

國立臺灣大學管理學院財務金融研究所

碩士論文

Department of Finance

College of Management

National Taiwan University

Master's Thesis



台灣 50 成分股之淨零碳排放目標投資組合設計

Constructing a Net-Zero Aligned Investment Portfolio

Based on the Taiwan 50 Index Constituents

江淙安

Tsung-An Chiang

指導教授：陳彥行 博士

Advisor: Yang-Shing Chen, Ph.D.

中華民國 114 年 4 月

April 2025

## 摘要

本研究針對臺灣市值前 50 大上市公司，建構符合  $1.5^{\circ}\text{C}$  減碳路徑的低碳投資組合。透過三種方法預測 2024 年企業範疇一與二碳排放，並以非線性規劃模型求解投組權重，在兼顧與台灣 50 報酬指數的追蹤誤差的情況下，實現投組年度減碳 4%目標。本研究發現企業在永續報告書中揭露的減碳路徑最適合作為建議投組時預測該年度碳排量的方式，根據此預測方式所建立的投組在 2024 和 2025 年分別減碳 4%下，追蹤誤差為 4.08%，兼顧業界對於投組績效偏離標準指數的容忍程度與減碳。

關鍵詞：低碳投資、碳排放預測、追蹤誤差、 $1.5^{\circ}\text{C}$  減碳路徑、投組優化

## Abstract

This study focuses on the top 50 listed companies by market capitalization in Taiwan, constructing a low-carbon investment portfolio aligned with a 1.5°C decarbonization pathway. Three methods are employed to forecast corporate Scope 1 and Scope 2 carbon emissions for 2024, and a nonlinear programming model is used to determine portfolio weights. This approach achieves an annual portfolio decarbonization target of 4% while managing tracking error relative to the Taiwan 50 Index. The study finds that the decarbonization pathways disclosed in corporate sustainability reports are the most suitable for predicting annual carbon emissions when recommending investment portfolios. Based on this prediction method, the resulting portfolio achieves a 4% decarbonization in both 2024 and 2025, with a tracking error of 4.08%, balancing industry tolerance for performance deviation from the benchmark index with decarbonization goals.

Keywords: Low-carbon investment, Carbon emission forecasting, Tracking error, 1.5°C decarbonization pathway, Portfolio optimization

## 目次



摘要.....	i
Abstract.....	ii
目次.....	iii
圖次.....	iv
表次.....	iv
第一章 緒論.....	1
第二章 研究方法.....	4
2.1 樣本選取和預測方法.....	4
2.2 模型建置.....	7
第三章 實證結果與分析.....	8
3.1 預測方法分析.....	8
3.2 預測投組總碳排方法的回測分析.....	11
第四章 結論.....	13
參考文獻.....	14
附錄.....	26



## 圖次

圖 1 對地球升溫影響 1.5°C 規劃路徑(各情境).....	15
圖 A1 2023 年聯發科永續報告書節錄(以碳排量為減碳目標).....	27
圖 A2 2023 年亞德客-KY 永續報告書節錄(以碳強度為減碳目標).....	27
圖 A3 2023 年上海商銀永續報告書節錄(預計於 2025 年才提出目標).....	27

## 表次

表 1 碳排預測方法說明 .....	16
表 2 不同升溫情境下方法二的減碳路徑.....	17
表 3 方法一預測中各子方法使用的公司數量統計.....	18
表 4 投組總碳排整理.....	19
表 5 TE 結果整理.....	20
表 6 實證結果_假設 2024 年個股碳排與 2023 年相同不變(減 4% 路徑).....	21
表 7 實證結果_使用方法一預估 2024 年個股碳排(減 4% 路徑).....	22
表 8 投組總碳排回測結果.....	23
表 9 方法一回測_低估公司.....	24
表 10 方法一回測_高估公司.....	25

## 第一章 緒論

自 2015 年《巴黎協定》通過後，全球致力將升溫控制在  $2^{\circ}\text{C}$  以內，並盡力限制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  以內。研究顯示，企業碳排放與環境足跡成為投資決策與資產定價的重要因素。Khan, Serafeim and Yoon (2016) 發現，企業在永續會計準則委員會 (SASB) 定義的「重要」永續性議題上的投資能顯著提升未來回報與績效。Bolton and Kacperczyk (2021) 指出，高排放企業的股票報酬較高，顯示投資者已將碳風險納入定價。Krueger, Sautner and Starks (2020) 也發現，機構投資者普遍認同氣候風險的財務重要性，並積極影響企業氣候政策。

除了當前碳排放，企業的減碳計畫及其對財務表現的影響也受到重視。Lee and Kim (2015) 指出，減碳實務可提升成本效率與競爭力，Busch and Hoffmann (2011) 發現碳減排與市場價值(Tobin's q) 正相關，未來減碳將進一步強化財務回報。然而，單靠企業的減排承諾或靜態數據已不足以有效評估未來減碳效益與風險。Dietz, Bowen, Dixon and Gradwell (2016) 估算，若不減排，氣候價值風險預期可達 1.8%，顯示氣候變化可能顯著侵蝕資產價值，將升溫限制在  $2^{\circ}\text{C}$  可降低此風險。準確預測與管理未來碳排放有助於減緩財務衝擊，並為投資者優化去碳化策略提供基礎。

隨著氣候變遷議題受到關注，低碳和 ESG 投資已成為重要議題。Blitz, Chen, Howard and Lohre (2024) 提出，傳統投資方法主要關注回報與風險，隨著可持續性目標的興起，3D 投資方法同時考慮回報、風險與可持續性目標，並證明在減少碳足跡的同時，能維持較低的追蹤誤差(Tracking Error, 簡稱 TE)。Le Guenedal and Roncalli (2022) 發現，全面考慮範疇三碳排放會顯著增加追蹤誤差，指出碳排放全面考量在低碳與 ESG 投資中帶來額外挑戰。

本研究目標建立一個低碳版市值型投組，追蹤標竿指數(台灣 50 報酬指數，簡稱 T50 報酬指數)，成分股採特定時間點收盤的市值前 50 大公司。由於市場上逐步出現將低碳概念融入市值型投資組合的產品，這些投資策略不僅能有效降低碳排放風險，還能符合永續發展的全球趨勢。低碳市值型投組透過選擇市值較

大的公司，並加以篩選出碳排放強度較低的企業，旨在建立一個既具市場代表性又能促進低碳轉型的投資組合。許多全球指數供應商，如 MSCI、S&P 與 FTSE 等，已推出低碳加權指數，並且許多 ETF 也開始追蹤這些指數，提供投資人以低碳策略為基礎的投資選擇。例如，iShares MSCI ACWI 低碳目標 ETF，便是結合了市值加權與低碳篩選機制的典範，這些產品不僅能夠降低碳風險，還能實現與母指數相似的市場表現。

