

定期航運燃油附加費調整評估模型分析

Analysis of the Evaluation Model of Bunker Adjustment Surcharge for Liner Shipping

徐文華 (Wen-Hwa Shyu)^①、王志敏 (Chih-Min Wang)^{②*}、朱芊華 (Chien-Hua Chu)^③、
舒律瑾 (Lu-Chin Shu)^④、陳子甄 (Tzu-Chen Chen)^⑤

摘要

本研究經由歐亞快捷航線的案例分析燃油附加費、緊急燃油附加費，以及將於 2020 年實施的低硫燃油附加費的計算基礎，驗證首先進行船舶在航程中的燃油消耗量，再進行個別附加費計算，研究分析發現，影響燃油附加費與緊急燃油附加費收費金額最大因素為航運公司基本燃油價格設定，當設定的基本燃油價格高則附加費金額就低，反之就高；低硫燃油附加費則受到貿易因素影響最大，如果航運公司貨櫃載運量高且低成本替代燃油策略，就可以降低低硫燃油附加費金額。研究也提出以單位低硫燃油附加費乘以港口間距離所彙整的低硫燃油附加費梯形圖，因此可藉由此透明合理收費機制，增進運送人與託運人雙方信賴關係。

關鍵字：燃料附加費、低硫燃油附加費、定期航運

Abstract

This study analyzes the bunker adjustment factors, emergency bunker surcharge, and the calculation basis of the low-sulfur fuel surcharge to be implemented in 2020 through the case of the Europe-Asian Express shipping route,

① 長榮大學航運管理學系副教授；E-mail: shyu@mail.cjcu.edu.tw。

②* 通訊作者，長榮大學航運管理學系助理教授；E-mail: wang8200@mail.cjcu.edu.tw。

③ 長榮大學航運管理學系四年級學生；E-mail: ljps179@gmail.com。

④ 長榮大學航運管理學系四年級學生；E-mail: ok96312@gmail.com。

⑤ 長榮大學航運管理學系四年級學生；E-mail: bnm706967@gmail.com。

and verifies the fuel consumption of the ship in the voyage first, and then carries out the individual the calculation of surcharges, the analysis found that the maximum factor affecting the bunker adjustment factors, emergency bunker surcharge were the basic fuel price setting by the shipping company. When the basic fuel price is set high, the surcharge amount is low, and vice versa; low sulfur fuel Surcharges are most affected by trade factors, if shipping company can reduce the amount of low-sulfur fuel surcharges in order to acquire high cargo carrying capacity and low-cost alternative fuel strategy. The study also proposes a ladder diagram of low-sulfur fuel surcharges collected by multiplying the unit's low-sulfur fuel surcharge by the distance between ports. Therefore, the trust relationship between the carrier and the shipper can be enhanced by a transparent and reasonable charging mechanism.

Keywords: Bunker adjustment factors, Low Sulphur fuel surcharge, Liner shipping

壹、前言

1.1 研究動機與研究問題

International Maritime Organization (IMO) 2020 年元月起限制進出船舶航行使用含硫量 0.5% m/m 以下燃油，進入排放管制區域限制必須使用含硫量 0.1% m/m 以下的燃油，各航商為因應燃油含硫量限制的新制度，使用其他替代燃料策略可能增加的燃料成本，因而開徵低硫附加費。近期已有航商向航港局報備將開徵低硫燃油附加費，在兩岸或近洋線的航線每 20 呎貨櫃，將徵收 20 ~ 40 美元不等(張佩芬，2018)，歐美航線因為須進入 IMO 的排放管制區域，要用更貴的低硫油，航商規劃在 400 至 700 (美元 / 噸) 的燃油價格

基準下，依航線別每 20 呎貨櫃收取 90 美元 ~ 1,050 美元，40 呎櫃則加倍計收。但此情勢下，已有進出口業者向航港局提出反對意見，指出低硫附加費，將增加營運成本，航港局表示尊重市場機制不會進行干預。

Wang et al. (2011) 研究說明自 20 世紀中開始徵收燃油附加費，後來又因為油價常常於短期內暴漲，加上貨櫃運價行情低迷，難以及時反映成本，因而開徵緊急燃油附加費。然而各家航商對於燃油附加費計算使用的燃油價格保密，如何計算燃油附加費並不透明，使得託運人對於燃油附加費或緊急燃油附加費的合理性產生質疑(Cariou and Wolff, 2006)。值此貨櫃運輸業者正籌劃開徵低硫燃油附加費之際，本研究期望透過回顧燃油附加費與緊急燃油附

加費計算方式，探討低硫燃油附加費費率計算是否合理，並以建構的評估模式，蒐集案例數據進行計算與分析，從而判斷何種的徵收方式與金額，可以達到貨櫃運輸業者與託運人兩者間的認知平衡。

1.2 研究目的

本研究係以追本溯源方式，追尋燃油附加費根本，探索開徵源頭的計算模式，再從根源探究即將徵收的低硫燃油附加費之合理性。

因此本研究聚焦的重點如下：

1. 分析燃油附加費或緊急燃油附加費與低硫燃油附加費三者間的差異。
2. 解析低硫燃油附加費評估模型組成。
3. 以案例分析低硫燃油附加費收取標準的合理性與適宜性，並進一步探討適宜的附加費收取方式。

研究係從質性研究廣泛探討過去附加費的淵源與徵收背景，由多層面的觀察尋求一致性的解釋，分析結果將可提供貨櫃運輸相關業者參考，也從量化研究解密低硫燃油附加費之貿易係數，如此託運人可以獲得完整資訊瞭解低硫燃油附加費收取的理由，讓雙方在同樣的認知下，有利於維持和諧的關係。

