

本月專題

英國替代能源車輛對能源消費與溫室氣體減量影響評估 方式之探討

周采儀¹

摘要

隨著推動替代能源車輛 Alternative Fuel Vehicle, AFV)對運輸部門減量日益重要，近年來英國開始著手進行替代能源車輛能源消費與溫室氣體排放量評估，以確保運輸部門排放量推估準確性。

針對短期內替代能源車輛排放相關研究尚處於初期階段，部分基礎資料係透過適度簡化假設，或透過國外專業機構公布資料而得，英國著重於採取多元的資料分析方式，以確保替代能源車輛相關基礎資料的合理性。其中，參考蒐集到的排放係數資料，據以設定低、中、高水準值，評估資料離散程度；並進行替代能源車輛利用率敏感度分析，據以探討排放量估計的不確定性。

鑑於近年來我國運輸部門亦積極推廣替代能源車輛的使用，爰本文就英國替代能源車輛能源消費與排放評估方式進行研析，第一部分概述英國進行替代能源車輛能源消費與排放評估背景，第二部分介紹英國替代能源車輛活動量資料建構方式，第三部分說明英國替代能源車輛能源消費與排放量估計方式，以供有關單位參考。

一、背景說明

英國運輸部門於 2016 年成為最大排放部門，其中公路運輸排放量占英國總排放量 24%。為達成碳預算(Carbon Budget)目標，

¹ 財團法人台灣綜合研究院高級助理研究員

推動替代能源車輛發展是近年來英國運輸部門朝低碳化轉型的主要政策之一。替代能源車輛係指利用汽油以外燃料驅動的車輛，主要替代燃料種類包括油電混合、燃氣、電力、插電式混合動力等。

隨著發展替代能源車輛對運輸部門減量日益重要，英國商業、能源暨產業策略部(Department of Business, Energy and Industrial Strategy, BEIS)於 2011 及 2018 年委託 E4Tech 與 Aether 等顧問公司，進行替代能源車輛溫室氣體排放評估方式之研究；並開始進行活動量資料建構，規劃將替代能源車輛納入運輸部門能源消費與溫室氣體減量評估，包括能耗消費與排放係數，以及進行排放量估計等。

二、活動量資料建構

活動量係指各類替代能源車輛每年行駛的總里程，相關資料包含車輛數與年行駛里程(Annual distance travelled)推估資料 2 部分：

(一)車輛數分析資料

替代能源車輛數分析資料可分為車輛數登記資料與車輛數情境推估資料 2 部分：

1.車輛登記數資料

英國運輸部(Department for Transport, DfT)負責調查 1990-2017 年各類替代能源車輛登記數量，並持續納入新型替代能源車輛數資料，以確實掌握各類替代能源車輛使用占比。如表 1 所示，英國替代能源車輛的動力來源主要有油電混合、燃氣、電力、插電式混合動力等，至 2017 年各類替代能源車輛占比仍偏低，絕大多數的替代燃料車輛占

比不超過 1%。

表 1 2017 年英國替代能源車輛登記數(依車種、燃料別)

Vehicle	Fuel	Licensed stock	Percentage of vehicle type
Car	Petrol	18,760,152	58.4%
	Diesel	12,901,544	40.1%
	Hybrid petrol	320,130	1.0%
	Hybrid diesel	10,585	0.0%
	Gas	31,773	0.1%
	Electric	46,229	0.1%
	Plug-in Hybrid electric	78,182	0.2%
Bus	Petrol	4,032	2.4%
	Diesel	159,354	95.7%
	Hybrid diesel	2,555	1.5%
	Gas	283	0.2%
	Electric	302	0.2%
LGVs	Diesel	3,868,401	96.4%
	Petrol	128,910	3.2%
	Gas	6,812	0.2%
	Electric	6,293	0.2%
	Plug-in hybrid electric	144	0.0%
	Hybrid petrol	53	0.0%
HGVs	Diesel	520,626	99.5%
	Petrol	1,877	0.4%
	Gas	335	0.1%
	Electric	386	0.1%

