

高雄港區空氣污染管制與解決方案之研究

Research on Air Pollution Control and Solution in Kaohsiung Harbor Area

葉惠忠¹

國立高雄科技大學 企業管理系 副教授

hcyeh@nkust.edu.tw

陳瑋轟²

國立高雄科技大學 企業管理系碩士在職專班 研究生

alanant1234@gmail.com

摘要

高雄港為國內第一大商港，商港之空氣污染源，包括物料裝卸、運輸、輸送、堆置等作業，於作業過程逸散粒狀污染物，造成路面揚塵污染；此外，陸地上柴油貨車及海上船舶等污染源，於貨物運輸過程產生空氣污染，均影響空氣與民眾居住環境品質。過去高雄港管理機關對於污染均採行政管制手段，未有一套完整問題解決之方法，鑑別過去我國無太多相關文獻與實際案例，本研究採用質化研究，探討港區污染管制策略需面臨之情況與如何有效執行。

本研究欲從問題分析解決觀點出發，針對高雄港各污染防治上需考慮之因素進行探討，由於污染種類繁雜，故本研究首先蒐集國內外相關文獻與研討會議，發現問題，並透過五階段解決流程，利用專家深度訪談法，歸納可行性之港區空氣污染管制方法，希望未來能提供港區管理機關之參考，並對於學術上的相關研究有所貢獻。

關鍵詞：高雄港、空氣污染管制、問題分析與解決、專家訪談

Keywords : Kaohsiung Harbor, Air Pollution Control , Problem Analysis and Resolution, Expert Interviews

1. 緒論

一、研究背景

高雄港為我國貿易進出口量最大港口，依據環保署（2015）資料顯示，高雄港區排放所造成之空氣污染占高雄市空氣污染源中極大比例，港區內船舶行進作業，及貨物裝卸與車輛運送造成之廢氣排放，為主要的空氣污染來源，如圖 1-1 所示。高雄港狹長呈南北延伸航道與海岸線平行，並與高雄市區相鄰，高雄港區所產生之污染物會經由擴散方式影響到高雄市區，當盛行風季節時，港區污染對於高雄市區影響會更加嚴重；另依歷年高雄港污染排放量進行分析與彙總，氮氧化物（NO_x）、揮發性有機物（VOCs）、一氧化碳（CO）、硫氧化物（SO₂）、細懸浮微粒（PM₁₀、PM_{2.5}）及柴油引擎排放的粒狀物（DPM）排放量，是呈現逐年上升趨勢，如圖 1-2 所示。



圖 1-1 高雄港污染源分佈

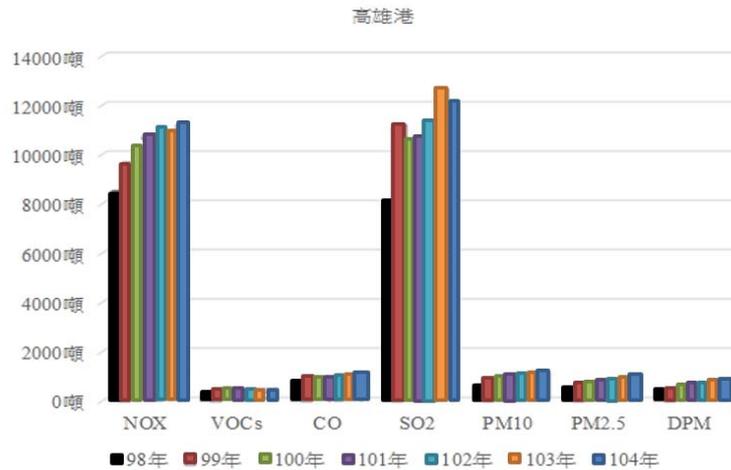


圖 1-2 高雄港歷年污染排放量趨勢圖

二、研究動機

高雄港口之空氣污染源，包括物料裝卸、運輸、輸送、堆置等作業，於作業過程逸散粒狀污染物，造成路面色差及揚塵污染等；此外，陸地上柴油貨車及海上船舶等移動污染源，於貨物運輸過程產生空氣污染，均影響空氣品質，引起民眾抱怨及陳情。為提升港區空氣污染管制成效，以改善空氣品質，環保署（2009）訂定發布固定污染逸散性粒狀污染物空氣污染防制設施管理辦法，規範公私場所應設置或採用有效抑制粒狀污染物逸散之空氣污染防制設施，港區內商港棧埠設施經營業、工業專用港經營業、船舶貨物裝卸承攬業及港區管理機關皆為逸散源管理辦法適用對象。

降低港區污染有三大對策，第一是裝置岸電，讓進港船隻不燃燒化石燃料，第二是限制進港船隻使用低硫油，第三是要求船舶進港減速航行，高雄港在 2014 年斥資 1.79 億台幣設置十座高壓岸電設備，以改善進港船隻造成的嚴重空污問題，但完工三年多來卻未使用，造成港區空污問題嚴重；以 2015 年國際吞吐量第 19 名，且同樣通過生態港口認證的美國洛杉磯港為例，該港自 2014 年即限制至少 50% 靠岸船舶須使用岸電，更向未達標準之進港船隻徵收相對高之排放規費，具有相當懲罰意味（中國時報，2017）。高雄港南側的鎮南宮，是當地民眾最常聚集的地方，雖然生活過得很開心，不過，卻沒有人滿意這裡的空氣品質，因為進出高雄港的貨櫃車，會製造大量灰塵，卸貨碼頭上的揚塵，又同時鋪天蓋地而來，還有船隻靠岸使用燃油發電，更會造成港區的空氣污染；環保局指出，高雄市的空氣污染來源，除了工業污染、汽機車排放之外，高雄港的貢獻也不小，雖然港區有設置噴霧塔和噴霧車，不過對整體空污減量而言還是有限（公視新聞網，2015）。

本研究將依據港區污染特性、探討可行性管制技術、效率、施作方法與時機及實際案例說明等，供環保局、港區內相關業者及管理機關作為污染管制及採取空氣污染防制設施之參考。

三、研究目的

本研究主要是探討高雄港區空氣污染管制的策略與方針，瞭解執行空氣污染防制需考慮因素。基於目前國內相關文獻探討相當匱乏，縱使提及其他港區污染管理之概念，但對於其需詳細考慮因素內容並無多加敘述及分析，且無論國際或者其他縣市港口，因地理位置，運裝物料和機關執行方式上的差異，導致各種污染防制方式不同，無實際案例可供參考，因而考量採用質化研究，進行初探性之瞭解。期待透過專家學者的感受、認知與經驗的詳述，瞭解其在以空氣污染防制觀點下，利用問題分析與解決流程模式，如何有效訂定污染管制策略，進而瞭解港區污染管制策略上需面臨的情況及影響。綜上所述，本論文之研究目的如下：

- （一）研討港區空氣污染主要來源-分析探討港區空氣污染的主要來源，以研析未來主要防制對策。
- （二）勘查瞭解國內港區空氣污染的現況-分析彙整相關資料，並於必要時實地訪查，以瞭解港區之環境污染狀況。
- （三）研析國內外港區空氣污染管制方法-分析國內外港區空氣污染管理、防制方式及法政體制，如表 1-1 所示，汲取有益之經驗技術或對策，做為高雄港空污管制未來策略訂定和執行之參考。

表 1-1 國內外商港空氣污染管制政策彙整表

管制措施		美國-聖佩德羅灣港	新加坡港	東京港	香港商港	台中港
船舶	污染排放標準	●			●	●
	獎勵、補助措施	●	●		●	
	船舶減速	●	●		●	
	加強防制設備	●			●	●
	岸電設備	●		●	●	●
	使用低硫燃油				●	
裝卸	加裝防制設備	●		●		●
	污染排放標準	●				
	獎勵、補助措施					
卡車	環保標章識別	●				
	加裝防制設備	●				
	獎勵、補助措施	●			●	
	舉辦宣導活動			●	●	●
行政管理	污染減量計畫	●	●	●	●	
	節能計畫		●			
	污染抵換作業			●		

