美華核能微言二十二集

美華核能協會

Volume 22, June 28, 2014

談言微中、可以解紛

目錄 頁數

1. 為核四商轉給鄉親們的信……2

2. 冒牌核能專家誤導台灣……4

3. 讀者對賀立維回應的迴響……6

4. 核能專家須與時俱進……7

5. 劉黎兒誇張核害為那樁？……8

6. 林義雄禁食反核之不當……9

7. 生在輻中不知輻……10

8. 核能救地球……13

美華核能微言二十二集

為核四商轉給鄉親們的信

江仁台、趙嘉崇

敬愛的台灣鄉親們： 大家好

我們早年在台灣受教育，後到國外進修，曾在核能相關單位實作三十多年，嫻熟核電廠設計運作、風險與效益等分析。目前，我們雖身居海外但心在台灣。

媒體載「核四廠一號機 6 月 24 日通過一次圍阻體整體性洩漏率測試，官方設定安全值為每日 0.375%，實際測試結果為每日 0.14685%，安全合格」，按該測試是核電廠安全測試最難的一項，因要找出圍阻體中的細小洩漏點，難度很高。至此，一號機已經實質完工，可裝填燃料以低功率試轉。

核四採用進步型沸水式反應爐的安全功能包括：一)反應爐提高了爐內泵的性能，同時省略了大型外循環泵。二)全數位化反應爐的保護系統，確保高水準的可靠性和簡化了安全檢測和應變能力。三)全數位化反應爐控制系統使得控制室可容易的、更快速的控制電廠的營運和流程。四)改進緊急爐心冷卻系統，提供了對預防事故發生一個非常高水準的保障。嚴重事故後，反應爐將立即停機。衰變熱將被餘熱移除系統排出，緊急爐心冷卻系統將啟動。萬一電廠停電，進步型沸水式反應爐可完全自動化解沒有冷卻水的事故，而且運轉員可以三天不需操作。三天內，運轉員只須及時補充緊急冷卻系統供水。這些改進使反應爐明顯的比核一、二廠的沸水式反應爐更安全。GE 公司的安全度評估顯示，爐心損壞事件發生的或然率不超過 600 萬年一次,這是一個極其安全的指標。

美華核協認為福島電廠(老式沸水反應爐)被海嘯損害了安全設備，引起核子事故，主要原因是運轉員在第一時間沒有引進海水用以冷卻爐心。沒有採取這項措施，是因為日本核電業界大部分不瞭解核電大事故的嚴重性，而缺乏此項應變的能力。美華核協詳細研讀了日本下議院調查福島事故報告，其結論清楚指明，起因不是地震和海嘯，完全是人為的失誤。這種失誤在台灣不會發生。

除核四進步型沸水式的高安全裝置，台電還增加「斷然處置」新安全措施，就是使用在高地儲存生水池的水，由重力差(不需電力)灌入核電廠內，避免發生爐心熔毀。基於核四先進高安全裝置和台灣核電管理記錄遠優於日本（台灣全球第 5 名贏日本第 26 名），美華核協認為核四廠不會發生福島式核災。

美華核協分析了世界強國能源策略的走向，認為不可能有「放棄核電」的這個選項。太陽能、風能等各類再生能源，實際應用上各有它們的先天限制，最勉強只能做到輔助的角色。德國表面上是決定了「非核家園」的政策，但可以從鄰國輸入不足的用電量，又受到俄國的特別照顧，輸入廉價的燃油和天然氣。作為海島經濟體的台灣，沒有放棄核電的條件。

龍門核四電廠是國家的重大建設，投資巨大，已接近完工。當年核准興建時，是

經過慎重評估的。巨大投資，都是民脂民膏，除非有重大缺失，完全無法補正，否則不可封存或廢棄。美華核協認為龍門不應封存，必須打鐵趁熱，在原能會嚴審核准後，立刻裝填燃料以低功率試轉。核四早日商轉，台灣才能有廉價的電力帶動經濟發展，年輕人才能有好的未來。

耑此　敬祝

闔家安康

美華核能協會現任與前任會長 江仁台、趙嘉崇　敬上

****

電視投票贊成存核四大勝

2014 年 5 月 3 日，由中天電視舉辦的「核四存廢大辯論」：正反雙方的得票數分別是存核四 10933 票，廢核四 2253 票，贊成存核四者遠多於廢核四者。

核四有沒有必要商轉?

支持核四方代表梁啟源指出，如果要廢掉核四，目前已知的代價包括投資損失 2838 億元，這部分政府將編列運算支付，將由全民買單。假設核四不商轉，假設使用天然氣來替代發電，發電成本將增加只 531 億元。他認為，停建核四之後，不僅會影響經濟發展、就業人口等等，電價上漲幅度也會增加 40%，且還會重演 80 年代的限電情況，據統計，光是民國 83 年就已限電 16 次，而台北地區將承受最大的限電壓力。

核四運轉是否真的安全?

