

## 巴黎協議 -- 民主超脫「囚犯的困境」，再生能源時代的開啟

徐光蓉 國立台灣大學大氣科學系教授

2015 年 12 月 12 日，第 21 屆聯合國氣候變化綱要公約締約國大會，195 國代表起立鼓掌通過「巴黎協議」，全球都為此感到興奮 – 不僅達成協議，內容更超乎大家預期：不只要求「控制增溫遠比 2C 低」，還「追求增溫不超過 1.5C」；呼籲人為排放盡早達最高峰，並於本世紀中開始，人為排放與自然吸收相當；所有國家所提出的自願減量承諾(National Determined Contribution, NDC)，每五年為期檢討，調整可能提高承諾；已開發國家於 2020 年前，提供發展中國家減量與適應所需，至少每年 1000 億美元的財務協助；以及可透過市場機制減量等。

雖然有部分人士協議內容空洞缺乏實質，但協商原本就該先訂下原則再討論細節，「巴黎協議」實際上能否有效控制氣候變遷在攝氏兩度或 1.5 度內，端看往後兩三年內能否合宜的施行細則。不論未來「巴黎協議」發展如何，至少有兩件令人振奮的成果 – 人類集體努力可以戰勝囚犯困境，宣告再生能源取代化石能源的開始。

首先令人興奮的是：各國終於可以拋開彼此間的成見、嫌隙，共同正視迫在眉睫的氣候變遷問題！這是人類善良面的集體表現 -- 只要大家齊心努力，「共用草原的悲劇」或「囚犯的困境」是可以避免的。

### 「共用草原的悲劇」或「囚犯的困境」

美國生物學者哈定(Garrett Hardin)在 1968 年提出「共用草原的悲劇」(the Tragedy of the Commons)論述：在所有放牧者都可使用的共用草原，一旦牲口數量超過草原可負擔時，草原的恢復日益困難，所飼養的牲口不如過往壯碩；如果每位放牧者僅追求自身(短期)的最大利益時，會決定養更多；也因此，草原惡化加速終至毀滅，所有的放牧者都遭殃；考慮減少養殖者，在缺乏共識的情況下，善意轉變成他人獲利，並無法遏止草原毀滅的結局。賽局理論中「囚犯的困境」(Prisoner's Dilemma)相似 – 被羈押的合夥犯案者，訊問者提議「供出同夥，就可立即釋放」，如果合夥人都只考慮各自的最大利益，做出的抉擇 – 都供出合夥者，結果是兩人都被關，是對所有人最糟的結果。

過去多年來氣候變化綱要公約的協商紛紛擾擾，締約國各自爭取自身最大利益；同時，日益頻繁的極端天氣已衝擊糧食、水資源分配，爭奪有限資源引發區域性戰爭，大批民眾流離失所，影響波及整個區域；也有越來越多的科學證據顯示，不立即採取行動，想維持地球氣候在人類可接受範圍的機會將在一二十年迅速消失，氣候可能變得難以想像，現有社會經濟秩序與人類的延續都受威脅。似乎一步步朝向難以挽回的悲劇發展。

## 全球排放量演變 讓氣候變遷協商更加複雜

最早在 1992 年於巴西里約舉辦的地球高峰會中，正式提出成立「氣候變化綱要公約」的想法，希望集合眾人之力遏止人類大量排放二氧化碳等溫室效應氣體所引起的氣候改變。1997 年的第三次締約國大會制定「京都議定書」，規範近四十個工業國，在 2012 年底前總排放量比 1990 年排放平均減少 5.2%；開發中國家不須負擔任何減量責任。當時，工業國佔全球排放總量的六成，「肇事者」工業國與「受害者」開發中國家壁壘分明。

「京都議定書」只規範到 2012 年底，隻字未提 2013 年起該如何規範溫室效應氣體排放，是那些國家需要被規範等等。而隨著國際情勢的改變，工業國家排放逐漸穩定並開始下降，同時大型開發中國家如中國、印度、巴西與南非等國家的二氧化碳排放迅速增加：2006 年中國超越美國成為全球排放最大國，2014 年每人平均每年排放量已經超過歐盟平均；印度在 2010 年成為全球排放第三大國；全球排放量最高的前 20 大國其中 8 國沒有在「京都議定書」中被規範...。工業國因此認為，如果仍繼續只要求工業國家做更大幅度的減量，顯然無法有效減緩氣候改變，希望開發中國家也能參與實質減量。

大型開發中國家對於被點名應該積極減量，一開始反應強烈：工業國家的歷史責任似乎還沒有釐清；工業國家承諾協助發展中國家的財務援助有如空中樓閣；經濟發展仍是幫助民眾脫離貧窮的唯一道路；缺乏適當技術與能力減少溫室效應氣體排放與適應氣候變遷等。逐漸軟化，改以「氣候變化綱要公約」中「共同但有差異的減量責任」(Common But Differentiated Responsibilities)的原則為協商訴求。

