

葡萄牙可 100%以再生能源滿足電力需求案例研析

蔡翼澤, 張耀仁, 楊皓荃, 胡瑋元, 吳雨寰(2016)

一、背景說明

根據葡萄牙國家能源聯網(Redes Energéticas Nacionais, REN)公司的數據分析指出,葡萄牙於 2016 年 5 月 7 - 11 日達成連續四天全國電力需求完全可由再生能源供應的重要里程碑,期間從 5 月 7 日上午 6:45 至 5 月 11 日下午 5:45 共運行了 107 小時,打破再生能源可連續且完全供應電力需求時數的世界紀錄[1]。葡萄牙並非歐洲首次達成完全可由再生能源供電的國家,丹麥 2015 年風力發電曾瞬間供應相當國內電力需求 140%的電力;德國於 2016 年 5 月 16 日也以太陽光電與風能即提供了約 99%的電力需求[2]。歐洲風能貿易協會(Wind Europe Trade Association)的 Oliver Joy 表示:「我們會發現近年再生能源供電趨勢蔓延了整個歐洲,誠如丹麥或整個伊比利半島(西班牙+葡萄牙)的風能與其它再生能源是當地也是歐洲很好的資源」[3]。

雖然葡萄牙再生能源供應逐年提升確實刺激了歐洲 2020 年可再生能源目標的設定,然而各界對此仍抱持著眾多議論,國家地理雜誌報導則表示:「葡萄牙可 100%以再生能源供電的當下,當天到底有多少因素的影響造成此現象?,諸如需求量的下降或再生能源可能獲得異常的資源量(風速、太陽日照等)等,如同 2014 年丹麥因不尋常強風而產生了 140 %的電力」。而葡萄牙可 100 %再生能源供電的案例,實在是得益於突發的強勁風速。儘管風能與太陽光電最近成為了各界關注焦點,但許多情況下其他低碳能源也提供了很大的協助,葡萄牙此次破紀錄的關鍵點在於豐沛的水力發電為基礎,特別是葡萄牙在 4 月時的大雨為水力發電累積了充沛的動能,事實上葡萄牙的風力與太陽光電的供電穩定性仍遠不如水力發電[4]。因此,許多專家表示雖然葡萄牙再生能源可 100 %供應電力需求是事實,但其可持續性仍是有待觀察的[5]。

葡萄牙是位於南歐伊比利半島上與西班牙相鄰的國家,與我國相比,葡萄牙的人口不到我國的一半,人均 GDP 與國相差不大,但我國的人口密度為葡萄牙的 5.5 倍,且人均電力消費及電力密集度則皆為葡萄牙的 2 倍,如表 1 所示。葡萄牙目前的電力系統由國家聯網(Redes Energéticas Nacionais, REN)公司負責營運,而 REN 又同時肩負管理國家的天然氣輸配。根據 2015 年統計資料,葡萄牙的發電機組總裝置容量約為 20,151 MW,約為我國的 1/2 不到,每年的發電量約為 48,165 GWh,不到我國的 1/4。葡萄牙目前沒有核能與燃油發電兩項發電技術,裝置容量規模最大的是水力發電,達到 6,146 MW(裝置占比 30%),約為我國的 3 倍,其次是風力,約為 4,826 MW(裝置占比 24%),約為我國的 7.5 倍。但 2015 年資料顯

示，葡萄牙最大電力來源卻是燃煤，約占葡萄牙當年總發電量的 28%(裝置占比 9%)，其次才是風力的 24%及燃氣的 20%。從數據上看，葡萄牙燃煤機組的容量因素高達 89%，燃氣的裝置容量雖超過燃煤的 2 倍，但是容量因素卻只有 24%。由此可推斷，葡萄牙雖然已發展大量的再生能源(水力及風力)，但仍將燃煤發電當作國家的基載電力使用，而水力(容量因素 16%)與燃氣發電則扮演電力調節角色。另外，葡萄牙也利用跨國電網調節國內電力供需，2015 年共淨進口約 2,266 GWh 的電力(占總電力供給約 9%)，同時也顯示葡萄牙目前的電力供給尚無法自給自足。

表 1、台灣與葡萄牙經濟條件與電力結構之比較

項目	台灣		葡萄牙	
	社經條件			
人口(百萬)	23.41		10.46	
人口密度(人/平方公里)	650		116	
國內生產總值(GDP)(億美元)	4,740		2,273	
人均 GDP (美元)	20,247		21,733	
電力消費量(億度)	2447.9		489.9	
人均電力消費(度/人-年)	10,457		4,684	
電力密集度(度/美元)	0.052		0.022	
電價(元新台幣/度)*	3.07		9.12	
電力供給結構				
電力種類	裝置量(MW)	發電量(GWh)	裝置量(MW)	發電量(GWh)
太陽光電	842 (1.73%)	876 (0.34%)	429 (2.13%)	755 (1.43%)
風力	647 (1.33%)	1,525 (0.59%)	4,826 (23.95%)	11,334 (21.50%)
生質能	740 (1.52%)	3601 (1.40%)	613 (3.04%)	2,633 (4.99%)
水力	2,089 (4.29%)	4,470 (1.73%)	6,146 (30.50%)	8,450 (16.03%)
燃煤	16,815 (34.53%)	115,016 (44.58%)	1,756 (8.71%)	13,677 (25.95%)
燃氣	16,125 (33.11%)	80,956 (31.38%)	4,763 (23.64%)	10,153 (19.26%)
抽蓄水力	2,602 (5.34%)	3,035 (1.18%)	1,618 (8.03%)	1,163 (2.21%)
核能	5,144 (10.56%)	36,471 (14.13%)	-	-
燃油	3,697 (7.59%)	12,074 (4.68%)	-	-
進口	-	-	-	4,549 (8.63%)
出口	-	-	-	2,283
總計(不計出口)	48,703 (100%)	258,025 (100%)	20,151 (100%)	52,714 (100%)