支持核四方代表李敏認為，核四安檢都有固定程序。他表示，反核人士都習慣以日本福島 311 核災為例，他強調福島事故一直被討論是天災還是人為疏失，據日本調查結果顯示，福島核電廠是人為疏失。李敏解釋，當初東京電力公司在該址設立核電廠，應當要有防海嘯措施，但並未設置，而當時電廠人員為了保存核電廠的經濟價值，沒有把海水打進去，所以才會造成核災。

他說：「台電目前的人員訓練，已經將安全放在經濟價值前面，遇到災害，第一時間就是要考慮到大眾安全。」

李敏也提出質疑，是不是地震引發海嘯，就一定會造成損失？他認為，台灣的斷層帶與日本斷層帶方向不同，即使台灣附近發生地震後引發海嘯，也不會像日本有那麼大規模的海嘯出現。

美華核能微言二十二集

冒牌核能專家誤導台灣　中國時報 江仁台、張枝峰、許澄滄 6/17/2014

日昨，媒體引述核工專家宜蘭人文基金會顧問賀立維個人說法：全世界 400 多個反應爐，沒有一個反應爐讓燃料棒延役。該退而未退的燃料棒，如和其他正常的燃料棒擺放在一起，恐使燃料匣嚴重變形，若控制棒因燃料匣嚴重彎曲被卡住，反應爐瞬間無法急停，將造成無法彌補核災。

筆者各在美國核能公司工作 30 多年，對「核工專家」賀立維胡言亂語，必須挺身澄清。首先，因為不同於核電廠有其安全年限，評斷燃料棒安全與否的關鍵限制是燃耗值（指該燃料棒核分裂反應的累積次數或總產生能量，是該燃料棒的產生功率與運轉天數的乘積），端視該燃料棒的產生功率與運轉天數而定，而不是賀立維所說的單只是運轉天數。不管更換多少燃料棒，留在反應爐內的燃料棒均會確認在其設計的燃耗限值內，無安全上顧慮。

賀立維自創新名詞「燃料棒延役」，以類比「電廠延役」，其實，只要累計燃耗仍低於燃耗限值即可，沒有燃料棒延役問題。

其次，由於核一乾式貯存場審查遲遲未過，台電採取將 18 個月換料改成 12 個月的權宜做法，換料期既然縮短，換 94 至 98 束燃料棒即可，這是正常的設計，而非如賀立維指責的台電「創舉」。

第三，基本上，在沸水式反應器的爐水環境中，燃料棒護套鋯合金的機械性質與抗腐蝕特性相當穩定，而高燃耗的燃料棒通常都放在核爐外圈，功率很低，就算放置時間加長兩倍，也絕不會變形。核爐外圈功率很低，通常連控制棒都不需要，又何來核災？延長燃料棒退出爐心時間，只會因燃料濃度不足而使反應器功率下降，只會影響發電量，使下一運轉周期無法達到18個月，完全不存在安全顧慮。

以上燃耗的安全限值，管制機構在電力公司更換燃料、整體爐心的燃料布局、運轉安全分析和控制機制等，都會嚴審監督，報載「原能會認為安全無虞，不需審查」，是不實的報導。至於台電為何如此作為，因乾式貯存計畫受阻，使得用過燃料池剩餘空間不足，其後果是下一個燃料周期可能無法運轉到18個月；假設只運轉 12 個月就要大修更換燃料，犧牲的只是運轉的經濟效益（變低），也就是導致台電虧損，結果是全民埋單，因為台電是國營的。反核者的無知導致新北市政府的阻撓，何其無理！

賀立維雖有核工博士頭銜，但1988年張憲義副所長叛逃後，背景相近的他，便迅速辦理軍職退休，離開核能界。看他近年的反核言談，外行充內行，成為立委、基金會、媒體等寵兒，將台灣民眾嚇得皮皮挫。又，他身受國家栽培，竟枉顧我國是全球核安排名績優者，一再頂著專家光環，在大眾傳媒上，以不實言論煽動反核，處心積慮將核能排除於台灣獨立電網的發電選項。

美華核能微言二十二集

讀者迴響

1. 事實上，在上回中天辦的臺灣核能政策大辯論，即看出賀立維核能專業，聽其辯論邏輯，真的很訝異且不敢想像，這傢伙會是理工邏輯訓練出身的!
2. 反核神棍似是而非的言論經不起檢驗啦，希望真正的專家多多出面揭穿!
3. 賀立維列出的現職單位(翔威公司、福建惠安綠谷高科技孵化中心)，都與核能無關，就像一個 N 年不執業的醫生，卻說他的醫術精良!

****

附：回應－揭穿核能謊言　　中時 賀立維 2014 年 06 月 22 日

日前貴報投書〈冒牌核能專家誤導台灣〉，但我自認是專門「揭穿核能謊言」的專家。

日本福島核災至今 3 年多，還有十多萬人流離失所無家可歸，成千上萬棟美麗的房子成為廢墟，災民 500 年內回不了家。災民要告東電，就算等 100 年也可能輪不到法院的審理。我到福島災區過，看到那淒涼的情景，不禁為之鼻酸，我們絕不能成為福島第二，這更堅定我反核的意志。

我是 1978 年以國家公費，到美國愛荷華州立大學的核子工程研究所進修，1981 年得到博士學位，博士論文主題就是與本文有關的爐心內核燃料功率與安全分析，還得到美國核能學會學生論文競賽的首獎。返國後曾接受蔣經國總統召見，獲頒「績學獎章」，這些都沒有「冒牌」。

