投稿類別：生物類

篇名：
走向低碳運輸-台灣綠色燃料與載具發展前景

作者：
施彥仲。私立東大附中。高二丁班
翁安石。私立東大附中。高二丙班

指導老師：
莊欽琪老師

壹●前言

一、研究動機

近年由於地球溫度節節高升，使得冰山溶化、氣候異常和疾病的蔓延，大部分的原因來自碳循環失衡，產生了過多的二氧化碳，但是為何會失衡呢！是近年人類來大量砍伐樹木以及工廠排放過多的溫室氣體(例如 CO_2)所致。

很多人都在討論如何節能減碳，目前個人所能做得到的頂多只是節能而已，所以我對減碳議題有著濃厚的興趣，參與學校之國科會推展的高瞻生物專題，因此蒐集這類書籍鑽研，選用『走向低碳運輸(註一)』該書敘述從我國的運輸部能源的消耗以及二氧化碳的排放開始，把電動車、氫能燃料電池及氫能燃料等綠色運輸產業的發展，提出台灣智慧化低碳運輸工具的未來藍圖。

二、研究目的

藉由參加高瞻生物專題課程，讓我更深入瞭解氣候變遷與碳循環失衡的關係，並獲知目前溫室效應造成的狀況，引發我想要去探究全球實際測量的環境數據，更想瞭解科學家依環境數據歸納、推衍及綜整的結果。也想探討台灣政府對於交通運輸的減碳計畫與實際運作，瞭解台灣綠色燃料與載具發展的過去、現在及前景，隨著台灣走向低碳運輸足跡，想要走出困境步上綠能發展坦途。更由衷地希望大家在閱讀後心中有所啟發，進而身體力行，為這世界多盡一份心力。

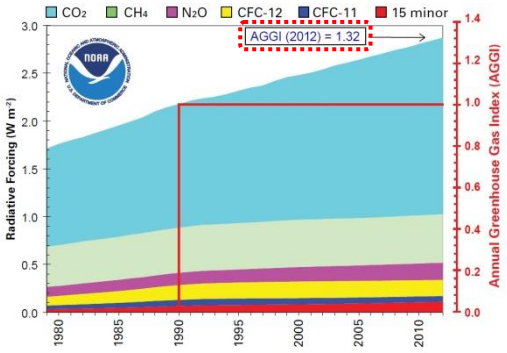
三、研究方法

以《走向低碳運輸》這本書為主軸，閱讀及參考其他相關資料做為輔助，周遭生活環境對節能減碳的運用及實踐程度，在網路搜尋上花費大部份的時間，從新聞報導、部落格文章、期刊文章摘要、免費期刊文章、政府及國際組織網站等途徑循跡追溯，眼見的資料尚需經過判讀後才敢採用。利用 Excel 軟體綜整資料及呈現數據，操作過後得到自己的經驗，再經由師長指導、父母協助及同學一起討論，綜合整理心得後，再多次審視內容段落，最後微調段落及排版後定稿，一篇文章的撰寫讓我經過許多心路歷程，孤寂、耐心、堅忍及成長，付出很多而也獲得也不少。

貳●正文

一、時間不會等待我們，溫室效應已導致極端氣候變化

世界氣象組織在《2012 年溫室氣體公報 WMO Greenhouse Gas Bulletin No.9：November 2013》中指出，1990~2012 年間，由於二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)及一氧化二氮(N_2O)等等溫室氣體的排放，全球氣候暖化總體效應增加 32%(圖一)，其中二氧化碳貢獻了 80%。溫室氣體排放相較於工業革命前(1750 年) CO_2：CH_4：N_2O 各自增量絕對百分比為 141：260：120 %，一年內增量相對百分比為 0.56：0.33：0.28 %，最近一年間 CO_2 年增量 2.2ppm 比起十年間平均 CO_2 年增量 2.02ppm 高出許多，呈現加速上升的趨勢，一年 0.56%的 CO_2 相對增量是非常多的(圖二)。其他的溫室氣體的排放濃度，也以相對較快速度增長(註二)。



圖一：全球氣候暖化總體效應指標 AGGI

WMO Greenhouse Gas Bulletin No.9	CO_2	CH_4	N_2O
Global abundance in 2012	393.1± 0.1[5] ppm	1819± 1[5] ppb	325.1± 0.1[5] ppb
2012 abundance relative to year 1750*	141%	260%	120%
2011–12 absolute increase	2.2 ppm	6 ppb	0.9 ppb
2011–12 relative increase	0.56%	0.33%	0.28%
Mean annual absolute increase during last 10 years	2.02 ppm/yr	3.7 ppb/yr	0.80 ppb/yr

* Assuming a pre-industrial mole fraction of 278 ppm for CO_2, 700 ppb for CH_4 and 270 ppb for N_2O.

