

2025

氣候與金融

CLIMATE & FINANCE



ISSUE NO. 28
SEPTEMBER & OCTOBER



國泰金控
Cathay Financial Holdings



ICDI 國際氣候發展智庫
International Climate Development Institute



目錄

03

編輯的話

05 - 18

國際趨勢

聯合國大會氣候峰會觀察

日本政局的變動與永續未來

從GFANZ解散看氣候金融的制度化轉向

19- 27

專題研究

全球航運業邁向淨零排放的挑戰與行動



國泰金控
Cathay Financial Holdings

ICDI 國際氣候發展智庫
International Climate Development Institute

2025年10月號

CLIMATE & FINANCE

國際氣候發展智庫《氣候與金融》雙月報



編輯的話

親愛的讀者：

歡迎閱讀10月號氣候與金融第28期，每年的第四季都是全球氣候治理檢視過去一年執行成果，期待提出改進方向的重要時機，本期我們聚焦全球氣候治理邏輯的制度化轉向。

首先，我們留意到國際氣候行動低企圖心與地緣政治衝擊，9月24日的聯合國大會氣候峰會原為各國提交新「國家自定貢獻」（NDC）的平台，但整體目標積極程度普遍不足。中國承諾至2035年溫室氣體淨排放量比峰值降低7~10%，此目標被國際認為嚴重低於所需水準；歐盟因內部對2040年目標分歧，未能及時提出新版NDC；美國則在川普總統二度退出巴黎協定後，撤回氣候目標，突顯全球氣候行動正面臨巨大挑戰。

其次，在氣候金融轉型下我們觀察到自願倡議終結的現象，氣候金融正經歷從「倡議導向」到「制度導向」的根本轉變。格拉斯哥淨零金融聯盟（GFANZ）旗下的淨零銀行聯盟（NZBA）已於2025年10月正式結束會員制運營，標誌著這把「淨零大傘」的崩解；此崩塌顯示，自願性市場承諾在面對美國反托拉斯風險與政治壓力時的脆弱性，治理焦點已轉向以國家強制性監管與法律框架為基礎的模式。

本期探討以巴黎協定第六條（Article 6）為核心的雙邊合作，例如日本的「聯合抵換額度機制」（JCM），以及臺灣與巴拉圭利用Article 6.2進行的碳權外交合作，這些模式提供了更具韌性的制度化途徑。



國泰金控
Cathay Financial Holdings

ICDI 國際氣候發展智庫
International Climate Development Institute

2025年10月號

CLIMATE & FINANCE

國際氣候發展智庫《氣候與金融》雙月報



編輯的話

另外，日本政局正面臨永續路徑的重塑，日本新首相高市早苗意外當選，其政策路線繼承安倍經濟學。高市政權將能源策略提升至國家安全層級，主張將核能發電從「活用」提升至「強力推進」。儘管市場預期她的寬鬆財政政策將帶來「高市交易」（日幣貶、日股漲），但其以核能為核心的轉型路徑，將在國際ESG投資框架中面臨質疑，並可能影響氣候轉型債券市場的信心。

最後，專題研究航聚焦於航運業的淨零挑戰，探討全球航運業在IMO 2050淨零目標下的行動。全球航運三大巨頭中，馬士基專注於綠色甲醇，而地中海航運則以液化天然氣（LNG）與氨燃料為主，這些核心的挑戰在於低碳替代燃料的能量密度較傳統重油低，需要增加燃料儲槽空間，導致單艘船舶載貨量下降約3%～5%，這成為維持運能與減碳之間的潛在抵銷效應。

低碳與調適的野心，會驅動氣候金融的需求，而氣候金融的發展，更能型塑與促進淨零與全球調適目標的進展；究竟未來有什麼樣貌？讀者有嗅出什麼轉型的味道嗎？敬請閱讀本期精彩內容！

敬請閱讀本期精彩內容！



聯合國大會氣候峰會觀察

責任編輯：柯昀伶

一、背景與議程

第 80 屆 聯 合 國 大 會 (United Nations General Assembly) 於 9 月 22 日 揭 開 序 幕，並 於 9 月 24 日 舉 行 一 場 「 氣 候 行 動 特 別 高 階 會 議 」，簡 稱 氣 候 峰 會，以 作 為 各 國 領 導 人 提 交 新 國 家 自 定 貢 獻 (Nationally Determined Contributions, NDC) 的 平 台。

《巴黎協定》的締約方應於今年11月舉行的COP30前繳交更新的NDC，然而，截至聯合國設定的繳交期限2月10日，只有13個國家如期繳交。此次聯合國大會期間舉行的氣候峰會，除了鼓勵各國領導人發表或更新其國家氣候行動計畫，大會期間亦舉辦一系列氣候解決方案對話，議程涵蓋建立早期預警和極端高溫、氣候變遷調適、數位公共基礎建設、氣候融資、非國家行為者、氣候資訊完整、熱帶雨林永久基金、工業脫碳、化石燃料甲烷減排、能源轉型等[1]。

根據聯合國在會後發布的新聞稿表示，已有近100個國家在9月24日宣布其NDC或承諾即將完成NDC更新，亦是公開表示會落實其新的氣候目標。這些國家的溫室氣體排放合計佔全球的三分之二。本文將重點整理主要國家提出的更新版NDC，以及針對各國NDC的討論。

二、中國提出新國家自定貢獻承諾

(一) 中國2025年氣候目標

氣候峰會上，中國國家主席習近平透過視訊發表演說，指出綠色低碳轉型是時代潮流[2]，要堅定信心推動與實施NDC，並宣布中國的新承諾：到2035年，中國溫室氣體淨排放量比其峰值降低7-10%。非化石燃料在能源總消費中的比重提升至30%以上。再生能源方面，風電與光電裝置容量提高至 2020 年的六倍以上，達到 3,600GW。

針對中國提出的氣候目標，有幾點值得關注。首先在溫室氣體淨排放量方面，中國並未提出峰值具體年份，亦沒有進一步提出投注預算或資金的金額。中國在2020年時提出「碳達峰不晚於2030年」的目標[3]，目前並未正式宣布是否已於近幾年達成碳峰值；各界對於中國何時會達到碳峰值，則普遍認為可能落在2025年至2030年間。

國際能源總署（IEA）2021年出版《中國能源體系碳中和路線圖》中預計，中國可望在2030年之前達到峰值。且排放的高峰來得越早，中國在2060年實現碳中和的可能性就越大[4]。

長期追蹤各國減碳進度的非營利組織「氣候行動追蹤」(Climate Action Tracker, CAT) 認為，在樂觀情境下其碳排放量最快將在2025年達到峰值；而在保守情境下，碳排放量會持續穩定到2028年[5]。

芬蘭智庫能源與清潔空氣研究中心(Centre for Research on Energy and Clean Air, CREA) 在《中國氣候轉型展望 2024》報告中，針對44位氣候和能源專家進行訪問，其中69%的專家預測，中國的碳排放量其實已在2022年達到峰值[6]。

中國在2006-2010年的第十一個五年規劃提出「大力發展再生能源」的方針[7]，自此中國再生能源裝置量、產業及供應鏈快速擴張。至2024年，中國的非化石燃料在一次能源總消費的佔比是19.7%[8]，煤炭目前仍是主力，佔比53.2%，其次是原油佔18.2%，天然氣則佔8.9%。

中國稍早設定2030年風電加光電總裝置容量達1,200GW的目標，這個目標已經在2024年7月達標，比原訂時程提早六年[9]。而根據中國國家能源局的資料，截至2025年6月，中國太陽光電累計裝置容量為1,100GW、陸域及離岸風電累計裝置容量573GW[10]。

對於2035年非化石燃料佔能源總消費30%以上，以及風電與光電裝置容量達到3,600GW的目標，應可穩健達成。前柯林頓政府白宮氣候顧問、現任美國大學教授布萊索(Paul Bledsoe)對這些目標量評論，中國完全可以在2035年前達成這些目標，甚至最晚在2030年前就能達標。

(二) 各界對中國氣候目標的評論

中國提出新氣候目標後，各界普遍指出目標量不足，許多評論認為中國在其氣候承諾方面未能展現領導力。歐盟執委會負責氣候政策的執委胡克斯拉(Wopke Hoekstra)即表示，考慮到中國巨大的碳足跡，這個目標令人失望，且會讓全球實現氣候目標變得更加艱難[11]。

其他的評論多來自智庫或非營利組織。英國智庫E3G的氣候外交與治理副主任布朗(Kaysie Brown)認為中國的2035年目標嚴重低於所需水平，既不符合中國經濟脫碳的進程，也不符合其2060年碳中和的目標[12]。

能源與清潔空氣研究中心(CREA)警告，中國到2035年必須在2023年的基礎上將排放量減少約30%，才能符合控溫攝氏1.5度，跟巴黎協定的目標保持一致，並且針對中國政策目標提出建議，如下表1。如果中國將基準年設定為2030年前某個未確認的峰值年份，傳遞出中國預期排放量在峰值前仍會持續增加的訊號[13]。

部分評論認為這樣不夠積極的目標其實反應中國的政治文化。非營利組織綠色和平東亞分部駐北京的政策顧問姚喆表示，中國提出目標不夠，中國預計在實際執行上會超過鎖定目標，符合中國一貫「低承諾、高履行」的傳統[14]。

亞洲協會中國氣候中心主任李碩認為中國提出謹慎氣候目標，延續其長期以來重視穩健、可預測決策的政治傳統[15]。



表1 能源與清潔空氣研究中心對中國氣候目標建議

指標	2030 NDC	2035 NDC	政策目標建議
碳排放	單位國內生產總值二氧化碳排放比2005年下降65%以上	溫室氣體淨排放量比其峰值降低7-10%	在2023年的基礎上溫室氣體排放量減少30%
碳峰值	2030年前	2030年前	2024年達到峰值
非化石燃料佔能源總消費佔比	25%	30%	40%
風電與光電裝置容量	1,200GW	3,600GW	4,500GW
新能源車	無提出	新銷售車輛主流	佔新銷售車輛60%