因此，本研究選擇台灣經典市值型指數 T50 報酬指數為主要策略，為投資人提供符合永續發展投資的選擇。本研究參考 Andersson, Bolton and Samama (2016)的低追蹤誤差減碳投組理念，使用 T50 報酬指數 50 家成分股，透過調整 50 家公司的投組權重，達到減量投組總碳排(各家成分股碳排量乘以各家成分股佔整體投組比例後加總)至一定比例，將投組總碳排控制在符合  $1.5^{\circ}\text{C}$  升溫情境的減碳路徑之內，使投組符合全球減碳趨勢，並極小化與標準指數 T50 報酬指數的 TE。Andersson, Bolton and Samama (2016)提出了一種動態投資策略，旨在幫助長期被動投資者對沖氣候風險。他們以 MSCI 歐洲指數(MSCI Europe Index)為主要實證對象，通過模擬構建減碳指數，展示在大幅減少碳足跡(如近 100%)時 TE 可能升至 3.5%，並進一步分析將 TE 降至 1.2%如何降低財務風險。他們強調此策略提供了一個碳的免費選擇權(free option on carbon)<sup>1</sup>。Bolton, Kacperczyk and Samama (2022)基於 IPCC 268.5 吉噸(Gigaton)碳預算，模擬全球投組至 2050 年淨零，假設企業排放不變，用範疇 1、2 及上游範疇 3 數據，以 MSCI 歐洲為例，初期減碳 25%後每年減 8%，TE 從 0.08%升至 1.3%，設行業偏差約束( $\pm 2\%$ )。本研究延續此理念，針對台灣股市，設兩階段減碳策略並動態調權重，加入總權重為 1 及碳排約束，確保市場代表性與環境責任。相較於(Le Guenedal, Lombard, Roncalli and Sekine, 2022)中通過歷史排放軌跡驗證企業減碳目標與淨零情境的一致性，本研究直接採用企業永續報告書中的減碳目標作為

<sup>1</sup> 碳的免費選擇權指該策略在碳排放限制尚未實施時保持與基準指數一致的表現，然而在碳風險被市場定價時超越基準指數。

預測基礎進行計算。具體而言，本研究開發三種方法，基於企業設定的減碳承諾，通過線性推估或其他方法預測 2024 年範疇一、二碳排放，強調企業主動目標的直接應用；而(Le Guenadal, Lombard, Roncalli and Sekine, 2022)則利用長期歷史數據分析企業目標的可信度與實現路徑，旨在評估其與淨零標準的對齊程度。Kalesnik, Wilkens and Zink (2020)研究顯示，第三方估計數據則準確性低，難以支持精確預測；他們建議監管機構推行強制報告與審計以提升數據品質。本研究認同數據品質對預測的重要性，優先採用權威核證數據，避開低品質估計數據，以確保預測可靠性，因此本研究在預測數據上選擇企業永續報告書與外部權威機構的核證資料，以提升預測的準確性與適用性。

本研究發現，在 2024 和 2025 年各減碳 4%的路徑下，使預測方法一之預測值達到減碳目標，追蹤誤差為 4.08%，兼顧業界標準與減碳，相較 Andersson, Bolton and Samama (2016)在減碳 50%–90%下仍維持低追蹤誤差 TE(0.5%–1.2%)的結果，本研究的 TE 顯著高於其結果，可能的原因是 T50 報酬指數股票檔數僅 50 檔(MSCI 歐洲指數大約有 400 檔)，同時台積電權重極大，將近投組一半，且碳排總量又為市值前 50 大的第三名，因此對台積電的微幅調整，會大幅增加投組的 TE；本研究於台灣市場應用中，同時設定初期減碳目標減 4%下，實現投組成分股權重穩定，調整幅度多在  $\pm 0.5\%$  以內，本研究發現，後期需大幅調高減量比例，才能夠實現地球升溫在 2050 年控制在  $1.5^{\circ}\text{C}$  之內，TE 將進一步增加。

本研究主要有兩個研究貢獻：首先，手動整合企業減排承諾與減碳路徑，透過整理各家公司永續報告書中所提目標，填補現有文獻在未來碳排預測上的不足；其次，本研究發現以方法一來估算，取得一個較為保守的預估，同時根據回測結果，驗證方法一的準確性，為實務提供可行性框架。

在政策與管理意涵方面，第一，本研究為台灣金融市場提供低碳投資參考，建議監管機構鼓勵企業提升碳排數據品質，特別針對潛在數據錯誤；第二，本研究根據實證結果，2024 年減碳後 TE 已到業界可接受範圍上限，若要符合升溫僅  $1.5^{\circ}\text{C}$  目標，2025 年至 2030 年，每年須減約 12% 的碳才能達標，投資人恐承受

超出業界可接受範圍之 TE，因此不建議金融業推出與台灣 50 相同成分股下的低碳投資產品給予一般投資人。



## 第二章 研究方法

### 2.1 樣本選取和預測方法

本研究以 2024 年 9 月第一周禮拜五收盤時，上市前 50 大公司作為成分股<sup>2</sup>，並依據其總市值計算各家公司 T50 報酬指數中的佔比，進而估計投組中各成分股的權重。為了預測投組於 2024 年的總碳排，並調整其排放水準以符合規劃路徑，首先需預測構成投組的 50 家公司於 2024 年範疇一與範疇二的碳排放量<sup>3</sup>。因此，本研究採用三種不同的預測方法以及假設 2023 年與 2024 年之投組總碳排相同，來估算個別公司未來的碳排放量，進一步加總後得出投組總碳排<sup>4</sup>，並據此進行調整。最後，本研究比較各預測方法所得之結果，以評估不同情境下的投組總碳排放變化。

方法一依據各公司在永續報告書中所設定的減碳目標進行預測，直接反映企業對未來排放量的主動承諾；方法二則基於公司對地球溫度升溫影響的評估結果，並參照不同升溫情境下對應的減碳路徑目標進行推估，整合「天下雜誌」與東海大學共同成立的「企業減碳溫度計」(Temperature Rising Index for Pathways，簡稱 TRIPs)中對企業升溫影響程度的分類，以及聯合國政府間氣候變化專門委員會(Intergovernmental Panel on Climate Change，簡稱 IPCC)於 2023 年針對第六個評估週期發表的報告，所提出的減碳路徑目標(IPCC, 2023)；兩者在預測邏輯

<sup>2</sup>本研究設定 2024 年 9 月第一周禮拜五收盤數據作為投組調整的基準，主要考量與富時羅素(FTSE Russell)指數的季度調整週期保持一致，該指數每年於 3 月、6 月、9 月和 12 月的第一周禮拜五進行持股權重調整。此外，台灣證券交易所規定上市公司最遲須於 8 月 31 日前公布年度永續報告書，因此此時間點能確保最新的 ESG 資訊已充分揭露，有助於更準確地評估企業的減碳進展。同時，選擇此時點也能降低交易成本，使調整更為經濟有效。

<sup>3</sup>本研究選擇範疇一與範疇二作為碳排放數據來源，主要基於數據可得性、企業可控性及國際減碳標準的考量。台灣證券交易所亦要求上市公司披露該數據，此外，這兩類排放屬企業可直接管理與控制，能更準確反應企業的減碳行動。相較之下，範疇三涵蓋供應鏈與使用端排放，數據可得性較低且受企業影響有限。

