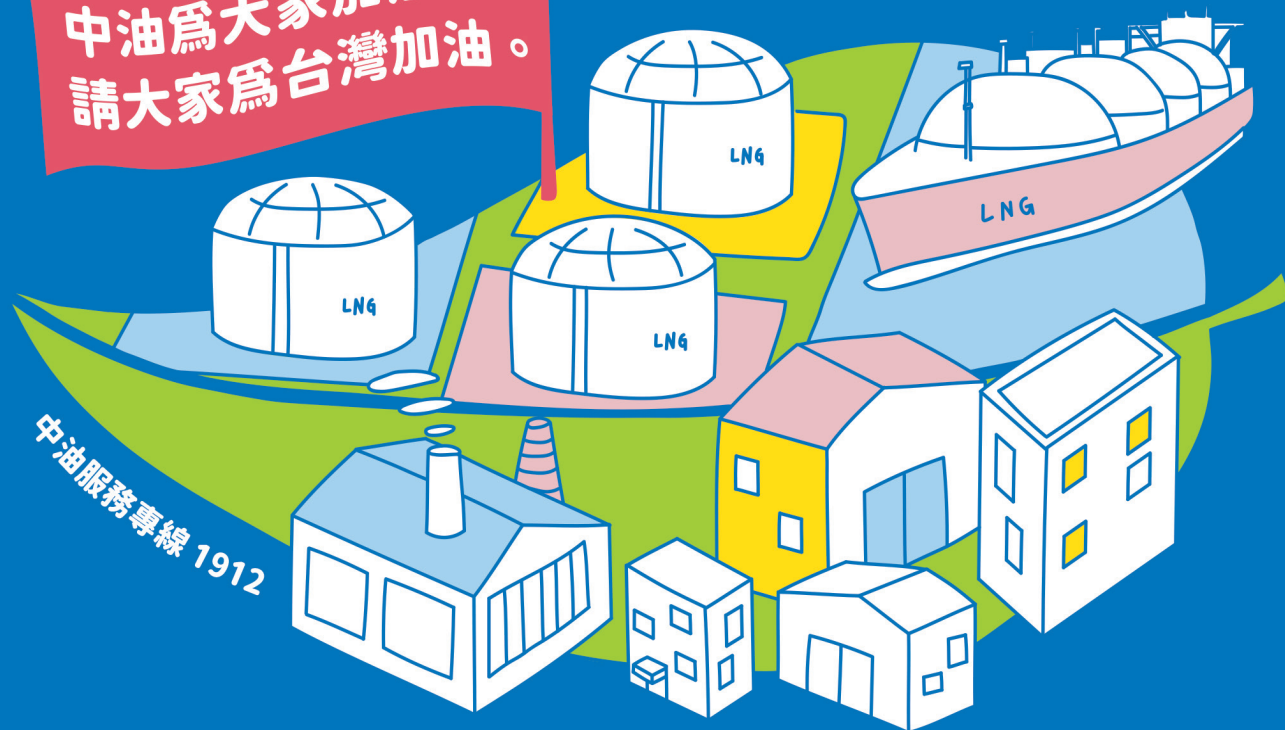


天然氣清潔又安全
一分用心百分安心

中油爲大家加油，
請大家爲台灣加油。



中油服務專線 1912

廣告



台灣中油股份有限公司
CPC Corporation, Taiwan

瓦斯季刊

(一四五期)

中華民國一十二年十月出版

瓦斯

季刊

76年10月創刊 112年10月出版

Fuel Gas Quarterly

145期

改變需要勇氣力量 透視重點力求吸睛

國際瞭望

成立碳交易平台及碳交易所
加速實現全球淨零碳排目標
供應價格氣候等因素相疊加
能源供給恐再陷入無底深淵

能源摘譯

挺過2022年冬季
下一個冬季將如何度過...?

能源探討

寄望液化天然氣發揮強大功效
暫時取代煤炭促進碳排量減少

瓦斯人的園地



欣然氣體燃料事業研究服務社 發行

10年換表

首選

微電腦瓦斯表

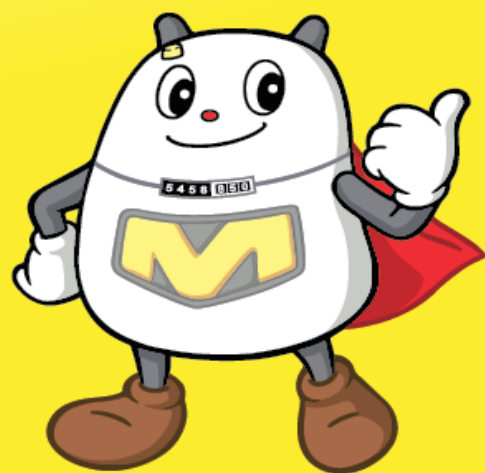
你們家的瓦斯表幾歲了？

一天只多1.3元，加買家人的安全

3

漏氣 超時 地震

大安全遮斷功能



經濟部能源局 關心您 廣告

智慧守護才安全

宣導大使／陳亞蘭

金



微電腦 瓦斯表

3大安全 遮斷功能



漏氣遮斷



超時遮斷



地震遮斷



經濟部能源局

廣告

瓦斯季刊 145期

Fuel Gas Quarterly
76年10月創刊・112年10月出版



封面說明：

穿梭各大海洋之巨型LNG運輸船
瓦斯人的園地

資料來源：

淺談合成天然氣之生產與展望
瓦斯人的園地

發行人：許績陵

編輯委員：（以姓氏筆劃為序）

王文一 李正明 林登章

蔡三郎 盧東岳 謝俊雄

執行編輯：唐惠英

發行所：欣然氣體燃料事業研究服務社

地址：台北市松山區南京東路四段100號12樓

電話：(02)2579-1137

E-mail: sjgrtw@gmail.com

印刷所：鼎順印刷有限公司

地址：新北市中和區景平路703巷2弄1號

電話：(02)2309-1319

E-mail: a638177@yahoo.com.tw

本刊收編印費每本新台幣140元

全年四期收編印費新台幣480元

匯款欣然研究社：華南商業銀行東台北分行

帳號124-10-005376-8

中華郵政台北雜字第1633號執照登記為雜誌交寄

本刊電子網頁 facebook.com/sjgrtw/

目錄

2 編者的話

董事長／許績陵

國際瞭望

3 全球能源發展關鍵下一步-淨零政策與碳交易系統發展

臺灣經濟研究院前助理研究員／徐瑋成

23 俄烏戰爭衝擊下2022年的全球天然氣及能源市場回顧和展望

臺灣中油公司探採研究所前所長暨中國文化大學地質系兼任副教授／翁榮南

能源探討

36 淺談合成天然氣之生產與展望

資深石化人／謝俊雄

能源摘譯

46 國際天然氣聯盟（International Gas Union,IGU）全球天然氣快訊（Global Voice of Gas）第二卷第四期

中華民國公用瓦斯事業協會國際組長／周志誠

瓦斯人的園地

59 獲獎感言 職涯轉換 工作分享

作者／陳意婷 汪宏泳 李志鳴 林鴻興 李宗禧 顏子翔

編者的話

董事長 許傳俊

改變需要力量及勇氣，瓦斯季刊每年發行四期，每期發行量約 1,000 餘本，主要乃分送各 25 家同業及主管機關閱覽，為提升季刊之質感及內容，自今年第 3 期（144 期）之內容蒐集以能更貼近同業需求之施工技術分享、案例探討、國際能源趨勢及國內之能源轉型為議題，並改以彩色版面印刷方式，除顯影顏色豐富及圖表內容更清晰外，並增列「瓦斯人的園地」，第一次出刊即獲同業熱烈回響，給編輯同仁莫大鼓勵，後續仍請各同業針對施工技術、輸氣設備、教育訓練、危機管理、優良事蹟、社會關懷 ... 等面向，提供活動花絮，期讓閱覽者能有所期待及喜愛。

近年來因應能源轉型政策，各國政府積極規劃 2050 年達成碳中和目標，我國亦參與及配合相關政策，期能於期限內達到淨零碳排與國際接軌。鑑於 2022 年 2 月 24 日俄烏戰爭牽動天然氣之市場供應鏈及常規，連帶影響市場價格穩定，我國天然氣均仰賴進口，衡酌天然氣發電占比，2022 年占 38%，預計 2025 年達 50%，屆時天然氣需求將近 2,950 萬噸，除考量擴大進口量，卸收與輸儲能量也是重要議題，另為追求企業永續發展，尋求天然氣以外之能源商機，實乃同業均需積極面對及亟思之問題。

既然是大家的季刊，封面的構思就更為重要，文字的擷取要能讓讀者一目了然，透視本刊的重點，編輯同仁也無不挖空心思力求吸睛，「瓦斯」二字也一改過去的印刷體，^晚就野人獻曝，毛筆隨興提寫「瓦斯」以分享同業。欣然社自 67 年成立，在各位先進的支持及鼓勵之下，刊物少有間斷，只是隨時空環境轉換，探討議題之重點亦因勢利導，適時轉換以迎合同業需求，展望未來研究社同仁仍將持續在有限經費及人力下，繼續服務同業，懇請同業繼續給予支持、指導及鼓勵。

全球能源發展關鍵下一步－ 淨零政策與碳交易系統發展

臺灣經濟研究院前助理研究員 徐瑋成

前言

在全球人口不斷膨脹、工業製造大規模演進及經濟活動的增長，皆導致能源消耗至今急遽增加，電力與供熱能源（燃煤、天然氣等）除為社會大眾的日常生活的必要條件，並已成為滿足產業發展與經濟成長的運行基礎。

然而，在經濟與產業不斷的發展下，二氧化碳、甲烷等溫室氣體（Greenhouse Gas, GHG）也一直增加，導致溫度、海平面上升及紫外光線放射更強，衍生的極端氣候和對生態環境的破壞，皆不利地球的永續發展，且逐漸侵蝕生活環境。氣候變遷（Climate Change）儼然成為各國政府急迫和必須即時因應的關鍵，並將降低碳排放量及平均溫度視為首要之務。

關於氣候變遷議題，各國共同推動淨零政策，透過減碳措施，以抵銷產生的碳排放量，達成「淨零」目標（減碳量總和＝排碳量總和）。隨著淨零議題風潮的蔓延，碳中和（Carbon Neutral）不僅是能源產業的課題，包含科技產業，甚至涵蓋各行各業，因此，產業或個人均是達成碳中和目標的一份子。我國 2021 年響應第 26 屆聯合國氣候峰會（UNFCCC COP26）之減碳共識，宣示於 2050 年達成淨零排放，陸續成立碳交易平台與碳權交易所，以加速達成目標，種種作為顯現推動的決心，及積極與國際接軌。

一、全球淨零排放推動政策與項目觀測

（一）全球淨零排放議題的演進（如圖 1）

1、1997 年「京都議定書」（Kyoto Protocol）

全球開始有共識因應氣候變遷議題，最早可回溯至 1997 年「京都議定書」的簽訂，其內容為規範 38 個國家（包含美國、日本、澳洲、加拿大等）及歐盟，以個別或共同的方式管制人為排放之溫室氣體數量，盼減少溫室效應對環境造成的影響，目標於 2008-2012 年間將溫室氣體排放量降至 1990 年水準平均再減 5.2%。

回顧「京都議定書」未明顯達成減碳成效（如美國與日本碳排放量皆顯著上升，約介於 10-20%），在於沒有要求簽署國承擔任何具體責任，致增加目標成就的不確定性，同時削弱執行力道。

2、2015 年「巴黎協議」（Paris Agreement）

鑒於「京都議定書」減碳的成果不佳，2015 年 12 月 COP21 訂定「巴黎協議」推動新措施，參與國增至 195 國，預期達成全球平均氣溫升幅控制於工業革命前（18 世紀）水準以上、低於 2°C 之內，此外，並提出更具雄心的目標，即督促簽約國致力將氣溫升幅控制於 1.5°C 之內。

「巴黎協議」除訂定目標期程與成效外，同時要求簽約國提出「國家自定預期貢獻」（Nationally Determined Contributions, NDCs），即明確的溫室氣體減量目標、規劃期程、涵蓋範圍等量化資訊，以促進推動政策的公開透明性，並從各國的自定目標，檢視與監督執行減碳的力度。

令人惋惜的是「巴黎協議」雖較「京都議定書」有更完善的制定目標與減碳措施，惟 2015-2018 年全球的碳排放量仍增加約 10 億噸，顯示效益不如預期，雖然成效不彰，但在「巴黎協議」後，全球達成某些非量化之成就，包含淨零的常態化、能源轉型崛起、降低傳統化石能源的使用與相關補貼等，淨零排放的思維與觀念已慢慢根植人心。

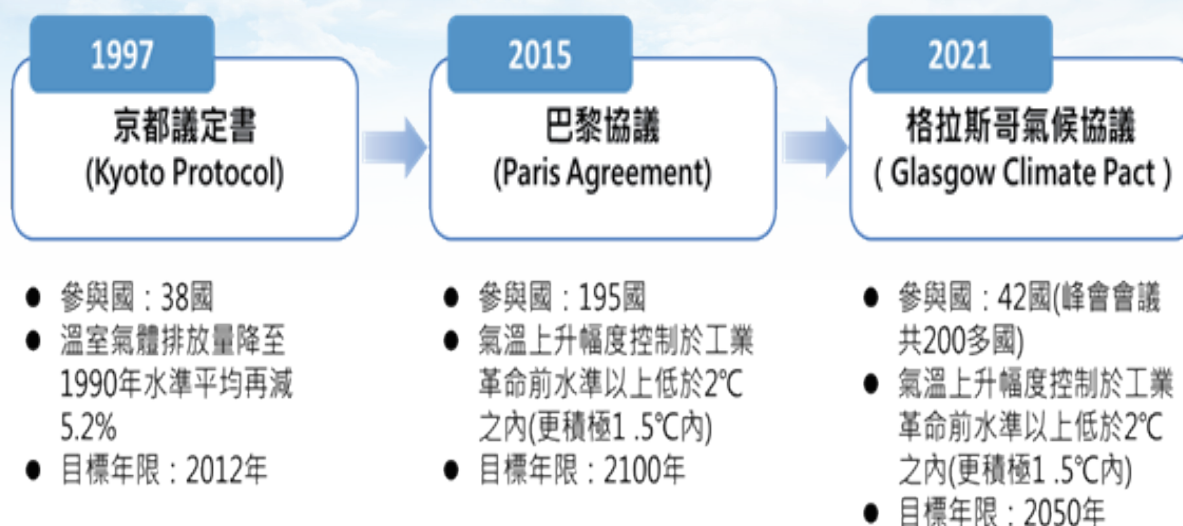
3、2021 年「格拉斯哥氣候協議」（Glasgow Climate Pact）

在淨零的意識逐漸崛起下，2021 年世界各國緊鑼密鼓加強對減碳的要求與共識，於同年 10 月舉辦之 COP26，共計 200 多國參與，促成「格拉斯哥氣候協議」定案，除重申「巴黎協議」提及的全球平均氣溫升幅控制低於 2°C（長遠積極目標為 1.5°C 之內），並要求各國應於 2022 年再度更新 2030 年減量承諾，將目標年限訂於 2050 年達成淨零排放。

COP26 大會上除簽約的 42 個國家，另外多國也因應協議提出相關政策與措施，包含甲烷減量承諾（Global Methane Pledge）、全球燃煤朝潔淨電力轉型宣言（Global Coal to

Clean Power Transition Statement) 及脫煤者聯盟 (Powering Past Coal Alliance,PPCA) 等，從上述資訊可知，降低傳統能源使用量與促進能源轉型是各國 / 聯盟之重點。2050 年為淨零排放的關鍵檢視年度，將達成目標的年限逐漸推前，顯示急迫性與保護生態的必要性。

圖 1 全球淨零排放議題大事記



資料來源：本文繪製。

(二) 各國政府淨零排放目標與政策

世界各國推動之淨零政策，主要以 2050 年為終期目標 (如歐盟、美國、英國、日本及韓國等)。少部分能源消費大國或傳統油氣出口國，考量國內市場消費性與傳統化石能源出口情勢 (涉及國內能源轉型步調，及能源出口之商業利益)，將淨零目標設定於 2050 年後 (如中國大陸、俄羅斯、沙烏地阿拉伯及印度等)，大多數非洲國家同樣設定於 2050 年後達成，但部分歐洲國家積極推動提前淨零目標 (如德國、瑞典及葡萄牙等)，設定於 2045 年達成 (如表 1)。

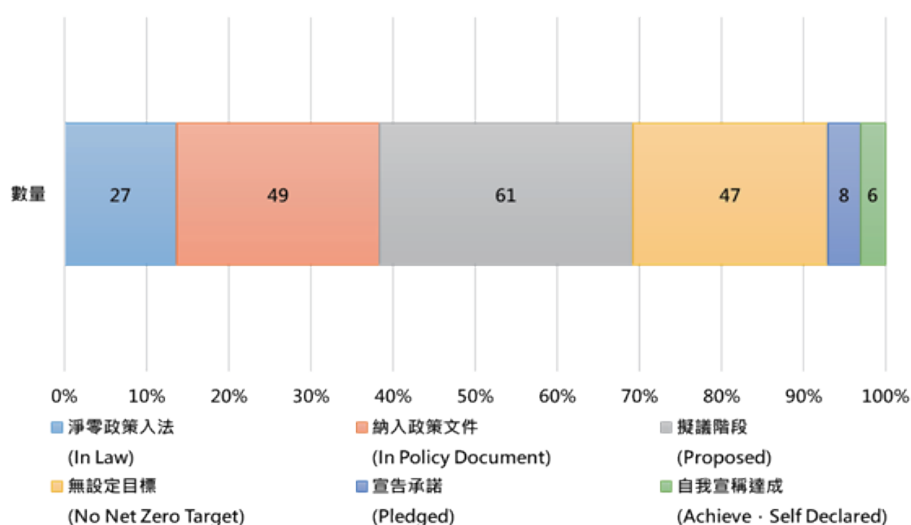
表 1 國際指標性國家淨零排放目標年限

分類	國家 / 組織	目標期程（年）
2050 年以前達成	德國	2045
	瑞典	2045
	葡萄牙	2045
2050 年達成	歐盟	2050
	美國	2050
	英國	2050
	澳洲	2050
	日本	2050
	韓國	2050
2050 年以後達成	中國大陸	2060
	俄羅斯	2060
	沙烏地阿拉伯	2060
	印度	2070