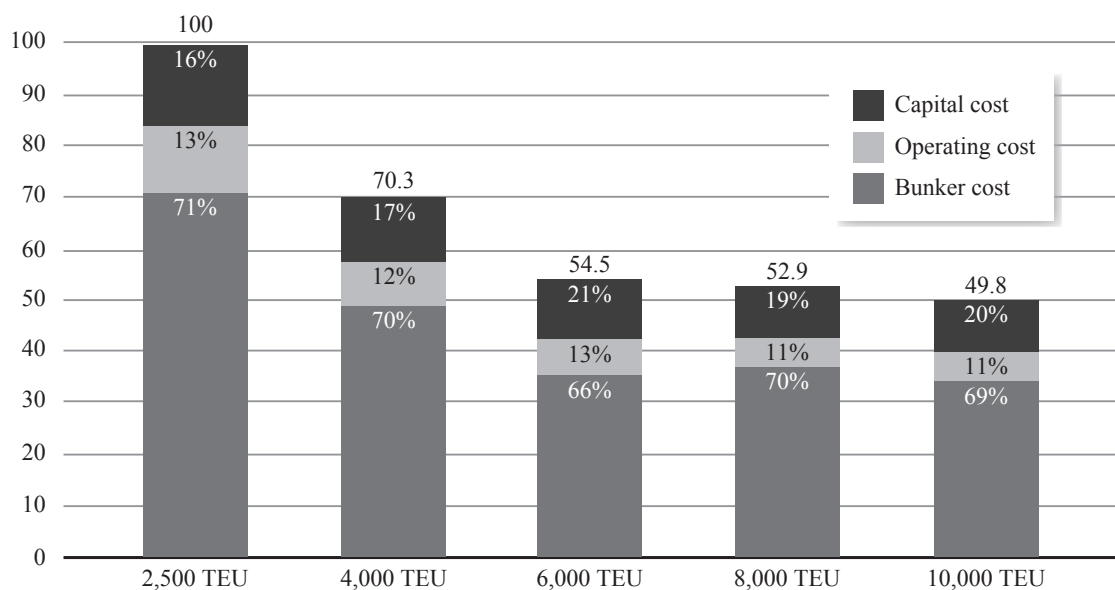
2.1 燃油附加費的緣起與營運成本的關係

2.1.1 燃油成本對航商的影響

依據 Stopford (2009) 在 2009 年評估貨櫃船燃油成本占總成本的 37% ~ 52%，當油價上漲導致燃油成本高漲時占總成本可達總成本的 50% 以上。Kearney (2014) 研究報告提到全球知名海運顧問公司 Drewry 經由訪談獲得各型貨櫃船營運成本分析資料，如圖 1 所示在各型貨櫃船的燃油成本占營運總成本比率介於 66% ~ 71% 間，但是大型貨櫃船總成本只有小型貨櫃船 49.8%，相對大型貨櫃船每 TEU 的單位燃油成本低於小型貨櫃船每 TEU 的單位燃油成本，也就是大型貨櫃船在貨櫃載運量高之經濟規模的優勢下，當燃油價格上漲引發燃油成本增加的衝擊下，大型貨櫃船所受到的衝擊低於小型貨櫃輪。

2.1.2 燃油成本對託運人的影響

託運人託運貨物被貨櫃運輸業者收取燃油附加費或緊急燃油附加費 (Emergency Bunker Surcharge, EBS)，兩者都屬於眾多海運附加費的一種，燃油附加費與緊急燃油附加費雖然名稱不同，而且有可能同時收取，但是本質上是一樣，在不同的貿易條件下分由賣方與買方支付，例如 FOB 條款，這個費用應該由買方承擔，而不是賣方承擔，由於兩種附加費的金額不確定性，特別是緊急燃油附加費應該由誰負



資料來源：Drewry report and interviews with shipping executives.

圖 1 各型貨櫃船營運成本分析

擔？屬於運費的附加費還是 FOB 本地費用？各家貨櫃運輸經營業者作法不一，有的是賣方付，有的是買方付。Cariou and Wolff (2006) 研究提到燃油附加費首次引入時，在遠東貨運會議 (Far East Freight Conference) BAF 計算的基礎是貨櫃運輸經營者支付的燃油價格。由於價格基本上是保密，因此該系統並不透明，無法向託運人充分解釋，雖然貨櫃運輸經營業者有回應改變 BAF 計算基礎，係以海運燃油市場報告顯示的獨立指數和 Cockett Marine Oil Ltd. 的燃油報價，但是還是有託運人認為此費用為霸王費用！一直存在爭議，認為貨櫃運輸經營業者收取費用的金額沒有明確的標準，託運人基本上只有接受無法

拒絕，被認定貨櫃運輸經營者是為了賺取更高的利潤。

2.2 燃油附加費的種類與計算方式

燃油附加費種類依據文獻回顧，大致上可以簡單的定義為下列三種，燃料附加費 (BAF) 因為燃油上漲未能及時調整運費，因此開徵燃料附加費藉以抵消油價上漲的衝擊；緊急燃油附加費 (EBS) 為因應燃油短期間急速上漲，因而開徵特別燃料附加費；低硫燃油附加費 (LSF) 主要是因應 IMO 2020 年限硫令而改用低硫燃油或加裝改善排放設備所導致之成本增加所加收的費用。

2.2.1 燃料附加費 (Bunker Adjustment Factors, BAF)

Wang et al. (2011) 說明船舶燃料附加費 (BAF) 徵收是在 20 世紀 70 年代的石油危機之後首次引入的。這種系統的根本原因是航運公司貨運會議上表示因為，不能及時調整價格以抵消油價上漲的衝擊，而且運價無法及時反應調漲，因此需要開徵燃料附加費。Notteboom and Cariou (2013) 認為馬士基航運公司於 2008 年初發布其 BAF 公式是為了提高 BAF 計算透明度，馬士基航運公司 BAF 計算器的公式有兩個組成部分：在某特定時間 (t) 之燃油價格變動與貿易因素。

