

由應用情境探討臺灣綠能產業發展之策略思維

童遷祥^{1*}

摘 要

能源是國家的百年大計，綠能產業又是21世紀經濟發展的火車頭。臺灣在太陽光電及LED方面，已具全球競爭力，但從長遠看來，賽局才剛起步，如果我們持續投入創新，產業就有機會在全球名列前茅。問題是臺灣的資源有限，要投入那些重點項目，又如何投入，一直是策略思維要回答的問題。本文嚐試由應用情境塑造，來尋找我國綠能產業投入的策略，並以槓桿點的概念聚焦資源投入的重點，希望能藉此提昇我國綠能科技研發產業化的績效，避免讓政府的補貼淪為財務黑洞。

情境導引的研發策略重點，是能針對未來應用情境去發想，設法找到最適合自由市場運作的機制，作為行業發展的商業模式，再由此模式推導出目前技術或服務最主要不足之處，這才是策略規劃NSDB (Needs、Solution、Differentiation、Benefits)中真正會引領風潮的N；然後針對這個N來提出我們的對應策略，而且必須是在關鍵槓桿點上具有上位專利的關鍵技術及商業模式，才是具有策略價值的S與D。倘若這方面還不確定，只能利用各種研發資源來投入前瞻型的育種計畫，以便徹底將它釐清。最後，技術要商業化，必須有跨越死亡之谷的商業模式，所以NSDB中的B，應該是由Business Model去進行產業化時能夠量化出來的投資效益，這個NSDB循環才算完成。

關鍵詞：綠能產業、策略規劃、情境導引、研發產業化

1. 前 言

21世紀人類面臨的10大問題，第一個是能源，第二個是水，再來是食物與環境，都與能源、地球暖化息息相關，特別是在能源方面，石油供應在可預見的未來會由高峰開始下降，供不應求將造成價格迅速攀升，產業間資源競爭問題更加嚴重。雖然石油目前真正用來作為發電或發熱的量已經非常少，可是它仍然是運輸業最重要的能源，也是石化業最重要的原料，其短缺仍對產業造成相當大的衝擊。本世紀除了會面對缺油的危機外，地球暖化是另一個嚴重課題。根據專家研究推估，如果氣

溫上升2°C的話，缺水人口可能達到20億，有20~30%的物種會滅絕。但是更嚴重的是，地球暖化要維持在2°C以內已愈來愈困難。以目前二氧化碳排放來看，除非有非常積極的作為，專家預估地球的年均溫度較工業化之前很可能會上升達4°C，德班的聯合國UNFCCC氣候變遷會議^[1]，已讓京都議定書的承諾落空，大會勉強達成的協議是在未來五年內制定一個更有強制性的法規，於2020年起實施。所以未來地球暖化所造成的災害預估會相當嚴重，愈晚行動將來各國投入節能減碳的經費將更增加。

根據政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)最新的報告^[2,3]推估，若想讓地球暖化控制在2°C

¹鼎唐能源科技股份有限公司 執行長

*通訊作者, 電話: 03-5910275 ext.101, E-mail: alextong@gcc-tech.com

收到日期: 2014年07月18日

修正日期: 2014年08月15日

接受日期: 2014年09月01日

以下，則全球於2100年的二氧化碳年排放總量應控制在530億公噸範圍內。根據這個目標，預估到2050年需要的累計總減碳量是6,000億噸，需要的投資大概是10兆到40兆美元之間，這是一個長期的挑戰，卻也是非常大的一個商機。

2. 前題：政府是推手，產業才是主角

所有的能源與環境政策，都圍繞著三件事，稱為3E (Energy、Environment、Economics)，世界各國表面上雖然都在講節能減碳，可是骨子裡最重視的還是經濟發展。因為節能減碳要數以十兆美元那麼大的投資，不可能靠政府編列預算去支應，如果沒有產業以市場經濟的角度去經營，是不會成功的。因此，我們可以說節能減碳產業是21世紀最重要的產業，也是各國經濟發展最重要的動力，而政府的角色，是扮演推手，制訂的政策，主要的目的應是讓市場機制能提前實現。

由於能源技術的發展，除了經濟層面外，還有國家安全與環境永續兩大面向的需求，企業界在投入能源發展時，往往會要求政府進行各種補貼，結果時常花費了龐大資源，卻未必能收到實質效果。其實這個問題可用一個共通的衡量標準來解決，即從一個技術是否成熟這個角度來看。如果一個技術已經成熟，要探討的當然就是怎麼樣用這些技術去推廣、去佔有市場。我們的節能技術多數是這一類，既然技術已經成熟，投資回收期就短，投資就可算是一個無悔的策略，政府最多只要順勢而為，制訂一些誘因，讓技術儘快普及就可以了。例如，工研院綠能所有一個餘熱回收的發電技術，每一度電可以做到低於台幣1.5元的發電成本，比其他發電方式來得更經濟有效，又符合綠色概念，就可以直接成立衍生公司來推廣這個技術，邀請高耗能產業的代表性業主來共同投資，讓這樣的技術快速的在各類耗能工業去複製成功經驗。這就是針對成本低，已足以商