圖二：溫室氣體增量圖

溫室氣體排放快速上升趨勢，全球氣候正在發生急劇變化變得更為極端，各地冰層(ice sheet)和冰河(glacier)正趨融化，海平面也在加速緩緩的上升，為了減緩極端氣候變化，全球需要非常努力的減少溫室氣體排放。

「時間真的不會等待我們！」，二氧化碳是由燃燒化石礦物和砍伐森林等等人類活動，所排放的單一重要溫室氣體(非常穩定的氣體)，中央研究院環境變遷研究中心院士劉紹臣日前受訪時就曾指出，二氧化碳的半衰期是 50 年，「若想要二氧化碳減半，必須在 50 年間都不增加任何碳排放」(註三)，即使立即停止二氧化碳的排放，自然界的碳循環已無法負荷，人類活動所製造的溫室氣體太多，無法為自然界所消耗，恐會存在於大氣中數百至數千年之久，將會導致全球暖化與氣候變遷。

身為地球的一份子，不能放任地球環境這樣持續惡化下去，人類一定要有所作為，要能自身做起、影響他人、社會風氣、國家倡導、區域合作及國際共識，期待未來有更先進的科學與技術，能夠拯救地球的困境。

二、台灣在世界的碳排放比例(註四)

國際能源總署(IEA)/經濟合作暨發展組織(OECD)於 2012 年 10 月出版之能源燃燒二氧化碳(CO_2)排放量統計資料顯示，我國能源燃燒 CO_2 排放總量，從 1990 年 138.3 百萬公噸上升到 2010 年為 270.22 百萬公噸(圖三)，占全球排放總量的 0.89 %，全球排名第 20 位；每人平均排放量為 11.66 公噸，全球排名第 19 位(表一)。

我國燃料燃燒二氧化碳排放統計，主要係依 2006 年聯合國跨政府間氣候變遷專家委員會(IPCC)《國家溫室氣體清冊指南》計算準則，並以歷年能源平衡表數據進行計算(註五)。

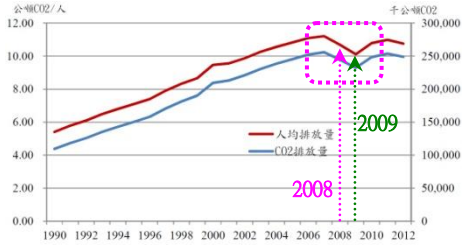
Selected Indicators for 2010

Region/ Country/ Economy	Popu-lation (million)	GDP (billion 2005 USD)	GDP (PPP) (billion 2005 USD)	Energy prod. (Mtoe)	Net imports (Mtoe)	TPES (Mtoe)	Elec. cons.[a] (TWh)	CO_2 emissions[b] (Mt of CO_2)
World	6 825	50 942	68 431	12 789	-	12 717[k]	19 738	30 326[d]
OECD	1 232	37 494	37 113	3 879	1 672	5 406	10 246	12 440
Middle East	205	1 196	2 346	1 635	-1 024	606	715	1 547
Non-OECD Europe and Eurasia	338	1 533	3 514	1 769	-629	1 132	1 492	2 606
China	1 345	4 053	9 417	2 209	367	2 431	3 980	7 311
Asia	2 229	3 217	9 072	1 360	231	1 524	1 796	3 331
Non-OECD Americas	455	2 197	4 200	769	-172	583	907	1 065
Africa	1 022	1 252	2 769	1 168	-468	682	603	930
Chinese Taipei	23.18	446.36	742.34	12.96	100.42	109.28	237.33	270.22

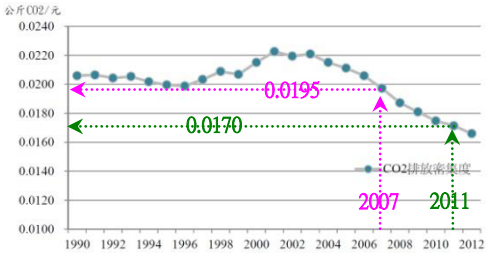
圖三：國際燃料燃燒排放二氧化碳排放指標跨國比較(註四)

表一：國際燃料燃燒排放二氧化碳排放指標跨國比較(註四)

2010 年 CO_2排放跨國比較(註三)	台灣	排名	全球	OECD	日本	韓國	美國
排放總量 *(百萬公噸 CO_2)	270.22	20	30,326	12,440	1,143.07	563.08	5,368.63
人口 (百萬)	23.18	49	6,825	1,232	127.38	48.88	310.11
每人平均排放(公噸 CO_2/人)	11.66	19	4.44	10.10	8.97	11.52	17.31



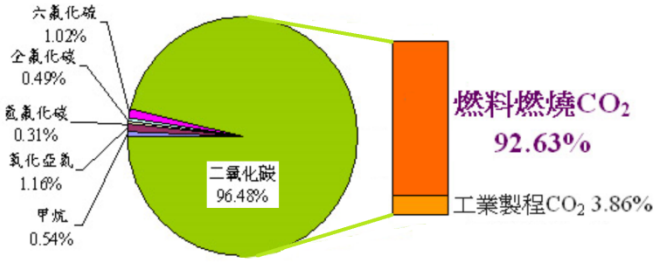
圖四：燃料 CO_2 排放量與人均排放趨勢(註五)



圖五：我國 CO_2 排放密集度趨勢(註五)

