

郵輪污染管制策略之探討

Investigating Strategies to the Control Pollution from Cruise Ships

曾柏興 (Po-Hsing Tseng)^{①*}、陳巧嫻 (Chiao-Ying Chen)^②

摘要

本研究透過層級分析法探討郵輪污染之管制策略，20份問卷受訪專家包括郵輪公司、港埠公司、航港局、造船廠與學者等五類，研究發現最重要的指標為「政策」，其次為「人員」與「技術」。在次指標方面，前三重要為「綠色港埠政策」、「郵輪公司政策」、「郵輪從業人員」，研究成果可供郵輪業者、港埠業者或其他利害關係人於擬定污染管制決策之參考。

關鍵字：郵輪旅遊、環境污染、層級分析法

Abstract

This paper aims to investigate strategies to the control pollution from cruise ships based on an Analytic Hierarchy Process (AHP). Questionnaire experts (n = 20) include those from cruise line companies, the Taiwan International Ports Corporation, the Maritime Port Bureau, shipbuilding plants, and scholars. Results indicate the top three key criteria, in order of importance, are policy, personnel and technique, and the top three key sub-criteria, again in order of importance, and are green port policy, cruise line policy and stakeholders. These results can be used in decisions made regarding pollution regulations for cruise lines, port operators, and other related stakeholders.

Keywords: Cruise tourism, Environmental pollution, Analytic Hierarchy Process (AHP)

①* 通訊作者，逢甲大學運輸與物流學系副教授；聯絡地址：臺中市西屯區文華路 100 號；
E-mail: phtseng@fcu.edu.tw。

② 逢甲大學運輸與物流學系碩士。

壹、緒論

當前國際郵輪產業發展越來越成熟，尤其亞洲逐漸成為全球新興的郵輪市場，郵輪雖然帶來經濟的增長，但同時也帶來相關環境污染，如生活污水、有毒液體、廢棄物、空氣污染等。再者，多數郵輪都燃燒重燃油，因其含硫量高，對空氣污染更嚴重。2012 年義大利郵輪「歌詩達協和號」曾發生觸礁事故 (Costa Concordia disaster)，除了船舶財產損失外，油污洩漏更對於當地漁業、海產養殖和環境生態造成嚴重的危害。過去的研究對於郵輪污染議題較少著墨，其大多著重在一般船舶造成海洋污染的議題，如周成瑜 (2011) 探討我國現行海洋污染防治法在船舶污染議題中的行政責任角色，並說明現行法宜修正之若干建議。張朝陽 (2009) 指出船舶因意外事故或不當操作可能會造成海上油污染事故，且強調應探討國際公約對污染管制的重要性。故本研究以郵輪為例，研究目的有以下三點：(1) 簡介全球主要郵輪集團；(2) 探討郵輪所帶來的相關污染與可能的影響；(3) 藉由層級分析法與歸納五類專家的看法 (郵輪業者、航港局、港務公司、造船公司與學者) 來分析郵輪污染之管制策略，研究成果期盼可作為未來港口管理當局與業者之營運決策參考，以期

降低郵輪在港口造成的污染，並達成永續港口發展與城市觀光的目標。

貳、文獻回顧

2.1 郵輪介紹

郵輪是娛樂性質的載客船舶，其起源於一百多年前載貨與郵件的輪船。郵輪如同提供小規模旅遊度假區，含住宿、餐飲、交通、休閒娛樂活動等^③。近年來隨著郵輪產業蓬勃發展，郵輪業者開始提供客人全方位的旅遊服務，包括郵輪上的住宿、餐飲、娛樂等觀光活動，依據國際郵輪協會 (Cruise Lines International Association, CLIA)^④ 在 2018 年統計報告指出，2017 年全球郵輪觀光旅客成長至 2,580 萬人，與 2007 年的 1,580 萬人相比，成長大幅增加。

臺灣目前有基隆港、臺中港、高雄港、花蓮港、安平港、蘇澳港、馬公港等 7 個郵輪碼頭，郵輪公司透過母港與掛靠港的運作模式進行，基隆港與高雄港是以母港運作為主，掛靠港為輔，而臺中港、花蓮港、蘇澳港與馬公港以掛靠港為主。目前全球的郵輪市場主要分為三大集團：嘉年華集團 (Carnival Corp.)、皇家加勒比集團 (Royal Caribbean Cruises Ltd.) 與挪威

^③ 高雄國際郵輪協會 <http://www.khcruise.asia/wikipedia>

^④ 國際郵輪協會 (Cruise Lines International Association, CLIA) <https://www.cruising.org/cruise-vacationer>

郵輪集團 (Norwegian Cruise Line)，每個船隊都各具風格特色，簡介如下：

一、嘉年華集團 (Carnival Corp.)

嘉年華郵輪集團成立於 1972 年，公司總部是位於美國佛羅里達州的邁阿密市，旗下有歌詩達郵輪 (Costa Cruise Line)、公主郵輪 (Princess Cruises)，冠達郵輪 (Cunard Line)、荷美郵輪 (Holland America)、世朋郵輪以及風之頌郵輪等郵輪品牌，如圖 1 所示⁵。

二、皇家加勒比集團 (Royal

Caribbean Cruises Ltd.)

皇家加勒比海郵輪公司成立於 1969

年，總部位於美國邁阿密，旗下擁有皇家加勒比國際郵輪 (Royal Caribbean International)、精鑽會郵輪 (Azamara Club Cruises)、普爾曼郵輪 (Pullmantur)、精緻郵輪 (Celebrity Cruises) 和 CDF (Croisieres de France) 等郵輪品牌⁶。

三、挪威郵輪集團 (Norwegian Cruise Line, NCL)

挪威郵輪成立於 1996 年，總部設在美國邁阿密。2000 年，挪威郵輪被雲頂香港麗星郵輪集團收購，併為麗星郵輪船隊集團之一。在 2015 年，挪威郵輪脫離麗星集團，再與大洋郵輪 (Oceania



資料來源：嘉年華郵輪公司 (<http://www.carnival.com/>)

圖 1 嘉年華郵輪集團郵輪船隊

⁵ 嘉年華郵輪公司，<http://www.carnival.com/>

⁶ 皇家加勒比郵輪有限公司 (Royal Caribbean Cruises Ltd.)，<https://www.royalcaribbean.co.uk>

Cruises)、麗晶七海郵輪 (Rsgent Seven Seas Cruises) 等三大品牌合組挪威郵輪集團，成為全球第三大郵輪集團。挪威郵輪目前主要航線市場遍及歐洲地中海、美國等長程航線⁷。

2.2 船舶污染文獻探討

2.2.1 空氣污染

船舶排放各種氣體到空氣中會導致煙霧、地面臭氧、酸化和氣候變化等影響 (如圖 2)，Carić (2016) 研究中指出，有害氣體排放到空氣中時，會導致生態系統和生物多樣性的衰變，以致危害人類健康。近來為了符合某些海域的立法規定，郵輪進而轉向使用低硫燃料，然而在較不發達的國家，其控制污染與管理體系上，較缺乏監測郵輪空氣污染的機制。

Krozer et al. (2003) 指出船舶在燃料燃燒時會導致含有各種有毒碳氫化合物的煙塵排放到空氣中，造成海洋和岸邊生態系統的嚴重污染。此外，船上的火災是空氣污染的另一個來源，因此為了撲滅火災會使用阻燃劑，使用最廣泛的阻燃劑是 chlorofluorocarbons 氯氟烴 (CFC) 和 halons，但這些阻燃劑的物質會導致大氣的臭氧層消耗。

Vutukuru and Dabdub (2008) 曾探討影響主要港口附近城市空氣污染，指出船舶空氣污染中的氮氧化物 (NO_x) 和硫 (SO_x) 等排放物，會導致臭氧與顆粒物質 (particulate matter, PM) 的二次污染物形成，可能對港口附近的沿海地區產生嚴重的環境影響。Eckhardt et al. (2013) 則曾針對郵輪在 Svalbard 地區產生的空氣污染進行探討。



資料來源：Carić and Mackelworth (2014).