業化的技術應該引用的技術推廣策略案例。

其次再看另外一類，技術方面還不是很成熟，這時重點就是考慮如何讓技術精進。對於技術是否成熟，我個人有一個簡單的定義。現在要發展的新能源技術，是用來替代既有的化石能源。既然是替代能源，就要跟既有能源來比較。比較時要把二氧化碳外部排碳成本都算進去，如果比傳統化石能源還高很多，這時技術就還不成熟，如果硬要用它來替代傳統能源，那是事倍功半，甚至徒勞無功的。換句話說，如果自由市場機制的時機尚未到來，政府補貼的力道又只能持續一段時間，等那段時間過了，市場還上不來，政府的補貼也無法硬撐。例如我們三十年前就開始推電動車，但電池技術一直不成熟，如果當年政府決定以政策來補貼，要持續三十年是不可能的。德國的能源政策綱領就說得很清楚，政府的政策是支持技術快速的成長乃至成熟，目的是讓自由市場機制能提前實現。

3. 策略要由研發、示範、補助、推廣到強制，循序漸進

從技術的角度來看，最經濟有效的減碳政策就是使用全球最具性價比優勢的技術來減碳。如果多數國家能降低貿易壁壘，讓減碳大業成為類似奧林匹克運動會一般的公平競爭的話，綠能產業的發展就可以在一個理性的基礎上訂定其發展策略。個人認為此策略可以依技術的成熟度分為五個階段來下對策：第一階段是在技術還不夠成熟的時候，重點應放在研究發展。例如某替代能源比傳統化石能源的成本還高30%以上時，技術還沒有到達商業化的條件，這時候政策要投入的是研究發展。這裡要提請各位注意，歐美國家的R&D多數是由企業在做，所以許多政府獎勵民間的措施，並看不出來它是在推動商業化或是在獎勵技術研發。但我們可以說，在技術不夠成熟時，政府對技術先驅者的獎勵，可以看成是對其研究發展的

補助。

當研究發展到一個程度，技術接近可以在成本上與傳統化石能源競爭的時候，譬如說成本高30%以內，這個時候就可以進入第二階段，開始做示範計畫，目的是把技術整合在一起來證明其可行性；通常第二階段的示範計畫又可分三部曲，第一是驗證技術可行否？第二是驗證這技術是否可以放大？第三則是驗證這技術是否真的可以有成功的商業化模式？完成這驗證三部曲，才可以證明這是一個真正可以商業化的技術，是可以投資的項目。

經過研究發展到示範計畫，第三階段就要開始真正的商業化。今天用再生能源替代傳統能源，若只比直接成本，需要較長的時間。其實，應該把排碳的外部成本考量進來，才算公平。但碳的外部成本是多少，目前市場上並沒有公定的評估機制。或許可以用迴避成本的概念來為其定價。燃煤發電目前及未來五十年還是最普遍的基載電力，煤電加上碳捕獲封存(CCS)，可算是清潔電力。因此，CCS的成本就是最多數的碳排放迴避成本，假設CCS的成本是每公噸40美元，則每度電的二氧化碳排放外

部成本大概是美金4分，加上煤電的成本6分，則再生能源需要能與煤電競爭的合理成本是每度電美金10分，或台幣3元。因為目前沒有碳稅等將排碳成本內部化的機制，變通的辦法就是由躉售電價中補貼再生能源，合理的補貼幅度就是排碳的外部成本。換句話說，第三階段的商業化，政府的政策就是給再生能源一些補貼，補貼碳排放的迴避成本，讓再生能源可與傳統化石能源站在合理的基礎上競爭；當技術商業化可行，供應端已可以經濟有效的提供這個技術去進行節能減碳時，下一步的政策才是藉由鼓勵消費端來推廣這項技術；最後，當成本進一步降低，技術已相當普及，達到足以取代原來較高耗能技術時，就可以運用法規強制方式，將不符合永續發展的老舊技術淘汰掉。這就是最積極又最具成本效益的五階段節能減碳政策，是對所有替代能源一體適用的準則；是用最少的成本讓綠能產業能夠真正推動到產業化的作法。圖1是將此理念在一張減碳邊際成本曲線Marginal Abatement Cost Curve (MACC)上表現的結果。由此圖就不難把各項技術依其成本高低，亦即技術接近商業化應用的成熟度

