



## 巴黎峰會(COP21)之後續發展及各國淘汰燃煤發電之情況

一分析顯示多數國家的減碳承諾仍然不夠，需再提高其減碳目標

蕭國鑫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

### 摘要

第 21 屆締約國大會(The 21st Session of the Conference of the Parties, COP21)最終目標是要大幅度減少全球排放來減緩氣候變化；會議中達成協議，2100 年以前將全球平均溫度控制在較工業革命前升高 2°C 之內，並在此基礎上再努力將升溫控制在 1.5°C 以內，全球亦將儘快實現溫室氣體排放達到尖峰，希望本世紀下半葉可以實現溫室氣體零排放的目標。為達到此目標，各國以國家自定預期貢獻(Intended Nationally Determined Contributions, INDCs)的方式參與全球應對氣候變化行動。而為檢視各國的減排情形，從 2023 年開始每 5 年會進行一次總盤點來檢視各國減排成效，並加強國際合作，以實現全球應對氣候變化的長期目標。另 COP21 決議已開發國家從 2025 年起，就需求和開發中國家的優先順序設定金援額度，目標從 1 千億美元開始。但是目前多家氣候公司依據各國提出之 INDCs 數據，評估到 2100 年所能限制的全球溫度上升幅度約在 2.4°C~3.5°C 之間，顯示多數國家的減碳承諾仍然不足，而且大部分要提高 2030 年的減碳目標。

為促使全球增溫速度減緩甚或停止，目前已有荷蘭、紐西蘭、英國及奧地利等國宣布未來將淘汰其境內的燃煤發電機組，並加強再生能源的使用。但如中國大陸、印度等新興國家因經濟發展需求，未來仍要持續增加電力來滿足需求。推估 2030 年以前，全球新建的燃煤機組裝置容量達 1,428GW，估計每年將排放約 65 億噸的 CO<sub>2</sub>；在 2°C 情境下，2030 年將占全球碳排目標的 16-18%；若加上既有燃煤機



組(考量至 2030 年前除役機組)，則 2030 年全球燃煤機組發電總排放將超過 120 億噸 CO<sub>2</sub>。

我國經濟部三度調升再生能源裝置目標，到 2030 年裝置容量達 17,250MW，推估年發電量約為 405 億度，每年約可減少 2,110 萬噸的 CO<sub>2</sub> 排放。在穩健減核政策推動下，未來核能電廠將逐漸除役；而依據我國提出之 INDC 減量目標：2030 年溫室氣體排放相較於 BAU 降低 50%，另溫室氣體減量及管理法明訂長期溫室氣體減量目標：2050 年溫室氣體排放需降至 2005 年的一半；在不缺電原則下，政府努力於推廣再生能源發展，但未來是否能達到上述減量目標，仍將會是一大挑戰。

**關鍵字：國家自定預期貢獻(INDC)、第 21 屆締約國大會(COP21)、再生能源**

## 一、前言

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)第 21 屆締約國大會於 2015 年 11 月 30 日~12 月 11 日於法國巴黎舉行，196 個參與國(195 個國家及歐盟)體認到氣候變化對人類社會和地球構成緊迫的威脅可能已無法逆轉的[1]，因此，會議中要求所有國家儘可能開展最廣泛的合作。而國際上的締約國也承諾國家氣候行動，並達成本世紀溫室氣體排放的長程目標之首個全球氣候協議；此協議突顯了共同應對全球氣候變化挑戰，並向低排放、應對氣候變化的全球經濟轉型邁進，希望各國努力轉型為更可持續性的生活方式，以達到本世紀末控制全球溫度上升幅度的目標。

公約中的最終目標是需要大幅度減少全球排放來減緩氣候變化，並強調在處理氣候變化問題時要有緊迫感，全球需要對可能到來的氣候變化做好準備，以提高氣候變化適應性。因此，此次協議中的重要內容即為各國將加強對氣候變化威脅的整體應對，將全球平均氣溫較工業革命前(pre-industrial)升高的溫度控制在 2°C 之內，並在此基礎上

再努力將升溫控制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  以內。全球亦將儘快實現溫室氣體排放尖峰，希望在本世紀下半葉，人為排放的溫室氣體能自然地被森林和海洋所吸收，以實現溫室氣體零排放的目標。為達到此目標，各國將以國家自定預期貢獻的方式參與全球應對氣候變化行動。已開發國家 (Developed country) 將繼續帶頭減少碳排，並加強對發展中國家 (Developing country) 的資金援助、支援相關技術和能力建立，以幫助後者減緩和適應氣候變化。同時亦加強再生能源的利用，協助發展中國家 (尤其是非洲國家) 獲得可持續的再生能源。為檢視各國的減碳情形，從 2023 年開始，每 5 年將對全球行動總體進展進行一次盤點，以幫助各國提高減碳成效，並加強國際合作，實現全球應對氣候變化的長期目標。

## 二、巴黎峰會(COP21)

### (一) 巴黎峰會重要結論

COP21 的結論可分成兩部分：一是協議(Agreement)，主要針對 2020 年以後或整個世紀的氣候行動做出新的承諾；另一是決議(Decision)，說明 2020 年以前，上述協議生效之前各國必須有的作為。

#### 1. 巴黎協議

- (1) 巴黎協議具有法律約束力，至少需有 55 個國家(占全球溫室氣體總排放的 55% 以上)批准才能生效。但各國的氣候行動目標並未包含在此協議中。
- (2) 此協議要求每個國家，不論貧富都要採取行動。不像過去所簽署的類似協議，主要是要求發達經濟體國家採取行動，以削減溫室氣體排放。
- (3) 本世紀末將全球平均氣溫上升的幅度維持在工業革命前的  $2^{\circ}\text{C}$  以下，於此基礎下再努力將全球上升溫度儘量控制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  以內。目前全球氣溫已上升大約  $1^{\circ}\text{C}$ ，若將標準訂在

2°C，則如南太平洋島國之吐瓦魯國家將造成嚴峻威脅(全國最高地勢點僅海拔 4 公尺)，而北太平洋島國之馬紹爾群島共和國亦將面臨生存危機。

- (4) 各國承諾將儘快達成全球溫室氣體排放峰值協定，並同意開發中國家需要更久時間來達到排放峰值。在考量公平、永續發展，和消除貧窮等條件下，各國希望本世紀後半葉減低的溫室氣體排放量，能與各種人為排放量達到平衡。但由於中國大陸、印度等開發中國家仍高度依賴煤炭，本次會議並未通過條文，禁止各國在 2050 年以後繼續使用化石燃料。
- (5) 此協議僅為長期氣候協議及提升短期減碳積極性的重要推動力，需要持續到全球溫室氣體減量的目標達成。未來將藉由每 5 年一次的檢討檢視各國推行減排的成效，並評估是否能夠達到 INDC 所訂定的減碳目標。
- (6) 各國可以選擇利用碳排放交易方式，藉由合作減量達到國家排放目標，並促進國家及區域之間的碳市場連結；或是採用永續發展機制，允許兩國之間透過一個中介機構進行付費減量，以取得抵換額度。目前許多企業贊成對碳排放定價，因為其技術中立，而經濟學者贊成碳定價則是因認為碳定價成本較低，但此方式在計算上較容易產生爭議。

