發佈：2019-03-08, 週五 17:47
點擊數：14675



全球空污議題日受重視，台灣自不例外，但若忽略科學與理性，則想要改善空污的目標恐適得其反。以2018年「九合一選舉」同步進行的「核電」、「反空污」公投結果來看，公投的民意與結果必須予以絕對尊重，但在實際執行時恐有相互牴觸的疑慮，也就成為政策的兩難僵局。此一全國性公民投票第16案「以核養綠」，係指「廢止電業法第95條第1項」即廢除『核能發電設備應於中華民國一百十四年以前，全部停止運轉』之條文」以589萬同意票，401萬不同意票，獲得通過。而第7案反空污公投「以『平均每年至少降低1%』之方式逐年降低火力發電廠發電量」，則

Phoca PDF

發佈：2019-03-08, 週五 17:47
點擊數：14675

挾著近800萬票通過。簡單而言，若要每年固定減少1%的火電輸出，邏輯上最終需完全放棄火力發電，倚賴綠電與核電，但關鍵的核廢料無最終儲放的解決方案，因此所謂「以核養綠」形同無實行之可能。事實上，最新的「世界核能工業報告」(World Nuclear Industry Status Report 2017)便指出，全球電力的未來是綠電而非核電，主要是發電成本與風險控管都優於核電。[1]

一、人類已打贏的空污戰爭

依賴理性的分析與評估，再訂定可行方案正是目前人類已打贏的兩場空污戰爭的主因，靠得就是科技改良與理性選擇，以及跨國政府乃至產業界的合作，循序漸進才得以成功。

先說國際對空污的關注，起於1960年代對南極冰層的鑽探，發現不同年代冰層含有的Co2濃度由17世紀工業革命明顯增加，環境安全議題受學界注意。但由於冷戰方酣，所謂傳統安全的核心是軍事競爭，空污環保等「非傳統安全」議題直到80年代冷戰末期才浮上檯面，真正受到重視。

而首場對抗空污的大戰就是著名的「臭氧層保衛戰」。臭氧層的破損，導致地表紫外線強度大增。1987年聯合國制定《蒙特婁議定書》（MontrealProtocol），禁用破壞臭氧層的氟氯碳化物(CFCs)；企業也開始尋找替代品。在全球政府政府與工業界的努力下，臭氧層的破洞不僅減緩，並逐漸復原，預估制2030年代北極上空的臭氧層將完全復原。

Phoca PDF

第二場空污戰役則是禁用「有鉛汽油」或稱「乙基汽油」（ethyl gasoline）。有鉛汽油在1923年代問世，作為添加劑用以保護引擎並提高出力。但由於燃燒後鉛進入大氣，不僅污染環境且對人體血液、神經系統造成嚴重影響，因此引起科學界、社會團體與汽車業的論戰，隨著引擎技術的發展克服爆震與金屬材質改良，美國於1990年通過「清淨空氣法修正案」（The Clean Air Act Amendments of 1990），在1996年正式終結有鉛汽油，全球包括台灣也跟進，大氣中的鉛含量才逐年降低。

快速回顧近年國際對抗氣候變遷與空污的努力，最重要的基礎為「京都議定書」(Kyoto Protocol)，主要原因是基於
大量化石燃料使用，造成二氧化碳等溫室氣體在大氣中的濃度急速增加，改變了地表溫度的輻射並連動全球氣候變遷，同時使用燃料燃燒產生的懸浮微粒更造成空氣污染。為了抑制此一暖化趨勢，減緩氣候變遷，聯合國在1992年舉辦「地球高峰會」，並通過「聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)」。其後歷經變遷，至1997年12月通過前述的「京都議定書」，並訂定具體目標藉以規範工業國家之溫室氣體減量。第一階段並以2008年至2012年為期，工業國家的溫室氣體排放量要比1990年當期再減少5.2%。[2]
這是國際間對能源及環境影響的首個
政策型國際公約。其後於2015年12月12日在聯合國氣候峰會
中通過氣候協議，稱為「巴黎氣候協議」(Paris Aggrement)取代京都議定書，主要目標是期望控制或減少全球暖化趨勢，將

