

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：實習)

參加東南亞國家中央銀行研訓中心
舉辦之「央行的氣候變遷經濟學與
政策」訓練課程

服務機關：中央銀行

姓名職稱：蔡釗旻/三等專員

派赴國家：菲律賓

出國期間：113年9月29日至10月5日

報告日期：113年12月

摘 要

氣候變遷對全球各國的影響深遠，其可能導致經濟損失與衍生金融穩定的問題，亦對特定產業、基礎設施帶來嚴重衝擊。在因應全球暖化上，央行並非主要參與者，因央行的政策目標未涵蓋氣候變遷等議題，惟並非意味著央行能夠忽視氣候變遷所帶來的影響與衝擊。

在氣候變遷的環境下，全球各國將面臨不同的氣候風險，其對經濟活動、物價、金融體系的影響具高度不確定性，且可能隨時間經過而產生明顯的改變，因此，氣候模型納入不同的情境分析更顯得重要。

事實上，多數央行已經開始使用綠色金融體系網絡（Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System, NGFS）設計的情境做分析，並將估計結果作為參考資訊，進而據此採行支持性措施，且於必要時進行業務調整等，惟情境分析、模型預測能力均取決於資料正確性與完整性，因此，提高資料的正確性與品質係當前亟為需要努力之處。

此外，宜持續追蹤氣候相關議題的演變，積極地參與國際討論，並持續更新與氣候有關的因應措施，以適應氣候風險，並進行必要的對外溝通，為因應氣候變遷做好準備。

目次

壹、前言.....	1
貳、概述氣候風險及其對總體經濟變數與貨幣政策傳遞管道的影響.....	2
一、氣候風險的範圍.....	2
二、氣候風險對總體經濟變數與貨幣政策傳遞管道的影響.....	3
參、央行的準備與因應措施，以及比較碳稅與補貼的效果.....	7
一、央行的準備.....	7
二、ECB 的壓力測試（轉型風險的評估）.....	9
三、BoJ 的因應措施.....	12
四、比較碳稅與補貼的效果.....	14
肆、台灣氣候風險的情境分析.....	17
一、實體風險.....	17
二、轉型風險.....	22
伍、結論與建議.....	25
一、結論.....	25
二、建議.....	26
參考文獻.....	27

圖目次

圖 1、氣候風險對總體經濟的傳遞.....	3
圖 2、氣候風險衝擊與貨幣政策的傳遞管道.....	7
圖 3、相對於 2022 年，不同情境下之企業的違約機率.....	11
圖 4、相對於 2022 年，不同情境下之各產業的違約機率.....	11
圖 5、相對於 2022 年，對重要機構與非重要機構而言，不同情境下之企業貸款的違約機率.....	12
圖 6、太陽能與燃煤發電的供給示意圖.....	14
圖 7、在課徵碳稅下，太陽能與燃煤發電的供給示意圖.....	15
圖 8、在政府補貼太陽能發電下，太陽能與燃煤發電的供給示意圖.....	15
圖 9、相較於平均氣溫，不同情境下之未來台灣每日最高溫的情形.....	20
圖 10、相較於 1986~2006 年，不同情境下之熱浪對未來台灣勞動生產力的衝擊情形.....	20
圖 11、相較於 2005 年，不同情境下之每年熱帶氣旋對台灣造成的預期損失..	21
圖 12、相較於基準模型，不同情境下之 CPI 年增率之走勢.....	22
圖 13、相較於基準模型，不同情境下之 GDP 成長率、CPI 年增率與長期名目利率之走勢.....	24

表目次

表 1、氣候變遷對總體經濟變數的影響.....	4
表 2、氣候變遷對總體經濟變數的影響（續）.....	5
表 3、在氣候變遷下，BoJ 的策略制定.....	13

壹、前言

當前氣候變遷已不容忽視，因其不受國界限制，該衝擊可能藉由全球貿易、供應鏈等管道擴及世界各地。極端氣候事件亦可能會擾亂全球大宗商品市場，進而對全球經濟產生連鎖效應。此外，反饋循環可能加深氣候變遷的效果，例如，永凍土融化釋放甲烷，將進一步加速全球暖化。再者，氣候變遷的不可預測性源自於環境、經濟活動與技術間複雜的相互作用，導致預測存在挑戰性。

由於與氣候有關的衝擊變得頻繁且對世界各地帶來嚴重的災害，可能衝擊全球供應鏈，進而影響經濟成長與通膨。此外，過渡至低碳經濟的必要性對綠色科技、經濟成長、就業部門的投資均相當重要，因此，當制定貨幣政策時，央行宜考慮到氣候變遷的風險與機會。

本次參加東南亞國家中央銀行研訓中心（SEACEN Centre）舉辦之「央行的氣候變遷經濟學與政策（Climate Change Economics and Policy for Central Bankers）」研習課程，為期 5 日，共 27 位學員參加，分別來自 9 個不同國家（台灣、南韓、菲律賓、泰國、印尼、尼泊爾、斯里蘭卡、寮國、柬埔寨）之央行。課程內容豐富，涵蓋氣候風險的簡介、氣候風險對經濟成長等總體經濟的潛在影響、央行如何因應氣候風險、利用全球主要央行與監理機關組成的綠色金融體系網絡（Central Banks and Supervisors Network for Greening the Financial System，以下簡稱 NGFS）進行情境分析等。

課程期間除由講師與學員就相關議題進行討論外，並邀請日本央行（Bank of Japan，以下簡稱 BoJ）分享其對氣候變遷的因應措施，亦邀請歐洲央行（European Central Bank，以下簡稱 ECB）分享其對氣候相關的壓力測試結果。此外，講師則建構簡單的 VAR、BVAR 模型及有關氣候風險的情境分析等，以期透過 EViews、Matlab 軟體實作演練，提供學員未來發展與氣候有關模型之參考。

章節內容依序為，第貳章概述氣候風險及其對總體經濟變數與貨幣政策傳遞管道的影響，第參章闡述央行面對氣候變遷的準備，以及 BoJ 的因應措施與 ECB 的壓力測試結果，第肆章針對台灣的情況進行情境分析，第伍章為結論與建議。

貳、概述氣候風險及其對總體經濟變數與貨幣政策傳遞管道的影響

由於氣候變遷具有不可逆性且該影響效果的存續期間可能長達數十年，因此，極端氣候事件等自然風險會對經濟與金融穩定存在威脅。即便政府致力於能源或經濟轉型，惟此一過渡期亦可能衝擊經濟活動與金融穩定。有鑑於此，了解氣候變遷所帶來的風險至關重要。

一、氣候風險的範圍

市場時常提及的「綠天鵝風險 (green swan risks)」係指與氣候變遷有關且具高度不可預測性的大規模風險，其可能衝擊經濟活動與金融穩定。該詞源自於「黑天鵝」事件的概念，即罕見、不可預測、具有極端結果的事件，惟差異在於綠天鵝係與氣候變遷、能源轉型或經濟朝低碳轉型有關。

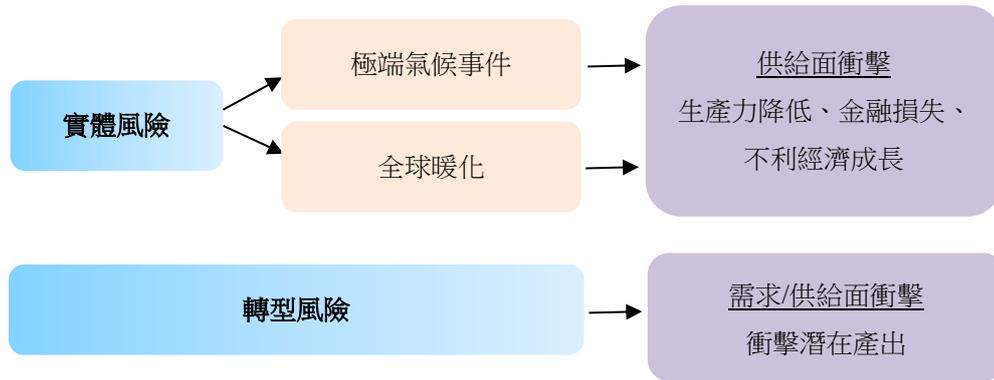
綠天鵝風險與傳統熟知的市場風險或信用風險迥然不同，以致對央行與金融監理單位存在高度的挑戰，因極端氣候事件的衝擊可能與金融市場連結，進而影響價格、供應鏈、資產價值與整體經濟的韌性。

Cevik (2022)指出，氣候風險係未來可能發生與氣候相關之危險事件的機率乘以這些事件在一段時間內的影響。與氣候變遷有關的風險主要分為 2 類，即 (1) 實體風險 (physical risks) 與 (2) 轉型風險 (transition risks)。實體風險與氣候相關事件造成的損害有關，如颶風、熱浪、乾旱、洪水、全球暖化、海平面上升等。

圖 1 指出，對實體風險而言，由於乾旱、海平面上升與降水模式的改變等，¹ 以及全球暖化會對供給面產生負向衝擊而降低生產力，因此，與氣候變遷有關的實體風險可能損害家計部門的財富（因房屋價值受損或重新購置傢俱等）、企業的現金流與資產組合，造成金融損失，進而衝擊經濟成長。(Batten et al., 2016; Campiglio et al., 2018; Cevik, 2022; SEACEN, 2024)

¹ 在氣象學中，降水 (precipitation) 係雲層大氣中的水蒸氣凝結後，受重力作用落下的任何產物。主要的降水形式有毛毛雨、雨、雨夾雪、雪、冰珠、霰、冰雹。

圖 1、氣候風險對總體經濟的傳遞



資料來源：SEACEN (2024)。

對轉型風險而言，此一風險主要來自於政府建立綠色經濟或能源轉型的努力，以致可能加重財政負擔與擴大政府債務。再者，相關轉型政策的不確定性（如政策時程、調整時機等）亦會對整體經濟或潛在產出存在負面效果。另外，當技術、租稅制度與其它政策的改變促使傳統的化石燃料轉變成擱置資產（stranded assets）時，² 可能藉由金融網絡或傳染管道，擴大金融損失。（Batten et al., 2016; Campiglio et al., 2018; Cevik, 2022; SEACEN, 2024）

特別的是，Carter et al. (2021)定義跨境氣候的影響（即跨國外溢效果）及其可能帶來的挑戰。有關氣候風險衍生出的跨國外溢效果主要係藉由國際貿易管道與供應鏈來傳遞，隨氣候變遷加劇，該跨國外溢效果可能擴大，顯示除了實體風險與轉型風險之外，在評估氣候變遷的衝擊時，亦宜考慮到氣候風險的跨國外溢效果，尤其是主要貿易對手國。

二、氣候風險對總體經濟變數與貨幣政策傳遞管道的影響

氣候變遷可能以不同的方式影響主要的總體經濟變數，因此，評估氣候風險需要分別針對實體風險與轉型風險做討論，有鑑於此，NGFS 回顧現有文獻，並彙整氣候變遷對總體經濟變數的影響，如表 1、表 2 所示。

