

出國報告（出國類別：進修）

各國採用電動小客車之影響因素與 策略分析

服務機關：交通部運輸研究所

姓名職稱：楊智凱研究員

派赴國家：英國

出國期間：103年12月28日至107年12月26日

報告日期：108年2月13日

目次

壹、	研究目的.....	1
一、	研究背景.....	1
二、	研究課題分析.....	6
貳、	研究過程.....	10
一、	各國電動小客車市場發展整體因素分析.....	10
二、	國外電動小客車市場發展與推廣政策之動態關係.....	20
三、	國內電動小客車願景與政策推動路徑方法研究.....	34
參、	研究發現.....	41
一、	各國電動小客車市場發展整體因素分析結果解析.....	41
二、	國外電動小客車市場發展與推廣政策之動態關係解析.....	42
三、	國內電動小客車願景與政策推動路徑研究方法.....	43
肆、	心得與具體政策建議.....	44
	參考文獻.....	50

壹、 研究目的

一、 研究背景

基於因應氣候變遷威脅與空氣污染對民眾健康產生之危害，推動電動小客車以減少車輛溫室氣體與空污排放為近年來許多國家在運輸部門所採取之主要因應作為之一。在適當的環境下，電動小客車具有節能減碳並減少尾管排放空污之效益，國際上許多國家已經前仆後繼推廣電動小客車在市場的銷售，並朝向車輛全面電動化的方向推動。

1. 氣候變遷威脅

氣候變遷現象已受到世界各國與國際組織關注多年。聯合國自 1994 年成立聯合國氣候變化綱要公約(UNFCCC)組織，並於次年起每年召開締約國大會 (Conference of the Parties of the UNFCCC, 簡稱 COP)，探討氣候變遷所造成全球性的衝擊，研擬因應的對策。依 UNFCCC 的研究顯示，氣候變遷在不同區域會造成不同程度的影響。以臺灣身處的亞洲為例，氣候變遷造成了土地和生態系統的退化，並有可能破壞糧食安全。

運輸部門在全球能源相關的碳排放占比達到四分之一¹，如果沒有積極和持續的政策，運輸部門的二氧化碳排放量到 2050 年可能會再增長一倍，對全球暖化及氣候變遷造成重大影響。

我國「溫室氣體減量及管理法」於 2015 年 7 月 1 日依總統令公布實行，其中明訂我國 2050 年之溫室氣體排放量必須下降至 2005 年排放量的 50% 以下，並規範各部門應提出個別的溫室氣體排放管制行動方案。行政院於 107 年 10 月 3 日核定交通部所提報之「運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」，其中推動電動車輛被列為重要之減碳政策工具之一。

¹ Cornie Huizenga, “What the transport sector is doing to deliver on the COP21 climate change agreement”, Transport Expert Meeting, May 23rd 2016, Bonn, Germany.

2. 空氣污染危害

基於改善空氣品質之需要，例如法國為了公共衛生政策和對抗空氣污染²，英國為了對抗空污³，許多國家宣布於在未來停售傳統化石燃料車輛。國際上許多國家已陸續宣示或是研擬禁售傳統化石燃料車輛的目標時間表；我國行政院基於回應社會大眾對於改善空氣品質之要求，亦於 2016 年底宣示 2040 年新售小客車全面電動化之政策目標。各國宣示禁售傳統化石燃料車輛時間表如表 1 所示。

表 1: 各國宣示禁售傳統化石燃料車輛時間表

	2025	2030	2032	2040	2045
挪威	●				
愛爾蘭		●			
荷蘭		●			
斯洛伐克		●			
蘇格蘭					
英國(除了蘇格蘭)				●	
法國				●	
臺灣				●	
斯里蘭卡				◐	
瑞典					◐

●: 禁售純化石燃料車或是只售零排放車；◐: 整個車隊沒有傳統化石燃料車輛。

資料來源：IEA, 2018, “Global EV Outlook 2018”. 行政院，「空氣污染防制行動方案」，106 年 12 月。

3. 電動小客車之特性與效益

一般而言，目前國際電動小客車市場產品主流，其一是可重複充電的電池式電動車(Battery Electric Vehicle, BEV)，其二是可插電式的油電混合車(Plug-in Hybrid Vehicle, PHEV)。BEV 必須透過車上裝配之電池上的電力驅動車輛，如果電池沒電的話，就會無法行駛，必須再次充電方能使用。PHEV 透過車上裝配的電池電力，可以行駛一段適當的距離，當電池電力用完的時候，亦可以透

² <https://www.theguardian.com/business/2017/jul/06/france-ban-petrol-diesel-cars-2040-emmanuel-macron-volvo>.

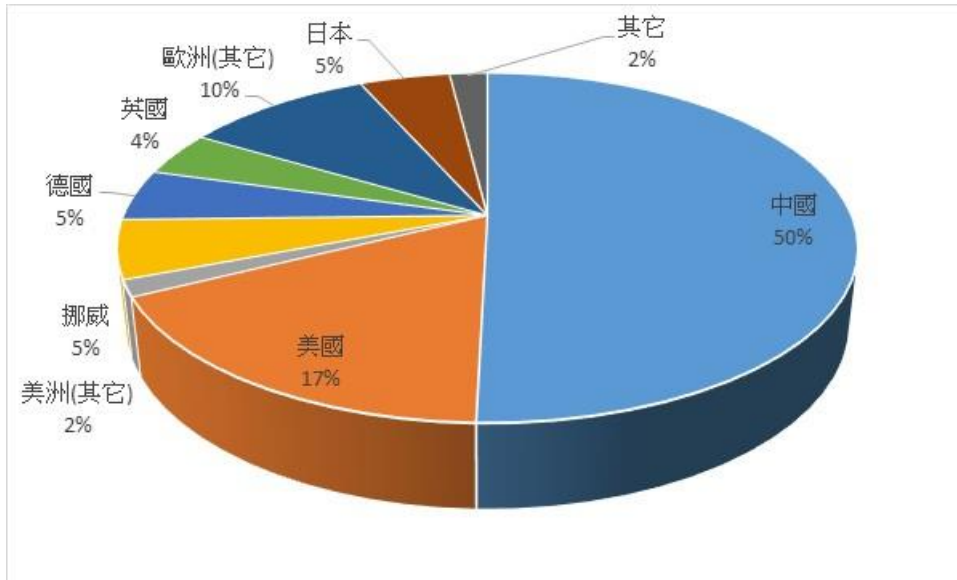
³ <https://www.bbc.com/news/uk-40726868>.

過車上的引擎繼續行駛。因此，BEV 的整個行駛過程中沒有尾氣排放，但是對於充電基礎設施有較高的要求；PHEV 可以有比較長的續航能力，但是有時不免會有尾氣排放造成行駛沿途空污排放的問題。

電動車的電力來自於發電廠，在發電廠仍透過燃燒化石燃料產生電力的情況下，使用電動小客車取代傳統的汽、柴油小客車，仍會把車輛尾氣空氣污染的排放由移動源轉變成固定源；惟相較於車輛在道路上不定時不定路線的移動，發電廠的空污排放相較而言較易於管理，同時可透過可再生能源(Renewable energy)，如太陽能發電與風力發電，減少傳統火力發電所造成之空污。

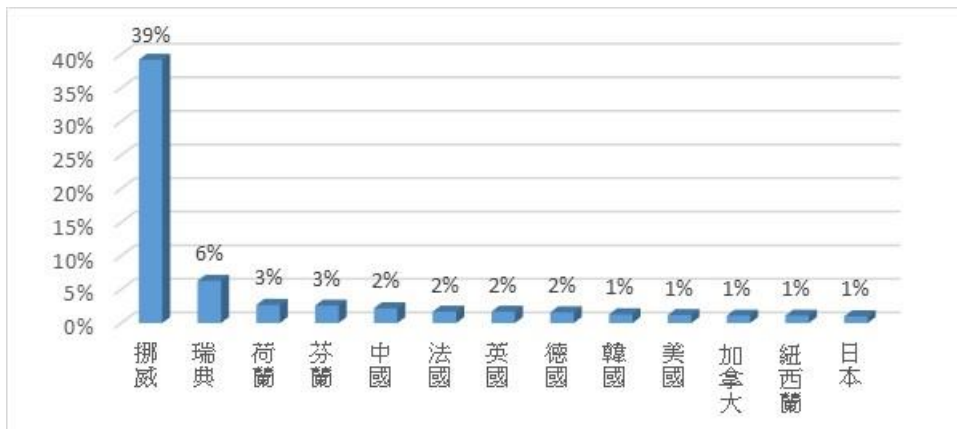
4. 電動小客車國外應用推廣現況概要

根據 2018 年國際能源總署(International Energy Agency, IEA)出版之全球電動車概覽(Global EV Outlook 2018)，截至 2017 年底，全球主要國家之電動小客車總量已超過 3 百萬輛，其中將近 2 百萬輛為 BEV，PHEV 略超過 1 百萬輛。以年銷售量而言，2017 年電動小客車總銷售量已超過 1 百萬輛，其中 75 萬輛為 BEV，PHEV 銷售近 40 萬輛。中國在 2017 年為最大的電動小客車市場，其次為美國；歐洲也佔了將近四分之一的電動小客車市場；亞洲地區則以日本的 5% 最高，如圖 1 所示。但從市場占比來看，挪威一枝獨秀，其 2017 年電動小客車銷售量將近達到其國內汽車市場占比的 40%，其他國家都在 10% 以下，例如瑞典 6%，荷蘭 3%，如圖 2 所示。



資料來源：IEA, 2018, “Global EV Outlook 2018”.

圖 1: 2017 年全球主要國家電動小客車銷售量



資料來源：IEA, 2018, “Global EV Outlook 2018”.

圖 2: 2017 年全球主要國家電動小客車銷售量佔其國內市場比例

5. 出國進修之研究動機

「我國減碳目標挑戰嚴苛」與「運輸部門能耗占比高且易升難降」等國內運輸部門因應氣候變遷之困境，於 101 年 10 月 3 日於人事行政總處進行面試簡報時，即提出此一困境，亦為進行此一出國進修之重要動機之一。

低碳運具推廣，係減少小客車的碳排放與尾氣污染的主要策略之一，其中又以電動車技術最受矚目。爰此，探討消費者對選用電動小客車之影響因素以及如何透過策略推廣電動小客車成為車輛市場主流商品成為令人關切的課題。

此外，有鑑於多年辦理研究工作之後，感受到提升個人本職學能與業務執行能力有其需要，並對於提升組織研究能力與研究領域之擴展有所期待，故參與此一出國進修計畫。

6. 核可過程、申請入學過程與學校學制說明

奉 103 年 10 月 30 日行政院 103 年院授人培字第 1030049727 號函核可出國進修，並由人事行政局聘任蔡勳雄與陳希舜兩位作為出國前之指導教授，給予出國人員求學與在外生活之建議。

經過客觀以及個人因素考量後，選定位於英國(United Kingdom)倫敦(London)的倫敦帝國理工學院(Imperial College of London)或是倫敦大學學院(University College London, UCL)。倫敦帝國理工學院為一完整大學，包括工程、醫學、自然科學與商學等四個學院，並各有若干系所，在 2012 年世界大學排名(QS World University Rankings)排名第 6。倫敦大學學院亦為一完整大學，包括醫學院、工程科學院、法學院等 11 個學院，其中尤以醫學相關院系最負盛名。每個學院下各有數個系所，該校總人數在英國大學排第三，但研究人數為全英國最多的大學，在 2012 年世界大學排名(QS World University Rankings)排名第 4。

申請入學過程大致為將個人簡歷與研究目的(Statement of Purpose)以電子郵件寄送自行選定之指導教授，指導教授初步同意後，安排線上視訊面談，然後決定是否接受入學。

經向倫敦帝國理工學院的 Johe Polak 教授以及倫敦大學學院的 Helena Titheridge 教授分別線上面試後，獲 Helena Titheridge 教授同意納為博士班學生。俟後依倫敦大學學院相關入學規定提供個人資料(含英文檢定 ILETS)後，取得入學許可並據以申請英國留學簽證。

就讀的系所為工程科學院「土木環境與地理空間工程系(Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering, CEGE)」下之「運輸研究中心(Centre for Transport Studies)」。指導教授為 Helena Titheridge 女士，其專長為永續運輸，擅長的研究方法為社會科學方法。

所就讀的學位為研究型學位(Research Degree)，學位名稱為 Mphil/PhD。本學位
在求學過程中由指導教授帶領就研究課題進行研究，毋需選修學分，故無學期
成績。修讀學位開始階段稱為 Mphil，於研究過程中，就研究課題進行分步分
析並確認未來研究方向後，提出升級報告(Upgrade report)進行校內口試，口試
通過後即取得博士候選人(PhD candidate)資格。博士候選人於完成主要研究工
作後，經指導教授同意，則進入最後的論文撰寫階段(Complete Research Status,
CRS)為期一年。於論文撰寫完成後，送校方進行畢業口試，通過後並依口試意
見修訂報告完成後取得博士學位。

二、 研究課題分析

臺灣推動電動車的政策方向在最近一、兩年內逐漸從保守變得明朗積極。如前
所述，我國已宣示 2040 年新售汽車全面電動化之政策目標。相較於 103 年 10
月 1 日核定之「智慧電動車輛發展策略與行動方案」⁴以推動產業技術研發，
以及補貼購買電動機車等引導性措施，「空氣污染防制行動方案」更明確地將
「推動 2040 年禁售燃油汽車」納入行動方案的工作項目之一，從稅賦減免、
優惠補助及污染、油耗管制等措施著手，並結合產業界共同制定策略、發展關
鍵技術、協調跨部會之基礎建設、發展商業模式等作為。

推動電動車為國際上普遍採取之運輸部門溫室氣體與車輛空氣污染減量之策略。
從國際上因應氣候變遷所採取的溫室氣體減量作為，以及減少道路空污排放的

⁴ 行政院，「智慧電動車輛發展策略與行動方案」，行政院網站存檔
(<http://archives.ey.gov.tw/>)：首頁 > 政策與計畫 > 重大政策 > 重大政策資訊，103 年 12
月 9 日。

策略來看，推動電動車為一適當之策略。例如，英國國會在 2018 年通過「自動車與電動車法案(Automated and Electric Vehicles Act 2018)⁵」，其中明訂推動電動車以改善空氣品質，使英國成為全球低排放車輛的領先者；該法案並將確保英國電動車相關的基礎設施能促進電動車的發展；英國政府並公布「道路零排放策略(Reducing emissions from road transport: Road to Zero Strategy)⁶」，除了發展出大規模的綠色道路基礎設施外，同時還幫助政府實現其現代工業戰略，建立英國在全球經濟的競爭力。又例如，法國利用其行之有年的「紅利-加稅制度(bonus-malus scheme)」來鼓勵民眾購買低排放車輛，其中電動車受惠頗多，購買每公里排放少於 20 公克的電動小客車可以獲得 6 千歐元的獎金；此外，法國也大力推動電動車充電基礎設施的發展，2017 年建造的充電站數量達到將近 12,000 個充電點，領先全球。

從小客車的溫室氣體排放占比，以及其所排放之空氣污染，國內有必要思考推動低排放車輛此一方向，以改善這些運輸部門排放問題，而電動車可以同時達到減少車輛溫室氣體排放與尾管空污排放的功用。

我國運輸部門之溫室氣體排放中，小客車為主要的排放來源⁷；空氣污染物中，小客車亦為 NOx 與 PM_{2.5} 移動污染源中的主要貢獻來源之一⁸。因此，減少小客車尾氣排放以減輕溫室氣體影響及空污危害，具相當正當性及必要性。

然而，由於小客車的購車與用車行為涉及社會、經濟、運輸、個人態度與能力等多重因素，在探討消費者選用電動小客車之問題較其它運具複雜，且這些因素具有地區特性，亦即其它國家的狀況無法等同於國內的車輛市場因素。此外，

⁵ <https://services.parliament.uk/bills/2017-19/automatedandelectricvehicles.html>.

