和。鈾235在吸收中子後，會產生核分裂，每次核分裂，鈾原子核會裂成兩半，產生兩個不穩定、比較輕的原子核，被稱為核分裂產物(Nuclear Fission Products)，最有名的核分裂產物是碘131和銻137。不穩定的核分裂產物會連續衰變，放出約一百萬電子伏特左右高能量的Beta 粒子(電子)和Gamma射線(高能量光子)。核電廢料含有許多這類核分裂產物，於是這類核分裂產物成了核電廢料的主要(大於95%)放射源。另一類放射源是中子活化產物(Neutron Activation Product)，是核電爐中核燃料以外的材料，在吸收中子後產生的，最有名的中子活化產物是鈷60。這些核分裂產物和中子活化產物，各有不同的半衰期，譬如碘131的半衰期約八天，銻137的半衰期約30年，鈷60的半衰期約五年。

核電廢料中，最強的(大於95%)放射源是燃燒過的核廢燃料，最大量的放射源是核污染廢液。因此，核能研究所發明的高效率壓水式核污染廢液固化技術，將馬鞍山核電廠每年由以往四、五百桶的核污染廢液固化成17桶，是了不起的大成就，是一大法寶，日本人也來取經學習應用。

核電廢料分為高、中、低放射性三類，高、中放射性的核電廢料(主要是燃燒過的核廢燃料)量較少，放在核電廠內儲存。低放射性廢料(包括核污染的廢樹脂、廢液固化物、殘渣、衣物、零組件等)量較多，須運往核電廠外(如蘭嶼貯存場)儲存。與大眾健康有關的，主要是低放射性廢料的儲存。

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，此外會受到地形的影響。台北市為盆地，與國聖核二廠和金山核一廠隔著高聳入雲的大屯山群，與龍門核四廠也隔著高聳的獅球嶺山群做天然屏障，比福島核電廠與東京市間一片平原、無屏障的地形，要好得非常多。放在核電廠內儲存的核電廢料，對住在台北盆地的台北市與附近新北市居民的健康，因有高山屏蔽，加以距離遙遠，不會有影響。

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(Maximum permissible concentration)，對健康就沒有壞的影響。

停機後，燃過核廢燃料放射的強度與餘熱成正比，為正常運轉時的7%，一小時後迅速下降至1.5%，一天後降至0.4%，一週後降至0.2%。這些核廢燃料須放在儲存池五年，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。核電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。

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，是新技術，也是一項大法寶。同樣，核污染廢液固化後，容器比較不會被腐蝕，而且也可以乾儲存，不會造成地下水污染。

