

國立臺灣大學工學院土木工程學系



碩士論文

Department of Civil Engineering

College of Engineering

National Taiwan University

Master's Thesis

以內部碳定價作為企業碳管理工具之效益實證：以臺灣為例

Empirical Analysis of the Benefits of Internal Carbon Pricing as a
Corporate Carbon Management Tool: Evidence from Taiwan

郭晉圻

Jin-Qi Kuo

指導教授：荷世平 博士

Advisor: Shih-Ping Ho, Ph.D.

中華民國 112 年 8 月

August. 2023

國立臺灣大學碩士學位論文

口試委員會審定書

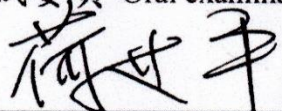
MASTER'S THESIS ACCEPTANCE CERTIFICATE NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY

以內部碳定價作為企業碳管理工具之效益實證：以臺灣為例
Empirical Analysis of the Benefits of Internal Carbon Pricing as a
Corporate Carbon Management Tool: Evidence from Taiwan

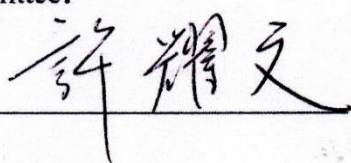
本論文係郭晉圻（R10521705）在國立臺灣大學土木工程學系營建工程與管理組完成之碩士學位論文，於民國 112 年 7 月 10 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明。

The undersigned, appointed by the Department of Civil Engineering Construction Engineering and Management Group on 10/July/2023 have examined a Master's thesis entitled above presented by Jin-Qi, Kuo (R10521705) candidate and hereby certify that it is worthy of acceptance.

口試委員 Oral examination committee:



(指導教授 Advisor)





系主任/所長 Director:



誌謝



韶光荏苒，兩年的碩士生涯倏忽即逝。在這段歲月裡，我感受到了自身的成長與茁壯，但這樣的成長並不僅是自己的學習與鑽研，還有更多地來自於他人的提攜與幫助，故使自己得以在軟硬實力與邏輯思維方面有所長進，也在研究上做出綿薄成績，著實感激萬分，是以我欲一一感謝於下。

首先，我想感謝我的指導教授 荷世平老師，除了在課業上的教學，荷老師也是我研究上的良好典範，老師一絲不苟的研究態度、廣袤無涯的學問知識以及因材施教的指導方式，讓我在做研究的過程中不因困難而苟且、不因阻礙而退縮，最後也在他的一步步引導下完成自己的研究。此外，我也要感謝口試委員王全三教授、許耀文教授的意見與指教，尤其是全三教授淵博的計量知識，讓我的研究方法與結果得以確立；另外，還有營管組所有教授在兩年內所傳授的學業知識與研究意見，給予我豐富的養分。謝謝以上所有老師所給予的指導、建議與討論，讓我能在研究所學習到如此多元的知識與寶貴的經驗。

再者，我要感謝營管組的學長姐們，分享豐富的知識、經驗與資源，你們的提點對我來說十分重要。此外，還要感謝 R10 的同學們，從碩一修課的合作齊心到碩二研究的砥礪勸勉，尤其是最後進行論文撰寫時焚膏繼晷、挑燈夜戰的日日夜夜，若沒有同學們的嘻笑歡樂、陪伴關心，真不知該如何度過，而與你們相處的這兩年也是我很珍惜的回憶。

最後，要感謝我的父母與家人們，謝謝你們無條件的支持與無私的愛，並給予我關懷與支持，讓我可以無後顧之憂地完成自己的學業，義無反顧地追求自己的夢想與成就，謹此向你們表達我由衷的感佩與謝忱。除此之外，我要感謝一路上給予我協助與關心的每個你，在我迷惘徬徨時給予我愛護照顧，在我無助受挫時給予我溫暖鼓勵，是你給我愛與關懷，是你讓我能無懼艱難、克服困境，是你讓我能成為想成為的自己，誠然由衷感激，謝謝你。

摘要



本研究以台灣上市櫃企業為對象，探討內部碳定價作為碳管理工具的有效性，並研究其對企業碳管理與財務績效的影響。我們從氣候風險和碳定價背景出發，將企業永續 ESG 發展作為理論基礎，並分析內部碳定價的來源、目的和實施方式。

此外，我們參考了相關文獻，分析了內部碳定價與碳排放強度、碳管理評分、以及財務績效的關聯性研究，同時我們也揭示了現有研究的不足與漏洞；更甚者，我們發現台灣對於企業採用內部碳定價的研究及應用，有著相對缺乏之隱憂，這樣的情況延伸出本研究欲解答和填補之研究缺口。

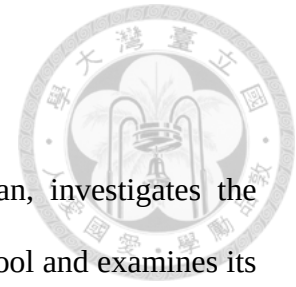
本研究以碳排放強度、碳管理評分和資產報酬率為應變數，以內部碳定價政策採用及內部碳價格設定為自變數，提出五個假說和相應實證模型。再透過收集 2018 至 2021 年間，83 家台灣上市櫃企業之縱橫資料進行計量實證迴歸。

研究結果發現，台灣企業採用內部碳定價可降低碳排放強度及提高碳管理評分，此結果與文獻發現相符。而且，內部碳價格越高的企業其碳排放強度越低、碳管理評分越高。然而，採用內部碳定價並未對企業資產報酬率產生顯著正面影響。

總結而言，本研究認為提升台灣企業對內部碳定價的認識與採用將有助於改善其內部碳管理績效，並可以推廣與激勵整體社會以碳定價策略降低碳排放，以應對氣候風險，進一步打造低碳永續環境。

關鍵字：內部碳定價；永續 ESG；節能減碳；計量分析；實證研究。

Abstract



This study, focusing on publicly listed companies in Taiwan, investigates the efficacy of Internal Carbon Pricing (ICP) as a carbon management tool and examines its impact on corporate carbon management and financial performance. We start from the perspective of climate risk and carbon pricing, taking the sustainable ESG development of enterprises as a theoretical basis, and analyze the source, purpose, and implementation methods of ICP.

Furthermore, relevant literature is referenced to analyze the relationship between ICP and carbon emission intensity, carbon management score, and financial performance. We also highlighted the gaps and deficiencies in existing research. Importantly, we identified a concern about the relative scarcity of research and implementation of ICP in Taiwanese enterprises, which led to the problems this study intends to address and the gaps it aims to fill.

Our study uses carbon emission intensity, carbon management score, and Return on Assets (ROA) as dependent variables. With the adoption of ICP policy and the level of internal carbon prices as independent variables. Five hypotheses and corresponding empirical models are proposed. We conducted empirical regression through panel data collected from 83 Taiwanese listed companies from 2018 to 2021.

Our results suggest that the adoption of ICP by Taiwanese enterprises can significantly reduce carbon emission intensity and improve the carbon management score, aligning with findings from existing literature. Furthermore, Companies setting higher internal carbon prices exhibit lower carbon emission intensity and higher carbon management scores. However, the adoption of ICP did not significantly affect the companies' ROA.

In summary, this study suggests that enhancing the understanding and adoption of ICP in Taiwanese enterprises could improve their internal carbon management performance. This, in turn, could promote and encourage society to employ carbon pricing strategies to reduce carbon emissions, respond to climate risks, and further build a low-carbon and sustainable environment.

Keywords: Internal Carbon Pricing; Sustainability And ESG; Energy Conservation And Carbon Reduction; Quantitative Analysis; Empirical Research.

目次



口試委員會審定書	i
誌謝	ii
摘要	iii
Abstract	iv
目次	vi
圖次	ix
表次	xi
第 1 章 緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究限制	4
1.4 論文架構	5
第 2 章 文獻回顧	7
2.1 氣候相關風險	7
2.2 碳定價	12

2.3 企業永續發展	19
2.4 內部碳定價介紹	26
2.5 內部碳定價文獻	37
第 3 章 研究方法	44
3.1 計量實證研究法	44
3.2 研究流程	47
第 4 章 實證研究設計	50
4.1 假說推導	50
4.2 實證模型	55
4.3 變數說明與衡量方式	62
第 5 章 實證結果與討論	71
5.1 敘述性統計	71
5.2 模型檢定	73
5.3 假說一驗證與討論	78
5.4 假說二驗證與討論	87
5.5 假說三驗證與討論	94



5.6 綜合討論	99
第 6 章 研究結論與建議	102
6.1 研究結論	102
6.2 研究建議	103
參考文獻	105
附錄	112



圖次



圖 2-1 全球氣溫變化年變化圖 資料來源：Morice 等 (2021).....	7
圖 2-2 全球 CO ₂ 排放量年變化圖 資料來源：Friedlingstein 等 (2022)	8
圖 2-3 大氣 CO ₂ 濃度年變化圖 資料來源：NOAA 與 US Department of Commerce (2022).....	8
圖 2-4 全球採用與預計採用碳稅之國家或地區一覽圖 資料來源： World Bank.....	14
圖 2-5 全球採用與預計採用碳交易系統之國家或地區一覽圖 資料來 源：World Bank.....	16
圖 2-6 聯合國 17 項永續發展目標 資料來源：SDGs	21
圖 2-7 企業內部碳定價歷年實施家數 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022) 、 CDP (2021)	30
圖 2-8 企業採用內部碳定價之方法 資料來源：楊喻閔與李堅明 (2021) 、 CDP (2021)	30
圖 2-9 企業實施內部碳定價的動機 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022) 、 CDP (2021)	31
圖 2-10 企業基於當前或愈其排放法規所制定之目標 資料來源：楊喻 閔與李堅明 (2021) 、 CDP (2021)	32
圖 2-11 按類型劃分的價格範圍 資料來源：本研究整理，CDP (2021)	

.....	33
圖 2-12 按地區劃分的價格範圍 資料來源：本研究整理，CDP (2021)	33
.....	33
圖 3-1 研究流程圖	48
圖 3-2 研究流程圖（續）	49

表次



表 2-1 碳稅/碳費與碳交易之比較 資料來源：李堅明 (2022).....	17
表 2-2 聯合國 17 項永續發展目標 資料來源：SDGs	21
表 2-3 CSR 與 CFP 關係之文獻一覽圖 資料來源：本研究繪製， Orlitzky et al., (2003).....	25
表 2-4 常見內部碳定價方法比較 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022) 、 CDP (2021)	28
表 2-5 ICP 的四個維度以及如何最好實踐之方法 資料來源：本研究 整理，CDP (2017).....	34
表 4-1 假說整理表.....	54
表 4-2 模型整理表.....	61
表 5-1 模型一、二、五變數樣本分析表 (縱橫資料).....	71
表 5-2 模型三、四變數樣本分析表 (橫斷面資料).....	72
表 5-3 模型一、二、五相關係數矩陣.....	73
表 5-4 模型三、四相關係數矩陣.....	74
表 5-5 模型一、二、三、四、五變數之變異數膨脹因子.....	74
表 5-6 模型一、二、五之異質性檢定表.....	75
表 5-7 模型三、四之異質性檢定表.....	76
表 5-8 模型一、二、五之固定效應檢定表.....	77

表 5-9 模型一迴歸結果.....	79
表 5-10 模型二迴歸結果.....	83
表 5-11 模型三迴歸結果.....	88
表 5-12 模型四迴歸結果.....	90
表 5-13 模型五迴歸結果.....	95
表 5-14 假說成立表.....	101



第1章 緒論



1.1 研究背景

近年來，全球暖化導致的氣候變遷問題對經濟與社會帶來全面性的衝擊，根據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)，全球氣溫自工業革命以來已上升超過 1°C ，而二氧化碳 (CO_2) 的排放就是導致全球暖化的主要原因 (IPCC, 2014a, 2023)。為了抑制溫室效應持續加劇的情況，國際間自 90 年代開始簽署如京都議定書和巴黎協議等氣候公約，攜手合作減少碳排放。

在巴黎協議中，載明了可以建立碳交易制度來降低碳排放量，而近 200 個締約國中，有 90 多個國家計劃利用碳稅和碳交易等碳定價手段來實現其減排目標 (Harpankar, 2019)。而目前亦有 73 個國家或地區已採用一種以上的碳定價政策 (World Bank, 2023)，希望能藉由這種手段讓排放者自行負擔碳成本。隨著這種趨勢，企業雖面臨碳定價的強大監管壓力，但應將其面對的壓力轉為轉機，開始進行綠色轉型和減少碳排放。在這樣的情形之下，越來越多公司採用內部碳定價 (Internal Carbon Pricing, ICP) 作為碳管理工具 (CDP, 2021)，這也促使碳管理的重要性日益凸顯。

實施內部碳定價可以幫助企業評估氣候相關的風險 (TCFD, 2017)，並將碳排放成本納入企業的經濟活動計算中，實現環境外部性的內部化。這種方法不僅可以將內部碳排放轉化為具有財務價值的碳權益，影響企業營運決策，而且還可以幫助公司進行低碳轉型，更可以納入未來投資決策之中，作為成本考慮要素之一 (WBCSD, 2015)。

內部碳定價的作法是將碳排放成本納入企業的經濟活動計算中，這作法是採用庇古稅 (Pigou, 1920) 的主要理念，也就是實現環境外部成本的內部化，驅使企業主動降低碳排放，對不確定之未來碳成本變得較有應對韌性。此外，內部碳定價

的概念也可從科斯定理 (Coase, 1937) 出發，將內部碳排放轉化為具有財務價值的碳權益，影響企業營運決策，推動其朝向永續綠色發展。

而根據碳揭露計畫 (Carbon Disclosure Project, CDP) 的報告，自 2014 年首次發布內部碳定價報告以來，使用該工具的企業數量增長了 80%。此外，超過 225 家全球排名前 500 位的公司已採用或計劃採用碳定價，此趨勢顯示內部碳定價將在企業中扮演越來越重要的角色 (CDP, 2021)。

1.2 研究動機與目的

雖然一些國際的政府及非政府組織積極提倡內部碳定價的諸多好處，如幫助管理碳排放、評估投資決策、減少資源浪費或是加速綠色轉型等等，而且全球企業對內部碳定價之採用趨勢亦逐漸明朗並穩定上升，但在臺灣，無論是企業採用內部碳定價的數量，還是對於內部碳定價的研究，都少有見聞。

台灣政府於 2023 年通過《氣候變遷因應法》，正式確立以「2050 年淨零碳排」為國家之目標。此外，環保署也預計自 2024 年開徵碳費，並將建立碳交易市場，而未來因碳權違規之罰鍰最高達每噸 1500 元新台幣。但是在這樣急迫的監管壓力與轉型浪潮之下，台灣企業對減碳趨勢進行認識或採取行動者甚少，更遑論採用內部碳定價者，據 CDP 的資料，過去五年台灣企業皆有回報採用內部碳定價者僅有 69 家；而台灣前十大碳排企業，有採用者也僅有區區四家，顯見台灣整體社會與企業對於碳轉型努力的不足，故我們希望透過這份研究，來加強台灣大眾及企業對於低碳轉型及內部碳定價的認識。

另外，雖然內部碳定價在 NGO 與國際企業之間蔚為風潮，強調其有諸多好處，但目前學術界對內部碳定價的效益實證研究仍屬不足；過去關於內部碳定價之研究多聚焦於其政策角色與理論基礎 (V. Chang, 2017; Harpankar, 2019; Gorbach 等, 2022)，雖然也有針對內部碳定價對企業產生之影響的實證分析，如對碳排放



強度的影響 (Luo & Tang, 2014; Zhu 等, 2022) 、對碳管理評分的影響 (Kuo & Chang, 2021) ，以及財務績效的影響 (Ma & Kuo, 2021) ，或是探究內部碳價格高低之影響因素 (Bento & Gianfrate, 2020; Trinks 等, 2022) ，但這些研究並沒有形塑出一個全面而普遍的共識，況且其研究多關注於歐、美、日等國家，與台灣的現實情況可能有相左或是時空背景不同而無法一體視之的疑慮。

綜上所述，我們知道目前學界對於內部碳定價之效益實證並不多；另外，台灣企業對內部碳定價缺乏普遍認識與採用，而這就成了本研究之動機。本研究希望藉由對目前採用內部碳定價的台灣企業進行採用前後的效益實證，來補足過去實證研究不足之缺口；此外，也呼籲企業多加採用內部碳定價以管理碳排機會與風險，進而達到喚起社會對於低碳轉型之重視。

而由於文獻對於內部碳定價之效益未有定論，本研究之目的為彌補過往研究欠缺之處，其中又以兩大問題方向為主：

1. 內部碳定價之採用：採用內部碳定價對企業之影響與效益
2. 內部碳價格之設定：企業設定不同內部碳價格之影響與效益

並由兩大主題延伸出本研究所欲探討之三個主要目標：

1. 探究內部碳定價對企業碳排相關風險管理的效益
2. 分析內部碳定價對企業財務營運風險管理的效益
3. 研究不同內部碳價格如何影響企業的碳排風險管理。

我們希望通過這項研究，讓更多臺灣企業了解內部碳定價的優點和助益，以實現永續經營的目標。



1.3 研究限制

由於內部碳定價相關議題十分廣泛，要對各個層面進行全方位的討論及實證是十分困難的。因此，我們對研究之框架進行了限制，以利我們進行探討，也可以使我們更言簡意賅地傳達本研究所發現的成果。

本研究之限制如下：

1. 地區範疇：本研究主要針對台灣企業進行分析，其結果可能受到台灣特定的經濟、政策和文化環境的影響。
2. 企業範疇：此外，本研究還僅採用上市櫃之企業，故排除了臺灣為數眾多的中小企業，故結果可能受到上市櫃企業特定的企業性質的影響。
3. 時間範疇：本研究所採用的數據期間為 2018 到 2021 年，這時間長度可能無法充分反映內部碳定價對企業績效的長期影響。
4. 變數選擇：本研究於各模型使用的變數可能無法完全捕捉到所有影響企業碳管理績效和財務績效的因素，造成一些偏誤。
5. 內部碳價格資訊：由於資訊揭露的問題，並非所有企業都會公開他們的內部碳價格，這可能導致某些偏誤 (Bias) 的存在，並限制了我們分析的範圍。
6. 實施差異：不同的公司可能以不同的方式實施內部碳定價，這可能會影響其對企業績效的影響。然而，本研究並未深入探討這些實施差異。

未來的研究可以嘗試克服這些限制，進一步提升我們對內部碳定價對企業績效影響的理解。



1.4 論文架構

本論文內容分為七個章節、參考文獻，內容說明如下：

第一章 緒論

本研究緒論包含研究背景、研究動機與目的。介紹國際碳定價之背景，以及內部碳定價的來龍去脈，再說明希望補足之過往研究缺口以及呼籲大眾重視之動機，最後再透過提出三大研究目標來說明如何達成研究動機並做出貢獻。

第二章 文獻回顧

本研究文獻回顧共五個小節。從一開始介紹氣候相關風險，到以碳定價作為應對手段之說明與比較，再以企業永續發展之角度切入，藉著文獻說明企業社會責任、環境永續與財務績效之關係，凸顯碳管理的重要。再來，開始介紹內部碳定價的背景、目的、類型、現況及案例等資訊；最後，再透過過往內部碳定價文獻之探討，說明本研究發現之研究缺口。

第三章 研究方法

本研究以計量實證研究法作為研究方法，在這一章中，我們說明了計量實證研究的理論背景與採用步驟，以及變數與參數在計量模型中的意義。此外，本章亦詳細介紹本研究之流程。

第四章 實證研究設計

在本章，我們將藉由假說推導來說明本研究所欲驗證之假說，並介紹用以驗證之各個計量實證模型，最後，我們將說明各個模型之應變數、自變數與控制變數是如何獲取資料、進行統整以及如何量化之方式。



第五章 實證結果與討論

本章將研究所得的數據資料進行統計、計量迴歸分析與相關模型檢定，將實證數據結果與假說比較驗證，再進一步提出解釋與討論，分析當前台灣上市櫃企業採用內部碳定價之績效。

第六章 研究結論與建議

本章依據實證結果提出研究結論、研究限制與後續研究相關建議。

參考文獻

本論文之參考文獻資料資訊。

附錄

本研究之實證結果額外驗證，以一次差分模型進行假說實證，提供與固定效應模型不同之作法，雙重驗證我們的假說，讓結果更為可信與穩健。

第2章 文獻回顧



2.1 氣候相關風險

2.1.1 全球碳排風險

全球氣候變遷對於我們的生活環境和經濟發展帶來了極大的挑戰，而這樣激烈的氣候變遷與全球暖化密切相關。根據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 的報告指出，這種全球性的溫度上升與溫室效應之間存在密切的關係 (IPCC, 2014a, 2014b)，且全球平均溫度自前工業時代以來已經上升超過 1°C ，這種溫度上升主要是由於人類排放的溫室氣體 (Lacis 等, 2010)。

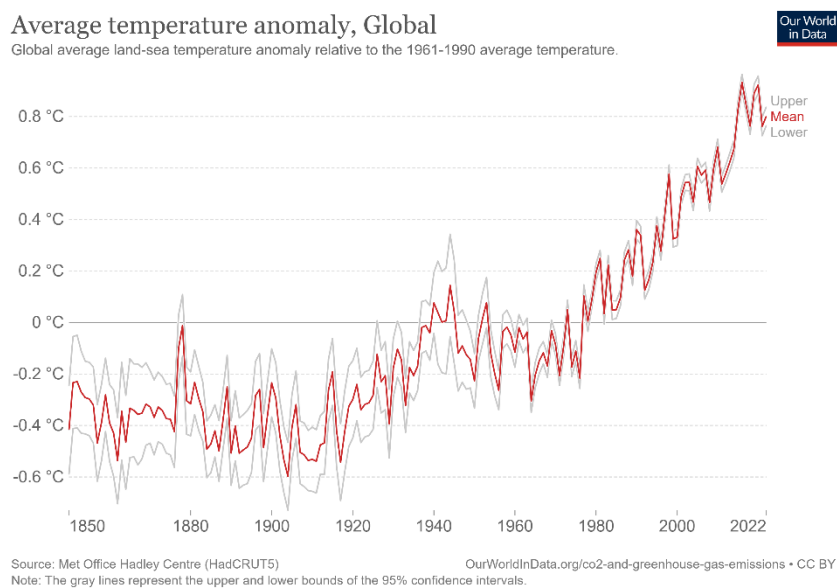


圖 2-1 全球氣溫變化年變化圖 資料來源：Morice 等 (2021)

據 IPCC 報告 (IPCC, 2014a, 2023)，二氧化碳 (CO_2) 的排放被認為是導致全球暖化的主要原因。大量的二氧化碳排放不但推動了全球變暖，還導致了地球上許多重大的生態系統變化。比如，海平面的上升、極端氣候事件的增多、農作物生長異常以及動物習性改變等。這些都對人類生活和生物多樣性帶來了極大的影響 (IPCC, 2014b, 2023)。

然而，縱使面對這些嚴峻的挑戰，我們仍未能有效地控制二氧化碳的排放。根據《全球碳預算》報告，全球的二氧化碳排放量自工業革命以來幾乎逐年都在增加 (Friedlingstein 等, 2022) 。在 1950 年，全球二氧化碳的排放量約為 60 億噸，到了 1990 年已經增長到 220 億噸，而如今每年的排放量已超過 340 億噸。

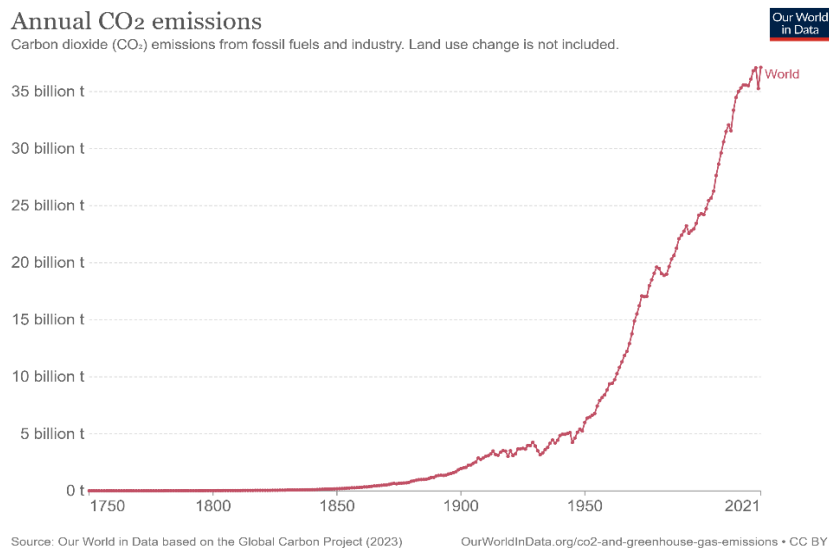


圖 2-2 全球 CO₂ 排放量年變化圖 資料來源：Friedlingstein 等 (2022)

人類活動造成二氧化碳強烈的排放到大氣中，導致大氣中的二氧化碳濃度迅速上升，已遠遠超過工業革命前的水準，目前已超過 400ppm，這是過去三百萬年來的最高水準 (NOAA & US Department of Commerce, 2022) 。

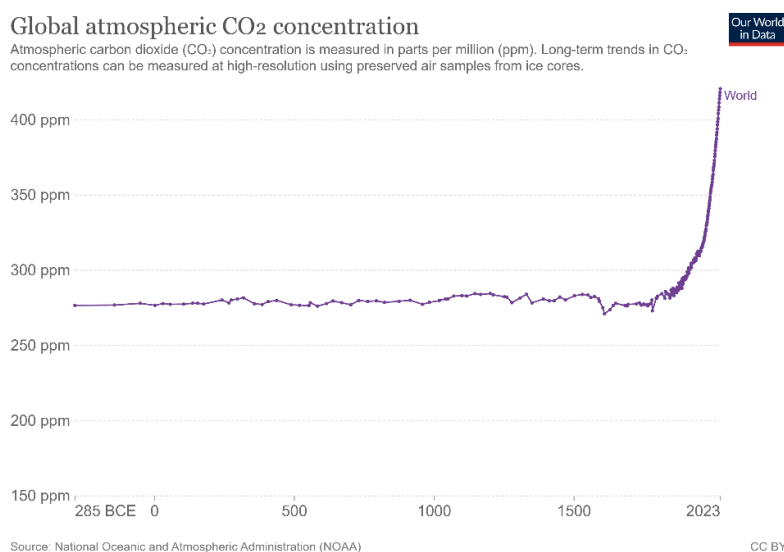


圖 2-3 大氣 CO₂ 濃度年變化圖 資料來源：NOAA 與 US Department of

Commerce (2022)

大量的二氧化碳排放源自於我們大量的使用化石燃料於能源生產和工業生產，而在這些過程中釋放出來的二氧化碳大量地進入了大氣中。不過雖然二氧化碳排放及全球溫度上升似乎勢不可擋，但根據 IPCC 的報告指出，如果能做出大幅度的排放減少，全球暖化的速度可能在未來二十年內放緩 (IPCC, 2023)。

為了應對這一嚴重的全球問題，我們需要採取多種策略，包括轉向更為乾淨和可再生的能源、提高能源效率、改變生產和消費模式，以及進行碳捕獲和儲存等。近年來，各國政府已經開始認識到這一問題的嚴重性，並開始積極採取行動來應對氣候變遷。我們在下一節將詳細介紹這些應對氣候變遷的國際協定和策略，以便我們能更好地理解目前的情況，並找到更有效的解決方案。

2.1.2 國際碳排協定

國際碳排管理的背景

氣候變遷現象與全球暖化議題，已逐漸從單純的學術討論轉變為國際社會的重大議題。在前一節我們就提到了，人類活動所排放二氧化碳等溫室氣體是導致氣候變遷的主要因素。由於氣候變遷與全球暖化的影響範疇跨越國界，如異常氣候、生態系統變化、甚至於社會經濟結構等，對此，各國不僅需要進行內部的調整與改變，更需要透過國際合作，建立共識，共同應對全球性的問題。

自二十世紀末起，國際社會就開始了一系列的碳排量管理協議，早在 1992 年的聯合國氣候變化框架公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC) 即設立了基本框架，目的在於穩定全球氣候，防止人類活動對氣候系統產生危險的干擾。到了 1997 年，京都議定書 (Kyoto Protocol) 確立了碳排管理的原則與機制，包括碳排放責任分配和碳交易等市場機制。更進一步，2015 年的巴黎協定 (Paris Agreement) 劃下全球碳排管理的重要里程碑，該協定的目標就是維持全球溫度增加幅度在攝氏 1.5 度以內。



國際碳排協定的概述

1. 聯合國氣候變化框架公約 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)

UNFCCC 是全球碳排放管理的重要法律依據，於 1992 年成立，目的在於穩定全球氣候系統，防止人類活動引發的氣候變遷。其重要原則是「共同但有區別的責任和能力」，強調發達與發展中國家在氣候變遷上有不同負擔。UNFCCC 定期舉行締約方大會 (COP)，吸引全球各方共商氣候議題，制定行動計劃。通過這樣的國際合作，期待實現永續發展與氣候中性的未來。

隨著時間的推進，UNFCCC 也不斷進行調整和加強。在 1997 年，京都議定書作為 UNFCCC 的一部分被採納，此議定書確立了第一個國際碳排減量的承諾機制。而在 2015 年，巴黎協定作為 UNFCCC 的新階段工具，其主要目標在於控制全球溫度升幅在攝氏 2 度以內，甚至力圖將其限制在攝氏 1.5 度以內 (UNFCCC, 2022)。

UNFCCC 為全球提供了一個共識和行動的平台，讓各國能共同面對氣候變化。透過國際的合作與談判、制定政策措施、確定減排目標、提供資金以及技術援助，期望各國得以達成氣候中性的未來，以及實現永續發展的最終目標。

2. 京都議定書 (Kyoto Protocol)

京都議定書是在 1997 年 COP3 大會上由 UNFCCC 的締約國所達成的一項國際協議。這項協議體現了 UNFCCC 的主要目標，並首次在國際法律中制定了具有法律約束力的溫室氣體排放限制，針對的全球主要的工業化國家進行碳約束。

京都議定書的主要目標是在 2008 年至 2012 年間，將工業化國家的溫室氣體排放降至 1990 年水平的 5% 以下。為了達成這些目標，京都議定書建立了三種靈活的機制，分別是排放交易 (Emissions Trading)、聯合實施 (Joint Implementation) 和清潔發展機制 (Clean Development Mechanism)。這些機制允許締約國在達成自身減排目標的同時，可以購買其他國家的減排額度，或者透過投資發展中國家的減排項目來獲得減排額度。



京都議定書確立了減排目標和市場機制的重要原則，並且將其實踐於國際法中。此外，目前的實證研究也證實了京都議定書確實對於後來的溫室氣體排放減量有著顯著貢獻，像是它成功地將批准國的排放量相對於在「無京都議定書」情境下所預期的減少了約 7% (Maamoun, 2019)。又或是如 Aichele 與 Felbermayr (2013) 的研究，他們指出京都議定書的批准對 CO₂ 排放有著負向 (約 10%) 且顯著的效應。

3. 巴黎協定 (Paris Agreement)

巴黎協定是一項在 2015 年的 COP21 大會上由 UNFCCC 的締約國所達成的重要國際協議。這項協定的目標在於建立全球性的氣候行動，將全球平均溫度的升高控制在比工業化前的水準高出攝氏 2 度以內，並致力於限制溫度上升不超過攝氏 1.5 度。

巴黎協定的基本原則包括了公平、透明性、全球合作、以及持續增強氣候行動的目標。為了實現這些目標，巴黎協定要求每個締約國每五年提出一項國家自訂貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDCs)，設定其應對氣候變遷的目標，並提出具體的行動計劃。這些國家自訂貢獻必須「在全球範疇內呈現進步」，並且每次更新必須「比前一次更為野心勃勃」，以達到長期溫控目標。以歐盟為例，歐盟要求成員國於 2030 年達到 41% 的減排水準，並在 2050 年達成氣候中性之終極目標 (EEA, 2022)。

