

國際清算銀行 (BIS) 「氣候相關風險驅動因子及其傳遞管道」

本公司風管處摘譯

壹、摘要

貳、序言

參、氣候相關風險因子

- 一、實體風險因子
- 二、轉型風險因子
- 三、氣候風險因子的不確定性

肆、傳遞管道

- 一、採用現行金融風險類型衡量風險
- 二、個體經濟面向之傳遞管道
- 三、總體經濟面向傳遞管道

伍、地理異質性、放大機制和緩解措施

- 一、地理異質性
- 二、放大機制
- 三、緩解措施

陸、結論

- 一、現行風險類型的潛在影響
- 二、研究所有風險類型並提高數據可取得性

壹、摘要

本報告探討實體風險驅動因子（以下簡稱實體風險因子）及轉型風險驅動因

巴塞爾銀行監理委員會 (BCBS) 於 2021 年 4 月 14 日發布。本摘譯文內容如與原文有歧義之處，請以原文為準，原文連結網址如下：<https://www.bis.org/bcbs/publ/d517.htm>

子（以下簡稱轉型風險因子）如何透過個體經濟及總體經濟的傳遞管道影響銀行金融風險。此外，本報告亦探討可能影響氣候相關風險驅動因子（以下簡稱氣候風險因子）衝擊範圍及衝擊大小的因素為何。本報告主要重點如下：

第一，實體風險因子的嚴重程度及頻率上升，將導致銀行及金融體系的經濟成本及財務損失。第二，轉型風險因子可能在經濟體追求減少二氧化碳排放（二氧化碳排放約占所有溫室氣體〔GHG, greenhouse gas〕排放的四分之三）的過程中產生，主要係因政府相關政策改變、技術發展、投資者及消費者觀感改變。而轉型風險因子亦可能產生銀行及金融體系的巨額成本及損失。

下表列出氣候風險因子對銀行各種風險類型的潛在影響：

風險類型	氣候風險因子（實體風險、轉型風險）的潛在影響
信用風險	當氣候風險因子導致借款人償債能力下降（所得效果）或借款人違約時，銀行全數收回債務的機率下降（財富效果）時，信用風險上升。
市場風險	造成金融資產價格下降，包括價格突然過度反映氣候風險；氣候風險也會造成資產間相關性的異常或特定資產的流動性改變，進而削弱金融機構風險管理能力。
流動性風險	當市場情況改變時，銀行的穩定資金來源減少。氣候風險因子可能導致銀行客戶提領存款或動用信用額度，使銀行面臨流動性壓力。
作業風險	氣候敏感投資或氣候敏感業務的法遵風險增加。
信譽風險	市場觀感或消費者觀感改變，導致銀行信譽風險增加。

現存研究多關注於氣候風險因子對銀行信用風險的影響，對市場風險的討論較少，且僅少數研究討論氣候風險因子對銀行的全面影響。

本報告指出實體風險及轉型風險對經濟及金融市場的影響，會因銀行之地理區域、部門、經濟及金融發展等不同而有差異：

- 銀行的商業模式及暴險類別將增加氣候相關風險影響的嚴重性，這是因為某些經濟部門對突然發生實體風險或轉型風險事件非常敏感。
- 氣候相關暴險依銀行的地理位置及其暴險類別而有不同，這是因為各銀行所處的天氣型態、自然環境、政治體系及消費者觀感等具異質性。

- 研究指出低度開發經濟體較易因氣候風險影響而受傷，因其擁有較少的資源來處理相關損失。

氣候相關事件及風險皆具不確定性，且可能呈非線性變化。實體風險可以區分為突發性事件及長期性事件，實體風險的不確定性與事件發生的位置、頻率、嚴重性有關。而轉型風險的不確定性與政策改變、技術創新、消費者觀感改變等所構成的未來路徑有關。

在評估氣候相關金融風險時，銀行及監理機關皆需要可信的情境來估算實體風險及轉型風險的潛在影響。這些情境需與足夠且精細的氣候相關暴險數據結合，並使用適當的衡量方法（詳見同步發布的另一報告《氣候相關金融風險 - 衡量方法》）。

現存研究並未找出氣候相關因素與銀行信用風險、市場風險、流動性風險、作業風險或財報損失等之相關性，而係專注於氣候風險因子如何影響小範圍特定經濟部門、單一市場，或僅以由上而下的方式，分析氣候風險因子對整個總體經濟的影響。

本報告指出 Basel 架構中被金融機構廣泛使用的現行風險類型，是可以用來描述氣候相關金融風險。巴塞爾銀行監理委員會的近期工作之一，就是找出 Basel 架構中現行風險類型與氣候相關風險的關係，以有效處理 Basel 架構中氣候相關金融風險之不足處。

貳、序言

巴塞爾銀行監理委員會（下稱監理委員會）鑒於氣候相關金融風險可能影響單一金融機構的安全性及穩定性，並對金融體系的穩定造成更廣泛的影響，已建立氣候相關金融風險工作小組（TFCR，Task Force on Climate-related Risks）進行氣候相關金融風險工作研究。

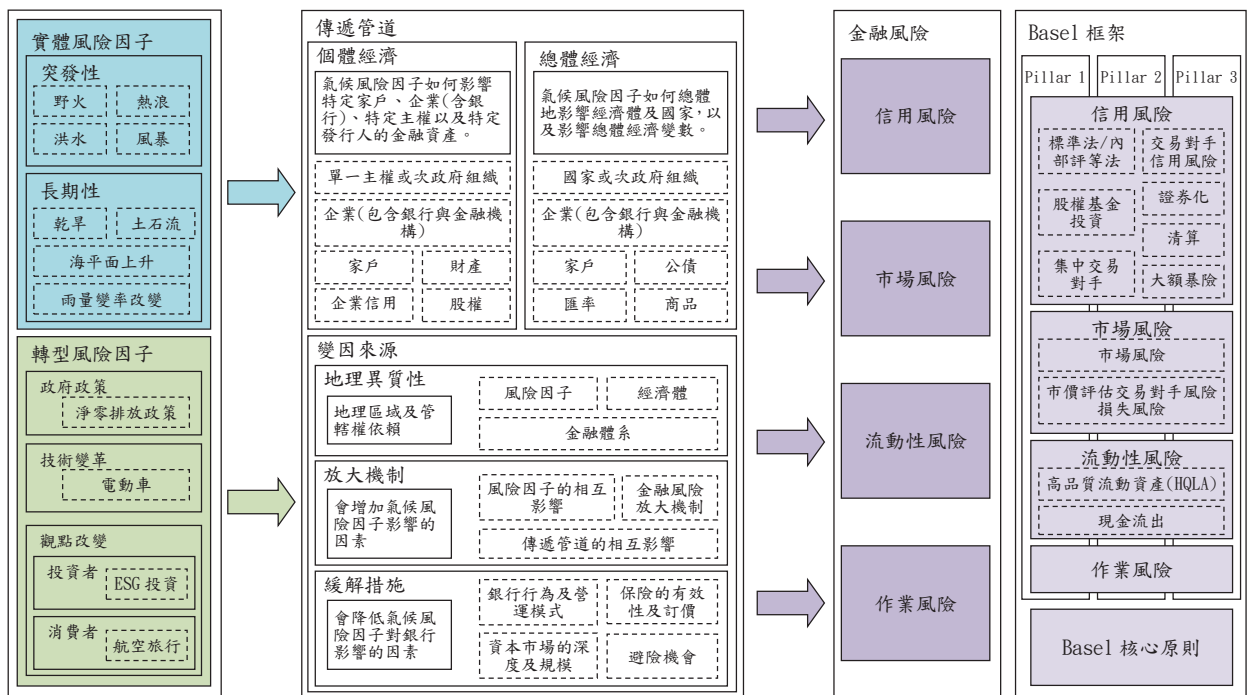
本報告綜合相關研究建立架構，說明氣候相關變動如何透過下列關鍵環節傳遞，並轉化成銀行業之金融風險：

