

評価結果の概要

I. 波及効果に関する評価

I-1. 技術波及効果

(1) 実用化への進展度合

本プロジェクトの成果の根幹をなす「石炭事前処理技術」「高温炭搬送技術」「高温炭装入技術」「低 NOx 新燃焼構造バーナー技術」等多くの要素技術を取り入れた新日本製鐵(株)大分製鐵所第5コークス炉が実機1号機としてスタートしたことは高く評価できる。また、部分的ではあるが開発された要素技術である「低 NOx 新燃焼構造バーナー技術」は4基の実機に適応され着実に実用化に結び付けられ、商業的メリットの追及が継続されている。プロジェクト参画企業が実機に導入していることは企業としても新規技術の必要性が高いことを示しており、実用化を目指した研究開発プロジェクトとして成功を取めたものであるといえる。

大分の実機1号機において、安価な非微粘結炭の使用比率を上げることが可能になり平均値が54%に達したこと、生産性が184.5%に増加しており、成熟技術分野で計画通りあるいはそれ以上の性能が得られていることは画期的な開発と言える。

コークス炉実機による省エネルギー効果、CO₂削減効果はプロジェクト終了時の理想系であるパイロットプラントレベルで見込まれた数値には未達であるが、実機操業がまだ安定化していない状況下を考えれば、今後改善されよう。現在、導入各社が改良、改善、プロセスコントロールなどによってチャンピオンデータを取得しており、技術のパフォーマンス向上が図られている。今後も産業技術として完成度を高めていくことが期待できる。

知的財産面でも石炭事前処理技術に代表される基本特許が取得され、プロジェクト期間中の65件の出願、24件の登録、国内特許5件をまとめた3件の外国出願の実績成果は、外国特許も含め重要技術の権利化も順調であり、秀でたものと評価できる。

国内で稼働中のコークス炉約46基は炉令が30年以上のものが大部分であり、今後既存コークス炉の更新に併せて、SCOPE21プロジェクトの成果は活用されるものと期待される。さらに国内コークス炉の老朽化の進展に伴い、今後も実用化が進展する計画となっており、その展開力は高いと評価できる。つまり、国内産業の競争力強化、海外展開の武器となりうると期待している。

石炭事前処理技術において、技術的な課題としては、石炭のみの予熱熱間成形では、歩留りが十分でなく、粘結剤の添加が必要であるが、視点を考えれば、石炭改質の手段であり、積極的な適用により非微粘結炭利用を拡大できる。また、耐久性評価不足等から採用されなかった高熱伝導性の開発煉瓦使用の目途が立てば生産性向上等さらに改良できる。

「低 NOx 新燃焼構造バーナー」の適用ケースではコークス生産増加に対応した既設設備仕様の炉体みの増設で、経済性を高くしていることもプロジェクト成果の部分的採用として評価できる。1号機に続く開発により、建設費等の大幅な削減に対して技術改善の余地があるのは当然である。さらに実用開発を推進することによって、全体最適化を図ることが期待できる。

建設促進に際しては、投資資本が大きくなるため、その調達について、企業だけで対応できるのか。輸入に頼らざるを得ない珪石煉瓦は、多量に使用する重要な資材であるが、品質バラツキや形状精度不十分等の問題が多々あることから品質向上の対策も必要である。わが国でコークス炉の新設、更新が長期間なかったことを背景に珪石煉瓦の事業性が失われており、国内で珪石煉瓦の生産を再開することは難しい。このため中国などの生産国に製造技術供与、技術指導等を展開し、高品質で均一な珪石煉瓦を確保するなどの国際的対応も必要である。更に、築炉業界の脆弱性が露呈し、築炉工の不足、高齢化、技能低下等が顕在化している。待遇の改善、作業環境の改善、業務の国際化を通じた事態の拡大は国の産業政策に結びついている。

今後は、国内コークス炉の老朽化の進展に伴い、リプレース需要が増大し、SCOPE21の成果は要素技術の部分採用を含め更に加速して実用化されるべきものとする。今までの実機化において、採用が見送られたプロセスに関して、理由を明らかにするとともに、より一層の技術の高度化を目指してほしい。実用化の判断においては、実機化結果を用いた研究開発目標に対する達成度の明確化と実機化効果の公正な評価も必要と思われる。今後も実機化実績について継続的な調査が望まれる。

国内の実機建設、操業で技術を確立しながら、国内産業の競争力強化、海外展開の武器として活用しうること、さらに、技術を向上させるための基礎が示されていることから、実用化の一層の進展を期待している。

(2) プロジェクト成果からの技術的な広がり具合

SCOPE21 プロセスはコークス製造プロセスの要素技術を革新し、集大成したものであり、コークス製造へのインパクトが第一義である。後続の商業炉は一号機建設及び一号機使用の完成度と実績、操業改善などを活かして実用化が進むと考える。一号機の実機化においては、確実性、操業安定性を重視し、実用化の段階で技術も含めて検討して取捨選択し、より実施可能な技術として実機化していることは現実的対応といえる。商業炉への適用に際しては、当然プロジェクトでは想定しえなかったような問題も生じたと思われ、それを克服して商業化に結実する過程で多くのノウハウや技術が生まれているものと思われる。それは、プロジェクト終了後の4年間に27件の特許が出願されたことから推測される。

炉の新しいことも加わり、押出し圧が従来の約1/2程度で操作が可能というデータもある。低い圧力で操作できることは、押出し回数の増加、生産性向上に有利に働き、炉寿命や省エネルギーへの効果も期待できる大きな知見である。