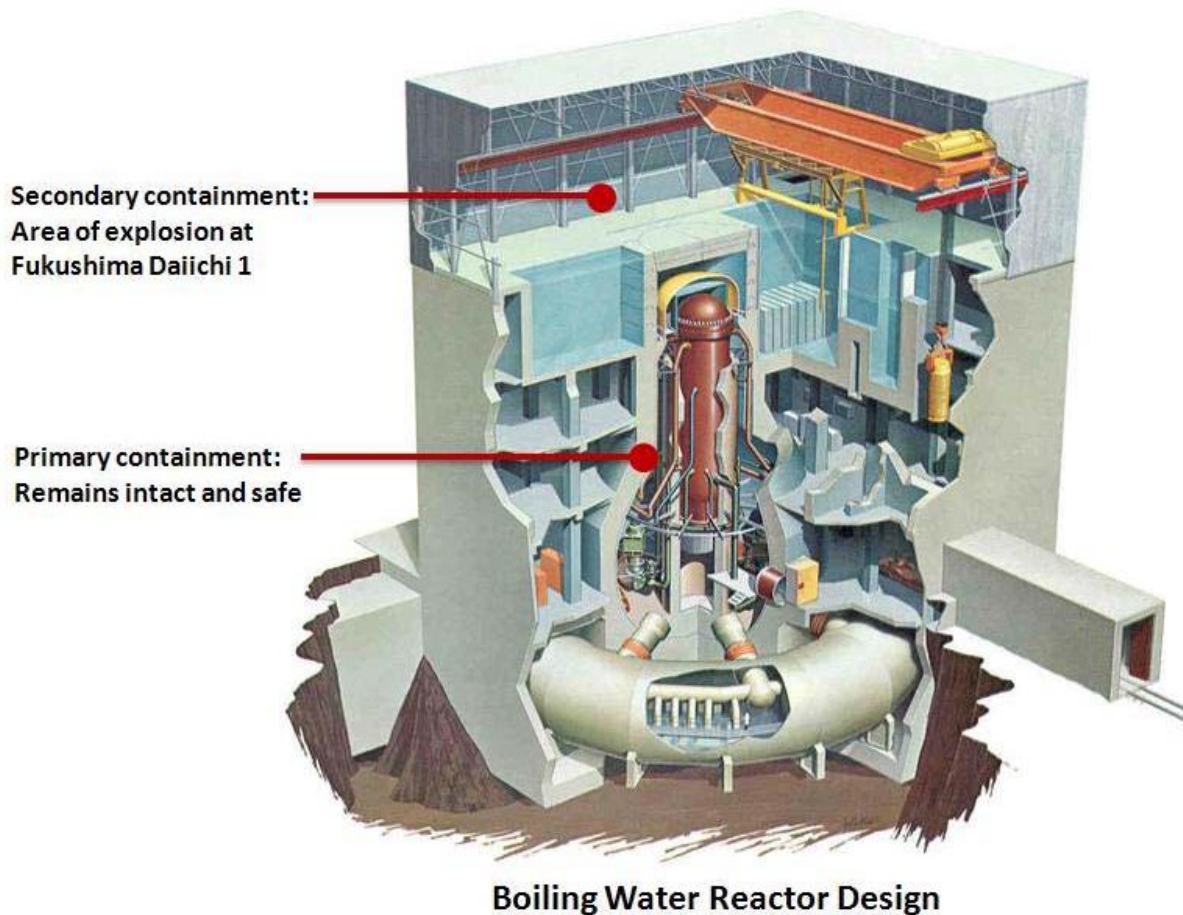
美華核能微言選集

低放射性核電廢料在固化量大減後(儲桶量減至低於原來的二十分之一)，又可乾儲存，不會造成地下水污染，因此選低放射性廢料儲存場地就比較容易。

以後，核廢燃料還可送到法國或美國再處理，取出有用的鈾，做成核燃料再燒。這種核燃料，有別於原來的鈾核燃料，叫做鈾鈾混合核燃料。目前，法國核廢燃料再處理的技術比美國的好，因為法國的核能發電量，佔該國總發電量的百分之七十九，有許多核廢燃料須要再處理。這種核廢燃料再處理的技術，可解決核廢燃料長期儲存的問題，所以也是大法寶。

有了固化、乾儲存與核廢燃料再處理，這核電廢料處理的三大法寶，加以人體對微量輻射線的傷害，有抵抗和修補的能力。因此，大眾對核電廢料的處理，就可以放心了。

福島電廠一號機GE第三代沸水式核反應器



風險管理與核電風險

林超、江仁台 3/24/2013

編者按：林先生現任職於核電安全與風險管理顧問公司

近日，龍門核電廠的辯論經常討論到核電廠可能會造成的災害和風險。大家都知道我們在日常生活中經常必須面對各種風險，譬如每天晚上睡覺時，不知道是否第二天早上會醒過來，當我們吃東西時，也不是百分之百的確定不會噎死，我們外出的時候，有可能會在一宗交通意外中喪生。那麼，在日常生活中，我們應該如何應對各種在身邊的風險？通常我們會盤算風險的大小，然後設法去控制必須承受的風險，對於非常小的風險，因為它影響的程度很小，就不去管它，也就是說我們會接受這個風險。如果風險高於可以接受的程度，我們就會找方法去降低風險。例如，我們會更小心的去駕駛，讓風險降到最低，以減少出車禍的可能。當風險無法控制時，我們就使用其他方法來轉移風險。譬如，我們買保險來支付可能因為地震或火災造成的財物損失，這就把風險轉移給了保險公司。

每一種工程設施、技術、或活動，都會涉及一定程度的風險，有的是安全上的風險，有的是技術上的風險，也有專案執行的風險，營建成本可能會超出，進度也可能落後，還有社會風險，法律風險等。但是，我們必須控制這些風險。對於一個工程的設施，風險的掌控必須考慮其使用期間所有的階段，包括設計、測試、製造、運行、維護等。由於沒有任何活動和設施是絕對零風險的，怎麼去決定什麼程度的風險是可以接受的呢？我們必須比較風險的大小，然後做選擇。

在今天的社會，需要使用各種不同的技術，去維持我們生活的方式。有些項目可能比其他項目會涉及更多的風險。例如，我們在日常生活中，使用的各種化學產品的原料，是安全的嗎？答案是，都不是百分之百的安全，但只要是足夠安全的，我們就可以接受。

與核電廠的安全相比，化工廠不見得更安全。譬如，1984年聯合碳化物公司在博帕爾發生的工廠事故，官方公佈的死亡人數超過2200名。煉油及其他石化廠的爆炸與火災意外，每隔幾年，也會發生一次。此外，在日本大地震所產生的超級海嘯，造成25000人因遭海嘯襲擊死亡，卻沒有人有因遭福島電廠核災輻射過量而死亡和受重傷的報導。

在核能發電五十多年的期間，發生了1979年美國的三哩島，1986年俄國的車諾比爾，和2011年日本的福島三大電廠核災。這三大電廠核災可分為兩類，一類是美式（三哩島與福島）電廠核災，另類是俄式（車諾比爾）電廠核災。兩類的差別是，美式電廠核災無人因遭輻射過量而死亡和受重傷，而俄式電廠核災有31人直接死亡，5人間接死亡。美、俄兩類電廠核災的結果，比較起來有天壤之別。主要原因是，當時在俄國不注重人命，核能電廠設計的安全度與運轉的管制，有嚴重的缺失，以致造成巨大的人禍。除了前述的三大核災外，其他核電廠運轉都相當安全。

