

運具溫室氣體排放及減碳措施效益

推估參數精進之探討

A Study on Accuracy Enhancement of Parameters for Estimating Greenhouse Gas Emissions of Modes and the Benefits of Carbon Reduction Measures From Transportation

綜合技術組 陳冠旭、黃士騰、李忠遠、朱珮芸、曾佩如

研究期間：民國 110 年 3 月至 110 年 12 月

摘要

蒐整各運具及減碳措施推估參數資料，為推估運輸部門能源消耗與溫室氣體排放量之基礎工作，考量參數資料來源來自多方、更新狀況不一或有數據從缺情形，爰本研究盤點推估參數資料、列示資料來源及溫室氣體排放量計算方式，以瞭解可能之推估誤差，並做為中央及地方應用機關估算溫室氣體排放及減碳措施效益之參據。

在運具溫室氣體排放推估參數方面，本研究將各運具依使用不同能源別、自用或營業型態區分，列舉各運具某一年度之參數數據及資料來源，俾供簡易瞭解如何推估各運具溫室氣體排放量，並就較為複雜之「年均行駛里程」及「燃油/用電效率」等參數提出精進建議。

有關減碳措施效益推估參數，本研究著重在私人機動運具移轉至公共運輸（及非機動運具）之比例有哪些精進可能，爰透過現有統計資料，進行運具移轉比例情境試算，初步獲得不同於過往研究假設之成果，應可做為未來估算公共運輸及非機動運具減碳成效相關研究之應用或討論基礎。

本研究分析內容係透過由下而上(Bottom-up)方式推估運具及減碳措施之溫室氣體排放量，而能源統計方式則為由上而下(top-down)，雖兩者最終仍需一致，惟其能源統計落差會縮小或

擴大尚不可得知，為避免由下而上(Bottom-up)推估方式因某參數錯估而過度偏離實際狀況，建議未來其他研究可再進一步分析比較，以提高估算精確性。

關鍵詞：

溫室氣體排放、能源消耗、推估參數、運具移轉比例

一、前言

1.1 研究緣起

《溫室氣體減量及管理法》(下稱溫管法)於 104 年 7 月 1 日公布施行，其中依第 9 條規定，交通部為推動運輸部門減量之中央目的事業主管機關之一，需綜整經濟部、環保署及其他相關部會主責之業務，訂定運輸部門溫室氣體排放管制行動方案(下稱行動方案)，每年需編寫執行排放管制成果報告並報請行政院核定，以及提交階段管制目標執行狀況予環保署彙整。

目前運輸部門第一期行動方案以「發展公共運輸系統，加強運輸需求管理」、「建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境」、「提升運輸系統及運具能源使用效率」為三大推動策略，向下展開行動措施。而各項行動措施之減碳效益涉及運具能源消耗與溫室氣體排放量相關數據，需每年彙整更新統計資料，進而推估各運具之溫室氣體排放量。另因應近年電動運具發展方興未艾，亦需針對電動運具之運量、行駛里程數或能源消耗等推估參數蒐集分析，以利掌握其減碳效益。

蒐整各運具之運量、能源效率、溫室氣體排放係數及電力排碳係數等相關參數資料，為推估運輸部門能源消耗與溫室氣體排放量之基礎工作，才能進而推估行動方案措施減碳之效益。考量參數資料來源來自多方、更新狀況不一或有數據從缺情形，爰此，本研究將盤點各運具溫室氣體排放及行動方案措施減碳效益之推估參數資料、條列資料來源及排碳計算方式，進而提出推估參數精進資料方向及分工建議。

1.2 研究目的

瞭解運輸部門各運具溫室氣體排放計算基礎，提出推估參數精進建議做為未來研究方向，並做為中央及地方應用機關估算溫室氣體排放及減碳措施效益之參據。

1.3 研究範圍

經濟部能源局每年公布之能源平衡表係依不同能源別詳列各部門及子項目之能源消費，以運輸部門而言，能源平衡表將能源消費劃分為「國內航空」、「公路」、「鐵路」、「管線運輸」、「國內水運」與「其他」等6個子項目，本研究之研究範圍聚焦在「國內航空」、「公路」、「鐵路」、「國內水運」等四大運輸系統。

運輸部門在研提溫室氣體減量措施時，需要更詳細之運具推估參數資料，如鐵、公路運輸系統下又可細分出大小客車、大小貨車、機車、臺鐵、高速鐵路、捷運等運具，爰本研究將進一步研析各類運具溫室氣體排放所需推估參數，以及運輸部門第一期行動方案減碳措施涉及之推估參數資料。

本研究所計算之能源消耗僅限運具行駛時做為動力來源所消耗之能源，不包含維修保養及運輸場站使用所產生之能源消耗。此外，依我國國家溫室氣體排放清冊報告，國際航空及國際海運之溫室氣體排放非運輸部門範疇，故不納入討論範疇。

二、推估運輸部門溫室氣體排放基本概念

本章節介紹運輸部門溫室氣體排放推估原理，並說明公路運輸能源消耗計算方式，及鐵路、國內航空及國內水運之能源消耗資料來源，最後歸納運輸部門溫室氣體排放推估之重點參數。

2.1 推估原理

聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)於 2006 年公布之「國家溫室氣體清冊指南(Guidelines for National greenhouse Gas Inventories)」，提供溫室氣體排放量之統計方法予各國參考。

依上述國家溫室氣體清冊指南，溫室氣體排放統計方法依其對統計數據要求細緻程度分為 3 種：方法一(Tier 1)為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，依 IPCC 建議排放係數，計算該國之二氧化碳排放量。方法二(Tier 2)為利用國家燃料燃燒活動數據為基礎，以各國本土排放係數，計算該國之二氧化碳排放量。方法三(Tier 3)則為依排放型態別或個別排放源之細部數據，估計國家之二氧化碳排放量，以運輸部門為例，其排放量係依不同運輸方式之運具別、運量、油耗率及排放係數等數據進行估計^[1]。

目前我國運輸部門溫室氣體排放推估採 IPCC 公布之國家溫室氣體盤查指南方法一(Tier 1)，如式(1)所示。

$$\text{排放量} = \sum(\text{能源使用量}^{\text{ab}} * \text{溫室氣體排放係數}^{\text{ab}}) \dots \dots \dots (1)$$

a：燃料類別，如表 1 所示

b：運輸工具型態，如表 1 所示

查環保署「溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版」^[3]及經濟部能源局「2019 年我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」^[1]等資料內容，皆稱係引用 IPCC 2006 年公布之「國家溫室氣體清冊指南(Guidelines for National greenhouse Gas Inventories)」數據，本研究整理排放係數差異如表 2 所示，經比對後經濟部能源局資料內容與 IPCC 2006 年資料內容較為一致。

表 1 各運具使用燃料之溫室氣體排放係數表

能源使用量 ^{ab}		溫室氣體排放係數 ^{ab}	
運具型態(b)	燃料類別(a)		
公路	機車	車用汽油（下簡稱汽油）	2.321
	小客車	柴油	2.650
	大客車	LPG	1.798
	小貨車 大貨車	電力	（依經濟部能源局 當年度公布值）
鐵路	臺鐵 高鐵	柴油	2.650
	臺北捷運 新北捷運 桃園捷運 高雄捷運	電力	（依經濟部能源局 當年度公布值）
國內 航空	（客運、貨運）	航空燃油-煤油型	2.415
國內 水運	（貨運）	柴油	2.650
		燃料油	3.121

註 1：部分運具型態可再分為「自用」及「營業」。

註 2：使用液化石油氣(Liquefied Petroleum Gas, LPG)之雙燃料車，涉及環保署當年推動油氣雙燃料車計畫之歷史背景，考量迄今使用 LPG 之雙燃料車登記數量不足萬輛且逐年遞減，為聚焦本研究研究重點，後續將不另介紹使用 LPG 之雙燃料車推估參數。

資料來源：[1]、[3]、[17]、本研究整理。

表 2 溫室氣體排放係數差異比較

項目	環保署-溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版			經濟部能源局-「2019 年我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」		
	排放係數			排放係數		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
單位	KG/TJ			KG/TJ		
車用汽油	69,300	25	8	69,300	33	3.2
柴油	74,100	3.9	3.9	74,100	3.9	3.9
液化石油氣 (LPG)	63,100	62	0.2	63,100	62	0.2
航空燃油	71,500	3	0.6	71,500	0.5	2
燃料油	77,400	3	0.6	77,400	7	2

註：溫室氣體排放係數=建議排放係數*全球暖化潛勢(GWP)，而建議排放係數=原始係數*我國熱值，其中原始係數=排放係數*常數值(4186.8×10⁻⁹×10⁻³)。

資料來源：[1]、[3]、本研究整理。

至於電力排碳係數則是由經濟部能源局每年定期公布，歷年電力排碳係數值如表 3 所示。

表 3 歷年電力排碳係數

年度	94	95	96	97	98	99	100	101
電力排碳係數	0.555	0.562	0.558	0.555	0.543	0.534	0.534	0.529
年度	102	103	104	105	106	107	108	109
電力排碳係數	0.519	0.518	0.525	0.530	0.5554	0.533	0.509	0.502

註：單位為公斤 CO₂e/度。

資料來源：[17]。

2.2 公路運輸能源消耗計算方式

運輸部門溫室氣體排放量來自各種運具在汽油、柴油、電力等各類能源消費，依經濟部能源局每年公布之能源平衡表，透過運輸部門當年度整體能源消費量，即可計算當年度運輸部門之溫室氣體排放量。

考量公路運輸占運輸部門溫室氣體排放比例極高(以108年數據為例，公路運輸占比約96.76%)，公路運輸下又可細分諸多運具，相較其他運輸系統而言較為複雜，爰以下主要介紹公路運輸之能源消耗推估方法。

