捷運運量及空污減量效益分析－以高雄市捷運補助政策爲例

張哲端[1]

摘　要

高雄市政府於 2010 年 3 月 19 日確立，將以 2005 年排碳量爲標準，於 2020 年將高雄市打造爲減量 30%的低碳城市與節能社區，市府並成立「高雄市政府節能減碳推動小組」，專責推動本市溫室氣體管制議題，各局處擔任小組內各分組推動單位，定期開會檢討推動方向及效益。高雄市政府捷運局致力於提升大眾運輸使用率，研提培養市民使用公共運輸習慣之政策，於 2012 年申請「高雄市環境保護基金補助學生族群搭乘捷運票價及高雄幸福卡計畫」，基金補助經費新台幣 9,121 萬元，實施期間 2012 年 1 月 1 日至 12 月 31 日，全年產生於捷運端和公車端的旅運量分別爲 2,123 萬人次和 424 萬人次，合計公共運輸量達 2,547 萬人次，佔高雄市 2012 年公共運輸量 1 億人次的 25%；減少 CO2 排放量約 1.6 萬公噸，減少空氣污染排放總量約 1.7 萬公噸，效益貨幣化達新台幣 2 億 3,385 萬元。如僅計高雄市環保基金補助經費，則效益成本比達 2.6 倍，每萬元可減少空污排放量 1.9 公噸。本文說明補助計畫內容、補助方案及實施方式，分析補助計畫執行成果與效益，包括提升大眾運輸使用量、私人運具移轉量、空氣污染排放減量及空污減量效益貨幣化。

關鍵字：高雄捷運、票價補助、空污減量、效益分析。

[1]高雄市政府捷運工程局股長

Ridership and air pollution reduction benefit analysis - A Case Study of Kaohsiung MRT subsidy policy

Jer-Dwan Chang[1]

Abstract

On March 19, 2010, Kaohsiung City Government was declared that the carbon emissions in 2005 will be used for the standard and reduction of 30% in 2020. We hope Kaohsiung to become a low-carbon cities and energy-saving community. Kaohsiung City Government established the "Kaohsiung City Government carbon reduction Force". The group is responsible to promote the city's greenhouse gas control issues. Each bureau was the members of this group and is responsible for promoting energy-saving and carbon reduction. They regularly arrange review meeting to discuss the promote direction and effectiveness. Mass Rapid Transit Bureau, Kaohsiung City has been doing to enhance the utilization rate of public transport. We propose the policy to foster people to use public transport habits. In 2012, we apply a plan about "Kaohsiung City Environmental Protection Fund grants for students to take the MRT, and Kaohsiung happy card". Fund Management Committee approved grant funding of NT $ 91.21 million. The implementation period is from January 1 to December 31, 2012. During this year, the trip traffic generated in the MRT and bus were 21.23 million and 4.24 million passengers. Public traffic generated by these grant program total about 25.47 million passengers. In 2012, Kaohsiung City's public transportation has reached 100 million passengers in 2012. The traffic generated by this grant program accounts for about 25%. Reduce CO_2 emissions by around 16,000 tones. Reduce air pollution emissions total of approximately 17,000 tones. The monetization from air pollution reduction benefits is NT $ 233.85 million. Only taking into account the financial assistance of the Kaohsiung City Environmental Fund benefit cost ratio is 2.6 times. Every ten thousand will reduce air pollution emissions by 1.9 tones. This article describes the contents of the plan, subsidy programs and implementation. Analyses grant program implementation results and benefits. The content includes enhanced public transport usage, the amount of private vehicles migration, reducing air pollution emissions and air pollution reduction benefits monetization.

Keywords: Kaohsiung MRT, fare subsidy, reduction of air pollution, benefit analysis

[1]Mass Rapid Transit Bureau, Kaohsiung City

壹、緒論

全球性氣候變遷使得極端氣候加劇，嚴寒、酷熱與風暴等嚴峻氣候頻繁造成災難損失，財物損失數以億計，人類的生命、生存與發展也受到威脅。地球本身就存在溫室效應現象，使生物得於恆溫狀況下生長，然工業革命以來，因人類活動大量燃燒化石燃料，產生二氧化碳(CO2)等廢氣使溫室氣體濃度大幅增加，導致熱能無法逸散至太空，使地球溫度持續升高，造成全球暖化現象，這是導致氣候變遷的主因。運輸系統消耗化石燃料所產生的 CO2，佔全球溫室氣體排放量的 25%，僅次於工業部門(陳賓權等，2009)。統計資料顯示，台灣運輸部門 CO2 排放量從 1990 年的 19,646 千公噸，成長至 2011 年的 35,416 千公噸(占總排放的 14.1%)，年均成長率約爲 3.82%(經濟部能源局，2012)。

2006 年高雄市溫室氣體總排放量高達 3,968 萬公噸/年，人均排放量高達 26.3 公噸/年/人，遠超過台灣人均排放量 11.7 公噸與全球平均 4.2 公噸；2007 年人均排放爲 26.09 公噸/人，部門排放中工業部門之排放貢獻最大，約佔 70.37%，其次爲住商部門之 17.9%，運輸部門排放量約 292.85 萬公噸，約佔 6.6%(吳銘圳等，2010)。

