

平成21年度経済産業省委託調査

平成21年度追跡評価調査事業
(石炭高度転換コークス製造技術の開発プロジェクトの追跡評価のための調査)

報 告 書

平成22年3月

株式会社日鉄技術情報センター

は じ め に

「石炭高度転換コークス製造技術開発」プロジェクト（SCOPE21）は、既存コークス炉の大規模な設備更新時期を目前に控えていることを踏まえ、原料用石炭の炭種制約緩和を目指しつつ、環境問題を大幅に改善するとともに、省エネルギー型で生産効率の高い革新的なコークス製造プロセス技術を開発することを目的として、平成6年度から平成15年度まで実施された。

今回の調査は、産業構造審議会評価小委員会石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価ワーキンググループにおける審議をより効率的かつ効果的に実施するため、実用化促進についての調査、事業終了後のマネジメントについての調査、追跡評価の審議を円滑に推進するための調査等を行った。

本書は、これらの調査の結果をとりまとめたものである。

なお、「石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価報告書（案）」は、産業構造審議会産業技術分科会第29回評価小委員会（平成22年3月2日開催）において審議され、了承されている。

本調査の遂行にあたって実施したヒアリング調査、情報提供等にご協力を頂いた関係者各位に厚く御礼を申し上げたい。

平成22年3月

株式会社日鉄技術情報センター

注) SCOPE21 : Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century

<目次>

第Ⅰ章 注)

石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価報告書（案）

はじめに

評価小委員会委員名簿

追跡評価 WG 委員名簿

審議経過

評価結果の概要	i
第 1 章 評価の実施方法	1
第 2 章 評価対象研究開発プロジェクト	7
第 3 章 評価	19
Ⅰ．波及効果に関する評価	19
Ⅱ．現在の視点からのプロジェクト評価	56
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	67

第Ⅱ章 注)

参考資料 1

平成 20 年度技術評価調査（石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクトの 技術・産業・社会へのインパクトに関する調査）報告書	73
---	----

第Ⅲ章 注)

参考資料 2

平成 21 年度実施追加調査	141
----------------	-----

注)「平成 21 年度追跡評価調査事業（石炭高度転換コークス製造技術の開発プロジェクトの追跡評価のための調査）報告書」は、産業構造審議会評価小委員会に付議された「石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価報告書（案）」のうち、参考資料 1 及び 2 以外を第Ⅰ章、参考資料 1 を第Ⅱ章、参考資料 2 を第Ⅲ章として分割したものである。

第 I 章

石炭高度転換コークス製造技術開発 追跡評価報告書（案）

石炭高度転換コークス製造技術開発
追跡評価報告書（案）

平成22年3月

産業構造審議会産業技術分科会
評 価 小 委 員 会

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成20年10月31日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省技術評価指針」（平成21年3月31日改定）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

「石炭高度転換コークス製造技術開発」プロジェクトは、既存コークス炉の大規模な設備更新時期を目前に控えていることを踏まえ、原料用石炭の炭種制約緩和を目指しつつ、環境問題を大幅に改善するとともに、省エネルギー型で生産効率の高い革新的なコークス製造プロセス技術を開発することを目的として、平成6年度から平成15年度まで実施された。

今回の評価は、「石炭高度転換コークス製造技術開発」プロジェクトの追跡評価であり、当該研究開発プロジェクトが産業や社会に与えたインパクトについて明らかにするとともに、今後実施される研究開発プロジェクトの戦略性を持った企画、運営方法、フォローアップ体制等の改善に資することを目的として行った。

評価は、評価小委員会の下に当該分野の専門家や有識者から成る「石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価ワーキンググループ」（座長：菊池純一青山学院大学教授。以下、「追跡評価WG」という。）を設置し、追跡評価WGで取りまとめた評価報告書案を評価小委員会（小委員長：平澤冷東京大学名誉教授）で審議する体制で行った。

追跡評価WGでは、石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクトの参加者や当該技術分野の動向に詳しい専門家へのインタビュー調査、更に文献調査等で得られた最新の情報も参考にして審議を行い評価報告書案を作成した。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

平成22年3月

産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
委 員 名 簿

委員長	平澤 洽	東京大学 名誉教授
委 員	池村 淑道	長浜バイオ大学バイオサイエンス学部 教授
委 員	伊澤 達夫	東京工業大学 理事・副学長
委 員	大島 まり	東京大学大学院情報学環 教授 東京大学生産技術研究所 教授
委 員	菊池 純一	青山学院大学法学部・大学院法学研究科 ビジネス法務専攻 教授
委 員	鈴木 潤	政策研究大学院大学 教授
委 員	辻 智子	日本水産株式会社 顧問
委 員	富田 房男	放送大学北海道学習センター 所長
委 員	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所 取締役 東京大学先端技術研究センター 特任教授
委 員	山地 憲治	東京大学大学院工学系研究科 教授
委 員	吉本 陽子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 経済・社会政策部 主任研究員

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省 産業技術環境局 技術評価室

産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会
石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価WG委員名簿

座 長	菊池 純一	青山学院大学法学部・大学院法学研究科 ビジネス法務専攻 教授
委 員	酒井 敦	J F E スチール株式会社技術企画部 製鉄S B Uリーダー 理事
委 員	瀬田 博	株式会社化学工業日報社 出版事業部長
委 員	浜田 直也	新日本製鐵株式会社技術開発本部技術開発企画部 技術企画グループ長
委 員	三浦 孝一	京都大学大学院工学研究科 教授
委 員	三浦 隆利	東北大学大学院工学研究科 教授
委 員	三輪 隆	社団法人日本鉄鋼連盟 SCOPE21 推進委員会 委員長 新日本製鐵株式会 執行役員
委 員	持田 勲	九州大学炭素資源国際教育研究センター 特任教授 九州大学 名誉教授

(敬称略、五十音順)

事務局：経済産業省 産業技術環境局 技術評価室

石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価
審議経過

○第1回 石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価 WG（平成21年12月14日）

- (1) 追跡評価 WG の公開について
- (2) 追跡評価の実施について
- (3) 評価対象研究開発プロジェクトについて
- (4) 追跡調査結果の報告について
- (5) 追跡評価の検討について
- (6) 評価コメント票の検討について
- (7) 評価報告書の構成について
- (8) 今後の予定について
- (9) その他

○第2回 石炭高度転換コークス製造技術開発追跡評価 WG（平成22年2月1日）

- (1) 前回議事録確認
- (2) 追跡評価報告書（案）について
- (3) その他

○産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会（平成22年3月2日）

- (1) 追跡評価報告書（案）について
- (2) その他

<目 次>

はじめに

評価小委員会委員名簿

追跡評価 WG 委員名簿

審議経過

評価結果の概要

第 1 章 評価の実施方法-----	1
1. 追跡評価の目的-----	1
2. 評価者-----	1
3. 評価対象-----	1
4. 評価方法-----	2
5. 評価項目・評価基準-----	2
第 2 章 評価対象研究開発プロジェクト-----	7
1. プロジェクトの目的・基本計画-----	7
2. プロジェクトの実施体制-----	9
3. プロジェクト概要-----	12
第 3 章 評 価-----	19
I. 波及効果に関する評価-----	19
I-1. 技術波及効果-----	19
I-2. 研究開発力向上効果-----	33
I-3. 経済効果-----	40
I-4. 国民生活・社会レベルの向上効果-----	47
I-5. 政策へのフィードバック効果-----	54
II. 現在の視点からのプロジェクト評価-----	56
II-1. 国家プロジェクトとしての妥当性-----	56
II-2. 目標設定-----	59
II-3. プロジェクト実施方法-----	61
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-----	63
II-5. プロジェクト終了後のフォローアップ方法-----	65
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-----	67
参考資料 1. 平成 20 年度技術評価調査（石炭高度転換コークス製造技術開発 プロジェクトの技術・産業・社会へのインパクトに関する調査） 報告書-----	73
参考資料 2. 平成 21 年度実施追加調査-----	141

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収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

仕様の炉体のみの増設で、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、実操業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、今後も実機操業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を、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想像され、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有り、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。

製鉄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ィー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溶解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・広がり是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・転炉法及び竖炉還元・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え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イ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い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える。

さらに、海外企業との合併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思われる。

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、総体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いっ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、今後が期待できる。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体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みれば、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

一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「優れた特性を確認している事等から、リブ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、SCOPE 2 1 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發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、前者にあつ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。

第1章 評価の実施方法

追跡評価は、「経済産業省技術評価指針」（平成14年4月1日経済産業省告示第167号、平成21年3月31日改正、以下、「評価指針」という。）に基づいて以下のとおり行われた。

1. 追跡評価の目的

経済産業省が実施してきた研究開発プロジェクトは多数存在しているが、近年、それらの研究開発成果の迅速な実用化や、それに伴う日本企業の競争力強化及び市場創出等が重要とされている。

このため、本追跡評価では研究開発プロジェクトが技術・産業・社会に与えたインパクトについて明らかにすることに加え、研究開発プロジェクトの成果の実用化へ向けた推進体制や学会等における研究開発プロジェクト終了後の動向をフォローアップし、現在の視点から総合的に評価することにより、今後実施される研究開発プロジェクトの戦略性を持った企画、予算、運営方法、フォローアップ体制等の改善に資することを目的とする。

なお、評価指針において評価の目的は

- ・評価を適切かつ公正に行うことにより、研究者の創造性が十分に発揮されるような、柔軟かつ競争的で開かれた研究開発環境の創出など、より良い政策・施策の形成等につなげること。
- ・評価を支援的に行うことにより、研究開発の前進や質の向上、独創的で有望な優れた研究開発や研究者の発掘、研究者の意欲の向上など、研究開発を効果的・効率的に推進すること。
- ・高度かつ専門的な内容を含む技術に関する施策・事業の意義や内容について、一般国民にわかりやすく開示すること。
- ・評価の結果を技術に関する施策・事業の継続、拡大・縮小・中止など資源の配分へ反映させることにより資源の重点化及び効率化を促進すること。また、研究開発をその評価の結果に基づく適切な資源配分等通じて次の段階に連続してつなげることなどにより、研究開発成果の国民・社会への還元の効率化・迅速化に資すること。

とされている

また、経済産業省では、平成21年3月31日に評価指針を改正し、「技術に関する施策の評価」を導入した。この改正に伴い、同様の目標を有する複数の研究開発事業の評価を束ねることにより、各事業（研究開発プロジェクト）ごとの評価に加えて、事業のまとまりを俯瞰した評価も実施することとした。これは、ある技術分野全体の方向性を勘案しつつ、同様の目的を有する研究開発プロジェクトのまとまりを俯瞰し、個々の事業評価では見ることのできなかった各研究開発プロジェクトの相互関係の明確化、他省庁の研究開発プロジェクトとの役割分担の明確化等を目的としたものである。

2. 評価者

本追跡評価WGは、産業構造審議会産業技術分科会評価小委員会において、同評価小委員会の下に新たに設置することが了承された。評価指針で評価者は、分野の専門性をバックグラウンドに持つ専門家、経済社会のニーズ、研究開発の波及等について指摘できる有識者等の外部評価者と定められている。これに基づき、8名が選任された。なお、本追跡評価WGの事務局については技術評価指針に基づき、経済産業省産業技術環境局産業技術政策課技術評価室が担当した。

3. 評価対象

平成21年度は、平成6年度から平成15年度にかけて実施された「石炭高度転換コークス製造技術開発」プロジェクトを対象に追跡評価を行った。

対象研究開発プロジェクト

- 名 称：石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクト
- 実施時期：平成6年度（1994年度）～平成15年度（2003年度）の10年間
- 研究開発費総額：約115億円（補助率2／3）

4. 評価方法

対象プロジェクトの評価を実施するに際して、対象プロジェクトに関する文献調査や、実施当時の参加者等へのインタビュー調査を中心に、研究開発活動や研究開発成果が技術、経済及び社会に及ぼした波及効果を調査・分析・整理し、その追跡調査結果に基づいて、追跡評価項目に沿った評価コメントをとりまとめ、審議を行うといった手順で評価作業を進めた。

追跡調査は、中立性・客観性を確保するため、第三者機関である（株）日鉄技術情報センターに委託し実施された。

5. 評価項目、評価基準

本追跡評価WGにおいては、経済産業省産業技術環境局技術評価調査課（現技術評価室）において平成21年6月に制定した「経済産業省技術評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準について」に基づいて、「Ⅰ．波及効果に関する評価」及び「Ⅱ．現在の視点からのプロジェクトの評価」について、それぞれ評価した。

以下の枠内は、その標準的評価項目・評価基準である。

標準的評価項目・評価基準（追跡評価）

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

- ・プロジェクトの直接的及び間接的な成果は、製品やサービスへの実用化にどのように寄与したか、あるいは寄与する可能性があるか。特許取得やその利用状況、市場環境の変化、競合技術の台頭等を踏まえて評価する。

- ①プロジェクト終了後に実用化した製品やサービスは数多くあったか。
- ②プロジェクトの成果から今後実用化が期待される製品やサービスはあるか。
- ③多額の実施料収入を生み出す等、インパクトのある技術が得られたか。
- ④外国での特許取得が行われたか。
- ⑤基本特許を生み出したか。

（２）プロジェクト成果からの技術的な広がり具合

- ・プロジェクトの成果により直接的に生み出された技術は、関連技術分野に技術面でのインパクトを与えたか。派生技術には、プロジェクト実施当時に想定されていたもの、想定されていなかったものを含めてどのようなものがあり、それらはどのように利用されているかを踏まえて評価する。

- ①数多くの派生技術を生み出したか。
- ②派生技術は多くの種類の技術分野にわたっているか。（当該技術分野、他の各種技術分野）
- ③直接的に生み出された技術又は派生技術を利用した研究主体は数多くあるか。
- ④直接的に生み出された技術又は派生技術を利用する研究主体は産業界や学会に広がりを持っているか。（参加企業、大学等、不参加の同業種の企業、その他の産業等）
- ⑤参加企業等が自ら実施する研究開発の促進効果や期間短縮効果はあったか。

（３）国際競争力への影響

- ・直接的に生み出された技術の成果技術や派生技術により、国際競争力はどのように強化されたか。

- ①我が国における当該分野の技術レベルは向上したか。
- ②外国と技術的な取引が行われ、それが利益を生み出しているか。
- ③プロジェクトの技術分野に関連した外国での特許取得は積極的になされているか。

- ④国際標準の決定に対し、プロジェクトはメリットをもたらしたか。
- ⑤国際標準等の協議において、我が国がリーダーシップをとれるようになったか。
- ⑥外国企業との主導的な技術提携は行われたか。
- ⑦プロジェクトが外国の技術政策に影響を与えたか。
- ⑧上記⑦の結果、技術交流が促進されたり、当該分野で我が国がイニシアチブをとれるようになったか。

I－2．研究開発力向上効果

(1) 知的ストックの蓄積度合

- ・特許や、研究者のノウハウ・センス・知識等の研究成果を生み出す源となる知的ストックはどのような役割を果たしたか。それらはプロジェクト終了後も継承され、次の研究の芽になる等、今後も影響を持ち得ることができるか。
- ①当該分野における研究開発は続いているか。
- ②プロジェクト終了後にも、プロジェクトに参加した研究者が派生技術の研究を行っているか。
- ③プロジェクトの終了時から現在までの間に、知的ストックが将来的に注目すべき新たな成果（画期的な新製品・新サービス等）を生み出す可能性は高まっているか。

(2) 研究開発組織の改善・技術戦略への影響

- ・プロジェクトは、研究開発組織の強化・改善に対してどのように役立ったか。あるいは、実施企業の技術戦略に影響を与えたか。
- ①企業を超える研究開発のインフラとして、学会、フォーラム、研究者間交流等の公式・非公式の研究交流基盤は整備され、活用されているか。
- ②企業間の共同研究の推進等、協力関係、良好な競争的關係が構築されたか。
- ③顧客やビジネスパートナーとの関係の変化が、経済性を向上させたか。
- ④技術の管理組織を再編成する契機となったか。
- ⑤研究開発部門の再構成等、社内の組織改編は積極的に行われたか。
- ⑥研究開発の予算規模が増減する契機となったか。
- ⑦プロパテント等の特許戦略に対する意識が高くなったか。
- ⑧知的ストックは、企業の技術戦略にどのような影響を与えたか。

(3) 人材への影響

- ・プロジェクトは研究者の効率的・効果的配置や能力の向上にどのように寄与したか。
- ①国内外において第一人者と評価される研究者が生まれたか。
- ②論文発表、博士号取得は活発に行われたか。

- ③プロジェクト従事者の企業内での評価は高まったか。
- ④研究者の能力向上に結び付くような研究者間の人的交流が行われたか。
- ⑤関連分野の研究者増員が行われたか。
- ⑥国内外から高く評価される研究機関となったか。

I－3．経済効果

(1) 市場創出への寄与

- ・新しい市場を創造したか。また、その市場の拡大に寄与したか。

(2) 経済的インパクト

- ・生産波及、付加価値創出、雇用創出への影響は大きかったか。

- ①直接的に生み出された技術や派生技術の実用化により、製品の売り上げと利益は増加したか。
- ②直接的に生み出された技術や派生技術の実用化により、雇用促進は積極的に図られたか。

(3) 産業構造転換・活性化の促進

- ・プロジェクトが産業構造の転換や活性化（市場の拡大や雇用の増加等）にどのような役割を果たしたか。
- ①プロジェクトが、各関連産業における市場の拡大や雇用の増加等に寄与したか。
- ②プロジェクトが新たな産業の勃興や、既存市場への新規参入、あるいは既存市場からの撤退等をもたらしたか。また、それらが市場全体における雇用に影響したか。
- ③プロジェクトが生産業務の改善や更新に結びついたことにより生産性・経済性は向上したか。

I－4．国民生活・社会レベルの向上効果

- ・プロジェクトによって新たな製品・サービスが実用化されたこと、プロジェクトの成果の応用による生産性の向上や顕著なコストダウン、デファクトを含めた規格化を促進したこと等の事例がある場合、それらは、例えば下記に挙げる項目にそれぞれどのような影響をもたらしたか。

(1) エネルギー問題への影響

- ・エネルギー問題の解決に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

（２）環境問題への影響

- ・環境問題の解決に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

（３）安全、安心、生活の質

- ・国民生活の安全、安心、生活の質の向上に寄与した効果としてどのようなものが考えられるか。

①国民生活の利便性を向上させた事例が存在するか。

②国民生活の安全性の向上に寄与したか。

③プロジェクトの成果は、身障者や高齢者の多様な生活を可能にしたか。また、個の自立を支援するものであるか。

I－５．政策へのフィードバック効果

（１）その後の事業への影響

- ・プロジェクトの成果や波及効果、改善提案、反省点等がその後の研究開発プロジェクトのテーマ設定や体制構築へ反映されたか。

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

- ・国のプロジェクトとしてどのような効果があったか。Ⅰに示した各効果を総合的に評価する。
- ・現在（追跡評価時点）から見て、国が関与する必要性があったか。また、関与の方法や程度は妥当であったか。

Ⅱ－２．目標設定

- ・当時の技術動向、市場動向、社会環境、政策目的等から見て、目標設定の方向性とそのレベルは妥当であったか。

Ⅱ－３．プロジェクト実施方法

- ・プロジェクトの計画策定、スキーム（予算制度）、実施体制、運営方法等の実施方法が現在の視点から見て妥当であったか。

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

- ・事後評価で行われた評価結果は、追跡評価の時点から見て妥当であるか。（現在の事後評価項目の例示）、実用化の見通し（成果普及、広報体制、波及効果）、総合評価、今後の提言
- ・今後の最終評価において改善すべき評価方法、考慮すべき要因等を提案。

Ⅱ－５．プロジェクト終了後のフォローアップ方法

- ・プロジェクトの成果の実用化や普及に対して、プロジェクト終了後のフォローアップ体制が適切であったか。後継の国のプロジェクトを立ち上げる必要は無かったか。
- ・不適切な場合の改善点、より効果を発揮するための方策の提案。

第2章 評価対象研究開発プロジェクト

1. プロジェクトの目的・基本計画

本プロジェクトの基本計画は、平成6年度の産業技術審議会において審議され、定められたものであり、その内容は以下の通りである。

「石炭高度転換コークス製造技術の開発」研究開発基本計画

(1) 研究開発期間 平成6年度から平成15年度(10年)

(2) 研究開発費総額 115億円
・補助率は2/3 石炭生産・利用技術振興費補助金(石炭利用実用化技術開発に係るもの)が財源。

(3) 研究開発の目標

現行のコークス製造法は、主として強粘結炭を使用するという炭種制約や生産性制約、エネルギー多消費構造、環境問題等の課題が多い。このため更新期を迎える今世紀初頭には、石炭資源の柔軟性に富み、環境、省エネルギー、生産性に優れた革新的なコークス製造技術を開発する必要がある。そこで下記の開発目標を設定し、コークス製造プロセスを開発することにした。

- 1) 石炭資源の有効利用 : 非微粘結炭の使用割合増 20% → 50%
- 2) 環境および省エネルギー : NO_x 30%低減
無煙・無発塵の達成、省エネ20%
- 3) 高生産性 : 生産性 3倍、設備費低減

(4) 研究開発課題と進め方

本プロジェクトの主要開発課題と取組み内容を以下に示す。

- 1) 調査研究 (平成6年～平成7年)
 - ・参加企業の現有設備を最大限に活用しながら、目標達成のための開発すべき要素技術の絞り込み作業を実施する。
 - 2) 要素技術開発 (平成8年～平成11年)
 - ・調査研究成果を基に、下記の要素技術についてパイロットプラントの設計に必要な基本仕様の確認作業および実機化時の設計評価技術の検討を実施する。
- ①石炭資源有効利用技術 : i) 石炭の乾燥/分級、急速加熱試験
 - ii) 高温炭成形試験
 - iii) 要素組合せ試験 (急速加熱/塊成化/搬送工程)
 - ②環境/省エネルギー技術 : i) 燃焼構造最適化試験
 - ii) 高シール炉体構造検討
 - iii) 高温炭/コークス密閉輸送試験
 - ③ 高生産性技術 : i) 中低温コークス改質評価試験

3) パイロットプラント試験（平成 12 年～平成 15 年）

- ・パイロットプラント設備は、要素組合せ試験結果をもとに設計する石炭加熱処理工程に、乾留工程とコークス、ガス・タールなどの乾留生成物評価工程までの設備を加え、全系運転が可能な設備とする。一年間の試験操業を行い、開発目標の確認と実機化のためのエンジニアリング・データ収集を実施する。
- ・パイロットプラント設備の中で、開発要素の大きい石炭事前処理設備の一部および乾留炉設備について解体調査（平成 15 年）を行い、実機設備の材料選定に必要な設計データの収集および開発・改良技術の効果確認を行うとともに、実機設備の概念設計の妥当性評価を実施する。

4) トータルシステムの検討（平成 6 年～平成 15 年）

- ・パイロットプラント試験操業で得られた実機設計のためのエンジニアリングデータを基に、コークス生産能力 4,000 トン/日規模の実用化設備の概念設計を実施する。
- ・更に、実機設備の建設費およびコークス製造コストを試算し、同規模の生産能力を有する現行法の湿炭装入プロセスとの比較評価を実施する。

（5）研究開発のスケジュール

補助金ベース（単位：百万円、補助率：2／3）

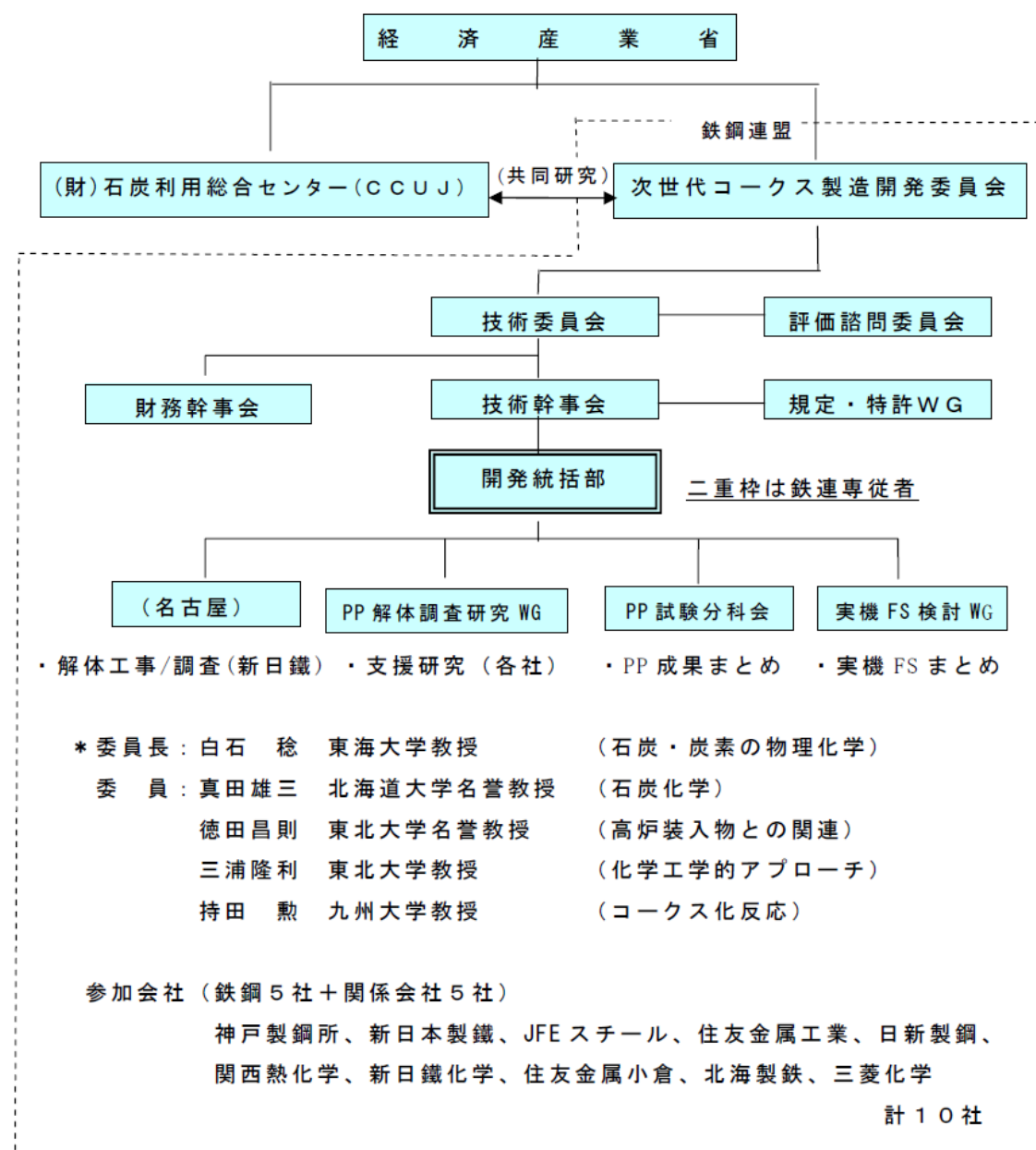
	H 6 年度	H 7 年度	H 8 年度	H 9 年度	H 10 年度	H 11 年度	H 12 年度	H 13 年度	H 14 年度	H 15 年度
●調査研究		→								
●要素技術開発										
(1) 石炭資源の有効利用技術										
① 石炭乾燥、加熱要素試験		→	→	→						
② 高温炭塊成化要素試験		→	→	→	→					
③ 要素組合せ試験						→				
(2) 環境／省エネルギー技術										
① 燃焼構造最適化試験		→	→	→	→					
② 高温炭、コークス密閉搬送試験		→	→	→	→					
(3) 高生産性技術										
① 中低温コークス改質試験		→	→	→	→	→				
●パイロットプラント試験										
(1) 計画、設計				→	→	→	→	→	→	→
(2) 設備化									→	→
(3) 試験									→	→
(4) 解体調査										→
(5) 支援研究										→
●トータルシステム検討	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
事業費実績 (補助金)	98 (65)	398 (265)	1209 (805)	1183 (719)	1076 (687)	2468 (1606)	1621 (1080)	1986 (1322)	1310 (874)	198 (132)

2. プロジェクトの実施体制

本プロジェクトは、(財)石炭利用総合センター(以下、CCUJ)と(社)日本鉄鋼連盟(以下、鉄連)との共同研究として実施された。鉄連に「次世代コークス製造開発委員会」を設置し、加盟企業の鉄鋼会社5社とコークス製造関係会社5社の参加を得、開発委員、技術委員、技術幹事とプロジェクト専従者の開発統括部員を軸に、参加企業の既存設備と人材をフルに活用して研究開発は実施された。

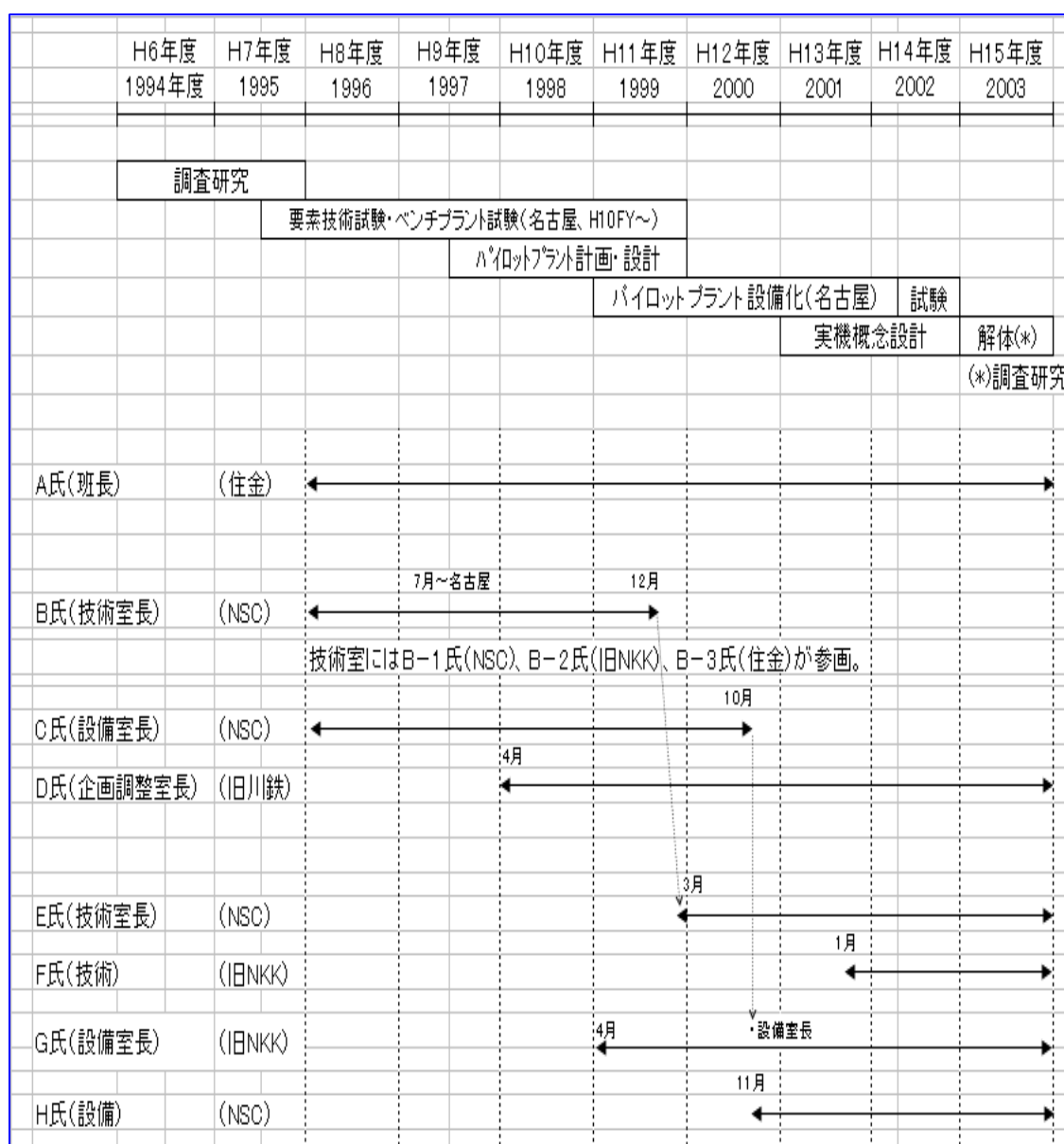
また、本プロジェクトの進捗に合わせて、学識経験者で構成される「評価諮問委員会」を年2回開催、CCUJも参加し、研究開発の進め方、内容の具体的な掘り下げについて評価、助言を得て、研究方針の変更および修正に反映する仕組みがとられた。

なお、開発委員会は副社長クラスで6ヶ月毎、技術委員会は部長クラスで3ヶ月毎、技術幹事会は室長クラスで1ヶ月毎くらいに開催された。



【開発統括部(専従者)の体制】

次世代コークス製造開発委員会の下に開発統括部が設置され、プロジェクトの企画・調整部隊として、本プロジェクトの中枢となった。鉄鋼各社から専従者を出して、プロジェクトの司令塔的役割を担った。下図にその変遷を示す。



【参加企業の分担】

下表に参加各社の分担を示す。

開発項目		開発分担
1. 要素技術開発		
(1) 石炭資源有効利用技術		
①石炭の乾燥／分級、急速加熱試験		新日鉄、 住金(分級(冷間)) 関西熱化学(ダウンフロー型急速加熱機テスト)
②高温炭成形試験		新日鉄、 JFE(旧、川鉄)
(2) 環境／省エネルギー技術		
①燃焼構造最適化試験(低NO _x 化)		JFE(旧、NKK、水モデル)、 住金(燃焼構造)、 JFE(旧、NKK、低NO _x 解析評価)
②高シール炉体構造検討		住金
③高温炭／コークス密閉輸送試験		住金
(3) 高生産性技術		
①中低温コークス改質評価試験		JFE(旧、NKK、温度・ガス解析) 住金(品質評価)
(4) 要素組合せ試験		
①急速加熱／熱間成形／搬送工程		NSC(急速加熱、熱間成形)、 JFE(旧、川鉄、熱間成形) 住金(搬送工程)
2. パイロットプラント試験		
(0) 総合エンジニアリング		新日鉄
(1) 石炭事前処理工程		
①乾燥分級機		新日鉄
②急速加熱機		新日鉄、 神鋼(解析・評価)
③熱間成形機		JFE(旧、川鉄)
④プラグ輸送		住金
(2) 乾留工程(コークス炉)		
①無煙装入装置		住金
②コークス炉本体		NSC(押出し性、炉壁撓み)、 住金(燃焼構造)
③密閉押出、無煙排出(高シール炉蓋)		住金
(3) 窯出し・コークス改質工程		
①コークス密閉輸送		実施せず
②中低温改質評価		住金(品質評価)
(4) その他		
①ガス・副産物評価		三菱化学

2. プロジェクト概要

(1) 事業の背景と目的

1) 石炭利用面

石炭は、他の化石燃料に比べ供給安定性が高く、経済性にも優れ、我が国の重要なエネルギー資源として位置付けられるが、一方で環境問題への対応から CO₂、SO_x、NO_x 等の排出量を低減し、環境調和的な利用の拡大を図る必要がある。

こうした状況の中で、わが国の石炭需要量の4割を占める鉄鋼業（図 1）は、石炭資源の有効利用やクリーンな利用方法について、先導的な役割を果たすことが求められる。

特に主な用途であるコークス製造部門では、大規模な設備更新時期を目前にして、まさに次世代に向けた先端的な高度石炭利用のコークス製造技術の開発が希求されている。

鉄鋼業の成長とともに発展してきたコークス工業は、石炭の利用技術では常に世界をリードしてきた。しかし主要設備であるコークス炉は、稼働開始後平均で 32 年を経過（図 2）し、ここ十数年で順次寿命に至ると予想されている。しかし現行のコークス製造法は石炭資源制約問題や地球環境問題、作業環境問題を抱えており、単純なリプレイスでは将来の社会的要請に応えることはできない。

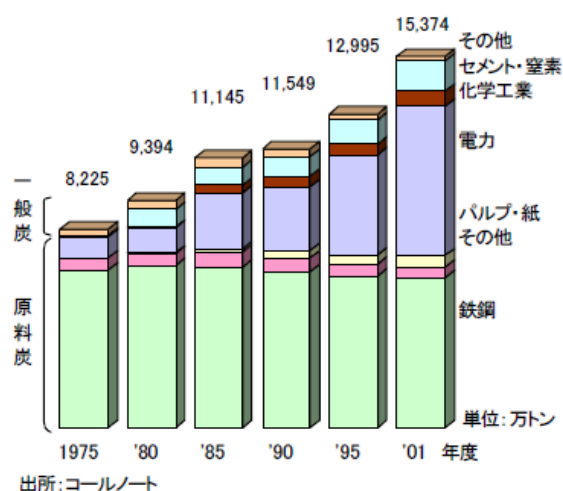


図1 わが国の石炭需要量の推移

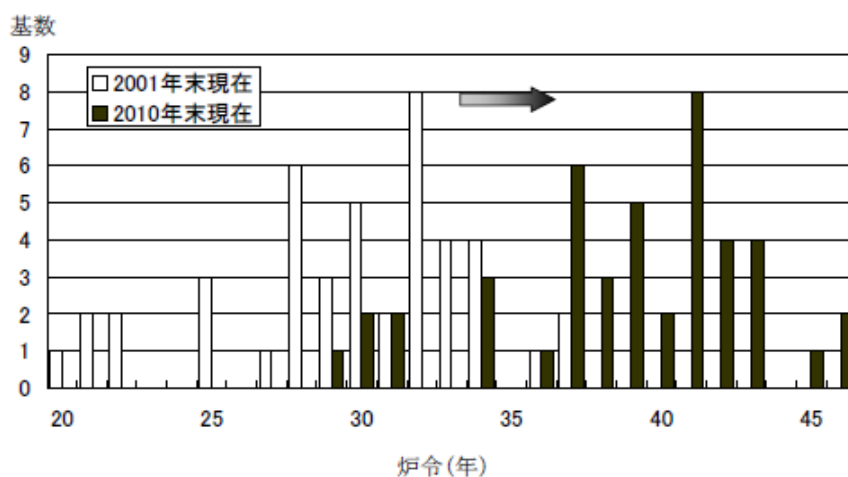


図2 わが国コークス炉の炉令分布

石炭利用の大宗を占め、豊富な技術蓄積を有するわが国のコークス工業が、高効率で環境に配慮した高度な石炭利用を図る次世代コークス製造プロセスを開発することは、同様の課題を抱えている世界のコークス工業に有用であるとともに、そこで開発された技術は石炭を利用する多くの産業にとっても有効に活用され、我が国のエネルギー政策に沿った石炭資源の有効利用と地球環境改善に大きく貢献することが可能であると考えられる。

2) コークス製造面

① 資源制約問題

コークス製造用の原料石炭は、主に資源量に制約のある粘結炭が使われ(図 3)、非微粘結炭は現状の技術では最大でも20%の使用比率が限度である。

石炭資源に乏しく世界の石炭貿易量の約30%を輸入するわが国が、益々タイトになる世界の石炭市場に柔軟に対応していくためには、粘結炭から非微粘結炭まで幅広く利用できる技術が強く望まれる。

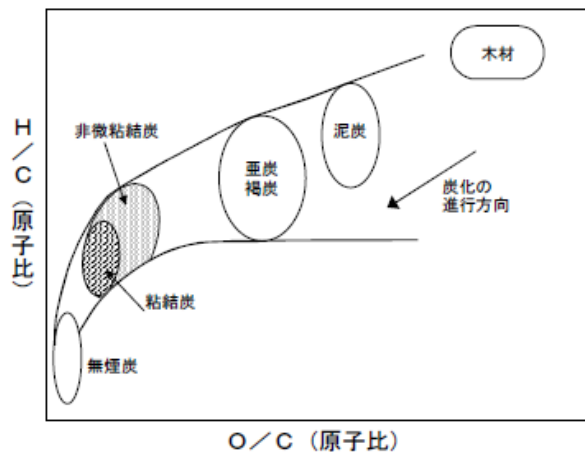


図3 コールバンド上でみた粘結炭の位置づけ

② 環境問題

コークス製造段階では、石炭をコークス炉に装入したり、乾留後に炉からコークスを排出する際などのハンドリングに伴う粉塵や黒煙発生、さらには乾留中の NOx や SOx 発生など、作業環境の悪化とともに、周辺地域の環境悪化が問題になることもある。

また、乾留途中のコークス炉からのガス漏れは、現状技術では完全に抑えることは困難であるが、人体に悪影響を与えることから既に欧米では、米国の CAA (Clean Air Act) に代表される環境規制が実施されており、休止に追い込まれる炉も出始めている。

わが国も同様の規制に現状では完全に対応できているとは言えず、抜本的な環境改善技術を導入した無公害、快適労働環境を保障するコークス製造技術が必要である。

③ 省エネルギー問題

現行のコークス炉は、水分を含む石炭を高温の煉瓦壁を介して間接的に加熱し、常温から 1000℃程度まで乾留してコークスにする。この方式では乾留時間が長いため、生産性が低く、炉体放散熱が大きくエネルギー多消費構造となっている。最大限に乾留時間を短くして、使用エネルギーを低減する新しい乾留技術が必要である。

本技術開発(高度石炭転換コークス製造技術の開発 SCOPE21 (Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century) は、上記の背景の下、

① 石炭の高度利用技術の開発

→低品位石炭の有効利用による資源制約からの開放

② 21 世紀対応の革新的なコークス製造技術の開発

→環境／省エネルギー技術に優れたコークス製造法の確立

→高生産性技術によるコークス製造設備費の削減

を目的に実施したものである。

(2) 目標設定理由

1) 石炭資源の有効利用技術

石炭の急速加熱による石炭粘結性の向上効果と、微粉石炭の成形処理による装入石炭の嵩密度向上効果により、コークス品質を改善し、コークス原料として従来技術では、20% 程度しか使用できなかった非微粘結炭を50% 程度まで拡大利用できるようにする。(図 4)

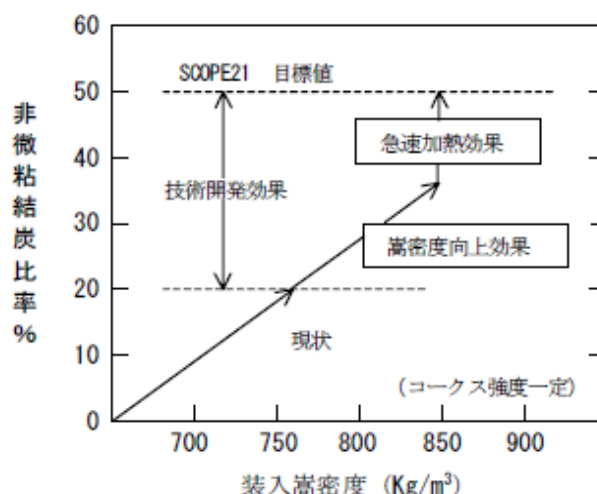


図4 開発技術と非微粘結炭利用拡大

2) 高生産性技術

装入石炭を従来工業化の限界とされてきた石炭の予熱温度 200℃を大きく上回り、熱分解開始温度近傍(350～400℃)まで加熱すること、コークス炉の炭化室壁を高熱伝導化すること、さらには中低温窯出しにより乾留時間の大幅な短縮を図るものである。

