



統計應用分析報告

臺北市推行綠色運輸之 環境品質效益初探

鄭茜云

編號：108-02



臺北市政府主計處

108年7月

摘要

空氣品質一直是政府及民眾所關心的議題，改善空氣品質是各縣市政府施政的重要目標，臺北市雖無大型工廠，但境外影響及交通運具的廢氣，仍對空氣品質帶來不少的損害。我們無法控制境外空氣帶來的影響，但在交通廢氣部分，可透過相關綠色運輸政策進行改善，其中大眾運輸定期票的政策是去(107)年熱門的話題，本研究希望能夠將此政策對空氣品質的效益貨幣化，以了解其帶來的效益。

觀察近年 AQI 指標，相較於其他五都，臺北市的空氣品質是相對良好，而多數的附屬指標濃度也是逐漸下降，與其他城市相較臺北市是宜居城市首選。另由臺北市民眾使用運具的情況觀察，機車登記數逐年減少，自用小客車雖增加，但使用油電混和的比例逐漸增加，在兼用其他運具時，民眾多願意選擇對環境較友善的大眾運輸工具，且因捷運路線逐漸完善，使用人次也節節升高。

透過臺北市私人運具特性推算大眾運輸移轉運量，估算出在推出大眾運輸定期票政策後，初步推估願意改搭乘捷運的人次對臺北市空氣品質的貢獻。通常效益評估是以地區性的污染源 NO_x 及 SO_x 為主，另 CO_2 也是國內外研究的焦點，本研究估計這三種物質排放減量部分，共減少 694 萬公斤，若將排放減量貨幣化，總貨幣效益估計為 2,277 萬元。

由於本研究僅針對政策所帶來的私人運具使用者改搭捷運後對空氣品質改善的效益進行估計，若能考量政策實施所投入的成本，將可透過成本效益比¹更了解該政策的成效。另外，若能更進一步對民眾進行相關政策的使用情形調查，將獲得更詳盡的使用者資訊，有助於提升後續估計結果品質。

¹ 成本效益比=政策效益÷投入成本

目次

壹、前言.....	1
貳、空氣品質概況.....	1
一、空氣品質指標(AQI).....	1
二、六都空氣品質概況.....	2
三、臺北市空氣品質指標概況.....	4
參、臺北市綠色運輸政策及運量概況.....	7
一、淺談綠色運輸政策.....	7
二、臺北市日常運具使用概況.....	9
肆、空氣污染減量效益分析.....	13
一、效益分析簡介.....	13
二、效益分析估計.....	18
伍、結論與建議.....	23
一、結論.....	23
二、建議.....	24
陸、參考資料.....	25
柒、附錄.....	27
附錄 1 臺北地區車輛排放係數.....	27
附錄 2 二氧化碳損害成本參數建議值.....	28

表目次

表 1	六都 AQI 日數比率	4
表 2	臺北市自用小客車登記數—按使用燃料別	11
表 3	臺北市自用小客車駕駛人兼用其他運具概況	11
表 4	臺北市機車駕駛人兼用其他運具概況	12
表 5	空氣污染損害參數估計	15
表 6	自用小客車及機車 NO _x 及 SO _x 排放係數	16
表 7	107 年臺北市及全國汽機車密度	16
表 8	自用小客車及機車 CO ₂ 排放係數	17
表 9	二氧化碳損害參數	18
表 10	定期票政策前後臺北市捷運營運概況	20
表 11	私人運具使用特性及移轉運量	21
表 12	機車移轉運量-按行程別	21
表 13	空氣污染及二氧化碳排放減量成效	22
表 14	空氣污染及二氧化碳排放減少貨幣化效益	22

圖目次

圖 1	空氣品質指標(AQI)與健康影響表	2
圖 2	臺北市與五都 AQI 平均值	3
圖 3	臺北市 O ₃ 平均濃度.....	4
圖 4	臺北市 PM _{2.5} 平均濃度.....	5
圖 5	臺北市 CO 平均濃度.....	5
圖 6	臺北市 SO ₂ 平均濃度	6
圖 7	臺北市 NO ₂ 平均濃度.....	6
圖 8	臺北市 CO ₂ 平均濃度.....	7
圖 9	臺北市自用小客車及機車登記數	10
圖 10	臺北市公共運輸客運人次	13
圖 11	空氣污染及二氧化碳減量效益估計流程圖	19

臺北市推行綠色運輸之環境品質效益初探

壹、前言

不良的空氣品質不但威脅民眾之健康，也衝擊全球氣候，而影響空氣品質的因素很多包括工廠廢氣、境外影響等，而交通運具排放的廢氣也是其中之一。臺北市為達成永續城市願景，推出各式綠色運輸政策，希望透過日常生活中的小改變，進而改善環境及空氣的品質。相關政策裡最讓大家熟知的是民國 107 年 4 月大眾運輸定期票²的政策，究竟此這政策可對改善空氣品質帶來多少的效益？是本研究關注的議題。

由於環境的外部效益或損害非市場價值可以估測，須透過效益分析來衡量，在選定合理的空氣污染排放係數後，觀察政策前後運具行駛里程移轉量，估計空氣污染物的增減量，並將相關的損益轉換成貨幣單位，以推估政策執行所帶來的經濟效益。

本文首先將觀察臺北市近年的空氣品質概況，介紹相關的綠色運輸政策及目前臺北市常用運具的使用情形，接著簡介效益分析，最後推估定期票政策所帶來的效益。

貳、空氣品質概況

依據空氣中污染物濃度高低對民眾身體及社會福祉的影響，行政院環境保護署(以下簡稱為環保署)編製相關的空氣品質指標，以評估目前空氣品質的標準。本章將介紹目前常用之空氣品質指標，並比較六都近年空氣品質，進而觀察臺北市近十年各項副指標的變化。

一、空氣品質指標(AQI)

環保署為與國際接軌，自民國 105 年 12 月 1 日起將原有空氣污

²於儲值票卡有效期間內可不限次數搭乘臺北捷運、淡海輕軌、臺北市聯營公車及新北市市區公車(僅限段次計費路線，不含里程收費公車)，並可享臺北市境 YouBike 借車前 30 分鐘免費優惠(須先註冊)。

染指數(Pollutant Standards Index, PSI)及細懸浮微粒(PM_{2.5})，整合為空氣品質指標(Air Quality Index, AQI)，將監測資料中的臭氧(O₃)、細懸浮微粒(PM_{2.5})、懸浮微粒(PM₁₀)、一氧化碳(CO)、二氧化硫(SO₂)及二氧化氮(NO₂)濃度等數值，依其對人體健康的影響程度，分別換算出不同污染物之副指標值，再以當日各副指標之最大值為該測站當日之空氣品質指標值，其共分為 6 等級，分別是 0-50，良好、綠；51-100，普通、黃；101-150，對敏感族群不良、橘；151-200，對所有族群不良、紅；201-300，非常不良、紫；301-500，危害、褐紅色。(詳圖 1)

圖 1 空氣品質指標(AQI)與健康影響表

空氣品質指標 (AQI)	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
對健康影響與活動建議	良好	普通	對敏感族群不健康	對所有族群不健康	非常不健康	危害
	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
狀態色塊	綠	黃	橘	紅	紫	褐紅
人體健康影響	空氣品質為良好，污染程度低或無污染。	空氣品質普通；但對非少數之極敏感族群產生輕微影響。	空氣污染物可能會對敏感族群的健康造成影響，但是對一般大眾的影響不明顯。	對所有人的健康開始產生影響，對於敏感族群可能產生較嚴重的健康影響。	健康警報：所有人都可能產生較嚴重的健康影響。	健康威脅達到緊急，所有人都可能受到影響。