巴黎協定是全球碳排管理的一個重要里程碑，它首次確立了所有國家都必須參與氣候行動的概念。此外，巴黎協定亦確立了透明性框架，透過此框架，各國的氣候行動和目標將接受國際監督，這項新的全球合作模式大大提高了國際社會對氣候變遷議題的關注度。除此之外，許多國家在其所提交的 NDC 中，都承諾將在本世紀中葉達成碳中和，這些承諾將有助於實現協定的長期溫控目標。

國際碳排協定的核心原則和機制

國際碳排協定的核心在於設定減排目標，並要求締約國根據自身的條件與能



力提出自願性的減排承諾。這種方法讓每個國家都可以在自身的範疇內進行調整，並與其他國家共享減排的責任與義務。國際碳排協定不僅設定了減排目標，也提出了相關的減排機制與市場機制。這些機制讓各國可以透過市場機制達成減排目標，如碳交易、清潔發展機制等。而碳定價則是其中的關鍵工具，藉由碳價的高低調整，可以鼓勵企業或國家減少排放、提高能源效率，或是投資綠色能源等減排策略，而本研究也將於下一節討論碳定價政策之實行改念與現況介紹。

2.2 碳定價

2.2.1 碳定價總述

在這一節，我們將說明碳定價政策的來龍去脈，包括解釋整體政策的立法背景與政策目的。此外，我們將討論目前國際上碳定價政策的實施情形，以及探討未來發展和展望。碳定價是一種經濟政策工具，透過對碳排放訂定價格，我們可以內部化碳排放的社會成本，以激勵溫室氣體排放減量，如使企業和個人因為碳排放會被收費之負面誘因而減少其碳排放量；又或是為低碳技術提供更多誘因，將其低碳之外部效益具象化並內化於投資計劃評估之一環，進而促進低碳經濟轉型。

接下來我們說到碳定價政策的起源，在 2.1.2 小節，我們說明了國際間主要的氣候公約組織以及氣候協定；在京都議定書中，排放交易機制首次出現於世界舞台上，它允許了締約國在達成自身減排目標的同時，可以購買其他國家的減排額度，或是透過別的方法來獲得減排額度。而其中最著名的，當屬歐盟的碳排放交易機制 (European Union Emission Trading Scheme, EU ETS)，這個碳交易機制不是條約中明確規定的，而是歐盟為因應京都議定書於 2005 年生效而建立的排放交易市場。

而在巴黎協定之中，排放交易市場機制被明確地提出，在條約第 6 條的促進永續發展機制和第 13 條的透明度之中，碳交易和碳抵銷等概念相應被提出，他們提到了市場機制和碳定價可作為減排的一種選項，並提到應該對碳市場進行適當

規範與監管，例如確保市場的透明度、公平性、準確性等條件，而巴黎協定如此明確地提出碳交易可幫助世界各國更好地達成其減排目標，也造成了一定的宣示和呼籲效果，對於往後世界各地的碳定價機制之設立提供了立法與理論基礎。

而說到碳定價實際施行之工具，目前國際間對於碳定價最常使用之兩種方法是碳稅 (Carbon Tax) 和碳交易系統 (Emission Trading Scheme, ETS)，在環境經濟學的學理上，碳稅 (Carbon tax) 和碳交易 (Cap and trade) 是相似的政策工具，都可以實現碳定價的目標。碳交易採用總量管制的方式，通過市場機制來確定碳價；而碳稅則是由政府設定一個碳價，並對企業進行管制與規範。從理論上看，這兩種工具具有相同的特徵，包括提供減排誘因、確立減排成本以及對國際競爭力的影響 (Stavins, 2022)。接下來，我們將針對國際間對於碳定價最常使用之兩種方法——碳稅 (Carbon Tax) 和碳交易系統 (Emission Trading Scheme, ETS) 進行詳細說明。

2.2.2 碳稅

碳稅 (Carbon Tax) 是一項基於碳排放量來訂價的環境稅，其核心概念為「以價制量」。透過碳稅，碳排放的價格是固定的，而排放量是不固定的，從而對單一企業的自主決策產生較大的影響力。企業根據稅賦成本來決定自身的排放量，從而達到減少碳排放污染的目的。在經濟學理論中，污染被視為一種負面的外部性，其對不直接參與交易的第三方產生負面影響，導致市場失靈，而碳稅的設立旨在透過對碳排放徵稅，確保外部成本的內部化 (Pigou, 1920)。

碳稅制度具有一些優勢。例如，它擁有相對簡單的行政執行成本，不需要複雜的監管和執法程序即可影響企業的決策。此外，碳稅的應用範圍也相對廣泛，它不僅能對大型企業進行排放監理，也可以對中小企業產生影響，促使更多的企業參與減排行動。

然而，碳稅也存在一些缺點。例如，碳稅制度的環境有效性及科技創新的誘因

相對較低 (李堅明, 2022) ; 而且除非稅率可以設定至足夠高的程度, 否則對於大幅度降低碳排放的影響力有限 (Rosenbloom 等, 2020) 。

而說到目前全世界碳稅採用的現況, 根據 World Bank (2023) 的統計, 全球迄今共有 37 個採用或預計採用碳稅的國家或地區, 其狀態可分為已採用、計畫採用、考慮採用等類型, 而這些國家或地區共排放了 27.6 億噸的二氧化碳當量值, 共佔全球溫室氣體碳排的 5.62%, 而其中碳價格從最高的 Uruguay CO₂ Tax 的\$ 155.87 元/噸, 到最低的 Ukraine Carbon Tax 約僅有\$ 0.82 元/噸, 而中位數約\$ 48.03 元/噸。

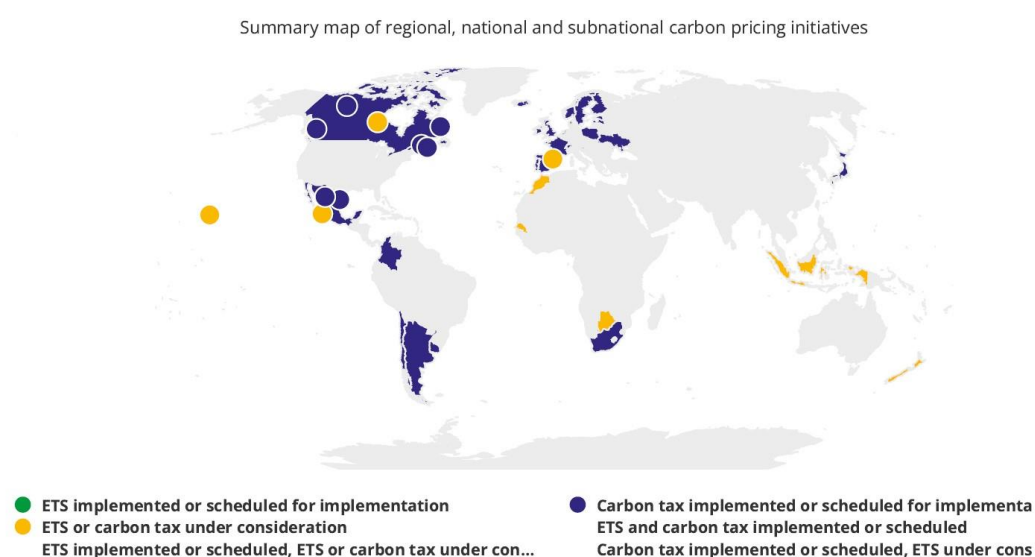


圖 2-4 全球採用與預計採用碳稅之國家或地區一覽圖 資料來源：World Bank

2.2.3 碳交易系統

碳交易系統 (Emission Trading Scheme, ETS) 是以碳排放權的買賣來達成減碳目的的管理政策。其核心價值是以「以量制價」的原則為基礎, 碳的排放量是事先決定的, 而其價格則根據市場供需波動。

碳交易制度可以被視為是柯斯定理的一種應用。柯斯定理的核心思想是, 當財產權確定且交易成本為零時, 外部性問題可以由受害者和污染者之間的私下協商解決, 而不需要政府介入。該定理的關鍵是確定財產權, 也就是確定哪個個體擁有權力來控制資源的使用, 如果財產權明確, 受害者可以向污染者提出索賠或協商,



以獲得對外部性問題的補償或解決方案 (Coase, 1937)。而在碳交易系統的制度之下，政府或國際機構透過碳排放配額的分配和交易，確定了碳排放的財產權，並將市場供需的力量作為碳價格的形成機制；在這個機制下，企業可以根據自身的碳排放需求購買或出售碳排放配額，進行碳排放權的交易。若一家企業的碳排放量低於其獲配的額度，它則可以將其剩餘的碳排放額度售出，賺取額外的收入。換句話說，那些能有效控制其碳排放並創造低碳文化的企業將可以在碳交易市場中賺取利潤，從而創造出了一個以市場機制驅動的環境保護模式。

此外，碳交易制度也有其卓越之處，特別是在達成碳排放量減少的目標上。由於碳排放量是由上而下地進行嚴格控制，碳交易確保了系統內的減排目標能夠真正達成。

不過，碳交易的實施也面臨著一些挑戰。其中最大的挑戰或許是建立一套完善的制度和監管體系。這樣的體系需要對碳排放進行準確的量化，並對排放權的交易進行嚴格的監督和調控，以避免潛在的欺詐行為或市場操縱。這可能會導致行政成本增加，也可能增加企業的負擔 (李堅明, 2019)。因此，在實施碳交易制度時，必須謹慎考慮這些因素，並儘量尋找能夠平衡環境效益和經濟成本的策略。

而說到目前全世界碳交易系統採用的現況，根據 World Bank (2023) 的統計，全球迄今共有 36 個採用或預計採用碳交易系統的國家或地區，其狀態可分為已採用、計畫採用、考慮採用等類型，而這些國家或地區共排放了 89.1 億噸的二氧化碳當量值，共佔全球溫室氣體碳排的 17.64%，而其中碳價格從最高 EU ETS 的\$ 96.30 元/噸，到最低的 Saitama ETS 約僅有\$ 1.08 元/噸，而中位數約\$ 48.03 元/噸。

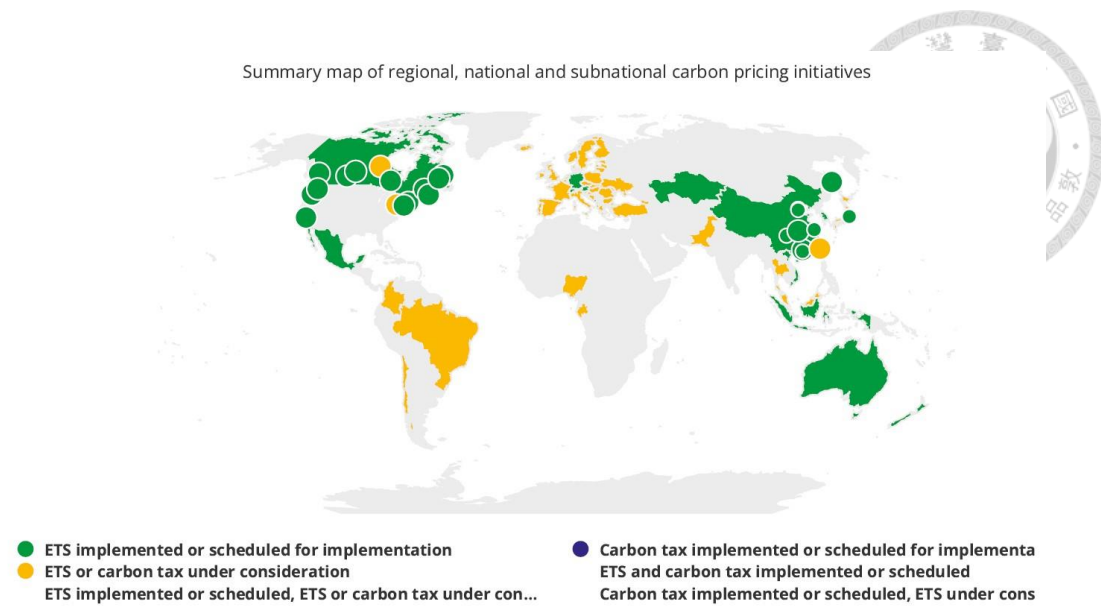


圖 2-5 全球採用與預計採用碳交易系統之國家或地區一覽圖 資料來源：World Bank



2.2.4 碳定價政策比較

在討論氣候變遷問題的解決方法時，碳稅和碳交易被廣泛認為是兩種最有效的政策工具。然而，這兩種方法各有其特點和優缺點。以下將從碳稅和碳交易的定價機制、碳減排效果、經濟影響以及實施難度等方面進行比較，也藉由學者整理的表格 (李堅明, 2022) 來提供更一目了然的差異。

表 2-1 碳稅/碳費與碳交易之比較 資料來源：李堅明 (2022)

屬性	碳稅／碳費	碳交易
工具本質	1.以價制量 (量不確定) 2.自行減排	1.以量制價 (價不確定) 2.合作減排
環境有效性	1.低 (除非稅率足夠高) 2.激勵科技創新誘因低	1.高 (因為搭配總量管制) 2.激勵科技創新誘因低高
成本有效性	不易 (除非稅率足夠高)	較容易 (市場規模足夠大)
政治接受性	1.低 (繳費，損失趨避) 2.擔心稅收不適當使用	1.高 (市場機制) 2.專款專用 (用於氣候因應)
行政成本	低	高 (制度設計複雜)
適用時機	環境改善不急迫 (氣候不緊急)	環境改善急迫 (氣候緊急)
適用對象	中小企業 (負擔高)	大企業 (總量管制)
雙重紅利	有	有 (採行拍賣)
經濟創造	低	高 (就業及碳金融等)

首先，從定價機制來看，碳稅是「以價制量」，即價格是確定的，而碳排放量是不確定的。政府設定一個碳稅率，由市場決定碳排放量。相反，碳交易是「以量制價」，即碳排放量是確定的，而價格是不確定的。政府或國際機構設定一個碳排放上限，並將這個上限分成可交易的排放權額度，由市場決定碳價格。

在碳減排效果上，碳稅和碳交易有不同的優勢。碳稅可以確保碳價格穩定，這有助於企業進行長期的環保投資決策。然而，由於碳排放量不確定，碳稅無法確保達到確定的減排目標。相對之下，碳交易能夠確保達到減排目標，因為碳排放量受到嚴格控制。然而，碳價格的不穩定可能導致企業面臨風險，影響其環保投資的穩



定性。

在經濟影響方面，碳稅和碳交易也有所不同。碳稅能夠確保政府有穩定的稅收，這些稅收可以用於推動綠色產業或進行其他公共投資。然而，碳稅可能導致企業生產成本增加，影響其國際競爭力。碳交易則可以為企業創造一個新的收入來源，即賣出額度。但碳交易的實施需要建立複雜的制度和監管體系，行政成本較高。

實施難度方面，碳稅相對較簡單，只需要政府設定稅率並收取稅款。然而，碳稅可能面臨社會接受性的問題，特別是在能源價格上升的情況下。碳交易的實施難度較高，需要建立碳市場和監管機制，且可能面臨碳價操縱等問題。

總結而言，碳稅和碳交易目標都是有效地降低碳排放量，也都各有其優點和挑戰。選擇哪種工具並非非黑即白，而應視具體的國情、產業結構和社會接受度等因素而定。

2.2.5 碳定價與企業之關係

在 2.1 節我們討論到了全球對於氣候變遷的關注逐日增加，而在 2.2.1 節我們談到了各國政府正積極採用碳定價政策來控制碳排放；對於企業來說，這種由上而下的監管壓力不僅對綠色轉型提出了嚴峻的挑戰，也帶來了重大的財務風險，企業可能需要投入大量資源來改進生產流程，以達到碳排放的規定標準。同時，如果企業無法有效地管理碳排放，則可能面臨來自市場乃至於社會的負面反應，從而影響其商業信譽和市值。

在此背景下，企業社會責任 (CSR) 以及環境、社會及治理 (ESG) 等議題愈發顯得重要。當企業的碳排放管理不力，不僅可能導致財務成本的增加，更可能產生重大的非財務成本。外部利害關係人包括消費者、投資者、監管機構和社區等，都可能對企業的永續發展承諾感到懷疑，認為企業沒有充分履行其企業社會責任，或者忽視了 ESG 的重要性。



因此，下一個的章節我們將從 CSR 和 ESG 的角度出發，深入探討企業非財務的社會表現，對企業的財務表現可能產生的影響。我們將著重於分析企業如何透過強化 CSR 和 ESG 的實踐，來回應社會期待的挑戰，並探討這種轉變對企業價值的影響。我們希望這一探討能提供企業如何適應碳定價政策以及如何利用這種政策推動永續發展的新視野。

2.3 企業永續發展

2.3.1 企業社會責任 (CSR)

企業社會責任 (Corporate Social Responsibility, CSR)，根據聯合國工業發展組織 (United Nations Industrial Development Organization, UNIDO)，代表的意義是「為公司實現經濟、環境和社會要求之間平衡的方式，同時滿足股東 (shareholder) 和利益相關者 (stakeholder) 的期望。」(UNIDO, 2023)，而根據世界企業永續發展協會 (World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)，代表的意義是「企業持續遵守道德規範下，為求經濟永續發展，共同與員工、家庭、社區與地方、社會營造高品質生活的承諾」，由上述組織之定義，我們可以理解到企業社會責任是企業於追求財務利潤最大化之外，應設法為其利害關係人如消費者、社區、員工、供應商等等創造價值，使所有人皆可因為企業之作為而提升自我之價值，達到更廣、更深、更遠的增進社會福祉之責任。

企業社會責任一詞最早是由美國經濟學家 Howard Bowen 於 1953 年在《Social Responsibilities of the Businessman》所提出，他認為企業不僅要取之於社會來創造利潤，更應該用之於社會來創造價值 (Bowen, 1953)，因此他也被稱為 CSR 之父。而 Sheehy (2015) 認為，CSR 應該是「國際企業之自我規範」；他考慮了 Carroll (1991) 的責任金字塔，其中包括經濟、法律、道德和慈善責任，他將 CSR 從傳統的經濟和法律責任向上擴展到道德和慈善責任，以應對國際社會對企業倫理問題

的日益關注。



2.3.2 環境、社會與治理 (ESG)

ESG 代表的是環境 (Environmental) 、社會 (Social) 和企業治理 (Corporate Governance) 三個方面。ESG 框架旨在幫助投資者和利益相關者評估企業在這些方面的績效，以綜合考慮企業的環境風險、社會影響和治理品質。將 ESG 納入考慮將有助於投資者做出更全面和可持續的投資決策，也有助於企業管理者更好地理解 and 應對與 ESG 相關的挑戰和機會。

環境 (Environmental) 指的是企業在營運過程中對環境的影響，包括能源使用、碳排放、水資源管理、廢棄物處理等。社會 (Social) 關注企業對社會的貢獻和影響，包括員工福利、勞工權益、供應鏈管理、社區關係、產品安全等。企業治理 (Corporate Governance) 則強調企業的組織結構、決策流程和風險管理，包括董事會組成、獨立性、透明度、財務報告和監管合規性等。如果企業能在這三個層面都達成良好的表現或是獲得普遍的認可，則其企業治理品質將會被認為較為卓越，能肩負起社會對他的期待，也較有彈性因應未來的挑戰。

ESG 一詞最早出現於 2004 年的一份名為《Who Cares Wins》的報告中被廣泛使用，該報告是聯合國邀請金融機構共同發起的，目的是喚起全球對企業社會責任與永續發展的重視 (UN, 2004) 。此外，聯合國亦積極提倡永續發展之重要性，並於 2015 年提出永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) ，目的是為了消除貧窮、保護地球以及確保全球和平及繁榮發展。而目前的 SDGs 共有 17 項目標，可做為企業實行 ESG 之參考方向，17 項目標可見於下圖與下表：



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



圖 2-6 聯合國 17 項永續發展目標 資料來源：SDGs

表 2-2 聯合國 17 項永續發展目標 資料來源：SDGs

目次	中文	英文
1	消除貧窮	No Poverty
2	消除飢餓	Zero Hunger
3	良好健康與福祉	Good Health and Well-being
4	優質教育	Quality Education
5	性別平等	Gender Equality
6	乾淨水與衛生	Clean Water and Sanitation
7	可負擔的潔淨能源	Affordable and Clean Energy
8	尊嚴就業與經濟發展	Decent Work and Economic Growth
9	產業創新與基礎建設	Industry, Innovation and Infrastructure
10	減少不平等	Reduced Inequalities
11	永續城市與社區	Sustainable Cities and Communities
12	負責任的消費與生產	Responsible Consumption and Production
13	氣候行動	Climate Action
14	保育海洋生態	Life Below Water
15	保育陸域生態	Life on Land
16	和平正義與有力的制度	Peace, Justice and Strong Institutions
17	夥伴關係	Partnerships for the Goals



2.3.3 企業 ESG 與財務表現之關係

經過前面兩小節之討論，我們了解到了 CSR 及 ESG 的由來及意義，而對企業而言，CSR 和 ESG 可以被認為企業的非財務表現，也就是廣義之企業無形價值，也是其所帶給社會之價值；而這樣的理念與本研究之方向不謀而合，因為企業增進自我之碳排放管理算是 ESG 中環境層面之管理及貢獻，而碳定價所提倡之使企業吸收其所製造之碳排放外部成本，廣義來說也是讓企業擔起社會責任。不過企業的非財務表現，究竟對於其財務表現是加分還是扣分，在學術上掀起過很大的討論，尤其是 1980、1990 年代企業社會責任興起之時，有許多研究即在探討企業社會責任 (CSR) 或是企業社會表現 (Corporate Social Performance, CSP) 對其企業財務表現 (Corporate Financial Performance, CFP) 之影響，而本研究亦對企業採用碳定價或內部碳定價會對其財務表現有何影響感到好奇，故參考過幾篇探討 CSP 與 CFP 之文獻，接下來藉由介紹這些文獻，說明 CSR 與 CSP 在學術上的脈絡。

根據 Cochran 與 Wood (1984)，他們控制了企業的各種特徵，例如企業的年資與社會責任排名之間的高度相關性，而他們將這些特性都控制後重新檢視了企業社會責任與財務表現之間的關係；根據他們的結果，企業如果投注心力與資本改善企業社會表現，將會對其財務表現帶來正向影響。而根據 Berman 等(1999)，他們以 ROA 作為企業財務表現標準，並以 KLD 指數（一種衡量企業社會表現的指數）作為企業社會表現基準，進行了實證分析，結果顯示，在 KLD 指數中排名越前面之公司，其資產報酬率也越佳。再來，根據 Fombrun 與 Shanley (1990)，他們認為企業的管理階層將會在其產業或領域中爭奪較良好的聲譽地位，因為好的名聲將能向外傳遞公司的顯著優勢信號，從而使利害關係人如媒體、政府、民眾等對其有較好的印象，最終導致投資人因為其優勢之信號而對公司有更高之信心，甚至是加碼投資，而消費者也會因此採買更多這家企業的產品。於是，為了驗證他們的猜想，他們對 292 家美國大型公司進行實證研究，他們假設公眾是由於公司揭



露他們在產業領域內相對優勢地位的資訊而建立其良好聲譽的印象，實證結果支持他們的假設，具體作為包括公司揭露表明業績的市場和會計資訊、表明符合社會規範的制度信號等等，會使公眾對其有較好之印象，使企業有更高之信譽，但他們並沒有証實良好的企業社會表現會對其財務表現帶來正面或負面之影響。

而因為對於 CSR 及 CFP 關係的研究甚多，到了 21 世紀似乎還沒有一個普遍、一般性的結論，因此，Orlitzky 等 (2003) 對過往研究進行了統合分析 (Meta Analysis)，也就是將過去的研究集結起來再進行分析與研究，他們總共分析了 52 項研究，總樣本數為 33,878 個觀察值。統合分析的結果顯示，企業的道德行為如承擔其社會責任和環境責任，很可能會帶來正向的回報；此外，CSP 與 CFP 的相互運作也會調節這種正面關聯。例如，CSP 與基於會計的 CFP 指標的相關性似乎比與基於市場的指標的相關性更高，這可能是消費者因企業良好聲譽而做的消費行動比投資人因良好聲譽而做的投資活動來得直接與有效；而 CSP 的聲譽指數與 CFP 的相關性比其他 CSP 指標的相關性更高，也就是企業聲譽很可能是社會表現與財務表現橋接之重要變數。這樣子的發現所隱含的涵義是，企業加強其社會表現將會帶來較為良好的聲譽，而良好的聲譽將會使利害關係人對其有更好的觀感與信心，並在財務面帶來效果，例如投資人將會加碼投資這家企業、購入這家企業的股票，使公司股價與市值水漲船高，帶來正向之市場效果；此外，消費者也會因為企業良好的聲譽，認為自己是企業的消費者是具有榮譽感的事，或是認為他對這家企業的消費就是他對社會表達支持的一種體現手段，進而增加其消費，為企業帶來更多的營收與利潤，使企業擁有更正向之會計結果。而在研究結果中，作者們發現 CSP 與 CFP 之間的關係往往是雙向且同時存在的，總結來說，企業的社會績效與其財務績效之間存在著正向的相關性。

下頁的表 2-3 是本研究自行研究歸納及參考 Orlitzky 等 (2003) 的研究所做出之表格，表格的內容是過去對企業 CSR 與 CFP 關係所進行的眾多研究 (Cochran & Wood, 1984; Aupperle 等, 1985; Fombrun & Shanley, 1990; Berman 等, 1999;

Wagner, 2010; Dhaliwal 等, 2011; Cheng 等, 2014; Okafor 等, 2021) , 以及他們的研究成果, 而且在欄位的地方還有加註這些研究對 CSR 及 CFP 衡量之指標, 並說明他們的相關性。

藉由上述對於企業社會表現與其財務表現之文獻探討, 可以看到學者們衡量 CSR 基準從 KLD Index 到 ESG Index 都有, 而 CFP 之基準多為 ROA、ROE、Tobin's Q 等財務指標。此外, 我們發現企業社會表現和財務表現之間的關係往往是正向且雙向的, 這代表企業加強其社會表現將帶來較為優異的聲譽及財務表現。而回到我們所欲探討之主題, 也就是企業進行碳管理對其財務表現究竟為何, 藉由前述探討, 我們推想其效果應也是正向的, 因為企業進行碳管理將對其利害關係人傳達正面之信號, 使利害關係人認知到他們勇於承擔社會責任及環境責任的態度, 進而提升其企業社會表現及企業聲譽, 從而為其財務表現帶來正向之影響。不過由於前述研究都非以台灣為研究對象, 況且企業進行碳管理之氣候尚未形成, 碳管理工具之採用也未普遍, 於是, 再下一個章節, 本研究將會介紹本研究所愈提倡的、最重要的碳管理工具——內部碳定價, 並在後續章節試圖以台灣企業採用內部碳定價之效果來驗證碳管理工具對企業財務表現之影響。

表 2-3 CSR 與 CFP 關係之文獻一覽圖 資料來源：本研究繪製，Orlitzky et al., (2003)

文獻	作者	相關性	CSR標準	CFP標準
Corporate social responsibility and financial performance	Cochran and Wood (1984)	+	Moskowitz reputation index	Abnormal return
An empirical examination of the relationship between corporate social responsibility and profitability	Aupperle et al., (1985)	neutral	-	-
The corporate social-financial performance relationship: A typology and analysis	Preston et al., (1997)	-	Carroll's (1979) CSR construct	ROA
Corporate social responsibility and investment value: the expectational relationship	Conine and Madden (1987)	+	Erdos and Morgan's corporate reputation survey	Perceptual/expectational survey measures
What's in a name? Reputation building and corporate strategy	Fombrun and Shanley (1990)	neutral	Charitable contributions, Fortune index	ROA, sales growth, asset growth, ROIC, market-to-book ratio
Does stakeholder orientation matter? The relationship between stakeholder management models and firms' financial performance	Bernan et al. (1999)	+	KLD index	ROA
The effect of socially activist investment policies on the financial markets: evidence from the South African boycott. Journal of Business	Teoh et al. (1999)	neutral	Divestment from South Africa	Abnormal return
Corporate social responsibility and financial performance: Correlation or misspecification?	McWilliams and Siegel (2000)	neutral	KLD index	ROA
The role of corporate sustainability performance for economic performance: A firm-level analysis of moderation effects	Wagner (2010)	+	KLD index	Tobin's Q
voluntary non-financial disclosure and the cost of equity capital : the case of corporate social responsibility reporting	Dhalwal (2011)	+	KLD index	Cost of equity
Corporate social responsibility and access to finance	Cheng et al. (2014)	+	KZ index	Cash 、Dividends
Corporate social responsibility and financial performance: Evidence from U.S tech firms	Okafor et al. (2021)	+	ISS-ESG Index	ROA, ROE, Revenue growth, Net profit margin, Tobin's Q



2.4 內部碳定價介紹

2.4.1 概念目的

內部碳定價 (Internal Carbon Pricing, ICP) 是一種將碳排放的成本納入公司的財務管理與決策過程的工具。透過內部碳定價，公司能將碳排放與其業務操作和投資決策直接掛鉤，使得碳排放的外部成本和風險得到具象化、量化、內部化，進而被明確地反映在公司的財務報告和業務策略中。

根據氣候相關財務揭露 (Task Force on Climate-Related Financial Disclosures, TCFD)，內部碳定價之定義為「由企業內部估算的碳排放成本，可以被用作發展規劃工具，幫助企業識別營運機會和風險，並作為推動能源效率、降低成本之激勵措施，並導引企業投資決策。」從上述定義我們可以看出內部碳定價之於企業是十分正向可取的工具，如能採用將可在企業綠色轉型中扮演舉足輕重的角色。

內部碳定價的目的主要有三個。首先，它為了鼓勵公司在營運過程中更有效率地使用能源，以減少碳排放。當公司必須為每釋放的一單位溫室氣體付出一定的成本，那麼為了維持或提升獲利，公司就會被激勵去尋找能夠降低碳排放的解決方案，例如改善生產流程、提升能源效率、或採用更多的可再生能源等。

其次，內部碳定價也有助於公司在投資決策或增加資本支出時，更全面地考慮到碳排放的外部成本和風險，並選擇更加永續的投資方向。這對於在長期中維持公司的競爭力將有很大的幫助，因為隨著全球氣候變遷議題的日益重要，碳排放將越來越被視為一種重要的營運風險 (TCFD, 2017)。

最後，實施內部碳定價能使公司在達成永續發展的同時，也能展現其對於社會責任的承擔，提升企業形象，並獲得更多的市場認同。在這個意義上，內部碳定價不僅僅是一種減少碳排放的工具，更是一種策略性的管理工具，能幫助公司在追求獲利的同時，也達成其社會和環境目標。



2.4.2 實施類型

內部碳定價為一上位之概念，廣義而言只要可以達成為企業內部邊際碳排成本定價之方法，都可稱為內部碳定價之方法。而在實務上，其實有許多手段或工具可以採用，例如影子價格 (Shadow Price)、隱含價格 (Implicit Price)、內部碳費 (Internal Fee)、內部碳交易 (Internal trading) 等等，以下將介紹他們各自之差異：

1. 影子價格 (Shadow Price)：

影子價格是目前最普遍使用的內部碳定價方法。企業基於對未來碳價的預期，設定一個影子價格，評估其在投資和融資等決策中，溫室氣體排放對公司策略和投資回報率的影響。這種方法主要用於指導企業的中長期投資和研發決策，並對企業的資產規劃和配置起著關鍵作用。學者認為，影子價格主要是給企業管理高層作為參考，對中基層員工的影響較小，故短期減碳效果較為有限，但也因該方式不涉及實際的資金流動及部門間利益，故較易實施 (曾毓婕 與 羅時芳, 2022)。

2. 內部碳費 (Internal Fee)：

內部碳費是將碳排放納入企業的日常營運成本，量化各部門或業務單位的碳排放責任。企業會按照各部門的碳排放量收取相應的內部碳費，並將收入匯聚至企業的減碳基金。這種做法激勵各部門主動減少碳排放，以降低其需要支付的碳費。曾毓婕與羅時芳 (2022) 認為這種方式通常更適合服務業，例如金融業、軟體業或零售業，因為內部碳費會影響企業內部的資金流動，對業務運營有直接影響。

3. 隱含價格 (Implicit Price)：

隱含價格是基於企業在過去實施的碳減排措施和投資，將其與實際減少的碳排放量進行比較，從而得到一個「隱含」的碳價。它實質上是企業減碳策略效益的一種評估，以此動態調整內部的碳減排策略和投資，確保在達到碳排放減少目標的同時，能維持企業的競爭力。隱含價格可以用來調整和整合企業已有的減碳工具，作為更進階的內部碳定價策略的基礎 (CDP, 2021)。



