



North America Taiwanese Professors' Association

北美洲台灣人教授協會

《台灣能源政策建議書》

台灣能源的挑戰與願景

編著 黃界清

jc-han@tamu.edu

2011年6月20日

目錄

	頁次
1. 導論：我們對台灣能源政策的建議	1
2. 世界能源發展與挑戰	3
2.1 火力發電與環保議題	
2.2 核能發電與廢料處理	
2.3 綠色能源與未來發展	
3. 台灣能源政策之探討	7
3.1 解讀台灣能源政策綱領	
3.2 評論台灣能源發展政策	
3.3 評論台灣核能發電政策	
4. 我們對台灣能源永續政策的建議	14
4.1 台灣永續能源的策略與建議	
4.2 台灣綠色能源的挑戰與建議	
4.3 台灣非核家園的願景與建議	
5. 結論：我們對台灣廢核計劃的建議	19
參考文件	21

1. 導論：我們對台灣能源政策的建議

為什麼要寫這份建議書：今年 3 月 11 日，日本福島核電廠，因為 9 級大地震以及 15 公尺高大海嘯，所引發的三座核子反應爐爐心熔毀，輻射氣體外洩，造成 25 年來最大的核能電廠意外災害[1-2]。北美洲台灣人教授協會在 4 月 10 日發表聲明，表達我們對核能發電到非核家園的看法[3]。在聲明裡，我們除了要求政府必須立刻加強核能電廠的抗震以及防嘯能力，訂定 30 公里安全撤退方案，更要求政府提出非核家園時間表，包括核一、二、三廠提前或者如期除役，不能延役，核四廠完工後，在確保萬分安全以前，不要急於插入燃料棒，不要急於商轉發電。我們更建議政府要勵行節約能源，排除高耗電並獎勵低耗能的產業，提高火力發電設備效率，更要大力開發台灣得天獨厚，取之不盡，用之不竭的綠色能源，來取代未來核能發電，以逐漸達到 2025 年非核家園的願景。這份《台灣能源政策建議書》，可以說是那份《非核家園聲明》的延伸。這份建議書，收集有關資料來支持聲明的論點，並且提出具體數據來說明，台灣於 2025 年可以達到非核家園，而且，2025 年以後，更有可能逐漸邁向以綠能為主的台灣能源安全自主的國家。

如何來看這份建議書：這份建議書分為三部份：第一部份是世界能源發展與挑戰。首先簡單介紹世界各先進國，尤其是美國，因為能源短缺以及溫室氣體地球暖化問題，大力開發潔淨火力發電技術。再來，介紹核能發電原理，安全技術考量以及廢核料的處理問題。最後，介紹綠色能源現況，以及未來綠能開發的挑戰與機會。第二部份是台灣能源政策之探討。首先簡單介紹並了解目前的台灣能源政策綱領，從台綜院替能源局訂定的台灣能源發展政策及規劃書，來評論台灣能源政策，再找出該政策規劃綱領的缺失盲點。最後，根據數字，來評論台灣過度依賴核電的原因，並提出正確務實有未來性的台灣能源政策及方案。第三部份是我們對台灣能源永續政策的建議。首先提出什麼才是台灣能源永續的選項與具體建議，再來簡單介紹台灣綠能的潛力，具體開發綠能產業的方案與建議。最後，提出我們對台灣非核家園的願景與建議。

2025 年以前逐漸廢核計劃：在結論部份，以目前 2010 年發電大約比例：火力 75% (煤炭 45% 天然氣 20% 石油 10%)，核能 20%，水力等 5%。

我們建議 2025 年發電大約比例：火力 75% (煤炭 40% 天然氣 25% 石油 10%)，綠能 20%，水力等 5%。我們建議 2025 年以前，逐漸以綠能取代核能發電，以達到 2025 年逐漸廢核計劃的時間表：(1) 現有偏高的備用電力，可以取代核一廠發電量 5%，核一廠儘快除役，不會影響電力供給率 (2) 開發大型風力發電機組，可以取代核二廠發電量 7%，核二廠在未來 10-15 年內除役 (3) 開發中大型太陽能發電廠，可以取代核三廠發電量 6%，核三廠在未來 10-15 年內除役 (4) 徹底實行節約能源，提高發電及用電效率，核四廠不必商轉發電，也不會影響未來經濟發展。我們更提出 2025 年以後，未來台灣逐漸邁向能源安全自主的美夢。

感謝：我們深信民進黨若再次執政，會比較認真執行非核政策以及未來綠能成為台灣能源永續安全自主的目標。所以，我們身在美國的北美洲台灣人教授協會能源小組成員，自願自力為台灣能源永續獻策建議，若有錯誤之處，敬請原諒指正。這份建議書，在編輯過程中，收到很多北美洲台灣人教授協會成員，提供資料及意見並討論，在此深表謝意。最後，感謝北美洲台灣人教授協會李學圖會長與理事會對本建議書的鼓勵與支持。

北美洲台灣人教授協會能源小組

黃界清 黃恆信 詹春孟 郭國榮 莊子哲 林武男 葉治平 黃東昇 王萃堂 周鉅原 吳明基 廖述宗

2. 世界能源發展與挑戰

目前世界能源的比例，傳統能源(石油、煤炭、天然氣)占 60 到 80%，原子能源(核子分裂)占 10 到 20%，再生能源(水力、風力、太陽、海洋、地熱、生質能源)占 10 到 20%。能源主要用來發電 40%、交通 30%、工業 20%、及冷氣熱氣等等 10%。目前，人類在能源方面，面對兩大問題。第一，傳統能源漸漸用完，急須尋找新能源。第二，傳統發電技術，漸漸破壞環境，急須尋找新技術。首先，本文將比較各種傳統能源，用在相關的發電技術與交通工具，與其造成環境污染及地球暖化的反效果。其次，介紹如何利用新科技，使傳統能源變成乾淨無污染的發電技術。接著介紹核能發電，核電安全與核廢料處理。再來，比較各種新的再生能源，與其用來發電的相關技術及優缺點。最後建議，新科技的研發，將使傳統能源與新能源，共同解決人類未來能源短缺與環境污染暖化問題[4]。

2.1 火力發電與環保議題

傳統能源必須經過一套能源轉換設備，才能用來發電或作為交通工具。例如，火力發電就是利用燃燒煤炭，使高壓鍋爐內的水，變成高壓高溫水蒸氣，來推動蒸氣渦輪機(Steam Turbine)，再來轉動發電機來發電[5]。或者，利用燃燒天然氣，變成高壓高溫燃燒氣，來推動燃氣渦輪機(Gas Turbine)，再來轉動發電機來發電。但是，利用燃燒煤炭或者天然氣來發電的共同缺點是，它們都會排放出大量的二氧化碳與二氧化氮，造成環境污染與地球暖化的反效果。全世界各先進國，為了解決傳統能源短缺與環境污染等等難題，都提出節約能源減少燒炭、提升能源轉化效率、以及開發新能源等各種方法策略。尤其，一般認為二氧化碳是造成環境污染、溫室效應、地球暖化的來源。於是，大力研發如何來控制與減少二氧化碳的排放量，是當務之急。