*表中電價為 2014 年資料，其他皆為 2015 年資料。

資料來源：[6-9, 14-16]，核研所製表。

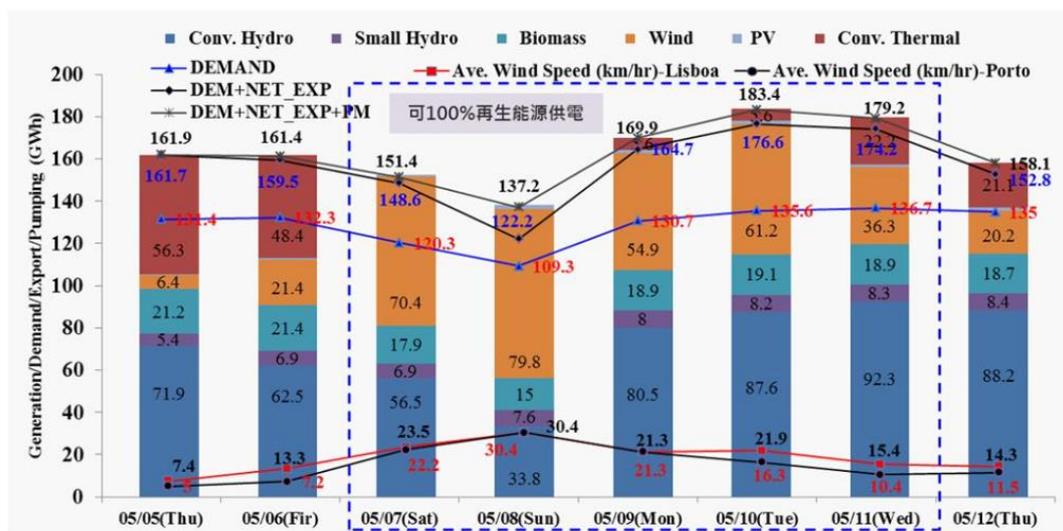
二、案例剖析

此次葡萄牙可 100% 再生能源供電發生於 2016 年 5 月 7 日 06:45 至 5 月 11 日 17:45，葡萄牙電力系統維持連續 107 小時只靠再生能源就可供應國內電力加上出口至跨國電網，而至少 5 月 7 日至 5 月 10 日的全日再生能源總發電量是大於國

內電力需求加上出口的總量，如圖 1 所示。造就此次只以再生能源就可完全滿足全國需電量加上出口(跨國電網)的奇蹟歸功於：假日電力需求急速降低；相對強勁的風速使得風力發電急劇上升；以及原本葡萄牙原有龐大的水力發電為基礎。以下將針對此案例各日葡萄牙電力供需狀況進行說明：

2015 年 5 月 7 - 8 日因是周末假日，葡萄牙的電力需求加上出口總量開始下降，至周日當天降至 122.2 GWh(如圖 1)，而當日的國內電力供給達到 137.2 GWh，因此周日當天的電力呈現供過於求。葡萄牙 5 月 7 日(周六)開始颳起異常大風，根據氣象監測資料顯示，葡萄牙至 5 月 8 日(週日)首都里斯本(Lisboa)與第二大城市波爾圖(Porto)的平均風速高達 30.4 km/hr[10]，平均風速為 5 月 5 日的 6 倍，致使 5 月 8 日當日的風力發電量占全國需電量的 73%，而 5 月 5 日的風力發電量則不到全國需電量的 5%。5 月 8 日當日，葡萄牙的電力系統因此減少水力發電來調節電力過剩的狀況，而相對 5 月 5 日約減少 46%的水力發電，外加電力出口需求不到前日一半，以致葡萄牙當日國內需求加上出口完全無法消化當日的電力供應量，只能依靠抽蓄水力儲存過剩的電力，當日抽蓄水力約消化 15 GWh(約占電力總供應的 11%)。

假日結束後(5 月 9 日起)，葡萄牙的電力需求開始急速驟升，而強勁的風速開始減緩，風力發電量降至占總發電量的 30%左右，但此兩日葡萄牙電力系統仍可維持以再生能源完全供應國內電力需求，因為 5 月 9 日葡萄牙電力系統開始調增水力發電填補風力所減少的發電量，當日風力發電佔比約為 32%。而電力系統在此兩日卻增加看似不需要的火力發電，推測可能是電力系統為確保供電穩定所做出的預防措施，過剩的電力仍可用抽蓄水力儲存。5 月 11 日風速持續趨緩，風力發電量降至占總發電量的 20%左右，雖然再增加水力發電支援，終究仍不足以填補風力發電減少的發電量，只能以火力發電維持系統供電穩定(相對 5 月 10 日約增加 3 倍的火力發電量)，葡萄牙可 100%再生能源供電的創舉於當日下午 17:45 宣告結束。