² 為達成氣溫僅上升 1.5°C 的目標，則約有 80%的剩餘化石燃料必須保存在地底下而不開採，則該化石燃料便為擱置資產。

表 1、氣候變遷對總體經濟變數的影響

	實體風險（極端氣候事件）	實體風險（全球暖化）	轉型風險
產出	<ul style="list-style-type: none"> 產出減少，主因農作物歉收、基礎設施毀損、供應鏈與旅遊業被迫中斷等。 	<ul style="list-style-type: none"> 產出減少，主因較低的勞動生產力、投資轉向緩解氣候變遷的措施、耕地產出損失。 	<ul style="list-style-type: none"> 資本與勞動的重分配過程可能產生跨部門摩擦，主因扭曲的(財政)轉型政策、轉型政策的不確定性、相關投資不足。
消費	<ul style="list-style-type: none"> 消費減少，主因不確定性增加。極端氣候事件後，家計部門需要更換被毀損物品的需求。 	<ul style="list-style-type: none"> 消費的波動度較大，主因家計部門的需求變動大。 	<ul style="list-style-type: none"> 消費可能減少，主因消費者預期轉型風險將持續較長時間。 未來消費可能轉向綠色商品或服務，惟對總消費的影響無法確定。
投資	<ul style="list-style-type: none"> 資本存量可能下降，主因不確定性、波動度增加。 極端氣候事件後，投資可能回升，惟有效的資本存量可能降低。 投資由提高生產力的投資轉向緩解氣候變遷的投資。 	<ul style="list-style-type: none"> 隨投資轉向緩解氣候變遷的技術，投資將會增加。 	<ul style="list-style-type: none"> 隨投資轉向緩解氣候變遷的技術，投資將會增加。 若投資減少則可能係因未來轉型政策的不確定性增加、擱置資產增加等。
生產力	<ul style="list-style-type: none"> 勞動與資本的生產力下降，主因資本與基礎設施破壞（可能係永久性）。 	<ul style="list-style-type: none"> 勞動生產力較低，主因人力資本累積較少(健康問題與死亡率增加)。 	<ul style="list-style-type: none"> 對生產力的影響無法確定，主因技術進步的正向效果可能被抵銷，因轉型政策延遲、擱置資產增加而產生投資不足的負向效果。
就業	<ul style="list-style-type: none"> 就業較低，主因實體資產受到破壞，災區附近的民眾流離失所。 潛在的摩擦性失業存在，若勞動流動性足夠，上述情況能夠緩解。 	<ul style="list-style-type: none"> 建築業、農業等產業的勞動供給減少，主因勞工不願意在高溫下工作。 國際移民增加可能會推升受氣候變遷影響較小地區的勞動供給。 	<ul style="list-style-type: none"> 勞動市場的組成項目變動可能增加結構性失業。
薪資	<ul style="list-style-type: none"> 各國與各部門的衝擊不均(開發中國家的農業、旅遊業、建築業影響最大)。 薪資暫時上漲，主因勞動重分配可能導致部分產業出現勞動短缺。 薪資的變動情況取決於災害影響的存續期間。 	<ul style="list-style-type: none"> 薪資下降，主因氣溫持續增加，致生產力下降。 	<ul style="list-style-type: none"> 存在勞工跨部門的潛在移轉及培訓需求，對總薪資影響無法確定。

資料來源：NGFS (2020)、SEACEN (2024)。

自表 1 與表 2 可以發現，氣候變遷及其緩解措施的不確定性使得經濟分析變得複雜，因其影響涉及多個層面，以致準確地預測氣候變遷對經濟影響的存續期間與強度具有高度的挑戰性。

此外，政策的施行時機以及在朝向碳中和的經濟轉型上是否走得足夠遠的問題，均增加分析的複雜度。雖然部分挑戰在貨幣政策的背景下並不罕見，惟因氣候變遷的非線性特徵（即不可逆且具長期性的影響），使挑戰更加嚴峻。

表 2、氣候變遷對總體經濟變數的影響（續）

	實體風險（極端氣候事件）	實體風險（全球暖化）	轉型風險
國際貿易	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 供應鏈中斷、進出口貨物中斷，主因出口市場受損或進口成本上升，致收入減少。 ➢ 旅遊業可能遭受損失，主因基礎設施被破壞。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 海平面上升，致貿易路線中斷。 ➢ 氣溫上升可能減少出口價值。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 稅收與法規限制可能會擾亂進出口路線。國際對不同類型能源產品的需求變化可能會對能源出口國與進口國產生不同的影響。 ➢ 不對稱或單邊氣候政策造成扭曲的風險。 ➢ 穩健且開放的國際貿易基礎設施可吸收氣候變遷衝擊的部分負面影響，而具有緩衝作用。
匯率	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 受氣候災害影響的國家，貨幣面臨貶值壓力，主因貿易的負向衝擊與勞動生產力下降。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 受全球暖化衝擊與耕地損失較大的國家，貨幣面臨貶值壓力。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 採用浮動匯率制度可能具有吸收衝擊的能力，尤以那些離低碳標準很遠的國家。
通膨	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 通膨波動加劇，尤其係食物、房屋與能源的價格。 ➢ 對整體通膨的影響存在異質性，其中，對開發中國家的影響更大、更持久。此將影響通膨預期。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 相對價格改變，主因消費者需求或偏好改變、比較利益的改變。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 能源價格受轉型政策影響最大，如二氧化碳配額、碳稅。 ➢ 政策不確定性可能透過影響投資、需求、通膨預期而拖累通膨。 ➢ 通膨壓力可以透過提高生產力技術或將消費者偏好轉向氣候友善產品與服務來緩解。
通膨預期	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 將引發同質性高、突然且頻繁的通膨預期調整。 ➢ 通膨預期整體分散度可能下降（因專業預測者的反應更同步）。自然災害過後，資訊剛性往往會消失。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 氣候衝擊對實質通膨存在長期效果，主因食物與能源價格均可能影響通膨預期。 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 租稅政策等改變使通膨預期的形成將受影響。 ➢ 轉型政策對實質通膨的影響亦可能影響通膨預期。

資料來源：NGFS (2020)、SEACEN (2024)。

NGFS (2020)指出，氣候風險係金融風險的來源之一，主因氣候變遷可能影響金融機構的資產負債表、資產價值與市場參與者的預期，因此，在氣候變遷日漸激烈的情況下，擱置資產與信用風險的增加可能會損害貨幣政策傳遞管道的有效性。（見圖 2）

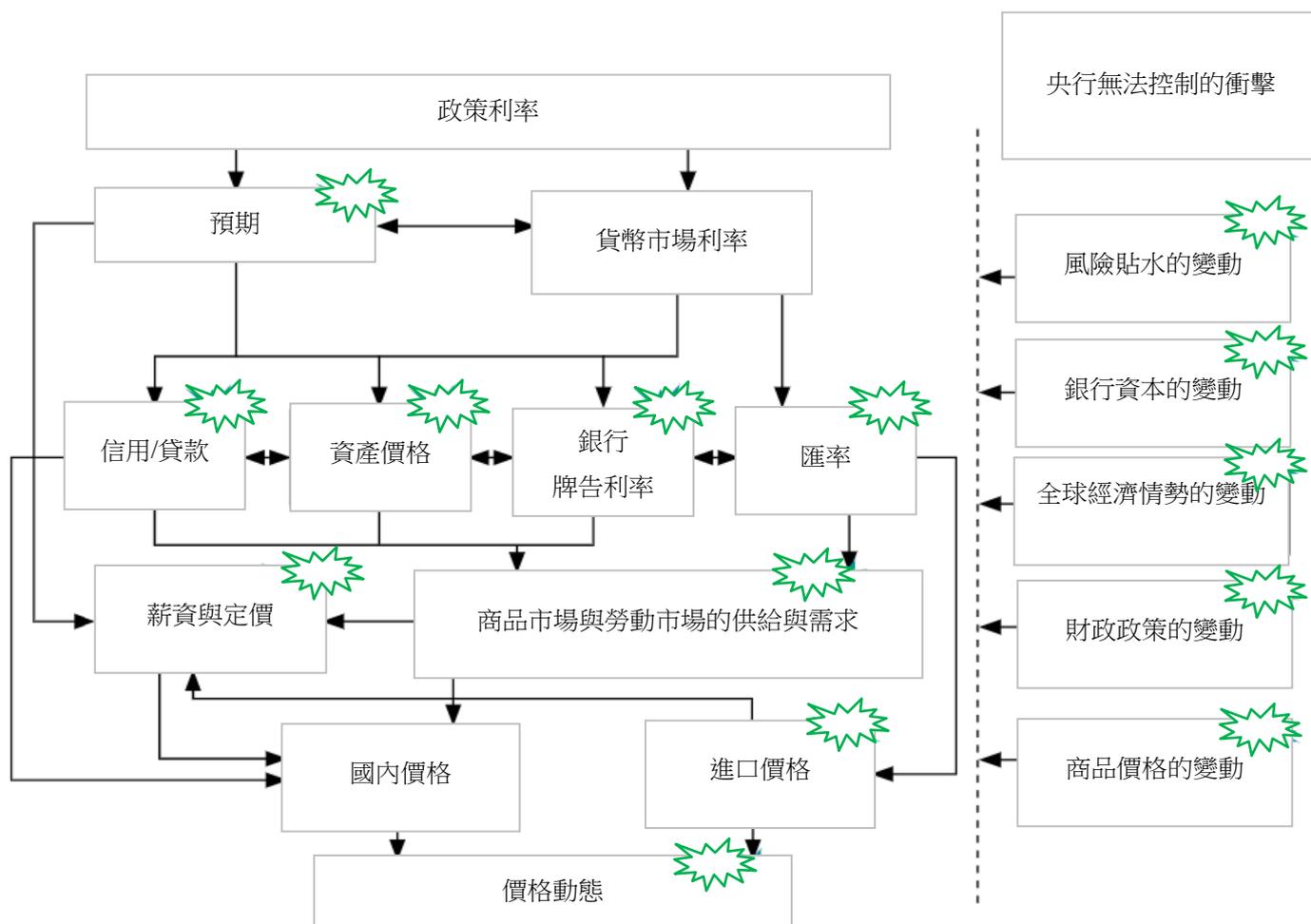
此外，由於金融體系為貨幣政策傳遞機制的核心角色，能源或經濟轉型的過渡性措施可能引發資產重新估價，此將對銀行的資產負債表造成壓力，可貸資金可能受到限制，以致衝擊其提供貸款的能力。除這些管道之外，隨氣候變遷加劇，預期管道亦可能被扭曲。（見圖 2）以下就 5 種管道概要說明實體風險與轉型風險的衝擊：（NGFS, 2020; SEACEN, 2024）

- (1) 以利率管道而言，實體風險可能造成非利息成本變得更加重要，以致弱化投資與儲蓄對利率變動的反應，而轉型風險則因貨幣政策的反應時間與施行速度存在不確定性，推升風險貼水，進而影響中性利率水準。
- (2) 以信用管道而言，實體風險與轉型風險均可能招致金融損失，致借款者的淨資產、抵押品價值、銀行獲利能力均下降，加劇違約風險與不良貸款增加，限縮銀行的貸款供給與提供融資的意願。
- (3) 以資產價格管道而言，實體風險會衝擊資產價格，如房價等，進而導致公司價值下降，而轉型風險則會增加擱置資產，且因產業的需求不同，衝擊效果將不同。
- (4) 以匯率管道而言，如前所述，實體風險可能對家計部門與企業造成金融損失，導致較高的匯率波動度，而轉型風險則因碳邊境的調整機制可能會影響貿易活動與全球供應鏈。³
- (5) 以預期管道而言，由於實體風險衝擊持續存在，加深未來的不確定性，造成供給與需求不明確，以致貨幣政策的可預測性較差，而轉型風險則因實施經濟或能源轉型的過渡性政策時間不一致，將降低貨幣政策的可信度與前瞻指引的有效性。

NGFS (2020)強調央行宜深入分析氣候變遷對貨幣政策傳遞機制的影響，因央行可信度取決於貨幣政策工具的有效性，此舉有助於避免貨幣政策的有效性受氣候風險衝擊而弱化。同時，該文建議央行應評估氣候風險在實務上的影響，因與氣候有關的衝擊可能會影響金融投資組合與加劇市場風險。

