

聚合商電動巴士到電網(B2G)商業模式分析

陳聖岳¹ 許志義^{2*}

摘 要

近年來我國在能源政策上大力推動能源轉型，提高再生能源發電佔比。而再生能源之不可預測性與不穩定性，為能源轉型及電網帶來考驗。此外，政府在環保政策上，亦透過實質補助，鼓勵客運業者汰除柴油巴士換購電動巴士，以達成降低碳排放之目標。電動巴士除了可降低交通運具造成的碳排外，亦可透過參與B2G與再生能源相輔相成，以強化電網之韌性。本研究以「商業畫布」為研究架構主體，參考相關研究文獻，羅列出 B2G (Bus-to-Grid)商業模式之相關的利害關係人。本研究為求完善，亦以「PESTLE」分析，針對臺灣發展B2G商業模式所面臨的外在環境因素進行探討。經本研究探討後得出結論，以聚合商為主的B2G商業模式，參與電力交易市場中「即時備轉服務」、「補充備轉服務」二項，及「備用容量市場」中的「需量反應」，適合為B2G商業模式之獲利來源。在外部環境因素上，政府政策的支持、傳統發電成本的不斷上漲…等，對B2G都是有正面的助益。

關鍵詞：電動巴士到電網，聚合商，商業畫布，利害關係人

壹、前 言

一、研究背景與動機

近幾十年來環保與能源議題一直是科學家們所面臨的重大挑戰。環境保護與經濟發展之間的矛盾，亦是各國政府不得不面對的重大議題。21世紀再生能源政策網(Renewable Energy Policy Network for the 21 Century, REN21) 2020年6月所發佈的全球再生能源現況報告(Renewables Global Status Report, GSR)中指出，全球已有161個國家制定再生能源政策，其中更

有61個國家將100%再生能源發電訂定為能源政策目標(REN21, 2020)。經濟部在2016年5月宣布我國的能源轉型政策，並以2025年「非核家園」與「再生能源發電佔比20%」兩大願景為目標。

由於再生能源具有不可預測和不穩定的特性，特別是透過風速和日照作用生成的「風力」和「太陽能發電」產生的間歇性電源，在此狀況下，必需以輔助系統平衡電力供需。隨著再生能源在電網中的佔比增加，也需增加如天然氣發電廠的運作，以避免間歇性電源因劇烈波動所造成的電網安全威脅，但這類發電廠

¹ 國立中興大學資訊管理學系所 碩士

² 國立台北商業大學終身榮譽講座、中華大學創產學院暨企管系特聘教授、國立中興大學智慧運輸發展中心特聘研究員

*通訊作者，電話：(03)9108200，電郵：ghsu313@gmail.com

收到日期: 2023年03月16日

修正日期: 2023年09月16日

接受日期: 2023年09月30日

的運作時間短暫且維護成本高，利潤較低。為了解決這個問題，導入電動車車隊及電動車到電網(V2G)的概念是有價值而且能產生高效益(Bibak, 2021)。

如圖1，透過電網供電至電動車稱為G2V (Grid to Vehicle)，而當電網有電力需求時，由電動車的電力傳輸至電網稱為V2G (Vehicle to Grid)。因此，電動車也能被視為儲能系統的一種型態。在V2G的架構中，需要電動車與電網相互溝通，並透過功率調節系統在電網及儲能電池間，進行雙向的功率轉換，透過降低電動車充電功率或將電動車上的電力回饋到電網，以提供需量反應服務，從而實現削峰填谷以進一步提高電網的穩定性。

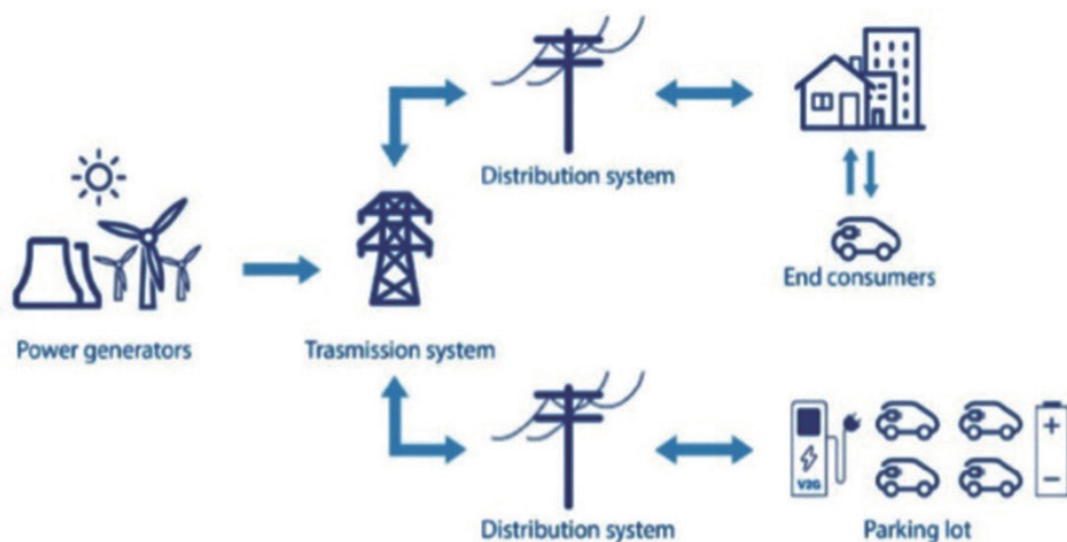
在美國，若干V2G系統業者為電動車車主提供了獎勵，以誘導他們參與該項計畫。根據該項計畫，當電力需求於離峰期間，電網中有多餘的電力時，電動車的車主可以以較低的費率為其車輛充電。而在電力需求尖峰期間，當電力短缺，電動車車主可中止車輛充電，並以

較高的價格將儲存在電池中額外的電力回饋到電網。由此可見，加入該V2G計劃的電動車車主是能夠從中獲利的(Jenkins *et al.*, 2008)。

而在臺灣市場，根據iThome的報導中指出：「根據交通部統計資料，國內電動汽機車總數已接近53萬輛，台電估計，2050年大量的電動化載具用電量將佔整體用電量的12%」。這些電動化載具所使用的儲能設備愈普及，等於藏電於民，過去只能為電動汽機車充電，未來透過V2G技術，可望扮演虛擬電廠的角色，在需要電力時，將電能回輸電網，協助電網的穩定性¹。

台電將「分散式儲能系統回輸電網」技術稱為V2G，將這項雙向饋電技術運用於「全球最大電池交換能源網路」Gogoro Network，善加利用遠端控制、用電資訊查詢等功能，有效調節電網供需，實現電網平衡。換言之，將來每座GoStation中電池的儲存的能源當電網有需求時，能夠回饋台電的虛擬電網²。

台電配電處副處長饒祐禎在受訪中指出，



圖片來源：Guido Ala (2020)

圖1 車輛到電網(V2G)示意

¹ 台電要讓Gogoro換電站化身虛擬電廠，必要時可供電助穩定電網，<https://www.ithome.com.tw/news/147480>。

² 台電、Gogoro合作開發「分散式儲能系統回輸電網」技術，讓每座GoStation成為虛擬電廠，<https://techsaydigi.com/2021/10/49829.html>。

電動巴士的電量貢獻度比起電動車更可觀。一臺電動巴士充飽電量約360度(kWh)，約能讓一臺電動車可以北高來回3趟；未來臺灣有1.5萬輛要換成電動巴士，台電已和業者研發相關技術，希望電巴也能像Gogoro一樣參與電力交易，業者不用擴充契約容量，能進一步降低營運成本。

Noel and McCormack (2014)提出校園電動公車車隊對電網(Bus to Grid, B2G)之架構，揭示即使是小如校園電動公車車隊，也具有成本效益。電動公車是儲能系統的一種形式，可以在電力系統尖峰時段，提供電動公車之剩餘容量；在系統離峰時段，提供額外的用電負載需求。若電動公車數量具備一定規模，善用其備援電動公車電池所提供的儲存量能，參與電力輔助服務，會比建置特定用於儲能的大型設備更具效益(郭哲甫，2020)。

