



鋼廠動態

1. 安賽樂米塔爾宣布延緩綠氫鋼鐵生產目標 1
2. 蒂森克虜伯鋼鐵提出未來工業概念的要點 1
3. 克里夫蘭鋼鐵考慮放棄生產綠色鋼材及政府補助 2
4. 日立集團採用日本製鐵綠色無方向性 ES 產品 3
5. 浦項控股與澳洲礦業公司 Hancock 合作開發鋰供應鏈 4
6. 鞍鋼礦業燒結廠年產 400 萬噸帶式球團產線投產 5
7. IEEFA 提醒歐盟應考量 CCS 的風險 5
8. CEBA 研究到 2050 年減少鋼鐵排放需要大量電能 6
9. 首批中國低碳排放鋼 (C2F Steel) 發佈 7

技術/生產資訊

1. 英國鋼鐵公司進行碳捕捉技術試驗 8
2. 燒結煙氣高比例循環技術研究進展與河鋼實踐 8
3. 氫能源：潔淨能源的挑戰與機遇 9

技術專欄

※ 日本鋼廠應用廢塑膠減碳模式及專利調查	12
※ 轉爐增用廢鋼之產品與技術資訊調查	19

1. 安賽樂米塔爾宣布延緩綠氫鋼鐵生產目標

安賽樂米塔爾歐洲公司宣布，由於面臨法規環境不確定、綠氫技術發展緩慢及市場需求不足等挑戰，宣布暫時延緩其在法國北部敦克爾克工廠生產零碳排鋼的投資專案，該專案包含建設兩座電爐和一座直接還原鐵（DRI）工廠，總投資額為 18 億歐元（約 618.9 億新台幣），其中 8.5 億歐元（約 292.3 億新台幣）由法國政府補助。

此外，其比利時根特工廠先前也有類似計畫，但未來是否能執行也存在疑慮。公司執行長指出，碳邊境調整機制（CBAM）存在顯著的弱點，對於來自中國產能過剩所導致進口增加的情況，貿易保護措施需要加強，且客戶對於支付低碳排放鋼溢價的意願有限。為確保鋼鐵生產競爭力，需在最終投資決策前明確政策環境。

儘管如此，安賽樂米塔爾仍致力於實現長期脫碳目標，自 2018 年以來歐洲業務排放已減少 28.2%。執行長對 2050 年達成淨零排放目標充滿信心，但指出實現目標的方式可能會與原先計劃有所不同。執行長呼籲各國政府提供更明確的政策支持，以吸引更多投資，加速鋼鐵產業的脫碳進程。

（摘自：[SNN 環宇鋼鐵網 2024-11-28](#)、[Belga News Agency 2024-11-23](#)）

2. 蒂森克虜伯鋼鐵提出未來工業概念的要點

蒂森克虜伯在監事會戰略委員會中提出全面的未來工業戰略計劃，產能過剩以及來自亞洲的廉價進口商品日益漸增，而市場尚未接受更高的環保鋼材價格，無法彌補其生產成本。因此，蒂森克虜伯採取緊急措施來提高公司本身的生產力和營運效率。

- (1) **綠色轉型調整**：2024 年 7 月原定重新評估其在杜伊斯堡工廠生產綠色鋼材的計畫，該廠計畫使用氫氣取代煤炭，並於 2027 年開始生產。
德國政府承諾為專案提供 20 億歐元 (約 687.7 億新台幣)，並已支付 5 億 (約 171.9 億新台幣)，若專案被取消，蒂森克虜伯將須返還資金。儘管如此，蒂森克虜伯仍致力於完成已在建的直接還原工廠計畫，並預計至 2030 年，杜伊斯堡的 8 號和 9 號高爐將被取代。
- (2) **產能調整**：根據市場情況，將產能從 1,150 萬噸減少到 870 至 900 萬噸的目標，與 HKM 分離，是必要的產能削減的因素 (HKM 為專門生產板胚和管胚的綜合鋼廠)，若無法出售股份，與其他股東就雙方可接受的關閉方案進行談判。另外，位於 Kreuztal-Eichen 的加工基地也將關閉。
- (3) **成本調整**：目前提出的實施計畫，將大幅減少工作崗位，以及進一步削減人事相關成本，未來幾年人事成本約降低 10%。另一方面，公司正持續推動鋼鐵業務的獨立的進展，蒂森克虜伯已將 20% 的股份已出售給捷克 EP Corporate Group(EPCG)，一家專注於能源、基礎設施等領域私營集團。
(摘自：[Thyssenkrupp Steel 2024-11-25](#)、[NEURO News 2024-07-10](#))

3. 克里夫蘭鋼鐵考慮放棄生產綠色鋼材及政府補助

(1) 背景：

克利夫蘭-克利夫斯鋼鐵公司 (Cleveland-Cliffs) 於 2024 年 9 月 16 日宣布由美國能源部提供的 5 億美元 (約新台幣 160 億元) 補助將用於俄亥俄州米德爾頓 (Middletown) 廠的低碳轉型，包括建置一座直接還原廠和兩座電爐取代現有的高爐，並使用氫氣取代煤炭，預計每噸鐵水的成本可減少 150 美元 (約新台幣 4,900 元)，每年可節省 4.5 億美元 (約新台幣 145 億元)。

(2) 現況與挑戰：

執行長洛倫索·岡薩爾維斯 (Lourenco Goncalves) 於 2024 年 10 月坦言，市場對低碳綠色鋼材的需求遠不如預期，多數下游客戶不願為綠色鋼材支付更高的價格，特別是汽車產業。根據彭博新能源財經分析師計算，低碳排放鋼的成本比標準鋼高出 40%。

此外，即使有政府補助，該公司仍需額外投入 11 億美元 (約 357.7 億新台幣) 來完成改造計畫，如此一來該公司只能以折價出售綠色鋼材。這使得該項目經濟可行性受到質疑，並考慮放棄低碳綠色鋼鐵生產與美國政府補助。

(3) 總結：

儘管面臨重重挑戰，克利夫蘭-克利夫斯鋼鐵公司並未放棄，其正積極爭取美國政府的更多支持，希望能夠獲得額外的 10 億美元補助，用於建設氫能中心。目前，公司仍在審慎評估，尚未做出最終決定。

