

國際供應鏈韌性與去碳化發展趨勢初探

The Study of Policy Level Development in International Supply Chain Resilience and Decarbonization

運輸資訊組 周家慶

研究期間：民國111年4月至111年12月

摘 要

國際供應鏈發展趨勢因全球疫情與地緣政治因素，已從先前「效率掛帥」的營運目標，逐漸轉變為「韌性優先」，朝向區域化、在地化、分散化的方向發展。而代表企業因應外界干擾時的快速反應、吸收、調適，並恢復自身運作能力的供應鏈韌性即為重要議題。而供應鏈去碳化將為氣候行動帶來重要，因為各行業的背後運作就是擁有遍布全球與高度複雜的龐大供應鏈，而國際海空運輸物流即為支援此供應鏈運作的支柱。根據聯合國(UN)、亞太經濟合作組織(APEC)、世界經濟論壇(WEF)等國際組織與龍頭產業的發展趨勢，不論在供應鏈韌性或其去碳化發展，除政府政策支援外，數位化、創新科技及新能源的導入扮演重要的角色。

數位供應鏈可以透過大數據、人工智慧、區塊鏈、追蹤、風險管理預警等科技來強化供應鏈韌性；同時透過供應鏈的數位化，也可以即時掌握供應鏈在不同階段的能源效率、碳強度與足跡等，來因應全球在供應鏈去碳化的發展與法規要求。世界經濟論壇(WEF)所發展的耐受能力、備載能力、彈性調適能力等3個韌性特性，以及即時回應能力與恢復力等指標可用來評估我國國際供應鏈韌性程度，並導入數位化、創新科技的數位供應鏈來強化我國整體供應鏈韌性，以及同步強化供應鏈與物流業者數位化能力，藉由電子化單一窗口來提升效率與韌性。對於海空運輸服務業者(航空公司與航商)部分，由於各相關國際組織已訂有具體目標與時程，應積極配合，以避免因碳邊境關稅所衍生的營運成本增加。

關鍵詞：

供應鏈韌性、去碳化、數位供應鏈。

國際供應鏈韌性與去碳化發展趨勢初探

一、計畫背景與目的

2020 年 APEC 經濟領袖會議發表之「APEC 2040 太子城願景 (APEC Putrajaya Vision 2040)」，包括三大工作方向：持續推動自由、開放的貿易暨投資；創新與數位化；強韌、永續、安全、平衡與包容性成長。2021 年 APEC 領袖宣言提出「奧特羅阿行動計畫(the Aotearoa Plan of Action)」來推動「APEC 2040 太子城願景」，其中在「三大經濟驅動力(Three Economic Drivers)」的「貿易與投資(Trade and Investment)」項目目標之一為「促進無縫連接、供應鏈韌性和負責任的商業行為」。

2022 年 APEC 主軸為基於「APEC 2040 太子城願景」，「讓 APEC 對一切機會開放、全方位連接、全方位平衡(To make APEC OPEN to all opportunities, CONNECT in all dimensions, and BALANCE in all aspects)」，主辦國泰國認為在後疫情時代，需要典範轉移(paradigm shift)和行動以追求更加平衡和永續的經濟發展，生物循環綠色(Bio-Circular-Green, BCG)經濟模式同時為該年探討重點。同樣基於「APEC 2040 太子城願景」，2023 年 APEC 主軸為「為所有人建立具韌性與永續的未來」，3 個優先領域為「連結(Interconnected)」、「創新(Innovative)」、「包容(Inclusive)」。「連結性」面向將持續著重於供應鏈韌性、服務貿易與數位貿易、跨境旅遊與實體連結之永續性及包容性貿易發展。「創新性」面向內含回應氣候危機與環境永續的運輸部門去碳化創新課題。「包容性」面向則較少涉及供應鏈韌性與去碳化課題。

APEC 運輸工作小組(TPT-WG)依據「APEC 2040 太子城願景」於 2021 年 7 月正式通過 2022 年至 2025 年「職權範圍(Term of Reference)」，TPT-WG 未來 4 年發展策略將聚焦於「貿易投資與新冠疫情復甦之路」、「包容與永續運輸」、「擁抱科技與創新」等三項主軸。TPT-WG 並藉由各所屬專家小組的關鍵政策議題聚焦來提升各專家小組會議與運作效率。APEC 運輸工作小組根據「奧特羅阿行動計畫(the Aotearoa Plan of Action)」於 2022 年 9 月通過 2022 年至 2025 年「策略行動方案(Strategic Action Plan)」，該 4 年行動方案將推動與強化供應鏈的無縫連結與韌性、環境永續與友善的運輸環境，

以及輔以創新與數位化來支援新新興與永續運輸的移動立科技與服務。在供應鏈去碳化部分將與 APEC 能源工作小組合作共同推動，以期在 2035 年前達到 APEC 降低累計能源密度 45% (2005 年基準) 的目標。目前草案階段的 2023 年度工作重點亦將供應鏈去碳化，以及供應鏈連結性與韌性納入。

