

出國報告（出國類別：實習）

電業自由化下 再生能源購電策略之研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：陳映君(業務管理師)

派赴國家：美國

出國期間：106年2月25日~106年3月8日

報告日期：106年5月

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：電業自由化下再生能源購電策略之研習

頁數____ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/ 陳德隆/

(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：陳映君/台灣電力公司/業務處/

業務管理師/(02)2366-8489

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：106 年 2 月 25 日~ 106 年 3 月 8 日 出國地區：美國

報告日期：106 年 5 月

分類號/目

關鍵詞：電業自由化（electricity liberalization）

再生能源購電策略（Renewable Energy Purchase Strategy）

再生能源躉購制度（Renewable Feed-in Tariffs, FIT）

再生能源強制配比(Renewable Portfolio Standard, RPS)

加州電力調度中心(California Independent System Operator, CAISO)

德州電力調度中心(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)

南加州愛迪生公司(Southern California Edison, SCE)

內容摘要：(二百至三百字)

民國 106 年 1 月電業法修正通過，採綠能先行為原則，開放再生能源得透過代輸、直供及再生能源售電業等方式銷售予用戶，放寬過去對再生能源售電的限制，消費者可選擇向台電公司以外之再生能源業者購買電力，再生能源於電力市場直接銷售未來將成為電力交易市場模式之一。

本實習計畫之目的為蒐集美國再生能源法案及政策施行相關資料，包括各種再生能源政策下之再生能源補貼及收購情形、電力自由化下售電業購買再生能源之購電策略、售電業之購電部門組織架構參考，並分析再生能源政策對其自由化之下再生能源電力採購策略之影響，探究再生能源購電於自由化市場中實際運作成果，作為本公司未來面臨電業自由化之下擬定購電策略之借鏡。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目 錄

壹、出國緣起.....	1
一、任務.....	1
二、緣起及目的.....	1
三、行程.....	2
貳、研習內容.....	4
一、美國電力市場沿革.....	4
二、美國再生能源政策.....	6
三、加州及德州之再生能源購電現況.....	27
四、南加州愛迪生電力公司再生能源購電策略.....	42
五、加州電力調度中心之再生能源購電策略.....	56
參、參訪心得及建議.....	61
一、再生能源購電策略應考量再生能源憑證.....	61
二、再生能源持續發展，購電策略難預測負載量.....	62
三、新技術陸續引進，購電策略須考量儲能設備價值.....	63
四、電力自由化之後，價格是購電策略之決定性因素.....	63
肆、誌謝.....	66
伍、參考資料.....	66

壹、出國緣起

一、任務

研習電業自由化下之再生能源購電策略。

二、緣起及目的

2015 年 12 月 12 日「巴黎協定」簽訂，代表全球正視氣候變遷，該協定允許各國自行判定減排量，鼓勵各國為因應暖化衝擊，開發風力與太陽能等再生能源，欲達成 21 世紀末前限溫2度的協定。顯見綠色電力是未來施政者的重點及目標，各國均已陸續訂定相關政策以發展再生能源，如再生能源法、固定電價收購（Feed-in Tariff, FIT）補貼制度、再生能源附加費、再生能源直接銷售（Direct Marketing）或再生能源憑證制度（Renewable Energy Certifications）等。

再生能源長期發展勢必由政策保護回歸正常市場機制，再生能源於電力市場直接銷售即可能成為主流市場模式之一。2012 年開始，網路巨擘 Google、Facebook、Apple 等公司均已陸續提出資料中心（Data center）100% 使用再生能源的承諾，本實習計畫即以研究於電力市場中直接購買再生能源電能為目的，初步探討其收購策略、市場交易模式等，以期在電業自由化市場中能發展對電業有利之再生能源購電策略。

本實習計畫之目的為蒐集美國再生能源法案及政策施行相關資料，包括各種再生能源政策下之再生能源補貼及收購情形、電力自由化下售電業購買再生能源之購電策略、售電業之購電部門組織架構參考，並分析再生能源政策對其自由化之下再生能源電力採購策略之影響，探究再生能源購電於自由化市場中實際運作成果，作為本公司未來面臨電業自由化之下擬定購電策略之借鏡。

三、行程

(一) 研習日期：106 年 2 月 25 日至 106 年 3 月 8 日，共計 12 日。

(二) 出國行程：

訓練進修日期	訓練進修地點	訓練進修機構	訓練進修主題
2 月 25 日 ~ 2 月 26 日	往程		
2 月 27 日	San Francisco	Nexant	瞭解加州電力市場運作
2 月 28 日	San Francisco	加州電力調度中心 (CAISO)	參訪電力調度中心操作平台並瞭解其電力市場設計與交易模式，以及再生能源在現行架構下如何進行電力交易及結算。
3 月 2 日	Austin	德州電力調度中心 (ERCOT)	參訪電力調度中心操作平台並瞭解其電力市場設計與交易模式，以及再生能源在現行架構下如何進行電力交易及結算。
3 月 3 日	Dallas	Luminant Oncor	參訪德州最大電力供應商Luminant，瞭解雙邊合約簽訂方式、合約種類、費率結構及其他重要約

			定事項(如碳排、備用容量等)，及參訪德州最大輸配電業Oncor，瞭解電業自由化下再生能源業者與輸配電間之權利義務規範。
3 月 6 日	Los Angeles	SCE	瞭解雙邊合約簽訂方式、合約種類、費率結構及其他重要約定事項(如碳排、備用容量等)、購電策略及再生能源業者間之競合關係與策略規劃。
3 月 7 日~ 3 月 8 日	返程		

貳、研習內容

一、美國電力市場沿革

在 1970 年代以前，美國電力市場蓬勃發展，其電力市場屬於自由競爭的狀態，在消費者願意且能夠負擔之下，公用電業（Utility）可以自由訂價，且價格不受任何法規的規範。因此這個時期的電廠在產能擴充帶動電力生產成本降低下，電價也隨之調降；較低的電價也激發消費者對電力更大的需求，為了應付這些需求，電廠逐步擴充自身規模，電價也因此更進一步降低。

在這樣良性循環下，消費者樂於享受便宜的電價，而電廠也藉此機會擴大規模，因此這是一個電廠和消費者互蒙其利的時期。然而，1973 年發生的第一次石油危機卻徹底改變了這樣的局面。受到石油禁運的影響，石油價格開始飆升，使得電價也大幅上漲，為了應付燃油供給的不穩定，電業廠商開始興建燃煤電廠或核能電廠，想以自產煤炭及鈾發電，降低對燃油的依賴。但是這類電廠的建造成本卻遠高於傳統燃油或者天然氣電廠，因此高昂的建廠成本進一步反映在電價上，使得消費者負擔更為沉重。綜觀美國電力市場的演進與發展機制，可從 1978 年以前的石油危機和 1992 年的能源政策法（Energy Policy Act of 1992, EPA）中制定，大致將美國電力市場的演進分為以下四個時期：

第一階段 開放發電競爭（1978 年 ~ 1992 年）

由於電價影響的是全體人民的權益，因此為了保護消費者權益，美國政府於此時開始制定保護消費者權益的政策，例如資源整合計畫（Integrated Resource Planning, IRP）就是在此背景下訂出。IRP 要求電業廠商必須提出 10 至 20 年的長期計畫，詳細說明滿足消費需求的具體策略，且必須由主管機關審定後才可實施。此法雖然有效抑制電業廠商為了短期利潤而隨意建廠，

造成電費上升的情況，但因審核程序緩不濟急，故仍無法有效壓低當時的電價。因此，美國國會於 1978 年 11 月通過公用電業管制政策法（the Public Utility Regulatory Policies Act of 1978, PURPA），解除對非公用發電業（non-utility generation, NUG）的管制。

第二階段 開放輸電使用（1992 年 ~ 1999 年）

由於持續的高電價以及為促進電力批發市場競爭，1992 年美國政府制定能源政策法（EPA）；此舉大幅度放寬非公用發電業（NUG）參與電力批發市場競爭的限制，並授權聯邦能源管制委員會（FERC）要求公用電業開放輸電線路供其他公用電業、非公用發電業及其他電力批發市場參與者公平使用，使美國電力市場由局部開放發電競爭進入全面開放競爭的局面。

然而，為了管制全面競爭的公平性，FERC 於 1996 年 4 月發布了第 888 號及第 889 號命令（the Order 888；the Order 889），要求公用電業者提供第三方市場參與者公平並無歧視的輸電使用、對不同項目的供電成本採行分離計價、將輸電操作功能予以獨立以提供公用電業回收套牢成本機會、開發網路即時資訊公告系統並提供市場參與者及時的輸電資訊。1998 年 FERC 正式制定電力競爭計畫以促進再生能源發展。

第三階段 區域輸電組織（1999 年 ~ 2002 年）

因應輸電網路開放使用的需求以及在加州北部設立了獨立電力調度中心，FERC 於 1999 年 12 月發布另一項命令，第 2000 號命令（the Order 2000）；此命令針對區域性輸電組織（Regional Transmission Organizations, RTOs）進行規範，主要議題包括：RTO 的中立角色、RTO 的範圍與區域特性，RTO 的操作權限以及其他與系統短期可靠度相關之議題。此制定提倡 RTO 之理念，將區域輸電系統加以整合形成一個新的經濟實體。

第四階段 標準市場設計（2002 年 ~ 2013 年）

為使電力批發市場的功能更為完整，FERC 於 2002 年根據其電力市場制度發展出電力批發市場標準市場設計與建立全國適用的電力批發市場平台，並於 2003 年 4 月公布政策白皮書。此白皮書要點包括，建立區域性獨立電網操作機構，建立區域性的輸電規劃程序，建立合理公平分攤輸電網路成本的方法、市場監控及防治市場壟斷的機制，建立電能及輔助服務的現貨交易市場，提高電網壅塞管理的資訊透明度與效率輸電容量使用權的定義與定價方法，確保系統運用所需資源充足無虞的方法。

2005 年 FERC 針對 1992 年通過的能源政策法（EPA）進行擴大管制權限，其主要政策目標包括：加強管制以防止消費者權益被剝削並確保公平競爭之必要條件以及提供更穩固的能源基礎建設，並於 2008 年透過市場基礎訂價來制定銷售電力和補助服務，以確保售電的公平性與合理性。另為改善批發能源市場的運作和競爭力，FERC 於 2011 年制定能源批發市場需求量反應補償（Demand Response Compensation）以及 2013 年核定修改分散式電力系統規定，此規定針對設備的種類、結構制定明確標準，對分散式電力系統增訂一致性的規格以及設置篩選標準移除電網中運作不佳的分散式發電裝置。

二、美國再生能源政策

美國現行推動再生能源主要源自 1978 年制定的公用電業管制政策法（PURPA），PURPA 開放非公用性質的獨立發電業者（Independent Power Producers, IPPs）加入電力批發市場，並要求公用電業開放代輸，允許獨立發電業者、合格設備業者（Qualifying Facilities, QFs）與其併聯，可透過公用電業輸電網路輸送電力予用戶。QFs 係指再生能源發電業者與汽電共生業者，利用水力、風力、太陽能、地熱、生質能等再生能源及替代能源生產電力的非公用電業，QFs 必須符合 FERC 制訂的特定運轉、效率、燃料使用標準等規定，如果 QFs 符合規定，公用電

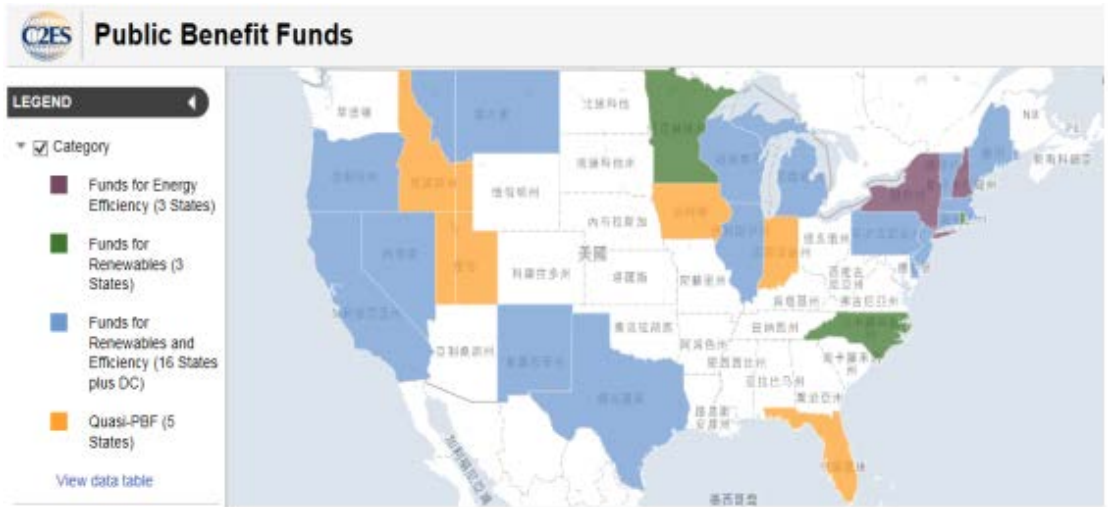
業必須以迴避成本（avoided cost），即公用電業自行生產或購買電力之成本，向 QFs 購買電力，並與 QFs 簽訂長期合約。PURPA 是最早規定躉購費率制度的立法，也是最早規定有關公用電業收購小型再生能源發電之立法，並開啟分散式發電（Distribution Generation, DG）之模式，同時實施再生能源發電稅負抵減措施。其後之經驗證明，PURPA 係一項鼓勵發展再生能源的有效措施，其激勵作用來自於電力公司允許符合資格的小型電廠併聯發電，並以避免成本購買再生能源電力，有利的避免成本價格大大激勵了再生能源電力的發展。

在獎勵再生能源方面，由於美國幅員廣大，且有地方分權之傳統，因此，美國各州有權力決定自己的產業政策，支持再生能源的法案也因各州之產業差異及執政政黨而不同。雖然如此，聯邦政府仍可以用聯邦法案領導州政府之政策取向；美國聯邦政府對再生能源的政策主要由能源部主導，偶爾也會有來自環保署、農業部等其他部會的參與。較為重視環境保護的州也會有自己的再生能源政策目標及補貼政策，聯邦政府沒有設定統一的補助標準，對再生能源電力的補貼必需依靠各州州政府自行決定，而各州州政府提供之補貼則需視州政府的財務狀況而定。由於美國州政府提供之再生能源電力補貼必須由州政府的財政支出負擔，因此，各州政府較不傾向以補貼上網費率的方式（Feed-in Tariff, FIT），而較多是採取強制的再生能源配額（Renewable Portfolio Standards, RPS）、免除稅賦等方式促進再生能源電力事業之發展。以下就美國主要的再生能源激勵政策作說明：

■ 公共利益基金（Public Benefits Funds for Renewables Energy, PBFs）

PBFs 主要成立的宗旨是幫助收入不足以支應開銷，但施行卻具有高度能源效益之計畫，或者補助能夠提升能源使用效率之計畫。此基金的主要收入來源是隨電費徵收的附加費，由州政府選定基金管理者負責檢視基金的運用成效。下圖 1 顯示，美國公共利益基金大可分為四類別分布在各州，分別為能源效率基金（fund for energy efficiency）三州、再生能源基金（fund for renewables）三州、再生能源效率基金（fund for renewable and efficiency）16州，

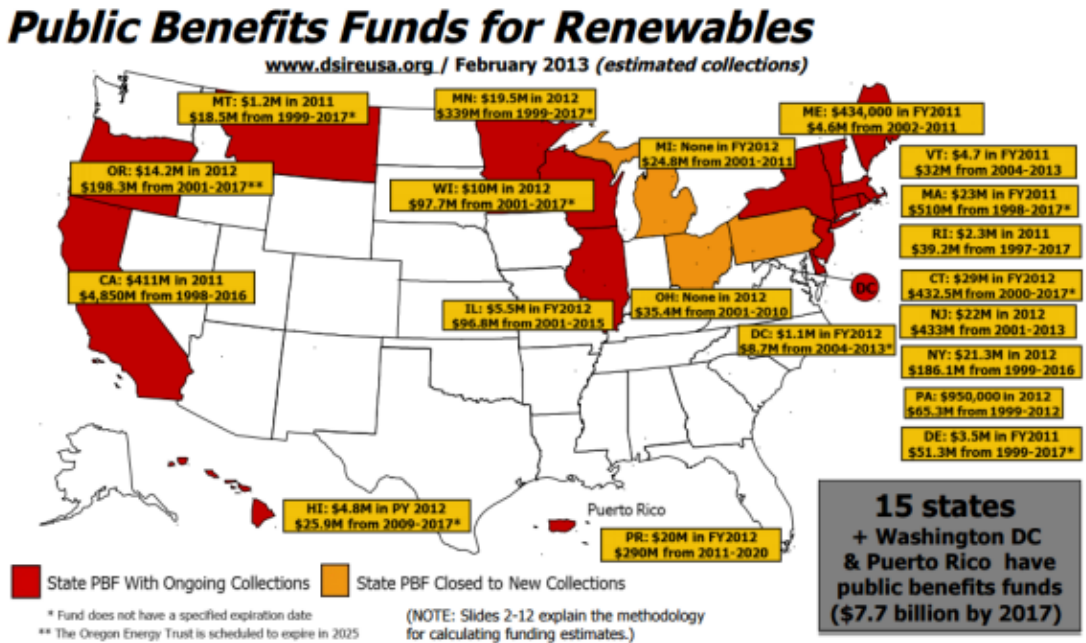
以及準公共利益基金（quasi-PBF）五州。



資料來源：<http://www.c2es.org/us-states-regions/policy-maps/public-benefit-funds>

圖 1 美國各州使用 PBFs 之類別分布圖

圖 2 是全美各州使用 PBFs 的分布圖，其中紅色部分是目前仍實行 PBFs 的州，這些區域預估在 2017 年時，PBFs 的總額將可達到 77 億美金，對美國再生能源的推展將有很大的助益。



