

# 我國企業碳排放減量對於市場面財務績效之增益效果

馬珂 ( 實踐大學財務金融學系 )

葉立仁 ( 實踐大學財務金融學系 ) (通訊作者, mail: daniel@g2.usc.edu.tw)

連美惠 ( 實踐大學財務金融學系 )

## 文章資訊

接受日期：2024.12

關鍵詞：

- 碳排放
- 財務績效
- 增益效果
- 產業特性

## 內文摘要 ( Abstract )

基於過去的文獻與相關理論，本研究提出企業碳排放減量對於市場面財務績效具有增益效果假說。本研究選取2014年至2022年間台灣上市、櫃傳統產業及高科技產業之公司作為研究樣本，運用縱橫資料迴歸分析進行檢定，針對不同產業特性碳排放量之公司進行細部討論，有助於更深入地估計碳排放減量對公司財務績效的直接與間接增益效果。

本研究的實證結果顯示，一、低碳排放公司市場面財務績效Tobin' s Q的表現確實顯著地高於高碳排群組企業的財務表現。二、此種市場面財務績效的增益效果，不完全來自碳排放減量的直接效益(碳排放減量對於Tobin' s Q的直接增益效果乘數為0.141倍)，也因公司關注環保意識的永續發展，並願意投入更多資源於環保技術和解決方案，因此其研發投入增加、負債比率減少、資產成長率提高、市場價值增加，而對於市場面財務績效產生間接的增益效果(本研究估計控制變數對於Tobin' s Q之總間接增益效果為0.246倍)。三、不同產業的企業碳排放減量對於市場面財務績效Tobin' s Q的增益程度不同，高科技產業的增益效果較高於其他產業。四、透過分量迴歸分析各影響係數於所有情境下的估計值的變化與信賴區間，可以觀察出，本研究模型在各級分量下估計值具相當穩健性 ( Robustness )。

# THE GAIN EFFECT OF CARBON EMISSION REDUCTION OF TAIWAN ENTERPRISES ON MARKET FINANCIAL PERFORMANCE

Ke Ma. (Department of Finance and Banking, Shih Chien University)  
Li-Jen Yeh (Department of Finance and Banking, Shih Chien University)  
(Corresponding author, mail: daniel@g2.usc.edu.tw)  
Mei-Hui Lien (Department of Finance and Banking, Shih Chien University)

---

Information	Abstract
Accepted date : 2024.12 Keywords : <ul style="list-style-type: none"><li>• Carbon Emissions</li><li>• Financial Performance</li><li>• Gain Effect</li><li>• Industry Characteristics</li></ul>	<p>Based on past literature and related theories, this study proposes the hypothesis that corporate carbon emission reduction has a beneficial effect on market financial performance. This study selects companies listed in Taiwan from 2014 to 2022 as research samples, uses panel-data regression analysis to conduct detailed discussions on companies with different industry characteristics of carbon emissions, which will help to gain a deeper understanding of the direct and indirect gain effects on company financial performance.</p> <p>The empirical results of this study show that: 1. Tobin's Q performance of low-carbon emission companies in the market is indeed significantly higher than that of companies in the high-carbon emission group. 2. This kind of gain does not entirely come from the direct gain of carbon emission reduction (the direct gain effect multiplier of carbon emission reduction on Tobin's Q is 0.141 times), but because companies pay more attention to environmental awareness, therefore, their R&amp;D investment increases, debt ratio decreases, total assets growth rate increases, and market value increases, which have indirect gain effects on market financial performance (the indirect gain effect is 0.246 times). 3. Carbon emission reductions of enterprises in different industries have different direct gain effects on Tobin's Q. The gain of high-tech industries is higher than that of other industries. 4. Through quantile regression analysis, it can be observed that the estimated values of the regression coefficients of this research model are quite robust.</p>

---

## 壹、緒論

自19世紀以來，隨著工業化的蓬勃發展，人類對於煤炭、石油等地球能源的大規模開發和使用，導致大氣中二氧化碳、甲烷等溫室氣體的排放劇增，進而引發全球氣候變遷的問題。這些溫室氣體在大氣中積聚，造成地球平均氣溫的上升，並引發諸如極端天氣事件、海平面上升等問題。隨著時間的推移，氣候變遷所帶來的危機正在逐漸改變天氣模式，並對自然環境的平衡產生破壞性的影響。

為因應全球溫室氣體對地球的嚴重影響，1992年在里約熱內盧召開的聯合國環境與發展會議上，國際社會共同商討並簽署了《聯合國氣候變化框架公約》(United Nations Framework Convention on Climate Change)。隨後，在1997年，透過《京都議定書》(Kyoto Protocol)，對工業化國家的碳排放進行總量管制，同時制定了市場機制，以激勵這些國家實施減碳行動。

為了進一步加強《京都議定書》的可行性和靈活性，2015年，國際社會通過了《巴黎協定》(Paris Agreement)。該協定擴大了管制國家的範圍，從工業化國家擴展至包括發展中國家，旨在共同應對氣候變化的全球性挑戰。2021年，聯合國氣候峰會再次取得重要進展，通過了《格拉斯哥氣候公約》(Glasgow Climate Pact)並建立全球碳交易市場。

在《聯合國氣候變化框架公約》的全球約束下，各國政府積極推動應對氣候變遷的政策和法規，致力於降低全球碳排放。我國也在這股全球趨勢中積極推動相關措施，2015年通過了《溫室氣體減量及管理辦法》並於2018年核定了「溫室氣體減量推動方案」，其中明確了長期的減碳目標。該方案希望在2050年之前，將我國溫室氣體總排放量降至2005年水準的百分之五十以下。

為達成這一挑戰性的目標，我國政府進一步制定了管制企業碳排放的政策，要求企業將碳排放量納入其未來發展的評估指標之一。這項政策的實施旨在促使企業更積極地思考和應對氣候變遷，使得碳排放管理成為企業經營績效的一部分。因此，本研究的動機在於進一步瞭解台灣上市櫃公司的碳排放量對其市場面財務績效的潛在影響，以期為永續發展的減碳策略提供有價值的參考。

自2023年起，我國金融監督管理委員會要求實收資本額達到新台幣20億的上市櫃公司主動提交永續報告書，內容必須包括企業的碳排放等相關資訊。對於實收資本額低於20億的公司，同樣要求將於2025年實施。這項措施推動企業必須更關注碳足跡管理和碳排放減量，凸顯企業對於環境與社會責任的要求，進一步強調企業在經營策略上的永續發展。

另外，金融監督管理委員會亦針對上市櫃公司設定了溫室氣體盤查資訊的時程。首階段(2023年)對資本額達100億元以上的上市櫃公司及鋼鐵業、水泥業進行盤查，並於2024年完成查證。次階段(2025年)對資本額50億到100億元的公司進行盤查，以及資本額100億元以上及

鋼鐵、水泥業的合併報表子公司，預計2026年完成。第三階段(2026年)則針對資本額50億元以下的公司進行盤查，預計於2027年完成。並對於年排放量超過2.5萬噸的上市櫃公司，自2025年起推動碳費徵收機制，鼓勵企業積極減碳、永續發展。這些新政策的實施不僅是環保措施，更是對企業永續經營的鼓勵，同時也有助於加速臺灣企業邁向低碳經濟而轉型。

碳排放問題近年來引起廣泛關注，關於碳排放量與公司績效之間的相關性，學術界存在著兩種主要觀點：一為會計性財務績效方面(Dlamini, 2022)，主張碳排放量與公司會計性財務績效應是正向連動關係(企業營收增加，企業財務績效較佳，連帶地，也將產生更多的碳排放；或因，企業若欲減少碳排放量，可能需引進更高節碳效率的技術或購買較高成本的再生能源，此將造成企業營運成本的增加，而進一步對於企業會計上獲利數字產生負面衝擊)。另一方面，若由市場面財務績效討論，諸多文獻(Russo and Fouts, 1997; Al-Najjar and Anfimiadou, 2012; Petrović and Lobanov, 2020; Sun et al., 2022)認為碳排放量減少，有助於提升企業正面形象與未來永續發展規劃，因此碳排放量應與公司市場面的財務績效呈現負向連動關係(企業碳排放量愈低，企業的市場面財務績效愈佳)。

基於過去的文獻與相關理論，本研究認為企業碳排放減量對於市場面財務績效具有增益效果假說。本研究選取2014年至2022年間台灣上市、櫃傳統產業及高科技產業之公司作為研究樣本，運用縱橫資料迴歸分析進行檢定，針對不同產業特性碳排放量之公司進行細部討論，以深入地瞭解碳排放對公司財務績效的直接與間接影響。

本研究旨在探討企業碳排放減量對於市場面財務績效的增益效果。為期嚴謹地分析此增益效果的來源與大小，後續相關章節涵蓋文獻探討、模型建構、分析方法、實證分析與模型穩健性討論等五個章節，以期對於增益效果能有較完備的解釋。

## 貳、文獻探討

人類追求經濟的蓬勃發展和科技的不斷革新，然而這種發展模式也加速了全球暖化的威脅。溫室氣體中碳排放的持續增加導致極端氣候事件頻繁發生，如極端高溫、暴雨、颶風等，進一步損害了生態系統和人類社會的穩定。因此，人類面臨著一個迫切的挑戰，需要全球協作，促進綠色創新，減少碳足跡，轉型為可持續性的發展模式，以保護我們脆弱的地球家園，為未來世代營造更好的生活環境。

國際規範所指稱的碳排放，係指人類活動自然過程中釋出的二氧化碳、甲烷等含碳的氣體排放到大氣層中，這些含碳氣體可以吸收並放射地球表面釋放出的熱量，這種現象被稱為溫室效應。當地球上的含碳氣體濃度增加時，就會增強溫室效應，導致地球表面溫度上升，