公路運輸能源消耗量推估方法說明如下^{[4][7]}：

一、先估算出所有運具的能源消耗量，

$$\text{公路運輸能源消耗量} = \left[\sum \left(\text{車輛登記數}_{ij} \times \text{年均行駛里程}_{ij} \div \text{能源效率}_{ij} \times \text{使用率}_{ij} \times \text{公升油當量轉換值}_{ij} \times 10^{-3} \right) \right] \times \text{能源平衡表調整值} \dots\dots(2)$$

其中

i：燃料類別，如表1所示

j：運具型態，如表1所示

車輛登記數單位：輛

年均行駛里程單位：公里/輛

能源效率單位：燃油為公里/公升，電力為公里/度

使用率單位：%，除機車外，其他運具使用率假設100%

公升油當量轉換值單位：公升油當量/公升

能源平衡表調整值：能源平衡表公路各類能耗量/運具各類能源消耗量

二、將運具各類能源消耗量與當年度能源平衡表所載公路各類能源消耗量比較後予以調整校估。

公路運輸各運具之能源消耗量係透過間接之調查資料推估而得，而各資料調查方式及來源亦有所不同，容易產生誤差，為使公路各運具之能耗資料與能源平衡表資料能夠一致，需將所推估之公路運具能源消耗量數據進行調整。

目前本所相關研究係採等比例調整方式，亦即以能源平衡表公路各類能源消耗量除以運具各類能源消耗量做為調整係數，將運具各類能源消耗量等比例放大或縮小，俾與能源平衡表相符。

有關公升油當量 (Liter Oil Equivalent, LOE) 轉換值，係為將各種能源消耗量換算成統一的熱值單位 (原油)，運輸部門常用之能源產品單位熱值如表 4 所示。

表 4 運輸部門常用之能源產品單位熱值

能源產品	單位	熱值 (千卡)	公升油當量 LOE
原油	公升(L)	9000	1.0000
汽油		7,800	0.8667
柴油		8,800 (至 87 年止)	0.9778
		8,400 (自 88 年起)	0.9333
航空燃油-煤油型		8,000	0.8889
燃料油		9,200 (至 87 年止)	1.0222
	9,600 (自 88 年起)	1.0667	
電力 (消費面)	度(kWh)	860	0.0956

資料來源：[2]。

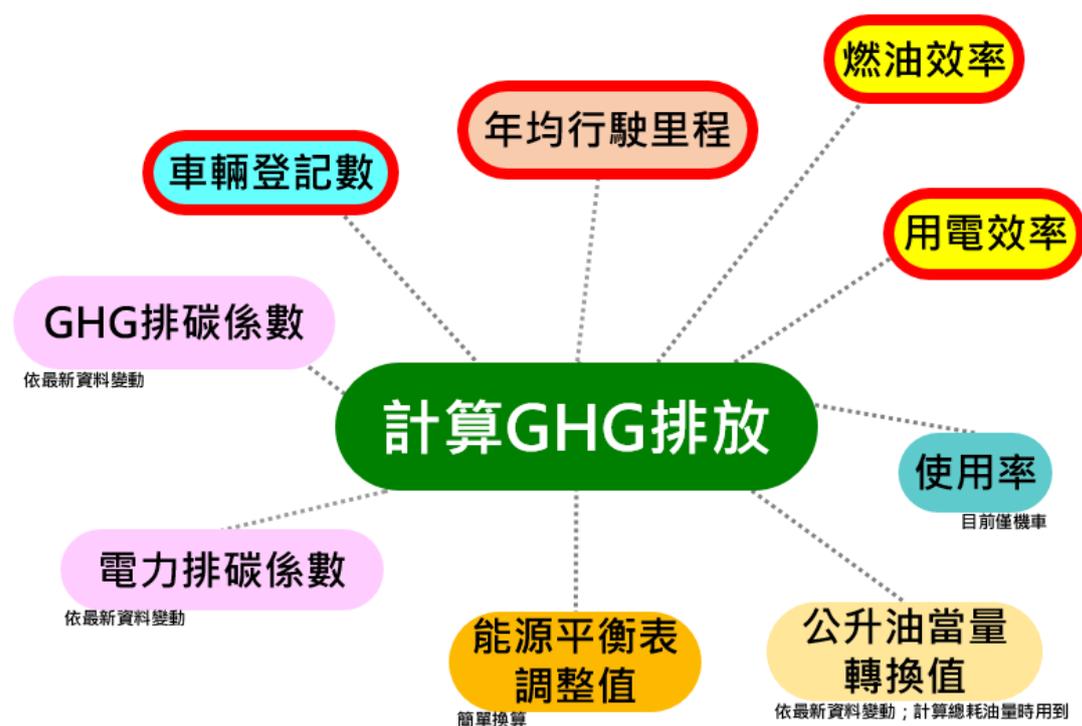
2.3 鐵路、國內航空及國內水運之能源消耗資料來源

鐵路運輸之能源消耗計算，係由本所函詢相關單位取得高鐵、捷運及輕軌等用電量數據，並透過臺鐵局公開統計資訊，取得車輛用油、用電量數據。

至於國內航空使用「航空燃油-煤油型」及國內水運使用「柴油」與「燃料油」等能源消耗數據，皆來自經濟部能源局每年公布之能源平衡表。

2.4 小結

估算運輸部門溫室氣體排放量所需參數如圖 1 所示，其中「溫室氣體排放係數」、「電力排碳係數」、「能源平衡表調整值」、「公升油當量轉換值」多半可簡易查找或換算，而「使用率」目前亦僅在交通部統計處之機車使用狀況調查報告呈現，其他無調查使用率之運具將以使用率 100%進行估算，爰推估重點主要在於「車輛登記數」、「年均行駛里程」、「燃油效率」及「用電效率」等參數。



資料來源：本研究繪製

圖 1 計算運輸部門溫室氣體排放所需參數

三、運具溫室氣體排放推估參數

為簡易理解個別運具之溫室氣體排放量計算方式及資料來源，以下將以計算運具 108 年溫室氣體排放量為呈現方式（撰擬本章節期間，交通部統計處尚未公布 109 年調查報告。另如無該年度數據，則採最新年度數據或其他既有數據），惟實際上推估個別運具溫室氣體排放量時，仍應採最新年度之參數數據進行推估。

3.1 公路運輸

公路運輸下可細分成機車、小客車、大客車、小貨車及大貨車等運具別，部分運具別依使用目的又可分自用及營業，所使用能源亦有所不同。

3.1.1 機車

國內食物外送平台日漸普及，惟經查外送機車尚非屬依《公路法》納管之汽車運輸業車輛，爰以下就「自用」機車之溫室氣體排放推估參數較有疑義處進行說明，本研究整理之機車溫室氣體排放推估參數如表 5 及表 6 所示。

表 5 燃油機車溫室氣體排放推估參數

自用 (汽油)	燃油機車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
數值	13,992,922	3,596	23.1	2.321
年度	108 年	105 年、107 年	107 年	-
資料來源	交通部統計 查詢網 ^[18]	105 年及 107 年 機車使用狀況 調查報告 ^[9]	107 年機車使用 狀況調查報告 ^[9]	(如表 1)

註 1: 依交通部統計處 107 年機車使用狀況調查報告^[9]，機車使用率(不分車種)為 97.8%，輕型機車使用率為 94.6%、普通重型使用率為 98.2%，大型重型使用率為 98.1%。

註 2: 燃油機車年均行駛里程計算方式: 5.2 天/周*13.3 公里/天*52 周=3,596(取至整數)，其中「5.2 天/周」為 107 年機車使用狀況調查報告之數據，「13.3 公里/天」為 105 年機車使用狀況調查報告之數據(因 107 年未調查)

資料來源：本研究整理。

有關燃油機車年均行駛里程，相關參數資料來源為交通部統計處 105 年及 107 年機車使用狀況調查報告^[9]，該調查報告每 2 年調查 1 次。查 107 年報告無調查平均一天行駛里程，爰引用 105 年報告數據，後續年度倘有調查行駛里程數據，則可適時參採。

表 6 電動機車溫室氣體排放推估參數

	電動機車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	用電效率 (km/度)	電力排碳 係數 (KgCO ₂ e/度)
數值	359,934	(無)	25.2	0.509
年度	108 年	-	-	108 年
資料來源	交通部統計 查詢網 ^[18]	-	車輛耗能研究 網站 ^[20]	(如表 3)

註：依交通部統計處 107 年機車使用狀況調查報告，電動機車使用率為 95%。
資料來源：本研究整理。

有關電動機車用電效率，資料來源為經濟部能源局之車輛耗能研究網站^[20]，係以 84 個廠牌車型平均計算而得（詳附錄）。

3.1.2 小客車

依使用目的可區分為「自用」及「營業」，使用能源別涵蓋汽油、柴油及電力。本研究整理之小客車溫室氣體排放推估參數如表 7 至表 11 所示，並就較有疑義之參數進行說明。

表 7 自用燃油小客車溫室氣體排放推估參數

自用		燃油小客車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
數值	汽油	6,314,126	12,179	10.9	2.321
	柴油	254,050	14,967	12.6	2.650
年度		108 年	108 年	107 年	-
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計要覽 (附錄 4) ^[8]	107 年自用小 客車使用狀況 調查報告 ^[10]	(如表 1)

資料來源：本研究整理。

有關自用燃油小客車年均行駛里程，亦可自交通部統計處 107 年自用小客車使用狀況調查報告^[10]之統計數據推估而得，惟考量抽樣調查本就存在誤差，不若監理資料精準，爰建議採交通統計要覽(附錄 4)^[8]數據為佳。