Notteboom and Cariou (2013) 以 Maersk Line BAF 計算器為例，計算 2010 年 11 月從比利時出口到中國的每 TEU 貨櫃，燃油交易價格為每噸 435 美元，基本燃油交易價格為每噸 65 美元，每天燃油平均消耗量為 0.0256 噸 / TEU，航程時間為 35.6 天，運量不平衡因素為 0.5。計算結果每 TEU 燃料附加費需支付之金額 $(435 - 65) \times (0.0256 \times 36.5 \times 0.5) = 274.5$ USD，此結果與 CMA-CGM 航運公司的網頁計算器計算的燃料附加費金額相似 (285 美元 / TEU)。

2.2.2 緊急燃油附加費 (Emergency Bunker Surcharge, EBS)

海運業者實施緊急燃油附加費是為彌補燃油價格急速上漲的成本，燃料成本是

海運業最不穩定的成本之一，價格常在一夜之間發生暴漲，例如 2019 年 9 月 14 日沙國油田遭受無人機攻擊，次日鹿特丹 IFO380 燃料在一夜之間由 327 美元 / 噸上漲至 371.5 美元 / 噸，上漲高達 13.6%，航運業者為減輕成本所受衝擊增加利潤，額外收取燃油成本的費用，因此緊急附加費只是海運業為抵消燃油價格劇烈波動而收取的附加費。2018 年 9 月馬士基公告 EBS 附加費是基於 440 噸 / 美元的燃油價格 (鹿特丹 IFO 380)，如果燃油價格上漲或下跌，將引發 EBS 附加費發生變化，例如燃油價格 (鹿特丹的 IFO 380) 增加到 530 噸 / 美元價位，EBS 附加費將乘以 2 倍。燃油價格 (鹿特丹 IFO 380) 降至 370 噸 / 美元，EBS 附加費將為 0 (Maersk, 2018)。

Hapag-Lloyd 在 2018 年 7 月 1 日宣布推出緊急燃油附加費 (EBS)，說明跟隨馬士基公司，同時間 MSC 和 CMA CGM 公告說明揭示有九個航線緊急燃油附加費為 0 美元，而四個航線則不適用。亞洲到北歐和地中海，EBS 是 1 美元 / TEU，而南美和中美洲連接到東亞和大洋洲的貿易航線 EBS 範圍在 51 ~ 75 美元 / TEU 之間，從地中海到紐西蘭，澳大利亞和斐濟則設定為 215 美元 / TEU (Hapag-Lloyd, 2018)。但各航運公司在同樣航線收取的 EBS 卻存在極大差異，例如 Hapag Lloyd 收取 EBS 為 1 美元 / TEU，但馬士基航運公司收取 EBS 為 60 美元 / TEU，CMA

CGM 的 EBS 則為 55 美元 / TEU。各海運業者 EBS 徵收金額缺乏邏輯性，EBS 的存在似乎代表是燃料附加費已出現結構性的問題。

2.2.3 低硫燃油附加費 (Low Sulphur Fuel Surcharge, LSF)

從 2019 年 12 月 1 日起馬士基公告將收取環境燃油費 (New Environmental Fuel Fee, EFF)，該費用如同為 LSF 將依特定貿易係數，並反映低硫燃料所增加的成本，馬士基之 EFF 組成包含兩個因素，燃料價格 $\times$ 貿易因素 (Trade Factor) = EFF，其中燃料價格為全球主要加油港的低硫燃油平均價格，貿易因素為某一航線影響燃油消耗量的變動因素 (例如往返航次貨櫃載運量不平衡比值)，計算方法為高硫燃料和低硫燃料的價格差乘以貿易係數，僅在燃

料價格出現重大波動 (超過 50 美元 / 噸) 的情況下，才對 EFF 進行調整 (Maersk, 2019)。

地中海航運 (Mediterranean Shipping Company S.A., MSC) 也將於 2019 年 1 月 1 日開始實施新的低硫燃油附加費 (詳如表 2)，以達到改善貨櫃運輸供應鏈環境績效的共同目標，同時也是反映 2020 年低硫規定，MSC 建立一個新的燃油附加費 (Bunker Recovery Charge, BRC)，將取代當前的燃油附加費 Bunker Contribution (BUC)，燃油調整費 (Fuel Adjustment Factor, FAD) 與緊急燃油附加費 (Emergency Fuel Surcharge, EFS) 並取代大部分與燃油相關的附加費用，但是航經污染排放控制區 (ECA) 加收的費用將繼續存在。其計算公式為 $BRC = \text{Fuel Price per Ton (每噸燃油價格)} \times \text{Trade Factor (貿易$

表 1 馬士基不同航線對應下的環境燃油費

(單位：美元)

Trade	一般貨櫃 (DRY)		冷凍貨櫃 (REEF)	
	20 呎	40 呎	20 呎	40 呎
North America (USA, Canada) / Central America / Caribbean/ West Coast South America to East Coast South America	58	116	87	174
East Coast South America to North America, Central America, West Coast South America & Caribbean	126	251	189	377
Intra-Latin America (Central America, Caribbean, West Coast South America)	49	97	73	145
North America (USA, Canada) to/from Central America, Caribbean & West Coast South America	97	193	145	290

資料來源：American Journal of Transportation, Nov 01 2019.
<https://ajot.com/news/sealand-introduces-environmental-fuel-fee-eff>