- 氣候風險因子（圖 1 第 1 欄）：是指可能增加金融風險之氣候相關變動，這些變動可分為實體風險或轉型風險。實體風險係由影響經濟的天氣或氣候變動所引發，可分為突發性實體風險及長期性實體風險。轉型風險係因

經濟體由依賴石化燃料轉為低碳經濟所引發。氣候風險因子將在第二章討論。

- 傳遞管道（圖 1 第 2 欄）：傳遞管道是指因果鏈，說明氣候風險因子如何透過交易對手、資產、經濟體直接或間接影響銀行業。傳遞管道將在第三章討論。
- 變因來源 - 地理異質性、放大機制、緩解措施（圖 1 第 2 欄）：氣候風險因子引起的影響，其範圍及大小會受額外變因之影響。額外變因包含銀行、資產或暴險的地理位置，及傳遞管道與氣候風險因子間之相互影響情形。額外變因可能放大、緩和或抵消影響。變因來源將在第四章討論。
- 金融風險（圖 1 第 3 欄）：透過舉例說明，氣候風險因子對銀行的影響如何用現行風險分類中的信用風險、市場風險、流動性風險、作業風險表示。相關過程將在第三章傳遞管道描述。
- Basel 架構（圖 1 第 4 欄）：。為使本報告完備，本報告建構分析包含 Basel 架構，但本報告並未探討 Basel 架構如何納入氣候相關金融風險。

圖一 氣候風險因子引起的金融風險



參、氣候相關風險因子

為將氣候變遷轉化為金融風險，本報告導入氣候風險因子的想法。氣候風險因子分為二類：

- 實體風險：由影響經濟的天氣或氣候變動所引發。
- 轉型風險：因轉型至低碳經濟所引發。

一、實體風險因子

實體風險因子可以分為與極端氣候事件有關的突發性風險，及與氣候逐漸改變有關的長期性風險。各種風險因子的頻率及嚴重性相當不同，越來越難預測，且發生的地點、時間、規模不可控。

1980 年至 2018 年間，全球自然災害導致的損失約 5.2 兆美元，且損失金額有上升趨勢。而全球自然災害中約 60% 屬於天氣或氣候相關災害。

下列舉例將說明正在影響或將會影響經濟、金融資產市場的突發性及長期性實體風險因子。

(一) 突發性實體風險因子

突發性實體風險一般包含：嚴重的熱浪、洪水、野火、風暴等，其中風暴包含颶風、龍捲風、颱風及強降雨。

例如，全球氣溫上升可能導致熱浪、野火等突發性氣候變動。已有陸續證據顯示全球氣溫上升將導致森林大火蔓延，對動物及區域經濟造成危害。較高溫的空氣可留住更多水氣，使部分區域大量且集中降雨的次數增加。短時間內大量且集中的降雨增加，將導致突發性氣候事件，如暴漲的洪水對房地產、基礎建設及農業造成危害。熱浪導致的集中降雨，將使特定區域於水災期後接著乾旱期來臨。此種氣候影響可能導致（或已導致）重大且反覆發生的財務損失。

(二) 長期性實體風險因子

長期性實體風險一般包含：海平面上升、平均溫度上升、海洋酸化等。持續的溫度上升可能導致進一步的長期性氣候事件，如沙漠化。此外，持

續的平均溫度上升可能影響生態系及農業。

上述變化可能導致大量人口遷徙、增加人道危機風險。世界銀行預測在 2050 年前，因為居住地缺水或農作物產量減少，拉丁美洲、南亞、撒哈拉以南非洲區域將有 140 百萬人在他們的國家內遷徙。麥肯錫公司預測若溫度嚴重上升且未有相應措施，印度將有近 200 百萬人會經歷致命的熱浪。

(三) 實體風險及地理異質性

氣候變遷是全球現象，但實體風險影響經濟的方式隨著地理位置或有不同，因為不同區域間有差異明顯的氣候模式、發展程度。某些區域因為對特定氣候災難的暴險較多或因應能力較脆弱，所受影響可能較嚴重。

二、轉型風險因子

轉型風險因子是指因轉型至低碳經濟引起的社會變遷，可能因下述情形產生：公部門政策的改變、現存技術能力創新及改變（例如，可使再生能源價格下降或可移除大氣中溫室氣體排放量等）、投資者及消費者觀感傾向更環保的環境。

(一) 氣候政策

《巴黎協定》中，締約國同意用能源轉型政策、污染控制規範、資源保護政策、政府補貼等方式，控制溫室氣體排放量。為了達到協定目標及做好轉型至低碳經濟的相關準備，許多國家已建立一些政策提案。一些國家提出氣候相關政策來減少溫室氣體排放量，另一些國家則推行電動車補貼、增加能源效率標準、減少或停止石化燃料補助等。這些政策措施的目標是鼓勵整體或部分經濟參與者減少溫室氣體排放量，特別是降低碳排放量。

(二) 技術方面

技術是經濟轉型的另一個重要因子。若要符合政策目標，需要節能、低碳運輸有關的技術改變、增加非石化燃料的利用或其他有益於降低溫室氣體排放量的技術等。然而，因為政策影響，企業現存營運模式依賴的某

項技術可能被替代，或是所依賴的能源成本變得更昂貴（可能因實施更高能源效率標準或碳稅）。上述，使企業必須進行調整，以降低損失影響，並保持競爭力。

(三)投資者觀點

近來股票及債券的投資者因對氣候變遷的風險意識及期望提高，將投資決策納入氣候風險考量之投資者逐漸增加，主要係受到來自非政府組織及環保團體的壓力漸增。當投資者對其投資決策進行調整，具有氣候變遷暴險的企業，其股票及債券投資的風險及訂價將受影響。

(四)消費者觀點

若要轉型至低碳經濟，人類的行為必須改變。例如，欲轉換成對氣候友善的消費方式，需要改用對氣候更友善的運輸、製造及能源，已有跡象顯示消費者行為可能開始改變。投資者及消費者對天然災害（如洪水）、氣候政策、技術變革的預期，將改變他們的投資偏好，進一步影響資產價值。因此，投資者觀點及消費者觀點會影響氣候風險因子。

三、氣候風險因子的不確定性

一些特性使得氣候風險因子具不確定性，說明如下：

- 氣候相關變動及其變動速度，很難循歷史經驗去評估其規模或辨識發展模式。
- 氣候風險因子可能呈非線性變化（如具轉折點）。
- 實體風險因子及轉型風險因子的衝擊，因為地理區域不同而有所差異。

因上述特性，即使知道氣候變遷一定會發生，在評估氣候風險時，仍需考量高度的不確定性。而不確定性可能來自（但不限於）對下列因素的假設：未來碳排放走勢、未來碳排放走勢對天然災害的影響、自然系統間的相互影響、政策及技術發展的未來趨勢，以及消費者觀點與市場觀點的未來趨勢等。

