

『臺灣地區港埠節能減碳』研討會 論文集



主辦單位：交通部運輸研究所

協辦單位：瑩諮科技股份有限公司

中 華 民 國 100 年 10 月

『臺灣地區港埠節能減碳』研討會議程

2011 年 10 月 12 日(星期三)

時 間	內 容		
09:00-09:30	報 到		
09:30-09:40	主持人暨貴賓致詞		
議題一：溫室氣體管制			
時 間	講題	主講人	主持人
09:40-10:10	臺灣溫室氣體管制策略	周簡任技正 淑婉 行政院環境保護署	邱主任永芳 交通部運輸研究所
10:10-10:40	高雄市溫室氣體管制政策	李 局 長 穆生 高雄市政府環保局	
10:40-11:00	休 息		
議題二：港口節能減排經驗			
時 間	講題	主講人	主持人
11:00-11:40	節能減碳--管制政策形成	張 鴻 立 博士 美國加州空氣資源委員會	張主任國棟 高雄海洋科技大學 海洋環境工程系
11:40-12:20	清潔卡車計畫	黃 維 義 博士 美國 Tetra Tech 工程顧問公司	
12:20-13:30	午 餐		
議題三：溫室氣體減量技術			
時 間	講題	主講人	主持人
13:30-14:10	溫室氣體減量創新技術	黃 維 義 博士 美國 Tetra Tech 工程顧問公司	李局長泰興 臺中港務局
14:10-14:30	船舶岸電效益評估	葉 雨 松 博士 瑩諮科技(股)公司 協理	
14:30-15:10	港埠起重機具零排放及 混合動力技術	張 鴻 立 博士 美國加州空氣資源委員會	
15:10-15:30	休 息		
議題四：港埠未來管制方向（綜合座談）			
15:30-16:30	各主持人及主講人、各與會代表		

『臺灣地區港埠節能減碳』研討會

目 錄

臺灣溫室氣體管制策略.....	1-1
周簡任技正 淑婉	
行政院環境保護署	
高雄市溫室氣體管制政策.....	2-1
李局長 穆生	
高雄市政府環保局	
節能減碳--管制政策形成	3-1
張鴻立 博士	
美國加州空氣資源委員會	
清潔卡車計畫	4-1
黃維義 博士	
美國 Tetra Tech 工程顧問公司	
溫室氣體減量創新技術	5-1
黃 維 義 博士	
美國 Tetra Tech 工程顧問公司	
船舶岸電效益評估	6-1
葉 雨 松 博士	
瑩諮科技(股)公司 協理	
港埠起重機具零排放及混合動力技術	7-1
張 鴻 立 博士	
美國加州空氣資源委員會	

『臺灣地區港埠節能減碳』研討會論文集

交通部運輸研究所

臺灣溫室氣體管制策略

周淑婉¹

摘要

氣候變遷與全球暖化效應已成為全球矚目之重要議題，我國雖非「京都議定書」規範應減量的國家，但仍須與其他國家共同對抗全球暖化，善盡溫室氣體減量責任。分析我國溫室氣體排放特性與能源使用情形，可知我國溫室氣體排放主要來自燃料燃燒所排放的二氧化碳，其中以能源及工業部門為主要排放來源。爰此，我國自 2004 年起即以能源及工業部門為溫室氣體管理重點推動對象，並參考國際發展趨勢規劃減量策略，優先針對耗能產業，建構國內產業之溫室氣體盤查、登錄、查證及自願減量等管理制度及配套措施。

另外，行政院環境保護署為建構我國因應氣候變遷之法制基礎，於 2006 年率先提出「溫室氣體減量法(草案)」(簡稱溫減法草案)，目前尚在立法院審議中。在溫減法生效前為落實國內節能減碳具體行動，行政院於 2009 年 12 月成立「行政院節能減碳推動會」，確立「國家節能減碳總計畫」十大標竿方案內容，期藉由能源、工業、住商、運輸、農林、廢棄物等部門別分工，與藉由推動碳中和與建立碳足跡衡量標準與低碳生活之作為，達成我國於 2020 年回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量之最終目標。

為徹底落實哥本哈根協議及國家溫室氣體減緩行動(NAMAs)必須符合之 MRV 精神，環保署以「國家溫室氣體登錄平台」作為我國溫室氣體排放管理之介面，率先建立排放基線量化原則與溫室氣體認證及查驗制度，透過由下而上的排放量盤查，協助發掘產業潛在減量空間，並同步建置減量專案認可原則與減量額度帳戶管理機制，誘發產業減量動機。同時，將低碳及綠色思維擴散至運輸及住商部門，使我國能逐步邁向低碳社會，達成國家減量目標。

¹ 行政院環境保護署空氣品質保護及噪音管制處簡任技正兼溫減管理室盤查交易組組長

一、前言

氣候變遷為本世紀最嚴峻的國際環保課題，攸關各國的永續發展和人類物種的存續，是當前國際社會共同面臨的急迫挑戰。2005 年京都議定書正式生效後，不僅國際溫室氣體減量工作邁入新紀元，也同時開啟後京都機制協商的大門；後京都時期的國際協商以減緩、調適、融資、技術四大面向為協商的主軸，並要求已開發國家之締約國必須就後京都時期的溫室氣體減量責任展開談判，並希望開發中國家之締約國能夠訂定可量測、可報告及可查證 (measurable, reportable, verifiable, 簡稱 MRV) 之自願減緩行動。

臺灣為一海島國家四面環海，在地狹人稠與天然資源缺乏限制下，頻繁的貿易活動成為臺灣經濟發展的主要命脈，因此臺灣雖非聯合國會員國，然而身為地球村之一員，為善盡保護地球環境之責任及避免國際政治或貿易之不利影響，仍應在「共同但有區別責任原則」之精神下，透過成本有效的政策措施，積極採取相關國家減緩與調適行動。

二、我國溫室氣體排放現況

我國溫室氣體排放特性伴隨我國能源結構與耗用情形，以燃料燃燒所排放的二氧化碳為主，依經濟部能源局我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析可知，我國 2010 年約排放 254 百萬公噸 CO₂，人均排放約為 11 公噸 CO₂/人。整體來看，1990 至 2010 年之年平均成長率為 4.2%，其中 2008 年因受到油價高漲的影響，以及金融風暴之衝擊，導致產業活動低迷，能源消耗量減少，燃料燃燒 CO₂ 排放首度呈現減少趨勢，較 2007 年減少 4.1%；2009 年各主要業別景氣雖逐漸復甦，然因政府持續推動節能減碳措施，能源消費維持負成長，CO₂ 排放量較 2008 年減少 5.0%；去（2010）年受國內外景氣持續復甦影響，CO₂ 排放量已回升至 2008 年的排放水準（如圖 1 所示）。另外從 CO₂ 排放密集度（即每單位 GDP 之 CO₂ 排放）角度來看，我國自 2003 年起 CO₂ 排放密集度，從 0.0221 kg CO₂/元逐年下降至 2010 年的 0.0179 kg CO₂/元，顯示出我國能源效率逐年改善之趨勢。

進一步探討各部門排放情形（含電力消費 CO₂ 排放）可知，我國主要排放係來自能源及工業部門，且 2010 年因景氣復甦帶動產品需求增加，使工業部門排放量較增加 11.2%（如圖 2^[1]及圖 3^[1]）。爰此，我國自 2004 年起即以能源及工業部門為溫室氣體管理重點推動對象，並參考國際發展趨勢規劃減量策略，優先針對耗能產業，建構國內產業之溫室氣體盤查、登錄、查證及自願減量等管理制度及配套措施。

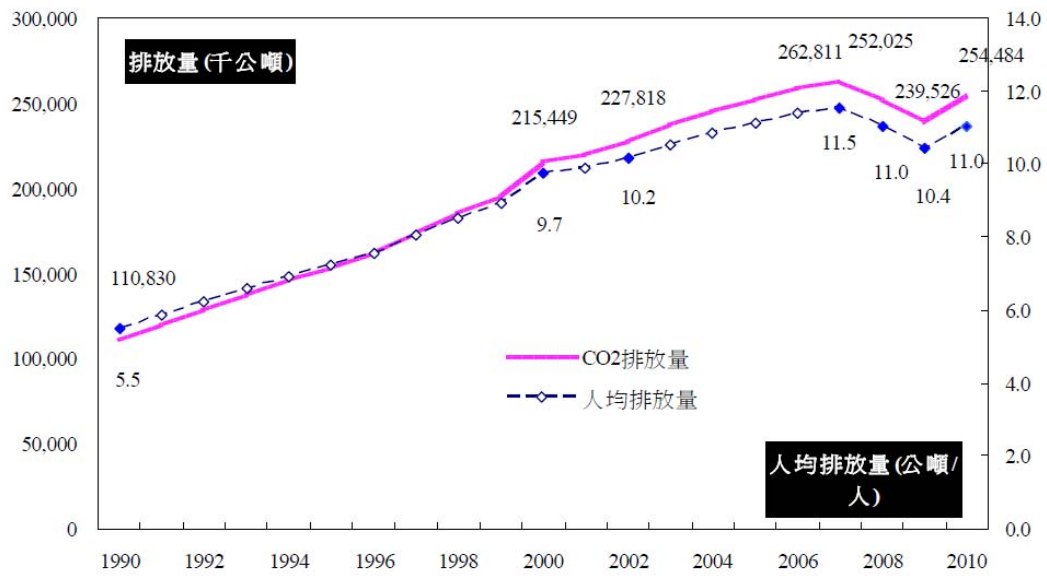


圖 1 燃料燃燒 CO₂ 總排放量與人均排放趨勢圖

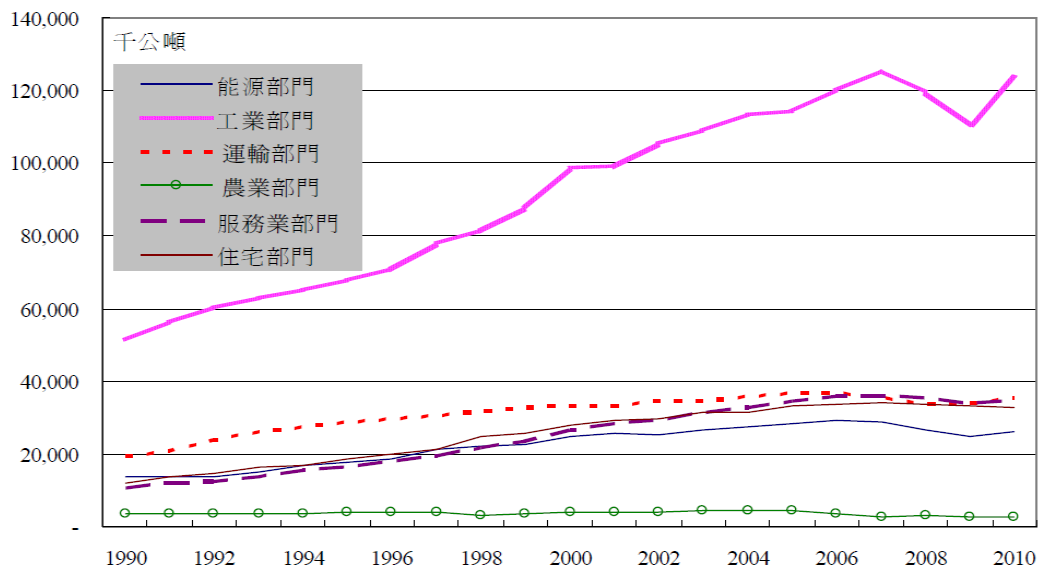


圖 2 各部門燃料燃燒 CO₂ 排放量趨勢(各部門包括電力消費排放)

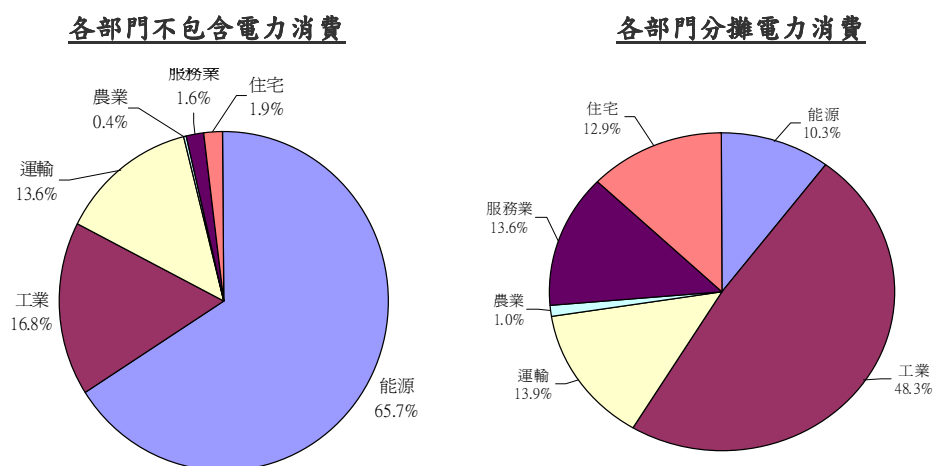


圖 3 2010 年各部門燃料燃燒 CO₂ 排放占比

三、我國溫室氣體減量策略

為落實哥本哈根協議及國家溫室氣體減緩行動(NAMAs)必須符合之 MRV 原則，行政院於 2009 年 12 月成立「行政院節能減碳推動會」，確立「國家節能減碳總計畫」十大標竿方案^[2]，透過健全法規體制、營造低碳產業結構、擴張節能減碳科技能量、改造低碳能源系統等軸心減量策略，配合普及綠建築與推動節能減碳公共工程方式，由能源、工業、住商、運輸、農林、廢棄物等部門別分工實踐，配合碳足跡及碳中和的推動，逐步邁向低碳生活與低碳社會（圖 4），進而達成我國減量目標（於 2020 年回到 2005 年排放量，於 2025 年回到 2000 年排放量之減量目標）。以下就經濟、技術及社會三大面向，說明我國目前已推動之溫室氣體減量策略：

1. 經濟面向減量策略：藉由建立國內減量額度帳戶管理機制，奠定未來推動排放交易基礎，透過成本有效的概念來推動減量工作並提供減量誘因。
2. 技術面向減量策略：1.以建立減量專案、減量方法及額度認可原則，藉由實際減量額度之核發，鼓勵據產業自願投入開發技術減量之潛力；2.推動開發行為排放減量及抵換要求，達到排放預防之效益；3.促進相關產業之非二氧化碳自願減量承諾簽署與減量合作機制；4.擴張節能減量科技能量部分，成立 CCS 策略聯盟，積極投入我國 CCS 技術之開發；5.協助建立公共工程節能減碳量化及減量方法。
3. 社會面向減量策略：採鼓勵產業自願性盤查登錄與揭露，期能藉由社會形象提升之誘因，達到產業願意主動投入鑑別自身減量空間、強化溫室

氣體風險管理能力之效益；此外，積極推動節能減碳生活社會運動，形塑我國低碳生活環境。

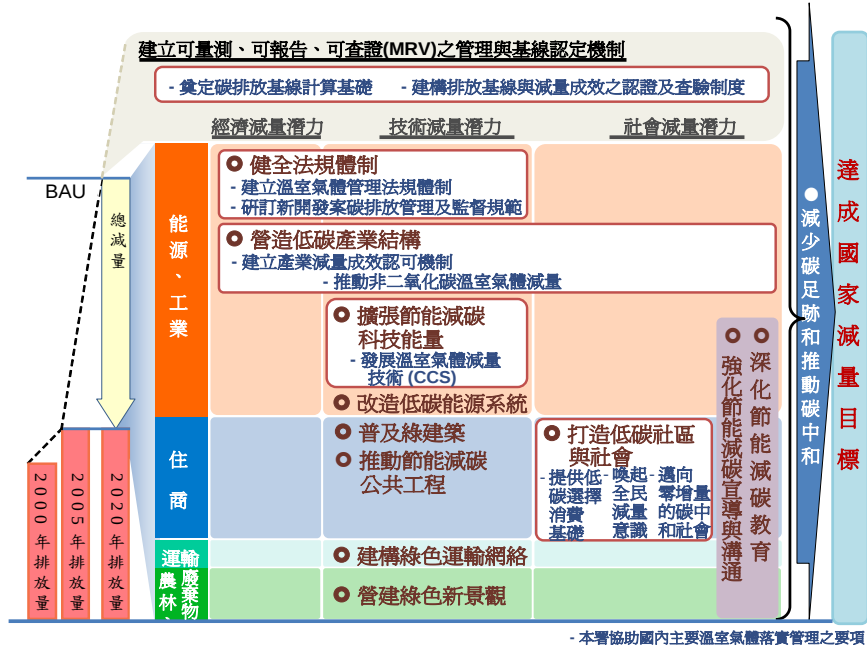


圖 4 我國減量推動作業架構圖

四、國內外海運溫室氣體管理趨勢

根據國際海事組織（International Maritime Organization, IMO）於 2009 年發布第二次溫室氣體研究報告中指出，2007 年海運業排放的 CO₂ 達 10.4 億噸，占當年全球 CO₂ 排放總量的 3.3%。報告預測，隨著海運貿易的增長，如不採取任何措施，溫室氣體的排放量到 2050 年將比 2007 年增加 150%~250%^[3]；如果採取有效的控制措施，提高船舶能源效率，則能實現排放量減少 25%~75%的目標。目前海運相關業者已開始自發性地採取行動來因應溫室氣體排放問題，並於 2008 年舉辦的 C40 世界港口氣候會議於閉幕時正式通過「世界港口氣候宣言」，參加的港口均自我期許將積極落實減量計畫，以減少二氧化碳排放^[4]。

目前國際雖尚未對海運採取強制性的管制措施，惟臺灣屬海島型國家，為避免國際對於港口與船舶的溫室氣體管制所產生的衝擊，我國仍應及早因應。參考交通部運輸研究所針對臺灣港埠與船舶節能減碳研究計畫可知，未來港埠節能減碳的規劃，可從能源、效率、減量、回收、監督監測與政策法規六大層面出發。能源面包含裝卸機具的「改油用電」、船舶岸

電使用及相關配套措施、陸上運輸車輛使用潔淨能源、再生能源應用、裝卸機具回饋能收集與應用等、港區建築物節能設計；效率面則著重運輸動線規劃、港區規劃，以及各裝卸機具運能相互搭配研究，藉此增加輸送效率，降低等待與空轉時間、室內外照明配置與控制等；在減量規劃上包含船舶入港速度限制、船舶因應岸電之電力系統改造、壓艙水排放限制、廢油排放限制、船舶排氣限制、港埠地區燃油管制；此外，藉由廢棄物回收與水資源回收再利用以利回收面上的執行；在監督監測上，應進行船舶港區航速監測、港區環境因子監測與港區船舶排放監測；最後在政策法規面上，應研擬港埠節能減碳要點、廢棄物回收作業要點，潔淨能源使用獎勵方法作為等，使相關業者能有節能減碳的依據並提升自主減排意願^[5]。

五、結語

臺灣身為地球村的一員，雖因國際政治因素無法正式參加國際環保協定與組織，但對於減緩全球氣候變遷仍不能置身事外，為徹底落實哥本哈根協議及國家溫室氣體減緩行動(NAMAs)必須符合之 MRV 精神，環保署以啟動「國家溫室氣體登錄平台」作為我國碳管理資料庫的基礎構面，率先建立與國際同步的排放基線量化原則與溫室氣體認證及查驗制度，並藉由深厚的盤查基礎，協助辨識與發掘產業潛在的減量空間，同步建置減量專案暨減量額度認可原則與減量額度及帳戶管理機制，誘發產業減量動機，同時希望藉由各部會的齊心合作，共同將我國綠色生產效益擴散至運輸及住商部門，配合推廣我國低碳生活型態之養成，以達成國家節能減碳之目標。未來面對國際氛圍逐漸重視港口與船舶溫室氣體管制時，除持續關注國際發展的趨勢外，更應及早規劃出適合臺灣之港口船舶溫室氣體管理策略，使臺灣成為海島國的節能減碳領航員。

參考文獻

1. 經濟部能源局，我國燃料燃燒 CO₂ 排放統計與分析，100/6。
2. 行政院節能減碳推動會國家節能減碳總計畫（核定本），2010/05。
3. 張瀞之、王志敏，「徵收碳稅對船舶減速與營運成本間之影響評估」，運輸計劃季刊，第三十九卷，第四期，2010/12，頁 441-460。
4. 國際港埠協會，全球港口聯合抗暖化(新聞發布)，2008/07。
<http://www.motc.gov.tw/mocwebGIP/wSite/public/Attachment/f1217407998046.pdf>

5. 交通部運輸研究所，臺灣港埠與船舶節能減碳現況與未來發展規劃先導型研究，2009。

高雄市溫室氣體管制政策

李穆生¹

摘要

高雄市擁有優良的天然地理條件—綿長的海岸線、港灣、平原、高山分水嶺及貫穿市區的運河，為使高雄市擺脫過去「重工業污染」之形象，市政府團隊在河川整治、空氣品質改善、綠色廊道建構、城市綠美化、資源回收、環保教育等層面更是持續不斷的工作。在面對氣候變遷議題下，高雄市市長陳菊許下「2020 年，打造減量 30% 的低碳城市與節能社區」之目標，市府團隊也成立「高雄市政府節能減碳推動小組」，為溫室氣體管制議題專責單位，由各局處分別擔任該小組內各分組工作之推動，並定期開會檢討高雄市之推動方向與效益。

在過去推動的經驗中，綠建築設計及既有建物修繕計畫、大眾運輸系統使用率提升及智慧型運輸系統之建置、空氣品質改善、溫室氣體管制及調適方案規劃、再生能源設置獎勵、都市熱島效應因應、資源循環再利用、民眾環境及節能觀念教育、生物多樣性及生態城市建立等等作為，皆為高雄市政府一直以來持續執行之工作。

在未來，「產業轉型，綠色永續」、「低碳發展，嶄新高都」及「開發低碳島嶼」將是高雄市永續發展與建構綠色城市之重要指標。市府團隊也將低碳城市發展藍圖以五大典範與低碳島示範區為推動主軸。期許由市民、企業、機關等的執行與落實，由下至上共同打造一個宜居的綠色水岸都市，促使高雄市能夠達到預設的減碳目標，並成為優於全球的「低碳城市・節能社區」。

關鍵字：氣候變遷、節能減碳、永續發展、低碳城市

¹高雄市政府環境保護局局長

一、前言

高雄市擁有優良的天然地理條件—綿長的海岸線、港灣、平原、高山分水嶺及貫穿市區的運河。1960 年代經濟發展策略上以高雄為臺灣重工業發展的重要城市，除兼顧工商業及民生發展所衍生的相關問題，近 20 年來，高雄市政府也致力於環境工作的展開與推廣，尤其在河川整治、空氣品質改善、綠色廊道建構、城市綠美化、資源回收、環保教育等層面，一直是高雄市政府持續不斷的工作。

而因應氣候變遷議題，儘管臺灣非京都議定書的承諾國，但秉持「以城市為主要減碳的行動者」之理念，高雄市也積極推動相關的溫室氣體管制、節能減碳及氣候變遷調適行動，尤其該議題不僅涉及傳統的環境保護工作，亦涵蓋建築設計與修繕、交通規劃、都市建設、河川及教育等面向，因此高雄市在推動之初即將市政府各局處應全部動員之概念納入，成立一個「高雄市政府節能減碳推動小組」，為溫室氣體管制議題專責單位，由各局處分別擔任該小組內各分組工作之推動，並定期開會檢討高雄市之推動方向與效益。

而在實際推動作業中，綠建築設計及既有建物修繕計畫、大眾運輸系統使用率提升及智慧型運輸系統之建置、空氣品質改善、溫室氣體管制及調適方案規劃、再生能源設置獎勵、都市熱島效應因應、資源循環再利用、民眾環境及節能觀念教育、生物多樣性及生態城市建立等等作為，皆為高雄市一直以來持續執行之工作。

根據美商默瑟(MERCER)國際人力資源諮詢公司於 2010 年進行的評估，在亞太區不含紐澳的城市生活品質及生態城市排名上，高雄市列名第 13 名(得分為 85.7 分)，勝過臺北市的第 14 名(83.6 分)，為全臺灣生態城市第一名。這項排名評鑑的項目包括：空氣品質、飲用水及水資源、資源回收及交通擁塞等。對於一個重工業城市，能有此成績，顯示高雄在綠地空間、公共建設、河川整治、節能減碳上的政策與作為受到高度肯定。

