

資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス
技術開発プロジェクト事後評価報告書
（案）

平成26年2月

産業構造審議会産業技術環境分科会

研究開発・評価小委員会評価ワーキンググループ

事後評価報告書概要

事後評価報告書概要

プロジェクト名	資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発			
上位施策名	エネルギー基本計画（2010 年 6 月閣議決定）、省エネルギー技術戦略 2011			
事業担当課	製鉄企画室			
<u>プロジェクトの目的・概要</u> 鉄鋼業では、低品位製鉄原料の利用拡大による資源対応力強化及び省エネルギー化の促進が喫緊の課題となっている。このため、本事業では現状の高炉設備をそのまま使用し、高炉内還元反応の高速化・低温化機能を発揮する革新的製鉄プロセス（低品位炭と低品位鉄鉱石の混合成型・乾留により生成されるコークス代替還元材：フェロコークス）及びその操業プロセスを開発し、製鉄プロセスの省エネルギーと低品位原料利用拡大を両立させた革新的技術の開発を目指す。				
予算額等（補助金額 補助率： 1／2）（単位：千円）				
開始年度	終了年度	中間評価時期	事後評価時期	事業実施主体
平成 2 1 年度	平成 2 4 年度	—	平成 2 5 年度	J F E スチール（株）、新日鐵住金（株）、（株）神戸製鋼所
H22FY 予算額	H23FY 予算額	H24FY 予算額	総予算額	総執行額
420, 000	699, 989	399, 219	1, 894, 208	1, 863, 924

目標・指標及び成果・達成度

(1) 全体目標に対する成果・達成度

本事業での開発目標（成型技術、乾留技術、高炉評価・操業技術）を全て達成した。

個別要素技術	目標・指標	成果	達成度
①フェロコークスの組成・構造条件の探索	成型設備を完成し、設備の操業技術を確立	成型設備の操業技術を確立された。（原料粒度、バインダー添加量、成型温度、成型圧力など）	達成
	新規バインダーの試作、及び新規バインダーの性状、配合量と成型物強度の関係の明確化	成型物の強度支配因子を明確にした。また、パイロットプラントで連続成型を実施し、既存バインダー代替の可能性が示された。	達成
②フェロコークスの製造プロセス開発	循環ガス加熱による乾留炉での適正製造条件の確立	成型・乾留一貫システムの運転、操業技術を確立し、30 t/d の製造能力を実証した。更に 30 日間の長期製造試験によりプロセスの安定性が実証された。	達成
	長期安定製造技術の確立		
	大型高炉使用時の課題の明確化	約 10% の省エネポテンシャルを確認し、高炉多量使用時の課題を明確にされた。	達成
	離散要素法モデルによるスケールアップ検討、原料配合設計に適用できるシミュレーションの実施	滞留時間分布の観点から炉形状の最適化を実施し、スケールアップの指針を示された。	達成
③フェロコークスによる高炉操業プロセスの開発	混合分散状態制御因子の影響の明確化	粒子径比が対焼結鉱 0.9 程度が混合配置に望ましい。 効果を定量的に実証した。 (TRZ: -100℃、RAR: -12.6kg/t)	達成
	生成融液が高温還元性状に及ぼす影響の明確化	熱保存帯低温化により、還元形態が変化し被還元性が向上することを確認された。	達成
	フェロコークス反応モデルの検証と精度向上	ガス化反応速度の解析結果に基づき、高炉数学モデルに適用可能な反応モデルを構築された。	達成
	反応モデルを高炉数学モデルへ導入した総合モデルの構築	フェロコークスの配置・配合率が還元材比に及ぼす影響を調査し、最適配置・最適配合率を示された。	達成

(2) 目標及び計画の変更の有無

フェロコークスの目標性能達成（強度・還元率）、長期安定操業のためには当初計画のパイロットプラント設備では不十分なことが実験段階で明らかになり、以下の設備改造を実施した。

循環ガス加熱器・空気加熱器から各羽口に至る循環ガスダクトを改造した。

成型物中の鉱石配合比率を安定化させるため、鉱石別送ラインを増設した。

<共通指標>

論文数	新聞・雑誌	発表（講演等）	特許
16	30	43	17

評価概要

1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性

資源価格高止まりの中、今後の石炭および鉄鉱石品質の変化を考えると、日本産業界に幅広く素材を供給する鉄鋼メーカーのコスト競争力及び日本製造業の輸出競争力を高めるためにも低品位資源の利用拡大は極めて重要である。

さらに、大量の地球温暖化ガスを排出する製鉄業の省エネルギーの推進は社会的意義も大きい。

このような国家利益の観点に加え、我が国の鉄鋼産業全体の製鉄技術レベル向上、ひいては産業基盤の強化に資するものであり、開発費負担も大きいことから、単に個社の課題ではなく我が国をあげて取り組むにふさわしい課題である。