台灣能源高度仰賴進口，工業能源消耗很高及對環境負荷很大，對我國經濟發展及環境保護的威脅日趨嚴重。政府積極推動節能減碳作為下，2008~2009 年金融危機(Financial Crisis)，使我國燃料燃燒二氧化碳排放量首度呈現負成長(-4.3%；-5.0%)，2010~2011 年隨全球經濟復甦呈現增加趨勢(+6.7%；+2.3%)，仍較 2007 年歷史高峰值低(圖四)。從二氧化碳排放密集度觀察，近年來自 2007 年 0.0195 kg-CO_2/元降至 2011 年的 0.0170 kg-CO_2/元，呈現逐年下降趨勢(圖五)，顯示政府相關作為與環境教育發揮相當成效(註五)。

台灣可觀的碳排放，源自工業占 48%，運輸占 14.4%(第二位)，服務業占 13.2%等等。然而 1993～2006 年，台灣運輸部門能源總量逐年升高，雖然從 2007～2009 年金融海嘯及高鐵、捷運的衝擊，消費比例似乎減少，但實際上運輸部門的能源消費是大幅成長的，因此為了能有效率在短期做到節能減碳之成效，而把重心移到運輸業，致力以節能為主題發展其產業(註六)。

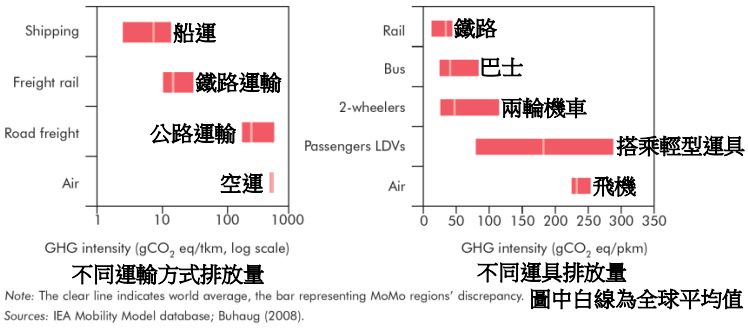


圖六：國內 2010 年溫室氣體排放百分比(註六)

二、綠色運輸---電動機車、電動車

綠色運輸系統是指環境永續之下，使用具有溫室氣體減量效果且能源密集度及污染密度低運具之運輸系統，例如步行、腳踏車、電動機車、電動車、公車、捷運、火車及高鐵等等。2010 年我國溫室氣體排放百分比中燃料燃燒占 92.63 %(圖六)，可將「燃油車」改成「油電混合車」、「電動車」來應用電池為動力，可以達到最大的節能減碳的改善效果(註七)。

多次石油能源危機造成價格動盪不安，新興工業化國家對能源需求年年增加導致溫室效應加劇，各國紛紛擬定電動車及電動機車之政策與目標，期望能儘快普及且透過零碳排放來減緩溫室效應，希望能降低運輸部門對石油能源的依賴。國際能源總署(IEA)2009 年以機動模型資料庫分析不同交通運具使用所排放溫室氣體相關數據如圖七(註一、註八)。



圖七：使用不同運具之溫室氣體(CO_2)排放(註一、註八)

1997 年東京議定書達成各國對溫室氣體的減量共識，低排放電動車再次受到重視，Toyota Prius 油電混合車生產後歷年改款至今，2008 年 Tesla 推出首輛電動雙門跑車 Roadster 建立高價高性能品牌，2008 年 11 月 BMW Mini E 首度亮相但未量產。2009 年 Mitsubishi i-MiEV、Nissan Leaf 等多款量產平民價款電動車問世。2010 年 4 月裕隆 Tobe M'car 上市。2010 年納智捷 Luxgen EV+通過車輛測試中心(ARTC)電動車碰撞測試，成為國內第一家正式通過認證掛牌上市的電動車品牌(圖八)。2012 年 Tesla Model S 上市賣出 2400 台，2013 年 1~5 月賣出 8450 台，預估全年可賣出 21000 台，2014 年將推出更具機能性休旅車 Model X(註九)。



各品牌電動車比較

一般性能／一般續航力電動車				高性能／高續航力電動車		
日產Leaf	tobe M'car EV	三菱i_MiEV	電動車品牌	Mini E	Tesla Roadster	Luxgen EV+
日產	裕隆	三菱	技術合作	ACP	ACP	ACP
掀背車	城市車	城市車	車輛型式	掀背車	跑車	廂式休旅車
5	5	4	座位數	2	2	7
4,400	3,598	3,395	車長(公厘)	3,714	3,946	4,843
1,590	1,134	1,080	車重(公斤)	1,660	1,238	2,005
24	18	16	電池容量(千瓦／小時)	35	53	40
80	112	47	馬達功率(千瓦)	150	185	180
107	82	63.9	馬力(匹)	204	248	240
250	202.5	180	扭力(牛頓／米)	210	380	265
140	172	130	極速(公里／小時)	152	200	145
160	160	160	續航力(小時)	240	350	350

圖八：各品牌電動車各項性能比較(註十)

各國在發展電動車的過程中，憑著本身優勢都已經構建出未來發展藍圖，對民眾而言最直接的就是實用性與便利性，而目前電動車續航力達 100~160 公里遠低於傳統汽油車，能否普設充電站也是問題之一，更何況各國沒有一致的充電規格，導致業者必須設計不同車種來因應各國市場，更慘的是廢棄電池引發了環保問題等等，造成電動車發展受到極大阻礙，雖有如此多的問題但展望未來希望可以一一順利解決，使電動車擁抱著光明未來。

