



鋼廠動態

1. POSCO 計畫在澳洲黑德蘭港建設 200 萬噸 HBI 工廠 1
2. POSCO 與 BHP 合作推進 HyREX 技術 1
3. POSCO 與 Equinor 擴大能源價值鏈合作 2
4. 安賽樂米塔爾在波蘭啟動鐵路閉環回收專案 3
5. 大河鋼鐵園區將建造 DRI 工廠 3
6. 印度公布鋼鐵業綠色與戰略發展 目標 2030 年產能瞄準 3 億噸 4
7. 印度 JSW 能源啟動綠氫廠供應 推動低碳鋼生產 4
8. 阿聯酋 EMSTEEL 發布綠色品牌 TrueGreen™ 5

技術/生產資訊

1. POSCO 以多元過渡技術推動脫碳轉型 6
2. JFE 申請 PSA 吸附塔監測專利精準維護吸附單元 8
3. 寶武清能與 ROTOBOOST 開發甲烷裂解製氫技術 9
4. 寶鋼與日立能源打造零碳薄鋼板及大容量電爐變壓器 10
5. 澳洲的鋼鐵業過於專注使用天然氣取代煤炭煉鋼 11

6. 安賽樂米塔爾啟動 Helioroof® 低碳屋頂生產線	12
7. 歐洲低排放煉鋼業轉型考量與多重挑戰	13
8. 阿曼綠色氫能潛力龐大	14
9. 中日韓鋼鐵行業低碳轉型路徑比較及啟示	15
10. 詳細追蹤鋼鐵行業產品碳足跡以推動實現淨零排放	16

技術專欄

※各國 CCUS 開發案場鋼材應用資訊	18
---------------------	----

1. POSCO 計畫在澳洲黑德蘭港建設 200 萬噸 HBI 工廠

浦項製鐵「黑德蘭港綠色鋼鐵專案」已通過西澳政府批准，將投資 40 億澳元（約 800 億新台幣），於黑德蘭港西南約 10 公里處的布達裡戰略工業區新建球團廠及熱壓鐵塊（HBI）工廠，每年將處理 300-350 萬噸皮爾巴拉鐵礦石。

該專案將使用 MIDREX Flex 技術，以氫作為還原劑，並計畫 2050 年實現完全可再生能源供電。配套基礎設施包括氫氣生產和儲存、氮氣工廠、處理和儲存設施、電力傳輸、碳捕捉及行政區建築，預計每年可生產約 200 萬噸熱壓鐵塊（HBI）和 100 萬噸的球團產品。

（摘自：鐵諾 2025-10-17）

2. POSCO 與 BHP 合作推進 HyREX 技術

浦項製鐵與必和必拓（BHP）簽署諒解備忘錄，將合作推進 HyREX 氫還原煉鐵技術。浦項製鐵將建設配備大規模的氫基流化床反應器-電熔煉爐（FBR-ESF）的 HyREX 示範煉鐵工廠，並使用必和必拓的皮爾巴拉（Pilbara）鐵礦進行試驗。預計於 2028 年初投運，年產能 30 萬噸。雙方還計畫共享技術專業知識，以支持 HyREX 技術的發展。

HyREX 技術結合氫基直接還原與電熔煉爐，使用氫氣取代煤炭作為還原劑，並能直接使用鐵礦石粉，無需經過球團化的預處理，有望降低資本和能源密集度。該技術符合國際能源署（IEA）基於礦石路線的近零鋼鐵基準，即每噸粗鋼 0.40 噸二氧化碳當量。

（摘自：AIST 2025-11-03、SteelOrbis 2025-10-30）

3. POSCO 與 Equinor 擴大能源價值鏈合作

浦項國際 (POSCO INTERNATIONAL) 與全球能源巨頭挪威 Equinor 簽署 MOU，擴大在能源價值鏈上的合作，包含離岸風電共同開發、鋼材供應及液化天然氣 (LNG) 等關鍵領域。此舉旨在整合浦項集團的鋼鐵、能源及基礎設施能力，與 Equinor 的全球專業知識相結合，加速其再生能源組合的擴展，並響應低碳轉型趨勢。浦項國際正與挪威的 Equinor 擴大在關鍵能源領域的合作，範圍涵蓋離岸風電、鋼材供應及液化天然氣 (LNG)。浦項國際於 10 月 29 日在浦項青松臺宣布與 Equinor 簽署了擴大能源合作的 MOU。

雙方建立於 2023 年 MOU 的基礎上，計畫透過持續將個別專案機會轉化為具體倡議並加強執行。浦項國際執行長表示，透過與 Equinor 的策略夥伴關係，將進一步增強在全球能源市場的競爭力，並透過彙集雙方專業知識，於包括再生能源和低碳燃料在內的未來能源領域中發揮領導作用。Equinor 韓國執行長則表示，將與浦項國際緊密合作，計畫在韓國和全球探索廣泛的新能源解決方案。

在專案成果與應用場景方面，浦項國際目前在全羅南道新安運營一個 14.5MW 的太陽能發電設施和一個 62.7MW 的陸上風電場，並正在附近海域開發一個 300MW 的離岸風電場。該公司也同時參與東海地區的離岸風電能源共同開發專案，進一步擴大其再生能源組合。Equinor 是一家挪威國有的綜合能源公司，業務涵蓋全球 30 多個國家的石油、天然氣和再生能源，目前正在蔚山近海開發「螢火蟲」(Firefly) 浮動式離岸風電專案 (750MW)。