資料來源：行政院環境保護署。

二、六都空氣品質概況

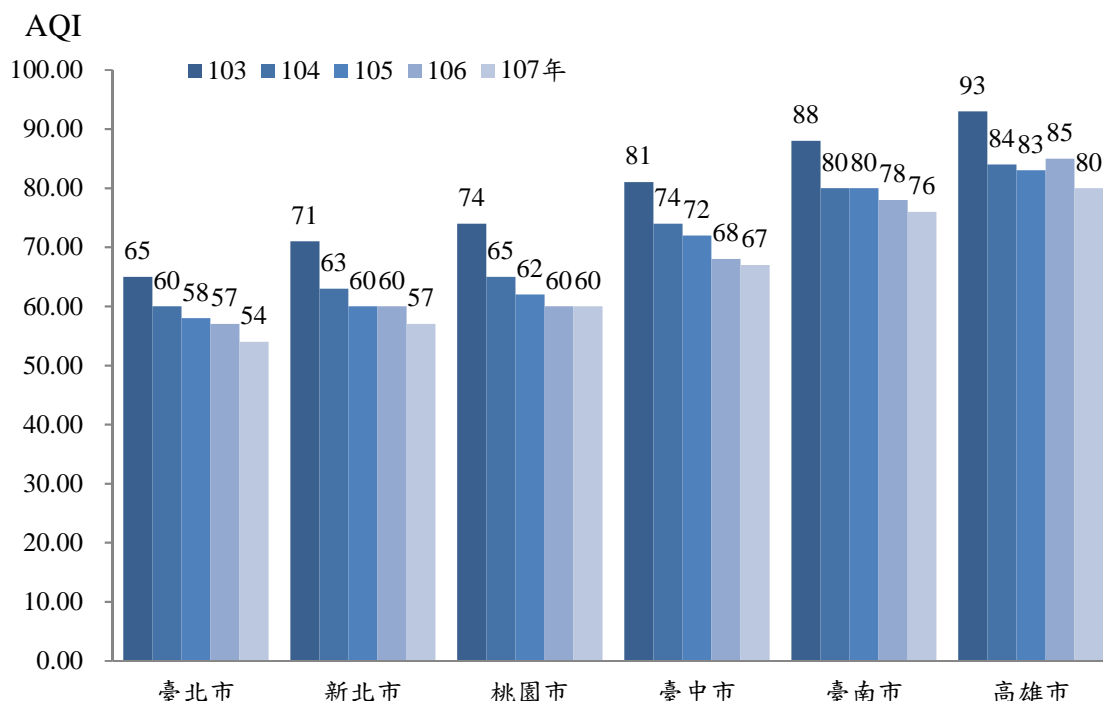
臺北市民國 103 年至 107 年之 AQI 年平均值由 65 逐年下滑至 54，且 107 年 AQI 日數普通以上等級(AQI ≤ 100)比重達 95.89%，若與六都空氣品質相較，結果如下：

(一)六都 AQI 平均變化

觀察六都民國 103 年至 107 年空氣品質 AQI 變化情形，各都空氣品質指標年平均大致往良好的級距變動，若以 107 年與 103 年比較，各都空氣品質 AQI 降幅比率，以新北市降 19.72% 最多，其次為桃園市降 18.92%，第 3 為臺中市降 17.28%，而臺北市降幅為 16.92%。(詳圖 2)

另就民國 107 年 AQI 平均值來看，以臺北市年均值 54 為最低，新北市次之年均值 57，桃園市居第 3 位年均值 60，而以高雄市年均值 80 最高，也就是北部地區空氣品質相對較佳。(詳圖 2)

圖 2 臺北市與五都 AQI 平均值



資料來源：行政院環境保護署。

(二)107 年六都各等級 AQI 日數

民國 107 年六都空氣品質各等級日數占比，普通以上等級 (AQI ≤ 100) 以臺北市 95.89% 為最多，其次為新北市 92.91%；而屬對健康不良及有害者 (AQI > 100)，以高雄市 32.07% 為最多，其次為臺南市占 23.63%。綜觀以上，影響人體健康的日數占比以臺北市的最低，顯示臺北市相較其他五都空氣品質佳。(詳表 1)

表 1 六都 AQI 日數比率

107 年

單位：%

區域	普通以上等級		對健康不良及有害等級			
	0~50	51~100	101~150	151~200	201~300	301~500
臺北市	54.41	41.48	3.51	0.60	0.00	0.00
新北市	50.72	42.19	6.27	0.82	0.00	0.00
桃園市	44.75	45.85	8.72	0.69	0.00	0.00
臺中市	42.14	41.92	13.81	2.14	0.00	0.00
臺南市	31.44	44.93	19.86	3.77	0.00	0.00
高雄市	30.52	37.41	26.58	5.28	0.21	0.00

資料來源：行政院環境保護署。

三、臺北市空氣品質指標概況

就臺北市近十年空氣污染指標內各項空氣污染源及溫室效應污染源進行觀察，變化趨勢如下：

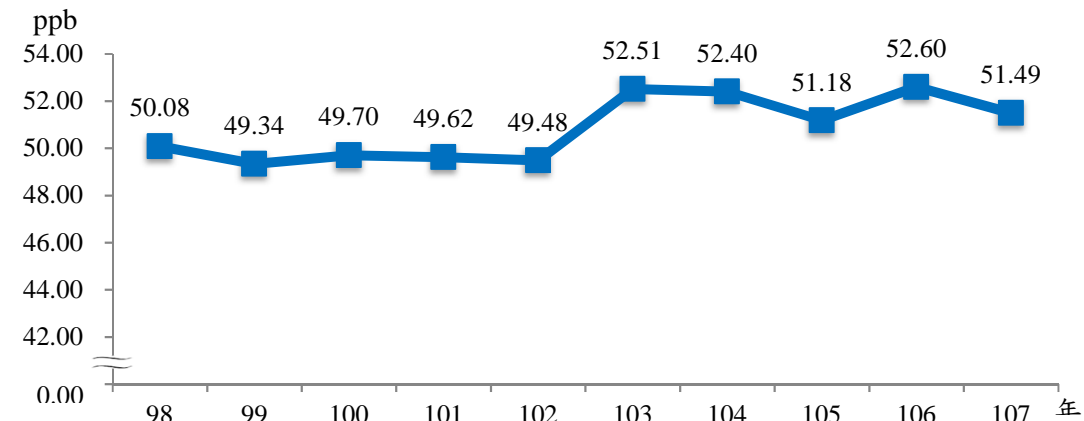
(一)空氣污染源

1. 臭氧(O₃)³

觀察臺北市近十年內 O₃ 平均濃度變化，民國 102 年以前平均濃度在 49ppb 至 51ppb 間微幅波動，至 103 年以後，每年皆超過 51ppb，107 年 51.49ppb，與 98 年相較增加 2.82%。

(詳圖 3)

圖 3 臺北市 O₃ 平均濃度



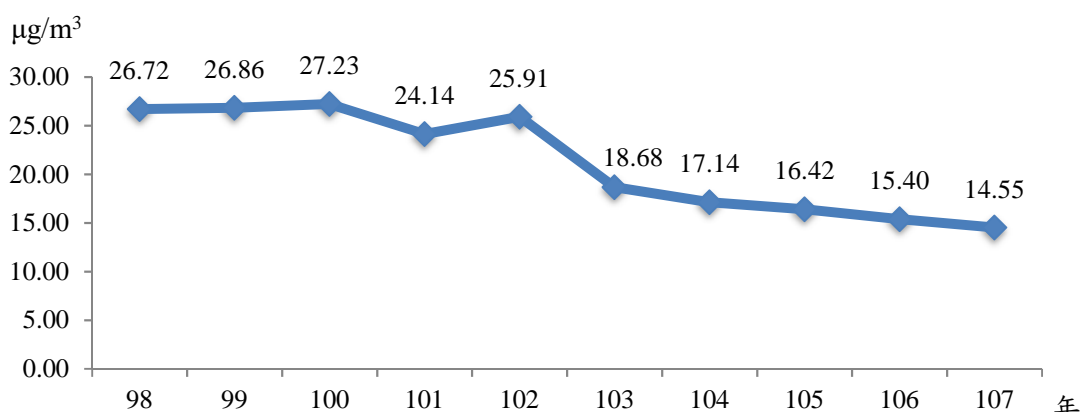
資料來源：行政院環境保護署。

³ 臭氧(O₃)是一種由氮氧化物、反應性碳氫化合物及強烈的日光照射後產生的二次污染物。具強氧化力，對呼吸系統具刺激性，能引起咳嗽、氣喘、頭痛、疲倦及肺部之傷害。

2. 細懸浮微粒(PM_{2.5})⁴

PM_{2.5} 平均濃度近十年來大致呈現下降的趨勢，由民國 98 年 26.72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，下降至 107 年 14.55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，首度低於國家品質標準的 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，相較 98 年減少 45.55%。(詳圖 4)

圖 4 臺北市 PM_{2.5} 平均濃度

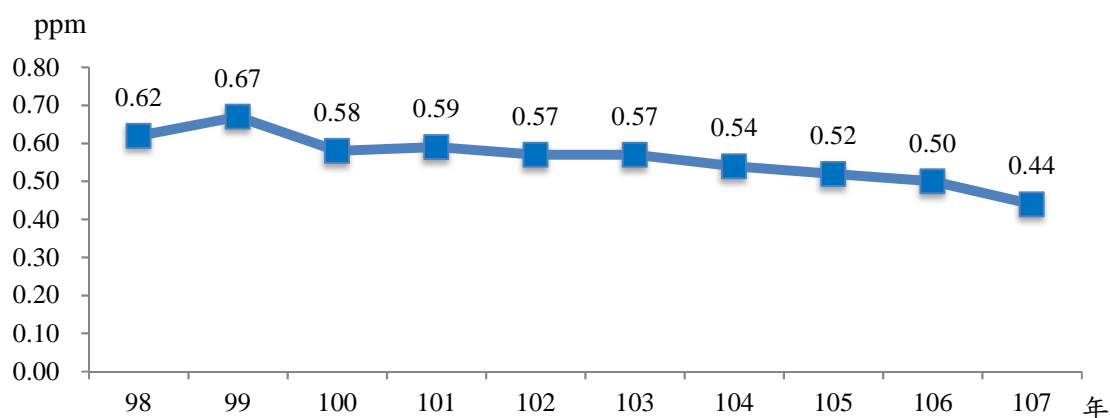


資料來源：行政院環境保護署。

3. 一氧化碳(CO)⁵

CO 平均濃度近十年來同樣呈現下降的趨勢，由民國 98 年 0.62ppm，減少至 107 年 0.44ppm，共減少 29.03%。(詳圖 5)

