



鋼廠動態

1. 大阪製鐵推出 RECOS 綠色鋼材品牌 1
2. 神戶製鋼等 12 家企業跨業合作建立氫氣供應網 1
3. 浦項光陽廠 250 萬噸電爐將於 2026 上半年投產 2
4. 浦項與印度 JSW 合資設立綠色鋼廠 2
5. 塔塔鋼鐵與北京科技大學合作低碳鋼鐵製造技術 3
6. 印度政府資助綠氫煉鋼試點專案 4,200 萬美金 3
7. Stegra 獲 14 億歐元融資以完工大型綠鋼廠 4
8. 安賽樂米塔爾投資 11.2 億美元布局巴西再生能源 5
9. 印度正考慮在公共採購中引入綠色鋼鐵的要求 5
10. 印度鋼鐵產業 2036 年減碳與產能擴張政策 6
11. 塔塔鋼鐵荷蘭公司獲政府 20 億歐元補貼低碳轉型 7
12. 中國智庫發布鋼鐵 ESG 白皮書揭示鋼廠綠色轉型 7
13. 歐盟聯合研究中心分析鋼鐵碳中和技術優劣與路徑 8
14. 歐盟設立產品碳數據門檻以提升低排碳鋼鐵需求 10
15. 歐洲鋼協呼籲採購應設在地門檻以保障歐洲低碳鋼 11
16. 英國發布鋼鐵發展戰略提生國產鋼材市占率 12

技術/生產資訊

- | | |
|---------------------------------------|----|
| 1. 日本政府修訂製鐵程序中氫氣活用研發與應用計畫 | 13 |
| 2. JFE 申請高爐氣調整與氫氣回收專利 | 14 |
| 3. 胺吸收 CO ₂ 捕捉技術關鍵製程參數試驗研究 | 14 |
| 4. 寶鋼湛江電爐冶煉熱送還原鐵試驗成功 | 15 |
| 5. 生質碳取代部分煤炭有望使印度鋼鐵業減碳 50% | 16 |

技術專欄

- | | |
|----------------------|----|
| ※ 國際主要鋼廠高爐電爐製程比例調查 | 17 |
| ※ 2026 年氫冶金技術與產能佈局展望 | 22 |

1. 大阪製鐵推出 RECOS 綠色鋼材品牌

2026 年 4 月，大阪製鐵 (Osaka Steel) 推出電力鋼材品牌「RECOS」。該產品以廢鋼為原料，並在電爐熔煉與軋延過程中採用非化石電力，使其製造過程中電力項目的碳排放量為零。RECOS 的產品碳足跡(CEP)已獲得 JICQA 的第三方認證。以溝形鋼為例，碳排強度從 0.734 噸 CO₂/噸鋼降至 0.42 噸 CO₂/噸鋼，減碳幅度顯著。每噸 RECOS 綠色鋼材較一般產品增加約 6,000 日圓 (約 1,202 元新台幣)。購買該產品的企業將獲得 RECOS 碳足跡證明書，可用於組織層級範疇三或產品級別的排放量數據。目前 RECOS 適用範圍涵蓋山形鋼、溝形鋼、棒鋼、平鋼、軌道鋼及電梯導軌等，首批產品已確定供應小野建株式會社，用於其大分新倉庫建設工程中的起重機軌道。

(摘自：Osaka Steel 2026-04-01)

2. 神戶製鋼等 12 家企業跨業合作建立氫氣供應網

關西電力、JR 西日本、神戶製鋼所及 NTT 等 12 家企業於 2026 年 3 月 12 日簽署的協議，將關西地區現有基礎設施跨業合作建構大規模、低成本且低碳的綠氫供應鏈模型。計畫核心在於利用既有的鐵路軌道與地下管路空間來鋪設氫氣輸送管道以降低建設成本，其中 JR 西日本負責鐵路沿線管道鋪設，NTT 與 NTT Anode Energy 則利用既有地下空間建設管道。在多模式輸送體系方面，整合了由 JR 貨物與川崎車輛負責的鐵路氫氣及液化氫貨櫃運輸、日本通運負責的陸路運輸，以及井本商運負責的海上輸送實證。技術設備支援則由北山負責製作壓縮氫氣容器，神戶製鋼所專注於研究液化氫貨櫃的接收設施。在終端應用與智慧管理部分，松下將示範純氫型燃料電池的應用，而關西電力與川崎重工則分別

建立供給管理及環境價值管理系統，以提升能源調度與減碳效益，創造穩定的氢能需求並達成零碳社會目標。

(摘自：JapanMetal 2026-03-13)

3. 浦項光陽廠 250 萬噸電爐將於 2026 上半年投產

浦項製鐵 (POSCO) 在成立 56 週年之際，宣示加速由傳統高爐煉鋼模式向低碳生產體系。浦項製鐵投資額約 6,000 億韓元 (約 126.8 億新台幣) 在光陽製鐵廠興建年產能達 250 萬噸的韓國最大電爐，並預計於 2026 年上半年完工，預計每年可減少約 350 萬噸二氧化碳排放量。

除了電爐轉型，浦項製鐵正全力開發氫還原煉鋼技術「HyREX」商業化，以氫氣取代煤炭作為還原劑。隨著韓國政府批准浦項國家產業園區規劃，該公司將在約 134 萬平方公尺的填海土地上建設專用生產基地，並投入約 20 兆韓元 (約 4,226.6 億新台幣)，分階段建設三座 HyREX 設施及相關基礎建設。目前，30 萬噸級示範工廠預計於 2028 年投產，並規劃在 2030 年前完成 30 萬噸級的技术驗證，後續逐步推進商業化應用。

(摘自：首爾經濟日報 2026-03-31、Stockstar 2026-04-16)

4. 浦項與印度 JSW 合資設立綠色鋼廠

浦項製鐵 (POSCO) 與 JSW Steel 於 2026 年 4 月 20 日簽署合資協議，共同興建一座綜合煉鋼廠，採用聯合經營模式，雙方各持有 50% 股份。

新建的鋼鐵廠位於印度奧裡薩邦 (Odisha)，年粗鋼產能規劃為 600 萬噸，約是浦項製鐵年產能 (約 1,770 萬噸) 的三分之一。該廠計劃建立涵蓋煉鐵、煉

鋼和軋鋼等完整的一體化生產體系，並專注生產如高檔汽車鋼板等高附加價值產品，目標於 2031 年完工。此外，廠址亦經過戰略考量，不僅鄰近鐵礦資源，有助於降低原料運輸成本，同時亦具備物流與電力設施的建設優勢，以提升成本競爭力。

