

94 年度「環保署/國科會空污防制科研合作計畫」

成果完整報告

總計畫：燃料電池產業技術發展對空氣污染減量影響研究

子計畫一：車用燃料電池產業技術發展對空氣污染減量影響研究

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC 94-EPA-Z-007-001-

執行期間： 94 年 1 月 1 日至 94 年 12 月 31 日

總計畫主持人： 洪哲文 教授

計畫主持人： 洪哲文 教授

計畫參與人員： 林博煦、林暉智

執行單位： 國立清華大學動力機械工程學系

中 華 民 國 95 年 1 月 26 日

目錄

目錄	1
摘要	II
Abstract.....	III
一、前言	1
二、文獻探討	2
三、方法	4
四、年度重要工作內容	5
4.1 燃料電池對現階段內燃引擎機車的空污減量分析.....	9
4.2 燃料電池對現階段轎車的空污減量分析.....	16
4.3 燃料電池對現階段客貨車的空污減量分析.....	23
五、重要發現與成果	31
六、主要建議意見及未來或後續執行建議.....	34
七、計畫成果自評	36
參考文獻	36
群體計畫之整合成果.....	38
可供推廣之研發成果資料表	51

摘要

本總計畫之總體目標為評估國際及國內燃料電池產業技術發展對國內空氣污染減量之影響，以做為政府訂定環保能源政策參考，以及學術界未來研究方向與目標。本總計畫之研究重點再細分為燃料電池在運輸用、固定式、與能源供輸產業技術發展之過去發展、目前現況、與未來趨勢，而最終目的在定性與定量評估其對國內空氣污染減量之影響，故依主持人專長再分工為三項子計畫，分別為：

- (1) 子計畫一：車用燃料電池技術發展對空污減量影響研究;(洪哲文教授)
- (2) 子計畫二：固定式燃料電池技術發展對空污減量影響研究;(盧昭暉教授)
- (3) 子計畫三：燃料電池能源供輸產業技術發展對空污減量影響研究(施國亮教授)。

子計畫一之目的在蒐集國內外各學術與研究機構對於燃料電池做為運輸動力來源時，使用不同燃料對於空氣污染、溫室效應及能源效益所作評估之研究文獻及數據，並根據此些相關數據資料，建立電腦評估及預測模式，針對國內所可能選擇的燃料來源、提煉方式、動力車輛做油井至車輪(Well-to-Wheels)過程中造成的影響進行數據分析。

本子計畫中針對國內三種內燃引擎車輛，機車、轎車及客貨車，研究以燃料電池電動車輛取代後對空污氣體以及石化能源的影響評估。本計畫採用由美國 Argonne 實驗室發展出之 GREET 軟體，置換國內機車、轎車及客貨車之空污及油耗數據，進行針對國內的影響評估報告。模擬結果顯示，採用生質乙醇燃料電池作為替代動力源時，對於整體溫室氣體排放減量程度為最好，可以減少原內燃機車輛之排放量約 56%，而純氫氣燃料電池車輛次之，則約減 54%；而如以節能觀點選擇，乙醇燃料電池機車可大量減少石化能源消耗比例，亦為最優選擇。以車輛類型進行比較，則燃料電池技術應用於機車時對台灣擁有最大的污染減量比例，其次為客貨車，再為轎車；若考慮國內各式車輛數目，則燃料電池轎車能夠獲得每公里行程最大溫室氣體減量絕對值，其次為機車，再為客貨車。本計畫預測結果與美、日、歐各研究機構有相同趨勢與減量比，證明燃料電池車輛對污染減量與永續能源皆有正面之效益，其推廣有賴從氫氣生產、提煉、分配至燃料電池車輛技術全面展開。

關鍵字：燃料電池；生質乙醇；溫室氣體；電動車輛

Abstract

This project aimed to review and investigate the influence of development of fuel cell industry on the reduction of air pollution from international and national viewpoints. The fuel cell related industry can be categorized into: transportation, stationary utilizations and hydrogen industry. Hence, this project has been separated into three sub-projects:

- (I) Transportation fuel cell technology on the impact of air pollution (Prof. Hong);
- (II) Stationary fuel cell technology on the impact of air pollution (Prof. Lu);
- (III) Hydrogen industry technology on the impact of air pollution (Prof. Shih).

The sub-project (I) focuses on the decrease of air pollution by implementing fuel cell vehicles to replace the existing internal combustion engine vehicles, which include scooters, passenger cars, and diesel trucks and buses. We employed the software GREET, which was developed by Argonne National Lab for USA research originally. The input conditions were modified to suit for the Taiwan environment, and that the scooters and diesel trucks/buses are the new options. The analysis is from well to wheels, which includes well-to-pump and pump-to-wheels. The simulation results show that the fuel cell vehicles fueled by bio-ethanol will decrease the greenhouse gases by 56%, and the hydrogen fuel cell vehicles are about 54%. From the viewpoint of energy conservation, the bio-ethanol fuel cell vehicles provide the least fossil fuel consumption. In summary, the fuel cell scooter has the largest decrease ratio of the greenhouse gases compared with the gasoline scooter using the current technology. However, considering the total amount of green house gases decrease, the fuel cell passenger cars have the most significant effect. This is due to the large number of passenger cars in Taiwan. The research results coincide with those from USA, Japan and European institutes. Hence, the promotion of fuel cell vehicles is the major trend among the industrialized countries.

Keywords: Fuel cell; bio-ethanol; greenhouse gases; electric vehicle

一、前言

燃料電池是今日全世界共同注目焦點之綠色產品，預期將於本世紀初形成一重大產業，改變現今能源市場結構與環保空污系統市場。由於基本上由化學能轉換至電能的電化學反應其能量轉換效率遠高於傳統燃燒化學反應轉至機械能再轉換至電能之系統設計，加上燃料電池操作原理無摩擦、振動、噪音等機械特性，且主要產物是水，大量減少燃燒所產生之空氣污染，故能同時兼顧能源多樣化及環境保護目標，故符合全世界各國政府發展方向。燃料電池目前遭遇之難題只剩技術問題與成本降低，由經濟觀點著眼，各國政府及產業界皆已經或即將投下鉅資進行最後衝刺，主要看上的便是此技術應用其產品商機無限，小從利用奈米科技微機電製程之 3C 用微燃料電池，中至民生用品如可攜式、家用或車用發電機，大至社區發電之分散型發電系統以及影響國計民生之大型發電廠等，皆可打開新市場，故極適合以中小企業為主體之台灣工業環境，仿效個人電腦及周邊產業進展過程，不斷從基本面及應用面插入此新興工業，務期台灣燃料電池產業亦佔有世界一席之地。

而以環保署空氣污染管制策略，則分成移動污染源與固定污染源兩種，前者主要指各式車輛，而後者主要指大型發電廠，區域型分散式發電與國內積極發展之家庭用發電與熱水裝置，而由各式燃料電池產品所衍生出之能源供輸系統亦炯異於目前供需方式與對環保影響，故如何在分工合作、整體評估為當今刻不容緩工作，亦為本計畫著手重點，總體計畫評估國際及國內燃料電池產業技術發展對國內空氣污染減量之影響，以做為政府訂定環保能源政策參考，以及學術界未來研究方向與目標。

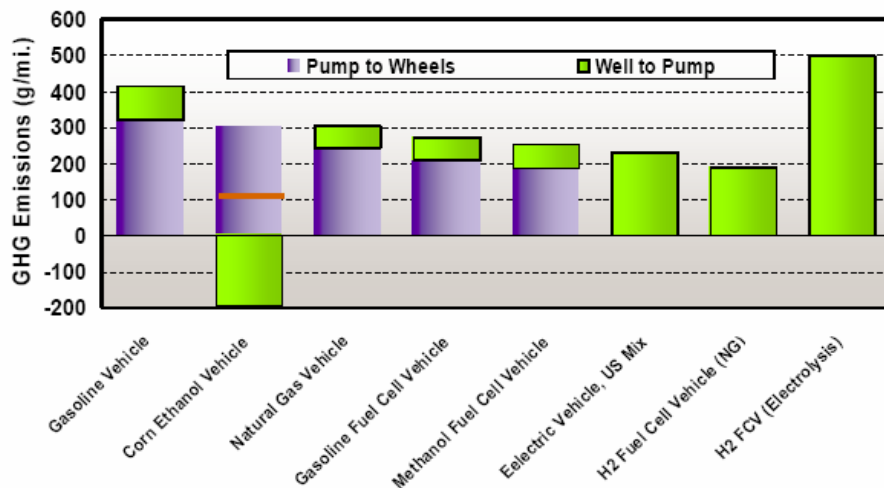
子計畫一之緣由乃因燃料電池科技近幾年突飛猛進，各關鍵零組件製作成本的同步降低，小體積大功率適合運輸工具的燃料電池產品逐漸顯現其大量商品化之潛力。唯燃料電池使用，不僅牽涉產品技術本身，更由於其使用燃料來源，提煉方式，輸送過程，車輛種類與行車型態，皆影響能源使用效率及空污環保，更由於產品從製造、使用、維護至報廢之生命循環中造成能效與空污影響，將決定此產業是否有必要發展之基本決策問題，故如何以巨觀及微觀評估此產業，此時此刻已為關鍵時刻。由於地球油源日漸耗竭，近年來國際油價年年高漲，因此先進國家各知名車廠及研究機構均早已投入資金與人力進行混成車或是純電動車的相關研究，其中又以零污染、低噪音、大功率密度燃料電池作為環保車輛動力來源之研究與設計最受矚目。國內對於燃料電池的研究及開發近年亦蓬勃發展，燃料電池機車技術更是獨步全球。應用於車輛方面的燃料電池以質子交換膜燃料電池為主，而氫氣通常為主要的燃料來源。雖然燃料電池本身使用氫氣幾乎無廢氣排出，對於改善空氣污染具有正面的幫助，但是在製造氫氣的過程當中，由於來源及方式不同，部份燃料電池反而會有造成溫室效應的氣體產生。另外直接甲醇、間接甲

醇、乙醇及固態氧化物燃料電池等亦可作為車輛主要或輔助動力源，因此本計畫針對製造氫氣、甲醇、乙醇等的各種石化及生質能源或替代能源之生產運輸所可能產生的廢氣污染，加上國內可能研發的燃料電池車型和各種行車型態測試作電腦模擬，對有可能造成的空氣污染及能源影響作一評估和整理。

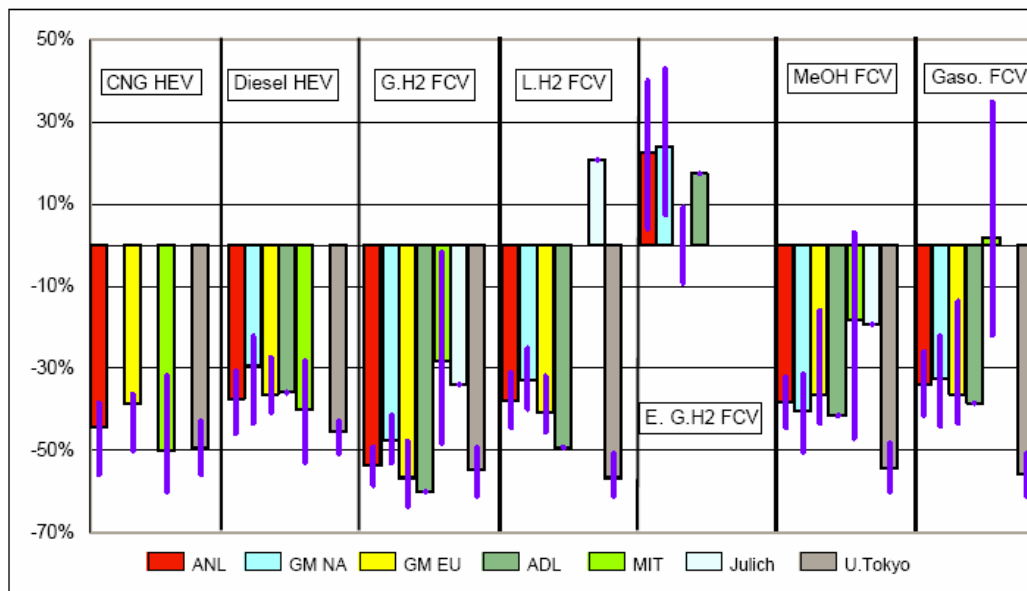
本子計畫目的在蒐集國內外各學術與研究機構對於燃料電池做為運輸動力來源時，使用不同燃料對於空氣污染、溫室效應及能源效益，所作評估之研究文獻及數據，並根據此些相關數據資料，建立電腦評估及預測模式，針對國內所可能選擇的燃料來源、提煉方式、動力車輛，進行油井至車輪(Well-to-Wheels)過程中造成之空污影響評估及數據分析。

二、 文獻探討

質子交換膜燃料電池所需要的氫氣燃料，可儲存於高壓氣體、液體、及固體中，而後者安全性較佳，唯氫氣儲存重量比過低，而高壓氣體液體仍有安全性問題，此皆為目前技術尚待克服之處，因此部份燃料電池研發車輛改用攜帶容易高能量密度的液體燃料，如甲醇(Methanol)、乙醇(Ethanol)或是目前最普遍的汽油(Gasoline)等，再藉由車上裝設的燃料處理器(Reformer)產生氫氣讓燃料電池使用。而依據所攜帶的不同燃料，對於燃料電池車輛及傳統內燃機車輛所得到的能源效率及所排放廢氣量也有相當大的差異，根據美國 Argonne 國家實驗室的研究顯示，對於車輛所排放的溫室效應氣體，在目前所通用的內燃機車輛方面，大部份是由車輛本身產生動力時所產生(Pump-to-Wheels, PTW)，而在從燃料提煉到運送中間所散逸的廢氣相對的比較少(Well-to-Pump, WTP)，反而是經由傳統發電再電解提煉之氫氣應用於純氫之燃料電池車產生最多溫室效應氣體，圖一為各式燃油車輛在燃料提煉過程(WTP)，及車輛產生動力(PTW)當中所產生的溫室氣體排放比較表，最糟的是氫氣燃料電池車(經由傳統發電再電解提煉之氫氣)，而最佳者竟為乙醇引擎車，因此對於零污染的燃料電池車輛，空污減量必須從產生氫氣來源及過程便著手[1]。圖二為各研究機構對各式電動車及混成車對於溫室氣體減量影響研究，可以看到採用不同燃料的燃料電池車輛對於溫室氣體減量都有所幫助，但是在減少的程度仍依據使用不同的燃料來源而有所差異，其中採用電解法之氫氣燃料電池車仍為最差，且為反效果。



圖一 各型式車輛對於溫室效應氣體的生成比較[1]



圖二 各研究機構探討各式電動車輛對溫室氣體減少比較圖[1]

ANL: Argonne National Lab. (USA Study)

GM NA: General Motor North America (USA Study)

GM EU: General Motor Europe (Europe Study)

ADL: A.D. Little (USA Study)

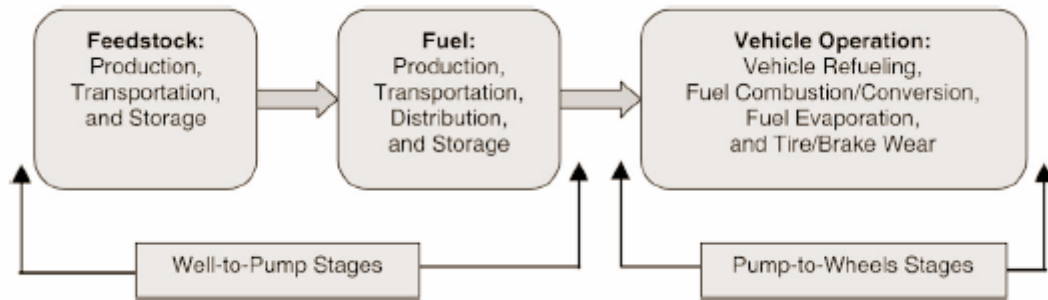
MIT: Massachusetts Institute of Technology (USA Study)

Julich: German Julich Research Center (Germany Study)

U.Tokyo: University of Tokyo (Japan Study)

三、 方法

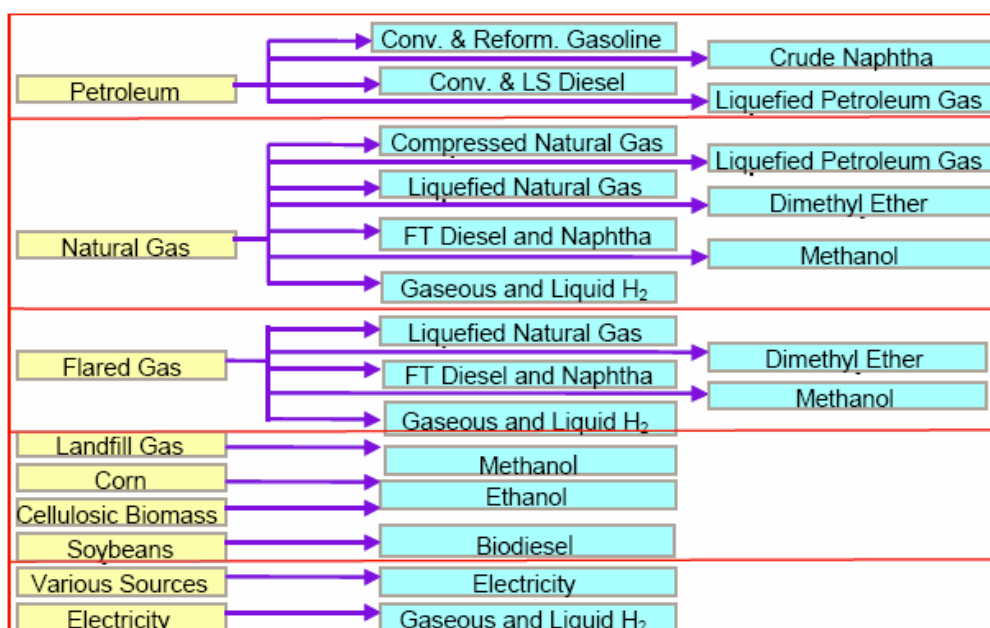
學術及研究機構中所使用的評估工具，一般採用電腦模擬來針對使用不同燃油的傳統內燃機車輛，油電混成車輛，及純燃料電池車或是與電池混成的燃料電池車輛，依據所指定車輛規格性能及行車型態進行模擬，在模擬當中也計算出不同的燃料所造成的廢氣排放影響，並且從 Well-to-Pump 至 Pump-to-Wheels 及最終 Well-to-Wheels 進行研究評估[1-8]。美國 Argonne 國家實驗室根據所收集到的美國地區相關燃料提煉及各式汽車及電動車的資料，將其整合成一計算程式 GREET (Green House Gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation)，該軟體適用於計算美國地區，在不同燃料選擇及標準行車型態之下，從 Well-to-Pump 及 Pump-to-Wheels 兩階段中的能源效率及廢氣排放預測分析，圖三為該軟體運作的流程圖。而本計畫以此軟體為起點，針對國內特有車輛及燃油之模式及數據，進行資料庫建立，用以評估燃料電池車輛對於國內空氣污染的影響狀況。



圖三 GREET 軟體運作流程圖[9]

軟體包含由不同的燃料來源如石油、天然氣、植物等，到提煉出各種可以供燃料電池使用的燃料，如氫氣、甲醇和乙醇等，產生廢氣排放量及能源損耗的數據。經過選定提煉燃料路徑之後，再經過計算便可以得到選擇提煉燃料的過程中，是否符合環保效益及能源效益。

本計畫針對國內相關資料也以類似的程式建立及模擬估算，以國內可能燃料來源，可能燃料電池車輛，及各式車輛特有行車型態等，以電腦模擬評估方式，預測燃料電池技術替代現行各式車輛內燃機後，對於空污氣體減量與能源改善之影響[10]。



圖四 GREET 軟體所設定燃料的提煉路徑[10]

四、 年度重要工作內容

於本研究計畫當中，分別針對國內主要交通工具：機車、轎車及客貨車，研究以燃料電池替換傳統內燃引擎之後，對空氣污染的影響情形。本子計畫根據環保署所公佈 94 年度廢氣排放數據[11-13]，以及由能源局所發佈 93 年度耗能報告[14]，針對空污評估模擬軟體中各式車輛基本性能進行替換，各車輛性能數據如表一中所示：

表一 各式車輛排放參數

	機器腳踏車	轎車	大型客貨車
平均油耗 (km/liter)	37.3	10.82	2.412
排放 VOC (g/test)	1.35	0.057	0.155
蒸發 VOC (g/test)	0.4	0.039	0.039
CO (g/km)	3.36	0.435	0.644
NOx (g/km)	0.253	0.04	1.788
排放 PM (g/km)	0.01	0.01	0.058
輪胎 PM (g/km)	0.021	0.021	0.021
甲烷 (g/km)	0.135	0.006	0.016
N2O (g/km)	0.025	0.004	0.179

※客貨車空污排放量以時速 60 km/hr 計算

將上列數據輸入進行模擬，針對採取不同燃料(計有:高壓氫氣、甲醇、乙醇、壓縮天然氣)之燃料電池車進行空污模擬及比較，各燃料電池車空污排放量模擬結果如表二至表七中所示

表二 純電動機車、高壓氫氣及甲醇燃料電池機車空污排放模擬結果

Item	Electric Vehicle			FCV: GH2, IIG			FCV: MeOH, IIG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	40	1,148	0	40	477	728	59	561	1,069
Fossil Fuels	38	987	0	40	455	728	59	560	1,069
Petroleum	13	15	0	3	9	0	4	24	0
CO2	3	98	0	2	76	0	5	21	77
CH4	0.129	0.002	0.000	0.080	0.038	0.000	0.118	0.032	0.171
N2O	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
GHGs	6	98	0	4	77	0	7	21	81
VOC: Total	0.006	0.001	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.010	0.160
CO: Total	0.004	0.012	0.000	0.004	0.011	0.000	0.005	0.016	0.672
NOx: Total	0.020	0.079	0.000	0.006	0.030	0.000	0.009	0.033	0.085
PM10: Total	0.004	0.010	0.021	0.000	0.003	0.021	0.000	0.002	0.021
SOx: Total	0.009	0.154	0.000	0.001	0.024	0.000	0.003	0.005	0.000
VOC: Urban	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.160
CO: Urban	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.001	0.672
NOx: Urban	0.000	0.005	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.085
PM10: Urban	0.000	0.001	0.021	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.021
SOx: Urban	0.000	0.008	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000

表三 乙醇及壓縮天然氣燃料電池機車空污排放模擬結果

Item	EtOH FCVs: Corn			FCV: CHG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	160	626	1,141	78	105	1,141
Fossil Fuels	158	626	0	78	95	1,141
Petroleum	77	23	0	4	2	0
CO2	-73	47	86	6	8	66
CH4	0.021	0.102	0.171	0.269	0.019	0.854
N2O	0.045	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001
GHGs	-59	49	89	11	9	84
VOC: Total	-0.024	0.109	0.160	0.001	0.002	0.020
CO: Total	0.029	0.039	0.672	0.007	0.018	0.672
NOx: Total	0.088	0.065	0.085	0.013	0.038	0.085
PM10: Total	0.087	0.005	0.021	0.000	0.001	0.021
SOx: Total	0.009	0.044	0.000	0.004	0.010	0.000
VOC: Urban	0.000	0.001	0.160	0.000	0.001	0.020
CO: Urban	0.001	0.000	0.672	0.000	0.016	0.672
NOx: Urban	0.003	0.001	0.085	0.001	0.032	0.085
PM10: Urban	0.000	0.000	0.021	0.000	0.000	0.021
SOx: Urban	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

表四 純電動轎車、高壓氫氣及甲醇燃料電池轎車空污排放模擬結果

Item	Electric Vehicle			FCV: GH2, IIG			FCV: MeOH, IIG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	96	2,741	0	97	1,140	1,738	142	1,339	2,553
Fossil Fuels	91	2,357	0	96	1,087	1,738	141	1,338	2,553
Petroleum	31	36	0	6	23	0	9	56	0
CO2	8	233	0	6	182	0	11	49	184
CH4	0.308	0.004	0.000	0.192	0.091	0.000	0.282	0.077	0.135
N2O	0.000	0.004	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
GHGs	14	235	0	10	184	0	17	51	187
VOC: Total	0.015	0.003	0.000	0.001	0.004	0.000	0.001	0.023	0.160
CO: Total	0.010	0.029	0.000	0.009	0.027	0.000	0.013	0.037	0.658
NOx: Total	0.047	0.188	0.000	0.014	0.072	0.000	0.021	0.078	0.025
PM10: Total	0.009	0.023	0.021	0.000	0.006	0.021	0.001	0.004	0.021
SOx: Total	0.020	0.368	0.000	0.001	0.057	0.000	0.008	0.012	0.000
VOC: Urban	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.160
CO: Urban	0.000	0.004	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.003	0.658
NOx: Urban	0.001	0.013	0.000	0.000	0.010	0.000	0.000	0.003	0.025
PM10: Urban	0.000	0.002	0.021	0.000	0.001	0.021	0.000	0.000	0.021
SOx: Urban	0.000	0.019	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000