<sup>4</sup>由於無法預測未來一年成分股變化，因此本研究在預測投組總碳排採用成分股不變假設。



與依據上各有不同。透過方法三取平均後，可同時兼顧企業自我承諾與全球氣候情境推估的差異，使預測結果更為穩定與全面。藉由以上三種方法的交互比較，本研究得以更充分掌握 50 家企業在不同情境下的碳排放情況，並進一步評估低碳投組的可行性與效益。

方法一主要依據公司 2023 年度永續報告書中揭露到 2030 年減碳目標，並使用線性內插法預估 2024–2029 年碳排放量。以聯發科為例，公司設定至 2030 年範疇一和範疇二碳排放量需相較基準年 2020 年減少 40%，2020 年聯發科範疇一和範疇二碳排放量為 46,410 噸，因此到 2030 年僅能排放 27,846 噸才能達公司設定目標；2023 年範疇一和範疇二碳排放量為 92,300 噸，本研究從 2023 年開始，使用線性內插預估 2024–2029 年碳排放量，得到 2024 年碳排放量為 81,766 噸。然而，並非所有成分股公司皆有明確提供至 2030 年的減碳目標，為補足數據缺口，本研究採用兩種替代方法。若公司揭露以營收計算的碳強度目標，則依據其設定目標，以及在 Factset 上各家分析師所預估 2024 年營收的平均數來推算 2024 年碳排放，以亞德客-KY 為例，公司設定目標為 2026 年的碳強度<sup>5</sup>相較基準年 2021 年降低 40%，2021 年公司碳強度為 5.4，因此 2026 年的碳強度需為 3.24 才能達到目標；2023 年公司碳強度為 3.92，本研究從 2023 年開始，使用線性內插預估 2024 和 2025 年碳強度，得到 2024 年碳強度為 3.69，結合 Factset 上各家分析師預估公司平均營收為 31,493 百萬，得到預估碳排放為 116,217 噸；若無具體減碳目標，則參考方法二預測數據。透過此方式，確保所有成分股皆能獲得相應的 2024 年預測數據，以提升投組總碳排計算的完整性，本研究於附錄放上三家永續報告書在減碳上的目標說明，各對應一種情境。

#### 【表 1 碳排預測方法說明】

<sup>5</sup> 碳強度單位為溫室氣體排放量/百萬銷售額

在方法二部分，為了更明確說明不同升溫情境對應的減碳幅度，本研究依據 (IPCC, 2023) 提供的情境數據，將企業受全球升溫影響的程度分為 C1 至 C5 五個類別。其中，若升溫預測結果低於  $1.6^{\circ}\text{C}$ ，則歸類為 C1；若升溫預測結果介於  $1.6^{\circ}\text{C}$  與  $2^{\circ}\text{C}$  之間，則歸類為 C2；而 C3、C4 與 C5 分別對應於更高的升溫情境，其 2030 年排放量預期分別達到 79%、94% 與 98% 的水準。例如，對於 C1 類別，2030 年的排放量應大幅下降至 2019 年排放量的 57%<sup>6</sup>；而 C2 類別則需將 2030 年排放量降至 2019 年的 77%。由此可見，不同升溫情境下的減碳路徑要求存在顯著差異：若某家公司評估結果顯示全球升溫影響較低，則歸類於 C1 或 C2，須達成較高的減碳目標；反之，若全球升溫影響較高，則歸類於 C4 或 C5，其減碳要求相對保守。透過此分類與設定，可更明確掌握企業在未來面臨不同升溫情境時所需達成的減碳幅度，並據此推估其 2024 年的碳排放量，進而為後續的低碳投組建構提供參考依據，同樣以聯發科為例，根據 TRIPs 資訊，聯發科對地球升溫影響為  $1.44^{\circ}\text{C}$ ，因此歸類為 C1，聯發科 2019 年碳排量為 51,080 噸，因此到 2030 年僅能排放 29,116 噸才能達公司設定目標；2023 年範疇一和範疇二碳排放量為 92,300 噸，本研究從 2023 年開始，使用線性內插預估 2024–2029 年碳排放量，得到 2024 年碳排放量為 83,274 噸。

#### 【表 2 不同升溫情境下方法二的減碳路徑】

本研究在達到極小化 TE 目標下，設定投組總碳排放量需符合預定減碳目標。如圖 1 所示，本研究參考 C1 減碳路徑(對應本研究設定對全球升溫影響  $1.5^{\circ}\text{C}$  的目標，2030 年投組總碳排為 2019 年的 57%)，總共規劃四條可能的減碳路徑，以模擬不同的減碳進程對投組的影響。其中，三條路徑假設 2024 年與 2025 年的碳排放量分別下降 3%、4% 或 5%，並從 2026 年開始，以線性內插法推估至

<sup>6</sup>2019 年為 IPCC 碳排預測之基準年

2030 年的排放量，形成兩階段減碳模式，此設計主要參考標準指數最大成分股台積電的減碳策略。根據台積電 2023 年永續報告書，其計畫至 2025 年實現碳排放零增長，隨後大幅減排至 2030 年，因此兩階段路徑設定更符合實際情況；三種情境下，第一階段下降幅度所得 TE 符合金融界可接受範圍，同時有效減碳；第二階段每年需相較前一年減碳 12%，因此 2025 年之後，持有此商品的投資人會承受比 2024 年還要高的 TE。相較之下，第四條路徑採用完全線性內插法，2024 年與 2025 年的減碳幅度均約 8%，顯著高於前三條路徑。

【圖 1 對地球升溫影響  $1.5^{\circ}\text{C}$  規劃路徑(各情境)】

## 2.2 模型建置

本研究採用非線性規劃模型來計算理論上可達到的極小化 TE 之投組權重。目標函數方法上參考(Andersson, Bolton and Samama, 2016)提出的低碳投組 TE 優化原則，以求解各成分股最佳權重為目標。由於本研究同時關注降低投組總碳排放與維持投組與標準指數(T50 報酬指數)之報酬走勢的高度一致性，因此在設定目標函數時，需納入相應的限制條件以確保碳排放符合規劃要求。本研究的目標函數呈現如下：

$$\text{Min TE} = \sqrt{(W^p - W^b) \cdot (\beta \Omega \beta' + \Delta^{AR}) (W^p - W^b)} \quad (1)$$

其中， $W^p$  為最終所求之投組權重向量， $W^b$  為標準指數(T50 報酬指數)之權重向量， $\beta$  為各成分股相對於指數的因子暴露度矩陣， $\Omega$  為因子報酬的共變異數矩陣，而  $\Delta^{AR}$  則表示個別證券之殘差風險(idiosyncratic risk)形成的對角矩陣。本研究採用事前估計(ex ante estimation)TE 的方法，以確保在求解過程中同時考量市場共同因子風險與個別股票的特定風險。為確保投組兼顧減碳目標與投資績效，模型納入兩項主要限制條件。首先，設定投組總碳排放量需符合預定減碳目標，具體表述為：



$$\sum_{i=1}^{50} Q_i \cdot W_i^p = Q_{total} \cdot (1 - R_{percentage}) \quad (2)$$