四、研究流程

本研究將與環保機關和其他專家學者進行研商會，並藉由國內外相關文獻及工作成果報告中，來收集資料、問題分析、思考解決對策及本文擬定高雄港區空氣污染管制方案的可行性，最後將透過實際的訪視與晤談來反思、撰寫此篇論文。本研究的詳細步驟流程詳如下圖 1-3 所示。

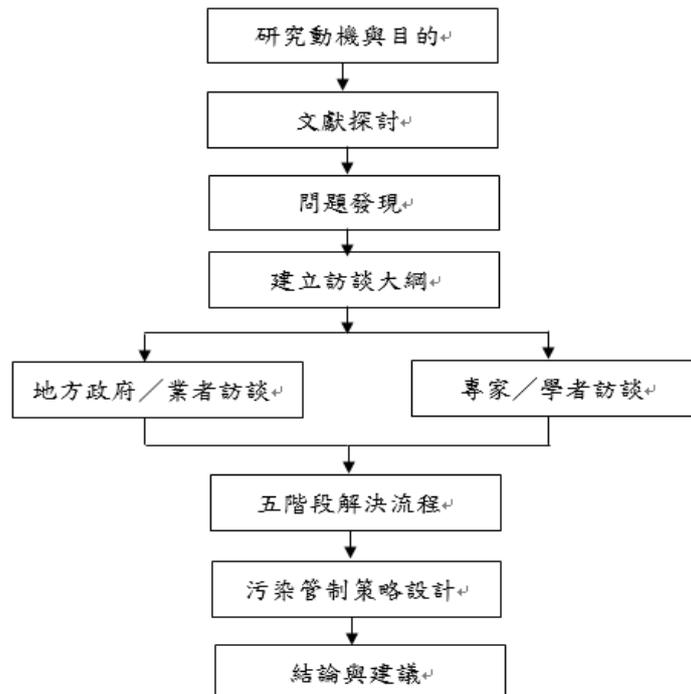


圖 1-3 研究流程圖

2. 文獻探討

一、高雄港背景

高雄港位於台灣西南部沿海，腹地廣大，地處台灣海峽與巴士海峽航道交匯之要衝，是歐、美、亞海運必經之道，為台灣進出口貨物之首要門戶與集散中心。高雄港碼頭共有 121 座（包含新建中、整建中等），全長 27,788 公尺，並有繫船浮筒 18 組，共計可同時提供 152 艘船靠泊，另尚有 8 處船渠。而在棧、露置場及貨櫃儲運中心部分，則計有倉庫和通棧 63 座，總容量 956,039 公噸，其中包含 71 及 71 號機械穀倉 2 座，容量各為 10 萬公噸、8 萬公噸；露置場 6 處，總容量 33,860 公噸（高雄港務分公司，2016）。

二、高雄港污染來源說明

高雄為台灣的重工業之都，空氣污染嚴重，固定污染源負荷占全國 4 成，雖然市府環保局長期採取符合中央標準排放的管制手段，仍無法改善高雄空氣品質。根據環保署資料，高雄市港區污染來源，前 3 名為裝卸業、車行揚塵及柴油車排放（環保署，2015）。

高雄港區內對於污染源總類之分類，從外海至內陸可分為遠洋船舶（Ocean-Going Vessels）、港勤船舶（Harbor Vessels）、裝卸機具（Cargo Handling Equipment）、重型卡車（Heavy-Duty Vehicles）等四種。除了操作與運行中造成的揚塵逸散空氣污染外，另機具引擎主要以皆柴油為燃料，柴油燃燒後會產生 NOX、VOC、CO、SOX、PM10、PM2.5、DPM 及溫室氣體等其他污染物（蔡文正，2016）。

不論是氣體或顆粒狀的污染物，當濃度太高、量太多時，均足以使呼吸器官內正常功能失效或影響其他器官，使身體不適；即使其濃度量沒有足以產生立即危害，但長期影響下能有可能產生慢性病變。

三、國際商港空污防制論述與高雄港管制現況

國際港相關空氣污染防制分成六大領域進行管制，分別為遠洋船舶、近海船舶、柴油裝卸機具、卡車、火車及行政管理等六大項（交通部運輸研究所，2006），本研究彙整國際各主要港口近年執行的措施，包含船用燃油含硫標準、非道路柴油機具污染排放標準、岸電、船舶減速、港口行政管理。

（一）遠洋船舶減速

減速是指船舶於外海開始降低速度，並於距港口 20~40 海哩前降低至一定船速，國內外文獻均有對船舶減速的減量效益深入探討（林素如，2014）。上海國際研討會（2008）指出船速降低 10% 可降低每哩燃料消耗 15-20%；亦有文獻根據高雄港遠洋船舶實際運作情況，進行不同參數的船舶減速實驗，該研究指出降低速度可以減少 PM=68.3%、NOX=68.3%、SO2=55.4%、HC=68.3% 及 CO2=68.58%，污染減量效果顯著，如船速降低至 12 節則最高可降低 48.7% 的燃油成本。

（二）遠洋船舶使用低硫油品

國際間對於船舶燃油政策多以排放標準及獎勵措施兩方法執行，排放標準部分，IMO 將海域分為排放控制區及非排放控制區兩區域，目前排放控制區有歐洲波羅的海（Baltic Sea）、歐洲北海（North Sea）、北美（North American）、美國加勒比海（United States Caribbean Sea）等四個區域，2015 年 1 月 1 日起已將含硫量降低至 0.1%，相較於目前非排放控制區的含硫標準 3.5% 有著極大的差距，但非排放控制區亦將於往後降低含硫標準至 0.5%，屆時將對國際海域 SOX 污染將有助益（TradeWinds，2012）。台灣目前非 IMO 的會員國，燃油標準亦不受規範，依台灣中油資料顯示，目前仍有生產含硫量超過 3.5% 的油品（船用燃油（重油）：3.5~4.5% 及乙種漁船油：低於 4.5%）。

（三）遠洋船舶岸電系統

遠洋船舶停泊後，必須啟動輔助引擎維持船舶基本運作，此污染排放量和停泊時間成正比，此時使用岸電系統即可取代輔助引擎並大幅將低污染排放（蔡鎮遠，2011）。岸電系統是由陸地提供電力並經由高壓纜線輸送至船舶供其使用，然而岸電在初期碼頭岸電基座、船舶岸電設備改裝等建設成本高昂，且目前原油價格崩跌，岸電成本回收年限加長，因此需仰賴港口當局、企業或政府補助方可降低推動阻力。高雄港目前已有少數幾座低、高壓岸電系統，但礙於台電公司設於高雄港的供電站已趨飽和，需再擴建供電站才可支援岸電所需電量。

(四) 加裝柴油微粒濾清器 (DPF)

DPF 為一後處理設備，裝設於引擎下游，包含船舶、柴油機具及柴油車輛，DPF 主要用於 PM 減排，其污染減排約可達成 90% 以上 PM 及 60-90% 的 CO、HC 減量，然而，DPF 較適用於低硫燃料，以避免頻繁清洗及毒化觸媒，因此較常使用於路上機具。隨著科技進步 (劉育良, 2011)。

(五) 標籤 (牌照) 識別及進港車輛污染限制 (柴油車自主管理)