資料來源：[9, 10]，核研所彙整繪製。

圖 1 2016 年 05 月 05-12 日葡萄牙電力供需狀況¹

回顧此次案例，葡萄牙可 100 % 以再生能源供應國內電力需求雖是事實但非常態現象。葡萄牙因有豐沛的水力及風力資源，2015 年發電量占比分別約為 17.5 % 與 24 % [9]，為此次 100 % 再生能源供電的基礎，此次案例也顯示水力扮演了電力系統調節者的角色，當其它再生能源發電量不足時可以及時填補供電缺口。然而，天候因素雖非人為可控制，但若不是葡萄牙近來大力發展風力發電，也無法於此次強勁風速的天候條件下創造龐大的風力發電量。因此，這次案例可稱的上是天時(風速突然增強)地利(水力資源豐沛及跨國電網)人和(大力發展風力)所導致的偶發案例。從此案例也可以看出再生能源無法持續且穩定供電，從圖 1 可看出葡萄牙在沒有強大風力發電的情況下，電力系統仍須依靠火力發電(例如：5 月 5 - 6 日)。2015 年全年資料也顯示，葡萄牙仍是依靠燃煤發電當作基載電力，過去幾年風力雖然穩定成長，但是仍持續維持一定比例燃煤發電(如圖 2)。較早些年(2006 - 2009 年)，葡萄牙的燃氣與燃煤的發電占比相當，2010 - 2011 年燃氣發電占比甚至超過燃煤，後來幾年因為風力發電穩定成長，燃氣開始被當作調節供應的電力，當水力與風力發電豐沛時，便調降燃氣發電的占比(例如：2013~2014 年)，若遇乾早年水力資源較不足時(例如：2012 或 2015 年)，便提高燃氣發電因應。另外，葡萄牙將抽蓄水力與跨國電網當成平衡電力供需的工具，如圖 1 顯示，當葡萄牙的電力供應大於國內需求加上出口量時，抽蓄水力就是扮演消化多餘電力的角色。而從長期資料顯示，葡萄牙近 10 年從跨國電網每年皆進口電力調節國內的供需，尤以 2008 及 2012 年為例，這兩年因水力資源短缺，因此進口較大量的電力以滿足國內需求。由此可見，有跨國電網的支援，將使電力系統可更穩定且彈性地調節電力的供需平衡。

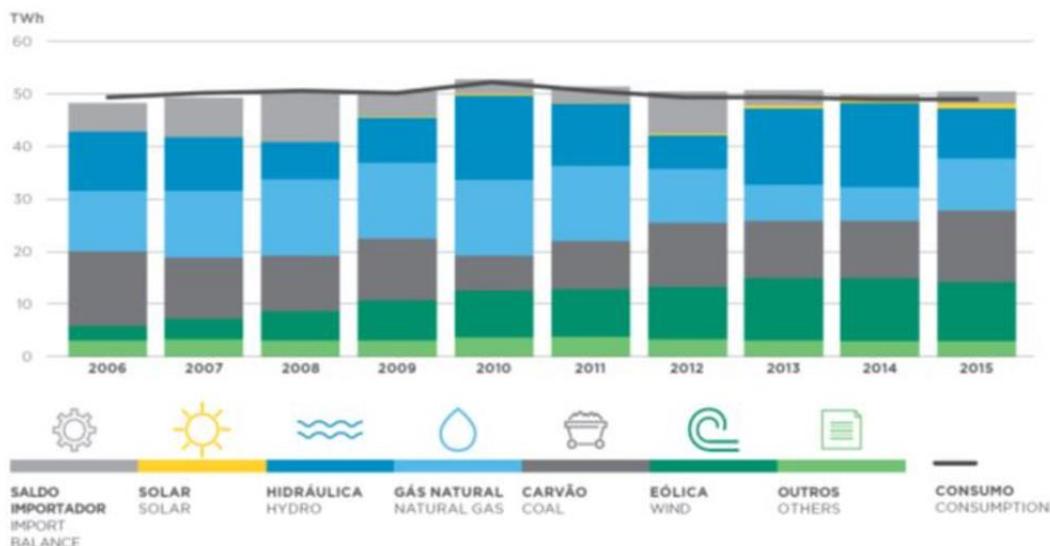


圖 2 葡萄牙歷年電力供應結構之變化 [9]

三、我國與葡萄牙再生能源發展之比較

3.1 再生能源發電占比差異

此次事件之所有數據來源，均是由葡萄牙國家能源聯網公司(Redes Energéticas Nacionais, REN)所釋出的，依據該公司逐年更新的技術資料手冊(Technical data)[9]，其所定義的再生能源，包含有水力(含慣常水力)、風力、生質能(含汽電共生)及太陽光電等發電技術。