表 2 地中海航運 (MSC) 2019 年 1 月 1 日開始實施新的低硫燃油附加費

TRADE	BUNKERRECOVERY CHARGES BASED ON EXAMPLE FUEL PRICES (USD)						
	\$400	\$450	\$500	\$550	\$600	\$650	\$700
Asia-Europe	\$248	\$279	\$310	\$341	\$372	\$403	\$434
Europe-Asia	\$96	\$108	\$120	\$132	\$144	\$156	\$168
Asia-N America WCoast	\$200	\$225	\$250	\$275	\$300	\$325	\$350
N America WCoast-Asia	\$40	\$45	\$50	\$55	\$60	\$65	\$70
Asia-NAmerica E Coast	\$520	\$585	\$650	\$715	\$780	\$845	\$910
N America E Coast-Asia	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140
Asia-LatAmE Coast	\$360	\$405	\$450	\$495	\$540	\$585	\$630
LatAmE Coast-Asia	\$260	\$293	\$325	\$358	\$390	\$423	\$455
N Europe-NAmerica E Coast	\$200	\$225	\$250	\$275	\$300	\$325	\$350
N America E Coast-N Europe	\$60	\$68	\$75	\$83	\$90	\$98	\$105
Europe-Med & Black Sea	\$140	\$158	\$175	\$193	\$210	\$228	\$245
Med & Black Sea-Europe	\$140	\$158	\$175	\$193	\$210	\$228	\$245
N Europe-IndianSubcontinent	\$140	\$158	\$175	\$193	\$210	\$228	\$245
IndianSubcontinent-N-Europe	\$140	\$158	\$175	\$193	\$210	\$228	\$245
N Europe-W Africa	\$208	\$234	\$260	\$286	\$312	\$338	\$364
W Africa-NEurope	\$104	\$117	\$130	\$143	\$156	\$169	\$182
N Europe-LatamE Coast	\$120	\$135	\$150	\$165	\$180	\$195	\$210
LatamE Coast-N Europe	\$260	\$293	\$325	\$358	\$390	\$423	\$455
Europe-Israel& Cyprus	\$200	\$225	\$250	\$275	\$300	\$325	\$350
Israel & Cyprus-Europe	\$80	\$90	\$100	\$110	\$120	\$130	\$140

資料來源：MSC Mediterranean Shipping Company S.A. <https://www.msc.com/mwi/news/2018-november/2020-sulphur-cap-bunker-charge-mechanism-for-2019>

因素)(MSC, 2018)。其中，每噸燃油價格是以某一航線 HSFO 380 CST 燃料油的月平均價格為基準。貿易因素的計算方式為，每次往返行程的燃油消耗 ÷ 本次行程運載的貨櫃量 (TEUs)。此外，冷藏箱運輸燃油附加費標準為： $BRC \times 1.5$ 。BRC 生效後，將替代當前燃油相關附加費，如 BUC，FAD 和 EFS 等。而低硫的 BRC 將從 2019 年第四季以月平均之低硫燃料油 (LSFO) 指數取代海運重油 (HSFO 380 CS)，以便為 2020 年 1 月 1 日實施之低硫燃油限制做準備。

參、研究方法與建構評估模式

3.1 研究方法

對於燃油附加費估算係基於船舶航程中的燃料消耗量，本研究採用與 Kalli et al. (2009) 相同的方法依步驟進行估算，首先進行船舶燃油消耗計算，計算資料包括船舶航程資料 (航程距離、靠泊碼頭、航經一般海域或污染控制區等) 和船舶特定數據 (主輔機類型、使用燃油種類、航行

速度與貨櫃裝載量等)，次而依據使用燃油價格估算燃油成本，在考慮實際船舶的航行活動即可獲得準確訊息，最後進一步評估各種燃油附加費用。

3.2 船舶燃油消耗評估

3.2.1 船舶燃油消耗計算模式

Stopford (2009) 建構每日燃油消耗量與船舶航速的關係式，如方程式 (1)

$$FC = MFC^* \times \left(\frac{S}{S^*} \right)^a + AFC \quad (1)$$

其中

FC ：船舶實際燃料消耗量 (噸 / 日)

MFC^* ：船舶主機 (Main Engine, ME) 設計船速之燃料消耗 (噸 / 日)

S ：實際船舶速度 (海浬 / 時)

S^* ：船舶設計速度 (海浬 / 時)

a ：實際速度與實際速度的燃料消耗比值，在柴油引擎之約為 3

AFC ：船舶輔機 (Auxiliary Engine, AE) 之燃料消耗 (噸 / 日)

1. 船舶航程的燃油消耗計算模式

Entec (2003)、Corbett (2004)、張瀞之、王志敏 (2010) 評估船舶在航程中能源消耗，依據船舶動態可分為三個階段：海上巡航、接近港區機動與靠泊碼頭，另外部分航線會經運河及到港等待進港，因此本研究依據五個階段所需要的不同動力，進行計算燃油量消耗，船舶單一航程的主機

與輔機能源消耗可以建構如方程式 (2)

$$\begin{aligned} FC_{sv} &= \sum (FC_s^{ij} + FC_m^{ij} + FC_w^{ij} + FC_p^{ij} + FC_{sc}^{ij}) \\ &= T_s (MFC_s + AFC_s) + T_m (MFC_m + AFC_m) + T_p \times AFC_p + T_w \times AFC_w \\ &\quad + T_{sc} (MFC_{sc} + AFC_{sc}) \end{aligned} \quad (2)$$

其中

FC_{sv} ：單一航程船舶燃料消耗量 (噸)

i, j ：港口別

s ：海上巡航動態階段

m ：接近港區機動動態階段

w ：外港等待階段

p ：靠泊碼頭動態階段

sc ：經過蘇伊士運河階段

T ：時間 (天)

2. 船舶航程經一般海域與 SECA 之燃油消耗計算模式

$$FC_s^{ij} = \sum (FC_{os} + FC_{seca}) \quad (3)$$

其中

FC_{os} ：船舶經一般海域燃料消耗量 (噸)

FC_{seca} ：船舶經 SECA 海域燃料消耗量 (噸)

3.3 燃油附加費評估模式

燃油附加費 (Bunker Adjustment Factor, BAF) 係海運運費計算中的一項附加費用，用以對於燃油油價波動所造成船公司運送成本提高，為轉嫁額外負擔而加收的

費用，而向託運人（或貨主）所收取之一項運費以外的附屬費用。該費用以每運輸多少金額或者以運費的百分比來表示。燃油附加費有的航線按基本費率的百分比加收，有的航線按運費噸加收一定金額。費用收取通常按 20 呎貨櫃為單位以美元 (USD) 計費。計算燃油附加費，其評估方程式可以式 (4) 表示

$$BAF_t = (BP_t - BP_{base}) \times (FC_{teu/day}) \times (T_{day}) \times (IF_t) \quad (4)$$