肆、傳遞管道

傳遞管道係氣候風險因子及銀行金融風險間之因果鏈，亦可視為氣候變遷導

致金融風險之途徑。本節將探討傳遞管道，並從相關文獻中舉例說明。

本報告將傳遞管道區分為個體或總體經濟面向，此分類方式將更有利於分析銀行金融風險之重點，例如對銀行之直接影響、區分對銀行交易對手及金融資產部位之個別衝擊，以及間接之總體經濟影響。相關分類定義如下：

- 個體經濟面向之傳遞管道，係指因銀行之個別交易對手受到氣候風險因子影響，而導致銀行及金融體系面臨氣候相關金融風險之途徑，包含對銀行本身營運及融資之直接衝擊，以及對銀行持有特定金融資產（例如債券、CDS 及股票）之間接影響亦涵蓋在內。
- 總體經濟面向之傳遞管道，係指因氣候風險因子影響營運所在地之總體經濟因子（例如勞動力及經濟成長），從而使銀行受到衝擊之機制，對總體經濟之市場參數例如無風險利率、通貨膨脹率、商品及匯率之影響亦涵蓋在內。

為了闡釋風險因子如何對銀行造成衝擊，本節將從文獻中舉例說明。透過案例分析顯示，氣候風險因子導致之金融風險可歸類於現行之金融風險類型中。因此，本報告將從現行之信用風險、市場風險、流動性風險、作業風險及信譽風險等面向探討氣候相關之金融風險。

一、採用現行金融風險類型衡量風險

近年來，許多機構開始探討氣候風險如何對銀行產生衝擊。另一份報告「氣候相關金融風險衡量方法」彙整業界之調查結果及許多監理機關之研究報告指出，現行巴塞爾風險分類方法可用於分析氣候相關風險。

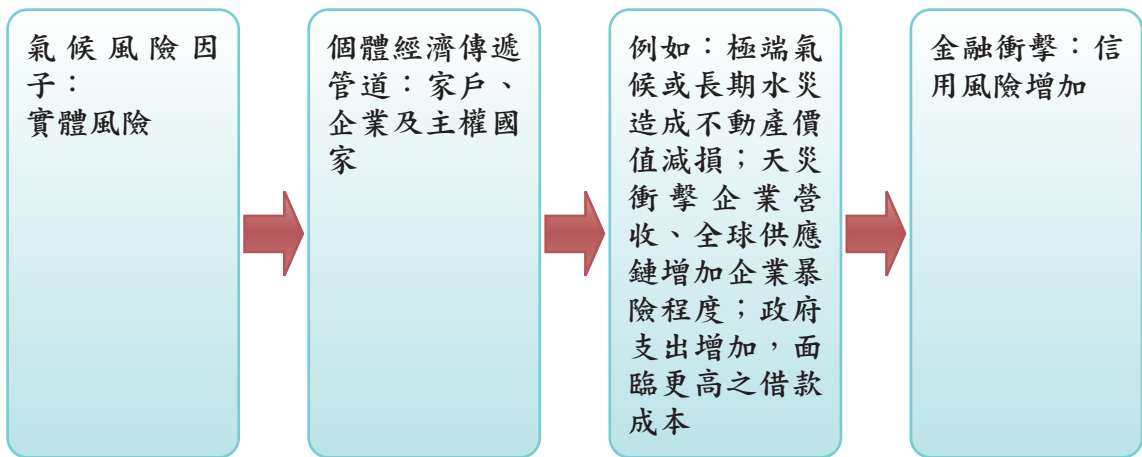
二、個體經濟面向之傳遞管道

個體經濟面向之傳遞管道係指可使氣候風險因子直接或間接地使銀行面臨金融風險之途徑（例如透過影響交易對手或金融資產）。本節將彙整氣候風險因子如何透過交易對手影響銀行之信用風險、透過金融資產價值影響市場風險、透過存款影響流動性風險、銀行之融資成本、信用或流動性額度縮減及營運風險。此處之論述著重於原始總風險，有關可使風險緩解之措施將於 5.3 節中探討。

(一)信用風險

氣候風險因子可能對家戶、企業或主權國家之所得或財富產生衝擊。實體及轉型風險因子若影響借款人之償債能力（所得效果）或使擔保品價值降低，以致銀行無法於借款人違約時全額收回債務時（財富效果），將增加銀行之信用風險。相關文獻之案例顯示，此類信用風險衝擊有許多形式。

● 實體風險因子



實體風險因子主係透過直接影響交易對手，間接影響銀行之信用風險。家戶、企業及主權國家之實體資產（房屋、存貨、設備或基礎設施）可能因實體災害而損毀。這些損害降低了資產價值，進而降低銀行交易對手之財富。實體風險因子亦可能衝擊經濟實體之現金流，因受損害之實體資產（例如損壞之租賃財產及廠房）收益將降低。突發性實體風險例如熱帶性風暴，及長期性實體風險例如海平面上升，均可能導致這些損害。本節將探討氣候相關金融風險如何具體影響家戶、企業及主權國家之案例。

1. 家戶

氣候風險因子對家戶影響之研究通常著重於短期或長期性實體風險對不動產造成損害之財富效果。實證結果顯示極端氣候或長期水災造成之損害使財產價值降低，儘管影響之強度及時間長短不同。此外，Noth 及 Schuewer（2018）發現氣候相關災難損失將增加預期違約機率及不良資產比率，並降低銀行之權益比率。

針對暴露於短期水災風險之家戶，實證結果顯示極端氣候事件將影響房價。若房貸客戶違約及擔保品價值降低，銀行將面臨高於預期之損失。

Bin 及 Polasky (2004) 實證發現極端氣候事件過後，水災氾濫地區之房價急遽下跌。Ortega 及 Taspinar (2018) 則發現 Sandy 颶風過後，紐約市水災氾濫區域之房價下跌 20%，即使經過 3 年之後，這些區域之房價仍較無水災氾濫區域之房價低 10%，顯示資產價格反映了市場預期這些區域將持續發生極端氣候事件。

2. 企業

實證研究顯示極端氣候事件導致之突發性實體風險會降低企業獲利能力，且可能增加銀行之信用風險。依據歷史資料顯示，天然災害可使企業營業額短期內降低，例如美國企業曾因供應商受到天然災害影響，導致其營收成長率平均減少 2 至 3 個百分點，進而使公司淨值降低 1%。全球供應鏈增加了實體風險影響銀行交易對手之可能性。因全球經濟體系之複雜性、數據缺乏及研究方法挑戰，氣候變遷對跨國企業之影響難以量化。然而，隨著已開發國家日益仰賴跨國供應鏈及易受氣候風險影響國家所提供之商品及服務，氣候變遷之影響將相當顯著。舉例來說，S&P500 指數之企業所持有之實體資產遍布全球 68 個國家，其中 60% 之企業，其持有之資產至少高度暴露於一種以上之實體風險。

長期性實體風險主要係透過所得效果影響企業之信用。許多銀行及企業之情境分析顯示，相較於氣候相關之天然災害，持續增加之氣候變遷例如氣溫上升、旱災及水災風險，對借款者之財務健全度威脅性更高。儘管嚴重之旱災將增加銀行之信用風險，但針對不同產業、地理條件及對水電之依賴性，衝擊將有所不同。氣候變遷之獨特性，突顯氣候相關數據在研究長期性實體風險如何影響經濟體及銀行金融風險之重要性。

