

「致電」臺灣  
—借鏡日、德兩國探討臺灣未來能源政策走向

賴竣閔、劉瑄穎、莊至桓

- 高中生組
- 大學生組
- 研究生組

臺北市立建國高級中學

中華民國 107 年 12 月

## 壹、前言

### 一、研究動機

自 2011 年日本 311 大地震引發福島核電廠爆炸意外，一股名為「廢核」的風紛紛在世界各地吹起，大大小小的反核遊行在許多國家遍地開花，儼然成了全民的共同訴求。

2015 年 8 月 11 日，日本重啟川內核電廠 1 號機組、2015 年 10 月 15 日重啟川內核電廠的 362 號機組、2016 年 2 月 1 日高濱核電廠 3 號機重啟運轉送電<sup>(1)</sup>。這背後是怎麼樣的原因，使得日本在福島核災後不到五年，做出這個重大的決定？

場景來到傳統再生能源大國德國。2011 年 3 月福島事故發生後，德國政府隨即下令境內 7 座 1980 年以前營運的機組暫停營運進行安檢<sup>(2)</sup>。隨後也逐漸提高再生能源發電比例，但「由於無法控制綠能的供應狀況，風力與太陽能的間歇性與變動性擾亂了現代電力工程與經濟的基礎」<sup>(3)</sup>。幸虧有歐陸電網的支撐，德國的再生能源轉型不僅成功減少碳排放量，也降低了核能發電的比例，經濟亦沒有因再生能源的不穩定性而有所影響。

而臺灣與日本自然環境相似，缺乏自然資源的條件下，兩國在核能發電上同樣具有一定的依賴性。自 2011 年起，隨著人民對核能潛在危機的認知以及環保意識的抬頭，不少人視再生能源為替代核能的一種選擇。政府在民意壓力下，亦不斷降低核能發電占總發電之比率，近幾年更創下劇烈跌幅。然而，我們不禁思索，倘若核能退場，它所帶來的電力空缺將如何填補？

「能源不僅是社會經濟活動的基礎，更具國家安全的戰略重要性」<sup>(4)</sup>。我們希望藉由探討與臺灣自然環境相似的日本以及再生能源改革已成功的德國的案例，來研究臺灣未來的能源政策走向與最適合臺灣的能源供給模式。

