

98-30-7387

MOTC-IOT-97-H1DB013

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



交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

98-30-7387

MOTC-IOT-97-H1DB013

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

著 者：朱金元、林玲煥、鄭魁香
吳上立、陳曦照、劉衍志

交通部運輸研究所

中華民國 98 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

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 / 朱金元等著. -- 初版. -- 臺北
市：交通部運研所，民 98. 04
面；公分
參考書目：面
ISBN 978-986-01-8243-9(平裝)

1. 港埠管理 2. 船舶 3. 能源節約 4. 環境
保護

557. 52

98006820

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

著者：朱金元、林玲煥、鄭魁香、吳上立、陳曦照、劉衍志
出版機關：交通部運輸研究所
地址：10548 臺北市敦化北路 240 號
網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電話：(04) 26587176
出版年月：中華民國 98 年 4 月
印刷者：承亞興企業有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站
定價：200 元
展售處：
交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880
國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207
五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009800893

ISBN：978-986-01-8243-9 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部
運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：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			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-8243-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1009800893	運輸研究所出版品編號 98-30-7387	計畫編號 97-H1DB013
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：朱金元 研究人員：林玲煥 聯絡電話：04-26587112 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：高苑科技大學 計畫主持人：鄭魁香、吳上立 研究人員：陳曦照、劉衍志 地址：高雄縣路竹鄉中山路 1821 號 聯絡電話：07-6077207		研究期間 自 97 年 8 月 至 97 年 11 月
關鍵詞：臺灣港埠、節能減碳			
摘要： 根據聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)於 2007 年公佈的第四次評估報告顯示，地球的年平均溫度逐年上升已是不爭的科學事實，熱浪來襲，冰原溶解，海平面逐漸上升，沿海城市面臨被海水淹沒的危機，種種由於氣候暖化在世界各地所導致的異常現象，衝擊著人類的生存環境和自然生態的永續。科學家認為，引起全球溫度上升的主要原因，是各種人為活動排放溫室氣體所造成，因此「節能減碳」是解決全球暖化最直接的做法。但是因目前各種動力來源仍舊是以燃燒燃油之成本為最低，因此為了能達到「節能減碳」之目標，政府現階段必須規劃政策的配合與研發經費的補助，並擬定中長程計畫，逐步執行方能達成目標。在國際貿易發達的現代，港灣在各國中扮演貨物進出口的重要角色。但是港口內的各式輪船與機具，也都是碳的大量排放來源。本計畫將針對港灣內之船舶與機具進行研究，以制度研擬與技術研發兩方面，並以短、中、長三階段進行規劃與執行，共計規劃 4 個研究計畫，以為後續本領域之參考。 成果效益與應用情形： 本研究係先導型研究，研究成果將做為後續規劃研究的參考。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
98 年 4 月	196	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密， ☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Initiatives to Carbon Reducing and Energy Saving for the Current Status and Future Development of Port and Ship Operations in Taiwan			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-01-8243-9(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009800893	IOT SERIAL NUMBER 98-30-7387	PROJECT NUMBER 97-H1DB013
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chu Chin-yuan PROJECT ATAFF: Lin Ling-huan PHONE: (04) 26587112 FAX: (04) 26564418			PROJECT PERIOD FROM August 2008 TO November 2008
RESEARCH AGENCY: KAO YUAN UNIVERSITY PRINCIPAL INVESTIGATOR: Cheng Kuei-hsiang and Wu Sun-li PROJECT STAFF: Chen Shi-jaw, Liou Yean-jhe ADDRESS: No.1821, Jhongshan Rd., Lujhu Township, Kaohsiung County 821, Taiwan (R.O.C.) PHONE: 886-7-6077207			
KEY WORDS: Port and Ship Operations, Carbon Reducing and Energy Saving			
ABSTRACT: According to the United Nations Inter-governmental Panel on Climate Change (IPCC) published in 2007 in the Fourth Assessment Report, it is shown that the average annual temperature of the Earth increasing year by year is an indisputable scientific fact, including heat waves, melting ice sheet, the gradual rise in sea level, and coastal cities facing inundation from sea water crises. Scientists indicate that global warming is mainly the result of human activities caused by emissions of greenhouse gases. Therefore, "energy efficiency increase and carbon emission reduction" is the most direct solution to global warming. However, as a result of the current power system, most kinds of ships still burn heavy fuel oil (HFO) for the lowest cost, so in order to be able to achieve "energy efficiency increase and carbon emission reduction" objective, the government's policy planning at this stage with R & D funding and subsidies, and to develop long-term plan. In addition, harbors and ports play an important role in international imports and exports. However, the various types of port equipment and transport vehicles are the large carbon emission sources. In this project, a planned total of 4 research projects for energy efficiency increase and carbon emission reduction to ships and ports in this new field.			
BENEFITS AND APPLICATIONS: This study is a pilot research. The results of this study will be used for further research.			
DATE OF PUBLICATION April 2009	NUMBER OF PAGES 196	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

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

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目錄	III
表目錄	VII
圖目錄	IX
第一章 前言	1-1
1.1 研究目的	1-2
1.2 研究範圍	1-2
1.3 主要工作內容	1-2
1.4 研究流程	1-3
第二章 相關組織、法規與政策現況	2-1
2.1 相關組織	2-1
2.2 法規	2-2
2.2.1 國際公約	2-2
2.2.2 國外相關法規	2-3
2.2.3 國內節約能源相關法規	2-5
2.2.4 國內空氣汙染相關法規	2-5
2.3 政策現況	2-7
2.3.1 國外現況	2-7
2.3.2 國內現況	2-9

2.4 國內節能減碳政策與法規相關研究	2-10
2.4.1 政策策略面	2-10
2.4.2 法規制度面	2-12
第三章 船舶節能減碳之探討	3-1
3.1 前言	3-1
3.2 海上船舶耗能分析	3-7
3.2.1 船舶節能技術	3-7
3.2.2 節能技術發展現況	3-9
3.3 海上船舶節能之探討	3-13
3.3.1 船舶節能技術	3-16
3.3.2 節能技術發展現況	3-19
3.4 海上船舶減碳之探討	3-21
3.4.1 溫室氣體減量執行方法	3-21
3.4.2 中國大陸溫室氣體減量之因應	3-31
第四章 港埠節能減碳探討	4-1
4.1 港埠機關與設施	4-1
4.2 港埠節能減碳要點	4-5
4.3 港埠節能減碳案例	4-9
4.3.1 美國加州長堤港與洛杉磯港	4-9
4.3.2 中國大陸青島港	4-14
4.3.3 中國大陸京唐港	4-14
4.3.4 美國紐約-紐澤西港	4-18
4.3.5 綜合說明	4-21

4.4 國內主要港口現況.....	4-24
4.5 國內港埠節能減碳相關研究.....	4-43
第五章 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃.....	5-1
5.1 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃.....	5-1
5.1.1 目的	5-1
5.1.2 規劃面	5-1
5.1.3 規劃期程	5-1
5.1.4 規劃統計	5-3
5.2 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃.....	5-3
5.2.1 第一年計畫	5-4
5.2.2 第二年計畫	5-5
5.2.3 第三年計畫	5-6
5.2.4 第四年計畫	5-8
第六章 結論與建議.....	6-1
6.1 節能減碳結論	6-1
6.2 節能減碳建議.....	6-4
參考文獻.....	參-1
附錄一 期末審查意見與回覆.....	附錄 1-1
附錄二 期末簡報資料.....	附錄 2-1

表 目 錄

表 2-1	各主要國家的產業 CO ₂ 減量及節能之相關措施.....	2-8
表 2-2	我國各部門燃料燃燒 CO ₂ 之排放與占比例（含用電排放 CO ₂ ）	2-10
表 3-1	不同等級燃油的含碳含能及 CO ₂ 排放.....	3-2
表 3-2	低速柴油引擎一般廢氣流組成	3-3
表 3-3	各類型船舶出力需求	3-4
表 3.4	目前各國應用於船舶的節能技術.....	3-10
表 3.5	各種船舶技術二氧化碳減量績效.....	3-11
表 3.6	各種運輸措施二氧化碳減量績效.....	3-12
表 3.7	透過耗燃法與不同排放因子所估算出全球國際海運大氣排放	3-14
表 3.8	源自各類型船舶之排放(Mton)	3-14
表 4-1	高雄市空氣品質測站	4-28
表 4-2	臺中縣市空氣品質測站統計表	4-32
表 4-3	基隆市空氣品質測站統計表	4-35
表 4-4	花蓮空氣品質測站統計表	4-42

圖 目 錄

圖 1.1	研究流程圖	1-3
圖 3.1	目標船例主機之基本熱平衡	3-6
圖 3.2	1971 至 1994 年世界各地區海運燃油銷售量（百萬噸）	3-13
圖 4.1	長堤港與洛杉磯港地理位置	4-13
圖 4.2	青島港地理位置	4-15
圖 4.3	京唐港地理位置	4-17
圖 4.4	紐約-紐澤西港地理位置	4-21
圖 4.5	高雄港地理位置	4-25
圖 4.6	高雄港附近空氣品質監測站 ^[9]	4-27
圖 4.7	臺中港地理位置	4-30
圖 4.8	臺中港附近空氣品質監測站	4-31
圖 4.9	基隆港地理位置	4-34
圖 4.10	基隆市空氣品質監測站位置	4-36
圖 4.11	花蓮港地理位置	4-39
圖 4.12	花蓮空氣品質監測站位置	4-42

第一章 前言

聯合國於 2008 年 2 月公佈，全球商船的二氧化碳年排放量將近 11 億 2000 萬公噸，幾乎是先前估計數值的三倍。比重約佔全球總量的 4.5%。聯合國所屬機構「國際海事組織」(International Maritime Organization, IMO)先前之估計，運輸業的二氧化碳排放量約為四億公噸。聯合國「政府間氣候變遷問題小組」主席帕卓里表示，海運業到目前為止一直還未遭到點名，氣候變遷的討論向來都遺漏它們。資料顯示之前全球海運業的排碳量被低估，也造成各國忽略對於港口設備與海運船隻的排碳量管制。比較起來，強迫使用更清潔燃料的航空業目前每年的二氧化碳排放量為 6.5 億噸。歐盟在制訂減少溫室氣體排放目標時沒有把商業航運的排放量考慮在內。

2007 年 4 月由美國最高法院明確規定，「清潔空氣法案」(The Clean Air Act)賦予美國國家環境保護局的權力，以解決全球氣候變暖。環保局必須立即採取行動和問題的規例，限制污染，以避免全球氣候暖化。現在美洲的環太平洋港口，就推動設置岸邊的電力系統，讓船隻停泊時，不用發動引擎。美國洛杉磯港務局為減少港口交通工具的污染，展開六百萬美元的先驅計畫，使用零碳排電動貨車。

在中國大陸，亦有頒佈「交通行業節能管理實施條例」，詳細訂定各級政府均設專職節能機構，交通行業各層次的企業、事業單位必須成立節約能源管理領導小組，並規定節能管理機構的主要職責、節能資金的來源等，以落實節能減碳之工作。

在國際貿易發達的現代，港灣在各國中扮演貨物進出口的重要角色。但是港口內的各式輪船與機具等內燃機動力系統，卻為主要排碳來源，此外，尚有氮氧化物(NO_x)、硫氧化物(SO_x)、懸浮微粒(PM_{10})，以及壓艙水、廢油排放問題。

根據聯合國跨政府氣候變遷小組(IPCC)，於 2007 年公佈的第四次

評估報告顯示，地球年平均溫度逐年上升已是不爭的科學事實，熱浪來襲，冰原溶解，海平面逐漸上升，沿海城市面臨被海水淹沒的危機，種種由於氣候暖化在世界各地所導致的異常現象，衝擊著人類的生存環境和自然生態的永續。科學家認為，引起全球溫度上升的主要原因，是各種人為活動排放溫室氣體所造成，因此「節能減碳」是解決全球暖化最直接的做法。但是因目前多數動力來源仍舊是以燃油之成本為最低，為能達到「節能減碳」目標，政府現階段必須規劃政策的配合與研發經費的補助，並擬定中長程計畫，逐步執行方能達成目標。

1.1 研究目的

透過對國內外海運相關組織節能減碳之法規面、現況執行面以及績效分析面的文獻收集與分析，研擬國內未來海運相關節能減碳實施之短中長期規劃。

1.2 研究範圍

以國內四個國際港：基隆港、臺中港、高雄港與花蓮港為本研究案的研究範圍。

1.3 主要工作內容

本研究案的主要工作內容如下：

- 一、國內外海運相關節能減碳方面之法規面、執行面、執行績效分析。
- 二、主要海運聯盟或國際組織相關節能減碳法規探討。
- 三、國內各商港碼頭設施、岸上機具、海上船舶耗能分析。
- 四、未來相關海運節能減碳實施之短中長期規劃研擬。

1.4 研究流程

本研究之工作流程如下，計分成資料收集、資料分析與初步規劃等三個階段。

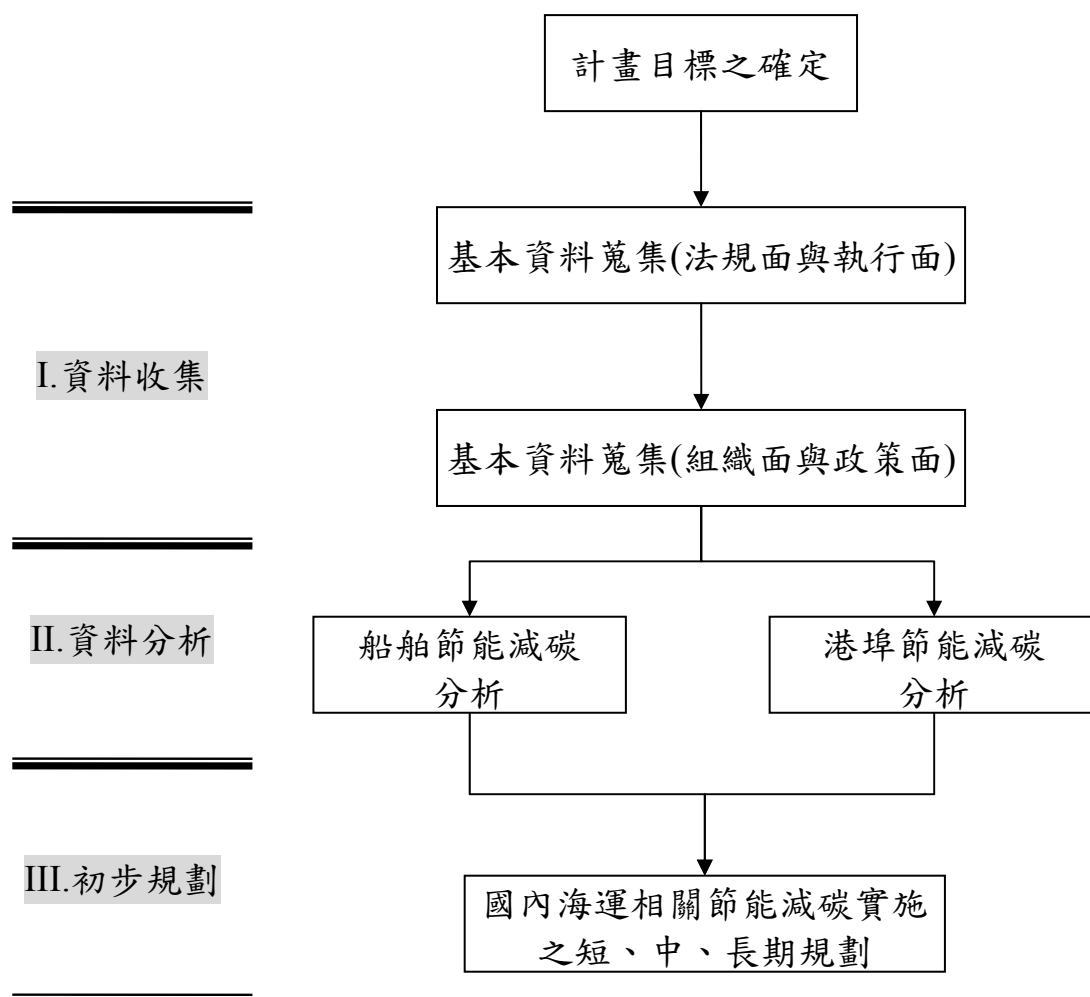


圖 1.1 研究流程圖

第二章 相關組織、法規與政策現況

2.1 相關組織

隨著溫室效應所帶來的氣候變遷議題，已是國際組織與各國政府施政重點。在船舶與港口方面，目前在國際上有以下組織來制定與規範相關的事務，分別介紹如下：

1. 國際海事組織 (International Maritime Organization, IMO)

國際海事組織是聯合國下專業代辦處，成立於 1959 年，是一個專門負責改善船隻在海上安全和防止海洋污染的一個組織。國際海事組織更是一個促進各國政府和各國航運業界在改進海上安全，防止海洋污染與及海事技術合作的國際組織。目前國際海事組織的總部設在英國倫敦，截至目前為止，共有 167 個國家加入本組織，臺灣並未加入此組織。

2. 海洋環境保護委員會 (Marine Environment Protection Committee, MEPC)

海洋環境保護委員會為 IMO 下的一個小組委員會，委員會每年召開兩次會議，以制定國際公約有關的各種形式的海洋環境問題；例如回收的船舶，控制排放量和有害水生生物的壓艙水等。

3. 國際港埠協會 (International Association of Ports and Harbours, IAPH)

國際港埠協會係一全球性港口聯盟，成立於 1955 年，為國際性非政府組織，目前會員遍及 90 餘國的 220 個港口，130 個港埠業相關公司及協會。所有會員港共裝卸全球貨櫃達 90%，佔全球海運貿易量 60%。國際港埠協會的「技術委員會」處理目前世界港口所面臨的各式重大問題。聯合國認可國際港埠協會為一諮詢性的非政府組織，國際港埠協會在協調拓展全球海運及貿易活動架構方面亦不遺餘力。

2.2 法規

本節針對國際組織訂定之船舶與港口節能減碳相關公約、國內外現行相關法規進行介紹與探討。

2.2.1 國際公約

目前國際組織已簽訂之船舶與港口節能減碳相關公約說明如下：

1. 聯合國海洋法公約 (United Nations Convention on the Law of the Sea, UNCLOS)

此公約界定內水、領海、臨接海域、大陸棚、專屬經濟區、公海等重要概念。對當前全球各領海主權爭端、海上天然資源管理、污染處理等，具有重要的指導和裁決作用。

2. 國際防止船舶污染公約 (MARPOL Annex VI)

2005 年 5 月 19 日開始生效，主要對於船舶排氣當中的硫氧化物與氮氧化物設限，並禁止排放任何臭氧耗蝕物質。

3. 京都議定書 (Kyoto Protocol)

京都議定書是「聯合國氣候變化綱要公約」(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)的補充條款。為聯合國氣候變化綱要公約參加國三次會議於 1997 年 12 月在日本京都制定，其目標是「將大氣中的溫室氣體含量穩定在一個適當的水準，進而防止劇烈的氣候改變對人類造成傷害」。京都議定書重點如下：

(1) 減量時程與目標值

「聯合國氣候變化綱要公約」之國家係指 OECD 中除墨西哥外的所有 24 個成員、歐盟、前蘇聯各共和國及前東歐共產國家，合計 37 個成員及摩洛哥與列支敦斯登 2 國，共計 39 個國家，將人為排放之六種溫室氣體換算為二氧化碳當量，與 1990 年相

較，平均削減值 5.2%，同時採差異性削減目標之方式；歐盟及東歐各國 8%、美國 7%、日本、加拿大、匈牙利、波蘭 6%。另冰島、澳洲、挪威則各增加 10%、8%、1%。減量時程為 2008 至 2012 年，並以此 5 年平均值為準。

(2)管制目標

六種溫室氣體中，CO₂、CH₄、N₂O 管制基準年為 1990 年，而 HFCs、PFCs 與 SF₆ 為 1995 年。

4. 曼谷氣候變遷會議

全球 160 多國在 2008 年 4 月 5 日於曼谷氣候變遷會議上同意，於 2009 年起草全球氣候變遷的新協議，取代即將失效的京都議定書。會中通過 2009 年底完成並取代京都議定書的新全球環保公約，各國也首度考慮將飛機與船隻的廢氣排放量納入全球性新公約的規範，原因是這兩種交通工具排放的廢氣日漸成為造成溫室效應的大污染源。

2.2.2 國外相關法規

目前國際上沒有嚴格有效的法規去處理遠洋船舶釋出二氧化碳排放物的問題。國際海事組織(IMO)自 2000 年公布一項溫室氣體排放的報告後，在船舶釋出二氧化碳這問題上再沒取得任何重大進展。根據該報告的預測，在沒有法規管理的情況下，由航運業產生的二氧化碳排放物到了 2020 年會增加 72%。此外，「京都議定書」並不涵蓋遠洋船舶。歐盟也正繼續討論如何利用自己的氣候變化規定，來處理航運業產生碳排放物的問題，然而短期似乎仍無法就航運問題達成協議。在北美洲和歐洲地區，正制訂各種措施減少排放，保障公眾健康，包括法規、優惠、獎項和嘉許計劃、綜合規劃和政策，以及進行研究和跨界別合作。以下列出美、日、歐盟與中國大陸之相關法規：

1. 美國

- (1)空氣污染管制法 (Air Pollution Control Act)
- (2)清淨空氣法 (Clean Air Act)
- (3)空氣品質法 (Air Quality Act)
- (4)2008 海事污染防制法 (Maritime Pollution Protection Act of 2008)
- (5)船舶污染防制法 (Prevention of Pollution From Ships)

2. 日本

- (1)空氣污染防制法
- (2)大氣污染防治法

3. 歐盟

歐洲環境空氣品質與更乾淨空氣指令 (Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa vom 21 .Mai 2008)

4. 中國大陸

- (1)中華人民共和國環境保護法
- (2)中華人民共和國大氣污染防治法
- (3)中華人民共和國大氣污染防治法實施細則
- (4)中華人民共和國海洋環境保護法
- (5)中華人民共和國防治陸源污染物污染損害海洋環境管理條例
- (6)中華人民共和國防治海岸工程建設項目污染損害海洋環境管理條例
- (7)船舶污染物排放標準
- (8)節約能源法
- (9)船舶及港口管制條例 (香港)

2.2.3 國內節約能源相關法規

目前國內主管節約能源之單位為能源局，在船舶與港口相關設備的耗能規定有「**漁船用引擎容許耗用能源標準及管理辦法**」與「**車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法**」兩項辦法，對於其他大型貨輪等則無耗能標準及管理辦法規範。

能源局為獎勵各公民營事業單位使用高效率節能設備，亦有「**公司購置節約能源或利用新及淨潔能源設備或技術適用投資抵減辦法**」，鼓勵各公司更新老舊設備，使用淨潔能源設備或技術。

2.2.4 國內空氣汙染相關法規

本計畫著重於港埠及船舶方面的節能減碳，須檢視國內相關法規，以提出建議政府修改法規之參考。

政府頒布「**海洋污染防治法**」，明訂本國管轄之潮間帶、內水、領海、鄰接區、專屬經濟海域及大陸礁層上覆水域等所定範圍外海域排放有害物質，致造成此範圍內污染者之規範。「**海洋污染防治法施行細則**」則訂定各主管機關與權責等相關事項。「**海洋污染防治法**」與「**海洋污染防治法施行細則**」皆未對港口有明確的規定，只有「**海洋污染防治法施行細則**」之第十九條，對於有關設置船舶防止污染設備、有關船舶對海洋環境有造成污染之虞者之認定、有關船舶之排洩及船舶之適當防制排洩措施，依船舶法、商港法及航政主管機關之相關規定與國際公約或慣例辦理。

國內主要的空氣污染的法規為「**空氣污染防制法**」，許多的施行細則皆架構於此法下訂定的。其中於 93 年最新修正之「**空氣品質標準**」內，規範總懸浮微粒(TSP)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)、鉛(Pb)等排放標準。92 年環保署公告「**空氣污染防制法施行細則**」則對於空氣污染物種類有較明確的定義，如氣狀污染物、粒狀污染物、衍生性污染物、毒性污染物、惡臭污染物等。其中

氣狀污染物內只列舉硫氧化物 (SO_2 及 SO_3 合稱為 SO_x)、一氧化碳、氮氧化物 (NO 及 NO_2 合稱為 NO_x)、碳氫化合物(C_xH_y)、氯化氫(HCl)、二硫化碳(CS_2)、鹵化烴類($\text{C}_m\text{H}_n\text{X}_x$)、全鹵化烴類(CFCs)、揮發性有機物(VOCs)等。但是法規對於目前最被熱烈討論的主要溫室氣體：二氧化碳(CO_2)卻未見規範，即使國外的先進國家，也大多未對二氧化碳的排放標準制訂規範。在氣候變遷的議題下，相信在未來幾年，應陸續有國家訂定溫室氣體排放的相關規範。

對於發電廠空氣排放，環保署於 92 年修訂「**電力設施空氣污染物排放標準**」加以規範。此外，尚有相關法令來規範交通工具的空氣污染物排放，如「**交通工具空氣污染物排放標準**」對各種交通工具的空氣污染物排放標準明訂規範，但大部份條文是針對陸上汽車、貨車及機車有詳細的規定，對於船舶卻只有以下 2 條規定：

1. 允許主動推進動力 3,000kw 以上之船舶起動時 20 秒內；3,000kw 以下之船舶起動時 10 秒內，不超過不透光率 60%。
2. 目測不透光率 40%，相當於林格曼二號（黑度檢測標準）。

對於固定污染源相關的法規，環保署 96 年修訂「**固定污染源設置與操作許可證管理辦法**」，管理固定污染排放氮氧化物、硫氧化物、揮發性有機物、粒狀物、一氧化碳等氣體之設置與操作許可。同年亦修訂「**固定污染源空氣污染物排放標準**」，詳細規定固定污染源空氣污染物排放之標準與計算方式。另外環保署在 83 年公佈，88 年修訂之「**特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準**」，規定特殊性工業區應於適當地區設置空氣品質監測設施。

在空氣污染檢測方面，環保署頒佈有「**環境檢驗測定機構管理辦法**」、「**交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法**」、「**使用中汽車排放空氣污染物不定期檢驗辦法**」、「**固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法**」等規定。

在罰則方面，則有「**交通工具排放空氣污染物罰鍰標準**」、「**交通工具違反空氣污染防制法裁罰準則**」、「**公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則**」等辦法。

為籌措空氣污染防制經費，環保署於民國 81 年修訂「**空氣污染防制費收費辦法**」。從民國 84 年起，開始由政府對第一方式的固定污染源，亦即對其所使用油（燃）料及蒙特婁議定書列管化學物質之數量，以及移動污染源所使用油（燃）料之數量課徵空氣污染防制費。空污基金現都應用於如電動機車補助、路上定期不定期抽查、機車排放氣檢測補助等。

為鼓勵各單位減少排放污染氣體，環保署於民國 97 年頒佈「**公私場所固定污染源空氣污染防制設備空氣污染防制費減免辦法**」，以減免空氣污染防制費，來提高各單位更換節能設備，或以較新技術來減少排放污染氣體。

由以上各法規分析可得知：

1. 國內對於溫室氣體排放還無任何法律規定，即使是先進國家也大部份仍在草擬法案的階段，主要是因為溫室氣體排放量之量測與估測技術尚不成熟，全面量測有其困難性。對於船舶之溫室氣體排放，在國際上仍未廣受注目。
2. 國內尚無專門針對港口機具與船舶排氣的規定，雖然可以使用其他法條來規範，或配合港區附近環境監測站進行推估，但港口為一特殊管制地區，如何落實港口機具與船舶排氣監測與管理，除須相關單位配合執行，法規的制定、監測方法與標準訂定、執行機關確認，以及連帶的獎勵、補助、罰責等配套，應一併進行探討。

2.3 政策現況

2.3.1 國外現況

京都議定書制訂後，各國政府分別訂定行政管制措施，並搭配經

濟誘因措施，促使產業界落實節能減碳之工作。表 2-1 為各主要國家的產業 CO₂ 減量及節能之相關措施。

表 2-1 各主要國家的產業 CO₂ 減量及節能之相關措施

國家	行政管制措施	經濟誘因措施	其他
美國	● 氣候變遷協議架構 ● 空氣清潔法 ● 1990 污染防制法 ● 氣候變化行動計畫	● 產業資金計畫 ● 環境會計計畫	● 共同研發協定 ● 產業輔導方案 ● 能源之星及綠光計畫
日本	● 省能源法	● 低利融資優惠措施 ● 租稅減免、加速折舊優惠措施 ● 節能技術開發輔導措施 ● 資源回收再利用誘因措施	● 輔導先導工廠 ● 促進汽電共生設備 ● 提供諮詢與輔導 ● 高性能工業開發 ● 培育 ESCO 企業
韓國	● 產品別行政管制措施 ● 產業別行政管制措施 ● 能源使用計畫書	● 能源使用合理化基金建立 ● 管制排放誘因 ● 技術研發誘因	● 公佈能源管理指南 ● 能源稽核計畫 ● 培育 ESCO 企業
德國	● 環境稽核法案 ● 聯邦注入控制法案 ● 廢熱使用規定 ● 發展汽電共生	● 能源稅 ● 生態稅改革 ● 減少硬煤補貼政策 ● 環境與節能計畫	● 最適 CO₂ 減量計畫之研究 ● 特定管制工具之研究 ● 產業界減量承諾
英國	● 排放交易方案 ● 氣候變化協議 ● 碳信託	● 氣候變化稅	●

資料來源：“主要國家因應京都議定書之產業經驗與政策”，主要國家產經政策動態季刊 九十年第四期。

2.3.2 國內現況

國內對於排放溫室氣體管理之發展歷程如下：

1998 年：全國能源會議結論

2000 年：研擬溫室氣體防制法草案

2002 年：環保署為統一窗口

2004 年：環保署與工業局推動溫室氣體施政與產業試行計畫

2005 年：研訂溫室氣體減量法草案、第二次全國能源會議、辦理 12 家產業溫室氣體盤查

2006 年：溫室氣體減量法草案報院，研擬配套措施。標檢局審議 CNS 14064 標準

2007 年：30 家（廠）能源產業進行溫室氣體盤查與登錄作業，並協助 2006、2007 年度輔導廠家其中 10 廠家取得國際驗證證照

2008 年：37 家廠商溫室氣體實廠盤查與登錄輔導、永續公共工程－節能減碳政策白皮書

表 2-2 為工研院能環所 2007 年 6 月的統計，指出 2006 年我國各部門燃料燃燒排放 CO₂，以工業部門所佔比例 51.15%為最高，第二高即為運輸業之 14.32%，第三高則為能源產業（即發電廠）。

由於工業部門與運輸業各單位規模大小不一、數量龐大、性質不同，對各單位無法有效盤查或估計溫室氣體排放量，因此經濟部能源局自民國 94 年起，積極協助能源產業建構溫室氣體盤查、登錄與減量能力，累計輔導 75 廠家能源產業進行溫室氣體盤查作業，並協助其中 15 家通過第三者查證，取得 ISO 14064-1 外部查證聲明，確立其盤查方法及計算之公正及客觀性。

表 2-2 我國各部門燃料燃燒 CO₂ 之排放與占比例(含用電排放 CO₂)

部門	1990		2000		2006	
	排放量 (千公噸)	百分比 (%)	排放量 (千公噸)	百分比 (%)	排放量 (千公噸)	百分比 (%)
能源產業	8,566	7.74	15,308	7.14	18,509	6.98
工業	56,139	50.75	109,699	51.15	139,129	52.45
運輸業	19,623	17.74	33,611	15.67	37,976	14.32
商業	3,724	3.37	12,432	5.80	16,805	6.34
住宅	11,661	10.54	26,032	12.14	32,157	12.12
農林漁牧	3,660	3.31	3,786	1.77	3,287	1.24
其他	7,252	6.56	13,616	6.35	17,413	6.56
合計	110,626	100.00	214,486	100.00	265,276	100.00

資料來源：工研院能環所統計，2007 年 6 月

工業局積極協助產業提高能源使用效率、推動自願性減量，協助企業建制盤查、查證等溫室氣體排放管理能力，並藉由推廣清潔生產技術及最佳可行技術，加速汰舊換新，發展節能、資源化等綠色產業。

2.4 國內節能減碳政策與法規相關研究

經整理國內有關於節能減碳政策與法規的相關研究，大至可將研究面向分為政策策略面，以及法規制度面。以下將各相關研究列出並簡要說明，以做為後續研究規劃之參考。

2.4.1 政策策略面

1. 陳宇琦、黃威豪、張傑閔、鄭鴻暉、華健(2008)，『氫經濟與航運』，船舶科技，第 36 期。

氫經濟目前成本高、不易儲存與運輸、技術尚未成熟等皆為未

來氫普遍運用在船運所亟待克服的障礙。燃料電池應用在商船上的主要優點已相當顯著，包括：能量轉化效率與燃料節約潛力高，低污染、低噪音對環境有利，安裝自由度高，以及保養方便運轉成本低。