國際各大媒體針對此次事件的報導，多有提及葡萄牙再生能源發電占比在 2010 年以前僅有 10 - 30 % 不等，但在 2014 年確有高達 60 % 以上的大幅成長，然此一描述顯然有極大的誤解。由圖 3 可知 2006 至 2015 年間，葡萄牙的再生能源占總發電量比例均落於 40 - 60 % 不等，其中 2013 及 2014 年的明顯偏高，均是慣常水力發電占比的大幅提升所造成的。葡萄牙因先天地理條件的優勢，在早期的基礎電力配置上即規劃有大量的水力發電設施，再加上水力發電有受制於天候影響而明顯變動的特性，因此如將慣常水力發電計入再生能源發電占比時，可明顯看出葡萄牙自 2010 年以前已經有近 5 成的再生能源發電占比，且近十年於比例上之差異有約 10 % 之增減幅度(圖 3)。而媒體報導所提及的葡萄牙早期再生能源發電占比偏低以及 2014 年大幅提升至 60 % 以上之描述，推測其主因在於媒體所引用的數據，在占比計算基準上可能有慣常水力的包含與否之差異，而該差異應與 REN 所發行的技術資料手冊有極大的關聯性。

REN 自 2004 年開始發行的技術資料手冊，內容包含有當年度及前一年度的各項電力數據資訊與比較，目前已發行至 2015 年版。該手冊在 2004-2010 年發行期間，並未將「Renewable」定義為單獨的統計項目，在此期間的再生能源(水力、生質能、風力及太陽光電)相關發電數據係歸納為「Special Status Generation, SSG」，且未包含慣常水力發電；同時該期間的手冊內容，在計算發電量相關數據部份僅呈現「總需求電量」，並無「總發電量」之欄位。至 2011 年版發行時才首次有將慣常水力一併計入的「Renewable Generation」類別，以及新增「總發電量」欄位，並重新呈現 2010 年之數據結果，故推測各大媒體新聞及相關評論所提及的葡萄牙再生能源占比於近年大幅提高，顯然未確實考慮數據之演算來源及一致性。

承前述可知，葡萄牙雖有大量的水力發電做為其再生能源主要來源之一，然依案例剖析中所述，其 107 小時的再生能源 100 % 供電主因在於 5 月 7 - 10 日間風力發電的急遽增長，因此我們進一步將其再生能源組合於 2006 - 2015 年所占總發電量之比例進行各別檢視，並與臺灣實績值進行比較。圖 4 可明顯看出葡萄牙的水力發電占有相當高的比例；太陽光電部份我國 2010 年始有 0.01 % 的貢獻，即便太陽光電為我國所推行的再生能源發展重點之一，至 2015 年仍只占總發電量的 0.34 %。反觀葡萄牙自 2007 年起開始發展以來，已有 1.57 % 的發電量；在風力發電部份，葡萄牙在短短十年間將其陸域風力發電占比由個位數提升至近總發電量的 1/4，反觀我國近十年來持續發展至今僅有 0.59 % 的陸域風力發電量。

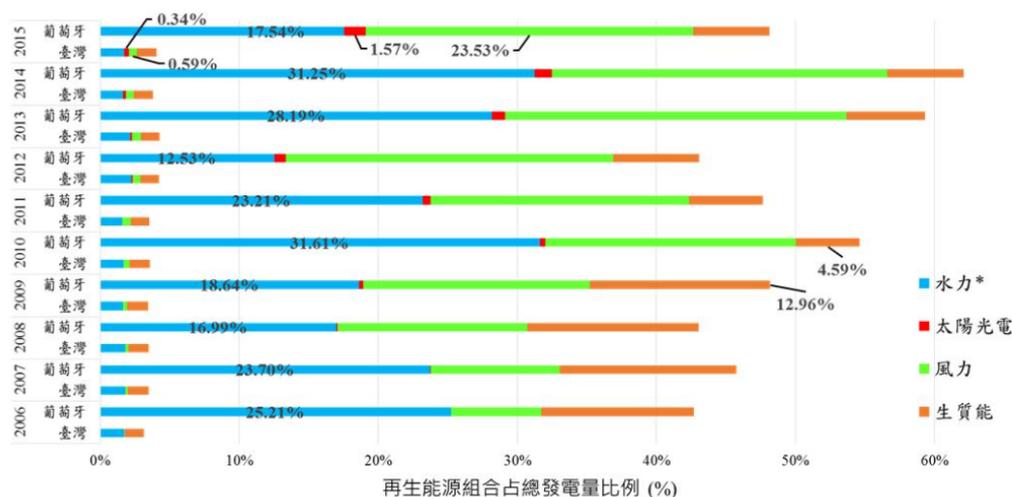
就兩國再生能源占總發電量比例差異而言，由於地理條件差異之故使得葡萄牙水力發電與我國落差甚巨；而生質能發電兩國多年來仍是以廢棄物燃燒為主，其比例視國家廢棄物回收量及處置方式而定；又太陽光電占比兩國同樣比例偏低，

