國　立　交　通　大　學
運輸與物流管理學系

碩　士　論　文

# 北部地區砂石貨運港口選擇之研究

# The Study of Port Choice on Sand and Gravel Freight in North Taiwan

研 究 生：劉佳慧

指導教授：黃明居

中　華　民　國　一　〇　九　年　八　月

# 北部地區砂石貨運港口選擇之研究

# The Study of Port Choice on Sand and Gravel Freight in North Taiwan

研　究　生：劉佳慧　　Student：Chia-Hui Liu

指 導 教 授：黃明居　　Advisor：Ming-Jiu Hwang

國 立 交 通 大 學
運輸與物流管理學系
碩 士 論 文

A Thesis
Submitted to Department of Transportation and Logistics Management
College of Management
National Chiao Tung University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master
in

Logistics Management

August 2020

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇九年八月

北部地區砂石貨運港口選擇之研究

學生：劉佳慧　　指導教授：黃明居 博士

國立交通大學運輸與物流管理學系碩士班

# 摘要

由於台灣北部地區自產砂石的供應量下降，需依賴東砂或進口砂石平衡該區的砂石需求。然而，這些跨區砂石主要透過海上運輸至北部地區的兩大港口，台北港與基隆港，再經由公路運輸完成最後一哩路。砂石貨主的港口選擇將會影響各港的砂石運量，而砂石貨主的港口選擇行為又會受到港口政策的影響。因此，港口在制定相關政策之前，應先掌握港口使用者之意見並且觀察其實際的港口選擇行為。

近年來，將基隆港砂石貨運移至台北港的議題受到砂石相關業者關注，但這是否符合基隆港砂石貨主的需求以及目前的港口選擇行為？因此，本研究針對北部地區砂石貨主港口選擇行為，建立一個二元羅吉特模式，並運用砂石貨主的顯示性偏好資料進行視覺化分析，掌握砂石貨主所在行政區之分布，再進行模式推估與彈性分析，以探討砂石貨主港口選擇的影響因素。

研究結果顯示，陸運時間與海運距離皆對砂石貨主的港口選擇行為產生顯著負相關，亦為當港口的陸運時間或海運距離增加時，會降低砂石貨主選擇該港之機率。從交叉彈性分析的結果顯示，若要改變砂石貨主的港口選擇行為，最重要的因素為裝卸費率。最後透過基隆港砂石貨運的需求分布與模式推估結果，得知基隆港砂石貨主較偏好裝卸費率低、陸運時間與海運距離較短的港口。

**關鍵字：砂石、港口選擇、二元羅吉特模式**

The Study of Port Choice on Sand and Gravel Freight in North Taiwan

Student：Chia-Hui Liu Advisor：Dr. Ming-Jiu Hwang

Department of Transportation and Logistics Management

National Chiao Tung University

# Abstract

As the supply of sand and gravel which were dredged in north Taiwan decreased, it was necessary to balance the supply and demand of sand and gravel in north Taiwan by the sand and gravel from Eastern Taiwan or other countries. However, theses freights were mainly shipped to Port of Taipei or Keelung, and then they would be loaded on the heavy trucks and delivered to the shippers. Furthermore, the policies implemented by the port authority will influence the port selection behavior of the sand and gravel shippers directly. Therefore, before making a relevant policy, the essential step is that we need a good knowledge of the opinions on port users and observe their actual behavior on port choice.

The issue which transfers the whole sand and gravel freight in Port of Keelung to Port of Taipei has attracted the attention of stakeholders related to sand and gravel recently. However, does the issue fit the need or port selection behavior of shippers who choose Port of Keelung? In this study, we will formulate a binary logit model for the port choice of gravel and sand shippers in the north Taiwan. Hence, we run the visualization analysis and estimate the results of the model by the revealed preferences data about the gravel and sand freight. After all, we will execute an elasticity analysis. Through the results, we want to identify the key factors affecting the port selection of shippers.

The result shows that inland transit time and maritime distance mainly affect the probability of port selection of shippers negatively and significantly. It means that when the inland transit time (or maritime distance) of the port increases, it will reduce the probability of choosing the port from the shipper. Also, the result of cross elasticity reveals that the most important factor is loading rate if we want to change the port behavior of shippers. By the results of the visualization analysis and the model, we can know that shippers who choose Port of Keelung prefer the port with lower loading rate, faster inland transit time and shorter maritime distance.

**Keywords：Sand and gravel, Port choice, Binary logit model**

# 誌謝

來到交大運管所不知不覺過來兩年了，論文也順利完成了。首先必須感謝指導教授 黃明居老師，謝謝老師帶我們拜訪基隆港港務分公司找尋論文方向，以及每個禮拜撥冗聽我們報告論文進度以及討論論文遇到的問題。在老師的課堂上，除了學習到專業知識外，老師也時常提醒我們要多培養自己的閱讀習慣，可能有一天會為自己說出來的話感到驚訝。也學習到如何用不同面向或角度來看某個問題，並且有邏輯地去解決。在研究所的求學過程，實在是受益良多。同時也必須感謝口試委員 邱裕鈞老師與 曹至宏處長在口試時所給予的建議與指教，讓我的論文可以更加完善。在資料的取得上，必須感謝基隆港務分公司 曹至宏處長與 徐家雯 學姊。無論是砂石碼頭的參訪、實務上的問題以及索取資料，都非常謝謝您們的大力協助。

在研究所的生活，特別是碩二過得緊湊又充實，也謝謝同學和學妹的相伴。謝謝宜庭，在寫論文的這一年，我們總是互相加油還有一起練稿。再來就是同樣來自屏東的雨竹，每次當有羅吉特的問題時，謝謝你總是不會嫌煩地教我或是一起找答案。然而，課業繁忙以及寫論文之餘，謝謝學妹總是一起騎車去探索新竹美食或是出去逛逛，紓解壓力。

最後要謝謝我的父母，願意支持我的決定，讓我可以完成研究所的學業。您們的關心與鼓勵，是我最堅強的後盾，因此將這份榮耀與您們分享。

劉佳慧　謹誌於

國立交通大學運輸與物流管理研究所

中華民國一 ○ 九年八月

# 目錄

**中文摘要 ..... i**

**英文摘要 ..... ii**

**誌謝 ..... iii**

**目錄 ..... iv**

**表目錄 ..... vi**

**圖目錄 ..... vii**

**第一章 緒論 ..... 1**

1.1 研究背景與動機 ..... 1
1.2 研究目的 ..... 6
1.3 研究方法 ..... 7
1.4 研究限制與範圍 ..... 7
1.5 研究流程 ..... 8

**第二章 文獻探討 ..... 10**

2.1 砂石產業的概況與發展 ..... 10
2.2 港口選擇的影響因素 ..... 11
2.3 離散選擇模式(Discrete Choice Model) ..... 14
2.3.1 隨機效用理論(Random Utility Theory) ..... 14
2.3.2 二元羅吉特模式(Binary Logit Model) ..... 14
2.3.3 彈性分析 ..... 15
2.4 小結 ..... 15

**第三章 北部地區砂石貨主港口選擇模式建立 ..... 17**

3.1 研究架構 ..... 17

3.2 北部地區砂石貨主港口選擇模式.....19
3.2.1 模式變數設定.....19
3.2.2 效用函數與二元羅吉特模式.....22
3.3 範例.....23

**第四章 實證研究 – 以北部砂石業者為例.....25**

4.1 基隆港與台北港砂石碼頭營運概況.....25
4.2 基隆港與台北港砂石貨運資料蒐集.....27
4.3 基隆港與台北港砂石貨運資料基本分析.....29
4.4 模式推估.....40
4.5 彈性分析.....44

**第五章 結論與建議.....46**

5.1 結論.....46
5.2 建議.....47

**參考文獻.....49**

# 表目錄

表 2.1 港口選擇相關影響因素之文獻比較.....13
表 3.1 變數說明.....21
表 3.2 共生變數預期相關性.....22
表 3.3 範例模式之推估結果.....24
表 4.1 基隆港砂石貨運各起始港之總趟數與砂石總量.....30
表 4.2 台北港砂石貨運各起始港之總趟數.....39
表 4.3 各模式的使用變數.....41
表 4.4 模式一的推估結果.....41
表 4.5 模式二之推估結果.....42
表 4.6 模式三之推估結果.....42
表 4.7 模式四之推估結果.....43
表 4.8 模式五的推估結果.....43
表 4.9 陸運時間彈性分析結果.....45
表 4.10 海運距離彈性分析結果.....45
表 4.11 裝卸費率彈性分析結果.....45

# 圖目錄


圖 1.1　2014 至 2018 年台灣各地區砂石需求.....2
圖 1.2　2018 年各地區砂石供應來源比例.....3
圖 1.3　2017 年至 2019 年北部地區港口砂石裝卸量.....4
圖 1.4　台北港砂石貨運與散雜貨裝卸量.....5
圖 1.5　基隆港砂石貨運與散雜貨裝卸量.....5
圖 1.6　本研究之地理範圍.....8
圖 1.7　研究流程.....9
圖 2.1　台灣砂石產銷供應鏈架構圖.....10
圖 3.1　研究架構.....17
圖 3.2　砂石貨主港口選擇模式之執行步驟.....19
圖 4.1　基隆港砂石之運送流程.....25
圖 4.2　台北港砂石運送流程.....26
圖 4.3　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(A 船).....31
圖 4.4　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(B 船).....31
圖 4.5　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(C 船).....31
圖 4.6　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(D 船).....32
圖 4.7　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(E 船).....32
圖 4.8　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(F 船).....33
圖 4.9　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(G 船).....33
圖 4.10　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(H 船).....33
圖 4.11　基隆港砂石貨運種類之比例.....35
圖 4.12　基隆港各砂石種類貨主之比例.....35
圖 4.13　基隆港砂石貨主所在行政區之分布.....36
圖 4.14　各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形.....36
圖 4.15　各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(東砂).....37
圖 4.16　各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(陸砂).....37
圖 4.17　各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(菲砂).....38
圖 4.18　台北港砂石貨運起始港之比例.....39
圖 4.19　台北港砂石貨主所在行政區之分布.....40

# 第一章　緒論

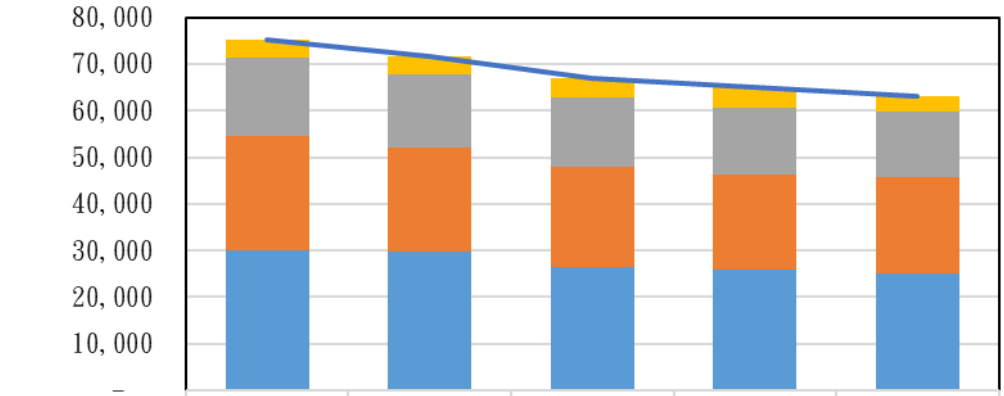
## 1.1　研究背景與動機

砂石為建築與工程最基本的原物料，台灣自產砂石的供應來源分為陸上砂石與河川砂石。陸上砂石主要來自礦區礦石與營建剩餘土石，而河川砂石大多源於河川疏濬與水庫清淤工程。早期台灣多仰賴本島河川砂石與營建剩餘土石。然而，隨著積極的都市開發，加速地方建設的發展，致使營建工程對砂石的需求量大幅提升。同時，由於河防安全與河川環境保護意識抬頭，台灣西半部的河川開始禁止或限制開採砂石，導致砂石的供應量下降。造成西部地區的河川逐漸無法負荷如此大量的砂石需求，台灣西半部地區開始出現砂石供需不平衡之問題。為解決該問題，經濟部於 1995 年提出「砂石開發供應方案」，東砂西運為該方案的策略之一。以東部地區的砂石(以下簡稱為東砂)平衡西半部地區砂石供應短缺之問題。由於北部地區對東砂的需求量最大，故有東砂北運之稱。為落實東砂北運的政策，1993 年淡水國內商港(台北港前身)興建兩座砂石碼頭。之後台北港以輔助基隆港分散貨物裝卸量為由，在 1999 年正式營運。除了東砂的跨區供應外，在 1997 年政府開放進口中國砂石(以下簡稱為陸砂)來補足北部地區砂石的供應量。目前台灣進口砂石的來源多仰賴中國，其次為菲律賓。

近年來，台灣對於砂石的需求趨向平緩，總需求量約在六至七千萬公噸左右。經濟部礦物局 (2019)所發表的「砂石穩定供應推動方案」，鑒於台灣砂石資源產出條件已隨時空背景改變，未來六年砂石的年需求量落在 7,400 萬噸上下。在北、中、南、東四個地區，以北部地區的砂石需求量居冠，其次依序為中部地區、南部地區及東部地區(如圖 1.1 所示)。然而，台灣國內砂石供應量則會隨該年河川疏濬量而有所浮動，需要透過進口國外砂石滿足需求。因此，觀察各地區砂石供應來源的結構比例，可以發現在四個地區當中，北部地區自產砂石不足的情形最嚴重(圖 1.2 所示)。

經濟部礦務局每年皆會追蹤台灣各區砂石的供需情況與砂石價格，提出改善建議與解決方案。在「砂石開發供應及砂石長期穩定供應策略政策評估說明書」中，提出台灣砂石供需的缺口，應以自主供應為原則，進口砂石為輔(經濟部礦物局，

2016)。希望加強陸上土石的開採，增加台灣自產砂石的供應量，補足近年限制開採河川砂石所銳減的供應量。在 2019 年所核定「砂石穩定供應推動方案」，期望提升台灣砂石自主供應能力，以落實砂石供需平衡。該方案認為砂石資源應多元有序供應，以河川砂石與營建剩餘土石為主要供應來源，再以進口砂石為輔，後續才考慮礦區碎石與陸上土石的開採，但前提為必須確保環境與生態保育不被破壞，方可進行(經濟部礦物局，2019)。由於陸上土石的開採限制較為嚴格，故目前台灣自產砂石仍以河川砂石與營建剩餘土石為主。




| | 2014年 | 2015年 | 2016年 | 2017年 | 2018年 |
|---|---|---|---|---|---|
| 東部地區 | 3,598 | 3,893 | 4,004 | 4,483 | 3,284 |
| 南部地區 | 16,993 | 15,647 | 14,744 | 14,196 | 14,205 |
| 中部地區 | 24,323 | 22,479 | 21,656 | 20,447 | 20,661 |
| 北部地區 | 30,156 | 29,631 | 26,398 | 25,926 | 25,001 |
| 總需求量 | 75,070 | 71,650 | 66,802 | 65,052 | 63,151 |

（單位：千公噸）

圖 1.1　2014 至 2018 年台灣各地區砂石需求

資料來源：經濟部礦物局土石管理組 (2015、2016、2017、2018、2019)

然而，北部地區多數河川已禁止開採砂石，例如台北市的河川皆已全面禁止開採砂石。在河川疏濬量有限的情況下，雖有營建剩餘土石作為砂石的供應，仍無法滿足北部地區對於砂石的需求量，致使該區砂石供需失衡之問題更甚嚴重。為解決該問題，需透過台灣其他地區的砂石(亦即跨區砂石)或進口砂石作為調節。輸入北部地區的跨區砂石主要為東砂，中部地區的砂石(以下簡稱為中砂)則占少部分，而南部地區的砂石雖成本較低，卻因運輸成本過高，無法成功進入北部的砂石市場。針對北部地區砂石供需不平衡之問題，王偉光 (2016)也提出台灣地區自產砂石供需仍有區域性供應失衡的狀態，尤其以北部地區為更加嚴重，需仰賴多元化的砂石

料源供應調節，並佐以進口砂石補充不足。在 107 年度「砂土石產銷調查報告」顯示，目前北部地區砂石供應來源的比例依序為區內自銷(42%)、進口砂石(32%)、礦區礦石與批註土石(10%)、東砂北運(8%)，最後為中砂(8%)(經濟部礦務局土石管理組,2019)。從上述可見，跨區砂石與進口砂石占北部地區將近一半的砂石供應量，其中以進口砂石居多。但針對目前北部地區砂石供應源之比例，王偉光 (2016)認為北部砂石的供應短缺不應強烈依賴進口砂石，而是可加強跨區砂石的供應，特別是東砂，進口砂石僅做為調節之用。

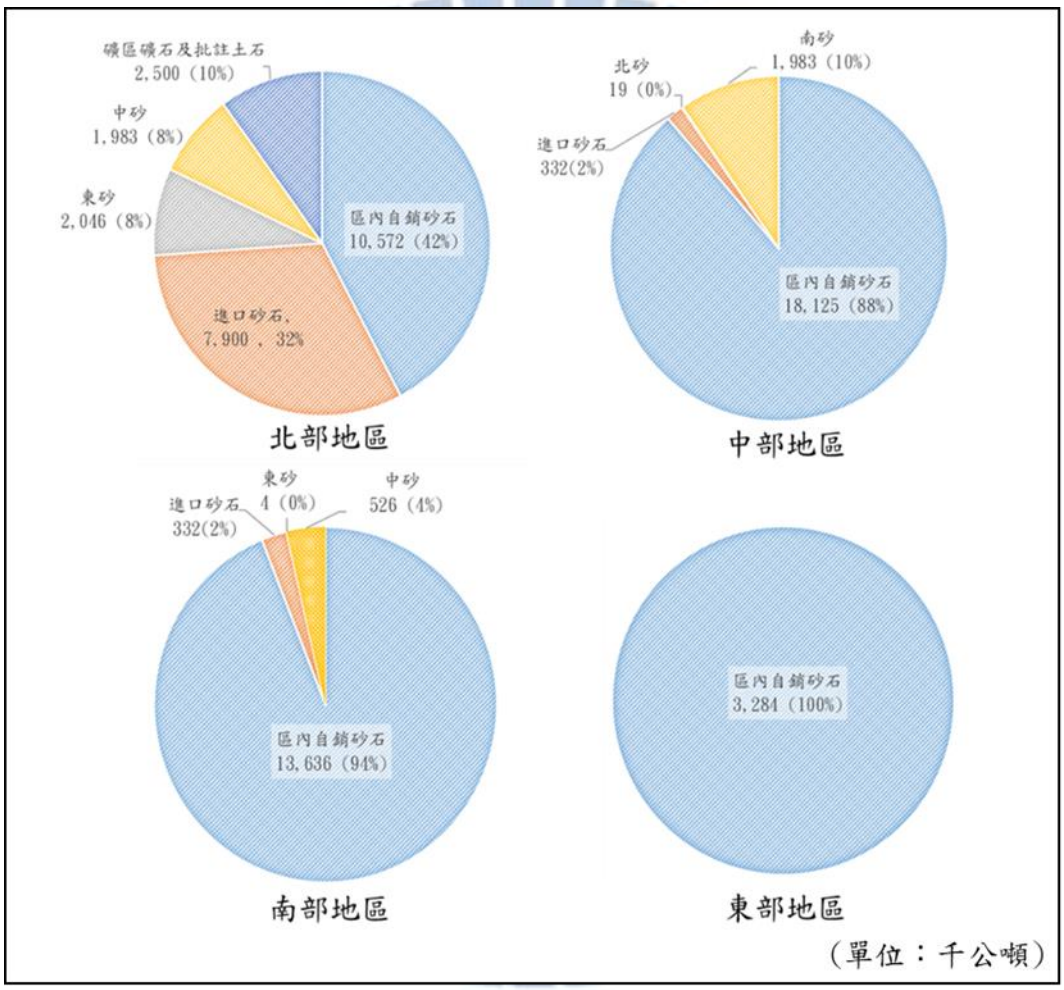



圖 1.2　2018 年各地區砂石供應來源比例

資料來源：經濟部礦物局 (2019)