鼓勵業者主動針對所屬車輛進行管理以降低車輛空氣污染排放，高雄市訂定車輛自主管理制度，共有 A-1~A-6 標章，但依環保局 (2016) 資料顯示，高雄市籍柴油車約 1 萬輛，卻僅約 1 成加入高雄市自主管理。美國聖佩德羅灣港區於 2010 年起要求 1994~2003 年出產之卡車要求加裝 DPF，如未符合標準將無法出入港區 (交通部高雄港務局, 2007)。

(六) 自動化門哨系統建置

自動化門哨系統較傳統登記站減少繁雜登記手續，可降低柴油車出入時怠速情況產生，達成節能減排的目的。高雄港目前仍持續建置及汰換老舊之港區自動化門哨管制系統，已完成 13 處查驗登記站，共 30 條自動化車道設置，可減少運輸車輛怠速停等時間，貨櫃車進出管制站時間由 4 分鐘縮短為 10 秒鐘。可持續改建傳統車道為自動化門哨車道，降低車輛怠速時間 (高雄市環保局, 2016)。

(七) 非道路機具污染排放標準

美國自 1994 年通過非道路柴油發動機具之 1~3 級引擎標準 (Tier 1-3)，並於 2004 年新加入更嚴格的非道路引擎第 4 級 (Tier 4) 標準，此引擎標準規範的污染物有 CO、HC、NMHC+NOX、NOX、PM，其中 Tier 4 將可降低約 90% 的 PM 及 NOX 排放量，將可大幅降低柴油機具污染排放 (Songetal, 2005)。

(八) 獎勵制度

隨著時間推移，排放標準趨於嚴格，公私場所將受到增加控制設備或更換原料導致成本增加，此舉將不利於經濟發展，因此國家或當地港務機關有義務提供適當的補助措施，協助公私場所減少法規變更的衝擊。獎勵措施則如新加坡-綠色船舶計畫及香港-乘風約章，自願轉油者分別可獲 15% 及 50% 港口稅優惠補助；安特衛普港則推動環保船舶指數 (ESI)，利用評鑑方式，對於達標的船舶給予 10% 噸費優惠 (吳家穎, 2015)。

四、問題分析與解決

鄭昭明 (1993) 指出「問題」是兩個狀態的衝突與差異，一個是現在狀態，一個是我們想要達到的狀態，即目的狀態，而解決問題的思考歷程就是一個目的導向的歷程。張春興 (1997) 認為「問題解決」是指個體在面對問題時，綜合運用知識技能，企圖達到某一目標，以解決目的的思維活動歷程。問題分析與解決是一種學習方式，也是學習的過程與結果，可謂為個人智慧之表現，也是個人之知識、技能、價值觀等等的綜合表現。學習的方式通常有三種：第一種係觀察與模仿之學習，第二種係認知與思考之學習，第三種係刺激與反應之聯結 (陳鎮江, 2005)。

Hatch (1988) 強調的是解決問題的關鍵點在策略的產生，稱「問題解決係一尋求適當解決問題方案的一種過程」。Goldfried (1971) 論述：「問題解決乃係一種行為歷程，個體在此一歷程中尋「問題解決」的能力，求各種可用來處理問題的反應，並在這些反應中選擇最有效的途徑，朝解決問題推進」。

透過群體腦力激盪法 (brainstorming) (Osborn, 1953)，召開座談會議，針對每項目標反覆詢問。在此，一個基礎目標可能有一個或數個手段目標來達成，而透過透過反覆詢問與討論，以辨識出潛在目標及找出更好的方案，直到所有的目標皆可使用某幾個解決方案來達成測試這些方案，並試著結合成一個解決方案 (邱俊衡, 2008)。問題的特性總是受到一些要因的影響，我們將這些要因加以整理，使之成為有相互關係與條理，並標出重要因素的圖形，稱為特性要因圖，因其形狀如魚骨，所以又叫魚骨圖，它是一種透過現象看本質的分析方法，又叫因果分析圖，(鄭照寧, 2001)。

3.研究方法

一、個案研究

一般來說，在社會科學的研究方法上，依其性質主要可劃分成量化研究（Quantitative Research）以及質化研究（Qualitative Research）兩種研究方法，量化與質化兩種研究方法代表著不同的研究途徑，分別有不同的適用狀況，亦會產生不同的研究結果。量化研究透過問卷調查的分析結果與統計資料，提供標準化問題一個簡潔、經濟的答案及可能影響之表面化意義，但對於更深入的資料及其形成原因，則有待質化研究來達成（畢恆達，1996）。質化研究是一種定位觀察者的活動，包含一套具有詮釋性的物質操作呈現世界，利用這些操作，將世界轉變成一連串的描述，包括訪談、照片、錄音及文字等等（Denzin & Lincoln，2000）。

本研究的目的是探討高雄港區空氣污染管制的策略與方針，瞭解執行空氣污染防制需考慮因素，基於目前相關議題的文獻探討相當匱乏，因而考量採用質化研究，進行初探性之瞭解。本研究期待透過專家學者的主觀感受、認知與經驗的描述，瞭解其在以空氣污染防制觀點下，如何有效執行及其詳細的內容，進而瞭解港區污染管理策略需面臨的情況。

二、港區空污管制之問題分析與解決

Dewey（1933）在其「思維術」(How we think?)中提出了著名的解決問題五大步驟（吳坤銓，1997）。D' Zurilla 與 Goldfried（1971）提出的問題解決模式五個步驟，依序是問題定向，問題界定與分析，設計與產生解決目標，決策與執行，追蹤與驗證（洪文東，2005）。五階段問題解決流程（PSP-Problem Solving Process）乃是一套結構性的問題處理技術，主要是將一個問題由其最初の確認工作、解決方案的形成、執行，一直到問題的狀況獲得改善的過程（2004，黃茂在）。

本研究首先依據歷年環保局高雄港空污管制研討會議、行政管理流程、例行巡查結果及高雄港區污染管制相關計畫成果管理發表中發現問題，並透過問題分析解決觀點，依循五階段解決流程，設計解決方案，其研究架構如圖 3-1 所示：

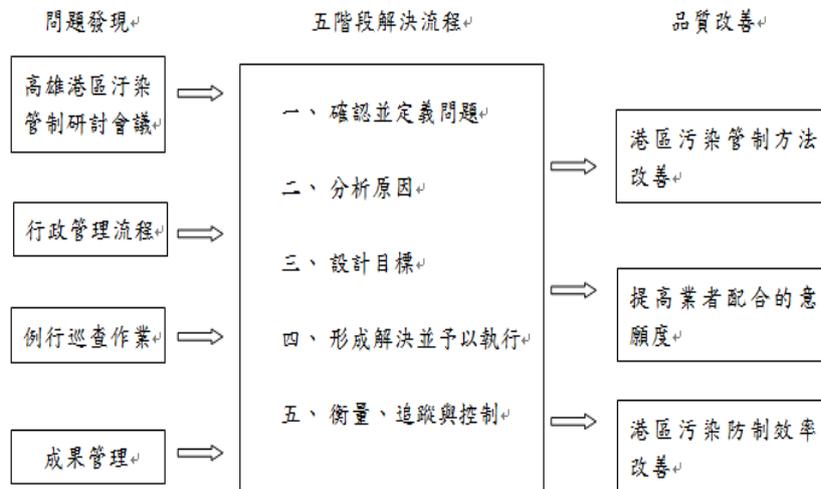


圖 3-1 問題分析解決觀點架構圖

共分為五階段：

（一）利用腦力激盪觀點，再透過高雄港區污染管制研討會議，初步瞭解學者與從業人員對於港區空氣污染防制之看法與觀點，並結合國內外商港污染防制相關文獻資料，確認並定義污染管制主要問題，並設計出訪談大綱。