資料來源：<http://www.dsireusa.org/>

圖 2 美國各州使用 PBFs 的分布圖

■ 租稅減免政策

美國聯邦政府制定了許多減免租稅以提升誘因的政策，其中尤以生產稅額減免（Federal Production Tax Credit, PTC）和投資稅額減免（Federal Investment Tax Credit, ITC）對於推動再生能源的發展助益最大。

(A) 生產稅額減免（Production Tax Credit, PTC）

PTC 始於 1992 年之能源政策法（EPA），乃依據發電業者再生能源發電量為基礎計算減免付稅額之制度，適用期間為商轉後 10 年內，各類再生能源及其稅額減免額度整理詳見表 1。自 1992 年施行起，PTC 一直被視為美國風力發電的主要推手，故原訂於 1999 年停止之 PTC，在政策考量之下共歷經 9 次的延長，目前 PTC 已於 2015 年 1 月終止，然未來 PTC 是否維持終止或延長尚未定案，仍有待美國國會討論。

表 1 美國 PTC 適用再生能源類別及稅額減免額度

再生能源類別	稅額減免額度
風力、地熱、生質能(封閉式)	0.022 美元/度
生質能(開放式)、垃圾掩埋沼氣、廢棄物、水力、海洋能	0.011 美元/度

資料來源：美國能源部 DOE。

PTC 政策對美國風電產業影響甚鉅，2014 年就為美國市場吸引了 83 億美元的投資額，這樣的數字代表著 PTC 為美國就業市場，尤其是風電產業和製造業，提供了許多就業機會。根據 2014 年美國風力市場的報告指出，當年度的風力市場就比前一年增加了 30% 雇用人數，從 50,500 人提升至 73,000 人。然而，PTC 的誘因是否會持續產生效果，還是要看未來政策如何改變。

(B) 投資稅額減免（Investment Tax Credit, ITC）

ITC 始於 2005 年之能源政策法（EPA），為針對再生能源發電設備

投資金額減免固定比例稅額之制度，各類再生能源及其稅額減免比例詳見表 2。

表 2 美國 ITC 適用再生能源類別及稅額減免比例

再生能源類別	稅額減免比例
太陽能、燃料電池、小型風力發電	30%
地熱、微渦輪機	10%

資料來源：美國能源部 DOE。

ITC 自 2006 年施行後，為美國推動太陽光電發展的重要措施，原規劃於 2007 年終止，由於推動效果極佳，業界渴望再獲展延，故其後歷經 2 次展延，ITC 延續至 2016 年 12 月，2017 年起 ITC 已下調稅額減免比例：

1. Residential ITC：包含 Residential sized projects and homeowners purchase solar systems and install on their homes，下調為 0%。
2. Commercial ITC：包含 utility scale、commercial sized projects，下調為 10%。

根據美國太陽光電協會（the Solar Energy Industries Association, SEIA）的統計，全美 50 個州因此投資在太陽光電產業的金額大幅上升，使太陽光電新增裝置容量提升了 3,000%，為全美提供了約 14 萬 3 千個工作機會，這些數字顯示了 ITC 的政策支援對於太陽光電產業發展的重要性。

表 3 為此兩種主要的財務誘因之比較表：

表 3 PTC 和 ITC 比較表

財務激勵措施	生產稅額減免 PTC	投資稅額減免 ITC
管理機構	U.S. Internal Revenue Service	U.S. Internal Revenue Service
適用能源別	地熱、風力、生質能、水力、	太陽能、地熱、風力、都市廢

財務激勵措施	生產稅額減免 PTC	投資稅額減免 ITC
	都市廢棄物、垃圾掩埋場沼氣、海洋能	棄物、汽電共生、燃料電池、海洋能、微型渦輪機
適用部門別	商業、工業	商業、工業、公私立公用電業、電力合作社、農業
免稅額度	\$0.022/kWh- 風力、地熱、生質能(能源作物) \$0.011/kWh- 水力、都市廢棄物、垃圾掩埋場沼氣、海洋能、生質能(農林畜廢棄物)	裝置費用之30%- 太陽能、燃料電池、小型風力 裝置費用之10%- 地熱、微型渦輪機、汽電共生
免稅額上限	-	燃料電池- 每 0.5 瓩 \$1,500 微型渦輪機- 每瓩 \$200 其餘能源別無上限
裝置容量限制	海洋能- 150 瓩以上 生質能(使用畜產廢棄物) - 150 瓩以上	小風機- 100 瓩以下 燃料電池- 0.5 瓩以上 微型渦輪機- 2 千瓩以下 汽電共生- 50 千瓩以下

註：1.資料來源：DSIRE (Database of State Incentives for Renewables & Efficiency)

2.同一裝置允許同時使用 PTC 和 ITC。

(C) 其他財務激勵措施

其他還有國家財政補貼計畫、聯邦貸款擔保計畫、聯邦生產退稅、聯邦與地方財政激勵計畫、稅收加速折舊以及各種州級現金激勵計畫等，整理如下表 4：

表 4 其他再生能源財稅優惠政策

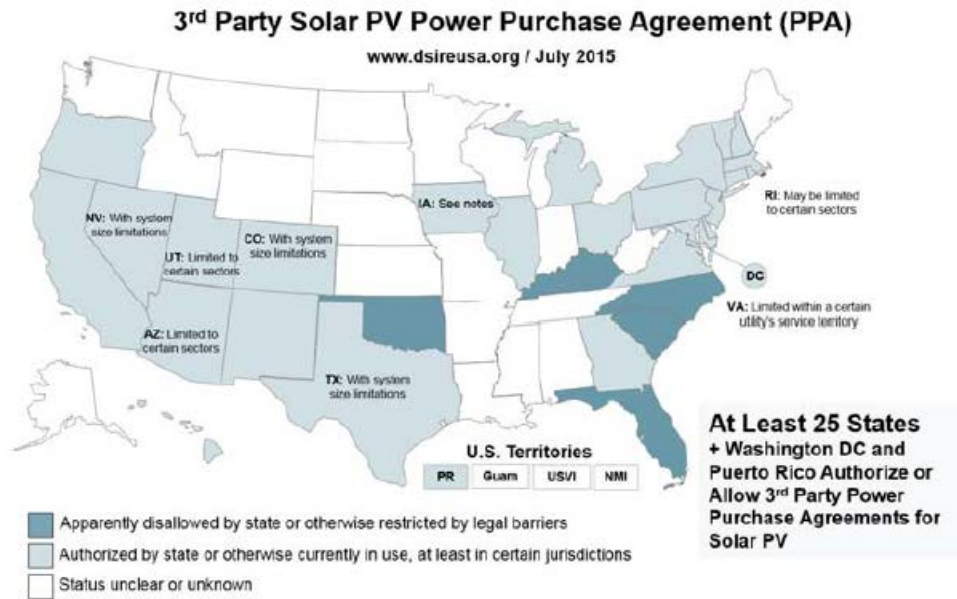
計畫名稱	簡要介紹
國家財政補貼計畫	符合條件的再生能源項目，提供 30% 的現金補貼。
聯邦貸款擔保計畫	為符合條件的機構提供債務擔保，降低其商業風險。
聯邦生產退稅	為新清潔能源製造企業投資提供 30% 的退稅。
聯邦與地方財政激勵計畫	各州和城市也會推出各種激勵計畫，以吸引清潔能源製造企業，製造商通常會與多個州和社區進行談判，以獲得最有吸引力的激勵措施。
稅收加速折舊	通過稅收加速折舊，再生能源項資產得以 5 年進行稅收折舊，不必以資產使用壽命估算期限（15~20年）進行折舊。
各種州級現金激勵計畫	為再生能源專案或製造企業提供現金激勵，最常見的類型是為分散式太陽能發電設施提供預付折扣或基於發電量的補貼方式。

資料來源：Ryan H. Wiser 美國再生能源財稅優惠政策簡介。

■ 3rd Party Solar PV Power Purchase Agreement (PPA)

此協定允許太陽能系統商於有意願之電力消費者的財產(房屋、土地)裝置太陽能發電裝置，所生產之電力可回賣給該消費者。下圖 3 是美國各州目前實施第三方能源購買協定的情況，至少有 25 個州有限制或完全允許此協

定的執行。



資料來源：<http://www.dsireusa.org/resources/detailed-summary-maps/>

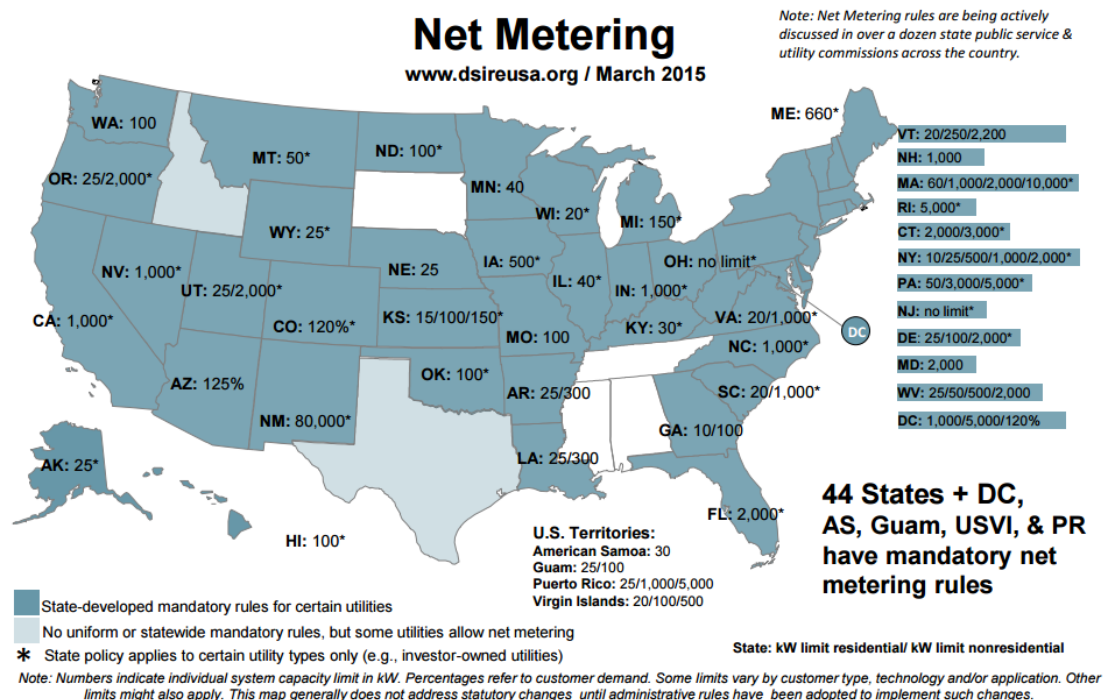
圖 3 美國實施第三方能源購買協定分布圖

除上述 PPA 模式外，另外還有 Lease 及 Loan 模式：Lease 模式是用戶向系統商租用 PV 系統，毋須負擔高額初期安裝費和稅賦手續，Loan 模式與房貸類似，用戶採分期付款向系統商購買 PV 系統。由於 2017 年起 ITC 將由 30% 下調為 10%，但且因模組價格逐漸下降，民眾較可負擔，許多系統商加速推廣 Loan 模式，讓用戶直接購買系統。

■ 淨計量法 (Net metering, NEM)

NEM 宗旨在於「讓客戶抵銷用電 (enable customers to offset their usage)」更甚於「發出多餘電力 (generate surplus energy) 賣給電力公司」，係分散式再生能源設備發電量抵免自家用電量之制度，在此制度下，再生能源設備設置者可將餘電回售，並獲得積點抵用其電力消費，透過此計價方式消費者只須負擔其淨電力消費。在美國共有 44 州及哥倫比亞特區採行，然制度內容隨各州及電力公司而異，如容量上限及適用再生能源類別等之差異，下圖 4 記載了實施淨計量法的州別，以及其對於個別再生能源裝置容量上限的規定

情形。



資料來源：<http://www.dsireusa.org/resources/detailed-summary-maps/>

圖 4 美國施行淨計量法之州別分布圖

下表 5 則列出了主要各州實施淨計量法在購回費率、購回單位及總量限制的比较：

表 5 美國主要各州淨計量法之比較

地區	主管機關	購回費率	購回單位	總量管制
CA	加州公共事業委員會/能源委員會 (CPUC/CEC)	零售電價/現貨市場價格	所有公用電業 (除洛杉磯水電局)	尖峰負載的5%
AZ	亞利桑那州自治委員會(ACC)	零售電價/尖離峰時間計價	民營公用電業 (IOU)、電力合作團體	無
NM	新墨西哥公共法規委員會(PRC)	避免成本	IOU、電力合作團體	無
CO	科羅拉多州公共事業委員會 (PUC)	零售電價	所有公用電業 (除部分小型電力公司)	無
TX	德州公用事業委	無	無	無

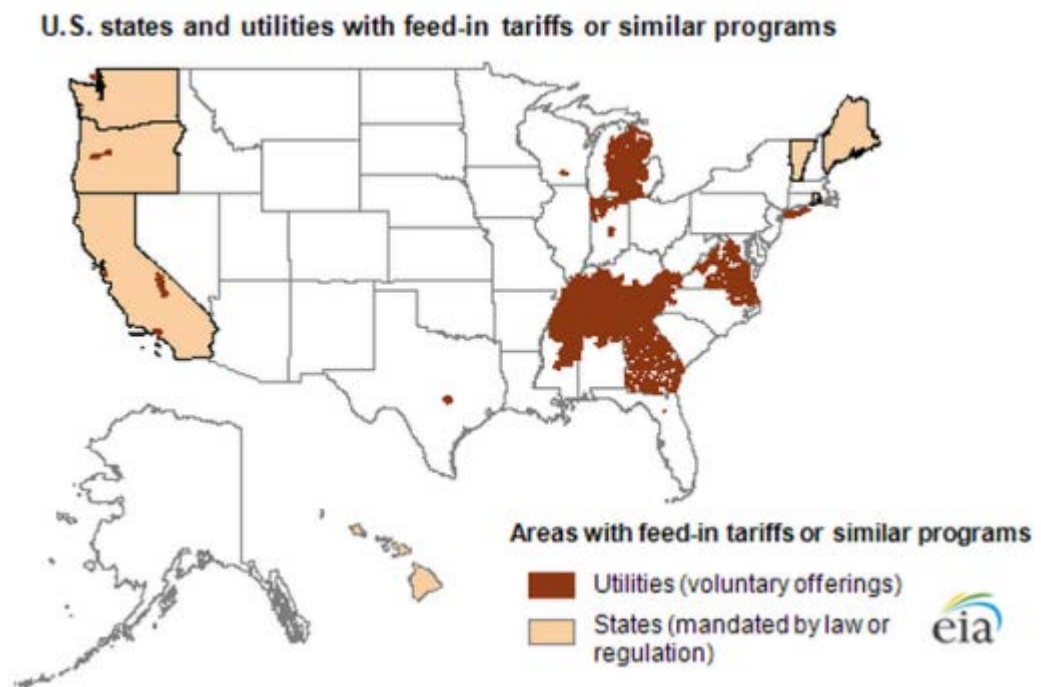
地區	主管機關	購回費率	購回單位	總量管制
	員會(PUCT)			
NJ	紐澤西州公用電業部(BPU)	零售電價	IOU、電力供應商	2005年尖峰負載的1%
NY	紐約公共服務委員會(PSC)	零售電價	IOU	無
FL	佛州公共服務委員會(PSC)	零售電價	IOU	無
PA	賓州公共事業委員會(PPUC)	零售電價	IOU	無
HI	夏威夷公共事業委員會(HPUC)	零售電價	所有公用電業	無

資料來源：工研院IEK整理(2015/06)