仰賴農牧為生的極低度發展國家(Least Developed Countries, 簡稱 LDCs)，國土只比汪洋大海高一兩公尺的小島國家(Alliance Of Small Island States, 簡稱 AOSIS)，歷年來對氣候變遷的「貢獻」微乎極微，但氣候變遷已然直接威脅到她們的基本生存：乾旱或洪水可能一掃整年糧食；大潮加上海平面上升屢次淹沒全島，無需等颱風來襲，已快不適合人居了。氣候變遷協商過程中，極低度開發國家與小島聯盟不斷主張主要排放國應該大幅減量，並希望大會正視限制增溫在不超過攝氏 1.5 度的可能；工業國家從早期的漠視轉變到近年的關心、尊重，進一步成為合作夥伴；但早年的盟友 -- 中、印等大型開發中國家，利益攸關下轉為對立！

## 哥本哈根會議的陰影

「京都議定書」尚未截止前，氣候變化已經日益明顯，乾旱、暴雨、颶風、忽而冷忽而熱，過去被視為異常的天氣已經漸漸成為常態。國際社會原本高度期望在 2009 年哥本哈根舉辦的締約國大會，能產生取代「京都議定書」的新規範。主辦國丹麥沒有意識到各個陣營基本觀念差異，一方面汲汲於新議定書的產生，以少數締約國

的意見做基礎草擬會議結論；加上疏於準備，許多參與者必須在寒風中等候數小時才得以進入會場。結果是一團紊亂，彼此間缺乏互信，競相爭利都浮上檯面，大會主席原先草擬的會議結論被放一邊，結果出線的是同樣具爭議性的「哥本哈根協議」-- 承認增溫不得超過攝氏 2 度，希望全球排放最高點盡早達到，以及工業國應提供資金協助開發中國家減少排放等。中國被指為破壞此會議的罪魁禍首；「哥本哈根協議」在次年會議中追認為正式文件。

哥本哈根會議造成的陰影一直籠罩往後歷屆大會，許多人懷疑由 195 個締約國組成的「聯合國氣候變化綱要公約」是否適合當做解決氣候變遷問題的平台；這麼多國家，意見又如此分歧，討論不只曠日廢時，而且缺乏效率，更難期望獲得一致的結論。悲觀者認為可能永遠無法獲得共識以解決氣候變遷問題，人類的前景黯淡。另派人則認為應該提高協商「效率」，建議全球氣候變遷議題應該交付給占全球排放量一半以上的美、中兩國處理，即便是由 G7 或 G20 處理也比應付 195 個締約國簡單！這邏輯不等同讓肇事者決定全體的未來，弱勢者或早有節制者卻無置喙空間？

在歐盟、極低度開發國家與小島國家聯盟聯手下，2011 年於南非德班舉行的締約國大會開始有了突破，大會結論：於 2015 年前制定具備法律效應的新議定書，規範所有主要排放國；並應於 2020 年開始正式實施（“*to develop a protocol, another legal instrument or an agreed outcome with legal force under the Convention applicable to all parties.*”）。奠定本次巴黎會議討論的基礎。

### 公開透明、全員參與是會議成功的關鍵

地主國各階層的全心投入，是這次巴黎協商能圓滿達成的主因；法國政府至少用了 9 個月時間準備，舉辦 4 次部長級會議，分別舉辦社會各界如科學家、企業、宗教領袖聚會，中央各部會與地方政府間辦 900 多場氣候相關會議，大會主席還親自拜訪幾乎所有締約國；才能在會議開始前，195 締約國中有 187 國提出各國的自願減量承諾(Intended National Determined Contribution, 簡稱 INDC)，涵蓋全球總排放量的 95%。大會主席在主持會議時貫徹「公開透明」「全員參與」「不選邊」等原則，讓所有締約國意見能充分表達，受到尊重。在會議第二週宣布任何一國代表對會議有疑問，主席願意私下單獨討論，用 30 到 45 分鐘處理問題。

會前，歐盟與小島國家領銜，串聯多國組成「高標準聯盟」(High Ambition Coalition) 要求公開透明的討論程序，更嚴格的目標；歐巴馬與國務卿凱瑞親自與小島國家領袖會晤解決彼此間歧見；會議的第一週結束，「高標準聯盟」成員國已擴大超過一百，除了歐盟、非洲國家、加勒比海與太平洋島國外，加拿大、巴西也加入，削弱其他協商集團 -- 中、印與南非等的談判籌碼，強大的聯盟也迫使中、印不得不順應趨勢，以避免重蹈 2009 年哥本哈根會議的覆轍，被指為破壞協商的罪魁禍首。