表 8 營業燃油小客車溫室氣體排放推估參數

營業		燃油小客車登記數 (輛)		年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
數值	汽油	187,779		28,360	9	2.321
		計程車 75,253	小客車租賃 112,526			
	柴油	22,281		33,103		
		計程車 2,640	小客車租賃 19,641			
年度	108 年		108 年	108 年	-	
資料來源	交通部統計查詢網 ^[18]		交通統計要覽(附錄 4) ^[8]	108 年計程車營運狀況調查結果統計表(全體計程車) ^[11]	(如表 1)	

資料來源：本研究整理。

- 一、有關營業燃油小客車之年均行駛里程，在交通統計要覽(附錄 4)^[8]中雖有區分汽、柴油，惟未再細分「計程車」及「小客車租賃」。
- 二、有關營業燃油小客車之年均行駛里程，依交通部統計處 108 年計程車營運狀況調查結果統計表(全體計程車)^[11]，可得知計程車之燃油效率(未區分汽、柴油)。另依交通部統計處之小客貨車租賃業營運狀況調查報告^[14]，該報告未調查小客車租賃之燃油效率，爰目前尚查無小客車租賃之燃油效率參數資料，僅得先以計程車燃油效率數值代表估算。

表 9 電動小客車溫室氣體排放推估參數

電動		電動小客車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	用電效率 (km/L)		電力排碳係數 (KgCO ₂ e/度)
數值	自用	3,597	10,543	6.6	5.6	0.509
	營業	1,503	17,904			
年度		108 年	108 年	-		108 年
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計 要覽 (附 錄 4) ^[8]	(如表 11, 視廠 牌車型 而定)	輿情 ^[23]	(如表 3)

資料來源：本研究整理。

有關電動小客車之用電效率，未區分屬「自用」或「營業」，2 種資料來源說明如下：

- 一、截至 110 年 5 月，國內電動小客車總計 1 萬 3,868 輛，其中以 Tesla 市占率近約 9 成最高，如表 10 所示，爰以該廠牌車輛用電效率推估。再參考國外電動車資料庫數據，相關車型平均用電效率約 6.6 公里/度，如表 11 所示。
- 二、依輿情^[23]揭露資訊，台電初步評估所有汽、機車電動化所需用電度數為每日 4,011 萬度，其中汽車每公里耗電度數為 0.18 度，爰經換算用電效率約為 5.6 公里/度。

表 10 國內電動小客車廠牌市占率

(截至 110.5) 電動小客車 13,868 輛	自用 10,773 輛	Tesla	9,673 輛 (89.8%)
		其他	1,100 輛 (10.2%)
	營業 3,095 輛	Tesla	2,652 輛 (85.7%)
		其他	443 輛 (14.3%)

資料來源：[19]、本研究整理。

表 11 Tesla 相關車型用電效率

廠牌	車型	Usable Battery 可用電量 (度)(A)	Real Range 實際里程 (km)(B)	用電效率 (km/度) (C=B/A)	平均用 電效率 (km/度)
Tesla	Model 3 Standard Range Plus LFP	50	335	6.7	6.6
	Model 3 Long Range Dual Motor LG	70	460	6.6	
	Model 3 Standard Range Plus	50	340	6.8	
	Model 3 Performance	76	460	6.1	

資料來源：[21]、本研究整理。

3.1.3 大客車

依使用目的可區分為「自用」及「營業」，使用能源別涵蓋汽油、柴油及電力。本研究整理之大客車溫室氣體排放推估參數如表 12 至表 17 所示，並就較有疑義之參數進行說明。

表 12 自用燃油大客車溫室氣體排放推估參數

自用		燃油大客車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO _{2e} /L)
數值	汽油	58	5,521	3.27	2.321
	柴油	1,504	21,989		2.650
年度		108 年	108 年	-	-
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計要覽 (附錄 4) ^[8]	本所 108 年 12 月出版之 研究報告 ^[5]	(如表 1)

資料來源：本研究整理。

有關自用燃油大客車之燃油效率，未區分汽、柴油，說明如下：

- 一、因申請自用大客車牌照者多為公司、行號、民間機構等，係供內部人員搭乘，內部使用紀錄或許有油耗資料，惟尚無公開資訊可供查考。
- 二、依本所 108 年 12 月出版之「都會運輸節能減碳策略評估模組開發及應用(2/2)」研究報告^[5]指出，因目前無自用大客車能源統計資料，而自用大客車運輸行為與公路客運相似，爰假設自用大客車燃油效率等於公路客運燃油效率。
- 三、有關公路客運燃油效率如何推估，詳見表 14 及表 15 所示。

表 13 燃油遊覽車溫室氣體排放推估參數

營業 (僅柴油)	燃油遊覽車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
數值	15,811	52,863	3.29	2.650
年度	108 年	108 年	104 年	-
資料來源	交通部統計 查詢網 ^[18]	108 年遊覽車 營運狀況調查 報告 ^[12]	104 年遊覽車營運 狀況調查報告 ^[12]	(如表 1)

資料來源：本研究整理。

有關燃油遊覽車之年均行駛里程，因交通統計要覽（附錄 4）^[8]僅有整體營業大客車年均行駛里程數據，未再細分車種，爰參考交通部統計處之 108 年遊覽車營運狀況調查報告^[12]（柴油占比約 99.8%）。

有關燃油遊覽車之燃油效率，資料來源為交通部統計處 104 年遊覽車營運狀況調查報告^[12]，後續年度調查報告尚未見燃油效率調查數據。

表 14 燃油市區汽車及公路汽車溫室氣體排放推估參數

營業 (僅柴油)		登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
數值	市區 汽車	10,928	47,095	2.26	2.650
	公路 汽車	5,136	100,218	3.27	
年度		108 年	108 年	108 年	-
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	- (計算而得)	- (計算而得)	(如表 1)

資料來源：本研究整理。

有關燃油市區汽車及公路汽車之年均行駛里程及燃油效率，係透過「登記數」、「營業行駛里程」及「總消耗油量」等參數計算而得，如表 15 所示。

表 15 燃油市區汽車及公路汽車相關參數計算方式

108 年	市區汽車	公路汽車
登記數(輛)(A)	10,928	5,136
營業行駛里程(車公里)(B)	514,649,539	514,718,905
總消耗油量(公升)(C)	227,900,763	157,338,604
年均行駛里程(公里)(D=B/A)	47,095	100,218
燃油效率(公里/公升)(E=B/C)	2.26	3.27

資料來源：[18]、本研究整理。

表 16 電動大客車溫室氣體排放推估參數

電動		電動大客車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	用電效率 (km/L)	電力排碳 係數 (KgCO ₂ e/度)
數 值	自用	8	12,373	甲類：0.7 乙類：1.22	0.509
	營 業	遊覽車	40		
		市區汽車/ 公路汽車	473		
年度		108 年	108 年	-	108 年
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計要 覽(附錄 4) ^[8]	本所 105 年 12 月出版之 研究報告 ^[6]	(如表 3)

資料來源：本研究整理。

有關自用電動大客車之用電效率，因申請自用大客車牌照者多為公司、行號、民間機構等，係供內部人員搭乘，內部使用紀錄或許有用電資料，惟尚無公開資訊可供查考。

有關營業電動大客車（含遊覽車、市區汽車及公路汽車，以下同）之年均行駛里程，受限於交通統計要覽（附錄 4）^[8]資料呈現方式，營業電動大客車未再細分遊覽車、市區汽車及公路汽車等類別，爰以整體數據進行推估。

有關自用及營業電動大客車之用電效率，係援引自本所 105 年 12 月出版之「公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查」研究報告^[6]，甲類大客車平均用電效率為 0.7 公里/度，乙類大客車用電效率為 1.22 公里/度，如表 17 所示。

表 17 甲類及乙類大客車用電效率

車型	廠牌	配車數 (輛)	用電效率 (km/度)	最小值	最大值
甲類	立凱	70	0.64	0.48	0.79
	華德	26	0.87	0.64	1.20
	唐榮	30	0.66	0.52	0.86
	馨勝	3	1.02	1.01	1.02
	總和	129	0.70	0.48	1.20
乙類	立凱	15	0.72	0.66	0.78
	華德	20	1.59	0.80	2.01
	總和	35	1.22	0.66	2.01

資料來源：[6]。

3.1.4 小貨車

依使用目的可區分為「自用」及「營業」，使用能源別涵蓋汽油、柴油及電力。本研究整理之小貨車溫室氣體排放推估參數如表 18 及表 19 所示，並就較有疑義之參數進行說明。

表 18 自用及營業燃油小貨車溫室氣體排放推估參數

自用/營業		燃油小貨車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
自用 數值	汽油	588,896	11,260	6.2	2.321
	柴油	303,348	16,212		2.650
營業 數值	汽油	14,427	16,565	4.8	2.321
	柴油	27,746	27,441		2.650
年度		108 年	108 年	108 年	-
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計要覽 (附錄 4) ^[8]	108 年汽車貨 運調查報告 ^[13]	(如表 1)

資料來源：本研究整理

有關自用及營業燃油小貨車燃油效率，資料來源為交通部統計處之 108 年汽車貨運調查報告^[13]，調查時間為每半年 1 次，該調查報告之自用及營業小貨車燃油效率未區分汽、柴油。

表 19 電動小貨車溫室氣體排放推估參數

電動		電動小貨車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	用電效率 (km/L)	電力排碳 係數 (KgCO ₂ e/度)
數值	自用	3	5,367	5	0.509
	營業	3	13,348		
年度		108 年	108 年	-	108 年
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計要覽 (附錄 4) ^[8]	中華菱利電動 車 e-VERYCA 規格	(如表 3)