透過此次 MOU，浦項國際計畫將浦項集團在鋼鐵、能源和基礎設施方面的能力，與 Equinor 在全球離岸風電能源的專業知識相結合，最終強化全球夥伴關係模式，以引領向永續低碳生態系統和能源結構轉型時代的轉變。

(摘自：POSCO Newsroom 2025-11-05)

4. 安賽樂米塔爾在波蘭啟動鐵路閉環回收專案

安賽樂米塔爾波蘭公司作為瑞典交通管理局 (Trafikverket) 的鐵軌供應商，於近期宣布擴大雙方合作，並啟動一項鐵路閉環回收專案，透過將瑞典舊鐵軌轉化為新鐵軌，延長材料的使用壽命並減少碳排放，實現雙方互惠互利。

根據專案規劃，報廢的瑞典鐵軌在哈爾斯塔哈馬 (Hallstahammar) 收集和切割，並透過火車運至羽斯塔德 (Ystad)，最終以輪船運往波蘭。在安賽樂米塔爾達布羅瓦高尼查 (Dąbrowa Górnicza) 廠，利用低碳排技術進行回收和再製。

(摘自：SteelOrbis 2025-10-28)

5. 大河鋼鐵園區將建造 DRI 工廠

日本製鐵收購美鋼公司後，承諾在 2028 年前對美國業務額外投資 110 億美元。近期美鋼公司宣布，這項投資一部分將用於在阿肯色州的大河鋼鐵廠園區建造一座 DRI 工廠。該工廠將使用美鋼公司明尼蘇達州礦石設施的 DR 級球團礦，它將生產用於電爐的 DRI 原料。並且，美鋼公司發言人表示，此舉旨在推動其電爐鋼廠在先進、可持續鋼鐵生產方面取得業界領先地位，並增強原材料優勢和國內供應鏈的可靠性。儘管如此，項目的成本、將僱用的人數、以及設施的建設時間表尚未公布。

(摘自：AIST 2025-11-13、talkbusiness.net 2025-11-13)

6. 印度公布鋼鐵業綠色與戰略發展 目標 2030 年產能 瞄準 3 億噸

印度鋼鐵部在「2025 年印度工業聯合會鋼鐵高峰會」開幕式上，正式發布鋼鐵產業的長期發展藍圖與綠色轉型目標。過去十年，印度鋼鐵產能從約 1 億噸增至 2 億噸。印度政府計劃在 2030 至 2031 年度將鋼鐵產能提升至 3 億噸，並於 2047 年進一步增至 5 億噸，打造世界一流的鋼鐵強國。

在峰會上，鋼鐵部提出多項關鍵方向。首先，在低碳鋼發展方面，印度將推動以「DRI+氫氣」為核心的綠色煉鋼技術路徑。印度政府預期氫能將在 5 至 10 年內取代天然氣成為主要還原劑，降低鋼鐵生產的碳排放。其次，國防、汽車及能源等產業的快速發展，帶動高端鋼材需求擴張，進一步刺激投資與技術升級。

展望未來，印度鋼鐵產業將圍繞「戰略投資、自主自強、永續發展」三大支柱推進。憑藉豐富的原料資源、成熟的勞動力及龐大的內需市場，印度正致力於打造一個具國際競爭力、可持續且自給自足的鋼鐵產業生態系統。

(摘自：SNN 環宇鋼鐵網 2025-11-13)

7. 印度 JSW 能源啟動綠氫廠供應 推動低碳鋼生產

印度 JSW 能源有限公司於 2025 年 11 月 11 日宣布，其位於南部卡納塔卡邦維賈亞納加地區的綠色氫氣生產工廠已開始運營。該設施緊鄰 JSW 鋼鐵有限公司的鋼廠，將成為該國最大的綠氫工廠，並直接向鋼廠的直接還原設施(DRI)供應綠氫，以生產低碳鋼，減少鋼鐵產業對化石燃料的依賴。

此綠氫專案屬於印度政府太陽能公司 (SECI) 主導的「綠氫轉型戰略干預計畫」(SIGHT) 的一部分。JSW 能源公司已獲得此計畫每年 6,800 噸綠氫的產能

分配。在初始營運階段，JSW 能源已與 JSW 鋼鐵簽訂一項為期七年的產品承購協議。根據該協議，JSW 能源將每年向 JSW 鋼鐵供應 3,800 噸綠色氫氣以及 30,000 噸綠色氧氣。

(摘自：SNN 環宇鋼鐵網 2025-11-14、SNN 環宇鋼鐵網 2025-11-14)

8. 阿聯酋 EMSTEEL 發布綠色品牌 TrueGreen™

阿聯酋 EMSTEEL 於 2025 年 9 月底正式發布低碳排放鋼材品牌標識 TrueGreen™ (如圖 1)，為開發商、承包商和融資方提供國際認可的可持續發展憑證，強化其在綠色招標的競爭力。



圖 1、EMSTEEL 綠色品牌 TrueGreen™標識

TrueGreen™碳排強度僅 0.67 噸 CO₂ / 噸鋼，所有產品均符合 CBAM 等國際法規，並配有獨立驗證的環境產品聲明 (EPD)。此外，透過先進的數位監測系統支援，能夠提供特定批次的碳數據，以確保數據的精確性和可追溯性。

TrueGreen™的推出與阿聯酋的「淨零 2050 戰略」接軌，EMSTEEL 將持續跨大其品牌影響力，並與阿聯酋工業與先進技術部 (MOIAT) 一同推動在低碳建築方面的合作。

(摘自：鐵諾 2025-10-13、EMSTEEL 2025-09-25)