先從最大件的燃煤火力發電來看，就有在煤炭燃燒前的處理(煤炭氣化技術 Coal Gasification, CG)與燃燒後的處理(二氧化碳的捕獲封存技術 Carbon Capture & Storage, CCS)兩種方案。所謂的二氧化碳捕獲封存技術 CCS，就是把煤炭在燃燒後，利用各種物理或化學方法來捕獲排放出來的二氧化碳，然後再用壓縮機把它輸送到山地底下或海水底下，永久封存起來而不會造成污染。

所謂的煤炭氣化技術 CG，就是把煤炭輸送到有水蒸氣的煤炭氣化爐，利用控制氣化爐內水蒸氣的溫度與壓力，使氣化爐內的煤炭氣化(並沒有燃燒)而變成含有氫氣的混合氣(Synthetic Gases)。利用燃燒這種含有氫氣的混合氣，來推動混合氣渦輪機來發電，發展 Integrated Gasification Combined Cycle，IGCC 搭配 CCS 技術，二氧化碳的排放量就會大量減少。如果再進一步把氫氣從混合氣分離出來，直接利用燃燒氫氣，來推動氫氣渦輪機來發電，二氧化碳的排放量接近於零，就會達到零污染效果。這就是最先進、最乾淨無污染的氫氣渦輪機發電技術(Hydrogen Turbine for Clean Power)。可是，這些減少二氧化碳的技術，卻增加了發電設備的成本費用[6,7]。

2.2 核能發電與廢料處理

原子能發電，是利用核子分裂放出能量，使核子反應爐(Nuclear Reactor)內高壓高溫的水，變成高壓高溫水蒸氣，來推動蒸氣渦輪機，轉動發電機來發電(優點是發電效率高，缺點是核安全與廢料污染處理)。核燃料(Nuclear Fuel) 在反應過程中產生的熱能來自於中子所引發的核裂變反應(Nuclear Fission)，利用這些熱能將水煮沸、產生蒸氣；蒸氣推動渦輪、渦輪轉動發電機發電，而最後這些蒸氣再經過冷凝後變回水，再用幫浦(Pump)把水抽回到反應爐內重覆被加熱[8]。

核子反應流程是，鈾原子在中子的撞擊下，分裂成兩個比較輕的原子，這個過程會產生熱能和更多的中子。當這些新產生出來的中子撞擊其他的鈾原子，就會引發更多的裂變反應，產生更多的中子，持續不斷下去，這個過程稱為連鎖反應(Chain Reaction)。一般的反應爐在正常全功率運轉時，它裡面的中子產生和消失的速率是相同的，從而使得中子的數量保持在穩定的值，此時稱之為反應爐的臨界狀態(Reactor Critical Condition)。反應爐內的高溫水的溫度在攝氏 285 度左右[1]。

核燃料製造過程：天然鈾礦 U_3O_8 ，先經過化學處理，變成六氟化鈾 UF_6 。原料鈾 235 的濃度只有 0.7%，其餘為鈾 238，必須經過濃縮，提高鈾 235 濃度到 3-5% (鈾 238 為 95-97%)，才能用來發電。濃縮過的六氟化鈾再經過化學處理還原成二氧化鈾 UO_2 ，將二氧化鈾壓縮成大約一公分長，一公分直徑圓柱體狀的燃料丸，再將燃料丸裝填在鋳合金護套內而製成大約 140 公分長的燃

料棒。將大約 100 根的燃料棒(Fuel Rod)組成燃料束，再將大約 400 支燃料束放入反應爐爐心內[9]。

核子反應爐的安全設計：第一道防線是燃料棒的鋳合金所做成的管狀護套：核裂變反應會產生許多高輻射的產物，鋳合金的護套則將這些放射性物質與反應爐內高壓高溫的水隔離開來。鋳合金大概在攝氏 1200 度左右才會開始出問題。第二道防線是壓力槽(Pressure Vessel)：反應爐爐心(Reactor Core)的核燃料束裝在壓力槽中。壓力槽是由極為厚重的鋼所製成的，壓力槽內高壓水的壓力約為 7 MPa (1000 psi) 左右，並且設計成可以承受核子意外時會發生的更高壓力。壓力槽是阻擋放射性物質與外界接觸的第二道防線。

第三道防線是圍阻體(Containment)：反應爐的整套循環管路包含壓力槽、管路、和幫浦、以及管路裡的冷卻劑(也就是水)，全部被包在稱之為圍阻體的結構中。圍阻體是第三道防線，它是一個氣密的，極厚的鋼筋水泥容器。這個容器只有一個用途，在必要的時候可以無限期地承受融毀的爐心。為了使它更可靠，在圍阻體的外圍還會有另一個更厚更大的混凝土結構，稱之為二次圍阻體。一次和二次圍阻體都被包覆在反應爐建築中。反應爐建築只是設計用來隔絕反應爐與外界的風霜雪雨，它其實沒什麼強度[1]。

核廢料處理問題：新核燃料只放射出很微量的輻射線，不會對人體造成傷害。但是，放入反應爐內發生核子分裂反應後的核燃料，分為高放射性及低放射性二種核廢料。高放射性核廢料，有強放射性的加瑪射線，是指發電用過的核燃料，從反應爐拿出來，不再放回反應爐中使用，而是暫時貯存在反應爐內「用過核燃料」水池中，等待將來處理。用過核燃料含有 94-96% 的鈾 238 及大約 1% 的鈾，經過再處理後，可以提煉再製成核燃料或可以用來製造原子彈（鈾）。美國採用直接掩埋，法國、英國、日本則採用回收再處理方式[9]。

低放射性廢料，是指核電廠運轉或檢修時，受到輻射污染的衣物、手套、鞋子及放射性水處理產生的廢棄物等。日本、蘇聯都把低放射物先固化處理後，裝進桶內再投入海洋的深溝中或深埋地下。但是環保團體反對，未能永久解決核廢料處理的大問題[9]。

2.3 綠色能源與未來發展

再從最大件的汽車等交通工具來看，為了解決石油短缺危機，就有開發燃料電池(Fuel Cell)與生質燃料能源(Biomass Energy)來代替傳統汽油等新科技出現。所謂的燃料電池新發電技術，就是利用氫氣與空氣中的氧氣，經過適當的觸媒與電化作用而產生電流與熱水。小型低溫的燃料電池所產生的電，可以用來轉動車輪來運行。大型高溫的燃料電池所產生的電，可以當作是小型發電廠來用。因為燃料電池沒有經過燃燒程序，所以沒有產生二氧化碳，沒有環境污染與地球暖化的惡果。但是，燃料電池必需的氫氣從那裡製造出來呢？因為由電解水可以產生氫氣，但效率太低、太貴不實用。前面提到利用煤炭氣化技術(Coal Gasification)，或者利用生質氣化技術(Biomass Gasification)，來製造氫氣與混合氣，是目前正在開發的新科技[10]。

再來，所謂的生質燃料代替能源新科技，就是利用控制生質能源的溫度與壓力，經過適當的觸媒與發酵作用，再蒸餾而釀造出生質酒精與柴油來代替汽油。因為沒有經過燃燒程序，所以也沒有產生二氧化碳的問題。一般生質燃料能源包括，油脂藻類酒精、小麥纖維素酒精、甘蔗玉米乙醇、甜菜油菜柴油、大豆向日葵柴油等等。但是，生質燃料能源的開發與利用，必須考慮到與農產食物需求平衡發展。目前，燃料電池與生質燃料能源，都比傳統汽油貴。