資料來源：本研究整理

有關電動小貨車用電效率，因目前電動小貨車登記數極少，爰參考中華菱利電動車 e-VERYCA (查詢時間為 110 年 6 月)，其電池容量為 31.3 度，可放電容量為 28 度，在新歐洲行駛循環測試(New European Driving Cycle, NEDC)下之續航里程測試值為 140 公里，倘以可放電容量估算，其用電效率為 5 公里/度，在無其他合適數值情形下，僅暫以該用電效率數值進行推估。

3.1.5 大貨車

依使用目的可區分為「自用」及「營業」，使用能源別涵蓋汽油、柴油 (國內電動大貨車登記數迄今為 0)。本研究整理之大貨車溫室氣體排放推估參數如表 20 及所示，並就較有疑義之參數進行說明。

表 20 自用及營業燃油大貨車溫室氣體排放推估參數

自用/營業		燃油大貨車 登記數 (輛)	年均 行駛里程 (km)	燃油效率 (km/L)	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
自用 數值	汽油	31	6,096	自用大貨車 4.9	2.321
	柴油	96,046	22,982	自用曳引車 3.6	2.650
營業 數值	柴油	69,544	47,768	普通大貨車 3.8 貨櫃曳引車 3.2 貨運曳引車 3.3	2.650
年度		108 年	108 年	108 年	-
資料來源		交通部統計 查詢網 ^[18]	交通統計 要覽(附錄 4) ^[8]	108 年汽車貨運 調查報告 ^[13]	(如表 1)

資料來源：本研究整理

有關自用及營業燃油大貨車燃油效率，資料來源為交通部統計處之 108 年汽車貨運調查報告^[13]，調查時間為每半年 1 次，該調查報告之自用大貨車燃油效率未區分汽、柴油。

3.2 鐵路運輸

國內鐵路運輸包含臺鐵、高鐵、捷運及輕軌，除臺鐵使用電力與柴油兩種能源外，高鐵、捷運及輕軌均僅使用電力。

本研究目前將能源平衡表中「鐵路」項目之柴油消耗量視為臺鐵之柴油消耗量，至於「鐵路」項目所列之電力消耗量，則為臺鐵、高鐵、捷運與輕軌之電力消耗量總合。另臺鐵、高鐵、捷運及輕軌之用電量數據，係由本所函詢相關單位取得。

綜上所述，鐵路運輸溫室氣體排放推估參數如表 21 所示。

表 21 鐵路運輸溫室氣體排放推估參數

108 年		電力消耗量 (度)	資料來源	電力排碳係數 (KgCO ₂ e/度)
客運	臺鐵	532,711,579	臺灣鐵路統計月報 本所函詢 相關單位取得	0.509 (如表 3)
	高鐵	507,734,862		
	臺北捷運	292,096,685		
	新北捷運	3,495,200		
	桃園捷運	70,025,175		
	高雄捷運	43,704,978		
	高雄輕軌	3,006,640		
108 年		柴油消耗量 (L)	來源	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
貨運	臺鐵	140,000	能源平衡表	2.650 (如表 1)

資料來源：本研究整理

3.3 國內航空

能源平衡表已獨立統計國內航空之能源消耗量，爰可直接引用。國內航空之能源消耗在 2006 年前有「航空燃油-煤油型」、「航空燃油-汽油型」及「航空汽油」，自 2007 年起僅使用「航空燃油-煤油型」。

國內航空運輸對象包括客運與貨運，為利未來政策分析比較，可透過運量將國內航空能源能耗區分為客運與貨運等 2 個部分，惟考量航空貨物運輸並非全採用貨機運輸，部分貨物可能利用客機剩餘機艙進行運送，爰需進一步分析客貨運載運比例，而為區分能源消耗是用於運送乘客或貨物，爰以重量進行比例拆分。

目前民航相關統計資料中，客貨運之運量指標包含 3 項：載運噸公里（指旅客、貨物及行李之總噸數與各航線飛行距離之乘積）、載客人公里（指旅客人數與各航線飛行距離之乘積）與載貨噸公里（指貨物、郵件及行李噸數與各航線飛行距離之乘積）；由於客貨運分屬不同統計單位，為估算其能源使用，需將載客人公里轉換為載客噸公里（即載運噸公里減載貨噸公里）如表 22 及表 23 所示。

表 22 國內航空溫室氣體排放推估參數

航空燃油-煤油型 (L)		資料來源	溫室氣體 排放係數 (KgCO ₂ e/L)
總計 117,143,588 (100%)		能源平衡表	2.415 (如表 1)
客運 114,296,999 (97.57%)	貨運 2,846,589 (2.43%)	計算而得 (如表 23)	

資料來源：本研究整理

表 23 國內航空載客噸公里計算方式

108 年	載運噸公里					
	總計 (A)		載客噸公里 (C=A-B)		載貨噸公里 (B)	
	179,928,818	100%	175,560,432	97.57%	4,368,386	2.43%
資料 來源	民航運輸統計 https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=1738&lang=1 ^[16]					

資料來源：本研究整理

3.4 國內水運

能源平衡表已獨立統計國內水運之能源消耗量，爰可直接引用能源平衡表之數據，使用能源別為柴油及燃料油。

國內水運缺乏客運統計資料，難以區分各航線客運及貨運分配比例，爰假設國內水運仍以貨運為主，客運部分暫不考慮。

表 24 國內水運溫室氣體排放推估參數

108 年	消耗量 (L)	溫室氣體排放係數 (KgCO ₂ e/L)
柴油	21,319,586	2.650
燃料油	37,688,305	3.142
資料來源	能源平衡表	(如表 1)

資料來源：本研究整理

3.5 小結

綜合上述分析內容，公路運輸可再細分多種運具，各運具參數資料諸多來自間接之抽樣調查資料，亦有資料年期不一、無法區分使用燃料別等情形，而鐵路運輸、國內航空及國內水運之溫室氣體排放推估參數及方法相較公路運輸單純。

目前估算鐵路運輸溫室氣體排放量係取得臺鐵、高鐵、臺北捷運、新北捷運、桃園捷運、高雄捷運及高雄輕軌等耗電量數據，查臺中捷運綠線於 110 年 4 月 25 日正式通車，爰後續年度亦需納入估算，並持續留意各地方政府捷運建設通車時程。

考量公路運輸之「車輛登記數」可透過交通部統計查詢網查詢即可得知，爰以下就「年均行駛里程」及「燃油/用電效率」等參數歸納資料來源及精進建議，如表 25 及表 26 所示。

表 25 公路運輸之「年均行駛里程」資料來源及精進建議

車種		資料來源	精進建議
機車	自用	汽油 機車使用狀況 調查報告 ^[9]	1. 建議調查報告仍需詢問行駛里程並區分使用能源別，以利直接換算能源消耗量進而推估溫室氣體排放量(107 年及 109 年皆詢問行駛時間)。惟若無距離資料，或可從調查報告中機車每星期耗用汽油費之問項，直接換算汽油消耗量。 2. 未來或許可從環保署機車定檢資料庫撈取資料，利用每輛車 2 次定檢里程差推估，惟仍將面對「出廠未滿 5 年免定檢，無數據」以及「電動機車無排氣定檢」等課題。
		電動 (無)	
小客車	自用	汽油	交通統計要覽 (附錄 4) ^[8]
		柴油	
		電動	

車種		資料來源	精進建議		
營業 ◆ 計程車 ◆ 小客車租賃	汽油		要覽資料僅區分「自用」及「營業」車輛，建議從原始監理資料將「營業」車輛再細分，呈現「小客車租賃」及「計程車」數據。		
	柴油				
	電動				
大客車	自用	汽油	交通統計要覽(附錄4) ^[8]	-	
		柴油			
		電動			
	營業 • 遊覽車 • 市區汽車/公路汽車	柴油	<ul style="list-style-type: none"> • 遊覽車：遊覽車營運狀況調查報告^[12] • 市區汽車/公路汽車：計算而得 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 交通統計要覽(附錄4)僅有「營業大客車」數據，應有原始監理資料，建議細分呈現。 2. 建議從監理資料取得行駛不同道路(一般或國道)之公路汽車登記數，以利估算行駛不同道路之公路汽車年均行駛里程，估算結果將更為精準(目前公總總局統計查詢網僅能依行駛道路查詢公路汽車行駛里程，無行駛不同道路之公路汽車登記數)。 	
電動		交通統計要覽(附錄4) ^[8]			
小貨車	自用	汽油	交通統計要覽(附錄4) ^[8]	-	
		柴油			
		電動			
	營業	汽油			
		柴油			
		電動			
大貨車	自用	汽油	交通統計要覽(附錄4) ^[8]	(迄今登記數為0)	
		柴油			
		電動			
	營業	柴油			-
		汽油			
		電動			

資料來源：本研究整理。

表 26 公路運輸之「燃油/用電效率」資料來源及精進建議

車種		資料來源	精進建議
機車	自用	汽油 機車使用狀況調查報告 ^[9]	-
	自用	電動 車輛耗能研究網站 ^[20]	依車輛耗能研究網站所列電動車輛能源效率標示，可計算各廠牌車型之平均用電效率，雖相對客觀，惟恐仍無法反映實際上路之用車狀況。目前電動車用電數據多由業者持有，未來應有要求業者提供相關營運數據之機制。
小客車	自用	汽油 自用小客車使用狀況調查報告 ^[10]	-
		柴油	
	自用	電動 Electric Vehicle Database ^[21]	目前國內電動小客車數量依廠牌區分，以 Tesla 占比最高，爰暫以該廠牌相關車型平均用電效率為代表，未來宜視電動小客車市場之各廠牌市占率，滾動更新用電效率數據。
	營業 ◆ 計程車 ◆ 小客車租賃	汽油 計程車營運狀況調查結果統計表（全體計程車） ^[11]	1. 目前僅有「計程車」而無「小客車租賃」之數據，且未區分汽、柴油，建議可納為未來調查方向。 2. 汽車運輸業依法應提送燃料消耗統計年報表，後續建議監理機關可定期公開於統計查詢網。
柴油			
	營業 ◆ 計程車 ◆ 小客車租賃	電動 Electric Vehicle Database ^[21]	因目前營業小客車數量尚不普及，爰其用電效率暫同自用小客車，俟未來普及後再行估算。

