

主要鋼廠應用質量平衡法發行綠鋼產品現況調查

壹、前言

目前鋼鐵產業正處於從傳統高爐轉向氫能直接還原鐵等低碳排製程的關鍵轉型期，然而真正的近零碳排製程需要龐大的研發資金投入及基礎設施支持，包括穩定且廉價的綠氫供應、大規模的綠電電網，以及全新的煉鋼設備，成為鋼廠綠色轉型過程中不易克服的阻礙。

而質量平衡法（Mass Balance Approach）提供了一個緩衝機制，讓鋼廠能在不立即汰換現有設備的情況下，透過在製程中加入局部減碳技術，如：生物燃料、提高廢鋼比或進行碳捕捉等，將產生的減碳貢獻「額度化」，並分配給特定鋼品。即使在傳統的高爐製程中，只要部分製程採用綠色能源或原料，並達成減碳效益，就能透過質量平衡法將相應的鋼材標示為「綠色鋼品」，解決了技術完全轉型前的「時間差」問題。

鋼廠應用此法的三大核心價值如下：

- **滿足即時需求，緩解供應鏈減碳壓力：**來自汽車、電子與家電等終端市場的法規與碳中和承諾，是推動質量平衡法最直接的動力。由於客戶無法等待長達十年的技術轉型期，質量平衡法提供了一種「核算分配」機制，讓鋼廠能利用現有生產線，先行產出具第三方認證與低碳足跡證明的鋼材。這不僅協助下游客戶立即降低範疇三（Scope 3）排放，更在轉型過渡期維持了品牌競爭力。
- **兼顧產品性能，發揮高爐製程優勢：**雖然廢鋼電爐煉鋼碳足跡較低，但其雜質殘留難以完全去除，對於汽車外板、變壓器電磁鋼片等「高階高純度鋼材」仍存在技術門檻。透過質量平衡法，鋼廠能繼續發揮高爐製程在純度控制上的物理優勢，同時將減碳貢獻歸集至高品質產品上。確保客戶在達成減碳目標的同時，無需在產品機械性能或加工穩定性上妥協，對穩定高端製造業供應鏈至關重要。
- **緩衝財務風險，建立減碳資金循環：**全面轉型近零碳鋼廠涉及龐大資本支出，若強行報廢未達役期的現有高爐設施，將導致嚴重的資產減損。質量平衡法賦予鋼廠財務靈活性，將局部的減碳技術投入轉化為可銷售的「綠色溢價」，透過市場化收益支應減碳成本。有效緩解轉型期的財務壓力，並為後續長期技術升級提供必要的資金動能。

貳、世界鋼鐵協會及日本鐵鋼聯盟發布之相關準則

世界鋼鐵協會發布之「鋼鐵業溫室氣體產銷監管鏈方法指南」及日本鐵鋼聯盟「綠色鋼品指南」均指出綠色鋼品的發行主要透過以下三步驟：(1)計算特定鋼品溫室氣體排放強度，(2)識別溫室氣體減排專案並確定其溫室氣體減排量，(3)應用減排成效：發布減排證書、透過質量平衡法將減排成效分配給特定鋼品。

以「綠色鋼品指南」為例，各項步驟與 ISO 標準之對應關係如表 1 所示。

表 1、2025 年日本鐵鋼聯盟「綠色鋼品指南」應用質量平衡法步驟及相關標準

步驟	重點說明	計算/管理方法論標準	驗證標準
1. 計算特定鋼品溫室氣體排放強度	計算鋼品在減排專案實施前整體生命週期的溫室氣體排放強度	ISO 20915(主要)、ISO 14067、ISO 14040/44、ISO 21930、ISO 14025、ISO 14021	ISO 14064-3
2. 識別溫室氣體減排專案並確定其溫室氣體減排量	減排專案應在組織內部實施，組織必須擁有鋼鐵生產設施，並且包括鋼鐵價值鏈中其他製程	ISO 14064-1	ISO 14064-3
3. 應用減排成效 (1)發布減排證書 (2)透過質量平衡法將減排成效分配給特定鋼品	按照質量平衡法將所需的減排實績量分配給任意鋼鐵產品，並發行減排證明書，購買附有減排憑證產品的客戶可以減少範疇三排放量	ISO 22095	必須經過第三方的驗證和/或認證