³ 透過訂定出口國產品的碳含量，若超過進口國的規定，進口商除了必須購買碳權之外，亦將面臨產品被課徵碳關稅。

圖 2、氣候風險衝擊與貨幣政策的傳遞管道



 係指那些可能直接或間接地受實體風險或轉型風險影響的管道。

資料來源：NGFS (2020)、SEACEN (2024)。

參、央行的準備與因應措施，以及比較碳稅與補貼的效果

一、央行的準備

(一) 了解綠色分類學 (green taxonomy)

央行宜將氣候相關議題納入政策架構中，以及定義綠色與永續金融活動，提供二者的通用語言與認定標準，並對其做詳細地分類，勾勒出與氣候有關的金融產品及服務的藍圖。

此外，亦宜確定造成國內氣候變遷的獨特原因以及氣候變遷對主要貿易

對手國的實際影響，藉以評估自身經濟的脆弱性，並將環境的變動情況與經濟系統做連結，明確地對外溝通，闡述採行因應措施的必要性。

（二）分析與評估氣候風險

在面對因天然災害衝擊生產力與經濟成長，而且全球暖化與極端高溫加劇通膨壓力（即實體風險）上，央行的角色在於維持物價穩定，並管理銀行對災後經濟重建的紓困措施。

在面對因經濟逐漸轉向低碳能源，碳密集型資產的貸款者、投資者將遭受金融損失（即轉型風險）上，央行的角色在於避免金融不穩定，並支持綠色轉型期間的社會與經濟調整（如就業）。

（三）擷取可靠資料與改善模型的分析能力

當前部分機構正在開發環境經濟的資訊系統，用於追蹤每季溫室氣體的排放量，以取得更詳盡的資料。此外，央行宜使用新穎的方法（如文字探勘、地理資訊系統（GIS））來評估與氣候有關的風險，特別是情境分析與壓力測試（如可能受到洪水侵襲的區域、投資組合的碳足跡等）。

央行所建構之模型宜能夠捕捉複雜的環境互動與反饋循環、巨量運算、風險分析、預測績效佳、因果推理等能力，如總體計量模型 E-DSGE 模型、代理人模型（agent-based model, ABM）、機器學習等。

（四）央行的資源配置與對外溝通

央行宜進行內部重組，在資源有限下，優先針對氣候變遷，培訓人才與建立專業團隊，提升與氣候有關的研究能力，以深入評估氣候風險對貨幣政策、經濟成長、通膨與金融穩定的影響。此外，亦宜與氣候專家、學術界、國際機構與其它央行共同合作。

Arseneau and Osada (2023)指出，永續發展目標在 2 個議題上相當重要：

(1) 與氣候變遷有關的對外溝通；(2) 向民眾闡述與氣候變遷有關的核心問題。具有明確或間接永續發展目標的央行，宜更頻繁地進行與氣候變遷有關的對外溝通。

當目標明確時，與氣候變遷有關的內容往往以永續發展目標的角度來討論，主要著重於永續發展目標與永續金融。相較而言，當目標較為間接時，與氣候變遷有關的問題則係建立在物價穩定與金融穩定之傳統法定目標的背景下。綜上所述，央行需要針對不斷擴大的政策責任做出回應，同時，專注於主要的政策目標。

二、ECB 的壓力測試（轉型風險的評估）

Emambakhsh et al. (2023)以 3 種能源轉型路徑進行歐元區之氣候壓力測試：⁴ (1) 加速能源轉型（an accelerated transition）；(2) 延遲且較嚴格的能源轉型（late-push transition）；(3) 延遲且較溫和的能源轉型（delayed and milder transition）。⁵ 該文分析多個研究對象（如企業、家計部門、金融機構、非金融機構等），為節省篇幅，以下僅說明企業的轉型風險及其對金融機構的影響。

圖 3 的結果指出，在加速能源轉型下，於轉型初期，企業違約風險增加最多，主因能源價格上漲與綠色轉型的衝擊，造成能源相關的支出增加，降低企業的獲利能力，進而增加企業的違約機率。隨時間經過至 2027 年，企業債務因綠色投資持續增加而擴大，亦會增加違約機率。

於 2030 年，在延遲且較嚴格的能源轉型下，企業的違約機率增加最多，顯示對體質脆弱的企業而言，存在較大的風險。接著，比較 2023 年與 2030

⁴ 擷取各國的部門別能源結構資料、各公司的溫室氣體排放資料、NGFS 區域碳排放路徑資料、依能源來源劃分的碳排放量轉換成能源消耗量的換算係數，並結合歷史資料、BMPE 總體經濟預測結果、NGFS 氣候情境分析資料。

⁵ 加速能源轉型：相較於 1990 年的水準，2030 年碳排放量減少 67%，符合 NGFS 「到 2050 年實現淨零排放」的目標。

延遲能源轉型：延遲實施緩解能源危機的措施，能源轉型於 2026 年開始，為符合 2050 年的淨零排放目標，於 2026 年起，便需要採取果斷、強勁、嚴格的措施。

延遲且較溫和的能源轉型：與延遲推動能源轉型相同，能源轉型於 2026 年開始，採行較溫和且漸進的措施，惟於 2050 年，未能達成淨零排放目標。

年的企業違約風險，在延遲能源轉型（無論採行嚴格或溫和的措施）下，幾乎所有產業的違約機率均增加。整體而言，延遲能源轉型意味著轉型風險將在較長時間內持續對企業產生負向衝擊。

以產業別而言，能源轉型的衝擊效果存在較高的異質性。就加速能源轉型而言，相對於 2022 年，2030 年礦業、製造業、電力及燃氣供應業的違約機率成長幅度最高，隱含此 3 個產業在加速能源轉型期間的信用風險可能明顯增加。（見圖 4）

以分量結果的第 75 個分量而言，相對於 2022 年，2030 年礦業與製造業違約機率的增加幅度比其它產業高出許多；此外，相對於加速能源轉型，在延遲能源轉型下，2030 年礦業的違約機率均明顯增加，主因在延遲能源轉型下，礦業的能源效率改善較緩慢。

Emambakhsh et al. (2023)指出能源轉型的衝擊將增加企業的違約機率，主因銀行對能源密集產業的貸款比重高，整個歐元區的銀行體系對能源密集產業的擔保與無擔保貸款總額之比重約 40%，且重要機構（significant institutions, SIs）的比重更高。由此可知，在能源轉型下，企業的違約風險增加將會推升銀行的貸款風險，進而可能影響金融穩定。

圖 5 的結果指出，在加速能源轉型下，於轉型初期，企業貸款的違約機率明顯走高，惟在延遲且較嚴格的能源轉型下，企業貸款的違約機率於 2026 年大幅攀升，且重要機構貸款的違約機率（圖 5 之實線）明顯高於非重要機構（圖 5 之虛線），主因重要機構對能源密集產業的貸款比重（曝險比率）高。

值得注意的是，在加速能源轉型與延遲且較嚴格的能源轉型下，違約機率於轉型後期轉呈下降，惟在延遲且較溫和的能源轉型下，於 2030 年，違約機率持續增加，顯示轉型風險與貸款風險仍存在。

圖 3、相對於 2022 年，不同情境下之企業的違約機率

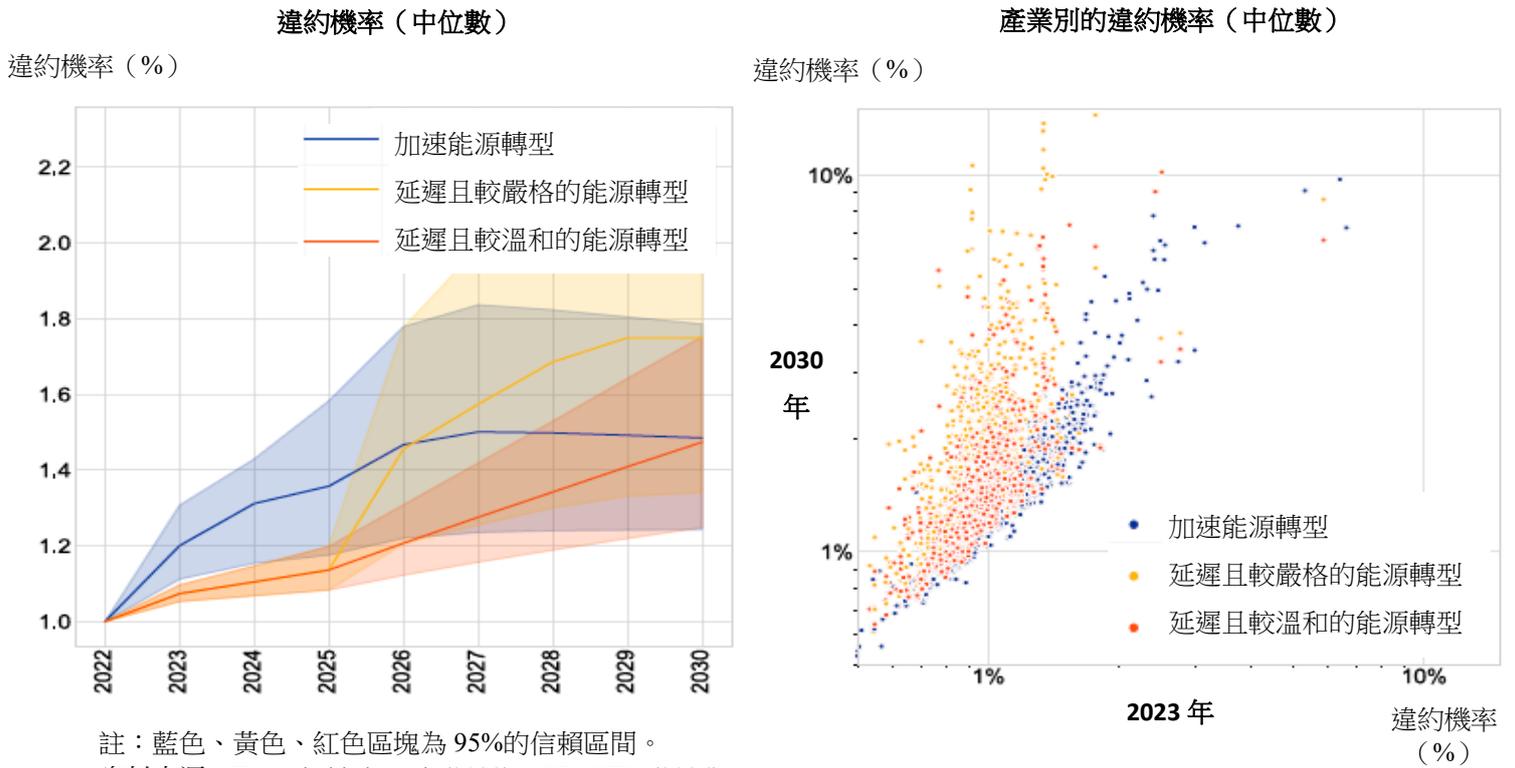
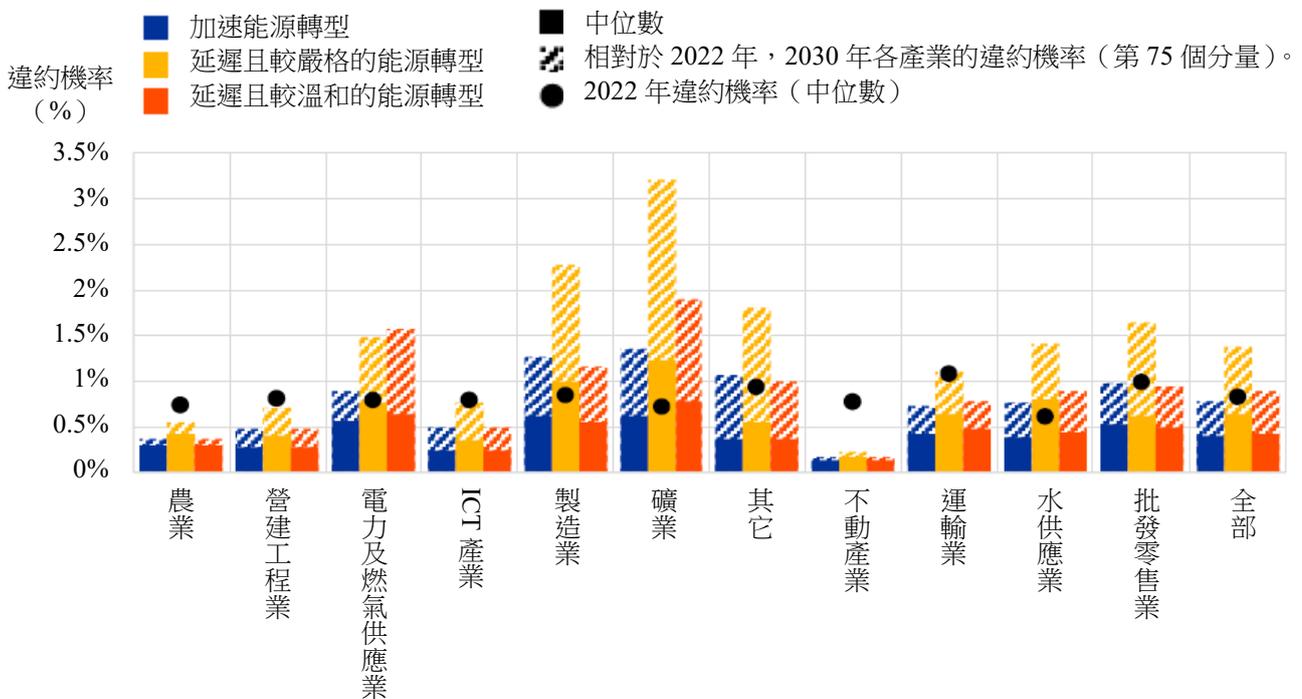
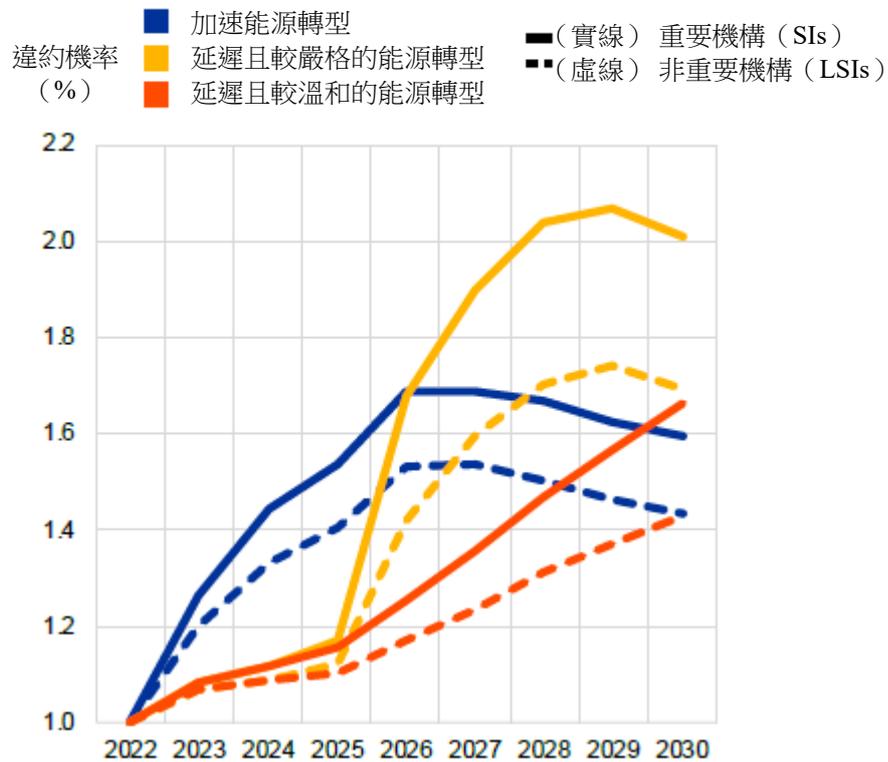


