

# 台灣的能源政策？

劉國忠\*

\*中國鋼鐵公司退休

## 壹、前言

台灣 106.08.15 的大停電除了造成許多問題外，不啻是給社會及執政者一個警惕，台灣的電到底夠不夠？若能正面看待，可探討究竟是甚麼原因造成大停電？會不會再次發生？

俗語說的好，「人無遠慮，必有近憂」<sup>[1]</sup> (註 1)，亦即今天的問題大多是以前的失當。因此，政府在忙著尋找大停電的表面原因及探討其政治責任外，若能檢討大停電的根本原因，則徹底解決的機會不小。所謂「亡羊補牢，猶未為晚」，才是正面看待之道。若只能找到表面原因，則難免有再次嚴重停電的風險。

本文擬以就事論事的態度及「大處著眼」的角度談一談台灣的能源政策，以及國際上的一些資料及趨勢，希望可較宏觀的探討此次大停電的根本原因及相關問題，並能幫助有關機構釐清事實。

## 貳、能源政策的原則

8/15 大停電的根本原因應該與目前的能源政策息息相關，因此探討能源政策有其必要。而原則有如框架，除了可簡要呈現政策的精髓之外，也有助於溝通(減少內耗及空轉)，所以國際上的重要文件大都以極其明顯的地位先簡要敘述其原則(註 2)。

台灣能源政策的合理原則該包括：

### 1. 全民整體利益優先

「民為貴，社稷次之，君為輕」<sup>[3]</sup> (註 3)的理想，孟子早就在 2,300 年前就說過。在民主社會，更應以全民的福祉為最優先，並以國家的整體利益為重，落實 for the people，而不應以當選政黨的利益優先(for the people-elect?) 畢竟，大家都是在同一條船上的。

---

註 1：出處：論語·衛靈公。

註 2：例如聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)的 Article3<sup>[2]</sup>就是各國所認同的原則。

註 3：出處：孟子盡心下。

## 2. 積極發展風電及太陽光電

在水力不豐的情況下，發展風電及太陽光電是許多國家在能源政策及減碳上的優先選項。但其方式應穩健並顧及全民眾的整體利益。風電及太陽光電目前的特性是：遠較其他能源昂貴，能發電的時數較少，且穩定性及可靠性較差，故其可行性、民眾接受度及極限應列入考慮。

此外，台灣有地震及颱風，地狹人稠，又是獨立電網。發展風電及太陽光電的條件比台灣好得多的先進國家不在少數，所以多針對條件接近的國家(例如日本)探討其「成功經驗」較為務實。

## 3. 「備用容量率」應合理化

台灣的「備用容量率」有法定要求，為 15% <sup>[4]</sup>，應該是國際上多採用類似的標準。在現有的「備用容量率」下，停電及限電的風險可否合理的降低？應列為探討重點。尤其在已發生 8/15 大停電，而台灣將來想以不穩定的風電及太陽光電替代穩定的核電之時。

## 4. 尊重專業

尊重專業(尤其是立場中立而可信賴的專業)是政府為全民謀求最大福利時的重要參考。「能源政策」及「電力調度、管理」都是專業性極高的議題，因此，在「能源政策」及「電力調度、管理」上，應該尊重專業者的意見，並減少政治干擾。

尊重專業才能對「知之為知之，不知為不知，是知也。」<sup>[5]</sup> (註 4) 有適當的拿捏，也較符合「全民整體利益優先」的原則，不宜以政治決定而扭曲或違反專業考量。

## 5. 善用「後進優勢」

後進國家(與先進國家對比)的優勢在於：「可避免重蹈先進國家的覆轍」，或「後發先至」<sup>[6]</sup> (註 5) (例如中國大陸的手機)。善於採用「後進優勢」的國家，自己應有獨立思考並對國情有正確判斷，以避免被先進國家影響，走向其所希望的方向。

---

註 4：出處：論語·為政。

註 5：出處：「荀子·議兵」與「孫子兵法·軍爭篇」。

## 6. 整體考量

國家的能源政策涉及多個層面，例如能源安全(energy security)、減碳/極端氣候/空污、電價與物價、電力充足與否、經濟面及再生能源的發展等。為全民謀求最大福利的政府，應該針對台灣特有的國情整體思考後擬定能源政策。其中的「能源安全」就國防而言極其重要，值得多予考慮。

競選時候選人通常沒有充分的資源進行全面分析，因此在當選後宜運用較充沛的資源進行完整的比較。此工作應在「為全民謀求最大福利」的原則下進行。若發現「競選時的政見」與此原則有所衝突，宜以此原則為優先，但應充分說明以彰顯其誠信。

## 7. 應兼顧減碳

減碳問題值得特別強調，因為專家告訴我們氣候變遷的情況已十分急迫。若人類因氣候變遷而不再存在，那政府的存在有意義嗎？全民的整體利益能顧到嗎？古人說過「皮之不存，毛將焉附？」<sup>[7]</sup> (註 6)，因此政府在擬定能源政策時應兼顧減碳，以便知所先後並呈現國際正義！

### 參、「備用容量率」的探討

日常的「備轉容量」雖是造成是否停電的直接原因，但與「備用容量」(中、長期的管制標準)息息相關，因為「備轉容量」大致是「備用容量」扣除歲修、小修、故障及氣候等之影響，如台電之圖示<sup>[8]</sup> (圖 1)。

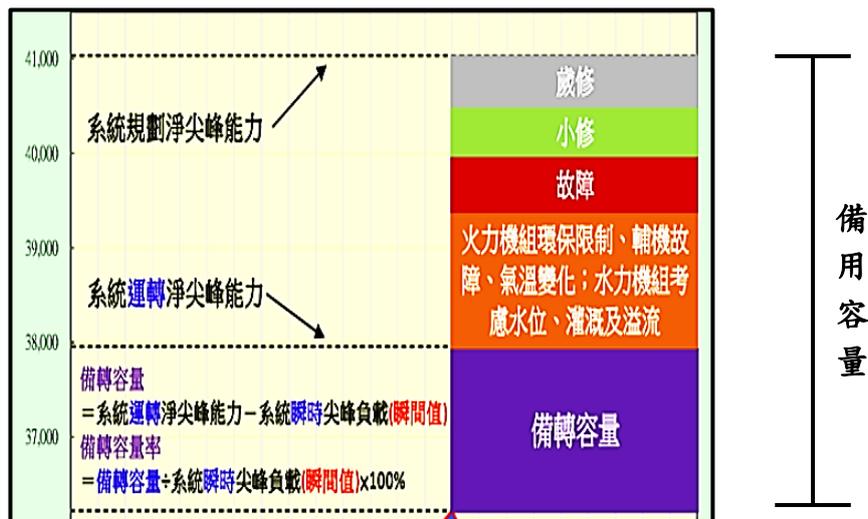


圖 1：「備轉容量」與「備用容量」的關係

註 6：出處：左傳·僖公十四年：“皮之不存，毛將安傅？”

因此，若「備用容量率」不足，將導致「備轉容量率」過低並增加停電的風險。台灣的「備用容量率」(%)即 reserve margin 之意，在英國叫做 capacity margin，美國現在則改稱為 reference margin。故可用此等名詞探討先進國家的規範，以得知其如何經由中長期的規劃來減少停電風險。

## 1. 美國

美國政府所屬之 EIA (Energy Information Administration) 於 2017 年 6 月<sup>[9]</sup>曾報導美國 NERC (North American Electric Reliability Corporation) 對 2017 年夏季 9 個地區的「預期餘裕」(anticipated margin) 及 reference margin，如圖 2。