圖 5 臺北市 CO 平均濃度



資料來源：行政院環境保護署。

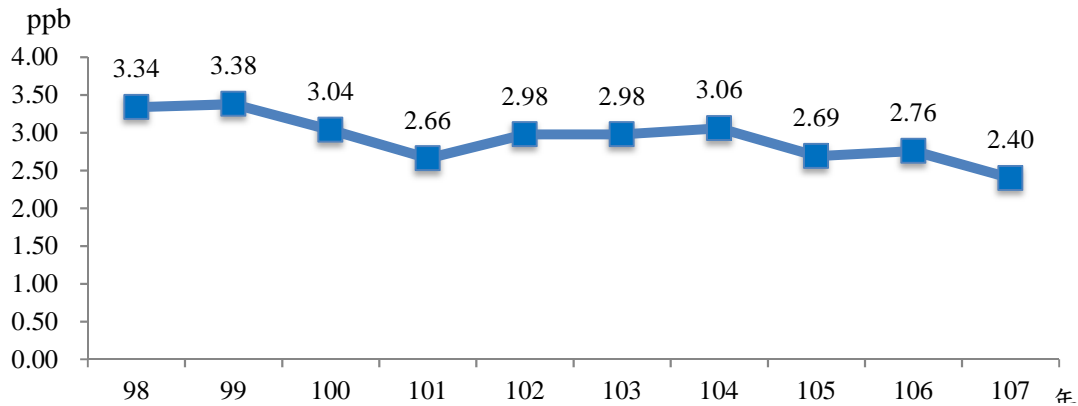
⁴ 細懸浮微粒(PM_{2.5})是指粒徑小於 2.5 微米的粒子，由於體積微小，較懸浮微粒(PM₁₀)更容易深入人體肺部，也易吸附著有毒物質如二氧化硫，對人體影響更為顯著。

⁵ 一氧化碳(CO)是一種無色、無味、無臭、無刺激性的氣體，經由人為的和自然的燃燒碳不完全時所產生，其中最主要的人為來源是汽機車等機動車輛所排放的廢氣。

4. 二氧化硫(SO₂)⁶

SO₂ 平均濃度近十年來大致呈現下降的趨勢，民國 101 年下降為 2.66ppb 後，因受境外移入等影響，102 年上升至 2.98ppb，105 年始下降，截至 107 年 SO₂ 下降至 2.40ppb，近十年來減少 28.14%。(詳圖 6)

圖 6 臺北市 SO₂ 平均濃度

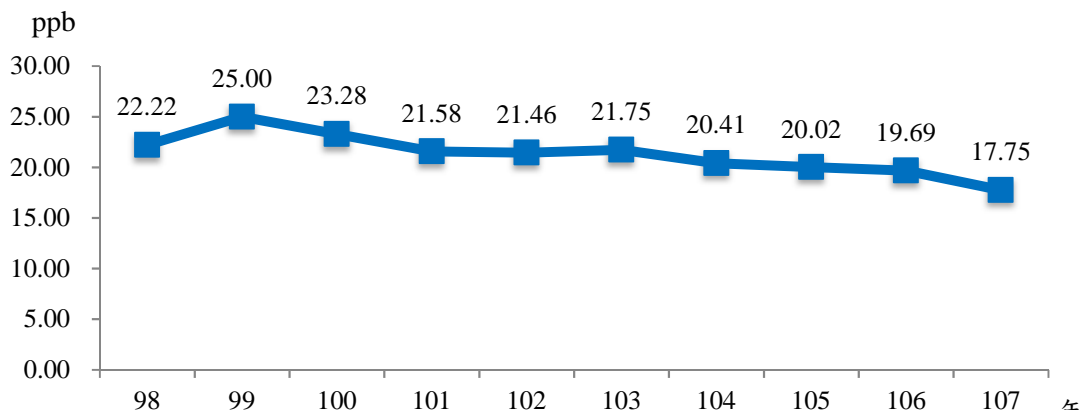


資料來源：行政院環境保護署。

5. 二氧化氮(NO₂)⁷

NO₂ 平均濃度變化近十年也大致呈現下降的趨勢，除民國 99 年曾上升至 25.00ppb 外，其餘年度皆低於 24.00ppb，而 107 年 NO₂ 為 17.75ppb，為近十年來最低，相較 98 年減少 20.12%。(詳圖 7)

圖 7 臺北市 NO₂ 平均濃度



資料來源：行政院環境保護署。

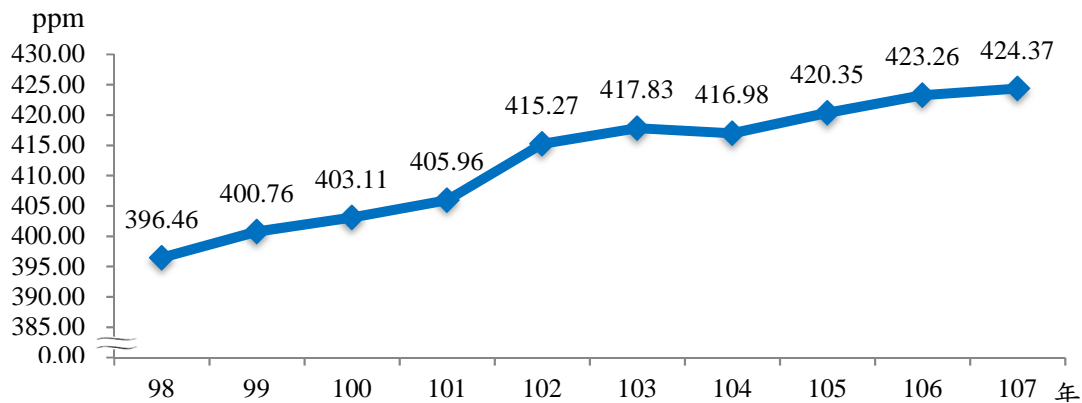
⁶ 二氧化硫(SO₂)是一種無色且有刺激味的氣體，會在電廠發電過程中燃燒煤礦或石油時產生。特性易溶於水，與水反應為亞硫酸，於空氣中可氧化成亞硫酸，為引起酸雨的主要物質之一。

⁷ 二氧化氮(NO₂)是一種氮氣和氧氣所組成的氣體混合物，在陽光下會與其他化學物質的反應產物組成硝酸，是酸雨的主要成分。NO₂也會和陽光反應，其產物主要是臭氧及煙霧組成。

(二)溫室效應污染源⁸

CO₂ 平均濃度近十年來呈現增加的趨勢，由民國 98 年 396.46ppm，逐漸攀升至 107 年 424.37ppm，為近十年來新高，增加 7.04%。(詳圖 8)

圖 8 臺北市 CO₂ 平均濃度



資料來源：行政院環境保護署。

參、臺北市綠色運輸政策及運量概況

為朝永續城市邁進，進一步改善生活環境及空氣品質，臺北市推出一系列綠色運輸政策，本章將摘述近年之政策，並觀察臺北市日常運具使用的概況。

一、淺談綠色運輸政策

臺北市交通與降低汽機車之政策持續採「推拉並進」策略，除鼓勵民眾使用綠色運輸⁹外，同時反映私人運具使用成本，逐步減少私人運具使用量，進而提升綠色運輸使用率，以達民國 111 年臺北市綠運輸市占率¹⁰70%之目標。其中，「拉力」為提升公共運輸品質並導引使用公共運輸，包含推動幹線公車及轉乘優惠、實施大眾運

⁸ 二氧化碳(CO₂)是一種無色、無味、不可燃且微酸性的液化氣體，通常是由燃燒有機化合物、細胞的呼吸作用、微生物發酵作用等所產生。CO₂ 密度較空氣大，當 CO₂ 少時對人體無危害，但其超過一定量時會嚴重影響人的呼吸，因人體吸入過量 CO₂，會使血液中的碳酸濃度增大，酸性增強，而產生酸中毒。

