

# 邁向運輸淨零之一環： 低碳燃料的減碳機會

◎溫蓓章／中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所 研究員兼副所長

◎劉哲良／中華經濟研究院能源與環境研究中心 研究員兼主任

◎朱敏嘉／中華經濟研究院第二（國際經濟）研究所 計畫輔佐研究員

我國運輸部門減碳核心策略為基於車輛汰舊換新的運具電動化，但對於運行中車輛的減量規劃則相對缺乏。國際普遍採行的低碳燃料E10，提供使用中車輛減碳機會，且新技術汽油車輛使用E10的排碳量與燃料成本不見得劣於電動車。建議國內運輸部門減碳策略可將E10納入，以多樣技術途徑共同達成運輸減碳目標。

**關鍵詞：**運輸部門減碳、低碳燃料、乙醇汽油

**Keywords:** Decarbonization of Transport Sector, Low Carbon Fuel, Ethanol Gasoline

運輸部門溫室氣體排放量占全球排放比例約為23%，其中將近7成來自於道路運輸<sup>1</sup>。也因此，在全球淨零趨勢中，運輸部門被國際視為最優先的標的部門之一。在實務上，將運輸方式轉換成為低碳排放或零碳排放的永續運輸作為（shift to low and zero carbon, sustainable transport modes and/or operations），則是關鍵的減碳策略。國內推動運輸部門減碳著重於零碳策略的設定推行，並以運具電動化為核心策略；然而，這也同時忽略針對現有燃油車所能帶來具有短期減碳潛力的低碳策略。

## 我國運輸部門減碳核心策略：運具電動化

我國設定了2050年淨零轉型的國家目標，針對運輸產業部門的轉型，關注三大策略（見表1）：運具電氣化、人本綠運輸、私人運具使用。並且在十二項關鍵戰略中，針對運輸部門淨採取「運具電動化及無碳化推動目標及策略」，擬定了3大目標、10項推動路徑（見表2）。這些作為的核心目標在於：加速電動技術進入新車市場（補助購車、設定新車電動車市占率）、並便利電動車輛的使用（提升充電設施數量、便利充電設施建置之規範和法規）。



表1 臺灣2050淨零轉型策略：運輸部門

運具電氣化	人本綠運輸	私人汽機車管理
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 提高電動車市占率：市區公車2030年全面電動化；小客車/機車2040年新售全面電動化</li> <li>• 創造國內市場需求：電動公務車、電動計程車、補助購車</li> <li>• 製造在地化：補助加速國產電動車產品開發與生產</li> <li>• 完備使用設備：完善住宅與公共停車空間充電設施</li> <li>• 強化車輛碳排管理：提升新車能效標準、逐步加嚴車輛排碳標準</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 推廣公共運輸：因地制宜強化公共運輸服務便利性</li> <li>• 完備步行環境：改善人步道環境</li> <li>• 完備自行車環境：自行車友善行駛空間、共享自行車站點、通勤自行車道系統</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 管理私人運具使用：低碳交通區、停車管理、油價回歸市場機制</li> <li>• 推廣共享汽機車：提高共享運具使用範圍及密度、搭配公共運輸轉乘優惠</li> </ul>