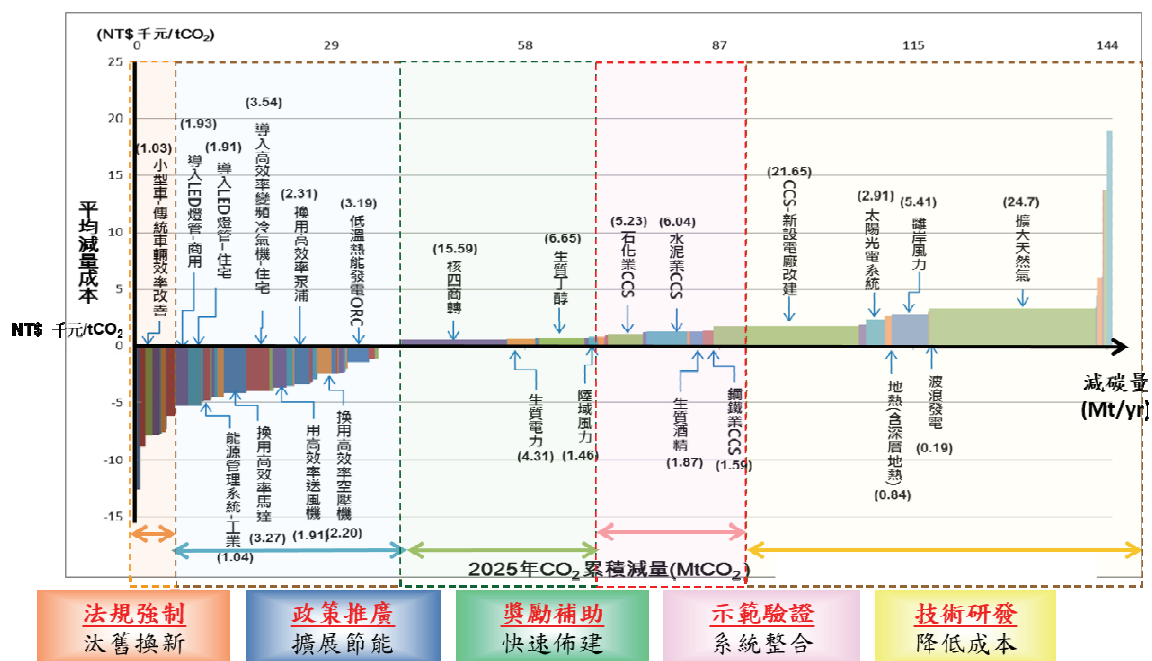


圖1 節能減碳技術若以減碳邊際成本曲線表示，各項技術對應的政策究竟是研發、示範、補助、推廣還是強制，就可在同一標準檢視下一目瞭然。

由右至左標示出技術研發、示範驗證、獎勵補助、政策推廣及法規強制五大行動策略的適用範圍。

綠能產業雖然也有地域性，但全球市場基本上是開放的，而且龐大的商機是可以確定的，所以先天上不必太擔心市場。產業發展最重要的要素在技術、資金、通路及人才。其中以技術及商業模式的創新最重要。這兩個创新的力道愈大，資金及人才的匯集也愈容易。而目前多數的綠能技術，都還沒有到達替代傳統能源的門檻，仍是需要長遠布局及積極投入研發的項目。

既然綠能產業要以市場機制運行，不能長期依賴政策獎勵，在發展之初制定策略時，就要由如何創造最大價值，以便能吸引最多資金來進行技術突破為著眼點。這時，能為多方利害關係人創造最大總體利益的應用情境，就是我們要追求的終極目標。以此情境為出發點進行系統化的發想，才可以跳出現有思維的框架，布局未來長遠需求，爭取最後勝出的機會。各國在制訂節能減碳政策時多半由2050年所到達的情境為標的開始推論就是這個道理。以此情境布局的技術研發策略與創新商業模式，才是產業發展最有系統、基礎最穩固、所以也最可長可久的思維。以下，個人茲以工研院在綠能產業發展的布局為例，來闡釋這個說法。

4. 臺灣的綠能產業

綠能產業可分為低碳新能源與節約能源兩大區塊；在低碳新能源方面又可包含再生能源及其他替代新能源，分別為太陽光電、風力發電、生質能、二氧化碳捕獲封存及儲能系統，節約能源產業則有LED照明、智慧綠建築、電動車、智慧電網及節能服務產業等等，以下將逐一介紹。

4.1 太陽光電

太陽光電將是未來最普及的綠色電力；因此，未來應用情境就是「無所不在的電力」。要做到這一點，除了成本低廉之外，還要使用方便。如果太陽光電能達到總系統成本每瓦1美元，又能做到輕薄使安裝或攜帶非常便利，基本上就符合了無所不在的要件。這是由應用端推導的系統需求。