三、綠色運輸—氫能燃料電池機車、鋰電池電動機車

燃料電池是能持續添加燃料(氫)的一種發電裝置，能穩定持續的供給電源，並非一次性用完就丟，也不是電池用完須充電後才能再用，以氫氣為燃料，不排廢氣以電子操控系統駕馭的革命性汽車，將帶領我們進入更潔淨、更有效率的神奇操控之境。石油燃料內燃機的效率，即使採用了新科技，最多也只能達到30%，無論如何它仍然會排放二氧化碳，比較下其氫燃料電池汽車的效率將近兩倍，只需要一半的燃料能源，不同點在於燃料電池排放的副產品只有水和熱，氫氣可以

由許多種燃料及能源中取得，例如天然氣、乙醇、食鹽水電解、可再生的能源系統的電解水法、化石資源水蒸氣改質法、生物氫發酵及甲烷發酵之生質能源等等，在各種燃料電池中，以氫氧燃料電池前景最被看好，因為它續航力佳，汙染性也最低，被視為未來可以取代汽車或船舶內燃機的明星產品(註十一)。

2010 年 5 月台灣亞太燃料電池公司最新一代燃料電池機車 ZES(Zero Emission Scooter)，完成全台環島一周(1100km)道路測試，極速 50km 續航(兩支儲氫罐)50~80km，其燃料電池及電控系統自行開發設計及生產，車架、馬達及傳動等都是國內自製，2012 年 9 月於墾丁試營運，持續記錄及確證技術品質。博研燃料電池科技公司之系統化組件能力達 85%，在 2009 年獲 1KW 發電系統示範補助，2011 年獲補助 5 輛燃料電池機車開發，2012 年 4 月台北世界地球日參與展示。光陽機車公司 2010 年獲補助 8 輛燃料電池機車示範運轉，委請明道大學於彰化地區實車確證作業(註一)。2011/06~2012/05 台灣經濟研究院就未來氫能社會應用之氫能燃料機車，執行實車確證計畫，27 輛各行駛台北區 3000km，其中 9 輛加做北海岸 3000km 低溫與鹽害測試，光陽機車公司無償提供 3 輛彰化地區 3000km 道路實車確證，考量天候、行車安全、氫氣補給、人員訓練、故障排除維修及機車可靠度等，累計行駛里程 122,769 公里，產生各項數據(如表二)可供制定 CNS 標準之重要參考依據，並於國際間取得領先優勢(註一)。

表二：氫能燃料機車實車確證計畫氫號與里程分析(註一)

地區	氫氣用量(g)	行駛里程(km)	氫耗率(g/km)	氫耗說明(g/km)
台北	214,484	113,505	1.89	市區 1.5~2.5
彰化	16,259	9,264	1.75	濱海 1.5~2.0
合計	230,743	122,769	1.88	共充儲氫罐 4290 支

政府自 2009 年推動鋰電池電動機車推廣計劃提供 16.58 億元，推動 4 年內內銷 16 萬輛、外銷 3.65 萬輛，總產值估計超過 80 億元，運作後迄 2012 年 7 月僅輔助 18272 輛(註一)，經濟部工業局「電動機車產業月報」2011/01~2013/08 電動機車產銷累積數量=9965+8355+6589=24909 輛(註十二：不包括電動補助自行車及電動自行車數量)，距離 4 年 19.65 萬輛目標尚有一大段艱辛路途要走。

四、燃油機車與電動機車二者、汽油車與電動車二者之間的碳排放比較

燃油機車與電動機車二者之間碳排放比較，參考時任台南大學綠色能源科技研究所所長黃鎮江教授之期刊投稿資料(註十四)中相關圖表如圖十所示。環保署曾撰文回覆說明計算方式及內容(註十五)(表四)。

機車總碳排放(里程碳排放係數：g-CO_2/km) 之計算說明：(環保署：註十五)

(一)燃油機車 50.8 > 電動機車 25.2 > 燃料電池機車 0

電動機車在實驗室以標準行車型態測試，其耗電率為 30Wh/km，加計電池充放電效率 95%及充電器效率 80%，耗電率為 30Wh/km÷95%÷80%=39.5Wh/km。

台電 96 年電廠之電力排放係數為 0.637kgCO_2/kWh。

碳排放為 0.0395kWh/km×0.637kgCO_2/kWh×1,000g/kg= 25.2 g-CO_2/km。

(二)電動機車 66.9 > 燃油機車 50.8 > 燃料電池機車 0 (黃鎮江所長：註十四)