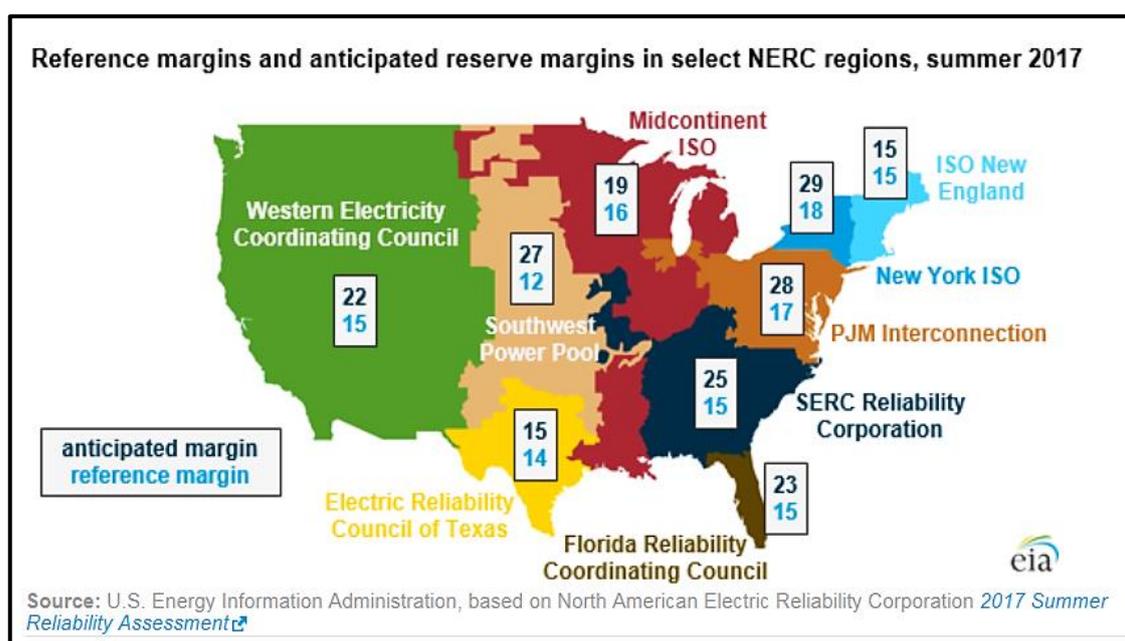


圖 2: 美國政府 EIA 在網站上引用 NERC's (North American Electric Reliability Corporation) 的夏季可靠性評估資料。

根據此資料，12-18% 只是 NERC 對美國 9 地區夏季的 reference margin，其「預期餘裕」是不低於 reference margin (在 15-29% 間)。在 NERC 此種規範下，美國 2017 年夏季的停電風險應非常微小。

NERC 曾於 2016 年 12 月針對美國 21 個電網長期的可靠性及 reference margin 做過詳細評估<sup>[10]</sup>，其報告包括：

- (1) 到 2021 年，這 21 個電網的「預期餘裕」都可達到或超過其 reference margin。
- (2) 到 2026 年，有 3 個電網的「預期餘裕」低於 reference margin，應列為注意重點。

(3) 若加入「整體電力系統」(bulk power system) 中之「變動性的能源來源 (variable energy resources, VER) 愈多，操作人員的應對彈性要愈大，以確保整個電力系統的可靠性。

此報告中，也包含了 reserve margin 與「VER 對容量貢獻度」的關係(如圖 3 所示)：(A) 若「VER 對容量貢獻度高」，風電及太陽光電的增加將使 reserve margin 急速上升(註 9)；(B) 若「VER 對容量貢獻度低」，風電及太陽光電的增加甚至可使 reserve margin 略為下降。

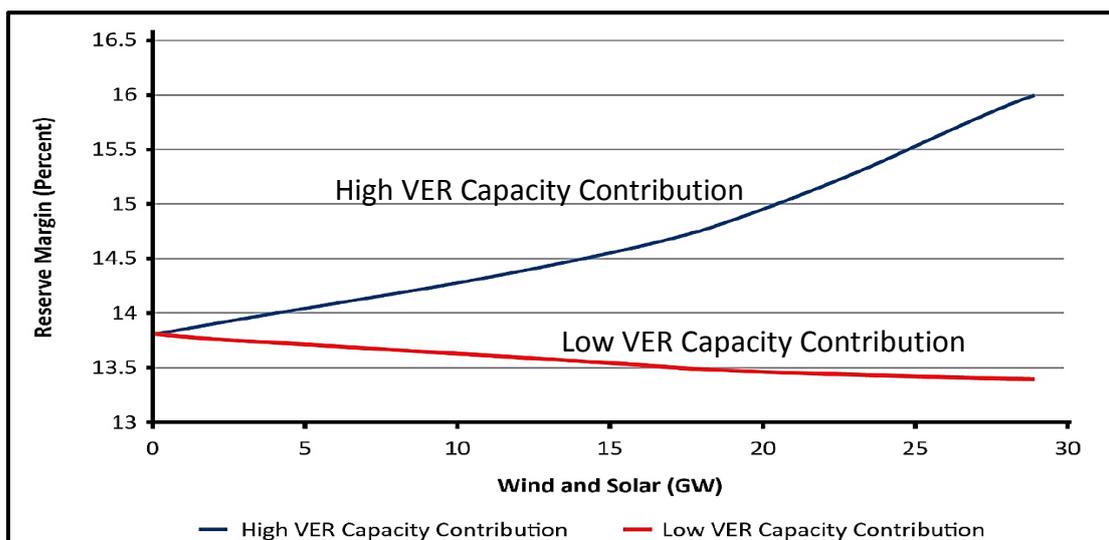


圖 3: 若 VER 貢獻度高，風電及太陽光電的增加會造成 Reserve Margin 上升。

NERC 另出了一份文件，為 2016 年夏季的電力可靠性分析<sup>[11]</sup>，裡面相當多次談到 reserve margin，可見 reserve margin 與電力的可靠性密切相關。

## 2. 加拿大

加拿大安大略省法定的獨立電力機構 IESO (The Independent Electricity System Operator) 曾發表文件，表示安大略省在 2017-2021 年對 reserve margin 的要求在 17.5% 至 18.8% 之間<sup>[12]</sup>，如表 1 所示。

表 1: 加拿大安大略省對各年 Reserve Margin 的要求

年	2017	2018	2019	2020	2021
Reserve Margin (%)	18.3	18.8	17.7	17.5	18.0

因此，安大略省對 reserve margin 的要求高於台灣(15%)。

註 9: 以風電及太陽光電替代核電後將使 VER 的貢獻度升高並使 reserve margin 上升。

### 3. 英國

英國的 capacity margin(即 reserve margin)是 20%，但使用 de-rated capacity margin 者在英國<sup>[13]</sup>及其他歐盟各國有增多的趨勢。有些人認為 20% 的 capacity margin 大約等於 4-5% 的 de-rated capacity margin。由於 de-rated capacity margin 取決於「能源混和的種類」及「所選擇的 de-rated 係數」，較能區分產生電力的能源，因此拿 de-rated capacity margin 與 capacity margin 比較顯得不太實際。

### 肆、德國的電力狀況

#### 1. 德國聯邦統計局

德國聯邦統計局(Statistisches Bundesamt)於 2017 年 8 月發布的 2014-2016 德國電力生產數據如表 2 所示<sup>[14]</sup>：

表 2:德國聯邦統計局所發布的 2014-2016 電力生產數據

能源來源	2014		2015		2016 <sup>1</sup>	
	十億度	%	十億度	%	十億度	%
總電力生產毛額	626.7	100	646.9	100	648.3	100
褐煤(Lignite)	155.8	24.9	154.5	23.9	150.0	23.1
<b>核能</b>	97.1	<b>15.5</b>	91.8	<b>14.2</b>	84.6	<b>13.1</b>
硬煤(Hard Coal)	118.6	18.9	117.7	18.2	111.5	17.2
天然氣	61.1	9.7	62.0	<b>9.6</b>	80.5	<b>12.4</b>
礦油產品	5.7	0.9	6.2	1.0	5.9	0.9
再生能源	161.4	25.8	187.4	29.0	188.2	29.0
-風電-	<b>57.3</b>	<b>9.1</b>	<b>79.2</b>	<b>12.3</b>	<b>78.6</b>	<b>12.1</b>
水力發電	19.6	3.1	19.0	2.9	20.5	3.2
生質能	42.2	6.7	44.6	6.9	44.9	6.9
-太陽光電-	<b>36.1</b>	<b>5.7</b>	<b>38.7</b>	<b>6.0</b>	<b>38.1</b>	<b>5.9</b>
住家廢棄物	6.1	1.0	5.8	0.9	5.9	0.9
其他能源	27.0	4.3	27.3	4.1	27.5	4.2