⁶ <https://www.gov.uk/government/publications/reducing-emissions-from-road-transport-road-to-zero-strategy>

⁷ 交通部運輸研究所，「都會運輸節能減碳策略評估模組開發及應用(2/2)」期末報告初稿，107 年 11 月。

⁸ 資料來源：TEDS(Taiwan Emission Data System)9.0、移動污染源排放總量推估及管制專案工作，環保署(2017)

小客車市場除了國內業者與社經狀況的影響因素外，亦會受到國際上車輛科技發展與其全球化汽車產業策略，以及全球經濟與能源價格之影響，更凸顯其問題的複雜度。

推動小客車電動化涉及上述之多重國內與國際上的因素，在既定的電動車發展政策目標下，如何將相關的因素納入，並透過適當的方法來發展推動的策略，有待進一步的研究。這些因素同時必須將電動車相關技術發展、車輛業者的政策與市場的信心、消費者對電動車的態度與接受度、各界對國家政策目標的認同、政府基礎建設之配合計畫等議題，皆納入考量。此外，同時亦要考量我國在政治與法規制度上之特性，包括中央(經濟部、交通部、環保署)與地方政府相關業務法規職掌，必須予以納入考量，以針對推動電動車相關政策配合上被既有法規侷限之的可能做出適當的策略設計。

基於上述對於推動我國小客車電動化之課題分析，電動小客車推廣議題在我國之研究課題可以從多個不同的角度來探討。首先是從電動小客車推廣鼓勵措施來看對消費者購車與用車行為上可能造成的改變，亦即消費大眾是否會因為電動小客車推廣鼓勵措施而改變行為，採用電動小客車取代傳統的化石燃料小客車，以及哪些電動小客車推廣鼓勵措施對消費者的行為影響最為有效。所要探討對消費者的鼓勵措施，涉及消費者的購車、車輛的持有與用車行為等。這些消費者行為上之課題，文獻上大多採用問卷調查蒐集資料，並據以建立消費者選擇模型。文獻上採用消費者選擇模型的研究，可以提供許多消費者在當下對不同消費產品的偏好與態度，但對於消費者意向與最後消費者的行為決策之間的落差，普遍而言需要更進一步的觀察與分析；此外，對於消費者的態度與偏好因時間與不同產品技術發展而有所演變時，這些研究成果的應用就會受到了侷限。

另一種研究方式是從市場滲透的角度來看待電動小客車推廣課題。這種研究方法把市場的消費者區分為創新者、先期消費者，以及反應遲緩的消費者。這個理論相信成功的新產品，其市場滲透率會在新產品逐漸滲透到創新者與先期消費者後，在一個適當的轉折點之後快速的成長，新產品會快速的滲透到主流消

費者，然後漸漸達到飽和；因此，研究的重點在於找出新產品的創新者與先期消費者，並讓新產品儘快觸及這些消費者，進而快速滲透到主流消費者。這種市場模型可以用很直覺的方式讓人了解與預測市場的發展趨勢，惟對於消費者的區分方式，必須透過更為深入的方法去探究與求證，而新產品與市場上其它多個競爭者的特性差異不易透過這個模型去比較。

目前國內外亦有將電動小客車的推動納入大型的經濟或技術模型進行分析。經濟模型擅於將經濟面的因素做完整的考量，包括對國家整體經濟之影響，但對於較細緻的技術特性與消費者的運具使用行為特性，不易在顧及模型的平衡性上達到足夠細緻化的分析；而技術模型通常可以由下而上考慮各種技術面的因素總合起來的效果，據以預測出電動小客車產業發展的趨勢，惟對於消費者使用面的因素，如購買補貼對消費者購車意願與採購行為的影響等，其所能發揮的效果有其極限。

由於文獻上的研究主題與研究方法各有其優勢與限制，對於國內推動電動小客車之策略，需有進一步適用之研究與分析。

貳、 研究過程

為了能從國外電動小客車的市場與鼓勵政策相關發展經驗中學習，本研究第一部分係針對先進國家的電動小客車市場發展現況與各國之社會、經濟、運輸、相關政策等因素進行探討。

一、 各國電動小客車市場發展整體因素分析

這個研究主題是採用一個靜態的橫切面觀點，得以較廣泛的角度，來探索電動小客車的市場選擇(adoption)與社經或政策因素之間的關係。靜態的橫切面觀點即是針對一個特定的時間點，例如 2015 年，比較不同國家之間的電動小客車市場發展，以及同一個時間點上各國相關的社經與政策因素。分析的方法主要是透過統計迴歸模式。整體的關係架構如圖 3 所示。

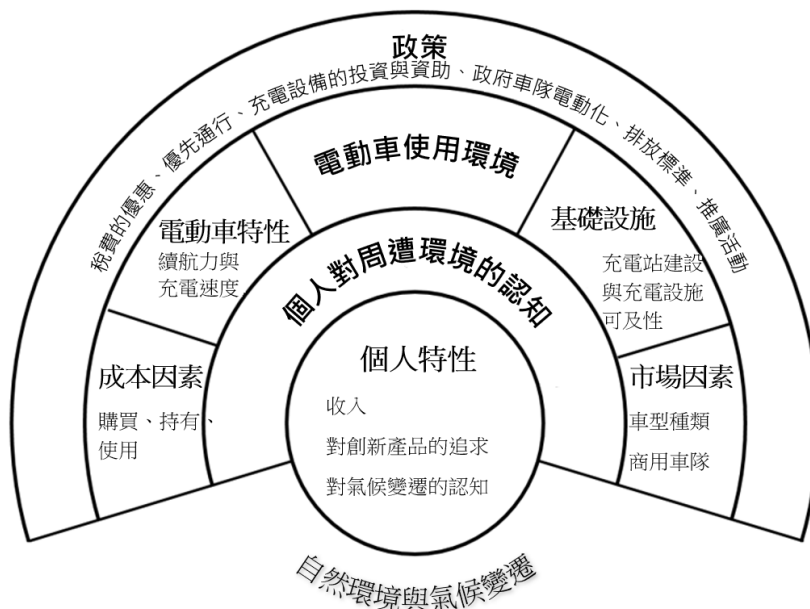


圖 3: 電動小客車市場佔有率與社經及政策相關因素架構圖

1. 研究變數與資料蒐集

主要的研究變數為電動小客車在小客車市場的佔有率，佔有率可以用單一年度之市場銷售佔有率進行分析，或是累計數年銷售量佔所有小客車持有量作為佔有率，本研究考量到電動小客車的單一年度佔有率可能因為個別的因素而隨時間而有不同的變化，而電動小客車市場之推動應為長時間之努力，故採用後者，以多年度累積之銷售量來看其市場佔有率。此一變數的範圍限定在 0 與 1 之間，惟由於實務上各國的電動小客車市占比大多仍在非常低的比例，因此對於後續的統計模型選擇，必須選擇適合此一變數的數值範圍。

而在相關的社經與政策因素方面，根據 Zubaryeva⁹等人在 2012 年的研究結果，社經條件、環境與能源狀況、運輸等等面向都會影響到電動小客車市場的佔有率。政策變數則包括財務性或是非財務性的鼓勵措施，例如透過補貼減少電動小客車取得成本、加嚴排放與能源效率標準以利電動小客車進入市場、減少電動小客車持有與使用成本，以及提供其它財務支持，或是建置充電基礎設施，以及推動商用的電動小客車隊等誘因。

為了儘可能蒐集更廣泛的國家資料，這個研究從不同的資料來源去蒐集電動小客車的銷售資料，包括國際能源總署(IEA)出版之全球電動車概覽(Global EV Outlook 2016、2017、2018)、「歐洲車輛製造協會(European Automobile Manufacturers Association, ACEA)」與「電動車銷售部落格(the EV Sales Blog)」。

國際能源總署(IEA)每年統整電動小客車銷售資料，包括了全球主要的電動小客車領先國家，如加拿大、中國、法國、德國、日本、荷蘭、挪威、英國與美國等。歐洲車輛製造協會(ACEA)則每季彙整歐洲地區 23 個國家的車輛銷售報

⁹ Zubaryeva, A., Thiel, C., Barbone, E., & Mercier, A. (2012). Assessing factors for the identification of potential lead markets for electrified vehicles in Europe: Expert opinion elicitation. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1622–1637. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.06.004>

告，並在最近幾年開始將電動小客車的銷售量另外列出。考量到資料品質的可靠度，非正式出版品之「電動車銷售部落格(the EV Sales Blog)」的資料則作為輔助之用。其它還從巴西的網站¹⁰取得巴西的電動小客車銷售資料。

其它變數的資料則透過網路蒐集，包括前述之國際能源總署(IEA)網站、「經濟合作與發展組織(Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD)」的資料庫¹¹、耶魯大學氣候變遷通訊網站¹²、世界經濟論壇(World Economic Forum)¹³、國家大師(National Master)網站¹⁴及其它網路資料等等。

本研究共蒐集了 36 個國家截至 2015 年底的電動小客車銷售資料，並計算在該國小客車登記數之占比，其結果如圖 4 所示。其中，挪威擁有最高的電動小客車占比，達到 2.64%，其次為荷蘭的 1.03%，其它國家中大多(約三分之二)都低於平均值(0.2%)，顯示出這不是一個常態分布的變數。

¹⁰ National Association of Vehicle Manufacturers (“Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores” in Portuguese), <http://www.anfavea.com.br/>.

¹¹ <https://data.oecd.org/transport/passenger-transport.htm>

¹² <https://data.oecd.org/transport/passenger-transport.htm>

¹³ <https://www.weforum.org/>

¹⁴ <https://www.nationmaster.com/>

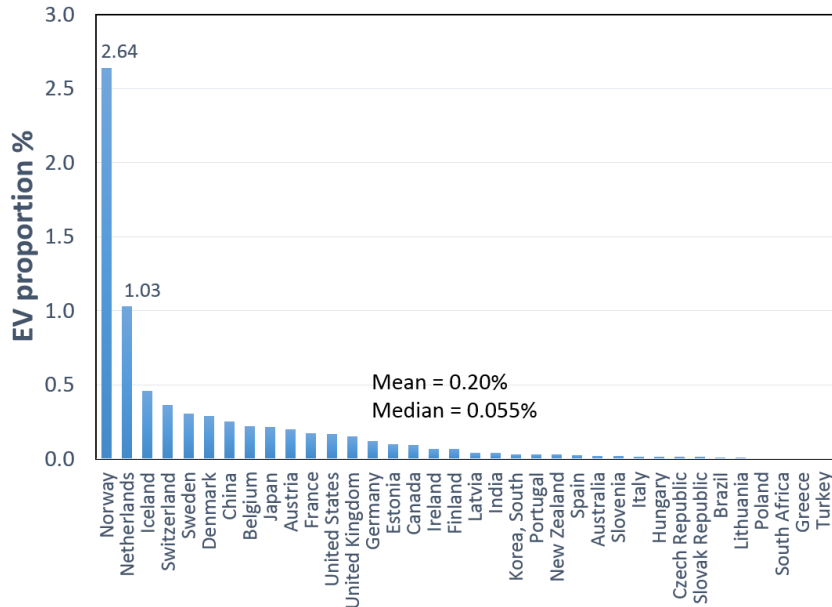


圖 4: 各國之電動小客車占比資料

在社經與市場變數方面，參考相關文獻，本研究蒐集了人均境內所得(GDP per Capita)來呈現一個國家消費者的經濟能力，並以市場上可以購得的電動小客車車型數量來呈現該市場上電動小客車的活躍程度，充電設施的密度則用來表示電動小客車使用者是否有合適的使用環境，民眾平均每日開車距離則用來辨別不同國家的用車行為特性，關心氣候變遷的人口百分比則用來呈現不同國家對環保車輛的態度特性，電動小客車與傳統化石燃料小客車的售價比值則用來呈現不同國家市場上電動小客車在價格方面的競爭力，電動小客車與傳統化石燃料小客車每公里消耗的燃料成本則作為使用電動小客車的成本優勢。上述變數資料的蒐集彙整摘要結果如表 2 所示。

表 2: 社經與市場變數的敘述性統計摘要

變數	最小值	中位數	平均值	最大值	資料來源
(A1)人均境內所得(GDP per Capita)	1,593	32,260	32,630	80,820	World Bank
(M1)電動小客車車型數量	2	15.67	17.7	35.67	EV-Sale blog, etc.
(D1)充電設施密度	2.29E-04	0.49	1.33	6.82	ChargeMap, OICA
(D2)民眾平均每日開車距離	2.40	26.10	25.96	57.77	OECD
(G1)關心氣候變遷的人口百分比	9.60	45.80	48.38	95.70	Leiserowitz Howe 2015
(E1)電動與傳統小客車售價比	0.66	1.39	1.46	2.42	Nissan, NationalMaster
(E2)電動與傳統小客車每公里消耗的燃料成本(*)	0.6	1.13	1.25	2.78	IEA, GlobalPetrolPrices

*: 假設汽油車與電動小客車的燃油經濟性分別為 29.5 km/l 與 0.21 km/kwh.

