

高爐富氫噴吹之中華民國專利解析

范乃妍 黃聰彥 2026.07.31

一、報告緣由與評估目的

1. 專利推行委員會議指示與淨零轉型壓力

本案係依據本「114年度第二次專利推行委員會會議」^[1]指示辦理。面對全球淨零碳排願景與國內外碳稅/碳費之急迫壓力，高爐低碳轉型已為本公司轉型之重中之重。

依會議指示，鑑於近年日本鋼廠正積極申請中華民國專利，T41 應持續關注。尤以「高爐富氫噴吹技術」方面，考量日廠於台灣本地並未設置高爐，且其角色亦不似傳統國際設備商一般與中鋼具備長期合作關係，故其在台密集的專利布局，除了技術面的展現外，其背後的專利申請意圖具探究價值。為防範日廠以智慧財產權專利作為市場扼殺或談判牽制的工具，特進行本專案評估，以確保本公司自主技術之實施自由度。

2. 關鍵競爭對手專利分析

依據前述會議決議，針對中華民國專利之高爐富氫噴吹技術進行專項檢索，表1數據顯示，日廠以JFE鋼鐵(下稱JFE)最為積極，在台專利申請量高達21件，遠超設備商 Paul Wurth(3 件)，以及日本鋼鐵聯盟(2 件)。本報告將聚焦 JFE 專利進行深度分析。

表 1. 中華民國專利之高爐富氫噴吹技術之申請人分布

申請人	JFE 鋼鐵	Paul Wurth	日本鋼鐵聯盟	日本製鐵
專利數	21	3	2	0

3. 本報告之目的與評估效益

- (1) 釐清 JFE 在台專利之權利範圍與技術走向，管控中鋼高爐富氫噴吹研發路徑風險。
- (2) 綜合全球鋼廠之高爐富氫噴吹動態，解讀 JFE 的智財策略。

二、JFE 碳循環試驗高爐技術介紹^[2]

JFE 碳循環高爐旨在大幅減少煉鐵製程二氧化碳排放的創新技術。其核心概念是將高爐本身排放的廢氣收集，將其中二氧化碳與外部氫氣結合轉化為再生甲

烷，接著將再生甲烷作為還原劑重新噴吹回高爐內重複使用(圖 1)。

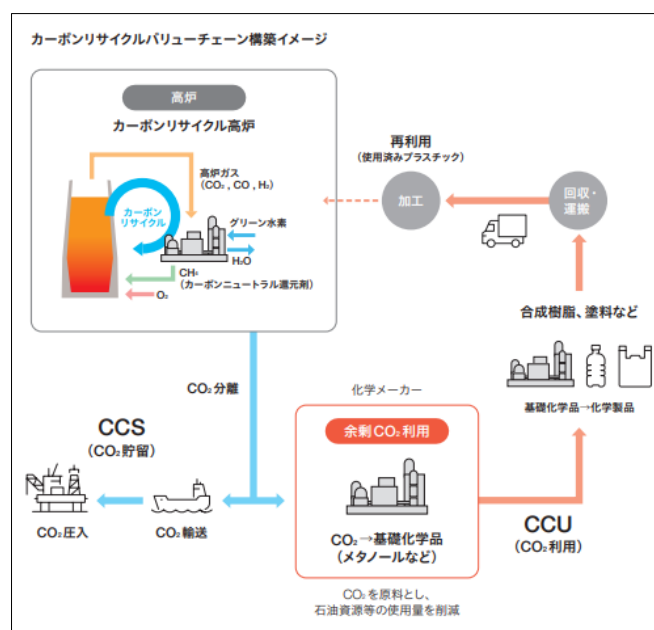


圖 1. JFE 的碳循環高爐與碳中和技術示意

1.核心運作機制：將二氧化碳轉化為甲烷循環利用

碳循環高爐的核心概念是將煉鐵過程中產生的大量二氧化碳回收，利用外部氫氣將其轉化為甲烷，再將這些甲烷作為還原劑重新吹入高爐中反覆使用，藉此大幅減少傳統焦炭的使用量並降低碳排。