台灣的所有核電廠是美式核電廠，絕對不會發生俄式核電廠的災難。台灣有反核人士誇張的說，台灣的美式核電廠會產生俄式電廠的悲慘核災，是不正確的。

全世界各類電廠自1969年到2000年死亡人數的統計比較是，燃煤電20259人，燃天然氣電2043人，水力電30014人，核電36人，燃油電和風力電沒有記載。（資料取自worldnuclear.org網）。這核電的36人，是俄國的車諾比爾核災死的。看了這些統計數字，難怪美國反核的民眾已經很少了，因為核電的風險是可以管理的。

台灣的鄉親們也請上網查查看這類資料，看完後對核電就會心安的。

核災風險的迷思

林超 4/4/2013

編者按：林超先生、現任職於核電安全與風險管理顧問公司

很多監督核電的人士，喜歡只強調可能發生的最嚴重後果，卻不提最嚴重後果到底有多大發生的可能性。然而，當須決定風險可否接受時，我們不但要看可能發生的後果及其嚴重度，還應該檢視發生的可能性有多高，以及對後果及可能性的評估，有多大的不準度。任何人，只要是僅大聲疾呼可能發生的最嚴重後果，而不去談各種嚴重後果發生的可能率，都極有可能，變成去誤導民眾。

就可能發生後果的嚴重性而論，有很多其他天然和人造的事件，會造成比核電事故，還要嚴重的後果。比方說，地球可能因為被殞石撞擊而局部毀滅。1908年，墜落到西伯利亞Tunguska的殞石事件，把一片兩千多平方公里的地方完全夷為平地。今年二月十五日，墜落在俄國Chelyabinsk的殞石，如果不是在地球上空25公里處就先爆炸的話，它可能造成的後果，也是會相當嚴重的。今年二月中，另外一個近距離略過地球的殞石，如果當時它擊中地球的話，可以毀掉一整個城市。雖然殞石撞擊地球，會造成非常嚴重的後果，我們還是接受這種嚴重後果的風險。這並不是因為對於殞石撞擊我們完全束手無策，對於小的殞石，我們可以強化建築物屋頂的結構，對於大的殞石，我們可以廣建地下防空洞，根據美國太空總署的殞石預報，我們可以在殞石襲擊之前，躲入地下防空洞。我們沒有這樣做去降低風險，主要是因為地球被擊中的發生頻率小於一億年一次，發生的可能性非常的小。

回過頭來再看龍門核四廠的安全風險，核四的沸水式進步型設計是比任何一個目前正在運轉的美國核電廠都安全。在美國三哩島核電事故以後，美國核工業界花了極大的精力去改善核電廠的運轉、維修、設計以及事故發生後的安全。每一個核電廠都做了非常詳細的風險評估，由這些分析中，找出了許多可以降低風險的改善方法。核四的設計就已經吸取了所有這些改善的經驗，這就是為什麼它被稱為進步型核電廠的原因。同時，核四的設計也經過了美國核能管制委員會，長達十年的設計審查與驗證，將它所有可能會出錯的地方，都找出來做改善，一直到它的風險降到極低為止。因為過去30年的持續改善，美國目前還在運轉的核電廠風險，比三哩島核電事故發生時，已降低了10到100倍之多。而核四的風險，又比美國目前運轉的核電廠還要低很多，它可能發生核災事故造成爐心熔損的頻率，小於十萬年一次。

此外，爐心熔損後，輻射塵還不會外洩入空中。因為，熔損爐心的外面，還有反應器包封容器和電廠的圍阻體的兩重保護。只有在反應器包封容器熔穿，和圍阻體功能也損壞下，輻射氣體和微塵才會外洩。因此，龍門核四廠可能發生核災事故輻射外洩空中的頻率，更遠小於一百萬年一次。

媽媽聯盟與馬總統會談時，提到核一和核二廠因離台北市都在30公里以內，分別被「自然雜誌」列為全世界上比較危險的核電廠之一。當時在場的清華大學核工所所長喻冀平教授指出，「自然雜誌」不能只用距離來衡量核電廠的危險性，還要看核電廠本身的安全度以及廠外的地形和風向。

核一，二，四廠和福島電廠，有一個很大不同的地方。福島電廠附近是平原，和民眾居住與工作的城鎮，中間沒有任何天然屏蔽，而核一，二，四廠和台北市之間，卻有山可做天然屏蔽。核四廠和台北市之間的山，最高處達500公尺以上，這樣的天然屏蔽，當然會擋住大量的輻射塵，何況輻射外洩時的風向，不見得就朝台北市吹。所以，當我們把天然屏蔽和風向考慮進去，核一，二廠和台北市之間的等效距離