車種		資料來源	精進建議
自用	汽油	(暫參考[5])	<ol style="list-style-type: none"> 1. 因目前無自用大客車能源統計資料，而自用大客車運輸行為與公路客運相似，爰假設自用大客車燃油效率等於公路客運燃油效率。 2. 申請自用大客車牌照者多為公司、行號、民間機構等，係供內部人員搭乘，使用紀錄應有能源消耗資料，可思考如何使其提供或另行調查 3. 如自用電動大客車始終無用電效率資料，未來先採用本所「電動大客車營運數據監控管理平台」所蒐集傳輸數據。
	柴油		
	電動	(無)	
大客車	營業 • 遊覽車 • 市區汽車/公路汽車	柴油	<ul style="list-style-type: none"> • 遊覽車：遊覽車營運狀況調查報告^[12] • 市區汽車/公路汽車：計算而得 <ol style="list-style-type: none"> 4. 目前遊覽車營運狀況調查報告僅至 104 年，建議在未能應用遊覽車車機資料之前，後續年度可再進行調查。 5. 汽車運輸業依法應提送燃料消耗統計年報表，後續建議監理機關可定期公開於統計查詢網。 6. 建議從監理資料取得行駛不同道路(一般或國道)之公路汽車用油量，以利估算行駛不同道路之公路汽車燃油效率，估算結果將更為精準(目前公總總局統計查詢網僅能依行駛道路查詢公路汽車行駛里程，無行駛不同道路之公路汽車用油量)。

車種		資料來源	精進建議	
	電動	「公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查」研究報告 ^[6]	本所刻正進行「電動大客車營運數據監控管理平台」相關研究，未來依研究成果滾動更新數據。	
小貨車	自用	汽油	汽車貨運調查報告 ^[13]	-
		柴油		
	電動	無（暫參考中華菱利電動車 e-VERYCA 規格計算）	未來宜視電動小貨車市場之各廠牌市占率，滾動更新用電效率數據。	
	營業	汽油	汽車貨運調查報告 ^[13]	汽車運輸業依法應提送燃料消耗統計年報表，後續建議監理機關可定期公開於統計查詢網。
柴油				
大貨車	自用	汽油	汽車貨運調查報告 ^[13]	-
		柴油		
		電動		
	營業	柴油	汽車貨運調查報告 ^[13]	汽車運輸業依法應提送燃料消耗統計年報表，後續建議監理機關可定期公開於統計查詢網。
電動		（無）	（迄今登記數為 0）	

資料來源：本研究整理。

四、減碳措施效益推估參數

運輸部門第一期行動方案之三大策略為「發展公共運輸系統，加強運輸需求管理」、「建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境」及「提升運輸系統及運具能源使用效率」，並向下展開共計 11 項減碳措施，各減碳措施之減碳效益估算核心概念如表 27 所示。

表 27 運輸部門第一期行動方案之效益估算核心概念

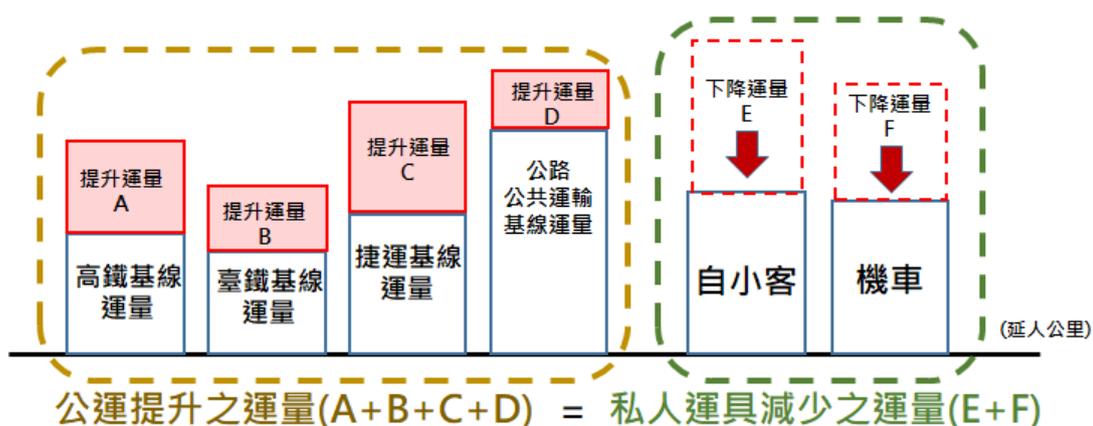
三大策略	11 項減碳措施	減碳效益估算 核心概念
發展公共運輸系統，加強運輸需求管理	提升公路公共運輸運量	涉及私人機動運具移轉至公共運輸比例
	提升臺鐵運量	
	提升高鐵運量	
	提升捷運運量	
	提升公共運輸無縫轉乘服務	- (為提升公共運輸運量一環)
建構綠色運輸網絡，推廣低碳運具使用，建置綠色運具導向之交通環境	環島鐵路電氣化	涉及運具使用能源改變（減少使用柴油列車）
	推廣電動運具	涉及運具使用能源改變（從燃油車改用電動車）
	地方綠色運具導向環境	涉及私人運具移轉至非機動運具比例、運具使用能源改變（鼓勵使用電動車）
提升運輸系統及運具能源使用效率	提升新車能效	計算新舊車輛之能耗
	發展智慧運輸系統	計算車輛節省之怠速能耗
	汰換老舊車輛	計算新舊車輛之能耗

註：策略分類係依據行政院 106 年 2 月 23 日核定之「國家因應氣候變遷行動綱領」。
資料來源：運輸部門溫室氣體排放管制行動方案（第一期）、本研究整理。

上述減碳效益估算核心概念，涉及運具使用能源改變、消耗部分相對單純，參考前一章節內容即可簡易估算減碳效益。

有關私人機動運具移轉至公共運輸（及非機動運具）比例部分，必須先瞭解目前公共運輸運量提升及私人機動運具移轉之設定邏輯，如圖 2 所示，說明如下：

- 一、設定公共運輸於目標年之運量（相較基準年，要成長多少百分比，運量達到多少人次），並假設平均旅次長度不變，進而計算提升運量後之延人公里數。現行做法係透過交通部函請各業管機關行動方案之具體措施或計畫，各業管機關之回函資料。
- 二、公共運輸目標年運量減去基線運量，則視為實施減碳策略所增加之運量（延人公里數）。
- 三、假設因實施減碳策略所增加之公共運輸運量（延人公里數），皆由私人機動運具移轉，而私人機動運具移轉分配占比為自用小客車 75%，機車 25%。
- 四、上述移轉比例之計算邏輯，係參考交通部統計處 105 年自用小客車及機車調查報告^{[9][10]}，自用小客車未來 3 年可能使用公共運輸比例為 18.9%，機車則為 16.5%，並以自用小客車與機車之年均行駛距離 9,134 公里、3,527 公里為權重，計算得出比例約為 75:25（自小客：機車）。



資料來源：[22]。

圖 2 私人機動運具移轉至公共運輸比例之計算邏輯

綜上所述，本研究提供以下 3 點可能之精進方向，並透過現有之統計資料，據以進行運具移轉比例情境試算：

- 一、私人機動運具移轉比例應會隨著時間變動：目前相關溫室氣體減量研究所設定私人機動運具移轉至公共運輸比例，每年皆為自用小客車 75%、機車 25%。考量民眾運具選擇（移轉）行為可能受政策影響而改變，勢必會隨著時間而略有不同。
- 二、私人機動運具移轉後可能採複合運輸：目前的假設邏輯係公共運輸提升多少運量（延人公里），私人機動運具就減少多少運量（延人公里）。惟實際上私人機動運具移轉後，可能會選擇捷運+公車、捷運+步行、捷運+自行車+步行等諸多可能，如將複合運輸概念納入考量，則移轉後之比例加總應會大於 100%。
- 三、將私人機動運具移轉至非機動運具（步行、自行車）及計程車之情形納入考量：實際上私人運具減少之運量不會完全移轉至公共運輸，有可能（即使比例不高）移轉至非機動運具（步行、自行車）。在進行運具移轉比例情境試算之前，本研究首先蒐整交通部統計處歷年機車及自用小客車使用狀況調查報告，針對未來考慮使用公共運具（輸）來代替使用機車及自用小客車等相關問項，臚列其調查時間、問項設計之演變，如表 28 所示。另運具移轉比例情境試算之假設條件及原因則如表 29 所示。