⁹ 「綠色運輸」是指以環境永續發展為基礎，使用低污染或零污染能源的運輸系統，一般涵括「公共運輸系統」、「自行車及步行」與「低污染運具」等。

¹⁰ 「綠運輸市占率」係指所有旅次使用到的運具次數中使用「公共運輸系統」及「非機動運具(自行車及步行)」次數所占比率。

輸定期票及提供 YouBike 轉乘大眾運輸優惠等；「推力」係以私人運具管理措施減少私人機動運具使用，包含鄰里交通環境改善、汽車停車格收費及商圈機車停車管理等，僅就近年相關綠色運輸政策摘述如下：

(一)推動幹線公車及轉乘優惠

幹線公車以「類捷運」的概念推動，主要行駛於臺北市重要幹道，平日尖峰 4-6 分鐘就 1 班車，以高密度班次服務，提升公車便利性。幹線公車提供轉乘優惠，幹線公車與雙北市區公車間轉乘，可以享有全票優惠 8 元、學生票優惠 6 元及優待票優惠 4 元等優惠措施，截至民國 107 年 4 月底已完成 8 橫 8 縱 16 線幹線公車。

(二)實施大眾運輸定期票

為了鼓勵市民多使用綠色運輸，於民國 107 年 4 月 16 日推出公共運輸定期票，只要 1,280 元，30 日內不限搭乘次數，搭乘臺北捷運、雙北公車及使用 YouBike 前 30 分鐘免費。透過單一票價之定期票的發售，回饋長期使用捷運、公車等公共運輸通勤之民眾，深化使用公共運輸的習慣，降低通勤者交通成本，改變使用者之運具選擇模式，達到降低私人運具使用數量及提升公共運輸使用之雙重效果。截至民國 108 年 2 月底已累計設定 277 萬次定期票，續購率達 94%，平均每日有效卡數 29 萬張。

(三)提供 YouBike 轉乘大眾運輸優惠

民國 106 年底全市 YouBike 已達設置 400 站的目標，在市區幾乎只要步行 5 到 10 分鐘便有 1 處 YouBike 租賃站，107 年 4 月 1 日起增加轉乘優惠，民眾在臺北市借車，並在雙北市內站點完成還車，可享 1 小時內雙向轉乘捷運、公車 5 元優惠；若是先搭捷運或公車，則可免費騎乘 30 分鐘的 YouBike。

(四)鄰里交通改善

為建立人本、文明的城市，提供安全舒適的行走空間及維持良好停車秩序，推動鄰里交通改善計畫，增繪標線型人行道，截至民國 108 年 3 月底止已完成 326 個里，預計 108 年完成全市 456 里規劃，109 年 456 里完工；另將持續實施機車退出騎樓或人行道，檢討合理停車空間，以建立以人為本的綠色運輸環境。

(五)汽車停車格收費

為提升綠色運輸使用比率，同時合理反映私有運具使用成本，全面進行全市路邊汽車停車格收費，並以每年增加 3,700 汽機車路邊收費停車格為目標。

(六)機車停車管理

為有效改善機車停車秩序，並提高停車周轉率，檢討停車需求較高之區域，第一階段於商圈實施機車停車收費，第二階段於捷運站周邊實施，第三階段將於臺北市幹道實施，並以全市路邊機車停車收費為目標。目前全市共士林夜市、西門商圈、光華商圈及信義商圈等 11 處商圈實施機車停車收費。

二、臺北市日常運具使用概況

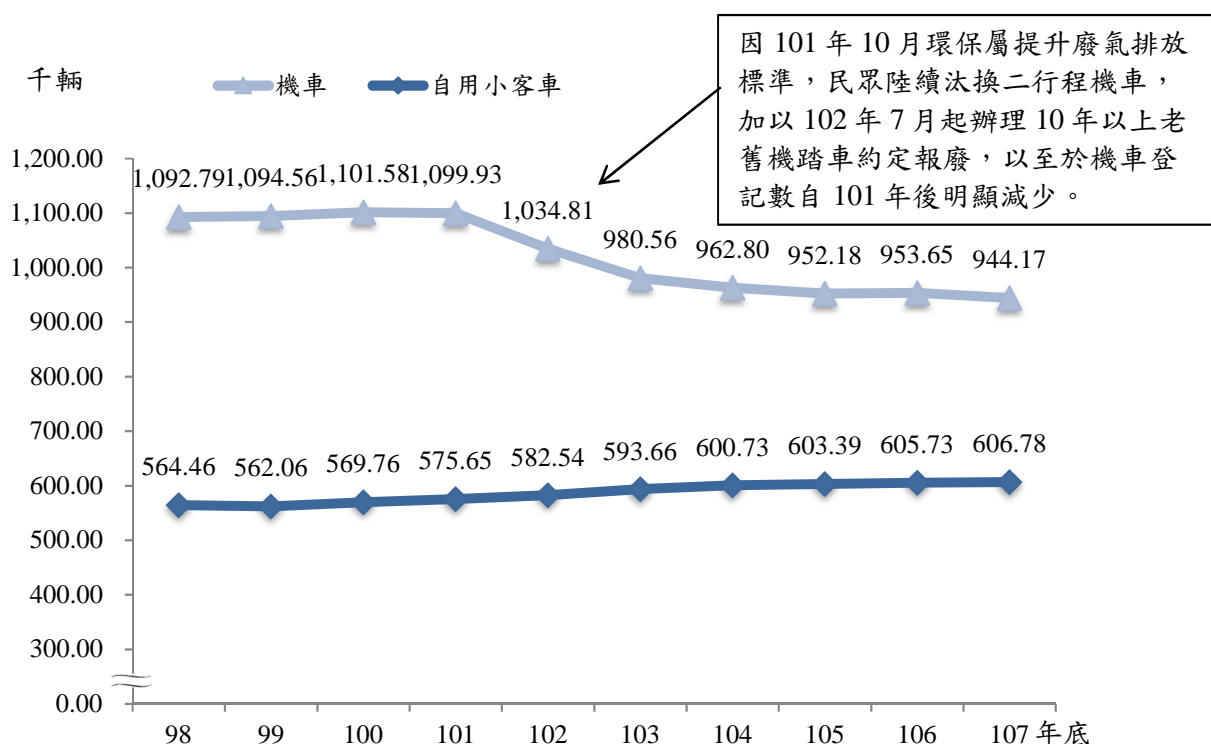
目前臺北市民眾較常使用之運具包含自用小客車、機車及公共運輸工具，以下觀察各運具近年使用之情況：

(一)自用小客車及機車使用概況

1.自用小客車及機車登記數

觀察臺北市民國 98 年至 107 年自用小客車及機車登記數，發現自用小客車登記數變動不大，98 年為 56 萬 4,458 輛成長至 107 年的 60 萬 6,777 輛，十年來僅成長 7.50%；機車至 101 年後開始下滑，登記數由 98 年的 109 萬 2,788 輛，減為 94 萬 4,171 輛，十年減少 13.68%。(詳圖 9)

圖 9 臺北市自用小客車及機車登記數



資料來源：交通部公路總局。

若就自用小客車使用燃料別來看，民國 101 年起增列「柴油」車、「汽油、電能¹¹」車、「電能」車及「柴油、電能¹²」等 4 種類別，其中「柴油」車民國 101 年至 107 年間，增加 1 萬 4,485 輛為最多，其次為「汽油、電能」車，增加 9,225 輛，「電能」車增加 304 輛，可見民眾逐漸願意使用較具環保的自用小客車。(詳表 2)

2. 駕駛人兼用其他運具概況

根據交通部自用小客車使用狀況調查，民國 99 年至 105 年自用小客車駕駛兼用其他交通工具的比例皆超過 8 成，且因捷運路網逐漸完成及公共自行車廣設租借站，致兼用公共運輸工具及自行車等運具呈增加的趨勢，105 年計有 88.00%

¹¹ 「汽油、電能」：車輛同時使用「汽油」及「電能」，且主要驅動方式為汽油。

¹² 「柴油、電能」：車輛同時使用「柴油」及「電能」，且主要驅動方式為柴油。

表 2 臺北市自用小客車登記數—按使用燃料別

單位：輛

年底別	總計	汽油	柴油	電能	汽油、LPG ¹³	汽油、電能	柴油、電能
101	575,653	555,018	15,186	10	695	4,744	-
102	582,537	556,635	17,966	11	700	7,220	5
103	593,661	561,712	21,321	16	683	9,909	20
104	600,733	564,237	24,454	27	659	11,324	32
105	603,391	562,882	27,050	38	639	12,745	36
106	605,734	562,049	28,727	221	585	13,848	37
107	606,777	561,160	29,671	314	520	13,969	38

資料來源：交通部公路總局。

的小客車駕駛人有兼用其他交通工具，而兼用的運具中，公共運輸工具及自行車等綠色運輸占比超過 5 成。(詳表 3)

至於機車駕駛的部分，根據機車使用狀況調查有兼用其他交通工具有 8 成 4 以上的比例，民國 105 年有 87.1% 的機車駕駛有兼用其他交通工具，其中公共運輸工具及自行車等綠色運輸的占比均超過 6 成，顯示多數民眾在兼用其他運具上是選擇對環境較友善的交通工具(詳表 4)。

