

# 電動大客車推動策略初探

## A Preliminary Analysis on Promotion Strategies of Electric Bus

運輸資訊組 陳國岳、吳東凌、張益城

研究期間：民國 107 年 1 月至 108 年 9 月

### 摘要

本計畫主要目的在於配合國內電動大客車推動政策，蒐集國內外電動大客車發展狀況，對我國營運中電動大客車進行盤點以了解營運現況，針對電動大客車特性\規劃示範計畫，俾利後續掌握關鍵議題，在 2030 年我國 1 萬輛市區公車全面電動化政策目標下，分析電動大客車結合自動輔助駕駛輔助技術之發展情境及研擬推動策略。

### 關鍵詞：

電動大客車、自動輔助駕駛

# 電動大客車推動策略初探

## 一、前言

為落實推動環境永續發展與綠色運輸之理念，行政院於 106 年 12 月 21 日宣佈空污防制行動方案，目標為「紅害減半大作戰」，即 108 年空污紅色警戒要降低一半，並規劃 2030 年市區公車全面電動化，將現行將近 1 萬輛柴油公車全面更換為電動公車，讓民眾享受更高品質的公共運輸服務。108 年將原限定於市區公車電動化，擴大適用範圍視電動大客車技術成熟度、市場需求與預算執行度逐步導入開放國道、一般公路客運申請導入，由 103 年開始，交通部依據公路公共運輸補助電動大客車作業要點進行電動大客車補助，另目前已有約 499 輛電動大客車完成掛牌上路。

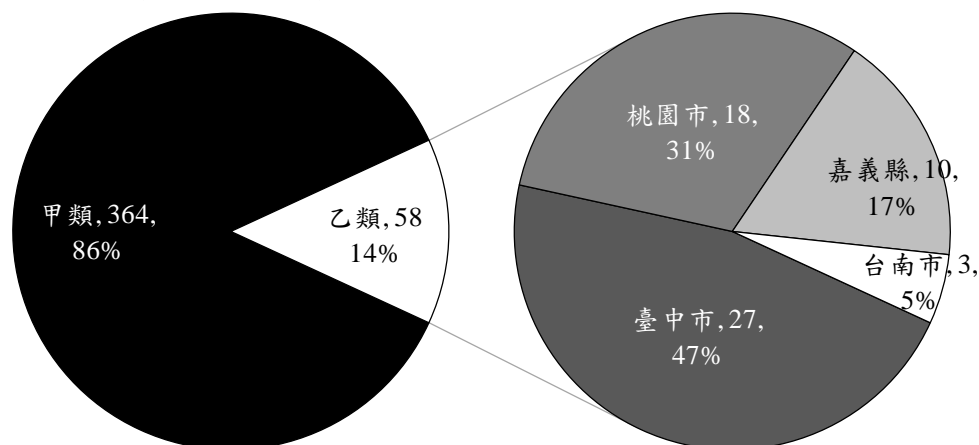
目前電動大客車於國際上屬於發展中產品，應用限制較多，除中國大陸直接推動外，歐美等汽車技術先進國家均由公部門規劃基礎設施、選擇合適路線，以示範車隊方式進行長時間經營，以了解電動大客車特性，蒐集實際數據供客運業者及電動大客車製造業者參考，並進行生命週期評估並據以研擬後續推動時程與政策，結合政府、客運業者以及電動大客車製造商共同推展。

本計畫主要目的在於配合國內電動大客車推展政策，蒐集國內外電動大客車發展狀況，對我國營運中電動大客車進行盤點以了解營運現況，針對電動大客車特性，規劃示範計畫俾利後續掌握關鍵議題，並藉由探討國外自動輔助駕駛發展現況與關鍵技術，在 2030 年我國 1 萬輛市區公車全面電動化政策目標下，分析電動大客車結合自動輔助駕駛輔助技術之發展情境及研擬推動策略。本研究除可作為我國後續推動電動大客車政策之參考依據，提升國內電動大客車產業技術水準與自主性，並提供國內公共運輸業者更安全與更可靠的多元運輸工具的選擇性，進而讓民眾享受更高品質的公共運輸服務。