根據交通部公路總局統計資料，2012 年 12 月底高雄市小客車及機車登記數，分別爲 70 萬輛和 228.3 萬輛，合計近 300 萬輛。交通部 2011 年「民眾日常使用運具狀況調查」統計資料，高雄市綠運輸(公共及非機動運具)使用率 17.5%，其中公共運輸使用率 6.6%，而私人運具使用率 82.5%，其中機車比率 61.9%，自用小客車 19.4%，其他 1.2%(交通部統計處，2012)。推估高雄市每天將近有上百萬輛機車在街頭奔馳，排碳量非常驚人。以每輛機車每日行駛約 20 公里計算，月排碳量就超過 160 公斤。若少一輛機車上路，就等於每年爲地球多種了 20 棵樹(張瑞剛，2012)。

過去高雄市大眾運輸使用率偏低，民眾長期使用汽、機車代步並習以爲常，大眾運輸系統設施長期供給不足是主因之一。全長 42.7 公里 37 座車站的高雄捷運紅、橘線在 2008 年通車營運[1]，雖然只有紅、橘兩條呈十字相交的路線，但加上完善的轉乘設施，公車路線配合調整，闢駛捷運接駁公車，建置公共腳踏車租賃系統，實施票證整合，推出聯運措施和轉乘優惠，以及改善通勤、通學步道等等便民措施，擴大了捷運路網的服務範圍，大幅改善大眾運輸系統的便利性。然而市民長期依賴汽、機車的通勤習慣，實非一朝一夕所可扭轉。

高雄市政府捷運局爲響應節能減碳政策，降低溫室氣體對環境之衝擊，提出積極培養市民使用大眾運輸習慣之政策，自 2010 年起逐年申請高雄市環境保護基金(簡稱環保基金)補助民眾搭乘大眾運輸，期能以優惠的票價，藉由減輕民眾交通成本的負擔，並配合高雄市政府各項促進公共運輸發展策略，以吸引私人運具使用者轉搭大眾運輸，提升大眾運輸使用率至 15%，減少私人運具使用率，改善運具使用失衡的情形，落實節能減碳政策，減少溫室氣體排放，改善空氣品質。

2012 年申請「高雄市環境保護基金補助學生族群搭乘捷運票價及高雄幸福卡計畫」，經高雄市環保基金管理委員會議審議同意核撥補助經費新台幣 9,121 萬元，實施期間自 2012 年 1 月 1 日起至 12 月 31 日止，補助計畫內容包括學生族群(8.5 折降至 7.5 折)、學生月票卡、高雄幸福卡、工業區接駁公車、公共腳踏車轉乘捷運、捷運月票卡(含學生月票卡、高雄幸福卡、企業幸福卡)搭乘公車；此外，高雄捷運公司自辦補助方案，由該公司及大型企業共同補助企業員工團購企業幸福卡。2012 年補助計畫產生於捷運端和公車端的旅運量分別爲 2,123 萬人次和 424 萬人次，合計公共運輸量達 2,547 萬人次，佔高雄市 2012 年公共運輸量 1 億人次的 25%；減少 CO2 排放量 15,994.4 公噸，減少空氣污染物

[1]紅線 R24 南岡山站於 2012 年 12 月 23 日通車營運，高雄捷運車站數增爲 38 座。

總量 16,926.6 公噸，空污減量效益轉換成貨幣單位(效益貨幣化)達新台幣 2 億 3,385.2 萬元。

貳、環保基金補助計畫

高雄市致力於發展大眾運輸網絡，自高雄捷運紅橘線營運以來，積極推動各項鼓勵大眾運輸政策，爲減少私人運具使用量，捷運局於 2012 年申請高雄市環保基金補助民眾搭乘大眾運具，以優惠的票價補助方案，吸引民眾搭乘，逐步誘導民眾養成使用大眾運輸習慣，降低對私人運具的依賴，減少空氣污染，促使高雄市朝永續綠色運輸城市發展。

一、政策

延續市府大眾運輸政策，配合腳踏車上捷運措施、接駁公車及幹線公車闢駛、捷運與公車轉乘優惠、腳踏車及人行道環境改善、公共腳踏車推廣、市府各單位舉辦活動與捷運公司辦理各項行銷活動，捷運局運用環保基金補助票價，降低民眾交通成本，並加強轉乘便利性，提供高品質、高密度之大眾運輸服務與無接縫的捷運轉乘接駁服務，以吸引潛在的學生族群及民眾使用大眾運輸系統，培養其習於利用大眾運具之觀念及習慣，逐漸提升大眾運輸使用率至 15%，減少使用私人運具，降低移動污染源的空污排放量，提升環境空氣品質。

二、計畫內容

補助計畫項目包括學生卡 8.5 折降至 7.5 折(學生 75 折)、學生月票卡(學生 799)、高雄幸福卡(幸福 999)、工業區接駁公車、公共腳踏車轉乘捷運、捷運月票卡(含學生月票卡、高雄幸福卡、企業幸福卡)搭乘公車，補助對象和補助額度等如表 1。