圖 2 地中海地區空氣污染—郵輪煙塵排放

⁷ 挪威郵輪集團 (Norwegian Cruise Line, NCL), <https://www.ncl.com/in/en/>

2.2.2 船舶水污染

船舶排放廢水將導致水質氧化與水中的含氧量減少，Carić and Mackelworth (2014) 指出郵輪會故意排放污水、危險廢物至大海中(如圖 3 所示)，以規避環境污染處理的成本，另外壓艙水可能含有廢水、石油和其他碳氫化合物、細菌和入侵物種，這些污染源將影響海洋資源、人類健康、生態系統。

Krozer et al. (2003) 指出船舶會產生各種廢污水，清理船艙負載的殘留物也會造成大量廢水，此外與使用燃料有關的污染包括甲板下的油和水的混合物(艙底水)與來自重油的污泥，因此有害的廢水必須妥善管理。Perić (2016) 曾針對克羅埃西亞沿岸地區郵輪的廢水污染進行探討，其建議 International Convention for the Prevention of Marine Pollution from Ships (MARPOL) 國際公約應強化水污染的各项管制規定以維持區域的環境。

2.2.3 船舶其他污染

Carić and Mackelworth (2014) 指出船舶燈光對於人類與生態系統都會造成影響，如動物對定向障礙到對光源的吸引或排斥，且船舶燈光會使夜間的鳥類在遷徙時迷失方向，進而導致碰撞，另外可能會引起浮游動物，魚類與其他海洋物種，使其處於密集捕食的位置，可能造成環境生態的不平衡。Magda et al. (2016) 指出食物垃圾是一種潮濕的廢物，會受到微生物的影響，食物會快速自動氧化並且會產生導致惡臭脂肪酸，對於海洋生態系統會產生負面的影響。

2.2.4 郵輪污染議題彙整

郵輪可能排放各種類的化學相關污染物進入到海洋之中，將影響海洋內的魚類之繁殖與生長，在水產資源上造成的嚴重失衡；污染的海洋港口環境景觀將會造成海洋港口相關行業與產業的損失(例如：觀光業)及環境的破壞，將直接與間接影



資料來源：Carić and Mackelworth (2014).

圖 3 在 2006 年 MSC Lirica 排放廢水之照片

響海洋中的生物及非生物資源的永續發展。如表 1 所示，郵輪每日產生的污染量相當可觀，如空氣污染、水污染、廢棄物等，其對海洋生態及經濟上造成相當大的危害 (Eckhardt et al., 2013; Papaefthimiou et al., 2016; Perić, 2016)。

根據 Carić (2016) 的研究，以下整理過去各主要郵輪公司的不當行為。

一、水和油相關污染事件

1. 在 2006 年，Corpus Christi Day 郵輪，經由美國海岸警衛隊調查，發現船舶非法排放廢油，被罰款 30 萬美元。

表 1 每艘郵輪與客人之每日均污染量

環境指標	郵輪客人每日污染量	每艘郵輪每日污染量
固體垃圾	4 公斤	10.5 ~ 12 噸
空氣污染 CO ₂	0.40 公斤 / 公里	1,203 公斤 / 公里
黑水	40 L	60,000 ~ 120,000 L
灰水	340 L	1,020,000 L
艙底水	10 L	30,000 L
有害廢物	0.16 公斤	390 ~ 480 公斤

資料來源：Carić (2016)。

註：以每艘郵輪與 3,000 名客人之每日所造成的污染量估計。

2. 在 2008 及 2009 年，皇家加勒比海郵輪，被查獲三次非法在阿拉斯加州的查塔姆海峽排放廢水。

2. 在 2009 年，Crystal Serenity 郵輪因郵輪排放廢氣造成克羅埃西亞的杜布羅夫尼克附近海域與海灘的空氣污染。

二、廢棄物相關污染事件

1. 在 2001 年，Zenith 郵輪在佛羅里達州坦帕市將 200 桶的危險廢物丟棄。
2. 在 2004 年，SunCruz 郵輪，被海岸警衛隊查獲在美國佛羅里達的勞德代爾堡附近傾倒塑料垃圾。

由於各國政府與國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO)^⑧ 等在防止船舶污染上規定越來越嚴格的防污措施與排放標準，使保護海洋環境的規定更趨完善，導致近年來人為故意造成污染較為少見，在 2016 年美國司法部判決公主郵輪因涉嫌非法傾倒含油廢物與偽造官方日誌掩蓋違法行為，因未採用防污設備而將含油廢物排放至英國海岸，被判處罰款 4,000 萬美元，是蓄意造成船舶污染，為近年判處刑罰規模最大的一例^⑨。

三、空氣相關污染事件

1. 在 2008 年，巴拿馬郵輪在熱那亞港違法使用超過 1.5% 硫含量的燃料航行，對於該船長處以行政罰則。

^⑧ IMO <http://www.imo.org/en/Pages/Default.aspx>

^⑨ Miami Herald <http://www.miamiherald.com/news/business/tourism-cruises/article118245433.html>

近年來有些郵輪公司已開始實施污染管制的政策，譬如減少衛生紙、紙巾、印刷品、塑膠包裝、罐頭的用量、使用無毒防污漆於船殼、廢水管制、船舶噪音管制改良、油水排放分離器，並灌輸生態友善 (eco-friendly) 的理念於各項郵輪活動中 (Misra, 2011; Salio, 2015; Strazza, 2015; Han et al., 2018)。

2.3 研究構面之探討

本研究依照層級分析架構之模式，於進行文獻回顧後，以郵輪業者的角度來歸納郵輪污染管制的關鍵指標^⑩，分別為「人員」、「政策」、「技術」等。

2.3.1 人員指標

第一個指標為人員，是指從事該行業的相關人員，包括郵輪從業人員、港埠從業人員、拆船從業人員、旅客等四個次指標。

一、郵輪從業人員

指在郵輪上服務的相關人員，如任職郵輪公司的人員 (含甲板與機艙部門人員)。Lai et al. (2011) 認為關於企業對社會與環境可發展綠色願景或環保的承諾，營運人員可透過通過國際認證來達到綠色管理的要求。Lun (2011) 指出綠色管理包含與供應鏈合作夥伴、環保之操作與內部

管理支持等三個要素，而公司領導階層是達成公司績效的重要關鍵因素。Carić and Mackelworth (2014) 認為郵輪公司人員本身應遵照國際公約來落實空氣污染管制、廢水管理與壓艙水管理。Hammander et al. (2015) 在探討航運的綠色文化的研究中指出，為了減少對海洋環境的影響，希望相關產業組織在加強提升人員作業效率之同時，要求在船上實施作業安全化，期望公司安排所有船員參加環保的強制性培訓課程，未來能在船上實現綠色文化。Han et al. (2018) 則指出郵輪從業人員必須透過專業的課程訓練以使其產生具有對環境友善的行為。

二、港埠從業人員

港埠從業人員係指負責港埠環保與安全的相關人員，如港務公司、航港局人員。周和平、張永安 (2002) 指出為船舶達成安全的作業，港口管制人員應知悉港口相關作業方式，以減少因人為因素 (如操作不良) 所造成港區環境污染事故，以期達成避免港口環境的污染之安全目的。

Lun (2011) 指出公司可將碼頭環境問題納入公司規劃運營的決策，防止污染與減少能源消耗，鼓勵港埠管制員工參與港口環境的問題，持續監控港埠環境改善情況。劉國揚 (2016) 在港區溫室氣體盤查與

^⑩ 因從不同研究角度的觀點 (如郵輪業者、港口業者、政府或社會大眾) 所建構的評估指標會有認知上的差異，本研究試圖從郵輪業者的角度來歸納可行的管制指標，因這些郵輪業者對於本身郵輪產生的污染源、軟硬體設備與管制措施應有相當的認知與瞭解，在此予以說明。

綠色港埠發展之研究中，提到港區應制定港區環境法規，使港區管制人員有開罰依據，以減少業者違法發生，管制人員需進行監控動作，以即時掌握港區設備與能源使用狀況，以達有效管控能源使用。

三、拆船從業人員

指擔任拆除郵輪工作的作業與管理人員。Chang et al. (2006) 指出目前全球航運業大多依賴發展中國家處理退役船隻之拆船。因此，發展中國家的船舶回收業可避免遵守高成本標準的負擔，在 2009 年香港公約中指出需確實執行無害環境的船舶回收方法^①，並減少與消除船舶回收所帶來的影響。Lai et al. (2011) 指出 Maersk 公司會要求船舶在交付回收船廠之前要嚴格檢查，這檢查程序是為了要確保回收的船舶免於漏油的風險，避免排放有毒的水，目的是盡量減少船舶回收後造成的環境影響。Choi et al. (2016) 指出目前主要船拆的國家集中在南亞，然而缺乏有效的環境管制公約來約束這些拆船人員，若不加以改善，這些拆船過程中所產生的各種有毒物質將會排入地下水與海洋區域，產生居住與環境的污染。Mattorano et al. (2001) 與 Rousmaniere and Raj (2013) 提出拆船的過程會產生許多污染(如油污、廢金屬與其他廢棄物)，應建立職業與環境安全相關的公約來防範與避免潛在性的危害。

