

ESG 績效對台灣鋼鐵公司營運效率之影響

The Impact of ESG Performance on the Operational Efficiency of Taiwan's Steel Companies

胡永湄¹

國立高雄科技大學 企業管理系碩士在職專班 研究生

J112257106@nkust.edu.tw

余銘忠²

國立高雄科技大學 企業管理系碩士在職專班 教授

yminchun@nkust.edu.tw

摘要

在全球氣候變遷加劇與永續發展日益受到重視的背景下，高碳排的鋼鐵產業正面臨轉型挑戰。ESG 已成為衡量企業永續與競爭力的重要指標。本文以 2021 至 2023 年間臺灣 15 家鋼鐵上市櫃公司為對象，採用超效率差額基礎模型（Super SBM）結合 Malmquist 生產力指數，評估 ESG 構面對營運績效之影響。投入變數包括研發支出與董事酬金，產出則涵蓋營收與 ESG 三構面分數。結果顯示，ESG 表現良好企業普遍具備較高效率，尤其中鋼、盛餘與官田鋼表現較為優異。大多數企業亦在技術效率或技術變革方面呈現成長趨勢，反映鋼鐵業正朝向數位化與低碳化轉型。綜合而言，本研究驗證 ESG 為提升鋼鐵業經營績效與永續發展潛力之有效工具，具政策與實務應用價值。

關鍵詞：鋼鐵業、資料包絡分析法、ESG、Super SBM、營運效率

Keywords: Steel Industry, Data Envelopment Analysis (DEA), Environmental, Social, and Governance (ESG), Super SBM, Operational Efficiency

1. 緒論

1.1 研究背景與動機

鋼鐵產業被譽為工業之母，在國家經濟發展上，鋼鐵業在現代工業社會中扮演著不可或缺的角色。作為基礎建設、汽車製造、機械設備和家電產品等各行各業的關鍵材料，鋼鐵在全球經濟中佔有舉足輕重的地位。20 世紀初，鋼鐵生產進一步現代化，電弧爐和連鑄技術的出現使得鋼鐵的生產更加高效。根據世界鋼鐵協會（worldsteel）的統計資料顯示，1950 年全球粗鋼產量僅為 189 百萬噸（如圖 1-1），而隨著全球化的發展，鋼鐵業逐步向發展中國家轉移，尤其是在中國，鋼鐵產量迅速增長，成為全球最大鋼鐵生產國。而到 2023 年全球粗鋼產量約達 1,892 百萬噸。這一增長反映了隨著鋼鐵需求的不斷上升，全球鋼鐵產量相應增加的趨勢。

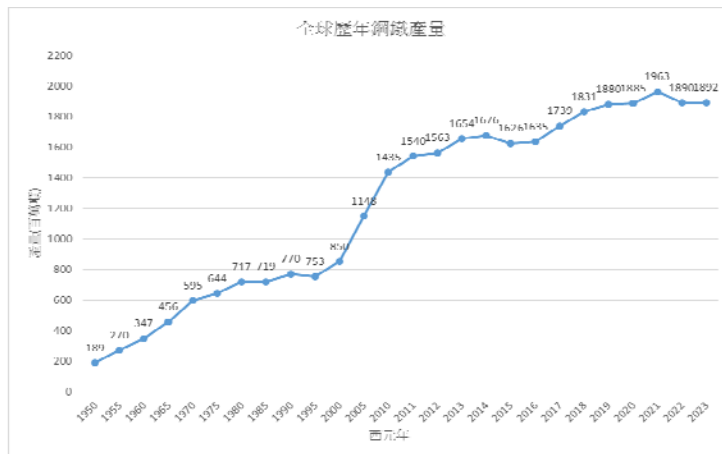


圖 1-1 全球歷年鋼鐵產量

台灣鋼鐵產業可分為幾個時期：1960 年以前為萌芽期，1960 年邁入出口擴張時期，加上 1963 年「台灣區鋼鐵公會」成立使鋼鐵業積極拓展外銷，1970 年代政府推動十大建設，因十大建設成立一貫性作業鋼鐵中鋼公司，著重於生產棒材、線材及板材等產品，且民營鋼廠亦興建電爐、連鑄機與熱軋機帶動整體產量與品質上升，邁入成長期；1980 年代中鋼二、三期擴建及民間熱軋廠亦積極投資擴廠與改善設備，小型單軋廠也於此時陸續建廠，加上上中下游分工明確，鋼鐵產業體系逐漸形成，走向成熟期；1990 年代是臺灣鋼鐵產業環境最動盪的年代，由於全球鋼鐵廠嚴重過剩，而臺商中國大陸投資急遽增加，鋼鐵產業面臨下游大量外移的情況(陳玉麟，2001)。而在進入 21 世紀後，受中國大陸市場需求的帶動，全球鋼鐵產業進入另一個成長階段，至今，2020 年由於新冠病毒（COVID-19）疫情的全球蔓延，鋼鐵業的供應鏈模式發生了重大變化。疫情期間，許多國家為控制病毒擴散，實施了嚴格的封鎖和防疫措施，這對鋼鐵業的生產和運營造成了多重挑戰，至今，全球鋼鐵產業面臨原物料上漲、環保與碳排、高附加產品研發、穩定內需市場與拓展外銷市場，使各鋼廠開始研究永續發展與轉型，將原本大家口中的傳統產業，帶向另一個新高度。

近幾年氣候變遷的加劇造成全球生態環境日益惡化，逐漸意識到社會責任的重要性，因此越來越多的企業開始採取行動，推動（CSR）企業社會責任、（ESG）環境、社會及治理標準的實施，以期在經濟發展的同時，兼顧環境和社會的可持續發展。此外，企業也致力於響應聯合國可持續發展目標（SDGs），通過具體行動如減少碳排放、提升資源效率和促進社會平等，來為實現全球可持續發展做出貢獻。這些努力不僅有助於減緩氣候變遷帶來的影響，也提升了企業的長期競爭力和社會形象。

ESG 與 SDGs 是相互關連卻又不同的概念 CSR 是指企業追求成長與利潤時，對於社會公眾、生態環境及政治決策的經營理念。ESG (Environment、Social、Governance)是評估公司於環境、社會、治理的指標。SDGs (Sustainable Development Goals) 是聯合國於 2015 年提出的 17 項永續發展目標，旨在到 2030 年解決全球面臨的重大挑戰。則更著重於人類發展所產生的問題，對於全球飢餓、性別歧視、社會發展導致的貧富差距等問題，以及氣候變遷對生態造成的衝擊。綜合上述 ESG、CSR 與 SDGs 看起來相似卻有各自主要的用途，CSR 與 SDGs 都是概念性的目標，並沒有實際量化的工具，並沒有實際量化的評估工具，而 ESG 可提供成熟具體的量化評估工具，並直接影響企業對永續發展目標的實現 (鄧凱聞，2023)。