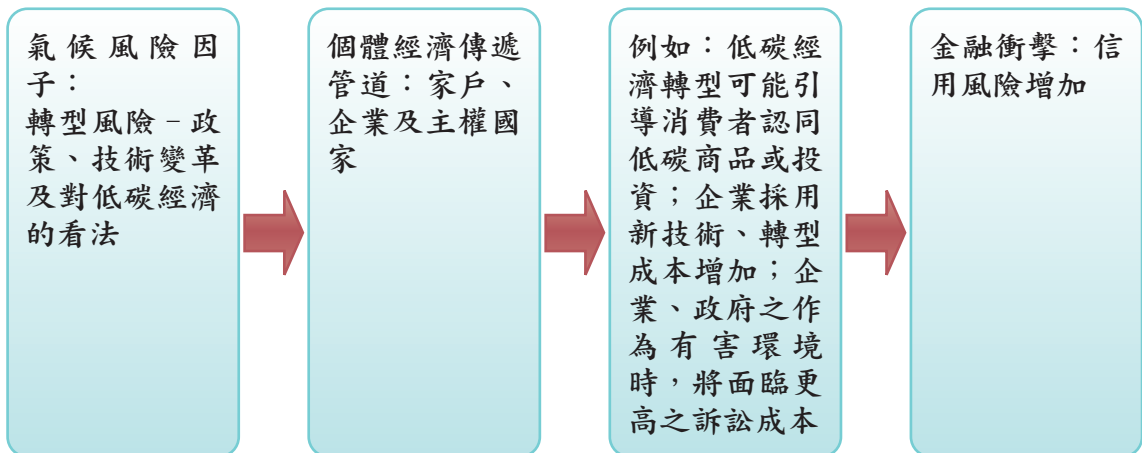
3. 主權國家及地方政府

對國家而言，實體風險事件產生之所得效果主係反映於對稅收及政府支出之影響。企業遭受損失、家戶所得減少及整體產出減少均可能導

致稅收減少，此時通常會藉由增加政府支出來抵消負面經濟衝擊及吸收適應成本，此舉將使國家（包含地方政府）面臨更高之借款成本或發債能力受限，增加違約風險及違約損失率，進而增加銀行對主權國家及地方政府部位之信用風險。

研究顯示，易受氣候變遷影響之國家，其公債殖利率及價差較其他國家來得高。例如，極端氣候事件及長期性實體風險限制了某些加勒比海政府參與金融市場之能力，當極端氣候之發生頻率及嚴重性提高時，這些政府之借款條件將變差。

● 轉型風險因子



雖然政府、消費者及投資者已日益認同轉型風險，但銀行尚未因高碳排放經濟轉型而承受重大損失。未來這類損失之嚴重性及影響程度為何，將視之後數十年之碳排放軌跡而定。如同實體風險因子，有關轉型風險因子影響性之實證研究仍屬有限，故研究及監理人員主係透過情境分析預測轉型風險因子對經濟之影響程度。

1. 政府政策

在低碳經濟轉型過程中，企業之產量、銷售量及獲利能力可能受到影響，目前及未來預期之獲利能力將影響信用等級。舉例來說，企業可能因排放溫室氣體需多繳稅而使營業費用增加。企業多繳稅將使盈餘減少並降低企業之信用等級，進而使融資管道受限及成本提高。針對某些

產業，融資成本增加可能會限縮企業償還銀行借款之能力。實證研究顯示，2015 年之巴黎協定增加高污染行業例如石化業之融資成本。聯合國環境金融倡議組織 (UNEP-FI) 估計，與公用事業、交通、農業、礦業及石油產業相關之資產，最有可能承受氣候相關損失。

低碳經濟轉型將使大多數石油儲量之提煉變得不經濟，即所謂的擱淺資產，因經濟轉型之改變而永久無法賺取經濟報酬。舉例來說，擁有石化燃料開採權之企業將因儲量價值大幅減損而遭受損失，可能使企業違約、該等擔保品對信用風險之擔保力大幅下滑。

2. 技術變革

對氣候變遷加強管理將可促進低碳經濟轉型之技術創新。課徵碳排放稅或祭出更嚴格之規範，將使現行之高碳排放技術顯得昂貴。因此，仰賴高碳排放技術之公司若無法採用新技術，其競爭力將降低。舉例來說，在碳中和經濟體中無法有效率地生產電動車之汽車業者，其獲利能力將較低。銀行之部位中若有無法成功適應碳中和經濟體之企業，將承受較高之信用相關損失。有關技術變革與信用風險關聯性之實證數據將有助於了解此傳遞管道的影響。

3. 對低碳經濟的看法

低碳經濟轉型可能引導消費者及市場認同低碳商品或投資。例如在汽車業，消費者可能更偏好低溫室氣體排放之汽車，使得傳統生產高溫室氣體排放汽車之業者亦將妥協，無關乎是否有相關法規或技術革新。更多有關氣候變遷認同對企業之所得及財富造成效果之研究，將有助於了解此傳遞管道之本質。

對家戶、企業及主權國家而言，利害關係人認同及其行為，可能係改變氣候風險之重要因子。因股票及債券投資人、信評機構將氣候或環境相關因子納入投資及評等決策，有些企業之資金成本將上升。信評機構已開始針對氣候風險因子（例如乾旱及颶風損失）調降評等。

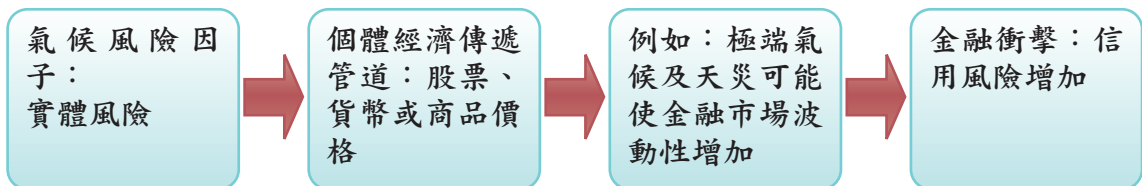
企業及政府之作為被認為有害環境時，均將面臨更高之訴訟成本。增加之費用將使銀行資產品質惡化。整體而言，近年來可查資料顯示，氣候變遷相關訴訟（尤其是針對政府及化石燃料業者）不論是件數或國

家均持續增加。1986 年至 2020 年 5 月間，有超過 1,500 件氣候相關訴訟：其中美國 1,213 件，其他 36 個國家、8 個區域或國際法庭（主要係澳洲、英國及歐盟法庭）共 374 件。對銀行交易對手之訴訟將對其財富造成影響，使其違約損失率增加，或因無法於到期時依約償付而加速違約，增加銀行之信用風險。

(二)市場風險

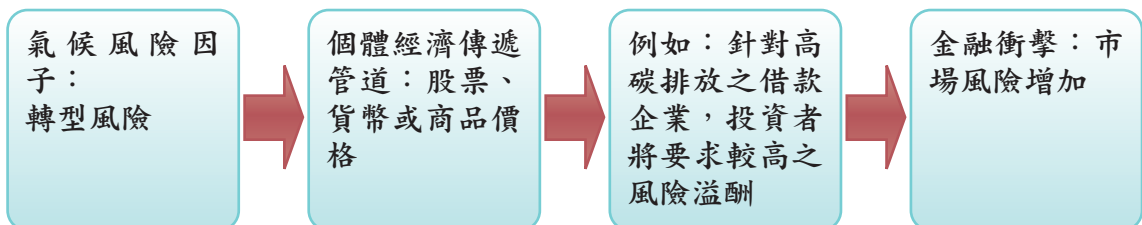
氣候風險因子可能對金融資產價值產生重大衝擊。具體來說，實體及轉型風險可能改變或揭露有關未來經濟狀況之新資訊、實體或金融資產價值，導致交易資產之價格下跌，震盪及市場波動性增加。氣候風險亦可能使資產間之關聯性不再，而降低了避險效果，使銀行積極管理風險之能力受到挑戰。反過來說，若市價已反應氣候風險，未預期之價格波動可能會減少。