資料來源：作者彙整，取自國發會（2022年3月30日），臺灣2050淨零排放路徑及策略總說明。

表2 十二項關鍵戰略：運具電動化及無碳化

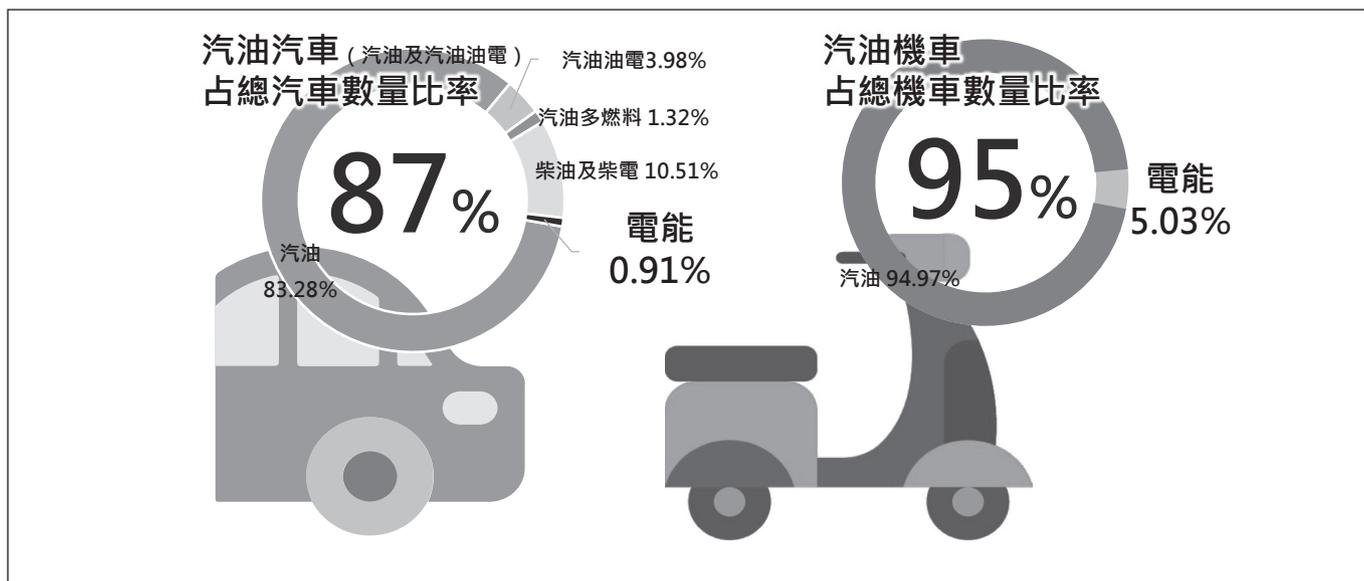
目標	提高電動運具數量	完善使用環境配套	產業技術升級轉型
推動路徑	<p><b>電動運具數量提升</b></p> <p>1-1 電動運具數量提升及使用示範</p> <p><b>調適車輛相關管理法規機制</b></p> <p>1-2 研訂車輛進口製造規範</p> <p>1-3 強化車輛碳排管理規範及機制</p> <p>1-4 稅費優惠及貸款協助</p>	<p><b>充電設施數量提升</b></p> <p>2-1 充電設施數量提升</p> <p><b>電動車輛使用友善措施及誘因</b></p> <p>2-2 研訂充電設施規範</p> <p>2-3 建立用電配套</p>	<p><b>技術研發升級車輛轉型支持</b></p> <p>3-1 關鍵技術研發與產業技術升級</p> <p>3-2 保養維修技術人員轉型</p> <p>3-3 國營事業轉型</p>

資料來源：作者彙整，取自國發會（2022年12月28日），十二項關鍵戰略：運具電動化及無碳化。

除了前述方向明確的政策措施外，也提供民眾有感之電動車稅費優惠。以購車階段的貨物稅為例，電動車自2010年開始享有免徵；2017年調整為「車價140萬以下免徵、以上減半徵收」。自2012年起，又再享有使用階段牌照稅的免徵優惠。若以國內電動車熱銷車款—最大馬力225HP的Tesla Model3 Standard Range Plus估算，其進口完稅價格約140萬元，原適用貨物稅率30%（即42萬），以及每年11,230元的使用牌照稅。如此的稅費減免幅度，對消費市場終端價格與使用成本而言，顯然產生明確的降價效果。

## 直到2060-2070年我國汽機車仍將使用汽油作為燃料

儘管政策如此大力度推動，近年電動汽機車的成長數量仍然相當有限。2024年6月底的車輛登記數顯示（見圖1）：所有四輪以上車輛之中，電能汽車78,801輛（含1,879輛電能大客車），僅占全國車輛總數8,643,351輛的0.91%；電動機車規模達733,910輛，相比於全國車隊14,601,975輛也僅為5.03%。顯見：汽油仍然是我國汽機車輛使用的最主要燃料。



資料來源：作者繪製，原始數據取自交通部統計查詢網，機動車輛登記數—按縣市別及使用燃料別分，統計時間截至 2024 年 6 月底止。

圖1 我國電動汽機車數量占比

在車輛電動化政策之下，國內的汽油車輛是不是很快地就會轉換成為電能車輛呢？先不論新車市場的電動車輛占比仍然稀微（2023 年電動汽車約占新車 5.3%、電動機車約占新車 9.2%）；就算是所有新車都要求必須購買電動車（禁售燃油車），也還需要很長一段時間，才能讓所有汽機車車輛轉換成為電動車。歷史資料顯示（見圖 2）：2012-2023 年間，小客車年度新增掛牌數平均約  $38 \pm 3$  萬輛、機車約  $80 \pm 20$  萬輛；約為車輛總數的  $5.6 \pm 0.4\%$ 、 $5.8 \pm 1.3\%$ ；車輛全數汰換一輪約需 16-18 年。