美華核能微言選集

(effective/distance)，就超過了安全的距離。因此，原能會規定最遠16公里緊急應變的疏散區，是適當的。

或許您會問，既然美式的核電廠這麼安全，為什麼還會發生福島核災事故？這主要是因為日本和美國與台灣核電廠的營運文化差異。美國和台灣許多年以來，一直在兢兢業業的做風險評估，然後用評估出來的結果做安全改善。例如，台電的風險評估結果，曾經顯示喪失廠外的交流電源供應，是一個很重要的風險來源，結果，台電就在每一個核電廠加裝了一台獨立、而且是不同設計的柴油發電機。這台額外的柴油發電機，在2001年核三廠喪失外接電源的事件中，發揮了極大的功能，避免了一個因長時間喪失交流電源，可能發生的事故。相反的，雖然日本核工業界的設計，製造，與建造的能力非常強，但是，日本核電廠比較不信任風險評估的結果，也就比較不用風險評估的結果去做安全或設計的改善，他們比較執著於原廠的設計。其實，他們早就知道可能發生的最大海嘯，會超過5.7米的海嘯設計基準，但是他們卻一直沒有更改海嘯設計的基準，也沒有加高防海嘯的圍牆。同時，由於長期以來，日本侷限於比較僵化的法規文化，福島核電廠在事故發生後的反應措施，也是相當僵硬的，以至於錯失緩解事故的時機。相對的，美國與台灣的核電廠，就不斷的從核電業界發生的事件中，吸取經驗和尋求改善。比方說，福島核災後，台電很快的就研發出來「斷然處置」措施，以便在發生最嚴重的事故後，能夠確保公眾的安全。事實上，近年來，台灣核電廠的運轉績效，在全世界核電廠上是名列前茅的。

台灣核能業的從業人員，一直都在努力的克盡職守。當然，他們也希望同時能夠確保家人的安全。在權衡了核災的風險，我們也需要考慮經濟的風險，同時還要顧及到對環境的衝擊。畢竟，我們也不希望自己的子孫，將來必須靠去鄰國打零工度日吧！



核安是核電文化的核心

滄海君 7/15/2013

編者按：作者現任職於美國核能公司

兩個多月前，回台參加筆者清華大學畢業四十年的校慶典禮，接著參加同學們舉辦的四天花東旅遊。第一天早上的行程，是參觀台電的龍門核四廠，順便給在龍門服務的校友們加油打氣，下午的行程是坐遊覽車到花蓮的中部橫貫公路。抵達太魯閣，高山千仞，景色依舊，大夥沿著溪邊步道欣賞風景，忽然間香煙撲鼻，一群人擦肩而過，吵吵鬧鬧，喧囂如市，原來是大陸遊客，希望台灣的環境與文化，能使他們有些潛移默化。

自強不息，厚德載物是清華校訓，四年的住校生活，目的是培養高瞻遠矚、心胸寬擴、治學嚴謹的清華人。不同的文化，能造就不同氣質的人才。

三十多年前，在田納西州的OakRidgeNationalLaboratory，做博士論文以及博士後研究。這個地方是第二次世界大戰製造原子彈的重鎮，有一天早上抵達辦公室，看到牆上的鐘慢分了，心想舉手之勞用手一撥就完事了，我的室友也是論文指導老師之一，告訴我勿輕舉妄動，他已經打電話報告服務組派人來修護，原來工程師、技術員、以及工人的職責都不一樣，做每件事都要遵守規則，千萬不要越俎代庖。

拿到學位後，第一個正式工作是在馬利蘭州，華府近郊的勝家(Singer是以縫衣機出名的公司)，設計核能電廠的模擬機。曾有兩年半的時間開車到紐約州的IndianPoint核能電廠長期出差，有一次我們要調整辦公室的座位，工程師的文具並不沉重，其實自己簡單搬動就完成了，何況我們地處偏僻，也不會被人撞見，但是我們的組長還是堅持遵守規章，等工會員工來搬動吧。這就是核能工業的文化有別於其他行業，眾人生而平等，職業無貴賤之分，互相尊重職責。

核能電廠的管制非常嚴格，從硬體上來看，它通常位於偏遠人口稀疏的地方，四週有高牆圍起來，還有荷鎗實彈的警衛，戒備森嚴。每一個建築物的設計都要特別加強，除了堅固耐久，還要考慮地震、海嘯、颱風、龍捲風、風雪暴雨、水災、火災、以及飛機和不明物體的衝擊。核能電廠圍阻體的結構，可以算是人類有史以來最堅固的建築物之一。廠裏的機械設備都是特別設計，有各種安全規格來分類，零件的採購只能向有執照，特別認證的供應廠商買。施工建築的過程，機械設備的組合，管道的佈置，都經過嚴密的施工，以及品質管制部門的安全檢查通過，施工單位必需具備合格的執照。為了保護員工，廠房也分為輻射線管制區域，以及非輻射線管制區域。從軟體上來看，除了遵守美國核能管理委員會 Nuclear Regulatory Commission (NRC) 的各種規章，由於核能電廠涉及多種領域，包含核子工程，機械工程，電機工程，化學工程，及土木工程，因此每個領域的法規和標準 (Codes and Standards) 都必需遵守，舉凡美國核能學會，美國機械學會，電氣和電子工程師學會的各種標準以及規章，尤其是關於鍋爐和高壓容器，以及高壓管道的準則。從安全措施上來看，採取雙重或是多重設計，層層疊疊，將出事的或然率降低到最小值。