## 2. 巴黎決議

- (1) 已開發國家於 2009 年曾承諾，到 2020 年之公、私部門每年提供開發中國家 1 千億美元(約台幣 3 兆 3 千億元)補助，幫助他們限制溫室氣體排放，及協助因應洪水、熱浪與海平面上升等天然災難。而此次峰會決議已開發國家承諾從 2025 年起，將就需求和開發中國家的優先順序，設定新的金援額度，目標從 1 千億美元開始起跳。此援助金額已列為法律文字，但也是本屆峰會最大的爭議點所在。





- (2) 本次峰會草案第一次提出“損失和損害”概念。但在決議中明確指出已開發國家將不接受氣候賠償責任。

## (二) 重要國家之 INDCs

COP21 會議中，各締約國相繼提交 INDCs，希望能達成到本世紀末全球升溫不超過 2°C 目標；其中全球重要排放國家提送之 INDCs 如表 1 所示。

## 三、巴黎峰會後續發展

COP21 前，各國承諾在 2020 年前降低溫室氣體排放量，但此承諾無法達到限制全球升溫 2°C 的目標。而 COP21 討論兩大主題中，一是協議本世紀末全球升溫相較於工業化革命前增加 2°C 之內(往增加 1.5°C 內邁進)；另一是決議富國應挹注多少資金，以支援因海平面上升而岌岌可危的開發中國家。

為達到本世紀末全球升溫 2°C 的要求，各締約國除了相繼提交 INDCs 減排目標外，部分國家在提交的 INDCs 中並明列達成這些目標的具體措施；同時協議還包括在長期排放目標中設定全球溫室氣體排放上限，以及同意開發中國家可能須花較長的時間才會達到此上限。另外，巴黎協議中亦希望各國須漸進式減排及定期檢討減碳成果。由於協議中的減碳承諾並不具強制力，且缺乏達成減碳目標的單一時間表；因此，漸進式機制之定期檢討為在協議生效前兩年(2018 年)，先盤點各國在放棄或減少使用化石燃料進度的整體衝擊，並於 2023 年起每五年設定盤檢點，以檢視各國縮減溫室氣體排放成果；且會將檢討結果知會各國更新及提高其排碳承諾。此漸進式的加強減碳行動，實有賴於各國能源政策的支持與改革，並大舉投資減少污染排放。

表1、全球重要排放國家提送之INDCs (2015年12月21日)[2]

國家	基準年	減排目標	目標年	部門及氣體種類
中國大陸	2005	碳排放峰值 碳排放密度下降60-65%	2030或以前 2030	未說明
美國	2005	溫室氣體排放下降26-28%	2025	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 所有IPCC 部門(能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物)
歐盟	1990	溫室氣體排放下降40%	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物
印度	2005	碳排放密度下降33-35%	2030	未說明
俄羅斯	1990	溫室氣體排放下降25-30%	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物
日本	2005 2013	溫室氣體排放下降25.4% 溫室氣體排放下降26 %	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物
韓國	BAU	溫室氣體排放下降37 %	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 能源、工業過程與產品使用、農業、廢棄物
加拿大	2005	溫室氣體排放下降30 %	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 所有IPCC 部門(能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物)
巴西	2005	溫室氣體排放下降37% 溫室氣體排放下降43%	2025 2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub>
澳洲	2005	溫室氣體排放下降26-28%	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 能源、工業過程與產品使用、農業、LULUCF、廢棄物
中華民國	BAU	溫室氣體排放下降50%	2030	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> , NF <sub>3</sub> , 2006年IPCC分類之能源、工業製程及產品使用、農業、廢棄物等部門。

註：BAU(business-as-usual)：基線情境；現況發展趨勢推估情境

IPCC( Intergovernmental Panel on Climate Change)：政府間氣候變遷專家小組

LULUCF(land use, land-use change and forestry)：土地利用、土地利用變化和森林

資料來源：<http://www.c2es.org/indc-comparison>

對於限制全球溫度上升幅度，依氣候研究機構之氣候行動追蹤者 (Climate Action Tracker, CAT) 資料[4, 5]，顯示多數國家的減碳承諾仍然不夠，而且部分國家需要提高其2025年或2030年的減碳目標。CAT 機構依據各國的政策與承諾，推估2100年前，限制溫度升幅約在2.4°C ~2.7°C之間，如圖1及附表1所示。

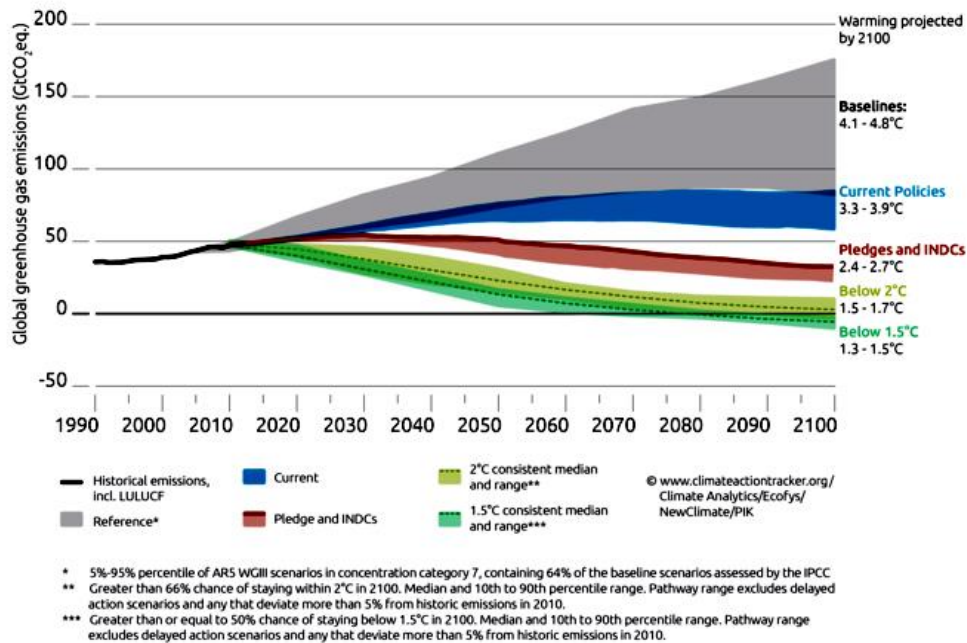
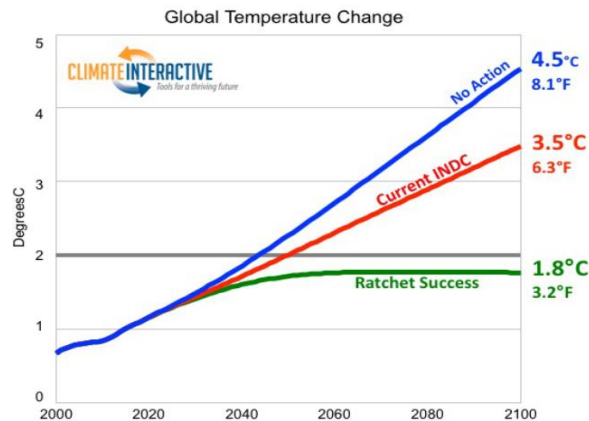