表 3 臺北市自用小客車駕駛人兼用其他運具概況

單位：%

年別	無兼用其他交通工具	有兼用其他交通工具					
		占比					
		機車	公共運輸工具	計程車	自行車	其他	
99	18.2	81.8	49.3	41.8	4.5	4.2	0.2
101	12.2	87.8	47.5	44.0	3.3	4.7	0.5
103	12.7	87.3	44.2	46.5	3.9	5.2	0.1
105	12.0	88.0	44.7	46.4	3.5	5.1	0.2

資料來源：交通部統計處。

¹³ 「汽油/LPG」：車輛同時使用「汽油」及「液化石油氣 LPG」，且主要驅動方式為汽油。

表 4 臺北市機車駕駛人兼用其他運具概況

單位：%

年別	無兼用其他 交通工具	有兼用其他交通工具				
		占比				
		自用小客車	公共運輸工具	自行車	其他	
98	15.5	84.5	36.0	56.6	4.2	3.3
100	15.8	84.2	33.5	64.5	1.9	0.1
103	15.2	84.8	37.1	59.5	3.0	0.4
105	12.9	87.1	33.4	63.0	3.0	0.5

資料來源：交通部統計處。

(二)臺北市公共運輸概況

觀察臺北市民國 98 年至 107 年公共運輸¹⁴客運人次，整體人次大致呈現增加的趨勢，由 98 年的 11 億 618 萬 2,730 人次，增加至 107 年的 12 億 4,386 萬 3,181 人次。

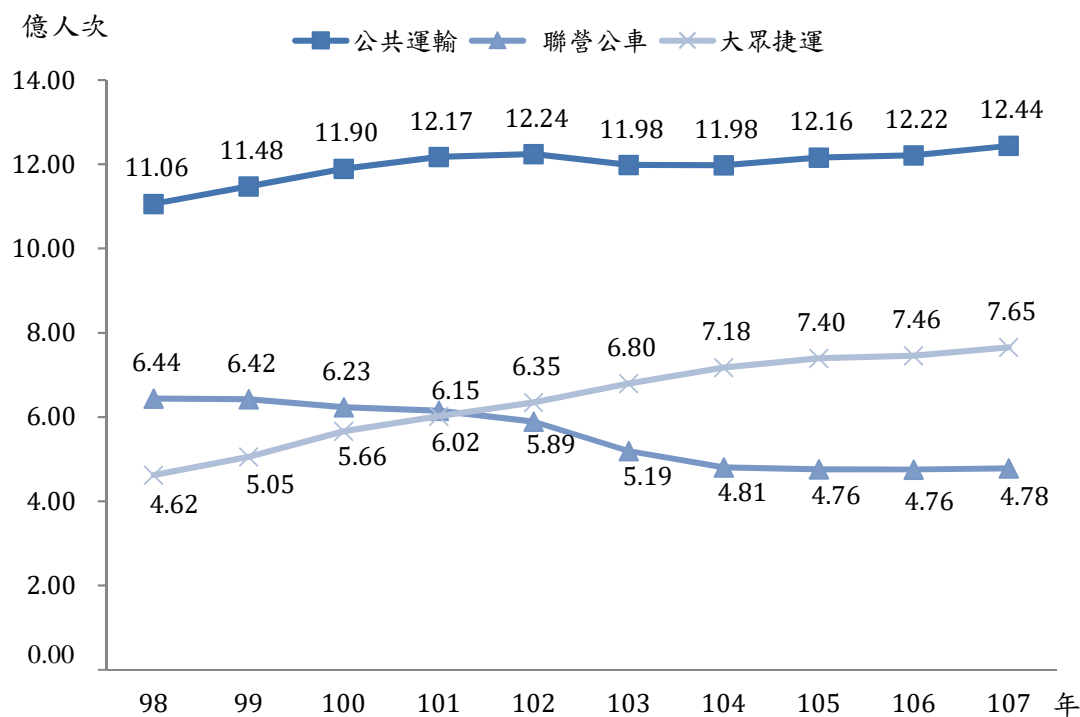
接著就聯營公車客運人次觀察，在民國 98 年至 106 年間搭乘聯營公車的人次逐年下降，107 年稍微回升至 4 億 7,839 萬 3,054 人次，但與 98 年 6 億 4,371 萬 379 人次相較，減幅 25.68%，主要原因為公車路網檢討，部分路線移至新北市，運量不計入統計，加以捷運網路日漸完善產生的替代效果所造成。

另大眾捷運客運人次，則與聯營公車運客人次相反，呈顯逐年增加，由 98 年的 4 億 6,247 萬 2,351 人次，增加至 107 年的 7 億 6,547 萬 127 人次，增加 65.52%，主要係因十年來，捷運網路逐漸成形營運站數由 82 站增加至 117 站，增幅達 42.68%。值得注意的是，107 年並未增加營運車站數及營運里程，但與 106 年相較，捷運客運人次仍增加 2.60%，表示民眾搭乘捷運意願提高。

(詳圖 10)

¹⁴ 此處公共運輸僅包含聯營公車及大眾捷運。

圖 10 臺北市公共運輸客運人次



資料來源：臺北市公共運輸處、臺北大眾捷運股份有限公司。

肆、空氣污染減量效益分析

屬非市場價值的環境外部效益或損害，其估測須透過效益分析才能將相關的損益轉換成貨幣單位，進而推估政策執行所帶來的經濟效益。本章將介紹效益分析，接著估計臺北市大眾運輸定期票政策所帶來之效益。

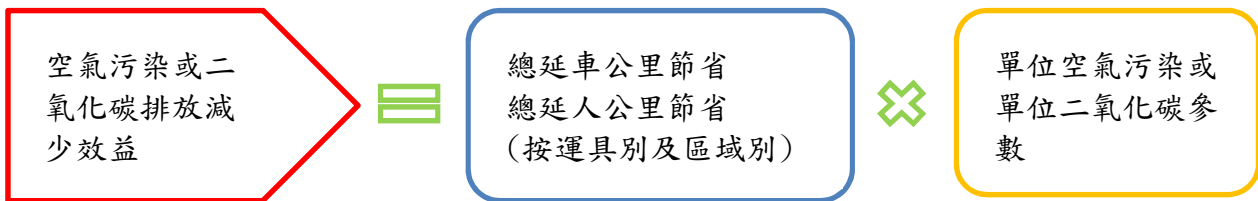
一、效益分析簡介

自民國 96 年起，交通部運輸研究所(以下簡稱運研所)開始辦理一系列交通建設計畫經濟效益評估作業的相關研究，討論如何用經濟理論分析衡量交通建設對於需求面、供給面及外部效果所帶來的效益，其中外部效果的部分，是指交通建設對環境衝擊的影響，通常在進行貨幣化的項目主要包括噪音、空氣品質與二氧化碳排放等，這些項目可透過使用者旅次的變化或運量的變化，搭配相關的參數，將這些項目帶來的影響貨幣化，衡量交通建設對環境所帶來

的效益。

(一)外部效益評估項目

根據運研所的研究，通常國內外評估交通建設外部效益時，主要會對空氣污染及二氧化碳排放這兩個主題進行討論，其中空氣污染部分在公路運輸產生的有害氣體包括 CO、NMHC¹⁵、SO₂、NO_x、CO₂ 及微粒物質等，但考量國內交通建設的實際情況，並綜合國外評估公路車輛空氣污染的外部性來看，通常外部效益評估的項目是以地區性的污染源 NO_x 及 SO_x 為主。另由於近年全球性的溫室氣體效應持續惡化，因此 CO₂ 排放所造成的外部損害也成為國內外研究的焦點，故後續分析的項目將針對 NO_x、SO_x 及 CO₂ 的效益進行評估。



(二)評估步驟

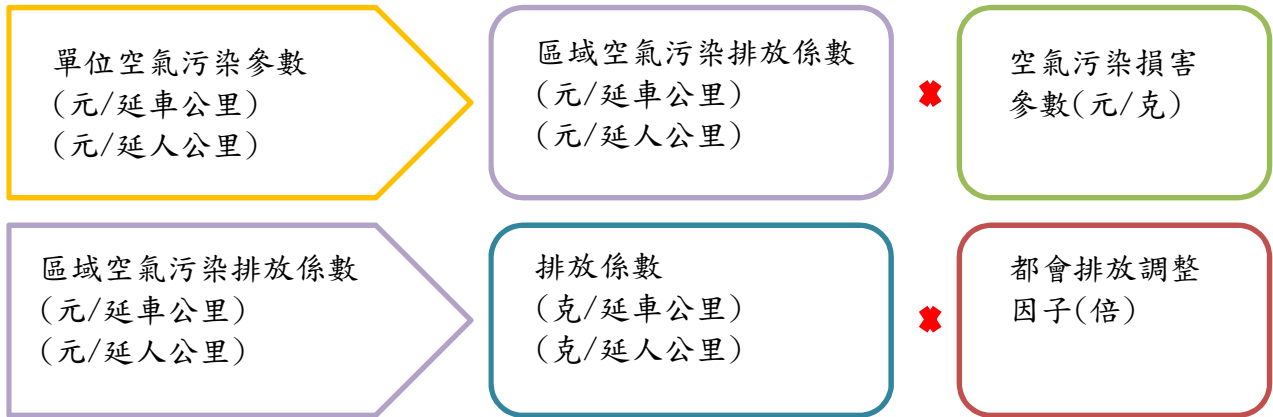
在運研所一系列交通建設計畫經濟效益評估報告裡，彙整國內外研究文獻所評估的空氣污染與二氧化碳排放等環境外部效果損害價值，再利用彙整結果選定合理的參數設定值，作為衡量我國交通建設外部效益貨幣化評估的基準。