故以「小客車 / 機車 2040 年新售全面電動化」情境下，預期 2040 年的使用中車輛，還需要再經過一輪汰舊換新，才能讓汽油車全數汰舊。換言之，至少直到 2065-2070 年間，我國汽機車仍將使用汽油作為燃料。由此可見，若能採取對策讓汽油

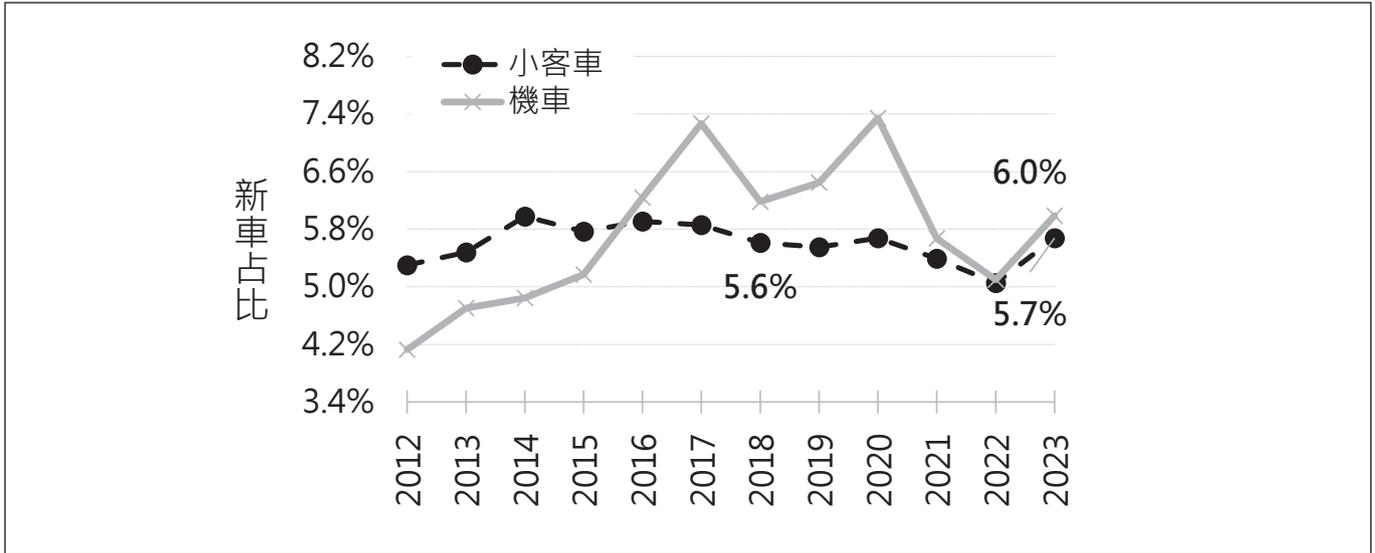
燃料減碳，對於我國運輸部門減碳應具有重要且實質的影響，且影響年期可能長達 40 年。

### 減碳缺口需要新的策略作為

另一方面，根據交通部擬定的「運輸部門溫室氣體排放管制行動方案」（見圖 3）；其規劃三大推動策略、14 項減碳措施，預計 2025 年可達成減碳綜效 288.6 萬噸。然而，仍有 198.4 萬噸的減碳缺口，才能達成運輸部門排碳量降至 3,541 萬噸的政策目標。想要落實運輸部門減碳責任，顯然需要現有策略之外的其他作為，在基於車輛汰舊換新的運具電動化策略之上，挖掘新的減碳機會。