本プロセスの事前処理設備を構成する、石炭の粉碎・乾燥・分級・搬送等の要素技術及び最大の研究成果である石炭の乾燥、加熱技術は、石炭火力発電所や微粉炭羽口吹込み技術(PCI)などへ波及可能性があり、安定操業とエネルギー効率の向上に寄与するものと考えられる。また、防災の観点での知見も有用である。

製銑技術の分野も含めて気流からの伝熱による急速加熱技術や流動床による乾燥技術は粉体を扱う分野には展開できる。その際のプラグ輸送方式や装入プロファイルは大量輸送を実現する上で重要な技術である。SCOPE21で開発された技術は、実機化の過程を経てより実用上の効果のある技術へブラッシュアップされて行くとともに、他用途への適用

も展開されるものと思われ、技術的な広がり大きい。

核磁気共鳴(NMR)を用いた高温場における分子イメージング技術は、キーテクノロジーである急速加熱における分子レベルでの挙動解明に初めて適用され、高温場における石炭の加熱挙動解明に有効であり、広く石炭資源の高度な評価技術に発展しつつある。特に石炭の急速加熱に伴う軟化熔融現象を分子レベルからマクロなコークス性状まで通して理解できるようになったことから、劣質な石炭のコークス源としての利用可能性への展開が挙げられる。近年の石炭資源の需給の緊迫化に伴い、より低品位な石炭をコークス原料として用いる研究が(社)日本鉄鋼協会の研究会等で進行しつつある。これはこの分野の人材の育成にも大きく貢献しており、プロジェクトの成果の影響・広がり非常に大きいと言える。国家プロジェクトで実行したからこそ、研究の目的や成果が大学や業界内で共有化展開されたと同時に、研究開発が大幅に加速されたと評価する。

本プロジェクトにおいて、従来の珪石煉瓦よりも高熱伝導・高密度な珪石煉瓦を開発した。乾留における燃焼室側から炭化室側への温度勾配が小さく、煉瓦の変形が少ないと期待されたが、耐用性評価回数が十分では無く、築造安定性の不安から耐久性の確認ができなかった点及び製造コストが2倍以上となった点で採用を断念したことは残念である。熱の有効利用を図るために、必要なら製鉄分野等でこの開発煉瓦の使用も検討すべきと考える。

コークス炉を含む製鉄工程におけるエネルギー消費は大きく、さらに急速加熱による加熱時間の短縮に何が必要なのか、もしくはコークス・焼結・高炉という3分野における熱利用の総合的利用法も、今後、国・業界一体となって検討すべきと考える。また、SCOPE21コークス炉を製鉄への利用のみを前提としているが、使用炭種幅の更なる拡大の検討、コークス製造のみならず利用価値の高いガス発生設備とし、エネルギー資源分野での利用法も検討しておくことは、他分野への展開上有効と考える。

(3) 国際競争力への影響

SCOPE21 プロセスは、現時点で安価な原材料であり、長期的にはさらに値差が大きくなる非微粘結炭を50%使用できる等原料炭の資源対応力強化指向、かつ省エネルギー型で生産効率の高いコークス製造技術である。設備費用や製造費も圧縮できうること、操業上、粒子群の安息角が低下し、レベラー不要による省力化等も追い風となり、鉄鋼業界の国際競争力の強化に貢献するものと考えられる。

コークス製造技術の研究ポテンシャルを有する国としてはドイツと日本があげられるが、ドイツはジャンボコークス炉を指向したが、いまだ実機化されておらず、その見通しもない中で、石炭急速加熱に関わる研究は世界的に進められていた分野であったが、その素過程の解明から高速乾留をキーにした実用的なプロセス技術の開発実機化まで一貫して実現した国は我が国のみであり、当該分野で我が国が大きくリードし、世界のコークス製造研究開発のトップランナーになったと言える。目前に迫った既存コークス炉のリプレース需要への対応を可能にしたことの科学・技術的意義は極めて大きい。まさに次世代に向けた革新的コークス製造技術として世界のコークス工業に対しても先導的な役割を果たし得るものである。

本プロジェクトの遂行により高効率なコークス炉の実機建設が成功し、当該分野の技術

レベルは著しく向上したものと判断される。今後、実機による実証データの蓄積・検証により、技術の優位性を明確にすることで国内外への技術の展開が促進されると想定される。

SCOPE21 型コークス炉は日本の製鉄産業を支える将来技術像の一つとして、重要な基盤を確立したといえる。国際的にも、APP（クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ）の鉄鋼タスクフォースの技術としても取り入れられており、世界の製鉄産業の今後の潮流において、国際競争力への影響は大きい。今後、韓国、中国、インドなど鉄鋼業の高度化を支える技術として技術輸出、技術移転なども期待できる。

高炉・転炉法及び堅炉還元・電炉法とでは、CO₂発生量では、後者が約50%削減される。若干の経費や製造費節減では通用しない時代であり、CO₂削減、生産コスト、生産規模等、多面的側面から海外との競争に何が必要か抜本的に検討する必要がある。

海外への技術移転に関しては、まず、多様な石炭を利用する国内における技術確立があり、さらに海外の操業技術のレベルアップも図りながら、段階的な進展が望ましいと考える。コークス製造分野において省エネルギー技術の世界標準となりつつあるコークス乾式消火技術（CDQ）に次いで世界標準となり得るポテンシャルを有すると評価する。