政策變數部分，則包括購車補貼、車價免稅優惠、加嚴排氣或燃油經濟性之標準與管制、其它購車相關的稅費優惠、持有車輛稅費優惠、免費或低價的充電服務、優先通行、補貼家用或公司充電器的安裝費，以及對公司車、租賃車與共享車之免稅或減費優惠。在統計分析時，政策變數以零壹變數呈現，零即代表無此項政策，壹則代表有此項政策。後續在模型分析的政策變數代號以及其定義如表 3 所示。

表 3:本研究之政策變數代號與定義

政策變數	說明
P1 購車補貼	包括所得稅減免或退稅，包含有些國家的舊車換新優惠。
P2 車價免稅	車輛生產的加值稅 Value Added Tax (VAT)
P3 排氣標準	加嚴排氣或燃油經濟性之標準
P4 其它購車優惠	包括購車時的減免一次性的稅費，如澳洲的奢侈稅、奧地利印花稅、車牌稅、丹麥與法國的登記費，或是中國的免除車牌管制。
P5 持有稅費優惠	減免持有電動小客車之車主的年度費用，如登記費、道路稅或車輛稅。
P8 免費充電	提供充電電費補貼，讓車主使用免費或低價的充電服務
P10 優先通行	電動小客車優先交通管制，如可行駛公車道、高乘載車道，或是保障的停車位。
P11 補貼安裝充電器	提供家用或是公司裝設充電器時的費用補貼，或是政府出資興建公共的充電設備。
P14 營業車優惠	減免公司車、租賃車、共享車等營業用電動小客車的稅費。

資料來源：<https://www.eecabusiness.govt.nz/>, <https://www.beehive.govt.nz/>,
<https://www.tesla.com/>, <http://www.moreland.vic.gov.au/>,
<http://reneweconomy.com.au/>，IEA 全球電動車概覽 2016

2. 研究方法設計

由於所要探討的應變數-電動小客車占比-為一個介於 0 與 1 之間的變數，而且因為大部分數值的分布極為靠近 0，在統計上稱為是個極為右傾的分配(right skew-distributed)；由於一般的採用最小平方法的統計迴歸(ordinary least squares (OLS) regression)只能處理常態分配(normal distribution)的變數，所以必須另外尋找適合的統計迴歸方法與統計分配¹⁵。

¹⁵ Smithson, M. & Verkuilen, J., 2006. A better lemon squeezer? Maximum-likelihood regression with beta-distributed dependent variables. *Psychological Methods*, 11(1), pp.54–71. Available at: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/1082-989X.11.1.54>.

從 Grün 等人所發表的文獻¹⁶發現，畢塔(Beta)迴歸模型可以應用在範圍介於 0 與 1 之間的變數，由於這個模型的兩個參數組合可以發展出多種不同形狀的統計分配函數，適合配適在這種具有極端偏向得統計變數。畢塔(Beta)的密度函數如下所示：

$$\pi(y; p, q) = \frac{\Gamma(p+q)}{\Gamma(p)\Gamma(q)} y^{p-1}(1-y)^{q-1}, 0 < y < 1$$

其中， p, q 是畢塔(Beta)函數的參數，兩者都是大於零。 $\Gamma(\cdot)$ 為伽瑪函數¹⁷。

而 Ferrari 與 Cribari-Neto 把畢塔(Beta)函數的參數做個簡單的轉換後，形成了適合進行畢塔(Beta)迴歸的函數。他們轉換後的參數為 μ, ϕ ，其中 $\mu = p/(p + q)$ ； $\phi = p + q$ ，轉換後的密度函數如下：

$$f(y; \mu, \phi) = \frac{\Gamma(\phi)}{\Gamma(\mu\phi)\Gamma((1-\mu)\phi)} \times y^{\mu\phi-1} \times (1-y)^{(1-\mu)\phi-1}, 0 < y < 1$$

經過這樣的轉換後， μ 剛好是變數 y 的期望值平均數(mean)， ϕ 則可以用來解讀成一個精確度的參數，因為當 μ 值固定時， ϕ 值愈大則 y 變數的變異程度就愈小。

為了發展一般化(Generalised)的迴歸模型來分析這個介於 0 與 1 之間的變數，必須將變數 y 的平均值表達成為一由獨立變數所組成的函數。這個變數 y 在本研究而言就是電動小客車的占比，而這些獨立變數就是前面提過的社經或政策變數。其涵意就是這些獨立變數的組合共同決定了電動小客車的占比。

在統計上，假設 y_1, \dots, y_n 是 n 個彼此獨立的變數，每個變數都依循上述的密度函數，並有相同的平均值 μ 但有不同的精確度參數 ϕ 。進一步假設，這些 y_t

¹⁶ Grün, B., Kosmidis, I. & Zeileis, A., 2012. Extended Beta Regression in R : Shaken, Stirred, Mixed, and Partitioned. *Journal of Statistical Software*, 48(11). Available at: <http://www.jstatsoft.org/v48/i11/>.

¹⁷ 伽瑪函數是階乘函數在實數與複數域上的擴展。如果 n 為正整數，則： $\Gamma(n)=(n-1)!$ 。

($t=1, \dots, n$)的平均值 μ_i 透過一個連結函數(link function) $g(\cdot)$ 的連結後，可以表達成獨立變數(即 $x_i = (x_{i1}, \dots, x_{iki})^T$ 等 k 個)的線性組成，如下列式子所示：

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta = \eta_i$$

其中， β 是個 $k \times 1$ 維度的向量，用來表示獨立變數 x_i 未知的迴歸參數，這些參數可用來表示這些獨立變數對應變數(在本研究即是電動小客車占比 y)的相關程度。而 η_i 則稱為線性預測子，因為它是獨立變數的線性組合，可以解讀成，後續迴歸分析時，是對這個線性預測子進行迴歸，然後透過下面將提到的連結函數與所要研究的應變數進行連結。

至於連結函數 $g(\cdot)$ ，可以將不適合直接進行迴歸的應變數(例如本研究的獨立變數介於 0 與 1 之間且是極端的右偏)，轉換成適合進行迴歸的型態。連結函數可以有多種不同的選擇，必須由研究者依自己所研究的變數去選定一個最適合的。本研究採用羅吉特(Logit)函數作為連結函數，因為透過羅吉特函數的轉換，可以將原來介於 0 與 1 之間的變數，對映到完整的實數範圍，較符合一般常態分配的範圍，且羅吉特函數的型式簡單，可以直覺的了解，並在統計上的計算較為容易且快速。因此，本研究的連結函數如下所示：

$$g(\mu_i) = \text{logit}(\mu_i) = \log(\mu_i / (1 - \mu_i))$$

在完成上述的模型建立之後，需透過統計軟體輸入各變數的資料，進行參數的推估。本研究的統計工具是透過目前在統計分析上十分常見且免費的 R 語言界面，加載專為了畢塔迴歸所開發的套件 `betareg`，以最大概似法(maximum likelihood, ML)進行參數的推估。

由於本研究的模型包含了多個獨立變數(即表 2 與表 3 中所列的變數)，在迴歸的程序上，本研究採用向前步進式(forward stepwise)的步驟，亦即一次增加一個變數，以迴歸上最配適的變數優先選入，直到迴歸函數的配適結果無法再改善為止。模型配適的妥適程度採用 AIC 指標 來評估。

然而，在進行迴歸分析的過程中發現，不同的政策變數組合可能會有綜合的效果，因此，在完成初步的迴歸之後，曾加政策變數組合的變數，嘗試找到更為配適的迴歸模型。在考量過可能的政策變數組合之後，進一步考量兩兩獨立變數間是否存在交互關係，亦即其中一個獨立變數的數值，會影響另一個獨立變數與應變數之間的關係；在迴歸模型中，把兩個獨立變數以乘法型式納入模型中，即可反映其交互關係。

最後，透過樣本抽離測試(out-of-sample)，找出即使在抽離部分樣本資料後，仍能穩定的呈現出最適合結果的模型。

3. 研究分析結果

在第一步的向前步進式(forward stepwise)的步驟中，在檢視所有可能的變數組合後，有 9 個候選模型其配適程度十分接近，且優於其它的模型。這 9 個候選模型中有些共通的獨立變數，例如人均境內所得(GDP per Capita)、充電點密度、燃料成本比值等；同時這 9 個候選模型也大多包含 3 到 4 個主要的政策變數，例如表 3 中的購車補貼(P1)、車價免稅(P2)、排氣標準(P3)、持有稅費優惠(P5)或營業車優惠(P14)等。

在政策變數組合部分，本研究嘗試了各種不同的政策組合之後，找到一個有最佳配適 AIC 指標的政策變數組合，這個政策變數組合包括排氣標準(P3)、其它購車優惠(P4)、免費充電(P8)、優先通行(P10)與營業車優惠(P14)等 5 項措施，同時實施這 5 項措施的國家計有中國、法國、德國、韓國、荷蘭、挪威、葡萄牙、西班牙、瑞典、英國和美國，其它國家則沒有同時實施這 5 項措施。

在變數的交互關係上面，考量到經濟條件對於其他的變數都有可能有所影響，因此著手分析經濟變數與其他變數之間的交互關係。在經過了測試之後，發現有四個包含交互關係的模型十分接近的配適程度指標數值，因此一併進行樣本抽離的測試。

由於這個研究有 36 個國家的資料，也就是有 36 個樣本。好的模型即時抽離一到兩個樣本它的配適程度都還是穩定維持。這個研究採用蒙地卡羅的隨機測試，16 個樣本隨機抽離兩個，經過 100 次的測試之後看看模型的穩定度。經過比較後，選定最穩定的模型，如下所示。

$$\text{logit}(\mu_i) = \beta_1 + \beta_2 \text{sqrtD1}_i + \beta_3 \text{A1}_i + \beta_4 \text{E2}_i + \beta_5 \text{P5}_i + \beta_6 \text{PC}_i + \beta_7 (\text{A1}_i \times \text{sqrtD1}_i) + \beta_8 (\text{P5}_i \times \text{A1}_i) + \varepsilon_i$$

其中， β_1 到 β_7 是模型的截距與各獨立變數的參數； μ_i 是第 i 個國家的電動小客車占比； sqrtD1_i 是第 i 個國家充電點密度的平方根； A1_i 是第 i 個國家的人均境內所得(GDP per Capita)； E2_i 是第 i 個國家傳統小客車與電動小客車的燃料成本比值； P5_i 是第 i 個國家是否有實施減少電動小客車車主的年度持有成本措施； PC_i 是第 i 個國家是否有實施前述的政策變數組合中所有的措施； ε_i 是第 i 個國家的觀察值與模型推估值之間的誤差項。

本研究的建議模型參數推估結果如表 4 所示。

表 4: 迴歸模型參數推估結果

	推估值	標準差	z 值	顯著程度指標	顯著程度
(截距)	-11.0	0.34	-32.0	< 0.001	***
充電點密度的平方根 sqrtD1	1.59	0.18	8.7	< 0.001	***
人均境內所得 (GDP per Capita) A1	0.0697	0.0067	10.0	< 0.001	***
燃料成本比值 E2	0.337	0.077	4.4	< 0.001	***
減少電動小客車的年度持有成本 P5(P5=1)	-0.300	0.37	-0.82	0.41	
政策變數組合 PC(PC=1)	1.28	0.13	10.0	< 0.001	***
交互關係項：sqrtD1:A1	-0.0106	0.0040	-2.6	0.009	***
交互關係項：P5:A1	-0.0220	0.0076	-2.9	0.004	***

Note: 1. 顯著程度: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

2. 模型配適程度指標 AIC=-489.5; Pseudo R2=0.875.

本研究所建議模型的獨立變數，約可解釋 87.5%的應變數變異(pseudo R2 =0.875)。

二、 國外電動小客車市場發展與推廣政策之動態關係

由於在第一階段的橫切面研究中，發現其研究方法上對於更細緻的影響因素與政策變數的分析有其極限。因此，第二部分將不同時間的演變納入觀察分析的範圍，以掌握到變數間隨時間而變的關係。而在此一部分，BEV 與 PHEV 兩者也分別進行分析。

BEV 和 PHEV 是當前 EV 市場中，兩種不同但主要的類型，他們都使用電網發電作為主要電力來源。他們之間的差異包括電池容量，充電方式，售價，補貼和優惠措施，消費者和溫室氣體與空污排放特性。BEV 具有較大的電池尺寸，由於電池組成本高^{18,19,20}，在售價方面通常比 PHEV 更昂貴。在許多國家，BEV 通常比 PHEV 獲得更高的補貼和特權，例如全國加州的電動小客車購買退稅制度²¹，挪威的購置稅減免²²以及中國北京 BEV 免受車輛進入限制²³。然而，PHEV 通常具有比 BEV 更長的行駛里程，這個對於長途旅行需求的消費者來說很有吸引力。一般來說，在低排放發電地區，採用 BEV 的溫室氣體減排環境效益高於 PHEV，因為如果 PHEV 不得已時由化石燃料發動機驅動車載

¹⁸ Sierchula, W. et al. (2014) ‘The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption’, *Energy Policy*, 68, pp. 183–194. doi: 10.1016/j.enpol.2014.01.043

¹⁹ Yu, Z., Li, S. and Tong, L. (2016) ‘Market Dynamics and Indirect Network Effects in Electric Vehicle Diffusion’, *Transportation Research Part D*, 47, pp. 336–356. doi: 10.1016/j.trd.2016.06.010.

²⁰ International Energy Agency (2017) *Global EV Outlook 2017: Two million and counting*, IEA Publications. doi: 10.1787/9789264278882-en.

²¹ Mock, P. and Yang, Z. (2014) *Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles.*(White Paper), The International Council on Clean Transportation. Available at: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-fiscalincentives_20140506.pdf.

²² European Alternative Fuels Observatory (no date) Norway. Available at: <http://www.eafo.eu/content/norway> (Accessed: 6 August 2018).

²³ People’s Government of Beijing Municipality (2015) Běijīng shì rénmin zhèngfǔ guānyú shíshī gōngzuò rì gāofēng shíduàn qūyú xiànxíngjiāotōng guǎnlǐ cuòshī de tōnggào [Circular of the Beijing traffic control in the peak period of the working days]. Available at: <http://www.bjtgl.gov.cn/jgj/mtlj/370405/index.html> (Accessed: 18 July 2018).

發電機充電，可能會額外排放更多的溫室氣體²⁴。EV 產生的溫室氣體排放量，取決於發電的來源和 EV 從電網充電的時間點，有時可能會比混合動力電動汽車(Hybrid Electric Vehicle, HEV)排放更多溫室氣體²⁵。除傳統發動機外，HEV 還有一個小型馬達偶爾使用電池來驅動車輛，HEV 已被一些消費者接受作為在 BEV 和 PHEV 之前替代傳統化石燃料小客車的環保車輛，具有相對便宜、節能和低排放之特性；然而，HEV 仍然主要由汽油(或柴油)提供動力，並且不會顯著降低尾氣排放。

1. 電動小客車市場領先國家的發展

根據能源總署的統計資料²⁶，2017 年前十大電動小客車市場包括中國、美國、挪威、德國、日本、英國、法國、瑞典、加拿大和荷蘭。相關的文獻中可以發現，這些領先國家推動電動小客車的措施，時間的變化，有不同的特性。

中國政府十分保護本土的汽車製造業，並對進口的電動小客車課徵較高的稅²⁷，只有本地生產的電動小客車可以獲得國家的購買補貼²⁸。中國的電動小客車補貼依據續航力、電池的能量密度與整車能源效率而異，PHEV 的補貼標準額

²⁴ Delucchi, M. A. and Lipman, T. E. (2010) 'Lifetime Cost of Battery, Fuel-Cell, and Plug-in Hybrid Electric Vehicles', in *Electric and Hybrid Vehicles*, pp. 19–60. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53565-8.00002-6>.