1. POSCO 以多元過渡技術推動脫碳轉型

浦項鋼鐵集團 (POSCO Group) 為應對全球日趨嚴格的環保法規與氣候危機，制定了「2050 年脫碳藍圖」，目標是透過 HyREX 技術、多種碳減排過渡技術以及清潔能源轉型，引領鋼鐵產業的新典範。此藍圖涵蓋原料、投資、能源及技術創新等關鍵領域，浦項鋼鐵正以階段性的技術部署策略，推動鋼鐵脫碳的製程創新。浦項鋼鐵集團的「2050 年脫碳藍圖」，陳述了對集團內碳密集度最高的鋼鐵業務進行全面脫碳的綜合策略。該藍圖涵蓋原料、投資、能源及技術創新等關鍵領域，並透過持續監測和年度更新來推進脫碳進程。

在短期路徑上，藍圖提出透過高爐效率提升、注氫，以及使用低碳燃料和原料來抑制煤炭使用。中期策略則規劃實施具備高實用潛力的過渡技術，包括導入大型電爐 (EAF)、開發低鐵水比 (HMR) 操作技術，以及部署碳捕集、利用與封存 (CCUS)。長遠來看，浦項鋼鐵集團將透過氫還原煉鐵 (HyREX) 技術，尋求發展氫還原煉鐵，以最大限度地減少鋼鐵生產過程中的溫室氣體排放。

在轉向氫還原煉鐵的過渡期，浦項鋼鐵集團透過多項技術並行部署來減少碳排放：

(1)高爐碳減排技術：

- **球團礦 (Pellets)**：用球團礦替代燒結礦作為高爐原料，可減少燒結礦生產所需的化石燃料用量，降低 CO₂ 排放強度，並因其更有效的熔化和還原作用而降低高爐內煤炭消耗。
- **熱壓鐵塊 (HBI)**：將直接還原鐵 (DRI) 壓縮成塊後裝入高爐，可顯著減少還原過程所需的煤炭量。假設使用 100 公斤 HBI 生產一噸鋼水，可減少約 100 公斤 CO₂ 排放。
- **含氫氣體法**：使用低碳燃料天然氣 (NG) 作為還原劑替代煤炭。該氣

體經重整產生含有一氧化碳和氫氣，注入高爐底部風口作為還原劑，有助於減少煤炭消耗。浦項鋼鐵已於 2023 年上半年安裝天然氣注入系統，並確認了其碳減排效果。集團正與 29 個產學研夥伴合作開發高爐注氫技術，作為橋接技術（國家 R&D 專案 COOLSTAR）。

(2)轉爐（BOF）低鐵水比（HMR）操作技術：

- **熔融廢鋼裝入法（Melted Scrap Charging Method）**：將高爐鐵水與 EAF 生產的鋼錠鋼水混合，減少轉爐中鐵水用量。EAF 利用回收廢鋼作為原料，碳排放顯著低於高爐。浦項鋼鐵正開發結合 EAF 熔融金屬以克服廢鋼殘餘元素對高品級鋼生產的限制，目標是同時實現碳減排與高品級鋼生產。
- **氧氣頂底吹（OTBB）轉爐技術**：透過頂部和底部注氧增加額外熱源，將廢鋼比擴大到 30% 以上，克服鐵水減少導致的溫度下降限制。透過這些措施，浦項鋼鐵計劃在全面轉向脫碳生產設施之前，短期內應對客戶對低碳鋼產品不斷增長的需求。

(3)EAF 低碳鋼生產技術：

為應對歐盟碳邊境調整機制（CBAM）和客戶對碳減排的需求，浦項鋼鐵於 2024 年 2 月開始在光陽廠建設一座年產 250 萬噸的大型電爐，預計於 2026 年全面營運。該設施相比傳統高爐可減少高達 75% 的 CO₂ 排放。透過應用熔融廢鋼裝入法，該廠預計也能生產傳統 EAF 難以實現的高品級鋼材。

(4)碳捕集、利用與封存（CCUS）技術：

- **焦爐 CO₂ 注入與轉化**：將煉鋼過程產生的 CO₂ 捕集並注入焦爐，作為副產品氣體發電的熱源。2024 年 1 月在浦項廠進行的示範試驗，證實中等純度 CO₂ 可有效注入，並提高了副產品氣體（COG）的熱值。

- **礦物碳化技術**：浦項控股正開發將捕集的 CO₂ 礦物化用於陸上儲存或作為建築材料再利用。集團於 2024 年 7 月被選為國家試點專案的牽頭組織，該專案目的是將鋼渣與煉鋼廠排放的 CO₂ 反應，生產碳化渣 (300 噸規模)，回填至廢棄礦井，以解決碳儲存不足的問題。
- **CCS 分階段商業化**：浦項鋼鐵計劃逐步擴展 CO₂ 捕集，並探索包括東海岸天然氣田以及印尼、澳洲西北部等地區有前景的 CO₂ 儲存地點。集團於 2024 年被韓國輸出入銀行選中，進行印尼 PT. Krakatau POSCO 的 CCS 可行性初步研究，並計劃逐步擴大在國內鋼鐵廠的應用。
- **氫還原煉鐵 (HyREX) 技術**：浦項鋼鐵正在開發基於其已商業化的 FINEX 流體化床還原爐技術的 HyREX 氫還原煉鐵製程。與海外鋼廠使用的豎爐法不同，流體化床還原爐可直接利用礦山的一般鐵礦粉，無需額外加工，提供了較低的生產成本和更高的原料安全優勢。浦項鋼鐵目標是透過與 Primetals Technologies 簽署工程合作協議，在 2030 年前開發並完成 HyREX 的商業化技術，並計劃在浦項廠建設年產 30 萬噸的試點設施。HyREX 於 2024 年 1 月被指定為韓國的國家戰略技術。浦項鋼鐵也積極透過 HyREX R&D 夥伴關係等平台，與全球 19 家公司合作加速技術開發，以實現鋼鐵產業的全面脫碳。