1.2 研究動機

在當今全球暖化、資源有限和社會責任日益增長的背景下，鋼鐵業作為高碳排放的傳統重工業，正面臨著前所未有的挑戰和壓力。隨著各國 2050 淨零排放之行動，企業在經營過程中融入 ESG 已成為全球趨勢，特別是在徵收碳費的壓力下，鋼鐵業如何在永續發展與經濟效益中求生存，已成為亟待解決的課題。因此，本研究透過資料包絡分析法探討鋼鐵業導入 ESG 策略後的對鋼鐵業營運績效狀況有何影響。在綠色轉型過程中，企業如何通過優化環保技術和社會責任管理，實現永續的經營發展。

1.3 研究目的

為高碳排、高耗能的傳統重工業，在面臨 2024 年起實施的碳費徵收及 2050 年達成淨零碳排的全球目標背景下，企業需要肩負企業社會責任已贏得投資人與社會大眾的支持，不止要兼顧以上兩者保持競爭力，更要持續增進技術來提升企業價值，本研究使用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA) 評估台灣上市櫃鋼鐵公司在投入資源提升 ESG 成效後所產生的營運績效，以促使企業在追求獲利的同時也能實行社會責任與保護環境，本研究目的如下：

1. 選取合適之台灣上市櫃鋼鐵公司營運績效衡量之投入與產出變數。
2. 應用資料包絡分析法 (DEA) 衡量台灣上市櫃鋼鐵公司之營運績效。
3. 應用麥氏生產力指標 (Malmquist Productivity Index, MPI) 評估台灣上市櫃鋼鐵公司營運績效變化趨勢。
4. 冀望研究成果提供台灣鋼鐵業相關公司作為營運績效改善之參考。

1.4 研究流程

本研究依據研究目的繪製研究流程圖（如圖 1-2）

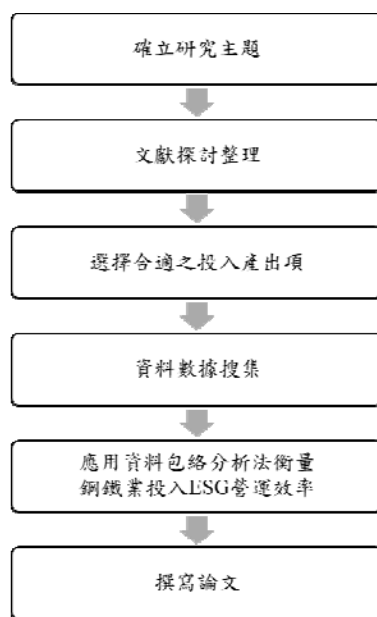


圖 1-2 研究流程圖

資料來源：本研究彙整

2.文獻探討

2.1 台灣鋼鐵產業鏈簡介

鋼鐵依據材質可分為「碳鋼」和「不銹鋼與合金鋼」兩種類型。如圖 2-1 所示，碳鋼的產業鏈上游包含煤炭、鐵礦砂和廢鋼等原料，上述原料經由高爐或電爐冶煉後，形成大鋼胚、小鋼胚、扁鋼胚以及鋼錠等產品。中游則涵蓋冷軋或熱軋加工製造出的鋼板、鋼捲、鋼筋、線材和棒鋼盤元，或經過軋延與裁剪製成各種型鋼與角鋼。碳鋼的下游應用範圍極為廣泛，其中包含金屬製品、機械設備、運輸工具、模具、螺絲螺帽、鋼線鋼纜、工業設施和建築工程等等。不銹鋼的產業鏈與碳鋼的產業鏈結構相似，但在中游階段增加了裁剪加工和製管的程序。至於下游的應用領域，則與碳鋼的應用範圍相同(產業價值鏈資訊平台網，2024)。

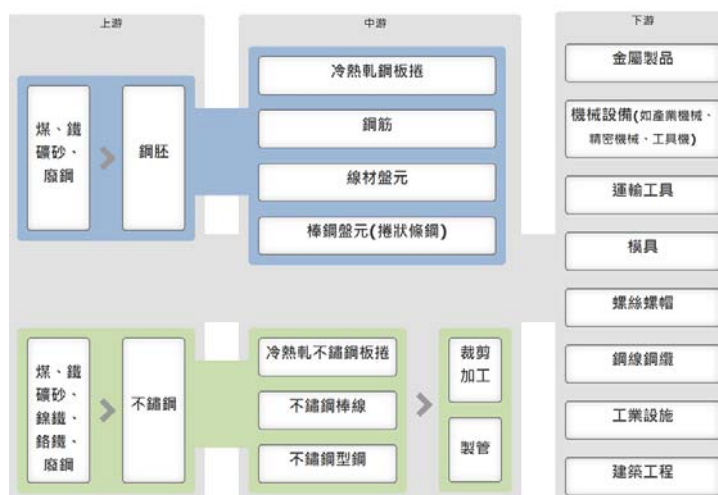


圖 2-1 鋼鐵產業價值鏈

資料來源：產業價值鏈資訊平台網

(一) 上游:

市面上看到的鋼板、鋼捲都是由煉鋼產出的鋼胚下去製作加工的。煉鋼主要可以分為高爐煉鋼與電爐煉鋼，高爐煉鋼主要是以焦炭為燃料，透過燃燒原物料（鐵礦砂）將它還原成生鐵，主要代表廠商為中鋼。電爐煉鋼主要原料為廢鋼，由於臺灣煉鋼所需的原物料自給率不足，故廢鋼、粗鋼等原料多需仰靠進口，國外進口的原材料出現短缺，鋼鐵原料價格將間接受到影響，進而導致上游原材料價格上漲，將會導致國內中、下游廠商營業成本上升(產業價值鏈資訊平台網，2024)。

(二) 中游:

鋼鐵業的中游產品在碳鋼類別中，主要涵蓋冷熱軋鋼板捲、鋼筋、線材盤元等。以不銹鋼而言，則有冷熱軋不銹鋼板捲、不銹鋼棒線、不銹鋼型鋼，以及後段的裁剪加工和製管業。以一般鋼胚經過軋延可製成盤元，盤元再加工後可生產螺絲、螺帽和鋼線等下游產品。中游產品中的線材盤元和棒鋼盤元的區別在於其直徑：14mm 以上稱為棒鋼，14mm 以下稱為線材。關於不銹鋼，扁鋼胚經過加熱，再通過粗軋機和精軋機軋延，並經水冷卻後形成熱軋鋼捲，主要用於冷軋鋼捲的生產原料，也可用於製作鋼管、貨櫃和容器等產品。熱軋鋼捲經酸洗、軋延、退火和精整處理後成為冷軋鋼捲，主要應用在製管、自行車及零件、汽機車零件和鍍面產品等領域(產業價值鏈資訊平台網，2024)。

(三) 下游:

鋼鐵業被譽為工業的基礎，其下游應用產品應有盡有，涵蓋各類金屬製品、機械設備、運輸工具、螺絲螺帽、鋼線鋼纜及工業設施及建築工程上所需之各種鋼材；其中螺絲螺帽為台灣最具有競爭優勢領域其中之一，台灣擁有「世界螺絲王國」的美譽，是全球五大扣件供應國之一。高雄的岡山與路竹地區更是有「螺絲窟」之稱，當地的螺絲產業鏈完整，涵蓋了生產的各個環節，這對台灣的經濟發展起到了重要推動作用(產業價值鏈資訊平台網，2024)。

2.1 台灣鋼鐵產業鏈簡介

鋼鐵業一向被視為國家建設的基礎工業，被稱為「工業之母」，是支撐各類下游產業不可或缺的材料供應者，對整體產業發展起著關鍵作用。我國鋼鐵產業之特性如下:

(一) 成熟產業:

鋼鐵產業是一個歷史悠久且非常成熟的領域。目前常見的產品如碳鋼、合金鋼、不銹鋼片以及鋼筋等，早在 1950 年代之前就已經被開發出來。自 1960 年代以來，幾乎沒有新的鋼鐵產品問世。因此，鋼鐵廠只能在產品製程、生產設備、人員及工作流程上進行改進，缺乏突破性的創新。此外，國內需求也逐漸趨於穩定。總結來說，鋼鐵產業的技術發展和市場變化已經趨於穩定，是一個高度成熟的產業。

(二) 資本密集型:

鋼鐵業的生產過程涉及大型廠房、大型設備和廣闊土地的使用，這些都需要大量的固定資產投資。由於資本投入龐大，建設周期較長，因此資本回收速度相對緩慢。

(三) 內需型產業:

鋼鐵產業是所有工業的基礎，亦是國防工業的支柱。各國政府經常基於經濟發展和國防安全的考量，提高鋼鐵關稅、設置配額或將其列為特定進口項目，以促進鋼鐵產業的發展，追求自給自足。除非某些鋼鐵產品無法在國內生產，否則鋼鐵產業通常會被視為內需型產業。由於上游鋼鐵半成品如鋼胚、鋼錠等在運輸上較為困難，即便是經濟發展較為成熟的歐美市場，通常也會將中、上游鋼鐵產業定位為內需型產業。

(四) 仰賴國外原物料:

鋼鐵生產高度依賴於原材料，如鐵礦石、焦煤和廢鋼等。這些原材料大部分需依賴進口，特別是在台灣等資源匱乏的地區，全球供應鏈變動、國際原料價格波動等都會影響鋼鐵業的穩定性和盈利能力。

(五) 產能過剩與惡性競爭:

全球鋼鐵產能過剩的現象長期存在，導致市場競爭激烈，企業面臨削價競爭的壓力。特別是中國等國家在過去十多年中大幅增加產能，使得全球鋼鐵市場供應過剩，壓低了鋼鐵價格。

2.2 ESG 績效之相關文獻

Gillan et al. (2010) 指出，企業實施 ESG 政策有助於提高公司透明度、促進與利害關係人的溝通，進而提升公司市值與投資者對其長期經營的信心，增強品牌與市場競爭力。Fatemi et al. (2018) 發現，良好的 ESG 表現與企業的財務穩健性及市場競爭力呈正向關聯，特別在降低經營風險與吸引資金方面有顯著效果。Yu et al. (2018) 的研究指出，ESG 信息揭露越透明的企業通常具有較大的資產規模、更高的流動性及更好的財務表現，同時能夠有效降低資訊不對稱。李擇明 (2022) 以台達電為例，指出隨著 ESG 經驗的累積，企業能將永續策略內化，創造雙飛輪效應，不僅增強品牌力與供應鏈影響力，也提升整體市場地位與獲利能力。蕭立婷 (2024) 探討 ESG 與員工薪酬關聯，發現非主管員工薪酬受 ESG 發展影響，且在法規推動下，企業更重視薪酬揭露與 ESG 整合，進一步促進勞資共榮。蕭淳凡(2024) 本研究旨在探討 32 家鋼鐵公司、7 家水泥公司和 21 家塑化公司中 ESG 執行與財務績效之間的關聯，根據研究結果顯示，ESG 表現對不同產業的財務表現影響程度有所差異。

綜合上述文獻可知，ESG 表現對企業具有多方面的正面影響，包括提升公司市值、財務績效、資訊透明度及投資吸引力等。此外，良好的 ESG 實踐有助於降低經營風險、改善公司治理，並促進與利害關係人的溝通。然而，ESG 的影響效果亦會因產業特性、公司規模及政策環境而有所差異，顯示企業應依據自身條件，制定具策略性的永續發展方針。

2.3 鋼鐵業以資料包絡分析法衡量績效之相關文獻

陳哲鵬(2006)利用資料包絡分析法評估 2001 年至 2004 年間台灣 24 家鋼鐵產業廠商進行相對經營效率的實證分析，並透過差額變數分析與敏感度分析，提出提高企業經營效率的建議。此外，研究的第二階段採用 Tobit 迴歸分析，檢驗各種財務比率與業者經營的相關性。投入項以投入材料、固定資產、營業費用、員工人數、為項目；產出項以營業收入。根據結果顯示：投入材料影響效率的因素中，投入材料對效率的影響最大，營業費用次之，而員工人數與固定資產的影響較小。

謝榮貴(2010) 探討了台灣地區 38 家上市櫃鋼鐵廠商在 2003 至 2008 年間的經營效益，並運用資料包絡分析法 (DEA) 進行相對經營效益的實證分析。對於經營效率不佳的廠商，提出了改善經營效率的建議。還利用 Malmquist 生產力指標來追蹤這些廠商在不同時期的生產力變化，並提供提升產業整體生產力的指導方向。

洪碧芬(2011)針對台灣 19 家上市鋼鐵公司，運用資料包絡分析法 (DEA) 來評估整體產業的績效與經營效率。研究選擇營業收入與產量作為產出項目，而投入項目則包括營業成本、營業費用、固定資產、存貨以及員工數。研究還輔以 Malmquist 生產力指數來分析跨年度的經營績效，並運用理想解類似度順序偏好法 (TOPSIS) 進行全面性與整體性的評估，深入了解影響各公司生產力的關鍵因素。

林子懿 (2012) 的研究針對台灣 29 家上市鋼鐵公司，運用資料包絡分析法 (DEA) 和麥氏生產力指數法 (Malmquist) 對其經營績效進行評估。研究中的投入指標包括營業成本、營業費用、員工人數及營業外支出；產出指標則包含資產總額、營業收入、營業外收入與稅前淨利，評估期間為 2006 年至 2011 年。研究的目的是深入分析經營績效表現優良企業的成功因素，並找出效率領先的標竿企業，為業者制定經營策略和未來發展方向提供依據。