今後、アジア諸国との競争の中で生き残るためには、1\$が90円でも通用する低廉化の製鋼コスト達成の努力が不可欠である。韓国、中国、インドなど鉄鋼新興国との国際競争は激化しており、比較競争力を維持していくためにはコスト競争力でも対抗できる状況を構築しておくことが重要である。SCOPE21はCO₂削減、省エネルギー、原燃料転換など個別技術・プロセスとしても実用化技術として国際的にトップにあると評価できるが、鉄鋼までのサプライチェーンの一環としての国際競争力として評価・判断することが必要だと考える。SCOPE21は高炉用コークスについてコスト低減を図ることで鉄鋼業としての国際競争力確保につながる効果が高いといえる。国際競争の変化のスピードを考えると、実機化の促進と並んで、SCOPE21の次の基本構想を考慮しておくことも大切である。

I-2. 研究開発力向上効果

(1) 知的ストックの蓄積度合

コークス製造研究の基盤は石炭評価・加熱挙動評価等であり、石炭資源対応力向上、劣質炭の使用拡大とエネルギー消費の削減等へ向けて継続的に研究開発が継続されている。本プロジェクトは国内、海外ともに特許出願件数、登録率が高く、プロジェクト終了後も研究開発が継続し、さらに2010年度からコークスに関するプロジェクト研究も3年間続行される予定であるなど、特許出願の継続も含め知的ストックが蓄積されていることは評価される。プロジェクト終了後の研究対象は、想定される世界的な原料炭不足に対応するための低品位炭の利用技術に代表される実用的な研究や、原子・分子レベルからの石炭ならびにコークスの基質構造の解析、コークス強度の科学的解明などコークス技術を科学に高める研究も進められており、より新しい技術の創成も期待できるようになっている。

また（社）日本鉄鋼連盟、（財）石炭エネルギーセンターが特許実施権を継承し、参画企業が利用できる仕組みを作り、知的財産の有効活用という点でも評価できる。

本プロジェクトで得られた蓄積を活用して、実機、及びその操作性、収益性向上が継続

されている。その進展が適正か、加速できるか、今後も引き続き、検証が必要である。さらに、今回採用できなかった技術基盤の再検討、課題解決、採用のための課題を考えておく必要がある。

主要な特許発明については出願されたが、国外出願の対象国選定等を含め、国際的対応については、中長期的な視座にもとづく体系的な知的財産戦略システムを構築すべきであった。

今後のコークス炉老朽化・更新に対応して、人材を集めて得たプロジェクト成果を活かす機会がまさに到来する状況であり、各社の責任において、この貴重な知的ストックの継承が必要である。国として支援も適宜考えるべきである。

（２）研究開発組織の改善・技術戦略への影響

本プロジェクトの提案及び組織的な研究開発の推進には、産学官の連携で活動している(社)日本鉄鋼協会コークス研究会の基盤研究による成果や支援が企業を超えた研究開発のインフラとして大きく貢献している。プロジェクト終了後もコークス研究会は継続し、学会発表が多くなっていることで、鉄鋼—コークス炉関係者以外にも SCOPE21 プロセスの認知がさらに進んでいる。

相対的に高齢化が進むコークス研究分野において、一企業の枠を越えた若手研究者が相互の知的財産を公開しあう研究者間交流を通じての切磋琢磨の機会を与えられ、知的ストックも重要であると再認識した効果は大きい。これらの若手の存在が、今後のコークス炉リプレースの実行に当たっての組織改編を含めた原動力となり得るものであると評価する。

平成 22 年度からも 3 ヶ年の予定で(社)日本鉄鋼協会の新たなコークス研究プロジェクトがスタートすることが決定されており、技術戦略に影響を与えていると考える。

実機によるプロセスの改良、改善で、新しく獲得した成果、改善点と効果など具体的な製造システム構築による成果が適切な形でプロジェクト参画各社にも明らかにされ、共有化することで将来の展望が拡大する。さらに、SCOPE21 の技術活用成果として国内外に公表すべきと考える。本プロジェクトは国内会社が協力して成功した。プロジェクト終了後、各社が競争しながら、実用化し、各々の競争力を向上させていくなかで、今後、どのような協力体制ができるか、今後の国の産業構造の型が問われている。

（３）人材への影響

本プロジェクト実行成果の数多くの学会発表などにより、海外を含め学会での論文賞受賞や開発研究員の博士号取得、社内での昇格などの目に見える人材育成・人事評価効果が現れた。また、世界に誇る研究成果が得られるとともに国内外で第一人者と評価される研究者も輩出し、プロジェクト従事者は定年を過ぎても企業内において現役で活躍している研究者が多く、産業界から大学への転出も図られている。特に実用化段階で、絶滅の危機に瀕していたコークス炉設計技術が若手に継承された人材育成成果も特筆に値する。

石炭研究は、地味であるが、今後の日本のエネルギー対策においても重要な位置を占める。大学や(独)研究機関における、この分野の人材育成、研究開発資金の充実が望まれる。大学側では、近年、最先端的な研究開発へのリソース投入が重点的に行われ、石炭のような天然原料や製造業の基盤となる化学工学手法を用いた研究が軽視される傾向にあり、

現状のままでは、培ってきた研究基盤や人材は減少、消失する方向に進んでいる。鉄鋼など、日本の基幹産業の維持、強化を目指す政策ならば、適切な研究投資が不可欠である。

新プロセス研究開発の活動を支援する人材、例えば、炉関係の技術者や築炉技能工等については、設計や建設などの分業体制の中で育成の場が失われつつあり、海外企業や海外人材との係わり合いや製鉄所の海外立地など国際的な視点での鉄鋼業の戦略構築を視野に入れる必要があるだろう。