近年各州政府在 NEM 之法規制度建立上採取積極的作為，然而在不斷拓展在再生能源發展的同時，公平性之議題也慢慢浮現，反面意見為在此政策制度下，將增加電網及基礎設施的負擔，且無相對應之補償配套措施，彌補電業隨其增加之運維成本。NEM 首次爭議起於美國亞利桑那州最大公營電力公司 Arizona Public Service，主要論點為 NEM 使得電力公司收入減少，但電力公司依然承擔用戶的電網固定成本，違反公平性，故於 2013年6月起決定對 NEM 用戶收取每月 \$0.7/kW 之費用。2015 年 1 月，亞利桑那州另一間電力公司 Salt River Project 對於 PV 用戶提升收費，引起系統商 Solar City 提出告訴。前述效應也擴散至其他州，2014 年 12 月威斯康辛州電力公司 We Energies，加收每月 \$3.79/kw 之費用，也引起系統商 Solar Choice 和 RENEW Wisconsin 之提告。截至 2015 年止，新墨西哥州、堪薩斯州、夏威夷之電力公司均曾提案對 NEM 用戶收費，但尚未定案。目前看來，NEM 的爭議仍將持續延燒，但各州態度不一，支持收費者認為 NEM 用戶有義務分攤電網維運固定成本，反對者認為阻礙太陽光電產業發展，如何在分散式電源及電網衝擊中取得平衡點，其中也包含電業的成本與效益，將影響未來 NEM 的政策走向。

■ 躉購費率制度 (Feed-in Tariffs, FIT)

FIT 制度要求電力公司與再生能源電能提供者簽訂合約，保證長期(10~20年)收購該設備上傳至電網的所有電能，而保證購買價格則是由政府根據各能源類別之設備建置成本及考量適當報酬率訂定，因為各能源設備之建置成本不同，各能源別電能收購價格也因此有所差異，故相較於低成本技術(如風電)，FIT 常對高成本技術(如太陽光電)有較高收購價格。此制度下申請之設置量由市場力量決定，較難準確預估，但可保障各類別再生能源之平衡發展，及業者長期穩定之投資收益。



資料來源：EIA；<http://energyinformative.org/net-metering-feed-in-tariffs-difference>

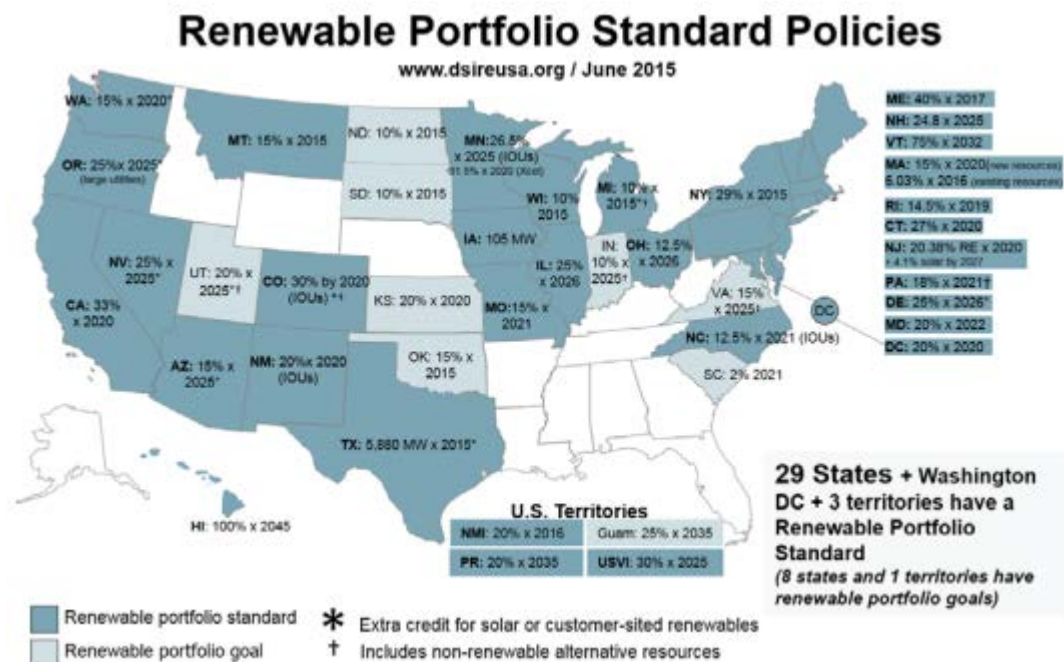
圖 5 美國施行 FIT 制度之州別分布圖

在美國，FIT 制度是相對較新的再生能源推廣政策，即便此制度早已經被歐洲各國政府所採用，但在美國FIT則遲至 2009 年才為加州、夏威夷州、佛蒙特州、華盛頓州等州採用，成為主要的再生能源推廣政策之一。

■ 再生能源強制配額制度 (Renewable Portfolio Standard, RPS)

RPS 係透過強制性法規規範電業供應之電力應有一定比例來自再生能源發電，以提高整體再生能源發電量，此制度也被稱為「再生能源電力標準」，而通常會以再生能源交易憑證 (Renewable Energy Certificates, RECs) 作為配套，使 RPS 執行上更具彈性，然相關規範各州有所不同。

1983 年愛荷華州率先制定 RPS 後，各州陸續跟進實施，目前美國境內共有 29 州、華盛頓特區等(總計約供應全美國 56% 的電力)採行 RPS 並訂有目標，其他州雖無制定，但仍有自願性目標，惟尚無聯邦位階之 RPS 產生(註；相關提案遭小布希總統否決)。



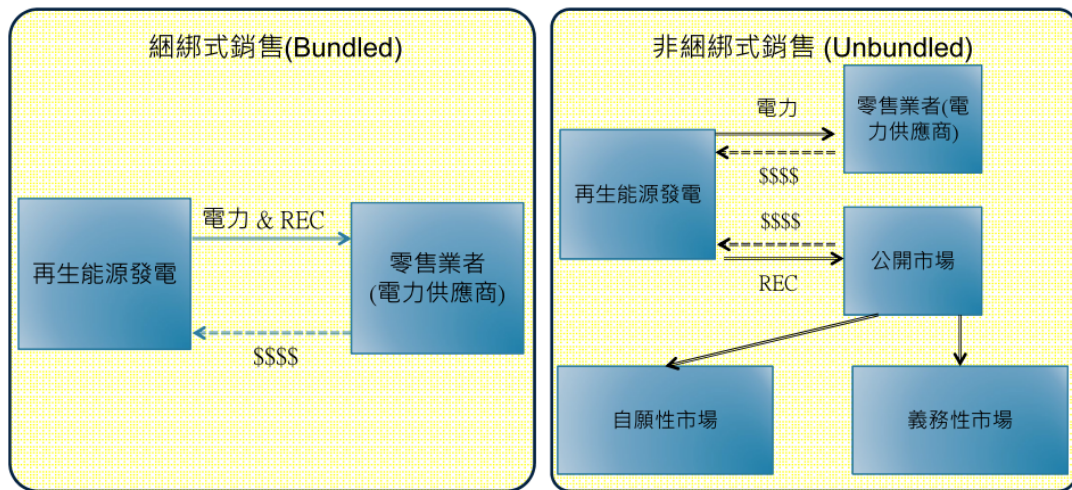
資料來源：<http://www.dsireusa.org/resources/detailed-summary-maps/>

圖 6 美國施行 RPS 制度之州別分布圖

不同於FIT，RPS 係從強制改變市場供應結構著手，逐步達成再生能源發展目標，由政府設定明確總量目標，規定電業須保證一定比例之再生能源電力，但價格則由市場機制決定。此制度讓不同再生能源技術於同一市場競爭，有利篩選最有效率之技術，不致形成補貼錯誤產業之情況。

基於各州自身環境、資源條件，RPS 之設計隨各州而異，基本上規範義務者為公用電業及零售電業。在執行方式上，執行力強的政策通常會搭配不遵守義務的罰則，以罰鍰或替代服從規費（Alternative Compliance Payment, ACP）對不履行義務或舞弊者進行裁罰。在監管上，通常是由各州公用事業委員會（Public Utility Commission, PUC）負責認證。

然而，RPS 僅是目標性制度，為使這項制度能夠有效運行，多數 RPS 會搭配再生能源憑證（Renewable Energy Certificates, RECs）機制，RECs 係再生能源發電的所有權憑證，是一種可交易商品，除可選擇依附在再生能源電力上銷售（Bundled），亦可與再生能源電力分開銷售（Unbundled），如下圖 7。



註：義務性市場，指承擔 RPS 義務的電力公司之 RECs 交易市場。自願性市場，指公司行號或家庭等有意願使用綠色電力者之 RECs 交易市場。

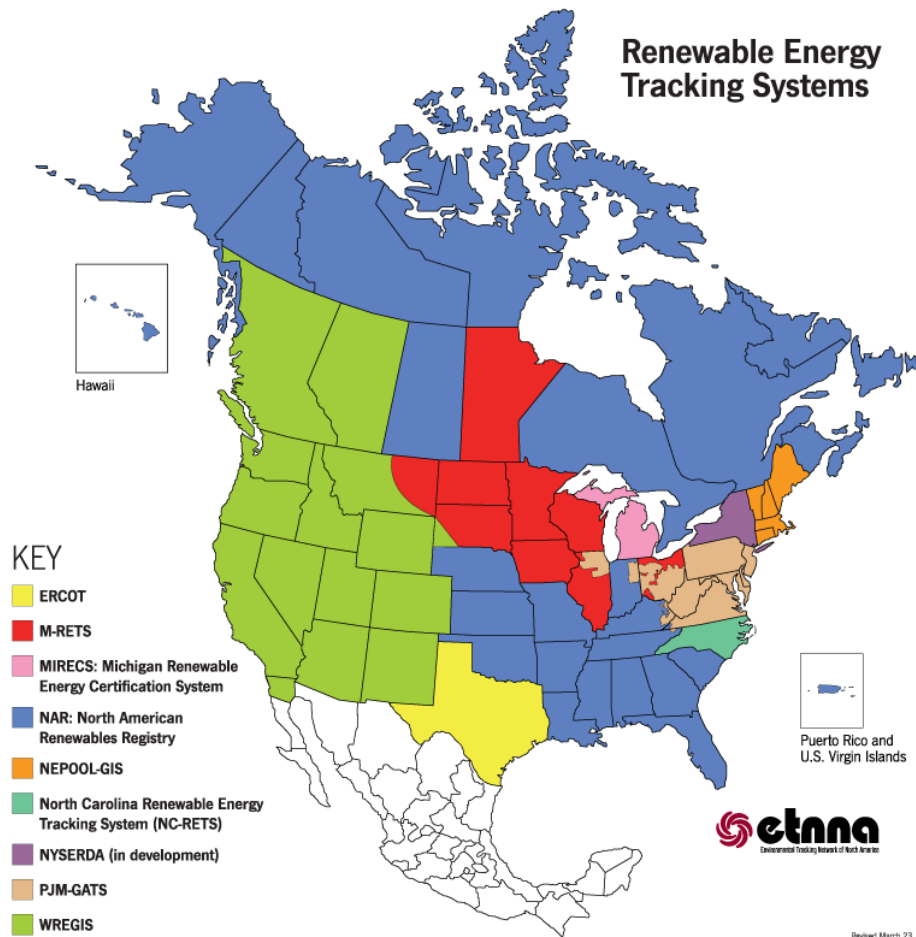
資料來源：CPUC，工研院IEK整理

圖 7 再生能源憑證之交易模式

透過 RECs 的交易機制，可使未達成配比義務的公司向完成義務且有多餘再生能源電力之公司購買 RECs 來完成義務，加上再生能源受到自然環境限制，並非每個區域都有適合發展的自然資源，再生能源電力商品供應不足的州，亦可以靠 RECs 補足對再生能源發展的需求，電力公司亦可購買 RECs 再包裝為綠色電力商品銷售。此外，RECs 制度亦提供自用發電設備用戶一個銷售自產綠色電力之管道，允許其透過綠色電力帳戶累積一定發電量

之後，再透過銷售機構將 REC 售出。

RECs 的交易可以跨州、跨電力公司，以及跨供應商銷售，美國 REC 銷售的地區分為 5 大地區，還有 4 個自成系統的州，REC 銷售系統分區如圖 8 所示。

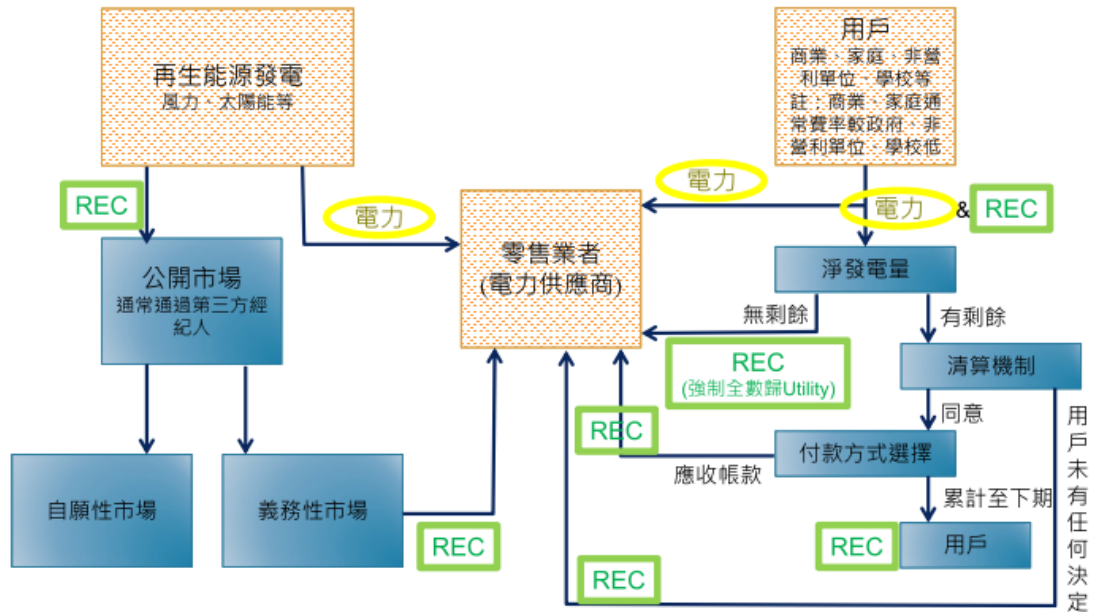


資料來源：美國能源部網站

圖 8 美國 REC 銷售系統分區

REC 系統為滿足「外加性」的要求，即不與美國各州現有之 FIT 制度與 RPS 制度競爭，REC 銷售組織之發電量計測採取認定發電機組之方式，每臺在 REC 組織登錄之發電機組，不能再將其發電量登錄於各州之 FIT 或 RPS 制度管理單位或其他的 REC 銷售組織，登錄 REC 的機組不得將同一機組生產之發電量分售，如果機組改裝過以增加發電量，亦必須承報

RECs 銷售組織。各機組生產之再生能源發電量先儲存在發電機組持有者的電力帳戶之中，欲購買 RECs 的消費者，亦必須在同一個 RECs 銷售組織中擁有電力帳戶。消費者在購買 RECs 時，就從生產者持有的電力帳戶中，將 RECs 轉移至消費者之電力帳戶中。RECs 的交易流程如圖 9。



資料來源：CPUC，工研院 IEK 整理

圖 9 再生能源憑證之交易流程

一般而言，RECs 的價格原則應等於再生能源發電自身價格與傳統能源發電市場價格之間的差額，但最終的成交價格仍由市場決定。RECs 的價格差異很大，從 0.5 美分/度到 3.0 美分/度都有，此價格差異與地區、綠電來源、各州政府相關補貼政策有關。然為避免業者為了持有足夠的 RECs 付出過高成本，有些州會替 RECs 的價格設定上限，即前述之罰鍰或替代服從規費 (Alternative Compliance Payment, ACP)，並允許電業無限量購買，以避免 RPS 制度對經濟產生不利影響。

另外，值得一提的是 RECs 的所有權問題，前面曾提及，1978年的聯邦法律 PURPA 要求公用電業必須收購某些合格發電設施 QFs 的電能，包括汽電共生和再生能源，PURPA要求公用電業以避免成本支付 QFs，但未提及

RECs，在許多 QFs 合約簽署後，RECs 在 90 年代後期才開始出現，隨著許多州導入 RPS，RECs 日顯其重要性與價值，然而，大多數早期簽訂的 QFs 合約對哪一方擁有 RECs 是沒有規範的。針對上述爭議，FERC 在 2003 年曾做出解釋：

- 除非合約另有規定，否則公用電業以避免成本收購 QFs 電力，並不能獲得 RECs 所有權。
- 由各州決定所有權的歸屬，係依據法律上的規定，而不是以避免成本收購來認定。

然而，這一解釋並沒有解決爭議，購售雙方反引用 FERC 的解釋來支持各自所持之論點。目前已有 16 個州對此做出規範，其中，大多數州將 RECs 分配給公用電業，而不是 QFs，特別是在已實施 RPS 的州，因為監管機構相信，將 RECs 分配給 QFs 會進一步提高實施 RPS 的成本。在幾個州，QFs 則透過新的合約條款保留 RECs。有兩個州認為應該就 QFs 提供 RECs 方面的補償。