表 28 機車及自用小客車是否考慮使用公共運具（輸）問項一覽表

機車		自用小客車	
資料年份	內容	資料年份	內容
88	(無詢問)	89	無詢問
90	<p>【部分】機車通勤(學)者是否考慮完全使用大眾運具來代替機車情形</p> <p>➤ 未追問將以何種大眾運具代替</p>	91	<p>【部分】使用自用小客車通勤(學)者未來考慮完全使用大眾運具情形</p> <p>➤ 未追問將以何種大眾運具代替</p>
92	<p>【部分】機車通勤(學)者未來3年內考慮完全使用大眾運具來代替機車情形</p> <p>➤ 未追問將以何種大眾運具代替</p>	93	<p>【部分】使用自用小客車通勤(學)者是否會考慮改以大眾運具通勤(學)</p> <p>➤ 未追問將以何種大眾運具代替</p>
94		95	<p>【完整】使用自用小客車通勤(學)者，是否會考慮改以大眾運具通勤(學)</p> <p>➤ 倘會，考慮之運具為(逾100%)</p>
96		97	(無詢問)
98	<p>【完整】機車通勤(學)者未來3年內考慮完全使用公共運具來代替機車情形</p> <p>➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(=100%)</p>	99	<p>【完整】自用小客車通勤(學)者未來3年內考慮完全使用公共運具來代替汽車情形</p> <p>➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(=100%)</p>
100	(無詢問)	101	
103	<p>【完整】機車通勤(學)者未來3年內考慮使用公共運具(輸)來代替機車之情形</p> <p>➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(逾100%)</p>	103	<p>【完整】自用小客車通勤(學)者未來3年內考慮完全使用公共運具來代替汽車情形</p> <p>➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(逾100%)</p>

機車		自用小客車	
105		105	【完整】自用小客車通勤(學)者未來3年內考慮改用公共運具來代替汽車情形 ➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(逾100%)(註：答項無計程車)
107		107	(無詢問)
109		109	【完整】自用小客車通勤(學)者未來3年內考慮使用公共運具代替自用小客車情形 ➤ 倘會，將以何種公共運輸工具代替(逾100%)

資料來源：[9]、[10]、本研究整理。

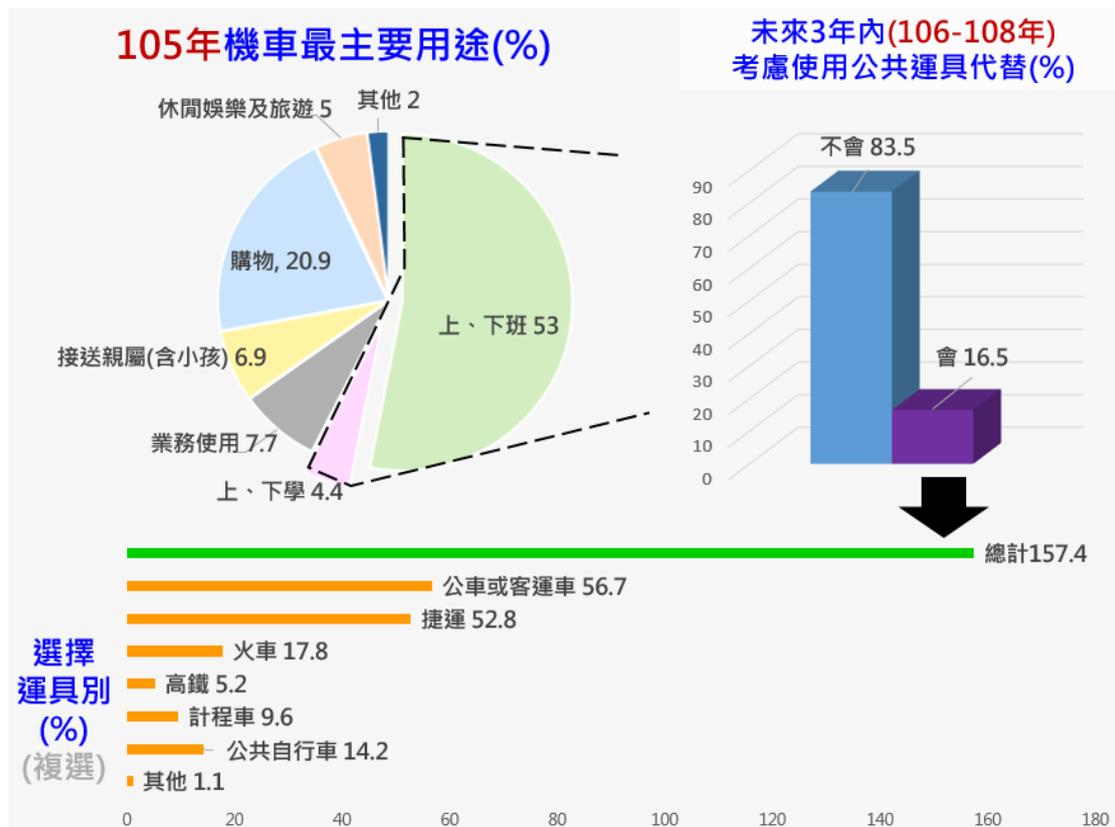
表 29 運具移轉比例情境試算假設條件及原因

假設條件		原因
1	相關參數數據出自交通部統計處 105 年自小車及機車調查報告，如圖 3 及圖 4 所示	基於同一年度比較之一致性
2	係以自用小客車及機車通勤(學)族群之運具移轉情形進行試算	因調查報告問項係針對通勤(學)族群
3	私人機動運具移轉後，選擇公共運具比例加總逾 100%	符合複合運輸概念
4	使用機車通勤(學)族群之乘載人數係透過加權計算而得*	因機車調查報告未直接呈現使用機車通勤(學)之乘載人數數據
5	自用小客車通勤(學)族群運具移轉至計程車之數據係 109 年數據	因 105 年自小客調查報告之答項無計程車，107 年則未調查

假設條件		原因
6	有關公共運具定義，涵蓋公車、捷運、火車、高鐵、計程車、步行及自行車等	依 111 年 2 月 9 日專家學者討論會議，據悉該用詞係於 98 年進行調查時由交通部路政司、統計處及運研所共同討論而得。

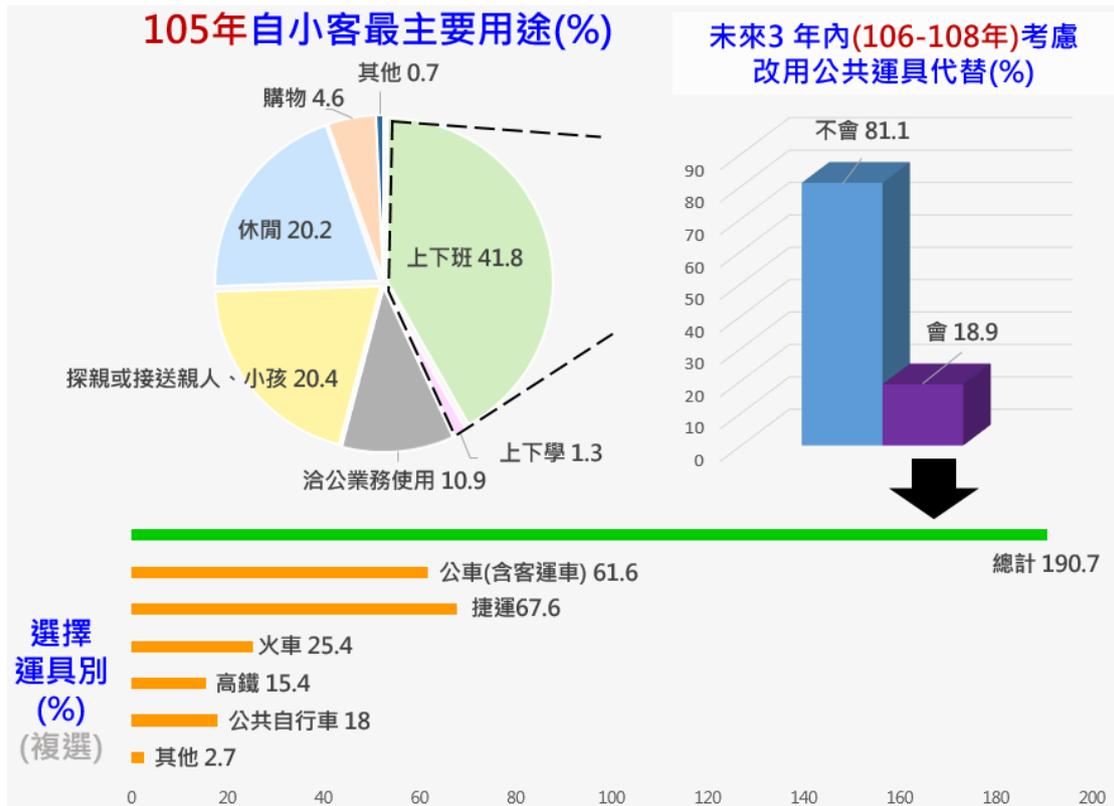
*依交通部統計處 105 年機車使用狀況調查報告^[9]，使用機車上、下班者之比例為 53.0%，上、下學者為 4.4%，對應之乘載人數為 1.27 及 1.22，經加權計算可得機車通勤（學）乘載人數趨近於 1.27（取至小數點第 3 位為 1.266）。

資料來源：本研究整理。



資料來源：交通部統計處 105 年機車使用狀況調查報告^[9]、本研究繪製。

圖 3 105 年機車通勤(學)族群未來考慮使用公共運具之調查結果



資料來源：交通部統計處 105 年自用小客車使用狀況調查報告^[10]、本研究繪製。

圖 4 105 年自用小客車通勤(學)族群未來考慮使用公共運具調查結果

有關運具移轉比例情境試算步驟如下：

- 一、步驟 1：計算自用小客車及機車未來移轉至公共運具之延人公里數，如表 30 所示。

表 30 自用小客車及機車未來移轉至公共運具之延人公里數

	自用小客車	機車
105 年旅次數 (A)	2,110,674,388	7,612,108,981
通勤(學)比例 (B)	43.1%	57.4%
105 年通勤(學)旅次數 (C=A*B)	909,700,661	4,369,350,555
未來考慮使用公共運具代替比例 (D)	18.9%	16.5%
未來移轉至公運旅次數 (E=C*D)	171,933,425	720,942,842