跨區砂石除了使用海上運輸，亦可透過陸上運輸或鐵路運輸送至北部地區。由於砂石為低附加價值的貨物，致使砂石貨主將運輸成本做為決策運送模式的因素之一。因此來自不同地區的跨區砂石，其運輸模式也有差異，例如中砂是透過公路運輸送至北部地區。反觀東砂，由於政府實施東砂北運之政策，持續提供東砂北運

裝卸管理費率優惠，故東砂主要仍透過海上運輸送至北部地區的港口。在 1999 年台北港尚未正式啟用前，透過海上運輸送至北部地區的東砂，皆經由基隆港轉運。隨著台北港開始營運，部分砂石逐漸轉移至台北港。然而，根據經濟部礦務局近三年來的統計，發現東砂逐漸遷回至基隆港，有九成的東砂透過基隆港進行裝卸，台北港僅占少數的東砂裝卸量(如圖 1.3 所示)。

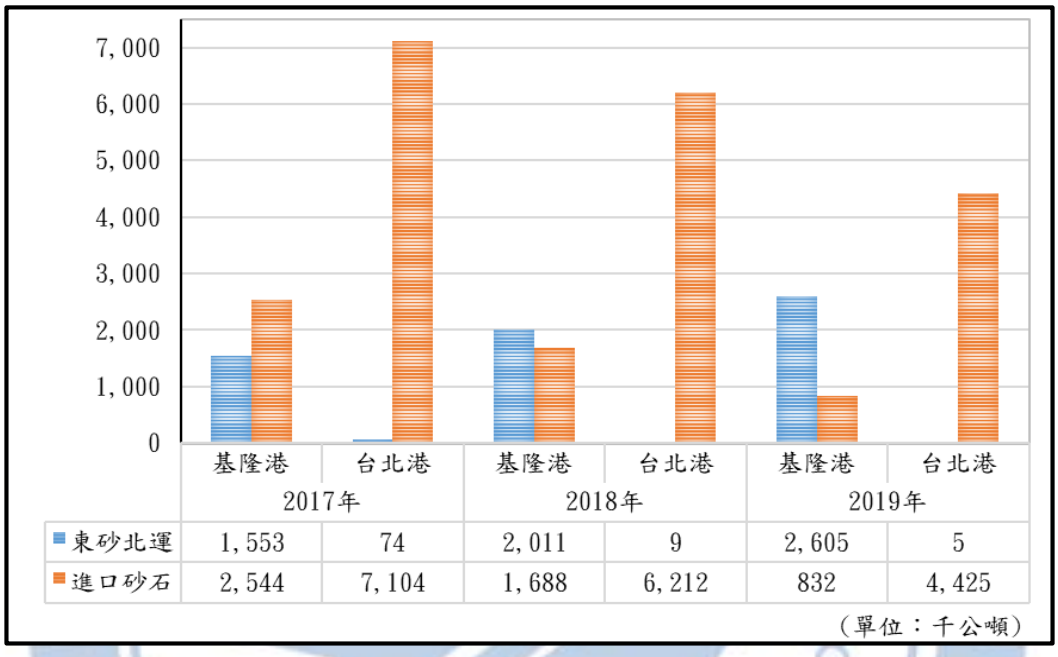



圖 1.3　2017 年至 2019 年北部地區港口砂石裝卸量

資料來源：經濟部礦務局 (2020)

台北港主要的砂石貨運以進口砂石為大宗，這些進口砂石多數來自中國大陸，其次為菲律賓等東南亞國家。針對東砂遷回至基隆港的現象，政府與砂石相關業者將問題主要歸咎於，第一散雜貨中心在 2007 年取得的東砂優先停靠權，也就是台北港的東砂貨運優先透過第一散雜貨中心進行裝卸，後來因為東砂北運的營運量減少，導致第一散雜貨中心未達成與基隆港務分公司所協定的保證運量，並且調漲砂石貨運的裝卸費率。

圖 1.4 與圖 1.5 分別為兩港砂石貨運量與港口散雜貨裝卸量的比例，可以得知台北港的砂石運量約占該港散雜貨裝卸量的一半，基隆港的砂石貨運約占該港散雜貨總裝卸量的七成。雖然基隆港的砂石裝卸量少於台北港，但砂石貨運仍是基隆港散雜貨運中相當重要的業務。

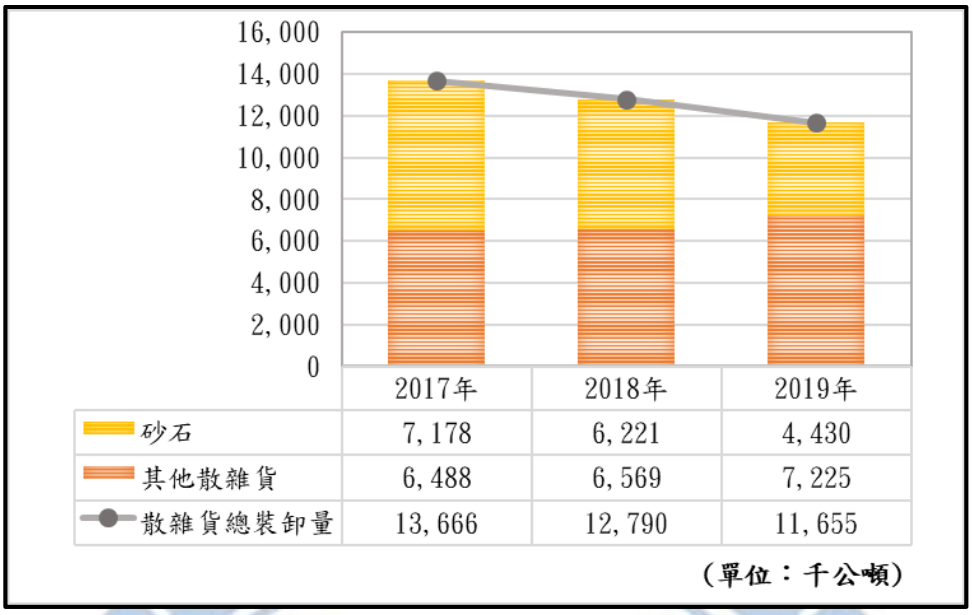



圖 1.4 台北港砂石貨運與散雜貨裝卸量

資料來源：經濟部礦物局 (2020)

台北港營運處 (2020)

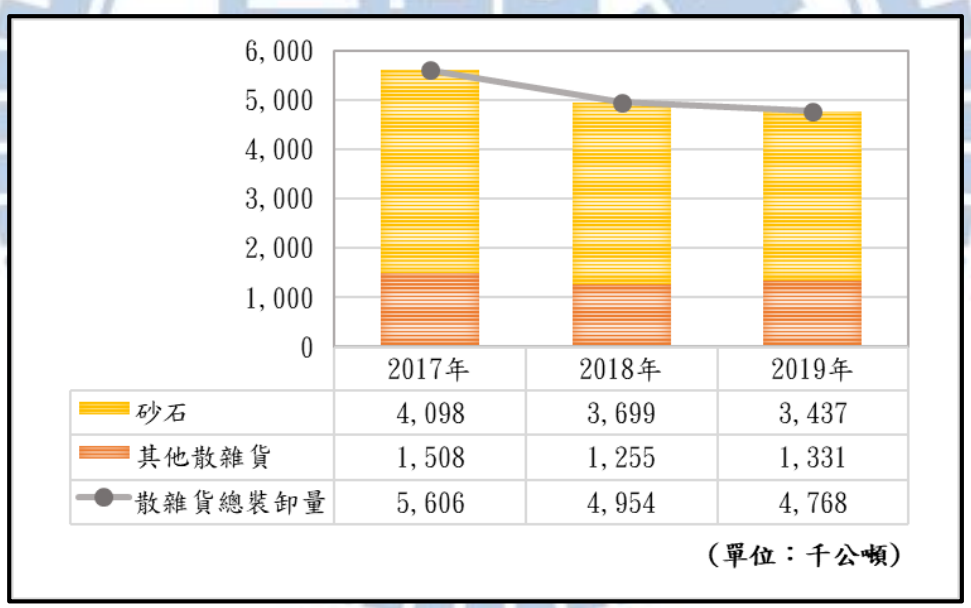



圖 1.5 基隆港砂石貨運與散雜貨裝卸量

資料來源：經濟部礦物局 (2020)

基隆港務分公司 (2020)

綜上所述，目前台灣北部地區的砂石供應量仍無法滿足該區所有需求，必須引進東砂或進口砂石，以維持北部地區砂石供需平衡。面對近年來台北港吞吐量逐漸增加以及自動化設備的建設，大幅提升港口整體的環境與作業效率，促使台灣主要航商與部分散雜貨的貨主陸續從基隆港移至台北港。

就砂石貨運而言，政府與港務公司透過政策與新型設備的投入，增加砂石貨主選擇台北港的誘因。近年來，陸砂的開採量逐漸減少，進口砂石的運量下降導致北部地區砂石需求缺口更大(王韋婷，2019)。加上台北港東砂運量的比例極少(如圖1.3 所示)，為落實台北港建港目的，港務公司期望透過短期政策，提升東砂至台北港的運量(行政院公共工程委員會，2019)。考量前述的兩個因素，港務公司於今年開始實施為期兩年的「提升台北港東砂北運量短期振興專案」。該專案實施後，東砂船可依其意願，指定要停靠第一散雜貨中心或第二散雜貨中心，而經由第二散雜貨中心裝卸的東砂無須加收 18.84 元/噸的管理費(何國豐，2020)。該專案的原意雖是希望提升台北港東砂的運量，減少北部地區對進口砂石的依賴，卻可能會誘發基隆港原有的東砂貨主轉移至台北港。

就整個北部地區跨區與進口砂石的系統而言，最不可或缺的角色就是砂石貨主，貨主才是真正的港口使用者。面對基隆港砂石貨運遷至台北港的議題，砂石貨主所抱持的態度為何？以及砂石貨主在選擇港口時，其考慮的因素與選擇標準為何？若未來基隆港為改善砂石碼頭的作業環境，增設與台北港相似的自動化砂石裝卸儲運系統。考量裝卸設備的設置成本，基隆港務分公司會調整該港的砂石裝卸費。對於北部地區砂石貨主來說，砂石裝卸費率調升是否會影響港口選擇？

然而，在台灣跨區砂石與進口砂石的相關研究中，過去並無文獻分析北部地區的砂石需求分布情形，以及探討砂石貨主的港口選擇偏好或實際的港口選擇行為。因此本研究欲使用視覺化軟體，掌握北部地區對於基隆港東砂與進口砂石的需求分布情形，並建構北部地區砂石貨主的港口選擇模式。進而探討這些砂石貨主港口選擇的考量因素，以及分析裝卸費率的調升是否會影響貨主的港口選擇行為。最後結合砂石貨運的需求分布情形與砂石碼頭的營運狀況，探討基隆港砂石貨主的港口選擇偏好，作為港務公司擬定砂石貨運政策之參考。

## 1.2 研究目的

根據上一節的研究背景與動機，將本研究擬定五個欲探討的問題，並依序列點如下。

1. 探討基隆港與台北港砂石貨運的運送模式。
2. 分析基隆港砂石貨主對東砂與進口砂石的需求分布情形。

3. 以二元羅吉特模式探討影響北部地區砂石貨主港口選擇的重要因素。
4. 探討基隆港砂石貨主之港口選擇偏好。
5. 分析港口裝卸費率調升是否影響北部地區砂石貨主的港口選擇行為。

## 1.3 研究方法

本研究欲建立北部地區砂石貨主的港口選擇模式，探討影響北部地區砂石貨主的港口選擇因素。首先將針對基隆港與台北港的砂石資料進行探索式分析(Exploratory Analysis)。透過視覺化軟體 Tableau，分析基隆港砂石貨運在北部地區的分布情形。為探討砂石貨主選擇港口的因素，使用二元羅吉特的模式，建構北部地區砂石貨主的港口選擇模式。最後，針對模式的推估結果進行彈性分析，探討砂石貨主港口選擇影響因素的重要程度。並透過彈性分析，探討未來基隆港來若建構自動化裝卸設備後，裝卸費率的調升如何影響貨主的港口選擇。

## 1.4 研究限制與範圍

本研究著重於探討北部地區砂石貨主的港口選擇行為，瞭解砂石貨主的選擇偏好，並作為港務公司擬定砂石政策之參考。因此在砂石運輸模式上，本研究僅針對透過海上運輸送至港口，再由砂石車完成最後一哩的配送方式。跨區運至北部地區的砂石主要為東砂與進口砂石，而中砂僅占少部分。相較於東砂與進口砂石，中砂皆透過公路運輸送至北部地區。由於本研究欲探討經由海上運輸送至北部地區的砂石，故將研究對象限制於將東砂與進口砂石運至台北港或基隆港的砂石貨主。

本研究將空間範圍訂定於北部地區，由於新竹縣市的砂石來源主要為區內自產與中部砂石。因此本研究所定義的北部地區不包含新竹縣市，僅包括基隆市、台北市、新北市與桃園市，共四縣市(如圖 1.6 所示)。本研究將使用 2019 年基隆港砂石貨運的歷史資料，以及選擇部分台北港砂石貨主的資料，皆為顯示性偏好資料。由於資料的特性，僅能針對貨主實際的港口選擇行為進行討論，無法像敘述性偏好資料一樣，透過未發生的情境組合，來探討砂石貨主選擇港口的偏好。

圖 1.6 本研究之地理範圍

除此之外，由於本文使用離散選擇理論的二元羅吉特模式作為研究方法，考量該模式的假設限制，替代方案間不具相等效用且決策者將選擇效用最大的替代方案。該假設限制也使每位砂石貨主僅能選一個港口，舉例來說，在資料的期間內，同一位砂石貨主不能同時選擇基隆港和台北港。因此，當資料出現某砂石貨主兩個港口都有選擇的情況時，本研究僅能為其選出一個港口。詳細的選擇標準會在第四章說明。

## 1.5 研究流程

本研究的架構如同圖 1.7 研究流程之順序，並依序說明如下。

1. 北部地區砂石產業之現況：介紹北部地區的砂石供需市場的現況與砂石貨運的相關政策。
2. 確立研究目的：根據北部地區砂石貨運的現況，將基隆港與台北港砂石貨運作為研究方向，並確立研究問題。
3. 界定研究範圍：根據研究目的，將研究對象鎖定於基隆港與台北港的砂石貨主，而含括基隆市、台北市、新北市與桃園市的北部地區為空間範圍。
4. 相關文獻回顧：整理砂石產業與港口選擇的相關文獻，透過這些文獻瞭解台灣北部地區砂石貨運的供應鏈、砂石供應的相關政策，以及國內外港口選擇的研究。文獻來源為 Google 學術搜尋、台灣碩博士論文知識加值系統及 Science Direct。除此之外，本研究亦參考經濟部礦物局針對砂石產業的統計分析與報

告書。

5. 基隆港與台北港砂石貨運分析：將基隆港與台北港砂石資料進行探索式分析，並且透過視覺化軟體呈現基隆港東砂與進口砂石貨運在北部地區的分布情形。
6. 建立二元羅吉特模式：根據文獻探討的結果，選擇出符合砂石貨主的港口選擇影響因素，並建構北部地區砂石貨主港口選擇的模式。接著進行模式的推估，並根據推估結果執行彈性分析。
7. 探討分析結果：整理二元羅吉特模式所分析的結果，並核對其與先前文獻是否有相似或相異之處，並提出合理的解釋。
8. 結論與建議：根據分析結果回應研究目的，並對於研究不足之處提出建議。

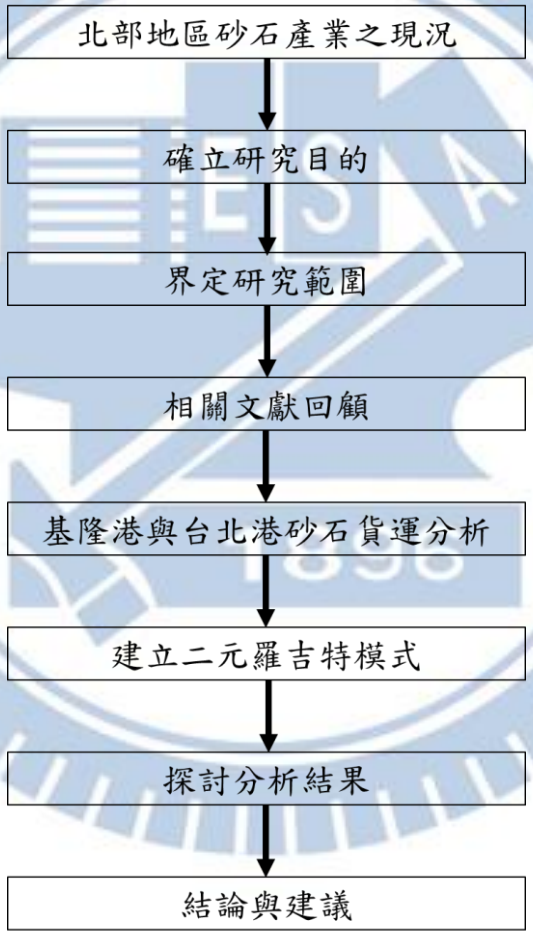



圖 1.7 研究流程

# 第二章　文獻探討

## 2.1 砂石產業的概況與發展

根據經濟部礦務局 (2019)所提出的台灣砂石產銷供應鏈架構(如圖 2.1 所示)，將台灣砂石來源分為陸上砂石、河川砂石以及進口砂石三大類，並經由土石資源處理場或砂石碎解洗選場的處理成砂石原料，接著將砂石原料運送至水泥加工廠、瀝青拌合廠或預拌混凝土廠進行加工，最後提供給民間營建工程與公共工程使用。