在核研所服務十多年，擔任的工作就是對新舊核燃料位置挪移、功率分布與安全的分析，也是本文的重點，這點也沒有「冒牌」，更沒有「胡言亂語」。雖離開核工界已有一陣子，但這些基本法則並沒有改變。

台電核一廠燃料池已滿，只好留一些下來繼續燒，這種作法台電還提不出相關的文獻，有如將台灣人民當白老鼠。在國外核電先進國家，會選出部分樣品在熱室裡，用金像顯微鏡做切片檢查，確認是否發生竹節效應或燃料丸與護套間的問題。台電沒有這些設備與技術，只有抽真空吸取的簡易方法，這是檢查不出燃料結構問題的。台電對竹節效應的說法是，「這些現象應是國際間 30 年前發生的事早已解決」，這是不對的，這些問題至今國際上都還在找尋答案。

當更換燃料時，依據理論是應將燃耗值高的舊燃料往爐心中心位置移動，新置入的燃料棒則放置於爐心較外圍的位置，如此才能保持整體爐心的功率平穩。而該文卻說會將舊燃料放在最外圍的地方，這完全違反了基礎理論，將會破壞爐心的功率平衡，燃料丸破損與燃料匣會彎曲會更嚴重

美華核能微言二十二集

讀者對賀立維回應的迴響

1. 新置入的燃料棒則放置於爐心較外圍的位置“這種作法，早在 20 年前(說不定還更久)，就已經有更好的新方法取代了，說這種話根本就不明白商用的反應爐的特性。作者在核研所時，大概從來都不看有什麼新理論吧。還死抱著不知幾十年前的東西不放。
2. 早就跟你說鋯合金技術進步很多了，沒啥竹節效應了，還拿 20 多年前的東西出來炫耀。有回應是好事，核能流言終結者辦的活動請你不要跑。
3. 賀最多只是爐心功率分析的專家，核能是跨領域學門，但賀的發言卻遍及各領域，唬一般百姓一愣一愣的，但每個領域真正了解的人卻大搖其頭。的確如此，賀不是核能專家，還能自誇能揭穿謊言，難道心不虛嗎?
4. 看第一段我就想吐槽了，福島地區那明明是被海嘯跟地震弄垮的(福島核電廠是被海嘯沖壞) 虧你還是學核工的。而且現在福島能住人嗎? 請大家估狗搜尋一下: ″福島！我們很好！我們在福島等候您的光臨。~311 地震後的福島縣輻射監測與觀光復興~″，″Fukushima creates its own Pharrell Williams HAPPY video and it's really inspiring″你是評論哪個時間線的福島?
5. 成千上萬棟美麗的房子成為廢墟是因為海嘯吧，怎會是核災的關係？日本在海嘯中死亡或失踪了 18000 人，而無人因核災立即死亡，根據 WHO 的評估，就算是因幅射物質外洩而致癌的也不到一百人，結果整個媒體的重點都不在海嘯上，而是在無人死亡的核災上～這事件剛好可以證明要擔心核電廠的核災，不如直接去擔心那導至核災的天災要來的實在。
6. 災民500年內回不了家？嚴重如核爆的廣島長崎，目前繁榮景象，就可以打你這個假核能專家的臉。2013 年 6 月之後，福島的 「20 公里警戒區」就不存在了，但日本政府還是根據輻射線的多寡，劃分出三種不同的限制區。離福島一號機從遠到近，這三個區塊分別是「避難指示解除準備區域」、「居住限制區域」、「長期歸還困難區域」。其中，最外圍的「避難指示解除準備區域」會看輻射線降低的狀況，再考慮要不要解除禁令。這種程度的核能知識敢稱專家，台灣多的是假道學的學棍。丟人現眼。
7. 很難相信這個姓賀的是個「核能專家」，講的話像村夫愚婦一樣可笑！福島事故的主因不是設計有問題，也不是機器故障，而是人為處置不當。更重要的是，台灣雖然也處地震帶，但海嘯風險遠比日本低，福島的情況不會在台灣發生的。
8. 賀他之前上節目打上清大核工系教授這斷履歷，馬上被糾出造假。
9. 如以核工專家發表文章 ，實不宜以 ″宜蘭人... ″ 為的頭銜。

核能專家須與時俱進

江仁台、張枝峰、許澄滄、濮勵志

賀立維先生的回應，並沒答覆重點「該退而未退的燃料棒，如和其他正常的燃料棒擺放在一起，恐使燃料匣嚴重變形，若控制棒因燃料匣嚴重彎曲被卡住，反應爐在瞬間無法急停，將造成無法彌補的核災」，還不斷顧左右而言他。賀所謂燃料棒延役恐釀核災的說法，完全是恐嚇老百姓。評斷燃料棒安全與否的關鍵限制是燃耗值（指燃料核分裂反應的累積次數），而不是運轉天數，不管更換多少燃料棒，留在反應爐內的燃料棒均會在下次換料前不超過燃耗限值，沒有安全上的顧慮。