其中

BP_t ：特定時間 t 的燃油交易價格（美金 / 噸）

BP_{base} ：基本的燃油價格（美金 / 噸）

$FC_{teu/day}$ ：每 TEU 的平均日燃油消耗量

T_{day} ：航行日數

IF_t ：特定時間 t 的運量不平衡因素

3.4 緊急燃油附加費 (Emergency Bunker Fuel Surcharge, EBS 或 Bunker Cost Recovery Surcharge, BRS) 評估模式

EBS 系基於燃油附加費 (BAF) 基礎上加收的，亦即燃油費上漲幅度不劇烈時僅收燃油附加費 (FAF)；當燃油費上漲幅度非常劇烈時則同時收 BAF 與 EBS。其評估方程式可以式 (5) 表示

$$EBS_t = BAF_{current} - BAF_t \quad (5)$$

其中

$BAF_{current}$ ：當前燃油附加費（美金 / TEU）

BAF_t ：基本燃油附加費（美金 / TEU）

3.5 低硫燃油附加費評估模式

馬士基航運 (MSC) 於 2020 年 1 月 1 日開始實施單一航程「低硫燃油附加費」或是「燃油成本補償費用」，如方程式 (6)

$$LSS_{sv} = FP_{lsf} \times TF \quad (6)$$

其中

FP_{lsf} ：船舶低硫燃油價格（美金 / 噸）

TF ：貿易因素（包括航行時間、燃油使用效率、往返航次貨櫃載運量不平衡比值）

3.6 單位低硫燃油附加費 (TEU-mile) 評估模式

本研究為比較不同計費方式的低硫燃油附加費，建構單位低硫燃油附加費 (TEU-mile) 評估模式，其評估方程式可以式 (7) 表示

$$ULSS = LSS / CL / VD \quad (7)$$

其中

$ULSS$ ：單位低硫燃油附加費 (TEU-mile)

CL ：船舶航程貨櫃裝載量 (TEU)

VD ：航程距離 (mile)

肆、實證分析

4.1 資料說明

計算船舶燃油消耗量使用 Clarksons Research 數據庫資料，表 3 列出案例分析的貨櫃船基本資料，以歐亞航線為例進行燃油消耗與船舶燃油附加費評估，航行起訖港口為由高雄經蘇伊士運河至歐洲，航線距離為 21,141 海浬，航線為歐亞快捷航線，航行天數依據臺灣某家大型航商實際之船期表計算，航商為節省燃油成本其平均航速為 15.0 海浬 / 時，船舶動態係觀察 Marine Traffic 網站所提供船舶位置進行追蹤。

4.2 船舶每航次之燃油消耗計算

貨櫃船航次燃油消耗經以方程式 (1)、(2) 與方程式 (3) 計算，燃油價格以 2008/1 ~ 2018/12 IFO 380 價格平均值為 417 美金 / 噸、MDO 價格平均值為 686 美金 / 噸，表 4 顯示超巴拿馬型貨櫃船燃油消耗量及成本，以航行一般海域期間燃油成本最高 (2,482,086 美金)，其中航行污染控制區依據規定必須更換低硫燃油，因此航行期間主輔機燃油消耗量皆以使用 MDO 計算，合計總行程燃油成本為 2,775,864 美金。

表 3 船舶與航線資料

船舶種類	貨櫃載重數 (TEU)	設計船速 (Knots)	每日耗油量 (M.T/day)	
			主機 (IFO380)	單一輔機 (MDO)
超巴拿馬型貨櫃船	14,000	23.0	168	19.5
航線	航程時間 (day)		航程	
歐亞快捷航線 21,141 海浬 (經 Suze Canal)	航行時間：58.73 滯港時間：8.11 進出港時間：4.17		Kaohsiung → Rotterdam → Hamburg → Antwerp → Le Havre → London → Singapore → Xiamen → Kaohsiung	

表 4 超巴拿馬型貨櫃船航次燃油消耗

航行活動	航行時間 (天)	航程耗油 (M.T)		航程燃油成本 (美金)		
		主機 (IFO380)	輔機 (MDO)	主機 (IFO380)	輔機 (MDO)	合計
一般海域	54.51	2,555	1,063	1,752,928	729,158	2,482,086
污染控制區	4.22	198 (MDO)	82	100,615	41,853	142,468
靠港 (碼頭、外港等待)	8.11	0	158	0	80,496	80,496
進出港 (含蘇伊士運河)	4.17	58	81	29,458	41,356	70,815
小計	71.00	2,811	1,385	1,883,001	892,863	2,775,864

4.3 船舶燃油附加費計算

船舶燃油附加費計算以 Maersk Line BAF 2010 計算器為例，燃油價格為 441 美元 / 噸、基本燃油價格為 65 美元 / 噸、單位燃油消耗量為 0.0256 噸 / TEU，去程與回程時間假設相同為 35.5 天，運量不平衡因素為 0.51，燃油附加費 (BAF) 計算公式與結果如表 5，歐亞快捷航線航次燃油附加費為 174.27 美金 / TEU。

4.4 船舶緊急燃油附加費計算

緊急燃油附加費是為彌補燃油價格急速上漲的成本，研究以表 5 航次燃油附加費為例計算緊急燃油附加費，假設當前燃油價格為 500 美金 / 噸，燃油附加費計算的基本燃油價格為 441 美金 / 噸，由式 (5) 計算顯示於表 6，緊急燃油附加費為 27.35 美元 / TEU。

