

# 淺談銀行業信用風險之氣候變遷情境分析及壓力測試

李彥錚、張皓然 / 金融聯合徵信中心 研究部

## 前言

氣候變遷在近幾十年來一直是重要的公眾議題，而隨著極端氣候的新聞不斷地被報導（例如：全球均溫又創新高、海平面持續上升、持續出現的暴雨熱浪森林火災……等），公眾對於氣候變遷的憂慮也逐漸地加深，有些是針對氣候變遷的實體影響所帶來的損害（如淹水）感到憂心、有些則是預見未來各國因應氣候變遷所頒布的各项法規，可能會造成的額外營運成本（如碳稅），而這樣的氛圍，讓公眾的關注焦點已從「氣候變遷對自然環境的損害」，衍生轉化為「氣候變遷對於經濟環境的衝擊」。

如欲就氣候變遷對於自然環境的影響加以衡量，因參雜大量估計，本已相當不易，然而其對於經濟環境的影響因更為間接，不但計算更加不易，且計算結果將含更大的不確定性。我們皆知氣候暖化將帶來海平面上升，但上升的地區及幅度即已不易判斷，就更不容易

知道有哪些企業將被影響、及影響的面向為何（如：是導致資產的減損、還是收入的減少、或成本的增加…等），且氣候的影響往往是多因子的連動，各項氣候災難若同時發生的話，對於估算經濟損失的複雜度也將進一步增加。

即使存在著各種困難及不確定性，針對氣候變遷估算損失的工作仍然必須進行，因為如此才能使氣候變遷的經濟影響，從單純的想像轉變成量化的數值。從金融業的角度出發，客戶的損失將影響自身之獲利，瞭解自身損失的程度繼而透過資金引導企業改變行為，才是綠色金融所期望帶來的正面意義。固然估算損失的方式沒有一個標準答案，然金管會為能一致性地掌握銀行業的可能損失，請銀行公會新巴塞爾資本協定持續研議工作小組壓力測試分組（以下簡稱壓測分組，聯徵中心為主辦單位，分組成員包含各金融監理機關及14家銀行）辦理相關工作，並與外部研究團隊一同制訂「本國銀行辦理氣候變遷情境分析作業規畫<sup>1</sup>」（以

1 針對氣候變遷損失估算的分析，多數國家稱其為情境分析，但有些國家亦稱其為壓力測試，故本文後續將視文句需要，將兩者適度併用。

下簡稱本規畫)，以建立簡易合理的損失估算方式，惟本規畫所訂之計算方式僅為本國銀行申報金管會時所用，銀行仍得採用其他自認更適合之方式估算損失以進行各項管理及揭露。本文係從國際氣候變遷議題之發展及因應出發，說明國際上針對氣候變遷之相關規範及作法，再就國內規範及本規畫內計算損失之邏輯及方法論，做一簡要的敘述，謹以本文綿薄之研究成果與社會大眾加以分享。

## 國際氣候變遷議題發展與作法

較為人所熟知的國際規範，當屬聯合國氣候變化綱要公約（UNFCCC），其於1994年生效，主要宗旨在於維持穩定大氣中溫室氣體的濃度，讓氣候系統可以適應且不受危險的人為干擾，簽署國家自1995年起每年召開締約方大會（COP會議），討論及制定國家政策和採取相應的措施來減緩氣候變化，後續最著名的具國際法性質的相關協議即「京都議定書」與「巴黎協定」；京都議定書於1997年通過，簽署國須在2008-2012年間將該國溫室氣體排放量降至1990年水準平均再減5.2%；2015年通過之巴黎協定共195國參與，此協定取代京都議定書，期望將全球平均氣溫升幅控制在工業革命前水準低於2°C之內，並努力將氣溫升幅限制在工業化前水準1.5°C之內。

在落實前述目標的大前提下，還存在著各式各樣的機構，各自在其領域提出相關之倡議及報告，例如IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change，政府間氣候變化專門委員會）是與氣候科學較為相關的組織，於1988

年由世界氣象組織、聯合國環境署共同成立，主要提供有關氣候變遷之科學技術和社會經濟狀況、氣候變遷原因、潛在影響等綜合評估，IPCC已於1990年、1995年、2001年、2007年及2014年發表五次評估報告，並於2023年發表第六次評估報告（AR6），其於歷次所發布之評估報告，廣泛被各界參考未來氣候變遷情境設定之參考依據。

與金融業較相關的至少還包括2個機構：BCBS（巴塞爾銀行監理委員會）、NGFS（綠色金融體系網路）。BCBS係國際清算銀行（BIS）轄下的單位，其所發布的審慎監理規範為各國銀行監理之圭臬，而其於2020年所發布之綠天鵝報告，則示警氣候變遷風險應納入金融穩定監控與審慎監理要求，後續又出具一系列報告，對風險因子與鏈結、衡量方法與壓力測試提供見解。BCBS在壓力測試內較相關的部分在於氣候風險與銀行風險的連結。

NGFS 則係於2017年由全球中央銀行與金融監管機關組成，主要共享全球綠色金融與氣候風險管理方法並提出實務建議，自2020年起發布一系列氣候變遷情境分析之準則與實務做法，截至2022年共超過140家中央銀行與金融監管機構參與。NGFS在壓力測試內較相關的部分在於氣候變遷概況與壓力情境。