由於 NO_x、SO_x 及 CO₂ 的外部效益產因，都是來自於交通市場需求面的使用者旅次或運具運量變化對環境所帶來的衝擊影響，因此可透這些旅次或運量變化，搭配相關的評估參數將這些

¹⁵NMHC：非甲烷碳氫化合物，除甲烷外，所有碳氫化合物的總稱，為光化學煙霧形成的主要物質，對大氣污染有重要的影響。

項目加以貨幣化。運研所交通建設計畫經濟效益評估手冊建議之評估步驟如下：

1. 空氣污染參數組成



(1) 空氣污染損害參數¹⁶

$$\text{損害參數} = \frac{\text{每人 GDP(美元)} \times \text{污染單位平均占比} \times \text{平均匯率(臺幣/美元)}}{1,000,000}$$

每人 GDP(美元)：採用行政院主計總處估計之民國 107 年平均每人 GDP 25,004 美元；

污染單位平均占比：是指 NO_x 及 SO_x 損害成本占每人 GDP 的比重，採用運研所之研究值，分別為 18.06% 及 45.09%¹⁷；

平均匯率(臺幣/美元)：採用中央銀行估算之「我國與主要貿易對手通貨對美元之匯率」，107 年平均匯率 30.16，損害參數估計計算結果如表 5。

表 5 空氣污染損害參數估計

單位：元/公克

污染物	參數估計
NO _x	0.136174
SO _x	0.339983

資料來源：本研究整理。

¹⁶ 參考交通部運研所，100 年行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用 P3-44。

¹⁷ 參考交通部運研所，107 年交通建設計畫經濟效益評估手冊與軟體更新，表 6.13-1。

(2) 排放係數

參考交通部民國 104 年民眾日常使運用具狀況調查資料所估算都會區自用小客車平均速率為約 40 公里/小時，而機車平均速率約 20 公里/小時。

另環保署為改善空氣品質及調查全臺空氣污染物排放量，自民國 81 年起建立空氣污染排放總量資料庫清冊系統 (Taiwan Emission Data System, TEDS)，內容包括固定污染源(點源、面源)及移動污染源(線源)之排放量。依據最近一期之 TEDS9.0 線源排放量推估手冊，得知臺北地區在自用小客車平均速率為 40 公里/小時及機車平均速率 20 公里/小時的排放係數如表 6。

表 6 自用小客車及機車 NO_x 及 SO_x 排放係數

單位：克/公里

污染物	車輛排放係數		
	自用小客車	二行程機車	四行程機車
NO _x	0.5189	0.0739	0.2108
SO _x	0.0010	0.0004	0.0004

資料來源：行政院環境保護署，TEDS9.0 線源排放量推估手冊。

(3) 都會排放調整因子

空氣污染源排放量的多寡會因汽車與機車車輛密度不同有所差異，故以區域內汽機車之車輛密度作為排放調整因子的設定。(詳表 7)

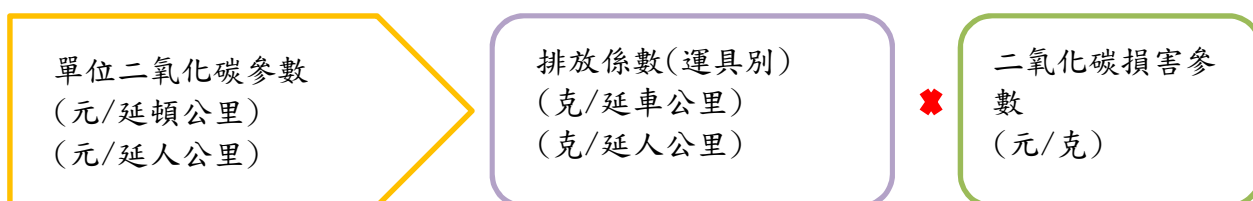
表 7 107 年臺北市及全國汽機車密度

項目		登記數 (輛)	土地面積 (平方公里)	密度 (輛/平方公里)
機車	全國	13,835,520	36,197	382
	臺北市	944,171	272	3,474
汽車	全國	8,035,720	36,197	222
	臺北市	813,751	272	2,994

資料來源：交通部、內政部。

$$\begin{aligned} \text{排放調整因子} &= \left[\frac{\text{臺北市平均汽車密度}}{\text{全國平均汽車密度}} + \frac{\text{臺北市平均機車密度}}{\text{全國平均機車密度}} \right] \div 2 \\ &= \left[\frac{3,474}{382} + \frac{2,994}{222} \right] \div 2 \\ &= 11.2872 \end{aligned}$$

2. 二氧化碳參數組成



(1) 碳排放係數

依運研所於民國 103 年公布對不同車種、道路類型及車速所建置車輛動態能耗及碳排推估模式，及 107 年所公布之最新動態能耗與碳排放係數表，在自用小客車平均速率為 40 公里/小時及機車平均速率 20 公里/小時情況下，對應之碳排放量如表 8。

表 8 自用小客車及機車 CO₂ 排放係數

單位：噸/公里

污染物	車輛排放係數	
	自用小客車	機車
CO ₂	0.00019837	0.000143995

資料來源：交通部運研所。

(2) 損害參數

運研所依溫室氣體減量及管理法中所定的值域界，搭配美國碳社會成本推估值(USG SCC estimates)的碳價格，作為二氧化碳排放損害成本參數的設定基礎，經過匯率及通膨係數轉換，推估出以 104 年為基礎，我國碳排放未來

35 年的價格，再依社會折現率¹⁸估算未來年幣值，查表 9 得知 107 年之二氧化碳損害參數為 483 元/噸。

表 9 二氧化碳損害參數

單位：元/噸

年期	104 年為基礎之幣值		各年度當年幣值	
	建議值 (元/噸)	高推估值 (元/噸)	建議值 (元/噸)	高推估值 (元/噸)
104	393	1,500	393	1,500
105	393	1,442	409	1,500
106	393	1,387	426	1,500
107	429	1,333	483	1,500
108	429	1,282	502	1,500
109	429	1,233	522	1,500

資料來源：交通部運研所，107 年「交通建設計畫經濟效益評估手冊與應用軟體更新」，本表係摘錄表 6.9-10 二氧化碳損害成本參數建議值，所有年期之預估之詳附錄二。