(摘自：POSCO Newsroom 2025-10-29)

2. JFE 申請 PSA 吸附塔監測專利精準維護吸附單元

本專利旨在提供一種更簡易的配置，用於精準判定 PSA 吸附塔中個別吸附劑單元 (Adsorbent Units) 的劣化狀態，實現高效的維護管理。

(1)劣化的判定機制：

系統會測量氣體通過每個吸附單元前後的壓力差（壓損）。當吸附劑顆粒間被粉塵（dust）等雜質堵塞（clogging）時，氣體流動阻力變大，導致差壓顯著上升。如果差壓超過規定值（如 10kPa），判定部會將該單元判定為重度劣化。

吸附劑在吸附氣體時會放熱，在脫附（再生）時會吸熱溫度下降。當吸附劑因水分吸附過多等原因導致性能下降時，其吸附和脫附氣體的能力減弱，連帶導致此溫度變動量變小。如果一個單元的差壓未達重度劣化標準，但其在吸附與脫附循環中的溫度變動量低於規定值（如 2°C）則判定為輕度劣化。

(2)單元化維護

基於上述判定結果，維護裝置中的決定部會自動決定每個單元的處置方式：

- **重度劣化**：必須進行單元更換（Unit exchange）。
- **輕度劣化**：僅需進行再生處理（Regeneration treatment），例如通入氮氣，無需更換。

（摘自：日本專利 JP2025163467 2025-10-25）

3. 寶武清能與 ROTOBOOST 合作開發甲烷裂解製氫技術

近期，寶武清能與芬蘭 ROTOBOOST 公司聯合啟動《中國芬蘭合作甲烷熱催化裂解技術製取低碳氫氣及高品質固體碳產品在鋼鐵冶煉、電解鋁行業的減排應用》專案，並申報中國國家科技部國際合作司「政府間國際科技創新合作」重點專案。

寶武清能正全面推進多路徑氫能製備技術的研發與產業探索，此次合作是其氫能戰略佈局中的重要一環。根據專案三年工作計畫，雙方將著重「甲烷熱催化裂解技術」的產業化可行性論證，為推動氫能在工業減碳中的應用奠定重要基礎。

（摘自：冶金信息網 2025-10-29）

4. 寶鋼與日立能源合作打造零碳薄鋼板及高容量電爐變壓器

日立能源是全球領先的電力技術和能源系統供應商，與寶鋼股份長期在綠色低碳責任方面有共同理念，早在 2021 年就聯合研究方向性電磁鋼碳足跡；此次日立能源向寶鋼湛江零碳薄鋼板項目交付了中國目前容量最大的 200MVA 電爐變壓器，其核心材料採用寶鋼股份提供的高品質方向性電磁鋼，並結合電爐煉鋼製程的低碳轉型需求進行技術升級。近日，日立能源正式向寶鋼股份湛江鋼鐵的零碳高等級薄鋼板工廠項目，交付了 200MVA 電爐變壓器和 40MVA 精煉爐變壓器，標誌寶鋼股份與日立能源在綠色鋼鐵產業鏈協同方面取得了實質性突破。

日立能源作為全球領先的電力技術和能源系統供應商，其交付的 200MVA 電爐變壓器是目前中國在該領域容量最大的產品。該變壓器的核心鐵芯材料全部採用寶鋼股份矽鋼事業部提供的高品質方向性電磁鋼。寶鋼電磁鋼憑藉其低鐵損、高磁感的優異特性，為變壓器的抗短路能力、阻抗特性及電流分佈均衡性提供了關鍵材料保障，確保了設備在電爐嚴苛情況下的穩定運行。

湛江零碳高等級薄鋼板工廠項目採用電爐煉鋼工藝，是實現低碳轉型的核心環節。該項目利用綠色氫基原料及綠電能源，可大幅降低冶煉過程的碳排放。為應對電爐運行中產生的巨大負載衝擊和諧波干擾，日立能源結合其電力設備技術積累與寶鋼方向性電磁鋼的材料優勢，成功開發出新一代電爐變壓器技術。該變壓器具備阻抗大、低壓電流分佈均衡性高等特點，能夠滿足 110%負載的長期運行，為高耗能的電爐煉鋼提供了全生命週期優化的解決方案。寶鋼矽鋼事業部則從原料選擇到生產製程進行全方位掌控，以確保材料性能，精準交付符合技術要求的高品質方向性電磁鋼。

此次合作構建了「互為用戶」的產業鏈協同新模式：寶鋼既是變壓器核心材料方向性電磁鋼的供應商，也是將設備應用於自身綠色鋼鐵生產的最終用戶。雙

方建立了深度的技術協作機制，日立能源依據寶鋼電磁鋼的材料特性進行針對性設計，寶鋼則根據變壓器的技術要求精準調控電磁鋼性能，以達到材料與設備的最佳匹配。寶鋼湛江零碳薄鋼板工廠項目整合了氫基豎爐直接還原鐵和高效電爐製程，相比傳統高爐煉鋼可顯著減少碳排放。項目投產後預計年產量約達 180 萬噸，將成為國內率先實現綠色低碳鋼規模化生產的標杆基地。寶鋼電磁鋼與日立能源的成功合作，不僅為湛江鋼鐵的綠色生產提供了穩定可靠的動力保障，也為整個鋼鐵行業的低碳轉型提供了可複製的合作範式。