（二）初步訪談從業相關人員與從目前港區污染防制流程步驟中，分析港區污染管制問題與原因，並將初次設計之訪談大綱略為修正，以達到訪談問題的準確性與實務性。

（三）境工程相關專家學者，從其學術觀點上，對於污染管制問題另一面看法與解決建議，並對高雄港各污染源，初步設計可行性管制方案。

(四) 將從業人員與專家學者意見歸納分析後，並利用特性要因圖（魚骨圖）觀點，如下圖 3-2 所示，研析污染管制之相同看法，將初步設計可行性之管制方案再次修正，形成正確之解決方案，並符合環保相關法規。

(五) 透過訪談結果分析與文獻資料結合，尋找未來對策與努力方向，並進行效益評估。

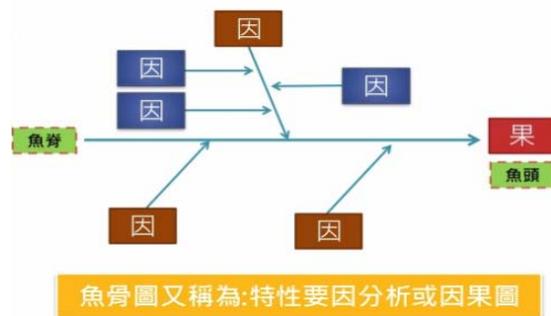


圖 3-2 特性要因圖架構

三、專家深度訪談法

本研究將採用專家深度訪談法進行資料蒐集，配合半結構性訪談的方式，亦即研究者預先擬定訪談大綱，對於訪談結構有初步的規劃與控制，接著再依照與受訪者的互動中，調整提問的順序。以一問一答的方式進行，並視情況對受訪者回答不夠深入的部份加以發問；同時在受訪者回答的過程中，研究者也可依每個受訪者回答的獨特性對詢問主題的比重加以調整。藉此形式希望能挖掘受訪者更深入的心理想法，並且透過即時對答能更符合本研究所需資訊。

(一) 訪談對象說明

本研究訪談五位專家，在產業界、學術界有豐富之實務經驗且高資歷專業人員。

(二) 訪談人數界定

本研究考量分別針對五位與環境工程相關之專業人員，依照文獻整理及前測後修正過之訪談大綱進行訪談。

(三) 訪談對象之選取標準

為了從港區空氣污染防治角度深入瞭解影響高雄港區污染管制策略與規劃之考量因素及獲取可靠明確的資訊，本研究選取受訪對象時，在職業類型及資歷上有以下選取的標準：

(1) 職業類型

本研究目的為找出最佳高雄港區污染管制策略，故選取之訪談對象需為從事與環境工程有相關之行業及專業領域於環境工程之學術研究。

(2) 資歷

基於前述選取原則下，每位訪談對象在環境工程領域皆有五年以上資歷，且其任職之公司行號或學術中皆具有相當知名度。

(3) 訪談期間

訪談期間為民國 2018 年 1 月至 2018 年 2 月，訪談地點皆依照受訪者之意願在其工作地點或是鄰近之餐廳進行，訪談時間則視受訪者的訪問情況約為一至兩小時。

基於上述，本研究訪談對象包含五位相關領域之專家：一位任職於環保局空噪科之公務人員，兩位服務於工程顧問公司之環境工程師及兩位在大學任教之教授。

四、訪談流程與大綱

(一) 訪談流程

本研究前測對象為兩位服務於環保顧問公司之環境工程師，透過與專家的前測修正訪談內容，尤其是問題關鍵用詞的修改，以較符合本研究問題。

由於訪談問題的設計是根據相關文獻探討及研究目的來擬定訪談大綱的初稿，為避免訪談不易理解與題意不清等問題，研究者透過前測，並依據所得資料結果修正訪談大綱及敘述。在前測完成後，從中檢討訪談問題不足之處，包括問題的適當性、提問的順序等，並延伸其它更深入的問題，修改內容以形成較完備之訪談大綱。在前測進行階段，同時檢視研究者訪談表達不足之處，可避免正式訪談時因語意而造成溝通上之落差，盡量以白話的語意，減少專業用詞之引用，在訪談時適時地舉例說明，使受訪者可以輕易瞭解研究課題與內容。專家深度訪談的流程如下圖 3-3 所示。

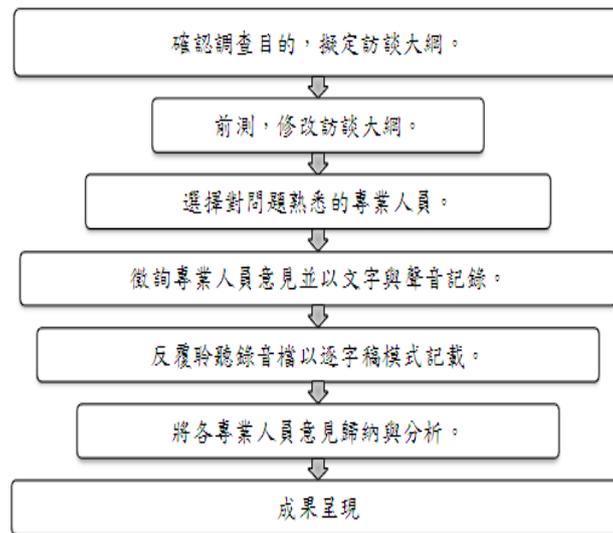


圖 3-3 專家深度訪談法流程圖

(二) 訪談大綱

本研究針對不同領域之專家進行訪談，訪談大綱如下表 3-2 所示，因不同角度，專家學者可能會有不同的意見與看法，故在訪談大綱的後段，詢問受訪者對其它人員之高雄港區污染管制之責任或工作內容，希望可以藉由得知不同領域之意見與建議，修改後續訪談大綱，使之更臻完備。

表 3-2 訪談大綱表

訪談對象基本資料	訪談主題	訪談內容大綱
1、姓名 2、職稱 3、經歷	高雄港區污染防制現況	1、對於現況看法與意見。
	責任	1、工作內容說明。 2、研究相關主題之應用。
	意見與建議	1、港區污染管制策略修定建議。 2、國外相關議題探討。 3、誘因制定。

四、研究時程計劃

本研究的探討主題為「港區空氣污染管制與解決方案之研究-以高雄港為例」，執行行程預計為民國 106 年 7 月至民國 107 年 6 月完成。

4. 研究分析

一、問題發現

本透過腦力激盪法，邀請高雄市環境保護局空噪科、高雄港務分公司、兩位學者、顧問公司及業者等相關單位，聚集於會議室進行高雄港區空氣污染防制之議題探討，隨意將腦中和研討主題有關的見解提出來，然後再將大家的想法重新分類整理。

(一) 高雄市環保局：

針對不符合法規規定之運輸車輛，寄發改善通知與裁處。

(二) 顧問公司：

106 年度港區裝卸作業總共提報 30 件缺失，請相關業者加強防制措施，並確實填報相關紀錄以便日後替代方案之審查。

(三) 高雄港務分公司：

目前高雄港設有 4 座自動洗車台，提供車輛出港時車體清洗，將加強宣導與裁罰。另將高雄港區劃定為低污染運具示範運行區，以進出港區柴油車客貨運業者所屬之車輛作為管制對象，透過自主管理措施，安排車輛完成排氣檢驗取得 A-1~A-3 級別合格標章，自 106 年 9 月份開始未取得合格標章之柴油車輛，將不再核發長達五年有效期之港區通行證。針對高雄港務公司之意見，環保機關與學者共同建議未來修法通過後將會強制老舊柴油車禁止進入空氣品質維護區，並強制加裝濾煙器以合乎規範。