V2G為電網提供額外的電力儲存容量在必要時，使電力從電動車流回到電網，也能為電動車車主創造額外收入。而相較於一般自用轎車，電動公車具有較大之電池容量，且相對於傳統柴油公車，電動公車之外部成本較低，其參與V2G模式具有更高之商業價值(蔡志祥，2019)。由於電動巴士具有汽車以外的其他特性，它們可能更適合V2X服務，它們具有更大的電池，因此與電動車相比，相同的輔助服務所需的電動巴士數量更少(Verbrugge *et al.*, 2021)。

2019年8月，美國能源業者Dominion Energy宣布在維吉尼亞州進行美國最大規模的電動校車巴士導入計劃，該計劃分為三個階段：第一階段的目標為至2020年底由Dominion Energy提供50輛電動巴士，投入維吉尼亞州電動校車巴士的使用，並支付所有的費用。第二階段將在取得州政府的核可後，擴大該計劃規

模，預計到2025年將有1,000輛電動校車上線運行。當第二階段全面實施後，這些電動校車的電池可提供足夠的能量為10,000多個家庭供電。第三階段的目標是到2025年，以電動校車巴士取代50%的柴油校車巴士，到2030年達到100%校車巴士完全電動化。Dominion Energy公司利用電動校車巴士的儲能設備，為其再生能源電網提供電網輔助服務，支援太陽能發電、風力發電...等再生能源的整合服務，並以“Vehicle-to-Grid”技術在校車非運行時段，儲存電力或將電池中的電量注入電網，增加其電網營運效能及獲利(McGowan, 2021)。

在英國商業能源暨工業策略部(Department for Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)與低排放車輛辦公室(Office for Low Emission Vehicles, OLEV)資助下，由英國能源業者SSE Enterprise領軍，結合倫敦市政府、倫敦運輸局(Transport for London, TfL)及倫敦前進巴士公司(Go-Ahead London)等單位，在倫敦北方一處巴士停車場啟動全球最大之車輛回充電網(vehicle-to-grid, V2G)計畫，並命名為「Bus2Grid 計畫」。該計畫為期3年，初期將使用28輛雙層巴士之磷酸鋰鐵電池(lithium iron phosphate battery)進行V2G之測試，預計可回充1.1 MW電能至電網，以提供電力平衡服務(balance services)；後期預計將有約100輛電動巴士參與。目前國際上大部份的V2G計畫是使用固定式直流充電器，而Bus2Grid計畫使用之電動巴士，則配備兩具40 KW之移動式車載交流充電器(AC charged on-board-charger)。依英國低碳運輸暨能源基礎建設研究機構Cenex對歐洲9項V2G計畫之評估，V2G之經濟及減碳效益潛力很大，而E. On、Nissan、Moixa、Honda等業者也在2020年陸續啟動V2G計畫³。

³ World's largest V2G project dubbed Bus2Grid launched in London, <https://reurl.cc/a4AMjZ>。

電動巴士到電網(B2G)是一種使用雙向充電器運行的概念，通過這種方式，將電動巴士的電能注入電網。除了可以帶動電動巴士需求，加速能源轉型與淨零排放，更可以讓電動載具加入電力輔助服務的行列，提升電網的穩定性與可靠性。在經濟方面，預期能為正在快速發展中的電動車產業拓展附加價值，擴大市場商機。儘管目前產、學界及政府機關對於B2G的關注度很高，相關研究文獻亦推陳出新，但對其商業模式的研究及文獻卻很少，而可持續性商業模式的研究能為相關利益者創造價值的重要關鍵。

我國政府積極發推動再生能源發展，然而，太陽能與風力發電具有間歇性的特質，若是能導入電動車至電網(V2G)的充放電技術，將電動巴士或是其它電動載具作為移動式的儲能系統，不僅可提供充足的電力輔助服務，藉此紓緩大量電動車充電時電網的衝擊，也可使電動車同時具備有交通工具、儲能設備、資料載具三項功能，對經濟及能源發展亦有重大之助益。

近年來有關於電動巴士的研究文獻數量不斷的增加，年均增長率為26%。研究主要集中在中國、美國和歐盟。針對電動巴士研究的選定主流的標籤分別是 1.車輛技術，2.可持續性，3.車隊營運管理，4.電池技術，5.能源管理(Manzolli *et al.*, 2021)。在臺灣市場，近年來電動巴士的增長趨勢使B2G的應用也逐漸引起了廣泛關注及討論，故本研究以臺灣為研究範圍探討電動巴士到電網(B2G)商業模式分析。

二、研究目的

本研究透過商業模式畫布(Business Model Canvas)探討B2G利害關係人彼此之間的連動性。同時以PESTLE分析法，進一步探討外部環境因素對臺灣B2G商業模式所造成的影響。

具體言之，本研究之目的可分述如下：(一)對B2G利害關係人進行探討，做為發展B2G商業模式的參考依據。(二)探討電動巴士到智慧電網之可持續性商業模式。(三)探討外部環境對B2G商業模式的影響。

貳、研究設計與研究方法

本研究以「商業模式畫布」勾畫出組織內部B2G的商業模式架構，並以「PESTLE分析」解析外部的重要影響因素。本章節針對此二種分析方法進行說明。

一、商業模式畫布

商業模式畫布(Business Model Canvas)是由Osterwalder and Pigneur在2005年所提出。他們建議創業者要先瞭解目標客戶群，確定他們的需求，瞭解如何接觸客戶、如何獲利、有什麼核心資源可實現盈利、找出利害關係人，並根據成本進行產品定價。商業模式畫布圖的價值在於它提供了視覺化工具，讓創業者可以用視覺化的方式設計與修改商業模式，如圖2。

商業模式畫布以四個構面、九個元素進行分類(Keane *et al.*, 2018)。商業模式畫布已得到了商業界的廣泛認可，成為全球商業界用於商業模式分析的框架。

商業模式畫布九個核心要素組成，包括價值主張、目標客群、客戶關係、通路、關鍵資源、關鍵活動、關鍵合作夥伴、成本結構、收益來源。彙總說明如表1。

商業模式畫布被廣泛的應用於各種商業行為，近幾年也被應用於電力市場商業模式分析研究中。如圖3，該商業模式畫布以電力業者為主體，提出了一種協同服務式的商業模式。該研究結果顯示，透過商業模式的分析對電力業者未來的發展具有重要意義(Wu *et al.*, 2020)。

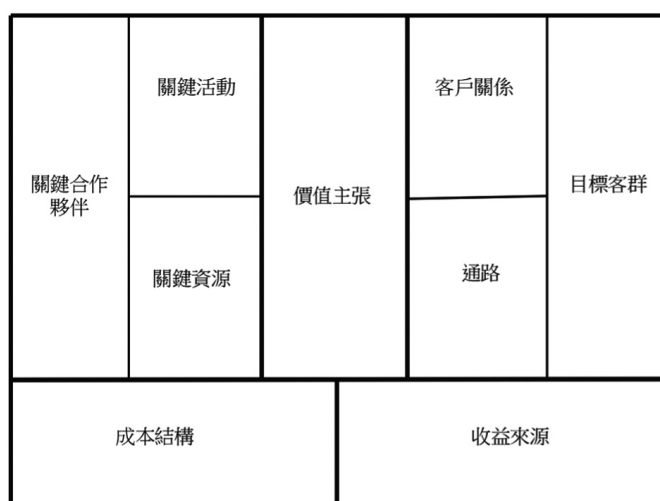


圖2 商業模式畫布

表1 商業模式畫布組成要素

組成要素	說明
價值主張	為用戶和客戶提供什麼產品、服務及價值，用戶有什麼痛苦，我們如何幫助用戶解決？
目標客群	目標用戶群體是誰？
客戶關係	如何維持與用戶間的長期關係？
通路	通過什麼方式和途徑接觸用戶？使得用戶能認識產品並付費？
關鍵資源	擁有什麼資源，可幫助我們執行商業行為？
關鍵活動	需要做哪些事情，能使公司正常運行，生產商品或提供服務？
關鍵合作夥伴	需要和哪些上下游公司合作？
成本結構	在公司運作過程中的成本是多少？
收益來源	主要收入來源是什麼？