圖1、CAT依據各國的政策與承諾推估2100年前全球排放量及溫升[5]

美國氣候互動(Climate Interactive)公司亦利用氣候快速概述和決策支持模式(Climate Rapid Overview And Decision Support, CROADS)進行模擬[6]；藉由各國提出之INDCs的減排目標，推估到2100年全球氣溫仍會較工業革命前升高3.5°C(如圖2)。另外。將全球分為6個重要地區進行三種碳排模擬，結果如圖3所示，若以達到提升1.8°C為目標，對已開發國家在2050年時的碳排需較2005年減少80%；對於發展中國家在2030年碳排達到尖峰值，之後為絕對減排。而要達到限制升溫不超過1.5°C的要求，則需更快地降低碳排或達到淨負排放；因此，建議到2020年時需要再次召開會議，並加強承諾減碳目標。另外，氣候互動公司亦針對全球已開發及開發中的重要排碳國家進行三種碳排模擬，結果如附表2及附表3所示。



Note: uncertainty ranges for the results shown above are:

- 4.5°C (8.1°F), with a range of uncertainty from 2.6 to 5.9°C (4.8 to 10.6°F).
- 3.5°C (6.2°F), with a range of uncertainty from 2.0 to 4.6°C (3.6 to 8.2°F).
- 1.8°C (3.2°F), with a range of uncertainty from 0.9 to 2.4°C (1.7 to 4.4°F).

圖 2、美國氣候互動公司三種不同方案模擬 2100 年時全球溫度上升情形 [6]

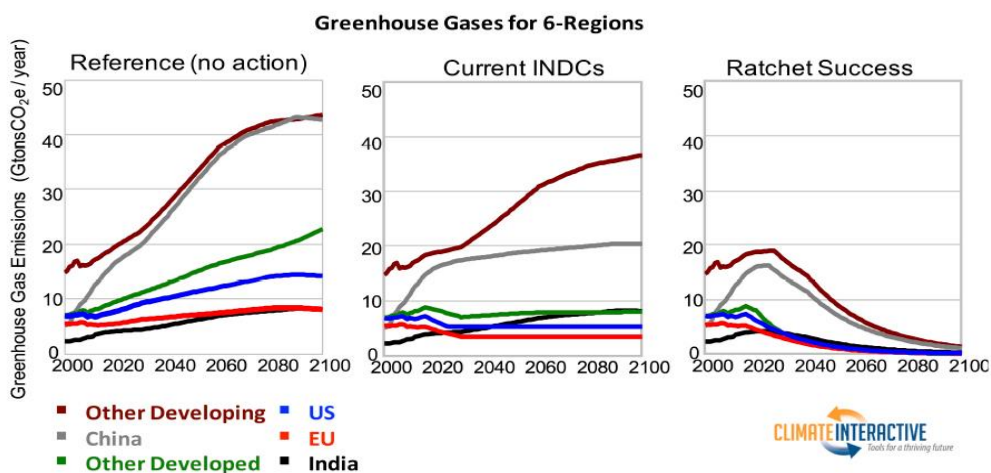


圖 3、美國氣候互動公司三種不同方案模擬全球 6 個地區的溫室氣體排放 [6]

依據英國石油公司(BP)資料，中國大陸為全球碳排放量最大、且成長最快的國家，1990 年至 2014 年間的碳排成長 3 倍，如在 2014 年與能源相關碳排放即達 97.61 億噸，占全球總排放 27.5%；美國排名第二，約占世界碳排 16.5%；印度為碳排成長次快的國家，1990 年至 2014 年期間成長 2.6 倍；而全球前 5 個排放國累計占全球能源相關碳排放的 60%。近年來新興國家經濟快速發展，碳排亦在增加中，特別是中國大陸與印度的碳排總增加量的成長(中國大陸 2012-2014



年碳排成長率下降為 3.7%，印度仍維持 12.6% 的成長速度)。所以美國、中國大陸、印度等碳排大國(圖 4)的減排承諾和能源結構改革，例如推展再生能源及新技術改良與法規的擬訂等，不僅有助其本身低碳經濟的發展，對於未來全球應對氣候變化將有重大影響。

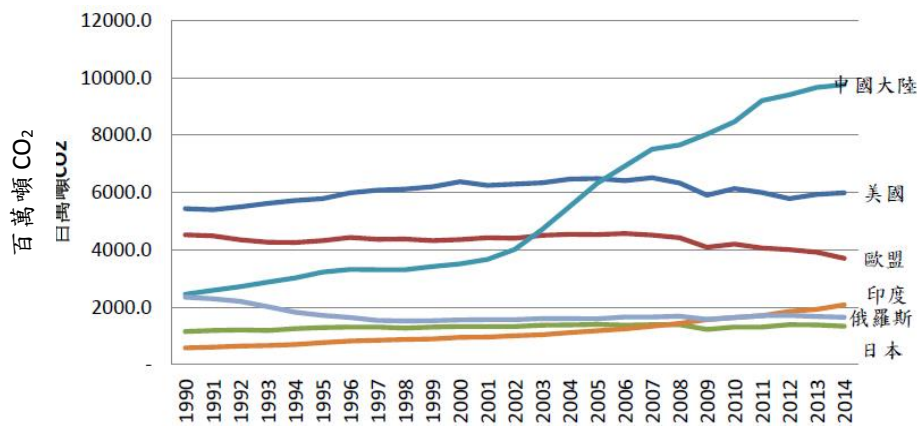


圖 4、1990 年~2014 年全球主要碳排放國家之能源相關碳排放量[7]

要達到 COP21 協議提出的減碳目標，到 2030 年間將促使全球轉向更為潔淨的能源、更智慧的城市及更可持續的土地利用。依據國際能源總署(IEA)估計要達到減碳目標，全球需花費 16.5 兆美元(約新台幣 544.4 兆元)投入再生能源發展、新能源補貼和節能措施等的推行[3]。另自 2025 年起，已開發國家每年應籌資 1 千億美元的氣候基金，以協助開發中國家對抗全球暖化；此舉為開發中國家認為相關的氣候資金之籌措與發放，應為已開發國家因為歷年來累積的排放而須承擔之責任，但已開發國家認為這樣將會造成財富重分配，並且隱含著「責任與索賠」的法律色彩，故不願輕易做出承諾。所以要落實全球減排目標，真正考驗才開始。