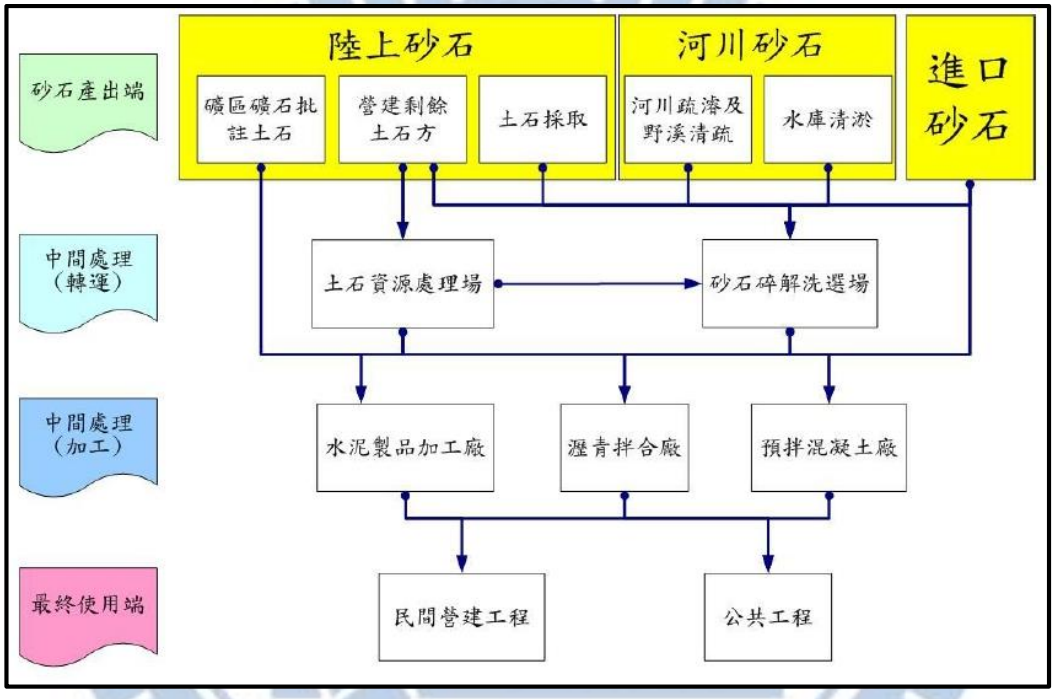



圖 2.1 台灣砂石產銷供應鏈架構圖

資料來源：經濟部礦物局土石管理組(2019)

由於過去西部地區過度開採河川砂石，基於河防安全與河川保護，在 1989 年政府開始禁止淡水河流域開採砂石後，陸續禁止或限制西部地區的其他河川開採砂石。鑒於河川砂石的供應量減少，為確保台灣各區砂石供需的平衡，在 1995 年經濟部提出「砂石開發供應方案」，希望減少對於河川砂石的依賴並尋求多元化的砂石來源。其中為滿足西部地區的砂石需求，推動東砂西運與開放進口砂石為該方案的策略之一，並延續至今。由於東部地區的砂石市場呈現供大於需的現象，因此提出跨區運送砂石的策略，將東部地區的河川砂石轉運至西半部地區，以調節西半部地區的砂石供應不足問題。然而，東砂西運所涵蓋的運送範圍可再細分為東砂北

運與東砂南運，其中以北部地區的運量最大，因此經常以東砂北運之名，作為整個政策的代表(戴子純,2007)。東砂西運的運送模式主要分為鐵路運輸、船舶以及公路運輸。特別是在東砂北運的砂石運送模式，學者指出東砂北運及陸砂，皆以船運為主要運輸工具，藉由海陸聯運及港埠作業，提供北部地區貨主所需之砂石。砂石運輸詳細的作業流程為，將東部地區河川砂石於河中採取後，經碎解洗選場處理分類，再送往碼頭的砂石堆置場存放，待船舶進港後，將砂石裝載上船並送至基隆港或台北港進行船邊提貨，最後由砂石車運送至傭船人堆置場、工地或預拌混凝土廠(王傳偉, 2006)。

經濟部礦務局土石管理組 (2019)在 107 年度「砂土石產銷調查報告」中，提出中國以外的國家（如菲律賓、越南等），其砂石因運輸成本遠高於陸砂，較不具價格競爭力。因此，基於價格考量，目前台灣進口砂石的來源主要為中國大陸，其次為菲律賓。

## 2.2 港口選擇的影響因素

Vega et al. (2019) 認為若要制定合適的港口相關政策，在政策制定前，必須先瞭解進出口商的港口選擇行為，方可提出更貼切實際問題的解決方法，以提升港口的作業效率並且降低物流成本。Moya &Valero (2017) 指出港口選擇的主要決策者可能為貨主本身，亦或是貨主將港口選擇的權利交付給航運公司或貨運承攬業者。隨著決策者不同，在面臨港口選擇時，所考慮的因素也可能有差異。即使考慮因素相同，也會隨著決策者的不同，其所考慮因素的優先順序也可能有所改變。特別是大宗散裝貨物通常以不定期船的方式運送，故此類貨主多具有港口選擇的主導權，其港口選擇行為亦較固定(黃承傳和謝大偉，2006)。因此，在探討港口選擇行為之前，必須先確立港口選擇的重要決策者是誰，並以該決策者的角度進行港口選擇的相關分析。

在資料型態上，Tongzon &Sawant (2007) 為評估航商的港口選擇行為，分別使用顯示性偏好資料(revealed preferences data)以及敘述性偏好資料(stated preferences data)，結果顯示這兩種資料所呈現的結果有所差異，在顯示性偏好資料的部分，航商較重視的因素為港口費用及港口多元的服務，而敘述性偏好資料顯示，航商最注重港口效率，其次為港口費用、港口連接度、港口位置與港口基礎建設。由此可知，資料型態的不同會使這些因素的重要性產生變化。

若想探討不同決策者的港口選擇行為，必須先掌握決策者所重視的港口選擇因素。Castelein et al. (2019) 透過文獻回顧，整理出一個港口選擇行為的架構，認為港口特色、港務局政策會影響貨主的港口選擇，而貨主的港口選擇又與相關業者的策略以及港口績效相互影響。Tongzon (2009) 對韓國的貨運承攬業者進行問卷調查，以探討貨運承攬業者在港口選擇的考量因素為何，研究結果顯示最重要因素為港口效率，其次依序為航次、合適的港口建設、港口位置、港口費用、快速回應港口使用者的需求與貨物損毀的聲譽。鄭聯芳 (2005)以貨櫃航商的觀點，建立台灣地區港口選擇模式，結果指出港埠費用、裝卸效率、陸運費率與陸運時間皆會影響貨櫃航商的港口選擇行為。Chou (2010) 為研究航商在多港口區域的港口選擇，透過層級分析法，探討航商在基隆港、台中港與高雄港三港之間的港口選擇行為。該研究將影響航商港口選擇的因素分為六個標準，分別為港口費用、港口營運效率、裝卸效率、櫃場規模與效率、腹地經濟以及泊位深度，結果顯示航商較重視貨櫃船泊位深度、港口費用與港口裝卸效率。

有別於航商與貨運承攬業者，Vega et al. (2019) 透過羅吉特模式分析哥倫比亞貨主的港口選擇行為，結果顯示陸運費率、海運費率、港口費用、船舶到港頻率、海運時間、貨櫃與否以及港口是否位於太平洋之考量因素最為重要。其中，陸運費率、海運費率、港口費用、海運時間皆呈現顯著負相關。Tiwari et al. (2003) 使用羅吉特模式探討中國貨主的港口選擇行為，結果發現陸運距離、港口擁擠程度皆呈現顯著負相關，而航商的船隊規模與港口泊位數量對於貨主的港口選擇具有顯著正相關。隨著港口公權力的下放，開始出現港口私有化。Steven &Corsi (2012) 認為多數港口選擇的研究並未考慮港口營運者所控制的港口特色，如港口生產力、費用與管理方式等，因此該研究在港口選擇模式中加入這些因素。從上述可發現多數港口選擇的文獻皆著重於貨櫃相關的港口選擇，較少探討散裝貨主的港口選擇行為。黃承傳和謝大偉 (2006)分別對化學品、油品與煤炭的散裝貨主進行問卷調查，依據貨主種類建構各自的羅吉特模式，結果顯示港埠裝卸倉儲費用、陸運費用、陸運時間與貨物裝卸毀損率，皆會對散裝貨主的港口選擇行為產生顯著負相關，而港埠裝卸效率則呈現顯著正相關。最後，本研究根據上述港口選擇的文獻，整理出各文獻所使用的影響因素(如表 2.1 所示)。

表 2.1 港口選擇相關影響因素之文獻比較

| 作者<br>(年份) | 研究<br>方法 | 主要<br>決策者 | 影響因素 |
|---|---|---|---|
| Tiwari et al. (2003) | 羅吉特模式 | 貨主 | 陸/海運距離、到港頻率、港口可裝卸的總 TEU 數、泊位數量、起重機數量、港口水深以及港口的聯外道路。 |
| Tongzon &Sawant (2007) | 邏輯迴歸 | 航商 | 港口位置、港口費用、港口效率、港口基礎建設、港口連接度、港口服務多元性與貨物規模。 |
| Tongzon (2009) | 問卷調查 | 貨運承攬業者 | 港口位置、港口費用、到港頻率、裝卸效率、港口適當的基礎建設、貨物毀損聲譽與港口對使用者需求的快速回應。 |
| Chou (2010) | 層級分析法 | 航商 | 陸運成本、引水費用、貨櫃裝卸費、船舶噸稅、到港頻率、平均裝卸效率、裝卸設備數量、櫃場效率、海關效率、港口靠泊時間長度、進出口貨櫃數量、港口基礎建設狀態、港口安全性、櫃場大小、櫃場營運策略、複合運具的連結、政府投資政策、貨櫃船泊位租金、泊位數量與泊位深度。 |
| Steven &Corsi (2012) | 羅吉特模式 | 貨主 | 到港頻率、起重機生產率、港口擁擠、碼頭私有化以及到港船舶的平均大小。 |
| Moya &Valero (2017) | 文獻回顧 | 貨主/航商/貨運承攬業者 | 港口位置、港口費用、港口績效以及港口與腹地的連接性。 |
| Vega et al. (2019) | 羅吉特模式 | 貨主 | 陸運距離、陸/海運時間、陸/海運費率、港口是否位於太平洋、港口費用、到港頻率、港口水深、船舶大小、貨櫃與否與貨物種類。 |
| Castelein et al. (2019) | 文獻回顧/德菲法 | 貨主 | 港口位置、港口費用、港口效率、碼頭績效、港口市占率、港口吞吐量、港口可及性、腹地的連結度、貨物附加價值與貨運承攬業者的策略。 |
| 鄭聯芳 (2005) | 羅吉特模式 | 航商 | 陸運時間、陸運費率、港口費用與裝卸效率。 |
| 黃承傳和謝大偉 (2006) | 羅吉特模式 | 貨主 | 陸運時間、陸運成本、裝卸倉儲費用、裝卸效率、裝卸毀損率與貨主社經屬性。 |

## 2.3 離散選擇模式(Discrete Choice Model)

離散選擇模式的概念為，從有限的替代方案中，個體必須選出一個替代方案。離散選擇模式多用於探討個體的選擇行為，因此該模式也稱為個體選擇模式。一開始 Ben-Akiva &Bierlaire (1999) 整理出離散選擇模式的架構包含四大要素，分別為個體(即決策者)、替代方案、替代方案的屬性以及個體的決策規則。因此在建構離散選擇模式前，必須先將這四大要素確立清楚。透過離散選擇模式，可以瞭解決策者如何在不同的替代方案屬性的條件下，進行選擇。該模式導源於隨機效用的概念，並假設個體必會選擇效用最大的替代方案(Ortúzar S. &Willumsen, 2011)。

### 2.3.1 隨機效用理論(Random Utility Theory)

當個體需在多個替代方案中做出決策時，離散選擇模式會假設個體以效用最大化為目標，選擇一個最大效用的替代方案。因此，離散選擇模式會使用到隨機效用理論，評估個體 i 選擇替代方案 j 的效用。效用函數必須考慮替代方案的屬性以及個體的特性，將此視為變數。除此之外，替代方案的屬性可分為共生變數(Generic variable)與方案特定變數(Alternative specific variable)。效用函數包括可測量的確定性效用(Deterministic Utility) $V_{ji}$和不可測量的隨機性效用(Stochastic Utility)，即為誤差項 $\varepsilon_{ji}$，可表示如式(2.3.1.1)：

$$U_{ji} = V_{ji} + \varepsilon_{ji} \tag{2.3.1.1}$$

除此之外，可測量的確定性效用將以線性函數表示，如式(2.3.1.2)：

$$V_{ji} = \sum_k \beta_{jk} x_{jki} \tag{2.3.1.2}$$

在式(2.3.1.2)中，$x_{jki}$為當個體 i 選擇替代方案 j 的屬性 k 之值，而$\beta_{jk}$則表示待校估的變數參數。因此，當個體 i 根據效用最大化的假設，選擇效用最大的替代方案 j 時，則可被表示為式(2.3.1.3)或式(2.3.1.4)：

$$U_{ji} \geq U_{ni}, \forall n \neq j \tag{2.3.1.3}$$

$$V_{ji} - V_{ni} \geq \varepsilon_{ni} - \varepsilon_{ji}, \forall n \neq j \tag{2.3.1.4}$$

### 2.3.2 二元羅吉特模式(Binary Logit Model)

由 McFadden 在 1973 年發展出條件羅吉特模式(Conditional Logit Model)，亦為多項式羅吉特模式(Multinomial Logit Models, MNL)，該模式延續 Luce 於 1959

年所提出方案間互相獨立(Independence of Irrelevant Alternatives)的假設。當多項式羅吉特模式的替代方案僅兩種時，即為二元羅吉特模式。另一方面，二元羅吉特模式具有延續性，亦可拓展為多項式羅吉特模式。羅吉特模式假設決策者會選擇最大效用的替代方案，因此決策者 i 選擇替代方案 j 的機率可表示為式(2.3.2.1)和式(2.3.2.2)：

$$P_{ji} = P\left(U_{ji} \geq U_{ni}\right) \tag{2.3.2.1}$$

$$= P\left(V_{ni} - V_{ji} \leq \varepsilon_{ji} - \varepsilon_{ni}\right) \tag{2.3.2.2}$$

羅吉特模式將誤差項假設為羅吉斯特分布(Logistically Distributed)，也就是假設誤差項為互相獨立且分配相同的 Gumbel 分配(Independent Identically Gumbel Distributed)。考量誤差項的假設，可將決策者 i 選擇方案 j 的機率表示為式(2.3.2.3)：

$$P_{ji} = \frac{e^{\mu V_{ji}}}{e^{\mu V_{ji}} + e^{\mu V_{ni}}} \tag{2.3.2.3}$$

有關二元羅吉特模式之推估，是針對效用函數中各變數的參數進行校估。一般校估的方法為最大概似估計法(Maximum Likelihood Estimation, MLE)。透過此法，可建立與資料相符的分布函數。然而，最大概似函數通常為非線性函數，故需透過尋優法則進行求解。由此法所推估的係數值具有一致性、有效性與充分性，但不一定具有不偏性。然而，偏誤會隨著樣本數增加而大幅減少，因此當樣本數趨於無限大時，最大概似估計值將趨近於常態分配(張紹勳，2018)。

### 2.3.3 彈性分析

為探討模式中每一變數的改變對於方案選擇機率的影響情形，故進行彈性分析。彈性分析可分為直接彈性與交叉彈性，直接彈性為當某一替代方案的效用函數，其中一個變數改變 1%時，選擇該替代方案的機率所變動的百分比(%)。交叉彈性則為當某一替代方案的效用函數，其中一個變數改變 1%時，決策者選擇其他替代方案機率變動的百分比(%)。

## 2.4 小結

根據上述的文獻與政府單位的資料，本研究對台灣砂石產業已有初步概念。有關砂石產業經營的研究，大多著重於東砂西運的成本與砂石供應問題之相關分析。

然而，就北部地區的砂石供應而言，將近一半的砂石需從國外或東部地區輸入，這些砂石多以海上運輸為主，並以基隆港或台北港為轉運點，再透過砂石車配送至最終目的地(貨主端)。

有鑒於港口選擇影響因素的文獻中，相較於貨櫃相關業者港口選擇之研究，較少研究探討散裝貨主的港口選擇行為。根據文獻回顧，可以發現國內外尚未有單獨針對砂石貨主探討其港口選擇行為之研究。因此，本研究欲以北部地區的砂石貨主作為研究對象，探討貨主將東砂或進口砂石運至北部地區的港口選擇行為。在考慮影響港口選擇的因素方面，將參考文獻回顧中所提及的因素，並評估是否適用於本研究的港口特性與砂石貨運的運輸模式中。

為使模式可以更貼切砂石貨主的實際港口選擇行為，本研究將使用顯示性偏好資料。相較於敘述性偏好資料，透過顯示性偏好資料所分析出來的結果可能較符合目前砂石貨主的需求。在研究方法的部分，上述有關港口選擇的文獻，其研究方法主要為羅吉特模式與層級分析法。由於本研究希望透過基隆港務分公司現有的砂石貨運資料代替問卷調查，以探討北部地區砂石貨主的港口選擇行為。雖然缺少一些砂石貨主的詳細資訊，如公司規模大小或資本額，卻可以更完整地掌握該港的砂石貨主。因此為探討北部地區砂石貨主在基隆港與台北港之間的選擇行為、貨主港口選擇的考量因素，以及上述資料型態的限制。本研究選擇離散選擇法，如此既符合砂石貨主可以在有限的港口中做選擇之實際情形，又可以加入貨主港口選擇的考量因素。因此使用二元羅吉特模式，以探討砂石貨主在兩港的港口選擇行為。