## 二、國內發展現況說明

電動公車推展至 108 年 10 月，國內純電大客車領照數共 499 輛，而在營運現況方面，目前電動大客車因後勤維護因素停駛或製造商結束經營等因素而停駛共計 42 輛。以種類區分，甲類大客車為 364 輛占 86%，乙類大客車為 58 輛占 14%，乙類以臺中市數量最多為 27 輛，甲類及乙類合

計使用於市區公車 414 輛及公路客運 8 輛，而六都直轄市總計為 338 輛，占全國總數 80%，其中以臺中市總數 140 輛占為全國比率 33% 高居全國之冠，其次為高雄市 113 輛(27%)及桃園市 56 輛(13%)；非六都總計共 83 輛(含行駛於苗栗地區之公路客運)占 20%，以嘉義縣 18 輛最多，主要為阿里山客運所經營(如圖 1 所示)。



資料來源：[4]

圖 1 國內電動大客車組成與分布地區

國內在電動公車發展現況以純電動車為主，因電池技術主要掌握在國外廠商，因應營運需求與成本考量，部分車廠發展配置低容量電池、日間多次充電方式。

### 三、國外電動公車推動發展

目前電動公車於國際上屬於發展中產品，應用限制較多，除中國大陸直接推動外，歐美等汽車技術先進國家均由公部門規劃基礎設施、選擇合適路線，以示範車隊進行長時間經營，以了解電動公車特性，蒐集實際數據供客運業者及電動公車製造業者參考，並據以研擬後續推動時程與政策，結合政府、客運業者及電動公車製造商共同推展。

#### (一) 歐盟

歐盟以「零排市區公車系統」(Zero Emission Urban Bus System, ZeEUS) 計畫推動純電動公車之示範與應用，原先規劃於 42 個月期間(2013/11~2017/4)，投入 2,250 萬歐元於不同國家、城市進行創新試驗(如圖 2 所示)。透過計畫為決策者提供政策方針建議與技術可行性，以協助決定如何引進與何時引進電動巴士至客運核心路線。後續實際計畫執行期間

延長至 2018 年 4 月，總計 54 個月。

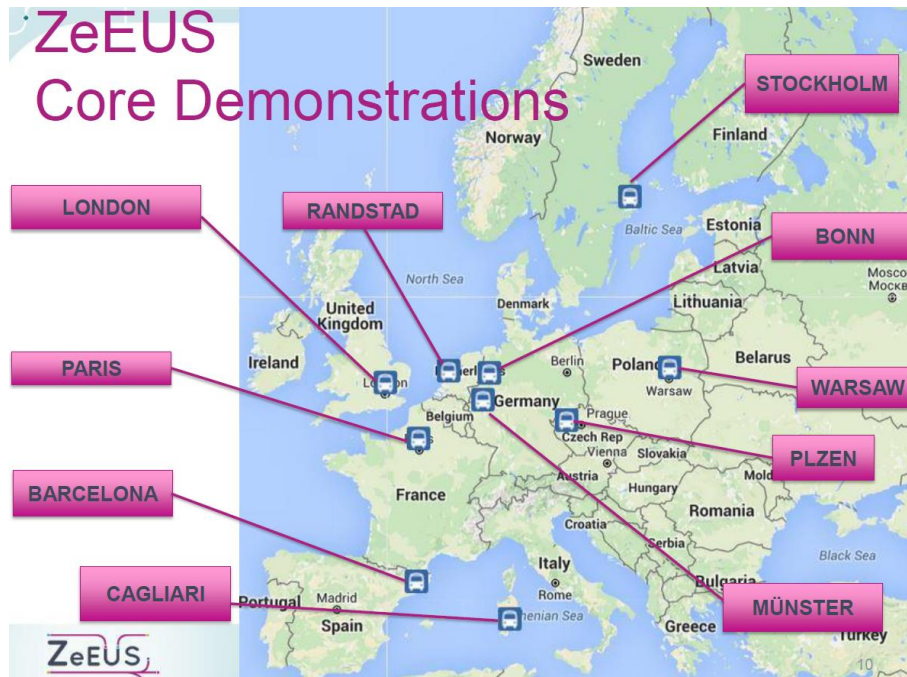
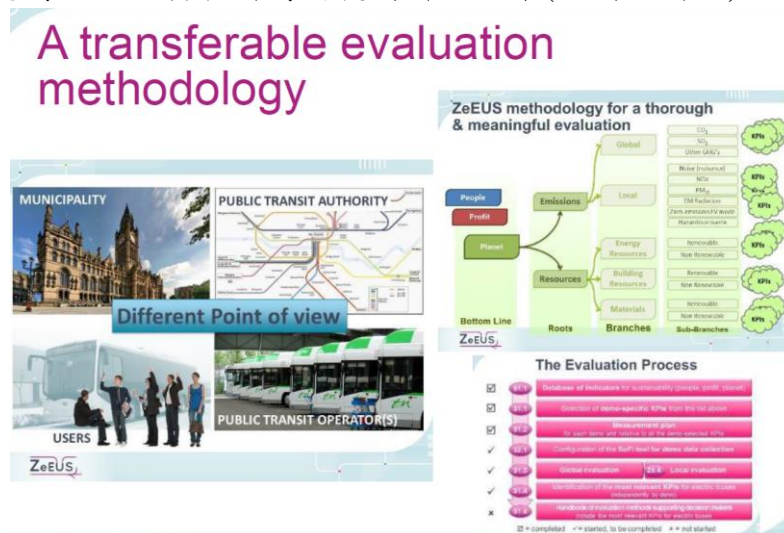