進而引起全球暖化的問題。在應對溫室效應以及氣候變化方面，碳排放成為一個關鍵的因素。

經濟學家們在不同時期提出了數種理論，探討如何使用經濟工具和政策來管理碳排放，以實現減碳的目標。以下是一些有關碳排放的經濟與管理理論概述：

## 一、外部性理論

早在1920年代，經濟學家亞瑟·賽西爾·皮古(Arthur Cecil Pigou)提出概念，強調了交易市場可能對於未直接參與的協力廠商造成的影響。正外部性係指為某個經濟活動或行為，對該活動的參與者之外的其他人或實體，產生了正面的附加效益。而某個行為或活動，對該活動的參與者之外的其他人或實體，產生了負面影響，這種情況被稱為負外部性。最具代表的例子就是環境污染，當國家或企業在追求自身利益時產生之污染物排放，不但導致自我區域破壞，甚至於造成到全球環境及氣候的負面影響。

亞瑟·賽西爾·皮古的主要論點是，政府應該要介入並管制，透過徵收額外的稅收或實施監管的方式來解決負外部性所帶來的市場失效問題。此為「皮古稅」(Pigouvian tax)的概念，其目的在於內部化未直接參與交易但卻受到不利影響的人所面臨的邊際外部成本，使企業承擔其汙染行為的實際後果，亞瑟·賽西爾·皮古希望可以通過稅收減少這種有害行為的頻率，將其降低到對整個經濟的負外部性影響。皮古的外部性理論為經濟學家和政策制定者提供了一個有力的工具，可以用來解決市場失效並促進社會福祉。

## 二、寇斯定理與碳排放權交易理論

羅納德·海力·寇斯(Ronald Harry Coase)在1960年代的論文《社會成本問題》(The Problem of Social Cost)中提出寇斯定理(Coase theorem)。寇斯定理中指出當存在外部性的因素時，一個經濟體的內部性經濟效率會受到影響，若不存在交易成本時，資源配置是最有效的方式分配。該理論的核心思想為無論資源產權屬於誰，只要產權被清楚地定義並且沒有交易成本，透過交易市場分配，最終皆會達到最有效的資源配置。

碳排放權交易理論運用寇斯定理的核心原則，將碳排放權的交易性當作環境政策的工具，政府設定了總體的汙染排放限額，並將排放許可分配給與受管制的國家或企業。國家或企業可以自由買賣這些排放許可。碳排放權交易理論通過清晰定義碳排放權並降低交易成本(王珮等人，2023)，將環境資源的管理方式交予市場，讓市場參與者自由交易，降低排放成本和獲取額外的收入來提高盈利能力，同時也減少了對環境的不利影響，以此實現資源的最優配置，讓經濟與環境雙贏。Al-Tuwaijri et al. (2004)研究結果表明良好的環境績效與良好的經濟績效之間存在顯著關聯性。Guo et al. (2022)及Shi et al. (2023)研究皆表明碳交易政策對減

少碳排放有顯著影響，此種機制主要是鼓勵國家與企業採取更加環保及高效率的生產方式減少污染，並提供一種經濟激勵來實現減碳目標以提供環境保護。

### 三、企業社會績效(Corporate Social Performance)

企業社會責任的完整概念，應可視為Bowen (1953)提出，他認為企業在做出決策行動時，必須符合社會價值觀、滿足社會的期許當作目標和自身的義務和責任去遵循。Wartick and Cochran (1985)發展出社會績效模型(Corporate Social Performance, CSP)，將其定義為企業的經濟責任、公共責任和社會反應能力三個面向。後續，企業社會績效和企業財務績效的關聯性成為近年來在學術界最常被討論的一個議題。Waddock and Graves (1977)認為企業社會績效與企業過去的財務績效有正向關係，並有助於提高未來企業的財務績效。Schuler and Cording (2006)認為企業的公開資訊和道德價值觀是顧客在購買決策過程中的兩個重要決定因素，因此顧客對於標榜企業社會責任相關的產品與服務會表現得較為偏好。

Russo and Fouts (1997)研究顯示企業環境績效與獲利能力呈現正向相關性。Al-Najjar and Anfimiadou (2012)的研究發現，積極參與環境政策的企業，在市場上的價值往往較未積極參與者更高，這表明減碳政策的採用對企業的長期價值有積極的影響。Petrović and Lobanov (2020)的研究以16個OECD國家為研究樣本，探討研發支出對碳排放量影響。研究結果顯示，研發支出對碳排放的平均長期影響是負向相關性，表示專注於減少碳排放和增加其使用的研發計劃是必要的。

隨著全世界對於環境議題的關注不斷增加，社會正積極尋求各種方法來解決這些問題。而企業的社會績效涵蓋環境層面，碳排放也係企業環境績效的指標之一。當所有企業正面臨著氣候變遷的壓力，這使得碳排放、企業財務績效、公司治理等議題變得愈發重要(張育琳, 2017; 呂靖燁與方夕然, 2021; Miah et al., 2021; Li et al., 2022; Dlamini, 2022; Meng et al., 2023)。

然而，關於碳排放量與公司績效之間的相關性，學術界上存在著兩種主要觀點：一為會計性財務績效方面(Dlamini, 2022)，主張碳排放量與公司會計性財務績效應是正向連動關係(企業營收增加，企業財務績效較佳，連帶地，也將產生更多的碳排放；或因，企業若欲減少碳排放量，可能需引進更高節碳效率的技術或購買較高成本的再生能源，此將造成企業營運成本的增加，而進一步對於企業會計上獲利數字產生負面衝擊)。包沂靄等人(2024)探討碳排放強度、企業社會責任、公司ESG績效對企業價值和績效提升的貢獻。研究結果顯示，企業在降低碳排放時會增加成本，短期內可能不利於業績提升，但從長遠來看，這些措施將逐漸帶來正面效益。

另一方面，若由市場面財務績效討論，諸多文獻(Russo and Fouts, 1997; Al-Najjar and Anfimiadou, 2012; Petrović and Lobanov, 2020; Sun et al., 2022)認為碳排放量減少，有助於提升企業正面形象與未來永續發展規劃，因此碳排放量減量應對於公司市場面的財務績效呈現增益效果(gain effect) (企業碳排放量愈低，企業的市場面財務績效愈佳)。施念恕(2024)探討碳揭露、碳排放和碳管理對公司價值的影響。研究結果顯示，除企業碳排放量減量對公司價值產生增益效果外，高質量的碳管理制度對碳排放量的價格資訊也能扮演正向調節角色。

## 參、模型建構

在企業財務績效的研究議題上，企業財務績效的衡量方式，略可區分為市場基礎衡量方式(market-based measure)與會計基礎衡量方式(accounting-based measure)。市場基礎衡量觀點的財務績效指標係以投資人的市場報酬作為衡量基礎，常用的指標有Tobin's Q、市場附加價值(market value added)、以及股價淨值比(market-to-book ratio)。會計基礎衡量的財務績效指標係以企業實際財務盈餘來反映企業績效狀況，常用的指標有每股盈餘(EPS)、資產報酬率(ROA)、以及營業毛利率(gross profit margin)。

Tobin's Q比率是由諾貝爾經濟學獎得主James Tobin於1969年所提出，主要指的是公司市場價值對其資產重置成本的比率。反映的是一個企業兩種不同價值估計的比值。分子上的價值是金融市場上的公司市場價值，分母中的資產重置成本是企業的基本價值。但因資產重置價值的資料對於大數據實證分析而言，未必容易取得，因此實證分析時，常採用企業帳面價值代替資產重置成本(Chung and Pruitt, 1994; Miah et al., 2021; 包沂靄等人，2024)，本研究乃依此，將重要觀察變數修正為準Tobin's Q。

$$\text{準Tobin's Q} \sim \frac{\text{年底普通股市值} + \text{長短期借款}}{\text{資產總額}} \quad (1)$$

黃娟娟和黃鬱婷(2019)以台灣上市櫃公司為樣本，有效樣本數為4,151筆，研究表明排放量與公司財務績效呈負向相關；而Miah et al. (2021)以六大洲新興經濟體為樣本，計有432家公司，有效樣本為2,591筆，研究結果顯示碳排放量對企業的Tobin's Q與資產回報率呈現負向影響。此外，張育琳(2017)的研究以台灣上市櫃公司為研究對象，有效樣本數為403筆，發現碳排放量與碳排放密集度降低與公司財務績效呈顯著正向關係。

### 一、研究模型架構

本研究主要探討碳排放量的特性對公司財務績效之影響，將以準Tobin's Q作為市場面財務績效的代表，並進一步瞭解碳排放量對Tobin's Q之間的關聯性。由於公式(1)的操作型定義有其公式自身特質。根據上述公式(1)定義，可以觀察到企業市場面財務績效實質表現於企業

的市場價值，而企業市場價值可概分為股東權益市場價值與負債市場價值。股東權益市場價值決定於企業成長能力，而企業負債市場價值則反應出企業的負債程度。本研究除了討論碳排放量與公司市場面財務績效之間的關聯性外，考量控制變數(包括：研究發展費率、負債比率、總資產成長率與企業總市值等四項)於這一操作型定義中的明確影響Tobin's Q，乃將其引進為本研究的控制變數。例如：企業通過投入更多的資源於研究與開發活動，有望提高其產品或服務的創新性和競爭力，從而提升績效水準，因此研究發展費用可能與財務績效密切相關。趙玉珍等人(2023)以中國醫藥製造業A股上市公司為研究樣本，研究發現：研發投入可提高企業碳績效和創新績效，碳績效能夠顯著提高企業創新績效；這意味著投入更多資源於研發活動的企業通常具有較低的碳排放量。此符合企業在追求創新和技術發展的過程中可能採取更多環保措施的情況。