該計畫也順應了全球「環保煉鋼」的趨勢，結合浦項製鐵於低碳與智慧工廠技術，以及 JSW Steel 於再生能源基礎建設，進而利用綠色能源供應電力，生產低碳、低能耗的綠色產品，並配合印度政府制定的「綠色鋼鐵分類體系」，以強化全球市場競爭力。

(摘自：AIST 2026-04-20、BusinessKorea 2026-04-20)

5. 塔塔鋼鐵與北京科技大學合作研究低碳鋼鐵製造技術

塔塔鋼鐵與北京科技大學 (USTB) 將聯手投入低碳煉鋼技術研發，旨在整合產業實務能力與學術研究資源，以應對全球鋼鐵業對永續生產日益增長的需求。合作內容將聚焦廢鋼煉鋼技術、鋼鐵廢棄物資源化、終端產品性能及碳捕捉與利用 (CCU) 技術等四大領域。雙方將利用北京科技大學的實驗與試點設施，驗證新興技術可行性，以加速研發成果導入實際工業應用。

(摘自：SteelOrbis 2026-03-17)

6. 印度政府資助綠氫煉鋼試點專案 4,200 萬美金

印度政府批准三項利用綠氫進行鋼鐵生產的試點計畫，由印度鋼鐵管理局 (SAIL)、清潔能源公司 Matrix Gas Renewables 及設備商 Simplex Castings 合作實施，總計約 4,200 萬美元 (約 13.4 億新台幣) 資金補助。

這些專案屬於印度新能源和再生能源部 (MNRE) 「國家綠氫任務」 (National Green Hydrogen Mission) 的一部分，預計於未來三年內完成。這些試點專案將推動綠色氫氣應用於鋼鐵生產中技術，驗證綠色氫氣及其衍生物的技術可行性和性能表現，並展示低碳鋼鐵生產中的安全操作。具體專案包括：

- (1)實現 100%使用綠氫生產直接還原鐵。
- (2)在高爐中導入綠氫以減少煤炭與焦炭的消耗。
- (3)在豎爐煉鐵中噴入氫氣，改善能源結構。

(摘自：[SteelOrbis 2026-03-26](#))

7. Stegra 獲 14 億歐元融資以完工大型綠鋼廠

瑞典綠色鋼鐵公司 Stegra (原 H2 Green Steel) 宣布獲得由瓦倫堡家族主導的 14 億歐元 (約新台幣 521.1 億元) 關鍵融資，這筆資金將加速位於瑞典博登(Boden)大型綠鋼廠的後續建設，此建設被視為歐洲工業去碳化的指標性專案。雖然該建設自 2022 年啟動以來，持續面臨成本上升與工期延誤等挑戰，但目前整體工程進度已達 60%。預估工廠完工後仍需 18 至 24 個月進行試車，方能正式投產，初步規劃年產量為 250 萬公噸。其技術核心在於利用北歐豐富的水力與風力資源發電，透過大型電解槽產生「綠氫」取代傳統煉鋼製程中的煤炭將鐵礦石還原，後續再進入電爐熔煉，預計可減少高達 95%的碳排放。

(摘自：[Canary Media 2026-04-16](#))

8. 安賽樂米塔爾投資 11.2 億美元布局巴西再生能源

安賽樂米塔爾巴西公司宣布完成約 11.2 億美元 (約 355 億新台幣) 的再生能源投資計畫，裝置容量達 1GW，目標在 2030 年前將公司的能源自給能力提升 85%。該公司目前為巴西第四大電力消耗用戶，此舉對於穩定能源成本至關重要。該投資計畫主要由三大能源設施組成：

- (1)**Babilonia Center 風電綜合體**：位於巴伊亞州瓦澤亞諾瓦市和莫羅杜沙佩烏市，與 Casa dos Ventos 合資，裝置容量 553.5MW，投資額約 8.18 億美元 (約 260 億新台幣)，已於 2025 年 9 月啟用。
- (2)**Babilonia Center 太陽能廠**：位於巴伊亞州瓦澤亞諾瓦，產能 200MW，投資額 1.27 億美元 (約 40 億新台幣)，於 2026 年 3 月投入運行。
- (3)**Paracatú 太陽能園區**：位於米納斯吉拉斯州，與 Atlas Renewable Energy 合作，產能 264MW，投資額 1.74 億美元 (約 55 億新台幣)，已於 2025 年 10 月啟用。

(摘自：[SteelOrbis 2026-04-16](#))

9. 印度正考慮在公共採購中引入綠色鋼鐵的要求

印度正在考慮分階段在公共採購中強制推行綠色鋼鐵政策，根據印度工業聯合會 (CII) 在氣候催化劑組織 (Climate Catalyst) 支持下撰寫的報告表示如果公共採購成為強制性措施，該國的工業系統也已有能力配合政府實施綠鋼公共採購，且預計在 2027/2028 財年之前就可打造首個大規模經認證的低碳鋼品保障市場。

公共採購的金額每年估計超過 5000 億美元 (45-50 兆盧比)，並且政府基礎設施及發展項目消耗 3,160 萬噸鋼鐵。這些設施 2023/2024 年財年造成了約 7,000 萬噸碳排放。

研究人員分析了 28 家年產約 8800 萬噸鋼鐵的製造商以及 12 個主要政府採購機構的回覆。93% 的受訪製造商表示，只要政府明確授權並提供成本補償機制 (價格溢價、增值稅豁免、碳信用額補償)，他們就願意大規模供應經認證的「綠色」鋼鐵。

政府機構則指出，啟動此類採購需要四個關鍵因素：國家授權並明確規定百分比門檻、標準化的招標條款和監控模板、採購培訓以及初期階段的限時財政支持。

(摘自：SEAI 2026-03-06)

10. 印度鋼鐵產業 2036 年減碳與產能擴張政策

印度鋼鐵部近期擬定新版國家鋼鐵政策草案，旨在因應全球減碳趨勢並強化國內鋼鐵產業競爭力。目前印度鋼鐵業的排放強度高出全球平均約 32%，因此政策重點放在結構性調整，包含推廣氣基 (Gas-based) 煉鋼、提高廢鋼使用比例，並針對成功減排的鋼廠提供財政激勵措施。目標在十年內，將每公噸成品鋼材的二氧化碳排放量從目前的 2.65 公噸降至 2 公噸，減幅約 25%。

除了去碳化轉型，印度政府也致力於降低對進口焦煤的依賴，目標於十年內將焦煤進口依賴度從現行的 90% 降至 80%。儘管目前基礎設施仍面臨挑戰，例如僅有 21% 的高爐產能與 5% 的直接還原鐵產能銜接天然氣管線，但政策仍設定將年產能從現有的 1.68 億公噸大幅提升至 4 億公噸。