在模式變數的選取，主要參考 Vega et al. (2019) 的研究，將地理位置與港口費用兩面向納入本研究的模式中。在地理位置的面向，包含陸運距離、陸運時間與海運時間。相較於貨櫃船的長程運輸，本研究屬於短程的砂石船運輸，因此考量運至兩港的運輸時間差異不大，因此將海運時間轉換為海運距離。該研究指出運輸成本與運輸距離具有高度的相關性，因此本研究以運輸距離代表運輸成本。另外，該研究在貨物種類是以貨櫃與否作為變數，由於本研究的貨物僅為砂石一種，將以砂石種類作為貨物種類此面向的代表變數。為了更符合砂石貨主的選擇模式，本研究也參考黃承傳和謝大偉 (2006)效用函數中的變數，將裝卸費用與裝卸效率納入本研究的模式。透過研究結果，確立有何因素會影響砂石貨主的港口選擇，以及探討砂石貨主對於這些因素的重視程度。

# 第三章　北部地區砂石貨主港口選擇模式建立

## 3.1 研究架構

如前兩章所述，目前北部地區自產砂石減少，需要東砂與進口砂石的供給，以平衡該區砂石市場的供需。考量運輸成本，這些砂石貨運皆透過海上運輸(砂石船)送至北部地區。為探討北部地區砂石貨主港口選擇行為，本研究以台北港與基隆港的砂石貨主作為研究對象。透過文獻回顧，瞭解有關港口選擇的影響因素，選擇合適的因素作為變數，並建構北部地區砂石貨主港口選擇之二元羅吉特模式。使用兩港砂石貨主港口選擇之資料，進行模式推估。透過推估結果，得知北部地區砂石貨主的港口選擇行為，進而探討各變數對砂石貨主港口選擇的相關性與重要性。藉此提出港口吸引砂石貨主的誘因，並結合推估結果以及基隆港砂石貨運的需求分布情形，探討基隆港砂石貨主的港口選擇偏好，作為港務公司擬定砂石貨運政策之參考。本研究所擬定的主要架構如圖 3.1 所示。

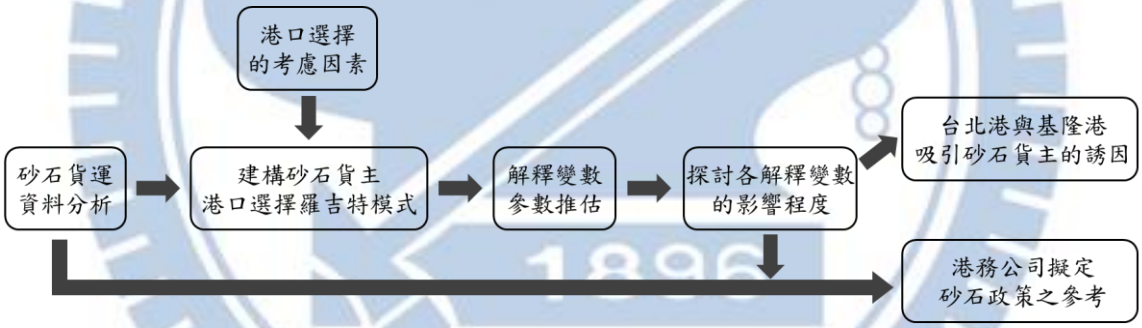



圖 3.1 研究架構

根據研究架構，本研究將依照砂石貨主港口選擇模式之步驟執行(如圖 3.2 所示)。以下將針對每個步驟進行詳細說明。

1. 選擇替代方案：本研究選擇基隆港與台北港作為北部地區砂石貨主港口選擇模式的替代方案，並假設這兩個替代方案具有互相獨立且不相關的性質。
2. 取得砂石貨運的資料：向基隆港務分公司取得 2019 年基隆港砂石貨運的資料，而台北港則是透過 Google 搜尋北部地區預拌混凝土廠、大型砂石批發商與販賣進口砂石的環保公司，作為北部地區的砂石貨運資料，並且瞭解兩港砂石碼頭目前的作業流程。
3. 決定模式的變數：參考港口選擇影響因素之文獻，根據貨主特性與兩港砂石

碼頭實際的營運情形，選出合適的變數。再者，說明各變數對於北部地區砂石貨主港口選擇模式的意義。若有出現連續變數，則需明確定義該變數的單位。

4. 建立模式的效用函數：將第三步驟所選取的變數，分別建立基隆港與台北港的效用函數。
5. 資料處理：制定處理遺漏值的策略，若遺漏值無法透過其他資料差補時，則需考慮刪除。
6. 資料的探索式分析：對兩港的砂石資料進行基本統計分析，以瞭解砂石貨運資料的特性。透過視覺化軟體 Tableau，掌握北部地區各行政區對於基隆港砂石貨運的需求分布。
7. 清洗資料：根據前一步驟的基本統計分析，找出資料中錯誤值或不一致的值並刪除。
8. 模式推估：本研究使用最大概似估計法，透過第七步驟整理好的資料，進行北部地區砂石貨主港口選擇模式的推估。透過從各變數的係數值，探討這些變數如何影響北部地區砂石貨主的港口選擇以及其重要性。
9. 推估的模式參數是否達顯著水準：完成參數推估後，需檢查各變數的參數是否達顯著水準，並將推估的結果與文獻回顧的結果做比較，評估該模式是否合適。若多數參數未達顯著時，則需返回至步驟三，刪除未顯著的變數，並且重新決定北部地區砂石貨主港口選擇模式的變數。
10. 檢定模式結構：使用概似比指標檢定來評估模式的優劣，$\rho^2$可作為適合度指標。$\rho^2$介於 0 到 1 之間，當$\rho^2$越高時，表示模式與資料的配適程度越高。當介於 0.1 至 0.2 之區間，代表該模式具有不錯的解釋能力。
11. 彈性分析：透過彈性分析，探討當改變某替代方案的某一變數 1 單位時，會造成貨主選擇該替代方案的機率改變多少，以瞭解哪些變數對北部地區砂石貨主而言較有影響力。

圖 3.2 砂石貨主港口選擇模式之執行步驟

## 3.2 北部地區砂石貨主港口選擇模式

本研究將根據第二章港口選擇影響因素的文獻與個體選擇模式的基礎理論，建構一個北部地區砂石貨主港口選擇之二元羅吉特模式。因此必須建構基隆港與台北港的效用函數，以及各效用函數所使用的共生變數與方案特定變數。

### 3.2.1 模式變數設定

首先根據離散選擇模式的架構，對模式的情境與變數設定進行說明。

1. 決策者

研究對象為基隆港與台北港的砂石貨主，而本研究將其定義為北部地區砂石貨主，亦為模式中的決策者。本研究假設砂石貨主必須在北部地區的港口中選出一個效用最大的港口進行砂石的轉運。

2. 替代方案

根據研究範圍，本研究將基隆港與台北港設定為模式的替代方案。基於二元羅吉特模式對於替代方案的假設，模式的替代方案間具有獨立且不相關的特性。其中，台北港的砂石碼頭分別由兩家私人裝卸公司代為管理。基隆港的砂石碼頭則由港務公司管理，為公用的砂石碼頭。兩港在砂石的裝卸設備、裝卸費率以及提領方式皆有差異。有關台北港與基隆港的管理方式與營運情形將在第四章詳細說明。

3. 變數

效用函數為方案特定常數與共生變數所組成的線性加權函數。在離散選擇模式中，效用函數為二元羅吉特模式的基礎。因此，在建立效用函數之前，並須先清楚定義變數，以下將針對各變數詳細說明。

(1)方案特定常數

效用函數中包含無法量測的隨機效用，亦即誤差項。透過方案特定常數，可吸收方案間無法量測的變數的差異，解決系統性的誤差。故本研究將砂石貨主選擇基隆港的情形設定為 1，選擇台北港設定為 0。

(2)共生變數

本研究效用函數的共生變數包含陸運距離(Inland distance)、陸運時間(Inland transit time)、海運距離(Maritime distance)、裝卸費率(Loading rate)以及裝卸效率(Loading efficiency)，表 3.1 將針對各個變數詳細說明。

(3)方案特定變數

相較於台北港較單一的砂石種類，基隆港則以東砂與進口砂石為主。因此本研究將砂石種類(Sand type)設定為僅屬於基隆港的方案特定變數，當選擇基隆港的貨主訂購東砂時，將該變數設定為 1，訂購進口砂石則為 0。

從文獻回顧可以發現，無論砂石在海上運輸或公路運輸，港口的地理位置皆會影響運輸距離、運輸時間與運輸成本，而這些變數彼此間具有高度的相關性。運輸成本為運輸費率與運輸距離的乘積，運輸時間又會受到運輸距離的影響。因此本研究在進行模式推估前，會針對陸運距離與陸運時間兩變數進行相關性分析。另一方面，考量本研究砂石貨運的海上運輸偏向於短途運輸，各起始港與兩港之間的海運時間差距不大，故選擇海運距離代替海運時間。在港口的地理位置面向，本研究

選擇陸運距離、陸運時間與海運距離作為該面向的代表變數，探討這些變數是否會影響砂石貨主的港口選擇行為。

表 3.1 變數說明

| 變數名稱 | 代號 | 變數說明 | 變數特性 | 單位 |
|---|---|---|---|---|
| 基隆港 | DUM | 若貨主選擇基隆港，其值為 1，否則為 0。 | 方案特定常數 | - |
| 陸運距離 | LD | 港口到貨主所在地的距離 | 共生變數 | 公里 |
| 陸運時間 | LT | 港口到貨主所在地的時間。 | 共生變數 | 分鐘 |
| 海運距離 | MD | 起始港到目的港的距離。 | 共生變數 | 公里 |
| 裝卸費率 | LR | 港口的砂石裝卸管理費率。 | 共生變數 | 元/噸 |
| 裝卸效率 | LE | 貨主訂購的所有砂石，其砂石船平均卸載砂石的效率。 | 共生變數 | 噸/時 |
| 砂石種類 | ST | 若貨主選擇基隆港，其訂購的砂石種類為東砂，即設為 1，否則為 0。 | 方案特定變數 | - |

為瞭解港口績效是否會影響貨主的港口選擇行為，基於本研究的貨物種類單純與砂石船為不定期船，故僅選用港口裝卸效率作為變數，捨棄其他評估港口績效的變數。港口服務費用包括碼頭碇泊費、浮筒費、曳船費、帶解纜費、給水費、垃圾清理費、地磅使用費以及裝卸管理費。兩港在多數的港口服務項目的費率不變，只有裝卸管理費率的差異較大，故本研究在港口費用中，僅考慮裝卸管理費率此變數。由於本研究僅有單一貨物種類，因此將貨物種類分為東砂與進口砂石，以探討購買東砂是否會影響砂石貨主的港口選擇。

根據文獻回顧的結果，本研究預期各個共生變數與砂石貨主港口選擇的相關性(如表 3.2 所示)。若符號為正，代表該變數對於砂石貨主的港口選擇有正向影響，若符號為負則反之。

表 3.2 共生變數預期相關性

| 變數代號 | 變數名稱 | 預期符號 |
|---|---|---|
| LD | 陸運距離 | - |
| LT | 陸運時間 | - |
| MD | 海運距離 | - |
| LR | 裝卸費率 | - |
| LE | 裝卸效率 | + |

### 3.2.2 效用函數與二元羅吉特模式

依照以上變數，分別建立基隆港與台北港的效用函數。表 3.3 為兩港效用函數將使用到的符號。基隆港的效用函數如式(3.2.2.1)所示，本研究將基隆港效用函數的方案特定常數設定為 1。而台北港的方案特定函數設定為 0，其效用函數如式(3.2.2.2)所示。兩港效用函數的相異之處在於方案特定常數的設定不同，以及基隆港的方案特定變數。

$$V_{nkl} = \beta_1 \bullet 1 + \beta_2 LD_{nkl} + \beta_3 LT_{nkl} + \beta_4 MD_{nkl} + \beta_5 LR_{nkl} + \beta_6 LE_{nkl} + \beta_7 ST_{nkl} \quad (3.2.2.1)$$

$$V_{ntp} = \beta_1 \bullet 0 + \beta_2 LD_{ntp} + \beta_3 LT_{ntp} + \beta_4 MD_{ntp} + \beta_5 LR_{ntp} + \beta_6 LE_{ntp} \quad (3.2.2.2)$$

其中，

$V_{nkl}$ ： 砂石貨主 n 選擇基隆港的效用
$LD_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的陸運距離
$LT_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的陸運時間
$MD_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的海運距離
$LR_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的裝卸費率
$LE_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的裝卸效率
$ST_{nkl}$ ： 貨主選擇基隆港的砂石種類(東砂為 1，否則為 0)
$V_{ntp}$ ： 砂石貨主 n 選擇台北港的效用
$LD_{ntp}$ ： 貨主選擇台北港的陸運距離
$LT_{ntp}$ ： 貨主選擇台北港的陸運時間
$MD_{ntp}$ ： 貨主選擇台北港的海運距離
$LR_{ntp}$ ： 貨主選擇台北港的裝卸費率
$LE_{ntp}$ ： 貨主選擇台北港的裝卸效率

綜合效用函數所使用的變數，可以得知本研究的效用主要代表貨主所需花費的成本，如裝卸費率以及會受到陸運時間與海運距離影響的運輸成本。也就是在二元羅吉特模式中，本研究將假設貨主將選擇利潤(效用)最大化的港口。根據二元羅吉特模式，北部地區砂石貨主選擇基隆港的機率表示如式(3.2.2.3)。

$$P_{nkl} = \frac{e^{\mu V_{nkl}}}{e^{\mu V_{nkl}} + e^{\mu V_{ntp}}} \quad (3.2.2.3)$$

## 3.3 範例

根據上述的變數，本研究使用陸運距離、海運距離、裝卸效率與裝卸費率四個變數，建構一個簡易的北部地區砂石貨主港口選擇之二元羅吉特模式。此處的訓練資料使用 2019 年 6 至 8 月的基隆港砂石貨運資料。在資料處理上，由於基隆港的砂石資料僅有貨主名稱，因此以砂石貨主名稱透過 Google 搜尋，確認其堆放砂石的實際位置後，取得該為貨主的經緯度。若未找到貨主實際堆放砂石的位置，則將該貨主刪除。台北港的部分，則透過 Google 找出北部地區的預拌混凝土廠、大型砂石批發商以及販賣進口砂石的環保公司，作為選擇該港的砂石貨主並取得其堆放砂石的經緯度位置。若這些貨主已出現於基隆港砂石貨主名單中時，則將其刪除。

根據砂石貨主的經緯度資料，分別計算其與兩港之間陸運距離與陸運時間。在海運距離的部分，則以基隆港砂石資料並對照台灣港棧服務網的進港船舶表。根據資料的時間範圍內，分別計算該貨主訂購不同起始港的砂石總量。以噸數最高作為該貨主的砂石起始港，並計算該起始港與兩港的海運距離。台北港則依據停靠該港砂石船的起始港比例，隨機分配給砂石貨主作為起始港。依照兩港裝卸砂石的裝卸管理費率作為砂石貨主的裝卸費率。在裝卸效率上，基隆港的部分首先需計算 2019 年 6 月至 8 月每艘砂石船的裝卸效率。根據該砂石船的第一台與最後一台砂石車過磅時間的時間差做為砂石船的裝卸時間，並將該船舶所裝載的砂石總噸數除以砂石車的過磅時間差，作為砂石船的裝卸效率。再找出每位砂石貨主於這兩個月內有使用到的砂石船，將這些船舶的裝卸效率取平均值作為貨主的裝卸效率。而台北港的部分為自動化裝卸設備，因此將裝卸效率設定為 1800 噸/時。

在資料處理完成後，基隆港與台北港的砂石貨主數量分別為 80 與 40 位，共為 120 位砂石貨主。最後使用 STATA 14 統計軟體進行簡例模式的推估，並評估該模式的可行性。

透過簡例的推估結果(如表 3.4 所示)，顯示除了陸運距離未顯著外，方案特定常數與海運距離、裝卸效率以及裝卸費率皆呈現顯著負相關。由於陸運時間多半會受到陸運距離的影響，加上陸運距離的相關性與原先所預期的不同。因此後續的模式，會加入陸運時間並且進行兩變數的相關性分析。然而，裝卸效率則呈現顯著負相關，與原先預期的相關性所不同。除此之外，方案特定常數偏高，因此本研究在

第四章會使用不同變數的組合建構出多個模式，以降低方案特定常數之係數值，並觀察各變數相關性與顯著性的變化。

表 3.3 範例模式之推估結果

| 變數 | 範例模式 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 方案特定常數-基隆港 | $-53.489^{***}$ | 0.000 |
| 台北港 (Base) | - | |
| 陸運距離 | 0.006 | 0.819 |
| 海運距離 | $-0.883^{***}$ | 0.000 |
| 裝卸效率 | $-1.764^{***}$ | 0.000 |
| 裝卸費率 | $-0.027^{**}$ | 0.001 |

# 第四章　實證研究 – 以北部砂石業者為例

本研究為探討北部地區砂石貨主港口選擇之影響因素，以二元羅吉特模式為研究方法，建立一個北部地區砂石貨主港口選擇模式。使用兩港砂石貨運資料，作為模式參數之推估，並依照研究結果進行說明與討論。

## 4.1 基隆港與台北港砂石碼頭營運概況

近年來，區內自銷的砂石約占北部地區砂石供應量的一半，其餘則來自其他地區的砂石。根據比重依序為進口砂石、東砂以及中砂。其中，東砂與進口砂石皆透過海上運輸送至北部地區的兩大港口，基隆港與台北港。

兩港的砂石種類皆包含東砂、陸砂與菲砂。由於基隆港與台北港砂石碼頭的設備不同，因此兩港在砂石的裝卸流程上也有差異。透過基隆港轉運的砂石，其運輸流程如圖 4.1 所示。由於基隆港無砂石倉儲區，因此來自不同港口的砂石經由海上運輸至基隆港後，砂石車需以船邊提領的方式，透過一般輸送帶將砂石裝卸至砂石車，最後送至目的地(貨主端)，如預拌混凝土廠、水泥製品加工廠、瀝青拌合廠、建材行、砂石批發商、環保公司、工地各處。