なお、中低温窯出しではコークスの強度不足が懸念されるため、乾留温度の不足分はコークス乾式消火設備(CDQ)で再加熱して品質を確保する。

これらの技術により、現行法に比べて生産性を3倍に向上(図5)できる。

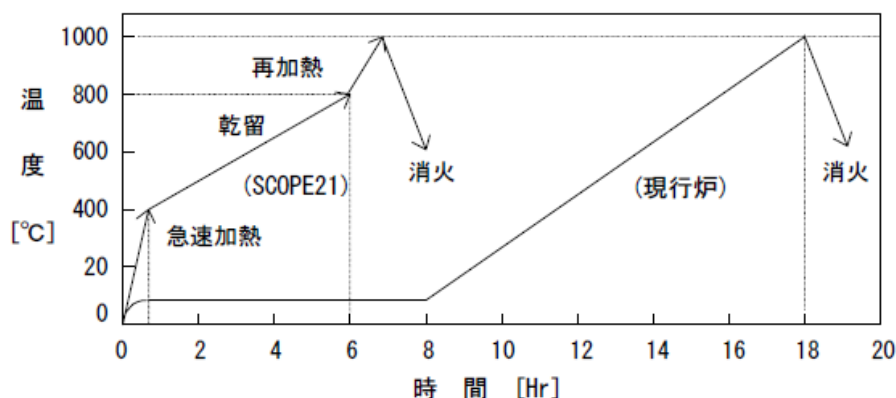


図5 SCOPE21 プロセスと現行法の乾留時間比較概念図

3) 省エネルギー技術

装入石炭の高温予熱による乾留開始温度の引き上げ、中低温乾留による窯出しコークス温度の低下により乾留熱量の低減を図る。また高生産性によりコークス炉設備が大幅に縮小され、発生ガスや燃焼排ガスの顕熱回収が容易となる。これらの効果により大幅な省エネルギーを図ることができる。

4) 環境改善技術

プラグ輸送方式による石炭の密閉搬送、コークスの密閉輸送や炉内圧調整によるコークス炉からのガス漏れ防止により、コークス製造に伴う発煙・臭気・発塵を徹底して防止することができる。またコークス炉の燃焼構造改善により、低 NO_x 化を図ることができる。

(3) 研究開発成果

1) 調査研究

平成 6～7 年度の調査研究ステージで基本プロセスを構築し、実機化までの開発展開を表 1 のように設定した。

表 1 実機化までの開発展開

	石炭事前処理設備	乾留設備
1st B P 試験	0.6 トン/h	実機大燃焼試験
2nd P P 試験	6.0 トン/h	17 トン/窯
3rd 実機想定※	240 トン/h	34 トン/窯

※ 前提： コークス量 4,000 トン/日の生産ユニット

2) 要素技術開発

平成 8 年度から要素技術試験を行い、平成 10 年度には、新日本製鐵（株）名古屋製鐵所構内に最重要工程である石炭事前処理工程のベンチプラント(石炭処理量 0.6 トン/h)を設置(写真 1)し、1 年半の試験操業（要素組合せ試験）を行ってパイロットプラントの設備仕様を確定した。



写真1 ベンチプラントの外観

3) パイロットプラント試験

- ①要素技術開発成果をもとに設計・建設したパイロットプラント(石炭処理量 6.0 トン/h)をベンチプラントに引き続き名古屋製鐵所構内に設置（写真 2）して、一年間の試験操業を実施した。
- ②当初開発目標をほぼ達成（表 2）できることを確認した。
- ③パイロットプラント試験で実機設計のエンジニアリングデータの収集作業を行い、実用化のための総合評価を行った。



写真2 パイロットプラントの外観

表 2 開発目標に対する成果

開発項目	目標	成果
石炭資源の有効利用	・ 非微粘結炭の使用割合増 20%→50%	達成
高生産性	・ 生産性 3 倍	2.4 倍
環境及び省エネルギー	・ 省エネルギー 20% ・ NOx 30%低減 ・ 無煙、無発塵技術の確立	達成（21%） 達成 実機設計データ収集

4) パイロットプラントの解体調査研究

解体調査で、石炭事前処理設備の普通鋼部分の一部で摩耗が見られたが、実機 FS で想定した材質変更で問題ないと評価され、FS 結果に影響を及ぼすことはないと判断された。

(4) 開発目標に対する研究成果の評価

1) 石炭配合(非微粘結炭 50%使用)／コークス強度評価

- ①石炭の急速加熱により分子レベルで構造が変化し、コークス化性が向上した。
- ②原料石炭中の微粉部分を成形することにより嵩密度が増大し、コークス化性が向上した。
- ③これらの効果により、非微粘結炭 50% 配合の操業でも現行方式で想定されるコークス度を大きく上回ることを確認した。(図 6)
- ④中低温で窯出しされたコークスは、再加熱処理により、通常窯出し並のコークス強度に改質可能なことを確認した。

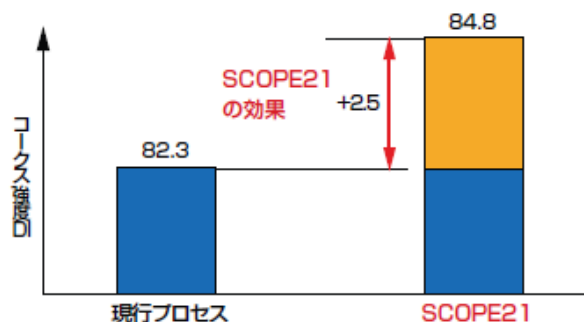


図6 コークス強度向上効果

2) 生産性評価

- ①装入嵩密度が想定レベルに達しなかったこと等により目標の 3 倍は達成できなかったが、現行方式の湿炭挿入に比べて 2.4 倍の生産性向上が可能なことを確認した。(図 7、表 3)
- ②高温加熱炭による高速乾留にもかかわらず、コークス炉の課題とされる炭化室内カーボン付着は通常操業並みで、微粉部分の成形が極めて有効なことを確認した。(写真 3)

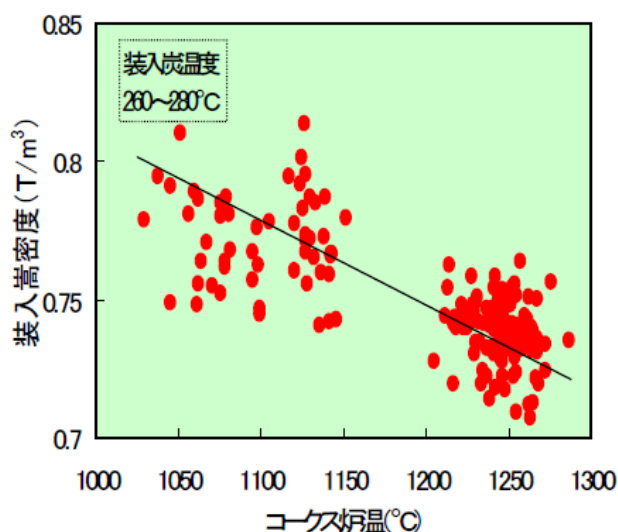


図7 コークス炉温と装入嵩密度

表3 生産性評価結果

(前提条件)

	現行炉	SCOPE21
装入炭温度(°C)	常温	330
嵩密度(t/m3)	0.70	0.72
乾留時間(h)	17.5	7.4
稼働率(%)	137	326

(評価結果)

生産性	1	2.4
-----	---	-----

注) 生産性 = 嵩密度 × 稼働率



成形なし



成形あり

写真3 炭化室内のカーボン付着状況

3) 環境対策評価

- ① 乾留炉の新燃焼構造バーナーの開発によりヒートスポットを抑制し、燃焼排ガス中の NO_x を 100ppm 以下に低減可能なことを確認した。(図 8)
- ② 加熱炭を気流で輸送するプラグ輸送方式の開発によって、300 トン/h を超える能力で無発塵装入が可能になることを確認した。
- ③ 密閉型の窯口集塵構造や上昇管集塵の開発によって、COG が発生している状態で中低温窯出しが可能なことを確認した。

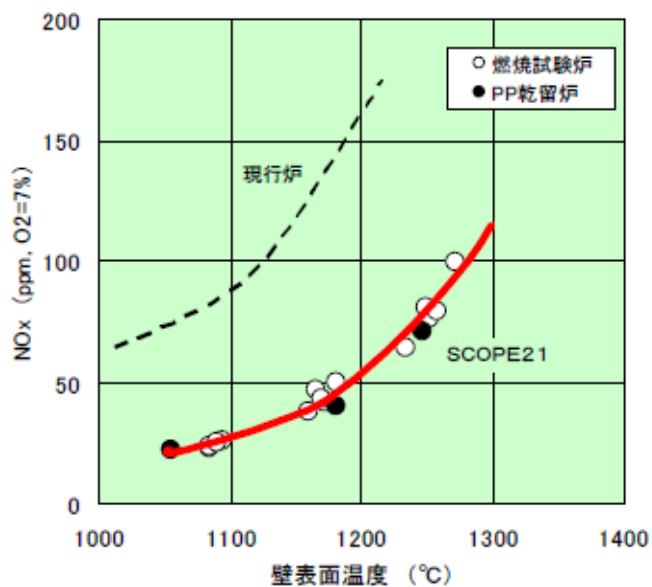


図8 コークス炉燃焼室壁温度と NO_x 発生状況

第3章 評価

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収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のみの増設で、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、リプレイス需要が増大し、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、実操業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、今後も実機操業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。

<肯定的意見>

- ・過去の技術蓄積の上に、急速過熱による石炭の改質効果を加算した技術群が獲得された。これにより、商用化レベルにおいて、安価な劣質炭の使用比率を上げることが可能になり、かつ、省エネルギー効果が得られ低 NO_x、CO₂ 排出削減が図られた。主要な技術は、特許登録がなされている。これらの諸点を鑑みると、実用化を目指した研究開発プロジェクトとして成功を収めたものであるといえる。(菊池委員)
- ・本プロジェクトの研究成果は新日本製鐵(株)大分製鐵所の新しい第5 コークス炉で石炭事前処理(微粉急速加熱除く)と低 NO_x 燃焼システムが実用化され、また、JFE スチール(株)西日本製鐵所や住友金属工業(株)和歌山製鐵所などで、開発された要素技術である「低 NO_x 燃焼システム」を部分実機化しており、高く評価される。今後も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。外国特許も含め、重要技術の権利化も順調である。(酒井委員)
- ・①プロジェクト終了後、鉄鋼連盟が技術普及の目的で SCOPE21 推進委員会を設置し、活動していることは、わが国鉄鋼業が国際競争力、コスト低減、省エネルギー、原燃料対策、地球環境などの問題に対応し、基幹産業としての役割を持続するための必要不可欠の技術であることを示している。また新日本製鐵(株)、住友金属(株)、JFE スチール(株)など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

高いことを示している。

②実機による省エネルギー効果、CO₂削減効果がプロジェクト終了時に見込まれた数字に満たないケースがほとんどであるが、実機における操業データとしては想定内であるといえる。このなかで導入各社が改良、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。(瀬田委員)

- ・本プロジェクトの研究開発課題の中核の要素技術である「石炭事前処理技術」が1基に、さらに環境対応の視点でインパクトの大きい「低 NO_x 新燃焼構造バーナー」が5基の実用機に適用されており、標準的な国家プロジェクトの実用化成果のレベルと比較しても、既に遺憾なく効果が発揮されている。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、その発展性は高いと評価できる。知的財産面においても、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秀でたものと評価できる。(浜田委員)
- ・本プロジェクト「SCOPE21」の成果である、「石炭事前処理技術」及び「低 NO_x 新燃焼構造バーナー技術」を導入した新しいコークス炉（第5コークス炉）が 2008 年 5 月 30 日、新日本製鐵(株)大分製鐵所において竣工した。その後、2009 年 1 月には稼働率 184.5% 操業が達成された。新コークス炉で製造されるコークスの強度 DI（ドラムインデックス）の平均値は 86.7 で、当初の計画通りの強度が得られている。また、石炭配合中の非微粘結炭比率の平均値は 54%にも達し、当初計画値以上の比率を達成している。2003 年にプロジェクトが成功裡に成功してからわずか5年後に、プロジェクトの成果がほぼそのまま生かされた商業炉が竣工するとともに、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、この種の大型のプロジェクトとしては画期的な出来事である。

さらに、JFE スチール(株)西日本製鉄所福山地区に 2009 年 5 月に竣工した増設炉、JFE スチール(株)西日本製鉄所倉敷地区で 2010 年 6 月に竣工予定で建設中の第 6 コークス増設炉団、住友金属工業(株)和歌山製鉄所で 2009 年 5 月に竣工して順調に稼働している第 1 コークス炉、ならびに住友金属工業(株)鹿島製鉄所で 2011 年の竣工予定で進められている増設炉においては、SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NO_x 燃焼システム」が導入、あるいは導入予定である。このように、SCOPE21 で開発された技術は我が国の製鉄会社において着実に実用化に結び付けられている。

さらに、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、今後順次建替えられていくが、その際にも SCOPE21 の技術、ならびにさらにそれを改良発展させた技術が全面的、あるいは部分的に採用されていくのは間違いなく、我が国に限れば SCOPE21 の成果は着実に実用化に結び付けられ、鉄鋼業の維持・発展に寄与するものと予想される。

特許に関しては、プロジェクト中に 65 件が出願され、そのうち 24 件が登録された。基本的主要特許 15 件は、プロジェクト参加企業が無償で使えるように、(社)日本鉄鋼連

盟が権利を継承する形態となっている。これらのうち国内特許 5 件をまとめて 3 件が外国出願されている。このように工業所有権の取得は着実に進められた。さらに、プロジェクト終了後も、4 年間で 27 件が出願されており継続して知的ストックが蓄積されている。(三浦(孝)委員)

- ・急速加熱と一般炭使用量の増加への技術があり、生産性が 184.5%に増加していることは成熟技術分野では画期的な開発と言わざるを得ない。184.5%は、開発した高熱伝導性煉瓦の使用を見送っているため、本来 10 時間以内で乾留終了できるはずが、13 時間要するような安全サイドで操作していることによるが、開発煉瓦使用の目途が立てばさらに改良される。(三浦(隆)委員)
- ・本プロジェクトの成果の根幹をなす「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「低 NOx 新燃焼構造バーナー技術」は 4 基の実機に適応された。更に国内コークス炉は順次更新時期を迎える事になり、今後更なる実用化が各社で期待される。また、知的財産面でも事前処理に代表されるプロセスの基本特許が取得され、65 件の出願(国内特許 5 件を纏めて海外出願 3 件)は高いレベルと言える。(三輪委員)
- ・プロジェクトの成果を受けて、商業炉の建設や商業炉加熱部に採用され、商業的メリットの追及が継続されている。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。今後、さらに技術的向上の基礎が示されていることから、一層の進展を期待している。その際、投資資本が大きくなるため、その調達について、従来モデルだけで対応できるのか、慎重に考える必要がある。また、築炉工等、技能者、管理者等の人材も、地球レベルの解決を考えておく必要がある。これらはわが国の国際戦略に関わる。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・①部分導入にとどまっている企業が多くあることは依然、技術改善の余地が高いといえる。さらに応用開発を推進することによって、部分最適化と全体最適化を図る必要がある。
- ②SCOPE21 プロセスが国内での本格導入、世界的に技術普及をしていくためには最適化の問題以外に築炉の課題解決に取り組む必要がある。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、製造メーカーがいないこと、築炉技術者が高齢化し、技術継承が行われていないのが現状である。
SCOPE21 プロセスの性能、効果を最大限引き出していくためには均一高品質な耐火煉瓦を高精度に築造していくことが絶対条件である。ただ国内で珪石煉瓦の生産を再開することは難しい、このため中国などで生産国に高品質で均一な珪石煉瓦の製造技術を輸出、あるいは製造委託することによって確保するとともに、国際的に技術の継承、技術者の育成を図る必要がある。(瀬田委員)
- ・技術的な課題としては、石炭のみの熱間成形では、歩留りが 60%前後でピッチ等の粘結剤を加えることが必要であった点が残念である。

開発した高密度珪石煉瓦は生産性向上(コークス製造時間短縮)に大きく貢献するはずで耐久試験等が不足していると言わざるを得ない。(三浦(隆)委員)

築炉工不足問題が指摘されていたにもかかわらず、世代交代が進まず対策が進まなかった。待遇面の改善、特に資格試験を導入し、高給取りのイメージ作りも必要であり、作業現場の汚さ、作業現場、事務所などの住環境の劣悪さの改善が必要である。

JFE スチール(株) 西日本製鉄所福山地区と倉敷地区の場合、コークス生産増加に対応した工事であり、既設設備を最大限活用した炉体のみの増設であるため、SCOPE21 の最大の成果である急速加熱、熱間成型、中低温乾留、CDQ 改質、炉壁薄壁化等は採用しなかった点が残念である。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・国内の既存コークス炉の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。SCOPE21 プロセス技術の実用化の判断においては、大分製鐵所第5コークス炉の実操業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が必要である。このような評価こそが実機化促進に効果があるものと考えられるため、今後も実機操業実績について継続的な調査が望まれる。(酒井委員)
- ・最近の国内コークス炉の建設、増設に際して、海外(中国)からの輸入に頼る珪石煉瓦の品質バラツキや形状精度不十分等の問題があったと聞いている。珪石煉瓦は、多量に使用し、信頼性が不可欠な重要な資材であり、品質向上の対策が急がれる。また、築炉工の不足、高齢化、技能低下等が顕在化しており、コークス炉の建設や大修理における不安が増している。築炉業界の脆弱性が露呈されており、業界団体組織の設立や国の指導・支援等が必要と考える。(浜田委員)
- ・新日本製鐵(株) 大分製鐵所において竣工した第5コークス炉においても、SCOPE21 の他の成果である「石炭微粉側の高温気流加熱」と「中温釜出しした 800℃の石炭をコークス乾式冷却設備(CDQ)を用いて 1000℃へ改質する工程」の採用は見送られている。SCOPE21 では、これらの技術を含めてコークス製造効率の向上が計画された。採用が見送られた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すべきである。また、新日本製鐵(株) 以外では、「低 NO_x 燃焼システム」技術しか導入されていない理由についても検討が必要と思われる。(三浦(孝)委員)

(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想像され、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有り、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。

製鉄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ィー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。

＜肯定的意見＞

- ・プロジェクト終了後、実用化が進む中で、設備関連の開発により特許発明がなされている。さらに、操業改善などによる技術の改善がなされている。（菊池委員）
- ・本プロジェクトの最大の研究成果である石炭の乾燥、予熱技術は、石炭利用分野である石炭火力発電所などへ波及可能性が有り、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、低 NO_x 燃焼技術、高熱伝導性珪石煉瓦技術、加熱炭のプラグ輸送技術も工業炉における環境対策、加熱効率の向上等に波及効果が期待される。（酒井委員）
- ・本プロジェクトの中核をなす石炭の急速加熱時における反応機構・素過程に関わる理論的な知見は、コークス製造のみならず石炭火力発電や高炉微粉炭吹き込みなどの石炭利用技術において広く活用が可能なものである。

また本プロジェクトで研究された核磁気共鳴（NMR）を用いた高温場における分子イメージング技術は、前記素過程の解明に必須のツールとなったが、これも高温場における分子挙動の解明手段として広く適用が可能な技術である。これらは代表的な派生技術であるが、国家プロジェクトで実行したからこそ、その研究成果が大学や業界内で共有化され発展性を生み出したと共に、研究資金や定期報告の意味合いで研究開発が大幅に加速されたものと評価する。（浜田委員）

- ・SCOPE21 の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想像される。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も明らかである。一方で、SCOPE21 の成果を全面的に導入しようとしたと思われる新日本製鐵（株）大分製鐵所において竣工した第5コークス炉においても、「石炭微粉側の高温気流加熱」と「中温釜出しした800℃の石炭をコークス乾式冷却設備(CDQ)を用いて1000℃へ改質する工程」の採用は見送られている。実用化の段階で技術の取捨選択が起こり、より洗練された技術に変化したことを示唆している。

また、SCOPE21 の成果が全面的に商業化されないとしても、たとえば要素技術であ

る流動層分級や気流層加熱技術は、高炉操業で幅広く実施されている微粉炭羽口吹き込み（PCI：Pulverized Coal Injection）プロセスにおけるより高効率な分級・乾燥技術として利用される可能性もある。

このように、SCOPE21 で開発された技術は、実機化の過程を経てそれ自身がより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、技術的な広がりは大きいと判断する。

派生した研究としては、特に石炭の軟化溶融・コークス化現象に対する理解が大きく進展した点と、より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。前者においては、“in-situ”NMR 溶剤抽出法などの進展により急速加熱に伴なう軟化溶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。また、“in-situ”NMR 技術は高炉内でのコークスの反応劣化現象の解明、石炭の灰分、スラグ、耐火物など無機物質の構造解析、組織解析を対象とする研究へも発展している。後者の研究では、SCOPE21 では非微粘結炭の使用割合の増加が目的であったが、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・広がり是非常に大きいと言える。（三浦(孝)委員）

- ・ 製鉄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。押出し圧が従来の 30～40t の時の半分以下の 15t で操作しているが、これは生産性向上による押出し回数の増加に拘わらず低い圧力で操作できることは炉の寿命や省エネルギー性の上で大きな知見である。（三浦(隆)委員）
- ・ 本プロセスの事前処理設備を構成する、石炭の粉砕・乾燥・分級・搬送等の要素技術は微粉炭を取り扱う石炭火力発電、高炉微粉炭吹込み分野においてその安定性・効率向上等に波及する可能性はある。また、防災の観点での知見も有用である。また、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た高温NMRは、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。（三輪委員）
- ・ 基本的にはコークス製造へのインパクトが第一義である。後続の商業炉は第一号機建設及び一号機使用の完成度と実績をみた後の計画になるのが、通常である。（持田委員）

<問題点・改善すべき点>

- ・ 問題点、課題とはいえないが、SCOPE21 プロセスはもともと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、利用も現在のところコークス炉に限定されている。技術の広がりという点では評価の対象にはならないのではないかと。（瀬

田委員)

- ・従来の珪石煉瓦よりも高密度な珪石煉瓦を開発し、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予想されたが、築造安定性への不安から耐久性に疑念があるのと、製造コストが 2 倍以上となった点で採用を断念した点は残念である。熱の有効利用を図るために、必要なら製鉄分野等で開発煉瓦の使用も考慮すべきだ。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・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(流動床の採用など)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を検討すべきだ。(三浦(隆)委員)
- ・SCOPE21 コークス炉を製鉄への利用のみで操作しているが、炭種を変えるなどしてコークスとしてよりも全量ガス化し、エネルギー資源分野での利用法も検討しておくことが、他分野への展開上必要である。(三浦(隆)委員)
- ・他の波及効果は勿論あるが、コークス製造の革新に向けて、進展していることが評価の本命である。(持田委員)

（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、レバ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イ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えておくことも大切である。

<肯定的意見>

- ・ 強燃結炭と非微燃結炭の価格差は長期的に開く傾向にあり、安価な原材料を使用する技術の国際的競争力は相対的に強くなるといえる。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、国際競争力への影響は大きい。（菊池委員）
- ・ SCOPE21 プロセスは原料用石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。また、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、実機化第1号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。（酒井委員）
- ・ 技術の国際競争力を評価・判断する場合、個別技術について国際的な優劣、競合技術との比較することももちろん重要であるが、サプライチェーンとして国際競争力を評価する視点が重要である。

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。

わが国の鉄鋼産業は粗鋼生産量が再び 1 億トン超の水準を維持しているが、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、将来的に 1 億トンの粗鋼生産量を維持していくことは厳しい状況であろう。自動車用薄板鋼板など高い品質を要求される分野については依然としてわが国鉄鋼業の競争力はあるが、今後とも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。

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。（瀬田委員）

- ・ 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実用的なプロセス技術の開発まで一貫して実現した国は我が国のみであり、世界トップランナーに躍り出る原動力となった。実用面においても相対的に入手が容易な非微粘結炭の多量使用が可能となったことにより、日本鉄鋼業の国際競争力強化の重要な一翼を担っている。（浜田委員）

- ・ **SCOPE21** プロジェクトの実行を通じて、わが国の当該分野における技術レベルは確実に向上したと考える。(2) プロジェクト成果からの技術的な広がり具合に述べたように、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、コークス製造に関する技術レベルは大幅に向上したと思われる。具体的には、分級粉碎法、自動燃焼管理技術、予熱炭装入技術、石炭調湿炭技術、石炭塊成化装入技術等の技術が **SCOPE21** で開発された新技術と融合して、いわばコークス化技術の集大成へと進展したと言えるであろう。

いまや世界中でコークス製造技術開発のポテンシャルを有する国はドイツと日本と言っても過言ではない。本プロジェクトに先行してドイツを主体に欧州 8 ヶ国が共同して超大型コークス炉（ジャンボコークス炉）の開発が行われたが、実用化には至っていない。本プロジェクトは、コークス製造法の主流である副産物回収方式の室炉式コークス製造法における各プロセスの機能最大化を狙った先進的な技術開発である。その成果として、技術的にほぼ完成の域に達したこと、目前に迫った既存コークス炉のリブ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。

外国との技術的な取引に関しては、ごく最近、我が国の **CDQ** 技術が中国に導入されることが報道された。**SCOPE21** そのものについてはこれからと思われるが、上述のように **SCOPE21** とそれから派生した技術は世界の最先端技術であり、それが順調に動いていることが伝われば、韓国、中国、インド等これから鉄鋼業が発展する国へ導入が進むものと期待される。(三浦(孝)委員)

- ・ 設備費や製造費も圧縮できるとされ、それぞれ 16%(乾留炉 40%、事前処理 25%)、18%(固定費 44%、変動費 38%)となっている。さらに非微粘結炭が 50%使用できる点もメリットとして上げられる。レベラーが通常使用されるが、乾燥により含水率が 2%以下となり、安息角が低下し、レベラーの必要がなくなったことは操作運営上、大きな省力化であり、評価できる。(三浦(隆)委員)
- ・ 本プロジェクトの実行を通じて、我が国の当該分野の技術レベルは大幅に向上したと言える。産学連携の下、共同研究会の活動を通じて得られたシーズを本プロジェクトの実行により発展させ、これまでの技術蓄積と融合させ世界最高の技術に仕立てたと評価できる。

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、高速乾留をキーにした **SCOPE** が実機化されたことは当該分野で我が国が大きくリードした事になり、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。(三輪委員)

- ・ 競争力向上効果が期待できる。世界の製鉄産業の今後の潮流において、技術的、商業的位置づけを柔軟に考えて、常に日本の製鉄産業の将来像になろう。**SCOPE21**

プロジェクトはその重要な基盤を確立したといえる。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・神戸製鋼（株）グループのミドレックス社は、オマーンで年産 72 万 t の天然ガスによる直接還元鉄プラントを受注した。プラントの設計と主要機器の供給で約 55 億円。一方、九州電力（株）等が協力し中国で一般的な高炉・転炉一貫製鉄での還元材（コークス）を、COG に代替し還元材として直接還元鉄を製造し、電炉での粗鋼生産用の原料として利用される(17 万 t/年の直接還元鉄製造)。従来の高炉・電炉一貫製鉄では 1,818 kgCO₂/t・粗鋼の CO₂ 排出があるのに対し、電炉・転炉製鉄では 1,099 kgCO₂/t・粗鋼と約 50%に抑制されるため、粗鋼 1 トンあたり 719 kgCO₂ の排出削減を生み出すことになる。つまり若干の経費や製造費節減では通用しない時代であり、海外との競走に何が必要か抜本的に検討する必要がある。(三浦(隆)委員)
- ・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えておくことも大切である。(持田委員)

<その他の意見>

- ・事前処理に関わる高温炭のハンドリングは未だ長年の操業経験に基づく蓄積・ノウハウに基づく部分が多く、いきなり世界標準化の話題に結びつくレベル感ではないが、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）の次に世界標準となり得るポテンシャルを有すると評価する。

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、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。(浜田委員)

- ・企業の生き残りのために一番重要なことは、1\$が 90 円でも通用する低廉化の製鋼コストであり、そのために尚一層の低減を図ることである。その努力がない限り円高と不況のために赤字を脱出できない理由とされるが、低廉化への努力がない限りアジアへの輸出はないといえ、経営能力のなさが露呈する。(三浦(隆)委員)

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。

<肯定的意見>

- ・本プロジェクト終了後も特許出願され継続的に知的ストックが蓄積されている。実機設備では技術的改良も行われており、実機における操業改善等を通じてさらに新たな成果が得られる可能性も大きいと期待される。（酒井委員）
- ・国内、海外ともに特許出願件数、登録率が高いことは評価できる。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。プロジェクト終了後、参画各社が実機への導入を決定、量産プロセスとして活用しながら改良、改善でチャンピオンデータを獲得していることは新たな知的財産形成にも有効である。（瀬田委員）
- ・プロジェクト終了後も特許出願が継続していることが物語っているように、当該分野

の研究開発は継続している。さらに石炭資源環境に目を向けると、コークス製造分野における劣質炭のさらなる増使用は、絶えず研究開発すべき課題であり、本プロジェクトで得られた蓄積の下にさらに発展的な技術開発が継続しているものと評価している。(浜田委員)

- ・コークスに関する研究は主として(社)日本鉄鋼協会と(社)日本エネルギー学会に所属する研究者・技術者によって遂行されている。(社)日本鉄鋼協会の学術部会では、石炭とコークスに関連した研究会が1977年から継続して設置されてきたが、1990年頃からはSCOPE21と密接に関連したテーマが取りあげられ、技術開発を学術面から支援した。プロジェクト終了後も、劣質炭対応型コークス化技術研究会、次いで高強度・高反応性コークス製造技術研究会と引継がれ、新たな課題に取り組んでいる。さらに、2010年度からは資源対応技術を主テーマとして次の石炭・コークス関連研究会が3年継続の予定で設立された。この(社)日本鉄鋼協会の研究会では、(社)日本鉄鋼協会から研究資金の交付を受けて学官の約10名の研究者がそれぞれ個別の課題を掲げ、それを企業の研究者数名が物心面から支援しながら研究を進めるという画期的な研究会である。常時40名以上の研究者がコークスの研究に切磋琢磨しながら取り組む環境を提供しており、当該分野の研究開発の活性化と人材の育成に大きく貢献している。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・分子レベルからのコークスの炭素基質構造の解析、コークス強度の科学的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。このように、(社)日本鉄鋼協会を中心に当該分野における研究開発は引き続き活発に実施されている。

産業界では、プロジェクトに参加した研究者、技術者が実用化開発を進め、実機の建設、操業に携わったと聞いている。その過程で、種々の改善課題の解決、さらなる技術の向上が検討されている。この成果は今後のコークス炉の建設に生かされるであろう。

特許取得の面では、プロジェクト終了後も、少なくとも石炭事前処理工程で13件、乾留工程で13件、窯出し・コークス改質工程で1件の申請が確認されており、さらなる高性能化を目指して知的ストックが一層蓄積されつつあると考える。(三浦(孝)委員)

- ・コークス分野では(社)日本鉄鋼協会において「高強度・高反応性コークス製造技術研究会」が研究開発として続行され、さらに新年度からコークスに関するプロジェクト研究も今後3年間続行される予定である。開発プロジェクトにより乾燥や粉体伝熱、亀裂発生研究等への展開が図られ、知的財産は大いに生み出されている。0.5mm以下の微粉炭の塊状化の歩留まりを改良する上で炭団型ではなくチョコレート型の成形を行っているが、開発で行った炭団型よりも塊成化率は向上し、91%はノウハウの構築としては大きな進歩である。(三浦(隆)委員)

- ・プロジェクト終了後も特許出願が 27 件と継続しており、当該分野の研究開発は継続していると言える。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、劣質炭の使用拡大等へ向けて継続的に研究開発が継続されている。
(三輪委員)
- ・実機、及びその操作性、収益性向上が継続されている。その進展が適正かどうかは、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、採用を考えておく必要がある。(持田委員)

＜問題点・改善すべき点＞

- ・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。(菊池委員)

＜その他の意見＞

- ・SCOPE21 においては、鉄鋼各社、コークス製造企業から多くの人材を集め、コークス製造プロセスに関する高度な知的ストックを蓄えた。今後のコークス炉老朽化・更新に対応して、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。(浜田委員)
- ・今後の研究は日本の最終エネルギー消費量、原油換算 4 億 kL ほどを如何に安定供給できるか、石炭で可能か否かを検討すべきであり、EAGLE プロジェクトで上手く行っていない分、コークス炉においてガス化装置としての可能性を検討する必要がある。
(三浦(隆)委員)
- ・国として支援も適宜考えるべきである。(持田委員)

(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。

<肯定的意見>

- ・プロジェクト立案の前段階においては、業界と学会主導の研究会による事前検討がなされていた。かつ、プロジェクトの期間中においても、研究会との実質的な連携がなされていた。これらの連携は研究開発の組織的な強化に資したといえる。(菊池委員)
- ・本プロジェクトの提案及び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、基盤技術の研究を通して業界のコークス研究開発の活性化に寄与しており、本プロジェクト及びこのような研究会の活動が企業間の協力関係、良好な競争的關係を強化することにも役立っていると認められる。(酒井委員)
- ・プロジェクト進行中はもちろんだが、終了後にも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のではないかと。(瀬田委員)
- ・相対的に高齢化が進むコークス研究分野において、本プロジェクトでの研究開発の実行ならびに、その後の実用化開発が一企業の枠を越えた若手研究者の育成・相互間の切磋琢磨の機会を与えた影響は大きい。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。(浜田委員)

- ・ 知的ストックの蓄積度合で述べたように、コークスに関する研究は主として(社)日本鉄鋼協会と(社)日本エネルギー学会に所属する研究者・技術者によって遂行されているが、(社)日本鉄鋼協会の学術部会の研究会は企業を超えた研究者交流の場、大学企業の人材の育成の場として画期的な役割を果たしており、まさに企業を超えた研究開発のインフラとして働いている。(三浦(孝)委員)
- ・ コークス研究は企業を超えて研究開発し、相互の知的財産を公開しあっている珍しい研究者間交流が実施されているグループである。そのため開発研究のような場合には企業間の共同研究も推進されるが、そういうプロジェクトがない場合には、良好な競争的関係を構築するに留まっている。しかし研究者は従来から特許取得への意欲はあり、知的ストックも重要であると若い研究者は再認識した。(三浦(隆)委員)
- ・ そもそも SCOPE のシーズは産学連携の下で実施された共同研究の下で誕生したもので、企業の枠を超えた産学連携による基礎研究の重要性は十分認識されている。その後も現在に至るまで、コークス製造分野の(社)日本鉄鋼協会産学共同研究会は継続されており、若手研究者育成・相互交流に大いに効果を発揮している。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いる。(三輪委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・ 実機によるプロセスの改良、改善で、新しい成果の獲得、改善点と効果の相関関係がプロジェクト参画各社にも明らかにされ、共有化することがさらに求められる。(瀬田委員)
- ・ 具体的な製造システム構築による成果を再度プロジェクト関係者に知らせて、問題点などの解決策などを共通認識すべきだ。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・ 事後評価委員会よりも開発に当たった研究者・技術者及び現在の研究者・技術者へ大分を含め SCOPE21 の技術活用成果を公表すべきだ。(三浦(隆)委員)
- ・ 本プロジェクトは国内会社が協力して成功した。今後、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。そのなかで、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。(持田委員)

(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い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。

<肯定的意見>

- ・プロジェクト終了後においても、研究開発の継承がなされ、中核となる研究者が活躍している。パイロットプラントによる集中研究の成功事例であるといえる。(菊池委員)
- ・SCOPE21 開発プロジェクトは革新的なコークス製造技術であることが認められ、(社)日本エネルギー学会「平成 16 年度学会賞（技術部門）」、(社)日本鉄鋼協会「H17 年度共同研究賞（山岡賞）」を受賞している。また、研究開発成果の論文発表が積極的に推進され、米国鉄鋼協会「2008 年度コークス製造ベスト論文賞」の受賞や開発研究員の博士号取得などに繋がっていることは評価できる。(酒井委員)
- ・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、学会での論文賞受賞や、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注目に値する。(浜田委員)

- ・前述の(社)日本鉄鋼協会、(社)日本エネルギー学会におけるコークスに関する研究はその規模、質において世界に類を見ないものである。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ている。(三浦(孝)委員)
- ・コークス研究は日本にしか研究者がいない状況で何を行っても世界一ということになる。そのため論文発表、博士号取得は活発に行われている。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い。また産業界から大学への転出も図られている。(三浦(隆)委員)
- ・プロジェクト従事者が大学へ転出して例もあり、第1人者と評価される研究者も生まれている。また、(社)エネルギー学会賞を始めいくつかの研究団体からも表彰され、国内外から高い評価を受けている。企業内でも昇格などの目に見えるかたちでの人事評価効果が表われた。(三輪委員)
- ・国家プロジェクトとして、またその実機化の運転において、人材が育成できた。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・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、健全な研究投資が不可欠である。(菊池委員)
- ・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、泥臭い石炭の分かる研究者が少ないことが問題である。この分野の人材育成、研究開発資金の充実が望まれる。(浜田委員)
- ・大学側で研究手法の未熟さから昇進などの機会が得られないケースも見受けられるが、本分野の研究のリーダーとして次世代に残る研究開発が要望される。(三浦(隆)委員)
- ・しかし、今後の展開が定常的にならなければ、人材は減少、消失する。産業構造政策上、配慮が必要である。(持田委員)

<その他の意見>

- ・研究開発の活動を支援する人材、例えば、炉関係の技術者や技能工(築炉工等)については、分業体制の中で育成の場が失われつつある。国際的な協調関係も視野にいれる必要があるだろう。(菊池委員)
- ・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、参加企業の義務でもあると考える。

(浜田委員)

- コークス研究が日本でしか行われていない現状で人類に貢献する意味でも、国際コークスセンターなどを新設して、留学生にコークス研究推進と技術訓練を行う責務を果たす必要がある。(三浦(隆)委員)
- 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必要がある。(持田委員)

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。

<肯定的意見>

- ・ 本プロジェクトの成果である原料用石炭の資源対応力の向上により、現在、使用量が少ない非微粘結炭の増使用が可能となり市場の拡大が期待される。(酒井委員)
- ・ SCOPE21 の大部分のシステムを新日本製鐵(株)大分製鐵所で実現した。また JFE スチール(株)西日本製鐵所福山地区等で低 NO_x 燃焼システムを導入した。(三浦(隆)委員)
- ・ 本件の場合、製品を作り出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。しかしながら日本に鉄鋼用原料炭がなく全量輸入している中で、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の安定確保への道を切り開いたとも言える。(三輪委員)
- ・ コークス生産としての市場評価はこれから。その第一歩を踏み出した。現時点で示されている成績は十分に評価できる。一層の改善を期待している。(持田委員)

＜問題点・改善すべき点＞

- ・この点は評価の対象外ではないか。(瀬田委員)
- ・SCOPE21 技術、ならびにそれをさらに高度化した技術、派生技術が我が国のコークス炉の更新時に採用されていくこと、また採用されねばならないことは明らかである。それは、我が国の鉄鋼業の国際競争力の向上と CO₂ と NO_x の排出量の削減に大きく貢献するであろう。しかし、エネルギー・環境問題がグローバルな問題であることと、技術開発に投入された国家資源を考えると、技術をグローバルに展開する戦略が必要と考える。それによって、我が国の経済発展が保障されるとともに、グローバルにエネルギー・環境問題に貢献できる。(三浦(孝)委員)
- ・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る。世界戦略で重要な項目である。(持田委員)

＜その他の意見＞

- ・本技術の市場創出面での効果を実証するため、今後、大分製鐵所の実機設備での非微粘結炭活用実績の継続的な調査報告が望まれる。(酒井委員)
- ・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、市場を創出する性格のものではない。ただし、間接的には価格が大幅に変動している原料（石炭）市場の影響を受けにくくした効果があり、さらに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。(浜田委員)
- ・コークス炉の寿命が 40 年以上のものを 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への開発に集中しているが、建設コスト、操業コスト、合理化効果等の詳細な評価を公表することが必要である。(三浦(隆)委員)

（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、総体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、コークス炉団増設の際には 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。

<肯定的意見>

- ・プロジェクトによる投下費用を上回る直接の経済効果が終了後 10 年程度で達成されるという見込みである。したがって、短期的な費用対効果は良いといえる。かつ、設備の耐用年数等の長期的な要素を加味すれば、その経済効果はさらに大きくなるといえる。（菊池委員）
- ・**SCOPE21** プロセスは現行プロセスに比較して、設備費は石炭事前処理設備費と集塵機等の環境対策費などが増加するが、生産性の 2.4 倍の上昇による乾留設備費の低減により 16%低減、コークス製造費（変動費＋固定費）は非微粘結炭の多量配合により平成 13 年の石炭単価で 18%低減とパイロットプラントの結果より推算されるため、経済的効果は大きいと評価される。（酒井委員）

- ・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おり、さまざまな製造業で原料転換、製法転換、燃料転換が模索され、石油化学工業では大きく進展している。石炭価格についてもここ数年、価格が高騰、企業収益に影響が出ている。今後も高価格帯で推移することが予測されている。

SCOPE21 プロセスは比較的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、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 プロセスはいずれも削減効果があり、経済的メリットが高い。(瀬田委員)

- ・コークス製造工程単身で見ても、非微粘結炭増使用による原料炭の値差による効果を主体として、具体的な経済効果が算出されている。その額は1基でも約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経済効果を生み出しており、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のため、雇用創出効果も生み出しており、総体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。(浜田委員)
- ・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/年のメリットになる。コークス炉の新設、リプレースする場合はNOxは最低限170ppm以下にする規制があり、従来なら脱硝設備を設置する必要があるため約1.2億円/基/年のメリットが試算されている。(三浦(隆)委員)
- ・本技術の導入によりコークス品質の改善(非微粘結炭の使用拡大)、乾留熱量の低減等の運転コストの削減、設備建設費用の削減等の効果が期待され、実績も出てきている。その額は国家プロジェクトとして投入された費用を1基の建設だけでも5年程度で回収できる規模である。(三輪委員)
- ・今後の発展に期待できる。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・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する。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どのように活用していくのかを明確にする必要があるだろう。(菊池委員)
- ・上記のようにフル活用では約20億円弱の効果があるのにも拘わらず、低NOxの1億円強のみの改善というのは不思議としか言いようがない。操業成果の公開が必要である。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・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

るものと考えられるため、実機の実績に関する継続的な調査報告が望まれる。(酒井委員)

（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ようになり、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いっ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。

<肯定的意見>

- ・平成 20 年統計によれば、国内生産額に占める鉄鋼の割合は、第 6 位の産業となっている。また、国内鉄鋼生産の約 30%は輸出されている。さらに、国産品に対する生産波及は自動車産業に次いで大きく、その波及は長期的に大きくなってきている。このような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は、産業構造の脆弱化を押しとどめる可能性があるといえる。（菊池委員）
 - ・本プロジェクトの成果を活用したコークス炉の新設に伴う設備投資により、経済が活性化し、雇用の増加にも貢献している。（酒井委員）
 - ・コークス炉は 20 年前から更新時期を迎えていたが、電炉の拡大、韓国などの製鉄企業の大規模増設、粗鋼生産量の漸減など環境変化を背景に、莫大な建設費用が必要なコークス炉の新設、更新投資を見送っていた、と考えられる。
- SCOPE21 プロセスの開発によって、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ようになった。（瀬田委員）
- ・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

の成果となっており、関連メーカーの市場拡大に大きく寄与している。さらに、購入コークスのゼロ化に伴い、コークス市況の影響を受けにくい鉄鋼製造構造の転換が図られ、間接的ながらその経済的な影響も多大である。(浜田委員)