表 6 各州 QFs 之 RECs 所有權歸屬政策

RECs Conveyed to Power Purchaser	Proceeding in Process (←leaning→)	RECs Retained by QF Unless Otherwise Stated in Contract
CO (existing contracts) CT (existing) ME (existing) * MN (existing) ** ND (existing and new, with compensation) NJ (existing) NM (existing and new) NV (existing) TX (existing) WI (existing) **	AZ → ← CA (existing) * PA	CO (new contracts) NV (new) OR (new) RI (new) TX (new) UT (new)
	<p>* ME and CA currently count PURPA QF contracts towards RPS, without specifically requiring RECs to be transferred to the buyer.</p> <p>** In MN and WI, renewable attributes appear to be conveyed with underlying energy deliveries, by default, for purpose of compliance with state RPS, but REC treatment is not stated explicitly.</p>	

資料來源：Lawrence Berkeley National Laboratory。

以下就 QF RECs 所有權歸屬主要之正反意見歸納如下表：

表 7 RECs 所有權爭議之相關論點

認為電業擁有 RECs	認為 QFs 擁有 RECs
<ul style="list-style-type: none"> ■ 再生能源特質與電力係不可分割的，沒有再生能源屬性，QFs 將不符合 PURPA 合約資格。 ■ 公用電業支付 QFs 的價格已高於市場價格。 ■ 將 RECs 歸屬 QFs，會增加用戶的負擔，並增加執行 RPS 的成本。 ■ 公用電業將被迫兩次支付 QFs，一次為電力，另一次為 RECs，卻沒有為用戶帶來額外利益。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 以避免成本收購的是電力的容量及能量特性，而不是再生能源屬性，再生能源屬性只是使 QFs 符合合約的條件。 ■ 公用電業收購價格係基於避免成本訂定，而非基於 QFs 的經濟需求，支付容量和能量的價格與 RECs 所有權無關。 ■ RECs 與電力的銷售分開，是為了補償再生能源發展風險，及鼓勵發展新資源。 ■ 公用電業和用戶即使沒有 RECs 也能獲得利益：如增加燃料多樣性、安全在地的能源供應、提高能源生產效率，以及不易波動的固定價格。

資料來源：Lawrence Berkeley National Laboratory。

同時，對於 NEM 及接受再生能源基金財務援助的再生能源設備，其 RECs 所有權也不確定歸屬何方。在 NEM 方面，因涉及的用戶遠比 QFs 業者多，尤其是在分散式電源 DG 也適用 RPS 的情況下，而有明確處理 RECs 所有權的需求，如果未明確規範，多數會認為擁有 DG 的客戶擁有 RECs。目前，有 6 個州係將 RECs 授予用戶或 DG；3 個州用戶可就發電自用部分

獲得 RECs，餘電躉售部分之 RECs 則歸屬公用電業（其中 2 個需要另外對用戶補償）；1 個州和 DC 採公用電業和用戶之間共享 RECs 之作法。絕大部分的州傾向 RECs 不給予公用電業，只有馬里蘭州和華盛頓 DC 才考慮提供給 LSE。

表 8 各州 NEM 之 RECs 所有權歸屬政策

RECs Associated w/ Customer Load Conveyed to Utility	RECs Associated w/ Net Excess Generation Conveyed to Utility	Proceeding in Progress (←leaning→)	RECs Retained by Customer-Generator	RECs Shared between Utility and Customer
NorthWestern Energy+	MN (with compensation) ND (w/comp) NV	AZ → PA →	CA * CO MI ** MN *** ND *** NJ NM NV *** OR	MD **** DC ****
<p>* CA may reconsider ** Although MI rejected a proposal for utility ownership, it did not affirmatively award RECs to the customer-generator *** Customer retains only those RECs associated with customer load **** Implementation details not yet available + Although not a state, NWE, a MT utility, was the only example found of all RECs going to the utility</p>				

資料來源：Lawrence Berkeley National Laboratory

在接受再生能源基金財務援助的 DG 方面，只有少數州明確規範了 RECs 所有權的歸屬，大多數州在其財務援助計畫中並無提及，且亦無相關移轉 RECs 的需求。目前，有 3 個州明確規定 RECs 保留在 DG；2 個州將 RECs 劃歸給資金贊助單位；1 個州採資助者和 DG 共享之模式。

表 9 各州設備補貼之 REC 所有權歸屬政策

RECs Conveyed to Funding Entity	Proceeding in Progress (←leaning→)	RECs Shared between Funder and Customer	RECs Retained by Generator
<p>CO*</p> <p>NV*</p> <p>Several utility programs*</p> <p>* RPS present in state. Note that RECs are given to funding entity most often when incentive is offered by a utility that is under an RPS obligation.</p>	<p>← AZ*</p>	<p>OR</p>	<p>CA* (may reconsider)</p> <p>CT*</p> <p>WA</p> <p>Most others</p>
<p>This list includes incentives in the form of grants, buy-downs, rebates or loans, that are tied to capital cost or capacity. The list does not include programs where payments are directly tied to output and whose primary purpose is to acquire RECs via long-term purchase contracts.</p>			

資料來源：Lawrence Berkeley National Laboratory。

觀察上述各州對 REC 的所有權政策，可歸納下列重點：

- RPS 正在迫使各州解決 REC 的所有權問題。
- 所有權的不確定性，限制了 REC 銷售與流通的能力。
- 對 QFs 合約而言，因為量大，REC 的歸屬影響層面大。
- NEM 也適用 RPS，雖然量小，但 REC 可幫助 DG 參與 RPS。
- 對於 FERC 裁決各界有不同解釋，各州政策仍是確認 REC 所有權歸屬的關鍵。
- 長期，REC 所有權爭議會趨於平緩，因為基於 PURPA 的 QFs 合約逐漸減少，而新合約條款一般均會指定誰擁有 REC，避免爭議。

雖然美國政府有意實施聯邦等級之 RPS，惟目前仍存有許多疑慮，首先，並非每州都具有相同的再生能源生產能力，無法一體適用同一標準；再者，再生能源設備之設置大多地處偏遠，需額外投入大量且昂貴之電力傳輸網；最後，一旦再生能源過量併網，恐將造成高壓輸電網路間歇性斷電。

在 RPS 制度下，由於政府不必進行價格補貼，因此可省卻大量財政負擔，

再者，彈性的市場機制可使被課予義務的電業，以最低成本、最有效率的方式達成再生能源目標。然當電業完成義務後，將不會增加再生能源電力的收購，因此在某種程度上將不利再生能源產業的規模化，所以 RPS 的標準必須不斷地調整。此外，由於價格取決於市場競爭，有可能使財團處於優勢壟斷地位，排斥中小企業或其他技術進入再生能源發電市場，而不利市場之健全發展，雖然可以透過設定多級目標、專案分組、證書乘數等技術性措施克服，但也將使 RPS 設計趨向複雜，大幅增加監管成本。市場競爭的另一個結果，亦給再生能源業者帶來投資風險，導致融資困難。

由於國際間再生能源政策制度主要以價格管理的 FIT 制度及數量管理的 RPS 制度為主，故下表 10 分別針對 RPS 及 FIT 制度進行優缺點之比較。

表 10 RPS 制度與 FIT 制度之介紹與比較

類別	FIT 制度	RPS 制度
運作方式	政府依再生能源技術種類、規模大小、產品品質、地點或其他屬性制定不同的再生能於電力收購費率。	政府透過立法規範電業或能源用戶之再生能源發電配比義務，業者必須透夠再生能源市場購買 RECs 來滿足其義務。
優點	<ul style="list-style-type: none"> ■ 再生能源業者投資利潤的保障與融資條件滿足較易。 ■ 成本有效的採購機制，以降低政府達成發展目標的成本。 ■ 減低再生能源計畫拖延或取消的風險。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 政府不再扮演交易員或躉購費率價格制訂者角色。 ■ 價格可透過市場供需調節決定。 ■ 擁有交易制度讓義務目標以最低成本方式達成。 ■ RECs 擁有類似金融的流動性，增加籌資的便利性。

類別	FIT 制度	RPS 制度
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 強調合理成本的各项再生能源發展。 ■ 可確保新興或非商業化再生能源科技發展。 ■ 可獲得用戶的廣大支持。 	<p>RECs 交易機制不但提供義務人短時間無法完成法定義務量的解套方式，也形成RECs 交易的次級市場。</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 低成本的再生能源技術快速發展，相對地，較高成本或技術離市場化較遠的技術就很難得到推廣。
缺點	<ul style="list-style-type: none"> ■ 無法降低費率訂定的行政成本。 ■ 無法降低業者的初設置成本。 ■ 若不設上限可能無法控制此制度的總成本，造成過多的財政負擔。 ■ 每年時常變動的費率會導致政策的不確定性增加，也可能因此造成業者融資的困擾。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 沒能充分達成鼓勵多樣化與目標外之再生能源長期發展的目的。 ■ 因市場決定價格，在價格波動下再生能源發電業投資與融資風險提高。 ■ 如果市場屬不完全競爭，易造成再生能源企業間的不公平競爭。 ■ 會造成各種再生能源發電技術間因成本不同的不公平競爭。

資料來源：再生能源躉購制度智庫及政策研究計畫，經濟部能源科技研究發展計畫年度執行報告。

三、加州及德州之再生能源購電現況

(一) 加州之再生能源購電現況

1. 簡介

加州是全美國人口最多的州，擁有最大的經濟體，其總能源需求僅次於德克薩斯州。雖然加州有許多能源密集產業，是全美第二大零售電力市場，但該州力行促進能源效率之政策，有效地限制了能源需求的增長，因此加州人均總能耗量是美國最低的州之一，除夏威夷以外，其住宅人均能源使用量為全美最低（註：除節能政策外，氣候乾燥溫和也是原因，根據美國國家家庭報告，加州五分之二以上的家庭沒有或不使用空調，七分之一沒有或不使用暖爐或暖氣）。

2. 電力市場

加州是美國自 90 年代電力市場開放以來，第一個實施電業自由化的州，目前加州的市場結構，乃是由具競爭性的發電市場、電力調度中心（ISO）、排程協調者（Scheduling Coordinators, SC）、零售業者（Retailers）、及配電公司（Utilities Distribution Company, UDC）為主體所組成，如圖 10。

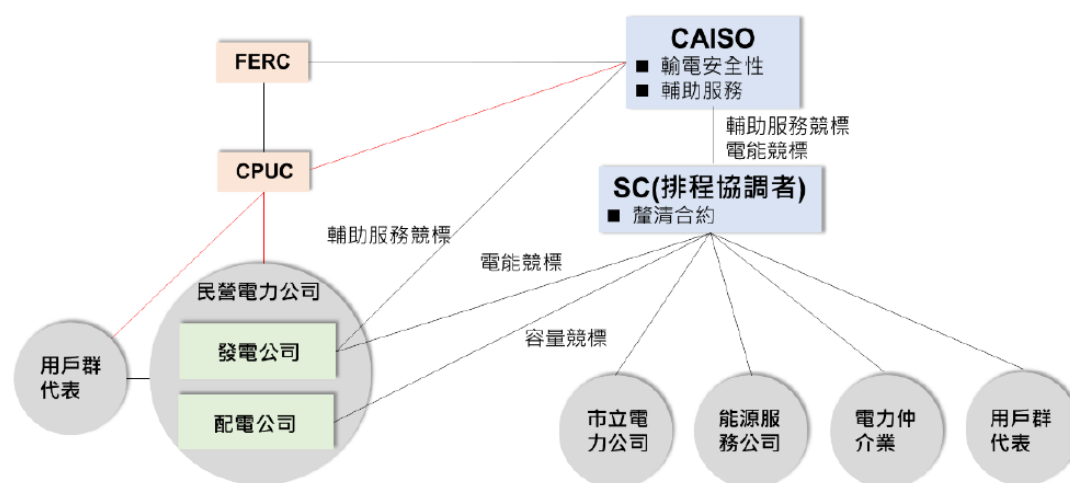


圖 10 加州電力市場架構

3. 再生能源發電

根據加州能源委員會 (CEC) 統計資料顯示，加州 2015 年發電量以天然氣占大宗，約 117,482GWh (占 60%)，其次為核能發電的 18,525GWh (占 9%)，大型水力為 11,569GWh (占 6%)，再生能源為 47,646GWh (占 24%)，其中又以太陽光電為最多。(詳見表 11)

表 11 加州燃料別發電量 (GWh)

Primary Fuel Type	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Coal	3,735	3,406	3,120	1,580	1,018	1,011	538
Biomass	6,111	5,981	6,051	6,201	6,550	6,776	6,356
Geothermal	12,907	12,740	12,685	12,733	12,479	12,186	11,994
Nuclear	31,509	32,214	36,666	18,491	17,860	17,027	18,525
Natural Gas	117,287	109,886	91,221	121,884	121,067	121,975	117,482
Large Hydro	23,659	28,483	35,682	22,737	20,319	13,739	11,569
Small Hydro	4,880	5,706	7,049	4,723	3,778	2,737	2,423
Solar PV	11	82	208	962	3,653	8,949	12,571
Solar Thermal	841	879	889	867	686	1,624	2,446
Wind	6,249	6,172	7,598	9,242	11,964	13,074	11,856
Oil	67	52	36	48	38	45	54
Other	20	12	13	14	14	16	14
Grand Total	207,276	205,612	201,220	199,483	199,427	199,159	195,829

資料來源：加州能源委員會 (CEC)。

加州是全美最大的再生能源發電的州之一，在太陽能、地熱和生質能的發電方面均冠於全國，在常規水力發電和風力發電方面，則在全美排名第四。在太陽能部分，加州有相當大的太陽能潛力，特別是在該州的東南部沙漠，幾個世界上最大的太陽能發電廠均座落於加州的莫哈韋沙漠。加州也是全美第一個太陽能發電占比超過 5% 的州；目前，加州擁有約 5,498MW 的太陽能發電裝置容量。在地熱部分，加州在沿海山脈、北部的火山地區，以及與內華達州和薩爾頓海的邊界處，都發現了大量的地熱資源，擁有超過

2,700MW 的裝置容量，是全美地熱發電最大的州。在風力方面，加州的風力發電潛力很大，特別是該州的東部和南部山脈，其風力發電裝置容量超過 6,000MW，超過美國總量的 6%，僅次於德州、愛荷華州和俄克拉荷馬州，排名全美第四。

原本加州有兩個核電廠四座反應爐，提供了該州六分之一的發電量，然而，由於設備問題，San Onofre 核電廠的兩個反應爐在 2013 年中被永久關閉，使加州的核能發電量減少一半。另一方面，加州水力發電量占全美近 14%，若有足夠的降雨量，水力發電可占加州發電量的四分之一以上，但由於長期乾旱，在 2015 年水力發電供應不到十分之一。前述加州水力、核能發電的減少，在很大程度上係由再生能源彌補，Sunrise Powerlink 電網計畫的投入，增加了南加州電網大約 800MW 的傳輸能力，協助匯集來自東南部的再生能源電力，幫助南加州解決了水力、核能發電減少造成的容量短缺問題。

4. 加州再生能源購電現況

加州於 2002 年建立 RPS 制度，要求所有售電業及民營公用電業在 2017 年須至少提供 20% 之再生能源電力，2006、2011 及 2015 年重新修正目標，提前到 2010 年達到 20%，2020 年達到 33%，2030 年達到 50% 的再生能源發電比例，並要求每年至少增加 1% 的再生能源電力。若未達成目標，電業除將被要求補足缺額外，並將缺額處以每度 0.05 美元的罰鍰，每年最多罰 2,500 萬美元。據加州能源委員會估計，2016 年加州電力約有 27% 來自風能、太陽能、地熱、生質能及小型水力等再生能源。



資料來源：加州能源委員會 (CEC)

圖 11 加州 RPS 目標及目前進程

除以 RPS 制度為政策主軸強制規範電業（市公用電業、民營公用電業、售電業、社區電力整合業者）發電量須含有一定比例之再生能源外，同時也實施 FIT、競標機制（Renewable Auction Mechanism, RAM）以及 NEM 等配套措施(如表 12)。

表 12 加州再生能源政策配套措施

配套措施		內容
FIT	一般 FIT 發電方案	<ol style="list-style-type: none"> 合格總裝置容量為 750MW，其中民營公用電業負責 493.6MW，公用電業負責 256.4MW。 區分為三大類，分別為基載（生質能和地熱）、尖載（太陽能）、非尖載（風力和水力）。 收購價格以 RE-MAT 為計算基礎，RE-MAT 起始價格是以加州三大公用電業於再生能源競標機制 (RAM) 最高拍賣價格之加權平均。
	FIT 生質能方案	<ol style="list-style-type: none"> 民營公用電業負擔 250MW，細分生質能種類：(1) 汙水處理、都市廢棄物、食品加工與廢棄物共同消化處理之沼氣發電為 110MW；(2)乳製品及其他農產品為 90MW；(3)永續森林管理副產品發電為 50MW。各單位若對於總量分配覺得不妥，也可以重新進行分配。