資料來源：各國政府，本文彙整。

全球淨零政策與相關規劃，多數國家處於政策階段或宣告階段，實際入法的國家比例仍偏低。依據國際網站 Net Zero Tracker 的統計資料（如圖 2），全球僅有 14% 將淨零目標正式入法，25% 制定於政策文件中，4% 對外宣告承諾。其中，31% 尚在擬議階段，占比最大，另外更有 24% 未訂定淨零排放目標。

圖 2 全球各國政府淨零排政策概況



資料來源：Net Zero Tracker，本文繪製。

觀察上述統計資料，各國設定淨零目標年限、處置階段（如入法或宣告）皆是淨零目標的態度及堅定執行決心的展現，再者，從多數國家處在政策擬議及無設定目標的階段，顯然對淨零排放的推動仍趨向保守，不僅讓外界認為終將淪為口號，或更像是遙不可及的願景。

（三）全球淨零排放遭受之阻力

淨零排放達成與執行度，除如前述視各國政府推動的決心與力道外（內部因素），外在的干擾因子亦為影響發展的阻力。依 2020 年聯合國世界氣象組織（World Meteorological Organization, WMO）11 月報告：2020 年爆發新冠肺炎 (Covid-19) 疫情，各國執行封城與鎖國政策，導致工業生產與經濟活動銳減，估計 2020 年全球碳排放量減少約 4.2% 至 7.5%，雖然疫情使各國蒙上陰影，但期間唯一值得提的是碳排放確實有減量。

2021 年 Covid-19 疫情減弱，各國經濟開始緩慢復甦，產業與民生活動逐漸回歸常軌，然而同年 9 月歐洲爆發能源危機，起因於再生能源發電的不穩定，為滿足電力需求，加大燃氣發電的供應，間接引發歐洲市場的天然氣價量競爭，導致現貨價格飛漲，影響全球天然氣市場價格，由於天然氣價格過於昂貴，歐洲國家增加其他替代能源（如燃煤或核能發電）應急，其中燃煤的使用，增加碳排放。雪上加霜的是 2022 年發生俄烏戰爭，俄羅斯大幅減少對歐洲的管道天然氣供應，導致歐洲天然氣管輸量爆減，並促使天然氣價格處於高水位，歐盟除積極向外界採買外，規劃延長燃煤及核能的除役年限。除歐洲外，部分亞洲新興市場國家（如印度、孟加拉及泰國等）因天然氣價格過於昂貴，迫使改用燃煤或燃油發電，亦讓碳排放量增加。

2022 年召開 COP27，會中討論有關俄烏戰爭打亂歐洲地區的減碳計畫及步調、檢視 NDCs，發現各國對於減碳的力道與決心明顯不足。聯合國環境規劃署（UN Environment Programme）於同年發布 Emissions Gap Report 2022 報告，自 COP26 峰會以來，參與國對於 2030 年減碳的承諾與行動達成率不到 1%，貢獻度微乎其微。綜觀 COP27 的會議資訊，對於全球達成淨零似乎感到後繼

無力，聯合國秘書長希望各國應致力實現 2050 淨零目標之達成，否則難以面對極端氣候與其他因素造成的長遠衝擊。

二、全球淨零政策與碳交易觀測

(一) 亞洲國家的碳政策概況

1、亞洲地區為全球能源消費關鍵市場

亞太地區擁有世界級的能源消費大國，尤其液化天然氣（LNG）的主要進口國皆位於亞洲市場。依據國際 LNG 進口國家組織（GIIGNL）的年報資訊，全球 LNG 貿易量於 2022 年達到約 3.89 億萬噸，較 2021 年成長約 4.5%。

全球前 5 大 LNG 進口國（如表 2）依序為日本（18.5%）、中國大陸（16.3%）、韓國（12.1%）、法國（6.4%）及臺灣（5.1%），其中亞洲國家就占 4 名。另外，根據歷年前 5 名名單中之印度下滑至第 6 名（5.1%），值得關注的是，俄烏戰爭前法國之 LNG 進口量未如此龐大，惟為彌補戰事導致的俄羅斯管道天然氣供應量之減少，不得不擴大進口量，成長將近 2 倍。

表 2 2022 年全球前十大 LNG 進口國概況

排序	國家	進口量（萬噸）	全球占比（%）
1	日本	7,216	18.5
2	中國大陸	6,332	16.3
3	韓國	4,719	12.1
4	法國	2,475	6.4
5	臺灣	1,996	5.1
6	印度	1,990	5.1
7	西班牙	1,930	5.0
8	英國	1,882	4.8
9	荷蘭	1,190	3.1
10	土耳其	1,063	2.7

資料來源：GIIGNL，本文彙整。

亞洲地區一直以來為 LNG 的重點市場，2022 年僅前 5 大國之進口量，即占全球總量約 57%。除天然氣外，其他傳統化石能源（包含石油與燃煤）同為所需之能源，尤其中國大陸與印度熱能消費及電力供應極大程度仍仰賴燃煤發電。亞洲國家為進口大宗，在能源轉型的進程中及降低化石能源使用的

策略下，指標性國家的淨零戰略是值得關注的焦點，其政策內容與推動力道，亦將影響全球碳中和的相關交易與驅動能源產業的變化。

2、亞洲指標性國家淨零與碳交易政策觀測

工業製造與民生消費皆會造成碳排放量增加，其他如交通工具（陸運、海運）的燃料消耗、農牧場的碳足跡亦是碳排來源，尤其能源供應（電力）為碳排放來源之主要因素，以下針對亞洲國家淨零政策研析如后：

(1) 日本

2020 年首相菅義偉宣布 2050 年實現碳中和目標，並在同年底發布「綠色成長戰略」，於各領域施行綠化，以降低溫室氣體排放。除推動淨零政策外，2021 年通過《全球變暖對策推進法》，將目標明確入法，並於 2022 年 4 月實施。

除此之外，陸續推動其他政策，以全方位角度涵蓋整個淨零項目，如「第 6 次能源基本計畫」，預期 2030 年前改變能源組合（再生能源至少達到 36%）；「脫碳基礎設施倡議」，強化 J-Credit（日本碳抵換額度）及促進碳排放量額度的自由交易。

2023 年推出「碳權交易制度」，自 2022 年起透過東京證券交易所（Tokyo Stock Exchange, TSE）實行碳權交易的試點計畫。未來碳權交易將透過日本交易所集團（Japan Exchange Group, JPX）執行，除東京證券交易所外，還包含大阪證券交易所與東京商品交易所，期望 2026 年實現全國碳交易之願景。

(2) 中國大陸

中國大陸為全球第 1 大碳排放國家，碳排放量在 2021 年已達 121 億噸，約占全球總量 33%（全球約 368 億噸），將減碳視為能源轉型的關鍵項目。2020 年底提出「2030 年前碳達峰、2060 年前碳中和」的淨零目標；2021 年公告「2030 年前碳達峰行動方案」，期盼 2030 年前積極推動減碳措施；

2022 年宣布「科技支撐碳達峰碳中和實施方案（2022-2030 年）」，由國家發展改革委員會與工信部主導，藉由科技創新、應用示範與人才培育等方式，促進淨零排放。

有關碳權交易部分，2021 年建立全球碳排放交易機制，作為實現 2060 年淨零目標的政策工具，另因應交易機制的成立，同年啟動全國碳排放交易體系（Emissions Trading System, ETS），其中碳交易先期集中鎖定排碳大戶的電力及能源業者。

(3) 韓國

2021 年宣布《應對氣候危機的碳中和綠色成長基本法》，明確將 2050 年淨零目標入法，期望降低非潔淨能源的使用率，長期下冀望達成停止火力發電，與國際能源署（IEA）2021 年發布報告中的規劃路徑及呼籲一致。2023 年 3 月公布「國家碳中和綠色成長基本計畫（草案）」，為因應基本法實施所展開的淨零計畫，除訂定 2030 年國家碳減量目標外，同時制定各部門的年度減量目標，基本法中要求政府每 5 年針對碳中和成長基本計畫進行檢視（如減碳量是否達標）。

在國際瀰漫淨零排放的風潮下，2020 年修改《排放交易法》，允許金融機構參與次級市場的碳交易，以提高市場流動性。2015 年實施全國性的碳排放交易系統（K-ETS），由政府設定溫室氣體排放總量及發給排放許可證，企業在市場購買排放許可證。2022 年 11 月召開 K-ETS「排放權分配委員會」，透過會議改善碳交易制度，K-ETS 成為實現淨零目標之關鍵工具。

(4) 印度：

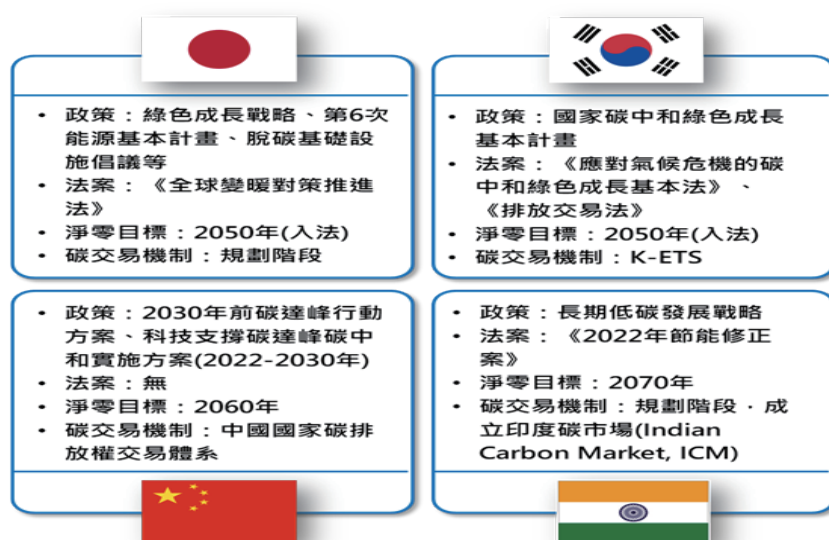
淨零推動腳步相對其他亞洲國家較慢，於 COP26 中提出 2070 年達成淨零目標，比多數國家整整晚 20 年。2022 年推進腳步，總理莫迪於同年 8 月核准「國家自主貢獻（NDC）」更新版本，並發布「長期低碳發展戰略」，重點

為透過提高燃油效率與潔淨能源（包含電動車）大力推動再生能源、能源效率與發展低碳交通；增加森林覆蓋率；推廣氫能（Hydrogen Energy）；鋼鐵與非金屬（水泥、石膏等化學品）產業製造過程中尋求低碳方案。

2022 年底通過《2022 年節能修正案》，樹立推動碳交易的里程碑，為後續的碳交易市場進行鋪路。2023 年 7 月電力部宣布成立碳交易市場及國家指導委員會，促進碳交易推動，並對市場之運作進行監管。

綜觀亞洲指標性國家的淨零與碳交易政策（如圖 3），均提出明確的目標年限，日本與韓國甚至將淨零目標入法，以強化政策執行的決心。此外，各國將碳交易視為有效且關鍵的政策工具，藉由碳交易機制，透過自由市場的競爭，促使企業或部門進行減碳，並進一步與國際看齊。

圖 3 亞洲國家淨零與碳交易政策概況



資料來源：各國政府，本文繪製。

（二）全球碳交易機制發展概況

1、全球碳交易起源與概念

碳交易的概念最早可追溯至 1960 年代的排汙權交易（Emissions Trading），重點為汙染物排放總量不超過設定

之排放量，各部門（或企業）的污染物（如空氣、水源）透過交易，進而達到減量，維護環境之目的。

簡而言之，污染物排放在經由市場的自由競爭制度，透過價格與數量的權衡機制，一定程度的增加部門 / 企業的製造污染物與排放的成本，若部門 / 企業無法透過市場交易獲得排放權益，需減少污染源，或面臨裁罰的狀況。前述的概念套用至氣候變遷的碳排放議題，碳排放被視為污染源，碳權與碳交易透過市場機制，促進減碳效益（如圖 4）。

圖 4 碳交易概念示意圖



資料來源：本文繪製。

2、歐美碳交易市場機制與概況

國際上較具規模的碳交易機制為歐盟碳交易體系（EU-ETS），自 2005 年成立，區分 4 階段，每階段設立不同目標，目前處於第 4 階段（2021-2030 年）。EU-ETS 由歐盟制定排放總量限額，適用於歐盟會員國及歐洲經濟區 - 歐洲自由貿易聯盟國家（EEA-EFTA states；包含冰島、挪威等）。

在歐盟管控排放總量下，各國排放額度透過拍賣機制（Auctioning）獲得，除拍賣外，也設有免費配額（Free allocation）。針對部分部門如能源部門、工業部門及交通部門（航空業）嚴格執行，其中，又以能源部門為製造碳排放之首，自 2013 年以來，電力業者恪遵義務購買發電所需的配額。另提供某些會員國免費配額（如保加利亞、匈牙利等），以實現能源部門的現代化。歐盟碳權拍賣主要由歐洲能源交易所

（European Energy Exchange,EEX）負責，並在第三共同拍賣平台進行（The Common Auction Platform,CAP3）。

第 3 階段（2013-2020 年）碳交易為轉型關鍵，由單一排放總量上限，取代過往的範疇，而免費份額亦自本階段起以拍賣方式取代（第 4 階段仍有部分國家保有免費份額），另外，碳排放適用的產業與能源亦逐漸延伸擴大。從第 3 階段可見歐盟逐步強化對碳排放的管制及減碳的重視。

為配合 2050 淨零目標的實現，2021 年啟動第 4 階段，關鍵為加速淨零的腳步，排放配額總量從現行的 1.74%，以每年 2.2% 的速度下降。此外，為加強減碳力道，自 2026 年逐步減少免費份額，規劃自第 4 階段末（2030 年）將降至零。

表 3 歐盟 EU-ETS 各階段演進趨勢

階段	主要內容
第 1 階段 (2005-2007)	●管制範圍為電力與能源密集型產業之碳排放 ●補貼免費提供予企業
第 2 階段 (2008-2012)	●免費份額占比下降至 90% ●加入冰島、列支敦士登及挪威 ●降低補貼上限
第 3 階段 (2013-2020)	●以歐盟範圍內的單一排放上限取代過往的國家上限制度 ●以拍賣方式分配免費份額 ●納入更多管制產業
第 4 階段 (2021-2030)	●降低排放配額總量 ●免費配額預計至第 4 階段末將降至零 ●2024 起將涵蓋海上交通排放 ●將碳交易的收入挹注於社會氣候基金（2026 年）

資料來源：EU，本文彙整。

3、美國成立全球第一個碳交易平台

美國的碳交易開啟於 2003 年芝加哥氣候交易所（Chicago Climate Exchange,CCX）的成立，為全球最早的碳權交易所，具法律效益與自願性的碳交易平台，主要針對北美與南美市場，採取會員制度（多為大型企業），透過交易所買賣碳權。CCX 為碳交易所的始祖，但當時政府對減碳的態度未如目前積極，且歷經 2008 年金融海嘯，在市場需求緊縮下，多數企業撙節支出不願對減碳進行投資，而國會也一再擱置碳排放交易法案。最終，在政治因素與市場環境的雙重

影響下，於 2010 年結束碳交易業務，同年被洲際交易所集團（Intercontinental Exchange, ICE）收購。

美國如同歐盟很早重視碳排放，建立碳交易機制，但總體發展規模與歐盟相比仍有落差，且歐盟推動方式由中央進行主導，上至下展開（Top-Down），美國則類似多點開花，都以州 / 跨區方式發展碳交易體系（Bottom Up），較知名的碳交易體系包含加州碳交易計畫（California's Cap-and-Trade Program, CCTP）、區域溫室氣體倡議（Regional Greenhouse Gas Initiative, RGGI）及西部氣候倡議（Western Climate Initiative, WCI），尚未形成國家級系統性的碳交易。依據上述資訊，碳交易大都為滿足州政府（如加州），或區域的減碳目標，非以國家（聯邦）層級推動，故總量管制及設定目標涵蓋範圍較小。

4、亞洲地區雖發展較歐美腳步慢，但已逐漸建立交易機制

綜觀亞洲國家（如日本、韓國及中國大陸等）碳交易機制發展均較歐美國家晚，然而經過長時間演進亦逐漸發展成型。

日本在「京都議定書」後開始推動碳交易規劃，於 2005 年成立「自願性排放交易機制（Japan's Voluntary Emissions Trading Scheme, JVETS）」，為第一個全國性及屬於自願性質的碳交易體系，然而因是自願性質，企業的參與度不高，以致減弱減碳的預期效益，最後在 2012 年走入歷史。地區性的碳交易機制為 2010 年成立的「東京碳交易制度（Tokyo Cap-and-Trade Scheme）」，與美國加州碳交易性質相似，針對地區（如東京）提出總量管制與進行碳權交易，並設立兩階段目標（第 2 階段至 2020 年止）。

中國大陸早期亦有碳交易的試點計畫，2011 年分別於沿海發達城市（如北上廣深）實行地區性的試點計畫，作為推動全國性碳交易的前置作業與試金石。2017 年成立全國性的碳交易體系，至 2021 年全國性的碳交易市場正式啟動，初期涵蓋範圍主要為電力業者，後續逐漸拓展至其他產業。

韓國 2010 年通過《低碳、綠色增長框架法案》，為推動碳交易的實行基準，在經過兩年的試點階段，2012 年啟動強制性目標管理系統（TMS），2015 年推動全國性的碳交易體系 K-ETS，是亞洲首個國家級的碳交易系統。K-ETS 的發展分為 3 個階段，第 1 階段 2015-2017 年、第 2 階段 2018-2020 年及第 3 階段 2021-2025 年。K-ETS 原本的碳交易僅限於國內抵換，但第 3 階段放寬國內碳權可與國際抵換（但有 50% 上限）。K-ETS 的交易主要由韓國交易所（Korea Exchange,KRX）負責，交易方式分為韓國碳排放配額（Korea Allowance Unit,KAU）、韓國核證抵消排放權（Korea Credit Unit,KCU）及韓國核證抵消減排量（Korea Offset Credit,KOC）。

（三）全球碳交易市場發展趨勢

1、國際碳定價概況

隨著淨零議題熱度的增加，國際的碳價格亦水漲船高，依據世界銀行（World Bank）發布的 State and Trends of Carbon Pricing 2023 報告，國際碳價格在 2020 年前約落於 10-30 美元 / 噸區間，但 2020 年後呈現劇烈幅度的成長，以歐盟 EU-ETS 為例，2021 年突破 60 美元關卡，2022 年更增長超過 100 美元（如圖 5）。除歐盟外，其他國際指標的碳交易體系（如美國加州碳交易體系、美國 RGGI 與韓國 K-ETS 等），其價格成長趨勢與 EU-ETS 相近。