資料來源：能源與清潔空氣研究中心（CREA）

三、歐盟未能提出新氣候目標

歐盟未能及時在聯合國大會之前就氣候目標達成協議，主要是各成員國之間對目標存在分歧。捷克和義大利反對2040年溫室氣體減量90%的目標，認為會傷害產業與經濟；西班牙和丹麥則支持更有力的氣候行動；德國、法國和波蘭在內的多個國家則要求先在10月23日的領袖峰會上討論2040年的目標，再決定2035年的計畫。

因此在聯合國大會前歐盟向聯合國提交一份「意向聲明（statement of intent）」，內容歐盟將努力達成至2035年減排66.25%至72.5%的共識[16]。歐盟委員會執行副主席里韋拉（Teresa Ribera）則表示，歐盟計劃在未來幾週內達成新的氣候目標[17]，會在COP30前有所定案。

歐盟作為全球氣候行動的領導集團，許多非營利組織對此結果表示失望。氣候行動追蹤（CAT）首先認為歐盟的失敗已造成政治損害，如澳洲總理就以歐盟提出的弱指標為理由，為自身設定的低目標辯護。其次，意向聲明的目標量也不足。

歐盟的2035年目標至少要減排77%以上，才能符合控溫攝氏1.5度[18]。英國智庫E3G、歐洲氣候行動網（CAN Europe）、世界自然基金會（World Wide Fund for Nature）等都指出，反覆的拖延和缺乏明確結論已經削弱了歐盟的可信度，讓歐盟很難在會議上展現領導力。



四、其他國家的氣候目標

截至9月24日，總計有47個國家提出更新的氣候承諾[19]。其他主要溫室氣體排放國如日本，在2月18日即提出新氣候目標。日本提出在2035年溫室氣體排放量比2013年減少60%，到2040年則減少73%的目標[21]。日本政府透過一系列綠色轉型（GX）政策推動氣候行動，在2024年2月發行氣候轉型債券（Climate Transition Bonds）進行資金籌措，預計在未來10年間將投入約20兆日圓[22]。

澳洲在9月18日提出2035年溫室氣體排放量比2005年減少62%至70%的目標。澳洲政府並承諾投入50億澳元（約315億美元）用於工業脫碳，以及20億澳元（126億美元）支持清潔能源融資機構[23]。

俄羅斯於9月29日提出2035年溫室氣體排放量減少至1990年水平的65%至67%的目標，其政府具體財政上將投入的金額尚未在公開文件中詳述[24]。

印度則表示將會在COP30時更新其氣候目標。印度先前承諾到2030年溫室氣體排放量比2005年降低45%，而根據新聞報導引述消息人士，印度更新的氣候目標除了對其現有NDC中已承諾目標進行上調、提前時程達標外，可能不會提出新的承諾。印度甚至表示，其更新的目標可能反應COP29氣候資金談判的失望結果，預料將不會提出更積極的NDC[25]。美國自川普總統上任後便二次退出《巴黎協定》，也將拜登政府所提出的氣候目標撤回。川普總統9月23日在聯合國會議上致詞，甚至公開表示氣候問題是世界最大的騙局，指稱太陽光電和風力發電等清潔能源無用且過於昂貴[26]，持續主張美國優先的主旋律。

五、結語

聯合國氣候變遷綱要公約（UNFCCC）執行秘書斯蒂爾（Simon Stiell）提出，即使COP會議總有挑戰，但世界仍然堅定地支持《巴黎協定》；如果沒有聯合國在氣候議題上的合作，全球氣溫將上升攝氏5度[27]，強調目前全球在能源轉型及應對氣候變遷上的進展。聯合國秘書長古瑞特斯（Antonio Guterres）指出，11月舉行的COP30必須提出一個具可信度的全球應對計畫，確保全球氣候行動重回正軌，控溫在攝氏1.5度；同時也必須大幅增加氣候調適資金，敦促已開發國家履行承諾在今年將資金翻倍，以實現2035年前每年動員1.3兆美元氣候資金的目標[28]。

此次聯合國大會及氣候峰會再次突顯全球氣候行動的急迫性。儘管近100個國家在氣候峰會上承諾將更新NDC，但截至峰會舉行時僅有47國公告其目標，且目標積極程度也不足。

在歐洲因內部分歧未能及時提出新目標，美國捨棄多邊秩序、甚至提出針對氣候變遷懷疑論，中國被視為全球氣候外交堅定捍衛者[29]。但中國在氣候峰會上提出2035年的減排承諾雖然具有可達性，但在力道上被外界認為不足以充分展現全球領導力。

整體而言，本次氣候峰會雖在形式上促進各國提出或重申承諾，但從全球減排效果與《巴黎協定》目標的實現來看，仍面臨巨大挑戰。國際社會極需加強合作、提高目標，並落實財政與技術支援，以真正實現全球氣候治理目標。

日本政局的變動與永續未來

編輯部

一、動盪的時代

自2025年開始，世界各地政局變化動盪，社會兩極化、錯誤資訊與虛假資訊以及國家間衝突成為當前最嚴峻的風險。川普重返白宮後的關稅戰爭威脅重塑全球貿易格局，法國面臨首相一換再換，還有人民抗爭等問題。在亞洲地區，政治不穩定同樣蔓延。印尼政府的暴力鎮壓加重了人民的暴動，尼泊爾資本極端分布不均與腐敗、封殺社群軟體，引發了民眾抗爭，最終推翻政府，全球治理體系面臨前所未有的壓力。

日本作為亞洲主要國家之一，同時也是世界第四大經濟體，其國內政局近年以來也不是很安穩。石破茂首相於2025年9月7日正式宣布辭職，結束了短暫的首任任期。此政治轉變不僅為日本內政帶來變數，更為其永續金融政策發展方向投下關鍵變數。

自民黨於10月4日舉辦總裁選舉，其中黨內又以小泉進次郎、高市早苗二人支持度名列前茅。最後，由高市早苗意外地擊敗小泉進次郎，成為自民黨首位女性總裁，也成功被推舉為日本憲政史上首位女性的首相，後續文章我們將探討高市首相對於日本永續與金融相關的政策與理念。

二、石破茂首任內的永續政策

(一) 永續政策

石破茂首相雖然任期短暫，但任內提出了一些永續政策的框架。石破政府發布的綠色轉型2040願景（Green Transform 2040 Vision, GX2040）願景[30]，描述了產業配置最佳化策略，推進產業國內分布最佳化，將企業投資引導至零碳能源豐富的地區，以期新產業聚集形成。

在2025年1月的施政演說中也提到[31]，為了吸引超過150兆日圓的GX投資，我們將提交成長導向型碳定價制度化及循環經濟轉型相關法案，這一政策也使日本從討論階段正式進入碳定價立法程序。

然而、石破首相的淨零能源政策就有些反覆不定了，為了使日本於2050年實施碳中和，規劃了2040年核能與再生能源的目標占比。但成本與AI與半導體工廠的建設帶來了巨額的電力使用等問題，使石破茂首相於任職時將降低核能比例轉變成於最大限度的利用核能。隨著石破首相因接連的選舉失利與關稅等問題而下台，探討後續的接班人對於永續與金融相關政策的看法，對於定錨後續日本的政策路線相當重要。



(二) 財政與貨幣政策

石破茂在金融市場政策方面則展現出比較鷹派的特質，主張檢討過去過度寬鬆的政策。逐步退出超寬鬆的貨幣政策，轉向更為穩健的貨幣政策。其次，強調財政紀律，主張減少政府開支，特別是對非必要項目的開支。

石破的鷹派立場建立在經濟成長與財政紀律的平衡基礎上，保持適當的財政刺激，維持經濟適當成長，而非單純的緊縮政策。並且推動資產運用立國實現計劃[32]，鼓勵國民將資金從銀行存款轉向投資，從而提升資本市場的活力。具體措施包括減少投資稅負、提供投資教育等，可將個人投資引導至長期資產配置，為ESG投資擴大資金來源，也培養民眾對於永續的認知。

三、高市早苗的理念與政策展望

高市早苗現年64歲，於2025年10月4日當選為自民黨第29代總裁，成為該黨立黨70年來首位女性總裁，並於10月21日在國會中被指名為日本第104代首相[33]，現已成為日本憲政史上首位女性首相。這場總裁選舉在決選投票中，高市以185票擊敗獲得156票的小泉進次郎[34]。

高市的政策立場明確承襲安倍經濟學路線，主張較為寬鬆的金融環境與靈活的財政政策。她的政策理念以綜合的國力強化為核心，涵蓋外交力、防衛力、經濟力、技術力、情報力與人才力六個面向[35]，將日本的發展與經濟政策打造出有別於前任的方向。

在能源政策上，她主張將能源安全保障作為絕對基礎，打造出日本自己的能源安全供應鏈，培養對國內產業有幫助的能源來源，並強調核能發電將從活用提升至強力推進。

身為八屆眾議員的高市曾擔任政策調查會長、總務大臣、經濟安保大臣等要職，政策核心為國力的強化與危機管理，她以財政支出作為提升國力的主要手段。市場大多將她視為安倍學的繼承者，她的政策在於透過大膽的財政和技術創新，確保日本的技術自立和經濟安全保障。以下分析高市首相可能為日本各項重要政策所帶來的轉變。

(一) 能源策略改變

高市政權下的能源政策將進入國家安全的時代，從歐洲能源導致的高通膨與2022年的烏俄戰爭，大多數國家都逐漸意識到能源安全的重要，不能夠過度依靠他國，必須能夠自己自足。而日本的能源自主率僅有12.6%[36]，遠低於其他G7國家，且每年支付超過17兆日圓進口煤炭、石油與天然氣。在高市的能源安全保障邏輯下，推動核能與核融合等技術不僅是實現碳中和的手段之一，也能減少對外國能源依賴、強化國家安全的戰略選擇。

另外，她對大規模太陽能發電持明確的批判立場，認為不應讓美麗的國土被外國製太陽能面板覆蓋[37]。她主張從景觀保護、國土安全和防災等觀點出發，大幅強化土地利用管制，實質上抑制新的大規模開發。她也要求緊急處理太陽能面板的廢棄問題，因為面板中的鉛和硒等有害物質若處置不當將導致土壤污染。