其中， $Q_i$  代表第  $i$  家公司的碳排放量(依據 2024 年碳排預測方法計算)， $Q_{total}$  為 2023 年之投組總碳排，而  $R_{percentage}$  表示預設的減碳比例。

在投組理論中，權重總和為 1 的限制條件，旨在確保投資者的全部資金都被有效配置於各項資產中，而不保留現金部位。Markowitz (1952) 提出的現代投組理論 (Modern Portfolio Theory, 簡稱 MPT)，該理論假設投資者將所有資金分配至不同資產，以達到最佳的風險與報酬平衡，並確保資產組合處於效率前緣 (efficient frontier)，使投資人在既定風險水準下獲得最優回報。

在本研究中，為確保投組完整投資於市場，模型設定投組總權重需等於 1，具體表述如下：

$$\sum_{i=1}^{50} W_i^p = 1 \quad (3)$$

此限制條件確保投組完全投資於成分股，不保留現金部位，以維持投組的市場代表性與資本配置效率。

### 第三章 實證結果與分析

#### 3.1 預測方法分析

表 3 為本研究針對 50 家成分股公司使用方法一預測中各子方法使用的公司數量統計，其中 40 家公司在永續報告書中提供至 2030 年減碳目標，可直接納入預測。然而，仍有 10 家公司未揭露具體減量規劃，其中 4 家公司具備碳強度目標，因此本研究依據其資訊進行推估，分別是光寶科、統一超、研華以及亞德克-KY；另 6 家公司未提供任何減碳承諾，則採用方法二預測數據，分別是台泥、奇鎔、藥華藥、欣興、上海商銀以及長榮海運。此結果顯示，儘管多數企業已規劃至 2030 年的減碳路徑，但資訊透明度與揭露範圍仍存在差異，使企業間的減碳進程不盡一致。因此，本研究透過替代方法補足數據缺口，以提升投組總碳排預測的完整性，進一步確保低碳投組的可行性評估。



【表 3 方法一預測中各子方法使用的公司數量統計】

表 4 為投組總碳排數據總整理，包含 2023 年實際投組總碳排、透過三種方法預測 2024 年投組總碳排量，以及列出本研究規劃 2024 年相較 2023 年減碳 4%。結果顯示，2023 年投組實際碳排量為 6,869,502 噸，而 2024 年預測碳排量在不同方法下，分別為 6,902,834 噸(方法一)、6,349,491 噸(方法二)和 6,626,162 噸(方法三)。本研究最終設定 2024 年投組總碳排量應較 2023 年減少 4%，對應的排放量為 6,644,498 噸，低於方法一預測數值，而高於方法二和方法三預測數值。

選擇減碳 4%作為規劃目標，主要考量在極小化 TE 的前提下，使投組符合  $1.5^{\circ}\text{C}$  氣候目標，同時確保其 TE 變化仍符合金融業內可接受標準。在後續章節中，將進一步說明減碳 4%的選擇原因。

【表 4 投組總碳排整理】

表 5 為本研究在不同減碳路徑假設下，各方法預測 2024 年投組總碳排所得事前 TE 結果。最初，本研究使用完全線性內插法直接推估 2024 至 2030 年的減碳路徑，然而發現該方法導致投組在假設 2023 年和 2024 年投組總碳排不變下，TE 攀升至 8.10%；而方法一預測結果在此減碳路徑下，TE 攀升至 8.83%。因此，本研究參考 2023 年台積電永續報告書減碳目標，假設 2024 年與 2025 年分別減碳 3%、4%和 5%，往後透過線性內插推估至 2030 年，以更符合企業減碳進程的路徑。

結果顯示，在不同固定減碳比例假設下，假設 2023 年與 2024 年投組總碳排相同結果，分別為減碳 3%：2.64%、減碳 4%：3.52%、減碳 5%：4.40%；而方法一預測所得結果，分別為減碳 3%：3.19%、減碳 4%：4.08%、減碳 5%：



4.97%；而方法二預測結果由於皆低於各減碳情境下之投組總碳排，已達到目標，因此無需減碳，得到 0%的 TE；最後為方法三的預測結果，在減碳 3%和 4%情境下，由於方法三預測結果低於兩情境，因此兩情境下之 TE 皆為 0%，然而略高於 5%減碳情境，得到 TE 為 0.66%。

進一步分析各減碳路徑假設對 TE 的影響，發現 4%減碳路徑的 TE 在金融業內的可接受範圍內(4%)，同時亦能有效降低投組總碳排量。因此，本研究最終選擇 2024 年和 2025 年各減碳 4%之減碳路徑，以兼顧 TE 控制與長期減碳目標，確保投組在滿足 1.5°C 氣候目標的同時，降低對投資人報酬影響。

#### 【表 5 TE 結果整理】

表 6 為 2024 年和 2025 年各減碳 4%之減碳路徑下，假設 2023 年和 2024 年投組總碳排不變下，50 家成分股比例變化結果，成分股和其比例使用 2023 年 9 月第一周禮拜五收盤結果，此表呈現依照市值由大到小做排序。從表中可觀察到，減碳路徑對成分股比例的調整幅度整體較小，整體而言，投組在減碳 4%的目標下，成分股比例的調整幅度多在±0.5%以內，顯示此減碳路徑對投組權重的影響溫和，並維持了市值排序的穩定性。

#### 【表 6 實證結果\_假設 2024 年個股碳排與 2023 年相同不變(減 4%路徑)】

表 7 為 2024 年和 2025 年各減碳 4%之減碳路徑下，使用方法一預測投組總碳排，50 家成分股比例變化結果，成分股和其比例使用 2023 年 9 月第一周禮拜五收盤結果，此表呈現依照市值由大到小做排序。整體而言，表 7 在減碳 4%的目標下，成分股比例的調整幅度多在±0.5%以內，與表 6 相似。以台積電和聯發科舉例兩表差異，台積電在表 7 的占比從 49.89%降至 49.43%，而表 6 中則從 49.89%降至 49.50%；聯發科在表 7 中從 3.84%升至 3.88%，表 6 中從 3.84%升

至 3.87%。雖然方法一預測的投組總碳排高於 2023 年之投組總碳排，但其價值在於更靈活地反映潛在的市場或運營變化，相較於表 6 假設總碳排不變的靜態設定，方法一更適合用於模擬複雜情境下的投組調整，為投資人在減碳路徑中提供更具參考價值的動態分析。



【表 7 實證結果\_使用方法一預估 2024 年個股碳排(減 4%路徑)】

### 3.2 預測投組總碳排方法的回測分析

本章節探討本研究三種預測投組總碳排的方法，驗證方法一為最適合之預測方法。本研究回測一年資料，以 2022 年 9 月第一周禮拜五收盤時市值前 50 大之公司作為回測成分股，並預測 2023 年三種方法下的投組總碳排。

表 8 為投組總碳排回測結果，2022 年實際投組總碳排為 6,437,884 噸，而 2023 年實際投組總碳排為 6,486,732 噸<sup>7</sup>，顯示投組總碳排有上升趨勢。以方法一的預測投組總碳排為 6,655,907 公噸，高估 169,175 噸；方法二則為 6,000,056 噸，低估 486,676 噸；方法三則為 6,328,551 噸，低估 158,181 噸。