電動機車總耗能 105 Wh/km=30Wh/km÷95%÷80%÷40%÷93.7%

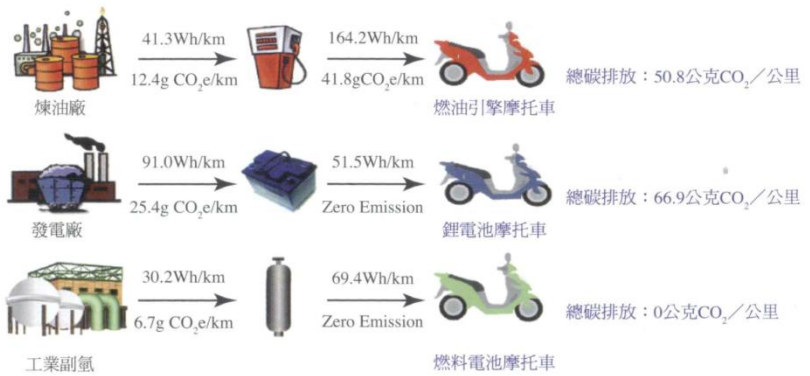
電廠發電效率 40%及輸配電效率 93.7%。

碳排放為 0.105kWh/km×0.637kgCO_2/kWh×1,000g/kg= 66.9 g-CO_2/km。

環保署說明應乘上電廠所使用能源如煤炭或天然氣之 CO_2 排放係數，

而非使用電廠之電力排放係數 0.637kgCO_2/kWh。

(三)汽油機車 55.0 > 輕型電動機車 14.0 (圖九、註十三)。



圖十：各型機車碳排放之環保效益: 黃鎮江 (註一、註十四 Fig.9)

表四：環保署-電動機車二氧化碳排放計算比較(註十五)

項目		汽油機車 50cc 四行程	電動機車		備註
			黃所長	本署	
實驗室測試	耗油率(L/km)	0.0184			工研院提供數據
	CO_2排放(g/km)	43			
電池充放電效率				95%	
充電器效率				80%	
CO_2電力排放係數($KgCO_2/kWh$)			0.637	0.637	台電 96 年數據
CO_2汽油排放係數($KgCO_2/L$)		22.6			IPCC（2006）
CO_2原油-汽油排放係數($KgCO_2/L$)		0.5			
里程碳排放係數(gCO_2/km)		50.8	66.9	25.2	

自己家中車號 885-BWK、台鈴 Address V125G 汽油機車，經濟部能源局 100 年 2 月公佈，以 CNS 3105(熱車)測試方法，其能效等級為第 2 級。市區油耗/定速油耗/測試值 = 45.6/63.0/51.3 > 39 km/L 耗能標準(註十六)。2007/11/28~2013/11/13 近六年使用期間，行駛里程 57171 km(每年約 9500 公里)及加油 470 次，油費 40943 元(已減折扣 2907 元)，總維護費用 30840 元，95 無鉛汽油 1413.45 公升，機車實際行駛耗油率為 40.448 km/L(圖十一)，充能加上維護成本為 1.26 NT/km(表五)。

表五：機車耗油及維修總合成本估算表

成本估算（NT/km）	充能成本	維護成本	成本合計	使用狀況
電動機車(註十七)	0.10	1.00	1.10	充電多使用不便
汽油機車(註十七彩)	0.65	2.115	2.765	噪音、汙染
汽油節能機車 885-BWK(圖八)	0.72	0.54	1.26	方便好用

未計算機車購買時取得及輔助費用、噪音與環境汙染(社會成本)等等狀況下，考量機車每公里之使用成本，汽油節能機車僅比電動機車多出少少的 1.26-1.10 = 0.16 元/km(表五)。

電動機車缺點在於充電不易及充電時間長，電池用不久及換新成本高，當然可設置電池交換站解決，但需有一定數量以上方能符合最低經濟成本運作。

汽油節能機車的使用成本(每公里費用)不太高及方便隨時可用，將是民眾選用該類機車最重要的選用項目。

885-BWK 59800-10000+3200+500=53500 目前總花費 125283

	日期	公里	金額	累計	維修	95單價	公升數	平均	折扣	
1	20071128	15	—	—		30.7				
2	20071130	89.6	65	65		30.7	2.12	35.23		
3	20071205	209	50	115		30.7	1.63	73.31		
4	20071207	277.7	90	205	400	30.7	2.93	23.43		
↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓		
449	20130717	54305	93	38718	1200	34.9	2.84	37.72	-6	前輪圈
450	20130724	54452	118	38836	450	35	3.57	41.16	-7	機油150+前輪承2*150
451	20130730	54596	108	38944		35	3.29	43.83	-7	
452	20130804	54714	92	39036		35	2.80	42.14	-6	
453	20130810	54850	106	39142		35.1	3.19	42.62	-6	
454	20130818	55036	132	39274		35	4.00	46.50	-8	
455	20130825	55170	113	39387		35.3	3.40	39.42	-7	
456	20130901	55315	117	39504		35.5	3.49	41.51	-7	
457	20130906	55435	85	39589		36.2	2.49	48.27	-5	
458	20130910	55561	103	39692		36	3.03	41.61	-6	
459	20130914	55654	73	39765		36	2.14	43.48	-4	
460	20130920	55800	113	39878		35.7	3.36	43.44	-7	
461	20130926	55942	109	39987	1450	35.4	3.28	43.33	-7	機油150+齒100+皮帶1200
462	20131002	56088	119	40106		35	3.60	40.56	-7	
463	20131008	56248	124	40230		34.8	3.79	42.18	-8	
464	20131015	56393	109	40339		35.1	3.30	43.88	-7	
465	20131020	56528	101	40440		35.1	2.96	45.56	-3	
466	20131024	56653	103	40543		35.1	3.11	40.25	-6	
467	20131029	56774	97	40640		34.9	2.95	41.00	-6	
468	20131103	56910	101	40741		34.9	3.07	44.36	-6	
469	20131107	57034	95	40836		34.9	2.89	42.85	-6	
470	20131113	57171	107	40943		34.4	3.11	44.04		
		57171		40943	30840		1413.45		-2907	
		全行駛里程		全油費	全維修		全公升		折扣	
				全費用=	71783				全國加油站	