4. 內部碳交易 (Internal Carbon Trading)：

又稱為內部交易 (Internal Trading) 或內部碳排放交易系統 (Internal Emission Trading Scheme, Internal ETS) 是通過分配碳排放額度給企業內部的各個業務單位，以進行內部的碳排放管理。如果某個單位預計的排放量超過其額度，則需要進行碳排放減少或購買多餘的排放額度。這種交易機制可以使企業更直接地參與內部碳市場，從而實現碳排放的調節和減少。然而，內部碳交易需要一定的行政和監管成本，因此通常僅適合在大型企業中實施。

上方介紹了幾種常見的內部碳定價方法，而下方表 2-4 是這幾種方法之間的比較與整理。

表 2-4 常見內部碳定價方法比較 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022)、CDP (2021)

方法	隱含價格	影子價格	內部碳費	內部碳交易
產業／企業屬性	高碳排放	低碳排放	大型企業	高中基層
時間效果	前期試點	中長期	立即性	立即性
策略功能	減排工具評估與整合	投資／研發	營運	接軌外部碳交易
涵蓋層級	高中基層	高層	高中基層	高中基層
行政工作量	少	較少	較多	多
2020 年企業使用比率	19.3%	50.8%	15%	2%
2020 年平均價格	每噸 27 美元	每噸 28 美元	每噸 18 美元	每噸 27 美元

2.4.3 現況分析

這一小結我們介紹企業採用內部碳定價的現況，包括採用企業數量，或是這些企業採用內部碳定價之實際目的與期望，還有基於排放法規監管預期而採用內部

碳定價之目標。而現況介紹的部分，我們主要是採用碳揭露計畫 (Carbon Disclosure Project, CDP) 之調查報告《Putting A Price On Carbon》來說明 (CDP, 2021)。

碳揭露專案 (CDP) 是由匯豐銀行、瑞士銀行等國際主流投資機構於 2003 年發起的合作項目。該項目旨在激勵企業揭露和管理其對環境的影響，推動企業對氣候變遷的透明度和管理，同時促進企業揭露其環境影響，以應對相關風險並提升績效，並鼓勵投資者和採購者進行相應的行動。CDP 成立背後原因是這些國際機構認識到氣候變遷所帶來的風險將嚴重影響各行業的營運活動，進而對投資產生風險並影響投資績效。該組織的目標是將氣候變遷相關資訊納入商業和投資決策中，以加速氣候變遷解決方案的實現。

採用數量

根據 CDP (2021) 公佈的最新數據顯示，全球範圍內的內部碳定價應用持續增長。自 2018 年以來，使用內部碳定價的企業數量增加了 43%，目前有 853 家公司公開表示他們正在使用內部碳定價。同時，計劃在未來兩年內實施內部碳定價的企業數量比去年同期增長了 63%，達到了 1159 家。總體而言，2020 年回應 CDP 的內部碳定價問題的企業中，超過三分之一的企業當前或計劃使用內部碳定價，這一比例比 2018 年增加了 2.8%，比 2015 年增加了 11%。

現在有超過 2000 家企業向 CDP 揭露他們當前或計劃使用內部碳定價。這些公司的總市值超過 27 兆美元。此外，在全球市值排名前 500 家公司中，有 226 家公司正在或計劃在未來兩年內對碳進行定價，這一數字比 2017 年多了一倍多。到 2020 年為止的詳細採用企業數量變化可見於圖 2-7。而根據最新報告，已採用 ICP 之企業數已突破 1000 家，而兩年內預計採用者也突破 1600 家，可謂十分踴躍 (CDP, 2022)。

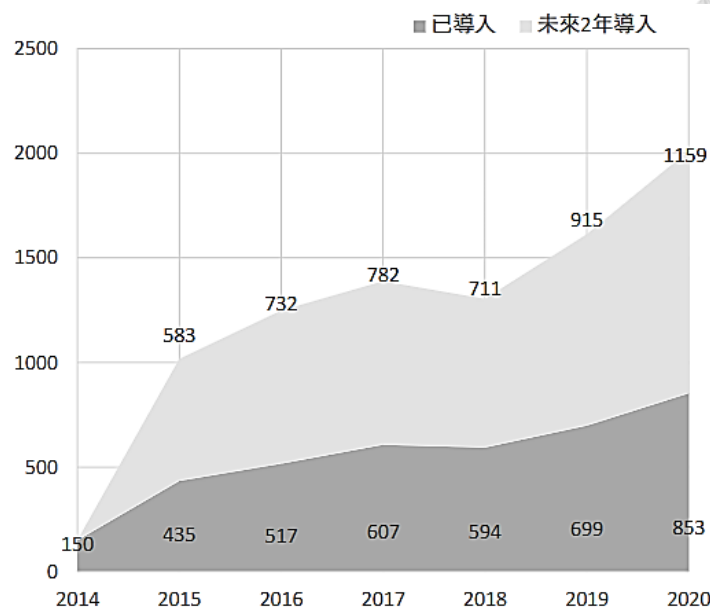


圖 2-7 企業內部碳定價歷年實施家數 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022) 、 CDP (2021)

而在這些企業當中，有超過 5 成是採用影子價格作為其內部碳定價之實行方式，這主要是因為影子價格不涉及實際金流移動，亦主要係企業高層決策之參考，有較容易實行之優點。而隱含價格位居第二，在前一節我們提到隱含價格可做為企業碳管理之引入初始，顯見較新採用內部碳定價之公司亦不在少數。而內部碳費採用亦有 15%，顯見亦有願意採用較前衛、較強烈碳管理手段之公司，值得稱許。

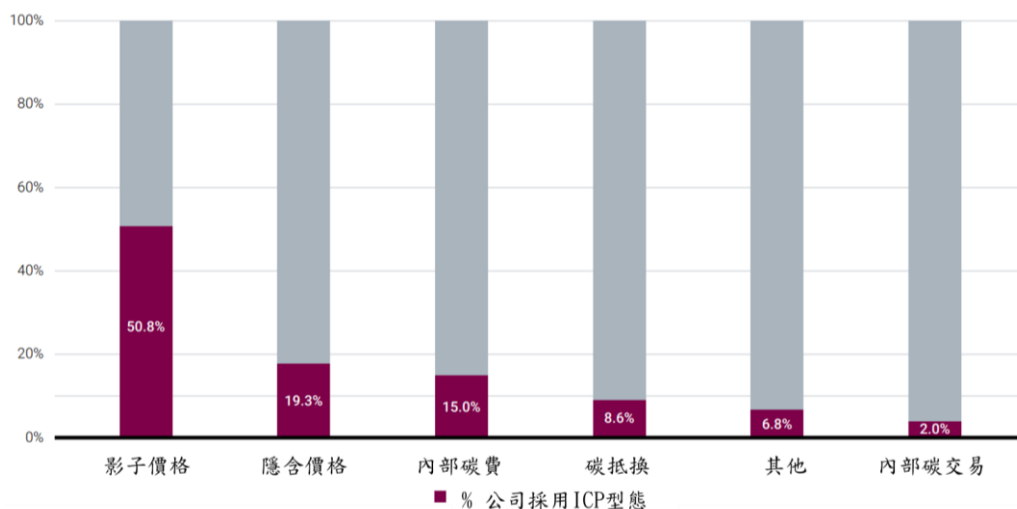


圖 2-8 企業採用內部碳定價之方法 資料來源：楊喻閔與李堅明 (2021) 、 CDP (2021)

採用目標

根據 CDP (2021) 的調查，企業採用內部碳定價之原因不僅僅是為了碳排放減量，而是希望透過內部碳定價這項碳管理工具來幫助企業達成推動低碳投資、改善能源效率和改變內部行為等等目的，而完整成果呈現如下方圖 2-9：

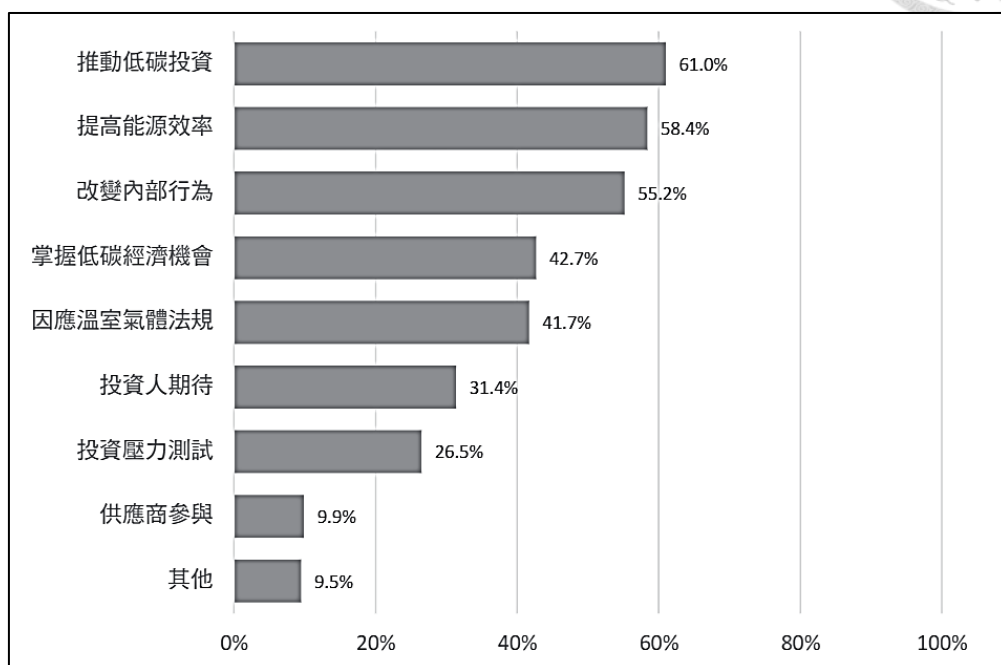


圖 2-9 企業實施內部碳定價的動機 資料來源：曾毓婕與羅時芳 (2022)、CDP (2021)

由上圖我們可以發現企業最主要採用內部碳定價的三個動機為推動低碳投資、提高能源效率和改變內部行為，三者都有超過 50% 之強度，其次為掌握低碳機會、因應排放法規、因應投資人期待等等。

而說到企業實際案例，法國汽車製造商雷諾於提高能源效率項目之說明表示其使用內部碳定價來調整投資，將投資導向高能源效率措施和產品，並促進對製造廠的能源效率投資。印度的塔塔消費品公司則於改變內部行為項目上說明其觀察到在管理層水平上的行為變化，現在的高階管理者對碳成本、能源成本或燃料成本有了更多的認識。

然而，CDP 表示其觀察到企業所揭露的目標在很大程度上取決於公司是否面臨或預期受到排放管制的影響。如果公司面臨或預期受到排放管制的影響，或者企業預測到自身將面臨排放管制，則目標設定方面會有所轉變，詳細情況可見於圖

2-10。

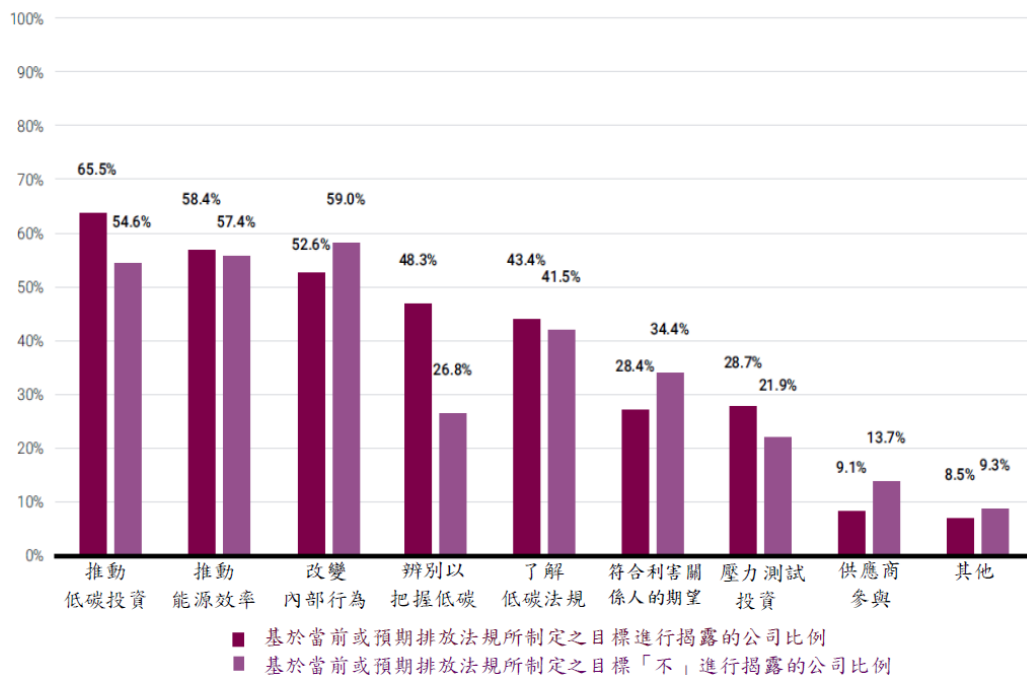


圖 2-10 企業基於當前或愈其排放法規所制定之目標 資料來源：楊喻閔與李堅明 (2021) 、 CDP (2021)

內部碳價範圍

接下來介紹企業採用內部碳定價後所設定之內部碳價格，雖然各家企業採用內部碳定價之型態不同，但總歸可以訂定出一個企業內部的邊際碳排放成本，也就是企業的內部碳定價，根據 CDP (2021)，雖然內部碳定價之形式各有所異，但價格中位數約在 18 到 28 元 (USD/tCO₂e) 不等，詳細分布可見於圖 2-11

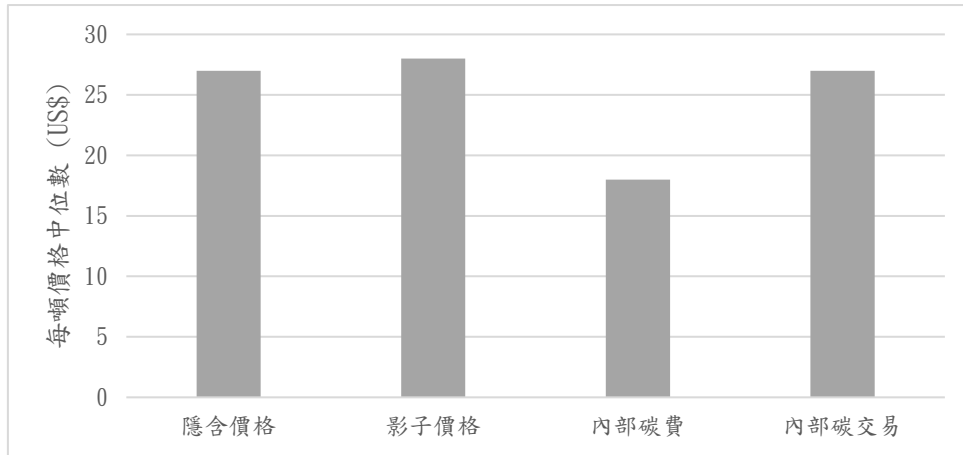


圖 2-11 按類型劃分的價格範圍 資料來源：本研究整理，CDP (2021)

CDP 亦有針對地區作為分別來探討價格範圍，可見於圖 2-12。根據資料我們可以發現，發展較為先進之地區如亞洲、歐洲、北美洲等有較高之內部碳價格，這可能是因為這些地區之環保法規較嚴格、環保意識較強烈及碳定價發展較為完善等原因，導致企業之邊際碳排放成本較高，故使其訂定較高之內部碳價格。

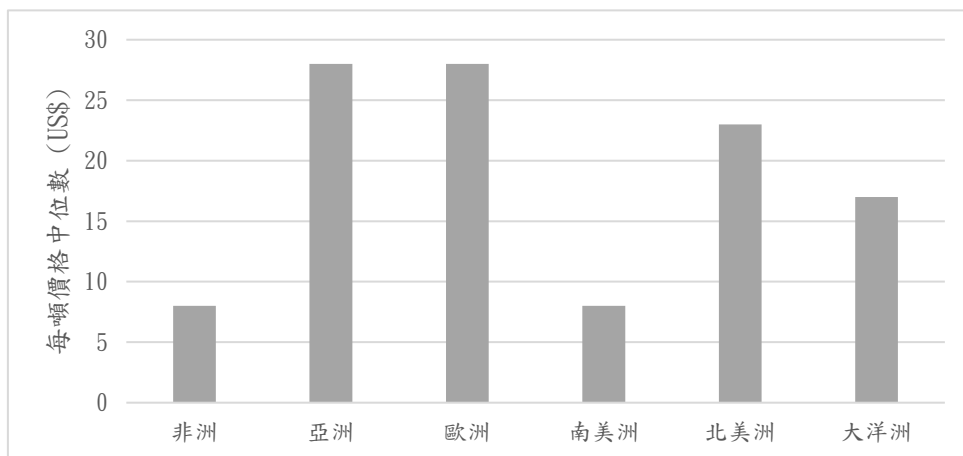


圖 2-12 按地區劃分的價格範圍 資料來源：本研究整理，CDP (2021)



2.4.4 施行步驟

企業決定引入內部碳定價後，必須了解如何設計適合自身之定價制度以及施行步驟，對此，CDP 提供了下列指引，建議企業訂定 ICP 時應考慮四大面向：高度、寬度、深度、時間 (CDP, 2017)，說明整理如下：

表 2-5 ICP 的四個維度以及如何最好實踐之方法 資料來源：本研究整理，CDP (2017)

維度	ICP 參數	最佳實踐 ICP 方法
高度	公司使用的碳價格水準 (例如，50 美元/噸 提高碳價水平，以促使決策符合 ICP 目標)	
寬度	ICP 方法所涵蓋的價值鏈中的溫室氣體排放範圍 (直接、間接、供應鏈.....)	擴大範圍，覆蓋價值鏈中所有有影響的溫室氣體排放
深度	ICP 方法對公司及其價值鏈合作夥伴業務決策的影響程度	持續增加影響力，以實現對業務決策產生實質影響
時間	四個維度隨時間的發展脈絡	定期評估，使公司業務策略與低碳經濟相一致

2.4.5 案例說明

1. 微軟 (Microsoft)：

- 背景：從 2012 年開始微軟自願引入了內部碳費，以使其業務部門對碳排放承擔財務成本。這是為了應對企業在全球運營、生產和供應鏈方面的碳足跡，微軟說其意識到永續發展戰略是全球五大挑戰之一，並決心成為碳中和企業。
- 採用現況：微軟的碳費制度涵蓋各大業務部門，包括數據中心、辦公室、實驗室、製造和商務航空旅行的碳排放。每季度，微軟追蹤和分析能源使用情況和與業務航空旅行相關的排放量，並將其轉換為碳排放成本，再藉由其碳費計畫向部門收費或獎勵。



- 採用目標：微軟的採用目標是實現碳中和。為了達到這一目標，微軟通過投資減少碳排放、回收電子廢棄物、發展綠色能源、提高能源使用效率以及發展社區抵消項目來降低碳排放。
- 採用效果：透過收集的資金，微軟已購買了超過 100 億度的綠色能源，減少了 750 萬噸二氧化碳當量的排放，每年節省了超過 1000 萬美元。微軟的社區抵消項目自 2012 年以來已惠及全球超過 300 萬人，而且微軟預計在未來三年繼續從其碳費基金中投資超過 5000 萬美元。

2. JSW 能源 (JSE Energy)：

- 背景：JSW Energy 是印度領先的私營電力生產公司之一。它們正透過以可再生能源作為增長的基礎，進行綠色轉型，確保到 2050 年時成為溫室氣體排放的「零淨貢獻者」。
- 採用現況：JSW Energy 採用了「影子價格」，價格為每噸二氧化碳當量 (tCO₂e) 10-12 美元。
- 採用目標：JSW Energy 參與了 SBTi，並設定了將二氧化碳排放量降低到 0.215 tCO₂e/MWh，比其 2020 年的 0.76 tCO₂/MWh 減少 70% 的目標，而他們希望透過 ICP 達成這個目標。
- 採用效果：ICP 為低碳投資提供了必要的考量。例如，如不採 ICP，則到了 2030 年，JSW Energy 將相較於 2020 年來說額外產生約 2500 億印度盧比的碳排放成本。

3. 耶魯大學 (Yale University)：

- 背景：耶魯大學於 2017 年 7 月成為首間在整個校園推出碳價計劃的大學。

- 
- 採用現況：耶魯大學的碳價計劃於 2015 年 12 月至 2016 年 5 月作為該大學整體永續發展計劃的試點項目。該計劃涵蓋超過 250 座建築物，佔該大學排放量的近 70%，涵蓋了電力、天然氣、蒸汽和冷卻水等能源消耗所產生的直接和間接排放。這些建築物將根據能源使用產生的每噸 CO₂e 收取 40 美元。減排效果優於平均水平的建築物將獲得收集到的碳費的一部分作為獎勵與補償。
 - 採用目標：在成本效益最高的方式下實現組織之社會責任。透過內部碳定價，他們將可以促使管理階層專注於改善運營和降低能源消耗，並對未來決策產生影響。
 - 採用效果：在試點計畫結束時，受到碳價影響的建築物能源消耗量低於未受影響的建築物 (Gillingham 等, 2017)。這樣子的原因可能包括對能源使用的增加認識、建築物之間的競爭以及能源價格的提高。具體措施包括將暖氣溫度降低 1°C。或是關閉燈光和未使用的電器設備。此外，其他部門如經濟學館、環境研究學館、公共衛生學館等等，則採取了更昂貴的措施，例如安裝佔有率感應器、熱窗簾或使用 LED 燈泡。

4. 第一銀行：

- 背景：第一銀行是首家採用內部碳定價之公股銀行，該銀行重視減碳措施並計算每公噸減碳成本，對未達節電和減碳目標的單位提出超額碳排放量和額外負擔的成本。
- 採用現況：自 2020 年起，第一銀行持續推行營業單位的碳管理和節電競賽，並在 2021 年開始每季度公布各單位的節電目標達成情況。該銀行以實際措施和投入的減碳金額計算每公噸減碳成本，並向未達目標的單位提出改善建議，同時對達標的單位和優秀人員進行獎

勵。

- 採用目標：第一銀行的目標是管理碳風險並實現永續經營。此外，該銀行亦希望透過行動來促進整體企業對碳排放的意識和行動，加強對氣候變遷和淨零轉型的認識。
- 採用效果：第一銀行近兩年的碳管理和節電競賽取得了積極的效果。根據內部統計，營業單位的減碳總成效達到 291 公噸，相當於減少 132 萬元的碳排成本。

2.5 內部碳定價文獻

在 2.1~2.4 節我們討論了種種關於內部碳定價的背景、由來和現況。而現在，我們將從過往學者之研究，來探討內部碳定價究竟在學理上有著怎麼樣的立論基礎，以及導致採用內部碳定價之因素有哪些，再到內部碳定價的實證研究，而實證研究又可再細分數個面向，分別探討此政策之不同效果。

2.5.1 理論基礎

由於內部碳定價政策之興起與風行約莫是近來五到十年的事情，故過往對於內部碳定價之研究多針對其理論基礎加以探討，從這些文獻中，我們可以看出 ICP 的背景與目標，及其在企業操作中的應用。

首先，許多文獻都提到了 ICP 的主要目的。Harpankar (2019) 認為，ICP 是一種能夠協助企業應對監管風險、供應鏈風險，以及轉向低碳未來所涉及的財務風險的工具。此外，透過將碳排放價格化、具象化，企業可以更好地管理其內部決策。Chang (2017) 也指出，ICP 可以幫助企業找出供應鏈中的浪費，降低投資風險，進而有助企業佔據更多的市場份額。而 Riedel 等 (2021) 則認為，ICP 是一種能夠讓企業內部化其碳排放所帶來的負面外部效應的工具，並為低碳經濟做好準備。



然而，ICP 的實施並非一帆風順，其中面臨許多挑戰。Harpankar (2019) 指出，企業在實踐中可能會面臨不同部門對氣候風險的認識與應對之間存在的差距、碳定價型態的差異以及如何平衡短期成本與長期效益的問題。Gorbach 等 (2022) 也指出，ICP 的實施過程可能很複雜，具體的 ICP 方式需要考慮到企業的特定情況，故他們的研究結果將這個流程整理成一個可以在組織內部選擇有效的 ICP 方式的決策流程。

此外，文獻也提到了 ICP 的一些限制和困難。Riedel 等 (2021) 指出，在德國，小型企業在實施 ICP 時可能會遇到財務、技術和信息資源的挑戰。此外，由於外部碳定價方案的價格過低，故無法起到引導 ICP 的作用進而造成困難。另一個困難是要在企業文化中確立一種碳意識與環境，如 Chang (2017) 表示，企業可能需要對整個組織進行一種文化變革，從上到下建立減碳環境，並提倡全組織的建碳運動，才能實現其低碳目標。此外，企業可能也需要加強內部溝通，確保各個部門之間的合作，才能確保 ICP 的實行確實落地。而除了實行 ICP 的困難，企業亦面臨 ICP 是否發揮預期作用之挑戰，如 Lister (2018) 指出，指出企業在碳管理方面的努力確在創造業務優勢方面取得了進展，但在生態效益(即絕對減排量)方面卻仍然不足。

總結而言，這些文獻為我們提供了深入了解 ICP 的理論和實踐的途徑，不過他們也揭示了實施 ICP 的挑戰和限制，提醒企業於實行 ICP 時需要充分考慮這些問題。

2.5.2 採用因素與內部碳價

雖然政府及非政府組織都提倡企業採用內部碳定價可以達成諸多正面效果，為企業提供諸多採用誘因，但學者對於企業採用 ICP 之決定究竟受哪些因素影響仍感到好奇。



如 Bento 與 Gianfrate (2020) 研究顯示，國家政策的明確性、一致性和預期性對於企業內部碳定價實施至關重要。但是，他們也指出國家氣候政策的不確定性可能會削弱其對企業碳定價的影響，這導致了一些企業可能會對採用內部碳價持更謹慎的態度或是採取較低的價格。相似地，Trinks 等 (2022) 也認為國家的氣候政策對企業的碳定價決策有顯著的影響。他們指出，國家政策不僅影響企業對碳價的認知，也影響企業對碳價的反應。他們的研究表明企業會根據國家政策的變化來調整他們的內部碳價，以適應政策環境的變化。

此外，Bento 與 Gianfrate (2020) 的研究結果也顯示企業治理的品質和所在行業的特性對內部碳定價有顯著影響。他們認為，企業高品質的治理體系會促進內部碳定價的實施，而行業特性（如排放強度、市場競爭程度等）也會影響企業對內部碳價的接受度。相對於這個觀點，Ben-Amar 等 (2022) 則更加側重於企業對氣候相關風險的暴露程度對內部碳定價採用的影響。他們認為，企業在過去對氣候風險的認知與管理以及對未來風險的預估都會影響其內部碳定價的實施。

而關於內部碳定價之碳價格，Bento 與 Gianfrate (2020) 的模型顯示，國家特性如人均 GDP 和國家碳價機制的存在與否，都和內部碳價格呈正相關。此外，他們也觀察到公司和行業的特定因素對內部碳價格的影響，例如如最受碳和氣候監管風險影響的能源行業，公司報告的內部碳價顯著較高，而公司規模越大之企業其內部碳價格亦較高。

然而，儘管這些發現對我們理解確定內部碳價的機制有重要貢獻，但當我們嘗試探討內部碳價格的高低如何影響企業碳管理績效，如碳排量和碳評分等指標時，目前的文獻似乎顯得不足而有缺口。因此，更深入地探究並理解內部碳價格高低與企業碳管理績效之間的關係是必須的，這種研究將有助於指引企業如何更有效地運用內部碳價格作為一種策略工具，以達到更好的碳管理績效。



2.5.3 碳管理效益實證

近年來，隨著施行內部碳定價的企業漸多，而使用的時間也漸長，使得企業應用內部碳定價的資料筆數越來越多。爰此，學者方得以計量實證之方法，研究內部碳定價之採用對於企業哪些層面會帶來哪些影響。而在這些研究課題之中，最直觀也最重要的當然就是內部碳定價作為一碳管理工具，是否能真的對碳管理產生績效，例如造成企業絕對、相對碳排量降低，或是在第三方機構之碳管理評分上升呢？

針對這個課題，有許多學者於這幾年前仆後繼地進行相關研究，而從其中我們可以看到一個共通點，也就是所有的學者都認同內部碳定價能帶來碳管理績效的改善，無論是在減少碳排放或是提升碳管理評分方面。然而，不同的研究在探討其影響機制以及如何最有效利用內部碳定價這兩方面，則展現出不同的見解與意見。

首先，許多研究著重於如何有效利用內部碳定價以達成碳管理目標。Gajjar 與 Adhia (2018) 的研究指出，印度企業使用內部碳價作為識別和減輕氣候風險的工具，以及推動創新和改變投資方向的機會，而他們所研究的企業個案也表達內部碳定價確實幫助它們降低碳排放量並達成減量目標。Kuo 與 Chang (2021) 的研究則關注日本企業實施科學基礎目標 (SBT) 和內部碳定價 (ICP) 策略對碳管理聲譽 (CMR) 的影響，所謂碳管理聲譽是指企業回報給碳揭露項目 (CDP) 的問卷所獲得的評分，而他們的研究結果也顯示設定 SBT 與 ICP 將有助於企業提升碳管理聲譽及績效。這兩篇研究都凸顯了企業需要透過有效的策略運用內部碳定價，才能達到碳管理目標。

然而，研究中也指出內部碳定價的效果會受到企業類型與其所在環境的影響，如 Byrd 等 (2020) 發現，在資本密集且碳排放量較高的行業部門中，採用碳定價的企業在減少二氧化碳排放方面較為有效。此外，他們還認為，內部碳定價的效果會受到外部環境的影響，如存在有效的碳交易市場可能強化內部碳定價的效果。另一方面，楊喻閔與李堅明 (2021) 的研究結果也證明，台灣的製造業因為邊際減排

成本較高，故其所承擔的營運風險較高。他們的研究是針對 20 家台灣企業在 2019 年是否進行 ICP 採用及採用影響的效益實證，雖樣本較小，但他們的研究也發現，有實施 ICP 的台灣企業相較沒有實施的將具有較低的碳風險，顯現 ICP 確實幫助企業提升碳管理績效、降低氣候相關風險。

此外，Luo 與 Tang (2014) 以及 Zhu 等 (2022) 的研究，則較為著重在內部碳定價如何改變企業內部的結構和行為，從而提高碳管理績效。Luo 與 Tang (2014) 認為，內部碳定價的實施能夠促使企業提高能源效率，進而降低碳排放。他們的研究結果證實，內部碳定價與能源效率之間存在正向關係。而 Zhu 等 (2022) 則強調，內部碳定價不僅可以直接降低碳排放，還可以通過改變企業的投資決策和運營模式，進一步提高碳管理績效。

總結而言，各種研究都認同內部碳定價能改善企業的碳管理績效，並提出有效使用內部碳定價的策略。然而，他們對於碳定價的影響機制，以及如何最有效利用內部碳定價這兩方面，有各自不同的見解和研究發現，代表這方面尚無明確而普遍的共識。再者，研究用以衡量碳管理績效的指標亦有些許不同，如絕對碳排放量、營收碳排強度、員工碳排強度、碳管理聲譽等，並沒有一個放諸四海皆準的指標。

再談到資料方面，多數研究採用的企業資料都是歐、美、日、澳等外國的，目前對於台灣本國企業的內部碳定價效益實證僅有楊喻閔與李堅明 (2021) 的研究，不過其研究企業數僅有 20 家，且時間也僅採 2019 年，恐有全面性、一般性、普遍性不足等隱憂，產生研究匱乏之缺口，故需要針對台灣企業採用內部碳定價之效益進行更多、更深、更廣之實證研究。



2.5.4 財務管理效益實證

內部碳定價 (Internal Carbon Pricing, ICP) 可以視為企業自我環境監管的工具，也可視為內部的環境法規。根據波特假說，這種內部的環境法規有可能促使企業通過創新和改進來解決業務運營中的低效問題，進而降低合規成本並增強企業的競爭力 (Porter, 1991)。而這種增強的競爭力，可以透過財務績效進行量化與衡量。

