

美華核能微言九集

# 美華核能微言九集

美華核能協會

Volume 9, June 15, 2013

談言微中、可以解紛

## 目錄

	頁數
1. 核能教育微言.....	2
2. 核電成本分析與感言.....	4
3. 核四解套 .....	7
4. 「環境基本法」第 23 條之檢討 .....	9
5. 轉載：核能吵不停、傷國本 .....	10

# 美華核能微言九集

## 核能教育微言

江仁台 6/12/2013

子曰：「道之以政，齊之以刑，民免而無恥。道之以德，齊之以禮，有恥且格。」

筆者寫「傳統下的獨白」、「好禮與核四」、「非核不如知核」、「追懷原子科學之父、前教育部長梅貽琦先生」、「核電與能源教育」、「核四與國家利益」一系列之核能教育微言，正是遵夫子「道之以德，齊之以禮」之道而行。

「傳統下的獨白」的摘要是：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！」

「好禮與核四」的摘要是：按禮者，理也。好禮的前題是，言行必須合理。但理未易明，核四爭論就是一個很好的議題。科學與民主是現代化的兩大支柱，良好的民主須有足夠的科學知識和常識，才能對核電有較正確的判斷和選擇。由於核電與核能安全是高科技，必須用科學的方法分析才能得到客觀的判斷，因此筆者認為核電爭議的解決，須先科學、後民主。

「非核不如知核」的摘要是：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。…沒有核能，發電成本將大增，經濟發展將大受影響，減碳環保的目標也很難達成。因此，台灣應該、也必須繼續使用適度的核能發電，以保持能源和環保的多元化。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。

「追懷原子科學之父、前教育部長梅貽琦先生」的摘要是：1955年，梅貽琦先生，奉蔣中正總統之召自美返台，進行清華大學在新竹復校，成立原子科學研究所。1958年，梅先生任教育部部長，兼清華大學校長。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，撼衛核能的和平用途。

「核電與能源教育」的摘要是：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

## 美華核能微言九集

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。希望各位同學在參加這次徵文比賽後，不但能增加對能源、核能發電與環保的認識，並對科學求真的精神有更深的體驗，從此使科學精神成為日常生活中重要的一部份。

「核四與國家利益」的摘要是：核四議題，囂囂嚷嚷，風風火火，沸沸揚揚。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。

夫子之「道之以德，齊之以禮，有恥且格。」，歷兩千餘年猶為至理名言，雖不能至，然心嚮往之。

# 美華核能微言九集

## 核電成本分析與感言

滄海君 5/12/2013

編者按：作者現任職於美國核能公司

近來龍門核四廠紛爭，招引眾多電價計算的評擊。在此藉簡單的數學公式，解答一些迷惑。核能電廠的發電成本可以分為下列數項：

### (1) 建廠費：

核四廠有兩部機組，每部機組的平均建廠費是 1500 億台幣，約 50 億美金，除以平均 40 年的壽命，再除以每年有 365 天，再除以每天有 24 小時，等於每小時的建廠費是 428,082.19 元台幣，每部機組的發電量是 1350 MW，也就是每小時可發 1,350,000 度電，將每小時的建廠費除以每小時可發電度，等於每度台幣 0.32 元。

工程浩大的建設通常都以發行公債或是貸款籌募資金，利用下列的房貸公式：

$$P = L[c(1 + c)^n] / [(1 + c)^n - 1]$$

P：每月償還額            L：貸款額

c：月利率，等於年利率除以 12

n：貸款期，40 年的分期付款就是 480 月份

^：數學次方運算符號

以網上查得英國倫敦 40 年的公債年利率 3.181% 相當於 0.265% 月利率來計算，每月償還額是 552,740,956.70 元台幣，再乘以 480 月份，就等於總償還額二千六百多億台幣 (\$265,316,000,000)。再用上述方法把總償還額換算成每度電，等於每度台幣 0.56 元。

### (2) 燃料費

核燃料的成本包括買鈾、轉換、濃縮、製造、儲藏、運輸、利息等等。通常一部沸水式或是壓水式 1000 MW 機組的一期燃料費是四千萬美金，可以運轉 18 個月，以網上查得 2011 年美國的平均核燃料費是每度美金 0.68 分。

