

台灣能源環保 ABC

郭位 香港城市大學

近幾個月經常收到各類媒體詢問有關台灣供輸電的問題，由於公務繁忙，兼且自從去年 8 月 15 日台灣斷停電，政爭干擾民生，社會激盪不平靜，不差額外參上一腳，故婉拒採訪。今天電能問題再度浮現檯面，如果沈默不出聲，就真有負身為讀書人了。應要求，以科普通俗的方法綜合回答以下 35 個經常碰到的能源環保問題或說法。

Q11: 為何重視再生能源？再生能源有什麼缺點嗎？

A11: 再生能源應該叫做可再生能源（Renewable Energy），為來自太陽、風力、水力、生質、潮汐、地熱等取之不盡的能源，也是相對於煤、石油或鈾等地球上儲存有窮盡的能源。

自從上世紀七十年代，石油、天然氣等石化能源被視作國家戰略資源，價格起伏不穩，曾經引發多次能源危機並導致中東戰爭，全球爭端至今方興未艾。到了 21 世紀，大量新開採出的頁岩氣等石化能源似乎為能源發掘帶來新希望，但是也被認為是造成環境污染的一大根源，凡此皆突顯出再生能源的重要性。

由於氣候變遷對人類帶來嚴重警訊，許多國家推動再生能源，減少對石化燃料的依賴，甚至有人思考執行「百分百再生能源」的政策。再生能源安全性強，有些僅排放微量的溫室氣體（見表一），有助緩和全球暖化，但是有時候會破壞生態環境、影響生物物種生存，甚至主導氣候變遷。

再生能源靠天吃飯，持續性低，可靠性也低，難做基載電力，充其量僅能作為石化或核電的補助能源。太陽能、風力、生質能源相對昂貴，算是另一工程經濟上的大缺點。

至於 52% 那些非電力的熱能 (A2) 供應方面，例如交通工具需要汽柴油，或是電動車需要充電，在供應方面，都不是再生能源能上力的。

Q12: 再生能源的現況及前景如何？

A12: 全球使用的再生能源量遠低於可供開發的潛力：2008 年全球有 19% 的能源需求來自再生能源，其中 13% 為傳統生質能源，多半用於熱能，而來自其他方面的再生能源（如風能，太陽能，地熱等）只佔少數。在發電方面，水力佔 15%，其他再生能源佔 3%。

再生能源目前提供全球約 1/4 的電力供應，所佔比例的大小依次為水力、風力、太陽能。近年風力及太陽光電創發電量的歷史新高。過去 5 年，太陽能發展快速，是較為看好的再生能源。

水力、廢棄物、風力三者目前佔台灣再生能源發電量的 85% 以上。基於特有的天候及地理環境，台灣再生能源的發展以太陽能及離岸風力較為看好。太陽能成長快速，水力已趨飽和，而風力發揮空間有限。依德國經驗，風力發電改變生態環境，影響景觀。太陽能雖然是突出的選項，台灣可用於太空太陽能板的土地面積嚴重不足，而且可使用的日照難以掌握。

Q13: 台灣是否要發展綠能，而不是核能？

A13: 此說有誤。其實想說的勉強可以是：「台灣要發展再生能源，而不是核能。」如果綠能指的是環境污染量少的能源，那麼在很多方面，核能是相當綠的能源，但並不是再生能源。如果綠能代表乾淨，則再生能源有綠的，也有不綠的。木炭、廢物、生質作物都算不綠的再生能源，而目前使用這些較不乾淨的再生能源，比使用乾淨的再生能源的比例更高。信乎？

Q14: 火力發電污染嚴重，核電令人心神不寧，為什麼不用再生能源取代核電？

A14: 即使拋開經濟上沉重的負擔不談，未來 3、50 年再生能源只能提供全球一半的電能消耗。就台灣能源消耗分析，全力發展再生能源，即使可以提供 50% 的電能消耗，剩下 50% 非再生能源電能的消耗該從哪裡來呢？何況提供 50% 電能消耗的再生能源既不可持續，也難以勉強達標。