總平均費用= 1.26 元/每公里 耗油率= 40.448 公里/公升
汽油費用= 0.72 元油/每公里 平均油費= 28.97 元/公升

圖十一：汽油節能機車 885-BWK 費用統計(Excel)

汽油車與電動車二者之間的碳排放比較，依工研院機械所王漢英團隊研究，以 1500c.c.汽車與 50~60KW 電動車比較，從進口石油精煉到提供車子行駛之生命週期內，汽油車之總能源效率、總碳排放分別為(14.6%、168.2 g-CO_2/km)，電動車之總能源效率、總碳排放分別為 (20.1%、115.1g-CO_2/km) (圖十二)，二者間分項能源損耗相當接近，但結果二項比較結果是電動車勝出(註十八)。但依美國能源部將全美依電力來源(燃煤、天然氣、核能、再生能源) 分為 13 地區，燃煤加上燃油之發電百分比超過 39%的前 6 地區，總碳排放量為全電動車大於插電式油電混合車，其餘地區相反。台灣台電各種能源發電效率比率分布，較接近於美國中西部北區，台灣台電及美國 13 區平均值都是總碳排放量為全電動車大於插電式油電混合車(註十九)(圖十三)。綜合結論下在電力充電區域使用「燃煤及燃油」發電，其總碳排放量都是全電動車大於插電式油電混合車。



圖十二：汽油車對電動車總碳排放比較(註十八)

電動車充電分區		單位: %					總碳排放		燃油銷耗	
分區	美國地區	燃煤	燃油	天然氣	再生能源	核能	插電油混	全電動車	插電油混	全電動車
2	伊利諾州及周圍	75.4		24.6			11.7	36.0	-46.5	-98.6
4	紐約州	3.4	67.2	29.4			4.3	19.0	-8.6	-10.9
3	俄亥俄州及周圍	65.7		32.8	1.5		7.8	27.0	-46.6	-98.7
8	東南部	51.9		44.9	3.2		2.4	14.4	-46.7	-98.9
1	中西部北區	46.0		47.7	6.3		-0.8	7.2	-46.7	-99.0
6	中大西洋地區	37.0	2.4	60.6			-1.2	6.1	-45.4	-95.9
5	新英格蘭地區	15.5	4.5	70.3	9.7		-11.4	-17.4	-44.3	-93.5
11	西南部	16.1		83.6	0.3		-9.4	-12.8	-46.9	-99.4
10	中西部南區	11.4		88.6			-11.0	-16.4	-46.9	-99.4
7	弗羅里達州		2.4	96.1	1.5		-14.8	-25.3	-45.6	-96.4
13	西北部			84.3		15.7	-20.0	-37.2	-47.0	-99.6
12	加州			99.0	1.0		-15.3	-26.5	-47.0	-99.6
9	德州			100.0			-15.0	-25.7	-47.0	-99.6
13區平均值		24.8	5.9	66.3	1.8	1.2	-5.6	4.0	-43.5	-91.5
2009年台灣台電		4.0	42.5	21.0	4.6	27.9	-0.8	7.2	-46.7	-99.0

P.S.1 以燃油之值由高向下排列　　P.S.2 插電式油電混合車
P.S.3 耗之較少為負百分比,較多為正百分比

圖十三：美國總碳排放及燃油銷耗統計(註十九)

五、未來綠色運輸系統發展---低碳智慧城市(註一)

低碳智慧城市(smart low carbon city)的發展，以低碳生活為理念來進行基礎建的設計、規劃、建設與營運，整合電力及瓦斯等能源和交通、物流與公共服務效率化、障礙排除和節能電的複合式服務，提升人民生活與經濟福利，邁向永續發展的低碳社會。最新的運輸載具觀念是 Car-2-Go(上車、開車、停車：整合式車輛資訊系統)，提供 A 點到 B 點運輸解決方案之開放租借電動汽車的公共交通服務，2012 年 10 月法國巴黎周邊城市已推動實施。希望自然環境可以永續發展並與環境協調，應用智慧電網等等基礎技術來建設低碳與高效率的次世代城市，未來將有更多初級再生能源併入電網，相較於無法被大眾接受的核能、昂貴的天然氣及排放二氧化探石化能源，建築物將能從風、太陽、地下等周遭環境產生電力，甚至可以提供周圍社區電力或運輸載具的動力來源。

六、燃料電池車(fuel cell car)，燃料電池是「輪子上的發電廠」(註二十)