(摘自：[中國冶金報 2024-09-27](#)、[中國冶金報 2024-10-18](#))

4. 日立集團採用日本製鐵綠色無方向性 ES 產品

日本製鐵透過「質量平衡法」所推出的綠色鋼材「NSCarbolex[®] Neutral」，最新合作客戶為日立集團，其採用日本製鐵綠色無方向性電磁鋼片 (ES) 產品製造馬達，日立集團近年積極擴大其在全球電動車馬達市場的影響力和市占率，脫碳目標是到 2030 年 (與 2010 年相比) 減少 50% 的二氧化碳排放，並在 2050 年透過其價值鏈達成碳中和，故須採購綠色原料進行生產。

對鋼廠下游客戶而言，產品脫碳化的延遲可能造成競爭力下降。日本製鐵已於 2022 年構築穩定的 NSCarbolex[®] Neutral 供應體系，並於 2023 年發售，鎖定客戶範疇 3 的脫碳需求，除供應日立集團無方向性電磁鋼片外，2024 年已提供岡村株式會社的家具用高功能性鋼材、供應 Black ZAM 耐蝕鍍鋅鋼板予南電氣株式會社。在外銷上，則是卡達等國有藍氨項目用高合金無縫輸油管，在本項目中，輸油管產品可視為用於碳捕捉與封存（CCS）等脫碳以及新能源領域。

日本製鐵之 NSCarbolex[®] Neutral 具備以下特點：採用質量平衡法，將公司實際減少的二氧化碳排放量分配給特定鋼鐵產品，並且採第三方（日本檢驗 QA 株式會社）認證，且由前述日本製鐵供貨案例，NSCarbolex[®] Neutral 適用於日本製鐵生產的所有鋼鐵產品，不限鋼種和製造方法。

（摘自：[Nippon Steel 2024-12-12](#)）

5. 浦項控股與澳洲礦業公司 Hancock 合作開發鋰供應鏈

浦項控股（POSCO Holdings）與澳洲礦業公司 Hancock 協議開展年產能 30,000 噸的鋰業務，並將評估潛在工廠選址及投資細節。此合作旨在結合 Hancock 的採礦資產，此資產不受美國《降低通貨膨脹法案》（IRA）的海外實體（Foreign entity of concern, FEOC）法規的限制，並提升浦項集團從鋰礦到電池回收的鋰價值鏈。

浦項此前已在阿根廷建成年產能 68,000 噸的鋰設施，可供 160 萬輛電動車使用，未來將利用二次電池市場的放緩期，進一步確保優質鋰資源，擴大業務能力。Hancock 是一家以鐵礦為主、逐步多元化鋰、天然氣及稀土的礦業公司，雙方合作自 2010 年起穩步推進。

（摘自：[PULSE 2024-12-10](#)、[POSCO Newsroom 2024-12-10](#)）

6. 鞍鋼礦業燒結廠年產 400 萬噸帶式球團產線投產

鞍鋼礦業東鞍山燒結廠於 2024 年 11 月底正式投產一條年產 400 萬噸的帶式球團產線，投產後碳排放減少 70%，能耗下降 55%，按一棵樹每年可吸收二氧化碳 18 公斤計算，相當於植樹 2667 萬棵。

為推進碳中和，鞍鋼礦業東燒廠把生產線升級為節能減碳更為明顯、產品品質更加高端的帶式焙燒機球團生產線，生產優質鹼性球團礦。該專案為鞍鋼礦業重點專案，於 2024 年 1 月開工建設，總投資 10 億元，包括帶式球團產線，以及除塵、水、電、風、氣等公輔系統、脫硫脫硝系統及智慧工廠建設。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-12-03](#))

7. IEEFA 提醒歐盟應考量 CCS 的風險

隨著歐盟各國在本世紀中訂立碳中和目標，碳捕捉和封存 (CCS) 已成為該地區最大排放國的核心支柱。目前，歐盟和英國的綜合官方目標是到 2050 年每年捕獲和封存 5.54 億噸二氧化碳 (MtCO₂)，即歐盟 2022 年排放總量的 13%。雖然 CCS 項目自 1971 年以來，主要支持石油和天然氣行業，但其在其他工業行業的應用尚未得到證實。

CCS 帶來巨大的技術、經濟、立法等風險，能源經濟與金融分析研究所 (Institute for Energy Economics and Financial Analysis, IEEFA) 分析，歐洲有近 200 個潛在項目旨在每年捕獲和封存超過 150 公噸二氧化碳，但 90% 以上僅處於原型或示範階段的項目。

CCS 成本也高得令人卻步，整個歐洲計畫的捕捉、運輸和封存成本平均每噸為 198 美元 (約新台幣 6,500 元)，是過去 10 年預測碳價每噸 105 美元 (約新台幣 3,400 元) 的兩倍。

CCS 的經濟動力不足，仰賴政府補貼來推動潛在項目，這可能意味著納稅人需要支付高達 1,400 億歐元（約新台幣 4.7 兆元）的資金。IEEFA 對技術可行性和成本的擔憂從歐洲正在運作、建造的項目數量較少就可見一斑。例如，荷蘭一個建設項目的成本增加一倍多；挪威水泥廠的碳捕捉裝置由於成本增加而不得不推遲；挪威的海上碳封存設施受到技術問題延遲進度。

本文提醒距離成功解決技術、商業和立法挑戰還很遙遠，目前形式的 CCS 不太可能按預期發揮作用，雖然歐洲計畫的提議時間表充滿樂觀，但最大風險是，當最終意識到 CCS 對淨零目標的貢獻失敗時，改以替代措施減輕或減少排放可能為時已晚。

（摘自：[IEEFA 2024-10-10](#)）

8. CEBA 研究到 2050 年減少鋼鐵排放需要大量電能

中國根據潔淨能源買家聯盟（Clean Energy Buyers Alliance, CEBA）研究，到 2050 年美國主要鋼鐵業每年需要 174 兆瓦小時（Terawatt hours, TWh），才能減少最多 57% 的碳排放，達成全球減碳目標。