#### 四、各國淘汰燃煤發電情況

為促使全球增溫速度減緩甚或停止，目前已有部分國家明確宣布未來將淘汰其境內的燃煤發電機組，並加強再生能源的使用，包括荷蘭、紐西蘭、英國及奧地利等國。

##### (一)荷蘭

2014 年荷蘭的電力裝置容量及發電量如圖 5 所示[8]，主要發電結構是燃氣發電(裝置容量占比 59%)及燃煤發電(裝置容量占比 22%)；2014 年兩者合計的發電量占荷蘭總發電量 962 億度的 84%，其餘則為風力、生質能及水力發電等(2014 年荷蘭再生能源占能源消費 5.6%，預估 2020 年再生能源消費占比為 14%，仍低於歐盟設定 20% 能源來自再生能源目標)[9]。另 2014 年荷蘭仍需由歐盟電網淨進口電力約 149.5 億度電力，約占發電量的 15.5%，主要進口來源為德國。

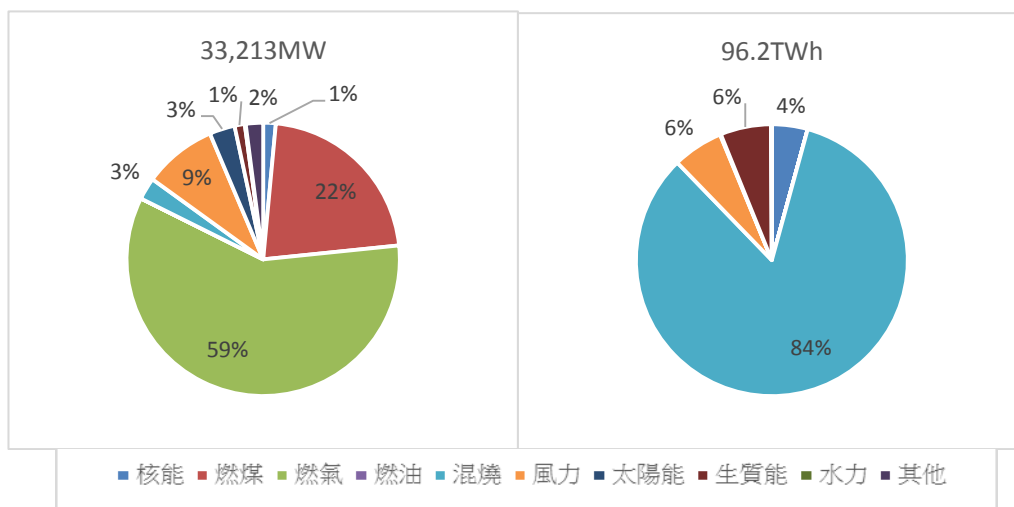


圖 5、2014 年荷蘭的電力裝置容量(左圖)及發電量(右圖)[8]

由於技術和財政上的支持，荷蘭國會於 COP21 前夕之 11 月 26 日，投票贊成將在 2020 年前關閉境內 11 座燃煤機組，而不足的電量將以燃氣發電及歐洲大電網補充，目前該議案已經送交內閣進行討論[10]。

##### (二)紐西蘭

紐西蘭電力公司 Genesis Energy 於 2015 年 8 月宣布，將於 2018 年 12 月關閉最後兩座燃煤機組，此決定將使紐西蘭在 2018 年後發電系統中完全沒有煤炭占比。目前紐西蘭 79.9% 的電力來自再生能源，紐西蘭政府希望到 2025 年有 90% 的電力來自再生能源[11]。

由於紐西蘭本身具有大量的水力與地熱資源(過去 10 年間地熱發電增加了一倍多)，未來將再搭配燃氣與風力發電，以補充不足的電力。目前紐西蘭的燃煤發電僅占其電力結構的 4.3%，因此，淘汰燃煤發電的困難度並不高。

### (三)英國

2015 年 11 月，英國能源暨氣候變遷部大臣宣布將在 2025 年前達到淘汰燃煤發電目標。目前英國境內仍有約 1/3 的電力來自燃煤發電，所以短時期內要淘汰燃煤發電較為困難。但因英國境內的燃煤機組較為老舊，且最新的燃煤機組約在 1986 年開始發電，若無興建或更新燃煤機組計畫，或是 2023 年以前的燃煤電廠不具備碳捕集與封存(CCS)設施，則 2025 年前確實可以達成無燃煤發電的目標[12]，只是需要考量替代電力缺口來源。

英國政府規劃未來主要以燃氣發電取代燃煤發電，另外也同時發展核能及風力發電，上述三種發電形式將作為英國未來電力系統的核心；目前此方案仍在評論中，仍待公民討論後作最後決定。

### (四)奧地利

2014 年奧地利電力裝置容量及發電量如圖 6 所示，主要以水力和燃氣發電為主。另外亦由歐盟電網淨進口電力約 9,253GWh，約占發電量的 14%，主要進口來源為德國與捷克。

2015 年 11 月奧地利環境部長亦提出，2025 年前將關閉境內所有燃煤機組[12]。目前奧地利境內共有三座燃煤機組(其中一座為汽電共生)，最老的一座原先就規劃於 2016 年除役、其餘兩座分別將於 2020

與 2025 年除役。因此在沒有新建或更新燃煤機組規劃下，奧地利確實可於 2025 年前淘汰境內的燃煤發電機組；此方案奧地利政府尚未正式公布。倘若成真，未來奧地利將依賴燃氣發電以及德國進口電力為主。

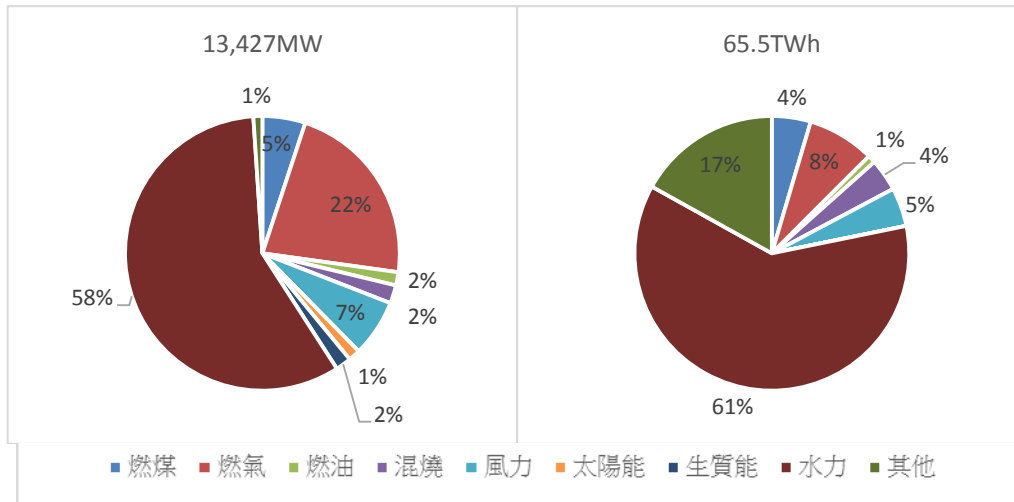


圖 6、2014 年奧地利的電力裝置容量(左圖)及發電量(右圖)[8]