表 1、 2012 年高雄市環保基金補助學生族群搭乘捷運票價及高雄幸福卡計畫

項次	補助方案	民眾		補助方式和經費來源	
		原負擔	優惠後負擔	環保基金補助	高雄捷運公司補助
1	學生 75 折	單程全票的 85%	單程全票的 75%	全票的 5%	全票的 5%
2	學生 799	1250 元	799 元	200 元/張	251 元/張
3	幸福 999	1250 元	999 元	75 元/張	176 元/張
4	工業區接駁公車	同公車	同公車	補助接駁公車業者營運費用 50%	補助接駁公車業者營運費用 50%
5	公共腳踏車轉乘捷運	一卡通租借前一小時免費	一卡通租借前一小時免費；轉乘捷運再回饋 4 元	2 元	2 元
6	捷運月票卡搭公車	同公車	0 元	補助公車業者 10 元/旅次	無

資料來源：高雄市政府捷運局，本報告整理。

表列各項補助方案所需經費，除捷運月票卡搭公車全數由環保基金補助外，其他項目由環保基金及高雄捷運公司(簡稱高捷公司)共同分擔。此外，高捷公司自辦企業幸福卡補助方案，鼓勵大型企業員工使用綠色運具通勤，只要每次訂購數量 50 張以上，且公司行號補助所屬員工每張 250 元並出具證明者，高捷公司再優惠每張 400 元，員工僅需自付 600 元，自購卡日起 30 日內有效，可不限距離遠近及使用次數搭捷運及公車。

三、實施方式

(一)學生 75 折

自 2008 年 10 月起，高捷公司實施優惠票價，持一卡通普卡和學生卡搭捷運，均打 8.5 折。2012 年全年持學生卡(含記名和不記名學生卡)搭捷運，票價降爲 7.5 折，差額由環保基金及高捷公司各補助 5%。例如完成某一趟全票爲 20 元的旅程，8.5 折票價是 17 元，因補助的關係，學生只需付 15 元，高捷公司吸收 1 元；環保基金補助 1 元。

(二)學生月票卡(學生 799)

此爲有效期限 30 天的效期卡，原價每張 1250 元，在學學生持學生身份相關證明文件，到捷運站購買，每張僅 799 元，差額由環保基金補助 200 元/張；高捷公司吸收 251 元/張。持卡可不限次數及里程搭乘高雄捷運、高雄市公車(含高雄客運和義大客運行駛於高雄市之段次計費路線)，使用期限自購買日起算 30 日內有效。持卡人須隨身攜帶學生身份相關證明文件以備查驗。

(三)高雄幸福卡(幸福 999)

此亦爲有效期限 30 天的效期卡，原價每張 1250 元，一般民眾到捷運站購買只付 999 元，差額由環保基金補助 75 元/張；高捷公司吸收 176 元/張。使用條件同學生月票卡。

(四)工業區接駁公車

2012 年闢駛 3 條工業區接駁公車，「捷運 R16 左營站-仁武工業區」(仁武線)；「捷運 R6 凱旋站-前鎮加工區」(前鎮線)及「捷運 R3 小港站-臨海工業區-林園」(林園線)，自 4 月起實施，營運費用由環保基金及高捷公司各負擔一半。

(五)公共腳踏車轉乘捷運

持一卡通儲值卡於租用公共腳踏車後 30 分鐘內轉乘捷運，各卡種均回饋 4 元，即當次轉乘旅次可再享捷運票價 4 元優惠。

(六)捷運月票卡搭公車

持各式捷運月票卡於效期內不限次數及里程搭乘公車，每人次補助公車業者票價 10 元。

參、捷運運量效益分析

根據高雄市捷運局及交通局公布的運量統計資料，分析歷年高雄捷運運量，2012 年補助計畫實施期間平均日運量約 15.5 萬人次，較 2011 年 13.6 萬人次，成長 13.5%，也比歷年平均成長率 7.5%高出約 6%，歷年運量分析如表 2。

表 2、高雄捷運歷年運量及成長率比較

年度	年運量(人次)	平均日運量(人次)	成長率(%)
2008	29,474,904	109,572	-
2009	43,338,648	118,736	8.4
2010	46,010,213	126,055	6.2
2011	49,636,631	135,991	7.9
2012	56,480,381	154,318	13.5

資料來源：高雄市政府捷運局、交通局，本報告整理。

根據統計資料，因補助計畫而產生的旅次量，捷運(含公共腳踏車轉乘捷運)部分約 2,123 萬人次，佔捷運 2012 全年運量 5,648 萬人次之 37.6%；而公車(含工業區接駁公車)部分約 424 萬人次，佔公車 2012 全年運量 4,529 萬人次之 9.36%，顯示實施優惠票價確能吸引民眾使用大眾運具，大幅提升公共

運輸使用量。各項補助方案在捷運端和公車端產生的旅次量分別整理如表 3 與表 4。

表 3、2012 年環保基金補助計畫捷運端旅次量　　單位：人次

月份	學生 75 折	學生 799	幸福 999	企業幸福卡	公共腳踏車轉乘捷運	合計
1	927,861	91,803	89,145	132,233	2,294	1,243,336
2	941,900	317,569	215,835	79,251	3,527	1,558,082
3	810,837	512,812	273,994	92,804	5,049	1,695,496
4	830,060	521,154	264,378	105,147	5,693	1,726,432
5	833,426	559,116	315,317	98,100	5,846	1,811,805
6	852,456	437,194	285,574	85,154	5,002	1,665,380
7	1,003,222	414,479	312,940	98,444	6,775	1,835,860
8	950,766	402,964	308,816	96,991	5,779	1,765,316
9	837,981	601,340	323,009	105,242	7,500	1,875,072
10	885,320	717,570	354,567	117,438	9,572	2,084,467
11	857,221	710,374	342,833	121,231	9,261	2,040,920
12	759,822	704,739	332,055	123,166	10,104	1,929,886
合計	10,490,872	5,991,114	3,418,463	1,255,201	76,402	21,232,052