研究指出，美國必須大幅擴建無碳能源發電設施，包括 28GW 的風能和太陽能，與 58GW 的電池儲能系統，才能應對 2050 年的電力需求。同時，鋼廠可能與發電廠有相當之距離，勢必要規劃長距離傳輸，以符合成本效益之路線。

目前，已有超過 25 家跨國公司承諾透過先行者聯盟（First Movers Coalition）購買近零排放鋼鐵，預計到 2030 年有每年 670 萬噸零排放鋼的需求。

為滿足市場需求，州政府、電網營運商和電力生產商應及早做好準備，包括爭取資金、申請許可證，並共同規劃潔淨能源部署，以使鋼鐵製造商能夠利用低成本、可靠的潔淨能源為其營運提供動力。

（摘自：[CEBA 2024-11-04](#)）

9. 首批中國低碳排放鋼（C2F Steel）發佈

中國鋼鐵工業協於 2024 年 10 月發布《低碳排放鋼評估方法》標準與首批 8 個中國低排碳鋼產品（C2F Steel）。

為應對國際鋼鐵業在低排碳產品標準上的不一致性，該標準在遵循國際規則的基礎上，堅持「共同但有區別的責任」原則，建立符合中國國情的評估方法。並進行約 3.3 億噸粗鋼的數據驗證，以熱軋產品作為評估和認證單位，劃分 5 級等級，從低到高依序為 E 級、D 級、C 級、B 級和 A 級，其中 A 級為近零排放。首批低碳排放鋼產品涵蓋高爐、轉爐和電爐兩種生產工藝，應用於交通、能源、建築、電力等行業。

企業	低碳排放鋼參數					路徑(評估邊界)
	產品類別	碳效等級	碳排放 tCO ₂ /t	廢鋼比%	綠電比例%	
寶山鋼鐵股份有限公司寶山基地	熱軋捲	E	1.715	31.1	60	煉焦-燒結-2#高爐-1/2 煉鋼廠-2050/1880 熱軋線
鞍鋼股份有限公司	熱軋捲	E	2.010	11.9	100	煉焦-燒結-1#/2#/3#/10#高爐-煉鋼四/五號線-1780/2150 熱軋線
北京首鋼股份有限公司	熱軋捲	E	2.058	9.1	6.40	煉焦-燒結/球團-1#2#3#高爐—煉鋼廠-2160 熱軋線
寶山鋼鐵股份有限公司寶山基地	無縫管	D	0.466	100	40	7#電爐-LF-VD-圓方胚連鑄-無縫鋼管 140 軋管線
武漢鋼鐵有限公司	熱軋捲	E	1.494	40.1	0.31	焦爐-燒結-6#/7#高爐三煉鋼/四煉鋼-2250 熱軋
寶鋼湛江鋼鐵有限公司	熱軋捲	E	1.629	33.5	1.65	煉焦-燒結-高爐-煉鋼-1780/2250 熱軋線
寶武集團馬鋼軌交材料科技有限公司	粗鋼(車輪)	E	0.952	69.0	15	9#10#焦爐-燒結-B 高爐-特鋼電爐車輪二線
山西太鋼不銹鋼股份有限公司	熱軋捲	E	0.478	100	15	2#電爐-4#/5#/6#LF 爐-1#/2#RH-4#連鑄機-1549 熱軋線

(摘自：[搜狐 2024-11-02](#))

1. 英國鋼鐵公司進行碳捕捉技術試驗

英國鋼鐵公司 (British Steel) 已透過電爐減少 75% 碳排放，為更進一步降低碳排放，將採用菲爾德大學團隊開發的 FluRefin 技術進行碳捕捉，並於英國鋼鐵的斯肯索普中央發電站建設一座移動碳捕捉試點工廠，從發電站的鍋爐煙道中提取二氧化碳，將廢氣轉化為用於消費品的替代碳源。

FluRefin 係一種創新變壓吸附技術 (PSA) 技術，不含有害化學物質也無需加熱，且比其他碳捕捉技術更便宜、輕便，空間僅需傳統 PSA 系統的 10%，使其特別適合安裝於空間受限的工業設施。FluRefin 能從氣體混合物中分離特定氣體，生產純淨且乾燥的二氧化碳，隨後裝瓶運輸，並於菲爾德大學轉化為合成運輸燃料。

(摘自：[鐵諾信息網 2024-11-19](#))

2. 燒結煙氣高比例循環技術研究進展與河鋼實踐

燒結煙氣循環技術已經成為燒結機提高產量、降低 CO、減少漏風、降低固體燃耗的重要技術措施。在鋼鐵工業減污降碳政策驅動下，提高煙氣循環率可進一步強化污染物減排和餘熱利用效果。因此，燒結煙氣高比例循環是未來技術發展的重要趨勢。

本論文彙整了國外煙氣循環技術發展歷程及應用現狀，認為燒結煙氣循環技術已基本完善，主流技術路線應為高低溫煙氣組合的煙氣內循環方案，根據燒結生產需求不同，在風箱選取數量、位置和佈風方案上略有差異。

此外，在工藝優化方面，隨著煙氣循環比例提高，重點應為循環煙氣氧氣體積分數降低、水體積分數升高和風量熱量平衡等問題；在技術應用過程中，應注意取氣可靠性、管道積灰、風機匹配性、煙氣分配和密封罩流場均勻性等工程問題。

在成效方面，燒結煙氣選擇性內循環工藝可將煙氣量減排 30%以上，固體燃料降低 10%，CO 和 NO_x 減排 20%，戴奧辛減排 30%。工程投運後可降低燒結生產成本 35 元新台幣/t(礦)，投資回報週期為 1.5 年。

在對燒結煙氣循環技術的研究與應用分析的基礎上，以河鋼集團應用的高比例煙氣循環工程為例，本文詳細介紹高比例煙氣循環的設計理念。透過循環工藝創新、核心裝備突破和運行參數優化，河鋼邯鋼和唐鋼新區穩定實現了 30%以上高比例煙氣循環，並已應用於 46 台燒結機。

(摘自：[鋼鐵\(CNKI\) 2024-11-20](#))

3. 氫能源：潔淨能源的挑戰與機遇

隨著全球對清潔能源的需求日益增長，氫能源作為一種清潔、高效的能源載體，在全球能源轉型中扮演重要角色，其製造成本及市場價格是決定自身商業化過程的關鍵因素。本文旨在探討製氫成本以及氫儲存問題，並提出可以降低成本的合理建議。