(摘自：寶鋼股份直通車 2025-10-21、寶鋼股份直通車 2025-10-24)

5. 澳洲的鋼鐵業過於專注使用天然氣取代煤炭煉鋼

能源經濟與金融分析研究所 (IEEFA) 近期發表了一篇觀察報告，重點指出澳洲鋼鐵產業在脫碳轉型中，過度專注以天然氣取代煤炭，而非直接轉向綠色氫能和再生能源。

主要論點摘要：

- **專注於天然氣的風險：**

澳洲鋼鐵業 (特別是 BlueScope Steel) 正積極倡導加速開發天然氣田，以低於每吉焦耳 10 澳元的價格供應國內天然氣，用於直接還原鐵 (DRI) 技術，取代高爐煉鋼的煤炭。

- **競爭力與成本問題：**

即使澳洲東海岸的天然氣價格能降到目標以下，澳洲的天然氣 DRI 煉鋼在成本上仍難以與天然氣價格更低的波斯灣地區競爭。

- **高碳排放：**

雖然燃氣的排放量低於燃煤，但根據世界鋼鐵協會的數據，其排放量仍然很

高，每生產一噸粗鋼會產生 1.4 噸二氧化碳 (CO₂)。天然氣煉鋼無法生產綠色鋼鐵。

- **碳捕存 (CCS) 的限制：**

嘗試透過 CCS 來減排會增加成本，且 CCS 技術在鋼鐵業應用上缺乏進展和成效，同時無法解決天然氣生產過程中的甲烷洩漏問題。

- **過度專注於天然氣的風險：**

澳洲過於專注發展天然氣 DRI 技術，這將使其錯失真正的綠色鋼鐵市場機會，而將機會讓給巴西、加拿大和中東等正在加速採用綠色氫能的國家。綠色氫能是唯一有效且具成本競爭力的脫碳方法。阿曼 (Oman) 等國已開始要求新的 DRI 專案初期就使用綠色氫能，並逐步增加比例，為澳洲設立了標竿。

結論：IEEFA 建議澳洲應將重點放在 DRI 技術的早期綠色氫能應用，以減少對天然氣的需求，並實現可信的脫碳路徑。

(摘自：IEEFA2025-10-30)

6. 安賽樂米塔爾啟動 Helioroof[®] 低碳屋頂生產線

安賽樂米塔爾在法國的 Contrisson 正式啟動其創新的低碳屋頂產品 Helioroof[®] 的生產線。該產品將鋼板、隔熱材料與太陽能電池整合一體，形成一個即裝即用的發電系統。Helioroof[®] 模組為客製化生產，長度可達 12 米，每個模組的發電功率最高可達 2.1kWp，大幅提升鋼製屋頂的能源效率。

作為安賽樂米塔爾建築解決方案之一，Helioroof[®] 材料採用安賽樂米塔爾 XCarb[®] 綠色鋼材，相較於傳統的絕緣鋼製屋頂，Helioroof[®] 的碳足跡減少 25%，且重量僅為傳統絕緣太陽能屋頂的一半。

目前，Helioroof®已開始商業化生產，首批客戶專案總計將部署 1,500 平方公尺的 Helioroof®，應用於比利時的城市啤酒廠以及法國多處的工業廠房和民宅。

(摘自：MetalBulletin 2025-10-16、ArcelorMittal 2025-10-09)

7. 歐洲低排放煉鋼業轉型考量與多重挑戰

業界專家分析歐洲推動低排放煉鋼轉型時，新產能部署所面臨的深遠影響。討論內容涵蓋將新廠區設於具備良好物流的沿海地區、考量土地限制而分離煉鐵與煉鋼，以及能源成本、平衡再生能源與儲能的投資策略等關鍵議題。

在布魯塞爾舉行的 Kallanish 綠色鋼鐵策略研討會上，業界專家探討歐洲低排放煉鋼業重塑版圖所帶來的深遠影響。Primetals Technologies 副總裁 Gerald Wimmer 指出，歐洲不應重複歷史錯誤，新鋼廠應「開啟新局」，選址應靠近海岸線，以充分利用良好的進出物流優勢。從物流角度來看，電力纜線和氫氣管線的佈建比港口和船舶更容易。GravitHy 商務總監 Anne Cécile Marie 則表示，土地限制將是推動歐洲傳統上緊密結合的煉鐵與煉鋼製程分離（即脫鉤）的關鍵因素。她認為鋼鐵製造商在轉型過程中將面臨新的挑戰，例如投資電爐以及管理未來的廢鋼供應，並質疑為何業者仍執意將直接還原鐵製程所需的所有電力與氫氣問題攬在自己身上。

能源成本是決定投資地點的核心因素，專家們點出北歐、法國和伊比利亞半島是歐洲最具能源競爭力的地區。然而，McKinsey&Company 經理 Michiel Nivard 強調，這些投資決定將帶來深刻的政治與社會影響。他坦言，歐洲是否「敢於真正挑選出贏家」（即決定新鋼鐵產能應投資於哪些國家），是一個巨大的挑戰，因為這牽涉到工作機會、供應安全等綜合考量。他補充，歐盟內部多元的

政治和社會環境，使得協調和做出這類艱難選擇變得更加複雜，相對其他單一司法管轄區更為困難。Ramboll 綠色能源轉型市場總監 Anna Pekala 指出，鋼鐵產業需要智慧化的能源投資才能具備競爭力。她表示，目前最便宜的新增電力來自於風能與太陽能，但價值屬於那些能夠平衡供需的業者。因此，必須將再生能源與儲能選項（例如電池和彈性節點）以及水力、天然氣、核能等穩固產能結合，發展平衡的能源組合。Nivard 最後補充，使用「彈性燃氣調峰機組」並非負面議題，實務上可利用這些設施來過渡到健康且永續的電網。