表五 乙醇及壓縮天然氣燃料電池轎車空污排放模擬結果

Item	EtOH FCVs: Corn			FCV: CNG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	383	1,495	2,723	187	250	2,723
Fossil Fuels	377	1,494	0	186	226	2,723
Petroleum	183	54	0	10	4	0
CO2	-175	112	205	13	19	161
CH4	0.050	0.243	0.135	0.641	0.046	0.674
N2O	0.107	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
GHGs	-141	117	208	27	20	176
VOC: Total	-0.057	0.259	0.160	0.002	0.004	0.020
CO: Total	0.069	0.093	0.658	0.017	0.042	0.658
NOx: Total	0.211	0.156	0.025	0.031	0.091	0.025
PM10: Total	0.208	0.012	0.021	0.001	0.003	0.021
SOx: Total	0.020	0.104	0.000	0.009	0.024	0.000
VOC: Urban	0.000	0.003	0.160	0.000	0.003	0.020
CO: Urban	0.003	0.001	0.658	0.001	0.039	0.658
NOx: Urban	0.006	0.003	0.025	0.003	0.077	0.025
PM10: Urban	0.000	0.000	0.021	0.000	0.001	0.021
SOx: Urban	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000

表六 純電動客貨車、高壓氫氣及甲醇燃料電池大型客貨車空污排放模擬結果

Item	Electric Vehicle			FCV: GH2, IIG			FCV: MeOH, IIG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	379	10,809	0	381	4,494	6,854	560	5,281	10,066
Fossil Fuels	360	9,293	0	379	4,286	6,854	556	5,275	10,066
Petroleum	123	143	0	25	89	0	36	221	0
CO2	31	921	0	22	717	0	45	193	728
CH4	1.214	0.017	0.000	0.758	0.358	0.000	1.113	0.303	0.005
N2O	0.001	0.016	0.000	0.000	0.004	0.000	0.001	0.003	0.057
GHGs	57	926	0	38	726	0	68	201	745
VOC: Total	0.059	0.012	0.000	0.002	0.016	0.000	0.004	0.091	0.054
CO: Total	0.041	0.116	0.000	0.035	0.106	0.000	0.051	0.147	0.206
NOx: Total	0.186	0.740	0.000	0.056	0.284	0.000	0.082	0.308	0.572
PM10: Total	0.035	0.092	0.021	0.002	0.025	0.021	0.003	0.017	0.021
SOx: Total	0.081	1.452	0.000	0.006	0.223	0.000	0.031	0.046	0.000
VOC: Urban	0.000	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	0.016	0.054
CO: Urban	0.001	0.017	0.000	0.000	0.021	0.000	0.001	0.013	0.206
NOx: Urban	0.003	0.050	0.000	0.001	0.038	0.000	0.001	0.014	0.572
PM10: Urban	0.000	0.007	0.021	0.000	0.003	0.021	0.000	0.001	0.021
SOx: Urban	0.002	0.076	0.000	0.000	0.013	0.000	0.001	0.001	0.000

表七 乙醇及壓縮天然氣燃料電池大型客貨車空污排放模擬結果

Item	EtOH FCVs: Corn			FCV: CNG		
	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation	Feedstock	Fuel	Vehicle Operation
Total Energy	1,510	5,896	10,738	737	985	10,738
Fossil Fuels	1,486	5,893	0	732	891	10,738
Petroleum	723	212	0	39	17	0
CO2	-692	440	810	53	76	644
CH4	0.196	0.958	0.005	2.528	0.181	0.025
N2O	0.423	0.006	0.057	0.001	0.001	0.057
GHGs	-557	462	828	106	81	662
VOC: Total	-0.225	1.022	0.054	0.010	0.015	0.050
CO: Total	0.273	0.365	0.206	0.069	0.165	0.206
NOx: Total	0.832	0.615	0.572	0.124	0.359	0.572
PM10: Total	0.821	0.048	0.021	0.004	0.010	0.021
SOx: Total	0.080	0.411	0.000	0.034	0.095	0.000
VOC: Urban	0.001	0.013	0.054	0.002	0.011	0.050
CO: Urban	0.014	0.004	0.206	0.005	0.155	0.206
NOx: Urban	0.024	0.013	0.572	0.012	0.303	0.572
PM10: Urban	0.001	0.000	0.021	0.000	0.003	0.021
SOx: Urban	0.001	0.002	0.000	0.001	0.005	0.000

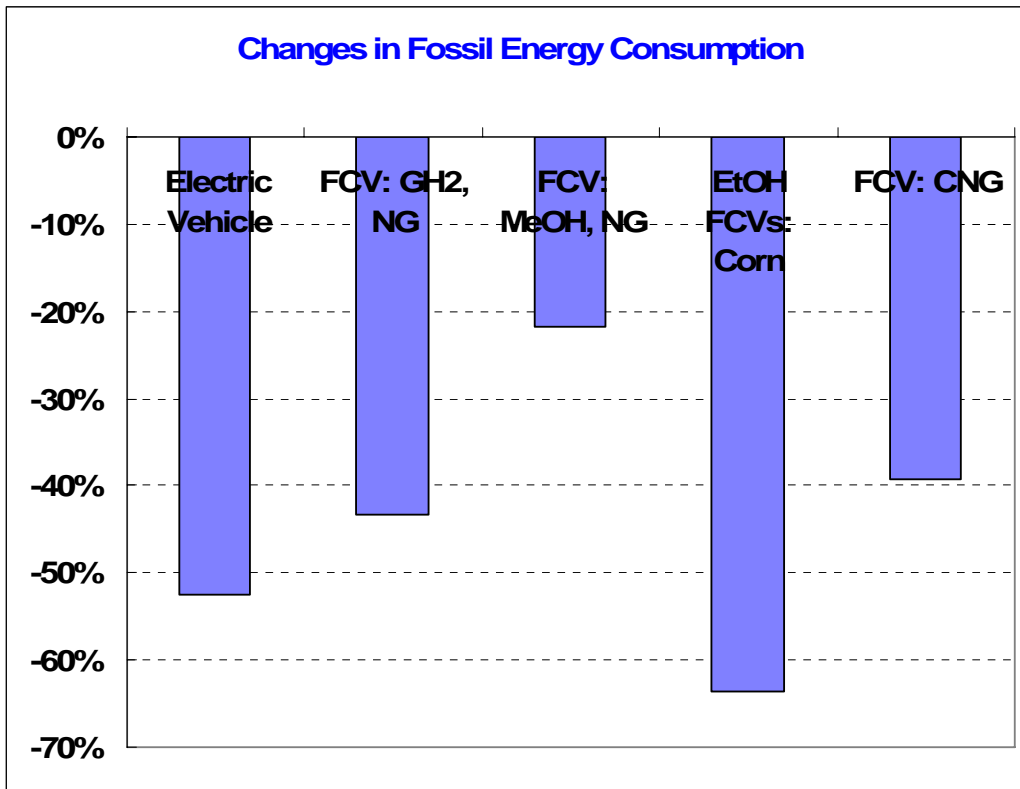
各式交通工具空污減量模擬結果於後續各節中進行討論：

4.1 燃料電池對現階段內燃引擎機車的空污減量分析

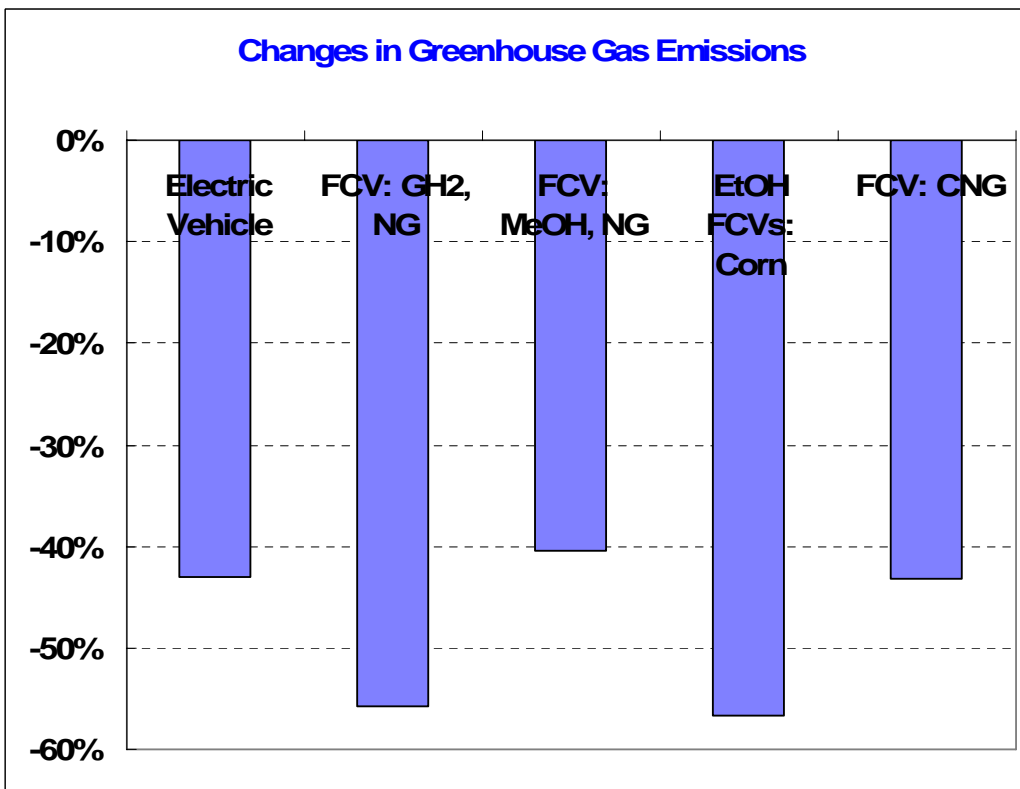
經由輸入表一中機器腳踏車的各项數值之後，可以得到燃料電池技術對於石化能源、溫室氣體排放量以及組成溫室氣體的各種氣體之增加量與減少量的影響結果，如圖五至圖十三所示。

圖五為燃料電池技術對於石化能源消耗量的減少比例。由圖上顯示，生質乙醇燃料電池機車對石化能源減量有最大的比例(約 63%)，這是由於生質乙醇是以農作物製造，因此在車輛運行階段時並沒有消耗任何由石化燃料所提供的能源，使得生質乙醇燃料電池機車獲得最多的石化能源減量比例。石化能源減少比例次高的為純電動機車(約 51%)，和生質乙醇燃料電池機車相同，純電動機車在車輛運行階段並沒有消耗任何的石化能源，但是由於在產生電力的過程中會需要石化能源(如火力發電廠)，因此使得其在燃料階段表現遜於生質燃料電池電動機車。第三位為純氫氣燃料電池電動機車，在車輛運行階段需要從天然氣所製造的氫氣，因此使得其對石化能源的減量效果低於純電動機車。其後減量效果依序為 CNG 燃料電池電動機車及甲醇燃料電池電動機車，這是由於從天然氣製造甲醇時需要較多的石化能源，因此使得甲醇燃料電池電動機車成為石化能源減少比例最低的燃料電池車輛。

圖六為燃料電池技術對於溫室氣體減量比例示意圖，於此所探討的溫室氣體包含 CO₂、N₂O、CH₄、CO、NO_x 及 VOC。溫室氣體排放量減少比例最多者為生質乙醇燃料電池電動機車(約 56%)，這是由於作為生質乙醇的原料農作物會吸收大氣中的 CO₂，因此使得整體而言生質乙醇燃料電池電動機車會達到較高的溫室氣體減量比例。溫室氣體減量比例次多者為純氫氣燃料電池，其主要原因是由於在提煉氫氣的過程中會排放出較多溫室氣體，因此使得純氫氣燃料電池電動機車於 Well-to-Wheels 過程中溫室氣體排放量為第二低。減少比例第三位為 CNG 燃料電池電動機車，這是由於其本身就包含了 CH₄ 的溫室氣體，另外在燃料電池運作後也會產生如 CO 或 CO₂ 的溫室氣體，使得其減量比例較純氫氣及生質乙醇燃料電池為低。雖然純電動機車在運行時不會排放任何廢氣，但是在產生電力時所造成的溫室氣體排放量較前述三種為高，因此使得整體而言純電動車對於溫室氣體減少比例落於第四位。甲醇燃料電池電動機車由於在提煉燃料及車體運行階段均排放出較其他種類之燃料電池多的溫室氣體，因此其減少效果為最低。

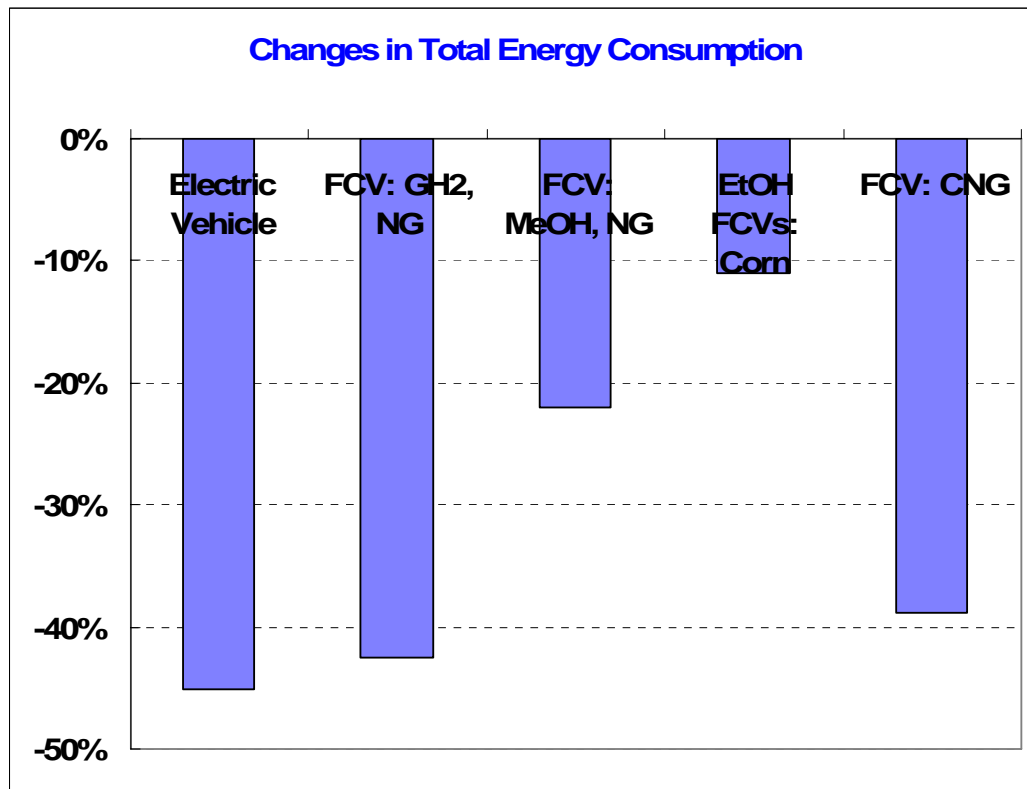


圖五 各式燃料電池電動機車對石化燃料消耗量減少比例示意圖



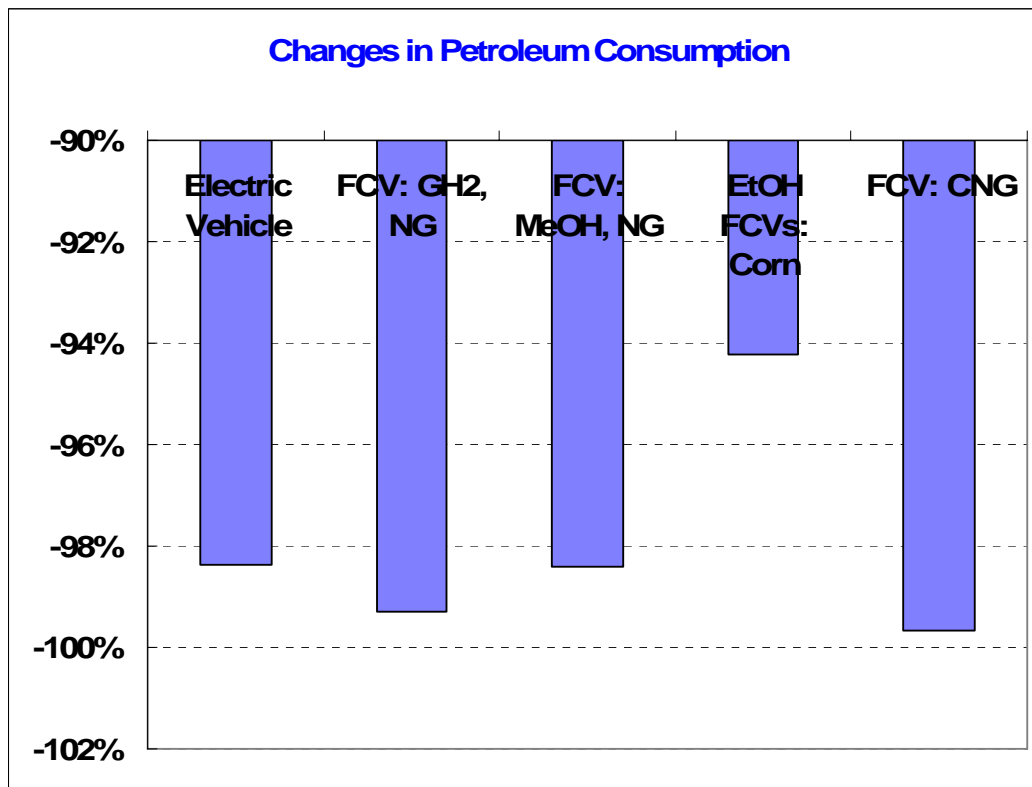
圖六 各式燃料電池電動機車對溫室氣體排放減少比例示意圖

圖七中所顯示的為整體 Well-to-Wheels 過程當中，所消耗能量總和。由圖上可見到所有燃料電池機車至少有將近 40% 的能源消耗量減少，而甲醇燃料電池機車僅提供 22% 的能源減少，乙醇燃料電池機車也僅提供了 11% 的能源消耗量減少。這是由於提煉甲醇及乙醇的過程當中，消耗較多能源(可為石化或生化能源)，因此使得這兩種燃料的改善程度降低。



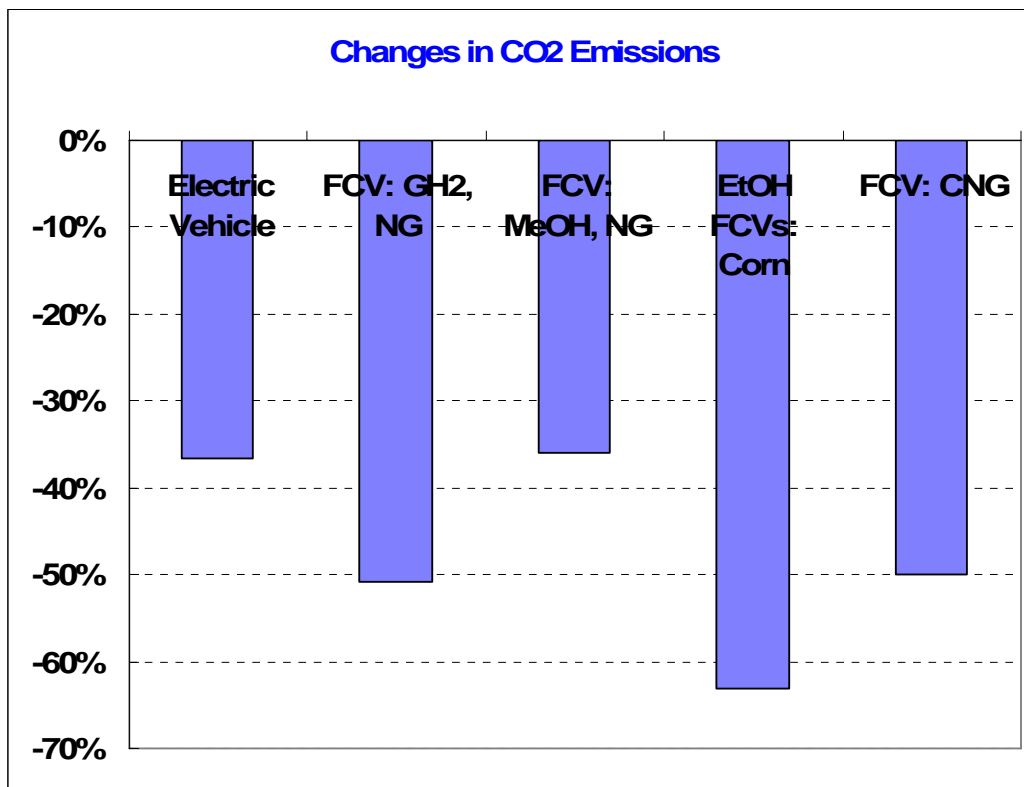
圖七各式燃料電池電動機車對總使用能源減少比例示意圖

圖八為石油消耗量減少比例，整體而言，所有模擬之電動機車均提供了 90% 以上的減少量。乙醇在運送及儲存過程燃料當中所消耗掉的汽油或柴油量是比較多的，因此在石油消耗量的減少比例上是最少的。而 CNG 在儲存和運送上可以由管線簡單的傳遞，因此所需要的石油量是最少的；而氫氣是由天然氣所提煉而成，需要石油燃料進行天然氣和氫氣的運輸，因此在石油的減少比例上會比 CNG 較低。而電動機車方面，需要石油消耗於運輸及發電所需之燃料上，因此對於石油的依賴度比較高，減少的比例也較少。而甲醇同樣是由天然氣進行提煉，但是在燃料提煉和運輸上所消耗掉的石油量是和純電動機車相差無幾的，因此其改善程度和電動車相差無幾。



圖八各式燃料電池電動機車對石油消耗量減少比例示意圖

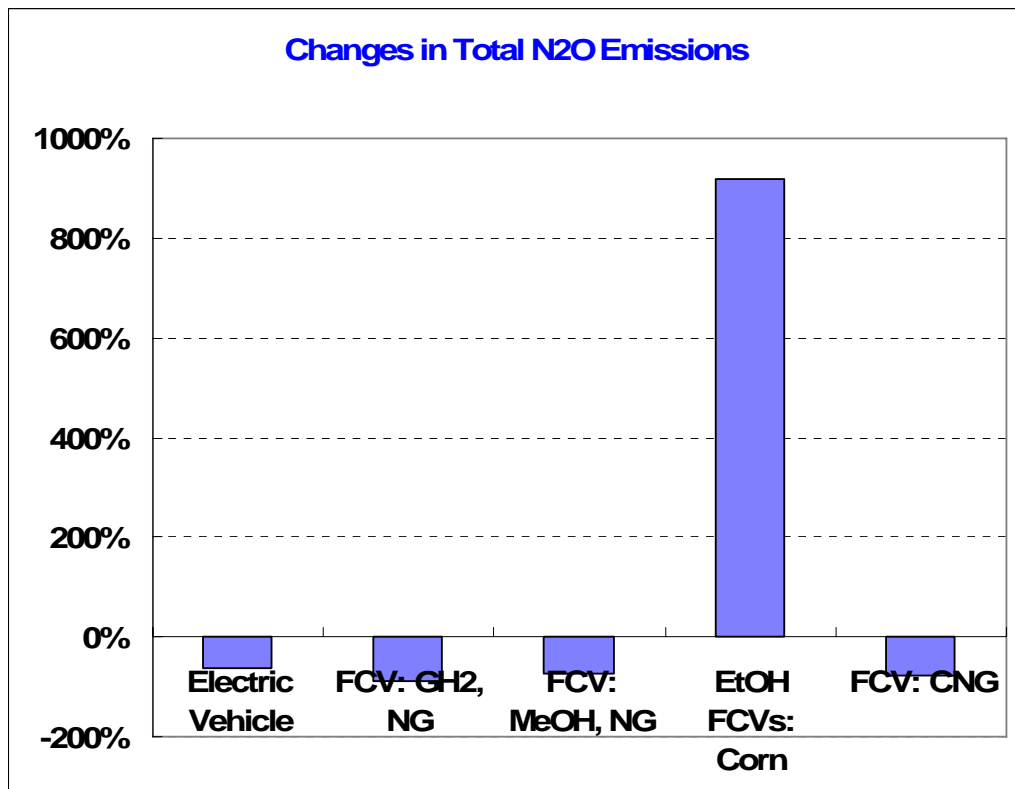
圖九為各式燃料電池機車對於 CO₂ 排放量的減少比例示意圖，由圖上可以見到乙醇燃料電池機車的減少比例為最高，這是由於用以提煉乙醇的植物會吸收大氣中的 CO₂，因此使得乙醇燃料電池機車對於 CO₂ 的改善是最好的。純電動機車的電力來源中包含了火力發電廠，因此雖然車輛本身並不排放 CO₂，但是由發電廠所產生的 CO₂ 使得其改善比例並不大。而提煉氫氣和 CNG 時，在提煉廠本身就會產生 CO₂ 排放，而 CNG 本身就是碳氫化合物，因此在車輛運行上還會在排放出 CO₂，使得 CNG 燃料電池機車的改善比例比純氫氣燃料電池機車低。而採用甲醇做為燃料電池機車燃料時，車輛運行間排放出的氣體中本就具含有 CO₂，再加上由天然氣提煉時所排放出的 CO₂，因此使得甲醇燃料電池機車對於 CO₂ 的改善程度會比 CNG 燃料電池機車要低。