由表 2 可知：

- (1) 德國 2016 年時，不穩定的(風電+太陽光電)的占比為 18.0%，比不上 2015 年的 18.3%。在德國的技術及管理水準下，能否超過 20%，尚待觀察；

(2) 2016 年的天然氣比 2015 年增加約 2.8%，為主要的差異所在。核電逐漸從 2014 年的 15.5%，2015 年的 14.2% 降至 2016 年的 13.1%；

(3) 若無重大突破，以這樣的趨勢下去，2022 年時德國的「減碳」和「全面廢核」能否同時達標將不無疑問(註 10)！

## 2. 德國的太陽能智庫 FRAUNHOFER

FRAUNHOFER 曾詳細報導德國 2014 年 1-10 月(含 11-12 月的預估)德國電力的輸出、輸入狀況(圖 4)，以及風電與太陽光電在 2014 年的實際情形<sup>[15]</sup>：

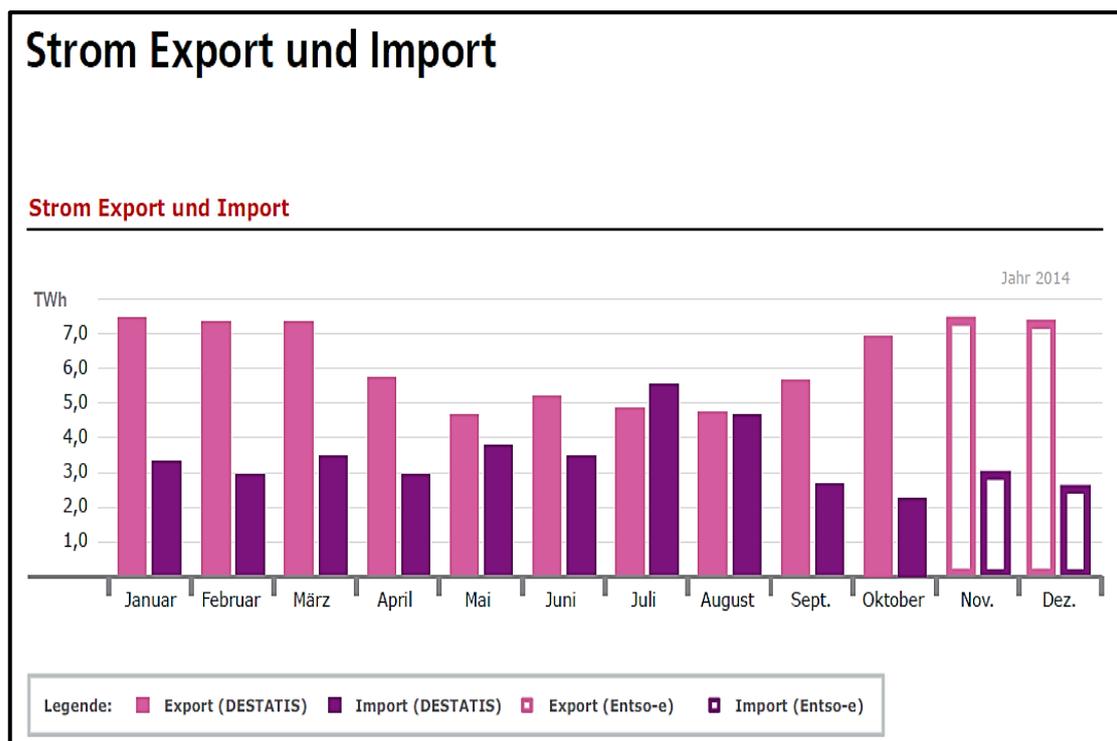


圖 4：德國 104 年的電力輸出及輸入狀況

由 FRAUNHOFER 的報導可得知：

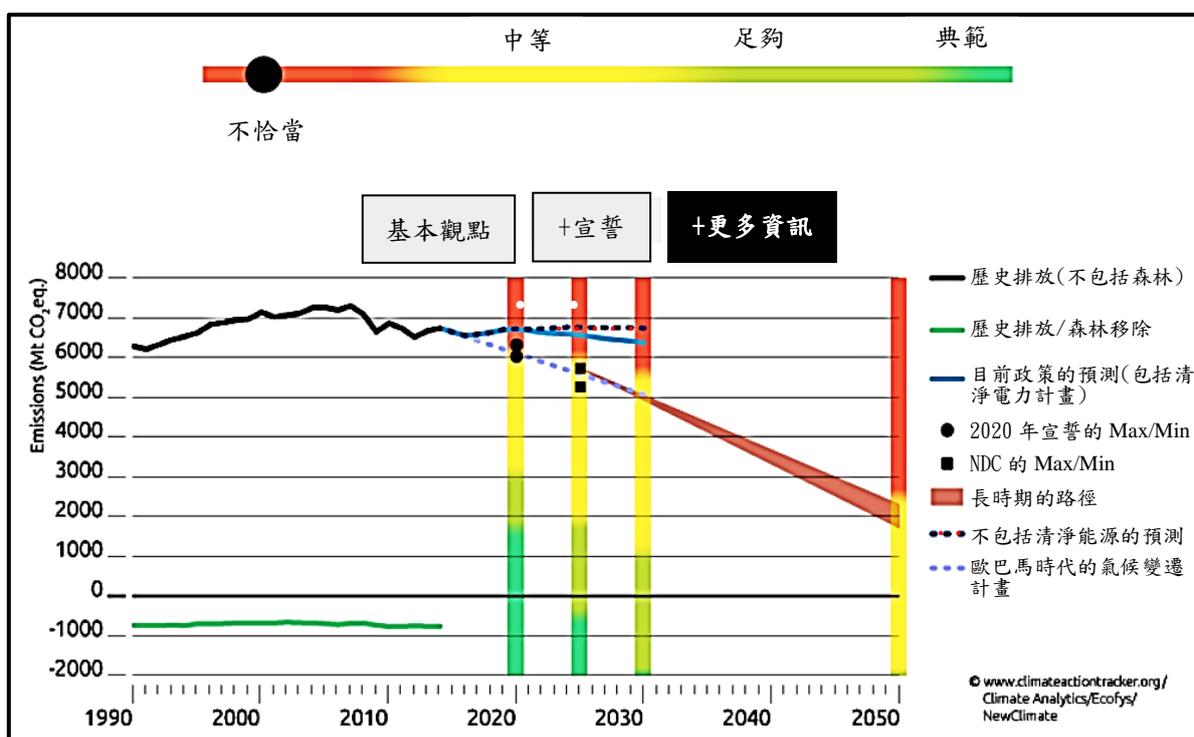
(1) 德國電力輸出的數值大多在 50-70 億度之間(5.0-7.0TWh，與表 2 中風電的總值相差不多，而接近其太陽光電的 2 倍)；

(2) 德國的電網與鄰國相連，對其電力的調節及發展不穩定的風電及太陽光電應有幫助，大停電的次數也應該可以減少。

## 伍、國際減碳趨勢

註 10：向周邊國家的電網購買幾乎無碳的核電不可行？是否算成德國的「減碳」？都還有疑問。

各國的減碳趨勢及路徑在 Climate Action Tracker (CAT)的網站<sup>[16]</sup>中有簡要而完整的報導。由於致力減碳已成為 2016 年巴黎協定中各國的共識，即使美國 2017 年新就任的 Trump 總統宣布不簽署巴黎協定，但各州的態度不見得與 Trump 相同，且各國的減碳工作並未停歇。**圖 5** 即是 CAT 網站上於 2017 年 6 月所呈現的美國減碳路徑：