2. 馬琬甄（2001），『政策執行機關之組織網絡研究--「基隆港污染防治」個案分析』，東海大學公共行政學系碩士論文。

該研究以基隆港污染防治個案為例，就政策執行機關間之組織網絡來分析探討執行機關對於污染防治政策執行的影響力。官僚的分化為協調產生前提，亦即造成其他協調變數之成因，故上述所歸納之「資源」、「管理」、「組織」三個層面，即該研究協調變數。此三變數，一方面為協調的阻力或限制，然若從另一角度視之，則亦為促進協調的策略，故該研究藉由此三變數對基隆港污染防治政策及美國乞沙培克港灣及波多馬克河整治經驗作一檢證、分析與比較。

3. 吳怡萱、華健（2008），『國際海運減碳趨勢』，船舶科技，第 36 期。

二氧化碳被視為全球暖化元兇，2005 年 2 月 16 日起生效的「京都議定書」(Kyoto Protocol)參與國必須在 2008 到 2012 年間，將溫室氣體排放量降到 1990 年的排放標準，總共減少 5%，「京都議定書」允許各國依國家開發程度的不同分別設定不等排放減量目標，也因此造就出「碳需求」，進一步產生交易行為，其中以二氧化碳為最大宗。

4. 華健（1996），『船運綠化之趨勢』，船舶科技，第 18 期。

目前可用來降低 NO_x 排放的技術涉及各種技術組合的選擇問題；這些技術正處研發階段，當務之急在於一面獲取一不同污染防制程度的技術與技術組合，同時針對這些技術組合進行經濟分析與評估。

5. 張朝陽 (2008),『美國對防止船舶空氣污染的最新發展』,船舶與海運通訊,第 57 期。

該文主要說明在推論美國布希總統於 2008 年 7 月 21 日正式簽署「2008 海事污染防制法 (Maritime Pollution Protection Act of 2008)」之後,船舶排放控制將會更為積極實施,早早對趨緩全球暖化作出積極的貢獻,將不僅贏得企業形象,更佔有未來綠色海運市場的先機。

6. 海運通訊,第 56 期。

該文說明 IMO 在 2008 會議中,表明將在 2009 年氣候變化綱要公約哥本哈根會議上展現其承擔因應的責任與強而有力的地位,以及相關後續措施,包含強制性 CO₂ 設計指標、過渡期間 CO₂ 操作指標、自願性執行方案的最佳操作,以及具有削減溫室氣體 (GHG) 潛力的經濟工具等。

7. 張朝陽 (2008),『後京都議定書時期-航、港業可能面臨之課題』,船舶與海運通訊,第 53 期。

該文說明國際海事組織在諾貝爾獎頒給美國前副總統高爾及聯合國氣候變遷政府間專家委員會 IPCC 後,開始高度重視溫室氣體問題。作者建議航運業除了研析全球貨物流通之數據外,亦應掌握這些影響航運遊戲規則之國際公約及各大國際港口國之政策趨勢,以準備迎接新一回合之挑戰。

2.4.2 法規制度面

1. 鄭吉雄 (2003),『MARPIOL 公約附則六-船舶造成空氣污染防止規例概述(上)』,船舶與海運,第 19 卷,第 934 期。
2. 鄭吉雄 (2003),『MARPIOL 公約附則六-船舶造成空氣污染防止規例概述(下)』,船舶與海運,第 19 卷,第 935 期。

於 1997 年 9 月 15 日至 26 日,60 個政府代表(MARPOL 公約

締約國)及 15 個國家觀察員(非 MARPOL 公約締約國)在 IMO 總部參加 1997 年空氣污染防治國際會議,並通過 1997 年 MARPOL73/78 公約之議定書及 8 個決議案,以作為執行第六附則之法源根據。

3. 陳一昌、陳賓權、倪佩貞、劉國棟、盧怡森、沈添財、陳文富、陳柏君(2001),『運輸部門節約能源及減少溫室氣體排放之規劃研究』,交通部運輸研究所。

該研究利用情境分析比較分析不同執行率下對整體減量目標達成率之影響。此外,並研提未來發展減量量化推估模式架構,規劃所需基礎數據之統計或建立的方法,供後續應用之參考。

4. 申永順, ISO 14064 及我國溫室氣體系列標準國家標準。

該文針對國際間溫室氣體盤查管理標準化活動之發展與趨勢、ISO 14064 溫室氣體系列標準內容作簡介,以及提出國內產業界進行 GHG 標準化盤查報告與減量計畫之工作建議。

5. 黃余得(2002),『IMO 新公約--管制船舶的有害防污系統;知識經濟與管理創新』,船舶與海運,第 19 卷,第 902 期。

IMO 管制船舶有害防污系統公約的生效,對船公司是一種負擔,尤其是目前航業不景氣的時期;而公約實施初期,更可能有處置上的困擾。該文略述新公約內容大要,並簡介船用防污系統,最後提出應思考方向作為參考。

第三章 船舶節能減碳之探討

全球氣候變遷正以驚人的速度發展，主要原因是由人類活動過度排放溫室氣體，尤其以二氧化碳為主所造成。船舶與航運相關產業所排放之溫室氣體，雖比不上工廠等產業，但據統計，全球各商船之二氧化碳排放量，占世界總量的 4.5%。如果船舶燃料種類、船隻數量與低效率經營維持不變，航運污染將隨時間倍增，到 2020 年至 2030 年間，其排放量可能為 2002 年排放量的 3 倍。依據以前計算方法，全球航運排放二氧化碳約 1 億 2000 萬公噸，但依據 IMO 發表的新計算方法，則發現船舶的二氧化碳有明顯低估，由於目前世界各國尚未全面針對船舶排放進行規範，此一議題更需受到關注。

2007 年 9 月自然期刊(Nature)指出，因人類活動排放的氮氧化物(NO_x)及硫氧化物(SO_x)污染物擴散的時間並不長，常常在發生排放後的一週內隨著雨水降落地表，而對靠近氮氧化物及硫氧化物的陸地及海水，其影響程度相當嚴重。此外，環境科學期刊(Environmental Science & Technology)在同年刊載有關船舶廢氣的多篇研究報告，分別指出：

1. 船舶航運對於空氣污染的影響，以海岸地區所受的影響最為明顯。
2. 全球大氣中的氮氧化物有 15% 係來自船舶，而硫氧化物則佔有 5~8%。
3. 利用整合空氣污染物擴散模式及流行病學研究報告指出，如果維持目前各國的管制規定及預期成長的航運活動量推估，預估到 2012 年相關的死亡率將增加 40%。
4. 每年船舶排放的粒狀污染物(particulate matter, PM)與歐洲、東亞及南亞約 6 萬個心肺疾病與肺癌死因有關。
5. 根據美國德拉瓦大學(University of Delaware)針對到訪美國港口船舶的硫排放數據研究分析，並對各項研擬的管制措施進行經濟效益評

估，研究結果發現以低硫燃料、船上去硫洗滌設施(onboard scrubber)及以市場機制為基礎的排放交易計畫，係達成控制目標最佳方式。美國環保局(US EPA)繼2006年道路交通工具，規定船舶所使用的柴油含硫量需降至15ppm。

3.1 海上船舶耗能分析

海運透過船舶引擎、推進系統、及船殼設計等之改進，對提高能源效率，進而降低有害排放物有極大助益。船舶大型化，加上針對各別船舶能源運用合理化，更大幅降低單位貨運的耗能。儘管像是瓦斯、甲醇等燃料已具技術可能性，但安全仍應列為首要考量，而以汽油(Gas oil)取代殘留燃料油則有成本與供應上的侷限。不過，不同等級燃料之間含碳差距極小，所能減輕的單位能源 CO₂ 產量差異也在 5%之內，如表 3-1 所示，僅能就硫氧化物的排放加以控制。

表 3-1 不同等級燃油的含碳含能及 CO₂ 排放

燃油	一般含碳百分比	一般含能 MJ/kg	Kg CO ₂ /KJ
汽油	86.5	42.2	75.2
殘留燃料油	86.1	40.0	78.9

資料來源：Bertram & Saricks (1981)

因此，若要將 CO₂ 管制應用在海運上，大概只能做到減少高含硫燃油消耗。若試圖建立性能標準，則可能類似船上或引擎上的基準，涉及量測的儀器及單位（如每噸-哩）等，都將令問題更趨複雜。就每噸-哩而言，必須將如載重、功能等廣泛差異性納入考慮。此外，航速對於耗油率有極大的影響（三次方關係），例如壓艙比例及部分裝載航程等，以及不計入噸數的乘客等「貨物」，亦須一併納入考慮。迄今全世界總噸位超過百萬的船舶已逾 8,500 艘，其中 99%以上為油機船。因

此，柴油機的排氣乃成為整體海運燃燒機械空氣污染的大宗。雖然汽機船的動力方式值得推廣，但由於許多大型船舶(如 VLCCs, Very Large Crude Carriers, 超大型原油運輸船)的尺寸相對較大，及在油機船上普遍使用燃油鍋爐作為輔助用途，使得燃油鍋爐的大氣排放仍須納入考慮。另外，儘管使用燃氣渦輪機的商船為數甚少，其仍受到某些特殊類型船舶的青睞，通常屬具高出力單元，如安裝在高速船上者。

勞氏協會(LR)針對船用柴油引擎排放 HC、CO、NO_x，以及 PT 進行的廣泛調查結果，並提供大量的相關資訊。這個長達 5 年的調查分成三個部分，同時涵蓋穩態與暫態的運轉狀況。實際在船上所做的量測引擎總數在 6 部以上，營運中的引擎，大多為推進引擎，有低速亦有中速的，皆以平常運轉狀態測試。其結果可做為業界日後進一步研究船運廢氣的依據。

船舶的廢氣排放問題並非個案，而是整個導因於人類活動對環境造成負荷的一部分。表 3-2 為 Bertram & Saricks (1981)針對燃燒殘留燃油，在正常服役負荷下運轉的低速柴油引擎，一般廢氣流中的組成。從這些數值可以很明顯的看出，在各種污染物當中，除了 O₂ 以外，CO₂ 的濃度遠高於其他。

表 3-2 低速柴油引擎一般廢氣流組成

排放物質	排放數量
CO ₂	5.6 %
O ₂	13.6 %
HC	122 ppm
SO ₂	660 ppm
CO	45 ppm
NO _x	1220 ppm
PT	120 mg / m ³

資料來源：Bertram & Saricks (1981)

燃油含碳量約為 86%，以 1 t 的燃油燃燒後將產生 3.15 t 的 CO₂，而可產生的水氣為 0.94 至 1.22 t。存在於引擎排氣流中的 CO₂ 與水氣為源自於燃油中的碳與氫的理想燃燒產物，亦即此時所釋出的能量最大。海運排氣量的建立有賴於排放模式，這些排放模式乃依據從船上引擎量測或從相關化學反應方程式，所導出的理論因子與實際排放因子，再結合實際燃料消耗(根據國際海運燃油銷售數字)所得到的。國際海運大氣排放的估算主要採用耗燃 (Fuel consumption)與排放統計模式 (Statistical emission model)二種方法。而海運燃油供應數據可從能源資訊管理局 (EIA)、國際能源總署 (IEA)，及聯合國氣候變化綱要公約 (UNFCCC)等能源數據資料庫收集。

統計當今全球越洋商船動力幾乎多採用大型二行程、直接逆轉、過給氣柴油引擎。基於空間限制與動力集中等需求，大型四行程引擎多半用於較小型或柴電推進渡輪上。如今蒸汽渦輪機僅用於液化瓦斯船，至於燃氣渦輪機則基於其小尺寸與重量、低 NO_x 排放、以及低噪音等優點，而僅用於極少數海軍艦艇和豪華郵輪。表 3-3 當中所列為各類型船舶之出力需求範圍。

表 3-3 各類型船舶出力需求

船舶類型			用途	出力需求
水面船舶	商船	客輪/渡輪、貨櫃輪、油輪等	推進	5-50 MW
			供電	< 10 MW
	海軍船舶	驅逐艦、巡防艦	緊急動力供應	0.1-1 MW
水下船舶	民用	載人/無人潛艇	單一推進系統	2-5 MW
	軍用	載人/無人潛艇	混合推進系統	200-400 kW

資料來源：Adamson (2005)

商船能源視船舶類型，以不等百分比供應主系統與輔系統使用。以郵輪為例，其 40%能源用於推進主機，其餘用於通風、空調、照明等服務所需。目前二行程柴油引擎整體運轉熱效率約 50%，經過 T/C

後的排氣溫度甚低，而 NO_x 亦接近 IMO 的限度值。此低溫排氣僅足以供應排氣鍋爐產生生活用蒸汽，而引擎冷卻水的液態烓值則適用於低壓蒸發式淡水製造機。目前一般貨輪採用 10MW 推進引擎帶動低於 100rpm 的單一推進器。由於海運燃油價格屢創新高，船上降低耗燃的需求亦日益升高，使得與船舶推進柴油引擎結合的共生能源動力場 (COGES)，成為朝向同時降低運轉成本，以及降低 CO_2 等廢氣排放目標的務實對策。

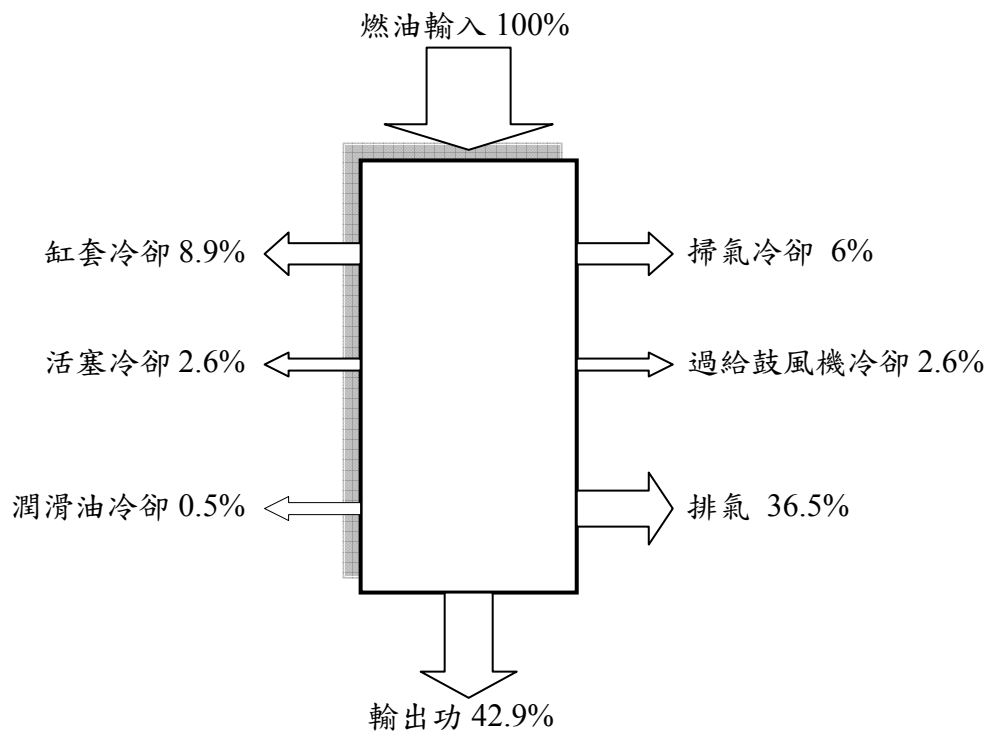
此外，藉著改變正時及與其 T/C 重新搭配，可讓引擎充分配合吸入空氣，排氣能量得以提升，同時可旁通 10% 的 T/C 氣流供作共生渦輪機的動力來源，而又不至於對引擎增加額外的熱負荷。實際上應用於船舶動力場之 COGES 單元，其中主機的熱負荷降低，主要是由於充分利用了 T/C 所具備的效率。該系統包含一部排氣鍋爐、多級冷凝蒸汽渦輪機(渦輪發電機)、一部單級排氣渦輪機(動力渦輪機)、以及一部供應全船電力需求的發電機。其中渦輪機與發電機共置於同一層。該蒸汽渦輪機透過一套減速齒輪帶動發電機。一般情形下，過剩蒸汽可透過一個節流閥送到真空冷凝器當中。雖然與其他柴油發電機並聯運轉，其仍可透過調速器達到正確分配負荷的目的。特別適用於海軍艦艇的燃氣渦輪機推進動力內部冷卻與燃氣回收(ICR)技術，可確保獲致較高效率、較為平滑的耗燃曲線、以及較佳的出力與重量比值。船機廠商宣稱，即便在目前的簡單循環下，其燃料節約仍可達 30%。此外，其並可帶來人力需求精簡、可靠性提升、廢氣排放減少、以及噪音降低等附帶效益。

船上動力場運轉的檢驗與能源盤查，為船上能源節約計畫得以成功的核心。一艘船的推進動力場耗燃，有可能比原設計多出一倍。造成此結果的可控制操作因子包括：

1. 實際船速相對於符合航程要求之最低航速。
2. 船殼與推進器狀況。
3. 操舵與航行系統性能與運轉、吃水、及俯仰差等。

在對船舶進行能源動力盤查的過程中，宜將這些因子一併納入，作為所分析的情況與數據的一部分。至於歸納船上的能源使用系統及其耗能的技術與規劃細節則包括：

- 熱平衡（船例主機之基本熱平衡如圖 3.1 所示）
- 引擎燃油路線圖
- 速度相對出力曲線
- 機器工程師操作手冊
- 機器元素設計與性能數據
- 原始海上試車報告
- 機器配置圖
- 航行與操車系統圖解
- 儀器與操控及保養手冊



資料來源：Bertram & Saricks (1981)

圖 3.1 目標船例主機之基本熱平衡

所需運轉紀錄包括：

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 輪機日誌與航海日誌• 航海燃料與速度摘要• 油料紀錄• 燃油分析報告• 運轉輪廓，例如壓艙作業• 進塢紀錄 | <ul style="list-style-type: none">• 加改裝紀錄• 主機保養維修紀錄• 發電機保養維修紀錄• 鍋爐及蒸汽系統保養維修紀錄• 其他輔機保養維修紀錄 |
|--|---|

從船舶資料如船舶規格、船舶設計耗燃原始數據、輪機日誌、油料日報表、油料紀錄簿等，得以初步了解目標船的設計耗燃及實際在不同航行條件下，船齡增加、進塢等因素與耗燃情況之關係，並藉以提出初步改進措施、實施方案、及成效評估計畫。

3.2 海上船舶節能之探討

海運界的環保相關範疇，已由之前的海洋保護進入到大氣的領域，未來海運與環保的關係將因應全球企業對綠色供應鏈的重視而更為緊密；尤其世界著名之海運公司 MAERSK（快桅公司），已經開始採行二氧化碳排放量最低的海運模式，展現海運業也能透過綠色供應鏈的措施，對減緩全球暖化作出貢獻，不僅贏得企業形象，更佔有未來綠色海運市場的先機。

3.2.1 船舶節能技術

1. 提高船舶推進效率

因現代科技的發達，可以設計出高效螺旋槳，從而降低燃油消耗率而不增加脈動壓力水準，甚至可以在不改變主尺度的情況下大大提高效率。如果其他邊界條件如轉速、葉數以及直徑都不發生變化，推進系統不加任何裝置，則尚有 4 種方法來提高船舶主機效率：

- (1)減小槳葉面積。
- (2)改變葉形。
- (3)修改徑向螺距分佈優化載荷分佈。
- (4)採用唇形後傾葉梢概念。

改變螺旋槳設計點可以大幅度的降低油耗率。不過注意的是，改變螺旋槳設計點應在柴油機負荷限制範圍之內實行。另一方面，若柴油機特性不變，在功率不變時增加轉速也可以降低油耗率。

增大輕槳運行餘量則受到 2 個因素制約。首先，設計點轉速不應超過柴油機超速限制轉速。其次，輕槳運行時螺旋槳無法再吸收最大功率。因此，輕槳運行餘量不能過大。若船舶改變用途或柴油機老化而無法再發出最大功率，換槳時可考慮不再使用最大功率。在類似情況下，可以把螺旋槳設計輕便一些方可以降低燃油消耗率。

2. 減小船舶阻力等方法

影響船舶阻力的因素除船型與螺旋槳等內在因素外，尚有許多外在因素，主要是航速和船舶航行時的外界條件。對於大量使用的中、低速船舶而言，粘性阻力比興波阻力要大得多，而對於高速船舶而言，減小船舶的阻力應以興波阻力為主要目標。因此，在減少阻力方面的主要措施有：

(1)內在因素，優化船舶的主要尺度與線型

目前採用較多的船型與線型有：

- (a)球鼻艏船型。
- (b)艏端球船型。
- (c)球艏及雙艏鰭船型。
- (d)縱流船型。

(e) 雙體船及小水線面雙體船。

(f) 不對稱艏部線型。

(g) 淺吃水肥大船型。

(h) 雙艉船和平頭渦艉。

現在目前已有可變球鼻艏，其鼻可上下移動，或者是自由擺動，並且，可以按照吃水與航速變化來改變球體形狀，這樣便可以起到節能的作用。

(2)減少船體的粗糙度

船舶使用一段時間後，船殼由於銹蝕等，其粗糙度就會增加。同時，水生物對船殼的污底與附著也常是能源耗損的原因。

防止污底的對策包含：

- (a) 採用先進的防污塗料系統，如採用自拋光船殼漆，這種方法可以防止水生物的附長，
- (b) 定期進塢清底並做水下清洗，亦即「刮船底」，在進行此種方法時，要注意水面刮刷和補塗技術要合理。

防止粗糙化的對策則有：

- (a) 正確選擇合理的塗料系統。
- (b) 提高油漆施工的品質。
- (c) 對船殼水下部分實行陰極保護等。
- (d) 對船殼板要進行打砂。

3.2.2 節能技術發展現況

目前世界各國已經逐漸致力於船舶的節能技術，針對世界各國所

發展的技術種類與技術層面如表 3-4 所示；各種船舶技術之二氧化碳減量技術如表 3-5 所示；而各種不同運輸措施之二氧化碳減量績效如表 3-6 所示。

表 3-4 目前各國應用於船舶的節能技術

國家	企業	節能技術	節能應用與原理
法國	大西洋船廠	動力系統	採用雙燃料（氣體、燃油）柴——電推進的動力裝置和 CSI 薄膜型液艙。
日本	—	船舶阻力	該技術是在船艏兩側安裝長 10 米的微縫板，通過噴出的空氣在船底上形成一層薄薄的氣泡（直徑 0.5-1 毫米）從而使船舶受水磨擦阻力減少 12%，節約燃油 8.5%。
韓國	三星重工	航行路線	為船舶節約燃料，而且給船舶提供安全的航線。實踐證明：一艘從日本東京開往美國洛杉磯 10.3 萬載重噸船舶上採用該系統，航行時間縮短 3 小時，節約燃油 15 噸；韓國三星認為採用這種最佳航路評估系統後，一艘 10 萬載重噸油船進行一次太平洋航行、減少燃油消耗價值至少 1 萬美元。
	現代重工	能源再利用 能源轉換	船上增添了 LNG 再氣化設備，可將船上的 LNG 再氣化後送到陸上天然氣儲存設備，直接供消費者使用。而傳統的 LNG 船，需要將船上的 LNG 輸送到陸上接受站，由陸上接受站上的設備再氣化後，才能供消費者使用。
瑞典	Stena	船舶結構體	M—Max 比普通的 VLCC 寬 10 米，比常規船的裝載量多 20%--30%，比常規船的速度快 1--2 節，同樣的速度下燃油消耗等同於同類型常規油船。
英國	南安普頓	新能源	沒有發動機、不使用任何燃料、只靠陽光、風、海浪中獲取能量作為船舶推進動力，因此不向空氣和海洋中排放任何污染物。

表 3-5 各種船舶技術二氧化碳減量績效

措施（新船）	燃油/CO ₂ 減量潛力	結合後減量潛力	總計減量潛力
船殼形狀最佳化	5－20%	5－30 %	5－30 %
推進器選擇	5－10%		
效率最佳化	10－12%; 2－5%	14－17% 6－10%	
燃油 (HFO 換至 MDO)	4－5%		
動力場觀念	4－6%	8－11 %	
燃油 (HFO 換至 MDO)	4－5%		
機器監控	0.5－1%		
措施（現成船）	燃油/CO ₂ 減量潛力	結合後減量潛力	總計減量潛力
船殼最佳維護	3－5%	4－8%	4－20%
推進器維護	1－3%		
燃油噴射	1－2%	5－7%	
燃油 (HFO 至 MDO)	4－5%		
效率定額	3－5%	7－10%	
燃油 (HFO 至 MDO)	4－5%		
效率定額+TC 升級	5－7%	9－12%	
燃油 (HFO 至 MDO)	4－5%		

資料來源：MARINTEK (2000)

表 3-6 各種運輸措施二氧化碳減量績效

措施	燃油/CO ₂ 減量潛力	結合後減量潛力	總計減量潛力
營運計畫/行速選擇		1 – 40 %	1 – 40%
船隊計畫	5 – 40%		
及時抵達航線	1 – 5%		
天氣航線	2 – 4%		
其他措施		0 – 5%	
恆定 RPM	0 – 2%		
最佳俯仰差	0 – 1%		
最小壓載	0 – 1%		
推進器節距最佳化	0 – 2%		
舵最佳化	0 – 0.3%		
減少在港時間		1 – 7%	
裝卸貨最佳化	1 – 5%		
繫泊、錨泊、靠泊最佳化	1 – 2%		
燃油(HFO至MDO)	4 – 5%		

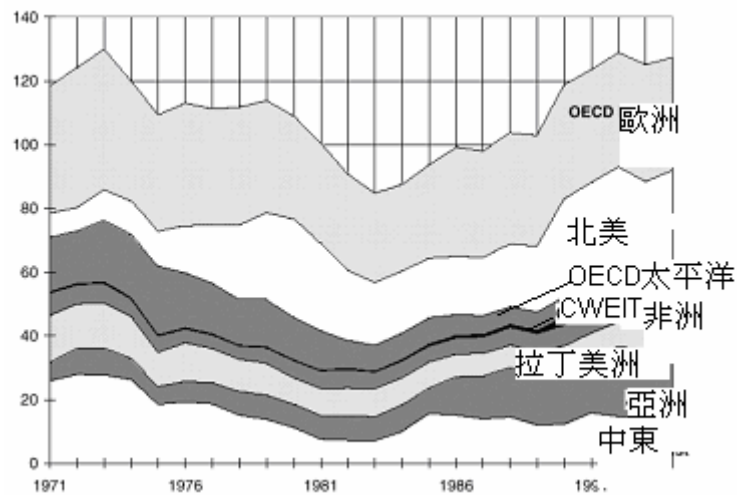
資料來源：MARINTEK (2000)

因應高油價以及環境保護的趨勢，Grand Alliance 日前宣布將其日本至北歐航線(EU1)由原八艘船改為九艘船，EU1 號稱是友善環境概念的服務航線，可降低 20-30%的排放量。Grand Alliance 宣稱 EU1 靠港維持不變，但因船速放慢，改以經濟航速(eco-speeds)，除可省油外，亦有較充裕的時間可以彌補萬一塞港所可能產生的延滯，將可以改善船期的可靠性，又可明顯改善排放物量。

從替代能源應用在船上的發展現況來看，燃料電池(Fuel Cells, FC)最被看好。例如冰島政府即於 2003 年宣示，將在 2015 年之前，將全國將近 2,500 艘漁船，全數換裝成以氫 FC 為動力來源。

3.3 海上船舶減碳之探討

圖 3.2 為 1971 至 1994 年之間，全世界各地區海運燃油銷售（以百萬噸計）消長情形。根據 IMO 2000 年的報告，1996 年全世界國際海運燃油銷售量估計為 138 Mton，可大致分為 38 Mton 蒸餾燃油，及 100 Mton 殘留燃油。而以此數據透過耗燃法估算，源自海運的大氣排放如表 3-7 所示，其中包含 CORINAIR(2000)之估計值。接著，透過排放統計模式，並採用 CORINAIR(2000)所提供的排放因數，可計算出源自各類型船舶之排放，如表 3-8 所示。



資料來源：UNMEPC (1999)

圖 3.2 1971 至 1994 年世界各地區海運燃油銷售量（百萬噸）

表 3-7 透過耗燃法與不同排放因子所估算出全球國際海運大氣排放

氣體成分		總供應海運燃油 138 Mton			估算範圍 (Mton)
		^{1/} 低值	^{2/} 高值	^{3/} CORINAIR	
CO		0.7	1.1	1.0	0.7-1.1
*NMVOC		-	-	0.3	-
CH ₄		-	-	0.04	-
N ₂ O		-	-	0.01	-
CO ₂		436	438	438	436-438
SO ₂	殘留燃油	5.0	7.0	5.4	5-7
	蒸餾燃油	0.2	0.8	0.4	0.2-0.8
	合計	5.2	7.8	5.8	5.2-7.8
NO _x		10.1	11.4	10.3	10.1-11.4

*非甲烷揮發性有機化合物

資料來源：Engin & Ari (2005)

表 3-8 源自各類型船舶之排放(Mton)

船舶類型	NO _x	CO	*NMVOC	SO ₂	CO ₂
液化瓦斯船	0.29	0.03	0.01	0.20	13.4
化學船	0.32	0.03	0.01	0.20	14.2
油輪	2.00	0.18	0.06	1.44	93.2
散裝貨船	2.60	0.22	0.07	1.58	96.0
雜貨船	1.77	0.19	0.06	0.70	81.5
貨櫃船	1.63	0.15	0.05	0.89	64.4
駛上/駛下船	0.66	0.07	0.02	0.24	30.9
客船	0.29	0.03	0.01	0.11	13.4
冷藏冷凍船	0.27	0.03	0.01	0.11	12.3
總計	9.82	0.93	0.30	5.46	419.3

*非甲烷揮發性有機化合物

資料來源：Engin & Ari (2005)

2008 年 7 月 9 日至 11 日在荷蘭鹿特丹召開的「C40 世界港口氣候會議」(C40 World Ports Climate Conference)，來自全球 55 個港口在閉幕時發表了一份「全球港口氣候宣言 (World Ports Climate Declaration)」，共同宣示將採取行動及有效的國際措施，以致力於削減港內 CO₂ 的排放。其中被討論到的措施，包括將船舶依照污染控制情形分類，給予不同的碼頭停泊費用 (Docking Fees)，比較乾淨的船舶可以享有優惠價格，污染嚴重的船則需比一般船舶付出額外的費用，在污染者付費原則下，利用經濟誘因鼓勵航商改善船舶，並透過在港口之物流運作降低二氧化碳的排放量。這些有效的國際措施，將在國際港埠協會(IAPH)架構下發展，並提報於 2008 年 11 月份於洛杉磯召開的會議。這些連續的事件，透露出新興大陸大航商以及全球 55 個港口也已經脫離觀望，實際採取積極配合行動，更加支撐 IMO 在 2009 年哥本哈根會議上展現其承擔因應的責任。

美國布希總統於 2008 年 7 月 21 日正式簽署「2008 海事污染防制法」(Maritime Pollution Protection Act of 2008)，該法係增修自美國海岸巡防隊執行之「船舶污染防制法 (Prevention of Pollution From Ships)」中，有關防制船舶排放空氣污染物相關條款，73/78 年國際防止船舶污染公約附錄六(MARPOL Annex VI)之相關規定，於此在美國已具備國內法之效力，雖該附錄早經在 2005 年 5 月 19 日正式生效，惟美國仍遲遲地在生效後三年才批准，緊接的程序就是將美國總統批准書和正式確認書交存至國際海事組織秘書處，自交存後的第三個月起將正式成為 73/78 年 MARPOL Annex VI 之締約國。屆時進出美國港口，包括貨櫃船、油輪、化學輪、郵輪及散裝船的海運大型船舶，都必須注意所使用的引擎是否符合美國第三類柴油引擎的氮氧化物排放管制標準，以及燃料油硫份的含量限制。在洛杉磯與長灘灣區，地方官員於 2008 年 3 月 24 日亦通過一項資助計畫，即對於駛近、或停靠此二灣區的船隻，進行低硫燃料油的資助。希望藉由減少運輸過程中排放的有毒廢氣，改善當地空氣品質。

3.3.1 溫室氣體減量執行方法

IMO 自 1997 年交付海洋環境保護委員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)考量 CO₂ 減量策略以來，迄今已逾 10 年，其中較值得一提的，2000 年 IMO 著手研究船舶溫室氣體(GHG)的排放，2003 年大會提案要求 MEPC 及早找出並研擬限制或削減船舶溫室氣體排放的機制，經過多年的努力，終於在 2008 年 6 月 23 日~27 日挪威奧斯陸召開第一屆削減船舶溫室氣體排放工作小組程序會議（以下簡稱「奧斯陸會議」），包含全球專家在內，共有超過 210 名代表與會。IMO 賦予這長達一星期的「奧斯陸會議」任務包括：研擬未來強制規範管制國際海運排放溫室氣體削減機制的技術基礎，並起草實際的削減機制，以提供於 2008 年 10 月 6-10 日召開的 IMO 海洋環境保護委員會第 58 次會議（以下簡稱「MEPC 58」）實質討論的技術基礎。「奧斯陸會議」在發展船舶強制性 CO₂ 設計指標及過渡期間 CO₂ 操作指標有卓著的進展，充分討論及具潛力的溫室氣體減量自願性執行方法論述摘錄於后：

1. 強制性CO₂設計指標(Mandatory CO₂ Design Index)