- ・プロジェクト実施当時は、参加企業の既存設備と人材をフルに活用して研究開発を実施され雇用も拡大された。(三浦(隆)委員)
- ・本プロジェクトの成果を生かして新日本製鐵（株）大分製鐵所にコークス炉を新設したことにより、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% となり、頻繁に起こる価格変動・供給不安の影響を受けることなく、又、コークス品質の安定による高炉操業の安定化も期待され、ポジティブな構造転換が図られたと考えられる。又、コークス自給化の流れは新たな雇用の拡大にも貢献している。(三輪委員)
- ・今後の活用法によるが、期待できる。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・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。(瀬田委員)
- ・多方面への技術拡大を行うには、業種間のコーディネーターが必要であり、その結果として新産業への展開が行われると思うが、鉄鋼業のみに留まり知的スクラップ化しているのは硬直化している現状から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だ。(三浦(隆)委員)
- ・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。(持田委員)

<その他の意見>

- ・海外へも技術販売を行うために、設計図有無での技術、制御装置と設計図有りの技術など技術レベル毎に透明性を持つプロセス販売を行うことが必要である。(三浦(隆)委員)

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、今後が期待できる。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。

<肯定的意見>

- ・ SCOPE21 の省エネルギー効果は、パイロットプラントベースにおいても投入石炭単位量換算でかなりの改善が達成されている。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。(菊池委員)
- ・ 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。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。(酒井委員)

- ・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、国民生活という視点では限定的である。しかし省エネルギー、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。(瀬田委員)
- ・高温炭装入によるコークス製造の生産性向上によって省エネ効果が実証されており、プロジェクト成果のレベルには未達ながらその効果は大きい。さらに世界レベルに視野を転じると、CDQ が装備されていない国々も多く、この効果も従来炉との比較に加えるならば、従来比で数倍におよぶ省エネ効果が期待できる。(浜田委員)
- ・我が国の鉄鋼業では約 8,000 万トンの石炭を使用しているが、石炭使用量の削減と、より劣質化する石炭資源への対応が最重要な課題と考えられる。SCOPE21 技術の適用による省エネルギーの程度は正確にはわからないが、石炭 1 トンあたりわずかな省エネであっても石炭使用量が莫大であることからその効果は小さくないと想像される。将来、実施企業から正確なデータが公表され、省エネルギーの面からも SCOPE21 技術が優れていることが明確になることを期待する。
劣質化する石炭資源への対応としては、SCOPE21 プロジェクトは低品位の非微粘結炭の使用比率を現行コークス炉の 20 %から 50%まで高めることに成功しており、今後の石炭需給を考えると画期的な成果と考える。(三浦(孝)委員)
- ・製鉄工程において CO₂ の 25%削減を想定するならば、銑鉄 1 t 当りの CO₂ 削減想定量は従来手法では 0.513 t-CO₂/t-銑鉄であるが、SCOPE21 パイロットプラント成果を用いると 0.494 t-CO₂/t-銑鉄となり、全体で 4%の CO₂ 削減となる。(三浦(隆)委員)
- ・省エネルギーが図られており、エネルギー問題解決への寄与は大きい。また、コークス品質改善を通じての高炉操業改善面での期待もある。なお、そのレベルはプロジェクト成果の達成レベルに未達であるが、コマーシャルプラント 1 号機としてより確実性を求めた設備構成としたことによっておりやむえない面もあると思われる。(三輪委員)
- ・今後が期待できる。また、技術開発の新しいエポックは形成できた。どう活用するかは、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る。引き続き、努力と知恵、先見性が必要である。(持田委員)

＜問題点・改善すべき点＞

- ・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。(浜田委員)
- ・大分製鐵所の一号機では、パイロットプラントのフルスペックでは無いので、パイロットプラントと同等の成果の達成は難しいであろう。(三浦(隆)委員)

＜その他の意見＞

- ・実機における省エネルギー効果は、本技術の適用拡大及び技術の最適化にとって重要なデータとなることが期待されるため、実機実績に関する継続的な調査ならびにより深い解析報告が望まれる。（酒井委員）
- ・鉄鋼で CO₂ 削減 25%を達成するとした場合に、鋼の製造コストが中国等と対抗できるのか？その結果から現状の技術集積で何をすべきかを計上すべきだ。（三浦(隆)委員）

（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体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。

<肯定的意見>

- ・ 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省エネルギー21%及び排ガス NO_x30%低減を達成可能しており CO₂ 排出量削減など環境負荷の低減に寄与するものと期待される。（酒井委員）
- ・ CO₂削減効果は従来技術と比較して優れているとはいえ国民生活ということでは限定的である。しかし 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。（瀬田委員）
- ・ プロジェクトの成果である、低 NO_x 化効果や発塵抑制効果は、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。（浜田委員）
- ・ コークス製造においては CO₂ と NO_x の排出量の削減が大きな課題である。CO₂削減量の正確な見積もりは難しいが、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。

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、「NOx30%低減」が達成された。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。

排ガス中のNOxは燃焼室壁温度1200℃以下であれば酸素7%換算で50ppm以下という結果である。但し排ガス再循環率（EGR）が27%とやや多い。発塵量は当初から零を目指しており、SCOPE21方式の集塵手法は他にも転用できよう。（三浦(隆)委員）

- ・省エネルギーに加えて、低NOx等の環境改善も図られており、環境問題解決に寄与したと評価できる。（三輪委員）
- ・製鉄におけるCO₂排出の削減が期待できる。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。本機では、採用できなかったアイデアを順次、実証してほしい。（持田委員）

<問題点・改善すべき点>

- ・環境問題に対処するには、銑鉄生産システムの総体的な視座が求められることがあるが、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NOx燃焼システムの範囲である。したがって、銑鉄生産システムのサブシステムであるSCOPE21の貢献度を加味した上で、評価することが望ましい。（菊池委員）
- ・EGR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を行う必要がある。また集塵性能向上による収集ガス組成の変化も比較し、本手法の優秀さをアピールする必要がある。（三浦(隆)委員）

<その他の意見>

- ・実機における省エネルギー、排ガス中有害物質の実績は、本技術の適用拡大及び技術の最適化にとって重要なデータとなることが期待されるため、実機実績に関する継続的な調査ならびにより深い解析報告が望まれる。（酒井委員）

（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。

<肯定的意見>

- ・SCOPE21 プロセスは原料用石炭の資源拡大や 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、生活の安心や利便性の向上に繋がるものと評価される。（酒井委員）
- ・(1)、(2)項の省エネ、環境負荷低減効果に加え、原料を海外から輸入し、加工製品を輸出する加工貿易で成立している日本の経済界において、その最上流に位置する鉄鋼製品の原料市場からの影響度の緩和が本プロジェクトの成果によって達成されることから、間接的ながら国民の生活の安定性確保に寄与するものである。（浜田委員）
- ・SCOPE21 でコークス製造に CO₂ 削減がなされれば、製鉄プロセスがより柔軟に効率的になり、鉄鋼生産時のエネルギー消費も少なく、CO₂ 等の温暖化ガスの排出も軽減されて、地球温暖化防止という観点で国民生活に還元される。（三浦(隆)委員）
- ・我が国の鉄鋼業は原料を輸入に頼っており、幅広い劣質炭が使用可能になり資源対応力が強化された事は、鉄鋼生産の安定性、コストの安定化に寄与することであり、結果としては生活の安心、利便性の向上にも繋がると考えられる。（三輪委員）
- ・製鉄、製鉄化学を通して、国民生活に貢献できる。（持田委員）

<問題点・改善すべき点>

- ・資源依存に係る脆弱性を軽減す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、その技術を支える基盤において、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。(菊池委員)

- ・評価の対象ではないのではないか。(瀬田委員)
- ・全てのコークス製造プロセスで **SCOPE21** 形式を採用しないと CO₂削減の意味が薄れる。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・本プロジェクトの成果物はコークスであり、最終消費財からかけ離れた位置づけにある。そのため、国民生活の利便性、安全性、個の自立などに直接寄与する性格のプロジェクトではない。プロジェクトの性格毎に評価項目は吟味することを提言したい。(浜田委員)
- ・採用されるために何が必要なのかを推進委員会等で検討し、意義付けを行って欲しい。(三浦(隆)委員)

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みれば、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。

<肯定的意見>

- ・本プロジェクトは非微粘結炭の利用拡大、地球環境問題・作業環境問題の解決、使用エネルギーの削減、生産性の向上を目標にした先進的な技術開発であり、国の資源エネルギー政策、環境政策、産業技術政策に合致したもので、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)に組み込まれている。(酒井委員)
- ・シンクタンクの調査報告に記載されているように、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技術としてノミネートされており、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している。(浜田委員)
- ・石炭等の化石燃料への予算は、減少させながらも CCUJ から (財)石炭エネルギーセンターに引き継がれ、ECOPRO(Efficient Co-Production with Coal Flash Partial Hydro-pyrolysis Technology 石炭熱分解ガス化技術)等に活用されている。(三浦(隆)委員)

- ・「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「長期エネルギー需給見通し」等において **SCOPE21** が導入すべき先端技術として取り上げられるなど、政策への組み込みは進展している。（三輪委員）
- ・国の産業政策が明確でないため、今後の事業成果はこれからの課題である。但し、従来モデルの研究開発、実用のサイクルからみれば、大きな成功である。（持田委員）

＜問題点・改善すべき点＞

- ・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。（菊池委員）
- ・石炭のガス化ゾーンと熱分解ゾーンを有するガス化プロセス（高効率 **SNG** 製造実現）であるが、**CO₂** 減少量と鉄鋼プロセスのベストミックスなどが今後の検討課題となっている。（三浦(隆)委員）

＜その他の意見＞

- ・本プロジェクトの成果は、エネルギー戦略、地球環境問題に関する政策に大きな影響を持つものとするが、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。実機実績のフォローと、実績の慎重な見極めによる政策への反映が必要になると思われる。（酒井委員）
- ・コークス製造だけをターゲットにするよりも、ガス化も含めた **SCOPE21** 変形版を立ち上げるべきだ。（三浦(隆)委員）

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。

<肯定的意見>

- ・鉄鋼生産は、自動車産業に続く第二の基幹産業であり、国民経済に大きな波及効果をもたらす。とすれば、研究開発の段階から国が関与することは妥当であるといえる。かつ、SCOPE21の技術を導入することによって、国際競争力に関する先端的リーダーシップを確保することが重要であった。(菊池委員)
- ・本プロジェクトは既存コークス炉の大規模な設備更新時期を目前に控え、非微粘結炭の利用拡大、地球環境問題・作業環境問題の解決、使用エネルギーの削減、生産性の向上など、高い目標値を掲げた非常に意欲的なプロジェクトである。目標の達成には莫大な資金と期間を要し研究開発リスクも大きく、民間企業単独で取り組むことは難しく、国の支援の基に国家プロジェクトとして研究開発を進めたことは妥当であると判断される。最近の鉄鋼需要の拡大による原料炭価格の急騰や地球温暖化問題への先進的な対応であり適切なプロジェクトであった。(酒井委員)
- ・妥当である。(瀬田委員)
- ・最大の効果は、各企業の経済的な評価の上で、複数の実用化成果を達成した点にある。本プロジェクトの内容のような課題は、実験室レベルの研究結果をいきなり実用機にスケールアップすることは極めて困難であるため、どうしても中間段階でパイロット

プラント試験を実施する必要がある。このようなパイロット試験では、100 億円を超える規模の研究資金が必要となり、一企業で負担するには大き過ぎる額である。したがって、本プロジェクトのように経済的・環境的インパクトを吟味した上で、一定の補助率の下で国が関与することは必然であったと考えられる。補助率に関しても、リスクと受益者負担の兼ね合いの中で妥当なレベルであったと評価している。（浜田委員）

- ・国家プロジェクトとして実施するか否かは、①国としての当該産業と技術の位置づけ、②技術開発に要する経費、資源、期間、③技術開発の難易度、リスク、などを評価の基準として進められるべきと考える。この評価基準に従えば、①鉄鋼業は我が国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ると考えられ国が関与するべきである。②この種の技術開発には多大な資金、莫大な人的資源の投入と長い開発期間が必要である。到底一企業で支え得るものではない。③SCOPE21の技術の核心は石炭の急速加熱にあったと考えるが、それを大規模に実現する技術の開発は非常に難易度が高く、一企業が取り組むには非常なリスクを伴うものであったと判断する。以上から、SCOPE21の技術開発には国が全面的に関与したことは妥当であった。（三浦(孝)委員）
- ・鉄鋼業界では省エネの技術移転活動のため、05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続けている。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)において鉄鋼セクターは日本が議長をつとめて、SCOPE21は目玉システムともなっており、国家プロジェクトとして評価されている。（三浦(隆)委員）
- ・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ながら、連続試験による確性を図る必要があり、本プロジェクトも100 億円を超える研究資金と10年の年月が必要であった。これだけの研究開発は一企業では負担が大きすぎ、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推進したことは妥当であったと評価できる。（三輪委員）
- ・製鉄業を日本の国の重要産業と位置づければ、プロジェクトの目標、実施の過程は成功している。産業化後の真の成功はこれから10～15年後に判断できる。（持田委員）

<問題点・改善すべき点>

- ・最近の国際競争の激化、技術の進歩の速さを考えると、技術開発の一層のスピードアップが要求される。その意味で、重要開発課題に対しては国として技術開発資金の集中的な投資と、実用化へ一層の支援が必要と考える。我が国の国家プロジェクトでは、技術開発は成功であったが実用化されない（できない）プロジェクトが多すぎる。そのような状況をなくするような戦略・戦術が必要ではないか。（三浦(孝)委員）

- ・国内で余り採用されないのであれば、中国やインドなどでトップレベルの省エネ技術をインド、中国に提供して CO₂ の削減に貢献するべきだ。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・日本は技術革新の連続で世界でも有数の省エネルギー型製鉄業を築いてきた、しかしその体力がない以上、他へ特許使用を認め、技術革新を世界的に図るべきで、生産量の多いアルセロール・ミッタル、宝鋼集団、ポスコ、河北鋼鉄集団、武漢鋼鉄、タタ製鉄等への技術供与が要望される。(三浦(隆)委員)

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。

<肯定的意見>

- ・主たる研究開発の目的は生産設備の更新時期に焦点をあてて設定されている。その後、鉄鋼業を取り巻く経営環境は大きく変化したが、SCOPE21 によって確保された潜在的可能性は、大きいといえる。特に、「石炭資源活用に関する柔軟性の確保、地球環境の保全への貢献、省エネルギーによる生産性の向上、かつ、銑鉄生産プロセスの品質改善による生産性の増進」に資するといえる。（菊池委員）
- ・本プロジェクトは非微粘結炭の利用拡大、環境及び省エネルギー、生産性の向上など掲げられた開発目標は、明確、かつ具体的であり、目標設定の方向性も妥当で高い目標値が設定されており意欲的なプロジェクトであると評価できる。（酒井委員）
- ・妥当である。（瀬田委員）
- ・石炭資源動向に基づく劣質炭の多量使用、生産性の向上、省エネルギー・環境負荷低減は、いずれも社会環境・政策目的に合致したものであり、目標設定の方向性は妥当であった。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。（浜田委員）
- ・プロジェクトで掲げられた①コークス製造の省エネルギー、②石炭資源対応力の強化、③NO_x等の環境負荷物質排出の低減の目標は、我が国のエネルギー政策、環境対策などからみて妥当であったと考える。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において、「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」に次世代コークス製造法（SCOPE21）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が妥当であったと考える。（三浦(孝)委員）

- ・生産性向上させるには、設備の老朽化及びそれに基づく故障度の増大を防ぐことであり、その点では資本や労働力投入に対するコークス生産量は良好である。（三浦(隆)委員）
- ・プロジェクト開始時に掲げた目標である、石炭資源対応力の強化、生産性の向上、省エネルギー・環境負荷低減は現在でもその意義は一層深まっており、目標設定の方向性は妥当であったと考える。また、目標のレベルも天然資源の変動性等からみて挑戦的目標であったが、一部未達はあるものの目標のレベルは妥当であったと考える。（三輪委員）
- ・適切であった。新規性と着実性とが、適切なバランスのとれたプロジェクトであることが成功の要因である。（持田委員）

<問題点・改善すべき点>

- ・日本の鋼材は高い、高品質と低価格が企業に求められているにも拘わらず、短期的な経営戦略に基づけば、新規 SCOPE21 を導入しないのは正しいのであろうが、目先に捕らわれすぎで、経営能力のなさを露呈している。（三浦(隆)委員）

<その他の意見>

- ・ニーズの変動に対応するため、化学工業は原料生産地である中近東での化学製品生産工場の立地が実施されている。鉄鋼業も日本でのニーズが絞られる以上、そのような態勢が必要であり、技術の流出は避けられない。長期的ビジョンを有するリーダーこそが今の鉄鋼業に必要である。（三浦(隆)委員）

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。

<肯定的意見>

- ・要素技術開発を分散研体制、パイロットプラント実験を集中研体制としたのは妥当である。初期段階における調査研究により方向性を明確に共有することができ、かつ、開発統括部が設置され機能したことがその成功につながったといえる。(菊池委員)
- ・実用化を念頭においた研究開発の目標設定から目標達成のためのアプローチ、個々の成果の評価や基礎研究、要素研究、要素組合せ研究などステップを踏んだ開発展開及び実用化に向けた総合評価などについて(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て推進し、適切かつ妥当な実施・運営体制であったと判断される。(酒井委員)
- ・妥当である。(瀬田委員)
- ・要素研究における分散研方式からパイロット試験における集中研方式への移行は、初期の研究開発の責任の所在の明確化、パイロット試験期の効率的な推進・情報の共有化の観点から実施体制・運営方法双方の視点で妥当であったと思われる。(浜田委員)
- ・プロジェクトのベンチスケール化・パイロットプラント化そしてその際の基礎的な理論裏付けなど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

等何の問題点もない。(三浦(隆)委員)

- ・第1ステップの要素研究段階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・方法を用いて行い効率的であった。また、その後のパイロットプラント試験は集中研究方式で行い、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ったし、参加企業が平等に成果を享受するうえでも有効であった。(三輪委員)
- ・チームワークよく進展した。手本になる今後の国家プロジェクトのひとつである。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・いずれの国家プロジェクトでも共通の話題であるが、単年度予算の制約の下で、超年度予算が見通せない中でのプロジェクト推進には苦勞する点も多い。結果的に、研究開発の期間や予算の効率的な運用双方の視点で一部無駄な面があった点も否定できない。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。(浜田委員)
- ・高密度煉瓦を使用するには耐久試験が必要であり、耐久試験を行うために、パイロットプラントの運営を行い続ける必要があったはずで、そのための予算措置がないと実施されないのは、唯一問題点として残る。(三浦(隆)委員)
- ・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、次年度の予算が確定していない等の問題から対応に苦勞した。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。(三輪委員)
- ・しかし、業界が一致して進める方策が、今後も可能かは慎重に考える必要がある。日本が資本の集中、拡大できる余地は小さいので、国家社会としてどう考えるのか、岐路に立っている。(持田委員)

<その他の意見>

- ・経産省の役目は現状では生産性向上による低価格化であり、その点でSCOPE21型式コークス炉の投資をリードする必要がある。さもないと鉄鋼業の海外流出も目の前にある。(三浦(隆)委員)

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「優れた特性を確認している事等から、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。

<肯定的意見>

- ・事後評価は全ての評価項目について非常に高い評価となっている。その総合評価の中で、普及のシナリオを明確にすることが提言されている。参加企業が特許の無償実施を保障されていることはその基盤となる。SCOPE21 推進委員会はその役割を担っている。また、国によるエネルギー合理化事業者支援事業は普及を後押しする施策であった。(菊池委員)
- ・事後評価の実用化見通し、総合評価などは妥当と考えられる。SCOPE21 の成果をほぼ全面的に反映した新日本製鐵(株)大分製鐵所の第1号機やJFE スチール(株)、住友金属工業(株)では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。(酒井委員)
- ・妥当である。(瀬田委員)
- ・事後評価で行われた評価結果は、ほぼ全ての項目に亘って、現在の進捗に結びついている内容である。さらに提言された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、極めて妥当な結果であったと評価できる。(浜田委員)
- ・実用化に関しては既に大分でフルでその他で一部が実施されており、その成果が公表されれば尚一層、実用化は進むと思われる。(三浦(隆)委員)
- ・事後評価結果は妥当であったと考える。即ち、事後評価において、「優れた特性を確認している事等から、リプレースの際には実用化されるものと期待できる」と評価されたが、今回、大分製鐵所に1号機が建設・稼働を開始したことは符合する。(三輪

委員)

- ・SCOPE21 プロジェクトが次のステップへ進展できた今日、プロジェクト評価の対象としたのは、妥当である。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・現時点において、普及のシナリオについて必ずしも明確にはなっていない。(菊池委員)
- ・大分製鐵所は生産性が高炉使用する鉄鋼各社の中でも最優秀であり、さらに生産性は向上すると思われる。今後も鉄鉱石や石炭品質の悪化と高価格化は避けられず、生産性向上と高品質エネルギー排出の防止を続ける必要がある。高炉・焼結炉・コークス炉等の製鉄分野だけでもエネルギー使用のベストミックス化のための検討を行う必要がある。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・経産省は各業界で行ったSCOPE21のようなプロジェクト等に関してさらに生産性向上と低価格化の可能性がないのかの検討会(FS)をまず実施させ、その上でプロジェクト化させるような仕組みを構築して戴きたい。(三浦(隆)委員)

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、SCOPE 2 1 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。

<肯定的意見>

- ・新日本製鐵（株）大分製鐵所第１号機を実機化するに際しては NEDO からエネルギー使用合理化事業者支援を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も継続的な支援が望まれる。（酒井委員）
- ・後継プロジェクトは編成されなかったが、参画企業が実機導入によって、改良・改善に取り組んでいる。国家プロジェクトに主力企業がほとんど参画して、必要不可欠な技術領域について基盤技術・プロセスを確立、個別企業が応用開発を推進、完成度を高めていくというのは国家プロジェクトとしての在るべき形を示したものであろう。（瀬田委員）
- ・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 推進委員会でのフォローアップで充分であったものと評価する。また実用化に当たっては、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。（浜田委員）
- ・新日本製鐵（株）大分製鐵所において SCOPE21 プロジェクト商業炉の見学会開催があり、その成果の普及には大いに有用と思われる。（三浦(隆)委員）
- ・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なされており、（社）日本鉄鋼連盟に設置された委員会の体制で十

分であったと考えられる。

また、後継の国家プロジェクトについては、実機化後に発生する課題は各企業の課題であり、後継プロの立ち上げの必要性はなかったと考える。(三輪委員)

- ・商業炉建設、商業炉への一部適用を考えれば、プロジェクトの完成度が産学官に受け入れられる程に高かったと評価できる。国としての関与も結果的に適切であった。(持田委員)

<問題点・改善すべき点>

- ・段階的な技術蓄積が必要なのであれば、実機導入後において生じた新たな研究課題についても、技術振興支援施策(技術振興費補助等)の枠組みを活用する必要がある。(菊池委員)
- ・SCOPE21 プロセスのパフォーマンスを最大化していくためには周辺技術、たとえば冒頭指摘した築炉技術の継承、築炉技術者の確保・育成が必要である。
ただこれを国家プロジェクトとして実施することには問題があると考え。企業の共同事業化、中国との連携・委託体制など新たなスキームを考える必要がある。(瀬田委員)
- ・オールジャパンで開発に当たった研究者・技術者等に関して同業者や官学から希望者を募り見学会を実施する必要がある。そのご意見交換会を行い、問題点等を明白にして次世代に提示するべきだ。(三浦(隆)委員)

<その他の意見>

- ・各社の基盤研究力が高まった成果を受けて、さらに競争力の高いコークス製造プロセスを開発する意欲が、各社に望まれる。わが国の切り札は人材と技術力である。
SOCPE21 プロジェクトを手本して、幅広い視点から、さらなる技術開発～実機化を推進する国家プロジェクト研究の展開が期待される。(浜田委員)
- ・特許を販売する基準を決めて、海外の研究者・技術者に見学会を行い、宣伝に努めることだ。(三浦(隆)委員)

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がある。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發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、前者にあつ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、技術的商业性、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。

<意見>

- ・ 1) 技術振興支援において、三分の二補助率が適用された。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た。また、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。

2) 先端技術を獲得しそれを実用化に供することは不可欠なことである。しかし、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は避けなければならない。「先端技術」指向ということを否定するのではないが、それを支える「アンカー技術」基盤との整合性を図らなければ、ガラパゴス症候群とか戦艦ヤマト症候群と揶揄されるような状況は改善できないと考える。「先端技術の創成」プロジェクトを走らせながら、「アンカー技術基盤の保全」プロジェクトを咬みあわせるプログラム施策が必要である。

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、誘導施策の一つとして必要ではないだろうか。

（菊池委員）

- ・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ものと想定されるためご検討願いたい。（酒井委員）
- ・プロジェクトの推進体制、費用対効果の評価などは大幅に改善されてきている。（瀬田委員）
- ・本プロジェクトは数ある国家プロジェクトの中でも、企業の生産活動にとって意味のある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、コークス炉が昭和40年代に集中的に建設されたために、各社ともに21世紀初頭に集中的にコークス炉のリプレース（新設）が必要であり、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思惑が一致したため、各社間で情報をオープンにして共同で研究開発を行う体制が取られたことによる成果である。10年間の長期間において、毎月各社のコークス関係の主要なエンジニア及び研究者が会議で活発な討議を重ねた結果、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。したがって、今後もこのような性格の実用化追求型の国家プロジェクトは積極的に抽出して国としても支援を継続すべきと考える。

ところが、このようなテーマは市場から遠いがゆえに国民からはその成果が見えにくいという難点を同時にはらんでいる。一方、国民から見えやすい最終消費財に近い領域での課題は、直近での実用化成果を要求されると、市場での競争を視野に入れざるを得ず、各企業が協力して推進するには障壁が高い。したがって、このような分野でのテーマ設定においては、経産省においても目の前の実用化は必ずしも要求要件に入らず、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制度の創設を提言したい。

【オープンイノベーションの実現に向けた制度設計】

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は積極的に推進しなくてはならないが、未だ概念の域を超えていない印象がある。上述の市場競争との兼ね合いの中で、個々の組織の知的財産権・競争力を確保しつつ（これが日本全体としての国際競争力に繋がって行くものと思量）、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な制度を創設すべきである。まずは知的財産権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個別の企業が積極的に参画できるようになるかという視点での検討を実施することを提言したい。

（浜田委員）

- ・ **SCOPE21** の成果はプロジェクト終了後数年で我が国の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。これはプロジェクトの成果が実用化に直結した極めてまれなケースである。コークス炉の更新が迫っていたこと、石炭需給のひっ迫などのコークスを取り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。もちろん、この過程で国がエネルギー使用合理化事業者支援事業において援助をしたことがそれを後押ししたことも評価できる。しかし、**SCOPE21** のこのような成功ストーリーは極めて例外的なものであるととらえなければならない。

我が国の将来は製造業の盛衰に依存するのは明らかである。将来にわたって我が国の製造業を維持発展させるためには、国が、我が国の生きるべき方向に対して明確な戦略をもち、そのために必要な技術開発・プロジェクトを明確にし、それを産官学が協力して実現するようあらゆる手段でバックアップしなければならないと考える。このときに、開発する技術・プロジェクトを世界のどこで実用化するかについても明確にする必要がある。近年の **BRICS** に代表される開発途上国の追い上げはすさまじい。それは技術開発の多様性と速度においても顕著であり、大型のプロジェクトでさえも数年のうちに実用化される場合も見受けられる。

このような状況の中で、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。（三浦(孝)委員）

- ・ **2050** 年頃には石炭しか安定・大量供給できるエネルギー資源はない状況に至る。その時にコークス炉がガス供給源として利用できるはず。しかし全てが老朽化してしまうと、国民はエネルギー供給源を高価な装置に頼らざるを得なくなる。その時を見越してエネルギー資源のあり方を検討することだ。太陽・風力等の自然エネルギーやバイオマスの利用を拡大していくことも重要であるが、気象条件に依存、集積密度が低い等の問題を内在していることも事実。我が国産業の発展や、国民の安定した生活維持の

ために何が出来るのか、必要なエネルギー確保のために如何なる研究が必要なのかを、コークス炉の利用法も含めて検討すべきだ。

コークスのみあるいは直接還元を目指す方向の研究に固定され製鉄の域を脱していない。水素による製鉄の研究もあるが、所詮水素は二次製品で電気分解か天然ガス等の化石燃料利用からの派生しかない。石炭から直接水素を獲得し、その水素で CO₂ 等をメタン化するなどの研究も必要だ。(三浦(隆)委員)

- ・ 今後も日本の国力を向上させていくためには、資源エネルギー政策及び環境政策について、短中期的（10 年～20 年後）、中長期的（30 年～40 年後）な課題を解決する技術開発・実機化について、これらの 4 つの視点を軸として、バランス良くまた緩急をつけて研究開発プロジェクトを展開する事が重要である。例えばエネルギー源を考えると、石炭系エネルギーは今後も重要な部分を占めると予測され、石炭の資源政策と環境調和型使用技術政策について、短中期課題と中長期課題に分けて産学官のポテンシャルを機動的に投入する研究開発プロジェクト運営をお願いしたい。(三輪委員)

- ・ 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、調査した上で、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。

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、この点は準備を充分とする。また、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。(持田委員)

第Ⅱ章

参考資料 1

平成20年度技術評価調査（石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクトの技術・産業・社会へのインパクトに関する調査）報告書

目次

2.2 追跡調査結果	75
I 波及効果に関する調査	75
I-1 技術波及効果	75
I-2 研究開発力向上効果	90
I-3 経済効果	104
I-4 国民生活・社会レベルの向上効果	110
I-5 政策へのフィードバック効果	114
II 現在の視点からのプロジェクトの評価に関する調査	118
II-1 国家プロジェクトとしての妥当性	118
II-2 目標設定	119
II-3 プロジェクト実施方法	120
II-4 事後評価の妥当性	122
II-5 プロジェクト終了後のフォローアップ方法	123
2.3 今後の課題	125

参考資料

2. 2 追跡調査結果

I. 波及効果に関する調査

I-1 技術波及効果¹

(1) 実用化への進展度合²

ここでは、本プロジェクトの直接的成果の設備への実用化への寄与と今後の可能性についてまとめた。

【実用化状況】¹

(1) 新日本製鐵（株）大分製鉄所第5コークス炉新設への実用化

2008年5月30日、新日本製鐵（株）大分製鉄所において、本プロジェクト「SCOPE21」の成果である、「石炭事前処理技術」及び「低NO_x新燃焼構造バーナー技術」を導入した新しい第5コークス炉が竣工した。建設した設備は年間のコークス生産能力が約100万トン（乾留窯数：64門）、投資額は約370億円である。

原料炭の事前急速加熱によるコークスの品質向上及びコークス製造時間の短縮などの革新的技術が盛り込まれており、約50%にまで上る非微粘結炭（低品位原料炭）の利用拡大や約20%に及ぶ大幅な省エネルギー効果、NO_x低減などが期待される。また、本プロジェクト成果により、生産性を2倍以上向上させられることから設備のコンパクト化、実質上の設備費低減に寄与した。

本プロジェクトにおいて、SCOPE21プロセスの研究開発は、目標を達成して終了した。しかしながら、生産性が向上する分、煉瓦の摩耗負荷が増加するという、50年の寿命を達成する上での検討課題や、また設備トラブルによる高温炭滞留時の防災対策、国内では調達できなくなった珪石煉瓦および築炉工の確保といった課題を解決することによって、実機建設を可能にした。

(2) SCOPE21の部分的実機化（JFE／西日本製鉄所福山地区 第5コークス炉団増設）

第5コークス炉の既存炉団（A、B、C団）に隣接し、新たな炉団（D団）を2006年3月に増設した。世界的なコークス需給の逼迫化とマーケットの高騰、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下などを勘案し決定した。炉団の増設により、購入コークスの更なる削減や一層の効率化、コスト合理化を実現することができる。

SCOPE21で開発された要素技術である「低NO_x燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用し、環境負荷低減に寄与した。乾留窯55門の増設によりD炉団生産能力は年間約40万トン増加した。投資額は全体で約110億円である。

¹ 本プロジェクトの実用化状況及び成果のインパクトについては、参考資料1にまとめている。
実機化については、参考資料3を参照

² 項目毎に枠囲みでまとめを記述し、調査資料やインタビュー調査結果を枠外に掲載している。

(3) SCOPE21 の部分的実機化 (JFE/西日本製鉄所倉敷地区 第 6 コークス炉団増設)

第 6 コークス炉の既存 A 炉団に隣接し、新たな B 炉団を増設することを決定した。国内粗鋼生産 3,300 万トン体制構築の一環として決定したもので、竣工は 2010 年 6 月を予定している。今までコークス不足分が解消される。増設する炉団には、SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NOx 燃焼システム」の考え方を、2006 年 3 月に稼働した福山第 5 コークス炉 D 炉団に引き続き採用し、環境負荷低減に寄与する。乾留窯 43 門の増設により B 炉団生産能力は年間約 35 万トン増加し、投資額は全体で約 200 億円の予定である。

(4) SCOPE21 の部分的実機化 (住友金属工業/和歌山製鉄所 新第 1 コークス炉 新設)

近隣地域への環境負荷の低減を重視し、生産能力の増強も図る新第 1 コークス炉を新設する。併せてコークス乾式消火設備(Coke Dry Quenching equipment/CDQ)を新設する。また旧 6 号用の CDQ は一部流用し、第 4・5 コークス炉共用 CDQ として使用する。SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NOx 燃焼システム」の考え方を環境対策技術として採用する。

【実用化への今後の可能性】

国内に製鉄コークス用のコークス炉は約 46 基が稼働している。現在 稼働中のコークス炉は 1964 年から 1980 年に建設されており、35 年以上経過している炉が 80%、40 年以上経過している炉が 20%強存在する。老朽化に伴い、エネルギー効率の低下や環境問題が顕著になるので、稼働 30 年以上で立替の必要性が増大する。

国内における鉄鋼業の優位性を維持・増大させるためには、大型高炉法を支える上質コークスを効率的、低コストかつ環境負荷を極力少なくして出生産することが不可欠である。上質コークスに必須とされていた粘結炭が高騰していく中で、非粘結炭使用比率を増大できる本プロジェクト成果は、世界情勢の中で当を得た技術であり、これから、本プロジェクト成果の実用化は大分新第 5 コークス炉に続く、コークス炉建設に活かされることは必然であり、具体的な計画も立ちつつある。

コークス炉のリプレースに際しては、確実に SCOPE21 プロセスが実用化されるであろうが、SCOPE21 プロセスのもつ柔軟性が実用化をより一層容易にする側面も見逃せない。

SCOPE21 プロセスは、大きくは石炭事前処理、中低温乾留、コークス再加熱の 3 工程に分けられ、それぞれの最適化を図る技術である。したがって、ローカル条件によっては、3 工程をフル装備した設備にしなくても部分採用も可能であり、選択肢の幅は広い。上記理由により、SCOPE21 技術は鉄鋼・コークス各社のローカル条件に合わせた部分採用を含め、確実な実用化が期待される。

当該技術は、石炭の流動床乾燥、急速加熱、成型など石炭原料の高度な事前処理技術がキーテクノロジーであり、繊細な操業技術や安全対策が確立されて始めて達成できるものであり、海外での適用には、まだ時間を要すると思われる。ただし、国際エネルギー消費効率化等モデル事業 流動層式石炭調湿設備モデル事業(中国)実施可能性調査を平成 19 年度に行った例もあり、本プロジェクトと同分野のモデル事業であり、技術的に受け入れ可能域に達するならば、技術移転の検討もありうる。

【特許動向】

本プロジェクト成果が適用される次世代コークス炉は、自動車や携帯電話に使われる先端部品のように何十万個が生産されるという対象とは異なり、鉄鋼製造プロセスの中の大型プラントであり、基数も限られている。特許の意義は、使用優先権を保持すること、将来、海外に技術供与を行う際に必要なことにあると考えられる。プロジェクト中に、65 件の特許が出願された。そのうち 15 件は（社）鉄鋼連盟継承として本プロジェクト参加企業が無償で利用できる状態にしており、国内での普及を促進する努力がなされている。この 15 件中、12 件がすでに登録されている。また、残りの 50 件は各企業が独自に出願しており、うち 11 件がすでに登録されている。65 件中、26 件（40%）が石炭事前処理工程であり、実用化におけるキーテクノロジーとして最多数出願された。同様に 26 件（40%）が乾留工程であり、高効率化、コークス品質向上のための技術が凝縮されている。窯出し・コークス改質工程が 11 件（17%）、その他が 2 件（3%）となっている。65 件中、5 件が海外に出願されている。

プロジェクト終了後にこの分野から出願された公開特許は約 27 件ある。そこでは、第 1 号の実用化後、技術をさらに改善、向上させる内容、及び周辺技術の充実を図るものがある。

○シンクタンク調査

- ・SCOPE21 の実機化は、2003 年 11 月の国家プロジェクト終了後、蓄積された研究・試験結果に基づき新日鐵（株）が独自に計画立案し、年産能力 100 万トンの、大分製鉄所の第 5 コークス炉・石炭事前処理設備・改質チャンバー（CDQ）の建設に併せて、石炭輸送設備、石炭事前処理設備と、後工程となる CDQ コークス輸送設備、ガス精製設備など前後工程の増設までを含めた大規模プロジェクトとして実現することになった。2006 年 4 月 3 日に建設工事を開始し、2008 年 2 月 1 日に石炭を初装入し、翌日に初釜出しを行い、5 月 30 日には事前処理、CDQ を含めた総合運転を開始し、竣工した。

○実施者（製鉄所、設計開発、実機化計画、建設担当）

- ・パイロットプラント（PP）試験において、各社混ざり合って操業計画、操業解析等行い、活発に交流できたことは良かった。例えば K 氏は縦型加熱炉の専門家であったので、PP 設備の急速加熱機の事前検討時に、当社の基本仕様をもとに色々なアドバイスを与えてくれ、PP のテスト時は流速分布を取り、PP の解析・評価を行ってくれた。この経緯が実機検討の際にも役立った。

○実施者（製鉄所、鉄連開発統括部、設計開発）

- ・鉄連開発統括部は各社から技術者が出向し、4名程度で構成された。その下に3ワーキンググループが設置され、そこでパイロットプラントの設計・建設に関し活発な議論を行った。議論を下に各社が分担してパイロットプラントを名古屋製鉄所構内に建設した。パイロットプラントは総予算の50%程度を費やすもので、本プロジェクトの目玉であった。解体調査も含め、実機化のための貴重なデータが採集できた。実機化はさらに大きなスケールアップが必要であり、実用化開発では更に、一部の大型試験が必要となった。

○シンクタンク調査 資料

- ・JFE スチール（株）は、西日本製鉄所（福山地区）第5コークス炉の既存炉団（A、B、C 団）に隣接し、新たな炉団（D 団）を増設することを決定した。増設は、現状の世界的なコークス需給の逼迫化とマーケットの高騰、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下などを勘案し決定されたもので、2006 年 3 月に竣工した。西日本製鉄所（福山地区）はこれまで、高炉への微粉炭吹き込み設備の増強等によりコークス使用量の削減を図るとともに、不足分については、外部からの購入や他製鉄所・地区からの移管により対応してきた。炉団の増設により、購入コークスの更なる削減や製鉄所・地区間でのコークス移管の削減が可能となり、一層の効率化、コスト合理化を実現することができる。増設する炉団には既存炉団の共用設備が最大限に活用されるため、投資額を低廉化することが可能である。また、SCOPE21 で開発された要素技術でもある「低 NO_x 燃焼システム(*)」の考え方を国内で初めて採用するなど、環境負荷低減にも充分配慮している。

(*) 低 NO_x 燃焼システム

炉内を緩やかに燃焼させることにより、炉内温度分布を均一化し高温域を無くすことによって、燃焼時の NO_x 発生量を低減させるもの

【設備工事概要】

1. 金額：約 110 億円
2. 工事時期：2004 年 5 月～2006 年 6 月
3. その他：55 門
4. D 団生産能力：約 40 万トン/年（塊コークス量）

(JFE スチールニュースリリース <http://www.ife-steel.co.jp/release/2004/04/040423.html>)

○シンクタンク調査 資料

- ・JFE スチール（株）は、西日本製鉄所（倉敷地区）第6コークス炉の既存炉団（A 団）に隣接し、新たな炉団（B 団）を増設することを決定した。今回の増設は、国内外の旺盛な鋼材需要にこたえるため、国内粗鋼生産 3,300 万トン体制構築の一環として決定したもので、竣工は 2010 年 6 月を予定している。西日本製鉄所（倉敷地区）はこれまで、高炉への微粉炭吹き込み設備の増強等によりコークス使用量の削減を図るとともに、不足分については、他製鉄所・地区からの移管により対応してきた。炉団の増設により、一層の効率化を実現することができる。増設する炉団には、SCOPE21 で開発された要素技術でもある「低 NO_x 燃焼システム」を、2006 年 3 月に稼働した福山第5コークス

炉D団に引き続き採用するなど、環境負荷低減にも充分配慮している。

【設備工事概要】

- 1.金額：約 200 億円 2.工事時期：2008 年 8 月～2010 年 6 月(工期は約 22 ヶ月を予定)
3.増設門数：43 門 4.B団生産能力：約 35 万トン/年(塊コークス量)
(JFE スチールニュースリリース<http://www.jfe-steel.co.jp/release/2008/07/080724.html>)

○シンクタンク調査 資料

- ・新第 1 コークス炉は、今後の住友金属工業（株）和歌山製鉄所の粗鋼生産の基盤強化を担う重要な設備であり、また近隣地域への環境負荷の低減を重視し、立地等、検討を重ねた上で建設を進めている。新第 1 コークス炉の稼動（初窯出し）は 2009 年 5 月を予定しており、同時に第 6 コークス炉を休止する。和歌山製鉄所では、1969 年に第 6 コークス炉が稼動して以来、40 年ぶりの新設となり、当社全体では 1981 年に、鹿島製鉄所の第 2 コークス炉が稼動して以来、28 年ぶりとなる。

【新第 1 コークス炉建設の概要】

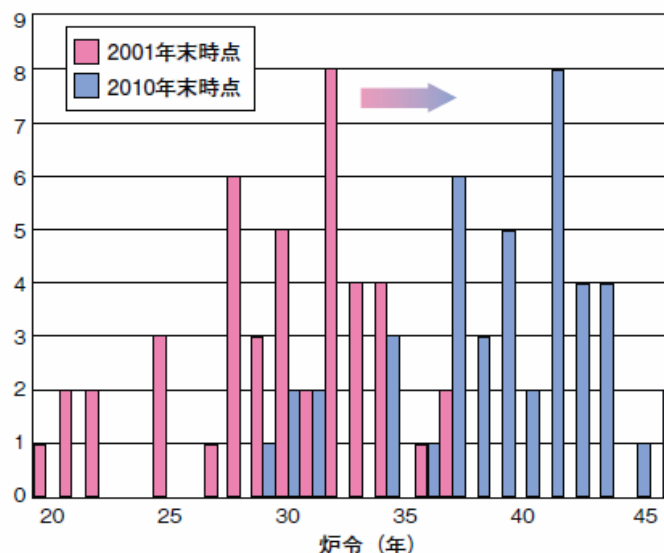
- (1)建設費用：290 億円 (2)工期：2006 年 11 月～2009 年 5 月
(3)能力：2,800 トン/日 (4)全長：284m
(5)設置門数：130 門 (6)門当たりの寸法：炉高 6.0m、炉幅 0.45m、炉長 15.98m
(7)煉瓦使用総量：約 660 万個（約 4 万トン）

(住金ニュース 07.9.11<http://www.sumitomometals.co.jp/news/news/2007/news2007-09-11.html>)