因此僅需由近十年風力發電占比之變化，即可發現葡萄牙對提升國內再生能源發電占比有相當程度的決心與努力。相較而言，臺灣地狹人稠，在人口密度上高於葡萄牙近 6 倍，實難以有如此大幅度增設陸域風力發電的可能性，然離岸風力發電雖有其設置成本過高，易有對平均發電成本造成衝擊之疑慮，但仍為我國未來提高再生能源占比之可行途徑之一。



資料來源：[9]，核研所重新計算繪製。

圖 3 2006-2015 葡萄牙再生能源發電占比



*全慣常水力

資料來源：[9, 11]，核研所重新計算繪製。

圖 4 臺灣及葡萄牙再生能源組合占總發電量比例 (%)

3.2 再生能源目標設定差異

葡萄牙除了在再生能源設施的建設外，在未來目標的設定上亦相當積極。如表 2，葡萄牙在各項再生能源發展目標設定上相當全面，除表列外，亦有針對產熱/

製冷以及運輸能源使用設定發展目標，預期於 2020 年分別達 30.6 % 及 10 %。而在目標值的設定上，葡萄牙如將所有水力發電計入，其實早已超越其 2020 年之目標值，即使不計入水力發電，近 4 年亦已有 30 % 左右的發電量占比(如圖 3)，又葡萄牙有全歐洲最長的日照時數，加上其臨海的地理條件以及其近 10 年來在發展風力發電上所表現出的積極程度，相信其在 2020 年即使在不含水力發電的情況下，應亦可達成 45 % 再生能源發電占比之目標。

表 2 臺灣及葡萄牙再生能源發展目標設定差異

	項目		目標值	達成年度
臺灣	占總發電量比例		20 %	2025
	裝置容量	太陽光電	20,000 MW	
		陸域風力	1,200 MW	
		離岸風力	3,000 MW	
		地熱能	200 MW	
		生質能	813 MW	
		水力	2,150 MW	
		燃料電池	60 MW	
葡萄牙	占最終能源消費量比例*		40 %	2030
	占總發電量比例		45 %	2020
	裝置容量	太陽光電	670 MW	
		聚光型太陽熱能	50 MW	
		陸域風力	5,300 MW	
		離岸風力	27 MW	
		地熱能	29 MW	
		小水力	400 MW	
		海洋能(波浪)	6 MW	
		生質能	828 MW	
電力	15,800 MW			

*此為 2015 年修正結果，原目標為 2020 年達 30%。

資料來源：[12, 13]，核研所彙整製表。

反觀臺灣於再生能源發展目標設定範圍上則顯得較為集中，除各技術發展的裝置容量設置目標外，並未針對其他能源使用層面設定再生能源達成目標。而在目標值的設定上，姑且不論各技術別之裝置容量的目標設定，就目前政府所規劃的 2025 年再生能源發電占比達 20 % 之政策目標而言，臺灣近 10 年來再生能源的發電占比僅自 3.19 % 提升至約 4.05 % (含所有水力發電)[11]，如欲於未來 10 年再進一步提升至 20 %，政府仍需在政策、產業及研科等多方面向投入更多積極且具體之作為，方有機會達成此一目標。

3.3電價差異

欲使再生能源發電占比提高，則必須投入更多的技術研發、設備投資及併網成本，並反應在使用者所支付的電價上。以葡萄牙為例，過去9年來除了2012年歐債危機外，再生能源發電占比皆維持穩定增長，電價由5.75元/度上漲至9.12元/度，漲幅約59%，如圖5所示。因此，推斷葡萄牙的電價上漲主要應受到化石燃料價格上漲及擴大再生能源的影響。反觀我國，過去9年整體再生能源發電占比成長幅度不大，但電價仍由2.10元/度上升至3.07元/度，漲幅約46%，所以我國電價漲幅主要是受到燃料價格上漲的影響。過去我國為顧及物價平穩及產業發展，維持我國民生及工業用電都相對亞洲鄰國便宜，造成長期依靠低成本的化石能源及產業節能成效不彰，同時也使環境排放與電力密集度居高不下，以致產業轉型不易與再生能源發展緩慢。簡言之，合理的電價將是未來再生能源發展與產業轉型能否成功的重要因素之一。



資料來源：[9, 11, 14-16]，核研所重新計算繪製。

圖5 臺灣及葡萄牙再生能源發展及電價走勢

3.4政策支援程度差異

而在再生能源相關政策支援程度上，如表3。依據REN21(Renewable Energy Policy Network for the 21st Century)於2016年所提出的全球情勢報告所述，至2015年止，全球已有146個國家提出並施行各種再生能源相關支援政策，並將其彙整如表3中七大政策方案，就此七大方案的架構下而言，葡萄牙的再生能源發展幾乎已經有了完備的政策支援，甚至在相關財務策略上亦已包含有補助、獎勵、折扣、借貸優利及減稅等措施[13]。反觀臺灣在此七大方案的架構下僅具備有躉購費率以及競標制度，其他策略性支持方案更是少有。

我國的再生能源發展策略見於「再生能源發展條例」，主要核心精神是FIT制度的施行，並於2011年開始施實太陽光電競標制度。為配合我國政府2025年再生能源發展目標，國內亦有修訂再生能源發展條例將FIT制度改為RPS制度的呼