● 實體風險



極端氣候事件及其他天災之發生時機、強度及地點之不確定性，可能使金融市場波動性增加。Kruttl et al (2019) 研究指出，位處颶風之預估或實際登陸路徑之企業，其股票選擇權之隱含波動度將增加。有關實體風險因子對於資本市場其他方面之影響，包含實體風險如何影響不動產相關證券之研究仍屬有限。

● 轉型風險



政府產業政策轉型調整、技術革新及投資者認同，均可能改變借款成本，並促使金融資產重新訂價。針對高碳排放之借款者，投資者將要求較高之風險溢酬。

有關金融資產之轉型損失分析主要在估計轉型將對財富帶來之負面效果：

1. 聯合國環境金融倡議組織 (UNEP-FI) 針對一投資組合進行情境分析，該投資組合係由 30,000 家上市企業組合而成，假設為達成截至 2100 年，將全球升溫控制於 1.5 度 C 以內之目標，該投資組合之價值將因低碳經濟轉型損失 13.16%。
2. Dietz et al (2016) 則分析，假設截至 2100 年，因碳排放減少使全球平均升溫一直控制於 2 度 C 以內，則 99% 之氣候相關風險值 (VaR) 相當於全球金融資產價值之 9.2%。

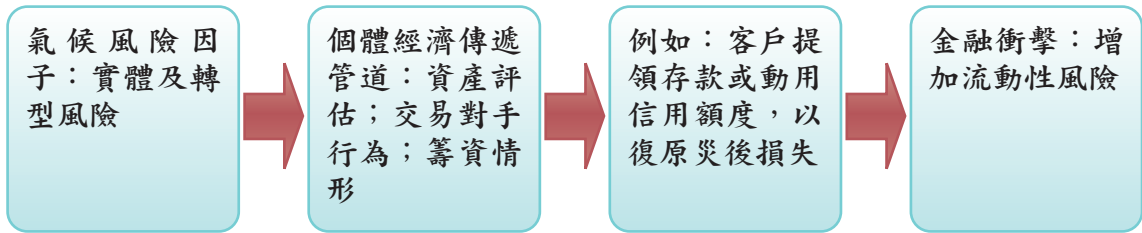
市場之氣候風險訂價及管理

金融市場之訂價若已反應氣候風險，將較不易因極端氣候事件或快速低碳經濟轉型而使價格大幅波動。實證資料顯示，地方政府債券、公司債及有些股票之價格已反應轉型風險。需再進一步研究，以利了解固定收益及股票市場反應氣候風險之訂價程度，以及銀行市場風險對於氣候相關資訊改變之敏感性。本節後續內容將彙整目前有關資產價格已反應氣候風險之量化實證研究結果。

IMF (2020) 發現過去 50 年以來，大型災害對於股票市場、銀行及非人壽保險公司股價之衝擊相當緩和。整體而言，依 2019 年資料進行氣候變遷情境分析，市場風險溢酬並未反應實體風險變化，意謂著投資者並未將氣候變遷影響納入資產訂價。

目前尚不清楚金融資產之市價如何反應氣候風險、反應程度及銀行之市場風險如何因此受到影響，仍需投入更多研究。另有關氣候風險因子影響銀行市場風險管理假設之相關資訊亦欠缺。

(三) 流動性風險

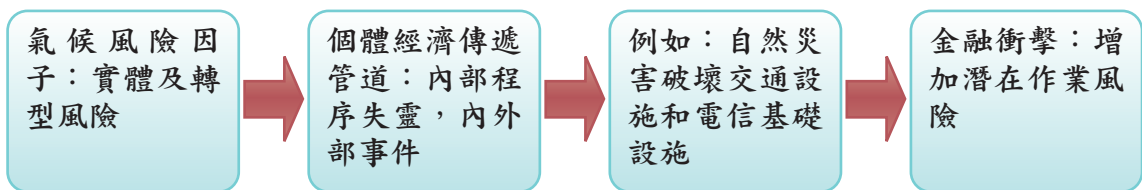


氣候風險因子可能透過銀行需籌資或將資產變現，直接影響銀行的流動性風險，或透過客戶對流動性的需求，間接影響銀行的流動性風險。

某些證據顯示，增加提供災後貸款對流動性緩衝有顯著的負面影響。嚴重的自然災害可能引發金融機構、家庭和企業對流動性的預防性需求急劇增加，央行不得不採取干預措施以維護金融穩定。2011年3月東日本大地震後，日本央行（BoJ）對銀行提供史無前例的流動性，以確保市場穩定。在地震發生後的第一个工作日，日本央行提供了高達 21.8 兆日圓的資金，相當於 2007-09 年金融危機時期每日最大流動性的近三倍，創下每日提供量的歷史新高。日本央行在地震後持續提供充足的流動性，一個月內日本央行經常帳餘額達到破紀錄的 42.6 兆日圓（日本央行（2011））；突顯流動性緩衝對吸收當地衝擊及銀行面對嚴重自然災害的重要性。

銀行交易對手面臨之實體風險可能會影響銀行的流動性，因如果受實體風險衝擊的家庭和企業，需要流動性資金來復原和滿足其他現金流量需求，他們可能會提領存款或動用信用額度，造成銀行自身的流動性面臨壓力，並導致銀行內部的流動性風險浮上檯面。

(四) 作業及信譽風險



作業風險在巴塞爾資本架構中被定義為因內部流程、人員和系統不完善或失靈、或外部事件導致損失的風險。在適當的情況下，銀行的作業風險管理應考慮策略和信譽風險。實體風險可能透過作業風險而直接影響銀

行，例如，如果實體風險破壞交通設施和電信基礎設施，銀行的營運能力可能會降低。

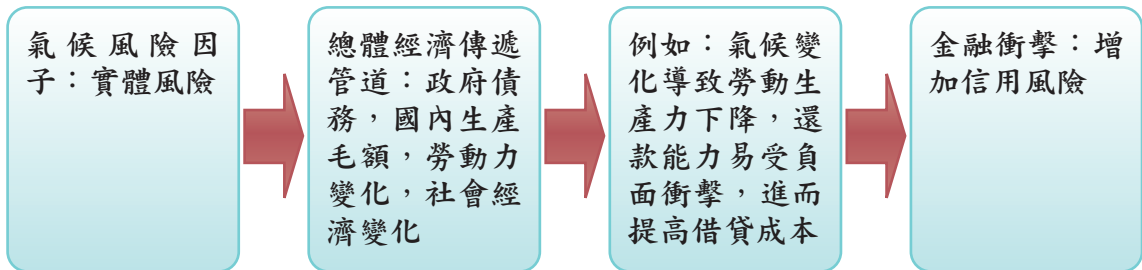
企業和銀行面臨氣候敏感投資、業務相關訴訟和責任成本之衝擊日益增加。例如，氣候變化導致加州長期乾旱，增加了 PG&E 營運過程中造成火災的風險，該公司估計和解成本超過 130 億美元。銀行提供融資給有負面氣候影響之企業也可能產生間接的信譽風險（Migliorelli 和 Dessertine（2020））。