○実施者（製鉄所 企画・調整）

- ・国内に製鉄コークス用のコークス炉は約 46 基が稼動している。現在 稼動中のコークス炉は 1964 年から 1980 年に建

基数



○シンクタンク調査 資料

- ・NEDO の国際エネルギー使用合理化等対策事業、国際エネルギー消費効率化等モデル事業「流動層式石炭調湿設備モデル事業（中国）実施可能性調査」を平成 19 年度に行った例もあり、本プロジェクトと同分野のモデル事業であり、技術的に受け入れ可能域に達するならば、技術移転の検討もありうる。

○（社）鉄鋼連盟 SCOPE21 推進委員会 幹事長

- ・プロジェクト中の出願 65 件あり、そのうち 23 件が登録になっている。基本的な主要特許 15 件については、プロジェクト参加企業が無償で使えるように、（社）鉄鋼連盟が権利を継承する形態とした。15 件中既に 12 件が登録済みであり、5 件が外国出願されていること等、工業所有権の対策を着実に進めている。内容の主眼は「石炭の事前処理関連」が第一で 11 件約 73%を占め、次いで「低 NO_x 燃焼技術関連」が 3 件 20%を占める。
- ・プロジェクト終了後は、4 年間で 27 件が出願されており（2004 年度以降では、登録されたものは 1 件で、外国出願が 1 件となっている）、継続して知的ストックが蓄積されている。実機化を進めるにあたって、設備関連、操業関連の特許出願比率が増加している。

（２）プロジェクト終了後から現在に至るまで継続研究、実用化等成果活用のためのマネジメント等について

ここでは、本プロジェクトの直接的成果の設備への実用化である、コークス炉新設を達成した際の成果活用のマネジメント等についてまとめた³。

本プロジェクト成果を適用して、大分製鉄所に新第 5 コークス炉を新設した。その際のマネジメントとして有効だった概要を記す。

第一に決断のマネジメントとして、研究開発テーマ達成成果の高さのみならず、周辺技術（資材調達、施工）が伴えるかどうか、長期的視野にたって新技術を果敢に導入するか、等の判断が不可欠であり、役員クラスにおけるプロジェクトに対する深い理解と国プロの成果を活かそうとする姿勢があったことが社の判断を実機化に導いた。

第二に体制のマネジメントが必要である。実機化するためには、受け入れ箇所の大きな人的活力が必要であり、プロジェクトに参加した開発担当者が実機化を担当し、キーマンが実機設計、建設、操業まで付いていくような体制が不可欠である。技術の継承は、文書やマニュアルをベースとしながらも、人とともに引き継がれていくので、人事政策とのリンクが必要であった。

第三には、技術的マネジメントとして、実用化開発は建設現場の技術者の支援を得て共同実行が必要である。実機の設計には、問題のあるところの大規模確性実験が必要であり、現象把握のみならず基礎的根拠による技術への確信が決断に有効であった。また、過去の類似技術の実機化による技術蓄積が大型新設備の設計、建設を可能にした。実機化の過程では設備特許、操業特許等を充実させることが必要である。

○実施者（企画・調整）

- ・実機化すべきかどうか、2003 年ぐらいから社内で議論を開始した。技術的成果の活用もさることながら、コークス炉の設計、建設要員が確保できるかどうか、コークス炉用珪石れんがは国内生産がすでに途絶えているが良質品の確保ができるか、社としては 25 年程度経験が途絶えているが、コークス炉の複雑な築炉技術が継承されているか、などの検討にかなりの労力を費やした。
- ・パイロットプラントによる連続試験、過去から続いてきた開発実機化の経験があり、技術的にはかなり自信がもてた。また、基礎研究（NMR 解析等）から技術的根拠が明確になっていたことも実機化促進効果となった。
- ・技術系役員の後押しが実機化決定に寄与した。当該技術系役員は SCOPE21 開始時点に、国プロ参加を統括する部署におり、理解が深かった。また、石炭資源問題、省エネ・環

³ 本プロジェクトの実機化における実用化等成果活用のためのマネジメント等についてについては、参考資料 4、5 にまとめている。

境問題では長期的視野で新技術を導入すべきであり、国プロの成果を実際に活かすべきと主張してくれた。

○実施者（製鉄所、設計開発、実機化計画、建設）

- ・25年くらい前に製鉄所の実機で石炭加熱設備の実機化を経験したことがあり、軌道にのせるまでかなりの苦労を重ねたが、その蓄積が今回の実機設計に役立った。実機を設置する製鉄所の絶大なる支援があつて成功した。実用化開発では中央の研究部隊、設計部隊の支援プラス現地の開発部隊が問題の箇所の大型試験（例えば成形設備、燃焼設備等）を実行して設計データを確かなものにした。実用化開発では、かなりの自社の費用を要した。

○実施者（製鉄所、鉄連開発統括部、設計開発）

- ・実機の設計では、国内にコークス炉設計企業はないので、全て自社で行った。どうにか経験者等をかき集めてできた。あと1～2年後だったら集められなかった懸念もあり、実機化のタイミングとしては、ギリギリだったかもしれない。

○実施者（設計開発、鉄連開発統括部、実機設計、建設、操業）

- ・急速加熱を行う気流加熱塔は、断面積にして、実機はパイロットプラントの約18倍あり、高温における粉体操作のスケールアップは難題だった。規模の拡大と可燃性石炭粉の高温操作に対する安全確保は問題だった。中央研究部隊、設計開発部隊が蓄積していたシミュレーション技術が役だった。
- ・新設のコークス炉では、約40名の雇用増加になった。製鉄所人事セクションの支援を得て中途採用を行った。操業の教育は、現地製鉄所のコークス炉工場の絶大な支援を得て、短期間で育成した。石炭事前処理工程では新プロセスの商業生産は始めてであり、操業準備、人材育成等、多大の労力を要した。

○実施者（製鉄所、設計開発、実機化計画、建設）

- ・SCOPE21の成果を活かした実機化の完成は、本プロジェクト期間中の成果のみで成りたった訳では無く、鉄鋼業界における長い歴史の中で培われてきた技術や経験が集大成した結果と考えている。特に、1970年代頃から積極的に進められた、石炭の事前処理技術、例えば、装入炭を予め約200℃に予熱してコークス炉に装入する予熱炭装入（Pre-Carbon）法の実機化（1979年10月、室蘭）、装入炭水分を9→6%程度に低下させコークス炉に装入する調湿炭装入法（CMC）の実機化（1983年10月、大分）及び乾燥機で水分を5→2%程度に低下させ、粗粉炭と微粉炭とに分級し、微粉炭を成形する微粉塊成化装入法（DAPS）の実機化（1992年、大分）における技術の蓄積と経験を積んだ人材が繋がったことがSCOPE21成果の実用化を可能にした。

○シンクタンク調査 資料

- ・下表に示すように、我が国の鉄鋼業においては、1901 年の高炉法を導入して以来、コークス炉の改善努力を怠ることなく、多様な技術開発が継続されてきており、長期的な技術蓄積が今回の石炭事前処理技術の高度化、SCOPE21 成果の実機化を可能にしたと考える。

事前処理の歴史と SCOPE21 までの軌跡

プロジェクト名	コークライト・コークス法 (予備乾留)	不活性物添加法	粒度調整法 (SOVACO法)	熱間成型による 成型コークス
実施期間	1904年～	1947年～	1950年～	1965年～
実施機関	八幡製鉄所			資源技術試験所 北海道工業試験所 石炭技術研究所
背景	流動性が高く炭化度の低い国内弱粘炭を原料とする	固化温度付近における揮発分発生速度低減	輸入外国炭（特に膨張圧の高い低揮発分米炭）対策	
目標	コークス強度の改善			固体無煙炭燃料の製造
開発技術内容	低温乾留（外熱式ロータリーキルン）して揮発分を減少させたコークライト・コークスを配合して乾留	1947年：室蘭製鉄所(粉コークス配) 1944年；八幡製鉄所（フェロコークス）	・粉砕の強化による不活性分の ^{ハザ} ・装入密度の影響	1970年～2t/hのバリエットプラント（新日鉄室蘭） * 2塔式予熱；低温&高温流動余熱炉（非粘と粘結を個別に予熱⇒混合成型） * 1塔式予熱；配合してから予熱 * 2段式アニュラーキルン乾留
終了時の成果	1936年輪西製鉄所で10万トン／年実機プラント稼動	・フェロコークスは反応性が高く高炉使用に向かない		DI ³⁰ ₁₅ > 90のコークスが得られた。 実験は1972年終了
終了時評価	北海道炭にコークライト・コークス 10-15%、中国炭、ソ連炭を配合して1948年ごろまで操業		装入炭事前処理の根幹をなす要素技術	
その後の展開	1968年乾燥装入（福山）	* 1971年～新日鉄・八幡；成型炭配合法		
(鉄鋼便覧4版)	1979年ブレイカーボン（室蘭）/独開発 1983年CMC*1 1992年DAPS*2	* 粘結材添加法（1970年代 SRC、ソルボリス その他） * 成型コークス（1978年FCPプロジェクト） などへの展開		
備考	ブレイカーボン<200℃			

出展：「原燃料から見たわが国製鉄技術の歴史」；日本鉄鋼協会（1984 年）

*1 CMC：調湿炭装入法（大分製鉄所） *2 DAPS：微粉塊成化装入法（大分製鉄所）

(3) プロジェクト成果からの技術的波及効果

ここでは、本プロジェクトの成果により直接的に生み出された技術の広がりや関連技術分野への技術的な広がり具合についてまとめた。

プロジェクト成果から生み出された派生技術、派生技術が広がる分野、プロジェクト成果から生み出された直接技術や派生技術を利用する研究主体等に関する調査結果を以下に記す。

【石炭の事前処理技術】

石炭の流動乾燥分級機、気流加熱塔、熱間成型機、無煙装入装置などの要素技術は、実機コークス炉用に特化した設備であり、設計から製造までも完全な一品ものであり、現状では、まだ具体的な波及先は決まっていない。石炭粉利用分野では、高炉の微粉炭羽口吹き込み（PCI：Pulverized Coal Injection）プロセスにおいて約 100 μ m 以下に粉碎した微粉炭を、できるだけ乾燥させて吹きこめば安定性、エネルギー効率が向上する。国内では約 800 万トン以上の微粉炭が使われており、本プロジェクト成果である乾燥技術が波及する可能性もある。また、火力発電所においても多量の微粉炭が使われており、同様な波及可能性もある。

【評価・解析技術の波及】⁴

NMR 評価・解析技術の波及

NMR（核磁気共鳴）を用いた石炭構造の研究経過は、1970 年代ころからドイツ、米国、オーストラリア、日本（北海道大など）で報告されてきた。NMR を用い石炭の加熱過程、軟化・乾留過程を *in situ*（その場観察）で本格的に始めたのは本プロジェクトの期間中であり、本プロジェクトの実行により、キーテクノロジーである急速加熱における石炭の分子レベルでの挙動解明に NMR が多用され、高度な評価・解析技術が構築された。非微粘結炭の急速加熱処理による石炭改質機構を明らかにし、プロセス開発に役立てた。

この技術の波及として、下記の応用が進められている。

1) 鉄鋼に使用する石炭の格付けマップの作成

本プロジェクトで蓄積した知的ストックを活用して、多種ある石炭の加熱挙動を解析し使用目的に応じた炭種の選定、適正な配合提示を研究している。

2) コークスの反応機構解析

高炉炉内におけるコークスの CO₂ 等による反応劣化メカニズムを解明する研究に、本手段を用いている。

次いで、石炭に含まれる灰分（セラミックス成分）の加熱に伴う分子構造・非晶質構造等の変化を追うことによって、金属酸化物、無機材料の構造解析の分野に入った。

その結果、以下のような対象への評価・解析技術の応用が波及している。

⁴ SCOPE21 の派生効果については参考資料 7 を参照

3) 石炭無機成分の構造解析

燃焼後、灰分となる無機成分の化学構造を解析した。石炭燃焼による発電設備における無機物質のボイラー配管やタービン翼への付着・腐食機構を解明し、対策の開発へ繋げる。

4) 熔融スラグの化学構造の解明

スラグは、冷却固化後の結晶構造はかなり究明されているが、熔融状態の構造は未解明である。製鋼スラグの非晶質構造、分子構造の解析により、鉄鋼精錬プロセスのミクロメカニズム解明する。

5) 溶鋼連続 casting における熔融モールドパウダー（セラミックス成分）の適正化発泡性解析により、モールドパウダーの最適組成を開発する。

6) NMR ガスイメージング法による耐火物等の気孔構造解析

耐火物等セラミックスの気孔構造の3次元的な繋がりを把握できることにより、熔融物の浸透を抑制した高耐食性耐火物の開発に寄与する。固体 NMR 法及びイメージング法を組合せて、不定形耐火物の乾燥過程の解析耐火物の耐用性を向上させる材料開発、乾燥技術の開発に繋げる。

7) 電気二重層キャパシタにおける電解質挙動メカニズムの解析

自動車用電気二重層キャパシタの開発に寄与する。

8) クリーン・ジャパン・センターは、低品位な石炭の有効利用技術における NMR の応用状況を調査し、3R 分野の開発においても、NMR 活用の可能性を見出している。今後、本プロジェクトにおける NMR 応用の成果が活かされると確信される。

○シンクタンク調査 資料

- ・微粉炭の乾燥への波及可能性は、実施者のヒアリングから、可能性として伺った。高炉の微粉炭羽口吹き込み（PCI）プロセスは、1981 年微粉炭吹込装置が設置され、吹込操業が行われて以来、微粉炭吹き込み設置基数は確実に増加し、現在は全ての高炉に設置される迄になった。また高炉への微粉炭比（PCI 比）も増加し、1986 年には全国平均で 100kg/t-銑鉄を越え、1999 年には 140kg/t-銑鉄に達した。しかしその後は、銑鉄生産量の増加の要求もあって、吹き込み設備稼働率の状態では若干の減少になっている。この間、個々の高炉では微粉炭吹き込み量を増加させようという指向は変わらず、200kg/t-銑鉄以上の吹き込みを目指す高 PCI 比操業を行う高炉が増加を続けている。ここでは、120kg/t-銑鉄の吹き込み量、高炉銑鉄 7000 万トン/年として、PCI 用微粉炭使用量を 840 万トン/年と算出した。

○実施者 （研究所）

- ・加熱を伴う “in-situ” NMR（1997 頃）を開発し、石炭の乾留過程を可視化した。また

ミクロポアの分布を把握することができるようになり、SCOPE21 における急速加熱の効果をも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。

- ・波及技術としては石炭の軟化溶解性を定量評価する技術の応用として、石炭性状のマッピングを構築し個々の石炭評価を可能としたことが挙げられる。また高炉内でのコークスの模擬反応劣化追求（CO₂による反応等）でも NMR が活用できる。その他、石炭における灰分やスラグ、耐火物など無機物質の構造解析、組織解析を対象とする研究への発展から、劣質資源の資源化、新たなプロセス開発、材料創出につながる可能性がある。

○シンクタンク調査 資料

- ・クリーン・ジャパン・センターの HP から「NMR を活用した高度リサイクル技術の開発状況調査」を引用する。ここでは、高温プローブによる石炭燃焼イメージングを参考例に挙げている。これまで 3R 分野では、材質評価等に利用されてきているが、NMR を本格的に活用した例は少ない。NMR の特性を活かした 3R 技術への適用可能性について調査・検討をした結果、①資源の回収②製品欠陥・材料劣化の判定③有用物質・有害物質の抽出技術④低品位な石炭の有効利用技術⑤プラスチック・ゴム・ガラス等の架橋構造の解明⑥材料固有値を明らかにすることによる使用済み材料の識別等に NMR 活用の可能性が見出された。（<http://www.cjc.or.jp/modules/news/index.php>）

○プロジェクトの「評価諮問委員会」メンバーの大学教授

- ・石炭をコークス炉に装入するところから出すところまでシミュレーションすることが夢で、(社)日本鉄鋼協会高温プロセス部会の中の石炭・コークス関連の研究会で進めてきた。その研究会では、SCOPE21 に関連する議論も多々行われ、技術、人的交流に効果を発揮していると思う。そうした中でシミュレーション技術もレベルアップしてきており、シミュレーション手法一部は国家プロジェクト「多目的石炭ガス製造技術 (EAGLE)」に転用して波及利用されている。

（４）国際競争力への影響

ここでは本プロジェクトによって生み出された成果技術及び派生技術による国際競争力への影響についてまとめた。

本プロジェクトの実行を通じて、わが国の当該分野における技術レベルは向上した。石炭・コークスに関する研究は極めて地味であるが、大学、企業、（社）日本鉄鋼協会等との強い連携の下、1970年代から（社）日本鉄鋼協会に特別基礎研究部会の設置、1983年頃から石炭の急速加熱の基礎検討が始まり、SCOPE21のシーズ技術として発展することとなった。企業においては、分級粉碎法、自動燃焼管理技術、予熱炭装入技術、石炭調湿炭技術、石炭塊成化装入技術等の研究開発や実機化が進展し、本プロジェクトの実行により、さらに新技術と融合して、コークス化技術の集大成へと進んだ。思いつきの技術では無く、急速加熱の新技術に何十年にもわたる技術の蓄積をフルに活かして世界最高の技術に仕立てた。

京都議定書を補完する枠組みとして2006年1月から本格的に活動を開始した「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」⁵では鉄鋼業における省エネルギー・環境負荷低減のための最適技術（Best Available Technology）ハンドブックにSCOPE21の成果が載せられており、導入すべきリストの筆頭に入っていることから、国際的に高い評価を受けていることがわかる。

非微粘結炭の大量使用、省エネルギー効果など、本プロジェクト成果に対する海外の関心は高く、国際会議の基調講演として依頼された。国際会議発表後の質疑など反応は大きく、特に、韓国、中国、インド等これから鉄鋼業が発展する国が強い関心を示している。本格的に影響与えるのは実機が動き出したこれからと思われる。

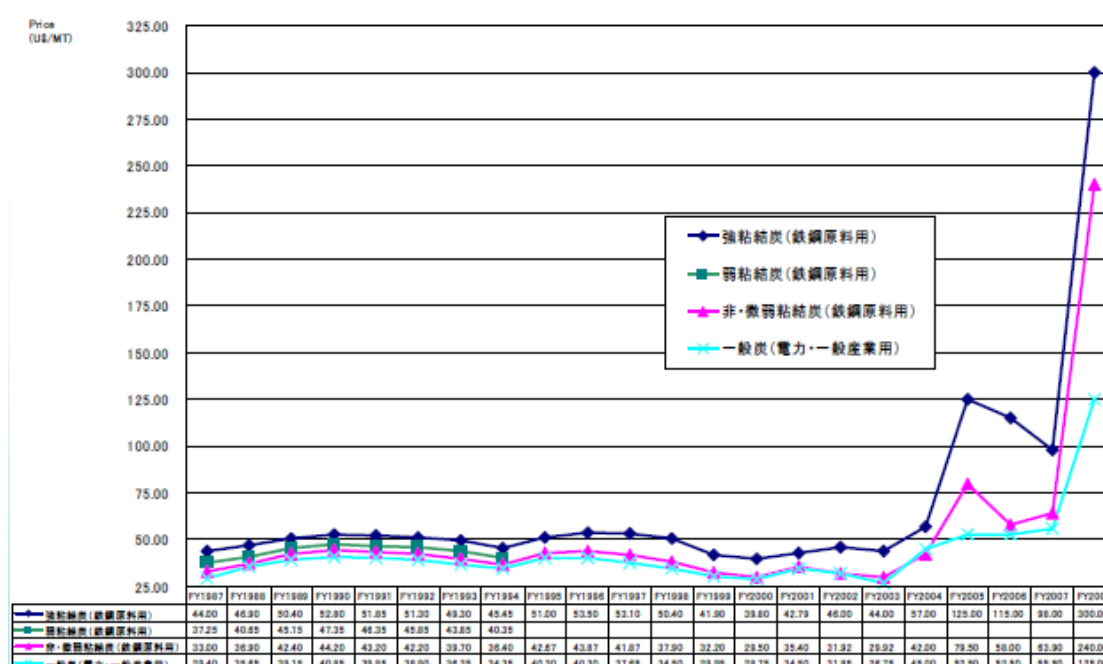
コークス製造技術の研究ポテンシャルを有する国としてはドイツと日本が挙げられる。本プロジェクトに先行してドイツを主体に欧州8ヶ国が共同で超大型コークス炉（ジャンボコークス炉）の開発を行っているが、技術的に小回りが効かないこともあって実用化されるに至っていない。

本プロジェクトは、コークス製造法の主流である副産物回収方式の室炉式コークス製造法における各プロセスの機能最大化を狙った先進的な技術開発である。その成果として、技術的にはほぼ完成の域に達したこと、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うるものである。

⁵ Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate : APP ; 米国・豪州・韓国・中国・インド・日本の6ヶ国が参加している。

○シンクタンク調査 資料

- ・下図に原料炭の価格推移を示す。高強度が要求される高炉操業用コークス製造の原料としては、強粘結炭が使用される。しかし、世界における高炉法による鉄鋼生産が増加してくると、強粘結炭の取り合いがおこり、下図のように、価格が急騰する。世界景気の変動により、価格も変動するが、地球全体の人口増や新興国における経済発展に伴い、鉄鋼生産量も増えることは確実であり、強粘結炭の価格上昇も避けられない。資源対応策として、非微粘結炭のような低品位原料炭を大量に使いこなして高炉法に使える高強度のコークス製造技術を確立することは必須である。



(三井松島産業株式会社 2009年3月期第2四半期決算説明資料 2008年11月)

○実施者 (研究所)

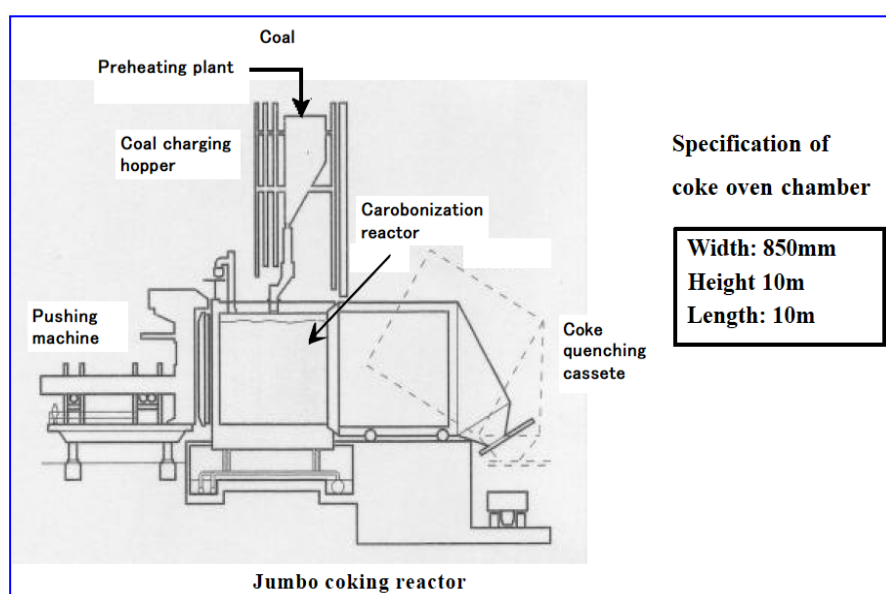
- ・海外の国際会議等において、SCOPE21 関連で約 7 件の発表を行っている。発表後の質疑応答は活発であり、海外の研究者、技術者が強い関心を持っていることが分かった。特に韓国、中国、インド等のアジアからの関心が強く、影響を与えていると思う。

○シンクタンク調査 資料

【ドイツにおける新コークス製造技術の開発状況】

- ・JCR(Jumbo Coking Reactor)は従来のコークス炉に比べて炭化室の炉容積を拡大して、炭化室に装入する石炭量を増加させることによって、生産性の向上を図る。炉幅拡大によって乾留時間が長く(24~26 h)なるが、コークスの生産性を向上させるために石炭

を予熱処理してからコークス炉に装入して乾留する技術が導入されている。JCR プロジェクトの開発は、欧州の 8 ヶ国、13 の企業が参加して設立した **European Cokemaking Technology Center** によって研究開発が行われた。パイロットプラントは、ドイツの Ruhr Kohle AG (社) の Prosper コークス工場の敷地内に建設された。1993 年にパイロットプラントの試験操業がスタートし、1996 年 2 月まで試験操業が行われ、合計約 32,000 t のコークスが製造された。しかし一般論としては炉幅の増大は乾留時間の延長、炉内位置による製品コークス品質の不均一化の克服が課題であり、実機化には至って無い。パイロットプラントでは、炉幅 850mm、炉高は 10m、炉長は 10m（実機の 1/2 相当）である。



ジャンボ・コークス試験炉

(出典：西山記念技術講座「次世代コークス炉開発の現状」平成15年11月11日（第179回・東京）)

I-2 研究開発力の向上効果

(1) 知的ストックの蓄積度合

ここでは、本プロジェクトによる知的ストックの蓄積度合についてまとめた。

【研究開発の継続】

プロジェクトに参加した研究者、技術者がプロジェクト成果を継承して実用化開発を進め、実機を建設し、操業している。第一号機を商業生産するに伴い、改善課題の追及・向上技術の開発に着手している。加熱装置、乾燥機、加圧成型機などの石炭事前処理設備を改善し、更なる生産性向上、粉塵対策、安全対策などを目指して次なる 2 号機へ向けて研究開発が進められている。また、燃焼管理技術や煉瓦構造の改善など省エネルギーの強化、整備技術の確立にも取り組んでいる。

ハードのみならず、コークス用としては低品位炭といわれている石炭の事前調整や結合材の選択、添加による高強度化の研究開発も進められている。長期的には新興国の鉄鋼生産増大に伴い、このままでは世界的な原料炭不足が想定され、資源対応技術として重要性が認識されている。

(社)日本鉄鋼協会の学術部会において、石炭とコークスに関連した研究会が 1977 年から継続して開催されてきており、1990 年頃からは、SCOPE21 と密接した内容となり、産学官の研究開発の方向決定に多大の影響を与えてきた。プロジェクト終了後も劣質炭対応型コークス化技術検討会、次いで高強度・高反応性コークス製造技術研究会と引継がれ、産学官の研究開発の指針作りに貢献している。(社)日本鉄鋼協会高温プロセス部会においても、次の石炭・コークス関連研究会(～2015 年)が立ち上がり、本プロジェクトに参加した若手の研究者が部会長を務める等、当該技術分野の研究開発は活性化されている。

【特許出願、文献からみた知的ストックの蓄積】⁶

プロジェクト中の特許出願 65 件に対して、登録が 23 件であり、特許の登録率は 35.4% と高く、質の高い特許が多く出願され、知的ストックの蓄積度合は非常に高いと言える。65 件中、26 件(40%)が石炭事前処理工程、次いで 26 件(40%)が乾留工程、窯出し・コークス改質工程が 11 件(17%)、その他が 2 件(3%)となっている。SCOPE21 のキーとなる工程である「石炭事前処理工程」と「乾留工程」で出願件数が多く、主要工程の知的ストックの蓄積が行われたことが見られる。

プロジェクト終了後の特許出願では、少なくとも石炭事前処理工程で 13 件、乾留工程で 13 件、窯出し・コークス改質工程で 1 件、が確認されており、実用化の磐石化、さらなる高性能化を目指して、知的ストックが一層蓄積されつつあると考える。実機化を果たした

⁶ 参考資料 8 を参照

後、さらに実用機の設計向上や整備性の向上、安全操業の向上など実用化を拡大する上で必然性の高い特許と考えられ、技術の充実と権利化が進められている。

文献では、プロジェクト終了後、分子レベルの視点によるコークスの炭素基質構造の解析、劣質炭配合でも高強度コークスを製造するプロセス、被覆造粒炭の研究等が進められており、知的ストックは充実している。

【評価・解析技術の蓄積】

NMR 評価・解析技術

NMR を用いた常温における石炭等の化学構造の解析は、本プロジェクト以前からも行われていたが、加熱して昇温過程の石炭の軟化過程のミクロな化学構造の測定や解析は、本プロジェクトの実施によって大きく前進した。非微粘結炭の軟化溶解性を分子レベルで評価する手法が必要であり、急速加熱による効果は粘度変化では把握できなかったが、NMR による高分子運動性成分の緩和時間、スピンスピン緩和時間に表れること等新評価・解析技術を蓄積することができた。

- ・鉄鋼に使用する石炭の格付けマップの作成
- ・コークスの反応機構解析

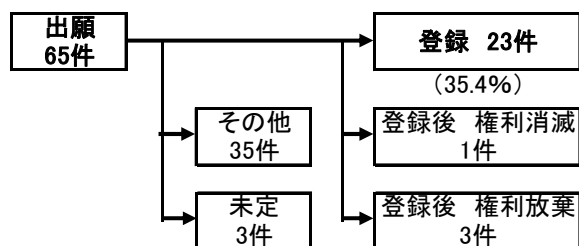
また、対象が石炭・コークスからスタートしたが、他分野へ波及することにより、

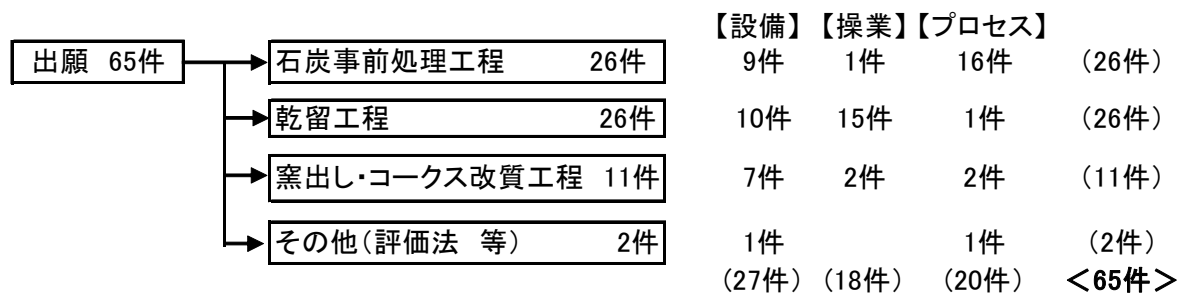
- ・溶融スラグや溶融モールドパウダー等の無機熔融物化学構造の解明
- ・耐火物の気孔構造解析
- ・電気二重層キャパシタの解析

に関する評価・解析技術も蓄積することができた。

○実施者 （企画・調整）

- ・SCOPE21 の特許の登録動向を見ると、出願 65 件に対し、登録が 23 件（登録後、権利消滅 1 件および権利放棄 3 件を含む）であり、特許の登録率は 35.4%と非常に高く、質の高い特許が多く出願され、知的ストックの蓄積度合は非常に高いと言える。
- ・工程別出願動向を見ると、65 件中、のキーとなる工程である「石炭事前処理工程：26 件」と「乾留工程：26 件」で出願件数が多く、主要工程の知的ストックの蓄積が行われたことが見られる。

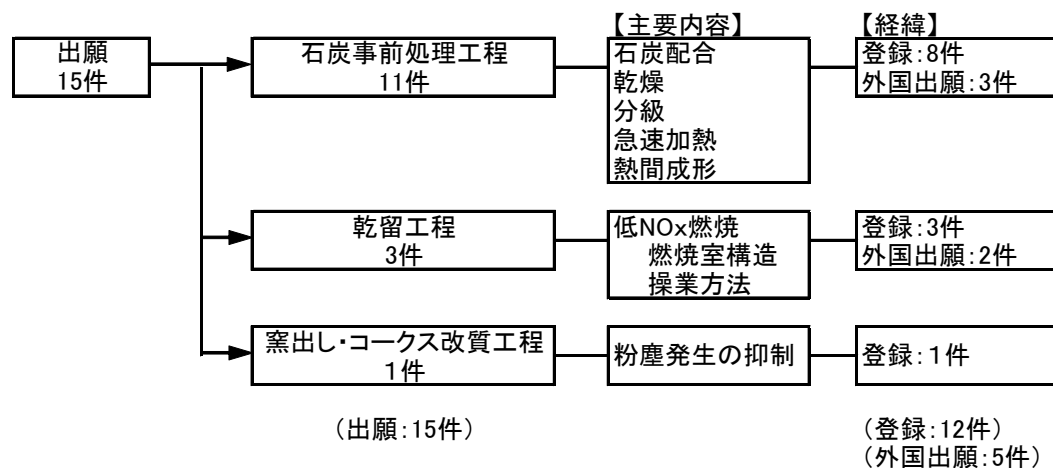




○実施者 (企画・調整)

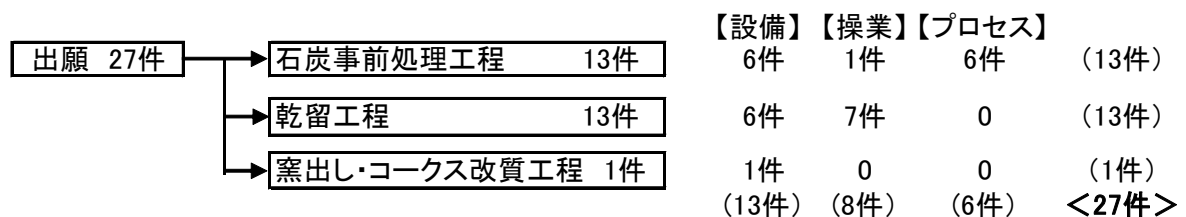
- ・基本的主要特許 15 件については、プロジェクト参加企業が無償でできるように、(社)鉄鋼連盟が権利を継承する形態とした。15 件中既に 12 件が登録済みであり、5 件が外国出願されていること等、工業所有権の対策を着実に進めている。内容の主眼は「石炭の事前処理関連」が第一で 11 件約 73%を占め、次いで「低 NO_x 燃焼技術関連」が 3 件 20%を占める。

【(社)鉄鋼連盟が権利を継承する 15 件】



- ・プロジェクト終了後は、2004 年に 1 件、2005 年に 3 件、2006 年に 16 件、2007 年に 7 件で、4 年間のトータルで 27 件が出願されており、そのうち登録されたものは 1 件、外国出願が 1 件となっている。プロジェクト終了後も継続して知的ストックが蓄積されていることがうかがえる。

【プロジェクト終了後出願した 27 件】



○実施者 （研究所）

- ・ NMR 解析技術の鉄鋼への応用は 1980 年以前から着手しており、何代かにわたって継続されている。今回、次世代コークス炉へのニーズの高まりの中で加熱を伴う“in-situ”NMR は 1997 頃から実績が上がってきた。石炭の急速加熱における構造解析等による、SCOPE21 プロセスの裏付けを確証して、知的ストックが蓄積された。また、いろいろある分析法を束ねて、資源対応研究に使うこと、資源をどう新しく見るか、という視点からの研究開発を始めるきっかけとなり、新しい展開が期待できる。

○実施者 （設計開発 鉄連開発統括部、実機設計、建設、操業）

- ・ 知的ストックの蓄積があったからこそ、本プロジェクトの終了後、それに続いて、スムーズに、SCOPE21 の設備・技術の実機化が大分製鉄所の第 5 コークス炉で行われたと言える。

(2) 研究開発組織の改善・技術戦略への影響

ここでは本プロジェクトによる研究開発組織の強化・改善や実施企業の技術戦略への影響等についてまとめた。

1) 企業を超える研究開発のインフラとして、学会、フォーラム、研究者間交流等の公式・非公式の研究交流基盤の整備⁷

大学側から数名～10名程度の研究委員に対して、企業側の研究幹事がペアを組んだ1期間4年間の研究会が（社）日本鉄鋼協会のコークス部会や高温プロセス部会の中に設置され約30年間位続けられ、産学連携でホットなテーマについて、基盤研究を充実させながら行ってきたことがSCOPE21で業界が団結して研究開発を推進する上で、貴重な役割を果たした。1977年からスタートした特定基礎研究活動に発端を發し、コークス製造のための乾留制御部会（1990～1993年）で議論された高温急速加熱によるコークス製造法の提案が、SCOPE21に繋がったものである。さらに、新コークスプロセス工学部会（1994～1997年）では産学連携による研究会活動を推進することにより、企業側のコークス研究者にも石炭の乾留の進行に伴う軟化熔融現象、膨張、収縮、再固化現象を化学工学的なアプローチ手法で捉えて解析するというスタンスが芽生え、SCOPE21の推進に寄与した。次いで、石炭粒子の粘結機構解析研究会（1998～2001年）の目的は、SCOPE21で目標とする高生産性、及び非微粘結炭使用比率の増加という課題を達成するための基盤技術として石炭の粘結過程の詳細な分子構造の変化の検討やレオロジーによる石炭の軟化熔融挙動の評価、石炭の軟化熔融挙動のモデル化が行われた。2002～2005年にかけて、劣質炭対応型コークス化技術研究会が設置され、石炭配合技術への展開などを主な課題として、低品位の劣質炭を制御して高強度のコークス用原料に転換して使用する技術の研究が産学連携によって推進されてきた。2006～2010年にかけては、高強度・高反応コークス製造技術研究会が続き、現在でもコークス品質向上への基盤研究が継続されている。このような産学連携で製鉄用コークスの製造に関する基盤技術を研究する研究会は世界に例がなく、業界の研究開発活動に貢献している。

プロジェクト期間中委託先の窓口となった（財）石炭利用総合センターが石炭に関する技術発表および技術交流の場として設置し年1回実施された石炭利用技術会議は、後に石炭技術会議さらには石炭利用国際会議と名称を変えながら継続され、プロジェクト成果の発表・共有化の交流場として機能した。

2) 企業間の共同研究の推進等、協力関係、良好な競争的関係の構築

戦前から石炭・コークス研究の交流の場として燃料協会（現在（社）日本エネルギー学会）がある。ここでは、鉄鋼業以外のコークス専業者やその周辺の事業者を取り込んで立ち上げたコークス工学研究部会があり、日本エネルギー学会が主催する基礎的学問的観点から石炭利用技術全般に関する技術交流の場としての意義が大きい石炭科学会議が比較的

⁷ 参考資料10を参照

現場的な情報交換の場として機能し、石炭予熱効果など急速加熱に関連した周辺研究成果について企業間の交流が行われた。

鉄鋼業においては、かつて国家プロジェクト等共同研究の場で培った人間関係と共有されている技術のバックグラウンドがその後の競争の中でも有効に働いており、(社)日本鉄鋼協会などの公的な学会とは別に例えば各社の技術者や研究者が集まってスポーツ大会と情報交換を行うなど人的交流を推進した経緯もあり、事後評価書あるような、「鉄鋼各社、コークス製造各社もこれに参加し既存設備と人材をフルに活用したオールジャパンの体制となっており、適切かつ妥当な実施・運営体制であったと判断される。」の背景にもなっていると考える。

3) 技術の管理組織を再編成する契機

実機化の建設においては、設備班、工事班、操業班を設置し、が三位一体となりプロジェクトを推進する柔軟な組織運営を行った。国内では、過去のリストラ政策によって既にコークス炉の建設企業は存在せず、実機化を遂行した企業が本プロジェクト以降の実用化開発、設計、建設、操業準備を全て行なった。本プロジェクトに参加した研究者、技術がコアとなり社内に上記の三位一体体制を築き、背水の陣、短期決戦で進めた。

4) 研究開発部門の再編成等、社内の組織改編

本プロジェクトでは、NMR イメージング法による急速加熱効果メカニズムの解明等、プロジェクトに理論的根拠を提供するため、先端的分析技術の適用によるメカニズム解明などが研究部の壁を越えて行われた。また、これらの成果を踏まえ、解析科学研究部門の中に新たに横断的基盤研究を志向する「化学構造・反応解析 Gr」が設置された。

5) 知的ストックが企業の技術戦略に与えた影響

一号機の実機化を遂行するに当たって、本プロジェクト成果以降の実用化開発を社内で実行し、実機の設計、資材調達、建設、操業の人材育成などの知的ストック、貴重なノウハウを得た。鉄鋼業を取り巻く環境の変動は激しいが、世界最高の鉄鋼生産技術を確保してコークス製造技術における省エネルギー、CO₂削減、環境負荷低減で最高レベルを求めするためには、老朽化コークス炉の高機能化再生が最重要課題であり、本プロジェクト成果を適用した2号機以降の実用化を図ることが技術戦略として検討が開始されている。

○実施者 (研究所)

- ・現在、コークスは大学では研究の対象になりにくいと言われている。その理由は
 - a) 企業のノウハウが多く、工学的な解析がしにくい
 - b) ユーザーが製鉄業に限定されていて研究成果の汎用性の点で難点がある
 - c) 戦後、有機化学の関心が石炭化学から石油化学へ移行し、特に最近は地球温暖化に絡んで社会的に脱石炭の傾向がある
- などであるが、しかし、石炭構造～軟化溶融現象～コークス化現象を解明できれば石炭

科学、他の材料への解析結果の展開などが可能になると思われる。そのような観点を踏まえて、大学側から数名～10名程度の研究委員に対して、企業側の研究幹事がペアを組んだ1期間4年間の(社)日本鉄鋼協会のコークス研究会が約30年間位続けられており、その成果は、最終年度の報告会を以て印刷物にして発行されている。

産学連携でホットなテーマについて、基盤研究を充実させながら行っており、人材育成にも非常に役立っている。このような活動が過去にあることが、SCOPE21で業界が団結して研究開発を推進する上で、貴重な役割を果たしたことは明らかである。

○プロジェクトの「評価諮問委員会」メンバーの大学教授

- ・(社)日本鉄鋼協会の活動に製鉄部会、コークス部会があり比較的現場よりの技術情報交換がなされていた。1970年代の終わり頃コークス研究における産学交流の場の必要を感じた持田 勲教授は当時コークス部会長であったZ社J氏に趣旨を説明し理解を求めた結果、「特定基礎研究部会」にコークス研究部会が部会長K氏、幹事X社L氏で誕生した。年間約一千万円が協会から支出されそれを大学のいくつかの研究室で分け合うと言うものであったが大学にとってはありがたい存在であった。
- ・持田 勲教授はコークスと言うより石炭液化の背景を持って参加したが、加熱条件により石炭の化学構造が変化するという概念をシーズとして注入することができたと思っている。(急速加熱)1983年ごろから持田部会長、Z社M幹事で運営したが、その後「コークス製造のための乾留制御部会」になって次世代コークスを意識してからはZ社N幹事で急速加熱についての基礎的検討を行った。

○プロジェクトの「評価諮問委員会」メンバーの大学教授

- ・1990～1993年の「コークス製造のための乾留制御部会」までは石炭の物性などに関しての検討が主であったが、次いで「新コークスプロセス工学研究会」が発足した。1994年、SCOPE21が始動してからは、エンジニアリングの問題となるので化学工学専攻の三浦隆利教授にバトンタッチした。

○実施者 (研究所)

- ・(社)日本鉄鋼協会でのコークス研究会の活動状況および主な成果を以下に示す。
 - a) 特定基礎研究活動(1977年～1989年)

石炭の基礎物性値及び基礎特性の研究、及びコークス製造技術に関する基盤研究を始め、それぞれの時代に応じたニーズを先取りして、産学連携で研究会活動を推進してきた。
 - b) コークス製造のための乾留制御部会(1990年～1993年)

SCOPE21の基盤技術に関わる石炭の急速加熱技術とその効果、及び石炭の熱間成形技術とコークス強度の向上効果の関係などの技術課題については、上記の特定基礎研究会活動に引き続いて行われたこの部会の中で議論された高温急速加熱によるコークス製造法