籲。RPS 制度在市場機制主導下，較低成本的再生能源較具發展優勢，恐導致高成本但具未來性的再生能源較無發展空間，相較之下 FIT 制度則可以透過政策調控促使再生能源多元發展。另一方面，FIT 雖然有較高的政策主導性，卻也可能造成財政過多的負擔。因此近年原來採 FIT 的國家，逐漸引進 RPS 制度的各種要素，以便控制預算(如總量控制，我國再生能源發展條例第六條獎勵總量規定)、降低採購成本、增加經濟效率促進競爭(如我國太陽光電競標制度)；而原採 RPS 制度之國家也開始並行 FIT 制度，以加速推廣與均衡發展各項再生能源。以亞鄰為例，日本於 2003 年開始採用 RPS 制度，卻因為市場推廣成效不佳於 2009 年改採 FIT 制度。韓國原採用 FIT 制度，於 2012 年時因財政壓力以 RPS 制度取代實施 10 年的 FIT 制度[17]。建議我國可以目前 FIT 制度為基礎，配合電業自由化修法時程，適時推動 RPS 配額制與 FIT 躉購制併行。針對高成本高風險的再生能源投資項目，以 FIT 費率鼓勵民間開發。RPS 制度則可考慮同步對發售電業與電力用戶分別訂定最小比例之再生能源供給/消費義務，並輔以綠色交易權證搭配運用，使未達成義務者可透過市場交易的方式達成 RPS 目標。

表 3 臺灣及葡萄牙再生能源相關支援政策

臺灣	葡萄牙	政策方案	說明
√	√	躉購費率制度 Feed-in tariff	政府保障依特定價格收購家戶及民營電廠之再生能源發電電力。
	√	電力配額義務 Electric utility <u>quota</u> obligation/RPS (Renewable Portfolio Standards)	要求電力供應業者所生產之電力需有一定比例來自再生能源。
	√	電費結算協議 Net metering/Net billing	具備再生能源自發自用的用戶，可將在離峰用電階段所剩餘的發電量，直接用來折抵在尖峰用電階段自發電力不足時向電力公司購買的用電量。
	√	可再生燃料運輸義務 Transport obligation	要求燃料供應商之運輸能源使量需有一定比例來自再生能源。
	√	可再生燃料供熱義務 Heat obligation/ mandate	設定目標，強制要求需以再生能源做為供熱來源。
		可交易可再生能源認證 Tradable REC (Renewable Energy Certificate)	再生能源交易認證。
√	√	競標 Tendering	太陽光電設置廠商售電競價機制。

資料來源：[13]，核研所彙整製表。

四、結論

總結推斷，葡萄牙目前是以燃煤發電、風力、燃氣及水力為主的電力供應結構，且燃氣及水力發電也被當作調節風力發電不足時的替代電力，並依靠抽蓄水力及跨國電網調配每日電力供需的平衡（葡萄牙近十年電力均呈淨進口，視水力發電量之多寡，約占總需求電量 2 - 18%不等），但並非每一個國家皆有豐沛的水力資源及跨國電網，因此葡萄牙的電力供給結構並非任一國家皆可完全參考借鏡。以臺灣為例，考量環境生態問題，未來難以興建大型慣常水力，但再生能源如離岸風力及太陽光電仍是我國未來發展重點，其間歇性供應之特性也是不爭的事實，因此我國未來仍需選擇一項較為穩定的能源作為基載電力，依照目前政府的非核政策，燃煤與燃氣應為未來唯二的選擇，外加無鄰國電網支援的孤島型電網，為顧及電力供應穩定，臺灣未來欲達成 100 % 再生能源供電，將得付出遠大於葡萄牙之代價。

此次葡萄牙達成 100 % 再生能源供電，也只是短暫且非常態的案例。但是葡萄牙積極發展再生能源的做為是我國可以效法的，由發展實績、未來規劃、政策目標及相關立法的支援，皆顯示我國與葡萄牙在執行推動再生能源之積極程度有相當大的差距。因此，臺灣要達成 2025 年再生能源發電占比 20 % 的目標，仍須付出非常多的努力。此外，葡萄牙人均電力消費及電力密集度均不到我國一半，如何改善電力密集度亦是提高再生能源發電占比之重要策略，同時合理的電價也將是再生能源發展能否成功的重要因素之一。而在政策支援程度上，為達成 2025 年再生能源發電占比 20 % 的目標，建議我國可導入電力配額義務（RPS）並結合躉購費率（FIT）制度，以市場機制刺激技術成熟且成本較低的再生能源，同時以躉購費率扶植需大量資本投入的再生能源。藉此兼具市場與獎勵機制的制度來提高我國再生能源發展動能。

整體而言，葡萄牙因先天地理環境與社經條件，而有大量水力發電的優勢並專注於發展建置成本較低的陸域風力發電，再加上跨國電網的支持，使得其皆可保有穩定的供電體系。我國為孤島型電力系統，且目前僅以太陽光電及離岸風力為主要發展與推廣項目，其設置成本均遠高於陸域風機，大力發展勢將衝擊平均發電成本。簡言之，葡萄牙對發展再生能源的企圖心確實可供我國參考學習，但執行面仍須務實考量兩國之條件差異。