圖九各式燃料電池電動機車對 CO2 排放量減少比例示意圖

圖十為 N₂O 排放比例示意圖，可以見到除了乙醇燃料電池機車以外，其餘電動機車均提供 70% 以上的減少比例，而純氫氣燃料電池機車更是接近 100%。而乙醇燃料電池機車的 N₂O 排放比例增加為原來將近三倍，原因是由於在各個提煉、運輸及儲存過程當中，N₂O 所排放的量為其他燃料的數倍，因此整體來講會呈現增加的狀況。由表三中可以見到乙醇燃料電池機車的 N₂O 總排放量僅為 0.045 g/km，因此雖然增加倍率為將近 900%，但是排放量仍然相當的少。而其他燃料電池機車未能講 N₂O 排放完全消失的原因在於燃料的提煉過程當中仍會產生 N₂O 的排放。

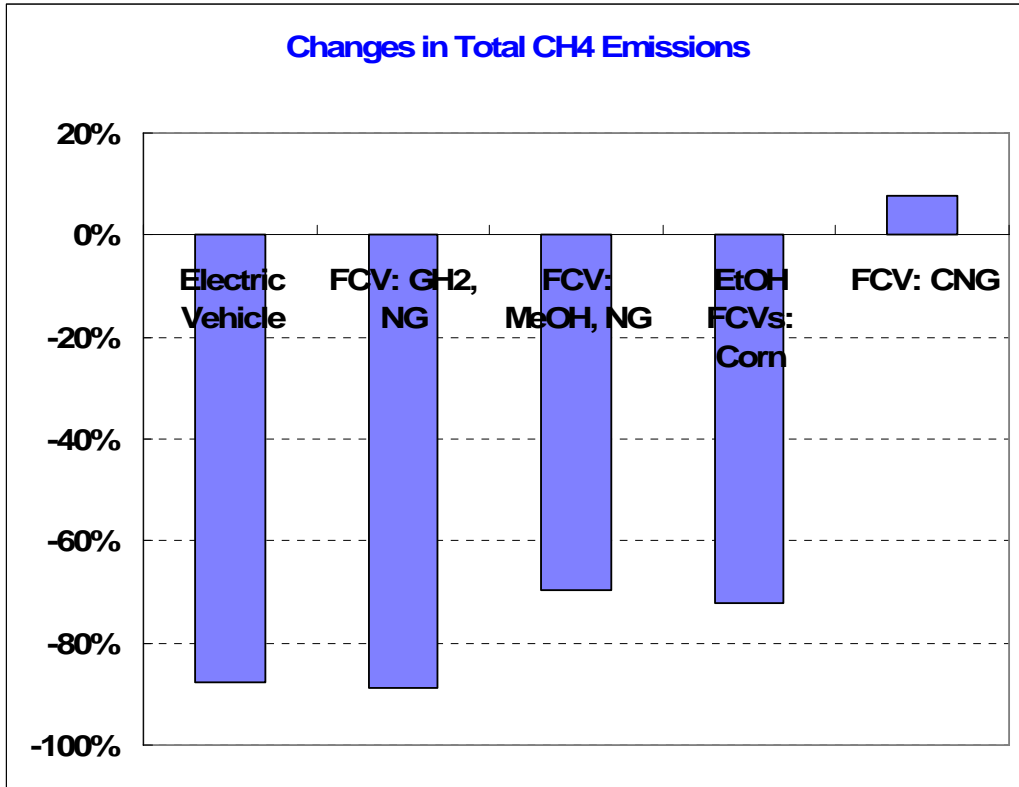
圖十一為 CH₄ 排放比例減少示意圖，除 CNG 燃料電池機車外，其餘電動機車均減少 50% 以上的排放比例。由圖上可以見到 CNG 燃料電池機車的排放量為正成長，這是由於雖然在車輛運行中的排放量和和其他燃料電池機車相去不遠，但是在 CNG 的製造和儲存上的洩漏卻高出其他電動機車許多。而甲醇同樣的在製造及儲存中造成的 CH₄ 排放量比其他燃料要高，因此使得甲醇燃料電池機車能夠提供的 CH₄ 排放減少比例為最低。而乙醇燃料電池機車和氫氣燃料電池機車的改善比例相當接近，約在 50% 附近。



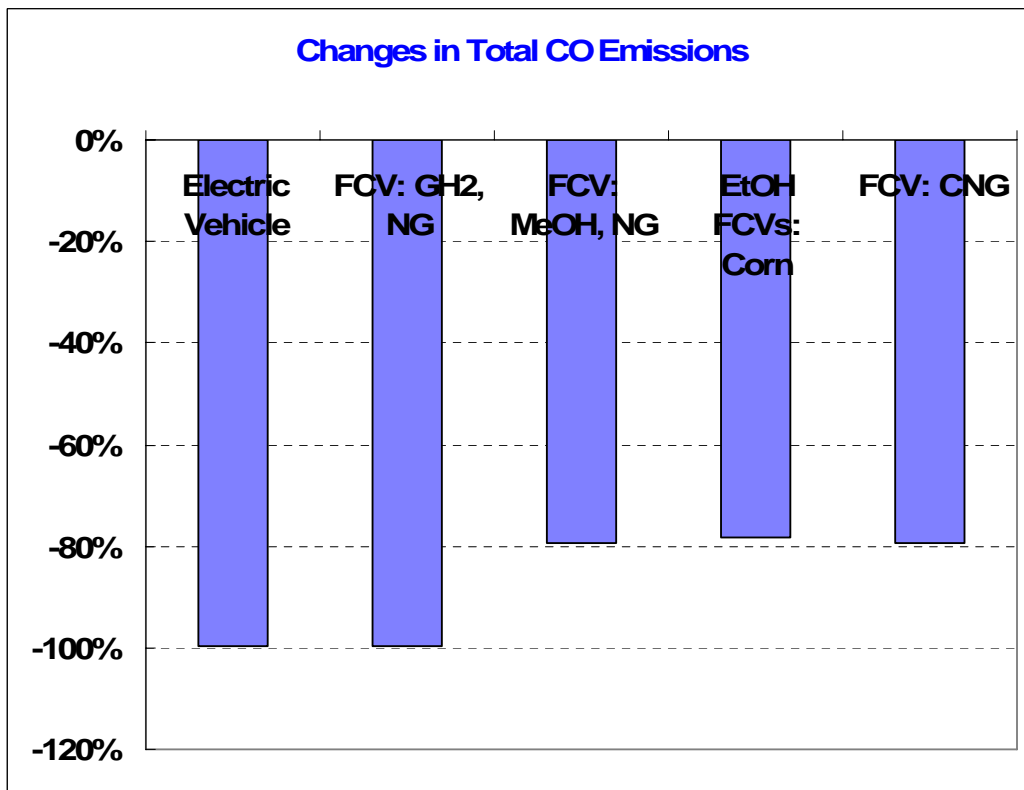
圖十各式燃料電池電動機車對 N2O 排放減少比例示意圖

圖十二為 CO 的排放減少比例示意圖，其中純電動機車和純氫氣燃料電池機車在車輛運行時並不會產生 CO，因此整體而言減少將近 100%。而甲醇、乙醇和 CNG 燃料電池機車由於在車輛運行時產生 CO 排放使得減少比例下降，另外由於燃料的製造和運輸過程中所排放的 CO 量差異，使得三者的 CO 排放減少比例如圖上所示，其中乙醇燃料電池機車所減少的比例為最低。

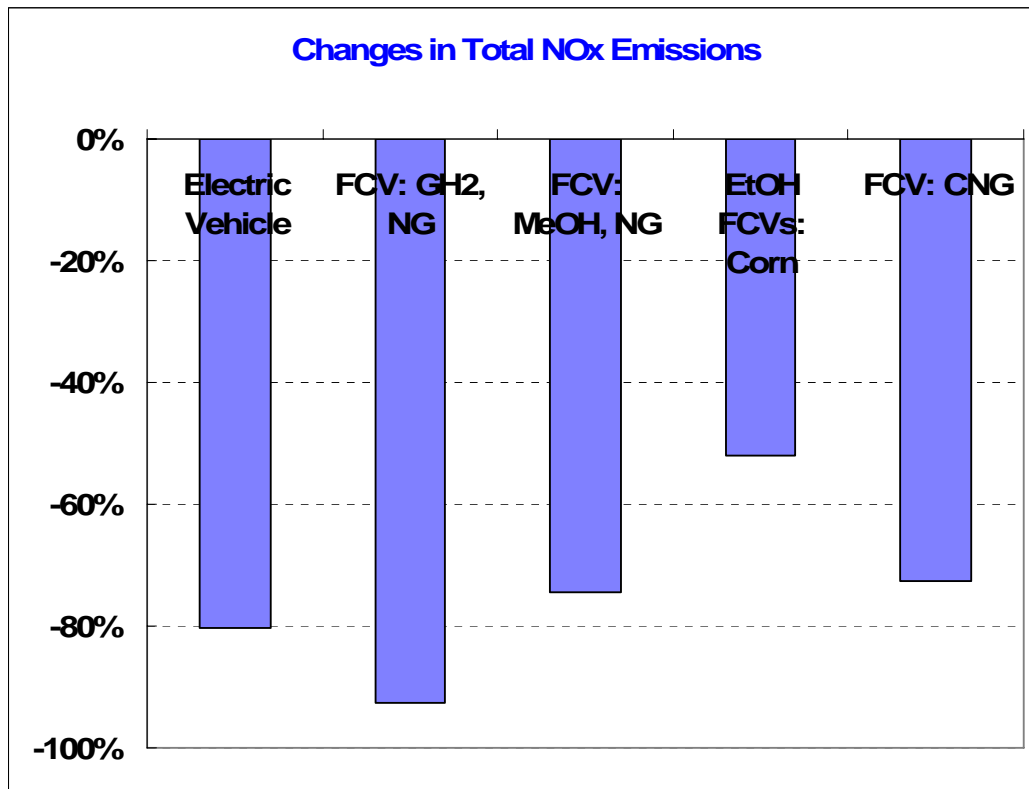
圖十三為 NOx 排放減少比例示意圖，由圖上可以見到純氫氣燃料電池機車可以達到約 92% 的排放量縮減，純電動車次之，約為 80%，甲醇燃料電池的排放縮減為 75%，而 CNG 燃料電池機車則縮減約 72% 左右的排放量。這之間的差異在於純氫氣燃料電池機車於車輛運行中並不排放 NOx，而在燃料的製造及運輸當中，CNG 又比其餘兩者的排放量大。由圖上可以見到純電動機車和乙醇燃料電池機車對於 NOx 的排放量會有增加的情形，這是由於燃料的製造及運輸過程中所排出 NOx 增加的關係，其中乙醇增加的量比純電動機車多，加上實際在車輛運行中乙醇也會排放 NOx，因此使得乙醇的排放比例會大於純電動機車，約增加 1.2 倍。



圖十一各式燃料電池電動機車對 CH4 排放減少比例示意圖



圖十二各式燃料電池電動機車對 CO 排放減少比例示意圖



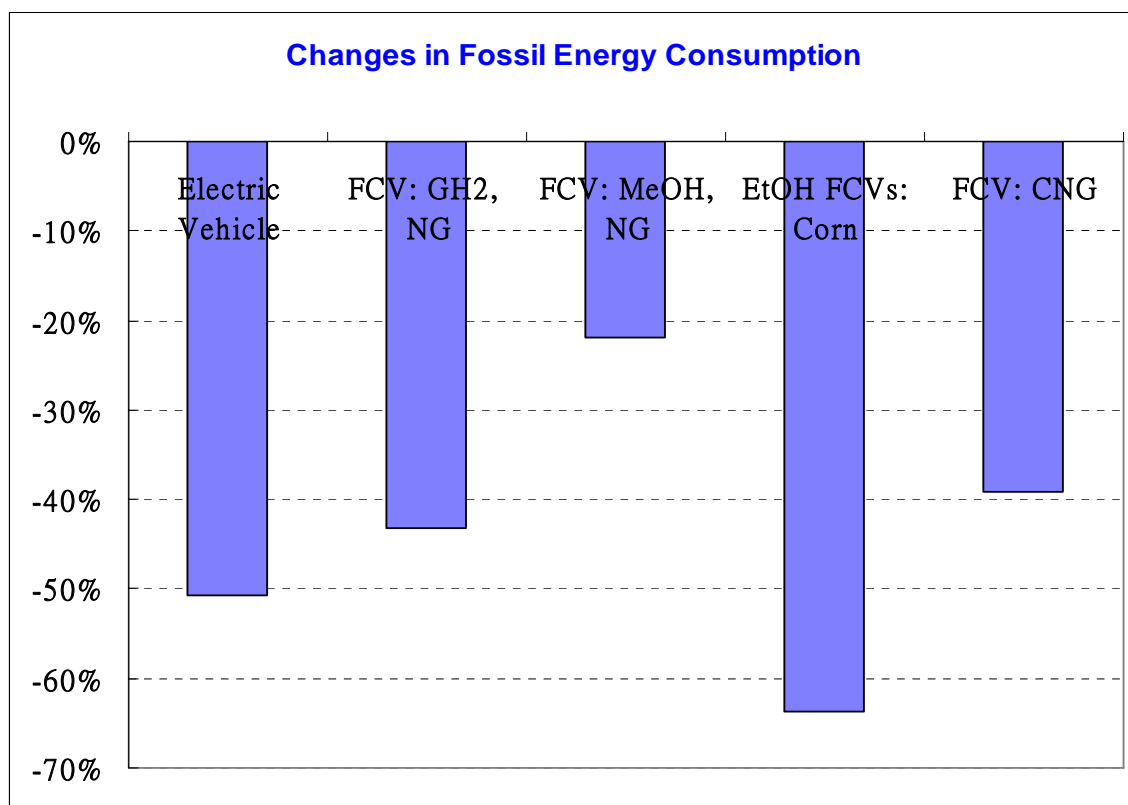
圖十三各式燃料電池電動機車對 NOx 排放量減少比例示意圖

4.2 燃料電池對現階段轎車的空污減量分析

依據表一中有關轎車排放參數，可以得到燃料電池技術對於石化能源、溫室氣體排放量以及組成溫室氣體之各種氣體之增加量與減少量的影響結果，如圖十四至圖二十二所示。

圖十四為燃料電池技術對於石化能源消耗量的減少比例。由圖十四上顯示，經觀察後發現燃料電池技術對於轎車的石化能源減少比例的排名和燃料電池電動轎車相同。生質乙醇燃料電池轎車對石化能源減量有最大的比例(約 63%)，這是由於生質乙醇是以農作物製造，因此在轎車運行階段時並沒有消耗任何由石化燃料所提供的能源，使得生質乙醇燃料電池轎車獲得最多的石化能源減量比例。石化能源減少比例次高的為純電動轎車(約 51%)，和生質乙醇燃料電池轎車相同，純電動轎車在車輛運行階段並沒有消耗任何的石化能源，但是由於在產生電力的過程中會需要石化能源(如火力發電廠)，因此使得其在燃料階段表現遜於生質燃料電池電動轎車。第三位為純氫氣燃料電池電動轎車，在車輛運行階段需要從天然氣所製造的氫氣，因此使得其對石化能源的減量效果低於純電動轎車。其後減量效果依序為 CNG 燃料電池電動轎車及甲醇燃料電池電動轎車，這

是由於從天然氣製造甲醇時需要較多的石化能源，因此使得甲醇燃料電池電動轎車成為石化能源減少比例最低的燃料電池車輛。此順序形成原因與前一節中所敘述的形成原因相近。

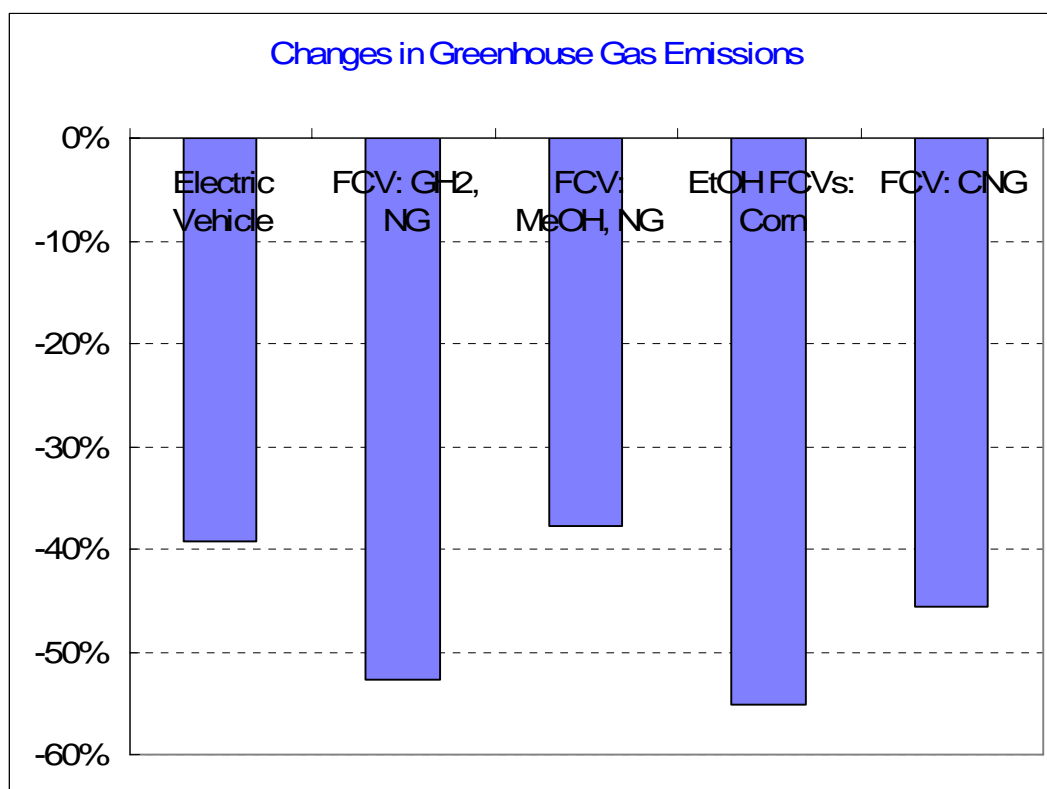


圖十四 各式燃料電池電動轎車對石化燃料消耗量減少比例示意圖

圖十五為不同燃料電池轎車技術對於溫室氣體減量比例示意圖，於此所探討的溫室氣體包含 CO₂、N₂O、CH₄、CO、NO_x 及 VOC。溫室氣體排放量減少比例最多者為生質乙醇燃料電池電動轎車(約 56%)，這是由於作為生質乙醇的原料農作物會吸收大氣中的 CO₂，因此使得整體而言生質乙醇燃料電池電動轎車會達到較高的溫室氣體減量比例。溫室氣體減量比例次多者為純氫氣燃料電池，其主要原因是由於在提煉氫氣的過程中會排放出較多溫室氣體，因此使得純氫氣燃料電池電動轎車於 Well-to-Wheels 過程中溫室氣體排放量為第二低。減少比例第三位為 CNG 燃料電池電動轎車，這是由於其本身就包含了 CH₄ 的溫室氣體，另外在燃料電池運作後也會產生如 CO 或 CO₂ 的溫室氣體，使得其減量比例較純氫氣及生質乙醇燃料電池為低。雖然純電動轎車在運行時不會排放任何廢氣，但是在產生電力時所造成的溫室氣體排放量較前述三種為高，因此使得整體而言純電動車對於溫室氣體減少比例落於第四位。甲醇燃料電池電動轎車由於在提煉燃料及車體運行階段均排放出較其他種類之燃料電池多的溫室氣體，因此其減少效果

為最低。

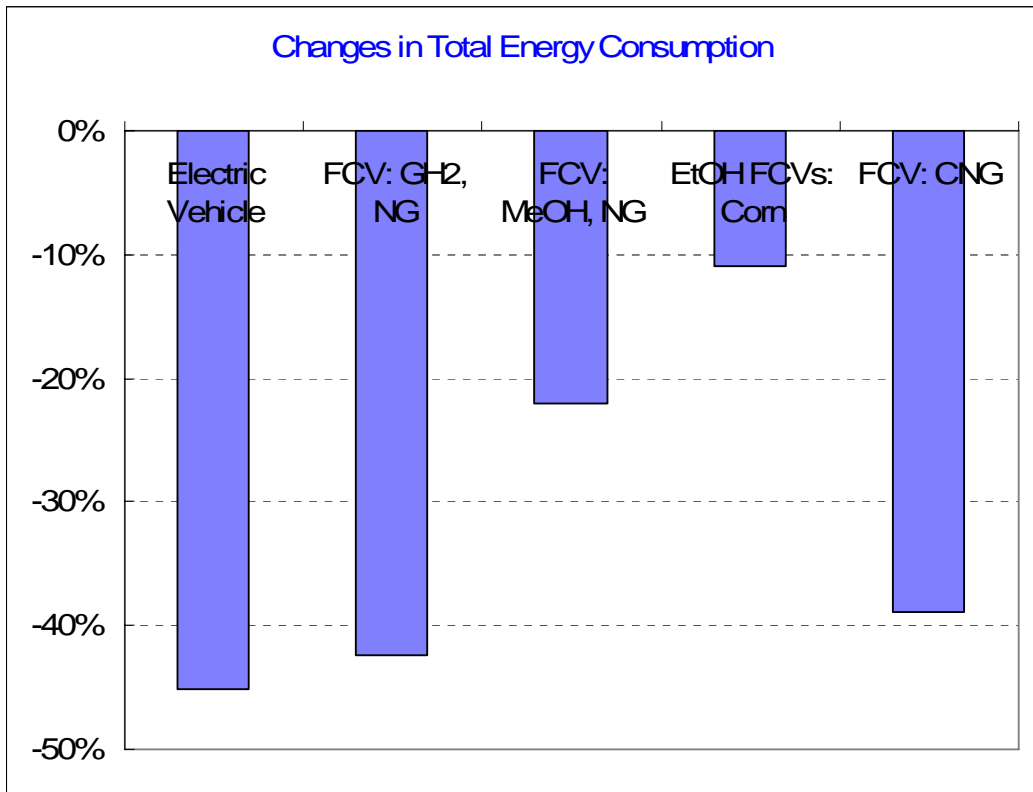
因此溫室氣體減量比例順序依然和燃料電池電動轎車相同，但可見到除生質乙醇燃料電池電動車外，其餘種類之燃料電池電動車對於溫室氣體減量比例均有縮減之情形。可能原因為在相同的行車型態測試之下，由於轎車的油耗表現遜於機車的油耗表現，因此在同樣的燃料電池動力源之下，燃料電池電動車在 Well-to-Pump 和 Pump-to-Wheels 兩階段中所排放的廢氣量增加，進而使得對溫室氣體減量的效果降低



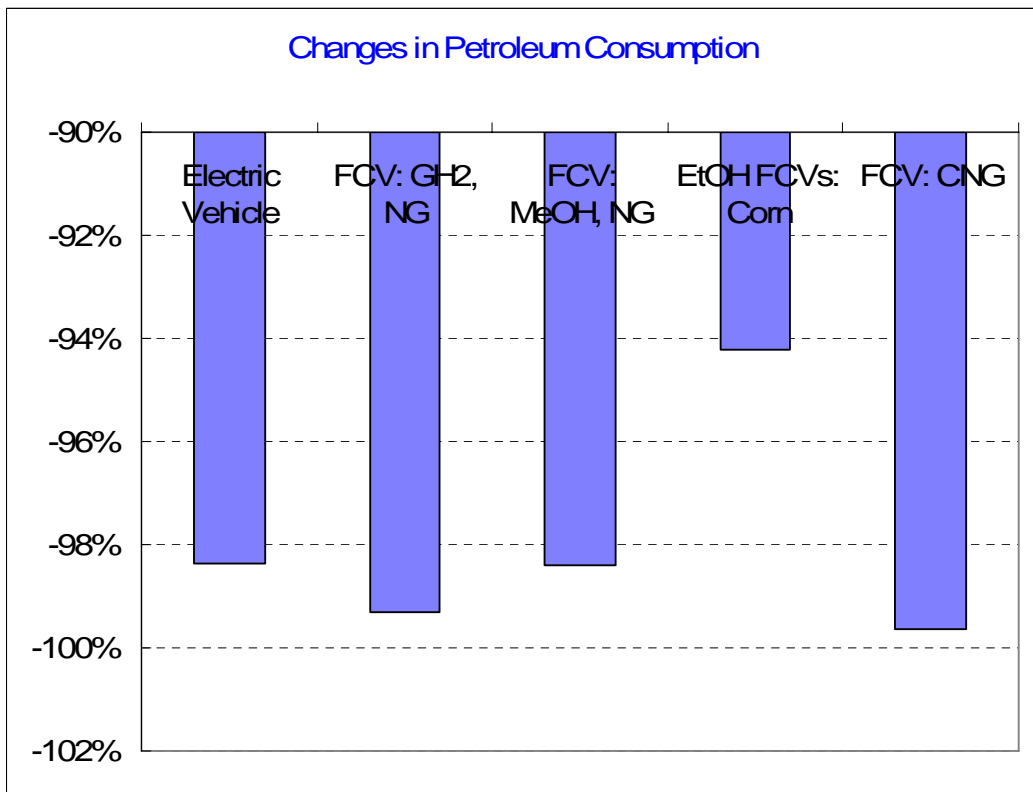
圖十五 各式燃料電池電動轎車對溫室氣體排放減少比例示意圖

圖十六中所顯示的為整體 Well-to-Wheels 過程當中，所消耗能量總和。由圖上可見到所有燃料電池轎車至少有將近 40% 的能源消耗量減少，而甲醇燃料電池轎車僅提供 22% 的能源減少，乙醇燃料電池轎車也僅提供了 11% 的能源消耗量減少。這是由於提煉甲醇及乙醇的過程當中，消耗較多能源(可為石化或生化能源)，因此使得這兩種燃料的改善程度降低。