の提案が、国家プロジェクト体制による次世代コークスプロセス開発（SCOPE21）に繋がったと考えている。

c) 新コークスプロセス工学研究会（1994 年～1997 年）

石炭を乾留してコークスを製造する過程において、加熱された石炭は温度の上昇に伴って、熱分解とガス・タール等を発生しながら、さらに高温に加熱されると二次的な熱分解反応が起こり、石炭の炭化が進行する。石炭の炭化過程における化学反応による変化挙動は、石炭の伝熱、膨張、収縮挙動を経て多孔体炭素材料に変化して行くものであり、その反応は非常に複雑である。1994 年～1997 年にかけて、東北大学の三浦隆利教授を主査とした「新コークスプロセス工学部会」による研究活動が産学連携体制の下で展開された。本研究会では、前記のように非常に複雑な石炭のコークス化挙動を石炭の加熱下における現象を的確に捉え、石炭のコークス化プロセスを工学的に表すことを目的として研究活動が実施された。主な成果としては、離散要素法による乾留過程における石炭粒子の変化挙動の力学的な解析、石炭予熱乾留時の物質変化の解析、石炭・コークスの分子構造からみた乾留機構の解析、石炭の膨張、収縮挙動を定量的、かつ工学的に解析するための種々の研究が行われた。本研究会の実施時期は 21 世紀を目前にしてコークス炉リプレースへの問題意識が大きく変化し、SCOPE21 の開発が始まった時期であり、従来にもまして産学連携による研究体制が強化された研究会であったと思う。産学連携による研究会活動を推進することにより、企業側のコークス研究者にも石炭の乾留の進行に伴う軟化熔融現象、膨張、収縮、再固化現象を工学的なアプローチ手法で捉えて解析するというスタンスが芽生え、大きな転機になった研究会であったと考える。

d) 石炭粒子の粘結機構解析研究会（1998 年～2001 年）

1998 年～2001 年にかけて、前回と同じく東北大学の三浦隆利教授を主査として「石炭粒子の粘結機構解析研究会」による研究活動が行われた。本研究会の目的は、SCOPE21 で目標とする高生産性、及び非微粘結炭使用比率の増加という課題を達成するために、石炭の種類に応じて強度の高いコークスを高生産性条件下で生産するためには、どのような乾留操作を行う必要があるか？ との観点から石炭の軟化熔融挙動に着目し非微粘結炭と粘結炭の熔融、粘結性の差異の解明に力点を置いて石炭の分子構造の相違の解析、石炭構造の違いが石炭の軟化熔融性に与える影響の解析、及びコークス塊の生成機構に対する影響の解析などを主課題として研究会活動が展開された。

本研究会の成果として、石炭の粘結過程の詳細な分子構造の変化の検討やレオロジーによる石炭の軟化熔融挙動の評価、石炭の軟化熔融挙動のモデル化が行われた。本研究会では、コークス化現象の前半の石炭の軟化熔融挙動に焦点を当てた研究を実施しており、石炭の再固化現象、即ちコークス化現象の解明と多様な石炭種に対応したコークス品質の制御技術に関する基盤技術の研究は次回の研究会の課題となった。

e) 劣質炭対応型コークス化技術研究会（2002 年～）

現在、2002 年から 2005 年にかけて、京都大学の三浦孝一教授を主査として、コークス

化過程における石炭のコークス化過程を多孔体炭素材料の解析手法を適用した解析による研究、及び粘結性が劣る劣質な石炭を使用した場合のコークス基質の強度の工学的な理論解析、石炭配合技術への展開などを主な課題として、低品位の劣質炭を制御して高強度のコークス用原料に転換して使用する技術の研究が、産学連携によって推進されている。このような産学連携で製鉄用コークスの製造に関する基盤技術を研究する研究会は世界に例がなく、今後の研究成果が大いに期待されている。

○実施者 （研究所）

- ・SCOPE21 における産学官の共同研究活動において主導的役割を果たしたのは、(社) 日本鉄鋼協会における高温プロセス部会・特定基礎研究活動に始まる一連の研究会活動であり、プロジェクト期間中は委託先の窓口となった(財) 石炭利用総合センターが石炭に関する技術発表および技術交流の場として設置し年1回実施された石炭利用技術会議がプロジェクト成果の発表・共有化の場であった。

(社) 日本エネルギー学会は、(社) 日本鉄鋼協会のコークス部会とは別に、九州大学の持田教授が鉄鋼と関西熱学などコークス専業者やその周辺の事業者を取り込んで立ち上げたコークス工学研究部会があり、日本エネルギー学会が主催する石炭科学会議が(社) 日本鉄鋼協会の活動内容に比べると比較的現場的な情報交換の場として機能した。

○実施者 （設計開発、実機設計、建設）

- ・O氏は、実機化に際して、環境対策などを盛り込んだプロセスの詳細検討、設備構造設計から資材調達および品質管理まで、社内の力を結集して進めた。主要技術である石炭事前処理設備の建設と単独試運転を、コークス炉の建設に先駆けて進めたりコークス炉乾燥昇温作業と並行して据付工事を進めるなど、設備班、工事班、操業班が三位一体となり、恒久的な組織変更ではないが柔軟な組織運営を行って、プロジェクトを推進した。

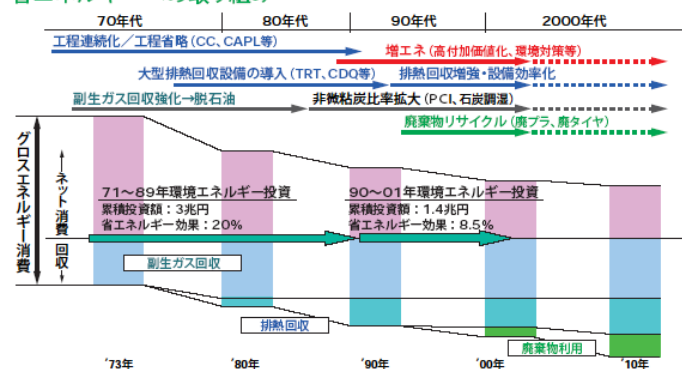
○実施者 （研究所）

- ・石炭急速加熱におけるNMRによる熔融流動メカニズムの解明等は、解析部門、製造研究部門の壁を越えて進められた。その結果、資源を縦割りではなく機能的視点でみていく「化学構造・反応解析 Gr」が誕生した。

○シンクタンク調査 資料

- ・2004 年 1 月、鉄鋼 Z 社の社長は総合資源エネルギー調査会において鉄鋼における「2030 年のエネルギービジョン」を示した。

省エネルギーへの取り組み



エネルギー戦略ロード マップ



(鉄鋼における「2030 年のエネルギービジョン」新日鐵 (株))

ここでは「技術革新」について「当面は、既存技術の延長線上で取り組むが、中長期的には画期的な技術革新が必要となる。2030 年をターゲットにとると、依然として化石燃料の使用は避けられない。「エネルギーセキュリティ」の観点からは、石炭も含めた使用を検討する必要がある。一方で環境との両立を図るためには、「石炭の効率的利用技術」を開発すると同時に、「CO₂の分離・固定化技術」の開発が非常に重要となってくることが述べており、この中に「非微粘結炭の使用比率拡大」も含まれている。

(3) 人材への影響⁸

ここでは、本プロジェクトによる人材の能力向上への影響についてまとめた。

1) 国内外において第一人者と評価される研究者の誕生

A 氏は、急速加熱による劣質炭の有効活用研究の先駆者であり、本プロジェクトのキーマンとして活躍した。基本特許を中心に 10 件の出願、SCOPE21 関連で 21 件の発表を行い、2 件は海外における発表であり、海外からの関心、信頼を得るとともに、筆頭著者として AIST(米国鉄鋼技術協会、Association for Iron & Steel Technology)の「Josef S. Kapitan Cokemaking Best Paper Award 2008」を受賞する等、国内外の石炭・コークス研究の第一人者と言える。

B 氏は、NMR の解析対象として、分子構造が非常に複雑な石炭を選んで、その軟化溶融特性を in-situ 観察する画期的な手法を開発した。「最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体 NMR による構造解析」の論文は、2000 年に(社)日本鉄鋼協会の「俵論文賞」を受賞した。B 氏は、石炭の NMR 解析で顕著な功績を挙げ、更にいろいろな材料に対しても NMR 技術を応用し、国内外で NMR 分野における第一人者として評価されている。2008 年に研究部長に昇格した。

C 氏は SCOPE21 に関連して(社)日本鉄鋼協会の高温プロセス部会の一つとして行われた「劣質炭対応型コークス化技術研究会」の中で行った、「非微粘結炭を多く含む配合炭のコークス化機構」の研究で主導的に活動し、石炭の軟化溶融挙動解明や結合材基礎研究に大きな前進をもたらした。大学からプロジェクト終了後(独)産業技術総合研究所に移りエネルギー技術開発部門 新燃料グループ長に就任した。1997 年にはエネルギー学会が術部門進歩賞を受賞、(社)日本エネルギー学会コークス工学研究部会長就任等、石炭化学の第一人者といえる

D 氏は、(社)日本エネルギー学会から平成 20 年度の進歩賞を「コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明」で受賞し、学术界におけるこの分野の第一人者と言える。大学の助教から准教授に昇格した。

2) プロジェクト従事者の企業内における評価の向上

学協会および社内表彰の受賞、当該分野における部長職位の増設、また社内報による知名度向上など、従事者の企業内における評価は高まった。

3) 研究者の能力向上に結び付くような研究者間の人的交流

E 氏は、プロジェクトの後、企業から大学に移り教授に就任した。その後(社)日本エネルギー学会の中で再会された「コークス工学研究部会」の部会長となり、産学間の研究者交流に尽力し、活動期間中に「コークス・ノート 2004 年版」を発行して知的ストックの向上に貢献した。

X 線 CT スキャンによる亀裂生成メカニズム解明文献の著者の一人である F 氏は企業か

⁸ 参考資料 9 を参照

ら大学に移り、総合研究所バイオカーボン研究開発センター長（教授）に就任した。木質バイオマスの固体燃料化を研究し、地域資源活用型研究開発事業“木質資源を用いた鋳物用加炭材の研究開発”（2007・2008 年度 経済産業省）においてプロジェクトリーダーを務めている。この事例は高炉用コークスで始まった研究が鋳物の世界に広がったと同時に、バイオマスと言う再生可能エネルギー資源への展開の可能性を示唆するものである。

4) 関連分野の研究者増員

研究者の増員は特には見られないが、当時、鉄鋼業における研究開発縮小風潮の中で、本プロジェクトが実現されたことにより、各企業の石炭・コークス関連の研究者が削減されずに維持できたことの意義は大きい。その後、鉄鋼増産、コークス炉老朽化対策等でこの分野の重要性が認識されたことは幸いであった。

本プロジェクトへの企業からの参加者は合計で約 77 名であった⁸。企画・調整、研究開発、設備部門、製造部門からの参加であり、本プロジェクト終了後は元の所属部門へ戻る、あるいは大学の教授へ転出等、技術の継承に貢献している。また、新コークス炉の実機化を行った企業では、プロジェクト終了後、実用化開発へ数名が移動し、さらに約 19 名が新たに加わって実機化を推進した。本プロジェクト成果を活かすために、技術が継承されている。全体では、プロジェクト終了後、約 22 名が出向、退職しており、高齢化の影響が現れており、持続性のある人材育成が必要である。

実機化した企業においては、本プロジェクトに参加した研究者が、実機化の設計、操業へと経験を積んだことは人材育成の好例といえる。また、リストラで分散していたコークス炉の設備技術者、建設経験者が実機化のために、再度一同に会して技術継承されたことは幸いであり、担当者的高齢化もあり、今を外してしまえば設計、建設の実行はおぼつかなかった。

5) 研究機関の国内外から高い評価

SCOPE21 開発プロジェクトは、高度な先導的・先進的技術開発であったことが認められ、（社）日本エネルギー学会から「平成 16 年度の学会賞（技術部門）」（表彰式：平成 17 年 2 月 25 日）が与えられた。この賞はエネルギーに関する技術分野において特に顕著な業績を挙げたものに授与されるもので、（財）石炭利用総合センターと参加企業である神戸製鋼所、JFE スチール、新日本製鐵、住友金属工業がその受賞者となっている。

また、（社）日本鉄鋼協会から平成 17 年度の表彰式（平成 17 年 3 月 29 日）において、プロジェクト中に（社）日本鉄鋼連盟内に設置された「次世代コークス製造開発委員会」が、共同研究賞（山岡賞）を受賞した。また、論文「Effect of Coal Pre-treating Technology on Coke Strength」が米国鉄鋼技術協会の「2008 年度コークス製造ベスト論文賞」を受賞している。

このように、SCOPE21 の開発プロジェクトに参加した団体および企業およびその研究機関は、国内外より高い評価を受けている。

○実施者 （研究所）

- ・Z社の先端技術研究所の解析科学研究部は、SCOPE21の開発において、急速加熱により石炭の溶融性が向上する原理を解析する基礎研究を行った。従来の方法では、ギーセラ試験装置を用いて、石炭が約400～500℃で流動性を評価しているが、高温型NMR試験装置を用いた実験によって、急速加熱した石炭をコークス炉で乾留した場合の粘結成分が変化する挙動を解析し、分子レベルの構造変化を明らかにした。このように、NMRの解析対象として、分子構造が非常に複雑な石炭を選んで、その軟化溶融特性をin-situ観察する手法を開発したことは画期的な研究であり、非常に意義があるものであり、キーマンはこの分野の第一人者として認められている。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部）、企画・調整）

- ・研究者は減員しているがコークスの研究開発は継続している。いずれコークス炉の建設があると予想されたので、入社5～6年目の人をSCOPE21プロジェクトに当てた。現在は中核となり、新設された高炉とコークス炉の改修や新設を検討する部組織で活躍している。この部に関与しているコークス関係技術者は、設備関連等も含めSCOPE21よりも多い。

○実施者 （企画・調整）

- ・SCOPE21開発プロジェクトは、高度な先導的・先進的技術開発であったことが認められ、（社）日本エネルギー学会から「平成16年度の学会賞（技術部門）」（表彰式：平成17年2月25日）が与えられた。この賞はエネルギーに関する技術分野において特に顕著な業績を挙げたものに授与されるもので、（財）石炭利用総合センターと参加企業である神戸製鋼所、JFEスチール、新日本製鐵、住友金属工業がその受賞者となっている。
- また、（社）日本鉄鋼協会から平成17年度の表彰式（平成17年3月29日）において、（社）日本鉄鋼連盟内に設立された「次世代コークス製造開発委員会」が、共同研究賞（山内賞）を受賞した。この賞はかねてより鉄鋼の学術、技術の共同研究に著しい功績のあったグループに対して授与しているもので、今回は既存コークス炉に代わる21世紀対応の次世代コークス製造技術（SCOPE21）を開発したことが評価されたものである。
- ・個人や共著者においても、1997年（社）日本エネルギー学会 進歩賞：溶媒抽出による石炭の科学構造に関する研究、2000年（社）日本鉄鋼協会 俵論文賞：最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体NMRによる構造解析、2004年（社）日本エネルギー学会 進歩賞：核磁気共鳴法を利用した石炭の精密構造解析技術の開発及び石炭資源の有効利用技術に関する研究、2005年（社）日本エネルギー学会 進歩賞：劣質資源・環境対応型コークス製造技術の研究、2008年米国鉄鋼技術協会 コークス製造ベスト論文賞：「Effect of Coal Pre-treating Technology on Coke Strength」、2008年（社）日本エネルギー学会 進歩賞：コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明 等

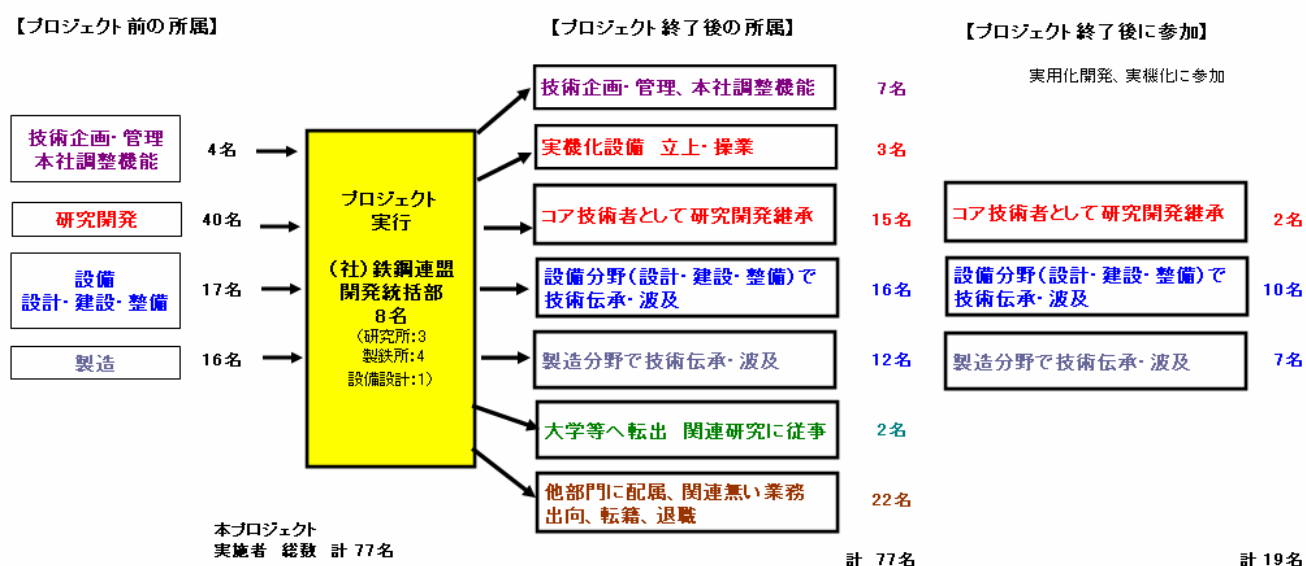
の受賞を受けており、評価は高まった。

○実施者（研究所）

- ・C氏は、大学からプロジェクト終了後独立行政法人産業技術総合研究所に移りエネルギー技術開発部門 新燃料グループ長に就任した。また、現在は（社）日本エネルギー学会のコークス工学研究部会長として学会活動をリードしている。

○シンクタンク調査

- ・特許の発明者、論文発表者から実施者の名前を抽出し、ヒアリング調査で実施者の配属等を調べ整理した。下記に整理結果を示す。



I-3 経済効果

(1) 市場創出への寄与

ここでは本プロジェクトによる市場創出や拡大状況についてまとめた。

本件の場合、製品を作り出し、それを販売する市場を創出するメカニズムとは異なり、鉄鋼生産の中の間接原料であるコークスを作るための原料を購入する市場が広がる効果が発生する。実機化したコークス炉は 100 万トン/年の生産量として、非微粘結炭の使用量を 20%から 50%へ増加可能となれば、約 30 万トン/年の非微粘結炭使用量を増やすことができる。

○実施者（企画・調整）

- ・日本は国内炭の生産がほとんど無いため、石炭輸入国であり、世界最大の約 1.8 億トン／年を輸入し、世界の石炭貿易量の約 22%を占めている。最近 3 ヶ年の輸入石炭の種類別内訳は、原料炭（コークス製造用、高炉用等）が約 7,700～8,300 万トンで、一般炭（電力用、燃料用等）が約 9,400～9,500 万トンで、無煙炭が約 600 万トンである。また、石炭の部門別消費量で見ると、2002 年では鉄鋼用が 43.4%で、電力用が 42.0%で、その他が 14.5%であり、鉄鋼での消費量が非常に大きいことが分かる。よって、鉄鋼においては、海外炭の安定した供給量・価格の確保はエネルギーセキュリティ上の大きな課題である。

この鉄鋼用の原料炭は、粘結炭のほか、非微粘結炭が使用されているが、従来法では強度上の制約からコークス製造に不向きとされ、現行のコークス炉では 20%しか利用できていない。これに対し、SCOPE21 プロジェクトは、非微粘結炭の使用比率を 50%まで高めることができ、現下の原料炭価格高騰の中、劣質炭（非微粘結炭）の製鉄原材料への利用可能性を格段に広げる画期的な資源対策となるので、コークス炉において使用する石炭のフレキシビリティ（炭種制約の緩和）を非常に高めることになり、新しい石炭市場を創造し、その市場を拡大することに寄与したと言える。

(2) 経済的インパクト⁹

ここでは本プロジェクト成果を活用して実機化したことによる経済的メリットの試算結果等を示した。

素材産業における、コークスのような中間原料の原単価は、各企業の非公開情報であり、入手は難しいため、ここでは、効果を試算した。

SCOPE21 プロセスは石炭事前処理での電力／ 燃焼ガスなどの用役費が増えるものの非微粘結炭の多配合のため、現行プロセスより原料費の低減と設備費の低減によって、フルコストのコークス製造費（変動費＋ 固定費）は、現行プロセスに対して 18%の削減可能と評価された。中国の最近のコークス価格¹⁰である 1,400 元/t（15 円／元として 21,000 円/t）を前提条件とすると、コークストーン当たり 3,800 円/t（18%）安く製造できることとなる。大分製鉄所に新設された第 5 コークス炉の生産量を 100 万トン/年とすると、この前提条件において約 38 億円/年のコスト低減になる。

将来、2 号機以降が建設、稼動すれば、メリットは増大する。

直近のコストメリットも当然ではあるが、世界の資源問題として、劣質炭を使える自由度は、万が一粘結炭の枯渇、価格急騰の事態で最大の効果を発揮する。

実機化した新設コークス炉は生産性向上を図り、乾留炉の窯（門）数が従来炉の 126 窯が 64 窯に減ること等から、設備費が従来設備に比べ約 16%低減可能である。設備投資額は約 370 億円であり、約 70 億円の設備費低減が期待できる。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

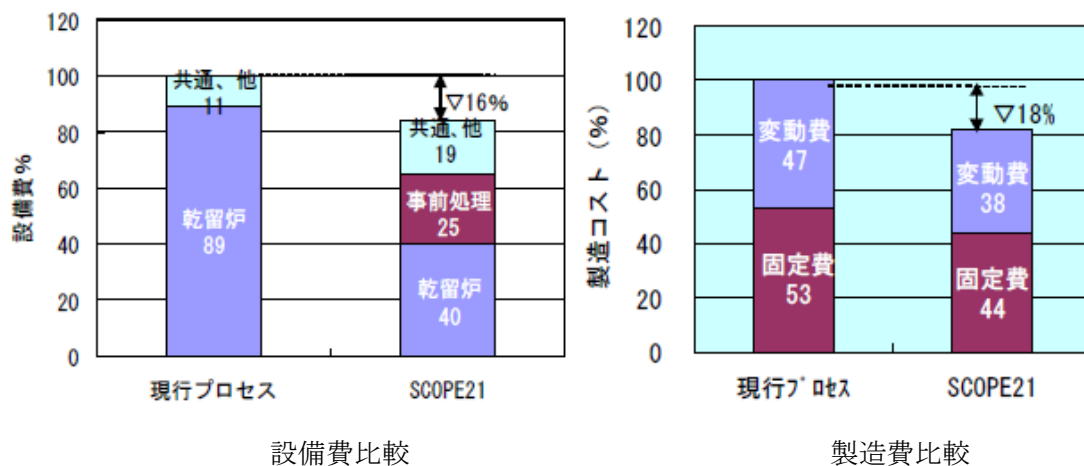
- ・コークス炉の増強によって、2 年前までやっていたコークスの輸入はなくなった。輸入コークスはヤードに長く保管することが多く、含有水分が多くなる問題が出てくる。水分が多いと、加熱エネルギーが増加する。

○シンクタンクの試算

- ・現行プロセスと比較して SCOPE21 は、石炭事前処理設備費と環境対策費などの増加はあるものの、乾留炉設備の低減が大きく寄与し、16%の設備費低減と評価された。投資額が 370 億円とすると、 $(370/0.84) - 370 = 70$ 約 70 億円の低減が算定される。
- ・SCOPE21 プロセスは、石炭事前処理工程での電力／燃焼ガスなどの用役費が増えるものの、非微粘結炭の多配合及び設備費の低減によって、フルコストのコークス製造費（変動費＋固定費）は、現行プロセスに対し 18%削減可能と評価された。

⁹ 参考資料 6 を参照

¹⁰山西のコークス価格、継続下落（日中貿易 B2B 情報サイト Made-In-China 2008 年 11 月）



○シンクタンク調査 資料

・新日鐵ニュース、産経ニュース（2008年5月30日）から引用する。

2008年5月30日、大分製鉄所にて、世界で初めて次世代コークス製造技術「SCOPE21」を導入した第5コークス炉の竣工式を行った。

「SCOPE21」は、鉄鋼業界を取り巻く資源・エネルギー問題への対応力強化等を目的に経済産業省管轄の国家プロジェクトとして開発された技術で、原料炭を事前に急速加熱することでコークスの品質向上及びコークス製造時間の短縮を行い、より低品位で安価な石炭への利用拡大や大幅な省エネ・CO₂削減などが実現する。コークス原料への低品位石炭混合率を2割から5割に引き上げることが可能になる。経済産業省が10年間にわたって100億円超を投じ、国内鉄鋼各社らと研究開発した次世代技術による第一商業炉。中国などの需要増で、原料用石炭は前年度比3倍超に高騰しており、これから更新期を迎える国内約50基のコークス炉への技術転用が期待される。

世界最大級の高炉を持つ大分製鉄所では、年間70万トンのコークスを国内外から外部調達しているが、新型コークス炉がフル稼働すれば、全量を自社で生産できる。

【大分製鉄所第5コークス炉の概要】

- ・生産能力:約100万トン/年
- ・投資額:約370億円
- ・着工:平成18年4月
- ・初装入、初窯出し:平成20年2月
- ・総合運転:平成20年5月

(3) 産業構造転換・活性化の促進

ここでは本プロジェクト成果の活用による実機化によって各企業が産業活性化や雇用創出への影響についてまとめた。

本プロジェクト成果を活かして大分製鉄所にコークス炉を新設したことにより、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%になり、頻繁におこる価格変動にも影響を受け難くなるポジティブな構造転換といえる。

コークス炉の新設は、建設費約 370 億円の経済効果を生み、また、新たな操業要員の必要性から、約 40 名程度の雇用が増加し、活性化に繋がった。

JFE スチール（株）は、西日本製鉄所（福山地区）第 5 コークス炉の既存炉団（A、B、C 団）に隣接し、40 万トン/年生産能力を有する新たな炉団（D 団）を 2006 年 3 月に増設した。SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NOx 燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用し、環境負荷低減に寄与しており、投資額は約 110 億円であり、経済活性化、雇用に貢献している。

JFE スチール（株）は、西日本製鉄所（倉敷地区）第 6 コークス炉の既存 A 炉団に隣接し、約 35 万トン/年生産能力の新たな B 炉団を増設することを決定し、竣工は 2010 年 6 月を予定している。ここでも SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NOx 燃焼システム」の考え方を、採用し、環境負荷低減に寄与する。投資額は約 200 億円の予定であり、同様に経済活性化、雇用に寄与することが確実視される。

住友金属工業（株）は和歌山製鉄所において、老朽化した第 6 コークス炉（1969 年建設）を休止する代わりに新第 1 コークス炉を 2006 年 11 月から建設を開始している。当コークス炉は、SCOPE21 で開発された要素技術である「低 NOx 燃焼システム」の考え方を採用している。コークス生産量は約 100 万トン/年であり、投資額は約 290 億円、2009 年 5 月の完成を目指している。

以上、2010 年までの設備投資総額は約 600 億円になる。

○実施者（設計開発、実機設計、建設、操業）

- ・新設コークス炉の完成により、コークスを中国などから輸入することなく、コークス自給率が 100%になる。従来のコークス炉を休止せず、新たにコークス炉を大分に新設するので、操業者が新たに約 40 人（中途採用者）必要となる。SCOPE21 の成果として、現行プロセスに比べて設備費およびコークス製造費が安価となる。日本の鉄鋼業がコークス炉の新設によりコークスを輸入に頼らず自給率を高めることができるという経済効果も生み出していると言える。その結果として、コークス産業構造の転換や活性化（市場の拡大や雇用の増加等）にも大きく寄与したと言える。

○シンクタンク調査 資料

- ・JFE スチール（株）西日本製鉄所（福山地区） 第 5 コークス炉 D 団増設について（JFE スチール（株） ニュースリリース 2004 年 4 月 23 日を引用）

第 5 コークス炉の既存炉団（A、B、C 団）に隣接し、新たな炉団（D 団）を増設することを決定した。今回の増設は、現状の世界的なコークス需給の逼迫化とマーケットの高騰、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下などを勘案し決定されたもので、2006 年 3 月に竣工した。増設する炉団には既存炉団の共用設備が最大限に活用されるため、投資額を低廉化することが可能であり、また、SCOPE21 で開発された要素技術でもある「低 NOx 燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用するなど、環境負荷低減にも充分配慮している。

○シンクタンク調査 資料

- ・JFE スチール（株）西日本製鉄所（倉敷地区） 第 6 コークス炉 増設について（JFE スチール（株） ニュースリリース 2008 年 7 月 24 日を引用）

第 6 コークス炉の既存炉団（A 団）に隣接し、新たな炉団（B 団）を増設することを決定した。今回の増設は、国内外の旺盛な鋼材需要にこたえるため、国内粗鋼生産 3,300 万トン体制構築の一環として決定したもので、竣工は 2010 年 6 月を予定している。これまで、コークスの不足分については、他製鉄所・地区からの移管により対応してきたが、炉団の増設により、一層の効率化を実現することができる。増設する炉団には、SCOPE21 で開発された要素技術でもある「低 NOx 燃焼システム」を、2006 年 3 月に稼働した福山第 5 コークス炉 D 団に引き続き採用するなど、環境負荷低減にも充分配慮している。

【設備工事概要】

- 1.金額：約 200 億円
- 2.工事時期：2008 年 8 月～2010 年 6 月(工期は約 22 ヶ月を予定)
- 3.増設門数：43 門
- 4.B 団生産能力：約 35 万トン/年（塊コークス量）

○シンクタンク調査 資料

- ・住友金属工業（株）和歌山製鉄所 新第 1 コークス炉（住金（株）ニュース 2007 年 9 月 11 日を引用）

和歌山製鉄所において建設中の新第 1 コークス炉は 2006 年 11 月に着工して以来、順調に工事が進み、このたび基礎工事が完了した。新第 1 コークス炉は、今後の和歌山製鉄所の粗鋼生産の基盤強化を担う重要な設備であり、また近隣地域への環境負荷の低減を重視し、立地等、検討を重ねた上で建設を進めている。稼動（初窯出し）は 2009 年 5 月を予定している。和歌山製鉄所では、1969 年に第 6 コークス炉が稼動して以来、40 年ぶりの新設となり、当社全体では 1981 年に、鹿島製鉄所の第 2 コークス炉が稼動して以来、28 年ぶりとなる。

【新第 1 コークス炉建設の概要】

- (1)建設費用：290 億円
- (2)竣工：2009 年 5 月
- (3)能力：2,800 トン/日
- (4)全長：284m
- (5)設置門数：130 門
- (6)1 門当たりの寸法： 炉高 6.0m、炉幅 0.45m、炉長 15.98m
- (7)煉瓦使用総量： 約 660 万個（約 4 万トン）

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

ここでは本プロジェクト成果の活用によって実機化した際の省エネルギーへの寄与についてまとめた。

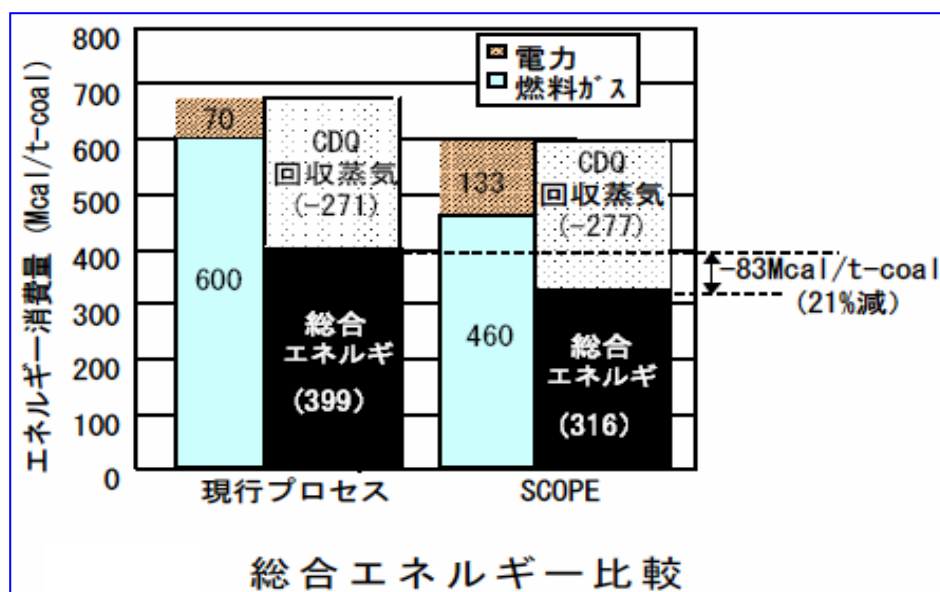
SCOPE21 適用技術による省エネルギーは石炭 1 トンあたり、83Mcal (119 Mcal/t-コークス) であり、原油の発熱量 9126kcal/L で換算すると、9L (13L/t-コークス) に相当する。これは、現行プロセスに比べ、21%の省エネルギーを達成した。現行プロセスに比べ、21%の省エネルギーを達成した。

京都議定書の約束 (1990 年比 ▲ 6 %削減) を履行するにあたって、日本鉄鋼業は、「鉄鋼業における地球温暖化対策への取組」として、粗鋼生産量 1 億トンを前提に、2010 年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の 1990 年度に対し、10%削減を目指している。10%削減は、鉄鋼業として極めてハードルが高い目標値であり、SCOPE21 における 21%の省エネルギー効果は、比率として大きな貢献になり得る。

(コークス歩留まりを 70%)

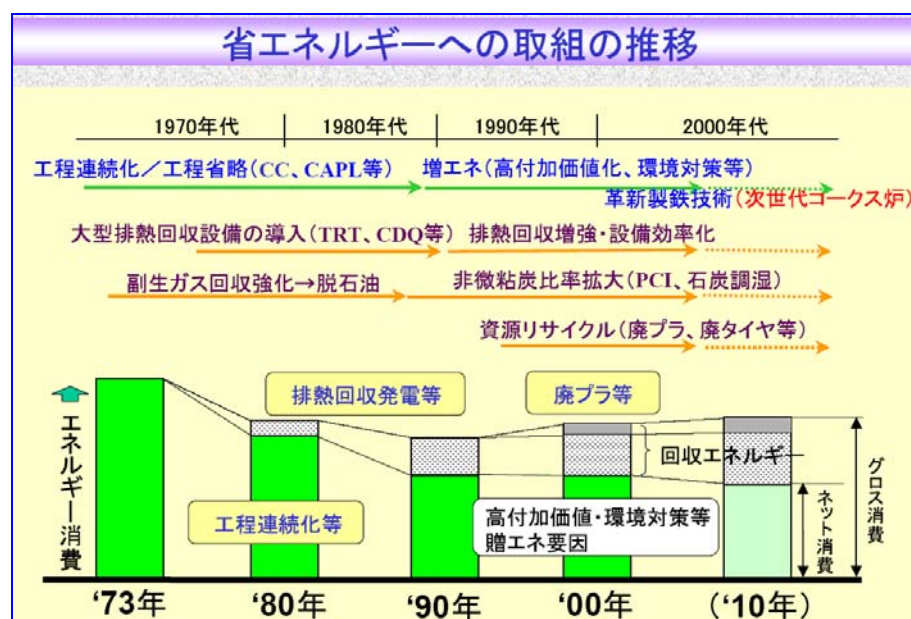
○実施者 (企画・調整)

- ・新設コークス炉は、生産性向上により、窯数は少なく (126 窯→64 窯)、燃焼時間が短時間 (約 18hrs→約 7hrs) になる。石炭事前処理設備の設置により、使用電力量は増えるが燃焼用燃料が減ること等から、トータルでは、従来炉に比べ、83Mcal/トン-石炭 省エネルギーになる。



○シンクタンク調査 資料

- ・日本鉄鋼業は、「鉄鋼業における地球温暖化対策への取組」として、粗鋼生産量1億トン
を前提に、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の1990年度
に対し、10%削減を目指している。10%削減は、鉄鋼業として極めてハードルが高い目
標値であり、SCOPE21における21%の省エネルギー効果は、比率として大きな貢献に
なり得る。下図に示すように、省エネルギーの手段として、次世代コークス炉(SCOPE21)
への期待も大きい。



(出典：鉄鋼業における地球温暖化対策の取組 自主行動計画進捗状況報告 平成 20 年 10 月 (社) 日本鉄鋼連盟)

（２）環境問題への影響

ここでは、本プロジェクトの成果活用によって環境問題の解決に寄与する効果等についてまとめた。

SCOPE21 適用技術による省エネルギーは石炭 1 トンあたり、83Mcal である。BFG90 体積%、COG 10 体積%とする乾留用燃料ガスが削減されたとする。比率で分配すると、乾留用ガス燃料ガスの発熱量は 1200 kcal/Nm³、乾留用燃料ガスの CO₂ 排出係数は 0.38 kg-CO₂/Nm³ となる。 $83,000 \text{ kcal} \div 1200 \text{ kcal/Nm}^3 = 69 \text{ Nm}^3\text{-燃料ガス/t-石炭}$ の燃料ガスが削減でき、 $69 \text{ Nm}^3\text{-燃料ガス/t-石炭} \times 0.38 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 = 26 \text{ kg-CO}_2/\text{t-石炭}$ の CO₂ 削減が試算される。(38 kg-CO₂/t-コークス)

国内では、炉令 30 年以上の老朽コークス炉が約 90%を占め、NO_x、粉塵発生から、稼働率を調整（低下）せざるをえない状況もあるが、今回の新設炉、増設炉では高稼働率で低 NO_x、発塵抑制を十分に達成した。

パイロットプラント試験時において、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を確認し、「NO_x30%低減」を達成している。将来の環境負荷低減技術として活用努力が継続されている。

(BFG：高炉ガス、COG：コークス炉ガス)

○実施者（企画・調整）

- ・大気汚染防止法施行規則における、ばい煙発生施設に係る排出基準のうち、ばい煙発生施設であるコークス炉の窒素酸化物の排出基準は以下の通りで、今後、コークス炉を新設する場合の NO_x 濃度は 170 ppm 以下とする必要がある。現在、建設後 30 年以上のコークス炉が 90%以上あり、殆どが NO_x 規制値 350～200ppm で操業している。規制値が厳しくなる場合、稼働率を落として燃焼負荷を減少させる等行う。

～1975：350ppm / 1975～1977：200ppm / 1977～：170ppm

○実施者（製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

- ・要素技術開発の一つとして、SCOPE21 用コークス炉の低 NO_x 型高生産性の燃焼構造の開発を行った。研究開発における目標値は以下の 2 つであった。

① 均一加熱：高さ方向の温度差を 50℃以下（コークス押出時の炉蓋近傍温度 700℃以上）

② NO_x 濃度：100ppm 以下（at 炉温 1250℃）

ここで均一加熱として 50℃以下を設定しているが、これは中低温の 800℃程度で窯出する時点で、高さ方向の炭層中心部温度（以下、炭中温度）が±25℃を想定したものである。既設炉の場合は 100℃以下であるが、今回の目標は極めて均一化を指向したものである。NO_x 濃度も現状の新設炉建設の規制値が<170ppm であり、更に今後の環境規制強化を勘案し大幅に NO_x 濃度を低減させた目標としている。この要素技術開発に続いて、パイロットプラント試験を実施し、要素技術開発で得られた成果を確認しているが、パイロットプラント試験時においても、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を確認し、SCOPE21 プロジェクトの大きな目標の一つとしていた「NO_x30%低減」を達成している。また、併せて環境対策としての無煙・無発塵の技術開発にも取り組んでおり、実機設計のためのデータ収集を完了している。

（３）安全、安心、生活の質

ここでは、本プロジェクトの成果活用による国民生活の安全、安心、生活の質の向上に寄与する効果についてまとめた。

我が国の鉄鋼業は原料を輸入に頼っており、幅広い劣質炭が使用可能になり資源対応力が強化されることは、鉄鋼生産の安定性、コストの安定化に寄与することであり、結果としては生活の安心、利便性の向上にも繋がると考える。

SCOPE21 成果の活用による新コークス炉の実現は石炭 1 トンあたり、83 Mcal の省エネルギーを達成し、その効果は 26 kg-CO₂/t-石炭（38kg-CO₂/t-コークス）の削減に相当することから、生活の安全、質の向上に寄与する。また、SCOPE21 の低 NO_x 燃焼技術の成果は将来の NO_x 低減にも貢献する。

○実施者 （企画・調整）

- ・SCOPE21 適用技術による省エネルギーは石炭 1 トンあたり、83Mcal であり、原油の発熱量 9126kcal/L で換算すると 9L に相当する。これは、現行プロセスに比べ、21%の大幅な省エネルギーを達成した。また、83Mcal に相当する CO₂削減量は、BFG90 体積%、COG 10 体積%の乾留用燃料ガスが削減されることになる。比率で分配すると、乾留用ガス燃料ガスの発熱量は 1200 kcal/Nm³、乾留用燃料ガスの CO₂ 排出係数は 0.38 kg-CO₂/Nm³となり、石炭 1 トンあたり、26kg-CO₂の削減になる。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

- ・長期的には、全世界で鉄鋼生産量が増えることは確かであり、コークス用強粘結炭の需要が増大し、各国の取り合いが起こることも想定される。直近の高生産の環境の中で価格が 3 倍に急騰した記憶も新しい。将来に備え、資源対応力を強化しておくことは、資源セキュリティ上、我が国では必須の課題であり、鉄鋼生産安定性、鉄鋼製品価格安定化に貢献し、国民生活の安心等に寄与すると考える。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

- ・本プロジェクトのパイロットプラント試験では、大型の燃焼設備を建設して、低NO_x燃焼の基盤技術開発に注力し、成果を得ているので、将来の一層の環境負荷低減に貢献しうる。

I-5. 政策へのフィードバック効果

ここでは、本プロジェクトの成果等が、その後の資源対応策、省エネルギー対策及び環境対策等に与えた影響等についてまとめた。

SCOPE21 の目的は、①資源対応力の強化（劣質炭の利用拡大）、②高生産性、③省エネルギー（CO₂削減）が主体であり、この成果は、その後の経済産業省製鉄企画室策定の「鉄鋼技術戦略マップ（2005 年 4 月 18 日）」の鉄鋼技術開発（資源対応強化技術開発）の加速に貢献する。

資源エネルギー庁のエネルギー技術戦略マップにおいて総合エネルギー効率の向上に寄与する技術の中の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次世代コークス製造法（SCOPE21）がロードマップに位置づけられており、本プロジェクト成果が政策に組み込まれている。

京都議定書を補完する枠組みとして 2006 年 1 月から本格的に活動を開始した「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」の鉄鋼ワークショップでは、メンバー各国間で環境保全と省エネルギーに関する最新技術を共有するために「先進技術ハンドブック」（SOACT: State-of-the-Art Clean Technologies）の Part I を作成している。2006 年末までに、53 の環境保全技術と 48 の省エネルギー技術が集められ、この内の 63 の技術は日本から提供され、Cokemaking の項目の中には、従来からの技術であるコークス乾式消火技術（CDQ）や調湿炭装入法（CMC）とともに、最新クリーンテクノロジーとして SCOPE21 が冒頭に掲載されており、省エネルギー、CO₂削減への寄与が期待されている。

NEDO では、中国・東南アジア等への温暖化対策技術移転を目的とした PR・啓蒙活動に役立てることを目的に、2008 年 9 月 1 日に、「地球温暖化対策技術移転ハンドブック 2008 年＜改訂版＞」を作成したが、鉄鋼業の分野では、次世代コークス技術（SCOPE21）の成果を反映し、SCOPE21 がリストアップされており、地球温暖化対策技術へ影響を与えている。

