

臺灣港埠推動替代能源儲備設施發展與轉型之研究

李政達¹ 林英爵² 李俊穎³ 錢樺⁴

¹ 交通部運輸研究所運輸技術研究中心副研究員

² 交通部運輸研究所運輸技術研究中心助理研究員

³ 交通部運輸研究所運輸技術研究中心研究員兼科長

⁴ 國立中央大學永續與綠能科技研究學院副院長

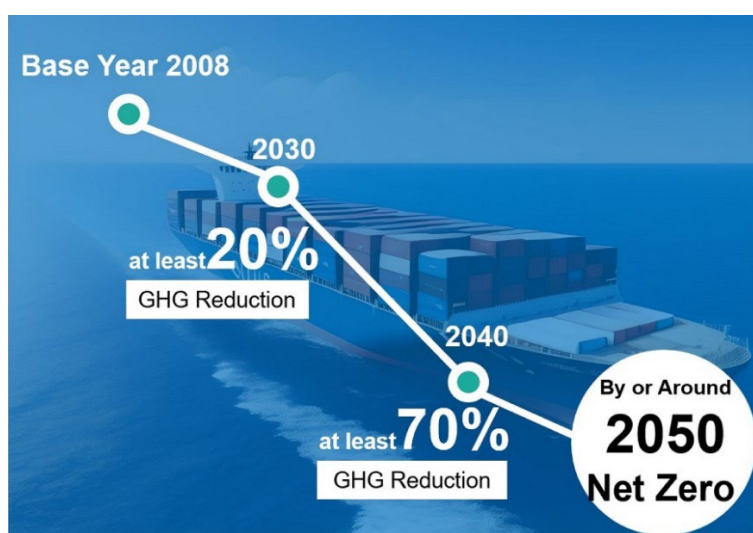
摘要

臺灣港埠雖具備地理優勢與航運之基礎，但在整體替代能源儲備設施建設，雖有台灣電力公司、台灣中油公司與台灣肥料公司等國營企業響應支持，但於氫氨燃料儲備設施之佈建，仍存在結構性落差與推動遲滯，不僅受限於臺灣港埠腹地資源有限，替代能源儲備設施建構不易；此外，政府對於交通航運業替代燃料導入尚未有明確機制與路徑之前，產官學各界於能源轉型所涉風險、成本與技術成熟度仍存疑慮，若政策規劃與管制規範延遲使產業落後，便會逐漸流失競爭力，故本研究以替代能源角度切入航運業，蒐集國際海事組織航運業分階段目標，分析我國運輸部門減碳目標及國際減碳趨勢，另外，透過探討臺灣港埠低碳化發展與轉型潛力，可初步評估我國商港發展轉型之因應現況。雖然臺灣已將 2050 年淨零排目標納入法規，惟尚未對接國際海事組織(International Maritime Organization, IMO) 2028 年船用燃料溫室氣體強度(GHG Fuel Intensity, GFI)與 2030 年國際航運平均碳強度(Carbon Intensity Indicator, CII)等國際趨勢規定，亦無氫氨燃料供應與驗證體系、零碳航運走廊試行計畫，建議可評估零碳走廊測試點，並推動示範船隊與驗證平台，強化港航替代能源轉型之競爭力。

一、前言

在全球氣候變遷加劇與追求國家永續發展浪潮下，建構低碳港埠已不再屬於未來式，此刻正發生能源轉型實踐。歐盟已透過碳邊境調整機制，明確納入鋼鐵及鋼鐵製品、水泥、肥料、鋁及鋁製品、電力與氫氣為碳排放量管制對象與貿易標準；新加坡與日本等港埠國家亦同步推動綠氫氨燃料補給設施及部署脫碳基礎建設，標誌替代能源轉型已為最新國際港埠競爭的核心要素，同時航運業也是全球供應鏈重新建構之關鍵時刻。依據 2020 年國際海事組織有關第 4 次溫室氣體(Greenhouse Gas, GHG)研究，建議船舶燃料採用從源頭到船艙(well-to-wake)的全生命週期溫室氣體排放的計算方式，航運業總溫室氣體排放量已從 2012 年的 9.77 億噸增加至 2018 年的 10.76 億噸，增加主因係來自於全球海上貿易的持續增長。因此，航運業排放在全球人為溫室氣體排放的比例，已從 2012 年的 2.76% 增加到 2018 年的 2.89%，並持續增加中。有鑑於此，國際海事組織 2024 年舉行的海洋環境保護委

員會(Marine Environment Protection Committee, MEPC)第 82 屆會議(簡稱 MEPC 82)，會議通過最新溫室氣體戰略目標，如圖 1 所示，船舶溫室氣體排放減量戰略目標：新造船舶的碳強度持續下降，強化能源效率設計，國際航運平均碳強度於 2030 年前溫室氣體至少減少 20%，每運輸單位 CO₂排放碳強度指標較 2008 年下降至少 40%；截至 2030 年，全球航運能源中零或近零排放技術、燃料與能源使用比例達至少 5%，並盡力達到 10%；長遠來看，國際航運總體溫室氣體排放將於 2050 年實現淨零排放，符合巴黎協定中第 2 條長期控溫與淨零轉型目標。其中為有效管理目標，故亦訂定 2 項關鍵階段性目標：(1) 2030 年國際航運溫室氣體年排放總量至少減少 20%，盡力達到 30%、(2) 2040 年則至少減少 70%，盡力達到 80%，減排戰略目標，如表 1 所示。



(圖片來源：IMO 與 CR 財團法人驗船中心)

圖 1 船舶溫室氣體排放目標

表 1 IMO 船舶溫室氣體排放減量戰略

時間	項目	目標
2030 年前	減排目標	國際航運溫室氣體年排放總量至少減少 20%，盡力達到 30%
	國際航運平均碳強度 CII 下降	每運輸單位二氧化碳(CO ₂)排放碳強度指標相較 2008 年下降至少 40%
	零或近零排放能源使用比例	全球航運能源中，零或近零排放技術、燃料與能源使用占比至少達 5%，盡力達到 10%
2040 年前	減排目標	國際航運溫室氣體年排放總量至少減少 70%，盡力達到 80%