²⁵ Requia, W. J. et al. (2018) 'How clean are electric vehicles? Evidence-based review of the effects of electric mobility on air pollutants, greenhouse gas emissions and human health', *Atmospheric Environment*. Elsevier, 185(May), pp. 64–77. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.040.

²⁶ International Energy Agency (2018) *Global EV Outlook 2018*, Global EV Outlook. doi: 10.1787/9789264279469-en.

²⁷ Pontes, J. (2013) *China Full Year 2012, EV Sales*. Available at: <http://ev-sales.blogspot.com/2013/01/china-full-year-2012.html> (Accessed: 6 August 2018)

²⁸ Chōngdiànzhūāng (2017) Things have to know about the relationship of new energy vehicle policy [Guānyú xīn néngyuán qìchē bùdé bùzhī de zhèngcè guānxì |lántiān xíngdòng]. Available at: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/26448422> (Accessed: 6 November 2018).

外會依其極速而變²⁹。部分地方政府額外給予電動小客車更多優惠，例如上海、廣州與北京免除了電動小客車的車牌登記管制³⁰。

德國宣示成為世界電動運輸的第一供應者³¹，在科技能量以及電動車市場方面，德國在站一個相對優勢的位置³²。德國的電動車政策是透過整合所有相關利益關係者(stakeholders)共同制定，雖然過程冗長，但在電動車產業研發與推動電動車市場方面，德國投入了大量的資源推動。

日本的「Top runner」標準在改善車輛及其它能源消耗產品的效率上，扮演很重要的角色³³。同一等級車輛的能源效率標準，是依據在該等級中績效最好的車型而制定³⁴；每隔 2 至 3 年提高標準，不符合標準的車廠，會接到政府所發送的建議指令、命令或是罰款單。此一標準亦結合日本的「綠色汽車稅方案」，給予電動車及其它環境友善的車輛減稅優惠。儘管日本的電動車產品在國際上大受歡迎，然而，日本的電動小客車市場起步仍晚，在 2017 年才達到 1% 的市場銷售佔有率，這可能是因為日本消費者仍認為的油電混合車是其優先的節能車輛選項。

²⁹ Diàndòng qìchē zīyuán wǎng (2018) Understanding the 2018 new energy vehicle policy subsidy [Yīwén kàn dǒng 2018 nián xīn néngyuán qìchē zhèngcè bǔtiē guòdù qī bǔtiēguò dī kǒng xuǎnzé zhànhuǎn shàngpái]. Available at: <http://www.evpartner.com/news/12/detail-34114.html> (Accessed: 6 November 2018).

³⁰ Ma, S. C., Fan, Y. and Feng, L. (2017) 'An evaluation of government incentives for new energy vehicles in China focusing on vehicle purchasing restrictions', Energy Policy. Elsevier Ltd, 110(July), pp. 609–618. doi: 10.1016/j.enpol.2017.07.057.

³¹ MacDougall, W. (2015) Electromobility in Germany: Vision 2020 and Beyond, Germany Trade & Invest. Available at: <http://export.government.bg/ianmsp/docs/de-sectors-files/2013/07/29/electromobility-in-germany-vision-2020-and-beyond.pdf>.

³² Bär, H. (2013) Lead Markets for electric vehicles - China's and Germany's strategies compared, Lead Markets. 12. Berlin.

³³ Japan's Top Runner Programme (2018). Available at: <https://www.futurepolicy.org/ecologically-intelligent-design/japans-top-runnerprogramme/>(Accessed: 31 October 2018)

³⁴ Onoda, T. (2008) Review of International Policies for Vehicle Fuel Efficiency, International Energy Agency. Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Vehicle_Fuel-1.pdf.

挪威是電動小客車市場銷售佔有率最高的國家，在 2017 年已達到 39%³⁵。在傳統小客車背負著極高的稅額條件下，電動車免稅優惠拉近了兩者在售價上的差距³⁶。早在 1990 年起，挪威就陸續推動了電動車的鼓勵措施，包括免道路收費、免停車費、使用公車道通行等等。

美國也推動了多種措施來促進電動小客車的發展，包括研發、財務性的誘因，以及建置充電基礎設施等等。在 2010 年之前，美國聯邦政府仍以推動 HEV 為主要的政策，在 2010 年起，投入了 20 億美元的資源在其「新世代電動車方案 (Next Generation Electric Vehicle scheme)」上^{37, 38}，之後在美國車輛市場上方見電動小客車快速的增加，其中尤其以加州最為明顯，因為加州所推動的「零排放車輛方案 California Zero Emission Vehicle (ZEV) programme。」給予電動小客車極佳的發展條件，目前該州的目標是在 2025 年之前電動小客車達到 10% 的市佔率^{39, 40}。

其它領先國家在電動小客車發展上也有其特色。例如荷蘭之前提供 PHEV 較佳的優惠，因此在 2017 年之前該國的 PHEV 銷售量遠高於 BEV，但在 2017 年之後，荷蘭電動小客車政策改為支持 BEV，因而改變了其市場銷售量上 BEV 與 PHEV 的地位⁴¹。法國的電動小客車在歐洲市場頗受歡迎，且該國的電力排放係數極低，更加强了推動電動小客車的減排效益。這種低排放電力的環境，

³⁵ International Energy Agency (2018) Global EV Outlook 2018, Global EV Outlook. doi: 10.1787/9789264279469-en.

³⁶ International Energy Agency (2018b) Nordic EV Outlook 2018: Insights from leaders in electric mobility. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264293229-en>.

³⁷ APEC (2017) The Impact of Government Policy on Promoting New Energy Vehicles (NEVs) – The Evidence in APEC Economies.

³⁸ Zhang, X. et al. (2014) 'Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries', Sustainability (Switzerland), 6(11), pp. 8056–8078. doi: 10.3390/su6118056.

³⁹ Shulock, C. et al. (2011) Vehicle Electrification Policy Study Task 1 Report: Technology status. Available at: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_VEPstudy_Mar2011_no1.pdf.

⁴⁰ Jin, L., Searle, S. and Lutsey, N. (2014) Evaluation of state-level U.S. electric vehicle incentives.

⁴¹ Leenman, T., Lodder, J. and Oosterhuis, S. (no date) Market impact of Dutch electric vehicle sales targets. Available at: <https://www.ortecconsulting.com/market-views/market-impact-of-dutch-electric-vehicle-sales-targets/> (Accessed: 16 November 2018).

也支持了其它類似國家在推動電動小客車的政策正當性，例如挪威與瑞典⁴²。加拿大與美國有緊密的經濟關係，其車輛法規調和一致，同時也將發展電動小客車當作是促進就業的一個重要政策⁴³。至於英國，其「超低排放管制區 Ultra-Low Emission Zones」與倫敦擁擠收費區創造出了電動小客車的優先用環境，同時也提供電動小客車購買的財務性誘因。

2. 從時間觀點看電動小客車鼓勵措施的時間特性

從時間的演變上來看，自 2010 年市場上陸續推出電動小客車產品，如雪佛蘭的伏特(Chevy Volt)與日產的 Leaf，挪威的電動小客車市佔率很快的就在隔年達到 1%，但中國與美國則花費了 5 至 7 年才達到相同的市佔率。由於挪威早自 1990 年起即已推動電動小客車的鼓勵措施，遠早於中國與美國十餘年，鼓勵措施推動時間的長度可能是一個重要的原因。但是德國呈現不同的特性，德國電動小客車市佔率僅僅在實施購車補貼後的 1 年，即從 2016 年的 0.7% 跳升到 2017 年的 1.6%，這顯示了不同國家消費者採購行為特性的差異可能也是重要因素之一。

時間因素在推動電動小客車方面的影響，可以從 6 個部分探討。首先，電動小客車鼓勵政策措施實行時間的長度可能影響電動小客車市場的成長；假設車主每五年換購一次新車，則政策的推動必須持續至少五年，直到可以影響關鍵車主的購車決策，政策的穩定、清楚，並讓消費者可以預期，可以減少市場參與者(如車輛進口商與費者)對風險不確定性的預測，創造其購車意願。

其次，消費者收到其財務性優惠措施的時間長度可能會影響消費者的意願，尤其是當消費者不確定是否補貼經費的期限可以持續夠長到抵消任何額外增加的

⁴² International Energy Agency (2018b) Nordic EV Outlook 2018: Insights from leaders in electric mobility. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264293229-en>.

⁴³ Pedersen, J. S. et al. (2012) Bringing the electric vehicle to the mass market a review of barriers, facilitators and policy interventions. doi: WR-775.

成本(例如更高的車價)。此外，可立即取得補貼費用的措施對消費者而言，可能可以更直接的觸動消費者的購買意願⁴⁴。

第三，優惠措施從宣布到生效的期間長度，會與消費者從收到訊息、了解訊息、做出決定及實行採購行為的總時間有關。若優惠措施宣布的時間點在大多數消費者已做好採購決策(例如已選定購買某一傳統小客車)之後，則優惠措施可能無法有效的改變大部分消費者的採購行為(指改採購電動小客車)。

第四、一些優惠措施若有時間限制(只在某些月份有效或是配合會計年度推動)或數量限制時，可能會改變電動小客車銷售量的季節波動型態，進而改變整個電動小客車銷售量的成長。

第五、優惠措施的內容或效果可能會因時間而變，例如日本的電動小客車優惠措施日漸減弱⁴⁵，中國不定期的調整政府補貼的電動小客車標準與條件，美國加州也定期的調整補貼標準^{46, 47, 48}。而電動小客車通行高乘載車道的時間節省效果會因為日漸增加的電動小客車而逐漸消失。此外，其它市場與外在因素可能因時間而改變，例如電池成本的下降可能會改變特電動小客車的售價⁴⁹。

⁴⁴ Lilja, N. and Dixon, J. (2008) Impact Assessment, Document accompanying the Package of Implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. doi: 10.1017/S001447970700590X.

⁴⁵ KEMFERT, C. (2016) 'PROMOTING ELECTRIC VEHICLES IN GERMANY VIA SUBSIDIES – AN EFFICIENT STRATEGY?', pp. 65–70. Available at: <https://www.cesifo-group.de/DocDL/dice-report-2016-4-kemfert-december.pdf>.

⁴⁶ Ou, S. and Przesmitzki, S. (2017) A Study of China's Explosive Growth in the Plug-in Electric Vehicle Market.

⁴⁷ Beijing New Energy Passenger Vehicle Platform (2018) Xīn néngyuán qìchē tuīguāng yìngyòng tuìjiàn chēxíng mùlù [New energy vehicle promotion and application recommended model catalogue].

⁴⁸ Clean Vehicle Rebate Project (2018) Frequently asked questions about CVRP and the rebate application process. Available at: <https://cleanvehiclerebate.org/eng/faqs> (Accessed: 25 August 2018).

⁴⁹ Palmer, K. et al. (2018) 'Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK, US and Japan', 209(July 2017), pp. 108–119.

最後，優惠措施之間可能會有綜合效果，不同優惠措施實施的先後順序，可能會影響到其綜合效果，這在健保政策上曾有類似的案例⁵⁰。

3. 研究方法設計

為了能夠觀察到更細微的動態變化，本研究的採取以月份為時間單位之資料蒐集與分析，並透過時間序列方法分析電動小客車市場的成長趨勢、季節性與波動型態等。資料蒐集與分析的對象為前 5 大電動小客車領先國家，包括中國、德國、日本、挪威與美國，其中美國以加州為分析對象。資料期間起自 2011 年 1 月至 2018 年 6 月，以電動小客車每月新車登記數為主，銷售量數字則用以補足欠缺的資料。資料蒐集結果摘如表 5 所示。

⁵⁰ Hacker, J. S. (1998) 'The Historical Logic of National Health Insurance: Structure and Sequence in the Development of British, Canadian, and U.S. Medical Policy', *Studies in American Political Development*. Cambridge University Press, 12(Spring), pp. 57–130. doi: 10.1017/S0898588X98001308.

表 5: 電動小客車每月新車數量時間序列資料蒐集結果摘要

地區與車種		最小值(月份)		最大值(月份)		平均值	資料期間	序列長度
中國	EV	341	2012.07	98,366	2017.12	15,916	2012.01~ 2018.02	74
	Car	1,111,900	2013.02	2,672,300	2016.12	1,729,490	2012.01~ 2018.05	77
德國	BEV	105	2011.01	3,412	2017.12	938	2011.01~ 2018.06	90
	PHEV	65	2013.05	4,189	2018.03	1,183	2013.01~ 2018.06	66
	HEV	127	2011.11	11,466	2018.06	3,268	2011.01~ 2018.06	90
	Car	192,090	2013.01	359,683	2017.03	267,592	2011.01~ 2018.06	90
日本	BEV	216	2011.04	3,124	2016.02	1,212	2011.01~2017.05	77
	PHEV	0	2016.09	5,709	2017.05	1,135	2013.01~2017.05	53
	Car	165,486	2014.04	417,136	2014.03	238,592	2013.01~ 2017.12	60
挪威	BEV	293	2013.07	5,362	2018.03	1,916	2013.01~ 2018.04	64
	PHEV	0	2013.05	3,605	2017.12	1,063		
	Car	10601	2018.01	17,589	2017.12	143,27		
加州	BEV	38	2011.02	7,167	2018.04	2,298	2011.01~ 2018.04	88
	PHEV	60	2011.08	5,506	2018.03	2,148		
	HEV	2,156	2011.06	12,662	2013.08	8,094		

Note: 本研究所探討的是小客車，如 IEA 所定義(International Energy Agency, 2017)。德國與挪威的資料來源是其國家統計資料，其中德國資料的官方網站是 Kraftfahrt-Bundesamt (KBA)- Federal Motor Transport Authority；挪威資料則取自 European Alternative Fuels Observatory website。其它三個地區資料的主要來源是汽車製造業者，其中加州資料蒐集自該州的 Advanced Technology Vehicle Sales Dashboard，中國資料取自數個網站所公布該國 China Passenger Car Association 每月公布的新能源車報告。日本 2013 年之後的資料取自 EV-Sales blog (<http://ev-sales.blogspot.com/>)，在此之前的資料則以該國的日產電動小客車 Leaf 銷量取代(取自 InsideEVs (<https://insideevs.com/>))。