○シンクタンク調査 資料

- ・経済産業省製鉄企画室は、鉄鋼技術戦略マップ策定検討会を通じて、2005 年 4 月 18 日に「鉄鋼技術戦略マップ」を公表している。この中で SCOPE21 は、鉄鋼製造技術開発の資源対応力強化技術開発に位置づけられる。

（出典：鉄鋼技術戦略マップ策定検討会（第 3 回）資料 2005 年 3 月）

鉄鋼技術戦略マップ

2005. 4. 18

製鉄企画室(JRCM)

		川 上		川 下	
分類	ニーズ・技術課題	生産技術	製品技術	ユーザー領域	目的
鉄鋼製造技術	資源対応力強化	次世代コークス法(SCOPE21) 新焼結プロセス 石炭・コークス/鉄石複合原料 一般炭と鉄鉱石接着結合技術 フェロコークス製造技術 稀有資源分離回収技術 新製鋼プロセスフォーラム(スクラップ利用) エネルギー(鉄/ガス)併産技術	熔融還元製鉄法(DIOS) 劣質原料使用技術(鉄鉱石/石炭) 新鉄源製造 プロセスルターを用いた革新的製鉄技術 石炭マルチターを用いた溶鉄製造技術 合金鉄製造技術 鉄片表面改質技術	Znレズ表面処理技術 AY1	資源問題対応 鉄鋼製品の安定供給確保
	環境対応	新製鋼プロセスの開発 CO2排出削減技術(スタンダード・ハイガス等) 電気炉ダスト回生技術 資源循環環境調和精錬プロセス	資源循環・環境調和型 新機能鋼材・新商品 省エネ鋼構造接合技術	スラッグの海域利用技術 副生物・発生物の資源化技術	エネルギー問題対応 地球環境保全
	高生産性(効率化)	電磁力利用鋳造技術 熱・冷延統合プロセス 生産弾力性拡大・技能技術伝承技術	次世代線材製造技術 高精度探傷・形状計測技術 次世代圧延技術(難加工性特殊鋼等)	CY1 DZ1	高齢化・少子化対応
	高品質・高機能化		鉄系スーパーメタル 鉄系ナノメタル 革新的電磁鋼板 超微細粒熱延鋼板製造技術 特殊鋼材の高清浄・高機能化技術 材料表面制御による低摩擦損失技術	DZ2 DZ3 DZ4	鉄鋼業の競争力強化 安心安全社会の構築
鉄鋼業のインフラ・技術等を活かした地球環境保全(産業素材リサイクル技術等)		(製鉄所内での利用) 製鉄インフラ・副産物利用水素エネルギー・グリーンエネルギー・燃料等の高効率製造・貯蔵技術 電気炉利用鉄・プラスチックリサイクル技術 回転炉床有用金属回収技術 事前炭化式ガス化溶融炉 社会廃棄物処理技術(廃プラ・バイオマス等)	(製鉄所からの副生製品) EY2: 副生ガス発量の効率化 COG利用水素製造 エココンビナート構築	EY1 EZ1 EZ2 EZ3 EZ4 EZ5	循環型社会構築 地球環境保全

凡例 : : 開発終了テーマ : 現在開発中テーマ : 将来開発予定テーマ

※技術テーマは一例

鉄鋼業の国際競争力強化
 鉄鋼製品の安定供給確保による日本製造業の国際競争力の維持・発展への貢献

○シンクタンク調査 資料

- ・資源エネルギー庁エネルギー技術戦略（2007）の中で、「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の項に次世代コークス製造法（SCOPE21）が位置づけられており、政策へのフィードバック効果と考えられる。また、同技術戦略の中の「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に向けた導入シナリオにも SCOPE21 が入っている。

①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術ロードマップ（1/12）

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1101	省エネ型産業プロセス	省エネ性の向上 生産性向上 コークス製造コストダウン	21% 従来の3倍 -18%	23% -20%		
	次世代コークス製造法		既存コークス炉のリプレイス			
			次世代コークス製造法（SCOPE21） 高反応性新環境成物導入	一般炭・鉄鉱石接着結合技術、フェロコークス製造技術 廃プラ・バイオマス吹き込み技術 多目的転換炉		副生水素（COG）の利用最適化／水素エネルギーシステム 劣質原料使用技術（石炭）

○シンクタンク調査 資料

- ・京都議定書を補完する枠組みとして、2006 年 1 月から本格的に活動を開始した「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」（APP: Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate、米国・豪州・韓国・中国・インド・日本の 6 ケ国が参加する）の鉄鋼ワークショップでは、メンバー各国間で環境保全と省エネルギーに関する最新クリーンテクノロジーを共有するために「先進技術ハンドブック」（SOACT : State-of-the-Art Clean Technologies）の Part I を作成しており、2006 年末までに、53 の環境保全技術と 48 の省エネルギー技術が集められ、この内の 63 の技術は日本から提供され、Cokemaking の項目の中には、従来からの技術である CDQ や CMC とともに、最新クリーンテクノロジーとして SCOPE21 が取り込まれている。



○シンクタンク調査 資料

- ・京都議定書に規定されたクリーン開発メカニズム(CDM)や共同実施(JI)等を活用してクレジットの取得に努めることが必須であり、そのためには発展途上国や市場経済移行国等への温暖化対策技術移転を積極的に推進していく必要がある。NEDO では、中国・東南アジア等への温暖化対策技術移転を目的とした PR・啓蒙活動に役立てることを目的に、

2008 年 9 月 1 日に、「地球温暖化対策技術移転ハンドブック 2008 年＜改訂版＞」を作成したが、鉄鋼業の分野では、次世代コークス技術（SCOPE21）の成果を反映し、SCOPE21 がリストアップされた（69 頁）。

Ⅱ．現在の視点からのプロジェクトの評価に関する調査

Ⅱ－１．国家プロジェクトとしての妥当性

ここでは、現在から見て、国が関与する必要があったか。また、関与の方法や程度は妥当であったかについてまとめた。

実用化を目指した鉄鋼製造プロセスの研究開発では、連続試験による確性、スケールアップ・設備設計に必要なデータ取得などを目的とした大規模実験が不可欠となる。特に、本プロジェクトのようにコークスを 100 万トン/年と大量に製造する大型プラントの開発では、小規模のラボテストから始まり、まずベンチテストで技術確性するとともにパイロットプラント設計のためデータを取り、パイロットプラントを建設、操業して、実機の F/S へと進む。ステップを追って大規模実験を実行するためには多額の研究開発費と長期にわたる研究期間必須となる。また、可燃性である石炭微粉を大量に、かつ今まで経験したことのない 400℃程度まで気流で高温加熱する技術は安全性からみても技術的難易度が高い。以上の点から、民間企業のみでは十分な研究開発は困難であり、国家プロジェクトとして妥当と考える。

また、環境問題への先進的対応に関して、民間企業では新興国との競争も激化する中でコスト重視にならざるを得ない状況におかれ、民間企業のみでは研究開発が遅れる危険性もあり、国家プロジェクトとして長期的視野で進められたことは妥当であった。

さらに、近年、重厚長大産業の研究開発には大学からの参加、指導が減少する傾向も顕著であるが、本プロジェクトでは、企業と大学との強い連携が実現して、実用化に至ったこと、また、大学における当該分野の研究にも弾みがつけられたことは、国の関与の意義は十分あったと考えられる。

○実施者（設計開発、鉄連開発統括部、建設、操業）

- ・SCOPE21 は企業負担分も含め、約 100 億円のプロジェクトであり、リスクがありすぎて、1 社では出来ない開発であった。パイロットプラントに予算の約 50%以上を費やした。社内の持ち出しも相当ある。

○実施者（企画・調整）

- ・国内のコークス炉は大半が建設後 30 年以上を経ており、老朽化したコークス炉のリプレイスは極めて重要な課題である。その際に、原料用石炭の炭種制約を緩和し、環境問題の大幅な改善と省エネルギーを図る高生産性のプロセスにリプレイスされることへの要請は大であり、そのためのプロセスの技術開発は極めて重要である。これに対して、国の基幹産業であり、かつ国際的にも厳しいコスト競争の最中であって大型研究開発リスクを負いにくい鉄鋼業界に対する支援と、我が国のエネルギーセキュリティの確保やクリーンコールテクノロジーの開発への効果から見て、国の関与は妥当と考えられる。

Ⅱ－２．目標設定

ここでは、本プロジェクトが現在の技術動向、市場動向、社会環境、政策目的等から見て、目標設定の方向性とそのレベルは妥当であったかについてまとめた。

プロジェクト開始時における石炭資源対応力の強化、コークス製造の省エネルギー、NOx等環境負荷低減の目標は、基本的な目標であり、現在でもその意義は一層深まっており、目標設定の方向性は妥当であったと考える。現在の資源エネルギー庁のエネルギー技術戦略マップにおいて、「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」に次世代コークス製造法（SCOPE21）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は妥当であったと考える。

目標設定のレベルは、天然原料の変動性や大量生産対象であること等からみて、挑戦的な目標であり、3件の目標のうち生産性アップ3倍に対して2.4倍までの到達だったこと等、難しいところもあったが、目標設定のレベルは妥当であったと考える。

○実施者（設計開発、鉄連開発統括部、建設、操業）

- ・石炭は非微結炭を含め、米国からは若干程度であり、ほとんどが豪州から輸入されている。粘結炭の生産量が減ってきており、昔はオープンカットで掘れたが、現在は坑内掘りとなっている。また、粘結炭は2008年で、300ドル/tぐらいまでアップした。これらを考えると国のエネルギー政策に合致したものである。
- ・生産性の目標は3倍に対し2.4倍で、達成できなかったが、全体的に目標は高かったと思う。

○実施者（企画・調整）

- ・SCOPE21プロジェクトは革新的なコークス製造技術開発のみならず、社会環境や政策目的などの視点から、クリーンコールテクノロジー、エネルギーセキュリティへの寄与をも考慮に入れた開発となっており、その目標設定の方向性とそのレベルは妥当であったと考えられる。

Ⅱ－３．プロジェクト実施方法

ここでは、本プロジェクトの計画策定、スキーム（予算制度）、実施体制、運営方法等の実施方法が現在の視点から見て妥当であったかについてまとめた。

第一ステップの要素研究段階を分散研方式で行ったことは、各社が持ち帰って得意な装置、方法で、機密事項漏洩の懸念も無く進められ、効率的であった。その後のパイロットプラント試験は集中研方式で行い、各企業が担当分野の責任をもちつつ全員で忌憚ない議論を戦わせてパイロットプラントの設計に活かし、操業で確認できた実施方法は妥当であったと考える。各社が参加する次世代コークス製造開発委員会、技術委員会および技術幹事会が開発統括部の企画・調整と有効に機能してプロジェクトがスムーズに進められたと思う。

（社）日本鉄鋼協会の研究会を場として、産学協同で議論できた体制は、技術交流、人材育成にも貢献し、適切だったと考える。

実施期間は８年から１０年に延長されたが、長すぎたとする意見もあった。予算を集中させる等できれば、費用ももう少し少なく短期間で効率的に進められた可能性もあったのではないかと。全体は少し短期間にし、パイロットプラント操業を十分にとるようなスケジュールが望ましかったとの意見もあった。

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、次年度の予算額も確定されておらず苦労した。複数年度使用可能で集中して予算がつけば、もっと短期間でプロジェクトを終わらせることも可能だったと考える。

<実施体制>

○実施者（製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

- ・SCOPE21 プロジェクトの技術開発は、（社）日本鉄鋼連盟内に設置された、プロジェクト専従者（班長、部員３～４名）からなる「開発総括部」を軸にして、参加会社毎のWG（ワーキンググループ）のメンバー（トータル２０数名）による共同研究体制のもと、鉄鋼会社５社・コークス製造関係会社５社から構成されたオールジャパンの技術開発体制が構築された。SCOPE21 プロジェクトの技術開発が大きな成果を納めることができたのは、「技術委員会」や「評価諮問委員会」や「技術幹事会」の他、上記のようなオールジャパンの確固とした技術開発体制が構築され、研究開発のマネジメントがうまく行われた結果であると言える。

○実施者（設計開発、鉄連開発統括部、建設、操業）

- ・開発委員会（Y社 副社長が委員長、Z社 常務取締役が副委員長、各社もそのクラスの人

が委員を務め、開催：1回／6ヶ月）、技術委員会（各社部長クラス、開催：1回／3ヶ月）および技術幹事会（室長クラス、開催：1回／1ヶ月）が縦につながった体制で、意見の集約が短期間で行なわれ易かったので、SCOPE21 プロジェクトがスムーズに行われたと思っている。特には PL がいなかったが、技術委員会で計画決定して各社分担で責任を持って遂行する方法は良かったと思う。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、企画・調整）

- ・要素技術開発から集中研体制で行った場合、各社の機密事項等から難しかったと思う。本プロジェクトでは、始め分散研体制をとり、パイロットプラント試験で集中研体制をとったことは、企業が集まる研究開発プロジェクトとしてやり易かった。当初の分散研体制は各社の分担責任を明確にして成果を出す点からも適切であった。パイロットプラントは各社集まって議論を尽くし協力して作り上げ、操業したので、集中研体制で良かったと思う。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、実機設計）

- ・単年度予算が最大の問題かと思われる。例えば複数年度にまたがり、数十億円予算のパイロットプラント建設では、次年度の予算額も確定していないので、計画、設計、購買準備など苦労した。費用を集中して出してくれたら、技術開発はもう少し早く終わっていたのではないと思う。

Ⅱ－４．プロジェクト終了時の事後評価の妥当性

ここでは、本プロジェクト事後評価で行われた評価結果は、追跡評価の時点から見て妥当であるかについてまとめた。

今回の実施者に対する調査結果では全て事後評価は妥当との回答であった。事後評価において、「優れた特性を確認していること等から、リプレースの際には確実に実用化されるものと期待できる。」と評価されており、今回、大分製鉄所に 1 号機が建設、稼動を開始したことは符号する。

事後評価書において、「パイロットプラント運転期間が 1 年であったが、他炭種の適用など、本設備を活用した研究がもう少しあっても良かったのではないかという意見もあった。」とあるが、実施者も肯定しており、パイロットプラントの有効活用が望まれた。

また、事後評価書における「中国をはじめとしたアジア諸国への普及を積極的に進めることについても検討を行っておく必要があるものと考える。」に対しては、必要性は理解しているが、現状では国内コークス炉の老朽化対策を優先させること、検討を行える人材を確保することが課題である。

○ シンクタンク調査 資料

- ・NEDO では、中国・東南アジア等への温暖化対策技術移転を目的とした PR・啓蒙活動に役立てることを目的に、2008 年 9 月 1 日に、「地球温暖化対策技術移転ハンドブック 2008 年＜改訂版＞」を作成したが、鉄鋼業の分野では、次世代コークス技術（SCOPE21）の成果を反映し、SCOPE21 がリストアップされた。（出典：NEDO のホームページ）

Ⅱ－５．プロジェクト終了後のフォローアップ方法

ここでは、本プロジェクトの成果の実用化や普及に対して、プロジェクト終了後のフォローアップ体制が適切であったか、後継の国のプロジェクトを立ち上げる必要は無かったかについてまとめた。

大分製鉄所に新設コークス炉を実機化するに際して、2005 年度～ 2008 年度に NEDO から「エネルギー使用合理化事業者支援事業」を受けられたことは、促進要因として効果があった。特に、単年度予算では無く、年度を越えて使用することができ、実施する上で助かった。実機の 2 号機も検討を始めているが、2 号機以降もこの制度が適用されれば、実機化促進に効果を発揮する。

後継の国家プロジェクトに関しては、プロジェクト終了後、企業が実用化開発を経て技術を確立し実機化に至っており、特に立ち上げる必要は無かった。更なるコークス材料開発に着手すると言うよりも、先端開発成果の普及が先決である。SCOPE21 プロジェクト終了後、2004 年 1 月から（社）日本鉄鋼連盟に SCOPE21 推進委員会が設置され、SCOPE21 の成果を普及する目的で活動が続けている。

○実施者 （企画・調整）

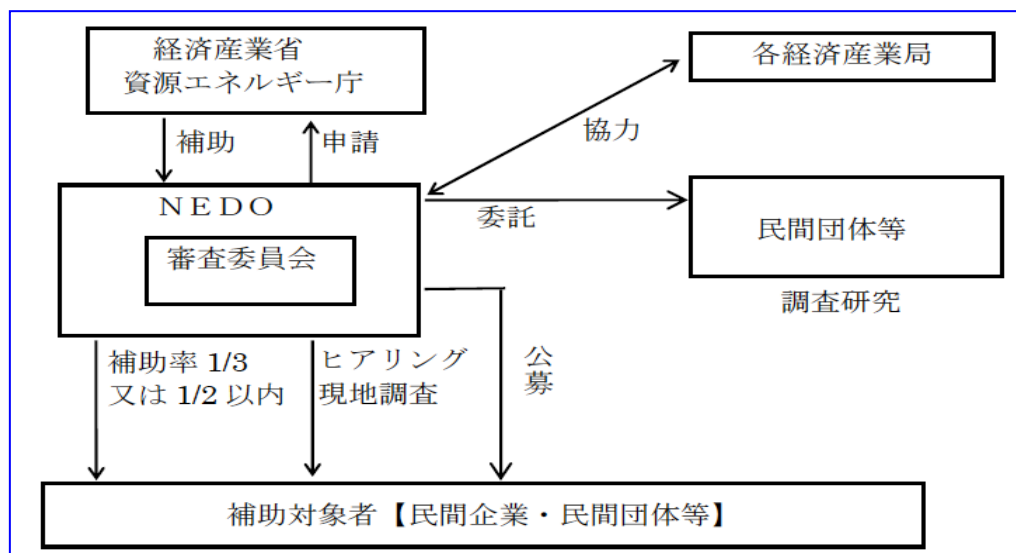
- ・経済産業省／資源エネルギー庁 → NEDO では、エネルギーを使用して事業を行っている者が更なる省エネルギーを推進するための設備・技術を導入する事業において、必要な費用の一部を補助する補助事業を行っている。このプロジェクトの成果の実用化および普及（成果の実機化）に関しては、この「エネルギー使用合理化事業者支援事業」において、「SCOPE21 型コークス製造法導入による省エネルギー事業」（大規模事業 補助率 1/3）が採択され、補助金を使用して大分製鉄所で第 5 コークス炉の新設時に、SCOPE21 型コークス製造法の導入による省エネルギー設備・技術が実機化された。このように、SCOPE21 の実用化開発プロジェクトの終了後、それに続いて、スムーズに、SCOPE21 の設備・技術の実機化が行われたことを考えると、プロジェクト終了後のフォローアップ体制は非常に適切であったと言える。
- ・実機 2 号機に対しても、同様な補助が得られるならば、実機化は早く実現できる。

○実施者 （製鉄所、鉄連開発統括部、実機設計）

- ・「SCOPE21 型コークス製造法導入による省エネルギー事業」（大規模事業 補助率 1/3）が複数年度制（最大 4 年）になった意義は極めて大きい。合理的な予算実行ができた。

○シンクタンク調査 資料

- ・下記に「エネルギー使用合理化事業者支援事業のスキーム」を示す。特に、2005 年度から事業期間 4 年度の大規模事業対象が新設されたことにより、実機化の弾みになった。



(エネルギー使用合理化事業者支援事業の補助条件)

年度	事業	補助率	補助金額上限	事業期間
単年度	単独事業	1／3	5億円 ／事業	1年度
複数年度	複数連携事業	1／2	15億円 ／年度	最大 4年度
	大規模事業	1／3		

○実施者 (企画・調整)

- ・コークス製造技術を対象とした後継プロジェクトは設定していない。国内のコークス炉の老朽化は明白であり、SCOPE21 に至るまで我が国が培ってきた多様なコークス製造技術を適用して、増設、改造、新設など各社の政策によって進めることになると思われる。
「クールアースーエネルギー革新技术計画（経済産業省）」が公表され、その中で革新的製鉄プロセスを目的とした「環境調和型製鉄プロセス技術開発」が国家プロジェクトとして 2008 年から開始された。最新鋭の SCOPE21 技術は普及促進によって、地球温暖化対策へ寄与することが期待されている。

2.3 今後の課題

- (1) プロジェクト成果である石炭事前処理技術を大幅に取り入れた新コークス炉の実機化において、実用化開発、実機設計、建設など実行する人材が集められるかどうか、懸念された。今回は、かつて社内の工作事業部門に存在したコークス炉建設部隊のエンジニアリングに関わる人材を社内の総合技術センター設計開発部門に集合させ、エンジニアリング技術を復活させたこと、総合技術センター内で研究開発力とエンジニアリング力の相乗効果を出せる体制を構築できたことが実機化を可能にした。今回のタイミングが遅れたら、人材担保、詳細設計はできなくなっていた懸念もあり、技術継承ではぎりぎりのところであった。

かつてのコークス炉建設部隊が無くなり、子会社等に分散された人材をどうにか集められたことで、今回は乗り切れたが、経験豊富な人材の高齢化は著しく、後継者の育成が急務である。今回の 27 年ぶりのコークス炉新設によって、若手人材が経験を積めたことは人材育成に大きく貢献したが、人数的にも未だ十分とは言えない。年齢分布も考慮した持続性のある人材育成が不可欠である。

- (2) 国内の鉄鋼企業をみた場合、SCOPE21 成果を適用した新コークス炉を自社内で設計、建設しうる企業は稀であると言わざるを得ない。世界中では、コークス炉設計・建設を請け負う主要な企業はドイツ、中国およびウクライナぐらいにしか存在しない。外国企業に、SCOPE21 成果を適用したコークス炉の新設を発注するにしても、外国企業は設計データ、ノウハウを全くもっていないこと、また、技術を保有しない設備建設の性能保証は行わない、など設計、建設の主要部分を任せることは難しい。特に、SCOPE21 成果の実現には、粉塵爆発防止をはじめ、繊細な設備技術や操業技術のノウハウが欠かせない。発注側に、指揮をとり、決断する人材、マンパワーが不可欠であり、育成しなければならない。

- (3) 今回の実機化 1 号までには、長年にわたる段階的な開発、実機化の積み重ねがある。乾留炉への装入方法をみても、約 10% から 5~6% 水分 (1983 年) に、次いで 2~3% 水分にして塊成化 (1992 年) を経て装入する方法と、約 200℃ に石炭を加熱して装入する予熱炭装入法 (1979 年) との実機化による技術蓄積があつてこそ SCOPE21 成果実用化に至ることができた訳であり、操業ノウハウも含め、段階的なレベルアップが必要と考える。予熱炭装入法を採っても使いこなすまでに 10 年近い経験が必要であったことから、今回の実機 1 号機を使いこなすまでには 5 年程度必要と見ている。

- (4) 資源対応の幅拡大や省エネルギー志向は世界の動向であり、国際会議の場でも、韓国、中国、インド等鉄鋼業が拡大している国からの関心は高い。ただし、海外の鉄

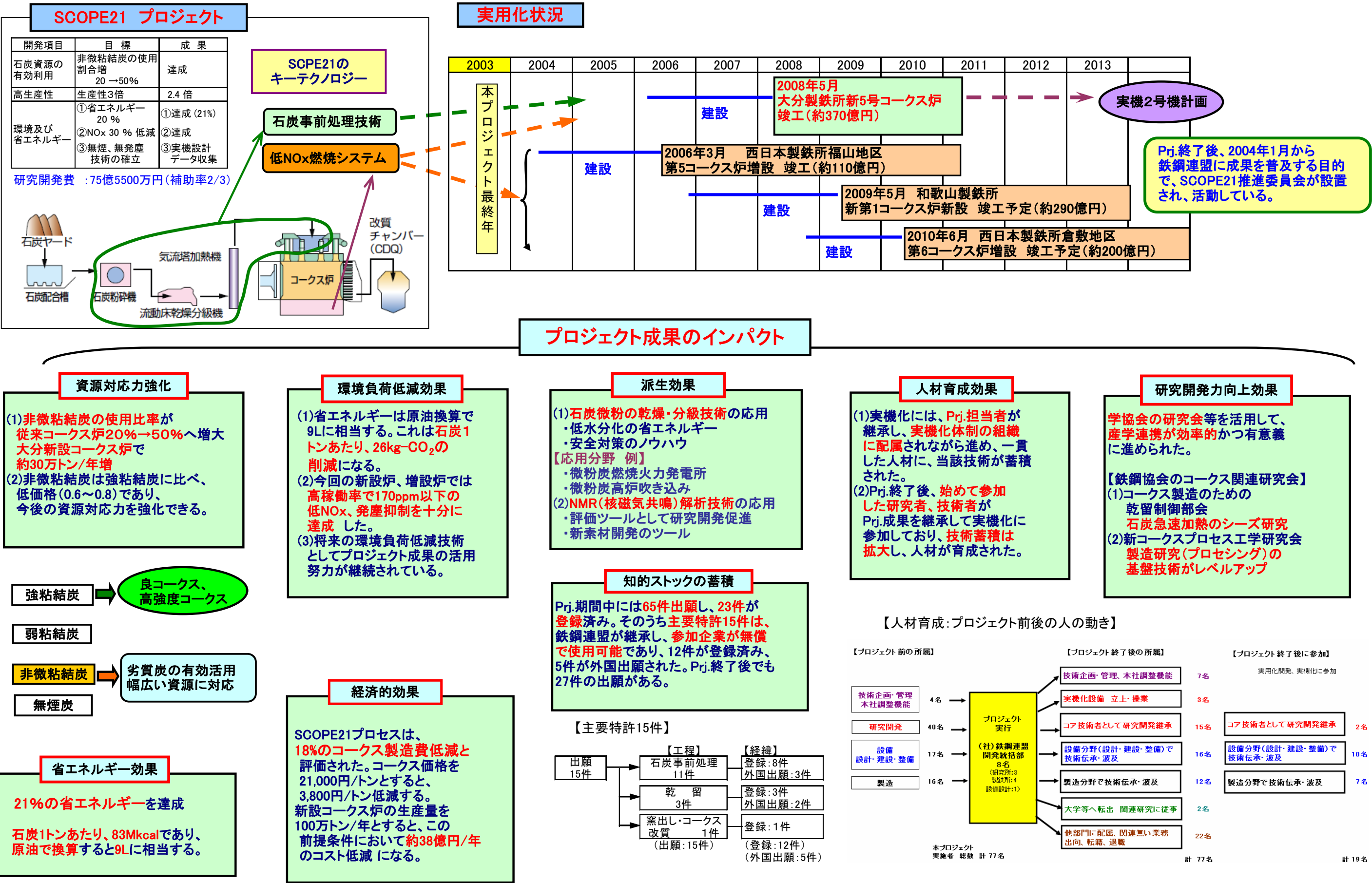
鋼業への普及については、今しばらく時間がかかると考える。前述（4）に記したように、レベルアップには段階的な技術蓄積が必要であること、SCOPE21 適用技術は、繊細な操業、きめ細かな整備技術、徹底した安全管理などが不可欠であり、かなり成熟した段階で受け入れることが望まれる。

3. 参考資料

- 参考資料 1. 総括版
- 参考資料 2. コークス炉の説明
- 参考資料 3. 技術波及効果 プロジェクト終了後の実用化状況
- 参考資料 4. プロジェクト終了後から、現在に至るまでの実用化、成果活用
のマネジメント等について
- 参考資料 5. 長期的技術の蓄積と実用化
- 参考資料 6. SCOPE21 の効果
- 参考資料 7. SCOPE21 の派生効果
- 参考資料 8. 特許の出願動向
- 参考資料 9. 技術蓄積、人材育成
- 参考資料 10. 研究開発力向上効果
- 参考資料 11. 今後の展開

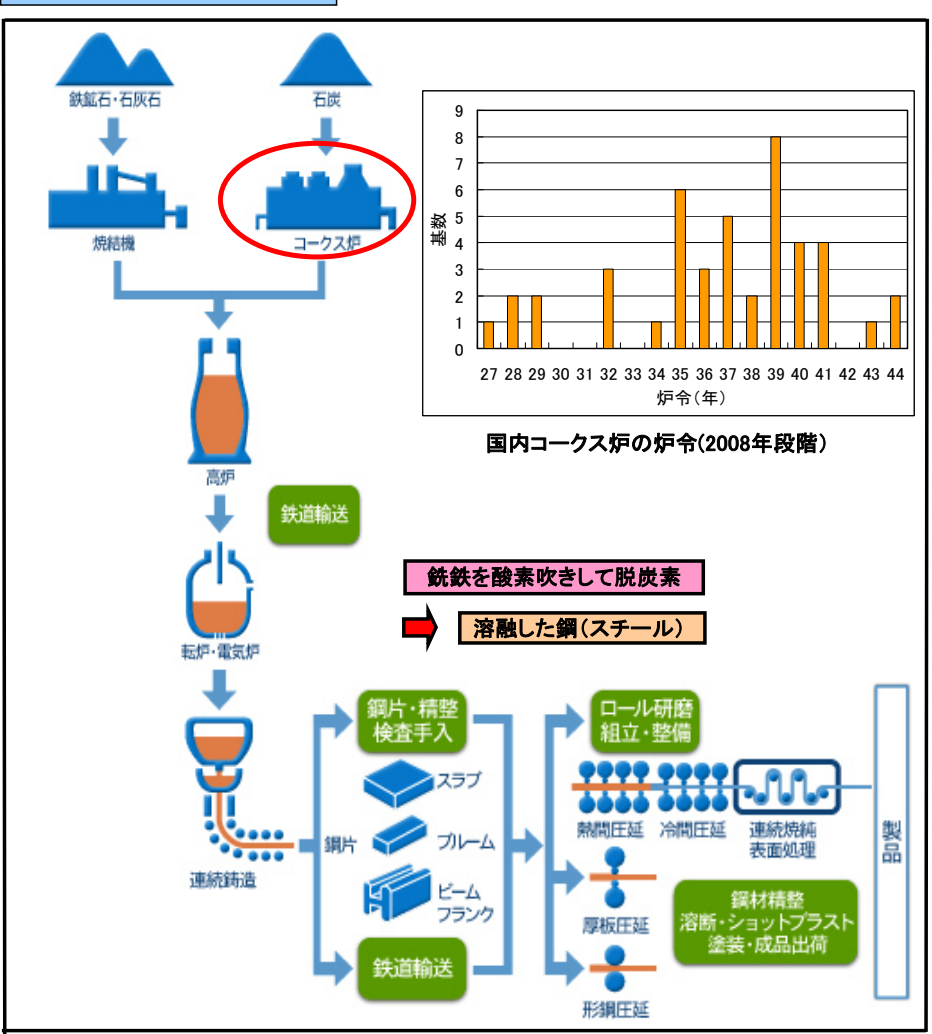
参考資料 1. 総括版

石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクト(Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century :次世代コークス炉)

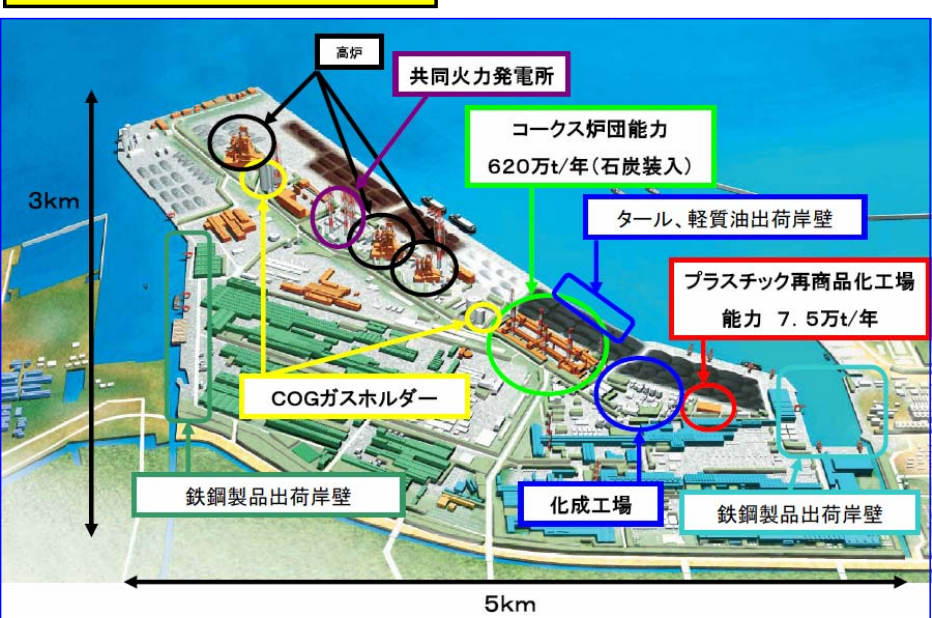


参考資料 2. コークス炉の説明

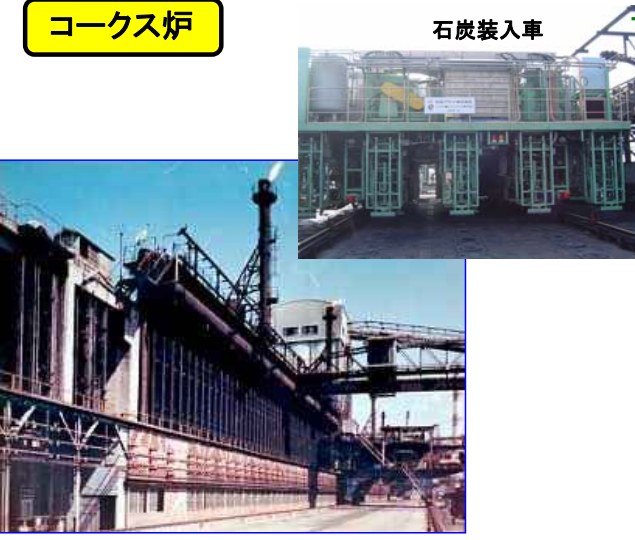
鉄鋼製造プロセス



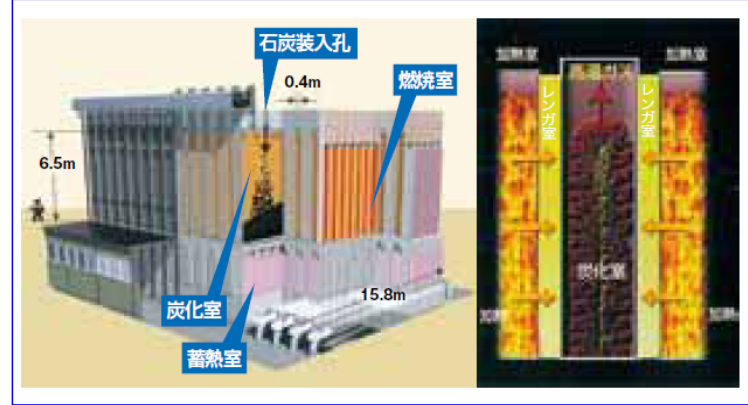
コークス炉関係設備の製鉄所配置図(君津)



コークス炉



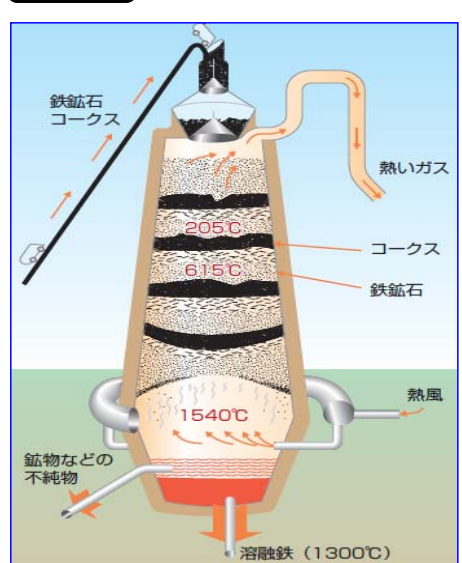
(コークス炉の外観)



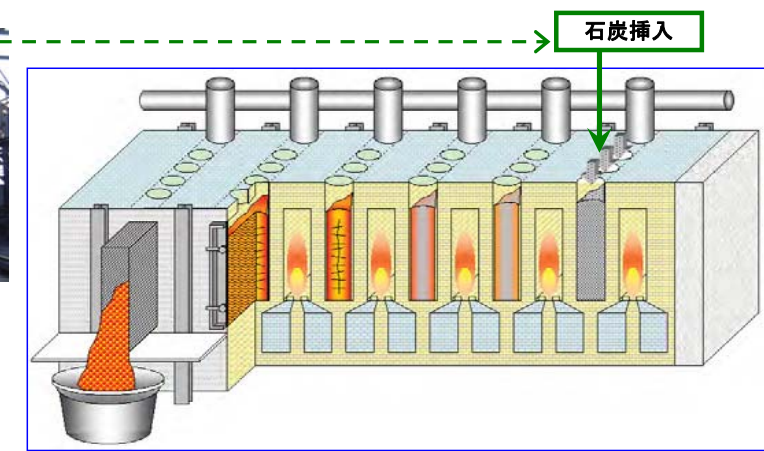
性質が異なる石炭を3mm程度に粉碎して蒸し焼き(間接加熱)にすることで、強度と粒度を持つ均一な塊成物(コークス)を製造する設備。

炭化室は燃焼室に挟まれて、両側面から間接加熱される。約1100℃×18時間

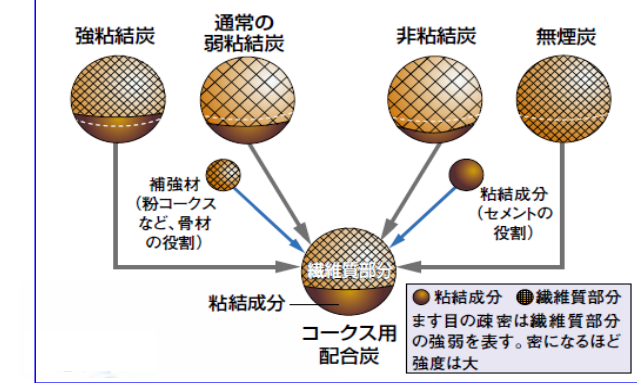
高炉



Fe₂O₃等: 焼結鉱、鉄鉱石 鉄源
炭素 C: コークス 還元剤
熱風の酸素 : 1100℃以上の加熱空気
炉心温度: 1500℃以上
1300℃の鉄鉄(炭素4%)



間口 0.4m×6.5m×奥行き15.8mの炭化室(門)が60室ぐらいで 1炉団、2つ繋がって2炉団が一式となるケースが多い。炭化室の上部から、石炭を装入し、できたコークスは水平に押し出す。

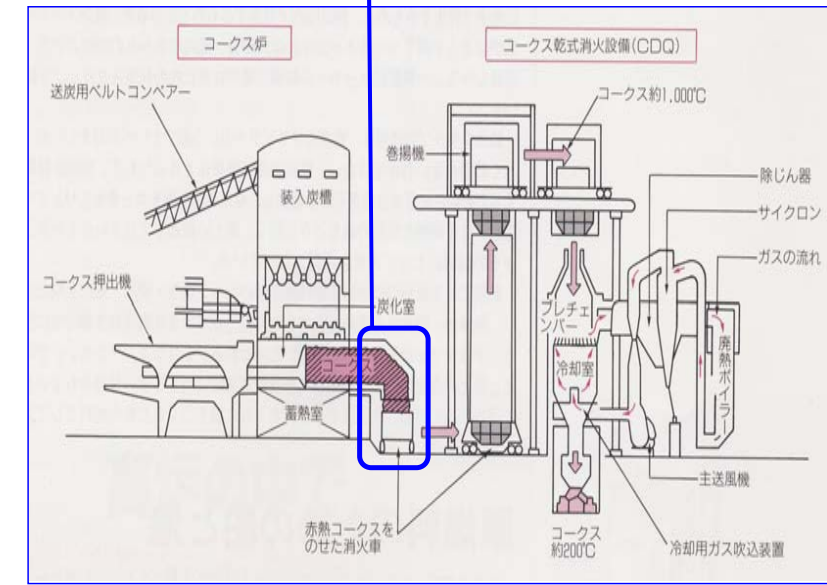


石炭品質が多様化する中で、さまざまな特性を持つ石炭の複雑な配合(コール・ブレンド)を最適化してコークスの粘結性を高め、還元材品質の安定化に取り組んでいる。

【コークス】石炭を蒸し焼きして10~50mmサイズの高強度コークスを製造



国内では、年間、約5100万トンの石炭から約3600万トンのコークスを生産

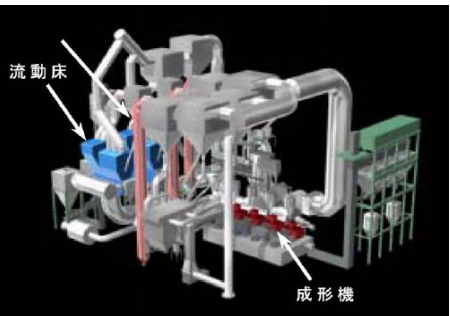
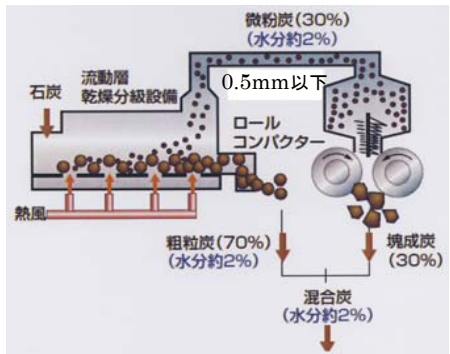


(コークス炉の断面図)

参考資料 3. 技術波及効果

プロジェクト終了後の実用化状況

プロジェクトの目標と成果		
開発項目	目標	成果
石炭資源の有効利用	非微粘結炭の使用割合増 20→50%	達成
高生産性	生産性 3倍	2.4倍
環境および省エネルギー	①省エネルギー 20% ②NOx30%低減 ③無煙、無発塵の技術確立	①21% ②達成 ③実機設計データ収集

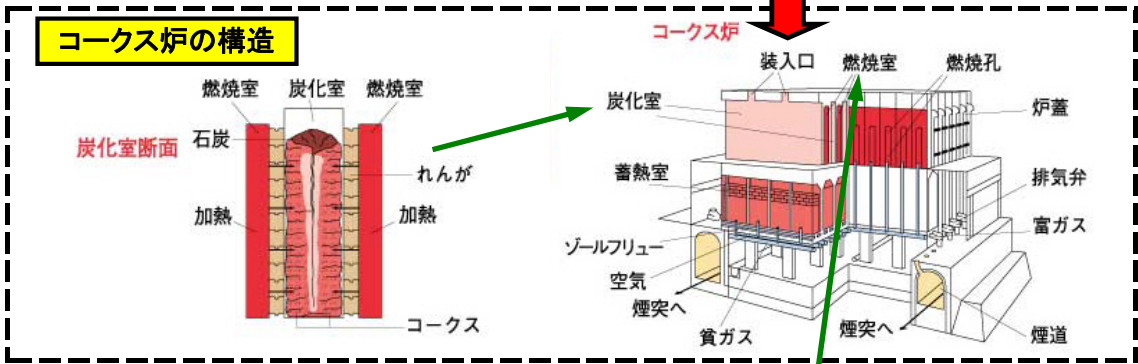
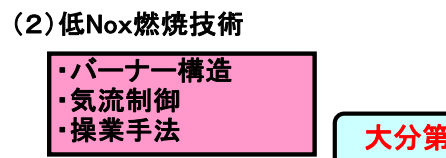
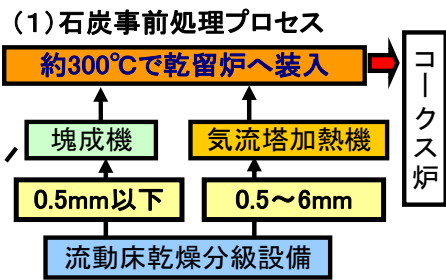