上述明確宣布未來將淘汰境內燃煤發電機組的國家中，均有具體大量發展再生能源使用的自然環境條件及政策支持，且如北歐地區更有跨國電網可以相互支援。而 CAT 於 2015 年 12 月發表的分析報告中[13]，說明未來仍有多個國家將持續興建燃煤機組，如中國大陸、印度等新興國家因為經濟發展需求，需要持續增加燃煤發電量來滿足需求；如世界第三大煤炭消費國之印度，其發電燃料別如圖 7 所示[14]，電力部門發電量之煤炭消費約占其國內煤炭使用的 69%。另外如日本、部分歐盟等國家則是為了填補屆齡除役的機組，此舉可能會嚴重影響本世紀末控制地球升溫 2°C 的目標。目前全球計劃新建的燃煤機組總裝置容量達 1,428GW，推估每年將排放約 65 億噸的 CO<sub>2</sub>，約占 2030 年全球碳排目標的 16-18% (2°C 情境)；若加上既有燃煤機組(考量至 2030 年前除役機組)，則 2030 年全球燃煤機組發電總排放將超過 120 億噸 CO<sub>2</sub>。



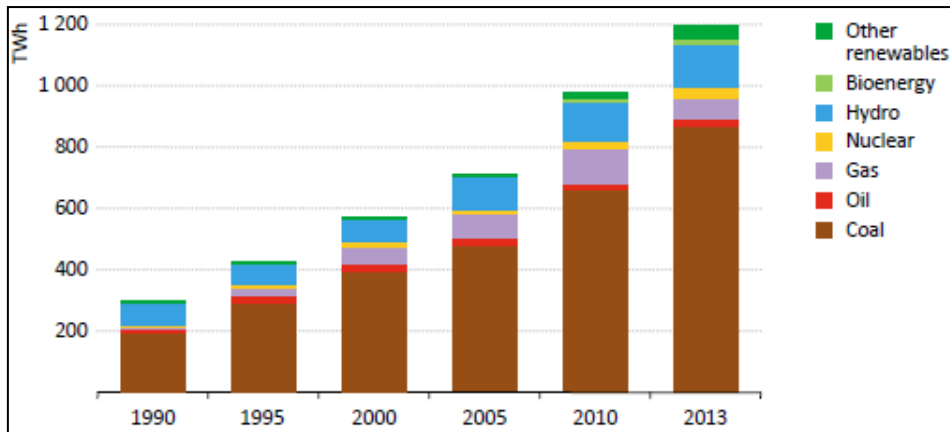


圖 7、1990-2013 年印度發電量的燃料別組成[14]

CAT 分析全球 2030 年前計劃興建燃煤機組超過 5GW 的九大國家(含區域)，包含中國大陸、印度、印尼、日本、南韓、南非、菲律賓、土耳其及歐盟等(如附表 4)。在 2014 年全球燃煤機組裝置容量約為 1,851GW，若依照各國家的燃煤機組興建計畫，則在 2030 年全球燃煤機組將成長至 2,703GW，主要分布在 CAT 分析的九大國家(含區域)。但倘若 2030 年前已經宣布興建的燃煤機組不興建的情況下，2030 年全球燃煤機組僅餘 505GW。

## 五、COP21 對我國的啟示

COP21 會議中，我國提出 INDC 目標為：2030 年溫室氣體排放相較於現況發展趨勢推估情境(BAU)降低 50% (比 2005 年標準再減 20%，約為 2.14 億公噸)。另於 2015 年 7 月通過溫室氣體減量及管理法，明訂長期溫室氣體減量目標為到 2050 年，溫室氣體排放需降至 2005 年的一半 (約為 1.35 億公噸)。若欲達到此一宏遠目標，就須要具備強而有力的減碳政策，並明令各部門確實執行。而各國為達到 INDCs 目標所提出的節能減碳與再生能源目標，也可提供做為我國推行減碳措施的參考，另一方面更可為我國的綠能產業帶來商機。

行政院於 2016 年 1 月 5 日召開之「綠能低碳推動會」，會中決定 2016 年溫室氣體排放量以零成長為原則；對於能源、工業、運輸、農業、

住商等五大部門溫室氣體排放量，將大致維持以往排放占比(能源10.53%、工業48.76%、運輸14.18%、農業1.08%、住商25.44%)，將由經濟部、交通部、農委會與內政部等部會負責[15]。而依據排放量零成長原則，推估2016年溫室氣體總排放量為2.51億噸(採用燃料燃燒的二氧化碳計算<sup>1</sup>)，即回到2014年的碳排量，之後將要逐年遞減，因此，各大部門均須要有規劃地朝具體減排方向邁進。

一般之CO<sub>2</sub>減量為節能之降低能源密集度(Energy/GDP)及減碳措施之降低CO<sub>2</sub>排放密度(CO<sub>2</sub>/Energy)或降低排放總量。通常的節能減碳措施包含高效率能源輸出(如高效率氣渦輪與蒸氣渦輪機組、汽電共生等)、適當化能源分布(如智慧型電網、高直流電壓輸電系統、供電區域化、分散式區域冷熱電系統整合等)及高效率能源消費(如提高終端使用效率之節能運具、燈具、設備、綠建築及能源管理等)；而最佳的能源提供則為永續發展之再生能源(例如風力、太陽能、生質能、地熱等)應用；這些措施的推行，配合政府輔導產業轉型與改善能源結構等，將有助於我國達到溫室氣體減量與經濟永續發展的目標。

世界各國均致力於燃煤電廠的減排與效率提升，包括淘汰老舊燃煤電廠、制定新建電廠效率與提升排放標準等。我國目前以燃煤發電做為基載電力供應仍有其必要性，如正在商轉中的燃煤電廠於2014年占我國總發電量的46.94%。而燃煤電廠為我國主要溫室氣體排放源，為達到減排目標，可以對舊燃煤機組進行發電高效化，例如使用超超臨界機組提升發電效率(我國之台電林口發電廠3座800 MW及大林發電廠2座800 MW更新機組之超超臨界蒸氣渦輪機組發電效率大於44%)。而依據台電公司資料，2014年度台電公司燃煤電廠CO<sub>2</sub>排放達5,700萬公噸(圖8)，約占當年度我國CO<sub>2</sub>總排放的23%。故持續提升現有燃煤電廠之發電效率及降低碳排放，並針對老舊設備進行汰換與提

<sup>1</sup>行政院會採用的排放量為依據能源局所提供的燃料燃燒二氧化碳排放統計資料，與《溫減法》、INDC 中所採用的標準並不相同。《溫減法》採用的溫室氣體排放值是七種溫室氣體的總排放量扣除碳匯。