## 各國氣候變遷情境分析/壓力測試相關作法

本文簡單整理了荷蘭、英國、丹麥、法國、香港之作法，依其推動時間之順序，分別說明如下。

2018年荷蘭中央銀行（De Nederlandsche Bank，DNB）針對氣候轉型風險<sup>2</sup>進行壓力測試，涵蓋荷蘭境內銀行業、保險業及退休基金，時間跨度為5年，主要針對能源轉型方面，依照科技突破及政策態度積極性之高低區分成四種情境，科技突破主要影響可再生能源在能源結構中之佔比增加幅度，政策態度主要影響碳價上漲程度，觀察不同產業及利率影響在四種情境下會帶來之資產損失，由荷蘭央行計算各別損失再加總整體金融業結果。

2019年英國中央銀行（Bank of England，BoE）針對氣候風險之實體風險<sup>3</sup>及轉型風險進行壓力測試，涵蓋英國大型銀行業與保險業，時間跨度30年，分成1種實體風險及2種轉型風險情境，以綠色金融體系網路（NGFS）的情境為基礎，分別有早期政策情境、晚期政策情境及無額外政策情境，以下分別說明之。

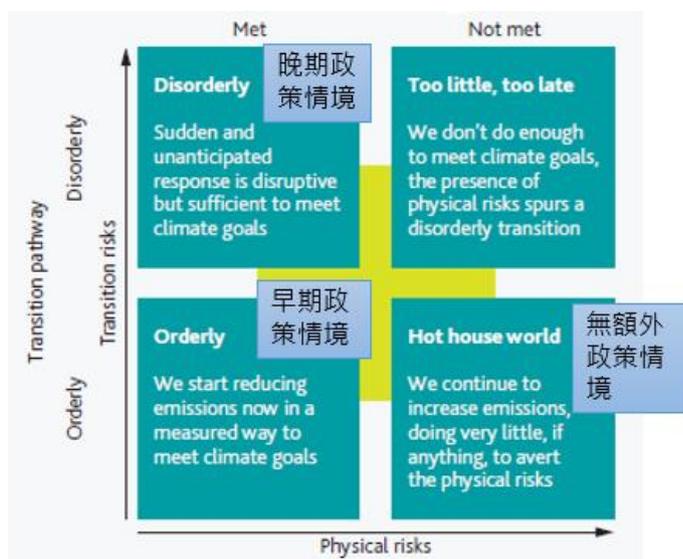
●早期政策跟晚期政策情境：反映的都是轉型風險，著重於政府政策與石化燃料之變化，例如排放政策、石化燃料退場、因石化燃料及碳稅影響之大宗商品市場等，將會使得企業產出下降、獲利減少、勞動與生產力下降，但因為政策對於氣候變遷達到抑制效果，所以並未造成太多實體的損害；而早期與晚期的差別則在於碳價的預估，晚期政策的假設在於政府過晚才推出相關政策，導致

碳價急遽上升，經濟產出急速下降，這對經濟所帶來的損害將較早期政策情境為大。

●無額外政策情境：反映的是實體風險，該情境假設政府無採取額外控管政策，導致氣候災害將相當劇烈，使經濟成長率長期趨緩，例如降雨量增加與淹水、海平面上升、熱帶氣旋及熱浪等，進而造成不動產價值減損、生產力下降、資本損傷及全球貿易量減少等不利影響。

在前述3個情境下，分別觀察大型銀行業授信部位減損，保險業資產價值與負債之影響等，英國央行定義情境後，由大型銀行業及保險業各自執行，再交由英國央行報告結果，並提供相關建議。

圖1 英國參考NGFS所設定的情境設定進行壓力測試



2 係指企業落實低碳經濟轉型所引起的政策和法規、技術、市場及名譽等風險，本文後段將予以詳述。

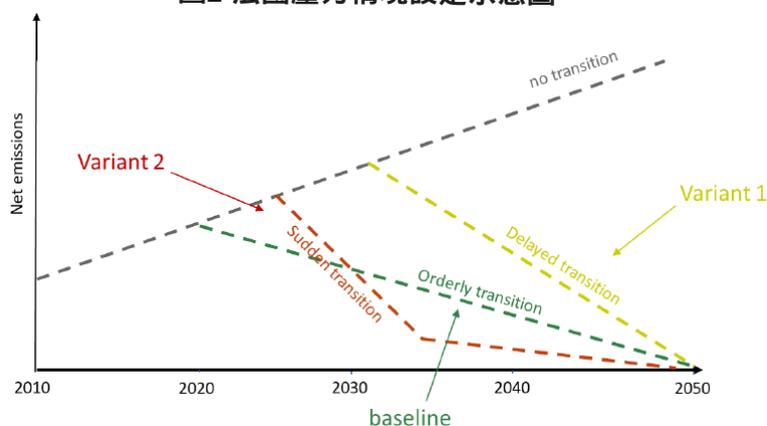
3 係指立即或長期性極端氣候事件為企業所帶來的財務損失風險，本文後段將予以詳述。

2020年丹麥國家銀行（Danmarks National bank）之氣候風險敏感性分析，與其他國家氣候變遷壓力測試不同，主要觀察銀行業在特定時間內，承受特定程度的損失，是否會有資本不足的情況，使用氣候風險加壓後的違約率（PD）作為主要計算方式，而氣候變遷造成的損失（或資產減值），將視客戶別特性而有不同的運算權重，例如企金組合係依照產業的碳排強度、房貸組合則為房屋擔保品的能源標章等，而非平均分布於銀行暴險中。分析結果發現，轉型時間為相當重要的影響因素，如果是足夠長期且慢性的轉型，將使銀行擁有足夠的時間藉由當前營利吸收損失，以保持適當的資本適足率。