(摘自：SteelOrbis 2026-04-16)

11. 塔塔鋼鐵荷蘭公司獲政府 20 億歐元補貼低碳轉型

荷蘭政府將提供塔塔鋼鐵荷蘭公司高達 20 億歐元（約 742.2 億新台幣）以支持該公司低碳轉型，這筆資金將依減排進度分階段撥付，且要求塔塔鋼鐵須在 2045 年實現碳中和。此外，若公司能有效減少天然氣使用量，將可額外獲得 2 億歐元（約 74.22 億新台幣）的激勵獎金。然而，若未達預期目標，政府保有撤回資金的權利。目前，塔塔鋼鐵轉型總投資估計落在 23 億歐元（約 853.5 億新台幣）至 40 億歐元（約 1,484.4 億新台幣）之間，差額將由該公司自行負擔。

（摘自：[SteelOrbis 2026-04-16](#)）

12. 中國智庫發布鋼鐵 ESG 白皮書揭示鋼廠綠色轉型

根據上海現代服務業聯合會與榮續智庫聯合發布的《鋼鐵行業 ESG 白皮書》指出，在全球綠色經濟轉型浪潮下，鋼鐵產業如何透過環境、社會與治理（ESG）架構實現永續發展。中國作為全球最大的鋼鐵生產與消費國，2023 年粗鋼產量達 10.19 億噸，佔全球總量 53.9%。隨著中國「雙碳」戰略的推進與國際間如歐盟碳邊境調節機制（CBAM）的實施，鋼鐵企業正面臨迫切的轉型壓力。

現今政策導向已從早期追求產量增長，轉向「淘汰落後產能、實現綠色高品質發展」。未來，鋼鐵業將全面納入全國碳排放權交易市場，這將顯著增加高碳排放企業的營運成本，進而推動企業加速技術轉型。為實現碳中和，鋼廠正探索多樣化的技術路徑：

(1)技術創新：如氫基直接還原技術、碳捕捉利用與封存（CCUS）以及寶武

集團自主研發的富氫碳循環氧氣高爐（HyCROF）等。

(2) **技術轉型**：推動從傳統「煤炭-高爐-轉爐」的長流程，轉向能耗與排放更低的「廢鋼-電爐」短流程。

(3) **循環經濟**：鋼鐵具有極高的可回收性，提高廢鋼利用比例（回收率可達90%以上）已成為主要的減碳手段。

在追求綠色發展的同時，企業也致力於職業健康安全管理，應對高溫、粉塵與事故風險。目前，A股鋼鐵公司的ESG報告披露率已達71%，但環境資訊（如水資源管理與範疇三排放）的披露程度仍有提升空間。白皮書選取多家國內外標竿企業作為案例：

(1) **寶鋼股份**：建立全國首個成熟的智慧碳數據平台，並推出低碳鋼品牌推動下游低碳應用。

(2) **安賽樂米塔爾**：推動低溫電解製鐵技術，並實施嚴格的負責任採購與員工健康計劃。

(3) **浦項製鐵**：以「企業公民」為核心願景，在亞洲鋼企中率先承諾碳中和目標。

(4) **紐柯鋼鐵**：利用電爐技術與可再生電力，生產排放強度遠低於全球平均水準的綠色鋼材。

（摘自：榮續智庫 2025-10-10）

13. 歐盟聯合研究中心分析鋼鐵碳中和技術優劣與路徑

根據歐盟聯合研究中心（JRC）2026年報告，歐洲鋼鐵業正處於邁向碳中和的關鍵轉折點。2024年歐盟鋼鐵年產量達1.3億噸，佔全球總量7%。由於鋼鐵業排放量佔歐盟總量約5%，且近半數高爐將於2035年前