在分析各市場的電動小客車月銷量成長趨勢部分，本研究以 12 個月的週期計算不移動平均來檢視其長期的成長趨勢，之後並將時間序列資料解構來觀察其季節性動態與異常值(outliers)，並據以蒐集相關電動小客車推廣政策與市場因素，分析其相關性。

時間序列分析的統計工具採用 R 語言，透過 TTR 套裝軟體的 SMA()函數進行移動平均的計算。

時間序列資料的季節性成分則透過 R 語言 forecast 套件的 stl()函數進行解構，該函數是連續應用幾次區域性權重迴歸方法(locally-weighted regression (loess))取得平滑趨勢曲線，並藉以分離出季節性成分與殘差成分。各成分與原始時間

序列資料之間，兩者的四分位距(即第 1 個四分位點與第 3 個四分位點的差值)的比值，用來呈現單一成分對於整個時間序列變動型態的貢獻程度。同一市場的不同車種間的季節性型態的差異，則比較兩個不同車種的時間序列季節成分在同一個月份升或降的方向是否一致，一致性愈高者則代表兩個車種的季節性型態愈接近。

查找異常值的方法是透過 `tsoutliers` 套件的 `tso()` 函數。這個函數可以找出不同型態的異常值，並標示出發生異常值的時間點，包括短期增減的異常值(additive outlier, AO)、整體水平升降異常值(level shift, LS)、增減後緩慢恢復的異常值(temporary change, TC)。上述的季節性成分與異常值可以呈現出一個時間序列的動態特性，以及預期之外的變化。

為了找出潛在因素的相關性，上述對時間序列的分析結果，包括異常值、不同車種間季節型態不同等，這些時間點被用來做為進一步蒐尋相關資訊的參考時間點。每個時間點的事件，會依據事件的特性(如銷售量的升或是降)，透過適當的關鍵字，進行網路資料蒐尋；考量到許多事件要經過一段時間才會影響到實際的銷售，蒐尋資料期間會從那個時間點，一直回溯到 6 個月前。

4. 研究分析結果

(1) 電動小客車銷售趨勢

移動平均的計算結果顯示，中國、德國、挪威與加州的電動小客車銷售呈在正向的成長趨勢，但日本自 2014 年之後的電動小客車銷售呈現上下波動的狀況。日本的狀況，有可能是因為該國的 HEV 技術十分成熟，市場上有許多 HEV 車型可供挑選，成為當地消費者作為環保運具的一個優先選擇，因此排擠了電動小客車的市場。

這 5 個地區的 PHEV 市場發展時間大致都較 BEV 慢，但近期 PHEV 的銷售量快速的成長。初期 BEV 較受歡迎的原因，可能與早期市場上電動小客車的可選擇車型數量有限有關，這個車型選擇有限影響消費者購車行為可以用加州的

例子說明：早期的電動小客車車型數量有限，且在 2012 年之前，市場上的電動小客車是以 BEV 為主，PHEV 的車型十分有限；因此，當 2012 年可以行駛在加州高乘載車道的 PHEV-雪佛蘭的 Volt 上市後，立刻在市場上大受歡迎，PHEV 的銷售量因而快速增加⁵¹；類似的現在也可以在中國、德國與挪威觀察得到。在一個高度擁擠交通的地區，電動小客車若有優先通行權，例如可行駛高乘載車道，則對於時間價值較高的用路人而言，電動小客車是個合理的替代方式，在 PHEV 車型不多的情況下，早期相對較多的 BEV 車型成為消費者的優先選擇；然而電動小客車車型數量對電動小客車銷售量的影響，在文獻上⁵²無法得到統計的顯著性，但透過動態時間序列的分析，可以把這個因素的關係進一步釐清，彌補橫切面迴歸分析的缺陷。因此，提供消費者足夠的電動小客車車型選擇，可以避免消費者因為沒有適當的車型而放棄選用電動小客車。

(2) 電動小客車銷售的季節性

季節成分的解構結果顯示，電動小客車銷售的季節性大致上與傳統小客車相似，這顯示在購車時間點上面，電動小客車與傳統小客車有一些共同的影響因素。因此，在研究電動小客車季節性的推廣策略時，可以參考傳統小客車銷售的季節特性。

雖然季節性型態與傳統小客車類似，但是電動小客車銷售的季節性相較之下不是很明顯，這個原因可能是因為部分先期消費者(early adopter)比較注重產品的娛樂性(hedonic)與象徵性(symbolic)，較不注重功能性(instrumental)的利益，因

⁵¹ Gordon-Bloomfield, N. (2012) HOV-Lane Eligible Chevy Volts On Sale In California Next Week, GreenCarReports. Available at: https://www.greencarreports.com/news/1073381_hov-lane-eligible-chevy-volts-on-sale-in-california-next-week (Accessed: 6 August 2018)

⁵² Sierzchula, W. et al. (2014) 'The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption', *Energy Policy*, 68, pp. 183–194. doi: 10.1016/j.enpol.2014.01.043

此與主流的消費者特性有所不同⁵³。但也不能排除因為本研究僅能取得 5 至 7 年的時間序列資料，序列長度有限的情況下，可能無法完整解構出季節性成分，因而在數據的呈現上似乎不是很明顯。

相較其它本研究所調查市場而言，日本 BEV 與 PHEV 的季節性相對較為明顯，從每季的銷售量來看，日本的電動小客車季節性與傳統小客車十分相似，似乎市場銷售量與每季廠商發布銷售目標的期程十分符合，呈現出日本車廠對於達成銷售目標的重視程度。

(3) 電動小客車銷售的因素

A. 財務性誘因

財務性的誘因，例如購車補貼、免稅額度，以及其它購車時稅費的減免等，讓電動小客車與傳統小客車的售價上更為接近^{54,55}。

相反地，若是這種財務性的誘因措施降低或是撤除時，可能會對電動小客車的銷售量造成負面的影響，或是影響其季節性的型態。本研究的時間序列動態分析，可以觀察到這種現象。例如，中國屢次的在新年度的一開始降低其補貼額度，如 2014、2015 與 2017 年^{56,57}，讓消費者預期政府的補貼在新一年度都會

⁵³ Schuitema, G. et al. (2013) 'The role of instrumental, hedonic and symbolic attributes in the intention to adopt electric vehicles', *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 48, pp. 39–49. doi: 10.1016/j.tra.2012.10.004

⁵⁴ Lévy, P. Z., Drossinos, Y. and Thiel, C. (2017) 'The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership', *Energy Policy*. Elsevier Ltd, 105(February), pp. 524–533. doi: 10.1016/j.enpol.2017.02.054

⁵⁵ Ma, S. C., Fan, Y. and Feng, L. (2017) 'An evaluation of government incentives for new energy vehicles in China focusing on vehicle purchasing restrictions', *Energy Policy*. Elsevier Ltd, 110(July), pp. 609–618. doi: 10.1016/j.enpol.2017.07.057.

⁵⁶ HOU, J. (2013) Nǎxiē chē zuì huásuàn? Xīn néngyuán xīnzhèng shèjì chēxíng jiědú [Which one is the best deal? Exploring eligible EVs in the new energy policies], Wǎngyì qìchē. Available at: http://auto.163.com/13/0917/18/990A9R6L00084TUP_all.html (Accessed: 28 June 2018).

⁵⁷ Rénmín Wǎng (2017) Xīn néngyuán chē duō tíng shòu děng bǔtiē xìzé gòumǎi chéngběn shàngshēng sānchéng [Many EVs stop sale to watch the detail rule on the reduction of

減少，因而在年底前，有購買電動小客車意願的消費者會進行搶購，並反應在其第 4 季的高銷售量上。

日本也有類似的現象。日本在 2015 年降低其補貼力度達 50%，之後日本 2015 年 2 月至 11 月的 BEV 銷售量明顯的下降，即使車商以降低車價來彌補補貼變小對車價的影響^{58,59}，電動小客車的銷量仍是下降。

除此之外，本研究發現，相較於 PHEV，加州 BEV 的銷售對於補貼額度用罄的現象更為敏感。在加州，電動小客車可以行駛高乘載車道，對時間價值高的人而言，願意花較高的購車成本來獲得快速通行的利益。由於購買電動小客車主要是為了取得通行高乘載車道的手段，因此當補貼額度用罄時，原本想購買 BEV 的車主，會轉而購買 PHEV 以減少購車成本的壓力。

B. 燃油經濟性與排放標準

加嚴車輛排氣標準可以促使車廠加強電動小客車的銷售。例如，隨著歐盟的電動小客車加權優惠(super credit)在 2014 年 1 月從 3.5 下降到 2.5⁶⁰，讓車廠不得不增加電動小客車的銷售來達到電動小客車總量目標，如德國的 BEV 銷售在 2014 年 5 月有個明顯的成長。加州要求車廠生產一定比例的電動小客車，這個比例的目標值在 2012 年從 11%升到 12%，在 2015 年從 12%再次上升到 15%，伴隨而來的是 PHEV 在 2012 年與 2015 年的顯著增加。

subsidy that could increase purchase costs by 30%], Rénmín wǎng. Available at: <http://auto.people.com.cn/n1/2017/0105/c1005-28999982.html> (Accessed: 6 August 2018)

⁵⁸ Boku, S. (2015a) 「Prius PHV」 ga ichibu kairyō de nesage mo hojokin wa hangen ["Prius PHV" partly improved and price cuts for subsidy halved], MONOist. Available at: <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1506/29/news084.html> (Accessed: 6 August 2018).

⁵⁹ Boku, S. (2015b) Shōyō EV 「minikyabu mību」 ga nesage, hojokin gen de jisshitsu kakaku wa hobo kawarazu [Commercial EV 'Minicab Mieve' cuts price, Subsidy decrease, real price is almost unchanged], MONOist. Available at: <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1507/30/news038.html> (Accessed: 6 August 2018)

⁶⁰ (原本一輛電動小客車可以當作 3.5 輛計算，在計算車廠低碳車輛銷售總量時，比較容易達成目標，2014 年 1 月降低優惠的加權值後，一輛電動小客車只能算為 2.5 輛)

然而，要提醒的是這種標準的提升，難免會有車廠以作弊的方式達到標準。例如 2015 年 10 月，Kia 車廠為了達到德國的電動小客車比例規定，在單一月份大量售出其電動小客車 Soul 並出口至其它國家(例如挪威)當作二手車銷售，營造出該車廠在德國的電動小客車銷售量達到法規要求的假象，這是國際上有名的 Kia 幽靈(Phantom)事件⁶¹，並在德國的電動小客車銷售量造成一個異常的上升，本研究的統計工具亦認定出此一增減後緩慢恢復的異常值(TC)。

C. 優先通行權

文獻上發現，給予電動小客車通行權的優惠，對於提升消費者選用電動小客車的動機很有幫助^{62,63}。加州消費者從 BEV 轉移至 PHEV 的行為顯示了通行權的優惠對於消費者有很大的影響。經濟能力好的用路人，會更願意選用電動小客車來得到通行權的優惠。

在中國也有類似的現象，不同的是，大部分中國的用路人會選用低售價但安全性不佳的微型 BEV 來取得通行權的優惠。微型 BEV 在 2013 年與其後數年，成為中國電動小客車市場的主流，其原因可能是中國的交通管制設計是以區域來劃設，不似加州是一個路線的擁擠，加上有些受到交通管制的中國的用路人為低所得的族群，為了進入管制區，相較之下，低成本的微型 BEV 成為低所得族群的優先選擇項目，至於其安全性就被放在次要的考量。

D. 其它市場因素

如前面提及的電動小客車車型數量的影響，PHEV 車型數量的增加可能是造成近年 PHEV 銷售量快速成長的原因；另一方面來說，目前對市面上電動小客車

⁶¹ Kane, M. (2015b) Phantom Kia Soul EV Sales In Germany Really A EU Emission Evading Machine ?, Insideevs. Available at: <https://insideevs.com/phantom-kia-soul-ev-sales-surge-in-germany-is-eu-emission-evading-machine/> (Accessed: 6 August 2018)

⁶² Sheldon, T. L. et al. (2017) Factors Affecting Plug-in Electric Vehicle Sales in California. Available at: <https://www.arb.ca.gov/research/apr/past/13-303.pdf>.

⁶³ Jenn, A., Springel, K. and Gopal, A. R. (2018) 'Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States', Energy Policy. Elsevier Ltd, 119(July 2017), pp. 349–356. doi: 10.1016/j.enpol.2018.04.065.

車型無法滿足的消費者，可能傾向延後其購買的行為來等待新的車型的上市。例如，在 2013 年底新的比亞迪 PHEV「秦」上市之後，中國 2014 年的電動小客車銷售量快速的上升⁶⁴；日本帶有更大電池的 BEV 日產 Leaf 在 2015 年底上市後，日本 BEV 的 2016 年 1 月銷售量快速的增加，並被本研究的統計工具界定為一增減後緩慢恢復的異常值(TC)；加州 2017 年 1 月的 BEV 銷售量在美國本土第一輛可長途續航的 BEV 雪佛蘭勃特(Bolt)在 2016 年底上市後，快速增加。

本研究同時發現，消費者可能會延後購買行為來等待新的車型的上市，而這個會反映在銷售量的臨時性波動上。例如，本研究的統計工具界定出德國 2013 年 3 月 BEV 與 2015 年 8 月 PHEV 銷售量的異常下降，這些可能與隨後而來的新車型上市有關。

此外，車廠生產中斷或生產不及可能也會造成電動小客車銷售量的異常波動。例如在美國受歡迎的 BEV 特斯拉 Model 3 與日產的 Leaf 在 2018 年 2 月都有生產線產能不足的問題，因而造成加州當月 BEV 銷售量下滑的現象，這個下滑在當年度 4 月，兩個車廠的產能跟上之後，就完全消失，並造成一個 85%的月銷量成長，並被本研究的統計工具界定為一個臨時的銷量增加。而因為挪威的電動小客車都是進口，因此挪威電動小客車的銷售量會受到車廠貨船抵達的船期而影響⁶⁵。

⁶⁴ Pontes, J. (2014) China March 2013 (Full Ranking), EV sales. Available at: <http://ev-sales.blogspot.com/2014/05/china-march-2013-fullranking.html> (Accessed: 6 August 2018)

⁶⁵ Figenbaum, E. and Kolbenstvedt, M. (2013) Elbiler i Norge [Electric cars in Norway], Regjeringen.no. Available at: <http://www.regjeringen.se/content/1/c6/21/33/45/05b16e03.pdf>.