四、旅客

指搭乘郵輪的旅客。魏文欽、柯玉鳳(2008) 指出近年消費者環保意識的提升，而消費者的綠色消費行為會影響業者生產綠色產品或塑造綠色企業形象，彼此相互影響產生綠色消費的高價值觀念。Han et al. (2016) 指出郵輪行業會造成了各種環境危害，若郵輪旅客能意識到對社會與環境行為有強烈的責任感，將有助於其遵守郵輪公司所制定的環保政策。Yadav and Pathak (2017) 指出影響消費者綠色購買意向的最重要因素是對綠色產品的態度近來消費者已經開始通過選擇環保產品來展現對環境友善的行為。Han et al. (2018) 認為郵輪的遊客必須鼓勵其參與環境教育課程進而使其自主性達到具有環保意識的行為，如垃圾回收、減少電源、水資源的使用等。

2.3.2 政策指標

指機構或組織為實現目標而訂立的法規、制度或章程，其可透過通過立法的形式，進而成為具有法律效力的政策，如地方政府政策。其他廣義的政策亦可包括私部門所制定的政策，如郵輪公司政策。

一、郵輪公司政策

郵輪公司在推動環保政策時，不僅需要符合國內相關法令的規定，同時也要與國際相關法規接軌，以強化現有資源充分

^① <http://www.chinatimes.com/realtimenews/20160204000939-260410>

利用來預防污染來源，管理控制環境安全風險與善盡企業社會責任。黃曉雯 (2014) 認為公司的社會責任為永續發展之本，公司的未來經營政策就要朝向綠化或減碳措施，解決環境問題必須要降低污染的產生，讓永續發展成為公司經營政策的課題。

Lai et al. (2011) 指出環境保護要符合法規，執行環境政策。例如 Maersk 致力於保護環境盡量減少公司政策對環境的影響。Lun (2011) 在研究中指出對環境問題的研究已經從對污染控制概念延伸到綠色管理實踐，建議航運公司的政策通過實施綠色管理措施，減少船舶污染對自然環境的負面影響，將有助於提高公司績效。Carić and Mackelworth (2014) 認為郵輪公司必須確實做好油料使用的記錄以瞭解油料排放與處理情形。而近來有許多船舶亦開始導入船舶能源設計指標 (Energy Efficiency Design Index, EEDI) 與船舶能源效率管理計畫 (Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP) 期能有效控管燃料使用 (Jafarzadeh et al., 2017)。

二、綠色港埠政策

綠色港埠政策係兼顧環境、社會及經濟的永續發展，透過施行港埠的管理措施與遵循法規之要求等，降低港口對於生態系統、環境的不利影響。Hyvättinen and Hildén (2004) 在綠色的港埠政策中提

到許多減少船舶排放污染物的政策，透過直接管理、經濟和信息的措施來進行管制。Misra (2011) 指出需加強國際公約 (如 MARPOL) 的實施以降低郵輪故意排放污染的可能性。而岸上應建置良好的污染接收設備以處理船上所產生的廢棄物 (Perić, 2016)。Adland et al. (2017) 與 Zis and Psaraftis (2017) 認為港口可劃設排放控制區 (Emission Control Area) 來迫使船舶減速並降低船舶燃料中硫含量的排放。

Lai et al. (2011) 認為船公司與託運人應在運輸和貨物處理與客戶合作進行整合生態計畫，致力於在降低對自然環境的所造成的影響，促進貨櫃運輸對環境的責任。Chang and Wang (2012) 在綠色港口政策中探討如何有效減少港口地區污染物的策略以達改善港區空氣質量的目標。Chang and Jhang (2016) 認為可以透過船舶減速與轉換清潔燃料的實施來推動綠色港埠政策。López-Aparicio et al. (2017) 則建議透過港口污染減量政策來降低船舶的污染，如船舶減速、岸電設施、使用天然氣燃料等。

三、地方政府政策

地方政府通過制定政策與監管環境，針對港埠環境建立有效的管理系統，如劃定海洋管制區、定期海域環境監測、擬訂海洋油污染緊急應變計畫、徵收海洋棄置費等政策^②。蔡豐明、陳威能 (2014) 認為

^② 高雄市政府海洋局 <https://kcmb.kcg.ov.tw/>

港市合作將有利於郵輪母港的發展，地方政府有義務透過適當的保護與管理措施，確保環境和人類健康不受港口快速發展所帶來的影響，以降低郵輪對海洋所造成的污染危害。

Hyvättinen and Hildén (2004) 在環境政策的研究中指出，對於在港口降低排放 NO_x 與使用低硫燃料，瑞典提供有差別化的航道與港口費用補貼制度；挪威採用差別噸位稅、綠色獎勵以鼓勵船舶減少排放廢氣。Carić (2016) 認為港口當地的行政管理單位與社區組織應對於郵輪產生的污染應提出一些有效的防範政策。Lee and Nam (2017) 指出港口地區首先改善港口基礎設施，例如改善港口附近的道路，可以減少碼頭周圍的溫室氣體排放量，並且便於資訊系統（如 Electronic Data Interchange, EDI）應用於使用港口設施。

2.3.3 技術指標

技術指標指透過鼓勵開發控制污染物排放技術以控制污染，保護與改善環境，其包括船舶結構研發技術、清潔燃料研發技術、船舶設備研發技術。

一、船舶結構研發技術

係指研發新型船舶過程中，應考慮保護生態環境並降低污染，並兼顧綠色環保和效率。Krozer et al. (2003) 研究指出為了降低船上所造成的污染，船公司開發了雙層船殼設計，在燃料的使用上船體的形狀會影響船舶推進時所需的動力，單獨重新

設計船體，與參考船舶相比，每單位消耗燃料減少了 36%。此外，近來許多郵輪造船業已開始使用無毒的防污油漆於船殼上以降低對海洋生態的影響 (Misra, 2011)。

Lee and Nam (2017) 在綠色航運研究中指出，Maersk 透過主機優化的方式來節省 20% 的燃油，此外，利用船舶發動機產生廢熱回收系統，可降低油耗，期望透過船舶設計與設備方面，提高運營的效率與減少對環境有害物質。Rehmatulla et al. (2017) 探討如何用技術來實現航運減排措施，在研發船舶結構上改造流體動力，可以使船舶保持較好的效率，另外修改方向舵、螺旋槳與優化船體的結構，使環境損害與成本下降。

二、清潔燃料研發技術

係指利用環保替代資源產生的能源，取代有高度污染與日漸減少的化石能源，有效減少 CO₂ 排放，替代傳統能源的運用，減緩氣候變遷的速度。Hyvättinen and Hildén (2004) 在關於環境政策發展與採用創新技術中指出，Wärtsilä (瓦錫蘭——來自芬蘭的動力系統公司) 開發了環保技術，推出低 NO_x 燃燒的技術，從而減少 CO₂ 排放量與減少 NO_x 排放量，將其運用在船上的輔助發動機。Misra (2011) 指出為控管船舶廢水污染，近來有些郵輪公司已開始研發與改良排油控制系統以降低對野生動植物與生態環境的影響。Perić (2016) 郵輪的黑水可能來自廁所與醫療室的沉積物，而灰水可能來自船艙的洗澡水、洗衣

水、空調廢水，因此需加強廢水處理器的裝置以降低郵輪產生的污染。

面臨全球船舶大量排放 SO_x 的趨勢下，Ibrahim and Mohamed (2014) 指出可使用硫含量更低的清潔燃料取代高含硫船用燃油，並可以降低二氧化碳，另外可利用再生能源作為船舶動力的來源，如風能、太陽能與波浪能等。Armellini et al. (2018) 指出為了符合國際海事組織有關污染物排放的新規定，郵輪的燃料系統與運行需進行改良，譬如使用燃氣輪機 (Gas Turbines) 代替內燃機 (Internal Combustion Engines)，可以降低船舶排放的污染量。

三、船舶設備研發技術

指從改善船舶設備、裝置控制技術、設備監控技術等手段，提供控制和管理功能，對船舶整體效率的提升與 CO₂ 的減量將有重大的助益。Krozer et al. (2003) 認為為了減少艙底的水，可使用推進的水軸系統，建議使用艙底水分離器和污水處理系統，可減少產生艙底水，另外利用燃料轉換與維護發動機，污水可減少 60~70%。

Yang et al. (2012) 指出 IMO 頒布的防止船舶污染國際公約 (MARPOL) 可有效控制船舶 NO_x 和 SO_x 氣體的排放，根據船舶通過的航程區域，轉換方法 (Change-over method) 和隔離槽設計 (Segregated tank design) 被認為是控制 SO_x 的首選方案。