目前全世界太陽能產業雖然因為供過於求造成的價格破壞尚未完全恢復，但未來因應綠色電力的需求，市場還是會大幅成長。因為目前它的成本每1度電還在6元台幣左右，所以要期待它大量運用的話，成本還必須要往下降。臺灣的太陽能產業鏈基本上不太完整，我們最上游的原料，多數仍有賴進口，可是電池產量非常大，大部分都是直接出口的，做成模組出口的產業規模相當有限。大陸基本上則是一個垂直整合完整的產業鏈，若要與大陸競爭，在技術方面臺灣沒有特別的問題，只是經濟規模比較小。由於原料端是特別需要經濟規模，這方面會比較吃虧。到太陽電池部份，我們的技術相當具有競爭力，最近政府已推動海外拓展市場的行動方案，主要是要在下游創造出海口，讓上中游能更加健全的發展，是一個業界有感的德政，但要小心採到政府補貼的紅線，令產業受到貿易制裁。另外建議政府可透過每年一項地面型太陽能電廠的大型標案，積極促成國內太陽能產業的垂直整合，建立大型產銷體系與業績，來增加整體進軍國際的實力。不過，這些仍然是短期措施，長期而言，目前太陽光電技術離終極的「無所不在」應用情境都還有一大段距離，臺灣要能在這個項目勝過大陸，技術創新仍需大步向前，開發高效率低成本的技术，希望每度電的成本能夠從6元降到3元左右，我們若能先做到，競爭力就會大大提高。

若由應用情境推導，最被看好的電池是特性類似CdTe，但是沒有毒性物質之CIGS化合物薄膜非真空製程技術。目前世界上CIGS如果用真空製程去做，在實驗室裡面已經做到20%的

光電轉換效率，但生產成本不容易下降至3元一度電。如果我們用非真空的製程，設備成本降低很多，原料使用的效率也特別高，而且可用軟性基板、質量輕可以隨身攜帶，最符合太陽能「無所不在」這個應用情境所設下的終極目標，相當有發展潛力。目前工研院在非真空製程已經可以做到小面積14%以上， $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 則有大於10%的轉換效率，如果大面積能夠做到12%以上的效率，太陽光電模組的總成本大概可以降到每瓦0.4美元，產業就很有機會達到全系統每瓦1美元的目標。

4.2 風力

風力在全球發展非常的快，全世界的裝置容量2013年已經起過了300 GW，發電成本不到每度電3元台幣，是個相當成熟的產業。但未來新增陸域風場會逐漸遠離人口中心，新增速度將趨緩。未來距離都會較近的離岸風場可能會有比較高的成長率，我們預估全球未來離岸風力可能會佔到整個風力發電的15~20%之間，國內千架海陸風力機大部分也是以離岸為主，陸域最多只會到1.2 GW，離岸目前規劃則是3 GW。臺灣海峽擁有全世界數一數二的風場，水不深，因此，具備發展離岸風電的基本條件，也是應用情境發想尋找契機的好題材。

全世界像英國、德國、丹麥在離岸風力推動多年，成本都還在每度電6塊錢台幣以上，當十年後，太陽光電的成本降至每度電4元台幣以下時，離岸風力將很難競爭。而且如果我們只是引進國外機組，在外國工程團隊指導之下進行安裝維護，就等於把優良風資源拱手讓人開發，我們提供勞務，產品(電)以高價賣回，完全就像現代版的殖民經濟，不但規模做不大，也對臺灣的綠能產業無大助益。要突破現有的技術以降低成本，需要全然創新的做法。例如用高溫超導體來做發電機，就可以把齒輪箱拿掉，發電機本身也只有原來一般傳統發電機的1/3的重量與體積。包含機艙、塔架在內的全系統重量可下降25%以上，連帶使得基樁及

吊裝工程的搭配也大幅輕量化，而更適合本土既有產業的承攬。若再把多台風機上的電力轉換器移到海上平台，做集中的監控或維修，機艙剩下的就只有軸承及發電機，可靠度自然可以提高許多。像這一類以應用情境出發的創新想法，可以幫助我們找到適當的技術研發的施力點，就容易聚焦資源，產生效益。工研院依據這個應用情境想法，找到以高溫超導線材做為技術突破的槓桿點，開發出臨界電流密度領先全球四倍以上的超導體，使得承載每安培電流所需要的超導線材，成本有機會降得比使用銅導線還低。如此一來，臺灣只要專攻超導線材，將超導發電機及大型風機的系統整合交給策略夥伴如美國超導公司或西門子公司去做，就有機會讓離岸風機系統成本大幅下降，為臺灣產業創造競爭力及建立國際品牌的機會。臺灣也可以因此利用我們半導體產業的優勢，避免在重機重電產業與國外去比生產規模。

4.3 生質能

目前臺灣的各項生質能，也是除了水力之外最多的再生能源。臺灣生質能源的發電量已經到了700 MW，預估把稻桿等農業廢棄物回收，大概能提供1.4 GW的總潛力，不比風力跟太陽能小。因為固態生質能的技術沒有太大的瓶頸，可是因為體積大，運輸成本高，可以做的就是將RDF的製造設備小型化，放到貨櫃車上，隨著農業收成，直接就地轉化成密度比較高的RDF，運輸成本就降低很多，所以移動式的RDF設備比較符合臺灣小面積種植的情境，值得推廣。