### (3) 運轉費

核能電廠的運轉費用，包括員工及顧問薪資、廠房機器維修及更換、運轉執照費、辦公文具雜項開支等。網上查得 2011 年美國的平均運轉費是每度美金 1.51 分。

### (4) 生產費

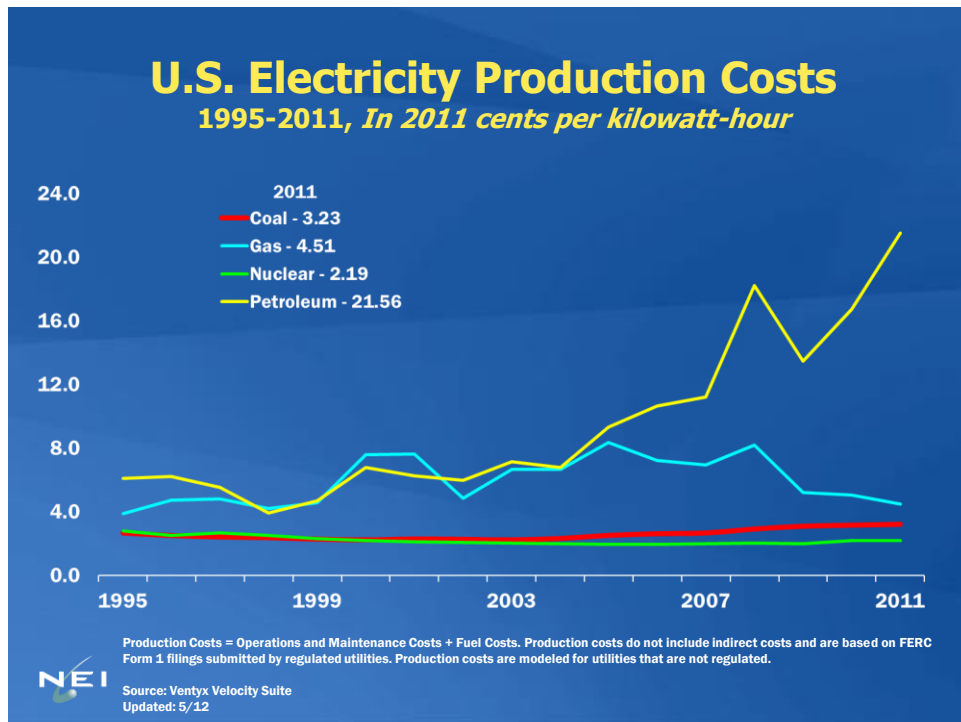
核能電廠的生產費，就是上述燃料費加上運轉費的總和，如用一美金 30 元台幣轉換，等於每度台幣 0.657 元。

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

## 美華核能微言九集

1995-2011 年美國各類電廠的生產費如下圖：



這張圖最重要的啟示是 10 多年來，核能的生產費既低又穩定，雖然煤也一樣，但是污染嚴重。最近兩年美國發現大量天然氣，而且利用新的開採技術，很多地主已開始在做發財夢，環保人士也擔心地下水被污染。發電費用穩定有很多益處，可以避免通貨膨脹，同時促進生產，鼓勵投資，整個經濟就帶動起來。

### (5) 核廢料處理費

美國政府從 1983 年就開始徵收這筆核廢料處理費，依據每個核電廠的發電量，每度徵收美金 0.1 分(台幣 0.03 元)，加上利息，目前累積美金 358 億，其中已花掉美金 108 億。這筆費用，已經包括在第二項目的燃料費裏。

### (6) 核電廠除役費

美國核電廠除役費估計每座美金 3 億至 5 億，包括輻射線處理、燃料移走、及環境恢復，比照上述建廠費 40 年平均分攤的方法計算，等於每度電台幣 0.019 元至 0.032 元。