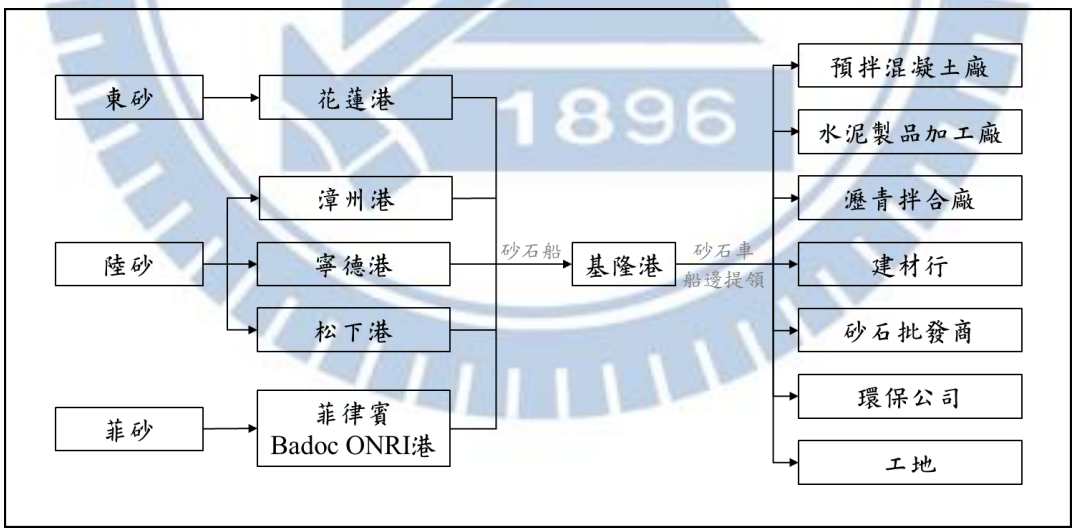



圖 4.1 基隆港砂石之運送流程

有別於基隆港務分公司所經營的公用砂石碼頭，台北港的砂石碼頭由兩間私人裝卸公司代為營運，分別為第一散雜貨中心(嘉北國際股份有限公司)和第二散雜貨中心(台北港埠通商公司)。

運至台北港的砂石，其運輸流程多與基隆港相似。相異之處在於，台北港的砂石碼頭採用自動化砂石裝卸與倉儲設備，其提領方式會與基隆港的船邊領貨不同。如圖 4.2 所示，砂石船抵達台北港後，透過密閉式輸送帶將砂石送至密閉式倉儲區。砂石車可直接至倉儲區提領砂石，再送至最終目的地(貨主端)。砂石在台北港的裝卸流程皆由電腦控制，且輸送帶與砂石倉儲區皆為密閉式設備。如此可減少港區砂石粉塵的逸散，改善傳統砂石碼頭的作業環境，同時提升砂石的裝卸效率。

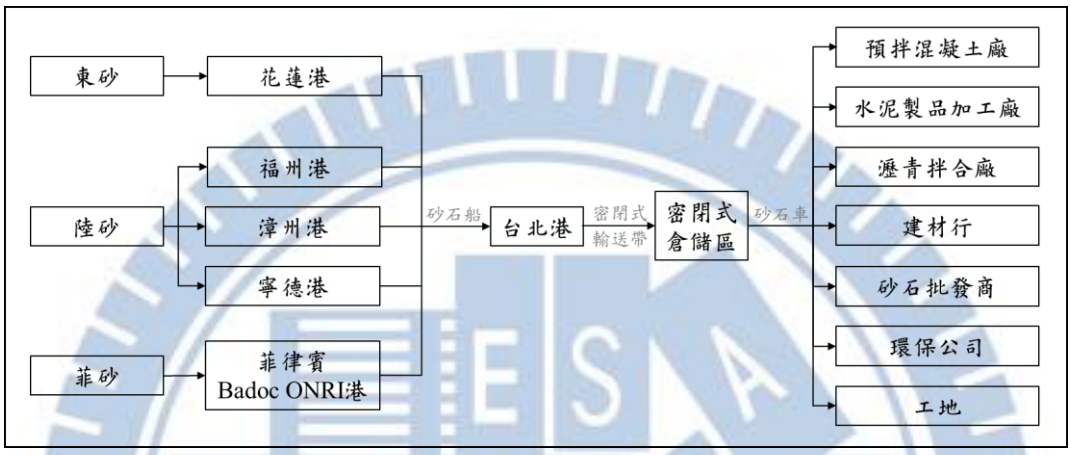



圖 4.2 台北港砂石運送流程

台灣約有八成的進口砂石運至第二散雜貨中心，該中心由台灣建材業龍頭，國產實業旗下子公司台北港埠通商公司所經營。砂石的物流配送則交由另一間子公司中保物流負責，從砂石的進口、裝卸以及最後一哩路，國產掌握完整的砂石供應鏈。台北港砂石貨運的需求範圍多位於中壢以北至基隆以南的區域。另外，第二散雜貨中心有設置預拌混凝土廠，故有部分進口砂石會直接送至該廠作為混凝土的原料。

在裝卸效率上，由於台北港以密閉式的方式進行砂石裝卸、儲存與配送，並透過自動化系統由電腦全程管控。每一個輸送帶的裝卸效率為 600 噸/小時，通常一艘砂石船會有二至三個輸送帶進行砂石裝卸。

另一方面，基隆港砂石碼頭每一個輸送帶平均裝卸效率約為 300 噸/小時，但可能會因為砂石車調度問題或船上設備差異而影響裝卸效率，使裝卸效率降至 160~200 噸/小時。特別是進口砂石貨運，時常遇到找不到砂石貨主或是貨主暫時無法收貨的情況。由於基隆港無倉儲區，進而影響整艘砂石船的裝卸效率，使輸送帶的裝卸效率降至 75~180 噸/小時。

綜上所述，由於基隆港與台北港經營方式與政策不同，使得兩港砂石碼頭的營運也有所差異。台北港使用密閉式的裝卸設備，在提升裝卸效率的同時，勢必也會增加裝卸費率。在文獻回顧中，除了港口費用，多數有關港口選擇的研究，皆視裝卸效率為影響因素，故本研究將裝卸效率與裝卸費率，作為北部地區砂石貨主港口選擇模式的變數。以砂石貨主的觀點，探討裝卸效率與裝卸費率對港口選擇的影響程度。除裝卸成本外，也需考慮運輸成本，包含海運與陸運運輸費率與距離。本研究依照文獻回顧的結果，加上資料易取得性，故選擇運輸距離作為效用函數的變數。在建構北部地區砂石貨主港口選擇模式的效用函數時，將納入以下變數作為影響砂石貨主港口選擇的因素，分別為陸運距離、陸運時間、海運距離、裝卸費率、裝卸效率以及砂石種類。

## 4.2 基隆港與台北港砂石貨運資料蒐集

為探討北部地區砂石貨主的港口選擇行為，因此需取得北部地區砂石貨主港口選擇之資料，後續方可推估北部地區砂石貨主港口選擇模式的係數。在基隆港，砂石車進行船邊提領砂石前，司機必須先繳交提貨單，單上會包括該車所配送的貨主名稱。基隆港務分公司所記錄的砂石貨運資料包含每一趟次砂石車的過磅日期與時間、裝載的砂石淨重、收貨人名稱(即為砂石貨主)以及該車負責裝載的砂石船名稱。由於該資料並未記錄砂石船的起始港口與停靠時間，故本研究依據各砂石車的過磅日期以對應砂石船的停靠日期。接下來，透過台灣港棧服務網的進港船舶表，比對每艘船的停靠日期，找尋各砂石船的起始港。

由於基隆港的砂石資料僅有貨主名稱，並未記錄配送地點，故本研究以貨主名稱透過 Google 搜尋取得貨主的所在地址。再使用 Google 地圖的街景功能，查看該處是否為砂石儲放場、預拌混凝土廠、水泥製品加工廠等，以確認貨主的所在位置為實際堆放砂石之處。確認無誤後，根據貨主的所在位置取得其經、緯度，作為砂石貨主所在地。

然而，當無法透過砂石貨主名稱搜尋到貨主堆放砂石的所在地時，本研究會先查看貨主名稱是否有標註行政區，如汐止 XX 預拌混凝土廠。若有，則以該行政區作為貨主堆放砂石的所在區域，以進行後續的視覺化分析。反之，則將這些砂石貨主刪除。除此之外，考量部分貨主會同時訂購東砂與進口砂石。本研究將此類型的

貨主視為兩位貨主，分為對購買東砂的貨主與購買進口砂石的貨主。

而在台北港的砂石貨主港口選擇資料，本研究所定義的北部地區，多數砂石貨主仰賴東砂或進口砂石。鑒於預拌混凝土廠與大型砂石批發商對砂石有高度需求，故本研究使用 Google 搜尋，整理出北部地區的預拌混凝土廠、大型砂石批發商和販賣進口砂石的環保公司，並確認實際的砂石堆放位置與經、緯度座標。若這些貨主已出現在基隆港的資料中，會先檢視該貨主訂購的砂石種類。當有砂石種類有重複則將其視為選擇基隆港的砂石貨主，其餘則歸納為選擇台北港的砂石貨主。

接下來將根據北部地區砂石貨主港口選擇模式所使用的變數，依序說明各變數的資料取得方式。

首先為計算每位貨主的陸運距離與時間，根據貨主堆放砂石的經緯度，透過 Google 地圖，分別取得砂石貨主與基隆港和台北港的陸運距離(公里)以及陸運時間(分鐘)。有關海運距離的資料，特別是在進口砂石的部分，部分貨主可能會訂購來自不同起始港的砂石。本研究將分別計算該貨主訂購不同起始港的砂石總量，並選擇噸數最高的砂石起始港，作為該貨主的起始港。而台北港則是依照停靠該港砂石船的起始港比例，隨機分配各貨主的起始港。後續使用 Netpas Distance 軟體，分別計算起始港與基隆港和台北港的海運距離(公里)。

有關砂石裝卸作業的變數包含裝卸費率與裝卸效率，本研究以貨主每裝卸一噸砂石需支付的金額，作為裝卸費率的資料。基隆港為配合東砂北運的政策，該港東砂的裝卸費率為每噸 22.6 元的優惠價格(為基隆港進口砂石裝卸費率之八折)。基於自動化的裝卸與倉儲設備，台北港的裝卸費率為 62 元/噸。針對裝卸效率的資料，考量基隆港的裝卸效率可能因砂石車調度、砂石船設備差異與貨主的收貨問題受到影響。故本研究將針對停靠基隆港的每一趟次的砂石船，計算裝載該船的第一台與最後一台砂石車的過磅時間差，作為該趟次的裝卸時間。接著加總這些負責該趟次砂石船的所有砂石車的砂石淨重噸數，作為該船該趟次的砂石總裝載量。最後將砂石總裝載量除以裝卸時間，作為該趟次的裝卸效率。考量本研究所採用的時間範圍，多數貨主會重複訂購砂石，故同一貨主會出現多個裝卸效率之情形。因此本研究將該貨主的多個裝卸效率取平均值，也就是將該貨主有使用的每趟次的砂石船之裝卸效率取平均值，作為貨主的裝卸效率。由於台北港是使用自動化的裝卸設備，加上有砂石的倉儲區，因此砂石可以順利且有效率地直接從砂石船卸載。不會

因找不到貨主而影響砂石船裝卸效率之問題，故本研究在台北港的砂石裝卸效率上，將根據第一散雜貨中心與第二散雜貨中心作為區分。

## 4.3 基隆港與台北港砂石貨運資料基本分析

在進行模式推估之前，必須先針對基隆港與台北港的砂石貨運資料，進行基本的統計與視覺化分析。

本研究使用 2019 年 1 月至 12 月的基隆港砂石貨運資料，原始的砂石資料共有 123,858 筆，每一筆代表每一趟次砂石車的配送。由於砂石車會有重複配送至同一貨主的情形，因此將砂石資料整理後，2019 年使用基隆港轉運東砂或進口砂石的貨主總共有 198 位，砂石的總訂購量為 3,344,818.35 噸。其中同時訂購東砂與進口砂石的貨主有 44 位，根據其訂購的砂石種類(東砂或進口砂石)，將其視為不同的貨主，最後共有 242 位使用基隆港的砂石貨主。

這 242 位砂石貨主中，無法透過 Google 搜尋到其堆放砂石的所在位置，也未搜尋到所在行政區的砂石貨主，共有 56 位(砂石總訂購數為 523,778.7 噸)。本研究將其刪除，並將這些具有行政區的 186 位砂石貨主作為 Tableau 視覺化分析的資料。除此之外，在 186 位砂石貨主中，無法透過 Google 搜尋到堆放砂石的對應位置，總共有 69 位(砂石總訂購數為 54,577.03 噸)。考量陸運距離與陸運時間資料的準確性，最後將其刪除。剩餘的 117 位砂石貨主皆有確切的砂石堆放位置，並作為二元羅吉特模式的推估資料。

而台北港的砂石資料，由於本研究所定義的北部地區，砂石貨主主要訂購東砂與進口，其中以砂石預拌混凝土廠與大型砂石批發商的需求最高，因此本研究透過 Google 搜尋北部地區的預拌混凝土廠、大型砂石批發商以及有販賣進口砂石的環保公司。並且根據基隆港砂石貨運的資料，確認是否為基隆港的某砂石種類的貨主。若未出現在基隆港的砂石資料中，則將其視為選擇台北港的砂石貨主，最後共有 44 位砂石貨主。本研究將使用這 44 位砂石貨主進行視覺化分析並作為後續推估模式的資料。

由於本研究希望結合模式的推估結果以及兩港砂石貨運的需求分布，探討基隆港砂石貨主港口選擇的偏好。因此使用 2019 年基隆港砂石貨運的資料進行基本分析與視覺化分析如下。

首先為砂石船的統計分析，從 2019 年基隆港砂石貨運的資料顯示，裝載砂石並送至基隆港的海上運輸皆由八艘砂石船負責，本研究分別以 A、B、C、D、E、F、G 和 H 作為船名代號。在 2019 年，這八艘砂石船所停靠基隆港的次數為 402 趟，所裝載的砂石總量為 3,344,818.35 噸。這些砂石船的起始港包含台灣東部地區的花蓮港，中國大陸福建省的漳州港、寧德港與松下港，以及由菲律賓砂石出口商所經營的 Badoc ONRI 港。其中，來自花蓮港的砂石船趟數最多，在 2019 年有 358 趟次的砂石船停靠基隆港，總裝載的砂石總量為 2,662,043.24 噸。再來根據表 4.1 所示，根據砂石船的趟數多寡，依序為寧德港、漳州港、Badoc ONRI，最後為松下港與泉州港。

表 4.1 基隆港砂石貨運各起始港之總趟數與砂石總量

| 地區 | 起始港 | 趟數 | 裝載砂石總量 |
|---|---|---|---|
| 台灣花蓮縣 | 花蓮港 | 358 | 2662043.24 |
| 中國福建省 | 寧德港 | 17 | 273364.40 |
| | 漳州港 | 13 | 316447.33 |
| | 松下港 | 1 | 26113.35 |
| | 泉州港 | 1 | 1238.71 |
| 菲律賓 | Badoc ONRI | 12 | 65611.32 |
| 總計 | | 402 | 3344818.35 |

然而，每艘船的砂石總裝載量、主要負責的起始港與平均停靠時間皆有差異，以下將詳細說明這八艘砂石船的特性。

A 船所運送的砂石皆為陸砂(共 12 趟)，均來自福建省寧德港。每趟砂石船的平均裝載砂石量為 15,545.29 噸，而停靠基隆港的時間為 3 至 4 天(如圖 4.3 所示)。而 B 船主要運送來自福建省漳州港的砂石(共 9 趟次)，其次為泉州港 (共 1 趟次)，少數來自 Badoc ONRI 港的菲砂(共 1 趟次)。

如圖 4.4 所示，B 船每趟的平均裝載砂石量為 19,475.24 噸，停靠基隆港的時間多數為 4 天。C 船為運送菲砂的砂石船(共 9 趟次)，起始港皆為 Badoc ONRI 港。砂石船每趟的平均裝載砂石重量為 5,448.66 噸，停靠基隆港的時間為 1 至 2 天(如圖 4.5 所示)。特別是 C 船在某些趟次中，會同時停靠基隆港與台北港。

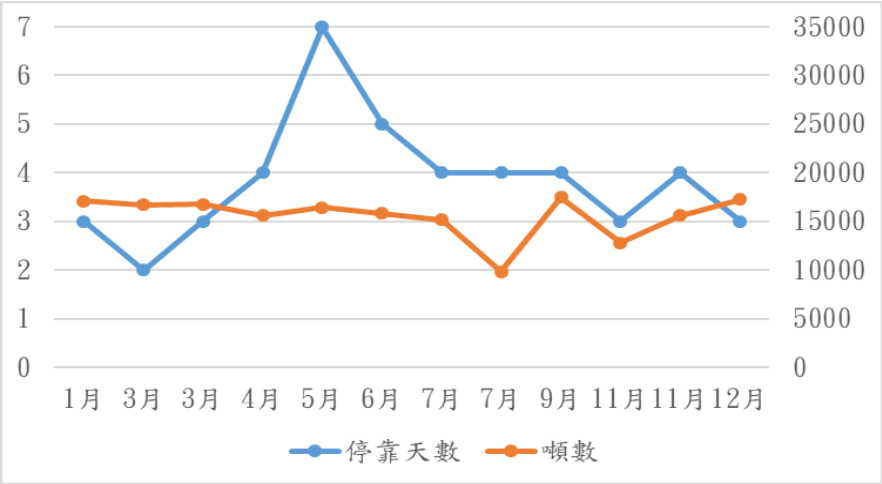



圖 4.3　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(A 船)

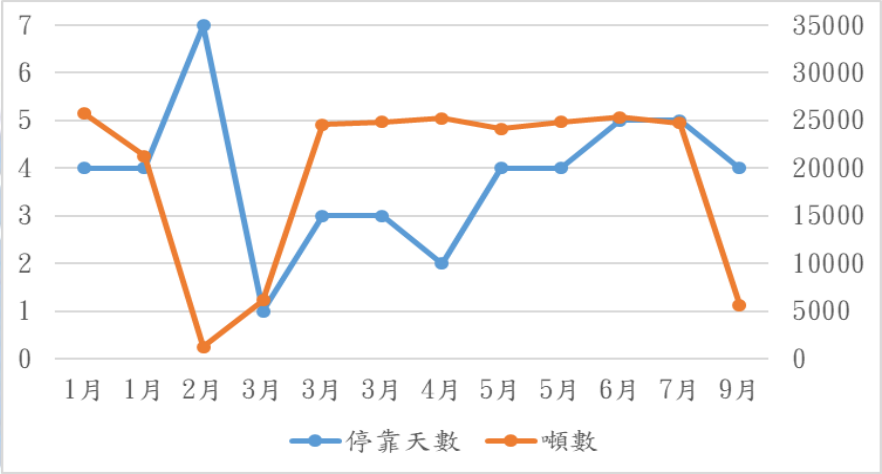



圖 4.4　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(B 船)