**圖 5：** CAT 對美國減碳路徑的報導(2017.06.02)

美國政府所屬之 EIA 於 2015 年 6 月的評估報告<sup>[17]</sup>顯示：美國電廠基於投資、變動的操作及維修等成本考量，應會逐漸以較低碳的「頁岩氣複循環」替代較高碳的燃煤，對美國的減碳十分有利。**表 3** 為其報告中表一的擇要：

**表 3：** 美國電廠預備於 2020 年供電的平均成本(基準：2013 年美元/仟度電)

	容量因素 (%, 註 11)	平均投資 成本	固定的操 作及維修	變動的操 作及維修	電力傳 輸投資	總 成本	補 貼	包含補貼 的總成本
傳統燃煤	85	60.4	4.2	29.4	1.2	95.1	-	
天然氣複循環	87	14.4	1.7	57.5	1.2	75.2	-	

陸、討論

註 11：定義為「一定時間中之實際發電量與最大發電量的比值」。

### (一)台灣未來的「備用容量率」

由以上的敘述看來，合乎專業考量的「備用容量率」應該在 15% 上下 (故法定 15% 的備用容量率應屬合理)。台電歷年來的「備用容量率」與限電次數如圖 6 所示<sup>[18]</sup>：

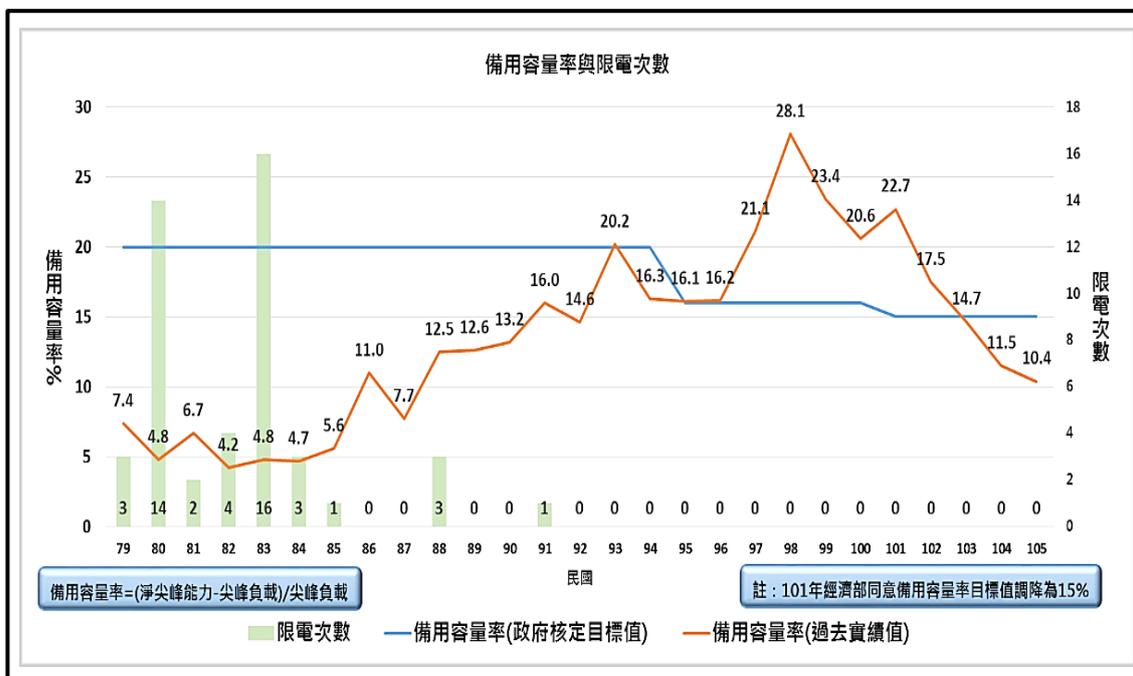


圖 6：台電歷年來的備用容量率與限電次數

圖 6 顯示 104、105 年的「備用容量率」已分別降至 11.5% 及 10.4% (低於法定的 15%)，預期今年會更低，因此會增加停電或限電的風險。

圖 7<sup>[19]</sup>則顯示了 105 年各種能源之發購電量的占比。由此可知，105 年的核電占台電總發購電量 13.5%，而再生能源只占 5.1%。由圖 8<sup>[20]</sup>則可得知，105 年的再生能源中，水力發電占 2.9%，風電及太陽光電只占 1.1% (台灣有地震及颱風，地狹人稠，又是獨立電網，對發展風電及太陽光電不甚有利)。

府逐漸減少核電比率而風電及太陽光電無法替代時，若其他能源也無法補上，則未來的「備用容量率」將會低於 11.5% 及 10.4%，且風電的容量因素只有 36-38%，太陽光電只有 25%，其可靠性亦低，由國際的規範看來，停電的風險將大增 (核電的容量因素則是 90%<sup>[17]</sup>，可做為基載)。

若以天然氣或燃煤為其他的供電能源，則台灣的碳排放將不減反增，對「溫室氣體減量及管理法」(104.07.01)將如何交代？

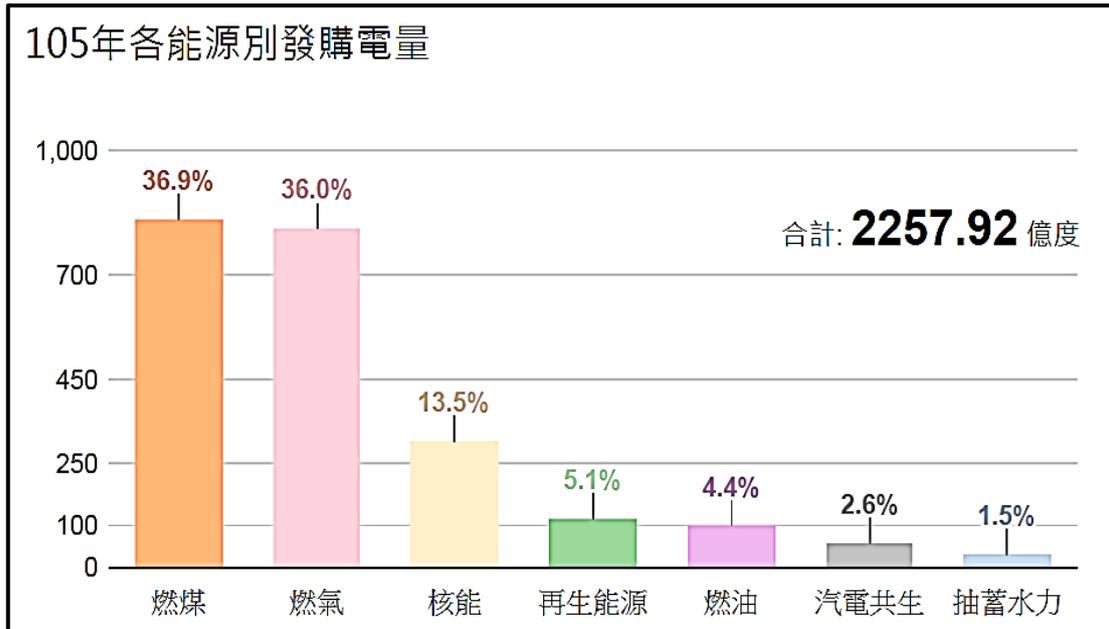


圖 7: 台電 105 年各種能源的占比

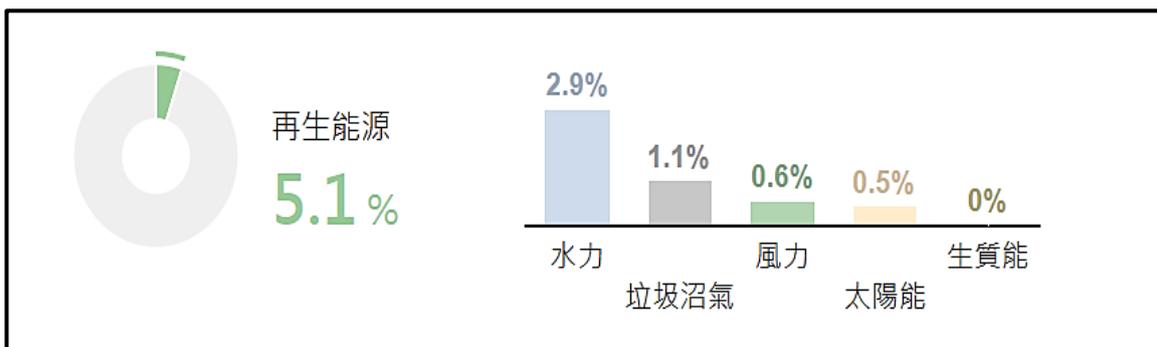


圖 8: 台電 105 年再生能源發購電量的占比

## (二) 離岸與陸上風電的發展性與成本

### 1. 歐盟

圖 9 為歐洲風電協會(The European Wind Power Association)於 2017 年 2 月的統計<sup>[21]</sup>，由此可看出：