三、 國內電動小客車願景與政策推動路徑方法研究

1. 願景與政策推動路徑

面對氣候變遷的威脅，以及回應社會對於改善空氣品質之要求，推動電動小客車成為一個熱門的政策選項。惟對於推動電動小客車的正當性及方式，各界會有不同的認知，可能會造成對電動小客車發展政策推動上的爭議與阻礙。這些爭議不單是電動小客車本身，還涉及相關的環保、經濟與能源議題。例如，推動電動小客車在我國目前電力排放係數仍高居不下的情況下是否恰當？電動小客車整體生命週期的排放以及電池回收階段的污染是否能妥善處理？電力系統是否能負荷大量電動小客車的充電需求？建置充電基礎設施是否會有阻礙？消費者的主觀態度與預期的社會觀感上是否接受電動小客車這個產品？使用者是否接受燃料補充(加油改充電)行為方式的改變(時間、地點的不同)？補貼電動小客車會不會只有高收入者受惠(社會正義議題)？對電動小客車仍會造成的空氣污染(如輪胎與剎車磨耗產生的 PM_{2.5})如何解決？

在各界的關切主題與認知有所差異的情況下，建立電動小客車的推動政策會有許多的阻礙，需要有適當的方法取得各界的意見，並凝聚共識，同時發展出不同的策略方案，供決策者參考。

國際上的作法是建立一個共識願景，透過相關利益者(stakeholders)所提供的資料，分析關鍵變數，並據以發展不同的對應策略方案，以因應未知的變動與威脅下，仍能達到目標。由於這個建立願景的工作涉及複雜的系統，文獻⁶⁶上建議採用國際上近年常見的「回溯法(backcasting)」來達成此一複雜的工作。

⁶⁶ Holmberg, J., & Robert, K. H. (2000). Backcasting — a framework for strategic planning. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 7(4), 291–308. <https://doi.org/10.1080/13504500009470049>

2. 回溯法簡介

回溯法是個適合處理複雜問題的研究方法，特別是包括許多外部性與重大變化的議題，尤其是當主流的趨勢本身已經成為問題的一部分(如溫室氣體排放隨著人類活動增長而增加)，需要長時間來進行一個大系統的改變，且時間也還足以做出策略性的選擇決策⁶⁷。

舉例而言，VIBAT 是 2009 年左右，利用修改過的回溯和情景構建方法，研究將倫敦交通排放在 2030 年與 2050 年分別減少 60%與 80%的專案計畫。它研究了一系列政策措施，包含技術和用路者的運具選擇行為，並評估如何有效地將它們結合起來以實現這些減排措施，並透過模擬軟體評估目標是否可行，釐清主要問題（包括過渡成本），以及未來時間範圍內的主要決策點。

該計畫說明，回溯法所追求的是發展一個政策路徑以達到一個突破目前發展趨勢的方法。不依賴以目前現況所做的預測趨勢，回溯法設計了未來的願景、呈現出一個想要的解決方案，並追溯到現在，據以發展出可以達到想要的未來的政策路徑或方案。VIBAT 所設計的策略方案中，包括了低排放車輛方案、替代能源方案、訂價機制方案、公共運輸方案、步行與自行車方案、都市規劃方案、智慧運輸方案，以及其它數個不同方案等。

3. 國內電動小客車願景與政策推動路徑研究方法規劃

參考國外採用回溯法發展願景與策略路徑的研究經驗，本研究採用倫敦 VIBAT 計畫^{68,69}的研究方法為基礎，依研究規模與問題特性作調整，設計適合臺灣電動小客車願景與策略路徑的發展方法。

⁶⁷ Banister, D., & Hickman, R. (2005). Looking over the Horizon Visioning and Backcasting for UK Transport Policy.

⁶⁸ Hickman, R., & Banister, D. (2007). Looking over the horizon: Transport and reduced CO2 emissions in the UK by 2030. *Transport Policy*, 14(5), 377–387. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.04.005>

這個方法大致區分為三個階段。第一階段是建立一個想要(desireable)的願景，這個願景要描述出對目標年心中所期待的電動小客車發展景象，同時建立一個基本參考情境(reference case)。在這個階段，本研究採用焦點專家會議的方式來產生對於這個願景的共識，並揭露出現況作為參考情境設定的資訊，這中間會包括許多會影響電動小客車使用發展的重要變數資訊。

何謂一個「想要的未來(desirable future)」?參考文獻⁷⁰資料，這個未來，是願意去付出相對應的代價去達到的。舉例而言，為了減少整體社會一半的運輸活動，你願意去接受嚴格的交通管理政策、旅行成本提高、忍受交通不便、以及可能伴隨的經濟損失。這個代價可能包含旅行的習慣、旅行成本、經濟發展、居住地的選擇、都市規劃等等。這個未來是永續的未來願景，是個你所想要達到的系統性改變，例如系統創新、產業轉型與轉移等，而非從「可能發生」的條件來擘劃的。

第二階段是發展不同的策略路徑。在這個階段，本研究採用半結構化的訪談，對於達到願景目標所要付出的努力，以及對於外在變數不確定性可能造成之衝擊，獲取焦點專家的觀點。依據這些努力對於達成目標的貢獻程度，以及外在變數可能的衝擊，規劃不同的情境策略。

第三階段是發展出完整的願景與策略路徑。第二階段完成後，對於願景與策略路徑已有初步的草案，在這個階段，本研究再一次透過焦點專家小組會議，對於這個草案是否適合進行討論，並進一步評估不同之策略路徑對於達成願景目標可能的風險。

⁶⁹ Hickman, R., & Banister, D. (2014). Transport, Climate Change and the City. *Transport Reviews* (Vol. 35). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203074435>

⁷⁰ Quist, J. and Vergragt, P. (2006) Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. *Futures* (Vol. 38) pp. 1027–1045

整個架構如圖 5 所示。

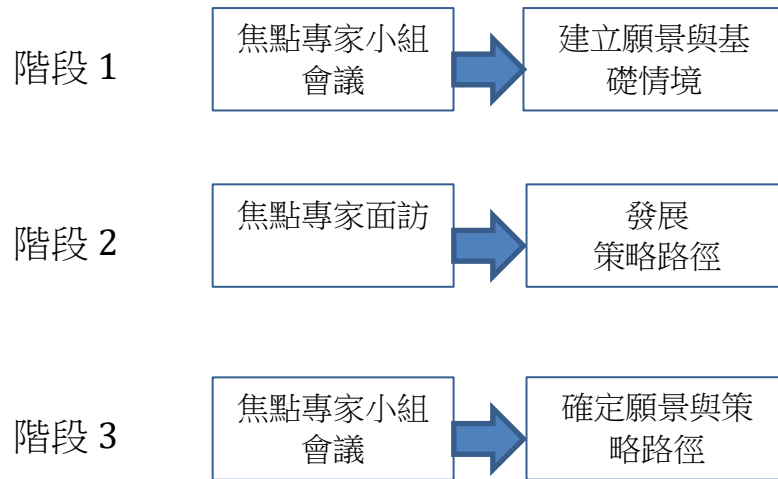


圖 5: 回溯法三階段進行架構

進一步說明各階段研究過程的執行細節如下。焦點專家的選擇為本研究方法的一個重要步驟。專家的邀請必須符合研究目的，且各個專家的地位必須儘可能接近。本研究所邀請的專將包含運輸、車輛產業與科技、能源，以及環保領域的人士。邀請之前，會先就相關專業領域的組織進行過濾，再從中選取適當的專家人選，而在諮詢專家參與意願時，也會利用所謂的滾雪球(snowballing)方式，請其推薦其它適合的專家人選。

焦點專家小組會議的理念是要由專家自行提出自己的主張，不要受到研究者的議題限制。焦點專家小組的優點是可以產生假設性的條件，可以探索超過人類經驗範圍的知識，並釐清疑慮⁷¹

在進行階段 1 的焦點專家小組會議時，必須提供與會者一個舒適的環境與氣氛，由研究者擔任引言人，先就研究的背景與目的做個說明，並說明會議進行方式，之後引言人即可引導專家們自行進行討論；引言人不參與討論，只在適當的時

⁷¹ Powell, R. A., & Single, M. (1996). Methodology Matters-V Focus Groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 8(5), 499–504.

候引導專家發言，以兼顧各個專家都有平衡的發言機會，並適當地引導專家進一步就其發言內容說明細節，以取得研究所要的資訊。會議的進行大致分為 2 個主題，一是專心中的電動小客車願景，二是專家預估未來電動小客車隊的基礎情境。而在預估未來目標年的基礎情境時，也會引導專家說明重要的影響變數現況與預測，以及這些變數對於未來基礎情境的影響程度。根據會議的紀錄，研究者將專家對於電動小客車願景與基礎情境的彙整，以敘述性的文字呈現出未來電動小客車的願景，並從專家的意見中，分析出會影響電動小客車市場發展的外在驅動力，並據以建立不同的情境。階段 1 的研究架構如圖 6 所示。

階段 1: 焦點專家小組會議

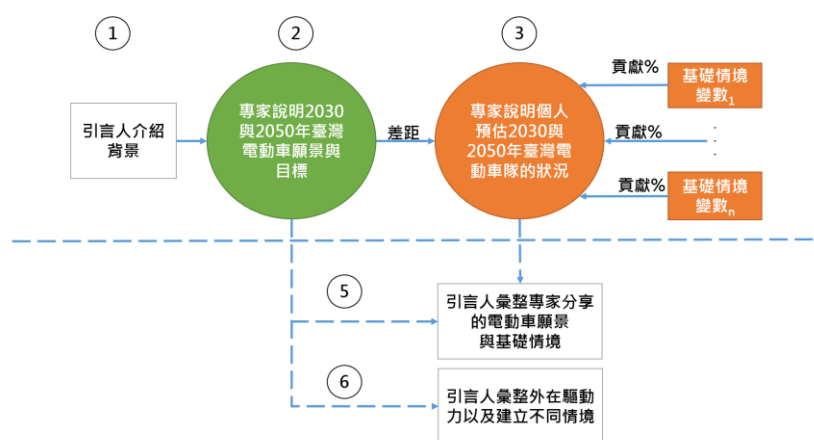


圖 6: 回溯法階段 1 的研究架構

階段 2 的焦點專家訪談，則是透過個別訪談的過程，獲得更細緻與更深入的專家意見。接續階段 1 的成果，訪問者先簡要說明階段 1 眾人所分享的電動小客車願景及重要變數，接著請受訪專家說明若要達到這個願景，各個變數要強化的什麼程度，且這樣的強化在提升電動小客車市場目標上的貢獻，並請其說明達到強化目標所需要付出的努力。在完成各個專家的訪談之後，依據目前研究的成果，規劃不同策略路徑，例如經濟優先或環保優先等等。階段 2 的研究架構如圖 7 所示。

階段2：焦點專家訪談

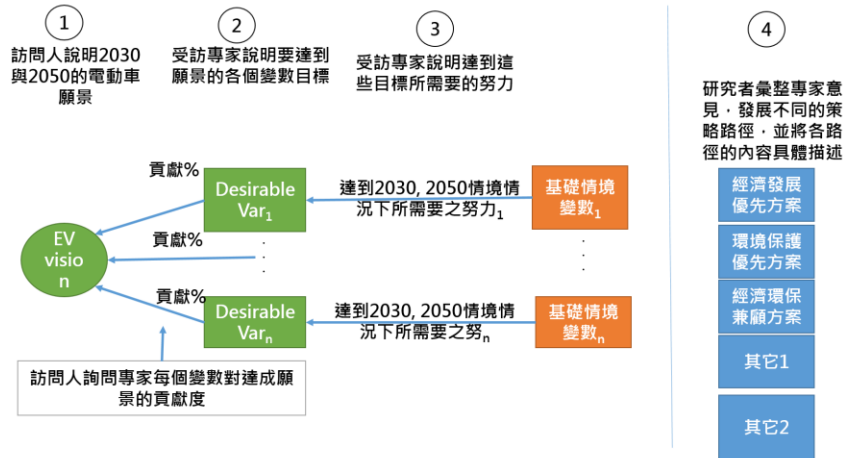


圖 7:回溯法階段 2 的研究架構

階段 3 主要是調整情境與策略方案的內容。透過第 2 次的焦點專家小組會議，專家對於研究者所設計的情境與策略方案內容提出建議，對不同的情境適用策略方案的強度做出建議。研究者最後依會議結果，提出政策建議報告。階段 3 的研究架構如所圖 8 示。

階段3：焦點專家小組會議

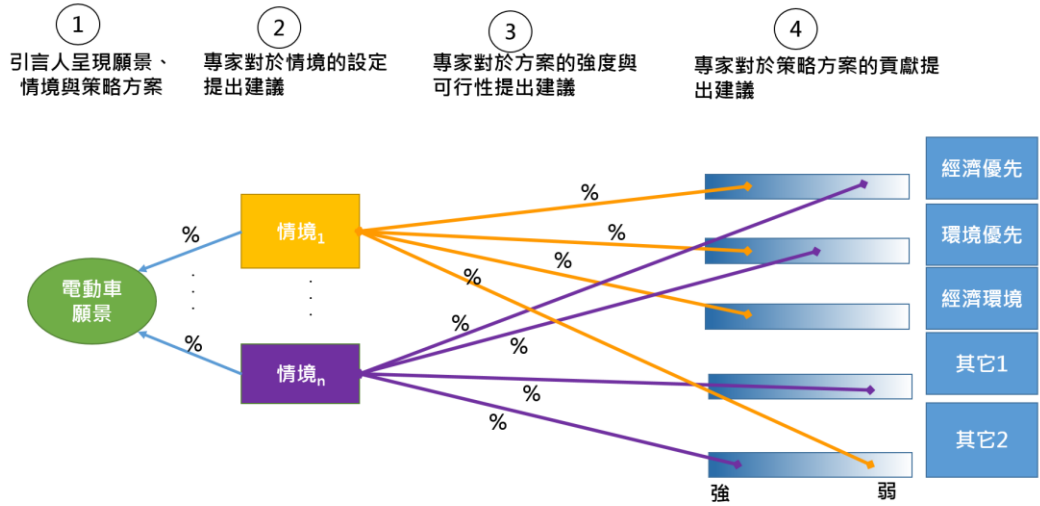


圖 8: 回溯法階段 3 的研究架構

4. 後續研究步驟說明

由於研究課題以臺灣的電動小客車為範圍，因此，本部分的研究必須在臺灣進行。後續於畢業論文撰寫初稿之前，持續完成回溯法的電動小客車願景建立與策略方案設計的研究，並持續與國外指導教授以遠端視訊會議方式討論修正。

參、 研究發現

一、 各國電動小客車市場發展整體因素分析結果解析

在橫切面的分析結果部分，從迴歸模型的參數推估結果可以發現，首先可以注意到的是人均境內所得(GDP per Capita)與充電點的密度兩項變數，與電動小客車的占比的多寡有正向的關係。這顯示出在一個國家人民的富裕程度較高，或是有充足的充電基礎設施的市場，對其市場上的電動小客車先期消費者而言，是個重要的因素。一般而言，富裕國家具有較多的資源可以投入在創新研發的商品及其周邊的支援設施，因此在這些國家的消費者會較早採用創新的產品，這個現象在電動小客車市場上也是相同，如同本研究模型所看到的結果。