Liang et al. (2013) 探討船上不同類型的餘熱回收設備 (Waste Heat Recovery) 以

期改善船舶設備之熱能消耗與排放，將熱能轉換成電能可重新再利用的技術，船舶餘熱回收設備有包括渦輪、製冷、海水淡化和聯合循環系統，作為船舶減少污染物又可重覆利用的資源。Carić (2016) 則建議應透過有效的壓艙水管理系統建置以降低郵輪廢水、油污與海洋生態的影響。Jafarzadeh et al. (2017) 於挪威的研究發現在漁船上使用天然氣作為燃料可有效降低空氣污染，其建議這樣的技術可應用於其他的船舶上。

2.3.4 關鍵指標彙整

本研究依照 AHP 層級架構之模式，透過文獻回顧與專家訪談後歸納整理得到三個指標及 10 個次指標，如表 2 所示。

參、研究方法

評估郵輪污染管制的指標通常會牽涉到多面向的評估構面與指標，例如人員與政策、技術等，其所涵蓋之層次及範圍甚廣且複雜，而 AHP 是一套將複雜問題事件將其系統化的決策方法，本研究藉由國內外的相關文獻回顧，所建立的研究架構說明如下：首先說明研究架構，第二節介紹研究方法，最後是 AHP 問卷設計。

3.1 AHP 簡介

AHP 由 Thomas L. Saaty 教授在 1971 年所提出，用以解決多準則的決策問題。

表 2 本研究指標與次指標定義說明

指標	次指標	內容	參考文獻
人員	郵輪從業人員	指從事郵輪的相關人員，如任職郵輪公司的人員（含甲板與機艙部門）。	Lun (2011)、Lai et al. (2011)、Misra (2011)、Carić and Mackelworth (2014)、Hammander et al. (2015)、Strazza (2015)、Han et al. (2018)
	港埠從業人員	指負責港埠環保與安全的相關人員，如港務公司、航港局人員。	周和平、張永安 (2002)、劉國揚 (2016)、Lun (2011)
	拆船從業人員	指擔任拆除郵輪工作的作業與管理人員。	Chang et al. (2006)、Lai et al. (2011)、Rousmaniere and Raj (2013)、Choi et al. (2016)
	旅客	指搭乘郵輪的旅客。	魏文欽、柯玉鳳 (2008)、Misra (2011)、Han et al. (2016)、Yadav et al. (2017)、Han et al. (2018)
政策	郵輪公司政策	指郵輪公司所訂定之防止污染管理政策，如安裝廢氣清潔系統、配置壓艙水分離器、廢棄物減量管理策略等。	黃曉雯 (2014)、Lai et al. (2011)、Lun (2011)、Misra (2011)、Strazza (2015)、Perić (2016)、Jafarzadeh et al. (2017)、Han et al. (2018)
	綠色港埠政策	指港埠管理單位透過管理手法與法規規範要求，減少港口營運對於環境的不利影響，如提供岸電設施、壓艙水管理、監管廢棄物掩埋量等。	Hyvättinen and Hildén (2004)、Lai et al. (2011)、Chang and Wang (2012)、Chang and Jhang (2016)、Perić (2016)、Adland et al. (2017)、López-Aparicio et al. (2017)、Zis and Psaraftis (2017)
	地方政府政策	指地方政府對港埠污染防治政策，如與港口管理單位合作調查污水來源與防治、提供廢棄物專用儲存場等。	蔡豐明、陳威能 (2014)、Hyvättinen and Hildén (2004)、Carić (2016)、Lee and Nam (2017)
技術	船舶結構研發技術	指依據造船之類型、功能與性能等符合低污染需求條件設計船體結構，如開發雙層船殼設計、優化球根狀船首和船體的結構等。	Krozer et al. (2003)、Lee and Nam (2017)、Rehmatulla et al. (2017)
	清潔燃料研發技術	指研發防範燃燒時不產生對人體與環境有害物質（如硫排放物）的相關技術。	Hyvättinen and Hildén (2004)、Ibrahim and Mohamed (2014)、Jafarzadeh et al. (2017)、Armellini et al. (2018)
	船舶設備研發技術	指研發船舶設備的技術，如低污染之發動機、推進系統改良、自動化設備、LNG (Liquefied Natural Gas) 燃油機、雙燃料發動機、艙底水分離器等。	Krozer et al. (2003)、Misra (2011)、Yang et al. (2012)、Liang et al. (2013)、Salio (2015)、Carić (2016)

資料來源：本研究整理。

透過層級結構確認出複雜目標的評估因子，可在多準則下分析決策者在管理制度內的偏好，決定決策的優先次序 (Mardle et al., 2004)。過去應用 AHP 在海運議題之研究相當常見 (如 Kandakoglu et al., 2009;

Karahalios et al., 2011; Neha and Dale, 2016; Dyck and Ismael, 2017)。

AHP 的基本假設有 10 項 (鄧振源、曾國雄，1989)。

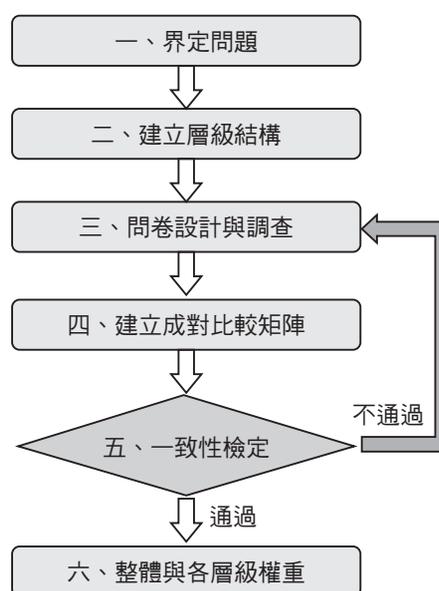
1. 各系統可被分解成許多種類 (classes)

或成分 (components)，而形成網層的層級架構。

2. 層級架構中，每一層級要素均具有獨立性。
3. 每一層級內的要素，可用上一層內某些或所有要素作為評準，進行評估。
4. 進行比較評估時，可以將絕對數值尺度轉換成比例尺度。
5. 成對比較後，可以使用正倒值矩陣處理。
6. 偏好關係滿足遞移性 (transitivity)，不只優劣關係滿足遞移性。
7. (A 優於 B，B 優於 C，則 A 優於 C)，同時期強度關係也滿足遞移性 (A 優於 B 二倍，B 優於 C 三倍，則 A 優於 C 六倍)。
8. 完全具有遞移性並不容易，因此容許不具遞移性的存在，但要測試其一致性的程度。
9. 要素的優勢程度，可經由加權法則而求得。
10. 任何要素只要出現在階層架構中，不論其優勢程度如何小，都會被認為與整個評估結構有關，而並非檢核階層結構的獨立性。

3.2 AHP 分析步驟

本研究所使用的 AHP 的流程可分為六個步驟來進行，確定層級結構後，進行專家問卷調查，再進行一致性檢定以得到整理與各指標的權重，如圖 4 所示：



資料來源：本研究整理。

圖 4 AHP 分析步驟

一、界定問題

確認研究問題之內涵、分析目的、範圍與影響因素，根據研究問題類型，盡可能將之擴大並列出所有相關可能影響問題的因素，透過蒐集問題的相關資料，並針對研究問題的範圍界定清楚。

二、建立層級結構

「階層」乃是將問題本身予以細分並結構化描述的骨架，可以清楚瞭解整個研究問題的構面，構面數量的多寡則要視研究問題的複雜程度而定，Saaty (1996) 提出層級結構的原則：

1. 最高層級代表是評估的最終目標。
2. 盡可能將性質相近的要素放在同一層級。

- 3. 層級內的要素以七個以內。
- 4. 層級內的各個要素希望具備有獨立性以區隔。

三、問卷設計與調查

依據上一步驟之架構，設計 AHP 問卷，為了得知構面之間的相對重要性，將構面分為兩兩配對互相比較，Saaty 建議採用九等的評比尺度，再根據表 3 評估層級量尺，設計成對比較問卷，當有 n 個構面時，必須進行 $n(n-1)/2$ 次的成對比較。

四、建立成對比較矩陣

此步驟目的為將 AHP 問卷轉換成矩陣，依序求得各要素(準則)之重要性與相關性的特徵向量後，以成對比較矩陣呈現，成對比較矩陣 A 如下所示。

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n$

表 3 AHP 評估尺度定義與說明

評估尺度	標準定義	說明
1	同等重要	依據自身經驗認為，兩影響要素之優先程度同等重要。
3	稍為重要	依據自身經驗認為，某一要素相較另一要素重要。
5	頗為重要	依據自身經驗認為，強烈偏好某一影響要素。
7	極為重要	依據自身經驗認為，非常強烈的偏好某一要素。
9	絕對重要	依據自身經驗認為，已經有足夠證據絕對偏好某一要素。
2、4 6、8	相鄰之中間值	相鄰尺度之中間值，介於兩者評比定義之折衷偏好。

資料來源：Saaty (1996).