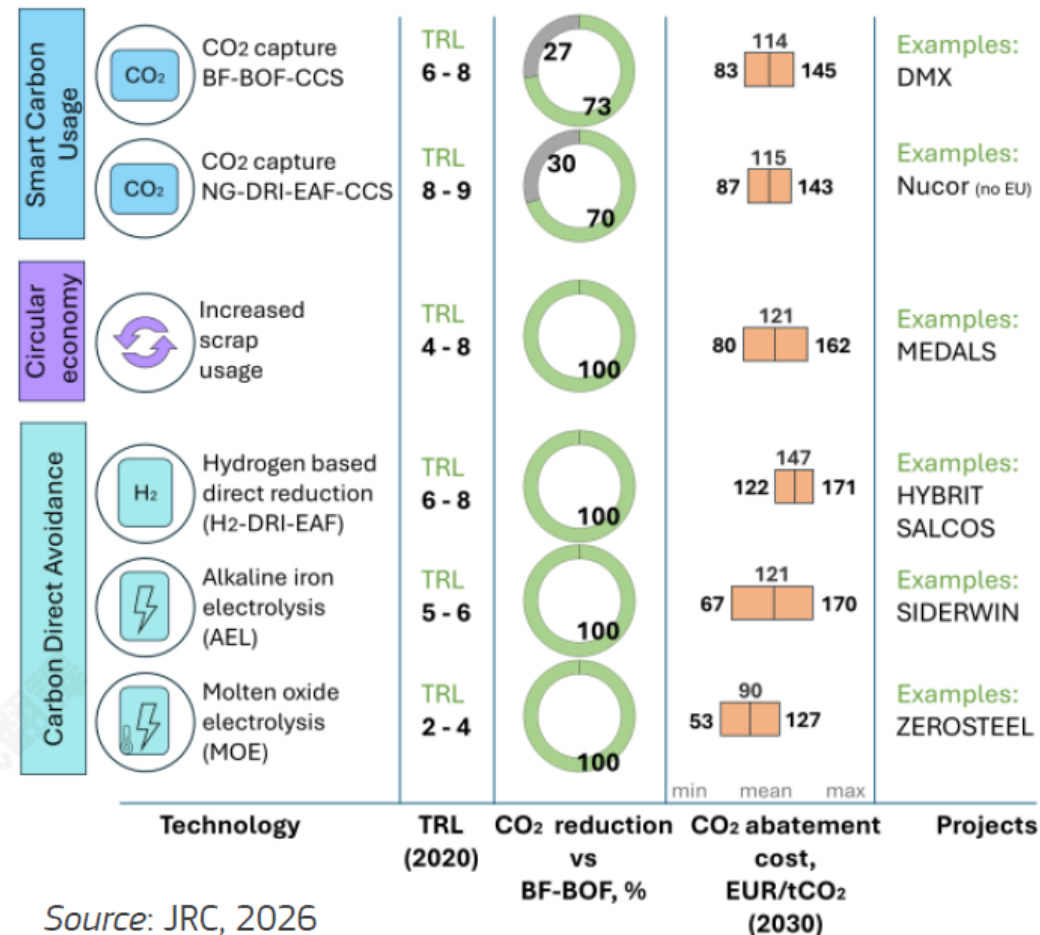
退役，未來五年成為轉型的關鍵期。

報告重點分析各項突破性技術的成熟度 (TRL)、減碳潛力與成本：

- (1) **碳源頭避免技術 (Carbon Direct Avoidance, CDA)**：主流技術「氫能直接還原鐵」(H₂-DRI-EAF) 之 TRL 為 6-8，減碳潛力達 100%，每噸減碳成本介於 122 至 171 歐元 (約新台幣 4,270 至 5,985 元)，代表技術如 HYBRIT 與 SALCOS。更先進的「鹼性鐵電解」(AEL，如 SIDERWIN) 與「熔融氧化物電解」(MOE，如 ZEROSTEEL) 雖具備相同減碳潛力，但目前 TRL 尚在 2-6 階段，其中 MOE 成本上限為 127 歐元 (約新台幣 4,445 元)，在長期競爭力上展現優勢。
- (2) **智慧碳利用 (Smart Carbon Usage, SCU)**：聚焦於碳捕捉與封存。「天然氣基 DRI 結合 CCS」成熟度最高 (TRL8-9)，減碳約 70%，成本約 87-143 歐元 (約新台幣 3,045-5,005 元)，如 Nucor 專案，而傳統「高爐結合 CCS」(如 DMX 專案) 之 TRL 為 6-8，減碳潛力約 73%，成本介於 83 至 145 歐元 (約新台幣 2,905 至 5,075 元)。
- (3) **循環經濟 (CE)**：提升廢鋼利用率 (如 MEDALS 專案) 之 TRL 為 4-8，減碳潛力達 100%，成本為 80-162 歐元 (約新台幣 2,800-5,670 元)，但受限於高品質廢鋼供應不足與國際貿易限制。

若 2030 年碳價超過每噸 147 歐元 (約新台幣 5,145 元)，上述突破性技術將比傳統高爐更具競爭力。然而，這需要約 850 億歐元 (約新台幣 2.97 兆元) 的資金投入，且電力需求將倍增至 165TWh 的非化石能源供應。綜上所述，低碳能源的穩定供應與具競爭力的成本，是歐洲鋼鐵綠色轉型的關鍵。

Figure 5 - Technology readiness level (TRL), level of the CO₂ emissions reduction and CO₂ abatement costs of selected steel production technologies. Examples of low-CO₂ steel production projects



圖一、脫碳技術 TRL

(摘自 : Canary Media 2026-03-13)

14. 歐盟設立產品碳數據門檻以提升低排碳鋼鐵需求

歐盟委員會於 3 月初正式提出「工業加速器法案」(Industrial Accelerator Act, IAA) 提案，核心在於透過公共採購與補助機制，帶動低碳產品需求，並推動製造業回流歐洲。在鋼鐵部分，IAA 明確規定，未來

在建築、基礎設施及民用車輛等項目中，至少 25% 的鋼材必須符合低碳標準。這意味鋼鐵產品不再只是價格競爭，而是進入「碳門檻競爭」時代。

值得注意的是，鋼鐵雖未強制要求「歐盟製造」，但必須符合低碳認定標準，且需透過法規體系（如建築產品法規或未來 EPR）驗證。換言之，沒有可被驗證的碳數據，將失去市場資格。

IAA 與 CBAM 形成雙軌機制：CBAM 決定進口碳成本，IAA 則決定誰能進入市場。歐盟一方面提高高碳產品成本，另一方面直接創造低碳需求，形成完整的產業篩選機制。對台灣鋼鐵業而言，衝擊不僅限於鋼廠，更將擴散至扣件、鋼構、汽車零組件等整體供應鏈。未來歐洲客戶將優先選擇能提供「實際碳排數據」與「第三方驗證」的供應商，無法提供數據者，將被迫退出高價值市場。

專家認為，台灣目前最大風險不在成本，而在「數據能力不足」。若企業仍停留在概估碳排或缺乏查證機制，將無法通過歐盟採購體系審查。

（摘自：SNN 環宇鋼鐵網 2026-03-19）

15. 歐洲鋼協呼籲採購應設在地門檻以保障歐洲低碳鋼

針對歐盟委員會近期提出的《工業加速法案》(IAA)，歐洲鋼鐵業者發出強力訴求，強調法案雖將鋼鐵列為戰略部門，但在公共採購要求上存在顯著漏洞。目前草案規定，自 2029 年起，公共工程及車輛採購中至少 25% 的鋼鐵必須為低碳鋼，卻未限制其產地。

歐洲鋼鐵協會 (EUROFER) 指出，歐盟鋼鐵業已投入數十億歐元資金承諾在 2030 年前減碳 30%。然而，若法案未將「低碳」與「歐洲製造」綁定，進口鋼材將享有同等配額，進而削弱本土業者的投資信心。為此，

業者提出四大核心訴求：

- (1) **定義產地標準**：明確界定「歐洲製造」必須是在歐盟及歐洲經濟區(EEA) 熔煉與鑄造的產品。
- (2) **強化採購配額**：目前法案要求的採購量僅佔總市場不到 5%，應擴大至 建築、能源等關鍵產業。
- (3) **建立標籤體系**：建立具公信力的自願性鋼鐵綠色標籤，以利市場區隔。
- (4) **能源成本配套**：提供具競爭力的電力價格以支持減碳製程。

(摘自：SEAI SI 2026-03-06)

16. 英國發布鋼鐵發展戰略提升國產鋼材市占率

2026 年 3 月，英國政府發布全新鋼鐵行業發展戰略，預期將本土鋼材市佔率從目前的 30% 提升至 50%，其政策內容包括：

- (1) **嚴厲的貿易保護手段**：自 7 月 1 日起，鋼鐵進口配額將大幅削減 60%，超出配額的部分徵收高達 50% 的關稅。
- (2) **資金與技術轉型**：透過國家財富基金投資高達 25 億英鎊 (約 1,066 億新台幣)，支持業者低碳轉型的電爐製程。
- (3) **市場與供應鏈管控**：加強產品來源監控，要求標註鋼鐵熔煉地，並推動離岸風電等再生能源專案優先使用本土綠色鋼材。

英國鋼鐵協會指出，此戰略政策雖可作為轉型契機，但英國高昂的電價、碳政策與政府採購規則等對本土鋼材支持力度不足，仍是削弱本土競爭力的關鍵風險。

(摘自：MetalBulletin 2026-03-13)