賀說「當更換燃料時，依據理論是應將燃耗值高的舊燃料往爐心中心位置移動，新置入的燃料棒則放置於爐心較外圍的位置，如此才能保持整體爐心的功率平穩」。這是約 30 年前舊的設計理論。核工業界自 1980 年代後期，為改善燃料燃燒度已改變設計，新設計將新燃料束與少數舊燃料束散放在爐內部，並將高燃耗舊燃料束放在爐外圈，除為增加燃料的燃燒週期外，並達到爐內的功率分佈盡量均勻。新燃料置於爐心中間位置的技術原理有二，一為降低舊燃料的燃耗負擔，二為減少中子散逸並同時降低爐心側板的快中子累積通量。此一技術更新已沿用超過 25 年，並為所有現役電廠所採行。

賀說要檢查燃料以知是否發生竹節效應（環型顏色變異）問題等。約 30 年前確有竹節效應等事宜，但核工業界已大幅改善燃料棒設計（包括增加燃料棒氦氣內壓、縮小燃料棒內徑、嚴控濕度等）。根據美國電力研究所資料庫，最近 20 年來，美國所有 35 個沸水式反應器（台電燃料和許多美國核電廠一樣）並無燃料棒竹節效應。台電所言「這些現象應是國際間 30 年前發生的事早已解決」是正確的。賀對外放話已久，弄得人心惶惶。

賀說「台電將台灣人民當白老鼠」，亦即，將民眾當實驗品；可知，他不但知識落伍，還挑撥離間。

我們要嚴正指出，反核者常捧出「溫情牌」以贏民心，例如，賀說，福島成為廢墟，淒涼情景讓他鼻酸，絕不能讓台灣成為福島第二。其實，福島受到嚴酷地震海嘯重傷，兩萬人不幸罹難，其他電廠與煉油廠等大火全毀；其核電事故肇因於天災和日人設計與管理問題。但美式核電（包括福島）啟用六十年來，無一人因其輻射死亡，其他發電方式導致的死亡人數反倒是不可勝數。台灣核電管理遠優於日本，為何要因日本管理差勁釀禍而陪葬？我國工程師學會等多具公信力組織，已確認核四不會遭遇福島所受地震海嘯（因地質構造等）。但反核者不斷引述福島事故來恐嚇國人，實則「理盲濫情」。

核電是經國先生當年建設台灣的成就，三十多年來，核電對台灣的經濟發展與民生福祉貢獻良多。賀身受國家栽培，既珍惜當年受經國總統召見，就應與時俱進，督促台灣核電更厚生善用，才是正道。

美華核能微言二十二集

劉黎兒誇張核害為那樁？　　江仁台　6/17/2014

久居日本的媒體人劉黎兒，自2011年福島核災以來，常寫文扭曲真相、誇張核害、製造恐慌，並常返台演講鼓吹反核，由於擅長宣傳，在台灣有不少粉絲。

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。此外，即使有核災，最嚴重也是與三哩島和福島同類，沒有人會因受輻射過量而死亡。說嚴重核災會廢掉台灣，誇張太過度。

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，不但無人因此死亡，而且無人因此有明顯受放射線傷害的跡象。倘反向思考，反而顯得美式核電廠相當安全。劉黎兒是一位很有經驗的媒體人，安排小出裕章在師大附中演講，而不在清華大學核工研究所演講，是因為反核對高中師生容易宣傳，是因為反核怕經不起核能學者提問的考驗。劉黎兒熱心公益，本是好事，但小出裕章沒有核工業的工作經驗，發言又顯出對核電的識見嚴重不足，所託非人，反而弄巧成拙。

劉黎兒專長文史，因恐核而反核，用生花之筆誇張核害，誤導大眾。隔行如隔山，尤其是文史與核工相差太遠，勉強評核，失之毫釐，差以千里，嚴重誤判。

目前，日本政府在虛心檢討，嚴格改善核安缺失，加強核安管制後，準備重啟核電。台灣核電在全球核安排名一向績優，福島事故發生後，又努力吸取福島經驗加強改善核安，何須廢核？

美華核能微言二十二集

林義雄禁食反核之不當　　江仁台　6/22/2014

日前，媒體載民進黨前主席林義雄以禁食為手段，要求停建核四活動後，6 月 21 日將在新店捷運站出口集結志工及民眾，要提出三大訴求包括：1. 修改公投法、2. 修正選罷法、3. 修改憲法。這類造勢活動除反核四外，還針對統獨。

前中研院長李遠哲 2008 年 2 月 18 日紀念錢思亮冥誕時說：「台灣每人每年的二氧化碳排放量是世界平均值的 2.5 倍。居世界第三名，是很壞的榜樣。要解決二氧化碳排放問題，以前大家不能接受核能，現在可以重新思考。科技進步，核能安全已經不嚴重，只要做好核廢料處理即可。五十年內，台灣不可能做到非核家園，核四一定要建。核一、二、三廠要延後除役；等到五十年後，再生能源太陽能技術成熟，甚至達到核聚變的境界，核能電廠才能除役。我在說這些話之前，已經和林義雄達成共識。暫緩非核家園五十年。」當時是民進黨執政。

如今國民黨執政，核四一號機快建好，林義雄急了，兩個月前(4 月 22 日至 30 日)為訴求核四停建進行禁食抗議 反核團體與外圍組織包括中研院展開一系列聲援，這些都是在配合民進黨的反核主張：推動「非核家園」，立即停建核四廠，現有三座核電廠不延役。