配套措施	內容
	<p>2. 公營電業擁有超過 75,000 客戶，自 2013 年 7 月 1 日前開始適用 FIT 制度，然決定躉購費率時必須考量交貨時間之每瓩小時價值、避免分散式、傳輸系統升級成本，以及設置配電線路離峰需求補償能力。</p>
競標機制	<p>1. 適用加州境內三大民營公用電業 (SCE、PG&E、SDG&E)，收購對象為分散式電源，最高容量可達 20MW，每年競標兩次，以成本最低方式篩選得標，直到達到收購發電容量或預算上限為止。</p> <p>2. 2012 年於 12-02-035 號決議與 12-02-002 號決議通過後，總採購數量由原先的 1,000MW 增加至 1,299MW。</p> <p>3. 得標者與公用電業簽訂契約後，交由加州公用電業委員會批准。</p> <p>4. 加州公共事業委員會之規定發電量小於 3MW 者可參與 FIT 制度，為避免同時享有 FIT 與 RAM 制度之利益，RAM 另規定發電量小於 3MW 或在 RAM 下又符合其他 FIT 制度資格者，僅能採用 FIT 制度。</p>
淨計量法	<p>1. 最新法案規定大型電力公司(即超過 100,000 服務連線據點)必須提供一定的額度，直到達到淨計量之規範為止或截止日期為 2017 年 1 月 1 日。</p> <p>2. 為能有效推動淨計量法，特別規範三大電力公司</p>

配套措施		內容
		發電容量之限制，如 SDG&E 裝置容量為 607MW、SCE 為 2,240MW、PG&E 為 2,409MW。
公共利益基金	研究、發展和示範基金	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加州公共事業委員會透過公用電業法第 381 條之授權募集公共利益費用 (PGC)。 2. 電力投資基金 (Electric Program Investment Charge Fund, EPICF) 可利用募集的資金來進行再生能源研究、發展和示範項目 (RD&D)，惟原先公共利益費用支持能源效率部分未納入此基金之中。
	能源效率基金	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加州公共事業委員會負責能源效率基金的分配方案，分別分配給加州四間公用電業，SCE、PG&E、SDG&E 以及南加州天然氣公司 (Southern California Gas Company)。 2. 2000 年簽署州議院 1002 法案後，2011 年起成立天然氣能源效率附加費用以及 RD&D，輔以解決天然氣附加費用之問題。 3. 加州公共事業委員會每年批准公用電業各項能源效率計畫，除提供相關服務外，同時更扮演協調的角色。

資料來源：再生能源發展策略、躉購及基金費率研析計畫，經濟部能源科技研究發展計畫。

值得一提的是，為防止如西班牙和其他地方所發生之 FIT 市場過熱之情況，加州公共事業委員會 (California Public Utilities Commission, CPUC) 希望透過競標機制促進競爭、提供最低花費與促進發展最有利資源。於是 2011 年 3 月 CPUC 通過「再生能源競標機制」(Renewable Auction Mechanism,

RAM)，RAM 之實行方式為欲參與該招標機制之企劃案業者，在一年兩次的拍賣期間提出不可議價之拍賣出價，以爭取相關招標企劃案之補助經費。

該種企劃案具有以下特色：

1. 須符合加州 RPS 標準。
2. 得標企劃案之相關設施地點，須位於加州境內三大 IOU 的電力服務範圍內。
3. 最高收購再生能源電力為 20MW。

拍賣出價期間結束後，CPUC 會選擇最小花費之出價企劃案，並與得標之企劃案業者簽署長期契約，而該企劃案業者也會被列於快速發展建設計畫之名單，以利後續計畫發展與相關設備建設。

競標機制屬定量系統 (Quota system) 之一環，可控制再生能源發展數量，其招標量即隱含著上限，另外，競標機制本身就是讓業者透過相互競比壓低價格，於是 FIT 再也不是業者當然可取得之費率，故透過競標制度可讓政府以最貼近市場成本的價格，發展管控數量下之再生能源。

表 13 為加州再生能源相關立法，本文僅列出較為重要之立法。

表 13 加州再生能源立法

法案名稱	實施始點	法案狀態	法案目的
再生能源發電強制配額 (RPS)	2002	執行中	針對再生能源電力進行監管與相關規範和標準之訂定，促進再生能源發展。
加州太陽能計畫 (California Solar Initiative)	2007	執行中	透過經濟手段、財政與政策獎勵、津貼或補貼等方式促進太陽能之發展。
州議院 1969 法案 (Assembly)	2006	2013.7.24	1. 為加州 FIT 制度的法源依據，推出 FIT 制度旨在輔助公用電業達

法案名稱	實施始點	法案狀態	法案目的
Bill 1969)			到加州 RPS 目標、促進綠色能源銷售。 2. 依據加州公用電業法之規範收購 1.5MW 以下之小水力、公共水與廢水發電設置，並制定相關標準。
參議院 32 法案 (Senate Bill 32)	2009	執行中	增加加州境內各個 FIT 計畫之發電容量。
加州再生能源資源法案 (California Renewable Energy Resources Act)	2011	執行中	提高再生能源 RPS 目標 (2020 年 33%)。
12-05-035 號決議 (Decision 12-05-035)	2012	執行中	配合公共事業法之修訂，實施新的 FIT 機制與計畫規範，除擴大收購外 (原 1.5MW 增加至 3MW)，FIT 躉購費率由最初的市場價格參數 (MPR) 計算改為由再生能源市場調節躉購費率 (RE-MAT) 計算，允許 FIT 價格隨市場狀況做及時調整。RE-MAT 計算方式於 2013 年 7 月 24 日正式生效。
參議院 871 法案 (Senate Bill 871)	2014	執行中	加州太陽光電發電系統的財產稅豁免，從最初 2016 年底延長至 2025 年，但排除新設的主動式太陽能發電

法案名稱	實施始點	法案狀態	法案目的
			系統。
參議院 350 法案 (Senate Bill 350)	2015	執行中	提高再生能源 RPS 目標 (2030 年 50%)，使加州成為美國各州推動再生能源之中最具有野心的州。

資料來源

: 再生能源發展策略、躉購及基金費率研析計畫，經濟部能源科技研究發展計畫。

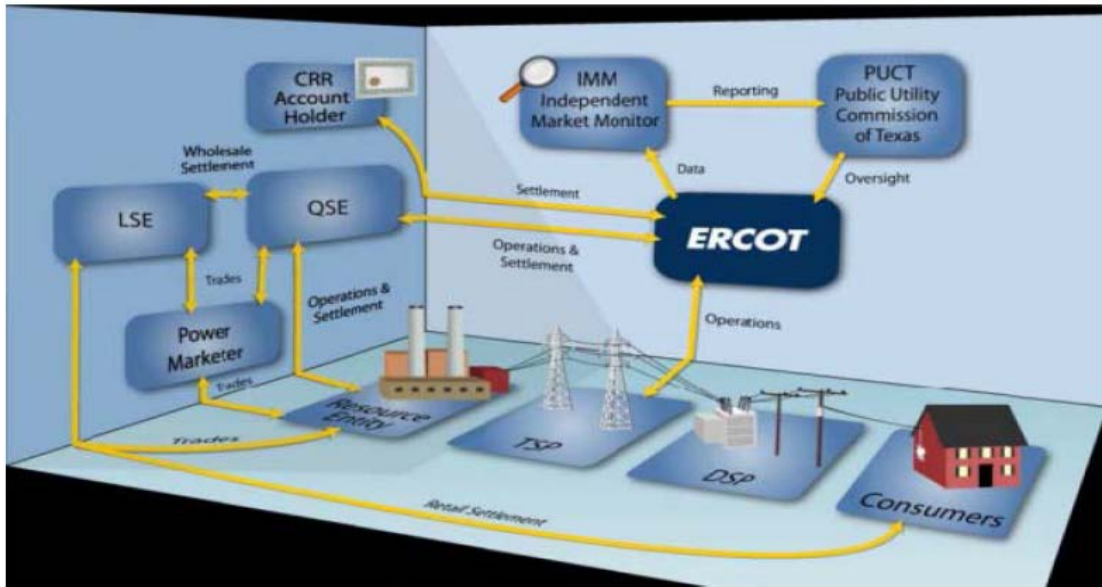
(二) 德州之再生能源購電現況

1. 簡介

德州是繼加州之後的第二大經濟體，能源使用位居全美第一，所有終端耗能超過美國總量的八分之一。在人均基礎上，德州在全國能源消耗中排名第六。德州有許多能源密集型產業，包括石油煉製和化工製造業，其工業部門占能源使用的最大份額，交通部門次之。德州住宅部門僅占全州能耗的八分之一，但住宅的能源消耗卻是全美第一。然而，隨著人口增多，人均住宅能耗落在全國最低的五分之一。

2. 電力市場

德州電力市場主要透過雙邊市場 (bilateral market) 交易，各階段參與者包括德州公用事業委員會 (PUCT) 及獨立市場監督機構 (Independent Market Monitor, IMM)、德州電力可靠度委員會 (Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)、QSEs (Qualified Scheduling Entities) 認證之電業、售電業 (Load-Serving Entity, LSE)、輸電業 (TSP) 等共同組成，如圖 11。



資料來源：www.ercot.com

圖 11 德州電力市場架構

3. 再生能源發電

根據 ERCOT 資料顯示，德州 2016 年能源消費量為 351,523 GWh，再生能源部分占比為 15.1%，其中以風力（53,134 GWh）為大宗，其次為木材發電、生質能、太陽光電等。

1999 年，德州公用事業委員會 (PUCT) 首先通過了該州再生能源目標。2005 年，州立法機構修改了目標，要求在 2015 年之前發電要有 5,880 MW（約占州電力容量的 5%）來自再生能源。政府還設定了 2025 年再生能源 10,000 MW 的目標，包括 500 MW 風力以外的再生能源。德州在 2005 年就超過了 2015 年的目標，2009 年達到了 2025 年的目標，幾乎完全歸功於風力發電。再生能源在 2015 年貢獻了該州淨發電量的十分之一，這相當於美國所有非水力再生能源發電量的六分之一，德州生產的非水力再生能源比全國任何其他州都多。

德州再生能源電力幾乎均為風力所生產，德州風力發電冠於全美，風力發電總裝置容量遠大於排名第二的加州 45% 之多，可滿足 330 萬的德州家

戶使用。2015 年，其發電量占全美風電的四分之一。2011 年，德州是達到風力裝置容量 10,000MW 的第一個州。2015 年底，德州安裝了超過 18,500MW 的風機。公用電業規模的風電設施幾乎占全州總裝置容量之六分之一、發電量的十分之一，正在建設的風機容量則超過 5,000 MW。

德州還擁有豐富的其他再生能源資源，如西德州高水平的太陽直接輻射給德州帶來了巨大的太陽能發電潛力。2015 年，公用電業規模的太陽能發電量增長了近一半，至 288MW。2016 年初，ERCOT 開發了超過 1,700MW 的太陽能發電。2015 年，近三分之一的德州太陽能發電來自分散式（小規模）設施，並持續增加中。

4. 德州再生能源購電現況

德州公用事業委員會（PUCT）於 1999 年採用國家再生能源授權規則（Renewable Energy Mandate）建立 RPS 與再生能源交易權證（RECs）之交易程序，用以提升該州零售商對再生能源購買的需求。德州之 RPS 係以再生能源裝置容量為標準訂定，1999 年制訂的 RPS 標準，是基於現有 880MW 的容量下，每年增加一定之裝置容量，預定 2015 年達成 5,000MW。2005 年德州進一步立法規範 2015 年再生能源累積裝置容量增加至 5,880MW，2025 年累積裝置容量目標增加至 10,000MW，其中 500MW 來自非風力發電。

表 14 德州 RPS 推廣目標

目標年	目標量 (MW)	太陽能	地熱、生質能
2007	2,280		
2009	3,272		
2011	4,264		
2013	5,256		
2014	5,880	5	10
2015	5,880	10	20

目標年	目標量 (MW)	太陽能	地熱、生質能
2016		20	40
2017		40	80
2018		80	160
2018~		167	333
2025	10,000		

資料來源：德州公用事業委員會 (PUCT)。

PUCT 要求於市場競爭的電力零售商，無論是公有或民營，均須遵守 RPS。PUCT 會分配 RPS 目標給義務者，包含須新增的裝置容量或購買的 RECs，以達總量要求。PUCT 可對未達目標者施以行政罰鍰，每 MWh 以 50 美元計算，或是以當年每單位 RECs 市場價格的 200% 計算。

德州在 RPS 上加入了「容量轉換因子」(Capacity Conversion Factor, CCF) 的彈性機制，允許義務者之 RPS 裝置容量目標，可以根據其後之實際銷售量或購買 RECs 來替代，即若義務者的再生能源裝置容量並未達標準，則運轉後的實際銷售量若有多餘產出，可用來替代原先裝置容量不足的部分。具體內容如下：

- ✓ $RPS = Q * CCF * (hr. \text{ in a year})$ $Q = \text{Assumed capacity for the year}$
- ✓ 2 年調整一次 (以 2 年的 RECs 實際交易情形，訂定未來 CCF)。
- ✓ CCF 越高，將刺激產生更多 RECs，致使 RECs 交易價格下降，對供應商不利。

德州再生能源政策整體架構係以 RPS 為主軸，同時也輔以其他相關配套措施加速及鼓勵再生能源之發展，包括氣候保護計畫、淨計量法 (NEM) 與綠色電力採購制度 (Green Power Purchasing) 等，整理如下表 15：

表 15 德州再生能源政策配套措施

配套措施	內容
氣候保護計畫 (Climate Protection Plan)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 實施部門氣候保護計畫，減少溫室氣體排放與能源消費。 2. 制定員工氣候保護教育計畫，減少個人碳足跡。 3. 除訂定再生能源、提升能源效率與二氧化碳減量等目標外，對於公用電業也提出 2020 年目標。
淨計量法 (Net Metering)	<p>一、Austin Energy</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 非住宅之零售電力用戶之再生能源裝置容量限制為 20kW。 2. 準確紀錄供需兩端用電量，若按月計費，用戶使用電力小於生產電力，即可賣出淨剩餘發電量給電力公司。 3. 用戶即便已參加太陽光電回饋計畫仍受限淨計量法之規範，至少五年，五年後自動續約，直到一方終止為止。 <p>二、City of Brenham</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 2010 年 9 月實施，裝置容量上限為 10MW。 2. 將多餘發電量一併計入每月用電中，減少成本負擔。 <p>三、Green Mountain Energy Renewable Rewards Program</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 以分散式發電用戶為主要對象，裝置容量上限為 25kW。 2. 僅適用該公司的住宅和商業用戶，作為鼓勵購買再生能源生產之電力。
綠色電力採購	一、City of Austin

配套措施	內容
(Green Power Purchasing)	Austin 獎勵的能源別包括太陽光電、垃圾掩埋沼氣和風力，旨在 2012 年滿足 100% 供電來自於再生能源。
	二、City of Dallas 2007 年 9 月承諾，2008 年將達到購買 3.33 億度之綠色電力；同時預期至 2013 年該市總用電量 40%之電力將來自於再生能源。
	三、City of Houston 2008 年 7 月實行綠色電力採購制度，購買 40MW 之電力，相當於每年 3.5 億度的發電量或占每年該市設施用電 25%。

資料來源：再生能源發展策略、躉購及基金費率研析計畫，經濟部能源科技研究發展計畫。

德州自 1999 年實施 RPS 後，即造就了風電的蓬勃發展，成功地達成再生能源發電目標，歸納原因如次：

- 強力執行 RPS：對未達目標者施以每 MWh 50美元之行政罰鍰，或是以當年每單位 RECs 市場價格的 2 倍裁罰，且不允許延遲義務，此與加州 RPS 有 3 年豁免期（3年內未達當年預訂增量之 75%，可先不罰），且罰鍰設有上限相較，已屬強力有效之執行方式。
- CCF 彈性機制：允許義務者之 RPS 裝置容量目標，可以日後之實際發電量做轉換，即若義務者的再生能源裝置容量並未達標準，則運轉後的實際銷售量若有多餘產出，可用來替代原先裝置容量不足的部分，此為再生能源提供了更多的誘因。

- REC_s 交易制度：雖然執行 RPS 不一定要 REC_s 搭配，惟 REC_s 確實可以減輕 RPS 之義務並可方便市場流動，為義務者提供額外的彈性選擇，成功地幫助 RPS 運作。
- PTC 稅務減免：聯邦政府提供的生產稅務抵減為生產風電減輕了成本壓力，也是德州 RPS 成功達標之因素。

表 16 為德州再生能源相關立法，本文僅列出較為重要之立法。

表 16 德州再生能源立法

法案名稱	實施始點	法案狀態	法案目的
參議院 7 號法案 (Senate Bill No.7, SB7)	1999	執行中	建立德州 RPS 制度，以 2009 年達 2,000MW 為目標，同年發布 RPS 與 REC _s 交易之相關規定。
參議院 20 號法案 (Senate Bill No.20, SB20)	2005	執行中	2015 年 RPS 之目標達 5,880MW、2025 年達 10,000MW。
眾議院 1090 號法案 (House Bill No.1090, HB 1090)	2007	執行中	其他目的或計畫(如綠色電價)之 REC _s 不列入 RPS 中計算。 授權 PUCT 替代服從規費 (ACP) 與行政罰鍰並行。
參議院 0385 號法案 (Senate Bill No.0385, SB 0385)	2013	執行中	由直轄市/指定區域重新評估檢視當地水資源以及其他能源等資源。
眾議院 2500 號法案 (House Bill No.2500, HB)	2013	執行中	建立再生能源投資區域，且該區域的再生能源公司得以從價稅方式評估其產業。