該會議進一步發展出一套公式(Formula)與方法(Methodology)，並起草相關管制架構的文字，完成後將作為新船在船舶設計階段燃料效率的工具(Fuel-Efficiency Tool)，以提升不同類型船舶的燃料效率，或再佐以比較不同的船速設計、推進器(Propeller)的選擇、或使用廢熱回收系統等。此設計指標將包含一個相較於以 1995~2005 年之間船舶燃料效率的基值(Baseline)的最低能燃料效率，這個最低值及逐步嚴格的頻率於 2008 年 10 月 MEPC 58 中加以考量。該會議並將不同因素納入公式內考量以避免所謂恰當噸位貨船(paragraph ships)，意味著未來船舶設計對於某些狀況下係屬最佳化，但卻不能達到更高的燃料效率。根據設計係數的驗證，此公式對於不同的船舶將給予不同的修正係數，可能造成沒有一個船旗

國(Flag State)願意致力於船舶的設計階段。「奧斯陸會議」鼓勵會員國及觀察員，對於同意的公式草案透過模擬加以測試其強度(Robustness)，並將結果送給 MEPC 58，MEPC 58 將根據這些結果來核准新船的 CO₂ 設計指標(CO₂ Design Index)及最後的細節。

2. 過渡期間CO₂操作指標(Interim CO₂ operational index)

「奧斯陸會議」中也考量到過渡期間 CO₂ 操作指標，並找出所有被提出來必須改變的地方。過渡期間 CO₂ 操作指標已在 2005 年 7 月的 MEPC 53 予以採納，並有一些船旗國及工業組織用以決定他們船舶操作的燃料效率，IMO 已收到數以千計的試驗結果及大量的數據。過渡期間 CO₂ 操作指標，已被用來建立自願性 CO₂ 排放指標試驗性的共同措施，以便讓船東及營運人評估他們船舶有關 CO₂ 排放的性能。CO₂ 操作指標草案將提送至 MEPC 58 中審查並在該會議中定案。

3. 自願性執行方案的最佳操作(Best Practices for Voluntary Implementation)

「奧斯陸會議」檢視自願性執行的最佳操作，以及發展未來船舶業者對於能源效率操作的規範。會議也考量 MEPC 早期會議所找到的一些措施的最佳操作，諸如造船廠、營運人、承租人、港口及其他相關夥伴執行的情形，以各種可能努力，達到削減溫室氣體(GHG)排放。改變操作措施的方式已被認可，在不用巨額投資，亦可以具有顯著削減潛力，但必須與其他利益相關者相互合作。

4. 具有削減溫室氣體(GHG)潛力的經濟工具(Economic Instrument)

「奧斯陸會議」中對於發展具有溫室氣體削減潛力的各種不同經濟工具(Economic Instruments)有詳細及深入的討論，尤其包括對於國際航運的全球燃料稅徵收，以及將排放交易方案引用於船舶的可能性。如此一來，船舶可能要與發電廠或鋼鐵廠一樣，需要到開

放市場上去購買額度；如果僅在封閉型的排放交易方案中，交易則限於船舶與船舶之間。「奧斯陸會議」期間還考量到：

- (1)額度的保留或拍賣。
- (2)總量如何設定及由誰來訂定？
- (3)系統的管理。
- (4)額度的銀行業務。
- (5)對於全球貿易的衝擊。

但對於任何此類的工具應與船旗國無關或適用於所有的船舶？或者只適用於懸掛聯合國氣候變遷綱要公約所指之 UNFCCC 附錄 I(Annex I)會員國間的船舶等議題，並無清楚的結論。

對於引進市場機制的措施，以提供誘因鼓勵航運業投資於燃料效率船舶的可能性，被與會專家們彼此充分交換意見，作為 MEPC 58 鋪路。緊接著 MEPC 58 於 2008 年 10 月 6 日至 10 日於倫敦召開，該會議將就「奧斯陸會議」所發展出來有關未來減量機制加以考量，並著眼於將其形成為 IMO 未來的管制規範(Regulatory Regime)。MEPC 58 將就溫室氣體排放管制的法律問題，以及是否附加於現有公約中，亦或發展及採行新的工具等加以考量。

儘管目前國際間尚未針對國際航運採行強制溫室氣體措施，IMO 已就此議題開始認真的思考，且目前正從事一項工作計畫，以便在 2009 年期限採行具約束力措施，在京都議定書第一個承諾期限前（2011 年底），備妥控制國際航運溫室氣體排放的可用措施(measures)。根據本年 6 月間碳信用(Carbon Trust)報告指出，歐盟排放交易機制(European Union' s Emissions Trading Scheme, EU-ETS)在 2013 年以後，將減少核定的排放總量並擴大適用碳交易之部門，如航運業與空運業，屆時碳價格可能由目前每噸 27 歐元提高到每噸 50 歐元，因此建議國際航商應及早著手進行評估未來 10~15 年 GHG 減量措施所可能花費的成本，

而針對經營方針做適當調整與創新，將其企業帶入另一成長的新紀元。對港口管理機構而言，亦應注意及國際港埠協會(IAPH)所倡議，對全球港口機構應儘可能共同採行對抗氣候變遷的措施，及早規劃和因應並逐步設置港區岸電設施，規範港區船舶及物流運作，減低港埠裝卸設施及運輸工具因裝卸作業所排放之空氣污染。

3.3.2 中國大陸溫室氣體減量之因應

2008 年 7 月 2 日大陸中遠集團總裁魏家福先生在中國企業聯合會召開「全球契約」(UN Global Compact)座談會上宣布，中遠集團正式加入聯合國倡導的「關注氣候宣言」(Caring For Climate: The Business Leadership Platform)，並積極提出一系列基本原則和措施，以因應氣候變遷落實宣言，積極降低船舶燃油耗能，包括：

- (1) 透過調整船隊結構
- (2) 航線設計
- (3) 降低航速
- (4) 採用已開發成熟技術
- (5) 開發新技術

經濟合作暨發展組織(OECD)在 2007 年 7 月報告中指出，中國快速經濟發展及工業化對環境污染所造成的嚴重後果，其中空氣污染將導致每年 2000 萬人呼吸系統產生疾病，到 2020 年前污染將導致 60 萬都市人口過早死亡，其中污染造成 2000 萬人呼吸系統疾病、550 萬慢性支氣管炎、健康損害病例，及健康方面損失將導致 13%國內生產總值損失。因此，2007 年 9 月外電報載中國上海等 100 多個城鎮首次於該月 22 日推動無車日，此外也將在每月 22 日，禁止政府交通部門員工使用私人及公用車。顯示上海等城鎮對於空氣污染的高度關切。

上海對於空氣污染的關心並不限於道路污染源，早在 2003 年上海

環境監測中心(Shanghai Environmental Monitoring Center)、美國喬治亞理工學院(Georgia Institute of Technology, Atlanta)、上海港務局(Shanghai Port Administration Center)共同調查進出上海港(Shanghai Port)船舶排放空氣污染物 NO_x、SO_x、PM、HC 及 CO₂ 的量，分別約為 5.8 萬噸、5.1 萬噸、0.7 萬噸、0.5 萬噸及 300 萬噸，該調查結果發表於 2007 年環境科學期刊(Environmental Science & Technology)上。該調查報告中利用上海海事安全局及當地港務局船舶通報記錄，統計 2003 年到訪上海港外港(Outer Port)及經由內陸水道(internal waterway)到訪的國輪及外國輪，其中大於 1000(DWT)海運船舶數量約為 130 萬艘。透過與上海環境監測中心的空氣品質監測數據結合推演，發展一套適合上海港的船舶空氣污染物排放清冊，建立上海港未來採取以市場機制排放交易改善港區空氣品質目標的基礎。上海港務局更於 2005 年底組團前往美國洛杉磯港參訪考察了解環太平洋港口空氣潔淨策略伙伴計畫(Partnering with Pacific Rim Ports on Clean Air Strategies)及港口機關的合作倡議(Collaboration Initiatives-Ports)，簽署了壹份上海倡議(Shanghai Initiatives)的意願書(Letter of Intent)，建立未來雙方人員交換及技術交流的基礎。

美國洛杉磯港對於港區空氣清靜行動計畫的推動一向積極，2007 年 10 月獲得由加拿大、加勒比海、拉丁美洲及美國等地 160 港口所組成的美洲港口機構協會(American Association of Port Authorities, AAPA)，頒發的綜合環境管理獎(Comprehensive Environmental Management Award)，表彰預定於 5 年內降低 45% 因作業產生的空氣污染。這些經驗都將透過人員與技術交流，影響上海港未來管制船舶及港區作業排放空氣污染物的趨勢。

3.4 國內船舶節能減碳相關研究

經整理國內有關於船舶節能減碳的相關研究，大致可將研究面向分為技術面與航運管理面，將各相關研究列出並簡單說明如下，以做為後續研究規劃之參考。

3.4.1 技術面

1. 動力系統

- (1)林柏宏（2007），『以計算方法預測螺槳節能裝置效能的探討』，國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系碩士論文。

隨著地球有限的燃油日益消耗，設計「節省油料消耗，提高航行效率」的船舶變成非常重要的環節。PBCF (Propeller Boss Cap Fin)即是為螺槳推進器為了節省能源所發明的省能源裝置，主要討論 PBCF 裝置對螺槳效率的影響，在勢流計算上利用辛敬業所開發的勢流邊界元素法軟體-PATPANSF 做為計算工具，並討論結果與黏性流計算不同的原因，經過流場的觀測發現 PBCF 裝置確實有削減螺槳渦流的功能，尤其在螺槳後的尾跡流與旋轉軸附近的螺槳渦流的消除。

- (2)黃偉輝（2003），『船用柴油引擎廢氣數值評估和實船量測之研究』，國立成功大學造船暨船舶機械工程學研究所碩士論文。

本文針對這法則中的遺漏和簡化船上廢氣量測的程序為主要之研究對象，目前已整合出一適用於現場可計算評估廢氣排放的基本資料庫並以此方式可使船上的實測更為簡便，同時以此來評估其是否符合 IMO 的規定。

- (3)『士福金-船舶之推進方法及推進用具』，船舶科技，第 6 期。

帆船是人類最早期利用風力使船舶在水面航行之船隻，在船

船推進能量來源可分為人力推進法、風力推進法、機械力推進法、風力與機械力復合法、電磁力推進法、太陽能推進法等六種方法。

(4)『士福金-船舶之推進方法及推進用具』，船舶科技，第 9 期。

在石油危機發端一進入燃料高價格時代，柴油機由其低回轉化、燃燒系統之改善等，獲得邁向省能對策時機，船舶之省能技術可分別為提高船舶推進裝置之綜合熱效率及船舶推進性能之向上兩項提高船舶推進裝置之綜合熱效率的方策，在主機方面雖是使主機個體之熱效率向上及排熱之有效利用，然尤其後者將排熱作為推進動力回收之複合循環輪機之導入是有效。

(5)方清吉（1999），『船用柴油機之研發和展望』，船舶科技，第 25 期。

近年，大型低速柴油機已逐漸被船上用為主機。因大型低速柴油機具有優異合適性，及餘留很多可能進步之空間，所以大型低速柴油機迅速發展中。

(6)馬豐源（1994），『內燃機發展之趨勢』，船舶科技，第 14 期。

德國人 N. A 奧圖(N. A Otto)和 R. 狄賽爾(R. Diesel)在總結前人無數實踐經驗的基礎上，對內燃機的工作循環提出較為完善理念，亦即奧圖循環和狄賽爾循環。因而，才使得幾十年間歷經無數人的實踐和創造得到一個科學總結，並有了質的飛躍，他們將前人粗淺的、零亂無序的經驗，其中包括無數失敗和盲目實踐的經驗，加以繼承，為現代的汽油機和柴油機問世至今已經歷百餘年的發展程，才使內燃機日臻完善。

(7)樓無畏（1999），『低速柴油機近況綜合報導』，船舶科技，第 25 期。

就低速柴油機的排放 NO_x 特性、過分磨耗率、耐用性改善、

燃燒發動機的實用性研究、降低 NOx 排放的方法、增壓機故障問題等進行，減碳的評估。

- (8)樓無畏 (1993)，『柴油機設計者預期對排氣品質的控制』，船舶科技，第 12 期。

柴油機固有特性是在高溫循環中，能有效的燃燒低質燃油，但是在排氣管制中產生某些困難，低質燃油中所含的硫，灰及柏油份，經燃燒後產生成硫氧化物(Sox)及微粒，因此可藉由排放標準的立法、燃燒控制、減少其他廢棄排放物質、廢棄後續處理以及製造廠的實施排氣改善之情況來管控或者改善柴油機所排出之氣體。

- (9)樓無畏 (1992)，『船舶推進與節省燃油現況』，船舶科技，第 10 期。

改善要節省航行耗油方法不外是改造船行設計、增進推進器效率集提高主副機熱效率與機械效率，主要訴求為減低水流阻力、改善推進器系統效益與低耗油率。

2. 各式能源

- (1)華健、吳怡萱 (2007)，『暖化下的海運能源(上)』，船舶與海運通訊，第 46 期，第 19-28 頁。

- (2)華健、吳怡萱 (2007)，『暖化下的海運能源(下)』，船舶與海運通訊，第 47 期，第 20-32 頁。

由於國際間對於海運與港口對海洋環境所造成的衝擊愈來愈感興趣，因此針對船舶與港口的環境立法，包括地方、區域、國家、及國際等各層次，預計在未來十年內將持續升溫。尤其在過去幾十年當中，海運仍然透過船舶引擎、推進系統、及船殼設計等的改進，對降低有害排放與提高能源效率，達成了重大成

就。船舶趨於大型，加上各別船舶的更加合理的利用，更是大幅降低了單位貨運的耗能。該研究綜合提出各種船舶能源的應用評估，為日後船舶使用節能或潔淨能源系統做出建議。

- (3)林淵淙（2006），『生質柴油及乳化柴油對引擎排放廢氣污染減量及提昇能源效率之研究』，國立成功大學環境工程學系博士論文。

該研究係針對漁船用油、輕質循環油、棕櫚生質柴油、烷化生質柴油與奈米乳化柴油進行柴油引擎之多環芳香烴化合物(PAHs)之採樣及分析。PAHs 樣品包含氣相與粒狀物相 PAHs，二十一種個別 PAHs 以氣相層析質譜儀(GC/MS)分析之。該研究之目的為建立本土性柴油車與柴油發電機使用各種不同油品之 PAHs 排放基本資料，並了解生質柴油及乳化柴油對引擎排放廢氣污染減量及提昇能源效率之研究，以減少 PAHs 對民眾身體健康之衝擊。

- (4)駱劍堃（2007），『船舶能源系統管理之研究』，國立臺灣海洋大學輪機工程系碩士學位論文。

由於燃燒石油所產生之大量二氧化碳已超過警戒範圍，且石油價格又節節攀升，航運公司面臨燃油成本上升及二氧化碳減量的壓力。該論文採用問卷調查及能源盤查方式，針對臺灣船舶能源系統管理探討，以達到有效節能、降低成本及提高競爭力為研究目的。

- (5)田文國（2001），『船舶低速柴油機進展』，船舶科技，第 27 期。

全球共建造 1,080 艘 2,000 DWT 以上的商用船舶，採用低速柴油機作推進的有 762 艘，佔總數的 70.5%，依據一項最近市場調查發現，1,500~2,000 TEU 的貨櫃船的螺旋槳最佳轉速為 109 r/min，據此把新機型的額定轉速改為 91~114 r/min。

- (6)張儀生（1993），『船舶柴油主機之安裝及其相關事宜之探討』，

船舶科技，第 11 期。

大型主機的安裝於船上是一項專門技術，其重要內容包括主機台位之決定，機座台位之施工，機器之吊入，組立的分配，安裝之檢查及順利的運轉等，介紹安裝時應注意事項，能使輪機人員增進對主機艙裝之瞭解，使其對保養工作有更加之深入。

- (7)郭錦榮（1994），『重油柴油機氣缸油之開發動向』，船舶科技，第 13 期。

現代化重油柴油機所使用氣缸油必須在高溫壓下，保持適當黏度，形成良好油膜厚度，且具有抗磨擦摩耗及腐蝕摩耗性，高清潔性，故目前世界幾家滑油製造廠家，均依此趨勢而研發新產品。

- (8)郭錦榮（1991），『柴油機船舶發電設備之調查與評估』，船舶科技，第 8 期。

在船舶運航上整個動力系統的設置，最重要的機器之一，乃是發電設備系統，因它直接影響到航行的安全，因此在選用發電設備系統時，應注意其主要條件(1)要省能源省力化（保養之費用及勞力要低）(2)運轉時之操作要簡化，(3)初期投資成本及收回年限的評估，(4)輪機員的技術。

- (9)李建興、子威霆、黃正清、蘇俊連（2007），『質子交換膜燃料電池應用於船舶輔助電力的模擬』，中國造船暨輪機工程學刊，第二十六卷，第二期。

該文以燃料電池之數學模型來模擬質子交換膜燃料電池之輸出電壓與電流，藉以探討其作為船舶輔助電力供應之可行性，文中利用直流、交流電力轉換器將燃料電池之直流電力轉換為交流電力，再經變壓器升壓至 120 伏特，以提供以船舶所需之負載，並探討負載對燃料電池發電之特性。

- (10)夏曉文、吳聖儒、余威龍、楊福正 (2007)，『先進船舶電力－質子交換膜燃料電池設計製備與性能分析之研究』，中國造船暨輪機工程學刊，第二十六卷，第三期。

該文主要探討燃料電池在船舶電力上之應用，以及針對質子交換膜燃料電池(PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel cell)進行實驗研究，並建立其設計、製備與性能分析之能量。以燃料電池測試台進行相關之性能測試時，實驗控制參數包括電池溫度、相對飽和溫度、背壓以及燃料(H_2 、 O_2)之質量流率等。

- (11)李仁傑 (2007)，『燃料電池作為船用動力引擎的分析』，船舶科技，第 35 期。

針對船舶的啟動時間、引擎的運轉壽命、氣體污染的排放、整體系統的效率等因素，配合各種燃料電池的特性，可知質子交換膜燃料電池(PEMFC)為適合船舶使用的新型推進與作業動力發電系統，成本效益不如傳統柴油發電系統，鼓勵船舶使用高效率的環保燃料電池為未來的發展，因此初期船舶可採用柴油主機作推進與燃料電池發電作為儀器、照明等備用電力之混合雙動力系統，逐步於燃料電池發展成熟取代柴油引擎。

- (12)潘同晉 (2001)，『船舶動態定位系統之探討』，國立臺灣海洋大學系統工程暨造船研究所碩士論文。

目的在於設計一個動態船位保持系統(D.P.)之控制器，利用有限之推進器推力，以控制載具在一個容許的位置偏移範圍之內。在此將針對縱移、橫移、平擺三個自由度之線性 D.P.方程式，在考慮風、流、浪干擾因素下，利用卡曼濾波器及二次型線性最佳控制(L.Q.)理論，進行控制器之設計，由於波浪造成之高頻振盪力具有相當大之能量，無法以有限之推進器推力抗拒之，因此 D.P.系統主要在於補償風、流及波浪漂移力造成之緩慢變化漂移量。

- (13)孫行仁 (2007),『船舶電力系統之動態響應研究』,國立高雄海洋科技大學輪機工程所碩士論文。

為研究船舶電力系統系統在不同用電狀況下之動態響應情形,提出動態模擬分析技術來評估船舶在不同作業狀況下之電力系統動態響應。

- (14)『方汾-船上電力利用太陽能之探討』,船舶科技,第18期。

利用太陽能發電,是降低 NO_x 或 SO_x 排放量之好方法之一,就理論上而言,可證實太陽能發電應用到船內電力之可行性,同時亦可研究出該系統對環境面影響之評估。目前所進行之太陽能電力系統,以併用柴油發電機為主。從此項設計檢測 NO_x 或 SO_x 之排放量,並跟現行電力系統作比較,俾觀察太陽能發電系統之有效性。

- (15)洪健明、葉榮華 (1997),『汽電共生之簡介』,船舶科技,第21期。

南部工業區因電源中斷兩分鐘,而造成約兩億八千萬元以上之生產損失,許多工廠要在三至四天後才能恢復產能,至於裝有汽電共生系統之工廠損失極微。因此若能於工業區內妥善規劃設置汽電共生系統,相信可以大幅降低因跳電所造成的損失。該文介紹汽電共生系統之緣由與國內外之近況,並對基礎設計原理作概括的敘述。

- (16)陳詩經 (1995),『船用發電機的發展現況』,船舶科技,第16期。

柴油發電機未來發展朝向低噪音、低振動及有毒氣體的排放基準等特性邁進,船用軸附發電機在經濟上的考量主要是節省能源,利用高熱效率、低燃油耗量及原動機燃燒劣質燃油,船用渦輪發電機主要以節省能源、減低燃油消耗。

(17)陳詩經 (1996)，『船舶電力發電系統』，船舶科技，第 19 期。

動力船舶產生電力的方式，一般有柴油發電機、主機驅動之軸發電機、以及主機廢氣鍋爐驅動之蒸汽鍋爐輪發電機。整個發電機系統應就下列五點作整體的評估，引擎特性、投資費用、維修費用、電力及能源政策、可靠性。

3. 減阻技術

(1)吳聖儒、夏曉文(2004)，『微氣泡減阻技術應用於水面艦之效能評估』，陸軍官校基礎學術研討會暨國科會國防科技航空技術學門研究成果發表會論文集。

該研究利用微氣泡(micro-bubbles)技術進行降低表面摩擦阻力的效應評估，有效控制微氣泡粒徑尺寸、濃度分佈及供氣量之間的參數關係，期能使船艦的摩擦阻力能明顯降低，故若能以經濟可靠之方式降低船殼表面之紊流邊界層內的摩擦阻力，便可使船艦之總阻力有效地降低，而達到提高載具速度、降低噪音分貝(dB)及減少能源的損耗，不但可提昇船艦之運動性能，更可節約能源。

(2)中華民國船用品檢測研究協會，『船底防污漆之現狀與展望』，船舶科技，第 21 期。

國內從事防污塗料實驗資料很少，未來應是朝向使用無毒性環保防污塗料，也是使用低表面張力型，可能在價格上非常貴，這樣就得依據國際環保規定及傳船營運成本考量平衡點。

(3)士福金 (1993)，『漫談高速船』，船舶科技，第 11 期。

高速船一般雖以其航速超過 30 節之船為準，而高速船與低訴船區分並非絕對的，因高速之速度在更大船時，可能有成速之情形。現在高速船多為小型，而今後將向大型傳之開發邁進，在

結構採用輕重量材料、船型向復合型發展。

4. 減排防污技術

(1)華健（1997），『源自船舶之空氣污染及其防制』，環保署。

該篇比較源自船舶空氣污染與其他來源之空氣污染及總污染量，可看出臺灣地區源自船舶之空氣污染占總污染量之比率以 O_x 為最高(0.52%)，其次依序為 NO_x (0.13%)，粒狀物(0.04%)及碳氧化物(0.008%)。

(2)方清吉（1998），『二氧化碳和地球氣溫暖化問題』，船舶科技，第 23 期。

當今，地球上能源消耗量較多，燃燒氣體中含 NO_x 或 SO_x 等氣體，造成酸雨或酸霧等公害。要製造氫氣分解 H_2O ，這種方法所耗能源比從 H_2 和 O_2 所獲得有效能源還大。

(3)方清吉（1997），『探討減少船舶排放 NO_x 之方法』，船舶科技，第 21 期。

如何減少船所排放 NO_x ，先要評鑑機器單體單位時間馬力的 NO_x 排放量，不如加上船抽推進性能有關，有效降低酸雨的方法，不要使用含硫量高於零點五%的燃料油，以減少油品品質造成污染，對排放氮化物的船舶等機器，應注意減少排放量，欲減低全球性船舶排放 NO_x 量，基於船舶運輸的必然性，要有檢討綜合對策之必要。

(4)李博亮（1992），『船用引擎之排煙污染控制』，船舶科技，第 9 期。

世界各國對空氣污染的限制標準，除了對機動車輛之排氣做了嚴格的範圍之外，有些國家對船用引擎之排煙污染也有了較嚴格的要求。驗船協會以及引擎製造業者的要求，驗船協會以及

引擎之製造業者對此問題的研究也提出了因應之道。本文介紹降低氮氧化物 NO_x 污染的一些可行方法以供參考。

(5)王馨隆 (2003),『無錫防污塗料簡介』,船舶科技,第30期。

通常船底塗料及防塗料,以防止海洋生物附著。節省燃料,並節省航行時間。一般船東會針對航行的地區而選擇防污塗料的種類。但是由於國際上對錫化合物的管制,船東必須選擇無錫防污塗料或其它符合規定的塗料。

(6)張建寅 (1993),『船舶與環保-船舶之空氣污染(1)』,船舶科技,第12期。

環保問題涉及範圍廣泛,該文論及有關船舶之空氣污染問題,主要以 IMO—MEPC 30/WP.II Agenda item 14 擬管制之氟龍、海龍、氧化硫等氣體之空氣污染為對象,蒐集有關資料加以整理,併論及目前以石油系燃料為能源之船舶所難免產生之 CO₂ 問題,供為參考。

(7)彭勝利 (1994),『環保與冷媒』,船舶科技,第13期。

新冷媒 HFC 可取代舊有 CFCs 冷媒,可有效的提高效益並且不含氯,又可減低對環境的破壞,但並不是所有礦物質油皆能與新冷媒結合,因此新冷媒還是有少許相容性問題。

(8)華健 (1999),『防制船舶 NO_x 排放之技術性與經濟性』船舶科技,第25期。

該文旨在提供船舶動力廠空氣污染防制措施技術性與經濟性相關條件之初步資訊。以國際間相關法令近來日漸嚴格的趨勢來看,防制措施所衍生的成本勢所難免。而選擇何種裝置方能以最節約的方式符合國際法規的限制應是船運業至為關切的問題。

(9)樓無畏 (1992),『燃油與環保』,船舶科技,第10期。

該文綜合簡介與空氣汙染有關之燃油品質概況及影響，包括車輛用油及船舶重油，亦與安全環保有密切關連。

3.4.2 航運管理面

1. 績效與效率

- (1)陳佳婉（2006），『臺灣海運公司經營績效評估——以資料包絡分析法』，立德管理學院工業管理研究所碩士論文。

該研究主要研究對象為國內三家以貨櫃集散為主要業務的海運公司。文中採行其近七年之績效評估，並使用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)分析各公司之經營績效，以提供各公司管理者有效改善其經營績效的資訊。此外，該研究使用十四個投入與產出項目來衡量研究對象，以年資料進行分析，歸結出各企業的相對效率以作為其日後參考。

歸納該研究實證結果顯示，目前臺灣海運公司除了應改善其人員配置的效率問題外，尚需妥善調度各空櫃之使用率以減少其轉運成本。最後，建議各公司應購買載重噸數較大足以符合現今需求的船隻。

- (2)陳正成（2006），『臺灣貨櫃航運業生產效率比較之研究』，義守大學管理研究所碩士論文。

在 21 世紀初期，全球的貿易量有增加的趨勢，在貨櫃航運業上對於一國的經濟發展均極為重要，為說明臺灣貨櫃航運產業的發展，該研究擬為貨櫃運輸業的績效評估作出相關分析。

再者國內貨櫃運輸業之核心資源、經營績效與資源配置策略之關係等等問題尚未做更深入的探討。該研究以此為動機，蒐集國內七家貨櫃航運公司兩年之相關資料，利用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis；DEA)，對這七家公司進行 CCR 及

BCC 效率分析，最後，分析這七家貨櫃運輸公司之投入、產出之資料，該文也對差額變數做出說明、分析，其結論與建議將可作為這七家貨櫃航運公司未來經營績效之評估與資源配置之參考，最後該文也提出了未來研究方向供往後研究者之參考。

2. 發展策略

- (1)陳依伶、徐國裕（2001），『貨櫃船大型化對未來海運經營管理之影響』，船舶與海運，第 18 卷，第 867 期。

為了降低營運成本目前各大海運公司紛紛將貨櫃船大型化，此項舉動對未來港埠產生衝擊，使得裝卸貨的相對停滯時間變長並且影響了港口的水深限制、港埠的機械設備與運輸車輛的營運。

- (2)鄭正雄（2004），『亞洲定期航商策略合作發展之研究』，國立臺灣海洋大學導航與通訊系碩士論文。

該研究利用德菲法對具指標意義之 CKYH 四家中、日、台、韓著名航商，施以跨國性問卷調查，藉以瞭解亞洲航商對定期航運策略合作之觀點與因應；問卷主題則分別由以下四個構面展開：

- a. 亞洲貨櫃定期航商參與策略合作之主要目的
- b. 策略合作可能產生之不利結果
- c. 合作成功之主要原因
- d. 對環球貨櫃定期航運業之中期展望

- (3)李青璟（2006），『定期航商多期程船隊規劃之最適化研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文。

該研究首先分析全球前 20 大貨櫃航商在船隊組成之差異，發現各家航商擁有之自有船及租賃船比例不同，自有船舶及租賃船舶之平均 TEU 數也不相同，可看出各航商所採取的策略不盡

相同；之後再進一步探討船隊規劃所需考慮之因素，作為問題探討之基礎。文中並建構貨櫃航商之船隊規劃數學模式，透過此一模式，提供航商在面對不同船型之自有船舶與租賃船舶於各期程的組成與部署問題的決策評估。

- (4)丁士展（2003），『定期航運航線規劃與收益管理之研究』，國立交通大學交通運輸研究所博士論文。

該研究對於利用收益管理理念在運輸業或其他產業之研究作一完整的整理，分析定期航業之產業問題與發展趨勢，針對其營運特性開發收益管理系統與相關模式，提供航運公司建立與導入收益系統之參考。

- (5)黃玉惠（2004），『定期航線港埠排程規劃之研究』，國立臺灣海洋大學導航與通訊學系碩士論文。

該研究在單一航線排程探討上，著重於運送時間限制與容許港埠選擇兩大議題，期能從該議題中了解規劃完整航線之重點及時間等各項因素對於整體排程之影響。參數測試重點亦在於構建之模式是否能達到港埠選取與時間限制的功能。然而航線排程及港口選擇之問題，依據實務面而言需考量多重因素，但在建構模式之餘，過多的限制條件會增加求解困難度，在顧及實務層面及建構完善模式前提下，加入機動的限制條件，使模式具有調整彈性，以符合航運公司實際之運作。

- (6)王安生（2003），『定期貨櫃航運之資源、能力與競爭策略之關係』，國立臺北大學企業管理學系碩士論文。

該研究以資源本位觀點，探討其與定期貨櫃航運業策略運用之相互關係，由研究背景動機所衍生之研究目的如下：

- a. 透過個案研究，瞭解定期貨櫃海運市場之經營特性及能力，資源與競爭策略與競爭優勢的關係。

- b. 以資源，能力為基礎的競爭優勢，在定期貨櫃航運中心，理論與實際作法的比較。如：定期貨櫃航運之「以顧客為導向」的策略作為，以及定期貨櫃航運如何重新定義其產品服務價值等相關議題。
- c. 在人力及財力密集的貨櫃海運服務作業中，品質，效率，創新及顧客回應在競爭中，所扮演之策略角色及功能。
- d. 探討資源，能力及特殊潛能與競爭策略間之相互影響關係。因應市場及顧客需求之改變，定期航運在現有之條件下經營管理，探討及整理其所採用之「最佳實務」做法，以為日後競爭策略及競爭優勢之研究基礎。

(7)林士鈞 (2006)，『定期貨櫃運輸船舶排程暨船期表建立之研究』，國立中央大學土木工程學系碩士論文。

該研究站在航商的立場，以航商最大利潤為目標，根據中長期規劃的航線結果，並考量定期貨櫃船舶運輸的相關營運限制與資料，發展一短期船隊排程與船期表規劃模式。該研究期能於未來實務應用上，提供航商一有效的工具，以幫助航商有效規劃船隊排程及建立船期表。

(8)蘇家禾 (1999)，『造船技術進步及船舶噸位對貨櫃裝載量之影響』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。

該研究最主要的目的在於探討貨櫃輪之貨櫃裝載量與船舶噸位及造船技術進步三者間所存在之關係，並且比較船舶噸位與造船技術進步兩變數對於貨櫃輪之貨櫃裝載量多寡的影響程度之差異，進而建立「貨櫃輪船噸 (DWT) 及時間變數 (T) 對於貨櫃輪之貨櫃裝載量 (TEU)」的迴歸模式。

(9)陳力民 (2006)，『運用數學模式於貨櫃航線規劃應考量要素之研究』，國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文。

為因應全球型客戶之需求，構建全球航線服務網為全球各貨櫃航運公司之終極目標，而全球各交錯相連航線間之供給與需求皆互有牽連，致航線規劃時增減泊靠港口或變動港口序「一定」牽動各港口間之櫃流量。同時貨櫃航線調整時亦因此而經常面臨牽一髮而動全身之考驗，其複雜之程度非一般內陸運輸業之路線規劃所能比擬，故貨櫃航運公司至今仍以人工經驗協調評估來完成貨櫃航線規劃。

該研究以作者長年服務於貨櫃航運公司之經驗以及綜合貨櫃航業界專家訪談之心得，研究得知有關貨櫃航線規劃應考量之重點、構建貨櫃航線規劃模式之限制以及實務上貨櫃航線規劃之正確流程。