2013 年 10 月 10 日東京一場說明會，豐田示範新款燃料電池車使用的「氫嘴」。11 月底的東京車展，豐田將展示一款以氫氣作為動力來源的概念車，4 座位汽車加一次燃料可以跑 500 公里，加燃料(氫)時間只需 3 分鐘，相當於普通汽油車加油的時間，將會是全球第一款大量生產的燃料電池車，預計 2015 年上市。16 年前(1997) 豐田 Prius 油電混合車生產並改款至今，也推出 Prius C 貼近大眾的小車，首款油電混合車開啟引擎電力化時代，以電動馬達支撐汽油引擎，煞車時省下的能源餵回電池提高效率，豐田新油電車早已達到歐盟車業 2020 年排放標準(95 g-CO_2/km)。目前的電池電動車問題不少，包括成本太高、航程太短及電池充電時間太久，在全球各地無法成為大眾的標準用車，民眾、工程師、科學家和各國政

府也逐漸省悟，電池減少化石燃料使用量的功效尚且有限。燃料電池不是新發明，只是在電池科技蓬勃發展下顯得昂貴、複雜及效率低，目前全球所有車廠追求的電動車幾乎都用電池。

豐田新款電動車的一大特點，是離開傳統的「電池推動電動車(battery-driven electric car)」的思維，讓燃料電池車更上一層境界。更好的燃料電池科技將引發另一場車業革命，主角不是石油而是氫氣，燃料電池將氫原子分解成質子和電子，用以推動馬達排放出水蒸氣，將可使汽車更環保、更潔淨、更安全、更舒適及更加個人化，更便宜的燃料電池汽車還可進一步促使大環境轉向以氫為主的綠能體系(氫能經濟)，能源的使用和生產也將大幅改觀，不傷害環境，也不耗用地球上的自然資源。

參●結論

一、平均大氣二氧化碳濃度破表，生態機制恐失控並影響人類存亡

全球氣象組織 11 月 6 日公布，2012 年平均大氣二氧化碳濃度增至 393.1ppm 又創新高，5 月時一度超過 400ppm 而打破歷史紀錄。人類活動所排放的二氧化碳會逐漸造成碳循環失常，主因於過度開發的石化產業，最終將受到暖化的反撲，地球將在未來數十年內極速升溫。溫室氣體甲烷濃度在 2012 年也創新高，高達 1819ppm。初步推測大氣中突增的甲烷，可能是來自於熱帶地區與中緯度北半球的畜牧帶，而非北極冰山融化所造成的甲烷溢散。

有研究報告指出，全球溫室氣體的排放速率，因各國政府推廣綠能建設與資源回收而有些微下降趨勢，且全球升溫的情況還不明顯，畢竟海洋與森林也是消耗二氧化碳的大功臣，二氧化碳並不會全都積在大氣層或地表上造成暖化，但森林面積近幾十年來迅速縮減，海洋表面溫度也在逐漸上升，未來幾十年內全球地表溫度會快速上升，很快就會感受到暖化力量的反噬。

二、國內學界之異聲：發展氫燃料電池車！最終2009 年鋰電池電動機車勝出。四大智慧型產業之一的電動車 3 年計畫，經濟部於 2013 年 5 月坦承跳票

2009 年政府推動鋰電池電動機車政策，學者多持質疑態度，不如投入氫燃料電池發展，或許會開創台灣另一項新興產業(註二十一)。最終政府還是讓鋰電池電動機車勝出，氫燃料電池機車沒能分杯羹，然而「燃料電池」確實是個好東西，政府日後也也有投入部份經費，執行多項燃料電池機車之實車確證計畫。2010 年政府再推智慧電動車產業發展策略與行動方案，3 年 22 億 3000 輛智慧電動車欲帶動二產業 100 億產值，第 3 年達成率僅 7%，實際執行嚴重脫鉤而發展雷聲大雨點小，故改為 6 年 2400 輛投入近 10 億呈報行政院定案。

三、電動機車採用「鋰」電池，小型輕量但維護不易且價格高(註十三)，已有二處說法：總碳排放量→電動車>燃油車(註十四、註十九)

電動機車最重要的三元件為馬達、控制器及電池，採用鋰電池是將多個鋰電池單元串並聯(多為 48V)精密低溫冷銲，再加上電子線路板控制及保護，機車用鋰電池保固 2 年約 1.9 萬元(以易維特機車為例)，維修時也需特殊技術檢測出損

壞電池單元或電子線路板予以換新，精密低溫冷銲也是關鍵技術必須要能普及化(註十三)。鋰電池電動機車是否是一條走向高總碳排放的不歸路，若民眾使用支持度提不上來，待政府輔助款項停止後，又是一大群被遺棄的孤兒與白老鼠。選用燃料電池機車發展，尚有等待攻克關鍵燃料技術及增設相關加氣基礎建設，若能商業化生產上市，期待能大量減少碳排放量(註十三)。

四、電動機車遊中市日租百元(註二十二)

台中市環保局推廣綠色環保載具 U-MOTO，與綠能租車公司合作，2013 年 9 月 4 日起至 12 月 20 日試辦電動機車租用，21 處租用站共提供 100 輛電動機車及 200 顆電池，機車日租 100 元，最久可租 5 天 350 元，到租用站換電池則每次 10 元，速限比照輕型機車為時速最快 50 公里，坡度 15~17 度可行駛自如，雙載騎上東勢林場也沒問題。國內在離島澎湖及小琉球大量使用電動機車，澎湖還可到統一超商更換電池，吉貝島目前電動/汽油機車的使用比例是 7：3，明年將全改用電動機車，大幅降低空氣及噪音污染。