為此，政府將投入資源研究安全環保的處理與回收技術，而非僅止於回收鋁材。然而，日本的2030年再生能源占比36-38%的官方目標，對她來說勢必將成為問題之一。

但如果阻止太陽能的開發，又要滿足2030年的目標，就必須轉向其他再生能源來填補此空白，因此可能轉向更符合日本地理環境的離岸風力與地熱發電。然而，離岸風力目前國內產業供應鏈不足，成本也相對高昂，因此對於推動其他再生能源方案也有一定的困難。

（二）日本永續策略的轉向

高市對於永續的理念基於對現在與未來生命的責任，她認為全球暖化需要世界各國共同合作。然而，鑑於部分國家可能無法或不願合作，日本必須正視氣候變遷帶來的災害問題[38]。

因此，她將防災，特別是針對水災和土石流災害的對策，定位為短期內需要大規模、集中實施的極其重要工作。這種防災措施的投資，並非單純的財政支出，而是被視其為危機管理投資的成長投資。

透過投入資源開發能承受未來氣候的土木建築技術和新的農業技術，日本將能創造出可向世界輸出的新產品、服務與技術，從而實現投資報酬。這種將環境風險管理與促進國內經濟的結合，也是其理念之一。

高市的減碳策略也與先前石破的GX 2040策略有所不同，其將核能視為能源結構的核心，推進國家核能技術以應對新AI科技與資料中心對於電力的需求，因確保國內能源穩定。

因此，高市的永續與減碳政策，是以能源安全和技術立國為雙重目標，透過國家專案來推動核能、核融合及先進技術的發展[39]。

對於氣候變遷，她強調國家主導的韌性投資如防災和廢棄物處理，開發這些技術並將此類新型技術推廣到其他國家，搶佔全球市場。

（三）金融市場的影響與反應

對於金融市場來說，高市的勝選或許讓市場感到些許意外，因為這與先前大多數黨內民調不太相同。選舉後的第一個交易日，10月6日開盤時USDJPY即跳漲，日幣貶破150日圓關卡、日經指數上漲4.83%，高市交易重新開始，市場開始反映對於寬鬆環境與財政擴張的預期，呈現日幣貶、日股漲的狀態。

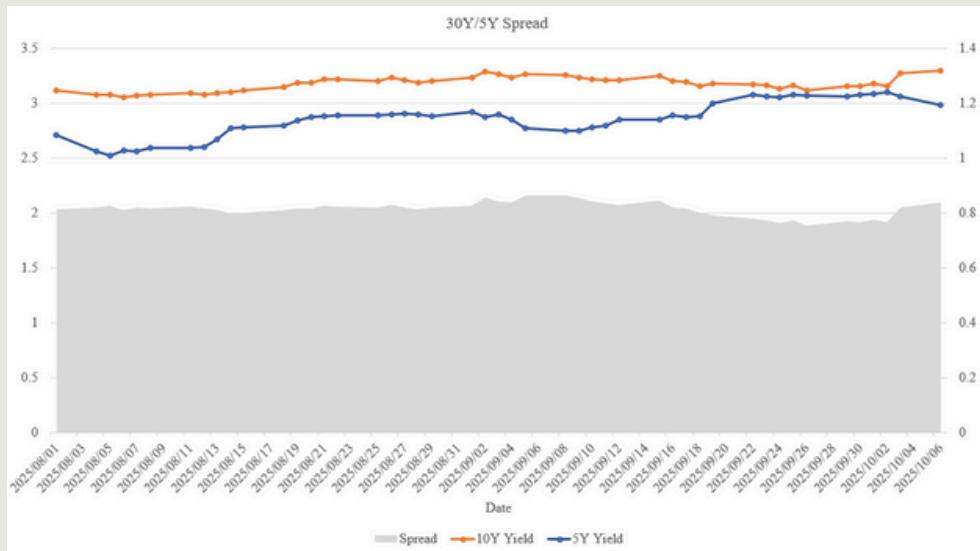
高市繼承安倍經濟學路線，重視刺激景氣，其貨幣與財政雙方面的寬鬆政策態度可能對股市構成短期支撐。同時高市也表達了對於目前0.5%的基準利率支持的言論，也讓投資人淡化後續日本央行繼續升息的碼數。

而債券市場則開始反映了對於日本財政狀況的擔憂，先前多數投資人預期小泉進次郎勝利的機率較高，長短期利差縮小，殖利率曲線走向平坦化(Flattening)。

然而，高市的勝利讓10月6日開盤時長短期利差開始重新擴大，呈現短期殖利率下跌，而較長天期債券的殖利率反而上漲的情況。預期日圓可以重新處於弱勢狀態，且殖利率曲線將趨於陡峭化(Steepening)(圖1)，日銀可能延後升息的時機與減緩力度。



圖 1 30Y/5Y Spread



資料來源:數據取自[Invest.com]由本刊自行繪製

但如果從永續金融的角度觀察，高市的立場與態度可能不太會是受債券投資人所歡迎的。雖然她表示會尊重日銀的獨立性，並也願意和日銀就日本經濟路徑進行對話與協調[40]，但對於貨幣與財政政策的操作也提及這是政府的責任[41]，將需求和整體經濟的振興列為最高優先事項，如此一來對於日銀在操作貨幣政策上可能的空間可能會更加壓迫。

在債券市場方面日本退出負利率政策，進行殖利率曲線控制(Yield Curve Control, YCC)正常化後，日本債券市場也逐漸變得有了利差，無論是購買日本政府發行的氣候轉型債券或是其他的永續債券，出現了外國金融機構可以操作的空間，這對日本綠色債券市場要吸引私人資本或是外國資本投入也是一大利多。

然而，永續債券天期大多較長，以日本政府發行的氣候轉型債券為例，其通常為10年期，長天期債券需要考慮期限溢價，也就是市場需要了解高市以成長和擴張的政策不會加重日本本來就嚴重的財政問題。

若高市提出的政策持續加深市場擔憂，那長天期殖利率也可能持續上漲，導致債券價格下跌，讓國內或國外投資人對於投資氣候轉型債券的時機點感到猶豫，影響包括綠色債券在內的整體債券市場信心。

再者，對於政府所發行的氣候轉型債券資金的分配也是問題之一，高市極力推動核能發展與核融合技術的開發，可能會使傳統意義上的綠色能源資金遭到排擠，特別是高度依賴外國設備的再生能源。這種政策轉向可能重新定義日本再生能源的發展，整體能源結構轉變為較依靠核能技術發展為主。

(四) 政策的挑戰與國際協調

高市面臨的首要挑戰是少數政府的政治現實，自民黨在衆參兩院選舉中接連慘敗，必須與其他政黨組成聯合政府。這也意味著她的政策推動必須尋求在野黨的支持，特別是在能源與財政政策等爭議性議題上，可能面臨更多妥協。而核電廠的重啟與拓展必須通過福島核災後嚴格的新規基準，還需要地方的同意。



目前日本國內33座核電機組中，僅有14座重啟運轉[39]。如何在安全性疑慮與地方反對聲浪中推動核電政策，這也將是她的重大考驗。而日本要如何達成其2050的碳中和路徑承諾也是一大問題，目前核融合技術仍處於發展階段，對於要大規模商業化還需要一段時間。

在全球政治動盪加劇的背景下，日本需要在維持政策穩定性的同時，靈活應對外部衝擊。川普政府的關稅政策威脅、亞洲地區的政治不穩定，以及全球供應鏈的重組，都可能對日本的永續轉型進度產生影響。而美國對於日幣持續維持弱勢也感到不是很滿意，美財政部長也說過日幣過於弱勢必須加息等言論。因此在國際角力下，高市是否能夠實行寬鬆的政策並且壓制日銀的升息力度，這也將有待觀察。

四、日本的永續未來

高市早苗作為日本憲政史上首位女性首相，其政策路線代表了日本永續發展道路上的一個重要轉折點。在能源政策上展現出更為明確的能源安全保障優先立場，將核能與核融合技術為優先，反映了其對日本在面對能源安全的考量。與小泉進次郎強調的永續理念不同，高市更著重於技術創新與產業政策，特別是在核能、核融合與國產技術領域的戰略投資。

從金融市場的角度觀察，高市政權的誕生為市場帶來了日圓貶與股市漲的高市交易，顯示市場預期對其積極財政與寬鬆金融立場。然而，超長期債券市場也反映了對財政紀律的擔憂。

對於永續金融而言，雖然YCC正常化後日本債券市場出現的利差空間，為綠色債券與永續債券市場提供了機會，但關鍵在於高市政權能否在刺激投資與維持財政信用之間取得平衡，提供穩定的金融環境。若高市政權能夠維持政策穩定性，避免過度財政擴張引發市場恐慌，日本有望吸引更多國際資本的投入。然而，這需要在積極投資與財政紀律之間保持平衡，任何失衡都可能動搖市場信心。

日本作為亞洲第二大經濟體與全球重要的金融中心，其政策選擇對整個亞太地區的永續發展具有重要意義。然而，高市政權以核能與核融合為核心的能源轉型路徑，勢必面臨國際社會的質疑與挑戰。在全球ESG投資框架中，核能是否應被納入仍存在一些分歧。雖然核能被納入過渡性活動，但許多國際組織與環保組織仍對此持保留態度，可能影響國際資本對日本永續債券的投資意願。

在動盪的國際環境中，高市早苗面臨的不僅是政策選擇的挑戰，更是如何在能源安全與氣候承諾、財政刺激與市場信心、國內政治現實與國際規範之間取得平衡的嚴峻考驗。日本設立的2030年再生能源目標與2050年碳中和承諾，在外部環境變動與內部政治制約下，能否在不依賴傳統再生能源大規模擴張下達成，仍充滿不確定性。在能源轉型的關鍵時刻，一個高度依賴能源進口的已開發國家，選擇以核能而非再生能源為主軸的減碳路徑，究竟是不是務實的選擇，這也在後續高市上任後可以繼續觀察的。