2. 關鍵技術：100%氧氣與甲烷共吹

JFE 嘗試將大量的甲烷與 100%純氧一同吹入爐內。與傳統高爐吹入熱風含大量氮氣不同，排除了氮氣，原本用來加熱氮氣的熱能可轉加熱甲烷，從而使甲烷的吹入量達到最大化。

3. 技術優勢與減碳目標

此技術最大優勢在於，能夠維持與傳統高爐同等級的高效率生產與高品質鋼材製造能力。此外，它能繼續活用許多現有的煉鐵設備，並且允許使用低品位的鐵礦石。這項技術搭配 CCUS 技術，目標是將煉鐵過程中的溫室氣體排放量減少 50% 以上。

4. 目前進度與面臨的挑戰

實作進度方面，JFE 已在千葉地區的東日本製鐵所建設一座 150 立方公尺的小型碳循環試驗高爐，並於 2025 年 5 月完成點火開始運轉，挑戰與大型甲烷化設備的連動操作。然而，新技術也帶來了新挑戰，包含高爐內整體氣體量減少、原料加熱能力下降等問題，未來為達到商業化，還需要進一步擴大高爐的容積規模。

三、JFE 鋼鐵之專利分析

依照「高爐煉鐵製程的空間與物理邊界」作為分類維度。此維度將整個高爐技術劃分為三個互為獨立的群組：氣體進入高爐前的準備(爐外)、進入高爐後的反應與參數控制(爐內)，以及氣體注入高爐的物理介面(邊界)。

1.群組一：氣體進入高爐前的準備(爐外)

定義：發生在高爐外部的設備與化學處理程序，專注於合成、分離、改質或預熱即將吹入高爐的還原氣體。此群組共包含 7 件專利，如表 2。

序號	專利號	主技術	副技術	技術優勢與解決痛點
1	I758025	回收高爐氣中的 CO ₂ 與 CO，並添加 H ₂ 合成再生 CH ₄ 。	將再生 CH ₄ 與高濃度氧氣(大於 80 體積%)於吹入風口前進行預熱，並透過同軸多重管噴槍吹入。	穩定爐溫與設備小型化： 預熱機制可防止大量吹入 CH ₄ 時風口溫度下降，穩定維持在 2000°C~2400°C。使用高濃度氧氣可大幅減少氣體中的氮氣，免除建置 PSA 裝置的需求，利於設備小型化。
2	I759054	回收高爐附帶「燃燒設備」(如熱風爐)排出的燃燒廢氣，從中分離 CO ₂ 並結合 H ₂ 合成再生 CH ₄ 。	使用高濃度氧氣作為燃燒設備的燃氣，並將生成的再生 CH ₄ 與氧氣預熱後吹入高爐風口。	擴大碳循環源與氣體高質化： 將碳循環來源從高爐氣擴展至易被忽略的熱風爐廢氣。燃燒設備使用高氧操作可大幅降低廢氣中的氮氣量，不僅能生成高純度的再生 CH ₄ ，同樣也免除大型 PSA 分離裝置的需求。
3	I765510	利用焦爐氣，分離 CO ₂ 或 CO 後，結合 H ₂ 合成再生 CH ₄ 。	將焦爐氣生成的再生 CH ₄ 與高濃度氧氣進行預熱後，由同軸多重管噴槍吹入高爐內部。	極大化廠區資源效率： 焦爐氣含有 50~60 體積%的 H ₂ ，直接利用可大幅降低對外部氫的需求量。整合廠區氣體網路，構建高效率資源循環，降低對外部化石燃料依賴。
4	I765521	將高爐氣中的 CO ₂ 與 H ₂ 合成 CH ₄ 後，進一步將 CH ₄ 「加熱改質」轉化為包含 CO 與 H ₂ 的還原氣體。	將上述改質生成的熱還原氣體，轉向吹入至「還原爐(如豎爐)」中，用以製造 DRI。	製程橋接與取代天然氣： 成功將傳統高爐的碳排，轉化為生產 DRI 的還原氣體，取代原所需的天然氣。為未來高爐轉向電爐的減碳過渡期提供了關鍵的氣體整合架構。
5	I844962	在 CH ₄ 氣體合成反應器中配置「流量比調整器」，即時監控並調整導入的高爐氣體與 H ₂ 之流量比率。	透過流量比例的精準控制，調整生成條件，限制 CH ₄ 合成反應的「理論最大溫度」。	延長觸媒壽命與減少停機： CH ₄ 合成伴隨巨大的放熱反應，若無控制會導致反應器過熱，造成 Ni 觸媒發生燒結劣化。此技術能抑制異常升溫，將觸媒壽命從原本的 1~3 個月大幅延長，減少停機修補的頻率。
6	I886552	利用「逆水煤氣轉化(RWGS)觸媒裝置」，將含有 CO ₂ 的廢氣與 H ₂ 反應，轉化為富含 CO 的氣體。	在氣體輸往還原爐的路徑中配置「除濕器」，去除轉化反應生成的副產物水分後再行吹入。	克服吸熱降溫與提升還原率： 以純 H ₂ 還原鐵礦是吸熱反應，會導致還原爐溫度劇降；而 CO 還原是「放熱反應」。將 CO ₂ 轉化為