接著，來探討與比較各種再生能源發電的技術及優缺點。首先，傳統的水力發電，利用水霸的水沖能力，來推動水渦輪機，轉動發電機來發電(優點是無污染，缺點是水力來源有限)。再來，風力發電，利用陸地上或離岸海面上風速能力，來推動風輪機，轉動發電機來發電(優點是無污染，缺點是風力來源不穩不好控制)。再下來，太陽能發電，利用曲面鏡來聚焦太陽熱能，使放在曲面鏡下面管子內的水(或者氫)，變成水蒸氣(或氫蒸氣)，來推動蒸氣渦輪機，轉動發電機來發電(優點是無污染，缺點是發電效率低)。或者，利用太陽光電板(或者太陽光電池)來收集太陽光能，透過太陽光子與矽薄膜板(或者晶薄膜板)的光電作用而產生電流(優點是無污染，缺點是太貴發電效率太低)[11]。

還有，地熱發電，利用地下高壓熱水或水蒸氣，直接來推動蒸氣渦輪機，轉動發電機來發電(優點是無污染，缺點是地熱來源有限)。最後，海水溫差發電，利用海水水面與深水下面的溫差，使鍋爐內的水變成水蒸氣，來推動蒸氣渦輪機，轉動發電機來發電，或者利用海浪、潮汐、洋流來推動水渦輪機，轉動發電機來發電(優點是無污染，缺點是來源不穩發電效率低)[11]。

有關能源相關資料請參考美國能源部(US Department of Energy DOE)，裡面包括生質能、煤、化石、地熱、水力、天然氣、石油、再生能源、太陽能、風力等。另外，參考 DOE 網站也可以得到很多美國能源部的研發計劃與政策資料等[7,12]。有關太陽能、燃料電池、永續能源、再生能源資料請參考[13-16]。

3. 台灣能源政策之探討

2008 年 10 月 29 日，台綜院發表《台灣能源局委託的計劃書》、《台灣永續能源政策綱領》、《環境影響評估及能源供給效率規劃書》[17]。台綜院的規劃書指出，依據 2007 年 IEA 的世界能源展望，評估至 2030 年化石能源仍是主要初級能源，成長幅度約佔 84%。國際能源價格不斷上漲，對能源進口國的經濟發展與社會民生產生影響。全球能源資源開發已瀕臨供應極限，目前開發中國家經濟快速成長，全球能源需求快速擴張。鑑於化石能源可使用年數有限，需及早開發替代能源以預作準備。預估在 2030 年，全球能源使用所排放溫室氣體增加約 68%，開發中國家因經濟發展而帶來的溫室氣體排放問題，亟需各國共同面對。2009 年底，《全球氣候變化綱要公約》締約國會議在哥本哈根簽訂新議定書，以取代 2012 年失效之《京都議定書》。

依據 2007 年台灣能源供給結構指出，台灣能源 99.2% 依賴進口供應。天然氣 8.4%，煤炭 32.1%，石油 51.1%，核能 8.0%，再生能源 0.4%。因為能源供給結構高的化石能源占 91.6%，導致二氧化碳排放量增高，為全球第 22 名，人均排放量為第 16 名，已引起國際社會的重視。以下，我們先是對

台灣能源綱領的解讀，再來是對台灣能源政策的評論，以及對台灣核能發電政策的探討。

3.1 解讀台灣能源政策綱領

為了保存台灣能源政策綱領的完整性，以下這段解讀台灣能源政策綱領的數據內容，是從原來的能源綱領與發展規劃書直接節錄出來[17]，以供參考及方便評論。

台綜院的台灣能源政策綱領，是以能源環保與經濟三贏為目標。經濟方面，預計 2015 年每人年均所得達 3 萬美元的經濟發展目標。發電方面，低碳能源(天然氣、核能、再生能源)由 2007 年總發電量的 40% 增加至 2025 年達 55%。環保方面，2006 年之電力排放係數高於美、法、日、韓等國，推動全國二氧化碳排放減量，於 2016 年至 2020 年間回到 2008 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量。

台綜院的永續能源政策綱領架構，包含淨源與節流的政策綱領。淨源方面，推動能源結構改造與效率提升，積極發展無碳再生能源，有效運用再生能源開發潛力，於 2025 年占發電系統的 8% 以上。增加天然氣使用，於 2025 年占發電系統的 25% 以上。將核能作為無碳能源的選項(於 2025 年占發電系統的 25%)。訂定電廠整體效率提升計畫，加速燃煤電廠的汰舊換新，未來以每年提高能源效率 2% 以上，之後藉由技術突破及相關配套措施，使能源密集度於 2025 年下降 50% 以上。並要求新電廠達全球最佳可行發電轉換效率水準，透過國際共同研發，引進淨煤技術及發展碳捕捉與封存，降低發電系統的碳排放。

節流方面，促使產業結構朝高附加價值及低耗能方向調整，使單位產值碳排放密集度於 2025 年下降 30% 以上。核配企業碳排放額度，輔導中小企業提高節能減碳能力，獎勵推廣節能減碳及再生能源等綠色能源產業，創造新的能源經濟。建構便捷大眾運輸網，推動「低碳節能綠建築」，提升各類用電器具能源效率，推動節能照明革命 Light Emitting Diodes, LEDs, 推動政府機關學校未來一年用電用油負成長，並以 2015 年累計節約 7% 為目標。

建構完整的法規基礎方面；包含推動「溫室氣體減量法」完成立法，建構溫室氣體減量能力並進行實質減量；推動「再生能源發展條例」完成立法，發展潔淨能源；研擬「能源稅條例」並推動立法，反應能源外部成本；修正「能源管理法」，有效推動節能措施。建立公平、效率及開放的能源市場，促使能源市場逐步自由化，消除市場進入障礙，提供更優質的能源服務；能源相關研究經費 4 年內由每年 50 億元倍增至 100 億元，提升科技研發能量。

台綜院的能源發展綱領目標規劃，為達成「永續能源政策綱領」確立之跨世代能源、環保與經濟三贏願景及「能源」、「經濟」、「環保」積極目標，能源發展綱領秉持能源、環境與經濟三 E 均衡規劃理念及「公平正義」原則進行規劃，在「能源安全確保」的前提下，兼顧「經濟發展」與「環境保護」，以創造跨世代能源、環保與經濟三贏，建構永續、潔淨、效率、穩定的能源供應體系願景。

經濟目標規劃方面：2006~2025 年年平均成長率為 4.27%。其中，2006~2015 年年平均成長率為 4.79%，2016~2025 年年平均成長率為 3.74%，2016 年達成三萬美金目標。