圖 4、相對於 2022 年，不同情境下之各產業的違約機率



資料來源：Emambakhsh et al. (2023)、SEACEN (2024)。

圖 5、相對於 2022 年，對重要機構與非重要機構而言，不同情境下之企業貸款的違約機率



資料來源：Emambakhsh et al. (2023)。

總言之，(1) 加速能源轉型係減緩貸款風險與轉型風險的最適方法，不僅能使經濟達成淨零排放目標，進而緩解氣候變遷的衝擊，亦能迅速減少能源支出，降低風險；(2) 延遲能源轉型，且為達成淨零排放目標，嗣後採行嚴格的政策，此舉將導致經濟成長動能疲弱，且預期產生較高的金融損失；(3) 延遲能源轉型不利於達成淨零排放目標，惟有序且平穩的轉型過渡期間，有助於穩定經濟與金融體系，惟因轉型速度緩慢，轉型風險仍維持在較高水準，且因實體風險帶來的實質負向衝擊，整體的氣候風險可能更高。

三、BoJ 的因應措施

BoJ 認為氣候變遷的因應措施與貨幣政策目標間具有一定程度上的相關性，央行的支持性措施若能夠幫助企業穩定地轉型至綠色經濟，此舉將有助於物價穩定，因此，為加強倡議氣候變遷問題的重要性，BoJ 設立「氣候協調中

心 (The Climate Coordination Hub)」的內部組織。⁶

同時，為進一步因應氣候變遷，BoJ 於 2021 年 7 月發布《BoJ 因應氣候變遷策略》，並在貨幣政策、金融系統、研究分析、國際金融、貨幣操作與對外溝通上制定全面性的策略，以達物價穩定與金融穩定的目標。(見表 3)

就貨幣政策而言，由於考慮到市場中立性，避免直接干預個體資源的配置，因此，BoJ 於 2021 年實施「因應氣候變遷之融資業務」，為金融機構提供因應氣候變遷專案的資金，並要求揭露其在因應氣候變遷上的作為。截至 2024 年 7 月，該專案已核貸的未償還餘額為 11 兆 9,626 億日圓。

表 3、在氣候變遷下，BoJ 的策略制定

貨幣政策	<ul style="list-style-type: none"> ▶考慮到市場中立性，BoJ 避免直接介入個體資源的配置，因而推出新的資金撥款計畫，向金融機構提供投資或貸款資金，以支持其因應氣候變遷的措施。
金融系統	<ul style="list-style-type: none"> ▶透過實地檢查與異地監管，BoJ 與金融機構深入探討如何因應氣候風險，並與企業討論脫碳合作等議題。 ▶採用情境分析評估大型金融機構可能衍生的風險，並在氣候相關金融揭露 (Task Force on Climate-related Financial Disclosures, TCFD) 的基礎上，鼓勵金融機構加強資訊揭露。 ▶該架構已納入《日本公司治理準則 (Japan's Corporate Governance Code) 》。
研究分析	<ul style="list-style-type: none"> ▶深入分析氣候變遷對總體經濟的影響，包含經濟成長、物價、金融市場與金融體系。 ▶努力蒐集與氣候有關資料與完善分析工具，以良好地監管與認定風險。 ▶檢視金融市場與基礎設施是否順利運作。
國際金融	<ul style="list-style-type: none"> ▶在 G7、G20、東亞及太平洋地區中央銀行會議 (Executives' Meeting of East Asia Pacific Central Banks, 以下簡稱 EMEAP) 等國際論壇學習其它國家的經驗，分享因應氣候變遷措施的經驗，並參與多邊討論。 ▶加強推動綠色債券等與氣候有關的金融產品投資，促進金融市場發展。持續投資由 EMEAP 發起的亞洲債券基金，支持亞洲本幣債券市場的發展。 ▶為幫助推動以當地貨幣計價的綠色債券市場，將与其它 EMEAP 成員、利害關係人協商，擴大亞洲債券基金的投資範圍。2022 年 3 月開始透過亞洲債券基金購買綠色債券。 ▶依照現行管理原則，購買政府及其它境外機構發行的外幣綠債券。
貨幣操作與對外溝通	<ul style="list-style-type: none"> ▶在擴展業務時，充分考慮氣候變遷議題。 ▶持續努力減少排放溫室氣體與節約能源，以實現淨零排放的目標，並加強業務連續性計畫，以因應日益增加的洪災風險。 ▶就氣候相關議題加強對外溝通，並於官網推出的氣候變遷頁面。

資料來源：BoJ、SEACEN (2024)。

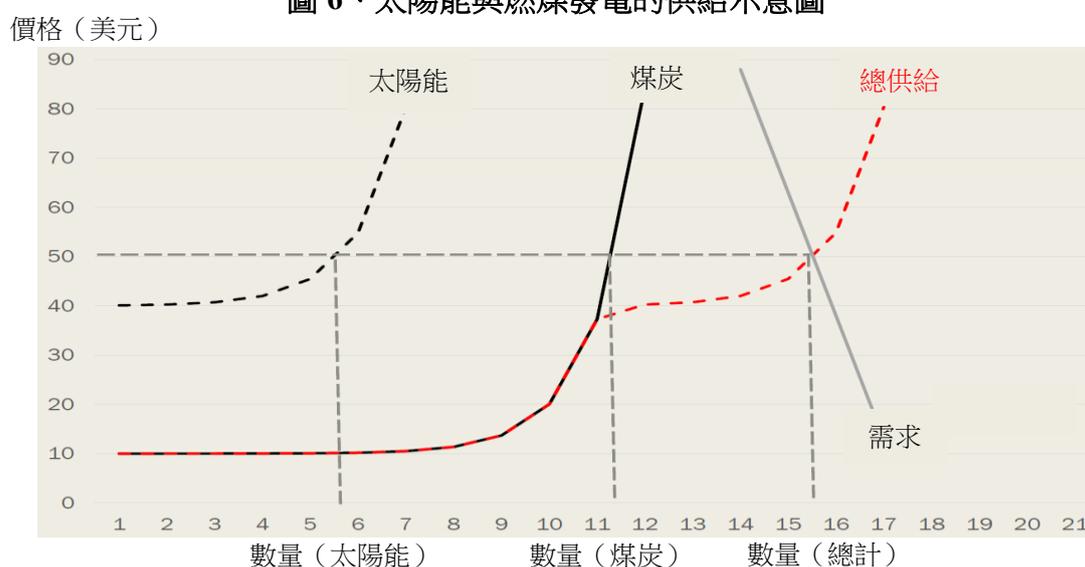
⁶ 該中心由各部處 (秘書處政策委員會、貨幣事務部、金融系統與銀行審查部、貨幣機構與經濟研究處、金融市場部、統計研究部、支付清算系統部、秘書處國際部) 派員所組成。

四、比較碳稅與補貼的效果

(一) 經濟分析

解決污染的最好方法係研發廉價且無污染的產品，惟企業通常難以獲利，因前期投入成本太高，因此，可能方法係補貼無污染的研發技術。以下僅討論燃煤與太陽能 2 種發電方式：當前煤炭開採的邊際（新）成本較高，惟總開採成本仍處於較低水準，相較之下，太陽能發電的總成本相當昂貴，且前期成本比煤炭貴得多，如圖 6 所示。