2020年法國金融審慎監理總署（Autorité de Contrôle Prudentiel et de Résolution，ACPR）與法國中央銀行（Banque de France）針對氣候風險之實體風險及轉型風險進行壓力測試，涵蓋法國銀行及保險業，時間跨度30年，並特別加上動態資產負債表，即銀行及保

險業會因應氣候變遷調整資產組合，此種假設顯現出銀行應對策略之多樣性，情境假設方面，轉型風險情境參考NGFS之3種情境，分別是有序轉型（Orderly transition）、延遲轉型（Delayed transition）及緊急轉型（Sudden transition），主要以碳價上升幅度，觀察信用風險成本及市場風險損失變化。有序轉型為參考情境描述成巴黎協議承諾之情境；延遲轉型為2030年溫室氣體排放未達目標，使得後續碳價將顯著上升；緊急轉型為2025年後產能與再生能源發展受限，使得後續碳價非常顯著上升，帶動能源價格上升。而實體風險情境僅參考IPCC之RCP 8.5<sup>4</sup>情境，及未來高碳排情境，實體風險僅針對保險業執行，以颶風、沿海洪水、乾旱及淹水等實體災害觀察賠償與損失率變化。主要觀察銀行業在信用風險、市場風險及交易對手風險之資產損失，保險業資產價值與負債之影響，由ACPR定義模型變數及參數設定，交由銀行業及保險業執行後，再由ACPR報告結果，並提供相關建議。

圖2 法國壓力情境設定示意圖<sup>5</sup>



4 在IPCC於2014年發布的第五次評估報告（AR5）中，科學界定義了4組情境，稱為「代表濃度途徑（RCPs）」，作為氣候模式進行數值模擬（未來氣候推估）的規範。這4組代表濃度途徑是描述4種不同溫室氣體排放、空氣污染排放和土地使用條件下的21世紀情境。4組代表濃度途徑中，RCP2.6是個暖化減緩的情境；RCP4.5與RCP6.0是中度排放的情境；RCP8.5是溫室氣體高度排放的情境。在沒有額外限制排放的情形下，將是介於RCP6.0和RCP8.5的情境。RCP2.6則代表全球暖化幅度維持在工業革命前攝氏2度以內的情境。

5 資料來源：ACPR，A first assessment of financial risks stemming from climate change：The main results of the 2020 climate pilot exercise.

2021年1月，香港金融管理局（Hong Kong Monetary Authority，簡稱HKMA，即香港的金融監理機構），開始展開銀行業的信用風險氣候壓力測試，涵蓋實體與轉型風險，使用情境為1個實體風險情境及2個轉型風險情境，執行方式係由HKMA提供情境及風險鏈結要素，並交由銀行自行產製PD與LGD的影響，預計未來每兩年實施一次。

HKMA實體風險情境採用IPCC RCPs情境下的氣候模擬資料進行分析（聚焦於RCP8.5），主要的實體風險來自於颱風與洪水，參考外部研究報告之數據及歷史淹水對房價影響紀錄做為相關參數，同時依照地域別（依風險程度區分）設定不同的壓力程度（如為低窪或沿海地區，假設房價下跌幅度更多）。轉型風險的情境設定，則參考NGFS之Orderly與Disorderly的轉型情境，而轉型風險之分析標的，僅包含6項高碳排產業（能源、公用事業、金屬及採礦、製造、運輸及建築）及不動產開發業等7項產業之放款。

## 國內政策環境背景

為引導金融業及企業重視氣候變遷議題及永續發展，金管會早已於2017年即推動「綠色金融行動方案1.0」，著重於鼓勵金融機構對綠能產業的投融資，以資金支持綠能產業的發展；後續則於2020年8月發布「綠色金融行動方案2.0」，進一步將範圍擴充至涵蓋環境、社會及治理（簡稱ESG）面向，持續建立可促進綠色及永續金融市場有效運作之架構及基礎，包括：提升ESG資訊揭露質量及透明度、建立永續分類標準之雛型，以及引導金融機構從對綠能產業之投融資，擴

及對綠色及永續發展之支援，並培養金融機構因應氣候變遷風險之韌性。

在前述之培養韌性一節，即規劃將氣候變遷因素納入審慎監理考量，期能驅動金融業審視自身因應氣候變遷之風險與能力，進而規劃培養韌性及掌握商機。具體措施包括持續蒐集金融機構辦理氣候變遷情境分析並進行壓力測試之相關國際資訊，及研議我國參考辦理之可行性。金管會銀行局於2021年2月函請銀行公會轄下之壓測分組，發展氣候變遷情境分析作業規畫，包括測試情境設計、受衝擊暴險分類、衝擊程度計算方法論及計算所需資料等，以利本國銀行導入氣候變遷情境分析，於風險管理與永續金融發展業務中納入考量。本規畫於2022年底定版後，全體本國銀行則於2023年5月底，依其規畫方式完成計算後申報主管機關，並於2023年6月底前依「本國銀行氣候風險財務揭露指引」之規定進行相關揭露。

惟氣候變遷議題本就仍在發展階段，各項方法論及相關參數都仍在推陳出新，故金管會於2022年9月發布之「綠色金融行動方案3.0」，亦仍請相關單位持續觀察國際趨勢變化，適時更新相關資訊以精進壓力測試模組，以利銀行執行氣候風險管理各項措施。

## 本國銀行氣候變遷情境分析

本節僅就本規畫內的計算邏輯及方法論，做一簡要的敘述，期能與讀者分享其計算概念，但並不再針對計算結果加以揭露及討論。事實上因本議題仍在持續發展中，本就沒有一絕對正確之計算方式，故本方法亦僅係眾多計算方式之一，並非氣候變遷情境分析之準則及指引。