(四) 相關業者：港區碼頭取水點離碼頭較遠且水龍頭較少，導致相關防制措施，難以即時配合施作。

(五) 航港局：根據船舶進出港減速，高雄港務分公司持續以公開表揚方式鼓勵業者，提高達成率。

學者建議可根據商港法第 37 條第四款規定，以目視方式，即可得見粒狀污染物排放或逸散此類污染行為之判定，建議輔以目測判煙之標準方式及周界 TSP 採樣，作為處罰之依據，較具客觀性。另外船舶進出港區減速查核作業，不能單靠表揚，也需要立法，才能有更好的效率。

二、深度訪談

(一) 訪談對象

本研究將受訪名單整理歸納，並列出單位、訪談方式與時間，如下表 4-1。

表 4-1 訪談名單

編碼	公司/學校	職稱/科系	訪問方式	受訪時間
S1	元科科技股份有限公司	工程師	面談	2018 年 01 月 15 日
S2	元科科技股份有限公司	副理	面談	2018 年 01 月 16 日
S3	高雄市環境保護局空噪科	衛生稽查員	面談	2018 年 02 月 07 日
S4	國立屏東科技大學	環境工程研究所	電訪	2018 年 02 月 08 日
S5	國立成功大學	環境工程研究所	面談	2018 年 03 月 10 日

註：

1. 因部分受訪人員不願具名公開，故只列出公司或學校名稱，受訪者亦以編碼代替。

2. 編碼說明：S1~S5 為受訪人員接受訪談的順序。

(二) 訪談內容

本研究將深入訪談的結果歸納如下，其各大類訪談項目皆有細項訪談問題。

(1) 個案簡述

S1：環工碩士，環保工程師職務，負責審核業者各項污染防制措施及環保申報。

S2：環工碩士，負責高雄市空污管制專案，對於環保署之空氣污染管制沿革及推動方針有相當程度的瞭解。

S3：環工碩士，擔任高雄市環保局衛生稽查員，負責高雄港區污染管理政策之推動與違法裁處相關業務。

S4：擔任環工所副教授，研究領域為有害空氣污染物之生成等，指導各機關與業者如何有效執行空污防治設備。

S5：擔任環工所助理教授，研究領域為環境規劃與管理，配合環保署，考核高屏空氣與水污染防治落實之績效。

第一題訪談小結與涵義：透過五位專家學者概述個人學經歷，可充分了解其對空氣污染防制與管制策略有相當高的認知，期盼能藉此豐富經驗，能準確提出高雄港區空氣污染防制問題與方式。

(2) 高雄港區污染與防制現況

A、高雄港污染來源

S1 與 S2 共同認為船舶機具或陸上作業機具老舊導致燃燒效率不佳，造成黑煙排放頻繁，且船舶使用燃料油品中仍為 3.5% 的高硫份重柴油，比起陸地上車用柴油的含硫份高 3500 倍，使得港區內硫氧化物排放量累積相當驚人。

B、高雄港污染管制方式研討

五位專家學者指出高雄港空污防制方面，建議航港局與高雄港務公司規劃入港後船舶採取採自主管理方式，即船舶切換低硫燃油、以及進出港減速等措施，如果需停泊亦有推廣岸電設施供停泊船隻利用。裝卸設備也需計規劃密閉倉儲與港區電力作業車輛使用等，降低空氣污染，另外針對裝卸區有裝設監視儀器，將繼續拓展機數，並做即時遠端監控。

C、高雄港污染管制上面臨何種困境

港區新興裝卸設備或是裝卸業者有受主管機關監督，因此在裝卸作業上，污染防制作為配合度較好。但是關於業者配合岸電設施使用、船舶進出港減速、使用低硫燃油等實際執行成果。以 2017 年底的統計而言，業者配合率都不算太高，原因有尚無強制性法規及岸電設施供電並不穩定，且除大型船舶有岸電銜接設備外，並非全數船隻都可接岸電，改裝恐要上億元，燒油改用电成本也會大增。

第二題訪談小結與涵義：透過工程師與學者在目前高雄港污染與防制現況下所提出的看法，可確認現在高雄港環境污染狀況和防制執行時的有效性，進而更明確的找出問題。

(3) 高雄港區污染管制策略建議與修正

五位學者共同建議訂定港船舶燃料油品硫含量限制規範或法令，即可有效降低硫氧化物排放及細懸浮微粒濃度。另將相關船舶減速策略執行績效，納入生態港口之績效指標，並透過稽核機制(AIS 船舶動態資訊系統)加以檢核，並作為後續航商續約及租金調整之參考指標。車輛的污染管制上，以出入口管制、推動自主管理、加強路邊攔查、怠速管理及舊車加裝濾煙器為主。如果高雄港務公司無法規範柴油車進出條件，仍可藉由環保局在出入口加強稽查來增加不便利性，促使柴油車守法。

第三題訪談小結與涵義：綜合實務與學術單位的互相交流與污染策略修訂建議，更能準確談出對於高雄港污染防制上，未來可行性之作法。

三、問題分析

(一) 訪談結果與特性要因圖之結合

本研究透過深度訪談法，將五位專家學者對於高雄港區空氣污染與防制議題之看法，整理歸納後，列出船舶駛入高雄港至離港期間之流程圖，如下圖 4-1，再依序以特性要因圖分析，達到確立問題成效。