關鍵的問題是，台灣到底該從哪裡取得足夠的再生能源來取代火力發電及核電？此外，除了傳統電能消耗，交通運輸、熱能、... 等 52% (A2) 非電能消耗所產生的污染又該如何處置？

Q15: 核輻射是怎麼一回事？我們不該擔心核電廠周圍的核輻射傷害嗎？

A15: 我們生活在充滿輻射的大環境裏：輻射來自土壤、空氣、... 甚至深海魚類、菸草、大理石、煤渣、溫泉、機場的安檢設備、醫療檢驗、高空飛行、翻山越嶺、... 都充滿或高或低的輻射。核電廠或核廢料儲存廠附近的輻射絕對不比同地區遠距離的背景輻射值高，很多時候由於以上所述的背景輻射，甚至電廠附近的背景輻射還更低呢！如果不信的話，查查各城市提供的背景輻射資料，就可以一目了然。

短期內曝露在高輻射的環境下的確危險。核電廠經層層保護，除非出大事故，輻射不致外洩。1979年美國三哩島核電廠事故至今，附近居民罹患癌症的個案比例無異於他地的居民。還有一個常被誤導的資料就是，雖然核電廠事故率極低，萬一出大事故，則會影響方圓 50 公里的地方。這個標準是就平地而訂，核電廠若為山地所阻，事故後暴露在外的輻射性物質將局限在小範圍之內，50 公里的擴散估算並不適用。

Q16: 如何處理核電廠的核廢料？

A16: 核廢料大致可分為低階與高階兩種，低階廢料佔 90%以上。目前已有各種低階廢料處理技術，其中 80%在分佈於世界各地的核電廠內處置。高階廢料大部分來自乏燃料（spent fuel），乏燃料是核燃料發電過程中燃燒不全的殘餘原料。

根據國際原子能總署的計算，有史以來，全世界共產生了 37 萬噸乏燃料，其中 12 萬噸經過再處理使用，25 萬噸存放在處置場內。存儲的這部分乏燃料體積約為 22,000 立方米。將高階核廢料埋在地底岩石處置庫是公認的最佳處置方式，芬蘭、美國、中國大陸正規劃蓋建地底數百米以下岩石堆中的核廢料處置場。

回看歷史，自從第一座商用核電廠於 1954 年在前蘇聯奧布寧克（Obninsk）運轉以來，至今沒有任何核廢料影響環境或損害身體健康的紀錄或報告。大眾對核廢料的恐懼感，類多來自虛幻想像。

Q17: 核電對台灣有什麼貢獻？

A17: 核能對台灣經濟起飛及促進民生福利、避開停缺電的日子，貢獻很大。

如 A2 所述，由於石油及燃煤佔台灣能源消耗的超高比例，台灣 CO₂ 的人均排放量，為全世界平均值的 2-3 倍。嚴重缺乏自產能源的台灣，過去 30 多年，若非核一、二、三廠經年提供超過 13% 的電力，石油及燃煤對空污及 CO₂ 的排放將更加不可思議。核電對減少 CO₂ 的人均排放量，對維護相對潔淨的空氣品質及呼吸道健康，甚至對減少各類呼吸道疾病的人數都有相當大的貢獻。

Q18: 核電、火力發電對台灣的生態及台灣人的健康有些什麼影響？

A18: 核電貢獻台灣 30 多年，至今並沒有造成人員直接間接傷亡的科學報告。核一、二、三廠及核廢料儲存站也並無放射性物質外洩造成破壞或污染環境的證據。

2013年5月7日，我在台北總統府月會以「核電關鍵報告」為題 (https://m.youtube.com/watch?v=L4a0n3GHb_s&feature=youtu.be)，根據 NASA 氣候科學家 Kharecha and Hansen 的估算公式，首度指出台灣因為核一、二、三廠取代相當的火力發電，減少空污為害，拯救了至少 6000 條若採用燃煤而亡的台灣人命。Hansen 則更進一步認定核電是緩和全球暖化目前唯一可行的方式。