液態生質燃料是另一個全球積極發展中的再生能源。液態生質燃料有它的特殊性，能量密度高、方便攜帶，例如生質柴油、生質酒精，目前仍然是最重要的運輸用替代能源。即使未來電動汽車普及，但商用飛機大概就無法電動載人飛行。在液態生質能方面，目前相當熱門的研究課題，第一個是微藻。微藻基本上是光電轉化率最高的生物，每公頃每一年能夠

產的藻油達到140噸以上，比其他的植物要高出相當多，可是問題在於藻類細胞非常小，藻油在細胞裡面，不容易取出。因此，技術研發的重點在於降低萃取藻油所需消耗的能量。以目前的技術來講，全世界仍沒有人能夠將藻油從養殖開始到最後萃取油，產出50%的淨能量。因此，仍然有很大的突破空間。第二個熱門的研究題目是纖維素酒精，目前世界上生質酒精幾乎全數是乙醇，已經有大約800億公升年產量，未來預估可以到1,500億公升，用的料源目前還是以糖或澱粉類，也就是糧食的料源為主，將來希望能夠利用農林廢棄物為料源一方面避免與民爭糧，另方面則是避免燃燒廢棄物排放的二氧化碳及懸浮微粒。因此，由應用情境出發，在生質能的技術研發方面，重點是液態生質能，且要以非糧料源做到零碳排放，又能在成本上與汽、柴油競爭。

工研院最近馴養了一種微生物，可以用來生產生質丁醇，它在發酵過程裡面沒有排放二氧化碳，所以六個碳都可以充分利用。目前在實驗室可以做到的就是有94%的碳都轉化成最終所要的丁醇。丁醇是比乙醇更適合的生質燃料，因為丁醇的特性跟汽油比較接近，乙醇可以混在汽油裡面10~15%不必調整汽車引擎，丁醇可驗證的添加上限是乙醇的160%，而且不會腐蝕，這兩點說明丁醇更適合取代乙醇做為液態燃料。可是生質丁醇的技術並不很成熟，全世界到目前即使發表在Science期刊，其碳的轉化率最高也才57%而已，工研院現在可以做到94%，是重大突破。所以我們有機會能夠把這個技術放大，去建一個商業化的生產工廠，而且這個技術可將現有的乙醇廠，改換成丁醇廠，只有發酵槽局部的修改，整個產業鏈變更的部分不是那麼大，馬上就可以提升很多產能，是個比較快可以做產業化的一條路。除了做生質乙醇的替代品外，丁醇目前也是重要的石化原料，價值比生質燃料還高，這個部分我們可以用新設的廠來做。所以，雖然臺灣地狹人稠，並無生質能先天發展優勢，但因為技術

創新，使我們具備了全球競爭力，反而使生質能成為臺灣的機會。

4.4 二氧化碳補獲封存

前面說到二氧化碳補獲封存是全球一個重要的節能減碳的方式，之所以都還沒有應用，是因為過去幾年在全世界都還沒有一個技術真正能成功商業化，目前的技術大概是做到每公噸二氧化碳捕獲成本在50美元以上，可是在節能減碳目標還沒有變成法律之前，碳權的交易價格拉不起來，歐盟在減碳方面已經是最積極的，碳權在歐洲大概也只有10元美金/公噸，這樣的碳交易價格當然就不會使現有的CCS技術商業化。臺灣如果可以降低二氧化碳捕獲成本到20美元，就變成我們的機會，而此機會也要靠應用情境發想來促成。

首先，工研院由應用情境出發，尋求降低捕獲成本的方法；結果發現若與水泥廠結合，以氧化鈣做吸附材來循環使用，是降低成本最有效的方法。最近有一個研究計畫跟臺灣水泥合作，在花蓮的和平水泥廠蓋一個MW之pilot廠，利用氧化鈣吸收二氧化碳後變成碳酸鈣的反應，每吸收/排放一次就可以將一份二氧化碳捕捉下來，循環多次，就可以捕捉多倍之二氧化碳。這個技術跟水泥業的結合最重要理由就是碳酸鈣是水泥廠的原料，又是捕捉二氧化碳的媒介，當碳酸鈣至氧化鈣的迴路循環多次，活性降低後，就把它回摻到水泥裡面，碳捕捉就沒有原料成本。接下來我們的技術特色就是讓捕獲的能源消耗降低，使整個成本更往下降，當原料成本是零，捕獲的能源消耗，又能從目前全世界平均的30%，降到20%或甚至是16%時，就可以把碳捕獲成本由50元美金/公噸降到25元美金/公噸的水準。預計在2017年就有機會推出50 Mega-Watt規模的商業化碳補獲廠。