事前処理設備機器構成



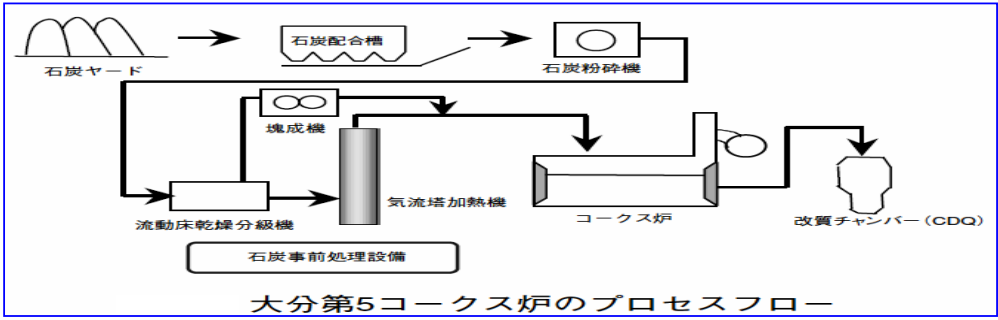
パイロットプラント外観

実機化: 大分製鉄所 第5コークス炉の新設



実機化: JFE/福山、倉敷及び住金/和歌山 コークス炉の環境負荷低減

【低NOx燃焼技術】
炉内を緩やかに燃焼させることにより、炉内温度分布を均一化し高温域を無くすことによって、燃焼時のNOx発生量を低減させるもの



主要設備	仕様
石炭事前処理設備	流動床乾燥分級機 気流塔加熱機 塊成機
乾燥炉	燃焼システム 炭化室
コークス処理設備	CDQ(乾式冷却)

大分第5コークス炉では、SCOPE21石炭事前処理を適用して、処理した加熱原料を装入する。

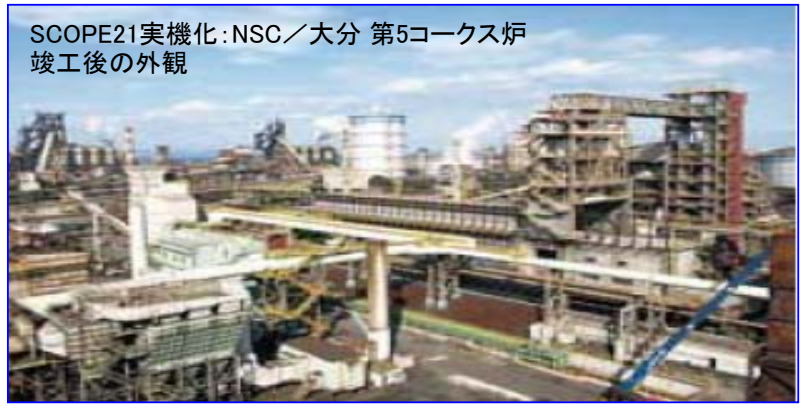


石炭事前処理設備

大分第5コークス炉 建設スケジュール					
2004年	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
環境アセスメント		建設工事			
			08年2月初窯出	08年5月総合運転開始	商業運転

・生産性向上により、126門→64門 コンパクト化 ・370億円の建設費

効果
・大分5コークス炉の石炭事前処理設備から改質チャンバーまでの一連のプロセスで製造されたコークスは、強粘結炭の使用比率を80%から50%へ削減(非微粘結炭の使用比率を20%から50%へ増加)させても、従来のコークス炉に製造されたコークスと同等の品質を確保することができ、石炭資源の有効利用を図ることができる。
・乾留時間の短縮により、コークス炉の生産性の向上を図ることができると共に、乾留エネルギーの低減などにより、鉄鋼業の省エネルギーを図ることができる。



SCOPE21実機化: NSC/大分 第5コークス炉 竣工後の外観

(1) JFE/西日本製鉄所/福山地区
・第5コークス炉の既存炉団(A、B、C団)に隣接し、新たな炉団(D団)を増設。
(購入コークスマーケットの高騰、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下等を勘案し決定)
・既存炉団の共用設備が最大限に活用されるため、投資額を低廉化することが可能。
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用。

【仕様概要】
・55門、約40万トン/年のコークス増産
・2006年3月竣工、費用は約110億円

(2) JFE/西日本製鉄所/倉敷地区
・第6コークス炉の既存炉団(A団)に隣接し、新たな炉団(B団)を増設。
・粗鋼生産3,300万トン体制構築の一環として決定。
(従来、コークス不足分については、他製鉄所・地区からの移管により対応してきた。)
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」を、福山第5コークス炉D団に引き続き採用。

【仕様概要】
・43門、約35万トン/年のコークス増産
・2010年6月竣工予定、費用は約200億円

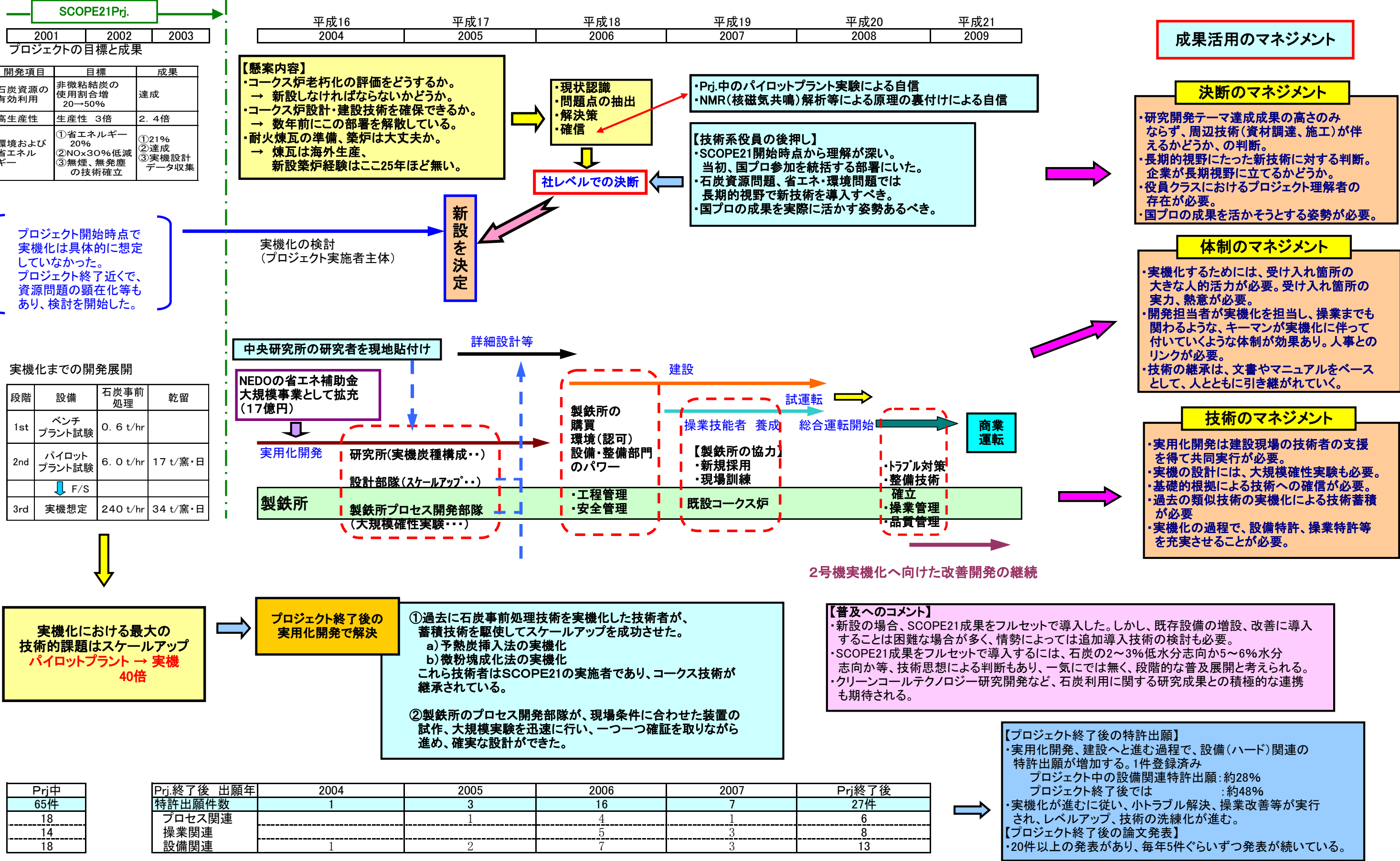
(3) 住友金属工業/和歌山製鉄所
・近隣の住宅地に近かった既存の第6コークス炉を休止し、近隣地域への環境負荷の低減を重視し、近隣の住宅から約600m離れた製鉄所中央部に、能力の増強も図る新第1コークス炉を新設する。
・併せてCDQを新設する。また旧6号用のCDQは一部流用し、第4・5コークス炉共用CDQとして使用。
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」を環境対策技術として採用。

【仕様概要】
・130門、約100万トン/年のコークス生産
・2009年5月竣工予定、費用は約290億円

効果
・現在のコークス炉新設時のNOx濃度の規制値は<170ppmであるが、今後更に環境規制が強化された場合においても、それに対応できることを勘案した技術の導入により、コークス炉燃焼時の環境負荷低減の可能性は大きい。
・工場敷地内の総量規制に対する対応にも期待される。

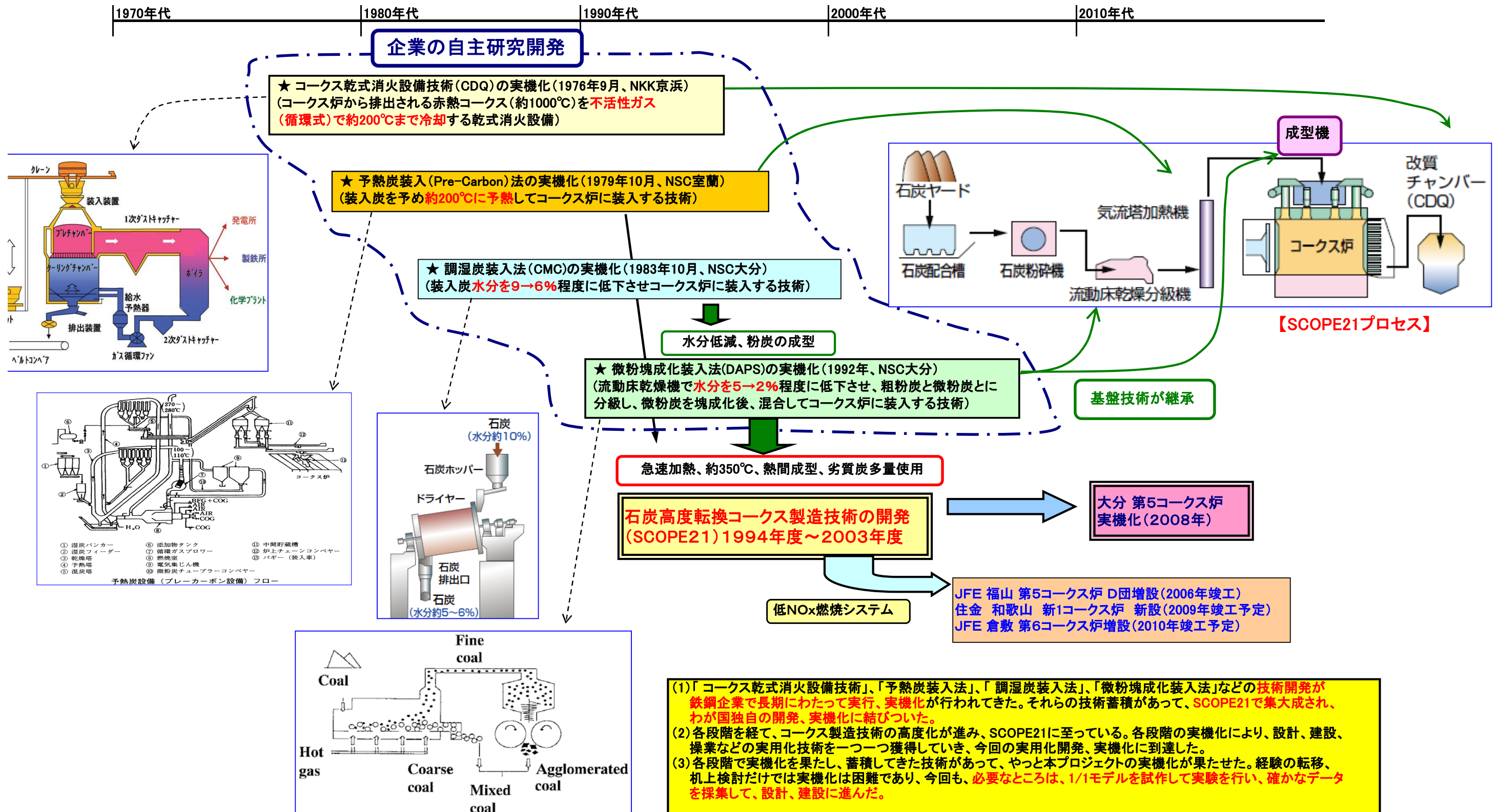
参考資料 4. プロジェクト終了後から、現在に至るまでの実用化、成果活用のマネジメント等について

実機化への道筋



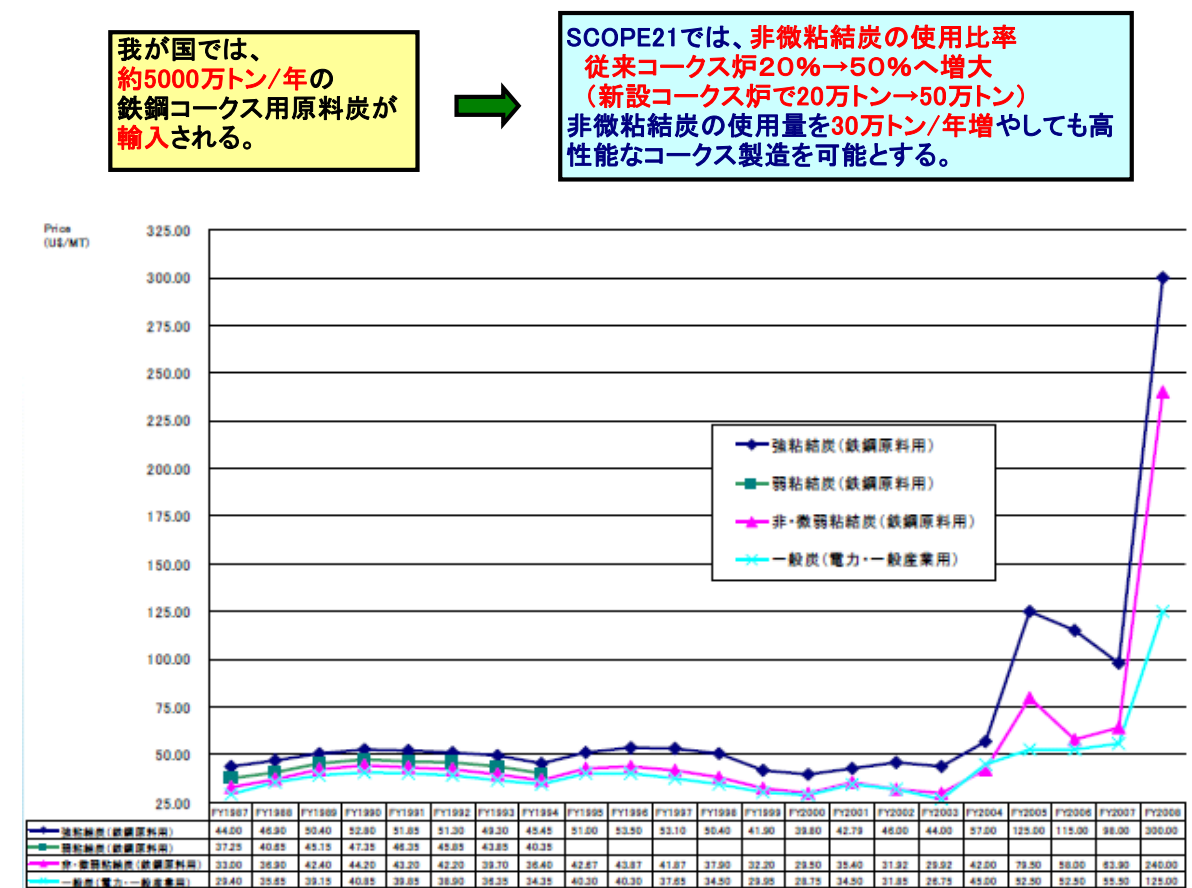
参考資料 5. 長期的技術の蓄積と実用化

SCOPE21実用化までの道筋…… 長期にわたる地道な研究開発の積み重ねと段階的な発展

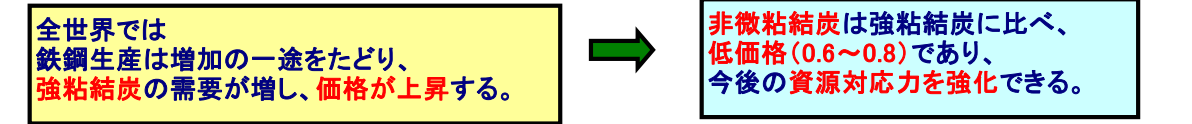


参考資料 6. SCOPE21の効果

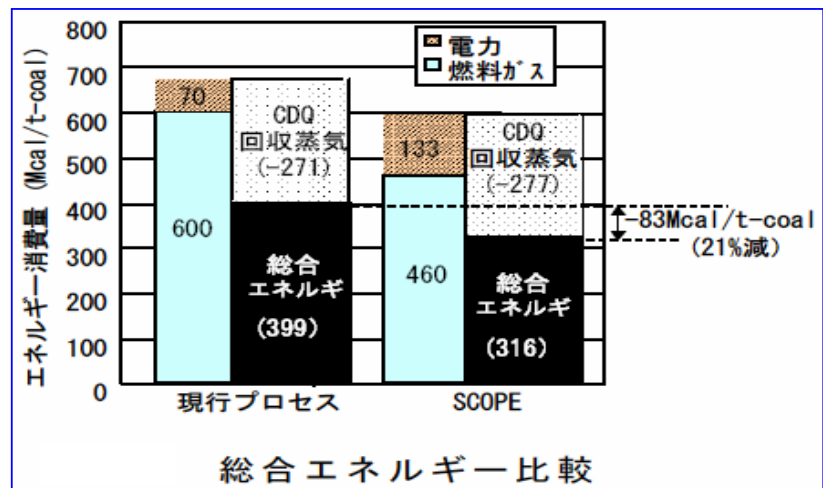
(1) 資源対応力の強化



日本の石炭輸入元の約6割を占める豪州における石炭価格は高騰。特に鉄鋼原料用である原料炭(粘結炭)が急騰。(三井松島産業株式会社 2009年3月期第2四半期決算説明資料 2008年11月)

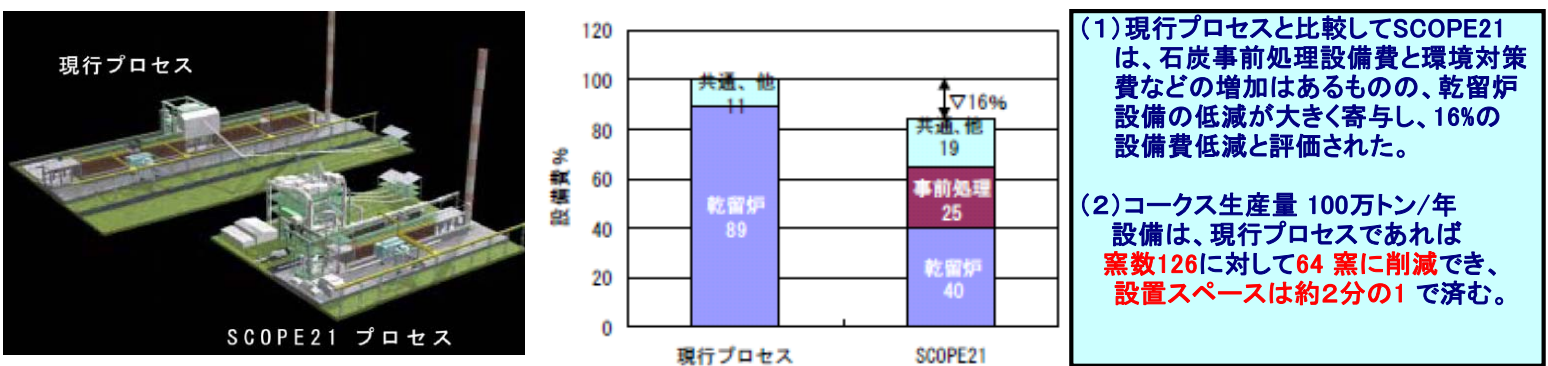


(2) 省エネルギー効果



- (1) SCOPE21適用技術による省エネルギーは石炭1トンあたり、83Mkcalであり、原油の発熱量9126kcal/Lで換算すると9Lに相当する。これは、現行プロセスに比べ、21%の省エネルギーを達成した。
- (2) 京都議定書の約束を履行するに当たって、日本鉄鋼業は、「鉄鋼業における地球温暖化対策への取組」として、粗鋼生産量1億トンを前提に、2010年度の鉄鋼生産工程におけるエネルギー消費量を、基準年の1990年度に対し、10%削減を目指している。10%削減は、鉄鋼業として極めてハードルが高い目標値であり、SCOPE21における21%の省エネルギー効果は、比率として大きな貢献になり得る。

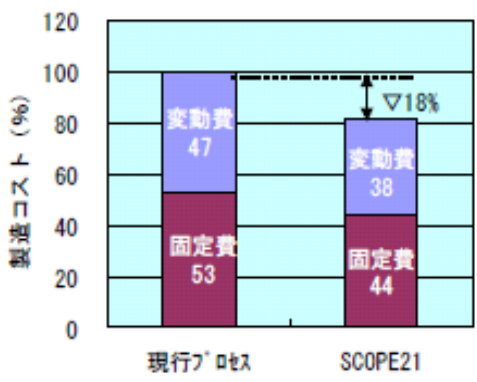
(3) 建設の設備費用の低減効果



(1) 現行プロセスと比較してSCOPE21は、石炭事前処理設備費と環境対策費などの増加はあるものの、乾留炉設備の低減が大きく寄与し、16%の設備費低減と評価された。

(2) コークス生産量 100万トン/年設備は、現行プロセスであれば窯数126に対して64窯に削減でき、設置スペースは約2分の1で済む。

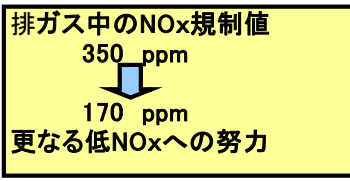
(4) 実機化設備の経済効果・産業活性化



- (1)-1 SCOPE21プロセスは、18%のコークス製造費低減と評価された。中国の最近のコークス価格である1,400元/トン(15円/元として21,000円/トン)を前提条件とすると、コークス1トン当たり3,800円(18%)安く製造できることとなる。新設コークス炉(大分)の生産量を100万トン/年とすると、この前提条件において約38億円/年のコスト低減になる。
- (1)-2 SCOPE21の成果を活かしてコークス炉を新設したことにより、コークスを中国などから輸入することなく、コークス自給率が100%になり、頻繁におこる価格変動にも影響を受け難くなるポジティブな構造転換といえる。
- (1)-3 コークス炉の新設は、建設費約370億円の経済効果を生み、また、新たな操業要員の必要性から、約40名程度の雇用が増加し、活性化に繋がった。
- (2)-1 SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用し、2006年に既設コークス炉(福山)に40万トン/年生産能力を有する新たな炉団を増設した。環境負荷低減に寄与しており、投資額は約110億円であり、経済活性化、雇用に貢献している。
- (2)-2 同様に、2010年完成を目指し、既設コークス炉(水島)に約35万トン/年生産能力の新たな炉団増設に着手しており、環境負荷低減に寄与する。投資額は約200億円の予定であり、経済活性化、雇用に寄与することが確実視される。
- (2)-3 近隣住宅から約600mと近い製鉄所中央部に能力の増強を図り、約100万トン/年の新コークス炉(和歌山)を2009年完成予定で新設する。SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」を環境対策技術として採用し、投資額は約290億円であり、経済活性化、雇用に貢献する。

(5) 環境負荷低減効果

- (1) 省エネルギーは石炭1トンあたり、83Mkcalであり、BFG90%+COG10%の乾留ガスが削減されると、石炭1トンあたり、26kg-CO2の削減になる。
- (2) 炉令30年以上の老朽コークス炉が約90%を占め、NOx、粉塵発生から、稼働率を調整(低下)せざるをえない状況もあるが、今回の新設炉、増設炉では高稼働率で低NOx、発塵抑制を十分に達成した。
- (3) パイロットプラント試験時において、目標とした炉温1250℃で100ppm以下の低NOx燃焼が可能であることを確認し、「NOx30%低減」を達成している。将来の環境負荷低減技術として活用努力が継続されている。



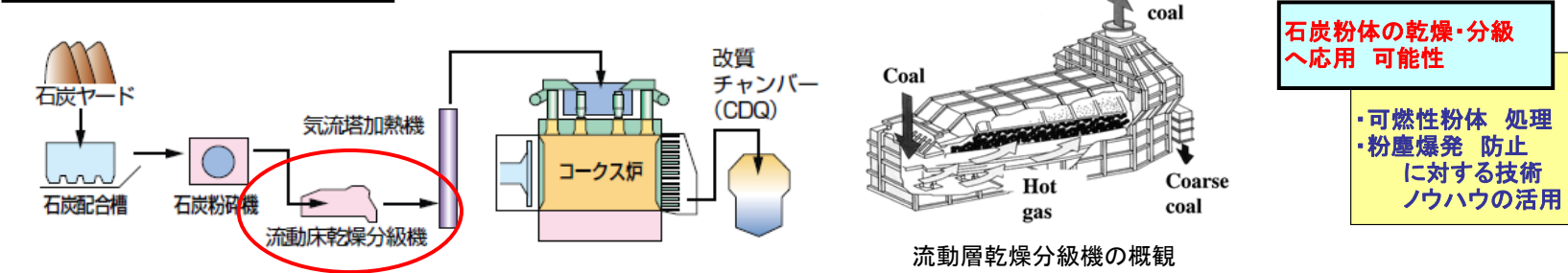
【技術の難しさ】
乾留時間短縮のためには、単位時間当たりの伝熱量を約2倍に増加させる必要があり、高エネルギー燃焼条件下でも、均一加熱、低NOx燃焼を実現させる。

(6) コークス炉副産物の生成

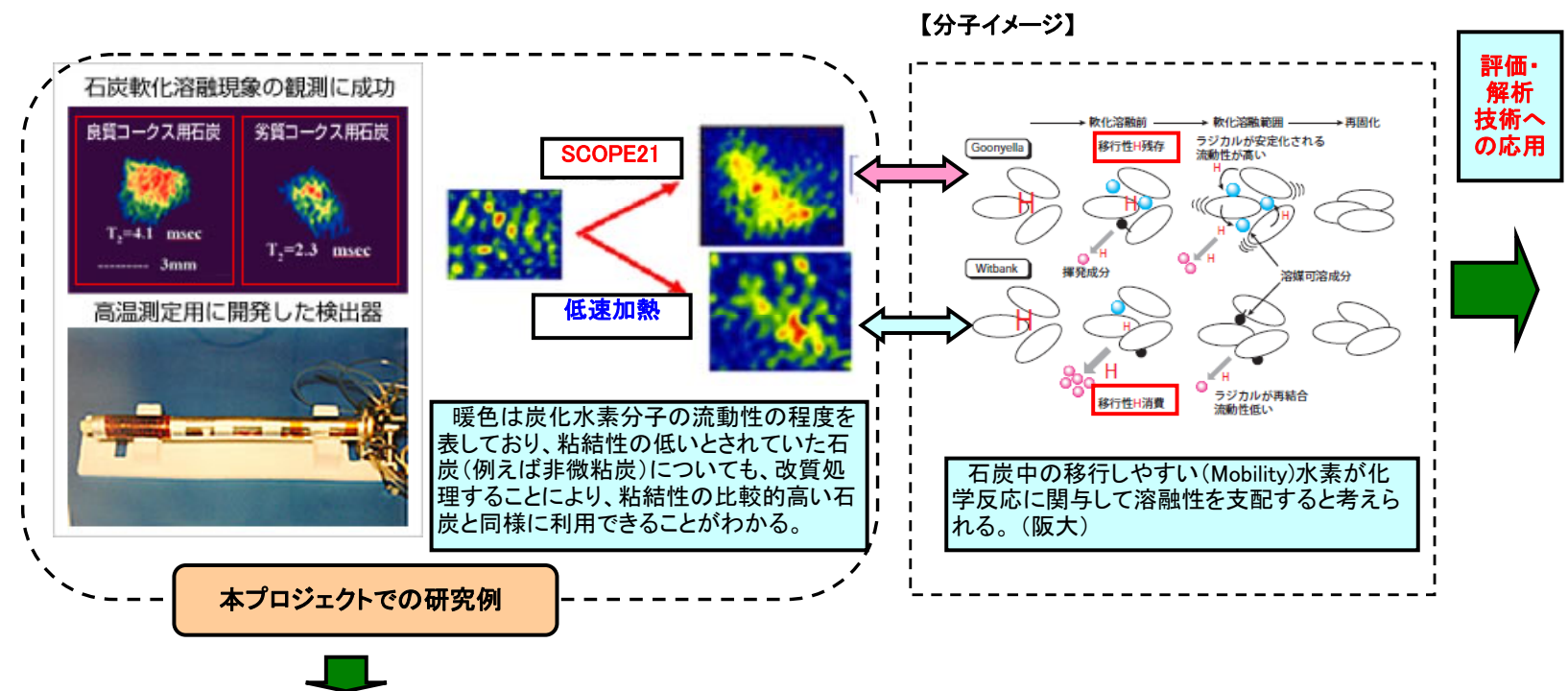
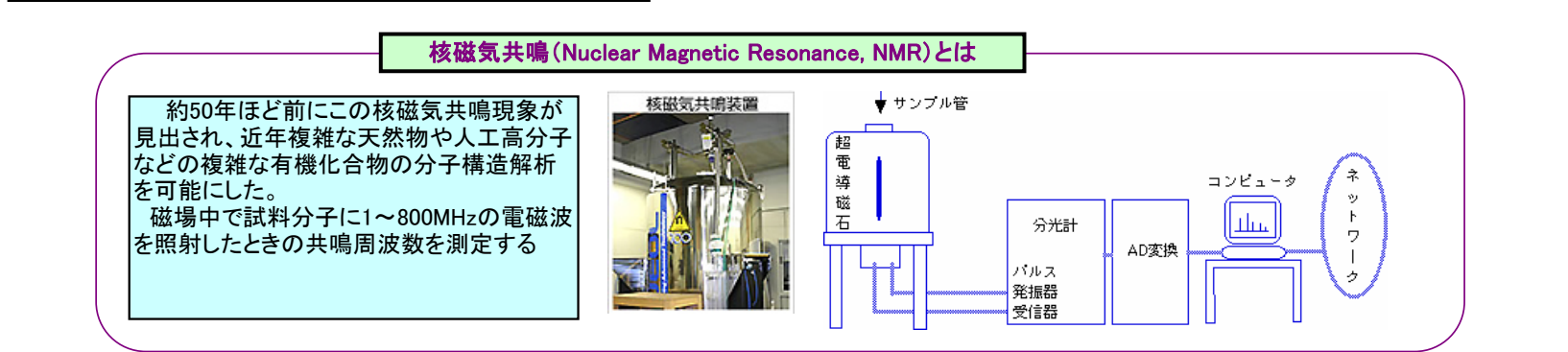
・石炭1トンから約720kgのコークスと、副次産物として、タール約40kg等の他に約310Nm3のコークスガス(COG)が得られる。COGは50%の水素と30%のメタンを含有し、将来、用途が有望視されている水素の供給源として期待できる。

参考資料 7. SCOPE21の派生効果

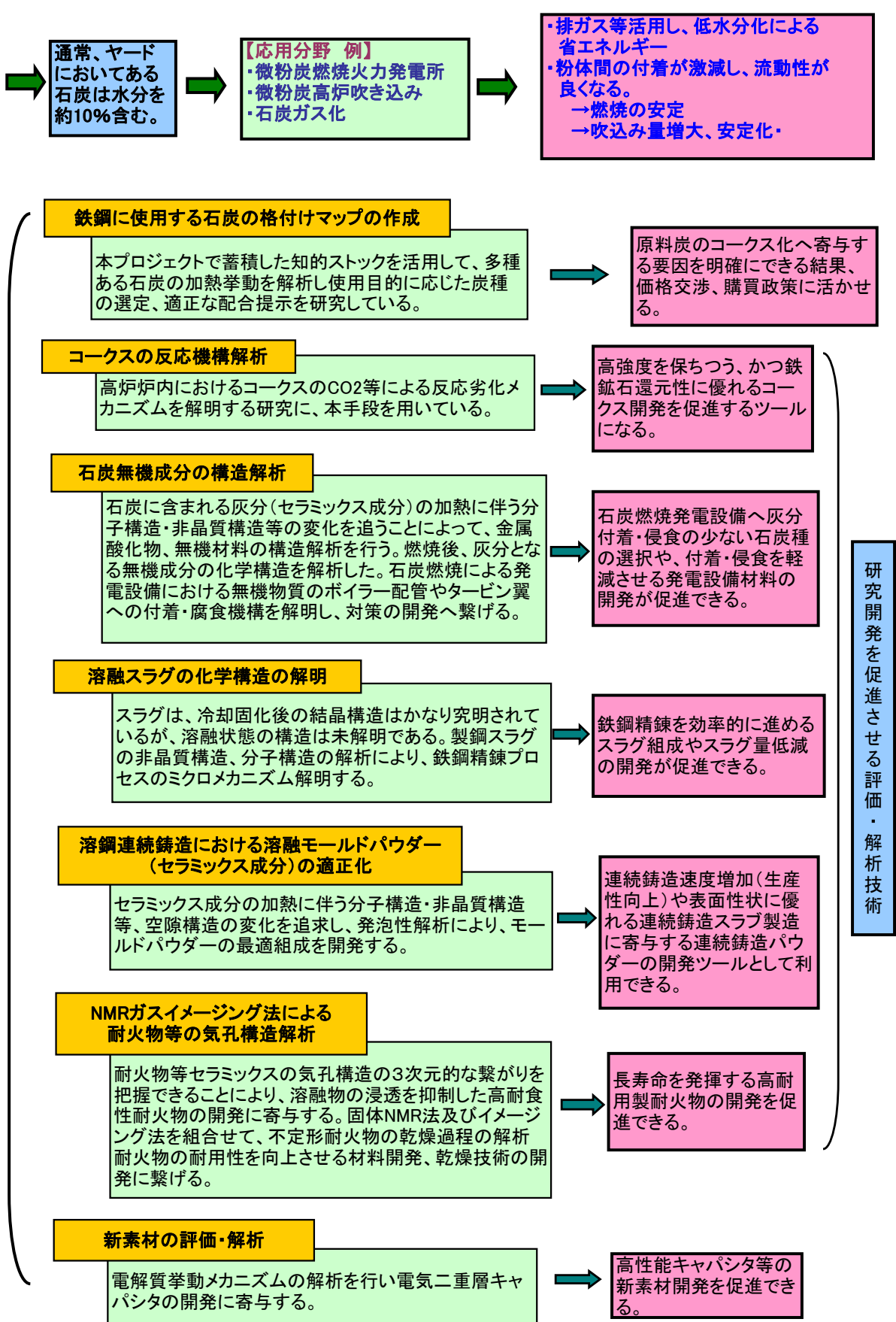
(1) 粉体の乾燥・分級技術



(2) NMR(核磁気共鳴)による材料の構造解析技術



【受賞】
2000年(社)日本鉄鋼協会の依論文賞 : 最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体NMRによる構造解析
2004年(社)日本エネルギー学会の進歩賞: 核磁気共鳴法を利用した石炭の精密構造解析技術の開発、及び石炭資源の有効利用技術に関する研究

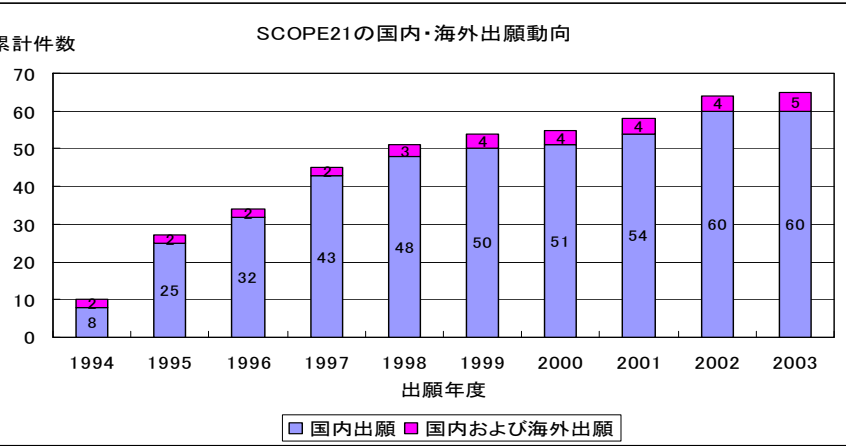
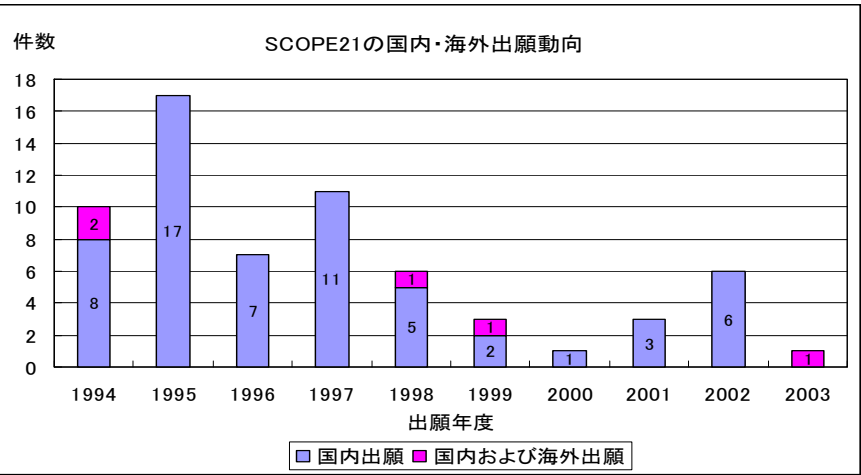
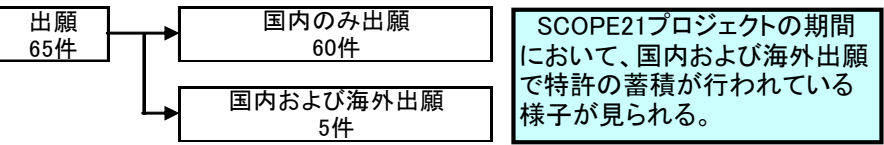


参考資料 8. 特許の出願動向

【概要】

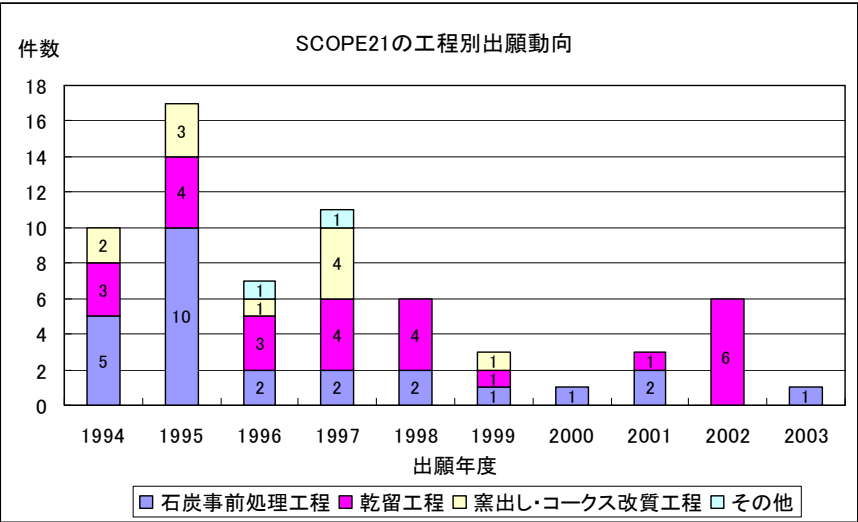
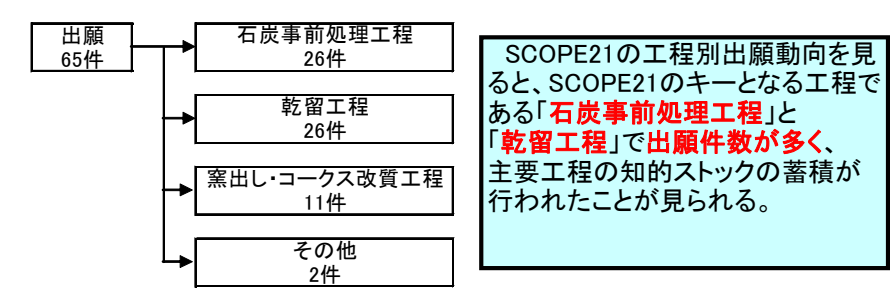
- (1) **プロジェクト中の出願65件**は、事後評価では十分との評価を得ている。そのうち23件が登録になっており、高い登録率である。
- (2) **プロジェクト中出願65件のうち15件は(社)鉄鋼連盟が権利を継承して、参加企業が無償で使えるようにしており、普及促進を推進している。**
- (3) **プロジェクト終了後も27件の出願**があり、実機化に伴う権利化を積極的に展開しており、パテントを重視した実用化の姿勢が強化されている。
- (4) **プロジェクト中の出願では延べ39名**が、また、**プロジェクト終了後の出願では延べ30名**が発明者になっている。

(1) プロジェクト期間中の国内・海外出願動向



また、プロジェクトの終わりの時期にもかかわらず、2002年度には若干ではあるが再び出願件数が増加し、プロジェクト終了後も次の知的ストックの蓄積を生み出す動きが見られる。
このように知的ストックの蓄積があったからこそ、本プロジェクトの終了後、それに続いて、スムーズに、SCOPE21の設備・技術の実機化が新日本製鐵大分製鉄所の第5コース炉で行われたと言える。

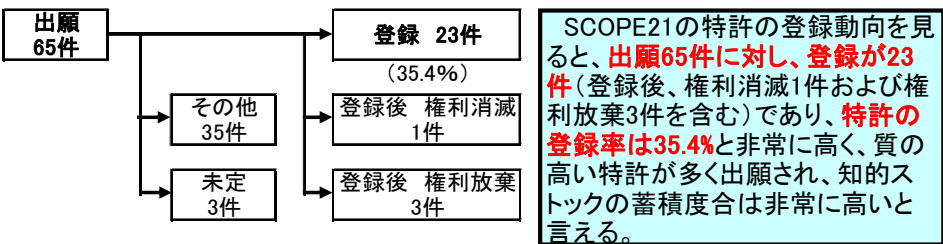
(2) 工程別出願動向(プロジェクト期間中)