圖 6、太陽能與燃煤發電的供給示意圖



資料來源：SEACEN (2024)。

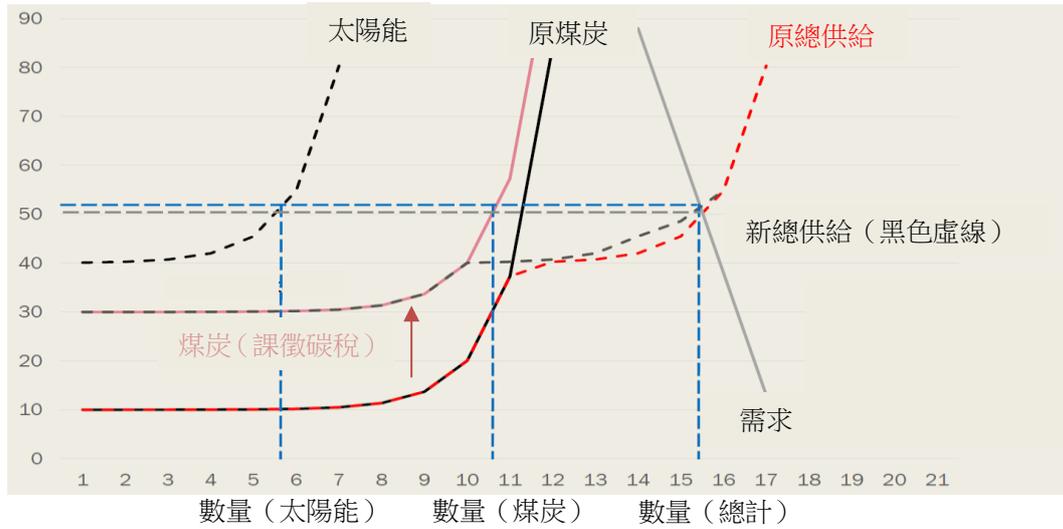
(1) 碳稅：若政府對煤炭課徵 20 美元的稅，致燃煤發電的供給曲線上移。圖 7 的結果指出，20 美元的碳稅對燃煤發電的供給影響不大，因煤炭的供給價格彈性低，以致最終的均衡價格與數量均變動不大。

(2) 補貼：假設政府致力研發新的太陽能技術，因此，補貼企業研發資金，致太陽能發電的供給曲線下移。圖 8 的結果指出，由於政府的補貼，使得太陽能發電成本下降，致太陽能發電供給增加，發電總供給亦會增加。

由此可知，為大幅減少碳排放量，太陽能的邊際成本需要低於燃煤發電的成本，由於提取燃煤成本低，可能需要課徵高額的碳稅，以拉抬煤炭的使用成本，此外，亦需要對太陽能進行補貼，以降低太陽能的發電成本。

圖 7、在課徵碳稅下，太陽能與燃煤發電的供給示意圖

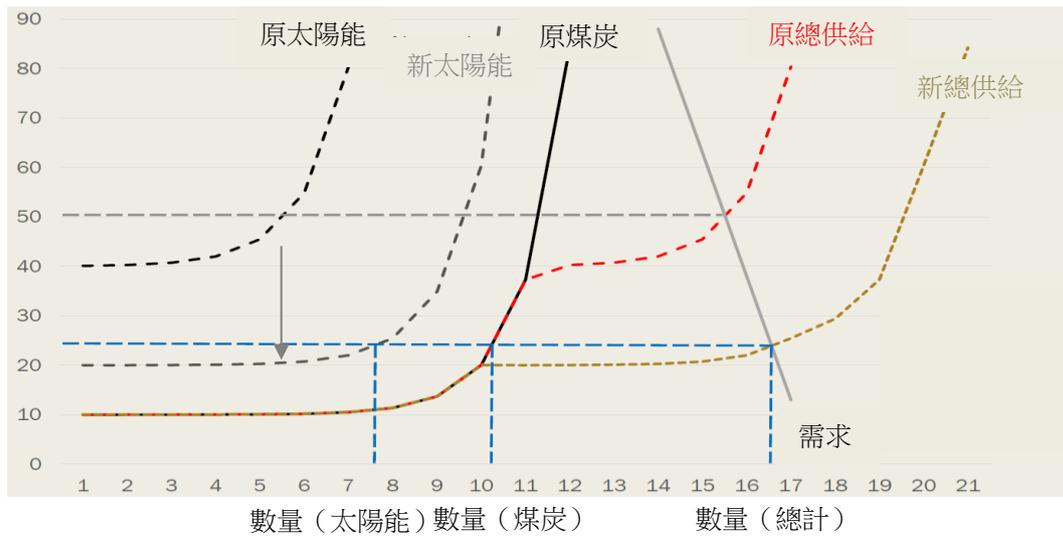
價格 (美元)



資料來源：SEACEN (2024)。

圖 8、在政府補貼太陽能發電下，太陽能與燃煤發電的供給示意圖

價格 (美元)



資料來源：SEACEN (2024)。

任何現實的解決方案均需要技術創新與收取高額的二氧化碳排放費用，以防止使用廉價的化石燃料。雖然部分國家已採用碳排放交易體系或課稅來抑制排放二氧化碳，惟價格可能太低，無法明顯減少碳排放量。此外，對貧窮國家而言，其需要廉價能源來發展經濟，可能難以負擔發展綠色能源的前期成本。⁷

⁷ 華爾街日報 (The Wall Street Journal) 於 2021 年 10 月 19 日報導，南非環境部長 Barbara Creecy 於 7 月倫敦舉行的國際氣候會議向與會者指出，若富有國家每年向貧窮國家支付逾 7,500 億美

(二) 國外文獻的分析結果

Annicchiarico and Dio (2015)採用包含名目與實質不確定性的新凱因斯模型，研究 3 種不同環境政策制度（管制碳排放總量與碳排放許可證、訂定單位 GDP 碳排放目標、施行碳稅）下的經濟動態行為。實證結果指出：(1) 管制碳排放總量與碳排放許可證的政策有助於經濟穩定，主因碳排放許可證的價格與企業減少碳排放的努力具有順景氣循環的特性，以致抑制景氣循環波動；(2) 當價格僵固性低時，採行碳稅的平均福利較高，惟若價格調整相當緩慢，實施管制碳排放總量與碳排放許可證政策的平均福利較高，顯示階段性的價格調整有助於改善環境政策制度的績效；(3) 最適環境政策在很大程度上取決於物價調整的速度與貨幣政策對景氣波動的反應。

Li and Peng (2020)採用動態隨機一般均衡 (DSGE) 模型來探討懲罰性碳稅與激勵性減少碳排放的補貼政策對經濟與環境之影響。實證結果指出，碳稅與減少碳排放的補貼政策均有助於減少碳排放量，並改善環境品質。此外，減少碳排放的補貼政策對經濟存在正向效果，惟碳稅則具有負向衝擊，因其會減少產出、消費、勞動。由此可知，減少碳排放的補貼政策有利於經濟與環境間之協調發展，建議各國政府可自協調發展的角度採行減少碳排放的補貼政策。

Jondeau et al. (2022)旨在調查補貼與碳稅政策對減輕氣候風險的效果。結果指出，實施碳稅政策來減少碳排放量將會導致 GDP 大幅減少，因企業必須將資金轉移至尚不成熟的減碳技術。然而，為緩解氣候變遷造成的經濟損失需要對生產低碳商品的相關產業提供大量補貼，其將對經濟產生 2 個主要影響：(1) 在轉型的過渡階段下，碳稅所衍生出的負面效果將減半；(2) 補貼降低企業生產低碳商品的成本，有助於加速發展減碳技術，進而大幅減少因轉型至低碳經濟所造成的 GDP 損失。

元，則能夠減少後者對化石燃料的依賴。亦有部分與會者表示，若富有國家能夠出資幫助他們採用更乾淨的技術，他們才會考慮簽署協議。

Zhang et al. (2023)探討在碳捕捉、碳封存、再利用技術（Carbon Capture, Utilization and Storage，以下簡稱 CCUS）下，何種減少碳排放量的政策較為可行。結果發現，為達到社會福利極大化，課徵碳稅與低碳補貼政策分別適用於高污染與低污染的企業，該 2 項政策對於減少碳排放量均具有顯著的效果。各國政府宜在權衡經濟績效、環境效率與社會福利後，適當地管控碳排放量。

Gu et al. (2024)採用動態隨機一般均衡（DSGE）模型來分析管制碳排放總量、補貼改善化石燃料碳排放技術、補貼可再生能源技術對促進經濟成長與管制碳排放的效果。實證結果指出，就短期而言，管制碳排放總量政策會增加總產出，惟在管制碳排放總量上的效益並不明顯；然而，補貼開發能源新技術能夠明顯減少碳排放，並對總產出與消費等總體經濟變數具有正面助益，其中，以補貼改善化石燃料的能源技術對於推動減碳工作更有效，而補貼乾淨能源技術則在促進經濟進步上扮演關鍵的角色，因此，政府宜優先補貼改善化石燃料碳排放的技術，以達到高效率的減碳模式。接著，逐步朝向開發再生能源技術，以促進經濟發展。

肆、台灣氣候風險的情境分析

當不確定性很高時，情境分析特別有用，因其可以提供一系列可能的結果，並突顯出經濟體系潛在的脆弱性，因此，在環境充斥著高度不確定下，情境分析有助於認定潛在風險，以下本文分別就實體風險與轉型風險對台灣進行相關的情境分析。

一、實體風險

為了解實體風險可能帶來的衝擊，NGFS Climate Analytics 建構「氣候影響探索家（Climate Impact Explorer）」，該資料庫針對實體風險提供 12 種情境分析，並對多個國家（含台灣）的情況進行估計，此一估計結果可供各國相關

單位參考，⁸ 於此，本文擷取 NGFS 目前政策、NGFS 國家自主貢獻、NGFS 2050 年淨零排放，共 3 種情境，闡述 NGFS 針對台灣的實體風險（每日最高溫、熱浪對勞動生產力的衝擊、預期每年熱帶氣旋可能造成的損失）之估計結果。⁹

圖 9 描繪在目前政策、國家自主貢獻、2050 年淨零排放之情境下，2025~2100 年台灣每日最高氣溫高於 1986~2006 年平均氣溫的變動情況。結果發現，黃色區塊（即 95%信賴區間）持續擴大，顯示若政府維持目前實施的氣候政策，未進一步強化相關措施，則每日最高溫將持續走高。相較於 1986~2006 年平均氣溫，於 2050 年，每日最高溫（中位數）將高出 1.49°C，95%信賴區間為 0.69~2.92°C。

惟就國家自主貢獻而言，雖尚未實施有效的政策，若台灣承諾努力達成淨零排放目標，預期未來氣溫增加的幅度應會減緩。相較於 1986~2006 年平均氣溫，於 2050 年，每日最高溫（中位數）將高出 1.42°C，95%信賴區間為 0.39~2.63°C。

圖 10 係以 1986~2006 年為基期，在目前政策、國家自主貢獻、2050 年淨零排放之情境下，描繪著 2025~2100 年台灣熱浪對勞動生產力衝擊之變動情況。結果發現，在面對氣候變遷下，若政府僅維持目前政策，未進一步實施因