由於海運約占全球貿易總量之 80%，其碳排放控制對全球氣候變遷及因應策略具有舉足輕重的地位，航運業做為全球經濟主要命脈之一，碳排放量占比不容忽視。臺灣做為高度依賴海運的島嶼經濟體，已逐步回應國際脈動，然而，儘管政策端已有積極布局，並促

使運輸部門加碼減碳力道，但實務碳排減量的布局緩不濟急，可能原因緣於國際航運的流動性排放量不納入國家碳排計算，並未具有強制力，顯示執行面仍然面臨挑戰。

在氣候變遷壓力加劇與國家永續發展的浪潮下，全球低碳港埠建構已不再屬於未來式，此刻正發生能源轉型之實踐，歐盟透過碳邊境調整機制，已明確將鋼鐵及鋼鐵等產品、水泥、肥料、鋁及鋁等產品、電力與氫氣納入碳排放量管制對象與貿易標準；新加坡與日本等港埠國家亦同步推動綠氫燃料補給設施，與部署脫碳之基礎建設，標誌著新興低碳能源轉型已成為新一輪國際港埠競爭的核心要素，同時也是全球供應鏈重新建構之關鍵時刻。然而，對照國際發展趨勢，臺灣港埠雖具備地理優勢與航運之基礎，但在整體替代能源供應建設，如氫氣燃料儲備設施佈建與法制誘因機制不足等關鍵面向上，受限於臺灣港埠腹地屬於有限資源，存在資源配置的結構性差距，故完善替代能源設施相當不易。此外，政府對於航運業替代燃料導入的支持機制，尚未有明確規劃，產官學各界對於能源轉型所涉風險、成本與技術成熟度仍存有疑慮，使政策規劃、管制規範推動延遲，產業落地落後，便會逐漸流失競爭力，故本研究以替代能源角度切入航運業，分析其於臺灣港埠發展與轉型之研究，期望透過此研究，提供臺灣推動低碳能源基礎設施發展與轉型之參考。

二、新興低碳能源介紹

航運業所謂低碳能源不以傳統化石能源為基礎，係透過水與電解技術所產製之能源燃料，依據長短期擬定方案，短期方案包括液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)、生質燃料、甲醇等燃料，長期選項方案包含綠色甲醇、綠氫、綠氨等燃料，其中綠色燃料被視為最具潛力的低碳能源，如圖 2 所示。以下就液化天然氣、甲醇、氫氣與氨氣 4 種燃料，依照燃料性質、技術成熟度、儲存空間需求等面向進行比較如下：

- (1) 液化天然氣(LNG, CH_4)技術相對成熟，國際船舶使用氣體或其他低閃點燃料安全章程(IGF Code)已有完備的法規基礎，目前為應用最廣的替代燃料，但須在極低溫(-163°C)下儲存，儲存空間需求為傳統燃料的 1.6 倍，其雖具過渡性優勢，但長遠減碳潛力有限。
- (2) 甲醇(CH_3OH)可於常溫常壓下儲存，已有相關內燃機應用實例，且國際海事組織亦提出相應安全準則，儲存空間需求為傳統燃料 2.5 倍，在技術成熟與推廣應用方面表現相對平衡。
- (3) 氫氣(H_2)，需在 -253°C 下液化儲存，儲存與操作風險更高，氫氣儲存空間需求高達 4.6 倍，短期內應用仍受侷限。
- (4) 氨氣(NH_3)儲存條件相對寬鬆，僅需在 -33°C 下液化儲存，理論上具零碳潛力，但因毒性强、燃燒風險大，須配合高度安全管理。目前相關技術仍在開發中，例如：中船動力有限公司旗下溫特圖爾發動機有限公司(WinGD)2025 年交付首批氨燃料 X-DF-A 雙動力發

動機，氨燃料動力船預計於 2026 年投入營運，整體技術與風險挑戰仍大。



圖 2 低碳港埠示意圖

國際能源總署(International Energy Agency, IEA)依據不同製程，以不同顏色歸類能源之潔淨程度，常見氫氣製造為例，一般為褐氫、灰氫、藍氫、綠氫。所謂褐氫係以煤碳為來源經由熱裂解或水解等方法所獲得的氫氣稱之為褐氫，灰氫係以液化天然氣等碳氫燃料，經由蒸氣重組方式所獲得的氫氣稱之為灰氫，藍氫係以液化天然氣為基礎，製程上結合碳捕捉與封存(Carbon Capture and Storage, CCS)技術所獲得的氫氣稱之為藍氫，有助降低整體碳排，綠氫係以水為來源，並以再生能源電力(如風電、太陽能)電解水製得，製造過程幾乎零碳排，是目前碳足跡最小的氫氣來源，故稱之為綠氫。除此之外，國際能源總署亦於 2019 年提出藍綠氫與粉紅氫定義，藍綠氫係以天然氣為基礎，採用高溫熱裂解方式所獲得的氫氣稱之為藍綠氫，粉紅氫係以水為來源，但氫氣製造過程採用核能，電解水製成的氫氣稱之為粉紅氫，詳細資訊如表 2 所示。

表 2 氫氣依照不同製造原料與製程方式之定義

氫氣類型	原料	製程方式	碳排程度
褐氫	煤碳	熱裂解、水解	高碳排
灰氫	液化天然氣	蒸氣重組	高碳排
藍氫	液化天然氣	蒸氣重組+碳捕捉封存	中碳排
藍綠氫	天然氣（氣態或液態甲烷）	高溫熱裂解	低碳排
粉紅氫	水	電解水，能源來自核能	淨零碳排
綠氫	水	電解水，能源來自再生能源	淨零碳排

