



工業技術研究院

Industrial Technology
Research Institute

技資編號： 553A40420

機密等級：☐ 極機密級
☐ 機密級
☒ 非機密資料

「國際再生能源政策分析與產業方案研 析」第四季報告 --再生能源及其產業觀測季報

計畫名稱：綠能產業發展策略與推動計畫-G1

計畫代號：E455DG2140

計畫屬性：☒能專 ☐科專 ☐其他

計畫主持人：張瓊之

計畫研究人員 張瓊之、周桂蘭、洪嘉業、鄭光利、潘子欽

／ 作者：

計畫期間：104 年 1 月 1 日至 104 年 12 月 31 日

產出日期：中華民國 104 年 12 月 03 日



目錄

壹、國際再生能源及其產業觀測.....	1
一、觀測議題.....	1
二、整體再生能源觀測.....	3
三、太陽光電.....	12
四、風力發電.....	18
五、其他綠能.....	24
貳、國內外綠能重點議題評析.....	27



圖目錄

圖 1、再生能源及其產業觀測議題分佈	1
圖 2、再生能源及其產業觀測國家別分佈	1



表目錄

表 1、綠能觀測議題.....	2
-----------------	---



中文摘要

為提供能源局最新再生能源及其產業相關資訊，本計畫撰寫再生能源及其產業觀測季報，此季報包含國際再生能源及其產業觀測、國內外再生能源及其產業重點議題評析兩大部分。國際再生能源及其產業觀測共包含9篇關於再生能源整體觀測、太陽光電、風力發電、其他綠能、電力市場等國際新聞簡評。在綠能重點議題評析中，共收錄「我國火力與再生能源發電之經濟與環境影響分析」、「美國加州淨計量制度推行現況與未來展望」兩篇評析文章。

關鍵字：再生能源、太陽光電、風能、電力市場

英文摘要(Abstract)

For providing the renewable energy and related industry information to Bureau of Energy, the program proposed the "Renewable Energy and Industry Monitoring Report." This report includes the international importment news for renewable energy and industry and the analyses of important renewable energy and industry issues. The international renewable observations topics involve nine international news or informations related with overall renewable energy policies and measures, solar PV, wind enegy, other renewable energy technologies and electricity market. The chapter of important renewable energy issues has discussed the issues of “The econimic and environmental analysis of fossil-fuel and renewable power plants investment” and ” The current situation and future outlook of net energy metering in California ”.

Keywords: renewable energy, photovoltaics, wind enegy, electricity markets.



壹、國際再生能源及其產業觀測

一、觀測議題

第四季為 10 月至 12 月初期間，本季報共收錄 9 篇新聞簡評，相關新聞包含有整體再生能源觀測 3 篇、太陽光電領域 2 篇、風力發電領域 3 篇、其他綠能 1 篇。研究議題別與地區別統計如圖 1 與圖 2 所示。表 1 為本季觀測議題標題與分佈，於後續各節將羅列各領域新聞簡評。

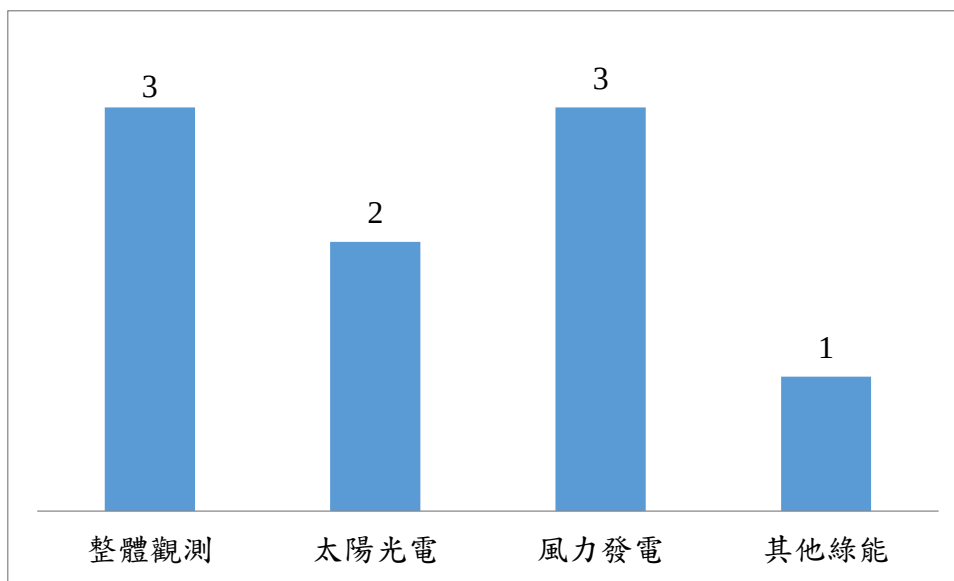


圖 1、再生能源及其產業觀測議題分佈

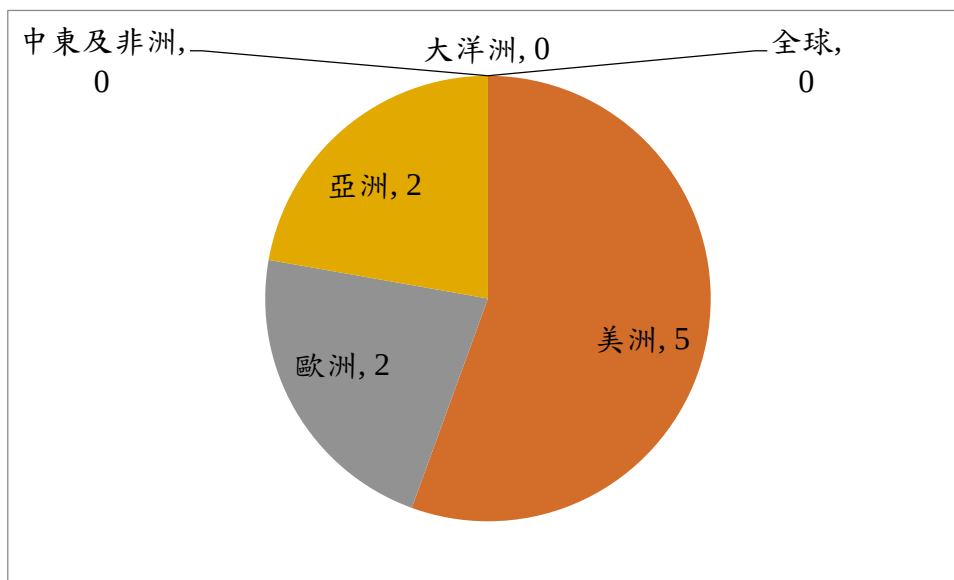


圖 2、再生能源及其產業觀測地區別分佈



表 1、綠能觀測議題

國別 議題	全球	歐洲	美洲	亞洲
整體 觀測			•美國加州通過 SB350 法案，規範加州境內至 2030 年再生能源發電量占比達 50% •巴西再生能源發展近況及 A-5 階段全國性再生能源公開競標結果	•印度逐步跨出電力部門轉型，2022 年設定再生能源發展目標為 175GW
太陽 光電			•美國加州淨計量推動現況 •美國各州淨計量制度近期面臨之困難與挑戰	
風力 發電		•英國皇家財產局與英國氣象局合作建立 2015 年離岸風象資料集 •英國政府將於 2020 年前釋出三項離岸風電開發計畫招標		•印度新及再生能源部公布 2015 年離岸風電政策
其他 綠能			•美國加州儲能設施成功參與電力批發實時市場	



二、整體再生能源觀測

整體政策涵蓋各國對再生能源及其發展的整體面論述，不同能源政策下之影響。第四季國際再生能源及其產業觀測整體政策部分共 3 篇簡評。

主題名稱	印度逐步跨出電力部門轉型，2022 年設定再生能源發展目標為 175GW
資料時間	2015/09/01
上傳時間	2015/09/10
國 別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：印度
綠能新聞 類型	☒ 1.整體再生能源觀測 ☐ 2.太陽光電 ☐ 3.風力 ☐ 4.其他綠能 ☐ 5.儲能應用 ☐ 6.電力市場
關鍵字	印度、再生能源、電力部門轉型
重點摘述 (條列式)	- 由能源經濟及財務分析機構(Institute for Energy Economics and Financial Analysis, IEEFA)及印度能源分析公司(Equatorials)於今(2015)年 8 月共同出版的研究報告，針對印度電力部門轉型提出深入的分析與評估。 2014 年印度政府宣示重大電力部門轉型計畫-“Seven horses of energy”。主要目標是建立多元化的能源供給，顯著的擴大風力、太陽能及生質能。印度再生能源的裝置目標設定於 2022 年將提高至 175GW(包括太陽光電 100GW；風力 60GW；生質能 10GW；小水力 5GW)，同時加速分散式微電網佈局。 - IEEFA 模擬印度發展情境（每年經濟成長率 7%，GDP）推估未來七年印度電力需求將增加 60%（約 5 千億度電），若要達成印度政府的電力部門轉型目標，包括下列幾個努力方向： (1) 降低電力傳輸的損失，估計可節省 1,140 億度電。 (2) 能源效率每年節省 1%，估計可降低 750 億度電的發電量。 (3) 印度的再生能源佈局中，約 500 億美元強化電網升級。2021~2022 年太陽光電約占新增電力需求的 22%，風力發電占新增電力需求的 19%，其他由核能、天然氣、生質能及水力合計占 25%。(如圖 1 所示) (4) 印度電力部門轉型的另一個目標是停止自國外進口煤炭，同時審慎的降低新的化石燃料電廠的興建。若電力部門轉型成功，估計未來每年煤炭進口將以 20%速度下降，至 2022 年達到零煤炭進口。(如表 1 所示) - 印度開放再生能源國外投資，根據 IEEFA 研究報告統計共有 21 個主要再生能源國外投資，其中單一最大投資金額是 2015 年 7 月來自日本軟體銀行(SoftBank)、印度 Bharti Enterprises 及臺灣鴻海的富士康三方共同成立合資企業(Joint Venture)的 200 億美元，規模達到 20GW 的太陽光電投資計畫。

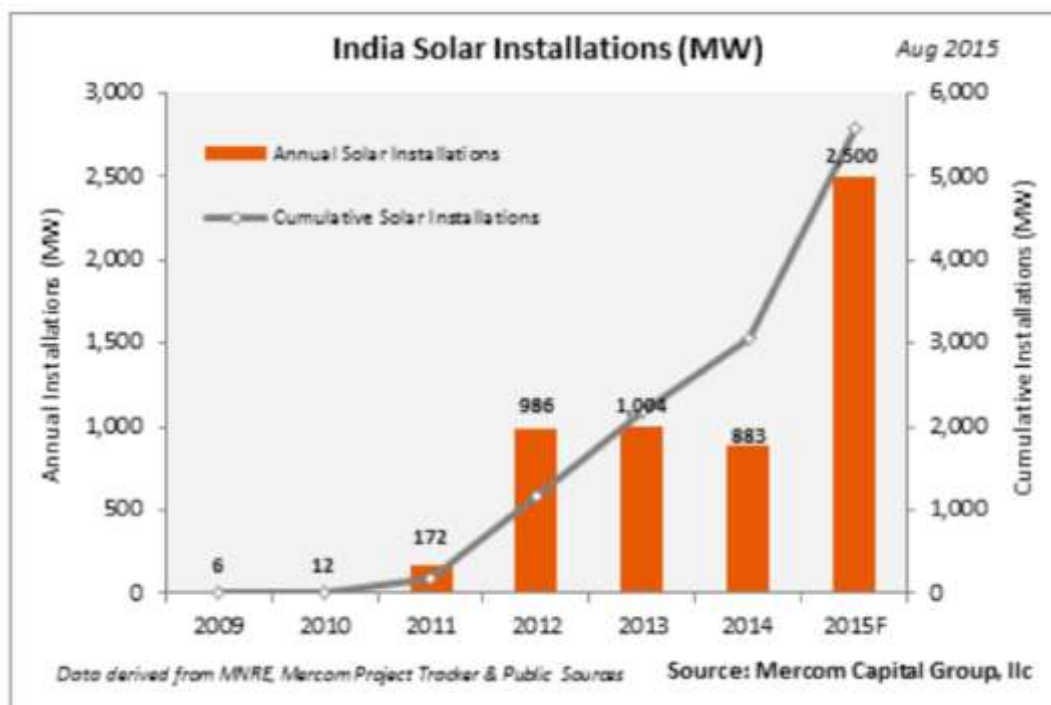
評析 (條列式)	• 2014年全球發電量排名前十大的國家，印度位居第三位，與2013年比較，發電量成長9.6%，居十大發電國家之冠(表2)。由此可知，印度隨著經濟成長對電力需求呈現快速增加的趨勢。 • 新興國家由於經濟成長起飛，能源需求大幅成長，相對的能源基礎設施也必需增加，因此，新興國家更有機會佈局低碳技術來降低CO₂排放及進行能源結構轉型。 • 隨著太陽光電發電成本持續下降，全球太陽光電需求市場版圖逐漸由歐洲轉移至中國、日本及美國。但是2017年可能會出現太陽光電發展的不確定性變數包括美國的投資優惠稅(ITC)補助的終止及日本市場繁榮的尾聲(2015年第二季日本太陽能電池內需出貨量續降，而且創下30季來最大降幅，似乎暗示日本太陽能需求恐已觸頂)。因此，2018年以後的太陽光電市場需求發展可能需要仰賴受到太陽光電成本有效競爭吸引的國家，如印度、墨西哥等新興國家，提高對太陽光電佈局的企圖心。圖2顯示2015年印度太陽光電裝置量估計2.5GW，累計裝置容量將超越4.5GW，未來印度2022年設定太陽能發展目標為100GW，可能成為下一波太陽光電全球需求版圖移動的重要市場。 • 根據IEEFA研究報告估計印度要達到電力部門轉型的總經費高達2,500億美元，負債投資比為60~70%，也就是說未來七年需要籌資來源約1,500~1,750億美元，進行電力部門基礎建設。因此，印度電力部門轉型成功的另一個關鍵因素就是資金來源，目前印度政府為了鼓勵企業投資再生能源事業，提出第一年加速折舊80%的誘因，另外，也積極尋求德國KfW銀行、亞洲開發銀行及世界銀行的8.5%低利貸款支援(目前的利率約12~12.5%)。 • 印度目前燃煤發電占比為60.6% (2015年3月)，進口燃煤的發電成本為Rs 6/kWh，因此，燃煤進口價格波動成為印度電力負擔支出的重要影響因素。印度目前太陽光電發電成本約Rs 5~7/kWh，估計2016年可進一步降至Rs 5/kWh，若未來太陽光電成本持續每年下降5~10%，太陽光電發電成本比進口燃煤的發電還要便宜。因此，印度2022年擴大太陽光電佈局，將有助於改善印度對煤炭進口的依存度，改善能源安全自主性，同時也達成永續能源與環境發展目標。 • 由印度政府對太陽光電發展的企圖心及目前各大投資機構及國際企業佈局投資，例如臺灣鴻海集團，可以看出印度市場未來是國內綠能廠商供應鏈必需密切關注的重要市場。
連結	1. http://www.renewableenergyfocus.com/view/42844/india-s-energy-transformation-gathers-momentum/ 2. http://ieefa.org/india-electricity-sector-transformation/ 3. http://www.renewableenergyworld.com/articles/2015/08/how-india-goes-solar-could-change-the-world.html

4. <http://pv.energytrend.com.tw/news/20150831-12010.html>
5. <http://pv.energytrend.com.tw/news/20150820-11923.html>
6. <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2015/08/indian-solar-market-ready-to-takeoff.html>



資料來源：[1]

圖 1、印度未來能源規劃



資料來源：[6]

圖 2、印度太陽能裝置容量

表 1、主要國家進口燃煤趨勢

Calendar Year COUNTRY	Actuals				Estimate	Forecasts						
	1990	2000	2010	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
China	11	8	126	264	240	163	131	105	84	63	44	29
India	0	10	81	142	152	192	167	139	108	72	36	0
Japan	42	93	128	142	145	142	136	131	125	120	115	111
Korea	12	45	90	96	98	100	103	106	109	112	115	117
Taiwan	14	40	58	61	63	63	65	66	67	69	70	71
South East Asia (1)	4	14	53	60	63	67	71	75	79	84	89	95
Western Europe (2)	48	80	98	128	114	102	99	95	91	87	83	79
Rest of world	191	150	172	179	181	184	188	192	196	199	203	208
Total World	322	441	806	1,072	1,055	1,014	958	907	859	806	756	710
United States	2	10	16	7	7	9	9	10	10	10	10	10
Russia	53	25	24	23	23	21	19	19	19	19	19	19
Net World Imports	267	406	766	1,042	1,025	984	930	878	830	777	727	681

(1) This includes only Thailand, Philippines, Malaysia, Pakistan and Vietnam
(2) This includes only United Kingdom, France, Germany, Spain and Italy
(3) Note - This is global traded thermal coal including lignite, and inclusive of non-seaborne trade.