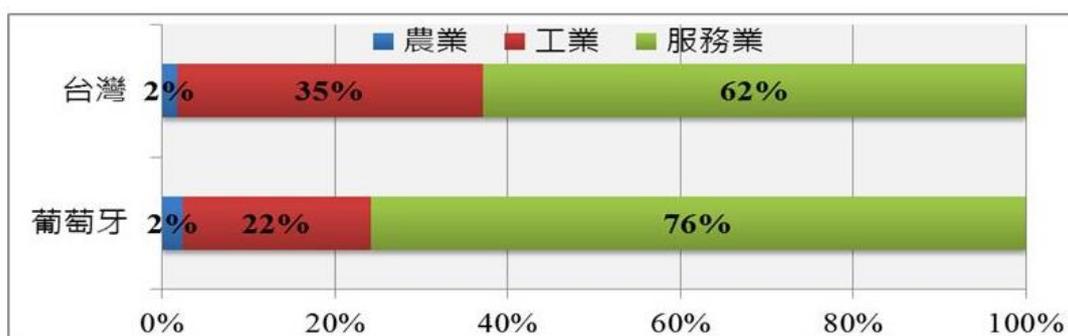
參考資料

1. Energy Transition, Portugal - Moving to 100% renewables, <http://energytransition.de/2016/06/portugal-moving-to-100-renewables/>, 2016.

2. Electrek, Portugal ran entirely on renewable energy for 4 consecutive days last week, <https://electrek.co/2016/05/16/portugal-ran-entirely-on-renewable-energy-for-4-consecutive-days-last-week/>, 2016.
 3. The Guardian, Portugal runs for four days straight on renewable energy alone, <https://www.theguardian.com/environment/2016/may/18/portugal-runs-for-four-days-straight-on-renewable-energy-alone>, 2016.
 4. National Geographic, Portugal ditched fossil fuel power for 4 days. Can we go longer?, <http://news.nationalgeographic.com/energy/2016/05/portugal-100-percent-renewable-energy-wind-solar-hydroelectric/>, 2016.
 5. Energy Matters, Did Portugal run four days on renewables alone?, <http://euanmearns.com/did-portugal-run-for-four-days-on-renewables-alone/>, 2016.
 6. International Energy Agency (IEA), Key World Energy Statistics, 2015.
 7. 世界銀行(World Bank)統計, 2015。
 8. 能源局, 統計手冊, 2015。
 9. REN, Technical Data 2004-2015, Redes Energéticas Nacionais, SGPS, S.A., 2016.
 10. TuTiempo.net, <http://www.tutiempo.net/>, 2016.
 11. 能源局, 104 年能源統計年報 - 發電量統計表, 第 192-193 頁, 2016 年。
 12. 經濟部, 綠色能源政策目標、未來規劃及執行現況書面報告, 立法院第 9 屆第 1 會期, 經濟委員會第 24 次全體委員會議, 2016 年。
 13. REN21, RENEWABLES 2016 - GLOBAL STATUS REPORT, REN21 Secretariat, Paris, France, 2016.
 14. IEA, Electricity Information 2014, 2014.
 15. IEA, Electricity Information 2015, 2015.
 16. 台電公司, 104 年統計年報, 2015。
 17. 核能研究所, 再生能源政策現況、趨勢與瓶頸, 2013 年。
 18. World Travel & Tourism Council, Travel & Tourism Economic Impact 2016 Portugal, 2016.
 19. 主計處, 國內各業生產及平減指數-年, 2015。
 20. World Input-Output Database, World Input-Output Tables 2011, 2013.
 21. 主計處, 100 年產業關聯表(52 部門), 2014。
 22. Eurostat, Air emissions accounts by NACE Rev. 2 activity (env_ac_ainah_r2), <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, 2016.
 23. Eurostat, Simplified energy balances - annual data (nrg_100a), <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, 2016.
 24. 能源局, 104 年能源統計年報 - 重要經濟指標表, 第 243-246 頁, 2016。
 25. 能源局, 102 年能源平衡表 - 貳、熱值單位, 2016。
-