三、我國運輸部門減碳目標及國際航運業減碳趨勢

3.1 臺灣航運業進展情況

回顧臺灣 2050 淨零轉型歷程，自 110 年(2021)蔡總統首度宣示 2050 國家淨零目標起，歷經 111 年提出十二項關鍵戰略，乃至 112 年(2023)將 2050 淨零目標正式納入氣候變遷因應法第 4 條，確立臺灣減碳目標與政策轉型之里程碑。此後，2024 年接續啟動國家希望工程與氣候治理組織，籌組國家氣候變遷對策委員會，以及淨零轉型專案小組，以強化跨部門推動能力，延續至今日(114 年 1 月 23 日)賴清德總統發布國家自訂貢獻行動(Nationally Determined Contributions) 3.0 簡稱 NDC 3.0，做為臺灣減碳方案新目標，象徵臺灣低碳治理與產業轉型，正式邁入行動深化，同時回應國際溫室氣體減量承諾，如圖 3 所示。



(圖片來源：行政院國家永續發展委員會網站臺灣 2050 淨零路徑資料)

圖 3 臺灣 2050 減碳目標推動歷程

後續環境部依氣候變遷因應法第 10 條第 1 項及第 2 項規定於 114 年 2 月 7 日召開「第三期溫室氣體階段管制目標(草案)公聽會」，邀集能源、製造、住商、農業、環境與交通等六大部門，向國人及公民團體說明共計 20 項減碳旗艦計畫，並同步展開社會對話，廣泛徵詢草案修正意見，如圖 4 所示。



圖 4 第三期溫室氣體階段管制目標(草案)公聽會收集公眾意見

行政院 114 年 5 月 6 日核定「第三期溫室氣體階段管制目標」，交通部運輸部門 114 年 7 月 10 日提出「第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案(草案)」，第三期階段目標設定 119 年(2030)全體運輸部門的溫室氣體排放量，需由 94 年(2005)之 3,797 萬噸二氧化碳當量降至 3,037 萬噸，實現約 20%的減碳幅度。為達成此目標，交通部門提出三大戰略支點：首先，(1) 強化公共運輸的服務量能與整體接軌性，設定 119 年(2030)公共運輸年運量達 28.29 億人次為目標，此策略不僅提升運輸工具本身，更重視與都市步行環境及自行車通勤網絡的整合，致力於打造日常低碳的通勤系統；其次，(2) 針對交通工具本身碳排問題，全面推動運具電動化與無碳化，政策範疇涵蓋電動小客車、機車、公車、物流車與垃圾車等，並搭配充電基礎設施建置及法規引導，逐步重塑車輛能源結構；最後，(3) 藉由能源效率的提升穩定中長期減碳動能，具體措施包括智慧運輸系統(Intelligent Transportation System, ITS)導入、節能輪胎推廣、車輛能效標準強化。

因此，交通部門以電動小貨車、大貨車與氫燃料大客車之示範推廣，做為主要旗艦行動的方向與轉型的起始步驟，但未來將進一步於航空業納入永續航空燃料(Sustainable Aviation Fuel, SAF)，十分值得肯定。儘管其目前永續航空燃料不列入國家自訂貢獻行動統計範疇，但已規劃 2030 年達成 5%使用比例，反映我國對國際航空脫碳責任的初步回應，但卻未見船舶航運部門的具體減碳部署，使得整體交通減碳策略尚無航運業層面關鍵績效指標(Key Performance Indicators, KPI)，係因船舶碳排來自移動中的設施，屬於流動性排放量，依據主要是國際海事組織與巴黎協定的國際慣例，國際航行的碳排放不計入任何單一國家的碳排總量，航運業減碳策略受國際海事組織規範。爰此，航運業部分臺灣僅限於國內船舶航行路徑進行減碳，並發展短程運具電動化，例如：日月潭電動船升級推動計畫，將既有柴油船轉型為電動船，以對於水域環境之影響降至最小，未來臺灣仍可藉由完善國內關鍵技術、基礎建設、相關政策及支援行動等，亦可以比照航空燃料方式，規劃制定管制使用比例，以提高國內船舶航線的碳排減量。

3.2 國際趨勢進展與船舶溫室氣體減排措施

近期國際海事組織海洋環境保護委員會第 83 次會議於 2025 年 4 月 7 日至 4 月 11 日於英國倫敦舉行完畢，本次會議旨在於降低船舶溫室氣體排放，以及提高船舶能源效率議題重點，(1) 自 2028 年 1 月 1 日起，溫室氣體減排中期措施：國際海事組織淨零框架草案之要求與罰金制度規定(雙階定價罰鍰機制)，若船舶未採用低碳燃料，總噸位達 5,000 以上國際航線商船、航行於國際航線的船舶，需達成每年規定的船用燃料溫室氣體強度目標值。若船舶實際溫室氣體強度目標達到補償門檻，意即超出「直接合規年度目標」值，則超額部分排放量部分，需以每公噸 CO₂當量(tCO₂eq)100 美元的費率繳納至「國際海事組織淨零基金(IMO Net-Zero Fund)」，倘若再超過「年度基準目標」值的上限，再超額排放部分將依更高費率，採行每公噸 CO₂當量(tCO₂eq)380 美元計算進行繳納，繳納淨零基金將用於技術

轉移、能力建構、尤其是對小島嶼開發中國家(Small Island Developing States, SIDS)與最不發達國家，如圖 5 所示。(2) 為準確計算船舶年度燃料溫室氣體強度，國際海事組織將建立「燃料永續性驗證機制」及「燃料生命週期碳標籤制度」。該制度將依據海運燃料生命週期溫室氣體強度準則(LCA Guidelines)，全面評估燃料從生產、運輸至燃燒階段的全生命週期溫室氣體排放，以確保不同類型燃料的碳足跡得以公平性，做為達成船舶燃料溫室氣體強度目標的重要依據。(3) 國際海事組織確認 2027~2030 年間，船舶營運碳強度指標將持續每年加嚴，訂定年度折減係數為 2.625%，意指各船舶每年必須在基準線的基礎上，每年須額外減少 2.625%的碳排放，做為短期減排措施檢討成果。