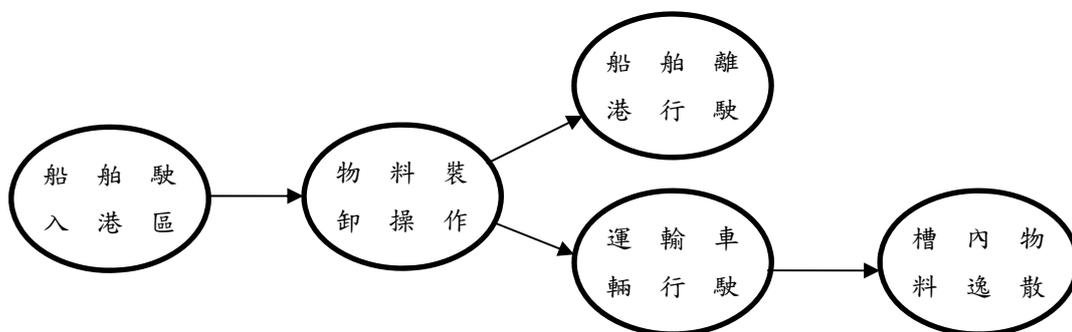


圖 4-1 高雄港空氣污染流程圖

(1) 船舶行駛入港或離港之污染，如下圖 4-2。

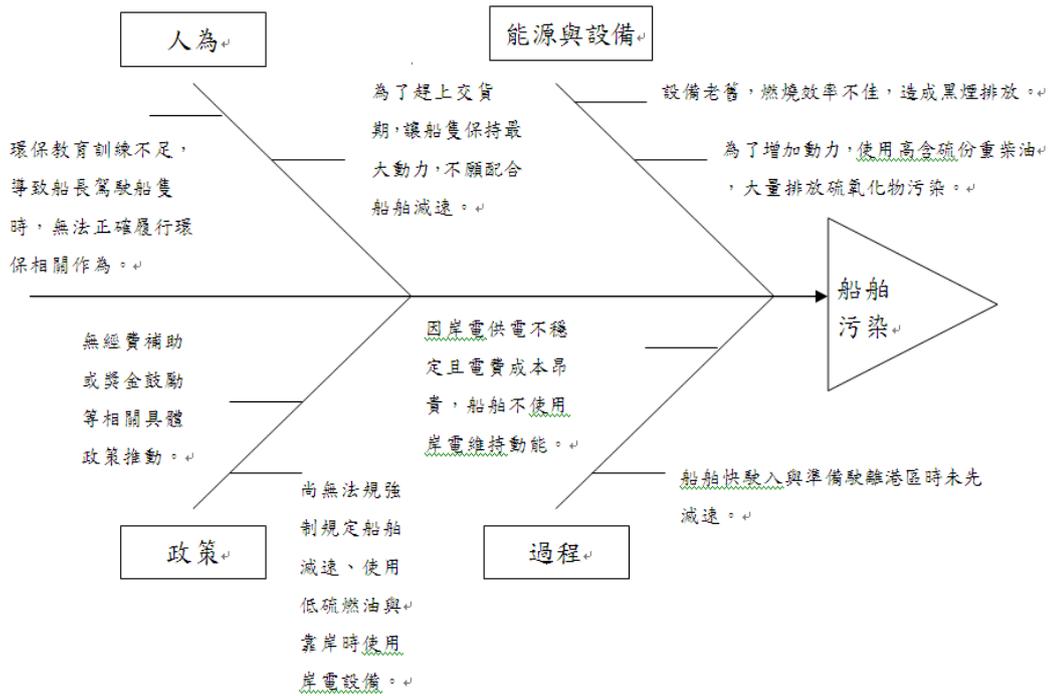


圖 4-2 船舶污染之特性要因圖

(2) 運輸船之物料裝卸操作作業，如下圖 4-3。

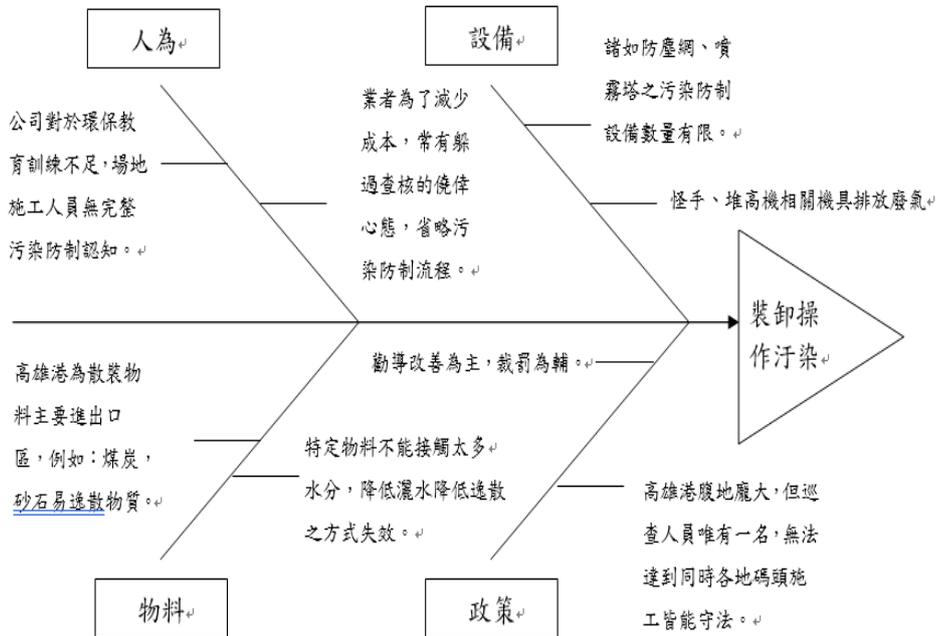


圖 4-3 船舶污染之特性要因圖

(3) 運輸車輛行駛之污染，如下圖 4-4。

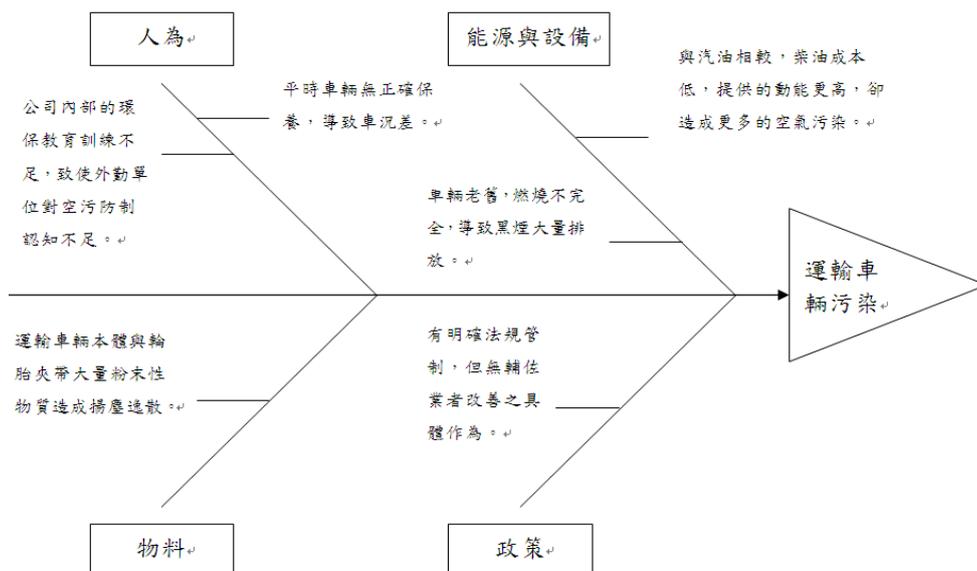


圖 4-4 運輸車輛行駛污染之特性要因圖

(4) 車斗內原物料逸散之污染，如下圖 4-5。

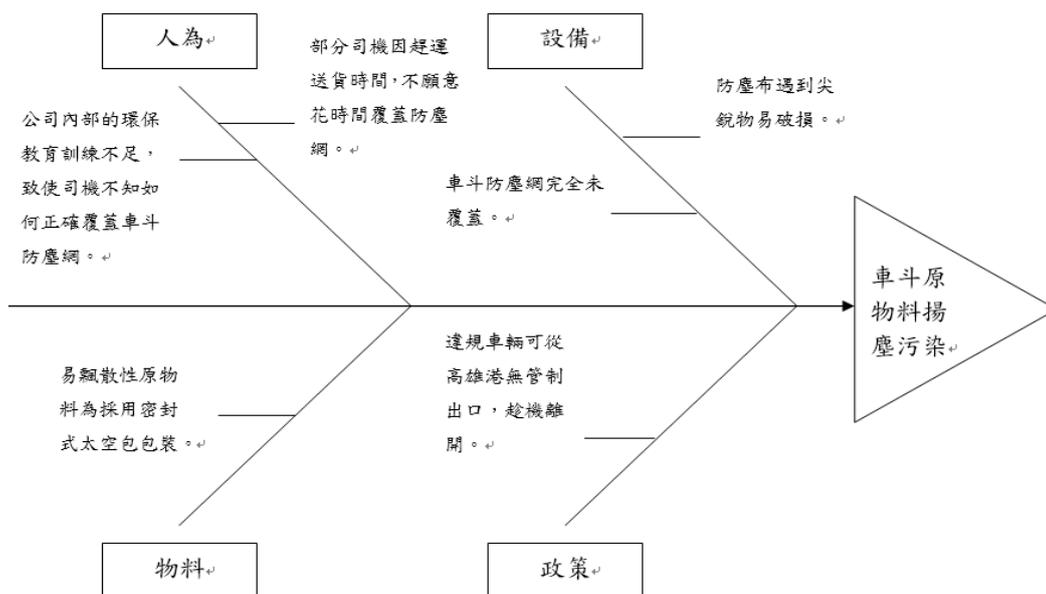


圖 4-5 車斗原物料揚塵污染之特性要因圖

四、高雄港區空污解決方式擬定與行動方案

本研究將魚骨圖呈現的問題及根源統整後，針對高雄港區空氣污染防制方式，依據文獻資料與專家訪談的探討，進一步找出問題解決方式與行動方案。

(一) 透過特性要因圖，列出船舶行駛、裝卸操作、運輸車輛及車斗原物料之四大污染問題來源後，本研究將利用過去民眾陳情次數資料，如表 4-2、違規次數統計，如表 4-3 及上述會議探討之腦力激盪成果三種方式，精確性找到最主要的問題來源，並以管理的觀點，進而探討最佳解決方式。