另外依據報告統計資料，全球的碳價（包含 ETS 與碳稅）以歐洲地區作為淨零的主要推動及領導者，平均價格高於大多數國家，定價前 10 高的國家即佔 9 席，其中列支敦斯登（Liechtenstein）、瑞典及瑞士皆高於 100 美元 / 噸。相對亞洲的碳排放大國（如日本、韓國及中國大陸等），價格卻不到 20 美元 / 噸，除價格的巨大差異外，並體現歐洲與亞洲對於淨零執行的態度與方向。

圖 5 國際主要碳交易體系碳價變化趨勢

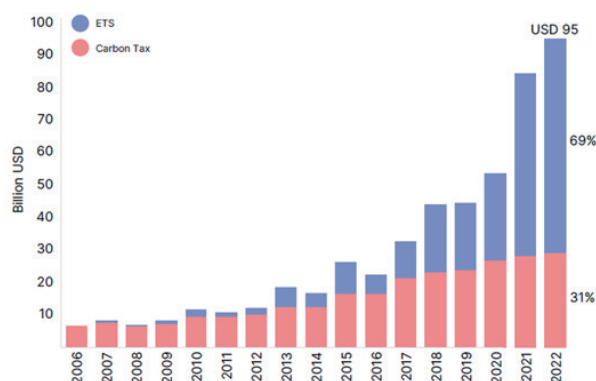


資料來源：World Bank。

2、國際碳交易市場規模概況

全球碳權的營收主要來自碳稅與 ETS，2015 年收入不到 300 億美元，之後開始緩步爬升，至 2020 年明顯轉折達 500 億美元，不但比以往碳稅營收占比高，且呈現趨近持平的狀況，2021-2022 年爆發性成長，2022 年達到 950 億美元高峰，較 2021 年增長近 10%，其中將近 7 成的營收來自 ETS（如圖 6）。

圖 6 國際碳權營收變化趨勢（含碳稅與 ETS）



資料來源：World Bank。

近年碳權的營收大幅增長，以市場而言，歐盟為全球碳權營收貢獻的最大宗，2022 年 EU-ETS 交易額達到 420 億美元，將近占全球碳權營收約 44%。目前 EU-ETS 的碳權仍有部分為免費份額，歐盟宣示在第 4 階段逐步減少，預期將增加碳交易的劇烈程度，再度刺激碳價的上升。

此外，碳權份額的拍賣同樣具備龐大價值，依據統計資訊，2012-2020 年歐盟與歐洲經濟區國家的碳權份額拍賣累積收入達 570 億歐元，2021 年單年的收入更高達 310 億歐元，主要來源為德國、波蘭、西班牙、法國及義大利等國。預期未來碳價格逐漸飆升的發展下，碳權拍賣將創造更大的營收，成為各國的收入，EU-ETS 規範會員國需提撥收入的 50%，用於能源或淨零相關項目。不僅碳權拍賣的收入用於促進淨零，歐盟規劃 2026 年成立社會氣候基金（Social Climate Fund），推進交通與建築部門的減碳，同時降低小型企業、弱勢家庭與用戶的成本，尤其對弱勢族群的照顧方面投入更多心力。社會氣候基金的資金來自 EU-ETS 的碳權拍賣所得，及會員國的資金貢獻，預估達 860 億歐元。

三、我國淨零政策與碳交易概況

（一）淨零推動歷程

政府一直以來致力推動能源轉型與實現淨零排放，綜觀歷年持續配合國際淨零趨勢，在政策及法規上的演進如后：

- 1、2015 年環保署公告實施《溫室氣體減量及管理法》。
- 2、2021 年響應 COP26 格拉斯哥氣候協議，跟進國際 2050 淨零排放目標。
- 3、2022 年國家發展委員會發布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」。
- 4、2023 年 1 月立法院通過《溫室氣體減量及管理法》修正為《氣候變遷因應法》，明確將 2050 年淨零目標入法。
- 5、2023 年 8 月成立「臺灣碳權交易所」。

在推動能源轉型政策與淨零法案後，進一步催生碳交易體系，碳交易為眾多國家關鍵的減碳政策，作為實現淨零目標的推手之一，我國亦步亦趨跟進，盼與全球無縫接軌。

（二）碳交易發展的分析

碳交易被國際視為減碳的關鍵項目，然而碳交易產生的預期效益與是否達到減碳目的，和眾多層面環環相扣，涉及諸多議題。若要透過碳交易體系達成減碳，有賴多方面的配合，如后：

1、淨零政策與執行力道

依據先進國家淨零及碳交易推動案例，各國皆有推動淨零政策或通過法案，並成立碳交易體系。淨零政策包含目標年限、年度的減碳量設定、罰則及推動期程，均會影響減碳，如搭配發展再生能源、降低石化燃料等，政府有明確往減碳的路徑邁進，才能使民間或產業感受到決心與執行力道，為碳交易促進減碳注入強心針。

2、豐富的交易經驗與具規模的平台

觀察國際碳交易發展歷程，眾多國家／組織於 21 世紀初期即開始碳交易（如美國及歐盟），亞洲先進國家於 2010 年後亦逐漸發展，皆已具備深厚的交易經驗。除經驗外，碳權可視為一種金融性商品，根據國際概況，先進國家多由國家或大型交易所負責，如美國 ICE（全球最大的碳交易平台）、韓國 KRX 及日本 JPX。國際大型交易所具備之優勢為龐大的交易量、眾多的會員及完善的交易設計等，對促進碳交易熱絡發揮極大的作用。

3、碳排放的監測、驗證與管制機制

碳排放其中一項關鍵為監測、報告與驗證機制（Monitoring, Reporting and Verification, MRV），若無法落實對碳排放量的監測與驗證，不利於管制部門及企業的碳排放實際情形，除難以持續追蹤與掌握真實的減碳效益外，對設定總量管制與份額分配等將造成嚴重落差或甚至不公之情形，因此監測與驗證需有專業團隊搭配科技（感測、數據匯集、分析軟體等），以建立公正且一致的計算公式及機制。

首先，我國已依前述要素將淨零目標入法，積極推動能源轉型，包含提升綠能發電占比、降低火力發電等；淨零政策之實施，有助於減碳及碳交易的熱絡度，達到宣示作用，並依期程察查淨零路徑品項，如每年度的達成目標、實質的細部工作項目、定期檢視（每 3 年發布溫室氣體報告、5 年一期管制目標）等，以掌握執行進度。

《氣候變遷因應法》尚未明確訂定納管的產業及優先執行順序，僅針對能源、製造、住商、運輸等部門設定階段管制目標，如能規範得更細緻，效益定加劇及倍增。國發會 2022 年發布「淨零排放路徑」

政策，除與《氣候變遷因應法》符合，亦需因應新法案的通過做調整；綜觀國際作法，一般先管制能源（尤其電力）部門，再朝其他階段逐步拓展，涵蓋各產業，我國可參酌訂定更優質作法。

其次，先進國家實施全國性的碳交易體系前，大都先推動地區型或採取試點計畫，有助於累積相關經驗，並將過程中面臨的困難或議題，進行檢視與研析，逐漸優化交易機制與設計。以韓國為例，該國推動 K-ETS 至今已近 9 年，在執行前亦先推動試點計畫，雖然我國在實務方面與韓國有差異，然而面對全球急迫實行淨零排放之情勢下，無法有充裕的時間累積經驗，但認真看待弱項，持續努力定能追趕得上。

最後，至關緊要的碳交易公正公平的監測與驗證，目前各國多數採用國際標準（如 VCS、Gold Standard），我國亦透過國際機構之專業團隊進行查驗及提供驗證報告，優點是能獲得國際認可且具正當性。預期後續碳交易的興起，必定帶來更多考驗，能否有充足的能量（技術與人力）發展自身的一套監測與驗證體系，並取得國際的認同，將是嚴格的挑戰。

4、碳交易面臨的關鍵議題

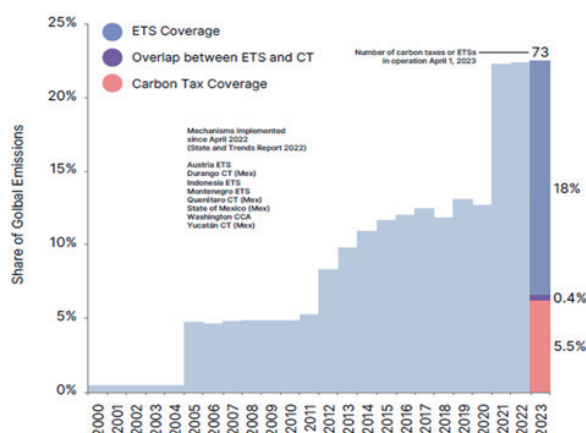
我國推動碳交易體系的過程中，未來可能面臨的幾個關鍵議題如后：

- (1) 碳權與國際接軌：我國產業除需符合國內淨零的要求外，同時也要面臨國際的要求，包含歐盟碳邊境調整機制（Carbon Border Adjustment Mechanism,CBAM）及美國的清潔競爭法案（Clean Competition Act,CCA），兩者共通點為攸關貿易的碳關稅政策，我國為出口導向國家，未來若欲出口至歐美，將面對碳關稅之議題，預期將加重產業的生產成本。除預期的成本增加外，在碳交易所購買的碳權，被國際承認亦為一大考驗。如國際上推動的再生能源倡議 RE100，眾多科技大廠 Apple、Google、Microsoft 等皆加入，尤其 Apple 在環保與淨零議題對產業鏈嚴格要求（晶片、組裝與零組件等），我國相關業者透過使用綠電、購買綠能憑證等

方式因應。碳權預期成為另一種方式，但購買的碳權若不能與國際接軌，將衍生無法使產品出口至國外市場，為產業發展的不利因素。

- (2) 碳費訂價攸關碳交易基準：碳費與減碳的力道相輔相成，碳費訂價為碳交易市場的價格基準（Benchmark），若欲與國際接軌，碳費訂價顯然不能過低，但過高則對企業來說負擔太沉重。我國環保署預於 2024 年實施「碳費」制度，有關碳費的訂價尚待公布，若以亞鄰國家的碳交易 / 碳稅均價為基準，約落於 200-300 臺幣 / 噸。
- (3) 碳交易的實質減碳成效：碳交易被各國視為對地球有利的政績，透過市場競爭機制，達到減少企業排碳的目的。依據世界銀行的報告，全球的碳交易及碳稅僅覆蓋全球溫室氣體排放約 23%（如圖 7），總體而言，減碳的效益不高。值得注意的是碳交易本身非「實質」的減碳措施，企業可能為因應政策與法規，積極購買碳權，取代對再生能源或減碳設備的相關投資，反而未能達成「實質」的減碳。我國後續將成立「溫室氣體管理基金」，而碳費或碳交易是否仿效國際（如歐盟）將拍賣或交易收入之部分（歐盟設定為 50%）轉化為淨零相關投資（推動綠能、科技減碳、研究等），俟相關子法訂定方分明。

圖 7 國際碳稅與碳交易溫室氣體排放覆蓋度



資料來源：World Bank。

結語

碳交易的興起可促進碳權的買賣，透過市場機制達到淨零成效，雖然依據市場數據，碳交易達涵蓋全球溫室氣體排放的占比仍不高，但可視為各國推動淨零的決心，且隨著淨零力道的加強，及逐漸逼近的目標年限，碳權價格預期將隨之上升，更加劇市場的熱絡及對企業產生的壓力。碳交易顯然被各國政府視為有效的減碳政策工具，綜觀國際碳交易體系，先進國家 / 組織已逐漸發展全國或跨國性的碳交易市場（如歐盟、韓國及中國大陸），而日本、我國及印度亦規劃建立全國性的系統。

歐美與亞洲先進國家在全球扮演淨零的領先角色，而我國也奮力直追未曾放鬆，從今 (2023) 年宣布成立碳權交易所，可視為邁向淨零的關鍵里程碑，在碳交易發展上雖較先進國家缺乏相關經驗，然借鏡他國優勢，明確設立各階段的目標與演進，循序漸進擴大管制範圍、降低免費配額及增加國際抵換等，定能完備市場機制與交易環境。另發展碳交易外，推動實質的減碳工作項目也是值得關注與發展的方向，包含能源供應（提高綠能占比、發展氢能、減少火力發電）、減碳技術（CCUS、監測與驗證技術）及環保層面（林地復育、濕地保育）等，透過各方面交互相乘，創造更大的成效，達成環境永續發展之長遠願景。

參考文獻

- 一、Earth Journalism Network (2023) ,Understanding India's Net Zero Policies:A Primer for Journalists.
- 二、EEA (2023) ,Use of auctioning revenues generated under the EU Emissions Trading System.
- 三、EUI (2022) , (Renewable) Energy communities under the Clean Energy for all Europeans Package - an instrument for price stability?
- 四、Fortune (2022) ,India's net-zero goals challenging, need long-term planning: McKinsey.
- 五、GIIGNL (2023) ,The LNG industry GIIGNL Annual Report.
- 六、IEA (2023) ,CO2 Emissions in 2022.
- 七、JPX (2023) ,市場係制度要綱.
- 八、OIES (2023) ,Green certificates with Chinese. characteristics: Will green certificates help China's clean energy transition?
- 九、OIES (2023) ,Building the Indian Carbon Market:A Work in Progress.
- 十、Reuters (2010) ,U.S. exchange's CO₂ cap-and-trade to end: report.
- 十一、S&P Global (2022) ,India's national carbon market to seek links with international registries.
- 十二、UNEP (2022) ,Emissions Gap Report 2022.
- 十三、WMO (2020) ,Carbon dioxide levels continue at record levels,despite Covid-19 lockdown.
- 十四、WMO (2020) ,Response of Carbon Dioxide and Air Quality to the Reduction in Emissions Due to the Covid-19 Restrictions.
- 十五、World Bank (2023) ,State and Trends of Carbon Pricing 2023.

俄烏戰爭衝擊下 2022 年的全球天然氣及能源市場回顧和展望

臺灣中油公司探採研究所前所長暨中國文化大學地質系兼任副教授 翁榮南

前言

2022 年全球新冠肺炎疫情逐漸消褪，各國正準備回復正軌，迎向經濟復甦，豈料 2022 年 2 月 24 日俄烏戰爭掀啟另一波能源危機。

俄羅斯天然氣資源豐富，為世界第 2 大生產國及最大出口國，擁有全球最多的已探明儲量，與伊朗在伯仲之間。俄烏戰爭前，俄羅斯提供歐盟約四分之一的天然氣需求量，其中約 80% 的出口產品通過烏克蘭領土的管道運輸至歐洲。長久以來，隨著俄烏兩國的天然氣糾紛不斷，包括供應、價格及債務等問題，從簡單的商業糾紛發展成涉及跨國的複雜問題，威脅許多依賴俄羅斯天然氣的歐洲國家。2020 年後俄羅斯到土耳其的 TurkStream 天然氣管道通過烏克蘭及跨巴爾幹管道系統改道，逐漸改變東南歐地區的輸送。

俄烏戰爭除平民傷亡及難民等問題外，還含括危害糧食安全、能源危機。俄羅斯石油及天然氣供應受阻，削減向西歐國家的供應量，不但北溪 2 號管道被禁止啟用，隨後波羅的海的多條天然氣管道亦遭受破壞。在此之前，俄羅斯天然氣的主要購買國德國已停止進口，歐盟大部分進口國也跟進。隨著歐美暨全球多個國家相繼對俄羅斯能源（包括天然氣行業）發起一連串拒買及金融制裁，嚴重影響俄羅斯天然氣產業生產及倚賴供氣的國家，尤以歐洲地區最為嚴重。油價及天然氣價格大漲，造成全球通膨危機。

本文依據今 (2023) 年世界能源統計回顧 (Statistical Review of World Energy) 發表的報告資料，探討全球天然氣市場，包括天然氣價格、需求、生產供應及國際交易量，與總體能源消耗、二氧化碳排放量相關性，並參考石油、煤炭、水力發電、核能、電力及再生能源等數據，解讀 2022 年全球能源市場。

一、2022 年能源市場發展概況

2022 年正當世界逐漸擺脫新冠肺炎疫情對能源需求的巨大影響時，俄羅斯入侵烏克蘭顛覆能源供應狀況，造成許多經濟體的價格危機及巨大的生活成本壓力，能源市場再次陷入危機，另外更根本的是氣候變化對各大洲的嚴重影

響越來越顯而易見。儘管全球對實現淨零排碳的必要性達成廣泛共識，但實際上與能源相關的溫室氣體排放，仍然不見減緩的趨勢。

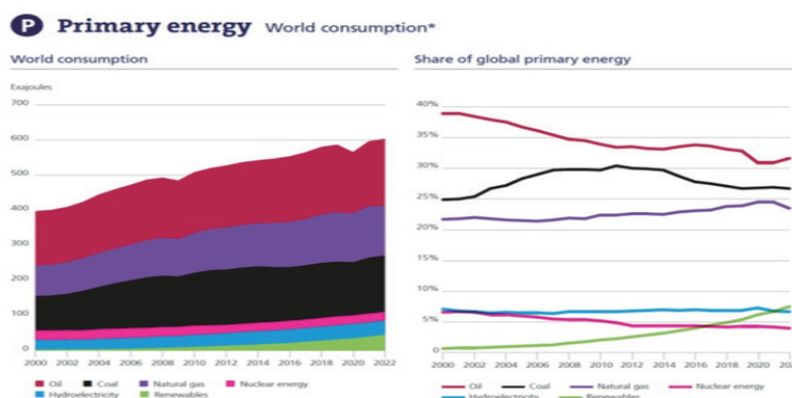
2022 年世界能源統計回顧的數據反映出能源危機，包括供應、價格及氣候等 3 個因素相互疊加，揭示全球能源系統如何因應不斷升級的環境和地緣政治危機，敘述如后：

(一) 初級能源 (如圖 1、圖 2)

2022 年全球初級能源消耗需求為 604.04EJ，與 2021 年相比，增長放緩為 1.1% (6.6EJ)，而 2021 年增長率為 5.5% (31EJ)。2022 年初級能源需求比新冠肺炎疫情前 2019 年的水平高 16EJ (2.8%)。除歐洲 (-3.8%) 和獨立國協 (CIS；-5.8%) 之外，其他地區的能源消費量均有所增加。

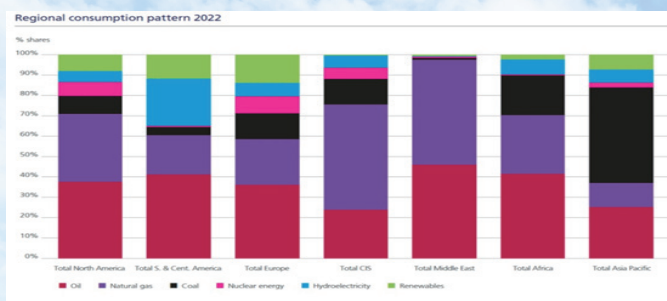
自 2019 年以來，非經濟合作暨發展組織國家的初級能源消費增長略高於 20EJ，主要由中國的增長 (15EJ) 所推動，佔全球當期增量的 72%。經合組織國家的能源需求保持在疫情前 2019 年的水平，2022 年的需求為 234EJ，而 2019 年為 238EJ。2019 至 2022 年初級能源供應的增加主要由可再生能源和煤炭 (10.6EJ) 推動，天然氣產量的增加 (2.7EJ) 也很顯著。可再生能源佔初級能源消費比重達到 7.5%，比上年提高近 1%。化石燃料消費佔初級能源的比重穩定在 82%。

圖 1 2000-2022 年初級能源量及組成變化圖 (2022 年初級能源達到 604.04EJ，創紀錄。初級能源組分：石油 31.6%，天然氣 23.4%，煤炭 26.7%，核能 4%，水力發電 6.7%，可再生能源 7.4%。)



EI:Statistical Review of World Energy,2023.