	自用小客車	機車
每次行駛里程（公里） (F)	30.5	11.9
未來移轉至公共運具之延車公里 (G=E*F)	5,243,969,461	8,579,219,815
乘載人數 (H)	1.60	1.27
未來移轉至公共運具之延人公里 (I=G*H)	8,390,351,137	10,862,727,138

註：機車旅次數算法為 105 年登記數 13,668,227(輛)*5.1(天/週)*2.1(次/天)*52(週)；自用小客車旅次數算法為 105 年登記數 6,453,083(輛)*3.7(天/週)*1.7(次/天)*52(週)。另依統計處調查報告之定義係「來回算 1 次」，該定義不影響本研究運具移轉比例情境試算結果。

資料來源：交通部統計處 105 年機車及自用小客車使用狀況調查報告^{[9][10]}、本研究整理。

二、步驟 2：將自用小客車及機車未來移轉至公共運具之延人公里數，乘上該年度調查之移轉比例數據，即可得知移轉後各公共運具所增加之延人公里數，如表 31 所示。

表 31 自用小客車及機車移轉至公共運具所增加之延人公里數

		從自用小客車移轉		從機車移轉	
		移轉比例	移轉後所增運量 (延人公里)	移轉比例	移轉後所增運量 (延人公里)
1	公車	61.6%	5,168,456,301	56.7%	6,159,166,287
2	捷運	67.6%	5,671,877,369	52.8%	5,735,519,929
3	火車	25.4%	2,131,149,189	17.8%	1,933,565,430
4	高鐵	15.4%	1,292,114,075	5.2%	564,861,811
5	計程車	9.2%*	771,912,305	9.6%	1,042,821,805
6	公共自行車	18.0%	1,510,263,205	14.2%	1,542,507,254
7	其他	2.7%	226,539,481	1.1%	119,489,999

*為 109 年調查報告數據。

資料來源：交通部統計處 105 年機車及自用小客車使用狀況調查報告^{[9][10]}、本研究整理。

三、步驟3:計算公共運具從自用小客車及機車移轉所增運量(延人公里) 占有所有公共運具所增運量(延人公里)之比例,即可得知公共運具所增運量中,來自自用小客車及機車移轉之貢獻比例,如表32所示。

表 32 公共運具所增運量來自自用小客車及機車移轉之貢獻比例

		從自用小客車 及機車移轉後 所增運量 (延人公里) (A)	占比	從自用小客車 移轉後 所增運量 (延人公里) (B)	占比 (B/A)	從機車 移轉後 所增運量 (延人公里) (C)	占比 (C/A)
1~7 合計		33,870,244,438	100%	16,772,311,923	49.5%	17,097,932,515	50.5%
1~4 合計		28,656,710,391	100%	14,263,596,933	49.8%	14,393,113,457	50.2%
1	公車	11,327,622,588	100%	5,168,456,301	45.6%	6,159,166,287	54.4%
2	捷運	11,407,397,297	100%	5,671,877,369	49.7%	5,735,519,929	50.3%
3	火車	4,064,714,619	100%	2,131,149,189	52.4%	1,933,565,430	47.6%
4	高鐵	1,856,975,886	100%	1,292,114,075	69.6%	564,861,811	30.4%
5	計程車	1,814,734,110	100%	771,912,305	42.5%	1,042,821,805	57.5%
6	公共 自行車	3,052,770,458	100%	1,510,263,205	49.5%	1,542,507,254	50.5%
7	其他	346,029,479	100%	226,539,481	65.5%	119,489,999	34.5%

資料來源：本研究整理。

有關運具移轉比例情境試算結果,說明如下:

一、過去研究假設因實施減碳策略所增加之公共運輸(公車、捷運、火車、高鐵)運量,皆由私人機動運具移轉,而私人機動運具移轉分配占比為自用小客車75%,機車25%。而依表32所示,雖係針對通勤(學)族群,前述公共運輸(公車、捷運、火車、高鐵)所增運量來自自用小客車為49.8%,機車則為50.2%。

二、如以所有公共運具(公車、捷運、火車、高鐵、計程車、公共自行車及其他)所增運量觀之,來自自用小客車為49.5%,機車則為50.5%。

三、依上述試算結果,公共運具(輸)所增運量來自自用小客車及機車移轉之貢獻比例約為1比1,與過往研究假設之3比1,顯有殊異。

有關本研究研擬之運具移轉比例情境試算方法，臚列以下精進說明及可再精進之處：

- 一、過往研究假設係公共運輸（公車、捷運、火車、高鐵）提升多少運量，私人機動運具（自用小客車、機車）就減少多少運量，未將私人機動運具移轉至非機動運具（步行、自行車）情形納入考量。透過本研究前述試算步驟所得結果，可得知不同公共運具（公車、捷運、火車、高鐵、計程車、公共自行車及其他）所增運量來自自用小客車及機車移轉之貢獻比例。
- 二、可依交通部統計處後續年度調查結果，滾動更新私人機動運具移轉至不同公共運具之貢獻比例。
- 三、從試算結果可看出，移轉後所有公共運具（公車、捷運、火車、高鐵、計程車、公共自行車及其他）所增運量高於自用小客車及機車移轉之運量，意即已將自用小客車及機車移轉後可能採複合運輸之情形納入考量，因在多數情形下，複合運輸（如捷運+公共自行車、公車+步行等）之行經旅次距離總和，與私人機動運具相比通常較長。
- 四、運輸部門各期行動方案之減碳措施，係為推估目標年之減碳效益，本研究試算方法係引用過往年度的調查報告數據，所得之移轉比例較不易反映未來長遠趨勢，且如同表 29 所列部分假設條件囿於既有資料之侷限性，試算方法尚有精進空間。

五、結論與建議

蒐整各運具之運量、能源效率、溫室氣體排放係數及電力排碳係數等相關參數資料，為推估運輸部門能源消耗與溫室氣體排放量之基礎工作，才能計算行動方案減碳措施之效益。

不同於過往研究計畫著重呈現「公路」、「鐵路」、「國內航空」及「國內水運」歷年能源消耗及溫室氣體排放量，本研究透過臚列個別運具某一年度之參數數據，並區分使用不同能源別、自用或營業型態，供應用單位依其需要，簡易瞭解運具溫室氣體排放量計算方式及資料來源。

至於減碳措施效益推估參數，本研究著重在私人機動運具移轉至公共運輸及非機動運具之比例有哪些精進可能，爰透過現有統計資料，進行運具移轉比例情境試算，初步獲得不同於過往研究假設之成果，應可做為未來估算公共運輸及非機動運具減碳成效相關研究之應用或討論基礎。

5.1 結論

- 一、在推估各運具能源消耗及溫室氣體排放量時，需大量閱覽統計資料，而不同的資料來源及更新頻率，即為估算能源消耗及溫室氣體排放量之誤差來源，類此誤差很難完全消弭，但仍不失其應用價值。
- 二、近年來因應淨零排放，運具電動化為運輸部門淨零路徑最重要的一環（因其減碳貢獻最高），惟電動運具數量增長趨勢迄今（111年）尚不明顯，尤其電動小貨車登記數量僅個位數，電動大貨車迄今登記數量則為0，較為欠缺可靠之參數數據來源，爰為掌握電動運具之推估參數，除應持續蒐整或適時啟動相關之統計調查研究，考量電動運具實際用電數據目前大多由業者掌握，現階段取得不易，未來應有要求業者提供相關營運數據之機制。
- 三、透過第四章運具移轉比例情境試算結果，可看出公共運具（輸）所增運量（延人公里）來自自用小客車及機車移轉之貢獻比例約為1比1，與過往研究假設之3比1顯有殊異。再從第三章運具溫室氣體排放推估參數可得知，燃油小客車溫室氣體排放量較燃油機車為高，則依本研究試算結果，未來公共運輸之減碳效益如何估算，需再審慎評估。

5.2 建議

- 一、本研究已臚列計算運具溫室氣體排放所需參數，並就較為複雜之「年均行駛里程」及「燃油/用電效率」等參數資料歸納其來源及精進建議，如表 25 及表 26 所示，擇要進一步建議如下：
 - (一) 依汽車運輸業管理規則第 24 條，汽車運輸業應提送燃料消耗統計年報表，送請公路主管機關查核。爰建議監理機關可將歷年來汽車運輸業所送燃料消耗統計資料，依燃料類別、車種及年度分類並公開於統計查詢網，俾供分析。
 - (二) 有關機車年均行駛里程數據，建議可向環保署洽詢其定檢資料庫是否已有基本統計數據及是否可定期公開，或提供原始資料供業務需求單位進行加值分析。
- 二、交通部統計處歷年自用小客車及機車調查報告資料已相當完整，本研究援引諸多調查報告數據做為分析基礎，考量整體調查環境難度漸增，問卷設計需更為謹慎，問項增減需有所取捨，基於「以最小改動幅度提升最大精進空間」之考量，以下之建議未來交通部統計處可斟酌參採：
 - (一) 有關自用小客車及機車是否考慮使用公共運具（輸）相關問項，建議定期詢問、問項與答項文字儘量一致，並將詢問對象從通勤（學）族群擴大為所有受訪者。
 - (二) 為利推估運具能源消耗量進而計算溫室氣體排放量，建議調查報告問項恢復詢問自用小客車及機車之行駛里程並區分使用能源別。
- 三、有關本研究之運具移轉比例情境試算內容，為利一致性比較，係以交通部統計處 105 年自用小客車及機車調查報告^{[9][10]}之數據進行推估，且尚有部分假設條件囿於既有資料之侷限性（例如「是否考慮使用公共運具（輸）相關問項」缺乏所有受訪者之填答結果），建議可觀察後續年度調查報告是否有改動部分問項，並於推估分析多個年度之運具移轉比例結果後，再行討論公共運輸及非機動運具之減碳成效如何進一步調整，以為周延。