- (1) 由 2005 年至 2016 年，歐洲陸上風電**每年**的發展遠比離岸風電快速；
- (2) 近年來離岸風電雖已大幅成長，但裝置容量只達陸上風電的數分之一(歐洲各國的地震、颱風遠較台灣少而「人均土地」遠較台灣大)：

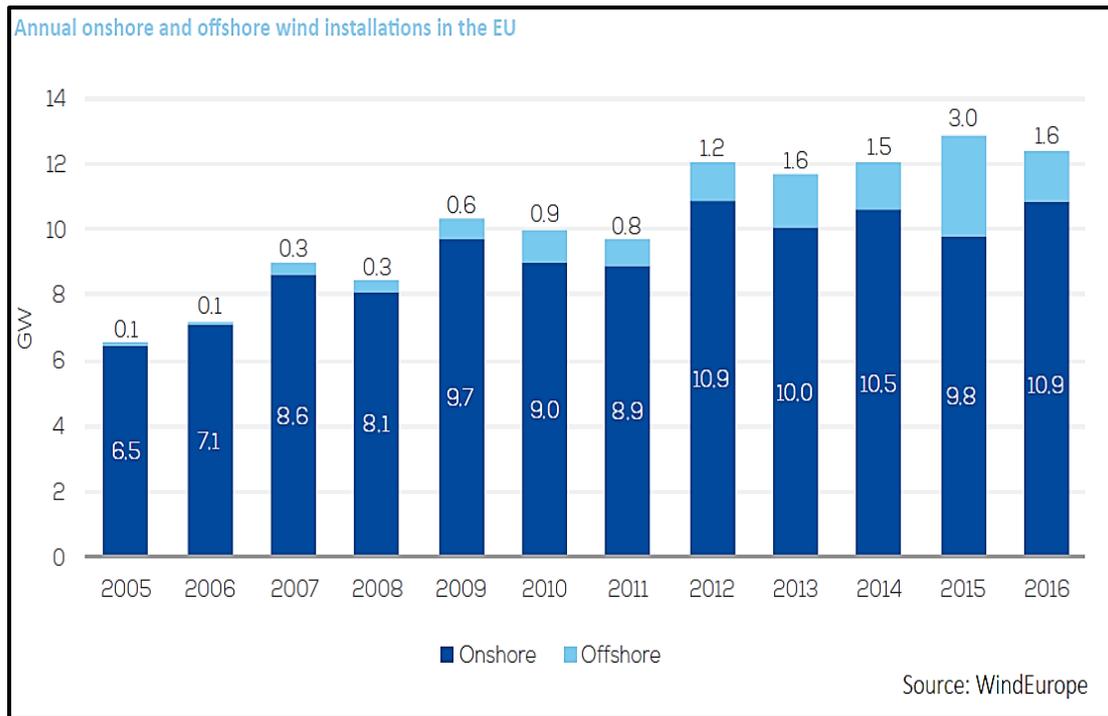


圖 9: 2005-2016 年歐盟風電協會對陸上風電與離岸風電的統計

## 2. 美國

美國 EIA 的評估資料顯示：陸上風電的平均成本為 73.6 美元/仟度，離岸風電則為 196.9 美元/仟度，為陸上風電的 2.68 倍，都無補貼 [17]，如表 4 所示：(台灣的地震及颱風較多，風電的總成本恐怕不會比美國便宜)

表 4：美國電廠預備於 2020 年供電的平均成本(基準：2013 年美元/仟度電)

	容量因素(%)	平均投資成本	固定的操作及維修	變動的操 作及維修	電力傳 輸投資	總 成本	補 貼	包含補貼 的總成本
陸上風電	36	57.7	12.8	0.0	3.1	73.6	-	
離岸風電	38	168.6	22.5	0.0	5.8	196.9	-	

由參考資料 17 可知，風電的容量因素不到燃煤、燃氣或核電的一半(比較表 4 及表 3)，顯示其穩定性差。EIA 也預測了 2015 年至 2040 年美國電力的增加情況：美國 2022 年之後電力的增加以天然氣及太陽光電為主，風電的裝置容量從 2022 年起降至非常低(註 12)，如圖 10 [22] 所示。這些資料可做為台灣發展離岸風電及補貼風電的參考。

註 12：可能因陸上風電已接近飽和，而離岸風電在無補貼下對企業界無經濟誘因。

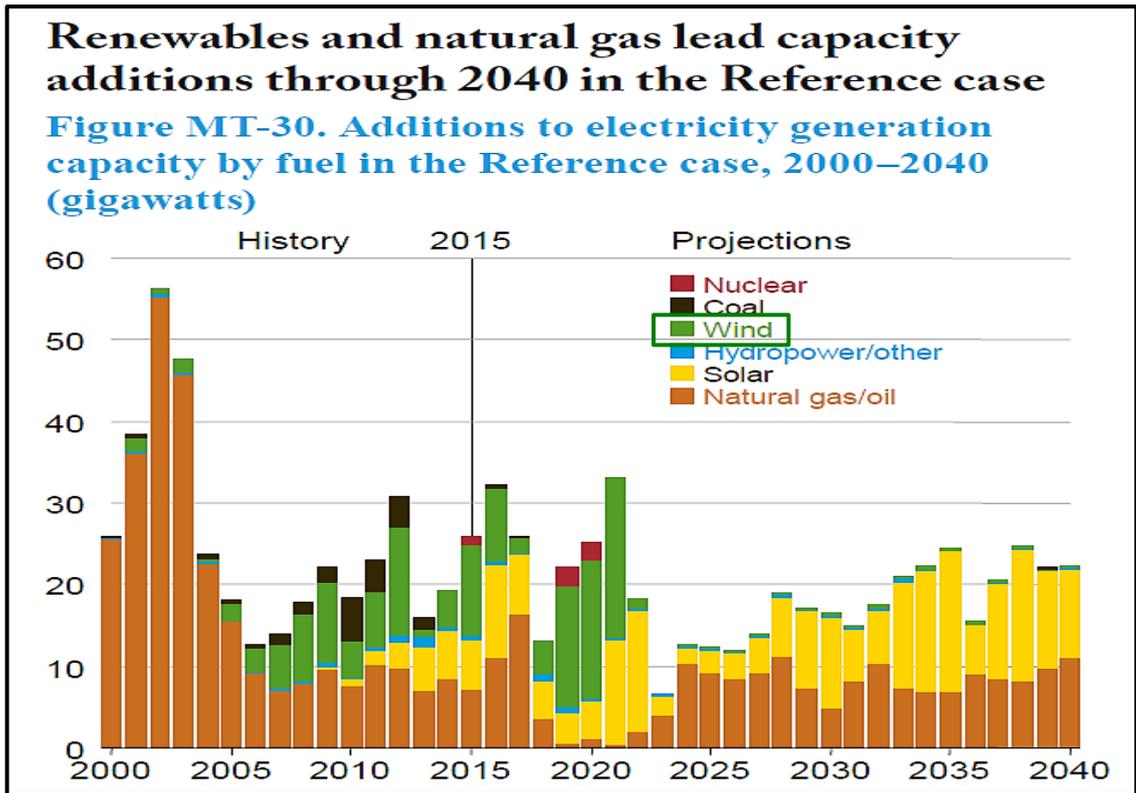


圖 10: 美國 EIA 預測至 2040 年時電力容量的增加情況

### (三) 電價與綠電？

2016 年下半年歐盟各國中等大小家庭之民生電價顯示如圖 11<sup>[23]</sup>。由此圖可知，大力發展風電及太陽光電之德國，其民生電價在歐盟各國中高居第二，僅略次於丹麥。