1. 日本政府修訂製鐵程序中氫氣活用研發與應用計畫

經濟產業省發布「製鐵程序中氫氣活用」研究開發與社會導入計畫，意在透過徹底轉變煉鐵製程，應對日本鋼鐵業佔產業部門 CO₂ 排放量 40% 的嚴峻挑戰，以實現 2050 年碳中和目標。該計畫將技術路徑分為兩大核心項目：高爐氫氣還原技術與氫氣直接還原技術(詳如下表)。在高爐技術方面，基礎源於 COURSE50 項目，開發重點在於擴大利用製鐵所內部的氫氣與外部氫氣，並結合 CCUS 技術。其成效目標設定為 2030 年前，透過廠內氫氣活用使煉鐵減碳 30% 以上，並在 2030 年以前利用實機 1/5 規模以上的中規模試驗高爐，達成 CO₂ 排放量削減 50% 以上的技術驗證。

在直接氫還原煉鐵技術方面，則研發以 100% 氫氣還原低品級鐵礦石的革新技術。由於氫氣還原為吸熱反應且缺乏碳支撐結構，技術難度極高，需克服爐內熱補償、原料粉化與不純物去除等課題。此項目設定在 2030 年前，於中規模直接還原爐達成 50% 以上的減碳實證。為解決低品級鐵礦石導致的不純物問題，計畫同步推進大型電爐與電氣熔融爐的開發，目標是使電爐生產出的高級鋼品質達到高爐產出的水準(如磷含量 0.015% 以下)，並維持每小時 100 噸以上的生產效率。

在經濟與環境效益預測上，若 COURSE50 技術於 2030 年成功導入國內 1 座高爐，預計每年可削減約 200 萬噸 CO₂，帶動約 3,200 億日圓(637 億新台幣)的粗鋼產量。日本政府為此投入上限達 4,391.6 億日圓(637 億新台幣)的預算，期盼藉由早期確立綠色高級鋼材的供應體制，確保日本鋼鐵業在全球脫碳競爭中的領先地位。

(摘自：NEDO グリーンイノベーション基金 2026-03-10)

2. JFE 申請高爐氣調整與氫氣回收專利

高爐是鋼鐵業主要的二氧化碳排放源，雖然業界嘗試從高爐氣中分離二氧化碳，但因其中含有大量氮氣（約 50%），導致分離成本過高。此外，雖可透過水煤氣變換反應產生氫氣，但現有的 PSA 法耗能極大，且處理後的氣體中二氧化碳濃度仍不足以直接作為單體氣體利用。因此，如何在回收氫氣的同時，低成本地生成可直接利用的高純度二氧化碳，是低碳轉型的關鍵課題。

本技術的核心在於從源頭控制。首先，透過高爐鼓封口吹入不活性能源（氮氣）濃度低於 1.0% 的氣體。此舉能大幅減少高爐氣中的氮氣含量，使其組成趨向二氧化碳與一氧化碳。再利用水煤氣變換反應（ $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$ ）將一氧化碳轉化，生成由氫氣與二氧化碳組成的「高爐調整氣」（高炉調整ガス）。

由於初期氮氣含量極低，分離氫氣後剩餘的氣體中，二氧化碳純度可達到 99.0% 以上，無需額外複雜的分離設備即可作為工業氣體源回收。此方法不僅減少了氣體體積、縮小回收設備尺寸，更結合膜分離等節能技術，實現鋼鐵廠廢氣的高值化利用。

（摘自：日本專利 JP2026-52010 2026-03-23）

3. 胺吸收 CO₂ 捕捉技術關鍵製程參數試驗研究

寶鋼中央研究所針對寶鋼高富氫碳循環氧氣高爐（HyCROF）製程所產生的煙氣，開發一套基於有機胺化學吸收法的二氧化碳捕捉試驗系統，並深入探討了多項關鍵製程參數對吸收效率與系統能耗的影響。

在技術實施方面，研究團隊建置胺基二氧化碳捕捉試驗裝置，模擬 HyCROF 煙氣中二氧化碳的比例，並透過系統性的正交（Orthogonal Experimental）實驗，重點考察加熱溫度、氣體流量、二氧化碳含量以及胺液流量等變量。實驗結

果顯示，加熱溫度是影響吸收效率的關鍵因素，當溫度從 140°C 提升至 145°C 時，二氧化碳吸收率會從約 67% 大幅提升至 97%，並在 150-160°C 區間趨於穩定，最高可達到 99% 以上。顯示較高的解吸溫度有利於胺液再生，進而提升循環吸收能力。

關於氣體處理能力的成效，研究發現二氧化碳吸收率隨氣體流量增加而下降。在 160°C 的加熱條件下，當氣體流量維持在 0.70 至 0.85 m³/h 時，吸收率能穩定保持在 99.6% 至 99.9% 的極高水準。然而，一旦氣體流量增加 2.0 m³/h，吸收率會大幅降至 26.5%。此外，針對不同濃度的二氧化碳（10% 至 30%），研究提出必須匹配相應的胺液流量以維持效率。例如，在二氧化碳含量為 30%、氣體流量為 0.8 m³/h 的情況下，胺液流量需提升至 8.0 L/min 才能確保 99% 的捕捉率。

在降低能耗上，研究強調了精確控制氣液比的重要性，實驗測得的最佳氣液比範圍介於 2.6 至 12.3 之間。透過參數最佳化，例如將加熱溫度精確控制在 150°C，而非一味提高，並根據煙氣濃度動態調整胺液循環量，可有效降低系統的熱能與電能消耗。這項研究不僅釐清製程參數間的搭配關係，更為鋼鐵企業在工業規模應用胺法碳捕捉技術提供了重要的數據參考與理論基礎。

（摘自：寶鋼技術(CNKI) 2026-03-19）

4. 寶鋼湛江電爐冶煉熱送還原鐵試驗成功

繼寶鋼湛江近零碳高級鋼板工廠 220 噸電爐全廢鋼冶煉熱試成功後，該專案再度成功完成熱態直接還原鐵（Hot DRI）冶煉，成功串聯「氫基豎爐+電爐」的短流程冶煉製程，成為全球首條成功投產的同類配置產線。利用還原鐵的物理顯熱入爐，可大幅降低電爐電耗並縮短冶煉週期，大幅降低噸鋼碳排放強度。

此次試驗涵蓋達涅利（Danieli）設計的 ECS 水平連續加料電爐及還原鐵熱

送系統，熱態直接還原鐵在氮氣保護下，經旋轉給料閥精準調控，直接輸送至電爐熔煉，實現熱送與冶煉的連續化。同時透過閥門系統在高溫、高硬度、高粉塵環境下展現優異的密封性與控制精度，確保製程安全。