根據 2020 年國際能源署(International Energy Agency, IEA)統計，運輸部門碳排放量占整體能源相關碳排放量 24%。2021 年與 2022 年的第 26 次(COP26)與第 27 次(COP27)聯合國氣候會議，國際運輸論壇(ITF)、國際航空運輸協會(IATA)、國際海事組織(IMO)均積極與會，並分別提出淨零碳排的目標與時程。

為掌握國際運輸領域在供應鏈韌性與去碳化發展趨勢的掌握，爰本研究著重於聯合國(UN)、世界經濟論壇(WEF)、國際運輸論壇(ITF)、國際民航組織(ICAO)、國際航空運輸協會(IATA)、國際海事組織(IMO)等國際組織在供應鏈韌性與去碳化之政策宣示與行動方案之蒐集與研析，以為我國後續發展之參考與應用。

二、國際供應鏈韌性發展趨勢

國際供應鏈發展趨勢因全球疫情與地緣政治因素，已從先前「效率掛帥」的營運目標，逐漸轉變為「韌性優先」，朝向區域化、在地化、分散化的方向發展。而代表企業因應外界干擾時的快速反應、吸收、調適，並恢復自身運作能力的供應鏈韌性即為重要議題。以下從各聯合國、亞太經濟合作組織、世界經濟論壇等國際組織的發展趨勢來進行探討。

2.1 世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF)

Riskviews(2013)依據世界經濟論壇(World Economic Forum, WEF) 2013 年全球風險報告的韌性(Resilience)探討，提出韌性有 5 個「R」，分別為 Robustness (耐受能力)、Redundancy (備載能力)、Resourcefulness (彈性調適能力)、Response (即時回應能力)與 Recovery (恢復力)。Robustness (耐受能力)、Redundancy (備載能力)、Resourcefulness (彈性調適能力)等 3 個「R」為韌性的特性，用於描述組織的韌性狀態與評估其韌性能力。Robustness (耐受能力)為可靠性的概念，用來呈現吸收和承受干擾和危機的能力。Redundancy (備載

能力)指的是擁有多餘容量和備用系統，因此在發生干擾時尚能夠維護核心功能。Resourcefulness (彈性調適能力)指的是適應危機與靈活應對能力。

而 Response (即時回應能力)與 Recovery (恢復力)為韌性的績效指標，用來描述危機發生時的表現；當危機發生時，來校估與說明韌性 3 個「R」特性的能力。Response (即時回應能力)指的是面對危機時快速識別問題與迅速動員處理的能力；而 Recovery (恢復力)指在危機或事件發生後恢復至一定程度正常狀態的能力，以反應出系統的靈活性和適應性，以及在風險出現後發展以應對新的或變化情況的能力。

世界經濟論壇在 2021 年對疫情所造成供應鏈韌性衝擊下的管理思維進行探討。新冠疫情(COVID)對供應鏈的影響是全球性與長期性，並對產業界的物流系統造成了一系列重大衝擊，雖然新冠疫情加速供應鏈與物流活動的自動化程度，減少在未來全球流行病風險的暴露程度，這所經歷的供應鏈斷鏈過程，產生供應鏈韌性的管理思維重塑課題。根據文獻降低供應鏈脆弱性增加韌性的標準作法為增加本地採購、供應基地的多樣化和增加關鍵地點的庫存，以使產品範圍合理化、降低流程複雜性以及更多地依賴往，以使產品範圍合理化、降低流程複雜性以及依賴本地化和可靠的循環供應鏈。