Source: IEA database, IEEFA forecasts

資料來源：[2]

表 2、全球前十大發電國家(2014，TWh)

Country (TWh)	2014	Rank	Change vs 2013
China	5,650	1	4.0%
US	4,297	2	0.7%
India	1,208	3	9.6%
Russian Federation	1,064	4	0.5%
Japan	1,061	5	-2.4%
Canada	615	6	-1.7%
Germany	614	7	-3.0%
Brazil	583	8	2.2%
France	556	9	-2.2%
South Korea	518	10	0.1%

Source: BP Statistical Review of World Energy 2015

資料來源：[2]

建檔者/
機構

周桂蘭/ITRI

主題名稱	美國加州通過 SB350 法案，規範加州境內至 2030 年再生能源發電量占比達 50%
資料時間	2015/9/12
上傳時間	
國 別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：美國
綠能新聞類型	☒ 1.整體再生能源觀測 ☐ 2.太陽光電 ☐ 3.風力 ☐ 4.其他綠能 ☐ 5.儲能應用 ☐ 6.電力市場
關鍵字	美國、加州、再生能源、發電結構占比
重點摘述 (條列式)	美國加州立法通過(SB350)，將規範境內電業至 2030 年前使發電結構占比中 50%為再生能源。美國加州先前的再生能源發展目標為 2020 年前達到發

	電占比 33%。 - 另外法案中也規範，要透過能源效率提升以及節能手法使終端用戶的電力與燃氣消費的能源效率提升一倍。 - 報導指出，加州的三大公共事業已經幾乎可以達到先前訂定的再生能源發展目標(2020 年前 33%)， - 該法案先前甚至規範，加州境內在未來 15 年間要使汽車、卡車的用油量削減 50%，但最終這個部分受到石油工業業者的強力反彈，所以未列入最終法案中。														
評析 (條列式)	根據加州訂定的再生能源發展目標，要求境內電業分階段達到 2020 年再生能源占比達 33%，階段目標如下表 1 所示。														
	表 1、加州各階段再生能源發展目標[4]														
	<table><tr><td>階段</td><td>2013</td><td>2016</td><td>2020</td><td>2024</td><td>2027</td><td>2030</td></tr><tr><td>目標(%)</td><td>20</td><td>25</td><td>33</td><td>40</td><td>45</td><td>50</td></tr></table>	階段	2013	2016	2020	2024	2027	2030	目標(%)	20	25	33	40	45	50
	階段	2013	2016	2020	2024	2027	2030								
	目標(%)	20	25	33	40	45	50								
- 加州境內三大公共事業統計至 2014 年 8 月已經分別達到 20.6%(PG&E)、20.7%(SCE)、21.6%(SDG&E)，並且根據三大公共事業目前的規畫以及預測，在 2015 年底就有可能達到 29.7%、2016 年將會達到 30.9%的再生能源占比。 - 目前(2014 年資料)加州的再生能源發電量中以風力和地熱占比最高，分別為 36%和 25%，但預測直到 2020 年間，太陽光電以及太陽熱能將會逐漸提高占比，在 2020 年達到 40%和 5%，如圖 1 所示。 - 這與近年來預測太陽光電的裝置價格持續下降有關，根據 GTM 的研究報告指出，太陽光電裝置價格將由 2014 年的 2.16 美元/W(相當於 NT69 元)下降至 2020 年的 1.24 美元/W(相當於 NT40 元)，降幅達 40%，如圖 2 所示。比較臺灣 2050Calculator 中的假設，2020 年屋頂型太陽光電裝置成本為 NT74 元/W，地面型的約為 NT63 元/W，相較上述研究較高。															
圖 1、加州各類再生能源發電量之實績值與預測值[2]															

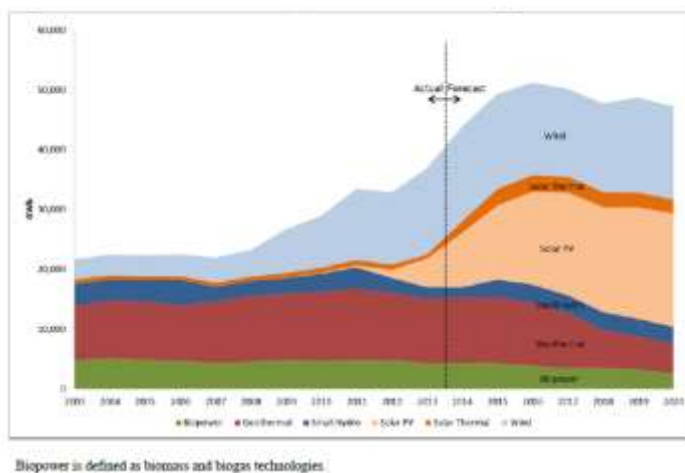


圖 1、加州各類再生能源發電量之實績值與預測值[2]

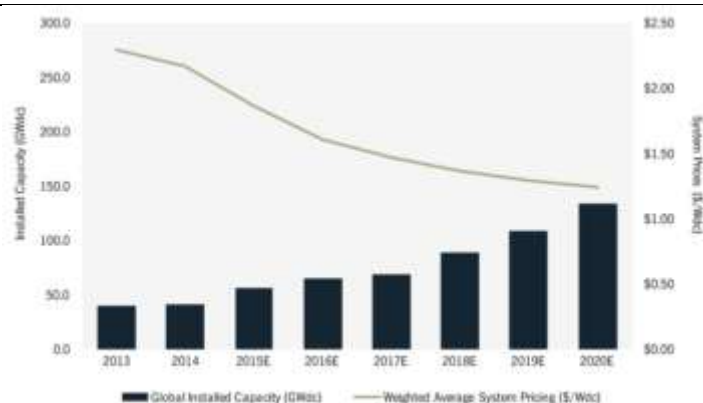


圖 2、太陽光電裝置成本下降趨勢預測[3]

- 美國境內已經有超過 29 個州設定再生能源目標的政策，其中以夏威夷訂定的最為積極(2045 年前達發電占比 100%)，其次為佛州(2032 年前占比達 75%)。本次加州立法通過後，其再生能源發電占比的目標可排第三，其餘各州目前的目標仍都低於 50%[5]。
- SB350 是加州對抗氣候變遷的 12 個法案之一，對此議會建構一個專屬網站，除提供各法案的說明之外，還列舉 QA。以 SB350 為例，網站中解答如降低溫室氣體排放是否會影響就業機會與經濟發展、扼殺製造業、造成天然氣、電力價格上漲以及目標是否有辦法如期完成等疑問[8]。
- 美國加州的土地面積約為臺灣的 11.8 倍，人口約為 1.6 倍，2014 年電力需求量約為 1.03 倍(258.6TWh vs 251.1TWh)，尖峰負載約為 1.3 倍(45,089MW vs 34,821MW)。雖然再生能源發展並非影響電價的唯一因素，但加州的電價確實較全美平均要高，下表為 2013 年平均電價(以 1 美元=32NT 換算)

表 2、平均電價[6][7]

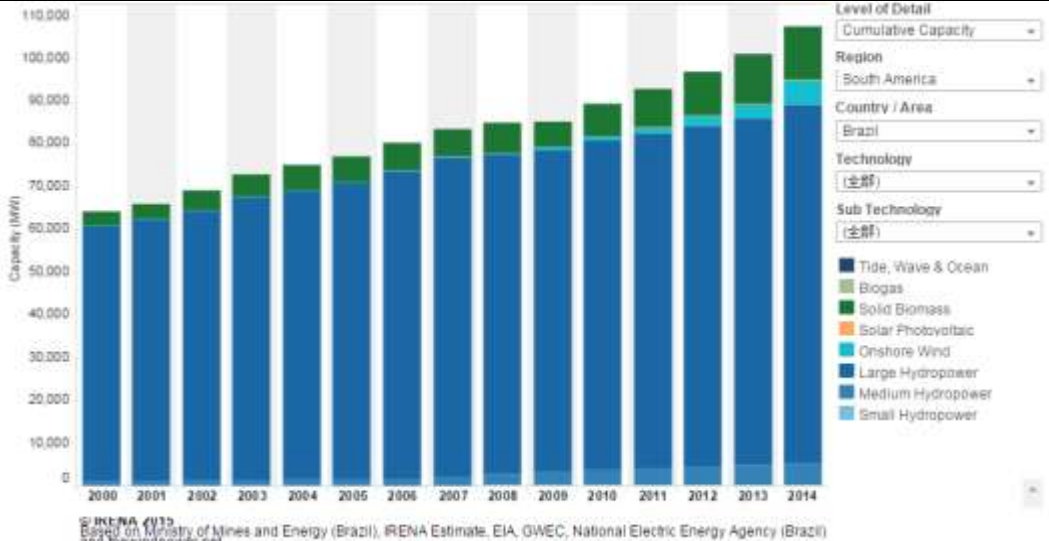
	住宅	商業	工業	平均
全美(2013)	3.91	3.30	2.19	3.24
加州(2013)	5.18	4.55	3.51	4.57
臺灣	2.86		2.71	

連結

1. California passes a bill targeting 50% renewable by 2030
http://www.greentechmedia.com/articles/read/california-bill-50-percent-renewables?utm_source=Solar&utm_medium=Picture&utm_campaign=GTMDaily
2. CPUC, Renewable portfolio standard quarterly report, 2015Q1
<http://cpuc.ca.gov/NR/rdonlyres/8EB096A9-8000-4A1D-9623-DB3EB9F1BFB5/0/2015Q1RPSReport.pdf>
3. Global solar PV system pricing set to fall 40% by 2020
<http://www.greentechmedia.com/articles/read/Global-Solar-PV-System-Pricing-Set-to-Fall-40-by-2020>
4. SB-350 Clean Energy and Pollution Reduction Act of 2015
http://leginfo.legislature.ca.gov/faces/billNavClient.xhtml?bill_id=201520160SB350
5. EIA, Hawaii and Vermont set high renewable portfolio standard targets
<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=21852>
6. EIA, 2013 Total electric industry- average retail price
<http://www.eia.gov/electricity/data.cfm#sales>

	7. 臺電公司，各國電價比較 http://www.taipower.com.tw/content/new_info/new_info-d16.aspx?LinkID=14 8. California climate leadership， http://focus.senate.ca.gov/climate/sb350-facts
附 件	
建檔者/ 機構	洪嘉業/ITRI

主題名稱	巴西再生能源發展近況及 A-5 階段全國性再生能源公開競標結果
資料時間	2015/11/20
上傳時間	2015/11/27
國 別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：巴西
綠能新聞 類型	☒ 1.整體再生能源觀測 ☐ 2.太陽光電 ☒ 3.風力 ☐ 4.其他綠能 ☐ 5.儲能應用 ☐ 6.電力市場
關鍵字	巴西、再生能源、競標、併網
重點摘述 (條列式)	- 根據國際能源產業研調機構 GlobalData 之估計，<u>巴西至 2025 年將有 25% 的發電裝置容量來自非水力之再生能源</u>。根據統計，<u>2014 年巴西再生能源累計裝置容量為 106.1GW，其中水力部分為 89GW，約占 84%(圖 1)</u>。 <u>2014 年巴西非水力之再生能源累計裝置容量為 17.1GW(圖 2)</u>，GlobalData 估計至 2025 年將達 57.8GW，約為現在的 3.4 倍。 - GlobalData 指出，考量巴西 GDP、人口、以及過去電力消費之增加趨勢，可預測巴西未來用電需求將持續成長。爰此，巴西政府將持續推動再生能源相關政策措施使發電裝置量穩健擴張，特別是針對<u>風能、生質能與太陽光電</u>發電項目。 - 巴西能源監管機構(Empresa de Pesquisa Energetica ,EPE)負責籌備巴西全國性再生能源開發招標，截至目前為止已進行了五次公開招標(A-5)。根據 EPE 於 10 月下旬之統計，針對此次 A-5 階段之招標，風電項目投標相當踴躍，登記投標之總風電裝置容量竟高達 21GW。 - A-5 階段競標結果已於 11 月 20 日揭曉，幾乎全由太陽光電及風力項目得標。<u>總得標裝置容量為 1,478MW，太陽光電即占了三分之二(929MW)</u>。<u>風力得標裝置容量共計 548.2MW</u>，平均得標價格為每百萬度 BRL\$203.46(=\$53.21=NTD1,741)，<u>約為每度電 1.74 元新臺幣</u>。平均得標結果較開標初始價格低 4.5%，不過高於今(2015)年八月 A-4 階段的平均得標價格(BRL\$181.14/MWh)。這些得標項目預計於 2018 年併網並商轉。 - 巴西政府另召公開招標 12 項電網基礎設施工程項目，長度共計 4,600 公里，覆蓋於巴西 13 個州。預期此次招標將帶動 19.6 億美元的投資，並將為國內創造 17,868 個直接工作機會。然而，市場反應不如預期，競標結果僅有 4 項得標，得標之電網長度僅 1,986 公里。 - 承上，關於再生能源發電設施之併網議題，<u>巴西政府未來不排除將傳輸電網基礎設施與併網納入風電競標的得標條件之中</u>。也就是說，將再生能源發電廠併網將成為開發商之義務。

評析 (條列式)	- 巴西在2000年時，年度電力消費量為3,316億度電，至2014年已增加至5,055億度，年複合成長率(CAGR)3.1%。預期至2019年電力消費將達5,384億度電。此外，巴西也是目前全球經濟成長最快速的國家之一，在GDP方面，2000年GDP為2,638億美元，至2014年GDP成長為4,015億美元，是2000年的1.5倍。巴西旺盛的經濟活動帶動了龐大的電力需求。 - 由附圖一、二可知，水力是巴西目前最主要的再生能源電力來源，根據GlobalData之資料顯示，2014年水力發電裝置容量占總發電裝置容量的66.9%。不過，隨著非水力再生能源的快速發展，至2025年，水力裝置容量占總發電裝置容量之占比將下降至54.7%。 - 承上，隨著巴西陸域風能及生質能隨著國內技術能量累積，估計2015至2025年，陸域風能開發將以年複合成長率15%之速度快速成長，生質能則以4%之速度成長。雖然生質能的成長速度不如陸域風力，卻是到2025年估計新增裝置容量最多的再生能源項目。目前巴西生質能裝置容量為11.4GW，至2025年時，生質能約占非水力再生能源裝置容量的30%。 - 在此次A-5階段競標結果，顯示出另一項隱憂。根據EFE之競標規則，得標之業者必須在PPA簽屬並正式生效後的36至60個月內完工並商轉。也就是說，這些電網基礎設施係為了未來2018-2020年再生能源之併網需求而準備。在此次競標結果不盡理想下，再生能源發電設施能否順利併網、開發業者能否藉由履行PPA獲益充滿著不確定性，極有可能會影響到巴西整體再生能源發展進程，並打擊投資者信心。從再生能源產業的競爭角度來看，未來若巴西政府將電廠併網視為開發商之義務，無疑是將PPA的合約門檻提高，給予業者更嚴峻的考驗；對於在巴西相較於風能尚處於新興起步階段的太陽光電產業而言，可能也得選擇在電網部署相對密集的區域開發PV電廠，但電網密集區也意謂著用電密集區，需支付的土地成本也更高。
連結	http://www.windpowerengineering.com/featured/business-news-projects/over-25-of-brawables-by-2025/ http://www.rechargenews.com/wind/1416970/analysis-brazils-grid-bottlenecks-strike-again-as-wind-feels-the-pinch http://latino.foxnews.com/latino/news/2015/11/19/brazil-transmission-line-auction-falls-short-expectations/
附件	 圖1、巴西2000-2014年再生能源累計裝置容量變化趨勢(含水力)



三、太陽光電

太陽光電涵蓋各國產業動態，不同政策下對太陽能發展之影響。第四季國際綠能觀測太陽光電部分共 2 篇新聞簡評。

主題名稱	美國加州淨計量推動現況
資料時間	2015/10/28
上傳時間	2015/11/11
國 別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：美國
綠能新聞類型	☐ 1.整體再生能源觀測 ☒ 2.太陽光電 ☐ 3.風力 ☐ 4.其他綠能 ☐ 5 儲能應用 ☒ 6.電力市場
關鍵字	美國、加州、淨計量、開放資料
重點摘述 (條列式)	- 根據美國加州太陽能相關官方統計網站(California Solar Statistics, CSS)公開資料顯示，加州共計為美國貢獻了 438,194 件太陽能系統安裝，總裝置容量達 3,451MW。在 PV 系統安裝成本方面，近 12 個月以來，小於 10 瓩的 PV 系統平均每瓩為 5.34 美元(折合新臺幣為每瓩 175 元)；大於 10 瓩的 PV 系統平均每瓩為 4.49 美元(折合新臺幣為每瓩 147 元)[1]。 - CSS 網站建立的主要目的為公開揭露在加州 SB 1 法案立案下所推動的「加州太陽能倡議(California Solar Initiative, CSI)」計畫之多項執行成果。其中，在加州淨計量(Net Energy Metering, NEM)的推行成果部分，係以每月更新相關統計數據，並以開放資料格式(試算表軟體)供社會大眾檢視[2]。 - AB 327 法案根據客戶尖峰需求占比 5%，為三大民營各家電力公司 NEM 的申請裝置容量設定推廣上限值，SDG&E 為 617 MW、SCE 為 2,240 MW、PG&E 為 2,409 MW(詳如表 2)。 - 根據 CSS 最近期公布(2015 年 9 月 30 日)的淨計量推行成果之原始資料，針對已併網之案件現況如下： (1) 申請淨計量方案之案件共計 401,152 件，共占加州所有 PV 安裝申請案件數的 91.5%。此數據顯示在加州，淨計量方案是最主要，也是推廣成效最佳的政策措施之一。 (2) 在三大民營電力公司中，淨計量申請案件數又以 PG&E 公司(197,196 件)占 49.2%最多；其次為 SCE 公司(142,632 件)占 35.6%次之；SDG&E(61,324 件)占 15.2%最少。 - 在淨計量推廣容量上限(NEM Cap)及聯邦投資稅收抵免至 2016 年底後從 30%降至 10%兩大驅動因素下，預期商業型 PV 系統裝置量直至明年(2016)皆會以年複合成長率 20%的速率增長[3]。
評 析 (條列式)	美國加州淨計量制度推動緣起： 加州自 1996 年始實施淨計量制度，要求除了 LADWP 以外的所有民營電力公司(即 SCE、PGE、SDG&E 三大民營公司)，需針對安裝 1MW 以下風力或太陽能發電系統的客戶，提供具淨計量機制的費率方案。在 2005 年七