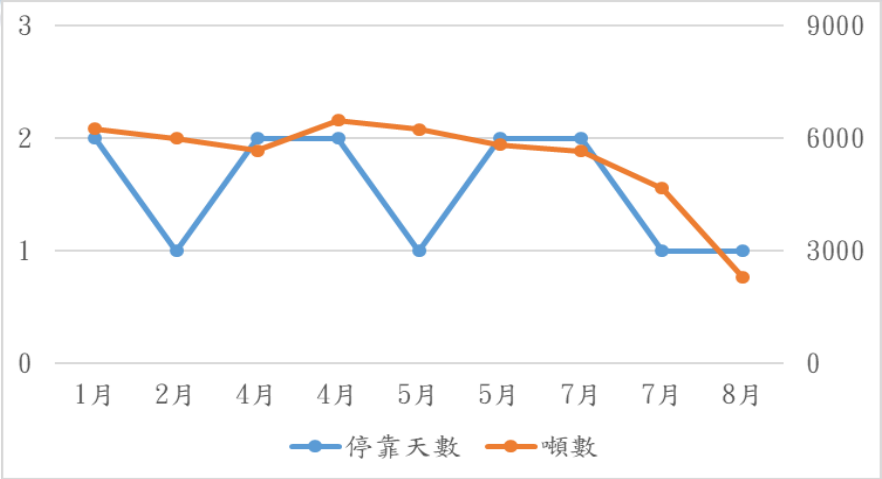



圖 4.5　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(C 船)

D 船主要運輸來自福建省漳州港的砂石(共 4 趟次)，以及少數的菲砂(共 1 趟次)。每趟砂石船的平均裝載砂石量為 20,111.30 噸，停靠基隆港的時間以 8 天為

主，最長的停靠時間為 13 天(如圖 4.6 所示)。E 船皆運送陸砂(共 5 趟次)，起始港主要為福建省寧德港，僅一趟來自松下港。每趟的平均裝載砂石量為 20,746.19 噸，平均停靠基隆港的時間為 5 天(如圖 4.7 所示)。

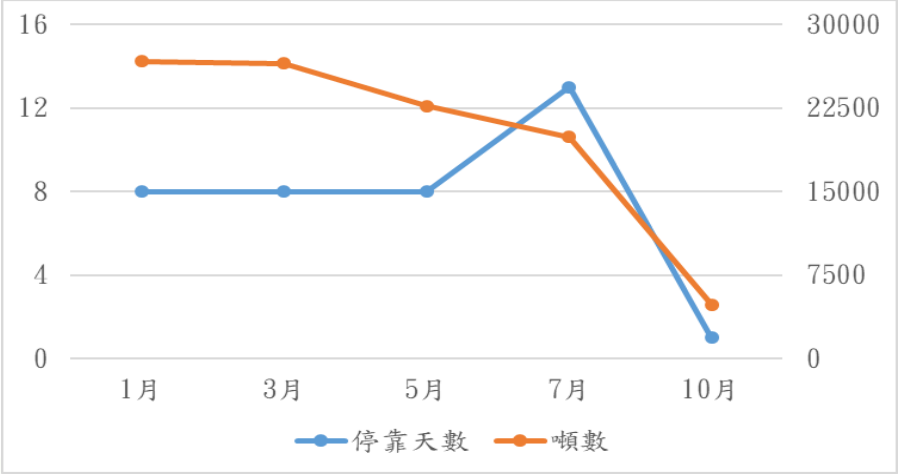



圖 4.6　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(D 船)

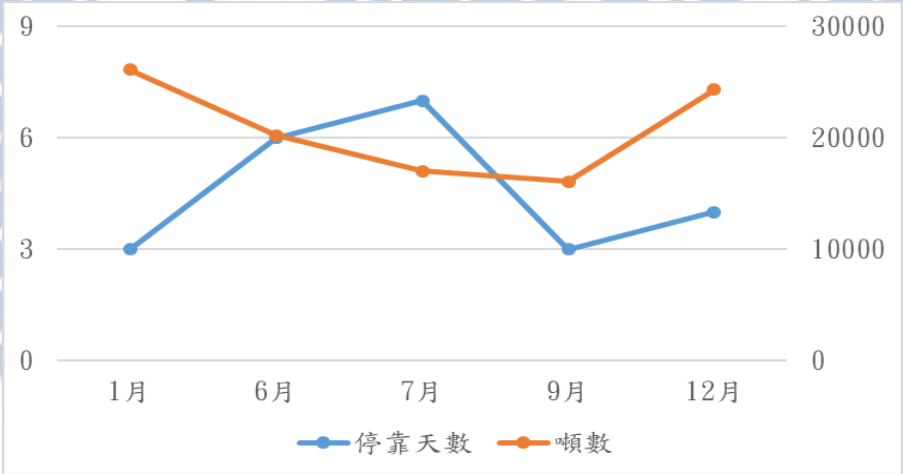



圖 4.7　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(E 船)

F 船則負責將東砂從花蓮港運送至基隆港(共 53 趟次)，如圖 4.8 所示，該船每趟次的平均裝載砂石量為 7,919.36 噸，停靠基隆港的時間多為 1 至 2 天。與 F 船相同，G 船也僅運輸東砂(共 133 趟)，停靠基隆港的時間也多為 1 至 2 天，而每趟次砂石船的平均裝載的砂石量較 G 船小，為 5,084.33 噸(如圖 4.9 所示)。

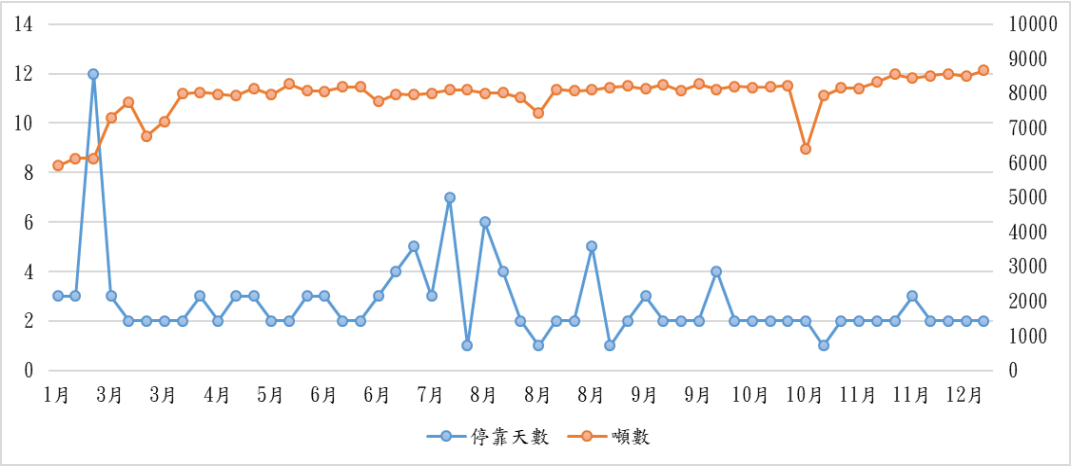



圖 4.8　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(F 船)

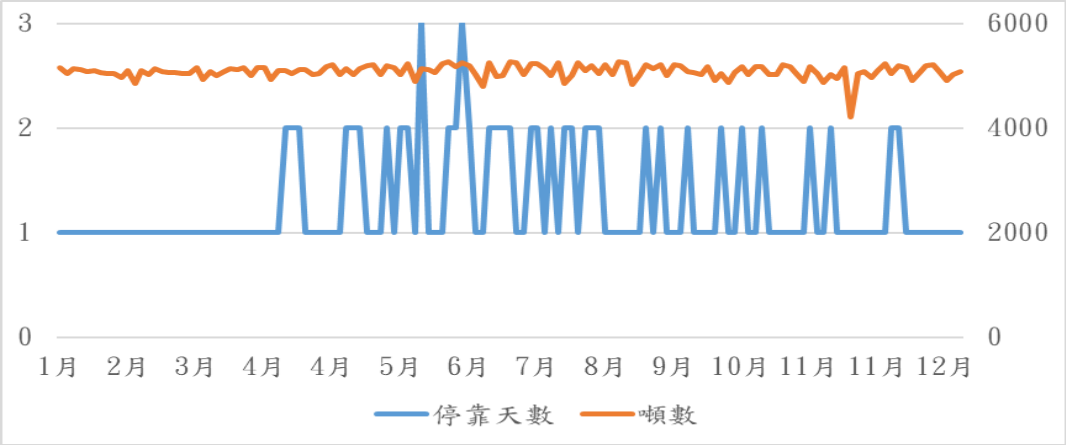



圖 4.9　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(G 船)

H 船主要也是運輸東砂(共 173 趟次)，僅一趟為裝載來自福建省寧德港的陸砂。砂石船每趟次的平均裝載砂石量為 9,105.80 噸，主要停靠基隆港的時間為 1 天，少數會停靠至 3 天(如圖 4.10 所示)。

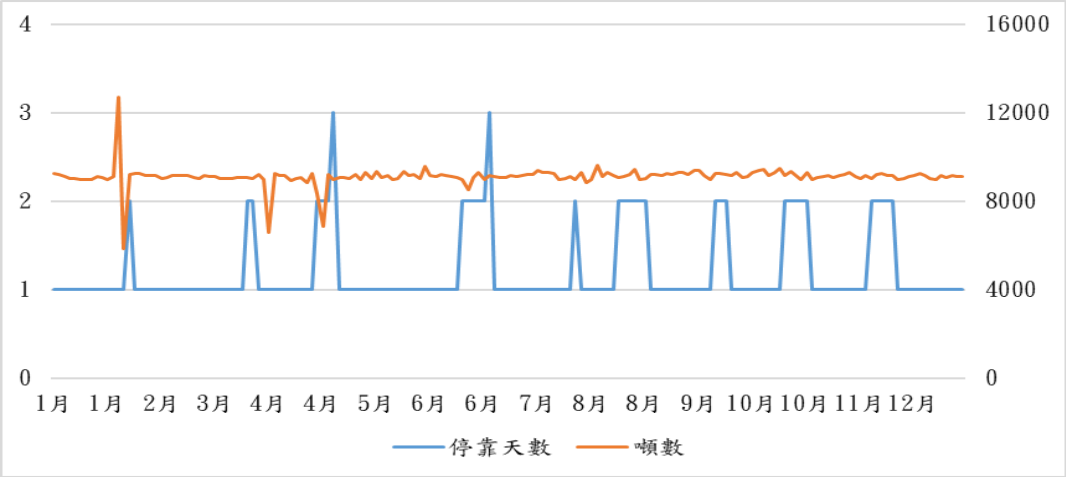



圖 4.10　2019 年每一趟次的停靠時間與砂石裝載量數(H 船)

綜上所述，每艘砂石船皆有主要運載的砂石種類，A、B、D 與 E 船以運載陸砂為主，C 船則以菲砂為主。至於東砂貨運則由 F、G 與 H 船負責。相較於載運陸砂的砂石船，東砂船的砂石總裝載量較小，約介於五千噸至一萬噸的區間內。而停靠基隆港的時間平均為 1 至 2 天，但是 F 船偶爾會出現高於 3 天的情形。每艘運載陸砂的船舶，相較於東砂船，其停靠時間介於 2 至 13 天間，會依據砂石船的不同，主要停靠時間也會有所差異。

上述的砂石種類可根據砂石的粗細大小與取得方式加以細分，東砂皆為天然河砂，包含三分石、六分石與細砂。由於近年來中國大陸限縮天然砂的出口，因此除了向中國進口三分石、六分石、細沙與粗砂等天然砂外，會再訂購機制砂，來替代供應量不足的天然陸砂。機制砂為岩石透過制砂機碎解並粉磨而成的加工品，並非天然砂。而為菲砂的砂石種類以天然河砂為主。

經由本研究的資料處理後，2019 年運至基隆港的砂石貨運總量為 2,821,039.65 噸，共有 186 位砂石貨主。而砂石種類分為來自台灣東部地區的東砂、中國大陸的陸砂與菲律賓的菲砂。從基隆港砂石種類的比例(如圖 4.11 所示)可以得知，比重最大的砂石種類為東砂(81%)，遠高過於陸砂(17%)以及菲砂(2%)的比例。透過圖 4.12 顯示，訂購陸砂的砂石貨主比例(52%)高於訂購東砂的砂石貨主比例(35%)，最後才是菲砂(13%)。雖然在基隆港的東砂貨主比例較少，但其訂購的砂石總噸數較多。其中，在 2019 年間，有 11 位貨主訂購一萬噸以上的東砂，其中高達八成的貨主為預拌混凝土廠。將這 11 位貨主所訂購的東砂重量加總，總共有 2,207,440.21 噸的東砂，占基隆港東砂貨運總量極高的比例(96%)。在陸砂的部分，訂購一萬噸以上的陸砂貨主共有八位，訂購總量為 382,775.64 噸，占基隆港七成六的陸砂比例，其貨主類型以預拌混凝土廠居多。而在菲砂的部分，則無訂購一萬噸以上的菲砂貨主，故不加以詳述。

因此，本研究推論，無論東砂或陸砂，基隆港主要的砂石貨主依序為預拌混凝土廠、水泥製品加工廠、砂石批發商與大型的建材行，並將此類型的貨主視為北部地區主要且固定的砂石需求者。這些砂石貨主一年的訂購比例，就高達基隆港砂石貨運的九成之多。

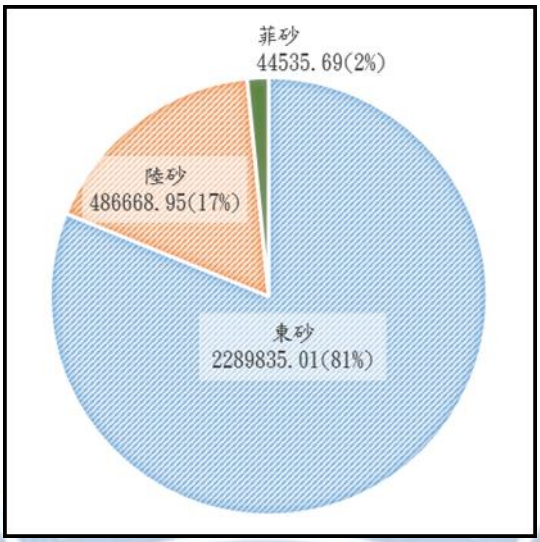



圖 4.11 基隆港砂石貨運種類之比例

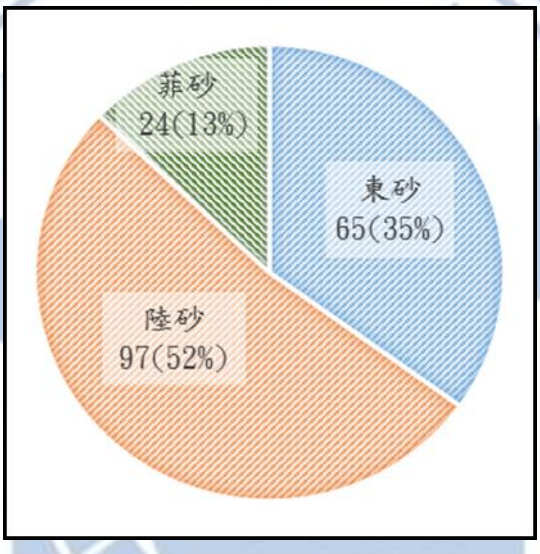



圖 4.12 基隆港各砂石種類貨主之比例

本研究透過 Tableau 資料分析軟體進行視覺化分析，以探討基隆港砂石貨運的需求分布。透過基隆港砂石貨主所在行政區的分布比例(如圖 4.13 所示)，顯示基隆港的砂石貨主分散於北部地區的多數行政區，而貨主數量最高的行政區為新北市汐止區，共有 26 位貨主。其中原因為汐止區較接近基隆港，平均砂石車的陸運時間僅需 15 分鐘。其次依序為新北市新店區(13 位貨主)與五股區(12 位貨主)。

圖 4.14 為北部地區各行政區對於基隆港砂石貨運需求分布情形，可以發現新北市汐止區的砂石需求量最高。就 2019 年的資料，該區對於基隆港砂石貨運的總需求量超過 93 萬噸。砂石需求量第二高的行政區為台北市士林區，約 52 萬噸之砂石需求。其次依序為台北市內湖區、南港區與信義區，這三個行政區的砂石需求

量平均在 20 萬噸上下。可以發現這三個行政區雖然砂石貨主數量不多，卻對於基隆港砂石貨運有較高的需求量。因此，本研究推論這三個行政區存在規模較大的砂石貨主。總結來說，就基隆港的砂石貨主數量與砂石需求量，汐止區均為北部地區所有行政區之冠。就需求量而言，汐止區與排名第二的士林區的差距甚大。