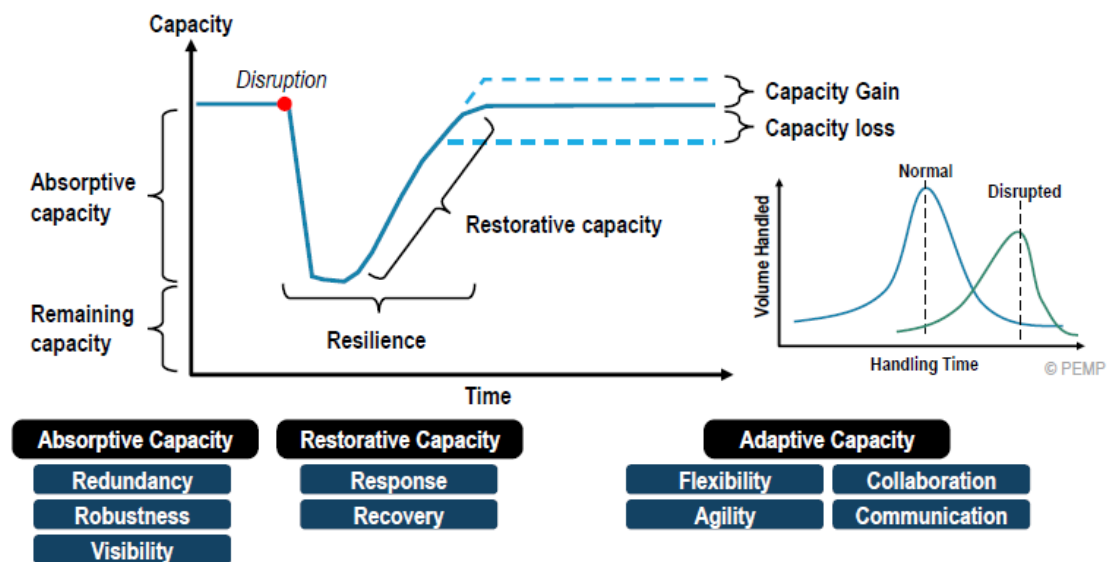
在 2022 年世界經濟論壇年會(Davos,達沃斯)舉辦前的產業會議中，針對如何建立供應鏈韌性和永續性(sustainability)進行研討。烏克蘭危機對於受疫情衝擊的供應鏈，引發新一波的供應鏈斷鏈衝擊與面臨更多挑戰，如果得不到適當解決，將阻礙全球經濟復甦和長期成長。目前供應鏈挑戰的複雜性不斷增加，產業界面臨原物料供應短缺、價格上漲、物流中斷和勞動力限制等不穩定。傳統供應鏈韌性作法需進一步進化，除建立彈性製造、策略庫存與供應網絡多樣化外，還要有策略性供應鏈風險管理解決方案。而「可視度(Visibility)」在韌性供應網絡扮演重要角色，透過「可視度」監測機制來迅速發現斷點與處理，以避免供應鏈連結性受到破壞，並維持持續發展和韌性。除此之外，透過數位化與自動化來構建反應更靈敏供應鏈運作，以因應不斷增加的不穩定性。

研討中同時指出投資於技術和數據透明度，以及結合供應鏈網絡成員的協作是強化供應鏈韌性、績效和永續性的關鍵因素，其中數據

透明度至關重要。因為疫情與地緣政治的不穩定，供應鏈斷鏈已成為「新常態」，因應此「新常態」產業界需對其供應鏈進行分析與找出痛點，並輔以多樣化與數投資來解決痛點，並建立穩健和更永續的供應鏈。

2.2 聯合國貿易和發展委員會(UNCTAD)

因應疫情、地緣衝突和極端天氣帶給海運物流的挑戰，聯合國貿易和發展委員會(UNCTAD)於 2022 年推出一套工具書(Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience)，用來增強整個海運供應鏈的韌性。該工具書著重於港口韌性的構建，內容包括：建設港口韌性的工具與方法(Building Port Resilience: Tools and Methods)、港口破壞與韌性的細部觀察(Port disruption and resilience: A closer look)、實務與經驗的案例探討(Case studies, good practices and lessons learned)等。工具書首先定義港口韌性，港口韌性所指為面臨疫情、天然災害、網路或恐怖攻擊而遭破壞(Disruption)下，仍維持可接受服務水準的能力；此韌性能力因港口大小、位置和作業類型而異。港口韌性在很大程度上，也取決於在遭破壞期間維持營運，以及為船舶、貨物和其他客戶提供服務的能力。圖 1 為港口韌性概念示意圖，圖中以港口自遭遇破壞能量下降開始至恢復至正常能量的復原時間來量化港口韌性。

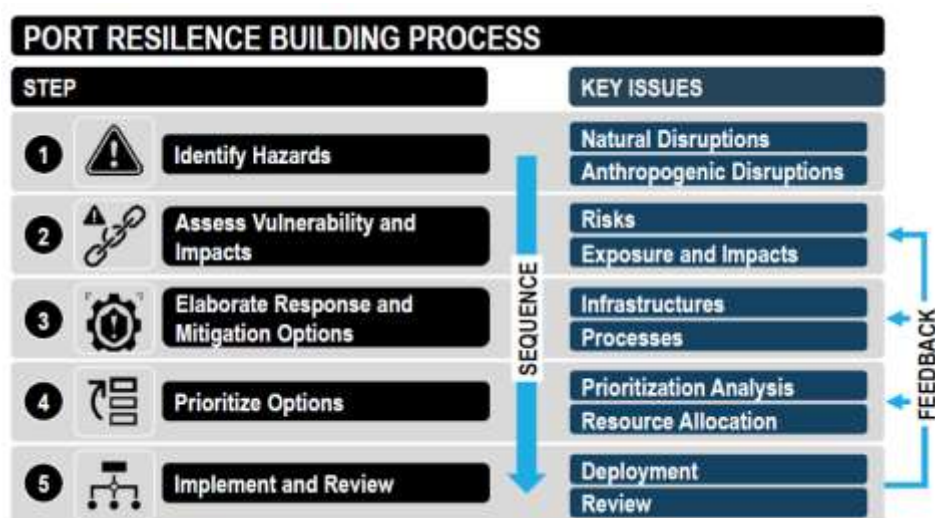


資料來源：United Nations Conference on Trade and Development, 2022, Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience - A Guidebook for Ports

圖 1 港口韌性概念示意圖

整體而言，港口相關的供應鏈破壞或中斷，包括疫情(COVID-19)