資料來源：高雄市捷運局及高雄捷運公司，本報告整理。

表 4、2012 年環保基金補助計畫公車端旅次量　　單位：人次

月份	仁武線	前鎮線	林園線	捷運月票卡搭公車	合計
1	-	-	-	46,972	46,972
2	-	-	-	186,259	186,259
3	-	-	-	326,237	326,237
4	1,008	4,820	26,847	324,752	357,427
5	2,127	5,386	29,334	381,646	418,493
6	2,498	4,269	23,384	305,097	335,248
7	2,669	7,274	26,767	243,315	280,025
8	2,620	7,232	23,465	272,161	305,478
9	3,259	7,232	25,352	417,210	453,053
10	4,366	8,391	25,133	486,546	524,436
11	4,710	8,220	26,045	466,401	505,376
12	4,052	7,699	25,387	462,577	499,714
合計	27,308	60,521	231,714	3,919,173	4,238,717

資料來源：高雄市捷運局及高雄捷運公司。本報告整理。

肆、空氣污染減量效益分析

本章評估 2012 年補助政策空氣污染減量效益，首先簡介分析方法，再計算兩項補助方案之效益，最後說明所有補助方案的效益及補助政策的整體效益。

一、分析方法

空污減量效益分析應考量實務應用之便利性、參數公信力、行駛速度之能耗和排放及反應國內機車運具使用特性，故係以實施環保基金補助政策而產生的公共運輸旅次量爲基礎，根據國內私人運具使用特性，計算私人運具行駛里程移轉量，再利用運具空氣污染排放係數，計算出空氣污染排放減少量，運用空污減量效益貨幣化參數，將減排量轉換成貨幣單位(效益貨幣化)。計算效益時須視情況考量扣除因實施政策而增加的大眾運具行駛里程空污排放量。就 2012 年環保基金補助計畫各項補助方案來看，空污減量效益計算方式可概分爲二，一是不計大眾運輸空污排放增量；二是計算效益時須將大眾運輸空污排放增量予以扣除，分述如下：

(一)不計大眾運輸空污排放增量

2012 年捷運延車公里較 2011 年增幅僅 0.6%，故分析學生 75 折、學生 799、幸福 999 和企業幸福卡於捷運端之空污減量效益時，可忽略大眾運輸空污排放增量；而公共腳踏車也不考慮空污增量。捷運月票卡搭公車部分，由於公車並未因環保基金補助幸福卡搭公車而增開班次，且幸福卡於公車端產生的旅次僅約全年公車運量的 9%，故計算空污減量效益時亦不計入公車所增加的空污排放量，計算流程如圖 1。