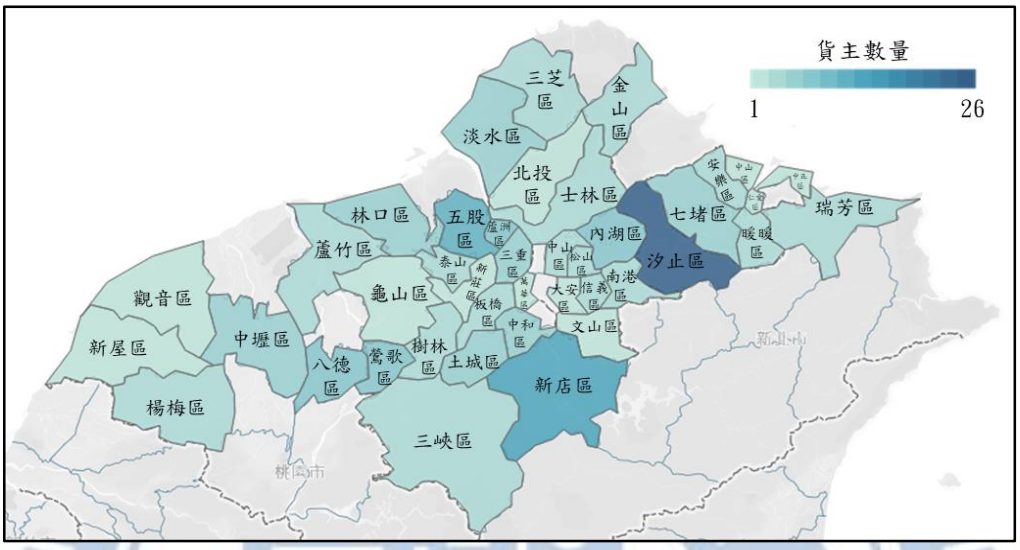



圖 4.13 基隆港砂石貨主所在行政區之分布

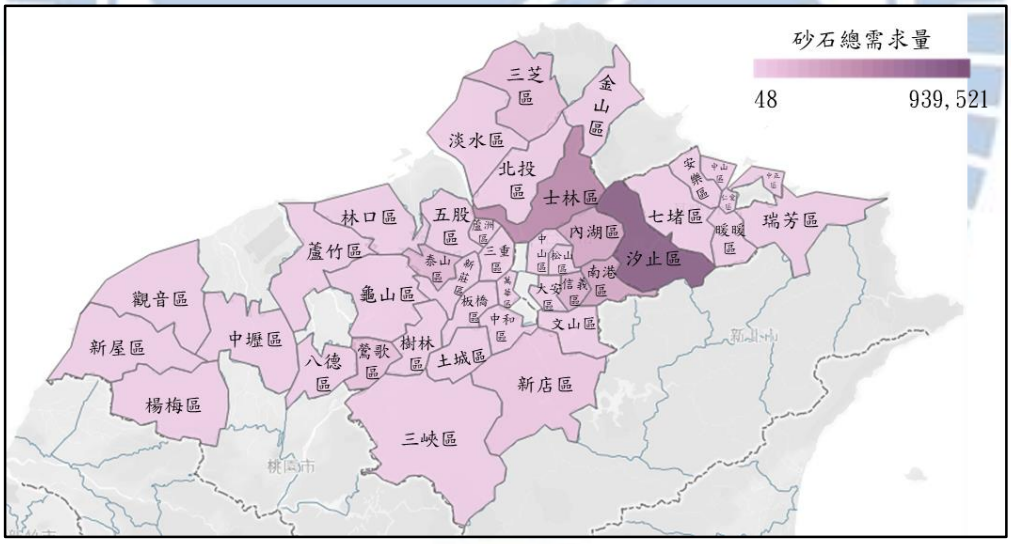



圖 4.14 各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形

接下來將依照砂石種類的不同，分別說明各行政區的需求分布情形。首先為東砂在各行政區的需求分布(如圖 4.15 所示)，與整體砂石需求的分布相似，東砂的需求分散在北部多數行政區，而需求量最高的行政區仍為新北市汐止區，該區對東砂的總需求量約 67 萬噸。其次依序為台北市士林區(45 萬噸)、南港區(29 萬噸)與內湖區(28 萬噸)。

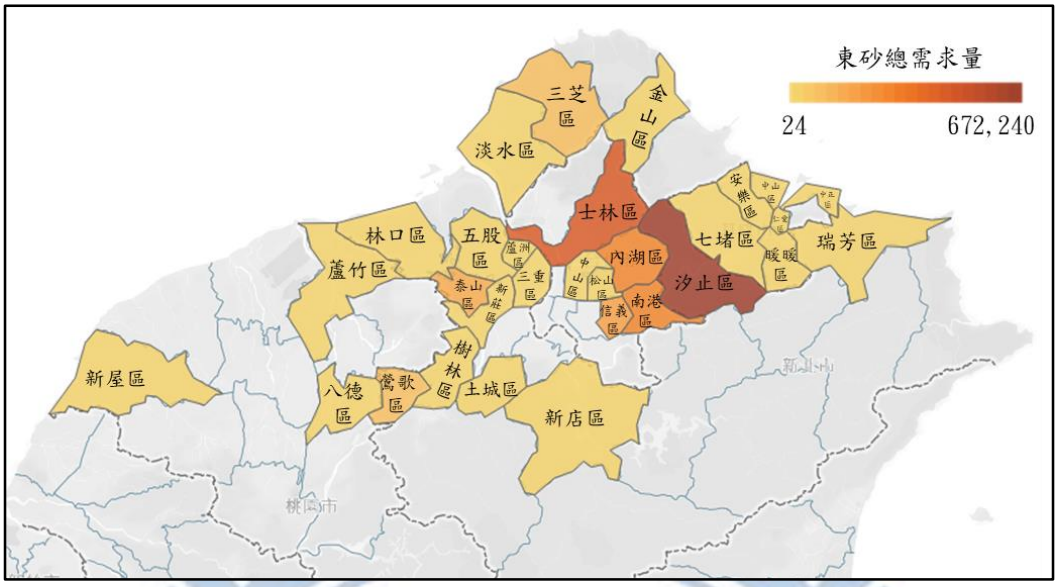



圖 4.15 各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(東砂)

透過各行政區對陸砂的需求分布(如圖 4.16 所示)，可以發現新北市汐止區的需求量仍位居第一，總需求量約 26 萬噸。其次依序為台北市士林區與新北市新店區，其總需求量分別約六萬噸與五萬噸，可以發現汐止區與這兩區的陸砂需求量的差距極大。故本研究推論，多數運往汐止區的陸砂，皆透過基隆港進行轉運，而運至士林區與新店區的陸砂，多數經由台北港進行轉運。最後是菲砂在各行政區的分布情形(如圖 4.17 所示)，與東砂和陸砂的分布不同，菲砂需求量最高的行政區為新北市新店區，總需求量約九千噸。其次依序為台北市內湖區與中山區，兩區對菲砂總需求量，平均在八千噸左右。

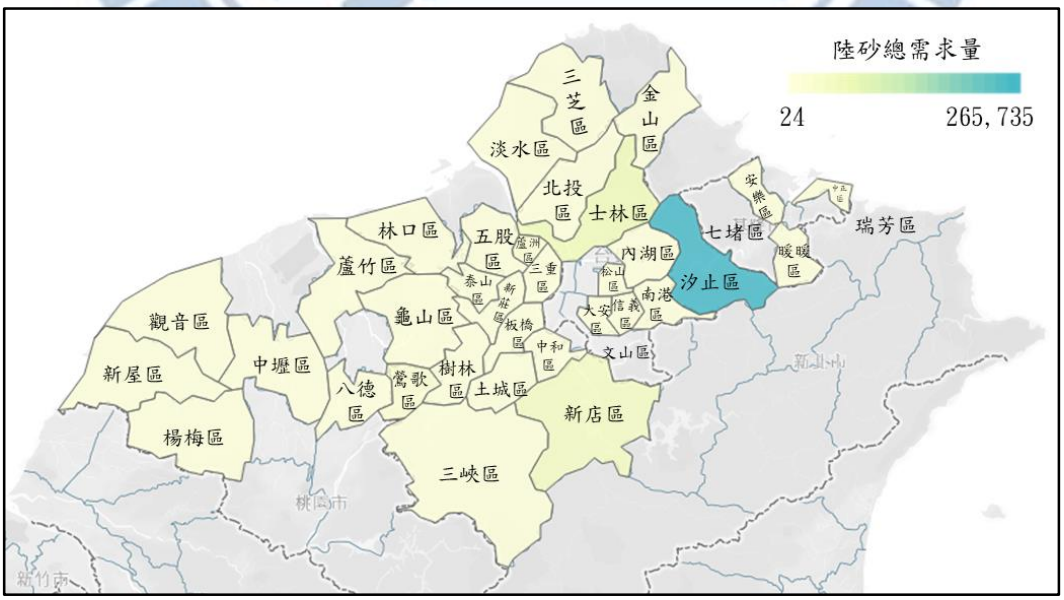



圖 4.16 各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(陸砂)

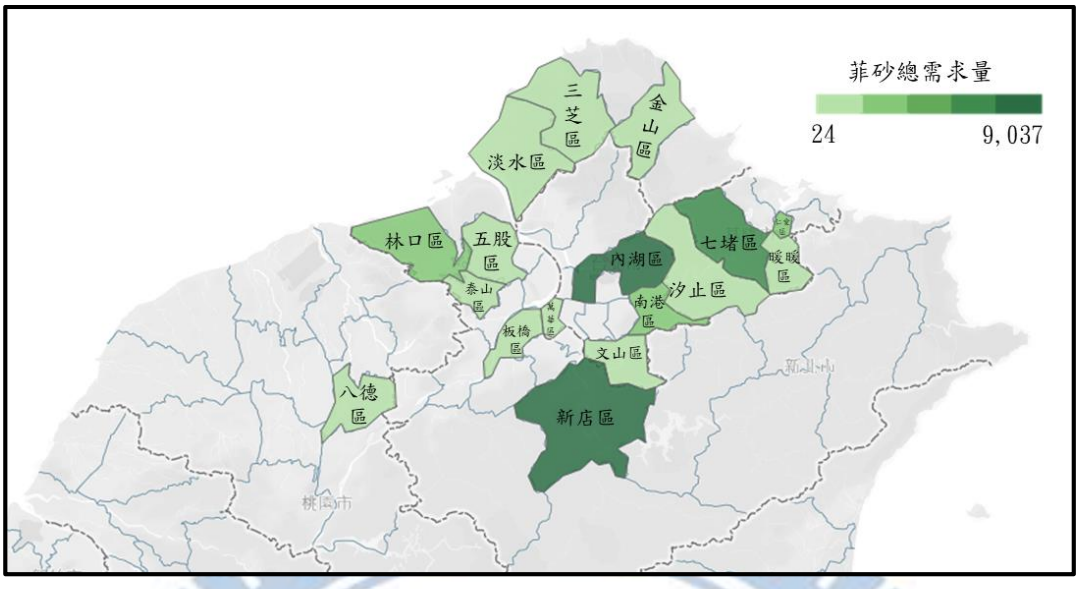



圖 4.17 各行政區對基隆港砂石貨運之需求情形(菲砂)

綜上所述，就基隆港砂石貨運需求分布情形，可以發現雖然這些需求分散在北部地區的多數行政區。但以汐止區與士林區的需求最高，而其中原因為基隆港距離汐止區較近，故其陸運距離與陸運時間較小。然而，士林區離台北港的距離比基隆港近(約為基隆港的一半)，但多數時段的陸運時間卻比較長。其原因為基隆港至該區的路程，砂石車可直接從港區的聯外道路，匯入國道 3 號再轉至國道 1 號，避開市區交通擁擠的平面道路。而台北港則需先經由省道轉至快速道路，在過程中，多數路段容易擁塞，故增加砂石車的陸運時間。透過視覺化分析，本研究認為相較於陸運距離，部分貨主仍會優先考慮陸運時間作為港口選擇的考量因素。後續會以北部地區砂石貨主港口選擇之模式，探討影響砂石貨主港口選擇的重要因素，以及貨主考量這些因素的優先順序。

台北港部分，根據台灣港棧服務網的進港船舶表的資料，在 2019 年台北港第一散雜貨中心與第二散雜貨中心，共有 195 艘砂石船停靠台北港。這些砂石船的起始港分別來自中國大陸福建省福州港、漳州港、寧德港與菲律賓 Badoc ONRI 港。其中，停靠台北港的砂石船主要以第二散雜貨中心為居多，共 176 趟次(如表 4.2 所示)。

另外，如圖 4.18 所示，台北港主要的砂石貨運多來自福州港，共有 152 趟次，佔台北港總趟次將近八成的比例。除此之外，2019 年僅有一艘來自花蓮港的東砂船，停靠台北港於的第一散雜貨中心。

表 4.2 台北港砂石貨運各起始港之總趟數

| 起始港 | 第一散雜貨中心 | 第二散雜貨中心 |
|---|---|---|
| 花蓮港 | 1 | 0 |
| 福州港 | 2 | 148 |
| 漳州港 | 11 | 7 |
| 寧德港 | 2 | 7 |
| Badoc ONRI 港 | 3 | 14 |
| 總計 | 19 | 176 |

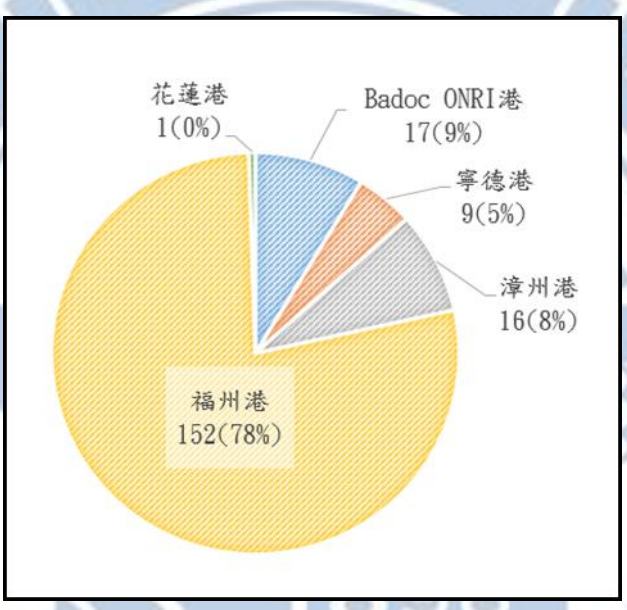



圖 4.18 台北港砂石貨運起始港之比例

有關台北港砂石貨運的資料，由於本研究未獲得台北港砂石貨主訂購的砂石總量，故僅有台北港砂石貨主的行政區分布，共有 44 位砂石貨主。透過圖 4.19 可以發現，貨主數量最高的行政區為桃園市蘆竹區，共有六位貨主，其次依序為桃園市中壢區與新北市八里區。除了八里區較靠近台北港外，台北港的砂石貨主多聚集於桃園市的行政區。原因在於相較於基隆港，這些行政區距離台北港較近，且砂石車不需經過台北市區，交通也相對順暢。

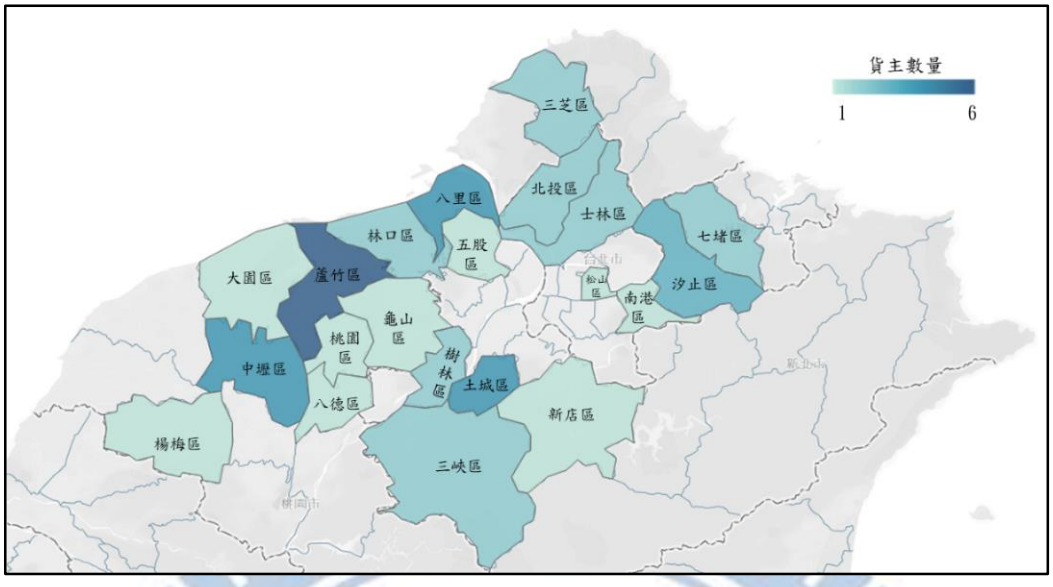



圖 4.19 台北港砂石貨主所在行政區之分布

## 4.4 模式推估

本研究將透過建構北部地區砂石貨主港口選擇之模式，分析北部地區砂石貨主的港口選擇行為，並探討影響砂石貨主港口選擇的重要因素。北部地區的東砂與進口砂石皆由基隆港與台北港轉運，因此本研究將基隆港與台北港設為貨主可選擇的替代方案。由於替代方案僅有兩個港口，因此北部地區砂石貨主港口選擇之模式屬於二元羅吉特模式。本研究使用 STATA 14 統計軟體進行模式結果推估，並採用陸運距離、陸運時間、海運距離、裝卸費率、裝卸效率以及砂石種類六個變數。在進行模式推估之前，本研究將針對 161 位砂石貨主的陸運時間與陸運距離的資料進行皮爾森相關分析。結果顯示陸運時間與陸運距離的相關係數為 0.9719，呈現顯著高度正相關(p=0.000)。相對於固定不變的陸運距離，陸運時間可能受到路況與港口聯外道路便利性的影響而有所變動。因此本研究刪除陸運距離該變數，選擇陸運時間。

後續將 161 位砂石貨主的港口選擇資料，分別帶入由不同變數所建構而成的五個模式，以推估變數的係數，各模式所使用的變數如表 4.3 所示。最後，從各模式的推估結果，選擇一個較合適的模式，並且以該模式進行彈性分析，進而探討港口選擇因素對於貨主的重要性。

表 4.3 各模式的使用變數

| | 陸運時間 | 海運距離 | 裝卸費率 | 裝卸效率 | 砂石種類 |
|---|---|---|---|---|---|
| 模式一 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 模式二 | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | |
| 模式三 | ✓ | ✓ | | ✓ | |
| 模式四 | ✓ | ✓ | ✓ | | |
| 模式五 | ✓ | ✓ | ✓ | | |

模式一由陸運時間、海運距離、裝卸費率與裝卸效率四個共生變數以及砂石種類(基隆港特定變數)所建構而成。從表 4.4 的結果顯示，僅有陸運時間和海運距離呈現顯著差異，且符合表 3.2 所預期的相關性。而裝卸費率、裝卸效率與砂石種類皆呈現不顯著，由於砂石種類非常不顯著，因此後續的模式將不會考慮該變數。另一方面，方案特定常數亦不顯著且係數值偏高，即代表該模式的變數組合無法明顯表示基隆港與台北港之間的差異。