而本研究的迴歸模型也發現，人均境內所得(GDP per Capita)與充電點密度有交互關係，也就是說，富裕程度不同的國家之間，其充電點密度對於電動小客車占比的影響程度是不一樣的。本研究的迴歸模型顯示，國家的富裕程度與充電點密度對電動小客車占比而言，是個負向的交互關係，也就是說，在較不富裕的國家，其充電點密度增加所造成的電動小客車占比上升幅度，是比在較富裕的國家還要大。對於這個結果，可能是因為富裕國家已經有基本的充電點分布在適當的地點，因此增加充電點密度的邊際效用對當地的電動小客車使用者而言，並不如在較不富裕的國家這麼大，因為較不富裕的國家的充電點可能還未普遍建置，因此增加充電點對其消費者而言，重要程度會高於富裕國家的消費者。

模型中發現一個有趣的現象，就是降低電動小客車使用者持有成本的措施(即表 3 中的 P5 政策變數)，似乎與電動小客車占比的多寡，呈現一個負向但統計上不算顯著的關係，這是一個反直覺的關係，亦即給予優惠措施的國家，其電動車占比反而比較低。為了解決這個反直覺的結果，透過了兩個因素交互關係的分析，方才了解其背後的現象，亦即降低電動小客車使用者持有成本這個政策變數(P5)在迴歸模型上顯著的地方是與人均境內所得(GDP per Capita)呈現負向的交互關係，這個結果可以這樣解讀：對那些提供電動小客車使用者在持有成

本上優惠的國家而言，富裕程度較高的國家其電動小客車占比上升的優勢沒有比其較不富裕的國家高很多；但對沒有實施電動小客車持有成本優惠的國家，則國家富裕的程度對於電動小客車占比上升的關連性較高。

迴歸模型的另一個參數：傳統小客車(汽油)行駛一公里的燃料成本與電動小客車的比值，與電動小客車占比呈現正相關，也就是說，電動小客車成本愈低，則上述的燃料成本比值愈高，而電動小客車占比就愈高，這符合一般的認知與文獻上的結果。

迴歸結果顯示，政策組合變數(即表 3 中的 PC 變數)與電動小客車占比呈現正向關係，亦即符合推動政策組合變數的國家，其電動小客車占比較其它國家相對較高。這可以解釋為，若是多項重要的電動小客車政策同時推動，可能會有加成的效果(synergy)，因而得以促進電動小客車占比的提升。

二、 國外電動小客車市場發展與推廣政策之動態關係解析

根據本研究觀察與分析多個電動小客車市場多年來的動態發展，措施實施的時間點不同，對於電動小客車的市場銷售量成長趨勢可能會有不同的影響。在季節性高峰期之前推出新車型可促進市場的快速成長，例如日本 2017 年 2 月推出新的豐田 Prius，讓電動小客車的銷售量在 3 月的季節性銷售高峰期獲得了增長後，後續的銷售量都維持著同樣的銷售量，也就是說，在適當的時機點推出新產品，可以讓該產品的銷售達到一個整體銷售量的持續上升(銷售量曲線向上平移)；而相反的例子是德國市場上在 2013 年的 10 月的淡季期間陸續推出了 4 款新的電動小客車後，只在市場銷售量造成一個短暫的成長後，又恢復到原有的銷售水準。簡而言之，在高峰期推出新產品，其對市場銷量成長的效果較長，反之，在低峰期推出新產品，對市場銷量的成長僅有曇花一現的效果。在市場銷售的觀點來看，這可能是因為即使是相同的市場激勵措施(如推出新產品)，在高峰期可以觸及較多的消費者，而受到市場激勵措施而採用新產品消費者的數量，也會比低峰期多，因此，讓新產品在市場的能見度增加，進而

促進了消費者對新產品的認識，也更容易讓消費者接受新產品，進而促進了長期的銷售量增加。

三、 國內電動小客車願景與政策推動路徑研究方法

以回溯法作為國內電動小客車願景與策略推動路徑之研究仍在進行中，現階段尚無法提出完整之研究發現。在此僅就方法論上進行說明。

為了處理長期未來多種因素變化的不確定性，國際上發展了許多前瞻(foresight)的研究方法，例如情境(Scenarios)和路徑圖(Roadmap)。這些不同的方法，其目的都是要處理長期規劃上的不確定性，其成果大多是建立一個共享的未來願景，在經濟、社會、新科技，以及知識、財務、政治與組織資源的應用上，創造一個強而有力的期望。

其中，預測方法(forecast)，其特性在於使用量化的方法，基於過去的數據來預測未來，但這個方法預測的未來期間較短。在這個方法上，其情境的設計主要是設定資源投入的假設上，亦即以投入那些資源作為不同情境的起始點。其優點在於可以提供強而有力的量化目標，可以用量化呈現出不同情境的結果與不同因素的重要性。但另一方面，量化預測方法也經常被質疑對於科技發展的假設太過單純，無法反映出真實世界科技發展的複雜性，例如新科技對科技制度或典範的干擾，亦即創造出新的市場、新的機制與新的使用者行為及消費型態。

回溯法(backcast)則在許多地方都和預測方法反其道而行。回溯法所發展的是一種規範性的情境，並是先發展願景，再把故事線回推到現況。回溯法的目標年期通常較長，例如到 2050 年。為了能包容這麼長時間的不確定性，因此用敘述性與規範性的文字來描述大部分的內容，包括願景、目標、策略情境等。回溯法發展的目的就是要彌補預測方法的 2 個缺陷。首先，預測方法的缺陷包括了人類對於未來的預測能力是嚴格受限的。其次是即使未來可以預測，但所預測出來最有可能發生的結果，並不一定是人們想要的未來，在這情況下，更重要的是揭露出想要且可能的另一個未來，而非只是著眼在其發生的可能性。

回溯法與預測方法一個很大的不同，於回溯法並不想要去揭開未來的可能樣貌，而是去指出不同的政策目標間的相對可行性與意涵。預測方法依據資料的精確度來提出預測之結果發生的可能性，而回溯法的目的在於對不同的未來意涵給予建議，選擇時並不是依據不同未來發生的可能性，而是以外在的準則來評估，例如社會或環境的期望。

從上述角度來看，對於未來不確定性很高，而且現有的趨勢可能導致一個不是人們想要的未來時，回溯法可能是個適當的願景與策略研究方法。舉例而言，在不加以限制的情況下，現有的車輛溫室氣體排放預估只會愈來愈高，朝向一個危害全球環境與人類的方向前進，這個趨勢不是人類想要的未來，因此預測未來這種惡化情況的可能性並不會有很大的幫助，而要避免這種趨勢繼續發展下去，必須先釐清什麼要的未來才是人類所想要的，例如以電動化與自動化的車輛滿足大部分用路人的需求；透過建立共享願景的過程，釐清現況與願景目標在各個重要變數上的差距(例如達到願景時的電動小客車或自動車的使用型態/比例與現況之間的差距)，然後建立情境(例如經濟優先、永續發展優先、國家安全優先、跟隨全球政策等等)，針對不同情境找出不同的策略因應，並對不同路徑可採取的策略與措施進行分析，其最終結果是個有多種路徑的策略方案來因應可能的不同情境，達到一個原先設定的願景目標。不同情境可能造成的衝擊，以及其因應策略所需要的資源與措施及影響，都可以在這個架構下進一步深入探討。

肆、 心得與具體政策建議

一、 心得

以下就此一進修專案之制度、進修人員角色，以及進修人員之支援三個面向提出心得。

1. 本進修專案之制度有其必要

即使現今公務部門之任職人員，大多受有高等教育(大學以上)，對於業務職掌均有相關專業之背景知識。惟職於本次進修期間發現，出國進修可以習得不同於國內交通高等教育之專業領域。例如，職所進修學校對於交通課題之探討，結合其學校在醫學專長之資源，十分強調使用者行為改變之心理因素，此一特性相較於職在國內碩士訓練時偏向工程技術之專業而言，更適合分析交通政策議題。

本進修專案之進修人員帶職帶薪出國，除了可因應國外進修高額學費與生活費之需外，更可在學習之餘兼顧家庭之安定。

2. 進修人員可扮演支援政府參訪或人員進修之角色

職於倫敦進修期間，曾數次協助國內政府部門相關計畫參訪或其它出國進修人員之生活協助等。因當時已出國進修一段時間，對當地環境較為熟悉，故可提供其他參訪或出國進修人員必要之交通資訊，或協助連繫當地機關。未來其它出國進修人員應該也可扮演此一角色，在行有餘力之時，協助政府各部門之參訪或進修人員。

3. 給予進修人員出國前之輔導

前往陌生國度進修，除了要適應學習環境外，對於生活環境之適應亦亟需協助。建議可以在進修人員出國之前，就進修人員所要前往之國家，聘任或邀請對該國家熟悉或曾在當地生活或進修之政府部門及學術單位人員，給予進修人員在生活上之輔導，以減少進修人員對陌生環境的不適應，同時提高進修人員的安全。

二、 政策建議

根據本研究第一部分所發展的迴歸模型可以看出，在提升電動小客車占比方面，在結合多種政策的國家，出現電動小客車占比較其它未有相同政策條件下的國家來得高。

在本研究所分析的國家中，其中實施的電動小客車鼓勵政策，在排氣標準(P3)、其它購車優惠(P4)、免費充電(P8)、優先通行(P10)與營業車優惠(P14)等 5 項措施中至少 3 項措施的國家，其電動小客車占比在統計上有較其它國家的電動小客車占比高的傾向。這個結果提供了兩項重要的資訊，其一是這 5 項措施在初期的電動小客車市場上，可能是的共通電動小客政策項目，即使國情不同，這 5 項原則上都是要優先考慮推動的項目；其二是不同國家的國情不同，在電動小客車政策選擇項目上，會有所差異，故這些電動小客車占比較高的國家，在這 5 項電動小客車政策項目中，推動的項目有 3 到 5 項的差異。而這個分析結果的限制，其一是無法探究不同國情下，個別電動小客車政策實施之必要性的差異，這是因為無法就每個國家蒐集到更多更完整的變數項目所需資料；其二是每個國家推動政策的強度無法顯現在模型中，這是因為國家層級的資料無法提供更細緻的分析結果，必須透過其它的研究方法做更深入的分析。

以臺灣的條件來看這五項共通性的電動小客車鼓勵政策，在提高車輛能源效率或排氣標準(P3)這項措施上，能源局在車輛能源耗用標準方面亦不斷努力與國際接軌，並已納入車廠總量管理機制，業者除了逐車需符合法規最低耗能門檻要求外，整廠平均能效標準亦需滿足之法規要求⁷²。在此管理機制下，業者必須自行規劃整廠銷售計畫，在銷售部分較低能效車輛(但仍符合法規最低耗能門檻要求)時，應搭配銷售高效率的車輛。此一總量管量機制，給予業者推動低能耗車型誘因，增加業者推動電動小客車之意願。惟相較於研究案例中的電

72

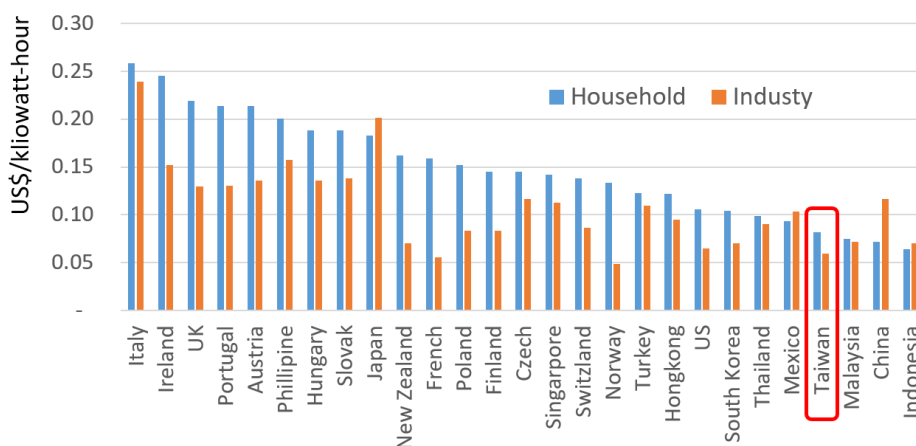
https://www.moea.gov.tw/Mns/populace/news/News.aspx?kind=9&menu_id=22333&news_id=67416

動小客車領先國家而言，我國的車輛產業與進出口市場條件在技術研發與關稅制度上不若歐洲國家良好，因此政策推動時必須考慮國內業者的特性。

提供免費的公共充電設施(P8)，甚至補貼家用或公司用之充電費者補貼，是初期吸引消費者選用電動小客車的一項重要誘因。許多電動小客車先進國家的電力價格較高，因此提供免費充電會給予消費者一項經濟上很大的誘因；然而若國內透過補貼，在市場開始初期提供電動小客車免費充電服務，相對而言其經濟上的誘因就較低，這是因為國內的電價相對較低，如圖 9 所示。但就消費者的心理上，給予免費充電服務，給予其一個電動小客車整體市場是受到鼓勵的印象，增加消費者對於電動小客車市場的信心；若這電費補貼是由公部門的財源支持，則對於業者而言也會有經濟上與對政策信心上的雙重加強效果。因此，即使我國因為低電價而讓免費充電的效益較低，但在政策設計上時，仍應考量到免費充電措施給予消費者與業者在對市場信心上的增進效果。

基於此項分析結果，茲提出建議事項一：

建議事項一：建議相關主管機關輔助相關充電基礎設施業者或視為公共建設，推動免費公共充電服務，增加消費者與車輛業者信心與意願。



資料來源：蕭代基. (2009).綠色稅制之研究

圖 9：臺灣與其它國家電力價格

在給予電動小客車優先通行(P10)措施方面，必須配合其它的交通管理措施方能有效。例如道路擁擠收費或是高乘載管制等，在其它非低排放之車輛受到管制的情況下，給予電動小客車優先通行的優惠措施方能對消費者產生吸引力。這一點在國內目前較少這種環境可以提供電動小客車優先通行措施。國外的這種交通管理措施大多是常態性(每日)且在交通量密集的地區實施，例如倫敦的道路擁擠收費是在其市中心區每個工作日都實施，加州的高乘載車道管制是在其重要的每日通勤幹道上。給予電動小客車免除特定交通管制的優惠，在這種交通擁擠的條件下，對於時間價值較高的消費者會有較大的誘因，而這些消費者通常是創新產品市場的先驅者，也是電動小客車初期市場推廣的首要對象。因此，這種政策設計可以針對到適當的消費者族群，因而較容易達到所要的效果。