另外，透過國內《天下雜誌》2010 年「25 縣市幸福城市大調查」，高雄市在「五都」8 縣市中排名第三，在環境力項目連續第二年全國第一；有 75.21%的高雄市民表達「最想在高雄市定居」，在 25 縣市中排名第二。顯示高雄市的市民對高雄市環境及生活品質的信心，以及高雄市在客觀評比上的優異表現。

二、高雄市溫室氣體排放量與減量目標

1. 高雄市排放量推估說明

高雄市溫室氣體排放量之推估，是依據國際公認之 IPCC 2006 國家溫室氣體清冊準則、我國溫室氣體排放量清冊及國內縣市層級溫室氣體盤查計算指引進行推算，其推估項目包含能源部門、運輸部門、住商部門、工業部門、農業部門、廢棄物部門及森林部門等七大部門。另外，由 2010 年溫室氣體排放量推估結果可得知，高雄市是以工業部門排放量最高約佔 81.54%，其次為住商部門佔 8.14%、運輸部門佔 6.20%、廢棄物部門佔 2.36%、能源部門佔 1.54%及農業部門佔 0.23%，詳如圖 1 所示。

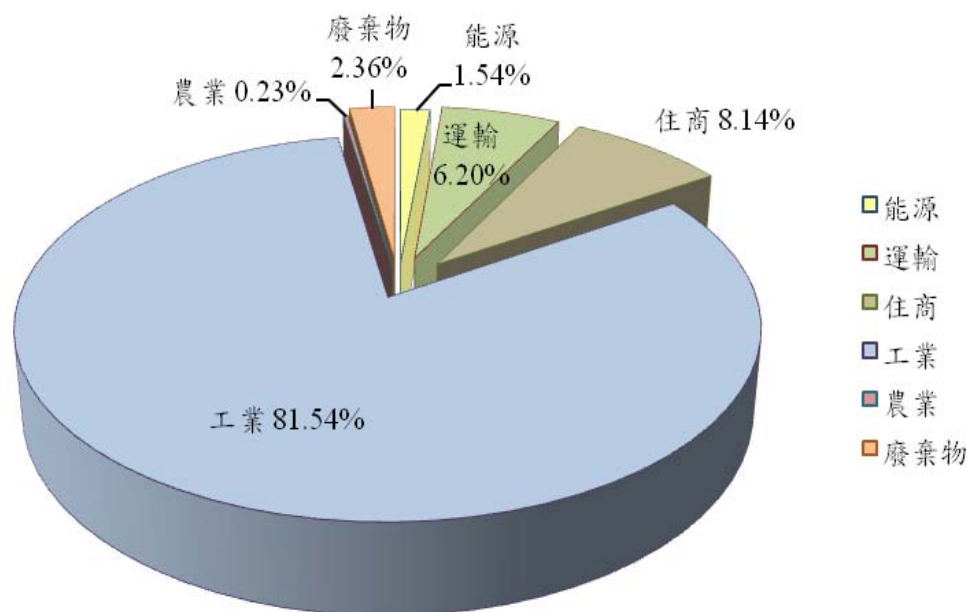


圖 1 2010 年高雄市各部門溫室氣體排放比例

2. 高雄市溫室氣體減量目標

我國在 99 年 7 月初曾經由外交部致函 UNFCCC 秘書處，表達支持哥本哈根協議並提出國家溫室氣體適當減緩行動(NAMAs)報告。NAMAs 減量目標為 2020 年將溫室氣體排放總量比 BAU(business as usual)減少至少 30%。環保署曾於 99 年先後辦理 3 次行政院減碳行動會議、5 次基線討論會、12 次我國溫室氣體國家適當減緩行動研商會議，決議對外宣示

較 BAU 減量 30%以上；對內則仍須努力達到政府宣示目標亦即 2020 年回歸 2005 年排放量。

而高雄市市長陳菊也於 98 年莫拉克風災後，有感氣候變遷下極端氣候對於高高屏地區的嚴重影響，深知對抗暖化已是全球不可逃避的責任，因此於 99 年 3 月許下「2020 年，打造減量 30%的低碳城市與節能社區」之目標，期許高雄成為一個領先全球的綠能之都。市府團隊在歷經討論後，也將高雄市溫室氣體減量目標修訂為短、中、長三個時期，其各期減量目標如下：

短期：2020 年溫室氣體減量 30% (相較於基準年 2005 年)

中期：2030 年溫室氣體減量 50% (相較於基準年 2005 年)

長期：2050 年溫室氣體減量 80% (相較於基準年 2005 年)

此外，地方政府應突顯在地的努力，於中央部會既有之規劃及措施之外，發揮地方政府能量，為區域性溫室氣體排放減量需求共同努力。由前述可知，中央部會將為達到國家訂定之 2020 年回歸 2005 年排放量目標建置各項計畫與舉措(意旨：高雄市在 2020 年的減量目標中，回歸 2005 年排放量的措施可經由中央部會的規劃達成)，而減量目標較基準年(2005 年)排放量減少的部分，則須由地方政府經考量在地特色與地方經費籌措等設計與規劃而完成。

高雄市合併後的排放量估算，高雄市於 2005 年的淨排放量約為 6436.62 萬公噸。因此，相較於 2005 年減少 30%之溫室氣體排放量為 4505.63 萬公噸；相較於 2005 年減少 50%之溫室氣體排放量為 3,218.31 萬公噸；而相較於 2005 年減少 80%之溫室氣體排放量為 1,287.32 萬公噸。基於回到 2005 年排放量由中央部會統籌規劃；地方應自行規劃負責的減量值於 2020、2030、2050 各年度約在 1931,3218,5149 萬公噸上下(詳如圖 2)。

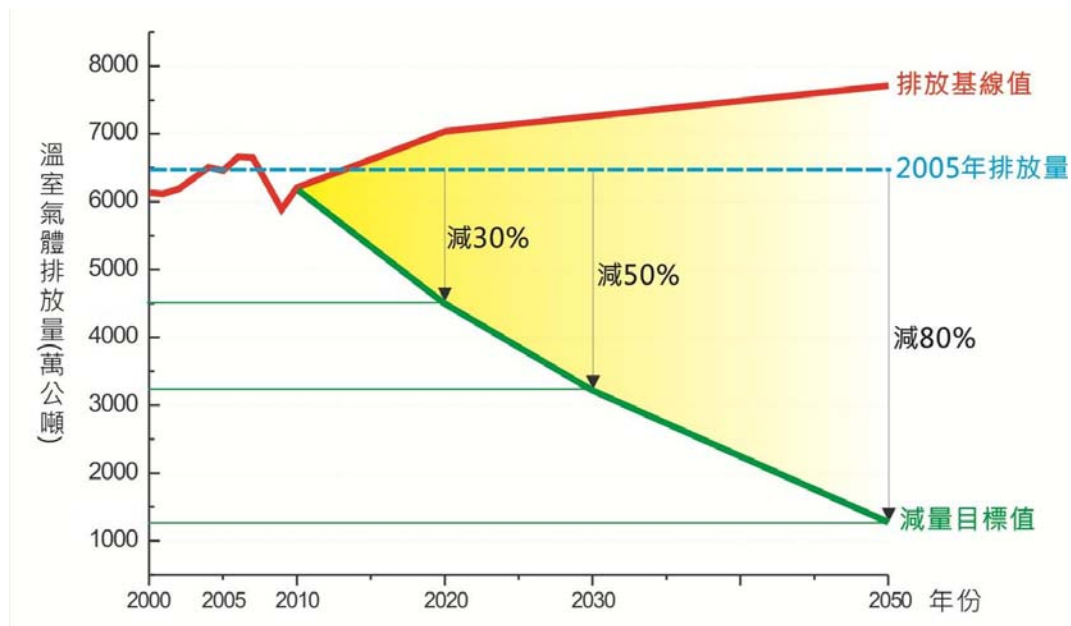


圖 2 高雄市溫室氣體減量目標示意圖

三、高雄市推動經驗

因應氣候變遷議題，儘管臺灣非京都議定書的承諾國，但秉持「以城市為主要減碳的行動者」之理念，高雄市也積極推動相關的溫室氣體管制、節能減碳及氣候變遷調適行動，尤其該議題不僅涉及傳統的環境保護工作，亦涵蓋建築設計與修繕、交通規劃、都市建設、河川及教育等面向，因此高雄市在推動之初即將市政府各局處應全部動員之概念納入，成立「高雄市政府節能減碳推動小組」，為溫室氣體管制議題專責單位，由各局處分別擔任該小組內各分組工作之推動，並定期開會檢討高雄市之推動方向與效益。

在實際推動過程中，綠建築設計及既有建物修繕計畫、大眾運輸系統使用率提升及智慧型運輸系統之建置、空氣品質改善、溫室氣體管制及調適方案規劃、再生能源設置獎勵、都市熱島效應因應、資源循環再利用、民眾環境及節能觀念教育、生物多樣性及生態城市建立等等作為，皆為高雄市一直以來持續執行之工作。

高雄市為全面性的推動環境永續發展及節能減碳行動，已有多項的環境計畫政策在持續推動中，目前具有卓越成效的項目說明如下：

1. 環境清潔維護與資源回收

高雄市自 2001 年起，持續性實施垃圾強制分類政策，請市民將一般廢棄物分為「資源垃圾」、「一般垃圾」、「巨大垃圾」及「有害垃圾」

四類，並依規定方式收集清運。經統計資料顯示高雄市平均每日垃圾清運量已從 1,296 公噸(2001 年)降低至 821 公噸(2009 年)，且全年資源回收量為 239,291 公噸，月平均回收量為 19,941 公噸，回收率為 40.6%，目前高雄市已全面推動廚餘回收、禁用塑膠袋等政策。

高市府自 2008 年 1 月 1 日起開始推動廚餘回收堆肥，每月平均廚餘回收量從 130 公噸(2004 年)增加至 4,075 公噸(2009 年)，且以堆肥方式處理（原焚化處理），可有效降低焚化所產生的二氧化碳污染暨提高熱值減少替代性燃料。

2. 永續發展與節能減碳

高雄市近年來在環境永續發展的行動及成果如下：

(1)恢復水的活力生命

1998 年以前，高雄市的污水下水道普及率僅 6.5%。1998 年後，全力整治河川，致力於下水道建設，進行雨、污水分流接管、截流系統、底泥清疏等工程，大大改善了愛河與前鎮河的水質，吸引生物返回棲息，現在可以在這兩條重要河川當中看見大量魚類悠游其中。整治河川之際，高雄市同步建構自然優良的親水環境。愛河、前鎮河、後勁溪沿岸在景觀改造及生態親水步道及階梯的配合下，成為市民生活的重要場域，透過日常活動，市民亦學習與河川水道和諧相處。(統計至 2009 年高雄市污水下水道普及率已提升至 56.11%)

(2)建構都心生態廊道

維護生物多樣性是永續發展中重要課題之一，高雄市在這方面的努力與成就豐碩。以濕地為例，濕地具生物多樣、調節空氣、防洪等功能。2003 年 2 月，在生態保育團體的建言下，高雄市開闢洲仔濕地為濕地公園，使其成為動植物的生態新樂園，高雄市也得以保有豐富的自然環境與生態。成立至今，已紀錄到鳥類 90 種，蛙類 4 科 7 種，植物有 91 科 300 種，連瀕臨絕種的「菱角鳥」-水雉亦飛返繁衍。當地已被國際視為具有世界級濕地潛力。

高雄市政府積極規劃「溼地網絡」，在都市規劃時引入「生態廊道」規劃概念，將公園、綠地、生態保護復育區、濕地埤塘加以串連。建構之溼地包含大樹舊鐵橋濕地、衛武營都會公園生態濕地、阿公店溪溼地、大東公園溼地及九番埤溼地、林園人工溼地、援中港溼地、洲仔溼地、鳥松溼地、半屏湖溼地、鳳山水庫溼地、中都溼地與樣子林埤濕地公園等約 150 公頃。

(3)城市綠美化

在高雄市政府鼓勵並協調土地所有權人下，2009 年度完成私有空地綠美化共計 159 件，空地綠美化專案施行 3 年來總計公私有空地完成綠美化面積高達 212.8 公頃，減碳量達 9,746 公噸。另經統計，縣市合併後，本市每人享有公園綠地面積由 2009 年 7.28 公頃/萬人提升至 2010 年 10.9 公頃/萬人，成為五都之首，顯示出市府綠美化的努力與用心。

另除了面積擴展之外，幾個行動方案如鄰里公園生態化、公有空地綠美化、也具體展現高雄市的獨特思惟。

高雄原生植物園為鄰里公園生態化的重要典範，也被環保署評選為 99 年度節能減碳示範點。座落於左營縱貫鐵路旁的原生植物園，面積 4.66 公頃，近 180 餘種植栽，將高雄市自然地理的元素融入設計中，以臺灣低海拔的樹種為主題，園區精緻豐富的配置，讓鄰里公園成為社區居民的生態教室。除了原生植物園外，位於楠梓區的旗楠自然公園也是新近完成以「景觀生態化」、「空間多樣性」、「生態自然化」為主要風格及目標的據點，不僅豐富當地生物多樣性及複雜性，提供動植物良好棲居環境，更與社區結合，鮮明社區紋理。其他諸如河堤公園、自來水公園及生日公園等亦均可見生態思考於其中。

在公有空地綠美化方面，高雄市將閒置的公有土地，如美術館東側、農十六等透過市民共同參與，加以綠美化，目前已成為民眾休閒的公園綠地。

(4)落實綠色環保生活

高雄市在多項工作上均有成效，且為各縣市的先行者。

a.推廣綠建築

綠建築(Green Building)是全球面對能源危機及永續發展，思考如何兼顧地球永續及人性健康所產生的建築政策。我國 2001 年行政院提出「綠建築推動方案」展開國家級行動，於 2002、2003 年投入經費補助個案進行改善工程。中央政府雖未針對地方政府有補助計畫，但高雄市政府在 2003 年以自行編列預算的方式，進行辦公大樓節約能源改善工程，以「建築外遮陽板」、「雨水回收系統」、「太陽能光電發電系統」做為節能、省能、資源利用、回收的示範，期引導高雄市各建築物推動綠建築。此項工作使高雄市成為全台第一個針對使用中的辦公廳舍進行綠建築改善的縣市政府，並且在 2005 年在日本東京召開的「第三屆永續建築國際會議」進行經驗發表。

內政部補助 58 棟民間建築物進行綠建築改善，其中本市對佔其中的 9 棟建築物，顯示本市積極輔導民間建築物進行綠建築改造之決心。

另外，高雄市政府已於 100 年 9 月 20 日創全國之先，在市政會議上通過「高雄市綠建築自治條例」草案，制定較中央綠建築專章更高減碳標準規定，也為「綠建築」掀啟另一個序幕。

b. 共桿式太陽能路燈

高雄市為改善路口桿件林立的亂象，進行多功能共桿路燈的興設，將路燈、交通號誌燈、路牌、交通指示牌、限速指示牌以及行人計時號誌等共構於一桿、集中管理。此項工作的目標另個重要價值在於，運用高雄市全年日照時數為全國最高、長達 2,574.1 小時的特性，在共桿設施上設置太陽能集熱點，利用白天收集的太陽能做為夜間路燈的電力來源，以節省用電量並有效地利用自然能源。

c. 生態自行車道系統與低碳運輸

以自行車代替機動車輛做為代步工具是降低污染及能源使用的重要方案，也可促進市民健康。高雄市現已在旗津及愛河沿岸建構自行車道，其中旗津車道總長 15 公里長、愛河車道總長 6 公里，另外，積極興設或規劃中的尚包括後勁溪沿岸自行車道(5 公里)、蓮池潭環潭暨銜接愛河車道系統(24 公里)、美麗島大道及世運大道自行車道系統(24 公里)等，預計總長度可超過 70 公里。

高雄市自行車道之修建成果獲得行政院「99 年度全國自行車道系統建設評比」，以美麗島大道自行車道及愛河觀光自行車道 2 條路線榮獲全國優等成績。公共腳踏車為高雄市另一項符合國際水準之交通基礎建設。目前已完成 50 座租賃站，2011 年前將擴增 40 座，累積達 90 座，長期目標為 200 座。並發行 C-bike 樂活一卡通，同一張卡可搭乘捷運、購物並使用公共腳踏車租賃系統。高雄市政府並推動交通運輸抵換排放減量，藉由綠色運具與節能運輸之推廣，邁向低碳城市。

(5) 環保教育及民間參與

生態城市的落實，來自於居民的環保意識、環保觀念的生根，需從小、從教育中做起，永續發展的推動，需要民間共同參與。高雄市在培育「綠色種子」方面，以「設立環境教育資源中心」及「永續校園」為主，在「民間參與」方面，目前有中華民國濕地保護聯盟、原生植物園

創價協會、柴山自然公園山友等長期認養濕地、公園，以及「桂冠鄰里、活力家園」等社區自主提案的行動方案，希望將「共同維護生活環境」的理念持續擴散至市民。

高雄市環境教育資源中心設於加昌國小，由學生、老師、家長共同經營一處自然蓬勃的校園。校內用電以太陽光及風力發電，並有資源博物館、水土保持、資源回收、堆肥、動植物等各區，提供該校及各學校學生良好的學習環境及方式，使下一代自小即認知體驗自然環境與人類生活的緊密關係及互動，進而實踐環保生活。

3. 國際參與現況與其他節能減碳事績

(1) 國際參與部分

高雄市於 95 年 12 月以 Kaohsiung, Chinese Taipei 名義加入地區環境行動國際委員會(ICLEI)，成為國內第一個加入的城市。市府團隊從 94 年起至 99 年，連續六年參與聯合國氣候變化綱要公約締約國大會，更在 98 年以 ICLEI 正式會員身份出席在丹麥哥本哈根市舉行之第 15 屆聯合國氣候變遷綱要公約會議(COP15)，於大會及周邊會議會場宣傳高雄市對抗氣候變遷之行動，並邀請 ICLEI 來台設立東亞華人辦事處，顯見高雄市發展低碳之決心與國際化。且在建國 100 年世界環境日，高雄市政府由劉副市長代表與 ICLEI 簽署「地方生物多樣性行動備忘錄(Local Action for Biodiversity, LAB MOU)」，成為臺灣第一個簽署的城市，對於國際的合作更開啟新的里程碑。

(2) 再生能源部分

高雄市特別重視太陽能利用，於高雄世運主場館興建 100 MW 太陽能發電系統並取得綠建築認證。行政院原子能委員會核能研究所也於路竹區竹滬完成 1MW(百萬瓦)之「高聚光太陽光電系統示範場」，年發電量約 350 萬度，減少約 2,226 公噸/年之碳排放。台電公司於高雄市的永安鹽灘地興建一座全國最大之太陽光電發電廠，設置容量約 4 MW(百萬瓦)，年發電量約 511 萬度，約可減少 3,250 公噸/年之碳排放量。推行陽光社區專案，補助民間自行建置太陽能系統，目前已獲得能源局補助一個社區。中區資源回收廠亦正評估安裝太陽能發電，轉型為再生能源發電廠。高雄市在太陽能路燈與太陽能熱水器的補助，從 97 年 9 月持續至 99 年 12 月底，共補助 8,543 萬之經費，顯示出有很不錯的成果。

(3)沼氣發電與生質能部分

高雄已擁有全國最大沼氣發電設施。生質能部分，則積極研究微藻固碳並提煉生質油之實用化。

(4)綠色運具部分

高雄市持續補助計程車改裝油氣雙燃料、推動本市公務車輛使用油氣雙燃料、鼓勵公務部門改購置油電混合車、推動老舊機車淘汰計畫、引進停車收費電動自行車隊、引進氢能節油公車、引進太陽能船航行愛河。綠色運輸相關政策措施包括推動綠色星期四無車日、假日免費觀光巴士、減少汽車停車格、推行自行車免費上渡輪、公車等。

(5)節約能源部分

持續推動節能 LED 路燈汰換與公用路燈節能措施、換裝 LED 公車站牌、高雄市首座太陽能候車亭申辦案、組成節能評估與輔導小組，針對高雄市住商部門，提供節能技術服務、辦理推廣節能標章產品活動、成立住商部門節能輔導團、節能標章產品優良店選拔活動、市政府合署辦公大樓推動節約能源措施獎勵實施計畫、推廣商家冷氣不外洩運動、通過高雄市政府暨所屬機關學校節約能源關燈實施計畫。

(6)資源循環部分

推動垃圾焚化底渣再利用、推動工業廢棄物再利用、推動再生水模型廠、生活污水回收、規劃臨海污水處理廠、推動垃圾清運及資源回收。低碳生活部分，包括推動低碳社區實作示範計畫、推動節能減碳十大無悔措施、推動全民節能減碳辦理各項宣導活動、推動週一不吃肉、推動綠色採購、推動低碳教育等。

(7)低碳產業部分

高雄市長陳菊於 2010 年邀集大高雄地區國公營事業及各產業代表近 500 名，共同簽署落實波昂宣言，要在 2020 年減碳 30%。其他措施包括規劃與推動固定污染源減量管制計畫、成立綠色產業中小企業創新育成中心、建構高雄市環保科技園區、設立南區環保科技園區、規劃設置高雄低碳產業研發園區、產業簽訂自願性節約能源意向書。另外，在碳捕捉部分，由市府協助中油、中鋼等公司持續推動碳捕捉與封存技術等。

四、高雄市低碳城市推動架構

高雄在低碳城市的推動上，於 97 年成立高雄市政府節能減碳推動小組，由環保局作為幕僚單位，設定節能減碳目標，擬定有效策略。並於 99 年度研擬制定高雄市生態城市發展條例，以協助高雄市未來推展生態與低碳城市之政策助力。

高雄市擬定之城市願景為「營造永續綠色生態新城市，期望未來能夠達到藍天、淨水、綠地、低碳、寧適宜居的永續環境」。高雄市明確將「低碳」列為城市發展願景，顯見高雄市對城市減碳的決心與重視。因此在低碳城市的減量目標上，高雄市設定之標準更勝於國際標準。

根據前述願景規劃原則下，本府勾勒高雄市低碳城市發展藍圖將以五大典範及相關示範區為主軸。透過「典範」措施的執行與落實，將期許能夠達到減碳目的。

高雄市低碳城市推動架構如圖 3 所示，下列將依擬定之五大典範與旗津低碳島示範區分別說明：

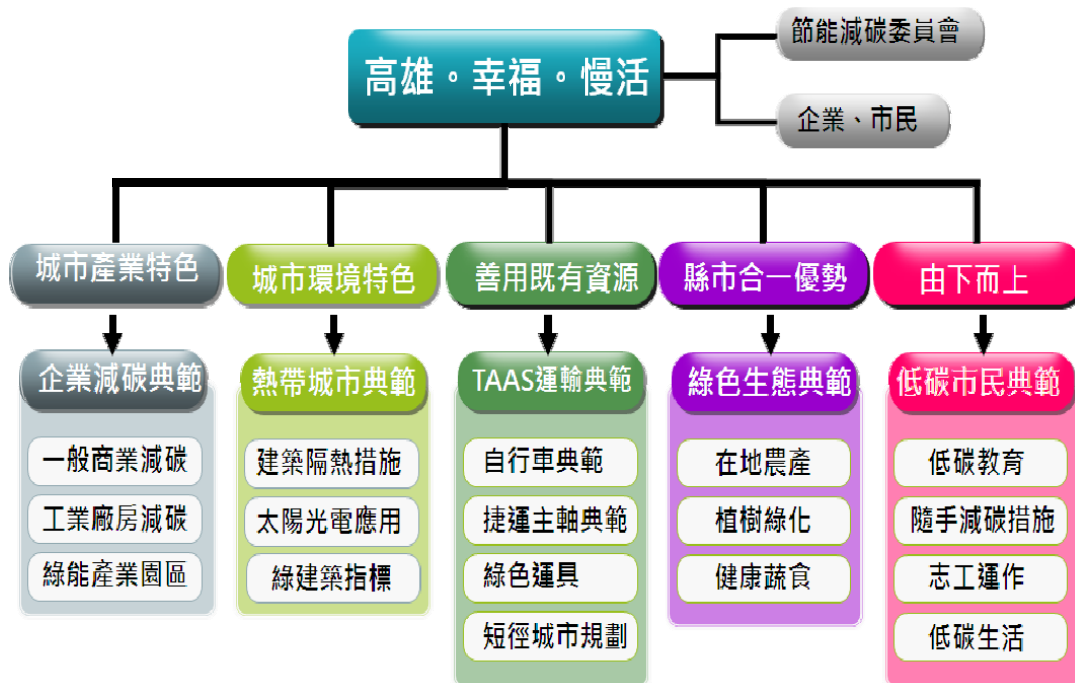


圖 3 高雄市低碳城市推動架構圖

1. 熱帶城市典範

高雄市位於熱帶季風氣候區，全年均溫偏高，具有日照強烈、日照時數長、夏季炎熱導致空調用電高等特性。全球同樣位於熱帶地區之城市均具有相同特性，因此市府希望建立一套熱帶城市減碳典範措施，充分針對氣候特性，如：建築隔熱措施，以降低空調耗電；太陽光電的應用，則充分利用日照優勢。熱帶城市減碳典範架構圖，如圖 4 所示。