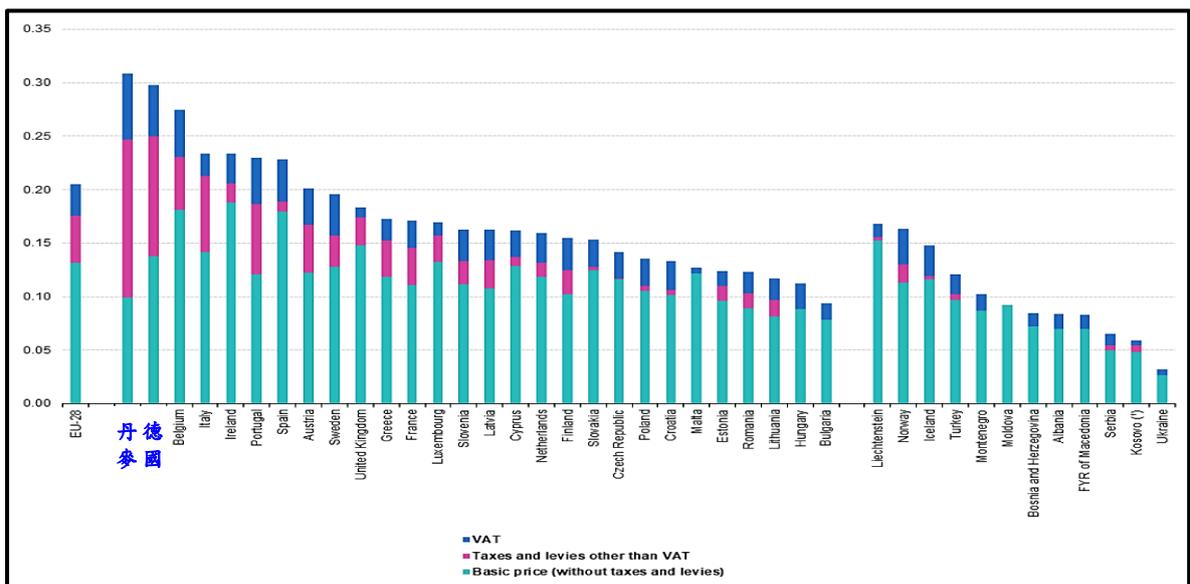


圖 11: 2016 年下半年歐盟各國中等大小家庭之民生電價統計

圖 11 中也可將增值稅(VAT)及各種稅率去除，只比較各國民生電價中的「基本電價」(Basic Price, 圖 11 中最底下的部份)。由此可知，德國的「基本電價」也高出許多歐盟國家。

由表 2 德國聯邦統計局的電力生產統計可知，德國 2014-2016 年有~40% 廉價的燃煤發電及 13-15% 廉價的核電，天然氣又可直接接管<sup>[24]</sup>(故其價格不高)。在「使用者付費」的原則下，此種「基本電價的偏高」應是發展昂貴的風電及太陽光電並供全民使用所致。

進一步探討可知，德國 2006-2017 年的民生電價中增加最多的就是「再生能源的附加費」，由 0.88 增至 6.88 歐分/度電(註 13，與筆者所預料的相同)，如圖 12<sup>[25]</sup>中藍色白點所示：

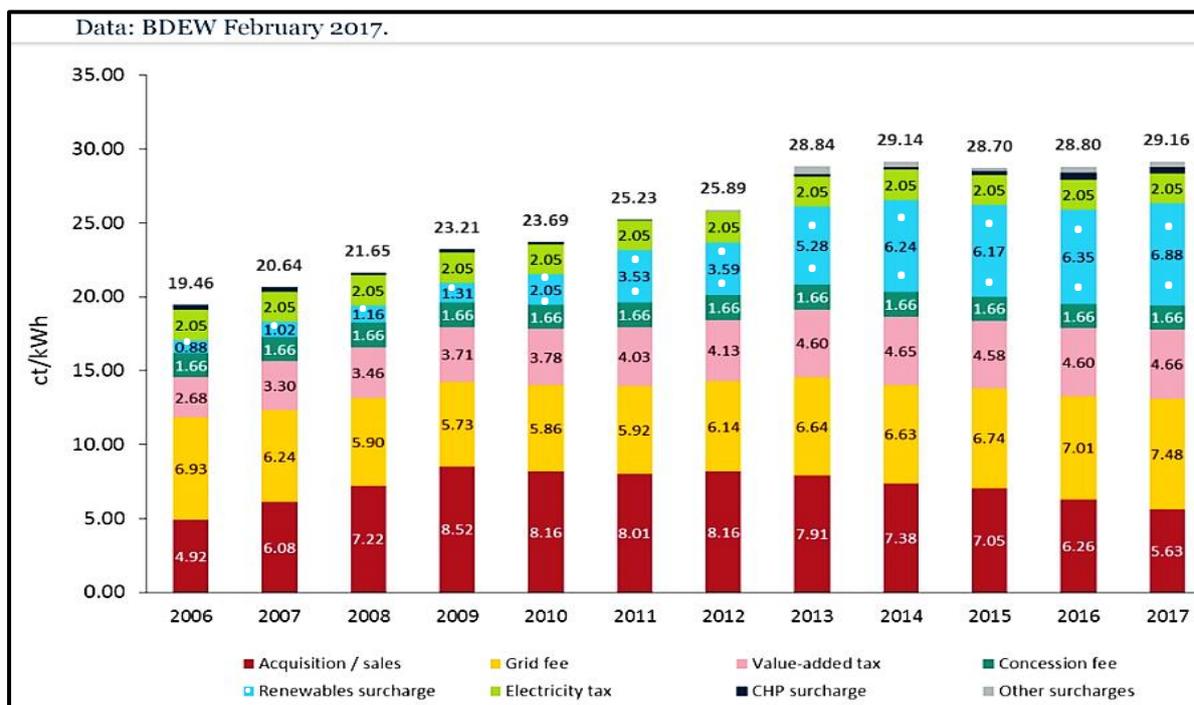


圖 12: 德國民生電價在「再生能源的附加費」上由 2006 年的 0.88 歐分/度電上升至 2017 年的 6.88 歐分/度電 (BDEW: German Association of Energy and Water Industries)。

#### (四) 國外的工業電價與民生電價

美國政府所屬的 EIA 會在網站<sup>[26]</sup>上顯示每年平均之民生、商業、交通及工業用電的電價，例如 2016 年時，美國的工業電價平均為 6.75 美分/度，民生電價為 12.55 美分/度(為工業電價的 1.86 倍)。由其說明也可得知，每度