序號	專利號	主技術	副技術	技術優勢與解決痛點
				CO 可避免爐溫異常下降，並透過除濕器去除水分，確保氣體維持極高的還原效率。
7	I891258	專利重點不在 CH ₄ 合成路徑，而是聚焦於已生成的還原氣體之熱量控制	建立動態數學模型： $Q \geq 6.89 \times 10^3 \times M - 0.344 - 7.78 \times 10^2$ ，依據 CH ₄ 氣體的吹入量(M)精確設定預熱熱量。	防範冷爐與確保出鐵順暢： 當大量吹入 CH ₄ 等常溫還原氣體時，極易導致爐溫驟降。該數學公式確保無論 CH ₄ 吹入量如何變動，皆能供給足夠的預熱量，保證爐底熔鐵溫度維持在 1500℃ 以上，防止鐵水凝固無法排出的故障。

群組一專利技術部署在甲烷合成上，而非單純向高爐直接噴吹氫氣，除高爐熱力學的物理限制外，群組一本質上涉及 JFE 鋼鐵試圖建構的「碳循環」戰略，綜合群組一的技術內容，彙整重點如下：

(1) CO 與 H₂ 可互補(專利 I758025、I759054)

H₂ 作為還原劑為吸熱反應，容易造成爐冷，一旦爐底鐵水溫度降 1500℃ 以下，鐵水將凝固造成冷爐故障，然若利用 CO 還原鐵礦石則是放熱反應。將 CH₄ 與高濃度氧氣吹入風口時，會發生部分氧化反應（ $\text{CH}_4 + 0.5\text{O}_2 \rightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2 + 35.7\text{kJ/mol}$ ）。這個過程不僅會釋放熱量，更同時生成 CO 與 H₂ 兩種還原氣體。放熱的 CO 還原與吸熱的 H₂ 還原在爐內達成熱平衡，確保高爐不會因為過度失溫而停擺(圖 2、圖 3)。

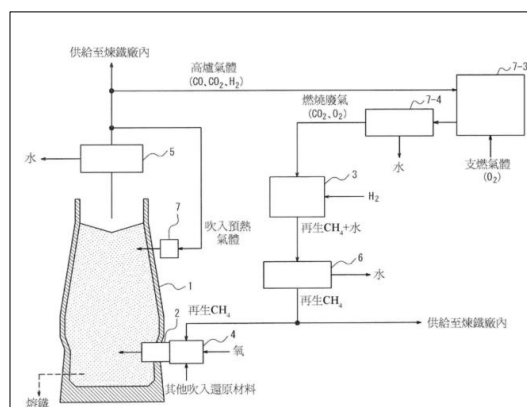
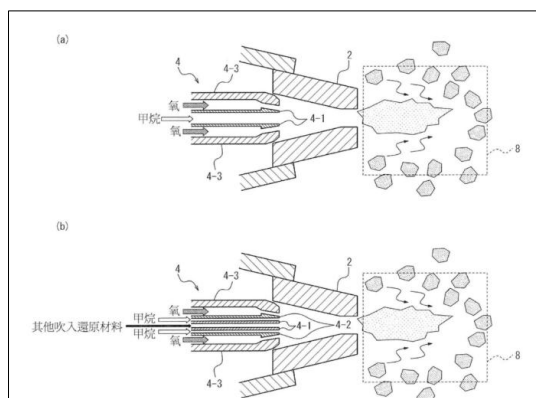