(1)中國發展現況

主要依賴化石燃料重整和水解氫氣技術，其中煤製氫和天然氣重整製氫佔據主導地位。

- 電解水製氫價格在 30 元/公斤~40 元/公斤。效率只有 50%~70%，技術水準較低，成本較高
- 長三角氫價格為 33.69 元/公斤，長三角「清潔氫」價格為 34.13 元/公斤。
- 副產焦爐氣製氫價格一般不高於 12 元/公斤
- 燒鹼副產物製氫等價格一般不高於 18 元/公斤
- 煤製氫價格約為 10 元/公斤~15 元/公斤
- 天然氣製氫的價格約為 15 元/公斤~20 元/公斤

(2)全球發展現況

重視再生能源製氫，如利用太陽能、風能等進行電解水製氫，在生物質製氫、核能製氫等領域也有所突破。

- 日本在氫能利用和專利擁有數方面領先全球，這主要得益於日本政府長期以來對氫能源的大力支持和投入，已經在燃料電池車和家用熱電聯供系統等領域實現了商業化應用。
- 美國則透過發布國家戰略和提供巨額資金來加速氫能產業的發展，美國氫能專利數排名第二，集中在加州示範應用。
- 韓國已掌握一流技術，目前正在推進關鍵零件 100%國產化。
- 歐盟氫能產業基礎最好，擁有世界級的氫氣和燃料電池價值鏈參與者，以及強大的氫研究機構和完善的計劃，特別是德國的優勢最為明顯。
- 天然氣製氫：大約在 1 美元/公斤~2 美元/公斤。
- 電解水製氫：根據國際能源總署（IEA）公佈，2020 年綠氫的平均成本在 3 美元/公斤~6 美元/公斤。然而，隨著再生能源發電成本的下降和電解技術的進步，彭博新能源財經預測到 2030 年綠氫成本可望下降到 1.4 美元/公斤~2.3 美元/公斤。

(3)降低中國製氫成本的建議

- 風能和太陽能發電與電解水製氫結合，降低氫氣成本。
- 改變電極材料：使用高效的催化劑，如鉑、鈀、鎳基合金等，降低電解過程中的過電位，提高反應速率
- 改變電極結構：採用多孔、奈米結構或複合材料的電極，增加電極的表面積，提高電化學反應的效率
- 改進電解質離子傳導性：使用液態電解質、固態電解質、凝膠電解質，提升安全性與效率。
- 改善電解槽設計：使用鹼性陰離子交換膜電解技術，以降低成本並提高電流密度。

- 改善操作條件，精確控制電解槽的工作電壓，提高單位面積的產氫速率。
- 推動鹼性水電解 (ALK) 或質子交換膜電解 (PEM) 水製氫技術，滿足大規模的製需求。

(4) 氫儲存問題

氫的儲存是一個重要的技術挑戰，因為氫氣的體積能量密度較低，儲存效率低於傳統化石燃料。換句話說，要儲存相同能量的氫氣，需要比其他燃料更大的空間。中國目前儲氫技術集中在金屬氫化物與奈米碳管等方向，未來高壓氣態儲氫和液態儲氫仍是主要儲氫方式，也是未來的研究方向，以下介紹三種主要儲存方式之優缺點。

- **壓縮氣氫儲存 (CGH₂)**：技術成熟、能耗低、成本低。但需要高壓儲氣罐，氫氣具有易燃易爆的特性，安全性是一個重要的考量因素。
- **液態氫儲存 (LH₂)**：體積能量密度高，但需要將氫氣冷卻至極低的溫度，需要能耗及設備需求較高，且存在揮發及洩漏爆炸等問題。
- **固態儲存**：利用金屬氫化物、化學氫化物、奈米材料等固態材料吸收氫氣，儲存運輸方便，安全性較高，可循環使用，但材料成本較高，且操作條件嚴苛。規模化生產技術不成熟，且儲氫容量和釋氫速率仍有待提高。

(摘自：[中國冶金報 2024-11-08](#))

日本鋼廠應用廢塑膠減碳模式及專利調查

撰稿人 T41 洪慧清、范乃妍

根據世界能源總署的統計，鋼鐵業的碳排放量佔全球總量 8%，為因應嚴峻的減碳壓力，各家鋼廠均致力於製程減碳技術的開發，經調查，日本製鐵及 JFE 於 2000 年起即有將廢塑膠回收應用於焦爐或高爐減碳之研究，發現將廢塑膠用於製程減碳具有環保價值，但亦有影響設備或製程效益的風險，不過可藉由投入廢塑膠之質量控制以降低風險產生。113 年 11 月，中華民國智慧局公開由日鐵申請之一件專利「TW202442864 廢塑膠之資源回收物之製造方法」，該專利技術可使廢塑膠達成 100%資源化，實現大量廢塑膠之資源回收。

一、技術說明

將廢塑膠化學回收技術應用於高爐煉鐵製程的方法有二，一種是「焦爐原料轉化技術」，將廢塑膠作為粉煤的替代品裝入焦爐，並轉化為焦炭 (Coke)、烴油 (Hydrocarbon oil) (包含焦油和輕油) 以及焦爐氣 (COG)；另一種是「高爐原料回收技術」，將廢塑膠注入高爐，作為粉煤的替代品，日本製鐵是以研究焦爐原料轉化技術為主，JFE 則是焦爐與高爐皆有進行廢塑膠回收應用研究，以下分述兩家鋼廠之研究及成果。

1.日本製鐵

(1) 使用技術

日本製鐵主要研究焦爐原料轉化技術，此技術可分為預處理和熱分解兩項流程 (圖 1)，預處理流程先將廢塑膠粉碎，去除異物後聚結成顆粒。而熱分解流程則將預處理過程中結塊的廢塑膠以 1%-2%的質量比添加到煤中，一起放入焦爐，在無氧還原氣氛下，以約 1,100~1,200°C的高溫下進行熱分解炭化成焦炭 20%、烴油 40%、焦爐氣 40%。