從GFANZ解散看氣候金融的制度化轉向

責任編輯：周怡晴

一、前言

2021年格拉斯哥COP26峰會後，全球超過四成銀行資產匯聚於「淨零銀行聯盟」(NZBA)，當時被視為資本市場轉向淨零排放的歷史性里程碑。

然而當淨零成為地緣政治的工具，國家利益往往優先於既定的道德共識，短短四年後的2025年，這個龐大的聯盟卻宣告解散。在這樣的局勢下，全球氣候治理版圖出現明顯分化，歐洲以能源轉型為軸心，美國回歸能源安全優先，亞洲聚焦產業調整，南美則以資源議價為導向。原本建立在企業自願承諾基礎上的多邊治理架構，在面對華府反托拉斯法與政治壓力的雙重挑戰下，顯得困難重重。

與此同時，以國家為主體、更具法律基礎及政治韌性的務實雙邊協議，例如日本長期運行的「聯合抵換額度機制」(JCM)，以及臺灣與巴拉圭近期簽署的巴黎協定合作備忘錄(MOU)，正以另一種截然不同的治理邏輯確立其價值。本文將深入探討這兩種模式的運作方式，並剖析以巴黎協定第六條為核心的治理格局，如何重塑全球氣候市場的權力結構與運作模式。

二、GFANZ 傘下的系統性崩塌

淨零銀行聯盟(Net-Zero Banking Alliance, NZBA)的解散[42]並非偶然，實為格拉斯哥淨零金融聯盟(The Glasgow Financial Alliance for Net Zero, GFANZ)這支大傘崩解的最終章。GFANZ原本冀望將全球銀行、保險、資產管理三大金融支柱導向淨零排放目標，然而，其過於仰賴自願參與、缺乏具體約束力的結構，終究難以抵擋接踵而來的政治壓力。

淨零保險聯盟(NZIA)的失敗是整個GFANZ結構瓦解的第一個實質性警告信號。早在2023年3月至4月期間，慕尼黑再保險公司(Munich Re)、蘇黎世保險(Zurich)和漢諾威再保險(Hannover Re)在內的多家重量級再保險公司就已宣布退出，對此慕尼黑再保險表示退出的原因是重大的反托拉斯風險(material antitrust risks) [43]。

NZIA的集體目標設定協議受到美國23個州檢察長的審查，他們擔心該協議可能涉及限制承保化石燃料專案，進而違反聯邦和州的反托拉斯法，構成對貿易的不合理限制。雖然NZIA方面堅稱其活動始終完全符合相關法律，並且其承諾是出於風險管理的戰略驅動，但法律上的疑慮已造成了巨大的寒蟬效應。



NZIA 最終於 2024 年 4 月 25 日正式停止運作，並被非約束性的「保險轉型淨零論壇」(FIT) 所取代，標誌著 GFANZ 第一大支柱的徹底瓦解。

聯盟的瓦解在 2025 年 1 月急劇加速，全球最大的資產管理公司貝萊德 (BlackRock) 在 2025 年 1 月 9 日宣布退出淨零資產管理倡議 (NZAM) [44]，在其退出後僅數日 NZAM 即於 2025 年 1 月 13 日宣布暫停所有活動，並將其成員名單從網站上移除。NZAM 祕書處的聲明指出暫停運作是「在針對全球最大資產管理者的一些人展開敵對且不斷變化的政治環境」下做出的無奈決定。

貝萊德的離去凸顯了自願模式的極度脆弱性，只要一個具關鍵影響力的成員離開，就足以動搖整個聯盟的穩定性。NZAM 隨後移除公眾可見的簽署名單，被視為一種規避風險的行為，保護其餘成員免於政治曝光和潛在法律風險，實際上承認了 GFANZ 品牌在美國市場已成為一種負擔。

最終壓垮 GFANZ 結構的是銀行業的系統性退出。2025 年初，美國金融巨頭紛紛退出 NZBA。於 2025 年 1 月 7 日退出的摩根大通 (JPMorgan Chase) 成為第六家也是最後一家宣布退出的美國主要銀行，此前高盛 (Goldman Sachs)、摩根史丹利 (Morgan Stanley)、花旗 (Citi)、美國銀行 (Bank of America) 和富國銀行 (Wells Fargo) 等已相繼離開，這場大出走使 NZBA 對美國銀行業資產的覆蓋率從 44.6% 暴跌至微不足道的 0.045%。[45]

儘管歐洲銀行（如匯豐銀行、巴克萊銀行和瑞銀集團）隨後也出現了退出潮，但美國市場的退出潮才是宣告 NZBA 在全球範圍內失去影響力的致命一擊。NZBA 最終於 2025 年 10 月 3 日正式結束其會員制運營。此後，GFANZ 本身也重新定義了其使命，從 2021 年的「全經濟轉型」轉變為 2025 年的側重於「轉型金融機會和解決方案」。NZBA 的最終狀態僅是提供目標設定指導的「非約束性」框架 [46]，自此氣候責任不再僅仰賴聯盟宣言，而是重新回歸國家監管與市場現實的考量，標誌著一個由國家強制性監管與市場力量所驅動的新時代來臨。

表2 主要 GFANZ 支柱聯盟的變動與影響

聯盟	日期	事件	聯盟	日期	事件
NZIA	2023年4月	慕尼黑再保險以反托拉斯風險為由退出	NZAM	2025年1月9日	貝萊德退出
NZIA	2024年4月	正式宣布停止運作	NZAM	2025年1月13日	暫停活動並移除簽署名單
NZBA	2025年1月中	美國主要銀行集體退出 (GS, JPM, MS等)	NZBA	2025年10月3日	停止會員制運營

三、雙邊合作的制度價值與實證

在全球氣候治理邁向深度減排的進程中，巴黎協定第六條（Article 6）自2015年起便奠定了國際合作的結構性基石。Article 6使氣候行動的權責回歸國家層級，鼓勵各國透過市場及非市場機制深化合作。面對NZBA瓦解、自願性倡議聯盟制度性侷限日益顯著之際，第六條以其清晰的法律框架與制度韌性，展現了作為一條務實可行路徑的價值。

第六條的核心在於6.2條的「合作方法」（ITMOs 交易）[47]允許各國透過資金或技術支持他國實施減碳專案，並在取得雙方政府的正式授權後，將所產生的減碳量計入自身國家自定貢獻（NDC）的達成進度。

另外第6.4條「巴黎協定碳權機制」（PACM）能夠取代過時的潔淨發展機制（Clean Development Mechanism, CDM），建立一個全球統一的碳信用額度交易市場。

相較於NZBA模式的脆弱性，基於Article 6的雙邊合作模式展現出更優越的制度價值，清晰且穩定的法律框架，有助於氣候行動與技術輸出、外交關係等國家利益之間的策略性協調。而相應調整（Corresponding Adjustment, CA）機制則保證了ITMOs的環境完整性及高品質，是吸引長期資本與技術流動的要素之一。

案例(一)：日本聯合抵換額度機制（Joint Crediting Mechanism, JCM）

JCM最初建立時，係日本參考《京都議定書》下的CDM所設計的雙邊減排合作制度[48]，其核心理念在於透過日本的資金與技術輸出，協助夥伴國家減少溫室氣體（GHG）的排放，並將成果由雙方共同計入各自的減排目標。

雖於JCM是在2013年啟動的，比2015年通過的巴黎協定更早，兩者之間並非割裂，而是呈現出前後承接、逐步整合的關係。隨著巴黎協定在2015年確立新的全球氣候治理框架，特別是Article 6中引入「合作方法（cooperative approaches）」與國際轉移減緩成果（ITMOs）的會計規則，各締約方若欲以ITMOs實現其NDC，必須建立在「自願參與與締約方授權」的基礎上，並遵守防止「雙重計算（double counting）」的原則[49,50]。

為與此框架接軌，日本遂對JCM進行制度調整，於2021年10月由內閣決議啟動相關法制化程序，並於2022年4月7日正式制定了JCM的授權與相應調整（corresponding adjustments）程序[51]，自此JCM不再僅是雙邊合作平台，而成為日本實現NDC的重要政策工具，其減排成果亦得以納入《巴黎協定》第六條框架下的國際碳市場會計體系。

JCM透過與開發中國家簽署雙邊協定推動低碳技術移轉與減排合作，第一個夥伴國家為蒙古，截至今年3月的資料JCM已與亞洲、非洲與中南美洲等地共29國簽署協議，累計推動超過250個專案，投資金額超過30億美元，應用257項技術，涵蓋太陽能、地熱發電、高效率冰箱、節能商店、交通運輸、廢棄物處理等類型的專案。預計在年底前達成30國的目標。[52]

案例(二) 台灣氣候外交的突破

相隔近兩萬公里的臺灣與巴拉圭，於2025年10月1日共同簽署了「在『巴黎協定』下之合作瞭解備忘錄」[53]。即利用巴黎協定第6條進行雙邊「跨域合作」，繞過多邊體系限制，達成實質減排目標。確立了臺灣首次與邦交國在《巴黎協定》框架下進行碳信用合作的官方渠道，為臺灣開創了實質意義上的「碳權外交」新局。

這項合作的核心目標是依據國際公認的第六條規則，讓雙方透過減碳專案的推動與環保技術的交流，互相幫助對方達成各自的「國家自定貢獻」(NDC)。雙方的合作依據第六條的三個核心組成部分進行：

1. Article 6.2 (ITMOs): 市場機制與實質效益，6.2條的核心在於國際轉讓減緩成果 (ITMOs) 的核算與報告指導，使臺灣這個高技術經濟體能有效地輸出技術和資金，並換取所需的外部高品質碳信用，在實現國內減排目標的同時也確保巴拉圭獲得技術和資金來實施專案。

2. Article 6.4 (PACM)：標準建立與國際接軌，雖然臺灣非聯合國會員國，無法直接參與此機制，但透過與巴拉圭的合作，可以保證專案產生的碳信用具備最高的環境完整性與符合PACM標準，有利未來碳市場與國際機制的接軌。

3. Article 6.8 (非市場方法)：外交深化與能力建構，6.8鼓勵非市場基礎的合作，例如知識、最佳實踐及經驗交流等。根據MOU臺巴可在「碳市場發展資訊」、「非市場方法」、「知識」以及「最佳實踐及經驗交流」等領域進行合作，實踐技術外交的價值。