圖 2. CH₄ 與高濃度氧氣吹入高爐示意圖

圖 3. CH₄ 與高濃度氧氣吹入高爐示意圖

(2) 純氫氣噴吹之經濟可行性低(I886552)

JFE 在專利指出了純氫煉鐵面臨的現實困境。若要全面以氫氣取代碳作為還原劑，以日本國內每年約 7500 萬噸的鐵水產量計算，將需要 750 億 m³ 氫氣，相當於每年高達 1 萬億 kWh 的耗電量。對於資源與再生能源受限的日本而言，全面氫能煉鐵可行性低。而若將綠氫與廢氣合成甲烷，作為「載體」，在現階段的能源獲取與成本上，是遠比純氫煉鐵更為可行的過渡解方。

(3) 戰略核心為創造「碳循環」(專利 I765521)

為避免排擠後續製程的燃料，JFE 捨棄了高熱值的焦爐氣，導入富氧吹煉排除氮氣干擾，將高爐氣結合綠氫，合成再生甲烷。接著甲烷兵分兩路：一路送至豎式還原爐作為還原氣體，產出直接還原鐵(DRI)；另一路則重新吹回高爐，替代傳統粉煤減碳。而產出之 DRI 又能回充高爐，進一步降低焦炭消耗。

JFE 意欲透過「高爐-還原爐」的連動，將碳排放封裝於閉路資源迴圈中。不僅極大化延續了高爐資產的壽命，也守住了全廠的燃料平衡(圖 4)。

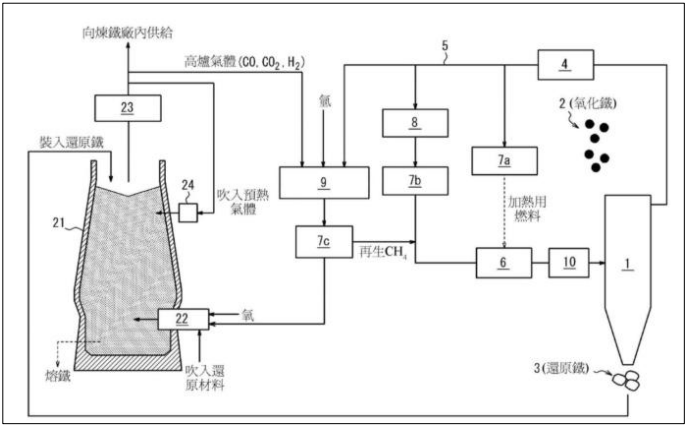


圖 4. 高爐/還原爐之製程迴圈

2.群組二：進入高爐後的反應與參數控制(爐內)

定義：物料進入高爐內部後的物理化學狀態控制，包含固體爐料的巨觀屬性調整、全爐熱量平衡模型，以及內部空氣動力學指標，此群組共包含 7 件專利，如表 3。

表 3. 爐體介面與噴吹硬體技術專利彙整表

序號	專利號	主技術	副技術	技術優勢與解決痛點
1	I775216	基於氧氣送風與吹入「高爐氣」生成的再生 CH ₄ ，建立專屬的數學公式模型	透過數學模型公式監控並設定循環碳原子基本單位 ≥ 55kg/t	精準熱耗預測與維持安全爐溫： 在大量依賴碳循環氣體的情境下，能有效掌握熱能消耗，確保風口端溫度穩定維持 2000~2400℃的安全操作範圍內，防範爐況失常的風險。
2	I778450	利用熱風爐廢氣來生成再生 CH ₄ ，並導入數學公式進行操作控制。		統一熱量平衡指引與預防出渣障礙： 針對不同來源的廢氣循環，提供一致的爐內熱量管理準則，有效排除因熱能供應不足而引發的出渣困難等生產異常情況。
3	I785506	針對利用焦爐氣生成 CH ₄ 的製程，沿用循環碳原子數學公式進行邊界把關		實現全方位熱量平衡以突破減碳瓶頸： 確保不論外部氣體供應源為何，高爐內部的還原反應熱量皆能達到完美平衡，同時實現穩定風口溫度與擺脫大量碳排放。