法案名稱	實施始點	法案狀態	法案目的
0546)			
眾議院 2500 號 法案 (House Bill No.2500, HB 2500)	2014	執行中	改以從價稅的方式評估太陽能產業， 減輕投資者面臨不確定性與稅務負擔等障礙。
參議院 1626 號 法案 (Senate Bill No. 1626, TX SB1626)	2015	執行中	開發商在住宅區段設置小型太陽能 設備相關法規。

資料來源：再生能源發展策略、躉購及基金費率研析計畫，經濟部能源科技研究發展計畫。

四、南加州愛迪生電力公司再生能源購電策略

(一) 南加州愛迪生電力公司簡介 (Southern California Edison, SCE)

SCE 為 愛迪生國際集團 (Edison International (EIX) 之子公司，服務地區涵概 5 萬平方英哩之南加州地區，為 500 萬住宅及工商業用戶提供輸配電及電力服務，為加州三大電力公司之一 (其餘為北部之 PG&E，南部之 PSDG&E)，在南加州，尚有洛杉磯水電局 (the Los Angeles Department of Water and Power)，聖地牙哥天然氣與電力公司 (San Diego Gas & Electric)，皇家灌溉局 (Imperial Irrigation District) 及其他小型市營公用電業與合作型電力公司。

SCE 在 1996 年加州推動電力市場改革後，拍賣大部分發電廠 (註：SCE 在電力市場改革時，將所有燃氣電廠拍賣給 Mirant 與 Reliant Energy，導致 2001 ~ 2002 年間因市場被操控而發生電力危機。)，目前擁有並經營 33 座

水力電廠、五座燃氣尖峰電廠、一部複循環機組（Mountainview）及一部柴油發電機（Catalina 離島）、24 個屋頂型及 1 部地上型之太陽光電廠（SPV），但這些電廠不足以因應轄區內 500 萬用戶之用電需求，必須向 IPP 購電。目前自產電力約占 16%，其餘 84% 電力係外購自 IPP。

在電力市場改革後，SCE 分割電網與售電業務，目前仍擁有原有之輸配電設備與線路，但開放所有用戶之購電選擇權。SCE 目前電網總資產超過 200 億美元，包括 1400 萬支電桿及 70 萬個變壓器與 10.3 萬英哩之輸配電線路，為因應未來經濟與人口成長需求，SCE 在未來三年將持續擴建及強化輸配電系統之基礎建設。SCE 在 2015 年之總營業收入 115 億美元，其中 43.3% 來自商業用戶，37.8% 來自住宅用戶，有 5.3% 來自工業用戶，其餘分別 5.0% 為政府機關，2.1% 為農業，其他營業收入占 6.5%。在 2015 年 SCE 輸送了 180 億度之再生能源到用戶，約占總供電量之 24%。

（二）南加州愛迪生電力公司(Southern California Edison, SCE)電力採購部門介紹

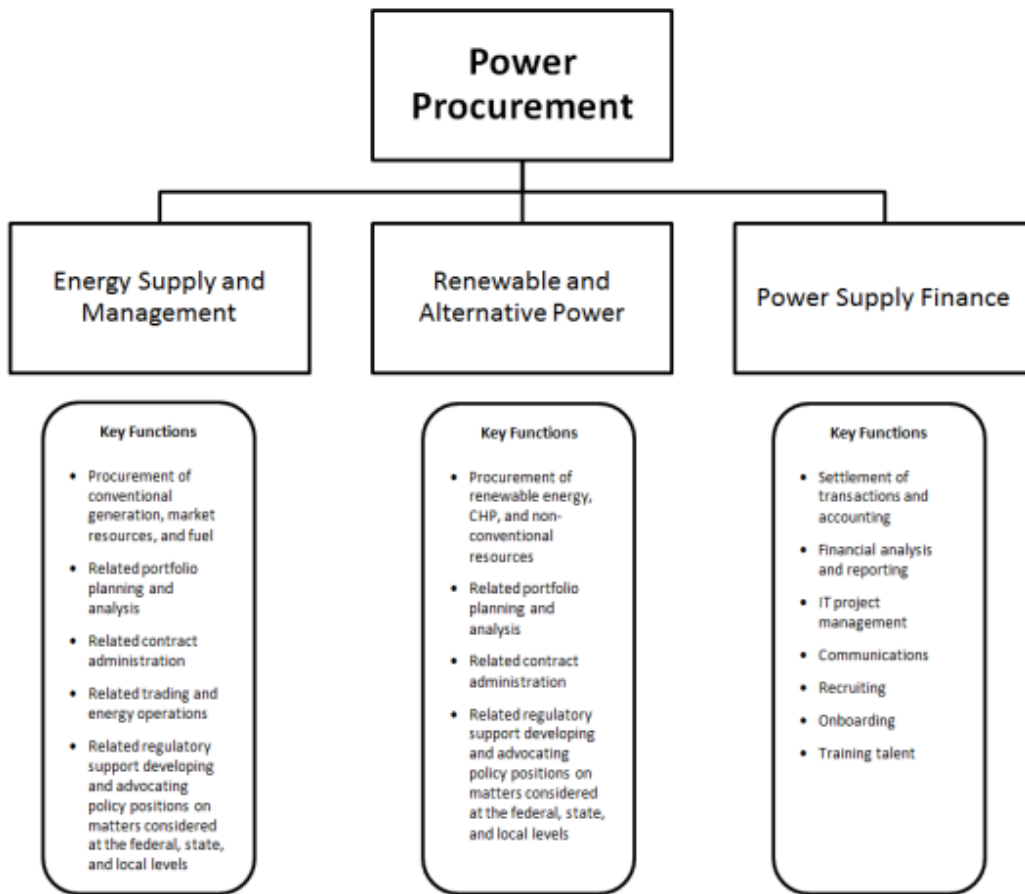
1. 改組前電力採購部門之組織檢討

SCE 由於自產電源不足，必須向市場購電，除了設置電力生產事業部（Power Supply Operating Unit）負責自己發電機組之生產規劃外，其下設置四個部門負責採購與電源管理：投資組合規劃與分析（Portfolio Planning and Analysis）、電源合約（Energy Contracts）、電力交易與能源營運（Trading and Energy Operations）及結算作業服務（Settlements and Operations Services），統稱為「電力採購部門」（Power Procurement Department）。

設置電力採購部門有助於因應電力需求採購足夠電力、處理管制機構之法律事務與規章要求、執行複雜能源策略與計畫、處理 SCE 在批發市場之購電與自發電事宜、有關市場設計原則對採購事務之影響分析與改善建議等，其原組織設計之權責如下：

- ◆ 開發完整之能量、容量、輸電產品及法定排放量等能源產品採購計畫，包括：從傳統火力、再生能源與汽電組合（CHP）等電源，以滿足每日、中期與遠期之電力需求。
- ◆ 透過批發市場與雙邊合約採購訂定合乎 CPUC 規定之發電能量與容量的計畫。
- ◆ 採購天然氣及其輸送排程、輸送管線與儲存計畫，並管理其輸送風險，及其在電廠或外包電廠之供應安全。
- ◆ 採購輸電權及壅塞收入權（Transmission rights and Congestion revenue rights, CRR），規避或減少因輸電壅塞而產生高成本之風險。
- ◆ 採購低碳排放之產品，以符合法規要求與雙方合約之規定。
- ◆ 在市場拋售多餘之產品，或到市場以外競價透過雙邊合約拋售。
- ◆ 管理傳統、再生能源與 CHP 之合約。
- ◆ 與 CAISO 安排自發電與購電資源之發電排程，並代表用戶將 SCE 之資源最佳化，達到最低成本化之要求。
- ◆ 結算在 CAISO 之交易、與實體合約與財務雙邊合約之交易，包括：燃氣、再生能源、CHP 及輸電等之雙邊合約。
- ◆ 蒐集、追查與報告電力採購合約資料，包括呈報給管制機關電表計量資料。
- ◆ 處理作業流程之開發，並提供相關部門之行政支援。
- ◆ 支援相關管制機構之政策發展與支持。

圖 12 改組前電力採購部門之組織



資料來源：SCE 2015 General Rate Case Generation Volume 4。

2. 改組後電力採購部門之組織

上述電力採購部門成立後，因經營環境與管制機關之政策與管制內容要求已有變化，SCE 必須針對上述工作內容之繼續推動與相關預算支援，有所因應：

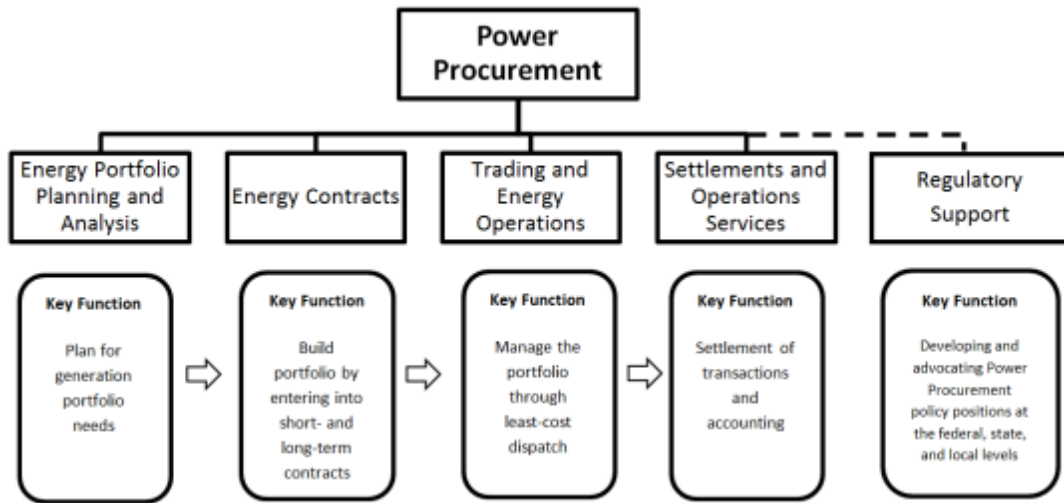
- (A) 為提供安全、可靠及穩定與負擔得起之電力，必須針對區域經濟成長、氣候型態與過去用電記錄為基礎，預測用戶之用電需求，電力採購部門也必須監測實際用戶需求，在批發市場與輔助服務市場競價採購所需之電力；
- (B) SCE 在 CAISO 市場買賣電力，最佳結果是能將採購成本與電價相互抵消。

在批發市場之作業係由 CAISO 依市場供需及電力系統之可靠度標準以及輸電系統之容量限制做了最佳安排與經濟調度，因此，電力採購部門必須依據 CAISO 之市場規則進行採購規劃與競價作業，也必須針對供電投資組合之成本及運維費用做一財務槓桿處理，亦即必須以最低成本進行採購作業。為達成此要求，電力採購部門需要具有相關專業之人才與顧問，以及能夠有效運用資訊管理系統知識與經驗及訓練，以確保電力採購能有效且暢運作。

電力採購部門必須緊密因應繁多複雜之法律與規章改變，這些法律與規章均控制了 SCE 對第三方之電力採購，例如，第 57 號法律 (Assembly Bill 57, AB57) 之規定，嚴格要求 SCE 之長期購電計畫。還有許多環保規章也規範了 SCE 之電力採購作業，包括：加州之再生能源投資組合標準 (Renewable Portfolio Standard, RPS)、AB32 法律案之碳限制與交易方案 (Cap-and-Trade Program)，與 CHP 方案之結算協議 (CHP Program Settlement Agreement)，為達成這些法律與規章要求，電力採購部門更需要適當之人力，去確保採購作業與系統運作順利進行。

在上述環境變遷與業務需求下，SCE 於 2012 年對電力採購部門進行評估，確定有必要改組，於是在 2013 年 3 月，以將「降低複雜至最低」、「改善作業效率」，及「減少 O&M 支出」為三原則進行改組。改組後之 SCE 電力採購單位細分為五個部門，包括：電源組合規劃與分析 (Portfolio Planning and Analysis)、能源契約 (Energy Contract)、電力交易作業 (Trading and Energy Operating)、結算作業服務 (Settlement and Operating Services) 與監管支援 (Regulatory Support)。

圖 13 改組後電力採購部門之組織



資料來源：SCE 2015 General Rate Case Generation Volume 4。

(A) 電源組合規劃與分析部門

依業務性質下分設五個處：需求與價格預測（Demand and Price Forecasting）、基礎模型與分析（Fundamental Modeling and Analysis）、投資組合開發與評估（Portfolio Development and Evaluation）、投資組合報告（Portfolio Reporting）、採購政策分析技術（Procurement Policy Analytics）。

上述五個處之職掌如下：

- ◆ 提供各類產品供應與價格預測、分析與評估。
- ◆ 運用基本模型預測目前狀況與評估輸電容量限制。
- ◆ 建立投資組合之風險評估模式與工具組合。
- ◆ 準備燃料與電力採購預算以供內部規劃及 CPUC 之電價調整作業。
- ◆ 管理 SCE 發電組合以符合加州之電源充裕要求及輸電壅塞權之購買。
- ◆ 評估採購成本對管制電價之衝擊。

(B) 能源契約部門

下分為「能源契約源起」(Energy Contract Origination) 與「能源契約管理」(Energy Contracts Management) 兩處，分掌下列事項：

能源契約源起處

- ◆ 負責 SCE 所有能源產品競價公告、開發與執行所有採購，包括未受限制之協議與購電合約、開發結構性之電力與天然氣合約、中間商協議。
- ◆ 評估提案雙邊合約及執行雙邊合約談判。

能源契約管理處

- ◆ 負責由 SCE 執行之所有與電力能源合約的行政管理，包括：能源之輸送、儲存、電能與容量之交易、金融產品，及有關 PURPA、RPS 與 CHP 方案之合約。
- ◆ 合約管理業務活動，包括：以審慎態度執行合約選擇權、監督合約對方是否遵守合約規定之條件、處理每一合約是否與 SCE 風險控制部門所定之信用與共同合作要求、有關因環境與條件改變而引起之合約規定的再談判、解決爭議、依合約要求處理付款作業、負責監督與追蹤每一方案，在核准、建造與營運階段之查核點與里程規劃。

(C) 能源交易與營運部門

能源交易與營運部門下分四個處：資產最佳化與交易處 (Asset Optimization and Trading)、能源營運處 (Energy Operating)、能源規章執行處、CAISO 市場執行處。

- ◆ 資產最佳化與交易處：負責將 SCE 之投資組合最佳化、準備每天電源以滿足用電需求、執行短期電力與天然氣交易，以及採購 CHP 與氧化物排放憑證。

- ◆ 能源營運處；負責前一日市場營運（Day-Ahead Operating）、即時市場營運（Real-Time Operating）、交易與能源營運支援（Trading and Energy Operating Support）及再生能源整合（Renewable Resource Integration），主要業務包括：準備、驗證（validate）與向 CAISO 提交電力供需之投標標單與電源排程、與在 CAISO 市場外之市場參與者，排訂發電排程及管理 SCE 之交易作業、必要時，在櫃台中心購買或拍賣一小時前（hourly-ahead）之電力產品、必要時，以價格變化、系統情況與 CAISO 命令為基礎，在符合合約條件與運轉限制下，靈活調配 SCE 之資產組合。
- ◆ 能源規章執行處係在支援各相關部門之電力採購業務進行，以確保能符合相關法律與規章之要求，訂定相關作業程序與管制要點，協助各電力採購部門之採購作業能符合法律、規章與營業規則，包括：
 - ◇ 財務規章：如遠期期貨交易委員會（CFTC）之規定與 Dodd-Frank 法律之執行。
 - ◇ 電力可靠度規則：如北美電力可靠度公司（NERC）之強制可靠度標準與 CAISO 所規定之規則。
 - ◇ 環境規章：如加州空氣資源署（CARB）之 GHG 碳權額度與交易機制（Cap-and-trade program）與環保署（EPA）之硫化物與戴奧辛憑證要求。
 - ◇ 電力採購規章：如 CPUC 之 AB57 之採購計畫規則（包括 QCR 之季報要求）、及決定長期電力採購計畫（Long-Term Power Purchase Plan, LTPP）與資源適足要求（Resource Adequacy, RA）之地區性容量要求（Capacity Requirements）。
 - ◇ 市場規則：包括 FERC 之「市場基礎電價制訂局」(Market-Based Ratemaking Authority, MBR) 之市場行為標準（Standards of

Conduct, SoC)、市場操控防治規章 (Anti-Market Manipulation, AMM) 及交易資訊監督要求與 CPUC 之能源行為規則等。

✧ 其他 SCE 之相關法律與規章之建議、檢討修正與提案及其聽證會等作業支援、報告與資訊維護。

- ◆ CAISO 市場執行處：主要業務係在 CAISO 市場上，評估及準備各項電力採購案 評估 CAISO 市場新設計對SCE系統與作業之影響與改變政策之可行性、對 CAISO 市場設計改變提出技術與政策分析，以確保 SCE 能準備因應這些改變。