### 1. 壓力情境設定

藉由釐清壓力情境之各項設定，始能找出各項參數加以計算損失。簡單來說，我們必須知道未來溫度上升幾度，才能推估海平面會上升幾公分，接著才能推估企業獲利或資產減損的程度；然而溫度上升的幅度與速度，又可能會被政府採取的管制手段（如碳排量管制、收取碳費等）、科技發展（如碳捕捉的技術）影響，因此未來溫度的發展路徑也不只一種，而是會衍生數種不同的情境，於是首先必須對各情境加以定義。

IPCC於2014年發布了第五次評估報告（AR5）<sup>6</sup>所產製之代表濃度路徑（Representative concentration pathways，RCPs）作為情境設定之依據，後續成為許多主管機關、金融機構或研究單位等，實體風險情境因子產製時相關標準，包含一類嚴格減緩排放情境（RCP2.6）、兩類中度排放情境（RCP4.5和RCP6.0）和一類高度排放情境（RCP8.5）。其中RCP8.5情境代表無轉型政策而導致氣候變遷最嚴重之情形，RCP2.6則代表最積極轉型並控制排放之情境。

圖3 人為二氧化碳年排放量（取自AR5報告）

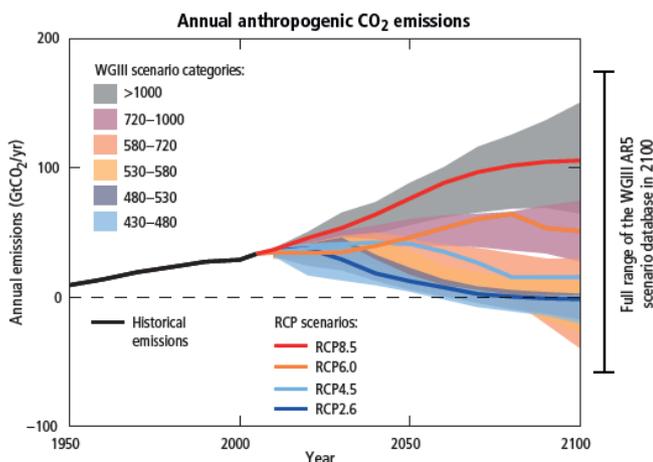
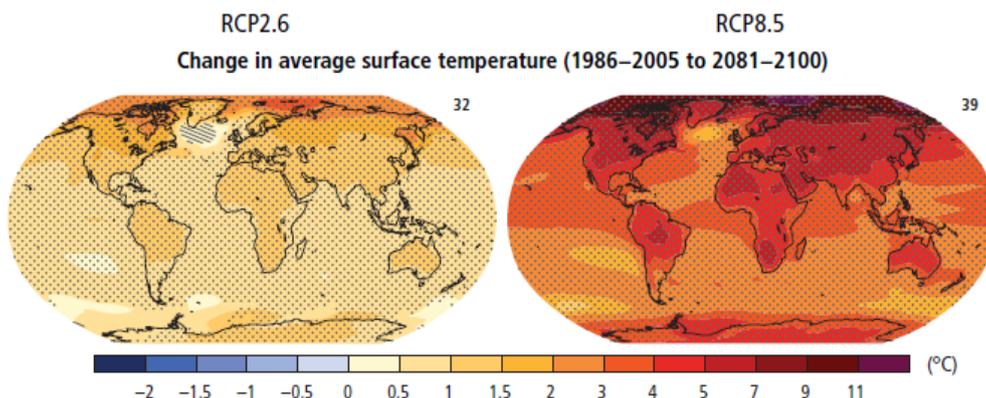


圖4 平均表面溫度變化（取自AR5報告）



6 IPCC於2023年發布了第六次評估報告（AR6），情境數量有所增加，目前各界尚在研究如何將其結合至更新版之壓力測試，本文後段尚會再加以說明。

氣候風險分成實體風險與轉型風險。實體風險（Physical risk）指的是氣候變遷造成極端天氣事件，使得對房屋不動產、基礎建設和企業供應鏈造成破壞，造成企業利潤下降、企業資產減損、擔保品減損或個人財務損失，例如颱風、龍捲風、強降雨、洪水、海平面上升、熱浪及乾旱等。台灣目前及未來可能遇到之實體風險為颱風、強降雨、淹水、海平面上升、乾旱等，目前主要以颱風及強降雨造成淹水及停工，乾旱造成企業營運成本上升或停工等影響最大。

轉型風險（Transition risk）指的是企業因應低碳經濟轉型所面臨技術、政策法規、消費者市場變化及商譽等風險。技術方面，因企業生產需轉型低碳技術，提出了更高的要求，使生產和資本支出增加，並且需承擔轉型失敗之風險。在政策與法規方面，應對氣候變遷的政策和法規，例如碳稅、碳價、碳權、環保法規等，企業需調整經營方式，使得成本和收入受到影響。消費者偏好方面，氣候變遷與環保意識增加，只用傳統技術將影響到品牌商譽。