第四章 港埠節能減碳探討

本章接續第三章船舶節能減碳、各國國際組織決議，以及各國在港埠船舶節能減碳方面的趨勢，針對港埠範圍內之節能減碳進行探討。由於在港埠範圍內單位眾多，腹地廣大，且機具設備種類與數量也不在少數，每天所需使用之油、電、水相當可觀，而排除的廢棄物，除了機具與船舶排放的碳氧化物、氮氧化物及硫氧化物等廢氣外，液態廢棄物（如廢油、港埠工業廢水、生活污水、船壓艙水排放），以及固態廢棄物（包含辦公室廢棄物、港埠工業廢棄物等）等，皆直接衝擊港區。因此，在港埠地區實施節能措施，僅可減少碳氧化物、氮氧化物及硫氧化物，對於其他部分則無著力點。為了改善港埠地區環境，除減碳（或較廣義地包含減少氮氧化物與硫氧化物）外，更應朝向減排的方向探討，以達到綠色港口的目標。

以下針對港埠的機關與設施、港埠節能減碳要點、案例分析，以及國內主要港口現況及相關研究等加以說明，並歸納港埠在節能減碳的研究方向，以做為後續章節之參考。

4.1 港埠機關與設施

要談港埠節能減碳，首先應瞭解一般在港埠地區有那些設施。依據倪安順與林光^[114]，歸納在港埠作業相關機關包含：

1. 公部門

包含海關、新聞局檢核中心、檢疫所、氣象站、商檢局、港警、經貿單位、港務局等機關。

2. 私部門

包含船公司、船代業、託運業、貨主、理貨業、信託局、物資局、銀行、保險業、報關業、承攬業、引水業、港勤業、供給業、

內陸運輸業、倉儲業、貨櫃業、公證行、進出口商、加油業、加水業等。

此外，在港埠機具設施部分，則就各類碼頭區分，包含

1. 貨櫃碼頭(container terminal)

貨櫃主要可分為 20 呎標準櫃(TEU)及 40 呎標準櫃(FEU)兩種，其他尚有特殊尺寸之貨櫃，如超長櫃及超高櫃。貨櫃運輸之特性如下：講求時效、貨物之價值較高、同一貨櫃中可能有數個不同之貨主、貨櫃運輸中約有 30% 之空櫃運送、貨櫃運輸過程中常有轉運情形發生、貨櫃場中設有貨櫃集散倉棧(container freight station)以供拆併櫃用、貨櫃場中之裝卸機具初期投資相當龐大、貨櫃場中須有良好之管理系統以減少翻櫃之次數。貨櫃碼頭設備包括：

(1)碼頭裝卸機具

貨櫃碼頭配置之裝卸機具大致包括：橋式機(gantry crane)、門式機(transtainer)、貨櫃拖車、車架(chassis)、跨載機(straddle carrier)、堆高機(fork lift truck)等。

(2)後線作業設施

貨櫃碼頭後線須具備之設施遠較一般碼頭複雜，包括貨櫃場進出管制站、場內貨櫃集散站、照明設施、辦公室、冷凍櫃、供電系統、插座、貨櫃修理區、場內自動控制設施。

2. 乾散貨碼頭(dry bulk terminal)

大宗散貨主要可分為乾散貨及液體散貨兩大類，其中乾散貨大都為原料或粉狀成品，包括穀類、煤炭、礦砂、水泥成品、砂石、水泥熟料。此類貨種大都以連續性作業之裝卸機具進行裝卸、須有後線堆貨場或特殊貯存設施、裝卸作業對環境影響較大(如粉塵)、貨物單價較低，每船次之運量較大。乾散貨碼頭設備包含：

(1)碼頭裝卸機具

乾散貨專用碼頭大都裝有高效率之軌道式連續卸載機，其型式包括抓斗式 (grab type)、鏈斗式(chain bucket type)、吸穀機 (pneumatic type)、卸煤機(coal ship unloader)、鏟裝機(shovel loader)、空氣滑槽(air slider)、螺旋式(screw type)輸送帶或管道。

(2)後線作業設施

大宗乾散貨碼頭之後線大都依其貨種型式建有專用之堆儲設備，其型式包括：露天儲存場(open storage)、圓庫(silo)、裝載中心、火車側線、巨蛋貯槽(dome)、輸送帶或管道。

3. 液體散貨碼頭(liquid bulk terminal)

液體散貨除原油之運送外，大都為與石化或食品相關之成品或半成品之運送，貨種包括：成品油類、原油、化工原料、食品用油、食品原料、LPG、LNG。貨物特性為：以管線輸送、部份貨種具危險性、須以鋼製貯槽儲存、極少以船邊提貨方式裝卸。其相應的設備包含：

(1)碼頭裝卸機具

液體散貨大都以預埋管線輸送，而其動力大都為船上之幫浦，因此碼頭上除設置預埋通往貯槽之地下管線，以及連接船上出料口之定點式卸料臂或軟管外，並不須考慮其他設施。

(2)後線作業設施

液體散貨碼頭之後線一般都設有各式貯槽，後線之設施包括：常壓貯槽、高壓貯槽、冷凍槽、裝載中心、辦公室、停車場。

4. 一般散雜貨碼頭

由於貨櫃運輸之興起盛行，一般散雜貨櫃運輸需求雖大多已由貨櫃運輸取代，惟仍有相當多之貨種並無法以貨櫃裝卸，或輸出國、輸入國並無適當之貨櫃裝卸設施可資使用，是以一般散雜貨碼頭仍有相當之需求，且此類碼頭亦可供貨櫃或其他乾散貨裝卸，只是效率偏低。在經濟條件較差之區域，興建一般散雜貨碼頭作為多功能碼頭使用，是較佳之選擇。

(1)碼頭裝卸機具

一般散雜貨碼頭由於裝卸貨種較為複雜，因此碼頭上大都未設置岸上吊桿，亦即碼頭上並未設置裝卸機具，惟應配置各項裝卸作業所需之配合機具，如抓斗、堆高機、戽斗、吊車等活動式裝卸設施。

(2)後線作業設施

一般散雜貨碼頭由於無法露天儲存，而必須進倉之貨種大都以船邊提貨或改以貨櫃運輸，碼頭之倉儲設施需求已降低，因此後線大都作為露天儲存區或卡車之停車場或停車區，如港口附近有鐵路設施則可設置鐵路側線及裝載中心。

5. 旅客碼頭

由於航空事業之發達，長途旅客大都採用飛機作為交通工具，因此海上客運已漸趨沒落，僅作為短距離之離島旅客運送或海上觀光巡弋之用，經濟效益欠佳。旅客碼頭除供一般旅客搭乘船舶外，尚可供汽車或機動車輛隨旅客上下，由於客輪係以旅客運輸為主，載貨僅為附帶之服務，因此碼頭上並未設置專用堆貨場，僅設有客運大廈、旅客服務中心及停車場等公共設施。

(1)碼頭裝卸機具

旅客碼頭由於主要係服務旅客，因此一般除供旅客上下船舶之旅客橋外，大都並未設置裝卸機具。

(2)後線作業設施

客運碼頭基本上為供旅客搭乘船舶或通關、進出國境之場所，因此國際港口之旅客碼頭均闢建客運大廈，客運大廈除提供一般旅客候船之空間及通關作業外，一般尚須提供以下之設施或服務：旅客橋、旅客或陪客之休息空間、餐廳、停車場、免稅購物中心、過境旅館、休憩設施、大眾運輸系統之場站、綠地或公園等。

4.2 港埠節能減碳要點

目前在中國大陸，已有多處港埠將「節能減排」納入重要工作項目，而其交通運輸部亦對此提出「關於港口節能減排工作的指導意見」^[115]，摘錄重點如下：

1. 對於新建港口工程

- (1)裝卸方法和設備選型設計最佳化，選用低能耗、高效率的裝卸設備。
- (2)在能源使用方面，優先選用以電能作為動力源的裝卸設備，以達零排放目標。
- (3)改進各類碼頭裝卸系統，使系統各環節能力匹配，提高裝卸效率、降低能耗。
- (4)加速對貨櫃碼頭設備和散貨碼頭設備關鍵技術研究，優先採用輕型、高效、變頻控制的設備。

2. 對於現有港口的技術改造

- (1)逐步淘汰更新或改造耗能高、效率低的老舊設備。

- (2)減少能耗及廢氣排放，提高作業效率。
- (3)加速將現有貨櫃碼頭柴油發電機為動力源的輪胎式貨櫃門式起重機，轉換為由港區供電網為動力源的「油改電」改造工作。
- (4)推進散貨碼頭皮帶機系統節能控制技術的推廣應用。
- (5)針對以燃油為動力陸上水準運輸車輛、流動機械等，推廣採用最先進內燃機節油技術，降低內燃機燃油消耗。

3. 新碼頭建設與舊港區的功能調整

- (1)港區佈局與碼頭設計最佳化，利用資訊技術，加強港口生產調度，並將運輸結構最佳化。
- (2)降低設備的空車率，提高運輸效率，降低裝卸的單位能耗。
- (3)合理配備裝卸機械和工具，使工作流程合理化與科學化。

4. 新建港區或在舊港區供電網

- (1)供電網改造時，應與供電部門相結合，採用先進技術。
- (2)以變頻或濾波方法解決高次諧波損耗問題，提高港區電網供電質量。
- (3)推廣變頻調速、自動化系統控制技術，減少電能傳輸過程中的消耗。
- (4)充分利用港口裝卸過程中產生的回饋能，減少能源浪費。

5. 照明

- (1)推廣綠色照明工程，並合理控制照明照度。
- (2)採用分段、分時控制照明亮度、調整功率、無功補償、高精度穩壓等方式降低電能消耗、延長燈具使用壽命。

6. 水資源再利用

- (1)推廣雨污水採集、處理、利用。
- (2)充分利用現有雨污水收集與處理系統，處理污水、收集雨水，用於港口綠地澆灑、洗車、除塵等。
- (3)在港口推廣使用節水、環保器具，節約水資源、減少污染物排放。

7. 防風防塵

- (1)散貨碼頭堆置場應採取有效的防風防塵措施。
- (2)加強堆置場防風防塵集塵技術研究，達到節水、減少揚塵、保護大氣環境目的。

8. 油氣碼頭及碼頭加油站

採用先進油氣回收技術和裝置，收集油氣碼頭、碼頭加油站儲運過程中蒸發的油氣，消除油氣揮發造成的安全隱患，減少大氣污染。

9. 噪音

採取有效的減噪措施，減少工程施工期間和碼頭生產運營期間的噪聲，努力改變生產作業環境，營造和諧的環境。

10. 資源能源綜合研究應用

- (1)引進並吸收國內外節能減排技術創新成果，採用新技術、新方法、新設備、新材料等節能減排技術，提升港口企業核心競爭力。
- (2)提倡採用綠色節能技術，鼓勵電能回饋、儲能回用等節能技術研究與應用。
- (3)鼓勵研製開發電動運輸車輛等新技術。
- (4)推廣再生水、海水淡化水、微鹹水、雨水開發利用，最大限度地

節約用水。

- (5)鼓勵再生資源利用，採用太陽能提供熱水、利用地源/海水源熱泵採暖空調、研究利用潮汐能、設立小型風能利用裝置。

11. 制度面

- (1)建立健全節能減排工作機制，落實目標責任制。
- (2)交通（港口）主管部門要研究相應的工作機制，確定專門機構和專人負責，加強與有關部門的協調和溝通，解決工作困難點，制定相應的政策和措施。
- (3)推行節能減排工作的績效考核制度，把港口企業節能減排指標作為對企業負責人的評價考核內容。

12. 監督面

- (1)健全節能減排監督管理體系，充分利用資訊管理系統等方法，加強節能統籌工作，以提高效率、減少能源浪費。
- (2)研發能耗精算方法，以衡量各別企業的節能重點。
- (3)提出完善節能減排監察制度，加強港口相關行業重點耗能設備和運輸裝備的抽查檢測，對達不到節能減排指標的設備要強制淘汰。

13. 政策面

- (1)加大節能減排政策強度。
- (2)政策支持節能技術與產品推廣、重點行業的節能技術改造、重大節能技術示範工程、宣傳培訓、資訊服務、表彰獎勵以及節能監督管理體系。

14. 宣傳面

- (1)加大節能減排宣傳和培訓強度，深入宣傳國家節約能源法律法規和方針政策。
- (2)加強國內外節能技術的經驗交流與合作，加強國內港口企業之間、企業和研究單位之間節能減排經驗、技術的交流。
- (3)不定期舉辦節能減排技術現場交流會，學習交流節能減排先進技術與管理經驗。

15. 獎勵面

各級交通（港口）主管部門和港口企業要建立節能減排工作激勵機制，認真做好節能減排工作總結，對在節能工作中做出顯著成績的單位和個人予以表揚獎勵。

4.3 港埠節能減碳案例

4.3.1 美國加州長堤港與洛杉磯港

長堤港(Port of Long Beach)位於美國加州南部長堤市，與洛杉磯港(Port of Los Angeles)毗連，兩港地理位置如圖 4.1 所示(Google Earth^[1])，是美國重要的貨櫃深水港，地處通往亞洲各國樞紐位置，面積 3,000 餘英畝，全年吞吐量達 8,500 萬噸，貨物價值超過 1,000 億美元，是美國僅次於洛杉磯港的第二繁忙港口。長堤港進出口貨物除服裝、電子和輕工產品外，還有大量的工業用原油、石油產品和化學製品。從長堤港進出口的貨物全年批發和零售額高達 470 億美元（楊彥春^[2]、長堤港網站^[3]、洛杉磯港網站^[4]）。

在上世紀 60 年代末，港口即面臨發展與環保抉擇問題，工業發展對環境帶來的挑戰引起各界廣泛關注，對經濟發展和環保性價比的深

入思考促成美國支柱產業的轉型。1970 年美國總統尼克森簽署「國家環境政策法」，並建立美國環境保護總署做為執法機構，在確保經濟持續增長的同時，更審慎地規劃利用資源以實現新的價值。

面對促進經濟增長與保護子孫後代賴以生存環境之間的兩難選擇，作為地方產業支柱的長堤港決定自我調整，從關鍵控制點開始推行環境綜合淨化，在促進經濟繁榮的同時成為全球領先的環保港。自 2005 年以來，港務局相繼推出了「綠色港口方針」、「清潔空氣行動計劃」以及「清潔卡車計劃」，說明如下：

1. 綠色港口方針

包括改善空氣和水體質量，復育港區棲息的野生生物，淨化土壤和海底沉澱物，為子孫後代創立永續發展的港口文化。在這項方針下，港務局環保部門清理港區內兩處環保死角，對環境有害、污染土壤的化學物質密封後深埋，阻斷在土壤和水體中的擴散路徑。港務局環保部門目前與港區水域的上游城市協商，共同制定排放與監管標準。

2. 開展清潔空氣行動

「清潔空氣行動計劃」於 2007 年啟動。由於港區廢氣排放總量的 50%來自過往和停泊的船隻，因而要求船隻減低行駛速度，以有效降低燃料消耗和廢氣排放。港務局具體規定所有船隻在離港 20 海里時需將時速降到 12 海里以下，且為落實起見，港務局在港區設置雷達測速器，全年達標率超過 90%的船隻可在第二年享有泊位費減免 15%優惠，並獲得港務局的綠色環保標誌旗。此舉獲得各國與地區遠洋貨輪支持，目前履行率超過 90%，船隻減速減排行動在長堤港已獲得全面成功。

遠洋貨輪在港區停泊卸貨期間，部分大宗待卸物品需要恆溫保存，而致冷系統則全部以燃油為動力，所排放的廢氣亦是港區空氣

污染的另一個主要來源。此外，停靠碼頭期間，遠洋巨輪上雖然只有十幾名船員，但分佈在船艙的各生活區空調與冰箱仍需運轉，也需燃油動力致冷。為改變這一狀況，又不影響船上物品的儲存條件和船員的生活，長堤港務局決定把電纜線介面引到一些碼頭的泊位上，遠洋貨輪只要接入插座就可使用電力，以保證生活區空調與冰箱的運轉，免去使用燃油帶來的廢氣污染。

不過，此舉也令港務局供電設備和遠洋輪內部電路改造所費不貲，但從港區消除停泊期間的廢氣污染和遠洋輪的長期能源效率來看，投資回報仍然可觀。因此，港務局已經批准英國電力公司在長堤港區內建設發電廠，為遠洋輪供電，即使如此，港區供電能力仍顯不足，與停泊巨輪的總需求量還是相差甚遠。目前，港務局正在與加州主要電力公司協商，提高電力供應量，以滿足港區未來十數年的電力需求發展，同時敦促各國和地區遠洋貨輪儘早改造電路系統，以達到停泊期間以電力為能源的目標。

由於使用岸電需龐大投資，以及長時間規劃建設，因此最直接的方式，就是減少有害廢氣的排放。洛杉磯與長堤港區地方官員於2008年3月24日通過對於駛近、或停靠此二港區的船隻，提供低硫燃料油的資助。希望藉由減少運輸過程中排放的有毒廢氣，進而改善當地空氣品質。灣區的地方官員同意此鼓勵性質的計畫，目的在於使貨輪經營者對於聖佩德羅灣區40英哩內、與港口停泊處的船隻運輸往來，於未來一年內提高乾淨燃油使用的比率。

此項計畫提出，貨輪經營者至少須在港口的20~40英哩處轉換燃油與低硫蒸餾油(HFO to MDO)的使用，而港口相關單位將支付貨輪經營者關於上述兩種油品的價差支出。此環保計畫預計將使洛杉磯港區年度支出增加860萬美元、長堤港區則為990萬美元。這項為期一年的計畫，將從2008年7月1日起至2009年6月30日止，而此二灣區委員會得以決議延期。

洛杉磯灣區執行長克納茲博士(Geraldine Knatz PhD.)表示，「此計畫將對我們的客戶產生鼓勵的作用，在政府執行新規定前，即提早開始使用低硫燃油。我們港口與業界從本年度起攜手降低船隻廢氣的排放，對未來政府相關規定的適應上，是一個很好的先例。」

3. 推廣潔淨卡車

除船隻外，陸上水平運輸卡車也是港區廢氣排放另外 50% 的來源。目前，長堤港與洛杉磯港日吞吐貨櫃主要是由卡車從港區向外運送，此外尚有港區內碼頭上作業的大型吊車。對此，兩港港務局推出了「潔淨卡車計劃」，目標是通過逐步淘汰 16,000 輛重污染的卡車，計畫在五年內把卡車污染氣體排放的總量降低 80% 以上。該計畫將從 2008 年 10 月 1 日起執行。屆時港區禁行 1988 年以前出廠的各種型號卡車，同時舊卡車車主或公司更換新型環保卡車可以得到當地政府和港務局的財政補貼或貸款補貼，所需資金 20 億美元。為籌集這筆資金，長堤港務局向每個載滿貨物的標準貨櫃在進出港區時課徵 35 美元。

「潔淨卡車計劃」中的潔淨卡車主要使用液化天然氣，燃料中只需 6% 的柴油用於發動機點火，其他 94% 動力能源皆為排放較低的液化天然氣。經過試運行，這種新型「潔淨卡車」單位能效已達到同類型柴油卡車的 90%。現今在美國柴油平均價格每加侖約為 4 美元，提供等量能效的液化天然氣價格卻穩定在 3.4 美元，這對公司和司機個人都很有吸引力。在改開「潔淨卡車」後，不少司機都說他們的家人能夠聞出他們衣服上的油煙味少了，這表明在減少排放污染廢氣的同時，司機工作環境也得以明顯地改善。



(a)長堤港與洛杉磯港



(b) 長堤港與洛杉磯港位置

圖 4.1 長堤港與洛杉磯港地理位置

4.3.2 中國大陸青島港

青島港位於山東半島南側，地理位置如圖 4.2 所示。該港依靠科技創新節能減排工作，港口發展從以往物質能源消耗導向，轉為科技導向，同時提高勞動者素質、創新管理方法（徐冰^[5]）。

青島港針對貨櫃輪胎式門式機進行「油改電」改造，將柴油動力改造為電力驅動後，單櫃能耗下降 40%以上，單櫃成本節省 70%以上。目前，此一技術已應用在國內外十幾個港口，年節油約 2,000 萬公升。

除針對機具設備進行節能改善，亦調整員工操作技能，同時發展出節油法，透過低速航行、借力航行、均勻變速等方法，實現船舶操作節油。在實施節能減排後，青島港年吞吐量雖然增長了兩倍多，但綜合能源單耗卻下降了 28.34%，年均降低 4.4%。與此同時，青島港港口生態環境不斷改善，空中不見黑煙塵，地上不見沙塵土，水中不見漂浮物，被評為首批國家環境友好企業。

4.3.3 中國大陸京唐港

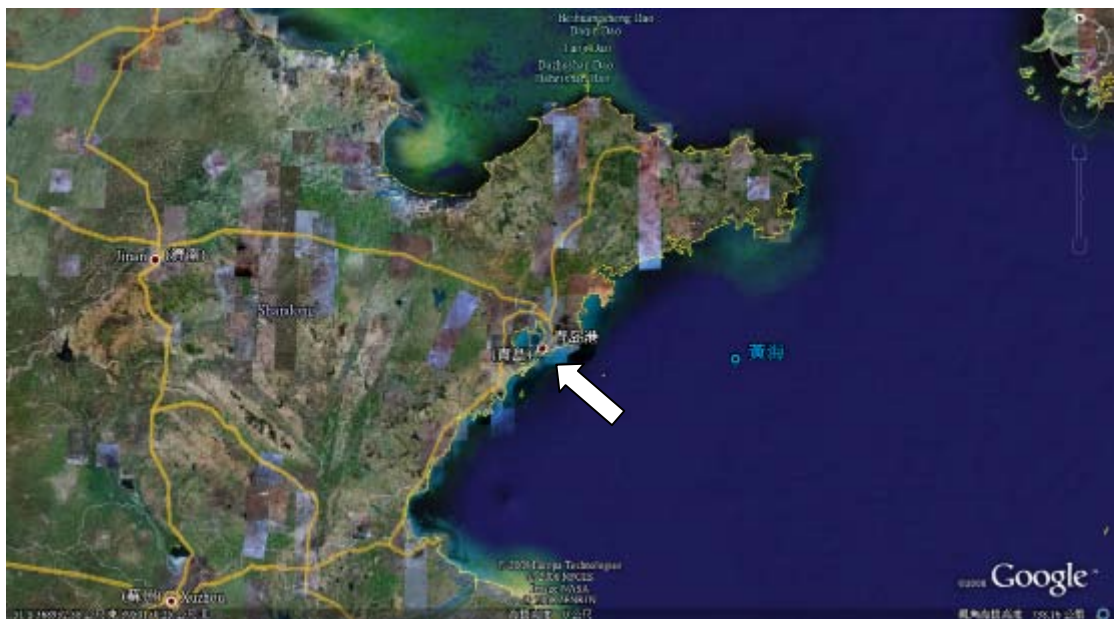
京唐港原名唐山港，位於唐山市，其位置如圖 4.3 所示，在近年來快速發展。在港口的建設營運發展，以建設和諧生態港口為總目標，以粉塵污染治理為重點。以下說明綠色港口發展措施（李志坤^[6]）：

1. 加大環保資金投入力度

對港口營運企業而言，在裝卸、運送貨物過程中，因面積廣大，車輛過往頻繁，煤炭、礦粉等散貨易灑落、易揚塵，粉塵污染是主要的污染源。京唐港從粉塵污染的源頭著手，實施噴淋降塵工程，有效解決二次揚塵污染問題。



(a)青島港



(b)青島港周邊

圖 4.2 青島港地理位置

其次，港區道路上的揚塵，最主要來自貨運車輛超載、灑落的煤炭和礦石，經碾壓成為粉塵，遇風形成揚塵。京唐港加強進出港道路的清潔管理，由專門的物業管理部門負責，每年投入大量的人力、物力負責公路沿線、鐵路道線的清掃工作。

2. 加強軟環境建設和監管控制

環境治理工作，投入是基礎，防範控制是關鍵。在硬體投入的同時，京唐港注重加強軟環境的建設，措施如下：

- (1)加強制度建設，完善港口環保管理規章制度。京唐港提出「環境保護管理辦法」等一系列具體環保管理規定，詳細規定機構職責、現場管理、治理舉措、監督管控、獎懲措施等各個方面，切實將環境保護、治污減排形成企業發展的長效機制。
- (2)提高全體職工環保意識。圍繞節能減排這個主題，京唐港進行多次環保培訓，全面提高全員的環保意識，增強職工參與環境治理動能。
- (3)多管道加強煤塵污染的控制。主要做法是調整貨源結構，調整煤炭貨種結構，以出口塊煤取代含塵大的原煤，同時改進煤炭裝卸方法，以污染物排放總量控制為主體，淘汰落後生產工藝和設備，推行清潔生產，實現粉塵污染從末端治理轉向全過程式控制。
- (4)加強監督管理。對環保工作實行全程跟蹤監督和檢查，將環保工作納入日常監管範疇。
- (5)港區各單位聯手加強環境治理。由於京唐港的快速發展，港埠企業和在港作業單位不斷增加，環保層面日益複雜。各港埠企業、駐港單位、協力單位加強合作，共同參與到港區環境綜合整治工作，開創港區環保工作的新局面。

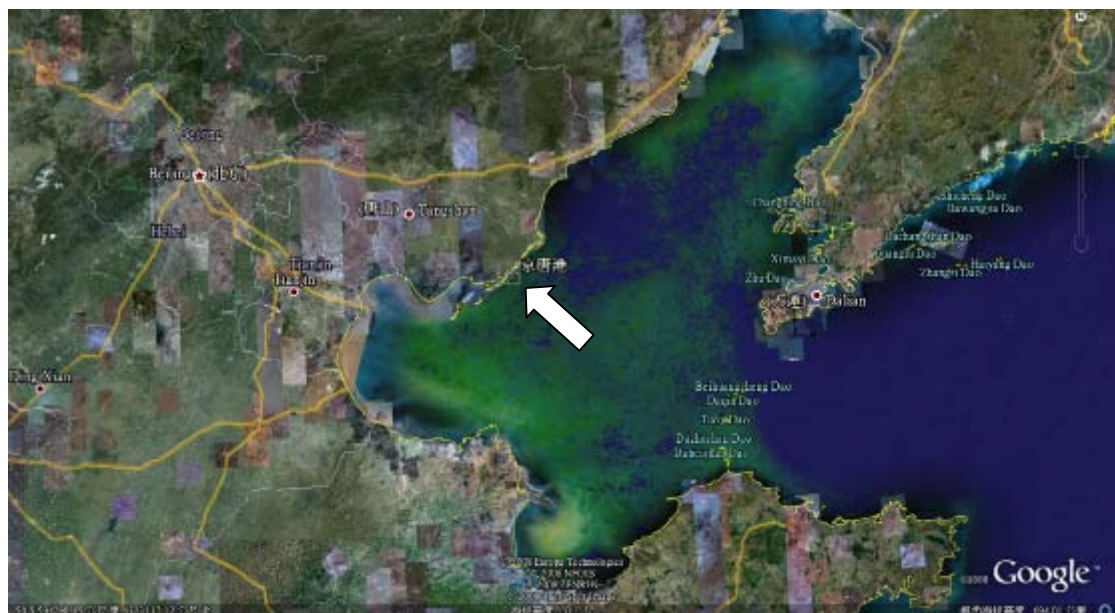
3. 明確治理目標，根治港區環境污染

目前港區粉塵污染主要是由於落後之裝卸方法所致。為此，京唐港推行港池、泊位功能調整，實施藍天、綠地、碧水工程，爭取用3~5年左右時間，形成一、二、三港池以件雜散貨、貨櫃為主，第四港池以煤炭和通用散貨為主，第五港池以煤化工為主，改善港

區當前不盡合理的陸域構成狀況。同時透過「黑白分家」、「散雜分置」，使各功能區明確，專業化裝卸作業可從根本上改善港區的環境污染狀況，達到空中無灰塵、水中無漂浮物、陸上無垃圾的治理目標。



(a)京唐港



(b)京唐港周邊

圖 4.3 京唐港地理位置

4.3.4 美國紐約-紐澤西港

紐約-紐澤西港位於美國東岸，位置如圖 4.4 所示，連接世界和國內主要消費市場。港口直接與間接提供當地約 230,000 個工作職位，每年給紐約和紐澤西這兩個州的居民帶來至少 94 億美元收入。為緩解運輸壓力，並保持港口的競爭優勢，港方持續投入大量資金於港口擴建，以及部分設施的改造，並大量採取環保措施，以因應美國聯邦政府強制推行的綠色港口政策，同時緩解來自居民和環保主義者的壓力。目前這些措施已經取得良好的效果（郭保春、李玉如^[7]）。

為保持航運貿易持續令當地經濟成長，同時保護環境，近年來紐約紐澤西港投入大量資金，提高生產效率、增加港口吞吐能力，並且在基礎項目建設的環保方面以及運輸系統的綜合效益方面嚴格執行綠色規劃要求，兼顧港口短期和長期的環境效益。目前，港口經營單位開始利用污水處理系統處理港口的污水，並且大力推行可再生設備的使用，同時注重更新碼頭的裝卸設備，淘汰造成嚴重污染環境部分，並盡量使其電氣化，減少有害氣體的排放。在把綠色港口規劃措施具體落實到實際操作的過程中，紐約紐澤西港務局和港口經營人採取以下措施，並取得顯著效果。

1. 裝卸設備電氣化

使用電氣化的港口裝卸機械代替柴油動力裝卸機械，並將超過 1 億美元資金用於基礎設施改進，減少柴油機的廢氣排放。

2. 改進港區大門與引進堆置場新型設備

港口經營者在多數碼頭安裝電子門、移動式大門，以及通過延長工作時間來減少卡車的滯留與道路擁堵，同時更新以柴油作燃料的鏟裝車，代之以丙烷或電氣化為動力，減少廢氣排放。

3. 航道疏浚

紐約-紐澤西港是河口港，為滿足新一代大型貨櫃船舶掛靠的需要，港口計畫把航道疏浚到 50 ft (15.24 m)，這就意味著有大量的航道淤泥需要處理。由於淤泥一般含有大量有害金屬物質，不能夠隨意作拋棄處理，必須經過化學分析，有利用價值的部分可以用來填海造田或作他用，有害物質則要慎重對待，以防對生態系統內的動植物造成損害。港區有專人負責從事該疏浚區域生態狀況的勘測與記錄，例如鳥的種類與數量，以及水中生物存量，以確保港口發展與環境保護並進，做到維護生態系統的平衡。

4. 壓艙水的排放

作為綠色港口規劃的一部分，港區排放壓艙水可能帶來危害，港務局聯合紐澤西海洋基金出版介紹壓艙水知識的小冊子，詳細介紹外在水域的生物種類通過壓艙水的排放，對本地水環境生態系統可能造成的損害，以期引起港口經營者與航運企業的關注。具體措施是要求船舶在進入港區前，在外海中更換壓艙水，以確保外在水域的生物種類不進入該港的淡水水域。

5. 船舶主引擎的改造

港口與海運空氣品質工作小組合作，測試貨船廢氣低排量技術的有效性，降低船舶改造成本，並且在降低船舶主引擎排放的同時不會造成新的污染，目前這項技術已通過測試並開始在航運界全面推廣。

6. 船舶進出港口速度的控制

在靠離港時距離防波堤 20 海里處必須減速至 12 knot，否則，港口便可拒派引航船為其導航、靠泊等，對遵守規定的船舶則給予一定的經濟獎勵。通過這些措施，2004 年空氣中污染物質放射源比

2002 年至少降低 30%，不僅排放物達到規劃要求，港口裝卸效率也提高 19%，港口貨櫃吞吐量增長 25%。如果以一個貨櫃運輸成本作為衡量基準，則費用綜合降幅為 45%~48%。

紐約-紐澤西港為減少空氣污染，嚴格控制港區卡車氣體排放，並降低集疏運系統擁堵機率。該港港務局目前正加強基礎設施建設，以期緩解因交通堵塞而產生的環境問題，包含：

1. 拓建高速鐵路降低阻塞

鐵路建設是該港口發展規劃中的一個重要決策。目前大約 13% 的貨物是通過火車運送出港，港口希望通過拓建高速鐵路，將貨運比例提升到 30%。目前港口已投入 6 億美元在各主要貨櫃港區建設高速鐵路集疏運系統。2004 年 10 月該系統一期工程在該港伊莉莎白碼頭試運行，目前該碼頭的貨櫃吞吐量已提高到 350,000 TEU。高速鐵路集疏運系統一旦全面投入運營，港口貨物吞吐能力可以達到 150 萬 TEU。港務局還同時支援紐約港和紐澤西港分別提供 2,500 萬美元，用於改善地方性鐵路系統，以適應港口的高速鐵路集輸運系統。

2. 改善港口物流系統

利用污染小、效率高的自裝卸駁船，直接轉運內陸貨物以及鐵路運輸系統的疏港運用，在二者共同作用下，使港區卡車排隊等候的局面明顯改觀，降低卡車廢氣排放，提高空氣品質。



(a)紐約-紐澤西港



(b) 紐約-紐澤西港周邊

圖 4.4 紐約-紐澤西港地理位置

4.3.5 綜合說明

為實現港埠永續發展與環境保護，各國政府將節能與提高能源效率設定為優先發展的領域，並提出相應的系列節能對策措施。綜合各國港口節能減碳的作法，歸納如下：

1. 法律、法規上強制和引導節能

(1) 強制性要求

以法律、法規形式頒布執行。例如，在美國洛杉磯港與長堤港推行靠岸船舶必須強制使用岸電、進港速度限制，以及紐紐-紐澤西港對壓艙水排防限制等，即是代表性的強制性節能與環保措施。