⁸ 該資料庫提供 12 種情境，以利比較。(1)「CAT 現行政策」旨在探討在 2020 年政府不採取進一步的行動下，持續執行當前氣候政策的結果；(2)「NGFS 目前政策」假設政府僅維持目前實施的氣候政策，不進一步加強因應措施；(3)「NGFS 2050 年淨零排放」立即引入嚴格的氣候政策與技術創新，將全球氣溫上升幅度限制在 1.5°C，並於 2050 年實現全球淨零排放；(4)「NGFS 支離破碎的世界」假設全球各國的氣候政策反應延遲且存在異質性，導致較高的實體風險與轉型風險；(5)「NGFS 國家自主貢獻」包含所有承諾的目標，即使尚未實施有效的政策；(6)「NGFS 低於 2 度」增加氣候政策的嚴格性，有 67%的機率將全球氣溫上升幅度限制在 2°C 以下；(7)「NGFS 低需求」假設發生重大的行為變化，導致能源需求減少，並減輕經濟體系的壓力，於 2050 年實現全球淨零排放；(8)「NGFS 延遲過渡」假設新的氣候政策於 2030 年才實施，根據當前各國實施的氣候政策（不同國家的措施不同），仍使用化石燃料。假設去碳化（Carbon Dioxide Removal, CDR）技術較高，因此，2030 年後全球碳排放量快速地下降，確保 2100 年有 67%的機率將全球氣溫上升幅度限制在 2°C 以內；(9)「RCP 2.6」假設碳排放量於 2020 年開始下降，至 2100 年達到零，同年輻射強迫達每平方公尺 2.6 瓦特。該情況有 66~90%的機率將全球氣溫上升幅度限制在 2°C 以內；(10)「RCP 4.5」假設碳排放量於 2045 年開始下降，至 2100 年達到 2050 年水準的一半，同年輻射強迫達每平方公尺 4.5 瓦特。該情況可能導致全球氣溫增加 2~3°C；(11)「RCP 6.0」假設全球碳排放量於 2080 年達到高峰後下降，致 2100 年輻射強迫達到每平方公尺 6.0 瓦特，同年全球氣溫增加約 3~4°C；(12)「RCP 8.5」假設全球碳排放量在至 2100 年持續上升，同年全球平均氣溫增加接近 4°C。

⁹ 當氣溫的相對指標、氣溫的絕對指標、相對濕度的絕對指標均超過異常值時，則視為熱浪發生。

應氣候變遷的強化措施，則相較於 1986~2006 年的平均勞動生產力，2025 年勞動生產力(中位數)將因熱浪衝擊減少 1.72%，95%信賴區間為-0.63~-3.50%；於 2050 年，此一負向效果擴大至 3.11%，95%信賴區間為-1.20~-7.27%，顯示政府若未強化因應氣候變遷的措施，則未來的勞動生產力將受到嚴重的衝擊。

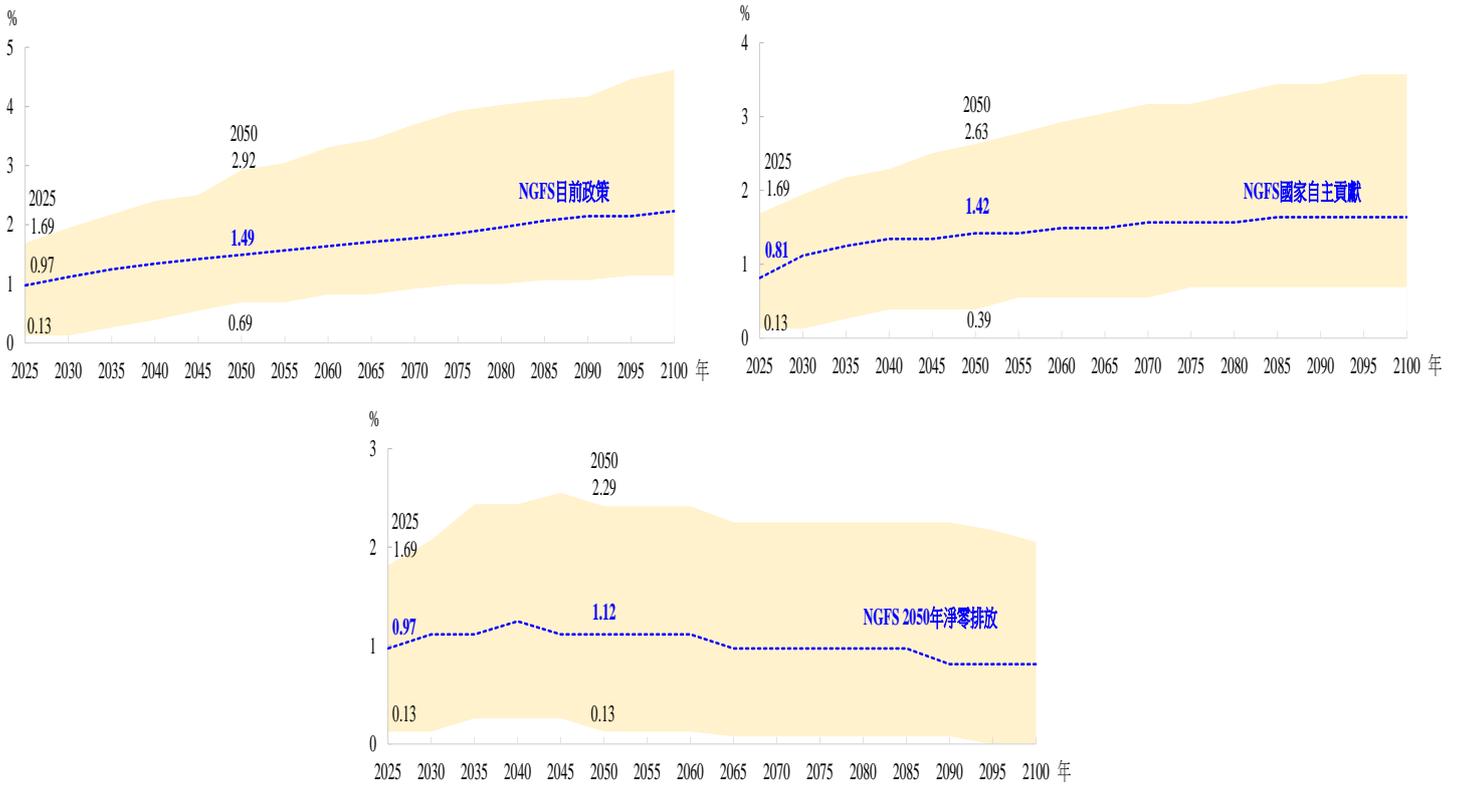
再者，就國家自主貢獻而言，相較於 1986~2006 年的平均勞動生產力，於 2050 年，勞動生產力(中位數)將減少 2.88%，95%信賴區間為-0.86~-6.40%，顯示國家自主貢獻有助於減緩氣候變遷帶來的實體風險。(見圖 10)

圖 11 則描繪著在目前政策、國家自主貢獻、2050 年淨零排放之情境下，相較於 2005 年，預期 2025~2100 年每一年熱帶氣旋(即颱風)對台灣造成 GDP 損失的變動情況。結果發現，若政府維持目前政策，則相較於 2005 年的平均損失，2025 年 GDP 損失(中位數)將因熱帶氣旋的衝擊而增加 2.95%，95%信賴區間為 0.61~4.60%；於 2050 年，損失擴大至 7.40%，95%信賴區間為 3.90~11.32%，顯示政府若未進一步祭出緩解氣候變遷的措施，將損害 GDP。

就國家自主貢獻而言，若台灣政府承諾努力達成淨零排放目標，則相較於 2005 年，於 2050 年，熱帶氣旋造成台灣 GDP 損失(中位數)約 6.45%，低於上述的 7.40%，顯示國家自主貢獻有助於緩解氣候變遷，進而降低熱帶氣旋可能帶來的災損。

圖 9~圖 11 的結果均指出，不論係每日最高溫、熱浪對未來勞動生產力或熱帶氣旋造成的預期損失，若能於 2050 年達成淨零排放，最能夠緩解氣候風險的衝擊。總言之，氣候變遷帶來的負面效果已在世界各地出現，面對氣候風險，各國政府必須審慎且即時採行相關因應措施，以提早因應風險，減緩對經濟與金融帶來的不利衝擊。