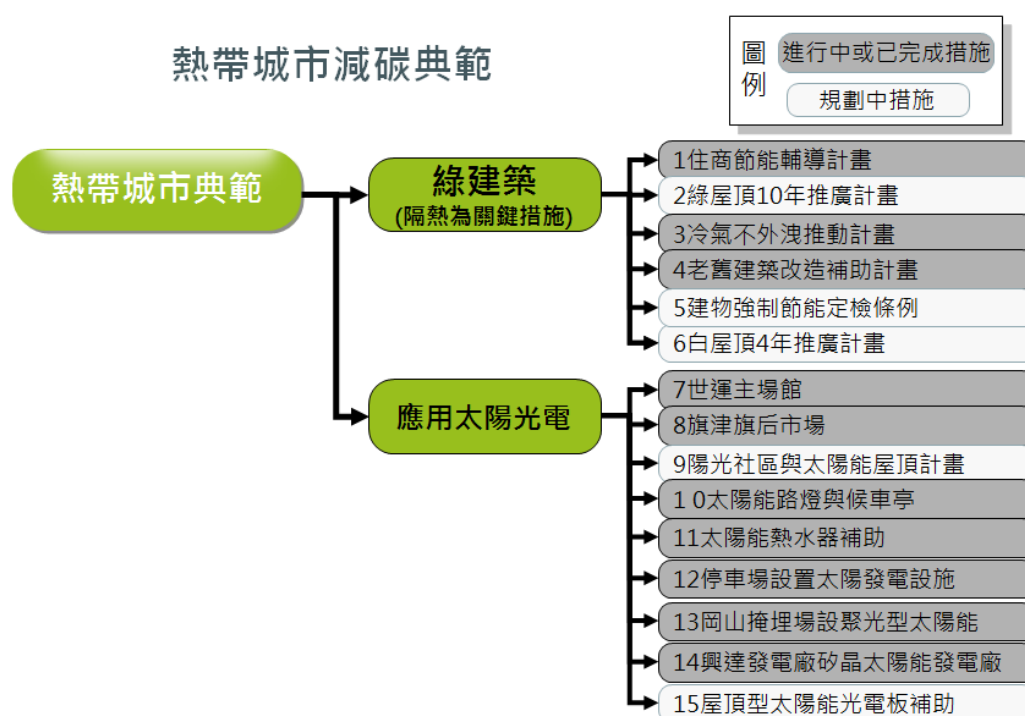


圖 4 熱帶城市減碳典範架構圖

2. TAAS 運輸典範

相較臺灣其他城市，高雄的運輸系統具有許多優勢，包括擁有捷運系統、自助腳踏車出租系統、自行車道系統及三鐵共構車站。這些基礎建設優勢，足以發展成為 TAAS(Transportation as a Service)運輸環境，亦即市民外出不需自行開車或騎乘機車，可完全利用城市提供之運輸服務達到交通目的。因此本典範策略在於建立一套完整的「TAAS 運輸典範」，充分減少市民開車，大幅降低運輸所造成的排碳量。

一個完整且有效的 TAAS 運輸環境必須包含完善的自行車環境，並以捷運為運輸主軸，因此本典範中包含如何以捷運為市民移動中心之相關策略，並將捷運車站建設成城市內之樂活節點，達到「短徑城市」的願景。此外，車輛的潔能化亦為不可或缺之策略方向。TAAS 運輸系統典範架構圖，如圖 5 所示。

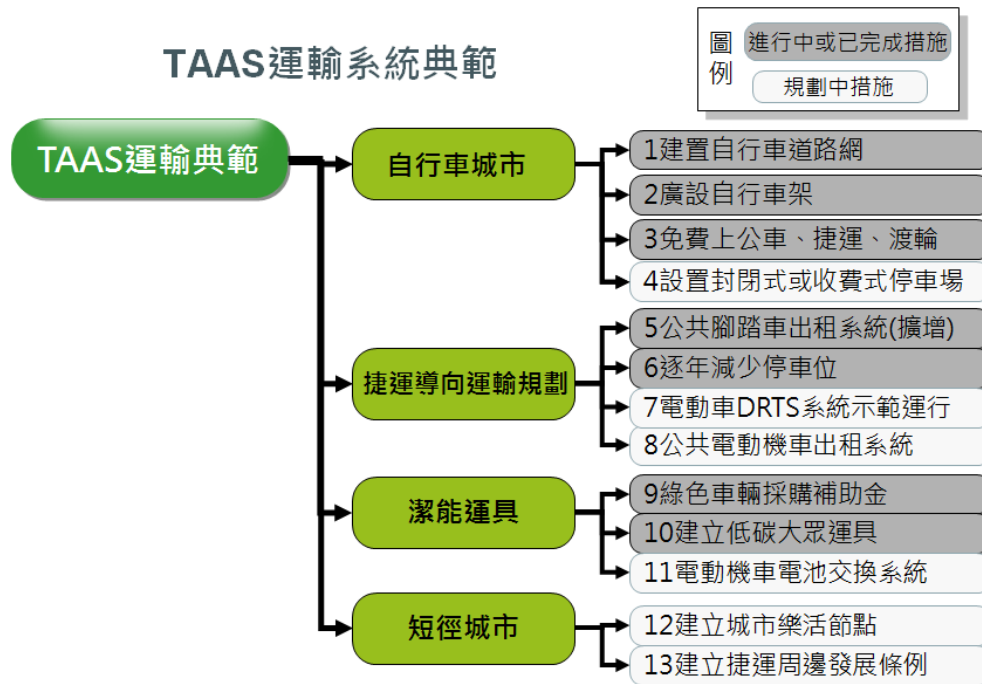


圖 5 TAAS 運輸系統典範架構圖

3. 綠色生態典範

高雄市長期建構生態廊道的濕地計畫，亦擬藉由「藍碳」的概念，由保護、保存及復育海岸潮間帶及河口的生態系，來達到海岸環境碳捕捉與碳儲存的能力。另外，高雄縣市合一後，納入原本綠化措施完善的前高雄縣轄區，將前高雄縣的農產品可以在地供應原高雄市工商業食用，實現在地農產，降低農產品碳足跡，可成為綠色減碳的典範城市。同時，「推動蔬食，減少肉食」亦是一種長期減碳運動。而前高雄縣的百萬植樹計畫，也為城市吸收不少二氧化碳(累計迄今已種植約 190 萬株樹，相當於每年 2.28 萬公噸之碳吸收量)。綠色生態城市典範架構圖，如圖 6 所示。

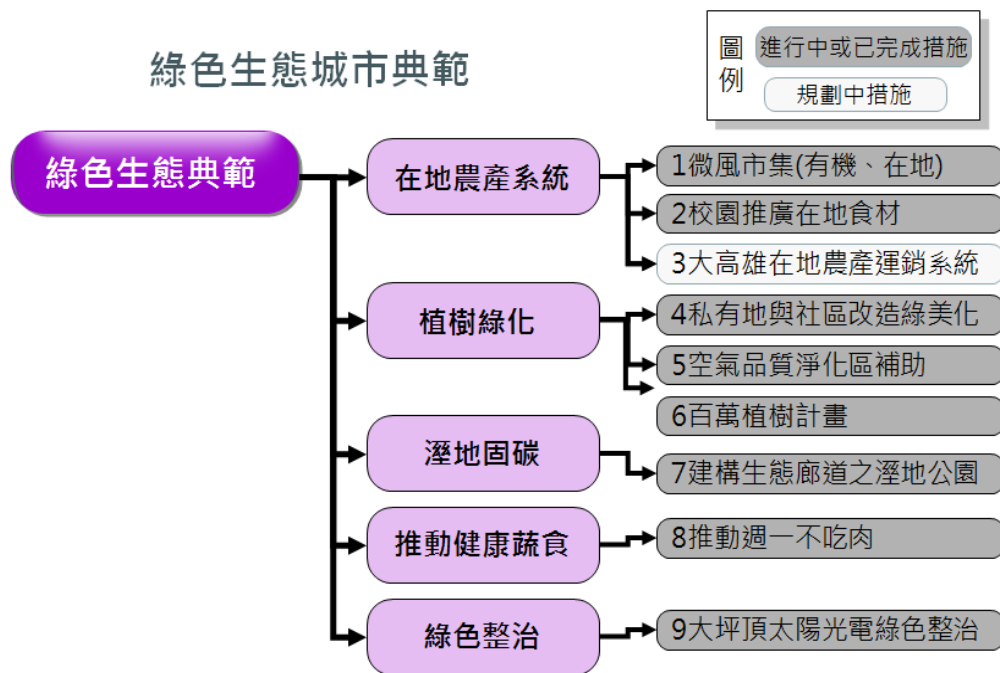


圖 6 綠色生態城市典範架構圖

4. 低碳市民典範

城市減碳最重要的是市民本身的節能生活型態以及建立對碳排的觀念，減碳工作必須由下而上融入生活，高雄市配合環保署低碳社區專案，推動四個示範的低碳社區，深耕不同社區型態之節能減碳的可行性與推廣複製性。市民隨手減量所造成的減碳效果，具普遍減碳效益與後續成長效果，本市藉由校園的低碳教育、低碳設施之示範與教育宣導，以及岡山環保科技園區綠環境館與高雄科工館的常設展覽，提昇市民低碳認知與認同感，再藉由 Easy Green 相關措施深入市民生活習慣的建立，並以志工進行推動種子，促成市民低碳生活型態與習慣的成形。低碳市民典範架構圖，如圖 7 所示。

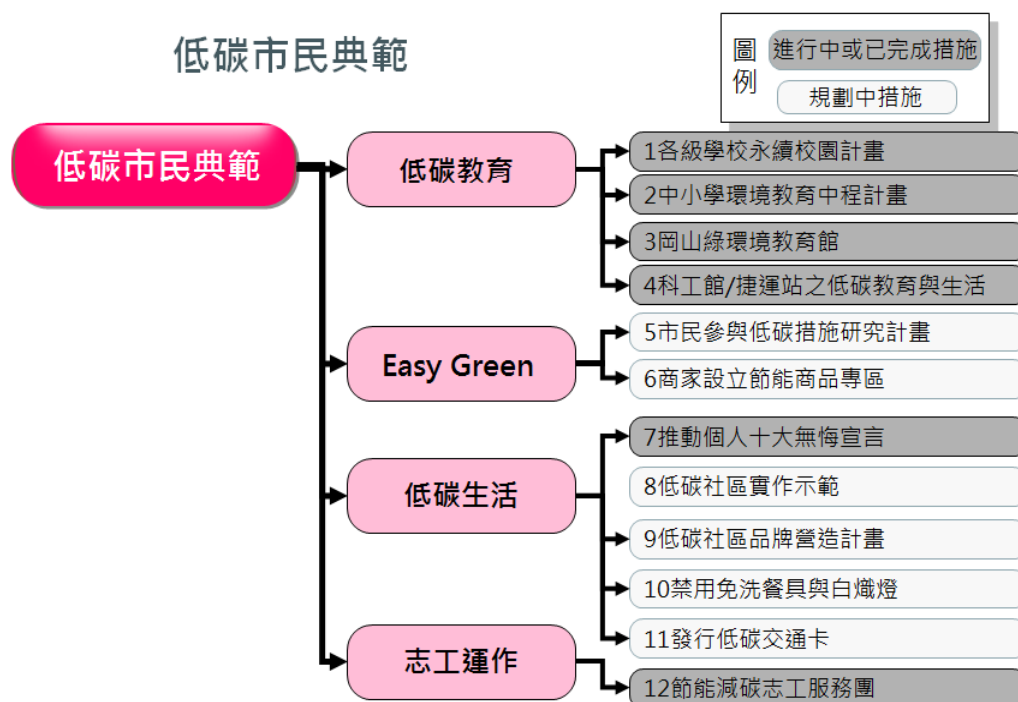


圖 7 低碳市民典範架構圖

5. 企業減碳典範

高雄市為工業大城，許多高排碳量之重工業位於城市內，排碳量佔高雄總排碳量的 8 成以上，為本市減碳不可或缺的部門，針對此推動工業減量自治條例以及設置氣候變遷調適基金，將建設生態城市的願景條例化，透過行政與監督立法的手段以有效推動城市減碳之目標。

企業自發性地參與節能減碳並配合政府推動資源循環利用政策，加上市政府積極推動綠能產業園區是讓高雄工商業成為減碳典範最重要的動力。企業減碳典範架構圖，如圖 8 所示。

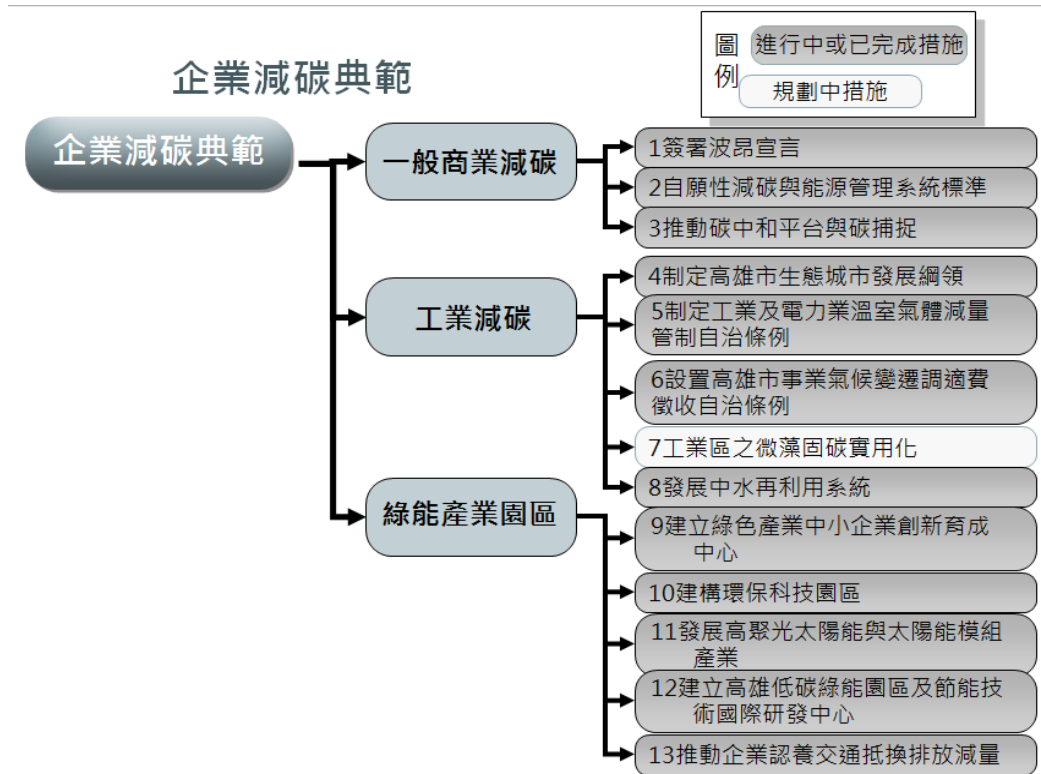


圖 8 企業減碳典範架構圖

6. 其他低碳措施

其他低碳措施包括再生能源、資源循環與國際參與三大項，其內容多為推動推動成果，舉凡麻瘋樹與微藻提煉生質油，或工業能資源整合、廢水回收再利用等及國際參與等，多已有成功推行之成果。其他低碳措施推行架構圖，如圖 9 所示。

其他低碳措施

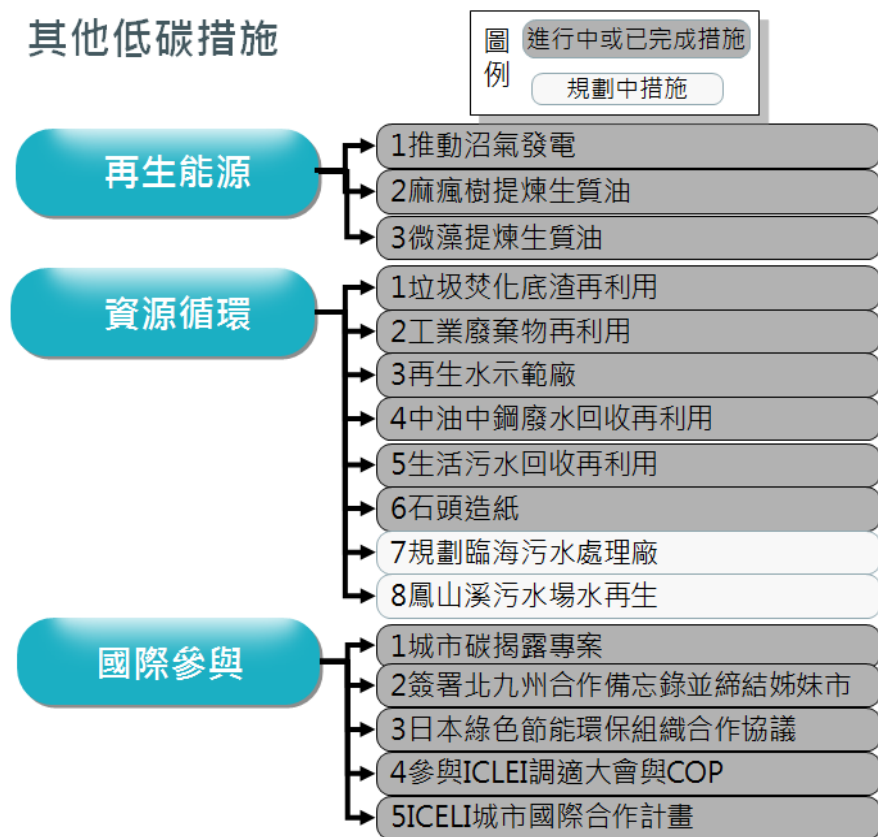


圖 9 其他低碳措施推行架構圖

7. 旗津低碳島示範區

高雄市選定旗津作為低碳島示範區，建立一座低碳島，示範各種低碳措施及實驗低碳觀光之可能性。旗津低碳島策略符合高雄市發展「綠」與「水」之願景，也能呈現高雄海港都市之觀光特色。

高雄市擬定之低碳城市五大典範中，部分將於旗津進行示範運行，而旗津也會有獨立之特有措施。旗津低碳觀光島推行架構圖，如圖 10 所示。



圖 10 旗津低碳觀光島推行架構圖

五、結論

綜合前述，全球節能減碳風潮的時代已經來臨，高雄市無論是在環境或對市民生活所做的努力，都可以在各項的評比中獲得肯定，成功並非偶然，為使高雄市擺脫過去「重工業污染」之形象，市府團隊已在河川整治、空氣品質改善、綠色廊道建構、城市綠美化、資源回收、環保教育等層面，持續不斷的工作，也投入相當之人力、物力。在未來，高雄市為因應國際綠色能源之潮流，「產業轉型，綠色永續」、「低碳發展，嶄新高都」及「開發低碳島嶼」將是高雄市永續經營與建構綠色城市之重要指標，期許透過市民、企業、機關等之配合與合作，由下至上共同打造一個宜居的綠色水岸都市，成為優於全球的「低碳城市・節能社區」。

The Rulemaking Process: Greenhouse Gas Reduction through Off-Road Emission Controls

Hung-Li Chang, Ph.D.¹

ABSTRACT

The Air Resources Board (ARB) is a department of the California Environmental Protection Agency. ARB's mission is to promote and protect public health, welfare, and ecological resources through effective reduction of air pollutants while recognizing and considering effects on the economy. The air in California cities, and even some rural areas, is polluted. It threatens our health, property, and environment. With a growing population of over 30 million, and the kind of climate and geography where smog is easily formed, California has a serious air pollution problem. Government regulations protect the public from unfair or unsafe business practices and individual behavior that cause air pollution. California's health-based air quality standards and strict air pollution regulations have improved air quality in many parts of the state. But air pollution is still a big problem. Regulations work best when everyone gets involved. While air pollution experts understand the technical side of air pollution, citizens know about the problems and special needs of their family, business, or city. Transparency and Public Participation in the Rulemaking Process can help air quality regulators create more effective regulations.

The Governor with the consent of the State Senate appoints ARB's eleven board members. They are chosen on the basis of their demonstrated interest and proven ability in the field of air pollution control and their understanding of the needs of the general public in connection with air pollution problems. Members must meet qualifications specified in the law. Five members must be chosen from the boards of local air quality management districts: one each from the San Diego Air Pollution Control District, San Francisco Bay Area Air Quality Management District, San Joaquin Valley Unified Air Pollution Control District,

1. Emission Research and Regulatory Development Branch Cal/EPA Air Resources Board

South Coast Air Quality Management District (greater Los Angeles region), and one from any other district. Three other members fill specific categories. One must have expertise in automotive engineering or a closely related field. One must have expertise in science, agriculture, or law. One must be a physician and surgeon, or health effects expert. One of the three remaining members must have expertise in air pollution control, or must meet the qualifications of one of the three categories mentioned above. The remaining two members are public members. The Governor appoints a full- time Chairperson to the Board from among its members. At the board hearing, ARB staff presents an item to the Board and then answers questions and discusses the item with the Board members. This is followed by public testimony and discussion. The Board then deliberates and takes action on the item.

Assembly Bill 32, the California Global Warming Solutions Act of 2006 (AB 32), creates a comprehensive, multi-year program to reduce greenhouse gas emissions to 1990 levels by the year 2020. Governor Schwarzenegger directed the ARB to adopt a regulation by July 31, 2010, requiring the state's load serving entities to meet a 33 percent renewable energy target by 2020. ARB may consider different approaches that would achieve the objectives. This could include the use of renewable energy credits (RECs) to meet compliance targets, and the use of a megawatt-hour (MWh) metric to quantify greenhouse gas benefits.

The off-road emission standards, renewable electricity standard and other environmental regulations are typically portrayed as an outside force stimulating research and development of renewable energy or so called clean/green/alternative energy. The increasingly stringent regulations to control greenhouse gas emissions, the subsequent high levels of regulation-driven R&D and capital investment make competition based on environmental performance relevant to business practice. Because regulatory compliance is so critical to the off-road engine manufacturers and renewable energy development, the manufacturers or developers are more likely to include environmental concerns as part of their overall corporate planning and strategy.

ARB has conducted many studies to evaluate the impacts from airborne particulate matter emissions from diesel-fueled engines associated with port activities at the Ports of Los Angeles and Long Beach (ports) located in Southern California. The purpose of these studies was to enhance our understanding of the

port-related diesel particulate matter (PM) emission impacts by evaluating the relative contributions of the various diesel PM emission sources at the ports to the potential cancer risks to people living in communities near the ports. This information will assist in the efforts underway to reduce diesel PM emissions at the ports by helping to identify the sources that have the greatest impact on potential cancer risks to nearby residents and by providing a tool that will allow evaluation of the impacts of measures planned and under development that are designed to reduce diesel PM emissions.

The study focused on the on-port property emissions from locomotives, on-road heavy duty trucks, and cargo handling equipment used to move containerized and bulk cargo such as yard trucks, side-picks, rubber tire gantry cranes, and forklifts. The study also evaluated the at-berth and over-water emissions impacts from ocean-going vessel main and auxiliary engine emissions as well as commercial harbor craft such as passenger ferries and tugboats. For the ocean-going vessel emissions, the study evaluated the hotelling emissions, i.e. those emissions from vessel auxiliary engines while at berth, separately from the maneuvering and transiting emissions. Future analyses will consider the impact of these off-port emissions.