五、一致性檢定

在判斷檢定出權重值的階段過程中，往往出現專家彼此之間在回答問卷時，各自內心判定基準不一，而造成比重不一致之情況發生。為瞭解決此問題，將對其進行比較矩陣的一致性檢定，因此成對評比進行「一致性檢定」，包含兩個步驟如下，其中 R.I. (Random Index) 稱為隨機指數如表 4 所示，是隨機產生之矩陣的一致性指數，Saaty (1996) 認為當 C.R. 值趨

近於 1，表示該次評比是隨機產生的；當 C.R. 值趨近於 0，表示一致性越高。原則上， $C.R. \leq 0.1$ ，其一致性達可接受水準。

1. 計算一致性指數 (Consistency Index, C.I.)

$$C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (2)$$

λ_{\max} ：矩陣 A 最大特徵值。

n ：為成對比較矩陣的要素評估項目(矩陣階數)。

表 4 隨機指數表

階數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
R.I.	0.0	0.0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.58

資料來源：Saaty (1996).

2. 計算一致性比率 (Consistency Ratio, C.R.)

$$C.R. = C.I. / R.I.$$

六、整體與各層級權重

各層級構面要素的權重計算得出後，再進行整體層級的權重計算與一致性檢定，經由上步驟，可以求得評估指標與次指標之間的相互關係權重數值，數值越大時，則代表其重要性越大。

3.3 衡量指標

依據相關文獻整理出「人員」、「政策」、「技術」三個指標。人員指標包含四項次指標，分別為：郵輪從業人員、港埠從業人員、拆船從業人員和旅客；政策指

標包含三項次指標，分別為：郵輪公司政策、綠色港埠政策與地方政府政策；技術指標包含三項次指標，分別為：船舶結構研發技術、清潔燃料研發技術與船舶設備研發技術，如圖 5 所示。

肆、研究發現

4.1 樣本分析

問卷調查包含二個階段：第一階段為問卷前測，讓預試者先行檢視此問卷之語意及內容是否適切，判斷本問卷是否有不足與缺失之處，進而使其更加完整。第二階段為正式專家問卷調查，受訪專家包括

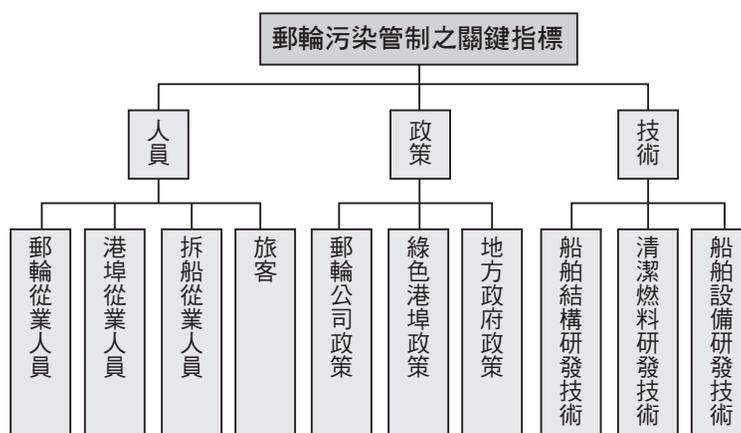


圖 5 研究架構圖

郵輪業者、學者、航港局、港務公司、造船公司¹⁶。

本研究藉由透過專家訪談時亦進行問卷前測，問卷發放日期為民國 106 年 12 月 5 日至民國 106 年 12 月 30 日止，共計 26 日。總共發出 10 份問卷，回收 10 份，回收達成率為 100%，樣本的基本資料可分為五部分。「性別」方面，男性有 10 人 (100%)；「職業」方面，郵輪公司有 3 人 (30%)，港務公司有 2 人 (20%)，造船公司有 1 人 (10%)，航港局有 1 人 (10%)，學術單位有 3 人 (30%)；「年齡」方面，31 ~ 40 歲有 1 人 (10%)，41 ~ 50 歲有 5 人 (50%)，51 ~ 60 歲有 4 人 (40%)；「海運相關工作年資」方面，6 ~ 10 年有 3 人 (30%)，11 ~ 20 年有 5 人 (50%)，21 ~ 30 年有 2 人 (20%)，31 年以上有 0 人 (0%)；「工作職稱」方面，「副總經理以上」有 1 人 (10%)，「協理 / 科長 / 主任 / 處長」有 2 人 (20%)，「專員」有 1 人 (10%)，「船長」有 2 人 (20%)，「大副 / 輪機長」有 1 人 (10%)，「教授」有 2 人 (20%)，「副教授」有 1 人 (10%)。當中有一位專家則建議將「人員」的次指標「港埠管理人員與教育」修改為「港埠從業人員」，將「技術」的次指標「低硫油研發」修改為「清潔燃料研發技術」。

正式問卷發放日期為民國 107 年 02 月 01 日至民國 107 年 02 月 28 日止。問

卷以 E-mail 方式進行發放與回收，填答者須具備事郵輪、海運或造船相關工作經驗 (年資須達 10 年以上)，且對該研究主題有相當的認識的背景才會列為本研究挑選的對象，因此，本研究將問卷填答對象設定為郵輪公司、港務公司與航港局相關部門主管，或航運管理與造船系相關學者，使問卷回收資料得以具備可信度與正確性。問卷之受訪對象分為產、官、學三個部分，包括郵輪公司、造船公司、航港局與港務公司之相關人員及學者，問卷共發出 25 份，其中包括航港局有 6 位，郵輪公司有 5 位，港務公司有 4 位，造船公司有 5 位，教授學者有 5 位，共回收 22 份，有效問卷為 20 份問卷，回收率為 80%，其中，航港局有 4 位，郵輪公司有 4 位，港務公司有 4 位，造船公司有 3 位，學者有 5 位。

受訪對象的基本資料可分為五部分，分別為性別、職業、年齡、年資及工作職稱。「性別」方面，男性有 18 人 (90%)，女性有 2 人 (10%)；「職業」方面，郵輪公司有 4 人 (20%)，港務公司有 4 人 (20%)，造船公司有 3 人 (15%)，航港局有 4 人 (20%)，學術單位有 5 人 (25%)；「年齡」方面，31 ~ 40 歲有 2 人 (10%)，41 ~ 50 歲有 8 人 (40%)，51 ~ 60 歲 7 人 (35%)，61 歲 (含) 以上有 3 人 (15%)；「海運相關工作年資」方面，6 ~ 10 年有 5

¹⁶ 由於在臺灣較難尋覓拆除郵輪的專家，故問卷受訪專家不包括拆船業者。

人 (25%)，11~20 年有 12 人 (60%)，21~30 年有 3 人 (15%)，31 年以上有 0 人 (0%)；「工作職稱」方面，「副總經理以上」有 2 人 (10%)，「協理 / 科長 / 主任 / 處長」有 4 人 (20%)，「專員」有 3 人 (15%)，「工程師」有 2 人 (10%)，「船長」有 2 人 (10%)，「大副 / 輪機長」有 2 人 (10%)，「教授」有 2 人 (10%)，「副教授」有 2 人 (10%)，「助理教授」有 1 人 (5%)。

4.2 問卷權重分析

4.2.1 主要指標權重分析

三大指標分別為：「人員」、「政策」、「技術」組成。從表 5 可得知專家對於郵輪污染之關鍵指標中，對於「政策」最為重視，次之分別為「人員」、「技術」。此層級分析結果 C.I 值為 0.00002 (小於 0.1)，表示符合層級一致性檢定。

4.2.2 次指標權重分析

一、人員

人員次指標由「郵輪從業人員」、「港埠從業人員」、「拆船從業人員」、「旅客」所組成。次指標相對權重結果與排序為：「郵輪從業人員 (0.436)」、「港埠從業人員 (0.285)」、「拆船從業人員 (0.174)」、「旅客 (0.105)」。

目前雖有國際公約來約束船舶所產生的污染物，而郵輪公司人員、港埠工作人員 (如航港局、港務公司、代理行等) 亦須透過教育訓練來強化對於環境保護的認知。對於旅客而言，郵輪公司雖尚無強

制性的規定要求旅客須做到多少程度的污染減量工作，但可透過電視或網路媒體來傳達環保郵輪的理念給登輪的旅客，以降低旅遊活動所帶來的港口或海洋危害。此外，目前拆船業主要集中在印度與巴基斯坦，在國際上較難以用船舶資源回收相關公約來規範這些拆船業者，因這些公約可能涉及到拆船國家的國內法令與拆船水準，然而期盼拆船業者能提早透過船舶回收設施計畫 (Ship Recycling Facility Plans) 來降低對環境污染的危害與保障工作人員的職業安全衛生問題。