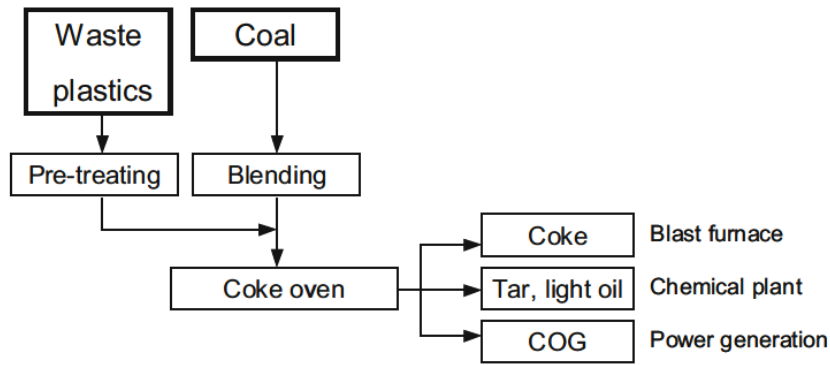


圖 1、日本製鐵焦爐原料轉化技術概述

(2) 使用效益

日本製鐵發現焦爐原料轉化技術具有降低氯化成本的優點，因焦炭生產過程中，煤產生的氨與氯乙烯中的氯結合成無害的氯化銨 (NH_4Cl)。若能控制廢塑膠中聚氯乙烯 (PVC) 的含量，則可免大規模的聚氯乙烯去除作業。圖 2 可看到廢塑膠中的氯最終以 7:92:1 的比例分配到焦炭、氨水和 COG 中，煤中的氯以 43:56:1 的比例分配。

且送入焦爐的廢塑膠所產生的焦炭、焦爐瓦斯、烴油等都可以在鋼廠內使用，較高爐原料回收技術更具經濟效益。

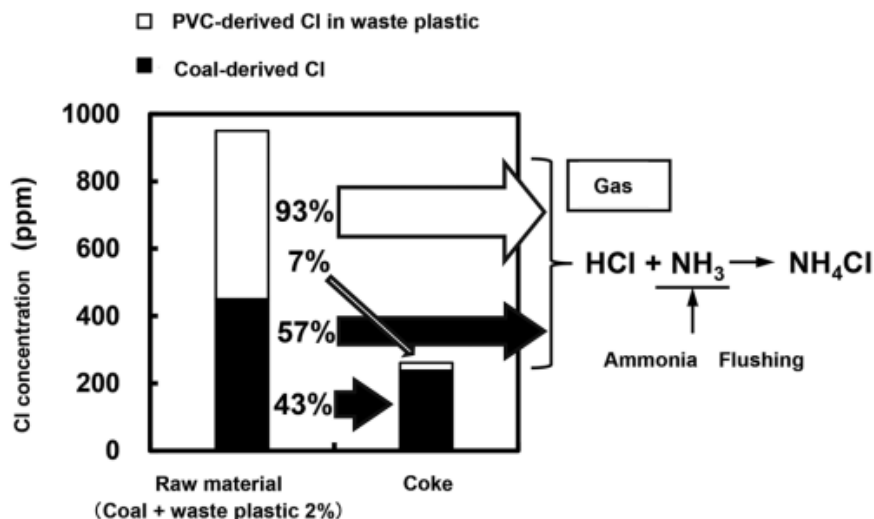


圖 2、煤和廢塑膠在焦爐中炭化時氯的行為

(3) 實際用量

日本製鐵已在日本建立廢塑膠接收網路，每年處理約 20 萬噸廢塑膠，約占日本廢塑膠收集量的 30%。未來將進一步增加利用焦爐化學回收塑膠的量（回收量增加 20%，可減少 12 萬噸/年 CO₂ 排放量），2020~2022 財年透過評估與驗證增加塑膠團聚體的密度來增加塑膠團聚體的重量，以將更大量的廢塑膠添加到煤中，而不會影響焦炭強度。

2. JFE

(1) 使用技術

JFE 使用「高爐原料回收技術」，在高爐製程中投入廢塑膠做為還原劑，取代部分焦炭，不會直接影響生鐵品質。並且隨之開發出將塑膠與粉煤和/或天然氣混合注射的技術、添加 CaCO₃ 以聯合團聚提高廢塑膠強度及廢塑膠精細破碎技術，皆已在工廠高爐中實際成功應用，有助於降低還原劑用量，以下進行介紹：

I. 使用廢塑膠與粉煤和/或天然氣混合注射技術提高燃燒效率

- i. 廢塑膠燃燒速度最小：自風口分別注入甲烷、粉煤和廢塑膠，可得到燃燒速度由大至小為：甲烷（模擬天然氣）、粉煤、廢塑膠（圖 3）

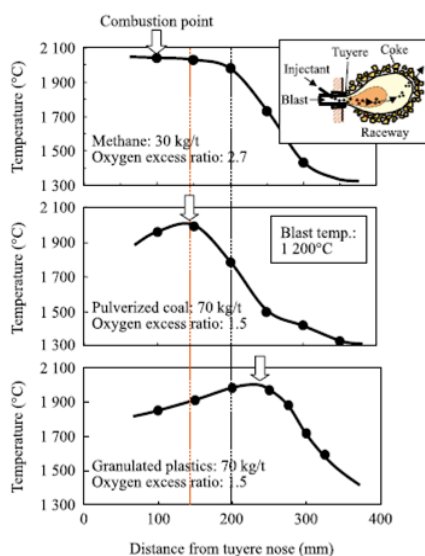


圖 3、風口分別注入甲烷、粉煤和廢塑膠的溫度變化

ii. 粉煤加速塑膠燃燒：粉煤附著在廢塑膠顆粒的表面，在風徑區中混合，由於塑膠顆粒尺寸較粉煤大，在風徑區中停留時間比粉煤長，粉煤的燃燒熱可直接傳遞給塑膠，加速其燃燒和氣化。(圖 4)