臺灣於去年提出NDC3.0，將2030年減碳目標設定為26%至30%，並計畫於2035年進一步提升至36%至40%[54]。在土地有限且減碳壓力日增的情況下，臺灣亟需取得外部高品質碳信用來實現積極的減碳目標；同時，臺灣在技術創新、能源效率提升及電動運具推廣方面具備明顯優勢。

而巴拉圭在2021年更新的NDC中，設定至2030年減少10%至20%的溫室氣體排放，並以豐富的自然資源為核心，透過森林保育、造林及畜牧與土壤管理改善，強化碳匯潛力。

由於該國已建立符合巴黎協定的法制架構，且擁有再生能源的天然優勢[55]，因此臺灣與巴拉圭的合作具備高度互補性，能夠最大化雙方在氣候行動上的效益，實現綠色經濟的共同成長。



表3 台灣與巴拉圭巴黎協定MOU核心要素與互補性

合作要素	台灣NDC狀況/資源	巴拉圭 NDC 狀況/資源	合作目的與互補性	MOU 依據
減碳目標 (2030)	26%至30% (NDC 3.0)	10%至20%減排目標	共同提高減排企圖心；台灣尋求ITMOs 支援	巴黎協定第 6 條
核心減排策略	提升能源效率、推動電動運具、技術創新	森林保育、畜牧業管理、再生能源天然優勢	台灣技術援助巴拉圭優化土地利用與能源轉型	Article 6.8 (非市場方法)
合作機制基礎	具備法規與技術能力，積極參與碳市場探討	擁有符合巴黎協定規範的法規架構	建構健全透明碳市場，實現國際轉讓減緩成果 (ITMOs)	Article 6.2, 6.4 (碳市場發展資訊)

資料來源：行政院國家永續發展委員會、Paraguay's Second NDC

四、結論與前瞻

GFANZ 的崩解揭示了自願性市場承諾的侷限。當缺乏制度支撐與問責機制，即使再宏大的金融承諾，也可能在政治與法律風險面前瓦解。這場崩塌促使全球氣候治理邏輯從「倡議導向」轉向「制度導向」，由宣示式的自願聯盟，走向以國家授權、相應調整（Corresponding Adjustment）與透明審查為核心的制度化合作。

在這場轉變中，日本的經驗尤具代表性。除了前述的聯合抵換額度機制（JCM），日本將於 2026 年正式啟動 GX-ETS 強制碳交易市場，屆時 JCM 所產生的碳額度將能直接作為合規抵換工具，形成「國家主導 × 市場化誘因」的混合體制。這不僅象徵氣候金融邁向制度化的新階段，也預示未來的資本流動將更依循法規穩定、透明問責與跨境合作而運作。

面對這股制度化趨勢，臺灣企業勢必要重新審視自身在全球碳治理架構中的角色。隨著國內碳費制度上路與歐盟 CBAM 壓力持續升高，企業應加速建立監測、報告與查證（MRV）體系，以精確掌握範疇一與範疇二排放量，並提前提交自主減量計畫，作為降低未來碳邊境調整成本的關鍵防線，也為國內碳市場的制度升級預作準備。

雖然目前臺灣仍採行碳費制度，但若參照國際氣候行動趨勢，並鑑於巴黎協定第6.4 條全球碳市場機制已在 COP29 正式通過並啟動運作，長遠來看臺灣勢必邁向總量管制與排放交易制度（ETS）的轉型。建議企業及早將國內減量與國際 ITMOs 的取得納入整體策略，提前儲備可用於未來 ETS 合規抵換的碳資產，方能在制度轉換的關鍵期掌握先機，從被動應對者，轉化為主動塑造新秩序的行動者。



全球航運業邁向淨零排放的挑戰與行動

責任編輯：羅晟恩

一、前言

2025年正值巴黎協定通過十週年，自2015年以來，全球溫室氣體排放量從347.2億噸二氧化碳當量增加至2024年的374.1億噸[56]，反映出在全球能源轉型努力之下，溫室氣體排放控制依然面臨嚴峻挑戰。

在全球溫室氣體排放結構中，發電業（29.39%）仍是最大來源，其次為運輸部門（15.87%）、工業燃燒（12.22%）與農業（11.73%）[57](圖2)。因此，各國已將能源轉型列為核心國家戰略，以期在2050年前實現淨零目標。

在運輸部門中，陸上運輸占比高達74.3%，而次高的則是航運（10.67%）與空運（9.9%）[57]。近年來，各國已針對陸上交通積極推動汽機車電氣化與低碳化轉型。相較之下，海事運輸的能源轉型更具挑戰，不僅涉及跨國航線與燃料供應鏈，更與港口基礎設施與國際規範有著密切關係。

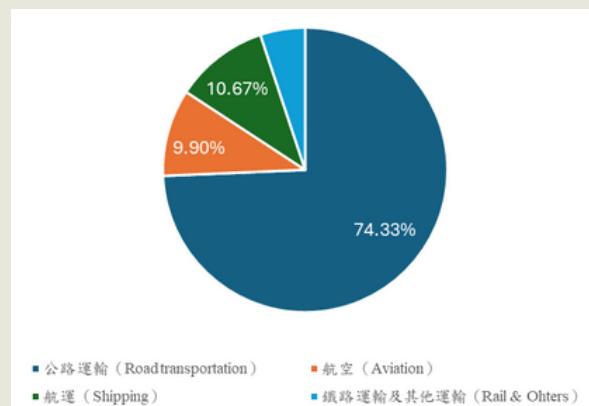
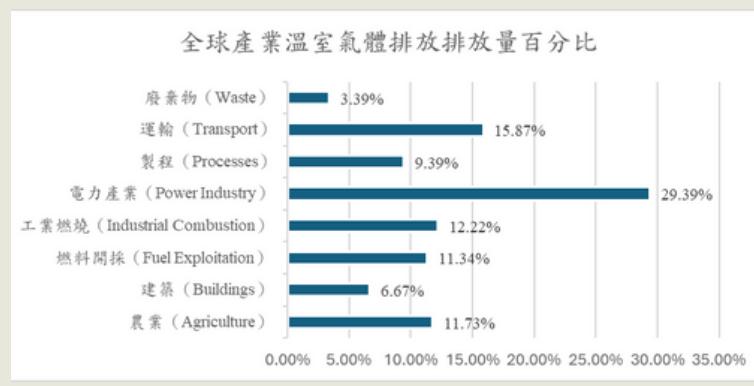


圖2 全球產業部門溫室氣體排放量百分比示意圖

資料來源：Annual greenhouse gas (GHG) emissions worldwide from 1990 to 2024, by sector (Statista, 2025)

圖3 2024年全球運輸部門各子類別碳排

放占比，資料來源：Transportation emissions worldwide (Statista, 2025)



二、國際海事組織船舶溫室氣體減量策略

2023年7月，國際海事組織正式通過「船舶溫室氣體減量策略（IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships）」[58]，取代2018年版本策略。

相較2018年版本，2023年版本更具雄心，並明確新增量化指標作為航運產業邁向淨零轉型的依據，同時秉持：「儘快移除國際航運的溫室氣體排放，與巴黎協定的溫升目標保持一致，同時促進一個公正且公平的轉型」的核心願景。

國際海事組織強調航運業的脫碳需結合技術創新、政策協調與市場機制以推進低碳運輸與能源替代並確保全球貿易暢通。

IMO船舶溫室氣體減量策略圍繞三大轉型核心主軸：

- 主軸一：設定明確且可量化的減碳目標（Levels of Ambition）；
- 主軸二：建立短、中、長期減碳措施的行動架構（Measures Framework）；
- 主軸三：推動公正轉型與全球協作（Just and Equitable Transition）。

（一）可量化的減碳目標

在2023船舶溫室氣體減量策略的減碳目標訂定中，國際海事組織將減碳藍圖劃分為三個階段，分別對應至2030年（短期）、2040年（中期）與2050年（長期）目標（表4）。

表4 船舶溫室氣體減量策略時間線

時間	目標策略
2030年前	每單位運輸工作之碳濃度降低至少40%；零或近零排放燃料使用比例達5%，努力達10%；總排放量減少20%–30%
2040年前	年度總溫室氣體排放量減少至少70%，努力達80%
2050年前	達成國際航運淨零排放

資料來源：2023船舶溫室氣體減量策略



(二) 航運業減碳措施的行動架構

在行動架構部分，2023船舶溫室氣體減量策略以短期、中期與長期為階段的行動架構推進航運業的能源轉型與減碳目標。

在短期階段（2018至2023年），聚焦於現有技術與運行管理的落實，透過能效技術提升船舶的能源使用效率。如新造船必須符合能源效率設計指標（Energy Efficiency Design Index, EEDI），現有船舶需依據能源效率現有船舶指數（Energy Efficiency Existing ship Index, EEXI）進行評估，同時導入碳濃度指標（Carbon Intensity Indicator, CII）以監測航運營運表現，並落實能源效率管理計畫（Ship Energy Efficiency Management Plan, SEEMP）。

中期階段（2023至2030年）則是整體策略的核心，國際海事組織藉由技術與經濟兩大層面進行雙軸轉型。技術層面，將建立航運燃料標準（Marine Fuel Standard），透過評估燃料的完整生命週期以更新其溫室氣體排放係數，目的在確保新燃料與技術的導入能有效減碳而非僅在局部環節降低排放。

經濟層面則著重於全球航運碳定價機制的設計。未來將規劃透過碳費、碳交易制度或全球溫室氣體減量基金等形式作為市場誘因，促使船公司與燃料供應鏈採取積極的減碳行動。

在長期階段（2030年以後），策略的重點將轉向制度化與產業鏈整合。隨著替代燃料技術成熟，全球將逐步建立零碳燃料的供應體系，並在港口基礎設施及航運運作模式上形成新的產業生態。國際海事組織強調，航運的轉型不僅是技術的突破，同時也需仰賴人力資源的調適與安全規範的更新。

(三) 公平轉型與後續展望

為確保各國在航運脫碳進程中皆能擁有平等的參與機會，2023 IMO船舶溫室氣體減量策略中，特別針對小島型開發中國家（SIDS）及最低度開發國家（LDCs）提出公正且公平的轉型原則，並藉由多項計畫支持，這些計畫包括：