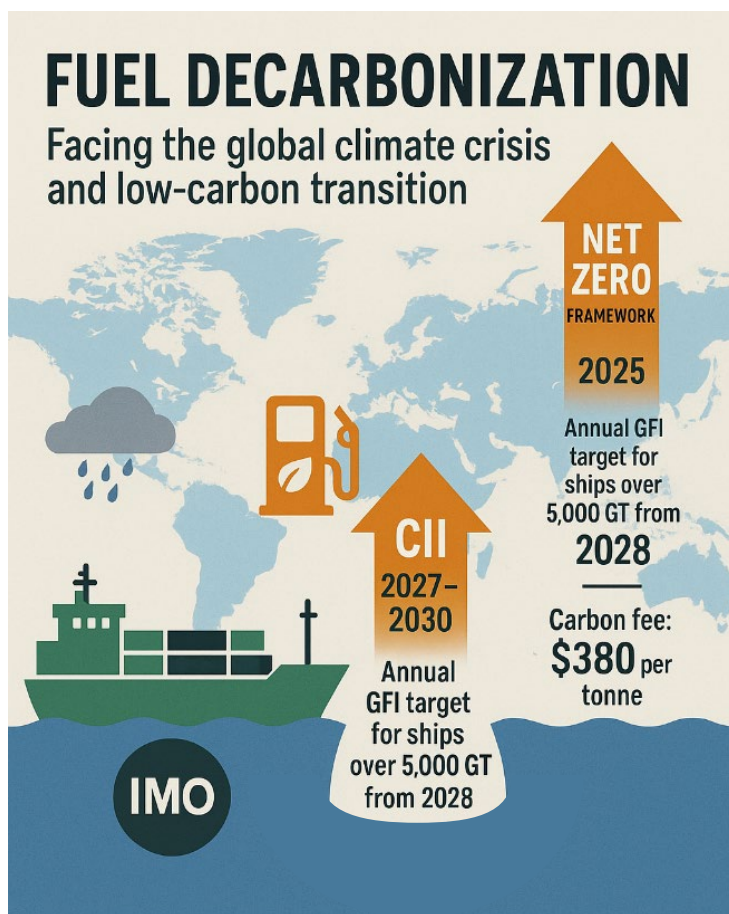
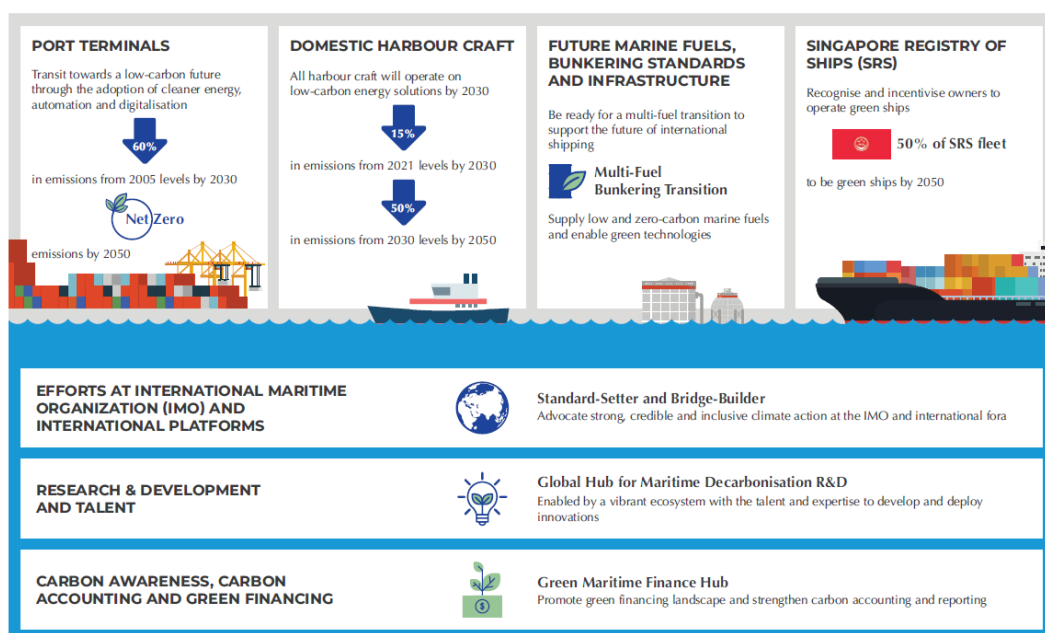


圖 5 國際海事組織海洋環境保護委員會(MEPC)第 83 次會議溫室氣體減排草案

3.3 國際港口佈局

新加坡海事及港務管理局(MPA)為履行聯合國 2030 年永續發展議程、巴黎協定與國際海事組織承諾，與強化新加坡做為全球領先樞紐港與國際海事中心的價值，針對 7 大領域制定「新加坡海事脫碳藍圖：邁向 2050」之長期策略，包括：(1)港口碼頭、(2)國內港務船舶、(3)未來海事燃料、加注標準與基礎設施、(4)新加坡船舶登記制度、(5)國際海事組織與其他國際平台作為、(6)研發與人才培育、(7)碳意識、碳盤查與綠色融資，如圖 6 所示。



(圖片來源：Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint:Working Towards 2050)