The Rulemaking Process: *How You Can Get Involved*

◆Air Resources Board

- First meeting Feb. 1968 - 41 years ago
- Now part of Cal/EPA
- Eleven appointed Board members
- Primary legal mandates:
 - Ensure continuous progress toward attaining health-based air quality standards
 - Reduce public exposure to toxic air contaminants

◆The Governing Board

- The Air Resources Board's 11 members are appointed by the Governor
- Five are experts in fields such as medicine, chemistry, physics, meteorology, engineering, business and law
- Five others are elected officials who represent regional air pollution control agencies - one each from Los Angeles region, San Francisco Bay area,

- The Chairman is the only full-time member

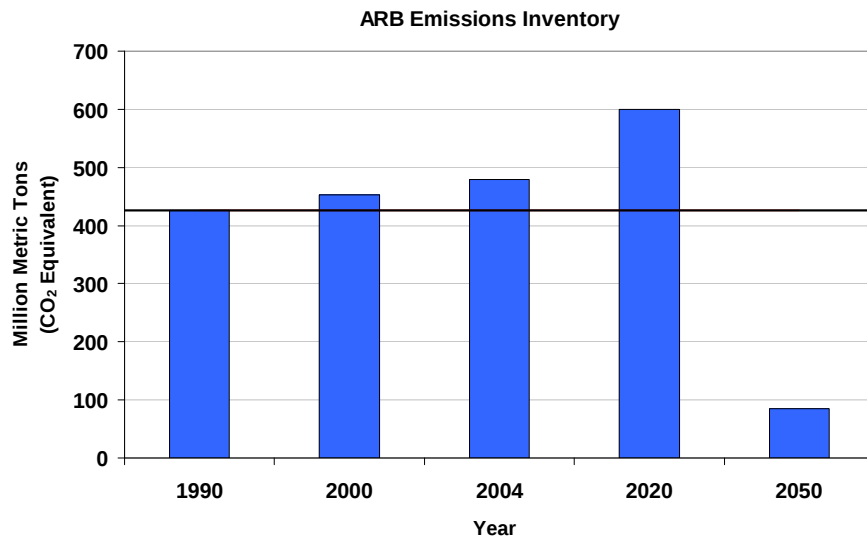
- The Federal Clean Air Act, passed in 1970 and last amended in 1990, forms the basis for the national air pollution control effort
- California State Implementation Plan (SIP)
- Failure to complete the SIP may result in sanctions – Federal highway fund withholding
- Air district - Air basins are geographic areas sharing a common “air shed”



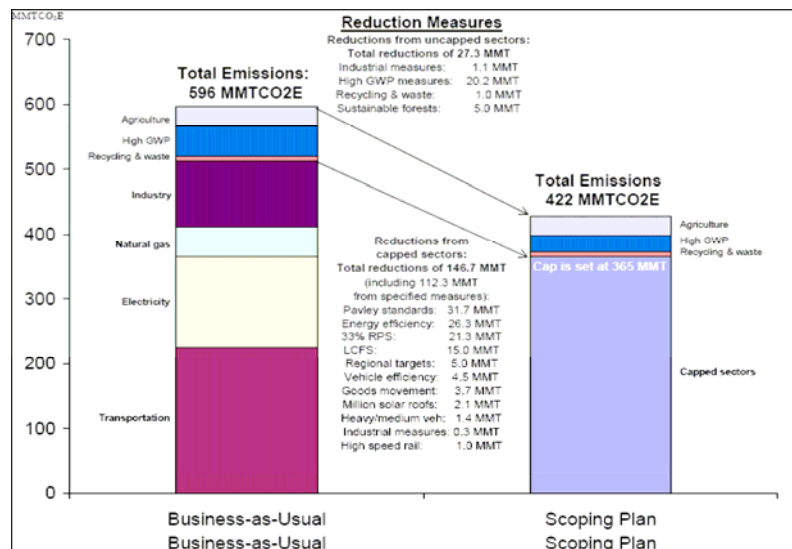
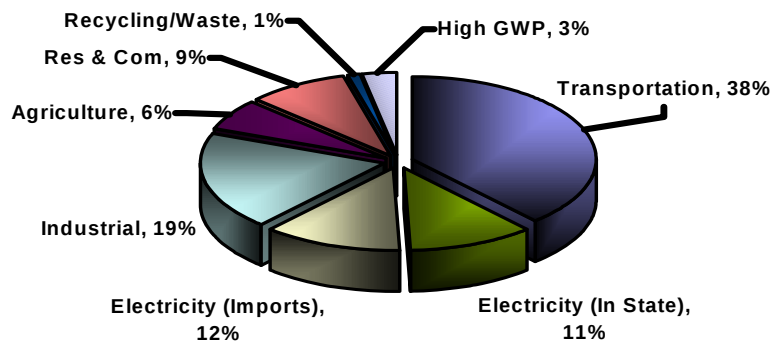
- Assembly Bill 32, the California Global Warming Solutions Act of 2006 (AB 32)
- Signed by Governor September 27, 2006
- Legislation outlining plan to reduce GHGs
- Codifies 2020 GHG limit at 1990 level
- Acknowledges that 2020 is not the endpoint
- ARB to monitor/regulate GHG sources
- ARB is lead, but extensive collaboration with other agencies

Large new effort, but must not detract from ARB's health-based programs

◆ Magnitude of the Challenge



◆ 2002-2004 GHG Emissions (469 MMTCO₂E)



◆Implementation of the Plan

- 2009–2010: adopt regulations
- ARB uses a formal structure to elicit public input in the regulatory process
 - Regulatory development will follow public process
 - Extensive stakeholder outreach and involvement
 - Close and ongoing coordination with Cal/EPA, CEC, CPUC, and other state agencies
- Regulations in effect January 1, 2012

◆Key Requirements for Plan's Regulations

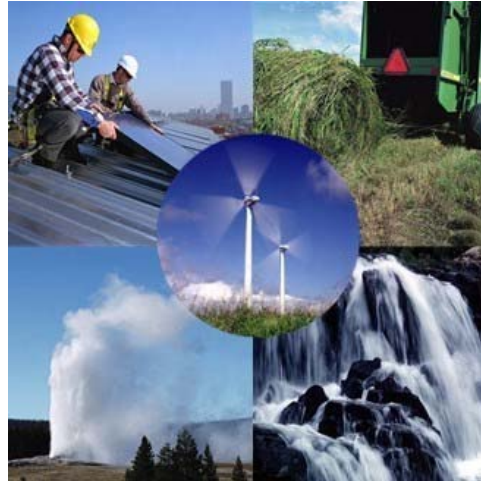
- Minimize costs/maximize benefits
- Protect low-income communities
- Compliment smog & air toxics programs
- Minimize administrative burden
- Other requirements for market-based compliance
 - Consider direct, indirect and cumulative emissions including localized impacts

◆Transform Energy Production and Use

- Cutting energy use saves money while creating fewer GHG emissions
- Plan includes aggressive energy efficiency goals and increases renewable energy
- Meeting the goals in the Scoping Plan will require
 - Expanded utility-based energy efficiency programs
 - More stringent building and appliance standards
 - Green buildings and waste reduction
 - Innovative strategies that go beyond traditional approaches
- Plan relies on expanded efforts by the CEC and CPUC

CASE STUDY: RENEWABLE ENERGY

◆Renewable Energy Overview



◆Agenda

- Legislative History
- SCE's Renewable Portfolio
- Technologies
- Big Picture

◆Early Renewable Regulation

- Public Utility Regulatory Policies Act (PURPA) 1978
 - Driven by the Oil Crisis
 - U.S. Congress Bill
 - Renewable and Alternative generation
 - Defined Energy Producer called a “Qualifying Facility” (QF)
 - Obligated utility companies to purchase
 - Originally based upon an oil price = \$100/Bbl
- SCE currently has 202 active PURPA projects totaling 4,984 MW
 - 56% are renewable technologies
 - 45% are cogeneration projects

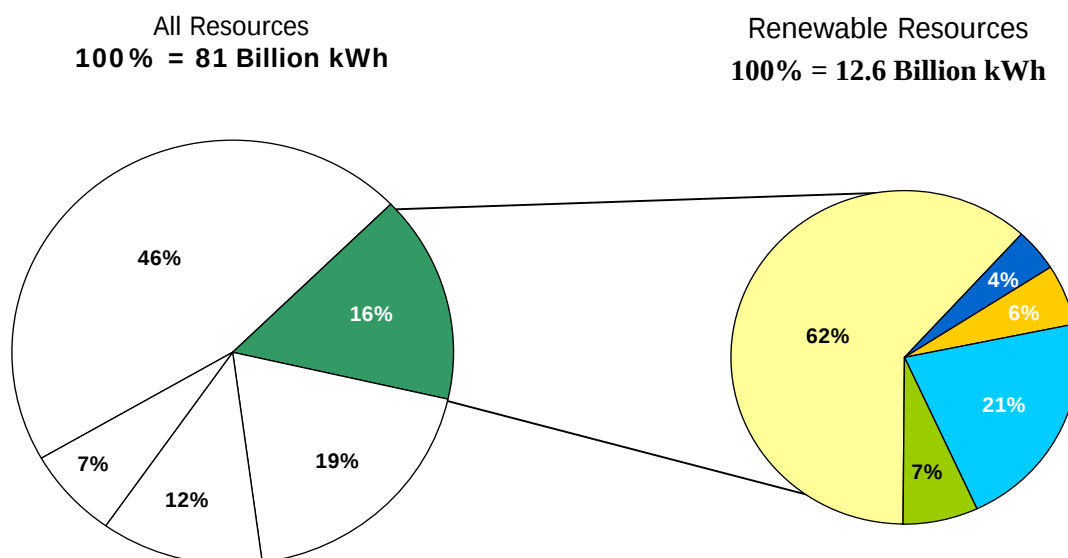
◆California's Renewable Portfolio Standard (RPS)

- Senate Bill 1078 (2002 Sher):
 - Renewable Portfolio Standard
 - Requires 20% of resources from renewable sources by 2017
- Senate Bill 107 (2006 Simitian)
 - Accelerated the 20% renewable goal to 2010
- 33 % and 50 % RPS considered
 - 33% by Governor's executive order

◆SCE is Leading the Way in Renewables

- SCE's renewable portfolio: 16% of 08 total power delivered
- SCE purchases about 50% of the California renewables
- SCE manages more than \$2 billion in long-term renewable contracts
 - SCE conducts annual solicitations (six to date).
 - SCE has signed 48 new renewable contracts since 2002
- SCE is leading the development of transmission
 - SCE will advance \$1.7 billion to construct transmission to access 4,500 MW of wind resources in Tehachapi
 - SCE studying transmission to other renewable rich areas

◆SCE's 2008 Resource Mix



◆Types of Renewable Resources

- Eligible renewables that count toward the 20% goal
 - Geothermal
 - Biomass (e.g., agricultural, wood, landfill, sewage)
 - Wind
 - Small hydro (less than or equal to 30 MW)
 - Solar
 - Ocean wave, tidal current

◆What does not count in California?

- Hydro projects greater than 30 MW
- Customer owned generation (e.g., rooftop solar PV)
- Cogeneration
- Trash burners (except in Stanislaus County)

◆ Biomass

A biomass facility consumes any organic material not classified as fossil fuel to produce electric power. Waste-burning facilities including coal waste are also in this category, as are facilities that burn gases produced by the decomposition of trash or sewage.



◆BIOMASS FEATURES

ADVANTAGES

- Provides waste disposal/reduction
- Can reduce greenhouse gas emissions of untreated decay
- Land use (incremental for energy production) is small.

DISADVANTAGES

- Air emissions (various)
- Greenhouse gas emissions
- Trash Fired not considered renewable in most of California due to emissions

◆ GEOTHERMAL

A geothermal facility converts heat that originates within the earth into electric power. Most geothermal facilities use water to carry the heat to the process and are called hydro-thermal.



◆ SCE's Renewable Portfolio – Geothermal (955 MW)

- Uses heat stored beneath the Earth's surface
- Plant sizes: 20 MW - 300 MW and can be modular
- SCE procures the most geothermal energy in California
 - Currently 63 plants in California; SCE purchases 60%
- Geothermal locations serving SCE
 - Owens Valley
 - Imperial Valley
 - Napa Valley
 - Central Nevada



◆FLASH CYCLE



◆BINARY CYCLE



◆HYDRO

A small hydro facility collects or diverts the water of a water course by means of a dam, channel, or pipeline. The potential and / or kinetic energy in the water is converted into electric energy.



◆SCE's Renewable Portfolio Small Hydro (200 MW)

- Storage Hydro (Reservoir)
 - Water from a reservoir or lake is channeled through pipes and delivered to a turbine at lower elevation, which spins a generator and produces electricity
- Run of River
 - All or part of the flow from a water source is captured
 - Springs or streams
 - Pressure Reducing Stations
 - Recover energy from pressure in fluid piping
 - Often Municipal water systems



◆SOLAR

A solar facility captures the sun's energy and converts that energy into electric power.

1. Solar-thermal - sunlight is concentrated using mirrors and directed to a heat-absorbing surface, heating fluid to drive a turbine or engine.
2. Photovoltaic - sunlight is directly converted into electricity by causing silicon cells to generate a direct current.

◆SCE's Renewable Portfolio - Solar Power (356 MW)

- Solar Thermal
 - Converts heat into electricity
- Photovoltaic

- Converts solar radiation directly into electricity
- Developing technologies
 - Stirling dish
 - Concentrating photovoltaic
 - Power Tower
- Correlates well with customer demand
- Expensive
- SCE has 10 on-line projects



◆12 KW PV System Santa Rosa



◆STIRLING SOLAR—THERMAL



◆Parabolic Trough



◆Power Tower



◆OCEAN WAVE AND TIDE

Wave and tide power is the process of capturing the motion of ocean water on the surface (wave) or below surface (tide) and converting it into electricity.



◆ OCEAN WAVE and TIDAL FEATURES

ADVANTAGES

- Fully Renewable
- Near Load Centers
- No Emissions

DISADVANTAGES

- Location specific
- Navigation and recreational Impact
- Environmental sensitivity of costal areas
- Visual impacts
- Not commercially demonstrated
- Harsh environment (corrosion, storms)

◆ WIND

A wind facility captures energy in the wind and converts it into electric power by turning a generator.



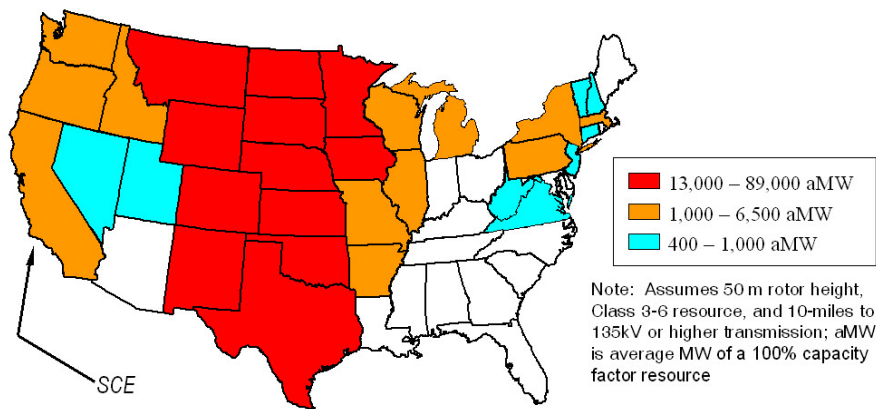
◆ SCE's Renewable Portfolio – Wind (1,137 MW)

- Requires steady wind patterns to produce power effectively
- Wind in western California tends to produce more during the late night when demand is lower, and produce less energy during the daytime when demand is highest
- SCE has 60 on-line projects in 2 general areas:
 - San Geronio (Palm Springs)
 - Tehachapi (Mojave Desert)



◆ U.S. –On-shore Wind Power Potential*

Note that SCE is only in a Moderate Resource Area.



Source: Parsons et al. 1994. "U.S. Wind Reserves Accessible to Transmission Lines." National Renewable Energy Laboratory. Based on earlier work by PNNL.



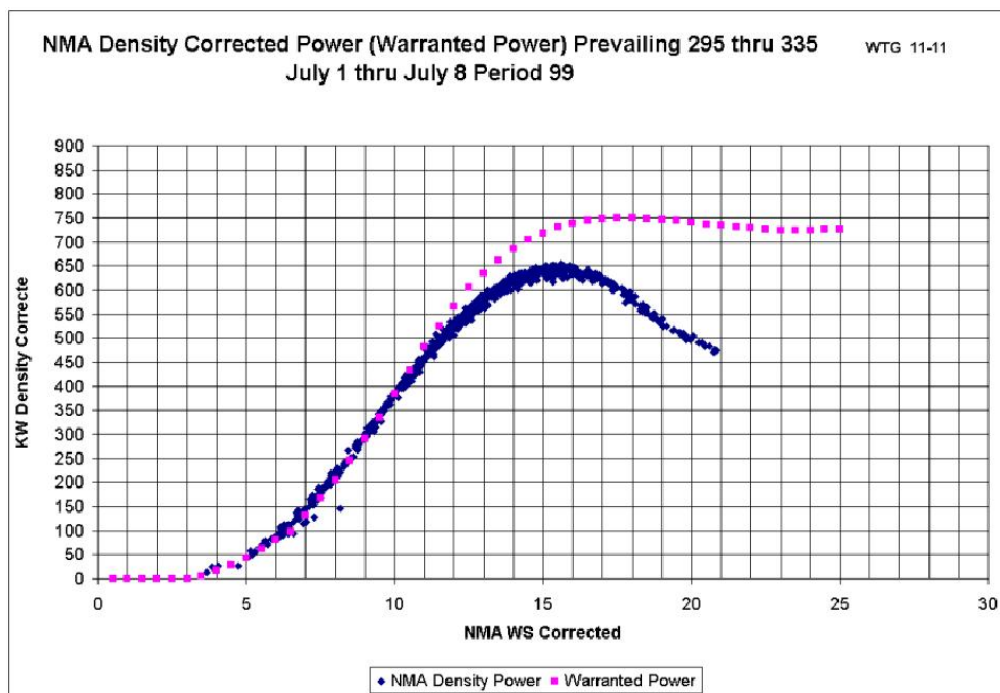
Large Windpark

◆ Generation Characteristics

- Generates electricity when the wind blows.
- Does not generate when the wind is not blowing or is blowing too hard.
- Turbines don't generate well when the blades are dirty.



◆ Clean and dirty Power curves



Monitoring Can Cut Losses

◆ WIND FEATURES

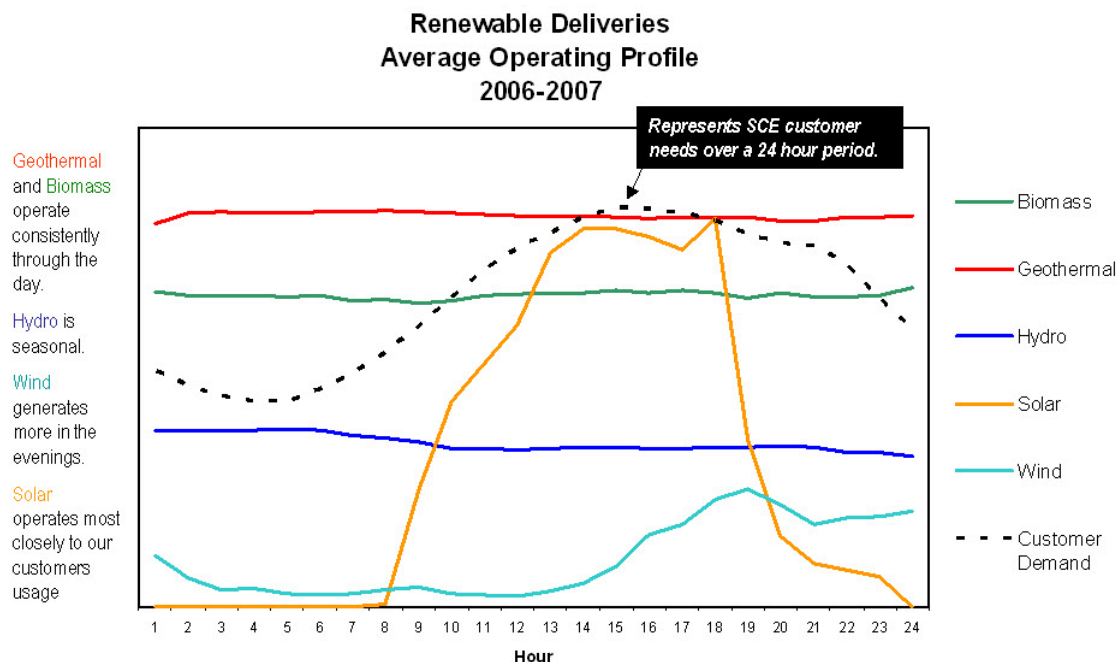
ADVANTAGES

- Undepletable resource
- Low cost among renewables
- Some land co-use possible
- Short construction time
- Can be built offshore

DISADVANTAGES

- Intermittent must be supported by dispatchable backup sources
- Profile varies with location
- High land use
- Bird impact concerns
- Visual objections
- Aviation impacts
- Resource highly location specific
- Unacceptable in urban setting
- Blade throw risk

◆ Renewable Energy Operation Compared to Customer Needs



◆QF Technology Costs (Cents/kWh)

Average Direct Price Paid

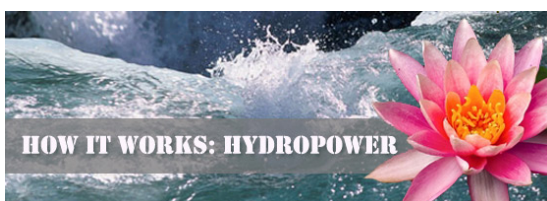
2009 Year End

● Biomass	9.2
● Cogeneration	6.1
● Hydro	6.6
● Geothermal	7.8
● Solar	14.5
● Wind	6.5

◆Additional Information on Renewables

- SCE website
–www.sce.com/renewables
- California Public Utilities Commission (CPUC)
–www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/electric/RenewableEnergy
- California Energy Commission (CEC)
–www.energy.ca.gov/renewables
- Database of State Incentives for Renewables and Efficiency (DSIRE)
–www.dsireusa.org

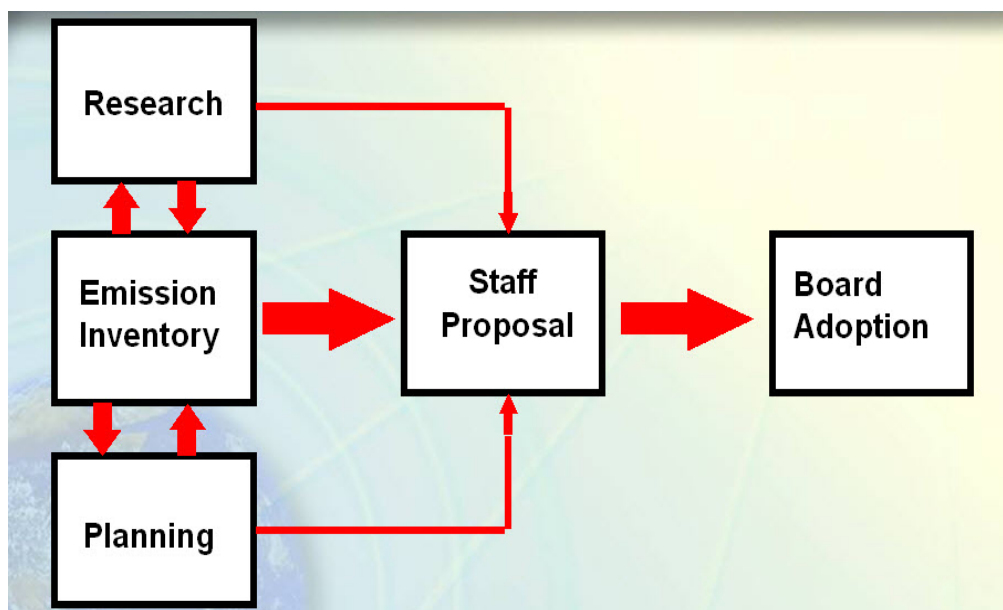
◆Visit www.sce.com/renewables



Per Capita Electricity Use in California and the US

◆Rulemaking Process

- Legislature grants authority to adopt regulations to State agency
- Preliminary activities: special considerations, R&D, fiscal impact, workshop
- Notice of proposed rulemaking (NPRM), initial statement of reasons (staff report), text of regulations
- Publishes and issues notice (45-day comment period)
- Public hearing
- Substantial and sufficiently related changes, agency mails notice of proposed changes (15-day comment period)
- Final statement of reasons (FSOR), summary & response to comments
- Agency adopts regulation