また、本プロジェクトは、NEDO主導で実施された「エネルギー使用合理化技術戦略的開発」における先導研究で原理確認が行われ、その有効性についても確認されている革新的製鉄法の基礎技術に関するプロセス研究であり、技術的な先進性も見られる。

一方、製鉄プロセスの省エネルギー技術については様々な取組が行われている中、他技術と比較して技術導入に十分なインセンティブとなるのかが不明であり、明らかにする必要がある。

その上で、我が国鉄鋼メーカーが有するコークス炉については、老朽化が全社的に進んでおり、更新期が近づいている炉も多く存在することから、スピード感をもって実用化に向けた取り組みを進める必要がある。

2. 研究開発等の目標の妥当性

現行の高炉操業プロセスに対しての高品位炭の使用削減、低品位炭の利用方法確立並びに省エネルギーの目標は具体的であり妥当である。

そして、これらの目標を達成するための実用化に向けて必要となる要素技術の開発目標については原理やメカニズムに立脚し、具体的目標が設定されている。

しかしながら、各目標項目について、例えば、「長期安定製造技術の確立」における安定稼働日数目標等、数値目標が欠けている点もある。

また、今後、実用化のためには、省エネルギーに関してフェロコークス導入による下工程も含めた製鉄所全体としての目標や、要素技術の目標の明確化、さらには総合システムとしての経済性を常に検討するような目標設定が必要である。

また、将来的には、CO₂排出削減の観点からは、更なる上積み目標が必要と考えられる。

3. 成果、目標の達成度の妥当性

フェロコークス製造技術およびその使用技術の開発において、パイロットプラントにおけるフェロコークス製造、操業プロセスのシミュレーション及び実際の稼働高炉にフェロコークスを投入しての

実証などを実施し、全ての目標を達成し、十分な成果が得られている。これらの成果は今後のスケールアップに有効と考えられ、実用化への進展が期待できる。

また、成果発表が積極的に行われており、大学での関連人材の育成に有効と考えられる。

なお、高炉操業の10%の省エネ達成に関してはその評価に多くの課題が残されており、その可能性は認められるものの、今回の結果だけから達成出来たとは言いがたい。

また、「低品位」な炭種の許容範囲と想定しうる負の影響を明確にした上で今後の普及を追跡調査するとともに、フェロコークスの導入率（普及率）と既存コークス炉のリプレイス率の関係をシュミレートすることは有益であり今後の課題である。

4. 事業化、波及効果についての妥当性

当プロジェクトの研究開発の成果により、技術的、論理的には実現可能性の見通しが立っており、事業化に向けても技術的課題が明確にされていることから、今後の実機とパイロットとの中間規模でのプラント建設・運転が成功すれば十分に事業化は可能と考えられる。

加えて、フェロコークス導入により、低品位炭活用のためのバインダーの必要調達量の増加が見込まれるが、その対応のために、従来の石油系バインダーに加え、新規に石炭由来のバインダーがフェロコークス製造に活用可能であることが、この事業により確認できたことは意義が大きい。

また、論理的に系統的な実験結果が説明されており、事業化についてネガティブな要因は明確には認められないが、ガス化反応機構や触媒能等、科学的に詰めるべき課題も多く、フェロコークスプロセスに関する基礎研究が活発化する効果が期待できる。

しかしながら、事業化を見据えた場合、シェールガスの利用拡大等エネルギー供給構造の変化を捉まえておく必要がある。

また、他の省エネルギー技術等との相対的役割を考慮しなければ、当技術が相対的に優れた技術と結論されるかは不透明である。さらに、経済性評価についても原料炭コストの削減効果は大きいと考えられるもののその精度については不十分であると考えられる。

よって、これらの点を総合的に留意し、製鉄所全体のエネルギーバランスや経済性評価をより定量的に示すことで精度の高い実用化計画を立てつつ、早期の実用化・普及へのシナリオを描くべきである。

なお、波及効果についても、現在の見込み以上となる部分もあると考えられるため、より具体的かつ定量的にアピールすることが今後の普及に強く結びつくものと考えられる。

5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性

大手高炉メーカーが参画しオールジャパンでの研究体制が組まれており、かつ、参加企業の役割分担も明確である。さらに企業側と大学側の連携により、基礎的検討もなされており、適切である。

事業計画及び運営についても、開発過程で生じた問題をその都度解決しながらプロジェクトが実行されている。また、フェロコークス製造炉の運転時間が適切に確保されるとともに、高炉での実証実験も実施され、適切に事業が進められている。プロジェクトの補助率も妥当である。