### 二、研究目的

- (一) 了解日本復核的因素及未來發電政策
- (二) 分析德國的再生能源發展優勢
- (三) 探討未來臺灣最佳能源走向

## 貳、日本、德國、臺灣三國的能源概況討論

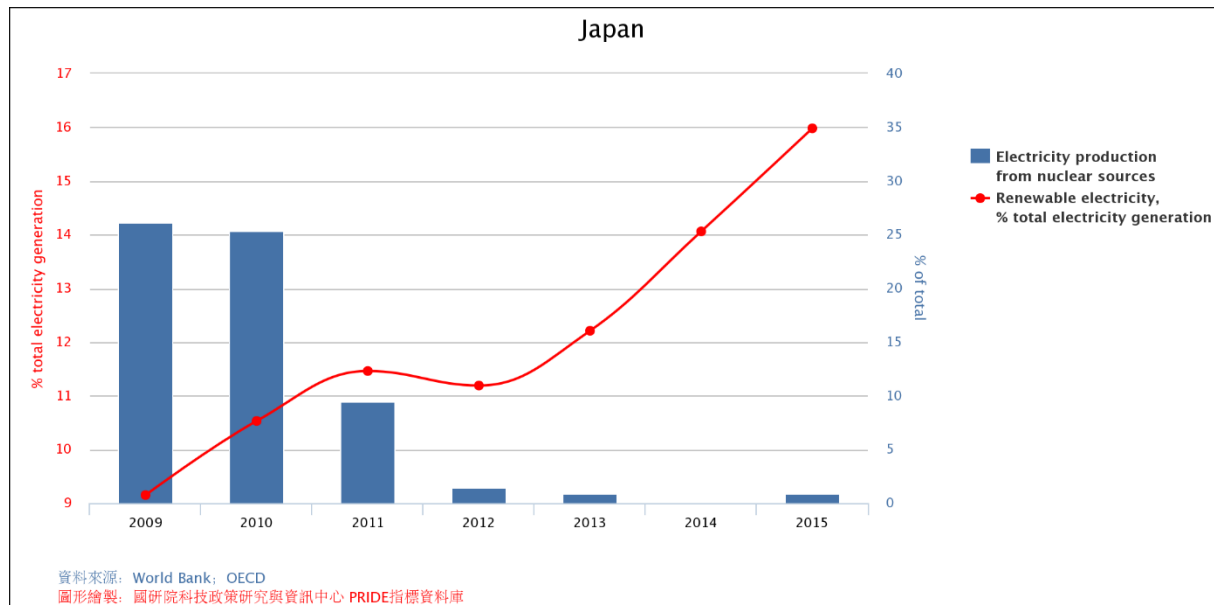
### 一、日本

#### (一) 福島核災後之電力來源調整

在 2011 年 3 月 11 日福島核災後，日本政府有感於核能的潛在危險，關閉了 54 座核能反應爐。然而，對輻射外洩的恐懼早已蔓延於日本社會上下，舉國掀起一波廢除核能發電的風潮。在這幾年間，核能發電占總電量之比率不斷下降，在 2014 年甚至完全廢核(見圖一)，值得注意的是，隨著核能占比的降低，日本對再生能源發展的重視逐漸

## 2018 「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

提高，可望藉由安全且環保的再生能源取代核能。從圖一中我們可以發現，日本的核能發電比例從2011年的9.48%降至2014年的0%，而再生能源發電則從2011年的11.46%，提升至2014年的14.06%，其攀升趨勢也透露日本對核能安全的不信任以及廢核的渴望。



系統編號：WB10303-0201，OE10301-0117

圖一、日本核能發電及再生能源發電比例圖

### (二) 復核的關鍵因素

然而，在廢除核能發電後，日本的電價逐年攀升(見表一，可知核能發電價格遠低於再生能源發電)，由表二可知，在2011與2012年間，由於核能發電量下降，導致電價上漲，不僅民間怨言不斷，甚至影響到了日本的經濟發展。在各大公司施壓下，日本首相安倍晉三在2015年決定重新啟動6座反應爐，另有3座正在準備重新運轉。儘管必須承受核能污染的潛在危險，在考量到經濟與務實層面，日本依舊選擇了核能發電。

表一、日本各項能源發電成本(單位：元/kWh)

	日本	
	2010年	2030年(推估值)
核能發電	2.68~	2.68~
煤炭火力發電	2.86	3.26
天然氣火力發電	3.22	3.29
石油火力發電	11.74	10.86
陸上風力發電	2.98-11.74	2.65-5.21
海上風力發電	2.83-6.96	2.59-6.96
地熱發電	2.50-3.13	8.3-3.13
太陽光電	10.06-11.54	2.98-6.03
汽電共生	3.19-5.93	3.46-6.06

資料來源：日本內閣府國家戰略室2011年12月發表之發電成本公告值

表二、2011~2014 年日本各用戶平均電價變動

單位：新台幣/度，%

年	2011		2012		2013		2014		年均 成長率%
	價格	調幅	價格	調幅	價格	調幅	價格	調幅	
住宅用戶	8.086	4.836	8.606	6.431	7.569	-12.05	7.691	1.612	2.105
工業用戶	5.548	8.169	6.041	8.886	5.446	-9.849	5.713	4.903	3.632

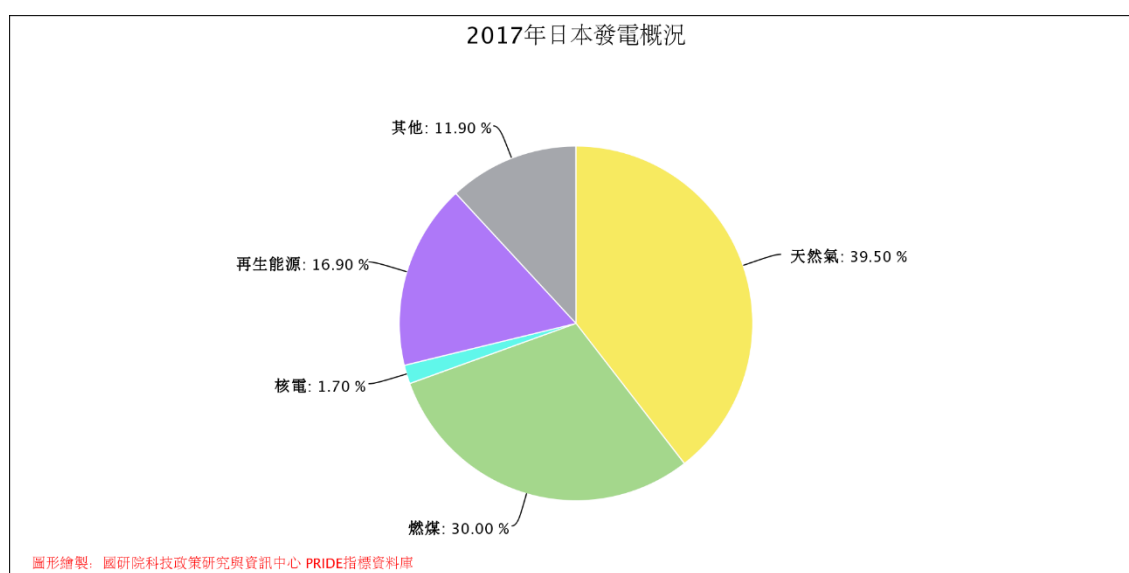
資料來源：IEA,2015.“Energy Prices and Taxes”；經〈日本電價制訂與調整機制研析〉<sup>(5)</sup>整理。