資料來源：BEIS (2018)。

2. 車輛數情境推估資料

英國氣候變遷委員會(Climatic Change Committee, CCC)與運輸部等均針對未來替代能源車輛排放進行活動量情境分析，推估未來替代能源車輛占比，並據以瞭解各類替代能源車輛利用率(uptake rate)。

由於各單位著重於不同種類替代能源車輛排放推估，且情境假設與提出情境方案等皆有所不同，以致各單位估計結果有所差異(表 2)。在現階段難以比較資料的適用性與準確性下，E4Tech 顧問公司參考前述兩單位資料，另提出其推估結果，提供商業、能源暨產業策略部參考(表 3)。

表 2 英國替代能源車輛排放情境設定

單位	情境假設	涵蓋替代能源車輛種類	提出情境方案
氣候變遷委員會	推廣較具成本有效性的替代能源車輛。	1.插入式汽油混合車 2.插入式混合動力車 3.純電動車 4.氫燃料電池車	依替代能源車輛利用率的高低，提出低(low)、中(medium)、高(high)3 情境。
運輸部	推動替代能源車輛策略。	1.插入式汽油混合車 2.插入式混合動力車 3.純電動車 4.汽油混合車 5.柴油混合車	-
E4Tech 顧問公司	推動運輸用生質燃料政策。	1.插入式混合動力車 2.電動車 3.氫燃料電池車	依對產業所施加的規範壓力、產業產能擴充情形，提出 4 種情境 ² 。

資料來源：BEIS (2018)。

表 3 英國替代能源車輛數情境推估結果

單位	推估結果
氣候變遷委員會	<ul style="list-style-type: none"> • 2030 年電動車銷售量(汽車、廂型車)占新車(汽車、廂型車)銷售量 61%。 • 2030 年電動車(小型卡車)占新車(小型卡車)銷售量 40%。 • 2030 年電動車(巴士)占新車(巴士)銷售量 25%。 • 2030 年氫燃料電池車(巴士)占新車(巴士)銷售量 5%。
運輸部	<ul style="list-style-type: none"> • 2035 年純電動車(汽車)占汽車總量的 3.6%。 • 2035 年插入式混合電力車(汽車)占汽車總量的 8.3%。 • 2035 年純電動車(廂型車)占廂型車總量的 7.0%。 • 2035 年插入式混合電力車(廂型車)占廂型車總量的 8.5%。
E4Tech 顧問公司	<ul style="list-style-type: none"> • 2035 年純電動車(汽車)占汽車總量的 17.5%。 • 2035 年插入式混合電力車(汽車)占汽車總量的 35.2%。 • 2035 年純電動車(廂型車)占廂型車總量的 29.4%。 • 2035 年插入式混合電力車(廂型車)占廂型車總量的 25.9%

資料來源：BEIS (2018)。

(二)年行駛里程推估資料

在短期內無法取得完整的平均每年行駛里程統計資料下，英國採簡化分析，假設電動車每年行駛里程為傳統車輛之 1/2，其餘替代能源車輛每年行駛里程則同傳統車輛³；

² 有關 E4Tech 顧問公司替代能源車輛相關排放情境設定說明，請參考 https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1404301317_AFV_Final_Report_11April14_FINAL.pdf

³ 有關替代燃料車輛年行駛里程推估資料相關假設說明，請參考 https://uk-air.defra.gov.uk/assets/documents/reports/cat07/1811161337_Alternative_Fuel_Vehicle_Review_for_B

並規劃建立替代能源車輛的存貨(vehicle stock)與里程數(mileage)分析模型，以提高推估準確性。

三、能源消費與排放量估計

(一)能源消費估計

英國替代能源車輛能源消費量之基本計算公式如下：

$$\text{能源消費量} = \text{活動量} * \text{能源消費係數}$$

由上述計算公式可知，替代能源車輛消費分析的準確性，除了決定於前述活動量推估資料是否合理外，也取決於能源消費係數的設定是否得宜。

在短期內尚無完整的實測資料下，能源消費係數資料係透過蒐集歐洲研究機構的車輛排放檢測資料，亦或英國國內業界車輛燃料效率資料而得。另外，定期檢討或修正相關係數資料與計算方式，以確保計算合理性。