參、主要鋼廠應用現況調查

綜觀全球領先鋼廠的發展態勢，質量平衡法已成為各大鋼廠在邁向碳中和路徑上不可或缺的過渡策略。儘管各鋼廠在地理環境與技術背景上有所差異，但其核心邏輯皆趨於一致：即透過資源與能源的局部優化產生減碳實績，並由第三方驗證確保其環境價值能轉化為可銷售的綠色產品。

目前，日本三大高爐廠在日本鐵鋼聯盟之準則下展現與國家政策高度結合的集體行動力，歐美鋼廠則在技術標準與證書制度上引領國際規範，而韓、印鋼廠則在商業模式與擴大規模上積極佈局。以下針對各主要鋼廠之綠鋼品牌定位、減量技術來源及驗證機制進行詳細分析。

一、日本製鐵

(一)產品品牌：NS Carbolex Neutral

日本製鐵將「NS Carbolex Neutral」定位為其碳中和願景中的過渡性支柱產品，該品牌不僅代表低碳鋼材，更是一種解決方案。

(二)減量來源與方法論

日本製鐵採用的質量平衡法，其減量來源主要包括製程效率提升、以及在瀨戶內製鐵所廣畑地區將原本的廢鋼熔融製程（SMP）轉換為高效能電爐（EAF）所帶來的顯著減排。此外，透過在高爐中增加還原鐵或廢鋼的使用比例，也是碳排減量的重要來源。這些減量被匯

集後，可以靈活分配給客戶指定的鋼材，使其獲得「碳中和」證書。

(三) 第三方驗證機制

為了確保公信力，日本製鐵委託 JIC Quality Assurance Ltd. (JICQA) 作為其主要的第三方認證機構。JICQA 依據 JISF 準則，對減排專案的計算邏輯、邊界設定以及分配系統進行查證，確保沒有重複計算。

(四) 市場應用與客戶採購

該產品已獲得日本國內市場的廣泛採用，日本車廠日產 (Nissan) 宣布在量產車型中採用 NS Carbolex Neutral，並計畫提升其採購比例。在公共工程方面，九州地方整備局發包的橋樑工程也指定使用此鋼材，顯示出政府採購對質量平衡綠鋼的支持。

二、JFE 鋼鐵

(一) 產品品牌：JGreeX™

JFE 鋼鐵推出「JGreeX」品牌，強調其減排量來自於額外的技術投資，並採用嚴格的第三方驗證。

(二) 減量來源與方法論

JFE 依據 JISF 準則，將全公司範圍內的減排專案（如能源轉換、生質能源使用、高效能設備更新）所產生的環境價值進行匯集。

(三) 第三方驗證機制

JFE 選擇在海事領域極具權威的日本海事協會 (ClassNK) 進行驗證。ClassNK 依據 ISO 14064 及相關標準，對 JGreeX 的減排計算與分配系統進行符合性評估，並簽發保證聲明，這項選擇反映 JFE 在造船用鋼市場的深耕策略。

(四) 市場應用與客戶採購

JGreeX 在航運界取得了指標性的成功，新生海運 (Shinsei Kaiun) 擁有的一艘 499 總噸級雜貨船，成為全球首艘完全採用質量平衡綠鋼建造的船舶。此外，今治造船等多家造船廠也陸續導入 JGreeX 用於建造散貨船，這些船舶因此獲得了日本國土交通省的高等級能源效率評級。