總結核電廠的發電成本可以下列的公式代表：

總成本 = 建廠費 + 生產費 + 核電廠除役費

總成本(每度電台幣) = 0.56 元 + 0.657 元 + 0.019 至 0.032 元

= 1.24 至 1.25 元

以上的計算都是根據美國的資料，核電廠的發電總成本每度電台幣 1.25 元，包含所有的建廠費、生產費、核廢料處理、以及核電廠除役費，這個價錢從 1995

## 美華核能微言九集

至 2011 年間，仍然較天然氣和石油發電的成本便宜。目前網路發達，也可以查到正在興建中的西屋壓水式 AP1000，兩部機組在喬治亞州造價 140 億美金，同樣兩部機組在南卡州造價 98 億美金，台電核四廠的造價並沒有打破世界紀錄，天然氣電廠雖然最近行情看好，但無法減碳及緩和地球升溫。

使用過的核燃料可以乾式容器處理，儲存電廠數十年沒有問題。美國在內華達州的 YUCCA Mountain 廢料處理場叫停，並非技術問題，而是政治問題。因內華達州的參議員是參議院的多數黨領袖，輪到民主黨當政，預算無法通過，整個計畫，只得暫時擱置，其實使用過的核燃料，百分之九十以上可以再提煉回收。

如果台灣要廢除核電，已經接近完工的核四廠，難道真的發瘋要把三千多億台幣丟到太平洋嗎？即使台灣這麼做也無法破世界紀錄了，因為早在 1980 年代末期，那時美國反核正兇，紐約長島的核能電廠試車成功，新的燃料也放進去，進行低功率啟動發電，當地居民竟然聯合政客投票通過，就把那新電廠廢了。好像台灣正在重步後塵，難道台灣有錢可比長島嗎？那時東北部的電力公司，因為反核聲勢浩大，紛紛把核能電廠賤價拍賣。一些南部的電力公司樂得揀便宜貨。如今美國的一百多座核能電廠已經集中在屈指可數的大財團裏，老大是芝加哥的 Exelon，老二是紐奧爾良的 Entergy，感謝北方的洋基，雖然南北戰爭南軍敗陣，這場核電商業戰可是南軍佔了大便宜。中美英蘇法都在推展核電，台灣居然打退堂鼓。如果台灣人享受了便宜的電價又不能忍受目前的電費小漲，那麼最好的選擇就是接受核電。因為再過數十年也可能不會有新的發電方法既穩定又減碳，風力和太陽能是要靠天吃飯的。

解決問題真困難，投票反對最容易，眾人皆知不入虎穴焉得虎子，只有老頭最不願意冒險。

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 Constellation Energy 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。

## 美華核能微言九集

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。
- 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。



民國 91 年 12 月 11 日公布的「環境基本法」第 23 條文為：「政府應訂定計畫，逐步達成非核家園目標；並應加強核能安全管制、輻射防護、放射性物料管理及環境輻射偵測，確保民眾生活避免輻射危害。」

筆者認為該條後半段：「應加強核能安全管制、輻射防護、放射性物料管理及環境輻射偵測，確保民眾生活避免輻射危害。」應置於原能會核管法內較適當，因這些應屬原能會核管處的職責。環保署無足夠的專業人員，執行此條後半段法，且有侵佔原能會核管處職權之疑慮。

此外，筆者認為該條前半段：「政府應訂定計畫，逐步達成非核家園目標」，長久看去，對環境保護將有害，應修改或廢除。理由解說於下：

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，燃天燃氣的又次之，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。

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，約計成長近一倍，其中煤、油、天燃氣燃燒約佔百分之九十三。

台灣現在核電，佔總發電量的比率約百分之十九。非核家園目標倘達成，核能發電將全部被燃煤和燃天燃氣發電取代，二氧化碳排放量大約將會增百分之二十，大不利於環境保護。

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，認為燃煤和燃天燃氣發電排二氧化碳所造成氣候的風險，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。大多數的英國人，同意這種看法。因此，英國在福島核災後，支持核電的民調不降反增。