過去有一些研究已經嘗試探討碳管理與財務績效之間的關係。例如，Aldy 與 Gianfranco (2019) 提供了關於內部碳價格如何改變埃克森美孚和康菲石油等跨國公司投資決策的案例研究。然而，他們的研究主要著重於 ICP 的風險管理功能，而較少討論其對於降低成本或提升競爭力的效果，因此其結果缺乏普遍性。

另外，也有研究針對碳管理與財務績效進行了更廣泛的實證分析。例如，Fujii 等 (2013) 以及 Ma 與 Kuo (2021) 選擇使用資產報酬率 (ROA) 作為財務指標。Fujii 等 (2013) 研究了日本製造企業，他們的研究發現了環境績效將透過提升銷售報酬率和資本周轉率來提高 ROA。而 Ma 與 Kuo (2021) 的研究發現了使用內部碳定價的企業更有可能降低商品銷售成本 (Cost Of Goods Sold, COGS) 以提高 ROA，而提高的幅度高達 1.1%。他們表明，內部碳定價作為環境自我監管措施將可以幫助企業透過降低生產成本進而產生盈利能力的增長。

除了 ROA，K. Chang (2015) 以及陳冠齡 (2020) 使用了 Tobin's Q 作為他們的財務指標。陳冠齡 (2020) 的研究則認為企業導入內部碳定價 (ICP) 和科學基礎減量目標 (SBT) 都能提升碳管理等級，並可以增加企業的價值。然而，K. Chang (2015) 的研究卻發現，環境績效與 Tobin's Q 存在負向關係，也就是說環境績效的提高可能會帶來財務成本的增加，這與波特假說的預期相悖。

總結而言，目前針對企業採用內部碳定價對於其財務績效的影響的研究並不多，但多數研究認為其效果應符合如波特假說等主張，代表環境績效將對企業競爭

優勢有所助益，本研究亦認同此定義，並欲透過計量研究加以佐證。再者，我們目前並沒有找到任何一篇針對台灣的企業採用內部碳定價對於其財務績效影響的文獻，這構成了一個重要的研究缺口，本研究意欲填補這個缺口，並深化我們對於內部碳定價對於企業財務績效影響的理解。

第3章 研究方法



3.1 計量實證研究法

本研究所使用之研究方法為計量實證研究法。透過第一章的研究動機我們了解到目前內部碳定價所需要被解決的問題，而透過第二章我們理解了過去至今關於內部碳定價的發展脈絡與相關研究，而現在本研究打算採用計量實證之方法來解決待解之問題，也提供新的研究結果與解釋，來延續與補足內部碳定價之研究。

3.1.1 計量實證研究

計量實證研究是一種使用數據分析來理解經濟、社會、政治等實際問題的研究方法，在其他的學科如醫學、金融學、心理學、環境學等許多學科中也都有廣泛的應用。計量實證的主要目的是透過數學和統計方法來分析數據來瞭解和解釋現象、測試理論、預測未來趨勢或評估政策效果。它可以提供關於變數之間相互影響的資訊，幫助我們瞭解其中的因果關係。

計量實證研究的步驟包括假說設定、建立模型、數據收集、估計參數、模型實證、假設檢定、模型診斷和預測等。具體方法包括描述性統計、推論性統計、概率論、優化理論、時間序列分析、迴歸分析、縱橫（面板）數據分析等；又或者透過更先進的統計方法如結構方程模型、多層模型、混合模型、隨機效應模型、固定效應模型等。

值得注意的是，計量模型的運用是十分專業的，除了研究者需對統計學有一定的了解之外，通常還需要瞭解和處理各種數據問題，如遺漏值、異常值、過度散播、非線性、異質性、內生性、多重共線性等。計量實證研究的資料集可以來自多種來源，例如統計數據、調查數據、實驗數據、公司報告等。資料集可能包含數字、類別、時間、地點等多種類型的變數。分析資料集時，需要考慮樣本的隨機性、代表性、一致性等因素。



3.1.2 模型變數

計量模型的變數是建立統計模型和進行計量分析的重要組成部分。這些變數包括應變數、自變數和控制變數，下方將針對它們進行詳細說明與解釋。

這些變數的選擇和解釋是計量研究的關鍵，它們提供了對現象、行為或結果的重要洞察；通過研究變數之間的關聯性和因果關係，我們能夠驗證假設、確定影響應變數的因素，並進行預測。

- 應變數：

應變數 (Dependent Variable) 是研究者在試圖解釋或預測的主要變數，是模型的結果或結果的一種衡量方式，在計量模型中常放在等號之左側。通過研究應變數與其他變數之間的關係，我們可以驗證假設、確定影響應變數的因素以及預測未來的結果。了解應變數如何受到其他變數的影響或解釋是計量研究的關鍵目標之一，它使我們能夠從數據中獲取有關現象、行為或結果的重要資訊。

- 自變數：

自變數 (Independent Variable) 是在計量模型中用來解釋或預測應變數的變數。自變數是我們根據理論或研究問題所選擇的，並假設對應變數有影響的變數。自變數是我們最感興趣且最重要的因素之一，因為它們提供了對應變數變化的解釋力。而透過對自變數與應變數之間的關聯性或因果關係進行研究和分析，我們能夠驗證或證實我們的假說，進而討論我們的發現與結果。

- 控制變數：

控制變數 (Control Variable) 是在計量模型中用來控制其他變數對應變數影響的變數。它們對應變數有一定的影響，但並非我們研究中主要關注或重點解釋的變數，我們在研究中使用他們的原因是在排除對應變數的潛在混淆或干擾因素。

控制變數是與應變數及自變數相關的變數，而他們的主要作用是將其他可能的解釋變量效果攫取出來，以便更準確地評估自變數對應變數的影響，這有助於我

們確定自變數的獨立貢獻，而不受其他因素的干擾。透過使用控制變數，我們可以
提高實證模型的解釋力，並使得自變數與應變數之間的關係更清晰和可靠。



3.1.3 模型參數

計量模型的參數是用來量化模型中特定特徵和未解釋變動的重要元素。在這些參數中，截距項代表了在自變數為零時的應變數的預期平均值，捕捉了模型中未觀測到的影響因素對應變數的整體影響，而誤差項是模型無法完全解釋的觀察值之間的差異，下方將針對它們進行詳細說明與解釋。

這些參數在計量模型中扮演著重要的角色，它們幫助我們理解模型的結果並解釋變異。通過估計和檢驗這些參數，我們能夠進一步瞭解自變數對應變數的影響，確定其統計顯著性並進行推斷。藉此，我們能夠更深入地理解 and 解釋研究現象，並據此做出相應的決策或預測。

1. 截距項：

在計量模型中， c 通常表示截距項 (Intercept, or Constant Term)，有時也記為 α 或 β_0 ，它是指當自變量 (解釋變量) 為零時，應變量 (被解釋變量) 的期望值或預期平均值。截距項反映了模型中未觀測到的影響因素，這些因素可能對應變量產生額外的影響，但難以被觀察或測量到，而截距項可以捕捉到這些未觀測到的因素對應變量的整體影響。另外，當截距項在統計上是顯著的時，表示在自變量為零的情況下，應變量的預期平均值與零有著顯著的差異。

2. 誤差項：

J. M. Wooldridge (2012) 指出，在計量模型中， ε 通常表示誤差項 (Error Term)，有時也記為 μ ，也被稱為隨機誤差項或殘差 (Residual)。它代表了模型無法完全解釋的觀察值之間的差異，即模型無法捕捉到的隨機變動。

利用中央極限定理 (Central Limit Theorem, CLT)，我們可以說明誤差項 ε 的

分布特性。中央極限定理指出，當獨立隨機變數的總和趨近於無窮大時，它們的總和將趨近於一個常態分佈。

另外，高斯-馬可夫定理 (Gauss-Markov Theorem) 則提供了對普通最小二乘法 (Ordinary Least Squares, OLS) 的理論基礎。該定理指出，若在線性回歸模型中，誤差項 ε 將滿足以下假設：

- ε 的期望值為零 ($E[\varepsilon] = 0$)。
- ε 的方差為常數 ($\text{Var}[\varepsilon] = \sigma^2$)，且不依賴於自變數。
- ε 之間彼此獨立。

在這些假設下，最小二乘估計 (OLS) 是對迴歸係數的最佳線性無偏估計 (Best Linear Unbiased Estimator, BLUE)。也就是基於高斯-馬可夫定理，OLS 估計值是在所有線性無偏估計中具有最小方差的。

3.2 研究流程

本研究可約略分為研究主題確認、碳定價文獻回顧、實證研究架構設計、實證結果分析與討論等階段。於研究主題確認階段，我們一開始先針對研究方向進行涉獵、了解、探索，並確立企業碳定價相關問題為研究主題，在針對碳定價議題進行探索後發想出了我們的研究動機，進而建立我們的研究目的。

在碳定價文獻回顧階段，因為我們已確定研究主題，故針對主題進行更廣、更深的發掘，釐清碳定價政策的來龍去脈，整理碳定價研究的相關文獻，以建立自我對於此議題更深層的了解，並於下一階段建立自我之研究。

在實證研究架構設計階段，本研究將引用與利用幾篇內部碳定價文獻，說明其結果並延伸出自己的假說，而我們打算使用計量實證研究法來驗證假說，故會針對假說提出相對之實證模型，並蒐集實證模型所需使用之資料。

在實證結果分析與討論階段，我們預計透過敘述性統計、迴歸分析、穩健性檢

定等等步驟來說明結果，並對結果進行更深度的討論，提出本研究之見解，並驗證原先所提出之假說，使讀者對我們的研究脈絡與內容能有順暢清晰的了解；最後，我們將統整總結整個研究的發現，說明我們是如何開始研究，並如何設計研究，到最後提出有明確結果與結論的研究。本研究之整體研究流程可見下方圖 3-1、圖 3-2 之流程圖，共有四個階段以及其所包含之細部流程。

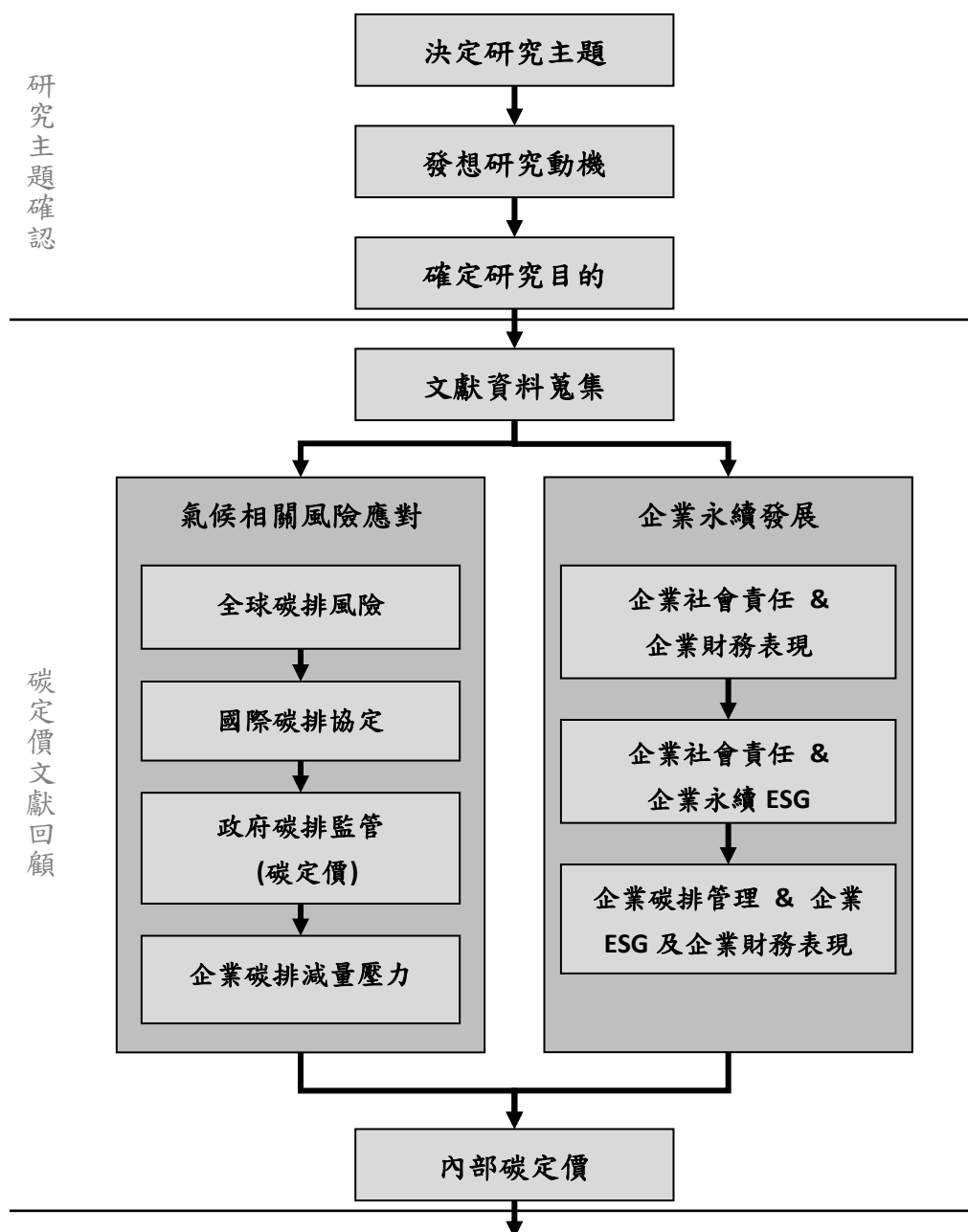


圖 3-1 研究流程圖

(續上圖)

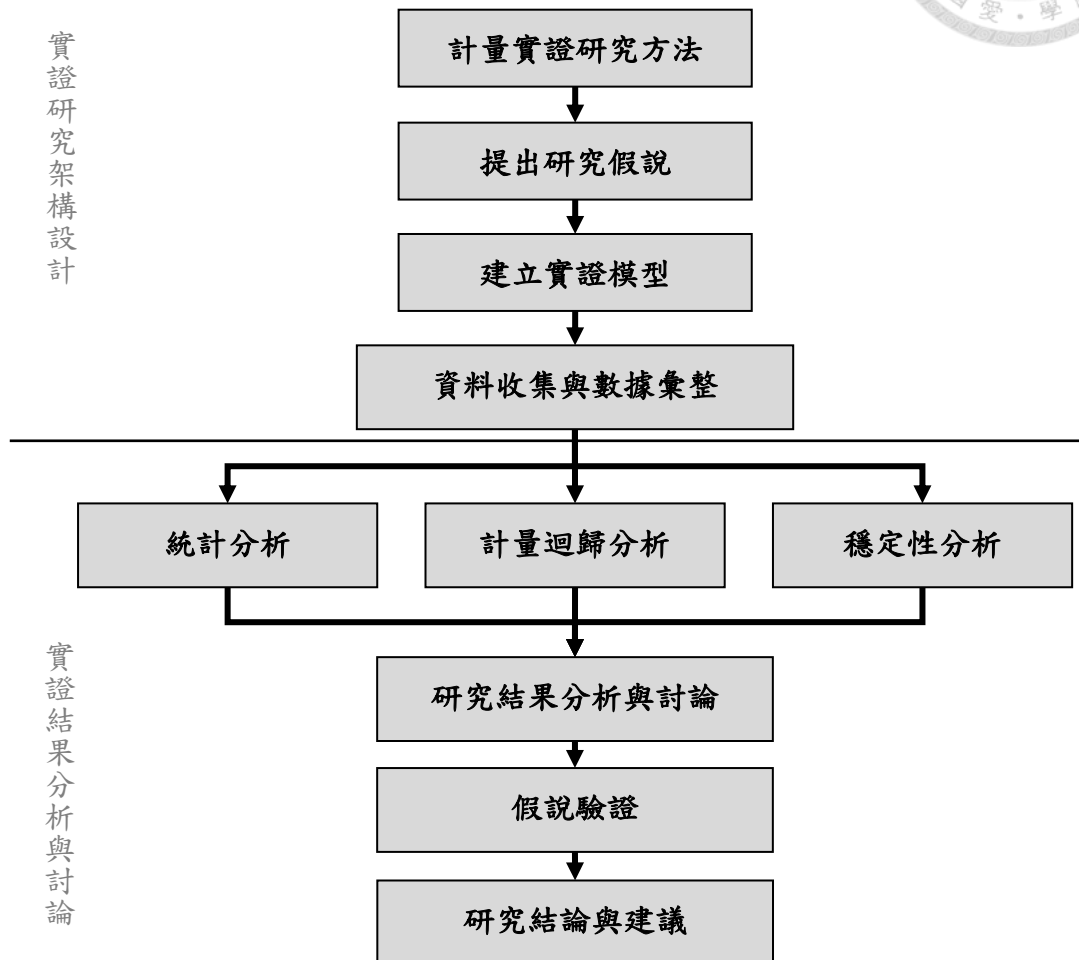


圖 3-2 研究流程圖（續）

第4章 實證研究設計



4.1 假說推導

4.1.1 假說一

越來越多公司採用內部碳定價作為碳管理工具，而非政府組織 (NGO) 和環保組織也大力提倡企業實行碳管理，在在凸顯了碳管理的重要性。而提倡內部碳定價的原因包括其可幫助企業評估氣候風險，將碳排放成本納入經濟活動計算中，改善企業營運決策，轉化碳排放為碳權益，還有助於低碳轉型和未來投資決策的成本考量。

在過去關於內部碳定價的文獻中，有許多實證研究探討了內部碳定價政策之採用對企業碳排相關表現的影響 (Byrd 等, 2020; 楊喻閔、李堅明, 2021; Kuo & Chang, 2021; Zhu 等, 2022)。而其中有人選擇以碳排強度的變化作為企業碳排相關表現的量化指標 (Byrd 等, 2020; Zhu 等, 2022)；而所謂的碳排強度係以企業碳排放量加總，再除以當年度企業總營收或是總員工人數，來構成每單位營收碳排強度以及人均碳排強度。另外，也有人以 CDP 對企業碳管理績效進行之評比來衡量企業的碳排相關表現 (Kuo & Chang, 2021)，並稱之為碳管理聲譽 (Carbon Management Reputation, CMR)，也就是假設採用內部碳定價政策作為碳管理工具之公司，可能會被評比機構認為在碳管理方面的績效較為出色，故可能在機構評分中獲得青睞，給予較高之等第或分數。

在這些研究中，雖然所採用的碳管理績效之衡量方式有所不同，但他們的研究結果都認同企業採用內部碳定價將可以改善碳管理效益，使企業更能合理估計碳排放成本、增進能源使用效率、建立內部減碳文化，使得碳管理表現有所進步。

本研究認同上述研究之觀點，認為採用內部碳定價的台灣企業應該可以有更佳的碳管理績效，故提出假說一：



H1：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理績效

而假說一所稱之碳管理績效，本研究將分為二者進行衡量，故將假說一分為兩個次假說 **H1a**、**H1b**，以下詳細介紹說明。

首先，本研究認同 Byrd 等 (2020) 和 Zhu 等 (2022) 的看法，認為他們所提出的以碳排放強度來衡量企業碳排相關表現的績效是客觀、準確的做法，而且他們計算碳排放強度時除了將碳排放量除以營收之外，還取對數 (Natural Log) 處理，有產業修正與業務特性修正之效果，故我們也加以沿用，並利用碳排放強度來衡量企業碳排相關表現。綜上所述，本研究提出以下假說：

H1a：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度

此外，本研究認同 Kuo 與 Chang (2021) 的觀點，認為他們所提出的以 CDP 評分來衡量企業碳排相關表現的績效亦是妥適的做法，而且碳管理評分關注了包括碳排放強度等等的更多元的企業碳資訊，可能可以捕捉單以碳排放強度無法衡量到之碳管理績效，故我們也加以沿用，並利用碳管理評分來衡量企業碳排相關表現。綜上所述，本研究提出以下假說：

H1b：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分

4.1.2 假說二

雖然內部碳定價政策的採用與否十分重要，也有文獻針對這個主題進行了研究，但很少有文獻對於企業在採用了內部碳定價之後的內部碳價格進行研究。而且，針對內部碳定價之價格進行探討之研究多側重於企業制定內部碳價格之影響因素。

如 Bento 與 Gianfrate (2020) 的研究探討了制度、環境、產業特徵和公司治理等因素對企業碳價格的影響。研究結果顯示，總部位於人均國內生產總值較高的國家的公司的內部碳價格顯著較高，而來自實施碳監管（碳稅或碳交易）政策國家的

公司也是。此外，董事會中具有較高比例獨立董事和女性董事的公司以及能源行業的公司的內部碳價格也相對較高。

另一方面，Trinks 等 (2022) 的研究探討了企業特徵、監管政策和外在壓力等因素對企業碳價格的影響。研究發現，企業特徵如規模、環境表現和碳排放量都與內部碳定價水準密切相關。特別是規模更大、碳排放量更高和資本密集型的企業更傾向於使用較高水平的內部碳定價。這表明企業將內部碳定價用於低碳投資，以應對未來碳成本的預期。

這些研究都將內部碳價格高低作為實證研究之應變數，也就是不同因素交互作用之下的「結果」，並試圖探討不同因素之影響性與顯著性，而非將其當成「原因」來試圖探討不同的碳價格對於企業碳管理績效之影響，這成了過往研究所未涉獵而缺漏的地方，也成了本研究所想補足並探討之處。

而本研究認為前述文獻針對制度、環境、產業、治理等因素會影響內部碳價格亦表達認同之意，惟我們認為亦可以從內部碳價格之高低來探討企業之表現有何變化，而其中又以企業的碳管理績效最感興趣。

我們認為，較低的內部碳價格可能無法激起公司內部對於碳排減量之重視，如採購部門缺乏誘因購買較環保之器材，或者是投資決策時碳排放量將不會是主要考量，又例如企業員工並不會建立減碳意識與文化等等，使得企業之碳管理績效較差；而相反來說，內部碳價格越高之企業，應該能更好地將減碳文化傳遞至整體企業之中，使得各部門皆有意願積極減碳，從而提高企業之碳管理績效。綜上所述，本研究提出以下假說：

H2：內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理績效

而如同假說一 (H1)，我們認為企業的碳管理績效可以用碳排放強度與碳管理評分進行衡量，故假說二 (H2) 也將分為兩個次假說，分別如下：

H2a：內部碳定價格越高之企業越能改善碳排放強度

H2b：內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理評分



4.1.3 假說三

Fujii 等 (2013) 和 Ma 與 Kuo (2021) 的研究結果顯示，他們認為企業採用內部碳定價政策有利於識別碳排風險、降低能源成本並抓住綠色投資機會，對企業的財務表現有正面效益。

Fujii 等 (2013) 的研究結果顯示，企業環境績效將因為提升銷售報酬率和資本周轉率而間接提高 ROA。Ma 與 Kuo (2021) 的研究結果顯示，內部碳定價政策的使用可以提高企業資產報酬率 (Return On Asset, ROA) 約 1.1%。此外，採用內部碳定價作為自我碳排調整機制的企業將更有可能降低貨物銷售成本 (COGS)，增加企業的獲利能力，進而提高 ROA。

本研究認同其觀點，認為企業採用內部碳定價政策可以提高其環境意識和能源效率，進而對企業的財務表現產生積極的影響。通過分析企業的財務報表與碳排放揭露，我們可以評估企業在氣候及財務風險管理方面的績效，並研究內部碳定價政策對企業財務效益的影響。據此，本研究將企業財務績效 (Corporate Financial Performance, CFP) 作為檢驗目標，並提出以下假說：

H3：內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效



4.1.4 假說整理

經過前述小節之說明，我們提出了三個假說，並解釋各假說意義，再進一步將三個假說分為五個次假說。本研究最主要的自變數就是企業採用內部碳定價與否，以及企業內部碳價格高低。而本研究應變數可分為企業碳排放強度、碳管理評分以及財務績效，我們利用自變數來探討應變數的變化，並試圖驗證我們的五個假說。

下方表 4-1 為本研究之假說整理表，透過假說代號、假說簡述、預期符號來提供更為直觀的假說一覽：

表 4-1 假說整理表

假說代號	預期符號	假說簡述
H1		內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理績效
H1a	-	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度
H1b	+	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分
H2		內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理績效
H2a	-	內部碳定價格越高之企業越能改善碳排放強度
H2b	+	內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理評分
H3	+	內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效



4.2 實證模型

經過 4.1 節的討論，我們說明了本研究之各項假說及其由來。現在，我們將對每個假說進行實證迴歸模型設計，期盼利用這些模型來驗證我們的假說。

於本節，我們將說明我們所提出的五個模型，並解釋各模型意義。而在模型類型的部分，本研究於假說一、三係採用縱橫資料集，而相應的模型則使用「**固定效應模型**」來分析我們的縱橫資料集。

除此之外，本研究為求實證結果之穩健性 (Robustness)，還有利用理論目的相近、操作方法相異的「**一次差分模型**」進行假說一、三之實證，惟避免論述複雜，於本文中我們僅以固定效應模型驗證假說一、三，而一次差分模型之結果則置於附錄，並針對其與固定效果模型實證結果進行交叉分析，也對假說實證結果進行深入比對。

本研究最主要的自變數就是企業採用內部碳定價與否，以及企業內部碳價格高低。而本研究應變數可分為企業碳排放強度、碳管理評分以及財務績效，我們利用自變數來探討應變數的變化，設計了五個模型，並試圖驗證我們的五個假說。

4.2.1 實證模型一

為了驗證第 4.1 小節所提出之假說 **H1a**，本研究提出了計量實證模型，而為了追蹤企業採用內部碳定價政策前後所造成之績效差別，以及不同企業間採用內部碳定價政策所造成之效果差異，本研究採用了縱橫資料集（又稱面板資料集，Panel Data）來探討 **H1a**。

縱橫資料集是一種在統計和經濟學研究中常用的資料形式。它結合了時間縱向和斷面橫向的資料，通常由多個觀察單位在多個時間點上的觀察數據組成。這種資料集允許我們在同一時間點比較不同企業之間的差異，同時也能夠追蹤同一企業隨時間變化的趨勢。縱橫資料集的優勢在於能夠捕捉到觀察單位內部的異質性

和時間的動態變化，從而提供了更豐富的資訊用於分析，並更準確地評估因果關係。

此外，本研究採用了固定效應模型 (Fixed Effects Model, FE) 來分析我們的縱橫資料。FE 模型在縱橫數據分析中具有以下優點：

- 控制個體固定效應：FE 模型可以透過為每個個體設定虛擬變數來控制個體固定效應，消除個體間不隨時間變化的固有差異對分析結果的影響。這可以幫助我們研究不同個體間的差異以及追蹤個體隨時間變化的趨勢。
- 控制時間固定效應：FE 模型同時還可以透過為每個時期設定虛擬變數來控制時間固定效應，消除時期之間不隨個體變化的固有差異對分析結果的影響。這可以幫助我們更深入地研究應變數、自變數隨時間的變化情況，從而更準確理解其因果關係的動態性。
- 處理內生性問題：縱橫數據通常包含時間不變的個體特徵，這些特徵可能與自變量相關，從而引起內生性問題。FE 模型通過個體固定效應的控制，可以減少內生性的影響，提供更可靠的因果推斷。
- 提供更準確的標準誤差：FE 模型可以計算個體、時間效應固定之後的標準誤差，從而提供更準確的統計推斷。

綜上所述，固定效應模型 (FE) 在縱橫數據分析中具有諸多優點，故本研究使用 FE 來探討企業採用內部碳定價政策前後的時間縱向績效差異，並比較不同企業間採用該政策的斷面橫向效果差異，並以此為基礎提出了模型一。

模型一之應變數 (Dependent Variable) 為企業碳排放強度 (Carbon Intensity Per Revenue)，位於等號左側，而等號右側表示了模型的各個組成部分，分別為截距項 (Intercept Term)，自變數 (Independent Variable)，控制變數 (Control Variable) 以及誤差項 (Error Term)。c 為截距項之迴歸係數， β 為非虛擬變數之迴歸係數， δ 為為虛擬變數之迴歸係數。變數 it 為第 i 個個體於第 t 個時期之變數數值。 μ_i 表示第 i 家企業之個體固定效應 (Cross-section Fixed Effects)， γ_t 表示第 t 個時期之



時間固定效應 (Time Fixed Effects) ； ε_{it} 表示隨機誤差項 (Random Error Term) ，代表了未被模型中的變量所解釋的、與個體和時間相關的隨機誤差波動。模型一之表達形式如下：

碳排放強度_{it}

$$\begin{aligned} &= c + \delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策}_{it} + \delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統}_{it} \\ &+ \delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策}_{it} + \beta_1 \text{ 企業規模}_{it} + \beta_2 \text{ 獲利率}_{it} + \mu_i + \\ &\gamma_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型一)

4.2.2 實證模型二

為了驗證第 4.1 小節所提出之假說 **H1b**，本研究提出了計量實證模型，而為了追蹤企業採用內部碳定價政策前後所造成之績效差別，以及不同企業間採用內部碳定價政策所造成之效果差異，本研究採用了縱橫資料集 (Panel data) 並利用固定效應模型 (Fixed Effects Model, FE) 來探討 **H1b**。關於縱橫資料集與固定效應模型之目的、特性、方法等等於模型一已有說明，它能使我們更有效地探討不同企業、不同年份之統計資料，而我們亦以此為基礎提出了模型二。

模型二之樣態與模型一相似，惟應變數改為**碳管理評分**，碳管理評分是以 CDP 對各企業回覆其氣候問卷所給予之等第予以量化所得，詳細說明可見於之後的應變數說明環節。模型二之表達形式如下：

碳管理評分_{it}

$$\begin{aligned} &= c + \delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策}_{it} + \delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統}_{it} \\ &+ \delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策}_{it} + \beta_1 \text{ 企業規模}_{it} + \beta_2 \text{ 獲利率}_{it} + \beta_3 \\ &\text{碳排放強度}_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型二)



4.2.3 實證模型三

為了驗證第 4.1.2 小節所提出之假說 **H2a**，本研究提出了計量實證模型。而因為臺灣企業採用內部碳定價尚屬起步階段，各企業之內部碳價格建立時間不長，至今並無明顯的價格變動，況且即使有所改變，可能也需要政策發酵之時間，無法於本研究所探討之短短四、五年間即完整地追蹤到其價格變化所帶來之碳管理績效差異，如兀自進行實證研究，恐有資料偏差之疑慮。爰此，我們打算研究於同一時間斷面上，設定不同的內部碳價格之多家企業，如此一來，我們可以探討不同碳價格對碳管理績效的影響，並比對不同企業之間的差異。

為了達到前述之效果，本研究採用了橫斷面資料集 (Cross-Sectional Data) 來探討假說，橫斷面資料集的優點是可以在同一時間點上收集多個觀察值，如此可以提供不同企業或個體的比較分析，以獲得更廣泛的結果和洞察。因為要探討使用不同內部碳價格之企業差別，故我們僅利用有採用內部碳定價之企業來進行實證，這樣的企業在最新的 2021 年共有 31 家，而去除極值後僅有 29 家。

綜上所述，我們以前述說明為基礎提出了模型三。模型三之應變數為內部碳定價 (Internal Carbon Pricing Price, ICP Price)，位於等號左側，而等號右側表示了模型的各個組成部分，分別為截距項 (Intercept Term)，自變數 (Independent Variable)，控制變數 (Control Variable) 以及誤差項 (Error Term)。c 為截距項之迴歸係數， β 為非虛擬變數之迴歸係數， δ 為為虛擬變數之迴歸係數。變數 i 為第 i 個個體之變數數值。 ε_i 為第 i 個個體之誤差項，表示模型無法解釋或捕捉到的隨機或非系統性變異的部分。模型三之表達形式如下：

碳排放強度 i

$$= c + \beta_1 \text{內部碳定價}_i + \delta_1 \text{加入碳交易系統並採取內部碳定價政策}_i \\ + \beta_2 \text{企業規模}_i + \beta_3 \text{獲利率}_i + \varepsilon_i$$

(模型三)