資料來源：KT的商業及科技隨筆(2019/08)，本研究整理



圖3 需量反應服務商業模式畫布

關鍵合作夥伴	關鍵活動	價值主張	客戶關係	目標客群
1.工業停車場 2.住宅停車場 3.私人電動車車主 4.電動汽車車隊	1.充電源每月限額 2.電動汽車的行為模式	1.消峰 2.填谷 3.提高風電經濟價值 4.降低動車車主充電成本	1.實時數據 2.雙向充電器 3.雙向通訊系統	1.電力使用者 2.負載聚合商 3.儲能運營商 4.電動汽車充電服務提供商
	關鍵資源		通路	
	1.虛擬電廠 2.聚合 3.負荷轉移		對稱容量	
成本結構		收益來源		
1.額外負載費 2.客戶報酬 3.協調和溝通的成本 4.應對計劃		1.為電動汽車用戶節省開支 2.容量付費 3.能源支付		

圖4 電動汽車需量反應服務商業模式畫布

關鍵合作夥伴	關鍵活動	價值主張	客戶關係	目標客群
1.聚合商 2.平衡責任方 3.充電點運營商 4.DSO 5.最終用戶 6.能源生產者 7.能源供應商 8.電動汽車製造行業	1.連接貿易平台 2.基於價格的收費 3.聚合商的角色	宏觀部分: 1.交易能源 2.附載平衡設施 3.終端用戶的保險 4.終端用戶的補償 5.增加能源網的可持續性	1.與外界的溝通 2.契約關係 3.客戶服務 4.公司溝通	1.私人電動車使用者 2.DSO 3.TSO 4.能源交易者 5.需要經濟激勵的終端用戶 6.車隊所有者
	關鍵資源		通路	
	1.後端系統 2.使用者介面 3.計費服務 4.軟體 5.V2G 充電基礎設施		1.應用程式 2.透過能源合同 3.透過租賃合同 4.透過現存的能源市場	
收益來源		成本結構		
1.輔助服務 2.能源市場 3.降低交易/能源費用成本		1.補償成本 2.數據通信成本 3.軟體成本 4.界面設計成本 5.V2G 充電基礎設施成本 6.服務成本		

圖5 商業畫布研究荷蘭潛在的V2G可持續性商業模式

如圖4，以需量反應建構出的商業模型，可用來幫助識別創新新興電力市場的商業模式，以評估電力市場中初始商業需求和未開發潛力。

如圖5，以商業畫布研究荷蘭潛在的V2G可持續性商業模式的關鍵因素。

二、PESTLE 分析

臺灣的電動巴士多以市區公車營運為主，

而市區電動公車從車輛設計、生產製造、原物料採購、充電場站建置、營運路線、班表安排…等，皆受到政府機關相關法令規範，政府對於電動巴士的政策推廣亦需考量經濟、社會及環境因素。在臺灣市場從輸電、配電及售電目前都受到相關的法令限制，若在臺灣發展B2G的商業模式外在環境的影響不可忽視，因此本研究分析B2G商業模式外，亦將外部因素納入為重要的考量。

PESTLE分析是一種用於戰略業務規劃的分析工具，它提供了一個戰略框架，用於理解對業務或其他形式實體的外部影響。組織使用它來評估外部環境可能對評估項目產生的影響，它在政治、經濟、社會、技術、法律和環境(PESTLE)的大標題下將外部參數分為各種因素類別(Christodoulou and Cullinane, 2019)。

PESTLE分析側重於影響商業營運的外部條件(Walsh, 2005)。即使管理人員無法影響外部條件，透過PESTLE分析也可以幫助他們制定戰略並思考他們的策略和內部資源。學者和業界普遍認為，領導者若不瞭解其經營的外部環境，該公司很可能會失敗⁴。

PESTLE識別可能過於抽象，但應予以考慮且不應忽視的機會和外部風險，這些因素在不同地區和國家之間可能有所不同，但一個國家內部也可能存在許多社會文化差異，PESTLE從不同的角度應用時最有效。進行

PESTLE分析應首先收集相關資訊以回答以下問題，如：政府如何影響經濟或特定行業以及當地、國家或國際的法令(政治和法律)。整體經濟面的表現如何(經濟)。如何在社會上(社會)影響社區。技術創新如何影響營運活動(技術)。以及對周圍環境所產生的影響(環境)。並應定期及持續進行PESTLE分析以提高其有效性(Do Thi *et al.*, 2021)。

透過PESTLE分析「電動汽車併網太陽能充電站建模、成本優化與管理」，以政治、經濟、社會和生態的角度顯示了項目的優勢和劣勢(Khare *et al.*, 2021)。以PESTLE和SWOT分析島國實施再生能源的可能性和挑戰。圖6顯示新能源車輛PEST分析範例(Islam and Mamun, 2017)。

三、研究方法綜述

當外部因素對組織的營運有重大影響時，

政 政治方面	經 經濟方面	社 社會方面	技 技術方面
<ul style="list-style-type: none"> 政府為私人購買新電池電動汽車或插電式混合動力車提供高達 10,000 美元的獎勵 政府目標到2020年底將年產能提高到250萬輛插電式混合動力車 道路限配方案（新能源汽車除外） 限制購買新的傳統汽車的車輛配額制度 	<ul style="list-style-type: none"> 通貨膨脹率上升 人工成本增加 根據主要經濟指標，該市的經濟前景是健康的 穩定的外幣匯率 九月是傳統的汽車旺季 鋰離子電池價格快速上漲 	<ul style="list-style-type: none"> 年輕消費者對新技術持開放態度 75%的市民平日需要平均出行35公里 消費者更喜歡較低的維護成本 環保是大多數消費者的主要考慮因素 大多數消費者認為政府補貼非常有吸引力 由於住宅設計，在家里或工作場所給車輛充電對大多數人來說是不切實際的 大多數司機認為新能源汽車技術不安全且不成熟 嚴重的交通擁堵降低了人們購買新車的動力 	<ul style="list-style-type: none"> 與內燃機相比，電動汽車更環保 慢速充電 電池範圍是一個問題 缺乏充電站

圖片來源：Visual Paradigm新能源車輛PEST分析

圖6 新能源車輛PEST分析範例

⁴ A PESTLE analysis of international retailing in the East African Community, <https://doi.org/10.1002/joe.21935>

需要同時對內、外部的關鍵影響因素分析以找出合適的解決方案。Thomson *et al.* (2021)的研究因Covid-19使政府的防疫政策造成企業商業上的重大影響，研究中以商業模式畫布對特定公司及其行業進行徹底分析，包括：其市場、競爭對手以及內部和外部商業環境的其他方面；SWOT分析和PESTLE分析；分析和解釋公司的市場前景；識別和分析公司的競爭對手；討論並解釋說明公司前進方向的詳細實施計劃。考慮其當前的挑戰，包括整合一系列概念和分析知識領域以評估管理困境，並得出富創造性和創新性的管理解決方案。商業模式畫布和PESTL分析作為可持續性營利之商業模式的策略研究，其侷限性為商業模式畫布和PESTLE分析只能進行質化分析，較不適合做量化分析。商業畫布是用來分析企業組織如何創造價值、傳遞價值、獲得價值的分析工具；它能夠幫助企業看清楚自己的商業價值和發展路徑。但在對外部環境和競爭對手分析方面考量不足，特別是競爭策略、競爭能力和資本回報率等策略規劃屬性的議題，需要別的分析工具如波特的五力分析和PESTLE分析等來補強。本文則以PESTLE和SWOT分析來補足商業模式畫布的不足之處。

電動巴士不僅是交通運輸載具同時也跟環保、經濟、能源議題相關，B2G的商業模式確有其特殊性。B2G利害關係人範圍相當的廣泛，臺灣電動巴士以市區公車為主，且多為經政府補助客運業者所取得，客運業者的營運政策需符合交通主管機關的規範。參與臺灣電力市場目前亦受限於基礎建設及政府能源、環保及經濟發展政策所影響及限制。綜合上述各學者先進研究及觀點，因此本研究適合以「商業模式畫布」及「PESTLE分析」進行分析，以

完善目前國、內外文獻尚未有以B2G做為研究主題，並以此二種研究方式補足其缺口。

參、研究成果與討論

一、臺灣電力市場轉型

依2017年修正後之電業法第11條之1，「電力交易中心」在2021年7月1日於台電公司25樓掛牌試營運，並於同年11月15日正式啟動營運，開放讓民營傳統發電業者、自用發電設備業者、新興儲能設備以及需量反應業者、分散在民間的電力資源能為台電所調度並相互競價，使多元化的分散式電力資源加入電網系統。