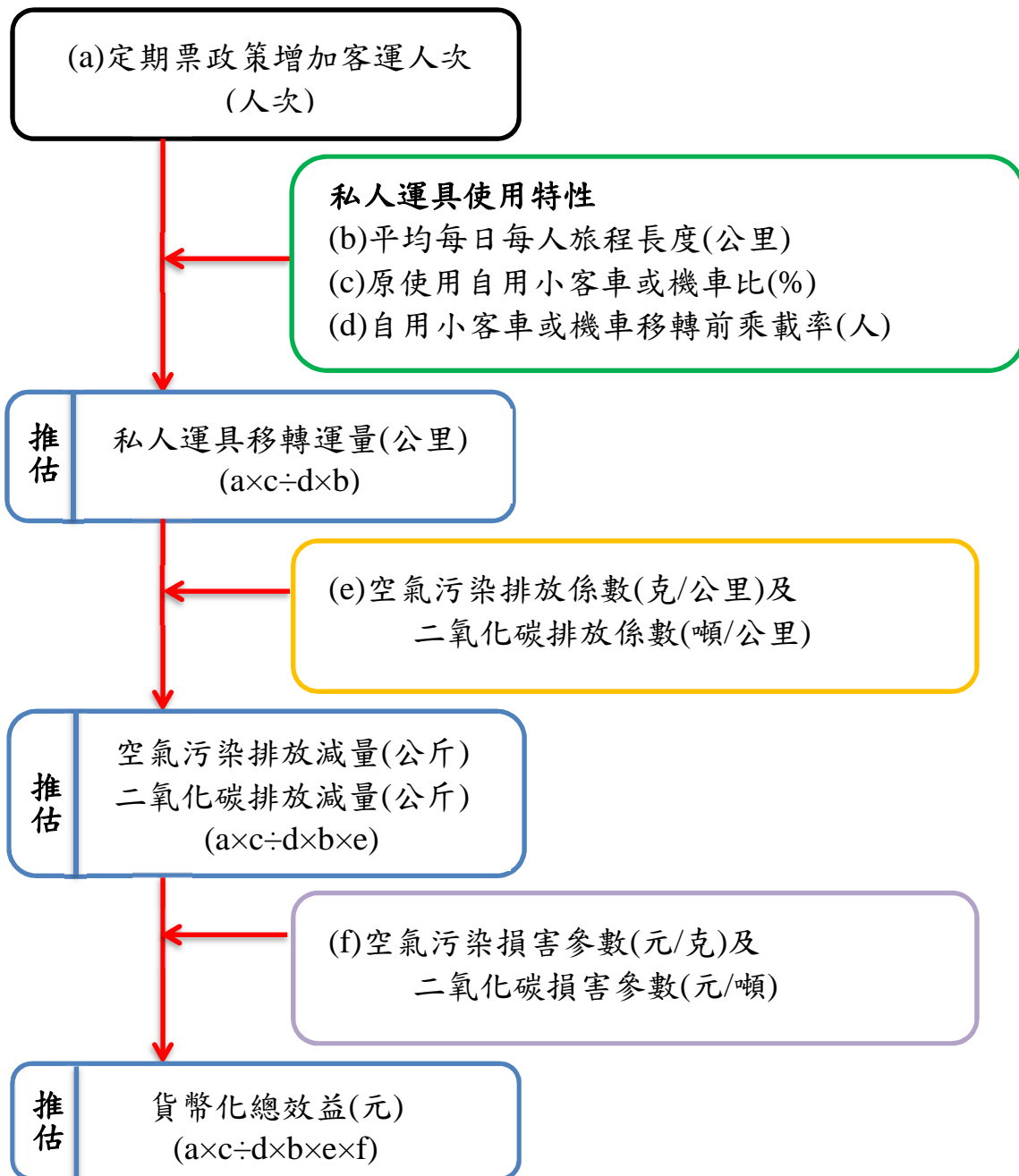
二、效益分析估計

在臺北市的綠色運輸政策中，最引起大家矚目的就是大眾運輸定期票的政策，其目標是希望能夠提高民眾公共運輸的使用率，但在提高使用率後，究竟對環境帶來多少的效益呢？本分析僅就政策開始的民國 107 年 4 月至 108 年 3 月期間，大眾捷運客運人的變化，估計所帶來的效益。

即使是捷運的行駛也會有微量的空氣污染及二氧化碳排量，但因定期票政策前後捷運之延車公里數變異不大，故在估計減量效益時，忽略捷運排放量的估計。另無法直接得知因政策推出後由私人運具(自用小客車及機車)轉用捷運的數量，故將透過私人運具的使用特性的改變，進行移轉運量的推算，進而估計貨幣化後的減量效益，參考張哲瑞民國 102 年的分析，相關的計算步驟如圖 11。

¹⁸ 社會折現率：反映整體社會願意以目前消費來換取未來消費的比例；社會折現率將各年期貨幣化後的成本與效益數值轉換到相同的時間點，以便在相同貨幣基礎水準下進行比較。運研所建議之社會折現率為 4%。

圖 11 空氣污染及二氧化碳減量效益估計流程圖



(一)定期票政策增加客運人次

觀察捷運定期票政策執行的期間(民國 107 年 4 月至 108 年 3 月)，捷運客運人次總計達 7 億 7,019 萬 6,897 人次，較上年同期(106 年 4 月至 107 年 3 月)增加 2,070 萬 2,957 人次，增加率 2.76%，考量在沒有新增捷運站數及長度的情況下，捷運客運人次仍穩定上升(106 年 4 月至 107 年 3 月較 105 年 4 月至 106 年 3 月，人次上

升 1.33%)，故本分析將定期票政策增加的幅度調整為 1.43 個百分點(2.76%-1.33%)，估計因政策增加的人次約為 1,071 萬 7,763 人次。(詳表 10)

定期票政策增加客運人次=749,493,940×0.0143=10,717,763

表 10 定期票政策前後臺北市捷運營運概況

期間	捷運客運總計			平均營運站數(站)	增加站數(站)
	人次(人次)	增減人次(人次)	增減率(%)		
103 年 4 月至 104 年 3 月	686,951,969	-	-	111.92	-
104 年 4 月至 105 年 3 月	725,905,360	38,953,391	5.67	116.75	4.83
105 年 4 月至 106 年 3 月	739,665,653	13,760,293	1.90	117.00	0.25
106 年 4 月至 107 年 3 月	749,493,940	9,828,287	1.33	117.00	0.00
107 年 4 月至 108 年 3 月	770,196,897	20,702,957	2.76	117.00	0.00

資料來源：臺北大眾捷運公司。

(二)私人運具使用特性及移轉運量

1.私人運具使用特性

交通部每 2 年辦理 1 次自用小客車使用狀況調查及機車使用狀況調查，以了解自用小客車及機車的使用、通勤、支出及駕駛人對政府相關措施之意見等。由最近一次民國 105 年調查結果得知，臺北市民眾使用自用小客車平均每日旅次長度約為 25.07 公里，機車約為 15.30 公里，又自用小客車及機車平均乘載率分別為 2.06 人及 1.27 人，故可推估平均每人每日旅程長度分別為 12.19 公里及 12.05 公里。

根據交通部民國 105 年「民眾日常使用運具狀況調查」結果，臺北市較常使用運具比例自用小客車占 19.9%，機車占 30.2%。(詳表 11)

2.私人運具移轉運量

私人運具移轉運量

$$= \frac{\text{政策增加客運人次} \times \text{原使用自用小客車或機車比例}}{\text{自用小客車或機車移轉前乘載率}} \times \text{平均每日每人旅程長度}$$

根據公式估計自用小客車的移轉量約為 1,263 萬 8,527.54 公里，機車的移轉量則約為 3,071 萬 1,032.55 公里。此處所計算的移轉運量也就是評估步驟中所提到節省的總延人公里。(詳表 11)

表 11 私人運具使用特性及移轉運量

項目		自用小客車	機車
運具使用特性	平均每人每日旅程長度(公里)	12.19	12.05
	移轉前運具使用比例(%)	19.9	30.2
	移轉前乘載率(人)	2.06	1.27
私人運具移轉量(公里)		12,638,527.54	30,711,032.55

資料來源：1.臺北市大眾捷運公司。

2.交通部 105 年「小客車使用狀況調查」、「機車使用狀況調查」及「民眾日常使用運具狀況調查」。

由於空氣污染排放係數中，機車部分二行程機車與四行程機車排放係數不同，故參考環保署機車排氣應到檢驗車輛數比例，推估臺北市民國 107 年二行程車占 10.78%，四行程車占 89.22%，透過占比推估二行程及四行程機車移轉運量分別為 331 萬 649.31 公里及 2,740 萬 383.24 公里。(詳表 12)

表 12 機車移轉運量-按行程別

項目	總計	二行程	四行程
通知應到檢驗車輛數(輛)	4,439,044	478,464	3,960,580
車輛比例(%)	100.00	10.78	89.22
機車移轉運量(公里)	30,711,032.55	3,310,649.31	27,400,383.24

資料來源：行政院環境保護署機車排氣定期檢驗資訊管理系統。

(三)推估之貨幣化總效益

1.空氣污染及二氧化碳排放減量

將各私人運具的移轉量與排放係數相乘，得到推估之放減量成效，自用小客車的部分，共減少 251 萬 3,728.93 公斤；機車部分，共減少 442 萬 8,253.09 公斤，合計兩運具減量成效，得到總減量為 694 萬 1,982.02 公斤，各污染源減量成效詳表 13。

表 13 空氣污染及二氧化碳排放減量成效

單位：公斤

車輛總類	排放減量	排放減量		
		NOx	SOx	CO ₂
總計	6,941,982.02	12,578.79	24.92	6,929,378.31
自用小客車	2,513,728.93	6,558.13	12.64	2,507,158.16
機車	4,428,253.09	6,020.66	12.28	4,422,220.15

資料來源：本研究整理。

2.空氣污染及二氧化碳貨幣化效益

最後將排放減量與損害參數相乘，得到推估之空氣污染及二氧化碳貨幣化效益，自用小客車的部分，總效益 1,133.95 萬元；機車部分，總效益 1,143.70 萬元。合計兩運具貨幣效益，得到總貨幣效益為 2,277.65 萬元。(詳表 14)

表 14 空氣污染及二氧化碳排放減少貨幣化效益

單位：萬元

車輛總類	排放減少 效益	排放減少		
		NOx	SOx	CO ₂
總計	2,277.65	1,933.39	9.56	334.69
自用小客車	1,133.95	1,008.00	4.85	121.10
機車	1,143.70	925.39	4.71	213.59