SCOPE21 では、鉄鋼各社、コークス製造企業から多くの人材が集まり、高度な知識・技術を獲得した。それら貴重な人材を、まずは、国内における今後のコークス炉問題（老朽化、更新等）へ有効に活用していくことは、参加企業の将来にとって不可欠であると考える。

さらに、海外企業との合弁事業や海外立地の生産動向など現在の製鉄業がおかれている世界的位置のなかで、人材の必要性、育成も世界規模で考えていくことが必要である。国際的な協調関係も視野に入れ、例えば国際コークスセンターなどを新設して、留学生へのコークス研究推進と技術訓練を展開していくことは国益、産業界益につながると考える。

I-3. 経済効果

(1) 市場創出への寄与

本プロジェクトの成果である原料炭の資源対応力の向上により、現在、使用量が制限されている非微粘結炭の使用量増加が可能となり市場の拡大が期待される。コークス生産性で向上し、輸入コークスを国産化で代替できれば国内市場が拡大したことになると見られる。

本プロジェクトの目的はあくまで製鉄原料であるコークスの効率的な製造技術の開発であったことから、新製品を製造しそれを販売する市場を創出するメカニズムとは異なるが、非微粘結炭の使用比率を大幅に拡大し得る本技術は、石炭資源への対応力を飛躍的に増大させ、石炭購買市場の安定確保への道を切り開いたと解釈し得る。また、事前処理設備などを製造するプラントメーカーの商品ラインアップの拡大に寄与しているとも言える。

我が国の鉄鋼業の国際競争力の向上と CO₂ と NO_x の排出量の削減を図るには SCOPE21 技術、ならびにそれをさらに高度化した技術を採用していくことは必須である。更にエネルギー・環境問題はグローバルな問題であることから、技術開発に投入された国家資源を考慮し、当該技術をグローバルに展開し、収益を確保する戦略が必要と考える。知的財産を技術の発展段階で収益と結びつけるかについては、新しいビジネスモデル構築が不可欠であり、世界戦略で重要な項目である。

本技術の市場創出面での効果を実証するため、今後、大分の実機設備での非微粘結炭活用実績の継続的な調査が望まれる。寿命が 40 年以上のコークス炉を SCOPE21 コークス炉方式で更新しないで、炉寿命延長をめざし補修方法の開発採用も考えられるが、国際競争を考えて、建設コスト、操業コスト、合理化効果、環境影響等の詳細な検討と評価が実施されるであろう。

（２）経済的インパクト

近年、資源価格の高騰で、原燃料コストが企業収益を大きく圧迫している。地球規模では鉄鋼需要は拡大の一途を辿っており、新興国における鉄鋼生産量の増加も相俟って、原料炭も価格が高騰し、今後も高価格帯で推移することが予測されている。

SCOPE21 プロセスは低価格の非微粘結炭の使用割合を増加することが可能であり、SCOPE21 成果をほぼフルに活用した実機 1 号機（100 万トンコークス/基/年 生産）における非微粘結炭を 50%使用するケースと従来のように 20%使用するケースの比較では、約 18.9 億円/基/年のメリットが得られ、コスト削減による経済効果は大きい。

またコスト低減プロセスや環境対応プロセスは設備の建設コスト、ランニングコストが増加するケースが多いが、SCOPE21 プロセスでは、乾留熱量や乾留時間の低減、設備のコンパクト化等いずれも削減効果があり、経済的メリットが高い。実機における設備費、非微粘結炭配合量の実績は、今後の本技術の適用拡大に寄与するものと考えられ、継続的な調査が望まれる。経済効果額は 1 基（100 万トンコークス/基/年 生産）でも約 5 年で国家プロジェクトに要した費用を回収できるだけの効果を生み出しており、かつ、設備の耐用年数等の長期的な要素を加味すれば、そのインパクトは大きい。さらに新日本製鐵（株）大分製鐵所のごとくコークス炉新設の場合は、その操業に関わる要員採用も加わり、雇用創出効果も生み出しており、総合的に大きな経済的インパクトを創出したものと評価する。

石炭事前処理設備の実用化により約 18.9 億円（100 万トンコークス/基/年 生産）の非微粘結炭の多量使用効果があるにも拘わらず、コークス炉増設の際には 既設炉条件に拘束され石炭事前処理設備適用が見送られることもあり得る。設備投資の需要は、生産拠点を国内にどの程度の規模で確保するかという経営戦略に依拠し、他方、技術輸出は海外の生産拠点に対してどの程度貢献するのかに依存するとすれば、SCOPE21 の技術を国内外において諸条件を考えてどのように活用していくのか、経営的な冷徹さが求められることは言うまでもない。

（３）産業構造転換・活性化の促進

わが国経済におけるマクロ的な視点からすれば、高品質、かつ、高生産性の銑鉄生産を支える技術の実用化により、わが国製鉄企業も粗鋼生産体制の改革、コスト低減、環境問題への対応、構造改革の部分推進など多くの企業利益を得ることができることになり、産業構造の強化につながる可能性がある。

新日本製鐵（株）大分製鐵所のケースでは、設備投資額のほぼ全てが本プロジェクトの成果の実機化であり、関連メーカーの技術実証、市場拡大に大きく寄与している。結果として、コークスを海外などから輸入することなく、コークス自給率が 100%となれば、頻繁に起こる価格変動・供給不安の影響を受けなくなる。また、コークス品質の安定による高炉操業の安定化も期待できる。コークス自給化の流れは、製鉄業の雇用を維持し、コークス製造における新たな雇用の拡大にも貢献している。