「環境基本法」第 23 條文公布已超過十年了，該條文內容應與時俱進。

筆者建議「環境基本法」第 23 條文應改為：「政府應執行知核計畫，維持合理比例的核能發電，減少火力發電二氧化碳的排放量，以保護環境，降低氣候變壞的風險。」

為台灣未來的環境保護，建議立法院為「環境基本法」第 23 條開檢討會，將該條修改，廢除「非核家園」不當的條文。

## 美華核能微言九集

轉載：

**核能吵不停、傷國本**

林基興 6/8/2013

**編者按：作者為公益科學月刊社前理事長**

許多人很擔心核能事故，尤其對日本，更是「常在我心」、「馬首是瞻」。

今年五月三十一日，聯合國原子輻射效應科學委員會（UNSCEAR）指出，日本二〇一一年福島核子災變發生後的輻射外洩，不太可能在未來引發任何不利健康的後遺症。二月二十八日，世界衛生組織發表福島事故報告，結論是「不論是日本境內或境外的一般大眾，預期並無可觀測到的癌症風險增加率。」報告又指出，關於核電廠緊急救難人員（勇士），至今並沒觀察到輻射傷害；報導有七人死亡，但實際上和輻射無關。

但似乎國人並不怎麼注意國際公信組織的聲明，還是害怕日本的核能事故在台重演。主要原因是日人來台傳播恐慌，包括一日一台的兩位女性作家，以及日人小出裕章竟宣稱「若核四輻射外洩，死亡人數將達三萬人，另有七百萬人權癌」。半世紀多以來，全球三十二國四三二個核反應器，無一西式核能電廠導致一人因輻射死亡。

台灣這幾年核電廠的績效甚優，均在世界前五名內；相對地，日本在三十一個核電國家排名第廿六，福島核電廠主要管理者還曾被革職過。為何台灣需要日本人來指指點點？

反核者可也想想人生風險（火災、抽菸、肥胖等），其傷害遠多於核能，例如，我國歷年車禍幾十萬件、死亡幾千人，受傷幾十萬人；醫院急診室的血淋淋景象，或受害者的餘生夢魘，可曾有人抗議應禁止使用交通工具？或要求「保證其安全」？人生本存在各式風險，古人已知不可因噎廢食，為何今人反而退化？

英國牛津大學物理教授頁里森指出，在日本福島疏散區的劑量，等於每年做兩次斷層掃描（20 毫西弗）。然而，世界有些地區高達七十毫西弗卻無致癌風險。美國工程院院士科恩指出，在人體健康效應上，輻射一毫西弗約等同二十公克酒精，也約等同四十杯咖啡。在美國，晚婚生子導致的嬰兒異常，約比大規模實施核電，嚴重二十倍。另外，輻射物會因衰變隨時減毒，但化學品則否。

國人一直反對核電廠，其實，燃煤電廠更傷人。一九八五年，美國能源部支持的哈佛大學研究顯示，空氣汙染可能導致美國一年約十萬人死亡，主因是心臟與肺臟疾病，而且空氣汙染約導致一年一千個癌症死亡病例。燃煤為產生美國電力的主要來源，但也是最大汙染源，一九八八年，美國環保署聲明，石化燃料產生全美六十四%的二氧化硫、三十%氧化氮等，估計導致一年三萬到十萬人死亡。但是，美式民間核能電廠，已經有六十年，沒有一人因輻射而死亡。燃煤電廠「殺人」遠多於核能電廠。

## 美華核能微言九集

我國核能電廠自一九七八年營運以來，無一人因輻射死亡。有人宣稱「機率再小也不能接受」，如此，那他也不能待在家裡，因許多人就是在家裡因故死亡；他也不能外出，因許多人車禍死亡。要求「保證安全」是口號多於實務。

一九七七年諾貝爾生醫獎得主雅蘿表示，紐約一位民意代表曾提案禁止「所有放射性物質」經過馬路。他不知生物都有放射性，如果該法案通過，就不必鋪路了，因為鋪路的材料都具有放射性物質；甚至也不必有路了，因為大家都不可過馬路。我們實在需要科學（而非愚昧）引導人生，應有「無害、可忽略的放射性」的觀念。

只是如今台灣，但知每天爭吵核能，國家還有力氣進步嗎？