台電此時此刻必須「有效能且有效率」地引進數位科技，儘可能開放市場。例如：各大工廠/學校/機構的自用發電柴油機組、Gogoro/Tesla/大巴士公司等電動車儲能系統等需量反應供應者，均能公平對等地進入「電力交易中心」⁵。在此情況下，電動巴士到電網(B2G)商業模式乃成為臺灣電力市場轉型的重要方向之一。尤其電動巴士在充電過程中，通常可配合台電系統的緊急需求，暫時配合中止充電。雖有可能造成客運業者營運調度上之若干不便，但台電若能提供適當之電價回饋誘因，則雙方可建立「雙贏」之合作模式。

自電力交易平臺營運迄今，係以「輔助服務」及「備用容量」作為電力交易之標的。「日前輔助服務市場」之目的，在於讓電力系統可納入更多能快速反應、具彈性且多元之外部能源供應者，以加強電網之韌性。其中包括「調頻備轉」、「即時備轉」及「補充備轉」輔助服務。

⁵ 台電應幫用戶買「保險」！才能讓數位轉型短期見效，<https://gvlf.gvm.com.tw/article/88103>

由於B2G/G2B與傳統發電機相比，不僅提供更快速、更靈活、更穩定的頻率控制，而且在聚合商的控制下，為電力系統頻率穩定提供足夠的備用容量，可有效緩解電力頻率不穩定的問題，從而在發生供需失衡時，快速地反應以保持系統頻率穩定。

至於「備用容量市場」，係提供備用供電容量義務者籌措備用供電容量之市場交易管道。如：發電機組因年度維修、降載…等，或因負載預測失準等，造成電力供需變化超出預期範圍。「電力交易中心」啟用後，臺灣電力市場正式邁向電力交易自由化的第一步，讓任何符合技術條件與資格者，皆能參與提供電力服務。

綜觀上述「電力交易市場」各項目參與資格規定及電動巴士之特性，B2G在臺灣能源市場中適合參與可行的型態為：(一)「日前輔助服務市場」中的「即時備轉輔助服務」；(二)「日前輔助服務市場」中的「補充備轉輔助服務」；(三)「備用容量市場」中的「需量反應」項目。

二、B2G商業模式利害關係人

B2G的商業模式除了與能源供需者相關之外，也由許多其他的利害關係人所組成，包括政府機構、能源市場相關參與者、電動巴士及充電機製造廠、電動巴士車隊營運商、電力最終使用者…等。雖並非直接參與能源市場，但皆與B2G的商業模式發展息息相關。因此，以下對B2G商業模式在臺灣電力市場中利害關係人進行探討。

(一) 政府機關：

政府機關參與監管、補貼、監測能源及監測交通運輸的活動。行政院已於2017年12月21日宣布，於2030年將1萬餘輛市區公車全面電動

化，以「2030年公路客運全面電動化」政策目標，透過跨部會推動，鼓勵業者採用電動大客車，並以實質的補助、監管等活動來推動達成此項政策目標。

經濟部為配合我國的能源發展政策，研擬《電業法》，以兩階段修法逐步進行之。現階段電動巴士雖無法以儲能形式對公用售電業直接進行電力回銷，但可透過智慧能源管理進行尖、離峰時段的充放電管理，進行需量反應並節省成本。

為落實空污改善，環境部於2017年12月提出「空氣污染防制行動方案」。在移動污染源的部份將提供優惠貸款以鼓勵業者汰換高污染的老舊大貨車，並參考國際車輛管制趨勢，分階段推動車輛電動化，其中包括2030年公務車輛及公共運輸大巴士全面電動化。其中環保署提供電動大客車車體(含電池)每輛150萬元補助，降低客運業者電動巴士的取得成本，對電動巴士之推廣有相當大的助益。

(二) 台灣電力公司(輸配電業者)：

台電除了提供發、輸、配電服務，負責電網的設置、管理及維護作業，並確保可靠及安全的電力供需。此外，依電業法設立的電力交易平臺以「輔助服務」及「備用容量」作為電力交易機制之推動對象。其次，也積極推動電力智慧化、電力物聯網、數位轉型創新應用及電動汽車基礎充電建設…等。

(三) 電動巴士管理營運商：

臺灣市場目前以市區電動公車為主，主要是因為在電動公車購置上得到來自政府的補助。依交通部的規劃到2030年時，全臺市區電動公車數量約為1萬1,700輛，若以每輛車有250 kWh的容量來看，到了2030年全臺的電動公車加總之電力容量約為2,925 MWh。換言之，電

動巴士管理營運商對於B2G電力市場，等同於一座超大型的虛擬電廠，具有其關鍵地位。

(四) 充電場站擁有者：

市區電動巴士的充電場站目前以客運業者自建為主，通常會配合營運路線規劃時與車輛編制、充電樁採購、電力需求規劃一併進行。電動巴士連結上充電樁後，可透過充電樁及網路設備與電網及回傳充電相關資訊。電動巴士充電場站同時為電動巴士之停車場，在建置規劃時需同時考量場站空間、場站地點離發車點之距離、是否能滿足電力需求、是否對週邊住戶造成不良影響…等。

(五) 充電機製造商：

在充電基礎建設部分，各國因應在當地交、直流充電需求不同，採用的充電標準規範皆不相同。業者需跟隨車廠新車推出的腳步，滿足少量多樣的彈性需求。以臺灣現況而言，已有多家業者投入充電設備，其中台達電以電力電子核心技術為產品競爭優勢，在早期便已成為國際充電聯盟的會員，參與國際充電標準制定，並與國外電力業者或研究單位產學合作，進行電動車對電網(V2G)的早期概念驗證。

(六) 電動巴士製造商：

交通部推動「2030年客運公車全面電動化」的政策目標，10年內要把約1.5萬輛客運全面汰換成純電動巴士，客運業者每輛最高可領取1,000萬元補助款，含購車一次補助700萬元，另營運補助金300萬元，分12年給付。除了大幅減輕客運業者的營運成本外，對電動巴士製造商也是一大利多。鴻華先進(MIH)已聯手能源管理公司裕電進行V2G規劃，讓電動車成為移動的行動電源，成為電力備轉容量輔助服

務的來源。

(七) 商業團體及民營組織：

工業技術研究院聯手產官研共同成立「臺灣電動車輛電能補充產業技術推動聯盟」，聯盟將先建立電動車統一充電介面及電動車與充電設備間的通訊標準；中期目標將規劃電動車充電測試驗證規範，以確保充電安全，並協助不同廠商的電動車與充電設備能彼此相容充電；長期目標預計發展V2H、V2G等協定，促進智慧充電管理。

(八) 能源整合代理商(Aggregator：或稱能源聚合商)：

為確保V2G商業模式在安全及穩定的機制內運行，並確保能與電力系統完全整合，電力終端用戶、發電業者、能源整合代理商及輸配電網營運商間能交流與傳遞必要的資訊。一般而言，透過能源整合代理商建立一個包括電流、資訊流及金流的可行執行框架，例如：智慧電表推廣應用、IT技術、安全的資訊傳輸協定與資料儲存保全機制，除了考量消費者隱私與數據保密關係，並能確保電力傳送及運行的安全。

一旦電動巴士接入電網，電動巴士上的電池就是一種分散式能源。但若單獨提供單一電動巴士電池之容量，相對於整體電力系統容量而言，顯然太過渺小。在此情況下，有必要透過聚合商進行整合，形成具有規模經濟之容量負載或電源，方可為電力系統提供能量和容量服務。

聚合商需在滿足電動汽車充電需求和電力輔助服務的基礎上，監測電力市場需求為電力系統提供服務和定價服務，與系統運營商簽訂服務合同，接收系統的服務請求，優化電動車的聚合，以提供能源和容量的系統服務。在

此一技術與商務架構下，聚合商以其可調控之各種不同負載、儲能系統及自用發電設備，為電力系統提供能量和容量服務，以獲取足夠的利潤來維持其營運。由此可見，聚合商確實在B2G商業模式中關鍵之利害關係人。

因為聚合商是雙向參與的主要推動者，並且與電力市場的供需端都有合同。這樣的模式特別適合目前在車隊運行V2G的商業應用。V2G模式將與新興電力市場共同發展，可以想像聚合商最終會參與到存儲時間更長的其他電力市場(Noel *et al.*, 2019)。