鉄鋼再編成、構造改革の多くは他の要因によるものである。種々の企業利益があるとしてもコークス炉だけでは鉄鋼業界の構造改革には至ることはない。国内鉄鋼業のみに留まり、知的スクラップ化し、硬直化している面も否定できない。現状からの脱却は海外への展開や他産業への展開を図る仕組みを構築すべきである。但し、世界の製鉄の新しい潮

流のなかで、活用するには、多数の要因解析とスピード感のある決断、大胆かつ細心の積上げが一層必要と考える。

海外への技術販売を行うために、設計図のみの提示から、制御装置の実機提供まで、技術レベル毎に種々の程度のプロセス販売を行うことが必要である。できることを考慮し、国として収益力を拡大して欲しい。

I-4. 国民生活・社会レベルの向上効果

(1) エネルギー問題への影響

SCOPE21 プロセスは現行プロセスに比較し、パイロットプラントでの試算前提でコークス製造エネルギーの21%削減を達成可能としており、鉄鋼生産工程のエネルギー消費量の低減に大きく寄与するものと期待される。実機では、商業プラント1号機として、より確実性を求めた設備構成としたこともあり、現在そのレベルはプロジェクト成果の達成レベルには未達であるが、石炭使用量が莫大であることからそれでも効果は大きい。また、使用する石炭品質を一定に保てば生産されるコークス強度が向上し、これを使用する高炉の操業改善により更なる省エネルギー効果も期待される。今後、実機の導入が進み、高稼働が安定的になれば、大きな改善効果が期待できる。実機実績に関する継続的な調査により、本技術の適用拡大及び技術の最適化にとって重要な情報の蓄積を期待する。実用機では、装入炭温度の低下などに起因し、プロジェクト成果に比べて省エネ効果が目減りしている点が改善すべき課題として挙げられる。この先の操業改善の努力などにより、さらなる省エネ効果の実証を目指してもらいたい。

省エネルギー効果はコークス炉としては優れているとはいえ、わが国全体のエネルギー消費全量の視点では限定的である。わが国のような多種の産業から構成される国家においては、省エネルギー、エネルギー削減の課題についてはひとつの製品分野、技術で達成できるものではなく、さまざまな製品分野で、多くの技術が開発、実用化されることによって全体として効果があるものである。SCOPE21 プロセスはこの意味できわめて高い効果があるといえる。鉄鋼業でCO₂削減25%を達成すると仮定した場合に、中国等と対抗しうる鉄鋼製造コストを前提にするなら、現状の技術集積で何をすべきかをさらに冷徹に考えることも必要である。そのために終わりはない。

技術開発の新しいエポックは形成できたと思われ、どう活用するか、今後は期待できる。商業化の促進、そのための設備費削減の強固な基盤が形成できつつあり、引き続き、努力と知恵、先見性が必要である。

(2) 環境問題への影響

CO₂削減量の正確な見積もりは現時点では難しいが、SCOPE21 パイロットプラントの公表されているデータでは、銑鉄1トンあたり19 kg-CO₂の削減になると報告されている。鉄鋼業における大量の石炭の使用量から判断して少なくない削減と判断される。CO₂削減の命題は省エネルギー以上に多くの製品分野、技術、社会の仕組みの革新などによって実現できるものである。SCOPE21 プロセスはこの意味できわめて高い効果があるといえる。

SCOPE21 の実績からの予測を超えて、実証炉、商業炉の強みにより、さらに改善が期待できる。一号機では、採用できなかったアイデアを順次、実証してほしい。

NO_x の排出量削減に関しては、目標とした炉温 1250℃で 100ppm 以下の低 NO_x 燃焼が可能であることが確認され、「NO_x30%低減」が達成された。排ガス中の NO_x は、排ガス再循環率 27%、燃焼室壁温度 1200℃以下であれば酸素 7%換算で 50ppm 以下という良い結果もでていいる。また、発塵抑制効果も実用機でも実証されており、環境負荷低減に大きく寄与している。より多くのコークス炉に採用されることによって一層の低減が期待される。

環境問題に対処するには、銑鉄生産システムの総合的な視座が求められることがある。本研究開発プロジェクトが目途としたシステムは、コークス炉に係る石炭事前処理技術と低 NO_x 燃焼システムの範囲である。排ガス再循環の改善や実際の SCOPE21 構成炉システムと従来炉でのダスト量の比較、また集塵性能向上による収集ガス組成の変化も比較し、本手法の優秀さがアピールできる。

(3) 安全、安心、生活の質

SCOPE21 プロセスは原料炭の資源拡大や CO₂ 排出量削減など環境問題の大幅な改善とともに、省エネルギー型で生産効率の高いコークス製造技術であり、鉄鋼生産やコストの安定化及び環境改善に寄与し、評価できる。コークス炉における CO₂ 削減の強化は、多くのコークス炉が SCOPE21 形式を採用することで可能になる。今後、採用が増すために、何が必要なのかを SCOPE21 推進委員会等で精査し、製鉄業からの CO₂ 排出削減に努めて欲しい。

我が国の鉄鋼業は原料を輸入に頼っており、日本の経済活動において、その最上流に位置する鉄鋼製品の資源対応力強化による原料市場からの影響度の緩和は生活の安心や利便性の向上に繋がるものと評価される。