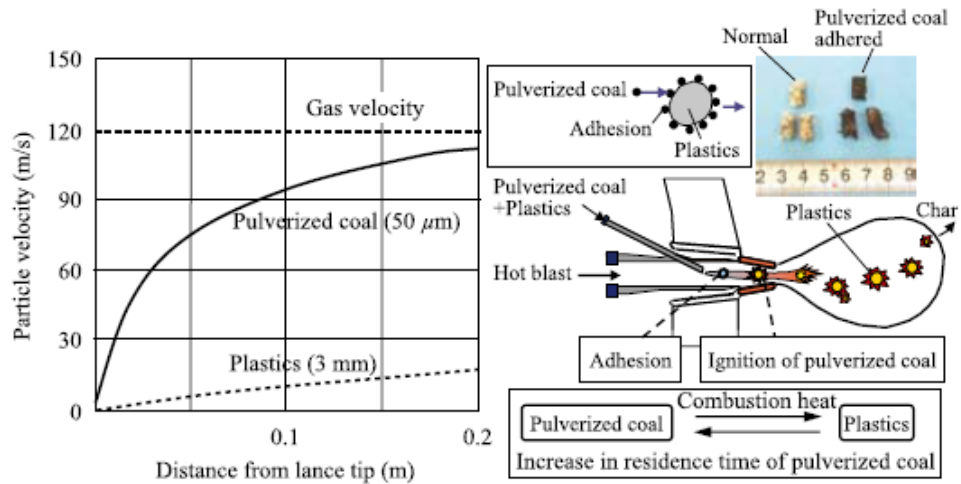


圖 4、注入 120 m/s 氣流中的塑膠和粉煤顆粒的速度變化

iii. 甲烷提昇塑膠燃燒速度：甲烷的燃燒速度極快，形成高溫場，加速粉煤和廢塑膠的燃燒和氣化 (圖 5)。

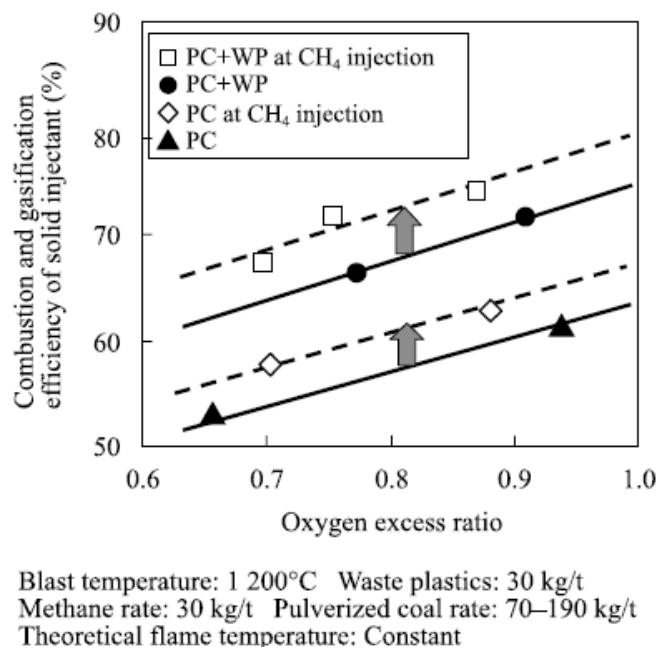


圖 5、注入甲烷對固體（粉煤、廢塑膠）燃燒效率的影響

II. 添加 CaCO_3 以聯合團聚提高廢塑膠強度

JFE 福山地區三號高爐採用廢塑膠微粉化技術，使用尺寸為 10 mm 的粉碎塑膠或聚結塑膠時，易造成在運輸和燃燒過程中粉化，降低燃燒和氣化效率，因此添加 CaCO_3 可促進熔渣形成/熔點降低，顯著降低焦炭比和提高爐底透氣性，大幅減輕爐內的壓力。(圖 6)

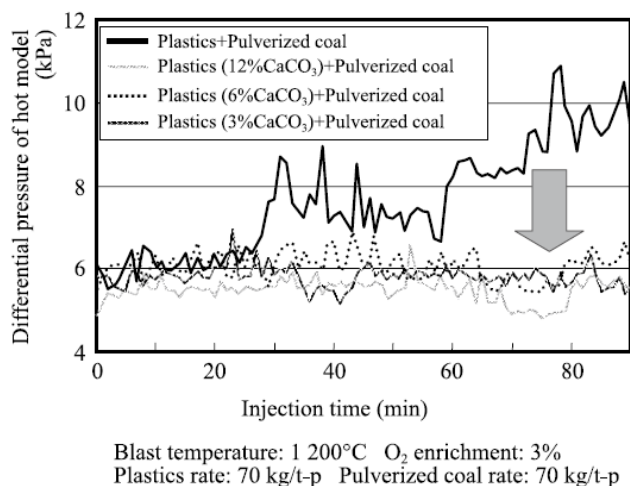


圖 6、在高爐風徑區添加 CaCO_3 的塑膠和粉煤的熱模實驗

III. 廢塑膠精細破碎技術

i. 細塑膠利於高爐操作：研究發現粗塑膠雖較細塑膠和粉煤具有較高的燃燒和氣化效率，但未燃炭 (unburnt char) 較易導致積聚在死鐵區，故細塑膠較有利於高爐穩定運作。

ii. 適化粒徑廢塑膠替代作為還原劑：JFE 鋼鐵找出塑膠粒的最適粒徑 1mm，開發出廢塑膠微粉化技術 (Advanced Plastics Recycling, APR)，替代部分焦炭加入高爐當還原劑。

(2) 實際用量

2015 年 JFE 在京濱地區每年約使用 15,000 噸 APR 高爐還原劑，1 噸 APR 高爐還原劑用於煉鐵製程約可減少 2.8 噸的 CO_2 排放，一年估計可減少 42,000 噸的 CO_2 排放。

二、日本製鐵專利調查結果

113 年 11 月，中華民國智慧局公開由日鐵申請之專利「TW202442864 廢塑膠之資源回收物之製造方法」，本專利採高溫乾餾 (900~1200°C) 方式，並以廢塑膠裝入煉焦爐之最大高度，與乾餾完成所需時間之關係式，事先計算出乾餾時間；本技術可使廢塑膠乾餾為 20%焦炭、40%焦爐氣，以及 40%煙油/礦物油，達成 100%資源化；依據本專利方法，可實現大量廢塑膠之資源回收，詳細內容如下述。