核四電廠是國家的重大建設，投資巨大，已接近完工。當年核准興建時，是經過慎重評估的。巨大投資，都是民脂民膏，除非有重大缺失，完全無法補正，否則不可輕言封存或廢棄。月前，林義雄絕食幾天，核四就被宣佈封存，致被國外媒體譏為國政決定於街頭。

月前，唐湘龍先生說得好：「我的立場是理性挺核。我認為台灣的最適能源政策就是核能加綠能。兩個都乾淨。兩個都安全。但核能便宜而且穩定。綠能昂貴而且不穩定。擴大核能，才有空間發展綠能。…我的主張和李遠哲院長 6 年前的主張高度一致。李遠哲變了。但我不知道現在中研院考量的重點是什麼？是林義雄嗎？我不是。我考量的是人民。林義雄的立場給個人帶來光環，給台灣帶來災難。中研院也是。以台灣的能源使用習慣，如此不負責任的廢核，鐵定是國難。」

2013 年 12 月 26 日，馬總統接見旅美核能專家群時也說得好：「福島核災喚起世界各國對核能安全的高度重視，也有少數國家轉而採取減核政策…但廢核政策並未成為世界趨勢。美國、俄羅斯及日本等曾經發生過核災的國家，皆於事後繼續發展或使用核能，以日本為例，福島核災後，該國陸續暫停核電機組運轉，並大量從國外進口天然氣，結果出現 30 年來罕見的貿易逆差，電價也大幅上揚，因此，安倍晉三首相上任後即扭轉相關政策，目前已逐步恢復核能使用。…臺灣 98％的能源仰賴進口，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』。」

地球越來越暖，空氣品質越來越差，夏天南北極的冰越熔越快，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，燃石油的次之，燃天然氣的又次之，其次是再生能源，最低的是核能發電。太陽能和風力等再生能源有不少進步，但還太貴，發電有間斷性，且難以大量開發。由於電力公司沒有大量儲存能源的技術，無法單靠風力與太陽能來滿足現代社會的需求。身為海島經濟型的台灣，沒有放棄核電的條件與本錢。

筆者認為不論國人對統獨的立場為何，台灣都須要穩定、安全、低排碳和廉價的能源。筆者以在美國核工業界30多年的工作經驗總結：核電的安全是可以控制的，核廢料是可以處理的，核電的發電成本是便宜和穩定的。就能源風險、經濟發展和環保減碳三方面綜合考量，台灣在加強核電安全監督的原則下，應理智而且負責的維持適度的核能發電。

****

轉載：**生在輻中不知輻**　科學月刊 許榮鈞/清華大學核研所教授

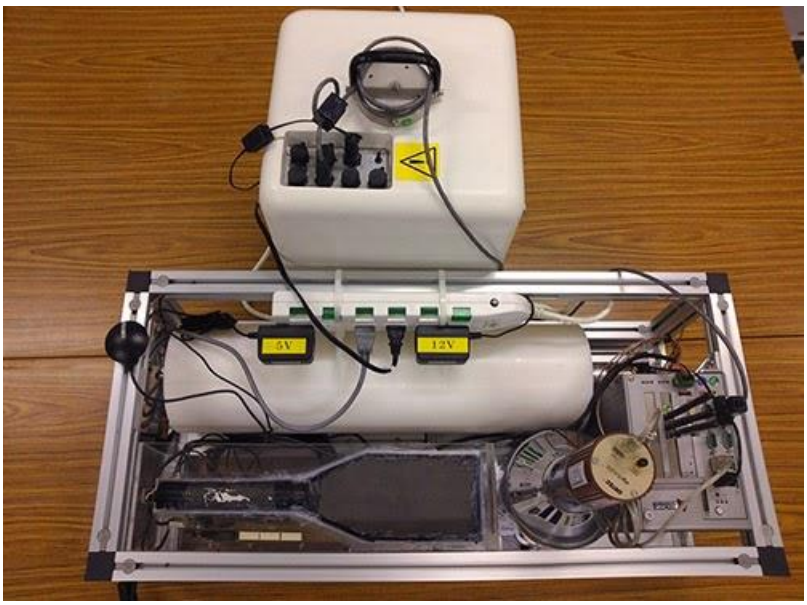
天然輻射，就像空氣一樣到處都有，也像石油煤炭等資源，每個地方都不一樣。本文利用高靈敏度的輻射偵檢器，與讀者分享臺灣天然輻射調查的結果。

近日在國內網路媒體可見許多關於環境輻射相關的爭議。臺灣環境輻射走調團公布了民間版的輻射調查地圖，他們使用輕便型手提輻射偵檢器，調查臺灣本島、澎湖、金門近2000個測點，發現有54個嚴重超標3倍（＞ 0.3 μSv/h）〔註一〕的地方，懷疑與核電廠或核廢料有關。這些報導引起大眾對生活周遭輻射的興趣是一件好事，但是錯誤的數據解讀導致不必要的恐慌與社會成本則不應該。事實上，官方版的環境輻射地圖隨時可在原子能委員會網站查詢，絕大部分地區的環境輻射不超過0.1 μSv/h。民間自主與官方版的輻射地圖到底為何有明顯差異？差異的原因？以及應如何解讀天然輻射的測量結果？筆者長期從事輻射相關研究與教學，自覺有必要補充說明。