張家禎 (2018) 針對 2013 年至 2017 年台灣 12 家上市鋼鐵公司進行 DEA 經營績效評估，投入項以固定資產、營業費用、營業成本、員工人數為項目；產出項以營業收入淨額為項目，再經由 DEAP 軟體計算各公司效率值，最後使用 Malmquist 生產力衡量 5 年間的績效與生產力變動情形。

王君瑋(2022) 針對台灣 10 家鋼鐵製造業上市櫃公司，評估 2018 至 2020 年的經營效益，投入項目為資產總額、營業成本和員工人數，產出項目為碳排放量和營業收入，並使用資料包絡分析法 (DEA) 進行相對經營效益的實證分析。此外，透過 Malmquist 生產力指數衡量跨期間生產力的變化趨勢。根據資料結果顯示 DEA 能有效識別相對無效率的公司，並通過差額變數分析，幫助這些公司再投入與產出因素應改善的數值。進一步分析 2018 年至 2020 年間整體鋼鐵業的生產力指數，發現整體生產力、技術效率變動以及技術革新均呈現衰退趨勢，其中技術效率的下降是主要原因。企業可以根據差額變數分析結果，針對當前市場環境進行調整，以提升整體生產力。

吳宇凡(2023)探討 Covid-19 對於我國鋼鐵產業的影響使用資料包絡分析法評估 2020 年至 2021 年間在 12 間的我國鋼鐵公司之營運績效。期投入項為員工人數、營業成本、營業費用，產出項為營業收入、營業毛利、每股稅後

盈餘(EPS)、碳排放量。根據資料結果顯示 COVID-19 有對鋼鐵業造成負面影響，但同時顯示出加入碳排放量參數後，績效有了明顯改善，尤其是在 2021 年，這反映了鋼鐵公司在減碳措施上的努力已經產生了積極效果。

根據上述文獻，研究者們對台灣鋼鐵產業的經營績效進行了深入評估，主要採用了資料包絡分析法 (DEA) 和 Malmquist 生產力指數等方法來探討不同公司的經營效率與其關鍵影響因素。這些研究強調了，過去的績效評估多以財務指標為主，但隨著永續發展議題的興起，經營者如今面臨如何平衡營運效益與環境績效的挑戰。因此，本研究將 ESG (環境、社會、公司治理) 納入 DEA 的衡量指標，期望能在鋼鐵績效衡量上有所貢獻。

3.研究方法

3.1 研究架構

本研究旨在探討環境、社會及公司治理 (ESG) 對台灣鋼鐵製造業上市櫃公司營運績效的影響，首先確定決策單位並選取合適的投入與產出項目，再依據這些項目選擇適當的資料包絡分析法 (DEA) 模型進行效率評估。接著透過相關分析確認投入與產出的合理性後執行 DEA 模型，並計算各公司跨期的 Malmquist 生產力指數。最後對計算結果進行分析，以了解各公司在不同時期的效率變化，並為鋼鐵產業的經營決策提供參考。研究架構如圖 3-1。

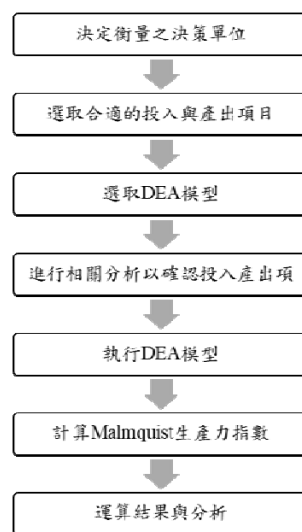


圖 3-1 研究架構圖

3.2 CCR 模型

CCR 模型是由 Charnes, Cooper and Rhodes (1978) 所建立，是最早被提出的 DEA 模型，用來評估固定規模報酬下各決策單位的相對效率，也稱為總技術效率。此模型將 Farrell (1957) 的單一產出衡量方法擴展為多產出衡量，以在固定規模報酬的假設下衡量多重投入和產出之生產效率。通過線性規劃方法，可以求得各決策單位的生產前緣 (Production Frontier, PF)，並計算出其相對效率 (Technical Efficiency, TE)。在 CCR 模型的架構中，當生產具固定規模報酬時，若投入增加一定比例，產出也會以相同比例增加。

3.3 BCC 模型

BCC 模型是由 Banker、Charnes 和 Cooper (1984) 基於 Charnes、Cooper 和 Rhodes (1979) 提出的 CCR 模型進行修正的數學方法。該模型去除了固定規模報酬的限制，引入可變動規模報酬 (Variable Returns to Scale, VRS) 的概念。假設決策單位的低效率來自於不同規模報酬下的營運成本，BCC 模型可用於測量規模效率。該模型可以計算出純技術效率 (Pure Technical Efficiency, PTE)，並將 PTE 除以 CCR 模型中的技術效率 (Technical Efficiency, TE) 以得出規模效率 (Scale Efficiency, SE)。這樣的設計使得模型適合不同規模的單位。以下將介紹投入導向的 BCC 模型的比率型式、線性規劃型式及其對偶問題。

3.4 SBM 模型

CCR 模型與 BCC 模型著重於衡量折線效率 (radial efficiency)，即投入項或產出項只能以相同比例變動。為了解決這項限制，Tone (2001) 提出差額變數模式 (Slack-Based Measure, SBM)。以差額 (slack variables) 作為衡量基礎，考慮投入與產出項之間的差異，呈現各決策單位之效率程度。其效率值介於 0 與 1 之間，其中效率值等於 1

時，表示該決策單位已達效率前緣，所有投入與產出項目皆無任何差額，亦即不存在可進一步改善之空間。透過 SBM 模型所估得之效率值，具備以下幾項分析特性：

1. 單位不變性 (Units Invariance)：不論投入項與產出項之衡量單位為何，效率值皆不受影響。
2. 單調性 (Monotone)：投入過剩或產出不足的差異具有單調遞減趨勢，即在效率計算過程中這些差異會逐漸減少。

3.5 Super SBM 模型

當以 DEA 模型計算各決策單位 (DMU) 之效率值時，常會出現多個效率值為 1 的單位，使得這些被評為相對有效率的 DMU 無法進一步區分其優劣，進而造成排序上的困難。然而，當多個 DMU 之 SBM 效率值皆為 1 時，將無法進一步辨別這些單位之間的優劣差異。為解決此排序困難問題，Tone (2002) 提出了 Super SBM 模型，以超效率 (Super efficiency) 與差額基礎模型 (Slack-Based Measure, SBM) 之結合所延伸出的效率計算模型，進一步區分效率值為 1 的決策單位。先將效率值為 1 之 DMU 從原始樣本中排除，再以其餘 DMU 建構新的效率前緣，接著評估原本效率為 1 之 DMU 相對於該前緣的超效率值。若某 DMU 與新效率前緣的距離越大，則其超效率值越高，表示其在有效率單位中表現更為突出；反之，距離越小則超效率值較低。