月，AB 816 法案修正了 SDG&E 公司的淨計量費率方案的申請上限額度，由原規定為該公司所有客戶的尖峰需求 0.5%，增修至 50MW，並於隔(2006)年元旦正式生效。順應著淨計量制度的普遍好評，2006 年也在 SB 1 法案的實施下，規範加州所有實施淨計量制度的民營公司將申請上限額度由客戶尖峰需求占比 0.5%提高至 2.5%，於 2010 年更提高至 5.0%。在 2013 年 10 月，加州州長並簽署 AB 327 法案，將客戶尖峰需求占比 5%設定為淨計量推廣的最終版目標。

2. 事實上，加州淨計量法案並未強制所有民營電力公司在淨計量費率方案的推廣目標量都要達到客戶尖峰需求占比 5%。根據 AB 327 法案，淨計量制度的落日條款為：當加州所有是用淨計量費率方案的電力用戶，達到加州整體電力用戶尖峰需求的 5%(aggregate customer peak demand)時，民營電力公司便不再有義務提供淨計量方案。
3. 接下來衍伸的問題是，電力客戶的尖峰用電需求並非定值，那要如何才能明確定義目標推廣量呢？以 SDG&E 公司為例，係經由下列方式決定之：
 - (1) 取得歷年各分級顧客的尖峰電力負載資料；
 - (2) 採用四年移動平均值，以避免因天候或經濟景氣因素而造成的負載波動，初始移動平均值為 2007~2010 年之資料。
 - (3) 自 2013 年後，每年公布 SDG&E 公司整體電力用戶尖峰需求的 5%，即稱之為 NEM Cap。不過，為持續保有市場的明確性，新公布的淨計量上限值絕不會低於前一年度。

加州淨計量回饋金機制說明：

- (1) 回饋金(credit)係併網型 PV 系統將所發電力饋回電網系統時，電力公支付給系統擁有者的報酬，與電力零售價格相同，可在該月份電費中直接做抵銷。
- (2) 加州的一個 NEM 週期(True-Up)為 12 個月，在週期間，用戶使用電網電力(del)與饋回電網的電力(rec)可相互抵消。
- (3) 當週期(True-Up)結束時仍有剩餘電力，可選擇繼續轉入新週期折抵或以電力公司給予發電商的電力批發價格(Default Load Aggregation Point, DLAP，目前每度低於 4 美分)收購餘電，回饋給電力用戶。
- (4) 在週期結算時的餘電補償部分，也與加州 RPS 制度運作下的再生能源電力憑證(Renewable Energy Credit, REC)互相配套。對於受 RPS 制度規範的電力公司，由於有每年必須有一定採購電量須來自再生能源的規定，因此，餘電量具有一定規模的用戶(由於電力憑證制度另有一套行政程序與成本支出，基本上是對於每年餘電高於 12,000 度的用戶才具有經濟效益)，可以透過交易電力憑證的方式獲利。REC 憑證的價值係以每年度更新，根據 2013 年 10 所公告的價格，每度餘電可以 1.6 美分的價格交易。

淨計量制度對民生經濟造成之影響：

- (1) 淨計量制度在過去最為人所爭議的部分是對於費用分攤的公允性。以 SDG&E 公司所服務的區域為例，未安裝 PV 系統的用戶占將近九成

	五，然而為支應淨計量制度之推行，平均每用戶已為此每年多支付 100 美元，倘若持續維持目前的推行速度，估計至 2025 年將多支付 360 美元[4]。 (2) PG&E 以及 SCE 公司亦針對此爭議進行評估報告，PV 安裝用戶移轉分攤至未安裝用戶的費用，在未來十年中將分別高達 240 億美元及 160 億美元[5]。 (3) 爰此，加州民營電力公司在思考淨計量制度的落日之時，應研擬何種新型態的推動計畫，既不會在未安裝 PV 系統的用戶的帳單上製造額外負擔，相對的也必須讓有安裝 PV 系統的用戶，確實支付使用公共電網等基礎設施的費用。															
連 結	1. California Leads the Nation. https://www.californiasolarstatistics.ca.gov/ 2. Currently Interconnected Data Set. https://www.californiasolarstatistics.ca.gov/data_downloads/ 3. http://cenenergypower.com/blog/near-term-solar-driver-1-californias-net-energy-metering-cap/ 4. http://www.prnewswire.com/news-releases/sdgc-customers-lead-the-way-in-rooftop-solar-300168160.html 5. California Utilities Release New Plans to Replace Net Metering: Conflict to Come?. http://www.greentechmedia.com/articles/read/california-utilities-plan-for-net-metering-20-fixed-charges-lower-payments 6. http://www.sdgc.com/clean-energy/net-energy-metering/overview-nem-cap 7. https://www.nrel.gov/tech_deployment/state_local_governments/blog/category/policy/net-energy-metering															
附 件	表 1、加州三大民營電力公司 NEM 方案一覽表 <table><tr><th>PG&E</th><th>SCE</th><th>SDG&E</th></tr><tr><td>標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、小於 30 瓩單一發電系統、單一淨計量表</td><td>標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表</td><td>NEM (Single Meter) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表</td></tr><tr><td>Expanded NEM 適用對象:單一用戶帳號、大於 30 瓩單一發電系統(針對住宅及商業用戶，農業及適用 Demand Rate 的用戶則不受此限)、單一淨計量表</td><td>FC-NEM 適用對象: 安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)</td><td>NEM Aggregation 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。</td></tr><tr><td>NEMVMASH 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)</td><td>Virtual Net Metering(虛擬淨計量) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統</td><td>Virtual Net Metering (NEM-V) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統</td></tr><tr><td>NEMBIO 適用對象:針對建置沼氣池的用戶</td><td>NEM Aggregation(NEM 整合) 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。</td><td>Virtual Net Metering (NEM-A) 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)，可以是多個電力服務交付點(變壓器)及多個 PV 系統，也不需要額外支付安裝淨計量表的費用</td></tr></table>	PG&E	SCE	SDG&E	標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、小於 30 瓩單一發電系統、單一淨計量表	標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表	NEM (Single Meter) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表	Expanded NEM 適用對象:單一用戶帳號、大於 30 瓩單一發電系統(針對住宅及商業用戶，農業及適用 Demand Rate 的用戶則不受此限)、單一淨計量表	FC-NEM 適用對象: 安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)	NEM Aggregation 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。	NEMVMASH 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)	Virtual Net Metering(虛擬淨計量) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統	Virtual Net Metering (NEM-V) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統	NEMBIO 適用對象:針對建置沼氣池的用戶	NEM Aggregation(NEM 整合) 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。	Virtual Net Metering (NEM-A) 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)，可以是多個電力服務交付點(變壓器)及多個 PV 系統，也不需要額外支付安裝淨計量表的費用
PG&E	SCE	SDG&E														
標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、小於 30 瓩單一發電系統、單一淨計量表	標準 NEM(Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表	NEM (Single Meter) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表														
Expanded NEM 適用對象:單一用戶帳號、大於 30 瓩單一發電系統(針對住宅及商業用戶，農業及適用 Demand Rate 的用戶則不受此限)、單一淨計量表	FC-NEM 適用對象: 安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)	NEM Aggregation 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。														
NEMVMASH 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)	Virtual Net Metering(虛擬淨計量) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統	Virtual Net Metering (NEM-V) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用，於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統														
NEMBIO 適用對象:針對建置沼氣池的用戶	NEM Aggregation(NEM 整合) 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。	Virtual Net Metering (NEM-A) 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)，可以是多個電力服務交付點(變壓器)及多個 PV 系統，也不需要額外支付安裝淨計量表的費用														

	PG&E	SCE	SDG&E
	NEMFC 適用對象：安裝燃料電池的用戶	NEM 及配套的能源儲存設備 適用對象：符合 NEM 條件的發電系統，且在同一收費電錶後面帶有整合式或直接相連的能源儲存設備(如電池)	NEM-FC 適用對象：安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)
資料來源: SCE、PG&E、SDG&E 公司官網			
註:			
1. 三大民營公司所設計的標準 NEM 皆不限定再生能源種類(沼氣、填埋氣、城市固體廢物轉換、太陽熱能、太陽光電、風力、地熱、潮汐流、海洋能、小型水力、燃料電池等等皆適用)。			
2. SDG&E 公司的 NEM-A 方案僅限定太陽光電項目。			
表 2、美國加州淨計量推動現況			
	PG&E	SCE	SDG&E
CAP	2,409MW (5% of 48,177MW)	2,240MW (5% of 44,807MW)	617MW (5% of 12,340MW)
NEM 累計安裝件數	206,799 件	108,465 件	68,790 件
NEM 累計裝置容量	1,713.0MW	919.7MW	456MW
NEM 累計安裝件數 (含等待審查中)	207,603 件	116,134 件	71,235 件
NEM 累計安裝件數 (含等待審查中)	1,726.6MW	1,013.9MW	480.9MW
推廣進度 (最終目標為 5%)	3.58%	2.26%	3.9%
剩餘裝置容量	682.4MW	1226.1MW	136.1MW
最近更新日期	2015/10	2015/01	2015/10
資料來源: SCE、PG&E、SDG&E 公司官網			
建檔者/機構	ITRI/張瓊之		

主題名稱	美國各州淨計量制度近期面臨之困難與挑戰
資料時間	2015/11
上傳時間	2015/12/03
國 別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：美國
綠能新聞類型	☒ 1.整體再生能源觀測 ☒ 2.太陽光電 ☐ 3.風力 ☐ 4.其他綠能 ☐ 5 儲能應用 ☐ 6.電力市場
關鍵字	美國、加州、夏威夷州、亞利桑那州、麻薩諸塞州、淨計量
重點摘述 (條列式)	1. 美國夏威夷公共事業委員會(Hawaii PUC)於今 2015 年 10 月 12 日公布<u>夏威夷州廢除淨計量(Net Energy Metering, NEM)制度</u>，並將由新的費率制度方案取代，概述如下： (1) <u>方案選擇一- 自發自用方案(Self-supply option)</u>: 同時擁有 PV 及儲能系統的電力用戶，可選擇是否要與電力公司的電網系統併聯。若選擇併網，則餘電可饋回電網的額度是有限制的，而且電力公司將不會支付任何回饋金；

	(2) 方案選擇二- 電網支應方案(Grid-supply option): 電力用戶仍能在售出餘電時收到回饋金，不過回饋金依據電力市場批發價格計算(價格約落在每度電 15 美分到 28 美分之間)； (3) 不論是採取何種方案，只要選擇與電網系統併聯，每月皆須支付最基本的電網營運使用費 25 美金。 2. 亞利桑那州是全美最先發起探討太陽能價值費率的州，其兩大電力公司 AEP 與 TEP 也在近兩年間積極倡導電力公司對於分散式能源的服務成本(costs of services)及太陽能價值(value of solar)應被合理反映費率之中。這兩間電力公司亦曾於近幾個月陸續向亞利桑那州公共事業委員會(Arizona Corporation Commission, ACC)提出調整 NEM 費率方案，作法如將回饋金抵銷費率調降(由零售價調降至批發價)、針對加裝 PV 系統之電力用戶增收費用等，然而目前皆尚未被亞利桑那州公共事業委員會(ACC)批准。 3. 麻薩諸塞州當地太陽能開發商歷經六個月以上協商，積極爭取麻州提高針對適用 NEM 費率的商用型 PV(包含社區)總量上限(Cap)，然 2015 年 11 月 18 日參議院最終未批准此法案。此結果將導致當地多項預計於今明兩年建置的大型 PV 計畫停擺。 4. 加州 NEM 制度落日在即，依據加州 AB 327 法案規定，當加州三大電力公司所有適用 NEM 費率方案的電力用戶數，其中設總裝設容量達到加州整體電力用戶尖峰需求的 5%，或是自 2017 年元旦起(任一條件先成立)，加州必須研提 NEM 制度未來新的發展方向。加州三大電力公司(SCE、PG&E、SDG&E)於今年(2015)已陸續提出 NEM 改進費率草案，期能向 PV 自發自用戶收取電網使用費，在歷經多個月的公聽會及諮詢會，新費率方案皆未能通過加州公共事業委員會(CPUC)批准，而 CPUC 也尚無法對未來 NEM 的發展走向提出定調。
評析 (條列式)	- 多數州區的 NEM 機制設計，消費端 PV 系統饋回電網的電力，係以全額零售電價之價格，抵銷其電力消費。然而，一般電力公司在計算電費價格時，係將電網基礎設施的使用費，均攤到每度電電價中。換句話說，即便是未安裝 PV 系統的住商用戶，也必須共同分攤因應再生能源普及率增加，相應增加的電網基礎設施新建與運維費用。此種機制本身存在著使用者付費公允性之缺失，只不過隨著申請 NEM 費率的消費者增加，此問題的嚴重性也更加凸顯。 - 從前述美國各州所面臨到的處境可知，太陽能的價值計算與電網的使用付費規則是一項相當難以達到共識的難題。以加州而言，CPUC 在批准電力公司所提出的改良費率草案之前，必須不斷思考以下三個問題：(1)擁有太陽能或其他分散式再生能源系統的電力用戶應如何獲得餘電回售電網的回饋金？(2)是否應針對太陽能用戶課徵費用？(3)怎樣的費率機制能確保太陽能持續在加州成長，甚至是針對條件弱勢的社區。以目前 SCE 及 PG&E 公司各自提出 NEM 改進費率草案而言，兩大電力公司傾向於針對擁有 PV 系統的自發自用戶收取附加費用，也打算降低一半餘電回售的回饋金。不過，如此一來將大幅延長適用新費率方案的消費者及投資者的還本期間，再加上 2016 年底聯邦投資稅收抵免優惠若無延長實施，將使得未來 PV 系統的開發項目更不具投資誘因，對於加州太陽光電市場景氣影響甚鉅。

	- 在近兩三年，許多州都陸續面臨到全額抵銷電力消費的議題。再以麻州為例，現階段提高商用 PV 設置總量上限(Cap)的法案修訂未能通過的根本原因，也源自電力公司與 PV 開發商之間，對於 NEM 抵銷費率未能達成共識。以下彙整美國其他州近期在 NEM 制度所面臨之困難與挑戰： - 我國目前係採用躉購費率結合競標制度來推動太陽能利用，在住宅及商業屋頂型 PV 之推廣，也藉由多次提高免競標容量上限、簡化行政程序、深入地方的推廣說明會等方式來鼓勵民間設置。然而，即使太陽光電系統成本逐年下降，我國由於電力價格偏低，始終無法達到市電同價的黃金交叉點。加州近期在研擬未來淨計量制度未來改進方向時，除了針對既有 NEM 之缺失進行修正之外，亦有可能改實施躉購制度或另設計出結合淨計量與躉購費率之機制，其後續之發展值得我國持續關注與借鏡。
連 結	1. http://blog.energysage.com/net-metering-battles-hawaii/ 2. http://www.utilitydive.com/news/arizona-utility-tep-wants-to-add-solar-fee-reduce-net-metering-credit/408791/ 3. http://www.pvsolarreport.com/aps-withdraws-rate-increase/ 4. http://www.utilitydive.com/news/arizona-gears-up-for-full-cost-benefit-solar-value-proceeding/408375/ 5. http://www.utilitydive.com/news/arizona-utility-tep-wants-to-add-solar-fee-reduce-net-metering-credit/408791/
附 件	
建檔者/機構	ITRI/張瓊之