核能文化跟一般文化一樣，是與時俱進，不斷地改進，自從美國第一個商業核能電廠Shippingport Atomic Power Station在匹茲堡附近，於1958年開始運轉，其餘一百多座的核能電廠，大部份都是1970年代初期破土興建，到了1970年代末期以及1980年代，陸續商業運轉。經過1979年的三哩島核電事故，整個行業痛定思痛，由核管會帶頭，改進安全措施，督導所有電廠跟進，不但安全紀錄提升，連跳機率也逐年減少。據統計世界上所有的工業，美國的核電安全紀錄都是名列前

茅，以 2008 年為例，每 200,000（人-小時）的出事率是 0.13，比 2005 年的出事率 0.24 更為減少，製造業的出事率是 3.5，而一般私營工業的出事率是 1.3[1]。

所謂核能文化就是強調安全的文化，這是核能公司全體員工由上至下，一齊認同的核心價值和行事準繩，其重要性凌駕任何其它任務，以此確定人員以及環境的保護。所有的行為強調誠實，公開透明，有軌跡可尋，根據這個準則，訂有下列一些措施：

1) 員工聘僱：

國家的興盛以人才為本，公司的素質也取決於員工的人品和學歷經驗，聘僱前的學歷直接去學校查證，經歷就打電話到過去所有任職的人事處或單位經理尋問。接到聘書時，首先去驗尿檢查，確定沒有吸毒。公司報到時，先接受一至二天的職前訓練，上班期間不斷加強訓練，尤其在品格操守方面更是耳提面命，嚴格禁止吸毒、酗酒、偷竊、盜版、歧視、侮辱、賄賂、偷工減料、股票內線交易…等等，以及其它違法行為。

2) 品質管制與保證：

自從日本車打入美國市場起，在1980年代初期，朋友中買日本車的人寥寥無幾。然而目前街頭巷尾，日本車觸目皆是，甚至於獨霸全球，品管部門逐漸得到應有的認識與器重。尤其核能工業的安危，直接影響大眾健康以及環境污染，因此特別注重品質管制與保證，不但規章嚴格，而且執行審慎，深具權威。

3) 程序書 (Procedures)：包羅萬項，是所有行事的準則，舉凡設計、分析、

計算、審核、施工、採購、組合、檢驗、試車、運轉、維修，都有詳細的說明步驟。員工必需遵守程序書。

4) 設施配置管理 (Configuration Management)：

在整個電廠運轉週期，致力於保管更新所有設計資料，以及安全信息。對於電廠維修的永久性或暫時性措施，若有影響運轉安全，必需提供確切的功能保證。特別要注重正式文件的管理，對於結構設施，系統和組件的設計，要求持續性的維護。

5) 使用於科學分析或是工程計算的電腦程式，包括其硬體和軟體都要嚴格管理，以確保其精準度並且能重新複制的結果。

6) 文件資料管理 (Record Management)：

所有的設計、分析、計算、審核、各種工程圖、邏輯圖、施工圖、通訊文件、公文，幾乎所有文件都要正確妥善處理。管制的方法很複雜，恕不詳述。

7) 糾正行動方案 (Corrective Action Program)：

將所有的錯誤經驗紀錄下來，以確保安全和保安問題的，及時和有效的矯正，並防止其再次發生。經由建立此方案，相關程序書，以及控制程序的措施，達成有關安全的信息進行必要的保障。要建立並實施相關程序，有正式的流程管理，要求工作人員必須遵循，以確保安全和保安問題能夠，及時和適當識別、報告、記錄、跟踪、趨勢、意義、並評估因果因素，利用糾正措施、追蹤問題，以便確保實施和評估的完整性及其有效性。本方案還按照既定程序進行定期，獨立的評估。

8) 核安意識的工作環境 (Safety Conscious Work Environment)：

鼓勵員工提出任何有關安全的質詢，或遇到危險馬上停工，保證不會因而受到報復，引起歧視，影響考績或是解僱。員工有多種管道提出疑問，直接上司，或是越級報上，或是直接報告核管會。書面或口頭報告或是上網，有免費電話提供，並且保密。這是核安文化很重要的一環，而且是公司的核心價值觀。

9) 教訓的吸取 (Lesson Learned and INPO[2])：

經驗與教訓，是人類進步的主要原因。1979年的三哩島核電事故，促成核電運行研究所 (INPO) 的創建。為了達成最高水準的安全性和可靠性，並且在商用核電廠的運作精益求精，

美華核能微言選集

一個不以營利為目的的組織(核電運行研究所)，在1979年12月成立，總部設在亞特蘭大。這個組織專門協助電廠培訓和認證，系統和設備的評估，方案和程序的評估，並且檢討任何重大事故，經由信息交流和出版刊物，溝通整個核電產業的經驗教訓，並尋求最佳途徑。

雖然以上的介紹是美國核能工業界的寫照，台灣的核能工業界應該沒有很大的區別，因為核能安全是全球化的目標，而且台灣的核能電廠是從美國全盤接收。科學與工程都是人類經驗的累積，核能電廠的設計與運作將愈臻完善。如果捨棄核能，有限的化石能源終有用盡的一天。