回測結果顯示，方法一為三種方法中唯一高估投組總碳排的預測方式，其誤差絕對值接近誤差最小的方法三，顯示該方法能夠準確地反映企業的實際排放情況。同時，回測結果顯示投組總碳排呈現上升趨勢，因此相較於低估的預測方式，採用較為保守的預測方法更適合作為未來投組總碳排推估的依據。綜合以上結果，本研究選擇方法一作為主要預測方法，以確保預測結果的準確性。

【表 8 投組總碳排回測結果】

表 9 為方法一預測中，碳排低估公司整理，25 家公司中，使用公司目標預

<sup>7</sup>原 2023 年實際投組總碳排為 6,869,502 噸，然而為符合本研究預測時，成分股不變假設，回測之 2023 年實際投組總碳排為使用 2022 年 9 月第一周禮拜五收盤時市值前 50 大之公司做成分股來計算所得。

測回測值得家數共有 20 家，而其餘 5 家以方法二數值替代。誤差絕對值超過 10%的個股主要受到以下幾個因素影響。華新碳排誤差達 60.07%，因納入海外碳排區域，導致實際碳排強度高於預測值。長榮誤差 18.69%，與營運船隊擴張相關，航運碳排受船舶數量與貨運量影響，導致預測低估。華南金誤差 13.71%，可能因統計數據變更影響計算標準，使預測值與實際值產生落差。聯發科誤差 12.07%，可能因管理規模成長，研發中心擴增或製造合作夥伴增加，使碳排超出預測範圍。整體而言，這些低估案例主要來自於企業營運規模擴大、海外業務納入以及統計數據變更等因素。未來預測時，應進一步考量企業的擴張計畫、產業特性，以及報告數據的變更，以提高預測準確度。

#### 【表 9 方法一回測\_低估公司】

表 10 為方法一預測中，碳排高估公司整理，25 家公司中，使用公司目標預測回測值得家數共有 20 家，而 2 家以碳強度和市場預估營收推估，其餘 3 家以方法二替代。誤差絕對值超過 10%的個股主要受到以下幾個因素影響。中租-KY 預測碳排遠高於實際值，誤差達 117.61%，於 2022 年範疇一碳排量的數據中，2022 年報告書揭露之數據(22454 噸)遠高於 2023 年報告書之數據(4469 噸)，然而 2023 年開始，碳排統計範疇擴增中國大陸營運據點，推斷 2022 年數據應低於 2023 年數據，因此本研究推斷 2022 年數據揭露錯誤。和碩的誤差達 49.28%，可能與再生能源導入有關，若公司提高綠電使用比例，將使實際碳排遠低於歷史趨勢推估值。南亞誤差 19.90%，與減碳設備擴增有關，若生產設備升級或導入節能技術，將有效降低碳排，使預測值高估。台泥誤差 17.29%，與能源效率提升相關，若水泥產業導入低碳燃料或提升生產效率，將顯著影響碳排量。萬海誤差 13.66%，與其汰換老舊船舶，提高能源使用效率，致使高估。此外，國巨、華碩、廣達、研華和合庫金等企業誤差均超過 10%，原因皆為能源效率提升與再生能源導入，導致實際碳排低於預測值。整體而言，這些企業透過綠電使用、設

備升級與生產效率改善，使得碳排下降幅度超出模型預測，導致高估現象。

【表 10 方法一回測\_高估公司】



#### 第四章 結論

本研究以臺灣上市公司為對象，建構「低碳市值型投組」，採用三種方法預測 2024 年成分股範疇一與範疇二碳排放量，並透過非線性規劃模型求解投組權重，在最小化與 T50 報酬指數 TE 的同時，將總碳排放控制在符合  $1.5^{\circ}\text{C}$  減碳路徑的目標內。本研究發現，在階段性減碳策略(2024 年和 2025 年減碳 4%)下，TE 在金融業內的可接受範圍內，同時亦能有效降低投組總碳排量；投組總碳排假設 2023 年與 2024 年相同下，減碳後得 TE 為 3.52%，而方法一預測之投組總碳排下，減碳後得 TE 為 4.08%。因此，本研究在維持與 T50 報酬指數相同成分股情況下，求解 50 檔投組最佳權重，成功控制 TE，並使 2024 年投組總碳排成功減 4%。研究貢獻在於：首先，手動整合企業減排承諾與減碳路徑，透過整理各家公司永續報告書中所提目標，填補現有文獻在未來碳排預測上的不足；其次，本研究發現以方法一來估算，取得一個較為保守的預估，同時根據回測結果，驗證方法一的準確性，為實務提供可行性框架。然而，本研究限制在於多數公司減碳目標皆是針對範疇一和範疇二減量，因此本研究僅聚焦兩範疇，未納入範疇三，可能低估整體碳足跡。本研究認為，當前 TE 已在業界可接受範圍上限，若要符合升溫僅  $1.5^{\circ}\text{C}$  目標，2025 年至 2030 年，每年須減約 12%的碳才能達標，TE 恐超出業界可接受範圍，因此縱然目前低碳投資為全球趨勢，本研究不建議金融業推出與台灣 50 相同成分股下的低碳投資產品給予一般投資人。

## 參考文獻

- Andersson, M., Bolton, P., and Samama, F. (2016). Hedging climate risk. *Financial Analysts Journal*, 72(3), 13–32.
- Blitz, D., Chen, M., Howard, C., and Lohre, H. (2024). 3D investing: Jointly optimizing return, risk, and sustainability. *Financial Analysts Journal*, 80(3), 59–75.
- Bolton, P., and Kacperczyk, M. (2021). Do investors care about carbon risk? *Journal of Financial Economics*, 142(2), 517–549.
- Bolton, P., Kacperczyk, M. and Samama, F. (2022). Net-zero carbon portfolio alignment. *Financial Analysts Journal*, 78(2), 19–33.
- Busch, T., and Hoffmann, V. H. (2011). How hot is your bottom line? Linking carbon and financial performance. *Business and Society*, 50(2), 233–265.
- Dietz, S., Bowen, A., Dixon, C., and Gradwell, P. (2016). ‘Climate value at risk’ of global financial assets. *Nature Climate Change*, 6(7), 676–679.
- Kalesnik, V., Wilkens, M. and Zink, J. (2020). Green data or greenwashing? Do corporate carbon emissions data enable investors to mitigate climate change? *SSRN Electronic Journal*.
- Khan, M., Serafeim, G., and Yoon, A. (2016). Corporate sustainability: First evidence on materiality. *The accounting review*, 91(6), 1697–1724.
- Krueger, P., Sautner, Z., and Starks, L. T. (2020). The importance of climate risks for institutional investors. *Review of Financial Studies*, 33(3), 1067–1111.
- Lee, S. Y., and Kim, Y. H. (2015). Antecedents and consequences of firms’ climate change management practices: Stakeholder and synergistic approach. *Sustainability*, 7(11), 14521–14536.
- Le Guenadal, T. and Roncalli, T. (2022). Portfolio construction with climate risk measures. Available at SSRN 3999971.
- Le Guenadal, T., Lombard, F., Roncalli, T. and Sekine, T. (2022). Net zero carbon metrics. Available at SSRN 4033686.
- Lee, H., Calvin, K., Dasgupta, D., Krinner, G., Mukherji, A., Thorne, P., ... and Park, Y. (2023). IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Markowitz, H. (1952). Modern portfolio theory. *Journal of Finance*, 7(11), 77–91.