其次，二氧化碳捕獲技術雖然解決了，更關鍵還有封存問題，這就不單純是技術，還有牽涉到法規等問題。核能被反對的最嚴重問題

是核廢料及安全，CCS也有廢料封存的問題。所幸已有應用情境可以解套。在美國二氧化碳封存雖然沒有法規，但石油業已經做了30~40年的封存。原來，石油業就是用二氧化碳打到地底下，讓原來已經產能下降的油礦再用二氧化碳去加壓，把油再擠出來。礦坑封存二氧化碳，理論上風險並不高，因為油或天然氣在地底下存在了幾百萬年，證明幾百萬年來是很穩定的，而且美國在大城市周圍到處都有天然氣地下儲存設施，夏天將天然氣由產地運過來儲存，以供冬天使用，也沒有出過意外。除了礦坑外，二氧化碳另外一個儲存方式就是在地底下的鹽水層，鹽水層比礦坑更多更普遍，臺灣基本上礦坑不多，但有一個優點是，我們的鹽水層從臺灣西海岸往大陸的方向是往上傾斜的，所以如果把二氧化碳從我們這邊注到鹽水層的時候，它是往臺灣海峽的另外一邊擴張，所以萬一不幸跑出來的話，其實是在海裡面跑出來，對居民比較不會有太大的威脅。所以二氧化碳捕獲封存也是臺灣的商機之一。

4.5 電網級儲能

再生能源中，風能與太陽光電基本上是間歇性的電力，要普及必需解決儲電問題，電網級的儲能是一個關鍵的技術，目前看到的抽蓄水力是最典型的大型儲能，它儲存每1度電是1分美金，因此可大量使用，但受地形限制，無法隨需求去建置。其他的儲能技術中，鋰電池是最常見的，目前充放電一次的成本大概還在15美分左右，離1分錢還很遠。還有很多的技術要突破。由應用情境出發去推導，真正能做到電網級儲能的技術，基本上以金屬及空氣為電極的液流電池最被看好。理由是最有競爭力的電池一定是電網儲能及電動車能共用的電池；因為如此一來，最能建立經濟規模這個優勢。但要設計出對電網及電動車使用者都友善的系統並不容易，因為電動車要電網供電，如果是離峰小電力慢充，電網一定歡迎，但若是尖峰時間大電力快充，電網絕無意願提供充電設

施。因此，電網與電動車要能互利雙贏，必須避免大電力快充需求，而電動車還要願意在尖峰時刻售電給電網。要做到這兩點需求，技術解決方案就是將電能儲存在電解液中，以抽換電解液來達到快充的目的，避免了由電網以大電力取電的需要。尖峰時，多數用來上下班的電動車使用人可售電賺取價差，離峰時再慢速充電，這些人只有在無預期的緊急情況下才有需要至「加油站」換電解液快充。這樣的應用情境，一舉解決了電網與電動車使用者間的衝突矛盾，使儲能與電網建設變得容易可行。

車用鋰電池的再利用技術是另一個選項，因為作為電動車儲能的鋰電池，等到它從車上除役下來，可能還有50%以上的容量，可是殘值已非常低，把它用做電網級儲能，成本就下降很多，這裡面必須要突破的是如何去做安全監控及電池管理，因為它剩下的壽命比較短，所以大量串並聯電池系統之壽命管理變的更重要，當然，安全也是需要考量的重點。近來也有人在研究超級電容(Ultra- Super-Capacitor)取代電池做為儲能的單體，目前功率非常好，可是能量不足，而且成本很高，要做到高能量低成本也還是很大挑戰。

4.6 節能

節能的領域很廣，包括運輸、住商及工業三大部門。節能產業方面，則有製造業及服務業的分別。在製造業方面，電動車輛與住商及工業設備是大宗，服務業則以能源服務業為代表。

電動車的部份有汽車與機車，工研院現在正推動電動車的各種示範計畫，在某些縣市及離島有電池交換、充電等各種示範計畫，因為臺灣機車是一個特色的產業，而且是一個技術的先行者，所以電動機車的推動在國內是比較容易取得先機的。電動車目前有公車和小客車在推動，關鍵其實是在電池，電池是目前成本最高的地方，安全上的顧慮也是最大的風險，值得持續投入技術研發。

在節能方面有最大商機的，除了車輛之外，就是建築產業。智慧綠建築在六大新興產業裡面是一個重點，也是非常關鍵的系統。大陸在十二五計畫中規定新建築要比1980沒有使用節能技術的建築節能65%，大陸佔全世界新建築50%的市場，這項法規非常舉足輕重。目前這個法規仍很難執行，只能在建築設計、審查的時候，由書面資料去審查設計是否能做到節能，但建築節能不光只是外殼的事情，它裡面還有機電設備、照明設備、使用者的行為習慣等都會影響，這部份是非常重要的領域。地產開發商原本是傳統建築師、房仲業、銀行這樣的體系，可是要做到智慧化與節能這兩個部份，要加上很多新的技術，這些傳統的建築商在這方面仍無完整解決方案，所以就要靠新科技的力量。由一個專家系統或專業的系統整合公司來協助建商整合，甚至把它雲端化、智慧化，是讓這個產業增加競爭力的方法，臺灣ICT產業在全世界非常強，人才最多，所以如何把ICT技術整合於這產業是未來最重要的商機。特別是如果我們能以系統服務業來帶動關鍵零組件的製造業輸出到國際市場，把餅做大，才是產業轉型最成功的模式。大型系統整合用於智慧建築，除了節能之外還可以協助電網做供需調節，降低備載容量需求，創造額外價值。此項應用情境將在智慧電網一節說明。