(D) 結算作業服務部門

結算作業服務部門設置五個處：結算 (Settlement Division)、資訊與資料管理 (Information and Data Management)、技術方案管理 (Technology Program Management)、企業流程服務 (Business Process Services) 及電力供應管理 (Power Supply Administration)，各職掌如下、

- ◆ 結算處

結算處下設四個組：合約規章執行與分析(Contract Compliance and Analysis, CC&A)、合約結算作業 (Contract Settlements Operations, CSO)、CAISO 產品分析 (CAISO Products Analysis, CPA) 與 CAISO 結算與市場分析 (CAISO Settlements and Market Analytics, CS&MA)。

主要職掌如下：

- ✧ 確保電力供應營運部 (Power Supply Operating Unit) 之所有產品合約能作適當結算。
- ✧ 確保結算作業流程之所有合約與市場付款，皆能與合約所規定之條件相符合。
- ✧ 處理各項合約與實際交易之款項偏差及錯誤，如有爭議則透過爭議調處作業流程辦理。

◆ 資訊與資料管理處

- ◇ 與 CAISO 之「市場設計技術更新」(Market Design Technology Updated, MRTU) 系統介面有意之電力採購作業資料儲存與報告資料庫維護。
- ◇ 管理電力採購文件與記錄。
- ◇ 電力採購資料庫與記錄系統與報告工具之選擇與管理。
- ◇ 支援一般電力採購之報告、法規遵循與結算作業需求。
- ◇ 執行 CAISO 市場計量資料之取得、管理與報告。
- ◇ 開發與管理電力採購之資訊與資料活動。
- ◇ 監督與管理使用者之工具應用，如模型與先進報表技術。

◆ 技術與方案管理處

- ◇ 支援電力採購團隊與資訊技術開發及其預測人力，管理預算資源，監督資訊技術方案之使用狀況。
- ◇ 開發所需技術平台以支援新或修正之電力採購特殊方案，以配合市場改變及規章需求。
- ◇ 加強方案管理能力，以支援技術開發活動。
- ◇ 對合作廠商之技術開發應用與方案管理之支持。

◆ 企業流程服務處

- ◇ 負責政策開發、作業流程、作業模式、企業需求與企業持續計畫。
- ◇ 電力供應網際網路內容之管理、設計與管理。
- ◇ 支援對新或既有企業解決方案之變動影響分析與管理。

◆ 電力供應行政處

- ✧ 相關人事管理業務、相關廠商之付款事項與一般採購訂單、現有及未來採購與合約人力運用與補充、協調會議之召開及會議室之管理
- ✧ 相關辦公設備與文件檔案管理。
- ✧ 各部門主管與首長之事務協調之安排。

(E) 監管支援部門

- ◆ 主要負責制定有關能源市場活動、再生能源、替代電力採購的聯邦和州級事宜的政策，並在相關研討會上代表 SCE，並管理 SCE 參與 CPUC、加州能源委員會、CAISO、FERC 和其他監管機構的管制活動，另對於與 LTPP、RPS、CHP、GHG 以及短期和長期避免成本，具有初步的案例管理責任。
- ◆ 除了自身的案件管理責任外，在涉及電力採購問題或可能對電力採購產生影響的訴訟中，為電力採購以外的 SCE 部門提供與電力採購相關的法務協助，提供政策指導以及專家證人證詞和文件。
- ◆ 此外，關於能源政策和電力採購事宜，該部門負責制定當前和新興的聯邦和州法案的政策立場，也參與立法過程，倡導 SCE 客戶的利益。最後，該部分需發展 SCE 在州和聯邦法院與電力採購事宜有關的訴訟戰略，回應各種能源政策和業務主題，並與 SCE 的企業傳播部門密切合作，確保電力採購議題被媒體準確及時的報導。

(三) SCE之再生能源購電策略

加州 RPS 要求州內所有電力零售商，包括公有公用電業、民營公用電業、電力服務提供商和社區選擇聚合商，必須在 2020 年底達到再生能源電力銷售額占 33%，2030 年底占 50% 的目標。目前加州三大 IOUs 在 2015 年之再生能源電力銷售額實績占比為 27.6%，其中 SCE 為 24.3%，落後於 SDG&E 之 35.2% 及 PG&E 之 29.5%。

為達 RPS 目標，除了既有依據 PURPA 以避免成本購買之 QFs 外，SCE 主要透過競爭性招標（RPS Solicitations）、雙邊合約（Bilaterals）、躉購費率（Feed-in-Tariffs）等機制購入再生能源電力。

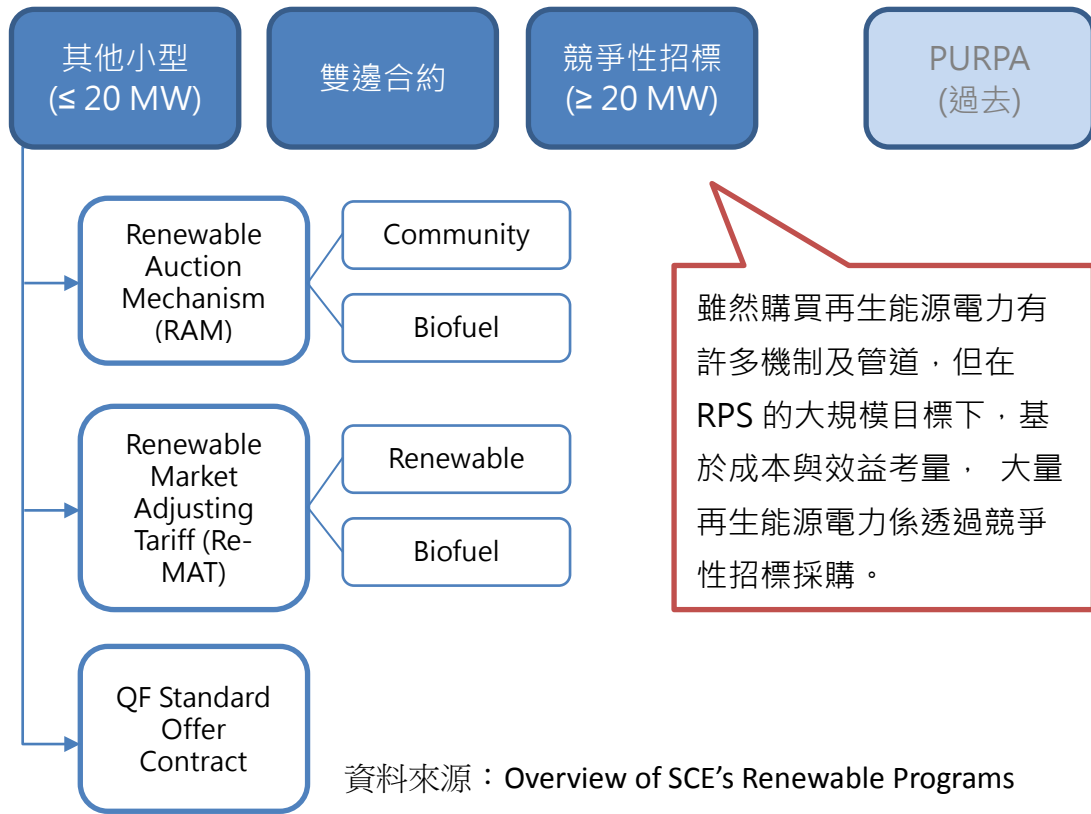


圖 14 SCE 採購再生能源電力之策略

競爭性招標是 SCE 達成 RPS 目標的主要採購策略，其流程如下：



圖 15 SCE RPS 競爭性招標流程

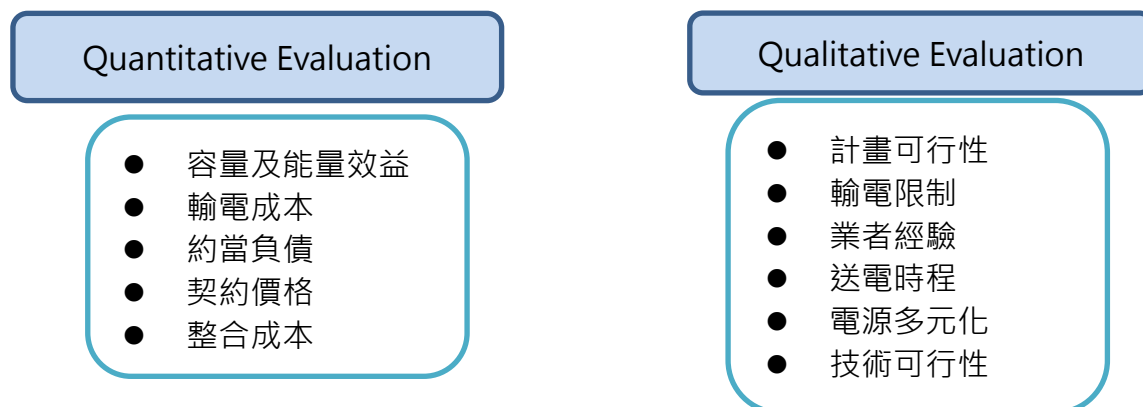
詳細步驟說明：

- STEP 1. SCE 提交 RPS 採購計畫草案，其中包括與 CPUC 的招標協議。
- STEP 2. CPUC 對採購計畫和關於採購計畫草案的意見進行審查，然後，CPUC 有條件同意 RPS 採購計畫。

- STEP 3. SCE 啟動 RPS 招標，整個徵求過程由 CPUC 和獨立評估者 (Independent Evaluator, IE) 監督。
- STEP 4. 有興趣的業者根據 SCE 的招標時間表投標。
- STEP 5. SCE 評估所有符合招標要求的投標，並使用“最低成本，最適合(least-cost, best-fit, LCBF)”的方法進行評估，以決定候選名單。
- STEP 6. SCE 透過採購審查小組 (Procurement Review Group, PRG) 審查候選名單和決定招標結果。
- STEP 7. CPUC 審查最終候選清單，包括 SCE 提交之招標報告、獨立評估人員對於招標過程和結果的公正性及合理性報告。
- STEP 8. SCE 和入圍的投標廠商談判合約條款。
- STEP 9. SCE 提交申請，要求 CPUC 批准合約，其中包括獨立評估者對於擬議合約的最終報告。
- STEP 10. CPUC 基於成本合理性、法規一致性、安全性，以及相關意見，審查 SCE 提交之 RPS 合約。
- STEP 11. 根據上述標準，CPUC 批准、修改或拒絕 RPS 合約。

值得注意的是，RPS 法規要求公用電業選擇最低成本和最適合的再生能源，並可以考慮系統需求和 RPS 投資組合選擇能源種類；前述成本包括再生能源發電成本以及輸送所需的任何間接成本。故 SCE 須以 LCBF 法評價業者投標，以確保 RPS 採購符合成本效益，此外，LCBF 法可區分為量 (quantitative) 與質 (qualitative) 的評價，內容如下：

表 17 SCE LCBF 法評價內容



資料來源：Overview of SCE"s Renewable Programs

針於 20MW 以上的採購，競爭性招標是 SCE 首選的採購方式，其他亦可採取雙邊合約方式，然只有當有令 SCE 信服的理由時才會進行雙邊合約。對於 20MW 以下的小型再生能源設備，主要適用再生能源競標機制（RAM）、躉購費率（Re-MAT）等，其中在 RAM 部分，為鼓勵小型再生能源發展，相較於前述競爭性招標的複雜程序，RAM 大幅簡化了採購流程，它為每個公用電業提供一個簡單、不可轉讓、不可議價的標準合約、標準化評選流程，並可快速提交 CPUC 審查。但發電量小於 3MW，或在 RAM 下又符合其他 FIT 制度（如 Re-MAT、BioMAT 等）資格者，僅能採用 FIT 收購，收購價格則以加州三大公用電業於 RAM 最高拍賣價格之加權平均計算。

由上述 SCE 之再生能源購電策略，可以發現加州當局竭力將競標機制引進小型再生能源收購，以逐步取代傳統固定價格收購制度（FIT），即便 RAM 實施方式與 FIT 類似，卻沒有收購價格受立法管轄的問題；在 RAM 下業者依其技術、成本條件參與競標，可防止如西班牙和其他地方所發生之 FIT 市場過熱之情況。即使是 FIT，也從固定費率收購，轉向與市場價格（指 RAM 之價格）連動之價格機制。簡言之，在 RPS 的推行及實施上，CPUC 在現行的制度下期望再生能源購電策略能夠達到產生促進競爭、最低成本、促進發展之結果。

五、加州電力調度中心之再生能源購電策略

(一) CAISO簡介

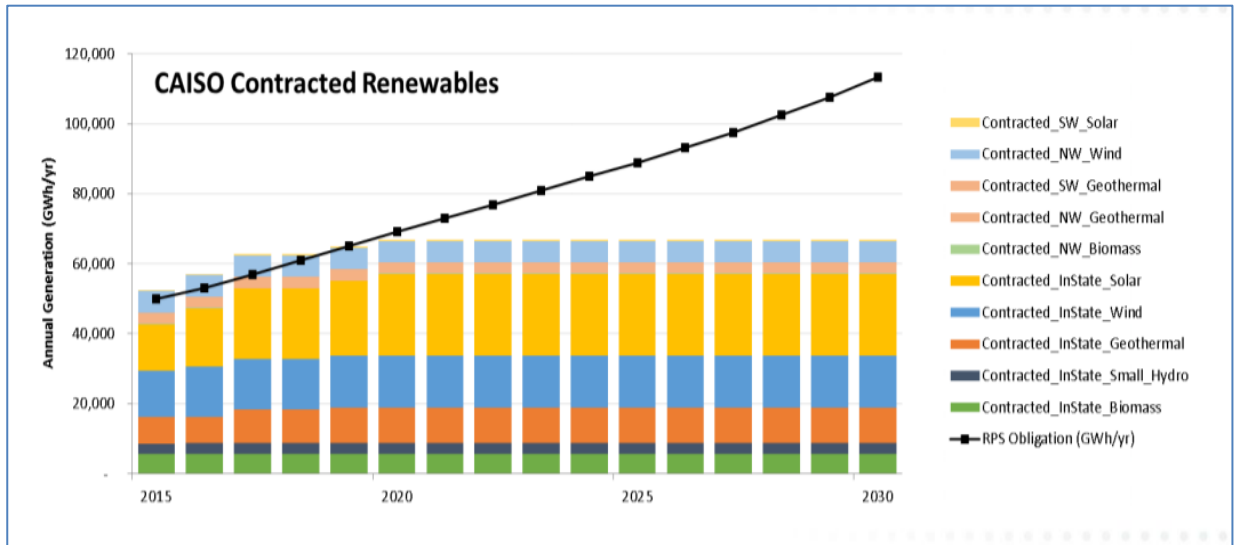
加州電力調度中心是一個非營利的公共組織，主要負責加州地區高壓輸電網路之運作，並管理躉售電力市場及提供電力系統之可靠度規劃等相關工作。在加州大約 80% 的用電需求管理都是由 CAISO 提供，目前其區域內的發電裝置容量為 71,740MW (統計至2017年2月27日)，系統歷史尖峰為 50,270MW (2006年7月24日)，服務人口有 3 千萬人，CAISO 的角色係介於發電廠與服務用戶的公用事業之間的公正連結。

目前 CAISO 的三個主要功能在於躉售市場、維持系統可靠度及基礎設施規劃。在市場部分，主要包含 2 個日前市場 (Integrated Forward Market、Residual Unit Commitment) 及 3 個即時市場 (Hour-Ahead Scheduling Process、Real-Time Unit Commitment 及 Real-Time Dispatches)。而加州的市場結構，乃是由具競爭性的發電市場、電力調度中心、排程協調者 (scheduling coordinators; SC)、零售業者 (retailers)、及配電公司 (UDC) 為主體所組成。

(二) 加州電力調度中心之再生能源購電策略

由於加州訂有再生能源配比義務目標 RPS，即到 2020 年再生能源發電量比例須達到 33%，而到 2030 年此比例須達到 50%，因此加州之售電業者必須保證其售電量中之一定比例來自於再生能源發電，故須與再生能源發電業者簽訂購電合約，並在 CAISO 能量市場中以低價投標，以確保能符合再生能源配比義務。