(摘自：中國鋼鐵新聞網 2026-03-29)

5. 生質碳取代部分煤炭有望使印度鋼鐵業減碳 50%

澳洲國家科學院 (CSIRO) 與印度理工學院 (IISc) 合作的技術突破，並獲得由澳洲政府支持的「印澳綠色鋼鐵研究夥伴關係」資金，成功在印度 Jindal Steel 鋼廠驗證了以農業廢棄物部分取代煤炭的煉鋼減碳方案。

研究團隊與 RESCONS Solutions 公司及 Jindal Steel 合作，在位於 Odisha 的 Jindal Steel 氣化爐中進行全規模試驗。該技術利用當地充足的稻殼資源製成顆粒，並將其以 5%至 10%的比例摻入商業氣化爐中。實驗結果證實，此過程能穩定產生生物質合成氣 (biomass-derived syngas)，用於還原鐵礦石。關鍵之處在於，這種生物質摻燒模式在不改變現有設備的前提下，成功實現了穩定生產，證明了生物質能在不影響產出的情況下有效替代煤炭。

目前印度鋼鐵業每生產 1 噸鋼材約排放 2.55 噸 CO₂，遠高於全球平均的 1.8 噸。根據試驗數據推算，利用生物質煉鋼每噸粗鋼可減少約 1.19 噸 CO₂ 的淨排放量。若此技術在全印度推廣，預計每年可削減鋼鐵產業高達 50%的碳排放，總量約達 3.57 億噸 CO₂。

為了加速技術落地，研究團隊開發了互動式線上地圖，整合印度鋼鐵基礎設施與區域生物質資源分佈，協助企業評估供應鏈潛力。未來，研究將進一步提升生物質的替代比例，並擴大至中小型轉爐廠及更多元化的生物質來源。

(摘自：澳洲聯邦科學及產業研究組織 2026-03-10)

國際主要鋼廠高爐電爐製程比例調查

撰稿人 T41 洪慧清、余佳杭

一、前言

在全球邁向淨零碳排的趨勢下，鋼鐵產業正進入傳統高爐製程轉向電爐的轉型期。國際鋼廠主要鋼廠皆已投入大規模資本汰換高爐設備，其新建電爐產能的完工與投產時程，預期將高度集中於 2026 至 2029 年間。此波轉型不僅止於設備汰舊換新，更在於製程原料結構與冶煉技術的重塑。此一結構性變化，對未來產業競爭格局與布局具有深遠影響，值得持續關注。

為掌握全球鋼廠推動高爐轉電爐的現況，本次調查包含日本製鐵、JFE、塔塔鋼鐵等七家指標性鋼廠的「高爐轉電爐」計畫，並依據其轉換時程、預期產能與投資重點綜整如表一；相關現況、趨勢，以及推動計畫說明如下：

二、現況與趨勢

1. **完工期密集化 (2026-2029 年)**：包含日本製鐵、JFE、塔塔與 SSAB 等國際指標性鋼廠的大型電爐計畫，完工時程高度集中在此四年區間，顯示全球鋼鐵業即將進入密集的製程轉換期與低碳產能爆發期。
2. **技術路徑聚焦「氫基 DRI/HBI+電爐」**：為取代傳統高爐的鐵水，多數鋼廠（如 Salzgitter、SSAB、安賽樂米塔爾）皆選擇導入氫基直接還原鐵技術，或以外購 HBI 為主要低碳原料。
3. **電爐產品轉向高級鋼與零碳鋼市場**：轉型目標不僅是降低碳排，更強調跨越傳統電爐的限制，實現「提升高級鋼材生產能力」（如日本製鐵）及「無化石燃料/零碳鋼」的生產（如 SSAB），藉以搶佔綠鋼市場。

三、鋼廠推動計畫說明

1. 亞洲鋼廠：

- (1)日本製鐵：計畫於 2029 年底除役九州製鐵所戶畑 4 號高爐，投資 210 億新台幣新建年產能 200 萬噸的電爐；戰略重點在於開發低品位鐵礦石氫還原技術，確保原料穩定並提升高級鋼材生產能力。
- (2)JFE：預計 2028 年第一季除役西日本製鐵所倉敷地區 2 號高爐，斥資 653.4 億新台幣 (3,294 億日圓) 建置 200 萬噸電爐。採用自主研发的高效率熔煉技術，並計畫整合氫基直接還原鐵 (DRI) 技術以進一步降低碳足跡，目標是提升鋼液品質以生產高品級綠色鋼材。

2. 歐美鋼廠：

- (3)ArcelorMittal：西班牙 Gijon 廠投資約 75.3 億新台幣建置 110 萬噸電爐取代兩座高爐，原訂 2026 年初完成，目前仍在調試中，並將以 DRI 與廢鋼為原料生產低碳鋼；另南非 Vanderbijlpark 廠亦有一座高爐預計於 2028 年底轉換。
- (4)SSAB：聚焦無化石燃料鋼廠目標，投入 1,590 億新台幣於 Luleå 廠 (年產能 250 萬噸，2029 年底前投用)，以及 216 億新台幣於 Oxelösund 廠 (年產能 190 萬噸，2027 年初投用)，全面處理 DRI/HBI 與廢鋼，專注生產零碳鋼。
- (5)Voestalpine：投資總計超過 500 億新台幣於 Donawitz (85 萬噸) 與 Linz (160 萬噸) 兩廠新建電爐，主要透過外購 HBI 等低碳原料來支撐營運。
- (6)Salzgitter：計畫分三階段逐步取代三座高爐，第一階段預計於 2027 年投入約 950 億新台幣，建立約 200 萬公噸產能，以氫基 DRI 加電爐模式達成減碳 30% 的目標。

(7)塔塔鋼鐵英國公司：Port Talbot 廠於 2027 年底至 2028 年初關閉兩座高爐，投資 524.8 億新台幣轉型為 320 萬噸電爐；發展特色在於現階段依賴進口半成品以維持下游加工生產，並透過新增兩座盛鋼桶精煉爐 (LMF) 及延長現有連鑄機與熱軋機壽命，來強化後端精煉與產線能力。