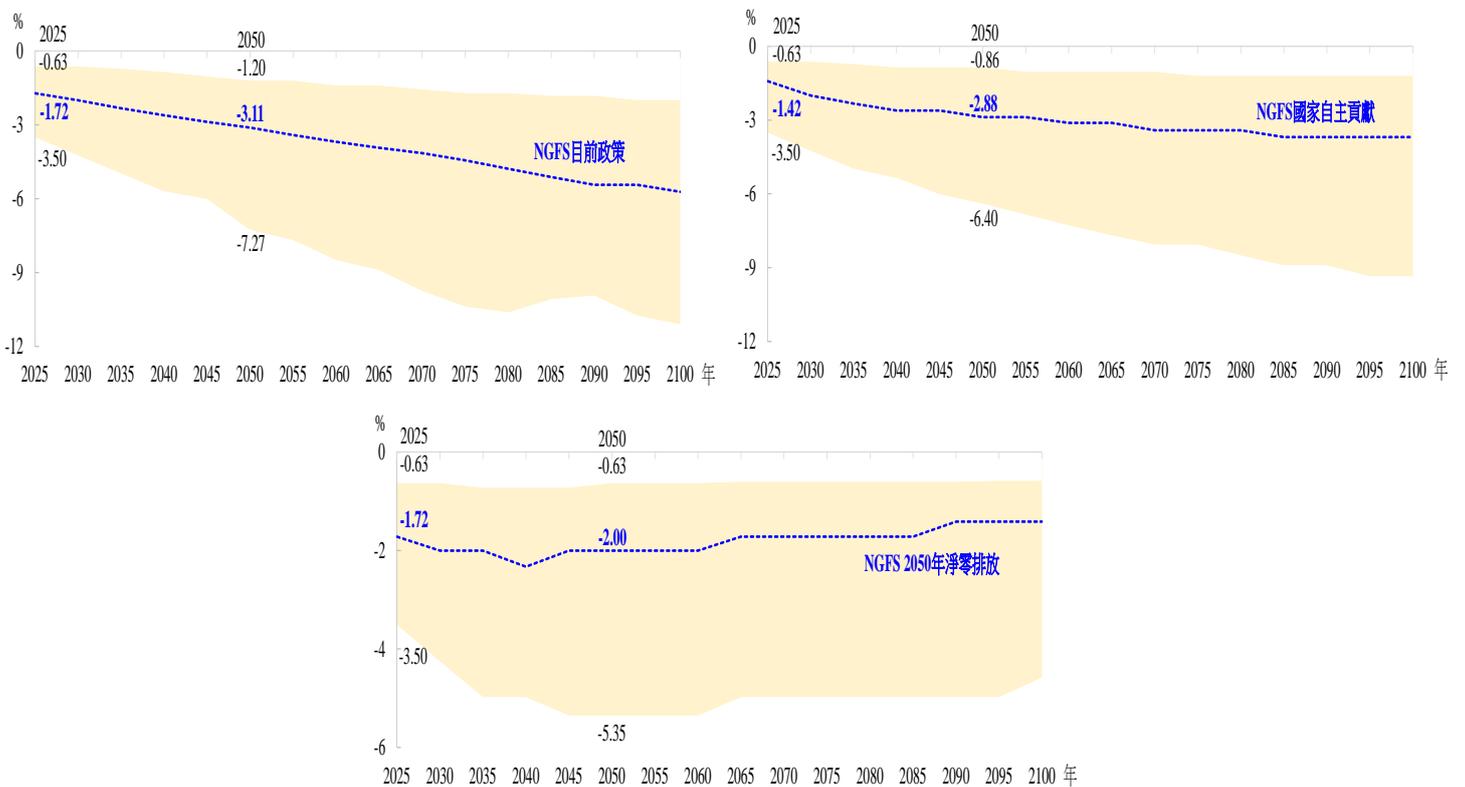
圖 9、相較於平均氣溫，不同情境下之未來台灣每日最高溫的情形



註：黃色區塊為 95%信賴區間。

資料來源：NGFS Climate Impact Explorer、作者繪製。

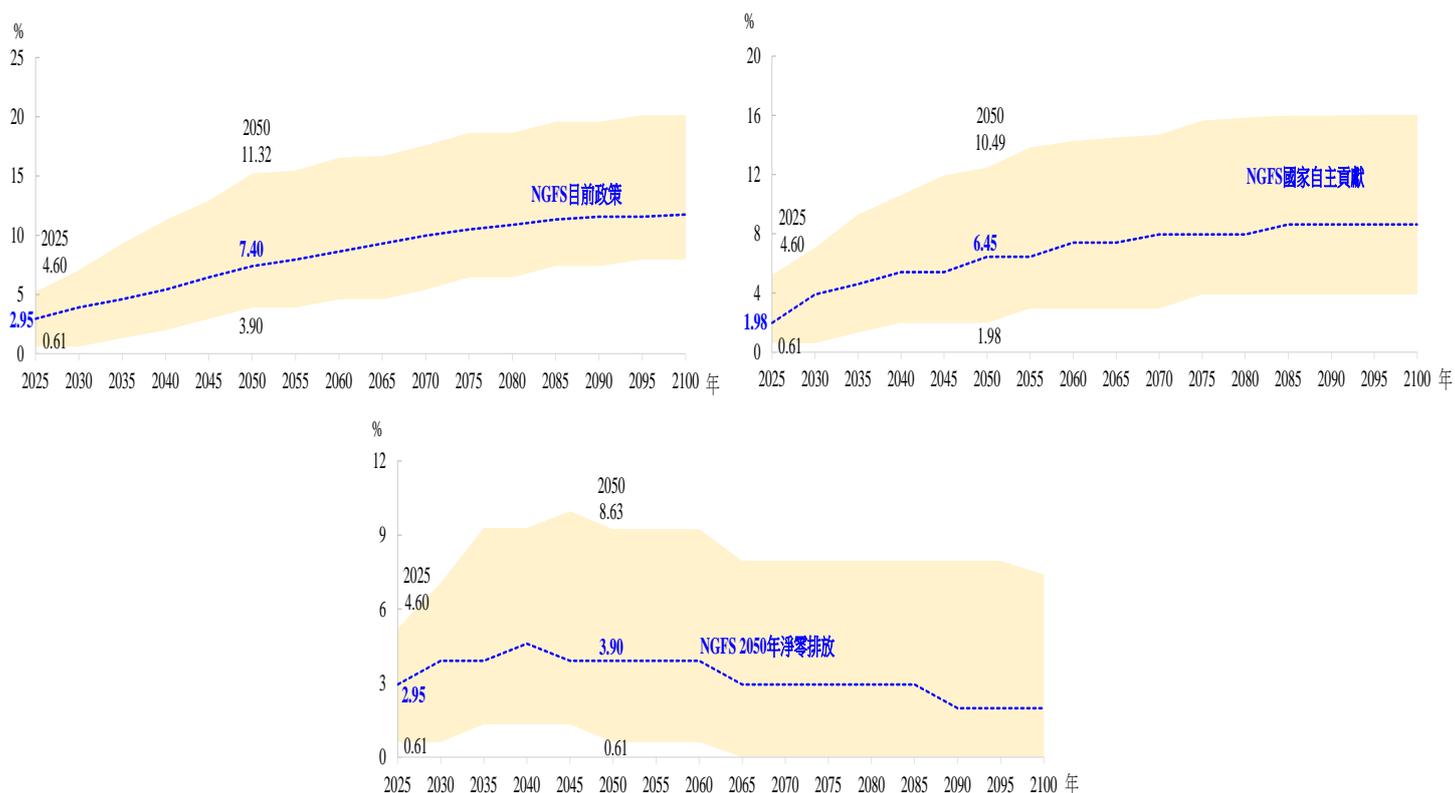
圖 10、相較於 1986~2006 年，不同情境下之熱浪對未來台灣勞動生產力的衝擊情形



註：黃色區塊為 95%信賴區間。

資料來源：NGFS Climate Impact Explorer、作者繪製。

圖 11、相較於 2005 年，不同情境下之每年熱帶氣旋對台灣造成的預期損失



註 1：黃色區塊為 95%信賴區間。

2：預期損失：預期平均每年熱帶氣旋（即颱風）造成的 GDP 損失，以美元為計價單位。

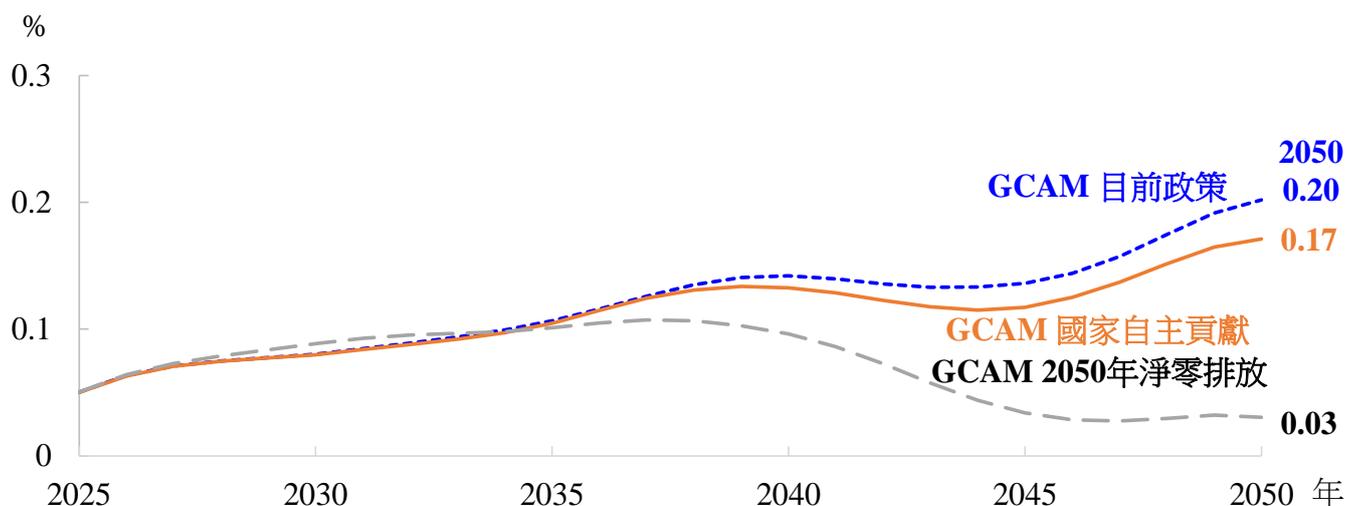
資料來源：NGFS Climate Impact Explorer、作者繪製。

由於「氣候影響探索家（Climate Impact Explorer）」資料庫的情境並未提供實體風險對 CPI 衝擊的估計結果，而下節的「NGFS 情境探索家（第 5 階段）（NGFS Phase 5 Scenario Explorer）」則有提供（該資料庫的相關說明見下節）。

考量到氣候變遷衍生的實體風險仍可能影響通膨（見表 2），於此，則根據該資料庫提供實體風險對台灣 CPI 衝擊的估計結果做說明（此為全球氣候變遷評估模型（Global Change Assessment Model, GCAM）的估計結果）。

圖 12 的結果與上述結果類似，即相較於基準模型（不存在氣候風險下），若政府維持目前政策，則預期至 2050 年 CPI 年增率高出 0.20 個百分點，惟若能於 2050 年達成淨零排放，則預期至 2050 年 CPI 年增率則僅高出 0.03 個百分點，顯示政府若未進一步祭出緩解氣候變遷的措施，將加重通膨壓力，欲緩解氣候風險的衝擊，採行淨零排放的相關政策刻不容緩。

圖 12、相較於基準模型，不同情境下之 CPI 年增率之走勢



註：基準模型：假設不存在氣候風險，CPI 年增率係蒐集外部國際機構（如 IMF 等）提供的預測數（為外生），並根據勞動力、人口與能源價格變動等因素進行校準。

資料來源：NGFS Phase 5 Scenario Explorer、作者繪製。

二、轉型風險

為評估轉型風險可能帶來的衝擊，NGFS 建構「NGFS 情境探索家（第 5 階段）」，主要以 3 個整合評估模型（IAMs）來評估轉型風險：（1）REMIND-MAgPIE；（2）全球氣候變遷評估模型；（3）MESSAGEix-GLOBIOM。¹⁰ 模型的差異取決於模型結構與假設，因不同政策目標對能源部門、碳排放量與土地利用等之估計結果不同。

該資料庫提供 8 種轉型風險的情境分析，並對多個國家（含台灣）的情況進行估計，該估計結果可供各國相關單位參考。¹¹ 順帶一提，由於 MESSAGE

¹⁰ 投資與發展的區域模型（regional model of investments and development, REMIND）係根據 Ramsey 的內生經濟成長模型原理建構，並結合能源系統，量化能源、土地利用、水、經濟與氣候系統間之複雜且非線性動態關係。農業生產及其對環境影響的模型（model of agricultural production and its impact on the environment, MAgPIE）屬於全球土地使用的分配模型，提供對土地利用的模式、農業生產的成本，並能夠預測未來產出。

GCAM 係全球多個區域模型，能夠捕捉能源、水、農業、土地利用、社會經濟與氣候的行為與相互作用，主要用於評估減緩氣候變遷的政策效果，如碳稅、碳交易等，以及從事各種情境分析，結果取決於對未來人口、經濟、技術與減緩氣候變遷政策的假設。

MESSAGEix-GLOBIOM 主要評估能源轉型與土地利用，以因應氣候變遷與其它可持續性問題，其由 5 個不同的模型組成：能源模型 MESSAGE、土地利用模型 GLOBIOM、空氣污染與溫室氣體模型 GAINS、總體經濟模型 MACRO、簡單氣候模型 MAGICC。

MESSAGEix 最適能源系統，使其能夠以最低的成本滿足特定的能源需求。GLOBIOM 提供有關土地利用及其影響的資訊，如生物能源的可用性與成本等。

¹¹ 該資料庫提供 8 種情境，以利比較。「基準模型」：假設不存在氣候風險，GDP 與 CPI 係蒐集外部國際機構（IMF、International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)的

能源模型設定的能源需求結構性較高，隱含需要更強的脫碳或減碳政策，因此，需要更高的碳價格來因應。有鑑於此，本文選擇擷取全球氣候變遷評估模型，並以延遲轉型、2050 年淨零排放的情境結果，來闡述 NGFS 估計之轉型風險對台灣 GDP 與 CPI 的衝擊。

觀察圖 13 發現，在 2050 年淨零排放的情境下，轉型風險對 GDP 存在負向衝擊（相較於基準模型，於 2025~2029 年，GDP 的變動比率為負數），可能係因較高的碳價格與能源成本對需求產生負向衝擊，進而損害經濟成長。雖如此，於 2030 年後，成功地轉型反而對經濟成長帶來正向的助益。

在延遲轉型的情境（此即無序轉型情境）中，轉型風險對中期 GDP 的負向影響更為明顯，雖然延遲轉型的前幾年，經濟成長不會遭受任何的損失，惟因轉型速度緩慢，加以政策不確定性反而會衝擊消費與投資，將不利於經濟成長。雖然最終將轉變為有利於經濟成長，惟所需時間可能相當長。該結果指出，延遲轉型將推升未來實現氣候目標的成本，主因面對更嚴峻的全球暖化問題，碳價格將會大幅提高，亦隱含著政府對轉型需要更多額外的努力。