圖 2 2022 年全球主要地區初級能源消耗

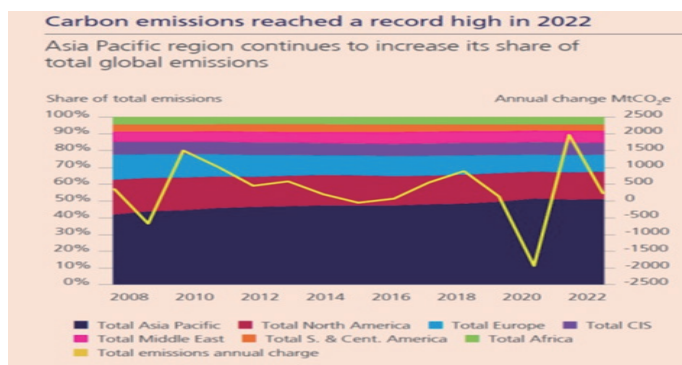


EI:Statistical Review of World Energy,2023.

(二) 碳排放量 (如圖 3)

2022 年全球碳排放持續強勁反彈，能源使用、工業流程、火炬燃燒 (gas flare) 和甲烷（以二氧化碳當量計算）產生的二氧化碳排放量升至新高，達到 393 億噸 (39.3Gt CO₂e)，較 2021 年增加 0.8%，其中能源使用的碳排放量增加 0.9%，達到 344 億噸。相比之下，火炬燃燒產生的二氧化碳排放量下降 3.8%，甲烷和工業流程的排放量下降 0.2%。能源消費相關的排放佔全球總排放量的 87%，尤其亞太地區的佔比一直最大，且不斷增加。

圖 3 2008-2022 年全球及各地區的碳排放量變化趨勢 (二氧化碳排放達到創紀錄的 393 億噸二氧化碳當量。亞太地區的佔比一直最大且持續增加。)

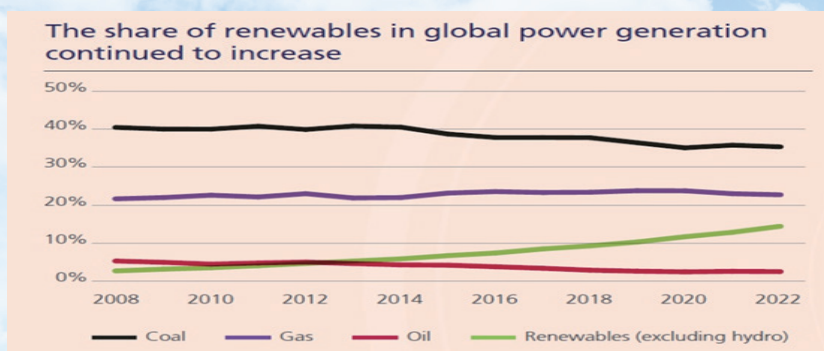


EI:Statistical Review of World Energy,2023.

(三) 發電燃料動力來源組成 (如圖 4)

2022 年太陽能及風能發電量增長 266 吉瓦 (GW)，為歷史新高，其中太陽能發電量佔新增容量的 72%；可再生能源在全球發電中的佔比持續呈現上升趨勢，2022 年達到 14%，高於核能 (9%)；煤炭在電力行業佔比約為 35%；天然氣發電佔比仍接近 10 年平均水平 (23%)。

圖 4 2008-2022 年發電燃料動力來源組成 (2022 年太陽能和風能發電量大幅增長創歷史新高。煤炭發電佔比仍居首位，天然氣發電佔比大致持平。)

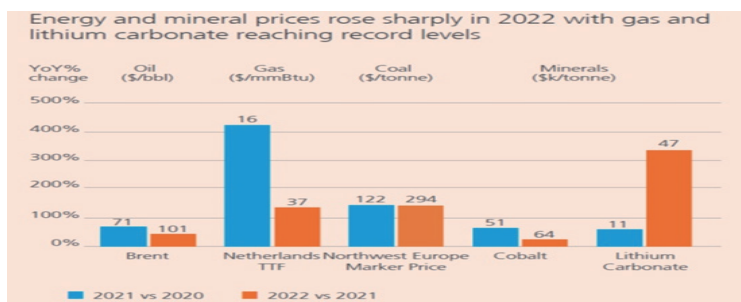


EI:Statistical Review of World Energy,2023.

(四) 能源價格 (如圖 5)

受俄烏戰爭引發能源供應緊張影響，2022 年全球能源價格大幅上漲，最明顯的是碳酸鋰的價格，漲幅超過 300%。油價上漲約 40%，2022 年底布蘭特原油平均價格約為 101 美元 / 桶。歐洲和亞太地區的天然氣價格達到創紀錄水平。煤炭價格也有所上漲，西北歐市場價格上漲 142%，至 294 美元 / 噸。

圖 5 2021 及 2022 年能源和礦物價格，天然氣價格 TTF 持續上漲到 37\$/mmBtu。



EI:Statistical Review of World Energy,2023.

二、2022 年的全球天然氣市場 (如圖 6、7、8、9)

2022 年全球天然氣價格持續上漲，歐洲及亞洲達到新創紀錄，其中歐洲上漲近 3 倍（荷蘭 TTF 氣價平均價格為 37 美元 /mmBtu），亞洲液化天然氣現貨市場則翻倍（JKM 平均價格為 34 美元 /mmBtu）。2022 年美國亨利中心 (Henry hub) 價格上漲超過 50%，平均達到 6.5 美元 /mmBtu，自 2008 年來的最高年度水平。

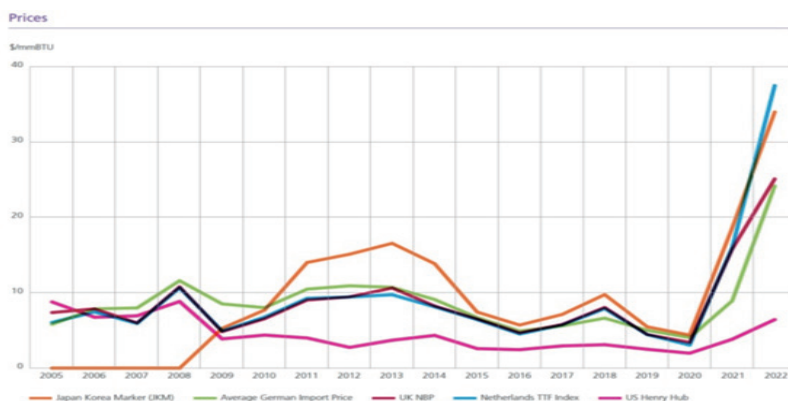
2022 年全球天然氣需求為 3.941TCM，年下降率 3%，略低於 2021 年，首次達到 4TCM 大關。2022 年天然氣在初級能源中的佔比小幅下降至 24%，與 2021 年（25%）相比，產量保持相對穩定。

2022 年液化天然氣國際貿易佔所有區域間的 56%，總計相當於 5420 億立方公尺，比上年增長 5%，供應量增長主要來自北美 (10BCM) 和亞太地區 (8BCM)，其他地區也有相當大的增長。

中東是液化天然氣的最大出口國，與澳大利亞、美國共佔液化天然氣出口總量 65%，日本則為全球最大液化天然氣進口國，進口量達到 98.3BCM，超越中國 (93.2BCM)，兩國佔進口總額 35%。亞太地區進口約 65% 液化天然氣，但較 2021 年下降 6.5%，其次是歐洲，略高於 30%。歐洲液化天然氣進口量因俄烏戰爭影響，增加 62BCM，達到 170.2BCM，較 2021 年增長近 60%，引發全球液化天然氣需求的增長。亞太地區國家的液化天然氣進口量 347.9BCM，較 2021 年減少 24BCM，南美洲和中美洲國家減少 11BCM。

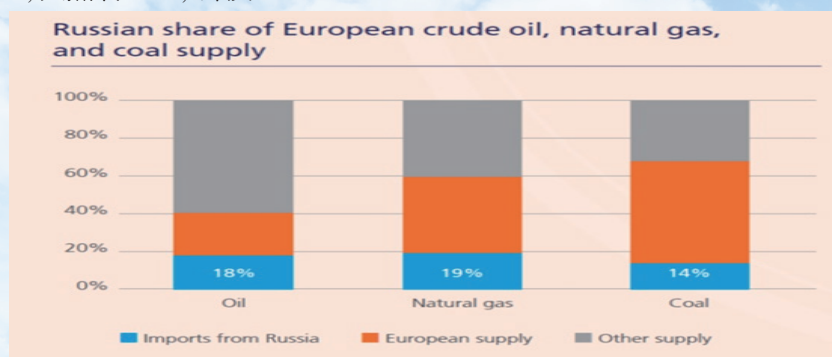
有別於 2022 年液化天然氣貿易量的增長，全球管道天然氣淨貿易總量下降約 15% (78BCM)。歐洲管道天然氣進口量下降 35% (82BCM)，歸因於俄羅斯的供應減少。總體而言，俄羅斯管道天然氣出口總量下降 38%，中東增長 12%，中國進口量增加 5BCM。在過去 10 年中俄羅斯平均佔全球管道天然氣出口總量 43% 左右，然而 2022 年受戰爭影響，出口總額降至 29%，下降約 760BCM，儘管如此，俄羅斯在全球出口總額，仍然排名第一，其次是挪威，佔 23%。俄羅斯天然氣（管道天然氣和液化天然氣）佔歐洲天然氣進口總量 33%，原油佔 23%。

圖 6 2005-2022 年天然氣價格，2022 年繼 2021 年持續大幅上漲。



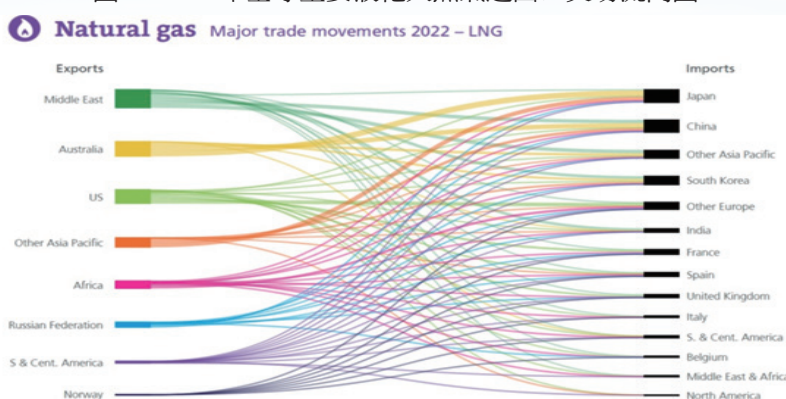
EI:Statistical Review of World Energy,2023.

圖 7 俄羅斯在歐洲能源供應的佔比，原油 18%，天然氣 19%，煤炭 14%，遠低於 2021 年的原油 25%，天然氣 37%，煤炭 20%。



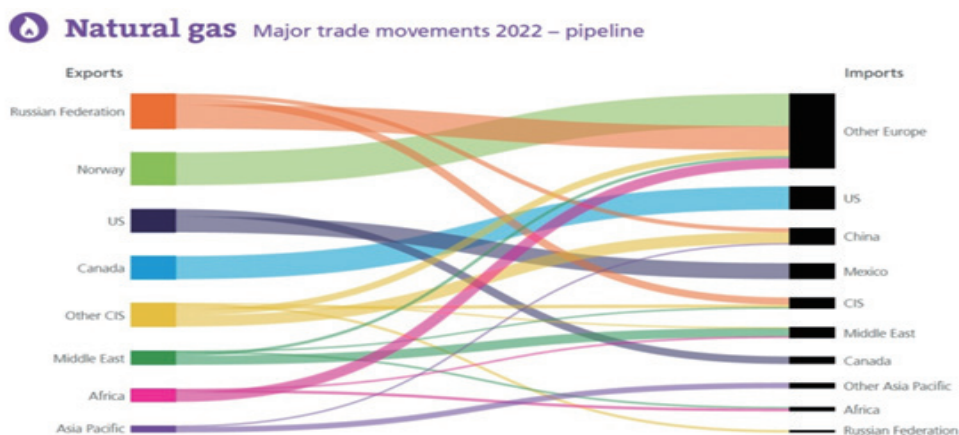
EI:Statistical Review of World Energy,2023.

圖 8 2022 年全球主要液化天然氣進出口交易流向圖



EI:Statistical Review of World Energy,2023.

圖 9 2022 年全球主要管道天然氣進出口交易流向圖



EI:Statistical Review of World Energy,2023.

三、其他能源種類

(一) 石油

2022 年布蘭特原油平均價格為 101 美元 / 桶，為 2013 年以來的最高水平。石油消費量增加 290 萬桶 / 日，達到 9730 萬桶 / 日，增幅小於 2020 至 2021 年期間，較 2019 年水平低 0.7%。

2022 年石油需求比 2019 年水平低 0.65Mb/d，其中汽油佔 25%、柴油及 gas oil 佔 29%，共佔總需求一半以上。儘管與 2021 年相比，航空相關的石油需求表現出最強勁的復甦，但仍比疫情前 2019 年的水平低 1.7Mb/d 以上。

從地區來看，經合組織國家消費量每天增加 140 萬桶，非經合組織消費量每天增加 150 萬桶。大部分增長來自飛機 / 煤油（90 萬桶 / 日）和柴油 / gas oil（70 萬桶 / 日）。

2022 年全球石油產量增加 380 萬桶 / 日，其中 OPEC 佔增量的 60% 以上，沙烏地阿拉伯（1,182,000 桶 / 日）及美國（1,091,000 桶 / 日）增幅最大；奈及利亞降幅最大（184,000 桶 / 日），利比亞下降 181,000 桶 / 日。

(二) 煤炭

2022 年煤炭價格達最新紀錄水平，歐洲平均為 294 美元 / 噸，日本到岸價、現貨價格平均為 225 美元 / 噸（分別比 2021 年上漲 145% 和 45%）。

煤炭消費量持續逐年增加，2022 年增長 0.6%，達 161.47EJ，創 2014 年以來最高水平，增長主要來自中國及印度，合計 1.7EJ，足以抵消其他地區下降的 0.6EJ。

北美及歐洲煤炭消費量分別下降 6.8%、3.1%。2022 年經合組織國家的煤炭消費量比 2019 年新冠肺炎疫情前的水平減少約 10%，而非經合組織國家的煤炭消費量則高出 6% 以上。

與 2021 年相比，全球煤炭產量增長超過 7%，達到 175EJ 的歷史新高，中國、印度及印尼佔增量的 95% 以上。

(三) 可再生能源、水力和核能

2022 年可再生能源增長 14%，達到 40.9EJ，略低於 2021 年

的增長率 16%。太陽能 and 風能裝機持續快速增長，增幅達創紀錄的 266GW，太陽能佔新增產能 72%（192GW）。

太陽能和風能的增長，最大部分來自中國，分別約佔全球新增產能的 37%、41%。水力發電量增長 1.1%，而核能下降 4.4%。

（四）電力

2022 年全球發電量增長 2.3%，低於去年 6.2% 的增速。風能和太陽能發電量佔比創歷史新高，達到 12%，其中太陽能發電量增長 25%，風能增長 13.5%，風能和太陽能發電總量再次超過核能。

2022 年煤炭仍是發電的主要燃料，佔比穩定在 35.4% 左右，略低於 2021 年的 35.8%。天然氣發電量保持穩定，佔比在 23% 左右。可再生能源的增長量滿足 2022 年淨電力需求增長量的 84%。

（五）主要礦物質

碳酸鋰價格上漲 335%，平均達到 47,000 美元 / 噸的歷史新高。同樣，2022 年鈷價上漲 24%，平均價格為 64,000 美元 / 噸。鋰和鈷產量大幅增長 21%。

四、天然氣展望

2022 年全球能源市場受到俄烏戰爭影響發生劇變，整體能源市場無法繼疫情解除而快速復甦，包括天然氣和各種能源需求，碳排放量續創新高，衝擊長期能源轉型及通往淨零排碳的布局。雖然目前能源無法完全擺脫俄烏戰爭的影響，但隨著經濟活動的復甦，市場勢必逐漸恢復，屆時碳排放量、環境變遷及氣候暖化等問題仍是很大的挑戰，影響全球天然氣未來的走向。

（一）能源轉型

近年來全球能源政策和討論一直集中在能源系統脫碳及向淨零過渡的重要性上。然而受俄烏戰爭的影響，尚需考慮安全性、可負擔性和可持續性等共同構成能源系統的困境，能源轉型成功與持久都需先解決上述問題。

過去一年俄烏戰爭對全球造成很大的損失，戰爭至今看不到結束的跡象，對其可能影響的任何分析都屬初步，然而依 20 世紀 70 年代能源供應遭受重大衝擊的經驗，加劇對能源安全的擔憂及市場