能源結構規劃方面：未來石油與煤炭配比下降，天然氣與再生能源配比增加，核能配比在核四廠依計畫進行，核一、二、三廠正常營運下增加，隨核能合理使用方式而變動。

發電結構規劃方面：未來發電結構低碳能源（天然氣、核能、再生能源）占比，由 2000 年 43.2%，提高至 2015 年 53.1%，2025 年 53.8%。

提昇機組效率方面：採用高效率燃煤機組(42.35%)。煤炭方面，發展 IGCC 搭配 CCS 技術 2020 引入 IGCC+CCS(2020 年 1GW 示範機組、2025 年 3 GW 機組)；天然氣方面，擴大 LNG 使用 2010 年 1,050 萬公噸、2020 1,600 萬公噸、2025 年 2,000 萬公噸；再生能源方面，發展再生能源 2010 年 3,920 MW、2015 年 4,972 MW、2020 年 6,711 MW、2025 年 8,450 MW；核能方面，核四機組於 2009 年開始試運轉，核一~核三機組正常除役。

能源供給效率規劃方面：能源供給效率標準的訂定，應由參考歐盟、澳洲及英國作法，由專責機構進行深入研究後提出建議值，並應每 5 年更新。

環境衝擊評估方面：主要環境衝擊影響初步評估結果，各政策選項評估結果符合現行法規。空氣負荷總量隨燃煤發電量增加，主要排放源為燃煤電廠的氮氧化物與粒狀物排放。陸域、水域生態毒性、酸雨及致癌風險隨燃煤發電量增加，主要排放源為燃煤電廠的化物與粒狀物排放。

低放射性廢料預估：據統計，2005 年三座核能電廠的低放射性廢棄物年產量共 601 桶，2007 年時已降至 259 桶。核四廠營運後，預估其低放射性廢棄物年產量將低於核三廠，故以核三廠產量為估計值。

高放射性廢料預估：目前核一廠約 25.6 公噸，核二廠約 40.9 公噸，核三廠約 37.5 公噸，而核四廠的用過核燃料每年產生量推估為 55.2 公噸。推估 2025 年時，高放射性廢料年產量將達 159.2 噸。核一與核二廠區內用過核子燃料貯存容量將於 2015 年前飽和，核三將於 2025 年飽和。

台綜院發表的台灣能源政策綱領[17]，立刻引起學術界與環保界學者對台灣能源綱領極大的不滿與嚴格的評論[18-20]。

3.2 評論台灣能源發展政策

雖然，台綜院的整體能源綱領是以經濟能源環保三贏為目標，但是，整個能源綱領，沒有提到有關最大宗的汽車等交通用具，所須要大量石油能源與造成環境污染問題，結果，使整個能源政策綱領，成為發電政策綱領，忽略了石油能源政策綱領。因此，我們以下就來評論這個發電政策綱領。

首先台綜院預設 2006~2025 年經濟每年平均成長率為 4.27%[17]，來制定將來所須要的發電量。只有注意要減少二氧化碳排放量，來選擇未來的發電結構。却完全輕忽核能發電安全與核廢料處理問題，而且低估再生能源發展潛力，未提出能源安全與自主的計劃。結果，使整體能源綱領與發展規劃，過度依賴核能發電，沒有開拓發展新能源的前瞻性與大決心，令人看不到台灣永續能源綱領的可行性與未來的願景。

首先以經濟年成長率來說，怎麼可能 2006~2025 年每年都會有 4.27% 的平均成長率呢？就算有這樣的每年平均成長率，也不能就此而來推算出未來的用電需求率。政府若維持發展石化鋼鐵水泥等高耗電量工業，就會得出經濟成長率與用電需求率一樣快的結論。但是，若發展低耗能量的產業，就會得出經濟成長率大於用電需求率的結論。台綜院沒有提出未來往高價值且低用電的新世代產業結構與發展方向，當然導出偏高發電需求量的結論。

其次，以發電結構來說，幾乎完全照著現有的發電設備來規劃，忽略世界各先進國，對未來發電結構的發展趨勢，尤其對再生能源研究發展的投資與成果。結果，整體的發電結構還是在現有的分配比率中打轉，導出過度依賴核能發電，到了 2025 年核能發電比率占 22% 的高比率，而再生能源發電，到了 2025 年只占 8% 的非常低的比率。世界各先進國都設定到了 2025 年，再生能源發電率占 20-30%。可以看出，台綜院的台灣能源發電結構規劃，遠落後於世界發電趨勢，必須徹底重新檢討。

何況，以開發再生能源來看，行政院於 2007 年 19 日到 22 日，由能源局與國科會合辦的產業科技策略會議[21]，研討項目包括：節約能源科技 LED 光電照明產業 再生能源科技 風力發電 太陽能發電 生質能科技 前瞻能源科技 氫氣能 燃料電池 海洋能及二氧化碳減量。那次的討論會指出 2010 年再生能源占總裝置容量大約共 7.5% (包括水力 5% 風力 1% 太陽 0% 地熱 0% 生質 1.5% 海洋 0%)。2025 年再生能源占總裝置容量大約共 15% (包括水力 5% 風力 5% 太陽 2% 地熱 0.2% 生質 2.5% 海洋 0.3%)。可以看出，2008 年台綜院的未來再生能源發展目標 8% 比起 2007 年國科會的未來再生能源計劃 15% 還要保守。

再來，以環境影響評估來說，只有看到預計將來二氧化碳減少，2025 年再回到 2000 年的排碳量的一些數目，可是，從目前發電結構以及產業結構來看，要達到預計未來減碳目標，不太可能。而且，把核能當做潔淨能源的選項，只因為核能不會排碳，更是沒有道理，完全忽略核廢料處理問題。沒有提到目前暫時存放在蘭嶼的九萬桶低放射性廢料，以及持續累積到 2025 年時，這麼多萬桶的低放射性廢料，要埋到那裡？也沒有提到目前暫時貯存在電廠之用過核燃料池中的高放射線廢料，大約 5000 公噸，再過幾年就要

客滿，以及將來的核四廠，這麼多的高放射性廢料，未來如何處理呢？如何減碳是個大問題，如何處理核廢料也是大問題啊！

而且，從節約能源來說，提到一些大家知道的節能策略方式，以減少耗電量，可以說是方向正確。但是，對偏高的備用電力，隻字未提。過高備用電力，也等於是浪費電源，與節約能源背道而行，毫無經濟可言。根據台電最新資料，目前核電占有 18%，但台電卻存有 23% 備用電力，台電認為要存有 15% 備用電力以策安全。根據實際可靠的備用電力，才能算出未來發電需求量，才能決定未來發電結構，才能訂出有效有用的發電政策綱領規劃書。

最後，以建構完整的法規基礎來說，包括推動溫室氣體減量法，推動再生能源發展條例，研擬能源稅條例，以及修正能源管理法等等，可以說是立意正確，只是不知道何時才能立法通過實行，要等到立法通過並確實施行後，才能做評論。光說不做，於事無補。

3.3 評論台灣核能發電政策

記得，1970 年代，美國正風行大力興建核能電廠，在沒有發生核電災害前，核能發電被認為是既經濟又安全的新能源。可是，1978 年三哩島核電事件，再來，1986 年發生車諾堡核電災難，使核電在美國進入 20-30 年的低潮。正當人們逐漸忘記核電的安全性及核廢料處理問題，以及世界能源短缺與溫室效應的壓力下，近幾年來核能發電有逐漸起死回生的趨勢。不料，今年 3 月 11 日在日本發生的福島核電災難，使核電再度引起極大的爭議。美國法國英國強調持續擁核，但必須全面安全檢查，歐盟除了全面安檢，也提出廢核時間表，德國五月底已經宣布於 2022 年廢除所有 17 座核電廠。