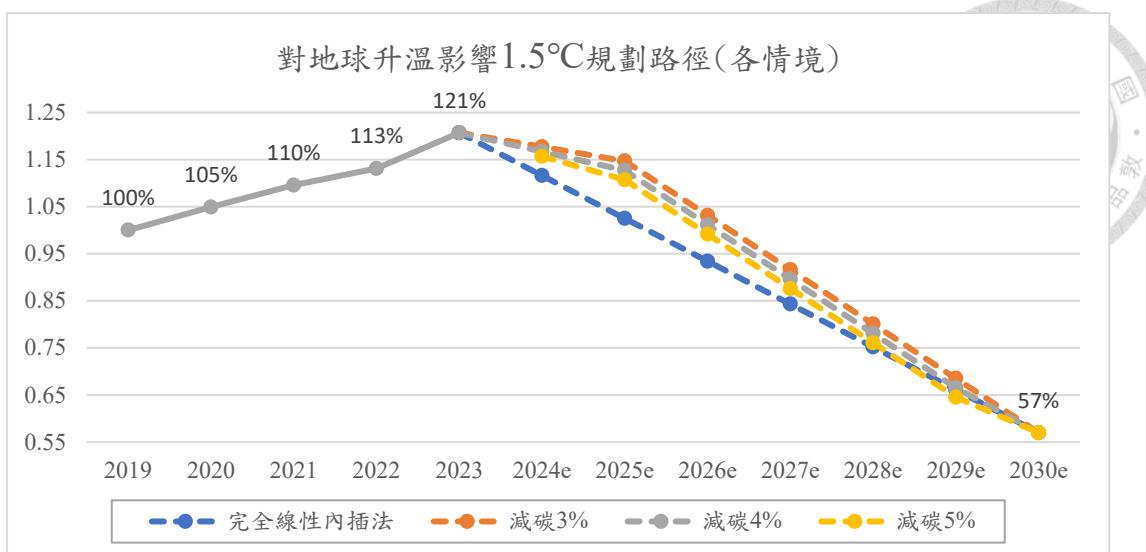


圖 1 對地球升溫影響 1.5°C 規劃路徑(各情境)

圖 1 為在該投組對地球升溫影響 1.5°C 下，規劃每年投組總碳排量，一共 4 條路徑。其中，三條路徑分別假設 2024 年與 2025 年的減碳幅度固定為 3%、4% 或 5%，之後自 2026 年至 2030 年則以線性內插法預估逐年減碳；而最後一條路徑則採用完全線性內插法，直接由 2023 年排放量均勻下降至 2030 年的 57%。左軸為每年相對基準年度排碳比例，基準年度為 2019 年，虛線表示預估值。

表 1 碳排預測方法說明



表 1 為碳排預測方法說明。方法一與方法二均使用線性內插法來預測下一年度的碳排放量。方法一依據公司在永續報告書中設定的減碳目標進行預測，而方法二則基於公司對地球溫度升溫影響以及各升溫情境下的減碳路徑目標進行預測。最後，方法三將方法一與方法二的預測結果進行算術平均，得到綜合預測值。具體而言，公司減碳目標來自於永續報告書，溫度升溫影響數據取自 TRIPs，減碳路徑目標則根據 IPCC 提供的資料進行設定。

預測方法	方法說明與定義
方法一	<ol style="list-style-type: none"><li>根據公司 2023 年永續報告書目標，以線性內插預測。</li><li>使用公司碳強度目標，以及分析師預估營收平均數計算。</li><li>使用方法二碳排預估數據。</li></ol>
方法二	根據 IPCC 所給予路徑，在已知對地球升溫度數影響下，給予 2030 年相較 2019 年的排碳百分比，並以線性內插預測。
方法三	兩方法預測數據取算術平均數。



表 2 不同升溫情境下方法二的減碳路徑

表 2 為根據 IPCC 的情境設定，本研究將全球平均升溫預測結果劃分為五種情境。其中，若預測結果低於  $1.6^{\circ}\text{C}$ ，則歸類為 C1；若預測結果超過  $1.6^{\circ}\text{C}$  但未達到  $2^{\circ}\text{C}$ ，則歸類為 C2；其餘類別(C3、C4、C5)則依據更高的升溫幅度分別設定，並對應不同的 2030 年減碳要求。

類別	對地球溫度影響	2030 年相較 2019 年碳排百分比
C1	升溫 $1.5^{\circ}\text{C}$ (過程不顯著超過)	57%
C2	升溫 $1.5^{\circ}\text{C}$ (過程會顯著超過)	77%
C3	升溫 $2^{\circ}\text{C}$	79%
C4	升溫 $2.5^{\circ}\text{C}$	94%
C5	升溫 $3^{\circ}\text{C}$	98%



表 3 方法一預測中各子方法使用的公司數量統計

表 3 為方法一在不同情境下所選用的預測方式及其涵蓋的公司數量。若公司提供減碳目標，則使用基於永續報告書的減碳目標預測；若無提供目標，則根據其他預測方法(如碳強度目標或 IPCC 減碳路徑)進行預測，從而形成此統計數據。

方法一統計方法	公司家數
公司永續報告書目標	40
碳強度目標和市場預估營收	4
使用 IPCC 減碳路徑	6

表 4 投組總碳排整理



表 4 整理 2023 年實際投組總碳排數據與各方法對 2024 年投組總碳排的預測，並呈現本研究針對  $1.5^{\circ}\text{C}$  升溫情境下，預計 2024 年投組總碳排量的規劃結果。

實際與預測數據	投組總碳排量(單位:噸)
2023 年實際投組總碳排	6,869,502
方法一預測 2024 年投組總碳排	6,902,834
方法二預測 2024 年投組總碳排	6,349,491
方法三預測 2024 年投組總碳排	6,626,162
本研究對 2024 年規劃投組總碳排量(相較 2023 年實際投組總碳排減 4%)	6,644,498

表 5 TE 結果整理

表 5 為本研究在限制各預測方法，達到各個對地球升溫影響  $1.5^{\circ}\text{C}$  規劃路徑情境下，極小化的追蹤誤差結果。規劃路徑包含四個情境：第一情境假設自 2023 年起，採用線性內插法預測每年投組總碳排至 2030 年；後三個情境假設在 2024 年和 2025 年分別實施固定百分比的碳排減少，減少幅度分別為 3%、4% 和 5%，並在 2025 年後繼續使用線性內插法預測至 2030 年。預測方法共有四個情境，分別假設投組總碳排與 2023 年相同，以及根據本研究三種不同方法預測的個股碳排來計算投組總碳排。