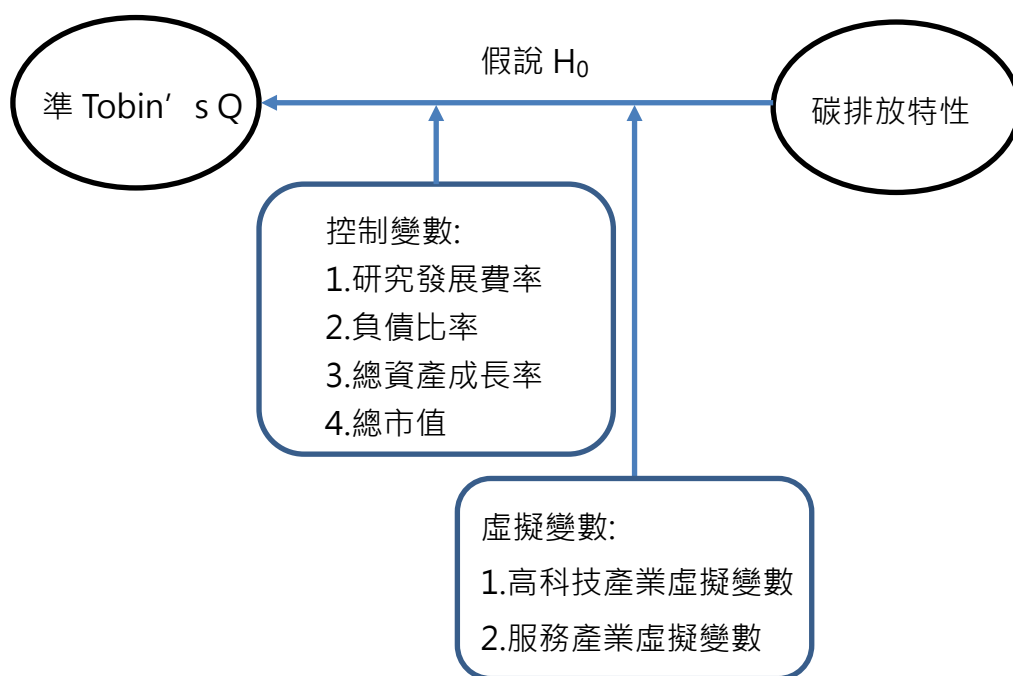


圖1. 本研究模型架構圖

本研究同時將高碳排放量和低碳排放量企業(0：低碳排放量企業公司，1：高碳排放量企業)區隔，運用變異數分析方法，觀察不同排碳特性族群，其各種研究變數的表現是否不同。此外，這種企業經營特性可能因公司行業不同而有所不同樣態。因此，本研究再引進高科技產業虛擬變數(0：非高科技產業，1：為高科技產業)，以及引入服務業虛擬變數(0：非服務業，1：為服務業)，以期觀察各項產業特性，在碳排放量與公司財務績效之間的調節效果。本研究整體模型建構如圖1。



基於對碳排放特性與公司財務績效之間關聯性的探討，結合前述文獻的觀點和排放權交易理論，本研究認為根據排放量管理的特性高低，可以反應企業通過碳排放管理機制降低排放成本，減少對環境的不利影響，從而達到對於市場面財務績效的提升。基於此原因提出以下研究假說一。

#### 研究假說一：

H1<sub>0</sub>：公司之碳排放特性與公司財務績效之間無關聯性。

H1<sub>a</sub>：公司之碳排放特性與公司財務績效之間呈現顯著關聯性。

## 二、研究變數

### 1. 準Tobin's Q

本研究選擇準Tobin's Q作為市場基礎的公司績效指標，準Tobin's Q 能夠提供對企業營運狀況的綜合評價，不僅考慮了公司的資產價值，還考慮了市場對公司價值的評價，且準Tobin's Q具有高度的敏感性，能夠反映企業經營策略和市場環境變化對公司價值的影響，是一項重要的經營狀況指標。

當企業的Tobin's Q 越大，代表企業所創造的價值越高，市場對其評價越高。Tobin's Q 考慮了未來時間價值，因此被視為評估企業價值的重要指標之一。這些特性使得Tobin's Q 成為本研究選擇的關鍵指標，可以整體地評估公司價值和經營狀況的表現。

### 2. 碳排放特性

本研究碳排放總量涵蓋了碳盤查的範疇一和範疇二的溫室氣體總和(本研究期間為2014~2022，該期間內許多企業範疇三資料揭露不全，考量樣本比較的一致性，本研究暫不分析範疇三之碳排放資料)。在範疇一中，這些排放是企業在其經營活動中直接排放的溫室氣體，源於企業所擁有或控制的特定來源。而在範疇二中，則包括了企業在經營活動中間接排放的溫室氣體，這些排放來自於能源使用和其他相關活動。參考張育琳(2017)的研究，本研究引進碳排放總量(=範疇一+範疇二)與碳排放係數(=碳排放總量/銷貨淨額)兩項指標，以期觀察企業本身碳排放活動的管理績效。

### 3. 研究發展費率

研究發展費用代表企業為開發新產品或新技術等的相關成本。而研究發展費率則是一個用來評估公司研發費用占營收比例的指標。企業增加研究發展費用有助於企業利潤的提高，根據過往文獻(Petrović and Lobanov, 2020 ; Li et al., 2022)，皆使用研發費用率凸顯研發費用投入所產生的經濟附加價值的重要性。因此，本研究將研發費用納入控制變數之一。

考慮到趙玉珍等人(2023)的研究發現研究發展費用對企業可能存在延遲性，因此本研究選擇前一期的研究發展費率對當期的企業財務績效進行對比。這種選擇有助於更全面地評估研發活動對當期企業績效的實際影響，同時也能夠較周全性地捕捉到研發費用對企業經濟價值的持久性影響。

#### 4. 負債比率

負債比率是指一家公司的總資產中，有多少比例是負債，即公司持有的債務相對於總資產價值的比率。這個指標的主要意義在於評估企業的長期償債能力和其資本結構。負債比率數值越高，表示企業倚賴外部資金的程度越高，財務風險相對增加。過去的研究(張育琳，2017；張淳堅等人，2022)，均指出負債比率顯著影響公司的財務績效。因此，本研究將負債比率列為控制變數之一，以深入瞭解其對公司整體績效的可能影響。

#### 5. 總資產成長率

總資產成長率是指企業在當年度內總資產相較於前一年度的變動百分比，用以呈現企業資產規模的增減情況。這個指標有助於評估企業在特定時間內的資產擴張或縮減狀況，進而提供了企業經營規模變化的趨勢。資產增長被視為企業整體發展的重要面向。因此，本研究將總資產成長率納入控制變數之一，以深入瞭解企業經營狀態及其對總體績效的可能影響。

#### 6. 總市值

市值是指公司在證券交易市場上的總市場價格，是一個用來衡量不同公司規模和價值的重要指標。張育琳(2017)使用公司的市值作為代表其規模的變數，並進行相應的研究探討。因此，本研究將市值視為控制變數之一，以深入分析市值對公司整體績效可能產生的影響。為確保數據在比較和分析時的精確性和一致性，本研究將市值以對數的形式呈現。這種轉換有助於平衡數據，消除數據之間的差異，提供更具可比性的統計基準。

本研究探討碳排放量對公司績效的影響，並以Tobin's Q作為績效指標，分析碳排放量與Tobin's Q之間的關聯性。同時考慮到研究發展費率、負債比率、總資產成長率和市值等因素，作為其他控制變數。透過這些變數的組合，我們旨在深入瞭解碳排放對公司績效的影響，並比較在不同碳排放量下這種影響的異同。實證模型(模型中變數的操作型定義如表1)設定如下：

$$\begin{aligned} \text{Tobin's } Q = & \alpha_0 + \alpha_1 \text{COE} + \alpha_2 \text{CEF} + \alpha_3 \text{R\&D} + \alpha_4 \text{DEBT} + \alpha_5 \text{TAGR} + \alpha_6 \text{MV} + \alpha_7 \text{Range} \\ & + \alpha_8 \text{Hitech} + \alpha_9 \text{Service} + \varepsilon \end{aligned} \quad (2)$$

表1. 本研究變數之操作型定義

變數類別	變數名稱	操作性定義
因變數	準Tobin's Q	( 年底普通股市值+長短期借款 ) / 資產總額
碳排放特性變數	碳總排放量 ( COE )	Log [ 範疇1_排放量 ( 噸CO2當量 ) + 範疇2_排放量 ( 噸CO2當量 ) ]
	碳排放係數(CEF)	碳總排放量/銷貨淨額
控制變數	研究發展費率 ( R&D )	研究發展費/營業收入淨額* 100%
	負債比率 ( DEBT )	負債總額/資產總額* 100%
	總資產成長率 ( TAGR )	( 當期資產總額-去年同期資產總額 ) / 去年同期資產總額* 100%
	市值 ( MV )	Log [ 在外股數 ( 個股 ) * 調整後收盤價 ]
虛擬變數	碳排量級距 (Range)	以碳總排放量(COE)中位數為分界點，超過中位數者Range=1，低於與等於者Range=0
	科技產業 (Hitech)	高科技產業Industry=1，非科技產業Industry=0
	服務業 (Service)	服務業Service=1，非服務業Service=0