4.5 船舶低硫燃油附加費之貿易因素 (Trade Factor) 與附加費金額解算

貿易因素在低硫燃油附加費計算中扮演關鍵角色，但各航運公司從未公布其實際數值，因此為了解碼其貿易因素數值，研究利用非線性回歸模型進行有效益的解算潛在信息 (Pinheiro and Bates, 2000)，非線性回歸模型具有邏輯 (the logistic)，Gompertz 和單分子功能 (monomolecular functions) 三個特殊功能 (Richards, 1959)，其圖形相似於曲線 (Gallant, 1987)，因此方程式 (8) 之非線性回歸模型在研究中被使用來評估貿易因素，這條單一參數的曲線函數稱為 Ratkowsky 函數 (1993)，用於確定對應的參數值數據。

$$Y_i = f(X_i, \theta) + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

表 5 航次燃油附加費

燃油價格 (美元 / 噸)	基本燃油價格 (美元 / 噸)	每 TEU 每天 燃油消耗量 (噸 / TEU)	運輸時間 (天)	運量不平衡 係數	燃油附加費 計算
441	65	0.0256	35.5	0.51	174.27

表 6 緊急燃油附加費

燃油價格 (美元 / 噸)	基本燃油價格 (美元 / 噸)	每 TEU 每天 燃油消耗量 (噸 / TEU)	運輸時間 (天)	去回程運量 不平衡係數	燃油附加費 (美元 / TEU)	緊急燃油附加費 (美元 / TEU)
441	65	0.0256	35.5	0.51	174.27	—
500	65	0.0256	35.5	0.51	201.62	27.35

其中

Y_{τ} ：燃油價格在 τ 情境下之低硫燃油附加費

X_i ：在 i 期之燃油價格

θ ：貿易係數

ε_i ：在 i 時期之隨機誤差

研究中以地中海航運 (MSC) 於 2020 年 1 月 1 日開始實施單一航程「低硫燃油附加費」或是「燃油成本補償費用」為 Y_{τ} ，其情境模擬為不同的燃油價格 (X_i)，以式 (8) 為計算方程式解算貿易因素 (θ)，而非線性回歸模型中 ε_i 為計算誤差值 (預測值與 Y_{τ} 間差異)。在非線性曲線擬合的最佳解則以 Lewis (1982) 提出的模型數據良好配適度為判斷標準，包括平均絕對百分比誤差 (Mean Absolute Percent Error, MAPE) 小於 10%、 R 平方值 (R^2) 接近 1。本研究情境假設條件如下，IFO 380 燃油價格平均值為 450 美金 / 噸、往返航行時間與燃油效率相同，而貨櫃載運量不平衡假設為 ASIA-EU 艙位利用率為 90% (12,600 TEU)、EU-ASIA 為艙位利用率 65% (9,000 TEU)，經以非線性回歸模型解算最佳結果，在 ASIA-EU 航程貨櫃載運量不平衡比值為 $(12,600/9,000)^2 = 1.917$ 、

EU-ASIA 航程貨櫃載運量不平衡比值為 $(9,000/12,600)^2 = 0.522$ 。表 7 為模擬之低硫燃油附加費，其平均絕對百分比誤差 (MAPE) 為小於 1.65 % 與 1.06%、 R 平方值 (R^2) 為 0.983 接近 1 與顯著性檢定 p 值 < 0.001 ，顯示模型具有顯著性，亦即非線性回歸模式有良好配適度且具有預測能力。

圖 2 顯示在本研究假設之條件下，模擬之低硫燃油附加費預測值與地中海航運之低硫燃油附加費非常接近，表示貿易因素預測條件接近地中海航運計算低硫燃油附加費所設定貿易因素的條件。

4.6 模擬單位低硫燃油附加費計算

由於航線上常有去程回程的距離及貨櫃運輸量的不同，為能精準比較低硫燃油附加費之差異，本研究以表 2 之燃油價格 450 美元 / 噸之低硫燃油附加費為例，經由式 (8) 計算單位低硫燃油附加費顯示於表 8，ASIA-EU 單位低硫燃油附加費為每 0.02593 美金每一 TEU/mile，EU-ASIA 單位低硫燃油附加費為每 0.01075 美金每一 TEU/mile，兩者間相差達 58.5% 的金額。

表 7 模擬之非線性低硫燃油附加費回歸模型配適度檢定

航線別	貿易係數	檢定值		
		百分比誤差 (MAPE)	R 平方值 (R^2)	顯著性 (Prob.)
ASIA-EU	1.971	0.0165	0.983	0.0001
EU-ASIA	0.522	0.0106	0.983	0.0001

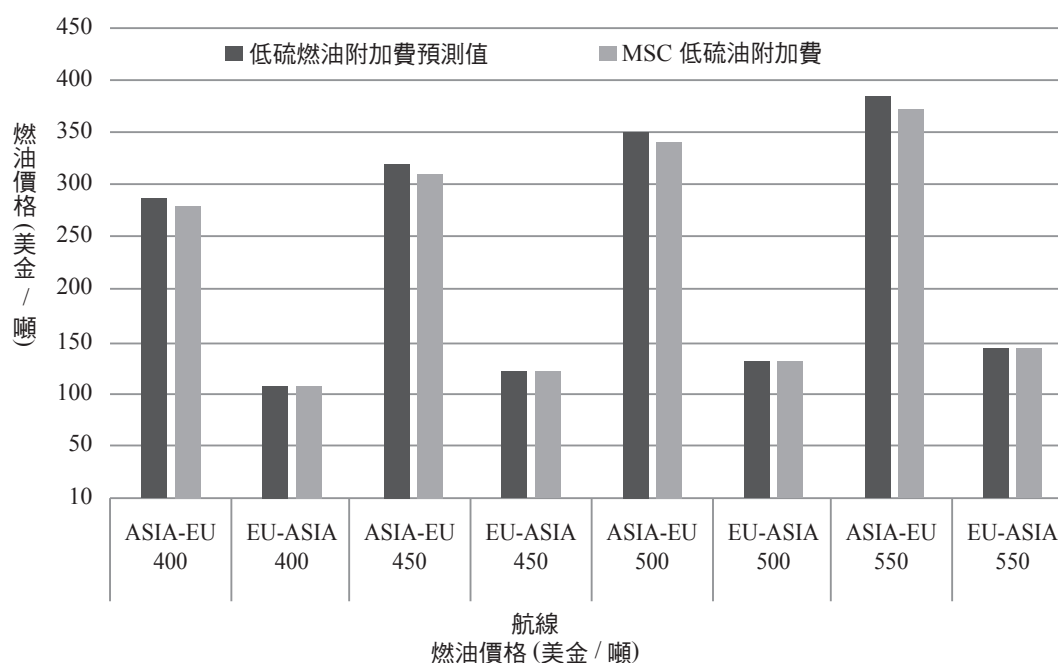


圖 2 地中海航運之低硫燃油附加費與模擬費預測值比較

表 8 低硫燃油附加費

燃油價格 (美元 / 噸)	航線	低硫燃油附加費 (美金 / TEU)	航行距離 (mile)	單位低硫燃油附 加費 (TEU/mile)
450	ASIA-EU	287.26	11,077	0.02593
	EU-ASIA	108.21	10,064	0.01075