基於上述研究論述，B2G的利害關係人中「聚合商」是B2G架構中不可或缺，也是最適合肩負B2G商業模式的關鍵角色，故本研究透過聚合商之視角，進行商業畫布之描繪及論述。

三、商業模式：

電動巴士車隊，如：公車、校車、企業通勤接駁車是最有機會導入B2G商業模式，因這些車隊具有較長停留時間、固定的行駛路線及較固定的規劃排程。電動公車亦依固定趟次、路線及班表行駛，在非營運時間停放固定充電場站，車隊充電時間固定，而在同一個場站充

電也比較容易聚集以提供電網服務。但電動巴士車隊仍需透過聚合商的服務，建立可行之系統架構與能源系統整合。

全球最大能源聚合商Nuvve，提供聚合平臺GIVeTM平臺，讓相容V2G車輛的用戶可以通過優化充電時間來抵消電費。亦可出售來自電動車電池的電力，在能源市場上賺取收入。Nuvve通過競標能源市場為其客戶創造收入的同時也達到節能及穩定電網的目的，讓使用Nuvve充電系統的車輛都可以在不使用車輛時，通過向電網提供多餘電力而在車輛靜止時賺錢。Nuvve在丹麥的試用期間每輛汽車每年能夠產生約3.2萬美元的收入。另一方面，電動巴士使用的電池容量比電動車多得多，若按比例可為Nuvve提供更多的收入。

對於聚合商來說，借助B2G的框架及電動巴士電池的充放電靈活性，投入臺灣電力市場提供「備用容量市場」和「輔助服務」是目前最有價值的服務。聚合商可以使用適當的充放電控制策略和演算法，為電力系統提供能量和輔助服務。在服務過程中，聚合商和電動巴士業者及利害關係人都能得到利益，也能鼓勵更多的電動巴士業者參與。圖7是以聚合商為主體所繪製之B2G商業畫布。



圖7 聚合商B2G商業畫布

(一) 價值主張(Value Propositions)：

參與輔助服務：B2G聚合商以需量反應型態提供電力系統輔助服務，參與的容量以與公用售電業者簽訂之經常契約容量為上限。依與台電公司簽訂之用戶用電契約，計算衍生費用。若經台電公司審核同意而有逆送行為，且係透過表後複數電力資源達成需量反應者，原則上應於每個可逆送之電力資源前，裝設單獨之交易表計之。

提供備用容量：除一定裝置容量以下再生能源發電業之外，舉凡售電予用戶者即負有容量義務。109年起即有再生能源發電業與再生能源售電業併網發電，並負有容量義務。可採自設、雙邊交易或於試行平臺之備用容量市場籌措。備用容量商品之交易撮合方式、備用容量商品之參與條件、交易撮合專區運作之具體時間表及競標出價規則及備用容量市場之權利及義務。至2022年6月底止，電力交易平臺中備用容量市場，尚屬於交易媒合期。

優化充電服務：電動巴士可用二種功率設定方式進行充電，一是可調節充電功率，另一種是固定充電功率，主要有以下幾種充電模式：

1. 手動充電模式：電動巴士不受聚合商控制，僅由駕駛員插入充電插座後立即啟動充電，並在緊急情況下停止充電。
2. 尖離峰電價充電模式：聚合商可以根據不同的電價控制電動巴士在非尖峰時段充電。在這種模式下，非尖峰時段的充電費率顯然對聚合商及電動巴士營運業者更有利，因為它可以提供服務降低電動巴士營運商充電成本，來增加聚合商收益。
3. 智能充電模式：聚合商對電動巴士具有完全控制權，並且可以調整電池的充電速率。

(二) 目標客群(Customer Segment)：

台電公司：透過電力交易平臺的日前輔助市場，提供輸配電業者具彈性且多元之外部能源供應者以加強電網之韌性。

供電容量義務者：透過電力交易平臺備用容量市場提供供電容量義務者籌措備用供電容量。

電動公車營運者：電動巴士營運需管理為數眾多的巴士，相對帶來的就是充電管理的困擾。聚合商透過精確控制每輛車的充電作業，同時滿足車輛充電需求和電網服務需求，並避免過多的充電需求對電網產生影響，同時降低電動巴士客運業者的管理成本及充電成本。

(三) 通路(Channels)：

參與電動車隊建置規劃：客運業者在電動巴士車隊採購前，依營運需求事先進行充電場站設施及電力系統建置規劃。例如：充電場站位置、停車數量、充電樁數量、充電樁功能性、電力契約容量申請、儲能設備的評估、充電資料蒐集及資訊回傳能力…等，以確保充電設施及電力資源滿足營運及政府主管機關需求。聚合商可在此階段配合電動巴士製造業者以參與B2G商業運轉為目的，協助客運業者進行參與B2G的效益分析及充電場站的整體建置規劃。

加入民營組織整合資源：B2G商業模式目前在臺灣並未商轉，但已有相關民營組織對此議題進行研究探討，如：「台灣智慧電動車及綠能科技協會」、「台灣能源數位轉型產學技術聯盟」…等，皆有B2G的利害關係人參與，對相關的法令規範亦有相關的探討。聚合商透過該組織鏈結產、政、學、研各界的資源，加速推動B2G的落地。

(四) 顧客關係(Customer Relationship)：

競價買賣：電力交易平臺由台電擔任買方，開放民間電力資源到平臺透過競價模式提供輔助服務，協助電網穩定。台電設立的電力交易平臺導入日前輔助服務市場，於前一天針對隔天的電力需求量進行競價買賣，台電每月依實際調度的電力容量及服務品質結算服務費用給參與業者。

簽訂合約：電力交易平臺提供備用供電容量需求及供給資訊交流功能，並於交易媒合期間統一辦理備用供電容量之競價。買方及賣方應依交易媒合結果自行締約後，回報締約結果予電力交易單位，並應自行履約及承擔相關風險。

(五) 收益流(Revenue Streams)：

電力服務收入：輔助服務收入包括容量費及電能費，依台電在2022年的最新公告，目前「容量費」價格上限為調頻輔助服務反應快速0.6元/kW，即時輔助服務0.4元/kW，補充輔助服務0.35元/kW。即時輔助服務、補充輔助服務另有待命的「電能費」價格上限為10元/kWh，台電評估輔助服務每年的商機超過百億元。

優化充電服務收入：聚合商透過提供智慧排程充電服務，跟電動巴士客運業者收取合理的充電管理費用。

(六) 關鍵資源(Key Resources)：

合格交易者：民間業者成為賣方的條件，首先需要註冊登記為「合格交易者」。而合格交易者提供調度的容量規模必須達1,000 kW(瓩)以上。合格交易者也可以是整合多個充電場站進行需量反應的聚合商。每一個以自有資源參與市場的合格交易者需要僱用至少一名(聚合商至少需雇用三名)「專業從業人員」，也就

是類似股市的「交易員」，其應先通過專業人員資格測驗，再憑考試合格成績單向台電辦理上機操作訓練。通過最後訓練後，台電將核發專業人員資格證明。才能參與電力交易平臺，成為「合格交易者」的廠家。

輔助服務執行能力：當聚合商接到訂單後，通過對每輛電動巴士的單獨控制，為輪配電業者提供服務。因此依台電公司「電力交易平臺管理規範及作業程序」，針對調頻備轉容量、即時備轉容量，以及補充備轉容量三項交易商品之能力測試，以確保聚合商有能力能滿足服務需求。

(七) 關鍵合作伙伴(Key Partners)：

輪配電業者：台電要求合格電力交易者，需符合特定之通訊協定及通訊機制。當新資源申請加入交易平臺時，須依據交易平臺對於遙測通訊協定之要求，建置通訊功能，而交易平臺也會依據既定之遙測通訊協定與參與資源進行通訊測試。聚合商依據電力調度指令提供對的正、負容量，包括發電機、自用發電設備、需量反應或儲能都可以提供。除此之外，合格交易者還須準備即時監控資訊系統，包含先進的智慧電表和台電驗證測試過的資通訊整合系統，即時回傳資訊至電力調度中心。

電動公車營運業者：提供電動巴士營運排班資訊及依約授與聚合商車輛完全的控制權。當電動巴士透過充電槍與聚合商系統連結後，由聚合商通過基於成本或收入優化的演算法，確定可以提供給輔助服務市場的能量和容量，電動公車營運業者需依約配合聚合商進行調度及接受完全控制。