四、風力發電

風力發電涵蓋各國產業動態，不同政策下對風能發展之影響。第四季國際綠能觀測風力發電部分共 3 篇新聞簡評。

主題名稱	英國皇家財產局與英國氣象局合作建立 2015 年離岸風象資料集
資料時間	2015/06/23
上傳時間	2015/09/20
國 別	☐ 1. 國內 ☒ 2. 國外：英國
綠能新聞類型	☐ 1. 整體再生能源觀測 ☐ 2. 太陽光電 ☒ 3. 風力 ☐ 4. 其他綠能 ☐ 5. 儲能應用 ☐ 6. 電力市場
關鍵字	英國、離岸風力、開放資料
重點摘述 (條列式)	- 英國皇家財產局(the Crown Estate)是英國領海範圍內海床的擁有者。皇家財產局於今(2015)年 6 月 23 日，發布了新的離岸風象模擬資料集於該局所建置的海洋資訊交流平臺(Marine Data Exchange, MDE)，免費提供離岸風速模擬數據，期能對於開發業者選擇離岸風場場址有更廣泛的了解，進而削減未來海上風電開發計畫的成本。 - 英國氣象局(The Met Office)經由公開競爭招標程序，取得替英國皇家財產局建置2015 年英國離岸風象資料集(UK Offshore Wind Dataset 2015)之機會。該資料集主要提供風象模擬預報資訊，氣象局藉由”Euro4 model”及”UKV model”兩套模型相輔相成，運用資料庫過去三十年的模擬數據，去預測未來時序的風象變化。皇家財產局期能透過公開分享風速及氣象等觀測資訊，幫助離岸風場開發商進行營運規劃相關決策。 2015 年英國離岸風象資料集具有以下特色： (1) 以風機輪轂高度(高於海平面 110 公尺)為模擬基準。 (2) Euro4 model: 具備高解析度(4.4 公里)地圖畫面，範疇囊括整個歐洲海域及英國大陸棚，且資料庫自 1979 年延續至今。 (3) Met Office Unified Model(UKV): 針對幾個沿岸高關注地區提供更高解析度(1.5 公里)之資訊，且資料庫自 2010 年延續至今。 (4) 模擬數值將會與現場(on-site)所監測到的數據進行驗證比對，已逐步精進預報系統的準確度。 (5) 該資料集的原始數據係以空間數據開放格式(Shape files)呈現，不過除了預設操作的 ArcGIS 系統平臺之外，也與其他 GIS 系統兼容。 - 從資料集模擬結果可知，英國北部的再生能源發展海域(Renewable Energy Zone Waters, REZ)相較於南部有更好的風力資源。以高於海平面 110 公尺而言，大部分地區的平均風速高於每秒 10 公尺，而北部 REZ 海域則高於每秒 11 公尺。沿岸地區風況較差，如英格蘭沿岸平均風速每秒 8 公尺，若是地形較為複雜、受地勢遮蔽地區則風速約為每秒 6 公尺，甚至更低。

評析 (條列式)	- 英國過去對於海洋資源的了解，係建立在 2008 年所繪製的地圖集(the Atlas of UK Marine Energy Resources (2008 Atlas), www.renewables-atlas.info)，解析度僅 12 公里，可用於模擬的歷史參考數據也僅有 7 年(2000 年 6 月至 2007 年 5 月)。當時英國離岸風機裝置量還未達 1GW。然而，隨著離岸風力開發活動越趨活躍，便需要更廣泛、精準的風象模擬資訊。 - 經由與現場(on-site)所監測到的數據比對以驗證資料集的有效性，並與 2008 Atlas 作一比較，可發現由於可參考期間與數據的大幅增加，以及納入沿岸 UKV model 等緣故，使得模擬出的數據更不具規律性。不過，也因此發現大部分地區(尤其是英國東部離岸地區)有更高的平均風速(增加 0.25~0.75 公尺/秒)，意味著更好的開發潛能。另外，誤差部分也縮小至 ±0.25 公尺/秒。 - 在這民意高漲、社會多元的世代，公共政策為求有效溝通，進而提升民眾配合與支持度，「開放資料」、「開放政府」及「開放政府資料」等概念興起。其中「開放政府資料」為「開放政府」的前提要件，由於政府機構皆擁有大量公共資料，這些資料與大多數人的利益息息相關，因此在開放資料的浪潮中，開放政府資料最為人所關注。 - 我國規劃於 2020 年完成 3 座離岸示範風場 320MW 開發，經濟部能源局並於今(2015)年 7 月 2 日正式公告《離岸風力發電規劃場址申請作業要點》，開放總面積 3084.5 平方公里，劃定 36 個潛力開發場址。離岸風場的區塊開發計畫將很快進行政策環評，預計一至二年的時間，環評過程中政府資料之開放，有助於<u>政府資訊透明化、促進公眾參與及政策監督</u>，亦可<u>讓更多的民間企業或個人再利用這些資訊，從事相關產業的創新及研發，進而以提升經濟發展</u>。例如以離岸風力產業而言，離岸風速與風向的量測，對於風場開發商評估風場營運之經濟效益是相當關鍵的資訊。若未來環評過程中與環境、海氣象的長期監測數據，能夠以開放資料格式呈現，將能更有利於支援開發廠商進行營運規劃相關決策，並提升社會大眾對於離岸風電開發政策之認知與接受度。
連結	http://www.thecrownestate.co.uk/news-and-media/news/2015/global-offshore-2015-offshore-wind-overview-and-uk-wind-resource-dataset-with-improved-accuracy-published/ http://www.thecrownestate.co.uk/media/476245/ei-uk-offshore-wind-resource-dataset-2015.pdf
附件	
建檔者/機構	ITRI/張瓊之

主題名稱	印度新及再生能源部對外公布 2015 年國家離岸風電政策
資料時間	2015/11/06
上傳時間	2015/11/15
國別	☐ 1.國內 ☒ 2. 國外：印度

綠能新聞 類型	□1.整體再生能源觀測 □2.太陽光電 ■3.風力 □4.其他綠能 □5.儲能應用 □6.電力市場
關鍵字	印度、離岸風力、NIWE
重點摘述 (條列式)	- 印度聯邦內閣於今(2015)年 9 月批准 2015 年國家離岸風能政策，將加速印度領海區域(由海岸線向外延伸 12 海浬)的離岸風場開發，該政策於 10 月 1 日由<u>新及再生能源部(MNRE)</u>正式對外公布。 - 印度西部沿海岸線一帶的風力資源潛能豐富。據估計，泰米爾納德邦(Tamil Nadu)及古吉拉特邦(Gujarat)沿岸可開發潛力達 1GW。 - 印度 2015 年國家離岸風能政策主要重點措施如下： (1) 國際競標機制：印度<u>國家風能發展機構(National Institute for Wind Energy ,NIWE)</u>將海域以<u>區塊分配</u>的方式，透過<u>國際競爭性招標程序</u>吸引開發商進入印度離岸風電市場。 (2) 國家風能發展機構(NIWE)的角色：NIWE 同時身為<u>加速國際開發商通關進入印度市場的協調者</u>，以及國家離岸風場開發的<u>中介承購者(Off-taker)</u>。也就是說，國際開發商得先通過 NIWE 的審批程序後，其後方可分配到許可證，與各州的公共電力事業進一步洽談開發案，而 NIWE 則是扮演仲介的角色。 (3) 經濟誘因：制定了概括條款，宣稱所有適用於陸域風力開發的財政獎勵措施，如<u>免除關稅、消費稅、服務稅</u>等，將同樣適用於離岸風場開發項目，其他還有<u>發電獎勵措施</u>。 (4) 環境相關規範：在劃定開發區塊給開發商之前，開發商須先針對欲開發場址進行<u>環境影響評估、海洋調查、環境審計</u>等綜合性調查研究，相關原則性規範係由 NIWE 所制定，而執行調查活動前需經過國防部的審批，這些調查活動也僅能由具有良好技術及專業知識的實體執行。除此之外，印度相當重視風場的除役，開發商不僅在正式開工前就需先<u>提交詳細的除役計畫及場址復原計畫</u>，也必須<u>為除役工程提交保證金或財務擔保</u>，以確保開發方履行除役計畫，這些計畫也必須要經過環境、森林及氣候變遷部的審批。 (5) 風場安全規範：雖然政策中並未明定保障風場安全性的方法，不過有要求開發商有義務確保風場的安全性。開發商必須針對風場進行<u>脆弱性評估</u>，對於所有安裝的風機也要有通盤性的保險。<u>海上防務顧問小組(Offshore Defence Advisory Group)</u>則是替印度在風場、領海及專屬經濟區的安全性進行把關，並提供相關施政規劃與建議給 MNRE 與 NIWE 的獨立通關機構。 (6) 海洋空間利用：印度航運協商總局與新及再生能源部針對離岸風場區域進行諮詢協調，擬<u>將離岸風場規劃為限制區(Restricted Area)</u>，以釐清其空間用途。

評析 (條列式)	• 2014年全球發電量排名前十大的國家，印度位居第三位，與2013年比較，發電量成長9.6%，居十大發電國家之冠。由此可知，印度隨著經濟成長對電力需求呈現快速增加的趨勢。新興國家由於經濟成長起飛，能源需求大幅成長，相對的能源基礎設施也必需增加，因此，新興國家更有機會佈局低碳技術來降低CO₂排放及進行能源結構轉型。 • 依據《1982年聯合國海洋法公約》(United Nations Convention on Law of the Sea, UNCLOS)賦予簽署並批准國家，可於其專屬經濟區(亦稱「排他性經濟海域」，簡稱EEZ)，也就是領海基線起算，不超過200海浬(370.4公里)的海域範圍內，享有發揮利用海域資源之權利。印度政府在2013年進行國家離岸風能政策草案研擬時，導入聯合國海洋法公約對於海洋空間領域之界定，並初步對於專屬經濟區的海洋資源利用進行規劃，是印度使建立起離岸風能發展藍圖的關鍵性一年。 • 在印度離岸風能政策中，攸關印度市場進駐的國際競標規則最令國際風場開發商所關注。在印度的國際競爭性招標規範中，基於國家安全考量為首要前提，因此於政策中也表明對於開發案未提供具體細節的實體機構，風能發展機構(NIWE)具有拒絕其參與之權力。至於在競標過程中對於開發商的篩選條件，則不外乎開發案項目總成本、費率、生產獲利分配、土地開發租借費用等。 • 國際開發商要進入印度的風場區塊開發，必須先通過來自國防部、外交部、環境及森林部、空間部等，以及來自中央及各邦政府的相關法規層層把關，相當耗費時間與經費資源。NIWE的主要任務即是代替國際開發商清點繁複的國內法規，並協助進行相關申請手續及簡化庶務流程。 • 取得標案的國際開發商，將可與NIWE商議購電協議(PPA)之內容，項目包含開發案時程規劃、協議的履約期限、最低工作計畫項目完工承諾(裝置容量)、MNRE與NIWE對於開發案的監督與控管、以及未來除役規劃等。 • 離岸風電的大規模部署，需考量到資源特性的適切性、海底電纜、風機基座、渦輪機安裝、與當地公共事業併網互聯，以及沿海地區安全性等。這些挑戰和問題將使得開發成本遠高於其他再生能源或傳統能源開發項目，因此需要印度政府提供更多的獎勵機制與補貼，離岸風電才能有辦法在印度當地與其他能源選項競爭。此外，適當修改再生能源證書機制與法規，例如提高可再生能源購買義務，也是後續印度推動離岸風電發展的重要政策措施。
連結	http://www.mondaq.com/india/x/441280/Renewables/National+Offshore+Wind+Energy+Policy+2015
附件	
建檔者 /機構	ITRI/張瓊之

主題名稱	英國政府將於 2020 年前釋出三項離岸風電開發計畫招標
資料時間	2015/11/18
上傳時間	2015/11/27
國 別	☐ 1. 國內 ☒ 2. 國外：英國
綠能新聞 類型	☒ 1. 整體再生能源觀測 ☐ 2. 太陽光電 ☒ 3. 風力 ☐ 4. 其他綠能 ☐ 5. 儲能應用 ☐ 6. 電力市場
關鍵字	英國、再生能源、競標、離岸風力
重點摘述 (條列式)	- 英國能源暨氣候變遷部(DECC)大臣 Amber Rudd 於今(2015)年 11 月 18 日發表演說，表明最遲於 2020 年底前將會進行 3 項離岸風力開發計畫的公開性招標，以達成 2020 年離岸風機裝設量 10GW 之目標，此外，亦不排除 2030 年招標裝設量加倍的可能性。英國政府期望藉由此次演說，表明英國發展離岸風電的企圖心，並穩固離岸風電投資者之信心。 - Amber Rudd 進一步指出，初階段招標將於 2016 年底舉行，其後兩階段則要視當前議會的裁決而定。政府當局也表明：唯有離岸風電成本確實有下降趨勢，政府才會在籌資部分予以協助。 - 相較之下，Amber Rudd 對於陸域風力未來發展的期許則顯得較為保守，認為目前陸域風電的發展路徑已大致符合至 2020 年的規劃。Maf Smith 代表 RenewableUK 表示，英國政府若是要在民眾可負擔代價之前提下，致力於達成 2050 年減碳目標，那麼就不應忽視在發電成本上已足以與核能及然氣將匹敵的陸域風力發電。
評 析 (條列式)	- 英國能源暨氣候變遷部(DECC)大臣 Amber Rudd 此次發表政府新能源政策動向的演說中，說明英國預計於 2025 年關閉國內所有的燃煤電廠，並強調了未來的能源供應將致力於朝向安全、潔淨、可負擔之方向發展。其中，核能、燃氣發電以及具成本競爭優勢的離岸風力，將可面對未來英國邁向低碳化的挑戰。在離岸風電發展部分，Amber Rudd 提及英國現行政策中設定 2020 年前達成 10GW 的裝置容量目標。在此積極目標規劃下，英國政府的做法並非無上限的補貼扶持，而是透過競標機制之運行，在公平競爭環境中促使離岸風力發電更具成本競爭優勢。 - Dong Energy 與其他離岸風電產業龍頭企業，近日在合力發表其對於未來離岸風電發展之願景，並說明離岸風電發展於英國低碳能源發展的角色定位： (1) 接應核能與燃煤機組陸續除役所造成的電力缺口 - 目前(2014 年)燃煤機組約提供英國三分之一的用電。英國氣候變遷委員會指出，英國在 2030 年前由於有大量的核能與燃煤機組除役，再加上未來因為運輸部門以及供熱部門會新增加電力需求，導致未來英國會面臨很大的電力缺口，因此在 2030 年前必須盡早在新增機組上的投資。 - 最近五年來，英國離岸風電裝設量達 3.7GW，估計可提供 3 百萬戶家庭用電。在英國未來的能源發展願景中，離岸風力至 2030 年的裝設目標容量為 30GW，並將可滿足全英國用電需求的 35%。 (2) 透過對於離岸風力等新興能源技術之投資，減少政府補貼性支出，並

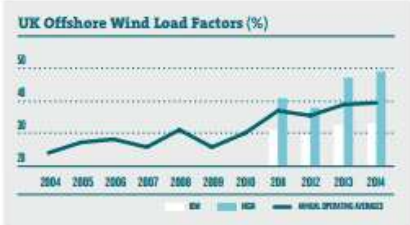
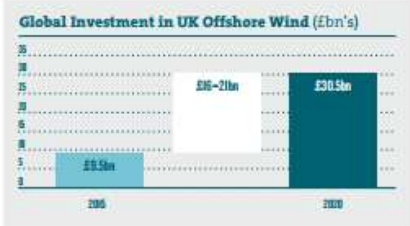
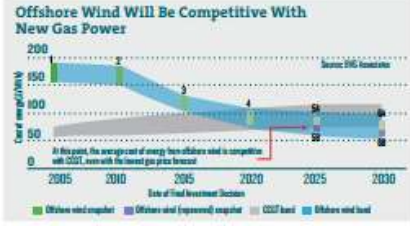
	增加新興能源技術之競爭力 - 據統計，根據 BVG 於 2015 年 7 月的研究報告指出，英國政府針對離岸風電發展給予的補貼經費以減少了 38%。 - 英國政府預設，離岸風電技術將於 2025 年在成本上與新燃氣及核能機組具相當之競爭力，也就是發電成本降到每百萬度 80~90 英鎊之水準。 (3) 提振經濟景氣 - 離岸風電產業在大型基礎設施開發計畫中，已注入了 95 億英鎊的投資金額。估計在未來的能源發展規劃中，2020 年將有 200 億英鎊的離岸風電產業投資，2025 更提高至 300 億英鎊。 - 離岸風電發展目前已創造一萬三千多個工作機會，促使英國製造產業復甦，以及創造出具 25 年以上工作壽命的技術工作機會(如:風場運維)。預估至 2030 年將有五萬名員工在離岸風電關聯產業就職。
連結	1. http://renews.biz/100541/uk-vows-three-offshore-auctions/ 2. http://offshorewind.works/wp-content/uploads/2015/11/151106_Offshore-Wind-Vision_FINAL.pdf
附件	    *This is comparing 2ROCs of £45 a ROC for 20 years to a CIO for 15 years at a strike price of £120/MWh, assuming wholesale price of £45/MWh.
建檔者/機構	ITRI/張瓊之