公式(1)中 $\alpha_0$ 為本研究模型的截距項，代表除了自變數、控制變數與虛擬變數以外，其他沒有討論到的因素之綜合性影響效果。而 $\alpha_1$ 與 $\alpha_2$ 即為企業碳排放特性(包括：碳排放總量與碳排放係數)對於Tobin's Q的影響乘數，也可視為企業碳排放減量對於市場財務績效的直接增益效果。若 $\alpha_1$ 與 $\alpha_2$ 顯著不為0，表示本研究實證假說H10顯著被拒絕，也代表虛無假說成立(H1a：公司之碳排放特性與公司財務績效之間呈現顯著關聯性)。而若 $\alpha_1$ 顯著為負值時，代表碳排放減量對於市場財務績效的有正的增益效果，而若 $\alpha_1$ 顯著為正值時，代表碳排放減量對於市場財務績效的有負的增益效果。而 $\alpha_3$ ~ $\alpha_6$ 則各自代表本研究中企業的控制變數(研究發展費率、負債比率、總資產成長率與總市值)對於市場面財務績效的影響效果，如果 $\alpha_3$ ~ $\alpha_6$ 皆顯著存在，表示本研究中企業的控制變數會影響到企業碳排放減量與市場財務績效間聯性，亦即此些控制變數的存在，扮演了該關聯性的調節變數。另外， $\alpha_7$ 則代表排放量高低兩族群之市場面財務績效的比較分析，如果 $\alpha_6$ 顯著不為0，則代表排放量高低兩族群之市場面財務績效顯著不同。而 $\alpha_8$ 與 $\alpha_9$ 則代表科技產業與服務產業相對於其他產業之市場面財務績效的比較分析，如果 $\alpha_8$ 與 $\alpha_9$ 顯著不為0，則代表科技產業與服務產業之虛擬變數，也在此關聯性中扮演調節變數的角色。

## 肆、分析方法

本研究資料同時考慮橫斷面資料和時間序列資料的綜合資料型態。橫斷面資料是指在同一時間點上不同區域的數據，而時間序列資料是指同一區域在不同時間點上的數據。使用縱橫資料(Panel data)的好處在於能夠展示個體之間的差異，並且資料涵蓋了較長的期間。透過對同一截面數據的重複觀察，我們能夠更清楚地理解動態變化。然而，採用縱橫資料分析時，縱橫資料分析法模型可概分為固定效果(fixed effect)模型與隨機效果(random effect)模型。

### 一、固定效果模型(Fixed effect model)

固定效果模型又被稱為虛擬變數模型，其假設是母體內的個體相似程度很低。因此，這種模型直接考慮所有橫斷面的差異，而橫斷面和時間序列的變化會導致截距項的變動。在固定效果模型中，我們考慮了橫斷面不同、時間不同以及兩者都不同的模型。

#### 1. 橫斷面不同之固定效果模型

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta'X_{it} + u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

其中，截距項為橫斷面不同所造成的差異，不會隨著時間而改變。

#### 2. 時間不同之固定效果模型

$$Y_{it} = k_t + \beta'X_{it} + u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

其中，截距項為時間不同所造成的差異，不會隨著橫斷面而改變。

#### 3. 橫斷面與時間皆不同之固定效果模型

$$Y_{it} = \alpha_i + k_t + \beta'X_{it} + u_{it}, \quad i = 1, \dots, N, \quad t = 1, \dots, T$$

其中，此模型為不同橫斷面、不同時間所造成不同的截距項。

透過F檢定，我們可以檢驗模型的截距項是否相等，假說二檢定程式如下：

$$H_{20}: \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_N$$

$$H_{2a}: \alpha_j \text{ 全然不相等}; j = 1 \dots N$$

$$F = \frac{(SSE_R - SSE_U) / (N - 1)}{SSE_U / (NT - N - K - 1)} \sim F(N - 1; NT - N - K - 1)$$

其中， $SSE_R$ 為來自於受限制模型，亦即揉合迴歸模型之殘差平方和， $SSE_U$ 為來自於非受限制模型，亦即固定效果模型之殘差平方和， $K$ 為解釋變數之個數， $(N - 1)$ 為虛無假設中受限制條件之個數， $(NT - N - K - 1)$ 為非限制模型之自由度，如果接受虛無假設，則表示樣本資料適用於揉合迴歸模型；反之，如果拒絕虛無假設，則表示樣本資料更適合使用固定效果模型。

## 二、隨機效果模型(Random effect model)

在隨機效果模型假設母體內的橫斷面相似度較高，差異較小。這種模型允許每個橫斷面擁有獨立的截距參數，同時假設這些截距是隨機變數。換句話說，橫斷面的差異是可以因為橫斷面的不同而改變的，但對於時間是固定的。其模型如下：

$$Y_{it} = \alpha_i + u_i + \beta' X_{it} + u_{it} = \alpha + \beta' X_{it} + u_{it}$$

$$E(\varepsilon_{it}) = 0 ; Var(\varepsilon_{it}) = \sigma_u^2 + \sigma^2$$

$$i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T$$

其中， $\alpha$ 表示母體截距的未知參數； $u_i$ 表示個體間差異無法觀察到之隨機誤差。

透過LM檢定，我們可以檢驗模型的截距項是否相等，檢定程式如下：

$$LM = \frac{N}{2(T-1)} \left( \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2 / T} \right)$$

其中， $\hat{u}_{it}^2$ 模型的殘差。

LM 檢定是一種快速且有效的方法來決定模型選擇。如果 LM 檢定結果表明隨機效果顯著，則應使用隨機效果模型，否則可以考慮使用固定效果模型。

本研究使用了Hausman (1978)提出的Hausman隨機模型檢定，以確定在固定效果模型和隨機效果模型中，何者為更適模型。這個檢定的基本假設為如果個體與解釋變數之間存在相關性，則固定效果模型的估計量是有效和一致的；反之，隨機效果模型的估計量則不一致。若個體與解釋變數之間沒有相關性，固定效果模型雖然一致但不有效，反之，隨機效果模型是一致且有效的。因此，透過檢定統計量，我們可以判斷應該選擇固定效果模型還是隨機效果模型。假設三檢定如下：

虛無假設 $H_{30}: E(\alpha_i, X_{it}) = 0$ ，表示誤差與自變數不具有相關性

對立假設 $H_{3a}: E(\alpha_i, X_{it}) \neq 0$ ，表示誤差與自變數具有相關性

統計量如下：

$$t = \frac{\hat{\beta}_{\text{fixed}} - \hat{\beta}_{\text{random}}}{\sqrt{\text{var}(\hat{\beta}_{\text{fixed}}) - \text{var}(\hat{\beta}_{\text{random}})}}$$

其中， $\hat{\beta}_{\text{fixed}}$ 表示利用固定效果模型之估計量、 $\hat{\beta}_{\text{random}}$ 表示利用隨機效果模型之估計量、 $\text{Var}(\hat{\beta}_{\text{fixed}})$ 表示固定效果模型下共變數矩陣、 $\text{Var}(\hat{\beta}_{\text{random}})$ 表示隨機效果模型下共變異數矩陣。若檢定統計量接受虛無假設，則採用隨機效果模型，相反地，若檢定統計量拒絕虛無假設，則採用固定效果模型。

## 伍、實證結果與分析

本研究以2014年至2022年間在台灣證券交易所上市的高科技及傳統產業公司作為研究樣本，資料來源為台灣經濟新報(Taiwan Economic Journal)，資料頻率採用年資料。透過篩選並確保每間企業於2014~2022年資料的完整性，最終確定了252家公司，共計2,268筆資料。樣本根據兩種分類進行劃分：一是根據碳排放量的平均值分為高碳排放量和低碳排放量公司，其中高碳排放量公司有125家，共計1,125筆資料，低碳排放量公司有127家，共計1,143筆資料。

另由於「高科技產業」在我國的國際競爭力方面，扮演著舉足輕重的角色，是為當前台灣經濟發展主要的驅動力來源之一。因此，依據行政院主計處「知識創新與技術擴散」統計專題分析報告，採用OECD所定義的高科技產業，將製藥、電腦與OA設備、視聽電子與通訊設備、醫療儀器、精密與光電器材及航太產業等六大類歸劃為高科技產業(主計處，2006)；而行政院科技部依OECD分類標準對照我國行業標準分類(第九次修訂)，計列舉藥品及醫用化學製品製造、電腦及其週邊設備製造、事務機械設備製造業等歸類為高科技產業(科技部，2016)。據此，篩選上市公司中，包含半導體、電腦及週邊、光電、通信網路、電子零件、電子通路、資訊服務、其他電子、綠能環保、數位雲端及生技醫療等11個產業(143家企業，共計1,287筆資料)；而傳統產業方面包含水泥工業、食品工業、塑膠工業、紡織纖維、電機機械、電器電纜、化學工業、玻璃陶瓷、造紙工業、鋼鐵工業、橡膠工業、汽車工業、建材營造、航運、油電燃氣等15個產業(109家企業，共計981筆資料)。

表2. 本研究樣本企業之產業分類

高科技產業	家數	資料筆數	傳統產業	家數	資料筆數
半導體	36	324	水泥產業	4	36
電腦及周邊	23	207	食品工業	15	135
光電業	18	162	塑膠工業	11	99
通信網路業	15	135	紡織纖維	8	72
電子零件組	26	234	電機器械	4	36
電子通路業	3	27	電器電纜	2	18
資訊服務業	3	27	化學工業	27	243
其他電子業	7	63	玻璃陶瓷	1	9
綠能環保	2	18	造紙工業	3	27
數位雲端	1	9	鋼鐵工業	10	90
生技醫療	9	81	橡膠工業	3	27
			汽車工業	6	54
			建材營造	7	63
			航運業	7	63
			油電燃氣	1	9
<b>小計</b>	<b>143</b>	<b>1287</b>	<b>小計</b>	<b>109</b>	<b>981</b>

另，考量高科技產業中含括非服務業(大致上約為製造業)與服務業(如資訊服務、綠能環保、數位雲端、生技醫療)，而傳統產業中亦包含非服務業(大致上約為製造業)及服務業(如：航運、油電燃氣)。本研究乃由目前樣本(需揭露2014~2022年完整碳排放資料之企業)，再以服務業與非服務業區分樣本群組，觀察服務業之分類企業，是否碳排放減量特性會影響企業的財務績效。