二、政策

政策次指標由「郵輪公司政策」、「綠色港埠政策」、「地方政府政策」所組成。次指標相對權重結果與排序為：「綠色港埠政策 (0.510)」、「郵輪公司政策 (0.298)」、「地方政府政策 (0.192)」。

綠色港埠政策方面，港口管理當局 (如港務公司與航港局) 應落實各項國際公約，含空氣污染管制 (如 MARPOL Annex VI NO_x)、MARPOL Annex VI SO_x、燃料消耗數據收集等)、壓艙水管制 (Ballast Water Management 公約相關準則)、垃圾污染防治 (2017 Guidelines for the Implementation of MARPOL Annex V)、郵輪碼頭提供岸電與變頻設備等。在郵輪公司政策中，由於郵輪如同飯店一般，每天有許多遊客產生生活中的廢棄物與廢水，故在廢棄物減量與水資源管理方面應特別加強管理。此外，郵輪船舶本身產生的空氣污染與水污

表 5 整體權重分析

指標	權重	次指標	權重	整體權重	排序
人員	0.265	郵輪從業人員	0.436	0.116	3
		港埠從業人員	0.285	0.075	7
		拆船從業人員	0.174	0.046	9
		旅客	0.105	0.028	10
政策	0.475	郵輪公司政策	0.298	0.142	2
		綠色港埠政策	0.510	0.242	1
		地方政府政策	0.192	0.091	6
技術	0.260	船舶結構研發技術	0.406	0.105	4
		清潔燃料研發技術	0.240	0.063	8
		船舶設備研發技術	0.354	0.092	5

資料來源：本研究整理。

染方面，郵輪公司則至少應滿足國際公約的規範(如 MARPOL、International Safety Management Code) 與國內相關法規(如商港法、海洋污染防治法)，如進港減速、使用低硫燃料、安裝壓艙水管理系統來執行壓艙水及沉積物管理工作，挪威郵輪公司曾在 2014 年提出生態智能郵輪計畫(Eco-smart Cruise Program)^④，其可透過廢氣洗滌技術來降低空氣污染，期盼未來有更多的郵輪公司能提出更多類似的自主性的環境管理計畫。在地方政府方面，過去常有面臨港區污水流入市區地下道問題，縣市政府環保單位須強化與港口管理單位合作以共同查緝污水排放與辦理緊急應變演練。

三、技術

技術指標由「船舶結構研發技術」、「清潔燃料研發技術」、「船舶設備研發技

術」三大指標所組成。指標相對權重結果與排序為：「船舶結構研發技術(0.406)」、「船舶設備研發技術(0.354)」、「清潔燃料研發技術(0.240)」。面臨國際防止船舶污染公約(MARPOL)的實施與綠色船舶的發展趨勢，郵輪公司對於油料、有毒液體物質、包裝有害物質、污水、垃圾、空氣污染物質等必須加以管制，當前許多先進港口逐漸推動排放控制區(Emission Control Area)，建議郵輪公司在訂造新船時須能注意柴油(含雙燃料)主機的排放效能與能源效率設計指標(EEDI)，評估天然氣柴油機的發展動態以適時投入未來新型態環保郵輪的營運。

4.2.3 整體權重分析

本研究針對郵輪管制污染分成了三個指標與 10 個次指標，各指標之間的權重大小如表 5 所示。

^④ <https://www.ncl.com/in/en/press-releases/norwegians-make-difference>

在郵輪污染管制指標的相對權重中，「政策」重要性明顯高於人員、技術，由研究分析資料可得知，首重為採行的政策，如可採行一般商船所採取的防污措施，如靠岸時使用岸電設施、在港區附近海域減速航行、切換成低硫含量之燃油、配置壓艙水分離器、廢水處理系統等措施，都是因應國際公約防止污染所採行之政策，如國際海事組織 (IMO) 制定「防止船舶污染國際公約 (MARPOL)¹⁵」之規則、長灘島提出綠色港口政策 (Port of Long Beach, 2010)、洛杉磯港採用節約能源設施政策 (Port of Los Angeles, 2008) 等綠色港口政策；臺灣在海洋環境保護的政策與法規包括海商法、船舶法、商港法等，具體措施如船舶進港減速、岸電設施、採用低硫燃油、壓艙水管制、使用節能機具設施等，希望有效防治海洋污染問題，本研究的發現與許鉅秉等人 (2014)、林素如 (2014)、Kutting and Gauci (1996) 與 Zhu and Zhou (2017) 等研究結果相符合，皆相同強調政策的重要性。

在次指標方面，以整體權重分析來看，前三名分別為綠色港埠政策、郵輪公司政策、郵輪從業人員。而次指標的第一與第二名屬於政策的內容，顯示政策在郵輪的防範污染上占很重要的關鍵，郵輪公司政策如油污艙壓水要過濾分離、安裝廢

氣清潔系統技術、在港口使用岸電技術、提高燃油效率措施、施行塑料減量等政策，以減少郵輪所造成的污染量；次指標的第三名是郵輪從業人員，顯示郵輪公司事前應加強培訓相關人員參與環保管理的課程，如有必要時僱用環境督導與教育訓練人員，負責監督與訓練郵輪上各項關於環境保護之措施與實務操作，並要求第一線工作人員與各階層主管皆能落實郵輪污染防治。

伍、結論與建議

本研究透過文獻回顧整理出郵輪污染的管制策略，再藉由專家問卷分析歸納指標的權重大小與執行優先性，並提出相關具體改善建議。

5.1 結論

目前郵輪造成的污染可概分為空氣污染、油水污染、廢棄物污染、噪音污染等，本研究問卷發放 25 份，有效問卷為 20 份，回收率為 80%，結果彙整如下說明：

1. 指標可分成 (1) 人員；(2) 政策；(3) 技術等三項指標及 10 項次指標。
2. 依據 AHP 的結果發現目標指標之權重

¹⁵ MARPOL [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

值，影響郵輪污染管制指標在「政策」方面的權重值最高；其次為人員、技術。在未來欲改善郵輪污染時，首先從政策方面進行著手改善，包括郵輪公司的船舶管理政策（如壓艙水分離器、廢棄物處理等）與港埠管理單位對於港埠使用所產生污染而加以制定的防範策略（如岸電設施、使用低硫燃料等），以減少污染對於環境之影響。

3. 根據 AHP 所得到的權重值發現，影響郵輪污染因素的整體權重依序為：
- (1) 綠色港埠政策、
 - (2) 郵輪公司政策、
 - (3) 郵輪從業人員、
 - (4) 船舶結構研發技術、
 - (5) 船舶設備研發技術、
 - (6) 地方政府政策、
 - (7) 港埠從業人員、
 - (8) 清潔燃料研發技術、
 - (9) 拆船從業人員、
 - 以及
 - (10) 旅客。
- 影響郵輪污染因素經由 AHP 權重的整合，可以提供未來郵輪防治污染之優先順序。然而上述的排序並非具有絕對性，其未來可能會受到不同填答者的認知偏好而產生變化。

當前國內的港口管理單位已有實施一些綠色港埠政策與行動方案，如岸電設施、提高資源再利用、廢棄物減量管理策略、生態保護，對於船舶在港區減速航行、使用低硫燃油可提供獎勵補助等措施，都是因應國際公約防止污染所採行之政策；在郵輪公司方面，譬如嘉年華集

團旗下的愛達郵輪 (AIDA Cruises)，將於 2019 年投入使用以液化天然氣 (LNG) 驅動的新型郵輪，為世界上第一艘完全以液化天然氣作為動力的郵輪¹⁶，並規劃郵輪線路實施能源管理，以減少燃料消耗和碳排放，並遵循廢物管理和回收做法，以防止資源浪費。

人員方面，可在郵輪服務人員的訓練課程融入污染管制的課題，在港埠從業人員之教育訓練方面，可強化對於環境監測的知能與污染管制的公約，並輔以國內外案例的議題探討，激發出更多的防範郵輪污染的有效策略，並能藉由有效的管制機制與處罰條例來減少各種可能的污染危害。雖然拆船人員與旅客在整體排序上屬於最後二名，但仍不可忽視這些群體的重要性，一般而言，一艘郵輪載運的旅客數可達 3,000 ~ 4,000 位旅客，郵輪每日產生的廢棄物數量是相當可觀，若能從相關郵輪論壇、研習或郵輪登輪宣導中讓參與的人員（含民眾、導遊、領隊、港埠從業人員）能夠從這些活動中瞭解污染防治的概念，將有助於環保郵輪理念的推動。再者，技術方面，可以先從郵輪結構先著手，如開發郵輪雙層船殼設計或雙燃料引擎 (Duel Fuel Engine)、球型艙改良設計，再搭配艙底水分離器、污水處理系統等設備，以期降低潛在性的污染。