高排放標準為重要可行方式。

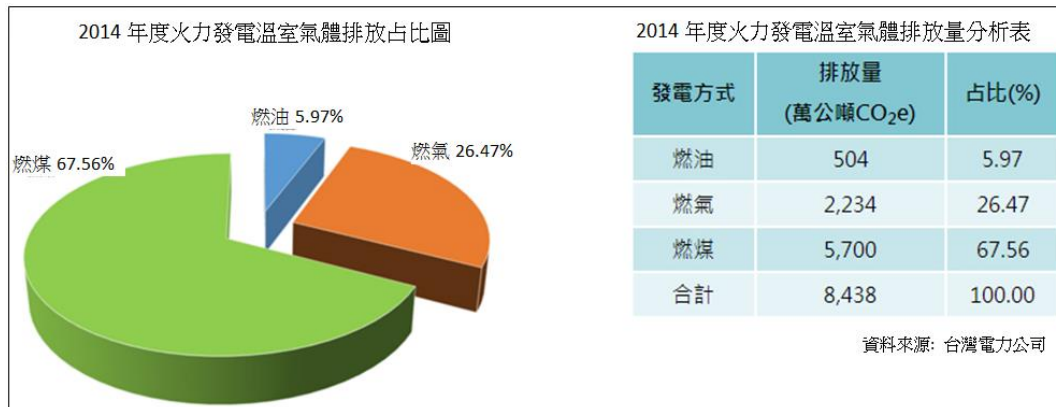


圖 8、2014 年度台電公司火力發電之溫室氣體排放占比[16]

碳捕集與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)為國際上重要發展技術之一。國際能源總署亦指出，2050年全球溫室氣體排放量欲達降低到2009年一半的目標，CCS技術所貢獻的減量效果將占14%，我國亦正朝向CCS相關技術的研發及尋找適當的CO<sub>2</sub>儲存地點[15]。目前經濟部優先處理CO<sub>2</sub>排放集中的大排放源，首要對象為火力發電的燃煤電廠，其次是石化業與鋼鐵業，並在參考國際的CCS發展進度後，希望我國能於2025年逐步達到大規模CCS商轉的規模。其中CCS技術中的地質封存場所尚在評估中，可能地點包括西部陸域油氣封存構造及濱海與離岸深部鹽水層，推估合計封存量達9,000~68,000百萬公噸[17]。

再生能源推廣應用，除了可善用本土的自產資源促進能源多元化，提供具成本效益且符合環保的永續發展所需能源外；在環境方面可有效地減少全球及區域的溫室氣體排放與酸雨等環境污染；在經濟方面亦可以創造投資機會，促進產業發展與創造眾多的就業機會。為加速擴大推廣我國再生能源設置，並協助產業穩定發展，2015年經濟部更完成第三次修正，到2030年時將裝置容量目標再提高至17,250MW(太陽光電與離岸風力裝置目標量於2030年分別由6,200MW、3,000MW提高至8,700MW、4,000MW)；而裝置容量若達到規劃目標並商轉，

推估年發電量約405億度(表2)，以目前的發電結構推估，每年約可減少CO<sub>2</sub>排放2,110萬噸(依2014年電力排放係數0.521公斤/度推估計算)。

目前的核能政策是核四完工不運轉，以核四的年發電量193億度計算，若以燃氣發電(每度電CO<sub>2</sub>排放389克)取代後，推估一年將增加750萬噸的CO<sub>2</sub>排放，而現行運轉的三座核能廠六部機組若如期除役，在不缺電的原則下，由於我國的能源相當缺乏，再生能源發展空間有其限制，且沒有如歐洲地區有跨國電網支援，若要有足夠的電力供應，未來很有可能會增加化石能源的發電量，對於減量目標將是一大挑戰。所以積極推動再生能源發展，以及全民共同配合進行節能與減碳，將是未來達到減碳目標的重要關鍵。

表 2、2030 年我國擴大再生能源推廣目標之裝置容量與發電量

至 2030 年擴大再生能源推廣目標											
能源別		裝置容量(MW)					發電量(億度)				
		2014 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年	2014 年	2015 年	2020 年	2025 年	2030 年
風力	陸域	637	737	1,200	1,200	1,200	15	18	29	29	29
	離岸	0	0	520	2,000	4,000	0	0	18	68	136
水力		2,081	2,089	2,100	2,150	2,200	43	46	47	48	49
太陽光電		620	1,115	3,615	6,200	8,700	6	14	45	78	109
地熱能		0	0	100	150	200	0	0	6	10	13
生質能		741	741	768	813	950	35	54	56	59	69
再生能源總量		4,079	4,682	8,303	12,513	17,250	99	132	201	292	405

註: 2014 年為實績值，2015 年~2030 年為目標值。

資料來源: 能源局





## 六、結語與建議

聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)於 2015 年 11 月 30 日至 12 月 11 日，在巴黎召開第 21 屆締約國大會(COP21)，並於 COP21 召開前邀請各締約國提交國家自定預期貢獻(INDCs)，以達到本世紀末的全球升溫不超過 2°C 度，在此基礎上再致力於控制在升溫不超過 1.5°C，全球亦將儘快實現溫室氣體排放在 2030 年達到尖峰，希望本世紀下半葉可以實現溫室氣體零排放的目標。為達到此目標，各國以國家自定預期貢獻的方式參與全球應對氣候變化行動。已開發國家除了繼續減少碳排外，並加強對發展中國家的資金援助，支援再生能源相關技術和能力建立。而為檢視各國的減碳情形，從 2023 年開始每 5 年將進行一次總盤點，以幫助各國提高減排成效，並加強國際合作，實現全球應對氣候變化的長期目標。另 COP21 決議已開發國家承諾從 2025 年起，就需求和開發中國家的優先順序設定新的金援額度，目標從 1 千億美元開始起跳。

CAT 評估 COP21 中各締約國提出之 INDCs 目標，能限制的全球溫度上升幅度約在 2.4°C ~2.7°C，顯示多數國家的減碳承諾仍然不夠，而且大部分要提高其 2025 年或 2030 年的減碳目標。另美國氣候互動公司亦利用氣候快速概述和決策支持模式進行模擬，推估依據各國提出之 INDCs 資料，評估到 2100 年全球氣溫仍會較工業革命前升高 3.5°C。

為促使全球增溫速度減緩甚或停止，目前已有荷蘭、紐西蘭、英國及奧地利等國宣布未來將淘汰其境內的燃煤發電機組，並加強再生能源的使用。但未來新興國家因為經濟發展需求，仍要持續增加電力來滿足需求，例如中國大陸、印度等國。而在 2030 年以前，推估全球計劃新建的燃煤機組總裝置容量達 1,428GW，估計每年將排放約 65 億噸的 CO<sub>2</sub>；在 2°C 情境下，2030 年將占全球碳排目標的 16-18%；若加上既有燃煤機組(考量至 2030 年前除役機組)，則 2030 年全球燃



煤機組發電總排放將超過 120 億噸的 CO<sub>2</sub>。

我國的再生能源發展受到限制，經濟部仍然三度調升再生能源裝置目標，到 2030 年裝置容量達 17,250MW，推估年發電量約為 405 億度，每年約可減少 2,110 萬噸的 CO<sub>2</sub> 排放。而未來的核能電廠相繼除役，且在核四完工不運轉的情況下，依據我國提出之 INDC 目標：2030 年溫室氣體排放相較於 BAU 降低 50%，溫室氣體減量及管理法明訂長期溫室氣體減量目標：2050 年溫室氣體排放需降至 2005 年的一半；未來若具體往減排方向邁進，則需要強而有力的減碳政策及各部門配合確實執行。因此，2030 年以前是否能達到上述減排目標，將會是一大挑戰。