註：2013 年電價下降的情況，起源於能源礦產價格下跌，故日本電價亦受其影響。2014 年電價又再度回升。

### (三) 近年之發電概況

2017 年日本的發電占比中，核能占 1.7%，再生能源占 16.9%，但火力部分共占 69.50% (見圖二)，造成大量碳排放量。2017 年七月初，日本內閣通過 2050 能源轉型基本計畫，最引人注目的，就是為避免能源來源過於集中，宣示 2030 年的核電占比要從目前的 2% 左右提升到兩成以上，火力發電則要從目前的八成三降到五成六。日本作為京都議定書簽署國，也於 2015 年簽署巴黎協定，宣示 2050 年溫室氣體要減量八成<sup>(6)</sup>。

減碳顯然是日本的首要目標，而再生能源發電不但可以兼顧減碳也沒有核廢料的問題，理應是日本目前最理想的發電方式。但是目前由於再生能源發電技術還不夠成熟與穩定，價格也偏高，考量到現實層面，還是必須以核能或火力發電的其中一個來取代再生能源。在減碳的目標下，日本最終決定以核能來為再生能源奠定基礎，以期轉型順利。



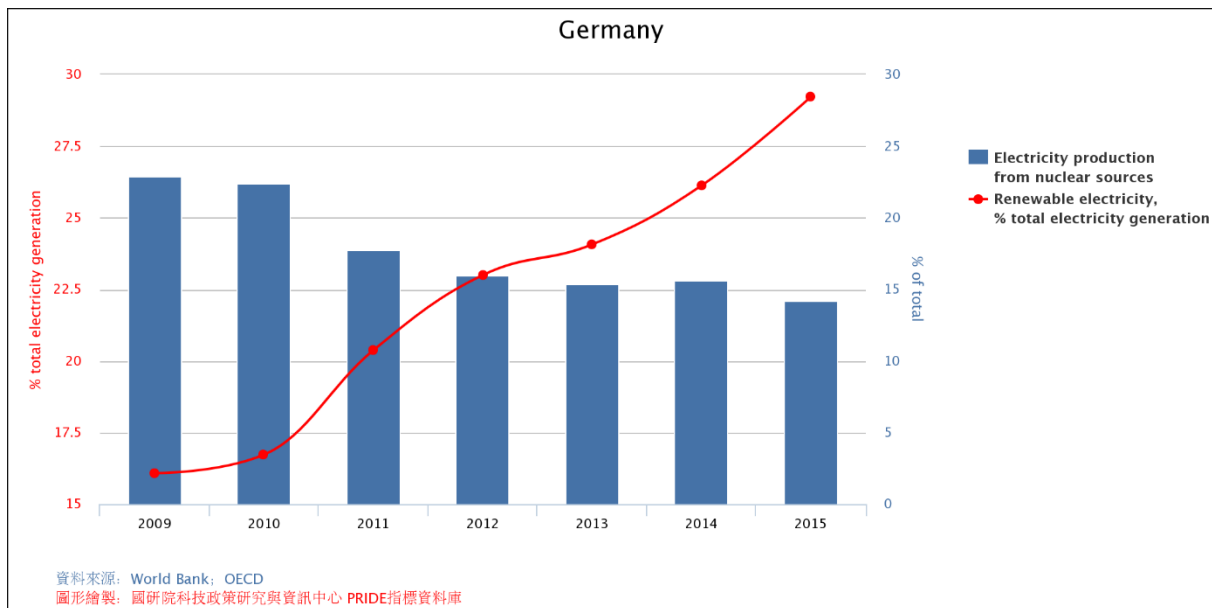
資料來源：天下雜誌 654 期 P.75；研究整理：劉光瑩

圖二、2017 年日本發電概況

## 二、德國

### (一) 福島核災後之電力來源調整

德國原本準備在 2036 年讓最後一座核電廠停止運轉。日本福島核災，讓德國因此決定提前關閉核電廠，轉而增加對「再生能源」的依賴<sup>(7)</sup>。2011 年起再生能源之比例逐漸提高，伴隨著核能發電緩步下降，從 2011 年的 17.78% 降至 2015 年的 14.22% (見圖三)。德國作為再生能源大國，在再生能源方面的技術及穩定性均相對成熟，故能在短短幾年之內，迅速的提升再生能源發電占比，加速該國核能發電之退場。