1. GHG TC-Trust Fund（溫室氣體技術合作信託基金），該基金由日本、韓國、挪威與英國等國政府出資設立，自2019年起累計投入資金約400萬美元。其主要目的是支援小島型開發中國家參與國際會議與政策磋商，並資助其建立溫室氣體盤查、減碳法規與技術。該信託基金已成為國際海事組織推動全球減碳合作的核心財務工具，有助於縮小已開發國家與開發中國家之間的能力落差。
2. GHG-SMART Program（Sustainable Maritime Transport Training Program），該計畫於2020年啟動，由韓國政府出資約250萬美元並由國際海事組織主導計畫的執行。該計畫目標是強化發展中國家海事人員與主管機關在能源效率、低碳技術與法遵方面的專業能力。
3. Green Voyage 2050計畫，該計畫由挪威政府與國際海事組織共同發起，於2019年正式啟動，總經費約710萬美元。計畫旨在於協助合作國制定低碳航運政策與國家行動計畫（National Action Plans, NAPs），同時推動多項示範專案，如船舶改裝、港口節能技術與替代燃料試驗。
4. NextGEN（Green and Efficient Navigation）專案，該專案由新加坡海事與港務管理局（MPA）與國際海事組織於2021年共同啟動，投資金額約200萬美元。目的在建立一個全球航運減碳知識與專案共享平台，整合各國政策、技術與實踐案例，促進資訊流通與國際合作。2022年進一步推出NextGEN Connect，聚焦亞太地區示範航線建置與跨國減碳協作，為全球航運綠色轉型提供交流與實證的場域。



此外，為確保策略能隨國際趨勢與科學進展持續優化，國際海事組織規劃以五年為週期進行檢討與修訂。首次檢討預定於2028年進行，將依據船舶燃料消耗資料庫（Data Collection System, DCS）的數據統計結果、政府間氣候變遷專門委員會（IPCC）的最新科學報告及各會員國所繳交的影響評估與政策建議，作為評估依據與政策修正方向，確保航運的減碳策略與全球氣候科學接軌，並在實務推進過程中持續強化制度彈性與國際協調性。

三、航運產業能源轉型技術發展現況

在航運產業的減碳進程中，主要途徑包括船舶設計與技術改良、營運效率提升及採用低碳或零碳燃料等措施。其中，根據聯合國貿易與發展會議（UNCTAD）發布的報告[59]，採用低碳足跡燃料被視為航運業中最能顯著降低溫室氣體排放的策略之一，以下分別針對船舶設計與技術改良及低碳燃料的轉型進行探討。

（一）船舶設計與技術改良

提升能源使用效率作為航運產業減量的核心策略之一，目的在降低燃油消耗、提升推進效率，並減少營運過程中的能源浪費。目前常見的方法有推進系統的優化、廢熱回收與能源的再利用及岸電與再生能源的整合[60]，說明如下：

1. 船體與推進系統優化（Air Lubrication System, ALS）

船體與推進系統的優化目的在減少船體阻力與提升推進性能，常見技術包涵空氣潤滑系統、高效能螺旋槳設計以及低摩擦係數塗層材料等。平均節能效果約為5%至10%。

2. 廢熱回收與能源再利用（Waste Heat Recovery, WHR）

廢熱回收系統能將引擎排放的高溫廢氣轉換為電能或推進動力，進一步提高能源利用率。依據船型與運行條件不同，該技術可提升整體能源效率約3%至7%，並可結合再生能源或電池儲能系統實現能量再利用。

3. 岸電與再生能源整合（Shore Power, OPS）

在港期間使用岸電系統可使船舶於靠港作業時完全避免排放溫室氣體與空氣污染物。

（二）採用低碳或零碳燃料

Lindstad等人（2021）研究指出，若僅計算燃料於下游燃燒階段（Tank-to-Wake）的排放，全球航運每年的溫室氣體排放量約10億噸二氧化碳當量[61]。

然而，若將燃料生產與供應過程的上游排放（Well-to-Tank）一併納入，則船舶燃料全生命週期（Well-to-Wake）的溫室氣體排放量將上升至12.5至15億噸二氧化碳排放當量[62]。顯示僅依靠提升燃料燃燒效率，已無法從根本上解決航運業的排放問題，未來的減碳關鍵將取決於燃料種類與能源來源的轉型。

根據Ramsay等人（2022）的研究指出[63]，在傳統航運燃料的轉向低碳燃料的路徑上，主要的替代能源包括液化石油氣（Liquefied Petroleum Gas, LPG）、液化天然氣（Liquefied Natural Gas, LNG）、甲醇（Methanol）、氨（Ammonia）與氫（Hydrogen）（表2）。



液化石油氣（LPG）屬於相對成熟的技術，能有效降低硫氧化物與懸浮微粒的排放，可較傳統重油減少約17%的全生命週期溫室氣體排放。

液化天然氣（LNG）則是目前最被廣泛運用的替代燃料之一，燃燒過程可有效降低二氧化碳、硫氧化物與氮氧化物排放，整體減量效益約為8.8%。然而，LNG在燃燒過程中存在甲烷洩漏的問題，約有3%的甲烷未燃燒即釋放至大氣。

甲醇（Methanol）的優勢則為液態儲存與運輸的便利性，尤其是在短期與區域航運中具有可行性。但要特別注意的是，若以化石燃料生產的灰色甲醇為主，其生命週期排放甚至可能較重油增加約13.6%；若以再生能源製造的綠甲醇（Green Methanol）取代，則可達到約70%的減碳潛力。不過，將甲醇主流化的最大挑戰在於再生能源原料取得受限、生產成本高及現階段全球供應鏈尚未成熟。

表5 船舶替代燃料技術比較

燃料類型	減碳潛力	優勢	挑戰
液化石油氣	減量約17.2%	技術成熟、低硫化物與懸浮微粒排放	碳密度仍高、全球基礎設施有限
液化天然氣	減量約8.8% 減量	降低二氧化碳、硫化物、氧化亞氮排放	甲烷洩漏，抵銷減碳成效
甲醇	灰色甲醇增加13.6%；綠甲醇則可減約70%	液態燃料、運輸與儲存便利	原料依賴再生能源、製程成本高
氨	綠氨約可減71%	碳中性、能量密度高	氧化亞氮排放風險、點火性差、毒性高
氫	綠氫約可減79.9%	燃燒僅產水、為真正零碳燃料	儲存困難、低溫液化成本高



(三) 替代燃料轉型的挑戰與限制

首先，在成本面，船舶燃料系統的改裝費用是目前推廣的最大障礙。以巴拿馬型的大型船隻為例，若將船舶改裝為液化天然氣動力的轉換成本約需2,650萬美元；液化石油氣約需1,850萬美元；甲醇約需1,500萬美元，氨約需2,000萬美元，而氫燃料則因技術尚不成熟，成本尚無明確數據可估。由於改裝金額通常佔船舶造價的10%至25%，多數船東仍採取觀望態度，傾向等待技術成熟與市場穩定後再行投資。

其次，引擎技術可得性與成熟度亦構成重大挑戰。目前液化石油氣、液化天然氣與甲醇燃料引擎已具商轉基礎，其中德國曼恩能源方案與芬蘭瓦錫蘭引擎製造商均已推出多燃料引擎。此外，日本郵船株式會社於2024年推出氨燃料引擎商業用船。同年，氫燃料引擎商用渡輪於美國問世。然而，氫與氨燃料技術雖具長期潛力，但整體產業仍處於研發與示範階段，市場化規模極低，因此使用氨或氫作為主要燃料的巴拿馬型大型船隻則預期需至2030年後才有望問世。

再次，燃料價格波動性及再生燃料供應鏈的不穩定，使船公司在長期採購與碳中和投資上面臨高度風險。在基礎設施面，目前僅有液化天然氣具備全球規模的燃料加注網絡。液化石油氣雖具運輸與儲存條件，但主要限於氣體運輸船使用；甲醇與氨雖可利用液體燃料儲存技術，但仍缺乏專用港口與安全燃料加注設施。氫燃料更因其需在零下253°C的極低溫下儲存，全球尚無完整供應體系，導致港口能源轉換進程緩慢。

另一方面，燃料的能量密度差異也直接影響船舶設計與運輸效率。與傳統重油相比，液化石油氣與液化天然氣需分別增加約50%與60%的儲艙空間，甲醇需增加約130%，氨需增加210%，而氫則高達320%，對於遠洋航運而言，是否能維持運輸效能則成為一大挑戰。

最後，安全性與操作風險則是航運產業能源轉型中一大隱藏成本。液化天然氣與液化石油氣雖屬相對成熟燃料，但仍需在-160°C與-33°C低溫條件下儲存。氨燃料具高度毒性，泄漏將造成環境與人員風險，而氫燃料雖不具毒性，但易燃且需極低溫儲存。此外，多數燃料需搭配點火燃料（如柴油或氫氣）以確保燃燒穩定，這也使系統操作與監控更為複雜[63]。

四、案例探討

為更具體探討全球航運業在邁向淨零轉型過程中的行動，本章將聚焦於地中海航運公司（Mediterranean Shipping Company, MSC）、馬士基航運（Maersk）與達飛輪船集團（CMA CGM Group）全球前三大貨櫃航運公司進行案例探討。

(一) 地中海航運公司的淨零轉型

地中海航運公司為全球運能規模最大的貨櫃航運企業，截至2024年底，艦隊總數達760艘，總運能達520萬TEU，約占全球市場份額的19%。作為全球航運的領導者，地中海航運公司近年積極推動低碳轉型，以回應國際海事組織2050年淨零排放目標。



在船隊的淨零路徑上，地中海航運公司以2008年為基線，分階段設定三項主要目標：2030年將單位碳濃度降低40%，並完成至少15%的低碳燃料艦隊轉型；2040年全面導入可使用液化天然氣與氨燃料的船舶，並在特定航線推動碳捕捉與封存技術；2050年則以低碳燃料與高能效技術並行的運輸系統，實現全艦隊淨零排放。

在船隊轉型行動上，地中海航運公司目前已投入32艘液化天然氣雙燃料船舶的商業運行，並訂購超過140艘具備液化天然氣或氨燃料兼容設計的新造船，預計2030年前約三分之二的船隊可採用低碳燃料運行。