首先來看日本，在福島核電廠災變後，核電安全性受到極大挑戰。當地地震發生時，立刻插入控制棒停止反應爐運轉，但是反應爐心必須降溫，否則爐心內燃料棒會熔毀，放射性氣體會漏出來。可是，強大地震後，引起超大海嘯，沖毀核電廠裡面的緊急水冷却系統(Emergency Cooling Supply System ECSS)以及核電廠外面的備用柴油發電機，8 小時後，連裡面的備用直流電池也用完，造成無法將冷水打入爐心，造成燃料棒浮出水面，進而過

熱而熔化，輻射外洩，造成氫氣爆炸，看來怵目驚心，詳細報告請參考文件[1,2,22]。

剛開始，日本東電隱瞞災情，過兩個月後才公布，三座反應爐燃料棒熔化，情況嚴重堪比 1986 年的車諾堡核災事變。日本首相終於五月底提出新的能源政策，關閉福島核電廠，徹底安檢所有核電廠，目前三分之二的核電廠停止發電以便安全檢查(日本有 54 座核電廠，35 座停機安檢)。

再來看台灣，福島核災後，立刻重新點燃 20 年來的反核聲浪。蔡英文認為非核家園不應該只是口號，而是可以逐步實踐的目標，讓下一代可以免於核電的恐懼，在 2025 年達成非核家園計畫[23]。核四差不多已經建好了。如果直接停建，會有契約罰款的問題。但一旦插入燃料棒，核四啟動，台灣就必須面臨潛在危險。因此她主張，讓核四工程完成，但不插入燃料棒，不運轉，以免下一代繼續陷入困境。核一、核二、核三不再延役，但馬上全面體檢。因目前備載率遠高於 15%，以上措施並不會影響供電。但為因應將來的經濟發展，將以 13 年的時間 (2012-2025) 提高火力發電廠機組的發電效率，再生能源發電比率達到 12%，加上全民節能運動。

福島核災後，剛開始馬政府立刻宣示，台灣核電廠比日本安全，核政策不變，核一二三廠持續發電，核四廠持續興建。但是這兩個月來，受到反核與非核家園的壓力，直到五月底才再宣布，核一二三廠如期除役，不再延役，核四廠完工後，等美國專家安檢後，才加入發電行列。但是在六月十三日，國民黨團在立法院強行通過核四的一百四十億追加預算，同時也否決了民進黨的十項相關法案，包括運轉中的核一、二、三廠不得提出申請延役。

所以，到底核電安全否？答案是，若是沒有發生福島核災，應該是安全的[22]。但是，福島核災後，連原來不反對核電的大部份理工科知識份子，也不得不承認，人為科技有時真的抵不過天災或人為疏失，核電的確有潛在風險危機，只是不確定何時會發生[24]。尤其台灣核四廠完工後是否商轉，經濟利益與核能安全兩方面的爭議很大，擁核四人士認為，若關掉核四廠，必然造成缺電等巨大經濟損失，核四是經濟發展的必要風險[25-26]。反核人士認為，沒有訂出時間表，非核家園只是空談，到底，核電是經濟發展所必須承擔的風險嗎？有關核四廠相關資訊，請參考 2004 年能源局原能會台電

公司彙編詳細報告文件[27]，共分為五大章，依序為第壹章：前言；第貳章：推動「非核家園」之相關措施；第參章：核四計畫發展沿革；第肆章：核四計畫相關議題；第伍章：核四再評估會議及政府決策。

從解讀台綜院的台灣能源政策綱領規劃[17]，可以看出，因為高估 2006~2025 年經濟每年平均成長率為 4.27%[17]，維持偏高備用電率（25%），偏低天然氣配比率，低估再生能源潛力，持續發展高耗電石化工業，未認真執行節約能源政策，結果，得出必須依賴核電的風險。當然，這份發電綱領公布於福島核災之前，相信，再過幾個月後，再公佈的新能源綱領，一定會有大變動，以防止民怨。其實，只要降低合理的備用電率，提高再生能源發電比率，相信，台灣於 2025 年逐漸達到非核家園是可行的能源政策。

4. 我們對台灣能源永續政策的建議

台灣進口 99.2% 以上能源，為了解決能源短缺與地球暖化等等難題，台灣國國民應有節約能源的基本素養，以及各種再生能源與如何減少二氧化碳的科技智識。台灣國國民必須向歐美先進國家學習，探討他們在能源經濟環保三大議題，如何取得平衡發展的策略與願景。台灣地小人多，如何有效開發發生質燃料能源，加上地震頻繁，是否過多依靠核能發電，必須審慎考量處理。以台灣的特殊地理環境，有利開發風力與海洋發電，加上台灣的電腦產業基礎，發展最先進的太陽光能發電，讓綠色再生能源科技，取得經濟與環保平衡發展。台灣國國民必須有健康的能源智識，來監督政府單位，放棄耗費能源與破壞環境的產業，努力為子孫立下永續發展的能源科技政策，使台灣成為人人羨慕的「東方瑞士」，把台灣國建立成為「小而美」「正常而安康」的國家[4]。

4.1 台灣永續能源的策略與建議

台灣永續能源應該有潔淨化石能源，核能，與再生能源等三大選擇。目前化石能源（燃煤，石油，天然氣）發電率大約占 75%。美國已開發出來的天然氣複循環發電，把燃燒天然氣的渦輪機與蒸氣機連合起來（Natural Gas

Combined Cycle, NGCC), 發電效率高達 60%。目前市場上已經有供應 (美國奇異、德國西門子) 的燃燒天然氣的渦輪機與蒸汽機連合發電的高效率低污染設備 NGCC (少量二氧化碳及二氧化氮等排放氣)。加上, 美國正全力開發全新燃煤發電技術, 也就是所謂的 IGCC (Integrated Gasification Combined Cycle), 包括燃燒前淨煤技術 (CG) 以及燃燒後二氧化碳的捕捉封存技術(CSS), 再把燃燒淨煤氣的渦輪機與蒸氣機連合起來 IGCC 使發電效率高達 60%。目前成本尚高, 再過 10 年, 可降低到合理成本。台灣能源單位必須與美國能源部合作, 及時得到新的火力發電技術(IGCC+CSS)。再過幾年, 現有的舊電廠, 將被新火力電廠所取代, 到時候, 黑煤變綠煤, 可以達到近乎零污染 (沒有二氧化碳及二氧化氮等)。所以, 我們建議潔淨的燃煤與燃天然氣複循環火力發電(IGCC NGCC), 應該是台灣能源永續的最大選項 [6,7]。