三、總體經濟面向傳遞管道

前面關於個體經濟面向傳遞管道的舉例，說明了氣候風險因子可以透過對交易對手和金融資產的暴險方式，直接和間接影響銀行。以下主要關注信用和市場風險，因其對總體經濟帶來的影響最大，而流動性和作業風險所帶來之影響，目前相關的研究非常有限。透過進一步調查，找出氣候相關總體經濟變化與銀行金融風險之間的關聯性，將有助於更加了解總體經濟傳遞管道，尤其是研究氣候主權評等調降對銀行和銀行交易對手信用評等的連動。

（一）信用風險

● 實體風險因子



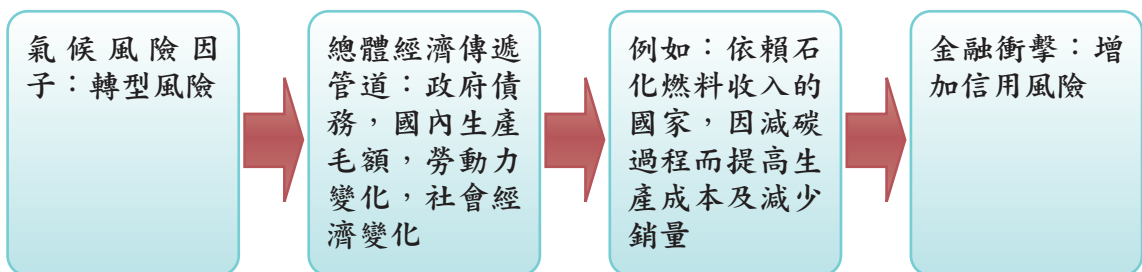
氣候變遷使人類死亡率上升和勞動生產力下降，是產出減少的主要因素。Hsiang 等人（2017）發現，總體而言，美國因全球平均地表溫度變化超過 2.5°C 的最大直接成本是超額死亡率，其次是勞動供給、能源需求和農業生產的變化。到 2030 年，氣候變化導致勞動生產力下降，可能導致全球經濟損失超過 2 兆美元，並在 21 下半世紀減少產出 30% 以上

(Kjellstrom 等人 (2016))。

自然災害後的復原成本可能很高，特別是較貧窮的城市。Hsiang 等人 (2017) 預計，在碳排放一切照舊的情境下，氣候變化將導致美國最貧困的三分之一城市收入損失高達 20%。除了實體損失造成的成本外，有證據顯示，氣候風險也會增加地方政府的借貸成本，例如易受氣候變化影響的美國城市，因其還款能力易受負面衝擊，該城市須為所發行債券支付更多的承銷費和初期收益率 (Painter (2020))。氣候變化對經濟成長的影響似乎在開發中國家更為明顯。有證據顯示，開發中國家的抽樣調查中，氣候風險使債務的平均成本提高 117 個基點，在過去 10 年轉換為超過 400 億美元的政府債務額外利息支出 (Buhr 等人 (2018))。借貸成本增加可能導致稅賦增加、政府支出減少和經濟活動減少，這可能會間接造成銀行的信用風險。Dell 等人 (2012) 還發現在較貧窮的國家中，某一年氣溫升高 1°C，該年的經濟成長就會減少 1.3 個百分點。然而，在富裕國家中，溫度變化對經濟成長沒有明顯影響。

從 1970 年至 2018 年的 10 次大災難來看，新興市場遭受的損失占國內生產毛額 (GDP) 達 2.9% 至 10.1%，但先進經濟體遭受的損失相當於 GDP 的 1% 至 3.2% (IMF (2020))。這種 GDP 的下降可能會影響銀行對國家的信用風險評估。

● 轉型風險因子



為滿足巴黎氣候協議的目標，將使大部分石化燃料蘊含量 (約 80%) 無處可用，包括多達 90% 的非洲煤炭蘊含量，這意味著許多國家將遭受實質損失 (Bos 和 Gupta (2019))。例如，對一些依賴石化燃料收入的極貧窮國家而言，恐阻礙其償債能力，進而影響其債券價值、信用評級以及

與主權相關機構的信用評級，並進一步增加銀行對這些主權國家交易對手的信用風險。

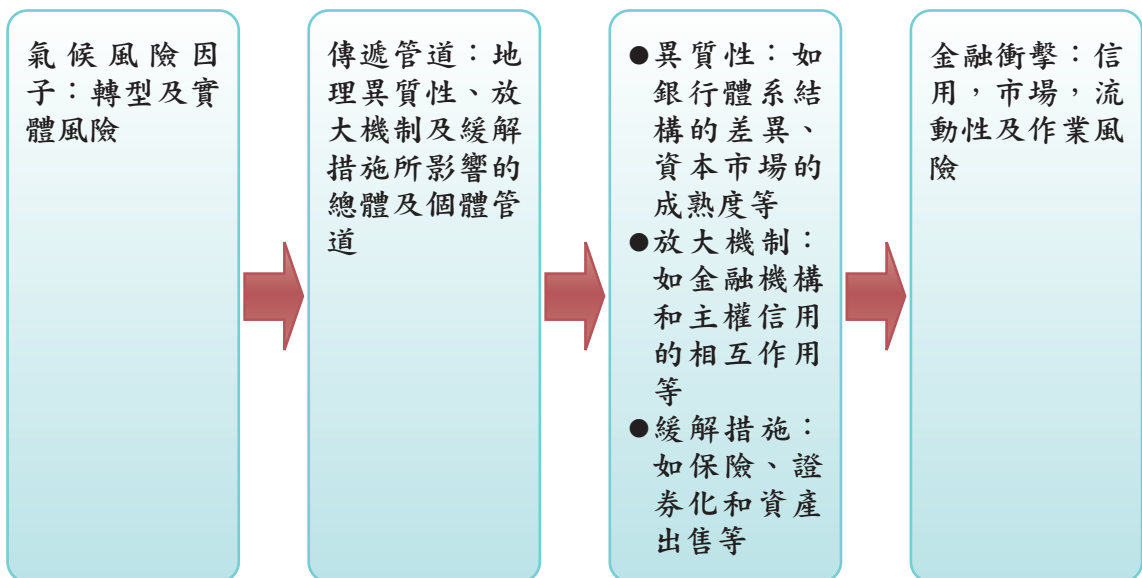
如上所述，轉型風險因子影響銀行來自交易對手的收入，這可能會產生總體經濟影響。例如，對收入的影響可能來自碳排放稅、碳密集型供應鏈價格上漲或消費者偏好改變。較高的生產成本會降低獲利能力，進而降低投資和股票價格。而業者會透過提高售價來反映更高的生產成本，進而減少家庭可支配所得並減少消費，較低的消費和投資會一起降低 GDP。

(二)市場風險

在分析市場風險時，個體和總體經濟傳遞管道的差異並不明顯。因此，上面有關個體經濟部分中所列出的一些例子，也會包含總體經濟管道的要素。例如，授信政策改變將導致資產價值的變化，可能會影響個別借款人，或是更廣泛影響經濟。

某些研究顯示，面臨實體風險因子的主權國家可能會受限進入債務市場，或者其借貸成本增加，並可能引發主權違約，端看實體風險因子影響一個國家財政狀況的程度。

伍、地理異質性、放大機制和緩解措施



雖然氣候風險因子會透過傳遞管道影響銀行，但有幾個不同因素將決定實體和轉型風險因子影響的可能性或大小。這些因素包括地理異質性、放大機制和緩解措施。

氣候風險因子影響的差異可能源自其地理位置、銀行特定業務的性質，以及對特定行業和交易對手的暴險。

氣候變化的影響可能因不同氣候風險因子之間、不同傳遞管道之間以及金融體系本身等交互影響而被放大。

銀行也可以採取緩解措施來降低金融風險，但其可靠性、有效性和成本有高度不確定性。緩解措施包括：銀行行為和營運模式的改變；保險的價格與可取得性；資本市場的深度和成熟度，包括證券化。