本規畫參考NGFS之2021年情境第二階段項目<sup>7</sup>與IPCC之AR5報告，並依照轉型風險與實體風險之強弱，排列組合出3種情境，各情境分別說明如下：

a. 有序轉型情境：對應NGFS之「Net Zero 2050」情境與IPCC之「RCP2.6」情境，描述全球升溫有限且循序漸進轉型，於2050年達到

淨零排放之路徑。（實體風險：輕微、轉型風險：輕微）

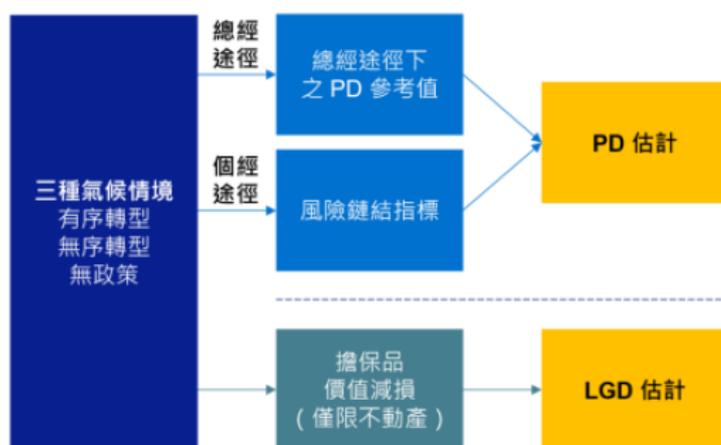
b. 無序轉型情境：對應NGFS之「Delay Transition」情境與IPCC之「RCP2.6」情境，描述全球升溫有限，但執行轉型之啟動時間延遲，或是政策執行過程中不順利，雖同樣達成減碳目標，但轉型較為急劇。（實體風險：輕微、轉型風險：嚴重）

c. 無政策情境：對應NGFS之「Baseline」情境<sup>8</sup>與IPCC之「RCP8.5」情境，描述全球未實行或低度實行轉型之行動下，造成中長期實體風險較為嚴重，全球溫度上升。（實體風險：嚴重、轉型風險：輕微）

## 2. 風險推估途徑

本規畫使用前述3種情境（有序轉型、無序轉型、無政策）進行情境分析，並分別透過總經途徑、個經途徑來將其對氣候之影響，轉化為對違約率及違約損失率之影響，以圖5來加以說明：

圖5 各氣候情境對於信用風險的推估方式



圖片來源：本國銀行辦理氣候變遷情境分析作業規畫（111年版）。

7 NGFS於2021年所發布情境設定之第二階段，區分六項情境，分別是：「Net Zero 2050」、「Below 2°C」、「Divergent Net Zero」、「Delay Transition」、「NDCs」及「Current Policies」。

8 Baseline情境為NGFS情境下作為基準用之參考模型，其呈現出未進行任何政策調整下的總體經濟變化，不屬於2021年發布之六項情境。

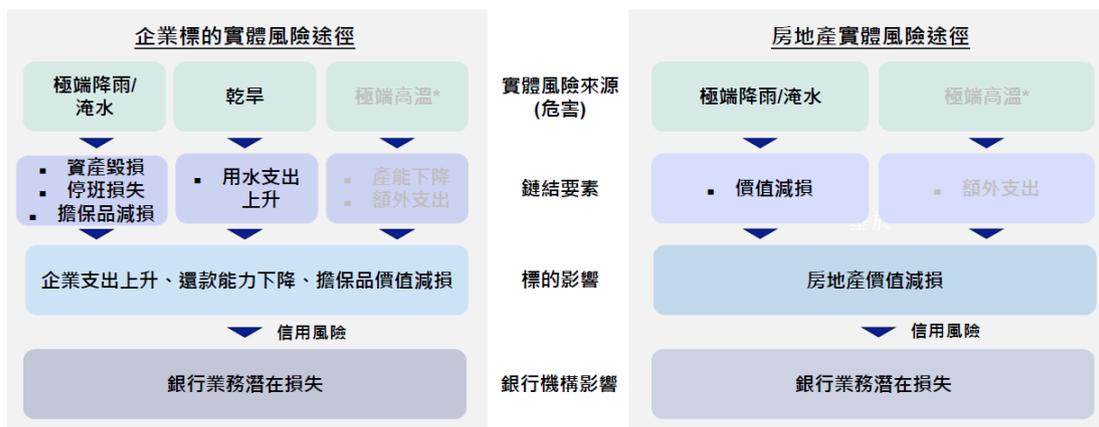
簡單來說，總經途徑指的是全體性無差別的影響，例如嚴重的淹水及缺水導致了GDP成長的趨緩或衰退，進而讓各產業下所有公司的業務量下降，違約率接著上升，假設正常情形下的整體違約率是0.5%，但加壓後的違約率變成0.6%，那麼我們可以得知加壓後全體違約率會增加1.2倍；而個經途徑指的是因個別授信案件特質的衝擊，舉例來說，若某授信戶所提供的不動產擔保品集中於易淹水地區，則其價值減損可能性較高，違約率影響程度也會比較大；又若某戶處於高碳排產業，則其受到碳稅課徵的衝擊可能較強，該戶所受的違約率衝擊也會比較大。

稍微具體來說，總經途徑方面，係可透過外國資料庫內之數據（如IAM），產出各情境下的氣候變遷自然因子（未來碳排與升溫控制）及社會經濟主要因子（碳價格及市場變化）的變化，再將其輸入至總經因子推估模型（如NiGEM），即可得知GDP成長率、銀行放款利率及失業率等變數在氣候變遷情境下的