（摘自：SEASI 2025-11-18）

8. 阿曼綠色氫能潛力龐大

能源經濟與金融分析研究所 (IEEFA) 發布了一份名為《阿曼處於綠色鋼鐵轉型的前線》 (Oman at the frontline of the green steel transition) 的報告，其中指出阿曼正快速發展，有望成為全球綠色鐵和鋼鐵產業的領先者。報告作者 Soroush Basirat 強調，阿曼正利用綠色鋼鐵轉型的機遇，將自身確立為國際領先樞紐，其整合的鋼鐵製造供應鏈是重要優勢。

阿曼是中東和北非 (MENA) 地區中少數擁有完整鋼鐵供應鏈的國家之一，設施涵蓋鐵礦石選礦、球團化、直接還原 (DR) 以及電爐 (EAF)，並有國內鐵礦石選礦擴展計畫。Basirat 認為，這個既有的工業基礎為阿曼轉向低排放乃至最終的綠色鐵和鋼鐵生產奠定了堅實的基礎。

目前，阿曼的工業基礎生產的含鐵金屬 (包括直接還原鐵 DRI) 仍使用化石天然氣。為實現綠色鐵和鋼鐵生產，IEEFA 指出，阿曼的 DRI 設施必須從天然氣轉向綠色氫能。阿曼具備實施這一轉型的優越條件，包括強大的再生能源潛力、充裕的土地用於專案開發、支持性的法規 (如「阿曼 2050 願景」)，以及多項正

在進行的氫能專案。

Basirat 進一步指出，阿曼有潛力以具有成本競爭力的方式向歐盟等市場供應綠色鐵，這使其相較於其他生產商具有顯著優勢。阿曼正以高度結構化的方式管理這一轉型，有利於引領綠色鐵和鋼鐵的全球轉變。國內包括 Meranti Green Steel、Mitsui、Kobe Steel 和 ACME Group 在內的新興公司，正在開發新一代 DRI 設施，計劃從一開始就混合使用天然氣和氫氣，並逐步增加氫氣的使用比例。

(摘自：[AIST 2025-11-13](#))

9. 中日韓鋼鐵行業低碳轉型路徑比較及啟示

CBAM 預計於 2026 年起正式對範圍內的產品徵收調節費用，並保持歐盟自產與進口產品碳排放成本的一致性。中國、日本和韓國出口至歐盟且被 CBAM 覆蓋的鋼鐵產品比例並不高，分別為 0.64%、2.11%和 5.30%。中國長流程鋼鐵產品的碳強度與歐盟持平，相較於日韓具有一定優勢。然而，受限於電力碳排放因子取國家平均數的計算方式，中國短流程鋼鐵產品的碳強度明顯高於日韓及歐盟。隨著徵費比例提升，原本出口歐洲的鋼鐵產品可能轉向東南亞等其他市場，這將為區域市場帶來較大的變數與競爭。

韓國作為典型的出口導向型國家，其出口額佔 GDP 的 38%，這使其產業較早開始重視低碳轉型及國際貿易的新要求。韓國政府已制定《碳中和基本法》，確立了在鋼鐵工序引進氫還原製鐵、擴大可再生燃料應用等實施方案，目標是將工業排放量較 2018 年減少 80.4%。韓國鋼鐵產業集中度極高，浦項、現代和東國三大企業貢獻了 99%的產量，且均已承諾 2050 年實現碳中和。在具體轉型路徑上，韓國智庫 NextGroup 建議現有高爐壽命應限制在 11 年以內，並大幅提高直接還原鐵與電爐煉鋼的佔比。例如，浦項制鐵主要依賴自主研發的氫基流化床

還原技術 (HyREX)，該技術被韓國政府列為國家關鍵戰略技術並給予稅收減免支持，預計於 2033 年實現商業化。而現代鋼鐵則採取電熔廢鋼、熱壓鐵結合轉爐的中短期策略，遠期再轉向氫基還原。

相比之下，日本的鋼鐵低碳轉型步伐顯得較為緩慢，且難以割捨龐大的高爐資產。日本鋼鐵生產約 73% 來自高爐-轉爐流程，企業保有大量較新的高爐設備，這也是日本傾向於通過高爐加氫還原技術來實現減碳的內在原因。日本政府推出了「GX 推進戰略」，計劃發行 20 萬億日元的轉型債券以促進產業低碳化。在技術研發方面，日本製鐵、JFE 鋼鐵等巨頭在高爐氫氣還原獲得了 NEDO 綠色創新基金的支持，該基金佔總投資比例的 60%，並已在試驗爐中取得了成功降低 43% 碳排放的成果。然而，日本企業對投資電爐鋼的熱情不高，主要受制於缺乏更新設備的政策支持以及可再生電力供應不足且價格高昂的問題。

(摘自：世界金屬導報 N.2725 A07 頁 2025-07-01)

10. 詳細追蹤鋼鐵行業產品碳足跡以推動實現淨零排放

鋼鐵行業作為全球溫室氣體排放量約 7% 至 9% 的高碳產業，正面臨深度脫碳與數位化轉型的挑戰。為響應汽車與建築等下游產業對低碳鋼材的需求，企業需建立能透明追蹤產品碳足跡 (Product Carbon Footprint, PCF) 的生產管理體系，實現從原料準備到最終產品交付的全流程碳排放量計算。現有的企業碳足跡 (CCF) 僅能提供總體排放量，無法反映單件產品的具體排放，因此需在製造執行系統 (MES) 中嵌入 PCF 追蹤功能。