基於此項分析結果，茲提出建議事項二：

建議事項二：建議相關主管機關推動構建交通管理措施(如高乘載管制、空品維護區)電動小客車優先通行之環境。

提供營業車隊在選用電動小客車時的財務性優惠(P14)，是許多電動小客車先進國家在初期市場所採用的重要策略。其背後的原因可從 2 個方面來說，其一是電動小客車燃料使用成本上的優勢對行駛里程較長的營業用車輛會更為明顯，因此政策上鼓勵營業車隊採用電動小客車較容易被營業車隊業者接受，其二是營業車隊採用電動小客車後，在道路上行駛的可見度較高，對於市場上的消費者而言，會有宣傳性的效果，讓消費者認為電動小客車是個受到市場歡迎，以市場消費者行為的理論來看，市場上大部分的消費者都是所謂的追隨者，亦即看到其它使用者的使用經驗後，才決定追隨購買產品。因此，從營業車隊作為優先推動電動小客車的對象，在政策設計上有雙重的效果。

基於此項分析結果，茲提出建議事項三：

建議事項三：建議相關主管機關優先鼓勵營業小客車隊電動化，包括計程車隊、小客車租賃及公共共享車隊等。

依據本研究對於電動小客車市場動態的分析，電動小客車市場的激勵政策若能結合消費者購買車輛的高峰季節，則會讓政策效果事半功倍。此一結果背後的原因，在於消費者購買季節的高峰期，會有較多的潛在消費者在觀望市場上的產品，以及其購買上的優惠措施，因此在這個時期推出的採購激勵措施，會有較大的宣傳效果，同時也可能達到較多數量的電動小客車銷售，繼而讓道路上有更多的電動小客車產品上路，增加電動小客車在道路上的可見度，吸引更多消費者的目光，進而達到宣傳電動小客車的效果。此外，文獻上也提到了社群傳播的力量，對於新產品的推廣會有很好的效果，因此，在高峰期配合推動激勵措施，之後也會增加電動小客車在消費者社群之間的訊息交流，提升消費者對電動小客車的熟悉度。

基於此項分析結果，茲提出建議事項四：

建議事項四：建議相關中央主管機關，會商相關機關共同推動電動小客車購買與使用之激勵誘因，並配合國人車輛購買的季節高峰推動。

參考文獻

APEC (2017) The Impact of Government Policy on Promoting New Energy Vehicles (NEVs) – The Evidence in APEC Economies.

Banister, D., & Hickman, R. (2005). Looking over the Horizon Visioning and Backcasting for UK Transport Policy.

Bär, H. (2013) Lead Markets for electric vehicles - China's and Germany's strategies compared, Lead Markets. 12. Berlin.

Beijin New Energy Passenger Vehicle Platform (2018) Xīn néngyuán qìchē tuīguǎng yìngyòng tuījiàn chēxíng mùlù [New energy vehicle promotion and application recommended model catalogue].

Boku, S. (2015a) 「Prius PHV」 ga ichibu kairyō de nesage mo hojokin wa hangen ["Prius PHV" partly improved and price cuts for subsidy halved], MONOist. Available at: <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1506/29/news084.html> (Accessed: 6 August 2018).

Boku, S. (2015b) Shōyō EV 「minikyabu mību」 ga nesage, hojokin gen de jisshitsu kakaku wa hobo kawarazu [Commercial EV 'Minicab Mieve' cuts price, Subsidy decrease, real price is almost unchanged], MONOist. Available at: <http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1507/30/news038.html> (Accessed: 6 August 2018)

Chōngdiànzhūāng (2017) Things have to know about the relationship of new energy vehicle policy [Guānyú xīn néngyuán qìchē bùdé bùzhī de zhèngcè guānxì |lántiān xíngdòng]. Available at: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/26448422> (Accessed: 6 November 2018).

Clean Vehicle Rebate Project (2018) Frequently asked questions about CVRP and the rebate application process. Available at: <https://cleanvehiclerebate.org/eng/faqs> (Accessed: 25 August 2018).

Cornie Huizenga, "What the transport sector is doing to deliver on the COP21 climate change agreement", Transport Expert Meeting, May 23rd 2016, Bonn, Germany.

Delucchi, M. A. and Lipman, T. E. (2010) 'Lifetime Cost of Battery, Fuel-Cell, and Plug-in Hybrid Electric Vehicles', in Electric and Hybrid Vehicles, pp. 19–60. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53565-8.00002-6>.

Diàndòng qìchē zīyuán wǎng (2018) Understanding the 2018 new energy vehicle policy subsidy [Yīwén kàn dòng 2018 nián xīn néngyuán qìchē zhèngcè bǔtīē guòdù qī bǔtīēguò dī kǒng xuǎnzé zhànhuǎn shàngpái]. Available at: <http://www.evpartner.com/news/12/detail-34114.html> (Accessed: 6 November 2018).

European Alternative Fuels Observatory (no date) Norway. Available at: <http://www.eafo.eu/content/norway> (Accessed: 6 August 2018).

Figenbaum, E. and Kolbenstvedt, M. (2013) Elbiler i Norge [Electric cars in Norway], Regjeringen.no. Available at: <http://www.regeringen.se/content/1/c6/21/33/45/05b16e03.pdf>.

Gordon-Bloomfield, N. (2012) HOV-Lane Eligible Chevy Volts On Sale In California Next Week, GreenCarReports. Available at: https://www.greencarreports.com/news/1073381_hov-lane-eligible-chevy-volts-on-sale-in-california-next-week (Accessed: 6 August 2018)

Grün, B., Kosmidis, I. & Zeileis, A., 2012. Extended Beta Regression in R : Shaken, Stirred, Mixed, and Partitioned. *Journal of Statistical Software*, 48(11). Available at: <http://www.jstatsoft.org/v48/i11/>.

Hacker, J. S. (1998) 'The Historical Logic of National Health Insurance: Structure and Sequence in the Development of British, Canadian, and U.S. Medical Policy', *Studies in American Political Development*. Cambridge University Press, 12(Spring), pp. 57–130. doi: 10.1017/S0898588X98001308.

Hickman, R., & Banister, D. (2007). Looking over the horizon: Transport and reduced CO2 emissions in the UK by 2030. *Transport Policy*, 14(5), 377–387. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.04.005>

Hickman, R., & Banister, D. (2014). Transport, Climate Change and the City. *Transport Reviews* (Vol. 35). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203074435>

Holmberg, J., & Robert, K. H. (2000). Backcasting — a framework for strategic planning. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 7(4), 291–308. <https://doi.org/10.1080/13504500009470049>

HOU, J. (2013) Nǎxiē chē zuì huásuàn? Xīn néngyuán xīnzhèng shèjì chēxíng jiědú [Which one is the best deal? Exploring eligible EVs in the new energy policies], Wǎngyì qìchē. Available at: http://auto.163.com/13/0917/18/990A9R6L00084TUP_all.html (Accessed: 28 June 2018).

International Energy Agency (2017) Global EV Outlook 2017: Two million and counting, IEA Publications. doi: 10.1787/9789264278882-en.

International Energy Agency (2018a) Global EV Outlook 2018, Global EV Outlook. doi: 10.1787/9789264279469-en.

International Energy Agency (2018b) Nordic EV Outlook 2018: Insights from leaders in electric mobility. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264293229-en>.

Japan's Top Runner Programme (2018). Available at: <https://www.futurepolicy.org/ecologically-intelligent-design/japans-top-runnerprogramme/>(Accessed: 31 October 2018)

Jenn, A., Springel, K. and Gopal, A. R. (2018) 'Effectiveness of electric vehicle incentives in the United States', *Energy Policy*. Elsevier Ltd, 119(July 2017), pp. 349–356. doi: 10.1016/j.enpol.2018.04.065.

Jin, L., Searle, S. and Lutsey, N. (2014) Evaluation of state-level U.S. electric vehicle incentives.

Kane, M. (2015b) Phantom Kia Soul EV Sales In Germany Really A EU Emission Evading Machine ?, InsideevS. Available at: <https://insideevs.com/phantom-kia-soul-ev-sales-surge-in-germany-is-eu-emission-evading-machine/> (Accessed: 6 August 2018)

KEMFERT, C. (2016) ‘PROMOTING ELECTRIC VEHICLES IN GERMANY VIA SUBSIDIES – AN EFFICIENT STRATEGY?’, pp. 65–70. Available at: <https://www.cesifo-group.de/DocDL/dice-report-2016-4-kemfert-december.pdf>.

Leenman, T., Lodder, J. and Oosterhuis, S. (no date) Market impact of Dutch electric vehicle sales targets. Available at: <https://www.ortecconsulting.com/market-views/market-impact-of-dutch-electric-vehicle-sales-targets/> (Accessed: 16 November 2018).

Lévay, P. Z., Drossinos, Y. and Thiel, C. (2017) ‘The effect of fiscal incentives on market penetration of electric vehicles: A pairwise comparison of total cost of ownership’, *Energy Policy*. Elsevier Ltd, 105(February), pp. 524–533. doi: 10.1016/j.enpol.2017.02.054

Lilja, N. and Dixon, J. (2008) Impact Assessment, Document accompanying the Package of Implementation measures for the EU’s objectives on climate change and renewable energy for 2020. doi: 10.1017/S001447970700590X.

Ma, S. C., Fan, Y. and Feng, L. (2017) ‘An evaluation of government incentives for new energy vehicles in China focusing on vehicle purchasing restrictions’, *Energy Policy*. Elsevier Ltd, 110(July), pp. 609–618. doi: 10.1016/j.enpol.2017.07.057.

MacDougall, W. (2015) Electromobility in Germany: Vision 2020 and Beyond, Germany Trade & Invest. Available at: <http://export.government.bg/ianmsp/docs/de-sectors-files/2013/07/29/electromobility-in-germany-vision-2020-and-beyond.pdf>.

Mock, P. and Yang, Z. (2014) Driving electrification. A global comparison of fiscal incentive policy for electric vehicles.(White Paper), The International Council on Clean Transportation. Available at: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_EV-fiscalincentives_20140506.pdf.

National Association of Vehicle Manufacturers (“ Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores” in Portuguese), <http://www.anfavea.com.br/>.

Onoda, T. (2008) Review of International Policies for Vehicle Fuel Efficiency, International Energy Agency. Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Vehicle_Fuel-1.pdf.

Ou, S. and Przesmitzki, S. (2017) A Study of China ’ s Explosive Growth in the Plug-in Electric Vehicle Market.

Palmer, K. et al. (2018) ‘Total cost of ownership and market share for hybrid and electric vehicles in the UK , US and Japan’, 209(July 2017), pp. 108–119.

Pedersen, J. S. et al. (2012) Bringing the electric vehicle to the mass market a review of barriers , facilitators and policy interventions. doi: WR-775.

People’s Government of Beijing Municipality (2015) Běijīng shì rénmin zhèngfǔ guānyú shíshī gōngzuò rì gāofēng shíduàn qūyù xiànxíngjiāotōng guǎnlǐ cuòshī de tōnggào [Circular of the Beijing traffic control in the peak period of the working days]. Available at:<http://www.bjtgl.gov.cn/jgj/mtlj/370405/index.html> (Accessed: 18 July 2018).

Pontes, J. (2013) China Full Year 2012, EV Sales. Available at: <http://ev-sales.blogspot.com/2013/01/china-full-year-2012.html> (Accessed: 6 August 2018)

Pontes, J. (2014) China March 2013 (Full Ranking), EV sales. Available at: <http://ev-sales.blogspot.com/2014/05/china-march-2013-fullranking.html> (Accessed: 6 August 2018)

Powell, R. A., & Single, M. (1996). Methodology Matters-V Focus Groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 8(5), 499–504.

Quist, J. and Vergragt, P. (2006) Past and future of backcasting: The shift to stakeholder participation and a proposal for a methodological framework. *Futures* (Vol. 38) pp. 1027–1045

Rénmín Wǎng (2017) Xīn néngyuán chē duō tíng shòu děng bǔtiē xizé gòumǎi chéngběn shàngshēng sānchéng [Many EVs stop sale to watch the detail rule on the reduction of subsidy that could increase purchase costs by 30%], *Rénmín wǎng*. Available at: <http://auto.people.com.cn/n1/2017/0105/c1005-28999982.html> (Accessed: 6 August 2018)

Requia, W. J. et al. (2018) ‘How clean are electric vehicles? Evidence-based review of the effects of electric mobility on air pollutants, greenhouse gas emissions and human health’, *Atmospheric Environment*. Elsevier, 185(May), pp. 64–77. doi: 10.1016/j.atmosenv.2018.04.040.

Schuitema, G. et al. (2013) ‘The role of instrumental, hedonic and symbolic attributes in the intention to adopt electric vehicles’, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 48, pp. 39–49. doi: 10.1016/j.tra.2012.10.004

Sheldon, T. L. et al. (2017) Factors Affecting Plug-in Electric Vehicle Sales in California. Available at: <https://www.arb.ca.gov/research/apr/past/13-303.pdf>.

Shulock, C. et al. (2011) Vehicle Electrification Policy Study Task 1 Report: Technology status. Available at: https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_VEPstudy_Mar2011_n01.pdf.

Sierzychula, W. et al. (2014) ‘The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption’, *Energy Policy*, 68, pp. 183–194. doi: 10.1016/j.enpol.2014.01.043

Smithson, M. & Verkuilen, J., 2006. A better lemon squeezer? Maximum-likelihood regression with beta-distributed dependent variables. *Psychological Methods*, 11(1), pp.54–71. Available at: <http://doi.apa.org/getdoi.cfm?doi=10.1037/1082-989X.11.1.54>.

Yu, Z., Li, S. and Tong, L. (2016) ‘Market Dynamics and Indirect Network Effects in Electric Vehicle Diffusion’, *Transportation Research Part D*, 47, pp. 336–356. doi: 10.1016/j.trd.2016.06.010.

Zhang, X. et al. (2014) ‘Policy incentives for the adoption of electric vehicles across countries’, *Sustainability* (Switzerland), 6(11), pp. 8056–8078. doi: 10.3390/su6118056.

Zubaryeva, A., Thiel, C., Barbone, E., & Mercier, A. (2012). Assessing factors for the identification of potential lead markets for electrified vehicles in Europe: Expert opinion elicitation. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(9), 1622–1637. <http://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.06.004>

行政院，「智慧電動車輛發展策略與行動方案」，行政院網站存檔 (<http://archives.ey.gov.tw/>)：首頁 > 政策與計畫 > 重大政策 > 重大政策資訊，103年12月9日。

交通部運輸研究所，「都會運輸節能減碳策略評估模組開發及應用(2/2)」期末報告初稿，107年11月。