Phoca PDF

平均氣溫升幅控制在1.5-2℃之內，以減少氣候變遷

的風險和影響。這些跨國協議除排污的

總量管制外，對於溫室氣體也予以明確界定，包括CO_2、

氧

化亞

氮(N20)、

甲烷(CH4)、氫氟氯

碳化物類(HFCs)、全氟碳化物(PFCs)及六

氟化硫(SF6)等。[3]

雖然全球的努力得以減緩但實際上溫室氣體總量仍在增加，主因是全球人口持續增加使得能源需求總量不斷增加，因此對各國都造成重大挑戰。

二、全球核電面臨衰退

而現下全球面對的溫室氣體與細懸浮微粒(PM 2.5)的空污挑戰，隨著人口增加與經濟發展的用電需求而日益嚴重，一般以為發電過程不會排放廢氣的核能發電機組會是減碳的主要選擇，但由機組的「全壽命週期」(lifecycle)來看，核電恐非一般想像的「無碳」，更令外界跌破眼鏡的是依照國際組織的研究顯示，低碳發電的最佳解決的方案卻不是核電而是綠電。

依照碳足跡(carbon footprint)的排放估算，「世界核電協會」(World Nuclear Association)在2011年出版的《各發電方式全壽命週期溫室氣體排放比較》(Comparison of

Phoca PDF

Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources)也明白指出風

力發電與水力發電系統產生的Co2排放較核電為低。[4]美國「能源資訊署」(Energy Information AgencyEIA)便明確指出，「核電並非零碳，原因在於開採、提煉鈾原料，建設核電廠時便會消耗大量原本可用於發電的石化燃料」。[5]

其次，

成本因素恐成為核電終結者。進一步來看，2017年出版的「世界核能工業報告」，便明白宣告「核電的爭議已然終結，核能替代者是風力與太陽光電...這些綠電才應該是全球新電廠的優先選擇」，主因在於「核電雖導入先進技術，反應爐的維護成本卻更增加。」再由核電的實際市場觀察，全球最大的核電營造廠日本「東芝-西屋」於2018年宣告破產，無獨有偶，號稱擁有先進核電技術的法國營核電公司「阿海法」(Areva)也在掙扎6年虧損120億美元後不支宣告破產。簡單說，無論政策面或是場面，在在說明核電在興建、營運、以及後端處理的成本，形同錢坑。因此全球僅有少數新建計畫，前途並不樂觀。

三、綠電具成本優勢

依照「均化發電成本」(levelized cost of electricity, LCOE)

Phoca PDF

發佈：2019-03-08, 週五 17:47
點擊數：14675

計算，美國能源資訊署的評估顯示，先進的核能發電成本高於先進火力發電與風電一倍以上，每百萬瓦(Mw)

的成本，先進和電為90美

元、先進火電為48美元、陸上風電為37美元。[6]

需注意的是其為美國的能源環境，有地緣、能源產地、土地成本等特性，例如離岸風電的成本便達百萬瓦/106美元，因此美國的發電成本未必完全適合台灣，但仍具參考價值。

綠色能源發展的主要推動力，除了因石化燃料終將減少耗盡、以及氣候變遷等自然環境的客觀條件外，

暖化與空污更

涉及到人類安全，因此，政

府政策與意志也扮演臨門一腳的關鍵力量

統計更清楚指出，在2013年時全球的綠能產量開始大幅成長，

較2012年增加16.3%，總產量約達2.79億噸

油當量。[7]

而在市場產值部分，全

球再生能源市場在2013年產值已達2,140億美元

，[8]至2015年時將達3,310億美元，年均成長率約為 8.1%。[9]

