

## 論著與分析

# 借鏡國際金融機構氣候壓力測試 —以英國與香港氣候風險壓力測試為例

林盈秀

壹、摘要

貳、序言

參、氣候風險壓力測試概述

一、氣候壓力測試對金融機構之意義

二、國際氣候壓力測試發展與方法

肆、探討英國央行與香港金管局實行的氣候壓力測試

一、執行背景

二、測試重點結果與比較

三、測試方法與結果比較之討論

四、台灣氣候壓力測試可借鏡之處

伍、結論與建議

## 壹、摘要

本報告概述國際金融機構氣候壓力測試的執行方式，以及英國中央銀行（後簡稱英國央行）及香港金融管理局（後簡稱金管局）執行的氣候壓力測試重點，作為台灣金融機構未來進行氣候壓力測試工作時之參考。本報告共分為四個部分：

一、介紹氣候壓力測試對金融機構的意義與重要性，以及目前各國監管機關

---

本文作者林盈秀，財務金融系畢業，曾任職於綠建築行業。2019 年獲得台達電英國環境獎學金後，赴英國攻讀並取得企業永續碩士學位，現為永續金融專欄作家。

和金融機構進行的氣候壓力測試發展與方法，提出執行氣候壓力測試的關鍵要點。

- 二、透過概述英國央行於 2022 年 5 月公布的「兩年一次之氣候探索性情境壓力測試」（Climate Biennial Exploratory Scenario，後簡稱 CBES）報告及香港金管局 2021 年 12 公布的「氣候風險壓力測試（Climate Risk Stress Test，後簡稱 CRST）」，瞭解兩個測試的假設情境、重點成果、參與者的回應，以及測試的限制與相關啟發。
- 三、藉由分析兩個測試的結果，評估台灣金融機構導入氣候壓力測試過程中的差距與挑戰，並對其提出應對的建議。
- 四、提供台灣金融機構實施氣候壓力測試工作相關的精進建議。

本報告得出五項重點結論：

- 一、雖然氣候壓力測試的模型時間長度普遍已拉長至 30 年，但假設情境的條件包含各國氣候相關政策和實際的全球升溫幅度，故仍須定期滾動式調整假設情境，以確保壓力測試的假設情境與現況相符。
- 二、考量假設情境應結合氣候風險及總體經濟的變量，且須隨著時間及實際氣候情形而變動，若要更精確地掌握氣候變遷在不同時間點造成最大的財務風險，需細部考量特定時間點下，特定情境的最大風險點，以利最大化風險管理的效率。
- 三、實體風險及轉型風險須併入相同假設情境，以利在不同情境下的預期損失，可以有共同的比較基準。此外，因不同金融產品與服務間，風險具互相移轉的特性，故氣候壓力測試未來須同時評估投資、融資及保險活動，以真實地反應氣候風險的情況。
- 四、目前許多國家（包含台灣）尚對「綠色」缺乏統一的指標或定義，導致在量化轉型活動或風險暴險占比上，可能造成假設情境的偏誤。
- 五、壓力測試的假設情境需要輸入企業或產業的碳排放量進行加壓，但交易對手相關資訊的取得性尚不高，建議未來監管機關建立統一的揭露資訊，以提高資訊透明度及準確度，同時降低資訊搜集的成本。

## 貳、序言

在 2020 年初，國際清算銀行（Bank for International Settlements, BIS）就提出了「綠天鵝」警告，其指出氣候變遷可能對金融體系帶來大規模且超出預期的極端影響（李宜樺、陳念平，2021）。德勤永續發展中心（Deloitte Center for Sustainable Progress, 2022）的研究報告也顯示，若在本世紀末，全球升溫達攝氏 3 度，將可能導致生產力降低、失業率提高、糧食及水資源短缺，將進而使全球人類整體生活水準下降。同時，若不積極抑制全球暖化現象，在 2070 年，氣候變遷的危機將使得全球國內生產毛額（Gross Domestic Product, GDP）下跌 7.6%。同時，根據瑞士再保險研究所（Swiss Re, 2021）統計，2021 年極端天氣事件（包括海水凍結、洪水、嚴重雷暴、熱浪及大型颶風）導致天然災害的年度保險損失約為 1,050 億美元，比起人為災害的保險損失的 70 億美元，足足高了 15 倍。很明顯地，氣候變遷造成的風險已為全球經濟與人類生活帶來重大的影響。

根據金融穩定委員會（Financial Stability Board, FSB）成立的氣候相關財務揭露工作小組（Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD）之建議定義，氣候相關風險分為兩大類型，包含因整體市場邁向低碳經濟所帶來的「轉型風險（Transitional Risk）」與因氣候模式改變而引發的「實體風險（Physical Risk）」（楊家瑋，2021）。說明如下：

- 一、轉型風險：依據不同的影響因子，可再細分為「法規與政策風險」、「技術風險」、「市場風險」與「聲譽風險」，並以此減緩及適應氣候變遷帶來的衝擊。
- 二、實體風險：長期性氣候變遷和立即性極端天氣災害帶來的實際風險，會直接損及固定資產的價值，並可能對產業造成直接性衝擊和供應鏈中斷。

（轉型風險與實體風險的細部類型及風險特性詳見存款保險資訊季刊第 34 卷第 3 期－國際清算銀行（BIS）「氣候相關風險驅動因子及其傳遞管道」）。

金融機構的各項業務與全球經濟互相連動，所以氣候風險一旦衝擊總體經濟與個體經濟時往往是唇亡齒寒，而透過金融機構氣候壓力測試，得以量化上述氣

候相關風險帶來的經濟及財務衝擊。

本報告旨在透過檢視國際氣候壓力測試的執行方式，並概述英國央行執行 CBES 和香港金管局執行的 CRST 結果與發現，希望作為台灣監管機關與金融機構目前執行的壓力測試工作及未來優化之參考。

## 參、氣候風險壓力測試概述

### 一、氣候壓力測試對金融機構之意義

1990 年代初，國際大型金融機構發展出「壓力測試」（Stress Test），作為其風險管理的方式，主要目的是評估極端衝擊下，對金融機構資產負債組合財務價值的影響。壓力測試後來應用範圍也擴及至共同衝擊對特定金融機構（如大型銀行）、金融體系或某個經濟產業的影響（廖俊男，2005）。

監管機關或金融機構所進行的傳統的壓力測試，起初是設定某些外部環境的變化情境（例如：通貨膨脹率大幅上升或美金兌台幣匯率大幅上升等情境），透過這些情境來模擬對金融體系或個別金融機構的投融资組合價值變動的預估數值，藉此瞭解其對風險因子變動的敏感度。最後，結果用於評估金融機構的財務情況是否能安然度過這些極端情境，進而對此壓力測試結果擬定因應對策。

在上述傳統壓力測試的基礎之下，整合氣候風險因子至上游情境，即成為「氣候壓力測試」，其目的是評估氣候對金融機構資產負債表的影響與對經濟的潛在反饋（流程詳見圖一）。執行氣候壓力測試程序如下（Borio et al., 2014）：

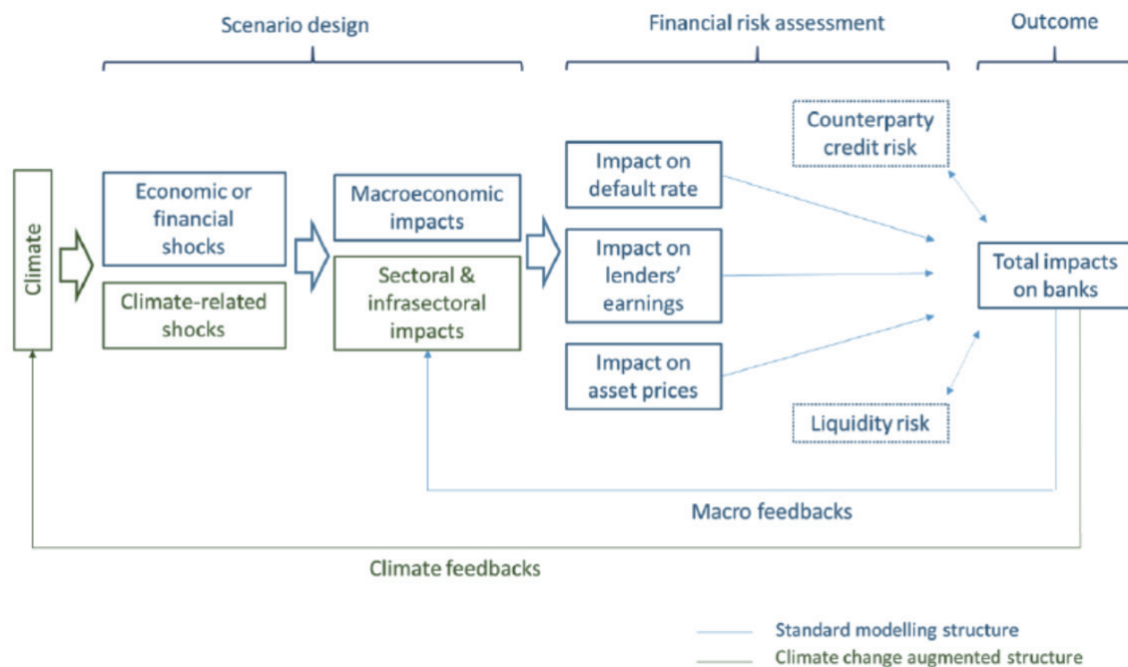
（一）設計氣候相關假設情境：從鑑別氣候風險到其造成產業與產業之間的衝擊。

例如：風險因子可能是突發性天氣事件（例如：嚴重的熱浪和洪水對農作物的影響）、長期性氣候事件（例如：海平面上升對基礎設施的影響）、氣候政策（例如：碳定價或法規改變對製造成本的影響）或技術（例如：再生能源的開發的失敗對發電結構的影響）。

（二）財務風險評估：在上述衝擊情境下，模擬總體經濟或個別金融機構的交易對手的價值變動（例如：違約率、違約損失、信用評級等評估其獲利能力或承受損失的能力）。

(三) 得出總體經濟或個別金融機構的整體投融資組合影響。

圖一 氣候壓力測試的流程與建模架構 (Thomas et al., 2020; Borio et al., 2014)