表一、高爐轉換成電爐之鋼廠資訊

鋼廠	地點/ 除役高爐	新電爐設置	年產能	投資額/計畫重點
日本製鐵	九州製鐵所/ 戶畑 4 號高爐	2029 年底	200 萬噸	● 投資 210 億新台幣 ● 提升高級鋼材生產能力，並開發低品位鐵礦石氫還原技術。
JFE	西日本製鐵所倉敷地區/2 號高爐	2028 年第一季	200 萬噸	● 653.4 億新台幣(3,294 億日圓) ● 採用 JFE 自主研發的高效率熔煉技術，並計畫與氫基直接還原鐵(DRI)技術整合，進一步降低碳足跡。提升鋼液品質，目標生產高品級綠色鋼材。
塔塔鋼鐵	英國 Port Talbot/兩座高爐	2027 年底至 2028 年初	320 萬噸	● 524.8 億新台幣(12.5 億英鎊) ● 高爐已關閉，依賴進口半成品維持下游加工生產。除電爐外，還包括兩座新的盛鋼桶精煉爐(LMF)及延長現有連鑄機和熱軋機的壽命。
安賽樂米 塔爾	西班牙 Gijon/兩座高爐	2026 年初(調 試中)	110 萬噸	● 75.3 億新台幣(2.13 億歐元) ● 採用 DRI 與廢鋼為原料，生產低碳鋼。

鋼廠	地點/ 除役高爐	新電爐設置	年產能	投資額/計畫重點
	安米南非 Vanderbijlpark/ 一座高爐	2028 年底	-	-
SSAB	Luleå/一座高爐	2029 年底	250 萬噸	● 1,590 億新台幣(45 億歐元) ● 建無化石燃料鋼廠，採用 DRI 與廢鋼，生產零碳鋼。
	Oxelösund/兩座高爐	2027 年初	190 萬噸	● 216 億新台幣(62 億瑞典克朗) ● 處理無化石 DRI/HBI 與廢鋼。
奧鋼聯	Donawitz/一座高爐	2027 年	85 萬噸	● 159 億新台幣(4.5 億歐元) ● 外購 HBI 等低碳原料。
	Linz/一座高爐	2027 年	160 萬噸	● 353.7 億新台幣(10 億歐元) ● 外購 HBI 等低碳原料。
Salzgitter AG	薩爾茨吉特 (Salzgitter) 地區/分三階段逐步取代三座高爐	2027 年	約 200 萬公噸 (1 st 階段)	● 1st 階段-950 億新台幣(27 億歐元) ● 以氫基 DRI 加電爐，減碳 30%。

四、結論

全球鋼鐵產業正迎來從高爐轉向電爐的「結構性轉型期」，這不僅是技術更新，更是打破碳鎖定 (Carbon Lock-in) 效應的關鍵戰略。傳統高爐製程因設備壽命長、資本投入巨大，往往使企業陷入對化石燃料的技術與路徑依賴；然而，隨著日本製鐵、JFE 及 SSAB 等七大鋼廠密集於 2026 至 2029 年間投入大規模資本汰換高爐，顯示產業正試圖藉由製程重塑來擺脫高碳排的枷鎖。

總結而言，國際鋼廠透過分階段除役高爐並導入自主研發技術 (如 JFE 的高效率熔煉、日本製鐵的低品位礦還原)，正積極在碳減排與經濟效益間取得平衡，以確保在未來的淨零競賽中具備高端鋼品的市場主導權。

2026 年氫冶金技術與產能佈局展望

撰稿人 T41 黃俊傑

一、前言

全球鋼鐵工業正處於技術發展的十字路口，傳統高碳排放的生產模式面臨碳定價機制、環保法規收緊及化石燃料成本波動的嚴峻挑戰。隨着氫基綠色鋼鐵技術的興起，鋼鐵生產正經歷一場從「碳依賴冶金」向「清潔氫能還原」的轉移。此變革不僅是技術的替代，更是對鐵礦石轉化為鋼鐵流程的重新構建，旨在透過氫氣還原技術從源頭消除二氧化碳排放。目前，全球已進入產能部署的關鍵期，預計至 2030 年後將出現顯著的市場格局變動。

二、氫還原冶金的科學原理與製程創新

氫基直接還原鐵（H-DRI）技術的核心在於化學還原劑的更換，傳統高爐利用一氧化碳剝離鐵礦石中的氧，因而產生大量二氧化碳；而氫冶金系統則改用氫氣作為還原劑，副產物僅為水蒸氣。在反應器設計上，目前主流技術分為豎爐（Shaft Furnace）與流體化床（Fluidised Bed）兩大體系。豎爐系統採取連續逆流操作，鐵礦石由上而下，預熱氫氣由下而上，具備高熱效率與質量傳遞優勢，運作溫度介於 800-1000°C，反應時間約 6-8 小時。流體化床則透過高速氫氣流使礦粉懸浮，達成湍流混合，反應速率更快，運作溫度約 750-900°C，反應時間可縮短至 2-4 小時，且設備設計更為緊湊，主要技術比較如下表一。

表一：氫能還原技術反應器比較表

反應器	豎爐	流體化床	備註
運作溫度	800-1000°C	750-900°C	
氫氣消耗量	55-70kg/噸鋼	60-75kg/噸鋼	受礦石品位影響

反應器	豎爐	流體化床	備註
停留時間	6-8 小時	2-4 小時	流體化床速度較快
原料要求	鐵礦球團(Pellets)	鐵礦細粉(Fines)	流體化床更具靈活性
技術成熟度	高(商用化階段)	中(示範運行階段)	豎爐為目前主流
應用鋼廠	Midrex(神戶製鋼)、 Energiron(TENOVA) 佔全球產能約 60% 及 15% H2 Green Steel 採用 Midrex SSAB(HYBRIT)採用 Energiron	HyREX(POSCO) HYFOR(voestalpine)	

三、2026 年全球大型氫冶金項目進展

位於瑞典博登的 Stegra 計畫（原 H2 Green Steel）計畫於 2026 年啟動運作，該項目是全球第一個從零開始建設的大規模綠色鋼鐵廠。其核心配置包括一座 690-700 MW 的超大規模電解槽設施，並使用 thyssenkrupp nucera 的 20MW「scalum」鹼性水電解模組。該工廠預計 2026 年產能為 240-250 萬噸，並計畫在 2028 年達到穩定運作，最終在 2030 年擴產至 500 萬噸。然而 Stegra 在 2025 年底面臨了約 11 億美元(約 347 億元新台幣)的資金缺口，反映出大規模綠色轉型過程中的財務壓力。

與此同時，由 SSAB、LKAB 和 Vattenfall 聯合推動的 HYBRIT 計畫同樣進入了關鍵期。其位於瑞典耶利瓦勒的示範工廠預計於 2026 年完工，具備每年生產 120-130 萬噸無化石海綿鐵的能力，其位於奧克瑟勒松德 (Oxelösund) 的高爐