大流行，強調港口在單點故障(Single failure point)的關鍵地位，因而對供應鏈上游的航運網絡與下游的港口腹地產生重大影響。依港口遭破壞定義，意味港口、港口營運商、港口使用者(例如：貨主)和內陸運輸業(例如：鐵路、貨車)的成本增加和延誤。港口需要考慮幾個因素來構建其韌性，包括良好的治理能力來盡可能地減少已知風險，並審視新出現的威脅和機會。港口營運單位需要能夠解決各種類型的風險問題，並保護自己免遭受聲譽損害。同時在制定和實施策略，以面對破壞性事件的準備和港口韌性強化上，至少需要 5 個以行動為導向的步驟，如圖 2 所示。



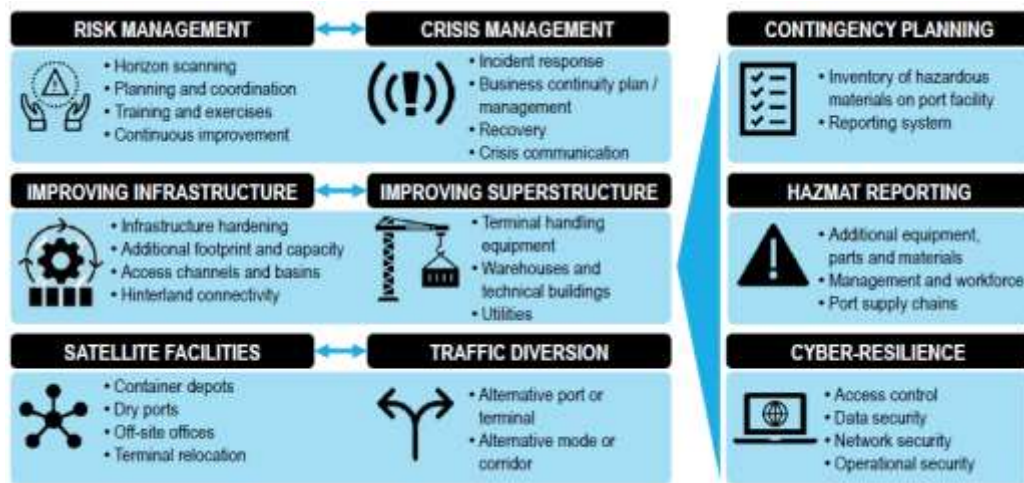
資料來源：United Nations Conference on Trade and Development, 2022, Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience - A Guidebook for Ports

圖 2 港口韌性構建程序圖

步驟 1 為辨識在特定時間區間影響港口運作的危險事件，以及制訂港口韌性建設策略，以提高對已經影響港口或可能發生的危害的認識，並確定其類型。步驟 2 為評估港口在遭到干擾或破壞可能影響下的脆弱性。步驟 3 為制定應對和緩解措施。步驟 4 為確定反應和緩解措施的優先順序與資源分配。步驟 5 為步驟 4 措施的導入、監督和審查。圖 3 為港口遭遇破壞時的關鍵紓解與反應內容示意圖。

總體而言，港口韌性建立工作應與港口的核心價值觀和使命進行鏈結，而透過結合風險管理和復原力建立的工具，將有助於港口在遭遇破壞前可以整體性的掌握其準備狀況、承受和反應能力，以降低可能與潛在暫停運作的機率。Franken 等(2014)認為具備韌性能力的組織有下列能力和特性：在問題累積發生前做好準備、彈性組織架構以因應各種有利或不力的外界發展、風險資訊透明化、快速反應以避免

危機升級、從先前失敗案例中學習。圖 4 為港口風險管理和復原力建設的工具箱(Toolbox)，其中包括風險評估和管理方法，以及增強和建立港口復原力的工具和方法。



資料來源：United Nations Conference on Trade and Development, 2022, Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience - A Guidebook for Ports

圖 3 港口遭遇破壞時的關鍵紓解與反應內容示意圖

該工具箱包括「治理和風險管理支持框架」、「企業風險管理」、「橫向篩檢」、「業務衝擊分析」、「情境規劃」、「業務連續性管理」、「風險登記和指標」、「事件和危機管理」、「第三方風險工具」、「保險風險」等 10 個項目，及其在事件前、事件中、事件後等 3 個階段得行動時機。以「橫向篩檢」、「業務衝擊分析」、「情境規劃」等為例，其執行時機需在事件發生之前進行，而「事件和危機管理」則在事件發生當下與事件結束後進行。



資料來源：United Nations Conference on Trade and Development, 2022, Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience - A Guidebook for Ports

圖 4 港口風險管理和復原力建設的工具箱(Toolbox)圖

2.3 聯合國亞洲及太平洋經濟社會委員會 (UNESCAP)