資源依存に係る脆弱性を軽減し、環境負担を低減できるという視点からすれば、SCOPE21 は、国民生活の安心を増進するものであるといえる。しかし、その技術を実施する基盤において、例えば、築炉技術における人材枯渇が生じているのであれば、そのような周辺技術課題の解決策にも配慮すべきである。

I-5. 政策へのフィードバック効果

(1) その後の事業等への影響

「地球温暖化問題に関する懇談会－中期目標検討委員会」及び資源エネルギー庁の「長期エネルギー需給見通し(改定版)(2009年8月発表)」を含め、資源エネルギー庁、APP 鉄鋼ワークショップ、NEDO の各資料上に、本プロジェクトの成果が実用展開されるべき先端技術として取り上げられるなど、政策への組込は着実に進展している。

更に本プロジェクトでのマネジメント面における実行成果に基づき、COURSE50 プロジェクトにおいても、実行体制や会議体の体制が構築されており、フィードバック効果は発現しているものと評価する。

今後の事業成果はこれからであるが、従来モデルの研究開発、実用化のサイクルから見れば、大きな成功であり、パイロット研究の成果に基づく期待効果だけでなく、今後は実機での実績に基づく実現可能な政策策定もより重要となってくるものと推定される。実機の実績フォローと、実績の慎重な見極めによる政策への反映が必要になる。

実機化を目指したプロジェクトであったので、後継プロジェクトは立案されなかったが、実機化後に発生した研究開発テーマ等が事前に想定されていたのであるから、企業の自主研究開発を越えて、これらの課題に係り隣接する課題(評価解析技術等の課題)も含めて国家プロジェクトによる支援(補助金方式)を要請すべきであった。また、コークス製造をターゲットにしつつ、ガス化も含めた鉄鋼プロセスのベストミックスや CO₂ 削減を目指す Advanced SCOPE21 を立上げることも考えられる。

II. 現在の視点からのプロジェクトの評価

II-1. 国家プロジェクトとしての妥当性

鉄鋼業は自動車産業に連なる我が国の第二の基幹産業であり、コークス製造技術の高度化・高効率化は国際競争力の強化、資源対応、CO₂ 排出量削減などの環境保全の面から非常に重要な技術開発課題であり、先端的リーダーシップを確保するためにも、研究開発の段階に国が関与することは妥当であるといえる。この種の実用化を目指した鉄鋼製造プロセスの研究開発では、ラボレベルでの研究からベンチスケール、パイロットプラントスケールと段階を踏みながらスケールアップに必要なデータを取得し、連続試験によって性能を確認することが不可欠であり、莫大な資金と期間を要し、研究開発リスクも大きく、民間企業あるいは業界単独で取り組むことの限界は明白である。経済的・環境的インパクトを吟味した上で、日本のコークス炉が近い将来老朽更新時期を一斉に迎えるこの時期に、国家プロジェクトとして研究開発が進められたことは妥当であると評価される。

鉄鋼業界では省エネの技術移転活動のため、2005年から日中鉄鋼業環境保全・省エネルギー先進技術交流会を始め、また官民協力のアジア・パシフィック・パートナーシップ (APP)における鉄鋼セクターは日本が議長をつとめ、SCOPE21は鉄鋼の先端技術として認知されており、国家プロジェクトとして進めてきたことは妥当である。今後、わが国の保有する優れた技術として国益向上に有効に活用すべきである。

II-2. 目標設定

本プロジェクトで掲げられた、①石炭資源対応力の強化(非微粘結炭の利用拡大)、②コークス製造の生産性向上及び省エネルギー、③NO_x等の環境負荷物質排出の低減の開発目標は、明確、かつ具体的で、目標設定の方向性も妥当であり、意欲的で、高いレベルの目標値が設定されており、現在の我が国の資源対策、エネルギー政策、環境対策などから見ても適切であったと評価する。

このことは、たとえば、資源エネルギー庁のエネルギー技術戦略マップの「総合エネルギー効率の向上に寄与する技術/超燃焼システム技術/省エネ型産業プロセス」並びに「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用導入シナリオ」において SCOPE21 の実

施拡大がロードマップに位置づけられていることから、本プロジェクトの目標設定の妥当性がうかがえる。

目標レベルは、全ての項目を同時に達成するという観点で極めて挑戦的であったにも拘わらず、生産性の項目を除いて全て達成できたということは、レベル的にも妥当であったものと評価する。

II-3. プロジェクト実施方法

初期段階における調査研究により方向性を明確に共有し、その後の要素研究段階では分散研究方式で行った事は、各社が持ち帰って得意な分野を各社の装置・方法を用いて行い、初期の研究開発の責任の所在が明確化され、効率的であった。次のパイロットプラント試験は集中研究方式で、各企業から派遣された専任の研究者を中心に、忌憚ない議論を戦わせてパイロットプラントの設計・操業・解析を行った事は効率的であり、参加企業が平等に成果を享受するうえでも有効であり、評価できる。

また、開発統括部が設置され、(社)日本鉄鋼連盟、(財)石炭エネルギーセンター及び参加企業が連携しチームワークよく推進し、適切かつ妥当な実施・運営体制であったと判断される。プロジェクトの進行に関する計画策定、予算措置、実施体制、運営方法等は妥当であった。