4.2.4 實證模型四

為了驗證第 4.1.2 小節所提出之假說 **H2b**，本研究提出了計量實證模型，並稱之為模型四。模型四之樣態與模型三相似，惟應變數改為**碳管理評分**，碳管理評分是以 CDP 對各企業回覆其氣候問卷所給予之等第予以量化所得，詳細說明可見於之後的應變數說明環節。模型四之表達形式如下：

碳管理評分_i

$$\begin{aligned} &= c + \beta_1 \text{內部碳定價格}_i + \delta_1 \text{加入碳交易系統並採取內部碳定價政策}_i \\ &+ \beta_2 \text{企業規模}_i + \beta_3 \text{獲利率}_i + \beta_4 \text{碳排放強度}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

(模型四)



4.2.5 實證模型五

為了驗證第 4.1.3 小節所提出之假說 **H3**，本研究提出了計量實證模型，而為了追蹤企業採用內部碳定價政策前後所造成之時間縱向的績效差別，以及不同企業間採用內部碳定價政策所造成之斷面橫向的效果差異，本研究採用了縱橫資料集（又稱縱橫資料集，Panel Data）來探討 **H3**，關於縱橫資料集之目的、特性、方法等等於模型一已有說明，它能使我們更有效地探討不同企業、不同年份之統計資料，而我們亦以此為基礎提出了模型五。

模型五之樣態與模型一相似，惟應變數改為**企業財務績效 (Corporate Financial Performance, CFP)**，本研究衡量 CFP 之代理變數是資產報酬率 (Return On Asset, ROA)，關於 ROA 詳細說明可見於之後的應變數說明環節；還有，模型五多使用了負債率做為控制變數，以控制企業負債對財務績效之可能影響。模型五之表達形式如下：

企業財務績效 $_{it}$

$$\begin{aligned} &= c + \delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策 }_{it} + \delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統 }_{it} \\ &+ \delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策 }_{it} + \beta_1 \text{ 企業規模 }_{it} + \beta_2 \text{ 獲利率 }_{it} + \beta_3 \\ &\text{負債率 }_{it} + \mu_i + \gamma_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型五)



4.2.6 模型整理

經過前述小節之說明，我們提出了五個模型，並解釋各模型意義。本研究最主要的自變數就是企業採用內部碳定價與否，以及企業內部碳價格高低。而本研究應變數可分為企業碳排放強度、碳管理評分以及財務績效，我們利用自變數來探討應變數的變化，設計了五個模型，並試圖驗證我們的五個假說。

下方表 4-2 為本研究之假說整理表，透過對應假說、應變數、主要自變數、分析方式來提供更為直觀的模型一覽：

表 4-2 模型整理表

模型	對應假說	應變數	主要自變數	分析方式
模型一	H1a	碳排放強度	內部碳定價採用	縱橫資料—固定效應模型
模型二	H1b	碳管理評分	內部碳定價採用	縱橫資料—固定效應模型
模型三	H2a	碳排放強度	內部碳定價格	橫斷面資料
模型四	H2b	碳管理評分	內部碳定價格	橫斷面資料
模型五	H3	財務績效	內部碳定價採用	縱橫資料—固定效應模型



4.3 變數說明與衡量方式

本節旨在進一步解釋前一節中提到的各個模型以及它們所代表的方程式的變數。在前一節中，僅簡單提供了各變數的名稱，缺乏進一步的資訊。因此，在本節中，我將提供及說明每個計量模型中的應變數 (Dependent Variable)、自變數 (Independent Variable) 和控制變數 (Control Variable) 的意義、變數名稱以及衡量方式。

4.3.1 應變數

本研究所使用之應變數於模型一和模型三是碳排放強度，模型二和模型四是碳管理評分，模型五是企業財務績效，接下來分別說明他們的定義與衡量方式。

- **碳排放強度 (LINR)：**

碳排放強度之變數名稱為 LINR。本研究對碳排放強度之定義乃是沿用 Zhu 等 (2022) 的做法，他們是以企業碳排放量除以營收後再取對數 (Natural Log) 處理，詳細定義與計算過程於下方補充。

我們碳排放強度的計算是先以企業之碳排放量除以企業營業收入淨額。企業的碳排放量是利用其依照 ISO 14064-1 定義之範疇 1¹ (Scope 1) 和範疇 2² (Scope 2) 之碳排放範圍所揭露之碳排放量；其中範疇 1 為直接碳排放量，範疇 2 為間接碳排放量，而將兩者加總可以得到較為客觀的企業碳排放數據。

企業揭露之範疇 1 與範疇 2 之資料可由企業針對 CDP 之 Climate Change 問卷³中 C6.1 和 C6.3 題所獲得，而營收可由 C6.5 題獲得，但在研究的過程中我們發現

¹ 根據 ISO 14064-1，範疇 1 碳排放量指的是企業直接由其自有資產和活動產生的碳排放量。這包括燃燒化石燃料、生產過程中的化學反應以及其他直接的碳排放源。

² 根據 ISO 14064-1，範疇 2 碳排放量是指企業間接產生的碳排放量，主要來自於所購買的電力和熱能。當企業購買來自電力公司或其他供應商的電力和熱能時，這些供應商在發電過程中產生了碳排放。

³ CDP 之 Climate Change 問卷範本 ([Climate Change - CDP](#))

企業揭露之範疇 1 排放量、範疇 2 排放量、營業收入等項目之揭露品質十分差勁，包括資料缺漏、單位不統一、排放量驟增驟減、範疇一與範疇二排放量混淆等等問題，顯見 CDP 自身對於企業提交之數據並未積極驗證，任憑企業填寫其想填、不想填的欄位，而有填寫的欄位數據可能也不是正確的，讓我們感到十分灰心與失望。

故為了研究能夠順利進行，我們又更深入爬梳各家企業每年的碳排放數據，資料來源包括各家企業所公布之社會責任報告書、ESG 永續報告書，以及公開資訊觀測站中公司治理資料之溫室氣體排放及減量資訊⁴，經過繁雜的報告書堆以及繁瑣的交叉比對，我們最後整理出品質較高、可使用性較好、可參考性較佳之企業碳排放資料。另一方面，企業於 CDP 中揭露之營業收入之品質亦不佳，故我們利用臺灣經濟新報 (TEJ) 之資料庫，索取了每家企業每年之營業收入淨額。最後，我們將碳排放量除以營業收入淨額，以便獲得各家企業各年度的碳排放強度數據，單位為二氧化碳當量噸/新臺幣元 ($t\ CO_2e/NTD$)。

而因為考慮到企業間、產業間碳排強度之範圍甚廣、差異甚大，甚至呈現出指數性的數據特徵，故進行對數 (Natural Log) 處理；藉由取對數，我們將可以準確衡量碳排放強度之效果，避免給予極值過大之權重而使統計產生偏誤，也可以讓數據變得平滑、縮小數值範圍。

- **碳管理評分 (Score)：**

碳管理評分之變數名稱為 Score。本研究對碳管理績效之定義乃是企業於外部機構之碳管理評分，我們相信利用第三方公正機構對企業碳管理之評分，可以客觀衡量不同公司之碳管理績效與成果。本研究採用之評分為 CDP 的 Climate Change

⁴ 公開資訊觀測站>公司治理>企業 ESG 相關資訊>溫室氣體排放及減量資訊
(<https://mops.twse.com.tw/mops/web/t152sb01>)

問卷的評分 (Scores) , CDP 對於企業每年提交給他們的 Climate Change 問卷都會進行評分, 根據他們的說明, CDP 評分係根據每個行業和主題的評分類別進行加權計算, 而評分是採等第制, 分別有 A、A-、B、B-、C、C-、D、D-以及 F 之等級, 對應之說明如下:

- 領導等級 (Leadership) : 分為 A/A-, 企業需展示環境領導力, 包括行動、策略符合相應框架, 如 TCFD, 並設定科學目標等。
- 管理等級 (Management) : 分為 B/B-, 表示企業已處理環境影響並確保良好的環境管理。
- 意識等級 (Awareness) : 分為 C/C-, 評估企業對環境問題的認識程度和對業務影響的評估全面性。
- 揭露等級 (Disclosure) : 分為 D/D-, 根據提供的資料數量進行評分, 通常是給予有進行回覆但內容仍須加強之企業。
- 未充分揭露等級 (Failure to Disclose) : 分為 F, 給予未通過 CDP 揭露的企業, 像是被要求揭露其數據但未能揭露, 或未能向 CDP 提供足夠資訊進行評估的公司。

經由上述說明, 可以了解 CDP 對企業回報問卷之品質與內容可分為這麼多等級, 但實際上我們在進行資料蒐集時除了蒐集到這些有給予問卷回覆評分的等級之資料, 還有一些企業的評分為 Not Available, 也就是因某些原因⁵未公開其問卷之評分。

而針對上述之評分機制, 本研究將其引用並內化為模型一的應變數, 但為了應變數必須為可量化之指標的需求, 我們將 CDP 的評分等級轉化為分數, 分別將 A、A-、B、B-、C、C-、D、D-等級轉化為 8、7、6、5、4、3、2、1 分; 值得注意的

⁵ 如未收到投資者請求揭露的公司, 或是首次回答問卷並選擇保密分數之公司, 其評分皆不會被公開。

是，對於 F 等級以及 Not Available 之公司，我們將其轉化為 0 分，總而言之，我們將 CDP 之評分轉化且量化為 0 到 8 分，使得我們的實證模型變得可行。



- **企業財務績效 (ROA)：**

企業財務績效之應變數名稱為 ROA，係以資產報酬率衡量企業財務績效 (Corporate Financial Performance, CFP)。在文獻回顧時，我們討論了內部碳定價與企業社會責任的關聯，以及企業社會責任與企業財務表現之關係。而在假說推導的部分，我們也說明了施行內部碳定價可能有助於企業 ESG，進而提升非財務相關表現與企業形象，使企業獲得額外的財務紅利。因此，本研究於假說二採用了企業財務績效作為應變數，而衡量企業財務績效之方法，是採用企業之資產報酬率 (ROA)。

ROA 是一項常用的財務指標，用於評估企業在營運過程中利用其資產所產生的盈利能力。ROA 是一種衡量企業獲取報酬的指標，它反映了企業在經營過程中是否有效地運用其資源和資產。

ROA 的計算公式如下：

$$ROA = (\text{淨利潤} / \text{總資產}) \times 100$$

其中，淨利潤是企業在一定期間內的總收入減去總費用後所剩餘的利潤；總資產則是企業所擁有的全部資產的價值總和。ROA 被廣泛應用於財務分析中，因為它提供了一個相對簡單且直觀的方法來評估企業的經營績效、考慮企業的總收入和總資產之間的關係，而高 ROA 值通常被視為企業運營良好並有效利用資源的象徵。

爰此，本研究選擇使用 ROA 作為評估企業財務績效的指標。透過採用 ROA 作為評估指標，我們可以衡量企業在採用內部碳定價政策後是否能夠因為更有效應對碳排放風險、降低能源成本、抓住綠色投資機會以及提高環境績效，進而提高

其資產報酬率。



4.3.2 自變數

本研究使用之自變數可分為模型一、二、五所使用的自變數以及模型三、四的自變數。模型一、二、五所使用之自變數，分別為僅採取內部碳定價政策、僅加入碳交易系統、加入碳交易系統並採取內部碳定價政策之企業。模型三、四所使用之自變數為企業內部碳定價格。以下針對自變數之定義與衡量方式做詳細說明：

本研究之假說一、三對應之模型一、二、五分別旨在探討企業是否採用內部碳定價政策對其碳管理績效及財務績效的影響差異。為了達成此目的，我們設定了一個自變數，即內部碳定價政策 (ICP) 採用與否之虛擬變數。然而，在進一步思考後，我們認為企業是否採用內部碳定價政策可能與外部碳交易系統 (ETS) 的引入或加入有關。因此，本研究提出將企業以此分為四個組別，以更全面地分析這些因素對企業績效的影響。

這四個組別包括：僅採用 ICP 而無加入 ETS 的企業、僅加入 ETS 而無採用 ICP 的企業、同時加入 ETS 且採用 ICP 的企業，以及既不加入 ETS 也不採用 ICP 的企業。其中，我們以既不加入 ETS 也不採用 ICP 的企業作為基準組 (Base Group)，設定三個虛擬變數來代表其他三個組別，用來比較他們與基準組之間的績效差異，而這三個虛擬變數也是我們的自變數。如此的設計能夠幫助我們更清楚了解企業的內部碳定價政策與外部碳交易系統之間的關係，以及這些因素如何影響企業的績效。以下針對三個組別之定義與衡量方式做詳細說明：

- **僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY)：**

變數名稱為 ICP_ONLY。如果研究對象中之企業僅採用 ICP 而無加入 ETS，則將其值設為 1，並以既不加入 ETS 也不採用 ICP 的企業作為基準，也就是將其值設為 0。



對於調查企業是否採用 ICP 之方法，本研究係採用企業針對 CDP 之 Climate Change 問卷中 C11.3 題：「Does your organization use an internal price on carbon?」之回覆結果為判斷標準，如果其回覆為「Yes」，則判斷其採用了 ICP；而若為「No」、「No, but we anticipate doing so in the next two years」或是「No, and we do not currently anticipate doing so in the next two years」，則判斷其並無採用 ICP。

另外，對於調查企業是否採用 ETS 之方法，本研究係採用企業針對 CDP 之 Climate Change 問卷中 C11.1 題：「Are any of your operations or activities regulated by a carbon pricing system (i.e.ETS, Cap & Trade or Carbon Tax)?」之回覆結果為判斷標準，如果其回覆為「Yes」，則判斷其加入了 ETS；而若為「No」、「No, but we anticipate being regulated in the next three years」、「No, and we do not anticipate being regulated in the next three years」，則判斷其並無加入 ETS。

- **僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY)：**

變數名稱為 ETS_ONLY。如果研究對象中之企業僅加入 ETS 而無採用 ICP 的企業，則將其值設為 1，並以既不加入 ETS 也不採用 ICP 的企業作為基準，也就是將其值設為 0。

對於調查企業是否採用 ICP 以及是否加入 ETS 之方法，則與 ICP_ONLY 中所介紹之方法與來源相同。

- **同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)：**

變數名稱為 ICP_ETS。如果研究對象中之企業同時加入 ETS 且採用 ICP，則將其值設為 1，並以既不加入 ETS 也不採用 ICP 的企業作為基準，也就是將其值設為 0。而對於調查企業是否採用 ICP 或加入 ETS 之方法，則與前面二點所敘述之調查方法相同。

本研究之假說二對應之模型三、四旨在探究內部碳定價高低對企業碳管理績效之效果。為了達成此目的，我們以企業之內部碳定價為自變數。以下針對自變數之定義與衡量方式做詳細說明：

- **內部碳定價 (ICP Price)：**

變數名稱為 ICP_Price。代表的意義是企業內部碳定價所設定之價格 (Internal Carbon Pricing Price)，而對於調查企業所設定之內部碳定價之方法，本研究係採用企業針對 CDP 之 Climate Change 問卷中 C11.3a 題：「Provide details of how your organization uses an internal price on carbon.」裡面的「Actual price (s) used (Currency /metric ton)」之回報數值。而由於企業回報之貨幣單位不盡相同，故我們將其統一轉換為美元⁶計價，也就是每噸二氧化碳當量排放之美元價格。

4.3.3 控制變數

本研究所使用之控制變數於各模型略有不同，於所有模型使用了企業規模以及獲利率。而模型三、四除了上述變數之外，還將碳排放強度作為控制變數。此外，因為模型五想研究財務績效之狀況，所以除了使用企業規模和獲利率，還使用了負債率作為控制變數。接下來，我們將對整個研究所使用之控制變數作定義及衡量方式之說明。

- **企業規模 (LASSET)：**

變數名稱為 LASSET，於所有模型中均有使用。我們認為企業之規模大小可能會對其碳管理績效有影響，因為較大型之企業會受到較多的政府管制或社會關注，從而較積極改善其碳管理表現而獲得較高之碳管理績效，故本研究加以控制。

企業規模之衡量方式係採用財務報表中所揭露之企業資產 (Asset) 總額為基準，資產總額是綜合性的指標，涵蓋了企業所有的資產，包括固定資產、流動資產、

⁶ 採用台灣銀行 2023/2/6 之美元 (USD) 兌新台幣 (TWD) 報價 30.00 元。

投資和其他資產等；它能夠提供一個全面的視角，反映企業實際上的整體規模。

我們利用了臺灣經濟新報 (TEJ) 之資料庫，索取了每家企業每年末之資產總額，單位為新臺幣元；而因為資產總額於不同企業之間存在著極大之差異，其關係是非線性的，或可說是指數性的，故我們對資產規模進行了對數 (Natural Log) 處理，這樣的作法在計量研究中也是普遍的、常見的。

- **獲利率 (Profit) :**

變數名稱為 Profit，於所有模型中均有使用。我們認為企業之獲利多寡可能會對其碳管理績效有影響，因為獲利較高之公司可能較有資本及餘裕去改善自我碳排情形、增購減碳設備、加強綠色投資等等，故本研究加以控制。

獲利率之衡量方式係採用財務報表中的稅後淨利率，計算方式是稅後淨利除以營業收入，「稅後」代表我們考慮了稅務因素，因企業雖有盈餘但需支付營利事業所得稅和其他稅款，故利用稅後淨利率相對稅前利潤率來說，能更加準確地反映企業的獲利能力。

我們利用了臺灣經濟新報 (TEJ) 之資料庫，索取了每家企業每年之稅後淨利率，衡量標準為百分比 (%)，也就是如果有企業之獲利率為 15%，則在我們的資料中會記為 15。

- **負債比率 (Leverage) :**

變數名稱為 Leverage，於模型五中使用。Ma 與 Kuo (2021) 認為企業的負債比率可能對其財務表現有影響，本研究認同其假設，認為負債率可能影響到企業估值，進而影響到 ROA，故模型五多置入了此一變數。

負債比率之衡量方式係採用財務報表中的負債比率，計算方式是企業之總負債除以總資產，總負債包含了流動負債 (短期負債) 及非流動負債 (長期負債)。

我們利用了臺灣經濟新報 (TEJ) 之資料庫，索取了每家企業每年之負債比率，

衡量標準為百分比 (%)，也就是如果有企業之負債比率為 15%，則在我們的資料中會記為 15。



- **碳排放強度 (LINR)：**

變數名稱為 LINR，於模型二、四中使用。本研究在模型二、四係以碳管理評分 (Score) 作為應變數，而由於碳排放強度可能影響碳管理評分，且與內部碳定價之採用也可能有關，故本研究對碳排放強度加以控制。

碳排放強度之定義與衡量方式於應變數介紹時已講解，可參照應變數的碳排放強度說明以了解其意義。

第5章 實證結果與討論



5.1 敘述性統計

5.1.1 樣本分析

本研究之樣本係採縱橫資料集 (Panel Data) 進行相關之數據蒐集，並在假說一、三所對應之模型一、二、五中使用，樣本的時間縱度為 2018 到 2021 共 4 年，企業數為 83 家，故總共有 332 筆資料。

此外，本研究亦有使用橫斷面資料集 (Cross-Sectional Data)，是在假說二所對應之模型三、四中使用，而所採用之橫斷面資料集實為原縱橫資料集中 2021 年有揭露內部碳定價格之企業，共有 31 家，去除極值共有 29 筆資料。

本研究於模型一、二、五中所使用之變數如下：碳排放強度 (LINR)、碳管理評分 (SCORE)、企業財務績效 (ROA)、僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY)、僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY)、同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)、企業規模 (LASSET)、獲利率 (PROFIT)、負債比率 (LEVERAGE)。

以下為各變數之樣本分析：

表 5-1 模型一、二、五變數樣本分析表 (縱橫資料)

變數	樣本數	平均值	中位數	最大值	最小值	標準差	偏度	峰度
應變數								
LINR	332	-6.18	-6.28	-2.68	-10.34	1.82	-0.04	2.13
SCORE	332	3.91	5.00	8.00	0.00	3.01	-0.30	1.42
ROA	332	6.57	5.26	43.52	-15.60	6.49	1.63	9.39
自變數								
ICP_ONLY	332	0.26	0.00	1.00	0.00	0.44	1.08	2.17
ETS_ONLY	332	0.06	0.00	1.00	0.00	0.24	3.70	14.66
ICP_ETS	332	0.05	0.00	1.00	0.00	0.21	4.22	18.80
控制變數								
LASSET	332	18.72	18.51	23.17	14.86	1.72	0.32	2.84
PROFIT	332	9.68	7.80	50.65	-103.74	13.61	-2.91	28.13
LEVERAGE	332	50.71	49.38	94.26	7.14	19.83	0.41	2.69



本研究於模型三、四中所使用之變數如下：

碳排放強度 (LINR) 、碳管理評分 (SCORE) 、內部碳定價格 (ICP Price) 、
企業規模 (LASSET) 、獲利率 (PROFIT)

以下為各變數之樣本分析：

表 5-2 模型三、四變數樣本分析表 (橫斷面資料)

變數	樣本數	平均值	中位數	最大值	最小值	標準差	偏度	峰度
應變數								
LINR	29	-5.91	-5.16	-3.05	-10.34	2.14	-0.48	1.96
SCORE	29	5.86	6.00	8.00	0.00	2.23	-1.83	5.45
自變數								
ICP_PRICE	29	45.20	50.00	153.10	3.75	30.16	1.43	7.11
控制變數								
LASSET	29	20.15	20.06	23.17	17.85	1.44	0.35	2.58
PROFIT	29	17.22	17.12	31.83	1.11	9.68	0.06	1.75



5.2 模型檢定

本節針對計量實證模型的穩健性進行數個檢定，以確保我們模型的適用性與有效性，可分為共線性檢定、異質性檢定和固定效應檢定。

5.2.1 共線性檢定

本研究使用相關係數矩陣 (Correlation Coefficient Matrix) 及計算變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 來檢驗變數間之共線性 (Multicollinearity) 問題。

我們首先利用相關係數矩陣了解各變數之相關性，相關係數反映了兩個變數之間的相關程度，取值範圍在-1 到+1 之間。如果相關係數超過 0.6，表示兩個變數之間存在較高的相關性，需要進一步檢驗它們之間可能存在的共線性問題。

下方表 5-3、表 5-4 分別呈現了本研究各模型之相關係數矩陣，而由於變數間相關係數是獨立的，故我們將變數較為相似的模型整理在同一張表，再移除不存在的相關係數組合，使相關係數關係可以更一目了然。

表 5-3 模型一、二、五相關係數矩陣

註 1：相關係數超過 0.6 將以紅字標示。

註 2：不存在的相關係數組合將以減號 (-) 標示。

變數	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.LINR	1.000								
2.SCORE	0.136	1.000							
3.ROA	-	-	1.000						
4.ICP_ONLY	0.091	0.531	-0.015	1.000					
5.ETS_ONLY	-0.077	-0.102	-0.108	-0.151	1.000				
6.ICP_ETS	0.060	0.171	0.115	-0.134	-0.057	1.000			
7.LASSET	-0.061	0.643	-0.190	0.392	0.133	0.184	1.000		
8.PROFIT	0.031	0.178	0.580	0.196	-0.130	0.089	0.249	1.000	
9.LEVERAGE	-	-	-0.431	-0.035	0.144	-0.013	0.413	-0.026	1.000

表 5-4 模型三、四相關係數矩陣

註 1：相關係數超過 0.6 將以紅字標示。

註 2：不存在的相關係數組合將以減號 (-) 標示。

變數	1.	2.	3.	4.	5.
1.LINR	1.000				
2.SCORE	-0.009	1.000			
3.ICP_PRICE	-0.357	0.362	1.000		
4.LASSET	-0.575	0.405	0.294	1.000	
5.PROFIT	-0.155	0.432	0.206	0.369	1.000

由上方各表可知，本研究絕大多數變數之間並不存在相關係數過高之問題，惟為求保險，本研究仍進一步利用計算變異數膨脹因子來檢驗共線性問題，如變異數膨脹因子大於 5 則表示該變數與其他變數間存在嚴重共線性 (Wooldridge, 2019)，需要考慮移除以避免模型發生偏誤。

下方表 5-5 為本研究模型一到五的變數之變異數膨脹因子，由表可知本研究並無任一變數之變異數膨脹因子大於 5，顯示所有變數皆無與其他變數間存在嚴重共線性，故所有模型都是穩健的。

表 5-5 模型一、二、三、四、五變數之變異數膨脹因子

	模型一	模型二	模型五		模型三	模型四
ICP_ONLY	1.060	1.066	1.060	ICP_PRICE	1.885	1.037
ETS_ONLY	1.948	1.954	1.955	LASSET	1.620	2.515
ICP_ETS	2.021	2.032	2.024	PROFIT	1.253	1.016
LASSET	1.069	1.393	1.632	LINR		2.576
PROFIT	1.071	1.111	1.139			
LINR		1.420				
LEVERAGE			1.543			

5.2.2 異質性檢定

由於計量模型之誤差項可能為異質變異性 (Heteroskedasticity)，可能與普通最小二乘法 (OLS) 模型使用之同質變異性 (Homoskedasticity) 假設相悖，故須進



行檢定以確定是否須選擇異質穩健標準誤估計法 (Hetero-Robust Std. Error Estimation) 來作為係數斜方差計算方法 (Coefficient Covariance Method) ，以使估計方得繼續執行。

而由於本研究之模型一、二、五係採用縱橫資料集，資料維度為二維資料，故我們須對兩個維度——**橫斷面 (Cross-Section)** 和**時間 (Period)**——皆進行異質性檢定，我們採用似然比檢定 (Likelihood Ratio Test, LR Test) 作為檢定方式，其虛無假說為誤差項是同質變異性，我們設定拒絕閾值為 0.05 (5%) 。

由於模型一、二、五資料來源相同，故合併呈現，而模型三、四也進行如此操作。由下方表 5-6 可知本研究模型一、二、五之**橫斷面**皆拒絕誤差項是同質變異性之虛無假說，而**時間**則皆無法拒絕虛無假說。

這樣子的結果與我們的資料型態有關，因為我們的原始資料是 83 家企業 4 個年度之數據，符合個體多時期少之大 N 小 T 特性，而根據 J. M. Wooldridge (2012) ，我們可以容許擁有此特性之資料的誤差項存在無限制的序列相關性 (Unrestricted Serial Correlation) ，然後利用聚類 (Clustering) 的方法來估計橫斷面的異質穩健標準誤。爰此，本研究使用了 White Cross-Section 方法來作為係數斜方差計算方法，使標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都考慮異質穩健性，進而提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。

表 5-6 模型一、二、五之異質性檢定表

類型 (Type)	模型一		模型二		模型五	
	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)
似然比 (Likelihood Ratio)	397.539	0.243	244.781	0.826	419.919	28.534
機率 (Prob.)	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000

此外，本研究於模型三、四係採用橫斷面資料，資料維度為一維資料，故我們

須對**橫斷面 (Cross-Section)** 進行異質性檢定，我們採用 White 異質性檢定 (White Heteroskedasticity Test) 作為檢定方式，其虛無假說為誤差項是同質變異性，我們設定拒絕閾值為 0.05 (5%)，由下方表 5-7 可知本研究模型三並未拒絕虛無假說，而模型四則拒絕了虛無假說。然而，根據 J. M. Wooldridge (2012)，即使異質性檢定未拒絕模型為同質變異性，我們仍可以為求保守而採用異質穩健估計法來估計標準誤及機率。是以本研究於模型三、四採用 White 方法來作為係數斜方差計算方法，使標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都考慮異質穩健性，進而提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。

表 5-7 模型三、四之異質性檢定表

	模型三	模型四
F-statistic	1.290	5.189
Prob. F	0.305	0.002
Prob. Chi-Square	0.276	0.042

5.2.3 固定效應檢定

本研究之模型一、二、五係採用固定效應模型分析縱橫資料，所謂固定效應是指在迴歸結果中包含的不隨個體或時間變動的誤差。然而，這其中可能包含我們不關心或無法觀察到的變異，這些變異可能影響變數的結果，從而導致我們對迴歸結果做出錯誤的推斷。為了控制這種固定效應，我們可以使用固定效果模型。

固定效應可以分為個體固定效應 (Cross-Section Fixed Effects) 和時間固定效應 (Period Fixed Effects)，分別對應縱橫資料的**橫斷面**和**時間**維度。然而，我們的資料是否適合採用固定效果模型來控制固定效應需要通過對資料特性的檢定來決定。本研究用以檢驗誤差項固定效果的方法是冗餘固定效應—似然比 (Redundant Fixed Effects - Likelihood Ratio)。冗餘固定效應是指模型中的個體或時間的固定效應無法為模型提供額外的解釋力，因此被視為冗餘的並可以省略。

似然比是一種評估模型適合度和比較模型優劣的統計檢定方法，在檢測冗餘

固定效應時，我們可以使用似然比檢定來評估固定效應的必要性。這種檢定是通過比較包含冗餘固定效應的模型（完整模型）與省略冗餘固定效應的模型（簡化模型）的似然函數來進行。如果兩模型的似然比檢定統計量（如 F 統計量或 Chi-square 統計量）較大，則表示採用固定效應模型可以顯著提高解釋力，因此我們應該採用固定效應模型以提高模型的解釋力和預測準確性。

根據下方的表 5-8，我們可以看到在本研究中，個體和時間固定效應模型的效果是聯合顯著的，且顯著水準遠低於 1%，這表明我們應該採用個體和時間固定效應模型以提高模型的準確性，從而使我們對模型結果的詮釋更為準確。

表 5-8 模型一、二、五之固定效應檢定表

	模型一		模型二		模型五	
Effects Test	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.	Statistic	Prob.
Cross-Section/Period F	553.746	0.000	7.125	0.000	5.718	0.000
Cross-Section/Period Chi-square	1752.850	0.000	418.123	0.000	367.516	0.000



5.3 假說一驗證與討論

本節將討論使用計量統計軟體 (Eviews 8) 運算所有模型之迴歸公式結果。本研究於假說一提出兩個次假說 **H1a**、**H1b**，應變數分別為碳排放強度 (LINR) 和碳管理評分 (SCORE)。**H1a** 係由模型一進行實證，**H1b** 係由模型二進行實證。

本研究對各個假說之設定乃是其虛無假說 (Null Hypotheses) 為自變數對於應變數無統計上顯著影響關係，並根據本研究之樣本設定 p-value 須小於 0.1 (10%) 方可積極拒絕虛無假說，其自變數之迴歸係數則可用以論證與參考，如 p-value 並未小於 0.1 則無法拒絕虛無假說，本研究以此邏輯使用實證數據驗證提出之假說一，另外，本研究於假說一之統計檢定設定為雙邊檢定 (Two-tailed Test) 較於單邊檢定 (One-tailed Test) 有更高的顯著水準要求。

本節分為四個小節：模型一之迴歸運算結果於 0 小節討論；並於 5.3.2 小節進行 H1a 假說驗證。模型二之迴歸運算結果於 5.3.3 小節討論並於 5.3.4 小節進行 H1b 假說驗證。



5.3.1 模型一之迴歸結果

表 5-9 模型一迴歸結果

模型一 (Y=LINR)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
LASSET	-0.6335***	0.0698	0.0000
PROFIT	-0.0033***	0.0011	0.0037
C	5.7345***	1.3132	0.0000
自變數			
ICP_ONLY	-0.0512***	0.0193	0.0087
ETS_ONLY	-0.1181***	0.0219	0.0000
ICP_ETS	-0.1584*	0.0867	0.0690
Year fixed effects	Yes		
Cross-Section fixed effects	Yes		
R ²	0.9951		
Adj.R ²	0.9932		
F-statistic	539.9473***		
Sample size n=332			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型一之應變數為碳排放強度 (LINR)，而由於採用固定效應模型分析縱橫資料，故結果型態與一般橫斷面分析之結果略為不同，但對於變數之探討方式則大略相同，故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對固定效應模型結果之殊異進行詳盡分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型一在 10%水準下顯著的控制變數為企業規模 (LASSET) 和獲利率 (PROFIT)，以下推論各變數之解釋：

1. 企業規模 (LASSET)：迴歸係數為-0.6335，這顯示企業的規模每增加 1%，其碳排放強度將會下降約 0.6335%。本研究推論這可能是由於企業規模較大之企業將越有規模化降低生產成本之效果，故擁有較小的碳排放強度。
2. 獲利率 (PROFIT)：迴歸係數為-0.0033，這顯示企業的獲利率每增加 1 單