一、地理異質性

第肆章中提到的個體和總體經濟傳遞管道可能適用於所有銀行，但個別銀行在特定傳遞管道中的暴險程度因地理性差異很大。例如，擁有相似投資組合的銀行可能面臨不同的氣候相關金融風險，取決於這些資產以及銀行本身的位置。這種地理異質性需要更精細的資訊來量化與氣候金融風險。

(一) 氣候風險因子的地理異質性

隨著全球平均氣溫升高，將增加自然災害的發生率和嚴重程度。氣候變化導致不同位置的氣溫變化差異很大（IPCC（2014，第 21 章））。實體風險因子的異質性，對在高風險地區營運的銀行而言，將提高其氣候金融風險。有分析顯示，波多黎各、緬甸和海地是 1999 年至 2018 年之 20 年期間，受極端天氣事件影響最嚴重的國家（Germanwatch（2020））。

(二) 經濟和市場結構的地理異質性

一國經濟和金融市場的結構會影響其對實體和轉型風險的敏感度。即使面臨類似的氣候風險因子，各國受經濟政策、經濟和金融體系結構以及保險可取得性差異的影響，也可能會經歷不同的個體和總體經濟衝擊結果。

氣候變化對經濟成長的總體影響似乎取決於一個國家的經濟結構。氣

候脆弱性是由多種因素所造成 -- 包括初期溫度升高和自然災害更加頻繁的趨勢，以及經濟體系對氣候變化衝擊有較低的韌性。國際貨幣基金組織有證據顯示，新興市場和開發中經濟體受到氣候災害的衝擊比先進經濟體嚴重得多，近幾十年來，它們遭受的損失幾乎是其經濟體的兩倍。

氣候風險因子對經濟影響的差異，也可能由國家之間和國家內部行業集中度的差異造成。高度依賴勞動密集產業和 / 或戶外活動的國家，可能會因氣溫升高而面臨更大的經濟後果，預期全球氣溫升高也會對農業和觀光業產生巨大衝擊，對集中在這些行業的國家產生更大的不利影響，而轉型風險因子可能對依賴石化生產的經濟體產生巨大衝擊。

保險的可取得性，可能會使氣候風險因子對經濟影響發生變化。然而，自然災害風險的保險保障範圍在不同國家和某些國家內部差異很大。

(三) 金融體系中的地理異質性

國家之間和國家內部金融體系結構的差異，可能會導致氣候相關金融風險的地理異質性。一國銀行體系結構的差異以及資本市場的成熟度，可能會影響銀行對氣候相關風險的暴險狀況，及其轉移或抵消該風險的能力。

成熟資本市場之參與者會有效地透過訂價將氣候金融風險轉移給第三方，不同司法管轄區的資本市場在成熟度、深度、廣度和流動性方面存在很大差異。

此處介紹的研究主要關注已開發國家的資本市場，尤其是流動性最高的美國。然而，在資本市場不夠成熟的國家可能存有很大差異。此外，不同司法管轄區的資本市場在衍生性商品市場的發展程度差異很大。衍生性商品市場對於規避企業或商品（尤其是農產品）的氣候變化風險至關重要。

有證據顯示美國衍生性商品市場對轉型和實體風險十分敏銳（見 Ilhan 等人（2020），認為美國期權市場對氣候監管的不確定性相當敏銳，及見 Kruttli 等人（2019），認為股票期權對颶風預測相當敏銳）。顯示投資者開始尋求如何規避特定公司或行業的氣候暴險。Engle 等人（2020）發現投資 ESG 評級高的公司可規避氣候風險因子。

二、放大機制

第肆章中所述氣候相關金融風險的影響可透過多種方式予以放大。這包括透過氣候風險因子彼此間的相互作用和相互依存，或藉由金融風險的反饋及不同之管道傳遞風險因子。少有文獻研究氣候風險相關放大機制作用，尤其是金融放大性。

(一) 風險因子相互作用

實體和轉型風險之因子間存在相互作用，正如關於同步發布的另一報告《氣候相關金融風險衡量方法》所述，可能需要共同考量風險。實體風險因子不必然單獨發生。在氣候風險緩解政策（例如碳稅、運輸政策）和技術突破中，也可以看到轉型風險因子之間相互作用的例子。

(二) 金融放大機制

氣候金融風險可透過金融放大機制，加劇對銀行資產負債表之衝擊。氣候金融風險放大機制類似於傳統典型金融風險放大機制，金融穩定委員會（2020 年）詳細探討放大機制，特別針對市場參與者潛在行為加深之不良影響。例如透過自我減少銀行貸款，以及金融機構和主權信用的相互作用，均係金融放大機制可能來源。雖然這些放大機制不是氣候因子所獨有的，但缺乏有關金融機構面臨的氣候風險訊息可能會進一步導致風險放大。

氣候變遷降低未來保險的可取得性及其承受度。保險公司係根據其支出評估承保所需的保費、預期成本及調整保險保障範圍，未來隨著更多風險無法承保或無法承受，這類損失可能會轉移到家庭及非金融部門。例如在極端天氣事件後，保險公司退出某些加勒比海地區的抵押貸款，並使房價下跌。

保險的損失增加或其無法承受，均會產生金融風險放大作用。額外加強分析評估保險承受程度（如多長時間等），將可了解氣候風險對銀行的金融衝擊。保險視為氣候風險緩解措施，特別是對於長期房地產貸款，銀行需要對保險的未來保障範圍、有效性和承受度做出假設，用以估計貸款

之氣候相關金融風險。

(三) 風險因子多管道傳遞

風險因子可能透過多個傳遞管道影響銀行，進而放大氣候相關金融風險的影響。尤其是，個體和總體經濟傳遞管道彼此之間存在可能的相互作用。例如，個體經濟管道直接影響銀行客戶的信用，而總體經濟管道則造成不利的經濟環境。綠色金融體系合作網絡（2019年）認為，總體經濟與經濟之間的反饋循環，在氣候變遷的背景下，也可能造成金融衝擊放大。例如，實體風險因子會損壞房屋，進而影響個人的家庭財富和銀行的信用風險。此外，當實體風險因子放大一個國家的總體金融風險時，可能產生惡性循環，反而會限制國家實施有效轉型風險政策的範圍。

三、緩解措施

主動和被動金融緩解措施可減輕或抵消銀行對氣候金融風險暴險。主動措施包括銀行為降低其對氣候金融風險的脆弱性而預先採取的因應措施，包括為減少資產負債表中之氣候風險而採取的行動，或運用金融產品將氣候風險轉移到金融體系（例如避險）。在緩解氣候變遷對企業、家庭和銀行的衝擊方面，保險和再保險市場發揮著關鍵作用。同樣地，透過證券化和資產出售亦使銀行減少高度氣候風險資產的暴險。

部分金融緩解措施（例如保險）的未來可靠性、有效性和成本具有不確定性。因此，衡量減少氣候金融風險的有效性，面對許多挑戰。例如，氣候風險避險可能僅適用於當下且需要相當快地執行，且可能在未來將會更難操作特定氣候風險避險。同樣地，保險對於給定的風險，隨著時間推移，保單可能會被終止或保費大幅上漲。雖然將貸款證券化或處分易受氣候影響的資產，可永久轉移風險，但交易對手未來可能不太願意承擔這些風險，因此對透過這類緩解氣候風險的營運模式將構成挑戰。