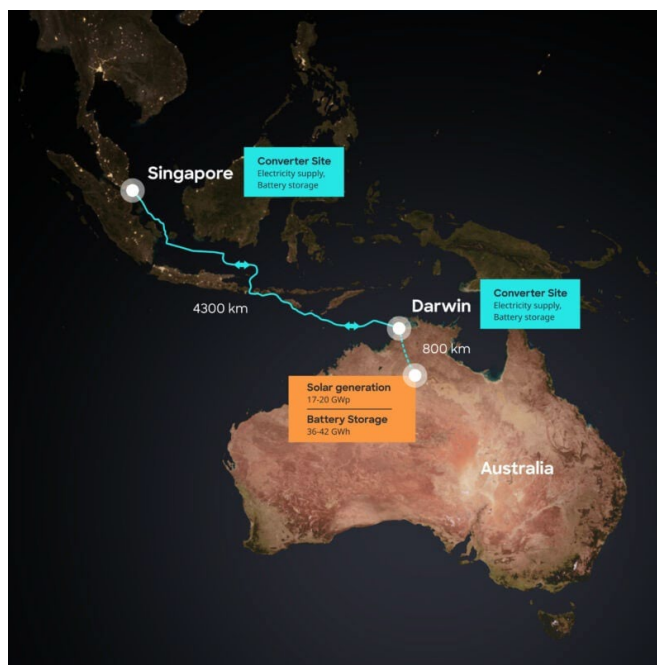
圖 6 新加坡海事及港務管理局(MPA) 2050 脫碳藍圖

- (1)港口碼頭(Port Terminals)，採用更清潔能源(電動化、氫能等)、自動化與數位化以提升效率與減碳，發展港口周邊產業生態鏈，縮短供應鏈，並推廣岸電，以減少碳足跡，未來新加坡 2 家商用碼頭營運商 PSA (PSA Corporation Ltd.縮寫，營業項目濱海貿易中心與集裝箱碼頭)與 JPPL (Jurong Port Pte Ltd.縮寫，營業項目處理鋼鐵、水泥與散裝貨物)目標為 2030 年港口營運總排放量，於 2005 年基礎減少至少 60%，直到 2050 年實現淨零排放。
- (2)國內港務船舶(Domestic Harbour Craft)，新加坡國內港務船執行多項關鍵海事服務，包括：船舶補給、燃油運輸、拖曳及下水等作業，配合國家減碳目標，故新加坡海事及港務管理局(MPA)2030 年前以 2021 年為基準，採用低碳能源解決方案，例如：混合生質燃料、液化天然氣(LNG)、柴油電力混合動力與全電動推進系統，使國內港務船隊的碳排放量減少 15%，2030~2050 年，循序漸進轉向全電動推進與淨零排放燃料，使國內港務船隊的排放量歸零，分階段方式降低新加坡國內海運排放。
- (3)未來海事燃料、加注標準與基礎設施(Future Marine Fuels, Bunkering Standards and Infrastructure)，新加坡做為全球最大船用燃料之加注港，每年可供應燃料 5,000 萬噸，為滿足全球航運業未來的能源需求，規劃朝向提供低碳與零碳燃料之解決方案。新加坡海事 2050 脫碳藍圖探討未來海洋能源技術水準，表示全球航運業最終採用何種低碳或零碳船用燃料仍存在高度不確定性，短期比較可行短期的過渡燃料，LNG 動力船舶，生質燃料技術成熟度高，且與現有基礎設施及船舶之兼容性佳。長期來看，氫氣及其載體(如綠氨、綠色甲醇)，以及生物液化天然氣(Bio-LNG)，有望成為可行的低碳或零碳船用燃料。新加坡境內港口能源選擇生質燃料基礎設施完善度與技術成熟度方面表現尤為突出，

供應較無困難，相較之下，液化氫與船載碳捕獲與儲存(Carbon Capture Utilisation and Storage, CCSU)等技術仍處於初期發展階段，距離廣泛應用尚有一段距離。

- (4)新加坡船舶登記制度(Singapore Registry of Ships)，配合國際海事組織(IMO)溫室氣體目標，建議透過認可與獎勵機制，鼓勵船東採用綠色船舶，目標 2050 年註冊船隊有 50% 為綠色船舶。
- (5)國際海事組織與其他國際平台作為(Efforts at IMO and other International Platforms)，新加坡將在國際海事組織和國際論壇上，積極參與國際海事組織(IMO)制定全球減碳策略與措施，在國際間擔任橋樑角色，推動可信賴與包容之氣候行動。
- (6)研發與人才培育(Research & Development and Talent)，建立全球海事脫碳研發中心，支持創新技術開發與應用，培育低碳燃料、電池技術與碳捕捉等領域的專業人才。
- (7)碳意識、碳盤查與綠色融資(Carbon Awareness, Carbon Accounting and Green Financing)，新加坡將成為全球海洋脫碳研發解決方案的中心，擁有開發、試驗、部署與商業化創新與專業知識的人才培育。

新加坡以理性與現實之角度，瞭解低碳燃料對於該國家轉型的重要性，亦深知新加坡再生能源缺乏難以支撐低碳燃料與國內綠電之使用量，為確保國家長遠發展與存續，澳洲與新加坡正共同合作發展，打造 4,300 公里的澳亞電力鏈，將陽光豐沛之再生能源，透過高壓電纜與直流輸電系統，將電力由澳洲達爾文全天候輸送至新加坡，如圖 7 所示。