◆Staff Report

- Background/Definition
- Public process
- Emission inventory

- Technological feasibility
- Cost Effectiveness
- Environmental and economic impact

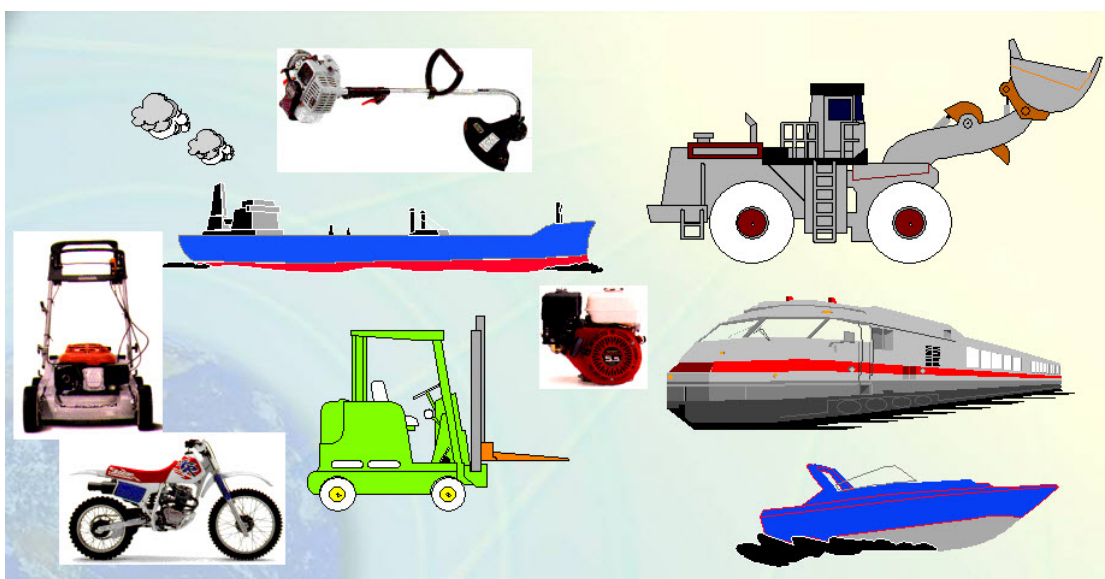
◆How You Can Get Involved

- Applicability of the Renewable Electricity Standard
- RES Eligible Resources
- RES Compliance
 - This could include the use of renewable energy credits (RECs) to meet compliance targets, and the use of a megawatt-hour (MWh) metric to quantify greenhouse gas benefits
 - Compliance Schedule

◆Research

- Technical Feasibility Analysis
- Economic Analysis
- Environmental Analysis

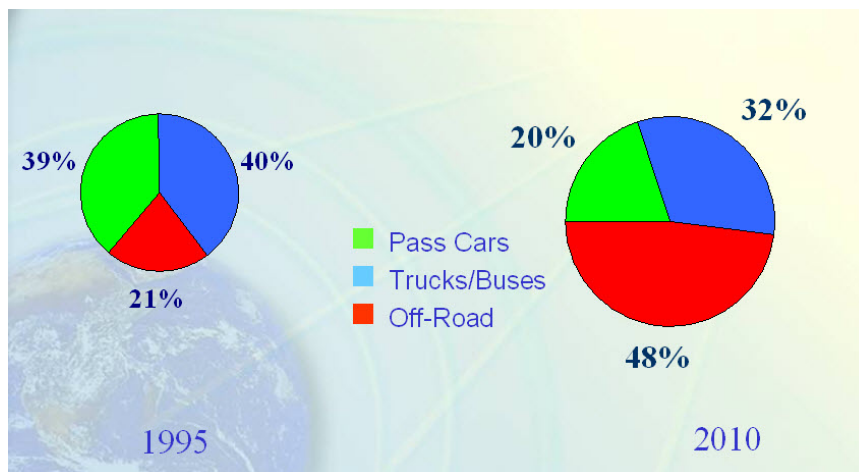
◆Case Study: Rulemaking for Off-Road Engine/Vehicle



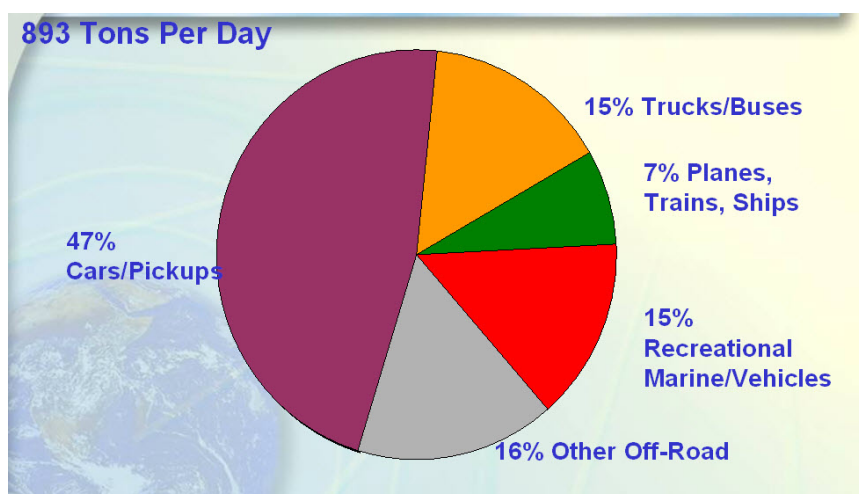
◆Why is Off-Road Important?

- Population and usage are increasing
- HC and NO_x are comparable to:
 - Passenger Vehicles
 - Trucks and Buses
- PM Emissions are greater than those from Passenger Vehicles and Trucks and Buses combined
- Necessary for ozone compliance (SIP)

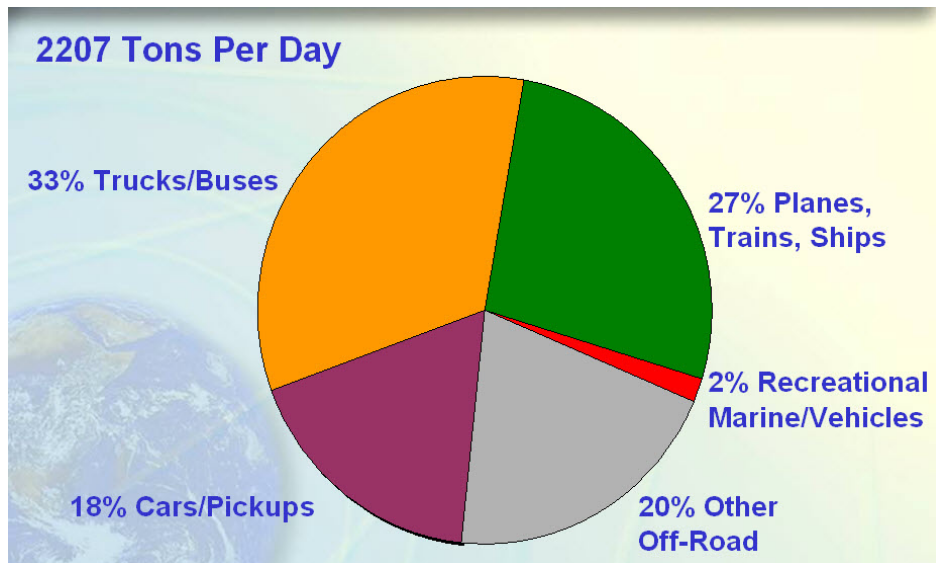
◆Statewide Emissions (Tons/Day: HC+NO_x)



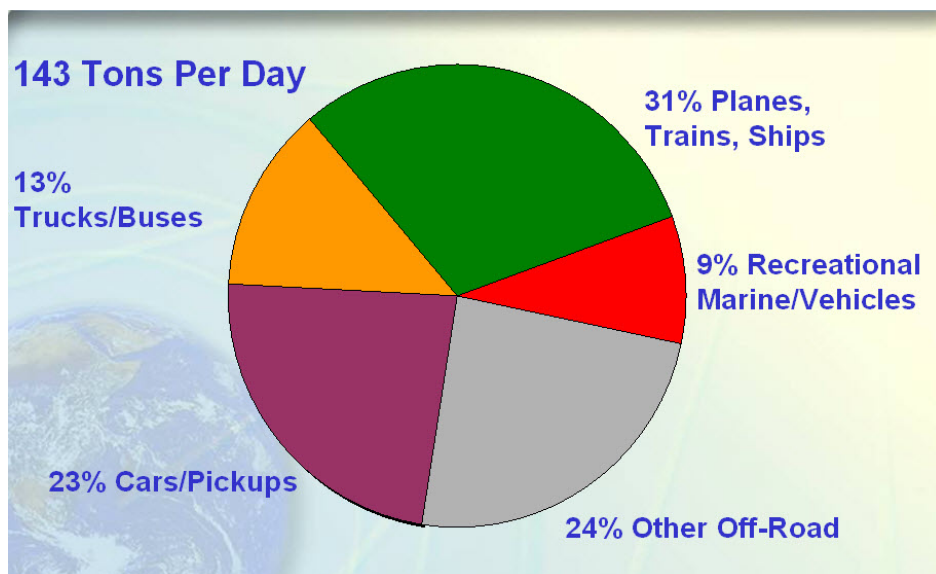
◆Statewide Mobile Source ROG Emissions



◆Statewide Mobile Source NO_x Emissions



◆Statewide Mobile Source PM Emissions



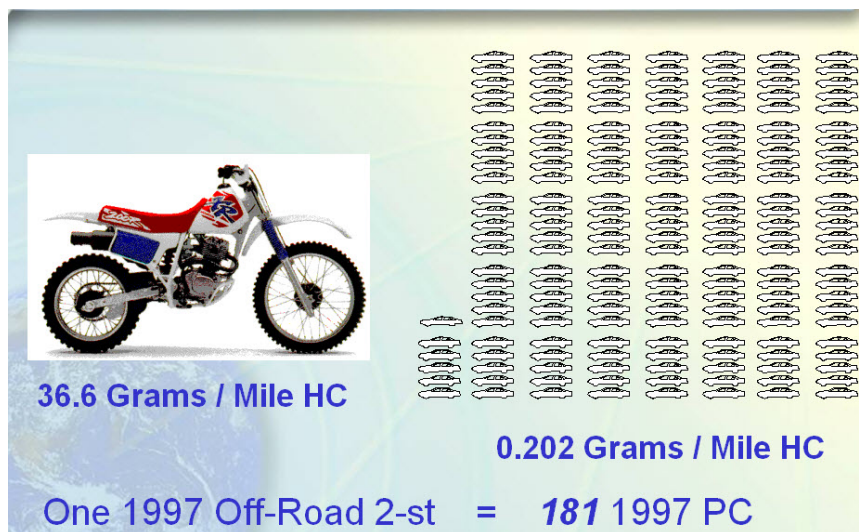
Performance Based Standards vs. Design Based Standards

◆Why is Off-Road So Dirty?

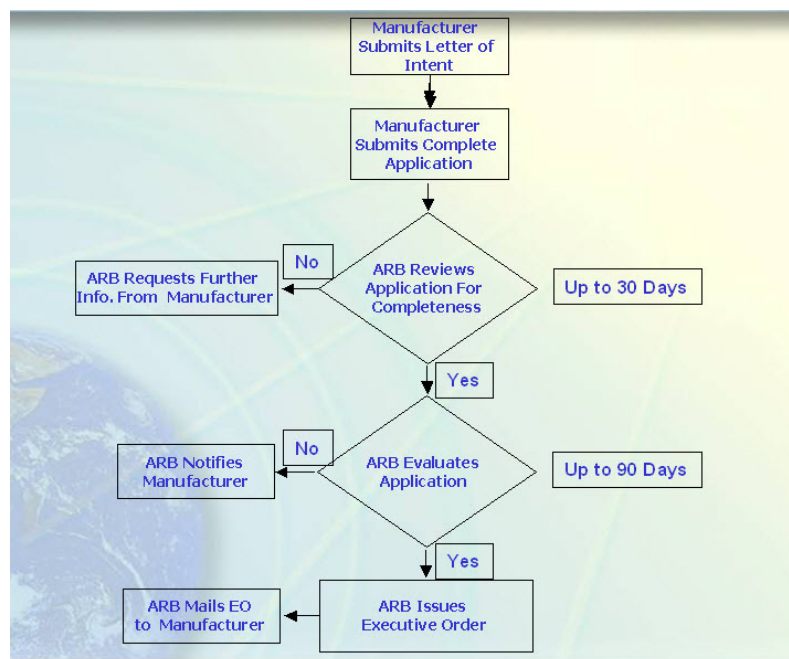
- Previously, No Real Incentives or Requirements for Clean Engines
 - 1st Regs Implemented in 1995

- No Real Customer Demand for New Technology or Newer Models
- Very Old Technology
 - Carburetion
 - Use Fuel for Cooling
 - Abundance of 2-Stroke Engines

◆Off-Road vs. On-Road

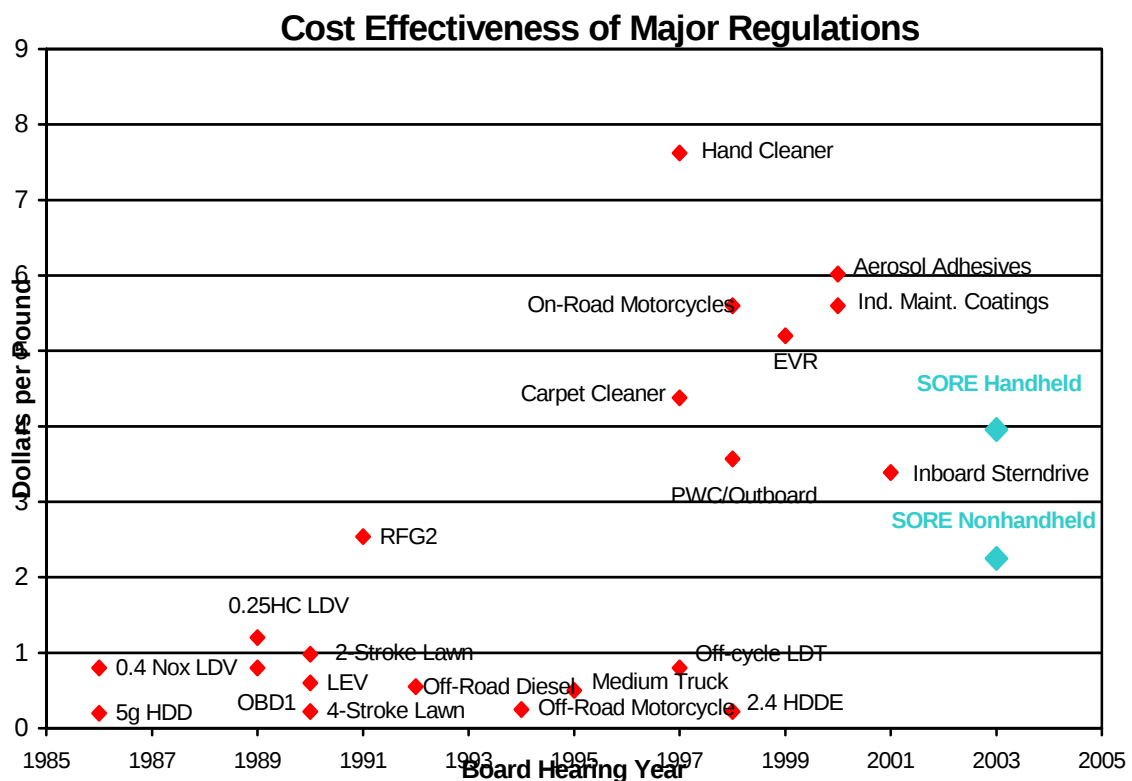


◆Certification Process Flowchart



◆ Requirements and Compliance Mechanism

- Label Requirements
- Averaging, Banking, Trading Program (ABT)
- Emissions Warranty
- Production Line Testing (PLT)
- New Vehicle/Engine Compliance Testing
- Mission-related Defect Reporting
- Recall



◆ Writing Policies and Procedures

- Clear, concise, and current policies and procedures save time and money, reduce confusion and liability, and stabilize staff action despite turnover
- Write rules and directions that people can understand and use/enforce
- Learn to think through policies, procedures more effectively, and write them in a more readable style

◆Conclusion

- The increasingly stringent regulations to control greenhouse gas emissions, the subsequent high levels of regulation-driven R&D and capital investment make competition based on environmental performance relevant to business practice
- Because regulatory compliance is so critical to off-road engine and equipment manufacturers, the companies or developers are more likely to include environmental concerns as part of their overall corporate planning and strategy

Clean Truck Program

Eddy Huang, Ph.D.¹

ABSTRACT

With a vision for sustainable transportation and a cleaner environment, reducing adverse impacts of diesel emissions from truck-related activities is critical to improve public health. Tetra Tech has designed and implemented the world's largest and most successful clean truck programs since July 2008.

Managing both the technical and administrative elements, Tetra Tech has been responsible for overseeing Port of Long Beach and the Port of Los Angeles Clean Truck Program (CTP). The centerpiece of the Clean Trucks Program was a progressive ban to phase out the oldest, highest-polluting trucks in favor of trucks that meet tough 2007 federal emission standards. When fully implemented in 2012, all trucks must be 2007 EPA-compliant to enter Port terminals. As of August 2011 there are over 10,000 2007 EPA-compliant Clean Trucks operating at the Ports. Progress includes 97% Clean Truck Cargo Gate Moves in each Port, nearly 1,000 CNG/LNG vehicles operating in both ports, and 80% reduction in diesel particulate matter goal already reached.

The Port Authority of New York and New Jersey (PANYNJ) also contracted Tetra Tech to administer the Regional Truck Replacement Program (TRP). The TRP aims to replace older port drayage trucks with Model Year 2004 and newer trucks. Tetra Tech provides program oversight; acts as the interface between the Port Authority and Program stakeholders; provides technical support; manages the grant application process and on-port support facility; review and approval of applications; stakeholder coordination; program education; marketing and outreach; and reporting and monitoring to the Port Authority.

¹Air Quality Director Tetra Tech, Inc.

The New York City Department of Transportation recently tasked Tetra Tech to design, implement, and monitor the Hunts Point Clean Truck Program. This program will fund up to 80% cost differential of a new truck under a Replacement project, and 100% of the purchase price and installation of a verified retrofit device under a Retrofit project. In addition to clean diesel engines, new focus will be on alternative fuels including CNG trucks, hybrid electric trucks, and battery- electric trucks.

Due to the continued success of Clean Truck Program, Ports of Los Angeles and the Port of Long Beach Port have won many awards including USEPA Clean Air Award, USEPA Environmental Justice Award, and AAPA Communication Awards.

◆PRESENTATION OVERVIEW

- Clean Air Challenges
- Clean Truck Program (CTP)
- CTP Progress Made
- Innovation/Opportunity
- CTP Actions/Plans
- Discussion

◆CTP GOALS

- Promote Sustainable Goods Movement
- Improve Air Quality and Public Health
- Promote Environmental Justice
- Deploy Advanced Vehicle Technologies/Fuels
- Achieve Fuel Efficiency and Idle Reduction
- Attract Grant Incentives and Opportunities
- Advance Public-Private Partnerships

◆CTP CHALLENGES

- Frequency - 100,000 Truck Trips/Wk
 - Traversing Local Streets
- Diverse Fleet of Diesel Trucks
 - HD (Class 7-8) Trucks, Specialized Body Vehicles (reefer unit)
 - Many Pre-2003 Models

- Adverse Impacts
 - Traffic Congestion
 - Public Health from diesel emission/DPM
 - Air Quality
- Complex Stakeholder Dynamics
- Sensitive Environmental Justice Community

◆CTP KEY ELEMENTS

- Truck Fleet Analysis (Engine Model Year)
- Concession and Registration Requirements
- Marketing, and Outreach
- Progressive Truck Bans
- Sticker Program
- Radio Frequency Identification (RFID)
- Electronic Gate Access

◆CTP KEY ELEMENTS (CONT.)

- Drayage Truck Registry (DTR)
- Day Pass for Out of State Truckers
- Clean Truck Fee (CTF)
- Annual Truck Fee (ATF)
- Help Desk/Call Center
- Emissions Data Analysis
- Retrofit Equipment Verification

◆POLA/POLB PHASE OUT DATES

- October 1, 2008: Banned all pre-1989 trucks
- January 1, 2010: Banned 1989-1993 trucks and 1994-2003 trucks without retrofit
- January 1, 2012: Ban trucks not meeting the 2007 Federal Clean Truck Emissions Standards



◆EDUCATION AND OUTREACH

- Customize Outreach Plan
- Develop Interface with Trucking Industry and Stakeholders
- Conduct Training Workshops and Events
- Leverage Relationships with Community
- “One Stop Shop” for Information, Application Initiation, and View Clean Truck

◆NON-CONTAINER TERMINAL



License Plate	Valid on
VP42582	03/31/2011
Day Pass	
Non Container Terminal	
	
Record	16912
Issued	03/31/2011
LMC	Discount Heavy Haul
DOT	1571669
City	SANTEE
State	CA
Contact	Christina Kelly
Phone	619-562-2412
Email	discountheavyhaul@yahoo.com
Truck VIN	1FUJA6CK66LV06501
Model year	2006
Amount paid	\$30.00

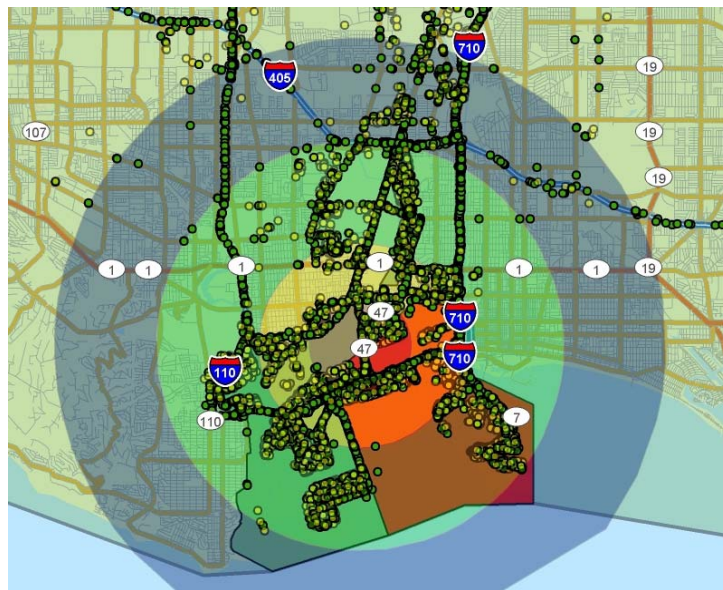
◆INNOVATION AND ENHANCEMENT

- Automatic Vehicle Locator (AVL) and Geofence
- Innovative Financial Incentive Program
- Terminal Access Center (TAC)
- Retrofit Screening
- Truck Move Data Analysis

◆AVL DATA ANALYSIS

AVL analysis can be performed to improve the program and assist funding agencies

- Verify mileage and emissions reductions
- Fleet fuel economy
- Vehicle speed by zones
- Trip distances

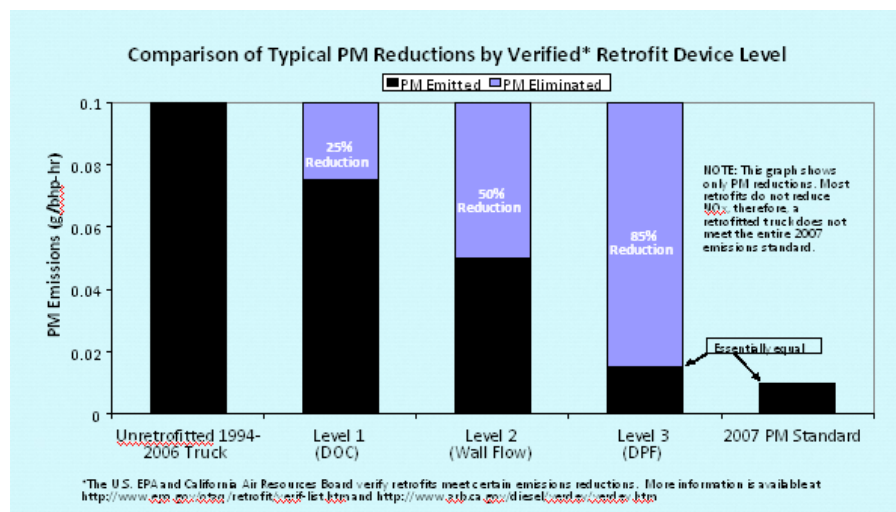


◆RETROFIT SCREENING

- Retrofits are not a one-size-fits-all technology
- Multiple retrofit devices may be needed
- Tailor retrofit options to program goals
- PM Reduction Greater than 85% (Level 3)
- NOx Reduction At least 25%
- Participant education/responsibility is key



◆ RETROFIT EMISSIONS REDUCTION



◆ CTP PROGRESS

Clean Trucks Operating in Ports:

- >10,000 Clean Trucks in PDTR
- 97% Clean Truck Cargo Gate Moves in Each Port
- 80% Reduction in Diesel Particulate Matter Goal Already Reached

◆ Truck Ban Accomplishments:

- 90% of Pre-program Fleet Removed by October 1, 2008 and January 1, 2010 Truck Bans

◆ CTP PROGRESS (Continued)

Average Year of Trucks Operating in the Ports:

- 1995 in 2008
- 2007 in 2011

◆Commitment to Alternative Fueled Vehicles

- Nearly 1,000 CNG/LNG vehicles operating in ports
- Pilot studies for other potential alternative fueled vehicles (e.g. electric)

◆PANYNJ TRP REQUIREMENTS

- Original TRP Engine must be < 1993 or older
- Modified TRP Engine must be 1994 - 2003
- Visiting marine terminal facilities in NY/NJ within the past year (approximately 200 visits)
- Truck must be Model Year 2004 to 2008
- Equipped with an AVL
- Engine must be 2004 to 2007 EPA emissions-compliant

◆PANYNJ TRUCK PHASE OUT DATES

- January 1, 2011 – Engines Model Year 1993 and older will no longer be permitted access and all drayage trucks must be registered in the DTR.
- January 1, 2017 - All port drayage trucks must meet 2007 federal emission standards.