產生重大而持久的影響。最重要的是各國希望透過減少對能源進口的依賴，增加自產能源，促進能源安全，或許戰爭可以加速能源轉型的步伐。

2022 年世界化石燃料因戰爭而損失，造成經濟和社會混亂，突顯有序擺脫碳氫化合物的必要性，只有對碳氫化合物的供應與需求保持一致，才能避免未來能源短缺和價格上漲。

(二) 能源展望的主要趨勢

儘管各國因應全球氣候變化的雄心顯著增加，但自 2015 年巴黎締約方會議以來，二氧化碳排放量逐年增加，越是拖延減少排放的時間，造成的經濟和社會成本就越大。許多國家加大對能源轉型的支持，其中包括美國通過《通貨膨脹削減法案 (Inflation Reduce Act,IRA)》，但脫碳挑戰的規模需要強力的支持，包括更快許可和批准促進低碳能源和基礎設施的政策。

俄烏戰爭造成的能源供應中斷和短缺，對全球產生長遠影響，同時促進各國高度重視能源安全，致力於增加自產可再生能源和其他非化石燃料，以擺脫化石能源進口，有助於加速能源轉型。

能源需求結構發生變化，化石燃料的重要性下降，取而代之的是不斷增長的可再生能源份額和不斷提高的電氣化水平。向低碳世界的過渡需要一系列其他能源和技術，包括低碳氫、現代生物能源及碳捕獲、使用和儲存。

由於車載效率提高和道路車輛電氣化加速，道路運輸使用量下降，推動石油需求前景下降。即便如此，未來 15 至 20 年石油仍將在全球能源系統中發揮重要作用。天然氣的前景取決於能源轉型的速度，新興經濟體隨著經濟增長和工業化而不斷增加的需求，將被已發達國家向低碳能源轉型所抵消。

最近能源短缺和價格飆升，顯示碳氫化合物的重要性，也意謂未來 30 年需持續對石油和天然氣上游進行投資。

(三) 天然氣需求

因應氣候變化的能源轉型必須減少石油和天然氣的需求，兩者的消費何時到達頂峰受到關切。長期以來，國際能源署和英國石油

公司等機構的能源展望都認為天然氣消費量會逐年穩步增長，除非採取最激進的脫碳行動。然而，近來發佈的預測展望已稍有改變，尤其考量 2022 年能源市場發生的重大變化，包括俄烏戰爭和美國降低通貨膨脹法政策，投資國內能源生產，同時促進清潔能源發展，抑制通貨膨脹。英國石油公司推測 2025 年石油需求低於 2019 年水平，表示全球石油需求可能到頂，將逐步下降。天然氣需求量的展望則因能源轉型及減碳的力度而有很大的差異，直到 2050 年需求量將視情況有所增減。在致力淨零排碳的情況下，天然氣需求未來有機會達到峰值後再慢慢下降，國際能源署則預測至 2050 年天然氣需求可能大致持平。

全球 6 個主要地區的石油和天然氣消費峰值出現時間及消長有所不同，北美和歐洲 - 歐亞大陸的石油需求最近數年將普遍下降，亞太地區略有上升，直到本十年末達頂峰後急劇下降。北美和歐洲 - 歐亞大陸的天然氣消費量將普遍下降，但亞太地區的天然氣需求展望有很大的不確定性，可能要到 2030 或 2035 年才達到峰值，也可能持續上升至 2050 年。然而天然氣達峰值的期程，端視能源轉型的努力程度。

(四) 天然氣市場

1、天然氣的前景取決於能源轉型的速度（如圖 10）

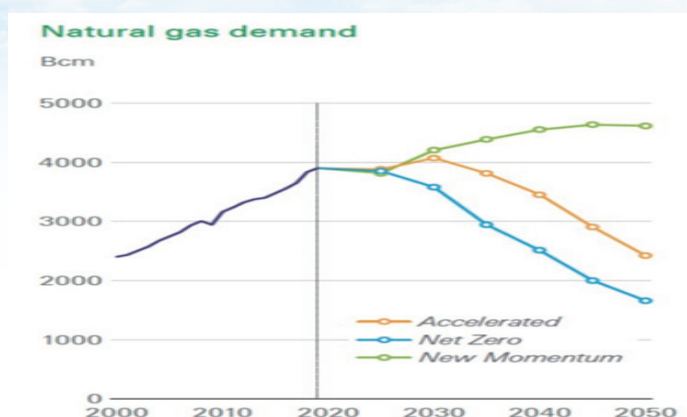
展望未來天然氣的前景取決於兩個重要但相反的趨勢：隨著新興經濟體的增長和工業化，天然氣需求不斷增加，而另一方面發達國家逐漸從天然氣向低碳能源的轉型，天然氣需求下降。這兩個相反趨勢都取決於能源轉型的步伐，而其淨效益決定全球天然氣的淨需求。

在中國的強勁增長及印度和其他亞洲新興國家進一步工業化的推動下，2030 年前新興國家的天然氣使用量將會增長，未來十餘年全球需求呈現增長，但發達國家的能源轉型為電氣化和低碳再生能源，天然氣消費量下降抵消增長，在積極致力淨零的能源轉型下，天然氣需求量可望在 2020 年代中期達到峰值，然後開始下降。2050 年天然氣需求可能比 2019 年的水平降低約 40-55%。

反之若能源轉型向可再生能源的力道不足，在新興亞洲和非洲經濟不斷成長的推動下，總體發電量強勁增長，天然氣發電佔比也增長，全球天然氣需求將在 2050 年前的大部分時間裡持續增長，比 2019 年水平高出 20% 左右。

2050 年全球天然氣需求量相對於當前的差異幅度大於石油或煤炭，突顯天然氣對能源轉型速度的敏感性。

圖 10 全球天然氣需求展望，天然氣的前景取決於能源轉型的速度 (Accelerated: 加速能源轉型情境，Net Zero: 淨零碳排情境，New Momentum: 以目前狀態發展情境)



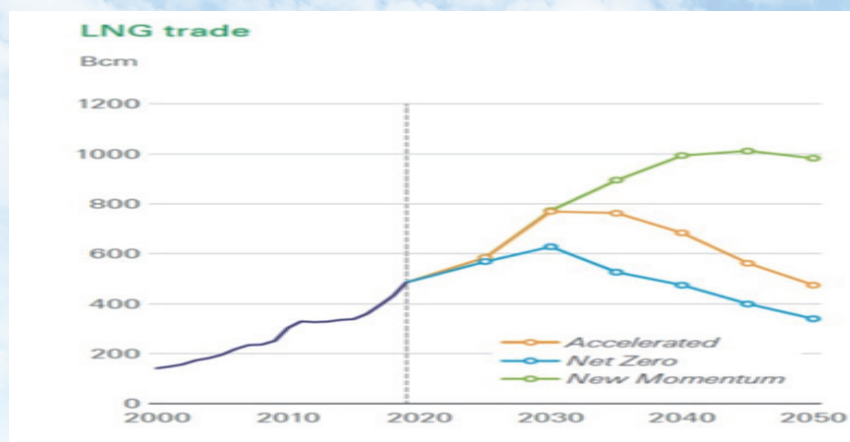
BP:Energy Outlook,2023.

2、短期內液化天然氣貿易增加，2030 年後前景變得更加不確定（如圖 11）

液化天然氣貿易在短期內強勁增長，但 2030 年後不確定性範圍擴大，新興市場隨著其經濟成長和工業化對液化天然氣的持續需求，被發達國家市場向低碳能源轉型降低需求所抵消。

展望液化天然氣貿易在未來前 10 年增長 30-60%，成長主要是由亞洲新興國家天然氣需求推動，因這些國家正在放棄使用煤炭，並在中國以外繼續工業化。液化天然氣進口是天然氣使用量不斷增長的主要來源，到 2030 年進口量將佔新興亞洲天然氣消費增量的 65-75%。歐洲液化天然氣進口量也將大幅增加，反映出俄羅斯管道進口量的下降和持續的天然氣需求。2030 年後液化天然氣貿易量的不確定性加大。若沒有致力能源轉型，2030 至 2050 年間液化天然氣進口量可能增加約 30%，而在加速能源轉型和淨零的努力下，則同期間液化天然氣進口量可能下降約 40%。

圖 11 全球液化天然氣交易展望，短期內液化天然氣貿易增加，2030 年後前變得更加不確定。



BP:Energy Outlook,2023.

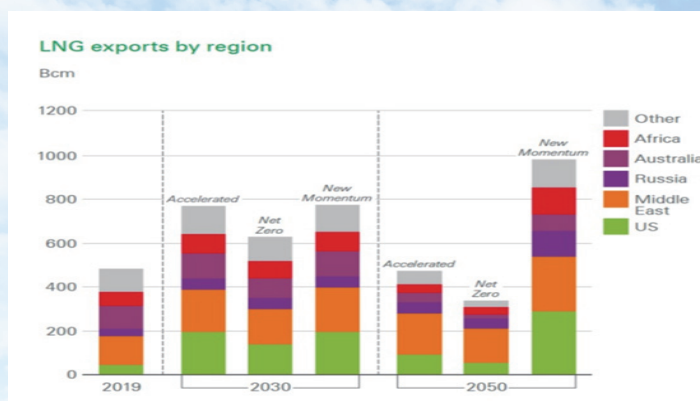
3、液化天然氣出口以美國和中東為主（如圖 12）

美國和中東已成為全球液化天然氣出口的主要供應中心，而俄羅斯液化天然氣出口的前景因俄烏戰爭受到影響。2030 年全球液化天然氣需求的增長將透過美國和卡達出口的大幅增長滿足，美國液化天然氣出口的增長佔 2030 年全球液化天然氣供應增量約 50-60%，其餘大部分來自中東出口的增長。2030 年美國和中東將佔全球液化天然氣供應量的一半左右，遠高於 2019 年的比例約三分之一。

反觀在加速能源轉型和淨零展望下，全球液化天然氣出口量將下降，下降量主要由美國承擔，在這種情況下，2030 至 2050 年間液化天然氣出口量將下降一半以上，反映出競爭日益激烈，及相對於中東和非洲液化天然氣成本而言，向亞洲供應液化天然氣的運輸成本更高。澳大利亞液化天然氣出口在 2030 年後也會下降，反映出上游天然氣生產的成本增加和限制。

俄羅斯由於受到西方技術和資金的持續限制，到 2030 年的液化天然氣出口均受到影響，因此未來十年的出口前景基本持平，只有在戰爭爆發前接近完成的項目才會啟動。技術和資金限制預計在 2030 年後逐漸緩解，2050 年液化天然氣出口量可能增加一倍以上。但若全球致力於能源轉型和淨零碳排，2030 年和 40 年代全球液化天然氣需求將下降，即使制裁放鬆，其出口也沒有機會復甦，預期出口量到 2035 年減少 10-60BCM，2050 年減少 15-50BCM。

圖 12 全球液化天然氣交易展望，液化天然氣出口以美國和中東為主。



BP:Energy Outlook,2023.

結語

2022 年正當世界逐漸擺脫新冠肺炎疫情時，俄烏戰爭爆發，嚴重影響整體能源市場，油價及天然氣價格大漲，造成通膨危機，此外氣候暖化，溫室氣體排放仍然沒有減緩的趨勢。能源統計數據反映出能源危機，包括供應、價格和氣候等因素相互疊加，揭示全球能源系統如何因應不斷升級的環境和地緣政治危機，初級能源消耗需求增長放緩，天然氣在初級能源中的佔比小幅下降至 24%，全球天然氣產量保持相對穩定，天然氣發電的佔比接近 10 年平均水平 (23%)，歐洲液化天然氣進口量大增，天然氣 (含液化天然氣) 價格飆漲。俄烏戰爭衍生的全球能源供應問題，促使各國高度重視能源安全，致力於自產的可再生能源和其他非化石燃料，擺脫化石能源的進口，有助於加速能源轉型，同時意識到有序轉型的重要性，對碳氫化合物的供應與需求保持一致，避免能源短缺和價格上漲。展望未來，隨著經濟活動的復甦，能源市場勢將逐漸恢復，屆時碳排放量、環境變遷及氣候暖化問題仍是最大的挑戰，影響全球天然氣走向，是故天然氣的未來需求端視能源轉型的努力程度及速度。

參考文獻

- 一、BP:Energy Outlook 2022 edition.
- 二、BP:Energy Outlook 2023 edition.
- 三、Energy Institute:Statistical Review of World Energy.2023/72nd edition
- 四、Resources for the Future (RFF):Global Energy Outlook 2023:Sowing the Seeds of an Energy Transition.

淺談合成天然氣之生產與展望

資深石化人 謝俊雄

前言

天然氣與石油均屬化石能源，不同的是天然氣之成分 90% 以上由甲烷組成，燃燒後二氧化碳 (CO₂) 排放較石油少，是低碳強度 (Low carbon intensity) 燃料。在強調削減 CO₂ 排放的時代，此特性及優點將使天然氣未來在供需市場持續扮演重要角色，立於不敗之地。

為因應氣候變遷導致之地球溫暖化，造成之禍害日趨嚴重，各國已達成共識，經由推動能源轉型，改用無碳、低碳排放能源，期於 2050 年達成 CO₂ 淨 - 零排放，使地球邁向碳中和的境界。

本文探討合成天然氣主要基於兩個緣由：一是利用自工廠或其他排放來源捕捉到大量 CO₂，轉化成合成甲烷 (即合成天然氣 SNG)，此外由廢棄有機物經化學處理產生之生質甲烷 (亦為合成天然氣)，此兩種天然氣皆是廢物利用，具經濟價值，且有環保意義，值得一提的是均為綠色天然氣，燃燒後不排放 CO₂，還可利用既有的都市瓦斯管線系統與儲運設備，日本等國已計畫大量在國外設置生產設施，將產品運回國內使用，同時擬定若干年後，管線瓦斯系統全部改供合成天然氣，故未來願景可期。

一、天然氣之今日與未來

(一) 氣候變遷與能源轉型

當今氣候變遷導致全球面臨前所未有的災難，包括高溫、森林火災、颶風、沙漠化等，各國意識其嚴重性，急需採取因應對策，以保護賴以生存的地球。

鑑於地球人口的增加及生活環境的改善，致大量使用能源，尤以石油、煤炭等化石能源及其他高碳能源，燃燒所產生溫室氣體 (Greenhouse gases, GHG)，堆積於大氣，據科學家研究溫度雖僅僅上升 1-2°C，就會造成嚴重的效應。如南北極及其附近的永凍層冰雪逐漸融化，造成生態變化，動植物滅絕，長此以往，海洋水面上漲，將淹沒人口密集低窪濱海城市，造成人力無法挽救之災難。

溫室氣體除 CO₂ 是罪魁禍首，尚有甲烷、氫氟碳化物、聚氟化碳、六氟化硫等。甲烷是天然氣主要成分，在天然氣井或輸氣管線中需防止洩漏至大氣中，成為溫室氣體。

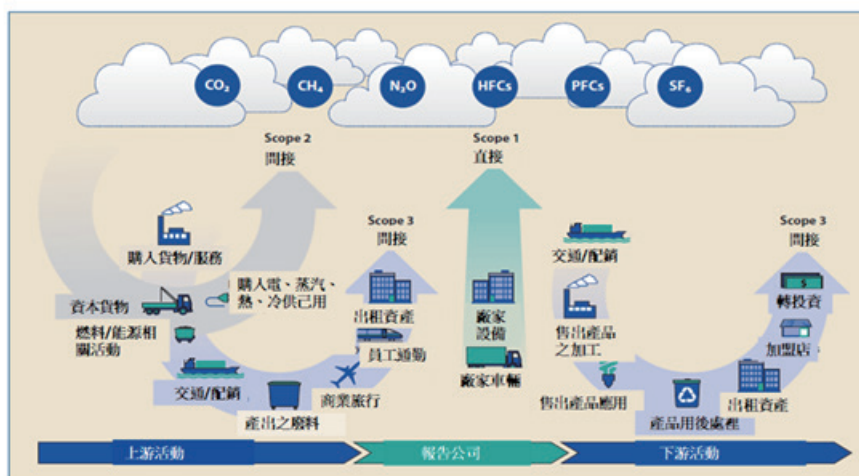
(二) 減低 CO₂ 排放邁向碳中和

CO₂ 之排放來源依國際氣候變化綱要公約大致分作 3 大部分，稱為範圍 1,2,3(如圖 1)，範圍 1 是生產廠家、工廠及運輸車輛等「直接」排放；範圍 2、3 是涉及各項產銷活動之「間接」排放，如產品加工、運輸外送、行銷、倉儲、公用物質、服務等。各排放單位所釋放之 CO₂，經盤查統計列為碳足跡 (Carbon footprint)，超過規範需購買碳排放權 (Carbon trading)。

欲減低碳排放，應致力於推動能源轉型 (Energy transition)，方能如期達成碳中和之要求，主要作法如后：

- 1、以低碳強度燃料取代高碳強度燃料；核能雖屬非高碳強度能源，然需有將廢料妥善處理的策略，才能列為能源選項。
- 2、以可再生能源如生質物、太陽能、風能、地熱、水力等取代傳統之高碳強度化石能源。
- 3、提高能源使用效率。
- 4、工廠生產操作採用低耗能之製程技術。
- 5、將燃燒排放之 CO₂ 自煙囪或燃燒器進行捕捉、儲存、再利用，即所謂 CCUS，相關作法業界已有研究並進入執行階段。

圖 1 二氧化碳不同排放來源



資料來源：國際氣候變化綱要公約等。

捕捉、分離所得 CO₂ 之再利用，主要是轉化為石油化學品或低碳強度能源。目前研發中及已成功之製程技術，計有 10 項，其中 CO₂ 經甲烷化 (Methanation) 反應，所得產品即是天然氣。

補充說明碳強度乃是衡量每單位活動的二氧化碳和其他溫室氣體排放量的指標。近來歐洲、美國、印度頻頻召開「脫碳」(Decarbonisation) 之大型國際會議，此議題之重要性不言可喻。

依國際氣候變化綱要公約預定 2050 年達到全球 CO₂ 淨 - 零排放、碳中和之情境，透過前述能源轉型，改用生質能源、可再生能源及無碳能源等，期儘速達成目標。然而，據現況預測實現期程可能會延後，屆時天然氣使用仍在總能源占比中分擔相當比例。我國台電公司最近發布未來電力供需情勢資訊，顯示屬於低碳能源的天然氣，也需再扮演一段任重道遠之角色。