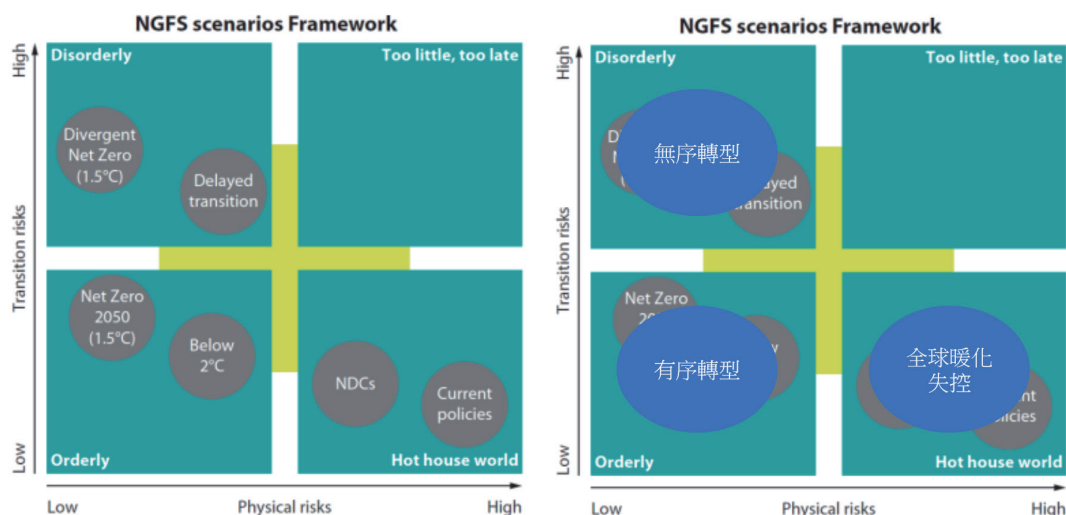


為了更進一步模擬未來氣候變遷對總體經濟的影響，各國中央銀行於 2017 年成立「綠色金融體系網絡」(Network for Greening the Financial System, NGFS)，其於 2020 年將轉型風險與實體風險的高低劃分出三大類氣候情境(圖二)，更於 2021 年進一步細分出六種情境(圖三)，以期將氣候變遷對金融機構的衝擊情境標準化，進而帶動各國監管機關及金融機構進行氣候壓力測試，以檢視其氣候風險承受力，並擬定因應對策以減緩氣候對經濟及財務的衝擊。因此，可以觀察出來，比起過去僅著重於傳統金融風險，在金融機構風險控管的議題上，已經逐漸重視氣候風險，且試圖將其結合至傳統的壓力測試模型中。



借鏡國際金融機構氣候壓力測試—以英國與香港氣候風險壓力測試為例

圖二 NGFS 設定之氣候變遷情境（NGFS，2021）



圖三 NGFS 設定的氣候情境說明（董珮珊，2022）

| 類別     | 情境            | 政策目標     | 政策反應          | 技術變化      | 減碳技術 | 各國政策差異 |
|--------|---------------|----------|---------------|-----------|------|--------|
| 有序轉型   | 2050 零碳排      | 1.5°C    | 迅速且圓滑         | 快速        | 中    | 中      |
|        | 2°C 以下        | 1.7°C    | 迅速且圓滑         | 中         | 中    | 低      |
| 失序轉型   | 紛亂無秩序地達到零碳排   | 1.5°C    | 迅速但紛亂無秩序      | 快速        | 低    | 中      |
|        | 轉型延遲          | 1.8°C    | 延遲            | 2030 以後增快 | 低    | 高      |
| 全球暖化失控 | 各國自主貢獻 (NDCs) | 2.5°C 以下 | 各國自主貢獻 (NDCs) | 慢         | 低    | 低      |
|        | 政策維持現狀        | 3°C 以上   | 無 (維持目前政策)    | 慢         | 低    | 低      |

註：顏色代表總體金融的風險高低，藍為低風險、綠為中度風險、粉紅為高風險。

## 二、國際氣候壓力測試發展與方法

隨著各國政府開始重視氣候風險，澳洲、巴西、加拿大和新加坡的政府皆已宣布 2021 年及 2022 年進行氣候壓力測試。接續介紹五個代表性的國家（或地區）

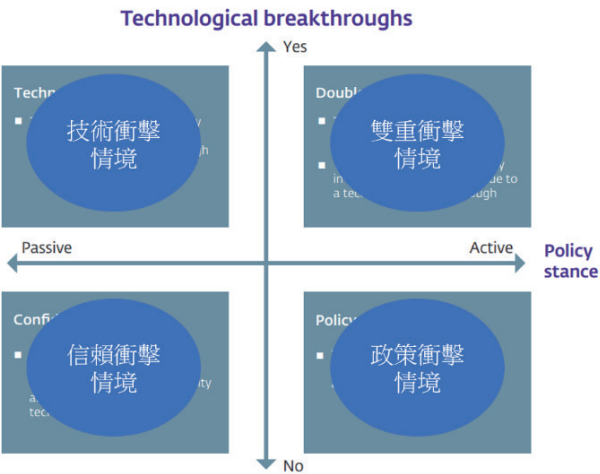
發布的相關的政策，以及所進行的氣候壓力測試方法。

(一)荷蘭

受到氣候變遷衝擊最嚴重的國家之一，荷蘭積極推動降低碳排放量及提升綠色能源的相關政策。其中央銀行（De Nederlandsche Bank, DNB）於 2018 年就率先以四種能源相關的轉型風險情境（圖四、表一）為基礎，以 5 年期的總體經濟預測模型－NiGEM（National Institute Global

Econometric Model）得到各情境下的 GDP、股價及債券價格等變數後，以各產業最終產品的碳排放量為分解基礎，最終透過金融機構於各產業的金融商品（如債券、股票和公司債）的投資組合比重計算財務衝擊程度（壓力測試流程見圖五）（Vermeulen et al., 2018）。

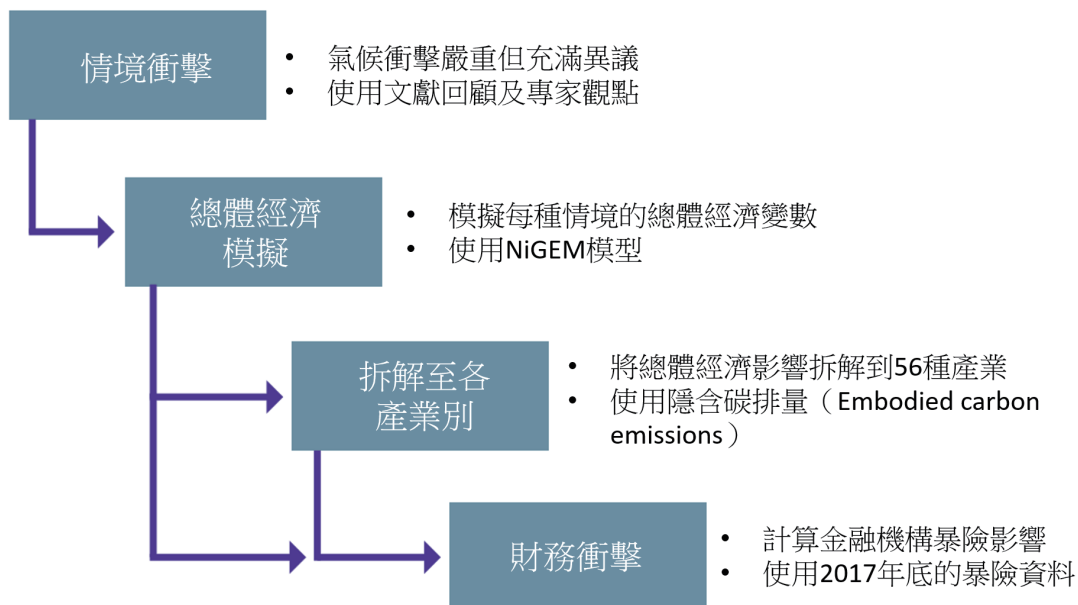
圖四 四種能源相關轉型風險情境  
(Vermeulen et al., 2018)



表一 四種轉型風險情境說明 (Vermeulen et al., 2018)

| 情境類型 | 情境說明                                                                   |
|------|------------------------------------------------------------------------|
| 政策衝擊 | 由於實施額外政策，全球碳價每噸上漲至 100 美元。                                             |
| 技術衝擊 | 由於技術突破，再生能源占比翻倍成長。                                                     |
| 雙重衝擊 | 由於實施額外政策，全球碳價每噸上漲至 100 美元。同時，由於新技術的突破，再生能源占比翻倍成長。                      |
| 信賴衝擊 | 政府應對氣候變化政策的不確定性，導致消費者、生產者和投資者的信心突然下降，消費者延遲購買行為，生產者投資更加謹慎，投資者要求更高的風險溢價。 |

圖五 荷蘭央行氣候壓力測試流程（Vermeulen et al., 2018；董珮珊，2022）



## （二）法國（Laurent et al., 2021）

2020年6月，由法國審慎管理局（French Prudential Supervision and Resolution Authority, ACPR）邀集9家銀行和15家保險公司，執行自願性金融機構氣候壓力測試試點計畫，並於2021年5月公布結果。其壓力測試特點：

1. 模型時間長度為30年（從2020年至2050年），由主管機關給定參數後讓由銀行和保險公司由下而上個別進行再做彙整，亦分析此兩種金融機構之間的相互作用，特別是保險保障（或承保）範圍對銀行風險參數的影響。
2. 針對每個情境和所考慮的每個地理區域，採用特定產業的多粒度方法（55個產業），以掌握不同產業轉型政策的個別影響。
3. 為兩個假設的組合。2025年的「靜態資產負債表」假設，是監管壓力測試的傳統架構，之後202年到2050年屬於「動態資產負債表」假設，以分析金融機構的策略和為減緩氣候變遷影而採取的行動，以確保策略