資料來源：本研究整理。

伍、結論與建議

綜上關於臺北市近年的空氣品質、綠色運輸政策、常用運具的使用情形及大眾運輸定期票政策的效益等分析，彙整相關結論並提出建議如下：

一、結論

(一)臺北市空氣品質相對其他五都為佳

由六都的空氣品質 AQI 指標資料可知，臺北市空氣品質相對良好，其附屬指標濃度，近十年來 PM_{2.5}、CO、SO₂ 及 NO₂ 皆呈現下降的趨勢，就空氣品質來說，臺北市在六都中是宜居城市首選。

(二)綠色運輸政策提升公共運輸使用意識

綠色運輸政策提升公共運輸使用意識，民眾減少使用易排放空氣污染源的私人運具，機車登記數逐年減少，自用小客車雖增加，但使用油電混和的比例也逐漸增加，且兼用其他運具時，民眾多願意選擇對環境較友善的大眾運輸工具。此外，雖聯營公車客運人次較 10 年前減少 25.68%，但大眾捷運部分營運範圍日漸完善，客運人次增幅達 65.52%，整體而言公共運輸運量正成長。

(三)定期票政策對提升空氣品質估計約有 2,200 萬的貨幣效益貢獻

透過臺北市私人運具特性推算大眾運輸移轉運量，估算大眾運輸定期票政策實施後，願意搭乘捷運的人次增加對臺北市空氣品質的貢獻，在排放減量部分，估計空氣污染排放量減少 1 萬 2,606.71 公斤，二氧化碳排放量減少 692 萬 9,378.31 公斤，共減少 694 萬 1,982.02 公斤。若將排放減量貨幣化，估計空氣污染減量效益約 1,942.96 萬元，二氧化碳減量效益約 334.69 萬元，總貨幣效益為 2,277.65 萬元。

二、建議

(一) 考量投入成本，將能更進一步了解政策所帶來的成效

本研究僅針對政策實施後所帶來的效益進行估計，若未來能於政策實施前估計投入建置時所花費的成本及效益比，可提供施政者對於政策效益及投入成本的平衡點的決策參考。

(二) 針對交通政策進行使用情形的調查，提高估計的準確性

交通政策經濟效益評估方法，確實讓這類無真實市場的效益，有個實質貨幣價值的評估，但由於部分資料無法確實獲得如私人移轉運量的資料，本分析私人運具使用特性採交通部自小客車及機車使用狀況調查的資料推估，與實際情況仍有偏誤，未來若能對民眾進行交通政策使用情形調查，將有助於貨幣化效益之精確推估。

(三) 永續發展之綠色運輸政策

隨著社會經濟的發展，城市交通的問題由效率問題，進到安全問題，再進而到環保問題，愈來愈難在不影響後代福祉及滿足當代需求間求取平衡，綠色運輸政策成為追求永續發展重要課題。

由於本文僅就大眾運輸定期票政策實施後所增加捷運搭乘人次，估算空氣污染及二氧化碳排放量計減少 6,941.98 公噸，排放量減少成效明顯，惟該政策實施僅屆滿 1 年，其票卡系統建置及轉換等成本尚無法取得，且政策效果穩定性仍有待觀察；又大眾運輸定期票除捷運外，亦可搭乘雙北公車及臺北市境 YouBike 借車前 30 分鐘免費優惠，未來應可就其搭乘使用人次增量及政策補貼、系統建置及轉換等成本，並同電動公車數量增加等多面向研析，應可較精確解析該綠色運輸政策之環境品質效益，以利未來綠色運輸政策滾動式修正。

陸、參考資料

一、參考書刊

- 1.行政院環境保護署，空氣品質監測報告，107年年報。
- 2.行政院環境保護署，臺灣空氣污染排放量[TEDS9]線源—排放量推估手冊，106年5月
- 3.交通部統計處，自用小客車使用狀況調查報告，106年10月。
- 4.交通部統計處，機車使用狀況調查報告，106年10月。
- 5.交通部運輸研究所，行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(1/2)，99年7月。
- 6.交通部運輸研究所，行車成本調查分析與交通建設計畫經濟效益評估之推廣應用(2/2)，100年12月。
- 7.交通部運輸研究所，交通建設計畫經濟效益評估(1/2)，98年11月。
- 8.交通部運輸研究所，交通建設計畫經濟效益評估(2/2)，98年11月。
- 9.交通部運輸研究所，交通建設計畫經濟效益評估工具之應用與效能提升，105年8月。
- 10.交通部運輸研究所，交通建設計畫經濟效益評估手冊，100年9月。
- 11.交通部運輸研究所，交通建設計畫經濟效益評估手冊與應用軟體更新，107年3月。
- 12.張哲瑞，2013，捷運運量及空污減量效益分析—以高雄市捷運補助政策為例。
- 13.黃翊偉，2018，高雄市空氣品質概況分析。

二、參考網站

- 1.中央銀行全球資訊網

<https://www.cbc.gov.tw/mp.asp>

2. 中華民國統計資訊網

<http://statdb.dgbas.gov.tw/pxweb/Dialog/statfile9.asp>

3. 行政院環境保護署

<https://www.epa.gov.tw/>

4. 行政院環境保護署環保統計查詢網

<https://stat.epa.gov.tw/>

5. 行政院環境保護署環境品質監測網

<https://taqm.epa.gov.tw/taqm/tw/default.aspx>

6. 行政院環境保護署環境資源資料庫

<https://erdb.epa.gov.tw/ERDBIndex.aspx>

7. 行政院環境保護署機車排氣定期檢驗資訊管理系統

<https://www.motorim.org.tw/index.aspx>

8. 交通部統計查詢網

<https://stat.motc.gov.tw/mocdb/stmain.jsp?sys=100>

9. 臺北市交通統計查詢系統

<http://dotstat.taipei.gov.tw/pxweb2007P/Dialog/statfile9.asp>

柒、附錄

附錄 1 臺北地區車輛排放係數

單位：克/延車公里

車速 (公里/小時)	自用小客車		二行程機車		四行程機車	
	NO _x	SO _x	NO _x	SO _x	NO _x	SO _x
5	0.6162	0.0016	0.0989	0.0011	0.2579	0.0011
10	0.5514	0.0015	0.0864	0.0006	0.2226	0.0006
15	0.5297	0.0014	0.0864	0.0005	0.2108	0.0005
20	0.5189	0.0013	0.0739	0.0004	0.2108	0.0004
25	0.5189	0.0012	0.0864	0.0004	0.2226	0.0004
30	0.5189	0.0011	0.0864	0.0003	0.2344	0.0003
40	0.5189	0.001	0.0989	0.0003	0.2579	0.0003
50	0.5297	0.0009	0.1114	0.0004	0.2933	0.0004
60	0.5297	0.0009	0.1114	0.0004	0.3168	0.0004
70	0.5406	0.0008	0.1239	0.0006	0.3286	0.0006
80	0.5514	0.0008	0.1364	0.0007	0.3522	0.0007
90	0.6162	0.0009	0.1614	0.0007	0.4229	0.0007
100	0.6702	0.001	0.1864	0.0007	0.4935	0.0007

資料來源：TEDS9.0_線源技術手冊

附錄 2 二氧化碳損害成本參數建議值

年期	104 年幣值		各年度當年幣值	
	建議值 (元/噸)	高推估值 (元/噸)	建議值 (元/噸)	高推估值 (元/噸)
104	393	1,500	393	1,500
105	393	1,442	409	1,500
106	393	1,387	426	1,500
107	429	1,333	483	1,500
108	429	1,282	502	1,500
109	429	1,233	522	1,500
110	429	1,185	543	1,500
111	465	1,140	612	1,500
112	465	1,096	636	1,500
113	465	1,054	662	1,500
114	501	1,013	741	1,500
115	501	974	771	1,500
116	536	937	859	1,500
117	536	901	893	1,500
118	536	866	929	1,500
119	572	833	1,031	1,500
120	572	801	1,072	1,500
121	608	770	1,184	1,500
122	608	740	1,232	1,500
123	644	712	1,356	1,500
124	644	685	1,411	1,500
125	658	658	1,500	1,500
126	633	633	1,500	1,500
127	609	609	1,500	1,500
128	585	585	1,500	1,500
129	563	563	1,500	1,500
130	541	541	1,500	1,500
131	520	520	1,500	1,500
132	500	500	1,500	1,500
133	481	481	1,500	1,500
134	462	462	1,500	1,500
135	445	445	1,500	1,500
136	428	428	1,500	1,500
137	411	411	1,500	1,500
138	395	395	1,500	1,500
139	380	380	1,500	1,500

資料來源：交通部運研所，107 年「交通建設計畫經濟效益評估手冊與應用軟體更新」。