圖十七為石油消耗量減少比例，整體而言，所有模擬之電動轎車均提供了 90% 以上的減少量。乙醇在運送及儲存過程燃料當中所消耗掉的汽油或柴油量是比較多的，因此在石油消耗量的減少比例上是最少的。而 CNG 在儲存和運送上可以由管線簡單的傳遞，因此所需要的石油量是最少的；而氫氣是由天然氣所提煉而成，需要石油燃料進行



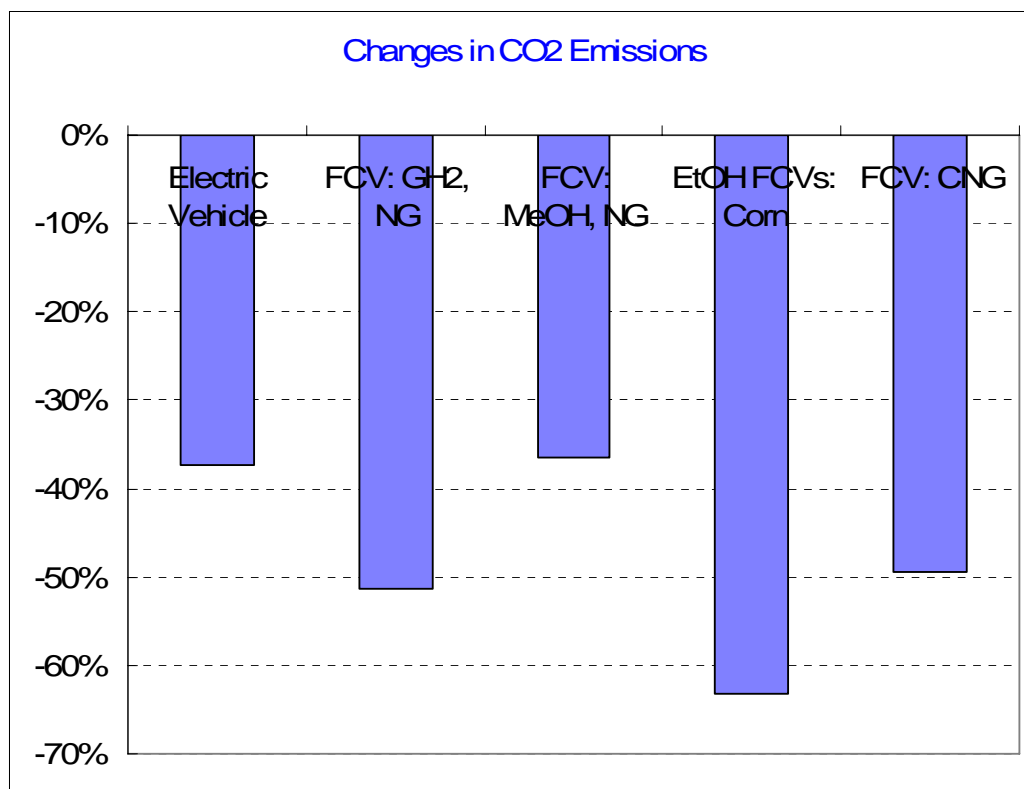
圖十六 各式燃料電池電動轎車對總使用能源減少比例示意圖



圖十七 各式燃料電池電動轎車對石油消耗量減少比例示意圖

所消耗掉的石油量是和純電動轎車相差無幾的，因此其改善程度和電動轎車相差無幾。

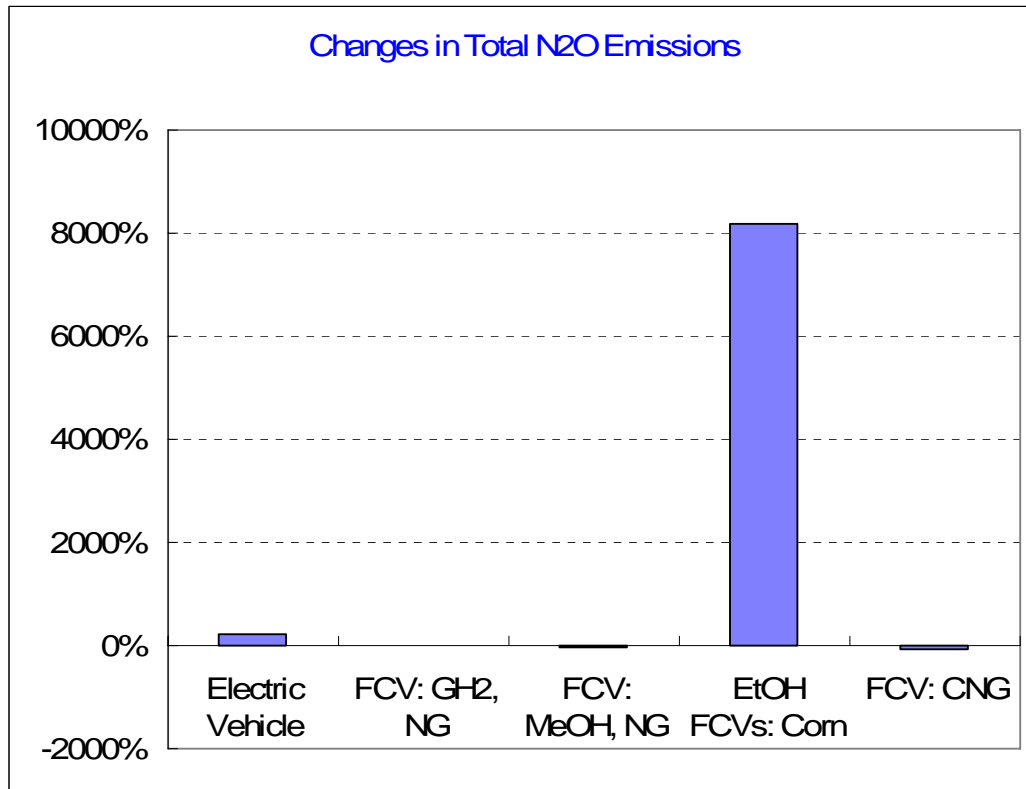
圖十八為各式燃料電池轎車對於 CO₂ 排放量的減少比例示意圖，由圖上可以見到乙醇燃料電池轎車的減少比例為最高，這是由於用以提煉乙醇的植物會吸收大氣中的 CO₂，因此使得乙醇燃料電池轎車對於 CO₂ 的改善是最好的。純電動轎車的電力來源中包含了火力發電廠，因此雖然車輛本身並不排放 CO₂，但是由發電廠所產生的 CO₂ 使得其改善比例並不大。而提煉氫氣和 CNG 時，在提煉廠本身就會產生 CO₂ 排放，而 CNG 本身就是碳氫化合物，因此在車輛運行上還會在排放出 CO₂，使得 CNG 燃料電池轎車的改善比例比純氫氣燃料電池轎車低。而採用甲醇做為燃料電池轎車燃料時，車輛運行間排放出的氣體中本就具有含有 CO₂，再加上由天然氣提煉時所排放出的 CO₂，因此使得甲醇燃料電池轎車對於 CO₂ 的改善程度會比 CNG 燃料電池轎車要低。



圖十八 各式燃料電池電動轎車對 CO₂ 排放量減少比例示意圖

圖十九為 N₂O 排放比例示意圖，可以見到除了電動轎車與乙醇燃料電池轎車以外，其餘電動轎車均減少 N₂O 的排放比例。而乙醇燃料電池轎車的 N₂O 排放比例增加為原來將近三倍，原因是由於在各個提煉、運輸及儲存過程當中，N₂O 所排放的量為其他燃

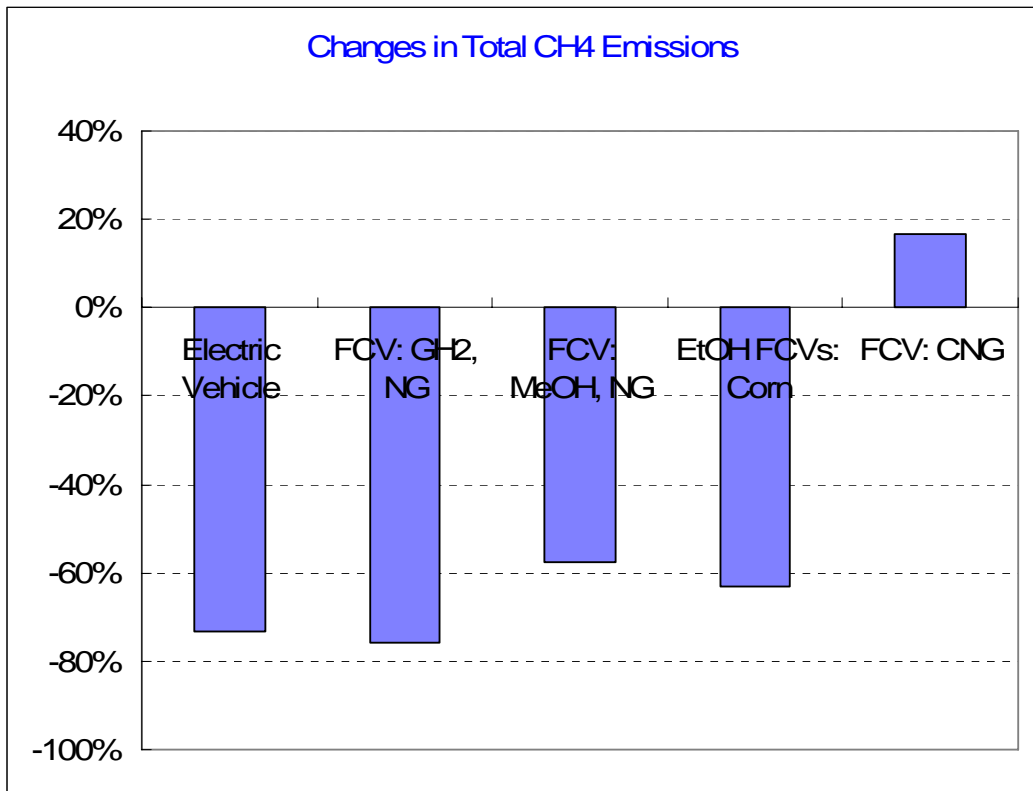
料的數倍，因此整體來講會呈現增加的狀況。由表五中可以見到乙醇燃料電池轎車的 N₂O 總排放量為 0.107 g/km，排放量比例增加為將近 8100%。而其他未能使 N₂O 排放完全消失的燃料電池轎車，原因在於燃料的提煉過程當中仍會產生 N₂O 的排放。



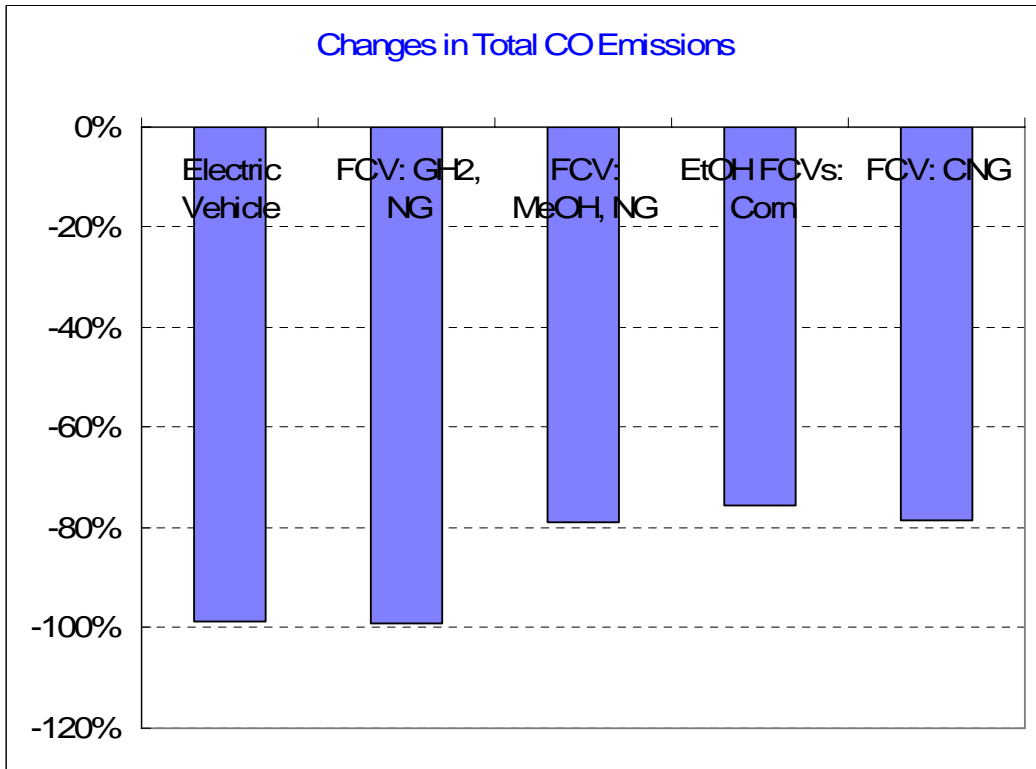
圖十九 各式燃料電池電動轎車對 N₂O 排放減少比例示意圖

圖二十為 CH₄ 排放比例減少示意圖，除 CNG 燃料電池轎車外，其餘電動轎車均減少 50% 以上的排放比例。由圖上可以見到 CNG 燃料電池轎車的排放量為正成長，這是由於雖然在車輛運行中的排放量和和其他燃料電池轎車相去不遠，但是在 CNG 的製造和儲存上的洩漏卻高出其他電動轎車許多。而甲醇同樣的在製造及儲存中造成的 CH₄ 排放量比其他燃料要高，因此使得甲醇燃料電池轎車能夠提供的 CH₄ 排放減少比例為最低。而乙醇燃料電池轎車和氫氣燃料電池轎車的改善比例相當接近，約在 60% 附近。

圖二十一為 CO 的排放減少比例示意圖，其中純電動轎車和純氫氣燃料電池轎車在車輛運行時並不會產生 CO，因此整體而言減少將近 100%。而甲醇、乙醇和 CNG



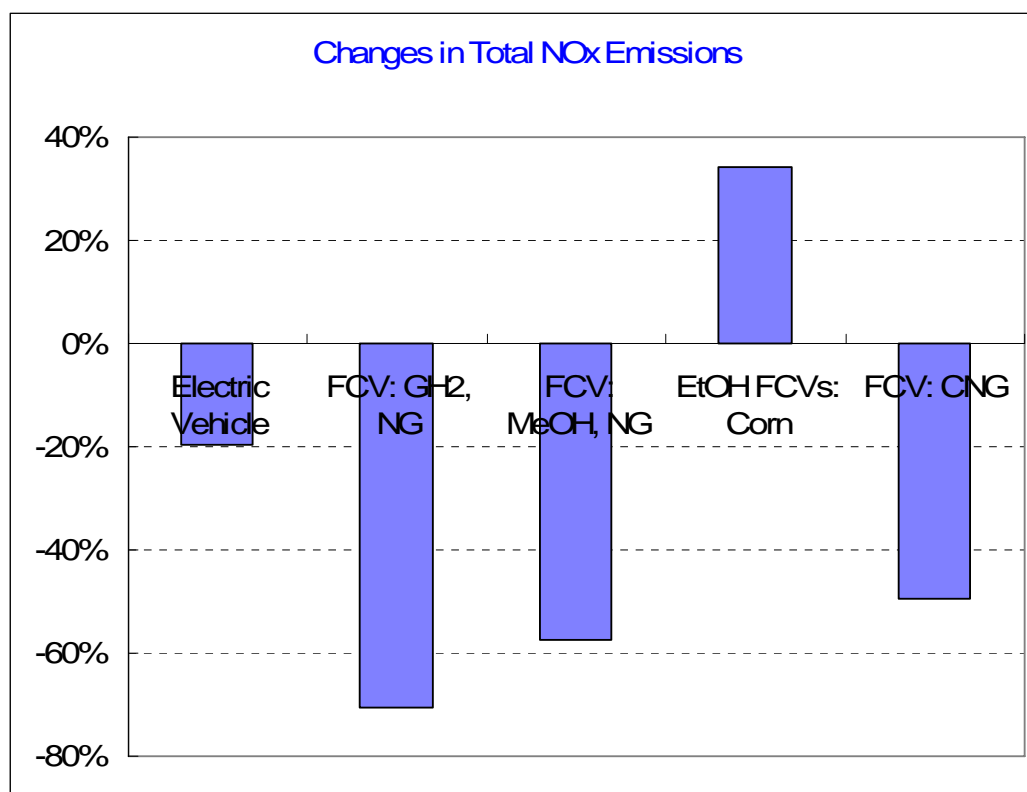
圖二十 各式燃料電池電動轎車對 CH4 排放減少比例示意圖



圖二十一 各式燃料電池電動轎車對 CO 排放減少比例示意圖

燃料電池轎車由於在車輛運行時產生 CO 排放使得減少比例下降，另外由於燃料的製造和運輸過程中所排放的 CO 量差異，使得三者的 CO 排放減少比例如圖上所示，其中乙醇燃料電池轎車所減少的比例為最低。

圖二十二為 NO_x 排放減少比例示意圖，由圖上可以觀察出來除了乙醇燃料電池轎車會提高 NO_x 排放，其餘車輛都會減少排放 NO。純氫氣燃料電池轎車可以達到約 72% 的排放量縮減，純電動轎車次之，約為 80%，甲醇燃料電池的排放縮減為 75%，而 CNG 燃料電池轎車則縮減約 72% 左右的排放量。這之間的差異在於純氫氣燃料電池轎車於車輛運行中並不排放 NO_x，而在燃料的製造及運輸當中，CNG 又比其餘兩者的排放量大。乙醇燃料電池轎車會提高 NO_x，其排放原因可能是燃料的製造及運輸過程中所排出 NO_x 增加的關係，其中乙醇增加的量比其他電動轎車多，加上實際在車輛運行中乙醇也會排放 NO_x。



圖二十二 各式燃料電池電動轎車對 NO_x 排放量減少比例示意圖

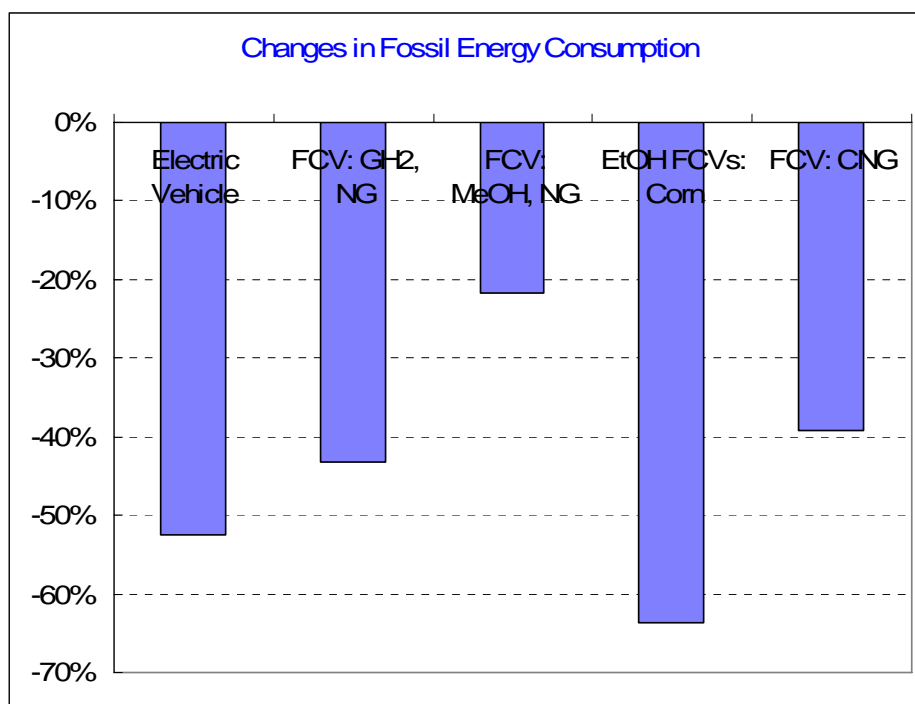
4.3 燃料電池對現階段客貨車的空污減量分析

經由輸入表一中客貨車的各项空污測試數據後，可得到燃料電池技術對於石化能源

以及溫室氣體排放量的影響結果。

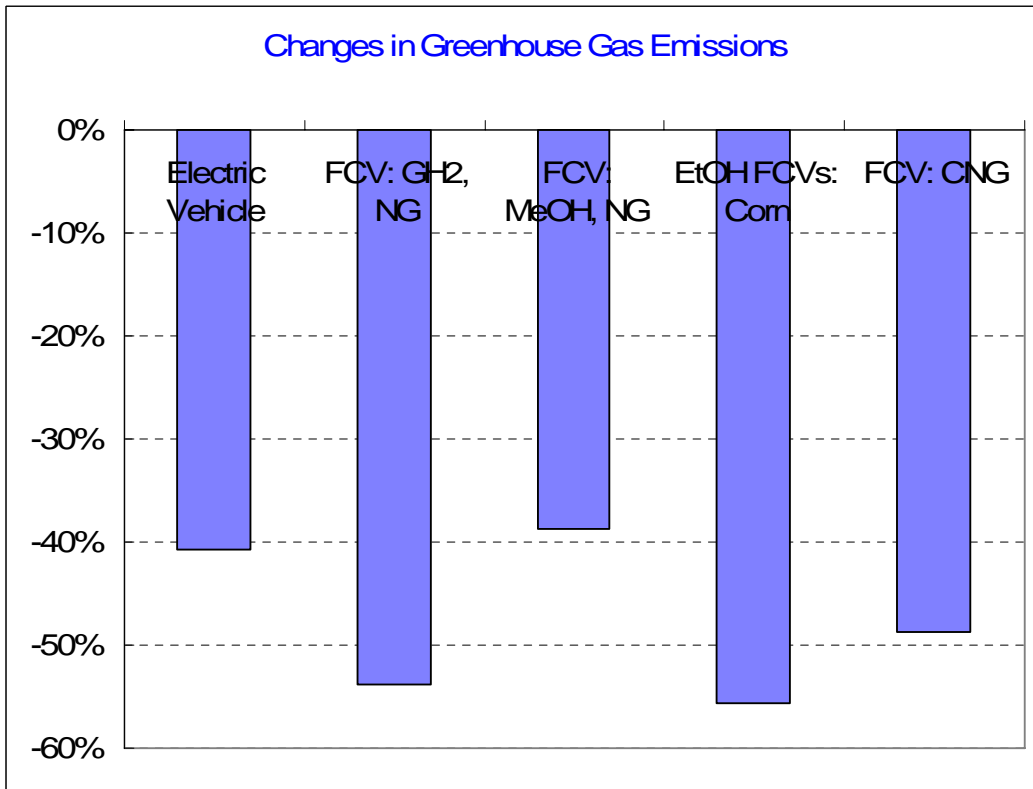
圖二十三為改用燃料電池之客貨車對於石化能源消耗量的減少比例，氫氣、CNG 以及甲醇燃料電池客貨車需要利用石化能源用以提煉燃料及車輛運行 (Vehicle Operation)，因此對於石化燃料之使用量比純電動車及乙醇燃料電池客貨客高。由於甲醇於提煉、運輸、儲存及車輛運行過程，均需消耗掉比提煉氫氣及 CNG 多的石化能源，因此其減少的比例為最低，而 CNG 燃料電池客貨車則是僅需經過壓縮而得，因此所減少的石化能源比例為三者中最高。純電動機客貨車的電能來源當中包含了火力發電場所提供之石化能源，因此減少比例較生質乙醇燃料電池車為低；而生質乙醇方面，在提煉時所消耗的石化能源和其他燃料接近，但是在車輛運行方面則是幾乎不需石化能源，因此其在石化能源的縮減比例是最多的。客貨車石化能源消耗量的減少比例與機車和轎車的趨勢一致。