電動巴士製造商：提供電動巴士相關的訊息及控制命令。其中，有關規格之基本資訊，如：車身型號、車身識別碼(VIN Code)、電池型號、額定容量、最大充放電功率…等。

此外，有關車輛電量之狀態資訊，如：初始SOC、目標SOC、接入電網時的SOC。再者，有關充放電時間之資訊，如：接入電網時間、開始充放電時間、預計充放電時間。最後，有關調節命令則控制車輛充放電，或其充放電功率…等。綜上，聚合商整合上述資訊，以評估每輛電動巴士B2G/G2B模式可提供之能量和容量，以優化B2G/G2B輔助服務的電力調度。

另外，通過電池狀態資訊的統計，可以瞭解每輛電動巴士的SOC狀態曲線、充放電時間曲線和充放電倍率曲線。透過這些資訊，聚合商可以得到電池的充放電率和變化率、充放電深度和充放電週期、每輛電動巴士參與聚合的時間並計算電池衰退化成本並優化車輛營運調度。基於這些曲線可以計算出電池的充放電狀態、充放電能量和容量值以及提供服務所需的時間，並據此估算出大致的服務成本。

(八) 關鍵活動(Key Activities)：

電力供需資訊整合：合格交易者與電力交易平臺間需密切的進行資訊交換，包括「合格交易者資源運轉資訊上傳」、「接收平臺調度指令」、「接收平臺通知」及「合格交易者執行回報」等。值得注意的，合格交易者需通過通訊能力測試，以特定的傳輸通道及通訊協定

進行資料傳輸，以確保電力調度資訊安全及暢通。

執行控制能力：合格交易者應通過電力交易平臺的執行能力測試，以確保聚合商服務能力，測試內容依輔助服務項目不同而有不同的測試需求，圖8說明調頻備轉容量之測試條件高於即時備轉容量及補充備轉容量。

(九) 成本結構(Cost Structure)：

研發費：向電網出售能源意味著聚合商必須獲得電力合格交易員的資格，這一過程可能需要12至36個月。安瑟樂威為臺灣首間取得民間合格交易者廠商，自2020年該公司成立後投入研發，到2021年10月正式成為合格交易者。根據全球最大的聚合商Nuvve在2022年Q1的財報中，研發成本佔了總營業費用18% (2021年約21%)。這意味者研發費用不僅佔比高且需長時間的資源投入。

保證金與平臺使用費：為確保合格交易者提供輔助服務的品質，在註冊登記時需依交易容量支付一定金額的保證金，每月也需依交易容量支付基本使用費等費用(如圖9)，高額保證金與參與費也為想參與電力交易市場的業者設下了不低的門檻。

產品及服務成本：電動巴士營運業者允許

調頻備轉容量		即時備轉容量	補充備轉容量
dReg	sReg		
1.步階轉出/輸入測試。	1.啟動與結束步階輸出測試。	1.反應時間測試。	1.反應時間測試。
2.頻率掃描測試。	2.頻率掃描測試。	2.服務品質測試。	2.服務品質測試。
3.額定功率輸出/輸入(放/充電)時間測試。	3.額定功率輸出/輸入(放/充電)時間測試。		
4.線上測試。	4.線上測試。		

資料來源：電力交易所網站，本研究整理

圖8 輔助服務測試項目

商品項目	保證金(kW)	月費
調頻備轉容量	197,100元/kW	
即時備轉容量	153,100元/kW	
補充備轉容量	109,500元/kW	
基本使用費		400元/kW
報價代碼使用費		100元/個

資料來源：電力交易所網站，本研究整理

圖9 電力交易平臺參與費用

聚合商在B2G/G2B模式下管理和安排電動巴士的充電/放電。一旦接入電網，每輛電動巴士的可用電力資源都會在每個時間段通知聚合商，透過聚合商的管理電動巴士，也能夠獲得足夠的電力滿足下一趟的營運需求。由於電動巴士為電力系統提供輔助服務並加速其電池退化，因此聚合商也有責任付出一定的成本補償電動公車營運業者。

四、PESTLE分析

(一) 政治方面(Political)：

本研究政治面向主要包括政府政策。行政院於2019年公告以「推動智慧電網 - 確保電力穩定供應」為政府重要政策，並擬定下列3大優先推動方向：(一)提升再生能源穩定度；(二)提升用戶供電品質；(三)促使用戶節能。以期運用資通訊、人工智慧、自動化與儲能等技術，建立高品質、高效率和環境友善的新世代智慧化電網，滿足民眾對電網改善的需求，並藉此帶動相關產業發展。2022年4月經濟部擬定「強化電網千億預算計畫」，提出六大面向強化電網，初步規劃分為短期兩年、中期五年及長期十年的三面向，整體金額上看三千億元。

全球淨零排放趨勢及環保意識日益升高，淨零轉型已經不單只是環保議題，更是攸關產業國際競爭力之經濟議題。我國亦將2050年

「淨零碳排」為目標，於2022年3月正式公布「臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明」，提供至2050年淨零之軌跡與行動路徑。交通部主責12項關鍵戰略中的「運具電動化及無碳化」項目，並提出「2030年客運公車全面電動化」的政策目標。交通部首先規劃自2023年起停止柴油公車補助，並計畫於2030年將約1萬1700輛市區公車全數汰換為電動巴士，以達成市區公車全面電動化。其次，為了降低客運業者取得電動巴士的門檻，交通部也協助電動大客車業者申請優惠貸款等。該政策有助於電動巴士的普及化，除了客運業者、電動巴士製造商及充電樁製造商相當樂見之外，綜觀而言亦有助於B2G之推廣。

(二) 經濟方面(Economic)：

2022年5月31日經濟部宣布啟用「電動車充換電設施電價」。如圖10，調整後的電價方案主要有下列三項的優勢：(一)基本電費較現行省約80%。(二)離峰電價較低(離峰是尖峰1/4電價)。(三)離峰時間長18小時。

近年來，因國外天然氣及燃煤價格大漲，造成台電發電成本上漲，累計到2022年10月已累積虧損1,723億元。如圖11，在2022年4月每度電平均成本已經來到每度電3.07元新臺幣，但電價僅為每度電2.39元新臺幣，產電成本比售電價格還要高28%，幾乎是賣一度電賠一度

分 類					夏 月	非夏月	
基本 電費	按戶計收			每戶每月	262.50		
	經常契約			每瓦每月	47.20	34.60	
流動 電費	週一 至 週五	尖峰 時間	夏 月	16:00~22:00	每 度	8.35	—
			非夏月	15:00~21:00		—	8.13
		離峰 時間	夏 月	00:00~16:00 22:00~24:00		2.05	1.95
			非夏月	00:00~15:00 21:00~24:00			
	週六、 週日及 離峰日	離峰時間		全 日		2.05	1.95

註：以高壓供電者，按本表單價95%計算。

圖片來源：台電公司網站

圖10 台電電動車充換電設施電價

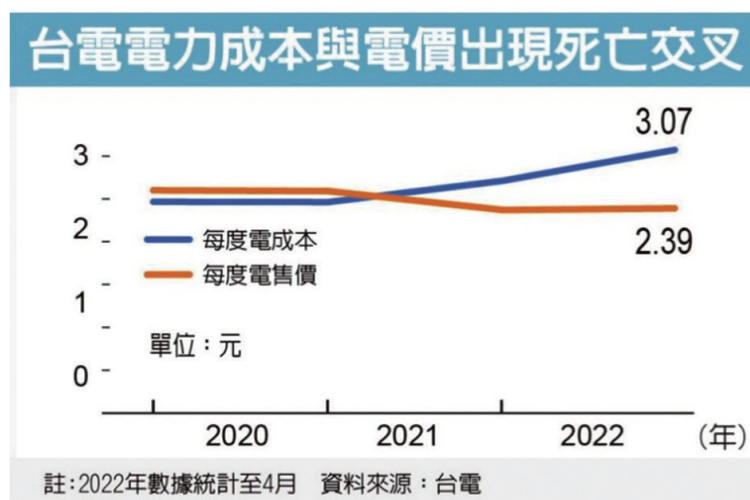


圖11 台電電力成本與電價走勢

電。反觀再生能源，在過去十年間，太陽能及風力發電成本下降幅度分別超過八成及四成。根據國際再生能源總署(IRENA)數據指出，2021年全球加權平均後的太陽能發電成本已下降至每度電0.048美元，陸域、離岸風電成本則分別是每度電0.033美元及0.075美元，已經低於或接近傳統發電的成本區間每度電0.054-0.167美元。