圖1、英國離岸風電發展近況及未來願景

五、其他綠能

第四季國際綠能觀測其他綠能領域共 1 篇新聞簡評。

主題名稱	美國加州儲能設施成功參與實時電力批發市場
資料時間	2015/09/03
上傳時間	2015/09/14
國 別	□1.國內 ■2. 國外：美國
綠能新聞類型	□1.整體再生能源觀測 □2.太陽光電 □3.風力 □4.其他綠能 ■5.儲能應用 ■6.電力市場
關鍵字	美國、加州、儲能、CAISO、STEM
重點摘述 (條列式)	1. Stem 是美國一間提供智慧儲能系統及能源系統管理服務的公司。該公司於今(2015)年 9 月 3 日公布，其匯集顧客端的儲能設施系統，成功地參與了由加州獨立系統運營商(CAISO)運作的實時(real-time)批發電力市場。 2. 美國加州的電力市場依據時間架構可分為明日市場(Day-Ahead)、實時(real-time)市場及附屬服務市場(Ancillary Services)。繼儲能系統於 2015 年 4 月投入電力明日市場後，如今又進一步跨足實時市場。按照時程規劃，附屬服務市場預計於 2015 年 Q4 或明年(2016)開放儲能系統參與競標。 • Stem 公司參與的是美國加州太平洋天然氣與電力公司(PG&E)所試行的 Supply-Side Pilot (SSP)計畫。SSP 計畫開放讓需求端資源得以 需量反應(Demand Reponse)之形式參與實時電力批發市場交易。 3. 該公司運用自己所開發的電力預測軟體先行設定價格目標，並於 Olivine 公司所建立的平臺介面中參與競標。得標結果將自動化地調度其儲能系統，將電力在交付時段饋入電網。Olivine 公司是 CAISO 的電力調度協調者(Scheduling Coordinator, SC)，並在 SSP 中擔任計畫管理者角色。
評 析 (條列式)	1. 過去儲能系統於美國住宅及商業用戶之應用，多是基於削減尖峰時段用電量，或是結合 PV 系統存儲 PV 產生之電力，最主要目的都是為了減少「尖峰用電需求費用(Demand Charges)」。近兩年內，在加州須量反應法規之建立及相關配套計畫的執行下，需求端也可進入電力市場，為自身創造新的獲利來源。而且，不單僅限於商業及工業部門，PG&E 的 SSP 計畫，允許住宅部門電力用戶可以透過申請網路代理(Proxy Demand Resource, PDR)的方式參與需量反應市場競標。 2. Stem 公司成功於美國加州實時市場得標，再次驗證了需求端踏入能源供應鏈一環之可行性。在可預見的未來，該公司的商業經營模式經同行業者大量成功複製下，這些分散式、位於電表後端(behind-the-meter)的電源，將大幅改變全美的電力批發市場環境。
連 結	1. http://www.businesswire.com/news/home/20150903006196/en/Stem-launches-real-time-energy-sales-California-ISO#.VfIx_7EVFou 2. http://olivineinc.com/ssp/ 3. http://olivineinc.com/wp2/wp-content/uploads/2014/12/2015-02-02-SSP-KickOff-Slides.pdf

4. <http://olivineinc.com/wp2/wp-content/uploads/2014/12/2015-02-SSP-XSP-KickOff.pdf>

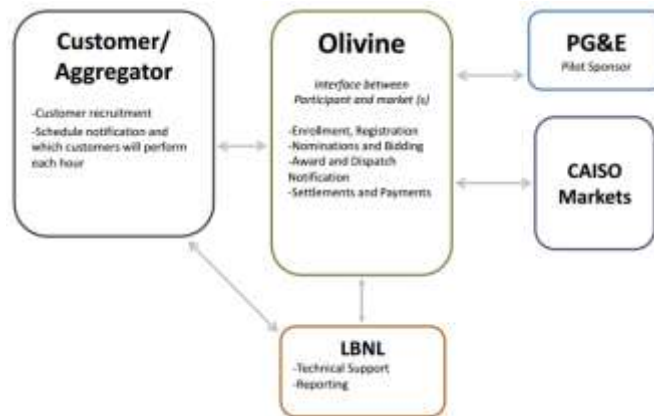


圖 1、SSP 計畫利害關係人

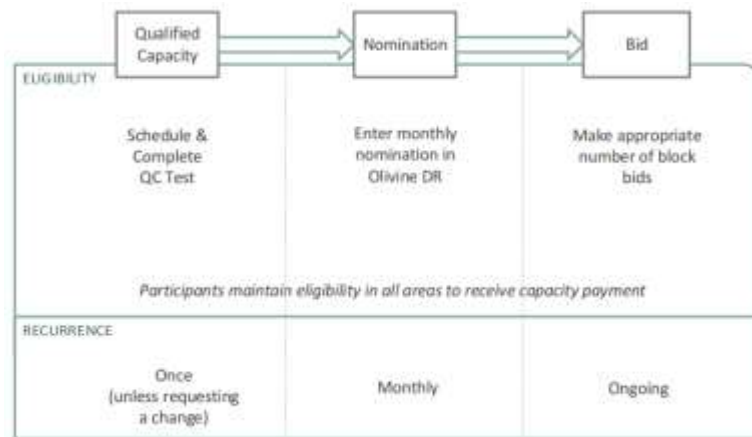
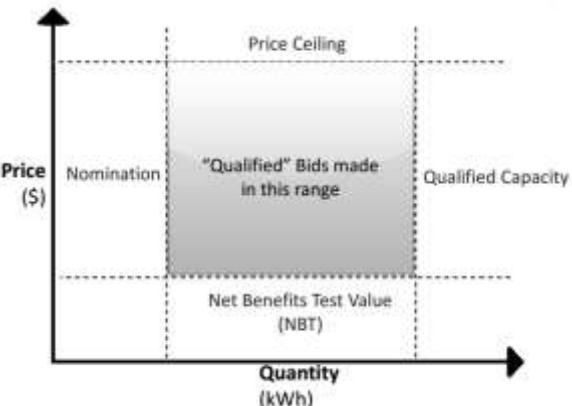


圖 2、SSP 計畫概念流程(Day-Ahead 市場)

附件

說明：

1. Qualified Capacity (QC): 由 CAISO 設定最多可參與市場的投標量，並由 CAISO 訂定參與者的資格要求與審核。
2. Nomination: 該計畫每個月提供當月的負載卸除(load shed)承諾，並藉此決定每個月支付在 SSP 計畫的報酬總額，Nomination 必定小於 QC，使供給大於需求，形成競爭環境。
3. Bid: SSP 計畫對於競標有以下幾點規則：(1) 要求參與者每次投標必須以連續 4 小時為一單位，且一個月中至少需有 18 天投標，至多每天 24 小時皆可投標；(2) 電力調度協調者會分配資源，使每位參與者每月至少會有 24 個得標時數。
4. 淨收益測試值(Net Benefits Test Value, NBT)是確保參與者基本獲利的標準，報酬基準(Capacity Payment)為\$6/kw-month，是 SSP 機制設計的重要項目之一。其他與基本獲利相關參數設定包含前述的最低投標時數(72 小時)、最低得標時數(24 小時)。

	 5. Settlement: 參與者的獲利包含兩個項目，一個是依據前述得標結果履行後可獲得的基本報酬(Capacity Payment)，另一部分則是經電力批發市場競標(上圖灰色區塊)後所獲得的報酬(Wholesale Energy Payments)。
建檔者/機構	ITRI/張瓊之

貳、國內外綠能重點議題評析

第四季之綠能重點議題評析，提出兩篇國際發展現況之議題評析，篇名為「我國火力與再生能源發電之經濟與環境影響分析」以及「美國加州淨計量制度推行現況與未來展望」。詳述如下：

我國火力與再生能源發電之經濟與環境影響分析

鄭光利、張瓊之、潘子欽

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

臺電公司燃料成本約占總發電成本之七成以上，而由於我國自產能源比例低，故燃料成本支出則幾乎由流出至國外能源企業。相較之下，太陽能與風力等再生能源因不需要購置燃料，且我國太陽能電池自製率高，故增加投資再生能源發電將有助於帶動國內產業發展。然而，目前太陽能與風力之發電成本，仍較部份火力發電為高，故當大量使用再生能源時，亦可能對經濟造成影響。此外，發電設備生產與火力發電之過程，亦會排放溫室氣體，因此，火力發電與再生能源發電兩者的成本效益，需要藉由更系統化之方式進行評估。本研究應用環境延伸投入產出分析(EEIO)方法，配合情境模擬以探討再生能源替代火力發電時之經濟面與環境面變化。研究結果顯示，投資太陽能發電可提高國內 GDP 和就業率，並降低溫室氣體排放。此外，以再生能源替代燃氣發電雖可較替代燃煤發電帶動更多 GDP，但以再生能源替代燃煤，則可減少更多的溫室氣體排放以及帶動更多就業人口。本研究目前僅呈現經濟面與部份環境面之影響，然而火力發電因具有可調度之優點，且環境污染亦非僅溫室氣體排放，因此，建議未來可進一步討論調整範疇或由物質足跡觀點分析，以獲得更完整之評估結果。

關鍵字：化石燃料、再生能源、發電、EEIO、乘數效應

一、前言

我國近 98%的能源仰賴進口，火力發電之燃料絕大多數由國外而來，根據臺電 2012 年針對燃料成本變動對臺電公司之影響評估報告顯示，臺電公司經營成本中，燃料成本占總營運成本比例約為三分之一，而占發電成本比例則高達七成以上(臺電公司，2012)，此亦代表我國燃料成本支出幾乎全數流出至國外能源企業，並未能對國內

經濟產生帶動效果。

相較之下，太陽能與風力等再生能源因不需要購置燃料，且我國為全球第二大太陽能電池生產地且自製率高，因此，對再生能源發電進行投資，將有利於帶動我國相關供應產業鏈之發展。然而，由於太陽能與風能之發電成本仍高於部份火力發電成本，若大量使用將導致電價提升，進而影響產業發展。

在發電方式之選擇上，除了思考電價成本與產業帶動效果之外，對環境之影響衝擊亦為重要考量因子。聯合國氣候變化政府間專家委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)每六年發布一次 IPCC 綜合評估報告(IPCC, 2014)，自 1992 年迄今已發布五次氣候變遷綜合評估報告。第五次綜合報告中指出，大氣中二氧化碳等主要溫室氣體濃度如今已達到至少 80 萬年來最高水準，而且全球暖化問題與人類活動息息相關，報告中亦呼籲各國應在 2050 年前盡最大可能性使用低碳能源發電，以減少全球溫室氣體排放量，並積極尋找綠色替代能源。

爰此，我國選擇電力來源時，對於溫室氣體排放的比較分析，亦是權衡能源選項優劣的重要考量因素。由於各項發電方式皆有其利弊，故需建立一套系統化之分析流程，以充分說明與比較各項發電方式之成本效益。

二、研究方法

本研究如(圖 1)所示，首先將蒐集燃煤火力、燃氣火力、太陽能和風能發電成本以及自製率相關資訊，包含設備成本(折舊+利息)和運維成本，建立發電成本結構，並將其對應於 2011 年產業關聯表部門進行產業帶動效果和環境影響分析。為瞭解再生能源產業活絡所帶來的 GDP 上升，以及導入再生能源發電成本增加造成電價上漲導致 GDP 下降的相互關聯影響，本研究擬定五種情境以探討再生能源替代火力發電之衝擊與效益。

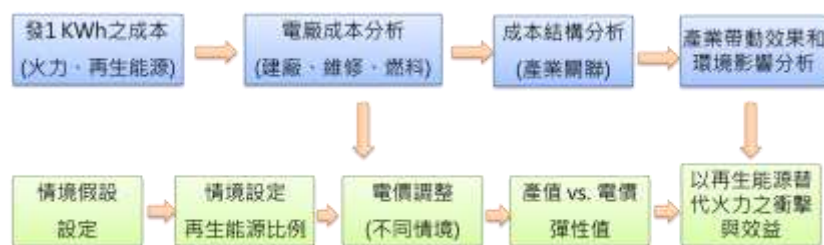


圖 1 研究流程圖

1. 環境延伸投入產出分析

產業關聯表是由美國經濟學家李昂提夫(Wassily Leontief)於 1931 年所提出，利用

產業關聯表可以反應一個經濟體系之交易活動，並可藉由分析各產業之投入及產出來說明產業關聯效果。而基於此關係將投入產出分析延伸應用至環境與能資源領域的相關研究被泛稱為環境延伸投入產出分析(Environmental Extended Input-Output Analysis, EEIO) (趙，2013)。

依據行政院主計處所編印之「產業關聯表編製報告」(行政院主計處，2011)，我國之產業關聯表可如表 1 來表示。

	1...	j	...n	中間需要	最終需要	總需要 總供給	經濟 環境乘數
1 ⋮	X_{11}	X_{1j}	X_{1n}	W_1 ⋮	F_1 ⋮	X_1 ⋮	r_1 ⋮
i ⋮	X_{i1}	X_{ij}	X_{in}	W_i ⋮	F_i ⋮	X_i ⋮	r_i ⋮
n	X_{n1}	X_{nj}	X_{nn}	W_n	F_n	X_n	r_n
中間投入	$Y_1 \dots$	Y_j	$\dots Y_n$	W			
原始投入	$O_1 \dots$	O_j	$\dots O_n$	O			
投入合計	$X_1 \dots$	X_j	$\dots X_n$	X			

資料來源：行政院主計處，2010

表 1 產業關聯表

其中， X_{ij} 為由 i 產業投入 j 產業的總額； Y_j 為所有產業對 j 產業之投入總額； O 為所有部門之原始投入總額； O_j 為 j 部門的原始投入總額； X 為所有部門之國內生產總額； X_i 為 i 部門的產出總額； X_j 為 j 部門的總投入總額； W_i 為 i 部門的中間需求合計； F_i 為 i 部門投入之最終需求總額； r_i 為產業部門之經濟或環境乘數，在本研究為就業人口和溫室氣體(GHG)。可將 X_{ij} 、 X_i 與 F_i 之關係可以下式表示。

$$X_i = X_{ij} + F_i \text{-----}(1)$$

依據 Leontief 產業關聯表，假設生產要素投入與產出之比例是維持固定，因而此固定比例可以下式呈現。

$$D_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \text{-----}(2)$$

D_{ij} 為投入係數(或稱技術係數)，此為各項投入值除以該產業生產總額所得之比例，此係數代表在現存生產技術條件下，直接需要各部門產品投入比例(行政院主計處，2011)。將(2)式改寫為下列方程式，並帶入(1)式中，可得：

$$X_{ij} = D_{ij} X_j \text{ -----(3)}$$

$$X = (I-D)^{-1} F \text{ -----(4)}$$

而為分析最終需求變動對於整體產業之影響，則可進一步改寫(4)式成為(5)式。另外，在經濟和環境等其它面向之分析上，依據 Leontief 產業關聯表之固定比例假設，可將各產業經濟和環境面向各議題之實際值，如就業人口和 GHG 等。利用該產業部門的總產值轉換成為經濟和環境面向之乘數(r)。而藉由(4)式，則可獲得經濟和環境面向議題在各發展情況下之變化(ΔR) (6)式 (潘，2012)。

$$\Delta X = (I - D)^{-1} \Delta F \text{ -----(5)}$$

$$\Delta R = r(I - D)^{-1} \Delta F = r\Delta X \text{ -----(6)}$$

2. 參數設定與計算方法

(1) 發電成本結構假設

由於電廠操作維護之成本結構並不易取得，故本研究參考過去相關文獻(梁等，2005)，將操作維護費與建廠成本合併，並假設燃煤電廠與燃氣電廠之建廠成本結構相同(梁等，2005)。我國火力發電之燃料皆由國外購入，故燃料支出之自製率設為 0%。本研究所蒐集建立之發電成本結構如表 2、表 3 所示。其中太陽能 and 風能之發電成本則是參考我國再生能源躉購費率。

表 2 化石燃料發電成本結構

	2014 年發電成本(元/度)		發電成本結構	100 年產業關聯表部門分類	百分比 (%)	自製率 (%)	我國各產業部門之收入(元/度)
燃煤	設備成本 (折舊+利息)+運維成本	0.21	土地改良物及工程間接費	118 (其他營造工程)	24.50%	86.4%	0.044
			房屋建築土木	116 (其他房屋工程)	4.70%	90.6%	0.009
			發電機組設備	089 (發電, 輸電及配電設備)	63.40%	72.2%	0.096
			機械施工設備	095 (其他專用機械設備)	7.20%	65.2%	0.010
			交通運輸設備	102 (其他運輸工具)	0.20%	56.5%	0.000
	燃料成本	1.05			100%	0%	0
	合計	<u>1.26</u>					<u>0.16</u>

	2014 年發電成本(元/度)		發電成本結構	100 年產業關聯表部門分類	百分比 (%)	自製率 (%)	我國各產業部門之收入 (元/度)
燃氣	設備成本 (折舊+利息)+運維成本	2	土地改良物及工程間接費	118 (其他營造工程)	24.50%	86.4%	0.424
			房屋建築土木	116 (其他房屋工程)	4.70%	90.6%	0.086
			發電機組設備	089 (發電, 輸電及配電設備)	63.40%	72.2%	0.915
			機械施工設備	095 (其他專用機械設備)	7.20%	65.2%	0.094
			交通運輸設備	102 (其他運輸工具)	0.20%	56.5%	0.002
	燃料成本	3.57			100%	0%	0
	合計	<u>5.57</u>					<u>1.521</u>

資料來源：臺電公司，2015；經濟部，2013；梁等，2005；劉，2010

註：自製率為參考劉(2010)之計算方法，即100年國產品交易表與生產者價格交易表之中間投入比值。

表 3 再生能源發電成本結構

	2014 年發電成本(元/度)		發電成本結構	100 年產業關聯表部門分類	百分比 (%)	自製率 (%)	我國各產業部門之收入 (元/度)
太陽能	設備成本+運維成本	5.077	太陽電池模組	080 光電材質與元件	68.57%	57.0%	1.985
			DC 盤/AC 盤/Pipeline	089 發電輸電及配電設備	6.67%	72.2%	0.245
			Inverter	093 其他電機設備	11.43%	67.7%	0.393
			PV 基礎/ PV 骨架/工事費	118 其他營造工程	13.33%	90.6%	0.613
	合計	<u>5.077</u>					<u>3.236</u>
風能	設備成本+運維成本	2.617	監控系統	083 電腦產品	0.11%	44.2%	0.001
			風力通訊管線	085 通訊設備	0.22%	47.5%	0.003
			風力機組	089 發電輸電及配電設備	73.59%	72.2%	1.391
			廠內高、低壓管線	090 電線電纜	9.89%	52.2%	0.135
			照明及航空警示燈	091 照明設備	0.23%	73.1%	0.004
			消防警報設備、備品等	093 其他電機	0.17%	67.7%	0.003
			塔架及基礎設施等	118 其他營造	15.76%	90.6%	0.374
	合計	<u>2.617</u>					<u>1.911</u>