同時，公司亦積極推動既有船舶的節能改造與技術升級，透過結構改良與能源管理，平均能效可提升18%至25%。截至2024年，已有63%的艦隊完成岸電系統安裝，可在靠港期間完全避免使用柴油發電。

此外，地中海航運公司已於多條亞歐航線展開生質液化天然氣混燃試驗，並完成船上碳捕捉技術的初步驗證，單艘船預估可再降低碳排放約45%。然而，液化天然氣與氨燃料儲槽體積增加，導致單艘船舶可裝載的貨櫃量下降約3%至5%。

若欲維持現有的520萬TEU運能，公司必須增加航次與燃料使用量，使整體減碳幅度受到一定限制。根據地中海航運公司內部模型推估，在現行轉型路徑下，2030年前整體排放量可較2022年下降約9%，並於2040年達到約68%的減幅[64]。

(二) 馬士基航運

馬士基航運為丹麥籍跨國航運與物流集團，擁有超過700艘船舶，總運能約430萬TEU，為全球第二大貨櫃航運公司。馬士基航運已於2022年成為首家獲得科學基礎減碳目標倡議（Science Based Targets initiative, SBTi）認證的航運企業，明確承諾以綠色甲醇作為實現淨零排放的核心燃料，並透過全球燃料供應鏈的垂直整合，加速能源轉型的落實。

在淨零路徑上，馬士基航運同樣地以2008年為基線，目標在2030年將運輸單位碳排放量減半，並使四分之一的艦隊能以零碳燃料運行；2040年進一步實現主要航線的全面淨零營運；至2050年，則達成涵蓋港口、倉儲與陸運的全供應鏈淨零目標。

馬士基航運自2023年起發起Green Fuel Strategy計畫，目的在建立穩定的綠色燃料供應網路。目前已於歐洲、智利、埃及及新加坡等地設置九座綠色甲醇生產與儲備基地，以確保燃料供應穩定並提升來源透明度。

在船隊轉型行動上，截至2024年底，馬士基航運已投入7艘綠色甲醇雙燃料船舶進入商業運行，並預計於2027年前再交付37艘新造艦，屆時低碳船舶將佔其總運能約20%。屆時金新船艦將配備德國曼恩集團（MAN Group）旗下的MAN B&W雙燃料引擎，該引擎可依營運條件靈活切換使用傳統燃油與甲醇燃料；若採用以再生能源製造的綠色甲醇作為主要燃料，整體減量潛力上看70%。



同時，馬士基航運亦持續透過艦體設計與能源管理的雙向優化，以流線化船體、廢熱回收系統及智能航速管理技術提升整體能效。雖然馬士基航運積極的進行船隊燃料的轉型，但是仍面臨燃料儲存空間的挑戰。甲醇燃料的能量密度低於傳統重油，需增加約40%的燃料儲槽空間，導致單艘載貨量下降約3%，但整體艦隊的單位碳濃度已較2008年下降約50%[65]。

（三）達飛輪船集團

達飛輪船集團為全球第三大貨櫃航運企業，截至2024年擁有超過620艘船舶，總運能約360萬TEU。在淨零排放的路徑上，達飛輪船目標在2030年將碳濃度較2008年下降30%，並於2050年達成淨零排放。

首先，達飛輪船選擇透過液化天然氣作為主要過渡燃料，並逐步導入甲醇與生質燃料；其次，推動智能航行與岸電整合系統，以降低靠港與航行階段的能源損耗；最後，攜手港口與能源企業建構氫能與氨燃料的試驗平台，為零碳燃料技術的發展進行鋪墊。

在艦隊行動方面，達飛輪船目前已部署120艘液化天然氣動力船，另有20艘甲醇燃料艦正在建造中。液化天然氣船舶平均可減少約25%的二氧化碳與85%的氮氧化物排放，並幾乎完全消除硫氧化物與懸浮微粒污染。

同時，公司亦推動生質柴油（B100）的混燃測試，並於馬賽與鹿特丹港建立低碳燃料加注中心作為區域性綠色航運樞紐。

根據其2024年企業社會責任報告，集團艦隊整體碳排放量約為3,900萬噸二氧化碳排放當量，較2019年下降22%，其中約三分之一的減量成效來自燃料轉換與艦體能效提升[66]。

（四）小結

綜觀全球前三大貨櫃航運公司之減碳行動，可以觀察到航運業的淨零行動採取技術升級與燃料轉型並行的雙軸策略。

地中海航運公司以液化天然氣與氨燃料為主要發展方向，結合岸電與碳捕捉技術，藉由大規模投資推動產業鏈轉型；馬士基航運則以綠色甲醇為核心燃料，透過垂直整合的燃料供應網路強化能源掌控；達飛輪船集團則採取多燃料並行策略，兼顧能源安全、技術成熟度與市場靈活性。

其中，在燃料替代與艦隊改造的過程中，地中海與馬士基兩家公司皆面臨運能下降的現象。由於液化天然氣與甲醇燃料的能量密度低於傳統重油，儲槽體積需增加約30%至40%，導致單艘船舶可裝載貨櫃量下降約3%至5%。

為維持原有的總運能規模，企業勢必增加航次或重新配置航線，進而使營運成本與燃料消耗同步上升，對整體減碳成效造成潛在抵銷效應。

隨著全球航運業的淨零排放從政策倡議邁向實際行動，未來挑戰除了跨越低碳燃料技術的瓶頸，更重要的是如何在碳排放、營運效率與經濟之間建立一套永續的治理架構。



五、結論

綜觀國際海事組織於2023年通過的船舶溫室氣體減量策略，可以發現全球航運業的減碳行動正由倡議階段邁入落實階段。船舶溫室氣體減量策略明確要求各會員國及企業必須從燃料生命週期出發，推動能源轉型與市場機制並行的治理模式，並目標在2050年達成淨零排放。

目前已有多位學者指出，航運燃料的生命週期排放才是評估減碳成效的核心。若燃料生產階段仍依賴化石能源，即使採用氫能、氨或甲醇，其全生命週期排放仍可能高於傳統燃油。因此，未來的航運淨零目標不僅取決於燃料種類，更取決於能源來源的清潔程度與燃料供應鏈的完整性。

根據案例探討中的三家航運標竿企業可以發現，地中海航運、馬士基與達飛輪船三家企业已分別建立不同的轉型策略。地中海航運以液化天然氣與氨為主軸，馬士基以綠色甲醇作為核心燃料，達飛輪船則採多燃料策略，兼顧營運彈性與技術成熟度。

顯見，三家航運企業皆採取技術升級與燃料替代的雙軸轉型模式。然而，轉型過程也帶來新的運能與成本挑戰。低碳燃料的能量密度普遍低於傳統燃油，使燃料儲槽需增加空間，導致單艘載貨量下降約3%至5%。以地中海航運與馬士基為例，雖積極導入新燃料艦隊，但總運能呈現微幅下降，若為維持整體運輸量而增加航次，反而可能削弱減碳成效。同時，新燃料的高成本與基礎設施投資，亦使航運企業短期內面臨營運壓力。

在燃料比較層面，目前航運產業的主流替代燃料包括液化天然氣、甲醇、氨與氫能。液化天然氣雖可降低硫氧化物與氮氧化物排放，但因甲烷洩漏問題，其生命週期排放效益受限；

甲醇具儲運便利性，但需確保再生能源來源以避免灰色甲醇反增碳排；氨燃料則具高減碳潛力，惟燃燒過程中可能產生氧化亞氮，且操作安全與毒性管理仍為挑戰。

氫能則被視為航運產業淨零排放的終極燃料，目前已在內陸及短距離航運展現應用潛力。挪威的MF Hydra與美國舊金山灣區的Sea Change渡輪，皆已成功以氫燃料電池進行短程航行，證明氫能在小型及中短程航線具備可行性。然而，針對遠洋航運，特別是巴拿馬型貨櫃船等大型船舶，氫能仍面臨多重技術挑戰。

氫氣的體積能量密度遠低於重油，即使以液態儲存仍需更大空間，導致貨櫃容量與航程受限；此外，加注基礎設施尚未普及，液態氫需維持在-253°C的極低溫儲存，帶來高昂的能源消耗與安全風險。當前燃料電池與氫燃燒引擎在高功率、長時間運作的耐久性與可靠性仍不足，使其尚不具備支援遠洋航線的技術成熟度。雖然目前已有氫能船舶與渡輪商轉，但是真正佔全球航運排放主體的遠洋船隊，仍難以於短期內以氫能實現脫碳。

除燃料本身外，整體減碳成效亦取決於供應鏈的同步發展。目前全球港口正加速建置低碳燃料加注站與岸電設施，以支援液化天然氣、甲醇與氨燃料船舶的靠泊補給。同時，航運產業亦面臨綠領人才的培育需求，包括燃料操作安全、碳管理、能源監控與航行數據分析等新職能，皆成為未來低碳航運鏈中不可或缺的核心角色。

最後，航運業淨零目標已不再局限於船隊的能源轉型，而是一場仰賴燃料、港口、供應鏈與人力資源轉型的行動。未來若能結合國際制度推動、燃料技術成熟與基礎建設完善，並同時強化人才與制度支撐，將有助於形塑更具韌性的航運減碳生態系，為全球貿易體系的永續轉型奠定基礎。