◆TRP VOLUNTARY STICKERS

- For each truck registered in the DTR, two (2) copies of a colored sticker will be issued.
- Blue Stickers: Trucks with Model Year 1994 to 2006 engines
- Green Stickers: Trucks with Model Year 2007 and newer engines

◆NYCDOT CTP

- Hunts Point Cooperative Market
- New York City Produce Terminal Market
- Fulton Fish Market



Number	Focus
329	Acres of Land
20,000	Truck Trips per Week
\$5 Billion	Annual Revenues
9,000	New York Jobs
30 Million	Benefit from Distribution
500	New Clean Trucks

◆KEY PROGRAM CHALLENGES

- Diverse Fleet of Diesel Trucks and Stakeholders
- DOT Classes 3 – 8 Trucks (62% are Classes 3 – 6), Specialized Body Vehicles (reefer unit), leased vs. owned vehicles, etc.

- Many Pre-2003 Models
- Matrix of Adverse Impacts to Address
- Air Quality, Congestion, Public Health and Safety
- Complex Stakeholder Dynamics
- Sensitive and Environmental Justice Community
- Large Menu of Alternative Fuel Types

◆KEY PROGRAM ELEMENTS

- Eligibility
 - Awards issued “first come, first served”
 - Limit of 20 awards per participant, per year
- Criteria for Existing Vehicles
 - Class 3 to Class 8 trucks with a history of access
 - Replacements – trucks with 1993 or older engines
 - Retrofits – trucks with 1994 – 2006 engines
- New (Lower-Emitting) Vehicles / Equipment
 - Replacements – must meet 2007 EPA standards, may include hybrids (HEVs), NGVs, or EVs
 - Retrofits – must be EPA and/or CARB verified

◆KEY PROGRAM FUNDING

- Replacements
 - Up to 80% of the incremental cost for alternative fuel systems
 - Award amounts may be weighted by matrix of benefits (emissions, GHG reductions, petroleum reductions, etc)
- Retrofits
 - 100% of purchase and installation costs
 - Program design to include further recommendations (e.g., types, limitations on what can be funded)

◆CTP ACHIEVEMENTS AND AWARDS

- 2008 USEPA Clean Air Award
- 2009 USEPA Environmental Justice Award
- 2010 IANA Intermodal Achievement Award

- 2010 AAPA Communication Awards
- Banned 90% Older Trucks, 97% of Cargo Gate Moves Meets USEPA 2007 Emission Standards
- Achieved 80% Pollution Reduction

Innovative Climate Initiatives and Technology Advancement Program

Eddy Huang, Ph.D.¹

ABSTRACT

Confronting the threat of global climate change is a challenge that will reorder priorities for decades to come. It will require a long-term vision and the discipline to make critical public and private investments in renewable energy, infrastructure, and environmental technology. Reducing carbon footprint will bring multiple environmental benefits, with cleaner air, better public health, and more open space.

This presentation covers key elements of innovative climate initiatives. As an integral component to greenhouse gas emission reduction measures, Technology Advancement Program (TAP) aims to encourage technology innovation, demonstrate effectiveness of new technologies, accelerate commercial availability of new technologies, improve emissions reductions, and provide more options for meeting the goals. Currently implemented TAP projects include Advanced Marine Emission Control System, Krystallon OGV Scrubber, Vycon REGEN System, Eco Crane, EcoEnergy Solutions Emulsified B20, Balqon Electric Terminal Tractor and On-Road Truck, Westport LNG Engine, and Vision Hydrogen Fuel Cell/Electric Hybrid HDVs.

Several ongoing climate change initiatives will be highlighted. Strategies moving towards zero emissions and new technologies for “Zero Emission Container Mover Systems” will be discussed in this presentation.

¹ Air Quality Director Tetra Tech, Inc

◆ Integrating Climate Initiatives Challenge

- Progression of Focus on Air Pollutants
 - Late 1980's-1990's – Mass Emission Reduction (Ozone)
 - Late 1990's-2000's – Reduction of Health Risk (DPM)
 - Mid 2000's – Climate Change (GHGs)
- Challenge – How to Address All Pollutants in an Integrated Approach

◆ Building an Integrated Approach

- Detailed Inventories
- Determining Baseline
- Forecasting
- Developing Strategies
- Comprehensive Tracking/Monitoring

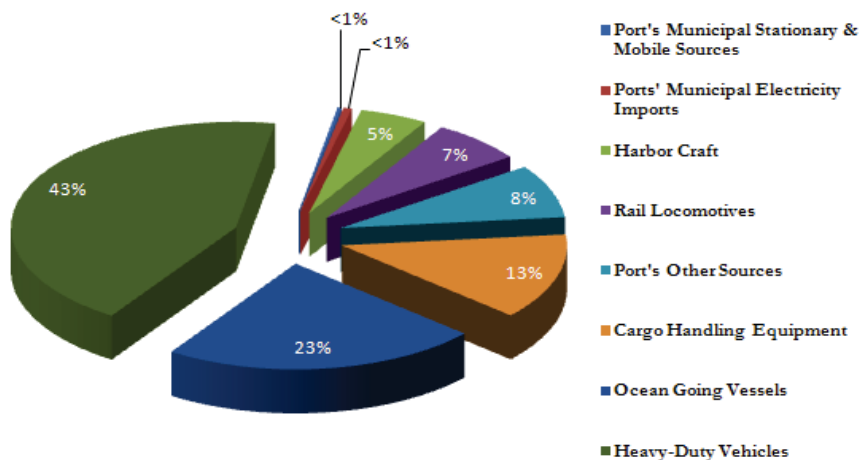
◆ Port Related GHG Emission Sources



◆Scopes of Port GHG Emission Sources

- Scope 1 includes Port municipal operational emissions
- Scope 2 includes emissions associated with Port municipal energy consumption
- Scope 3 primarily includes tenant operations and energy consumption related emissions

◆Port GHG Emission Contributions



◆GHG Emissions Reduction Approach

- Mobile Sources
- Electric Cargo Conveyance Systems
- Electric Terminal Equipment
- Hybrid Electric Tugs
- Operational Efficiency Improvements
- Power Generation/Purchase
- Solar Power Generation
- Wind Power Generation
- Renewable Energy Purchase

◆Technology Advancement Program 創新技術

- Key to the ports' GHG Reduction
- Goals of Technology Advancement Program (TAP)

- Encourage technology innovation
- Demonstrate effectiveness of new technologies
- Accelerate commercial availability
- Improve emissions reductions

◆ Technology Demonstration

- Alternative Marine Power/Cold Ironing
- Hybrid Electric
- Electric Drayage Truck
- Flywheel Technology
- Electric RTGs
- Hybrid Tug Boat

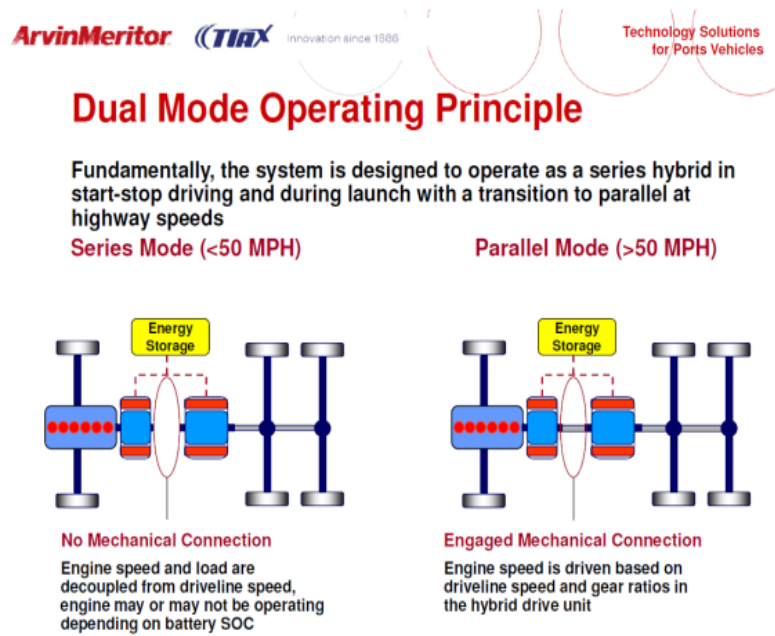
◆ Technology Demonstration (Cont.)

- Hybrid Yard Hostler
- Electric Yard Hostler
- LNG Yard Hostler
- Vycon REGEN System
- EcoEnergy Solutions Emulsified B20

◆ Alternative Marine Power/Cold Ironing



◆Hybrid Electric Truck Technologies



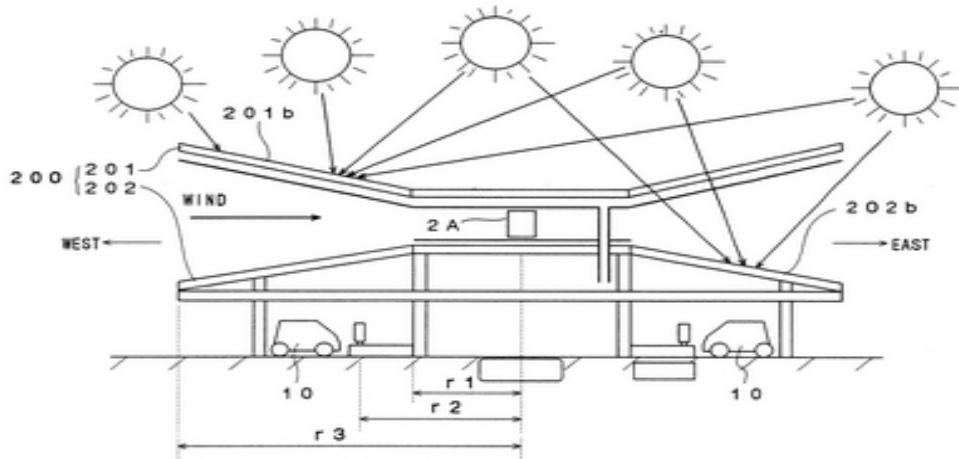
7

◆Electric Drayage Truck Program

- Emission Free & Quiet
- Drayage Trips Between Port & Rail Yards



◆Charging Station Concept



◆Electric Yard Tractor Program

- Emission Free & Quiet
- Drayage Trips Between Port & Rail Yards
- On Terminal Yard Tractor Replacement



◆Hybrid Assist Tug Boat

- Smaller Engines & 1 MW of Battery Power
- ~30% Reduction in GHGs



◆Foss Maritime Diesel/Electric Tug Boat Foss

- 1st hybrid technology in a tug boat
- Delivered January 23, 2009
- Equipped with diesel-electric hybrid engine
- Anticipated benefits:
 - Over 70% of engine time saved!
 - 20 – 30% fuel savings
 - 44% reduction of oxides of nitrogen and particulate matter



◆Flywheel and Electric RTGs

Flywheel System for Rubber Tired Gantry Crane

- Recovers Energy from Lowering Container
- Reduces GHGs by 30%
- Vycon Bolt-On System
- Electric RTGs



◆Hybrid Yard Hostler

- Hybrid yard hostler project developed by POLB
- Develop and demonstrate performance of hybrid technology in yard hostler application
- Anticipated benefits:
 - 93% NOx and PM emissions reductions



◆LNG Yard Hostler

- First application of LNG in cargo handling equipment
- Demonstrated in both POLB and POLA terminals
- Performance Evaluation Study
- Results:
 - Good operational performance
 - DPM reductions



◆Vycon REGEN System

- Flywheel energy storage system
- Installed on Rubber Tired Gantry Cranes (RTGs)
- CARB verification achieved
- Benefits:
 - Verified as Level 1 technology
 - 25% PM reductions
 - 30% NOx reductions
 - 30% CO2 reductions
 - 35% fuel savings



◆EcoEnergy Solutions Emulsified B20

- Low water (8-10%) content emulsification blended with 20% biodiesel
- Elimination of NOx increase associated with biodiesel
- Anticipated benefits:
 - 57% PM
 - 8-10% NOx
 - 12.6% CO2

◆ **Balgon Electric Terminal Tractor and On-Road Truck**

- Development of a prototype low-speed full-electric on-road truck and terminal yard tractor
- Potential future option for short-haul drayage/intermodal
- Anticipated benefits:
 - Nearly 100% emission reductions



◆ **Westport LNG Engine**

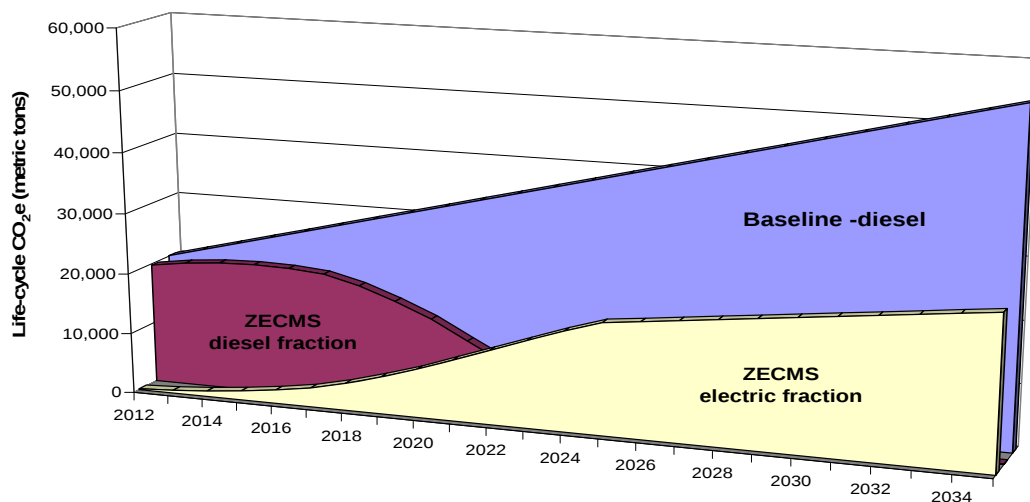
- Development of LNG Heavy Duty Truck
- Early compliance with the 2010 Emission Standard
- Benefits:
 - NOx emissions reduced by 0.45 tpy
 - GHG emissions reduced by 15-20%



◆ SoCalGas CNG Port Truck

- Compressed Natural Gas Class 8 tractor truck
- Equipped with Cummings ISL G engine
- Meets CARB 2010 NOx standards of 0.2 g/bhp-hr
- Launch Date: Dec. 2, 2008
- Emission reductions:
 - 83% reduction in NOx

◆ GHG Reduction Phased-in Approach



◆ Zero Emission Initiatives

- Joint Board Meeting July 11, 2011.
 - Cargo Handling Equipment
 - Trucks
 - Rail
- Proof of Concept
- Operation Demonstrations

◆ Vision Hydrogen Fuel Cell/Electric Hybrid HDV

- Two truck project:
 - 18-month demonstration of the TYRANO[®] Class 8 Drayage Truck at TTSI and the ZETT at Cal Cartage Express

- Anticipated benefits:
 - Zero emissions

◆Zero Emission Cargo Moving Systems



◆Conclusion

- Reducing carbon footprint is everyone's responsibility.
- Crisis means "Dangerous Opportunities".
- Every little bit of GHG emission reduction helps.
- Let's work together for a cleaner earth.

船舶岸電效益評估

邱永芳¹ 陳桂清² 柯正龍² 葉雨松³ 許真瑜⁴

摘要

本研究首先回顧了目前國際上船舶岸電的各種型式、類別及發展狀況，並介紹 ISO 發展岸電國際標準的最新現況。研究中蒐集台電的總發電量資料及火力發電產生的空氣污染排放量資料，計算出每度電的污染排放量，與船舶停泊岸邊時使用發電引擎產生的污染排放量做比較，評估使用岸電後的減量效益。最後，依據評估結果及國際標準發展趨勢，提供建議給國內各港口建置岸電之參考。

關鍵詞：岸電、船舶、污染減量、高電壓岸上連結系統

一、前言

遠洋船舶靠岸時，主引擎熄火，但是此時船上仍有用電需求，包括冷凍、冷藏、空調、加熱、儀器控制、生活用電等等，因而需要點燃發電鍋爐（輔助引擎）以提供發電需求。由於發電鍋爐主要使用柴油，因此在船舶停泊靠岸期間，仍會排放燃燒柴油後產生的空氣污染及二氧化碳，成為港區最大的污染來源。此時若以岸上電網供應電力取代船上鍋爐發電，則可以避免船舶的發電鍋爐在港區產生空氣污染，而將發電可能生成的污染轉移到電廠，此即為岸電。

岸電（Shore Power），又稱為替代性海事電力（Alternative Maritime Power，美國用語）或冷熨燙（Cold ironing，傳統用語）^[1]。其它名稱還包括岸邊電力（Shoreside Electricity）、岸上供電（Onshore Power Supply, OPS，歐洲用語）。目前國際標準組織（ISO）正在發展的國際標準使用的用語是高電壓岸上連結系統（High Voltage Shore Connection Systems, HVSC）。

¹ 交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任

² 交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究員

³ 國立高雄海洋科技大學兼任助理教授

⁴ 國立中山大學環境工程研究所博士生

二、岸電發展

岸電並非新科技，事實上已有數十年歷史。未能普及的原因主要是岸上設備與船上設備需相通，除非能同時掌控船舶跟碼頭，否則無法順利連接電網到船上。因此最早僅有美國海軍於世界各海軍基地設置，由於所有的海軍碼頭和軍艦都由美國海軍自行建造，所以可自有統一規格。目前國內各港口港勤船也都使用岸電，但連接的是一般家用的低電壓電源。對於需電量遠大於港勤船的大型遠洋船舶，則需克普遍，主要原因便是國際間的規格尚未統一。

早在 1980 年代，歐洲已有渡輪使用低電壓岸電。到了 1990 年代，歐洲開始有駛上駛下船使用岸電。2001 年，為了避免郵輪靠岸產生的空氣污染破壞阿拉斯加的自然美景，阿拉斯加朱諾港設置了全球第一個郵輪岸電碼頭。該港能成功的主要原因在於行駛岸電碼頭的郵輪有固定船舶和航次，因此僅需改裝少數船舶，每年即有超過 50 個航次以上的使用率。而郵輪又是所有船舶中，靠岸時用電量最大者，因此相當符合成本效益。

到了 2004 年，美國加州為了符合南加州海岸空品區的空氣品質管理計畫的減量目標，於洛杉磯港建立了全球第一個貨櫃輪岸電碼頭。第一艘使用岸電的貨櫃輪為中國大陸中海集團所屬的新揚州輪。2005 年，與洛杉磯港同屬加州聖佩卓灣區的長堤港建置了全世界第一個油輪岸電碼頭。截至 2010 年，全球約有 100 艘遠洋船舶、20 個國際港口有岸電設備，目前增至 26 個港口。

國內各港口僅普遍設置港勤船舶岸電。由於港勤船舶的生活用電與岸上用電一致，因此只需提供一般用電即可。而遠洋船舶船上發電所需的電壓、頻率、需電量都不同，因此需克服的問題較多。國內主要港口已陸續完成遠洋船舶岸電建置評估，環保署也多次建議各港口設置岸電，交通部也將其列入減碳的重要工具。目前僅陽明海運 BOT 新建的高雄港第六貨櫃中心，有 2 個碼頭建置岸電，於 2011 年 3 月底開始營運，未來會有約有 1/2 碼頭設置岸電設備。平均一船使用岸電量約為 4,000kW，但實際約只用到 20%，亦即約 800kW。使用岸電後，可能部分碼頭超過能源大戶標準（契約用電超過 800kW），根據我國能源法的規定，需經中央主管機關核准。表 1 為各大洲已設置岸電之港口一覽表

表 1 各大洲已設置岸電之港口一覽表

美洲	歐洲	亞洲	臺灣
Los Angeles Long Beach Juneau Seattle Pittsburg Oakland Tacoma Prince Rupert Vancouver San Francisco San Diego	Göteborg: Lübeck Kemi Oulu Zeebrugge : Antwerp Kotka Piteå Stockholm Trieste	上海港 連雲港 青島港 大阪港	2011.3.31 高雄港六櫃中心 岸電碼頭啟用， 115~117 碼頭完 成規劃評估。 臺中港、花蓮港 4、5 月開出規劃 標，即將結案。

資料來源：本研究整理

最早推動岸電的目的是為了減少空氣污染，此為美國各港推動岸電之主因，可大幅減少港區鄰近地區的 PM, SO_x, NO_x, HC 等空氣污染的排放量。中國大陸最早推動岸電的上海港，原始目的是為了減少噪音。目前中國大陸將岸電視為港口減碳的重要手段，但是若岸電的發電來源來自燃煤發電，反而會增加碳排放量。

若以可再生能源發電的電廠（如水力、風力、太陽能）或核能電廠供應岸電，則完全不會有空氣污染和二氧化碳排放的問題。即使是火力電廠，由於污染防制設備較為完備，整體而言仍可以減少空氣污染。至於二氧化碳排放能否降低，則視當地的發電組成。若煤炭發電的比例高，則很可能使用岸電後，反而造成更多的二氧化碳排放。另外使用岸電不代表船舶在港區完全不會排放空氣污染物，因為停泊期間，船舶仍需要輔助鍋爐產生蒸汽以提供直接熱源，才能讓燃料油在管路中順利流動。而輔助鍋爐仍須燃燒柴油，除非由岸上直接供應蒸汽，輔助鍋爐才能停爐。

目前除了美國、加拿大、歐洲部分港口已開始針對部分船舶提供岸電外，中國大陸是最積極推動岸電的國家，包括上海港、青島港招商局碼頭、

招商局國際蛇口貨櫃碼頭、連雲港、廣州港、青島港、大連港等也對貨櫃船、散貨船連接岸電技術進行了研發和試用。中遠集團、中海集團等大型航運企業的新造貨櫃船中，相當大一部分安裝了連接岸電的設備。2010 年 6 月 28 日，中國交通運輸部在秦皇島召開船舶靠港使用岸電研討會，會中推崇岸電的減排成效，並宣示了推動船舶岸電的政策方向^[2]。