3.6 Malmquist 生產力指數

Charnes et al.(1978)所提出 CCR 及 BCC 模型均為單期的效率變化，旨在衡量特定時間點的技術效率。而 Malmquist 生產力指數是一種多期模型，可以評估不同行業或企業在多個時段的生產力變化。它進一步將總體生產力變化分解為技術效率變動 (Technical Efficiency Change) 和技術進步 (Technological Change)，並且在固定規模報酬的基礎上更詳細地分解了效率變動，包括純技術效率變動 (pure technical efficiency change) 和規模效率變動 (scale efficiency change) 從而揭示生產力提升的主要來源。

4. 研究結果與分析

本研究以臺灣鋼鐵產業中 15 家上市櫃公司為研究對象，透過資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 作為主要分析工具，評估各企業於 2021 至 2023 年間之經營績效表現。研究設計中選擇研發支出與董事酬金作為投入變數，以反映企業在技術創新與治理制度上的資源配置；產出變數則包含「營業收入淨額」、「環境構面分數」、「社會構面分數」以及「公司治理構面分數」，以綜合衡量企業的財務表現與永續經營能力。藉由 DEA 模型進行效率評估，可深入探討各決策單位在資源投入與產出結果間的相對效率，並提供產業整體經營效能之參考依據。

4.1 決策單位之選取

本研究之決策單位選取以台灣鋼鐵產業中具代表性的十五家上市櫃公司為主，分別為 1605 華新、2002 中鋼、2006 東和鋼鐵、2007 燁興、2009 第一銅、2010 春源、2014 中鴻、2015 豐興、2017 官田鋼、2023 燁輝、2029 盛餘、2030 彰源、2032 新鋼、2034 允強、2069 運鋁。此選擇主要根據產業價值鏈資訊平台之分類，涵蓋鋼鐵產業上、中游為主，以提升分析的全面性與代表性。此外，為符合 Golany and Roll (1989) 提出之經驗法則，決策單位數量至少應為投入與產出項個數之總和的兩倍或兩倍以上，有助於確保 DEA 模型評估結果的穩健性與可靠性。本研究所使用之各項數據，均來自政府公開資料、上市櫃公司年報及永續報告書等，以提升資料的正確性與研究結果之信度。

4.2 投入項與產出項的選擇

本文採用資料包絡分析法，並依據鋼鐵業營運特性及近年企業永續發展趨勢，審慎選取投入與產出變數，投入項選取以研發支出及董事酬金，產出項選取以營業收入、環境構面分數、社會構面分數及公司治理構面分數，投入產出變數說明如表 4-1。

表 4-1 投入產出變數之定義

類別	變數名稱	定義
投入項	研發支出	指企業於新產品、技術或製程之研究與開發過程中所投入之各項費用。
	董事酬金	指公司依章程及相關決議，支付予董事成員之薪資、獎金、分紅及其他各類報酬，為衡量董事管理參與度及公司治理結構之一項指標。
產出項	營業收入	又稱營業淨額，指企業在其主要營業活動中，因銷售商品、提供勞務或其他經常性營業業務所獲得的收入總額。
	環境構面分數	衡量企業在碳排放管理、節能減碳、水資源利用、廢棄物處理、生態保護等環境議題上的整體表現。
	社會構面分數	衡量企業在員工權益、職場安全、客戶權益、社區貢獻、多元與包容等社會責任議題上的綜合表現。
	公司治理構面分數	衡量企業在董事會組成、股東權益保護、資訊透明度、內部控制與法遵等治理面向的整體表現。

資料來源：本研究整理

投入變數須能代表企業資源消耗情形，且為企業在營運或永續轉型過程中不可或缺之投入要素。本研究選擇「研發支出」及「董事酬金」作為投入項。研發支出反映企業於創新技術、製程改良及新產品開發上之投入，具有促進未來成長與提升競爭優勢之重要性；董事酬金則代表高階經營團隊之薪酬安排，間接影響企業決策品質與治理成效，進而對營運成果產生影響。在產出項目部分，本研究選取「營業收入」、「環境構面分數」、「社會構面分數」及「公司治理構面分數」四項指標。營業收入作為主要財務成果指標，衡量企業透過投入資源後所創造之經濟價值；環境構面分數、社會構面分數及公司治理構面分數則分別從環境保護、社會責任履行及治理結構健全性等面向，評估企業於永續發展方面之整體表現。透過上述投入與產出變數之設計，本研究旨在全面捕捉企業在經營績效及永續經營能力兩大面向之表現，並以 DEA 模型進行效率評估，提供企業管理者及投資決策者具參考價值之洞見，作為後續策略制定與資源配置之依據。

在運用資料包絡分析法（DEA）進行效率評估前，需先對所選之投入與產出變數進行相關性檢驗，以確認投入與產出是否具有一致方向的關聯性。透過皮爾森相關係數可評估變數間關係之方向與密切程度。該係數介於-1 至 +1 之間，正值表示正向相關、負值表示負向相關，若接近 0 則表示兩變數無明顯線性關聯。當相關係數為 1 時，代表兩變數呈完全正相關；0.7 以上為高度相關；介於 0.4 至 0.6 之間為中度相關；0.1 至 0.3 為低度相關；0.1 以下則視為無顯著相關；若為 -1，則表示完全無相關。本研究對 2021 年~2023 年的投入項與產出項數據進行分析，結果為下表 4-2 所示：

表 4-2 2021 年~2023 年投入項與產出項相關性分析

投入項 \ 產出項	營業收入	環境 構面分數	社會 構面分數	公司治理 構面分數
研發支出	0.16	0.463**	0.442**	0.295*
董事酬金	0.345*	0.265	0.379*	0.430**

資料來源：本研究整理

根據皮爾森相關係數分析結果顯示，本研究所選投入變數與各產出變數之間整體呈現正相關，符合 DEA 模型「同向性」之要求。其中，研發支出與環境、社會構面分數之間具中度且顯著正相關，董事酬金則與公司治理構面表現密切相關，亦與營業收入及社會構面分數呈顯著關聯。此結果驗證本研究變數設計之合理性與適用性。

4.3 效率分析

本研究採用 DEA-Solver Pro 15 軟體進行運算，評估各決策單位於各年度的相對效率及跨期生產力變化。研究方法結合 Super SBM 模型與 Malmquist 生產力指數，並針對 2021 至 2023 年期間台灣 15 家上市櫃鋼鐵公司進行效率分析與生產力變動之探討。