(2) 透過財政激勵措施鼓勵用戶使用更高能源效率標準的產品

本法屬於市場行為。例如，各碼頭使用具有節能標識的節能燈具、獎勵淘汰老舊設備、鼓勵使用再生或潔淨能源，除了是企業自覺行為外，亦受到政府財政獎勵。例如美國洛杉磯港與長堤港補助船舶在近岸時使用蒸餾燃油。

從國外案例可發現，歐美國家對於節能減碳的強制性要求是源於環保，而中國大陸則源自於企業經營的經濟效益，兩者出發點不盡相同，但殊途同歸，可做為我國港埠節能減碳之參考。

2. 監管機構完善，保障節能

美國的節能監管機構十分完善，聯邦政府設有能源部負責國家最主要的能源政策制定和節能管理；環保署從環保角度配合能源部開展燃料替代、清潔能源、地熱能源、水電、可再生能源、節能、能源效率及溫室氣體減排等能源領域工作；大部分州政府設置能源工作委員會及相應部門，負責全國節能政策的實行，以及管理州政府的節能工作。

另外，非政府部門在美國的節能工作中亦發揮重要作用，一方面協助政府制定相關的能源政策，另一方面投入能源政策與節能標準實行。這些非政府部門包括研究單位、大學、實驗室，節能諮詢公司。由於美國具有完善的節能監管機構，使得相關節能法規、標準得以充分貫徹。

3. 標準、規範上推動節能

美國政府在 1970 年代末到 1980 年代初，能源危機促使制定實施能源效率標準，達到最低能效標準的產品種類越來越多，每 3 至 5 年進行更新並且越來越嚴格。大部分州根據自身特點制定高於國家標準要求的最低能效標準。

制定最低能效標準一般由政府組織諮詢相關第三方仲介機構而完成。能效標準制定時，為保證能耗標準的前瞻性，所考慮者，是測算產品在採用更先進的技術後可以達到的能耗水準。在這種情況下，必須同時考慮到新設備置入成本負擔，以及老舊設備退場的獎勵機制，方可有效推展。

4. 合理的機制，促進節能

美國政府在實施節能政策的過程中，採用「小政府、大社會」的市場機制，充分重視各方節能工作參與者的市場定位關係，表明參與者的責、權、利；同時，通過基於市場的財政激勵措施，使節能工作確實牽動各方利益，使之能夠積極調動各方節能工作。例如，長堤港採取白天收費、夜間免費的調控措施，減少白天道路擁堵現象，就是一個涉及到多方的節能實例。

5. 加強用能管理和提高人員素質，保證節能

除依賴制度或硬體設施來達到節能減碳目標，管理與教育亦是軟體建設重要的一環，在美國和加拿大皆徹底執行。各碼頭公司在購置裝卸設備時，其設備採購檔有明確的技術要求，特別是對進口設備，這樣從源頭減少能源浪費現象。另外，港口裝卸工藝設計過程中，根據自身特點，採取多樣化聯運方式，減少堆置場中轉作業環節，進而節約大量能源。而在碼頭運營過程中，加強設備維護、保養，確保裝卸設備的完好率，有利於節能。最後，提高操作人員操作水準，熟練的操作技術可減少操作過程不當能源損耗，而達到節能目的。

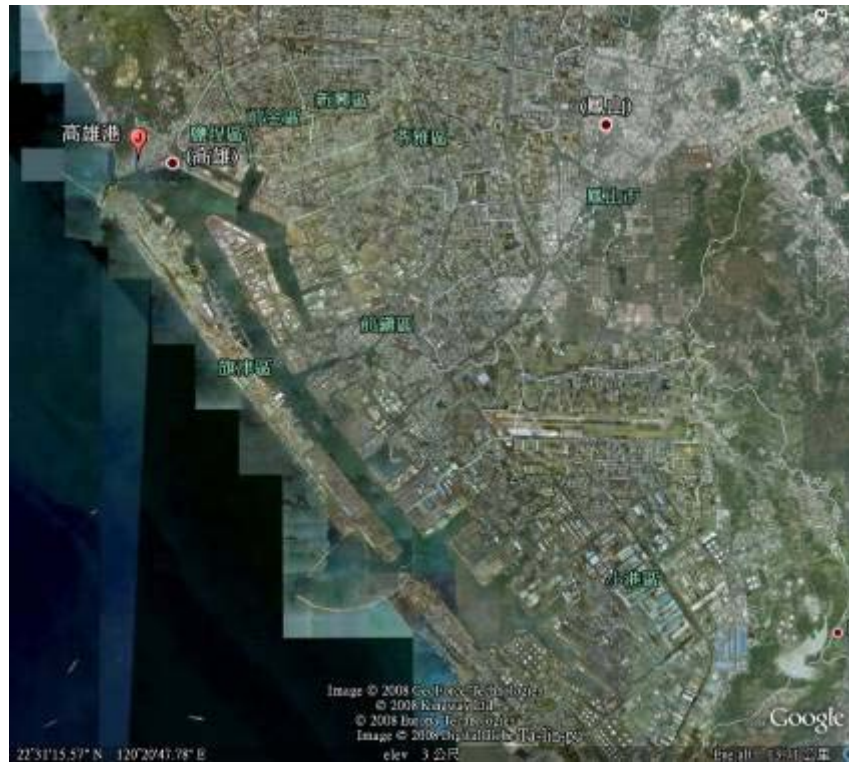
4.4 國內主要港口現況

1. 高雄港

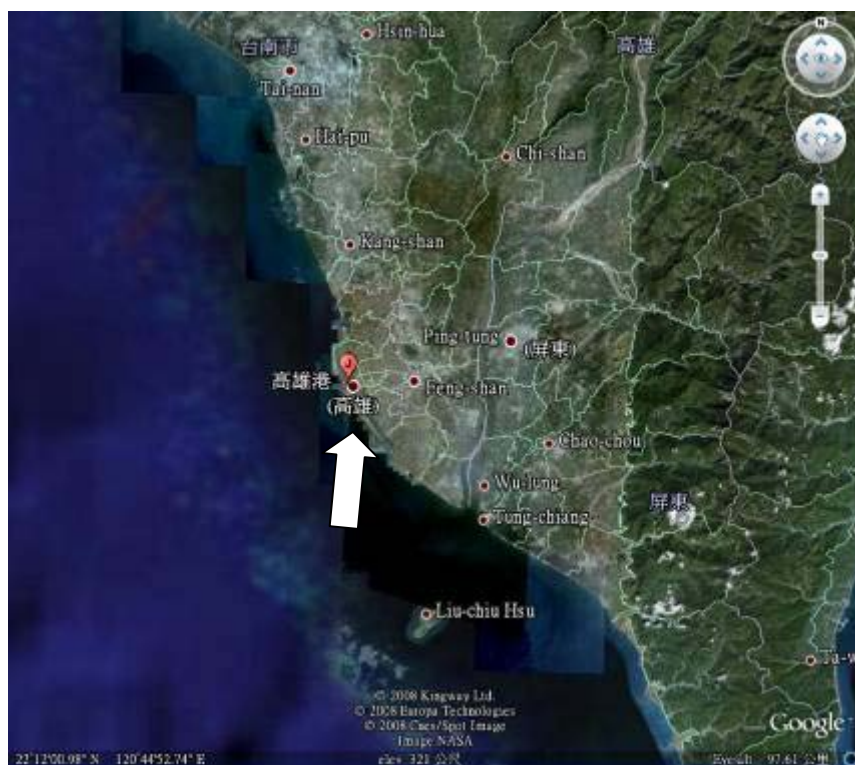
(1) 基本資料

高雄港位於臺灣西南海岸，位置如圖 4.5 所示，為發展高雄港成為亞太海運轉運中心及全球運籌中心。高雄港為臺灣最大之國際商港，除為臺灣主要之貨櫃轉運樞紐港外，亦為臺灣南部主要之貨物進出口港埠。目前正積極擴充港埠設備，朝遠東地區最大貨櫃轉運樞紐港及主要散裝貨物轉運中心之目標發展。高雄港港區面積為 17,678 公頃，其中陸域面積 1,442 公頃，佔全港面積之 8.2%，水域面 16,236 公頃，佔全港面積之 91.8%，港區配置以碼頭作業區為主，其次為工業區，其餘則為港務行政、漁港、造船廠、台電、中油等用地（高雄港務局網站^[8]）。

高雄港目前進出港航道有第一港口及第二港口，第一港口之內港口水深 11 公尺，有效寬 100 公尺，航道寬 80 公尺，可通行 3 萬噸級船舶；第二港口之內港口水深 16 公尺，有效寬 250 公尺，航道寬 150 公尺，可通行 10 萬噸級船舶。現有航道全長 18 公里，主航道 12 公里，支航道 6 公里。碼頭 118 座，全長 26,598 公尺，繫船浮筒 19 組，同時可供 150 艘船靠泊。在倉儲方面，高雄港現有倉庫和通棧 65 棟，總容量 929,751 公噸，露置堆置場七處，總容量為 35,322 公噸。



(a)高雄港



(b)高雄港周邊

圖 4.5 高雄港地理位置

(2) 周邊環境

高雄港位於高雄市，因大型工商業林立、人口車輛遽增、營建工地繁多等因素，以致成為空氣品質污染高負荷區域。依據環保署在高雄港附近設置測站（如圖 4.6 與表 4-1）量測資料，高雄市目前各項污染排放量及其主要來源如下（行政院環保署空氣品質監測^[9]）：

(a) 懸浮微粒 PM₁₀

排放量約為 19,000 公噸/年，主要污染源依序為車行揚塵(29%)、鋼鐵基礎工業(16%)、工業製程(13%)及餐飲業油煙排放(11%)。

(b) 硫氧化物 SO_x

總排放量約為 41,480 公噸/年，以固定污染源之燃料燃燒為 SO_x 最大污染源，排放量約 34,696 公噸/年(83.6%)，主要包含鋼鐵基礎工業 15,311 公噸/年(36.9%)、石油煉製業 9,421 公噸/年(22.7%)，以及電力業 5,541 公噸/年(13.4%)。

(c) 氮氧化物 NO_x

總排放量約為 52,902 公噸/年，固定污染源排放量 37,063 公噸/年，(70.1%)，其中石油煉製業及鋼鐵基礎工業排放量分別為 12,934 公噸/年(24%)及 11,653 公噸/年(22%)。除固定源之外，移動源 13,879 公噸/年(26.2%)之貢獻亦不可忽視。

(d) 非甲烷碳氫化合物 NMHC

總排放量約為 6 萬公噸/年，主要污染源依序為汽油車(21%)，工業製程(21%)、建築施工(14%)、商業與消費(13%)、機車(11%)。

(e) 一氧化碳 CO

總排放量約為 37 萬公噸/年，主要污染源依序為工業製程(60%)、汽油車(27%)及鋼鐵基礎工業(5%)。

(f) 鉛 Pb

總排放量約為 27 萬公噸/年，主要污染源依序為工業製程(52%)、汽油車(37%)及機車(9%)



圖 4.6 高雄港附近空氣品質監測站^[9]

表 4-1 高雄市空氣品質測站^[9]

測站名稱	測站種類	所在縣市	測站位置	環境監測項目
前金	一般	高雄市	高雄市前金區 河南二路 196 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂
前鎮	工業	高雄市	高雄市前鎮區 中山三路 43 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄
小港	一般	高雄市	高雄市小港區 平和南路 185 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, NMHC, CH ₄ , PM _{2.5}
復興	交通	高雄市	高雄市前鎮區 民權二路 331 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂
鳳山	交通	高雄縣	高雄縣鳳山市 曹公路 6 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , THC, CH ₄ , PM _{2.5}

(3) 港區環境保護措施

高雄港務局針對港區環境保護，有制定環境政策^[10]，主要為：

- (a) 預防港區污染，追求港區潔淨。
- (b) 推動資源回收，維護自然資源。
- (c) 加強環保教育，遵守環保法規。

其目的在藉由環境政策之訂定與宣示，以提供設定和檢討環境目標與標的之架構，並對持續改善、污染防治及符合相關法規作承諾。在環境規劃方面，目的即在實行該局宣示的環境政策，並持續推動環境管理系統。除熟知環境衝擊、法規及其它要求事項以外，並訂定目標、標的、管理方案及運作管制程序以實行計劃，並達成持續改善的目的，包含：

(a) 環境考量面

確認港務局稽查業務各項活動、工作場所及服務之環境考量面，並評估可能會對環境造成衝擊而產生顯著影響者，以利

環境管理的施行。

(b)法規及其他要求

為確保港務局稽查業務之各項作業皆能符合環保相關法規，並使同仁充分瞭解以取得所適用之範圍。

(c)環境目標與標的

為規範目標與標的之制定，以使其符合港務局的環境政策，提昇環境管理績效。

(d)環境管理方案

為確實達成環境目標與標的，應擬定環境管理方案之制定與審查。

在實施與運作部分，為持續推行環境保護活動，在經過環境先期審查及環境規劃之後，成立環境管理系統推動責任分工，透過建立文書化系統及教育訓練，待 ISO 14001 環境管理系統取得合格驗證後，得以順利持續運作，並且在明確的責任及權限下執行，以有效落實規劃之作業。

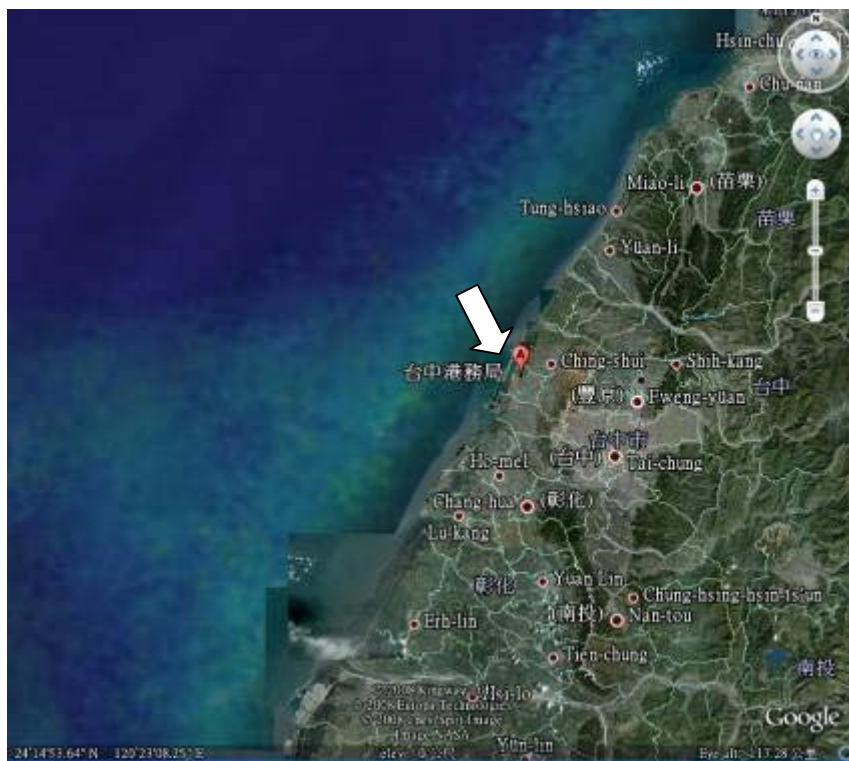
2.臺中港

(1)基本資料

臺中港位在臺灣西海岸的中央，位置如圖 4.7 所示，距離北部的基隆港約 110 哩，距離南部的高雄港約 120 哩，位居東北亞與東南亞海運航線的中心點。臺中港區腹地廣大，港區總面積為 3,793 公頃，其中水域面積有 973 公頃，陸地面積有 2,820 公頃，35 噸貨櫃起重機 13 部。臺中港有 46 座碼頭，擁有自動化卸儲設備（臺中港務局網站^[11]）。臺中港未來發展計畫包括商港擴建計畫與工業港區開發計畫，將配合國際海運發展逐步實施，目標為臺中港成為擁有 83 座碼頭。



(a) 臺中港



(b) 臺中港周邊

圖 4.7 臺中港地理位置

(2) 周邊環境

臺中港附近空氣品質監測站僅有沙鹿站，為環保署依據「臺灣地區空氣品質監測網設置計畫」所設置，位置如圖 4.8 所示，該站基本資料如表 4-2 所示，監測項目包括二氧化硫、一氧化碳、臭氧、二氧化氮、懸浮微粒 PM_{10} 等。

依據中鼎公司 TEDS 臺中縣 89 年污染物排放清單，推估臺中縣之空氣污染物排放總量，固定污染源主要排放以 TSP 及 SO_x 為主，其次為 NO_x 及 NMHC；移動污染源則以汽機車排放之 CO 為主。臺中縣的固定污染源以各類工廠為主，其污染方式包括燃燒、工業溶劑與表面塗裝之逸散，其他還有營造業與各式餐飲業油煙之排放，除此之外家庭烹煮時所排放的油煙也是一大污染源，但是因為取樣不易所以無法列入計算。



圖 4.8 臺中港附近空氣品質監測站

表 4-2 臺中縣市空氣品質測站統計表

測站名稱	測站種類	所在縣市	測站位置	環境監測項目
沙鹿	一般	臺中縣	臺中縣沙鹿鎮英才路 150 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}

(3)港區環境保護措施

臺中港為臺灣中部西海岸沙灘闢建的人工港，受天然環境影響，於開港初期季風肆虐期間，由於植被不佳，經常飛沙漫天，因此營造防風林及地被綠化之工作更顯重要。

此外，由於臺中港呈狹長形，長約 8 公里，寬僅約 0.5 公里，形似一袋狀之封閉海域，內外港池海水交換情形並非十分通暢，污染管制不易執行；且鄰近鄉鎮 12 條大、中排水溝排入港池，長年夾帶未經處理之工業廢水、家庭污水均排入港池，容易造成港池水質欠佳。

因此，臺中港務局針對環境保護的主要工作，即在減輕西部海岸自然的風、沙對港區環境的侵襲，營造舒適怡人的作業環境，並防治人為不當措施所造成的環境傷害。港務局於 83 年 7 月 1 日成立「環境保護所」，負責執行港區環境保護工作；並依據總統府 91 年公告臺中港務局組織條例，更名為「環境保護組」，其主要工作職責有：

- (a) 港區環境景觀規劃及綠美化
- (b) 港區污染防制（治）
- (c) 港區清潔維護
- (d) 經過多年來於港區環境綠美化、清潔維護及污染管制與防治改善等多項工作的努力，目前港區環境綠意盎然，港池水質監測

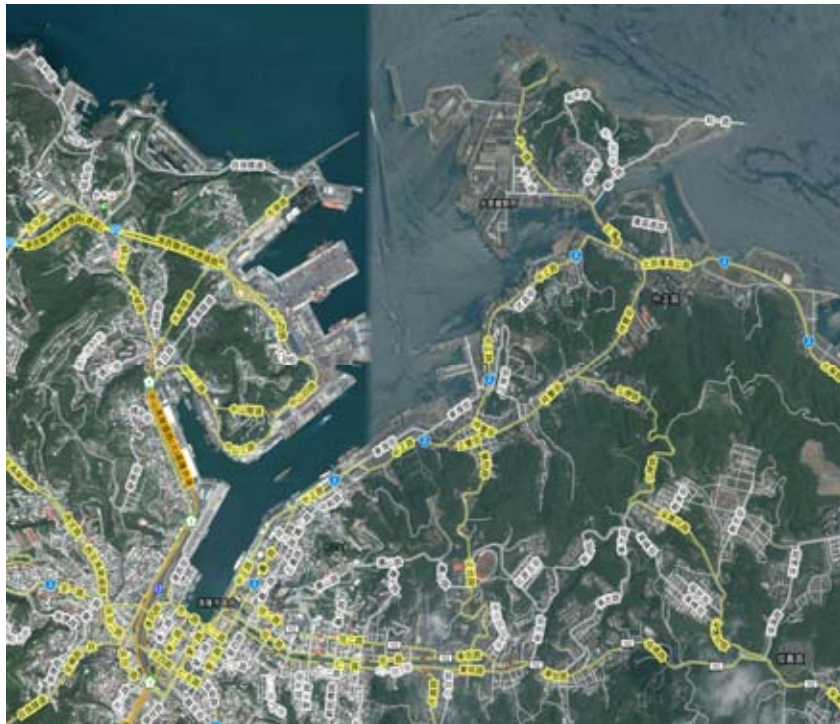
值多已符合乙類海域水體水質標準。在污染防治方面，臺中港務局將下列 8 項列為重點：

- (a)港區海域污染之處理。
- (b)港區陸域污染之處理。
- (c)港區重大油污染災害應變。
- (d)港區空氣、噪音污染之處理。
- (e)港區污染源之稽查處理。
- (f)港區重大開發個案環評追蹤督導。
- (g)港區環境品質調查監測分析。
- (h)配合港區毒性化學物質監督管理及災害之處理。

3. 基隆港

(1) 基本資料

基隆港位於臺灣西北海岸，位置如圖 4.9 所示。基隆港外廓設施佈置原可滿足 3,000 TEU 級貨櫃輪及 3 萬 DWT 散雜貨輪滿載進港之操航需求，經 89 年完成外港航道、迴船池拓寬及浚深計畫後，最大之進港船型於良好天候下，已可提升至 5,000 TEU 超巴拿馬極限級貨櫃輪及 6 萬噸級散雜貨輪進港。未來東防波堤延伸工程完工後，更可於良好天候及限水呎條件下，提升至 6,000 TEU 超巴拿馬極限級貨櫃輪（基隆港務局網站^[12]）。



(a)基隆港



(b)基隆港周邊

圖 4.9 基隆港地理位置

(2) 周邊環境

基隆港附近僅有基隆空氣品質監測站，其位置如圖 4.10 所示，基本資料如表 4-3 所示，相較於北部其他測站，基隆空氣品質尚稱良好。

基隆港在 1998 年貨櫃裝卸量登上世界排名第 25 名，相對其船舶及重型車輛進出之數量亦大量增加。由於許多航商為減輕成本負擔，採用劣質殘渣重油作為船舶燃料，進而造成空氣污染。這些劣質重油因具高瀝青基、高黏滯性、高碳質、高含硫量、低著火性等特性，經過船舶柴油主機、鍋爐、焚化爐燃燒後，產生黑煙、粒狀物、氮氧化物(NO_x)、未燃碳氫化合物(HC)、硫氧化物(SO_x)、一氧化碳(CO)、二氧化碳(CO_2)等污染排放物。

移動污染源目前管制方面，由於臺灣地區近年來由於經濟快速成長，交通工具遞增，交通流量不斷提高，其所排放之空氣污染物倍速增加，依交通部交通統計月報 97 年 10 月統計中顯示，基隆市大客車數量 409 輛、大貨車 2,591 輛、小貨車 77,470 輛、特種車 918 輛、機車有 187,930 輛，所造成之空氣污染已日趨嚴重，連結港區船舶污染，應積極實施一個可行的管制計畫以有效減少空氣污染。

表 4-3 基隆市空氣品質測站統計表

測站名稱	測站種類	所在縣市	測站位置	環境監測項目
基隆	一般	基隆市	基隆市東信路 324 號	SO_2 , CO, O_3 , PM_{10} , NO_x , NO, NO_2 , THC, NMHC, CH_4 , $\text{PM}_{2.5}$



圖 4.10 基隆市空氣品質監測站位置

(3) 港區環境保護措施

關於基隆港之港埠公共設施規劃及未來發展中，所提環境保護設施，主要為

(a) 港區污染防治加強工程

(b) 港區環境景觀美化工程

由於基隆是臺灣北部重要的貨物進出港，每天都有 17,000 輛以上柴油貨車進出基隆，這些柴油貨車所排放出的污染物，除容易形成臭氧外，黑煙及刺鼻的煙味，更是危害人體健康的殺手。基隆市環保局空氣噪音水質課課長顏伶珍就表示，環保局將

從 8 月 23 日起，配合基隆港區員警，在基隆港區東西岸碼頭對柴油貨車進行油品檢測，正常柴油車排放物的標準在 50ppm 以下，但有添加地下油行柴油的車輛，污染物濃度甚至會高達 6,000ppm，超過標準 300 倍，對空氣品質影響甚鉅，因此一旦車輛被檢測出超過標準，駕駛最高將被處以新台幣 7 萬元的罰款。

為防制進出、停、靠泊本港船舶，違規不當排洩、冒煙及製造噪音，避免污染基隆港海域，維護港區空氣及音量品質，確保海域生態環境及港域水質之潔淨，暨船舶航行安全，基隆港務局環保組稽查科針對進出、停、靠泊該港各類型之船舶，於 93 年制定「基隆港泊港船舶污染防治稽查處理作業指導書」^[13]，定義各式違規情況如下：

(a)違規不當排洩

係指船舶在商港區域內，排洩有毒物質、污水、洗艙水、不潔壓艙水、廢油或投棄垃圾。

環保組巡獲或接獲排洩漏油污染通報後，依「商港法」、「水污染防治法」、「海水污染管理規則」及「國際商港港務管理規則」之規定處理，立即派稽查人員赴現場拍照錄影存證，製作稽查紀錄表、取締告發單或船舶稽查紀錄工作單，即請船舶負責人或船務代理人員，於稽查紀錄表、取締告發單或船舶稽查紀錄工作單簽認。若肇事者拒絕簽認時，得請港警局值班警員協助處理或簽證。

(b)違規不當冒煙

船舶違規冒煙係依據「空氣污染防治法」第二十三條，及「交通工具空氣污染物排放標準」第八條規定辦理。所謂違規不當冒煙，係指在港船舶冒煙，超過目測不透光率（粒

狀污染物)40%，相當於林格曼二號。主推進動力 3000KW 以上船舶，起動時 20 秒內、主推進動力 3,000KW 以下船舶，起動時 10 秒內超過不透光率 60 %。

(c)違規製造噪音

係指在港船舶修理、裝卸貨物時所發生之音量，超過噪音管制「營業場所管制第三類管制區標準」，即：

早（上午 5 時至 7 時）、晚（晚上 8 時至 11 時）：65 分貝。

日間（上午 7 時至晚上 8 時）：75 分貝。

夜間（晚上 11 時至翌日上午 5 時）：55 分貝

4. 花蓮港

(1)基本資料

花蓮港位於花蓮市區東北方，東濱太平洋，西依美崙山，位置如圖 4.11 所示。花蓮港為地方資源型之港埠，肩負東部地區產業輸運之重要責任，除持續擴展現有之倉儲、輸運本業外，在不影響港埠營運及發展下，為提昇港埠效能，運用現有之港埠設施，結合港內外之海洋觀光資源，研擬「多元化經營發展」方案，積極推動，期能在地方政府及各界共同支持與配合下推動，使花蓮港未來能發展成為兼具「觀光、親水性」多功能之港埠（花蓮港務局網站^[14]）。

花蓮港港灣長度 6,245 m，港口寬度 275 m，出口方向為西南向。港灣外港水域面積 995,800 m²，水深 16.5 m；內港面積 372,600 m²，水深：14-16.5 m。漁港面積外港水深：12-16.5 m、內港水深 6.5-10.5 m；港灣陸地面積外港面積 774,700 m²，內港面積 945,100 m²，合計 1,719,800 m²，內港航道全長 520 m，航道寬度 100 m。



(a)花蓮港



(b)花蓮港周邊

圖 4.11 花蓮港地理位置

(2) 周邊環境

花蓮過去因為自然地形限制及區域均衡發展政策未能落實，而處於低度發展的狀態；近年來中央及地方各界對於花蓮縣的發展日漸重視，東華大學、慈濟大學、和平水泥專業區的設置及各項重大建設的投入，加上政府產業東移政策的計畫，花蓮縣將成為東臺灣新興的發展地區，此時若不針對此一社經發展之趨勢加以研析並予密切監控，對於未來工業生產所造成的空氣污染問題，將日漸趨於惡化。花蓮空氣品質監測位置如表 4-4 與圖 4-12 所示。

花蓮地區主要的空氣污染排放來源所排放各類空氣污染物的種類及數量說明如下：

(a) 總懸浮微粒

總排放量為 26,889 公噸/年，主要來自營建工程及車輛行駛揚塵，約佔排放總量之 58.35%，其次水泥及預拌混凝土業排放約佔 15.05%。

(b) 懸浮微粒

總排放量為 13,029 公噸/年，主要來自營建工程及車輛行駛揚塵約佔 32.29%，其次為水泥及預拌混凝土業約佔 28.64%。

(c) 硫氧化物

總排放量為 3,833 公噸/年，主要為造紙業之燃燒排放約佔 31.74%，其次為水泥及預拌混凝土業約佔 26.55%。

(d) 氮氧化物

總排放量為 11,954 公噸/年，主要為水泥及預拌混凝土業

約佔 57.38%，其次為大貨車約佔 13.63%。

(e) 非甲烷碳氫化合物

總排放量為 10,320 公噸/年，主要為非燃燒排放中之建築施工約佔 21.25%，商業消費約佔 15.37%；另一部分為公路運輸排放約佔 25.5%，包含汽油車約佔 17.5%，機車約佔 5.46%。

(f) 一氧化碳

總排放量為 25,488 公噸/年，主要為工業燃燒約佔 22%；公路運輸排放約佔 60%，其中大部分為汽油車排放約佔 50%。

(g) 鉛

總排放量為 2 公噸/年，幾乎全來自移動污染源。

展望未來，移動污染源仍將呈現成長的趨勢，加上觀光業的蓬勃發展，整體空氣污染物之排放仍會增加，因此，要維護花蓮縣空氣品質不劣化，積極有效的防制策略應屬必要。

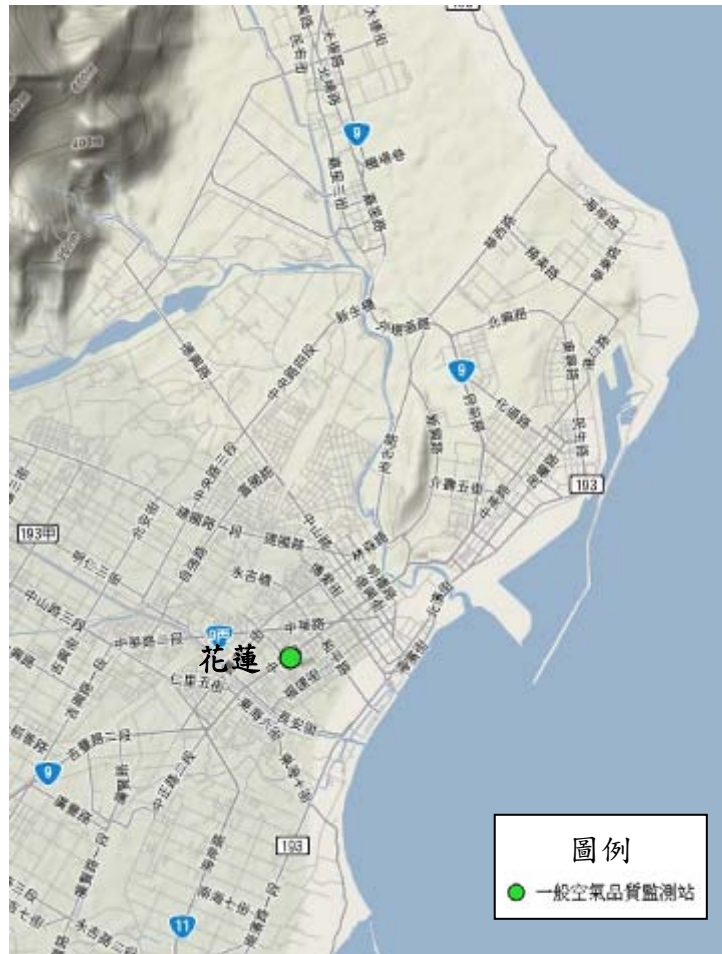


圖 4.12 花蓮空氣品質監測站位置

表 4-4 花蓮空氣品質測站統計表

測站 名稱	測站 種類	所在 縣市	測站位置	環境監測項目
花蓮	一般	花蓮縣	花蓮市中正路 210 號	SO ₂ , CO, O ₃ , PM ₁₀ , NO _x , NO, NO ₂ , PM _{2.5}

(3) 港區環境保護措施

花蓮港並無特別制定港區環境保護規定，故依循環保相關法規辦理。

4.5 國內港埠節能減碳相關研究

經整理國內有關於港埠節能減碳的相關研究，減碳大至可將研究面向分為港埠規畫面、港區機具面，而對於與港埠節能減碳直接相關的研究則甚為少見，有少部份與建築物有關之節能減碳研究。將各相關研究列出並簡單說明如下，以做為後續研究規劃之參考。

1. 港埠規畫面

- (1)陳威隆（2004），『國際商港港埠設施保全機制之研究』，國立臺灣海洋大學商船學系碩士學位論文。

「加強海事保全之特別措施」與「船舶及港埠設施保全國際章程(ISPS Code)」及其他國際組織對於港埠設施相關保全規範，並分析瞭解我國國際商港保全之發展及現況，對於國際商港港埠設施保全提出結論與建議，以供建置國際商港港埠設施保全機制之參考。