根據國際海事組織(IMO)公佈之數據，全球以柴油為動力的船舶每年會排放約 1,000 萬噸一氧化氮(NO)和 850 萬噸硫氧化物(SO_x)到大氣中^[26]。使用岸電的優點可減少遠洋船舶停泊靠岸期間發電鍋爐運作，以減少港區空氣污染物的排放，並可減少船舶耗油量^{[5][8]}。

三、岸電類別

圖 1 是岸電基本單元的示意圖。岸電設備雖有各家廠商提供不同的設計，但約略可以分為三大單元，即岸上設備、介面設備、以及船上設備。

岸上設備包括主電網、降壓設備（變電所）、轉頻設備（50Hz/60Hz）、電纜管路等等。介面設備包括插座及接電箱（陸上/船上）、接電用之電纜、提供訊號聯繫之光纖、以及電力控制系統。

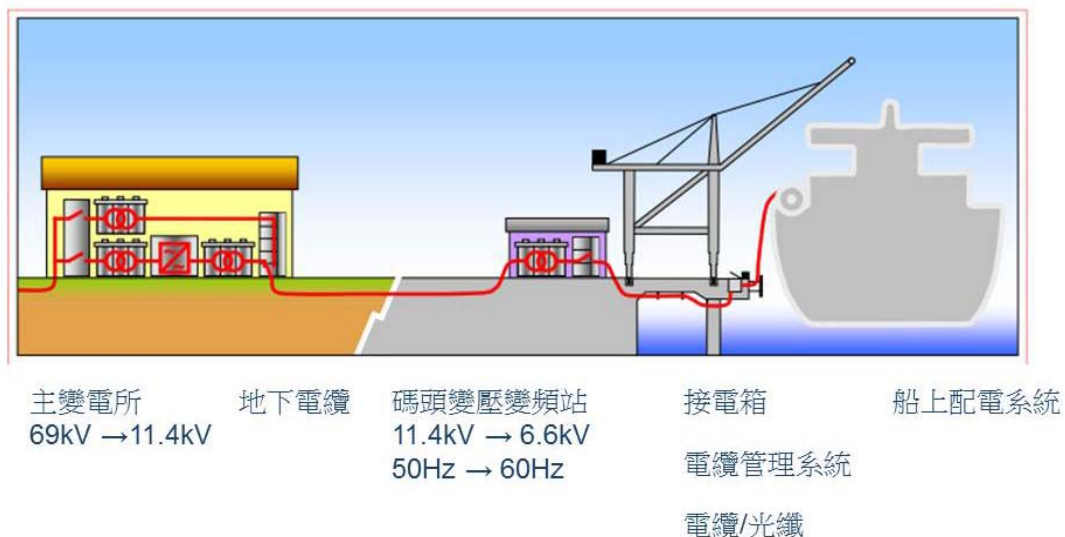


圖 1 岸電基本單元示意圖

岸電供電方式可概分為固定式及移動式，其中固定式岸電依接電箱（Outlet Box）之位置，又區分地上型及地下型兩種。移動式岸電又可分為海上型及陸上型。

1. 固定式

(1)地上型

將碼頭端的岸電出線口之接電箱設置於碼頭面上，以方便岸電連接作業，並在接電箱外圍以護欄和欄杆加以保護，以防止意外之外力碰撞或擦撞。

(2)地下型

將碼頭端岸電出線口之接電箱設置於碼頭面下之接線坑（Pits）中，地下接線坑海測之側面開一小口，以利船舶電纜線可從側面引入，或是直接由上方開口引入電纜。接線坑上方設置數片蓋板，除了操作電纜接續或解除作業必須打開蓋板外，其餘時間均須關閉蓋板，以維作業安全。

2. 移動式

(1)海上型

洛杉磯港的貨櫃岸電碼頭，最早是以駁船從海上送電。駁船上有吊車，連接電纜時由吊車將電纜吊掛至船上。由於耗費人力甚鉅，且耗費的時間太長，目前已淘汰此種作法。另外也有以駁船裝載低污染燃料（如天然氣）的發電機，由駁船直接供電到船上。由於從海側供電，不會影響到岸上的貨物裝卸作業。

(2)陸上型

移動式岸電供應設施通常係因船舶停靠位置不固定、或碼頭不方便設置供電出線口，故利用移動式電纜捲軸（Cable Reel）來接引岸電，具有機動性及使用彈性之優點。當船舶靠泊時可立即移動至船舶岸電接收點之位置，作業完畢後亦可將其移至其他位置暫放或支援其他碼頭。

依照電纜區分，則可分為船上電纜系統及岸上電纜系統。

1. 船上電纜系統

電纜由船上供應，不用時收在船上。貨櫃船由於船舷較高，因此一般電纜由船上供應，使用時由船上垂掛而下，可不需岸上提供電纜吊掛設備。

2. 岸上電纜系統

電纜由岸上供應，需另備起重設備，才能將電纜吊掛至船上。郵輪靠岸時生活補給品的需求量大，靠岸的船舷側會有入口，離碼頭高度差不大，岸上電纜的吊掛難度不高，適合用岸上電纜系統。

依照供電電壓區分，則可分為高壓供電及低壓供電。表 2 是三種典型岸電供電方式比較。

1. 高壓供電

一般高壓供電是指 1000V 以上的供電，包括 6.6kV, 10kV, 11kV 等。高壓電纜的好處是只需要一條電纜上船，即可提供足夠電力。但是低電壓的船需要另外設置降壓設備，將電壓降至符合該船的使用電壓。

2. 低壓供電

低電壓供電後可直接提供船上使用，不需再經降壓程序。但是為了提供足夠的電量，可能需連結多條電纜，造成岸電連接時的人力及時間成本增加。

表 2 三種典型岸電供電方式比較

	洛杉磯港	哥德堡港	朱諾港郵輪碼頭
船舶配電電壓	440V	400V	6.6kV/11kV
岸電電壓	440V	10kV	6.6kV/11kV
岸電功率	2.5MVA	2.5MVA	7.5MVA
港口電網頻率	60Hz	50Hz	60Hz
船舶電網頻率	60Hz	50Hz	60Hz
岸電接入方式	岸方提供電纜	船方提供電纜	船方提供電纜
空氣污染	無	無	無
供電效率	好	好	好
供電操作性	差，多電纜，連接困難	好，一根電纜，易於操作	好，電纜少，易於操作
船舶改造複雜性	一般	複雜，低壓船舶需在船上安裝變壓器	一般

資料來源：黃細霞等，2009 年^[3]

另外還可以依照供電來源區分。包括：由岸上電網供電、由岸上或駁船上 CNG 發電機供電、由岸上燃料電池站供電、由港口的再生能源供電（風力、太陽能）等等。部分為商業運轉，部分則是測試中的設備。

四、國際標準

岸電的國際標準主要由國際電工協會(International Electrotechnical Commission, IEC) 發展，主要有 4 個標準^[7,8]：

IEC/ISO/IEEE 80005-1: Cold Ironing-High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems-General requirements.

IEC/ISO/IEEE 80005-2:Cold ironing Part2: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems - Communication Interface Description.

IEC 62613-1:Plugs, socket-outlets and ship couplers for high-voltage shore connection systems (HVSC-Systems) –Part 1: General requirements.

IEC 62613-2: Plugs, socket-outlets and ship couplers for high-voltage shore connection systems (HVSC-systems) – Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for accessories to be used by various types of ships.

IEC/ISO/IEEE 80005 是主要的岸電國際標準。IEC/ISO/IEEE 80005-1 規範岸電的連結、傳輸、變壓、船舶配電系統、控制、監測等標準。原標準編號為 IEC/ISO/IEEE 60092-510，是第一個以 IEC、ISO、IEEE 三個組織聯名的標準。IEC/PAS 60092-510 於 2009 年 4 月由 IEC 公布，為 PAS 版本 (Publicly Available Specification, PAS：公開且可獲得的標準)，此版本並非正式的國際標準，且期限不得超過 2 年。

IEC 標準的制定分為提議、準備、委員會、詢問、批准及出版等 6 個階段。IEC/ISO/IEEE 80005-1 標準目前已經通過詢問階段，經過 5 個月的諮詢及投票，於 2001 年 8 月 5 日投票結束。15 個投票國家僅日本和英國投反對票，因此投票已通過。目前將進入批准階段，即公布最終國際標準(Final Draft International Standard, FDIS)。FDIS 將經過至少 2 個月的會員國投票，並至少 75%會員國投贊成票後，才會成為正式公開發行的國際標準(International Standard, IS)。根據消息來源指出，僅有少數幾個國家反對，因此依照期程來看，明年確定的國際標準 IEC/ISO/IEEE 80005-1 即將正式發行。IEC/ISO/IEEE 80005-2 為船舶連結岸電時的電腦的通信協定標準，目前僅在最開始的提議階段，於 2011 年 6 月 3 日投票截止，確定被接受，預定 2012

年 12 月通過 CDV (詢問階段的標準)，2013 年 9 月通過 FDIS，因此最快 2013 年底才能成為 IS。

IEC 62613 是關於岸電的接頭、插座的標準。IEC 62613-1 是一般要求，已經通過 FDIS 的投票並公開發行 IS。IEC 62613-2 則已於 2011 年 9 月 2 日公布 FDIS 並進行投票，投票將於 2011 年 11 月 4 日截止。通過後，預定於 2011 年 12 月 17 日發行正式的 IS。

IEC/ISO/IEEE 80005-1 規範岸電的一般需求，目前尚未發行，但可以從 IEC/PAS 60092-510 一窺其內容大要^[9]。

工程部分，IEC/PAS 60092-510 規範船上設備、岸上設備以及連結設備的要求。測試驗證部分，規範出廠及定期維護檢查要求。責任歸屬要求需有一組專責人員處理船上一岸上連線事宜，並需有受過訓練的專責人員。

一般要求中，供電容量範圍為 1-20MVA，採高壓供電，電壓為 6.6kV 或 11kV，供電頻率為 50 或 60Hz，供電品質需符合現有的船舶規範，船舶與岸上電網之間需設電流阻斷設備 (Galvanic separation)，以及安全接地設備等。

而在 IEC/PAS 60092-510 附錄中，則針對四類船舶做額外規定。包括：貨櫃輪、郵輪、駛上駛下船及 LNG 船。

駛上駛下船 (含低電壓渡輪，附錄 C)：供電 11kV。

郵輪 (附錄 D)：多電纜供電，6.6 或 11kV 供電，電頻 60Hz (附錄中提醒大部分郵輪皆為 60Hz)，電纜由岸上提供。

貨櫃船 (附錄 E)：雙電纜供電，6.6 kV 供電，電纜及電纜捲軸由船上自備 (雖未明訂電頻，但貨櫃船有 74% 為 60Hz，其中大型船更高達 94% 為 60Hz 系統^[10])。

LNG 船 (附錄 F)：多電纜供電，6.6 kV 供電，電頻 60Hz，電纜由岸上提供。

標準中要求各碼頭採高電壓供電(6.6kV/11kV)，最高不得超過 15kV。頻率則是 50Hz 及 60Hz 皆可，但須符合船上需求，因此必要時需裝設變頻設備。國際間目前傾向於以 60Hz 為主，我國供電頻率為 60Hz，因此若確定 60Hz 則對我有利，可減少變頻設備的投資。不符合這些規格的船舶則需進行改裝，在船上加裝變壓變頻設備。

五、減量效益評估

遠洋船舶燃燒柴油發電，輸出每千瓦小時功率產生的排放量平均如表 3。船舶行進時，主引擎燃燒重油，引擎動力可以順帶發電，因此排放的污染量要看表中重油的部分；靠岸時，改採輔助引擎發電，使用柴油，因此要看柴油的排放量。本節以燃燒柴油產生的污染量，與改用相同功率的用電所需的發電量造成的污染做比較。

表 3 引擎發電平均污染排放量

單位：g/kW·h

燃料別	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂
重油	1.0	14.7	12.3	722
柴油	0.3	13.9	4.3	722

資料來源：Puget Sound Maritime Air Forum, 2007

岸上供電的電力排放污染部分，僅火力發電廠（含燃煤、燃油、燃氣）有空氣污染及溫室氣體排放量，其餘核能發電、水力發電、風力發電、太陽能發電、地熱發電等都視為無污染排放。因此根據臺灣電力公司資料^[12]，取得 2009 年臺灣全年度火力發電廠的粒狀物(PM)、硫氧化物(SO_x)、氮氧化物(NO_x)的總排放量，即可視為台電所有發電的總污染排放量。

另外根據中央政府總預決算查詢及統計資料庫網站資料^[13]，以 2009 年全國消費電量為基礎，將總排放量除以總消費電量，計算得到每度電的排放量。以消費電量為基礎而不以發電量為計算基礎，可以避免備載電量沒有納入，造成排放量低估的假象。計算所得台電 98 年度每度電 (kW·h) 排放量如表 4，但表中每度電的二氧化碳當量排放則直接採計台電網站 2011 年公告的 98 年修正後電力排放係數值，該係數計算分母是總銷售電量。

表 4 台電 98 年度每度電 (kW·h) 污染排放量

98 年	PM	SO _x	NO _x	CO ₂ (gCO ₂ e/度)
克/度	0.011	0.161	0.178	616

註：發電量資料來源為中央政府總預決算查詢及統計資料庫網站，98 年度全國消費電量。

排放量資料為該年度台電火力發電廠總排放量。

CO₂ 資料直接採計台電 2011 年公告的 98 年修正後電力排放係數值。

依據前述資料，使用相同電量的岸電，污染物消減比例如表 5。其中，PM、NO_x、SO₂ 的削減量皆超過 95%，顯示使用岸電確有很高的減量成效，但是溫室氣體的削減幅度則僅有 14.7%，遠低於其它空氣污染物的削減幅度。

表 5 遠洋船舶使用相同電量岸電的污染削減比例

	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂ e
重油	98.9%	98.9%	98.5%	14.7%
柴油	96.2%	98.8%	95.9%	14.7%

以貨櫃碼頭為例，推估岸電碼頭的設置及營運成本如表 6。假設借款利率為 2.7%，設置成本攤提年限為 10 年。每座碼頭建置岸電設備以 1,000 萬元估計，管路等土木成本也約 1,000 萬元，另外每年的維護及營運等人力成本以建置成本的 15%估計，在 10 年攤提的期間，每年約需支出 530 萬，此為固定成本。而每年營運的變動成本僅有電費支出，但是隨著電費增加，向航商收取的費用也會增加，因此假設收費與電費相同，打平變動成本。而滿 10 年後，則僅有變動成本支出^[14,15]。

表 6 貨櫃碼頭岸電建置及營運成本推估

	項目	數值	備註
背景條件	利率	2.7%	
	攤提年限(yr)	10	
固定成本	建置成本(NT)	20,000,000	
	維護成本(NT)	3,000,000	以建置成本 15%計
	年支出費用(NT)	5,308,855	前 2 項合計
變動成本	電費支出	假設與航商收費打平	

以前述條件來推估減量的成本效益。根據高雄港務局提供 2009 年進出港貨櫃船資料，各貨櫃碼頭平均停靠船舶次數為 384 次，停泊時間平均為 17 小時 55 分鐘，但是停泊時間的中位數僅有 10 小時 30 分鐘。由於 95%的船停泊時間少於 1 日，若僅統計停留時間小於 1 日的船，則平均停留時間為 10 小時 54 分。因此以停留時間 10 時計算每年的削減成本，推估結果如表 7 及表 8 所示。表中的減量成本，係以表 6 中的固定成本，除以 4 種排放物減量的總和。

表 7 是將停泊之貨櫃船用電量固定為 1,000kW，試算不同年停泊數時的減量成本。由於僅有固定成本，因此停泊數越多，明顯的減量成本呈線性遞減。表 8 則是將停泊之貨櫃船數固定為 300 艘，試算船舶的平均用電量不同時，減量成本的差異。結果顯示用電量越大，減量成本越低。由於噸位越大的船，用電量也越大，因此停靠大噸位船舶的碼頭，或是冷凍貨櫃碼頭，單位減量成本越低。

表 7 貨櫃碼頭岸電建置減量成本推估（不同停泊數）

年停泊數	年削減量（噸/年）				減量成本 （元/噸）
	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂ e	
100	0.3	13.7	4.1	106.0	42,762
200	0.6	27.5	8.2	212.0	21,381
300	0.9	41.2	12.4	318.0	14,254
400	1.2	55.0	16.5	424.0	10,690
500	1.4	68.7	20.6	530.0	8,552
600	1.7	82.4	24.7	636.0	7,127

以每艘船每次停泊 10 小時，平均用電量 1000W 推估。

表 8 貨櫃碼頭岸電建置減量成本推估（船舶用電量不同）

平均用電量	年削減量（噸/年）				減量成本 （元/噸）
	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂ e	
100kW	0.1	4.1	1.2	31.8	142,539
200kW	0.2	8.2	2.5	63.6	71,270
400kW	0.35	16.49	4.95	127.20	35,635
800kW	0.7	33.0	9.9	254.4	17,817
1200kW	1.0	49.5	14.8	381.6	11,878
1600kW	1.4	65.9	19.8	508.8	8,909

以每艘船每次停泊 10 小時，一年停泊 300 艘推估。

文獻中^[16]提及臺灣地區的空气污染物減量成本中，SO_x：45,919 元/噸；NO_x：53,790 元/噸；PM₁₀：88,212 元/噸。另外 CO₂ 為 2,967 元/噸。若以此為標準，將表 7 的削減量換算為費用，評估每年停靠船舶需達多少量，使用

岸電的成本效益才能優於一般的減量技術。試算結果列於表 9 中。從表中可以得知，當年停泊船隻超過約 420 艘時，減量效益即大於建置跟維護成本；當停泊數達 240 艘時，已可打平維護成本。

表 9 貨櫃碼頭岸電建置減量成本效益試算

年停泊數	減量效益（元/年）				合計 （元）
	PM	NO _x	SO ₂	CO ₂ e	
100	25,454	739,032	189,261	314,502	1,268,248
200	50,907	1,478,064	378,521	629,004	2,536,497
240	61,089	1,773,676	454,226	754,805	3,043,796
300	76,361	2,217,096	567,782	943,506	3,804,745
400	101,815	2,956,127	757,043	1,258,008	5,072,993
420	106,905	3,103,934	794,895	1,320,908	5,326,643
500	127,268	3,695,159	946,304	1,572,510	6,341,241
以每艘船每次停泊 10 小時，平均用電量 1,000W 推估。 SO _x ：45,919 元/噸；NO _x ：53,790 元/噸；PM ₁₀ ：88,212 元/噸；CO ₂ ：2,967 元/噸。 岸電建置成本攤提與維護成本每年為 530 萬元，攤提後每年維護成本為 300 萬元。					

六、成本比較

船用柴油機的比油耗一般在 180~190g/hp·h^[12]，通常柴油密度以 0.84kg/L 計算^[18]，因 1hp=0.7457kW，則油耗為：

$$\begin{aligned} 190\text{g/hp}\cdot\text{h} &= 190\text{g/hp}\cdot\text{h} \div 0.7457\text{kW/hp} \div 0.84\text{kg/L} \div 1000\text{g/kg} \\ &= 0.3\text{L/kW}\cdot\text{h}。 \end{aligned}$$

船舶停港期間消耗功率若以 1,000kW^[19] 估算，一般船用柴油機的油耗依上列計算約為 0.3L/kW·h，因此每小時約需 300L 耗油量；若換算為用電度數，1 度電=1kW·h，則需 1,000 度電，兩者間成本分析說明如下：

1. 柴油發電成本

從岸電規劃層面來講，海運船舶靠岸使用岸電將對降低污染排放效益最明顯，因其船舶柴油機馬力遠大於漁船，而一般船舶及國際船舶使

用海運柴油，其中海運重柴油多用於海上航行，進港口需逐步將船用重柴油切換成海運輕柴油，因此以海運輕柴油(MGO)價格進行成本評估。依中油油品價格^[20]顯示，2011 年 6 月 13 日起 MGO 價格為 29,600 元/公秉(=29.6 元/公升)，故：

300L 柴油成本=29.6 元/公升*300 公升=8,880 元。

2. 岸電使用成本

國外有設置岸電之港口均採三相四線制 380V/50Hz、400V/50Hz、或 450V/60Hz 交流電制，岸電設置多採高壓(750V~33kV)或特高壓(>33kV)供電^[21]通過變電站將電壓降低，並通過地下電纜分輸為 380V 或 400V 或 450V 之低電壓，供船隻岸電使用。依國際岸電設置趨勢來看，未來主要供電電壓為 6.6kV 或 11kV，在台電電價標準中屬於高壓供電方式（依據勞工安全衛生設施規則第 3 條規定，低壓：<600V；高壓：600V-22.8kV；特高壓：>22.8kV，與國外文獻^[21]定義不同）。依台電電價表^[22]所示，高壓供電費率計算如下：

(1)基本電費

依經常契約估，每月每 kW 約 185.8 元(夏月/非夏月基本電費取平均)，每天每 kW 分攤為 6.19 元。

(2)流動電費

尖峰時段 3.02~3.13 元/度，半尖峰時段 1.99~2.09 元/度，離峰時段 1.34~1.45 元/度，估算每週 7 天時段分配為尖峰時間：半尖峰時間：離峰時間=3.25 天：0.5 天：3.25 天，因此夏月及非夏月平均電價估算為 2.28 元/度及 2.18 元/度，全年度平均為 2.21 元/度。

3. 電費評估

以船舶靠岸需 1,000kW 功率算，電費所需=1,000kW*6.19 元/kW+1000 度*2.21 元/度=8,400 元。

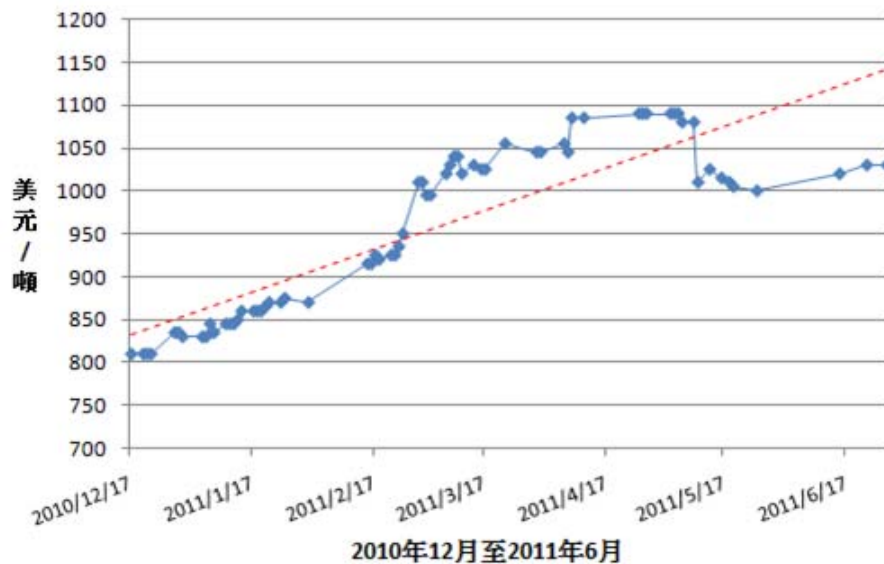
若不考慮岸電設置所需硬體及維護費用，單就油耗及電耗目前費用來評估，單艘船舶靠柴油發電約需 8,880 元油資，若採岸電則需 8,400 元電資，岸電約可節省 4.5%費用，當然兩者費用差異之大小取決於未來油價及電價波動趨勢，若岸電供應量夠大，效益愈發明顯。

表 10 船舶柴油發電與岸電成本分析表

	柴油發電機組(1,000kW)			單泊位岸電供應(1,000kW)				節約成本 (元，相對於 MGO)
	油耗 (公升)	油費		電耗 (度)	電費			
		MGO 單價 (元/公升)	總計 (元)		基本電 費(元)	流動電費 (元/度)	總計 (元)	
單次	300	29.6	8,880	1,000	6,190	2.21	8,400	480 元

依據新西蘭泛洋船務有限公司^[23]近半年全球各港口 MGO 油價變化資料，彙整出臺灣港口近半年 MGO 油價變化趨勢，如圖 2 所示，近半年油價整體呈現上升趨勢，半年上升比例約 27%。