4	I859671	建立爐內「通氣阻力指數」的數學積分監控模型，並搭配控制鐵系原料邊界面積。	通氣阻力指數(KS)數學積分模型與鐵系原料邊界面積(S_{unit})控制。	防範液態流動性惡化與維持通氣：透過控制爐溫變化，成功阻止爐渣中FeO成分減少所導致的液性變差，確保高爐滴落帶維持優良的通氣與穩定狀態。
5	I872421	規範爐內固體原料的物理參數，明確設定每單位鐵系原料的邊界面積。	固體原料物理邊界參數設定($S_{unit} \geq 25m^2/礦石-噸$)。	確保還原速率與克服通氣衰退：藉由極大化鐵系原料與還原氣體的接觸面積，確保即便在大量吹入氣體造成爐溫下降時，還原反應速率仍維持，成功遏止通氣性劣化的危機。
6	I889106	為適應高濃度還原氣體操作，對焦炭進行反應性指數限制。	限制固體焦炭的反應性指數($CRI \leq 35$)。	抑制強吸熱反應與減少耗材過度消耗：導入低CRI焦炭可顯著壓制爐內焦炭與二氧化碳發生的碳溶化反應，免除熱量被過度吸取以及固體還原材料耗損量異常攀升的困擾。
7	I889305	針對大量氫氣還原引發的礦石碎裂現象，提出依特定比例混合不同粉化性燒結礦的調配策略。	混合高/低還原粉化性燒結礦，精準調配還原粉化指數(RDI)。	抑制礦石粉碎與維持固體層孔隙：在低溫區域能有效遏制燒結礦因氫還原而產生的碎裂現象，進而保證爐內固體層具備足夠的孔隙率，徹底排除壓力損失飆升與氣流阻塞的風險。

群組 2 專利技術主要圍繞在高爐富氫/甲烷噴吹技術下的穩定性控制，以下為綜合歸納：

(1) 建立碳循環單位數學模型控制爐內熱平衡(I778450、I785506)

在大量吹入甲烷等還原氣體時，容易導致風口溫度下降及熱量不足，JFE 專利技術導入「循環碳原子之基本單位」的數學模型，並嚴格設定其值須大於55kg/t。此模型能確保無論循環氣體是來自高爐氣、熱風爐廢氣或焦炭爐氣體，皆能提供一致的爐內熱量平衡指引，成功將風口端溫度精準維持在2000°C~2400°C 的安全操作區間，避免出渣不良等操作故障。

(2) 量化空氣動力學與原料邊界，確保爐內透氣性(I859671、I872421)

大量吹入還原氣體與高濃度氫氣會改變爐內的氣流阻力與原料反應狀態，核心在於透過物理參數與結構的調整來維持高爐滴落帶的通氣性。具體作法包括建立「通氣阻力指數(KS)」監控模型來預防液性惡化、明確規範鐵系原料的物理邊界面積(S_{unit})須達 25m²/礦石-噸以上，以極大化接觸面積，彌補溫度下降帶來的還原速率衰退，以及針對氫氣還原易導致礦石粉碎的問題，混合裝入不同還原粉化指數(RDI)的燒結礦，維持爐內孔隙率與氣流通道。

(3) 限制焦炭化學反應性(CRI)抑制異常熱消耗(I889106)

在搭配高濃度氧氣(80vol%以上)與高濃度還原氣體的操作環境下，爐內碳的反應會變得異常劇烈，JFE 技術之核心觀點是限制固體焦炭的化學屬性，規定焦

炭反應性指數(CRI)必須在 35 以下。低 CRI 焦炭能有效抑制爐內焦炭與二氧化碳發生的碳溶化反應，避免爐內熱量被過度消耗，進而防止固體還原材料耗用比例異常增加。

3.群組三：氣體注入高爐的物理介面(邊界)