圖 2 ZeEUS 分布地區

ZeEUS 由政府投入資源建立運行場域協助新技術公車之在地、真實情境的測試，讓各種利害關係人(車廠、客運業者、公車權責管理單位與乘客)能夠在實際運行的狀態下互動，共同調整，以形成具實務可行性的解決方案，以擴大電動公車的可用性和穩定性，並驅使該地區的車廠、關鍵技術與系統供應商致力於發展所需的技術解決方案(如圖 3 所示)。



資料來源：[1]

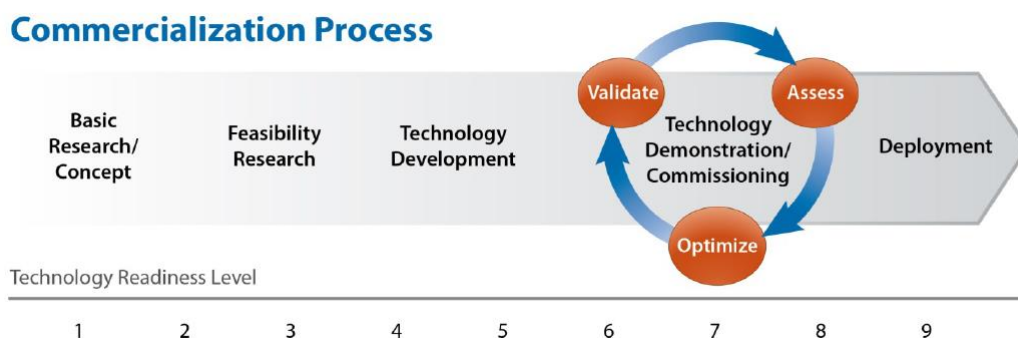
圖 3ZeEUS 技術解決方案

## (二)美國

美國電動車之應用在西岸較活躍，新興車廠 Proterra 與中國大陸電動

車廠比亞迪(BYD)扮演了重要角色，城市主管機關與車廠成為策略夥伴，推動達車隊全面電能化之目標。車廠在經營模式上也較為多元，以 Proterra 來說，除傳統大客車採購外，還包括地方政府融資租賃(municipal capital lease)、營運租賃(operating lease)、大客車出租方案(bus rental program)以及電池租賃(battery lease)等。

和歐洲推動電動公車由地方政府不同，美國推動電動公車係由聯邦政府和地方合作進行示範測試，比較不同動力形式公車使用成本以及可靠度(如圖 4 所示)。以加州為例，2014 年美國加州 California Air Resources Board (CARB) 及美國能源部 National Renewable Energy Laboratory (NREL) 合作於 Foothill Transit 的 291 號路線(總長度 16.1 英里)進行測試。該測試共兩種公車，12 輛由 Proterra 提供 BE35 電動大客車(每輛約 90 萬美元)以及 8 輛 NABI 天然氣公車(每輛約 57 萬美元)進行 17 個月經營，蒐集實際數據，回饋客運業者及車廠，了解電動公車與改良產品。



資料來源：[2]