資料來源：臺電公司，2015；經濟部，2013；梁等，2005；劉，2010

註：自製率為參考劉(2010)之計算方法，即100年國產品交易表與生產者價格交易表之中間投入比值。

(2) 彈性值假設

本研究之彈性值公式如下式所示，其中 F 為彈性值，MV 為產值，EP 為電價。根據文獻計算而得之結果(表 4)，彈性值為-0.013~-0.017 之間，為避免高估再生能源效益，本研究假設彈性值為-0.017。

$$F = \frac{\frac{MV_{new}-MV_0}{MV_0}}{\frac{EP_{new}-EP_0}{EP_0}} \text{-----}(7)$$

表 4 彈性值

文獻來源	電價變動	產值變動	彈性值
梁(2006)	13.03%	-0.18%	-0.014
	5.80%	-0.08%	-0.014
	9%	-0.13%	-0.014
梁(2009)	12.60%	-0.17%	-0.013
	25.60%	-0.44%	-0.017

(3) 衝擊計算方法

本研究衝擊結果計算方法如下二式所示。

$$B = MV + \eta \times \delta \times \kappa \text{-----}(8)$$

$$C = E \times (C_R - C_F) \text{-----}(9)$$

B：漲電價對 GDP 之衝擊 (百萬元) C：增加再生能源所帶動成效 (百萬元或 ton)

MV：產值 (百萬元)

E：再生能源發電度數 (GWh)

η ：彈性值

C_R ：再生能源帶動成效 (百萬元或 ton)

δ ：電價變動率

C_F ：化石燃料帶動 GDP (百萬元或 ton)

κ ：附加價值率

3. 情境設定

本研究表 5 設定之情境 1 和 2 為太陽能發電量占總發電量之 1%和 2%，情境 3 和 4 為陸域風能發電量占總發電量之 1%和 2%。我國於 2011 年 11 月提出「新能源政策」，情境 5 為達成再生能源 2030 年發展目標之發電量，其中太陽能發電量占比為 1.54%，陸域風力為 1.14%。

表 5 情境設定

		2011 年	情境 1	情境 2	情境 3	情境 4	情境 5
發電量 (GWh)	太陽能	8.6	2,522	5,043	8.6	8.6	3,880
	陸域風力	803	803	803	2,522	5,043	2,880
占總發電量比例	太陽能	0.003%	<u>1%</u>	<u>2%</u>	0.003%	0.003%	1.54%
	陸域風力	0.32%	0.32%	0.32%	<u>1%</u>	<u>2%</u>	1.14%
總發電量(GWh)		252,173					

三、結果與討論

1. 發電 1 GWh 之經濟與環境影響分析

為比較火力與再生能源發電對國內產業經濟與環境之帶動效果，本研究應用 EEIO 分析燃煤、燃氣、太陽能與風能發電 1GWh 所連動造成 GDP、就業人口和 GHG 乘數效果，其結果如表 6 所示，在經濟面，由淨國內產值增加量可看出太陽能發電帶動之產值較投入成本高，對於帶動國內產值有正面效果。風能由於自製率較低，故經濟帶動效果較不如太陽能，但仍高於燃氣發電，與燃煤帶動效果相近。環境影響方面，由於燃煤和燃氣機組在發電過程中會排放許多 CO₂，故燃煤和燃氣發電連動產生 GHG 較高。就業人口方面，再生能源帶動效果皆優於化石燃料發電。

雖然再生能源可帶動較多 GDP，但因發電成本較高將導致電價上漲，亦將削減 GDP 連動效果，為明確探討火力與再生能源發電之成本效益，故本研究於後續將藉由情境分析加以探討。

表 6 產生 1 GWh 之經濟與環境影響分析

	燃煤發電	燃氣發電	太陽能	風能
產生 1 GWh 所需之成本 [A] (百萬元)*	1.26	5.57	5.077	2.617
投入國內產值 [B] (百萬元)	0.16	1.52	3.24	1.91
帶動國內產值 [C] (百萬元)	0.31	2.96	5.85	3.58
帶動 GDP [D] (百萬元)	0.09	0.90	2.08	1.06
淨國內產值增加量 C-A(百萬元)	-0.95	-2.61	0.78	0.97
帶動就業人口 (人)	0.11	1.10	1.59	1.19
GHG (ton CO ₂ e)	887	614	45	38

*成本結構部分可參照表 2 和表 3

2. 再生能源替代天然氣發電之經濟與環境影響分析

以再生能源發電雖然有正面經濟效果，但因成本較高將對電價產生衝擊。故本研究納入彈性值考量以呈現電價波動結果，並設計不同再生能源發電占比情境，以分析新增之再生能源全部用以替代天然氣發電之經濟與環境影響。

由於全球再生能源發電技術趨漸成熟，使得我國再生能源躉購費率連年調降。至 2014 年太陽能躉購費率已低於燃氣發電成本，故表 7 電價調整結果所有情境之平均電價皆下降。經綜合分析結果(表 8)顯示太陽能替代燃氣發電可能使電價下降，因此在電價對 GDP 之衝擊皆為正面效益，總帶動效果 GDP 變為增加。而風能電價下降效果較太陽能佳，但由於自製率偏低，故 GDP 帶動產業效果不若太陽能大。前述現象亦反應於就業人口帶動效果上。在環境影響方面，再生能源替代燃氣發電皆有顯著帶動 GHG 降低效果。

表 7 再生能源替代天然氣發電之電價調整結果

發電量比例	2011 年	情境 1	情境 2	情境 3	情境 4	情境 5
太陽能	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%	0.0%	1.5%
風能	0.3%	0.3%	0.3%	1%	2.0%	1.1%
抽蓄水力	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%
其他再生能源	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
核能	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%
燃煤	49.5%	49.5%	49.5%	49.5%	49.5%	49.5%
燃油	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%
燃氣	25.8%	24.8%	23.8%	25.2%	24.2%	23.5%
平均電價(元/度)	2.92	2.92	2.91	2.90	2.87	2.89
電價變動率	0.0%	-0.2%	-0.3%	-0.7%	-1.7%	-1.1%

表 8 再生能源替代天然氣發電之經濟與環境影響分析

	情境 1	情境 2	情境 3	情境 4	情境 5
電價變動對 GDP 之衝擊 (百萬元) [A]	349	698	1,428	3,522	2,262
增加太陽能發電連動產生 之 GDP (百萬元) [B]	2,982	5,974	0	0	4,594
增加風能發電連動產生之 GDP (百萬元) [C]	0	0	274	675	331
太陽能帶動就業人口 (人)	1240	2485	0	0	1911
風能帶動就業人口 (人)	0	0	156	386	189
太陽能帶動 GHG (Mton)	-1.43	-2.86	0	0	-2.20
風能帶動 GHG (Mton)	0	0	-0.99	-2.44	-1.20
A+B+C (百萬元)	3,331	6,673	1,701	4,197	7,186
GDP 增加率	0.010%	0.020%	0.005%	0.013%	0.022%

3. 再生能源替代燃煤發電之經濟與環境影響分析

本研究進一步分析新增之再生能源全部用以替代燃煤發電之經濟與環境影響，再生能源替代燃煤發電之電價調整結果部分(表 9)，由於燃煤之發電成本低於太陽能與風能，故全部情境之平均電價皆上升。綜合分析結果(表 10)太陽能電力成本雖高，造成電價上升，導致各產業 GDP 下降，但由於帶動效果夠大，總 GDP 仍為增加。風能在經濟帶動效果方面和太陽能呈現相同趨勢，但由於自製率偏低，帶動效果皆較太陽能小。在就業人口方面，太陽能和風能替代燃煤發電的帶動效果較燃氣好，環境方面分析結果亦然。惟經濟帶動效果替代燃氣較燃煤佳。

表 9 再生能源替代燃煤發電之電價調整結果

發電量比例	2011 年	情境 1	情境 2	情境 3	情境 4	情境 5
太陽能	0.0%	1.0%	2.0%	0.0%	0.0%	1.5%
風能	0.3%	0.3%	0.3%	1%	2.0%	1.1%
抽蓄水力	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%	1.2%
其他再生能源	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%
核能	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%	16.7%
燃煤	49.5%	48.5%	47.5%	48.8%	47.8%	47.1%
燃油	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%
燃氣	25.8%	25.8%	25.8%	25.8%	25.8%	25.8%
平均電價(元/度)	2.92	2.96	3.00	2.93	2.94	2.99
電價變動率	0.0%	1.3%	2.6%	0.3%	0.8%	2.4%

表 10 再生能源替代燃煤發電之經濟與環境影響分析

	情境 1	情境 2	情境 3	情境 4	情境 5
電價變動對 GDP 之衝擊 (百萬元) [A]	-2,698	-5,336	-639	-1,613	-4,910
增加太陽能發電連動產生 之 GDP (百萬元) [B]	5,000	10,018	0	0	7,703
增加風能發電連動產生之 GDP (百萬元) [C]	0	0	1,654	4,080	1,999
太陽能帶動就業人口 (人)	3,704	7,420	0	0	5,705
風能帶動就業人口 (人)	0	0	1,841	4,542	2,225
太陽能帶動 GHG (Mton)	-2.12	-4.24	0	0	-3.26
風能帶動 GHG (Mton)	0	0	-1.46	-3.60	-2
A+B+C (百萬元)	2,302	4,682	1,015	2,467	4,791
GDP 增加率	0.007%	0.014%	0.003%	0.007%	0.014%

四、結論與建議

由於火力發電燃料為向國外購買且占總成本之比例高，故如以太陽能和風能替代火力發電，可透過產業帶動效果提高 GDP 和就業率，並降低溫室氣體排放。在替代化石燃料影響分析方面，雖然再生能源替代燃氣較燃煤可帶動更多 GDP，但以再生能源替代燃煤可以減少更多污染。若我國再生能源之自製率持續提高，則可帶動之 GDP 和就業率效果更大。如我國已有風能自製機組，若能採用自產風機則可提高帶動 GDP 之效果。然而，雖然設置太陽能和風能發電有助於提升我國 GDP，但由於太陽能和風能無法如火力發電可隨時調度，故設置比例亦不宜太高。

目前本研究所採用之環境乘數範疇僅包含國內，發生於國外的化石燃料開採並無包括。對於太陽能發電設備製造過程可能產生的有害廢棄物亦未納入評估，故本研究僅呈現部分替代化石燃料環境面之影響。

後續研究建議(1)可調整評估範疇或由物質足跡觀點分析環境面影響；(2)可將未來再生能源與化石燃料價格變化納入考量；(3)評估彈性值之影響程度；(4)評估自製比率上升帶動國內 GDP 上升，和自製率上升造成成本增加和電價上導致 GDP 下降之相互影響結果；(5)可進行敏感度分析，探討主要影響因子。

五、參考文獻

[註1] 臺電公司，燃料成本變動對臺電公司之影響評估及因應對策研擬(2012)。

[註2] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC). Fifth Assessment Report AR5(2014).

[註3] 趙家緯，“型塑公共政策生態理性—整合性環境評估模型之發展與應用”，博士論文，國立臺灣大學環境工程學研究所，臺北市(2013)。

[註4] 行政院主計處，產業關聯表編製報告(2011)。

[註5] 潘子欽，我國綠能產業之經濟、能源與環境效益分析，碳經濟，第 27 期(2013)。

[註6] 臺電公司，<http://www.taipower.com.tw/>，公司治理/電價成本(2015)。

[註7] 經濟部，公告「中華民國一百零三年度再生能源電能躉購費率及其計算公式」(2013)。

[註8] 梁啟源、劉致峻、劉婉柔和林雅雯，再生能源替代火力發電及核能之經濟評估，國科會專題研究計畫成果報告(2005)。

[註9] 劉致峻，我國再生能源躉購之社會成本效益評估(2010)。

美國加州淨計量制度推行現況與未來展望

張瓊之

工業技術研究院 綠能與環境研究所

摘要

美國加州太陽光電產業的蓬勃發展歸功於加州能源委員會（CEC）和加州公共事業委員會（CPUC）自 2007 年起聯合推行的十年期行動計畫「Go Solar California」[註 1]。在此大計畫之下，衍伸出多種針對特定消費者族群的推廣政策措施。加州自 1996 年就已開始實施淨計量制度（Net Energy Metering, 以下簡稱 NEM），因此，NEM 雖然並非 Go Solar California 計畫下的產物，透過原有 NEM 政策制度與太陽能推廣行動計畫的整合配套，造就出今日加州在住宅型屋頂太陽光電系統推廣的傑出成績。然而，NEM 由於本身機制之缺失，對於使用者付費公允性之爭議，也隨著太陽光電系統普及率逐年上升而日趨嚴重，加州公共事業委員會（CPUC）未來在 NEM 的調整，也將大大影響到當地太陽光電產業未來的命運。

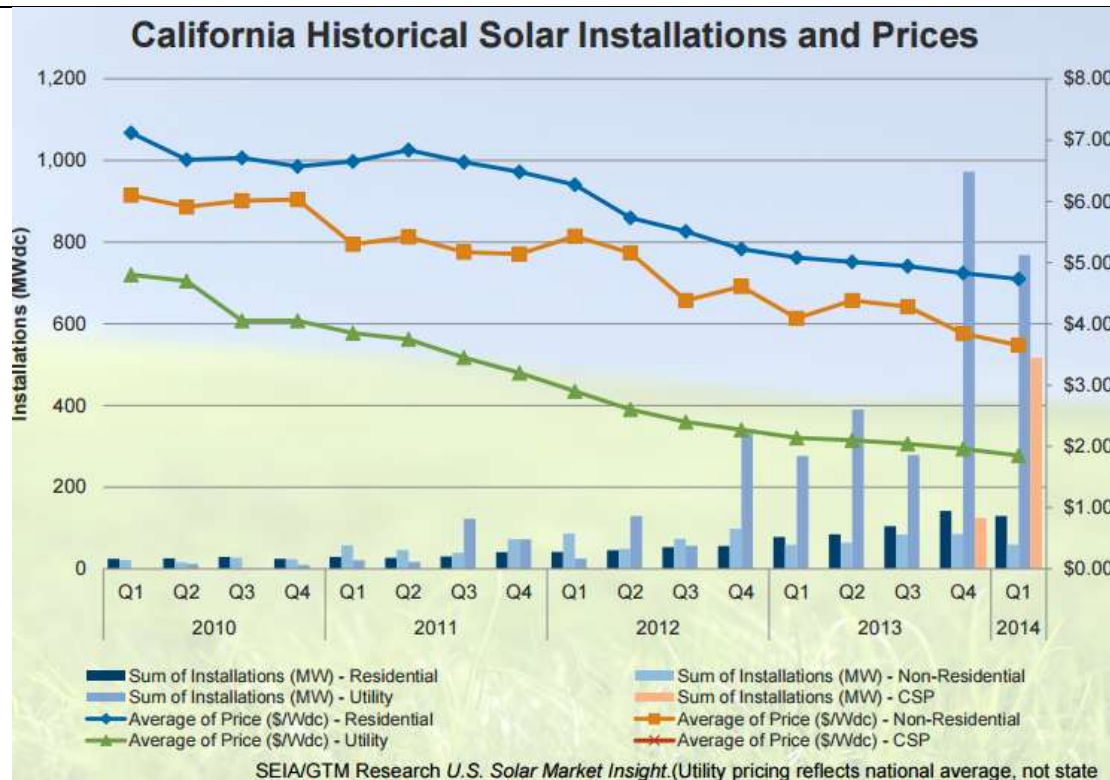
本文章彙整美國加州發展 NEM 的發展歷程與目前推動成效，以及 NEM 目前所面臨的難題與未來可能因應策略，期能做為我國能源政策決策者構思再生能源政策措施之參考借鑒。

關鍵字：加州、淨計量、Net Energy Metering

一、前言

加州自 1996 年始實施淨計量制度（NEM），要求除了 LADWP 以外的所有民營電力公司（即 SCE、PGE、SDG&E 三大民營公司），需針對安裝 1MW 以下風力或太陽能發電系統的客戶，提供具淨計量機制的費率方案。根據美國加州太陽能相關官方統計網站(California Solar Statistics, CSS)¹ [註 1]公開資料顯示，加州截至目前累計 PV 申設案件共計 438,269 件，累計裝設容量達 3,458MW。其中，申請淨計量方案並已併網之案件共計 401,152 件，共占加州所有 PV 安裝申請案件數的 91.5%[註 2]。此數據顯示在加州，淨計量方案是太陽光電推廣最主要，成效也最佳的政策措施之一。

¹ CSS 網站建立的主要目的為公開揭露「加州太陽能倡議(California Solar Initiative, CSI)」計畫中多項子計畫之推動成果。



資料來源: SEIA(2014)[註 3]