定義：位於高爐物理邊界的硬體與流體力學設計，專注於噴槍結構、風口配置，以及氣體與固體燃料交會時的燃燒效率，如表 4。

表 4 爐體介面與噴吹硬體技術專利彙整表

序號	專利號	主技術	副技術	技術優勢與解決痛點
1	I481721	調整多支噴槍的相對位置或使用雙層管	LNG 噴槍前端配置於較粉煤噴槍更靠近送風方向後側；或使用雙層管噴槍設計。	防止粉煤升溫慢與噴槍變形： 利用 LNG 接觸氧氣先燃燒的熱量，使粉煤有效升溫並發生爆炸性擴散，大幅提升粉煤燃燒溫度以降低還原材料消耗。同時透過控制噴槍出口流速(20~120m/sec)，防止噴槍因高溫變形。
2	I484041	使用兩支以上噴槍，並作交叉配置	吹入 LNG 的噴槍與吹入粉煤的噴槍，其前端延長之軸線呈現交叉配置。	提高燃燒效率： 藉由軸線交叉設計，確保 LNG 燃燒熱能直接且有效傳導給粉煤，引起爆炸性擴散，大幅提升燃燒溫度及降低粉煤消耗。
3	I485256	將固體還原材如粉煤與易燃性還原材，如 LNG 等預混吹入	粉煤與 LNG 或都市煤氣預先混合後，自同一單管噴槍或雙重管噴槍的內側管一同吹入。	提高燃燒效率： 若分開吹入，易燃氣體容易在寬廣的風口內分散而降低加熱效果。透過預先混合，確保燃燒熱緊密包覆粉煤，大幅改善未燃碳渣狀況。
4	I487791	雙重管噴槍設計，內側管吹入微粉炭，外側管吹入氧氣等助燃氣體。	雙重管噴槍之內側管吹入微粉炭，前端部設置缺口，外側管則吹入氧氣。	突破高微粉炭比的燃燒極限： 在微粉炭高量噴入(150kg/t 以上)時，中心炭流容易濃化導致缺氧。透過在內管設置缺口，能促進中心微粉炭與外側氧氣的接觸與混合，防止燃燒不完全，進一步突破高燃燒效率的極限。
5	I516604	精確控制氧氣過剩率的操作方法	內側管吹入粉煤與易燃氣體，外側管吹入氧氣；精確設定送風的氧氣過剩率為 0.7~1.3。	穩定高溫爐況並延長設備壽命： 控制適當的氧氣過剩率，確保易燃氣體完全燃燒並急遽加熱粉煤。同時規範外側管氣體流速(20~120m/sec)以提供充足的冷卻效果，防止噴槍因高溫環境產生彎曲與變形。
6	I531765	三重管噴槍燃料完全獨立吹入	藉內、中、外管構成的三重管噴槍，將粉煤、易燃性氣體(如都市煤氣)與氧氣各自獨立吹入。	掌握多燃料的最佳混合時機： 藉三重管隔離不同屬性的燃料與氧氣，使其在離開噴槍的瞬間達到最佳接觸狀態。如讓氣體先與氧氣燃燒引發爆炸性擴散，極大化粉煤的加熱速度與燃燒溫度。
7	I843066	具防護氣流的主副流通孔風口	風口設置供還原氣體通過的主流通孔，及徑向外側的副流通孔；且風口前端內部設置內徑縮小段。	阻絕火焰逆流與防護風口熔損： 利用副流通孔噴出的氣流(與主流會合)形成防護，防止風口前方的燃燒區火焰逆流返回風口內，能確實防止風口前端部的熔損或熱變形，提高風口使用壽命。

群組三專利技術集中於噴吹元件精進，綜合群組 3 之專利內容，整理如下：

(1) 粉煤燃燒極限突破(I485256、I487791)

JFE 發展出多種空間配置與混合策略，例如：讓 LNG 噴槍與粉煤噴槍的軸線交叉以強迫主流重疊、調整噴槍的前後相對位置、或是直接在同管內預先混合粉煤與氣體，這些做法皆是為了最大化燃料間的協同加熱效應，大幅提升燃燒溫度(圖 5、圖 6)。