圖二十四為燃料電池電動客貨車對於溫室氣體排放量減少比例，模擬結果顯示各式燃料電池技術對於客貨車的溫室氣體排放減量比例順序和機車及轎車是相同的。由比例上而言，生質乙醇燃料電池電動客貨車和純氫氣燃料電池電動客貨車均具有相當好的減量比例，分別約 56% 及 54%，而 CNG 燃料電池電動客貨車也具有將近 50% 的溫室氣體減量表現。客貨車溫室氣體排放量減少比例與機車和轎車的趨勢一致。

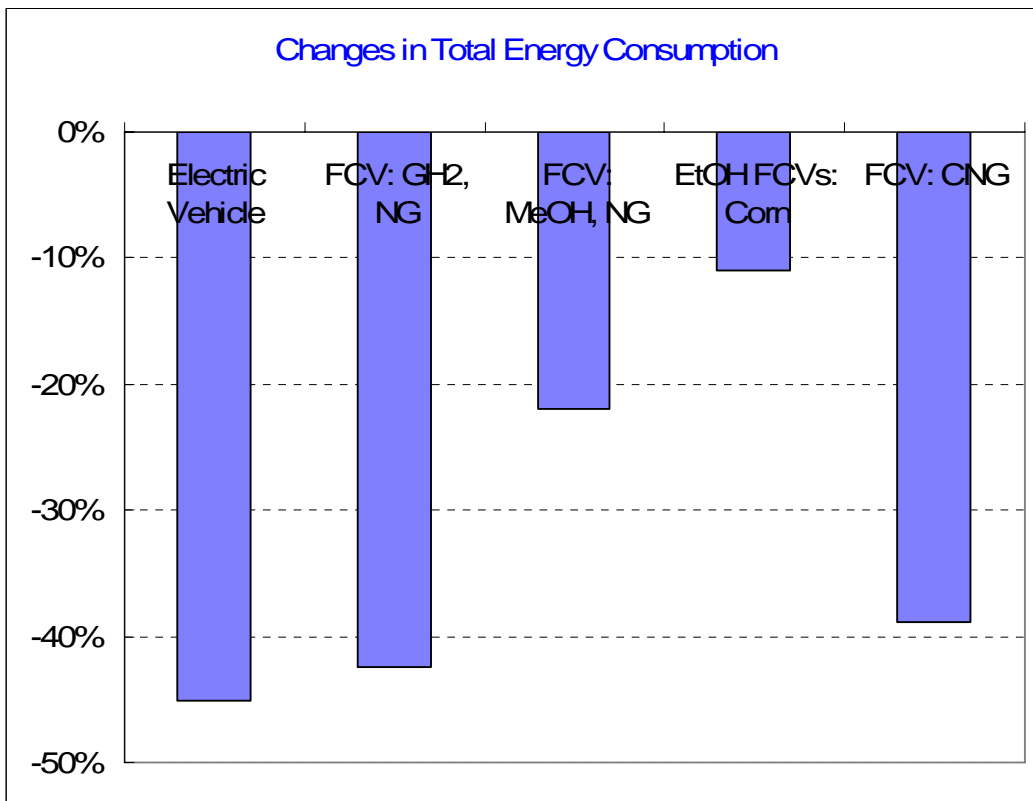


圖二十三 燃料電池客貨車對於石化能源消耗量的減少比例示意圖

圖二十五中所顯示的為整體 Well-to-Wheels 過程當中，所消耗能量總和。由圖上可



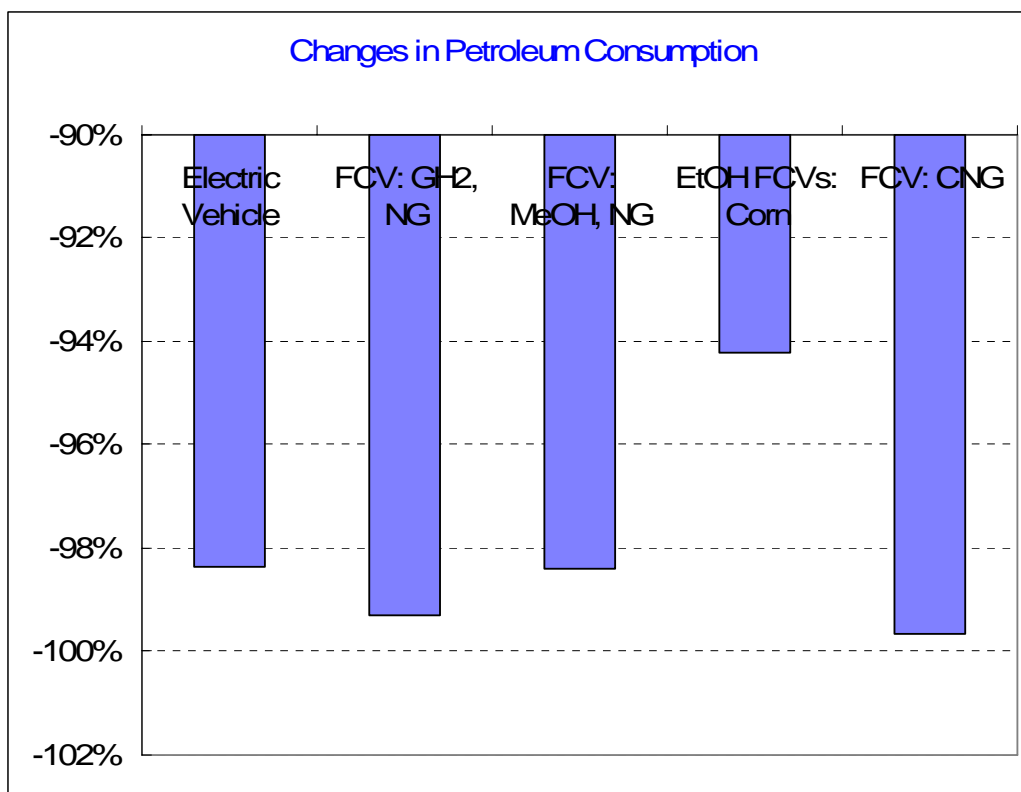
圖二十四 燃料電池客貨車溫室氣體排放減少比例示意圖



圖二十五 燃料電池客貨車對總使用能源減少比例示意圖

得這兩種見到所有燃料電池客貨車至少有將近 40% 的能源消耗量減少，而甲醇燃料電池客貨車僅提供 22% 的能源減少，乙醇燃料電池客貨車也僅提供了 11% 的能源消耗量減少。這是由於提煉甲醇及乙醇的過程當中，消耗較多能源(可為石化或生化能源)，因此使燃料的改善程度降低。客貨車所消耗能量總和與機車和轎車的趨勢一致。

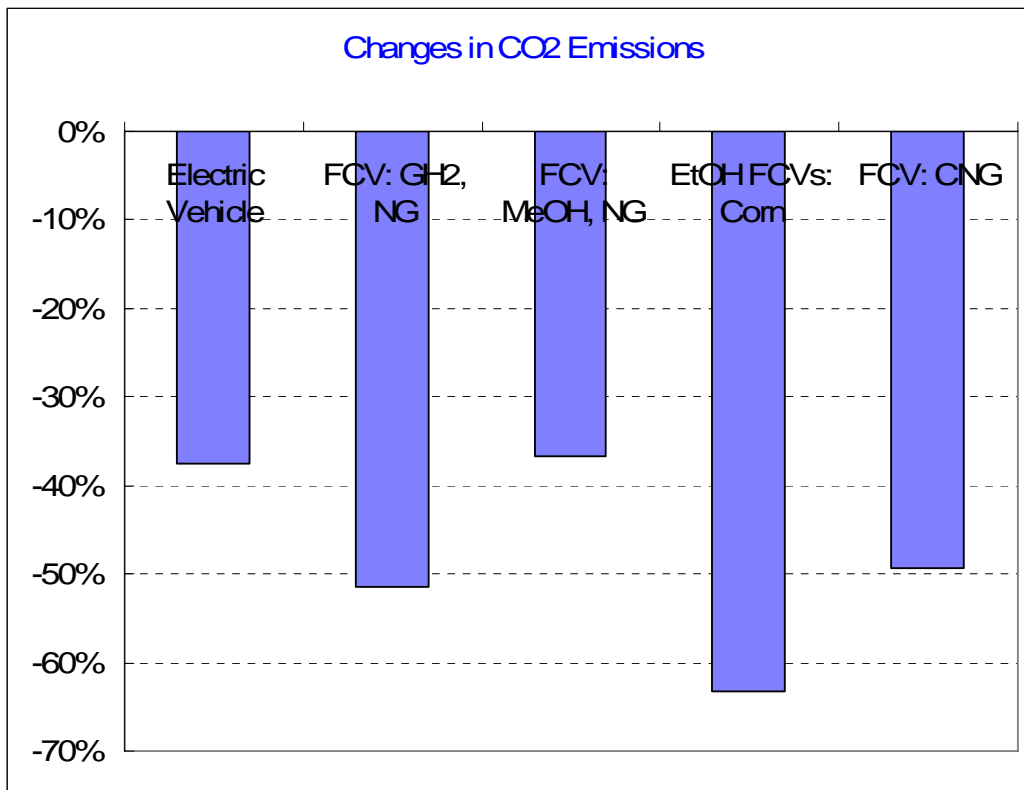
圖二十六為石油消耗量減少比例，整體而言，所有模擬之電動客貨車均提供了 90% 以上的減少量。乙醇在運送及儲存過程燃料當中所消耗掉的汽油或柴油量是比較多的，因此在石油消耗量的減少比例上是最少的。而 CNG 在儲存和運送上可以由管線簡單的傳遞，因此所需要的石油量是最少的；而氫氣是由天然氣所提煉而成，需要石油燃料進行天然氣和氫氣的運輸，因此在石油的減少比例上會比 CNG 較低。而電動客貨車方面，需要石油消耗於運輸及發電所需之燃料上，因此對於石油的依賴度比較高，減少的比例也較少。而甲醇同樣是由天然氣進行提煉，但是在燃料提煉和運輸上所消耗掉的石油量是和純電動客貨車相差無幾的，因此其改善程度和電動客貨車相差無幾。客貨車石油消耗量減少比例總和與機車和轎車的趨勢一致。



圖二十六 燃料電池客貨車對石油消耗量減少比例示意圖

圖二十七為各式燃料電池客貨車對於 CO₂ 排放量的減少比例示意圖，由圖上可以

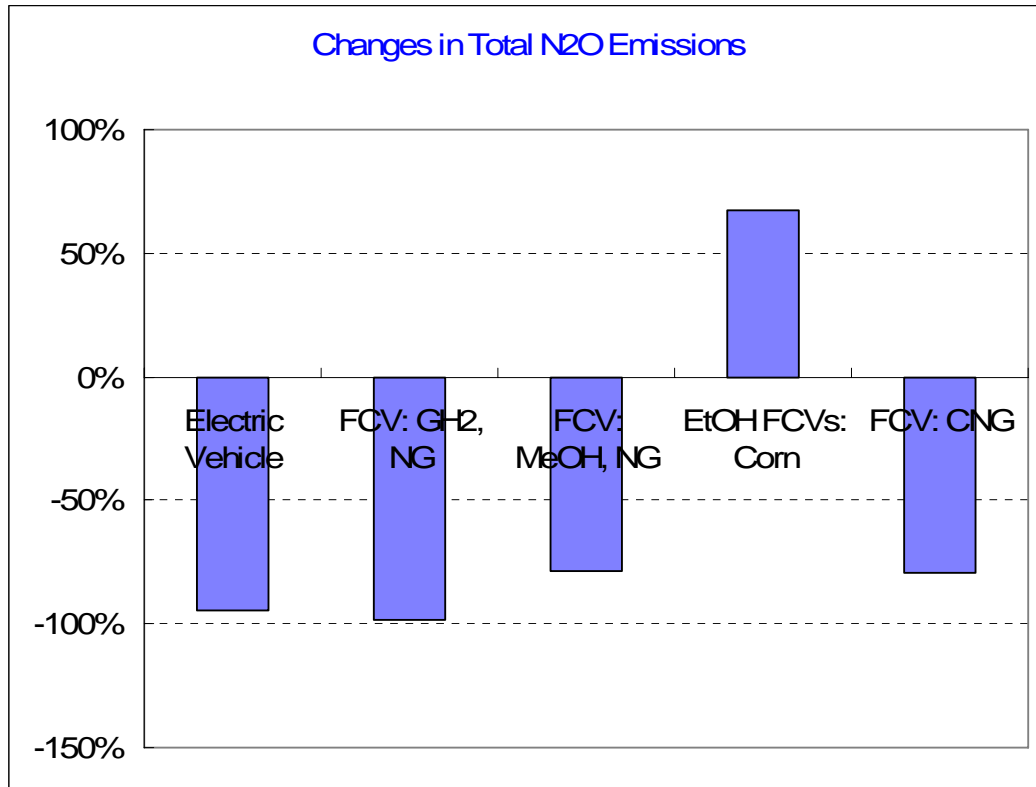
見到乙醇燃料電池客貨車的減少比例為最高，這是由於用以提煉乙醇的植物會吸收大氣中的 CO₂，因此使得乙醇燃料電池客貨車對於 CO₂ 的改善是最好的。純電動客貨車的電力來源中包含了火力發電廠，因此雖然車輛本身並不排放 CO₂，但是由發電廠所產生的 CO₂ 使得其改善比例並不大。而提煉氫氣和 CNG 時，在提煉廠本身就會產生 CO₂ 排放，而 CNG 本身就是碳氫化合物，因此在車輛運行上還會在排放出 CO₂，使得 CNG 燃料電池客貨車的改善比例比純氫氣燃料電池客貨車低。而採用甲醇做為燃料電池客貨車燃料時，車輛運行間排放出的氣體中本就具含有 CO₂，再加上由天然氣提煉時所排放出的 CO₂，因此使得甲醇燃料電池客貨車對於 CO₂ 的改善程度會比 CNG 燃料電池客貨車要低。同樣的，客貨車 CO₂ 排放量的減少比例與機車和轎車的趨勢一致。



圖二十七 燃料電池客貨車對 CO₂ 排放量減少比例示意圖

圖二十八為 N₂O 排放比例示意圖，可以見到除了乙醇燃料電池客貨車以外，其餘電動客貨車均提供 70% 以上的減少比例，而純氫氣燃料電池客貨車更是接近 100%。而乙醇燃料電池客貨車的 N₂O 排放比例增加為原來將近三倍，原因是由於在各個提煉、運輸及儲存過程當中，N₂O 所排放的量為其他燃料的數倍，因此整體來講會呈現增加的狀況。由表三中可以見到乙醇燃料電池客貨車的 N₂O 總排放量為 0.405 g/km，排放比

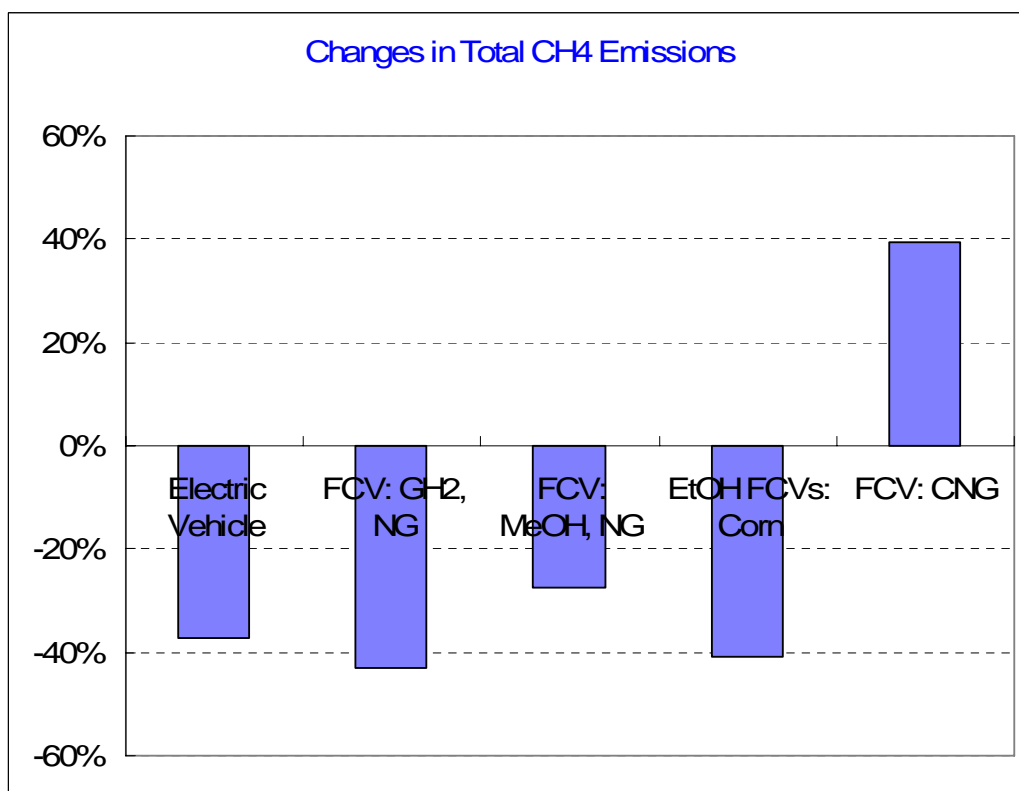
例增加將近 60%。而其他燃料電池客貨車未能講 N2O 排放完全消失的原因在於燃料的提煉過程當中仍會產生 N2O 的排放。



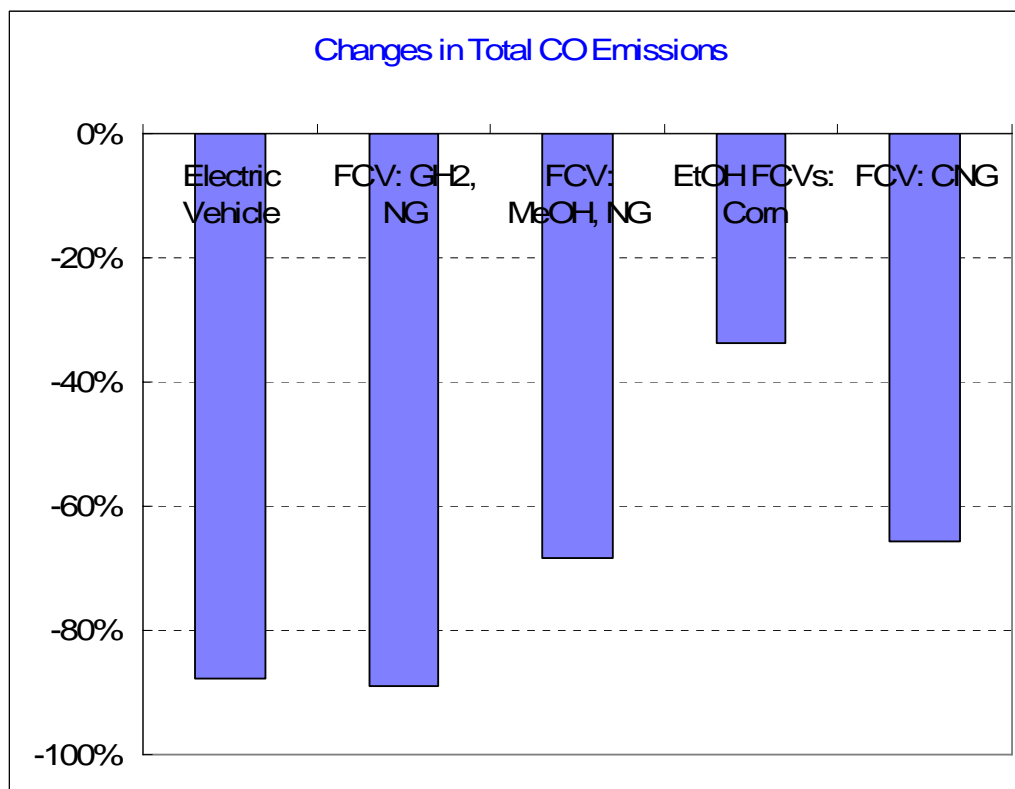
圖二十八 燃料電池客貨車對 N2O 排放減少比例示意圖

圖二十九為 CH4 排放比例減少示意圖，除 CNG 燃料電池客貨車外，其餘電動客貨車均減少 20% 以上的排放比例。由圖上可以見到 CNG 燃料電池客貨車的排放量為正成長，增加約 40% 排放比例，這是由於雖然在車輛運行中的排放量和其​​他燃料電池客貨車相去不遠，但是在 CNG 的製造和儲存上的洩漏卻高出其他電動客貨車許多。而甲醇同樣的在製造及儲存中造成的 CH4 排放量比其他燃料要高，因此使得甲醇燃料電池客貨車能夠提供的 CH4 排放減少比例為最低。而乙醇燃料電池客貨車和氫氣燃料電池客貨車的改善比例相當接近，約在 40% 附近。

圖三十為 CO 的排放減少比例示意圖，其中純電動客貨車和純氫氣燃料電池客貨車在車輛運行時並不會產生 CO，因此整體而言減少將近 88%。而甲醇、乙醇和 CNG 燃料電池客貨車由於在車輛運行時產生 CO 排放使得減少比例下降，另外由於燃料的製造和運輸過程中所排放的 CO 量差異，使得三者的 CO 排放減少比例如圖上所示，其中乙醇燃料電池客貨車所減少的比例為最低。

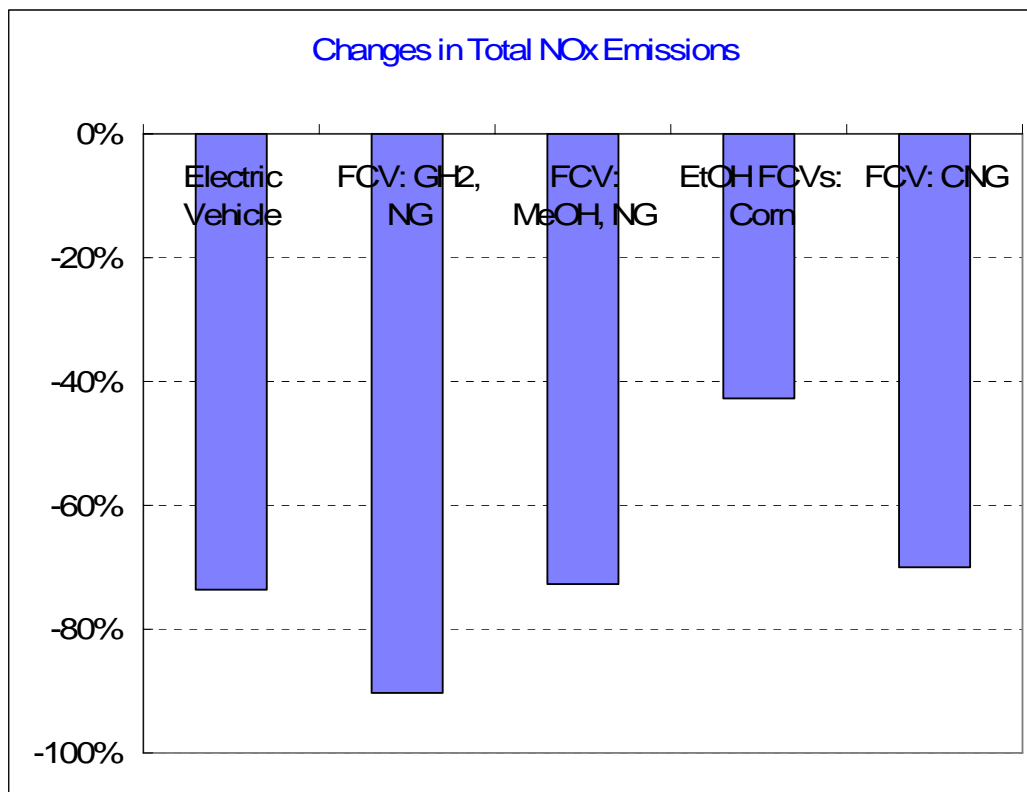


圖二十九 燃料電池客貨車對 CH₄ 排放減少比例示意圖



圖三十 燃料電池客貨車對 CO 排放減少比例示意圖

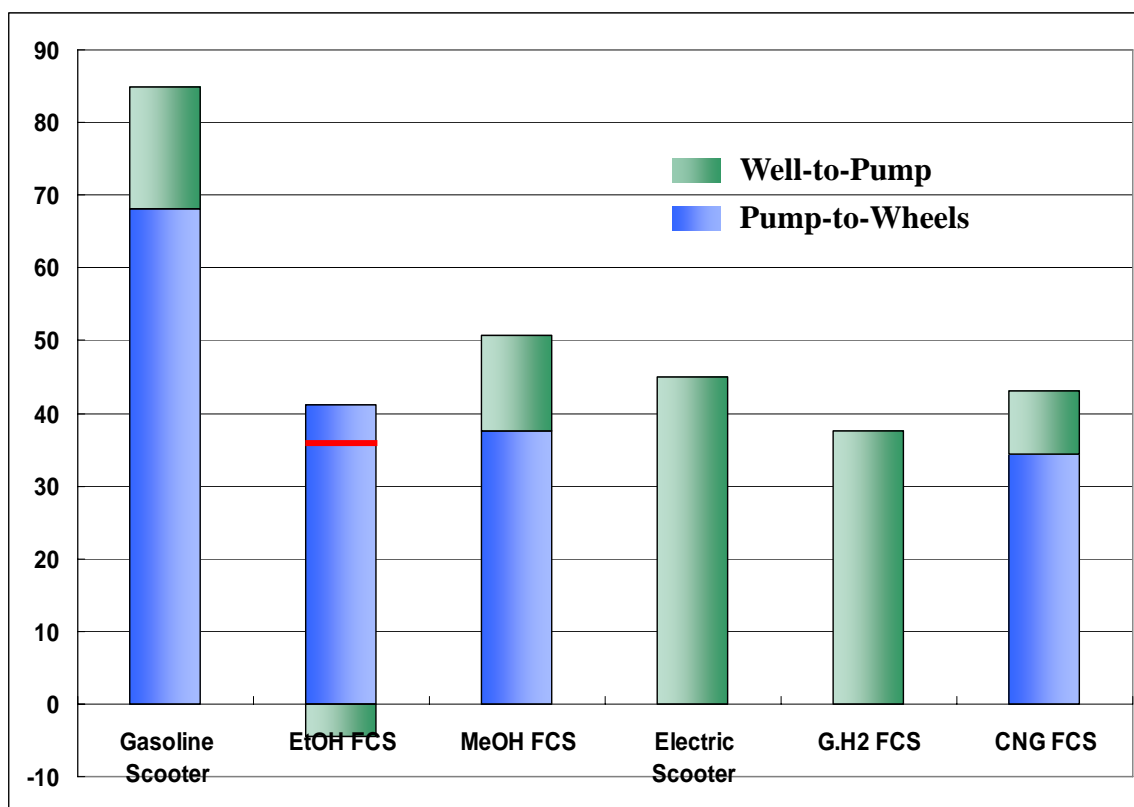
圖三十一為 NOx 排放減少比例示意圖，由圖上可以見到純氫氣燃料電池客貨車可以達到約 90% 的排放量縮減，純電動客貨車次之，約為 72%，甲醇燃料電池的排放縮減為 72%，而 CNG 燃料電池客貨車則縮減約 70% 左右的排放量。這之間的差異在於純氫氣燃料電池客貨車於車輛運行中並不排放 NOx，而在燃料的製造及運輸當中，CNG 又比其餘兩者的排放量大。由圖上可以見到純電動客貨車和乙醇燃料電池客貨車對於 NOx 的排放量會有增加的情形，這是由於燃料的製造及運輸過程中所排出 NOx 增加的關係，其中乙醇增加的量比純電動客貨車多，加上實際在車輛運行中乙醇也會排放 NOx，因此使得乙醇的排放比例會大於純電動客貨車，約增加 1.2 倍。客貨車 NOx 排放減少比例與機車和轎車的趨勢一致。