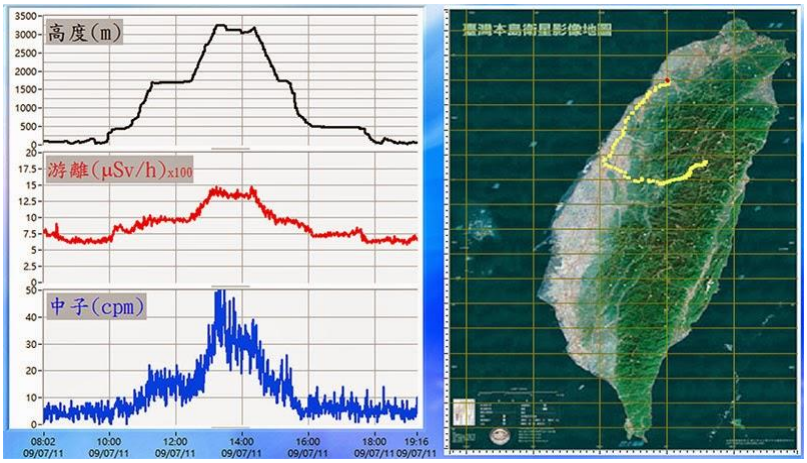
我們四周有兩大天然輻射來源，分別為來自天空的宇宙射線以及周遭環境的天然放射性核種。宇宙射線是來自外太空的高能帶電粒子，它們撞擊地球大氣層中的空氣分子產生大量的二次輻射，包括牟子（muon）、中子、電子與光子等等。既然宇宙射線來自天上，高度越高，理所當然輻射劑量越強，所以高山上輻射劑量比平地高，飛機上的輻射劑量又更高。另一個環境輻射來源是土壤與身體中的天然放射性核種，這些放射性物質從地球形成之初就有，主要是一些長半衰期的核種，例如鈾、釷系列核種與鉀－40。這些天然放射性物質的分布就像石油煤炭等資源，每個地方都不一樣，有些地方得天獨厚，有些地方就較少，當然可以預期每個地方的環境輻射也會有很大的差異。國際上有幾個知名地方的天然輻射甚至超過法

規對輻射工作場所的限值，但是所有長期流行病學的調查都顯示那些地方的居民健康並無受到輻射影響。因此，不能說超過 0.1 μSv/h 就是超標或是受到汙染，這是錯誤的解讀。法規管不到天然輻射，所有劑量參考標準也都不包含天然輻射。另一個需要澄清的地方是，正確測量天然輻射絕對不是一件容易的事，因為相對於其它輻射來源，天然輻射的強度太弱了。一般手提式輻射偵檢器是設計用在輻射工作場所的，其靈敏度不足以分辨低強度輻射的變化，因此測量天然輻射時會呈現很大範圍的跳動，出現超過 0.3 μSv/h 的數據不足為奇。這些數值變動不是儀器校正〔註二〕有問題，也不是外在輻射有大的變化，純粹是偵檢器本身對低輻射劑量測量的限制。這好比體重計是設計與校正用來測量人的體重，若是將它用來測量小型電子零件的重量，測得之結果當然不可靠。原能會網站上發佈的數據是利用高靈敏度環境等級的偵檢器量測的結果，正確性遠高於手提式偵檢器，且其數據亦與國際文獻研究結果一致。.....【更詳細的內容，請參閱第 534 期科學月刊】

最後與讀者分享一份針對此議題的本土研究結果，2011 年 9 月清大江祥輝教授與筆者實驗室利用非常高靈敏度的輻射偵檢器大範圍調查臺灣環境輻射的變化。首先將自行研發組裝的偵檢器系統（圖一）安裝於車上，同時利用電腦自動連線即時記錄各式偵檢器的讀值，全程輻射計測隨時間的變化如圖二所示。



圖一：高靈敏度多頻道即時輻射偵測系統



圖二：利用高靈敏度輻射偵測系統測量臺灣天然輻射的變化（清華←→合歡山）

圖右側是車子行經的路線圖，從清華大學出發到合歡山來回一趟。圖左側由上而下有三個小圖，第一個圖顯示 GPS 高度隨時間的變化，此趟測量行程最高的地方在武嶺，高度 3275 公尺；第二個圖顯示大家最關心的游離輻射的變化，明顯看出它與高度的相關性，輻射劑量率確實從海平面 0.06~0.08 μSv/h 一路隨高度增加約二倍， 達到~0.15 μSv/h， 這些數據與原能會網站結果類似；第三個圖顯示較少人知道的中子輻射的變化，它隨高度的增加更是驚人，其計數率在平地約每分鐘測得 5 個中子，在高山上最高可測得幾乎近 10 倍的計數率，每分鐘達 30~50 個中子。事實上，如果使用手提式偵檢器是無法反應出上述天然輻射的變化，更遑推論說全臺灣有很多嚴重輻射超標的地方。我們也曾經利用同樣儀器進行環島公路測量，途中甚至順便到三個核電廠周遭繞幾圈，想看看是否可利用此一靈敏的儀器觀察出任何洩漏的輻射，結果顯示沒有，核電廠外周遭輻射與其它平地並無差異。這些觀察指出一件事實，天然輻射的變化是很大的，沒必要誇大輻射對居民的影響，造成無謂恐慌或聯想。更重要的是，想要測量低強度輻射的變化確實需要使用很靈敏的儀器，同時應該小心解釋並驗證測量結果，才是一個負責任的調查報告。