4.7 依據港口別的低硫燃油附加費計算

依據馬士基航運與地中海航運公告之 2020 年燃油價格 450 美元 / 噸之低硫燃油附加費 (詳表 1 與表 2)，在同一航線 (西航或東航) 各港口低硫燃油附加費設為相同的金額，但是實際運輸因為各港口距離不同，卻收取相同之低硫燃油附加費是一件令託運人非常困擾的計費方式，為公平

起見，本研究以圖 2 中之單位低硫燃油附加費乘以港口間的距離，獲得圖 3 中歐亞快捷航線西航與東航的各港口間低硫燃油附加費梯形圖，由圖中可以簡易計算各港口間的低硫燃油附加費，例如由中國廈門運往荷蘭鹿特丹的 20 呎貨櫃低硫燃油附加費為 258.7 美金 (1.76 美金 + 256.94 美金)。

航線 ASIA-EU (西航)	Kaohsiung Taiwan								
	256.94	Rotterdam Netherlands							
	264.85	7.91	Hamburg Germany						
	275.35	18.41	10.50	Antwerp Belgium					
	281.86	24.92	17.01	6.51	Le Haver France				
航線 EU-ASIA (東航)	287.23	30.29	22.38	11.88	5.37	London United Kingdom			
		101.21	97.93	93.58	90.88	88.66	Brani Terminal Singapore		
		118.98	115.70	111.35	108.65	106.43	17.77	Xiamen China	
		120.74	117.47	113.11	110.41	108.19	19.53	1.76	Kaohsiung Taiwan

圖 3 歐亞快捷航線港口間低硫燃油附加費之梯形圖

伍、結論與建議

5.1 結論與建議

各種燃油附加費的徵收方式與金額，因為計算基礎不透明且制式化，一直引起貨櫃運輸業者與託運人的糾紛，在 2020 年限硫令實施又出現所謂的低硫油附加費，日益複雜之附加費計算因素，包括貿易因素與燃油價格調整標準為何？遭到託運人質疑徵收的合理性 (Baltic and International Maritime Council, 2020)，因此本研究透過回顧燃油附加費與緊急燃油附加費計算方式，模擬現行航運公司公告的

低硫燃油附加費計算方式，藉由案例分析獲得以下的重要發現。

1. 低硫燃油附加費計算所使用之貿易因素 (TF)，會因航運公司營運狀況的差異而有所不同，此亦為航運公司收取低硫燃油附加費金額不同的主要影響因素，例如本研究模擬地中海航運 ASIA-EU 航程貿易係數為 1.917、EU-ASIA 為 = 0.522，代表因為 ASIA-EU 航程貨載量高，航運公司收取較高的低硫燃油附加費，EU-ASIA 航程貨載量低，以收取較低的低硫燃油附加費吸引託運人的貨物交運，因此營運狀況良好且攬貨能力強的航運公司，可藉由較高的貨櫃載運

量且採取較低成本的替代燃油策略，進而降低收取的低硫燃油附加費金額，增加其市場的競爭力。

2. 航運公司在相同航線上低硫燃油附加費係採取統一的收費金額，為達到合理收費，本研究提出以單位低硫燃油附加費為基礎，再依據起運港至目的港口間的距離，進行低硫燃油附加費金額的調整，為避免因為燃料價格急遽上漲造成航運公司的成本增加，航運公司可依航線別、船舶別、港口間距離、貨櫃載運量與燃油價格等因素，即時或定期更新低硫燃油附加費之梯形圖，如此在透明合理的原則下所收取費用，既可簡化繁雜的附加費，亦可增進運送人與託運人雙方的信賴關係。

本研究以回顧方式匯集過去燃油附加費、緊急燃油附加費，進而模擬低硫燃油附加費的計算，並檢討與改善現行附加費計算方式，並建議以附加費梯形圖，區別港口間應收取之合理附加費金額，不僅可避免因油價上漲侵蝕航運業者的利潤，亦可讓託運人可獲得即時資訊易於將附加費納入報價。但是在 2020 年 1 月中國爆發新型冠狀病毒「COVID-19」後，因封城、檢疫和工廠關閉，導致沿海上海、寧波和天津新港等港口港區堆滿進口貨櫃，出口貨物亦無法運抵港區，定期貨櫃運輸只能取消停靠中國港口航程，根據海運諮詢公司 Alphaliner 統計資料，中國航線

自 1 月 20 日至 2 月底減少約 600 萬 TEU (20%) 運輸量 (臺灣新生報，2020)，閒置的貨櫃輪比 2008 年全球金融海嘯時期還要多，中國新型冠狀病毒爆發引發進出口中斷，需求轉弱的情況嚴重衝擊全球定期貨櫃航運公司的獲利。而依據 Baltic and International Maritime Council (2020) 分析，定期海運公司低硫附加費因冠狀病毒導致的貨櫃需求減少，更難以將 IMO 2020 限硫令產生的所有額外成本轉嫁給客戶，例如上海出口至歐洲基本港貨櫃運費 (包括海運及海運附加費) 在 2019 年 12 月底為每 TEU 1,027 美元，2020 年 1 月初調整每 TEU 1,124 美元 / TEU，但由於新型冠狀病毒疫情的影響，雖然定期海運公司在航線上實施運力縮減計畫，但在 2020 年 2 月底每 TEU 價下跌至 804 美元 / TEU，低硫附加費機制加收費用無法抵消市場需求驟降的衝擊。不過，在新型冠狀病毒衝擊下海運燃油價格在 2020 年 2 月底大幅下跌，例如鹿特丹之低硫海運燃油 (Very Low Sulphur Fuel Oil: VLSFO) 由 2020 年 1 月初每噸 598 美金的高點下跌至 2020 年 2 月底每噸 382.5 美金 (下跌 36%)，或許燃油價格的下跌可以降低來自限硫令的燃油成本增加之衝擊 (Bloomberg, 2020)。