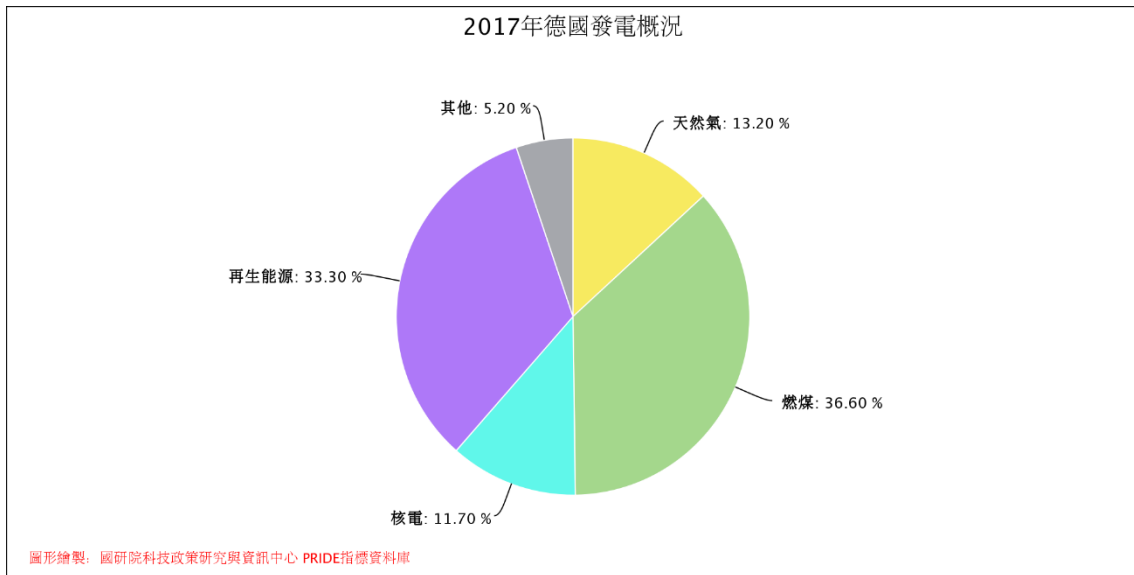
系統編號：WB10303-0201，OE10301-0117

圖三、德國核能發電及再生能源發電比例圖

### (二) 近年之發電概況

由圖四得知，德國燃煤與天然氣的發電量佔比並不超過 50%，可以有效減少碳排量，而凸顯出再生能源供應量的可觀程度。然而，再生能源在兼顧生態保育及經濟發展的同時，供電的穩定度仍是潛在的未知數。德國目前仍用核能與燃煤廠做為基載，而 2020 年在假日時用電較少，白天有可能全國大部分使用再生能源，一小部分使用抽蓄水力發電，火力電廠在該時段擔任備援的角色。再生能源需要火力電廠彈性支援，而非自身單獨可做為基載使用<sup>(8)</sup>。

德國之所以能以較高的比例發展再生能源而不受制於其不穩定性，主因在於歐陸電網的支持。對於位處歐陸且與鄰國電網相連的德國而言，即時輸出過剩電力並非難事；同理，供電不足時，也可從法國、瑞典、丹麥、捷克等鄰國購電<sup>(9)</sup>。如此一來可將供電穩定度對大眾的影響降至最低。