與氣候承諾的一致性。

### (三)英國

1. 2019 年－英國審慎監管局（Prudential Regulation Authority, PRA）將保險業壓力測試中納入氣候轉型風險。
2. 2020 年－金融行為監管局（Financial Conduct Authority, FCA）更在發布「強化上市公司氣候相關揭露及現有揭露義務說明之提案」（Proposals to enhance climate-related disclosures by listed issuers and clarification of existing disclosure obligations），其中要求優質上市公司與銀行自 2021 年 1 月 1 日起，其年報須包含由 TCFD 所建議的氣候相關揭露事項，而 TCFD 的揭露建議即包含進行氣候壓力測試（Valentine and Smith, 2020）。
3. 2021 年－英國央行啟動 2 年期氣候壓力測試，並於 2022 年 5 月底公布結果。其以 2021 年 NGFS 所細分六種氣候情境中的三種情境為基礎，加入其他變數做延伸。模型時間長度為 30 年，金融機構由下而上進行，銀行業與保險業分別考量信用風險和市場風險。

### (四)香港

1. 2021 年 12 月－香港金融管理局（2021）於《監管政策手冊》新單元 GS-1「氣候風險管理」中，要求認可機構須於 12 個月內將氣候風險因子納入其治理、策略及風險管理中揭露。
2. 2021 年 1 月－金管局啟動氣候風險壓力測試試點計畫，並於 2021 年 12 月公布測試結果。
3. 2022 年 6 月－香港金融管理局（2022a）宣布將氣候風險納入銀行監管程序的兩年計畫，計劃在 2023 年至 2024 年，進行另一項氣候壓力測試。

### (五)歐洲

歐洲中央銀行（後簡稱歐洲央行）已於 2022 年上半年完成對歐元區的重要銀行進行測試。其主要三個工作項目（European Central Bank, 2022）：

- 1.以總體問卷評估銀行如何建構其氣候壓力測試能力，以作為風險管理工具。
- 2.同業比較分析。此用於比較各銀行在同一組氣候風險指標的基礎上，對碳密集型產業收入的依賴程度及其授信所產生的碳排放量，以評估銀行商業模式的永續性及其對排放密集型產業的暴險程度。
- 3.由下而上的轉型和實體風險壓力測試。壓力測試評估極端天氣事件將如何影響未來銀行 1 年、其在未來 3 年內對碳價急劇上漲的脆弱程度及銀行如何應對未來 30 年的轉型情境。

#### (六)氣候壓力測試的特點與借鏡

雖然基於不同分析目的，氣候情境與其分析的方法論不盡相同（參考彙整表如表二），從上述各國家或地區所採取的氣候壓力測試可觀察出下面五點趨勢。

表二 國際氣候壓力測試彙整表

| 國家 / 地區 | 荷蘭                                   | 法國                                            | 英國                                       | 香港                                                 | 歐洲                    |
|---------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------|
| 主導單位    | 央行                                   | 審慎管理局                                         | 審慎監理局、央行                                 | 金管局                                                | 央行                    |
| 氣候情境    | 以政策推動積極性與科技突破程度產生的四個情境，分析總經變數與碳價產生衝擊 | 2025 年前是靜態資產負債假設；2025 年後以動態反映金融機構推動氣候金融後的調適情形 | 2021 年 NGFS 所細分六種氣候情境中的三種情境為基礎，加入其他變數做延伸 | 實體風險以香港天文台預測的溫室氣體濃度（註 1）；轉型風險以 NGFS 的有序轉型及失序轉型兩種情境 | 2021 年 NGFS 所細分六種氣候情境 |
| 氣候風險    | 轉型                                   | 實體、轉型                                         | 實體、轉型                                    | 實體、轉型                                              | 實體、轉型                 |
| 考量風險    | 信用、市場                                | 信用、市場                                         | 信用、市場                                    | 信用、作業                                              | 信用、市場、作業、聲譽（註 2）      |
| 執行方式    | 上至下                                  | 下至上                                           | 下至上                                      | 下而上                                                | 下而上                   |

| 國家 / 地區 | 荷蘭  | 法國   | 英國   | 香港       | 歐洲   |
|---------|-----|------|------|----------|------|
| 模型時間長度  | 5 年 | 30 年 | 30 年 | 5 至 30 年 | 30 年 |

註 1：香港天文台預測的溫室氣體濃度與聯合國政府間氣候變化專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）所採用的代表濃度途徑 RCP8.5 情境一致，於 2100 年，二氧化碳的濃度會達到 936 ppm。而 RCP 是以「代表濃度途徑」來定義四種未來氣候變遷的情境，包含 RCP2.5、RCP4.5、RCP6.0 與 RCP8.5。資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台 [https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds\\_02\\_06.aspx](https://tccip.ncdr.nat.gov.tw/ds_02_06.aspx)。

註 2：歐洲央行執行的氣候壓力測試，作業風險與聲譽風險是以問卷調查的定性方式來做分析。

- 1.除了最早執行氣候壓力測試的荷蘭外，其他國家所使用的氣候情境皆有拉長的趨勢。
- 2.使用的氣候情境朝向統一，但仍保有一定程度的區域獨特性。英國央行、香港金管局及歐洲央行近期所進行的壓力測試皆有參考 NGFS 的氣候情境為基礎。另一方面，雖然香港的實體風險情境來自於其氣象部門的預測，但同時與國際間常用的情境之一（RCP8.5）相同，其顯示在保有當地氣候條件之下，仍有連結到國際的情境，作為比較情境的基準。
- 3.以短、中、長期情境分析並定期地更新假設。雖然法國金融機構執行的測試在 2025 年前的假設情境是固定的，但考量每家金融機構所對氣候變遷因應的策略、目標和執行成果皆不同，且隨著各國氣候政策不同，應須配合 NGFS 未來更新的假設情境做調整，以在不同時段用較切合實際的假設反映壓力測試的氣候風險結果。
- 4.近年的氣候壓力測試執行方式皆朝向由下至上發展，意即金融機構各自進行壓力測試再繳交至監管機關彙整，以確保分析結果的細緻程度。
- 5.實體風險與轉型風險皆須列入分析。因為此兩種風險呈現互斥的關係，例如：為了規避轉型風險，各國政府或企業未積極減碳行動，則會加劇實體風險的損失（陳鴻達，2021）。因此，若只偏重其中一個風險，將無法全盤地反映短、中、長期的氣候風險。

回到台灣，金融監督管理委員會（後簡稱金管會）已授權中華民國銀行商業同業公會全國聯合會（後簡稱銀行公會），其正在參考 TCFD 揭露

架構及國際作法，研議「本國銀行辦理氣候變遷壓力測試具體措施」中，而銀行公會後續將提交這些測試至金管會，以其最終核定壓力測試的方法論與假設情境作為定案。而明年台灣銀行業者將首度接受強制性氣候變遷壓力測試。據悉，將採取 NGFS 典型的三種氣候情境，情境分析的時間點為 2030 年、2050 年及 2100 年，將考量實體風險及轉型風險（推估不同壓力情境下實行碳價對不同產業帶來之營業收益衝擊）（孫彬訓，2022）。這樣的條件與英國央行辦理的兩年一次氣候探索性情境壓力測試相近；同時，香港位於亞洲，且高度依賴國際貿易，氣候及經濟條件與台灣較為相似。因此，本報告接著探討 CBES 及 CRST 測試流程與結果，以作為未來台灣金融機構執行測試的借鏡。

## 肆、探討英國央行與香港金管局實行的氣候壓力測試（Bank of England [BoE], 2022; Hong Kong Monetary Authority [HKMA], 2021）

### 一、執行背景

英國央行於 2021 年 6 月，首次針對國內金融體系因應氣候變遷能力進行 CBES，測試的對象包含匯豐銀行、巴克萊銀行等英國 19 間大型銀行及保險公司。按資產規模計算，約占英國保險市場的 65% 與英國 70% 的個人和企業貸款。而香港金管局比英國央行早近半年（於 2021 年 1 月）執行 CRST 的試點計畫，共 27 家銀行參與其中，包含 20 間主要零售銀行及 7 間國際銀行，其占香港銀行業貸款總額的 80%。本報告將簡要地介紹 CBES 及 CRST 重點結果、參與者的回應、測試的限制及對測試結果的啟發。

#### （一）執行目的

1. 英國：根據監管聲明 3/19（PRA 於 2019 年公布之 SS3/19）中規定的期待，協助參加壓力測試的金融機構加強對氣候財務風險的管理，包括將這些風險納入日常業務的風險管理中，讓交易對手瞭解他們對轉型風險及實體風險的脆弱度，同時鼓勵董事會採取具策略性且長期的方法來管理這

些風險。更重要的是，瞭解氣候風險參與者商業模式的挑戰，並評估他們是否擁有足夠的資本去涵蓋災難發生所帶來之氣候相關風險，進而確保金融體系能夠朝向淨零碳經濟的轉型。

2. 香港：金管局為了評估銀行業整體在不同的氣候情境下，應對氣候風險的韌性，以及期望銀行透過參與此次試點計劃，建立管理氣候風險的專業能力。

## (二) 假設情境

1. 英國 CBES：為了確保情境與實體的氣候變遷、能源系統、土地使用和更廣泛的經濟的一致，CBES 情境以 NGFS 氣候情境為基礎，並以 2021 年 NGFS 更新的六大情境中的「2050 年淨零」、「轉型延遲」和「政策維持現況」等三個情境為起點，加入其他風險傳播管道和 NiGEM 總體經濟的變量（與氣候科學家、學者和產業專家合作）。因此，CBES 情境與 NGFS 情境並不相同，但它們在許多變量中是一致的。CBES 情境主要為下述三者，其對實體與轉型風險的基礎假設與影響詳見圖六。

- (1) 及早行動（Early Action）：立即開始進行行動，到 2050 年達成淨零碳排且全球暖化增溫不超過 1.8°C，且至本世紀末降至 1.5°C。
- (2) 延遲行動（Late Action）：延遲 10 年開始逐步，控制全球暖化於 2050 年前增溫不超過 1.8°C，且至本世紀末維持在此一水平。
- (3) 無額外行動（No Additional Action）：未能控制全球暖化，導致到 2050 年前全球暖化增溫達 3.3°C，且至本世紀末升至 4.1°C。