三、神戶製鋼

(一) 產品品牌：Kobenable® Steel

神戶製鋼最早於 2022 年中以「Kobenable」品牌進入綠鋼市場，其策略更側重於特定的高爐技術改良，特別是熱壓鐵塊 (HBI) 的應用。

(二) 減量來源與方法論

神戶製鋼主要於其高爐中大量使用 HBI 作為替代還原劑。由於 HBI 已

經過預還原處理，投入高爐可顯著降低焦炭消耗，進而減少二氧化碳排放。神戶製鋼計算「由 HBI 帶來的額外減量」，並透過質量平衡法分配給 Kobenable 產品。該公司提供不同等級的產品，如「Kobenable Premier」（100%減碳量）與「Kobenable Half」（50%減碳量），以滿足不同客戶需求。

(三) 第三方驗證機制

神戶製鋼委託國際知名的 DNV (DNV Business Assurance) 進行驗證。DNV 依據 ISO 20915 及 JIS Q 20915 等標準，審查其溫室氣體減量計算與質量平衡操作方案。

(四) 市場應用與客戶採購

Kobenable Steel 已於 2025 年 11 月成功進入豐田汽車的量產車供應鏈，並於 2024 年被應用於「新朝倉橋」等公共基礎設施項目。該產品並獲得了國土交通省新技術情報提供系統 (NETIS) 的註冊，進一步強化了其在公共工程競標中的優勢。

四、浦項鋼鐵

(一) 產品品牌：Greenate Certified Steel™

POSCO 於 2022 年推出碳中和主品牌「Greenate」，並於 2023 年 6 月正式發行採用質量平衡法的具體產品「Greenate Certified Steel」。

(二) 減量來源與方法論

POSCO 的碳排減量主要來自於在高爐中增加球團礦 (Pellets) 的使用比例，以及在轉爐中增加廢鋼的投入量。根據 POSCO 的數據，其在 2022 年 1 月至 8 月間認證了約 59 萬噸的二氧化碳減量，並計畫將這些減量分配給約 20 萬至 30 萬噸的鋼材產品，使其在銷售時帶有低碳屬性。POSCO 主要依據 GHG Protocol (溫室氣體盤查議定書) 進行減量計算，並參考了與韓國鋼鐵協會 (KOSA) 共同制定的內部指引。KOSA 在推動韓國鋼鐵業低碳轉型政策上扮演重要角色，協助制定相關的碳核算與報告準則。

(三) 第三方驗證機制

POSCO 選擇 DNV (DNV UK / DNV Business Assurance) 作為其驗證夥伴。DNV 對其減碳方法、減量計算結果以及分配系統進行現場查證，並為購買 Greenate 產品的客戶出具產品保證書。

(四) 「漂綠」爭議與政府回應

環保團體 SFOC 提起法律訴訟並向行政機關舉報，指控 POSCO 誇大其產品的環保效益。SFOC 指出，Greenate Certified Steel 所分配的減量僅佔 POSCO 年排放量的不到 1%，且公司同時在延長高爐壽命，這種將微小減量集中分配給少量產品並宣稱「綠色」的做法，具有

誤導消費者之嫌。針對此爭議，韓國環境部於 2024 年 6 月發布了行政指導。環境部認定「質量平衡法」本身作為一種計算方法並不構成漂綠，確認了其在過渡期的合法性，但也要求企業在廣告宣傳中必須更精確地說明減量來源，避免使用過於絕對的環保宣稱。

五、安賽樂米塔爾

（一）產品品牌：XCarb® Green Steel Certificates

ArcelorMittal 採取了清晰的雙軌策略：針對電爐生產的實體低碳鋼（XCarb® RRP）與針對高爐生產的質量平衡證書（XCarb® Certificates）進行區隔。

（二）減量來源與方法論

針對高爐生產的質量平衡證書，減量來自於其多項大型脫碳投資，如比利時根特廠的 Torero 專案（將廢木材轉化為生物碳）與 Carbalyst 專案（捕捉廢氣轉化為乙醇），以及氫氣噴吹技術。這些專案產生的具體二氧化碳減量被匯集後，轉化為證書銷售給客戶。