巴黎會議的成功，是許許多人同心協力策劃努力的成果，用民主的方式集合眾人的期望才得以突破「囚犯困境」！懷疑民主制度缺乏效率的人應該深切省思—是我們努力不夠，不是制度的錯誤。

## 再生能源時代正式展開

「巴黎協議」的許多結論是會議前眾人的「期許」，不敢奢望能在大會被接受，但居然都成真！能獲致這些劃時代的成就，除了地主國傾全國之力讓會議圓滿，許多希望盡早控制氣候變遷的政府彼此間合縱連橫鼓動風氣外，還配合著解決之道已然呼之欲出 — 快速技術進步已然讓再生能源和傳統能源並駕齊驅，並有迅速超越的勢態。不然，憑甚麼提出「要求人類總排放應該盡早達最高峰，之後並加速減量；」更希望「從本世紀中起，人為排放降低至與自然吸收相當」？

### 將化石燃料留在地裡

以目前人類排放二氧化碳的速度來看，想要穩定增溫在不超過攝氏兩度，本世紀結束前人類就必須停止化石燃料使用，達到零排放(net zero emission)，或又稱為碳中性(carbon neutral)，大氣中溫室效應氣體的濃度才會穩定不再持續上升；因此，多數已確知蘊藏的石油、煤與天然氣必須留在地裡，不得開採使用。「將化石燃料留在地裡」(Leave Fossils in the Ground)，絕非不切實際的訴求，不是單純地我們願不願意做，而是進行中與可預見的氣候劇烈變化迫使人類不得不如此，不然就難以存活延續，這其中當然也包括台灣。許多嗅覺敏銳的投資者瞭解這態勢的必然，從污染物最多、二氧化碳排放最高的煤開始，拋售與開採、運送設施及發電廠等的相關投資；參與這投資轉向的有全球最大的挪威主權基金，石油起家的洛克菲勒家族，加州退休基金，與全球最大金融服務公司安聯；德國最大電力公司 E.ON 決定發展再生能源，並將化石燃料發電部門切割出去。最近英國繼丹麥之後宣布將於 2025 年將不再使用燃煤發電！「巴黎協議」通過後，國際股價中化石燃料相關產業大跌，再生能源上升；甚至有煤相關業者擔心：未來這行會不會像過去販售奴隸一般被人憎恨？

許多政府深刻體會氣候變遷帶來難以承擔的嚴重災難，零排放或碳中性的訴求在巴黎會議召開前已獲超過 130 國支持，並要求列入巴黎會議結論；小島國家聯盟，極低度開發國家，中南美洲與加勒比海同盟(Independent Alliance of Latin America and the Caribbean, 簡稱 AILAC)，喬治亞，墨西哥與挪威訴求最前進，都希望全球在 2050 年左右達到碳中性；歐盟 28 國同意 2050 年前溫室效應氣體排放比 2010 年減少 40 到 70%，並於 2100 年前達到碳中性；G7 同意在 2050 年控制排放量為 2010 年排放的三至六成；今年五月法國與德國共同宣誓在 2050 年前將控制溫室效應氣體排放比 1990 年排放量減少 80 到 95%。

### 再生能源 - 未來的主要能源

不用煤、石油或天然氣，要靠甚麼提供人類社會經濟活動所需的能源？哥斯達尼加今年已有 285 天完全靠再生能源供電，丹麥有四成電力來自風力發電，瑞典、夏威夷、聖地牙哥與溫哥華等紛紛宣示百分之百再生能源目標。再生能源雖說從二十一世紀才真正開始發展，技術進步和生產規模擴大的學習曲線，風力發電在許多地方已直接和燃煤電廠競爭；太陽光電成本最近五年就下降八成，已然與傳統發電形式不相上下，不少人預期成本還會持續下降。

以美國能源效率經濟委員會年初評估 2009 至 2014 年美國不同「發電」形式成本為參考；價格最便宜是能源效率提昇，約合台幣每度 0.84 元；其次是風力發電，每度約台幣 1.2 至 2.4 元；美國天然氣發電每度 6 至 9 美分，約合台幣一度 1.8 至 2.7 元；燃煤發電成本在每度 2.1 至 4.5 元台幣 -- 可能美國對燃煤電廠污染管制日趨嚴格導致；太陽光電每度約台幣 2.4 至 2.7 元；生質廢棄物發電每度成本約台幣 2.7 至 3.6 元；最昂貴的是核能發電與淨煤配合碳捕捉與封存，前者每度成本在台幣 2.85 至 4.1 元；後者初估約每度台幣 3.0 至 5.1 元，但因這項技術尚未有成功經驗，現在試驗型計畫成本至少是核電成本的兩倍。