日本福島核災之後, 美國立刻檢討備用電源及緊急應變計劃, 英國也加速廢棄核設施除役, 法國要求建立一致的國際核能安全標準。德國立即停止 8 部於 1980 年前建造核電廠之營運必備檢查, 及從新檢討核電廠延役政策, 更於五月底公布, 於 2022 年全面廢除全國 17 部核電廠, 改用綠能發電, 再生能源發電比率倍增到 35% [28]。日本也逐漸走向德國的能源政策模式, 於 2020 年再生能源發電比率倍增到 20% [29], 6 月 12 日民調結果 74% 日人贊成逐漸廢核。義大利也在六月十一、十二日的全民公投中, 以百分之九十四的高比例通過不建新核能電廠。瑞士: 核電 40%, 5/22 萬人遊行, 宣佈於 2034 年 完全非核。

台灣的核能政策呢? 台灣核電何去何從? 目前核電占 18%, 核一二三廠應該儘速停轉, 加強抗震補強, 提高抗海嘯能力, 立即進行全方位核電廠安全檢查評估, 立即檢討核電政策, 包括明年建設完工的核四廠, 是否加入商轉發電的問題。以目前台電擁有過高的備用電量, 應該儘速停止核一二三廠運轉, 不會影響供電需求。否則, 台灣住民只有祈求上天保佑, 在未來 10-15 年, 核一二三廠除役前, 不要發生大地震大海嘯等天災。台灣現役三座核電廠中, 核一廠抗震強度最低, 與福島第一核電廠都是即屆四十年設計年限的老電廠, 與福島發生爆炸的機組是一模一樣的, 建議比照日本立即關閉最不安全、發電量也最小的核一廠, 直到防地震及海嘯的相關設施改善完成。這樣只減少全國發電量 5%, 但卻大幅降低國人面臨核浩劫的風險。

至於核四明年是否加入運轉，除了公布美國專家的安全保證外，必須確定，目前過高的備用電量，可否用來代替核四，若夠用，就不要冒險把核四投入商業運轉，人民生命比金錢更重要。所以，我們建議有關是否把核能當做永續能源的選項，政府必須開誠佈公與人民站在一起，以公民投票的方式來決定核電的未來。

目前，再生能源只占總裝置容量大約共 7.5% (包括水力 5% 風力 1% 太陽 0% 地熱 0% 生質 1.5% 海洋 0%)。歐美各國正全力發展綠色能源，只有台灣還在原地踏步。德國於 2022 年再生能源發電比率倍增到 35% [28]，日本於 2020 年再生能源發電比率倍增到 20% [29]。美國預計在未來 10 年開發 5 倍的生質柴油產量，到 2030 年，風力發電占有率 20%。美國奇異公司認為太陽能在過去 5 年來發電效率提高 60%，預計五年後，太陽能發電價格下降到目前火力與核能發電相當[30]。台灣有豐富的地熱發電能源，台灣海峽沿岸有風力發電潛能，東海岸有海水溫差發電的條件，加上，全台灣有太陽能發電條件。台灣必須要利用這些天然資源，來開發無污染的永續能源，這樣做才是正確的能源政策。所以，我們建議全力開發再生能源，才是台灣永續能源的一大選項！

4.2 台灣綠色能源的挑戰與建議

我們對台灣核能發電具體建議：核一、二、三廠加強抗震等安全措施，耗時耗錢。若決定提早除役運轉，可以參考下列建議：(1) 將核電廠改裝成天然氣火力發電廠，最貴的核反應爐必須廢除，其餘像蒸氣渦輪發電機等設備可能續用，可以省一些錢，當然要考慮天然氣儲存槽的安全問題[31-33]。(2) 將核電廠外在安全管制範圍內，蓋太陽光能發電廠，在幾公里內的管制區內，沒有人住，太陽光能發電廠剛好可以取代核電廠[34]。若核四廠明年完工而決定不商轉也可以改裝成天然氣火力發電廠，或者蓋太陽光能發電廠。

所有替代能源，由太陽來的和非由太陽來的能源。風力、海洋、水力、生質能和太陽能電池等都是由太陽而來，只是前四者是間接由太陽能而來，而後者是直接由陽光產生電。對於太陽能發電，台灣擁有極佳條件，一來與太陽能面板最相關的半導體、液晶面板、以及印刷技術，台灣在世界上都是數一數二；二來高科技量產速度，全球公認台灣最強；三來台灣的陽光充

足。以目前太陽能電池技術不斷進步，而材料、設備、製作封裝等成本也持續下降的趨勢來看，十五年內達到此目標的機會相當大。因此，規劃核能除役的時間表並非不切實際[35]。

台灣新的再生能源(新的綠色能源)包括風力、太陽能、海水溫差、地熱、及生質能等[11, 21, 36-37]。

- 風力方面。台灣西岸靠近台灣海峽，平均風力強大(例如：新竹風，澎湖風)，適合開發風力發電。以台灣目前技術，建造 10-100 kW 的中小型岸上風力發電機，也可以進口中大型 1-2 MW 風力發電機。全球風力發電技術是朝大型機組比較有效率。美國預計到 2030 年，風力發電占有率 20%。歐洲各國風力發電開始朝向離岸式風場開發設置，因為海上風速較大且穩定。必須開發可以抗颱風及耐地震機種。除了風力大型葉片設計是用先進複合材料需要進口外，其他中小型風力發電機，葉片及設計製造，塔架等，台灣已建立生產技術能力。風力能發電是台灣未來綠色能源的一大選項。
- 太陽能方面。台灣太陽大，尤其南部的夏天，是發展太陽能發電的好地方。包括中大型 10-100 MW 太陽熱能發電廠，或中小型 1-10 MW 太陽能電池廠(矽薄膜或矽晶電池)。尤其，目前台灣太陽能光電板有 99 % 外銷且占世界第二，將很多小型太陽能電池廠，可以取代大型的發電設備，加起來甚至可以代替大型火力發電廠或 1000 MW 核子發電廠。由於技術研發，太陽電池效力提高(10 % 到 20 %)，美國奇異公司預測，五年後，太陽能發電可以跟現在的火力發電抗衡。太陽能發電是台灣未來綠色能源的最大選項。
- 海洋熱能方面。台灣東岸面對太平洋深海域。該海域水面上溫度與水面下溫度差很大(攝氏 20-25 度)，利用海水面溫度使鍋爐內的水變成水蒸氣，來推動蒸氣渦輪機，可以用來發展所謂的海洋溫差發電。各國近年來投入研發，中小型(0.5-1 MW)海水溫差發電，必須克服技術瓶頸，以使用於中大型(1-10 MW)海水溫差發電。台灣應該利用東海岸深淺海水溫差的天然條件，努力開發這項特殊的再生能源發電技術。

- 地熱方面。台灣北部、東部有豐富的地下高壓熱水或水蒸汽(例如：北投、知本溫泉)，利用地下高壓熱水或水蒸氣，直接來推動蒸氣渦輪機，適合開發地熱發電廠。地熱發電廠跟一般的水力發電廠一樣，是可靠成熟的發電技術，台灣有這樣的天然資源，應該規劃，好好地利用來發電，沒有污染問題。像冰島全國有許多地熱發電廠。
- 生質能方面。生質能包括生質酒精(原料是甘蔗、玉米、大豆等)與生質柴油(原料是油菜籽、大豆等)。台灣可以考慮在南部發展生質酒精(由甘蔗來提煉)，以及纖維素酒精(由木材類提煉)。巴西是有名的甘蔗生質酒精出產國。美國預計在未來 10 年開發 5 倍的生質柴油產量，為了避免與農業相爭，大力研發纖維酒精的未來性。同時，也大力開發油脂藻類。台灣東海岸也可以有很大的微藻類發展空間。