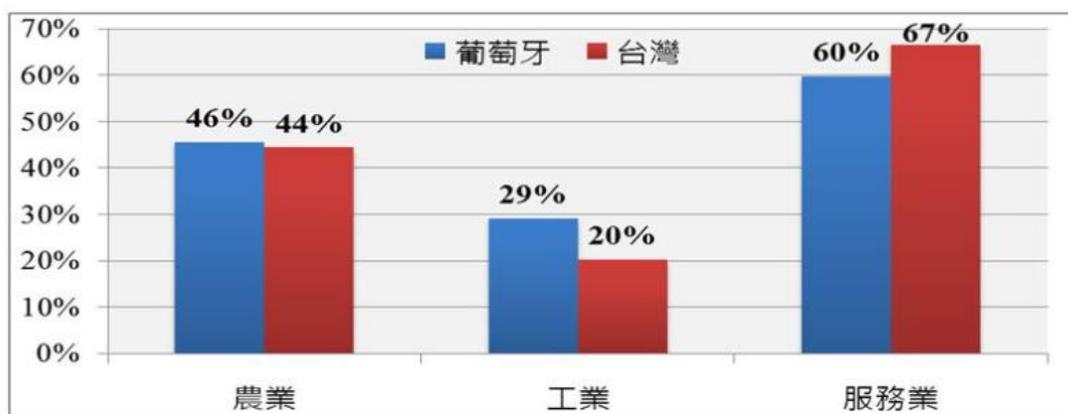
附件一 台灣與葡萄牙產業結構比較

若從葡萄牙與台灣三級產業的 GDP 之占比(圖 6)，檢視 2015 年兩國之產業結構，我國與葡萄牙產業結構皆以服務業為主，次要產業為工業，不同之處在於我國工業占比較葡萄牙高；相對地服務業占比則較低，服務業在葡萄牙經濟結構的比重相當高，為葡萄牙的經濟重心，其中以旅遊觀光業為主，2016 年旅遊觀光業創造的附加價值占葡萄牙 GDP 比重達 6.5% [18]。再進一步探討兩國三級產業的附加價值率(圖 7)，我國除服務業的附加價值率高於葡萄牙外，農業與工業的附加價值率皆低於葡萄牙，尤以工業差距最多約 9%，顯示葡萄牙的工業轉型相當成功，已從過去的紡織及製鞋傳統工業轉往汽車及零配件、電子及藥劑等高技術含量工業為主。上述比較結果顯示我國若想降低用電量，可借鏡葡萄牙的產業結構，往高服務業占比及提高工業的附加價值率等方向進行調整。



資料來源：[7, 19]，核研所重新計算繪製。

附圖 1 2015 年臺灣及葡萄牙之三級產業結構比較-以 GDP 計算



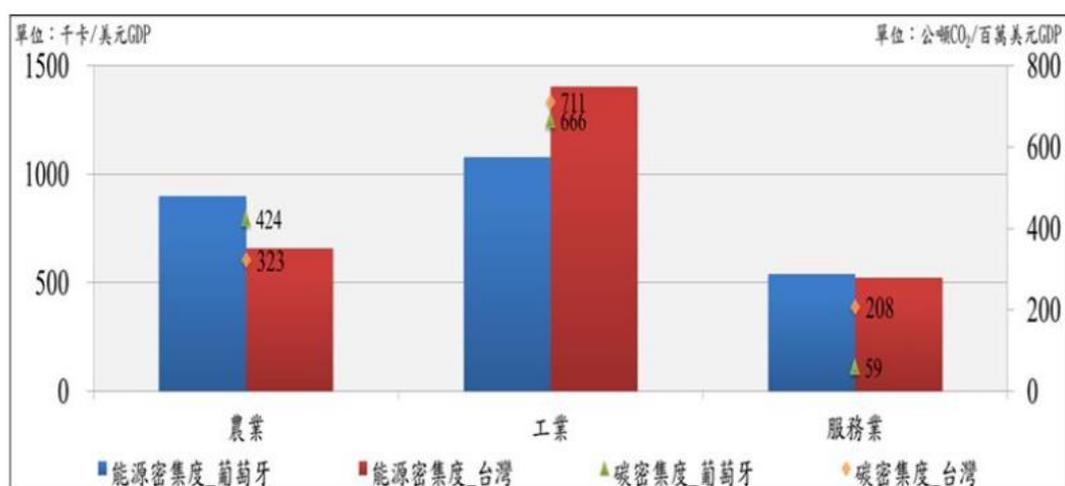
資料來源：[20,21]，核研所重新計算繪製。

附圖 2 2011 年臺灣及葡萄牙三級產業之附加價值率比較

註:葡萄牙觀光旅遊業的附加價值雖僅占葡萄牙整體 GDP 約 6.5%，但若計入觀光業所帶動的投資、餐飲、娛樂、購物及住宿服務等間接誘發效果，葡萄牙的旅遊觀光業之直接加間接的附加價值總值占整體 GDP 高達 16% [18]。

附件二 台灣與葡萄牙關鍵能源指標比較

就兩國的能源密集度與碳密集度等關鍵能源指標(如圖 8)比較，我國三級產業以農業的碳密集度，及農、服務業的能源密集度優於葡萄牙。此外兩國服務業的能源密集度雖然接近，但碳密集度卻有相當大的落差，我國的碳密集度約為葡萄牙的 3.5 倍，推論應為兩國發電結構的差異所造成，葡萄牙的再生能源發電占比高，使葡萄牙創造一單位 GDP 所消耗的能源雖與我國相當，但產生的碳排放卻遠低於我國。而我國工業部門的能源密集度與碳密集度皆劣於葡萄牙，原因是我國的工業規模雖然比葡萄牙大，然多從事於代工、組裝等低附加價值率之生產行為，使我國整體工業部門之能源密集度高於葡萄牙。



資料來源：[7, 19, 22-25]，核研所重新計算繪製。

附圖 3 2013 年臺灣及葡萄牙之關鍵能源指標比較