圖三十一 燃料電池客貨車對 NOx 排放量減少比例示意圖

五、重要發現與成果

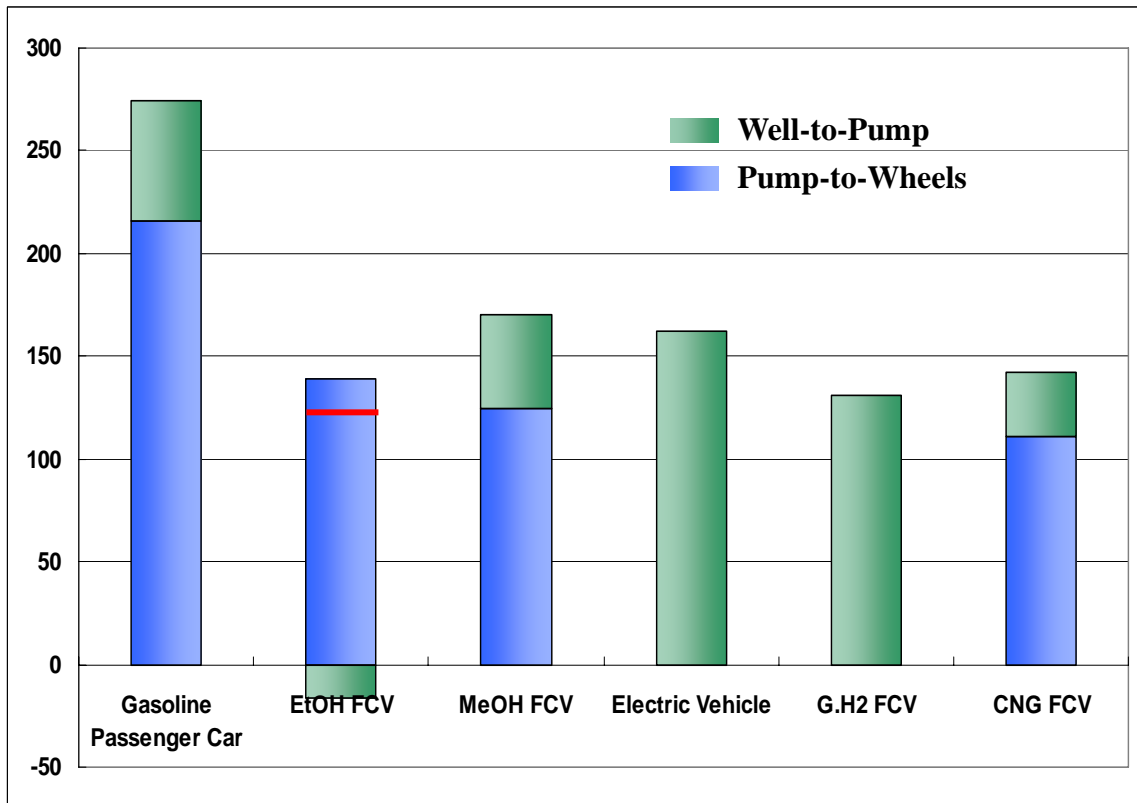
由上節的討論中，機車、轎車及客貨車進行以燃料電池進行動力源取代後，可以得到生質乙醇燃料電池具有最好的溫室氣體減量比例(約 56%)，而純氫氣燃料電池次之(約 54%)。



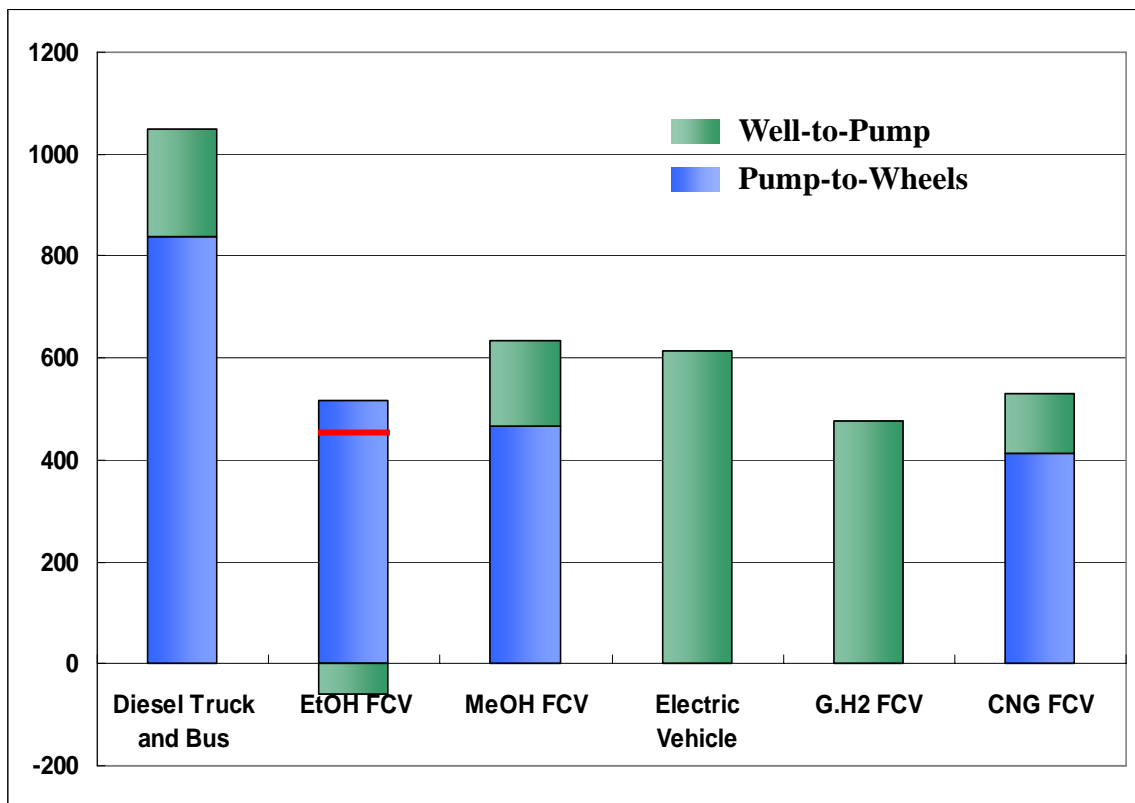
圖三十二 各式燃料電池電動機車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)

將各式燃料電池車輛的溫室氣體排放量依照 Well-to-Pump 及 Pump-to-Wheels 兩階段，分別繪製於圖三十二至圖三十四之中。其中生質乙醇燃料電池車輛在 Well-to-Pump 階段對於溫室氣體排放為負增加，進而使得整體排放廢氣量低於純氫氣燃料電池車輛。根據交通部監理所發佈至今年九月的車輛數量統計資料(表八)[15]，計算後同樣使用乙醇燃料電池將可使得機車每公里減少 5.23 公噸的溫室氣體，轎車每公里減少 7.8 公噸溫室氣體，而客貨車則減少 1.2 公噸溫室氣體。

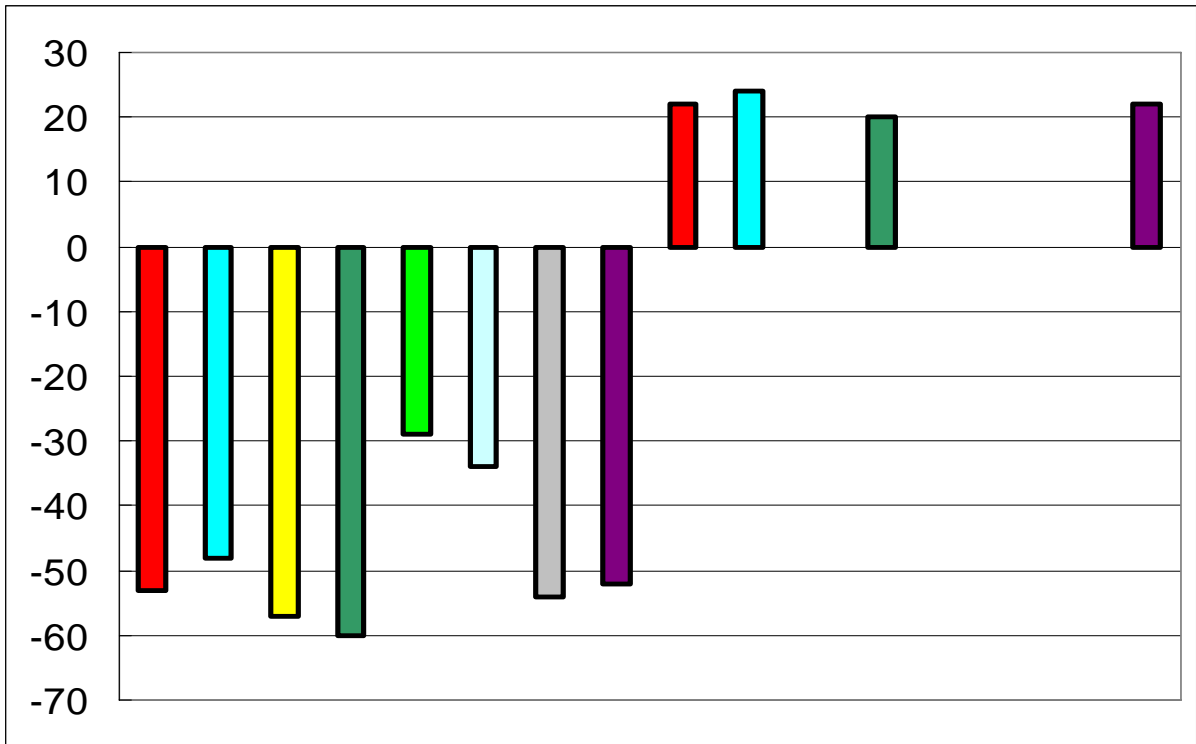
將本計畫所得到的減少比例與國外研究機構結果進行比對後，可得到如圖三十五所示之結果。在純氫氣燃料電池電動車的減少比例方面，本研究所得之結果與 ADL(A.D. Little)及東京大學所得之結果相近，溫室氣體減量比例約於 50%左右。當採用公共電力電解法(E.GH2)獲得氫氣作為燃料電池車輛的燃料時，將反而使得整體溫室氣體排放量增加，由本計畫得到之數據顯示約增加 22.4%，與其他國際機構得到之數據相近。



圖三十三 各式燃電池電動轎車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)



圖三十四 各式燃料電池電動客貨車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)



圖三十五 台灣與其他國際研究機構對燃料電池電動車溫室氣體排放減量比預測圖

ANL: Argonne National Lab. (USA Study)

GM NA: General Motor North America (USA Study)

GM EU: General Motor Europe (Europe Study)

ADL: A.D. Little (USA Study)

Julich: German Julich Research Center (Germany Study)

U.Tokyo: University of Tokyo (Japan Study)

NTHU: National Tsing Hua University (Taiwan Study)

表八 94 年度 9 月底各車輛統計數目

車種		數量
汽車	大貨車	143,903
	大客車	18,387
	小計	162,290
	小貨車	691,261
	小客車	4,562,399
	小計	5,253,660
機車	大型重型	6,466
	普通重型	7,276,920
	輕型	3,650,089
	小計	10,933,475

六、 主要建議意見及未來或後續執行建議

總而言之，研究結果顯示各式燃料電池對於溫室氣體排放減少比例排名分別為生質乙醇燃料電池、純氫氣燃料電池、CNG 燃料電池，再後為甲醇燃料電池。燃料電池技術應用於各式車輛所減少之溫室氣體排放比例依高低順序為機車、客貨車及轎車；而根據每公里所減少溫室氣體重量排列，依高低順序則是轎車、機車及客貨車。這部分的差異性是由於這三種車輛的數目所造成，由表八中可知汽機車的數目遠超過客貨車的數目，因而造成減少重量的順序產生改變。儘管生質乙醇燃料電池能夠帶來較高的溫室氣體排放減少比例，相較於美國擁有龐大之玉米產量以生產生質乙醇，農委會指出依照目前台灣的農作物較適合優先發展生質柴油，因此於台灣施行生質乙醇燃料電池電動車輛的時間可能會較純氫氣燃料電池電動車為晚。另外電動車雖然於運行中並無任何污染物產生，但是以台灣電力公司所公布的國內電力結構(表九)，國內電力的產生相當倚賴火力發電廠，因此使得電動車在 Well-to-Wheels 過程中的溫室氣體排放減量的成效位於第三位。因此在未改變國內發電結構之情況之下，以目前國內所具有之煉油設施，燃料電池車輛以純氫氣做為燃料是為較可行的發展方向，但未來仍應以生質能為長遠目標。

表九 國內發電結構及比例

電力來源	比例(%)
燃油	10.2
天然氣	29.5
燃煤	32.4

核能	14.9
其他	13

※資料來源：台灣電力公司

本子計畫主要未來或後續執行目標之建議條列於下表之中：

建議	理由	做法	執行單位
燃料電池車輛發展應以機車及轎車為主要目標	根據本報告整理結果，目前國內的機車以及轎車的數量較大，發展燃料電池機車及燃料電池轎車對於空氣污染減量的效果最為顯著	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由於目前國內的燃料電池技術尚未成熟，建議應與國外技術領先的研究中心進行技術合作。 2. 應整合學術界、產業界人才與技術，集合現有資源共同開發，縮短燃料電池技術研發時間。 3. 政府應提出具體政策，積極鼓勵民眾使用燃料電池車輛，並且配合業者建置燃料電池車輛加氫站。 	政府，業者，工業技術研究院，車輛測試中心，與車輛研究相關的學術單位。
車用燃料電池應以純氫氣燃料電池車為中程目標生質乙醇燃料電池為長程目標	由於植物本身能夠吸收溫室氣體，減低溫室氣體排放數量，但由於目前國內生質乙醇技術尚未成熟，所以可先發展以純氫氣燃料電池的車輛，待國內生質乙醇發展成熟後，全面採用生質乙醇燃料電池，已達到整體溫室氣體的減量效果。此外，種植生質作物亦可提高農業的經濟價值。	<ol style="list-style-type: none"> 1. 由農委會輔導農民種植生質燃料農作物〔如玉米、甘蔗等〕 2. 協助油品業者建立由生質作物提煉生質乙醇的工廠，並進而製造氫氣。 	農委會，能源局

七、計畫成果自評

本子計畫研究以燃料電池取代台灣車輛(機車、轎車及大型客貨車)內燃機後，對於空氣污染的影響評估，研究內容完全符合原子計畫一提案中的應完成事項。而經由輸入台灣各式車輛之空污數據到 GREET 軟體中後，順利得到針對台灣發展燃料電池車輛對於空污排放影響研究數據。經過分析比對發現，發展燃料電池產業對於國內最大空氣污染來源之一的車輛廢氣排放擁有莫大之改善，與原提案中所預期之燃料電池對於空氣污染的改善是相同的結果。研究結果顯示，一般認為零污染排放的純氫氣燃料電池車輛，由於製造氫氣過程所排放之空污氣體，使得其對於空污減量效果降低。生質乙醇燃料電池車輛由於在生質作物的栽種時，會吸收空氣中的 CO₂，因此使得整體空污減量效果比純氫氣燃料電池為佳。

燃料電池車輛於國際各大車廠中已列入積極發展的目標，而國內研究機構如工研院，也已經投入人力與經費開始進行燃料電池車輛的研究及製造。本研究成果將可促使更多車輛及能源相關研究人員投入研究，並開發相關各項新式車輛技術或是控制策略發展，對推動國內燃料電池車輛研究提供一明確的方向。並且本子計畫研究結果建議未來應以發展生質乙醇燃料電池為長程目標，因此對於推廣國內生質作物種植有正面幫助。

參考文獻：

1. Michael Wang, 2002, "Fuel choices for fuel-cell vehicles: well-to-wheels energy and emission impacts", 2002 Fuel Cell Seminar, Palm Springs, California.
2. Steinbugler, M., Ogden, J., 1996, "Fuel economy and range estimates for fuel cell vehicles", 1996 Fuel Cell Seminar, Orlando, FL.
3. Thomas, C.E., James, B.D., Lomax, F.D., Kuhn, I.F., 1998, "Societal impacts of fuel options for fuel cell vehicles", SAE Technical Paper 982496, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA.
4. Ogdan, J.M., Steinbugler, M.M., Kreutz, T.G., 1999, "A comparison of hydrogen, methanol, and gasoline as fuels for fuel cell vehicles: implications for vehicle design and infrastructure development", Journal of Power Sources, 79, 143-168.
5. M.Q. Wang, H.S. Huang, 1999, "A full fuel-cycle analysis of energy and emissions impacts of transportation fuels produced from natural gas", Center for Transportation Research, Argonne National Laboratory, ANL/ESD-40.
6. Ogdan, J.M., Kreutz, T.G., Steinbugler, M.M., 2000, "Fuels for fuel cell vehicles", Fuel

Cell Bulltein, 3, 5-12.

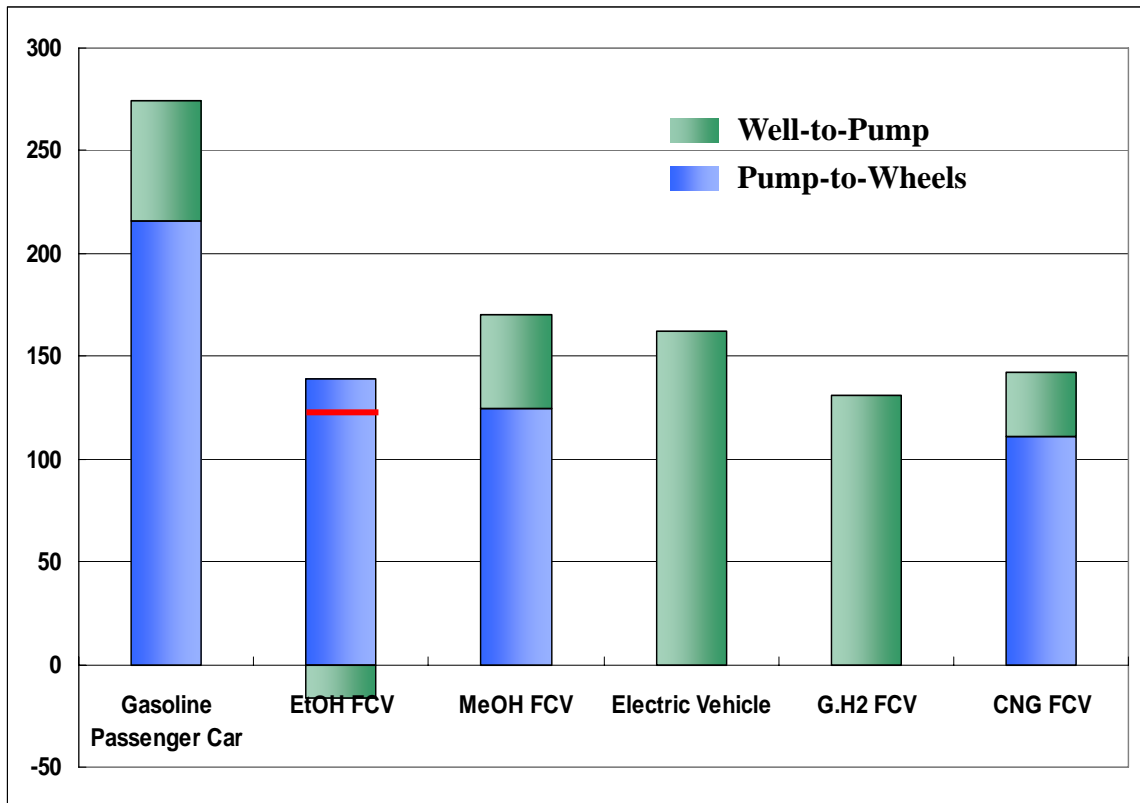
7. General Motors Corporation, Argonne National Laboratory, BP, ExxonMobil, and Shell, 2001, “Well-to-wheel energy use and greenhouse gas emissions of advanced fuel/vehicle systems – North America analysis”, Executive Summary Report, June.
8. Michael Wang, 2003, “Well-to-wheels energy use, greenhouse gas emissions, and criteria pollutant emissions – hybrid electric and fuel-cell vehicles”, 2003 SAE Future Transportation Technology Conference, Costa Mesa, CA, June.
9. Michael Wang, 2002, “Fuel choices for fuel-cell vehicles: well-to-wheels energy and emission impacts”, Journal of Power sources, 112, 307-321.
10. Argonne National Laboratory Report, 2001, “Development and use of GREET 1.6 fuel-cycle model for transportation fuels and vehicle technologies”, June.
11. 環保署, 2005, “2005 年國產機器腳踏車 700 cc 以下符合第四期排放標準車型清冊”。
12. 環保署, 2005, “2005 車型年國產汽油引擎轎車”。
13. 環保署, 2005, “2005 車型年重型車符合三期合格函清冊”。
14. 經濟部能源局, 2005, “93 年度車輛油耗指南”。