4.3 台灣非核家園的願景與建議

近年來，因為傳統能源(煤炭、石油、天然氣)短缺與地球逐漸暖化，世界各先進國家正努力於開發替代能源科技，核能發電也被認為是乾淨能源的選項。但今年 3 月 11 日發生於日本的福島核電災難，震醒了原本規劃的核能政策，世界各國不得不重新再認真檢討核電效益與安全代價的問題。尤其台灣地小人稠，地震風災水災年年不斷，設於火山斷層地帶的四座核電廠，讓人民生命安全受到威脅而寢食難安。美國、法國等幅員廣大的國家，較能承受核電風險危機，但台灣彈丸之地，絕對不能對核電存有僥倖心理。

現在政府單位最重要的、最應做的不是再去解釋核電有多重要、多好、多安全，而是要儘快嚴謹公佈台灣現有的核一，核二，核三廠的安全報告，並且說明提高抗震防災方案，和其所需的時間及費用，以完成補抗震及防海嘯的設施，讓台灣免於像日本福島的核電災難。而且，政府也需要提出安全撤離方案：萬一發生核災，如何有效疏散大都會數百萬人口於核電廠 30 公里半徑外，政府也應該儘速公佈現在及未來的核廢料處理的方式與方案。

現在，連原來不反對核電的大部份理工科知識份子，也不得不承認，人為科技有時真的抵不過天災或人為疏失，核電的確有潛在風險危機，只是不確定何時會發生。台灣在 2002 年所制定的環境基本法中，規定政府應該訂定計劃，逐步達成非核家園的目標。現在政府單位更應該重新正視並積極公

佈達到非核家園的時間表，讓台灣民眾及後代子孫享有免於核災恐懼的自由生存環境。

根據台電最新資料，目前核電占有 18%，但台電卻存有 23% 備用電力，台電認為要存有 15% 備用電力以策安全。依台電規劃，核一廠於 2018 年~2019 年除役；核二廠於 2021 年~2023 年除役；核三廠於 2024 年~2025 年除役。如果不能提早除役，也絕對不能再延役，不能拿老百姓的生命與國土安全作賭注。預計於明年中完成建廠的核四，也不能急於裝置核燃料棒或商業運轉發電。因為今天即使沒有核四發電，台電還存有 23% 備用電力，用電量在 3~5 年內不會有大改變。政府必須向人民提出萬全的核安方案，並達成全民共識。否則，核四應該保持不插入燃料棒或不要商業運轉，此舉不但不會影響供電量，人民也能免於核災風險的恐懼。

政府應該認真執行並獎勵有效節約用電方案，盡力排除興建高耗電的石化工業，提倡低耗電的產業結構，提昇現有火力發電效率，並增加新型的排除二氧化碳設備，全力開發再生能源科技。台灣特有的地理環境，有利開發西岸靠台灣海峽的風力及東岸靠太平洋海域的海洋發電，東岸靠太平洋海域海藻類及南部甘蔗酒精的生質能發電，加上台灣的電腦產業基礎，發展最先進的太陽光能發電，讓綠色再生能源取得經濟與環保平衡發展，在未來 15~20 年終於取代 18% 核能發電，達到非核家園的目標，也讓子孫擁有一塊永續發展的生存空間與乾淨的土地[3]。

5. 結論：我們對台灣廢核計劃的建議

2025 年以前台灣廢核計劃時間表的建議

第一、我們建議核一廠儘快除役：核一廠最老，抗震防災力最弱最危險。把現有的備用電力由 23% 降到 15%，省下 8%，可以取代核一廠發電量 5%，不會影響電力供給率，讓台灣立刻免於核一廠安全的威脅。

第二、我們建議核二廠在未來 10-15 年內除役：開發 2000 座，每座發電量 2 MW 的大型風力發電機組；或者，開發 4000 座，每座發電量 1 MW 的

中型風力發電機組。這些風力發電機(假設以 50%發電量來算)，大部份設在台灣西海岸上，或者近西海岸海面上，有強力隱定風場區，可以取代核二廠發電量 7% (大約 2GW)。

第三、我們建議核三廠在未來 10-15 年內除役：開發 300 座，每座發電量 10MW 的大型太陽熱能發電廠；或者，開發 3000 座，每座發電量 1 MW 的中型太陽光能發電廠。這些太陽能發電廠(假設以 70%發電量來算)，大部份設在核一、二、三廠的外圍的安全管制區，及中南部陽光地帶，可以取代核三廠發電量 6% (大約 2 GW)。

第四、我們建議核四廠在未來完工後不商轉：核四廠完工後是否商轉，經濟利益與核能安全兩方面的爭議很大。到目前，核四未完工未發電，只是做未來電力需求量增加時備用。但是，假設未來每年經濟平均成長率 4% 所需要增加的電力，必須以徹底實行節約能源每年 1%，提高火力發電效率每年 1%，排除高耗電以及獎勵低耗電產業的電力使用效率提升每年 1.5%，加上開發綠能永續能源等每年 0.5%，必定可以補足未來經濟發展所需要的電力，並可以取代核四發電量。這樣做，核四不必商轉發電，也不會影響未來經濟發展。

再來，完工後的核四廠，可以考慮改成天然氣或低碳燃煤火力發電廠(NGCC，IGCC)。沒有插入燃料棒，反應爐是安全的，可以搬走，改裝成天然氣或低碳燃煤發電廠，其它大部份發電機組可以留下來用，可以省下 20% 的費用[31-33]。而且省下申請天然氣或低碳燃煤設廠環保評估時間，何況台灣有必要增加新型無污染的火力發電設備。當然，必須解決大型天然氣儲存槽的安全設施或二氧化碳捕捉封存問題。

另外，有部份人士建議，以核四來替代核一二三廠，因為核四是新廠應該比核一二三舊廠安全。我們認為，果真如此，也應該要先立法，規定核四廠要等到核一二三廠停機後，才允許同時插入燃料棒開始運轉發電。什麼時候核一二三廠停止運轉，什麼時候核四開始運轉，一直到 2025 年綠能可以替代核四為止。為了公平誠實與負責，不能先運轉核四，往後再來考慮停轉核一二三廠。

第五、我們建議：(1) 經濟部的能源局，要提昇級次到能源部，來統一規劃能源政策及綱領實施。(2) 成立專門團隊來研究核電廠除役問題，核四廠安全問題，及核廢料處理問題。用過核燃料高輻射，請參考深埋地層深處的國際核廢料貯藏方案[38-40]。(3) 原子能委員會與台電的關係要分開，原能會要佔在監督的角色立場，不能向台電拿計劃，否則台電比原能會更有發言權，降低對核電安全監督的力量。(4) 必須編廢核計劃預算，以及廢料處理費用。(5) 必須編預算開發並興建風力發電廠與太陽能發電廠，開放民營以提高競爭力。(6) 大力推廣節能政策，提高電費以節省工業用電，推廣省電的 LED Lighting 以替代耗電燈泡 (LEDs 產業鏈完整、光源製程及量產技術領先)。(7) 大力推廣汽電共生 (Cogeneration)，加上發展燃料電池與渦輪聯合發電 (Combined Fuel Cell and Gas Turbine) 等高效率的分散式發電技術。