	線性內插	減碳 3%	減碳 4%	減碳 5%
假設與 2023 年投組總碳排相同	8.10%	2.64%	3.52%	4.40%
使用方法一預測之碳排	8.83%	3.19%	4.08%	4.97%
使用方法二預測之碳排	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
使用方法三預測之碳排	4.40%	0.00%	0.00%	0.66%

表 6 實證結果\_假設 2024 年個股碳排與 2023 年相同不變(減 4%路徑)

表 6 為透過調整成分股比例，在假設各成分股 2023 年和 2024 年的碳排量相同(投組總碳排為 6,869,502 噸)，限制該投組總碳排達到本研究對 2024 年規劃投組總碳排量(6,644,498 噸)，並極小化追蹤誤差結果。成分股和其比例使用 2023 年 9 月第一周禮拜五收盤結果，此表呈現依照市值由大到小做排序。

追蹤誤差	成分股	調整前	調整後	成分股	調整前	調整後
3.52%	台積電	49.89%	49.50%	遠傳	0.69%	0.71%
	鴻海	5.13%	5.08%	聯詠	0.67%	0.70%
	聯發科	3.84%	3.87%	緯穎	0.67%	0.67%
	富邦金	2.83%	2.88%	南亞	0.67%	0.63%
	國泰金	2.16%	2.21%	國巨	0.65%	0.68%
	廣達	2.08%	2.09%	凱基金	0.63%	0.66%
	台達電	2.04%	2.10%	永豐金	0.62%	0.68%
	中華電	2.02%	2.04%	統一超	0.62%	0.64%
	聯電	1.43%	1.45%	台塑	0.62%	0.49%
	中信金	1.39%	1.45%	智邦	0.61%	0.62%
	日月光投控	1.30%	1.33%	緯創	0.59%	0.60%
	兆豐金	1.21%	1.27%	研華	0.59%	0.66%
	台塑化	1.02%	0.50%	和碩	0.56%	0.61%
	統一	1.00%	1.04%	中租-KY	0.55%	0.57%
	玉山金	0.92%	0.98%	台新金	0.54%	0.60%
	台灣大	0.90%	0.96%	瑞昱	0.54%	0.58%
	元大金	0.83%	0.90%	台泥	0.52%	0.48%
	第一金	0.83%	0.90%	光寶科	0.50%	0.52%
	華碩	0.82%	0.84%	藥華藥	0.49%	0.50%
	合庫金	0.82%	0.90%	台化	0.48%	0.30%
	長榮	0.81%	0.81%	欣興	0.46%	0.47%
	大立光	0.77%	0.79%	奇鎔	0.41%	0.42%
	華南金	0.74%	0.81%	世芯-KY	0.41%	0.41%
	和泰車	0.72%	0.75%	上海商銀	0.40%	0.43%
	中鋼	0.70%	0.56%	亞德客-KY	0.34%	0.36%

表 7 實證結果\_使用方法一預估 2024 年個股碳排(減 4%路徑)

表 7 為透過調整成分股比例，限制方法一預估 2024 年投組總碳排(6,902,834 噸)達到本研究對 2024 年規劃投組總碳排量(6,644,498 噸)，並極小化追蹤誤差結果。方法一預估中，成分股和其比例使用 2023 年 9 月第一周禮拜五收盤結果，此表呈現依照市值由大到小做排序。

追蹤誤差	成分股	調整前	調整後	成分股	調整前	調整後
4.08%	台積電	49.89%	49.43%	遠傳	0.69%	0.71%
	鴻海	5.13%	5.07%	聯詠	0.67%	0.71%
	聯發科	3.84%	3.88%	緯穎	0.67%	0.68%
	富邦金	2.83%	2.88%	南亞	0.67%	0.63%
	國泰金	2.16%	2.22%	國巨	0.65%	0.68%
	廣達	2.08%	2.09%	凱基金	0.63%	0.67%
	台達電	2.04%	2.10%	永豐金	0.62%	0.69%
	中華電	2.02%	2.04%	統一超	0.62%	0.64%
	聯電	1.43%	1.46%	台塑	0.62%	0.47%
	中信金	1.39%	1.46%	智邦	0.61%	0.62%
	日月光投控	1.30%	1.34%	緯創	0.59%	0.60%
	兆豐金	1.21%	1.28%	研華	0.59%	0.67%
	台塑化	1.02%	0.42%	和碩	0.56%	0.62%
	統一	1.00%	1.05%	中租-KY	0.55%	0.58%
	玉山金	0.92%	0.98%	台新金	0.54%	0.61%
	台灣大	0.90%	0.96%	瑞昱	0.54%	0.58%
	元大金	0.83%	0.92%	台泥	0.52%	0.47%
	第一金	0.83%	0.91%	光寶科	0.50%	0.52%
	華碩	0.82%	0.84%	藥華藥	0.49%	0.50%
	合庫金	0.82%	0.91%	台化	0.48%	0.28%
	長榮	0.81%	0.81%	欣興	0.46%	0.47%
	大立光	0.77%	0.79%	奇鎔	0.41%	0.42%
	華南金	0.74%	0.82%	世芯-KY	0.41%	0.42%
	和泰車	0.72%	0.75%	上海商銀	0.40%	0.44%
	中鋼	0.70%	0.54%	亞德客-KY	0.34%	0.36%

表 8 投組總碳排回測結果



表 8 為投組總碳排回測結果。為符合實證假設，本研究回測基於 2022 年 9 月第一週星期五的收盤成分股及其比例。此外，方法一在預測個股碳排時，將參考各公司 2022 年永續報告書中的減碳目標。第三欄為 2023 年實際投組總碳排與各方法預估的差異絕對值，並於數值旁列出本研究預估結果。

實際與預測數據	投組總碳排量(單位:噸)	預估和實際絕對差異量(單位:噸)
2022 年實際投組總碳排	6,437,884	
2023 年實際投組總碳排	6,486,732	
根據方法一預估 2023 年投組總碳排	6,655,907	169,175(高估)
根據方法二預估 2023 年投組總碳排	6,000,056	486,676(低估)
根據方法三預估 2023 年投組總碳排	6,328,551	158,181(低估)

表 9 方法一回測\_低估公司

表 9 為各家低估公司絕對誤差量以及百分比誤差，排序依照絕對百分比誤差，由大到小排序。若絕對誤差百分比超過 10%，則分析誤差原因。同時針對方法一兩種替代方法，於此表最後一列列出本研究以何種方法預估各公司碳排放，以永續報告書目標為第一種，以碳強度結合營收預估為第二種，最後使用 IPCC 數值為第三種。