加壓影響，而前述總經因子本就可與各授信業務別、產業別建立違約率的關聯模型，故透過加壓後的數字，我們即可得知總經途徑對於違約率的加壓乘數影響。

至於個體途徑，係企業及個人受到氣候風險影響直接衝擊鏈結要素（如營收損失、擔保品損失、額外成本增加等）。在實體風險的部分，主要係評估「水」的影響，包括水太多（停工、淹水損害及擔保品價值損失）或水太少（乾旱造成營業成本上升），並將其結合「地理資訊」，包括授信戶營業所在地或擔保品所在地，透過國內氣象相關的資料庫，來評估影響企業營收減少、成本增加、及擔保品價值減損程度，其示意圖詳見圖6；在轉型風險的部分，主要評估「碳價」的影響，使用國際資料（NGFS 資料庫）估算不同情境下台灣碳價格（USD/公噸二氧化碳當量），先估算各產業別的碳排強度（每千元營收碳排量），再視企業授信戶所處之產業別，來推估碳價對企業營業成本之影響，其示意圖詳見圖7。

圖6 實體風險鏈結至信用風險損失之示意圖<sup>9</sup>



圖片來源：銀行公會氣候變遷壓力測試專案。

9 高溫在台灣的危害連結到實際營運影響較小，故不納入計算。

圖7 轉型風險鏈結至信用風險損失之示意圖<sup>10</sup>



圖片來源：銀行公會氣候變遷壓力測試專案。

本規畫尚保留一定的計算彈性，讓銀行可用更細緻的區隔得出較精確合理的結果。例如在計算實體風險的損失時，「地理資訊」是一項關鍵因素，所處地區別的不同將導致損失估算的差異，然而目前本規畫僅以鄉鎮市區為最小單位進行風險分級，因此若某行政區涵蓋面積過大（例如同時包含平地跟山區），就會導致同一行政區內的風險評估不夠細緻，所以在此部分，銀行得運用GIS（地理資訊系統）作為進階做法，套疊水利署淹水潛勢圖，使用網格資料，細緻度可提升到都會區10公尺\*10公尺網格、非都會區40公尺\*40公尺，以台北市為例，基礎作法可分成12個行政區，進階作法有超過20萬個網格資料，依照網格對應淹水深

度的營收影響比率，可以更精確的估算損失；又例如在計算轉型風險的損失時，「產業別」是一項關鍵因素，所處產業別的不同將導致估計碳價影響的差異，若授信戶本身碳排表現與所處產業平均碳排量有較大的差異，估計亦將有所誤差，因此銀行若能掌握授信戶個別之碳排資訊，可直接使用個別授信戶之碳排資訊。

### 3. 情境分析預期損失計算

藉由前述的風險推估路徑，在實體風險方面的個經途徑，簡約歸納出的最終影響項目為「營業收入<sup>11</sup>」及「不動產擔保品價值」；而在轉型風險方面的個經途徑，簡約歸納出的最終影響項目為「營業收入<sup>12</sup>」。

<sup>10</sup> 轉型風險主要來自對企業之衝擊。

<sup>11</sup> 部分係營收的減項，例如淹水導致停工，以停工天數來估計營收的損失；但部分可能是成本支出增加，如乾旱導致水費上升，這種情形亦將增加的支出，當成收入的減少。

<sup>12</sup> 轉型風險主要的影響是碳費將導致企業成本增加，故比照前述做法，將增加的支出當成收入的減少。

雖然氣候變遷對於財務的影響可能包含各方面，但把影響項目簡約歸納為「營業收入」及「不動產擔保品價值」的好處在於便利計算違約率，因我國現行第二支柱信用風險壓力測試的做法，營授比<sup>13</sup>、十足擔保比率<sup>14</sup>、借款金額對擔保品價值比（CLTV）<sup>15</sup>，皆為慣用的風險鏈結要素，且有足夠的歷史違約率資料可以對照。舉例而言，藉由加壓後的營業收入，可以得出新的營授比數字，藉此可以查出對應的違約率（假設為1%），再進一步透過前述總經途徑所算出的違約率加壓乘數（假設為1.2倍），即能得出最終的加壓後違約率（1.2%）。

同樣地，在LGD（違約損失率）部分，銀行自身本有其違約戶損失經驗所得之回收率，針對氣候因素的加壓處理方式，則係先透過各地區歷史淹水事件與房價建立關係式，再透過氣象資料庫估計各地區在各壓力情境下的淹水機率，繼而得出各地區不動產擔保價值的減損比率估計值，做為加壓後的LGD值。

隨著違約率（PD）、違約損失率（LGD）、違約暴險額（EAD）等三種風險資訊齊全後，將之相乘即可得出預期損失，即壓力情境分析的損失估計結果，計算範圍包括國內外各信用風險部位，包括銀行簿下表內外授信部位、票債券與權益投資。銀行經計算各情境下的預期損失後，即可再行研擬後續的投融资因應規畫，例如辨識目前高風險的部位（地

理位置或產業別），是否具調整及改善的空間；又或者將氣候壓測的評估方式整合進徵審流程，降低業務產生之整體氣候風險。

惟本文僅係分享估算損失的邏輯及方法論，有關實際估算結果及後續因應措施，並不在本文的討論範圍內。

## 應用限制及未來發展

### 1. 應用限制

實體風險方面，由於台灣近年與氣候變遷相關之災害，主要與降雨劇烈或乾旱有關，因此本規畫較無考量其他災害所造成之影響，例如野火、高溫、海平面上升等，除過去發生頻率稀少缺乏歷史經驗外，尚有相關方法論仍在精進或研究中，未來可持續討論與注意時事議題發展。

轉型風險方面，本規畫在產業分類方面主要根據主計處第11板產業代碼，雖分類詳細足以供一般產業使用，惟在綠能相關產業如再生能源、綠能發電、電動車等產業無法詳盡判斷，在使用分析上仍需靠各銀行依授信對象自行判別；此外，轉型風險因子除常用之碳費及碳稅外，另有政策法規之規定、科技創新研發成本等相關轉型支出，惟缺少相關可評量資料，故僅能用碳費（稅）做為估計轉型風險的唯一因子，因此尚無法相當全面地評估轉型風險。