(二)排放量估計

英國替代能源車輛排放量估計係採用排放係數法，排放量估計的基本計算公式如下：

$$\text{排放量} = \text{活動量} * \text{排放係數}$$

由上述計算公式可知，替代能源車輛排放量估計的合理性，取決於排放模型中活動量推估與排放係數設定是否得宜。

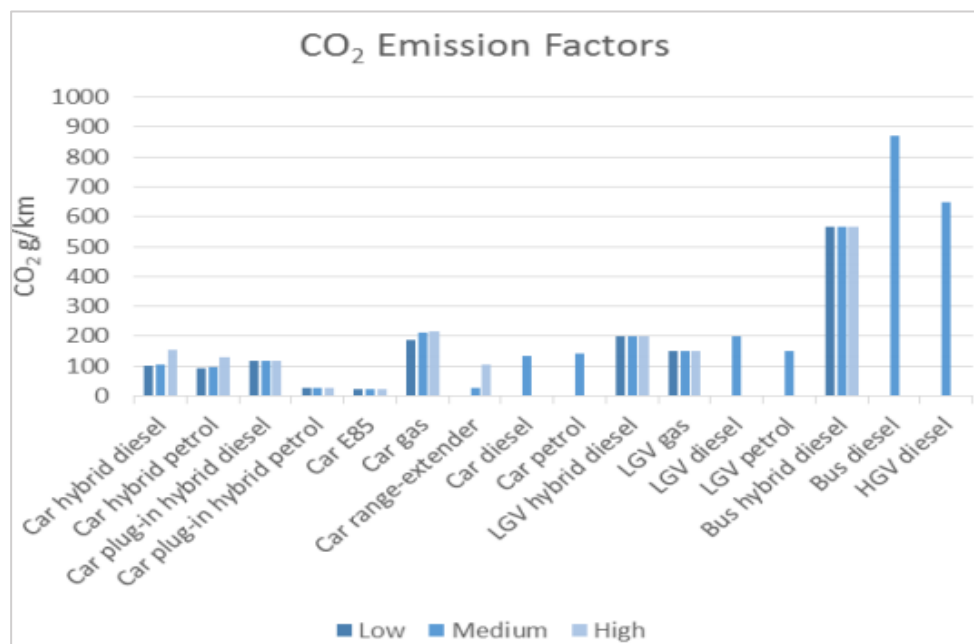
如先前所述，現階段各單位僅針對特定種類替代能源車輛排放量進行評估，各類替代能源車輛排放係數與排放量等資料的豐富程度均不同，故排放量相關數據存在諸多不確定性。對此，E4Tech 與 Arther 顧問公司著重於檢核排

放量相關資料數據之合理性，在排放係數資料部分，依據蒐集到的資料，據以設定低、中、高水準值，比較各類替代能源車輛排放係數數據之離散程度；在排放量估計部分，進行敏感度分析，來瞭解替代能源車輛利用率假設的不同對替代能源車輛排放模型推估結果的影響情形。說明如下：

1. 排放係數資料分析

現階段除了少數替代能源車輛排放係數有英國本土資料(如：混合燃料巴士)，多數替代能源車輛的排放係數係參考歐洲、美國等國家研究機構的模型推估值，以車種、替代能源技術、燃料等為類別進行資料蒐集。

針對排放係數資料存在諸多不確定性，進一步參考蒐集到的排放係數資料，據以設定低、中、高三個水準值，來瞭解各機構替代能源車輛排放係數數據的分散情形；對於無法蒐集到資料者，則假設該類替代能源車輛排放係數的低、中、高三個水準均與傳統能源車輛相同(圖 1、表 4)。



資料來源：BEIS (2018)。

圖 1 2017 年英國替代能源車輛 CO₂ 排放係數

表 4 英國油電混合轎車排放係數(以中水準值為例)