1.方案

使用未裝入煤炭的煉焦爐進行廢塑膠乾餾，爐溫控制在 900~1200°C，根據裝入高度和爐溫，計算最佳乾餾時間，其中廢塑膠最大裝入高度係超過焦炭爐之爐寬一半之高度。最後求出廢塑膠之最大裝入高度，與乾餾完成所需時間之關係式，以及將事先定出之最大裝入高度代入該關係式，計算乾餾時間。在完成乾餾後，即可將乾餾物從煉焦爐取出。

2.效益

本發明之乾餾結果為 20%焦炭、40%焦爐氣，以及 40%煙油/礦物油，並達成廢塑膠 100%資源化；此外，高溫乾餾可處理難分解之有機物質，事先確認乾餾時間亦有助確保乾餾完全，本技術適用多種來源廣泛之廢塑膠。

三、結論

從日本鋼廠於廢塑膠回收於鋼廠製程減排的研究及成果來看，日本鋼鐵業十分重視推動循環經濟以實現永續發展目標。按 JFE 近年計畫，於京濱地區投資 67.5 億日元 (約合 14.8 億台幣) 建造日本最大的廢塑膠回收設施，每年可處理 6 萬噸廢塑膠，該案預估於 2030 年起每年可減少約 16 萬噸 CO₂ 排放。

日本製鐵根據「容器和包裝回收法」，使用「化學回收法」，煉焦爐回收 100% 從家庭收集的廢塑膠。關於廢塑膠利用擴大的問題，日本製鐵已納入氣候變化對策「2050 碳中和願景」中，積極增加塑膠回收處理量。

目前執行狀況為每年約回收 20 萬噸廢塑膠，所帶來的 CO₂ 減排效果相當於每年約 60 萬噸，而截至目前的累計處理量(2000 ~ 2023 年度)約為 409 萬噸，其減排量為 1,309 萬噸 (圖 7)。

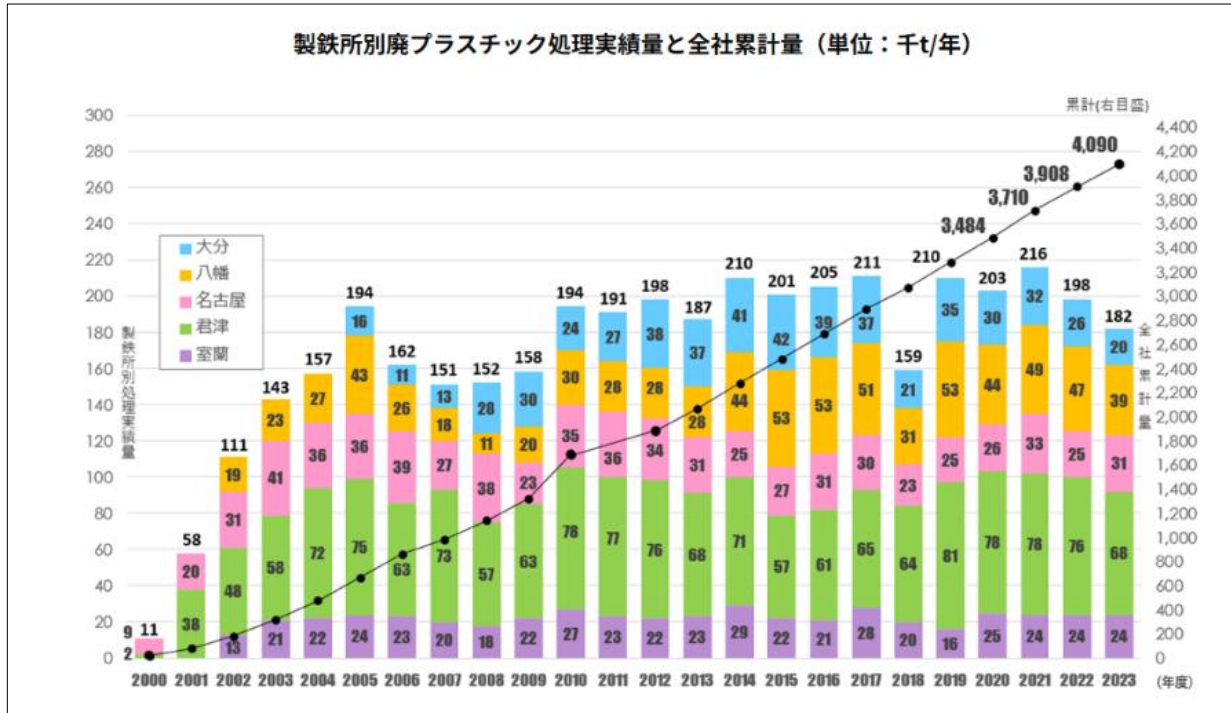


圖 7、日本製鐵歷年廢塑膠回收處理情形

轉爐增用廢鋼之產品與技術資訊調查

撰稿人 T41 洪慧清、陳聖尹、余佳杭、郭寶騰

為瞭解高爐-轉爐添加廢鋼之相關產品與技術發展，本文彙整全球 9 家鋼廠鋼廠最新現況（表一），並重點說明如下：

一、廢鋼增用產品品牌化

在傳統高爐-轉爐製程中，廢鋼比例提升是減碳的核心路徑之一。研究顯示，廢鋼比例每提升 10%，可有效減少約 6% 的碳排放。因此，各鋼廠積極開發創新技術，如廢鋼投入高爐、雙渣法等，其中蒂森克虜伯在高爐使用廢鋼，其高爐的自動裝料系統要求物料的尺寸和輪廓須儘可能均勻，以便排除物料運輸過程中的堵塞。同時，也逐步品牌化低碳產品，如蒂森克虜伯的 bluemint[®] recycled、寶武的 BeyondECO[®]、鞍鋼 angreen 系列及 BGreeREX 系列，展示低碳鋼品的新價值。

二、地區特色與研發動向

受資源分佈與政策導向影響，亞洲鋼廠在廢鋼技術應用方面表現尤為活躍，特別是中國鋼廠以汽車用鋼為技術创新的主戰場，並與車企聯合研發，探索汽車鋼高性能與低碳製造的結合點，為終端產品賦予綠色價值。