臺灣電動巴士製造商華德動能於2023年2月23日宣布與iBus臺灣愛巴士交通聯盟簽訂了價值5.12億元的新車採購合約。根據合約，華德動能將提供49輛示範型低地板電動大巴，預

計今年分批交付。去年(2022)，華德動能已成功交付了91輛電動巴士，這些巴士不僅用於國內客運業者，還有3臺出口到日本北九州的客運業者進行示範運營。展望今年，華德動能目前已累積了217輛訂單，在加上政府於今年公開招標的示範型電動巴士900輛，該公司將積極爭取擴大市場份額，並計劃在今年全部交付完畢，這些訂單數量有望再次增加。

(三) 社會方面(Social)：

2022年3月3日臺灣發生大規模的停電事故，影響約500萬用戶，引發全民對電力供應穩

定性的強烈關注與重視。近來，台電積極布局智慧電網以強化電網韌性，並透過電力交易平台導入民間電力資源，利用需量反應等措施進行電力輔助服務，以提升電力系統面對事故時的應變及復原能力。

值得注意的，社會大眾對電力需求及電網穩定性期待與日俱增，但對電動巴士充電場站卻視為嫌惡設施。電動巴士場站因應電動車隊充電需求，需要大量電力資源，台電公司亦需依電力需求進行輸、配電線路的重新規劃，包括如：增設變電所、變電站…等。其次，電動巴士在充電時，充電裝置產生的噪音及電動巴士進出充電場站時造成的交通不便，皆對鄰近充電場站的住戶造成影響。

(四) 技術方面(Technological)：

我國政府積極推動電動巴士國產化政策下，國內電動巴士廠商設計、生產技術日益成熟，相關供應鏈體系技術能力亦逐步精進。目前在臺灣本地已有多家本地設計製造(DMIT, Designed and made in Taiwan)的電動巴士廠，如：華德、成運、鴻華…等多家廠商，皆已能自主設計研發高效能的電動巴士，並有電動巴士出口到海外客運業者營運之實績。鴻海2022年宣布投入60億元在高雄打造「台灣電芯研發暨試量產中心」，2024年產能達1GWh，預計在2024年可導入電動巴士、乘用車及儲能的應用。

充電樁及電池技術的發展使電動巴士的充電效率不斷的提升，台達電子Delta在Compute 2018首度展出V2H/V2G電動車雙向充電器，除了可以用在電動車充電上，也可以把電動車的電池轉移到家中用電，最大功率達22 kW。2022/4月台電在其V2G示範場域中展示具有V2G雙向充放電技術的50 kW直流雙槍充電樁。該充電樁採用美規CCS1與日規CHAdeMO

兩種充電介面。除了電網向電動車供電，亦支援V2G技術，搭配具有放電功能的電動車，可以將車輛電能以15 kW的功率回送至電網，讓電動車成為備援電力。

(五) 法律方面(Legal)：

經濟部於2022年4月15日修正發布「加油站設置管理規則」第26條，增訂設置電動汽機車電池充電服務設施等，不受加油站面積應有1,000平方公尺以上之限制。上開法規修正後，將有助於加油站基地面積小於1,000平方公尺之加油站業者，全臺約有880站，增加充電樁設置選擇。該項法令的修訂有助於充電場站場域的取得及設置。

(六) 環境方面(Environmental)：

「交通運輸」佔臺灣總排碳量約17%，目前全臺約有1.15萬輛市區公車，若能全數汰換成電動巴士，對臺灣淨零碳排將有重大的貢獻。根據IEA的分析，只要碳排係數在每度電在0.518公斤以下的地區，電動車的碳排放量就會比傳統燃油車低。而臺灣在2021年的碳排係數為0.509公斤CO₂e/度。顯然，目前在臺灣將電動巴士導入交通運輸，對於環境改善是有相當的正面助益，亦有助於B2G模式的推廣。至於生產電動車會用到鋰鈷等稀土資源的開採精鍊與廢置雖會對環境與生態有負面衝擊，在國外的確有類似案例但本文以臺灣為研究主題，臺灣並非稀土的生產大國，因此對臺灣的環境影響不大。

針對聚合商SWOT分析如圖12：

優勢(strength)：(1)能源多元化：聚合商可以從多個能源供應商購買電力，因此他們能夠提供來自不同能源來源(如太陽能、風能、水力等)的電力給消費者。這種能源多元化有助於減少對單一能源的依賴，增加能源供應的穩定

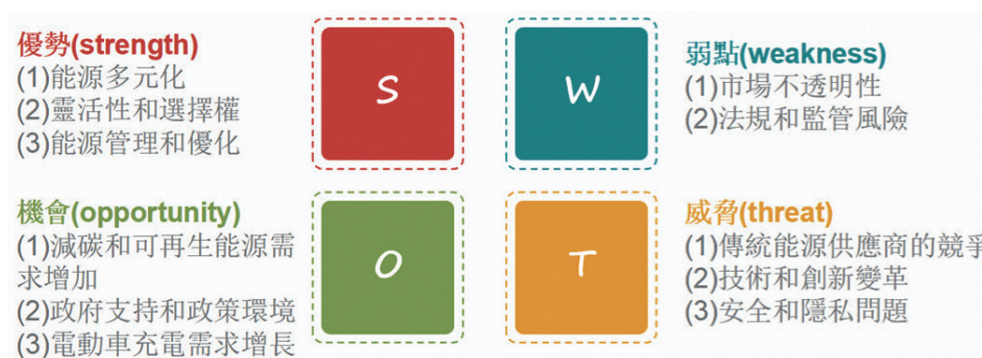


圖12 SWOT分析

性。(2)靈活性和選擇權：電力聚合商提供了更多的選擇給消費者。電力聚合商可以根據消費者的需求和偏好，提供不同的電力方案和計價方式。消費者可以根據自己的需求選擇最適合的方案，從而實現更好的節能和成本控制。(3)能源管理和優化：電力聚合商提供能源管理和優化的服務。電力聚合商可以幫助消費者監測和分析能源使用情況，提供節能建議和優化方案，幫助消費者更有效地管理和利用能源。

弱點(weakness)：(1)市場不透明性：能源市場常常存在不透明性，包括價格波動、市場規則變化和政府政策調整等。這種不確定性可能對電力聚合商的運營和利潤產生負面影響。聚合商需要密切關注市場情況，及時調整策略以應對變化，但這也增加了業務運營的風險和複雜性。(2)法規和監管風險：能源市場受到法規和監管機構的監管，聚合商需要遵守相關的法律和規定。這些法規和監管要求可能對聚合商的業務運營和發展產生限制和挑戰。此外，政府政策的改變也可能對聚合商的業務模式和經營策略產生不利影響。

機會(opportunity)：(1)減碳和再生能源需求增加：全球對減碳和再生能源的需求不斷增加。作為電力聚合商，可以藉此機會提供更多再生能源選擇給消費者，滿足對環保和永續發展的需求。(2)政府支持和政策環境：許多國家和地區都提出了支持再生能源和能源轉型的

政策和措施。電力聚合商可以借助這些政府支持和政策環境，獲得更多資源和機會，並在市場上取得競爭優勢。(3)電動車充電需求增長：隨著電動車市場的不斷擴大，充電基礎設施的需求也大幅增加。電力聚合商可以通過建立充電網絡和提供充電服務，滿足電動車車主的需求，同時將再生能源與電動車充電相結合，實現綠色能源的使用。

威脅(threat)：(1)傳統能源供應商的競爭：傳統能源供應商意識到再生能源和能源聚合的發展趨勢，開始提供自己的再生能源方案和服務。這增加了電力聚合商面臨的競爭壓力，可能降低其市場份額和利潤空間。(2)技術和創新變革：能源行業正經歷技術和創新變革，包括能源存儲技術的發展、分散式能源系統的興起等。這些變革可能使得消費者更容易直接接入能源市場，降低對聚合商的依賴，進一步增加市場競爭。(3)安全和隱私問題：能源數據和網絡的發展增加了安全和隱私風險。聚合商需要確保能源數據的安全儲存和傳輸，保護客戶的隱私權。任何安全漏洞或數據洩露事件的發生都可能對聚合商的聲譽和業務運營造成重大損害。