圖 4 美國替代能源車輛導入方案

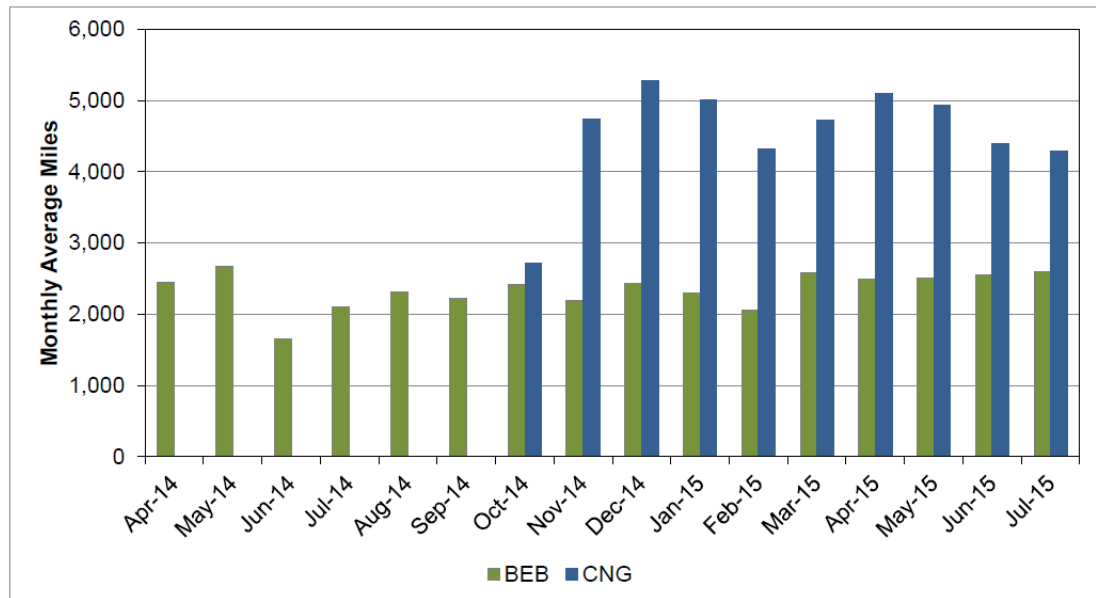
Proterra 提供 2 位工程人員駐點執行保固服務(經查該公司提供 2 年全車保固、動力系統 5 年、電池系統 6 年、全車主結構 12 年保固)，另 Proterra 提供符合 SAEJ1772 充電機(5 萬美元)，該公司發展的 1000KW 快充機(66 萬美元含站體建置)。該計畫相關數據係由 CARB 負責統計，進行電動公車與天然氣公車全生命週期測試期間，天然氣大客車平均時速為 17.6 英里、電動大客車為 10.6 英里，每個月天然氣公車平均行駛 4286 英里，電動大客車為 2456 英里。電動大客車快充設備係安裝於 291 號路線中點附近的 Pomona Transit Center，抵達後於 10 分鐘內可完成充電(如圖 5 所示)。



資料來源：[5]

圖 5 Proterra on-route 充電系統

該測試計畫依據兩種方式呈現電動大客車與天然氣大客車可靠度 Measured as miles Between Road Calls(MBRC)以及妥善率，以 MBRC 比較，電動大客車約 6000miles、天然氣大客車約 29000miles，電動大客車妥善率為 90%天然氣大客車為 92%(如圖 6 所示)。



資料來源：[5]

圖 6 Measured as miles Between Road Calls

### (三)日本

日本電動車發展方向以「低公害車普及促進對策費補助金」支持新技

術公車之採購，並未侷限純電動車輛，且產業發展以推廣電動小客車為主。儘管並無大量投入電動公車，但日本國土交通省都市局・自動車局已發布「電動巴士導入指導手冊」，指出每個階段應投入之工作項目，包括：運行路線選擇、車廠技術發展動向、政府單位對策工作、整體計畫檢討…等，並依照各項工作關係，以電動巴士特性做為引導，設計電動巴士特定的導入流程。現階段日本於電動公車實際應用的表現並不突出，僅在環境省或經產省的示範運行計畫中，少量導入測試型的車款、短期運行。