二、天然氣重要性日增

我國面對全球 2050 年淨零碳排，屆時電力占比：再生能源 60-70%；水利抽蓄發電 1%；氫能 9-12%；火力 +CCUS 20-27%。台電公司除利用再生能源外，另需開發其他來源，如 CO₂ 捕捉再利用、引進氫氣、氫氣之混燒技術，降低碳排、承建天然氣進口接收站，推動天然氣取代燃油發電，在此過渡期將用其力擔負重責大任。

三、合成天然氣之製造

2022 年 2 月 24 日爆發之俄烏戰爭，導致全球天然氣和能源危機與市場震盪，此一事件喚醒世人能源供應安全的重要，需加快轉型的步伐及減少對化石燃料的高度依賴。然而低碳強度產品之開發除至關能源供應安全外，更兼具今後實現全球碳中和之關鍵。專家認為能源需求國在國內推動開發諸如合成天然氣之產銷，增強市場彈性，有效減少對化石燃料進口的依賴。基於此一認知，歐盟委員會於 2022 年 5 月發布 REPower EU 計劃，加速綠色轉型，並減少對俄羅斯天然氣進口的依賴，此計畫為天然氣等低碳強度產品設定開發途徑，例如由 CO₂ 之甲烷化，生產綠色合成天然氣，及生質合成天然氣 (BioSNG) 之擴大生產。據國際能源總署 (IEA) 指出 2030 年生物甲烷產量將增至 350 億立方公尺/年，較今增長 10 倍以上。

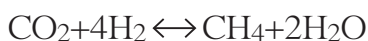
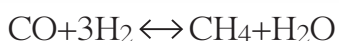
歐盟、日本等國除致力於合成天然氣研發外，亦積極探究氫氣能源，因氫氣已被視為新一代無碳排放之綠色能源。合成天然氣生產、研發、利用如后：

(一)CO₂ 生產合成天然氣

CO₂ 轉化得出甲烷之製造反應，稱為甲烷化 (Methanation) 或 Sabatier 反應，其基本技術原理於 1902 年由 Paul Sabatier 與 J.B.Sendersens 兩位專家提出。

甲烷化是化學反應所致，CO_x 經氫化反應轉化為甲烷，有助於解決燃燒化石能源排放之 CO、CO₂ 所致日益嚴重之氣候變遷。為提增甲烷化反應之效率，諸多研究致力於開發活性、選擇性及穩定性更高的觸媒，就已知的甲烷化反應觸媒有鎳、銻、鈮、鈳等貴金屬及鐵、鈷等。

甲烷化之主要反應可以下列反應方程式表示：



甲烷化反應製程中所需的關鍵原料氫氣，得自於水之電解，而電解所需電力一般都使用太陽能等可再生能源，是為電力製造天然氣 (Power-to-gas) 的技術。

甲烷化依據獲得甲烷的過程類型分為生物甲烷化及觸媒甲烷化。本節置重點於觸媒甲烷化，作為利用電解產生的綠色氫氣的一種替代方案。觸媒是與反應物分子相互作用，以促進化學反應，而不被消耗的材料。反應物和觸媒間的相互作用，產生具有較低能壘 (Energy barriers) 的中間分子，進行化學轉化。

在本文前面所提及的地球溫室氣體中，CO₂ 是很可怕的角色，為溫室效應之提升劑、促進劑。將工廠等排放源加以捕捉再利用，藉甲烷化反應技術轉化成合成天然氣，應是脫碳、達成碳中和的良好解決方案。

甲烷化之生產操作是令 CO 或 CO₂ 通過合成反應器，在觸媒作用下與氫氣引發甲烷化反應，生成甲烷。這其中，CO 之甲烷化開發較早，乃成熟的技術，而 CO₂ 甲烷化目前正處於開發中，此由電力製作天然氣的過程，可帶來經濟發展與環境改善之雙重效益。

甲烷化之進行是種強烈放熱反應，必須解決熱能之管理問題。另外觸媒穩定性和選擇性也很重要，關係甲烷化之反應效率，在製程中 CO₂ 純度亦為影響甲烷化效率之重要參數，且受制於捕捉分離技術之選擇。

前述合成甲烷（或電子甲烷）是由水電解所得氫氣和 CO₂ 結合而成的合成天然氣，可作一般天然氣用，也能注入天然氣管線系統輸送，但困難點是生產成本仍高（超過 50 美元 / 百萬 Btu），需開發單獨的碳價值鏈和排放核算系統，離真正大量商品化，尚有一段時日才能達成。甲烷合成的天然氣可製成 LNG(稱為 LSG)，也可用一般 LNG 運輸船運輸，雖成本很高，但上市物流條件大致具備，與既有天然氣無異。

日本政府第六次戰略能源計劃至 2030 年甲烷合成天然氣之供應量，占都市管線瓦斯系統 1% 目標，預計 2050 年增至 90%，此一訊息相當值得關注。另日本企業（包括東京瓦斯、大阪瓦斯、丸紅及東寶等）正推動海外甲烷合成天然氣事業，並將產品進口國內使用。

（二）生質合成天然氣

據 IEA 發布之資料，2022 年是生質甲烷產量增長再創紀錄的 1 年。全球生質甲烷供應量約增加 16%，達到接近 70 億立方公尺，主要由歐盟、美國推動，兩者合計約占增量生質甲烷供應的 90%。

甲烷化除前述利用觸媒之甲烷化之外，尚有生化甲烷化法 (Bio-methanation)，其產品稱為生質甲烷 (Bio-Methane) 或生態甲烷 (e-Methane)，屬於綠色甲烷。

生質甲烷由有機廢棄物經厭氧消化程序 (Anaerobic digestion) 製造，或利用工業發酵槽之沼氣 (Biogas) 產生，如蔗糖生產乙醇 (酒精) 等。第三種生質甲烷製造法是利用地下反應槽之微生物法生產 (如圖 2)，與 CO₂ 合成所得甲烷不同之處是含相當高濃度之 CO₂ 及其他氣體 (包括硫化氫、硫醇和雜項氣體)，含水量亦達到飽和程度。

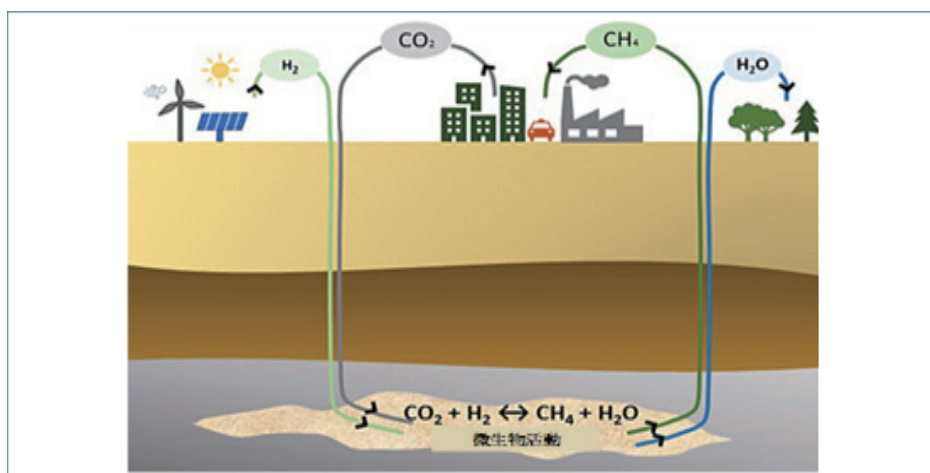
生質甲烷之純化，是將 CO_2 、其他氣體及硫化物除去，最合適的方法是用鹼性溶劑吸收分離，優化技術尚有水洗、化學洗滌法、薄膜法、有機物理洗滌法、PSA 法及冷凍法等。然而，使用較新、較佳之溶劑處理，仍是業界在持續研究開發，冀求降低 CO_2 之去除成本。一般認為使用 30wt% 之單乙醇胺 (MEA) 為溶劑，具有最大經濟優勢。利用具有化學反應性之鹼性溶劑去除 CO_2 ，兩大主要考量如后：

- 1、如果溶劑不具高鹼度， CO_2 之反應僅能緩慢進行。
- 2、倘溶劑鹼度夠高，可達到良好之吸收速率；反轉 CO_2 - 溶劑之反應而釋放所吸收之 CO_2 ，則可令溶劑在封閉迴路程序中重複使用。

以經濟面、技術面看，化學吸收法之應用均適於提升生質甲烷之品質改良。除此之外，尚有以下之優點：

- 1、可在大氣壓力下操作，因而免除壓縮程序。
- 2、如果生質甲烷需做後續壓縮，其氣體體積可比純化前減少 40%，降低壓縮成本。
- 3、具高度選擇性，甲烷之漏失小於 0.1%，幾乎均可回收。如果在大氣壓力下吸收，漏失率更可低於 0.04%。
- 4、產生甲烷的工廠如有過剩的熱能，可採用化學吸收技術，是非常獲利的選擇。

圖 2 利用地下反應槽之微生物法生產生質甲烷



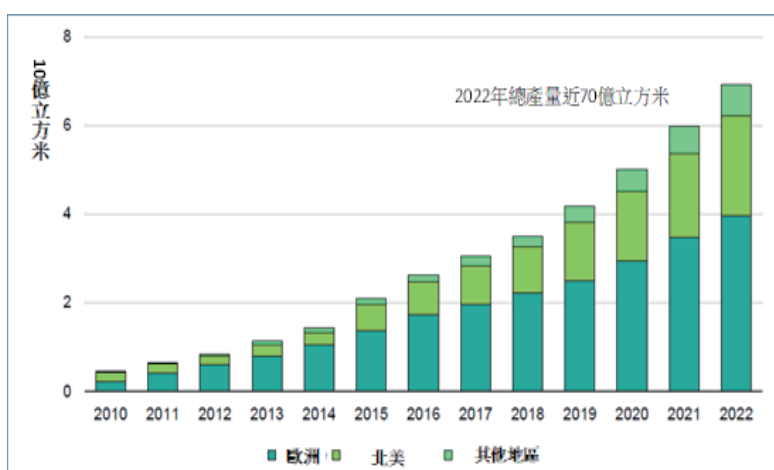
資料來源：網路。

(三) 全球生質合成天然氣產量續增

美國迄今仍為世界上最大的生質甲烷生產國，且自 2019 年以來一直保持領先地位，2022 年產量增加 20%（接近 4 億立方公尺），達到 20 億立方公尺，幾乎占全球生質甲烷產量的 30%。目前擁有 250 多個運營中的生質甲烷設施，及約 220 處正在建設或計劃中的工廠。

在原料方面，城市固體廢物（垃圾）仍是最大的單一原料來源，占生質甲烷總產量約 70%，農業廢棄物是第 2 大生質甲烷原料，約占 20%，食品廢棄物及廢水則占 10%。2022 年的供應增長主要是依賴農業廢棄物作為原料的生質甲烷設施所帶動，占供應增量的 55% 以上，其次是利用城市固體廢物的設施。

圖 3 世界各地區生質甲烷合成天然氣生產量



資料來源：IEA。

目前美國生質甲烷之最終用途約 90% 用作運輸燃料，餘 10% 用於發電，國會甚至提出對運輸用可再生天然氣銷售商給予免稅的優惠法案。

至於歐洲，歐盟的生質甲烷產量亦已接近每年 40 億立方公尺。丹麥和法國是兩大主要生產國，合占歐洲總量近三分之二。法國生質甲烷產量 2021 年增長 65%，達到 6.5 億立方公尺，成為歐洲第 2 大生產國，僅次於德國，超過丹麥，其中生質甲烷生產，農業廢棄物約占 80%。丹麥更為特殊，生質甲烷占其國內天然氣消費總量的比例已增至 30% 以上，為歐洲國家中最高。

(四) 合成天然氣之應用

以上所述，CO₂ 甲烷化或生質物之加工而產出甲烷，做成符合現有天然氣管網路使用標準的合成天然氣，此種產品主要由甲烷組成，為綠色管線瓦斯，也可供作車輛燃料，然與汽油、柴油相比，欲普及使用在中短期內可能仍然有限。

如前所述甲烷可以是車輛的燃料，在裝有改良火花點火引擎或雙燃料（柴油 / 液化天然氣）引擎的車輛中，做為壓縮天然氣 (CNG) 或液化天然氣 (LNG) 使用。在雙燃料引擎中，50-80% 的柴油可被天然氣取代。與二甲醚 (DME) 一樣，使用合成天然氣作為運輸燃料需要專用基礎設施進行加油、儲存和運輸。如此看來，用為交通燃料可能尚需假以時日。

在 IEA 之推廣下，生質甲烷的產量正在增加，其生質能源研發計畫計有 37 個會員國參與。使用有機廢棄物原料經厭氧消化之技術已相當成熟，在世界各地會員國有許多工廠正在運轉中。

今日甲烷成為能源轉型中，將加熱、發電及交通用燃料達成改用可再生能源的目標之主要途徑，尤其在歐盟，瑞典、荷蘭、奧地利正緊鑼密鼓推動研發，建設大規模的生質甲烷工廠，將低品質生質原料轉化為生質甲烷，注入天然氣管線系統配送至消費地使用。

四、世界天然氣市場近況

2022 年俄烏戰爭掀起全球能源危機，IEA 致力於天然氣供應安全和市場穩定之努力，制定更嚴格的儲存法規，以因應價格波動。特別是協調一致的 LNG 採購機制，期增強供應安全、提高議價能力、分攤買家之間風險。

由全球 LNG 供需情勢變化看來，包括我國在內，非天然氣生產國供需主要仰賴 LNG，合成天然氣亦可製成 LNG，雖在全球總供應量中占比尚低，惟其生產原料來自廢物利用，又是新研發之綠色能源，具備技術發展、經濟與環保之重大意義。

在需求方面，2022 年全球 LNG 貿易額挺升至歷史新高，現貨天然氣價格也劇漲。營運額之增加使 LNG 生產廠商利潤大增，故能增加額外投資，並繼續推動 CO₂ 排放減量，以適應新的全球能源經濟調整。由於俄羅斯對歐盟管道天然氣減供，LNG 的確發揮很大救急效果。近年全球 LNG 貿易額統計中，顯見去年增幅主要來自歐洲，增長 3 倍之多，而所增加的部份三分之二來自美國。LNG 可謂及時雨，有助歐洲人度過嚴冬與燃料中斷之驚嚇與困擾（如圖 4）。

圖 4 穿梭各大海洋之巨型 LNG 運輸船

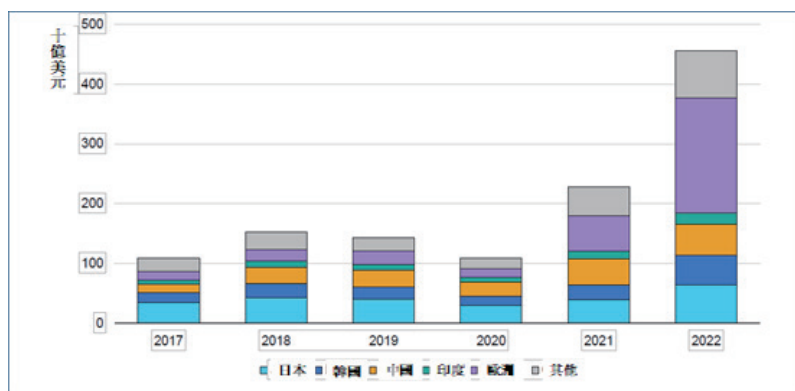


資料來源：IEA。

因俄烏戰事，2022 年俄羅斯對歐洲地區管道天然氣輸送量銳減，預期今後也可能逐漸下降。為此歐洲尋求以 LNG 為替代來源，需求量前所未有的增長。另一方面，也更致力於合成天然氣之開發。

圖 5 為近年全球 LNG 貿易額之增長狀況，顯示 2022 年歐洲進口總量急劇增加主導整體需求趨勢，而世界其他地區（尤其是亞洲）的巨量下降則平衡此一需求。

圖 5 全球 LNG 貿易額之增長情況



資料來源：IEA。

在供應方面，就全球來看，2022 年 LNG 總供應量之增長卻見相對溫和，為數 5.5%。據 IEA 之分析，全球 LNG 產能利用率平均為 84%，與 2021 年比較算持平，略高於 2017-2021 年 83% 的平均水準。

結語

全球氣候變遷導致許多嚴重災害之發生，尤以高溫、酷寒、水患、颶風等禍端頻傳，帶給人類及其他生物嚴重危機、生存環境劣化，而且日甚一日，各國尋求對策，構建可行解決方案。

探討緣由乃源於化石能源之大量使用，產生溫室氣體致之。近年遂有能源轉型之倡議，屏除高碳排放之化石能源，代之以生質能源、低碳排放能源、可再生能源、合成天然氣等。在歐盟等先進國家致力規劃、推動之下，締結公約，朝向 2050 年達到 CO₂ 淨 - 零排放，碳中和目標。

傳統的天然氣也是化石系能源，但屬於低碳強度 (Carbon Intensity, CI)，在 2050 年前後尚會持續取代煤炭、重油之類高碳強度能源，特別是用於能源密集產業，如發電、鋼鐵、石化、煉油等。是故，天然氣在能源轉型期仍是重要角色。

合成天然氣屬綠色能源，其發展就目前觀察有 4 大利點：1、增加既有傳統天然氣之市場供需彈性；2、提高綠色能源供應占比；3、減少進口化石能源；4、提供因應全球氣候變遷部分解決方案。綜合以上所述，未來遠景可期，值得各界參考。

參考文獻

- 一、Decarbonisation Technology, Feb, 2023.
- 二、Ptq quarterly, Q4, 2022.
- 三、Market Report, Q1-2023 including Gas Market Highlights 2022, issued by IEA.