位，其碳排放強度將會下降約 0.0033%。本研究推論這可能是由於獲利較高的企業有更多的資源來投入在環保措施和節能技術上，從而減少碳排放強度。

再來，我們可以發現模型一在 10%水準下顯著的自變數為僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY)、僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY) 和同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)，以下推論各變數之解釋：

1. 僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY)：迴歸係數為-0.0512，這表示當企業只採用內部碳定價 (ICP) 時，其碳排放強度將會比其他企業下降 0.0512 單位。本研究推論這可能是因為這些企業在採取 ICP 後建立起更加環保、更低碳排放的營運模式，以及採取更積極的減碳措施，從而降低碳排放強度。
2. 僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY)：迴歸係數為-0.1181，這顯示只加入碳排放交易系統 (ETS) 的企業，其碳排放強度會下降 0.1181 單位。這可能是由於這些企業在需要於碳交易市場上可以購買碳權以符合排放法規，從而激勵他們採取措施來降低碳排放，以減少碳排成本。
3. 同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)：迴歸係數為-0.1584，這表示企業同時採用內部碳定價並加入碳排放交易系統，其碳排放強度會下降 0.1584 單位。這顯示出這兩種政策的合力效應，可能會鼓勵企業將其運營方式更徹底地轉向低碳與環保，採取更多減碳措施，從而使得碳排放強度進一步降低。

最後，我們對縱橫資料和固定效應模型的一般結果進行敘述分析。根據 5.2.3 小節的討論，我們了解到需要控制個體固定效應 (Cross-Section Fixed Effects) 以及時間固定效應 (Year Fixed Effects)。因此，我們在模型結果中明確標註出這兩者都被控制。

再者，雖然模型一的 R-Squared 高達 0.9951，表示模型能解釋應變數 99.51%

的變異，這在初步看來可能使人對模型的解釋力產生疑問，但這其實是固定效應模型使用多個虛擬變數來捕捉各個個體與時間的效應所產生的結果，因此模型解釋力會呈現極高的值，而這是可預期的 (J. M. Wooldridge, 2012)。這些虛擬變數大致上能捕捉模型中的大多數變異，但這不是我們主要關注的問題，而且這是微不足道的 (Trivial)。因此，對於固定效應模型中的 R-Squared，我們不必過度關注，應著重於變數的係數大小及顯著水準的解讀。而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著的。

另外，在 5.2.2 小節中，我們進行了異質性檢定。檢定結果顯示我們應選擇橫斷面異質穩健 (Cross-Sectional Heteroskedasticity-Robust) 的穩健標準誤 (Robust Standard Error) 方法。此外，由於我們的個體數 (N=83) 相較於時間數 (T=4) 來說，其量級較大，所以我們可以容許誤差項存在無限制的序列相關性 (Unrestricted Serial Correlation)，然後利用聚類 (Clustering) 的方法來估計橫斷面的異質穩健標準誤 (J. M. Wooldridge, 2012)。因此，本研究使用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。由於這些原因，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

5.3.2 H1a 假說驗證與討論

模型一之目的為驗證我們的假說 **H1a**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業碳排放強度的影響，並認為採用內部碳定價將可以降低碳排放強度。正式假說內容如下：

H1a：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度

這個假說的基礎建立在過去許多學者的研究結果上，他們認為內部碳定價政策是一個有效的工具，可以幫助企業評估氣候風險、納入碳排放成本、改進企業營運決策，並將碳排放轉化為碳權益。為了驗證這個假說，我們設計並執行了模型一

的研究。

在模型一的研究中，我們運用了固定效應模型來分析縱橫資料，並著重探討各變數對碳排放強度 (LINR) 的影響。模型一的結果顯示，採用內部碳定價政策的企業 (ICP_ONLY)、加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 以及同時採用兩者的企業 (ICP_ETS) 都呈現出負向且顯著的影響，這些都明確指向了我們假說的驗證，即這些政策可以幫助企業降低其碳排放強度。這個結果與 Byrd 等人 (2020) 以及 Zhu 等人 (2022) 的研究發現相吻合，他們都發現企業的內部碳定價政策有助於減少碳排放強度。因此，模型一的結果提供了堅實的證據，證明了我們的假說 **H1a** 的正確性。

總結而言，模型一的結果穩健地支持我們的假說 **H1a**。這些發現不僅證明了我們的假說是正確的，也證明了內部碳定價政策對於企業碳排放強度的改善有著重要的影響。我們的研究成果為政策制定者和企業管理者提供了有力的證據，表明他們應該採用內部碳定價政策，以降低企業的碳排放強度，進而改善環境狀況。此外，我們的研究也填補了過去文獻中的空白，進一步探索了台灣企業碳管理之現況，也提供了對於內部碳定價政策影響力的深入理解，為未來的研究提供了新的視角和思考方向。



5.3.3 模型二之迴歸結果

表 5-10 模型二迴歸結果

模型二 (Y=SCORE)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
LASSET	1.7515	1.3303	0.1892
PROFIT	0.0003	0.0072	0.9626
LINR	0.2922*	0.1503	0.0530
C	-27.1737	23.9489	0.2577
自變數			
ICP_ONLY	0.0535	0.1938	0.7827
ETS_ONLY	-0.1124	0.6653	0.8660
ICP_ETS	2.0073***	0.6292	0.0016
Year fixed effects	Yes		
Cross-Section fixed effects	Yes		
R ²	0.8722		
Adj.R ²	0.8238		
F-statistic	18.0018***		
Sample size n=332			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型二之應變數為碳管理評分 (SCORE)，而由於採用固定效應模型分析縱橫資料，故結果型態與一般橫斷面分析之結果略為不同，但對於變數之探討方式則大略相同，故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對固定效應模型結果之殊異進行詳盡分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型二顯著的控制變數僅有碳排放強度 (LINR)，其變數結果解釋如下：

1. 碳排放強度 (LINR)：迴歸係數為 0.2922，這顯示企業的碳排放強度每增加 1%，其碳管理評分將會提高約 0.2922 分。本研究推論這可能是由於高碳管理評分可能並不代表企業的碳排放量較高，而是代表企業在碳排放



管理和減排策略上有更好的表現。因此，對於碳排放強度較高的企業，他們可能因為更嚴格的碳排放管理或更有效的減排策略，而獲得較高的碳管理評分。

至於控制變數企業規模 (LASSET)、獲利率 (PROFIT) 在此模型中並不顯著，本研究推論這可能是由於他們與碳管理評分 (SCORE) 的關係並不如我們預期的那麼明確，或者可能是由於樣本的特性和我們所控制的其他變數影響了他們的效果。

再來，我們可以發現模型二在 10% 水準下顯著的自變數為同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)，變數解釋如下：

1. 同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)：迴歸係數為 2.0073，這表示企業同時採用內部碳定價並加入碳排放交易系統，其碳管理評分將會提高約 2.0073 分。本研究推論這可能是由於企業採用兩種政策體現了加乘效果，展現出企業積極邁向低碳轉型的決心，表達出認知碳排氣候相關風險的意識；隱喻著企業將採取更多減碳措施或是更徹底地轉向低碳與環保的營運方式，從而使得碳管理評分進一步提高。

至於自變數僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY) 與僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY)，在此模型中並不顯著，這可能是因為僅僅採用兩種政策其中一種並無法展現出企業邁向低碳轉型的決心，或是認知碳排氣候相關風險的意識，所以無法獲得較高的碳管理評分。

最後，我們對縱橫資料和固定效應模型的一般結果進行敘述分析。如模型一之說明，我們在模型結果中明確標註出個體固定效應 (Cross-Section Fixed Effects) 以及時間固定效應 (Year Fixed Effects) 都已被控制。

再者，雖然模型二的 R-Squared 高達 0.8722，表示模型能解釋應變數 87.22% 的變異，但如同我們於模型一所說明的，這其實是固定效應模型使用多個虛擬變數來捕捉各個個體與時間的效應所產生的結果，因此模型解釋力會呈現極高的值，這

是可預期的 (J. M. Wooldridge, 2012)。對於固定效應模型中的 R-Squared，我們不必過度關注，應著重於變數的係數大小及顯著水準的解讀。而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著的。

另外，模型二也和模型一相同，都使用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。是故，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

5.3.4 H1b 假說驗證

模型二之目的為驗證我們的假說 **H1b**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業碳管理評分的影響，並認為採用內部碳定價將可以提高碳管理評分。正式假說內容如下：

H1b：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分

這個假說的基礎建立在過去學者的研究結果上，他們認為內部碳定價政策是一個有效的工具，可以幫助企業評估氣候風險、納入碳排放成本、增進能源使用效率、建立內部減碳文化，還有助於低碳轉型和未來投資決策。為了驗證這個假說，我們設計並執行了模型二的研究。

在模型二的研究中，我們使用固定效應模型來分析縱橫資料，並著重探討各變數對碳管理評分 (SCORE) 的影響。模型二的結果顯示，同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業 (ICP_ETS) 對碳管理評分有正向且顯著的影響，這些結果都明確導向了我們假說的驗證，即這些政策可以幫助企業提升其碳管理評分。此外，這個結果與 Kuo 與 Chang (2021) 的發現相吻合，他們的研究發現企業的內部碳定價政策有助於提升碳管理評分。因此，模型二的結果提供了堅實的證據，驗證了我們的假說 **H1b**。

藉由模型二的結果，我們可以確信我們的假說 **H1b** 得到了支持。無論是現有



的碳管理評分，或是碳管理評分的變動，內部碳定價政策都能夠產生顯著的正向影響。我們的研究結果證實了內部碳定價政策可以作為一種有效的碳管理工具，它能夠企業合理估計碳排成本、增進能源使用效率、建立內部減碳文化，進而提升其碳管理評分。

本研究的結果不僅驗證了我們的假說，更加深了我們對內部碳定價政策對企業碳管理評分影響的理解，希望此結果能為企業實施有效的碳管理政策，以及未來相關研究提供重要的參考。

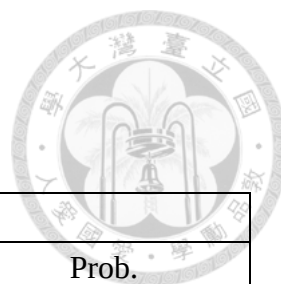


5.4 假說二驗證與討論

本節將討論使用計量統計軟體 (Eviews 8) 運算模型三和模型四之迴歸公式結果。本研究於假說二提出兩個次假說 **H2a**、**H2b**，應變數分別為碳排放強度 (LINR) 和碳管理評分 (SCORE)。**H2a** 係由模型三進行實證，**H2b** 係由模型四進行實證。

本研究對各個假說之設定乃是其虛無假說 (Null Hypotheses) 為自變數對於應變數無統計上顯著影響關係，而因模型三、四之資料樣本數僅有 29 筆，屬於小樣本之實證迴歸模型，故放寬假說檢驗標準，設定 p-value 須小於 0.15 (15%) 方可積極拒絕虛無假說，其自變數之迴歸係數則可用以論證與參考，如 p-value 並未小於 0.15 則無法拒絕虛無假說，本研究以此邏輯使用實證數據驗證提出之假說。另外，本研究於假說一之統計檢定設定為雙邊檢定 (Two-tailed Test) 較於單邊檢定 (One-tailed Test) 有更高的顯著水準要求，但於模型三之結果討論時，我們有並列呈現自變數以單邊檢定驗證之結果，提供了關於變數實證結果的更多資訊。

本節分為三個小節：模型三之迴歸運算結果於 5.4.1 小節討論；模型四之迴歸運算結果於 5.4.2 小節討論；並於 5.4.3 小節進行 **H2a** 與 **H2b** 之假說驗證。



5.4.1 模型三之迴歸結果

表 5-11 模型三迴歸結果

模型三 (Y=LINR)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
ICP_ETS	0.1206	0.7342	0.8708
LASSET	-0.8124***	0.2315	0.0018
PROFIT	0.0217	0.0362	0.5537
C	10.74402***	4.4882	0.0248
自變數			
ICP_PRICE	-0.0150 ⁺⁺	0.0109	0.0905
R ²	0.3769		
Adj.R ²	0.2730		
F-statistic	3.6288**		
Sample size n=29			
# : Hetero-Robust (White)			
*:p<0.15 ; **:p<0.10 ; ***:p<0.05 (two-tailed)			
⁺⁺ :p<0.10 (one-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型三之應變數為碳排放強度 (LINR)，而資料集係屬於橫斷面資料，將以普通最小二乘法 (Ordinary Least Squares, OLS) 進行複迴歸運算分析。一開始我們會先從變數結果解釋開始，於最後再針對模型一般性結果進行分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型三在 15%水準下顯著的控制變數為企業規模 (LASSET)，以下推論變數之解釋：

1. 企業規模 (LASSET)：迴歸係數為-0.8124，這顯示企業的規模每增加 1%，其碳排放強度將會下降約 0.8124%。本研究推論這可能是由於企業規模較大之企業將越有規模化降低生產成本之效果，故擁有較小的碳排放強度。

至於獲利率 (PROFIT) 在此模型中並不顯著，本研究推論這可能是由於他與碳排放強度 (LINR) 的關係並不如我們預期的那麼明確。

再來，我們可以發現模型三自變數——內部碳定價格 (ICP_PRICE) ——在單尾

10%水準下是顯著的，變數解釋如下：

1. 內部碳定價格 (ICP_PRICE)：迴歸係數為-0.0150，這顯示企業的內部碳定價格每增加 1 美元，其碳排放強度將會下降約 0.0150%。本研究推論這可能是由於較高的內部碳價格能更好地將減碳意識傳遞至整體企業之中，使得各部門皆有誘因積極減碳，從而降低碳排放強度。

此外，ICP_PRICE 之樣本標準差為 30.16 元，顯示若企業增加自身碳價格一個標準差的話，碳排放強度將會有 $e^{-0.0150 \times 30.16} - 1 = -0.3639$ 的變化，也就是會下降 36.39%。值得注意的是，ICP_PRICE 之樣本中位數為 50.00 元，加上一個標準差則為 80 元左右，而 2023 年迄今歐盟碳交易機制 (EU ETS) 之每噸碳價格約為 85~95 美元之間，此價格與我們所計算的 80 元相去不遠，顯示台灣企業如果將內部碳定價格設定為歐盟之碳交易價格，也就是普遍而言較現狀增加一個標準差，則其碳排放強度將下降 36.39%，這對台灣企業傳遞了一個非常重要的資訊，也是本研究一個令人振奮的發現。

另外，此變數的 p-value 是以單尾檢定之，數值大小為 0.0905，而即使採雙尾檢定，使 p-value 變為兩倍之 0.1810，亦無須積極拒絕其顯著性，此乃因我們於模型三的樣本數僅有 29 筆，屬於小樣本之迴歸分析，模型變數顯著邊界 p-value 值可以設定為 0.15，與 0.1810 亦相去不遠，故在以單尾、雙尾檢定檢視之後，我們接受此變數於統計上是顯著的，即內部碳定價格變化對模型存在著顯著影響。

最後，我們對模型三的一般性結果進行敘述分析。模型三的 R-Squared 為 0.3769，表示模型能解釋應變數 37.69% 的變異，而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著的。此外，在異質穩健標準誤方法的部分，我們直接採用 White 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。而我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。



5.4.2 模型四之迴歸結果

表 5-12 模型四迴歸結果

模型四 (Y=SCORE)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
ICP_ETS	-0.7279	1.0587	0.4986
LASSET	0.7148**	0.3849	0.0762
PROFIT	0.0506	0.0352	0.1643
LINR	0.4237**	0.2221	0.0689
C	-7.7871	7.1690	0.2886
自變數			
ICP_PRICE	0.0237**	0.0135	0.0910
R ²	0.4199		
Adj.R ²	0.2938		
F-statistic	3.3300***		
Sample size n=29			
# : Hetero-Robust (White)			
*:p<0.15 ; **:p<0.10 ; ***:p<0.05 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型四之應變數為碳管理評分 (SCORE)，而資料集係屬於橫斷面資料，將以普通最小二乘法 (OLS) 進行複迴歸運算分析。一開始我們會先從變數結果解釋開始，於最後再針對模型一般性結果進行分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型四在 15%水準下顯著的控制變數為企業規模 (LASSET) 和碳排放強度 (LINR)，以下推論變數之解釋：

1. 企業規模 (LASSET)：迴歸係數為 0.7148，這顯示企業的規模每增加 1%，其碳管理評分將會提高約 0.7148 分。本研究推論這可能是由於規模較大的企業會受到更嚴格的關於碳管理的政府監管或社會輿論壓力，故較積極採取碳管理措施，也因此獲得較高之碳管理評分。
2. 碳排放強度 (LINR)：迴歸係數為 0.4198，這顯示企業的碳排放強度每增加 1%，其碳管理評分將會提高約 0.4198 分。本研究推論這可能是由於碳排放強度較高的企業可能因為更嚴格的碳排放管理或更有效的減排策



略，而獲得較高的碳管理評分。

再來，我們可以發現模型四自變數——內部碳定價格 (ICP_PRICE)——在 10%水準下是顯著的，變數解釋如下：

1. 內部碳定價格 (ICP_PRICE)：迴歸係數為 0.0237，這顯示企業的內部碳定價格每增加 1 美元，其碳管理評分將會提高約 0.0237 分。本研究推論這可能是由於較高的內部碳價格能更好地將減碳意識傳遞至整體企業之中，使得各部門皆有誘因積極減碳，從而提高碳管理評分。

最後，我們對模型四的一般性結果進行敘述分析。模型四的 R-Squared 為 0.4199，表示模型能解釋應變數 41.99% 的變異，而 F 檢定的 p 值約為 1%，顯示模型的整體效果是顯著的。此外，在異質穩健標準誤方法的部分，我們直接採用 White 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。而我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

5.4.3 H2a、H2b 之假說驗證

模型三和模型四之目的皆為驗證我們的假說 **H2**，該假說聚焦於內部碳定價格對企業碳排放強度的影響，並認為更高的內部碳定價將可以改善碳管理績效。正式假說內容如下：

H2：內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理績效

而我們認為企業的碳管理績效可以用碳排放強度與碳管理評分進行衡量，故將假說二 (**H2**) 分為兩個次假說 **H2a**、**H2b**，分別以模型三與模型四進行驗證分析，以下進行詳細說明。

模型三之目的為驗證我們的假說 **H2a**，該假說聚焦於內部碳定價格對企業碳排放強度的影響，並認為更高的內部碳定價將可以降低碳排放強度。正式假說內容如下：



H2a：內部碳定價越高之企業越能改善碳排放強度

依據模型三的結果，我們可以看出，內部碳價格 (ICP_PRICE) 在 10% 的顯著水準下對碳排放強度 (LINR) 有顯著的負向影響，數據表示當企業的內部碳價格每增加 1 美元，其碳排放強度將降低約 0.0150%。實證結果與我們的理論預期相符，支持了我們的假說 H2a。

而模型四之目的為驗證我們的假說 H2b，該假說聚焦於內部碳定價對企業碳管理評分的影响，並認為更高的內部碳定價將可以提高碳管理評分。正式假說內容如下：

H2b：內部碳定價越高之企業越能改善碳管理評分

依據模型四的結果，我們可以看出，內部碳價格 (ICP_PRICE) 在 10% 的顯著水準下對碳排放強度 (LINR) 有顯著的正向影響，數據表示當企業的內部碳價格每增加 1 美元，其碳管理評分將提高約 0.0237。實證結果與我們的理論預期相符，支持了我們的假說 H2b。

從前述探討，我們可以發現兩個次假說 H2a、H2b 都獲得了實證結果支持。而對實證結果進行解釋，本研究認為這主要是因為內部碳價格可以視為企業自身對碳排放的內部定價機制，而較高的內部碳價格等於是給予公司內部管理階層與員工們一個明確的訊息，也就是碳排放對企業有實際可量化的成本影響，而成本越高將越能鼓勵企業內部採取行動來降低碳排放，以減少碳排放帶來的成本，從而降低碳排放強度與提高碳管理評分。

此外，在本研究中我們採用了與文獻不同的研究視角。先前的文獻研究多聚焦於不同層面因素對內部碳價格的影響。例如，Bento 與 Gianfrate (2020) 的研究指出，公司的內部碳價格會受到制度、環境、產業特徵和公司治理等因素的影響，而 Trinks 等人 (2022) 的研究則發現，規模較大、碳排放量較高的企業，以及資本密集的企業更傾向於使用較高的內部碳價格。然而，本研究以文獻所未關注到的視角切入，我們認為，只有瞭解了企業內部碳價格的影響，才能更全面地理解它對企

業的價值與意義。因此，本研究將視角由"因素如何影響企業的內部碳價格"轉變為"不同的內部碳價格如何影響企業的碳管理績效"，特別是企業的碳排放強度和碳管理評分。

過去的研究往往只專注於內部碳價格的影響因素，而忽略了內部碳價格對企業碳管理績效的具體影響，而本研究填補了這個缺口，我們的研究結果將有助於企業和政策制定者更好地理解內部碳價格的價值，並能更有效地利用內部碳價格來改善企業的碳管理績效。而從研究角度來說，我們不僅提供了新的研究視角，也為未來的研究者提供了新的啟發。

而回到假說驗證的部分，從前述探討，我們可以發現兩個次假說 **H2a**、**H2b** 都獲得了實證結果支持，進而支持了本研究之假說 **H2**，為假說 **H2** 提供了嚴謹而穩健的實證結果與驗證。總結來說，我們的研究結果支持了我們的假說 **H2**，即內部碳定價越高的企業確實能夠更有效地改善碳管理績效。這樣的結果不僅提供了內部碳價格對企業碳管理績效影響的實證證據，也為企業如何透過設定內部碳價格來改善其碳管理績效提供了實用的指引。



5.5 假說三驗證與討論

本節將討論使用計量統計軟體 (Eviews 8) 運算模型五之迴歸公式結果。本研究於假說三 (H3) 之應變數為企業財務績效，並以資產報酬率 (ROA) 衡量之，而 H3 係由模型五進行實證。

本研究對各個假說之設定乃是其虛無假說 (Null Hypotheses) 為自變數對於應變數無統計上顯著影響關係，並根據本研究之樣本設定 p-value 須小於 0.1 (10%) 方可積極拒絕虛無假說，其自變數之迴歸係數則可用以論證與參考，如 p-value 並未小於 0.1 則無法拒絕虛無假說，本研究以此邏輯使用實證數據驗證提出之假說。另外，本研究於假說三之統計檢定設定為雙邊檢定 (Two-tailed Test) 較於單邊檢定 (One-tailed Test) 有更高的顯著水準要求。

本節分為二個小節：模型五之迴歸運算結果於 5.5.1 小節討論；並於 5.5.2 小節進行 H3 假說驗證。



5.5.1 模型五之迴歸結果

表 5-13 模型五迴歸結果

模型五 (Y=ROA)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
LASSET	5.0630	3.7753	0.1812
LEVERAGE	-0.1557*	0.0869	0.0746
PROFIT	0.3140***	0.0411	0.0000
C	-83.3965	66.5966	0.2117
自變數			
ICP_ONLY	-0.3537**	0.1641	0.0321
ETS_ONLY	1.5713***	0.2131	0.0000
ICP_ETS	1.1736**	0.4709	0.0134
Year fixed effects	Yes		
Cross-Section fixed effects	Yes		
R ²	0.8532		
Adj.R ²	0.7976		
F-statistic	15.3322***		
Sample size n=332			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型五的應變數為企業的資產報酬率 (ROA)。此外，模型五也使用固定效應模型進行縱橫資料分析，所以變數探討方式也大致相同。故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對固定效應模型結果之殊異進行詳盡分析。

在模型五的結果中，我們看到在 10%的信心水準下顯著的控制變數有負債比率 (LEVERAGE) 和獲利率 (PROFIT)。以下為對各變數的推論：

1. 負債比率 (LEVERAGE)：迴歸係數為 -0.1557，這顯示企業的負債比率每增加 1 單位，其資產報酬率將會下降約 0.1557 單位。本研究推論這可能是由於高負債比率可能代表著企業承擔更高的財務風險，從而影響到

企業的投資和經營決策，進一步影響其資產報酬率。

2. 獲利率 (PROFIT)：迴歸係數為 0.3140，顯示企業的獲利率每增加 1 單位，其資產報酬率將會提升約 0.3140 單位。本研究推論這可能是由於獲利率的提高本身就表示企業在創造更多的利潤，自然會帶動資產報酬率的提升。

再來，在自變數部分，模型五在 10%水準下顯著的變數包括只採用內部碳價 (ICP_ONLY) 的企業，只加入碳排放交易系統 (ETS_ONLY) 的企業，以及同時採用內部碳價並加入碳排放交易系統 (ICP_ETS) 的企業。以下為對各變數的推論：

1. 只採用內部碳價的企業 (ICP_ONLY)：迴歸係數為-0.3537，這表示當企業只採用內部碳價 (ICP) 時，其資產報酬率將會比其他企業下降 0.3537 單位。本研究推論這可能是由於這些企業可能需要投入額外的資源以實施內部碳定價，或是新購置能源效率較好之設備，這些投入可能在短期內壓抑其獲利，從而降低資產報酬率；不過這些投資之財務成效就長期而言應為正面的，惟本研究之時間尺度僅有四年，且企業採用內部碳定價多為近來一、二年之情事，無法在我們的資料中呈現完整的時間變化趨勢，故實證結果與我們預期的相異。

此外，企業最初採用 ICP 可能需要支付實施和應用成本，這可能進一步降低 ROA；而且，顧客對 ICP 並不熟悉，所以企業採用 ICP 可能難以向顧客宣傳其優點，使其更願意多購買企業產品進而提升 ROA。

最後，財務實證研究中的因果關係有時是十分複雜且難以判斷的，即使我們設定的自變數與應變數之關係在統計學及數學上是顯著的，也不代表其在計量經濟學上是真正的因果推論關係，意即，我們設定的自變數和應變數之間其實可能因果關係是相反的，又或是雙方關係是互相作用的，無法直觀解釋兩者之相應變異。

2. 只加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY)：迴歸係數為 1.5713，這顯



示只加入碳排放交易系統的企業，其資產報酬率會提升 1.5713 單位。本研究推論這可能是由於企業透過參與碳排放交易系統，將能達到碳排放法規的成本轉嫁至市場上，也就是其邊際減排成本高於碳權購買成本，故加入碳交易系統反而能降低其碳管理成本，從而提高其資產報酬率。

此外，對顧客而言，其對 ETS 可能相較對 ICP 來說更為熟悉，所以企業採用 ETS 可能可以向顧客宣傳其正面 ESG 信號，使顧客更願意多購買企業產品進而提升 ROA。

3. 同時採用內部碳價並加入碳排放交易系統的企業 (ICP_ETS)：迴歸係數為 1.1736，這表示企業同時採用內部碳價並加入碳排放交易系統，其資產報酬率會提升 1.1736 單位。本研究推論這可能是由於透過同時實施內部碳價和加入碳排放交易系統，企業能更有效地管理其碳排放，降低其對法規遵循的成本，並同時提升其對碳排放的控制，進而提升其資產報酬率。此外，由迴歸係數大小可發現其比 ETS_ONLY 較低，且幅度與 ICP_ONLY 相去不遠。這可能是由於 ICP_ETS 綜合了 ICP_ONLY 和 ETS_ONLY 的效果，也就是企業最初採用 ICP 可能需要支付實施和應用成本，因而降低 ROA。但與此同時，企業採用 ETS 可能可以向顧客宣傳其正面 ESG 信號，使顧客更願意多購買企業產品進而提升 ROA。

最後，我們對縱橫資料和固定效應模型的一般結果進行敘述分析。如模型一之說明，我們在模型結果中明確標註出個體固定效應 (Cross-Section Fixed Effects) 以及時間固定效應 (Year Fixed Effects) 都已被控制。

再者，雖然模型五的 R-Squared 高達 0.8532，表示模型能解釋應變數 85.32% 的變異，但如同我們於模型一所說明的，這其實是固定效應模型使用多個虛擬變數來捕捉各個個體與時間的效應所產生的結果，因此模型解釋力會呈現極高的值，這是可預期的 (J. M. Wooldridge, 2012)。對於固定效應模型中的 R-Squared，我們不必過度關注，應著重於變數的係數大小及顯著水準的解讀。而 F 檢定的 p 值接近



於零，顯示模型的整體效果是顯著的。

另外，模型五也和模型一相同，都使用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。是故，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

5.5.2 H3 假說驗證與討論

模型五之目的為驗證我們的假說 **H3**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業財務績效的影響，並認為採用內部碳定價將可以提高財務績效。正式假說內容如下：

H3：內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效

這個假說的基礎建立在過去學者的研究結果上，Fujii 等人 (2013) 和 Ma 與 Kuo (2021) 的研究認為，內部碳定價政策有利於識別碳排風險、降低能源成本並抓住綠色投資機會，對企業的財務表現有正面效益。他們認為這樣的政策會提高企業的環境績效，並間接提升銷售報酬率和資本周轉率，進而提高資產回報率。

透過檢視模型五的結果，我們並未發現內部碳定價政策（僅採用內部碳定價的企業，ICP_ONLY）對企業財務績效有顯著正面的影響。

這個結果與先前文獻的結論存在顯著的差異。這有幾種可能的解釋，首先，內部碳定價的採用可能需要一段時間才能體現在企業的財務績效上，而我們的模型可能並未充分捕捉到這樣的時間延遲效應。其次，我們的模型可能有因果推斷的錯判，或者是一些無法觀測或解釋的因素，進而影響了結果的解釋性。

總結來說，雖然我們的研究結果未能支持假設 **H3**，我們仍然認為這是一項重要的發現。這個結果提示我們，僅僅採用內部碳定價可能還不足以提高企業的財務績效，我們可能需要探索更多的方法，例如加強碳排放的管理、提升能源效率等，才能有效提高企業的財務績效。同時，我們也需要進一步的研究來探討為何我們的

結果與先前的文獻存在差異，以進一步提升我們對此議題的理解。



5.6 綜合討論

於前幾節的討論中，我們利用了五個模型來對各個假說進行驗證分析，並分別討論各模型之變數意義與解釋，提供了多元而豐富的資訊。而在此節，我們將會把這些資訊進行進一步的統整與分析，並重申較重要的論點與發現，希望能言簡意賅地說明本研究的種種發現。

首先，在模型一的部分，我們探討了企業內部碳定價採用對碳排放強度的影響。我們的研究結果顯示，僅採用內部碳定價的企業 (ICP_ONLY) 和僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 在模型中都顯示出顯著降低碳排放強度的趨勢，而二者同時採用的企業 (ICP_ETS) 則顯示出降低顯著降低碳排放強度的趨勢。此外，在控制變數的部分，企業規模和獲利率都對碳排放強度有顯著影響。

這個研究結果支持了我們的假說 **H1a：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度**。而且這個結果與 Byrd 等 (2020) 以及 Zhu 等 (2022) 的研究發現相吻合，證明了內部碳定價政策對於企業碳排放強度的改善有著重要的影響。

再者，在模型二的部分，我們探討了企業內部碳定價採用對碳管理評分的影响。我們的研究結果顯示，同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業 (ICP_ETS) 在模型中顯示出顯著增加碳管理評分的趨勢，而僅採用內部碳定價的企業 (ICP_ONLY) 和僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 則不顯著。這顯示企業單獨採用 ICP 或加入 ETS 並無法提升碳評分，惟有二者皆採行方有顯著提升效果。我們認為這是因為 ICP_ETS 乃是代表企業在加入 ETS 後利用 ICP 作為內部管理手段，顯見企業碳管理之積極與意識，故綜合作用之下評分才會顯著提升。

此外，在控制變數的部分，企業規模和獲利率在模型中都不顯著，且僅有碳排放強度顯著。

這個研究結果支持了我們的假說 **H1b：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分**。而且這個結果與 Kuo 與 Chang (2021) 的研究發現相近，證明了內部碳定價政策對於企業碳管理評分的改善有著重要的影響。不過，我們的研究指出，企業需同時加入 ETS 並採用 ICP 才會獲得顯著評分提升。