4.3.1 Super SBM 效率值

本研究採用產出導向的超效率 SBM 模型 (Super-SBM-I-V)，Super SBM 模型能夠對效率值等於 1 的決策單位進一步區分優劣，當效率分數可以大於 1 時，表示這些單位的表現「超越」了技術效率邊界，結果如表 4-3 所示，DMU 之效率值大於 1 之有 10 家，分別是中鋼、盛餘、官田鋼、燐興、燐輝、東和鋼鐵、春源、允強、第一鋼、燐興、中鴻，表示具有超效率，而其他 5 間分別為華新、運鋁、彰源、新鋼、豐興相對無效之 DMU。

表 4-3 15 家鋼鐵公司之效率值

DMU	效率值	排行
中鋼	47.4	1
盛餘	8.1	2
官田鋼	3.7	3
燐興	3.3	4
燐輝	3.2	5
東和鋼鐵	3.2	6
春源	2.4	7
允強	2.0	8
第一鋼	1.9	9
中鴻	1.9	10
華新	1	11
運鋁	0.7	12
彰源	0.7	13
新鋼	0.5	14
豐興	0.3	15

資料來源：本研究整理

4.3.2 差額變數分析

差額變數分析是資料包絡分析中的關鍵步驟之一，主要用於評估決策單位在達到效率前緣時，投入與產出項目中潛在的改善空間。此分析能夠識別各 DMU 在效率計算過程中的資源過剩或產出不足，為無效率 DMU 提供具體的改善方向。表 4-4 為透 Super SBM 模型得出差額變數分析過結果。

表 4-4 差額變數分析

DMU	研發支出	董事酬金	營業收入淨額	環境構面分數	社會構面分數	公司治理構面分數
華新	0	0	0	0	0	0
中鋼	198,282,386.76	94,994.89	0	21.02	0	0
東和鋼鐵	190,523,857.96	0	113,069,118.47	1.11	0	0
燐興	63,866,441.77	2,385.44	6,852,276.02	2.85	0	8.76
第一銅	1,631,119.13	3,475.78	5,888,782.34	9.65	0	6.90
春源	78,071,325.27	0	48,951,837.83	0	9.21	0
中鴻	0	52,522.61	74,040,939.22	1.45	0	0
豐興	42,299,071.59	25,972.24	381,451,859.73	5.26	9.35	0
官田鋼	13,607,018.84	1,446.89	2,615,026.31	0	25.92	3.07
燐輝	36,454,627.57	42,978.80	0	0	0	0.72
盛餘	0	63,355.03	58,389,957.39	4.38	10.00	0
彰源	921,649.90	7,786.19	0	0	0	12.01
新鋼	1,748,117.72	2,843.47	274,873.38	20.46	0	7.08
允強	3,835,045.11	0	138,813,141.96	0	0	1.27
運錫	0	3,864.41	0	11.41	34.61	0

資料來源：本研究整理

根據表 4-4，中鋼需調整項目為減少研發支出 198282386.76 仟元及董事酬金 94994.89 仟元，以及增加環境構面分數 21.01。東和鋼鐵需調整項目為減少研發支出 190523857.96 仟元，增加營業收入 113069118.47 仟元及增加環境構面分數 1.106。燐興需調整項目為減少研發支出 63866441.76 仟元及董事酬金 2385.44 仟元，以及增加環境構面分數 2.85 和公司治理構面分數 8.76。第一銅需調整項目為減少研發支出 1631119.12 仟元及董事酬金 3475.77 仟元，以及增加環境構面分數 9.65 和公司治理構面分數 6.90。春源需調整項目為減少研發支出 78071325.27 仟元，以及增加營業收入 48951837.83 仟元和社會構面分數 9.213。

4.3.2 Malmquist 生產力指數

Malmquist 生產力指數用於評估不同時間點上的總要素生產力變化，透過比較不同時期的效率表現，分析其生產力是呈現成長還是衰退，從而判斷其效率值的變動趨勢。本文透過 Malmquist 生產力指數衡量灣 15 間鋼鐵業上市櫃公司在 2021 至 2023 年整體技術效率、技術變革和總要素生產力跨年度變化趨勢。如表 4-5 為 2021 至 2023 年鋼鐵業的整體技術效率，當術效率變動指數小於或等於 1 時，表示技術效率未改善或呈現退步，反之表則 DMU 的技術效率呈現進步趨勢。由此得知 2021 至 2023 年其技術效率變動指數大於 1 的共有 6 家公司，分別為盛餘、彰源、允強、官田鋼、中鴻。盛餘在 2021 至 2023 年間的效率變動最為顯著，其平均值達到 5.5078，顯示其在效率改善方面領先其他公司。而彰源則在 2022-2023 年間表現突出，從前一年的 0.4503 大幅提升至 3.4780。相對而言，華新、中鋼和東和鋼鐵在兩個時期內指數均為 1.0000，顯示其效率表現穩定。另一方面，豐興在三年間的平均指數僅為 0.4682，為所有公司中最低，反映出其在效率改善上的挑戰。

表 4-5 技術效率分析

Catch-up	2021=>2022	2022=>2023	平均值	排名
盛餘	10.0706	0.9450	5.5078	1
彰源	0.4503	3.4780	1.9641	2
允強	2.4459	1.3974	1.9216	3
官田鋼	2.5130	0.4842	1.4986	4
春源	1.7301	1.0000	1.3651	5

中鴻	0.9084	1.1008	1.0046	6
華新	1.0000	1.0000	1.0000	7
中鋼	1.0000	1.0000	1.0000	8
東和鋼鐵	1.0000	1.0000	1.0000	9
第一銅	1.3463	0.5820	0.9642	10
燐興	0.7186	0.6802	0.6994	11
運鋁	0.1428	1.1235	0.6331	12
新鋼	0.3290	0.7146	0.5218	13
燐輝	0.1892	0.7701	0.4796	14
豐興	0.8022	0.1342	0.4682	15
平均值	1.6431	1.0273	1.3352	
最大值	10.0706	3.4780	5.5078	
最小值	0.1428	0.1342	0.4682	
標準差	2.4404	0.7437	1.2480	

資料來源：本研究整理

技術變革是不同比較期間之間，生產技術是否有所改進，反映整體生產技術水準的變化。亦即效率前緣（Production Frontier）是否向外推移，使得在相同投入條件下可產出更多成果。當技術變革值大於 1 時，代表技術水準有所提升；反之，若小於 1，則可能顯示技術停滯或退步。根據表 4-6 所示，2021 至 2022 年技術變革值大於 1 的公司共有 9 家，分別為：燐輝、豐興、第一銅、允強、新鋼、運鋁、中鴻、彰源與官田鋼，其餘 6 家則出現技術衰退情形。至於 2022 至 2023 年，技術變革值大於 1 的公司則有 10 家，包括：豐興、中鋼、第一銅、允強、新鋼、運鋁、彰源、春源、燐興與盛餘，顯示部分公司在後期有技術回升的趨勢。整體而言，2021 至 2023 年臺灣鋼鐵業的跨期平均技術變革值為 1.3077，顯示 DMU 整體生產技術在這三年間具有穩定進步的趨勢。