Vehicle	Technology	Fuel	Road	Euro standard	CO ₂ g/vkm	N ₂ O g/vkm	CH ₄ g/vkm	NO _x g/vkm	PM ₁₀ g/vkm
car	hybrid	petrol	urban	Euro 4	100.40	0.0005	0.0214	0.0250	0.0213
car	hybrid	petrol	rural	Euro 4	104.91	0.0003	0.0013	0.0210	0.0010
car	hybrid	petrol	motorway	Euro 4	135.42	0.0000	0.0025	0.0180	0.0012
car	hybrid	petrol	urban	Euro 5	98.70	0.0018	0.0214	0.0200	0.001
car	hybrid	petrol	rural	Euro 5	98.70	0.0003	0.0013	0.0140	0.0010
car	hybrid	petrol	motorway	Euro 5	98.70	0.0000	0.0025	0.0090	0.0010
car	hybrid	petrol	urban	Euro 6	84.00	0.0005	0.0214	0.0000	0.0000
car	hybrid	petrol	rural	Euro 6	98.70	0.0003	0.0013	0.0210	0.0113
car	hybrid	petrol	motorway	Euro 6	98.70	0.0002	0.0025	0.0180	0.0070

資料來源：DECC (2011)。

2. 車利用率敏感度分析

對於目前各單位進行替代能源車輛排放推估的情境假設、情境方案等皆有所不同，以致排放量估計結果無法作為各單位模型評估比較之用，進行替代能源車輛利用率敏感度分析，藉由參考各單位排放量估計結果所反映出的替代能源車輛利用率假設，據以評估各單位模型評估差異。

以插入式油電混合車為例，運輸部、氣候變遷委員會與 E4Tech 公司估計 2030 年插入式油電混合車 CO₂ 排放量，分別為 980.6、5332.7 與 2030.1 千公噸，可推得目前各單位的替代能源車輛利用率假設值差異頗大(表 5)。

表 5 英國插入式油電混合車 CO₂ 排放量估計結果

	2015	2020	2025	2030
DfT projection	1.9	55.7	330.2	980.6
CCC 4 th budget review	39.3	393.4	1,892.6	5,332.7
E4Tech A	48.7	92.6	995.6	2,030.1

資料來源：DECC (2011)。

四、結論

為達成碳預算目標，推動替代能源車輛發展是近年來英國運輸部門朝低碳化轉型的主要政策之一。近年來英國商業、能源暨產業策略部逐步規劃將替代能源車輛納入運輸部門能源消費與溫室氣體減量評估，其中建構活動量資料，研擬能源消費與排放係數，以及進行排放量估計等。

近年來我國運輸部門亦積極推廣替代能源車輛的使用，實有必要瞭解替代能源車輛納入能源需求與溫室氣體排放評估的方式。有關英國進行替代能源車輛能源消費與溫室氣體排放評估，值得我國參考的做法如下：

(一)及早建構替代能源車輛活動量資料，以利未來排放量分析

英國商業、能源暨產業策略部早於 2011 年委開始進行活動量資料建構，作為排放量推估基礎。其中，英國運輸部負責調查各類替代能源車輛登記數量，並持續納入新型替代能源車輛數資料，以確實掌握各類替代能源車輛使用占比；英國氣候變遷委員會與運輸部等逐步進行活動量情境分析，據以推估未來替代能源車輛占比。

(二)採取多元的基礎資料分析方式，以確保排放量估計合理性

針對短期內尚缺乏完整的替代能源車輛相關實測資料，部分基礎資料係透過適度簡化架設，或透過國外專業機構公布資料而得，為確保排放量估計的合理性，英國採取多元的資料分析方式，包括參考蒐集到的排放係數資料，據以設定低、中、高水準值，以測定基礎資料離散程度；並進行替代能源車輛利用率敏感度分析，據以探討排放量估計的不確定性。

參考文獻

1. DECC (2011), A review of data and methods to calculate greenhouse gas emissions from alternative fuel transport
2. BEIS (2018), Second review of data and methods to calculate greenhouse gas emissions from alternative fuel transport