ArcelorMittal 依循 GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard。ArcelorMittal 強調，客戶購買這些證書後，可以合法地在其自身的 Scope 3 排放報告中扣除相應的碳排量，這對於供應鏈減碳壓力巨大的汽車廠相當重要。

（三）第三方驗證機制

DNV 則擔任其獨立審計機構，負責驗證專案的減碳量計算以及證書發行系統的完整性，確保每一噸減量都不會被重複出售。

六、蒂森克虜伯

（一）產品品牌：bluemint® Steel

蒂森克虜伯的 bluemint 品牌是德國工業界質量平衡應用的典範，其策略高度依賴技術驗證標準。

（二）減量來源與方法論

1. bluemint® pure：透過在高爐中注入已還原的 HBI（熱壓鐵塊），減少煤炭使用。
2. bluemint® recycled：透過在高爐中使用高品質廢鋼替代鐵礦石。這些技術手段將杜伊斯堡（Duisburg）廠區的特定批次鋼材碳足跡降低了約 64%至 70%（降至 0.6 噸 CO₂/噸鋼），並採用 ISO 22095 作為監管鏈的基礎模型。

（三）第三方驗證機制

ThyssenKrupp 採用了極具技術含量的驗證程序—由 TÜV SÜD（南德意志集團）開發的 VERIsteel 標準。VERIsteel 專門用於驗證鋼鐵製程中的脫碳效果，它對基準線（Baseline）與減量措施進行嚴格的

工程驗證，並出具「符合性聲明」。

七、印度 JSW 鋼鐵

(一)產品品牌：JSW GreenEdge

JSW 於 2025 年 5 月推出「GreenEdge」品牌，可協助客戶減少範疇三（Scope 3）排放。

(二)減量來源與方法論

JSW 透過其「SEED」（Sustainable Energy Environment and Decarbonization）減碳專案，包括提升能源效率、使用再生能源以及工藝優化，產生了可驗證的碳減排量，在 2024-2025 財年達到 187 萬噸 CO₂ 減排，這些減量被存入一個「虛擬二氧化碳銀行」（Virtual CO₂ Bank），客戶可以根據需求購買帶有特定減排量的鋼材。JSW 宣稱 GreenEdge 完全符合 2024 年世界鋼鐵協會監管鏈指引，有助於其產品迅速獲得全球認可。同時，它也引用了 ISO 22095:2020 與 GHG Protocol 作為驗證基礎。

較其他鋼廠不同的是，JSW 採用了「預訂與聲明」（Book and Claim）供應鏈模式。「質量平衡法」強調減碳措施及產品生產需位於「同一個廠區或生產線」，而「預訂與聲明」強調「會計層面的抵銷」。例如某企業在 A 工廠實施了大規模減排，但將這份「減排額度」轉移給 B 工廠生產的產品進行宣傳。這在產品與減排行為之間不存在實體上的接觸，僅透過行政帳簿進行轉移。

(三)第三方驗證機制

Bureau Veritas（必維國際檢驗集團）是 GreenEdge 產品的核心驗證者。Bureau Veritas 負責審核虛擬碳銀行的運作，驗證減排量的真實性，並與 JSW 共同簽發給客戶的減排證書。

彙整目前國際主要鋼廠利用減碳技術及質量平衡法發布綠鋼產品情形如下表：

表二、國際鋼廠綠色鋼品應用質量平衡法發布綠鋼產品現況

鋼廠/ 綠鋼品牌	減碳技術	涉及標準	認證機構/ 相關文件
神戶製鋼/Kobenable	高爐添加 HBI	宣稱所採之質量平衡法 皆符合日本鐵鋼聯盟 「綠色鋼品指南」	DNV
日本製鐵/NSCarbolex Neutral	廣畑地區新電爐		JICQA
JFE JGreeX	能源轉換、節能技術		ClassNK
浦項/Greenate	使用廢鋼、可再生能源及 球結礦	溫室氣體盤查議定書	DNV
安賽樂米塔爾/XCarb	生物炭、轉爐增用廢鋼、 高爐噴吹焦爐煤氣、綠電	溫室氣體盤查議定書	DNV