然後，在模型三和模型四的部分，我們探討了企業內部碳價格對企業碳管理績效——碳排放強度及碳管理評分的影響。我們的研究結果顯示，內部碳價格 (ICP_PRICE) 對碳排放強度有顯著的負向影響，而對碳管理評分 (SCORE) 有顯著的正向影響。

這個研究結果支持了我們的假說 **H2a：內部碳定價價格越高之企業越能改善碳排放強度**，也支持了假說 **H2b：內部碳定價價格越高之企業越能改善碳管理評分**。而這個結果提供了與文獻不同的研究視角。先前的文獻研究多聚焦於不同層面因素對內部碳價格的影響 (Bento & Gianfrate, 2020; Trinks 等, 2022)，忽略了內部碳價格對企業碳管理績效的具體影響。因此，本研究將視角由"因素如何影響企業的內部碳價格"轉變為"不同的內部碳價格如何影響企業的碳管理績效"，而結果也成功驗證了假說，提供了有力的支持。

最後，在模型五的部分，我們探討了企業內部碳定價採用對企業財務績效——資產報酬率 (ROA) 的影響。我們的研究結果顯示，僅採用內部碳定價的企業變動 (ICP_ONLY) 對資產回報率的影響雖為顯著但卻是負向的，這代表即使企業採用了內部碳定價，也無法觀察到企業資產回報率有明顯的提升。與此同時，僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 和同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業 (ICP_ETS) 在模型中顯示出顯著增加 ROA 的趨勢。

我們推論這可能與 ICP 及 ETS 的 ESG 信號有關，因為利害關係人如顧客等相較於 ICP 之下，明顯更認識 ETS，故企業加入 ETS 可能會提升企業 ESG 形象進而吸引更多顧客購買企業產品而提升 ROA。此外，其實 ICP 最初始的目標是幫助企業進行碳管理，而不是增加短期財務報酬，且企業初始採行 ICP 可能需要支付實

施、應用成本，進而與 ROA 呈現負向。

綜上，我們的研究結果無法支持我們的假說 H3：內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效。而且這個結果與先前文獻的結論存在顯著的差異，Ma 與 Kuo (2021)的研究發現企業採用內部碳定價可以顯著提高 ROA1.1%，但我們的研究並未看到這樣的效果，不過，我們仍然認為這是一項重要的發現。這個結果提示我們，僅僅採用內部碳定價可能還不足以提高企業的財務績效，或是我們的研究資料與模型有未知或無法探討的限制，例如 ICP 政策採用的時間延遲效應，或是因果推斷的謬誤等等。

對於本研究所有假說驗證結果，我們將其製表列於下方之表 5-14 假說成立表，以提供對驗證結果之一覽。

表 5-14 假說成立表

假說代號	預期符號	實際符號	假說簡述	驗證結果
H1			內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理績效	支持
H1a	-	-	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度	支持
H1b	+	+	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分	支持
H2			內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理績效	支持
H2a	-	-	內部碳定價格越高之企業越能改善碳排放強度	支持
H2b	+	+	內部碳定價格越高之企業越能改善碳管理評分	支持
H3	+	-	內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效	不支持

第6章 研究結論與建議



6.1 研究結論

本研究之目標為探討內部碳定價 (Internal Carbon Pricing) 作為企業碳管理工具是否能真正改善企業的碳管理績效及財務績效，並以台灣上市櫃企業為研究對象，其中碳管理績效係以碳排放強度和碳管理評分衡量而財務績效係以資產報酬率衡量。

我們先由氣候相關風險、碳定價概況等作為背景說明，還有以企業永續 ESG 發展作為立論基礎，介紹內部碳定價工具的來由、目的、做法等等。再來，我們藉由相關文獻來說明目前對內部碳定價與碳排放強度、碳管理評分、財務績效的研究結果，並表明目前研究有所不足之處，以及臺灣內部碳定價之企業採用與相關研究皆較為匱乏之隱憂，從而延伸出本研究欲解決之問題和欲填補之缺口。

本研究以碳排放強度、碳管理評分和財務績效為應變數，以內部碳定價政策採用及內部碳定價格設定做為自變數，推導出本研究之五個假說及相應的實證模型。再來，我們以臺灣上市櫃企業為研究對象，蒐集其採用內部碳定價之數據為研究資料，研究期間為 2018 到 2021 年，共計有 83 家企業、332 筆資料，並在數據處理後進行實證迴歸。

我們的實證結果顯示，台灣企業採用內部碳定價可以顯著降低碳排放強度及提高碳管理評分，這樣的結果和文獻發現相吻合 (Luo & Tang, 2014; Byrd 等, 2020; Kuo & Chang, 2021; Zhu 等, 2022)，是故我們設定的內部碳定價可以幫助企業改善碳管理績效的假說獲得支持。此外，我們的結果表明，企業設定越高的內部碳定價會顯著造成其碳排放強度降低及碳管理評分提高，可收碳管理績效提升之裨益，也支持了我們設定的內部碳價格越高之企業越能改善碳管理績效之假說。

但是，在另一方面，我們的研究結果顯示企業採用內部碳定價並未顯著對其資產報酬率 (ROA) 做出正面貢獻，這可能跟我們的資料時間長度不足等原因有關。

因此，我們的實證結果並無法支持我們設定的內部碳定價可以幫助企業改善財務績效之假說。

綜上所述，本研究認為目前台灣社會及企業對內部碳定價的認識尚屬匱乏，而我們的研究結果將有助於社會和企業更好地理解內部碳定價的價值，並使企業乃至於個人都可以更積極地利用內部碳定價來改善碳管理績效，且在評估自身狀況後設定有意義之內部碳價格。如此一來，我們可以有效降低碳排放量，也更有面對氣候風險的韌性，打造更低碳永續的友善環境，為我們自己及後人保留一個生生不息的地球。

6.2 研究建議

本研究係針對台灣上市櫃企業採用內部碳定價之情況進行計量實證研究，研究結果支持了我們對於碳排放強度和碳管理評分的相關假說，但由於我們限制了我們的研究目標與範圍，故無法全面地涵蓋到我們所感興趣的議題，僅能對目前之結果進行有限的評論。爰此，本研究提出以下的未來研究建議：

1. 深度分析：雖然我們的研究發現內部碳定價對企業的碳排放強度和碳管理評分有明顯的影響，但後續研究可以進一步探討這種影響的機制。例如，可以進一步探討哪種類型或是哪些行業中的公司更有可能成功使用內部碳定價來降低碳排放強度與提高碳管理評分。
2. 長期效果：儘管我們的研究並未找到內部碳定價對資產報酬率 (ROA) 有顯著的影響，但我們不能排除可能是因為數據時間範圍不足或其他潛在因素的影響。因此，未來的研究可以探討內部碳定價對企業長期財務績效的影響，並進一步研究這種影響的可能解釋與途徑。
3. 政策效果：將內部碳定價與公共政策相結合的可能性也是值得研究的課題。例如，可以研究是否有政策可以提供企業採用內部碳定價之誘因，並



分析這些政策的效果。

4. 其他效益：此外，企業採用內部碳定價可能會有其他潛在的效益，如提高公司的社會責任形象，增加員工的環保意識，或者激發創新。未來的研究可以進一步探討這些可能的效益。
5. 國際比較：最後，未來的研究可以考慮在不同國家或地區間進行比較，以了解文化、經濟和政策環境等因素如何影響內部碳定價的使用和效果。

透過以上建議，我們希冀未來的研究者或政策制定者能針對這些建議進行更深度的瞭解與發現，並在內部碳定價的議題上積極推廣倡議，為學術成果及社會福祉做出有意義的貢獻。

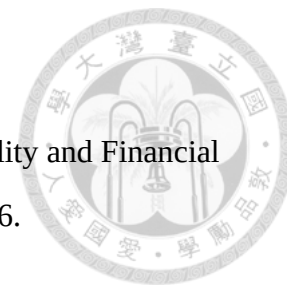
參考文獻



- 曾毓婕, & 羅時芳. (2022). 碳定價：企業可以怎麼做？. *經濟前瞻*, 201, 17–22.
- 陳冠齡. (2020). 企業提升碳聲譽的因素與企業價值之關聯性.
<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/ccd=6lPPGA/record?r1=3&h1=1#XXX>
- 李堅明. (2019). 臺灣碳權交易與碳稅的未來. *會計研究月刊*, 408.
[https://doi.org/10.6650/ARM.201911_\(408\).0016](https://doi.org/10.6650/ARM.201911_(408).0016)
- 李堅明. (2022). COP 26 氣候峰會觀察與全球淨零排放因應. *會計研究月刊*, 435, 84–89. [https://doi.org/10.6650/ARM.202202_\(435\).0013](https://doi.org/10.6650/ARM.202202_(435).0013)
- 楊喻閔, & 李堅明. (2021). 內部碳定價之氣候風險效益評估－以台灣企業為例.
<https://ndltd.ncl.edu.tw/cgi-bin/g32/gswweb.cgi/ccd=euafz5/record?r1=1&h1=1>
- Aichele, R., & Felbermayr, G. (2013). The Effect of the Kyoto Protocol on Carbon Emissions. *Journal of Policy Analysis and Management*, 32(4), 731–757.
- Aldy, J. E., & Gianfranco, G. (2019). Future-Proof Your Climate Strategy. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2019/05/future-proof-your-climate-strategy>
- Aupperle, K. E., Carroll, A. B., & Hatfield, J. D. (1985). An Empirical Examination of the Relationship between Corporate Social Responsibility and Profitability. *Academy of Management Journal*, 28(2), 446–463.
<https://doi.org/10.5465/256210>
- Ben-Amar, W., Gomes, M., Khursheed, H., & Marsat, S. (2022). Climate change exposure and internal carbon pricing adoption. *Business Strategy and the Environment*, 31(7), 2854–2870. <https://doi.org/10.1002/bse.3051>
- Bento, N., & Gianfrate, G. (2020). Determinants of internal carbon pricing. *Energy Policy*, 143, 111499. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111499>
- Berman, S. L., Wicks, A. C., Kotha, S., & Jones, T. M. (1999). Does Stakeholder Orientation Matter? The Relationship Between Stakeholder Management Models and Firm Financial Performance. *Academy of Management Journal*,



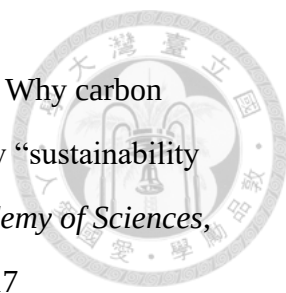
- 42(5), 488–506. <https://doi.org/10.5465/256972>
- Bowen, H. R. (1953). *Social Responsibilities of the Businessman*. University of Iowa Press.
- Byrd, J. W., Cooperman, E. S., & Hickman, K. (2020). *Capital Budgeting and Climate Change: Does Corporate Internal Carbon Pricing Reduce CO2 Emissions* (SSRN Scholarly Paper 3575769). <https://doi.org/10.2139/ssrn.3575769>
- Carroll, A. B. (1991). The pyramid of corporate social responsibility: Toward the moral management of organizational stakeholders. *Business Horizons*, 34(4), 39–48. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(91\)90005-G](https://doi.org/10.1016/0007-6813(91)90005-G)
- CDP. (2017). *How-To Guide To Corporate Internal Carbon Pricing*. CDP. <https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/002/740/original/cpu-2017-how-to-guide-to-internal-carbon-pricing.pdf?1521554897>
- CDP. (2021). *Putting A Price On Carbon*. <https://www.cdp.net/en/research/global-reports/putting-a-price-on-carbon>
- CDP. (2022). *What Is Internal Carbon Pricing And How Can It Help Achieve Your Net-Zero Goal*. https://cdn.cdp.net/cdp-production/cms/reports/documents/000/006/374/original/ICP_White_paper_Final_%281%29.pdf?1653572442
- Chang, K. (2015). The impacts of environmental performance and propensity disclosure on financial performance: Empirical evidence from unbalanced panel data of heavy-pollution industries in China. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 8(1), 21–36. <https://doi.org/10.3926/jiem.1240>
- Chang, V. (2017). *Private firm incentives to adopt internal carbon pricing*.
- Cheng, B., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014). Corporate social responsibility and access to finance. *Strategic Management Journal*, 35(1), 1–23. <https://doi.org/10.1002/smj.2131>
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), 386–405.

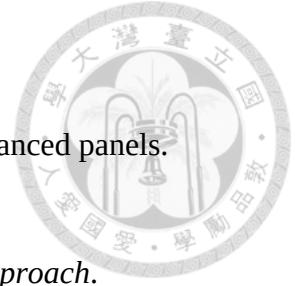


- <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
- Cochran, P. L., & Wood, R. A. (1984). Corporate Social Responsibility and Financial Performance. *Academy of Management Journal*, 27(1), 42–56.
<https://doi.org/10.5465/255956>
- Dhaliwal, D. S., Li, O. Z., Tsang, A., & Yang, Y. G. (2011). Voluntary Nonfinancial Disclosure and the Cost of Equity Capital: The Initiation of Corporate Social Responsibility Reporting. *The Accounting Review*, 86(1), 59–100.
<https://doi.org/10.2308/accr.000000005>
- EEA. (2022). *Total greenhouse gas emission trends and projections in Europe (8th EAP)*. <https://www.eea.europa.eu/ims/total-greenhouse-gas-emission-trends>
- Fombrun, C., & Shanley, M. (1990). What's in a Name? Reputation Building and Corporate Strategy. *Academy of Management Journal*, 33(2), 233–258.
<https://doi.org/10.5465/256324>
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Gregor, L., Hauck, J., Le Quéré, C., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., Alkama, R., ... Zheng, B. (2022). Global Carbon Budget 2022. *Earth System Science Data*, 14(11), 4811–4900. <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>
- Fujii, H., Iwata, K., Kaneko, S., & Managi, S. (2013). Corporate Environmental and Economic Performance of Japanese Manufacturing Firms: Empirical Study for Sustainable Development. *Business Strategy and the Environment*, 22(3), 187–201. <https://doi.org/10.1002/bse.1747>
- Gajjar, C., & Adhia, V. (2018). *Reducing Risk, Addressing Climate Change Through Internal Carbon Pricing: A Primer For Indian Business*.
- Gillingham, K., Carattini, S., & Esty, D. (2017). Lessons from first campus carbon-pricing scheme. *Nature*, 551(7678), Article 7678.
<https://doi.org/10.1038/551027a>
- Gorbach, O. G., Kost, C., & Pickett, C. (2022). Review of internal carbon pricing and

- 
- the development of a decision process for the identification of promising Internal Pricing Methods for an Organisation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 154, 111745. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111745>
- Harpankar, K. (2019). Internal carbon pricing: Rationale, promise and limitations. *Carbon Management*, 10(2), 219–225. <https://doi.org/10.1080/17583004.2019.1577178>
- IPCC. (2014a). *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>
- IPCC. (2014b). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 收入 *EPIC3 Geneva, Switzerland, IPCC*, 151 p., pp. 151, ISBN: 978-92-9169-143-2 (頁 151). IPCC. <https://epic.awi.de/id/eprint/37530/>
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Kuo, L., & Chang, B.-G. (2021). Ambitious corporate climate action: Impacts of science-based target and internal carbon pricing on carbon management reputation-Evidence from Japan. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1830–1840. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.025>
- Lacis, A. A., Schmidt, G. A., Rind, D., & Ruedy, R. A. (2010). Atmospheric CO₂: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature. *Science*, 330(6002), 356–359. <https://doi.org/10.1126/science.1190653>
- Lister, J. (2018). The Policy Role of Corporate Carbon Management: Co-regulating Ecological Effectiveness. *Global Policy*, 9(4), 538–548. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12618>
- Luo, L., & Tang, Q. (2014). Does voluntary carbon disclosure reflect underlying carbon

- performance? *Journal of Contemporary Accounting & Economics*, 10(3), 191–205. <https://doi.org/10.1016/j.jcae.2014.08.003>
- Ma, J., & Kuo, J. (2021). Environmental self-regulation for sustainable development: Can internal carbon pricing enhance financial performance? *Business Strategy and the Environment*, 30(8), 3517–3527. <https://doi.org/10.1002/bse.2817>
- Maamoun, N. (2019). The Kyoto protocol: Empirical evidence of a hidden success. *Journal of Environmental Economics and Management*, 95, 227–256. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2019.04.001>
- Morice, C. P., Kennedy, J. J., Rayner, N. A., Winn, J. P., Hogan, E., Killick, R. E., Dunn, R. J. H., Osborn, T. J., Jones, P. D., & Simpson, I. R. (2021). An Updated Assessment of Near-Surface Temperature Change From 1850: The HadCRUT5 Data Set. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 126(3), e2019JD032361. <https://doi.org/10.1029/2019JD032361>
- NOAA, & US Department of Commerce. (2022). *Global Monitoring Laboratory—Carbon Cycle Greenhouse Gases*. <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/global.html>
- Okafor, A., Adeleye, B. N., & Adusei, M. (2021). Corporate social responsibility and financial performance: Evidence from U.S tech firms. *Journal of Cleaner Production*, 292, 126078. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126078>
- Orlitzky, M., Schmidt, F. L., & Rynes, S. L. (2003). Corporate Social and Financial Performance: A Meta-Analysis. *Organization Studies*, 24(3), 403–441. <https://doi.org/10.1177/0170840603024003910>
- Pigou, A. C. (1920). *The Economics Of Welfare*. Macmillan and Co., London. <http://archive.org/details/dli.bengal.10689.4260>
- Porter, M. (1991). America’ Green Strategy. *Scientific American*. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0491-168>
- Riedel, F., Gorbach, G., & Kost, C. (2021). Barriers to internal carbon pricing in German companies. *Energy Policy*, 159, 112654. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112654>

- 
- Rosenbloom, D., Markard, J., Geels, F., & Fuenfschilling, L. (2020). Why carbon pricing is not sufficient to mitigate climate change—And how “sustainability transition policy” can help. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(16), 8664–8668. <https://doi.org/10.1073/pnas.2004093117>
- Sheehy, B. (2015). Defining CSR: Problems and Solutions. *Journal of Business Ethics*, 131(3), 625–648. <https://doi.org/10.1007/s10551-014-2281-x>
- Stavins, R. N. (2022). The Relative Merits of Carbon Pricing Instruments: Taxes versus Trading. *Review of Environmental Economics and Policy*, 16(1), 62–82. <https://doi.org/10.1086/717773>
- TCFD. (2017, 六月 29). *Recommendations of Task Force on Climate-Related Financial Disclosures*. <https://www.fsb-tcfd.org/recommendations/>
- Trinks, A., Mulder, M., & Scholtens, B. (2022). External carbon costs and internal carbon pricing. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112780. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112780>
- UN. (2004). *Who Cares Wins*. UN. https://www.unepfi.org/fileadmin/events/2004/stocks/who_cares_wins_global_compact_2004.pdf
- UNFCCC. (2022). *Climate Plans Remain Insufficient: More Ambitious Action Needed Now*. <https://unfccc.int/news/climate-plans-remain-insufficient-more-ambitious-action-needed-now>
- UNIDO. (2023). *What is CSR?* <https://www.unido.org/our-focus/advancing-economic-competitiveness/competitive-trade-capacities-and-corporate-responsibility/corporate-social-responsibility-market-integration/what-csr>
- Wagner, M. (2010). The role of corporate sustainability performance for economic performance: A firm-level analysis of moderation effects. *Ecological Economics*, 69(7), 1553–1560. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.02.017>
- WBCSD. (2015). *Emerging Practices in Internal Carbon Pricing | A Practical Guide*. World Business Council for Sustainable Development (WBCSD).



<https://www.wbcsd.org/8hkg>

Wooldridge, J. (2019). Correlated random effects models with unbalanced panels.

Journal of Econometrics, 211(1), 137–150.

Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*.

World Bank. (2023). *State and Trends of Carbon Pricing 2023*.

<https://doi.org/10.1596/39796>

Zhu, B., Xu, C., Wang, P., & Zhang, L. (2022). How does internal carbon pricing affect corporate environmental performance? *Journal of Business Research*, 145, 65–

77. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.02.071>

附錄



假說實證補充——一次差分模型

說明

本研究除了使用**固定效應模型**來實證假說一、三，還採用了一次差分模型**(First Differencing Model, FD)**來實證假說，加強實證結果穩健性。我們希望透過利用理論與目的相同，但對數據處理、問題控制有不同做法的兩種模型，來分別驗證假說。爰此，我們將可以更有效地分析資料，並藉由兩模型相同處與相異處之比較分析，達到對實證結果更精確之理解、更穩健之效果。

FD 模型是透過對縱橫數據中的變量進行差分操作，即計算變量在相鄰時間點的差異量，故我們會損失第一年的資料樣本，而這樣的做法可以消除個體固定效應的影響，並減少與個體特徵相關的內生性干擾，從而更準確地理解模型的因果關係與推論。FD 的優點包括：

- 消除個體固定效應：一次差分模型通過對資料進行差分，消除了個體間的固有差異對分析結果的影響，這使得我們可以更加集中地分析自變量對因變量的影響，而不受個體間固定效應的干擾。
- 減少內生性問題：縱橫資料中常常存在時間不變的個體特徵，這些特徵可能與自變數相關，從而引起內生性問題。一次差分模型通過進行差分，可以減少內生性的影響，提供更可靠的因果推斷。
- 處理共線性問題：當自變數之間存在共線性時，估計模型可能變得不穩定，且參數估計量的解釋力可能不準確。一次差分模型可以減少共線性的問題，提高模型的穩健性。

而除了上述特性，一次差分模型也可以透過加入時期虛擬變數來控制不同時期之間的固定效應。而談到一次差分模型與固定效應模型之異同，其實兩者之主要

目的是相同的，也就是透過處理縱橫資料中個體間不隨時間變化的固定效應（控制或消除），來達到更準確地判斷模型因果關係之效果。所以，由各自優點來判斷，我們可以發現他們都可以處理個體固定效應，並達到減少內生性問題的效果，而這也是我們分別利用兩種模型來驗證假說之原因。



實證模型

實證模型六

模型六之樣態與模型一相似，惟每一項變數之前方都加入「 Δ 」符號以表示此為差異量之意思；除此之外，在模型的尾部我們也將 FE 模型中的個體固定效應參數 μ_i 移除，因為在 FD 模型中它已被差分消除。模型六之表達形式如下：

Δ 碳排放強度 $_{it}$

$$\begin{aligned} &= c + \Delta\delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統 }_{it} \\ &+ \Delta\delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\beta_1 \text{ 企業規模 }_{it} \\ &+ \Delta\beta_2 \text{ 獲利率 }_{it} + \gamma_t + \Delta\epsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型六)

實證模型七

而除了使用固定效應模型來實證假說 **H1b**，本研究還採用了一次差分模型 (First Differencing Model, FD) 來實證假說 **H1b**。

模型七之樣態與模型六相似，惟應變數改為**碳管理評分**，碳管理評分是以 CDP 對各企業回覆其氣候問卷所給予之等第予以量化所得，詳細說明可見於之後的應變數說明環節。模型七之表達形式如下：

Δ 碳管理評分 $_{it}$

$$\begin{aligned} &= c + \Delta\delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統 }_{it} \\ &+ \Delta\delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\beta_1 \text{ 企業規模 }_{it} \\ &+ \Delta\beta_2 \text{ 獲利率 }_{it} + \Delta\beta_3 \text{ 碳排放強度 }_{it} + \gamma_t + \Delta\epsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型七)

實證模型八

而除了使用固定效應模型來實證假說 **H3**，本研究還採用了一次差分模型 (First Differencing Model, FD) 來實證假說 **H3**。

模型八之樣態與模型五相似，惟每一項變數之前方都加入「 Δ 」符號以表示此

為差異量之意思；除此之外，在模型的尾部我們也將 FE 模型中的個體固定效應參數 μ_i 移除，因為在 FD 模型中他已被差分消除。模型八之表達形式如下：

Δ 企業財務績效 $_{it}$

$$\begin{aligned} &= c + \Delta\delta_1 \text{ 僅採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\delta_2 \text{ 僅加入碳交易系統 }_{it} \\ &+ \Delta\delta_3 \text{ 加入碳交易系統並採取內部碳定價政策 }_{it} + \Delta\beta_1 \text{ 企業規模 }_{it} \\ &+ \Delta\beta_2 \text{ 獲利率 }_{it} + \Delta\beta_3 \text{ 負債率 }_{it} + \gamma_t + \Delta\epsilon_{it} \end{aligned}$$

(模型八)



敘述性統計

樣本分析

本研究之樣本係採縱橫資料集 (Panel Data) 進行相關之數據蒐集，樣本的時間縱度為 2018 到 2021 共 4 年，企業數為 83 家，故總共有 332 筆資料。而模型六、七、八因採一次差分模型分析，損失第一年之資料，故總共有 249 筆資料。

本研究於模型一、二、五中所使用之變數如下：碳排放強度 (LINR)、碳管理評分 (SCORE)、企業財務績效 (ROA)、僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY)、僅加入 ETS 之企業 (ETS_ONLY)、同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業 (ICP_ETS)、企業規模 (LASSET)、獲利率 (PROFIT)、負債比率 (LEVERAGE)。本研究於模型六、七、八中所採用之變數則於以上變數多加上「 Δ 」之前綴修飾。

附表一 模型六、七、八變數樣本分析表 (縱橫資料)

變數	樣本數	平均值	中位數	最大值	最小值	標準差	偏度	峰度
應變數								
Δ LINR	249	-0.06	-0.05	0.70	-0.67	0.20	0.17	4.71
Δ SCORE	249	0.70	0.00	7.00	-6.00	1.66	1.37	6.32
Δ ROA	249	0.62	0.09	21.00	-33.51	5.12	-1.56	16.87
自變數								
Δ ICP_ONLY	249	0.06	0.00	1.00	0.00	0.26	2.44	12.76
Δ ETS_ONLY	249	-0.01	0.00	1.00	0.00	0.11	-8.94	81.01
Δ ICP_ETS	249	0.01	0.00	1.00	0.00	0.11	8.94	81.01
控制變數								
Δ LASSET	249	0.10	0.08	1.06	-0.25	0.13	2.25	14.88
Δ PROFIT	249	0.65	0.41	44.69	-144.64	11.14	-8.71	118.59
Δ LEVERAGE	249	1.07	0.41	30.62	-9.57	4.62	1.46	9.85



模型檢定

本節針對計量實證模型的穩健性進行數個檢定，以確保我們模型的適用性與有效性，可分為共線性檢定、異質性檢定和固定效應檢定。

共線性檢定

本研究使用相關係數矩陣 (Correlation Coefficient Matrix) 及計算變異數膨脹因子 (Variance Inflation Factor, VIF) 來檢驗變數間之共線性 (Multicollinearity) 問題。

我們首先利用相關係數矩陣了解各變數之相關性，相關係數反映了兩個變數之間的相關程度，取值範圍在-1 到+1 之間。如果相關係數超過 0.6，表示兩個變數之間存在較高的相關性，需要進一步檢驗它們之間可能存在的共線性問題。

下方附表二呈現了模型六、七、八之相關係數矩陣，而由於變數間相關係數是獨立的，故我們將變數較為相似的模型整理在同一張表，再移除不存在的相關係數組合，使相關係數關係可以更一目了然。

附表二 模型六、七、八相關係數矩陣

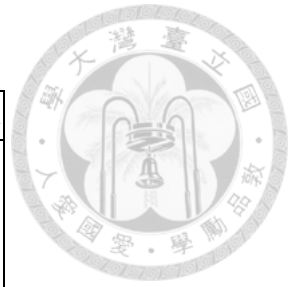
註 1：相關係數超過 0.6 將以紅字標示。

註 2：不存在的相關係數組合將以減號 (-) 標示。

變數	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
1.ΔLINR	1.000								
2.ΔSCORE	-0.081	1.000							
3.ΔROA	-	-	1.000						
4.ΔICP_ONLY	-0.052	0.038	0.012	1.000					
5.ΔETS_ONLY	-0.046	-0.131	0.004	0.024	1.000				
6.ΔICP_ETS	0.016	0.175	0.038	-0.164	-0.663	1.000			
7.ΔLASSET	-0.441	0.054	0.332	-0.021	-0.004	0.023	1.000		
8.ΔPROFIT	-0.309	0.074	0.751	0.017	0.003	0.032	0.253	1.000	
9.ΔLEVERAGE	-	-	-0.085	-0.044	0.025	0.003	0.563	-0.042	1.000

附表三 模型六、七、八之變異數膨脹因子

	模型六	模型七	模型八
ΔICP_ONLY	1.042	1.047	1.043
ΔETS_ONLY	1.800	1.806	1.802
ΔICP_ETS	1.845	1.846	1.846
$\Delta LASSET$	1.044	1.218	1.640
$\Delta PROFIT$	1.047	1.087	1.092
$\Delta LINR$		1.260	
$\Delta LEVERAGE$			1.577



異質性檢定

由於計量模型之誤差項可能為異質變異性 (Heteroskedasticity)，可能與普通最小二乘法 (OLS) 模型使用之同質變異性 (Homoskedasticity) 假設相悖，故須進行檢定以確定是否須選擇異質穩健標準誤估計法 (Hetero-Robust Std. Error Estimation) 來作為係數斜方差計算方法 (Coefficient Covariance Method)，以使估計方得繼續執行。

而由於模型六、七、八係採用縱橫資料集，資料維度為二維資料，故我們須對兩個維度——**橫斷面 (Cross-Section)** 和 **時間 (Period)**——皆進行異質性檢定，我們採用似然比檢定 (Likelihood Ratio Test, LR Test) 作為檢定方式，其虛無假說為誤差項是同質變異性，我們設定拒絕閾值為 0.05 (5%)。

由於模型一、六資料來源相同，故合併呈現，而模型二、七以及模型五、八也進行如此操作。由下方表 5-6 可知本研究模型一、二、五、六、七、八之**橫斷面**皆拒絕誤差項是同質變異性之虛無假說，而**時間**則皆無法拒絕虛無假說。

這樣子的結果與我們的資料型態有關，因為我們的原始資料是 83 家企業 4 個年度之數據，符合個體多時期少之大 N 小 T 特性，而根據 J. M. Wooldridge (2012)，我們可以容許擁有此特性之資料的誤差項存在無限制的序列相關性 (Unrestricted Serial Correlation)，然後利用聚類 (Clustering) 的方法來估計橫斷面的異質穩健標準誤。爰此，本研究使用了 White Cross-Section 方法來作為係數斜方差計算方法，

使標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都考慮異質穩健性，進而提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。

附表四 模型一、二、五、六、七、八之異質性檢定表

類型 (Type)	模型一、六		模型二、七		模型五、八	
	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)	橫斷面 (Cross-Section)	期間 (Period)
似然比 Likelihood Ratio)	397.539	0.243	244.781	0.826	419.919	28.534
機率 (Prob.)	0.000	1.000	0.000	1.000	0.000	1.000



假說一驗證與討論

本節將討論使用計量統計軟體 (Eviews 8) 運算模型六、七之迴歸公式結果。本研究於假說一提出兩個次假說 **H1a**、**H1b**，應變數分別為碳排放強度 (LINR) 和碳管理評分 (SCORE)。**H1a** 係由模型一和模型六進行實證，**H1b** 係由模型二和模型七進行實證。

本研究對各個假說之設定乃是其虛無假說 (Null Hypotheses) 為自變數對於應變數無統計上顯著影響關係，並根據本研究之樣本設定 p-value 須小於 0.1 (10%) 方可積極拒絕虛無假說，其自變數之迴歸係數則可用以論證與參考，如 p-value 並未小於 0.1 則無法拒絕虛無假說，本研究以此邏輯使用實證數據驗證提出之假說一，另外，本研究於假說一之統計檢定設定為雙邊檢定 (Two-tailed Test) 較於單邊檢定 (One-tailed Test) 有更高的顯著水準要求。