註一：μSv/h 為常用輻射劑量率之單位，代表每小時接受多少微西弗（μSv=10^{-6} Sv）的輻射劑量。一西弗（Sv）相當於一公斤物質吸收一焦耳的能量，再乘上輻射與身體組織的加權因子修正。

註二：為了正確測量工作場所的輻射，偵檢器幾乎都是校正在較高的輻射劑量率範圍。超過此一範圍的測量結果只能當作一種參考，原校正程序並不能保證此儀器在低輻射劑量下讀值會正確。

美華核能微言二十二集

核能救地球(核能發電原來有利環保) 讀者文摘 JAMES LOVELOCK 撰

我熱愛大自然，終身以環境保育為職志，致力研究自然界運行的奧祕。我從小長於鄉野，現仍與妻子居於英格蘭西南部得文郡鄉間，擁有十二公頃林地，一道小河流經其間；這塊地本身就是一塊自然保育地。

當代環保運動可說是由我的一項發明啟動的。我年輕時已投身科學工作，於一九五〇年代設計出構造簡單的「電子捕捉偵測器」，供醫學界研究空氣淨化，進而揭露全球環境污染的嚴重程度。舉例而言，這種儀器偵測出滴滴涕（DDT）殺蟲劑已散播至世界各個角落，後來又發現氟氯碳化物在大氣層積累，破壞了臭氧層。

一九六〇年代，我與美國太空總署合作，探索火星上有無生命存在，也因此對我們自己的行星了解更深刻。我認識到一點：地球本身自成一個生命體，能自我調整，讓生物所處的環境更適於生存。人類也是這個系統的一分子，我們所作所為對它都有影響。

環保先驅指出，綠色組織反對核能發電，根本是大錯特錯。

我將這一系列複雜的觀念，統稱為「蓋婭」（Gaia），此名取自希臘神話中的大地之母。蓋婭理論現在已經廣為人知，亦名「地球系統科學」。

如今地球大難臨頭。每當我們按下一個電燈開關或發動一部汽車，就貽害大地之母。發電廠與汽車排放的二氧化碳等氣體大量湧到天空，污染環境，造成溫室效應，令地球溫度節節上升。氣溫升高將引發劇烈變化，海平面上升，淹沒濱海地帶及城市。

然而，我們還是有很多事情可以做，還有機會防患於未然。全球暖化效應，肇因於人類對碳燃料的倚賴，諸如煤、石油、天然氣。若能避免使用化石燃料，全球暖化效應就不至於惡化。然而這一點該怎麼做？

現在就有一條救生索懸吊在我們眼前，只要牢牢抓住，就能夠拯救世界，從此擺脫全球暖化與能源短缺之虞。這種做法安全無虞，並經科學驗證，實際可行而且成本低廉。這條救生索就是核能發電。

假設你是能源部長，必須決定新建發電廠的類型，為巴黎這等規模的大城市供應半數電力。你有下列幾種選擇：

煤：開採成本高昂，每年要以長達一千公里的鐵路列車運送。發電廠每年預計排放十億立方公尺以上的溫室氣體，助長全球暖化效應；還製造大量塵埃，以及至少六十萬噸有毒灰渣。

石油：每年要從情勢很不穩定的地區進口四到五艘超級油輪的重油。發電廠排放的溫室氣體數量不在燃煤發電廠之下，外加大量二氧化硫瀰漫在大氣層內，化為酸雨和其他高毒性化合物。

天然氣：必須以貨輪或輸氣管長程運送，易生意外狀況或外洩事故。排放物飽含污染物質，而且供應國都有遭受恐怖攻擊的隱憂。

核能：每年只需兩卡車成本低廉的鈾，供應國如加拿大和澳洲都情勢穩定。溫室氣體與酸性氣體排放量是：零。有毒灰渣是：零。高輻射性核廢料：區區幾桶而已。

美華核能微言二十二集

以核能取代化石燃料的優點顯而易見。我們都知道核能安全乾淨，而且效率卓越。西歐目前運轉中的核能反應爐有一百三十七座，占電力比重超過三分之一。全世界的發電用核能反應爐共有四百三十八座，供應全球近七分之一電力。

然而西歐大部分核能發電國家，如比利時、德國、荷蘭、瑞典、英國等，都已決定逐步關閉現有核電廠，或任由核電廠老化。其實，歐洲調查機構「歐洲氣壓計」（Eurobarometer）的民調顯示：只要核廢料處理得當，高達三分之二的歐洲民眾支持核能發電。