以 PSImetals 系統為例，其質量管理模組能整合原料、能源、氣體、工藝條件及產品品質數據，建立「材料譜系 (Material Genealogy)」以追蹤材料在煉鋼、鑄造、軋製等階段的變化。系統根據主數據設定的溫室氣體排放因子，分別計算範圍 1 (直接排放)、範圍 2 (外購能源間接排放) 與範圍 3 (供應鏈與產品

使用排放)之貢獻，並將數據以圖表呈現，用於產品、產線及區域層面的碳排追蹤與歷史比較。

PCF 追蹤是綠色生產管理的基礎，能作為「綠色 KPI」與傳統經濟 KPI (如成本、產量、交期) 加權運算，用於優化計劃、排程與執行。透過線性規劃與人工智慧分析，可在保證品質前提下最小化能源消耗與碳排放，同時優化廢鋼與合金的採購與利用。該系統亦能支援能源需求預測與採購決策，協調綠電與化石能源的使用比例。

PSImetals 的 PCF 計算符合 ISO 14067、ISO 14064、ISO 20915 及 ISO 14404 等國際標準，並正接受第三方驗證。整合 MES 與質量管理的 PCF 追蹤技術，使鋼鐵企業能實時計算單件產品的 CO₂ 排放，涵蓋閒置與準備階段的間接排放，並為脫碳決策提供量化依據。最終，經認證的 PCF 產品標籤將推動綠色鋼鐵市場的形成，促進產業在經濟效益與環境永續間的平衡發展。

(摘自：世界金屬導報 N.2728 B14-15 頁 2025-07-22)

※各國 CCUS 開發案場鋼材應用資訊

撰稿人 T41 余佳杭、郭寶騰

一、前言

全球邁向淨零排放的浪潮中，碳捕集、利用與封存 (CCUS) 技術已成為工業減碳的關鍵路徑。CO₂ 長途輸送管線的選擇通常會根據壓力、溫度、管線長度、CO₂ 純度等因素決定，鋼鐵業應掌握材料的發展趨勢以布局未來市場，研究顯示該領域正加速推動管線鋼材的高值化與專業化。產業實務顯示，CO₂ 輸送管線主要採用符合 API 5L 標準的碳鋼，但為應對大規模、高壓、長距離輸送的經濟性與效率要求，鋼材等級正從傳統的 X52、X60 快速轉向 X65、X70 等級的高強度鋼。此轉型不僅攸關鋼鐵廠的技術研發方向，更是台灣鋼鐵產業佈局低碳基礎建設市場的關鍵戰略點。表一為全球主要 CCUS 專案管線材料之資訊，以下將分述 CO₂ 輸送管線鋼材之發展趨勢及鋼鐵業布局建議。

二、CO₂ 輸送管線鋼材發展趨勢

1. 高強度化：效率與成本的最佳平衡

目前 CO₂ 長途輸送管線最廣泛採用的材料是符合 API 5L 標準的碳鋼，其中 X52 與 X60 由於在強度、韌性與成本間取得良好平衡，是許多既有 CCUS 專案與增強採油 (EOR) 專案的標準選擇。然而，面對全球 CCUS 專案規模的擴大，以及單一管線輸送量日益增加的趨勢，採用更高強度管材的效益日益顯著。

- **X65 與 X70 等級**：允許較薄管壁的設計，可降低材料成本和管線總重量。

加拿大亞伯達碳幹管線(ACTL)等大型大容量專案，即屬於此類高強度 X65 或 X70 等級碳鋼的典型應用。

- **趨勢總結**：為提高整體輸送效率並有效降低建造成本，X65 與 X70 等級已成為新興 CCUS 專案的主流趨勢。

2. 專業化：特殊環境與雜質的嚴苛挑戰

CO₂ 輸送管線的最大技術挑戰在於腐蝕風險，特別是當 CO₂ 中含有微量水分 (H₂O)、硫化氫(H₂S)或氮氧化物(NO_x)等雜質時，會形成具高腐蝕性的物質。這要求材料選擇不僅考量強度，更需考量**耐腐蝕性與韌性**。

- **極端環境與特殊材料**：在腐蝕風險極高或特殊環境下，專案會捨棄傳統碳鋼。例如，挪威北極光 (Northern Lights) 專案由於海上環境的複雜性與對長期可靠性的高要求，採用「CO₂ 管線級不鏽鋼」等耐腐蝕特殊材料。中國齊魯石化-勝利油田 CCUS 專案亦傾向採用高純度不鏽鋼或耐腐蝕特性管線材料。
- **韌性要求**：為防止在高壓或低溫條件下的**脆性斷裂**，業界特別關注鋼材的韌性，並可能選用專為含酸性氣體設計的 API 5L PSL2 等級管線。

三、技術發展與產業側重：高強度鋼的生產挑戰

高強度管線鋼的採用雖然帶來經濟效益，但也同時對鋼鐵製造商提出更高的技術要求：

- **製造與焊接要求**：X65 和 X70 等級的鋼材，對製造流程和現場焊接技術要求較高，必須確保管線的結構完整性。
- **純度控制**：最基本的防護措施仍是**嚴格控制 CO₂ 純度**，要求 CO₂ 在進入管線前必須進行乾燥與純化。然而，當純化成本過高時，採用特殊鋼材或在碳鋼管內加上防腐蝕塗層或內襯，將成為兼顧技術與成本的解決方案。