13 營授比公式=營業淨額/授信金額。

14 十足擔保比率=十足擔保授信（排除中小信保）額度/總授信額度。

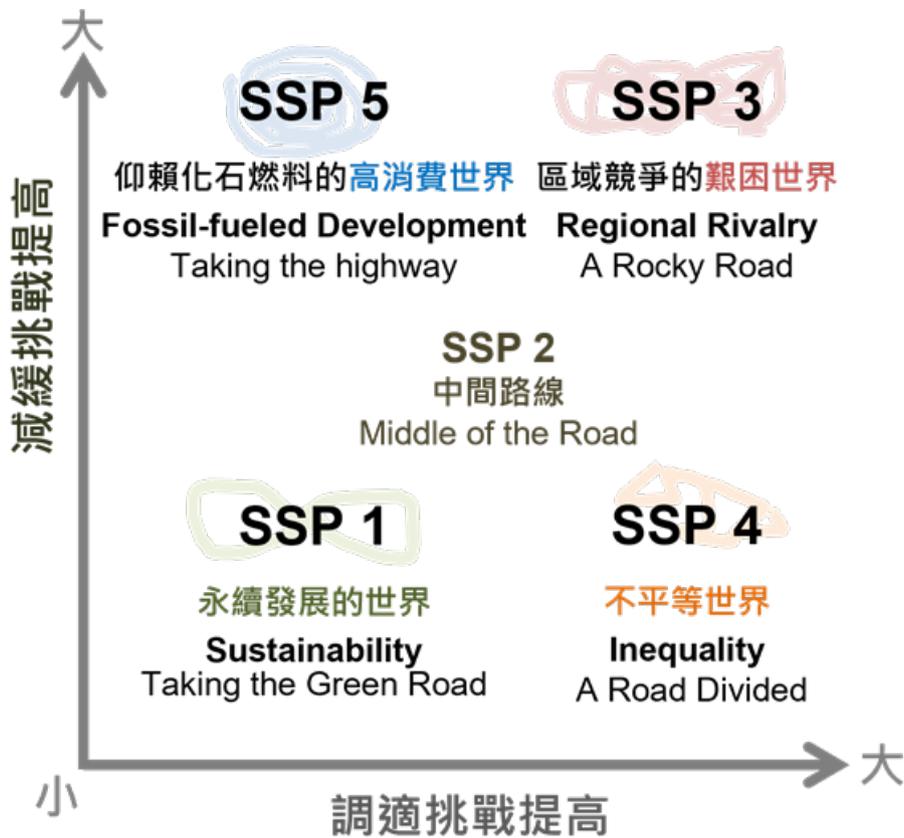
15 借款金額對擔保品價值比（CLTV）=授信金額/擔保品價值。

2. 未來發展—IPCC第六次評估報告（AR6）相關資料運用

本規畫之專案執行期間，IPCC第六次評估報告（AR6）尚未完成發布，因此僅能用當時現有資料及方法論所設計，實體風險情境設定主要以第五次評估報告（AR5）所產製之代表濃度路徑（RCPs）作為參考，如未來改版可更新為第六次評估報告（AR6）之氣候變遷情境。第六次評估報告（AR6）相對第五次評估報告（AR5）更強調人為因素與社會發

展造成氣候變遷問題之影響，另外新增「共享社會經濟路徑」（Shared Socioeconomic Pathways, SSPs）氣候變遷未來情境，共有5種設定路徑，分別是：SSP1永續發展、SSP2中間路線、SSP3區域競爭、SSP4不平等及SSP5石化燃料高度發展，情境之間主要差異為不同的社會經濟假設，例如經濟成長、全球化程度、土地利用變化、技術發展、受教育機會等，五個情境對應的調適與減緩挑戰大小，示意如圖8：