許多反核人士，從來沒有在核能工業界上過一天班。隔行如隔山，你能相信他們的話嗎？有些人拿了核工學位，但從未受過核安文化的洗禮，卻說普通常識就足以反核，你能信服嗎？

機械工程師不會修理汽車，很正常。會修理模擬機，但是不會操作模擬機，紅紅綠綠的指示燈，使人眼花繚亂。如果不按操作程序，連打開一個閥門，啟動一個馬達，都沒有辦法。面臨知識與資訊爆發的時代，批判不同行業，無異於隔靴搔癢或瞎子摸象。

專業問題，最好留給專業人士解決。假如凡事公投，那麼要領導人做什麼？假如不服從領導人，那麼選舉是為什麼？

台灣如學德國廢核，屆時電價飛漲，住宅用電費漲四倍，工業用電費漲兩倍[3]，你能接受嗎？

媽媽監督核電廠聯盟以“拒絕危險核電，守護孩子未來”為宗旨，如果真要守護孩子未來，就應該駕馭核電，把地球有限的化石資源留給後代子孫。奉獻完家庭以後，行有餘力，若想要繼續奉獻社會，與其監督不了解的核電，不如去參加女權運動，或是世界保護動物組織，較有意義。

註：

[1] Wikipedia百科全書

http://en.wikipedia.org/wiki/Nuclear_power_in_the_United_States#Safety_and_accidents

[2] 核電運行研究所Institute of Nuclear Power Operations (INPO)

<http://www.inpo.info/>

[3] 國際能源總署 (International Energy Agency, IEA) Electricity Information, 2012 Edition

<http://ppt.cc/L2-7>

低輻射劑量對人體有害、還是有益？ 江仁台11/2012

一、日常生活中的輻射源

人們日常生活的自然界中，高空中有許多來自太空的宇宙射線，地上有許多來自空氣、地表和建築物的天然輻射線，人體細胞內有許多會放出輻射線的鉀-40和碳14。此外，在醫院照X光片時會X光遭輻射，在發生嚴重事故(如福島核災)後的核能電廠外洩入空氣的落塵中，有以碘131為主、會放出輻射線的氣態核分裂產物。除X光外，這些微量輻射線大多是不穩定的原子核種衰變(nuclear decay)後放出的產物，這些產物可分為三類，第一類是Alpha粒子，第二類是Beta粒子，第三類是Gamma射線。當初發現這些輻射產物，不知道它們是什麼，因此按發現先後順序以希臘字母命名。後來alpha粒子被確認是氦核，beta粒子被確認是電子，gamma射線被確認是一百萬電子伏特(1MeV)左右的高能量光子(電磁波粒)。醫用X光源大多是鎢原子靶被高速電子束撞擊後放出的輻射線，也是高能量光子，能量可由數千到數百萬電子伏特，隨電子束的加速電壓而定。可見光是低能量光子，能量只有數電子伏特。

這些放射之所以被稱為輻射，是因為放射源是很小、很小的一塊，這很小、很小的一塊放射源，自遠距離觀察就好像一點放射源，從這點放射源放射出的粒子和光子，有如車輪輻條自車軸撐出般的射出，因此被稱為輻射。由於是點放射源，輻射的強度與距離平方成反比。譬如日本福島距台灣很遠(大於一千公里)，落塵飄到台灣，輻射強度已小到測不出來(飄到台灣的輻射強度，小於在日本距福島事故電廠一公里處輻射強度的一百萬分之一)。此外，碘131的半衰期為八天，衰減得很快。換句話說，倘落塵從福島飄到台灣須八天，落塵中碘131的輻射強度，已衰減為當初的一半。

二、背景輻射劑量 (Background Radiation Dose)

輻射劑量的單位是Sv(西弗)，1Sv相當於1公斤的人體經X光或 γ 射線照射後，吸收1焦耳的輻射能量。最低安全標準是，每人每年接受的輻射劑量不能超過 50 mSv(毫西弗)，而且一年中任何一季人體接受的輻射劑量不能超過 25 mSv。

人們每年所得平均的背景輻射劑量約為 3.012 mSv，分類於下：

1. 自然輻射劑量-- 2.40 mSv，包括空氣劑量 1.26 mSv、人體內劑量 0.29 mSv、地表劑量 0.48 mSv、宇宙射線劑量 0.39 mSv。
2. 人造輻射劑量-- 0.612 mSv，包括醫療劑量 0.60 mSv、落塵劑量 0.007 mSv、其它劑量 0.005 mSv。

三、台灣輻射鋼筋屋事件、居民健康追蹤檢查報告

大家倘不健忘的話，應記得二十多年前，台灣有鬧得沸沸揚揚的輻射鋼筋屋事件，原子能委員會曾有主管因管理不周而丟官。基於輻射線對人體有害的認知，原能會每年都對輻射鋼筋屋居民做健康追蹤檢查。二十多年過去了，發現輻射鋼筋屋居民的癌症死亡率較他處居民低非常多，這樣的追蹤檢查結果十分有趣。