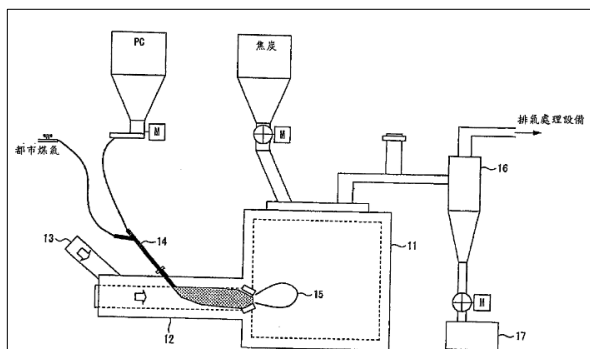


圖 5. 噴槍混和配置

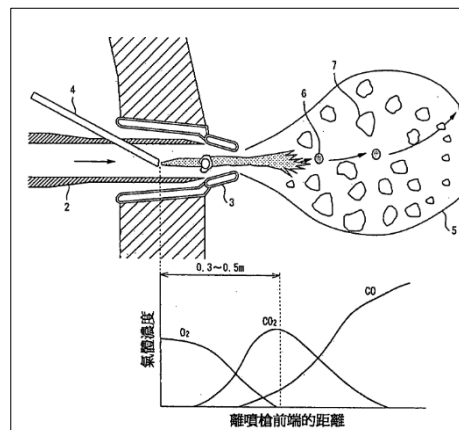


圖 6. 噴槍混和配置

(2) 燃料混合時機控制(I487791、I531765)

當粉煤噴入量極高時，易發生中心炭流濃化而缺氧的問題，為此 JFE 開發了內側管帶缺口的雙重管噴槍，強制促進中心微粉炭與外側氧氣的接觸擾動。此外為了避免多種燃料過早混合導致效果分散，JFE 進階開發三重管噴槍，將粉煤、易燃氣體與氧氣各自獨立隔離，確保它們在離開噴槍進入高爐的瞬間才進行接觸，以達到最高的燃燒效率(圖 7、圖 8)。

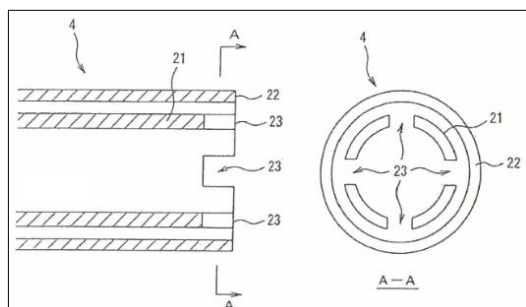


圖 7. 雙重管設計

PC：固體還原材料 都市煤氣：易燃性還原材料 O ₂ ：助燃性氣體						
送風	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
外管	都市煤氣	O ₂	PC	O ₂	PC	都市煤氣
中管	O ₂	都市煤氣	O ₂	PC	都市煤氣	PC
內管	PC	PC	都市煤氣	都市煤氣	O ₂	O ₂
擴散性	△	△	⊙	○	⊙	△
燃燒溫度	⊙	⊙	⊙	△	⊙	○
著火性	⊙	△	⊙	△	○	⊙
綜合	3	5	1	6	2	4

圖 8. 三重管設計

(3) 氣體冷卻與防逆流防護機制建立

隨著上述技術成功將爐內燃燒溫度大幅提升，隨之而來最大的副作用為「噴槍與風口容易因高溫而彎曲、變形甚至熔損」。因此，專利中反覆強調透過氣動

力學來保護設備，例如嚴格規範噴槍外側管氣體的出口流速必須維持在 20～120m/sec，以此流速帶來充足的自體冷卻效果以防止噴槍變形；或在高爐風口設計了「副流通孔」，利用噴出的氣流形成屏障，防止高溫燃燒火焰逆流返回風口內，延長核心設備的使用壽命。

4.JFE 碳循環高爐的演進歷程

從專利申請時間軸來看，高爐減碳技術的發展呈現「先建立硬體介面，後發展系統循環與爐內操作」的明確演進脈絡。首先在 2011 開始，研發初期聚焦於群組三，成功開發出二重與三重管噴槍等空間配置，打破傳統單一粉煤噴吹的限制，奠定了能同時處理固體(粉煤)、易燃氣體與助燃氧氣的風口硬體基礎。

硬體介面成熟後，2020 至 2024 年間的技術重心全面轉向群組一，大規模建構包含碳捕捉、甲烷化重組、逆水煤氣轉化及嚴密熱能管理在內的外部系統，確立了高爐碳循環的運作骨架。與此同時，為了因應大量再生氣體吹入後對爐內造成的熱力學與流體力學衝擊，2021 至 2024 年間密集催生了群組二技術，透過控制風口燃燒溫度、優化爐渣黏度以降低通氣阻力，並規範極端還原環境下的焦炭與鐵礦石物性，以確保爐況穩定。