単年度予算制度のため、大規模なパイロットプラントの建設など、越年して製作する場合、対応に苦勞する点も多く、非効率であった。複数年度使用可能で集中して予算がつけばもう少し短期間にプラントの建設が可能であり、結果としてプロジェクト期間が短縮できた可能性もある。最先端研究開発支援プログラムで実施されようとしている予算の超年度運用の考え方なども取り入れることを検討すべきである。

高密度・高熱伝導性珪石煉瓦の実用化可能性については、パイロットプラントによる耐久性試験が不可欠であったが、予算措置がとれず実行できなかったことは残念であった。今後のために、計画を再構築すべき課題である。

II-4. 上記II-1～II-3の評価結果を踏まえたプロジェクト終了時の事後評価の妥当性

事後評価の成果の実用化可能性の中で、SCOPE21は「優れた特性を確証している事等から、リプレースの際には実用化されるものと期待できる」と評価され、また、総合評価の中で、普及のシナリオを描き、戦略立案を図っていくことが提言されている。結果として、新日本製鐵(株)大分製鐵所において1号機が建設・稼働を開始し、JFEスチール(株)や住友金属工業(株)で一部要素技術の部分実機化が図られ、着実に実用化が促進されている。また、総合評価の中の今後の方向性に関しても、現在進行しているCOURSE50プロジェクトに反映されている内容であり、事後評価で行われた非常に高い評価結果は、これらと符合し、極めて妥当であったと評価できる。

しかしながら、現時点において、普及のシナリオについては必ずしも明確にはなっていない。実用化に関する成果が公表されれば尚一層、実用化は進むと思われる。当該分野の技術開発の一層の発展とそのための資金を担保する市場の開発を進める次のステップへの進展が必要と考える。

II-5. プロジェクト終了後のフォローアップ方法

プロジェクト終了後、大分における実機1号機、及び部分採用ではあるが4基の燃焼構造改善の実用化がなされた。1号機（大分製鐵所）の実機化の際にはNEDOからエネルギー使用合理化事業者支援が受けられたことは促進要因として効果があり、今後の実機化設備への継続的な支援が望まれる。

本プロジェクトに関する限りは、プロジェクト終了後、実用化への道筋がある程度見えていたこともあり、（社）日本鉄鋼連盟に設置されたSCOPE21推進委員会の体制で十分であったと考えられる。実際に実用機を立ち上げないと見えてこない課題が多々あることは事実であるが、これは個々の企業の操業努力やノウハウによって越えるべき個々の企業の課題であり、事業化支援が適切である。基礎的技術の段階的な開発や蓄積も必要と思われるので、新しい挑戦を業界全体として常に考えておくべきであろう。その際に、適切な国の支援が極めて有効であることは、SCOPE21計画が証明している。

SCOPE21の実用化の普及に当たっては、海外の研究者・技術者も含めた見学会の実施のほか、企業の共同事業化、海外との連携・販売・委託体制など新たな事業スキームも考える必要がある。

III. 経済産業省が今後実施する研究開発プロジェクトへの提言等

1. 実用化追求型国家プロジェクト推進への提言

本プロジェクトは数ある国家プロジェクトの中でも、実用化成果に結びついた成功例として評価している。これは、コークス炉の更新が迫っていたこと、高炉法存続のためには必須な技術開発であるという鉄鋼各社の認識が一致したため、オールジャパン体制で取り組み、非常に困難な課題について研究開発を行い、実機規模のパイロットプラントの操業試験を達成した。SCOPE21の成果はプロジェクト終了後数年で国内複数の製鉄会社において全面的にあるいは部分的に採用され実用化に結び付けられた。コークスを取巻く情勢が影響したことはもちろんであるが、事業主体が鉄鋼業の将来に対して明確な戦略を持ち、それを断固として現実のものとするという決断が決定的な役割を果たしたと考える。この過程で国がエネルギー使用合理化事業者支援事業として援助をしたことが後押ししたことも評価できる。今後もこのような実用化追求型の国家プロジェクトは積極的に目的、課題を抽出して国としても支援を継続すべきと考える。

先端技術を獲得しそれを実用化に供することはわが国の産業競争力に不可欠なことである。ここで、研究開発プロジェクトの成果を下支えする分野における人材の枯渇を解決しなければならない。「先端技術」指向ということを否定するのではないが、その成功を支える「洗練・熟達した」基盤の維持強化と整合を図らなければ、産業としての成功はない。つまり、「先端技術の創成」プロジェクトを進めながら、その基盤を支える「基礎技術の保全進化」プロジェクトを組み合わせる、戦略的に重厚なプログラム施策を立案しなければならない。

さらに、技術に拘わりすぎて独善的な開発思考にとらわれて、世界の市場動向や趨勢からかけ離れやすい傾向、一旦開始されたプロジェクトの継続を第一義として、急速に変化

する国際市場ニーズに対応できない、等のプロジェクトは是正しなければならない。我が国の技術や産業が目標とする国際市場の冷徹な合理性を見据えて、プロジェクトの計画、実施、目的に沿う柔軟な適応を担保する必要がある。

2. 国家プロジェクト予算に関する提言

技術振興支援において、三分の二補助率が適用された。本プロジェクトは単年度予算制度のため、大規模なパイロットプラントなど、越年して建設することが必要な場合に、次年度の予算額が確定していないことによる設備発注等での問題が発生した。複数年度契約にて予算が使用出来れば、より効率的に研究開発が推進されたはずであり、検討を願いたい。また、普及の事業者支援では三分の一補助率の大規模適用がなされ、予算の配分については、年度査定に基づき実行された。昨今の財政再建の議論の中でなされている包括的な施策の見直し論ではなく、個別の研究開発テーマの個性に応じた補助率等の弾力的な運用が必要である。同時に、わが国の産業の収益力向上、国民国家としての投資力の拡大も同時に考えなければならない。