2016年，台大公衛學院分析空汙帶來的呼吸器官威脅 (*Formosan J Med*, 2016, Vol.20, No.4)，指出台灣人因暴露在 PM2.5 空汙（郭註：汽機車、非電力能源消耗、飛航器、工業污染、火力發電、沙塵暴、動物排泄物、... 都是亂源）之下，年死亡者達 6000 多人。考量核電佔台灣電力的比例、電力佔全體能源消耗的比例、經濟成長所引發的能源消耗、火力發電產生的空汙在全體能源消耗的比重、化工廠對空氣的污染、... 等因素，此研究印證了我之前的推算。

近年台灣肺癌罹病人數躍升為癌症之首，還有許多心血管等方面的疾病，與空汙脫不了關係。

Q19: 火力發電在台灣以外對人類健康造成什麼影響？

A19: 2017年10月19日，由40名環境和健康專家組成隸屬於《柳葉刀》(*The Lancet*)的「污染與健康委員會」公佈一項與全球污染和死亡人數相關的調查報告。報告估計，2015年全球有650萬人死於空氣污染。按照該研究，估計台灣該年約有1萬人死於空汙。

全世界因煤礦事故喪生的人數，保守估計每年有10萬人左右。德國 Max Planck Institute for Chemistry 的 Jos Lelieveld 於 2017年9月在《自然》雜誌上發表室外空汙來源與死亡關連性之全球性研究，警告說，如果不採取行動，目前每分鐘導致6人死亡的空汙，在2050年之前可能加倍。

雖然所有這些研究調查結果遲到了幾年，卻都支持我2013年5月7日在台北總統府所做的報告。其實，2013年的報告算是相當保守。

Q20: 德國的非核家園是怎麼一回事？

A20: 世人熟識號稱反核最大聲的德國 -- 面積約為美國德州的一半，略小於中國的雲南省 -- 被荷蘭、盧森堡、法國、比利時、瑞士、捷克的12座核電廠緊緊地包圍住。最近的核電廠 Fessenheim 位於法國東北部萊茵省的運河區，距德國邊境僅1.5公里。如果眼不見為淨而以除去境內的核電廠為快，則從圖二看，核電無國界，縱使表面上做到本土無核電，除了水力

及風力豐富的北部地區

(https://gvlf.gvm.com.tw/article_content_14196.html)，掩耳盜鈴，德國哪裡算是非核家園？



圖二：德國邊界核電廠分佈圖

Q21: 非核家園在台灣有共識嗎？

A21: 共識是共同的認識，乃是眾人經過討論後而達成的無異議瞭解。雖然許多人喜歡以「非核家園是台灣的共識」做為能源討論的開頭語或結尾論述，嚴格來說，對於能源願景，台灣從無共識。當聽到非核家園的時候，有人為趕時髦而點頭；更多的人則是根本沒有搞清楚怎麼一回事而保持沈默。在隨風搖曳的社會壓力下，人云亦云可以避免受到理盲者的謾罵攻擊，似乎是比較穩妥的自保之道。

包括德國在內，很難指出世界上那一個國家對非核家園有共識（A9）。德國總理的科技顧問 Herbert Gleiter 就不贊同該國總理 Angela Merkel 推動非核家園的做法。如果真有共識一說，那全球接近共識的看法就是減碳 -- 減少 CO₂ 的排放，減少燃煤發電；即使如此，眾所周知，美國總統川普並不同意全球暖化一說。

除了心裏舒服以外，如果不經研究而陳述「XX 年達成非核家園的目標」的說法並不負責。不負責任的人喜歡用「共識」來主導一廂情願的政務。鄉愿的眾人除了沉默以對，似乎別無他法。當今蔡英文政府開出

「2025 非核家園」的支票，而她的總統任期最多到 2024 年就得鞠躬下台，

2025年「非核家園」能否兌現，與她無關，何況隔著台灣海峽的福建還有好幾座大型核電機組開口對著台灣。

非核家園在台灣，有如畫餅充飢，鬧劇一場。