表 4.4 模式一的推估結果

| 變數 | 模式一 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 方案特定常數-基隆港 | −8.360 | 0.133 |
| 台北港 (Base) | - | |
| 陸運時間 | −0.047* | 0.010 |
| 海運距離 | −0.042* | 0.031 |
| 裝卸費率 | −0.184 | 0.066 |
| 裝卸效率 | −0.004 | 0.118 |
| 基隆港特定變數-砂石種類 | 12.083 | 0.988 |
| $\rho^2$ | −0.309 | |

模式二則刪除砂石種類，僅由陸運時間、海運距離、裝卸費率與裝卸效率四個共生變數所建構。根據表 4.5 的推估結果，可以發現陸運時間、海運距離與裝卸費率三個變數的係數皆為負相關，且與表 3.2 所預期的相關性相同。其中具有顯著差異的變數為陸運時間與海運距離。陸運時間呈現顯著負相關，可解釋為當砂石車從該港口運送到目的地的陸運時間越長，砂石貨主選擇該港口的機率就越低。另一個

具顯著差異的變數為海運距離，呈現負相關，即為當砂石船從起始港到該港的距離越遠，砂石貨主選擇該港口的機率就會下降。雖然兩港的裝卸費率與效率有明顯差異，但兩港的裝卸費率以及台北港的裝卸效率皆為固定值，導致裝卸費率與裝卸效率呈現不顯著的。另外，方案特定常數的係數值仍不顯著且偏高，故本研究將分別刪除裝卸費率與裝卸效率，建立模式三與模式四，觀察方案特定常數與變數的變化。

表 4.5 模式二之推估結果

| 變數 | 模式二 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 方案特定常數-基隆港 | −8.348 | 0.138 |
| 台北港 (Base) | - | |
| 陸運時間 | −0.048** | 0.009 |
| 海運距離 | −0.048** | 0.004 |
| 裝卸費率 | −0.187 | 0.064 |
| 裝卸效率 | −0.004 | 0.104 |
| $\rho^2$ | −0.314 | |

從模式三和模式四的推估結果(如表 4.6 與表 4.7 所示)，可以得知各變數的相關性與顯著程度皆與模式二無太大改變。雖然兩個模式的方案特定常數皆有下降，但未呈現顯著差異。

表 4.6 模式三之推估結果

| 變數 | 模式三 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 方案特定常數-基隆港 | −1.576 | 0.499 |
| 台北港 (Base) | - | |
| 陸運時間 | −0.045* | 0.010 |
| 海運距離 | −0.051** | 0.003 |
| 裝卸費率 | - | - |
| 裝卸效率 | −0.001 | 0.603 |
| $\rho^2$ | −0.349 | |

表 4.7 模式四之推估結果

| 變數 | 模式四 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 方案特定常數-基隆港 | $-0.251$ | 0.931 |
| 台北港 (Base) | - | |
| 陸運時間 | $-0.043^{*}$ | 0.015 |
| 海運距離 | $-0.042^{*}$ | 0.010 |
| 裝卸費率 | $-0.082$ | 0.290 |
| 裝卸效率 | - | - |
| $\rho^2$ | $-0.340$ | |

從以上的模式，可以發現陸運時間與海運距離皆呈現顯著負相關。其中原因除了運輸成本的考量外，由於行駛港區的砂石車數量有限，為了更有效地調度車輛，貨主會更偏好選擇陸運時間較短的港口。多數東砂的貨主選擇海運距離較短的基隆港，因此考量砂石起始港與基隆港或台北港的距離，砂石貨主確實會因為海運距離而影響港口選擇行為。如此也就解釋海運距離呈現顯著負相關的原因。然而，在裝卸費率與裝卸效率的部分皆無顯著差異。

因此本研究將以模式四的變數，將方案特定常數設為 0，來觀察裝卸費率的相關性與顯著程度是否產生變化。從表 4.8 的推估結果顯示，裝卸費率呈現顯著負相關，與表 3.2 預期的相關性相符。也就是當港口的裝卸費率越便宜，砂石貨主選擇該港的機率就會增加。

表 4.8 模式五的推估結果

| 變數 | 模式五 | |
|---|---|---|
| | 係數值 | p 值 |
| 陸運時間 | $-0.043^{*}$ | 0.014 |
| 海運距離 | $-0.043^{**}$ | 0.001 |
| 裝卸費率 | $-0.076^{***}$ | 0.000 |
| $\rho^2$ | $-0.340$ | |

最後，由於模式五的變數皆呈現顯著差異，適合後續比較各變數對於砂石貨主港口選擇的重要性，並探討裝卸費率是否為貨主港口選擇的第一考量的因素。除此之外，五個模式的 $\rho^2$ 值差異不大，故本研究選擇模式五的推估結果進行彈性分析。

## 4.5 彈性分析

本研究將根據模式五的推估結果進行交叉彈性分析，以確認砂石貨主考量港口選擇因素的優先順序，並探討哪些變數比較容易影響砂石貨主的港口選擇行為。

根據 STATA 14 將直接彈性定義為，改變港口某一變數 1 單位時，會增加或減少貨主選擇該港的多少機率。交叉彈性定義則為，當改變其他港口某一變數 1 單位，會提升或降低貨主選擇該港口的多少機率。表 4.9、表 4.10 與表 4.11 為各變數直接彈性與交叉彈性的係數。相較於海運距離和陸運時間，可以發現裝卸費率的交叉彈性值較高，代表裝卸費率最容易影響砂石貨主的港口選擇行為。當增加基隆港/台北港的砂石裝卸費率 1 元時，則該貨主選擇台北港/基隆港的機率會增加 0.0064。考量裝卸費率後，貨主下一個考量因素為海運距離，當增加砂石船從起始港運送至基隆港/台北港 1 公里的海運距離，則該貨主選擇台北港/基隆港的機率會增加 0.0037。最後則為陸運時間，即為當砂石車從港口行駛至目的地的陸運時間每增加 1 分鐘石，則該砂石貨主選擇台北港/基隆港的機率會增加 0.0036。

綜上所述，若是要改變砂石貨主的港口選擇行為，最重要的因素為裝卸費率。由於基隆港的砂石裝卸費率多年未調漲，並與台北港的裝卸費率差距將近一倍。根據裝卸費率的交叉彈性值，若將裝卸費率調升至與台北港每公噸 62 元相同時，基隆港的市占率將會下降將近三成左右。排名在後的海運距離與陸運時間，兩者的交叉彈性值差異不大。因此，若想改變港口市占率，可提出裝卸費率的優惠，吸引砂石貨主改變當前所選擇的港口，特別是裝卸費率較高的台北港。接下來就是海運距離與陸運時間，然而這兩個變數是較難更動的。陸運時間可透過增設港口的聯外道路，連結到砂石貨主較多的行政區，以縮短目的地與港口的陸運時間。然而，如此高額的投資並不符合成本效益。另一方面，由於進入港區的砂石車須經管制，因此砂石車的數量有限，故砂石貨主必須考量陸運時間，方可更有效地運用砂石車。若欲增加港口陸運時間的競爭力，另一種方法可以考慮將部分砂石車的配送時間調動至交通量較小的時段，以縮短陸運時間。也就是假設砂石車從港口至配送地點的路程，需經過交通擁擠的路段或市區，則可透過砂石車的排程，將這些砂石貨主的

送貨時間更改至交通狀況較順暢的時間。

表 4.9 陸運時間彈性分析結果

| | 基隆港 | 台北港 |
|---|---|---|
| 基隆港 | - 0.0036 | 0.0036 |
| 台北港 | 0.0036 | - 0.0036 |

表 4.10 海運距離彈性分析結果

| | 基隆港 | 台北港 |
|---|---|---|
| 基隆港 | - 0.0037 | 0.0037 |
| 台北港 | 0.0037 | - 0.0037 |

表 4.11 裝卸費率彈性分析結果

| | 基隆港 | 台北港 |
|---|---|---|
| 基隆港 | - 0.0064 | 0.0064 |
| 台北港 | 0.0064 | - 0.0064 |

# 第五章　結論與建議

## 5.1　結論

1. 探討基隆港與台北港砂石貨運的運送模式

基隆港與台北港砂石貨運主要來自台灣的東部地區與中國大陸的福建省，這些砂石貨運的運輸模式皆為海上運輸。當砂石送至港口後，經由砂石車配送至砂石貨主端，完成最後一哩路。然而，當砂石船抵達港口後，鑒於基隆港與台北港在裝卸設備的差異，致使兩港裝卸砂石的方式有所不同。基隆港的砂石碼頭並未設置砂石倉儲區，砂石車僅能以船邊領貨的方式裝載砂石，再配送至貨主的指定地點。特別是在陸砂的提領，時常發生找不到貨主或是貨主突然沒地方放置砂石的狀況，因而拉長砂石船停靠基隆港的時間，影響該艘砂石船的裝卸效率。

台北港則是為配合環保政策的要求，在 2009 年和 2016 年分別增設自動化且密閉式的砂石輸送與倉儲設備。在台北港，砂石可透過密閉式輸送帶送至密閉式倉儲區，砂石車直接至倉儲區裝載砂石後，即可送至貨主端。

兩港砂石貨運的最終目的地，多為預拌混凝土廠、水泥製品加工廠、砂石批發商、大型建材行、提供建築廢棄物回收的環保公司以及短期需求的工地。

2. 分析基隆港砂石貨主對東砂與進口砂石的需求分布情形

依 2019 年基隆港砂石貨運資料的視覺化分析結果，顯示基隆港砂石貨運分散於基隆市、台北市、新北市以及桃園市多個行政區。其中，以新北市砂石總需求量最高，其次為台北市、桃園市與基隆市。依據基隆港砂石貨運總訂購量由大至小排序，前五名的行政區依序為新北市汐止區、台北市士林區、南港區、內湖區和信義區。汐止區除了總需求量最高外，貨主數量也是所有行政區之冠。另外，該區與另外四個行政區的總需求量也呈現明顯落差。

根據砂石種類的不同，各行政區砂石需求量之排名也有些差異。就東砂而言，基隆港東砂需求量的行政區排名與上述的總需求量相同。單就陸砂而言，需求量前五名之行政區依序為，新北市汐止區、台北市士林區、新北市新店區、台北市信義區與內湖區。汐止區無論在東砂或是陸砂的需求量上，皆位居第一。其次有高需求量的行政區則為台北市士林區，卻與汐止區的砂石需求量有明顯差距。菲砂貨運所

分布的行政區較前面兩種砂石少，需求量前三高的行政區則為新北市新店區、台北市內湖區以及中山區。

3. 以二元羅吉特模式探討影響北部地區砂石貨主港口選擇的重要因素。

依照模式推估結果，影響砂石貨主港口選擇行為的因素主要為陸運時間與海運距離，且皆呈現顯著負相關。當港口陸運時間或海運距離增加時，就會降低砂石貨主選擇該港口的機率。另一方面，裝卸費率與裝卸效率對砂石貨主港口選擇行為皆無顯著影響。然而，當方案特定常數設至 0 時，可使裝卸費率呈現顯著負相關。最後根據交叉彈性的結果顯示，砂石貨主港口選擇的考量因素，按重要性依序為裝卸費率、海運距離與陸運時間。

4. 探討基隆港砂石貨主之港口選擇偏好

貨主主要偏好選擇裝卸費率較低的港口，再來則是考慮海運距離與陸運時間的港口選擇影響因素。與台北港相比，基隆港的裝卸費率較為優惠，特別是東砂，以吸引砂石貨主選擇基隆港。因此在基隆港的砂石貨主中，多數為東砂貨主。另一方面，以基隆港砂石貨主為例，砂石需求量較高的行政區為汐止區、士林區與內湖區一帶。相較於台北港，這些行政區與基隆港的陸運時間較短。原因除了地緣關係外，本研究認為基隆港的西岸聯外道路可以直接連接國道 3 號與國道 1 號，因此可以增強港口聯外道路的便利性，提升基隆港在陸運時間的競爭能力。加上行駛港區的砂石車數量有限，因此貨主會選擇陸運時間較短的港口。

5. 分析港口裝卸費率調升是否影響北部地區砂石貨主的港口選擇行為

由於基隆港的砂石裝卸費率多年未調漲，並與台北港的裝卸費率差距甚大。從彈性分析的結果顯示，裝卸費率的交叉彈性為 0.0064，因此若將裝卸費率調升至與台北港每公噸 62 元相同，基隆港的市占率將會下降將近三成左右。

## 5.2 建議

1. 本研究使用的資料為顯示性偏好資料，加上在砂石貨主的資料蒐集較於受限，缺少一些貨主的詳細資料。未來研究可以加入貨主規模大小，以探討該變數是否會影響貨主的港口選擇。

2. 透過資料分析的結果，顯示東砂與陸砂貨主各自有偏好的港口，而陸運時間與

海運距離確實是其中的影響因素。但考量兩港砂石碼頭營運者性質不同，加上近年來政府與港務公司的砂石政策或資源偏向於台北港。故本研究認為除了海運距離之外，不同砂石種類的貨主在港口選擇上，會受到港口營運者性質的差異與港口政策或限制所影響。因此，後續研究也可將這兩個因素納入問卷或訪談。

3. 今年初台北港開始實施「增加台北港東砂北運量短期振興專案」，由於本研究所取得的資料為 2019 年基隆港砂石貨運的資料。因此，無法分析該專案是否會影響基隆港砂石貨主的港口選擇，建議未來可將該議題納入研究中。

# 參考文獻


1. 王韋婷 (2019 年 2 月 22 日)。中國開採量降 業者轉由菲律賓進口砂石補需求缺口。中央廣播電台。2020 年 6 月 20 日，取自：https://www.rti.org.tw/news/view/id/2012246。
2. 王偉光 (2016)，臺灣地區砂石供需調節措施之現況探討評估，臺灣鑛業，68(2)，9-26。
3. 王傳偉 (2006)，台灣北部地區砂石船貨運供應鏈管理相關問題之研究(未出版之碩士論文)，國立臺灣海洋大學航運管理所，基隆市。
4. 台北港營運處 (2020)。貨物裝卸量，2020 年 2 月 15 日，取自：https://kl.twport.com.tw/tp/Form.aspx?n=29BD18CC19D42B48。
5. 行政院公共工程委員會 (2019)。研商「全國砂石供需現況及東砂北運執行情形-第 4 次會議」會議紀錄。2020 年 6 月 20 日，取自：file:///D:/Downloads/20190117_104527%20(1).pdf。
6. 何國豐 (2020 年 2 月 29 日)。東砂卸載台北港 每年省三千餘萬元。**更生日報**。2020 年 6 月 20 日，取自：http://www.ksnews.com.tw/index.php/news/detail/1348576。
7. 東砂西運裝卸量統計表(108 版)【資料檔】，台北市：經濟部礦務局。
8. 基隆港務分公司 (2020)，貨物裝卸量，2020 年 2 月 15 日，取自：https://kl.twport.com.tw/chinese/Form.aspx?n=6DD9536856D23CB7。
9. 張紹勳 (2018)，邏輯斯迴歸及離散選擇模型：應用 STaTa 統計，台北市：五南。
10. 進口砂石裝卸量統計表(109 版)【資料檔】，台北市：經濟部礦務局。
11. 黃承傳和謝大偉 (2006)。大宗散裝貨主港口選擇行為之研究，運輸學刊，18(3)，209-232。
12. 新陽工程顧問股份有限公司 (2016)，砂石開發供應及砂石長期穩定供應策略政策評估說明書成果報告，2020 年 1 月 20 日，取自：https://www.mine.gov.tw/Download/PInfo/P00001311A.pdf。
13. 經濟部礦物局 (2019)，砂石穩定供應推動方案(核定版)，2020 年 1 月 20 日，取自：https://www.mine.gov.tw/Download/PInfo/P00001653A.pdf。

14. 經濟部礦物局土石管理組 (2015)，103 年度砂土石產銷調查報告，台北市：經濟部礦物局。
15. 經濟部礦物局土石管理組 (2016)，104 年度砂土石產銷調查報告，台北市：經濟部礦物局。
16. 經濟部礦物局土石管理組 (2017)，105 年度砂土石產銷調查報告，台北市：經濟部礦物局。
17. 經濟部礦物局土石管理組 (2018)，106 年度砂土石產銷調查報告，台北市：經濟部礦物局。
18. 經濟部礦物局土石管理組 (2019)，107 年度砂土石產銷調查報告，台北市：經濟部礦物局。
19. 鄭聯芳 (2005)，貨櫃航商港埠選擇模式之研究－以台灣地區港埠為例，國立交通大學管理學院碩士在職專班運輸物流組碩士論文，新竹市。取自：https://hdl.handle.net/11296/523jz4
20. 戴子純 (2007)，東砂西運之外部成本估算(未出版之碩士論文)，成功大學都市計劃所, 1-140。
21. Chou, C. C. (2010). AHP model for the container port choice in the multiple-ports region. *Journal of Marine Science and Technology*, *18*(2), 221-232.
22. Castelein, R. B., Geerlings, H., &vanDuin, J. H. R. (2019). Divergent effects of container port choice incentives on users' behavior. *Transport Policy*, *84*, 82–93. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.04.010
23. Martínez Moya, J., &Feo Valero, M. (2017). Port choice in container market: a literature review. *Transport Reviews*, *37*(3), 300–321. https://doi.org/10.1080/01441647.2016.1231233
24. Ortúzar -Akiva, M., & Bierlaire, M. (1999). Discrete choice methods and their applications to short term travel decisions. In *Handbook of transportation science* (pp. 5-33). Springer, Boston, MA.
25. Ortúzar S., J. de D., &Willumsen, L. G. (2011). *Modelling transport*. Wiley-Blackwell.
26. Steven, A. B., &Corsi, T. M. (2012). Choosing a port: An analysis of containerized imports into the US. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *48*(4), 881–895. https://doi.org/10.1016/j.tre.2012.02.003
27. Tiwari, P., Itoh, H., &Doi, M. (2003). Shippers' port and carrier selection behaviour

in China: A discrete choice analysis. *Maritime Economics and Logistics*, *5*(1), 23–39. https://doi.org/10.1057/palgrave.mel.9100062

28. Tongzon, J. L., &Sawant, L. (2007). Port choice in a competitive environment: From the shipping lines' perspective. *Applied Economics*, *39*(4), 477–492. https://doi.org/10.1080/00036840500438871
29. Tongzon, J. L. (2009). Port choice and freight forwarders. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, *45*(1), 186–195. https://doi.org/10.1016/j.tre.2008.02.004
30. Vega, L., Cantillo, V., & Arellana, J. (2019). Assessing the impact of major infrastructure projects on port choice decision: The Colombian case. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, *120*, 132-148.