表一、全球主要 CCUS 專案管線材料相關資訊

國家	CCUS 專案	簡介	管線材料
挪威	北極光 (Northern Lights) 專案	全球首個跨國商業化 CO ₂ 運輸與儲存服務專案，為歐洲工業客戶提供 CO ₂ 永久地質儲存服務。從歐洲各地的工業源 (如水泥廠、發電廠) 接收液化 CO ₂ ，然後透過管線將其注入北海海床下的地質構造中進行永久儲存。	該專案使用的管線材料，在公開資料中被描述為「CO ₂ 管線級不鏽鋼」，並且符合特定的認證標準。這顯示由於其海上環境的複雜性以及對長期可靠性的高要求，專案選擇了比一般碳鋼更具耐腐蝕性的特殊材料。
加拿大	亞伯達碳幹管線 (Alberta Carbon Trunk Line, ACTL)	全球規模最大的 CO ₂ 專用長途管線，收集來自加拿大亞伯達省工業區的 CO ₂ ，並將其運送至該省中部用於增強採油 (EOR) 和永久地質儲存。	雖然具體的 API 等級在公開資料中較少提及，但這條管線的設計是為了高壓、大容量的 CO ₂ 輸送。根據業界標準，此類大型長途管線通常會使用 API 5L X65 或 X70 等級的高強度碳鋼，以應對高壓條件並確保管線的經濟效益。
美國	佩特拉諾瓦 (Petra Nova) 碳捕捉專案	佩特拉諾瓦是美國一個從燃煤發電廠捕獲 CO ₂ 的大型專案，捕獲的 CO ₂ 被運輸至附近的油田進行 EOR。	專案重點在於其碳捕捉技術，但其後續的 CO ₂ 運輸管線，通常會使用 API 5L 標準的管線鋼，特別是在 EOR 應用中，X52 和 X60 都是非常普遍且成熟的選擇。

澳洲	戈爾貢 (Gorgon) 液化天然氣專案	全球最大的地質儲存專案之一，從液化天然氣生產過程中分離出 CO ₂ ，並將其壓縮後回注到地底深處進行永久儲存。	由於其規模巨大且需要處理高壓 CO ₂ ，該專案使用的管線材料需具備極高的可靠性和安全性。雖然具體等級未公開，但其設計和材料選擇必然符合嚴格的國際規範，通常會採用高強度的 API 5L 等級鋼材。
中國	中國石化齊魯石化-勝利油田 CCUS 專案	中國首個百萬噸級 CCUS 專案，旨在從齊魯石化捕集 CO ₂ ，並將其透過管線運輸至勝利油田，用於提高原油採收率。	根據相關研究和設計經驗，管線材料設計考量 CO ₂ 氣體在高壓下的運輸需求，通常會採用高純度的不鏽鋼或具有耐腐蝕特性的管線材料，以確保其長期穩定運作。
中國	吉林油田 CCUS 專案	亞洲最大的全產業鏈 CCUS 示範專案，從油田伴生天然氣中分離出 CO ₂ ，再將其注入地下，用於驅油增產和永久儲存。	由於該專案具有 CO ₂ 運輸、注入和回注的完整流程，管線系統使用了針對全流程防腐蝕的技術，並搭配相應的防腐蝕材料，以應對不同純度和狀態的 CO ₂ 混合物。
日本	苫小牧 (Tomakomai) 專案	北海道苫小牧是日本規模最大、最具里程碑意義的 CCUS 示範專案，旨在驗證從工業來源捕捉的 CO ₂ ，經壓縮後注入海底地層進行長期封存的可行性。	雖然官方資料沒有公開具體的鋼材牌號(如 API X52 等)，但因其包括陸上、海下管線，管線材料選擇極為嚴謹，必須確保高度的安全與防腐性。

四、結論

CCUS 專案在選擇 CO₂ 運輸管線材料時，不僅限於強度，還會根據專案的具體條件，如是否在海上、CO₂ 的純度、輸送壓力等，來選擇最合適的 API 5L 鋼材等級。其中 **API X52 到 X70 都是常見的選擇**，但隨著技術的進步和專案規模的擴大，傾向於**使用 X65 和 X70 等級的趨勢越來越明顯**，以實現更高的效率和更低的建造成本。

針對 CO₂ 輸送管線的趨勢，台灣鋼鐵業者應將戰略重點放在：

1. **加速高強度管線鋼(X65/X70)的技術佈局**：隨著全球 CCUS 專案增長，對 X65、X70 等級的高強度、高韌性管線鋼需求將持續上升。國內鋼廠應積極升級其產線與冶煉技術，以掌握這波高值化材料的市場機會。
2. **深化耐腐蝕特殊鋼的研發**：面對含雜質 CO₂ 或海上、潮濕環境的應用需求 (如北極光專案)，不鏽鋼 (如 TP316L) 或具備優異耐酸性氣體的特殊合金，將是搶佔利基市場，提升產品附加價值的關鍵。
3. **結合防腐蝕塗層技術**：除了鋼材本身，與專業塗層廠商合作，提供具備防腐蝕內襯的碳鋼管產品，亦是為客戶提供完整解決方案，強化市場競爭力的有效途徑。

五、參考資料

- [1] Northern Lights
- [2] Carbon capture, utilization and storage – Development and innovation | Alberta.ca
- [3] Petra Nova - Wikipedia
- [4] carbon capture and storage | chevron australia — Australia.chevron.com
- [5] 齊魯石化-勝利油田:建設意義, 中文百科全書
- [6] 吉林油田做大做強 CCUS 項目 全力打造減碳新模式
- [7] 苫小牧における CCUS 大規模実証試験成果報告書 | 日本 C C S 調査株式会社。