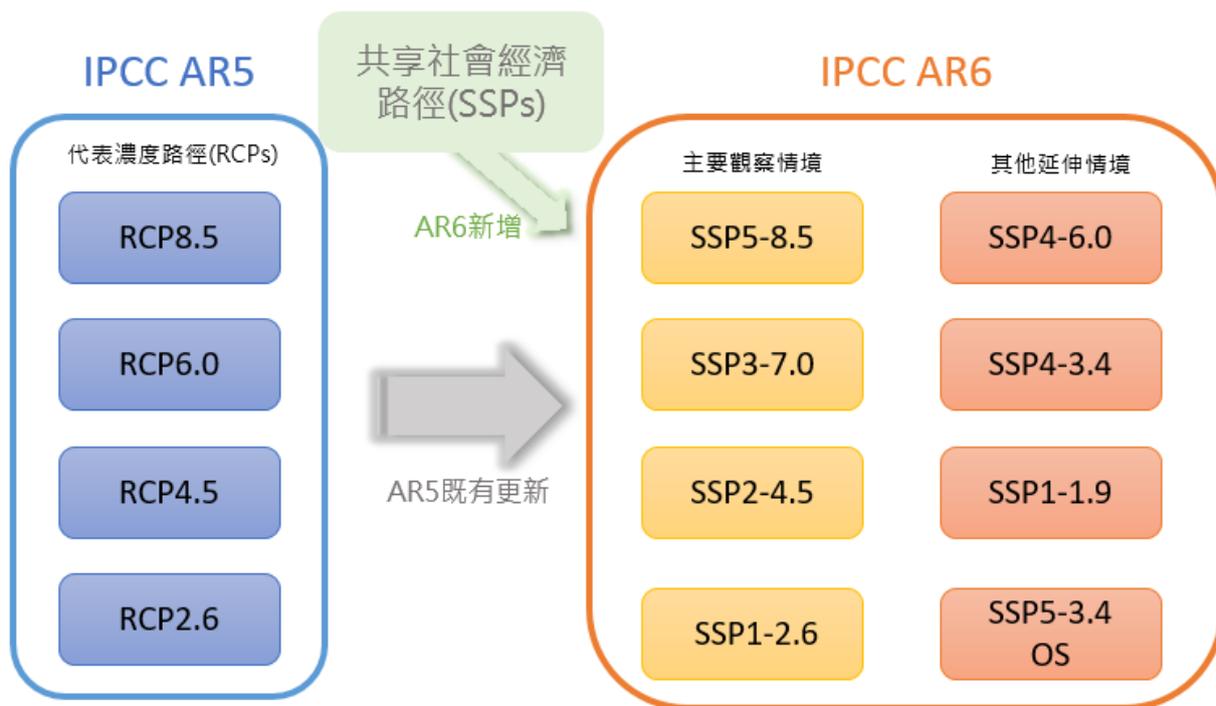
圖8 共享社會經濟路徑下的5種情境比較<sup>16</sup>



16 資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫（TCCIP）網站。

AR6報告之氣候變遷情境透過共享社會經濟路徑（SSPs）與代表濃度路徑（RCPs），組合成8種氣候情境設定，示意圖如圖9<sup>17</sup>：

圖9 AR6由SSPs及RCPs所組合成的8種情境



在考量了社會經濟因素後，情境設定可以較為細緻，藉以呈現更多元的可能路徑。例如 SSP1-1.9與 SSP1-2.6，其實都是反映低碳排且達到減緩暖化目標的情境，但後者的進展較前者緩慢；又例如 SSP5-8.5與 SSP3-7.0，其實都是反映高碳排且嚴重暖化的情境，但前者幾乎是全球普遍無氣候政策，而後者仍存在相關環境政策，但可能僅較部分先進的國家會採行，其他國家則因仍欲發展經濟而加以抗拒，在國際間失去合作的情形下，導致政策無法有效的運行。

未來如使用AR6報告之氣候變遷情境與相關資訊，並加入共享社會經濟路徑（SSPs）模擬情境，將可與社會經濟發展作為連結，對於實體風險與轉型風險之相關指標調整，例如氣候情境轉型與實體因子相關可能的整合、TCCIP 模擬推估台灣未來相關AR6氣候資料、更新AR6降尺度資料（如各地區降雨量）等，後續將影響到各地區情境風險等級對照、企業營業額損失變化、不動產擔保品價值變化等，情境分析的方法及計算結果亦將有所改變。

17 資料來源：臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫（TCCIP）網站。

## 結語

誠如本文一開始所述，儘管我們都知道氣候變遷會為社會整體帶來災害，但如何估算較合理的信用風險及其損失金額，則有賴各項假設條件及其數據、以及尋求各種中介的鏈結指標，始能加以進行。因此本規畫參考國際各國監理機關之實務作法，以及綠色金融體系網路（NGFS）、聯合國政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）等國際組織之情境設計，區分為有序淨零、無序轉型、無政策等3種情境，進行損失估計。

本規畫除運用國際公開資料庫與模型數據外，尚結合國家災害防救科技中心（NCDR）、經濟部水利署、內政部營建署及本中心信用資料庫等國內本土資料庫，將氣候風險與銀行信用風險成分連結，以利估算對銀行業信用風險之衝擊。計算上盡可能貼近現行銀行監理壓力測試的方法以利銀行操作，並提供進階作法，供先進銀行充分運用更細緻之資料與技術，進行更精確之數據分析。

全體本國銀行已於今（2023）年5月依本規畫進行損失估算並申報主管機關。惟針對氣候變遷的壓力情境分析，僅僅只是開始而非結束，這樣的估算不只是為了申報主管機關，如能妥善地將此精神應用於營運管理，並回應內外部利害關係人的需求，才能更大意義地發揮其效益。

此外，與氣候相關的科學其實都還在持續發展，企業界因應降低碳排的技術也仍在研究中，因此無論是氣候環境或經濟環境，相關的

情境條件及假設在未來都仍會變動；而隨著國內針對氣候相關資料庫的逐步建置，一些本來因無相關資料而屬於研究限制的項目，可能也因此得以納入估算。所以在氣候變遷情境分析及壓力測試的發展上，未來仍將持續精進，讓計算的合理性及完整性更加完善。

## 參考文獻

1. 福爾摩沙氣候智慧服務有限公司、史丹福管理諮詢有限公司（2022），銀行公會氣候變遷壓力測試結案報告。
2. 本國銀行辦理氣候變遷情境分析作業規畫（111年版）。
3. IPCC（2014），Fifth Assessment Report.
4. IPCC（2023），Sixth Assessment Report.
5. Brian C. O' Neill，Claudia Tebaldi，Detlef P. van Vuuren，Veronika Eyring，Pierre Friedlingstein，George Hurtt，Reto Knutti，Elmar Kriegler，Jean-Francois Lamarque，Jason Lowe，Gerald A. Meehl，Richard Moss，Keywan Riahi，Benjamin M. Sanderson（2016）. The Scenario Model Intercomparison Project（ScenarioMIP）for CMIP6. *Geosci. Model Dev.*，9，3461–3482.
6. 臺灣氣候變遷推估資訊與調適知識平台計畫（TCCIP）網站。