三、低碳技術的商業化潛力

隨著消費市場對低碳產品需求增加，各鋼廠在生產過程中，逐步引入高比例廢鋼與綠電，形成高效減碳的製程路徑。例如，鞍鋼通過「大比例廢鋼+綠電」實現超過 30% 的減碳效果，首鋼則以高達 50% 的廢鋼比例，開發高附加值鋼材產品，展現低碳技術的商業化潛力與可持續發展優勢。

四、政策驅動

廢鋼增用技術與高附加值低碳鋼產品，不僅滿足綠色市場的需求，也順應國內外的碳交易政策。蒂森克虜伯的 REDERS 專案獲得當地政府 2.2 億新台幣資金支持，以政策引導企業發展低碳技術。REDERS 專案 (透過提高鋼鐵生產中回收材料來減少 CO₂ 排放)，旨在進一步加強杜伊斯堡的廢鋼回收，並減少蒂森克虜伯鋼鐵公司的 CO₂ 排放。

表 1、主要鋼廠近期轉爐增用廢鋼之產品與技術比較表

鋼廠	技術/品牌	廢鋼比例	減碳效果	技術亮點	主要應用
Thyssen Krupp	bluemint® recycled ¹	未提及	每噸熱軋鋼捲減排 1.35 噸 CO ₂ ，降低約 64% 的排碳量 ²	廢鋼投入高爐，杜伊斯堡工廠年產能 26 萬噸 ¹	未提及
JFE	雙渣法(DRP) ⁴ 增加轉爐的廢鋼用量	鐵水比例由 90% 降至 82% ⁵	年減碳 17 萬噸 CO ₂ ⁵	DRP 可最大限度使用鋼液中的矽作為熱源，增加轉爐廢鋼使用量 ⁵	未提及
寶鋼	BeyondECO 系列 ⁹	廢鋼比例 14.7%-19.2% ⁸	年減排 237 萬噸 CO ₂ ⁸	多工位柔性廢鋼添加技術，高廢鋼比產品生產試驗 ⁹	汽車鋼 (如蔚來、一汽紅旗)、家電鋼 ¹⁰
鞍鋼	angreen 系列 ¹²	大比例廢鋼 + 綠電 ^{7,12}	全流程減排 30% 以上 ^{7,12}	未提及	汽車鋼板 ⁷

鋼廠	技術/品牌	廢鋼比例	減碳效果	技術亮點	主要應用
首鋼	汽車鋼板高廢鋼比技術 ^{14,15}	廢鋼比例50% ^{13,14,15}	未提及	最終鋼板的氮元素 $\leq 30\text{ppm}$ ¹⁵	汽車鋼板(含外板)、鍍錫鋼板、家電鋼板、酸洗鋼板及熱軋鋼板 ¹⁴
河鋼-唐鋼	高廢鋼比專用氧槍噴頭技術 ¹⁷	廢鋼比例54.7% ¹⁷	未提及	解決冶煉過程中廢鋼熔化難的問題，並搭配優化廢鋼結構、設計最佳易熔廢鋼比，改善熔池溫度和成渣條件 ¹⁷	未提及
河鋼-邯鋼	轉爐底吹氧+底噴石灰粉+轉爐煉鋼乾式除塵(H-OLTB)技術 ¹⁶	廢鋼比較傳統轉爐技術可再提高20%-30% ¹⁶	減少鋼鐵料消耗9.12kg/t ¹⁶	底吹氧、底噴石灰粉，具有終點氧含量低、去氧劑消耗量少等優點 ^{16,19}	超深沖鍍鋅汽車面板已可滿足 O5 級德國汽車外板標準，主要用於外殼、車門、頂蓋等覆蓋件 ¹⁸
包鋼	提高轉爐廢鋼比+提高綠電配比+優化原料結構 BGreenEX 系列 ²¹	廢鋼比例42% ²⁰	全流程減排40%以上 ²¹	多環節添加廢鋼，分別在鐵水傾倒站中、轉爐出鋼前、精煉過程中加入廢鋼 ²⁰	汽車鋼 ²⁰
馬鋼	鍍鋅高強鋼 DP600 ²²	高轉爐流程+大廢鋼比 ²²	全流程減排30%以上 ²²	與奇瑞合作，聯合開發汽車用鋼再生材料技術 ²²	鍍鋅高強鋼、低碳汽車板 ²²

參考來源：

1. Steel scrap becomes high-quality recycled raw material for use in blast furnace: Groundbreaking ceremony for processing plant in Duisburg to strengthen the circular economy and reduce CO₂ emissions
2. bluemint[®] Steel certification
3. 煉鋼工藝精煉技術的發展與展望
4. 由於煉鋼過程中廢鋼使用量增加而導致的 CO₂ 減少排放
5. 日本 JFE 增加廢鋼使用以減少碳排放
6. 鞍鋼股份基於高爐-轉爐生產流程降碳 30%的汽車鋼產品實現穩定批量生產
7. 中國鋼鐵業未來的綠色競爭力：以廢鋼與綠電為核心的低碳製程
8. 寶鋼股份：採取氣候行動 創造美好未來
9. 差異化競爭優勢顯現 寶鋼汽車板年產量或再創新高
10. 寶鋼股份 2023 年度可持續發展報告, p.70
11. 鞍鋼集團發布低碳冶金路線圖
12. 鞍鋼集團啟用「angreen」品牌 堅持綠色低碳發展
13. 首鋼完成 50%大廢鋼比 7 爐連澆生產 帶來廢鋼行業新期望
14. 首鋼京唐汽車板 IF 鋼大廢鋼比冶煉取得新突破
15. 首鋼京唐用 50%大廢鋼比生產的首捲汽車外板下線
16. 全球首創！河鋼開發 “h-oltb” 轉爐新工藝，賦能高精尖品種鋼冶煉
17. 54.7%！全國領先 唐鋼高廢鋼比冶煉技術實現新突破
18. 河鋼超深沖 O5 級汽車用鋼助力汽車節能減碳
19. 邯鋼成功開發 “轉爐底吹氧底噴石灰粉 LT 除塵” 新工藝
20. 包鋼股份成功試製大廢鋼比汽車鋼
21. 包鋼綠色低碳品牌和低碳排放鋼工藝路線圖正式發佈
22. 全工藝流程減碳超 30%！馬鋼首款低碳汽車用鋼成功下線