#### (4) 中國大陸

中國大陸是目前推動電動公車最主要的國家，具有完備的產業扶持體系、明確的技術與市場目標和活絡的電動公車之產業銷售與應用，各城市訂定發展目標，以購車、營運里程補助及地方政府加碼補貼，採補貼業者購車方式推廣電動公車數量達標。

購車補貼採取車輛性能分級補助，根據車輛動能技術、車長、純電動續駛公里和動力電池品質給不同額度的補助(如圖 7 所示)，並要求車廠需符合售後服務、保固與源檢驗標準等，始能享有補助資格。另中國大陸對於購車補助費用也規劃退場機制，考量車輛生產成本、規模效應、節能排放效果及技術發展等項目進展，逐步調降補助金額比率。在營運補助方面，需要每車每年營運里程不得低於 3 萬公里者，始得申請；若不足一年者，以月均營運里程計算，不低於 2,500 公里為準。



資料來源：[3]

圖 7 中國大陸電動大客車推動體系

由前面介紹可知，在國外發展電動大客車推動策略方面，大致可分為補助方式與整體系統服務兩個重點：

1. 補助方式上大致可區分成 2 大類：歐美國家多採取鼓勵多元資源串接(競爭型)，中國大陸則是依車輛性能績效分級補助

2. 系統服務重點：

(1) 都市運輸電動化不只是客運車隊，還包括公共運輸服務(計程車)、空品淨區整體運輸車輛(市區物流車輛、私人運具)

(2) 全車隊電動化、高強度使用路線(歐盟：每日 20 小時/300 公里)

(3) 政府承諾、長期發展規劃、車廠合作條件(英國)、規劃車隊汰換進程以穩定速率導入新技術並預告長期目標與發展策略，透過示範計畫創造成功案例，累積推動經驗與技術

#### 四、國內推動機制說明

國內政府推動電動公車政策係自民國 100 年開始，交通部訂定「交通部公路公共運輸補助電動公車作業要點」，交通部邀集經濟部及環保署召開多次協調會議，促成跨部會資源整合共同執行，經濟部結合製造業者，扶植車輛產業促進經濟發展發展，交通部結合運輸業者，透過汰舊換新及新闢路線新增車輛以提升公共運輸，環保署則達到環境保護、節能減碳以及空氣品質維護之目的。

民國 103 年 1 月修正作業要點為電動公車最主要之補助政策，增訂「電動公車性能驗證規範」及「電動公車附加價值率要求標準規定」，自民國 103 年度起由交通部會同經濟部、環保署、相關單位及邀集專家學者辦理審查，由交通部公共運輸補助計畫補助電動公車車體及充電站建置、由環保署加碼補助車體及電池、由經濟部負責附加價值率審議。

依據民國 107 年電動及柴油大客車補助政策，依據不同車種、車型及汰舊換新或新闢路線的差異，設定車輛補助上限。整體而言，電動公車補助總金額高於柴油大客車。而公路總局於民國 107 年度就補助方式進行檢討，於民國 108 年將調整為新闢路線及汰舊換新補助已訂為統一標準。

業者申請補助之電動大客車，必須通過安全審驗、交通部六項性能驗證規範，包括電磁相容性、電氣安全性、爬駐坡性能、高速巡航性能(市區：60~65km/hr，行駛至少 20 分鐘。高、快速公路：90~95km/hr，行駛至少 20 分鐘)、殘電警示以及續航性能與符合標檢局 CNS 充電系統。並符合國產



化目標：2014 年 30%、2015 年 40%、2016 年 50%、2017 年 70%。惟 2017 年並無業者通過，於 2018 年重新降為 50%。

在車輛補助方面，甲類電動大客車補助 108 年一般型計畫規定，一般型計畫車輛補助 333.8 萬元，交通部負擔 183.8 萬元(環保署補助車輛 150 萬元)維運補助依行駛里程計算，每年補助上限 25 萬元(依使用年限 12 年估算)。

## 五、我國電動大客車推動現況檢討

電動大客車推展依照行政院原先規劃至 2024 年達到一萬輛，惟經過 6 年，目前僅有 422 輛，與原先預估差距甚遠，經蒐集國外案例進行分析並多次與客運業者、車輛公會意見交換後溝通歸納原因如後。