2021 年 12 月 14 日至 17 日聯合國亞洲及太平洋經濟社會委員會召開第 4 屆運輸部長會議，考量運輸和物流網絡及流動性的主要關鍵目的之一為支持供應鏈的效率和韌性。雖然此方面已有相當程度的進展，但因為疫情導致亞太地區運輸和物流網絡的不足，因而產生運輸成本極度上升和貨物運輸的延誤，對有特殊需求的國家造成了不成比例的影響；因此除彙整當前區域陸運和海運及物流網絡現況外，並探討運輸基礎設施和營運連結性、進一步區域行動合作的潛力，以及貨運服務數位化可能帶來的收益。在供應鏈課題上的部長宣言，強調供應鏈連結性與韌性建立對於經濟復甦的重要性，以及推廣先進管理與科技解決方案，以在區域間與跨區連結的發展具備永續特性的供應鏈。

相較於 APEC 在供應鏈課題較著重於各經濟體間的海空運連結與韌性，UNESCAP 由於涵蓋更多國家，且其公路運輸與軌道運輸亦為其運輸網絡的一環，所以 UNESCAP 在供應鏈課題探討尚會探究陸運與複合運輸走廊的效率及韌性，例如：歐亞路廊，以及軌道運輸數

位化。

2.4 亞太經濟合作組織 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)

考量疫情期間，海空運運輸基礎設施運能所受重大衝擊因素之一為供應鏈相關工作人員，因各經濟體嚴格的邊境檢疫措施，造成航空機組人員與船員調度嚴重受到影響，以致運力大減。因此 APEC 運輸工作小組搭配 2021 年泰國安全通道任務小組(APEC Safe Passage Taskforce, SPTF)倡議，分別由美國、紐西蘭、菲律賓針對航空機組人員、海運從業人員於疫情期間，對供應鏈連結性與韌性的重要性進行探討、面臨困境與提供建言。APEC 領袖於 2021 年與 2022 年領袖宣言中，特別指出透過經濟體間合作，來提升航空機組人員與海運從業人員的安全跨境移動，以降低國際供應鏈所承受的負面衝擊。

目前安全通道任務小組已於 2022 年 11 月任務屆滿而退場，其完成包括疫苗相互操作性倡議、APEC 安全通道資訊平台倡議等工作；同時建議 APEC 資深官員可採認政策支援部門(PSU)在關於疫情與跨境移動力之研究，也建議 APEC 持續在陸運、海運、空運等領域加強安全移動之回復工作。同時運輸工作小組已於 2022 年至 2025 年「策略行動計畫」的貿易與投資經濟驅動力環節中下明列，後續仍將針對促進海空運人員安全跨境移動課題進行推廣與協作，以持續推動安全通道工作，以維持國際供應鏈運力與能量。

APEC 於 2021 年與 2022 年間，各經濟體依據運輸工作小組的 2022 年至 2025 年「策略行動計畫(Strategic Action Plan)」，從無人載具、自動化與機械化、標準化、數位創新(人工智慧與區塊鏈)與轉型、提昇貨運服務商業自由度、風險管理、強化員工訓練、複合運輸的數位整合、單一窗口等面向來探討供應鏈的無縫連結與韌性，以及分享其經驗與最佳案例。

三、國際供應鏈去碳化發展趨勢

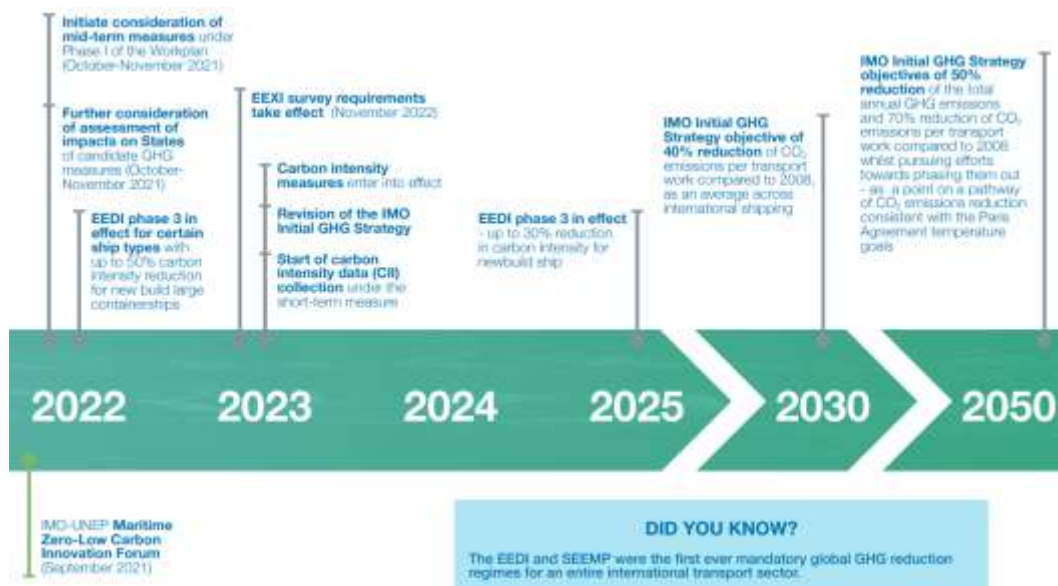
根據 2021 年世界經濟論壇「淨零碳排大挑戰：供應鏈的契機(Net-Zero Challenge: The Supply Chain Opportunity – Insight Report)」報告，供應鏈去碳化將為氣候行動帶來重要，因為各行業的背後運作就是擁有遍布全球與高度複雜的龐大供應鏈，而國際海空運輸物流即為支援此供應鏈運作的支柱。陸運貨運部分，目前全球多以運具電動化方式