國際天然氣聯盟 (International Gas Union, IGU) 全球天然氣快訊 (Global Voice of Gas) 第二卷第四期

2022 年 10 月 12 日出版

中華民國公用瓦斯事業協會國際組長 周志誠摘譯

渡過危機 (Navigating the crisis)

澳 洲

澳洲液化天然氣出口量，2021 年創下歷史新高，達到 8,090 萬噸，穩坐全球最大天然氣輸出國寶座，在液化天然氣價位居高不下的現在，相關收入可望達到 480 億澳幣（345 億美元）。

澳洲離岸天然氣對人口稠密的東岸供應不足，東岸天然氣價格創下新高，引發「競爭與消費者保護委員會」關注；委員會判斷東岸短缺量將達 10%，資源部長瑪德蓮金表示，在與業者達成共識，對國內市場注入更多天然氣後，2022 年 9 月底取消天然氣出口限制。

中、日、韓為採購澳洲天然氣的 3 大客戶，2021 年採購總量占澳洲出口量 85%，其中日本在 2020 年就購入佔澳洲出口的 39.1%。

澳洲西部的天然氣價格卻反其道而行，2022 年 9 月價格是石油輸出國組織的最低價，原因是澳洲國家政策規定，在澳洲西部生產的天然氣，必須保留總量的 15%，不得出售。

中 國

中國是世界最大的液化天然氣進口國，2021 年以 19% 的年增採購量擠下日本，登上寶座。中國液化天然氣進口量，占進口天然氣的三分之二，相當於全國供應量三分之一。

中國從 2006 年開始進口液化天然氣，每年進口量穩定成長，主要原因是希望以天然氣逐漸取代煤炭。中國國家政策自 2017 年開始，減少碳排放量，改善空氣品質，然而 2022 年液化天然氣的進口量忽然下跌 19%，即 1,500 萬噸，因天然氣價格太高，加上國內經濟情勢趨緩，及新冠肺炎 (Covid-19) 引發疫區各地封控與封城等不利因素所致。

面對國內液化天然氣需求放緩，將部分餘裕液化天然氣轉賣歐洲各國，此舉讓歐洲因俄羅斯減少天然氣供應，擔憂冬季斷供危機，露出一絲曙光。中國國內液化天然氣需求減少，使周邊地區欲搶購的競爭對手，包含日本、韓國及臺灣，也鬆口氣，因中國進口天然氣多數已侷限在既有合約專案，不會外溢。

根據聯合國氣候變遷綱要公約與更新後的各國承諾貢獻額度，中國 2021 年 10 月正式公佈，二氧化碳排放力爭於 2030 年前達到峰值，2060 年達到碳中和，相關作為都符合長期溫室氣體低排放發展戰略。2022 年 3 月公佈第一個氫能源長期計畫，期間為 2021-2035 年，計畫期程與碳中和的推動進程完全吻合。

中國是全球最大氫氣生產國，每年供應量約 3,300 萬噸。大多數氫氣來自石化燃料，並用來做為煉製廠與化工廠的原料。氫氣需求在 2030 年將達到 3,500 萬噸（占有能源供應量 5%），2050 年將達到 6,000 萬噸。氫氣除能作為重型商用車的燃料外，還可應用在不同的工業領域。中國政府計畫在 2025 年運用再生能源及具備年產量 10-20 萬噸氫氣產能，使每年碳排放量減少 100-200 萬噸。

中國石化 2022 年 11 月 21 日在微博發布，與卡達能源公司簽署為期 27 年的液化天然氣長期購銷協議，卡達能源公司每年供應中國石化 400 萬噸液化天然氣。雙方協議就卡達「北方氣田擴能」專案，開展一體化合作，此為重要里程碑。「北方氣田擴能」項目預計 2026 年投入生產，是中國石化與卡達能源公司簽署的第二個液化天然氣長期購銷協議，也是卡達「北方氣田擴能」的第一個液化天然氣長期購銷協議。

從全球液化天然氣訂單爭奪戰的角度來看，中卡雙方簽約意義非凡。日本經濟產業省報告指出，2026 年前可按穩定價格供應的長期液化天然氣合約，目前都已售罄。《日本經濟新聞》報導，由於 2015-2016 年資源價格長期低迷的影響，全球對液化天然氣設備的投資水準很低，又趕上歐洲液化天然氣需求增加，全球液化天然氣短缺。日本 JOGMEC（石油天然氣金屬礦產資源機構）警告：「世界液化天然氣短缺程度將進一步加深，短缺的時間從預期的 2025 年延長至 2030 年」。液化天然氣長期訂單，已打響悄無聲息的爭奪戰。目前的現貨（即時合約）價格，歐洲和亞洲均為每 100 萬 BTU30 美元。2023 年 10 月達到 40 美元。雖然低於 2022 年 8 月的頂峰，但與疫情前 2019 年相比，已上漲 6 到 8 倍。

卡達自然資源以石油和天然氣為主，天然氣儲量列全球第 3，僅次於俄羅斯和伊朗，北部氣田是全球最大的單一氣田，面積相當於國土面積的一半，儲量超過 900 兆立方英尺（25.49 兆立方公尺），占全球 20%。根據「BP 能源世界能源統計評論」顯示，卡達原油儲量為全球第 14 位，儲量 252 億桶，占全球 1.5%。中國從卡達進口的商品，主要為液化天然氣、原油和石化產品。

臺灣

臺灣天然氣需求量 99% 仰賴進口液化天然氣，臺灣中油公司擁有 2 個液化天然氣接收站，未來還會再增加 3 個接收站。

臺灣目前使用天然氣總發電量為 38%，預計 2025 年將達 50%，其他還包含擴大再生能源的運用。臺灣多數液化天然氣都來自於卡達，臺灣中油公司在 2021 年 7 月與卡達能源公司簽署 15 年的供售合約，每年購買 125 萬噸液化天然氣。

日本

日本從海外進口 97.7% 天然氣，其中超過 80% 長期合約是建立在與石油價格綁定的基礎上，以避免天然氣價格暴漲。

2022 年 8 月液化天然氣平均價格高達每噸 139,380 日元（每 100 萬 BTU 為 20 美元），較去年上漲 140%。進口液化天然氣價格，在公平調整機制下，反映市場價格。該機制的設計是根據前 3 個月液化天然氣均價進行調整。

天然氣機構以前述的公平調整機制，設定液化天然氣的價格上限，以預防天然氣價格暴漲。然而，液化天然氣國際市場價格連創新高，使得前述機構不得不被迫調高上限。

目前 35% 進口液化天然氣用於供應 400 億立方公尺的城市天然氣給 2,700 萬個用戶，2020 年 11 月城市天然氣公司宣佈在 2050 年達到零碳排的目標，採用低碳或無碳天然氣（氫氣、生質天然氣與合成甲烷），以取代目前傳統天然氣。

以合成甲烷取代天然氣，優點為可使用絕大部分目前正在運作的基礎設施，避免大規模投資改造天然氣既有產業鏈。日本計畫從海外進口合成甲烷，而且在既有液化站附近，投資建置生產設施。可行性分析與試驗項目已展開，並與潛在供應國合作。第一艘攜帶液化合成甲烷液化天然氣運輸船，將於 2030 年抵達日本。

韓國

韓國從海外進口 93% 天然氣，進口量僅次於中國與日本，為全球第三大液化天然氣進口國，其中 80% 係石油價格綁定的長期合約，因此無法完全反映屢創新高的天然氣市場價格。

全球市場供應量緊縮，對韓國產生衝擊，因應之道是轉往液化石油氣發展。韓國政府決定在城市天然氣組合增加液化石油氣比例。韓國工業用戶首先反映，使得 2022 年 7 至 9 月的天然氣價格上漲 41%，液化天然氣與液化石油氣比例從 100：120 變為 100：80。

韓國 2021 年 10 月宣佈要在 2050 年達成碳中和，目前 40% 發電量仰賴煤炭，再生能源用於發電比例低於 6%。韓國瓦斯公司是唯一液化天然氣進口商，計畫在 2026 年以 20% 的氫能加入天然氣，以降低溫室氣體排放，要達成此目標，需 107 萬噸氫能。2050 年減少碳排目標 750 萬噸，屆時需要 2,790 萬噸氫能，其中 80% 仰賴進口。進口總量中 300 萬噸是綠氫（電解法將水分離為氫氣與氧氣），200 萬噸是藍氫（將天然氣分解為氫氣與二氧化碳，再用碳捕捉技術，捕捉與儲存二氧化碳）。

德國

德國 2022 年 11 月 29 日與卡達簽訂天然氣供應協議，致有機會逐漸擺脫對俄羅斯長達數十年的能源依賴。卡達同意自 2026 年起的 15 年期間，每年輸送 200 萬噸液化天然氣，相當於德國全年天然氣消耗量的 3%（可以產生的發電量 300 億度電，即 30TWh。在俄烏戰爭發生前，俄羅斯每年供應德國的天然氣，可以產生的發電量是 500TWh），也是卡達與歐洲國家簽訂的第一個長期供氣合約。

卡達國營能源公司（Qatar Energy）表示，天然氣將從拉斯拉凡港（Ras Laffan, 多哈北方 80 公里）起運，送達德國布倫斯比特（Brunsbuttel）天然氣接收站，供應協議有助於德國達成能源來源多元化的目標，但無法完全補齊俄羅斯遺留的天然氣供應缺口。

俄烏戰爭爆發前，俄羅斯供應德國逾半數的天然氣進口量。為懲罰德國支持烏克蘭，俄國於 2022 年 8 月完全切斷天然氣的管線供應，嚴重衝擊民生與經濟，促使德國從不同國家進口液化天然氣，同時致力於削減天然氣需求。因境內沒有液化天然氣進口設施，目前正加速建造 4 座臨時海上浮動天然氣接收

站。此外，數座永久接收站也正快速興建中，希望接收站未來進口量能涵蓋國內三分之一天然氣需求。

俄烏戰爭爆發後，德國隨即展開與卡達的天然氣供應合約談判，但過程一波三折，雙方對於合約時間與價格意見分歧，最後終於達成共識。除德國之外，法國、比利時及義大利也積極與卡達洽談購買液化天然氣。卡達是天然氣出口大國，行之有年的透過長期合約將液化天然氣賣予中國、韓國和日本等國家。卡達擴充基礎設施從未間斷，計劃在 2027 年增加 60% 的產量，達到年產量 1.26 億噸。

俄羅斯減少供應量衝擊歐洲天然氣供應

2021 年對於全球天然氣產業是一大挑戰。新冠肺炎疫情逐漸減緩，天然氣需求上升，乾旱的現象與風力不足，出現在許多國家，被迫採用更多的火力發電以補足水力發電與風力發電的缺口。以天然氣取代煤炭的趨勢，加上發生在液化天然氣接收站與管線的事故，導致供應量偏低，種種因素相加，引發天然氣價格快速飆升。

歐洲問題更複雜，因有歐盟競爭條款，部分國家開始採用再生能源（包含生質天然氣）推升天然氣價格。2022 年 2 月起俄烏戰爭完全改變人們過去的認知，俄羅斯天然氣公司宣稱已簽署的長期合約不受影響，後來，卻對某些國家減少供應，甚至斷供。

俄烏戰爭帶來前所未有的戲劇化衝擊

- 一、天然氣虛擬交易所價格一路飆升，每一千度電價從 100 歐元、200 歐元到 300 歐元，此現象在各個地區擴散蔓延，快速惡化，例如法國與德國以往的電價為每一千度 50 歐元，由於歐洲電力市場的設計特性，虛擬交易所的電價也飆升到每一千度 1000 歐元，而俄烏戰爭前，均價只有 10 到 30 歐元。
- 二、液化天然氣進口國看見自身接收能力缺口，無法立刻進口更多的天然氣，只能無奈的看著天然氣價格不斷飆升。伊比利半島是個特例，從西班牙到歐洲各地的既有輸送系統能力非常有限，原來設計從北到南的輸送方向，現在幾乎完全相反。所有的濱海國家，都不約而同的加速進行或重新啟動

液化天然氣接收設施案（浮動式或陸基天然氣接收站）。動作最快的是荷蘭，在俄烏戰爭爆發的 6 個半月之後，即 2022 年 9 月 8 日就開始興建浮動式天然氣接收站，其他國家也有類似的計畫，但執行速度較慢。

三、需求驟降，即使多數歐盟國家努力保護國內的天然氣用戶，避免價格飆升引發最壞結果，然而工業用戶需求依然減少 20 到 40%，數字背後代表經濟活動銳減及企業關閉潮。

四、歐盟採取一系列對應措施，包含讓天然氣的儲存設施滿載運轉，這也是歐盟能源計畫的一部分，試圖完全擺脫俄羅斯的天然氣供應。下列做法很快的落實：天然氣儲存設施幾乎 100% 的滿載運轉；加速發展生質天然氣及其他再生能源；原定關閉或除役的核能電廠及煤炭火力電廠，獲得延役；呼籲各界主動削減天然氣的需求；此外，進一步的強制削減需求計畫亦已上路。

五、市場的混亂狀況對於瓦斯公司衝擊非常巨大，成本上升 10 倍，代表瓦斯公司必須額外準備數十億歐元的現金。在大多數歐洲國家，即使有政府的支持，瓦斯公司仍然必須吸收溢價，只向用戶收取天花板以下的天然氣價格。受到猛烈衝擊的德國、義大利、奧地利與中歐各國業者，即使已經簽署長期合約，沒有其他選擇，只能不得已買下天價的天然氣，以持續供應用戶。部份國家必須介入某些公司的營運，以確保該公司不會失控，進而引發災難性的骨牌效應。而這些只是目前可見或可預測的問題，如果要準確預測危機的發展方向，顯然為時過早。儘管如此，歸納預測趨勢如后：

- （一）目前困境將持續到至少 2027 年，在此之前幾乎沒有足夠的新天然氣或液化天然氣供應來源可以投入市場
- （二）歐盟非常可能完全改變天然氣市場（含電力市場）設計架構，因眼前的危機證明現在的架構有效率。
- （三）某些天然氣工業在往後數年將更穩固，同時會重新打造通往歐洲的天然氣通道。
- （四）歐洲能源轉型會加快速度，把傳統天然氣從混合能源架構剔除，同時加速綠色天然氣的發展，包含生質天然氣、合成天然氣與氢能。

寒冬將至，歐洲的能源價格何去何從？

天然氣專家安蘇菲科博以一問一答的方式發表見解，說明歐洲的能源系統如何度過冬季？如何面對未來？各國政府應該採取什麼措施減緩衝擊？

問：歐洲能源架構在這個冬季應該如何定價有著極大的不確定性，哪些決定性因素會影響這個結果？最壞的狀況會是什麼？

答：這個問題應從需求端與供應端兩方向觀察，設法降低需求，同時，盡可能尋求俄羅斯以外的天然氣供應來源。

一、需求端：天然氣與電力需求是連動。降低天然氣需求的同時，也應該降低電力需求。但就目前所見，兩者似乎是分開（2022 年 7 月的「安度冬天計畫裡」，歐洲建議在 8 月到次年 3 月期間，降低 15% 的天然氣需求，但是，只降低 10% 的電力消耗。而在 2022 年 9 月的討論中，僅要求在尖峰時段強制削減 5% 的電力消耗），2021 年歐盟的天然氣發電量占所有能源的五分之一。

二、注意能源效率：每個場域例如大樓（住宅與商辦）、各種工業場域、發電廠，盡可能的節能與使用替代產品 / 能源。提高能效的目標，是以較少的能耗，獲得相同的成果（產熱的溫度或工業產值）。節能會減少能源消耗，同時也減少人力物力的損耗（溫度計的恆溫設定，不要與室外溫度的差距過大、減少大樓的非必要照明、適時關閉非必要的基礎建設，例如游泳池）。節能的行為也可以透過高電價來引導民眾參與，因為電價直接衝擊家庭開支。提高能源效率（更好的隔熱包覆措施，工業生產流程的最佳化），無法一步到位，需要時間的積累。新舊措施之間的轉換，也無法一體適用，有些企業已改用石油產品，而在天然氣價格居高不下的現況，是否會有更多企業做同樣的選擇，沒有清楚的答案。有些家庭住戶因為擔憂天然氣供應不足，已採購木質顆粒的生質燃料，或者買電熱器，然而，使用電熱器，可能雪上加霜，因為用天然氣發電能效不佳，遠不如直接用天然氣作為鍋爐燃料。

三、就實際面觀察：因為能源價格過高，造成工業產值削減，例如肥料製造商 YARA 將氨氣的產能調降 35%。其他企業也比照辦理，

甚至直接關閉工廠，以躲避高昂的電價與天然氣價格。天然氣的需求因而減少（國際能源總署 2022 年 8 月統計，歐盟主要經濟體的數字，與前一年比較，減少 30%）。建築物的需求，同樣下降，部分因素為 2022 年上半年的氣候比較溫和，其次，是高電價引發的節能行為。國際能源總署估計，2022 年第三季的電力輸送會下滑 15%，然而，2022 年前 8 個月的天然氣發電量卻反而上升，較去年增加 8%，經查原因是核能發電（2022 年前 8 個月與前一年相較，降低 15%）與水力發電（2022 年前 8 個月與前一年相較，降低 25%）都降低。使用更多的再生能源與煤炭發電，並沒有對核能及水力發電，產生互補的效果。

四、供應端：俄羅斯天然氣依然沒有好消息，北溪一號與二號的四條主管線，有三條已經斷供數月，未來何時可以恢復，無法知曉。俄羅斯 2022 年 9 月的天然氣供應，較去年同期減少 20%，目前沒有跡象顯示，未來有增加的可能性，反之，如果途經烏克蘭的運送出現問題，俄羅斯可能進一步再縮減供應量。北非的管線，也沒有好消息，只有亞塞拜然與挪威的供應量，小幅增加數十億立方公尺（前提是，挪威白雪號天然氣探勘平臺恢復供應天然氣），而除挪威與英國之外，其他國家的國內生產也沒有好轉的跡象，荷蘭的格羅寧根氣田，產量沒有明顯提升；而生質甲烷最多只能增加數十億立方公尺。

五、人們轉而把所有希望都寄託在液化天然氣身上，但是，如何增加全球供應量？有多少供應量可以從亞洲轉移到其他地方？所幸，中國的需求趨緩，日韓兩國不需要爭搶天然氣，目前看來，歐盟市場的供需平衡，所有儲存槽都有讓人滿意的存量，歸於額外增加的天然氣供應量（多數是液化天然氣），再加上工業與建築業的需求下降。

個人認為冬季需求會持續下滑，尤其是電力。因為歐洲找到體量顯著的液化天然氣來源，同時，擴充進口液化天然氣的基礎設施。然而，在需求面，有幾個因素是無法改變：氣候、再生能源（包含水力發電）的產量、核能電廠的延役。其中，氣候的不確定因素最大，如果再出現類似 2010 年的寒冬，對每個人都是

嚴峻的挑戰。歐洲以外地區的液化天然氣需求量，是另一個不確定因素。亞洲看似低迷的需求量，只是一個幸運的巧合，但是需求龐大的中國，從 2021 年開始已簽署 29 個液化天然氣合約，是完全有能力改變全球天然氣供需平衡的國家（除非，中國買家發現把天然氣轉賣給歐洲買家，是更有利可圖的事。）。