### 「體制內」能源專家，長期刻意低估再生能源潛力

再生能源是在二十一世紀初才開始起飛，多年來實際發展遠超過「體制內」能源專家的預期，但卻持續被漠視，被刻意過度低估；以 1990 年到 2014 年國際能源總署 (International Energy Agency, 簡稱 IEA) 歷年出版的世界能源展望 (World Energy Outlook, 簡稱 WEO) 裡面對未來推估和實際發展相比較，就可看出端倪。

舉例來說，WEO2010 預測在 2024 年全球總太陽光電裝置容量才會到達 180GW；這項目標在出版後四年多(2015 年 1 月)就達到；而且這目標是 IEA 早年對 2015 年預測量的三倍。2010 年的風力發電裝置容量比 WEO2002 年預測值多出 2.6 倍，也比 2004 年時預測高一倍！在 WEO2002 中預測 2030 年全球裝設的風能發電設備，2010 年就已達到，早 20 年完成！或許是為了迴護既存傳統能源業者的龐大利益，IEA 的世界能源展望不僅持續高估煤、油的貢獻，更無視核電近十年佔比緩緩下降的事實，持續釋放核能每年將增加 10GW 或核電配比未來不變等不實訊息，明顯地過度偏好核電。

國際能源總署持續出版缺乏客觀判斷的「世界能源展望」，刺激國際社會另起爐灶，致力於再生能源推廣與應用，包括 2004 年由多國政府、國際組織、企業與民間團體成立的二十一世紀再生能源政策聯盟 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, 簡稱 REN21)，與 2009 年國際再生能源總署 (International Renewable Energy Agency, 簡稱 IRENA)，後者已有 158 國家與歐盟正式成為會員國；種種行為顯示國際社會不僅對再生能源發展願景深具信心，也瞭解行動聚焦的必要。

## 能源轉型沒有核電的角色

擁核人士這時卻趁勢宣稱減碳重責倚靠的是核電！如果瞭解核能發電演進，除了試圖刻意誤導民眾外，不可有此說法。核能發電是在二十世紀中期，從核子武器轉型產生，發展至今超過六十年；八零年代以前成長快速，隨後因為層層的安全規範使得成本日益昂貴，加上發生美國三哩島與蘇聯的車諾堡核能災變，發展停滯已經三十多年。核電的興盛與衰落都發生在大家還不知氣候變遷為何之前，核電自身衰退的原因還未能解決，如何可能成為解決氣候變遷的救主？

全球核電總裝置容量從 1951 年第一座核能發電機組--位於美國愛達荷州 800 瓦的 EBR-1 (1955 爐心部分融毀，關閉)起，到 2014 年底全球運轉中核電廠總裝置容量共計 337 GW，其中包括了日本停機的四十多座反應爐。反觀風力與太陽能發電設備，二十一世紀才真正開始；2014 年底，全球總風力裝置達 370GW，太陽光電 175GW，僅十多年時間，總裝置量已超過核電。

即便是向來不看好再生能源的國際能源總署，2013 預估 2035 年全球發電形式：再生能源發電比率將由 20%增加為 31%，僅次於燃煤發電比率 33%。2015 更預估 2040 年再生能源將是最主要的發電形式，占 32%，超過燃煤發電的 30%。在這幾回「世界能源展望」中核電佔比不過是維持現有比率 11-12%罷了；以現有核電廠平均壽命已 30 年來看，未來二三十年機組除役速度將遠比新建快許多，實際核電佔比應該比 IEA 推估低很多。高階核廢料至今尚無法妥善永久儲存，擔心核子武器擴散，與運轉中可能發生嚴重災變等問題，因此聯合國氣候變化綱要公約第七次締約國大會中決議，彈性機制排除核能發電為減量方案。核電不能用來解決氣候變遷問題。

## 遲遲不行動後果堪慮

「巴黎協議」已然產生，所有國家都需要認真減量也成為必要。目前台灣政府態度仍然無作為地持續觀望，能源政策僅著眼在節省短期支出，冀望持續仰賴化石能源與核能發電，因此依舊大幅投資興建燃煤與燃天然氣電廠。忽略市場機制是未來國際間減量途徑之一，未來貿易夥伴可能透過產品進出口碳稅的手段，要求我方遵守國際規範。

遲遲不行動後患無窮，一方面可能因此忽視原本能力可及、低成本的減量措施，放任溫室效應氣體排放膨脹，增加日後減量困難及所需投資；當日後被要求配合國際趨勢減量，勢必需要在短時間內進行更大幅度的中、長程減量措施，衝擊整體國家發展；另一方面，因為無心減量，基礎設施的更新、投資仍僅著眼在傳統化石能源相關結構，社會經濟體系的未來三四十年就被鎖在當下投資的高碳體系裡難以翻轉；待事到臨頭，只能不得不拋棄既有體系另起爐灶，或者花大錢投資不確定能否成功的碳吸收技術，不僅增加中長期減量成本，還需要冒著經濟體系難以銜接的風險。希望這不會是台灣未來的寫照！