表三 CBES 情境中的影響總結（BoE, 2022）

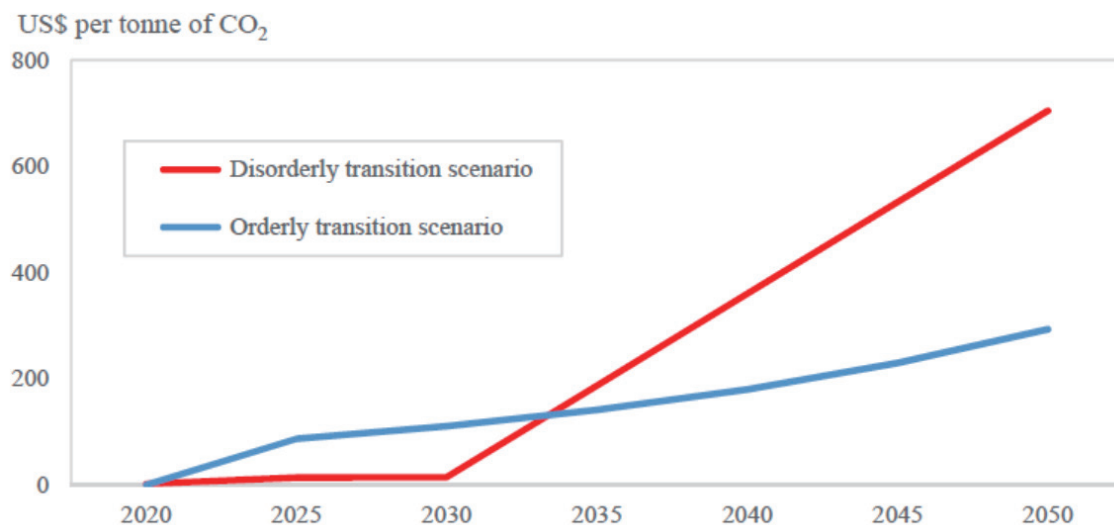
| 假設情境     | 及早行動  | 延遲行動  | 無額外行動                |
|----------|-------|-------|----------------------|
| 轉型風險（程度） | 中     | 高     | 不多                   |
| 轉型行動開始時間 | 2021  | 2031  | 無                    |
| 轉型的性質    | 及早且有序 | 延遲且無序 | 只在 2021 年前<br>實施相關政策 |



| 假設情境                                  |           | 及早行動    | 延遲行動  | 無額外行動             |
|---------------------------------------|-----------|---------|-------|-------------------|
| 英國影子碳價格峰值<br>(碳稅和其他政策)<br>(美金/二氧化碳當量) |           | 900     | 1,100 | 30                |
| 實體風險(程度)                              |           | 不多      | 不多    | 高                 |
| 全球均溫於 2050 年比工業革命前增加溫度(°C)            |           | 1.8     | 1.8   | 3.3               |
| 英國平均海平面上升<br>(公尺)                     |           | 0.16    | 0.16  | 0.39              |
| 對經濟產值的影響                              |           | 暫時性降低成長 | 突然地萎縮 | 永久性降低成長<br>且不確定性高 |
| 平均年產量成長率<br>(%)                       | 第 6-10 年  | 1.4     | 1.5   | 1.4               |
|                                       | 第 11-15 年 | 1.5     | 0.1   | 1.4               |
|                                       | 第 26-30 年 | 1.6     | 1.6   | 1.2               |

2. 香港 CRST：試點計畫共有三個情境。第一個為實體風險部分，以香港天文台預測到 21 世紀末，氣候最惡化情形時的溫室氣體濃度，其與 RCP8.5 情境相同；第二及三個為轉型風險部分，其以 NGFS 的「有序轉型」及「失序轉型」兩種情境分析，此假設的碳價詳見圖六。具體而言，所有參與銀行都要評估在「失序轉型」情境下，由 2031 至 2035 年間的五年影響，而具當地系統重要性銀行則額外就「有序轉型」情境做出 2021 至 2050 年間的 30 年評估（金管局，2022b）。

圖六 CRST 在「有序轉型」及「失序轉型」情境的碳價趨勢（HKMA，2021）



## 二、測試重點結果與比較

### （一）英國與香港金融機構面臨的氣候風險

1. 「及早行動」及「有序轉型」情境下的氣候相關損失可能最小。CBES的結果顯示，在「延遲行動」和「無額外行動」情境氣候相關損失較大（圖七），但是銀行與保險公司因淨零轉型的總體成本應該是可以承受的，不會對公司的償付能力產生重大影響（例如：透過較低的保留盈餘和向高風險產業提高貸款的利息差），也因為並非保險公司投資的所有損失最終都會回到股東身上。

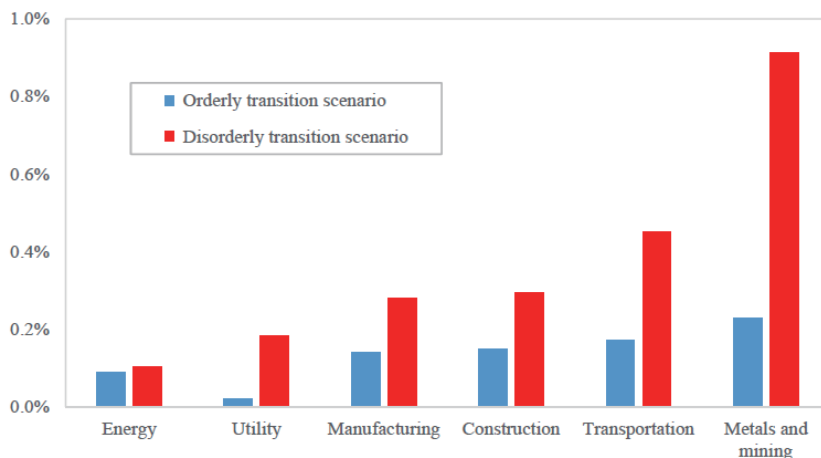
可以從這兩個結果觀察出來，儘管減緩氣候變遷的政策成本短期內是直接且相對明顯的，但不採取行動的成本可能更複雜，且更難衡量，而目前氣候壓力測試的分析結果可能有助於瞭解這個遞延的成本。

圖七 英國各情境下的氣候相關累計損失（BoE，2022）

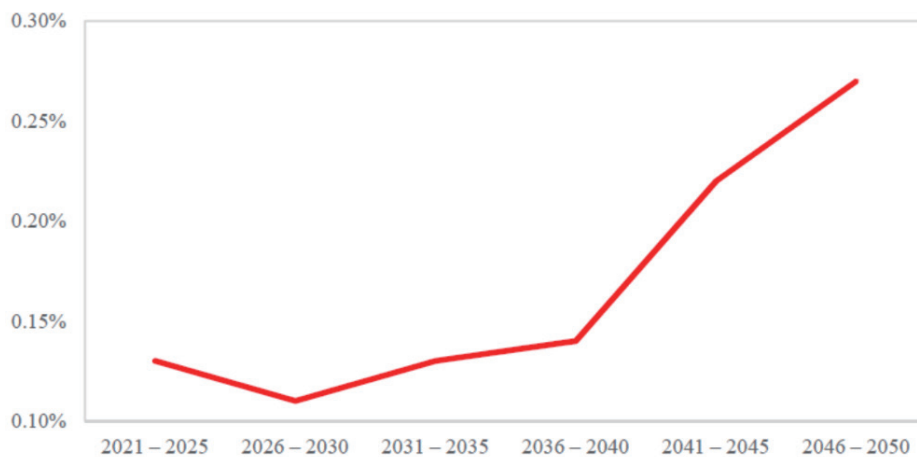


同樣地，CRST 的結果亦顯示，在實體風險「失序轉型」情境下，高碳排產業的預期年化信用成本遠高於「有序轉型」情境（圖八），因為這段期間（2031 年至 2035 年）仍處於 30 年模型時間長度的上半年之內，所以此階段氣候風險的衝擊較緩和；然而，將時間拉長至「有序轉型」30 年的情境，高碳排產業貸款的預期年化信用成本也會逐漸攀升（圖九）。