鋼廠/ 綠鋼品牌	減碳技術	涉及標準	認證機構/ 相關文件
蒂森克虜伯/bluemint	應用熱壓鐵塊或廢鋼	ISO 22095	TÜV Süd DNV
印度 JSW/GreenEdge (採用預訂與聲明)	應用再生能源、提升爐料 品質、天然氣替代焦炭、 DRI 廠(Corex)、增用廢鋼	世界鋼鐵協會監管鏈指 引、ISO 22095、溫室 氣體盤查議定書	Bureau Veritas

肆、結語

質量平衡法在鋼鐵業邁向近零碳排的過程中，扮演了關鍵的轉型緩衝角色。它化解了高額資本支出與資產減損的財務風險，使鋼廠能在不立即報廢現有高爐設備的情況下，透過局部技術改良實現減碳價值的核算。同時解決廢鋼電爐在生產高階高純度鋼材上的技術局限，確保汽車與電子等高端製造業在追求減碳目標時，無需在產品質量或供應鏈穩定性上做出妥協，為產業在技術徹底變革前提供必要的發展彈性。

然而，其面臨挑戰在於「真實性」與「外加性」。如 SFOC 對 POSCO 的指控所示，如果減量僅來自邊際效益改善（如維修或微幅廢鋼增加），而高爐壽命卻被延長，則質量平衡法可能淪為延緩轉型的藉口。此外，歐盟正在研擬的「綠色聲明指令」（Green Claims Directive）可能會對僅基於質量平衡的「碳中和」宣稱設下更嚴格的限制，要求企業必須更透明地揭露物理成分與信用分配的關係。

展望未來 5 至 10 年，綠鋼市場可能出現明顯的分層趨勢。首先是「真實綠鋼」（Physical Green Steel），由電爐或未來的氫能 DRI 生產，具有真實低碳物理屬性，這類產品將享有最高溢價，供應給對品牌形象要求極高的頂級客戶。其次是「質量平衡綠鋼」，由高爐製程配合減排證書發行，這將成為市場主流的過渡產品，滿足大量的中階減碳需求。最後則是隨著碳稅與 CBAM 的壓力，傳統高碳排放一般鋼材將逐漸失去競爭力。

質量平衡法雖非解決氣候危機的終極答案，卻是鋼鐵產業在「技術可行性」與「商業現實性」之間取得平衡的關鍵槓桿。在未來十年的轉型陣痛期中，鋼廠應將其定位為資助低碳技術研發的財務引擎。企業若能建立高度透明的追溯體系，並在「質量平衡綠鋼」的過渡紅利下，加速佈局「真實綠鋼」的實體產線，方能在日益嚴苛的國際規範下，成功從傳統鋼廠轉型為具備綠色競爭力的永續供應商。

伍、附錄：相關 ISO 標準名稱

1. 計算特定鋼品溫室氣體排放強度

- (1) ISO 20915:2018 Life cycle inventory calculation methodology for steel products 鋼鐵產品生命週期盤查計算方法
- (2) ISO 14067:2018 Greenhouse gases Carbon footprint of products Requirements and guidelines for quantification 溫室氣體－產品碳足跡－量化要求及指導綱領
- (3) ISO 14040:2006 Environmental management Life cycle assessment Principles and framework 環境管理－生命週期評估－原則與架構
- (4) ISO 14044:2006 Environmental management Life cycle assessment Requirements and guidelines 環境管理－生命週期評估－要求與指導綱領
- (5) ISO 21930 :2017 Sustainability in buildings and civil engineering works Core rules for environmental product declarations of construction products and services 建築及土木工程永續性－建築產品及服務環境產品宣告之核心規則