美國的立場也搖擺不定，只有少數歐洲國家仍計畫增建核電廠。丹麥、義大利、奧地利等國堅拒建設核電廠，但樂於從鄰國輸入核能電力。

核能是我們對抗全球暖化效應的一大利器，卻棄而不用，實在莫名其妙。有關安全上的顧慮已非重點。反核能最力的組織如「綠色和平」、「地球之友」以及各國綠黨所追求的目標，既不符合環保觀點，也不合乎科學精神；以這種方式來保護地球，真是匪夷所思。

綠色組織認為，可再生能源足以彌補核電廠退役後的能源短缺，並應付人類與日俱增的能源需求。這只是一廂情願而又不切實際的想法。風力發電效率極低，而且在無風時節仍需化石燃料支援。太陽能發電對歐洲北部根本是天方夜譚。至於海浪與潮汐發電，今天還是空中樓閣。

人類對核能的恐懼，主要來自輻射；然而，輻射是自然界固有的現象，我們能調適而與之共存。自然界輻射絕大部分來自岩石與土壤，我們時時刻刻都暴露其中。譬如你躺在另一人身旁，輻射值會上升百分之十。到英國康瓦爾海灘度週末，當地的花崗岩會令你的輻射值升高一倍。

核電廠的輻射又如何？據英國全國輻射保護委員會估算，全英核電業產生的輻射劑量，還不到環境中全部劑量的百分之一；X光之類的醫療設備就占了一成四，其餘則是自然背景輻射。

這些數據顯示，一般人對於核能的直覺恐懼已悖離理性。歷來發生的幾樁核能意外事故，其實也都受到誇大渲染。

車諾堡（又譯切爾諾貝爾）事件被人形容為二十世紀最嚴重的工業災難，肇事的反應爐位於烏克蘭（當時仍屬蘇聯範圍內）首府基輔附近。一九八六年四月廿六日，車諾堡核電廠一座反應爐爆炸起火，原因是設計瑕疵與嚴重人為疏失，加上安全防護系統關閉。至今許多報導仍聲稱這樁事件有數千人喪生，並造成長期污染。真相是車諾堡事件死亡人數為四十二，而且絕大部分是消防員與核電廠員工。

車諾堡事件發生後，聯合國專家調查發現：輻射外洩導致胎兒畸形、民眾罹癌，或有其他健康問題的病例僅一樁。災區兒童後來約有一千八百人罹患可治愈的甲狀腺癌；其實，事發當時政府若能警告民眾二十四小時不要外出，並發放碘片供民眾服用，後遺症還可以更輕微。

為什麼民間反應有如驚弓之鳥？譬如法國，擁有五十九座核電廠，發電比例高達七成八，如果核能真的那麼危險，豈不是飽受污染而在劫難逃？當然不是。法國這個核能大國相當安全，其民眾健康在世上名列前茅。「環保人士支持核能」組織有六千成員，創辦人

美華核能微言二十二集

布魯諾．康畢是核能科學家。他說，法國的核能發電不僅成本低廉，而且降低能源業的二氧化碳排放量達百分之九十。

二〇〇四年八月，日本一座核電廠蒸汽管破裂，四名員工喪命；這場「核能」事故本身其實與核能無關，卻成為世界頭條新聞。才不過兩個星期前，比利時一條天然氣輸送管爆炸，二十四人死亡，一百三十多人受傷，可是除了比利時本國，這件事幾乎無人注意。

核燃料棒送進反應爐發電之後，會留下含輻射廢料，必須謹慎儲存處理，不過，程序並不複雜。推動核能發電的根本理由，就在於它產生的廢料極少。綠色組織以核廢料為由反對核能，實在缺乏說服力。

英國民用核電廠運轉五十年所產生的高輻射廢料，可以裝進一個十公尺立方的空間，體積跟一所小房子相去不遠。何必為這個小立方體憂心忡忡？英國每年燃燒化石燃料產生的二氧化碳，多達一萬三千七百立方公里，足夠覆蓋英倫三島十公尺厚；相較之下，核廢料根本不值一提。

核廢料半衰期的確漫長，但輻射最強的期間只有短短幾年，不是綠色組織聲稱的數十萬年。

核廢料到底有多危險？加拿大核能科學家約翰．沙澤蘭說，如果你身邊有一堆已使用過的核燃料棒，未經防護處理，而且是二十四小時前才從反應爐中取出，你只要兩分鐘內離開現場，就不會受到傷害。如果這些燃料棒取出已一年，你有五個小時的緩衝時間。

核廢料其實也是能源，因為其中蘊藏的能量只發揮了百分之三，若經加工，又可成為有用的燃料。據報導，目前儲存在英國各地的核廢料所蘊含的總能量，相當於整個北海油田的儲藏量。

有人擔心恐怖分子會以「九一一」事件的手段攻擊核電廠。這種想法可以理解，但仍是杞人憂天。多項測試證明，今日核電廠反應爐的混凝土圍阻體，絕對可以抵擋飛機的衝撞。根據歐洲最近一項研究，核能確實比化石燃料更乾淨、更安全；然而綠色組織還是繼續利用民眾的焦慮不安來反對核能發電。

我們不能再為那些小題大作的風險統計數字消耗心力，而應致力於保護地球，否則人類前途將日趨黯淡。在這個電力不可或缺的世界上，核能發電至少為我們帶來一線希望。

- See more at: http://www.readersdigest.tw/article/2119#sthash.ukQA4o4I.dpuf