群體計畫之整合成果

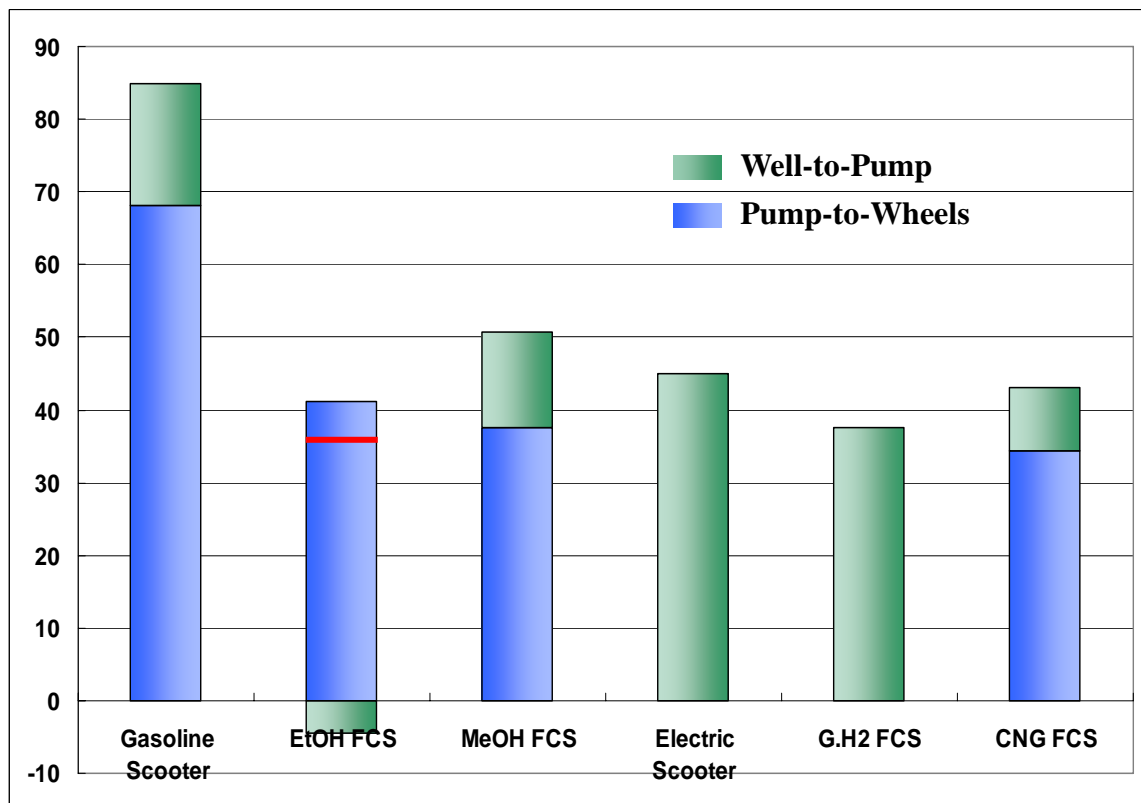
本總計畫之總體目標為評估國際及國內燃料電池產業技術發展對國內空氣污染減量之影響，以做為政府訂定環保能源政策參考，以及學術界未來研究方向與目標。本總計畫之研究重點再細分為燃料電池在運輸用、固定式、與能源供輸產業技術發展之過去發展、目前現況、與未來趨勢，而最終目的在定性與定量評估其對國內空氣污染減量之影響，故依主持人專長再分工為三項子計畫，分別為：

- (1) 子計畫一：車用燃料電池技術發展對空污減量影響研究;(洪哲文教授)
- (2) 子計畫二：固定式燃料電池技術發展對空污減量影響研究;(盧昭暉教授)
- (3) 子計畫三：燃料電池能源供輸產業技術發展對空污減量影響研究(施國亮教授)。

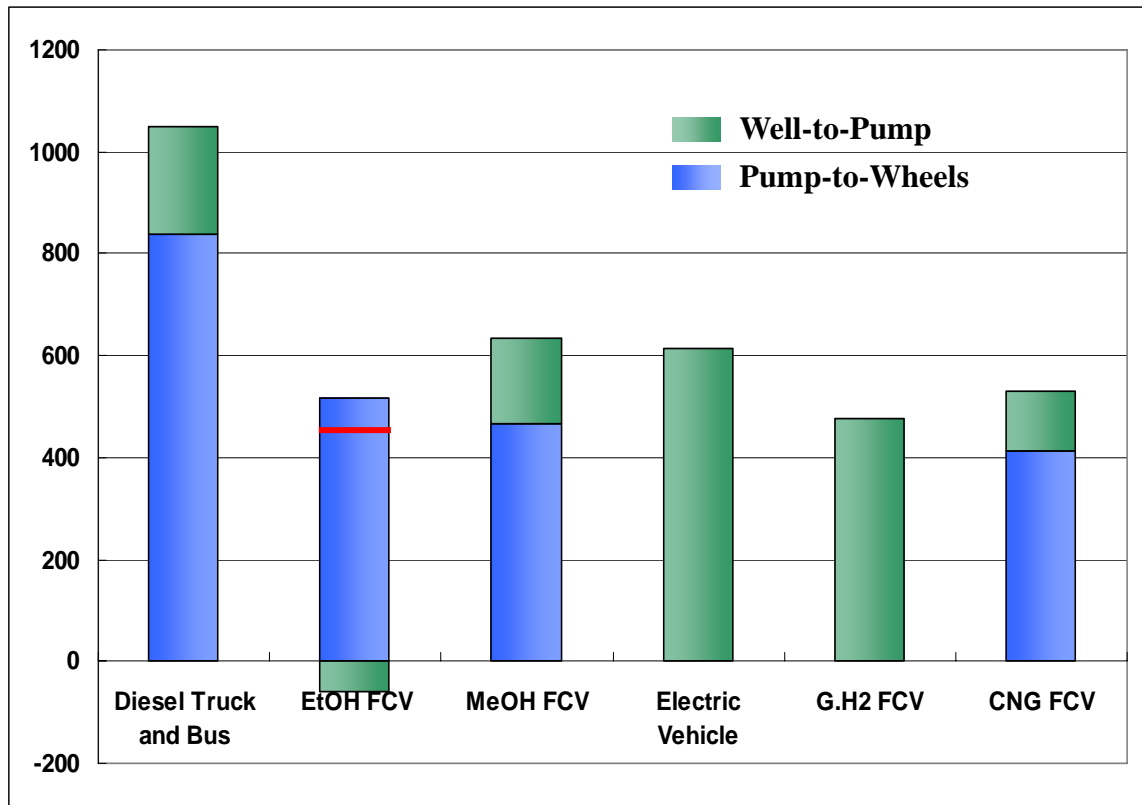
子計畫一之目的在蒐集國內外各學術與研究機構對於燃料電池做為運輸動力來源時，使用不同燃料對於空氣污染、溫室效應及能源效益，所作評估之研究文獻及數據，並根據此些相關數據資料，建立電腦評估及預測模式，針對國內所可能選擇的燃料來源、提煉方式、動力車輛做油井至車輪(Well-to-Wheels)過程中造成的影響進行數據分析。其結果見圖三十六至三十九，採用生質乙醇燃料電池作為替代動力源時，對於整體溫室氣體排放減量程度為最好，可以減少原內燃機車輛之排放量約 56%，而純氫氣燃料電池車輛次之，則約減 54%；而如以節能觀點選擇，乙醇燃料電池機車可大量減少石化能源消耗比例，亦為最優選擇。以車輛類型進行比較，則燃料電池技術應用於機車時對台灣擁有最大的污染減量比例，其次為客貨車，再為轎車；若考慮國內各式車輛數目，則燃料電池轎車能夠獲得每公里行程最大溫室氣體減量絕對值，其次為機車，再為客貨車。其中生質乙醇燃料電池車輛在 Well-to-Pump 階段對於溫室氣體排放為負增加，進而使得整體排放廢氣量低於純氫氣燃料電池車輛。根據交通部監理所發佈至今年九月的車輛數量統計資料，計算後同樣使用乙醇燃料電池將可使得機車每公里減少 5.23 公噸的溫室氣體，轎車每公里減少 7.8 公噸溫室氣體，而客貨車則減少 1.2 公噸溫室氣體。本計畫預測結果與美、日、歐各研究機構有相同趨勢與減量比，證明燃料電池車輛對污染減量與永續能源皆有正面之效益，其推廣有賴從氫氣生產、提煉、分配至燃料電池車輛技術全面展開。



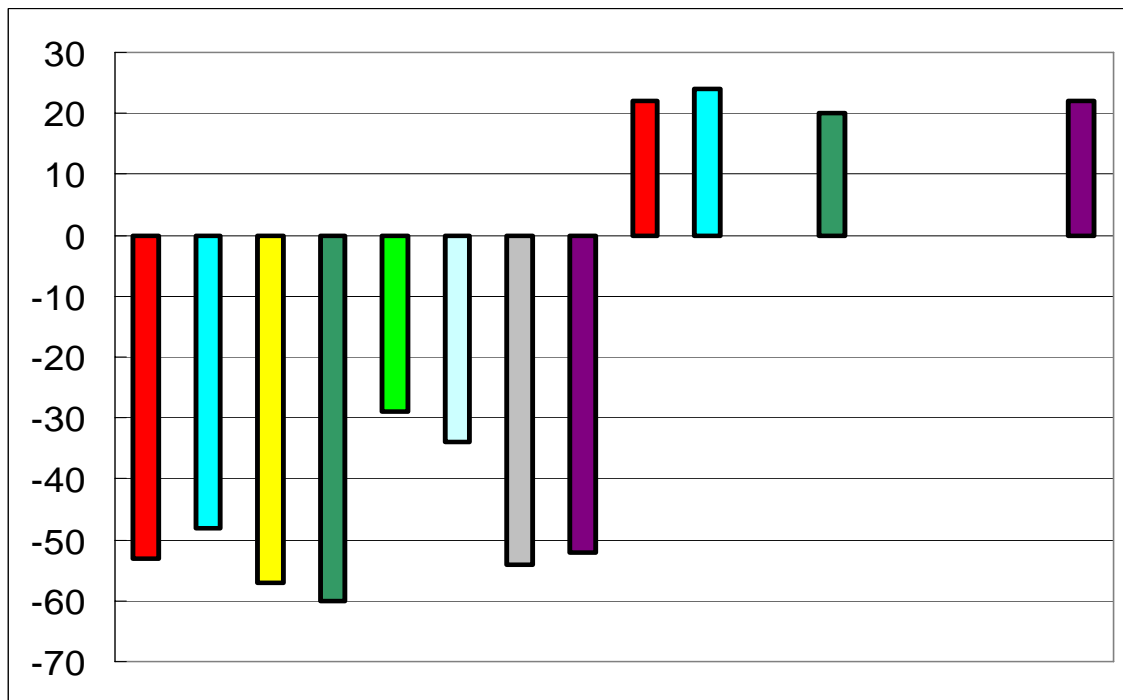
圖三十六 各式燃料電池電動機車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)



圖三十七 各式燃電池電動轎車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)



圖三十八 各式燃料電池電動客貨車溫室氣體排放量比較圖(單位：g/km)



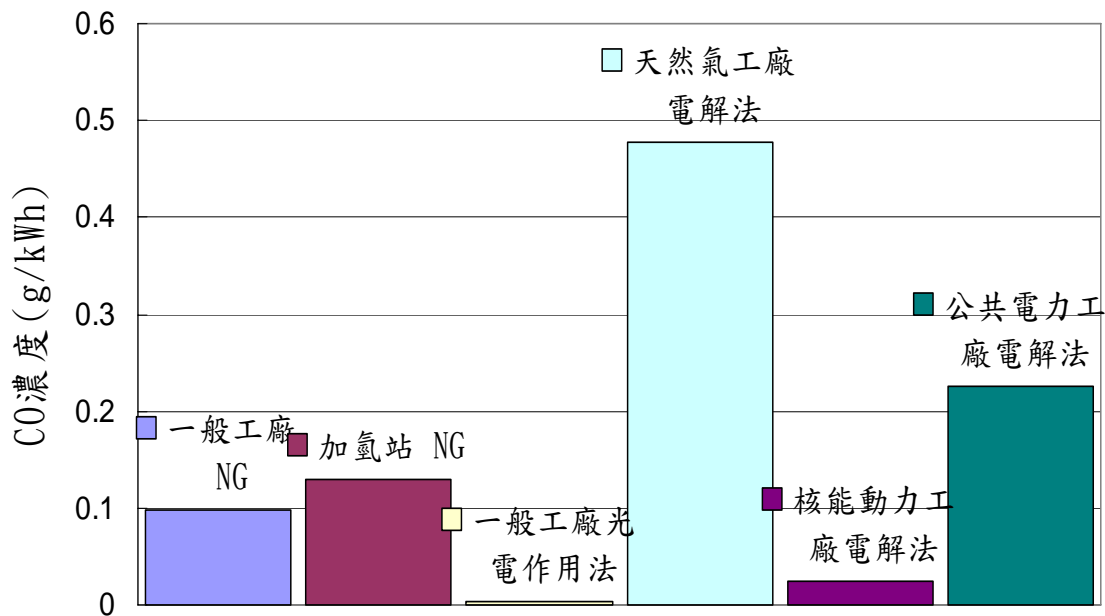
圖三十九 台灣與其他國際研究機構對燃料電池電動車溫室氣體排放減量比預測圖
(單位：%)

子計畫二針對以燃料電池取代大型發電設備時，對於空污氣體排放量之研究。原則上燃料電池是低污染排放之裝置，因此燃料電池技術主要的污染發生在燃料製備與運輸過程。本整合型計畫的子計畫三負責探討燃料電池所需要的燃料，包括氫氣，甲醇，或汽油等，在生產與運送過程中所產生的污染，詳細數據如表十所示，圖四十至圖四十三為採用不同方式製造及運送氫氣所造成的空氣氣體排放比較。

表十：氫氣生產與運送過程中所產生的污染

	一般工廠 NG	加氫站 NG	一般工廠光電作用法	天然氣工廠電解法	核能動力工廠電解法	公共電力工廠電解法
CO (g/kWh)	0.098	0.130	0.004	0.478	0.024	0.225
NO _x (g/kWh)	0.144	0.442	0.024	0.456	0.080	1.325
PM10(g/kWh)	0.0146	0.056	0.0006	0.069	0.009	0.183
SO _x (g/kWh)	0.0279	0.630	0.003	0.060	0.106	2.195

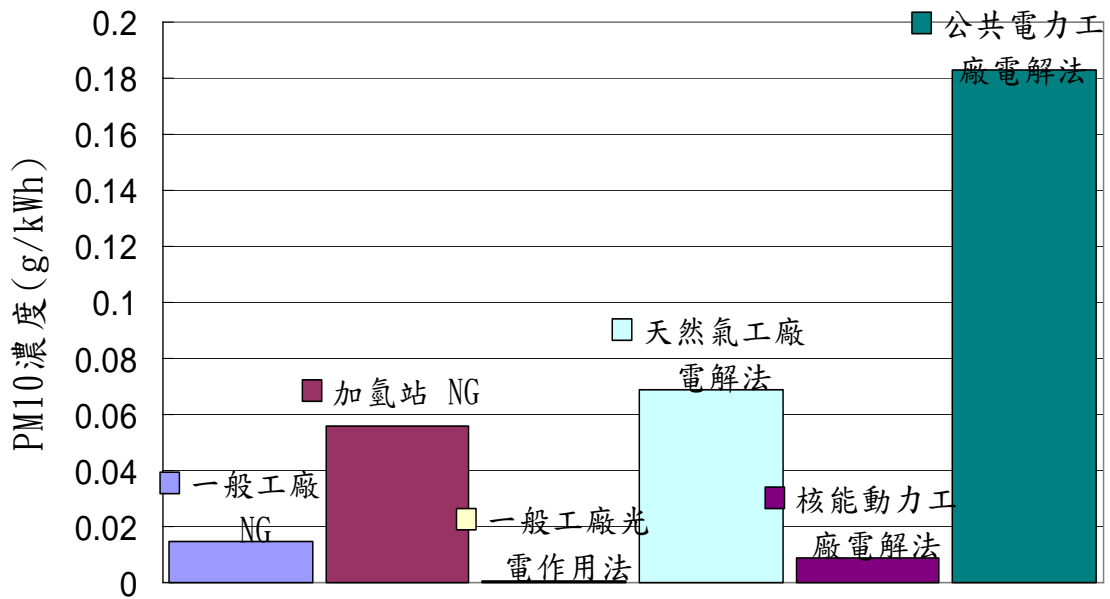
氫氣生產與運送過程中CO之污染



產氫的方法

圖四十 不同製氫方式所造成之 CO 排放量比較。

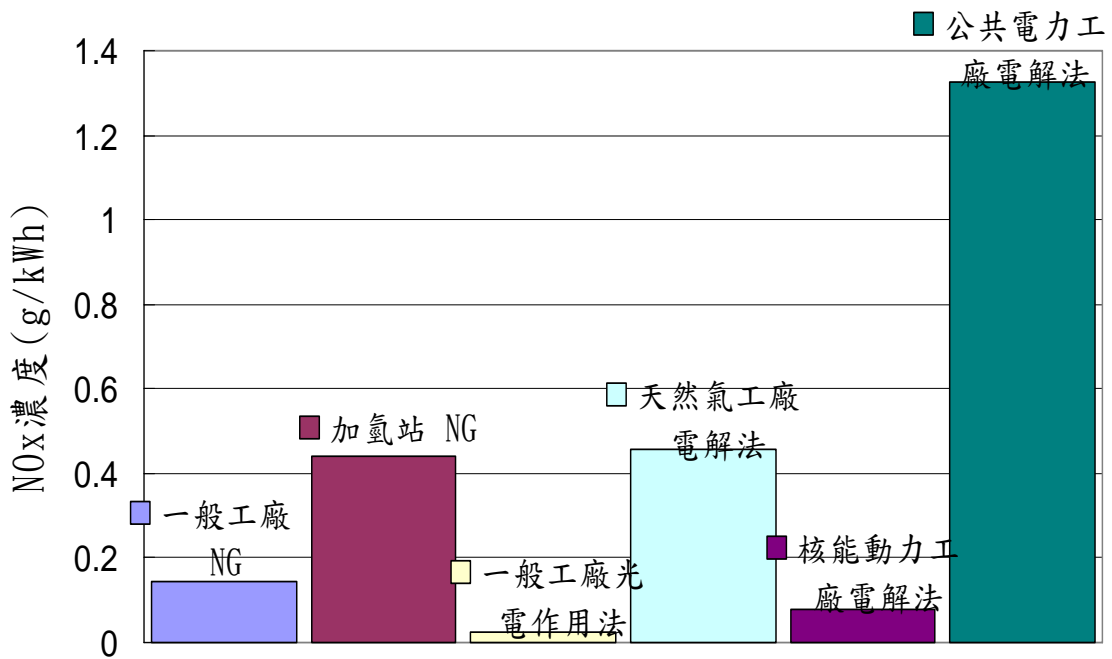
氫氣生產與運送過程中PM10之污染



產氫的方法

圖四十一 不同製氫方式所造成之 PM10 排放量比較

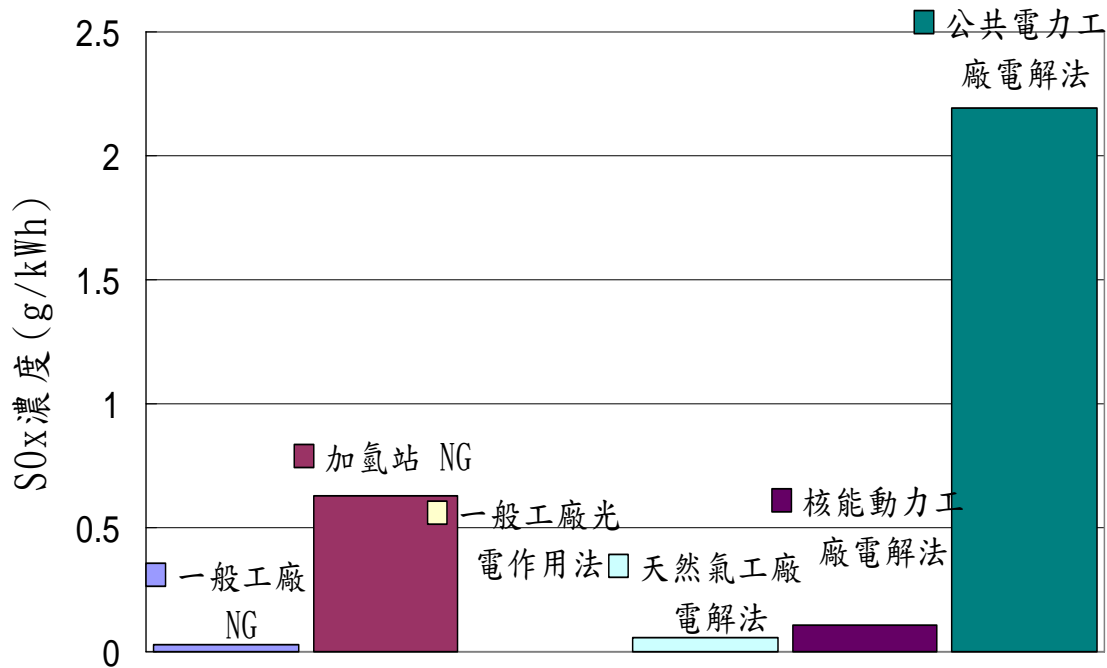
氫氣的生產與運送過程中NOx之污染



產氫的方法

圖四十二 不同製氫方式所造成之 NOx 排放量比較

氫氣生產與運送過程中SO_x之污染



產氫的方法

圖四十三 不同製氫方法所造成之 SO_x 排放量比較

比較每產生 1kWh 能量所造成的空污氣體排放量，以一般工廠光電作用法為最低之方式，由於電解能量來源為無污染的光能，因此在製氫時並不會產生任何的空污氣體排放。而公用電力工廠電解法由於其電力來源包含會排放大量空污氣體的發電廠，因此這個方式對於減少空污氣體排放量成為最差的選擇。

表十一中為根據各種燃料電池的產電效率後，得到各式燃料電池以不同製氫方式所造成之空污氣體排放量比較。

表十一：燃料電池的排放係數

燃料電池發電之污染		AFC	PEMFC	PAFC	MCFC	SOFC	DMFC
產電效率		0.45	0.40	0.40	0.52	0.63	0.30
CO (g/kWh)	光電作用法	0.0080	0.0090	0.0090	0.0069	0.0057	0.0120
	一般工廠 NG	0.2185	0.2459	0.2459	0.1891	0.1561	0.3278
	公共電力電解法	0.4989	0.5613	0.5613	0.4317	0.3564	0.7484
NO _x (g/kWh)	光電作用法	0.0534	0.0601	0.0601	0.0462	0.0381	0.0801
	一般工廠 NG	0.3205	0.3606	0.3606	0.2774	0.2290	0.4808
	公共電力電解法	2.9451	3.3132	3.3132	2.5486	2.1036	4.4176

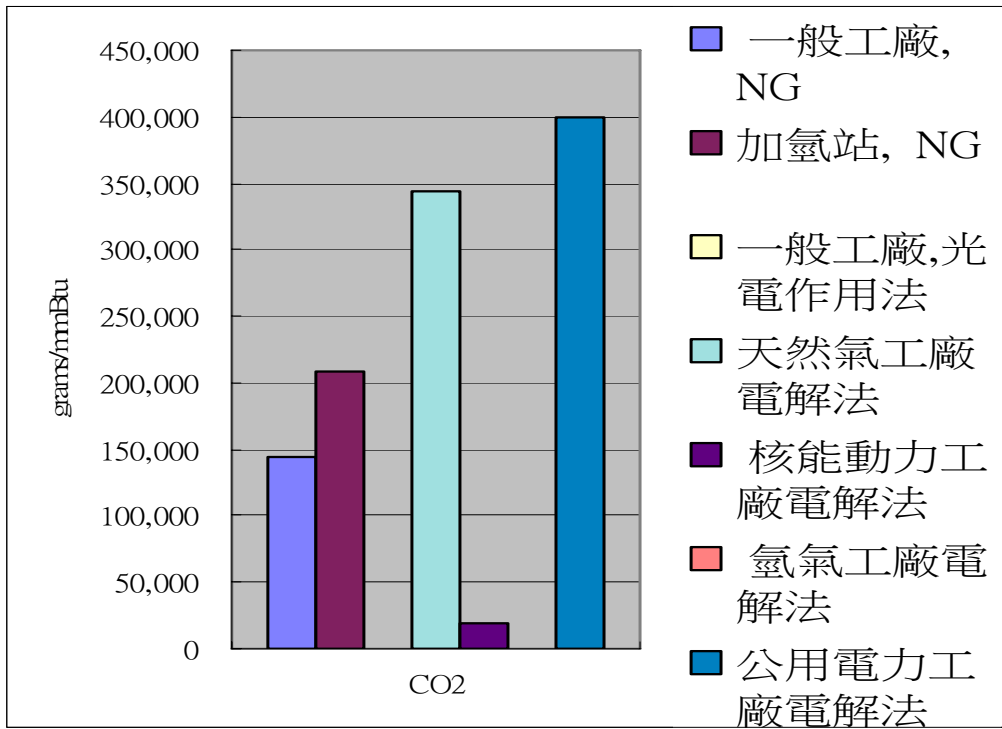
PM10 (g/kWh)	光電作用法	0.0013	0.0015	0.0015	0.0011	0.0009	0.0019
	一般工廠 NG	0.0324	0.0365	0.0365	0.0281	0.0232	0.0487
	公共電力電解法	0.4059	0.4567	0.4567	0.3513	0.2900	0.6089
SO _x (g/kWh)	光電作用法	0.0064	0.0072	0.0072	0.0056	0.0046	0.0096
	一般工廠 NG	0.0621	0.0698	0.0698	0.0537	0.0443	0.0931
	公共電力電解法	4.8774	5.4871	5.4871	4.2209	3.4839	7.3162