根據三軍總醫院核醫部陳維廉醫師團隊的研究報告[1, 2]，輻射鋼筋屋使用了在原子爐長期照射過含鈷60的鋼筋，總共約1600戶，大部份在1983年建成。鈷60的半衰期為5.27年，每次衰變會放出1.17 MeV和1.33 MeV的gamma射線。

1992年，原能會開始對輻射鋼筋屋居民做逐年健康追蹤檢查。經過二十多年的衰變，2006年時大部份居民所得輻射鋼筋的劑量為 1 到 5 mSv。

1996年12月，原能會對輻射鋼筋屋居民做該年健康追蹤檢查的報告記載[1]，估計百分之二十該地居民接受5mSv到160mSv輻射鋼筋的劑量，其餘的該地居民接受低於5mSv輻射鋼筋的劑量，該地居民該年接受輻射鋼筋平均的劑量為13mSv。倘用鈷60的半衰期往回推算，1983年該地居民該年接受平均輻射鋼筋的劑量約為 74 mSv，再加上背景輻射劑量 3.012 mSv，總共劑量約為 77 mSv，超過規定的每人每年接受的最低安全輻射劑量 50 mSv。

1996年2月，對癌症病人死亡率追蹤統計的報告記載[1]，輻射鋼筋屋居民的癌症病人死亡率為每10萬人每年3.5人，其它地區一般居民的癌症病人死亡率為每10萬人每年116人，輻射鋼筋屋居民癌症病人死亡率只是其它地區居民癌症病人死亡率的百分之三。這樣的追蹤結果顯示，低輻射劑量對人體抵抗癌症非常有益。這樣的追蹤結果，與一般輻射劑量對人體有害的認知相反，十分有趣。

四、日本Sakamoto醫師低輻射劑量癌症治療的經驗

日本Sakamoto博士醫師（MD, Ph. D.）自1975年開始，三十多年從事輻射劑量癌症治療（oncology）的工作與研究，他以6 MV X-光，分別用 100 mSv、每週三次 或 150 mSv、每週兩次低，連續五週，低輻射劑量治療癌症病人，他治療研究的結果顯示，低輻射劑量不但能治療癌症，還可增加病人對癌症的免疫力 [3]。

五、輻射鋼筋屋事件與Sakamoto低輻射劑量治療的比較與分析

台灣輻射鋼筋屋事件與日本Sakamoto低輻射劑量治療的放射源雖不同，一為輻射鋼筋鈷-60連續放射源，一為X-光機間歇放射源，但放射出來的都是高能量光子，一為 1.17 MeV和 1.33MeV的 γ 射線，一為6MVX光，而且都屬低輻射劑量，對人體的輻射反應類似，因此對癌症病情的影響也類似，都顯示gamma射線和X-光的低輻射劑量對人體抵抗癌症有益。

從輻射生理學分析，這個與一般輻射劑量對人體有害相反的結果還是有道理的，因為癌細胞是分裂很快的細胞，而分裂很快的細胞受輻射線的破壞比正常細胞較大，這也是使用輻射線治療癌症的原理。我們人體多少都帶有少量的癌細胞，低強度輻射線除可殺傷這些少量的癌細胞外，對正常細胞的破壞力較小，因而降低癌症的得病率和死亡率。

其實，人體對微量輻射線的傷害，有抵抗和修補的能力，否則人類在充滿了低強度輻射線源的自然環境中，很難生存。

六、低輻射劑量效益普遍性的商榷

陳維廉醫師團隊與Sakamoto醫師的研究報告，都將他們低輻射劑量對人體抵抗癌症有益的結論，很樂觀的推廣到核電廠事故溢出放射源的照射效應上。這種推論，筆者認為有待商榷，原因說明於下。

輻射鋼筋屋事件的輻射鋼筋鈷-60與癌症治療的X-光機放射源，都是人體外的放射源，放射線為 γ 射線和X光子，放射線輻射的強度大致與距離平方成反比。

核電廠事故的放射源是核分裂產物和中子活化產物，這些產物平時被限制在核燃料包管中。當核電廠發生爐心失水的大事故，爐心核燃料包管因無冷卻水冷卻、溫度上升太高熔裂後，具放射性的核分裂產物和中子活化產物，自核電廠溢入空氣中和溶入地下水中，便成了核污染空氣和核污染水源中的放射源。倘這些核污染的空氣和水放射源被吸入或食入人體，則變成了人體內的放射源，對人體器官接觸或非常近的照射，破壞度比人體外的放射源大、也複雜得多，因此核電廠近距離危險區內不能有居民，大核災發生後緊臨危險區外的居民須緊急疏散。由於污染空氣和水放射源的強度大致與距離平方成反比，身在安全距離外的居民就

不須疏散。不須疏散的準則是，該地具放射性的各種核分裂產物和中子活化產物在空氣和水中的濃度，不超過該產物在空氣和水中的最大容許濃度（maximum permissible concentration）。

人體內放射源的照射效應，比人體外放射源照射效應複雜的現象，可由下例解說。碘-131在人體吸收後、會集中在甲狀腺，局部放出β粒子照射，同時碘131也會經由大、小便排出體外。因此，人體外放射源低輻射劑量對人體抵抗癌症有益的結論，不能直接推廣到核電廠大事故溢出、進入人體內的放射源的照射效應上。