LED是新一波的照明革命，也一直是臺灣相當具有競爭力的產業，不過近年因為韓國追上來之後就用自己的背光模組，讓臺灣的LED產業一下子變得供過於求，造成混亂，未來韓國與中國大陸都是LED生產的強國，臺灣的機會在於要維持品質可靠度，也就是性價比，以及超前開發新一代的技術。大陸大量的擴充產量，將致使價格破壞，品質可能會出問題。LED最讓人擔心的是只追求單位流明的成本，而不考慮演色性、光譜、壽命、可靠度等等，若忽略掉這些特性，LED照明反而會變成消費者的災難。所以要慎重的從法規面加強管理，健康、成本、品質、安全、壽命等因素都要考

慮進去。臺灣在照明產業上中下游曾具有完整的供應鏈，且曾經是世界的燈具王國，LED漸漸普及之後，有另外一波重新洗牌的機會，此時，能把技術與通路結合對這個產業非常重要。最近工研院在推LED照明設計中心，希望能把臺灣的品質與LED的優勢放在產品裡面。不光只是在價格方面廝殺，另外臺灣安裝20萬盞LED路燈的經驗，在全世界也是相當領先的，能夠用20萬盞燈來帶動我們的LED市場，並成立一個聯盟，持續討論制定全球領先的規範，這個經驗就對未來的產業的競爭力很有幫助。

在新世代產品開發方面，以應用情境推導，LED照明成本與可靠度獲得掌控，由使用者的角度來看，最理想的光源會趨向於分散式，能加入各種設計元素的間接光源。不管是以LED或OLED為發光體，這個情境都指向卷對卷、可剪裁、即貼即用的便利型系統。誰能領先布局這方面的技術，就有最終勝出的機會。

4.7 智慧電網

智慧電網過去幾年來一直是一個熱門的題目，世界各國無不卯足全力在嚐試各種可能性。臺灣也在前年完成了全國智慧電網總規劃，由發、輸、配、用各層面去著墨。不過，前年工研院舉辦了一場智慧電網國際論壇，與會的美國電力專家就點出了現在全球智慧電網發展的瓶頸，即：全球各示範計畫都證明智慧電網技術上可行，技術要放大也可行，但技術要商業化則仍欠缺一個高價值的商業模式，可以回收商業化的投資。因此，智慧電網目前卡在並無商業化模式來支撐其發展。臺灣智慧電網發展預估要投入1,300億元，也面臨到投資無法回收的問題。

智慧電網應用範圍很廣，包括適用於分散式電源的電力調配，可供間歇式的再生能源上網，使用端用電方式可透明化，可双向計費，可取時間電價，便於用戶節能及供應端進行電

力調度等等。究竟有沒有應用情境可以使智慧電網走向商業化？最近的核四存廢問題為我們找到了答案。

不論核四運轉與否，臺灣將來要新增化石能源電廠都不容易。但太陽光電的裝設量預期可提高至20 GW以上，這些電力是否能算入常規電力，必須要靠智慧電網來解決供需之間不匹配的問題。如果智慧電網能夠使臺灣的太陽光電變成有效的裝置容量，甚至於只要使臺灣電力系統的備載容量降低2.5 GW，其效益就等於少蓋了一座核四廠，智慧電網建設所需的一千三百億就有著落了，這就是虛擬電廠的概念。

要降低備載容量，就是要讓供需有同步調整的空間。太陽光電因為無法調度，不能算為備載電力，但若將尖峰負載主要的用戶--商辦大樓與一般住家的空調主機--與太陽光電的供電同步調整，太陽光電就可以是有效電力，備載容量的負擔就可以減輕了；這方面的需求就產生了以下研究主題：PV電力預測之精確度、空調主機部分負載區間加寬、主機迅速調控及停機啟動、區域整合之需量調配等等。前文曾提到臺灣的ICT產業用於節能，可以創造新一波的競爭力，當需求端的電力監控及節能做好了，再將產業拉高一個層次，由系統面去進行區域的需求調節控制，最後再以儲電裝置補足供需差額，就可以創造虛擬電廠這個額外價值。這個思維也是一個以具備競爭力的關鍵零組件為基礎，藉由系統整合加值服務而帶動轉型升級進入服務業的案例。