前述三技術群可謂循序漸進、互為表裡，共同拼湊出碳循環高爐穩定商轉的完整路徑。

四、JFE 積極布局中華民國專利之綜觀

1.技術演進的集體共時性

高爐富氫噴吹並非日本鋼廠的獨門絕技，而是因應全球減碳趨勢下，鋼鐵業共同的技術迭代路徑。從歐洲 ThyssenKrupp 的高爐氫噴吹測試^[3]、韓國鋼廠的氫還原試驗^[4]，到中國大陸鋼廠的大型高爐噴氫實踐^[5]，全球正處於一個「技術共振」的時代。

技術本質而言，氫氣還原的熱化學原理、爐溫控制邏輯與噴槍冷卻技術，是基於基礎物理與熱力學的規律，各家鋼廠的研發路徑高度重疊。產業趨勢與標準化方面，諸如 Danieli、SMS group、Primetals 等國際一線設備商，亦爭相推出富氫噴吹的硬體解決方案，中國近年積極進行實機噴吹，推出「氫冶金高爐冶煉富氫系統技術要求」國家標準，並於 2026 年 5 月正式實施^[6]。這意味著技術種子為廣泛播撒，非單一鋼廠所能壟斷。

2.專利申請的戰術偏移分析

觀察日本鋼鐵產業界，高爐富氫噴吹的跨國專利布局絕大部分集中於 JFE 鋼鐵，

因此中華民國亦有一定規模的專利量，與之相對，技術實力同樣雄厚的日本製鐵與神戶製鋼則顯得相對克制，並未進行同等規模的跨國專利申請，故推測 JFE 此舉可能並非直接封鎖傳統鋼廠，而是瞄準如 Paul Wurth 或 Primetals 等具備統包能力的設備商或工程公司。

這反映出 JFE 正試圖透過專利量規模化作為其在低碳路徑上的布局，或將其視為一種商業擴張手段的前期準備。而日鐵等廠可能更傾向於將高爐操作視為核心技術鎖在廠內或僅作國內布局，可推論「專利量大」並不等同於「技術領先」。此外 JFE 為取得專利，偏好「申請特定製程參數公式」作為跨國專利保護，是否有實質保護效果，亦需時間驗證。

五、結論

1. 由於中鋼現行與未來的階段性減碳藍圖屬於開放式轉型策略，並未採用 JFE 專利特定的再生甲烷回噴與高富氧操作製程，且 JFE 專利大量採用特定製程參數公式，專利保護有其侷限性，現行評估對公司影響風險小。
2. JFE 雖布局多筆高爐富氫噴吹專利，推測其意圖應是瞄準設備商或工程公司，以專利作為技術輸出的商業擴張手段。
3. 目前評估，JFE 專利對公司影響風險雖低，但其揭露之多重管噴槍、風口防護等硬體結構與操作參數仍具參考價值，可借鏡其技術思維以降低研發試錯成本，加速建構屬於中鋼自主的低碳冶金核心技術，並建議可善用中鋼「非高富氧」路線，建立中鋼專屬的綠色高爐專利防護網。

六、參考資料

編號	參考資料
1	中鋼-114-T400-1660
2	カーボンリサイクル高炉における優位性と課題 https://www.jfe-holdings.co.jp/common/pdf/investor/library/group-report/2025/5.pdf
3	Injection of hydrogen into blast furnace: thyssenkrupp Steel concludes first test phase successfully https://www.thyssenkrupp-steel.com/en/newsroom/press-releases/thyssenkrupp-steel-concludes-first-test-phase-successfully.html
4	[기획]포스코 탄소 중립 핵심 '수소환원제철'의 모든 것 https://www.m-i.kr/news/articleView.html?idxno=1027040
5	中國大陸氫冶金技術促進鋼鐵工業綠色低碳發展 https://www.taitra.org.tw/News_Content.aspx?n=104&s=46099
6	《氫冶金 高炉冶炼富氢系统技术要求》国家标准发布

	https://www.csm.org.cn/col/col6316/art/2026/art_94e3603c4e164c66811ccfa1590f279d.html
--	---