註 13：以歐元:台幣=36:1 計，約相當於 增加 2.16 元/度。

電力的主要成本包括「發電」、「傳遞電」及「分配電」三大部分，其中的「發電」約為 57%，「傳遞電」及「分配電」共占了約 43%，如圖 13 所示：

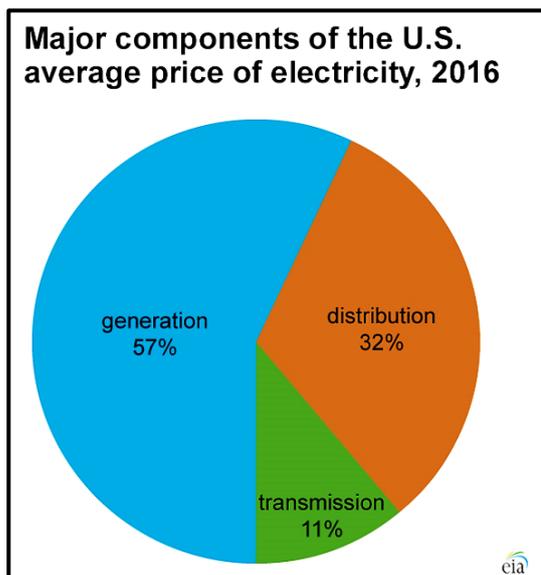


圖 13：2016 年美國的發電占 57%，傳遞電占 11%，分配電占 32% (美國 EIA)。

由 EIA 的說明可知，工業電價接近批發價的主要原因是：

- (1) 工業界與電力公司的界面是高壓電或極高壓電，因而「傳遞電」的效率較高，且降至低電壓的設備及損耗(供機器等使用)多是工業界自己吸收，因此電力公司「傳遞電」的成本甚低。
- (2) 工業界的一個電錶就可使用大量電力，故電力公司「分配電」的成本也甚低。

歐盟統計局(eurostat) 2017 年的網站<sup>[27]</sup>上也統計了歐盟各國中等大小之民生或工業的電價。其中德國之民生電價及工業電價如表 5：

表 5：歐盟統計局所列德國中等大小之住家及工業的電價 (歐元/度電)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
民生	0.1785	0.1832	0.1949	0.2148	0.2282	0.2375	0.2528	0.2595	0.2919	0.2981	0.2951	0.2969
工業	0.0780	0.0871	0.0946	0.0929	0.0975	0.0921	0.0900	0.0895	0.0860	0.0844	0.0809	0.0788

由表 5 可看出，自 2013 年以後，德國的民生電價已為工業電價的 3 倍多，且差距有逐漸拉大之勢。若台灣落實「使用者付費」精神，並且像德國一樣廢核及發展風電及太陽光電供民眾使用，則所造成的電價上漲將大部分由全民負擔，民生電價及物價之大漲恐難避免(或者用其他的方式由全民承擔)。

(五)天然氣的價格？

美國政府所屬 EIA 曾於網站上顯示<sup>[28]</sup>「用管線直接外銷」和「液化後再外銷」的天然氣價格如表 6：

表 6：EIA 所示近年來天然氣的外銷價格(單位：美元/仟立方英尺)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
以管線外銷	4.35	3.08	4.06	5.40	2.95	2.63
液化後外銷	10.54	12.82	13.36	15.66	10.92	4.71

表 6 顯示，在 2011-2015 年，天然氣「液化後外銷」的價格是「以管線外銷」的 2.42~4.16 倍，變化很大。2016 年時天然氣外銷價格大幅下降(註 14)，「液化後外銷」也由往年的>10 美元降為 2016 年的 4.71 美元/仟立方英尺，此時「液化後外銷」與「以管線外銷」的價差較小，但也接近 2 倍。

台灣的天然氣進口無法由產地直接以管線輸送，只好先液化再船運，價格比可直接接管的德國貴了許多。

#### (六) 電價、減碳、能源安全及經濟等如何兼顧？

台灣正在大力推展風電及太陽光電，想以之替代核電。在風電及太陽光電還未能擔當重任前，又想減少空污及碳排放的增量，只好使用昂貴的天然氣發電，其發電成本的增加能不算在使用者(全民)身上嗎？用天然氣替代核電時，減碳承諾能達到嗎？合乎國際正義的考量嗎？

能源政策中更要考量的是「能源安全」。核電的燃料可以支撐 1.5-3.0 年(所以常稱為「準自產能源」)，天然氣發電則取決於其儲存量，由於台灣無法自產天然氣，其儲存量能支撐 1/2 至 1 個月已經很不錯了。廢核後，「能源安全」要如何考慮？在兩岸關係緊張下，一旦遭遇中國大陸的經濟封鎖，能不經常停電嗎？若遇此情況，經濟要如何發展？

#### (七) 台灣主辦綠能研討會的重點

台灣主辦綠能研討會應聚焦於「風電及太陽光電的發展性」(註 15)及「問題如何因應」方面。真正想要幫助台灣的國家，會把風電及太陽光電的「問

註 14：應該與表 2 中所說 2016 年德國天然氣的用量上升有關。

註 15：不是整體再生能源，因為再生能源包括水力及生質能等，但水力及生質能與國情有關係。例如加拿大及瑞典的水力發電≥40%；德國的水力發電只占~3%，生質能發電(包括廚餘)~7%，台灣的廚餘則多數養豬。

題」及「自己國家的因應對策」坦誠的告知想效法的台灣！

但由筆者參加台灣數大機構、德國在台協會、德國經濟辦事處及西門子合辦的 2014、2015 年綠能研討會<sup>[29]</sup>看來，德國政府及企業都未坦誠報導發展風電及太陽光電時所遭遇的「問題」及「因應對策」。其「報喜不報憂」的心態甚為明顯(筆者甚至認為，德國人為了商業利益，有意誤導台灣)。

德國企業想做綠能生意卻沒有「同理心」的心態(未為他國或他人設想)，其實也反映於美國環保署對德國福斯公司造假的指控上(福斯公司在柴油引擎的空污排放資料上造假)。最後福斯公司只好承認、賠償消費者的損失、並且修正有作弊軟體的柴油車<sup>[30]</sup>。

耶魯大學校長 Peter Salovey 在 2017 年 5 月的畢業典禮上就強調了「同理心」的重要<sup>[31]</sup>。看來德國人並未了解此點。若國外廠商一味「老王賣瓜式的報喜不報憂」極易產生誤導，對於台灣發展風電及太陽光電並無好處。

## 柒、結語

- 一、能源政策的原則有如框架。其合理的原則包括：全民整體利益優先、積極發展風電及太陽光電、備用容量率應合理化、尊重專業、善用「後進優勢」、整體考量、應兼顧減碳。「備用容量率」不足時會增加停電風險，因此值得多予探討。
- 二、由美、加、英的電力管制看來，對電力生產者「要求的備用容量率」是 12-20%，實際的預期值會較「要求的備用容量率」稍高(台灣法定的「備用容量率」是 15%)。由於風電及太陽光電的不穩定性較高，根據 NERC 的資料，擴大時極可能導致「備用容量率」的上升。
- 三、報導了德國聯邦統計局 2014-2016 電力生產的實際統計：德國之風電及太陽光電的總和不到 20%，且成長幅度甚緩，對核電的依賴還是高達約 13-15%，煤電也還有 40% 左右。根據德國智庫 FRAUNHOFER 的詳盡報告，也對德國 2014 年電力的輸出及輸入做了報導。以此趨勢看來，條件遠較台灣優異的德國，在 2022 年時能否同時達成「減碳」和「全面廢核」的目標將不無疑問。
- 四、由台電的資料可知，104 及 105 年的「備用容量率」已降低為 11.5% 及 10.4%(預期今年會更低)，8/15 的大停電應與此有關。也報導了台電 105 年各種能源之發購電量占比及 105 年再生能源發電占比，

顯示台灣若要以不穩定的風電及太陽光電替代穩定的核電，非但有很長的路要走，而且將大幅增加停電的風險。

五、也探討了美國的減碳趨勢、歐洲風電協會及美國 EIA 對陸上及離岸風電的發展狀況及成本、電價與綠電、國外的工業電價與民生電價、天然氣的價格、電價/減碳/能源安全/經濟應如何兼顧、台灣主辦綠能研討會的重點等。其中，德國「民生的基本電價」較許多歐盟國家為高主要應是發展風電及太陽光電所致。這些資訊希望幫助政府擬訂適當的能源政策，並減少未來的停電風險。