圖八 2031 至 2035 年間失序轉型情境下高碳排產業借款的年化信用成本（HKMA，2021）

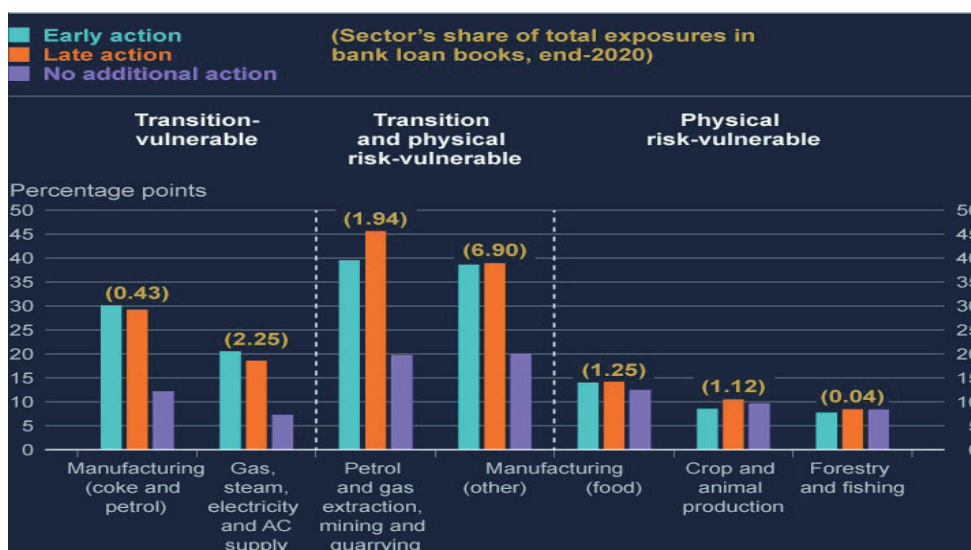


圖九 有序轉型下高碳排產業借款的預期年化信用成本（HKMA，2021）

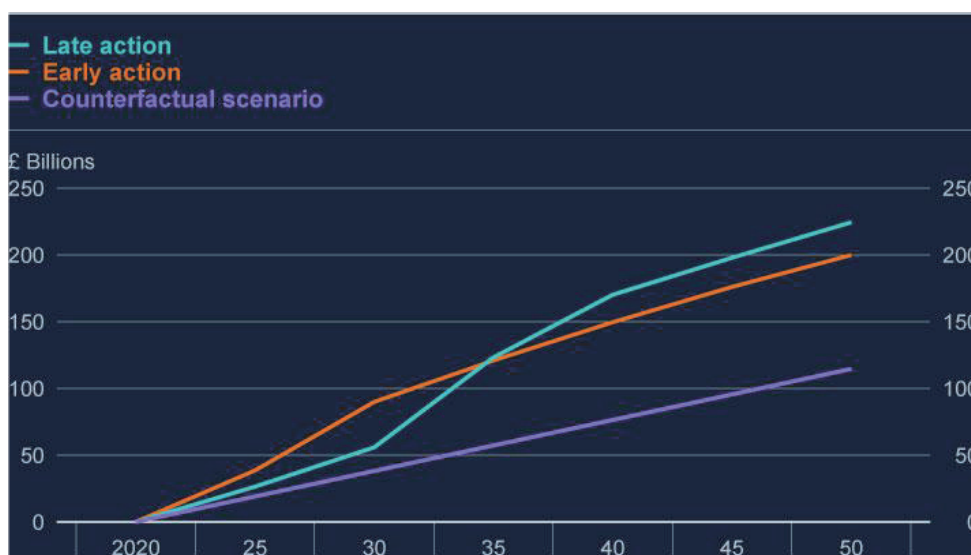


2. 兩個測試結果皆顯示，採礦業受到的風險最高。CRST 在「失序轉型」情境下，其金屬及採礦業面臨最高的預期信用成本，其次為運輸業（圖八）。同樣地，從 CBES 兩種轉型情境來看，銀行面臨最高預期損失率的產業是採礦業（包括石油和天然氣開採）、製造業、運輸，以及批發與零售貿易（圖十）。平均而言，這些產業的預期累計減損率為 35%，是企業融資預期總損失率的兩倍多。而英國保險公司在這些產業的公司債券和股票將預期受到重大損失，其中天然氣和石油開採業的資產損失最大。另外，英國銀行貸款總損失很大一部分來自易受氣候影響之產業。在轉型情境中，最受轉型風險衝擊的產業約佔銀行總備抵呆帳的三分之一，儘管這些產業僅約佔銀行總企業融資暴險的 14%。
3. 英國銀行預期損失在「延遲行動」情境中最高。以銀行而言，預測僅關注已實現的信用損失。在圖十一的三種情境下，預期損失率都顯著上升，但「延遲行動」情境中的預期信用損失最大，其比反事實情境（Counterfactual scenario）中的預期損失多出一倍以上。

圖十 英國銀行提供氣候脆弱產業的貸款減損率變化（BoE，2022）



圖十一 英國銀行在轉型情境中的總損失與假設反事實情境  
(a) (b) 中的預期損失（BoE，2022）



資料來源：參與企業提交的資料和英國央行的計算。

(a) 銀行貸款的累計減損。

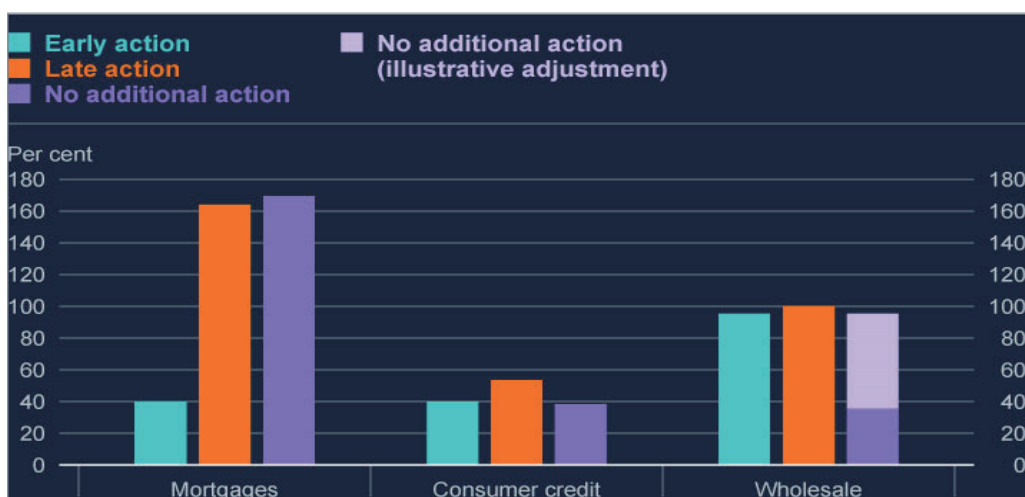
(b) 估計的反事實損失（counterfactual losses）是基於沒有氣候風險的額外阻力的條件假設。銀行人員估算的基礎是來自於企業提交的資料和銀行的計算。



4.英國銀行的批發和抵押貸款對氣候的衝擊最大。CBES 兩種轉型情境受到較高的碳價影響，企業損失幅度比「無額外行動」情境高（圖十二）。相較之下，在「及早行動」情境中，抵押貸款損失相對較小，但在「延遲行動」情境中，因為失業率上升、房價下跌及總體經濟低迷，抵押貸款損失大幅增加。

在「無額外行動」情境下，企業損失幅度較低也可能反映一個事實，即保險可能可以減緩實體風險對銀行的預期損失。但有證據表明，銀行沒有能力完善地評估這種情境下實體風險產生的衝擊。分析人員表明，調整企業模型中的一些差距可能意味著企業減損率比原本提交的數據高出 40%，這將使「無額外行動」情境中的總損失達到與「延遲行動」情境相同的水平。

圖十二 英國銀行的氣候損失占反事實損失（c）（d）的比例（BoE，2022）



資料來源：參與企業提交的資料和英國央行的計算。

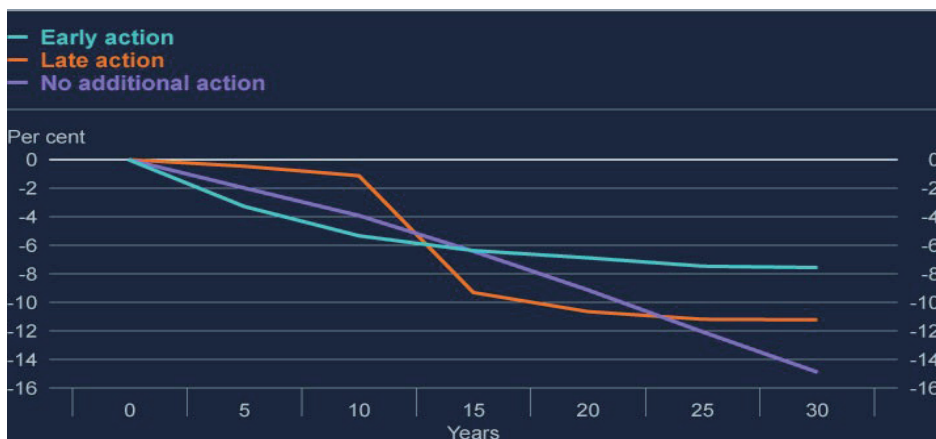
- (c) 銀行貸款的累積減損相對於基於假設情境的估計反事實損失，其中沒有來自氣候風險的額外阻力。
- (d) 無額外行動的說明性調整（No Additional Action “illustrative adjustment”）是英國央行工作人員對參與者提交的預測進行調整，其解釋參與者承認在此情境下，與損失模型有所差距。

5.英國在「無額外行動」情境下，保險公司的投資資產損失最大：保險公司的資產價值降低 15%，而在「及早行動」和「延遲行動」情境中分別

借鏡國際金融機構氣候壓力測試—以英國與香港氣候風險壓力測試為例

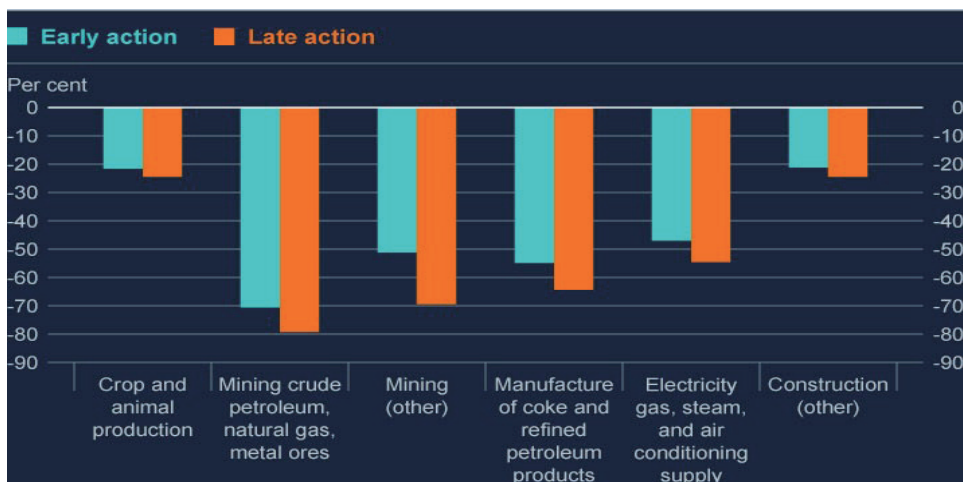
降低 8% 和 11%（圖十三）。這些投資損失的兩個主要原因是股權價值降低，以及壽險公司債券投資組合信用評等下降和違約率增加。債券的價格也隨著收益率曲線的變化而下跌。