來因應去碳化趨勢。以下分別從國際組織(含 APEC)與產業界面向，來進行探討。

3.1 海空運國際組織在去碳化發展

國際航空運輸協會(International Air Transport Association, IATA)呼應聯合國氣候會議淨零碳排願景，於 2021 年提出「Fly Net Zero」承諾於 2050 年達到淨零碳排。到 2050 年實現淨零碳排同步進行最大限度地消除源頭排放，以及採用抵消和碳捕獲技術。採用航空永續燃油(Sustainable Aviation Fuel, SAF)約可貢獻 65%，新飛機採用電力及氫能源或混合電力科技約可貢獻 13%，基礎建設與營運效率提升約可貢獻 3%，碳捕獲技術約可貢獻 19%。航空永續燃油(SAF)目前用於民航機，CO₂ 排放量減少可達 80%，可透過多種原料來源生產，包括：廢油和脂肪、非食用農作物，也可以透過直接從空氣中捕獲碳的過程合成生產，因而不會影響森林生態。國際民航組織(International Civil Aviation Organization, ICAO)也提出 2050 年實現淨零碳排的長期理想目標(Long Term Aspirational Goal, LTAG)。目前這些承諾確立絕對目標，但尚未在產業界層面製訂具體的執行監測與追蹤機制。

國際海事組織(International Maritime Organization, IMO)要求 2030 年前，現有和新建船舶的碳排放量(GHG)，需以 2008 年為基期減少 40%，IMO 的目標是到 2050 年前減少 70%，排放規則將於 2023 年 1 月開始實施，圖 5 為國際海事組織溫室氣體減排行動規劃。根據 IMO 分析，國際航運每年的二氧化碳排放量超過 100 萬噸，約佔全球二氧化碳排放量的 2.9%。合規成本有兩個關鍵的衡量標準。一個是船舶的能源效率，透過減少用電或是使用替代燃料達標，或是降低碳強度(carbon intensity)。



資料來源：IMO's work to cut GHG emissions from ships,

<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx>

圖 5 國際海事組織(IMO)溫室氣體減排行動規劃

根據我國財團法人驗船中心 2022 年 12 月 12 日分析，國際海事組織(IMO)因應 2023 年即將上路的 EEXI(現成船能源效率指數)及 CII(碳強度指標)等減少碳排的短期措施，預計考量新興技術及不同船種營運模式等進而調整 CII 的計算，將碳捕捉技術納入計算公式，並評估船舶短航程跟等待時間對 CII 數值之影響，以及並且為自卸貨式散裝船(Self- Unloading Bulk Carrier)新增其 CII 參考基線以更符合實際情況。另一方面，在船用燃料全生命週期溫室氣體強度準則(Guidelines on Life Cycle GHG Intensity of Marine fuels)目前已完成草案初稿。針對 IMO 之 2050 年減排目標，雖然加嚴目標已是各會員國之共識，但針對具體加嚴目標強度、是否需再設立 2040 年之中期目標、是否採用全生命週期(WtW)計算方式，以及是否納入綠色走廊(Green corridors)等議題，仍需在國際海事組織的第 79 次海洋環境保護委員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)會議中凝聚更多共識。

3.2 亞太經濟合作組織 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)相關發展

2022 年第 52 次運輸工作小組會議中，美國報告「用綠色船舶建立太平洋藍色經濟」，說明零碳航運的挑戰包含新式船舶和岸上設備的巨額投資、氫和氨等新燃料成本高於傳統石化燃料、仍存在許多技術、監管和營運的障礙，另外介紹了海運綠色廊道(Green Corridors)。

勞氏集團(Lloyd's Register)以亞洲綠色走廊案例來說明逐步開發適用的系統解決方案，例如：規劃特定的船隊、使用不同的海運能源轉型燃料、形成燃料生產/運用路線等。推動絲路聯盟之目標，在於建立彈性與長期，以及納入供應鏈成員的整體去碳化計畫。

紐西蘭於 2022 年提案規劃進行可運用多種燃料類型航運之計畫，該研究將比較新興燃料的生命週期與風險。新興燃料種類包含綠氫和氫衍生燃料、生質燃料、電池、以電力為基礎之甲醇(e-methanol)、天然氣，包含生質液化天然氣(bio-LNG)，生命週期則包含原物料取得、加工原物料的能力、運輸儲存至港口、以港口為基地的添加燃料(refueling)系統、如何供船舶貯存與使用、管理燃料與設備使用完後的處理措施。該計畫目前尚在申請經費階段。