四、本研究分析內容及精進建議係透過由下而上(Bottom-up)方式推估運具及減碳措施之溫室氣體排放量，而能源統計方式則為由上而下(Top-down)，雖兩者最終仍需一致，惟其能源統計落差會縮小或擴大尚不可得知，為避免由下而上(Bottom-up)推估方式因某參數錯估而過度偏離實際狀況，建議未來其他研究可再進一步分析比較，以提高估算精確性。

參考文獻

- [1] 2019 年我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析，經濟部能源局，109 年 7 月。
- [2] 能源統計手冊「能源產品單位熱值表(僅供能源統計用)」，經濟部能源局，109 年。
- [3] 溫室氣體排放係數管理表 6.0.4 版，行政院環境保護署(更新日期：108 年 6 月 27 日)。
- [4] 運輸部門溫室氣體減量第二階段策略精進研究，交通部運輸研究所，110 年 8 月。
- [5] 都會運輸節能減碳策略評估模組開發及應用(2/2)，交通部運輸研究所，108 年 12 月。
- [6] 公路公共運輸電動客車經營與運作績效調查，交通部運輸研究所，105 年 12 月。
- [7] 我國運輸部門運具別能耗與溫室氣體排放推估暨作業手冊之研究，交通部運輸研究所，105 年 3 月。
- [8] 交通統計要覽附錄 4-汽車延車公里統計按使用燃料分，108 年。
- [9] 機車使用狀況調查報告，交通部統計處，自 88 年至 109 年(資料期間)。
- [10] 自用小客車使用狀況調查報告，交通部統計處，自 89 年至 109 年(資料期間)。
- [11] 計程車營運狀況調查結果統計表(全體計程車)，交通部統計處，108 年(資料期間)。
- [12] 遊覽車營運狀況調查報告，交通部統計處，104 年及 108 年(資料期間)。
- [13] 汽車貨運調查報告，交通部統計處，108 年(資料期間)。
- [14] 小客貨車租賃業營運狀況調查報告，交通部統計處，106 年(資料期間)。
- [15] 臺灣鐵路統計月報，交通部臺灣鐵路管理局，109 年 12 月。

- [16] 民航運輸統計 <https://www.caa.gov.tw/article.aspx?a=1738&lang=1123>，檢視時間：110 年 6 月。
- [17] 經濟部能源局公布欄，<https://reurl.cc/8oMxz7>。
- [18] 交通部統計查詢網，<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>。
- [19] 交通部公路總局統計查詢網，<https://stat.thb.gov.tw/hb01/webMain.aspx?sys=100&funid=defjsp>。
- [20] 車輛耗能研究網站，<https://auto.itri.org.tw/index.aspx>，經濟部能源局，檢視時間：110 年 6 月。
- [21] Electric Vehicle Database，<https://ev-database.org/>，檢視時間：110 年 6 月。
- [22] 109 年運輸部門溫室氣體減量策略評估資訊平台教育訓練簡報。
- [23] 輿情「【2040 電動車化】供電受影響？台電估：全部電動車化也不怕」
<https://e-info.org.tw/node/209501>，環境資訊中心，107 年 1 月 17 日。

附錄-各廠牌電動機車用電效率

No.	認證日期	廠牌	認證車型	用電效率 (公里/度)
1	20200108	光陽	Many 125 EV EB15AA A1	31.3
2	20200122	光陽	New Many 110 EV EA10UD A1	30.3
3	20200122	光陽	Nice 100 EV EA10TB A1	32.3
4	20200220	光陽	New Many 110 EV EA10UB A1	29.4
5	20200313	光陽	Candy 3.0 EV EA10RA A1	26.3
6	20200313	光陽	Candy 2.0 EV EA10FC A1	27
7	20200327	三陽	e-WOO ED5LU1 A1	28.6
8	20200429	光陽	Nice 100 EV EA10TA A1	31.3
9	20200512	台鈴	eReady EM50X A1	28.6
10	20200512	宏佳騰	AiScooter 1S AE0338T A1	25
11	20200520	中華	emoving iE PICKUP CJ6MP CVT	19.6
12	20200522	中華	emoving Super EM100 EM3AR(EM3FZ-20AH) A1	27
13	20200522	中華	emoving iE125 MJ4P1 CVT	18.5
14	20200522	睿能	Gogoro 2 GB6CL A1	25
15	20200522	睿能	Gogoro 2 GSB7BTJ A1	23.3
16	20200522	睿能	Gogoro 3 GSP6AT A1	27
17	20200522	摩特動力	Ur-1 GA-MB A1	24.4
18	20200522	中華	emoving EM50 EM198(YF14P- 20AH) A1	31.3
19	20200522	睿能	Gogoro 2 GB6NA A1	23.8
20	20200522	睿能	Gogoro 2 GSB7BTK A1	25
21	20200605	宏佳騰	AiScooter 1C AE0332T A1	23.8
22	20200527	山葉	EC-05 ABS EHG050A A1	22.7
23	20200527	中華	emoving iE PICKUP CJ6HA CVT	19.6
24	20200527	中華	emoving iE125 MJ4H5 CVT	18.5
25	20200527	中華	emoving iE125 MJ4L1 CVT	18.5
26	20200527	中華	emoving iE125 MJ4M1 CVT	18.5

No.	認證日期	廠牌	認證車型	用電效率 (公里/度)
27	20200527	中華	emoving Super EM100 EM3AR(EM3FY-20AH) A1	27
28	20200529	山葉	EC-05 EHG050B A1	22.7
29	20200529	山葉	EC-05 EHG050 A1	22.7
30	20200601	睿能	Gogoro 2 GB6RD A1	25
31	20200601	睿能	GOGORO GRS6S2 A1	23.8
32	20200602	睿能	Gogoro 3 GP7E2 A1	23.8
33	20200601	光陽	New Many 110 EV EA10UAA1	27.8
34	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6RJ A1	25
35	20200602	睿能	Gogoro 2 GSB6BT A1	25
36	20200602	睿能	Gogoro 2 GSB6BTD A1	25
37	20200602	睿能	Gogoro 3 GSP6BT A1	27
38	20200602	睿能	Gogoro 3 GSP6CT A1	27
39	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6CJ A1	25
40	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6RL A1	25
41	20200602	睿能	Gogoro 2 GB7EL A1	23.3
42	20200602	睿能	Gogoro 2 GSB6AT A1	25
43	20200602	睿能	Gogoro 2 GSB6CT A1	25
44	20200602	睿能	GOGORO GA7CK A1	23.8
45	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6RH A1	25
46	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6YL A1	22.2
47	20200602	睿能	Gogoro 2 GB6YJ A1	22.2
48	20200605	睿能	Gogoro 3 GSP6DT A1	27
49	20200605	睿能	Gogoro 2 GSB6BYAKT A1	22.2
50	20200605	睿能	Gogoro VIVA GSF3BCAKT A1	33.3
51	20200605	睿能	Gogoro VIVA GSF3BRBKT A1	32.3
52	20200605	睿能	Gogoro 2 GB7HJ A1	23.3
53	20200605	睿能	Gogoro VIVA GSF3ABAKT A1	32.3
54	20200605	睿能	Gogoro 2 GB7CT A1	25.6
55	20200605	睿能	Gogoro 3 GP6U2 A1	27

No.	認證日期	廠牌	認證車型	用電效率 (公里/度)
56	20200605	睿能	Gogoro 2 GB7HL A1	23.3
57	20200623	睿能	Gogoro 3 GP7J2 A1	23.8
58	20200804	摩特動力	Ur-1 GA-S A1	24.4
59	20200817	光陽	i-one EB15CA A1	28.6
60	20200817	台鈴	eReady Fun EV062 A1	23.8
61	20200824	光陽	i-one EB15CD A1	28.6
62	20200824	光陽	i-one EB15CE A1	28.6
63	20200903	宏佳騰	AiScooter 1D AE0332T A1	23.8
64	20201028	宏佳騰	AiScooter 3C AE0332T A1	23.8
65	20210105	光陽	S7 EA25AA A1	22.7
66	20210105	台鈴	eReady Run EV076 A1	25.6
67	20210118	摩特動力	Ur2 GB-S A1	27.8
68	20210217	睿能	Gogoro B GJ6C2 A1	25.6
69	20210219	睿能	Gogoro GJ6C2 A1	25.6
70	20210217	睿能	Gogoro GJ6B2 A1	25.6
71	20210217	睿能	Gogoro 2B GB6RJ A1	22.7
72	20210217	睿能	Gogoro 2B GB6RL A1	22.7
73	20210409	睿能	Gogoro C GB6CJ A1	24.4
74	20210409	睿能	Gogoro 2B GP6U2 A1	26.3
75	20210409	睿能	Gogoro 2B GB6RD A1	23.8
76	20210412	睿能	Gogoro 2B1 GB6RD A1	23.8
77	20210412	睿能	Gogoro 2B GB6RH A1	23.8
78	20210428	睿能	Gogoro 2C GB6YJ A1	21.7
79	20210511	宏佳騰	AiScooter 3CB AE0332T A1	23.8
80	20210512	睿能	Gogoro 3B GSP6DT A1	25
81	20210512	睿能	Gogoro 3C GSP6DT A1	24.4
82	20210512	睿能	Gogoro 3C GSP6CT A1	24.4
83	20210602	宏佳騰	AiScooter 1SB AE0338T A1	24.1
84	20210609	宏佳騰	AiScooter 1U ABS AE0338T A1	24.1

資料來源：[20]。