- (2)張雅富（2003），『港口超大型貨櫃中心作業規劃之研究』，樹德科技大學/經營管理研究所。

該研究依據超大型貨櫃母船，僅停靠世界幾個樞紐港且短時間須裝卸大量貨櫃之特性，因此將超大型貨櫃中心作業在區分為船邊、貨櫃場、開口等三個主要作業子系統下，運用軟體逐步模擬系統演進方式、以電腦模擬工具分析貨櫃中心各系統的貨櫃作業流動模式，以尋找不同規劃方案其主要影響變數與可能範圍。

- (3)葉啟明（2001），『港灣業務費率對船舶進出港行為之影響 - 臺中港個案研究』，國立海洋大學/航運管理學系碩士在職專班。

該研究藉由探討港灣業務費率變革以瞭解其對臺中港船舶進出港行為之影響，內容包括碼頭碇泊費計費單位改制與夜間加成時段改變兩種。

- (4)陳金陵(2002),『港口貨櫃儲運中心管制站作業效率改善方案之研究—以基隆港西岸貨櫃儲運場為例』,國立海洋大學/航運管理學系碩士在職專班。

該研究主要目的在針對貨櫃航商選擇使用臺灣地區貨櫃港埠時,可能考量因素以及影響程度,並以個體選擇行為模式中的多項羅吉特模型,描述其決策行為特性以及效用函數特徵。研究發現,影響航商選擇臺灣地區使用港埠的主要因素,包括了與時間相關的港埠裝卸效率及內陸運送時間兩個變數,以及和成本相關的港埠費率以及內陸運送費率,均會影響定期船舶運送業的航商,使用臺灣地區貨櫃港埠的選擇行為。該研究並運用所建構出的多項羅吉特模型,為各港埠管理當局進行港埠價格策略分析,並據以研擬適當的價格政策,達成擴張市場佔有率的目標。最後建議未來可針對整體海運路網均衡,作一整體性分析的考量。

- (5)黃清城(2005),『臺灣地區國際港埠總要素生產力變化之研究』,國立臺灣海洋大學通訊與導航工程系碩士學位論文。

該研究主要之目的在於探討臺灣地區國際港埠生產力之綜合評比,係採用指數方法以建構包含四種投入、三種產出之 Tornqvist 投入及產出物量指數進行生產力變動之討論,並進而建構 Tornqvist 總要素生產力指數。該研究經由 Tornqvist 總要素生產力指數方法的實證對基隆港、臺中港、高雄港及花蓮港之生產力作詳細之瞭解,以提供各港務局對於投入與產出之調整,並增加組織自身之生產力,提高與鄰近國家港口之競爭力。

- (6)朱金元、黃文吉(2003),『貨櫃場貨櫃處理能量之研究』,海運研究學刊,第14期。

該研究在引進地表櫃位數之計算公式後,相關計算年貨櫃處理量之研究,其基本之參數(單位土地面積之地表櫃位數)可以獲得解決;因此再導入不同規格之跨載機、膠輪式門型機、軌道

式門型機其最適堆積高度後，得以完整提出包含各種土地條件（船席長度、貨櫃場縱深）、碼頭營運特性、不同裝卸機具之最大貨櫃場年處理貨櫃能量相關圖表。

- (7)陳基國、蕭丁訓（2005），『臺灣地區港埠經營策略規劃』，航運季刊，第 14 卷，第 2 期，第 1 頁~20 頁。

該研究著眼於近來大陸港口硬體設施日臻完善及經濟的活絡，原物料的需求與成品的輸出，洲際海運順勢而生，大陸沿海城市漸蛻化成為全球製造及銷售的重心，2003 年已有 7 個港口擠入世界貨櫃排名三十大，相對的臺灣港口優勢地位受到相當的撼動。故研究目的，在於檢討臺灣地區國際商港之內外競爭環境，規劃港埠經營策略，開創適當利基，發揮核心競爭力。

- (8)蘇育玲、劉金鳳、梁金樹（2005），『臺灣地區國際港埠整體經營績效之研究』，航運季刊，第 14 卷，第 3 期，第 57 頁~80 頁。

該研究依據平衡計分卡的概念、港埠特性與臺灣的經營環境，建立一個臺灣地區港埠整體經營績效的評估模式，該模式不僅包含短期的財務成果績效指標，還包括能讓港埠長期競爭成功的顧客、全業內部流程、及學習與成長構面之績效指標。

- (9)徐國裕、胡廷章、周和平、周宗仁，『高雄港船舶交通服務系統之效益評估與分析』，航運季刊，第 16 卷，第 1 期。

高雄港為增進港口效益及提昇國際聲譽，自 2002 年 2 月開始實施船舶交通服務後，對於增進船舶交通安全及改善港區船舶通行效率，特別是大型船舶，確有進步。該文就其實施後之效益，分別在安全性及效率性予以評估與分析，獲致滿意結果，其評估模式與分析結果亦可作為相關領域之研究參考。

- (10)謝幼屏（2006），『提升高雄港貨櫃碼頭營運效率之研究（1/2）』，交通部運輸研究所。

該研究運用等候理論探討貨櫃船在高雄港貨櫃碼頭的等候延滯情況。研究結果求得貨櫃船的在港時間、靠碼頭時間、港外等待比例、所有貨櫃船的平均等待時間、有等待船舶的平均等待時間、碼頭使用率與平均毛裝卸效率等營運作業指標。

- (11)謝幼屏(2006),『提升高雄港貨櫃碼頭營運效率之研究 (2/2)』,交通部運輸研究所。

該研究運用等候理論探討貨櫃船在高雄港貨櫃碼頭的等候延滯情況。研究結果求得貨櫃船的在港時間、靠碼頭時間、港外等待比例、所有貨櫃船的平均等待時間、有等待船舶的平均等待時間、碼頭使用率與平均毛裝卸效率等營運作業指標。

- (12)朱金元,『臺灣地區國際港埠與亞太地區重要港埠裝卸設施及裝卸效率之比較研究』,交通部運輸研究所。

該文依照航商選擇轉運中心之原則：港埠地理位置、直接貨運量、港埠效率、社會以及政治安定、港埠費率、港埠發展計畫等。經由比較結果，高雄港主要在貨櫃直運量、行政效率、社會以及政治安定等條件不如其他港口。

- (13)王克尹(2003),『航運新技術發展對港埠之規劃影響研究』,交通部運輸研究所。

該研究透過貨櫃船大型化之發展分析，針對超大型貨櫃船之特性及其對海運企業和港埠硬體設施規劃與裝卸機具配置之影響層面予以評估，並提出港埠因應措施，以期對我國海運業界有所助益。

- (14)朱金元、謝幼屏、王克尹(2006),『國內各國際港埠船舶進出港操作效率分析』,交通部運輸研究所。

該文蒐集國內各國際商港與部份國際港埠資料，針對船舶進出港之操作效率進行比較分析。研究結果顯示：國內各港因

地理位置、港口條件與經營方式不同，各港的營運績效呈現不同態勢。

- (15) 曾志煌、林美霞、徐順憲、林建山、鄭進華、陳素惠、蕭清木、張智凱、江奕倫、吳朝欽(2002)，『產業結構變遷對港埠未來發展影響之研究』，交通部運輸研究所。

該計畫針對加入 WTO 及兩岸三通後對產業結構之影響納入探討，分析由於產業結構改變對未來港埠營運可能之影響。此外，航港機構之組織調整及港口新興產業如再加工出口業、物流業之興起，亦將影響國際商港未來之發展，該研究將綜合上述因素分析其對港埠作業生態之影響，並探討未來港埠能量需求及港埠作業型態之可能變化，進而研擬未來港埠發展之因應策略。

- (16) 謝幼屏(2008)，『臺中港貨櫃碼頭之規模經濟研究』，交通部運輸研究所。

該研究分析貨櫃航商的在港成本，探討航商在臺中港承租碼頭的規模經濟效益。研究結果推導出單位貨櫃處理成本隨作業量增加而遞減之數學函數，並以圖示顯示業者承租碼頭的規模經濟效益。並估算出中櫃、長榮、萬海三業者的臨界作業量，分別以圖示顯示三業者單位貨櫃處理成本與作業量之關係，並推估三業者目前的效益大小，以及作業量達碼頭能量時的預期效益。

- (17) 朱金元、王克尹、謝幼屏（2007），『臺灣地區國際商港提昇競爭力之研究 (2/4)』，交通部運輸研究所。

該研究之重點主要放在國際海運發展趨勢、大陸主要港埠營運發展、臺灣各港轉口貨櫃量及起訖點分析、臺北港貨櫃營運對現有國際商港之影響、高雄港各貨櫃碼頭等待模式適合度

檢定及貨櫃碼頭調整之效益等。透過相關港埠之發展報告、網頁資訊及各港專業資料庫等進行相關之分析，並利用 K-S 檢定法作適合度檢定。研究結果現基隆港及臺中港之轉口櫃主要是東北亞－東南亞南北向的轉口，高雄港則是亞太地區海運幹線及支線彙集的樞紐港。

2. 港區機具面

- (1)陳義雄(2002)，『臺中港散雜貨裝卸作業民營化對提昇裝卸效率績效之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文。

加速裝卸承攬業市場的開放提升競爭力並且規劃裝卸貨動線減少運送車輛停滯，達到港埠業務電腦化，有效控管因時間停滯造成的能源浪費。

- (2)鄭景怡(2004)，『貨櫃裝卸作業與岸肩載運機具指派之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。

該研究利用「由近至遠」、「由遠至近」、「一遠一近」、「隨機選取」四種距離原則做為藍本，另配合目前實務之裝卸作業型態，即全卸全裝、依艙位序進行裝卸與同時裝卸，進行不同拖車數之指派分析

- (3)紀國斌(2004)，『多部軌道式門型起重機排程最佳化之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。

針對多部軌道式門型起重機同時於出口儲區作業之移動路徑作規劃，根據軌道式門型起重機之移動特性，建構一極小極大化模式，並發展啟發式演算法求解。求解方法分兩部分，第一部分依裝船限制，應用禁制搜尋法安排貨櫃之裝船順序；第二部分按決定之裝船順序，指派門型起重機執行工作。求解之品質與效率除以隨機產生、國外文獻、國內文獻及航商提供之實務案例測試外，亦與以往文獻之成果比較，進一步探討求解概念與方法的差異。

3. 節能減碳環境

- (1)彭文正(2003),『以生命週期評估技術應用於建築耗能之研究』,朝陽科技大學環境工程與管理所碩士論文。

以產品生命週期(Life Cycle)的觀念,在建築物生命週期各階段中進行盤查分析(Inventory Analysis),並輔以進行有關於建築產業之鋼骨(Steel Scaffolded Concrete, 簡稱 S.C.)與鋼筋混凝土(Reinforced Concrete, 簡稱 R.C.)結構建築物耗能案例實證分析,探討上述二種建築結構在其生命週期各階段中耗能的使用情況,建築物生命週期總耗用的能源,其實與其主結構體選用之建材種類與數量息息相關,相對的建材耗能亦是節能重點。

- (2)盧怡靜(2003),『臺灣地區工業部門能源消費與污染物排放關聯分析』,國立成功大學環境工程研究所碩士論文。

該研究目的在於探討我國工業部門在能源消費與 CO₂ 排放變動情形,並透過因素分析確認影響其 CO₂ 排放的關鍵因子,另一方面亦藉由投入產出、乘數與群落分析進一步了解工業部門各產業在整體產業結構中的相互關係及因能源消費或污染排放所引發的關聯效應;接著再結合產業經濟、能源及環境效益的觀點,分析各產業的發展型態;最後則以主要國家能源消費與 CO₂ 排放趨勢及其在因應氣候變化綱要公約上能源及工業部門所採行的措施為探討重點,以期作為我國未來研訂相關對策的參考。

- (3)廖慧嵐(2006),『臺灣地區公路運輸部門能源消費與 CO₂ 排放變動分析』,國立成功大學環境工程學系碩士論文。

該研究主要目的為針對臺灣地區公路運輸部門,探討公路運輸部門自民國 79 年至 93 年間能源消費及 CO₂ 排放量的變動趨勢,利用因素分解迪氏指標法探討影響其排放變動之關鍵因素,並利用 OECD 與 Tapio 兩種脫鉤指標法,分析公路運輸部

門在經濟發展、能源消費、CO₂ 排放、車輛數、油價之間的發展與變化關係，以作為未來運輸部門研擬邁向永續發展與 CO₂ 減量策略之參考。

- (4)陳惠玲 (2005)，『住宅內部健康評估指標體系之研究』，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。

該研究目的是依據生態建築之原則，利用模糊德爾菲法篩選評估因子，以模糊層級分析法求取評估因子的權重，建立住宅內部健康評估體系，提高居民居住環境的質量。

- (5)黃群達 (2006)，『住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放特性與趨勢變動分析』，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。

該研究利用因素分解及脫鉤指標分析方法，以住宅部門及商業部門為探討對象。首先針對住商部門之歷年能源消費及 CO₂ 排放變動趨勢進行探討，並藉由因素分解法找出影響 CO₂ 排放之關鍵因子；同時再以脫鉤指標分析住商部門在 GDP、能源及 CO₂ 三者間的發展關係；最後比較數個 OECD 國家商業部門 CO₂ 排放變動的主要因素影響程度。

- (6)張又升 (2002)，『建築物生命週期二氧化碳減量評估』，國立成功大學建築研究所博士論文。

該研究的重點係建立本土的建築物生命週期評估資料，以提供國內綠建築相關研究的重要基礎研究。藉由此建築物生命週期評估模式，我們得以在建築物建造之初即可計算出其 CO₂ 排放量，可對於建築產業所造成的環境破壞量化評估。並藉此期待能創造出低環境負荷量的綠色建築。

- (7)王育忠 (2007)，『建築空調設備生命週期二氧化碳排放量評估』，國立成功大學建築研究所碩士論文。

該研究係建立本土的建築空調工程生命週期評估資料，以提

供國內綠建築相關研究的重要基礎研究。藉由此建築空調工程生命週期評估模式，我們得以在建築物建造之初即可計算出其 CO₂ 排放量，可對於建築空調產業所造成的環境破壞量化評估。並藉此期待能創造出低環境負荷量的綠色建築。

第五章 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃

5.1 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃

本節參考前述第二章相關組織、法規與政策現況，第三章船舶節能減碳之探討，及第四章港埠節能減碳探討，並與本地各項現況比較後，提出港埠與船舶節能減碳中長期的構想規劃。

5.1.1 目的

依據本先導型研究之宗旨，本文將港埠與船舶節能減碳未來發展規劃的名稱定義為：「海運船舶與陸上裝卸運輸機具在港口內如何提升能源使用效率、減少能源消耗，並能同時達到減少污染物（特別是溫室氣體）的排放」為具體的目標。本規劃不含漁船船舶，亦不包含船舶海上運輸的部份。

5.1.2 規劃面

依據研究團隊和座談會專家學者的意見，認為規劃面至少應包含(1)調查監測面(2)法規管理面(3)節能減碳面與(4)經濟面等四個構面。參考前規劃目標與規劃宗旨，本文將港埠節能減碳的完整規劃構想，和其之間的關係，以魚骨圖表示如圖 5.1。

5.1.3 規劃期程

依據業主的意見，本研究將規劃期程分為四年。

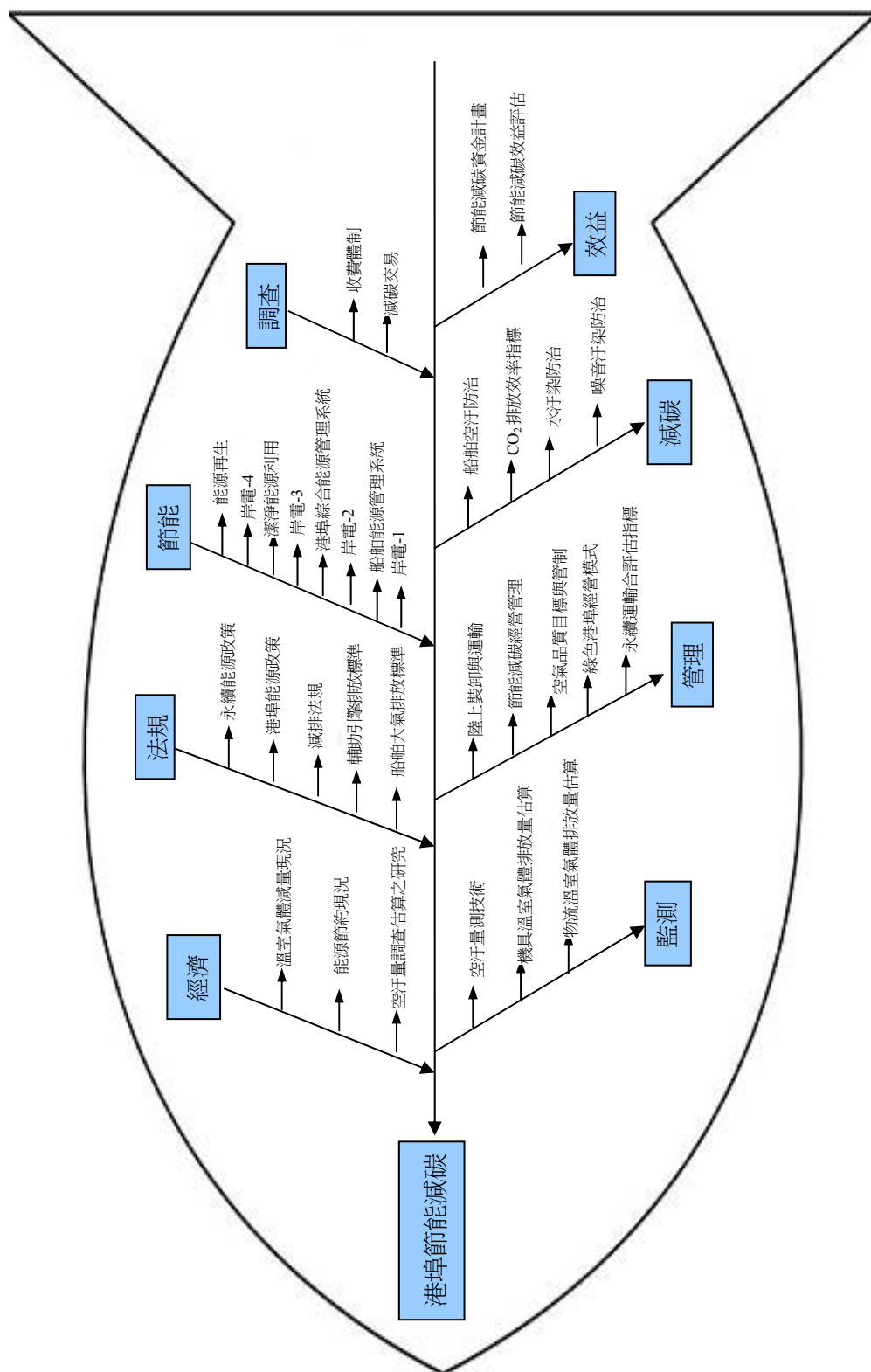


圖 5.1 港埠節能減碳規劃魚骨圖

5.1.4 規劃統計

本研究計分四年，以四個調查研究計畫，1,200 萬的研究經費將港埠節能減碳這個政策議題作一完整的研究，並在法規、管理與經濟面上提出具體可行的建議。

5.2 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃

計畫名稱：臺灣港埠與船舶節能減碳短中長期發展規劃

本規劃案四年共四個計畫，名稱分別如下：

第一年計畫名稱：臺灣港埠節能減碳－港區空氣污染物之量測與估算方法之研究

第二年計畫名稱：臺灣港埠節能減碳－法規研擬與節能減碳經營管理之研究

第三年計畫名稱：臺灣港埠節能減碳－有效提升能源效率與二氧化碳排放效率

第四年計畫名稱：臺灣港埠節能減碳－資金計畫規劃以及碳交易和收費機制之研究

各計畫的具體內容，則詳如以下各節所示。

5.2.1 第一年計畫

1. 計畫名稱：

「臺灣港埠節能減碳－港區空氣污染物之量測與估算方法之研究」

2. 計畫緣由

本計畫之目的係針對臺灣地區國際港埠船舶空氣污染物（含溫室氣體）之排放現況調查、空污估算方法的研究、船舶空污排放的抽樣檢測；港埠機具與運輸車輛空污排放之調查、估算與抽樣檢測等，技術方法之研究，以有效的量測與估算港區空氣污染物的排放量。

3. 計畫目的及預期成果

(1)計畫目的

發展港埠地區船舶與機具車輛之空污（含溫室氣體）排放量之量測與估算方法。

(2)預期成果

- a. 完成船舶空污排放量之調查、估算與抽樣檢測的方法。
- b. 完成港埠機具與運輸車輛空污排放量調查、估算與抽樣檢測的方法。
- c. 有效量測估算含船舶與機具車輛對港埠地區造成的空污排放總量。

4. 工作項目及內容

本計畫之主要工作項目及內容如下：

(1)船舶空污量的現況調查

(2)船舶空污排放量的估算

(3)船舶空污排放的抽樣檢測，校核估算參數。

(4)機具與運輸車輛空污量的現況調查

(5)機具與運輸車輛空污排放量的估算

(6)機具與運輸車輛空污排放的抽樣檢測，校核估算參數。

5. 預算金額：新台幣 400 萬元

6. 注意事項：

(1)以高雄港為調查對象，須考慮高雄港市的特性。

(2)須有足夠代表的抽樣檢測，以確認分類估算排放量參數的可靠性。

(3)船舶排放物應包含懸浮微粒、碳黑微粒以及不透光率等。

5.2.2 第二年計畫

1. 計畫名稱：

「臺灣港埠節能減碳—法規研擬與節能減碳經營管理之研究」

2. 計畫緣由：

本計畫之目的係草擬船舶空污排放標準以及港埠減排法規草案；並以節能減碳作目的，研究碼頭裝卸與陸上運輸之標準作業程序，以及節能減碳經營管理的具體措施。一面透過法規消極管理空污的排放；一面透過節能減排管理，加速降低空污的排放量。

3. 計畫目的及預期成果

(1)計畫目的

透過船舶排放標準及港埠減排法規的草擬，以及岸上裝卸作業

程序之訂定和節能減碳的管理配套，加速降低港埠的空污排放量。

(2)預期成果

- a. 完成船舶空污排放標準的草擬。
- b. 完成港埠減排法規草案的研擬。
- c. 研究碼頭裝卸與運輸之標準作業程序。
- d. 研擬港埠節能減碳的具體管理措施。

4. 工作項目及內容

本計畫之主要工作項目及內容如下：

- (1)船舶空污排放標準的草擬。
- (2)草擬港埠減排法規草案。
- (3)碼頭裝卸與運輸之節能減碳作業程序訂定。
- (4)港埠節能減碳管理配套措施之訂定。

5. 預算金額：新台幣 250 萬元

6. 注意事項

- (1)須參考國外案例規劃港埠管理單位具體可行的節能減碳做法。
- (2)考慮 MARPOL VI的一般架構、硫氧化物排放管制區(SECA)的現況。

5.2.3 第三年計畫

1. 計畫名稱：

「臺灣港埠節能減碳－有效提升能源效率與二氧化碳排放效率」

2. 計畫緣由：

能源使用效率的提升是達到節能(提昇研究)減碳的具體做法。本計畫在能源效率有效提昇目標下，研發港埠綜合能源管理系統(EMC)，潔淨能源的利用與能源再生，以及研究岸電設置的可行性。在能源效率的提昇原則下研發自我檢測制度－二氧化碳排放效率的指標。

3. 計畫目的及預期成果

(1)計畫目的

在充份提升港埠能源使用效率、應用潔淨能源及評估岸電的可行性下，研發二氧化碳排放效率指標及自我檢測制度的實施。

(2)預期成果

- a. 研發港埠綜合能源管理系統(EMC)
- b. 潔淨能源的利用與能源再生研究
- c. 研究岸電設置的可行性
- d. 發展二氧化碳排放效率指標的自我檢測制度

4. 工作項目及內容

本計畫之主要工作項目及內容如下：

- (1)完成港埠綜合能源管系統(EMC)的研發
- (2)潔淨能源以及能源再生在港埠的應用
- (3)岸電設置的可行性分析
- (4)發展自我檢測制度：二氧化碳排放效率指標的應用研究

5. 預算金額：新台幣 350 萬元

6. 注意事項

- (1)應詳細收集分析國內外海運公司有關提升能源效率的具體做法，國內應包含長榮海運與陽明海運公司在內。

5.2.4 第四年計畫

1. 計畫名稱：

「臺灣港埠節能減碳－資金計畫規劃以及碳交易和收費機制之研究」

2. 計畫緣由：

本研究是有關港埠排碳量的交易及收費機制的前瞻性研究。英國政府針對 CO₂ 減量與節能訂定排放交易方案與碳信託的配套管制措施。本規劃即研究政府在現實的國際環境中，如何有效規劃港埠節能減碳的行政管制配套方案。市場機制中，排放費或稅費可與排放量交易結合，其他市場機制如清潔發展機制、自願減量承諾(Voluntary Commitments)亦應在評估之列。港埠節能減碳若為政府政策，政府自主提供相關資金的挹注。本研究即為規劃如何在現實組織及金融環境中，提供港埠節能減碳資金規劃。

3. 計畫目的及預期成果

(1)計畫目的

有效規劃港埠節能減碳的行政管制措施，諸如資金計畫、排碳量的交易及收費機制均為達到港埠節能減碳的重要配套方案。

(2)預期成果

- a. 排放費與排放量交易的結合機制研究
- b. 各種可行市場機制的研究

c. 政府挹注資金的規劃

4. 工作項目及內容

本計畫之主要工作項目及內容如下：

- (1)排碳量的交易與收費機制
- (2)其他可行的各種市場收費機制之研究
- (3)其他具體可行的行政管制配套措施
- (4)政府對港埠節能減碳的投入資金規劃

5. 預算金額：新台幣 200 萬元

6. 注意事項：

- (1)各國外重要海運國家的碳交易和收費機制應詳加比較分析

第六章 結論與建議

6.1 節能減碳結論

本研究依主要工作內容，計分五點結論如下：

1. 國際溫室氣體減量現況結論

國際間海運燃油每年的耗量約一億四千萬噸之普，約占全世界石油總消耗量的 5%，大約等於是四億五千萬噸的 CO_2 。除了對 NO_x 及 SO_x 排放關切之外，1997 年的 MARPOL 會議同時亦通過了一決議，要求針對 CO_2 等氣候變遷氣體 (Climate Change Gases, CCG) 採取政府間行動。緊接著，在聯合國氣候變化綱要公約第三次締約國會議當中，決議透過 IMO，對源自海運的 CO_2 進行減量或管制。

IMO 為回應 2007 年峇里島氣候變化綱要公約會議 (Conference in Bali on climatechange) 的呼籲，正積極從事有關溫室氣體減量的各項籌備工作，IMO 秘書長 Mr. Efthimios E. Mitropoulos 更進一步指示 MEPC 加速船舶減少溫室氣體排放的相關工作，包含二氧化碳排放指標綱要 (CO_2 Emission Indexing Scheme) 及二氧化碳排放基準 (CO_2 Emission baselines) 等，預定於 2009 年完成該年 12 月的哥本哈根會議 (the Copenhagen Conference) 中提出報告。回顧 IMO 自 1973 年防止船舶污染國際公約制訂以來，對於海洋污染防制工作不餘遺力，著實也為國際間共同防制船舶污染的規範與技術貢獻甚巨；直到 1997 年才開始注意及規範防止船舶空氣污染的規則而制定議定書，卻一直到 2005 年 5 月 19 日才生效。截至目前不到 3 年，100 個國家政府代表在 MEPC 第 57 屆會議中快速通過修訂減少船舶排放空氣有害物質的附錄 VI 草案，不僅說明船舶排放空氣污染物的議題，已普遍受到各國政府的重視，也透露出下一波港口國管制檢查的聚焦所在。

儘管後京都議定書時期 2012 年距今尚有 4 年，然而 2008 年 3 月 31 日至 4 月 4 日甫於曼谷召開的聯合國氣候變遷綱要公約及京都議定書特設工作組會議（以下簡稱「2008 年曼谷氣候變遷對話會議」，Bangkok Climate Change Talk）的結果仍透露出：全球經濟龍頭美國及歐盟(EU)不僅仍掌握著世界貿易遊戲規則，還控制貨物流通的規則。我國航運業除研析全球貨物流通數據外，亦應掌握這些影響航運遊戲規則之國際公約及各大國際港口國之政策趨勢，以準備迎接新一回合之挑戰。

2. 相關組織、政策、法規與執行現況結論

目前國外對於溫室氣體管理大部份仍在草擬與立法階段，雖然國內能源局已有產業溫室氣體盤查與登錄等動作正在進行，但仍舊侷限在發電廠、石化廠等高溫室氣體排放量之特定工廠，對於其他各別工廠或交通工具則無法一一檢測。對於港灣與船舶之節能減碳，還須政府訂定輔導政策與獎勵辦法，以利政策推行。

3. 船舶節能減碳分析結論

從世界替代能源應用在船上的發展現況來看，燃料電池(Fuel Cells)因具有低廢氣排放量、高發電效率、低振動、低噪音等優點，近來歐美日等先進國家積極研究燃料電池於船舶之應用。但由於燃料電池屬於電化學能轉換裝置，其電氣特性與傳統熱機發電不同，在實際使用上，必須藉由燃料控制及電能控制來調節燃料電池功率輸出，以維持船舶電力供需平衡。另外，歐美一些港口例如西雅圖、洛杉磯、朱諾和哥登堡等，近年已開始鼓勵輪船靠岸後要關掉發動機，改用岸電，以減少排出廢氣，避免泊岸輪船污染碼頭附近的環境。但是，以貨櫃碼頭來說，目前全球只有洛杉磯港口內其中一個泊位，提供岸電。輪船靠岸後關掉發動機改用岸電須有多方面的配合，包括船舶的設備、岸上及碼頭的供電系統等，惟國際航運業還沒有統一的岸電和船舶設施的標準。國際海事組織現正商討供應岸電予船舶的統一標準。

4. 港埠節能減碳分析結論

港埠節能減碳未來規劃可參考的具體內容如下：

(1)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。

(2)效率面

包含運輸動線規劃、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。

(3)減排面

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。

(4)回收面

廢棄物回收、水資源回收再利用。

(5)監督監測面

船舶港區航速監測、港區環境因子監測、港區船舶排放監測。

(6)政策法規面

港埠節能減碳要點研擬、廢棄物回收作業要點，潔淨能源使用獎勵方法。

5. 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃

本研究對未來臺灣港埠與船舶節能減碳規劃，依調查監測、法規管理、節能減碳與經濟效益等四個規劃面和先後次序，分四年規劃如下：

總名稱	臺灣港埠與船舶節能減碳短中長期發展規劃	1,200 萬
第一年計畫名稱	臺灣港埠節能減碳－港區空氣污染物之量測與估算方法之研究	400 萬
第二年計畫名稱	臺灣港埠節能減碳－法規研擬與節能減碳經營管理之研究	250 萬
第三年計畫名稱	臺灣港埠節能減碳－有效提升能源效率與二氧化碳排放效率	350 萬
第四年計畫名稱	臺灣港埠節能減碳－資金計畫規劃以及碳交易和收費機制之研究	200 萬

6.2 節能減碳建議

1. 政府公布對高耗能且過時的設備（包括船舶、港口機具、車輛、鍋爐等），要限期停用、更新、改造或封存，並禁止轉移他用。
2. 軌道式門型起重機大部份已採用電力為動力來源，但是輪胎式門型起重機則因活動範圍不定且較大，因此採用柴油動力。因此建議港口中大規模應用軌道式門型起重機，直接利用電能做動力，避免了輪胎式門型起重機的油、電轉換。此外，儘量採用具有機電能回饋之起重機。或是研發採用較環保能源(如燃料電池、瓦斯等)為動力之輪胎式門型起重機，以減少排碳量。
3. 港務局應規定減低港內船隻進出港口時的航行速度，更應以身作則，鼓勵政府船隻帶頭響應。另外，為本地船隻引擎加裝減排裝置，減少港口設施的廢氣排放(例如要求貨櫃堆積機使用超低硫柴油)，並要求本地船隻和遠洋船隻在靠岸後，使用低硫燃料來驅動備用引擎，亦可透過提供配套設施，讓船隻在泊岸後改用岸電。此外，政府應該協助提供潔淨汽油、鼓勵業界使用減排技術和使用含硫量不高於百分之一的蒸餾油作為船用燃料，以及在短期內設立自願性減排計劃，讓所有船隻和碼頭參與。

4. 建立港灣空氣污染監測網，可以提供全年的每小時污染物監測資料。並持續運行及進行資料積累，並希望資料可以定期公佈，以利於不同機構對於空氣污染及其控制對策的研究。
5. 建立各國際港進港船舶的數量、分類、噸數、年份、進出港停泊時間等基本統計資料，以利後續港埠船舶節能減碳案的進行。