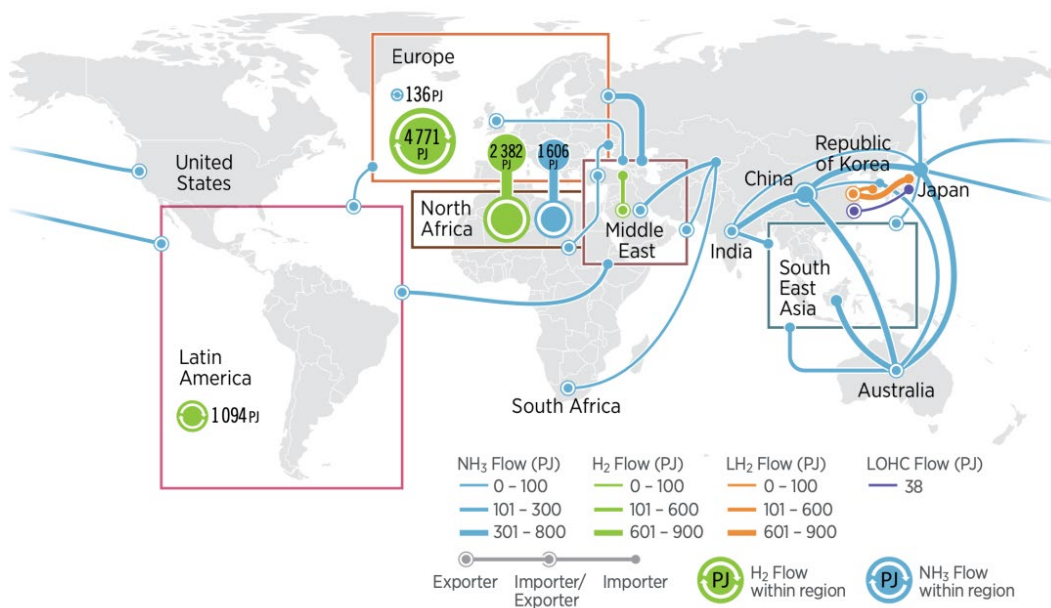


(圖片來源：SunCable)

圖 7 澳亞電力鏈 Australia-Asia Power Link (AAPowerLink)示意圖

四、臺灣港埠低碳化發展與轉型潛力探討

在當前全球能源轉型與氣候治理日益緊迫的背景下，國際港埠與航運業已被迫走向低碳化的關鍵轉折，臺灣正處在國際動盪變局時刻，各港埠國紛紛布局綠氫(氨)補給設施等發展，皆預示著一場前所未有的低碳競賽已經展開。然而，相較臺灣雖然擁有高度仰賴海運的島嶼經濟體系與地理優勢，但在替代燃料基礎設施、法制誘因、產業路徑圖與國際接軌等關鍵面向上，卻仍處於起步與追趕的階段。反觀澳洲由於液化天然氣開採成本不斷增高，國家政策亦逐漸轉向開發新興可再生氫氨能源，並透過新能源產業與全新商業模式為國家增加收入，例如：澳洲 Murchison 沙漠片佈，具有充沛的太陽能與風力，是個太陽能與風能互補之案場，被公認為世界上生產綠色氫氣的最佳地點之一。因此，哥本哈根基礎建設基金(Copenhagen Infrastructure Partners, CIP)於西澳洲 Murchison 投入大型綠氫與綠氨生產計畫(Murchison Green Hydrogen, MGH)，並獲得澳洲再生能源署(ARENA)補助 8.14 億澳幣獎勵補助，總發電容量約 6 GW，再使用 100%再生能源驅動電解槽產製氫氣，並轉化為綠氨，估計產量每年可達到約 180 萬噸，再出口至澳洲的戰略貿易夥伴韓國與日本、新加坡或歐洲，如圖 8 所示。

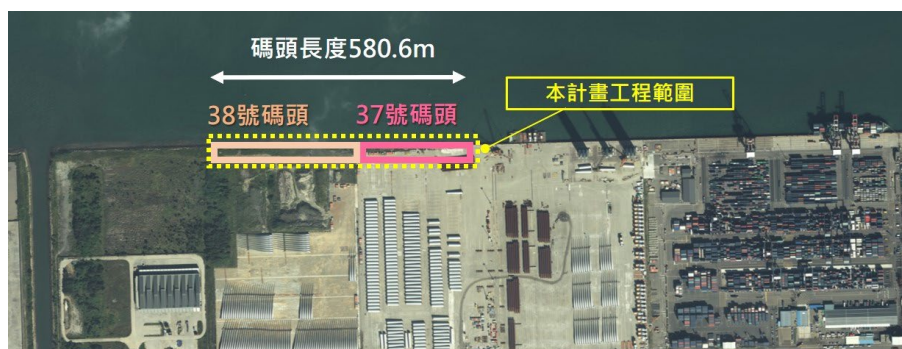


(圖片來源：Markus Strömich-Jenewin, 2025)

圖 8 澳洲綠色氫的主要運輸路線

建議臺灣布局低碳能源港口時，必須兼顧能源轉型進程與地區資源差異性，選擇具備產業條件、轉運節點優勢與政策配套基礎之港口，做為優先示範對象，初步評估臺北港、臺中港與高雄港做為優先推動港埠，分別探討替代能源產業鏈、物流、生產與中轉功能，並進行綜合分析如次：

- (1)臺北港位於新北市八里區，緊鄰淡水河口與臺灣海峽，是臺灣北部重要的國際商港之一，該港為人工填海興建，定位為基隆港的輔助港，港區自 1993 年動工、1998 年啟用後，迅速發展為具備貨櫃、散雜貨、油品與客輪等多元功能的港口設施，整體港區面積達 3,100 餘公頃，其中海域約 2,064 公頃、陸域約 1,038 公頃，具備深水泊位與大型腹地等發展優勢。港區現以汽車物流與大宗散貨為主要營運項目，南碼頭及其周邊倉儲空間具備產業進駐潛力，其他區域仍處於開發階段。根據 110 年工商時報媒體報導，臺灣港務公司與東立物流公司簽約「臺北港智慧車輛產業園區」投資案，規劃導入甲醇重組燃料電池模組做為示範性發電設施，為港區提供低碳基載電力。因此，臺北港目前尚缺乏大規模產氫設施與穩定綠電來源，主要能源仍需仰賴外部輸入，整體能源自足性偏低，現階段以小規模示範為主，尚未規劃對外開放替代能源基礎設施，未來有機會結合林口電廠進行區位開發。
- (2)臺中港涵蓋臺中市龍井、梧棲與清水區 3 處，同樣面向臺灣海峽，為臺灣中部重要的國際商港，港區自 1973 年動工、1976 年啟用，為全臺首座人工填海興建之商港，隨著中部產業聚落發展及自由貿易港區設置，臺中港逐步轉型為具備多元功能的海運樞紐營業項目，涵蓋貨櫃、散裝貨、能源轉運及風電設備專用碼頭等設施，整體港區面積超過 11,000 公頃，是中部地區主要工業原料進口港。此外，鄰近台中火力發電廠與煉鋼廠及工業區，擁有大量能源與終端用戶，同時配合政府推動風電國產化政策，港區內亦建置風電專區，具備風機裝卸、重件組裝及風電零組件生產所需的環境與物流條件。在能源基礎方面，具備使用液化天然氣及整合再生能源(風電、太陽光電)的發展潛力，臺灣港務公司於建構港埠永續韌性上，設定臺中港 114 年完成興建之 37、38 號碼頭為重件專用碼頭，將提供給綠能產業使用，如圖 9 所示。