資料使用EViews軟體進行分析，旨在瞭解碳排放量與控制變數是否對公司財務績效呈現顯著影響。鑒於本研究的資料型態為縱橫性資料，有必要確認資料的定態性。為此，本研究也對各變數進行單根檢定。本章節分為五個部分，分別進行敘述性統計、相關係數檢定、t-test檢定、縱橫資料模型檢定，以及迴歸分析的解釋與說明。

## 一、敘述性統計

本研究將公司各變數之敘述性統計整理如表3，結果顯示公司績效(Tobin's Q)平均數為1.207，大於中位數0.915，表示此一變數分配有左偏與右肥尾現象(50%的企業，其效果Tobin's Q均小於0.915，且Tobin's Q高的企業於分配中右邊延伸很長)。碳總排放量(COE)的log值平均數為4.530，接近於中位數4.468，表示大部分的企業年碳排量為數萬~數十萬噸(範疇一+範疇二)。研究發展費用率(R&D)平均數為3.883%，大於中位數2.08%，表示台灣上市企業的研究發展密集度約為每年提撥3.883%的營業淨額，作為企業研究發展支出運用。負債比率(DEBT)平均數為42.279%，接近於中位數42.280%，表示台灣上市企業整體約採用42.279%負債資金進行企業經營。總資產成長率(TAGR)平均數為5.245%，大於中位數3.205%，表示台灣上市企業整體約有5.245%的年成長能量。市值(MV)平均數為4.205，略大於中位數4.143，表示總市值平均約為新台幣壹百五十億元。另外，高低碳排族群(Range)平均數為0.496表示低碳排族群數目約略多於高碳排族群數目。高科技產業分群(Hitech)平均數為0.5675，表示台灣地區的高科技企業家數多於傳統產業的企業家數。服務產業分群(Industry)平均數為0.0913，表示本次揭露2014~2022年碳排放量的企業，服務業所佔僅為9.13%總家數。

## 二、相關係數

在本研究中，我們運用Spearman相關係數進行檢定，評估因變數與自變數間的相關程度，同時觀察自變數間是否存在高度相關現象，以防止迴歸分析中的共線性問題產生。由表4結果顯示，在5%顯著水準中，Tobin's Q對碳排放量、碳排放係數、研究發展費用率、負債比率、總資產成長率與市值均呈現顯著相關，表示本研究所討論的自變數，均對因變數(Tobin's Q)有顯著關聯性。而各個控制變數之間的相關係數，絕對值皆小於0.7，無存在太大共線性問題。

表3. 本研究相關變數資料之敘述性統計

變數	樣本數	最小值	最大值	平均值	標準差
Tobin's Q 市場面財務績效指標	2268	0.0700	10.2700	1.2060	0.9315
COE 碳總排放量的log值	2268	1.1461	7.4758	4.5323	1.1409
CEF 碳排放係數	2268	0.0000	0.2961	0.0097	0.0218
R&D(%) 研究發展費用率	2268	0.0000	61.7439	3.8820	5.8087
DEBT(%) 負債比率(%)	2268	0.6100	92.3900	42.2933	17.2098
TAGR(%) 總資產成長率(%)	2268	-98.7200	217.6000	5.2302	14.8903
MV總市值(NT\$ 十億元)	2268	2.5051	7.2027	4.2045	0.6826
Range高低碳排族群	2268	0.0000	1.0000	0.5000	0.5001
Hitech高科技產業虛擬變數	2268	0.0000	1.0000	0.5675	0.4955
Service服務產業虛擬變數	2268	0.0000	1.0000	0.0913	0.2881

表4. 本研究變數間相關係數檢定結果

相關係數	Tobin' Q	COE	CEF	R&D	DEBT	TAGR	MV	Range	Hitech	Service
Tobin's Q 市場面財務績效指標	1.000									
COE 碳總排放量的log值	-.159***	1.000								
CEF 碳排放係數	-.049*	.444***	1.000							
R&D(%) 研究發展費用率	.225***	-.279***	-.164***	1.000						
DEBT(%) 負債比率	-.280***	.176***	-0.029	-.280***	1.000					
TAGR(%) 總資產成長率	.167***	-0.015	-0.037	0.007	.107***	1.000				
MV總市值 (NT\$ 十億元)	.198***	.622***	.049*	-0.038	.156***	.133***	1.000			
Range高低碳排族群	-0.033*	.601***	.406***	-.199***	-.126***	-0.039	.096***	1.000		
Hitech高科技產業虛 擬變數	.161***	-.173***	-.190**	.446***	-.129***	.074***	.096***	-.238***	1.000	
Service服務產業虛 擬變數	.112***	-.069***	.166***	.081***	-0.027	0.026	-0.032	0.011	.054**	1.000

註： 1.\*\*\*表示到達p=0.001的顯著水準；\*\*表示到達p=0.01的顯著水準；\*表示到達p=0.05的顯著水準。



### 三、平均數差異檢定

本研究將樣本企業依中位數分為高碳排放量公司和低碳排放量公司兩個子樣本，並利用平均數差異t檢定探討兩樣本在所有觀察變數上，是否存在顯著差異。從表5的檢定結果可以看出，高碳排放量公司共有1,134筆資料，約佔總樣本的50.00%；低碳排放量公司也有1,134筆資料，約佔總樣本的50.00%。t值檢定的結果呈現：除總資產成長率(TAGR)與服務產業群組外，高、低碳排群組的企業在其他觀察變數，均呈現顯著不同的現象。舉例而言，低碳排放量的企業市場面的財務績效(Tobin's Q)較高，研發費用費率(R&D%)較高，負債比率(DEBT%)較低，市值(MV)較低，產業分類較偏向高科技產業(Hitech)。這一結果與本研究假說相符，表明低碳排放量公司通常更關注環保意識，並因此願意投入更多資源於研發環保技術和解決方案，以減少碳排放，並提高資源利用效率，而其市場面財務績效Tobin's Q的表現也確實顯著地高於高碳排群組企業。由表5可見，企業的碳排放減量，顯著性提高其市場面財務績效，其增量總效果為Tobin's Q=1.029(高碳排群組)→ Tobin's Q=1.383(低碳排群組)。

表5. 平均數差異t檢定結果

變數	低碳排群組			高碳排群組			F值-檢定
	平均數	標準差	樣本數	平均數	標準差	樣本數	
Tobin's Q	1.383	1.126	1134	1.029	0.636	1134	9.192*
COE	3.635	0.707	1134	5.442	0.669	1134	1278.712***
CEF	0.001	0.001	1134	0.019	0.028	1134	446.382***
R&D(%)	5.102	6.923	1134	2.641	4.034	1134	93.791***
DEBT(%)	38.796	16.820	1134	45.823	16.926	1134	36.825***
TAGR(%)	5.349	16.362	1134	5.139	13.258	1134	3.471
MV	3.860	0.519	1134	4.555	0.650	1134	20.938***
Hitech	0.700	0.458	1134	0.528	0.499	1134	135.605***
Service	0.088	0.284	1134	0.094	0.288	1134	0.260

註: 1.\*\*\*表示到達p=0.001的顯著水準；\*\*表示到達p=0.01的顯著水準；\*表示到達p=0.05的顯著水準

2.COE為碳總排放量、CEF為碳排放係數、R&D為研究發展費率、DEBT為負債比率、TAGR為總資產成長率、MV為總市值、Hitech為高科技產業虛擬變數、Service為服務產業虛擬變數。

### 四、縱橫資料模型檢定結果

本研究所使用的資料為時間序列資料，因此需要進行單根檢定。在這方面，本研究採用ADF檢定、PP檢定以及LLC檢定，以檢驗各變數是否為定態時間序列。根據表6的結果顯示，本研究變數中的三種單根檢定在0.1%顯著水準下均呈現顯著的狀態，這表示各變數在單根檢定中都拒絕了虛無假設，顯示這些變數為定態資料。因此，本研究可以進行後續的縱橫資料之迴歸模型分析。

表6. 縱橫資料之單根檢定結果

變數	ADF-Fisher Chi-square	PP-Fisher Chi-square	Levin,Lin Chut
Tobin's Q	0.0000***	0.0000***	0.0000***
COE	0.0000***	0.0002***	0.0000***
CEF	0.0000***	0.0002***	0.0000***
R&D%	0.0028***	0.0015***	0.0000***
DEBT%	0.0000***	0.0000***	0.0000***
TAGR%	0.0000***	0.0000***	0.0000***
MV	0.0000***	0.0000***	0.0000***