六、若再生能源發電量~20%是未來的規劃，由圖 8 可知，太陽光電及風電等間歇性的能源(其容量因素遠低於傳統火力發電及核電)需由 1.1%增加為~16%。由圖 3 可知，此時的「備用容量率」應有所調升，以減少停電的風險(實際調升多少應由專業機構進行研究較妥)。據筆者推測，英國及其他歐盟各國改用 de-rated capacity margin 的主要原因，即為太陽光電及風電等大幅增加後，較不適用傳統的「備用容量率」。

#### 參考資料：

- [1] 中華民國教育部，論語·衛靈公「人無遠慮，必有近憂」的網址：  
<http://dict.revised.moe.edu.tw/cgi-bin/cbdict/gsweb.cgi?ccd=.ZCamW&o=e0&sec1=1&op=sid=%22Z00000136001%22.&v=-2>
- [2] 工研院翻譯，聯合國氣候變化框架公約 (1998/08，原文於 1992 年簽訂)：  
[http://www.tri.org.tw/unfccc/download/unfccc\\_c.pdf](http://www.tri.org.tw/unfccc/download/unfccc_c.pdf), (原文登載於  
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>)
- [3] 成語故事，孟子盡心下「民為貴，社稷次之，君為輕」的網址：  
<http://chengyu.game2.tw/archives/61204#.WbNIsE9V8kk>
- [4] 聯合新聞網，新聞眼，「備用容量率 不只是數字」(2017/08/08)，  
<https://udn.com/news/story/11014/2629402>
- [5] 論語·為政「知之為知之，不知為不知，是知也。」的網址：  
<http://www.wenyanhanyu.com/guwenmingju/14399.html>
- [6] 《荀子·議兵》與《孫子兵法·軍爭篇》，「後發先至」的網址，  
<http://www.rwwhw.com/Zhzh/Zzml/2013-10-30/11454.html>
- [7] 教育百科，左傳·僖公十四年「皮之不存，毛將焉附？」的網址：  
<https://pedia.cloud.edu.tw/Entry/Detail/?title=%E7%9A%AE%E4%B9%8B%E4%B8%8D%E5%AD%98%EF%BC%8C%E6%AF%9B%E5%B0%87%E5%AE%89%E5%82%85>
- [8] 台灣電力公司，今日電力資訊 (106/09)，  
[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info\\_in.aspx?LinkID=26](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info_in.aspx?LinkID=26)
- [9] 美國政府所屬之 EIA (Energy Information Administration), based on “North American Electric Reliability Corporation (NERC) 2017 Summer Reliability

- Assessment” (2017/08/11), <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=31492>
- [10] North American Electric Reliability Corporation (NERC),  
<http://www.nerc.com/pa/RAPA/ra/Reliability%20Assessments%20DL/2016%20Long-Term%20Reliability%20Assessment.pdf>
- [11] *ibid*, **2016 Summer Reliability Assessment**,  
[http://www.nerc.com/pa/RAPA/ra/Reliability%20Assessments%20DL/2016%20SRA%20Report\\_Final.pdf](http://www.nerc.com/pa/RAPA/ra/Reliability%20Assessments%20DL/2016%20SRA%20Report_Final.pdf)
- [12] The Independent Electricity System Operator (IESO), Canada, **Ontario Reserve Margin Requirements 2017-2021 (2016/12/30)**.
- 
- [13] A report by the Royal Academy of Engineering for the Council for Science and Technology, **GB electricity capacity margin (2013/10)**,  
<http://www.raeng.org.uk/publications/reports/gb-electricity-capacity-margin>
- [14] 德國聯邦統計局(Statistisches Bundesamt)在網站上發布的「**2014-2016 電力生產資料**」(2017/08/11)：  
<https://www.destatis.de/EN/FactsFigures/EconomicSectors/Energy/Production/Tables/GrossElectricityProduction.html>
- [15] FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR SOLARE ENERGIESYSTEME ISE,  
**Stromerzeugung aus Solar- und Windenergie im Jahr 2014 (2014 年從太陽能及風能來的發電量, 2015/07/01)**,  
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/daten-zu-erneuerbaren-energien/stromproduktion-aus-solar-und-windenergie-2014.pdf> 第 25 張投影片。
- 
- [16] CAT (Climate Action Tracker)網站“對美國、中國、韓國、日本及歐盟等的減碳報導”, (2017/05/09-2017/06/02), <http://climateactiontracker.org/countries/china.html>
- [17] 美國政府所屬之 EIA, 對 **2020 年各種能源的發電成本估計**,  
[https://www.eia.gov/forecasts/archive/aeo15/pdf/electricity\\_generation\\_2015.pdf](https://www.eia.gov/forecasts/archive/aeo15/pdf/electricity_generation_2015.pdf) (2015/06), 第 6 頁表一, Estimated levelized cost of electricity (LCOE) for new generation resources, 2020
- [18] 台灣電力公司, 備用容量之說明 (105/12/02),  
[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-c33.aspx?LinkID=13](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-c33.aspx?LinkID=13)
- 
- [19] 台灣電力公司, 台電系統各能源別歷年發購電量 (106/03/20),  
[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-c37.aspx?LinkID=13](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-c37.aspx?LinkID=13), 選擇 105 年並點選「切換至各能源別」。
- [20] 台電 **105 年再生能源發購電量占比**,  
[http://www.taipower.com.tw/content/new\\_info/new\\_info-b31.aspx?LinkID=8](http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-b31.aspx?LinkID=8)
- [21] The European Wind Power Association, **Wind in Power, 2016 European Statistics (2017/02)**,  
<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2016.pdf>
- [22] 美國政府所屬 EIA, “**Annual Energy Outlook 2016 with Projections to 2040**” (2016/08), [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2016\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2016).pdf), 第 111 頁 Fig. MT-30。

- [23] 歐盟統計局(eurostat)網站：Electricity price statistics, “**Electricity prices for household consumers, second half 2016 (EUR per kWh)**” (2017/06/29), [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity\\_price\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics)
- [24] 美國政府所屬之 EIA 網站，**International Analysis, Germany** (2016/08), <http://www.eia.gov/beta/international/analysis.cfm?iso=DEU>, 在 Natural Gas 中說到 “Germany has no liquefied natural gas (LNG) terminals, but is well connected to much of the rest of Europe via natural gas pipelines.”
- 
- [25] Clean Energy Wire, **What German households pay for power** (2017/02/16), <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/what-german-households-pay-power>
- [26] 美國政府所屬之 EIA 網站，**Many factors influence electricity prices** 之中的 “**Electricity Prices Vary by Type of Customer**”(2017/05/16)：  
[http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity\\_factors\\_affecting\\_prices](http://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=electricity_factors_affecting_prices), 在說明工業用電之價格所以較低是因為類似批發及輸配電的成本較低。
- [27] 歐盟統計局(eurostat)網站：**Electricity prices by type of user** (2017), <http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=ten00117&plugin=1>
- [28] 美國政府所屬之 EIA 網站：“**Natural Gas Summary, U.S. Annual**” (2017/08/31), [http://www.eia.gov/dnav/ng/ng\\_sum\\_lsum\\_dcu\\_nus\\_a.htm](http://www.eia.gov/dnav/ng/ng_sum_lsum_dcu_nus_a.htm)
- [29] 財團法人台灣永續能源研究基金會，「**台德城市領袖對談 開創綠色、智慧、永續城市契機**」 (2015/03/19), [http://taise.org.tw/active\\_areashow.php?cid=319](http://taise.org.tw/active_areashow.php?cid=319)
- [30] 陳思宇，財經新報，「**為什麼要作弊？福斯高層坦言：美國空污法規太嚴苛**」 (2015/12/11), <https://finance.technews.tw/2015/12/11/volkswagen-emission-cheating-investigation/>
- [31] Chris Bracken 及 Myles Odermann, **Baccalaureate ceremony kicks off 316th Commencement Weekend** (2017/05/20), Staff Reporters, Yale News, <http://yaledailynews.com/blog/2017/05/20/baccalaureate-ceremony-kicks-off-316th-commencement-weekend/>
-