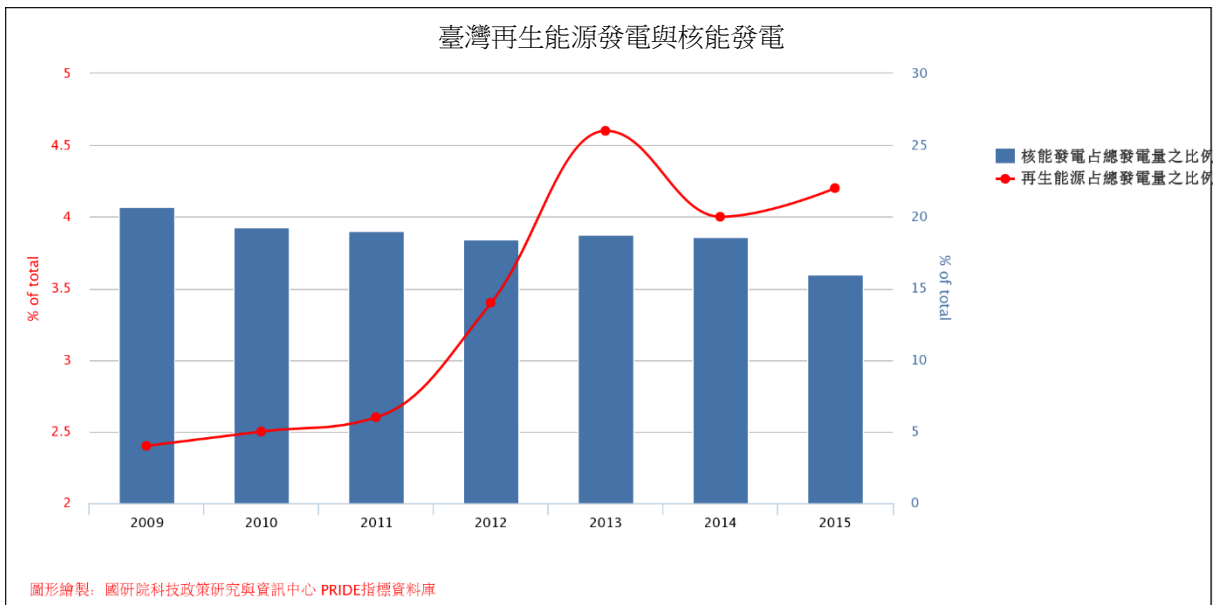
資料來源：天下雜誌 654 期 P.75；研究整理：劉光瑩

圖四、2017 年德國發電概況

### 三、臺灣

#### (一) 福島核災後之電力來源調整

在福島核災後，反核聲浪日益高漲。在民間壓力下，我國政府制定了嚴格的能源政策：「二〇二五年核一二三如期除役、核四不運轉、燃煤發電比例降至三成、天然氣五成、再生能源兩成」<sup>(6)</sup>。由圖五中可以明顯發現自 2011 年起臺灣核能發電比例快速下降，同時間再生能源卻只有緩步上升，佔總體發電量不到 5%。



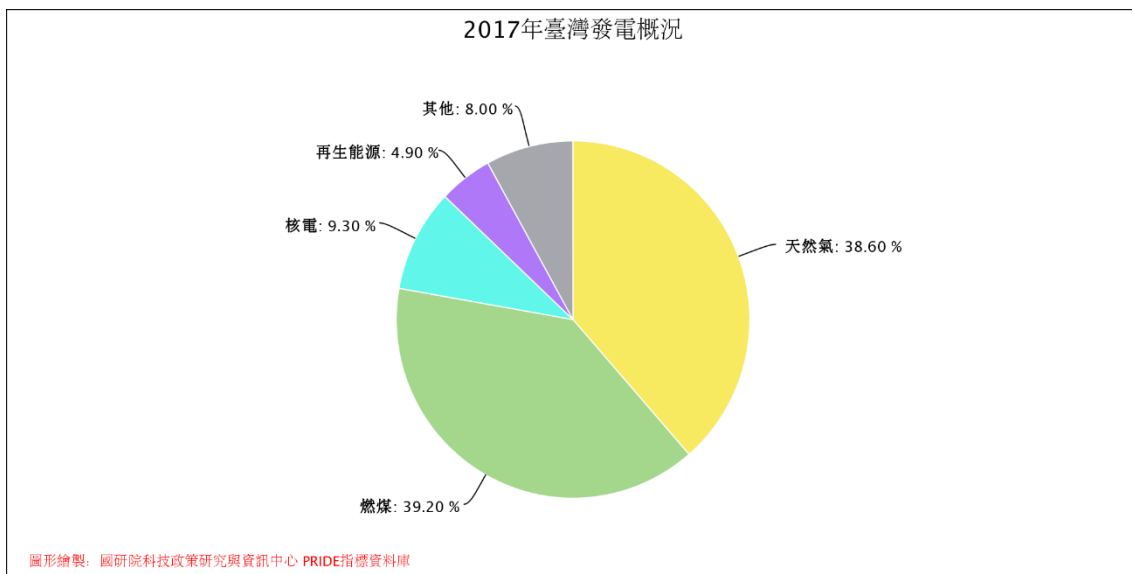
資料來源：臺灣電力公司

圖五、臺灣核能發電及再生能源發電比例圖

註：2014、15 年，因為旱災的關係導致水電發電量下降。此外，太陽光電增長不再以倍數成長，而風電則走到「撞牆期」，有點讓人擔心。2015 年再生能源電力只佔全國總用電的 4.20%。