圖十三 英國保險公司投資資產市值變動（BoE，2022）



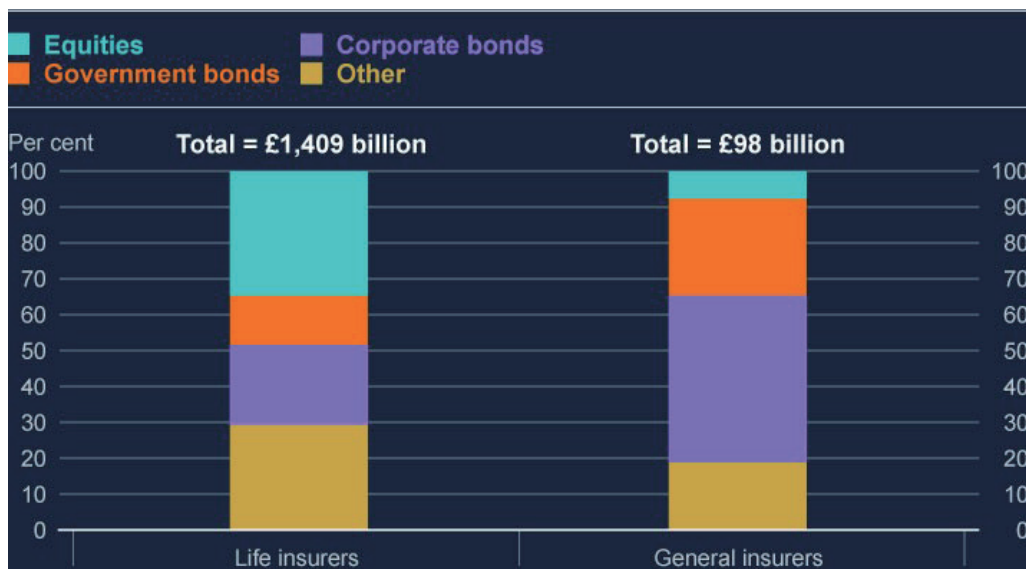
6.英國保險公司與銀行面臨所最大轉型和實體風險的產業相似：在 CBES 轉型情境中，保險公司的損失特別集中在某些碳密集度更高的行業，例如：石油開採和製造以及電力供應（圖十四）。在「無額外行動」情境中，林業、漁業和食品製造業的損失最高，這些產業面臨更高的實體風險。

圖十四 英國保險公司在第 30 年的股權投資損失（BoE，2022）



- 7.英國壽險公司占預期投資損失的大部分：壽險公司的投資組合占參與保險公司總投資資產的大部分（圖十五），其投資通常更側重於股票和期限較長的債券，而這些債券的價值跌幅更大。

圖十五 英國按保險公司類型劃分的投資資產（BoE, 2022）



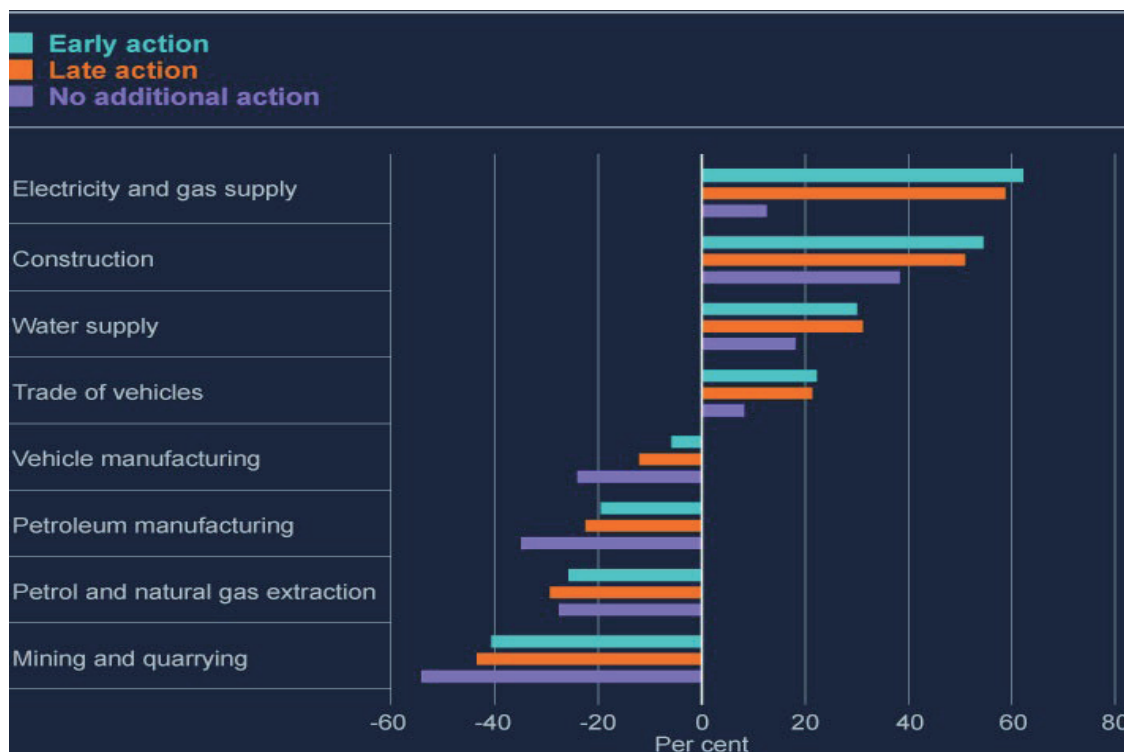
## （二）英國金融機構對氣候風險的回應

- 1.有關投資組合的調整，銀行能夠比壽險公司掌握更多量化的新機會：與「無額外行動」情境相比，CBES 參與者在轉型情境中發現更多的商機。銀行和保險公司都提出降低對碳密集型產業的暴險的計劃，銀行預計將大幅降低對石油和天然氣開採、石油製造及採礦產業的暴險，同時大幅增加對天然氣和某些特定電力供應部門（特別是對再生能源公司和開發電車電池技術的公司）的貸款。相對地，雖然壽險公司計劃投資於綠色產業、再生能源與房地產的脫碳計畫。但他們指出，他們抓住這些機會的能力將取決於揭露適當的指標來區分哪些資產是真正的「綠色」。一些保險公司更擔心，綠色投資的激增可能會過度抬高資產價格，可能從而降低此類投資的吸引力。這顯示，當全球朝向淨零轉型的過程中，尚未達成規模經濟前、技術不成熟且再生能源或潔淨能源供不應求時，高

昂的成本也將反映在物價上。這樣的「綠色通膨」危機也值得政府、金融機構及投資人關注，以避免在追求淨零排放的過程中顧此失彼。同時，「綠色」經濟活動的定義與資訊透明度也須提高，方能將資金導向真正的綠色活動。

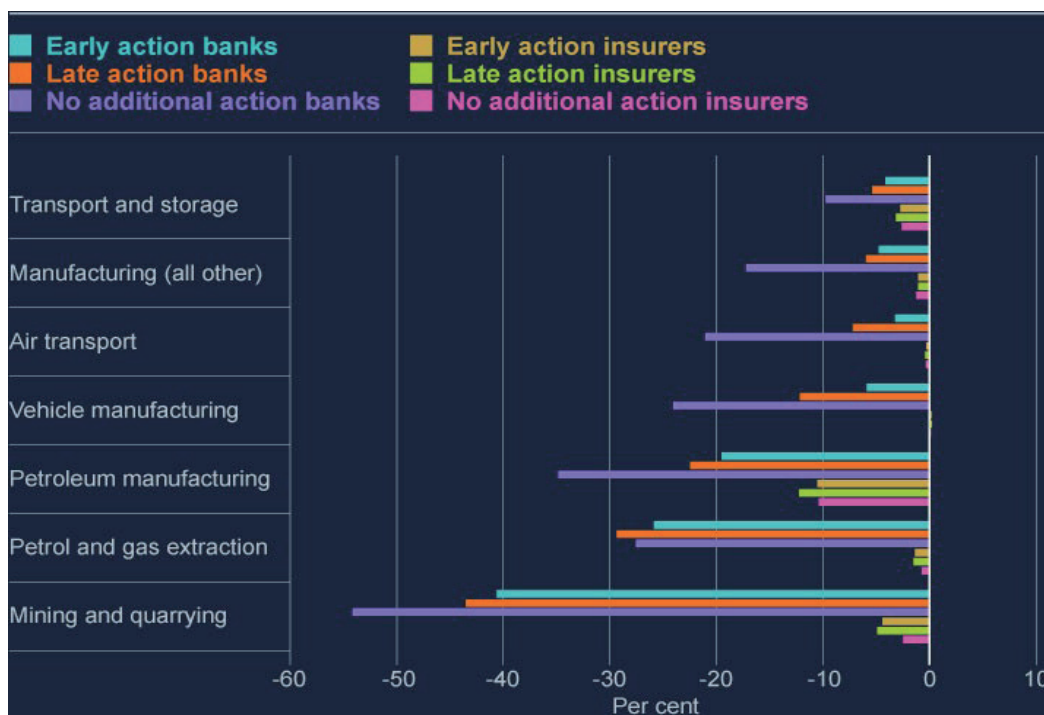
2. 為符合轉型情境，銀行計劃降低對一些碳密集型產業的貸款：銀行預計減少幅度最大的是採礦和採石業、石油和天然氣開採以及石油製造業（圖十六）的暴險，儘管這些暴險僅佔銀行整體企業融資組合的一小部分。銀行擬在決定是否繼續提供融資時，使用授信公司的質化策略資訊和排放相關的量化資訊來評估個別大型企業轉型計劃的可信度。一些銀行將這些轉型計畫的資訊融入日常的風險管理中。這也暗示著，這些碳密集型產業需要加速進行轉型，否則未來將逐漸無法取得對應的資金。

圖十六 在 CBES 情境中，銀行對特定產業的撥款餘額（Drawn balances）淨變動（BoE, 2022）



- 3.雖然預期其投資組合的變化比銀行小得多，但保險公司也將降低某些高碳排密度的產業的承保範圍或增加其收取的保費（圖十七）。

圖十七 英國銀行和保險公司對受影響嚴重產業暴險的淨變動（BoE，2022）



### (三)氣候壓力測試的限制與施行測試者對此的啟發

- 1.使用靈活的方法學：CBES 讓參與者使用靈活而非規定的建模方法並要求其直接與交易對手溝通氣候風險，此舉可幫助銀行和保險公司改進風險管理方法，且有助於揭露數據。
- 2.假設基礎仍存在許多不確定性：CBES 結果顯示，很難深入考慮其對情境的回應，這部分反映了氣候政策的不確定性。此不確定性意味著參與者必須對這些政策將採取的精確形式做出假設。CRST 更發現，銀行為傳統壓力測試開發的大多數模型都不適合 CRST，缺乏公認的、經過驗證的方法來捕捉前所未有的氣候變化情境也給驗證模型輸出帶來了關鍵挑戰。