表 4-2 民眾陳情次數資料表

年度	陳情事件與原因	陳情總次數
102 年至 106 年度	裝卸操作過程中，未採取灑水或者防塵網設置，嚴重揚塵。	41 次
	行駛於海外及靠港船隻，不斷排放大量黑煙，且有難聞的異味。	36 次
	離港之運輸車輛，夾帶大量粉塵於車身，行駛時造成大量揚塵於空氣中。	22 次

表 4-3 違規次數統計表

年度	違規項目與原因	違規總次數
102 年至 106 年度	運輸車輛防塵網未覆蓋，導致物料揚塵逸散。	632 次
	裝卸操作過程，未採取空氣污染防制相關措施。	210 次
	運輸車輛排放黑煙量超標。	182 次
	運輸車輛離開高雄港區前未清洗車體及輪胎。	177 次
	運輸車輛防塵網破損，導致物料揚塵逸散。	131 次
	堆高機、怪手等裝卸機具燃油含硫份超標，造成排放廢氣濃度過高。	41 次

(二) 港區之空氣污染問題來源，主要可區分為船舶行駛、裝卸操作、運輸車輛及車斗原物料所產生之四大部分污染，並將過去民眾陳情次數資料、違規次數統計及腦力激盪成果三中方式做主要問題的歸納特性，依序以 A、B、C 為代稱，再以表 4-4 說明其解決方式、行動方案及未來改善對策。

表 4-4 港區空污解決方案與未來對策歸納總表

主要污染	問題來源	歸納特性	現行解決方案及行動方案	未來對策及努力方向
船舶污染	設備老舊，燃燒效率不佳，造成黑煙大量排放。	A	1. 環保機關藉由稽查，確保船舶使用合法油品及船舶黑煙查緝。	1. 船舶污染排放標準可依據汽機車排放黑煙檢舉與裁罰方式，於 2020 年草擬相關法案。 2. 參考香港針對船舶排放黑煙情形超過三分鐘，有關船東、船長及代理商一律都重罰。 3. 強制進港船隻需裝設燃油、空氣過濾器。
	尚無法規強制船舶減速。	C	1. 高雄港務公司公開表揚願意配合之船務代理商與船長。	1. 持續研擬船舶減速獎勵管理辦法，建議符合者可優先進港，不須排隊，藉以提升配合船舶減速之意願。
	尚無法規強制船舶使用低硫燃油。	C	1. 無法規限制使用低硫燃油，且單靠宣傳情況下，尚無有效規範業者。	1. 為了管制硫氧化的排放量，可參考歐盟對船舶污染管制法規，2020 年 1 月後建造的船舶，其燃油含硫量不得高於 0.5%，並於 2019 年草擬法案。
裝卸操作污染	公司內部環保教育訓練不足，現場人員無完整污染防制認知。	A	1. 召開輔導會議，進行高雄港區污染防制觀念協調與法規說明。	1. 未來會要求業者自行申請替代防制措施，送至環保局進行審核。
	業者為了減少成本，常有躲過查核的僥倖心態，省略污染防制流程與設置。	B	1. 派駐專門巡查高雄港區之稽查員。	1. 未來將於各碼頭裝設監視器，進行全天候控管，並派駐專人輪流監看，以達到全日巡查之有效性。

表 4-4 港區空污解決方案與未來對策歸納總表(續)

主要污染	問題來源	歸納特性	現行解決方案及行動方案	未來對策及努力方向
--	怪手、堆高機等裝卸相關機具，排放大量廢氣。	B	1.定期對裝卸機具進行柴油抽查檢測作業。	1.裝卸機具電氣化。
運輸車輛污染	運輸車輛本體與輪胎夾帶大量粉末性原物料，於行駛過程中，造成大量揚塵飄散。	A	1.建置視覺影像監視器系統，達到全天候控管。	1.請高雄港務公司研擬經費配置，增加清洗設備。
	車輛老舊，導致燃燒不完全，排放大量黑煙。	B	1.針對非法使用油品或黑煙排放超標之業者進行違規處分。	1.根據美國洛杉磯長灘港曾執行補助方式，藉以增加誘因，促使運輸業者將車輛進行汰舊換新或加裝濾煙器。
車斗內原物料揚塵污染	車斗防塵網完全未覆蓋。	B	1.於高雄港管制哨出口裝設監視器，進行全天候監看。	1.未來將與有電動防塵網設計安裝之廠商協商費用與維修資訊，輔導業者統一裝設。
	車斗防塵網破損。	B	1.於高雄港管制哨出口裝設監視器，進行全天候監看。	1.防塵網破損主要來自載運貨物量超出車斗，導致防塵網被刺穿，未來降低每次載重與貨物量。

五、預期效益

綜上所述，將高雄港區空氣污染問題解決方式與未來策略方向之整理，除了船舶行駛污染排放因欠缺明確法規限制及誘因而造成管制不易外，其餘污染問題皆在正確管制與現行法規的雙軌管制下，達到有效性的解決污染問題與降低空氣污染面積。

依照船舶操作特性分析，當航行階段時，引擎運轉造成廢氣排放量大小與航速三次方成正相關，因此以採取船速管制、採用低硫燃油與汰舊換新為主要思考方向，而停泊之船隻因引擎關閉，但為了提供足夠的船隻作業動力，須由鍋爐燃燒燃油來供給，亦為主要廢氣排放來源，因此已採取改用岸電設置取代燃油為主要思考方向。

如今岸電設置已成為各國國際港新興區勢，建置面積也逐年漸增，例：洛杉磯，長堤、西雅圖港等。岸電系統的優勢可同時減少許多空氣污染物的排放，預計未來五年之效益評估，如下表 4-5，但缺點是設置及維護成本高昂，而船舶須設置用電連接設備，且電壓規格需一致，這些問題若未能規劃合理的方案，將會使岸電系統的推動造成極大困擾。

若要推廣岸電使用率，需研擬出船舶使用岸電之負擔，以不超過原先用油成本為原則，除了持續與經濟部相關機關協商，訂定合理之電價費率外，岸電設備建置與維護，將由高雄港務公司發放經費補助，協助設立，以降低船方及碼頭業者使用岸電之成本，提高使用誘因。

表 4-5 岸電系統減少空污排放量之效益評估表

排放量 (g/kWh)	柴油引擎	岸電設施	空污排放量減少比率
氮氧化物	12.4	0.35	97%
硫氧化物	11.8	0.46	96%
揮發性有機物	0.4	0.02	95%
懸浮微粒	0.72	0.03	95%
一氧化碳	1.3	0.01	99%

表 4-5 岸電系統減少空污排放量之效益評估表(續)

排放量 (g/kWh)	柴油引擎	岸電設施	空污排放量減少比率
二氧化碳	710	320	54%
甲烷	0.04	0.02	50%
二氧化氮	0.03	0.01	66%