註: 1.\*\*\*表示到達 $p=0.001$ 的顯著水準; \*\*表示到達 $p=0.01$ 的顯著水準; \*表示到達 $p=0.05$ 的顯著水準

2.COE為碳總排放量、CEF為碳排放係數、R&D為研究發展費率、DEBT為負債比率、TAGR為總資產成長率、MV為總市值。

本研究核心模型為公式(2)，為期了解公式(2)中每一類變數(解釋變數、控制變數、虛擬變數)對於被解釋變數(市場面財務績效Tobin's Q)的影響，本研究乃將公式(2)逐步分解為Model I~IV。Model I代表研究樣本中，碳排放特性(碳總排放量COE與碳排放係數CEF)對於市場面財務績效的影響之乘數效果，其係數的正負符號，即代表企業碳排放特性對於市場面財務績效Tobin's Q乘數效果。 $\alpha_1$ 符號為負值，則代表企業碳排放減量會直接產生於財務績效Tobin's Q正向增益。Model II則引進控制變數作為Model I的調節項，觀察引進研究發展費率、負債比率、資產成長率與總市值後，原先Model I碳排放量對於市場面財務績效的影響程度( $\alpha_1$ )所造成的影響( $\alpha_1 \rightarrow \beta_1$ )，其中( $\beta_1 - \alpha_1$ )代表調節變數所帶來的市場面財務績效的間接增益效果。Model III則為引進高、低碳排放群組的虛擬變數(Range)，觀察此虛擬變數是否影響 $\alpha_1$ ，而致 $\alpha_1 \rightarrow \gamma_1$ 。而Model IV則引進高科技產業群組與服務產業群組的虛擬變數(Hitech & Service)，觀察引進此虛擬變數後是否影響 $\alpha_1$ ，而致 $\alpha_1 \rightarrow \delta_1$ 。

$$Tobin's Q = \alpha_0 + \alpha_1 COE + \alpha_2 CEF + \varepsilon \quad (\text{Model I})$$

$$Tobin's Q = \beta_0 + \beta_1 COE + \beta_2 CEF + \beta_3 R\&D + \beta_4 DEBT + \beta_5 TAGR + \beta_6 MV + \varepsilon \quad (\text{Model II})$$

$$Tobin's Q = \gamma_0 + \gamma_1 COE + \gamma_2 CEF + \gamma_3 R\&D + \gamma_4 DEBT + \gamma_5 TAGR + \gamma_6 MV + \gamma_7 Range + \varepsilon \quad (\text{Model III})$$

$$Tobin's Q = \delta_0 + \delta_1 COE + \delta_2 CEF + \delta_3 R\&D + \delta_4 DEBT + \delta_5 TAGR + \delta_6 MV + \gamma_7 Range + \delta_8 Hitech + \delta_9 Service + \varepsilon \quad (\text{Model IV})$$

界定Model I~IV的觀察重點後。本研究首先必須進行縱橫資料分析的估計模型選擇，結果如表7所示。Model I分析中，在Fixed Effect F-test的檢定中，p值小於0.05的顯著水準下拒絕虛無假設二。這表明，在揉合效果迴歸模型與固定效果模型之間，我們傾向採用固定效果模型。同樣，在Hausman test的檢定中，p值大於0.05，表示在5%的顯著水準下無法拒絕虛無假

設三。因此，在隨機效果迴歸模型與固定效果迴歸模型之間，我們進一步認為絕大多數情境下，隨機效果為較佳的模型選擇(只有Model IV中因自變量有9個，而樣本期間有9年，時間週期之隨機效果模型無法執行，只能採用固定效果模型估計之。請見表7)。

依此，本研究在Model I的分析中，採用隨機效果模型估計，結果呈現碳排放量顯著性影響企業的財務績效，影響的乘數效果為-0.141\*\*\*，此迴歸係數表明碳排放減量(係數符號為負)對於Tobin's Q的直接增益效果乘數為0.141倍。而碳排放係數對於企業的財務績效的影響效果不顯著，表示本研究的樣本中碳排放係數並非財務績效的重要影響變數。由於市場面財務績效Tobin's Q值，有其自身特性，本研究乃增加採用四項控制變數(研究發展費率、負債比率、資產成長率與總市值)作為模型分析的調節項，以略為去除Tobin's Q值自身的波動現象，使更為體現碳排放量減量對於企業的財務績效的影響程度(包括直接效果與間接效果)。如Model II所呈現，整體模型解釋能力增加，且四項控制變數的影響係數均顯著不為0。原先Model I碳排放量對於市場面財務績效的影響程度所造成的影響( $\alpha_1 \rightarrow \beta_1$ )更為明顯，由-0.141轉為-0.387，表示碳排放減量顯著性影響企業的財務績效，影響的直接效果0.141，而間接效果則為碳排放減量的企業，其研究發展費率較高、負債比率較低、資產成長率較高與總市值較高(請見表7)，而再進一步增加企業的財務績效(推估間接效果=絕對值 | -0.387-(-0.141) | =0.246)。

另，引進高低碳排放群組的虛擬變數(Range)，觀察此虛擬變數是否影響 $\beta_1$ ，而致 $\beta_1 \rightarrow \gamma_1$ 。由Model III分析可見，碳排放量影響係數為-0.387調整為-0.590，表示有部分碳排放量的影響程度被分解到碳排放族群(Range)的影響程度。而若引進產業分類群組的虛擬變數(Hitech & Service)，觀察此虛擬變數是否影響 $\beta_1$ ，觀察 $\beta_1 \rightarrow \delta_1$ ，碳排放量影響係數-0.583沒有再大幅調整。表示產業分群(高科技產業與服務產業)對於企業財務績效的影響，與高低碳排放群組的分類，影響效果接近。

由此四個模型的適合度觀察，Model II的解釋能力(R-squared=0.286，適合度F-statistic=64.529\*\*\*)最強，本研究乃以Model II作為進一步討論的基本模型，將族群分成四類(低碳排群組、高碳排群組、高科技產業、服務產業)，而運用Model II做進一步分析，結果請見表7下半部。

表7. 縱橫資料之模型檢定

模型	Model I	Model II	Model III	Model IV
變數	因變數 Tobin's Q			
c	1.833***	0.518***	0.333**	0.300*
COE	-0.141***	-0.387***	-0.590***	-0.583***
CEF	1.319	6.140***	5.918***	5.42***
R&D		0.009*	0.011***	0.010***
DEBT		-0.014***	-0.011***	-0.011***
TAGR		0.007***	0.006***	0.007***
MV		0.695***	0.863***	0.863***
Range			0.514***	0.510***
Hitech				0.037*
Service				0.148*
Fixed Effect F-test	43.229***	14.612*	12.146*	12.365*
Hausman test	3.275	8.837	3.645	---
固定/隨機效果	Random Effect	Random Effect	Random Effect	Fixed Effect
R-squared	0.044	0.286	0.283	0.277
Adjusted R-squared	0.040	0.282	0.279	0.273
適合度F-statistic	10.447***	64.529***	63.513***	61.725***

模型	低碳排群組	高碳排群組	高科技產業	服務產業
變數	因變數Tobin's Q			
c	-0.741***	1.373***	0.215***	-1.249*
COE	-0.510***	-1.085***	-0.530***	-0.511***
CEF	461.936***	10.775***	10.641***	8.162***
R&D	0.012*	-0.008	0.004	0.039***
DEBT	-0.011***	-0.005***	-0.018***	-0.009*
TAGR	0.006***	0.003*	0.007***	0.011**
MV	1.222***	1.278***	0.953***	1.186***
Fixed Effect F-test	7.440*	13.109*	11.225*	14.537*
Hausman test	3.161	7.871	8.884	7.910
固定/隨機效果	Random Effect	Random Effect	Random Effect	Random Effect
R-squared	0.427	0.427	0.336	0.532
Adjusted R-squared	0.420	0.420	0.329	0.498
適合度F-statistic	44.941***	59.597***	46.062***	16.573***

註: 1.\*\*\*表示到達p=0.001的顯著水準; \*\*表示到達p=0.01的顯著水準; \*表示到達p=0.05的顯著水準

2.COE為碳總排放量、CEF為碳排放係數、R&D為研究發展費率、DEBT為負債比率、TAGR為總資產成長率、MV為總市值、Range為高低碳排放量分類群組、Hitech為高科技產業虛擬變數、Service為服務產業虛擬變數

運用Model II作為分群族群的估計模型後，因Fixed Effect F-test均顯著，而Hausman test均不顯著(請見表7下半部分)，因此模型選擇方面，本研究均採用隨機效果(Random Effect)估計各重要變數的迴歸係數。在低碳排群組中，所有解釋變數對於企業財務績效均顯著有影響，其中總碳排放量對於企業財務績效的直接影響乘數為-0.510，表示在低碳排群組企業中，降低總碳排放量(範疇一+範疇二)，將會增進企業的財務績效。在高碳排群組中，大部分解釋變數對於企業財務績效均顯著有影響(除研究發展費率外)，其中總碳排放量對於企業財務績效的影響乘數為-1.085，表示在高碳排群組企業中，降低總碳排放量(範疇一+範疇二)，仍將增進企業的財務績效。由於不同分類群組中，高碳排群組的總碳排放量對於企業財務績效的影響乘數之絕對值最大，表示碳排減量對於企業財務績效增益效果最大者為高碳排群組。高與低碳排群兩族群組對於市場面財務績效Tobin's Q的影響方向接近。均可透過投入更多資源於研發環保技術和解決方案，因此其研發投入增加、負債比率減少、總資產成長率提高、市場價值提高，而對於市場面財務績效產生間接的增益效果。

相對地，在高科技產業群組中，大部分解釋變數對於企業財務績效均顯著有影響，其中總碳排放量對於企業財務績效的影響乘數為-0.530，表示在高科技產業群組企業中，再繼續降低總碳排放量(範疇一+範疇二)，也將增進企業的財務績效。但比較此高科技產業與服務產業族群的增益效果(影響乘數 $\beta_1$ )，高科技產業群組的增益效果較多。表示不同產業的企業減少碳排放量對於市場面財務績效Tobin's Q的增益效果不同。此外，高科技產業的公司通常更關注環保意識和可持續發展，並願意投入更多資源於研發環保技術和解決方案，因此其研發投入增加、負債比率減少、總資產成長率提高、市場價值提高，而對於市場面財務績效產生更多間接的增益效果。

這些結果表明了在不同類型的公司中，碳排放量與公司績效之間存在著差異，並且這種差異可能受到公司自身特性對於環保議題重視等因素的影響。對於不同產業的企業而言，理解和適應這種關聯性應是重要的，可以幫助它們更好地運用碳排放減量，再搭配研發投入、負債減量、提高資產成長率與提高總市值...等間接策略，同步增進企業市場面的財務績效。