3. 假設基礎可能過於簡化：在 CRST 的假設中，大多數銀行評估風險時皆關注於直接受氣候相關衝擊的風險，而沒有充分考量氣候風險間接加劇更廣泛的經濟影響（例如借款人的還款能力）。同樣地，在評估轉型風險時僅針對高碳排產業衝擊做評估，而未評估非高碳排產業的外溢效應（Spill-over effect）（金管局，2022b）。這樣簡化的假設基礎下，氣候變遷對銀行的預期衝擊可能無法完整反映在風險評估中。
4. 可能高估了預期損失：CBES 中，固定的資產負債表假設同時揭露成本和利潤，它更直接地闡述結果，且能明確、單獨地關注參與者為回應各項情境而可能採取的具體行動。然而，對於只簽訂一年或兩年合約的保險公司而言，此假設不太合適。所有參與者都可能在 30 年內，在某種程度上調整其商業模式，以降低或管理他們面臨的風險。因此，總體而言，靜態的資產負債表假設可能高估了預期損失。

### 三、測試方法與結果比較之討論

從上述結果及 CBES 與 CRST 的特點比較（表四）中可以觀察出，比起 CRST，CBES 多評估了氣候風險對交易對手的直接與間接影響（外溢效應），以及多評估「投資」活動的預期損失，可以推測其假設基礎相對較精確，且應用的範圍較為廣泛，這可能是因為氣候科學家也參與了 CBES，能有效地將氣候風險整合至傳統的壓力測試模型；另外，這亦可能與英國的氣候政策、大眾氣候意識、氣候風險管理技術及工具等各方面條件有關。這兩項測試觀察歸納如下：

表四 CBES 與 CRST 特點比較

| 項目       | 英國 CBES                     | 香港 CRST                |
|----------|-----------------------------|------------------------|
| 測試計畫時間長度 | 半年（2021 年 12 月至 2022 年 5 月） | 一年（2021 年 1 月至當年 12 月） |
| 參與金融機構   | 19 間銀行與保險公司                 | 27 間銀行                 |
| 參與團隊     | 央行、監管機構和全球氣候科學家             | 除了 27 家銀行外，未說明有其他機構參與  |



| 項目             | 英國 CBES    | 香港 CRST                                                                  |
|----------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 假設情境           | 3 種情境共同分析  | 實體風險 1 種與轉型風險 2 種情境，兩種風險類型獨立分析情境                                         |
| 模型時間長度         | 統一為 30 年   | 實體：30 年（2021-2030 年至 2050-2060 年）；<br>轉型：所有參與銀行評估 5 年的影響，具系統重要性銀行評估 30 年 |
| 評估外溢效應與否       | 是          | 否                                                                        |
| 評估之資產類型        | 銀行融資與保險業投資 | 銀行融資                                                                     |
| 結果：銀行授信影響最小之情境 | 及早行動       | 實體風險只做一個假設情境，故無法判定；轉型風險中的有序轉型                                            |
| 結果：銀行授信影響最大的產業 | 採礦業        | 金屬及採礦業                                                                   |

(一) 假設情境結合氣候風險與總體經濟的變量可能降低假設偏誤：CRST 在評估轉型風險時，雖然嘗試以 NGFS 情境，設計符合現況的情境（即：所有銀行前為 5 年失序轉型，高度重要的銀行為 30 年有序轉型），這看似比 CBES 將情境設定為三種 30 年的假設情境還精細；但是實際上，CBES 的情境卻已經是在 NGFS 情境的基礎下，加入更多的氣候風險傳播管道及 NiGEM 總體經濟的變量。由於三種假設情境已經考量了外溢效應（例如：氣候風險對失業率、房價及總體經濟變量的影響），所以測試結果最終可以連結到 GDP 的損失，其得出的測試結果可能存在相對較小的偏誤。

此外，不同於 CRST 三種情境的時間長度不完全相同，CBES 在相同時間長度（30 年）的情境下，三種情境的測試結果可以互相比較。因此，在三種相同時間長度且能夠得知個別 GDP 損失的情境下，可以清楚地瞭解金融機構應該要採取何種行動去符合何種情境，才能得出損失最小的情況。

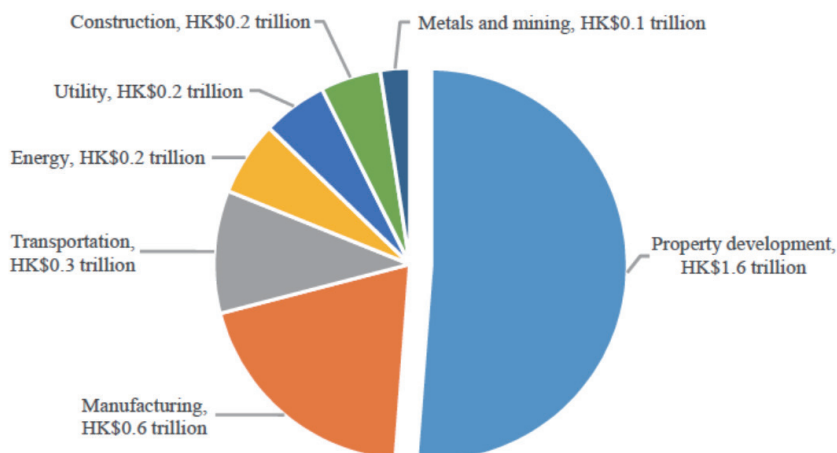
(二) 合併實體風險及轉型風險至相同情境，可做較完整地評估：在第六節「氣候壓力測試的特點與借鏡」中提到，實體風險與轉型風險在某種程度而言

是有互斥關係的，而 CRST 分別為實體和轉型風險設定獨立的情境，且兩種風險所檢驗的對象不同（例如：實體風險檢視不動產的預期損失，轉型風險檢視高碳排產業的預期信用成本變動），在此情形下，無法有效地反映最高風險點，意即無法得知「如何同時對不動產及高碳排產業採取行動，損失才會最低」。

反觀 CBES，因為三種情境同時納入實體及轉型風險，且同時檢視銀行及保險業的損失變動情形，因此可以在三個情境中，具體得出「在『延遲行動』和『無額外行動』情境氣候相關損失較大」的結果，甚至瞭解銀行與保險業在這兩個情境個別的風險大小。因此，建議實體及轉型風險須整合至相同的情境中，以提高個別情境之間的可比性。

(三)除了考量產業的預期損失變動外，需同時考量其暴險情形：CRST 在轉型風險的「失序轉型」情境下，得出「金屬及採礦業面臨最高的年化信用成本<sup>(註1)</sup>」的結果（圖八），然而，反觀 CRST 參與銀行對此產業貸款的金額卻是所有高碳排產業中最低的（圖十八），這可能代表著，雖然金屬及採礦業貸款的損失風險很高，但轉型風險未必會造成最大的總體經濟損失。因此，若要找出金融機構投融资組合中氣候風險影響最大的部位，則需同時考量持有部位的重大性（暴險程度）及部位承受風險的損失（脆弱度）。

圖十八 CRST 參與銀行對房地產開發業及六大高碳排的貸款組成（HKMA, 2021）



- (四)壓力測試若同時評估投資、融資及保險活動將更能反映現況：以批發和抵押貸款而言，CBES 在兩種轉型情境有較高的碳價，所以影響較「無額外行動」情境大，因為銀行認為保險能轉嫁實體風險的損失。但是，CBES 結果也顯示，在「無額外行動」情境下，保險業的投資資產損失最大，且以總體經濟的角度而言，保險公司也會降低高碳排密度的產業的承保範圍來規避風險。因此，長期而言，壓力測試應該同時考量「銀行授信及保險業者在投資和保險活動中，氣候風險移轉情形」，方能夠真實地反映氣候風險在各資產類型減損的變動，才能對整體做出更合適且具韌性的風險應對決策。

#### 四、台灣氣候壓力測試可借鏡之處

由於香港的地理環境和產業特性與台灣較相近，且 CRST 正起步階段，其實施的過程與結果可作為短期內台灣的監管機關和金融機構未來之參考，而相對分析較完整的 CBES 則可作為中期內台灣精進氣候壓力測試的參考。除了在第三章「測試方法與結果比較之討論」提出的觀察可作為借鏡外，以下提出四點台灣氣候壓力測試可額外精進之處：

- (一)建立測試跨領域小組，並統一綠色定義與測試模型的參數：台灣所面臨的現況與 CBES 及 CRST 的發現相同，雖然金融機構擬擴大綠色投融資組合的占比，但仍缺乏適當的指標或定義來辨別資產的「綠色」程度，導致金融機構在量化轉型活動或暴險占比上與實際情形有所落差，因此加劇假設情境的誤差或偏誤。未來建議除了建立綠色標準外，可參考 CBES 運作模式，與氣候相關的產、官、學、研合作，統一氣候風險直接與間接的影響因子，以期更有效地融入總體經濟的變量中來降低假設的偏誤。
- (二)建立統一的揭露資訊，提高資訊透明度：壓力測試的假設情境需要輸入企業或產業的碳排放量進行加壓。然而，台灣在 2022 年 3 月啟動「上市櫃公司永續發展路徑圖」，其要求 2023 年起，資本額百億以上的上市櫃的高碳排企業需揭露碳排放量，直至 2027 年才將要求擴及至全部上市櫃公司，故可以推測此資訊仍不易取得。再者，即使企業已經揭露碳排放量，但

揭露形式未必符合壓力測試的需求（例如：資訊不完整、碳盤查邊界不清楚或未以企業和資產為單位做揭露）。因此，建議未來金融機構交易對手的碳排放量資訊可以與金管會和環保署共同訂定的「台灣永續分類法」對接，此舉概念如同 NGFS 為全球金融機構建立大方向一致的氣候情境，能夠降低資訊搜集的成本，並提升資訊的準確度。