3.3 產業界在「去碳化」發展與因應作為

根據 DHL 對於國際「去碳化」對物流與供應鏈的衝擊分析，國際社會持續關注氣候變遷及其對地球影響，供應鏈產生全球約 60%的碳排放，而產品排放約 90%來自其供應鏈。對物流業而言，隨著越來越多的 B2B 與 B2C 客戶需要永續特性的產品和服務，以及法律的要求，例如：2023 年歐盟的永續金融披露條例(Sustainable Finance Disclosure Regulation, SFDR)，物流組織必須採取行動，正確計算碳排放量並使其供應鏈去碳化，以保持競爭力。

DHL Express 設定 2050 年使命與綠色倡議去碳化計畫目標，期望可以引導物流業走向永續發展的未來，在 2050 年實現零碳排放，來創造更綠色環保與永續的生活環境。去碳化項目包括：(1)2030 年前投資 70 億歐元來減少碳排放，並承諾於 2050 年實現零碳排；(2)構建以太陽能電力為主的中和建築；(3)航空貨物運輸使用航空永續燃油(SAF)；(4)使用綠色能源物流車隊與設施，來強化去碳化過程；(5)更有效地規劃物流路線；(6)2025 年前，利用自行車和電動車來進行約 70%的第一哩和最後一哩服務；(7)2025 年前，50%銷售額導入綠色解決方案；(8)2025 年前，訓練 80%員工參與環境和氣候保護活動；(9)每年種植 100 萬棵樹等 9 項措施。

物流與供應鏈的「去碳化」存在挑戰，挑戰包括：(1)並非所有車輛和設備都有電動替代品，因此，在這些替代品進入市場前，還需要採取其他碳減排措施；(2)車輛電動化的支援生態系至關重要，且代價

高昂，例如：充電基礎設施；(3)用來計算碳足跡(PCF)和物流排放的數據存在不一致與不透明增加價值比較難度；(4)去碳化解決方案通常需要在前期大筆投資和可能會影像物流運作；(5)隨著業者的去碳化，產品和服務價格可能會提高。

全世界最大貨櫃船航商馬士基(Maersk)，承諾將在 2050 年實現淨零碳排，挑戰不可能的任務。2019 年馬士基推出綠能運輸，改用經認證的廚餘食用油等廢油再製的生質柴油作為船隻燃料，廢油再製省下的碳，可用來中和運輸的碳排放。並規劃於 2023 年推出使用綠色甲醇的碳中和船舶。

四、結論與建議

根據運輸領域的國際組織與相關龍頭產業界發展趨勢，整體而言，不論在供應鏈韌性或其去碳化發展，除政府政策支援外，數位化、創新科技及新能源的導入扮演重要的角色。數位供應鏈可以透過大數據、人工智慧、區塊鏈、追蹤、風險管理預警等科技來強化供應鏈韌性；同時透過供應鏈的數位化，也可以即時掌握供應鏈在不同階段的能源效率、碳強度與足跡等，來因應全球在供應鏈去碳化的發展與法規要求。

4.1 供應鏈韌性部分

供應鏈韌性是指產業上下游系統，面對外界干擾時，企業內部能快速反應、吸收、調適，並恢復自身的運作能力，以降低供應鏈斷鏈的風險。風險越低，代表供應鏈韌性越強。國際供應鏈發展趨勢因為全球疫情與地緣政治因素，已從先前「效率掛帥」的營運目標，逐漸轉變為「韌性優先」，朝向區域化、在地化、分散化的方向發展。例如：在疫情發生前，歐盟即在探討韌性供應鏈的本質，並結合綠色經濟與數位化的趨勢，找到確保安全穩定供應鏈的方法，以因應歐盟經濟轉型與未來社會的需求。而在疫情逐漸平息後，新一波貿易保護主義浪潮，包括國際經濟制裁和懲罰措施急劇增加，此將成為全球供應鏈的最大威脅，不但推升價格，也會使供應鏈韌性更難達成，而加速數位化和採用新技術，可以協助企業在供應鏈韌性和效率間找到平衡點。

在我國國際供應鏈韌性後續發展部分，應可從嘗試將聯合國貿易

和發展委員會(UNCTAD)所發展構建風險管理與強化韌性工具書導入於海空運運輸場站與節點及企業的供應鏈運作中，利用世界經濟論壇(WEF)所發展的耐受能力、備載能力、彈性調適能力等3個韌性特性，並藉由即時回應能力與恢復力等指標來評估韌性程度，進而導入數位化、創新科技的數位供應鏈來強化我國整體供應鏈韌性。並同步強化供應鏈與物流業者數位化能力，藉由電子化單一窗口來提升效率與韌性。

4.2 供應鏈去碳化部分

因應全球因應氣候變遷與地球暖化重大課題，運輸部門均積極參與聯合國氣候會議，並據以研提淨零碳排的目標與時程，以及導入新潔淨能源與相關科技，並提升運具與物流運作的效率。