表 4-6 技術變革分析

Frontier	2021=>2022	2022=>2023	平均值	排名
燐輝	3.5346	0.9393	2.2369	1
豐興	2.4144	1.8156	2.1150	2
中鋼	1.0000	2.7910	1.8955	3
第一銅	1.9073	1.4941	1.7007	4
允強	1.8417	1.1476	1.4946	5
新鋼	1.5899	1.1730	1.3815	6
運鋁	1.4409	1.0031	1.2220	7
中鴻	1.3978	0.9531	1.1755	8
彰源	1.1195	1.1007	1.1101	9
東和鋼鐵	1.0000	1.0000	1.0000	10
春源	0.8923	1.0704	0.9814	11
燐興	0.6665	1.0969	0.8817	12
華新	0.7511	1.0000	0.8755	13
官田鋼	1.1149	0.5946	0.8547	14
盛餘	0.2656	1.1160	0.6908	15
平均值	1.3958	1.2197	1.3077	

最大值	3.5346	2.7910	2.2369	
最小值	0.2656	0.5946	0.6908	
標準差	0.8044	0.5108	0.4836	

資料來源：本研究整理

Malmquist 生產力可用來評估跨期總要素生產力的變化程度，即為技術效率變動與技術變革相乘，如表 4-6 為 2021 至 2023 年鋼鐵業 Malmquist 生產力分析，當生產力大於 1 時，代表技術水準有所提升；反之，若小於 1，則可能顯示技術停滯或退步。根據表 4-7 鋼鐵業在 2021 至 2023 年期間的整體生產力指數為 1.3555，代表該產業在這五年間的整體生產力有所提升。其餘生產力衰退的公司為華新、燐輝、新鋼、運鋁、燐興約佔所有 DMU 的 30%。從 2021 至 2022 年的跨年度 MPI，整體生產力平均值為 1.4954，顯示明顯的進步趨勢。就個別 DMU 而言，允強的指數最高為 4.5045，其次為官田鋼為 2.801，皆顯示出顯著的技術進步；2022 至 2023 年跨年度 MPI，整體生產力平均值下降至 1.2155，但仍維持正成長，呈現明顯改善的趨勢。就個別 DMU 而言，彰源的指數最高為 3.8283，其次為中鋼為 2.7910，顯示出顯著的技術進步。

表 4-7 Malmquist 生產力分析

Malmquist	2021=>2022	2022=>2023	平均值	排名
允強	4.5045	1.6037	3.0541	1
彰源	0.5041	3.8283	2.1662	2
中鋼	1.0000	2.7910	1.8955	3
盛餘	2.6747	1.0546	1.8647	4
第一鋼	2.5678	0.8696	1.7187	5
官田鋼	2.8018	0.2879	1.5448	6
春源	1.5439	1.0704	1.3071	7
中鴻	1.2698	1.0492	1.1595	8
豐興	1.9368	0.2436	1.0902	9
東和鋼鐵	1.0000	1.0000	1.0000	10
華新	0.7511	1.0000	0.8755	11
燐輝	0.6687	0.7233	0.6960	12
新鋼	0.5231	0.8382	0.6806	13
運鋁	0.2058	1.1270	0.6664	14
燐興	0.4789	0.7461	0.6125	15
平均值	1.4954	1.2155	1.3555	
最大值	4.5045	3.8283	3.0541	
最小值	0.2058	0.2436	0.6125	
標準差	1.1923	0.9321	0.6890	

資料來源：本研究整理

5.結論與建議

5.1 結論

近年來，隨著氣候變遷議題日益受到國際重視，加上極端氣候下的天然災害，更使我們深刻感受到氣候變遷對人類的威脅和影響，而在此多變且富有挑戰性的環境下，ESG 的重要性也逐漸成為全球共識。鋼鐵業作為典型的高耗能、高排放產業，其在全球減碳趨勢下面臨前所未有的挑戰。由於鋼鐵業在生產過程中涉及大量能源消耗和碳

排放，因此如何有效降低碳足跡、改善環境影響，並同時滿足社會責任和公司治理要求，已成為業界關注的重點。為此，深入了解 ESG 因素對鋼鐵公司營運績效的影響，對提升產業競爭力和確保長期發展具有重要意義。

本研究主要應用資料包絡分析法（DEA）中的超效率差額基礎模型(Super efficiency of Slack-Based Measure, Super SBM)，分析 2021 至 2023 年台灣 15 家上市櫃鋼鐵公司進行經營效率與績效評估，並探討 ESG 對其營運績效的影響。研究選擇研發支出與董事酬金作為投入項，營業收入淨額、環境構面分數、社會構面分數及公司治理構面分數作為產出項，以全面評估鋼鐵業者在經濟效益與永續發展上的相對效率，再根據 Malmquist 生產力指數分析 2021 至 2023 年各業者跨期生產力之變化，分析結果可提供公司具體的改善建議，有助於其辨識需要強化或減少的關鍵項目，從而提升整體競爭力與發展潛力。

藉由 Super SBM 模型分析結果，2018 年至 2020 年各公司營運效率評估結果顯示，中鋼、盛餘、官田鋼、燐興、燐輝、東和鋼鐵、春源、允強、第一鋼、燐興、中鴻、華新共 11 間保持相對有效之企業，其中中鋼、盛餘、官田鋼、燐興、燐輝、東和鋼鐵、春源、允強、第一鋼、燐興、中鴻共 10 間為具超效率之 DMU，剩餘 5 間則是相對沒有效率之企業。

藉由 Malmquist 生產力指數探討各公司跨年度生產力分析結果，可得知 2021 至 2023 年這三年間，鋼鐵業公司之整體技術效率變動、技術變革、總要素生產力皆為進步，其中跨期平均總要素生產力大於 1 之企業有允強、彰源、中鋼、盛餘、第一鋼、官田鋼、春源、中鴻、豐興。顯示這些公司在生產效率與技術進步方面取得了顯著成果。這些進步主要來自於節能減碳和製程改造方面的積極投資與技術創新。例如，部分公司在此期間規劃升級既有電爐並汰換老舊設備，以減少生產過程中的能源浪費並提升產品附加價值。此外，這些技術升級不僅符合 ESG 中環境(E)的要求，也顯著降低了產品的碳足跡，有效提升了整體生產效率，符合全球碳中和趨勢。然而，隨著歐盟碳邊境調整機制(CBAM)等國際環保政策的推動，碳成本將成為未來國際競爭力的重要考量因素。鋼鐵業者應繼續加速碳排盤查與製程轉型，以減少碳排放，降低碳成本，並強化企業在全球市場中的競爭力。同時，深化社會責任與公司治理，以滿足全球市場對環境、社會和公司治理的高標準要求，進一步提升企業的長期競爭力和可持續發展能力。