### 使用中車輛採用低碳燃料的減碳機會

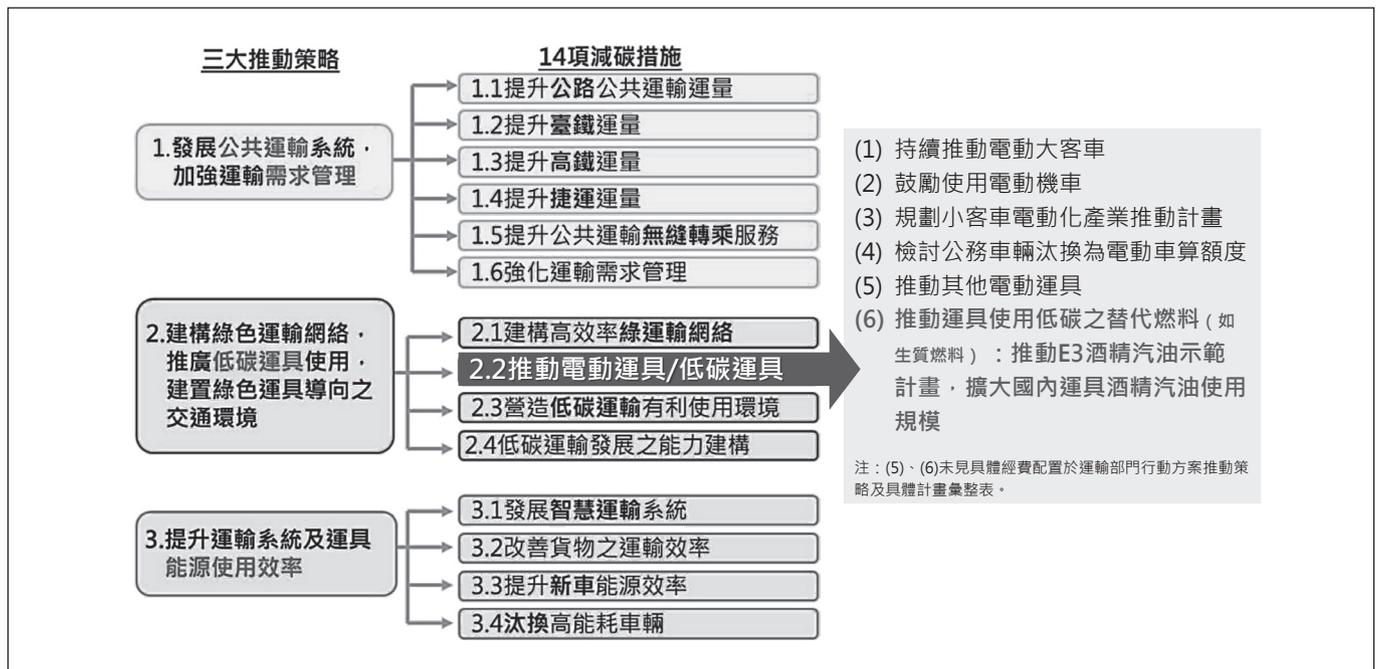
事實上，除了轉換為低碳運具的推動策略外，國際上亦普遍重視使用中車輛的減碳作為。例如



注：當年度新增掛牌車輛數除以當年底車輛總數。

資料來源：作者繪製，原始數據取自交通部統計查詢網，機動車輛新增掛牌車輛數按使用燃料別分、機動車輛登記數按車齡分（2012年9月起），統計時間2012年至2023年12月底止。

圖2 我國汽機車新車汰換率



資料來源：作者繪製，取自交通部（2022年9月），第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案（核定本）。

圖3 我國第二期運輸部門溫室氣體排放管制行動方案

採用混合生質燃料的汽柴油、降低車用燃料含碳量，即可在不改變既有車輛技術的條件下，有效減少使用中汽機車的排碳量。以美國為例，其環境部 2011 年核准 E15（汽油中混合 10.5-15% 乙醇）可適用於 2001 年以後的輕型傳統燃油車輛，E10（汽油中混合 10% 乙醇）則可適用於 2001 年以前的乘用車、機車等<sup>2</sup>；目前美國加油站提供的汽油幾乎均為 E10<sup>3</sup>。歐盟燃油品質指令（Fuel Quality Directive<sup>4</sup>）於 2011 年起許可汽油內含 10% 乙醇，2022 年歐盟 27 國銷售的汽油之中約 37.6% 為 E10，且有逐漸取代 E5（汽油中混合 5% 乙醇）的趨勢<sup>5</sup>。英國則自 2021 年 9 月 1 日起，改以 E10 作為標準汽油，以減少溫室氣體排放<sup>6</sup>。顯示低碳燃料 E10，已經是美歐主要國家普遍採行的車用燃料，讓為數眾多的使用中車輛也能夠減碳。

根據我們的推估，透過比較燃料標準碳排放強度（Kg CO<sub>2</sub>e/L）、且考慮因燃料熱值導致的使用量差異<sup>7</sup>，相比於 95 汽油改用 E10，可以減少約 7.3% 的排碳量。以國內汽、機車平均使用狀態估算，若全國汽機車全數改使用 E10，約可減少 202 萬公噸 CO<sub>2</sub>e/年，洽可填補前述提及的 2025 年運輸部門目標之減碳缺口（198.4 萬噸）。顯示 E10 低碳燃料，對於國內運輸部門減碳目標的達成，具有相關關鍵的影響力。