### (一) 電動大客車全生命週期總成本過高

若以近期業者申請補助所提列購車成本，依據補助要點規定必須營運 8 年，若每年估計行駛 5 萬公里，電動大客車車體平均約 750 萬元、電池平均約 350 萬元、充電站約 100 萬元，柴油大客車大多為 500 萬元。在購車補助方面，一般型計畫車輛購車補助 333.8 萬元以及 12 年每年 25 萬元維運補助，柴油大客車交通部補助 223.6 萬元。另查現有電池系統保固 5 年，經訪查客運業者、車輛公會得知，現有電動大客車電池營運 3 年即衰退造成續航力下降，嚴重影響路線營運。因此 8 年至少須更換一次以上。電動大客車正常保養成本每公里約 0.4 元，柴油大客車約 0.8 元。在耗能方面，電動大客車每公里耗電約 4.6 元而柴油大客車每公里耗油 0.35 公升，約 8.75 元。以 8 年生命週期行駛 40 萬公里計算，納入補助、購車、保養維護、電池更換 1 次以及充電(油料)成本後，電動大客車成本較柴油大客車高出 540 萬元以上。即使未來取消柴油大客車購車補助，兩者生命週期成本差距仍超過 330 萬元，由於現有技術條件，電動大客車過高的使用成本造成客運業者大多不願投入。

經公路總局調查資料顯示，客運業者反映電動大客車零組件保固期短可靠度差，保養維修與零件價格較高，原廠眾多零組件沒有庫存備料，維修成本及時間增加，容易造成業者錯估在維修成本上的估計。若以客運業者提供維運資料和美國電動大客車示範營運數據進行比較，美國電動大客車預估每公里保養費用為每公里 1.3 元，實際之維護成本為每公里 3.9 元(含正常維護、故障維修以及工時成本)。我國則預估每公里 0.4 元，實際之維

護成本為每公里 5.0 元(僅故障維修，不含正常維護、電池以及工時成本)。在保養工時方面，美國電動大客車每年維護平均工時約 55 小時，經公路總局調查，我國電動大客車營運一年後，因電池品質問題約 3 個月須執行電池平衡保養，需時 1~2 週。維護問題導致客運業者調度困擾，影響路線服務品質。

## (二) 妥善率不佳

依據我國現有客運業者普遍反映，電動大客車妥善率(妥善率=正常營運總車日數/應營運總車日數)無法適應目前營運要求。經交通部統計資料顯示我國目前電動大客車妥善率約 92.29%，與柴油大客車為 99.98% 無法相比。另一種衡量可靠度方式係路故發生平均里程(Measured as miles Between Road Calls ,MBRC)。若以國內獲得經濟部推薦確實執行電動大客車養護作業之客運業者提供之維修數據顯示，我國電動大客車路故發生平均里程約 3210 公里，傳統柴油大客車約 8~10 萬公里有較大差距。若和國外電動大客車相比較，與美國能源部於加州 291 號路線進行示範測試的電動大客車路故發生平均里程 9943 公里，仍有一定的努力空間。

## (三) 電池系統衰退過快

電動大客車其動力系統統稱為三電系統，係由電池系統、電機系統與電控系統所組成。其中電池系統係其中價格最高的部分，依據交通部公路總局與路政司調查資料顯示，客運業者反映電動大客車在使用 3 年後電池系統大多衰減至原有容量 50%~70%，嚴重影響路線營運。且電動大客車電池售價昂貴，日前部分客運業者反映電動大客車更換電池每車超過 400 萬元，不同電動車商電池型號規格不一，難以尋找其他替代電源。

另依據客運業者申請「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點」購車補助提報資料顯示，電動大客車購車電池系統價格依其容量不同，價格約為 100~650 萬元之間，車廠提供 5 年保固另宣稱可使用 8 年，惟 106 年開始，客運業者因電池系統 3 年衰退與車廠陷入電池系統產品不良或客運業者操作不當，以及電池系統售價較購車時上漲一倍的爭議，相關負面消息使客運業者後續投入電動大客車意願更加降低。

## (四) 充電基礎設施

電動大客車充電基礎目前面臨 3 個問題，首先為充電標準問題，經查我國電動大客車均為中國大陸進口，中國大陸相關標準並不完備，該地區不同公司或不同時期電動大客車充電設備互通性低，而其他地區生產電動