參考文獻

1. Google Earth ,
http://earth.google.com/intl/zh-TW/#utm_campaign=tw&utm_source=zh-tw-ha-apac-tw-google&utm_medium=ha&utm_term=google%20earth
2. 楊彥春(2008),『長灘港三項举措建設綠色港口』,經濟日報。
3. 長堤港網站, <http://www1.polb.com/>。
4. 洛杉磯港網站, <http://www.portoflosangeles.org/>。
5. 徐冰(2008),『青島港創新節能減排工作建設綠色港口』,新華網。
6. 李志坤(2008),『京唐港加快綠色港口建設步伐』,證券日報創業周刊。
7. 郭保春、李玉如(2006),『紐約-新澤西港綠色港口之路對我國港口發展之借鑑』,水道管理。
8. 高雄港務局網站, <http://www.khb.gov.tw/>。
9. 行政院環保署空氣品質監測,
<http://taqm.epa.gov.tw/emc/default.aspx?mod=SiteGMap&pid=b0101&cid=b0102>。
10. 高雄港務局勞安環保資訊,
http://www.khb.gov.tw/index_m.aspx?Link=AutoHtml/29/499/2-9-1.htm。
11. 臺中港務局網站, <http://www.tchb.gov.tw/ch/Index.aspx>。
12. 基隆港務局網站, <http://www.klhb.gov.tw/klhbHome.aspx>。
13. 基隆港務局,「基隆港泊港船舶污染防治稽查處理作業指導書」。
14. 花蓮港務局, <http://www.hlhb.gov.tw/>。
15. 經濟部能源局(1988),「漁船用引擎容許耗用能源標準及管理辦法」。

16. 經濟部能源局（2007），「車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法」。
17. 經濟部能源局（2006），「公司購置節約能源或利用新及淨潔能源設備或技術適用投資抵減辦法」。
18. 總統府（2001），「海洋污染防治法」。
19. 行政院環境保護署（2001），「海洋污染防治法施行細則」。
20. 總統府（2006），「空氣污染防制法」。
21. 行政院環境保護署（2004），「空氣品質標準」。
22. 行政院環境保護署（2003），「空氣污染防制法施行細則」。
23. 行政院環境保護署（2003），「電力設施空氣污染物排放標準」。
24. 行政院環境保護署（2007），「交通工具空氣污染物排放標準」。
25. 行政院環境保護署（2007），「固定污染源設置與操作許可證管理辦法」。
26. 行政院環境保護署（2007），「固定污染源空氣污染物排放標準」。
27. 行政院環境保護署（1999），「特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準」。
28. 行政院環境保護署（2007），「環境檢驗測定機構管理辦法」。
29. 行政院環境保護署（1999），「交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法」。
30. 行政院環境保護署（2008），「使用中汽車排放空氣污染物不定期檢驗辦法」。
31. 行政院環境保護署（2003），「固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法」。

32. 行政院環境保護署（2003），「交通工具排放空氣污染物罰鍰標準」。
33. 行政院環境保護署（2006），「交通工具違反空氣污染防制法裁罰準則」。
34. 行政院環境保護署（2002），「公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則」。
35. 行政院環境保護署（2007），「空氣污染防制費收費辦法」。
36. 行政院環境保護署（2008），「公私場所固定污染源空氣污染防制設備空氣污染防制費減免辦法」。
37. 陳俊超（2005），『臺灣未來動力用油品需求之預測』，國立成功大學資源工程研究所碩士論文。
38. 劉蘇萍（2006），『臺灣能源需求之結構性變化、影響因素及節能政策效果』，中原大學國際貿易學系碩士學位論文。
39. 郭正平（2005），『中國能源安全政策之研究』，國立中山大學政治學研究所碩士論文。
40. 林典龍（2002），『中國能源安全戰略分析』，國立中山大學大陸研究所碩士論文。
41. 葉桂碧（2007），『我國能源市場問題探討』，國立中山大學經濟學研究所碩士論文。
42. 花旗企業顧問公司（1986），『能源供給與價格變動對運輸部門之影響分析』，交通部運輸研究所。
43. 陳宇琦、黃威豪、張傑閔、鄭鴻暉、華健（2008），『氫經濟與航運』，船舶科技，第 36 期。
44. 柯正宗（2005），『我國海運政策之探討』，國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文。

45. 董顯惠（2004），『臺灣海洋政策之反思與前瞻』，國立臺灣海洋大學海洋法律研究所碩士學位論文。
46. 馬琬甄（2001），『政策執行機關之組織網絡研究--「基隆港污染防治」個案分析』，東海大學公共行政學系碩士論文。
47. 吳怡萱、華健（2008），『國際海運減碳趨勢』，船舶科技，第 36 期。
48. 華健（1996），『船運綠化之趨勢』，船舶科技，第 18 期。
49. 張朝陽（2008），『美國對防止船舶空氣污染的最新發展』，船舶與海運通訊，第 57 期。
50. 張朝陽（2008），『IMO 確認將擔負氣候變遷的挑戰與責任』，船舶與海運通訊，第 56 期，第 2-4 頁。
51. 張朝陽（2008），『後京都議定書時期-航、港業可能面臨之課題』，船舶與海運通訊，第 53 期，第 24-26 頁。
52. 方清吉（1999），『船用柴油機排放污染大氣物質之規範』，船舶科技，第 24 期。
53. 鄭吉雄（2003），『MARPOL 公約附則六-船舶造成空氣污染防止規例概述（上）』，船舶與海運，第 19 卷，第 934 期。
54. 鄭吉雄（2003），『MARPOL 公約附則六-船舶造成空氣污染防止規例概述（下）』，船舶與海運，第 19 卷，第 935 期。
55. 陳一昌、陳賓權、倪佩貞、劉國棟、盧怡森、沈添財、陳文富、陳柏君（2001），『運輸部門節約能源及減少溫室氣體排放之規劃研究』，交通部運輸研究所。
56. 申永順，ISO 14064 及我國溫室氣體系列標準國家標準。
57. 黃余得（2002），『IMO 新公約--管制船舶的有害防污系統；知識經濟與管理創新』，船舶與海運，第 19 卷，第 902 期。

58. 周育德(2005)，『臺灣永續能源發展指標建置與評估之研究』，國立臺北大學自然資源與環境管理研究所碩士論文。
59. 蕭再安、林文雅、黃敏維、徐孟寧、盧彥榮、康弼皓、陳一昌、黃運貴、張益城(2005)，『永續運輸綜合評估指標系統之研究(第一年期)』，交通部運輸研究所、國立臺灣海洋大學。
60. 雲南省標準化研究院(2009)，『節能減排基礎知識及相關標準目錄』。
61. 林柏宏(2007)，『以計算方法預測螺槳節能裝置效能的探討』，國立臺灣海洋大學系統工程暨造船學系碩士論文。
62. 黃偉輝(2003)，『船用柴油引擎廢氣數值評估和實船量測之研究』，國立成功大學造船暨船舶機械工程學研究所碩士論文。
63. 『士福金-船舶之推進方法及推進用具』，船舶科技，第6期。
64. 『士福金-船舶之推進方法及推進用具』，船舶科技，第9期。
65. 方清吉(1999)，『船用柴油機之研發和展望』，船舶科技，第25期。
66. 馬豐源(1994)，『內燃機發展之趨勢』，船舶科技，第14期。
67. 樓無畏(1999)，『低速柴油機近況綜合報導』，船舶科技，第25期。
68. 樓無畏(1993)，『柴油機設計者預期對排氣品質的控制』，船舶科技，第12期。
69. 樓無畏(1992)，『船舶推進與節省燃油現況』，船舶科技，第10期。
70. 華健、吳怡萱(2007)，『暖化下的海運能源(上)』，船舶與海運通訊，第46期，第19-28頁。
71. 華健、吳怡萱(2007)，『暖化下的海運能源(下)』，船舶與

海運通訊，第 47 期，第 20-32 頁。

72. 林淵淙（2006），『生質柴油及乳化柴油對引擎排放廢氣污染減量及提昇能源效率之研究』，國立成功大學環境工程學系博士論文。
73. 駱劍堃（2007），『船舶能源系統管理之研究』，國立臺灣海洋大學輪機工程系碩士學位論文。
74. 田文國（2001），『船舶低速柴油機進展』，船舶科技，第 27 期。
75. 張儀生（1993），『船舶柴油主機之安裝及其相關事宜之探討』，船舶科技，第 11 期。
76. 郭錦榮（1994），『重油柴油機氣缸油之開發動向』，船舶科技，第 13 期。
77. 郭錦榮（1991），『柴油機船舶發電設備之調查與評估』，船舶科技，第 8 期。
78. 李建興、子威霆、黃正清、蘇俊連（2007），『質子交換膜燃料電池應用於船舶輔助電力的模擬』，中國造船暨輪機工程學刊，第二十六卷，第二期。
79. 夏曉文、吳聖儒、余威龍、楊福正（2007），『先進船舶電力－質子交換膜燃料電池設計製備與性能分析之研究』，中國造船暨輪機工程學刊，第二十六卷，第三期。
80. 李仁傑（2007），『燃料電池作為船用動力引擎的分析』，船舶科技，第 35 期。
81. 潘同晉（2001），『船舶動態定位系統之探討』，國立臺灣海洋大學系統工程暨造船研究所碩士論文。
82. 孫行仁（2007），『船舶電力系統之動態響應研究』，國立高雄

海洋科技大學輪機工程所碩士論文。

83. 『方汾-船上電力利用太陽能之探討』，船舶科技，第 18 期。
84. 洪健明、葉榮華（1997），『汽電共生之簡介』，船舶科技，第 21 期。
85. 陳詩經（1995），『船用發電機的發展現況』，船舶科技，第 16 期。
86. 陳詩經（1996），『船舶電力發電系統』，船舶科技，第 19 期。
87. 吳聖儒、夏曉文（2004），『微氣泡減阻技術應用於水面艦之效能評估』，陸軍官校基礎學術研討會暨國科會國防科技航空技術學門研究成果發表會論文集。
88. 中華民國船用品檢測研究協會，『船底防污漆之現狀與展望』，船舶科技，第 21 期。
89. 士福金（1993），『漫談高速船』，船舶科技，第 11 期。
90. 華健（1997），『源自船舶之空氣污染及其防制』，環保署。
91. 方清吉（1998），『二氧化碳和地球氣溫暖化問題』，船舶科技，第 23 期。
92. 方清吉（1997），『探討減少船舶排放 NO（下標 X）之方法』，船舶科技，第 21 期。
93. 李博亮（1992），『船用引擎之排煙污染控制』，船舶科技，第 9 期。
94. 王馨隆（2003），『無錫防污塗料簡介』，船舶科技，第 30 期。
95. 張建寅（1993），『船舶與環保-船舶之空氣污染(1)』，船舶科技，第 12 期。
96. 彭勝利（1994），『環保與冷媒』，船舶科技，第 13 期。

97. 華健（1999），『防制船舶 NOx 排放之技術性與經濟性』船舶科技，第 25 期。
98. 樓無畏（1992），『燃油與環保』，船舶科技，第 10 期。
99. 陳佳婉（2006），『臺灣海運公司經營績效評估——以資料包絡分析法』，立德管理學院工業管理研究所碩士論文。
100. 陳正成（2006），『臺灣貨櫃航運業生產效率比較之研究』，義守大學管理研究所碩士論文。
101. 陳依伶、徐國裕（2001），『貨櫃船大型化業未來海運經營管理之影響』，船舶與海運，第 18 卷，第 867 期。
102. 鄭正雄（2004），『亞洲定期航商策略合作發展之研究』，國立臺灣海洋大學導航與通訊系碩士論文。
103. 李青璟（2006），『定期航商多期程船隊規劃之最適化研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文。
104. 丁士展（2003），『定期航運航線規劃與收益管理之研究』，國立交通大學交通運輸研究所博士論文。
105. 黃玉惠（2004），『定期航線港埠排程規劃之研究』，國立臺灣海洋大學導航與通訊學系碩士論文。
106. 王安生（2003），『定期貨櫃航運之資源、能力與競爭策略之關係』，國立臺北大學企業管理學系碩士論文。
107. 林士鈞（2006），『定期貨櫃運輸船舶排程暨船期表建立之研究』，國立中央大學土木工程學系碩士論文。
108. 陳羿中（2004），『建構我國國際航空貨運網路之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。
109. 鄭聯芳（2005），『貨櫃航商港埠選擇模式之研究——以臺灣地區港埠為例』，國立交通大學碩士在職專班運輸物流組碩士論文。

110. 溫珮伶(2005),『散裝海運市場運價決定機制及影響因素分析』,中原大學國際貿易學系碩士學位論文。
111. 楊啟宏(2006),『貨櫃航運公司營運影響因素之評選研究』,國立臺灣海洋大學商船學系碩士學位論文。
112. 蘇家禾(1999),『造船技術進步及船舶噸位對貨櫃裝載量之影響』,國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。
113. 陳力民(2006),『運用數學模式於貨櫃航線規劃應考量要素之研究』,國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文。
114. 倪安順、林光(2006),『港埠經營與管理』,航貿文化。
115. 中華人民共和國交通運輸部(2008),「關於港口節能減排工作的指導意見」。
116. 財團法人中華顧問工程司(2000),「國際港裝卸機具調查研究」, MOTC-IOT-E-B-88-001,交通部運輸研究所。
117. 陳威隆(2004),『國際商港港埠設施保全機制之研究』,國立臺灣海洋大學商船學系碩士學位論文。
118. 張雅富(2003),『港口超大型貨櫃中心作業規劃之研究』,樹德科技大學/經營管理研究所。
119. 葉啟明(2001),『港灣業務費率對船舶進出港行為之影響 - 臺中港個案研究』,國立海洋大學/航運管理學系碩士在職專班。
120. 陳金陵(2002),『港口貨櫃儲運中心管制站作業效率改善方案之研究—以基隆港西岸貨櫃儲運場為例』,國立海洋大學/航運管理學系碩士在職專班。
121. 黃清城(2005),『臺灣地區國際港埠總要素生產力變化之研究』,國立臺灣海洋大學通訊與導航工程系碩士學位論文。
122. 朱金元、黃文吉(2003),『貨櫃場貨櫃處理能量之研究』,海

運研究學刊，第 14 期。

123. 陳基國、蕭丁訓（2005），『臺灣地區港埠經營策略規劃』，航運季刊，第 14 卷，第 2 期，第 1 頁~20 頁。
124. 蘇育玲、劉金鳳、梁金樹（2005），『臺灣地區國際港埠整體經營績效之研究』，航運季刊，第 14 卷，第 3 期，第 57 頁~80 頁。
125. 徐國裕、胡延章、周和平、周宗仁，『高雄港船舶交通服務系統之效益評估與分析』，航運季刊，第 16 卷，第 1 期。
126. 謝幼屏（2006），『子計畫：提升高雄港貨櫃碼頭營運效率之研究 (1-2)』，交通部運輸研究所。
127. 謝幼屏（2006），『子計畫：提升高雄港貨櫃碼頭營運效率之研究 (2-2)』，交通部運輸研究所。
128. 朱金元，『臺灣地區國際港埠與亞太地區重要港埠裝卸設施及裝卸效率之比較研究』，交通部運輸研究所。
129. 王克尹（2003），『航運新技術發展對港埠之規劃影響研究』，交通部運輸研究所。
130. 朱金元、謝幼屏、王克尹（2006），『國內各國際港埠船舶進出港操作效率分析』，交通部運輸研究所。
131. 曾志煌、林美霞、徐順憲、林建山、鄭進華、陳素惠、蕭清木、張智凱、江奕倫、吳朝欽（2002），『產業結構變遷對港埠未來發展影響之研究』，交通部運輸研究所。
132. 謝幼屏（2008），『臺中港貨櫃碼頭之規模經濟研究』，交通部運輸研究所。
133. 朱金元、王克尹、謝幼屏（2007），『臺灣地區國際商港提昇競爭力之研究 (2-4)』，交通部運輸研究所。
134. 陳義雄（2002），『臺中港散雜貨裝卸作業民營化對提昇裝卸效

- 率績效之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文。
135. 鄭景怡(2004)，『貨櫃裝卸作業與岸肩載運機具指派之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。
136. 紀國斌(2004)，『多部軌道式門型起重機排程最佳化之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。
137. 鄭景怡(2004)，『貨櫃裝卸作業與岸肩載運機具指派之研究』，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士學位論文。
138. 彭文正(2003)，『以生命週期評估技術應用於建築耗能之研究』，朝陽科技大學環境工程與管理所碩士論文。
139. 盧怡靜(2003)，『臺灣地區工業部門能源消費與污染物排放關聯分析』，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
140. 廖慧嵐(2006)，『臺灣地區公路運輸部門能源消費與 CO₂ 排放變動分析』，國立成功大學環境工程學系碩士論文。
141. 陳惠玲(2005)，『住宅內部健康評估指標體系之研究』，朝陽科技大學建築及都市設計研究所碩士論文。
142. 黃群達(2006)，『住宅與商業部門能源消費及二氧化碳排放特性與趨勢變動分析』，國立成功大學環境工程研究所碩士論文。
143. 張又升(2002)，『建築物生命週期二氧化碳減量評估』，國立成功大學建築研究所博士論文。
144. 王育忠(2007)，『建築空調設備生命週期二氧化碳排放量評估』，國立成功大學建築研究所碩士論文。

附錄一

期末審查意見與回覆

壹、計畫名稱：「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」

貳、計畫編號：MOTC-IOT-97-H1DB013

參、會議時間：民國 97 年 12 月 3 日（星期三）上午 10 時

肆、會議地點：交通部運輸研究所港研中心 2 樓會議室

伍、主持人：朱科長金元 記錄：林玲煥

陸、審查意見與回覆：

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
東海大學程萬里 教授 1. 本研究收集了許多國內、外之法規、政策、文獻等，相當辛苦，應予肯定。	謝謝委員肯定。	同意
2. 考量計畫之執行，建議定案時應將現提之七項計劃(A.法規、政策面，B.行政管理面，C.監測技術面，D.能源效率面，E.減碳減排面，F.經濟效益面與 G.現況調查面)依輕重緩急與問題重心另整合為三大計劃(1)現況調查(含監測技術面)(2)法規面(含行政管理)(3)減碳面(含能源效率、減碳減排與經濟效益等)。	本計畫已將原期末報告的七個規劃面，改為四個規劃面。一為調整監測面，一為法規管理面，一為節能減碳面，最後則為經濟效益面。詳參第五章所示。	同意
3. 每一計畫一定要將其「預期成果」明確釐清。	每一研究室均詳列計畫目的及預期成果。詳參 5.2 節所示。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4. 要有「總計畫」，統籌三大計畫，安排經常溝通、加強相互支援，以免各作各調，步紊調亂。	本研究將未來的規劃面分成四個，共四個研究案，規模縮小，已不需總計畫的進一步協調機置的設計。	同意
5. 台灣有的國際港有數個，各個港埠的情況容有差異，與其全面規劃，不若先擇其一件先導研究與規劃。	未來規劃案第一年的調查監測案，已建議擇台灣地區最大的國際港—高雄港進行調查規劃。	同意
6. 請遵照服務建議書之格式，例如計劃人員配置，經費配置應予標上，以便全面考量。	依初步規劃原則僅說明「預算金額」，來做人員配置進一步的考量。	同意
中興大學環境工程學系 鄭曼婷 教授		同意
1. 國內外與船舶有關的節能減碳相關法規、資料收集很多，目前工業產業已進行溫室氣體排放的盤查，港埠與船舶相關產業宜開始規畫溫室氣體的盤查，盤查所需參數和可能遭到的困難宜分析彙整。	有關溫室氣體盤查所需參數，在本規劃第一年調查監測計畫中的注意事項已說明，透過足夠代表數的抽樣，確認排放量估算參數的可靠性。詳參 5.2.1 節。	
2. 目前對不同輪船、不同燃料、燃燒排放的係數(如 CO ₂ 、SO _x 、NO _x 、PM ₁₀ 等)宜彙整，有利評估排放總量(建立基本資料庫)。	已如前述。在本規劃第一年調查監測計畫中的估算方法，係依船舶種類，引擎年齡訂定排放係數(參數)，此為第一年調查計畫之重點，關係整個港埠船舶排放總量的計算。	同意
3. 美國對於港務局具體規定船隻在離港 20 海里需降低航運，使用低硫燃料油	此為第二年法規行政配套措施的重要一環，亦為管理單位具體可行的一項重要	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
的獎勵措施宜評估在國內的可行性，規劃未來實施的方案(法規面可參考)。	節能減碳措施。已列入第二年計畫之注意事項。詳參 5.2.2 節。	
4. 節能減碳的建議(P.135)很好，需要執行的期程或需要之相關資料應用輕重、優先的順序，然目前對停泊船舶輛之基本資料建立尚有那些改進的地方宜給予建議。	本規劃案執行的期程始於 99 年度。建議政府單位依在 98 年度即可先做一些基本資料的建檔工作。詳如 6.2 節。	同意
5. P.121 訂定台灣地區船舶大氣排放物應包括懸浮微粒如 PM ₁₀ ，碳黑微粒，不透光率等。一般船舶使用高硫量柴油，油品良劣影響排放有害物質的多寡，目前對油品只是否有規範？	除建議政府相關單位應儘速供應含硫量不高於 1% 的蒸餾油外，船舶排放物應包括懸浮微粒(如 PM ₁₀)、碳黑微粒以及不透光率等均列入第一年計畫的注意事項中。詳參 5.2.1 節。	同意
6. 目前已規劃未來四年的研究案，宜說明各期程的預期成果。	已在 5.2 節四年四個計畫中之第三項：計畫目的及預期成果中，以條列方式說明。詳參 5.2 節。	同意
7. 規畫的計畫數量多，有 7 個計畫經費 50 萬，行政管理耗人力，是否有合併空間？在此認同計畫可整合為法規面、監測調查面、節能減研面及總計畫加強橫向溝通和管理。	調整後的計畫數四年中共四個，規劃面亦整合成(1)調查監測面(2)表現管理面(3)節能減碳面與(4)經濟效益面等。因一年只有一個計畫，故不需總計畫協助橫向的溝通和管理。詳參第五章規劃內容。	同意
台中港務局 1. 監測系統、低硫燃油的法規面、可行性，再研討(國內外船公司、港口國管制)。	1. 有關於監測系統、低硫燃油的法規面與可行性的探討，將列於後續計畫執行。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 岸電需求及可行性調查，請台電及相關單位調查。	2. 岸電需求及可行性調查將列於後續計畫執行。	同意
港研中心 王克尹研究員 1. 本研究翻譯名詞請依航運界專用名詞較符合實際 @P.22 航海船舶(seagoing ship)請修正為遠洋船舶。 @ P.43 內陸水道(internal waterway)請修正為內河航道。 @ P.71 4.3 節長灘港(port of Long Beach)請修正為長堤港。 @ P.76 輪胎吊裝機請修正為輪胎式門式機，單箱改為單柜。 @ P.34 (Grand alliance)請翻為大聯盟。 @ P.71 最後一行”可持續發展”之港口文化請修正為”永續發展”。	謝謝委員建議，已將各名詞予以修正。	同意
1. 港埠船舶之節能減碳要有效果除了監測調查技術之改善及行政法規管理外，航商與港埠單位更換設備減本也是重要影響因素，因此如何提供業者誘因及優惠措施吸引業者積極投入才是改善國內港埠節能減碳之重要策略。	節能減碳如為政府政策的話，政府自應配套提出資金計畫誘因及優惠措施，方能在法規與管理面配合上，達到節能減碳之目的。本規劃第四年即以經濟面為重要研究內容。詳參 5.2.4 節。	同意
2. 船舶靠港停泊時主機均改為暖機、備機(待機狀態)，汙染狀況並不大。	對於目前節能減碳為政府政策，且目前 IMO 等國際組織已逐漸將船舶排廢列為重點，尤其在進港與停泊	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
	階段，應由港口國管轄排廢情形。至於港埠與船舶污染量大小之監測與，則將列入爾後逐年計畫施行。	
港研中心 朱金元科長 1. 報告內容引用之資料許多沒有註明資料來源，例如 p1 聯合國之資料、p61 氣候綱要公約、P71、p80 有關美國港埠節能減碳資料、p76 中國大陸港埠...等。	謝謝委員建議，所有引用資料均已注明資料出處。	同意
2. 第一章前言請補充研究目的、研究範圍、研究項目、研究流程	已在第一章前言中，將研究目的、研究範圍、研究項目與研究流程均一一列入。詳參第一章。	同意
3. p7 2.2.4 節敘述內容與該節標題無關，請調整。	已修正，把原先誤置於 2.2.4 節之資料移至 2.2.2 節	同意
4. 缺中英文摘要、表下方之資料來源請靠左、頁碼編排、圖表編號、參考文獻編排及引用方式都不符合本所出版品規定。	已依港研中心出版品相關規定調整。	同意
5. p11 表 2.3.1 沒有註明資料來源	已補上資料來源	同意
6. 第 2、3、4 章有關國內相關研究部分，其寫法請修改。「本研究」修改為「該研究」，以免與本研究混淆。其內容也應針對其與本研究相關之部分作論述，而不是只就原報告之摘要抄錄。而且所分析之相關研究應與本研究之題	已就各章節之主題及相關性進行篩選，力求與本研究之題目「港埠與船舶之節能減碳」相符。詳參第二、三、四各章。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
目「港埠與船舶之節能減碳」，沒有相關的研究請拿掉。		
7. p22 敘述全球航運排放二氧化碳約 800 萬噸，但 p1 卻敘述全球商船二氧化碳年排放量達 11 億 2000 萬公噸，似乎有很大差距？	已更新 p22,800 萬公噸為 1 億 2000 萬公噸並更新 p1,11 億 2000 萬公噸為 1 億 2000 萬公噸，	同意
8. p36 表 3.4.3、3.4.4 統計資料很好，但只有一年資料，能否加以補充以便能看出趨勢。	有關表 3.4.3 與 3.4.4 目前尚未有該年(2005)之後的逐年統計資料相關文獻報導！建議將其列入爾後逐年計畫施行，以進一步資料蒐集便能看出趨勢。	同意
9. p63 內容為關於設施及機具，卻置放於「機關」下，是否漏了章節標題。	P63 為「4.1 港埠機關與設施」內容，用於說明港埠內的相關單位與機關，以及相關機具設施，其中機具是以碼頭類型區分，放置於本節並無闕漏。	同意
10. p66 4.2 及 4.3 節之語法頗多中國大陸用語，連美國港埠之資料也都如此，是否直接抄錄大陸之相關報告？請加以消化後，改用其用詞。	p66 中 4.2 節為港埠節能減碳要點，乃參考中國大陸 2008「關於港口節能減排工作的指導意見」，並將之重新整理而得。已依據委員意見，將該節用語化為國內習慣用語。另 4.3 節介紹國外節能減碳案例，則參照該港埠提供資料，以及大陸相關文獻，亦依委員意見加以修正。	同意
11. p87 4.4 節之國內港口現況亦應加以消化整理分析選擇與本研究直接相關之部	呈現吞吐量資料的目的，在於呈現各港的使用情形，可供後續計畫針對船舶進出	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
分作分析，其用詞也應修飾。例如有關吞吐量之資料與本研究有何關係？	量與污染程度關聯性進行研究。另則呈現國內各港口的特性，做為其基本資料之一。	
12.p92 第 8 行「本局」應改為該局或高雄港務局	謝謝委員指正，已對此修改。	同意
13. 第五章中長期規劃部份，是否用流程圖或魚骨圖來呈現較為清楚？各年期要達成之目標應具體，各計畫之相關性如何？子計畫太多，請加以整合，在執行上亦應有優先順序，尤其應考慮執行之層級。	己用魚骨圖的方式呈現中長期的規劃。詳參 5.1.2 節。各年期計畫均詳列計畫緣由、計畫目的及預期成果、工作項目及內容等，並且計畫數每年均整合成一個，四年共四個。詳參 5.2 節。	同意
14. 第六章之結論與建議不夠具體，請針對研究之目的及研究項目來寫。	已依委員建議，第六章儘量求取與第一章研究目的，項目等的對應方式撰寫。詳參第六章。	同意
海洋大學輪機工程學系 華健 副教授(書面意見) 1. 本報告整體而言方法正確、內容完整、有條理。惟從所列參考文獻看來，本報告似未收集或參考任何國外資料，令人有非第一手、最新、可靠信息的懷疑。從法規、技術、經濟與環境影響等各層面之討論與分析，亦僅限列舉大端而有不夠深入之憾。	本研究已儘可能搜集參考國內外之資料與文獻，特別是國外港埠節能減碳現況案例、法規執行面與 IMO、MEPC、MARPOL Annex VI 等會議資料與文件。本計畫重在資料的收集與整理，深入分析則為下階段各年度研究案之工作重點。	同意
1. 另外，本計畫之重要目的	本研究第五章港埠中長期	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
之一，第五章的規劃構想的擬定，其中所規劃，過於短期、分散、複雜，恐怕在計畫完成後仍無法收交通部用來擬訂相關政策與措施之效。	節能減碳規劃，已透過魚骨圖分析，將計劃數由 26 個整合成四個(即四個規劃面)，期程仍訂為四年。謝謝委員中肯提醒。詳參第五章。	
2. 建議至少略蒐集國外最近資料，以補充： ■ 相關環境法規的最新進展 ■ 國外落實 MARPOL VI 的一般架構 ■ 硫氧化物排放管制區(SECA)之現況	委員建議已納入未來規劃第二年法規管理面的注意事項三。詳參 5.2.2 節。	同意
3. 建議在第五章當中，集中在少數幾個切合本主題實際需要的整合性與延續性(3 至 5 年)題目，以較低的經費進行規劃。其中主題可包括： ■ 最新港口與海運的必備容量，其立法與指引 ■ 短程海運 ■ 綠色船舶的營運 ■ 產業支持的必要性 ■ 綠色港埠當中各相關成員的額外成本 ■ 從技術、經濟、及環境面的影響深討岸電	本研究第五章未來規劃，已將四年四個計畫的總名稱定義為：台灣港埠與船舶節能減碳短中長期發展規劃。因四個計畫依四個規劃面進行，只能含蓋八個主題(一年兩個)，受限於規劃範圍，無法寬列更多研究主題，謝謝委員的建議。	同意
成功大學系統及船舶機電工程學系吳鴻文教授(書面意見)		
1. 本研究計畫內容涵蓋的層面相當廣泛包括相關組織、法規及政策現況分	謝謝委員肯定。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
析，並根據國外港埠實施 節能減碳的案例加以比較 與說明，實屬難得。		
2. 就未來船舶及港埠節能減 碳的探討，加以進行短、 中、長期的研究規畫。但 短、中、長期是如何區分， 有何關聯？有些計畫是四 年期計畫(長期?)每年期的 計畫目標是有相關，唯逐 年完成目標，完成第四年的 計畫，才可達成總目標。	未來規劃是依四個年度每 年一個計畫，並依魚骨圖分 析的結果：第一年進行調查 監測面的規劃，第二年進行 法規管理面的規劃，第三年 進行節能減碳面的規劃，第 四年則進行經濟效益面的 規劃。四年四個計畫才可達 成港埠節能減碳總目標。詳 參第五章。	同意
3. 請增訂中、英文摘要，以 敘述本研究的目的、方法 及重要的結果。結論部分 希望能再精簡。	中英文摘要已增列。前言部 份已增述研究目的、範圍、 項目與流程等。第六章結論 部分已再做精簡處理。詳參 第一章、第六章。	同意
4. 研究案規劃內容有些地方 誤植，例如港埠岸電取代 靠港自行發電之可行性研 究，屬於長期，共四年計 畫。但總計畫內容誤植為 第一年計畫，其餘類推誤 植，就少了第四年計畫內 容。這些誤植部份需修訂。	研究規劃內容已全面修 正。委員所提誤植部份在修 正中已去除。	同意
一科審查意見 1. 由於國際港埠競爭的性 質，請加強補充如何跟據 國際規範，包括 MARPOL VI 的要求及本國各國際港 所在港口都市的特殊狀況 等因素，對節能減碳的效 益、目標的定位，及應採 取的策略。	在未來規劃第二年有關法 規管理面的研究中，已針對 MARPOL VI 的一般架構及 高雄港市的特性，列為注意 事項(一)及(三)。詳參 5-2-2 節。	同意

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
2. 長榮集團總裁張榮發先生對於綠色環保及節能減碳有獨到的看法與行動，他說「航商們不能總是消極地等待法律來規範我們的行為。我們應該使用更積極的船舶技術，盡一切可能來維護海洋生態及港區安全」。因此該公司自 2003 年起，該公司即陸續訂製打造全新 S 型船務，落實船舶環保無污染的設計概念，包括；雙重船殼、新世代內置式油艙、採用低硫燃油系統、新型油水分離器及船舶接岸電系統等多項環保設備與措施，也因此獲得許多綠色企業指定該公司為運輸的伙伴。所以，節能減碳應視為是一個正向的助力，而非是一個負面的一個阻力，請補充長榮公司在這方面的資料。	已將委員意見列入未來規劃第三年有關節能減碳面規劃的注意事項中。詳參 5-2-3 節。	同意
主席裁示 1. 本期末報告審查通過。 2. 請研究團隊務必將各子計畫加以整合，各年度要達成之目標以及各計畫間之關係務必明確。 3. 定稿修正報告請於 12 月 17 日前寄達本所港研中心。 4. 請依照本所出版品規定格式撰寫報告。 5. 各委員及與會者意見請納入修正報告內容，委員意見處理表請儘速函送本所。		