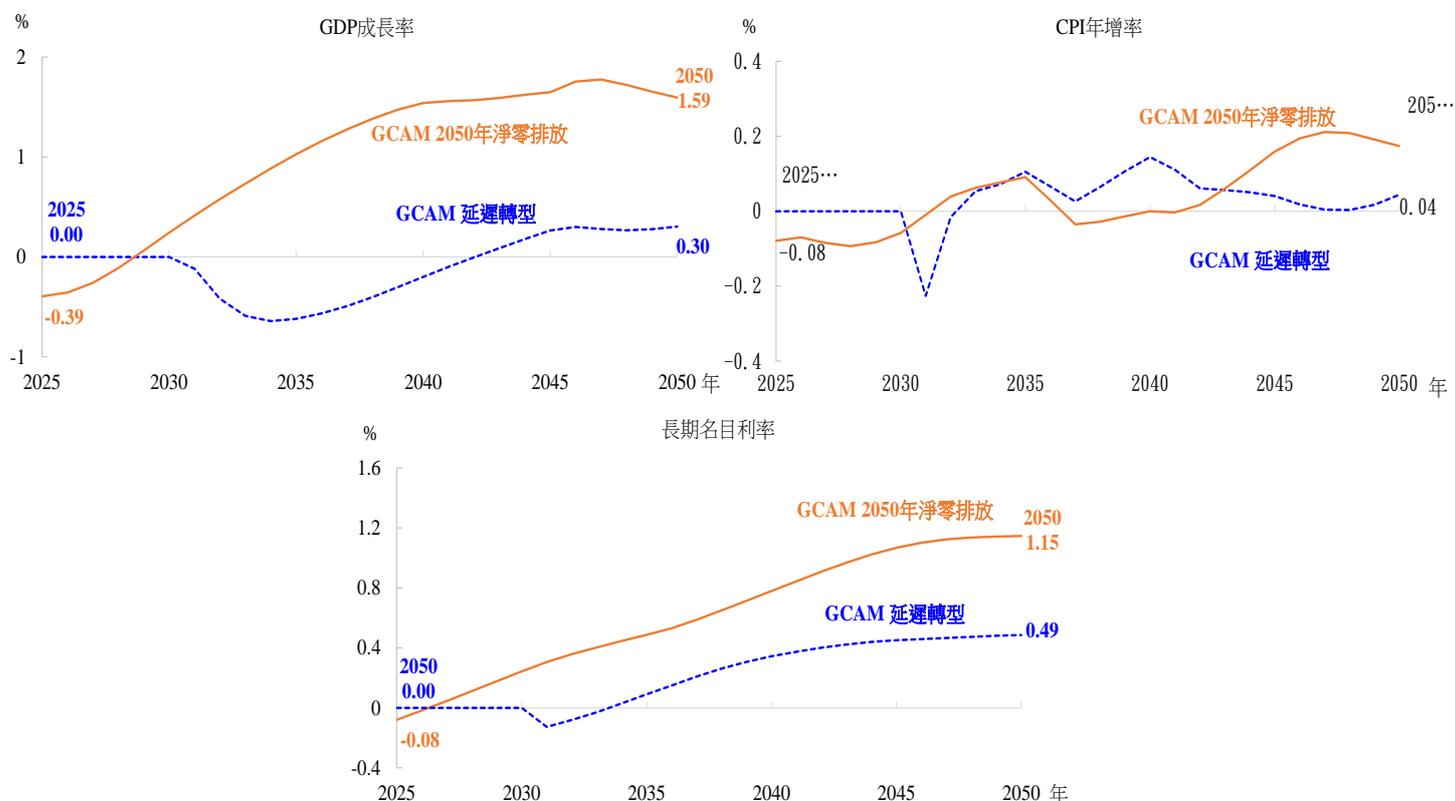
就通膨率的結果而言，在 2050 年淨零排放的情境中，直覺上，實施碳價格在短期內會提高能源成本，惟因需求下降，加以碳交易可能衝擊金融市場，進而影響經濟成長，以致轉型初期的通膨率低於基準模型；嗣因碳價格可能持續上漲因而推升通膨壓力。在 2050 年淨零排放的情境中，不論係 2050 年淨零排放或延遲轉型的通膨率將漸趨穩定，惟對後者而言，所需時間可能會拉長。

氣候變遷與轉型政策可能對經濟體系與金融市場造成較大的波動，因存在風險與不確定性。如上所述，在 2050 年淨零排放的情境中，轉型初期，受到碳價格的影響，需求下降，加以碳交易可能衝擊金融市場，進而影響經濟成長，在該情況下，央行為刺激經濟成長，可能採行降息政策，以致長期名目利率低於基準模型；嗣因碳價格上漲帶來的通膨壓力，以及轉型刺激的投資需求增加，以致長期名目利率上升。

SSP 線上資料庫）提供的預測數，並根據勞動力、人口與能源價格變動等因素進行校準，其它 7 種情境見註解 8 之（2）~（8）。

圖 13、相較於基準模型，不同情境下之 GDP 成長率、CPI 年增率與長期名目

利率之走勢



註 1：基準模型：假設不存在氣候風險，GDP 與 CPI 係蒐集外部國際機構（如 IMF、IIASA 的 SSP 線上資料庫等）提供的預測數（為外生），並根據勞動力、人口與能源價格變動進行校準。

2：GDP 採用 2017 年購買力平價做調整，以美元為單位。

資料來源：NGFS Phase 5 Scenario Explorer、作者繪製。

綜上所述，氣候變遷係當前全球面臨的最複雜的問題之一，氣候變遷的影響遍及全世界，透過情境分析有助於勾勒出實體風險與轉型風險對經濟體系與金融市場可能帶來的衝擊。此等資訊能夠使政府與相關單位更好地制定緩解氣候變遷的措施，以提升政策有效性。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 碳稅與補貼均有助於減少碳排放量，惟對經濟體系的影響存在異質性

國外文獻的分析結果指出，課徵碳稅與減少碳排放的補貼政策均有助於減少碳排放量，並改善環境品質，其中，補貼政策對經濟體系存在正向效果，惟碳稅則具有負向衝擊（Li and Peng, 2020; Jondeau et al., 2022）。此外，對貧窮國家而言，其需要廉價能源來發展經濟，可能難以負擔發展綠色能源的前期成本。有鑑於此，各國政府在減少碳排放量上的政策宜做權衡，避免過度強硬的措施損及經濟活動與金融穩定。

(二) 若維持當前的氣候政策與延遲轉型，則未來的風險將更高

情境分析的結果指出，若政府維持目前實施的氣候政策，未進一步強化相關措施，則每日最高溫將持續走高，而勞動生產力將因熱浪而下滑，熱帶氣旋帶來的損失將增加，而延遲轉型雖然短期對經濟體系與金融市場沒有影響，惟長期而言，需要耗費更高的成本，經濟體系則將面臨較大的波動與更高的風險。由此可知，趁早轉型與實施氣候變遷的因應措施，並隨時間滾動調整，則實體風險與轉型風險相對較低。

在氣候變遷的環境下，全球各國將面臨不同的氣候風險，其對經濟活動、物價、金融體系的影響具高度不確定性，且可能隨時間經過而產生明顯的改變，因此，氣候模型納入不同的情境分析更顯得重要。

二、建議

(一) 提高氣候變遷相關資料的正確性，並從事情境分析，以評估氣候風險對經濟活動與金融體系的影響

在因應氣候變遷上，央行宜了解綠色分類與氣候風險的潛在危機，並透過改善資料完整性與精進資料正確性，持續評估與氣候有關之風險，惟情境分析、模型預測能力均取決於資料正確性與完整性，因此，提高資料的可用性與品質係當前亟為需要努力之處，此舉將有助於準確地評估氣候風險如何影響經濟活動與金融體系。

事實上，多數央行已經開始使用 NGFS 設計的情境做分析，¹² 並將估計結果作為參考資訊，進而據此採行支持性措施，且於必要時進行業務調整等。¹³

(二) 持續與相關領域專家互動交流，並滾動檢討及精進相關業務執行與提升氣候風險研究能力

氣候變遷對全球各國的影響深遠，其可能導致經濟損失與衍生金融穩定的問題，亦對特定產業、基礎設施帶來嚴重衝擊。在因應全球暖化上，央行並非主要參與者，因央行的政策目標未涵蓋氣候變遷等議題，惟面對氣候變遷挑戰，宜關注氣候議題演變與發展，積極地參與國際討論，並持續滾動檢討及精進相關業務執行與提升研究氣候風險的能力，以因應氣候變遷對經濟與金融帶來的挑戰，確保金融穩定與永續成長。

¹² 部分國家採用聯合國政府間氣候變遷專門委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change，以下簡稱 IPCC）設定的情境或自行設定情境，例如，法國與美國使用 IPCC 設定的代表濃度路徑（Representative concentration pathways, RCPs）、歐盟、日本則考量自身遭受到的自然災害，分別設定乾旱與熱浪及淹水的情境、颱風與洪水的情境。

¹³ 本次課程提及，若一國缺乏可用的資料，可以嘗試參考鄰近國家與主要貿易夥伴的 NGFS 參數，以進行情境分析。

參考文獻

- Annicchiarico, B. and F. D. Dio (2015), “Environmental Policy and Macroeconomic Dynamics in a New Keynesian Model,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 69, pp. 1–21.
- Arseneau, D. M. and M. Osada (2023), “Central Bank Mandates and Communication about Climate Change: Evidence from A Large Dataset of Central Bank Speeches,” Bank of Japan working paper series, No. 23–E–14, pp. 1–18.
- Batten, S., R. Sowerbutts and M. Tanaka (2016), “Let's Talk About the Weather: The Impact of Climate Change on Central Banks,” Bank of England staff working papers, No. 603, pp. 1–38.
- Campiglio, E., Y. Dafermos, P. Monnin, J. Ryan–Collins, G. Schotten and M. Tanaka (2018), “Climate Change Challenges for Central Banks and Financial Regulators,” *Nature Climate Change*, Vol. 8, No. 6, pp. 462–468.
- Carter, T. R., M. Benzie, E. Campiglio, H. Carlsen, S. Fronzek, M. Hildén, C. P.O. Reyer and C. West (2021), “A Conceptual Framework for Cross–Border Impacts of Climate Change,” *Global Environmental Change*, Vol. 69, No. 102307, pp. 1–14.
- Cevik, S. (2022), “Waiting for Godot? The Case for Climate Change Adaptation and Mitigation in Small Island States,” IMF working papers, No. WP/22/179, pp. 1–26.
- Emambakhsh, T., M. Fuchs, S. Kördel, C. Kouratzoglou, C. Lelli, R. Pizzeghello, C. Salleo and M. Spaggiari (2023), “The Road to Paris: stress testing the transition towards a net-zero economy,” ECB occasional paper series, No. 328, pp. 1–98.
- Gu, J., Y. Li, J. Hong and L. Wang (2024), “Carbon Emissions Cap or Energy

Technology Subsidies? Exploring the Carbon Reduction Policy Based on a Multi-Technology Sectoral DSGE Model,” *Humanities and Social Sciences Communications*, Vol. 11, No. 798, pp. 1–17.

Jondeau, E., G. Leveieuge, J.–G. Sahuc and G. Vermande (2022), “Environmental Subsidies to Mitigate Transition Risk,” *EconomiX working papers, 2022-21*, University of Paris Nanterre, pp. 1–61.

Li, H. and W. Peng (2020), “Carbon Tax, Subsidy, and Emission Reduction: Analysis Based on DSGE Model” *Complexity*, Vol. 2020, No. 6, pp. 1–10.

NGFS (2020), “Climate Change and Monetary Policy (Initial takeaways),” *Network for Greening the Financial System, Technical document*, June.

SEACEN (2024), “Climate Change Economics and Policy for Central Bankers,” *Course Material*.

Zhang, Q., Y. Wang and L. Liu (2023), “Carbon Tax or Low-Carbon Subsidy? Carbon Reduction Policy Options under CCUS Investment,” *Sustainability*, Vol. 15, No. 6, pp. 1–26.