5、結論與建議

一、研究結論

綜上所述，歸納各空污管制與解決方案。

(一)訂定船舶減速與燃油切換實施辦法及範圍

經查閱國內法規與諮詢高雄港務分公司，均尚未訂定此法案或示範運行區，目前僅採取統計業者願意配合次數，針對配合意願高者進行公開表揚。

(二)訂定運輸車輛行駛高雄港之規範

修改高雄港區通行證申請辦法，將柴油車自主標章納入必要附件，並加強出入高雄港區之柴油車輛排煙檢測作業。

(三)訂定裝卸作業空污防制規範與執行

針對高雄港區派駐專人巡查，並結合各碼頭現有之視覺影像監控系統，進行有效性雙軌管制。

(四)訂定車斗防塵網密封覆蓋之規範與執行

透過高雄港區出口之視覺影像監控系統進行確實舉發違規車輛，並於每年進行至少兩次法規與輔導說明會，藉以宣導與教育業者，並從多次溝通協調中，達到環保共識。

二、研究建議

針對高雄港區空氣污染防治，需以管理角度來探討問題解決之方式，透過明確法規與具體補助措施，方能達到管制最大效率。

(一)訂定船舶減速與燃油切換之法規

建議參考與高雄港同性質之國際港口規範，於 2020 年開始草擬強制船舶減速法案，並採納車輛排放黑煙法規來評估是否適用船舶黑煙排放之污染問題，另建議未來 10 年內將岸電設置完成且全面啟動，並由高雄港務分公司吸收全額電費，促使業者配合。

(二)規劃運輸車輛汰換補助

依照汽機車汰舊換新之高額補助，評估是否適用於運輸車輛換新補助規劃，建議可於 2020 年開始實施柴油車汰舊換新之補助，並禁止舊型運輸車輛出入高雄港，預計 2025 年舊型運輸車輛淘汰率可提高至七成。

(三)增加裝卸作業空污防制設備與管制系統

因應高雄港區長時間作業，且同時作業之碼頭繁多，建議請環保局與高雄港務公司協商，分配一定比例之經費，提供噴霧塔或固定防塵網之建置補助，提高防制效率，並擴增碼頭監視器安裝，預計 2030 年可在 121 座碼頭完成全數安裝，並派駐專人輪流監看。

(四)統合車斗防塵網覆蓋設備

車斗防塵網未覆蓋之情形，居多發生於手動式防塵網覆蓋，建議環保局可洽詢電動防塵網設計廠商，並提供給業者，另外草擬裝設補助之方案，加速業者更換率，統計至 2018 年 2 月，有裝設電動防塵網之運輸業者約為 5 成，預計 2025 年可提升至 8 成。

三、研究貢獻

過去探討高雄港區污染問題與管制之研究不多，基於目前國內相關文獻探討相當匱乏，縱使提及其他港區污染管制之論述，但對於其需詳細考慮因素內容並無多加敘述及分析，且無論國際或者其他縣市港口，因地理位置，運裝物料和機關執行方式上的差異，導致各種污來源與防制方式不同，因此，希望藉由本研究，可提供環保單位實

務之參考與學術之探討。

6、參考文獻

一、中文參考文獻

1. 石正宏 (2005)。高屏地區臭氧儲留層特性之研究。輔英科技大學環境工程系碩士論文。
2. 何嘉偉 (2010)。NO₂ 探空儀之特性研究與其在大氣垂直剖面觀測之應用研究。輔英科技大學環境工程系碩士論文。
3. 林清和 (1999)。南高屏地區混合層內平均風場之求取。成功大學環境工程學系第十六屆空氣污染控制技術研討會論文集。
4. 林素如 (2014)。綠色港口推動策略。國立交通大學運輸與物流管理學系博士班博士論文。
5. 林金定、嚴嘉楓、陳美花 (2005)。質化研究方法：訪談模式與實施步驟分析，身心障礙研究。第 3 卷第 2 期，第 122 至 136 頁。
6. 官雲偉 (2013)。大氣垂直剖面 O₃/NO₂/BC 之相關性探討。輔英科技大學環境工程系碩士論文。
7. 吳勝堂 (1996)。港區污染擴散問題之三維數值模式研究。國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文。
8. 吳勝堂 (1996)。港區污染擴散問題之三維數值模式研究。國立台灣海洋大學河海工程學系碩士論文。
9. 吳江泉 (民 106 年 4 月 18 日)。高雄港建置 1.79 億岸電閒置，賴瑞隆要求究責。中時電子報。民 106 年 4 月 18 日，取自：<http://www.chinatimes.com/realtimenews/20170418005596-260405>。
10. 尚作仁 (2003)。防止船舶污染之研究。國立台灣海洋大學導航與通訊系碩士論文。
11. 尚作仁 (2003)。防止船舶污染之研究。國立台灣海洋大學導航與通訊系碩士論文。
12. 高雄市環境保護局(2014)。101~102 年空氣品質綜合管理計畫式期末報告，中興工程顧問股份有限公司。
13. 陳顯坤 (民 104 年 11 月 12 日)。PM_{2.5} 濃度偏高，高雄港區空汙嚴重。公視新聞網。民 104 年 11 月 12 日，取自：<https://news.pts.org.tw/article/310359>。
14. 湯清秀 (2002)。台灣地區國際商港環境管理之研究—以花蓮港為例。國立東華大學公共行政研究所碩士論文。
15. 楊文全 (2005)。出口貨櫃堆儲之指派研究。國立交通大學運輸科技與管理學系碩士論文。
16. 鄭照寧、武玉英 (2001)。用魚骨圖與層次分析法結合進行企業診斷。中國軟科學。第 1 期。
17. 蔡文正 (2016)。高雄港區空氣污染特性之分析。輔英科技大學環境工程與科學系碩士論文。
18. 劉育良 (2011)。柴油引擎添加生質燃料及加裝濾煙器排放廢氣微粒之離子鹽類組成特性研究。嘉南藥理科技大學環境工程與科學系碩士論文。
19. 劉俊宏 (2006)。高屏沿海地區臭氧垂直剖面特性之調查研究。輔英科技大學環境工程系碩士論文。
20. 蘇坤廷 (2003)。問題解決模式之研究。中華大學科技管理研究所碩士論文。

二、英文參考文獻

1. Arens, S.B., 1997, The valuation of defective properties A common sense approach. *Appraisal Journal*, Vol.65, Iss.2, p.143-148.
2. Babbie, E., 1992, *The practice of social research*(6th ed.). Belmont, CA: Wadsworth Publishing Company.
3. Bell, Randall, 1998, The impact of detrimental conditions on property values, *The Appraisal Journal*, Vol.66, Iss.4, p.380-391.
4. Bell, Randall, 1999, *Real estate damages:an analysis of detrimental conditions*, Chicago, Appraisal Institute.
5. Campanella, J. A., 1984, Valuing partial losses in contamination case. *The Appraisal Journal*, Vol.52, Iss.2, p.301-304.
6. Chalmers, J. A. &S. A. Roehr., 1993, Issues in the valuation of contaminated property, *The Appraisal Journal*, Vol.61, Iss.1, p.28-41.
7. Chalmers, J. A. &T. O.Jackson., 1996, Risk factors in the appraisal of contaminated property, *The Appraisal Journal*, Vol.64, Iss.1, p.44-58.

8. Denzin, N. K. & Lincoln, Y. S., 2000, Handbook of qualitative research (2nded.). Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
9. Jackson, T. O., 2001, The effect of previous environmental contamination on industrial contamination on industrial real estate prices, *The Appraisal Journal*, Vol.69, Iss.2, p.200-210.
10. Jackson, T. O., 2002, The analysis of environmental case studies, *The Appraisal Journal*, Vol.70, Iss.1, p.86-95.
11. Jackson, T. O., 2003, Methods and techniques for contaminated property valuation, *The Appraisal Journal*, Vol.71, Iss.4, p.311-320.
12. Kinnard, W.N. & E.M. Worzala, 1999, How North American appraisers value contaminated property and associated stigma. *Appraisal Journal*, Vol.67, Iss.3, p.269-279.
13. Resolution MSC.99(73) "Adoption of Amendments to the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as Amended," IMO.