另由於國家的結構不同，某些國家可能比其他國家更有能力緩解氣候風險：

- 國家的基礎設施如具有韌性，例如有更堅固的建築物、設施、道路、機場以及全面的防洪堤和水壩網絡，就可以減少自然災害造成的經濟損失，甚

至可以避免。

- 國家的金融基礎設施狀況和開放程度會影響緩解措施的有效性。例如進入資本市場容易度較高，氣候風險韌性會較高，因借款人能透過多樣化的籌資管道，降低資金成本及快速取得資金，加速其重建。

(一) 銀行的行為和營運模式

投資策略允許銀行針對氣候風險進行投資組合管理，藉由分散投資組合以減輕氣候風險衝擊。然而，隨著全球氣溫升高導致更廣泛的極端天氣事件，多樣化投資策略可能降低緩解氣候風險之有效性。美國商品期貨交易委員會報告強調，資產配置策略可提供緩解措施，例如透過增加對永續公司的投資，但前提是投資者有足夠的資訊採取行動。

長期而言，銀行可透過改變其營運模式和資產負債表暴險，主動減少氣候暴險，尤其是調整貸款模型，來逐步降低其氣候敏感性資產，進而減少極端氣候事件或轉型至低碳經濟潛在損失之規模。多項研究表明，銀行通常會透過證券化來減少或轉移對高風險資產之暴險。另有一些銀行藉由減少高風險地區的貸款來改善資本結構，或透過加強資本緩衝提高韌性。例如，美國獨立銀行在卡翠娜颶風過後，第一類風險資本比率提高 1.87 個百分點，而控股公司旗下的銀行則將第一類資本提高 0.39 個百分點。

另有一些銀行開始減輕其對轉型風險因子之暴險。例如縮減受轉型政策影響企業之貸款期限或減少對其貸款，但也有銀行因受極端天氣事件衝擊，地區貸款需求增加，反而將貸款從未受影響的地區重新分配至該受災區的情況。

(二) 保險的可取得性和訂價

保險能緩解風險和增強銀行對實體災害的財務韌性。保險可保障銀行因本身或其交易對手實體災害造成的部分損失（例如借款人違約或營運中斷造成的損失、房屋被水災損壞）。研究發現，自然災害造成的總體經濟成本是因未投保所致。

根據瑞士再保險統計（2020 年），2019 年、2018 年自然災害造成的全球經濟損失分別為 1,370 億美元、1,660 億美元，其中保險可承擔損失的

比率分別為 38% 和 51%。在新興國家和未開發國家，保險保障比率差距更大；保險承擔損失之比率不到總損失的 10%。

為尋找替代的資金來源承擔潛在的損失，已發展出保險連結證券 (ILS)，特別是巨災債券。ILS 是一種設有參數之特殊賠付方式，其中賠付標準係基於觸發事件，例如測量風速或降雨量到一定警戒值。2020 年未償巨災債券的總規模估計約為 400 億美元 (FSB (2020))。雖然參數巨災債券的發行數量不多，但其可快速確定其是否達觸發事件，減少技術專家判斷，使發行人能夠迅速賠付，保障財務衝擊，並可透過全球資本市場將自然災害風險移轉給投資人。

(三) 資本市場的深度、成熟度與證券化機會

銀行可透過證券化，降低其對氣候脆弱性較高行業或地區之資產負債表暴險。Schüwer 等人 (2019) 發現，美國在卡翠娜颶風過後，銀行透過出售貸款或證券化，減少對非金融公司貸款暴險，從而強化其資本。

銀行因可在次級市場上將初始貸款證券化，出售原抵押貸款，使其願意提供原本可能不會核准之貸款。Ouazad 和 Kahn (2019) 研究發現，在發生 10 億美元的自然災害之後，銀行為符合標準房屋貸款證券化發行最低限額而核准更多貸款。

(四) 避險機會

銀行及其交易對手—最常見的是農業、娛樂、旅遊、能源和保險部門—透過承作氣候衍生性商品，可規避未預期氣候及季節性波動之部分風險。近年來，創新了許多氣候相關衍生性金融工具，例如股票指數之 ESG 期貨，及碳、水資源等衍生性商品，可在各種市場提供最佳的避險可能性。

陸、結論

本報告調查現有文獻，探討氣候風險因子如何透過一系列傳遞管道影響銀行和金融體系之風險。最後，對未來公共、私人及學術工作的重點領域提出建議。

一、現行風險類型的潛在影響

表 1 氣候風險因子的潛在影響

風險類型	氣候風險因子（實體風險、轉型風險）的潛在影響
信用風險	當氣候風險因子導致借款人償債能力下降（所得效果）或借款人違約時，銀行全數收回債務的機率下降（財富效果）時，信用風險上升。
市場風險	造成金融資產價格下降，包括價格突然過度反映氣候風險；氣候風險也會造成資產間相關性的異常或特定資產的流動性改變，進而削弱金融機構風險管理能力。
流動性風險	當市場情況改變時，銀行的穩定資金來源減少。氣候風險因子可能導致銀行客戶提領存款或動用信用額度，使銀行面臨流動性壓力。
作業風險	氣候敏感投資或氣候敏感業務的法遵風險增加。
信譽風險	市場觀感或消費者觀感改變，導致銀行信譽風險增加。

為進一步探索上表關聯性，可以考慮如何將氣候金融風險納入巴塞爾風險架構。近期巴塞爾銀行監理委員會部分工作即是在辨識氣候金融風險與現行巴塞爾風險架構的差距，俾進一步解決該等差距。

二、研究所有風險類型並提高數據可取得性

目前探索氣候風險因子如何進入傳遞管道以及銀行面臨各類金融風險的研究及數據數量尚屬有限，亦即，現有分析通常不會將氣候相關變量轉化為銀行信用、市場、流動性或作業風險暴險的變化，或轉化為銀行資產負債表損失。爰有必要透過進一步的分析，以利瞭解影響所有金融風險類型之風險因子及其傳遞管道。

表 2 對進一步風險分析之建議

風險類型	值得進一步分析之風險領域
信用風險	現有研究著重於總體及國家層級數據，建議可進一步評估對企業、家庭及主權國家之影響。
市場風險	建議進一步研究氣候風險因子如何削弱或挑戰銀行對市場流動性及價格相關性的假設，及探索氣候變遷如何影響銀行交易之資產組合。
流動性風險	現有研究著重於實體風險因子對經濟流動性之影響。建議進一步研究實體及轉型風險因子對銀行流動性的影響。
作業風險	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現有研究顯示，銀行營運因氣候遭受重大損失之可能性很小。然而，這是基於針對特殊事件及有限公共資訊模型之研究結果。 2. 與氣候變化相關的責任或法遵風險甚高，亦尚待詳細研究。 綜上，建議進一步研究對銀行相關作業風險之影響。

目前缺乏對銀行氣候相關金融風險的研究，部分歸咎於可取得數據不足。執行國家氣候相關壓力測試後，應能解決這一部分資訊差距，但需要創造氣候及金融專家間更多的合作機會。

更多關於不同的氣候相關金融風險放大機制及緩解措施之研究，將有助於銀行與監理機關將監理資源集中於重點項目。金融機構已著手估計氣候金融風險對銀行貸款及交易組合的整體影響。但大多數研究並未對緩解措施之效益，或氣候風險因子對整個金融體系產生衝擊之傳遞與潛在放大機制進行建模。雖然已有更多文獻在探索這些管道是如何傳遞，但仍未得到完整樣貌，有待更多的研究。