大客車基本上遵循公開標準且互通性高。第 2 個問題為充電場站設置不易，我國大客車夜間停車場多設於農業區，電動大客車多採用 200KW 以上充電設備，申請上有其困難性，設置地點有適法性問題。第 3 是大功率用電申請須時過久，主要係台電相關手續複雜，未來全面建置必須考慮當地電網之備載容量是否可負擔新增大功率用電需求。

#### (五) 電價補貼問題

經查客運業者購入電動大客車時，多規劃於晚間路線營運時間截止後，電動公車回站休息，同時也是晚上離峰時段進行充電，以提供次日之營運需求，同時該時段電價係採離峰電價計費。惟受限於我國現有電動大客車品質限制，在使用 3 年後電池系統大多衰減至無法滿足營運所需，因此必須增加日間充電，必須適用一般電價，造成客運業者電費成本負擔較原先估計增加，充電成本提高三分之一。

#### (六) 購車補助問題

目前電動大客車客運業者購車係依照「交通部公路公共運輸補助電動大客車作業要點」申請購車補助，依作業要點規定由交通部審議營運計畫書、經濟部審查車輛附加價值率(係配合經濟部扶植國內產業，自 103 年起於電動大客車補助要點訂定相關規定)。營運計畫書審查目前作業時間多為 1~2 個月即可結束。補助審查耗時過久：時間約需一年以上，主要係經濟部審查附加價值率(國產化零件比率)造成拖延。該項作業必須於客運業者通過交通部營運計畫書審議後進行，就電動大客車相關零組件購入之發票證明進行審查，經濟部表示各項發票證明齊備則需時 2 個月，惟各車廠送審過程多有資料缺漏，造成拖延至一年以上，影響客運業者財務調度。

## 六、後續推動建議

就國內電動公車發展現況與課題分析，目前電動公車在品質、特性上仍屬發展提升階段，且整體推動尚須仰賴基礎設施、電力供應、政府輔導與政策等軟硬體配套與機制建立，藉由各項策略推展，達到提升市區公車服務品質，改善空氣汙染，推動示範計畫，建立本土適用情境與電動公車導入指南，協助客運業者購買合適車型；鼓勵優質車廠在臺國產化，創造國內產業發展新機會，並建構國際化產業價值鏈，達成 2030 年市區公車電動化政策目標。所建議之推動策略分述如後

#### (一) 提升市區公車服務績效：

包括車輛與電池審驗制度、自動化與智慧化技術驗證規範、建立營運監控平台、建立導入指南並評估減量成效。各項工作之推動排序，先以齊備審驗制度、建立監控平台為要，再循序進行技術實證測試、績效蒐集分析以及建立導入指南。

(二)健全制度增加使用誘因：

包括推動示範計畫、檢討電動公車與柴油公車之購車與營運補貼制度。各項工作之推動排序，先以電動公車示範計畫、提高電動公車補助誘因為要，再循序檢討柴油公車補貼退場。

(三)完善電能補充基礎設施：

包含充電需求與設施檢討、電動公車智慧電網藍圖、供電作業基準、充電介面課題、儲能設施供電可行性。各項工作之推動排序，先以現況盤點、制定作業準則、國際法規標準調和為要，再循序完善相關設施、可行性評估。

(四)建構國際化產業價值鏈：

包含智慧化及自動化輔助系統、輔導關鍵零組件自主開發、推動保養機制與維修體系、評估創新租賃保修可行性。各項工作之推動排序，先以技術開發、投入資源輔導產業轉型、建立保養機制與維修體系為要，再循序培養維修人員、推動產品出口。

## 參考文獻

1. Zero Emission Urban Bus System: urban bus electrification, Pauline Bruge, UITP
2. Foothill Transit Battery Electric Bus Demonstration Results Leslie Eudy, Robert Prohaska, Kenneth Kelly, and Matthew Post, National Renewable Energy Laboratory
3. Deployment Progress & Evaluation of New Energy City Bus in China, 中国新能源公交车營運狀況 王賀武 Hewu Wang
4. 我國電動大客車推動策略規劃與自動輔助駕駛技術導入初探, 107年交通部運輸研究所
5. Foothill Transit Agency Battery Electric Bus Progress Report Data Period Focus: Jul. 2018 through Dec. 2018