模型六之迴歸結果

附表五 模型六迴歸結果

模型六 (Y=ΔLINR)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
ΔLASSET	-0.5362***	0.0635	0.0000
ΔPROFIT	-0.0031**	0.0014	0.0288
C	0.0014	0.0058	0.8064
自變數			
ΔICP_ONLY	-0.0454*	0.0253	0.0738
ΔETS_ONLY	-0.1188***	0.0291	0.0001
ΔICP_ETS	-0.0163	0.0361	0.6515
Year dum.	Yes		
R ²	0.2745		
Adj.R ²	0.2534		
F-statistic	13.0236***		
Sample size n=249			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型六之應變數為碳排放強度的變動 ($\Delta LINR$)，而由於採用一次差分模型分析縱橫資料，故結果型態與一般橫斷面分析之結果略為不同，資料筆數也因差分而損失了一年，從 332 筆變為 249 筆；但對於變數之探討方式則大略相同，故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對一次差分模型結果之殊異進行詳盡分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型六在 10%水準下顯著的控制變數為企業規模 ($\Delta LASSET$) 和獲利率 ($\Delta PROFIT$)，以下推論各變數之解釋：

1. 企業規模變動 ($\Delta LASSET$)：迴歸係數為-0.5362，這顯示當企業規模增長 1%，其碳排放強度將會下降約 0.5362%。這個結果和模型一相似，故我們對其推論與模型一相同。
2. 獲利率變動 ($\Delta PROFIT$)：迴歸係數為-0.0031，這顯示當企業的獲利率增加 1 單位，其碳排放強度將會下降約 0.0031%。這個結果和模型一相似，故我們對其推論與模型一相同。

接下來，我們看到在 10%顯著水準下的自變數為僅採用 ICP 之企業的變動 (ΔICP_ONLY) 和僅加入 ETS 之企業的變動 (ΔETS_ONLY)，以下分別進行詮釋：

1. 僅採用 ICP 之企業變動 (ΔICP_ONLY)：迴歸係數為-0.0454，這表示當企業改變其策略並開始採用 ICP 時，其碳排放強度將會下降 0.0454 單位。這個結果和模型一相似，故我們對其推論與模型一相同。
2. 僅加入 ETS 之企業變動 (ΔETS_ONLY)：迴歸係數為-0.1188，這顯示當企業改變其策略並開始加入 ETS 時，其碳排放強度會下降 0.1188 單位。這個結果和模型一相似，故我們對其推論與模型一相同。

值得注意的是，同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業變動 (ΔICP_ETS) 的迴歸係數為-0.0163，但是這個變數在 10%的顯著水準下不顯著，和模型一之結果相異，所以我們無法根據此模型推測同時加入 ETS 且採用 ICP 的企業的碳排放強度變動情況。

最後，我們對縱橫資料和一次差分模型的一般結果進行敘述分析。本研究於第四章有說明過一次差分模型也可以透過加入時期虛擬變數來控制不同時期之間的固定效應。因此，我們在模型結果中標註加入了年齡虛擬變數。

再者，模型六的 R-Squared 為 0.2745，表示模型能解釋應變數 27.45% 的變異，而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著的。模型六所提供之 R-Squared 是較有參考價值的，因為個體固定效應已被差分消除了，故模型中並不像固定效應模型有大量的個體虛擬變數，模型變數對應變數的解釋與擬合是較為純粹與直接的。此外，雖然解釋力看似不高，但在社會科學研究中，應變數的變化往往是多種可觀測、不可觀測的因素交互影響作用之結果，故模型解釋力普遍較低。如我們所採用之碳管理評分係 CDP 之評分，而其評分方法說明⁷也顯示其評分係考量不同產業、不同目標、不同項目及不同權重所得之綜合得分，不只是受我們模型所設定的區區幾項變數影響而已，故模型解釋力低於 30% 也是十分正常的。

另外，在異質穩健標準誤方法的部分，模型六與模型一相同，因為都存在橫斷面異質性，且符合個體多時期少之大 N 小 T 特性，所以都採用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。由於這些原因，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

模型一、六迴歸結果比較

我們利用了模型一和模型六針對內部碳定價政策採用對企業碳排放強度 (LINR) 的影響進行分析。

首先，模型一是使用固定效應模型分析縱橫資料，並探討了各個變數對碳排放強度 (LINR) 的影響。模型一的結果顯示，在自變數的部分，僅採用內部碳定價的企業 (ICP_ONLY)、僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 以及同時採用

⁷ CDP Climate Change 問卷評分方法 [CDP-climate-change-score-category-weightings.pdf](https://www.cdp.com/en/faq/cdp-climate-change-score-category-weightings.pdf)

內部碳定價和加入碳排放交易系統的企業 (ICP_ETS) 都是負向且顯著的變數，表示採用內部碳定價、加入碳排放交易系統或同時採用這兩種政策的企業，相較沒採用 ICP 與 ETS 的企業而言，可以顯著降低他們的碳排放強度。

此外，在控制變數的部分，企業規模 (LASSET) 是負向且顯著的，獲利率 (PROFIT) 是正向且顯著的，代表我們成功利用控制變數控制了模型中的非主要變異。

根據模型一的結果，我們推斷採用內部碳定價、加入碳排放交易系統或同時採用這兩種政策的企業，都能降低碳排放強度。同時，企業規模越大、獲利率越高，碳排放強度就越低。

接下來，模型六是使用一次差分模型分析縱橫資料，同樣探討了內部碳定價政策對碳排放強度的影響，只是探討的是碳排放強度的變動 ($\Delta LINR$)。模型六的結果顯示，企業規模變動 ($\Delta LASSET$) 和獲利率變動 ($\Delta PROFIT$) 對碳排放強度變動的影響與模型一相似，而僅採用內部碳定價的企業變動 (ΔICP_ONLY) 和僅加入碳排放交易系統的企業變動 (ΔETS_ONLY) 也對碳排放強度變動有顯著影響。然而，值得注意的是，同時採用內部碳定價和加入碳排放交易系統的企業變動 (ΔICP_ETS) 在模型六中並未達到顯著水準。因此，我們無法根據模型六的結果推斷出同時採用這兩種政策的企業的碳排放強度變動情況。

進一步比較模型一和模型六的結果，可以發現僅採用內部碳定價的企業和僅加入碳排放交易系統的企業在兩個模型中都顯示出顯著降低碳排放強度的趨勢，而二者同時採用的企業則僅在模型一中顯示出降低顯著降低碳排放強度的趨勢。此外，兩者在控制變數上具有相似性，企業規模和獲利率在兩個模型中都對碳排放強度有顯著影響，表明這兩個變數的影響是相對穩定且普遍存在的。



假說驗證

模型一和模型六之目的皆為驗證我們的假說 **H1a**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業碳排放強度的影響，並認為採用內部碳定價將可以降低碳排放強度。正式假說內容如下：

H1a：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度

這個假說的基礎建立在過去許多學者的研究結果上，他們認為內部碳定價政策是一個有效的工具，可以幫助企業評估氣候風險、納入碳排放成本、改進企業營運決策，並將碳排放轉化為碳權益。為了驗證這個假說，我們設計並執行了模型一和模型六的研究。

在模型一的研究中，我們運用了固定效應模型來分析縱橫資料，並著重探討各變數對碳排放強度 (LINR) 的影響。模型一的結果顯示，採用內部碳定價政策的企業 (ICP_ONLY)、加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 以及同時採用兩者的企業 (ICP_ETS) 都呈現出負向且顯著的影響，這些都明確指向了我們假說的驗證，即這些政策可以幫助企業降低其碳排放強度。這個結果與 Byrd 等人 (2020) 以及 Zhu 等人 (2022) 的研究發現相吻合，他們都發現企業的內部碳定價政策有助於減少碳排放強度。因此，模型一的結果提供了堅實的證據，證明了我們的假說 **H1a** 的正確性。

模型六則使用一次差分模型來分析縱橫資料，我們主要關注的是內部碳定價政策對碳排放強度變動 (Δ LINR) 的影響。模型六的結果也支援了我們的假說 **H1a**，表明了僅採用內部碳定價政策的企業 (Δ ICP_ONLY)、僅加入碳排放交易系統的企業 (Δ ETS_ONLY) 以及兩者都採用的企業 (Δ ICP_ETS) 的碳排放強度變動都有顯著的降低。這個結果的發現，再一次證明了我們的假說 **H1a** 的適用性，即內部碳定價政策確實可以幫助企業改善碳排放強度。

總結而言，模型一和模型六的結果都穩健地支持我們的假說 **H1a**。這些發現不僅證明了我們的假說是正確的，也證明了內部碳定價政策對於企業碳排放強度的

改善有著重要的影響。我們的研究成果為政策制定者和企業管理者提供了有力的證據，表明他們應該採用內部碳定價政策，以降低企業的碳排放強度，進而改善環境狀況。此外，我們的研究也填補了過去文獻中的空白，進一步探索了台灣企業碳管理之現況，也提供了對於內部碳定價政策影響力的深入理解，為未來的研究提供了新的視角和思考方向。

模型七之迴歸結果

附表六 模型七迴歸結果

模型七 (Y=ΔSCORE)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
ΔLASSET	0.0907	0.4693	0.8469
ΔPROFIT	0.0009	0.0069	0.8950
ΔLINR	0.2086*	0.1140	0.0684
C	0.6515***	0.0270	0.0000
自變數			
ΔICP_ONLY	0.4247***	0.1395	0.0026
ΔETS_ONLY	0.0026	1.0129	0.9979
ΔICP_ETS	2.4395**	1.0882	0.0259
Year dum.	Yes		
R ²	0.1775		
Adj.R ²	0.1501		
F-statistic	6.4746***		
Sample size n=249			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型七之應變數為碳管理評分的變動 (ΔSCORE)，而由於採用一次差分模型分析縱橫資料，故結果型態與一般橫斷面分析之結果略為不同，資料筆數也因差分而損失了一年，從 332 筆變為 249 筆；但對於變數之探討方式則大略相同，故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對一次差分模型結果之殊異進行詳盡分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型七在 10%水準下顯著的控制變數只有碳排放強度的變動 (ΔLINR)，其變數解釋如下：

1. 碳排放強度的變動 (ΔLINR)：迴歸係數為 0.2086，顯示當企業的碳排放強度增加 1%，其碳管理評分將會增加約 0.2086 單位。這個結果和模型二相似，故我們對其推論與模型二相同。

至於控制變數企業規模 (LASSET)、獲利率 (PROFIT) 在此模型中並不顯

著，這個結果和模型二相似，故我們對其推論與模型二相同。

接下來，我們看到在 10%水準下顯著的自變數為在 1%水準下顯著的僅採用 ICP 之企業的變動 ($\Delta\text{ICP_ONLY}$) 以及在 5%水準下顯著的同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業的變動 ($\Delta\text{ICP_ETS}$)，變數解釋如下：

1. 僅採用 ICP 之企業的變動 ($\Delta\text{ICP_ONLY}$)：迴歸係數為 0.4247，這表示當企業改變其策略並開始採用 ICP 時，其碳管理評分將會增加 0.4247 單位。本研究推論這可能是因為這些企業在採取 ICP 後，成功將碳排放外部成本內部化，建立起更加環保、更低碳排放的營運模式，以及採取更積極的減碳措施，從而獲得更高的碳管理評分。
2. 同時加入 ETS 且採用 ICP 之企業的變動 ($\Delta\text{ICP_ETS}$)：迴歸係數為 2.4395，這表示當企業同時改變其策略，開始加入 ETS 且採用 ICP 時，其碳管理評分將會增加 2.4395 單位。這個結果和模型二相似，故我們對其推論與模型二相同。

至於僅加入 ETS 之企業的變動 ($\Delta\text{ETS_ONLY}$) 的迴歸係數為 0.0026，但在 10%的顯著水準下不顯著。這可能表明僅加入 ETS 的策略對企業的碳管理評分的影響可能並不明顯，至少在我們的數據和模型設定中看不出如此變化。

最後，我們對縱橫資料和一次差分模型的一般結果進行敘述分析。本研究於第四章有說明過一次差分模型也可以透過加入時期虛擬變數來控制不同時期之間的固定效應。因此，我們在模型結果中標註加入了年齡虛擬變數。

再者，模型七的 R-Squared 為 0.1775，表示模型能解釋應變數 17.75%的變異，而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著的。模型七所提供之 R-Squared 是較有參考價值的，因為個體固定效應已被差分消除了，故模型中並不像固定效應模型有大量的個體虛擬變數，模型變數對應變數的解釋與擬合是較為純粹與直接的。此外，如同我們於模型六所說明的，雖然解釋力看似不高，但我們所採用之碳管理評分係由 CDP 依據不同產業、不同目標、不同項目及不同權重所給



予之綜合得分，不只是受我們模型所設定的區區幾項變數影響而已，故模型解釋力低於 20%也是十分正常的。

另外，在異質穩健標準誤方法的部分，模型七與模型一相同，因為都存在橫斷面異質性，且符合個體多時期少之大 N 小 T 特性，所以都採用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。由於這些原因，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

模型二、七迴歸結果比較

我們利用了模型二和模型七針對內部碳定價政策採用對企業碳管理評分 (SCORE) 的影響進行分析。

首先，模型二是使用固定效應模型分析縱橫資料，並探討了各個變數對碳管理評分 (SCORE) 的影響。模型二的結果顯示，在自變數的部分，僅有同時採用內部碳定價和加入碳排放交易系統的企業 (ICP_ETS) 是正向且顯著的，表示同時採用這兩種政策的企業，相較沒採用 ICP 與 ETS 的企業而言，可以顯著提升他們的碳管理評分。

此外，在控制變數的部分，僅有碳排放強度 (LINR) 是顯著的，這代表其他控制變數與碳管理評分 (SCORE) 的關係可能並不如我們所預期的那麼明顯。

根據模型二的結果，我們推斷同時採用 ICP 和 ETS 的企業能降低碳排放強度。同時，企業規模越大、獲利率越高，碳排放強度就越低。

接下來，模型七是使用一次差分模型分析縱橫資料，同樣探討了內部碳定價政策對碳管理評分的影響，只是探討的是碳管理評分的變動 (Δ SCORE)。

模型七的結果顯示，在自變數的部分，僅採用內部碳定價的企業變動 (Δ ICP_ONLY) 和同時採用 ICP 和 ETS 的企業變動 (Δ ICP_ETS) 對碳管理評分變動有顯著影響。此外，僅加入 ETS 的企業變動 (Δ ETS_ONLY) 在模型七中並未達到顯著水準。因此，我們無法根據模型七的結果推斷出僅加入 ETS 的企業的碳管



理評分變動情況。

此外，在控制變數的部分，企業規模變動 (ΔLASSET) 和獲利率變動 (ΔPROFIT) 對碳管理評分變動的影響皆不顯著，僅有碳排放強度變動 (ΔLINR) 是顯著的，這代表除此之外的控制變數與碳管理評分 (SCORE) 的關係可能並不如我們所預期的那麼明顯，這樣的結果與模型二相似。

進一步比較模型二和模型七的結果，可以發現同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業在兩個模型中都顯示出顯著增加碳管理評分的趨勢，而僅採用 ICP 的企業則在模型七中顯示出顯著增加碳管理評分的趨勢。

值得注意的是，由模型七的結果我們可以發現，企業無論是否有同時加入 ETS，只要有採用 ICP 就會使他們的碳管理評分提高，這和我們在模型二的發現略有不同，可能是因為採用 ICP 政策之效果在以差分處理後的變化量觀察的情況下才得以較為準確地顯現出來。

此外，兩者在控制變數上具有相似性，企業規模和獲利率在兩個模型中都不顯著，且都僅有碳排放強度顯著，表明兩模型確實擁有類似的擬合與迴歸成果。

假說驗證

模型二和模型七之目的皆為驗證我們的假說 **H1b**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業碳管理評分的影響，並認為採用內部碳定價將可以提高碳管理評分。正式假說內容如下：

H1b：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分

這個假說的基礎建立在過去學者的研究結果上，他們認為內部碳定價政策是一個有效的工具，可以幫助企業評估氣候風險、納入碳排放成本、增進能源使用效率、建立內部減碳文化，還有助於低碳轉型和未來投資決策。為了驗證這個假說，我們設計並執行了模型二和模型七的研究。

在模型二的研究中，我們使用固定效應模型來分析縱橫資料，並著重探討各變



數對碳管理評分 (SCORE) 的影響。模型二的結果顯示，同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業 (ICP_ETS) 對碳管理評分有正向且顯著的影響，這些結果都明確導向了我們假說的驗證，即這些政策可以幫助企業提升其碳管理評分。此外，這個結果與 Kuo 與 Chang (2021) 的發現相吻合，他們的研究發現企業的內部碳定價政策有助於提升碳管理評分。因此，模型二的結果提供了堅實的證據，驗證了我們的假說 **H1b**。

模型七則使用一次差分模型來分析縱橫資料，我們主要關注的是內部碳定價政策對碳管理評分變動 (Δ SCORE) 的影響。模型七的結果也支援了我們的假說 **H1b**，我們發現實施內部碳定價政策的企業，不論是否加入碳交易系統，其碳管理評分的變動量都具有正向且顯著的趨勢。這個結果證實了我們的觀點，即內部碳定價政策可以幫助企業改善其碳管理評分。

綜合模型二和模型七的結果，我們可以確信我們的假說 **H1b** 得到了支持。無論是現有的碳管理評分，或是碳管理評分的變動，內部碳定價政策都能夠產生顯著的正向影響。我們的研究結果證實了內部碳定價政策可以作為一種有效的碳管理工具，它能助企業合理估計碳排成本、增進能源使用效率、建立內部減碳文化，進而提升其碳管理評分。

本研究的結果不僅驗證了我們的假說，更加深了我們對內部碳定價政策對企業碳管理評分影響的理解，希望此結果能為企業實施有效的碳管理政策，以及未來相關研究提供重要的參考。

假說三驗證與討論

模型八之迴歸結果

附表七 模型八迴歸結果

模型八 (Y=ΔROA)			
變數	Coeff.	Std. Error#	Prob.
控制變數			
ΔLASSET	9.6119*	5.2865	0.0703
ΔLEVERAGE	-0.2250**	0.1080	0.0383
ΔPROFIT	0.2972***	0.0276	0.0000
C	-0.3122	0.4489	0.4874
自變數			
ΔICP_ONLY	0.1858	0.3338	0.5783
ΔETS_ONLY	1.7233***	0.2351	0.0000
ΔICP_ETS	1.2881***	0.1899	0.0000
Year dum.	Yes		
R ²	0.6300		
Adj.R ²	0.6177		
F-statistic	51.0894***		
Sample size n=249			
# : Hetero-Robust (White Cross-Section)			
*:p<0.10 ; **:p<0.05 ; ***:p<0.01 (two-tailed)			

首先，先對迴歸結果進行簡單說明，模型八的應變數為資產回報率的變動 (ΔROA)，而由於採用一次差分模型分析縱橫資料，故結果型態與一般橫斷面分析之結果略為不同，資料筆數也因差分而損失了一年，從 332 筆變為 249 筆；但對於變數之探討方式則大略相同，故我們先從變數結果解釋開始，於最後再針對一次差分模型結果之殊異進行詳盡分析。

從以上迴歸結果我們可以發現，模型八在 10%水準下顯著的控制變數有企業規模 (ΔLASSET)，負債比率 (ΔLEVERAGE)，以及獲利率 (ΔPROFIT)。下面我們來解釋這些變數：

1. 企業規模變動 (ΔLASSET)：其迴歸係數為 9.6119，表示當企業規模增長



1%，其資產回報率將增長約 9.612 單位。本研究推論這可能是由於企業規模較大之企業將越有規模化降低生產成本之效果，從而擁有較高的資產回報率。

2. 負債比率變動 ($\Delta\text{LEVERAGE}$)：其迴歸係數為-0.2250，表示當企業的槓桿率增加 1 單位，其資產回報率將下降約 0.2250 單位。這個結果和模型五相似，故我們對其推論與模型五相同。
3. 獲利率變動 (ΔPROFIT)：其迴歸係數為 0.2972，表示當企業的獲利率增加 1 單位，其資產回報率將增加約 0.2972 單位。這個結果和模型五相似，故我們對其推論與模型五相同。

再來，我們可以發現模型八在 10%水準下顯著的自變數為僅加入排放交易制度的企業變動 ($\Delta\text{ETS_ONLY}$)，以及同時採用內部碳定價並加入排放交易制度的企業變動 ($\Delta\text{ICP_ETS}$)。接下來對這些自變數進行解釋：

1. 僅加入排放交易制度的企業變動 ($\Delta\text{ETS_ONLY}$)：其迴歸係數為 1.7233，這表明當企業開始參與排放交易制度時，其資產回報率將增加約 1.7233 單位。這個結果強調了加入排放交易制度對提升企業經濟績效的重要性。這個結果和模型五相似，故我們對其推論與模型五相同。
2. 同時採用內部碳定價並加入排放交易制度的企業變動 ($\Delta\text{ICP_ETS}$)：其迴歸係數為 1.2881，這顯示當企業同時採用內部碳定價並加入排放交易制度時，其資產回報率將增加約 1.2881 單位。這顯示當企業同時採用內部碳定價並加入排放交易制度時，其資產回報率將增加約 1.2881 個單位。這個結果和模型五相似，故我們對其推論與模型五相同。

至於自變數僅採用 ICP 之企業變動 ($\Delta\text{ICP_ONLY}$)，在此模型中並不顯著，而其迴歸係數為 0.1858。表示雖然僅採用內部碳定價的企業的資產回報率有提高的趨勢，但該變動不具有統計顯著性，可能需要更多的資料或進一步的研究才能確定其影響。

最後，我們對縱橫資料和一次差分模型的一般結果進行敘述分析。本研究於第四章有說明過一次差分模型也可以透過加入時期虛擬變數來控制不同時期之間的固定效應。因此，我們在模型結果中標註加入了年齡虛擬變數。

再者，模型八的 R-Squared 為 0.6300，表示模型能解釋應變數 63.00% 的變異，而 F 檢定的 p 值接近於零，顯示模型的整體效果是顯著且具有解釋力的。模型五所提供之 R-Squared 是較有參考價值的，因為個體固定效應已被差分消除了，故模型中並不像固定效應模型有大量的個體虛擬變數，模型變數對應變數的解釋與擬合是較為純粹與直接的。

另外，在異質穩健標準誤方法的部分，模型五與模型一相同，因為都存在橫斷面異質性，且符合個體多時期少之大 N 小 T 特性，所以都採用了 White Cross-Section 方法來提高我們迴歸結果的精確度與可靠性。由於這些原因，我們在實證結果中呈現的標準誤 (Std. Error) 與機率 (Prob.) 都已考慮異質穩健的因素。

模型五、八迴歸結果比較

我們利用了模型五和模型八針對內部碳定價政策採用對企業資產報酬率 (ROA) 的影響進行分析。

首先，模型五是使用固定效應模型分析縱橫資料，並探討了各個變數對資產報酬率 (ROA) 的影響。模型五的結果顯示，在自變數的部分，僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 和同時採用內部碳定價並加入碳排放交易系統的企業 (ICP_ETS) 對資產報酬率都呈現正向且顯著的效果，表明這些企業參與 ETS 可以提高其資產報酬率，這也是一個重要的發現，惟此非本研究原先欲探討之範圍。而僅採用 ICP 之企業 (ICP_ONLY) 對資產報酬率則呈現負向而顯著的效果，這可能是企業需要投入成本以實施內部碳定價，這些投資可能在短期內壓抑其獲利，從而降低資產報酬率。此外，模型五的實證結果皆可能受到資料時間尺度、因果關係推斷以及固定效應模型缺陷等隱憂，故對其結果推論應該謹慎視之。

此外，在控制變數的部分，負債比率 (LEVERAGE) 和獲利率 (PROFIT) 對資產報酬率的影響皆顯著，且方向各為一負一正，而這符合經濟直覺。然而，企業規模 (LASSET) 是不顯著的，這代表其與資產報酬率的關係可能並不如我們所預期的那麼明顯。

接下來，模型八是使用一次差分模型分析縱橫資料，同樣探討了內部碳定價政策對碳管理評分的影响，只是探討的是資產報酬率的變動 (ΔROA)。

模型八的結果顯示，在自變數的部分，僅加入 ETS 的企業變動 (ΔETS_ONLY) 和同時採用 ICP 和 ETS 的企業變動 (ΔICP_ETS) 對資產報酬率變動有正向顯著影響。值得注意的是，僅採用 ICP 之企業變動 (ΔICP_ONLY) 是正向但不顯著的，這和我們在模型五的結果大相逕庭，原因可能和模型七之 ΔICP_ONLY 一樣，是因為採用 ICP 政策之效果在以差分處理後的變化量觀察的情況下才得以較為準確地顯現出來。而這樣的意思是，模型五所觀察到的 ICP_ONLY 和 ROA 之關係，存在著因果誤判、統計上巧合、資料時間尺度差異的可能性，故如我們於結果討論所述明的，對於這樣的結果應該謹慎視之。

此外，在控制變數的部分，企業規模變動 ($\Delta LASSET$)、負債比率變動 ($\Delta LEVERAGE$) 和獲利率變動 ($\Delta PROFIT$) 對資產報酬率變動的影響皆為顯著，代表我們成功利用控制變數控制了模型中的非主要變異。

進一步比較模型五和模型八的結果，可以發現僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 和同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業在兩個模型中都顯示出顯著增加資產報酬率的趨勢，而僅採用 ICP 的企業則在模型五中顯示出顯著降低資產報酬率的趨勢，在模型八中則為正向不顯著的。

此外，兩者在控制變數上具有相似性，負債比率和獲利率在兩個模型中都顯著，而企業規模則在模型五中不顯著，但 p -value 仍有 0.1812，且係數尺度和模型八相似。

假說驗證

模型五和模型八之目的皆為驗證我們的假說 **H3**，該假說聚焦於內部碳定價政策對企業財務績效的影響，並認為採用內部碳定價將可以提高財務績效。正式假說內容如下：

H3：內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效

這個假說的基礎建立在過去學者的研究結果上，Fujii 等人 (2013) 和 Ma & Kuo (2021) 的研究中認為，內部碳定價政策有利於識別碳排風險、降低能源成本並抓住綠色投資機會，對企業的財務表現有正面效益。他們認為這樣的政策會提高企業的環境績效，並間接提升銷售報酬率和資本周轉率，進而提高資產回報率。

透過檢視模型五與模型八的結果，我們並未發現內部碳定價政策（僅採用內部碳定價的企業，ICP_ONLY）對企業財務績效有顯著正面的影響。在模型五中，僅採用內部碳定價的企業變動 (Δ ICP_ONLY) 對資產回報率的影響雖為顯著但卻是負向的。在模型八中，僅採用內部碳定價的企業變動 (Δ ICP_ONLY) 的迴歸係數為 0.1858，但在 10% 的顯著水準下並不顯著。這代表即使企業採用了內部碳定價，我們並無法觀察到企業資產回報率有明顯的提升。

這個結果與先前文獻的結論存在顯著的差異。這有幾種可能的解釋，首先，內部碳定價的採用可能需要一段時間才能體現在企業的財務績效上，而我們的模型可能並未充分捕捉到這樣的時間延遲效應。其次，我們的模型可能有因果推斷的錯判，或者是一些無法觀測或解釋的因素，進而影響了結果的解釋性。

總結來說，雖然我們的研究結果未能支持假設 **H3**，我們仍然認為這是一項重要的發現。這個結果提示我們，僅僅採用內部碳定價可能還不足以提高企業的財務績效，我們可能需要探索更多的方法，例如加強碳排放的管理、提升能源效率等，才能有效提高企業的財務績效。同時，我們也需要進一步的研究來探討為何我們的結果與先前的文獻存在差異，以進一步提升我們對此議題的理解。



綜合討論

綜合本研究之過程，我們利用了總共八個模型來對各個假說進行驗證分析，並分別討論各模型之變數意義與解釋，提供了多元而豐富的資訊。而在此節，我們將會把這些資訊進行進一步的統整與分析，並重申較重要的論點與發現，希望能言簡意賅地說明本研究的種種發現。

首先，在模型一和模型六的部分，我們探討了企業內部碳定價採用對碳排放強度的影響。我們的研究結果顯示，僅採用內部碳定價的企業 (ICP_ONLY) 和僅加入碳排放交易系統的企業 (ETS_ONLY) 在兩個模型中都顯示出顯著降低碳排放強度的趨勢，而二者同時採用的企業 (ICP_ETS) 則僅在模型一中顯示出降低顯著降低碳排放強度的趨勢。此外，兩者在控制變數上具有相似性，企業規模和獲利率在兩個模型中都對碳排放強度有顯著影響。

這個研究結果支持了我們的假說 **H1a：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度**。而且這個結果與 Byrd 等人 (2020) 以及 Zhu 等人 (2022) 的研究發現相吻合，證明了內部碳定價政策對於企業碳排放強度的改善有著重要的影響。

再者，在模型二和模型七的部分，我們探討了企業內部碳定價採用對碳管理評分的影響。我們的研究結果顯示，同時採用 ICP 和加入 ETS 的企業 (ICP_ETS) 在兩個模型中都顯示出顯著增加碳管理評分的趨勢，而僅採用 ICP 的企業 (ICP_ONLY) 則在模型七中顯示出顯著增加碳管理評分的趨勢。此外，兩者在控制變數上具有相似性，企業規模和獲利率在兩個模型中都不顯著，且都僅有碳排放強度顯著。

這個研究結果支持了我們的假說 **H1b：內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分**。而且這個結果與 Kuo 與 Chang (2021) 的研究發現相吻合，證明了內部碳定價政策對於企業碳管理評分的改善有著重要的影響。

然後，在模型三和模型四的部分，我們探討了企業內部碳價格對企業碳管理績

效——碳排放強度及碳管理評分的影响。我们的研究结果显示，内部碳价格 (ICP_PRICE) 对碳排放强度有显著的负向影响，而对碳管理评分 (SCORE) 有显著的正向影响。

这个研究结果支持了我们的假说 **H2a：内部碳定价格越高之企业越能改善碳排放强度**，也支持了假说 **H2b：内部碳定价格越高之企业越能改善碳管理评分**。而这个结果提供了与文献不同的研究视角。先前的文献研究多聚焦于不同层面因素对内部碳价格的影响 (Bento & Gianfrate, 2020; Trinks 等, 2022)，忽略了内部碳价格对企业碳管理绩效的具体影响。因此，本研究将视角由“因素如何影响企业的内部碳价格”转变为“不同的内部碳价格如何影响企业的碳管理绩效”，而结果也成功验证了假说，提供了有力的支持。

最后，在模型五和模型八的部分，我们探讨了企业内部碳定价采用对企业财务绩效——资产报酬率的影响。我们的研究结果显示，我们并未发现内部碳定价政策（仅采用内部碳定价的企业，ICP_ONLY）对企业财务绩效有显著正面的影响。在模型五中，仅采用内部碳定价的企业变动 (Δ ICP_ONLY) 对资产回报率的影響雖為顯著但卻是負向的。在模型八中，仅采用内部碳定价的企业变动 (Δ ICP_ONLY) 的迴歸係數為 0.1858，但在 10% 的顯著水準下並不顯著。這代表即使企业采用了内部碳定价，我们并无法观察到企业资产回报率有明显的提升。

这个研究结果无法支持我们的假说 **H3：内部碳定价政策可以帮助企业改善财务绩效**。而且这个结果与先前文献的结论存在显著的差异，Ma 与 Kuo (2021) 的研究发现企业采用内部碳定价可以显著提高 ROA 1.1%，但我们的研究并未看到这样的效果，不过，我们仍然认为这是一项重要的发现。这个结果提示我们，仅仅采用内部碳定价可能还不足以提高企业的财务绩效，或是我们的研究资料与模型有未知或无法探讨的限制，例如 ICP 政策采用的时间延迟效应，或是因果推断的谬误等等。

对于本研究所有假说验证结果，我们将其制表列于下方之表 5-14 假说成立

表，以提供對驗證結果之一覽。由表可知，我們採用一次差分模型來加強驗證假說的效果是穩健的，對於我們的假說提供了不同觀點的了解以及不同角度的認識，讓我們的研究成果更加地踏實。



附表八 假說成立表

假說代號	預期符號	實際符號	假說簡述	驗證結果
H1			內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理績效	支持
H1a	-	-	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳排放強度	支持
H1b	+	+	內部碳定價政策可以幫助企業改善碳管理評分	支持
H2			內部碳定價價格越高之企業越能改善碳管理績效	支持
H2a	-	-	內部碳定價價格越高之企業越能改善碳排放強度	支持
H2b	+	+	內部碳定價價格越高之企業越能改善碳管理評分	支持
H3	+	無	內部碳定價政策可以幫助企業改善財務績效	不支持