### 參考文獻

- [1] Framework Convention on Climate Change, Conference of the Parties Twenty-first session, Paris, 30 November to 11 December 2015.
- [2] COMPARISON TABLE OF SUBMITTED INDCs, 21 December 2015.  
<http://www.c2es.org/indc-comparison>
- [3] Remaking the energy sector post-COP21 is pricey but not expensive, IEA, 13 December 2015.  
<http://www.iea.org/newsroomandevents/ieainthenews/2015/december/>
- [4] Climate pledges will bring 2.7°C of warming, potential for more action, Climate Action Tracker, 8th December 2015.  
<http://climateactiontracker.org/news/253/Climate-pledges-will-bring-2.7C-of-warming-potential-for-more-action.html>
- [5] Effect of current pledges and policies on global temperature, Climate Action Tracker, 7th December 2015.  
<http://climateactiontracker.org/global.html>
- [6] John Sterman, Andrew Jones, Ellie Johnston, Lori Siege, Climate Interactive Ratchet Success Pathway: Assumptions and Results, 14 December 2015. <https://www.climateinteractive.org/wp->



[contentuploads201512Ratchet-Success-14-December-2015.pdf](#)

- [7] Statistical Review of World Energy 2015  
<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- [8] ENTSO-E, Statistical Factsheet 2014.
- [9] Missing climate goals, Dutch mull closing coal plants, 25 November 2015. <https://ca.news.yahoo.com/missing-climate-goals-dutch-mull-closing-coal-plants-170455901.html>
- [10] Dutch lawmakers approve plan to close coal power plants  
<http://phys.org/news/2015-11-dutch-lawmakers-coal-power.html>
- [11] New Zealand set to close final coal plants  
<http://thehill.com/policy/energy-environment/250418-new-zealand-set-to-close-final-coal-plants>
- [12] UPDATE 3-UK aims to close coal-fired power plants by 2025  
<http://www.msn.com/en-us/news/other/update-3-uk-aims-to-close-coal-fired-power-plants-by-2025/ar-BBn9Vs8>
- [13] Climate Action Tracker, The coal gap: planned coal-fired power plants inconsistent with 2°C and threaten achievement of INDCs, December, 2015.
- [14] IEA 2015. India Energy Outlook 2015 – World Energy Outlook Special Report.  
[http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IndiaEnergyOutlook\\_WEO2015.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/IndiaEnergyOutlook_WEO2015.pdf)
- [15] 《溫減法》上路逐條解析看能源轉型未來，2015年6月24日，環境資訊中心。  
<https://tw.news.yahoo.com/溫減法上路-逐條解析看能源轉型未來-040125450.html>
- [16] 台灣電力公司，溫室氣體。  
[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-e14.aspx?LinkID=15](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-e14.aspx?LinkID=15)
- [17] 二氧化碳減量排放：燃煤發電低碳化，科學發展第 510 期 26 ~ 31 頁，2015 年 6 月，科技部科技大觀園。  
<http://scitechvista.most.gov.tw/zh-tw/Articles/C/0/9/0/1/2326.htm>



附件

附表 1、CAT 依據目前各國的政策與承諾推估 2100 年前全球每年排放量[5]

GtCO <sub>2</sub> e		1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
AR5 BAU	High															43	44	45	47	48	49
	Low															43	43	43	44	44	44
Current Policy Projections	High																				47
	Low																				47
Pledges	High																				47
	Low																				47
2C consistent	High																				50
	Median																				48
	Low																				47
1.5C consistent	High																				50
	Median																				47
	Low																				47
Historic		36	35	36	36	36	37	37	38	38	39	39	40	41	43	44	45	46	46	46	47

GtCO <sub>2</sub> e		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
AR5 BAU	High	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66	68	70	71	73	74	76	77	79	80	82
	Low	45	46	47	48	49	50	51	51	52	53	54	55	55	56	57	57	58	58	59	60
Current Policy Projections	High	48	48	49	50	50	51	51	52	53	53	54	55	56	56	57	58	59	60	60	61
	Low	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53	53	54	54	55	55	56	57	57	58
Pledges	High	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	52	53	53	53	53	54	54	54	54	55
	Low	48	48	49	49	49	50	50	50	51	51	51	51	51	51	52	52	52	52	52	52
2C consistent	High	50	50	49	49	49	48	48	48	48	47	47	47	47	47	46	46	46	46	46	45
	Median	48	47	47	47	46	46	46	45	45	45	44	43	43	42	41	41	40	39	38	38
	Low	46	45	45	44	43	43	42	42	41	40	39	38	37	35	34	33	32	31	30	28
1.5C consistent	High	50	49	49	49	48	48	48	47	47	47	46	45	43	42	41	40	39	38	37	36
	Median	47	46	45	44	44	43	42	42	41	40	39	38	37	36	35	35	34	33	32	31
	Low	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	29	28	28
Historic		48	48																		

GtCO <sub>2</sub> e		2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
AR5 BAU	High	83	84	85	87	88	89	90	91	93	94	95	97	99	100	102	104	105	107	109	110
	Low	60	61	62	62	63	63	64	65	65	66	67	67	68	69	70	71	72	72	73	74
Current Policy Projections	High	62	63	64	65	66	67	67	68	69	69	70	71	72	73	73	74	75	75	76	77
	Low	58	59	59	60	60	60	61	61	62	62	62	63	63	64	64	64	64	64	65	65
Pledges	High	54	54	54	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	52	52	52	52	51
	Low	51	51	51	51	50	50	49	49	48	48	47	47	46	46	45	44	43	43	42	42
2C consistent	High	45	44	43	43	42	41	41	40	39	39	38	37	36	36	35	34	33	32	32	31
	Median	37	36	36	35	34	33	33	32	31	30	30	29	28	27	27	26	25	24	24	23
	Low	28	27	26	25	25	24	23	23	22	21	21	20	20	19	18	18	17	17	16	16
1.5C consistent	High	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16
	Median	30	29	28	27	26	26	25	24	23	22	21	20	19	19	18	17	16	15	14	13
	Low	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	13	12	11	10	9	8	7	6
Historic																					





附表 1、CAT 依據目前各國的政策與承諾推估 2100 年前全球每年排放量(續)

GtCO <sub>2</sub> e		2051	2052	2053	2054	2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064	2065	2066	2067	2068	2069	2070
AR5 BAU	High	112	113	115	116	118	119	120	122	123	125	126	128	130	131	133	134	136	138	139	141
	Low	75	75	76	77	77	78	79	79	80	81	81	82	82	83	83	83	84	84	85	85
Current Policy Projections	High	77	77	78	78	79	80	80	81	81	81	81	81	81	81	82	82	83	83	83	84
	Low	65	64	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Pledges	High	50	50	49	49	48	48	48	47	47	47	47	46	46	46	46	45	44	44	44	43
	Low	40	40	39	39	38	37	37	36	36	36	35	35	34	34	33	33	33	32	32	31
2C consistent	High	30	29	28	27	26	25	24	22	21	20	20	19	19	18	18	17	16	16	15	15
	Median	22	22	21	20	20	19	19	18	17	17	16	16	15	15	14	14	13	13	12	12
	Low	15	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	9	9	8	8	7	6	6	5	5
1.5C consistent	High	16	15	15	14	14	13	12	12	11	11	10	10	9	9	8	8	7	7	7	6
	Median	13	12	12	11	10	10	9	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4	4	3	3
	Low	6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0	-1	-1
Historic																					