(三)中長期而言，可深入探討特定重要情境，以利管理不同情境下的最大風險：過去傳統的壓力測試已在傳統的金融風險之下，考量複雜的總體經濟變量，如今需再將「氣候」這項多變的變量加入壓力測試的模型，這可想而知是一項極度複雜且具挑戰性的工作。然而，不同情境在不同時間點導致的風險損失並不相同，未來若要更精確地掌握氣候變遷造成的財務風險，可同時結合某幾項的變因。舉例而言，上述 CBES 的結果顯示－「壽險公司債券的價值跌幅是所有金融商品中最大的」，而在另外一個分析結果中闡述「保險公司在不同產業第 30 年的股權投資損失」。未來若想知道某個時間長度中，不同產業與金融商品之間的影響，則可進一步對此做分析，以瞭解金融機構在未來長達 30 年間，每 5 年可以針對何種金融商品，做哪些交易對手的調整，以利達成長期的轉型路徑且確保氣候風險最小。

(四)定期執行壓力測試做滾動式調整：雖然相較於傳統壓力測試所設定短期事件，氣候相關事件多為長達 10 年以上的預測，但是假設條件包含各國政府針對氣候相關政策做出的反應（董珮珊，2022）、實際的氣候變化及各企業實際採取的減碳成果。因此，荷蘭中央銀行（DNB）的氣候變遷情境的時間長度才會設定為 5 年，以減少不確定性。而為了更準確地評估對監管資產的影響，DNB 每年都會在氣候壓力測試中評估風險（Covas, 2020），因為如果假設的壓力實際發生，但金融機構沒有隨著時間的推移降低對這些高風險的交易對象的暴險，這樣的假設可能會導致很大程度的不確定性。因此建議，即使近期執行的壓力測試模型都長達 30 年，仍應於定期做滾動式調整，以確保測試與現況相符。



## 伍、結論與建議

本報告透過文獻回顧，概述國際金融機構氣候壓力測試的執行方式，也藉由概述 CBES 和 CRTS 的重點結果，探討台灣金融機構未來進行壓力測試工作時可精進之處。雖然普遍金融機構目前執行壓力測試時，尚面臨綠色定義不一致和資料獲取不易等挑戰，但其分析結果仍可提供利害關係人作為作相關決策（例如：擬定氣候相關的公共政策和調整投資組合）的參考指標之一。本報告最後提出建議未來學術工作可研究之方向。

- 一、探究氣候相關政策對氣候情境的具體影響：從 CBES 和 CRST 的結果發現，參與壓力測試的金融機構對於氣候政策的所造成的實際影響仍有很大的不確定性，因此假設情境的準確度仍有提升的空間。反觀台灣，雖然國家發展委員會於 2022 年 3 月已公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，提供至 2050 年淨零的軌跡與行動路徑，希望藉此引導整體產業朝向綠色轉型。然而，此文件卻並未有詳細計畫來說明如何達到各階段的減碳目標，相關策略也較模糊不清。因此，建議公、私單位的學者可以合作並深入研究氣候相關政策對氣候情境的具體影響，未來提供較符合現況的氣候假設情境。
- 二、如何建立壓力測試的部分共享資訊：開發氣候壓力測試的方法和模型涉及跨多個學科（如總體經濟、財務、氣候資訊及統計等）的專業研究人員及數據資料庫，而這些前期投入較多成本，且需定期更新資料。同時，金融機構所需要的量化數據落在不同的產業和企業，導致資料可取得性不佳。因此，考量台灣金融機構的部分壓力測試的基礎假設應該相同（例如：特定產業的平均碳排放量、政府徵收的碳稅價格和 GDP 等），建議可以進一步探討可共用的假設，以利未來將這些數據整合在一個開放的平台，進而降低氣候風險分析與管理的成本。
- 三、加強關注實體風險研究：目前各國執行的氣候壓力測試結果僅反應在信用風險及市場風險，也較著重於分析徵收碳費的轉型風險，而較少對實體天災造成的風險做分析。雖然發生銀行營運因天災遭受重大損失的機率不高，但此事件一旦發生，對銀行收益的衝擊也不容小覷，且 NGFS 的報告顯示，實體風險要遠大於轉型風險（陳鴻達，2021），建議未來可衡量作業風險的對金融機構的影響。

## 參考文獻

### 中文部份

1. 香港金融管理局（2021）。《監管政策手冊》單元 GS-1「氣候風險管理」。香港金融管理局官網限時生效的監管指引。 <https://www.hkma.gov.hk/chi/regulatory-resources/regulatory-guides/by-subject-current/green-and-sustainable-banking/>
2. 香港金融管理局（2022a）。將氣候風險納入銀行監管程序。香港金融管理局官網限時生效的監管指引。 <https://www.hkma.gov.hk/chi/regulatory-resources/regulatory-guides/by-subject-current/green-and-sustainable-banking/>
3. 香港金融管理局（2022b）。氣候風險壓力測試試驗計劃。香港金融管理局季報。二〇二二年三月。
4. 李宜樺、陳念平（2021）。金融業抗壓新顯學氣候風險壓力測試全面啟動。資誠企業永續發展新訊。 <https://www.pwc.tw/zh/publications/sustainability-news/sustainability-news-211025.html>
5. 陳鴻達（2021年7月28日）。金融氣候壓力測試正是時候。名家評論。
6. <https://view.ctee.com.tw/monetary/31111.html>
7. 孫彬訓（2022年6月20日）。銀行啟動氣候變遷壓力測試。工商時報。 <https://ctee.com.tw/news/finance/663241.html>
8. 楊家瑋（2021年12月8日）。莫讓氣候風險成為企業營運及獲利的絆腳石。風險社會與政策研究中心。 <https://rsprc.ntu.edu.tw/zh-tw/m01-3/climate-change/1645-1208-tcf.html>
9. 廖俊男（2005）。金融體系壓力測試之認識與應用。中央銀行季刊，27-3。 <https://www.cbc.gov.tw/tw/public/Attachment/832011425271.pdf>
10. 董珮珊（2022）。氣候風險情境與壓力測試初探。台灣金融研訓院金融趨勢關鍵議題報告。 <http://210.68.8.69/ArticleFileDownload.aspx?id=417>

### 英文部份

1. Bank of England, BoE (2022). Results of the 2021 Climate Biennial Exploratory Scenario (CBES). Bank of England Publishing. <https://www.bankofengland.co.uk/stress-testing/2022/>



results-of-the-2021-climate-biennial-exploratory-scenario

2. Borio, C., Drehmann, M., and K. Tsatsaronis (2014). Stress-testing macro stress testing: does it live up to expectations? *Journal of Financial Stability*, 12, 3-15.
3. Covas, F. (2020). Challenges in Stress Testing and Climate Change. BPI. <https://bpi.com/challenges-in-stress-testing-and-climate-change/>
4. Deloitte Center for Sustainable Progress (2022). Deloitte research reveals inaction on climate change could cost the world's economy US\$178 trillion by 2070. Deloitte Center for Sustainable Progress. <https://www2.deloitte.com/xe/en/pages/about-deloitte/press-releases/deloitte-research-reveals-inaction-on-climate-change-could-cost-the-world-economy-usd-178-trillion-by-2070.html>
5. European Central Bank (2022). 2022 climate risk stress test. European Central Bank Publishing. [https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.climate\\_stress\\_test\\_report.20220708~2e3cc0999f.sl.pdf?842c67ce150676d729931b30de64109b](https://www.bankingsupervision.europa.eu/ecb/pub/pdf/ssm.climate_stress_test_report.20220708~2e3cc0999f.sl.pdf?842c67ce150676d729931b30de64109b)
6. Hong Kong Monetary Authority (2021). Pilot Banking Sector Climate Risk Stress Test. Hong Kong Monetary Authority Publishing. [https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-functions/banking-stability/Pilot\\_banking\\_sector\\_climate\\_risk\\_stress\\_test.pdf](https://www.hkma.gov.hk/media/eng/doc/key-functions/banking-stability/Pilot_banking_sector_climate_risk_stress_test.pdf)
7. Thomas, A., Dees, S., Boissinot, J., Graciano, C.M.C., Chouard, V., Clerc, L., Gaye, A. D., Devulder, A., Diot, S., Lisack, N., Pegoraro, F., Rabaté, M., Svartzman, R. and Vernet, L. (2020). Climate-Related Scenarios for Financial Stability Assessment: an Application to France. Banque De France. Working Paper.
8. Laurent, C., Anne-Lise, BC., DIOT, S., OVERTON, G., ALBERGARIA, S.S.D., VERNET, L and LOUARDI, M. (2021). A First assessment of financial risks stemming from climate change: The main results of the 2020 climate pilot exercis. ACPR - Banque de France. 122-2021 [https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20210602\\_as\\_exercice\\_pilote\\_english.pdf](https://acpr.banque-france.fr/sites/default/files/medias/documents/20210602_as_exercice_pilote_english.pdf)
9. Network for Greening the Financial System, NGFS (2021). Climate Scenarios for central banks and supervisors. NGFS Publishing. [https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2021/08/27/ngfs\\_climate\\_scenarios\\_phase2\\_june2021.pdf](https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2021/08/27/ngfs_climate_scenarios_phase2_june2021.pdf)
10. Swiss Re (2021). Global insured catastrophe losses rise to USD 112 billion in 2021, the fourth highest on record, Swiss Re Institute estimates. Swiss Re Group. <https://www.swissre.>

com/media/press-release/nr-20211214-sigma-full-year-2021-preliminary-natcat-loss-estimates.html

11. Vermeulen, R., Schets, E., Lohuis, M., Kölbl, B., Jansen, D.J. and Heeringa, W. (2018). An energy transition risk stress test for the financial system of the Netherlands. Dutch Central Bank (DNB). Occasional Studies 16-7
12. Valentine J. and Smith, C (2020). UK: UK's Financial Conduct Authority Consults On New Climate-Related Disclosure Requirements Following TCFD Recommendations. Mondaq. <https://www.mondaq.com/uk/CorporateCommercial-Law/908790/UK39s-Financial-Conduct-Authority-Consults-On-New-Climate-Related-Disclosure-Requirements-Following-TCFD-Recommendations>

## 註釋

註 1：年化信用成本 = 預期信用損失的年均變化 / 平均貸款金額