## (二) 近年之發電概況

由圖六可知，2017年臺灣的核能發電占比已低於10%，然而再生能源卻依舊未突破5%，同時臺灣用電量不減反增，因減核造成的能源缺口將要如何填補？在圖中也可發現，目前占比最大的發電方式是燃煤發電與緊追在後的天然氣發電，皆各占將近四成，意即火力發電總共占比將近八成，不僅造成大量二氧化碳排放，更影響了空氣品質。而就如同日本，臺灣亦是個自然資源貧乏的孤島，煤與天然氣等能源礦產皆為進口，易受國際價格波動影響，占比又如此之高，萬一能源礦產供應發生問題，想必臺灣將會受到巨大的影響。



資料來源：天下雜誌 654 期 P.75；研究整理：劉光瑩

圖六、2017年臺灣發電概況

## 參、日德兩國主要發電方式之比較

由上述資料可知，日本2017年發電方式主要是以天然氣與燃煤發電占最大比例，兩者皆將近四成，再生能源只占16.9%，而德國則以再生能源的33.3%以及燃煤發電的36.6%占最大宗，天然氣比例相對較低，僅有13.2%。

燃煤同為兩國最主要的發電方式，我們分析原因有以下三點：

- (一) 價格低廉(僅略高於核能)
- (二) 運送安全(相較天然氣而言)
- (三) 較不耗能(較天然氣而言，因天然氣須耗能使其液化)

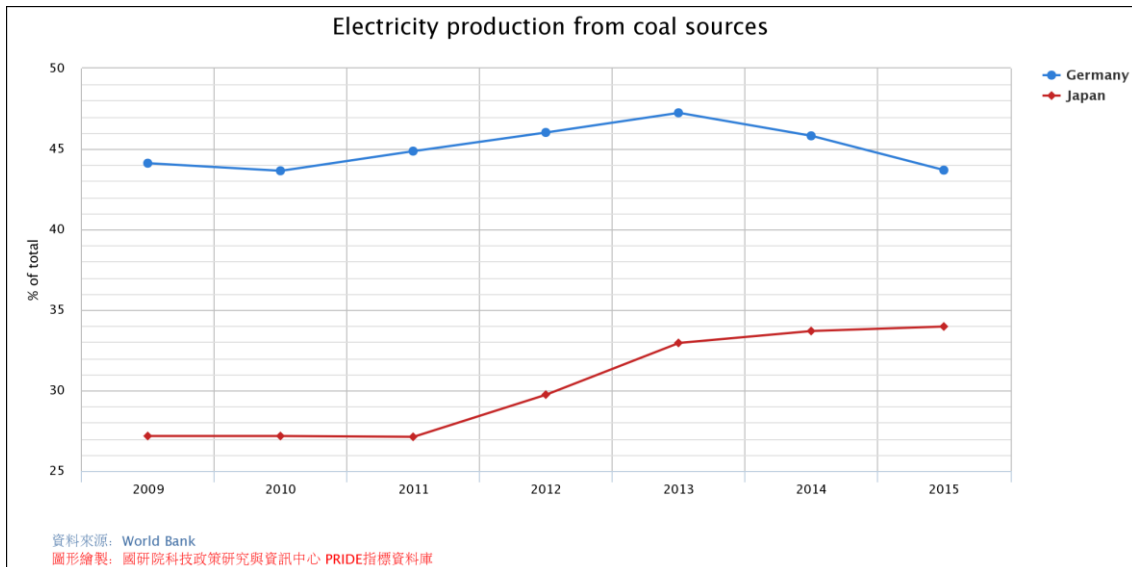
由圖七可知，在2011年(福島核災)後，兩國皆因反核聲浪降低核能發電比例，同時提高燃煤發電比例，以因應減少核能所帶來的電力短缺。