五、台灣減碳最適方案---提高運輸載具新車油耗標準，替代石化燃料車輛使用

台灣減碳最適合的方案，可從源頭訂定能耗及二氧化碳排放標準，經由輕小化及柴油化落實提升新車效率、普及化及國產化混合動力車、電動機車替代二行程及汽油機車、抑制車輛數成長並加速及鼓勵舊車換新、推廣電動或燃料電池汽機車等等作為，要使民眾積極參與並改變生活和用車習慣，則有賴於法律規定制訂與施行、公共基礎設施建置、成本價格輔助等等誘因的促成，期待能呈現出台灣未來綠色運輸發展的新藍圖。

六、全球首款大量生產燃料電池車，引領「新綠能」車業革命，且拭目以待

電動車最環保！但一直無法在市場上真正打開局面，目前吃香的環保車是油電混合車，最高貴頂級性能電動車是 Tesla Roadster/Model S，德國明鏡周刊(Spiegel Online)網站最近報導，豐田研發了完全使用尖端燃料電池的新款長程電動車，航程 500 公里，充能(氫氣)3 分鐘而非數小時，它燃燒氫氣且自己發電，算是「輪子上的發電廠」，在氫和氧結合作用的過程中發電。2013 年 11 月底的東京車展，豐田展示以氫氣作為動力源的概念車，企圖成為全球第一款量產的燃料電池車，預計 2015 年上市，能否就此引領「新綠能」車業革命，企盼中拭目以待。

肆●引述資料

(註一)左峻德(2013)。走向低碳運輸:台灣綠色燃料與載具發展前景。台北市。台灣經濟研究會。
(註二)Greenhouse Gas Bulletin(2013)。The World Meteorological Organization Net。11 月 7 日，取自 http://www.wmo.int/pages/prog/arep/gaw/ghg/GHGbulletin.html
(註三)方家敏(2013)。CO_2濃度破表生態機制恐失控。台灣醒報，11月7日。取自 http://udn.com/NEWS/BREAKINGNEWS/BREAKINGNEWS9/8280542.shtml
(註四)IEA/OECD(2012)。Key World Energy Statistics。2013 年 11 月 2 日，取自 http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/kwes.pdf
(註五)經濟部能源局(2013)。我國燃料燃燒二氧化碳排放統計。台北市。經濟部

能源局。Page 9。
(註六)環保署(2013)。溫室氣體排放統計。2013 年 10 月 26 日，取自 http://www.epa.gov.tw/ch/artshow.aspx?busin=12379&art=2009011715443552&path=12437
(註七)交通部(2013)。綠色運輸應用資訊平台。2013 年 11 月 2 日，取自 http://greentransport.iot.gov.tw/KST/index.php
(註八) IEA(2009)。Transport, Energy and CO_2。Page 52/418。取自 http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf
(註九)黃樑傑(2013)。Tesla 電動車熱賣台灣供應鏈躍上國際舞台-財團法人車輛研究測試中心。2013 年 10 月 27 日，取自 http://www.artc.org.tw/chinese/03_service/03_02detail.aspx?pid=2390
(註十)謝佳雯、蘇秀慧、陳信榮(2009)。11 家電動車概念股相關業務。經濟日報，12 月 21 日。取自 http://money.udn.com/mag/report/storypage.jsp?f_ART_ID=201456
(註十一)市川勝(著)、李漢庭(譯)(2009)。氫能源。新北市。世茂出版。
(註十二)經濟部工業局(2013)委辦。電動機車產業網。2013 年 11 月 9 日，取自 http://www.lev.org.tw/Publication/
(註十三)盧昭暉、柴富(2013)。電動機車維修保養實務班。台中市。中興大學(產業人才投資方案)。
(註十四)Jenn Jiang Hwang 黃鎮江(2010).Sustainable transport strategy for promoting zero- emission electric scooters in Taiwan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol.14*,1390~1399.　2012 Impact factor=5.627(5-Year=6.577).
(註十五)環保署移動污染源管制網。電動機車二氧化碳排放計算比較。2013 年 11 月 3 日，取自 mobile.epa.gov.tw/epb/news/annex_files/annex95_20.doc
(註十六)經濟部能源局(2011)。車輛油耗指南。台北市。經濟部能源局。Page 51。
(註十七)李添財(2009)。電動汽機車。新北市。全華圖書公司。Page14-40。
(註十八)李名揚(2011)。在台灣，電動車較優。科學人雜誌、107期、P54~56。
(註十九)穆易爾Michael Moyer(2011)。電動車，電從哪裡來?。科學人雜誌、107期、P52~53。
(註二十)彭淮棟(2013)。電動車大革命 燒氫氣發電。聯合晚報，11 月 3 日。綜合報導版。取自 http://udn.com/NEWS/WORLD/WOR2/8270491.shtml
(註二十一)劉力仁、曾慧雯(2008)。推行電動機車 學者:減不了碳。自由時報，11 月 16 日。生活新聞版。
(註二十二)鄭敏玲(2013)。電動機車遊中市日租百元。蘋果日報，9 月 4 日。A16 版。