N = 25	預測值	實際值	絕對誤差(噸)	絕對誤差(%)	誤差原因	方法
華新	208,805	522,919	314,114	60.07%	納入海外廠區	第三種
長榮	7,859,010	9,665,834	1,806,824	18.69%	擴增營運船隊	第三種
華南金	19,778	22,922	3,144	13.71%	統計範疇變更	第一種
聯發科	81,162	92,300	11,138	12.07%	營運規模成長	第一種
大立光	148,498	164,604	16,106	9.78%		第一種
瑞昱	24,712	27,218	2,506	9.21%		第一種
國泰金	52,663	57,373	4,710	8.21%		第一種
台灣大	268,644	291,702	23,058	7.90%		第一種
遠東新	2,019,025	2,181,936	162,911	7.47%		第一種
兆豐金	19,608	21,043	1,435	6.82%		第一種
中信金	41,540	44,176	2,636	5.97%		第一種
台化	7,682,735	8,159,100	476,365	5.84%		第一種
日月光投控	2,092,501	2,217,226	124,725	5.63%		第一種
台塑	7,602,064	8,005,549	403,485	5.04%		第一種
鴻海	5,417,944	5,700,616	282,672	4.96%		第一種
台新金	20,465	21,494	1,029	4.79%		第一種
台達電	126,335	132,275	5,940	4.49%		第一種
欣興	933,926	970,082	36,156	3.73%		第三種
凱基金	21,057	21,868	811	3.71%		第一種
亞德客-KY	112,767	116,796	4,029	3.45%		第三種
富邦金	55,448	57,231	1,783	3.11%		第一種
聯詠	18,106	18,664	558	2.99%		第一種
上海商銀	8,237	8,392	155	1.85%		第一種
陽明	4,144,075	4,203,235	59,160	1.41%		第三種
和泰車	1,516	1,537	21	1.37%		第一種

表 10 方法一回測\_高估公司

表 10 為各家高估公司絕對誤差量以及百分比誤差，排序依照絕對百分比誤差，由大到小排序。若絕對誤差百分比超過 10%，則分析誤差原因。同時針對方法一兩種替代方法，於此表最後一列列出本研究以何種方法預估各公司碳排放，以永續報告書目標為第一種，以碳強度結合營收預估為第二種，最後使用 IPCC 數值為第三種。

N = 25	預測值	實際值	絕對誤差(噸)	絕對誤差(%)	誤差原因	方法
中租-KY	25,976	11,937	14,039	117.61%	揭露數據錯誤	第三種
和碩	424,790	284,560	140,230	49.28%	再生能源導入	第一種
南亞	4,566,396	3,808,634	757,762	19.90%	減碳目標加嚴	第一種
台泥	4,399,137	3,750,738	648,399	17.29%	綠色產品導入	第三種
國巨	342,666	296,527	46,139	15.56%	能源效率提升	第一種
華碩	17,471	15,326	2,145	13.99%	能源效率提升	第一種
萬海	5,086,007	4,474,857	611,150	13.66%	汰換老舊船舶	第三種
廣達	300,615	266,234	34,381	12.91%	再生能源導入	第一種
研華	33,502	29,866	3,636	12.17%	再生能源導入	第二種
合庫金	24,829	22,481	2,348	10.44%	能源效率提升	第一種
第一金	20,191	18,614	1,577	8.47%		第一種
永豐金	18,216	16,909	1,307	7.73%		第一種
彰銀	16,278	15,142	1,136	7.50%		第一種
中鋼	19,324,547	18,058,557	1,265,990	7.01%		第一種
豐泰	233,696	218,902	14,794	6.76%		第一種
統一超	575,872	543,968	31,904	5.87%		第二種
玉山金	21,161	20,120	1,041	5.18%		第一種
聯電	1,711,288	1,636,208	75,080	4.59%		第一種
台積電	12,221,083	11,783,000	438,083	3.72%		第一種
元大金	19,213	18,614	599	3.22%		第一種
南亞科	438,088	430,324	7,764	1.80%		第一種
中華電	738,949	729,789	9,160	1.26%		第一種
統一	163,501	162,791	710	0.44%		第一種
台塑化	25,186,079	25,090,588	95,491	0.38%		第一種
遠傳	275,632	275,086	546	0.20%		第一種



## 附錄

本研究於表 3 統計方法一在不同情境下所選用的預測方式及其涵蓋的公司數量。若公司提供減碳目標，則使用基於永續報告書的減碳目標預測；若無提供目標，則根據其他預測方法(如碳強度目標或 IPCC 減碳路徑)進行預測。下方三個情況各提供一家公司舉例。公司提供減碳目標以聯發科為例，公司提供碳強度目標以亞德客-KY 為例，而無目標以 IPCC 減碳路徑預測結果替代以上海商銀為例。

類別	管理行動
 <b>策略</b>	<p><b>氣候情境下的策略規劃</b></p> <p><b>1 轉型風險的評估：</b>聯發科技訂定比 2°C 更嚴格的減量目標，依循 Net Zero 情境於 2050 年，達到溫室氣體淨零排放；2030 年，將範疇一及範疇二之溫室氣體排放量，相較於 2020 基準年，減少 40%；範疇三減少 25%；全球集團辦公室（不含資料中心）電力使用 100% 再生能源。</p> <p><b>2 實體風險的評估：</b>依據 IPCC RCP 8.5 情境評估，並使用 WRI Aqueduct 工具鑑別水資源壓力對於據點之風險衝擊。</p>

圖 A1 2023 年聯發科永續報告書節錄(以碳排量為減碳目標)

目標與策略	2023 年績效達成	2026 年目標及對應策略
溫室氣體排放與能源管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>2023 年由德勤華永會計師事務所協助本公司根據溫室氣體排放披露要求，以《溫室氣體核算體系》或者 ISO14064-1：2018 為核算準則，完成 2023 年覆蓋亞德客 ESG 報告組織核算邊界內範圍一與範圍二的溫室氣體排放盤查。</li> <li>2021-2023 年溫室氣體密集度（溫室氣體排放量 / 百萬銷售額）分別為 5.4、4.54、3.92，逐年下降。2023 年溫室氣體密集度較 2021 年下降約 27.5%。</li> <li>2021-2023 年能源密集度（能源使用量 / 百萬銷售額）分別為 37.31、35.48、29.95。2023 年能源密集度較 2021 年下降約 19.7%。</li> </ul>	<p><b>目標：</b>以 2021 年為基準，溫室氣體密集度降低 40%。</p> <p><b>策略：</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>通過汰換低效率設備、優化生產工藝等來提升能源使用效率。</li> <li>在廠內增建太陽能發電設備，提升自身綠能使用占比。</li> <li>建置儲能設備，避免能源無效溢散。</li> </ol>

圖 A2 2023 年亞德客-KY 永續報告書節錄(以碳強度為減碳目標)

## ▲未來展望

接軌國際永續倡議是本行推動永續發展之既定政策，本行已於 2023 年 3 月承諾設置科學基礎減碳目標（Science-based Target），預計於 2025 年提出減碳路徑。未來，本行除將致力於營運面減碳外，也會持續監控投資部位碳暴露情形與投融資碳排放，並考量與被投資公司進行議合、投融資低碳轉型相關供應鏈產業等方式，作為科學基礎減碳目標之實踐措施，為全球經濟低碳的低碳轉型做出貢獻。

此外，本行已針對自然相關風險與機會進行評估，為促進業務發展與生態保護和諧共存，未來本行將進一步依循 TNFD 之完整 LEAP 方法學分析自身營運及投融資業務對於自然環境之依賴及影響程度以及延伸的風險與機會，以深化本行業務對於環境影響的管理。

圖 A3 2023 年上海商銀永續報告書節錄(預計於 2025 年才提出目標)