## 採用低碳燃料的汽油車碳排量與燃料成本不見得劣於電動車

另一方面，若比較最新技術的汽機車，不同能源效率的電動與燃油汽機車之年排碳量<sup>8</sup>與燃料成本<sup>9</sup>（見圖 4）可以發現：使用國內電力<sup>10</sup>、能效最

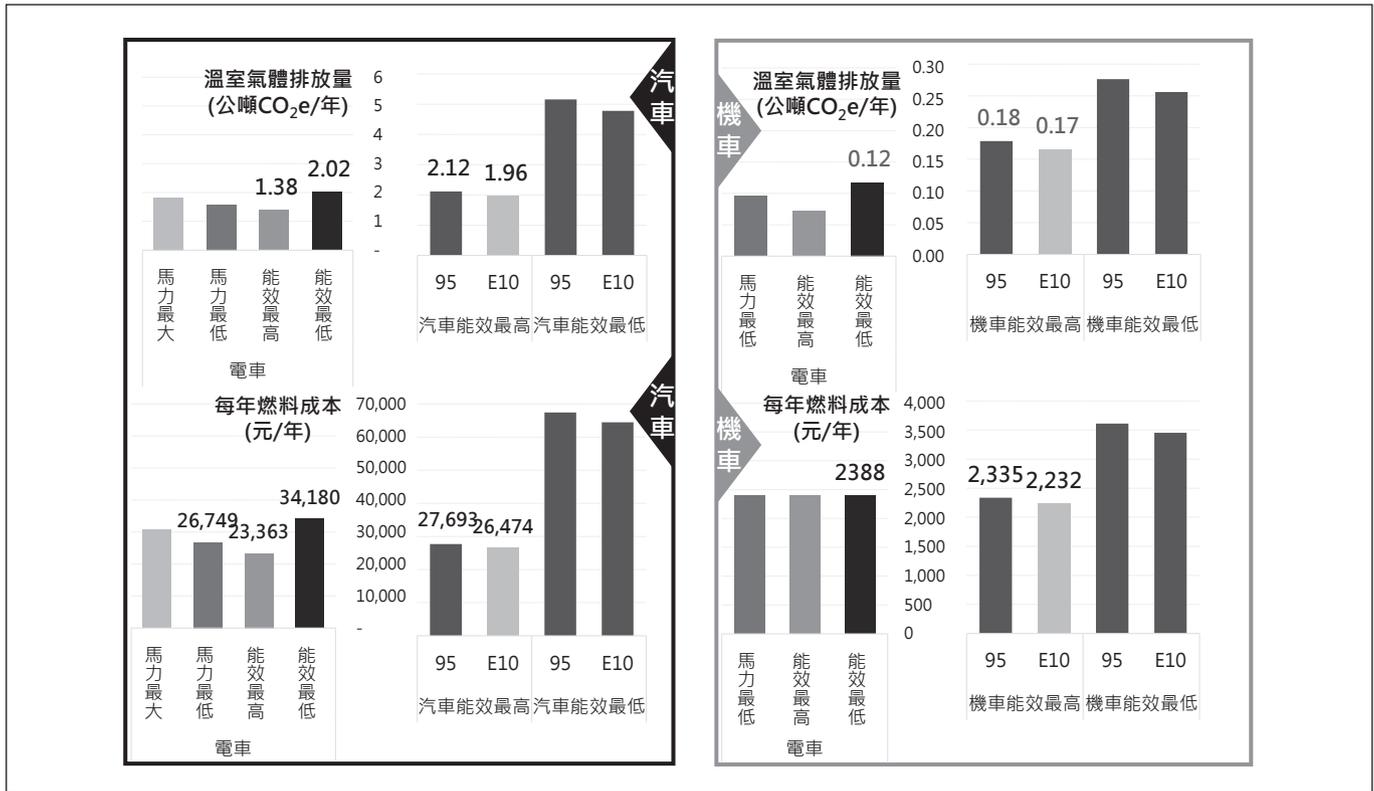
低的電動汽車<sup>11</sup>的年排碳量，將會高於燃油效率最高的新款燃油小汽車<sup>12</sup>、使用 E10，後者僅排放 1.96 公噸 CO<sub>2</sub>e/年。意即：考慮我國電力排碳係數後，電動車的排碳量並非絕對低於汽油車。而且從燃料成本的角度，也得到類似的結果：電動車的燃料成本並非絕對低於汽油車；能效最低的電動汽車每年燃料成本達 3.4 萬以上，高於能效最高的汽油車的加油成本。機車部分<sup>13</sup>，使用 E10 汽油機車的排碳量略高於電動機車，但是加油成本則相對略低。