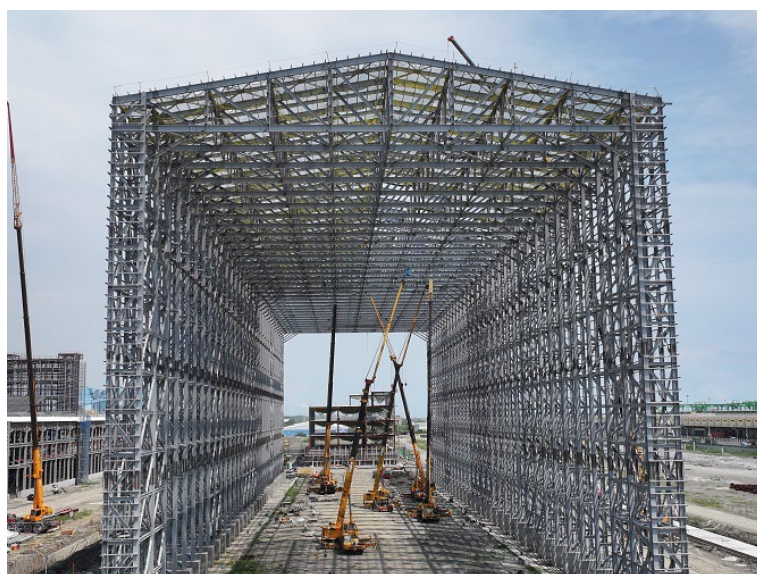
(圖片來源：臺中港務分公司網站)

圖 9 臺中港 37、38 碼頭新建工程示意圖

此外，113 年 6 月 13 日中央社報導台灣肥料公司與哥本哈根基礎建設基金為氫能及其衍生的低碳替代燃料，將在化工、鋼鐵與航運等產業，未來將共同合作提供可行的低碳解決方案，並陸續合作低碳氫與低碳氨的在地生產、進口、儲放、運輸等方面。台灣

肥料公司於化工製程與原物料儲運經驗豐富，配合政府推動二次能源轉型政策，響應國家未來科技與綠能發展方向，已陸續轉型布局乾淨能源事業、液氨全球供應鏈平台，並選擇臺中港增建低溫氨儲槽，積極拓展低碳氨來源，朝國際船舶加氨市場邁進。

- (3)高雄港為臺灣最大且最具指標性的國際商港，港區橫跨鼓山、鹽埕、前鎮與小港等行政區，擁有天然良港條件與深水航道，歷經日治時期及戰後多次擴建，已發展具備貨櫃、散雜貨、油品與軍事等多元功能之現代商港設施，港區總面積逾 17,700 公頃，具備容納 20 萬噸級船舶的泊靠能力，貨櫃與貨物吞吐量長年居全臺之冠，並躋身全球重要港口行列，為我國對外貿易、產業供應鏈與國際航運之核心門戶。此外，高雄港為高密度型港口，區內設有大林火力發電廠、煉油廠與鋼鐵等重工業設施，進口燃料涵蓋煤、石油與天然氣等多元能源，港務公司建構港埠永續韌性上。高雄港設定 114 年之後完善高雄港洲際 A6 碼頭 330 公尺，將該重件碼頭提供給綠能產業之用，如圖 10 所示。根據 114 年中央社報導台灣中油公司，經濟部能源署已委託日本川崎重工，將高雄洲際三期列為潛力場址，並預定建置液氨與氨的接收設施、管線與加氨站等基礎設施。此外，該報導指出台灣中油公司進一步推動全臺首座可移動式加氨站，結合氢能大客車示範運行，做為實體示範場域(目前在高雄楠梓)，雖目前氫氣仍以高壓槽車外運供應為主，但已預設未來將轉型為在地產氫與能源樞紐。



(圖片來源：臺灣港務股份有限公司網站)

圖 10 高雄港洲際一期 A6-B 離岸風場水下基礎組裝基地

總結來說，臺北港能源基礎建設尚屬起步階段、高雄港腹地最大，貿易量最優，且已與逐漸朝向氢能應用的示範場域，處於應用場景整合的戰略節點，具潛力與開發價值，但比較 3 個港口能源條件與環境差異，臺中港工業聚落完整，再生能源連結緊密，相較於高雄港與臺北港，具備發展低碳能源港的優勢，並受惠於設有能源專用碼頭與風電裝卸區，鄰近台灣電力公司台中火力發電廠與中龍鋼鐵公司等終端用能產業，產業鏈集中且具備能

源集散功能，此外，受惠於中部地區豐沛的離岸風電資源，已具備開展綠氫與綠氨製程的可再生電力條件，若由台灣中油公司與企業公司合作推動製氫廠設施，結合港區內之液化儲槽、加注設施與重件物流系統，建立在地化氫氨燃料供應體系，未來基礎設施完善，有機會於 2029 年後鏈入澳洲新氫氨的戰略貿易夥伴，建議優先規劃為低碳船舶與綠色燃料應用之示範港口。