肆、結 論

考量現行臺灣電力市場及利害關係人所

能提供之效益，電力經聚合後由聚合商為主要B2G市場參與者與電力交易市場較為有利。其主要原因歸納如下：

1. 參與電力交易市場需具備「合格交易者」資格。
2. 電力交易市場交易所之最低需求容量規模需在1,000 kW(瓩)以上，透過聚合之方式可跨充電場站發揮聚沙成塔之效益。
3. 參與電力交易平臺需支付高額的保證金及每月的基本使用費等，提高了加入電力交易市場的門檻。
4. 需具備完善網路通訊及控制機制，建構即時電力監控資訊系統，即時回傳資訊至電力調度中心，並依電力調度中心的需求，派送指令對設備進行控制以提供必要的電力服務。

參與電力交易市場之條件並非其他利害關係人無法達成，但商業經營以獲利為前提為考量，由聚合商來整合電力資源提供電力交易服務為最適合之商業模式。聚合商雖為B2G商業模式之最佳人選，仍需與利害關係人之共同協作才能達成B2G之最大效益。

現行電力交易市場中因技術條件或相關規範限制，以「日前輔助服務市場」中「即時備轉服務」、「補充備轉服務」二項，及「備用容量市場」中的「需量反應」適合B2G商業模式之獲利來源。此外，可透過對電動巴士之充電管理獲取適當管理費用。依商業畫布之分析結果，聚合商除了本身需具備良好的資通訊管理能力、瞭解電力法規、充裕的資金、具備經濟學基本概念…等條件，如何透過合適的銷售管道，與利害關係人建立合作關係及也非常的重要。在PESTLE分析結果，政府相關政策或社會大眾對於環境保護及電力系統的穩定皆有相當的期待，但仍需留意充電場站的設置的困難，以及目前車輛電池技術是否能有更進一步的突破性的發展。本文為屬質性的分析，未來

的研究方向建議應可依圖8設計的商業模式畫布四大構面九大要素，提出假想之情境案例設定，進行數量分析，例如設定一假想之聚合商有多少輛巴士規模可資調度與如何聚合管理營運車隊之充電時程與行車調度策略？如何參與交易平臺報價成交？然後對其進行量化成本效益分析，以測試經濟可行性以及潛在的障礙問題為何？如此將可擴展本研究深度與廣度，並能增進本文的商業模式實證價值。

誌 謝

本文作者感謝行政院國科會計畫「分散式電源及儲能設施參與電力市場政策之研究 MOST 110-3116-F-216-001-」及「台灣虛擬電廠發展之價值主張與推廣策略NSTC 112-2221-E-216-001-」經費之支持，也感謝兩位匿名評審委員提供的寶貴意見。惟本文如有任何錯誤，應由作者們自負文責。

參考文獻

- 郭哲甫，2020。[電動公車至電網]營運模式成本有效性分析：以台北市公車為例。國立政治大學經濟學系研究所碩士學位論文。
- 蔡志祥，2019。《電動汽車儲能對電網售電營運模式之成本有效性分析》，國立政治大學經濟系研究所碩士論文。
- Christodoulou, A. and K. Cullinane, 2019. Identifying the main opportunities and challenges from the implementation of a port energy management system: A SWOT/PESTLE analysis. *Sustainability*, 11(21), 6046.
- Do Thi, H. T., T. Pasztor, D. Fozer, F. Manenti and A. J. Toth, 2021. Comparison of desalination

- technologies using renewable energy sources with life cycle, PESTLE, and multi-criteria decision analyses. *Water*, 13(21), 3023.
- Keane, S. F., K. T. Cormican and J. N. Sheahan, 2018. Comparing how entrepreneurs and managers represent the elements of the business model canvas. *Journal of Business Venturing Insights*, 9, 65-74.
- Khare, V., C. J. Khare, S. Nema and P. Baredar, 2021. Modeling, cost optimization and management of grid connected solar powered charging station for electric vehicle. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*.
- Manzolli, J. A., J. P. Trovão and C. H. Antunes, 2022. A review of electric bus vehicles research topics—Methods and trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 159, 112211.
- Noel, L. and R. McCormack, 2014. A cost benefit analysis of a V2G-capable electric school bus compared to a traditional diesel school bus. *Applied Energy*, 126, 246-255.
- Noel, L., G. Z. de Rubens, J. Kester and B. K. Sovacool, 2019. Navigating expert skepticism and consumer distrust: Rethinking the barriers to vehicle-to-grid (V2G) in the Nordic region. *Transport Policy*, 76, 67-77.
- Thomson, R., K. Hofmeyr and A. Bowen, 2021. Bean There: coffee as a vehicle for change. *Emerald Emerging Markets Case Studies*.
- Verbrugge, B., M. M. Hasan, H. Rasool, T. Geury, M. El Baghdadi and O. Hegazy, 2021. Smart Integration of Electric Buses in Cities: A Technological Review. *Sustainability*, 13(21), 12189.
- Walsh, P. R., 2005. Dealing with the uncertainties of environmental change by adding scenario planning to the strategy reformulation equation. *Management decision*.
- Wu, C., Z. Wei, H. Han., G. Xue, H. Huang and A. Fu, 2020. Research on Source-Grid-Load-Energy Storage Collaborative Service Business Model Based on Business Model Canvas Approach. In 2020 12th IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC) (pp. 1-5). IEEE.
- Bijan Bibak, Hatice H Tekiner-Moğulkoç (2021). 《A comprehensive analysis of Vehicle to Grid (V2G) systems and scholarly literature on the application of such systems》. *Renewable Energy Focus* Volume 36, Pages 1-20.
- Ala G, Di Filippo G, Viola F, Giglia G, Imburgia A, Romano P, Castiglia V, Pellitteri F, Schettino G, Miceli R. Different Scenarios of Electric Mobility: Current Situation and Possible Future Developments of Fuel Cell Vehicles in Italy. *Sustainability*. 2020; 12(2): 564. <https://doi.org/10.3390/su12020564>
- Islam, F. R., Mamun, K. A. (2017). Possibilities and Challenges of Implementing Renewable Energy in the Light of PESTLE & SWOT Analyses for Island Countries. In: Islam, F., Mamun, K., Amanullah, M. (eds) Smart Energy Grid Design for Island Countries. Green Energy and Technology. Springer, Cham.

Analysis of Aggregator's Electric Bus-to-Grid (B2G) Business Model

Sheng-Yueh Chen¹ Hsu, Jyh-Yih^{2*}

ABSTRACT

In recent years, Taiwan government has vigorously promoted energy transformation in terms of energy policy and increased the proportion of renewable energy power generation. The unpredictability and instability of renewable energy have brought challenges to energy transformation and power grids. In addition, in terms of environmental protection policies, the government also encourages passenger transport operators to replace diesel buses with electric buses through substantive subsidies to achieve the goal of reducing carbon emissions. In addition to reducing the carbon emissions caused by transportation, electric buses can also complement each other with renewable energy by participating in B2G to strengthen the resilience of the power grid. This study takes the “Business Canvas” as the main body of the research framework, refers to relevant research literature, and lists the relevant stakeholders of the B2G (Bus-to-Grid) business model. In order to complete the research, this study also uses “PESTLE” analysis to discuss the external environmental factors faced by Taiwan’s B2G business model development. After discussion in this study, it is concluded that the B2G business model dominated by aggregators participates in the “Spinning Reserve Service”, “Supplemental Reserve service” and “Demand Response” in the electricity trading market is suitable as a source of profit for the B2G business model. In terms of external environmental factors, the support of government policies, the rising cost of traditional power generation, etc., all have positive benefits for B2G.

Keywords: B2G, Aggregator, Business canvas, Stakeholders.

¹M.A in Information Management, National Chung Hsing University.

²Distinguished Professor, College of Innovative Industries and Department of Business Administration, Chung Hua University; Lifetime Chair Professor, National Taipei University of Business; Distinguished Research Fellow, Intelligent Transportation Development Center, National Chung Hsing University.

*Corresponding Author, Phone: +886-3-9108200, E-mail: ghsu313@gmail.com

Received Date: March 16, 2023

Revised Date: September 16, 2023

Accepted Date: September 30, 2023