ただし、炭種による価格差の動向が本プロセスの事業化に大きく影響すると考えられるので適用できる原料炭の詳細検討が必要であったと考えられる。

また、今後のコークス炉リプレイス見込み率、高品位粘結炭の使用量削減率など、フェロコークスが代替できる既存技術・設備との比較などを定量的にシミュレートすることが望まれる。

6. 総合評価

全般的には優れた研究成果が挙げられているものと高く評価される。今後20—30年間のエネルギー需給見通しが不透明である現在、エネルギー消費量の大きい製鉄業が複数のシナリオに沿って複数の改良技術を持つことは有効であり、日本製造業の基盤・中核的素材産業としての鉄鋼業の課題解決にあたって意義が大きい事業である。

また、文科省予算による基礎研究、NEDO先導研究を経ての50%補助金によるパイロットプラント研究であり、長年の先行研究成果を十分に活用し、開発目標は様々な工夫によって概ね達成されており、革新的プロセスの実現が期待できる。

また、企業での応用的検討と大学の基礎的検討が上手く連携されており、産学連携による効果が認められる。さらには、また、関連する基礎要素研究が、主に学側で活発化することが予想され、学のレベルアップに繋がり大きな波及効果が期待できる。

今後の実用化にあたっては、想定される省エネ技術・コスト削減技術を踏まえた製鉄所全体としての省エネシナリオの検討及びそれを踏まえての経済性評価を明確に行うべきである。加えて、本技術がもたらす波及効果は検討が不十分である。

また、コークス炉の老朽化は進んでおり、事業化に向けた研究のスピードアップが望まれ、実用化に向けた時間軸を見直す必要がある。

7. 今後の研究開発の方向等に関する提言

資源価格高止まりの中、今後の石炭および鉄鉱石品質の変化など鉄鋼メーカーのコスト競争力及び省エネルギー、資源対応力強化への対応は喫緊の課題であるが、フェロコークスによる革新的な製鉄プロセス技術は、かかる課題を解決するために期待が高い技術である。

また、今後起こりうる外部環境の変化に対して、より柔軟な対策を講じられるようにすべきである。この点からも多様な製鉄プロセスを確立させ、選択肢を広げることが我が国製鉄業の強靱化に資すると考えられる。

この観点から、フェロコークスは事業化に必要な要素技術は確立されているため、投入された国費を還元する意味においても早期に実用化できる段階まで技術開発を進め、選択肢として活用出来るようにしておくことが必要である。なお、導入にあたってはシェールガスの台頭によるエネルギー供給構造の変化等、状況変化を考慮し、他の選択肢との比較検討を行うことが重要である。

実用化にあたっては、当プロジェクトで成し遂げられなかった製鉄所全体のエネルギーバランスや経済性評価を定量的にシミュレートすることは必須である。また、低品位炭の利用にあたって、使用できる炭種を明確に区分し、高品位粘結炭の使用量削減率を具体的に定量化しながら進める必要がある。併せて、実用化までの開発計画・スキームを精査し、総合的な実装プランを検討すべきである。

実用化の前段階として、中間規模での実証実験を意義及び開発目標を明確にしつつ行うことが妥当だと考えられる。具体的な検討技術としては乾留炉と成型設備のスケールアップが必要である。特に、実用化の製造量レベルを考えると成型設備は2桁以上のスケールアップ試験が必要と予想される。

当研究開発の成果は、波及効果も大きいと考えられるため、潜在的な効果についても具体化、定量

化が求められる。特に、本プロジェクトの成果を広く世界的に宣伝することは、我が国鉄鋼業の技術力の高さを示し、イニシアティブを発揮する上で重要な戦略だと考えられる。その際、ノウハウの流出には十分に留意すべきである。また、主に学側でも基礎研究が活発化することが予想されるが、我が国の製鉄基礎研究者がイニシアチブを取ることを期待する。

政府としても着実なフォローをするべきである。この際、更なる公的資金を投入するのであれば、他の競合技術との関係を整理をした上で、優位性を示すことが必要である。

評点結果

評点法による評点結果
(資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発)

	評点	A 委員	B 委員	C 委員	D 委員	E 委員
1. 事業の目的・政策的位置付けの妥当性	2.80	3	2	3	3	3
2. 研究開発等の目標の妥当性	2.00	1	2	2	2	3
3. 成果、目標の達成度の妥当性	2.40	2	2	2	3	3
4. 事業化、波及効果についての妥当性	2.00	2	1	2	2	3
5. 研究開発マネジメント・体制・資金・費用対効果等の妥当性	2.60	2	2	3	3	3
6. 総合評価	2.60	2	3	2	3	3