問：俄羅斯天然氣的供應量已經常態緊縮，如果完全斷供，對於歐洲的風險有多高？

答：2022 年 9 月俄羅斯日均供應量較去年減少 20%，北溪一號與二號已被破壞，供應量很難提高，即使俄羅斯天然氣公司 2022 年 10 月 3 日強調，可以運用未被破壞的倖存管線－北溪二號 275 億立方公尺管，若經過詳細檢查，確認管線可以運作，相關單位決定恢復供應。然而基於目前各種反對聲浪，個人認為實現機會應該很低。

俄羅斯天然氣公司 2022 年 9 月 28 日的推文：途經烏克蘭的天然氣是有風險，因為烏克蘭天然氣公司不同意用這個方法運送。此外，個人不認為，通過土耳其溪（譯註：從俄羅斯通往土耳其的天然氣管道，功能類似北溪一號）及其他通道的天然氣供應，有斷供的風險。綜上所述，2023 年最壞的狀況是只有土耳其溪正常運作，歐盟國家可以獲得的天然氣為年輸送量為 130 億立方公尺，此數字如與前一年比較，俄羅斯 2021 年供應 1400 億立方公尺的天然氣予歐盟，兩者之間的差距，放眼全球，不是任何一個液化天然氣或替代能源可以填補的黑洞，也沒有一個國家可以補上這個巨坑。2022 年 1 到 8 月歐盟的天然氣進口量，增加 300 億立方公尺，即使將挪威、亞塞拜然、阿爾及利亞、英國的產量都提高，同時，讓英國作為轉運樞紐，加上 BBL 天然氣管道（英國到荷蘭的天然氣管道）的運送能力，總之即使把全球可以獲得的天然氣注入歐洲，依然嚴重不足，整個歐盟地區的天然氣需求量還必須再調降。

問：下一個冬季，怎麼辦？

答：關鍵因素之一，除滿足 2023 年需求量，還要提高儲存量。目前看來，2022 年冬季儲存量正在減少。歐盟天然氣儲存能力為 1,000 億立方公尺，通常在冬季開始之前，儲存量要達到 90% 的水平，如果在當年的 4 月只有 20% 的儲存量，冬季來臨前，至少要有 700 億立方公

尺才足以應對。儲存量是歐盟天然氣供需平衡的重要因素，一旦失控，就無法滿足一般居民的尖峰時段需求。此外，儲存量也供應火力發電廠，在太陽能與風力發電不足時，火力發電廠可以補足尖峰時段的電力需求。

另一個關鍵因素是幾乎沒有新進的液化天然氣來源。2023 至 2024 年可投入市場的來源，多數量體都太小，唯一例外是北極二號（Arctic LNG 2），因為禁運緣故（2023 年開始運作）具體細節仍不明朗，此外，2025 年或之後將開始運作的大型天然氣設施如卡達北部氣田東區專案（卡達多哈北方 80 公里，年產量 3300 萬噸）、黃金通道（美國休士頓東方 160 公里，年產量 1800 萬噸）、普拉克明（美國紐奧良南方 30 公里，年產量 2000 萬噸）、科普柯斯提第三期（美國休士頓西南方 320 公里，年產量 1000 萬噸）。

問：一年後的價格展望如何？

答：天然氣價格有「居高不下」與「變化無常」兩個特色。至於價位水準，歐洲買家買入價持續高於亞洲買家，直到國際市場有更多的天然氣供應湧入。目前供應量仍然吃緊，若要達到供需平衡，可能還需要 2-3 年。這段期間，天然氣價位可能一直維持在同樣水平，個人稱這個現象為「天然氣的恐懼附加價格」。然而，市場價格如果回到 2022 年夏季的每 100 萬 BTU 要 100 美元，合理嗎？價格飆高的背後是俄羅斯斷供引發的市場效應。值得關注的是，天然氣價格是否可能回到正軌，由基本面驅動價格？當然，不可否認，北溪事件凸顯天然氣基礎設施的脆弱性，任何第三方都可以任意攻擊破壞。

問：歐洲能源危機背後的經濟代價是什麼？

答：這幾個月以來，看見各項悲觀的經濟預測，許多國家都出現破紀錄的通膨，隨之而來的是各國央行調高利率。在歐洲似乎無可避免的將進入經濟衰退，剩下的唯一問題是，狀況有多糟？不斷上升的能源價格，引發全面衝擊，可能是最好的答案。這也是為什麼歐洲各國努力尋找方向，試圖降低高電價對民眾造成的衝擊。

歐盟委員會主席馮德萊恩宣布，將改變電價結構。具體做法是針對低成本發電（風力、太陽能、水力、核能等）的業者，限制收入金額，餘裕將重新分配給消費者。但是，最複雜的問題是如何落

實在天然氣價格？目前看來，已經有好幾個不同提案，例如針對俄羅斯天然氣及所有進口天然氣設限，或將天然氣虛擬交易所（Title Transfer Facility）的指標價位，改為不隨市場連動。前述的任何一個方案，都可能引發意想不到的後果，讓已經困難的現狀雪上加霜。但是更擔憂的是世界上的其他地區，例如通膨嚴重衝擊的發展中國家。

無法獲得合理價位的天然氣，是許多國家的共同夢魘（這也會戕害瓦斯與液化天然氣的長期展望），天然氣價位居高不下，同時衝擊肥料價格。如此一來，除能源價格飆高，未來數年，糧食價格也會連帶上漲，導致新的危機。

問：歐盟的危機處理有效嗎？

答：個人認為，不太好，理由如下：

- 一、歐盟以為主導削減俄羅斯天然氣的進口，事實上，只有俄羅斯總統普亭握有主導權，並將已經緊縮的市場供應，完全掌控。當俄國決定針對特定國家減少供應量，之後減少北溪管線的供應量時（始終強調長期合約不受影響，以負責的態度保證供應），歐盟領袖還未警覺。接下來減供的速度之快，更超過想像，等到供應量只剩下原來的三分之一，連發言的機會都喪失。普亭要求所有對俄羅斯不友好的國家，以盧布支付相關費用，結果是大多數國家，無論對俄友好與否，都按照要求，以盧布付費。
- 二、個人對歐盟領袖第二個評論是不成比例的關注供應端，忘記需求端。歐盟 3 月振興計劃曾提及要減少需求量，似乎遺忘承諾要保護消費者，意味要保護最窮苦、最脆弱的群體，但同時卻要求人們降低天然氣及電力的需求。
- 三、隨處可見的事實是，人們對於簡單有效的措施往往視而不見，例如在盛夏時節，空調運轉的商店入口門，往往敞開未關上。這個現象顯示，從一開始，各方就缺乏有效溝通。對於政策制定者來說，能源效率是個枯燥的議題，節能是難以實現的夢想，因為，節能必需要改變人們的行為模式。政策制定者往往只想看見全新的液化天然氣接收站，然而，能效與節能，才是未來達成零碳排

的真正關鍵。此外，在供應面，大多數的政策制定者並沒有獲得更多的液化天然氣供應來源，只簽署少量的合約，而這些國家的所有成果加起來，遠遠不及德國一個國家的努力與成效。

四、關鍵的分歧點是，供應商都希望簽署長期合約，但歐洲買家都不願意，因為認為瓦斯需求會下降（液化天然氣需求也會），價錢也是。以現在的市場天價來看，沒有一個賣方會以低點價位簽署5年合約，除非買方可以接受天然氣虛擬交易所（Title Transfer Facility）的指標價格。有些國家的政策制定者，2022年上半年看見液化天然氣源源不絕的送到歐洲，就誤以為買到貨源是輕而易舉的事，事實上，完全相反。另外，所謂的「液化天然氣交易平台」，會是什麼模樣。從2022年3月就聽到此一平台的各種消息，但是，始終沒有更多的細節，目前所知要成立一個諮詢委員會。

問：歐洲在未來該怎麼做，才能夠在不破壞氣候協定的前提下，確保能源安全而且價格合理？

答：一、必須拋棄理想化，以務實的角度思考。

二、不切實際的理想化有一個很好的實例：德國（或比利時）計劃汰除核能電廠，但是政府卻又需要核能電廠提供的發電量，然後再要求民眾在寒冬減少家庭供暖，這所有的矛盾，完全不合理。

三、非常不幸地，因為能源安全與合理價位都是重中之重，碳排放量會無可避免的升高，若以煤炭為燃料情況會更嚴重，必須設法盡可能減少碳排放量，但是，因為核能、水力、再生能源的成長速度不如預期，所以，還是得務實地面對問題，甚至必須進一步降低能源需求，當然，伴隨而來的，是對經濟的衝擊。

四、歐洲國家有必要認真思考，是否已經作好準備，支持液化天然氣外銷？還是樂於支付天價，繼續擔負全球貿易平衡市場的角色？多數人都有同樣的疑問，因為，永續經營是共同的目標，然而，供應側的實際投資遠遠不足。市場需要更多的供應量，不只是供應歐洲，也應該普惠各地，尤其是發展中國家。如果東南亞國家持續使用煤炭，對於舒緩天然氣供應緊繃的國際市場是有幫助。

欲確保天然氣供應穩定，國內天然氣的探勘與開採，是一個很好的選擇。歐洲不願意生產天然氣，其實在歐洲境內是有氣源：黑海的發展值得關注；與挪威討論開發天然氣；努力尋找可行方案，開採地中海東部的氣田，上述這些地點，或許能解決目前遭遇的難題。另外應該思考符合環保的新投資方向，也就是說，即使是投資天然氣供應站的設施，都盡可能的符合低碳原則。最後，持續追進度，直到達成目標。

五、歐盟委員會必須不斷關注下列重點項目：改善能效，風力發電，太陽能發電，生質甲烷的生產，降低天然氣需求等等，而且，每年定期檢討，要求責任方改進。

說明

- 一、本文已獲全球天然氣聯盟（IGU）授權，得以正體中文版翻譯轉載。
- 二、NAVIGATING THE CRISIS,AHEAD OF COP27.(2022,October 12). Global Voice of Gas by The International Gas Union.2.
- 三、Satoshi Yoshida(2022).North Asia & Australasia,Regional Update. Global Voice of Gas by The International Gas Union. 2,12-14.
- 四、China signs 27-year gas deal with Qatar Energy to secure supply(2022,November 21). ALJAREERA. Retrieved from <https://www.aljazeera.com/economy/2022/11/21/china-signs-27-year-gas-deal-with-qatarenergy-to-secure-supply>.
- 五、Didier Holleaux(2022).Europe,Regional Update.Global Voice of Gas by The International Gas Union.2,20-21.
- 六、Anne-Sophie Corbeau(2022).Winter is coming: how will Europe's energy system fare?Global Voice of Gas by The International Gas Union.2,26-30.

瓦斯人的園地之一

大台北地區瓦斯公司幫管理師 陳薏婷

獲得 111 年優秀從業人員表揚對個人是一份極大的榮耀和肯定，也是過去辛勤努力的最佳回饋，這不僅帶來前所未有的動力，更加深強大的信心。

首先感謝主管和講師們毫無保留的傳授專業及耐心教導，在嚴格的自我要求下，時刻不鬆懈，加緊步伐，不斷努力，持續成長和進步，歷經許多挑戰和困難，學習到寶貴的經驗，致能更加自信和熟練。同時也要感謝同事們給予的支持和鼓勵，工作中與同事不分彼此，合作無間，運用所學，發揮專長，成為團隊中有價值的成員。

此次的表揚更深刻瞭解自我的本職學能，也對未來的目標規劃有更明確的期望，除持續努力學習和成長，要不斷提升從業領域的專業水準，因應工作之需。

衷心感謝公司的提攜，有幸於瓦斯協會得到表揚，這不只是工作上重要的里程碑，個人也將帶著這份榮譽，啟動另一個新的起點，一秉初心，不斷學習，精益求精，為未來的成就和貢獻努力不懈。



瓦斯人的園地之二

台灣中油公司新竹服務中心領班 汪宏泳

民國 96 年報名參加國營事業中油公司雇員的考試，很幸運順利錄取，並於同年 12 月 3 日至苗栗天然氣營業處報到，接著分發到新竹服務中心，開啟「天然氣人」的日子。任職後擔任整壓站之維護保養人員，99 年 4 月轉任搶修監工，期間先後取得「氣體燃料導管配管乙、丙級」、「乙級計量技術人員」等證照，107 年 1 月再轉任配氣工作迄今，因歷年表現優異深獲主管肯定，進而提報為 111 年優秀瓦斯從業人員，獲此殊榮倍感榮耀與感謝。

在中油公司服務前一直於民營企業工作，由於民營企業許多文化及作法與國營企業有很大的不同，進入中油公司後，經過認真學習、適應、堅持及主管、領班耐心教導，致能快速站穩腳步，完成負責

工作及長官交代任務，而對公司做出貢獻，所以不管職場在民營或國營單位，個人覺得要成功，「態度」及「不斷學習」是非常重要的關鍵。

在中油公司轉眼已邁入第 16 年，期間因基層招考曾經中斷，由於目前正經歷退休潮，因此同期進入公司的同仁任重道遠，肩負很重的使命，必需承先啟後，做好傳承的工作，期許在未來的日子裡，能持續不斷學習，並將所學傳授後進之同仁，共同為天然氣之供氣安全、穩定供氣、安全使用努力。



瓦斯人的園地之三

新海瓦斯公司高級技術員 李志鳴

民國 85 年中以招考方式錄取進入新海公司，先後考取「氣體燃料導管配管丙、乙級」及「特定瓦斯器具裝修」等證照，隨後任職於養護部維護一課，擔任配管及維修工作，由於在工作上勇於克服施工難度較高之環境，如高空、超高樓、巷內窄小作業等，因表現優異，深獲長官肯定及厚愛。

從工作班即受資深班長無私教導，在前輩傳承下累積經驗，及不斷的虛心討教、學習，以提升工作技能與技巧，和用戶間應對方式與態度。公餘之時，進修急救消防士相關知識技能等課程，用於自救及幫助社會上需要的人士。相信勤勉向上、自我要求，增強能力，定能執行並完成長官們賦予任務。

當面對工作上挫折或遇上用戶不理性指責，除做好抗壓的心理準備，也抱持服務至上精神，鼓勵自己加油再加油，拿出職人的精神，展現積極態度，並贏得長官及同仁的信任，對得起每月領的薪資。



瓦斯人的園地之四

欣泰石油氣公司助理工務員 林鴻興

個人在欣泰公司擔任助理工務員已有 9 年之久，這段時間充滿許多難忘的回憶與經驗，在此分享成長的歷程及對未來的期許和展望。



首先，和同事相處是最重要的一門學問，工作中與各部門同事緊密相關，相互協助，共同解決問題，並從中瞭解團隊合作的重要性及學到許多寶貴的經驗。

其次，由於工作內容主要為營業用戶的定期安檢及家庭用戶服務案件，需具備良好的專業知識和技術能力，以確保安全及滿意

度，透過參加公司培訓和研討會，持續加強本職學能及提升水準。

隨著業務的擴展，團隊也一直新增，公司提供更多的晉升和學習的機會，能夠不斷挑戰、鍛鍊自我。過程中，看到進步和成就感，不僅是對個人的肯定，也見證公司的榮景。

對於未來已有明確的期許，希望能繼續深耕業務領域，透過不斷的學習和成長提升能力，為客戶提供更優質的服務，同時進一步加強與同事間的合作和溝通，發揮更大的影響力，成為中堅力量，促進團隊的凝聚力及效率，共同實現更高的目標。

隨著社會的發展和能源需求的增加，天然氣產業將迎來更大的發展機會。相信公司擁有良好信譽、強大的技術實力和先進的管理理念之下，領導全體員工共同努力，不斷創新和進步，在穩定中開拓新市場和客戶群，提供更多服務。個人對公司充滿信心，有專業團隊的通力合作定能保持領先地位，迎接挑戰，實現更輝煌的成就和發展。

瓦斯人的園地之五

欣中天然氣公司助理工務員 李宗禧

民國 102 年至輔導會職訓中心參加「建築配管班」職業訓練，先後取得「自來水管配管乙、丙級」、「工業用管配管丙級」、「特定瓦斯器具裝修」及「氣體燃料導管配管乙、丙級」等多張證照，於民國 104 年獲錄取進入欣中天然氣公司；在公司服務期間，歷練安檢科、表務科及搶修科等單位，後因調任至重機組，於 111 年初再至輔導會職訓中心參加「挖掘機操作班」，取得「重機械操作－挖掘機」一級證照。

學理與實務存在著相當的落差，儘管職訓期間所學的各项技能，致使考取多張證照，但實際工作則會因現場環境的不同，而有所差別，所以時時抱持不恥下問、虛心學習的態度，持續精進本職學能及專業知識，將所學與實務相結合，運用於工作上。

執行任何任務均應建立在安全的基礎之上，尤其擔負的工作本身就具有高危險性，因此在執行檢測、維修等工作時，皆要遵照法規及現行的作業程序及步驟，不可投機取巧，以確保人員及施工安全。

蹲低才能跳得更高更遠，懷著虛心學習、對工作展現應有的積極、負責態度，並善加利用資源，以強化自身技術；另外個人應做好心理抗壓的建設，遭遇挫折時抱持著堅定的信念，只要肯做肯學，假以時日必能贏得長官及同事的信任，辛苦耕耘必能迎來歡欣的收穫。



瓦斯人的園地之六

大台南天然氣公司助理員 顏子翔

民國 109 年加入大台南天然氣公司，擔任工務部養護組助理員，雖然不是科班出生，但在公司的專業培訓下取得「氣體燃料導管配管乙級」、「局限空間作業主管」及「高壓氣體設備操作作業人員」等證書，這是職業生涯中的重要一步，得以融入富有挑戰性的工作環境，並充分運用訓練中所學到的專業知識。

作為工務部養護組的一員，職責是整壓站設備的操作及維護，以確保整體安全和穩定運作，此工作不僅要具備專業知識，更需注重細節與耐心。個人堅信每一個小細節對設備的運行和使用者的安全均至關重要，因此始終以精益求精的態度看待負責的工作。



工作中不僅豐富本身的專業知識，還從中學習許多關於團隊合作和溝通的重要性。在工作中，與同事們密切配合，共同解決各種挑戰和問題，是最快樂的事，團隊協同合作的經驗，不僅提升個人的溝通技巧，也培養在壓力下保持冷靜和有效解決問題的能力。

除在工作中不斷成長，也持續追求個人專業的提升，例如自學 EXCEL VB 等程式優化工作流程，提高工作效率，及不斷更新知識和技能，相信只有不斷學習、進步，才能與公司的發展保持同步，並為公司和團隊帶來更大的價值。