2013年起，德國因再生能源比例提升(見圖八)，故燃煤發電得以降低(見圖七)，而日本因再生能源尚未發展完備，燃煤發電依舊穩定上升，以維持一定的基載。



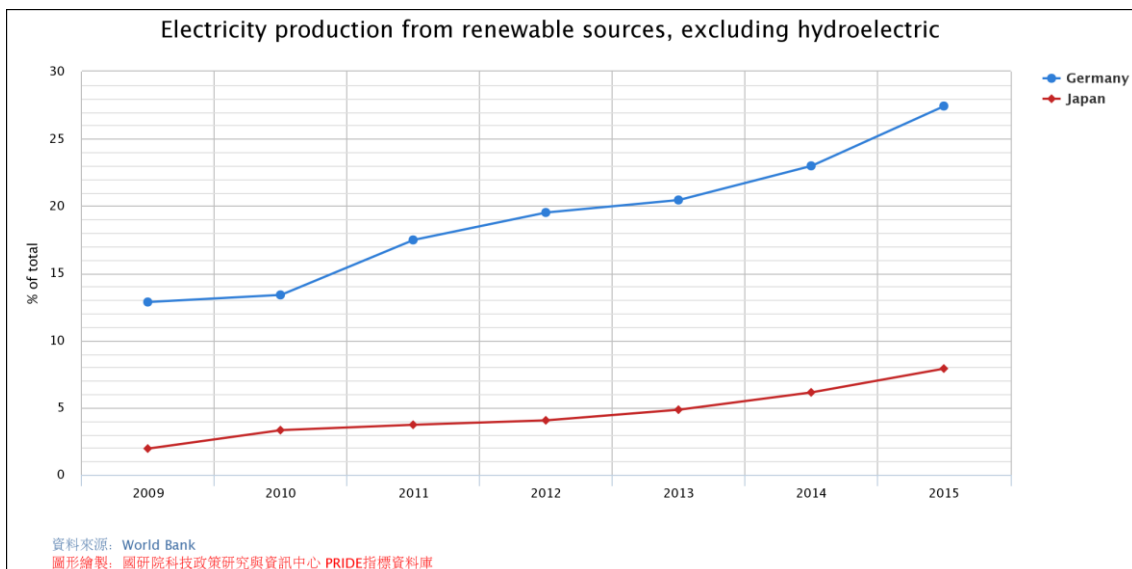
## 2018「Win the PRIDE：用指標說故事」競賽文稿

德國因再生能源已蓬勃發展，且燃煤發電也占一定比例，在能源不匱乏的狀況下，天然氣占比便顯得較低(見圖九)，反觀日本因自然資源缺乏，再生能源技術亦不如德國成熟，同時又受京都議定書規範減碳，須以天然氣填補能源缺口(註)，因此天然氣為其主要的發電方式之一。(註：天然氣發電碳排放量為燃煤發電的60%。)



系統編號：WB10303-0199

圖七、日本與德國之燃煤發電占該國總發電量比例圖

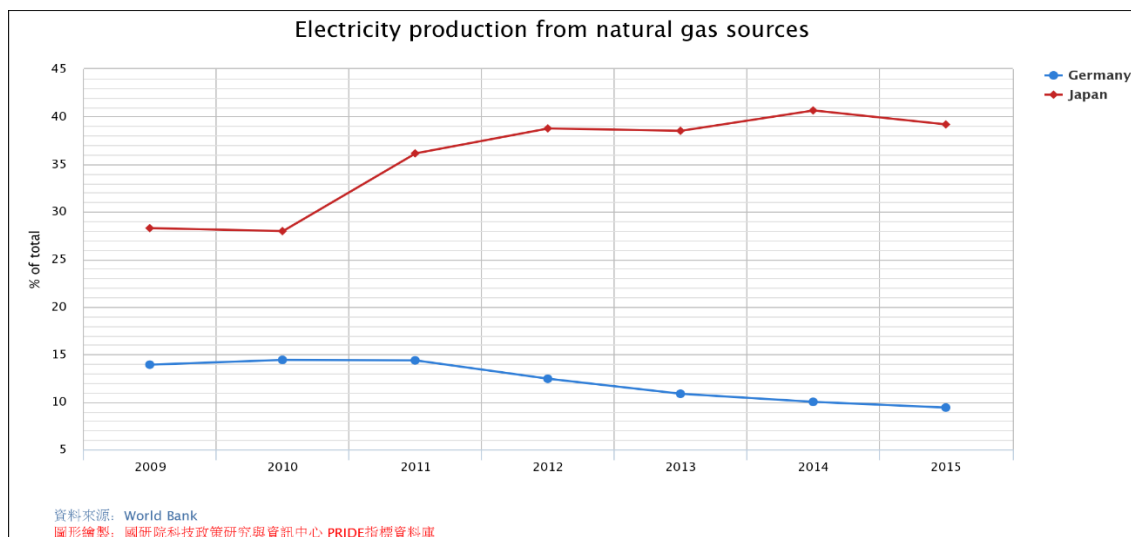


系統編號:WB10303-0219

圖八、日本與德國之再生能源發電(除水力發電外)占該國總發電量比例圖

註：由於建築水壩對生態環境造成大量破壞，且水庫底部易缺氧，使生物產生厭氧分解，進而釋放出甲烷，甲烷為溫室氣體。因此，水力發電是否為再生能源仍有爭議，故此處排除水力發電。