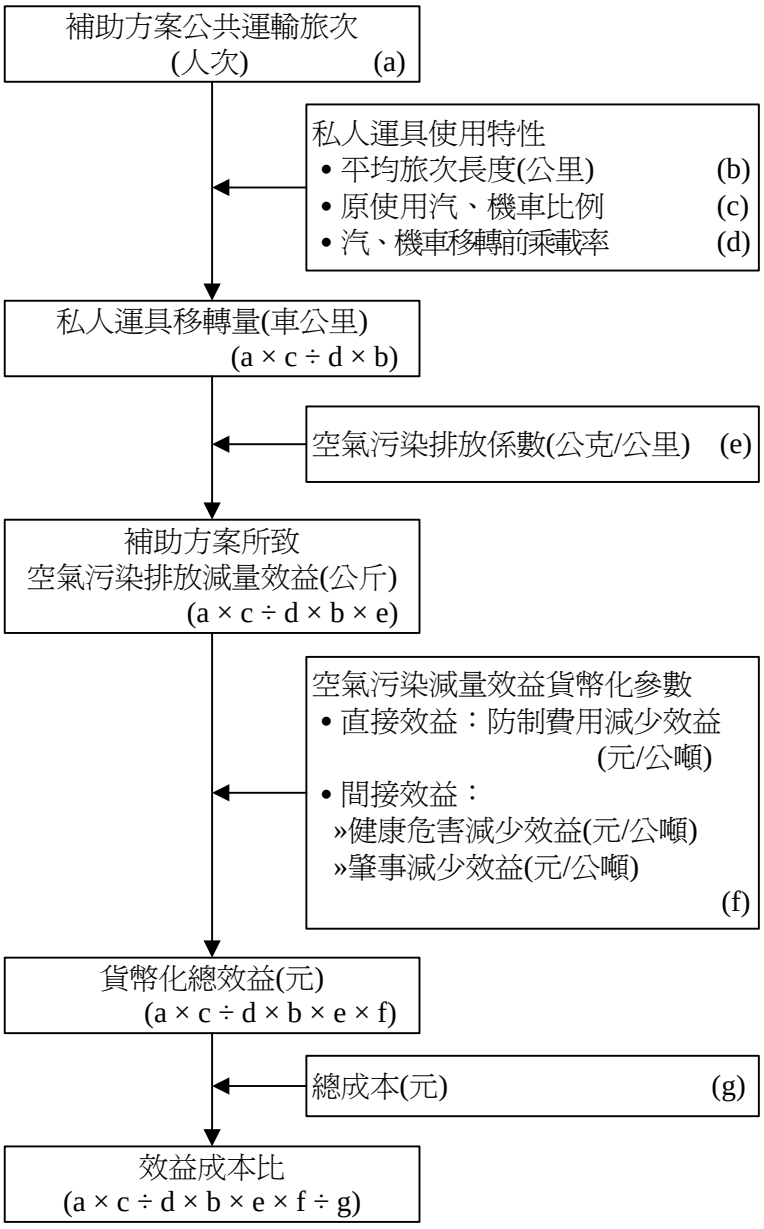

圖 1、空氣污染排放減量效益計算流程(不計大眾運輸空污排放增量)

(二)計算時扣除因補助政策而增加的大眾運輸空污排放增量

工業區接駁公車補助方案採新闢路線或於原路線以加密班次方式辦理，用以配合園區員工上下班時間，提供便捷的捷運接駁服務。在計算空污減量時須扣除因補助方案增加公車行駛里程的空污排放增量，計算流程如圖 2。

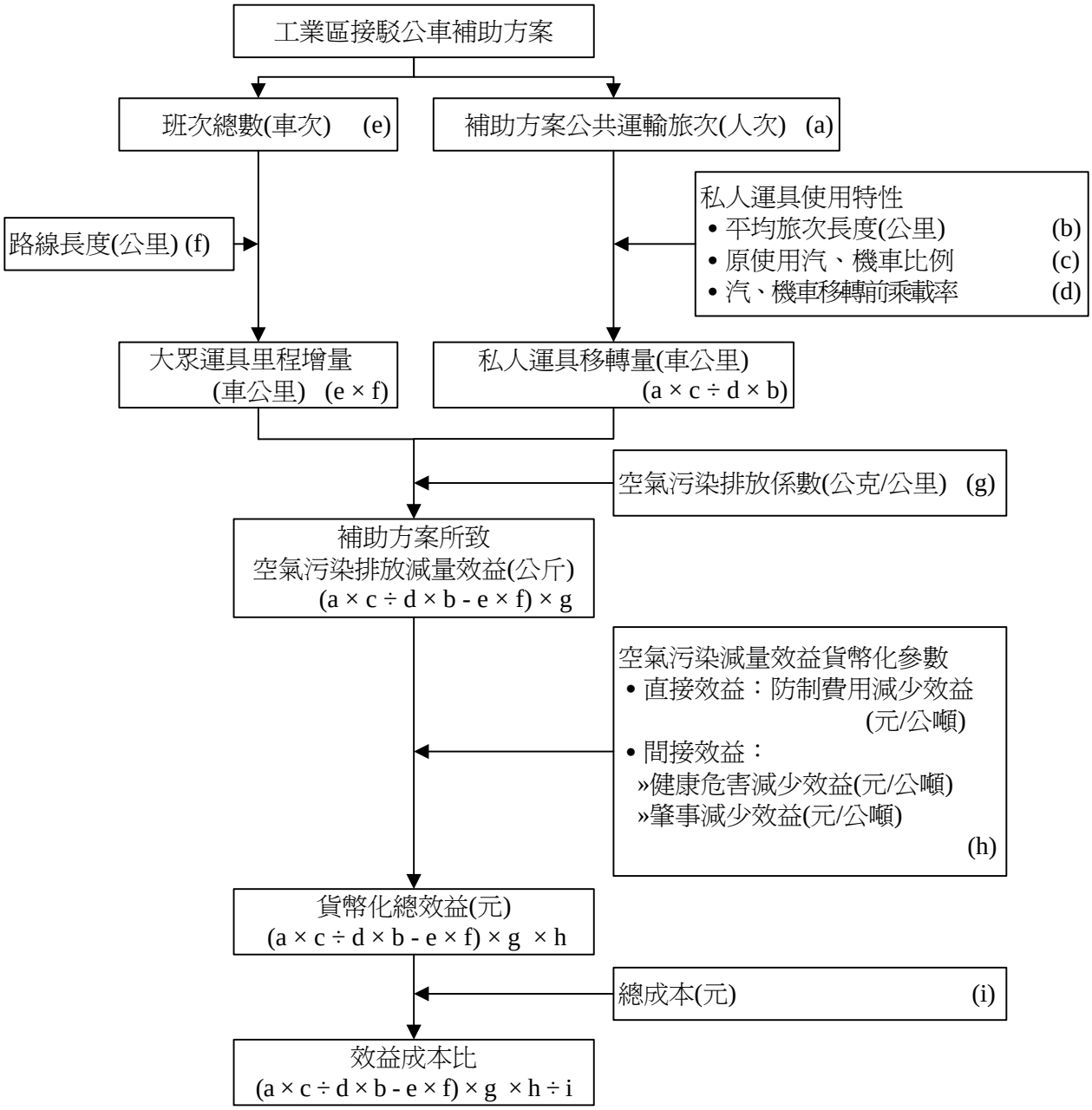

圖 2、空氣污染排放減量效益計算流程(扣除大眾運輸空污排放增量)