若以情境規劃必備要素來檢視智慧電網，本文所舉的應用情境案例的重點就是以虛擬電廠的概念，降低全臺備載容量2.5 GW，然後以此創造的額外價值來帶動智慧電網及節能服務產業的發展。槓桿點是準確的PV供電預測及商辦大樓的空調能依供電狀況預先快速調整，使PV供應不穩定的特性獲得彌補，從而降低電網備轉容量的需求。

4.8 能源服務公司

最後，肩負節能責任的還有能源服務公司這個行業。目前臺灣的能源服務公司規模不大，資金普遍而言並不充裕，針對業者的申請，銀行要逐案審查，要經過相當冗長的程序，資金的積壓時間也相當久，週轉率自然就低，就無法增加服務數量。最好是由政府成立一個基金來擔保，讓銀行能夠用更低的利率，把更多的錢貸款給做節能服務的公司，把節能服務擴大到幾百億的規模，臺灣的節能減碳成果，就會加速。特別是如果這個授信及担保機制，能依據能源服務公司的信用評等去核定每年接案的額度，讓該公司在這個額度內去自由運用，以整個公司的信用來擔保，而不必逐案審查，公司就可以做更多的案子，相當於有更多的資金來週轉，即使有部分案子無法如預期獲利，只要公司整體體質健全，沒有倒閉風險，擔保就無損失，因此，基金只要把信用評等做好，擔保的風險其實相當有限。透過這樣一個基金，不但可以增加節能減碳的力道，也可以活化臺灣的綠能產業，讓產業發展更加快速。

節能服務公司時常面對的另一個困難就是買賣雙方對節能績效貢獻度佔比的爭議。使用者所節的能，有多少比例可歸功於使用端自發性的行為，以及產能利用率改變的因素如何與節能績效分開計算，可能都需要在進行改善前，就先充分掌握生產特性的參數，改善後才容易對照改善的績效。這方面的工作或許可以委託公正法人單位先設計一套比較完整的查驗標準作業，來降低爭議的程度，並由基金來支付剩餘真正灰色地帶的爭議款項，使節能目標得以順利推展。

5. 結 語

由於臺灣的資源極為有限，產業發展不適合採取遍地開花的策略，因此，政府在制定節

能減碳的政策上，必須依各項技術的成熟度，由研發、示範、補助、獎勵而強制，逐步推廣，才能有效運用資源，在21世紀綠能這個國際競逐的產業嶄露頭角。

要孵育一個具有國際競爭力的企業，在策略面上，則要能洞察局面，順勢而為。應用情境首先應選擇能成為百年大樹的應用為對象，並將時間設得長遠，這樣才能產生『雄才大略』型的願景。應用情境描繪的則是創新技術的應用方式及對使用者產生的價值，具有多方利害關係人最大效益的應用情境就是我們策略規劃的起點。其次，國內研發資源有限，必需找到行業中能夠引領趨勢的關鍵槓桿點，來訂定指標，進行技術及商業模式的創新，以取得上位智財權為績效指標來建立企業永續經營的核心價值。

參考文獻

- [1] 15, March 2012; “Report of the Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Kyoto Protocol on its seventh session”; FCCC/KP/CMP/2011/10/Add.1.
- [2] IPCC, 2014: Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: C.B., V.R. Barros, et al. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [3] IPCC, 2014: Summary for Policymakers, In: Climate Change 2014, Mitigation of Climate Change; O., R. Pichs-Madruga, et al.; Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Scenario Driven Strategic Planning for the Development of Green Energy Industry in Taiwan

Chiang-Hsiung Tong^{1*}

ABSTRACT

Green energy is an important focal point of every government in its policy making, not only because it deals with the issue of climate change, but also because it is a very important engine for economic growth. Stemming from a strong semiconductor industry, Taiwan has very good visibility in PV and LED manufacturing. However, it takes much more efforts than our current measures to ensure the sustainability of the Earth is secure in the long run. There is no doubt that government has to step in with policies to make it happen. What we all in want is a clear strategy to minimize the input in turning the wheel of green industry to critical speed. Based on the experiences the author gained in a career of more than 20 years of R&D work, the methodology of “Scenario driven Strategic planning for R&D work” is proposed as the main theme to maximize the outcome of our research investments.

The core of an application scenario is the business model which can kick-in the sustaining mode of the business operation in the said application. Key ingredients such as technology solutions and system integrations should build around the scenario, not the other way around, in our R&D strategic planning. Only when the business model is clear enough to quantify the benefit part of the “Need-Solution-Differentiation-benefit”, or NSDB cycle, may we conclude that the strategic planning is complete. In this article, examples are given to illustrate the merits of the application scenario driven R&D strategy.

Keywords: green energy industry, strategic planning, sustainability, scenario driving R&D, R&D commercialization

¹ CEO, Green Cellulosity Co.,

* Corresponding Author, Phone: 886-3-5910275 ext.101, E-mail: alexotong@gcc-tech.com

Received Date: July 18, 2014

Revised Date: Aug. 15, 2014

Accepted Date: Sep. 01, 2014