附錄二

期末簡報資料

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

期末報告簡報

計畫主持人：鄭魁香、吳上立
高苑科技大學綠工程技術研發中心

內容

- 前言
- 相關組織、法規與政策
- 船舶節能減碳之探討
- 港埠節能減碳探討
- 港埠與船舶節能減碳短中長期規劃構想
- 結論與建議

前言

- 在國際貿易發達的現代，港灣扮演各國貨物進出口的重要角色。
- 港口內的各式輪船、機具及車輛等動力系統，為主要排碳來源
- 船舶多燃燒重油，嚴重影響港埠環境
- 不論從環境面、經濟面，港埠環境逐漸為各國重視
- 本計畫針對港埠內船舶、機具，以及各單位之節能減碳措施進行研究，從制度研擬與技術研發，擬定短、中、長程研究規劃

3

相關組織、法規與政策

相關組織

- **國際海事組織(IMO)**
 - 聯合國專業代辦處，負責改善船隻在海上安全、防止海洋污染
 - 總部在倫敦，共167個國家加入，台灣未加入此組織
- **海洋環境保護委員會(MEPC)**
 - 為IMO的小組委員會，每年召開兩次會議
 - 制定國際公約有關的各種形式的海洋環境問題
- **國際港埠協會(IAPH)**
 - 全球性港口聯盟，為國際性非政府組織
 - 目前會員遍及90餘國220個港口，130個港埠業相關公司及協會
 - 「技術委員會」處理世界港口面臨各式重大問題

5

相關法規-國際公約

- **聯合國海洋法公約(UNCLOS)**
 - 界定內水、領海、臨接海域、大陸棚、專屬經濟區、公海等重要概念
 - 指導和裁決各領海主權爭端、海上天然資源管理、污染處理等
- **國際防止船舶污染公約(MARPOL Annex VI)**
 - 2005年5月19日開始生效
 - 對於船舶排氣當中硫氧化物與氮氧化物設限
 - 禁止排放任何臭氧耗蝕物質

6

相關法規-國際公約

- 京都議定書
 - 「聯合國氣候變化綱要公約」(UNFCCC)補充條款
 - 1997年12月在日本京都制定
 - 目標「將大氣中的溫室氣體含量穩定在一個適當的水準，進而防止劇烈的氣候改變對人類造成傷害」
- 曼谷氣候變遷會議
 - 全球160多國在2008年4月5日於曼谷開會
 - 2009年起草全球氣候變遷的新協議，取代即將失效的京都議定書
 - 各國首度考慮將飛機與船隻的廢氣排放量納入全球性新公約的規範

7

相關法規-國外法規

- 美國
 - 空氣污染管制法
 - 清淨空氣法
 - 空氣品質法
 - 2008海事污染防制法
 - 船舶污染防制法
- 日本
 - 空氣污染防制法
 - 大氣污染防治法
- 歐盟
 - 歐洲環境空氣品質與更乾淨空氣指令

8

相關法規-國外法規

- 中國大陸
 - 中華人民共和國環境保護法
 - 中華人民共和國大氣污染防治法
 - 中華人民共和國大氣污染防治法實施細則
 - 中華人民共和國海洋環境保護法
 - 中華人民共和國防治陸源污染物污染損害海洋環境管理條例
 - 中華人民共和國防治海岸工程建設項目污染損害海洋環境管理條例
 - 船舶污染物排放標準
 - 節約能源法
 - 船舶及港口管制條例（香港）

9

相關法規-國內法規

- 漁船用引擎容許耗用能源標準及管理辦法
- 車輛容許耗用能源標準及檢查管理辦法
- 公司購置節約能源或利用新及淨潔能源設備或技術適用投資抵減辦法
- 海洋污染防治法、海洋污染防治法施行細則
- 空氣污染防制法、空氣污染防制法施行細則
- 空氣品質標準(2004)
 - 規範總懸浮微粒(TSP)、二氧化硫(SO₂)、二氧化氮(NO₂)、一氧化碳(CO)、臭氧(O₃)、鉛(Pb)等排放標準
- 電力設施空氣污染物排放標準(2003)
- 交通工具空氣污染物排放標準，對船舶卻僅規定：
 - 允許主動推進動力3000kw以上之船舶起動時20秒內，3000kw以下之起動時10秒，不超過不透光率60%。
 - 目測不透光率40%，相當於林格曼二號（黑度檢測標準）。
- 固定污染源設置與操作許可證管理辦法(2007)
- 固定污染源空氣污染物排放標準(2007)
- 特殊性工業區緩衝地帶及空氣品質監測設施設置標準(1994, 1999)

10

相關法規-國內法規

- 空氣污染檢測
 - 環境檢驗測定機構管理辦法
 - 交通工具排放空氣污染物檢驗及處理辦法
 - 使用中汽車排放空氣污染物不定期檢驗辦法
 - 固定污染源空氣污染物連續自動監測設施管理辦法
- 罰則
 - 交通工具排放空氣污染物罰鍰標準
 - 交通工具違反空氣污染防制法裁罰準則
 - 公私場所違反空氣污染防制法應處罰鍰額度裁罰準則
- 空氣污染防制經費
 - 空氣污染防制費收費辦法
 - 公私場所固定污染源空氣污染防制設備空氣污染防制費減免辦法
- 國內尚無溫室氣體排放法令，先進國家也大部份在草擬法案階段，主要溫室氣體排放量之量測與估測技術尚不成熟，
- 尤其對船舶之溫室氣體排放，國際上仍未廣受注目，國內亦無針對港口機具與船舶排氣規定

11

相關法規-法規研究

- 國內外法條公約說明
 - 船用柴油機排放污染大氣物質之規範
 - MARPOL公約附則六-船舶造成空氣污染防止規例概述
 - 運輸部門節約能源及減少溫室氣體排放之規劃研究
 - ISO 14064及我國溫室氣體系列標準國家標準
 - IMO新公約--管制船舶的有害防污系統；知識經濟與管理創新
- 綜合評估方法
 - 台灣永續能源發展指標建置與評估之研究
 - 永續運輸綜合評估指標系統之研究(第一年期)
 - 節能減排基礎知識及相關標準目錄

12

相關政策-國外政策

- 美國
 - 氣候變遷協議架構
 - 空氣清潔法
 - 1990污染防制法
 - 氣候變化行動計畫
- 日本
 - 省能源法
- 韓國
 - 產品別行政管制措施
 - 產業別行政管制措施
 - 能源使用計畫書

13

相關政策-國外政策

- 德國
 - 環境稽核法案
 - 聯邦注入控制法案
 - 廢熱使用規定
 - 發展汽電共生
- 英國
 - 排放交易方案
 - 氣候變化協議
 - 碳信託

14

相關政策-國內政策

- 1998年：全國能源會議結論
- 2000年：研擬溫室氣體防制法草案
- 2002年：環保署為統一窗口
- 2004年：環保署與工業局推動溫室氣體施政與產業試行計畫
- 2005年：研訂溫室氣體減量法草案、第二次全國能源會議、辦理12家產業溫室氣體盤查
- 2006年：溫室氣體減量法草案報院，研擬配套措施。標檢局審議CNS 14064標準
- 2007年：30家（廠）能源產業進行溫室氣體盤查與登錄作，並協助2006、2007年度輔導廠家其中10廠家取得國際驗證證照
- 2008年：37家廠商溫室氣體盤查實廠盤查與登錄輔導、永續公共工程－節能減碳政策白皮書

15

相關政策-政策研究

- 能源需求策略
 - － 台灣未來動力用油品需求之預測
 - － 台灣能源需求之結構性變化、影響因素及節能政策效果
 - － 中國能源安全政策之研究
 - － 中國能源安全戰略分析
 - － 我國能源市場問題探討
 - － 能源供給與價格變動對運輸部門之影響分析
 - － 氫經濟與航運

16

相關政策-政策研究

● 海運政策

- 我國海運政策之探討
- 臺灣海洋政策之反思與前瞻
- 政策執行機關之組織網絡研究-「基隆港污染防治」個案分析
- 國際海運減碳趨勢
- 船運綠化之趨勢
- 美國對防止船舶空氣污染的最新發展
- IMO確認將擔負氣候變遷的挑戰與責任
- 後京都議定書時期-航、港業可能面臨之課題

17

小結

- 目前國內能源局已進行產業溫室氣體盤查與登錄，但仍侷限於發電廠、石化廠等高溫室氣體排放特定工廠，個別工廠或交通工具，則無法逐一檢測
- 對於港灣與船舶之節能減碳，還須政府訂定輔導政策與獎勵辦法，以利政策推行

18

船舶節能減碳

前言

- 環境科學期刊指出

- 船舶航運對於空氣污染的影響，以海岸地區所受的影響最為明顯
- 全球大氣中的氮氧化物有15%係？自航海船舶(sea-going ships)、而？氧化物則佔有5~8%
- ？用整合空氣污染物擴散模式及？？病學研究報告指出，如果維持目前各國的管制規定及預期成長的航運活動？推估，預估到2012？相關的死亡？將增加40%
- 每？船舶排放的？？污染物(particulate matter, PM)與歐洲、東亞及南亞約6萬個心肺疾病與肺癌死因有關。
- 根據美國德？瓦大學(University of Delaware)針對到訪美國港口船舶的？排放？據研究分析，並對各項研擬的管制措施進？經濟效益評估，研究結果發現以低？燃？、船上去？洗滌設施(onboard scrubber)及以市場機制為基礎的排放交？計畫，係達成控制目標最佳方式。美國環保局(US EPA)繼2006？道？交通工具，規定船舶所使用的柴油含？？需？至15ppm。

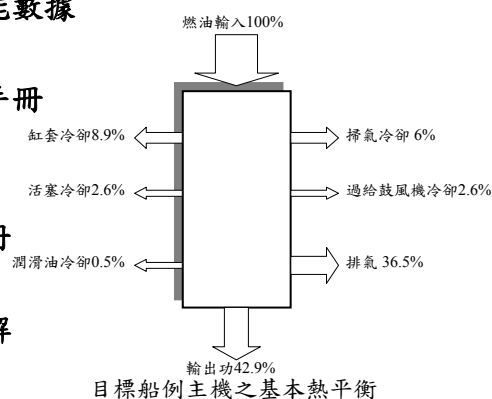
海上船舶耗能

- 藉由船上動力場運轉的檢驗與能源盤查，為船上能源節約計畫得以成功核心
- 一艘船的推進動力場耗燃，有可能比原設計多出一倍
- 可控制操作因子包括：
 - 實際船速相對於符合航程要求之最低航速
 - 船殼與推進器狀況
 - 操舵與航行系統性能與運轉、吃水、及俯仰差等
- 船舶進行能源動力盤查過程中，宜將上述因子一併納入，作為所分析情況與數據一部分

21

海上船舶耗能

- 船上能源使用系統及耗能技術與規劃細節包含
 - 熱平衡
 - 流體系統圖解
 - 機器元素設計與性能數據
 - 機器配置圖
 - 儀器與操控及保養手冊
 - 引擎燃油路線圖
 - 速度相對出力曲線
 - 機器工程師操作手冊
 - 原始海上試車報告
 - 航行與操車系統圖解



22

節能技術

- 提高船舶主機效率方法
 - 減小槳葉面積
 - 改變葉形
 - 修改徑向螺距分佈優化載荷分佈
 - 採用唇形後傾葉梢概念

23

節能技術

- 減少阻力方面主要措施
 - 優化船舶主要尺度與線型
 - 球鼻艏船型
 - 艏端球船型
 - 球艏及雙艏船型
 - 縱流船型
 - 雙體船及小水線面雙體船
 - 不對稱艏部線型
 - 淺吃水肥大船型
 - 雙艏船和平頭渦艏
 - 減少船體的粗糙度
 - 採用先進的防污塗料系統，如採用自拋光船殼漆，防止水生物的附長
 - 定期進塢清底並做水下清洗

24

節能技術

● 節能技術發展現況

目前各國逐漸致力於船舶節能技術，包含

- 法國大西洋船塢-動力系統與液艙進行技術創新
- 日本-微泡沫船舶節能技術
- 韓國三星重工-最佳航路評估系統(SORAS)
- 瑞典Stena-Max寬體概念油船
- 韓國現代重工、三星重工及大宇造船-船體結構
- 英國南安普頓-「奧賽裏」未來船

25

減碳技術-新船

措施（新船）	燃油/CO ₂ 減? 潛?	結合後減? 潛?	總計減? 潛?
船殼形? 最佳化	5 – 20%	5 – 30 %	5 – 30 %
推進器選擇	5 – 10%		
效? 最佳化	10 – 12%; 2 – 5%	14 – 17% 6 – 10%	
燃油 (HFO換至MDO)	4 – 5%		
動? 場觀?	4 – 6%	8 – 11 %	
燃油 (HFO換至MDO)	4 – 5%		
機器監控	0.5 – 1%		

26

減碳技術-現成船

27

措施（現成船）	燃油/CO ₂ 減? 潛?	結合後減? 潛?	總計減? 潛?
船殼最佳維護	3 – 5%	4 – 8%	4 – 20%
推進器維護	1 – 3%		
燃油噴射	1 – 2%	5 – 7%	
燃油 (HFO至MDO)	4 – 5%		
效? 定額	3 – 5%	7 – 10%	
燃油 (HFO至MDO)	4 – 5%		
效? 定額+TC升級	5 – 7%	9 – 12%	
燃油 (HFO至MDO)	4 – 5%		

減碳技術-運輸措施

28

措施	燃油/CO ₂ 減? 潛?	結合後減? 潛?	總計減? 潛?
營運計畫/? 速選擇		1 – 40 %	1 – 40%
船隊計畫	5 – 40%		
及時抵達航線	1 – 5%		
天氣航線	2 – 4%		
其他措施		0 – 5%	
恆定 RPM	0 – 2%		
最佳俯仰差	0 – 1%		
最小壓載	0 – 1%		
推進器節距最佳化	0 – 2%		
舵最佳化	0 – 0.3%		
減少在港時間		1 – 7%	
裝卸貨最佳化	1 – 5%		
繫泊、錨泊、靠泊最佳化	1 – 2%		
燃油(HFO至MDO)	4 – 5%		

減碳技術

- 中國大陸溫室氣體減量之因應

中遠集團正式加入聯合國倡導的「關注氣候宣言」，藉由提出基本原則與措施，下降船舶燃油耗能，採取措施：

- 調整船隊結構
- 航線設計
- 降低航速
- 採用已成熟技術
- 開發新技術

29

減碳會議

- C40世界港口氣候會議中討？減碳措施，包括

- 將依船舶污染情形分？，給予？同停泊費用
- ？用經濟誘因鼓？改善船舶，並？低CO₂排放？

- 奧斯？會議溫室氣體減？執？方法

- 強制性CO₂設計指標
會議發展出一套公式與方法，並訂定相關管制與架構
- 過渡期間CO₂操作指標
已被用？建？自願性CO₂排放指標試驗性共同措施，以？讓船東及營運人評估他們船舶有關CO₂排放性能
- 自願性執？方案的最佳操作
改變操作方式已被認可，在？用巨額投資，可具有顯著削減潛？，但必須與其他？益相關者相互合作
- 具有削減溫室氣體(GHG)潛？的經濟工具

30

相關文獻

歸整國內船舶節能減碳相關研究，可分類為

- 技術面
 - 動力系統
 - 各式能源
 - 減阻技術
 - 減排防污技術
- 航運管理面
 - 績效與效率
 - 發展策略

31

小結

- IMO訂定海洋污染防治規範包含
 - 二氧化碳排放指標綱要
 - 二氧化碳排放基準
- 船舶排放空氣污染物的議題，已普遍受各國政府重視，透? 下一波港口管制檢查的聚焦所在
- 替代能源與動力來源兩方面為未來發展趨勢
 - 替代能源
 - 燃料電池為最具發展潛力的動力來源，其特性與傳統熱發電不同
 - 動力來源
 - 鼓勵輪船靠岸後關閉發動機，改用岸電，以減少排出廢氣

32

港埠節能減碳

港埠作業機關

- 公部門
海關、新聞局檢核中心、檢疫所、
氣象站、商檢局、港警、經貿單位、港務局等
- 私部門
船公司、船代業、託運業、貨主、理貨業、
信託局、物資局、銀行、保險業、報關業、承
攬業、引水業、港勤業、供給業、
內陸運輸業、倉儲業、貨櫃業、公證行、
進出口商、加油業、加水業

港埠設施與機具

- 貨櫃碼頭
橋式機、門式機、貨櫃拖車、車架、跨載機、堆高機
- 乾散貨碼頭
抓斗式、鏈斗式、吸穀機、卸煤機、鏟裝機、空氣滑槽、螺旋式、輸送帶或管道
- 液體散貨碼頭
以預埋管線輸送，船上幫浦為動力
- 一般散雜貨碼頭
抓斗、堆高機、庫斗、吊車等活動式裝卸設施
- 旅客碼頭
供旅客上下船舶之旅客橋

35

港埠節能減碳實施要點

- 參考中國交通運輸部提出「關於港口節能減排工作的指導意見」(2008)
- 對於新建港口工程
 - 選用低能耗、高效率的裝卸設備
 - 優先選用以電能動力源裝卸設備，達零排方目標
 - 使各類碼頭裝卸系統之各環節能力匹配，提高裝卸效率、降低能耗
 - 優先採用輕型、高效、變頻控制的設備。
- 對於現有港口的技術改造
 - 逐步淘汰更新或改造耗能高、效率低的老舊設備
 - 減少能耗及廢氣排放，提高作業效率
 - 加速改造由港區供電網？動力源的「油改電」改造工作
 - 推進散貨碼頭皮帶機系統節能控制技術的推廣應用
 - 針對以燃油？動力陸上水準運輸車輛、流動機械等，推廣採用先進內燃機節油技術，降低內燃機燃油消耗

36

港埠節能減碳實施要點

- 新碼頭建設與舊港區的功能調整
 - 利用資訊技術，加強港口生? 調度，優化運輸結構、港區佈局及碼頭設計
 - 降低設備的空駛率，提高運輸效率，降低裝卸的單位能耗
 - 合理配備裝卸機械和工具，使工作流程合理化與科學化
- 新建港區或在舊港區供電網
 - 結合供電部門改造供電網，積極採用先進技術
 - 以變頻或濾波方法解決高次諧波損耗問題，提高港區電網供電質量
 - 推廣變頻調速、自動化系統控制技術，減少電能傳輸過程中的消耗
 - 充分利用港口裝卸過程中? 生的回饋能，減少能源浪費
- 照明
 - 推廣綠色照明工程，並合理控制照明照度
 - 採用分段、分時控制照明亮度、調整功率、無功補償、高精度穩壓等方式降低電能消耗、延長燈具使用壽命
- 水資源再利用
 - 推廣雨污水採集、處理、利用
 - 充分利用現有雨污水收集與處理系統，處理污水、收集雨水，用於港口綠地澆灑、洗車、除塵等
 - 在港口推廣使用節水、環保器具，節約水資源、減少污染物排放

37

港埠節能減碳實施要點

- 防風防塵
 - 散貨碼頭堆置場應採取有效的防風防塵措施
 - 加強堆置場防風防塵集塵技術研究，達到節水、減少揚塵、保護大氣環境目的
- 油氣碼頭及碼頭加油站
 - 採用先進油氣回收技術和裝置，收集油氣碼頭、碼頭加油站儲運過程中蒸發的油氣
- 噪音
 - 採取有效減噪措施，減少工程施工期間和碼頭生? 運營期間的噪音
- 資源能源綜合研究應用
 - 及時引進、消化並吸收國內外節能減排技術創新成果，積極採用新技術、新方法、新設備、新材料等節能減排技術，提升港口企業核心競爭力
 - 提倡採用綠色節能技術，鼓勵電能回饋、儲能回用等節能技術研究與應用
 - 鼓勵研製開發電動水準運輸車輛等新技術
 - 推廣再生水、海水淡化水、微鹹水、雨水開發利用，最大限度地節約用水
 - 鼓勵再生資源利用，採用太陽能提供熱水、利用地源/海水源熱泵採暖空調、研究利用潮汐能、設立小型風能利用裝置

38

港埠節能減碳實施要點

- 制度面
 - 建立健全節能減排工作機制，落實目標責任制
 - 交通（港口）主管部門要研究相應的工作機制，確定專門機構和專人負責，加強與有關部門的協調和溝通，解決工作困難點，制定相應的政策和措施
 - 推行節能減排工作的績效考核制度，把港口企業節能減排指標作爲對企業負責人的評價考核內容
- 監督面
 - 健全節能減排監督管理體系，充分利用資訊管理系統方法，加強節能統籌工作，以提高效率、減少能源浪費
 - 研發能耗精算方法，以衡量各別企業的節能重點
 - 提出完善節能減排監察制度，加強港口相關行業重點耗能設備和運輸裝備的抽查檢測，強制淘汰不達節能減排指標設備
- 政策面
- 宣傳面
- 獎勵面

39

國外案例-美國加州長灘港與洛杉磯港

- 綠色港口方針
 - 改善空氣和水體質量
 - 復育港區棲息的野生生物
 - 淨化土壤和海底沉澱物
 - 與港區水域的上游城市協商，共同制定排放與監管標準。
- 開展清潔空氣行動
 - 港務局具體規定所有船隻在離港20海里時需將時速降到12海里以下
 - 泊位費減免15%優惠，並獲得港務局的綠色環保標誌旗
 - 使用岸電
 - 提供低硫燃料油的資助。
- 推廣潔淨卡車
 - 逐步淘汰16,000輛重污染的卡車，五年內把卡車污染氣體排放的總量降低80%以上
 - 潔淨卡車主要使用液化天然氣，燃料中只需6%的柴油用於發動機點火，其他94%動力能源皆為排放較低的液化天然氣

40

國外案例-中國青島港與京唐港

● 青島港

- 針對貨櫃輪胎吊裝機進行「油改電」改造，將柴油動力改造為電力驅動後，單箱能耗下降40%以上，單箱成本節省70%以上
- 調整員工操作技能
- 發展出節油法，採用低速航行、借力航行、均勻變速等方法

● 京唐港

- 加大環保資金投入力度，實施噴淋降塵工程
- 加強軟環境建設和監管控制
- 明確治理目標，根治港區環境污染

41

國外案例-美國紐約-紐澤西港

- 使用電氣化裝卸機械代替柴油動力裝卸機械
- 改進港區大門的與引進堆置場新型設備
- 航道疏浚，確保港口發展與環境保護並進
- 壓載水的排放，要求船舶在進入港區前，在外海中更換壓載水
- 船舶主引擎的改造，港口與海運空氣品質工作小組合作，測試貨船廢氣低排量技術的有效性，降低船舶改造成本，並在降低船舶主引擎排放的同時不會造成新的污染
- 船舶進出港口速度的控制，在靠離港時距離防波堤20海里處必須減速至12 kn，對遵守規定的船舶則給予一定的經濟獎勵。
- 嚴格控制港區卡車氣體排放，降低集疏運系統擁堵機率，包含
 - 拓建高速鐵路降低阻塞
 - 改善港口物流系統

42

國外案例-綜合說明

- 節能與提高能源效率設定為優先發展的領域
- 各國港口節能減碳的作法
 - 法律、法規上強制和引導節能
 - 強制性要求
 - 透過財政激勵措施鼓勵用戶使用更高能源效率標準的產品
 - 監管機構完善，保障節能
 - 標準、規範上推動節能
 - 合理的機制，促進節能
 - 加強用能管理和提高人員素質，保證節能

43

國內主要港口現況-高雄港

- 制定環境政策
 - 預防港區污染，追求港區潔淨
 - 推動資源回收，維護自然資源
 - 加強環保教育，遵守環保法規
- 在環境規劃面向
 - 環境考量面
確認港務局稽查業務各項活動、工作場所及服務之環境考量面，並評估可能會對環境造成衝擊而產生顯著影響者，以利環境管理施行
 - 法規及其他要求
確保港務局稽查業務之各項作業皆能符合環保相關法規，並使同仁充分瞭解以取得所適用之範圍
 - 環境目標與標的
為規範目標與標的之制定，以使其符合港務局的環境政策，提昇環境管理績效
 - 環境管理方案
為確實達成環境目標與標的，應擬定環境管理方案之制定與審查



44

國內主要港口現況-台中港

- 環境保護組主要工作職責有
 - 港區環境景觀規劃及綠美化
 - 港區污染防治(治)
 - 港區清潔維護
- 在污染防治方面包含：
 - 港區海域污染之處理。
 - 港區陸域污染之處理。
 - 港區重大油污染災害應變。
 - 港區空氣、噪音污染之處理。
 - 港區污染源之稽查處理。
 - 港區重大開發個案環評追蹤督導。
 - 港區環境品質調查監測分析。
 - 配合港區毒性化學物質監督管理及災害之處理



45

國內主要港口現況-基隆港

- 環境保護設施主要為
 - 港區污染防治加強工程
 - 港區環境景觀美化工程
- 2004年制定「基隆港泊港船舶污染防治稽查處理作業指導書」，定義違規：
 - 違規不當排洩
係指船舶在商港區域內，排洩有毒物質、污水、洗艙水、不潔壓艙水、廢油或投棄垃圾
 - 違規不當冒煙
船舶違規冒煙係依據「空氣污染防治法」第二十三條，及「交通工具空氣污染物排放標準」第八條規定辦理
 - 違規製造噪音
係指在港船舶修理、裝卸貨物時所發生之音量，超過噪音管制「營業場所管制第三類管制區標準」者



46

國內主要港口現況-花蓮港

- 因此其功能定位
 - 台灣東部主要國際港
 - 環島航運之主要據點
 - 台灣東部水泥、礦石之主要出口港
- 發展目標則包含
 - 滿足台灣環島航運之需求
 - 滿足台灣東部大宗散貨出口需求
 - 提供親水空間，發展觀光遊憩
 - 落實港埠民營化及營運管理貨訊化
 - 提供台灣東部區域貨源就近出口之通過
- 無特別制定港區環境保護規定，依循環保相關法規辦理



47

國內研究方向

- 能源面
 - 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
 - 港區建築物節能設計
- 效率面
 - 運輸動線規劃
 - 港區規劃
 - 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

48

國內研究方向

- 減排面

- 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

- 回收面

- 廢棄物回收
- 水資源回收再利用

49

國內研究方向

- 監督監測面

- 船舶港區航速監測
- 港區環境因子監測
- 港區船舶排放監測

- 政策法規面

- 港埠節能減碳要點研擬
- 廢棄物回收作業要點
- 潔淨能源使用獎勵方法

50

港埠與船舶節能減碳 短中長期規劃構想

前言

- 依據先導型研究之宗旨，將港埠與船舶節能減碳未來發展規劃的名稱定義為
「海運船舶在港口內如何提升能源使用效率、減少能源消耗為主要目的，並能同時達到減少污染物(特別是溫室氣體)的排放」
- 本規劃不含漁船船舶，亦不包含船舶海上運輸

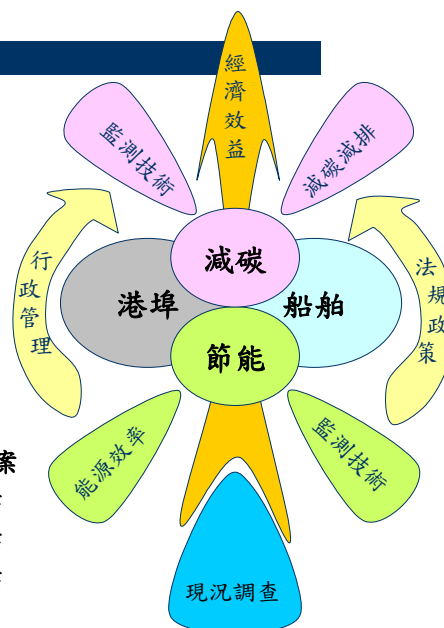
研究規劃

- 研究面向

- 法規政策面
- 行政管理面
- 監測技術面
- 能源效率面
- 減碳減排面
- 經濟效益面
- 現況調查面

- 時程規劃

- 短期：第一年，10個研究案
- 中期：第二年，8個研究案
- 中期：第三年，5個研究案
- 長期：第四年，3個研究案



53

法規政策面

- 短期-第一年

- 台灣地區船舶大氣排放物標準制定之研究(50萬)
- 船用輔助引擎的排放標準制定之研究(50萬)

- 中期-第二年

- 港埠減排法規之規劃(80萬)

- 中期-第三年

- 港埠節能政策之研究(100萬)

- 長期-第四年

- 永續運輸政策之研究(100萬)

54

行政管理面

- 短期-第一年
 - 港埠節能減碳標準裝卸與陸上運輸作業之研究(80萬)
 - 港埠節能減碳經營管理之研究(100萬)
- 中期-第二年
 - 港埠空氣品質目標的管制研究(50萬)
- 中期-第三年
 - 綠色港埠經營管理模式之研究(100萬)
- 長期-第四年
 - 永續運輸綜合評估指標系統與評估之研究(100萬)

55

監測技術面

- 短期-第一年
 - 港區空氣污染物之量測技術(100萬)
- 中期-第二年
 - 港埠機具溫室氣體排放量之量測技術研究(100萬)
- 中期-第三年
 - 港埠物流溫室氣體排放量之估算方法研究(80萬)
- 長期-第四年

56

能源效率面

- 短期-第一年
 - 船舶能源系統管理之研究(100萬)
 - 船舶靠港後營運電力需求研究-1 (50萬)
- 中期-第二年
 - 港埠綜合能源管理系統(EMC)之研究(80萬)
 - 港埠市之陸地電力時間分佈及相關剩餘電力調查研究-2(50萬)
- 中期-第三年
 - 潔淨能源利用與能源再生之研究(150萬)
 - 港埠岸電輸配系統相關設備之研究-3(50萬)
- 長期-第四年
 - 港埠岸電取代靠港船舶自行發電之設備成本、基本面及政策面之研究-4 (50萬)

57

減碳減排面

- 短期-第一年
 - 港區環境保護與污染防治研究-1(80萬)
- 中期-第二年
 - 港區環境保護與污染防治研究-2(80萬)
- 中期-第三年
 - 無
- 長期-第四年
 - 無

58

經濟效益面

- 短期-第一年
 - 港埠減碳交易及收費機制之研究(80萬)
- 中期-第二年
 - 港埠節能減碳資金計畫之研究(80萬)
- 中期-第三年
 - 無
- 長期-第四年
 - 無

59

現況調查面

- 短期-第一年
 - 台灣各國際港埠排污量調查分析與估算方法之研究(100萬)
- 中期-第二年
 - 台灣各國際港埠能源節約及溫室氣體減量現況調查(100萬)
- 中期-第三年
 - 無
- 長期-第四年
 - 無

60

統計

期程 級別	短期	中期		長期	小計
	第一年	第二年	第三年	第四年	
50萬	3	2	1	1	7
80萬	3	4	1	0	8
100萬	4	2	2	2	10
150萬	0	0	1	0	1
總計	790萬	620萬	480萬	250萬	2140萬

61

座談會意見-97年11月20日，東海大學

本計畫規劃	梁正中教授	葉兩松博士		白珏玲小姐
A.法規政策面(1~4年)	免除	整合為一類		整合為 「法規比較面」
B.行政管理面(1~4年)				
C.監測技術面(1~3年)	免除			與G整合為 「監測調查面」
D.能源效率面(1~4年)	應為重心		整合為一類	整合為 「減碳面」
E.減碳減排面(1~2年)		放到第2 或第3年 執行		
F.經濟效益面(1~2年)				
G.現況調查面(1~2年)	應先做	應先做 經費增3.5~4倍		與C整合為 「監測調查面」

62

結論與建議

結論

- 地球暖化與氣體減量因應
 - 應用船上之替代能源，可望免除既有燃油、儲存、輸送、預處理及殘渣等安全與環境上的風險與防制成本
- 船舶方面應用
 - 發展船舶二氧化碳排放量之遙測與計算技術
 - 建立各種船隻二氧化碳排放量資料庫
 - 將綠建築材料運用於船隻上，以達節能減碳之目標

結論

● 港口方面應用

- 發展港口機具設備二氧化碳排放量之量測與統計技術
- 建立國內各主要港口二氧化碳排放量資料庫
- 建議政府相關單位提案立法，補助經費鼓勵各港口與航商配合
- 評估與設計港口供電站，提供岸電給船舶
- 調查港口各項照明設備之用電量，並以綠色能源發電裝置取代電力公司供電

65

建議

- 政府公布對高耗能且過時的設備，要限期停用、更新、改造或封存，並禁止轉移他用
- 利用電能做動力，儘量採用具有機電能回饋之起重機或研發採用較環保能源
- 港務局應規定減低港內船隻進出港口航行速度
- 船隻引擎加裝減排裝置，減少港口設施的廢氣排放，並要求本地船隻和遠洋船隻在靠岸後，使用低硫燃料來驅動備用引擎

66

建議

- 政府協助提供潔淨燃油、促使含硫量不高於百分之一的蒸餾油作船用燃料
- 鼓勵業界使用減排技術
- 政府短期應內設立自願性減排計畫，讓所有船隻和碼頭參與
- 建立港灣空氣污染監測網，以提供全年的每小時污染物監測資料。持續運行及進行資料積累，並定期公佈資料

67

簡報結束 敬請指教