由表十一中的資料顯示，無論採用何種燃料電池，一般工廠光電法均有最低的廢氣排放量，而公用電力電解法會產生最高的空污氣體排放。若考慮以光電作用法來產生氫氣，並考慮燃料生產，製備，與運輸過程所產生的污染，則依照燃料電池功率大小取代現行各級發電設施，則各種應用的污染減量效果如下：

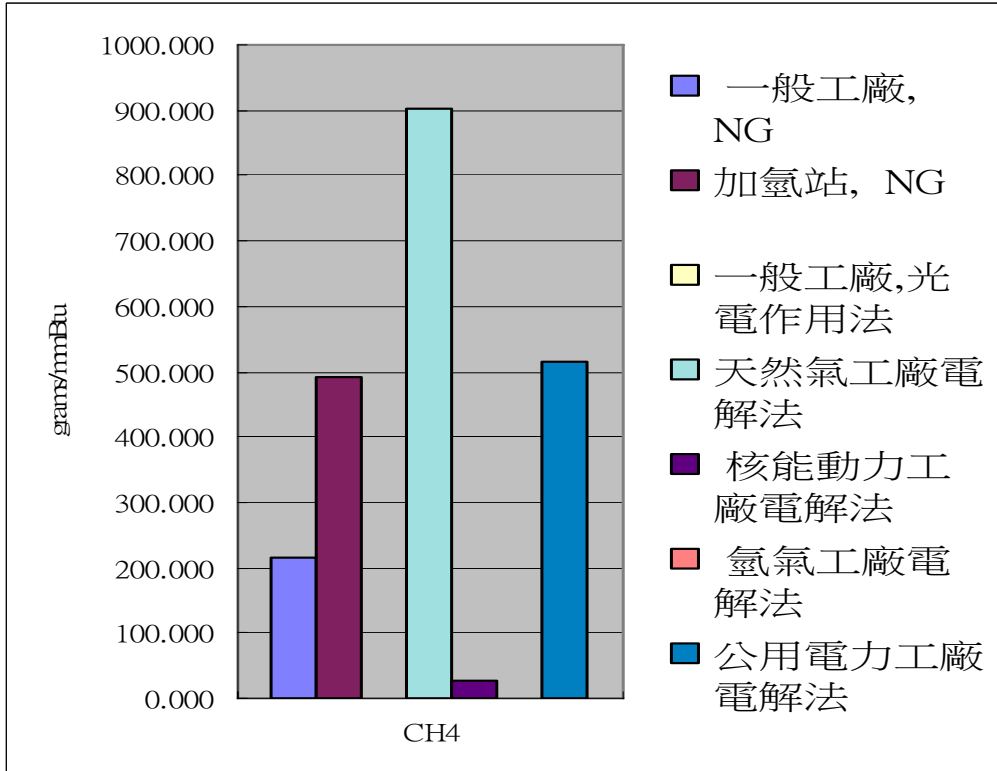
	燃料電池(功率)	CO(噸/年)	NO _x (噸/年)	PM(噸/年)	SO _x (噸/年)
中型發電系統	SOFC(1 MW)	6.31	7.08	0.258	3.53
小型發電系統	SOFC(1 MW)	51.24	112.77	4.165	10.937
中型汽電共生	SOFC(1 MW)	NA	14.96	1.46	2.31
小型汽電共生	MCFC(1 MW)	NA	5.19	0.84	11.06
APU	SOFC(10 kW)	0.1113	0.2846	0.006	NA
家用熱電系統	PEMFC(10 kW)	0.0326	0.0389	0.0014	0.0182

由表中資料可得知以高溫型燃料電池 SOFC 教室合用於替代中型發電系統，而家用電熱系統則適合以低溫型燃料電池 PEMFC 進行替代。

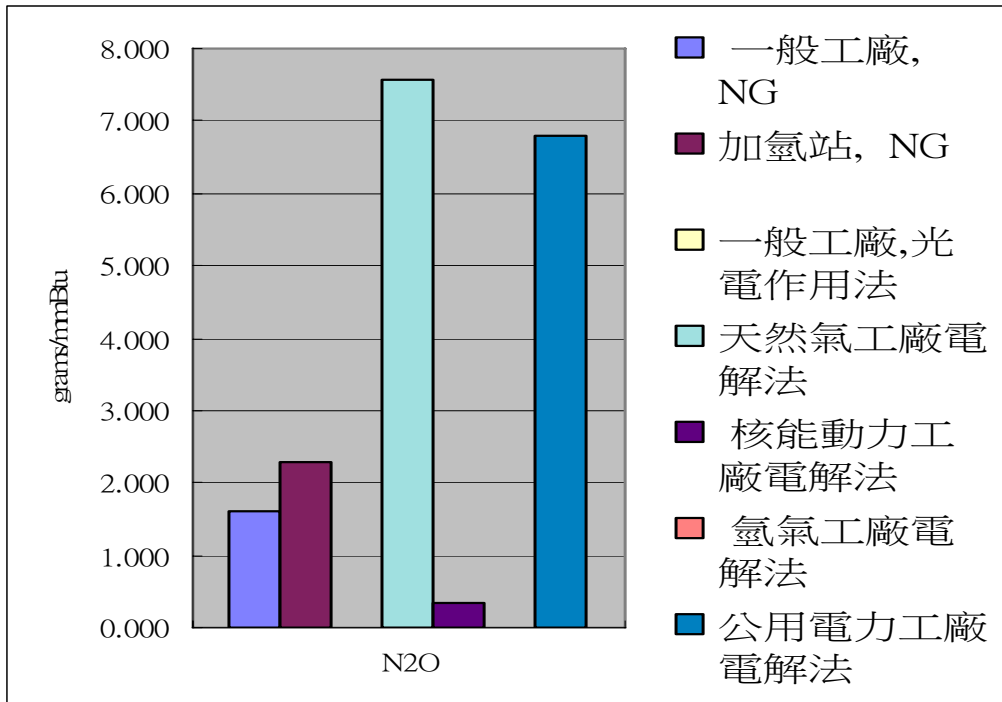
子計畫三則以台灣的石油來源與設備，針對原料運輸過程，以及在生產燃料過程造成的空污影響進行研究。由圖四十四至圖四十七中為每生產 1 百萬 BTU 燃料造成之污染量，依序分別為 CO₂、CH₄、N₂O 及 GHG_s 四種空污氣體。以一般工廠光電作用法及氫氣工廠電解法之污染量最低 (grams/mmBTU)，因一般工廠光電作用法及氫氣工廠皆以太陽能作為電力來源，故發電過程並不使用到石化原料，故污染最低。而天然氣電解法、公用電力工廠電解法因使用石化原料，致污染較高。於加氫站或一般工廠產出氫氣(從 NG)之方法，因加氫站包含運輸過程，故污染較一般工廠高，以目前國際上趨向溫室氣體減量之趨勢，一般工廠光電作用及氫氣工廠電解法可為考慮之措施。圖四十八至圖五十一所示為採用不同製氫原料所造成的空污氣體排放量比較圖。整體而言，使用乙醇來製造氫氣對於溫室氣體會減少，約為-12,500 grams/mmbtu，這是由於乙醇不論由稻米、玉米、薯類或小麥等植物提煉而成的，該植物於生長過程中，能大量吸收 CO₂ 的關係，故採用乙醇對溫室氣體減量最有助益，值得推廣。表十二及表十三為推行燃料電池產業所必須考慮之加氫站設置量預估表，依照城鄉人口密度之不同分為高人口密度及低人口密度兩種。由於加氫站有其安全性以及其周遭民眾接受度的考量，因此於短期內建議現有加油站數量之四分之一進行設置，等到燃料電池車輛普及度增高後再將其數量增加。



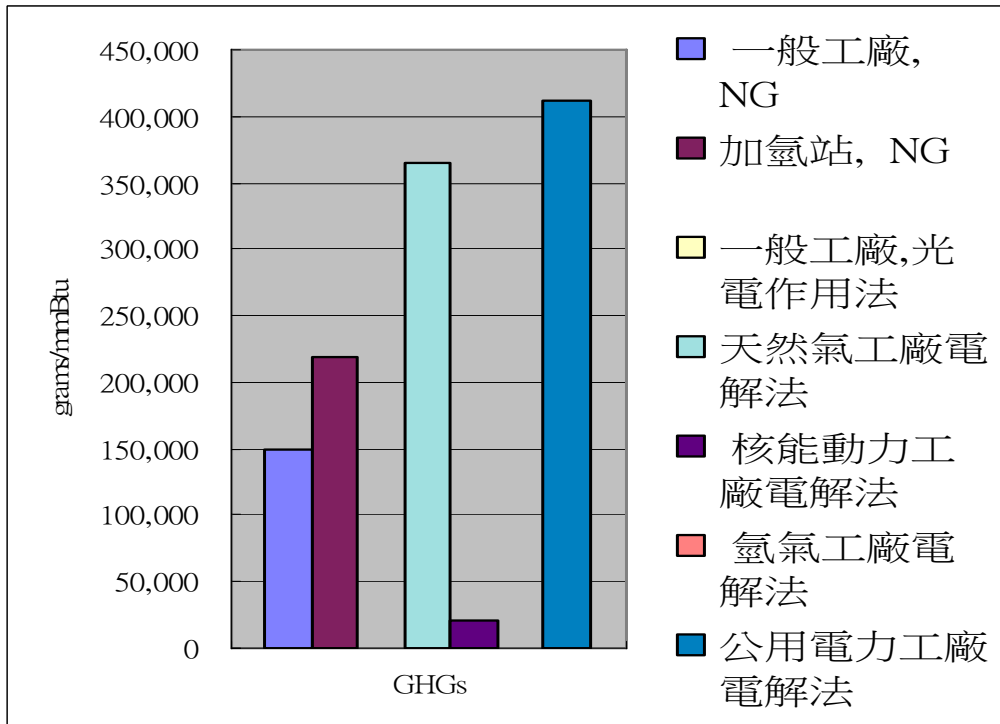
圖四十四 各式製氫法於製造每百萬 BTU 燃料下所產生的 CO2 排放量比較



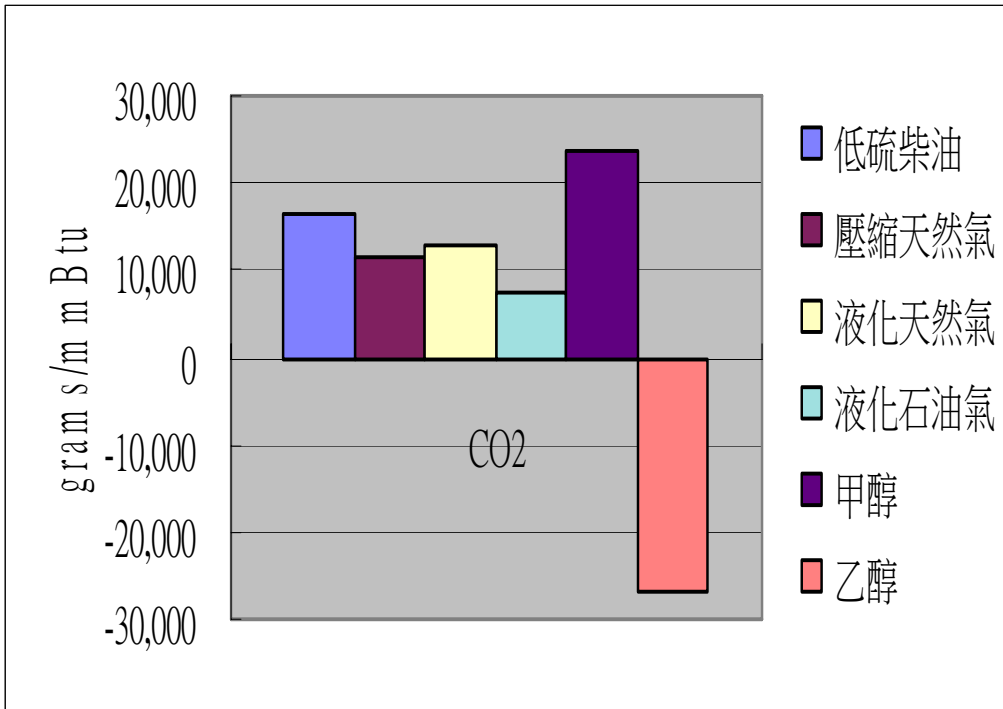
圖四十五 各式製氫法於製造每百萬 BTU 燃料下所產生的 CH4 排放量比較



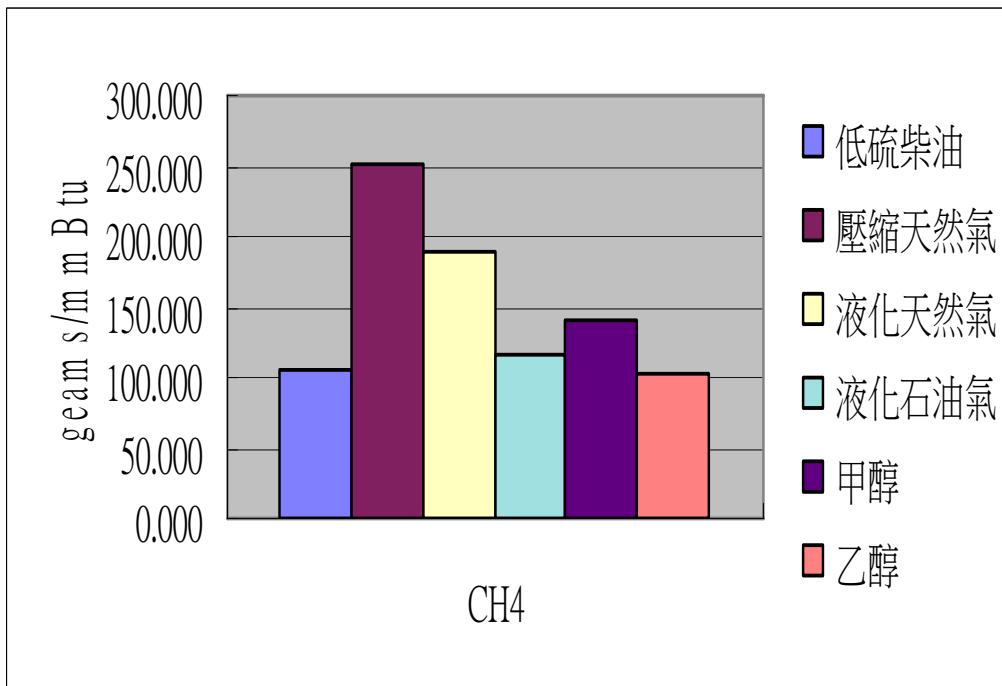
圖四十六 各式製氫法於製造每百萬 BTU 燃料下所產生的 NOx 排放量比較



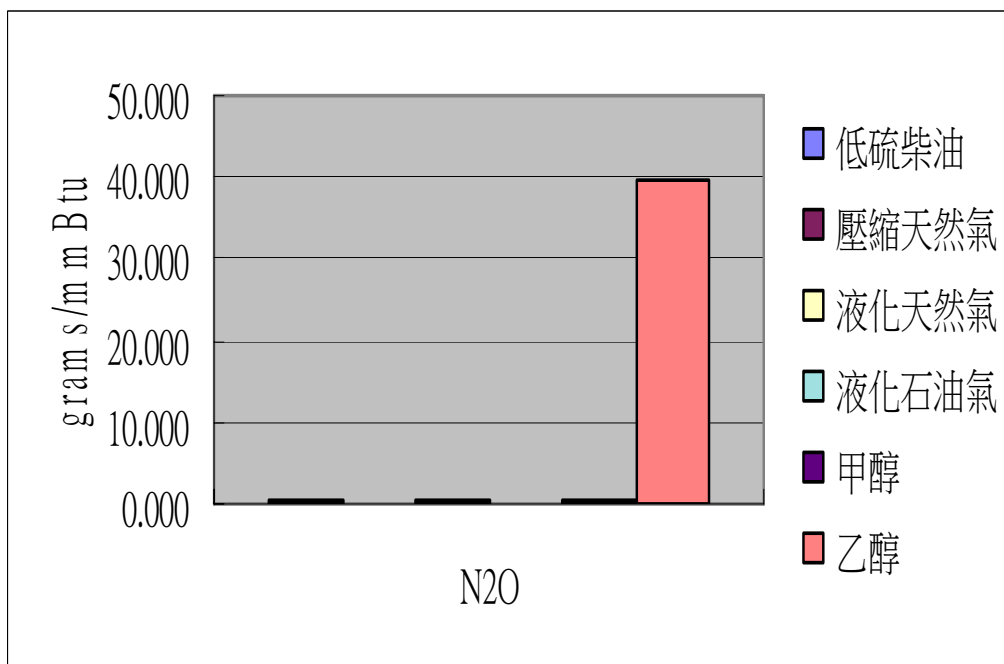
圖四十七 各式製氫法於製造每百萬 BTU 燃料下所產生的溫室氣體排放量比較



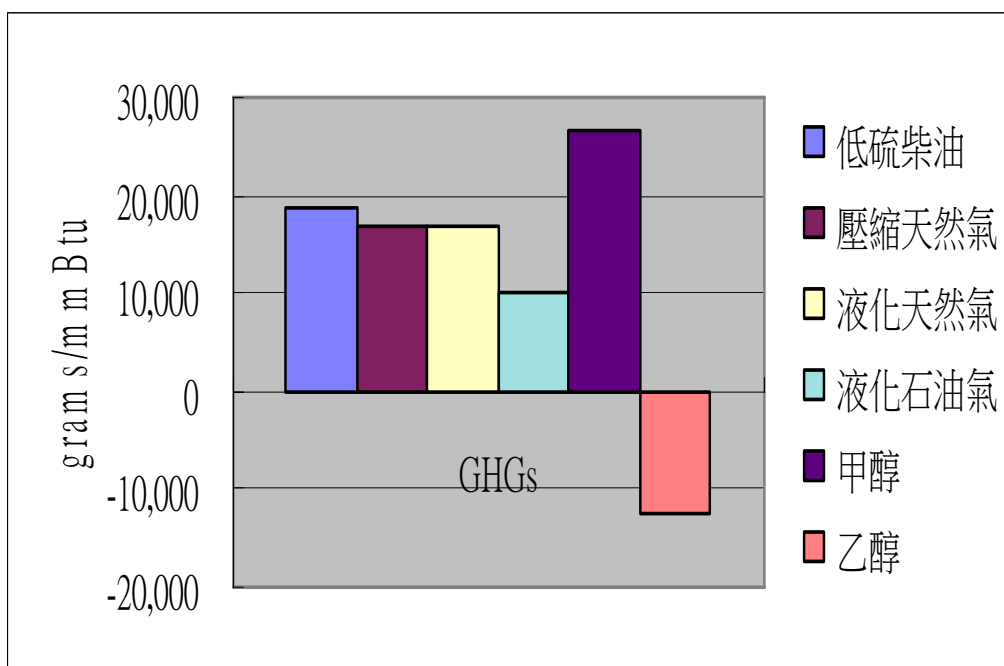
圖四十八 不同製氫原料於製造每百萬 BTU 燃料所造成之 CO2 排放量比較



圖四十九 不同製氫原料於製造每百萬 BTU 燃料所造成之 CH4 排放量比較



圖五十 不同製氫原料於製造每百萬 BTU 燃料所造成之 N2O 排放量比較



圖五十一 不同製氫原料於製造每百萬 BTU 燃料所造成之溫室氣體排放量比較

表十二 都會區建議設置加氫站評估表

地區	土地面積	人口數	人口密度	目前加油站 總數	人口數/加油站	加氫站建議 設置座數	
						近期	長期
台北市	271.7997	2,619,117	9636.20	88	29,762	22	44
台中市	163.4256	1,029,644	6300.38	109	9,446	27	54
高雄市	153.5927	1,511,762	9842.668	107	14,128	26	52

表十三 鄉鎮建議設置加氫站評估表

地區	土地面積	人口數	人口密度	目前加油站 總數	人口數/加油站	加氫站建議 設置座數	
						近期	長期
雲林縣	1,290.8326	734,052	568.67	117	6,273	29	59
花蓮縣	4,628.5714	374,641	80.94	66	5,676	17	33
嘉義縣	1,901.6750	556,365	292.57	100	5,563	25	50
屏東縣	2,775.6003	898,611	323.75	130	6,912	33	65
台東縣	3,515.2526	239,184	68.04	48	4,983	12	24
南投縣	41,06.4360	537,345	130.85	95	5,656	24	48

本總計畫探討國內採用燃料電池對於現行車輛以及發電設備空污的改善評估，並且對於國內現行製氫設備對於空污氣體的影響也進行估測。子計畫一之結果建議未來車用燃料電池發展方向應以生質乙醇燃料電池車為主。雖然各式燃料電池車輛在 Pump-to-Wheels 階段均能夠提供相當程度之空污氣體減量效果，但是用以提煉生質乙醇之生質作物，在栽種過程當中吸收空污氣體，因此在 Well-to-Wheels 整個階段而言，生質乙醇燃料車相較於其他種類之燃料電池車輛擁有較佳之空污氣體減量效果。基於目前國內生質作物栽種上不普遍，生質乙醇之取得較不容易，因此以目前國內所擁有之設備，可以展空污改善效果次佳的純氫氣燃料電池車輛作為近程目標。

各燃料電池的操作溫度及其效率不同，因此於子計畫二中對於燃料電池可替代之發電設施，從可行之燃料來源到後續之燃料電池發電設備(Well-to-Electricity)，進行空污排放量比較，得到以高溫式燃料電池 SOFC 作為中型發電設備，低溫燃料電池 PEMFC 做為家用電熱設備，是為最佳的應用方向。而其使用之燃料來源則以一般工廠光電法進行製氫為最佳，而以一般工廠進行天然氣重組的空污情形為次佳。

子計畫三中針對燃料電池產業不可或缺之燃料來源及製造過程當中的空污排放進行研究探討，針對比對不同的製氫方式和製氫原料，研究 Well-to-Pump 階段的空污排放影響。氫氣是燃料電池最為直接的燃料，而且在轉換為電能的過程中，僅產生微量的水，頗合乎國際環保要求。甲醇、汽油或天然氣，經過重組之後，仍可以取得氫氣，但是重組器大又重，在燃料電池的應用上，會增加載具之重量，進而影響其推廣或普及。再者就能源與環保的觀點而言，若以甲醇、汽油或天然氣做為燃料電池之進料，則人類對化石燃料之依賴情形將無法改變。因此，在燃料電池開發與應用的過渡期間，基於目前技術的成熟度，而有使用甲醇、汽油或天然氣為燃料之必要。研究結果並建議未來應以一般工廠光電法進行氫氣之製造，並且選擇生質乙醇為長程目標，以達到更好的空污氣體排放減量效果。

由上述各子計畫所提出國內燃料電池產業發展方向及建議事項，可得知生質乙醇為燃料電池產業發展下最佳燃料來源。由於生質乙醇仰賴於大量生質作物以進行提煉，目前國內大量栽種生質作物的想法剛起步，因此本計畫之研究成果對於生質作物的推廣栽種以及輔導現行傳統農業轉型，能夠提供作為有關單位進行決策之參考。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：94年01月26日

國科會補助計畫	計畫名稱：車用燃料電池產業技術發展對空氣污染減量影響研究 計畫主持人：洪哲文 教授 計畫編號：NSC 94-EPA-Z-007-001- 學門領域：熱流能源
技術/創作名稱	台灣專用空污能源評估軟體 GREET-Taiwan
發明人/創作人	洪哲文
技術說明	中文： 本軟體中包含台灣常見車輛(包含機車、轎車及大型客貨車)的各式相關空污數據，並整合美國 Argonne 國家實驗室所蒐集各式可行低污染車輛與現行車輛之性能比較數據，經由選擇適當之車型以及燃料類型，能夠評估出燃料電池對於台灣現行及未來車輛空污氣體排放量的改善程度以及替代能源之影響程度。
	英文： This software includes the database of all the air pollution and energy consumption of current internal combustion engine vehicles and future fuel cell vehicles. It is able to predict the impact of the green house gas effect and the alternative fuel consumption if fuel cell technology is implemented to replace the combustion technology both in Taiwan and in the world.
可利用之產業及可開發之產品	本軟體可應用於國內各電動車輛研發單位的性能開發及比較，並且對於目前各油品業者亦可提供一個可開發之技術領域及其產品發展方向。
技術特點	本技術之特點在於完全整合近幾年台灣目前之車輛及其相關空污能耗數據，評估台灣未來空污改善方法及開發替代能源方向。
推廣及運用的價值	空氣污染是與大眾息息相關之環保議題，而車輛亦為大眾所不可或缺之交通工具，因此本軟體所得到之數據對於推廣國內燃料電池車輛具有正面的宣導及技術展望評估。