5.2 管理意涵

本研究針對臺灣 15 家上市櫃鋼鐵企業於 2021 至 2023 年間導入 ESG 策略後的營運效率與跨期生產力進行分析，結果為鋼鐵產業於綠色轉型趨勢下提供關鍵的管理啟示。首先，研究結果顯示 ESG 作為企業永續發展之核心指標，其環境、社會與治理三構面之表現與企業營運效率具正向關聯，代表企業若能落實 ESG 原則，往往能同時提升經營績效。然而，亦有部分企業雖投入大量資源於研發與治理，卻未有效轉化為營運成果，反映 ESG 投入應與企業核心競爭力結合，避免淪為形式主義。再者，技術變革與生產力指數之提升顯示，對 ESG 各構面之實質投入可驅動技術優化與效率提升，進而推動企業邁向高附加價值與低碳生產。以公司治理為例，本研究驗證董事酬金與治理構面分數具有顯著正向關係，說明優質治理結構有助於提升決策品質與營運穩定性。因此，企業應持續強化決策透明、內控機制與永續治理制度，以建構高效率與高彈性的管理體系。尤其面對碳費徵收、綠色貿易障礙與國際 ESG 規範趨嚴的趨勢下，鋼鐵業作為高碳排、高能耗的關鍵產業，更應加速導入碳盤查、節能減排與永續供應鏈管理機制，從根本改善流程與供應鏈。總結而言，若能將 ESG 視為提升競爭優勢與創造永續價值的管理工具，企業將將更有機會在未來產業轉型過程中掌握先機，實現長期競爭力與永續發展之雙重目標。

5.3 未來研究之建議

(一) 本研究以 2021 至 2023 年間台灣鋼鐵業為研究對象，所使用之 ESG 資料與營運績效指標均反映該階段企業之實際表現，惟觀察期間相對有限，可能無法全面反映 ESG 作為長期策略對企業績效之持續性影響。因此，建議未來研究可延長觀察期獲得更完善的分析結果。

(二) 可深入探討 ESG 評分中的各項指標，針對環境、社會、公司治理三構面下之具體項目進行個別效率分析，例如碳排放強度、員工訓練投資、公司治理結構等，藉此辨識對營運效率貢獻度最高的 ESG 實踐行為，提供更具操作性的策略建議。

6. 參考文獻

中文部分

1. 鋼鐵工業政策評估說明書 (2010)。經濟部工業局。
2. 財團法人中技社 (2014)。鋼鐵產業的價值鏈與競爭力。
3. 鄧凱聞(2023)。企業 ESG 之投入對臺灣食品與飲料產業永續發展目標之探討—資料包絡分析法之應用〔未出版之碩士論文〕。國立臺灣大學生物產業傳播暨發展學系。
4. 洪碧芬(2021)。應用 MALMQUIST 生產力指數與 TOPSIS 植基於 DEA 衡量台灣鋼鐵業之經營績效〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學國際企業系。
5. 謝榮貴(2010)。我國鋼鐵產業經營效率之評估-以台灣上市櫃廠商為例〔未出版之碩士論文〕。國立中正大學國際經濟所。
6. 施名茹(2022)。台灣電網用儲能系統產業效率評估-資料包絡分析法之應用〔未出版之碩士論文〕。東吳大學經濟學系。
7. 吳宇凡(2023)。探討嚴重特殊傳染性肺炎以及碳排放量對於我國鋼鐵產業營運績效之影響〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學工業管理系。
8. 張家禎(2018)。台灣上市鋼鐵產業生產力與效率分析-資料包絡分析法之運用〔未出版之碩士論文〕。國立彰化師範大學企業管理學系。
9. 王君瑋(2022)。考量不良產出之鋼鐵產業績效衡量之研究〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學創業管理碩士學位學程。
10. 李擇明(2022)。企業永續發展策略探討——以台達電子為例〔未出版之碩士論文〕。國立臺灣大學商學研究所。
11. 蕭立婷(2024)。ESG 績效與員工薪酬之關聯性〔未出版之碩士論文〕。中原大學會計學系。
12. 蕭淳凡(2024)。ESG 對財務指標之研究-以鋼鐵、水泥、塑化業為例〔未出版之碩士論文〕。銘傳大學財務金融學系碩士在職專班。
13. 陳哲鵬(2006)。廠商經營效率評估與財務比率之關聯性研究-以台灣鋼鐵產業為例〔未出版之碩士論文〕。國立高雄第一科技大學金融營運所。
14. 林子懿(2012)。資料包絡分析法衡量鋼鐵產業之經營績效〔未出版之碩士論文〕。朝陽科技大學財務金融系碩士班。
15. 江亭瑩(2023)運用 DEA 衡量新冠疫情期間 PPE 產業之營運效率〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學企業管理系。
16. 曾靜宜(2023)運用資料包絡法(DEA)及 Malmquist 生產力指數方法評估台灣顯示科技產業中游廠商之經營效率〔未出版之碩士論文〕。國立台北科技大學經營管理系碩士班。
17. 瞿英輝(2024)應用 Super SBM 模型評估越南人壽保險業經營效率〔未出版之碩士論文〕。國立高雄科技大學企業管理系碩士班。
18. 吳奕新(2024)SASB 永續報告準則下企業永續經營績效評估之研究-資料包絡分析法之應用〔未出版之碩士論文〕。銘傳大學會計學系碩士班。
19. 何星玫(2024)比較我國鋼鐵產業在嚴重特殊傳染性肺炎發生前後之經營績效〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學工業管理系。
20. 林逢達(2024)國內鋼鐵業之企業永續報告書 -環境面向之研究〔未出版之碩士論文〕。國立高雄應用科技大學工業管理系。

英文部分

1. Gillan, S., Hartzell, J., Koch, A., & Starks, L. (2010). Firms' Environmental, Social and Governance (ESG) Choices, Performance, and Managerial Motivation.
2. Fatemi, A., Glaum, M., & Kaiser, S. (2018). ESG performance and firm value: The moderating role of disclosure. *Global Finance Journal*, 38, 45-64.
3. Yu, E. P. Y., Guo, C. Q., & Luu, B. V. (2018). Environmental, social and governance transparency and firm value.

Business Strategy and the Environment, 27(7), 987-1004.

4. Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). The Journal of Cost Analysis, 15(2), 3-27.
5. Chandra, P., Cooper, W. W., Li, S., & Rahman, A. (1998). Using DEA to evaluate 29 Canadian textile
6. Duman Altan, A., & Gülen, K. G. (2020). Performance Evaluation in the Firms of Turkish Textile Sector. In The International Symposium for Production Research (pp. 558-568). Springer, Cham

網路資料

1. 產業價值鏈資訊平台。
取自 <https://ic.tpex.org.tw/introduce.php?ic=Q000>
2. WorldSteel. World Steel in Figures 2024.
Retrieved from <https://worldsteel.org/data/world-steel-in-figures-2024/>