在我國國際供應鏈去碳化後續發展部分，雖然政府已提出「臺灣2050淨零排放路徑」，然在運輸部門多著重於陸運中的客運運具電動化，對於屬於國際供應鏈一環的內陸貨運及海空運去碳化相關政策指導較少著墨。後續建議我國國內各海空運運輸場站在因應供應鏈韌性導入數位供應鏈時，同步檢視與盤點各運作環節之去碳化潛在作為；至於海空運輸服務業者(航空公司與航商)部分，由於各相關國際組織已訂有具體目標與時程，應積極配合，以避免因碳邊境關稅所衍生的營運成本增加。

參考文獻

1. 28th APEC Economic Leaders' Meeting 2021 – Declaration
2. 29th APEC Economic Leaders' Meeting 2022 – Declaration
3. APEC Transportation Working Group 2022-2025 Term of Reference
4. APEC Transportation Working Group 2022-2025 Strategic Action Plan
5. Alan McKinnon 等, 2021 Supply Chain Resilience: How Are Pandemic-Related Disruptions Reshaping Managerial Thinking? World Economic Forum
6. Chris Price, 2020, How can we build supply chains fit for an uncertain future? World Economic Forum
7. Kimberley Botwright, 2022, 7 leaders at Davos 2022 on

Securing Sustainable, Resilient Supply Chains, Despite Global Shocks, World Economic Forum

8. Risk Reviews , 2013/01/24 ,
<https://riskviews.wordpress.com/2013/01/24/five-components-of-resilience-robustness-redundancy-resourcefulness-response-and-recovery/>
9. Stephen Dutton, 2022/11/8, From Disruption to Advantage: Supply Chain Resilience and Decarbonisation in Europe,
<https://www.euromonitor.com/article/from-disruption-to-advantage-supply-chain-resilience-and-decarbonisation-in-europe>
10. United Nations Conference on Trade and Development, 2022, Building Capacity to Manage Risks and Enhance Resilience - A Guidebook for Ports
11. UN Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) , 2021, Towards an efficient and resilient transport and logistics network and mobility, Fourth Ministerial Conference on Transport
12. World Economic Forum, 2013, Building Resilience in Supply Chains
13. World Economic Forum, 2021, Net-Zero Challenge: The Supply Chain Opportunity – Insight Report
14. <https://visionproject.org.tw/story/6474>
15. https://www.iata.org/flynetzero?trk=public_post-text
16. <https://www.dhl.com/discover/en-au/sustainability/roadmap-to-decarbonisation>
17. <https://www.dhl.com/global-en/home/insights-and-innovation/thought-leadership/trend-reports/supply-chain-decarbonization.html>
18. <https://www.digiknow.com.tw/knowledge/63719cab14f8e>
19. <https://www.moneydj.com/kmdj/news/newsviewer.aspx?a=e7013fde-6090-4a2c-8bb9-bba8c54744ff>
20. IMO's work to cut GHG emissions from ships,
<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cuttin>

g-GHG-emissions.aspx

- 21.楊書菲，2021 年，韌性供應鏈發展趨勢與臺灣的因應對策，<https://web.wtocenter.org.tw/Page.aspx?nid=126&pid=363881>
- 22.陳玉鳳，2021 年，全球產業供應鏈重組中貿易戰及疫情影響「長鏈」變「短鏈」，<https://www.ieatpe.org.tw/magazine/ebook356/storypage08.html>
- 23.王茜穎，2021 年，實現淨零碳排的供應鏈，很貴嗎？照這樣做，零碳手機成本僅增 1%，
<https://csr.cw.com.tw/article/41880>
- 24.交通部運輸研究所，2021 年，出席亞太經濟合作(APEC)第 51 次運輸工作小組會議報告
- 25.<https://www.crclass.org/>國際海事組織 mepc-79 開幕在即，關注船舶下一步減碳方/
- 26.交通部運輸研究所，2022 年，出席亞太經濟合作(APEC)2022 年運輸工作小組政策主題視訊會議報告
- 27.交通部運輸研究所，2022 年，出席亞太經濟合作(APEC)第 52 次運輸工作小組會議報告
- 28.袁明仁，2022 年，區域經濟整合(RCEP、CPTPP)及反傾銷、反補貼對臺商出口的影響與如何維持供應鏈韌性？
https://www.chinabiz.org.tw/News/GetJournalShow?pid=162&cat_id=174&gid=286&id=3993
- 29.黃兆仁，2022 年，看見歐盟韌性供應鏈 與治理的關鍵思維和作法，<https://view.ctee.com.tw/economic/43173.html>
- 30.經濟日報，2022 年，打造韌性供應鏈 產業新趨勢，
<https://money.udn.com/money/story/122229/6343735>
- 31.供應鏈韌性(Supply Chain Resilience)的定義為何？2022 年，<https://zh.oosga.com/docs/supply-chain-resilience/>
- 32.打造韌性供應鏈，您開始了嗎？2022 年，
<https://www.digiknow.com.tw/knowledge/624ffd9db6864>