3. 国家プロジェクトにおけるオープンイノベーション活用への提言

昨今、産学官連携の場で「自前主義からの脱却」と「オープンイノベーション」が叫ばれている。それぞれの技術領域が非常に高度化した現在、総論においては確かに自前主義には限界があり、オープンイノベーションを積極的に推進しなくてはならないが、既存産業をベースとするイノベーションが中心のわが国においては、未だ概念の域を超えていない印象がある。今回の SCOPE21 においては、一般消費財からは距離のある製鉄上流のコークス炉におけるプロセス研究開発であり、パイロットプラント段階までは各企業が比較的オープンに参加・実行できたことも幸いしたと考える。通常、直近の実用化成果に偏重すると各企業間の協力は困難になりかねず、オープンイノベーションプロジェクトが頓挫しやすい。市場競争との兼ね合いの中で、個々の組織の能力や貢献に基づく知的財産権・競争力を確保しつつ、日本全体の8割を占める企業の研究開発投資を誘起するオープンイノベーションが実現できるように参加者の意識を改革し、力を発揮した個、組織がその成果を享受できると同時に、参加者にも応分の利益が保証される制度を創設すべきである。例えば、長期的な視野に立ったリスク挑戦型の国家プロジェクトの創設には有効である。まずは知的財産権とノウハウの取り扱いの検討を皮切りとして、どのような制度設計をすれば多数の企業が積極的に参画できるかという視点での検討を実施することを提言したい。

4. エネルギー・資源に関わる国家プロジェクトへの提言

今後も日本の国力を維持向上し、産業競争力を強化するために、資源エネルギーならびに環境政策の適切な立案は欠かせない。地球上における文明が大きく、かつ急速に変化する中で、この政策立案に当たって、今後 50 年程度の将来線表を具体的に検討しつつ、予想される状況を把握し、そこでの課題解決のための技術開発・実機を発想する必要がある、企画するプロジェクトのバランスと重点化に配慮しながら、わが国の資源を機能的に投入することが肝要である。

化石資源の高度利用、排出 CO₂ の削減が最も重点を置くべき課題である。なかでも石炭

は、中長期的にも、供給可能な化石資源であり、世界的な競争の中で、その確保と高度利用技術開発の推進は、短中期的には最大の課題であり、適切なプロジェクトの企画が必須である。石炭はエネルギーならびに炭素材として最重要であるが、両者を結合して発想すべきである。本プロジェクトの対象であるコークス炉は、製鉄用炭素材の製造を第一義としているが、ガス液燃料の製造設備としても活用できるので、その進捗発展を引き続き、追及すべきである。その方向としては、高炉製鉄に替わる鉄鉱石還元法における資材として位置づけることもできるし、そこでは銑鉄以外に、金属シリコンの製造にも供することができる。同時に、ガス液生産量を増大して、石炭変換設備とも位置づけることもできる。さらに、コークス炉技術を基礎に、新たな石炭変換設備としての進化を発想することもプロジェクトのひとつになりうる。ここで、化石資源の国際的争奪は年々激しくなっていることから、資源国の利益も保証しながら、わが国の産業を維持、発展することに国の総力を結集発揮することが必要である。

今後、さらに、太陽、風力、バイオマス等の再生可能エネルギーへの依存が強まることは必然であり、そのために効率の向上、コスト削減に努力しなければならないが、エネルギー密度の低さや気象条件への依存を克服、インフラストラクチャーの整備が大きな課題である。

ここに、国のエネルギー資源、環境政策の時代的背景があることを認識し、国民の安定した生活と産業力の維持発展を担保できるよう、歴史的変化に対して、常に適切な立案を準備する必要があることを銘記したい。

5. 国家プロジェクト立案における提言

今後、経済産業省が実施するプロジェクトにおいては、早急に実用化を目指すプロジェクトと、中長期的に新たなシーズを開発するプロジェクトを峻別し、前者にあっては戦略的にそれを可能な限り短期間で実用化に結びつけるスキームを、可能な限りの資金的な援助も含めて確立すべきと考える。

国の役割のあり方については、60年程度の歴史観からすれば、大きく振り子が左右に振れているといえる。研究開発の活動は、市場の調整機能が必ずしも円滑に働かない分野である。とすれば、国民共通の「与益（技術が与える利益と用役）を増進する」ための目標に応じた傾斜的重点投下は、国内製造業を維持・発展させるためにも、誘導施策の一つとして必要ではないだろうか。

産業の今後を産学官のみならず、経産省や学識経験者、場合によっては海外ポテンシャルクライアントからの意見聴取、調査を行った上で、プロジェクトの成功後の商業化の姿について、しっかりしたイメージを描いたプロジェクトを計画すべきである。今後、鉄鋼業を含め、国内製造業の海外立地も一つの選択肢として念頭におく必要があると考える。プロジェクトでは、技術的環境と実現性、技術的商業性、製品競争力、技術の市場受け入れ性（コスト、環境）の産業投資力の5点から冷徹に議論して立ち上げるべきである。国の多くのプロジェクトが実質的に成功していないことを考えると、この点は十分な準備が不可欠である。また、開発する技術・プロジェクトを世界のどこで実用化し、収益をあげるかについても明確にする等、プロジェクト終了後も時宜を考えた活用を、柔軟かつ大胆に発想すべきである。