這裏附帶要強調一點的是，除了核燃料包管外，核電廠還有第二重壓力殼和第三重圍阻體的阻隔，平時核燃料中的核分裂產物和中子活化產物是不會漏出的。即使核電廠大事故後的漏出，在多重阻隔下，會受到許多限制。譬如日本福島核電廠地震、海嘯大事故後，所有電廠的壓力殼都完整，核分裂產物和中子活化產物只由一些水管漏出。

七、結論

由陳維廉醫師團隊與Sakamoto醫師的研究報告顯示，人體外β射線和X光放射源造成的低輻射劑量，對人體抵抗癌症有益，與一般輻射劑量對人體有害的認知相反。因此，吸收了自然界中背景輻射和照X光診斷用的低輻射劑量，也應該對人體抵抗癌症有益，至少是利大於弊。

人體內放射源的照射效應、比人體外放射源的照射效應複雜得多，因此人體外放射源低輻射劑量對人體抵抗癌症有益的結論，不能直接推廣到核電廠大事故溢出、進入人體內放射源的照射效應上。

人體對微量輻射線的傷害，有抵抗和修補的能力。因此，大眾對微劑量的輻射，不須恐懼。

參考文獻：

1. W.L. Chen et al., "Effects of Cobalt-60 Exposure on Health of Taiwan Residents Suggest New Approach Needed in Radiation Protection," *Dose Response*, 5(1):63-75 (2007).
2. W.L. Chen et al., "The Beneficial Health Effects of Radiation Experienced in the Incident of Co-60 Contaminated Apartments in Taiwan," *48th Annual Meeting of Health Physics*, San Diego, California, USA (June 20-24, 2003).
3. Kiyohiko Sakamoto, "Low Level Radiation and Its Implications to Fukushima Recovery," President's Special Session, ANS Annual Meeting, Chicago (June 2012).

核四與國家利益

江仁台 2/26/2013

核四議題，囂囂嚷嚷，風風火火，沸沸揚揚。

核一、核二、核三廠的台電員工，冒著反核人士所說的”風險”，日日夜夜、敬業辛勞的為全民在發電。倘發生事故，按照放出幅射線強度與距離平方成反比的情況，在核電廠工作台電員工的風險，難到比反核人士少嗎？他們自己和家人難到不擔心嗎？奇怪，怎麼不見他們公開抱怨？到立法院去鬧？去遊行示威呢？

大家倘不健忘的話，應記得二十多年前，台灣有鬧得沸沸揚揚的輻射鋼筋屋事件，原子能委員會曾有主管因管理不周而丟官。基於輻射線對人體有害的認知，原能會每年都對輻射鋼筋屋居民做健康追蹤檢查。二十多年過去了，根據三軍總醫院核醫部陳維廉醫師團隊的研究報告，發現輻射鋼筋屋居民的癌症死亡率較他處居民低非常多，這樣的追蹤檢查結果十分有趣。對核幅射線擔心的媽媽們，為了您的寶寶，不妨去問問陳醫師和保健物理專業人士，這到底是怎麼回事啊？

日本福島超級核電事故發生已快兩年了，假如核災像反核人士所說的那麼嚴重，奇怪，怎麼不見日本有人因遭受核災輻射過量而死亡和受重傷的報導呢？

台灣多元化的社會難免有各種不同的利益衝突，但這些利益衝突一定要攤在陽光下被檢視，才算健康。

核四議題，不論個別團體的利益為何，絕不能有損國家的整體利益。您說，是嗎？

非核不如知核

江仁台 3/24/2013

核電無罪，無知反核不該，非核不如知核。誇張核害，嚇升斗小民，有過。

是否利用核能去發電，是一種選擇。不瞭解核能，而去反對核電，容易說錯話。因此，非議核電不如去瞭解核能，瞭解核能之後，很可能會發現自己對核電的一些盲點。

過度誇張核電的災害，譬如說核電廠會像核彈一樣爆炸，是會嚇到升斗小民的。無論是有心還是無意，過度誇張核電的災害，都是很不合宜的。美國製造的台灣核電廠永遠不會像核彈一樣爆炸。因為核電廠使用鈾235燃料的濃縮度低於百分之五，核彈使用鈾235燃料的濃縮度高於百分之九十五。

筆者和許多美華核能協會同仁，在美國核工業界和學術界工作了三、四十年，知核、有技術、有經驗、有信心，藝高才能膽大。現在為台灣適度的核電大聲請命，就是因為瞭解核電的優點和缺點，希望台灣的能源多元化。不但要用火力、水力、風力和日光能發電，還要繼續使用適度的核能發電，以便取長補短。

非核不如知核，瞭解核能之後，對核電廠的安全，就會產生信心。龍門核電廠應該、也必須完成商轉，以促進台灣的經濟發展與環境保護。

孔子說：「智者不惑，仁者不憂，勇者不懼」。對核電的爭議，至聖先師的這些教導，還是有用的。