二、補助方案空污減量效益計算

限於篇幅，本節以學生 75 折及林園線工業區接駁公車爲例說明空污減量效益計算流程。

(一)學生 75 折

1.私人運具使用特性

運具使用特性及車輛燃料使用效率等資料係引用高雄市環保局「2011 年度高雄市總量管制暨移動源削減量抵換計畫」的調查結果，彙整如表 5、6。

表 5、運具使用特性

車種	自用小客車	機車
移轉前運具使用比例(%)	10.1	18.5
移轉前乘載率(人/車)	1.05	1.06

平均旅次長度(公里/人)	17.86	15.00

表 6、車輛燃料使用效率

車種	自用小客車	機車	公車/客運車
燃料效率(公里/公升)	11.11	23.81	2.64

2.空氣污染排放係數

依據最新「空氣污染物排放清冊資料更新管理及排放量空間分佈查詢建置（TEDS 7.1 版資料庫）」及「移動源 CO2 排放量計算—溫室氣體盤查議定計畫」，並配合高雄都會區整體路段平均車速選定排放係數，本報告所採用之參數值如表 7。

表 7、空氣污染排放係數

空氣污染排放係數(公克/車公里)	自用小客車	二行程機車	四行程機車	公車/客運車
車速(公里/小時)	30	20	20	20
PM_{10}	0.0847	0.1884	0.0472	0.6166
$PM_{2.5}$	0.0617	0.1529	0.0346	0.524
SOx	0.0019	0.0008	0.0008	0.0063
NOx	0.48290047	0.12152	0.25108	12.03
CO	5.819068992	5.33874	3.85012	6.87
THC	1.142493645	2.78342	1.36596	1.27
NMHC	1.027444535	2.535833272	1.256583872	1.27
GHG 排放係數 (kgGHG/L)	自用小客車	二行程機車	四行程機車	公車/客運車
CO_2	2.26	2.26	2.26	2.73
CH_4	0.000816	0.000816	0.000816	0.000144
N20	0.000261	0.000261	0.000261	0.000144

資料來源：TEDS 7.1、溫室氣體盤查議定計畫、移動源CO_2排放量計算—溫室氣體盤查議定計畫

3.空氣污染減量效益貨幣化參數

空污減量效益項目包括由於空氣污染減量所衍生之防制費用減少效益與健康危害減少效益，以及一般車輛行車里程減少所衍生之肇事減少效益。貨幣化參數如表 8。

表 8、空污減量效益貨幣化參數

污染物種類	直接效益	間接效益	
	防制費用減少效益	健康危害減少效益	肇事減少效益
計算單位	元/公噸	元/公噸	元/百萬公里
粒狀污染物(TSP)	41,079	3,307,740	機車 2,147,988 元 汽車 232,705 元 公車 64,897 元
硫氧化物(SOx)	-	1,652,070	
氮氧化物(NOx)	29,315	409,380	
一氧化碳(CO)	34,826	1,800	
非甲烷碳氫化合物(NMHC)	32,646	-	
溫室氣體(CO_2)	450	-	

資料來源:「移動污染源管制策略研擬、排放總量推估與縣市執行成效考評」(環保署，2009)、加州 Cal-B/C 評估手冊(1999)、交通部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計畫(2011)

4.學生 75 折空污減量效益

依圖 1 流程計算空污減量效益，結果如表 9。學生 75 折旅次 10,490,872 人次/年，私人運具移轉總量約 4,548.7 萬公里。在排放減量成效方面，總空污減量約 6,927.5 公噸，其中 CO 減量約 224.4 公噸； CO2 減量效果約 6,545.3 公噸。空污減量所致防制費用減少之直接效益約 1,330 萬元，間接效益(健康危害減少與肇事減少效益)約 8,323.9 萬元，貨幣化效益合計爲 9,653.9 萬元，環保基金和高捷公司合計投入 3,363.1 萬元，效益成本比值約爲 2.87，成本有效性約 2.1 噸/萬元。

表 9、2012 年補助方案(學生 75 折)空氣污染減量效益

2012 年補助方案(學生 75 折)空氣污染減量效益計算				
學生 75 折旅次(人次/年)		10,490,872		
運具使用特性	車種	自用小客車	機車	
	移轉前運具使用比例(%)	10.1	18.5	
	移轉前乘載率(人/車)	1.05	1.06	
	平均旅次長度(公里/人)	17.86	15.00	
私人運具移轉量(車公里)		18,022,918.4	27,464,311.1	
車輛種類		自用小客車	二行程機車	四行程機車
車輛比例		100%	33.7%	66.3%
空污排放減量小計(公斤)	PM_{10}	1,526.5	1,743.7	859.5
	$PM_{2.5}$	1,112.0	1,415.2	630.0
	SOx	34.2	7.4	14.6
	NOx	8,703.3	1,124.7	4,571.9
	CO	104,876.6	49,412.6	70,106.2
	THC	20,591.1	25,761.9	24,872.5
	NMHC	18,517.5	23,470.3	22,880.9
	CO_2 (GHG)	3,825,112.5	916,694.2	1,803,466.6
空污排放減量合計(公斤)	PM_{10}	4,129.7		
	$PM_{2.5}$	3,157.2		
	SOx	56.2		
	NOx	14,399.9		
	CO	224,395.4		
	THC	71,225.5		
	NMHC	64,868.8		
	CO_2 (GHG)	6,545,273.3		
空污減量總效益與貨幣化	總空污減量(公噸)	6,927.5		
	直接效益(萬元)	1,330.0		
	間接效益(萬元)	8,323.9		
	總效益(萬元)	9,653.9		
	總投入成本(萬元)	3,363.1		
	效益成本比	2.87		
	成本有效性(噸/萬元)	2.1		