¹⁶ 國際郵輪協會 (Cruise Lines International Association, CLIA), <https://www.cruising.org>

5.2 建議

5.2.1 對港務公司建議

建議港務公司可將排放溫室氣體與港口獎勵措施作連結，提供獎勵給予對環境友善的郵輪公司，減免其使用港埠之相關費用，可參考目前全球港口所採綠色港口相關的優惠制度與獎勵措施^⑰：

1. 美國洛杉磯港口對於進港減速的船舶提供相關優惠。
2. 挪威建立了企業 NO_x 排放基金，參與的企業可免繳三年的 NO_x 排放稅，但須達到政府和基金組織之間協定的 NO_x 減排目標。
3. 巴拿馬運河管理單位對有採行綠色策略之船舶，提供泊位優先獎勵。
4. 新加坡港鼓勵航商於碼頭採用綠色科技。
5. 上海港對於船舶有達到節能減排之標準，提供補助專案措施。
6. 東京港鼓勵設置環保相關設施，碼頭使用費予以優惠。

港務公司在 107 年度有船舶進出港減速補助計畫與高雄港推動提前使用低硫燃油獎勵^⑱，可以加速改善港口附近空氣品

質，以降低船舶進出港之污染物排放。建議透過獎勵的方式，使郵輪公司與相關業者，有獎勵誘因而逐步朝向綠色港口方向前進。

5.2.2 對航港局的建議

1. 落實國內與國際相關公約規範

目前國際海事組織 (IMO) 制定「防止船舶污染國際公約 (MARPOL)」有六個附錄：防止船舶空氣污染規則、控制散裝毒性液體物質污染規則、防止油污染規則、防止船舶垃圾污染規則、防止海上載運容器包裝有害物質污染規則、防止船舶污水污染規則；其他另有 1992 氣候變化綱要公約^⑲、1954 海洋油污防止國際公約 (International Convention for the Prevention of Pollution of the Sea by Oil, OILPOL)^⑳、1982 聯合國海洋法公約 (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS)^㉑、東京備忘錄 (TOKYO MOU)^㉒、國際船舶壓載水和沈積物控制和管理公約 (International Convention for the Control and Management of Ships Ballast Water and Sediments, BWM)^㉓ 與港口國管制 (Port State Control)，面臨眾多的法規要求，港

^⑰ 臺灣港務公司股份有限公司 - 臺灣港群電子報 <https://www.epaper.twport.com.tw/?act=index>

^⑱ 臺灣港務公司股份有限公司 <https://www.twport.com.tw/gp/>

^⑲ 1992 氣候變化綱要公約 <https://unfccc.int/>

^⑳ OILPOL <https://euroshore.com/facilities/oilpol>

^㉑ UNCLOS http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/UNCLOS-TOC.htm

^㉒ TOKYO MOU <http://www.tokyo-mou.org/>

^㉓ BWM [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-\(BWM\).aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Control-and-Management-of-Ships'-Ballast-Water-and-Sediments-(BWM).aspx)

口管理官員應須清楚瞭解每個公約的規範並落實一致性的查驗標準，以免因人為的認知不同產生差別待遇。

臺灣在民國 89 年通過海洋環境污染防治的法規，希望有效整合海洋污染問題(曲立斌, 2005)，海洋污染防治法包含防止海上處理廢棄物污染、防止陸上污染源污染、防止海域工程污染、防止船舶對海洋污染等四大污染來源規範措施，面臨國際環境法規已朝向逐漸嚴格管制的趨勢，國內的法規亦須適時的修正與國際接軌。

2. 檢視修正目前臺灣法規

臺灣對於海洋之污染防治實施已經多年，然而針對郵輪污染防治的相關法規仍有改善的空間，且需要跨部會進行法規修訂，以勞動部而言，訂有職業安全衛生法，交通部則訂有商港法與船舶法，建議未來可針對郵輪污染的事項明訂管理規則與處罰機制，同時應強化郵輪碼頭港區環境污染監控系統，並與港口所在的縣市政府建立良好的污染防範機制與應變能力。郵輪污染的核心指標為綠色港埠政策，透過政策的激勵與管制手段，如鼓勵郵輪在港停泊期間轉用低硫燃料或提供岸電、根據郵輪的環保表現收取差額式港口費用、船舶減速、控制郵輪污染的立法等手段，並參考其他國家對於郵輪污染管制，檢視現有法規是否妥適並加以修正；加強郵輪港口執法人員監督之執行力，確保港口環境管理可以被有效落實；借鏡歐盟綠色港口之經驗，設定郵輪港口環境之評估指標

方法，另外要求郵輪公司做自主管理，以達到環境保護與永續經營的目標。

5.2.3 對郵輪公司的建議

1. 公司政策方面

由於每艘郵輪註冊的國籍不同，其所適用的法規亦有不同規範，建議郵輪公司應自主性落實各項污染源之管制、資源循環再利用，並瞭解每個港口的相關環保規定，亦能透過符合港口污染減量規定來取得港口的優惠措施並能達到營造環境保護之目的。譬如在郵輪進港時進行減速管理以減少排放空氣污染，於郵輪上安裝了廢氣清潔系統以減少硫化合物和顆粒物質，配合港口政策來裝設岸電設備，郵輪上配置廢水淨化系統減少廢水污染，對於老舊郵輪進行汰舊換新，並裝設有環保認證之節能裝置與使用綠色替代能源或低硫燃料。

2. 員工管理方面

郵輪公司讓所有員工都參與有關污染管制的培訓課程，並將郵輪上廢棄物再利用、再循環與將廢棄物轉化為能源，並且在郵輪上都配置環保員監督執行，減少人為故意破壞環境的行為，並強調海洋環境之重要性。郵輪公司應建立自主管理機制，但如有發現污染，航港局可依法執行開罰。

3. 旅客方面

推廣環保郵輪的概念讓旅客認識，郵輪公司可於登輪安全宣導時輔以強化綠色

郵輪之各項環保措施與理念，以減少郵輪對環境的影響，如鼓勵旅客自動將垃圾予以分類並回收，節約用水與節省能源，若自備盥洗用具可獲得額外的優惠服務等措施，讓自主環保的理念能落實在每一個人身上。

5.2.4 對後續研究建議

1. 利用不同的量化分析技巧來探討延伸性的主題

近年來，許多郵輪公司已開始採用綠色管理來強化其營運管理的各項措施，目的是減少郵輪活動中對環境的影響。後續研究可進一步探討實施綠色管理措施與其營運績效的關係，透過量化（如線性結構模式）的步驟檢視其相互影響關係（含直接與間接），以供郵輪公司擬定環保策略之實施參考。再者，可利用網路分析法或加入模糊的概念以探討實施郵輪污染管制的相關議題，以擴展分析方法與研究主題的深度與廣度。

2. 增加質性專家訪談

本研究問卷發放對象以航港局、郵輪公司、港務公司、造船公司與學者為主，未來可加入專家訪談，藉由與專家面對面進行深度訪談，以獲得專家對於郵輪污染管制之看法，驗證關於郵輪污染管制之關鍵指標是否與問卷結論相吻合，歸納不同業者的訪談問卷，再加上調查外國對於郵輪污染之管制做法，進而提出國際對郵輪防止污染之相關策略。