圖 1、加州歷年太陽光電系統價格與裝置量變化趨勢

由圖 1 可知，加州不論是在電廠型、住宅型或非住宅型太陽光電系統，系統價格在近五年來皆有大幅下降趨勢，根據官網最新調查數據顯示，住宅型 PV 系統平均每瓩 5.36 美元，對比 2010 年同期(Q3)已減少五分之一；10 瓩以上 PV 系統平均每瓩 4.43 美元，對比 2010 年同期(Q3)約減少四分之一；電廠型 PV 系統價格的降幅更超過六成。此外，在全美 52 州中，加州電價排名第六高(住宅電價每度 18.24 美分)[註 4]。爰此，在高民生電價及 PV 成本下滑兩大驅動因素下，自然也提高了民眾於自家住宅裝設 PV 系統之意願。

二、美國加州淨計量制度推行措施

(一) 加州淨計量回饋金機制

所謂的淨計量，係指在其住宅或持有房產裝設併網型再生能源發電系統的電力用戶，可藉由將餘電饋回電網系統，賺取與全額零售電力價格（full retail price）相同的回饋金（credit），而此回饋金可直接與使用電力公司提供的電力所需支付的電費兩相折抵。此回饋金機制體現在消費者眼中的是淨計量電表上所呈現的「淨用電度數」，當用戶端使用由電網所饋入的電力（delivered electricity），淨用電度數會增加；反之，當用戶端的再生能源系統將餘電饋回電網（received electricity），淨用電度數則會減

少。加州的一個 NEM 累計週期 (True-Up) 為 12 個月，在此期間，用戶使用電網電力 (del) 與饋回電網的電力 (rec) 可以相互抵銷。當週期 (True-Up) 結束時若仍有剩餘電力，可選擇繼續轉入新週期折抵，或依據電力公司給予發電商的電力批發價格 (Default Load Aggregation Point, DLAP，目前每度低於 4 美分)，結算回饋金給電力用戶。

另外，在週期結算時的餘電補償部分，也與加州 RPS 制度運作下的再生能源電力憑證 (Renewable Energy Credit, REC) 互相配套。對於受 RPS 制度規範的電力公司，由於有每年必須有一定採購電量須來自再生能源的規定，因此，餘電量具有一定規模的用戶 (由於電力憑證制度另有一套行政程序與成本支出，基本上是對於每年餘電高於 12,000 度的用戶才具有經濟效益)，可以透過交易電力憑證的方式獲利。REC 憑證的價值係以每年度更新，根據 2013 年 10 所公告的價格，每度餘電可以 1.6 美分的價格交易。

(二) 加州淨計量費率方案

加州三大民營電力公司針對不同的使用者族群，以及特定類型的再生能源技術類別，分別設計出不同的費率方案，彙整如表 1 所示。除了針對單一用戶所設計的標準費率方案之外，亦針對集合式住宅、社區，以及中低收入用戶設計「共享式」的淨計量方案，期能藉由合資或共享利益的方式，使更多電力用戶受惠。此外，針對不同的再生能源技術，如燃料電池、儲能設備等，亦有相關配套規範及費率方案。

表 1、加州三大民營電力公司 NEM 方案一覽表

PG&E	SCE	SDG&E
標準 NEM (Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、小於 30 瓩單一發電系統、單一淨計量表	標準 NEM (Standard NEM) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表	NEM (Single Meter) 適用對象:單一用戶帳號、單一發電系統、單一淨計量表
Expanded NEM 適用對象:單一用戶帳號、大於 30 瓩單一發電系統(針對住宅及商業用戶，農業及適用 Demand Rate 的用戶則不受此限)、單一淨計量表	FC-NEM 適用對象: 安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)	NEM Aggregation 適用對象:單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表，回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。

PG&E	SCE	SDG&E
NEMVMASH 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶)	Virtual Net Metering (虛擬淨計量) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用, 於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統	Virtual Net Metering (NEM-V) 適用對象: 住宅及商業部門皆適用, 於單一電力服務交付點(變壓器)安裝多個淨計量表、多個用戶帳號、單一發電系統
NEMBIO 適用對象: 針對建置沼氣的用戶	NEM Aggregation(NEM整合) 適用對象: 單一用戶可掌管多個使用帳號、多個發電系統、多個淨計量表, 回饋金部分可在多個使用帳號中分配流用。	Virtual Net Metering (NEM-A) 適用對象: 針對低收入集合式住宅之用戶(承租戶), 可以是多個電力服務交付點(變壓器)及多個PV系統, 也不需要額外支付安裝淨計量表的費用
NEMFC 適用對象: 安裝燃料電池的用戶	NEM 及配套的能源儲存設備 適用對象: 符合 NEM 條件的發電系統, 且在同一收費電錶後面帶有整合式或直接相連的能源儲存設備(如電池)	NEM-FC 適用對象: 安裝燃料電池的用戶(充電來源並不強制要求為再生能源)

註 1: 三大民營公司所設計的標準 NEM 皆不限定再生能源種類(沼氣、填埋氣、城市固體廢物轉換、太陽熱能、太陽光電、風力、地熱、潮汐流、海洋能、小型水力、燃料電池等等皆適用)。

註 2: SDG&E 公司的 NEM-A 方案僅限定太陽光電項目。

資料來源: SCE、PG&E、SDG&E 公司官網[註 5][註 6][註 7]; 本研究整理

(三) 加州淨計量推廣目標

加州淨計量的推廣目標歷經三次增修。在 2005 年七月, AB 816 法案修正了 SDG&E 公司的淨計量費率方案的申設總量上限 (Cap), 由原規定為相當於該公司所有客戶的尖峰需求 0.5%, 增修至 50MW, 並於隔 (2006) 年元旦正式生效。順應著淨計量制度的普遍好評, 2006 年也在 SB 1 法案²的實施下, 規範加州所有實施淨計量制度的民營公司將申請上限額度由客戶尖峰需求占比 0.5%提高至 2.5%, 於 2010 年更提高至 5.0%。在 2013 年 10 月, 加州州長並簽署 AB 327 法案³, 將客戶尖峰需求占比 5%設定為淨計量推廣的最終版目標, 也就是 NEM 的申設總量管制上限 (以下簡稱

² 加州 SB 1 法案主要係為推動「加州太陽能倡議(California Solar Initiative, CSI)」而立。

³ 加州 AB327 法案係為規範多項能源相關項目的法案, 包含電力、天然氣、加州 RPS 目標等, 針對 NEM 制度之規範只是其中一項。

Cap)。

事實上，並不是所有的電力公司方案都要達到客戶尖峰需求占比 5% 的推廣目標。根據 AB 327 法案，淨計量制度的落日條款為：當加州三大電力公司所有適用 NEM 費率方案的電力用戶數，其中設總裝設容量達到加州整體電力用戶尖峰需求的 5% (aggregate customer peak demand) 時，加州便達到淨計量制度的推廣目標。屆時，民營電力公司便不再有義務為超出推廣目標的申設用戶提供淨計量方案。

三、美國加州淨計量制度近期推行成效

(一) 三大民營電力公司推動現況

AB 327 法案根據客戶尖峰需求占比 5%，為三大民營各家電力公司 NEM 的申請裝置容量設定推廣上限值，SDG&E 為 617 MW、SCE 為 2,240 MW、PG&E 為 2,409 MW。本研究依據各電力公司官網的資料，彙整近期推動現況如下表 2 所示。

表 2、美國加州淨計量推動現況

	PG&E	SCE	SDG&E
申設總量 管制上限 Cap	2,409MW (5% of 48,177MW)	2,240MW (5% of 44,807MW)	617MW (5% of 12,340MW)
NEM 累計 安裝件數	206,799 件	108,465 件	71,195 件
NEM 累計 裝置容量	1,713.0MW	919.7MW	471MW
NEM 累計 安裝件數 (含等待審查中)	207,603 件	116,134 件	71,614 件
NEM 累計 安裝件數 (含等待審查中)	1,726.6MW	1,013.9MW	474.8MW
推廣進度 (最終目標為 5%)	3.58%	2.26%	3.85%
剩餘裝置容量	682.4MW	1226.1MW	142.2MW
最近更新日期	2015/10	2015/01	2015/12/01

資料來源: SCE、PG&E、SDG&E 公司官網[註 5][註 6][註 7]；本研究整理

根據美國加州太陽能相關官方統計網站(CSS)[註 1]公開資料顯示，在「加州太陽

能倡議計畫(California Solar Initiative, CSI)」推行之下，加州累計 PV 申設案件共計 438,269 件，累計裝設容量達 3,458MW。其中，申請淨計量方案並已併網之案件共計 401,152 件，共占加州所有 PV 安裝申請案件數的 91.5%。此數據顯示在加州，淨計量方案是最主要，也是推廣成效最佳的政策措施之一。

(二) 加州 NEM 推廣分布現況

1. 消費者部門分布

本研究經分析 CSS 最近期公布(2015 年 9 月 30 日)的淨計量推行成果之開放資料，可發現若以各行業部門申請案件分類，NEM 的最主要申設部門為住宅部門，約占總申設案件的 96.8%，其次為商業部門(占 2.6%)與農業部門(占 0.3%)。

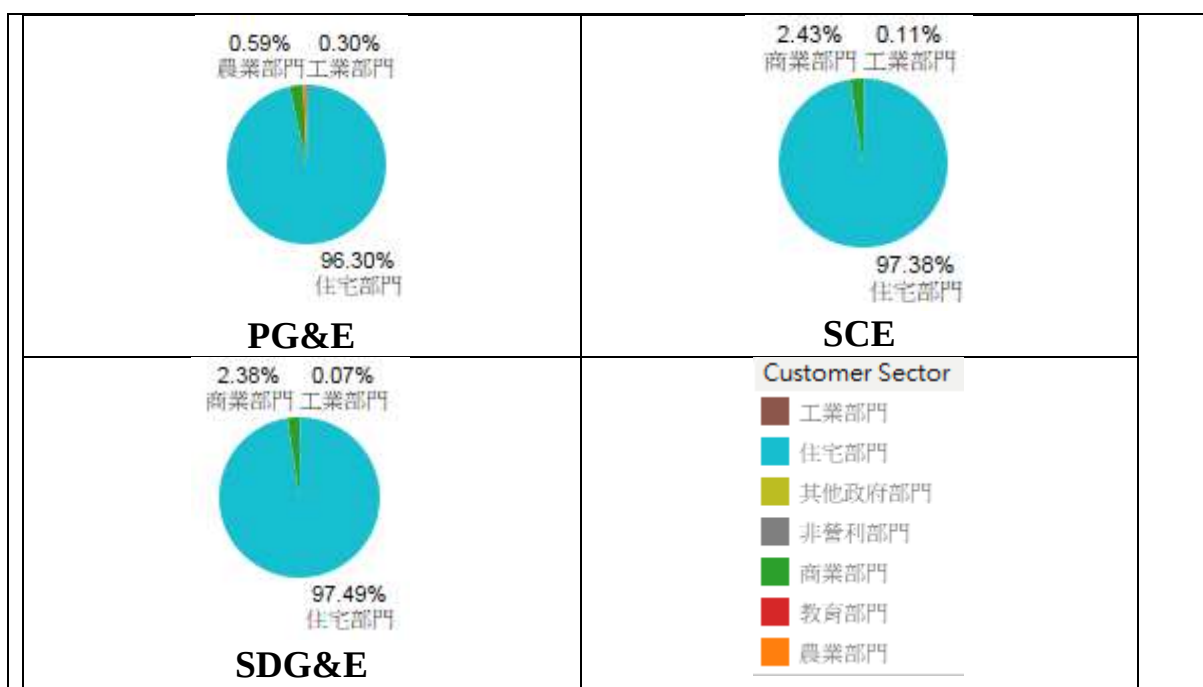


註:已扣除消費者部門不明之樣本
資料來源:本研究繪製

圖 2、加州 NEM 各消費者部門推行成效(單位:件數)

比較與分析三大電力公司消費者部門分布(圖 3)，可得到以下發現:

- (1) PG&E 公司的前五大消費者部門，依序為:住宅部門(96.3%)、商業部門(2.8%)、農業部門(0.59%)、工業部門(0.3%)、教育部門(0.01%)；
- (2) SCE 公司的前五大消費者部門，依序為:住宅部門(97.4%)、商業部門(2.4%)、工業部門(0.11%)、政府部門(0.07%)、非營利部門(0.01%)；
- (3) SDG&E 公司的前五大消費者部門，依序為:住宅部門(97.5%)、商業部門(2.4%)、工業部門(0.07%)、軍事部門(0.03%)、教育與政府部門(0.01%)。

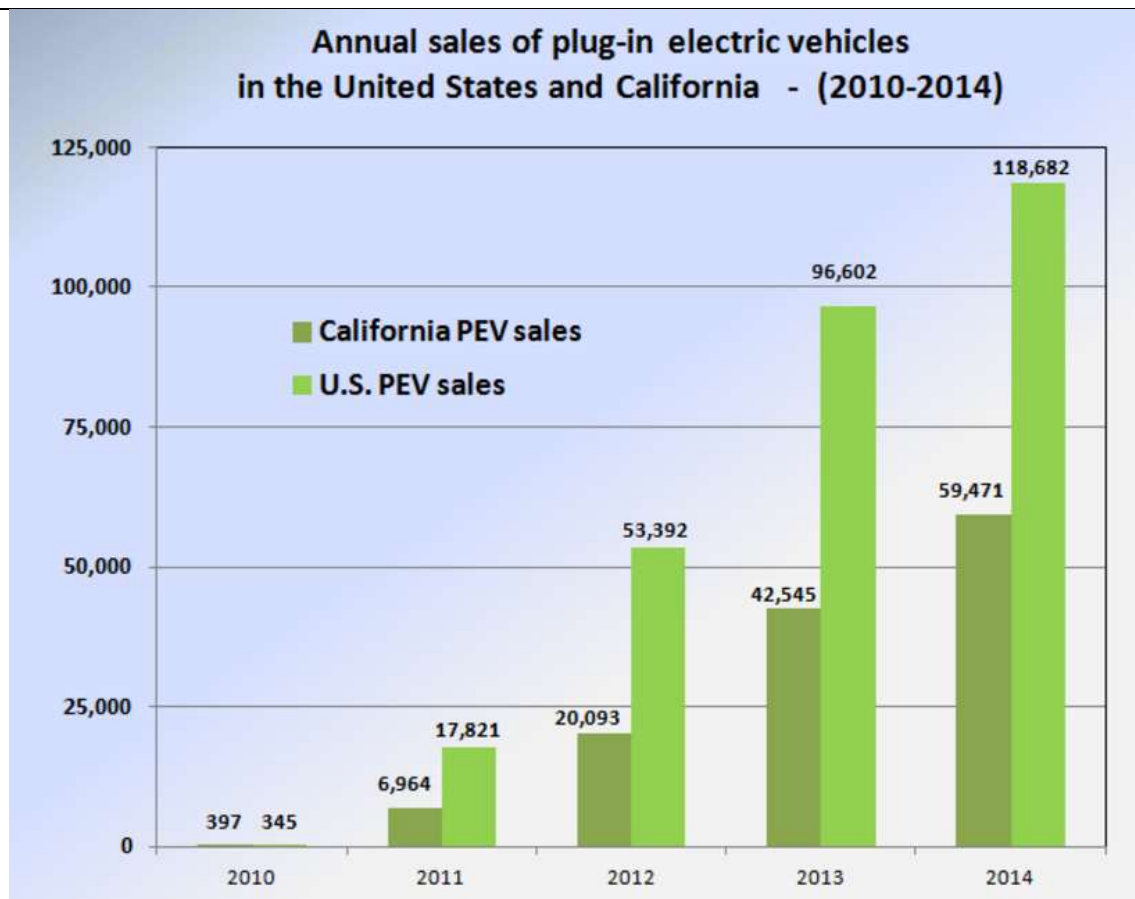


資料來源：本研究繪製

圖 3、三大電力公司 NEM 消費者部門分布

2. 電動車於 NEM 用戶群之分布

2013 年 9 月 28 日，加州州長布朗（Jerry Brown）簽署了 20 項法案，其中有六項促進使用低排放和零排放汽車的法案，顯見加州推動電動車之企圖心。綜觀近五年的全美充電式電動車(plug-in electric vehicle, PEV)銷售量(圖 4)，可發現將近半的銷售量來自加州；且根據全球研調機構 Frost & Sullivan 的最新統計，加州的零排碳電動車(zero emissions vehicle, ZEV)擁有量，約占全美四成[註 8]。對於購置電動車的消費者而言，其交通運輸工具的能源消費需求由傳統化石燃料轉為電力，因此其住宅用電需求應有所成長。NEM 能有效減少電力用戶的電費支出，對於擁有電動車的消費者而言是一大經濟誘因。



資料來源: California New Car Dealers Association (2015)[註 9]

圖 4、2010-2014 年全美及加州充電式電動車銷售量(單位:輛)

本研究試圖比較電動車購置是否與 NEM 消費用戶之間具關聯性，得到以下發現：

- (1) 有申請 NEM 費率之用戶並且有添購電動車之用戶，申請案件自 2001 年的兩件逐年成長，至 2013 年達到最高值 547 件，年複合成長率達 59.6%。在 2014 年有 534 件，2015 年截至九月底有 457 件。此數據顯示 NEM 申請與電動車購買之間有正向關聯，且近年來有顯著成長趨勢。
- (2) 然而，未添購電動車的電力用戶仍占絕大多數。相較之下，未添購電動車的 NEM 申請案件，自 2000 年的 9 件，至 2013 年達 34,413 件，年複合成長率高達 100.2%，且 2014 年有 61,098 件，2015 年截至九月底有 73,807 件，成長幅度遠高於有添購電動車之消費者族群。
- (3) 在有申請 NEM 費率之用戶並且有添購電動車的消費者除群用戶中，住宅部門占絕大多數(99.1%)，有 2,315 件；商業部門及工業部門僅分別有 12 件及 5 件申請。