(二)林園線工業區接駁公車

1.私人運具使用特性

運具使用特性資料係引用高雄市環保局「2011 年度高雄市總量管制暨移動源削減量抵換計畫」的調查結果，彙整如表 10。

表 10、運具使用特性

車種	自用小客車	機車
移轉前運具使用比例(%)	43.8	10.9
移轉前乘載率(人/車)	1.21	1.00
平均旅次長度(公里/人)	13.48	10.14

2.空氣污染排放係數

依據最新「空氣污染物排放清冊資料更新管理及排放量空間分佈查詢建置（TEDS 7.1 版資料庫）」及「移動源 CO2 排放量計算—溫室氣體盤查議定計畫」，並配合高雄都會區整體路段平均車速選定排放係數，本報告所採用之參數值如表 7。

表 11、空氣污染排放係數

空氣污染排放係數(公克/車公里)	自用小客車	二行程機車	四行程機車	公車/客運車
車速(公里/小時)	30	20	20	40

PM_{10}	0.0847	0.1884	0.0472	0.6166
$PM_{2.5}$	0.0617	0.1529	0.0346	0.524
SOx	0.0019	0.0008	0.0008	0.0055
NOx	0.48290047	0.12152	0.25108	9.21
CO	5.819068992	5.33874	3.85012	3.51
THC	1.142493645	2.78342	1.36596	0.79
NMHC	1.027444535	2.535833272	1.256583872	0.79
GHG 排放係數 (kgGHG/L)	自用小客車	二行程機車	四行程機車	公車/客運車
CO_2	2.26	2.26	2.26	2.73
CH_4	0.000816	0.000816	0.000816	0.000144
N20	0.000261	0.000261	0.000261	0.000144

資料來源：TEDS 7.1、溫室氣體盤查議定計畫、移動源CO_2排放量計算—溫室氣體盤查議定計畫

3.林園線工業區接駁公車空污減量效益

依圖 2 計算空污減量效益，結果如表 12。林園線接駁公車旅次 231,714 人次/年，私人運具移轉總量約 138.6 萬公里；公車里程增量約 2.9 萬公里。在排放減量成效方面，總空污減量約 246 公噸，其中 CO 減量約 7.6 公噸； CO2 減量效果約 235 公噸。空污減量所致防制費用減少之直接效益約 43 萬元，間接效益(健康危害減少與肇事減少效益)約 130 萬元，貨幣化效益合計爲 173 萬元，環保基金和高捷公司合計投入 83.8 萬元，效益成本比值約爲 2.07，成本有效性約 2.9 噸/萬元。

表 12、2012 年補助方案(工業區接駁公車-林園線)空氣污染減量效益

2012 年補助方案(工業區接駁公車-林園線)空氣污染減量效益計算					
林園線接駁公車旅次(人次/年)		231,714			
運具使用特性	車種	自用小客車	機車		公車
	移轉前運具使用比例(%)	43.8	10.9		-
	移轉前乘載率(人/車)	1.21	1.00		-
	平均旅次長度(公里/人)	13.5	10.1		里程增量
私人運具移轉量(車公里)		1,129,246.1	257,116.3		29,100.0
車輛種類		自用小客車	二行程機車	四行程機車	公車
車輛比例		100%	33.7%	66.3%	100%
空污排放減量小計(公斤)	PM10	95.6	16.3	8.0	17.9
	PM2.5	69.7	13.2	5.9	15.2
	SOx	2.1	0.1	0.1	0.2
	NOx	545.3	10.5	42.8	268.0
	CO	6,571.2	462.6	656.3	102.1
	THC	1,290.2	241.2	232.9	23.0
	NMHC	1,160.2	219.7	214.2	23.0
	CO_2 (GHG)	239,666.7	8,581.9	16,883.8	30,552.1
空污排放減量合計(公斤)	PM10	102.1			
	PM2.5	73.6			
	SOx	2.2			
	NOx	330.6			
	CO	7,587.9			
	THC	1,741.2			
	NMHC	1,571.2			
	CO_2 (GHG)	234,580.3			
空污減量總效益與貨幣化	總空污減量(公噸)	246.0			
	直接效益(萬元)	43.1			
	間接效益(萬元)	130.3			
	總效益(萬元)	173.4			
	總投入成本(萬元)	83.8			
	效益成本比	2.07			