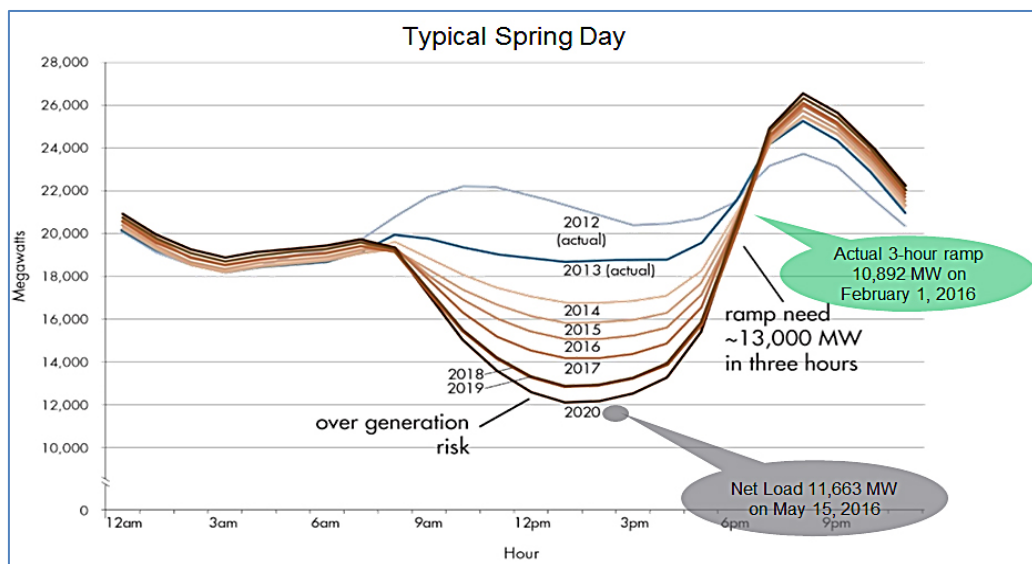
下圖 16 為以 RPS 為目標計算而得出的 CAISO 市場須簽約的再生能源機組，可以看出以目前簽約之再生能源數量仍然遠低於 2030 年之目標，也就是，為了達成此目標，預期在 2030 年將有 14.6GW 的屋頂型太陽光電加入系統。



資料來源：www.caiso.com

圖 16 CAISO 預測之再生能源機組成長數量

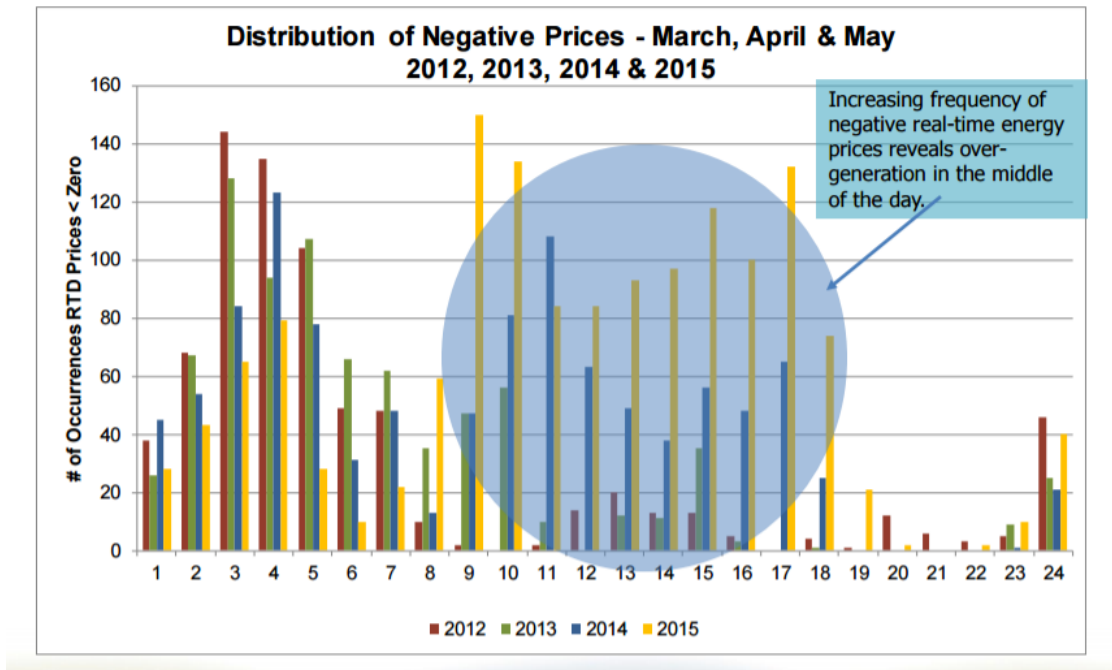
隨着再生能源大量持續併入 CAISO 系統中，CAISO 面對之淨負載（扣除風力及太陽光電後之負載）將持續降低，因此形成了 CAISO 著名的鴨子曲線，而由於系統必須維持固定容量之強制運轉機組（must run），將導致在 2020 年之後出現電源過剩之風險。



資料來源：www.caiso.com

圖 17 CAISO 預測 2020 年的鴨子曲線

隨着電源過剩的問題逐漸嚴重，再生能源在電力市場中出現負電價之情形將越來越頻繁，由圖 18 可以得知自 2014 年開始，白天出現負電價之情況越來越頻繁。而 CAISO 處理此情形的方式是採用發電源削減的方式，以及搭配儲能設備來維持電力系統的平衡，亦即當再生能源過量產出的時候，即採取不購買之策略，亦即通知生產過剩的機組卸載，以此方式調節市場中過多之電能。



資料來源：www.caiso.com

圖 18 2012 至 2015 年負電價出現之時間頻率

為了使再生能源進一步整合至系統中，CAISO 提出了幾種因應策略，包括推動需量反應措施、應用儲能系統及推動時間電價，如表 18。

表 18 CAISO 整合再生能源之因應策略

類別	整合方案	結果
產生淨利 (也適用於無再生能源發電的狀況)	區域整合	調度更有效率，且可以減少再生能源的降載頻率
低成本但可能有高收益之解決方案	<ul style="list-style-type: none"> ● 零售部分推行時間電價 ● 每小時內再生能源即時調度 ● 再生能源發電組合多樣化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 引導電力消費至日間用電 ● 當再生能源發電過剩時，降載化石燃料發電 ● 儘量分散再生能源發電機組的時間，減少需要降載再生能源的機會
成本或效益需要依據不同的專案進行評估	<ul style="list-style-type: none"> ● 彈性負載需求或是進階需求管理 ● 增加儲能設備 ● 升級燃氣機組 ● 新增富有彈性的燃氣機組 	<ul style="list-style-type: none"> ● 引導電力消費至生產過剩之時段用電，但是成本及效益尚未知 ● 可以減少再生能源卸載的情形，但是需要大量的投資 ● 使得現有能源在低成本的條件之下作高彈性的運用

類別	整合方案	結果
		<ul style="list-style-type: none"> ● 在高成本的情況之下僅能提供有限的調度彈性
有價值的計畫，儘管不是在整合的部分	<ul style="list-style-type: none"> ● 提高能源效益 ● 傳統的需量反應 	<ul style="list-style-type: none"> ● 節省了顯著的成本，降低了溫室氣體排放，但是不一定能夠減少再生能源降載的情形 ● 節省了成本，但是無法顯著減少降載

參、參訪心得及建議

一、再生能源購電策略應考量再生能源憑證

我國「再生能源發展條例」主要係鼓勵我國再生能源發電新增裝置容量，並運用再生能源電能收購機制、獎勵示範及法令鬆綁等方式加強民眾設置再生能源的誘因，另外屬於再生能源熱利用的部分，亦將訂定推廣目標，以提高台灣自產能源比例，充分運用台灣再生能源開發潛力。

目前台灣係仿效德國作法設置一個以長期且固定的躉購費率之再生能源電能固定價格強制收購（Feed-in Tariffs, FIT）制度，並利用獎勵示範及法令鬆綁等方式，加強民眾與企業設置再生能源的誘因。

在再生能源電能收購策略上，目前本公司係依循「再生能源發展條例」，對於經中央主管機關認定之再生能源發電設備採義務收購，簽約躉購20年，至躉購電價部分，係由經濟部逐年公告，並每年檢討修正。

截至民國105年底，我國再生能源發電設備總裝置容量共369.88萬瓩，其中包括：太陽光電93.07萬瓩、風力發電67.77萬瓩、水力（及其他）發電209.04萬瓩。綜觀近期我國再生能源發電設備的建置與發電的數量確較過去幾年已大幅增長，顯示我國再生能源的發展已有明顯的進步。

106年對於再生能源發展亦有重大突破，台灣於 106 年 1 月 26 日總統府公布實施電業法修正條文，開放綠電直供及代輸可自由買賣，復以 Google、Apple 等國際企業要求使用 100% 再生能源，帶動國際綠色供應鏈，要求供應商使用再生能源，為因應此等需求，我國現已由標準檢驗局主政，負責建構再生能源憑證（Renewable Energy Certificates, RECs）制度。RECs 係再生能源發電的所有權憑證，是一種可交易商品，除可選擇依附在再生能源電力上銷售（Bundled），亦可與再生能源電力分開銷售（Unbundled）。

對於台灣目前發展再生能源憑證（RECs）有以下幾點值得討論：

- （一） 再生能源躉購制度（FIT）與再生能源憑證（RECs）之競合

以當前我國標準檢驗局之規劃，為避免綠電效益重複計算之問題，係規劃採行 FIT 與 RECs 互斥之模式，倘業者選擇取得 RECs，則取得 RECs 憑證之業者可至市場上販售其憑證，而需要憑證之業者亦可至憑證市場購買。惟本公司目前依再生能源發展條例購入之再生能源電量係依循FIT制度，亦即此等電量均無法申請RECs，另外有部分再生能源購售電合約係於再生能源發展條例公布前簽訂，而此合約對哪一方擁有 RECs 是沒有規範的，即本公司合格再生能源機組購買之電能，是否亦等同取得該機組之 RECs，亦即 RECs 之所有權是否隨同電能由發電公司移轉至售電公司，是不明確的。

為釐清 RECs 所有權問題，未來再生能源購售電合約應明訂是否隨電能移轉 RECs，即附 RECs 與無 RECs 的購售電合約，前者的價格較高，可採反映再生能源投資成本之原則訂價(如 FIT)，後者的價格較低，可採迴避電業非再生能源發電迴避成本之原則訂價，當然，若能建立兩者之交易市場，導入競價機制，則等同採市場價格訂價。

(二) 台灣再生能源憑證之標準應與國際接軌

台灣再生能源憑證運作機制係由憑證中心進行再生能源審核發證，再透過媒合進行供需交易，而認證之標準可考慮採用美國 Green-e Energy National Standard 或全球 I-REC 標準，以被國際接受。另外再參考國際再生能源驗證經驗，建立台灣再生能源驗證標準及完整之認證體系，推廣至國際以爭取合作機會。

二、再生能源持續發展，購電策略難預測負載量

大規模再生能源併網時衍生許多過去不曾發生的問題。以加州而言，隨著再生能源推動速度的加快，在未來幾年間對於電力系統將產生許多顛覆傳統想法之現象，特別是在白天時期出現電力過剩的問題，由 CAISO 經驗得知其負電價之

時間多出現於上午 9 點到下午 6 點，表示在 CAISO 系統下應於負電價時段多多鼓勵消費者用電，這概念即與台灣目前仍然採尖峰移轉負載之思考不同。為了符合未來更為嚴格的環保需求，未來再生能源大規模併網儼然已勢不可擋，在購電策略思考上更應關注負載預測，及早蒐集相關購電因應之道，如長中短期購電量之分配、再生能源多元購電之最適組合等。

三、新技術陸續引進，購電策略須考量儲能設備價值

為了因應氣候變遷，本文探討的加州及德州電力市場皆逐年降低煤炭發電的比例，而改採天然氣及其他再生能源發電，全美再生能源的發展，尤以加州最具代表性。加州在發生電力危機之後，積極發展再生能源，其 RPS 設置目標在 2020 年全加州 1/3 的電力必須皆來自於再生能源，發電結構朝低碳發電源轉移的趨勢也發生在台灣。由於再生能源屬間歇性不穩定發電系統，併入電網恐有可能影響系統電壓及頻率，成為電網不穩定的肇因，為了解決此等問題，加州的立法機構在 2010 年簽署通過第 2514 號法案，訂定了加州公共事業委員會對該州三個民營電力公司制定儲能採購目標，即在 2020 年時須採購 1,325MW 的儲能設備，其目標係利用儲能設備使得電網達到最佳化、整合再生能源並降低溫室氣體排放。

我國和加州一樣，未來在再生能源的供電占比上，將大幅度的成長：我國再生能源發電的目標是在 2025 年達到 28.5GW(占 53.1%)、500 億度(占 18.5%)之規模，其中太陽光電目標 20GW、200 億度。因此大量太陽能發電併網的所造成饋線不穩定問題，未來也將衝擊我國的電網，因此，為因應未來民間裝置儲能設備之趨勢，於研擬購電策略時應考量儲能設備購電之相關資訊，並建立相關儲能設備之訂價機制，以降低大量再生能源併網對電網衝擊的問題。

四、電力自由化之後，價格是購電策略之決定性因素

在絕大部分消費品市場，影響消費者選購商品的二大主要因素是價格和品質。

在電力系統中，所有的發電用電都通過同一張電網輸送，用戶無從判斷其消費用電的來源，而電力商品的主要品質是供電可靠性和電力品質，而這二者都由輸配電公司而非售電公司決定。輸配電網（尤其是配電網）屬於自然壟斷，用戶所在的地理位置就決定了電網公司，也決定了電力品質，因此，在同一家電網公司下，不同的售電公司或不同的售電方案之間，對用戶而言即沒有任何供電可靠性或電能品質的差別，故價格成為了影響購電選擇的最大因素。在電力自由化的經營環境之下，購電策略應包含以下幾點考量：

（一） 購電策略之利潤基礎在於賺取買賣之間價差

在電業自由化環境下，發電公司及輸配電公司皆不直接面對消費者，而係由售電公司代表消費者進行電力採購，本次參訪之德州，其發電市場及售電市場皆已自由化，而加州係發電市場完全自由化，售電市場僅大用戶具有選擇權，在這樣的電業模式下，此兩州的售電公司皆大多數採用簽署中長期購電合約之方式向發電公司買電（僅少數部分採取於現貨市場購電），另一端則設計各式售電方案供消費者選擇。因此，售電公司的利潤來源即在於售電與購入電力之價差，故為使利潤極大化，購入電力之成本至為重要，在購電部分，以 SCE 為例，即導入 LCBF 法評價業者投標，以確保 RPS 採購符合成本效益，並積極將競標機制引進小型再生能源收購，以逐步取代傳統固定價格收購制度（FIT），發揮最低成本購電之效果。

（二） 購電策略可涵蓋電力多元化商品以降低經營風險

由於美國電力市場發展活躍，電力商品豐富，因此電力市場擁有許多交易工具來規避市場風險，以美國電力來說，包含即時市場、日前市場、以及雙邊合約等工具，售電公司大部分會與發電公司簽訂長期合約，且購電量皆會高於負載預測的需電量，藉此以規避現貨市場的價格波動風險，及確保供電充裕。除此之外尚有電力衍生性商品交易市場，供參與者交易長期、短期電力期貨及其他電力金融商品，由於流動性佳，且參與者活絡，於是擁

有極佳的抗風險性，對低碳電力的長期性發展尤為重要，以英、美為例，即發展價差合約 (Contracts for Difference, CfDs)，在價差合約下，發電業者透過電力市場出售電力，若發電業者市場出售價格高於合約履約價格 (strike price)，發電業者須支付出售價與履約價之間差額；反之，若市場出售價格低於合約履約價格，合約訂約方 (如金融業) 須彌補其價差，藉此達到交易避險、穩定電力現貨價格之目的。

以現行電業法設計的架構看來，電力金融商品市場於第一階段並不存在，而以台灣現有的參與者數量觀之，仍未能達到市場活絡的目的，但隨着電業法開放的進程持續推展，未來於擬定購電策略時仍需積極運用電力金融商品，藉此分散再生能源投資風險，創造極大利潤。

肆、誌謝

感謝公司各級主管給予本次赴美實習的機會，並承蒙相關單位協助負責當地與電業、主管機關、獨力調度中心之事先聯繫與安排，謹致上最深的謝意。

伍、參考資料

1. 當代國際新能源政策與法制發展，蔡岳勳，2011年12月。
2. 再生能源政策與法律概論，高銘志等，2013年9月。
3. 再生能源發展策略、躉購及基金費率研析計畫，經濟部能源科技研究發展計畫，民國104年12月。
4. EIA, U.S. Energy Information Administration, 2017, "Electric Power Monthly, February 2017", U.S. Department of Energy.
5. PUCT, Public Utility Commission of Texas, 2014, "PUCT Substantive Rules. Chapter 25.211 Electric", Public Utility Commission of Texas (PUCT).
6. Cristina Radu, 2011, "Overview of SCE's renewable Programs", Southern California Edison Renewable & Alternative Power.
7. Mike Marelli, 2010, "Overview of RPS Program", California Wind Energy Collaborative Forum.
8. SCE-02, Vol. 04.C. Cushnie. S. Eisenberg. J. Tran M. Ulrich, "Power Procurement in 2015", Southern California Edison
9. California Electric Rule 21 Supplemental Review Guideline.
10. California ISO, <http://www.caiso.com/>
11. ERCOT (Electric Reliability Council of Texas), www.ercot.com/
12. Energy Information Administration , <http://www.eia.gov>