系統編號：WB10303-0200

圖九、日本與德國之天然氣發電占該國總發電量比例圖

## 肆、結論

我國政府提出在 2025 年全面廢除核能發電的能源政策，計畫將燃煤發電提升至 30%、天然氣發電提升至 50%、再生能源發電提升至 20%，以滿足國內用電需求。為達到天然氣發電占 50% 的目標，政府計畫興建天然氣第三接收站。然而，第三接收站依舊有環評問題，且大量的天然氣亦有外洩等潛在危險，天然氣發電占比如此之高令人擔憂。

由於臺灣缺乏自然資源，天然氣、煤礦全仰賴進口，如此規劃將受國際能源礦產價格影響極大，若進口出現問題，亦有能源短缺的危險。除此之外，燃煤及天然氣發電會產生大量二氧化碳排放，加劇溫室效應，造成全球暖化更為嚴重；燃煤發電產生的 pm2.5 懸浮微粒亦會造成空氣汙染，影響臺灣空氣品質。

臺灣身為孤島電網，能源的穩定程度相當重要。再生能源雖然能使我國達到一定程度的能源自主，但其穩定性較低，臺灣亦不像德國有歐陸電網的支撐，在再生能源技術尚未成熟的狀況下，提升其占比有一定的困難度。因此我們認為德國的發電模式雖然很美好，但在臺灣的環境限制下，並不適用其發電方式，但可學習其再生能源發電技術，以期未來能提升我國再生能源發電穩定性。

而臺灣與日本同為島國，在同樣缺乏自然資源的條件下，我們可以借鏡日本的能源政策：以核能過渡再生能源發電技術尚不成熟的期間，並視減碳為長期目標。日本在經歷慘痛的核災後，依舊選擇重啟核能發電，顯然核能發電有其必要性。再者，臺灣的再生能源發電技術不如日本成熟，卻提出在 2025 廢核的目標，似乎有點不切實際。

再生能源的發展已是全球共識，臺灣現在面臨到的，便是要以核能發電抑或是火力發電，來度過再生能源的起步階段。雖然核能發電有核災危險，但只要做好防護措施，其機率不高，且相較火力發電其汙染較低，在全球氣候變遷的環境下，減少碳排放量應更為急迫。因此，在提升臺灣再生能源技術的同時，核能發電應是較火力發電更適合臺灣因應過渡期間的選擇。期許我國政府能制定最適合臺灣的能源政策，使臺灣這座寶島持續閃耀！

## 參考文獻

1. 林基興(2016)。日重啟核電、德放慢再生能源 台灣何時夢醒。ETtoday 新聞雲。取自：  
<https://www.ettoday.net/news/20160629/725461.htm>
2. 梁天瑞(2013)。揭開德國廢核真相。國家政策研究基金會。上網日期：2018.10.20。取自：  
<https://www.npf.org.tw/2/12387>
3. 一流人(2018)。失策的能源轉型癱瘓德國經濟。遠見雜誌。上網日期：2018.10.20。取自：  
<https://www.gvm.com.tw/article.html?id=42471>
4. 梁啟源、劉致峻、鄭睿合、呂易恂、郭博堯(2017)。我國能源脆弱度分析與因應策略建議。臺灣能源期刊，第四卷，第四期，361-400 頁。中華民國 106 年 12 月。
5. 資料來源：IEA, 2015.“Energy Prices and Taxes”；經<日本電價制訂與調整機制研析>整理。取自：  
[km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=2016311154214.docx](http://km.twenergy.org.tw/ReadFile/?p=KLBase&n=2016311154214.docx)。
6. 劉光瑩(2018)。來不及實現的非核家園。天下雜誌，第 654 期，71-91 頁。中華民國 107 年 8 月。
7. 黃慧珊(2011)。德國宣布：2022 年不再使用核電。環境資訊中心。上網日期：2018.10.24。取自：  
<https://e-info.org.tw/node/67316>
8. 林昌賢(2018)。再生能源是否能成為穩定電力來源？核研所。上網日期：2018.10.29。取自：  
[ip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=YW5hbHlzaXM=&id=MTU1](http://ip.iner.gov.tw/msn.aspx?datatype=YW5hbHlzaXM=&id=MTU1)
9. 葉宗洸(2018)。百分百綠能 德國能，台灣依舊不能。聯合新聞網。上網日期：2018.10.29。取自：  
<https://udn.com/news/story/11321/2923328>