## 陸、穩健性檢驗(Robustness)

為期瞭解本研究模型的穩健性(Robustness)，本研究利用分量迴歸探討不同分量下企業碳排放量與市場面財務績效之影響，透過不同的迴歸係數更能完整剖析分配的型態。本文以Tobin's Q作為被解釋變數，並使用分量 $q = 0.1 \sim 0.9$ 等九個特定百分量估計Model II相關特性之迴歸係數。分量愈低，代表企業經營的財務績效不佳；分量愈高，代表企業的財務績效愈佳( $q = 0.1$ 代表當樣本以Tobin's Q值劃分十等分時，最低等級之Tobin's Q值的樣本企業表現。相對地， $q = 0.9$ 代表當樣本劃分十等分時，最高等級之Tobin's Q值的樣本企業表現)，觀察

本研究的模型在不同的財務績效分量下，呈現出自變數對於因變數之間的影響關係。分析結果如表8，整體而言，本研究模型穩健性(Robustness)應是相當足夠，待觀察樣本在不同分量情境下均有一致現象(所有情境下的迴歸係數，其正負方向均相同，且幾乎均顯著存在)，僅較極端樣本(如：q = 0.1)的部分特性(碳排放係數CEF與研究發展費率R&D兩方面)與大部分樣本有細微差異。

在碳排放量方面，Tobin's Q較低的企業，迴歸係數的絕對值較小，當q=0.1時，COE的迴歸係數絕對值為0.050。而隨著分量增加，COE的迴歸係數絕對值越來越大，直到q=0.9時，COE的迴歸係數絕對值為0.781最大。表示市場財務績效越好的企業，其減碳所產生的財務績效增益效果最佳。

而在其他控制變數方面，研究發展費用率方面呈現，績效中間的企業，研發支出對於企業財務績效增益效果最好，而績效較差與較好的企業，增益效果較低(此為研究發展對於企業財務績效的非線性特性，請見郭憲章等人(2016))。負債比率方面，Tobin's Q較低的企業，迴歸係數的絕對值較小，當q=0.1時，DEBT迴歸係數絕對值為0.004。而隨著分量增加，DEBT的迴歸係數絕對值越來越大，直到q=0.9時，DEBT的迴歸係數絕對值為0.017最大。表示市場財務績效越好的企業，其負債比率產生的財務績效增益效果最佳。同樣地，在總資產成長率(TAGR)方面，Tobin's Q較低的企業，迴歸係數較小，當q=0.1時，TAGR的迴歸係數絕對值為0.002。而隨著分量增加，迴歸係數值越來越大，直到q=0.9時，TAGR的迴歸係數絕對值為0.014最大。表示市場財務績效越好的企業，其總資產成長率產生的財務績效增益效果最佳。而總市值(MV)的影響效果與總資產成長率的狀況相同。

表8.研究模型之分項迴歸分析(因變數Tobin's Q)

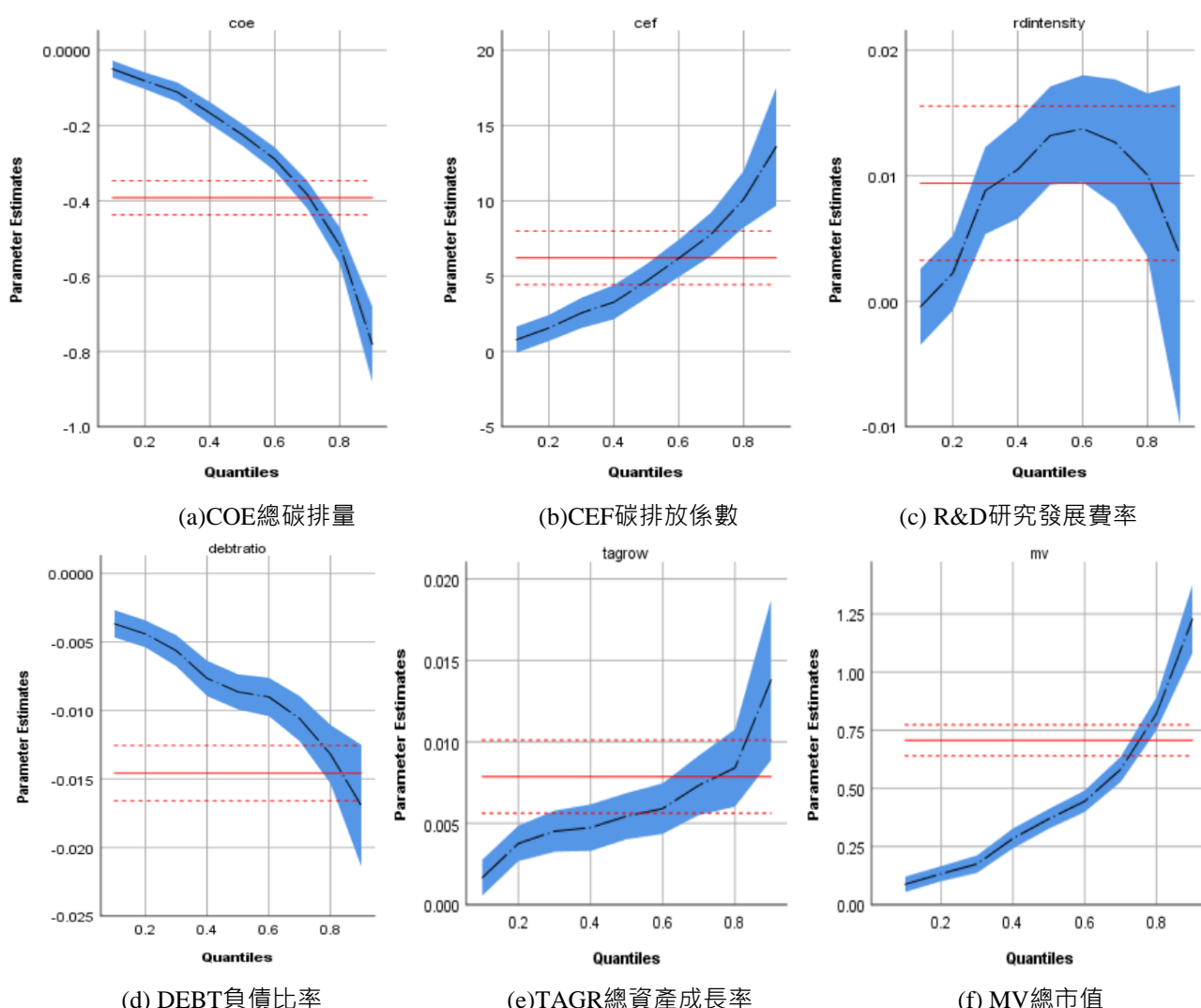
參數/分量	q=0.1	q=0.2	q=0.3	q=0.4	q=0.5	q=0.6	q=0.7	q=0.8	q=0.9
c	0.566***	0.641***	0.725***	0.712***	0.757***	0.838***	0.921***	0.851***	0.905***
COE	-0.050***	-0.082***	-0.111***	-0.167***	-0.225***	-0.290***	-0.384***	-0.519***	-0.781***
CEF	0.778	1.561***	2.560***	3.272***	4.661***	6.188***	7.788***	10.110***	13.594***
R&D	0.000	0.002	0.009***	0.010***	0.013***	0.014***	0.013***	0.010***	0.004***
DEBT	-0.004***	-0.004***	-0.006***	-0.008***	-0.009***	-0.009***	-0.011***	-0.013***	-0.017***
TAGR	0.002**	0.004***	0.005***	0.005***	0.005***	0.006***	0.007***	0.008***	0.014***
MV	0.088***	0.133***	0.175***	0.285***	0.369***	0.445***	0.582***	0.821***	1.227***
虛擬 R 平方	0.026	0.032	0.049	0.078	0.113	0.151	0.193	0.240	0.280
平均值絕對誤差 (MAE)	0.6570	0.5716	0.5172	0.4782	0.4669	0.4781	0.5332	0.6503	0.9745

註: 1.\*\*\*表示到達p=0.001的顯著水準；\*\*表示到達p=0.01的顯著水準；\*表示到達p=0.05的顯著水準。

2. COE為碳總排放量、CEF為碳排放係數、R&D為研究發展費率、DEBT為負債比率、TAGR為總資產成長率、MV為總市值。

為期表明各項迴歸係數估計值的穩健性，本研究乃將迴歸係數估計值的信賴區間繪製於圖2。由圖2分量迴歸中各影響係數於所有分量情境下的估計值變化與信賴區間(圖形中藍色區域為估計值的95%信賴區間)，可以觀察出，本研究模型在各級分量迴歸分析，迴歸係數之估計值均相當穩定(95%的信賴區間變化不大)。

在核心解釋變數方面，COE總碳排放量的迴歸係數之信賴區間(請見圖2(a))，在不同分量情境下幾乎一樣大，表示本研究模型估計值的足夠穩健(不會因為情境而產生不顯著或大幅變化現象)。而CEF碳排放係數與企業本身的产品特質有關，其對企業的財務績效影響程度，顯著性不足，可能係因本研究觀察期2014~2022不長，尚未能觀察出企業碳排放係數的大幅變化狀況。



- 註：1.藍色區域為特定分量百分比之迴歸係數估計值之95%信賴區間  
 2.紅色實線為全部樣本之迴歸係數估計值  
 3.紅色虛線為全部樣本之迴歸係數估計值的95%信賴區間

圖2. 分量迴歸中各影響係數於所有分量情境下的估計值變化與信賴區間

至於，研究發展費率R&D之穩健性不足(請見圖2(c))，係因研究發展對於企業財務績效的自身影響特性所致，低財務績效企業因資源有限，幾乎互不用研究發展支出，而致研究發展費率對於企業的財務績效之乘數效果不高。而高財務績效企業常常過度運用研究發展支出，而致研究發展費率對於企業的財務績效之乘數效果降低，此種研究發展對於企業財務績效的非線性特性非為本研究探討重點。另外，DEBT負債比率的迴歸係數估計值的信賴區間(請見圖2(d))，其迴歸係數之估計值均相當穩定(信賴區間在不同分量情境下幾乎一樣大)。