2025 年以後台灣能源安全自主的美夢

根據台綜院的台灣能源政策綱領[17]，2010 年目前發電大約比例：火力 75% (煤炭 45%，天然氣 20%，石油 10%)，核能 20%，水力等 5%。

我們建議 2025 年發電大約比例：火力 75% (煤炭 40%，天然氣 25%，石油 10%)，綠能 20%，水力等 5%。逐漸以綠能取代核能發電，以達到 2025 年逐漸廢核計劃的時間表。

我們建議 2025 年以後發電比例：逐漸減低化石能源進口，減少火力發電，逐漸達到低碳低污染，加上逐漸提高綠能發電，以達到未來能源安全自主的美夢。

參考文件

[1] 日本福島核電廠爆炸，MIT 學者怎麼說？3 月 15 日, via T 客邦 by Bird, 原文："Why I am not worried about Japan's Nuclear Reactors" by Dr. Josef Oehmen, 3/15/11.

[2] MIT Nuclear Engineering Department: provided by Stan Yang 楊東龍, NATPA Forum, 3-17-2011. <http://web.mit.edu/newsoffice/2011/nuclear-panel-japan-0136.html>

- [3] 北美洲台灣人教授協會聲明 我們對核能發電到非核家園的看法, NATPA Forum, 4-10-2011.
- [4] 黃界清 從能源科技的觀點 - 台灣的品格-進步國民應有的素養與智識 前衛出版社, edited by Shyu-tu Lee 李學圖, 2010 年 9 月 21 日, pp.418-423.
- [5] Steam its generation and use, The Babcock & Wilcox Company, 1978.
- [6] Je-Chin Han 黃界清, Hydrogen Turbine for Clean Power, Taiwan Global Technology and Industry Summit Forum, Taipei, Taiwan, March 18, 2008, pp. 257-274.
- [7] US Department of Energy 美國能源部 <http://www.energy.gov>
- [8] Nuclear Reactor Engineering, Samuel Glasstone and Alexander Sesonske, Van Nostrand Reinhold Company, 1967.
- [9] 王德義 核能發電淺談-怕它不如了解它, 中華民國核能協會 2005 年 4 月。
- [10] Je-Chin Han 黃界清, Perspectives on Fuel Cell R&D and Micro Turbine Technology Trend, NARL Science & Technology Policy Research & Information Center, Taipei, Taiwan, August 7, 2006.
- [11] Je-Chin Han 黃界清, Clean Energy Technology 乾淨能源科技簡介, NATEA Dallas Annual Conference, November 15, 2008.
- [12] US Department of Energy 美國能源部 Energy Efficiency & Renewable Energy, <http://www.eere.energy.gov>
- [13] Principles of Solar Engineering, Yogi Goswami, Frank Kreith, and Jan Kreider, Taylor & Francis, 2000.
- [14] Fuel Cell Technology Handbook, edited by Gregor Hoogers, CRC Press, 2003.
- [15] EARTH: THE SEQUEL- The Race to Reinvent Energy and Stop Global Warming, Fred Krupp and Miriam Horn, W.W. Norton & Company, 2008.

- [16] Sustainable energy from Wikipedia, the free encyclopedia (Redirected from [Green energy](#)) Jump to: [navigation](#), [search](#) , provided by Stan Yang楊東龍, NATPA Forum, 4-6-2011.
- [17] 台綜院 能源發展綱領政策環境影響評估暨能源供給效率規劃 - 我國永續能源政策綱領, 2008 年 10 月 29 日, provided by CP Yeh 葉治平.
- [18] 徐光蓉 誤導國人的能源政策綱領 - 對能源發展綱領政策評估意見 2011 年 2 月 24 日台灣環境保護盟.
- [19] 王塗發 「能源發展綱領政策」之環評意見 2011/2/24 台灣環境保護盟.
- [20] 王塗發 核電成本知多少? 2011 年 4 月 2 日玉山周報第 94 期.
- [21] 行政院 2007 年 產業科技策略會議, 2007 年 19 日到 22 日, 能源局與國科會合辦, provided by Hsu Wen-Fu 許文輔.
- [22] 許文勝 日本福島電廠事故的經過 清華大學 原子科學院 電子報 2011 年 4 月 11 日, provided by David Hung 洪榮隆, NATPA Forum.
- [23] 蔡英文 「非核家園需要實踐-三哩島核災 32 周年」記者會, 蔡英文辦公室 2011 年 3 月 28 日.
- [24] 前核電廠技師的瀝血控訴 設施配管 1 級技士平井憲夫(1997 年 1 月因癌症逝世), provided by CD Kuo郭正
典http://blog.roodo.com/osaka_tainan/archives/14565457.html
- [25] Stan Yang 楊東龍, Nuke_4_Analysis, 4-4-2011, NATPA Forum.
- [26] 梁啟源, 德國的非核宣示 我們可以跟隨嗎? 中國時報 6-10-2011.
- [27] 核能四廠相關資訊彙編 2004, 能源局, 原能會, 台電公司, provided by David Hung 洪榮隆, NATPA Forum, 4-5-2011.
- [28] 廢核第一槍 德 10 年後關閉所有核電廠, 自由時報 5-31-2011.

- [29] Japan Aims For Renewables To Account For 20% Of Power Generation By 2020s, ASEE Bloomberg News (5/26, Ito).
- [30] GE Predicts Solar Power To Become Cheaper Than Nuclear, Fossil Fuels In Five Years, Bloomberg News (5/27, Wingfield) ASEE.
- [31] 郭國榮, 核電廠「去核」我做過, 自由時報 四月十一日.
- [32] James Kuo 郭國榮, Feasibility Study of Converting #4 Nuclear Power Plant in Taiwan to a Fossil-Fuel Plant, May 27, 2011.
- [33] 杜新茂, 公投「核四改為火力發電」消除爭議、災禍夢魘, NATPA Forum, 4-5-2011.
- [34] 蔡進耀, 向世界證明太陽能可取代核能, 蘋果日報 四月二十七日.
- [35] 蔡榮根, 立即關閉核一廠, 自由時報 5-15-2011.
- [36] Herng Shinn Hwang 黃恆信, Taiwan's Renewable Energy Policy and Projects (2000 – 2008), Woodrow Wilson International Center for Scholars, June 22, 2010.
- [37] 林立夫, 21 世紀台灣能源供應的挑戰與對策, 龍潭核能研究所 2011 年 4 月 6 日.
- [38] Jerry Jan 詹春孟, 從日本核災看世界各國及台灣之核能發電, 2011 TAC/EC, July 1-4, Pocono, PA.
- [39] Wunan Lin 林武男, Nuclear Waste Management, NATPA 2006 Annual Conference, July 28-30, 2006, Newark, CA.
- [40] Jerry Chuang 莊子哲, On the general Principles of Design for Safety of a Light Water Power Reactor, June 12, 2011.