綠色能源的需求與發展趨勢極快，對照前述的統計，歐盟在2017年的再生能源已佔總體電力供應

Phoca PDF

的30%，其中的風力、光電、生質能則達20.9%，[10]預估此一發展至2040年時將達到119.1 夸特Btu(quardrillion Btu [11])比核電的57.2 夸特Btu 還要多75-100%，[12]而綠電的佔比也將突破50%，[13]

很清楚的說明綠能發展的潛力。同時，隨著綠能的日益普遍，特別是風力發電、太陽能發電的設備價格逐年下降，此一趨勢將使得未來的綠電成本，不僅擊敗核能更可以與傳統石化燃料的火力發電相競爭。

四、政府意志與溝通能力是綠能來電關鍵

回到台灣現實面，核電的確具備低碳特性的優點，但面對前述的高運維成本外，由於台灣國土幅員狹小限制，更造成高昂的外部安全成本，也就是核災意外的國土安全間隔不足，以及核廢的終端處置也面對無解的難題，使得核電成為高難度政策。至於民眾關心的PM 2.5的污染，除發電、汽機車使用燃料造成的空污外，汽機車行駛的揚塵與煞車蹄片等造成的「貢獻」也是主因，而飛拳推給火電廠。這可由捷運站實測 PM 2.5都嚴重超標的科學事實看出，主因是列車進站時的煞車做動與軌道摩擦造成的懸浮微粒。

易言之，考量台灣98%的能源倚賴進口，目前唯有綠電等屬於可自產能源，且綠稜成本低於核電，採取綠電已為大是所趨。但政府必須誠實、透明告知民眾核電的優點與缺點、並儘速排除綠電建構的法律、與金融貸款的障礙。 同時，也須誠實告知公眾綠電並非可調度(dispatching)電力，

Phoca PDF

因此需有基載的火力電組，而燃汽機組升降載的反應快速，被視為綠能發電的最佳互補，應屬於台灣能源轉型的較佳選擇方案。但必須注意的是空污議題，需提出包括「非燃燒污染源」也就是車輛、耕成等更精確的監測數據，才能避免輿論的誤導。唯有如此，誠實透明的揭露資訊，對公眾溝通與說服，台灣才能在能源安全、經濟發展、以及空污治理的三角習題中，取得平衡。

---

[1]Mycle Schneider , World Nuclear Industry Status Report 2017 (Paris: Mycle Schneider Consulting Project , 2017). p. 10.

[2] United Nation, “article 3”, Kyoto protocol to the U. N. framework convention on climate change. (New York: U. N, 1998), p. 3..

[3]United Nation, “Annex A? Greenhouse gases,” Kyoto protocol to the U. N. framework convention on climate change. Ibid., p.19.

[4]WNA,Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation

Phoca PDF

Sources(World Nuclear Orgnisation, 2011), p.6.

[5]EIA,“Nuclear reactors and power plants have complex safety and security features,”U.S. Energy Information Agency. April 30, 2018. https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=nuclear_environment

[6]EIA,Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2018(Washington D. C.: Energy Information Agency, 2018). p. 5.

[7] BP, BP Statistical Review of World Energy 2014.(London: BP, June 2014), P. 38.

[8] REN21, RENEWABLES 2014 GLOBAL STATUS REPORT (Paris: Ren21. 2014),. p. 15.

[9] “Global Markets for Renewable Energy,” see at http://is.gd/cdq7Gv

[10]Sandbag, The European Power Sector in 2017 (London:Sandbag, 2018), p. 11.

[11] 1??????? 293,083,000,000 Kilowatt-hours (kWh)，或等於33.434 gigawatt-years (GWy)。

[12] Energy Information Admistration, International Energy outlook 2013(Washington D. C. : EIA, 2013) p. 7.

[13]Sandbag, The European Power Sector in 2017, p.11.

Phoca PDF

發佈：2019-03-08, 週五 17:47
點擊數：14675

?? ??? ??????????

Phoca PDF