總資產成長率與總市值的迴歸係數則有類似現象(請見圖2(e)與圖2(f))，隨著Tobin's Q值於不同分量情境，相對地迴歸係數(間接的增益效果)有逐漸增加的現象，表示財務績效較好的企業，總資產成長率與總市值增加所產生的財務績效增益效果較大。因信賴區間在不同分量情境下幾乎一樣大(除了較為極端情境，如Tobin's Q的分量 $q=0.9$ 外，因估計值的平均數較大，而致其相對標準差較大)，表示其迴歸係數變化度接近，也代表其迴歸係數之估計值均相當穩定。整體而言，比較表8的各相關變數之迴歸係數估計值與圖2的信賴區間於所有分量的變化狀況(係數估計值均顯著，正負符號不變)，本研究模型的建構應是具有足夠的穩健性。

## 柒、結論與建議

碳排放問題近年來引起廣泛關注，關於碳排放量與公司績效之間的相關性，學術界存在著兩種主要觀點：一方面，有學者主張碳排放量與公司財務績效是正向連動關係(企業營收增加，企業財務績效較佳，連帶地，也將產生更多的碳排放；或因，企業若欲減少碳排放量，可能需引進更高節碳效率的技術或購買較高成本的再生能源，此將造成企業營運成本的增加，而將對於企業獲利能力產生負面衝擊)。另一方面，亦有學者認為碳排放量減少，有助於提升企業正面形象與未來永續發展規劃，因此碳排放量應與公司市場面的財務績效呈現負向連動關係(企業碳排放量愈低，企業的市場面財務績效愈佳)。

基於過去的文獻與相關理論，本研究認為企業碳排放減量應對於市場面財務績效具有增益效果。本研究選取2014年至2022年間台灣上市、櫃傳統產業及高科技產業之公司作為研究樣本，運用縱橫資料迴歸分析進行檢定，針對不同特性碳排放量之公司進行細部討論，可進一步地瞭解碳排放減量對公司財務績效的直接與間接的增益效果。

本研究的實證結果顯示，一、低碳排放公司市場面財務績效Tobin's Q的表現確實顯著地高於高碳排群組企業(請見表5)。二、此種市場面財務績效的增益效果，不完全來自碳排放減量的直接效益，也因公司關注環保議題，並願意投入更多資源於研發環保技術和解決方案，因此其研發投入增加、負債比率減少、資源利用效率提高、市場價值提高，而對於市場面財務績效，產生間接的增益效果(請見表7中Model I與Model II，碳排放量的影響係數)。本研究也發現，高碳排群組的總碳排量對於企業財務績效的影響乘數之絕對值最大，表示高碳排群



組其碳排放減量對於企業財務績效增益效果較大。三、不同產業的企業碳排放減量對於市場面財務績效Tobin's Q的增益效果不同，高科技產業的增益效果較高於其他產業(請見表7中下半部分)。四、透過分量迴歸分析，各影響係數於所有情境下的正負影響方向均相同，估計值的變化與信賴區間均穩定維持於特定範圍內(請見表8)，可以觀察出，本研究模型在各級分量下估計值具相當穩健性(Robustness)。

上述結果突顯了企業經營上，環境友好措施和企業經濟效益之間可能存在直接影響與間接影響，採取有效率的碳排減量策略可以對於公司的財務績效產生增益，但各種產業直接增益效果不同。除了直接增益效益外，建議企業可以正面思考環境、社會責任與公司治理等全方位的層面，由於全方位的改善企業體質，因此呈現出企業的研發投入增加、負債比率減少、資源利用效率提高、總市場價值提高，也同樣地對於公司財務績效產生間接增益效果。

這種綜合性觀點有助於企業應更全面地思考，如何在實現經濟利益的同時，為環境改善做出實質性貢獻，永續發展並實現雙贏(企業與社會環境雙贏)的局面。因此，面對未來更具挑戰性的經濟發展需求，本研究認為政府可以引導企業數位轉型、淨零排放、節能管制、再生能源等相關事宜，執行更高強度的管制，要求所有企業與民間，共同執行管制性減碳措施。同時對於企業自發性減碳投資提供租稅優惠的規劃。運用胡蘿蔔-棍子兩手策略，提升國內減碳市場的需求性。

同時，企業也應該自覺承擔社會責任，不僅要關注自身的經濟利益，還要考慮到對環境和社會的影響，積極採取商業行動減少核心碳排放量，如此不但增加碳排減量的直接增益，也可發揮碳排減量的間接增益。建議政府和企業共同努力，應可較有效率地實現環境保護與經濟發展的雙贏局面，為未來的永續發展奠定堅實的基礎。

## 參考文獻

### 一、中文文獻：

1. 王珮、黃珊、王瑤、李文心 (2023), 「碳排放權交易對企業碳績效的影響研究」, 《科研管理》, 44(12), 頁158。
2. 主計處 (2006), 「知識創新與技術擴散」, 中華民國統計資訊網, 取自：  
<https://www.dgbas.gov.tw/public/Data/6718165471.pdf>。
3. 包沂靄、張淑清、吳冠勳、鄭凌淇、張慧珊 (2024), 「碳排放量、企業社會責任與公司治理對公司價值之影響」, *Journal of Data Analysis*, 19(1), 頁15-49。
4. 呂靖燁、方夕然 (2021), 「企業社會責任、碳排放強度與公司價值」, 《煤炭經濟研究》, 41(8), 頁30-37。
5. 科技部 (2016), 「我國與OECD 行業分類對照」, 科技部官網, 取自：  
<http://statistics.most.gov.tw/was2/main/AsNetMap.aspx>。
6. 施念恕 (2024), 「碳揭露、碳排放和碳管理對公司價值之影響」, 《證券市場發展季刊》, 36(1), 頁121-189。
7. 郭憲章、葉立仁、王麗惠 (2016), 「公司治理特性對於研究發展與企業財務績效關聯性之影響：以U-shape法檢定研發投入之非線性關係」, 《證券市場發展季刊》, 28(4), 頁1-48。
8. 張育琳 (2017), 「減碳會增加公司價值嗎？兼論高階經理人現金紅利之調節效果」, 《中華會計學刊》, 13(1), 頁1-47。
9. 張淳堅、陳智奇、余程洋、林勝賢 (2022), 「碳排放量與公司績效之關聯性探討」, 《當代商管論叢》, 7(1), 頁41-56。
10. 黃娟娟、黃鬱婷 (2019), 「綠色價值鏈管理、碳排放與企業績效」, 《商略學報》, 第11(2), 頁81-102。
11. 趙玉珍、韓翠媛、冀玉慧 (2023), 「研發投入對企業碳績效與創新績效的影響研究」, 《煤炭經濟研究》, 43(1), 頁85-92。

### 二、英文文獻：

1. Al-Najjar, B. and A. Anfimiadou (2012). Environmental policies and firm value, *Business Strategy and the Environment*, 21(1), pp.49-59.
2. Al-Tuwaijri, S. A., T. E. Christensen and K. E. Hughes II (2004). The relations among environmental disclosure, environmental performance, and economic performance: a simultaneous equations approach, *Accounting, Organizations and Society*, 29(5-6), pp.447-471.

3. Bowen, H. R. (1953). Social responsibilities of the businessman, University of Iowa Press. *California Management Review*, 2(3), pp.70–76.
4. Chung, K. H. and S. W. Pruitt (1994). A simple approximation of Tobin's q, *Financial Management*, 23(3), pp.70-74.
5. Dlamini, N. N. (2022). Corporate carbon emissions and firm financial performance in South Africa, National Dong Hwa University Master Thesis.
6. Guo, Q., Z. Su and C. Chiao (2021). Carbon emissions trading policy, carbon finance, and carbon emissions reduction: evidence from a quasi-natural experiment in China, *Economic Change and Restructuring*, 55(3), pp.1445-1480.
7. Hausman, J. A. (1978). Specification tests in econometrics, *Econometrica: Journal of the econometric society*, 46(6), pp.1251-1271.
8. Li, B., L. Li and T. Pi (2022). Is the R&D expenditure of listed companies green? Evidence from China's A-share market, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), pp.11969.
9. Meng, X., D. Gou and L. Chen (2023). The relationship between carbon performance and financial performance: evidence from China, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(13), pp.38269-38281.
10. Miah, M. D., R. Hasan and M. Usman (2021). Carbon emissions and firm performance: evidence from financial and non-financial firms from selected emerging economies, *Sustainability*, 13(23), pp.13281.
11. Petrović, P. and M. M. Lobanov (2020). The impact of R&D expenditures on CO2 emissions: evidence from sixteen OECD countries, *Journal of Cleaner Production*, 248, pp.119187.
12. Russo, M. V. and P. A. Fouts (1997). A resource-based perspective on corporate environmental performance and profitability, *Academy of Management Journal*, 40(3), pp.534-559.
13. Schuler, D. A. and M. Cording (2006). A Corporate Social Performance - Corporate Financial Performance Behavioral Model for Consumers, *Academy of Management Review*, 31(3), pp.540-558.
14. Shi, W., J. Sang, J. Zhou, X. Ding and Z. Li (2023). Can carbon emission trading improve carbon emission performance? Evidence from a quasi-natural experiment in China, *Environmental Science and Pollution Research*, 30(59), pp.124028-124040.
15. Sun, Z. Y., S. N. Wang and D. Li (2022). The impacts of carbon emissions and voluntary carbon disclosure on firm value, *Environmental Science and Pollution Research*, 29(40), pp.60189-60197.
16. Waddock, S. A. and S. B. Graves (1997). The Corporate Social Performance - Financial Performance Link, *Strategic Management Journal*, 18(4), pp.303-319.
17. Wartick, S. L. and P. L. Cochran (1985). The evolution of the corporate social performance model, *Academy of management review*, 10(4), pp.758-769.