	成本有效性(噸/萬元)	2.9

三、補助方案效益摘要及補助政策之整體空污減量效益

各項補助方案公共運輸旅次如第參章所述，運用前述分析方法計算各方案之空污減量效益，結果整理如表 13。

表 13、2012 年環保基金補助計畫空污減量效益一覽表

補助方案 效益	學生 75 折	學生 799	幸福 999	企業幸福卡	公共腳踏車轉乘捷運	仁武線接駁車	前鎮線接駁車	林園線接駁車	捷運月票卡搭公車	合計
私人運具移轉量(萬公里)	4,548.7	2,597.7	1,482.2	544.2	37.7	16.3	36.2	138.6	1,699.3	11,101.1
CO_2 減量(公噸)	6,545.3	3,737.9	2,132.8	783.1	50.0	16.9	48.7	234.6	2,445.2	15,994.4
總空污減量(公噸)	6,927.5	3,956.2	2,257.3	828.9	53.2	18.1	51.5	246.0	2,588.0	16,926.6
直接效益(萬元)	1,330.0	759.5	433.4	159.1	10.7	4.2	10.2	43.1	496.9	3,247.0
間接效益(萬元)	8,323.9	4,753.6	2,712.3	995.9	76.0	9.4	27.0	130.3	3,109.6	20,138.1
總效益(萬元)	9,653.9	5,513.1	3,145.7	1,155.1	86.7	13.5	37.2	173.4	3,606.5	23,385.2
總投入成本(萬元)	3,363.1	6,247.6	1,909.4	1,966.8	30.6	117.7	199.8	83.8	3,919.2	17,837.9
效益成本比	2.87	0.88	1.65	0.59	2.84	0.11	0.19	2.07	0.92	1.31
成本有效性(噸/萬元)	2.1	0.6	1.2	0.4	1.7	0.2	0.3	2.9	0.7	0.9

由上表可知，在減少 CO2 及總空污排放量方面，學生 75 折、學生 799、幸福 999 及捷運月票卡搭公車減量最高，均在 2 千萬公噸以上；空污減量貨幣化總效益亦以此 4 項最多，均在 3 千萬元以上；由各補助方案之總效益除以總投入成本所得的益本比來看，則以學生 75 折、幸福 999、公共腳踏車轉乘捷運、林園線接駁公車較佳，在 1.65~2.87 倍之間；觀察每萬元可減少空污排放量，以林園線接駁公車最高爲 2.9，其次學生 75 折爲 2.1，公共腳踏車轉乘捷運爲 1.7，幸福 999 爲 1.2。比較補助方案之各項效益表現，以學生 75 折最好，投入成本不是最高，但在私人運具移轉量、CO2 減量、總空污減量、總效益及益本比等項均最佳。

伍、結論

2012 年實施環保基金補助捷運政策，使高雄捷運平均日運量達 15.5 萬人次，較 2011 年 13.6 萬人次，成長 13.5%，也比歷年平均成長率 7.5%高出約 6%。補助政策整體效益，私人運具移轉量達 1 億 1,101 萬車公里，CO2 減量 1 萬 5,994 公噸，總空污減量 1 萬 6,927 公噸，貨幣化總效益 2 億 3,385 萬元，環保基金、高捷公司及企業合計總投入成本 1 億 7,838 萬元，成本效益比值是 1.31 倍，每萬元可減少空污排放量 0.9 公噸。如僅計高雄市環保基金投入的補助經費 9,121 萬元，則成本效益比值達 2.6 倍，每萬元可減少空污排放量 1.9 公噸。

補助計畫實施期間捷運、公共腳踏車及公車之運量皆有成長，捷運運量成長更爲顯著，有助於提升大眾運具使用率，顯見優惠票價確可吸引民眾搭乘公共運具，在減少私人運具使用量方面也有明顯的成效，進而減少移動污染源的空氣污染排放，改善空氣品質，減少環境污染等外部成本，使高雄市

朝永續綠色運輸發展。私人運具合理性管理或抑制私人運具使用的策略與作法如能配合推動，將更加有助於早日達成 15%大眾運輸使用率之目標。

陸、致謝

感謝高雄市環境保護基金管理委員會及高雄市政府環境保護局提供補助經費和督導；在高雄市政府環保局、交通局、高雄捷運公司及各公民營公車、客運業者的通力配合下，使補助計畫得以順利推展圓滿完成；高雄捷運公司洪管理師玉輔、元科科技公司林副理少娟及鼎漢工程顧問公司張規劃師恭碩的熱心協助和諮詢，使本報告得以順利完成，一併致謝。

參考文獻

一、書籍

1. 陳賓權、黃新薰、黃運貴，「綠色運輸系統發展政策之探討」，台北：交通部運輸研究所，2009 年，頁 1。
2. 經濟部能源局，「我國燃料燃燒二氧化碳排放統計與分析」，台北，2012 年，頁 13。
3. 張瑞剛，「抗暖化，我也可以：氣候變遷與永續發展」，台北：秀威資訊科技公司，2012 年。
4. 元科科技股份有限公司，「2011 年度高雄市總量管制暨移動源削減量抵換計畫」報告，高雄市環保局委託計畫，2012 年。

二、期刊

1. 吳銘圳、李穆生，「高雄市碳權管理模式之研究」，城市學學刊，第一卷，第二期，2010 年 9 月，頁 75-101。

三、網路資料

1. 交通部，「機動車輛登記數統計」，2012 年 12 月。
http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=63&parentpath=0,6
2. 交通部統計處，2011 年「民眾日常使用運具狀況調查」摘要分析，2012 年 3 月。
http://www.motc.gov.tw/ch/home.jsp?id=54&parentpath=0,6
3. 環保署綠色生網，http://ecolife.epa.gov.tw/Cooler/knowledge/item.aspx?key=10276
4. 100 年高雄市與臺北市、新北市交通指標。http://www.tbkc.gov.tw/image/07-02-08/100-6-6.pdf