參考資料來源

1. Climate Summit 2025. UN
<https://www.un.org/en/climatechange/climate-summit-2025>
2. (Sep, 2025) 习近平在联合国气候变化峰会上的致辞（全文），中國外交部
https://www.fmprc.gov.cn/zxw/202509/t20250925_11716488.shtml
3. (Oct, 2021) 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见，中國中央人民政府
https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm
4. An energy sector roadmap to carbon neutrality in China, IEA, 2021
5. China's Climate Transition: Outlook 2024, CREA, 2024
6. China, Climate Action Tracker
<https://climateactiontracker.org/countries/china/>
7. (Mar, 2006) 中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要，中國中央人民政府
https://www.gov.cn/gongbao/content/2006/content_268766.htm
8. (Mar, 2025) Summary of China's energy and power sector statistics in 2024. China Energy Transformation Program
<https://www.cet.energy/2025/03/13/summary-of-chinas-energy-and-power-sector-statistics-in-2024/>
9. (Aug, 2024) China hits Xi Jinping's renewable power target six years early. The Strait Times
<https://www.straitstimes.com/asia/east-asia/china-hits-xi-jinping-s-renewable-power-target-six-years-early>
10. (Jul, 2025) 国家能源局2025年第三季度新闻发布会文字实录，中國國家能源局
<https://www.nea.gov.cn/20250731/83ffa46373ec42dd99e0e3271028c151/c.html?utm>
11. (Sep, 2025) China's new climate target 'falls well short,' EU says. Reuters
<https://www.reuters.com/sustainability/cop/chinas-new-climate-target-falls-well-short-eu-says-2025-09-25/>
12. (Sep, 2025) China's plans to cut emissions too weak to stave off global catastrophe, say experts. The Guardian
<https://www.theguardian.com/environment/2025/sep/24/chinas-plans-to-cut-emission-too-weak-to-stave-off-global-catastrophe-say-experts>
13. (Sep, 2025) Decoding China's upcoming climate targets. Centre for Research on Energy and Clean Air
<https://energyandcleanair.org/decoding-chinas-upcoming-climate-targets/>
14. (Sep, 2025) China unveils underwhelming emissions-cutting target for 2035. Climate Channel News
<https://www.climatechannews.com/2025/09/24/china-unveils-underwhelming-emissions-cutting-target-for-2035/>
15. (Sep, 2025) China leads nations with new climate plans, defying US climate denial. Reuters
<https://www.reuters.com/sustainability/cop/un-chief-tells-countries-new-climate-targets-must-go-further-faster-2025-09-24/>
16. (Sep, 2025) Europe champions fighting climate change but misses emissions deadline. Reuters
<https://www.reuters.com/sustainability/cop/eu-set-miss-un-climate-deadline-amid-internal-divisions-2025-09-18/>
17. (Sep, 2025) EU's Ribera says new climate target coming within weeks. Reuters
<https://www.reuters.com/sustainability/cop/european-unions-ribera-says-expects-new-climate-target-soon-2025-09-23/>
18. (Sep, 2025) Response to EU Environment Council's failure to adopt a 2035 NDC target. Climate Action Tracker
<https://climateactiontracker.org/press/response-to-eu-environment-councils-failure-to-adopt-a-2035-ndc-target/>
19. (Sep, 2025) Think tanks, NGOs, blast ministers for vague climate pledge. Euractiv
<https://www.euractiv.com/news/think-tanks-ngos-blast-ministers-for-vague-climate-pledge/>
20. NDC Tracker, Climate Watch
<https://www.climatewatchdata.org/ndc-tracker>
21. Japan's Nationally Determined Contribution (NDC), Japan Government
22. (Sep, 2024) Climate Transition Bonds Show Japan's Commitment to Carbon Neutrality, Japan Government
https://www.japan.go.jp/kizuna/2024/09/climate_transition_bonds.html
23. International climate action, Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, Australia Government
<https://www.dccew.gov.au/climate-change/international-climate-action>
24. Second Nationally Determined Contribution of the Russian Federation under the implementation of the Paris Agreement of 12 December 2015, Russia Government
25. (Sep, 2025) India to release updated climate action plan ahead of COP30 meet in Brazil. India Express
<https://indianexpress.com/article/india/india-updated-climate-action-plan-cop30-meet-brazil-10267831/>
26. (Sep, 2025) Fact-checking what Trump said about climate change during the UN General Assembly. ABC News
<https://abcnews.go.com/Politics/fact-checking-trump-climate-change-general-assembly/story?id=125855451>
27. (Sep, 2025) UN Climate Chief at NY Climate Week: Defining the New Era of Climate Action; Getting Behind Paris and Stepping it up at COP30 and Beyond. UNFCCC
<https://unfccc.int/news/un-climate-chief-at-ny-climate-week-defining-the-new-era-of-climate-action-getting-behind-paris-and>
28. (Sep, 2025) UN Secretary-General's remarks to the Opening of the High-level Special Event on Climate Action. UN Sustainable Development Group
<https://unsgd.un.org/latest/announcements/un-secretary-generals-remarks-opening-high-level-special-event-climate-action>
29. (Sep, 2025) China may strengthen climate role amid US fossil fuel push. France
<https://www.france24.com/en/live-news/20250922-china-may-strengthen-climate-role-amid-us-fossil-fuel-push>
30. GX2040ビジョンの概要. Feb , 2025.
31. 第217回国会における石破内閣総理大臣施政方針演説. Jan 24 , 2025; Available from:
<https://www.kantei.go.jp/jp/103/statement/2025/0124shiseihoshin.html>
32. 「投資立国」及び「資産運用立国」による将来の賃金・所得の増加. 2024; Available from:
https://www.kantei.go.jp/jp/headline/seisaku_ishiba/toushishisanunyou.html
33. 自民党総裁に高市早苗氏 15日にも首相指名、史上初の女性、in 日本經濟新聞. Oct 4 , 2025.



參考資料來源

34. 自民党新総裁に高市早苗氏、決選で小泉進次郎氏破る 投票結果の詳報, in 日本経済新聞. Oct 4, 2025.
35. 高市早苗の政策 . Available from: <https://www.sanae.gr.jp/policy.html>.
36. 高市早苗チャンネル. 2030年代の発電実証の達成に向けて、SMR・フュージョンエネルギー研究の国家戦略が策定されました . 2024; Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=6WLMoXr93Vs>.
37. 高市早苗挺核能 日本核電類股狂漲. Oct 7, 2025, 葉亭均: 聯合報.
38. 日本列島を、強く豊かに。. 2025; Available from: <https://sosaisen-sanae.com/policycontent>.
39. 高市氏は原発推進派、再エネ業界にはマイナス影響もー識者が指摘. Oct 6, 2025: Bloomberg.
40. 自民新総裁に女性初の高市早苗氏、アベノミクス路線継承で市場は警戒. Oct 4, 2025: Bloomberg.
41. 自民・高市早苗新総裁が記者会見 財政・金融政策「政府が責任」. Oct 4, 2025: 日本経済新聞.
42. NZBA to transition away from member-based alliance following vote. Oct 28, 2025: Responsible Investor.
43. Munich Re discontinues NZIA membership. Mar 31, 2023: Munich Re.
44. NZBA Update August 2025 (Net-Zero Banking Alliance Resources). Aug 2025: UNEP FI.
45. What the NZBA leaves behind. Oct 3, 2025: Sustainable Finance Observatory.
46. NZBA Update August 2025 (Net-Zero Banking Alliance Resources). Aug 2025: UNEP FI.
47. Guidance Manual for Letters of Authorization and Supporting Documents Under Article 6.2 of the Paris Agreement. Jun 17, 2025: World Bank.
48. Overview of the Joint Crediting Mechanism (JCM). N.d.: GEC (Global Environment Centre Foundation).
49. Annex III_Initial report_Japan_241031r (Japan's Initial Report on Cooperative Approaches under Article 6.2). Oct 31, 2024: UNFCCC.
50. To participate or not to participate: Decision-making strategies from a host country perspective (Kazu Koakutsu). N.d.: ERCST.
51. <https://www.env.go.jp/content/000060562.pdf>
52. https://cal-aip.edcdn.com/knowledge-hub/1-HCMC_MOEJ_24072025_Eng_final.pdf?v=1754014990
53. <https://enews.moenv.gov.tw/Page/3b3c62c78849f32f/0104e957-a91a-44d6-a872-3d2ea0cfb558>
54. <https://ncsd.ndc.gov.tw/Fore/nsdn/about0/NewGoals>
55. <https://ndc-lac.org/en>
56. Statista(2025). Annual carbon dioxide (CO₂) emissions worldwide from 1940 to 2024. <https://www-statista-com.search.lib.ntut.edu.tw/statistics/276629/global-co2-emissions/>
57. Statista(2025). Transportation emissions worldwide. <https://www-statista-com.search.lib.ntut.edu.tw/study/85839/global-transportation-emissions/>
58. International Maritime Organization(2023). 2023 IMO STRATEGY ON REDUCTION OF GHG EMISSIONS FROM SHIPS. <https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/annex/MEPC%2080/Annex%2015.pdf>
59. UNCTAD (2021). Review of Maritime Transport 2021. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2021_en_0.pdf
60. Bouman, E. A., Lindstad, E., Rialland, A. I., & Strømman, A. H. (2017). "State-of-the-art technologies, measures, and potential for reducing GHG emissions from shipping – A review." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 52, 408–421.
61. Lindstad E, Lagemann B, Rialland A, Gamlem GM, Valland A (2021) Reduction of maritime GHG emissions and the potential role of E-fuels.
62. Lindstad E, Eskeland GS, Rialland A, Valland A (2020) Decarbonizing maritime transport: the importance of engine technology and regulations for LNG to serve as a transition fuel.
63. William Ramsay, Erik Fridell, Mario Michan (2022). Maritime Energy Transition: Future Fuels and Future Emissions
64. MSC (2025). MSC's 2024 Sustainability Report. <https://www.msc.com/-/media/files/sustainability/reports/2024-msc-sustainability-report.pdf?rev=23fa8d62cc4548a8872d1f8b39df728a>
65. MAERSK (2025). Annual Report 2024. https://investor.maersk.com/static-files/31bf05a1-6f0c-4fbda3c7-3f58e044f668?gl=1*d6vcpm*_gcl_au
66. CMACGM (2025). 2024 CSR REPORT. <https://www.cmacgm-group.com/api/sites/default/files/2025-05/2024%20CSR%20Report%20CMA%20CGM%20Group.pdf>

《氣候與金融》2025年10月號

諮詢委員 |

吳中書 / 台灣經濟研究院董事長

黃正忠 / KPMG安侯永續發展顧問公司董事總經理

程淑芬 / 國泰金控投資長

石信智 / 永智顧問有限公司總經理

楊雅雯 / 亞格創進創辦人暨ICDI專案開發總監

甘婉瑜 / MIC資策會產業情報研究所資深產業分析師

編輯群 |

總編輯 | 趙恭岳

客座總編輯 | 盧裕倉

編輯群 | 周怡晴、柯昀伶、潘家緹、羅晟恩