GtCO <sub>2</sub> e		2071	2072	2073	2074	2075	2076	2077	2078	2079	2080	2081	2082	2083	2084	2085	2086	2087	2088	2089	2090
AR5 BAU	High	142	143	143	144	145	146	146	147	148	149	150	151	153	154	155	156	158	159	160	161
	Low	85	86	86	86	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Current Policy Projections	High	84	84	84	84	84	85	85	85	85	85	85	86	85	85	85	85	84	84	84	84
	Low	65	65	64	64	64	64	63	63	63	63	62	62	62	61	61	61	61	62	62	62
Pledges	High	43	42	41	41	40	40	40	39	39	39	38	38	38	38	37	37	36	36	35	35
	Low	31	31	31	31	30	30	30	29	29	29	28	28	27	27	27	26	26	25	25	25
2C consistent	High	14	14	14	14	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11
	Median	11	11	10	10	10	9	9	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5
	Low	4	4	4	4	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1.5C consistent	High	6	5	5	4	4	3	3	3	2	2	1	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1
	Median	2	2	2	1	1	1	0	0	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-4
	Low	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-6
Historic																					

GtCO <sub>2</sub> e		2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	2100
AR5 BAU	High	163	164	165	167	168	170	171	172	174	175
	Low	87	87	86	86	85	85	84	84	83	83
Current Policy Projections	High	84	84	84	84	84	84	84	84	85	85
	Low	61	61	61	61	61	60	60	59	59	58
Pledges	High	35	34	34	33	33	33	33	33	33	33
	Low	25	25	25	25	25	24	24	24	23	23
2C consistent	High	11	11	11	10	10	10	10	10	10	10
	Median	5	4	4	4	4	4	3	3	3	3
	Low	0	-1	-1	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-3
1.5C consistent	High	-1	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-3	-3
	Median	-4	-4	-4	-4	-4	-5	-5	-5	-5	-5
	Low	-6	-6	-7	-7	-8	-8	-8	-9	-9	-10
Historic											



附表 2、全球已開發之重要國家三種不同情境溫室氣體排放模擬[6]

Rates of Change of Greenhouse Gas Emissions (CO<sub>2</sub>eq): Developed Regions 

		2000-2015	2015-2030	2030-2050	2050-2100
<b>US</b>	Ref	0.3%	1.7%	1.0%	0.5%
	Current INDC	0.3%	-2.1%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	0.3%	-4.1%	-5.1%	-5.1%
<b>EU</b>	Ref	-0.2%	1.1%	0.6%	0.3%
	Current INDC	-0.2%	-2.8%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	-0.2%	-3.7%	-5.1%	-5.1%
<b>Russia</b>	Ref	1.6%	2.0%	1.8%	1.2%
	Current INDC	1.6%	-1.0%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	1.6%	-5.3%	-5.1%	-5.1%
<b>Canada</b>	Ref	0.0%	1.2%	1.0%	0.5%
	Current INDC	0.0%	-2.1%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	0.0%	-3.7%	-5.1%	-5.1%
<b>Japan</b>	Ref	0.4%	1.0%	0.2%	-0.2%
	Current INDC	0.4%	-2.2%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	0.4%	-4.3%	-5.1%	-5.1%
<b>Australia</b>	Ref	1.2%	0.7%	1.1%	0.5%
	Current INDC	1.2%	-3.2%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	1.2%	-5.2%	-5.1%	-5.1%
<b>South Korea</b>	Ref	2.5%	2.0%	0.9%	-0.1%
	Current INDC	2.5%	-2.1%	0.9%	-0.1%
	Ratchet Success Pathway	2.5%	-6.3%	-5.1%	-5.2%
<b>Developed (non MEF)</b>	Ref	2.1%	2.2%	1.9%	1.2%
	Current INDC	2.1%	0.0%	1.2%	0.3%
	Ratchet Success Pathway	2.1%	-5.4%	-5.1%	-5.2%

附表 3、全球開發中之重要國家三種不同情境溫室氣體排放模擬[6]

Rates of Change of Greenhouse Gas Emissions (CO<sub>2</sub>eq): Developing Regions 

		2000-2015	2015-2030	2030-2050	2050-2100
<b>China</b>	Ref	6.8%	2.2%	2.2%	0.7%
	Current INDC	6.8%	1.3%	0.3%	0.2%
	Ratchet Success Pathway	6.8%	0.1%	-3.2%	-4.0%
<b>India</b>	Ref	3.6%	0.9%	1.6%	0.6%
	Current INDC	3.6%	0.9%	1.6%	0.6%
	Ratchet Success Pathway	3.6%	0.0%	-3.1%	-4.0%
<b>Indonesia</b>	Ref	1.7%	-1.6%	0.4%	0.0%
	Current INDC	1.7%	-1.6%	0.4%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	1.7%	-2.1%	-3.4%	-4.0%
<b>Mexico</b>	Ref	1.0%	2.0%	2.4%	0.2%
	Current INDC	1.0%	0.1%	-4.3%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	1.0%	-0.7%	-4.0%	-4.0%
<b>Brazil</b>	Ref	-0.5%	1.4%	1.2%	-0.2%
	Current INDC	-0.5%	-2.1%	0.0%	0.0%
	Ratchet Success Pathway	-0.5%	-2.8%	-3.0%	-4.0%
<b>South Africa</b>	Ref	0.5%	2.1%	2.3%	0.9%
	Current INDC	0.5%	0.9%	-0.9%	-1.0%
	Ratchet Success Pathway	0.5%	0.3%	-3.0%	-4.0%
<b>Developing (non MEF)</b>	Ref	1.7%	1.7%	2.0%	0.7%
	Current INDC	1.7%	1.3%	2.0%	0.7%
	Ratchet Success Pathway	1.7%	0.5%	-3.0%	-4.0%



附表 4、2030 年全球計劃興建的燃煤機組裝置容量[11]

	2014	Planned		2030 if all planned plants are built	Announced or pre-planned		Estimated new capacity in 2030 if announced and pre-planned are cancelled	
	Capacity (GW)	Capacity (GW)	Number of plants	Capacity (GW)	Capacity (GW)	Number of plants	Capacity (GW)	Number of plants
China	895	712	1171	1479	471	722	241	449
India	197	290	446	434	156	201	134	245
Indonesia	26	45	119	67	36	79	10	40
Japan	68	23	45	70	18	34	5	11
South Africa	41	13	24	35	3	9	9	15
South Korea	29	21	26	47	10	12	11	14
The Philippines	5.6	12	60	17	7	30	5	30
Turkey	15	71	93	80	63	73	8	20
EU28	185*	22	27	142	11	11	11	16
Total of countries analysed	1280	1210	2011	2372	775	1171	435	840
World total*	1851	1428	2440	2703	923	1420	505	1020

\*2013 (IEA, 2015).