將轉型為電爐，以配合產能需求。HYBRIT 的優勢在於利用瑞典豐沛的再生能源將水轉化為綠氫，並儲存在巨大的地下洞穴中，以供 HYBRIT 的製程需求。透過在電價較低時生產和儲存多餘的氫氣，以及在電價較高時減少生產和使用儲存的氫氣，可以最佳化氫氣生產成本。

HYBRIT 計畫是世界上第一個證明無化石價值鏈——從鐵礦石到鋼鐵——在半工業規模上運作的項目。2020-2024 年，HYBRIT Luleå 的試驗工廠已經生產了 5000 多噸氫還原鐵，Volvo 集團、Epiroc、Peab 等客戶已經在汽車、重型機械、建築和消費品中使用這種非化石鋼材，顯示市場對該產品有極高興趣。

四、HyREX(POSCO)與 HYFOR(voestalpine)佈署進展

HyREX 是 POSCO 基於其成熟的 FINEX 技術發展而來的自主技術。利用多級(通常為四級)流體化床反應器，將粉鐵礦與氫氣反應生成直接還原鐵(DRI)，隨後進入 ESF(電熔爐)生產鐵水。目前，「浦項國家產業園區計畫變更案」已獲准取得 134 萬平方米氫還原煉鐵專用地，開發期限延至 2041 年；POSCO 集團正建設 HyREX 示範工廠，目標 2028 年投產，2030 年前完成 30 萬噸級實證技術開發並推進商用，是浦項推動高爐轉型為低碳煉鐵的核心戰略。

voestalpine 與 Primetals 合作開發的 HYFOR (Hydrogen Ironmaking Foraging) 則更聚焦於「超細礦粉」的處理，強調能處理 100%低品位超細鐵礦粉，並結合其 Hy4Smelt 技術，將 HYFOR 還原後的 DRI 直接送入熔煉器。因省去了燒結或球結礦的造塊製程，故大幅降低了能源消耗和生產成本。位於奧地利 Donawitz 的 HYFOR 試驗裝置已穩定運行，並在 2024-2025 年成功測試利用 100%氫氣還原不同粒徑的礦粉。並完成大規模氫氣供應站 H2FUTURE 擴建，確保 HYFOR 試驗工廠的氫氣純度與壓力穩定。目前計畫在 Linz 建立示範規模的 Hy4Smelt 工廠，產能為每小時 3 公噸，預計將於 2027 年底投入運行，同年在

Linz 與 Donawitz 廠區將以電爐取代兩座高爐，目標在 2029 年前減少 30% 的二氧化碳排放。

五、區域產能佈局與經濟競爭力分析

全球氫冶金產能的擴張呈現明顯的地域聚集特徵，反映出各國政策導向與天然資源的差異：

- **歐洲區域**：目前在產能部署上佔據主導地位，預計到 2030 年全球 80% 的氫基 DRI-EAF 產能將集中於此。歐洲產能預計從 2025 年的 **250 萬噸** 爆發式增長至 2035 年的 **3,500-4,500 萬噸**。然而，歐洲的領先地位主要源於政策補貼與歐盟碳交易體系 (ETS) 的壓力，而非成本競爭力。由於工業電價頻繁超過 **€100/MWh**，其氫氣成本居高不下。
- **中東與北非 (MENA)**：憑藉卓越的太陽能與風能資源，MENA 被視為未來的低成本生產中心。其氫基 DRI 生產成本預計比歐洲低 **17%**，其中氫氣成本優勢貢獻了該價差的 **82%**。其產能預計在 2035 年達到 **2,500-3,500 萬噸**。
- **北美地區**：發展步伐較穩健，受益於廉價的再生能源與加拿大等地的水電支持，產能預計從 2025 年的 **30 萬噸** 增至 2035 年的 **1,500-2,500 萬噸**。

六、中國鋼鐵轉型的現實路徑：從焦爐煤氣到綠氫

近期中國學者指出，雖然氫冶金是減碳終極方案，但「氫從哪裡來」是首要難題。由於中國天然氣資源短缺且綠電製氫成本尚待突破，利用豐富的焦爐煤氣發展氫冶金成為最現實的過渡方案。中國鋼鐵製程長流程佔比高，每年產生約 1,800 億 m³ 的副產焦爐煤氣，其氫含量高達 55%-60%。以此作為還原氣源，可為未來全面過渡到綠氫冶金積累技術經驗。此外，由於鐵礦石資源不斷劣化，高爐製程對低品位礦石的高適應性，使得長流程在未來較長時間內仍將繼續存在。

七、氫能冶金實施挑戰：技術、安全與基礎設施

氫冶金的技術實現面臨多重障礙。首先是資本投入，現有廠區轉換為氫基生產的成本通常超過新廠建設成本的 70-80%。其次是氫氣供應鏈的複雜性，氫氣的低體積能量密度要求高壓或低溫儲存，且存在氫脆風險，需專門的管材與安全協議。

此外，電能消耗將大幅增加，生產每噸成品鋼的總電力需求(含製氫與電爐)通常超過 3,000-4,000 kWh，因而對綠電需求大幅增加。為維持生產效率，鋼廠需實施先進的過程控制系統 (APC)，即時監控金屬化率 (通常需>90%) 與殘餘氧含量，以確保產出高品質的鋼材。

八、結論與未來展望

氫基鋼鐵的普及取決於能否突破經濟瓶頸，隨着電解槽成本因規模化部署而下降，以及氫氣生產成本目標降至每公斤 2-3 美元以下，綠色鋼鐵將在高端市場 (如汽車、航太) 具備更強的吸引力。此外，碳邊境調整機制 (CBAM) 的實施將重新界定國際競爭力，促使高排放進口產品負擔額外成本，進而推動全球供應鏈向低碳化轉移。對於鋼鐵企業而言，這不僅是環保責任，更是未來數十年的生存戰略。

九、參考資料：

1. Revolutionary Hydrogen-Based Green Steel Production Methods for 2026

<https://discoveryalert.com.au/hydrogen-green-steel-production-2026-carbon-emissions/>

2. 「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた技術開発」

<https://www.nedo.go.jp/content/100955030.pdf>

3. 降本 40%！HYBRIT 證明大規模儲存氫氣在技術上是可行的

<https://www.163.com/dy/article/JPTAD0V605565R3L.html>

4. HYBRIT：六年的研究為無化石鋼鐵生產鋪平了道路

https://www.sohu.com/a/804347824_121824195

5. Hy4Smelt & H2FUTURE: Two milestones for green steel production

<https://www.voestalpine.com/blog/en/sustainability/greentec-steel/hy4smelt-h2future-two-milestones-for-green-steel-production/>