(三) 加州 PV 系統成本現況

根據美國加州太陽能相關官方統計網站(CSS)[註 1]，在系統建置成本部分，未達 10 瓩 PV 系統平均每瓩 5.36 美元(相當於新臺幣 174 元)，10 瓩以上 PV 系統平均每瓩 4.43 美元(相當於新臺幣 144 元)。由各消費者部門 PV 系統成本分析(表 3)可知，住宅部門的系統設置成本散落區間相當廣泛，不過大多座落於 1 萬至 5 萬美元區間，約占住宅部門總申設件數的 78%；商業部門的系統設置成本分布趨勢與住宅部門大致相當，同樣大多座落於 1 萬至 5 萬美元區間，約占商業部門總申設件數的 37%。

表 3、加州 NEM 各消費者部門 PV 系統成本分析

Total System Co..	Customer Sector							
	工業部門	住宅部門	非營利部門	政府部門	軍事部門	商業部門	教育部門	農業部門
1000以下	8	2,943			10	71	3	13
1000~4999		146				3		
5000~9999		612		2		10		
10000~49999	5	16,327	3	7		105	3	
50000~99999	1	819				63		
100000~499999	2	58	1			31	3	
500000~999999		4				2		
1000000以上	2	8						

註:已扣除未提供系統設置成本之樣本

資料來源:本研究整理

(四)加州 NEM 制度下的主要商業模式

第三方擁有(Third Part Owned, TPO)之商業營運模式應用，自 2011 年起便在加州太陽光電產業廣為盛行，而近期也成功複製在儲能產業上。這種模式能夠迅速複製成功的主因是，它讓電力消費者可免負擔或負擔較少的初期設置成本，只需要繳付每個月固定且負擔得起的費用，即可使用 PV 或儲能系統，同時並可享有太陽能租賃/PPA 公司的保修服務。第三方擁有常見的商業模式為租賃(Lease)及購電合約(Power purchase agreement, PPA)。不過，依據消費者頭期款的付費方式，又可再細分為免預付、小額預付、全額預付三種，如表 4 所示：

表 4、NEM 常見商業模式

商業模式		消費者付費方式	費用調整	與直接購買 PV 系統之差異
\$0-down 頭期款免預付	Lease	在租約期間，每月支付租費	每年會調升一次租費(調升幅度約為 1~3%，但會小於電力公司電費調漲幅度)	1. PV 系統持有者為太陽能租賃/PPA 公司 2. 聯邦稅收抵免或其他經濟補貼誘因、參與 Solar Renewable Energy Credits (SRECs) 等，都屬於太陽能租賃/PPA 公司
	PPA	在租約期間，以合約中的每度固定電價支付電費		
Custom down-payment 頭期款小額預付	Lease	需先支付小額的預付款(\$1,000~\$3,000)，但可享有較低的月租費	大多數太陽能租賃/PPA 公司會給予免調升費用的優惠	
	PPA	需先支付小額的預付款(\$1,000~\$3,000)，但可享有較低的固定電價		
Prepaid 頭期款全額預付	Lease	在頭期款即將租約期間的所有費用支付完畢	繳付頭期款之後，租約/合約期間就毋須再支付其他費用。頭期款費用，基本上與直接購買 PV 系統(扣除聯邦稅收抵免或其他經濟補貼)	1. PV 系統持有者為太陽能租賃/PPA 公司 2. 聯邦稅收抵免或其他經濟補貼屬於太陽能租賃/PPA 公司 3. 消費者可決定自行投入 SRECs 等有價交易，或以優惠方式折抵於頭期款中。
	PPA	在頭期款即將合約期間的所有電費支付完畢		

資料來源:energysage(2015)[註 10]；本研究整理

四、美國加州淨計量制度近期面臨之困難與挑戰

(一) NEM 全額抵銷電力消費之公允性爭議

多數州區的 NEM 機制設計，消費端 PV 系統饋回電網的電力，係以全額零售電價之價格，抵銷其電力消費。然而，一般電力公司在計算電費價格時，係將電網基礎設施的使用費，均攤到每度電電價中。換句話說，即便是未安裝 PV 系統的住商用戶，

也必須共同分攤因應再生能源普及率增加，相應增加的電網基礎設施新建與運維費用。此種機制本身存在著使用者付費公允性之缺失，只不過隨著申請 NEM 費率的消費者增加，此問題的嚴重性也更加凸顯。

加州三大電力公司分別針對 NEM 對民生經濟造成之影響進行衝擊評估，以 SDG&E 公司所服務的區域為例，未安裝 PV 系統的用戶占將近九成五，然而為支應淨計量制度之推行，平均每用戶已為此每年多支付 100 美元，倘若持續維持目前的推行速度，估計至 2025 年將多支付 360 美元[註 11]。PG&E 以及 SCE 公司亦針對此爭議進行評估報告，PV 安裝用戶移轉分攤至未安裝用戶的費用，在未來十年中將分別高達 240 億美元及 160 億美元[註 12]。

事實上，不單只有加州在推行淨計量時面臨此爭議，在近兩三年，許多州都陸續面臨到全額抵銷電力消費的議題。以麻州為例，現階段提高商用 PV 設置總量上限(Cap)的法案修訂未能通過的根本原因，也源自電力公司與 PV 開發商之間，對於 NEM 抵銷費率未能達成共識。以下彙整美國其他州近期在 NEM 制度所面臨之困難與挑戰：

表 5、美國各州近期 NEM 相關事件

州名	事件關鍵點	事件描述
麻薩諸塞州	提高商用 PV 設置總量上限(Cap)	2015/11/18 當地太陽能開發商歷經六個月以上協商，爭取麻州提高針對適用 NEM 費率的商用型 PV(包含社區)總量上限，然參議院最終未通過此法案。此結果將導致當地多項大型 PV 計畫停擺，對於當地太陽能產業也造成巨大衝擊。
亞利桑那州	電力公司擬降低 NEM 回饋金抵銷費率、針對 PV 自發自用用戶收取附加費用，並提高併網工程費用	2015/11 亞利桑那州是全美最先發起探討太陽能價值費率的州。兩大電力公司 AEP 與 TEP 也在此期間積極調整 NEM 費率方案，作法如將回饋金抵銷費率調降(由零售價調降至批發價)、針對加裝 PV 系統之電力用戶增收費用等，然而目前皆尚未被亞利桑那州公共事業委員會(ACC)批准。
夏威夷州	取消 NEM，並以其他替代方案取代	2015/10/12 全美第一個取消 NEM 的州(考艾島更於 2008 年取消 NEM)。在夏威夷州，每八戶中便有一戶家中安裝 PV 系統，擁有全美最高的 PV 普及率。過去曾因技術之限制，使得 NEM 申請用戶的 PV 系統併網時程延遲而引發爭議。

州名	事件關鍵點	事件描述
加州	電力公司擬提出 NEM 改良方案(針對 PV 自發自用戶收取附加費用並降低抵銷費率)	2015/10 SCE 及 PG&E 公司各自提出 NEM 改進費率草案，期能向 PV 自發自用戶收取電網使用費，在歷經多個月的公聽會及諮詢會，兩公司的新費率方案未能通過 CPUC 批准，而 CPUC 也尚無法對未來 NEM 的發展走向提出定調。

資料來源: energysage(2015)[註 10]；本研究整理

(二) 太陽能投資稅收抵免優惠即將屆期

聯邦政府自 2005 年所實施的能源政策法(Energy Policy Act)中，建立起太陽能投資稅收抵免(Solar Investment Tax Credit, ITC)措施，自 2006 年元旦起，舉凡與 PV 相關的投資如:製造、系統安裝、融資等，皆可在所得稅中享有 30%的抵減。ITC 措施歷經 2006 年、2008 年兩次延長施行，政策對於美國 PV 市場的推動功不可沒。根據美國太陽能聯盟(SEIA)委託彭博新能源財經(BNEF)的聯合分析指出，自 2006 年實施以來，太陽能裝設量的年複合成長率高達 76%[註 13]。不過，聯邦政府的 ITC 優惠措施有效日期只到明(2016)年底，自 2017 年元旦起，商用及電廠型 PV 的 ITC 將由 30%降為 10%，而住宅型 PV 的 ITC 將取消。爰此，加州在淨計量推廣容量上限(Cap)及 ITC 至 2016 年底屆期兩大驅動因素下，預期商業型 PV 系統裝置量直至明年(2016)皆會以年複合成長率 20%的速率增長，不過在 NEM 未來發展搖擺不定以及不確定 ITC 是否有繼續延長實施的可能性的兩大疑慮之下，2017 年後的 PV 市場前景不明。

五、未來因應策略探討

從前述美國各州所面臨到的處境可知，太陽能的價值計算與電網的使用付費規則是一項相當難以達到共識的難題。以加州而言，CPUC 在批准電力公司所提出的改良費率草案之前，必須不斷思考以下三個問題: (1)擁有太陽能或其他分散式再生能源系統的電力用戶應如何獲得餘電回售電網的回饋金? (2)是否應針對太陽能用戶課徵費用? (3)怎樣的費率機制能確保太陽能持續在加州成長，甚至是針對條件弱勢的社區。以目前 SCE 及 PG&E 公司各自提出 NEM 改進費率草案而言，兩大電力公司傾向於針對擁有 PV 系統的自發自用戶收取附加費用，也打算降低一半餘電回售的回饋金。不過，如此一來將大幅延長適用新費率方案的消費者及投資者的還本期間，再加上 2016 年底聯邦投資稅收抵免優惠若無延長實施，將使得未來 PV 系統的開發項目更不具投資誘因，對於加州太陽光電市場景氣影響甚鉅。

對比之下，美國夏威夷州對於 NEM 未來的發展已率先達成共識，並於今(2015)年 10 月 12 日公布取消 NEM。美國夏威夷州過去的 NEM 機制與加州相同，回饋金係以零售電價全額抵銷其電力消費。美國夏威夷公共事業委員會(Hawaii PUC)將實施新的費率制度方案，概述如下：

- (1) 方案一-自發自用方案(Self-supply option): 同時擁有 PV 及儲能系統的電力用戶，可選擇是否要與電力公司的電網系統併聯。若選擇併網，則餘電可饋回電網的額度是有限制的，而且電力公司將不會支付任何回饋金；
- (2) 方案二-電網支應方案(Grid-supply option): 電力用戶仍能在售出餘電時收到回饋金，不過回饋金依據電力市場批發價格計算(價格約落在每度電 15 美分到 28 美分之間)；
- (3) 不論是採取何種方案，只要選擇與電網系統併聯，每月皆須支付最基本的電網營運使用費 25 美金。

美國夏威夷州的作法，首先釐清了電網設施使用費的支付原則，而在太陽能電力價值衡量與回饋機制的部分，則考量到夏威夷州已實質上超越市電同價，不應再透過政策措施或其他經濟誘因干涉自由競爭市場，因此太陽能餘電回售的價值，將依據電力批發市場行情而定。不過，夏威夷州的作法未必適用於加州，主要原因在於電力負載需求相差甚遠，且根據美國 Rocky Mountain Institute 的研究報告[註 14]評估，美國加州不論是住宅型或商用型 PV，在最樂觀情境下至 2020 年才會達到 PV 市電同價，即便是些微的 NEM 抵銷費率調整，都有可能大幅改變投資者的獲利與回收期間。因此，方案的設計需要更嚴謹的計算及多方利益者的共同檢視與協調。

六、結論與我國可學習之處

隨著太陽光電系統成本逐年下滑，不論是政府、電力公司、系統商、再生能源倡議者或是消費者，皆視太陽能為邁向未來永續發展的必備選項。然而，站在不同的利害關係人角度，其對於「太陽能的永續經營與發展」的想像是不太一致的。能源政策決策者與電力公司必須思考隨著這些分散式電源逐漸普及，可能會加劇其供電不穩定性對於電力系統造成之衝擊，因此係站在穩定電網系統與電力供應的角度去思考太陽能的永續經營；然而，站在系統服務商、再生能源倡議者及電力消費者的角度，確保用戶自身在裝上了 PV 系統那一刻起的二十年生命週期內，可享有電力自主、節省電費、享用潔淨能源等好處，而系統服務商能在政策措施的明確性下順利擴展事業版圖，就是太陽能永續發展的具體樣態。

淨計量制度之所以易於推動的主要原因，在於它的機制設計簡單明瞭，電力消費用戶也能切身感受到自家太陽光電系統為自己的生活所創造出的價值，例如節省電費、餘電出售回饋金、實現電力自主等。然而，由於電網系統具備公共財之共享性與無法排他性，在使用上往往難以釐清使用對象以及其相應需負擔的費用，產生付費不公允之疑慮，這正是目前全美眾多推行 NEM 制度的州所面臨的共同處境。

加州在州長積極提倡再生能源發展，對於電力公司所設定的再生能源義務配比(RPS)目標，已提前達成過去 2020 年達 33%的目標，州長更於今年(2015)簽署 SB 350 法案，將目標提高於 2030 年達到再生能源發電占比 50%。針對太陽光電的推動，可追溯回加州政府自 2007 年起推動的「Go Solar California」十年期行動計畫。本研究所探討淨計量制度(NEM)雖然自 1996 年加州便已開始實施，然而透過原有 NEM 政策制度與太陽能推廣行動計畫的全面整合配套，才是推廣成功的主要原因。

除此之外，不論是 NEM 費率方案的設計，抑或是 Go Solar California 計畫下的相關政策措施，加州值得我國學習之處在於其嘗試推出多種針對特定消費者族群的配套措施，如保障低收入戶家庭也能參與再生能源建置與享有回饋的「國民住宅太陽能推廣計畫(MASH)」，或是讓受制於住戶條件不適合安裝 PV 系統或是住宅承租人、辦公場所租借商家參與再生能源建置與享有回饋的「再生能源費率共享計畫(Tariff Shared Renewable Program)」等，為各種經濟及居住條件的加州居民量身訂做配套方案，幫助解決與消弭無法安裝太陽光電設施之障礙(如經濟、法規、住宅條件等)，使加州即便在歷經 PV 產業的快速成長期，擁有良好天然條件與較少條件限制的再生能源安裝場址已漸趨飽和的情況下，還能另尋利基市場與找出潛在消費族群，維持產業熱度並追求穩定發展。

我國目前係採用躉購費率結合競標制度來推動太陽能利用，在住宅及商業屋頂型 PV 之推廣，也藉由多次提高免競標容量上限、簡化行政程序、深入地方的推廣說明會等方式來鼓勵民間設置。然而，即使太陽光電系統成本逐年下降，我國由於電力價格偏低，始終無法達到市電同價的黃金交叉點。加州近期在研擬未來淨計量制度未來改進方向時，除了針對既有 NEM 之缺失進行修正之外，亦有可能改實施躉購制度或另設計出結合淨計量與躉購費率之機制，其後續之發展值得我國持續關注與借鏡。

七、参考文献

- [註1] Go Solar California(2015). About Go Solar California.
<http://www.gosolarcalifornia.ca.gov/about/index.php>
- [註2] Go Solar California(2015). Currently Interconnected Data Set.2015/09/30.
https://www.californiasolarstatistics.ca.gov/data_downloads/
- [註3] SEIA(2014). Solar Deployment and Policy.
<http://www.eia.gov/conference/2014/pdf/presentations/baca.pdf>
- [註4] EIA(2015). Rankings: Average Retail Price of Electricity to Residential Sector, July 2015 (cents/kWh). 2015/07.
<http://www.eia.gov/state/rankings/?sid=CA#series/31>
- [註5] Southern California Edison (2015). <https://www.sce.com/>
- [註6] Pacific Gas and Electric Company (2015). <http://www.pge.com/>
- [註7] San Diego Gas & Electric(2015). <http://www.sdge.com/>
- [註8] California New Car Dealers Association (CNCDA)(2015). California Auto Outlook Covering Fourth Quarter 2014: New Light Vehicle Registrations Likely to Exceed 1.9 million units in 2015" (PDF). CNCDA. Retrieved 2015-03-15. Registrations through December 2014 since 2010. 2015/02.
- [註9] Clean Technica(2015). 40% Of US Electric Car Sales Are In California. 2015/11/21. <http://cleantechnica.com/2015/11/21/40-of-us-electric-car-sales-are-in-california/>
- [註10] Energysage(2015). Energysage Blog. <http://blog.energysage.com/>
- [註11] Prnewswire(2015). SDG&E Customers Lead The Way In Rooftop Solar. 2015/10/28. <http://www.prnewswire.com/news-releases/sdge-customers-lead-the-way-in-rooftop-solar-300168160.html>
- [註12] Greentechmedia(2015). California Utilities Release New Plans to Replace Net Metering: Conflict to Come?. 2015/08/14.
<http://www.greentechmedia.com/articles/read/california-utilities-plan-for-net-metering-20-fixed-charges-lower-payments>
- [註13] Bloomberg New Energy Finance (BNEF). Solar ITC Impact Analysis.
<http://www.seia.org/research-resources/solar-itc-impact-analysis>
- [註14] Rocky Mountain Institute(2015). The Economics of Load Defection. 2015/07.
http://www.rmi.org/electricity_load_defection