## 低碳燃料為使用中車輛開創高性價比的減碳之途

綜言之，低碳燃料 E10 為使用中車輛開創減碳之途，具有實質減碳、立即減碳、長期減碳的影響。在汰舊換新的運具電動化策略之外，可應用於使用中車輛的低碳燃料，能夠填補運輸部門當前的減碳責任缺口，同時也讓新技術燃油汽車的排碳量能與電動車相匹敵。值得一提的是：採用 E10 作為車用燃料，使用者無須支付高於汽油車輛技術的成本，可謂是一個高性價比的減碳途徑。建議國內運輸部門減碳策略可將 E10 納入，以多樣技術途徑共同達成運輸減碳目標。

### 附注

1. <https://unece.org/climate-change/press/united-nations-adopts-landmark-global-decarbonization-strategy-transport-road>
2. <https://afdc.energy.gov/fuels/ethanol-e15>
3. <https://www.epa.gov/gasoline-standards/ethanol-waivers-e15-and-e10>
4. Directive 2009/30/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as



資料來源：作者繪製。

圖4 我國最新技術汽機車排碳量與燃料成本比較

regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC, Official Journal of the European Union L140, 5.6.2009, p.88.

- 只有0.3%為不含乙醇的純汽油。取自Giorgos Mellios, and Evi Gouliarou (2024). Fuel quality monitoring in the EU in 2020. Fuel quality monitoring under the Fuel Quality Directive. *ETC CM Report 2024/02*. <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cm/products/etc-cm-report-2024-02>
- <https://www.gov.uk/guidance/e10-petrol-explained>
- 溫室氣體排放量 (Kg CO<sub>2</sub>e/L)：車用95汽油2.36、E10汽油2.18；以熱值估算燃料消耗量 (L) 差異：汽油1L=E10 1.03L。
- 以平均行駛里程15,473公里/年估算 (=52週/年×3.9天/週×1.7次/天×44.88公里/次)；依據交通部「自用小客車使用狀況調查報告」(資料時間：2022年1月至12月)。
- 電車能源成本8.35元/度；油車能源成本95汽油30.82、E10汽油29.46元/公升(無補助, 0.9\*95汽油價格+0.1\*生質酒精進口價格)；原始參數取自經濟部能源署、[https://grains.org/ethanol\\_report/](https://grains.org/ethanol_report/)、美金匯率採臺灣銀行2024年7月

美金即期匯率之平均32.60元/美元 (<https://rate.bot.com.tw/xrt/quote/2024-07/USD>)。

- 經濟部能源署。2023年電力排放係數0.494公斤CO<sub>2</sub>e/度。[https://www.moeaea.gov.tw/ecw/populace/content/wHandMenuFile.aspx?file\\_id=16499](https://www.moeaea.gov.tw/ecw/populace/content/wHandMenuFile.aspx?file_id=16499)
- 2024年受測車型為小客車，且最大馬力介於182.1-262HP之間，MERCEDES-BENZ EQE 300自排1檔4D、NISSAN ARIYA 178kW自排1檔5D；取自[https://auto.itri.org.tw/iv\\_ecar\\_qry.aspx](https://auto.itri.org.tw/iv_ecar_qry.aspx)
- 2024年受測車型為小客車，且排氣量介於1801-2400 c.c.之間，LEXUS UX300h HYBRID 1987c.c.無段自動變速5D；取自[https://auto.itri.org.tw/iv\\_general\\_qry.aspx](https://auto.itri.org.tw/iv_general_qry.aspx)
- 2024年受測車型為機車，且排氣量超過100至150c.c.，能效最高汽油機車：三陽迪爵DUKE FU12T1 124.9c.c.無段自動變速；馬力介於9-12hp之間，且能效最低電動機車：山葉EMF EGR076A自排1檔。以平均行駛里程3,389公里/年估算。電動機車燃料成本採用每月\$199(取自：綠牌新購專屬！每月\$199起，一千公里隨你騎<https://promotion.gogoro.com/tw/gogoro-subscription/>)