5.2 未來研究方向

本研究僅從燃油價格探討附加費徵

收金額，增加附加費計算基礎的透明度，但是因應限硫令的策略尚有加裝脫硫器與更換機械設備使用天然氣或甲醇等替代方案，當航運公司採取類似的方案所增加的資本設備成本並無法以低硫油附加費方式向託運人徵收，因此建議後續研究可以從改善燃油設備附加費方式進行研究，建立一套完整透明的收費機制，例如透過公告附加費調整時間間距、計算的油價基礎、船舶去回程裝載櫃量統計等資料，清楚的解答託運人的疑惑。

參考文獻

- 張佩芬，2018，開徵低硫燃油附加費航港局：尊重市場機制，工商時報，<https://www.chinatimes.com/newspapers/20181205000380-260204?chdtv>，2020 年 2 月。
- 張瀾之、王志敏，2010，徵收碳稅對船舶減速與營運成本間之影響評估，*運輸計劃季刊*，第 39 卷，第 4 期，441-460。
- 臺灣新生報，2020，武肺衝擊 Alphaliner：估陸 2020 年 Q1 貨櫃量降 6 百萬 TEU，<https://www.tssdnews.com.tw/?FID=9&CID=491111>，2020 年 2 月。
- Baltic and International Maritime Council, 2020. Container Shipping: Carriers Struggling With Higher Fuel Costs Face Little Support From Market Fundamentals. Available at: https://www.bimco.org/news/market_analysis/2020/20200226smoo01_container_shipping (accessed Feb, 2020)
- Bloomberg, 2020. Maersk CEO Predicts 'Sharp' Rebound after Coronavirus Peaks. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-02-20/maersk-says-outlook-hit-by-uncertainty-due-to-coronavirus> (accessed Feb, 2020)
- Cariou, P. and Wolff, F.C., 2006. An analysis of bunker adjustment factors and freight rates in the Europe/Far East market (2000 ~ 2004). *Maritime Economics & Logistics*, 8(2), 187-201.
- Corbett, J.J., 2004. Verification of Ship Emission Estimates with Monitoring Measurements to Improve Inventory and Modeling, University of Delaware. Newark. DE.
- Entec, 2002. Quantification of Emissions from Ships Associated with Ship Movements Between Ports in The European Community, Entec UK Limited: England.
- Gallant, A.R., 1987. *Nonlinear Statistical Models*, John Wiley & Sons: New York.
- Hapag-Lloyd, 2018. Primary Surcharge Notice, effective July 1, 2018. Available at: https://www.hapag-lloyd.com/content/dam/website/downloads/pdf/NA_Primary_Surcharge_Notice_eff_July1st2018.pdf (accessed Nov, 2019).

- Kalli, J., Karvonen, T. and Makkonen, T., 2009. Sulphur content in ships bunker fuel in 2015: A study on the impacts of the new IMO regulations and transportation costs. *Publications of the Ministry of Transport and Communications*, 31(2009). Ministry of Transport and Communications.
- Kearney, A.T., 2014. Balancing the Imbalances in Container Shipping. Available at: https://www.atkearney.com/documents/10192/254830/Balancing_the_Imbalances_in_Container_Shipping_.pdf/d4a46d4a-d42f-4738-9b37-6343698d1007 (accessed Nov, 2019).
- Lewis, C.D., 1982. *Industrial and Business Forecasting Method*, Butterworth Scientific: London.
- Maersk, 2018. Maersk to Change Fuel Adjustment Surcharge Ahead of the 2020 Sulphur Cap. Available at: <https://www.maersk.com/news/2018/09/17/maersk-to-change-fuel-adjustment-surcharge-ahead-of-the-2020-sulphur-cap> (accessed Nov, 2019).
- Maersk, 2019. Customer Handout on IMO 2020 preparations: update on Bunker Adjustment Factor (BAF) NEW Environmental Fuel Fee (EFF). Available at: <http://www.olgn.org/wp-content/uploads/2019/09/1.-Maersk-IMO-2020-Maersk-new-environmental-fuel-fee.pdf> (accessed Feb, 2020).
- Mediterranean Shipping Company S.A., 2018. 2020 Sulphur Cap: Bunker Charge Mechanism for 2019. Available at: <https://www.msc.com/mwi/news/2018-november/2020-sulphur-cap-bunker-charge-mechanism-for-2019> (accessed Nov, 2019).
- Notteboom, T. and Cariou, P., 2013. Slow steaming in container liner shipping: is there any impact on fuel surcharge practices?. *The International Journal of Logistics Management*, 24(1), 73-86.
- Pinheiro, J.C. and Bates, D.M., 2000. *Mixed-Effects Models in S and S-Plus*, Springer Verlag: New York.
- Ratkowsky, D.A., 1983. *Nonlinear Regression Modeling: A Unified Practical Approach*, Marcel Dekker Inc: New York.
- Richards, F.J., 1959. A flexible growth function for empirical use. *Journal of Experimental Botany*, 10(9), 290-300.
- Stopford, M., 2009. *Maritime Economics*, Third Edition, Routledge: New York.
- Wang, D.H., Chen, C.C. and Lai, C.S., 2011. The rationale behind and effects of bunker adjustment factors. *Journal of Transport Geography*, 19, 467-474.