五、結論與建議

雖然氣候變遷因應法已將 2050 年淨零目標納入法制，提供碳費與碳定價等政策基礎，但臺灣在推動低碳燃料的政策設計上仍顯不足，相關制度設計尚未完備，雖然有內水載客船舶電動化規劃與補助機制研究進行，但尚未正式實施碳費或空污費課徵。此外，雖然港務公司已推動船舶進出港減速、設置智慧能源管理系統、碼頭建置岸電 209 座等，但仍缺少電力配載與岸電友善、未來仍可朝向替代燃料佔比提高獎勵、碳強度目標改善獎勵、靠泊費減免獎勵或綠色船舶優先調度等實質誘因的經濟手段。現行多數措施仍以鼓勵為導向，缺乏強制性規範，再加上基礎設施尚未健全、港口尚未部署綠色燃料的加注設施建設，航商難以獲得足夠誘因駐足，進而轉向其他國家尋求服務，削弱臺灣商港轉型的動能。進一步分析，臺灣目前替代航運政策朝向國際接軌做為宣示方向，但整體發展多停留於原則性陳述，尚未對接相應之國際目標，例如 2030 年減排幅度、零碳燃料使用比例、替代船舶建造數量、岸電使用率等關鍵績效指標，使產業投資方難以預期，政策較不容易落實與監督。此外，國際海事組織已設定 2030 年二氧化碳航運業平均碳強度需較 2008 年下降至少 40%、零碳燃料佔比達 5~10% 目標已很明確，但臺灣在此方面尚未響應提出對應指標與國內分階段達成之時程，這種非強制與低誘因之政策結構，較難吸引航運業大規模轉向使用替代燃料，若港埠設施發展與轉型的推進速度無法加緊腳步，我國商港的競爭優勢將逐漸消失。

此外，國際海事組織船舶燃料溫室氣體強度與平均碳強度 2030 年目標明確，臺灣尚未針對航運業建立氫氨等零碳燃料供應體系、驗證制度或相關法規，明確導入目標與時間表，將失去國際技術與政策接軌時機，使本國籍船舶後續面臨高額碳費懲罰，以及對於港埠吸引力與轉運競爭力造成壓力。此外，臺灣亦未有以特定港口或航線為場域的零碳航運走廊 (Green Shipping Corridor) 試行政策，示範帶動與產業鏈整合雖已有零星計畫發展，但整體進程仍待努力，相較於新加坡已啟動低碳與零碳示範、船舶改裝、岸電佈建與多元合作平台，未免於臺灣錯失技術驗證與區域競爭的時機窗口，建議應儘速啟動零碳走廊政策測試點，做為替代燃料導入與船舶轉型的重要起步措施，並比照國際經驗，選擇具備再生能源優勢之港口，推動氫氨低碳能源的測試區、固定式加注站與船型驗證平台，建立完整的示範船隊至替代燃料，提升技術成熟度與政策可行性評估，亦積極爭取與國際航商合作，加速參與全球低碳聯盟與零碳航運走廊的建構。

除此之外，為提升我國航運業參與替代能源轉型的意願，應及早啟動低碳示範場域，以因應未來面臨高額碳費壓力與產業轉型需求，根據現階段評估以臺中港做為優先示範港最為適合。其結合既有離岸風電與綠氫潛力，若能推動示範性綠氫氨替代燃料船隊，以及建置小規模氫氨加注站基礎設施建設，並預留未來港區綠色燃料轉運與補給空間，有助於港區發展與擴大營運使用。法規與誘因配套同步推動設立低碳航運轉型專案基金，降低業者初期投入門檻，並結合靠泊費優惠、綠色船舶優先調度等獎勵措施，進一步放大誘因，將有助於臺灣帶動產業積極投入替代燃料使用，與建構良性循環的綠色經濟體系。

參考文獻

1. 行政院 114 年 5 月 6 日「第三期溫室氣體階段管制目標」。
2. 交通部 114 年 7 月 10 日「第三期運輸部門溫室氣體減量行動方案(草案)」。
3. Global Energy Review : CO2 Emissions in 2021, IEA.
4. Global Energy Review 2025, IEA.
5. MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE 83, 7-11 April 2025, IMO
6. Strömich-Jenewin, M., Saidi, A., Pivatello, A., & Mazzoni, S. (2025). Net-Zero Backup Solutions for Green Ammonia Hubs Based on Hydrogen Power Generation.
7. Sadiq, M., Micallef, A., Apap, M., Licari, J., Caruana, C., & Su, C. L. (2025, May). Next-Generation Sustainable Shipping: A Bibliographic Analysis of Alternative Fuels in Maritime Systems. In 2025 IEEE/IAS 61st Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS) (pp. 1-6). IEEE.
8. Wang, Y., Xiao, X., & Ji, Y. (2025). A Review of LCA Studies on Marine Alternative Fuels: Fuels, Methodology, Case Studies, and Recommendations. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(2), 196.
9. Emblemssvåg, J. (2025). A Study on the Limitations of Green Alternative Fuels in Global Shipping in the Foreseeable Future. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(1), 79.
10. Lyridis, D., & Kostidi, E. (2025). Bridging Technical Challenges and Economic Goals: Project Management for Energy Transition in Maritime Retrofitting. *Energies*, 18(4), 804.
11. Esquivel-Elizondo, S., Walkowiak, B., Sartzetakis, S. S., & Buma, B. (2025). Climate Impact of Direct and Indirect N2O Emissions from the Ammonia Marine Fuel Value Chain. *Environmental Science & Technology*, 59(18), 9037-9048.
12. Wu, P. C., & Lin, C. Y. (2025). Feasibility and Cost-Benefit Analysis of Methanol as a Sustainable Alternative Fuel for Ships. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(5), 973.
13. Li, W., Hu, Z., & Chen, X. (2025). Governmental Functions in Establishing Alternative Marine Fuel Supply Chains in Shipping Decarbonization Governance. *Sustainability* (2071-1050), 17(7).
14. Maritime Singapore Decarbonisation Blueprint: Working Towards 2050.