1-1 發布環境宣告

- (6) ISO 14025:2006 Environmental labels and declarations—Type III environmental declarations—Principles and procedures 環境標章與宣告－第三類環境宣告－原則與程序
- (7) ISO 14021:2016 Environmental labels and declarations—Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) 環境標章與宣告－自我宣告之環境訴求（第二類環境標章）

2. 溫室氣體盤查

- (1) ISO 14064-1:2016 Greenhouse gases Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals 溫室氣體－第一部：組織層級溫室氣體排放與移除之量化與報告規範及指導綱領
- (2) ISO 14064-3:2019 Greenhouse gases Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements 溫室氣體－第三部：溫室氣體聲明書查證與確證之規範及指導綱領

3. 將減排實績透過質量平衡法分配至特定鋼品

- (1) ISO 22095:2020 Chain of custody General terminology and models 產銷監管鏈－一般術語與模式

伍、參考資源

一、國際標準 (ISO Standards)

1. 國際標準化組織 [International Organization for Standardization]. (2018). Steel and steel products — Life cycle inventory calculation methodology (ISO Standard No. 20915:2018). <https://www.iso.org/standard/69493.html>
2. 國際標準化組織 [International Organization for Standardization]. (2018). Greenhouse gases — Carbon footprint of products — Requirements and guidelines for quantification (ISO Standard No. 14067:2018). <https://www.iso.org/standard/71206.html>
3. 國際標準化組織 [International Organization for Standardization]. (2019). Greenhouse gases — Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements (ISO Standard No. 14064-3:2019). <https://www.iso.org/standard/66455.html>
4. 國際標準化組織 [International Organization for Standardization]. (2020). Chain of custody — General terminology and models (ISO Standard No. 22095:2020). <https://www.iso.org/standard/72532.html>

二、產業組織指引 (Industry Guidelines)

1. 日本鐵鋼聯盟 [The Japan Iron and Steel Federation]. (2025). 綠色鋼品指南 [Guideline for Green Steel Products]. <https://www.jisf.or.jp/en/index.html>
2. 世界鋼鐵協會 [World Steel Association]. (2024). 鋼鐵業溫室氣體產銷監管鏈方法指南 [Guidance on the methodology for the chain of custody of greenhouse gas emissions for the steel industry]. <https://worldsteel.org/publications/policy-papers/>
3. 溫室氣體盤查議定書 [Greenhouse Gas Protocol]. Corporate Accounting and Reporting Standard. <https://ghgprotocol.org/corporate-standard>

三、主要鋼廠品牌與應用案例 (Steel Mill Case Studies)

1. 日本製鐵 [Nippon Steel Corporation]. NS Carbolex Neutral. <https://www.nipponsteel.com/en/product/carbolex/neutral/>
2. JFE 鋼鐵 [JFE Steel Corporation]. JGreeX™: Green Steel Products. <https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/jgreex/index.html>
3. 神戶製鋼 [Kobe Steel, Ltd.]. Kobenable® Steel. <https://www.kobelco.co.jp/english/products/standard/kobenable/>
4. 浦項鋼鐵 [POSCO]. (n.d.). Greenate Certified Steel™. <https://www.posco.co.jp/en/business/greenate.php>
5. 安賽樂米塔爾 [ArcelorMittal]. XCarb® Green Steel Certificates. <https://corporate.arcelormittal.com/climate-action/xcarb>
6. 蒂森克虜伯 [thyssenkrupp Steel Europe]. bluemint® Steel. <https://www.thyssenkrupp-steel.com/en/products/bluemint/>
7. JSW 鋼鐵 [JSW Steel]. (2025). JSW GreenEdge. <https://www.jsw.in/steel/jsw-greenedge>