參考文獻

曲立斌，2005，海洋環境污染防治國際規範與國內立法之研究，國立臺灣海洋大學海洋法律學系碩士論文，基隆市。

周成瑜，2011，論海洋汙染立法中船舶汙染之狀態責任與刑事責任，臺灣海洋法學報，第 10 卷，第 1 期，32-47。

周和平、張永安，2002，散裝水泥運載船貨物作業之研究，海運研究學刊，第 13 期，61-88。

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論文，新竹市。

張朝陽，2009，綠色海運之實踐——防制船舶油汙染，船舶與海運通訊，第 68 期，23-31。

許鉅秉、胡同來、林素如、紀舒哲、侯佳芸，2014，綠色港口成功因素探析，運輸學刊，第 26 期，63-88。

黃曉雯，2014，企業社會責任為永續發展之本，會計研究月刊，第 340 期，60-65。

劉國揚，2016，特定港區溫室氣體盤查與綠色港埠發展之研究，逢甲大學環境工程與科學學系碩士論文，臺中市。

蔡豐明、陳威能，2014，探討臺灣港口發展國際郵輪母港之策略分析，運輸計劃季刊，第 43 卷，第 4 期，411-428。

鄧振源、曾國雄，1989，層級分析法（AHP）的內涵特性與應用，中國統計學報，第 6 卷，第 27 期，5-22。

- 魏文欽、柯玉鳳，2008，消費態度與綠色消費者行為因果關係之實證研究，*International Journal of LISREL*，第 1 卷，第 1 期，23-42。
- Adland, R., Fonnes, G., Jia, H., Lampe, O.D. and Strandenes, S.P., 2017. The impact of regional environmental regulations on empirical vessel speeds. *Transportation Research Part D*, 53, 37-49.
- Armellini, A., Daniotti, S., Pinamonti P. and Reini, M., 2018. Evaluation of gas turbines as alternative energy production systems for a large cruise, ship to meet new maritime regulations. *Applied Energy*, 211, 306-317.
- Carić, H. and Mackelworth, P., 2014. Cruise tourism environmental impacts – the perspective from the Adriatic Sea. *Ocean & Coastal Management*, 102(Part A), 350-363.
- Carić, H., 2016. Challenges and prospects of valuation – cruise ship pollution case. *Journal of Cleaner Production*, 111(Part B), 487-498.
- Chang, Y.C., Wang, N. and Durak, O.S., 2006. Ship recycling and marine pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 60(9), 1390-1396.
- Chang, C.C. and Wang, C.M., 2012. Evaluating the effects of green port policy: case study of Kaohsiung harbor in Taiwan. *Transportation Research Part D*, 17(3), 185-189.
- Chang, C.C. and Jhang, C.W., 2016. Reducing speed and fuel transfer of the Green Flag Incentive Program in Kaohsiung Port Taiwan, *Transportation Research Part D*, 46, 1-10.
- Choi, J.K., Kelley, D., Murphy, S. and Thangamani, D., 2016. Economic and environmental perspectives of end-of-life ship management. *Resources, Conservation & Recycling*, 107, 82-91.
- Dyck, G.K. and Ismael, H.M., 2017. Multi-criteria evaluation of port competitiveness in west Africa using Analytic Hierarchy Process (AHP). *American Journal of Industrial and Business Management*, 5(6), 432-446.
- Eckhardt, S., Hermansen, O., Grythe, H., Fiebig, M., Stebel, K., Cassiani, M., Baecklund, A. and Stohl, A., 2013. The influence of cruise ship emissions on air pollution in Svalbard – a harbinger of a more polluted Arctic? *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 8401-8409.
- Hammander, M., Karlsson, P., Österman, C. and Hult, C., 2015. How do you measure green culture in shipping? The search for a tool through interviews with Swedish seafarers. *International Journal on Marine Navigation & Safety of Sea Transportation*, 9(4), 501-509.
- Han, H., Jae, M. and Hwang, J., 2016. Cruise travelers' environmentally responsible decision-making: an integrative framework of goal-directed behavior and norm activation process. *International Journal of Hospitality Management*, 53, 94-105.
- Han, H., Lee, M.J. and Kim, W., 2018.

- Antecedents of green loyalty in the cruise industry: *Sustainable Development and Environmental Management*, Business Strategy and the Environm, 27, 323-335.
- Hyvättinen, H. and Hildén, M., 2004. Environmental policies and marine engines - effects on the development and adoption of innovations. *Marine Policy*, 28(6), 491-502.
- Ibrahim S.S. and Mohamed M.E., 2014. Eco-friendly selection of ship emissions reduction strategies with emphasis on SO_x and NO_x emissions. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 6(3), 737-748.
- Jafarzadeh, S., Paltrinieri, N., Utne, I.B. and Ellingsen, H., 2017. LNG-fuelled fishing vessels: a systems engineering approach. *Transportation Research Part D*, 50, 202-222.
- Kandakoglu, A., Celik, M. and Akgun, I., 2009. Multi-methodological approach for shipping registry selection in maritime transportation industry. *Mathematical and Computer Modelling*, 49(3), 586-597.
- Karahalios, H., Yang, Z.L., Williams, V. and Wang, J., 2011. A proposed system of hierarchical scorecards to assess the implementation of maritime regulations. *Safety Science*, 49(3), 450-462.
- Krozer, J., Mass, K. and Kothuis, B., 2003. Demonstration of environmentally sound and cost-effective shipping. *Journal of Cleaner Production*, 11(7), 767-777.
- Kutting, G. and Gauci, G., 1996. International environmental policy on air pollution from ships. *Environmental Politics*, 5(2), 345-352.
- Lai, K.H., Lun, Y.H., Wong, W.Y. and Cheng, T.C.E., 2011. Green shipping practices in the shipping industry: conceptualization, adoption, and implications. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(6), 631-638.
- Lee, T. and Nam, H., 2017. A study on green shipping in major countries: in the view of shipyards, shipping companies, ports, and policies. *Asian Journal of Shipping & Logistics*, 33(4), 253-262.
- Liang, Y., Shu, G., Wei, H., Tian, H. and Zhao, J., 2013. A review of waste heat recovery on two-stroke IC engine aboard ships. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 385-401.
- López-Aparicio, S., Tønnesen, D., Thanh, T.N. and Neilson, H., 2017. Shipping emissions in a Nordic port: assessment of mitigation strategies. *Transportation Research Part D*, 53, 205-216.
- Lun, Y.H.V., 2011. Green management practices and firm performance: a case of container terminal operations. *Resources, Conservation & Recycling*, 55(6), 559-566.
- Magda, W.B, Lena, G. and Karin, A., 2016. The nutrient load from food waste generated onboard ships in the Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 105(1), 359-366.
- Mardle, S., Pascoe, S. and Herrero, I., 2004. Management objective importance in fisheries:

- an evaluation using the Analytic Hierarchy Process (AHP). *Environmental Management*, 33(1), 1-11.
- Mattorano, D., Harney, J., Cook, C. and Roegner, K., 2001. Metal exposure during ship repair and shipbreaking procedures. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16(3), 339-349.
- Misra, M., 2011. Cruise tourism in polar regions: promoting environmental and social sustainability. *International Journal of Environmental Studies*, 68(2), 256-258.
- Neha, M. and Dale, M., 2016. Shippers' changing priorities in port selection decision – a survey analysis using Analytic Hierarchy Process (AHP). *Journal of the Transportation Research Forum*, 55(3), 65-81.
- Papaefthimiou, S., Maragkogianni, A. and Andriosopoulos, A., 2016. Evaluation of cruise ships emissions in the Mediterranean basin: the case of Greek ports. *International Journal of Sustainable Transportation*, 10, 985-994.
- Perić(2016), T., 2016. Wastewater pollution from cruise ships in coastal sea area of the Republic of Croatia. *Scientific Journal of Maritime Research*, 30, 160-164.
- Port of Long Beach, 2010. Green Port Policy. Available at: <http://www.portcompliance.org/pdfs/Port%20of%20Long%20Beach.pdf> (accessed 23 March, 2018)
- Port of Los Angeles 2008. Sustainability Assessment and Plan Formulation. Available at: https://www.portoflosangeles.org/DOC/REPORT_Sustainability_Assessment_Plan_Formulation.pdf (accessed 23 March, 2018)
- Rehmatulla, N., Calleya, J. and Smith, T., 2017. The implementation of technical energy efficiency and CO₂ emission reduction measures in shipping. *Ocean Engineering*, 139, 184-197.
- Rousmaniere, P. and Raj, N., 2013. Shipbreaking in the developing world: problems and prospects. *Journal of International Journal of Occupational and Environmental Health*, 13(4), 359-368.
- Saaty, T.L., 1996. *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, RWS Publications.
- Salio, M.P., 2015. Numerical assessment of underwater noise radiated by a cruise ship. *Journal of Ships and Offshore Structures*, 10(3), 308-327.
- Strazza, C., 2015. Investigation of green practices for paper use reduction onboard a cruise ship – a life cycle approach. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 20(7), 982-993.
- Vutukuru, S. and Dabdub, D., 2008. Modeling the effects of ship emissions on coastal air quality: a case study of southern California. *Atmospheric Environment*, 42(16), 3751-3764.
- Yadav, R. and Pathak, G.S., 2017.

Determinants of consumers' green purchase behavior in a developing nation: applying and extending the theory of planned behavior. *Ecological Economics*, 134, 114-122.

Yang, Z.L., Zhang, D., Caglayan, O., Caglayan, O., Jenkinson, I.D., Bonsall, S., Wang, J., Huang, M. and Yan, X.P., 2012. Selection of techniques for reducing shipping NOx and SOx emissions. *Transportation Research Part D*, 17(6), 478-486.

Zhu, L. and Zhuo, R., 2017. A survey of the legal and policy framework for controlling, compensating and criminalizing ship-source pollution in Hong Kong. *Marine Policy*, 76, 38-47.

Zis, T. and Psaraftis, H.N., 2017. The implications of the new sulphur limits on the European Ro-Ro sector. *Transportation Research Part D*, 52, 185-201.