國內海運柴油價格受國際油價及匯率波動影響甚鉅，從長期趨勢來看，油價不斷上揚仍為必然趨勢；而國內電費計價方式已從 2008 年 10 月起均未調整，價格相對穩定。假設台電費率不變的條件下，以目前油價及電價之間的經濟效益，以單一港口設置 10 個岸電泊位全年滿位的狀況下來估算可節省資金約 175 萬；若油價未來兩年持續以目前上升比例上昇，而兩年後 MGO 油資將由目前 29.6 元/公升上揚至約 61.6 元/公升，兩者差距拉大，同樣以一個港口裝設 10 個岸電泊位連接埠來算，一年可節省資金高達 3,600 多萬，效益明顯。由此可見，岸電設置趨勢就如同油價上昇，為大勢所趨。



資料來源：本研究彙整

圖 2 近半年臺灣 MGO 價格變化圖

表 11 船舶柴油發電與岸電成本效益評估表

預估 時程	柴油發電機組(1,000kW)			單泊位岸電供應 (1000kW)		節約成本(元 /次，相對於 MGO)	經濟效益 (以 10 個岸 電泊位 *365 天計)
	油耗 (公升)	油費		電耗 (度)	電費		
		MGO 單價 (元/公升)	總計 (元)		總計 (元)		
100/6	300	29.6	8,880	1,000	8,400	480	175.2 萬
100/12		37.6	11,280			2,880	1,051.2 萬
101/6		45.6	13,680			5,280	1,927.2 萬
101/12		53.58	16,073			7,673	2,800.6 萬
102/6		61.57	18,470			10,070	3,675.6 萬

七、問題分析

過去推展岸電的問題最主要在於尚未有發行的國際技術標準，這個問題即將解決。國際標準將解決以下問題：

1. 船舶用電負載連接岸電配電系統不具備通用性，無一致標準和規格。除了各船及各地的電壓不同外，還有電頻不同的問題(50 Hz/60 Hz)。
2. 岸電接地系統和未接地的浮動設施(如集電箱、浮動駁電船)設計尚無國際技術標準，可能危及設備與作業人員的安全^{[27][28]}。
3. 由於靠岸船舶是浮動的，連接岸電的電纜容易拉扯，斷電的機率大於一般陸地上的電網。故除了岸上供電來源可能斷電，船舶—岸電系統連接也可能斷線、短路或緊急脫離等，這些風險可能都比台電斷電的風險來得大。IS 中應會依據 SOLAS Ch II-1/D, 42 針對客輪的規定，以及 43 針對貨輪的規定，亦即依照「國際海上人命安全公約」(International Convention for the Safety of Life at Sea, SOLAS)第 II-1 章「構造—艙區劃分及穩度、機械與電機裝置」之規定辦理。故港方應可不考慮台電斷電造成的賠償問題。

其它屬於一般性的技術問題包括：

1. 遠洋船舶尺寸大小差異極大，電源接頭位置不一。若岸電供電位置固定，可能導致船舶停靠碼頭時不易調整位置；若使用電纜線過長，則可能影響碼頭平面作業。IEC/PAS 60092-510 中未見相關規範，各港在規劃時需自行依實際現況設計。

2. 對於需要起重機作業的船舶，例如貨櫃輪、乾貨輪，岸電設置必須避免影響碼頭作業，因此電纜必須儘可能地下化。而且船舶長度差異可能很大，對於接電箱位置及數量的配置，問題較多。而對於油輪、郵輪、駛上駛下船等船舶，因為輸油管或人車上下的靠岸位置需固定，因此電纜、岸電設備的配置可以先規劃避開^[27]。

成本效益的問題包括：

1. 岸電不一定符合減量的成本效益。雖然 SO_x、NO_x、PM 等空氣污染物會因為電廠的防治設備較佳而減少，如果增加的電力來源主要為燃煤，則二氧化碳整體排放量不減反增，因此需依照當地的電力結構評估岸電效益。因為柴油機排放的粒狀物皆為細微粒的 PM₁₀，屬美國環保署公告的致癌物，因此洛杉磯港推動岸電是以削減 PM₁₀ 排放量為目的，沒有考慮二氧化碳整體排放量。
2. 岸電設置成本可能不易回收。而現有岸電設備的船舶尚未普遍，初期使用率難以提高而導致閒置過多，投入成本不易回收。且岸電裝、卸電纜可能將近 1 小時，碼頭碇泊費是否要收？而岸電供電的收費標準需由政府相關部門與船方、港方、供電方等協商，過高將使航商意願降低，過低則成本難以回收。目前各國主要靠政府相關部門給予船方企業資金補助或減稅等優惠政策推動^[5]，或是強制性的法規要求^[6]。
3. 船舶改裝成本回收問題。對船商而言，除了油費與電費的價差外，還有改裝成本的考量。船隊改造一艘船，一年有 50 次停泊岸電碼頭，跟改造 10 艘船，一年停泊 10 次岸電碼頭，對港而言效益完全相同，但是對船隊而言成本增為 10 倍。

岸電的成本效益問題可以由本研究試算的結果看出，只要停泊的船次夠多，停的船夠大（用電量高），就可以達到符合經濟的減量效益。而且若只看 CO₂ 的減量，即使全年泊位滿載，還不一定能達到經濟規模。

成本回收問題可以透過篩選特定碼頭建置，並採獎勵及懲罰措施。特定碼頭可以篩選同一船隻重複到港停靠比例高、停泊船數多、停泊噸位大的碼頭優先建置。因此貨櫃船隊很符合此條件。

獎懲措施以美國為例，加州空氣資源局公布強制命令，限制船隊靠岸時輔助引擎發電機運轉時數及使用岸電的比例，並規定逐年調升使用岸電之比例^[6]，因此我國也可以透過環保署研擬配合徵收船舶空污費等強制性規定。而目前我國的電費與鄰近國家比較相對偏低（台電表示為東南亞第二低），如果再加上碼頭碇泊費減免，經濟上對於航商而言可能有足夠的誘因。

八、結論與建議

目前國際統一標準即將通過，正是開始規劃推動岸電的時機。針對我國港口的岸電設施，建議優先推動同一船隻重複到港停靠比例高、停泊船數多、停泊噸位大的貨櫃船隊碼頭優先建置。採用地下固定式、6.6kV/11kV、60Hz 的岸電供電模式，可符合未來國際標準。

台電供電無須變換頻率，可減少變頻成本，對我國建置岸電有利。但因為建置成本仍高，在有岸電設備船舶不普及的情況下，成本恐怕很難回收，建議可先趁碼頭修建時先預留地下管路，等待時機，可大幅節省岸電建置經費。

由於岸電設置成本高，目前已裝置岸電的船舶又很少，因此應針對優先利用率高、停泊船型固定之碼頭優先建置。例如自有碼頭及船隊的航商便非常適合，高雄港第六貨櫃中心的陽明海運碼頭、洛杉磯港的中海公司專用碼頭優先設置岸電，都是相同模式下建置成功的案例。

使用岸電，有明顯的削減空氣污染的效益，但就溫室氣體減量而言，因為與台電電力結構相關，削減率偏低。未來推動岸電時，不應只就節能減碳的觀點，需將空氣污染減量的成果一併納入討論，才可提升投資的成本效益。

成本節省與原油價格息息相關，需有適當定價方式，對航商才有足夠誘因改裝岸電設施。船舶岸電使用雖然正在發展中，尚須多項鼓勵及配套措施，其節能減碳的效益也可能不如空氣污染減量成效，但從歐、美、中國大陸皆積極推動來看，成為世界性的趨勢儼然無法避免，未來可能成為港口需提供的必要服務，影響港口的國際競爭力。

參考文獻

1. Tetra Tech, Inc. “Draft use of shore-side power for ocean-going vessels white paper”, American Association of Port Authorities, May, 2007
2. 中國交通報，2010 年 6 月 30 日
(http://www.moc.gov.cn/zhuzhan/jiaotongxinwen/xinwenredian/201006xinwen/201006/t20100630_699517.html)
3. 黃細霞等，「典型港口岸電比較及對中國港口岸電的啟示」，港航節能，2009 年第 04 期。
4. UKP&I CLUBLP Bulletin, 2010 年 10 月 15 日 星 期 五

- ([http://www.epandi.com/ukpandi/resource.nsf/Files/ch721/\\$FILE/ch721.pdf](http://www.epandi.com/ukpandi/resource.nsf/Files/ch721/$FILE/ch721.pdf))
5. 「我國現階段船舶利用岸電問題探討」，中國水運，2010 年 9 月。
 6. CARB, Section 93118.3. “Airborne Toxic Control Measure for Auxiliary Diesel Engines Operated on Ocean-Going Vessels At-Berth in a California Port.”
 7. International Electrotechnical Commission (IEC) Technical Committee No.18 ,
http://mydocs.epri.com/docs/publicmeetingmaterials/1106/7FNP3F4JZPH/E236437_NRE_Presentations.pdf
 8. IEC 網站 ,
http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/Artnum_PK/9999923268
 9. IEC , IEC/PAS 60092-510 , 2009
 10. Patrik Ericsson、Ismir Fazlagic’, “Shore-Side Power Spplly”, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2008
 11. 袁慶霖、黃細霞、張海龍，「港口船舶岸電供電技術的研究與應用」，上海造船，第 2 期，2010 年。
 12. 台灣電力公司，「火力發電廠空氣污染改善之績效指標（98 年版）」，2010 年。
 13. 中央政府總預決算查詢及統計資料庫網站，
[http://cache.moe.edu.tw/budget_ly/budget_ly_00/view4.php?db_project=budget_arendos&sub_type1=form&db_sub1=臺灣地區能源統計資料&sub_type2=clause_1&db_sub2=總發電量 - 毛發電。](http://cache.moe.edu.tw/budget_ly/budget_ly_00/view4.php?db_project=budget_arendos&sub_type1=form&db_sub1=臺灣地區能源統計資料&sub_type2=clause_1&db_sub2=總發電量-毛發電。)
 14. 宇泰工程顧問有限公司，「高雄港第 115、116 及 117 號碼頭改建工程船舶岸電系統規劃研究」，2010 年。
 15. OPS calculation tool , <http://www.ops.wpci.nl/costs/>
 16. 梁啟源，「能源稅及其配套對臺灣經濟之影響」，石油市場雙週報，2007 年 10 月。
 17. 百度網站
<http://z.baidu.com/question/173520213.html?fr=qrl&cid=183&index=4&fr2=query>

18. <http://161.207.1.13:82/gate/big5/oilinfo.cnpc.com.cn/ypxx/sycp/ypzs/qcy/-ifbase4-base24-svHTzcr00NS96cncLmh0bQ~~> 中國石油油品訊息。
19. 上海港口外高橋六期碼頭岸電試點項目方案論證，<http://wenku.baidu.com/view/803649c5bb4cf7ec4afed002.html>
20. http://www.cpc.com.tw/big5_bd/tmtd/ListPrice/price-05.asp?pno=41 中油
油品行銷事業部-油品價格。
21. MariTerm AB, Shore-side electricity for ships in ports, Case study with estimates of internal and external coast, prepared for the North Sea Commission, 2004-08-23.
22. 台灣電力公司 電價表
http://www.taipower.com.tw/TaipowerWeb/upload/files/11/main_3_6_3.pdf
23. 新西蘭泛洋船務有限公司，油價，
<http://www.vanocean.com/cn/News/index3.asp>
24. 楊文賢，「基隆港進口整裝貨櫃業務經營策略之研究」，基隆港港埠研究報告，2005 年。
25. 任志強，「油品成份及添加劑對柴油引擎性能及引擎排放影響因素分析」(NSC94-EPA-Z-224-002)，2006 年。
26. 李建科、王金全、金偉一、馬濤，「船舶岸電系統研究總述」，船電技術，2010 年 10 月。
27. 周振南，「船舶連接岸電系統簡介」，船舶設計通訊，第 2 期，2007 年 12 月。
28. 「岸電在中國的實現」，世界海運(World Shipping)，2010 年 10 月。
29. 科學人，「電動車，電從哪裡來？」，科學人，NO. 107, 2011 年 1 月號。

Electrification and Hybrid Solutions for Cargo Handling Equipment

Hung-Li Chang, Ph.D.¹

ABSTRACT

Electric Truck Demonstration Project

Fact Sheet Overview

In 2007, the Port of Los Angeles and South Coast Air Quality Management District (SCAQMD) partnered to fund the prototype of the world's most powerful short-range heavy-duty electric truck from Santa Ana-based Balqon Corporation. The agencies split the \$527,000 investment to demonstrate a heavy-duty truck capable of hauling a fully loaded 40-foot cargo container.

The heavy-duty, all-electric truck now being tested at the Port of Los Angeles is a zero-emissions workhorse that could be a precursor to future short-range port and cargo terminal drayage operations worldwide. To advance this vision, the Port will place the first significant production order of these trucks with Balqon Corporation, to take delivery of 20 electric container terminal tractors, or "hostlers," and five on-road electric drayage trucks over the next 12 months.

The Balqon electric truck initiative augments the ongoing green technology efforts under the Technology Advancement Program, a component of the San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan (CAAP) approved by the ports of L.A. and Long Beach in November 2006. The ports are committing \$15 million over five years to fund the TAP. The mission of the TAP is to accelerate the verification or commercial availability of new, clean technologies through evaluation and demonstration to move towards an emissions-free port.

1. Emission Research and Regulatory Development Branch Cal/EPA Air Resources Board

Performance

- ◇Maximum speed: 40 mph
- ◇Maximum range (empty): 60 miles/full charge
- ◇Maximum Range (fully loaded): 30 miles/full charge

Charging Specs

- ◇Charging Time (60% charge): 1 hour
- ◇Charging Time (100% charge): 3-4 hours
- ◇Price per truck: \$189,950 (yard hostler model); \$208,500 (on-road model)
- ◇Price of charger: \$75,000, can charge 4 vehicles simultaneously
- ◇Charger Connection: existing 440v system (total output 80kw)

Reduced Energy Consumption and Costs

<u>Electric Truck</u>	<u>Diesel Truck with 5 miles-per-gallon*</u>
2 kilowatt hours of energy units per mile	electrical equivalent of 8 kilowatt hours of energy units per mile
Operation cost: 20 cents per mile	The third phase of this program will be the production of five on-road electric

** The above energy consumption and energy cost comparisons are based on a 100% duty cycle, which diminishes in the diesel truck when the truck is idling. A common 50/50 duty cycle in a diesel truck, reflecting 50 percent idling time, would increase the diesel truck's cost per kilowatt hour from .90 to \$1.80.*

Emissions Reduction Potential

An overall calculation of net emissions reductions still needs to be performed in order to take into account the emissions created in the generation of electric power used to charge the truck's batteries. However, based on the average emissions generated by the existing fleet of drayage trucks that serve the San Pedro Bay ports, Port of Los Angeles staff estimated the average pollution discharge generated by the estimated 1.2 million truck trips that occurred in 2006 between the ports and a local near-dock rail yard (the Inter modal Container Transfer Facility or ICTF). If those 1.2 million truck trips were to be made with zero emission electric trucks, an estimated 35,605.6 tons of tailpipe emissions would be eliminated in the following manners:

21.8 tons per year of Diesel Particulate Matter (DPM)

427.7 tons per year of localized Nitrogen Oxide (NO_x) emissions

168.5 tons per year of Carbon (CO)

34,987.6 tons per year of Carbon Dioxide (CO₂)

= 35,605.6 tons/year emissions

Background

The truck began initial testing at the Port in January 2008. Daily testing was recorded electronically as the truck was tested for speed, range, payload and charging capabilities.

Energy-management and operational characteristics of this vehicle are micro processor and software controlled using state-of-the-art technology applied from the hybrid and electric vehicle industry. During the testing, software changes were made to improve vehicle energy efficiency (conversion of electric energy to mechanical energy) by more than 20%.

Before on-road testing, the truck will be tested at a Port of L.A. container terminal as an emissions-free “yard hostler.” Fleets of hundreds of hostlers throughout the port complex –mostly diesel but some LNG test units -- move thousands of containers daily between the docks and terminal backland, and could potentially be replaced with electric vehicles.

While the truck tests in terminal operations are underway, the Los Angeles Harbor Commission in April approved a production order of 20 electric hostlers. Production will begin after the successful completion of the cargo terminal tests. In the third phase of the Port’s program these 20 units will be deployed as part of a “green terminal” program at the Port of Los Angeles (terminal operator to be selected). The hostlers are expected to cost \$189,950 per unit.

The third phase of this program will be the production of five on-road electric trucks. The on-road heavy-duty electric truck is expected to cost approximately \$208,500 per unit and will require the Port and manufacturer Balqon Corporation to work together with the Department of Transportation to obtain appropriate certification of the vehicle to be used on road.

L.A.'s Vision for the Heavy Duty Electric Truck

All-electric drayage trucks could substantially reduce the emissions generated by an estimated two million or more very short-haul truck trips that occur each year between the port complex and local rail and warehouse facilities. Today, containers are hauled to and from the San Pedro Bay Ports by an aging fleet of diesel trucks that generate a substantial amount of emissions. Beyond the health impacts of smoke-belching drayage trucks, noise generated by trucks idling or driving near and through harbor-adjacent communities is also a nuisance to our communities.

As a provision of the first order of trucks by the Port of Los Angeles, Balqon Corporation has agreed to establish assembly plant operations at site roughly three miles from the Port, in the City of Los Angeles. Upon start-up, this operation will have approximately 30 “green collar” assembly line workers and a total of 47 employees. The plant will provide a new source of jobs and potentially millions of dollars in business revenue for the local area.

As one of the initial investors in the development of this technology (along with SCAQMD), and the first entity to place a fleet order, the Port of Los Angeles will be paid a royalty fee by Balqon Corporation for every unit that is sold or leased to third-parties worldwide. These funds will be put back into our Technology Advancement Program or other “zero emissions” initiatives that we are exploring as part of the ground-breaking San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan (CAAP) approved by the ports of L.A. and Long Beach in November 2006.

Container volume at the San Pedro Bay port complex is expected to more than double between now and 2020. To accommodate that growth, the San Pedro Bay Ports Clean Air Action Plan outlines dozens of unprecedented air emissions reduction measures. Clean fuels, electric power and other alternative fuel applications are important components in the overall “green growth” strategy being pursued at the San Pedro Bay Ports.

◆Cargo Handling Equipment





◆Cargo Handling Equipment

“Cargo Handling Equipment” means any off-road, self-propelled vehicle or equipment used at a port or intermodal rail yard to lift or move container, bulk, or liquid cargo carried by ship, train, or another vehicle, or used to perform maintenance and repair activities that are routinely scheduled or that are due to predictable process upsets. Equipment includes, but is not limited to, rubber-tired gantry cranes, yard trucks, top handlers, side handlers, reach stackers, forklifts, loaders, aerial lifts, excavators, and dozers.

◆Inventory

- Staff estimates there are about 4,400 mobile CHE vehicles at California’s ports and intermodal rail yards in the updated 2006 baseline inventory.
- The most common type of CHE is a yard truck, comprising approximately 55 percent of all CHE in the 2006 baseline year

◆Yard Trucks

- Yard trucks are also known as yard goats, utility tractor rigs, hustlers, yard hostlers, and yard tractors
- Yard trucks are very similar to heavy-duty on-road truck tractors, but the majority has historically been equipped with off-road engines.

◆Key Requirements of CHE Regulation

- New Yard Trucks
 - Equip with either a certified on-road engine meeting the current model year standards or a certified final Tier 4 off-road diesel engine.
- In-Use Yard Trucks
 - Meet BACT performance standards primarily through accelerated turnover of older yard trucks to those equipped with cleaner, certified on-road or off-road engines

◆Key Requirements of CHE Regulation

- New Non-Yard Truck Equipment
 - Equip with a certified on-road engine meeting the current model year standards or certified Tier 4 off-road diesel engine
 - If neither is available, the engine must be certified to the highest level off-road diesel engine standards and the highest level available verified diesel emission control strategy (VDECS) must be installed within one year or within six months of the VDECS becoming available, whichever is later
- In-Use Non-yard Truck Equipment
 - Equipment are required to meet BACT, which includes replacement to cleaner on-road or off-road engines and/or the use of retrofits
 - For owners/operators that elect to use retrofits, a second compliance step, which would require replacement to Tier 4 off-road engines or installation of a Level 3 VDECS (85 percent diesel PM reduction), may be required, depending on the equipment category and level of VDECS applied

◆Compliance Schedule

- Compliance with the regulation is phased in beginning in 2007 based on the age of the engine, whether or not it is equipped with VDECS, and the size of the fleets
- Compliance date for the in-use performance standards can be extended if:
 - an engine is within one year of retirement
 - no VDECS are available for non-yard truck equipment
 - an experimental diesel PM emission control strategy is used for non-yard truck equipment
 - there are delivery delays

◆Recordkeeping

- Owners/operators are required to maintain records for all CHE
- Submit a compliance plan
- Perform annual reporting

◆Retrofit

- Retrofit (after treatment) technologies can reduce emissions by adding a new, cleaner technology to an older system. Technologies available for cargo handling equipment include Selective Catalytic Reduction (SCR), Diesel Particulate Filter (DPF), CCV Closed Crankcase Ventilation (CCF), Exhaust Gas Recirculation (EGR), and Diesel Oxidation Catalyst (DOC)
- These devices do not improve fuel economy, but can be cost-effective means of reducing impacts on port workers, neighbors and ambient air quality

◆Repair, Rebuild, Repower

- It can be cost-effective to replace, rebuild, or repower a piece of cargo handling equipment rather than replace it
- Repowering means modifying or replace an existing engine with a cleaner, more efficient technology of the same type, or with an alternative-fuel engine
- Rebuilding an engine involves taking it apart, cleaning and adjusting components, and replacing/upgrading components to new standards
- Rebuilding an engine can significantly lower emissions and can be cost effective for equipment that is costly to replace.
- Properly maintaining and repairing engines can save fuel, reduce emissions and extend engine life.

◆Hybrid or Electric Straddle Carrier

- Straddle carriers can be run as hybrid diesel/electrics or purely on electricity, both of which save fuel and reduce emissions in port areas



◆Hybrid or Electric Forklift

- Electric and hybrid forklifts transport goods quickly and reduce worker exposure to emissions from fuel combustion. Hybrids can save fuel
- Many terminals use electric forklifts; suitability of any type/make/model is dictated by terminal operations rather than ports



◆Hybrid or Electric Reach Stacker

- Reach stackers move incoming, dwelling and outgoing cargo around ports. Electric and hybrid diesel/electric motors reduce emissions and allow for cleaner-running machines



◆Hybrid or Electric Yard Hostler/Tractor

- Hybrid and all-electric yard hostlers operate efficiently under stop & go conditions and reduce on-dock emissions
- Long Beach Yard Hostlers: \$300,000 from EPA matched by \$900,000.
- LA yard hostlers: South Coast Air Quality Management District and Port of LA contributed \$527,000 for testing this technology

◆Hybrid or Electric Yard Hostler/Tractor

- Long Beach hybrid yard hostlers reduce NOx and PM by 93% (compared to diesel-only yard hostlers)
- Kalmar Industries will integrate hybrid drive system into Ottawa 4x2 yard tractor
- Port of LA: 20 electric yard hostlers, 5 electric short-haul drayage trucks

◆Electric Yard Tractor

- Balqon Corporation stated that an electric yard hostler saves \$.60-\$1.60/mile depending on the efficiency of the diesel-fueled vehicle it replaces
- At \$190,000 to \$210,000 per unit, electric yard trucks can cost approximately three times what a diesel-fueled unit would cost, and about twice what propane or natural gas –fueled units cost.



◆Hybrid or Electric Crane

- Both hybrid diesel-electric and all-electric cranes improve air quality and save fuel. Hybrid motors capture and store energy generated by deceleration and gravitational pull, and later provide it for acceleration and hoisting.



◆Hybrid or Electric Crane

- Railpower hybrid RTG crane: 70% fuel savings
- Vycon hybrid crane: 30% fuel savings
- Georgia Port Authority converted all ship-to-shore cranes to electricity for a total of \$4.7 million in 2003
- Grants: Vycon Flywheel at POLA and POLB \$8,000 from AQMD