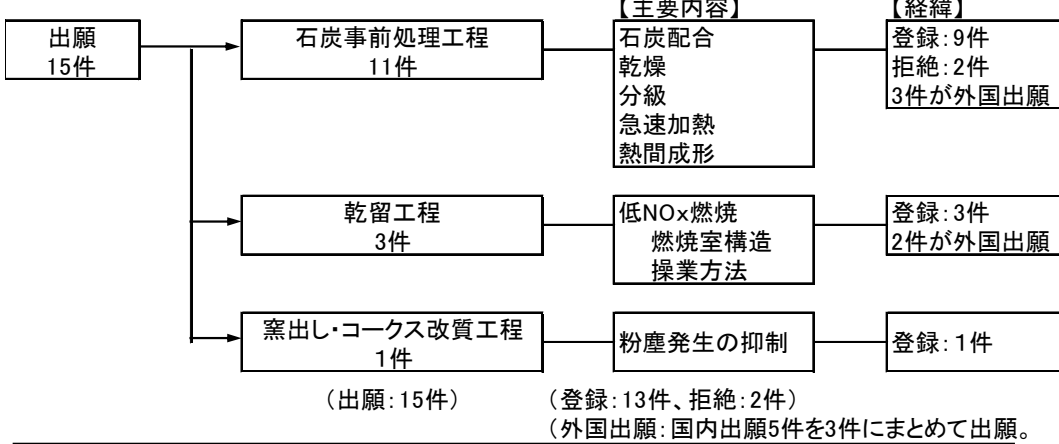
出願 65件	石炭事前処理工程	乾留工程	窯出し・コークス改質工程	その他(評価法等)	【設備】			【操業】			【プロセス】			
					9件	1件	16件	10件	15件	1件	7件	2件	2件	(11件)
					1件		1件	(27件)	(18件)	(20件)				<65件>

プロジェクト中の出願では、石炭事前処理工程と乾留工程の出願が多い。内容的には、設備関連が多く、次いでプロセス関連、操業関連と続く。**プロジェクト終了後の出願に比べ「プロセス関連」が多い。**

(3) 特許の登録状況(プロジェクト期間中の出願)

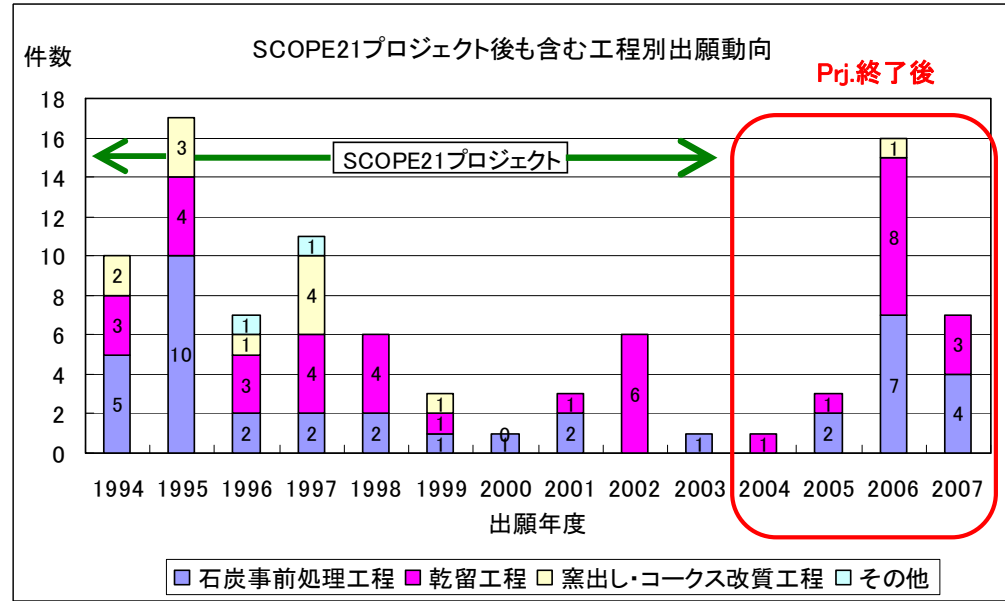


(4) (社)鉄鋼連盟が継承する特許15件(プロジェクト期間中)



基本的な主要特許15件については、プロジェクト参加登録が**無償で2年公開**以外に登録済み(社)鉄鋼連盟が権利を継承する形態とした。15件中既に12件が登録済みであり、5件が外国出願されていること等、工業所有権の対策を着実に進めている。
内容の主眼は「石炭の事前処理関連」が第一で11件約73%を占め、次いで「低NOx燃焼技術関連」が3件20%を占める。

(5) プロジェクト後の特許出願動向

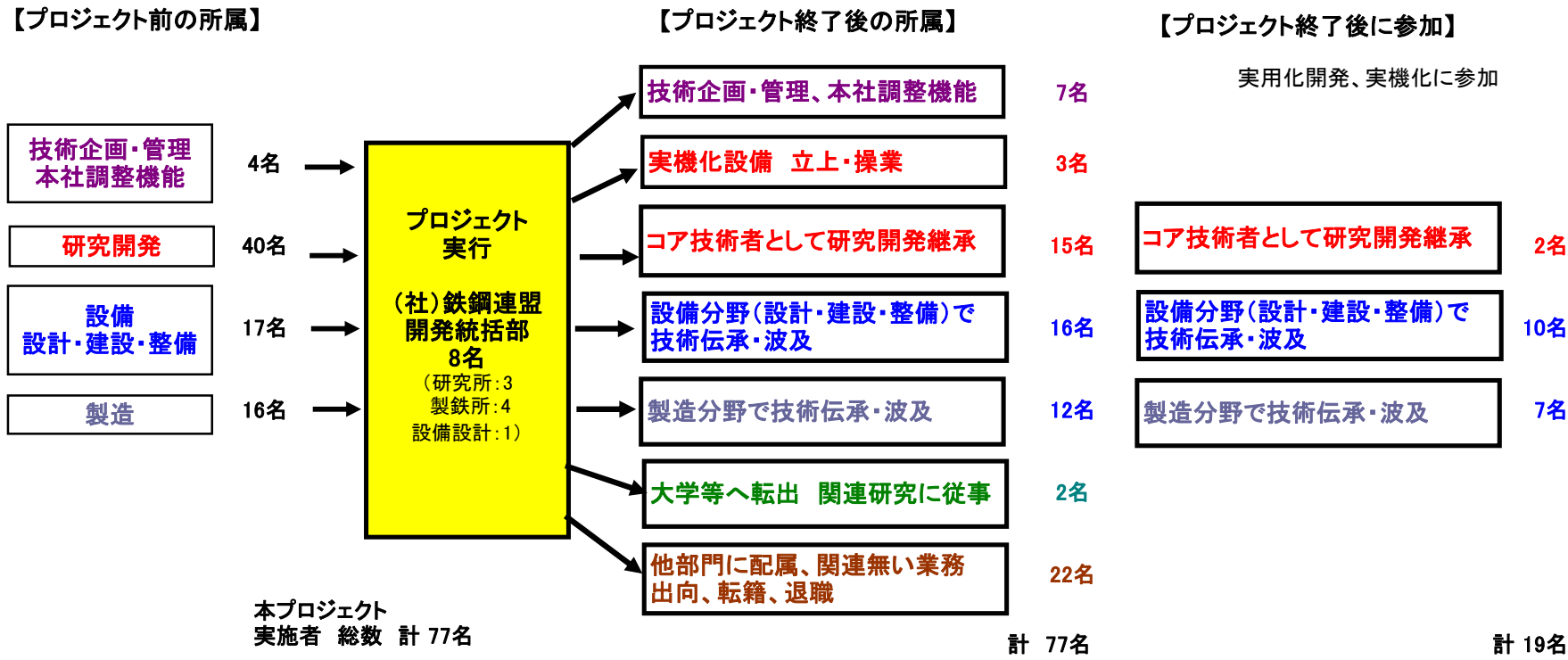


出願 27件	石炭事前処理工程	乾留工程	窯出し・コークス改質工程	その他	【設備】			【操業】			【プロセス】			
					6件	1件	6件	6件	7件	0	1件	0	0	(13件)
					6件		6件	(13件)	(8件)	(6件)				<27件>

SCOPE21**プロジェクト終了後**は、4年間で**27件**が出願されており(2004年度以降では、登録されたものは1件で、外国出願が1件となっている)、継続して知的ストックが蓄積されていることがうかがえる。
実機化を進めるにあたって、設備関連、操業関連の特許出願比率が増加しており、ハード、ソフト両面の技術確立が進行している。

参考資料 9. 技術蓄積、人材育成

(1)技術の継承、人材育成



【プロジェクト中】

1)開発統括部が元締となり、その下で各企業が分散研究を行ったことは、機密保持、実施のしやすさから適切だった。要素技術研究では、各社の責任が明確であり、研究者の自主性が育成された。

2)ベンチプラント、パイロットプラント実験では、各社担当者が一箇所に集まり、集中研として実行し、試験設備の設計、操業等議論を戦わして進め、各社間の刺激もあり、担当者の技術レベルが向上した。

3)コークス炉関連の技術者は高齢化しているので、プロジェクトには少数ではあるが、なるべく若手を参加させた企業もあり、人材の継承になった。

【プロジェクト終了後】

(1)実機化には、プロジェクト担当者が継承し、実機化体制の組織に配属されながら進めたことにより、一貫した人材に、当該技術が蓄積された。コークス炉の新設は20年近く無かったので、今回、人材が育成された。

(2)実機化することになり、プロジェクト終了後、始めて参加した研究者、技術者がプロジェクト成果を継承して実行しており、技術蓄積は拡大し、人材が育成された。

(3)国内では、コークス炉老朽化が進行しており、社内に製鉄関連プロジェクトチームが編成された企業もあり、本プロジェクト参加者がそのチームに配属され、技術を活かしている。

【課題】

a) 実機化によって、人材の確保、育成が行われたが、高齢化も進んでおり、更なる育成も課題である。

b) 本プロジェクトに若手も参加しているが、退職者等も22名と多く、要員の減少は否めない。

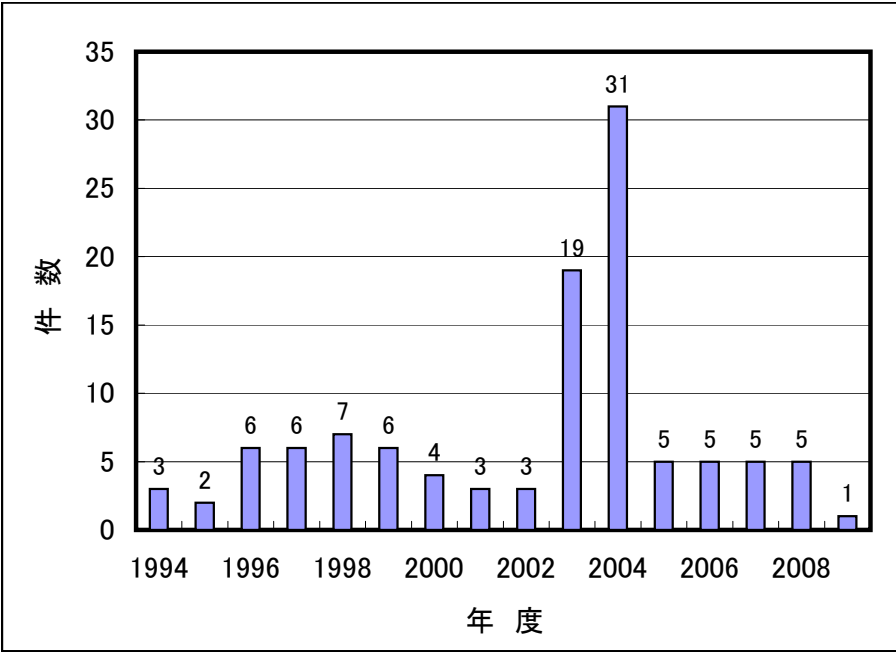
(2)受賞

- 1)1997年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:溶媒抽出による石炭の科学構造に関する研究
- 2)2000年 (社)日本鉄鋼協会 俵論文賞:最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体NMRによる構造解析
- 3)2004年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:核磁気共鳴法を利用した石炭の精密構造解析技術の開発及び石炭資源の有効利用技術に関する研究
- 4)2004年 (社)日本エネルギー学会 学会賞(技術部門):次世代コークス製造技術(SCOPE21)の開発…管理法人と鉄鋼4社が受賞
- 5)2005年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:劣質資源・環境対応型コークス製造技術の研究
- 6)2005年 (社)日本鉄鋼協会 共同研究賞(山岡賞):(社)日本鉄鋼連盟次世代コークス製造開発委員会が受賞…各社が集まったグループが受賞
- 7)2008年 米国鉄鋼技術協会 コークス製造ベスト論文賞:「Effect of Coal Pre-treating Technology on Coke Strength」
- 8)2008年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明

(3)研究者、技術者の評価向上

氏 名	所 属	業 績 概 要
A氏	企業の研究者	急速加熱による劣質炭の有効活用研究の先駆者であり、本プロジェクトのキーマンとして活躍した。10件の特許出願、海外発表2件を含む21件の発表を行い、米国鉄鋼技術協会の論文賞受賞する等、国内外の石炭・コークス研究の第一人者と言える。
B氏	企業の研究者	NMRの解析対象として、分子構造が非常に複雑な石炭を選んで、その軟化溶融特性をin-situ観察する手法を開発したことは画期的な研究であり、(社)日本鉄鋼協会の「俵論文賞」を受賞した。石炭のNMR解析で顕著な功績を挙げ、更にいろいろな材料に対してもNMR技術を応用し、国内外でNMR分野における第一人者として評価されている。2008年に研究部長に昇格した。
C氏	プロジェクト中は大学、その後 (独)研究所	「非微粘結炭を多く含む配合炭のコークス化機構」の研究で主導的に活動し、石炭の軟化溶融挙動解明や結合材基礎研究に大きな前進をもたらした。エネルギー学会進歩賞を受賞し、石炭化学の第一人者といえる。(社)日本エネルギー学会コークス工学研究部会長に就任した。
D氏	大学	(社)日本エネルギー学会から平成20年度の進歩賞を「コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明」で受賞し、学术界におけるこの分野の第一人者と言える。大学の助教から准教授に昇格した。
E氏	企業から大学へ移動	SCOPE21立上で主導し、企業から大学の教授に就任した。(社)日本エネルギー学会の中で再開された「コークス工学研究部会」の部会長となり、産学間の研究者交流に尽力し、活動期間中に「コークス・ノート 2004年版」を発行して知的ストックの向上に貢献した。
F氏	企業から大学へ移動	企業から大学へ移り、大学の総合研究所バイオカーボン研究開発センター長(教授)に就任した。木質バイオマスの固体燃料化を研究し、地域資源活用型研究開発事業の木質資源を用いた鑄物用加炭材の研究開発(2007-2008年度 経済産業省)においてプロジェクトリーダーを勤めた。SCOPE21で培った知的ストックの波及に貢献している。
約4名	企業	プロジェクト終了後、社内の石炭・コークス分野の中核の部長や、実機化を進めるに当たって、担当の部長や設備設計・建設分野の部長に就任する等、要職を務めている。

(4)論文発表 等



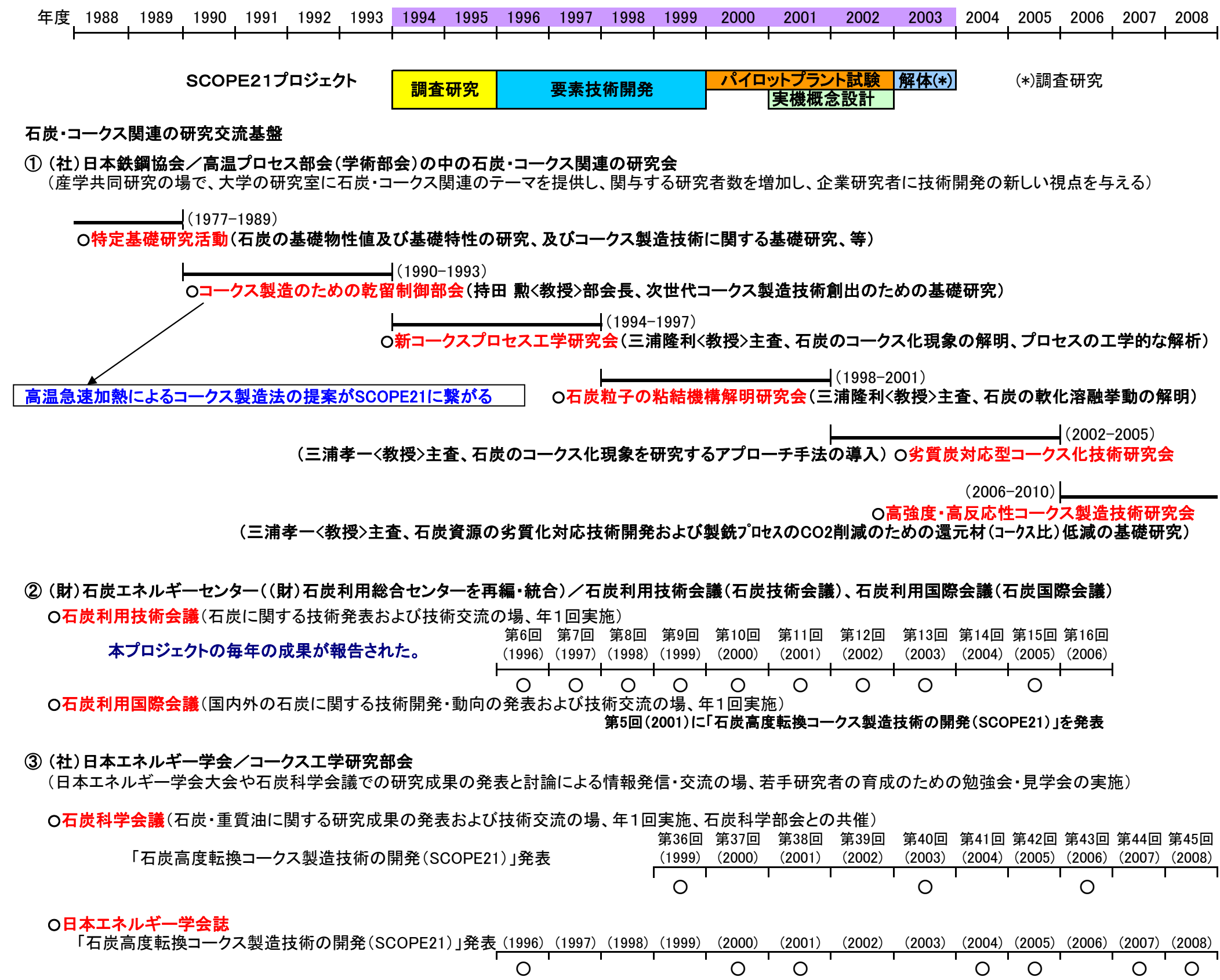
SCOPE21プロジェクトの終了の2003年に急激に増加しており、その傾向はプロジェクトの終了の翌年にも続いており、知的ストックの一つである、文献(研究発表・論文投稿)の蓄積がかなり積極的に行われたことが分かる。

また、SCOPE21プロジェクトの期間中、年間7～8件程度(事業原簿の分)の研究発表・論文投稿が継続して行われており、SCOPE21プロジェクトの場合の年間毎の件数が非常に多いことが分かる。

参考資料 10. 研究開発力向上効果

技術交流、人的交流による知的ストックの充実

学協会の研究会等を活用して、産学連携が効率的かつ有意義に進められた。



【鉄鋼協会のコークス関連研究会】

- (1) 当該研究会はSCOPE21と密接な関係にあり、「コークス製造のための乾留制御部会」において、材料的視点からの石炭急速加熱のシーズ研究が促進された。
- (2) 続いて「新コークスプロセス工学研究会」は、非微粘結炭の急速加熱に伴う動的挙動等、化学工学的(プロセス工学的)視点からの研究会であり、製造研究の基盤技術がレベルアップした。

(1)(2)の研究会での論議が、石炭事前処理の基盤となり、各社間の人的交流を活発にし、本プロジェクトの効率的遂行に寄与した。

- (3) 「劣質炭対応型コークス化技術研究会」では、劣質炭利用に関する基盤的な論議が行われた。
- (4) 当該研究会では、学术界と企業との交流が活発に行われ、SCOPE21の推進に大きな効果を発揮した。企業としては、鉄鋼業のみならず、コークス専業企業も参加し、両者刺激になった。若手育成の場ともなった。
- (5) 1977年の「特定基礎研究活動」から地道な活動を絶やさず続けており、産官学の知的ストック蓄積に貢献した。

【石炭エネルギーセンター】

- (1) 当財団は、SCOPE21に参加しており、毎年の成果報告会を開催して、各社の分散研究成果を共有し、技術のレベルアップが図れた。
- (2) 国際会議も開催し、2001年にはSCOPE21関連の発表を行いアピールした。

【日本エネルギー学会／コークス工学研究部会】

- (1) 1922年創設の当学会には火力発電、プラント、環境関連等、多様な分野からの参加者があり、議論を経て石炭の基礎研究や微粉炭の加熱等、技術レベルの向上に寄与した。
- (2) 新コークス製造技術開発と称して、SCOPE21の特集もあり、国内外へ影響を与えている。

参考資料 11. 今後の展開

(1)SCOPE21プロジェクト成果の今後の展開

- 1) 石炭事前処理等の主要技術

2号機の検討があり、1号機の経験を活かした改善開発が進められている。
- 2) 要素技術

低NO_x燃焼の実機への応用などが拡大する。
- 3) 派生技術

NMR評価・解析技術が石炭分野のみならず、溶融物構造、セラミックス構造の評価・解析のツールとして活用され、精錬の効率化、高耐久性耐火物などの研究開発を促進する。

(3)後継テーマへの展開

後継の国家プロジェクトに関しては、プロジェクト終了後、企業が実用化開発を経て技術を確立し実機化に至っており、特に立ち上げる必要は無かった。SCOPE21プロジェクト終了後、2004年1月から(社)日本鉄鋼連盟にSCOPE21推進委員会が設置され、SCOPE21の成果を普及する目的で活動が続けている。

(2)石炭分野の研究開発成果との交流・活用

クリーンコールテクノロジー(CCT)における石炭の改質技術、コークス製造技術

【連続式成型コークス製造技術(FCP)】

(財)石炭利用総合センター、(社)日本鉄鋼連盟
1978～1986年(9年間)

原料は、非粘結炭を60～80%とし、水分を2～3%に乾燥する。粉碎、**バインダーを添加**、混練した後、**加圧成形**して成型炭を製造する。

【瀝青炭液化技術(NEDOL)】

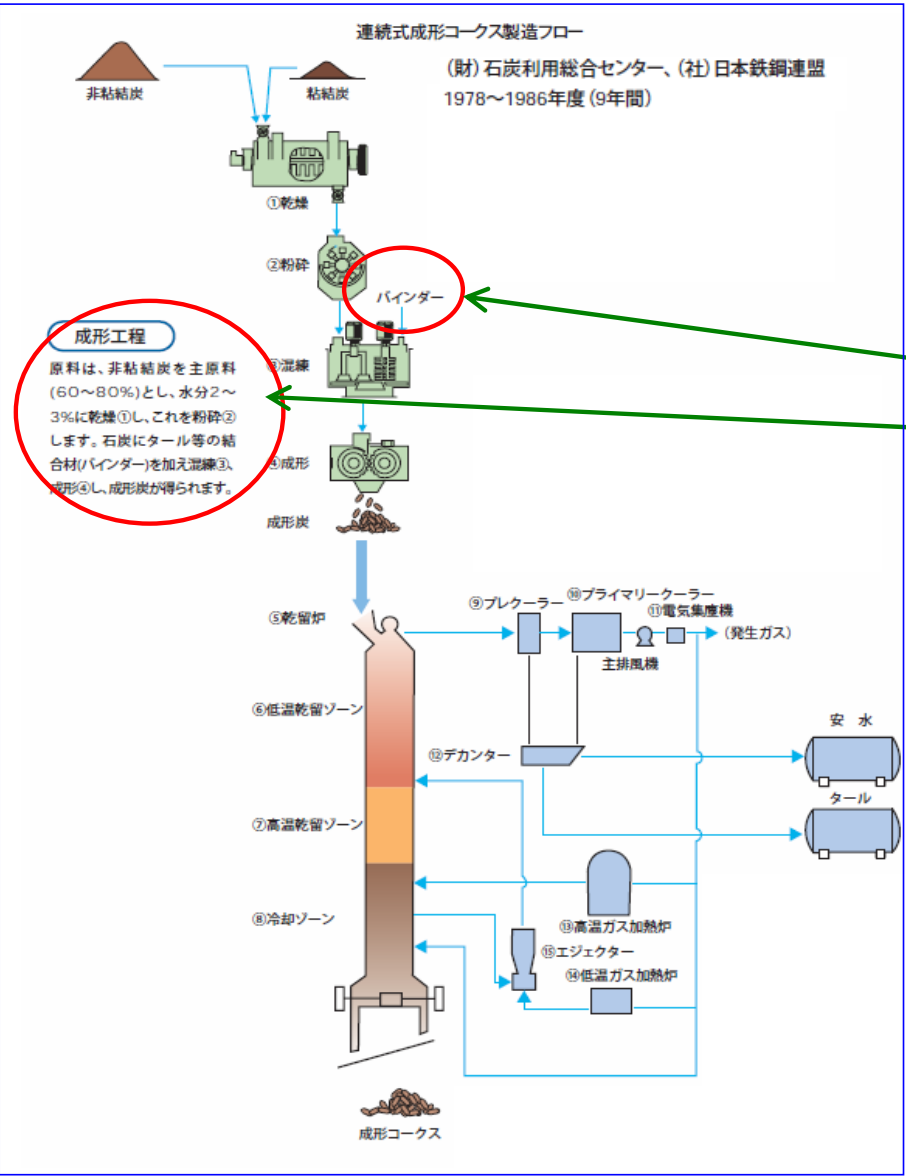
(独)NEDO、日本コールオイル(株)
1983～2000年(18年間)

「直接水添法」、「**溶剤抽出法**」、「ソルボリシス法」の三つの瀝青炭液化法のそれぞれの長所を集めた技術的にも経済的にも優れた我が国独自のプロセス

【多目的石炭転換技術(CPX)】

(財)石炭利用総合センター、新日本製鐵(株)、日本鋼管(株)、川崎製鐵(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、宇部興産(株)、出光興産(株)、新日鐵化学(株)
1996～2000年(5年間)

原料: 亜瀝青炭から高揮発瀝青炭クラスの安価な石炭
技術: 石炭の**急速熱分解**+生成**チャー**のリサイクルによるガス化
製品: 高熱効率で多量のガス・**タール**



【H18年度(2006)クリーン・コール・テクノロジー推進事業】

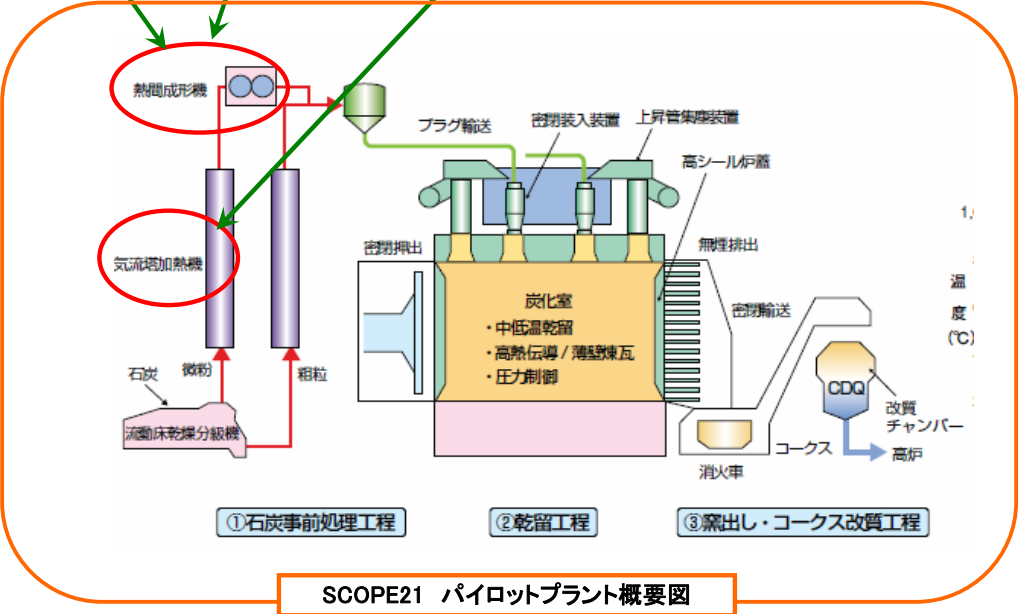
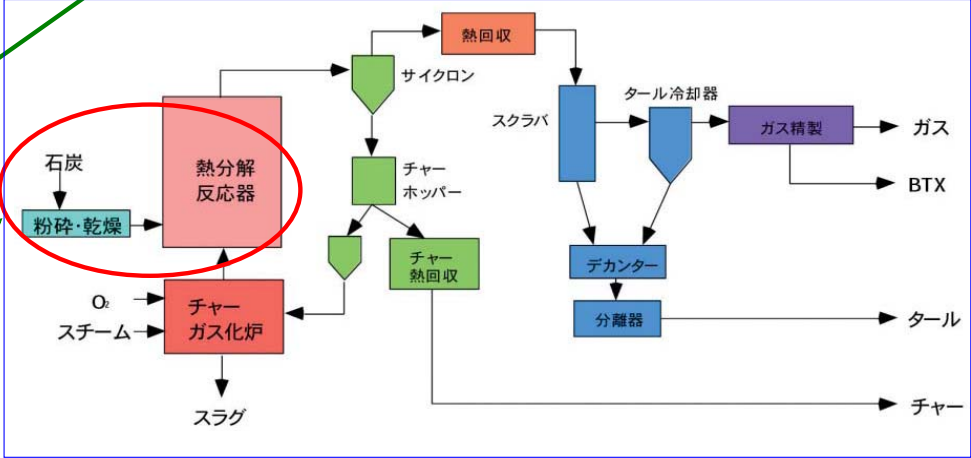
芳香族水素化溶剤を用いた褐炭からの高性能粘結炭製造
(財)エネルギー総合工学研究所
一般炭あるいは低品位炭を原料とし、水素化重質溶剤を用い、加圧下で高溶解浸透力溶媒的作用により溶解・融解・膨潤化し、熟成、縮合、熱分解部分水素化反応を逐次進行させて人造粘結炭製造**バインダー**

要素基盤技術

成型技術

バインダー技術

加熱技術



- (1)SCOPE21成果を適用する**実機2号機**の検討が開始されており、**改善開発及び実用化**が進む。
- (2)SCOPE21成果の燃焼技術など**要素技術**を適用した実用化が進展している。
- (3)石炭やコークス分野の**国家プロジェクト**で培われてきた**要素基盤技術**の一層の活用も期待され、国内コークス炉の段階的進展に寄与すると考えられる。
- (4)2008年から始動した国家プロジェクト「**環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)**」の効果発現の一環として、SCOPE21成果が活用される。

第Ⅲ章

参考資料 2

平成 2 1 年度実施追加調査

平成21年度実施追加調査

平成21年12月

株式会社日鉄技術情報センター

目次

1. プロジェクト概要.....	145
2. I. 波及効果に関する調査 I-1 技術波及効果 (1)実用化への進展度合.....	150
3. I. 波及効果に関する調査 I-2 研究開発力の向上効果 (1)知的ストックの蓄積度合.....	162
4. I. 波及効果に関する調査 I-3 経済効果 (2) 経済的インパクト.....	171
5. I. 波及効果に関する調査 I-4 国民生活・社会レベルの向上効果.....	178
6. 高密度珪石煉瓦の開発	180
7. コークス炉、高炉建設の築炉工問題.....	182
8. アジア鉄鋼業における省エネルギー・環境等に関する情報.....	187
9. 日本の鉄鋼業の国内における位置づけ.....	201
10. 製鉄工程内におけるCO2削減の検討.....	205

添付資料

1. プロジェクト概要

【オリジナルな成果】

(1) 急速加熱による石炭の改質効果

(社) 日本鉄鋼協会のコークス研究会の中で「コークス製造のための乾留制御部会」(部会長：持田 勲教授：1990－1993 年)において石炭の急速加熱技術とその効果、及び石炭の熱間成形技術とコークス強度の向上効果の関係などが研究され、その成果をシーズとして「高温急速加熱によるコークス製造法に関する開発」が提案された。実行方法として、国家プロジェクトに取り上げられ、次世代コークスプロセス開発 (SCOPE21) に繋がったものである。

ドイツ、フランス、ソ連 (現ロシア) 等、海外においても、石炭の急速加熱による、現象は研究されていたが、工業的な実現性を睨んだ基礎研究やプロセス研究は日本独自のものであり、オリジナルな成果といえる。

SCOPE21 プロジェクト (1994－2003 年) と並行して、(社) 日本鉄鋼協会の「新コークスプロセス工学研究会 (1994－1997 年)」「石炭粒子の粘結機構解明研究会 (1998－2001 年) (主査：三浦隆利教授) が、更に「劣質炭対応型コークス化技術研究会」(2002－2005 年：三浦孝一教授) 発足し、石炭の軟化溶融挙動解明、コークス化現象解明、劣質炭に係る研究、プロセスの工学的な解析がオールジャパンで精力的に進められた結果、基礎・基盤技術の裏付けを活用しながら、SCOPE21 で工業化研究開発の成果を得ることができた。

工業化を目指し、工業的視点から現象解明、プロセス構築を実行してきた SCOPE21 の成果はオリジナルなものである。

現象解析が活かされた例として、混合溶媒による石炭の抽出と石炭の構造特性解析方法及び石炭の軟化溶融過程を *in-situ* で観測できる高温 NMR イメージング方法の開発が挙げられる。これによって石炭の軟化溶融性を考察し、移行性水素量が多く、熱分解で生成した反応性の高い低分子ラジカルを安定化させる能力の高い石炭ほど良好な粘結性を呈することを示唆し、急速加熱効果に理論的根拠を与え、こうした背景が非微粘結炭を多量使用する実機化の決断に際し大きな要因となった。地味ではあるが、このようなオリジナルな基盤研究も SCOPE21 の中で実行され、効果を発揮した。

(2) 世界で最高温度における加熱石炭の乾留炉装入

SCOPE21 の成果として、石炭の 350℃までの加熱、乾留炉への 250℃加熱炭の装入を実現した。これは世界最高温度における実機操業であり、オリジナルな成果である。

石炭を加熱して乾留炉に装入する技術は、ドイツを中心に開発 (予熱炭装入法) された経緯があるが、石炭加熱で 210℃程度、乾留炉への装入炭温度で 180℃である。この高温

側の温度差は、石炭の改質という面から有効である。180℃の予熱炭装入法は、ドイツ、フランス、スペイン、米国でパイロットプラント級の実験が行われ、実機へも 20 数基に導入され、日本では室蘭製鐵所に 1 基導入された。しかし、欧米ではその後トラブルを発生して操業は停止され、現在実機で稼動しているのは室蘭製鐵所のみである。海外での失敗・撤退を考慮すると本プロジェクトにおけるパイロットプラントの成功、実機化が如何に画期的であるか認識できる。

【今まで実機化してきた技術蓄積の貢献】

国内の製鐵所では、コークス強度等の品質向上・均質化、生産性向上や省エネルギーを目指して、新技術の導入を継続してきた。新プロセスの設備を実機化して、安定生産ができるまでには、多大な労力を要し、運転開始から 3～4 年かかる例は多々あり、中には 10 年近くを費やした例もある。

調湿炭装入技術（CMC）導入における乾燥技術習得、微粉塊成炭配合技術（DAPS）導入における塊成化技術習得、予熱炭装入法導入における、加熱技術や不活性雰囲気搬送技術の習得などの技術蓄積は SCOPE21 プロジェクトにおけるパイロットプラントの設計、建設、操業、実験解析に活用され、パイロットプラント実験の成果に貢献した。さらには、実機 1 号機の設備を作り、操業するにおいてもこれらの技術蓄積は貢献した。

○シンクタンク調査

① オリジナルな成果

☆ 急速加熱による石炭の改質効果

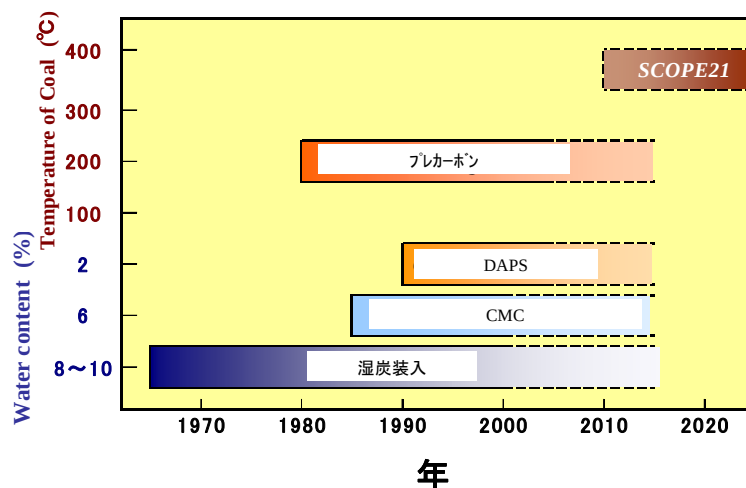
鷹觜らは混合溶媒による石炭の抽出 石炭の構造特性解析により、一方、斉藤らは石炭の軟化溶融過程を in-situ で観測できる高温 NMR イメージング法を開発し、これによって石炭の軟化溶融性を考察し、移行性水素量が多く、熱分解で生成した反応性の高い低分子ラジカルを安定化させる能力の高い石炭ほど、良好な粘結性を呈することを示唆し、急速加熱効果に理論的根拠を与え、これも実機化の決断に際し大きな要因となった。

これらの研究は（社）日本鉄鋼協会のコークス研究会が約 30 年間位続けられており、その中で「コークス製造のための乾留制御部会」（部会長：持田教授：1990 年～1993 年）において石炭の急速加熱技術とその効果、及び石炭の熱間成形技術とコークス強度の向上効果の関係などの技術課題について議論され、その結果である「高温急速加熱によるコークス製造法」の提案が、国家プロジェクト体制による次世代コークスプロセス開発（SCOPE21）に繋がったものである。

このメカニズム研究はその後 SCOPE21 の立ち上がりと共に、設備化のための新コークスプロセス工学研究会（三浦隆利教授）、石炭粒子の粘結機構解明研究会（三浦隆利教授）、劣質炭対応型コークス化技術研究会（三浦孝一教授）、などプロジェクトの進行と共に変化するニーズに対応しつつ SCOPE21 の理論武装を担った中から発生した。



☆ 世界で最高温度における加熱石炭の乾留炉装入



室蘭製鐵所の第6コークス炉には予熱炭装入法が1979年10月より導入され、その結果、装入嵩密度の向上と乾留時間の短縮となり、安価炭の増配合、生産性の向上、乾留所要エネルギーの低減などの効果が得られている。

予熱炭装入法はBergwerksverband G.m.b.H.(西ドイツ)とDidier Engineering G.m.b.H.(西ドイツ)の協力で完成した技術である。ドイツ(ザルツギッター社等)、フランス、スペイン、米国(USスチール社等)でパイロットプラント級の実験が行われ、実機へも20数基に導入され、室蘭は10基目である。しかし、欧米ではその後操業は停止され、現在実機で稼働しているのは日本(室蘭製鐵所)のみである。予熱炭の搬送、コークス炉へ装入する際の詰まりやトラブル、装入する石炭の温度が高くなると、コークス炉の熱膨張が違って来て、煉瓦への圧力が高くなってくるので、コークス炉炭化室炉壁珐瑯煉瓦の損傷発生等が原因と言われている。

室蘭製鐵所で予熱炭装入法を経験し、SCOPE21のパイロットプラントの運転に参加した技術者は、当初、さらなる高温加熱の可能性が信じられなかったと述べている。

海外での失敗・撤退を考慮すると本プロジェクトにおけるパイロットプラントの成功は画期的なものと思われる。

② 今まで実機化してきた技術蓄積の貢献

☆ 分級粉砕法

石炭の銘柄毎の特性（活性成分量（リアクティブ）及び不活性成分量（イナータ））に応じて、一次、二次分級篩の篩目が選択され、2 段に分級粉砕される。これによって、活性成分の微粒化防止及び不活性成分の細粒化均一分散化が図られ、コークス組織が均質化し、コークス強度が向上する。特に、不活性成分の多いオーストラリア炭やカナダ炭の粗粒部分を選択的に微粉砕することが、コークス品質向上に効果的だと言われている。本法により、非微粘結炭を 5～10%使用することが可能である。

☆ 調湿炭装入技術（CMC：Coal Moisture Control）

現状の湿炭装入レベルの装入石炭水分を低減させることにより、石炭粒子間相互の滑りが向上し、コークス炉への石炭装入嵩密度の向上や、水分低下による水分蒸発のエネルギー低減により乾留所要熱量の低減が可能となる。一方、装入石炭水分の低減により、微粉石炭の付着力が低下することで微粉石炭は飛散しやすくなり、飛散粉塵による環境の悪化をまねくことになる。そこで、微粉の発塵を考慮して装入炭水分を 6%前後に制御し、コークス炉に石炭を装入する調湿炭装入法が導入されている。調湿炭装入法は、1983 年新日鉄大分で初めて導入され、コークス炉の排熱を乾燥のための熱源として稼働を開始した。その後、各社で間接加熱回転式、流動床式などの調湿炭装入法が導入された。

☆ 微粉塊成炭配合技術（DAPS 法）

前項で調湿炭装入法で、装入炭石炭水分の低下による効果を示したが、微粉の発塵等による環境への影響を考慮し、調湿炭装入法では 6%前後の装入炭水分に調整され作業されている。そこで、微粉の発塵を抑制しながらさらに水分を低減し、生産性の向上、省エネルギー、コークス品質向上の一層の効果を得ようと微粉塊成炭配合設備（DAPS: Dry-cleaned and Agglomerated Precompaction System）が新日鐵（株）で開発され、1992 年に大分第 3、第 4 コークス炉で導入された。

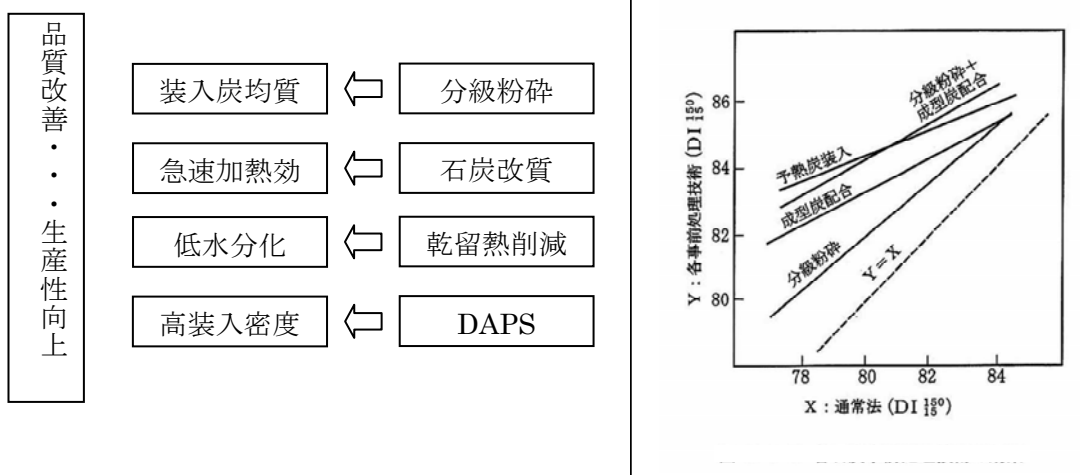
乾燥機下方より吹込まれる熱風により石炭粒子の乾燥と、0.3mm 以下の微粉炭と 0.3mm 以上の粗粒炭の分級が乾燥機で行なわれるようになっている。分級された微粉はバグフィルターで回収され、その後ロールコンパクターに送られ塊成化される。

この微粉の塊成化により送炭途中や装入中の発塵が抑制される。一方、粗粒炭は塊成化された微粉炭と再び混合されコークス炉へ送炭される。

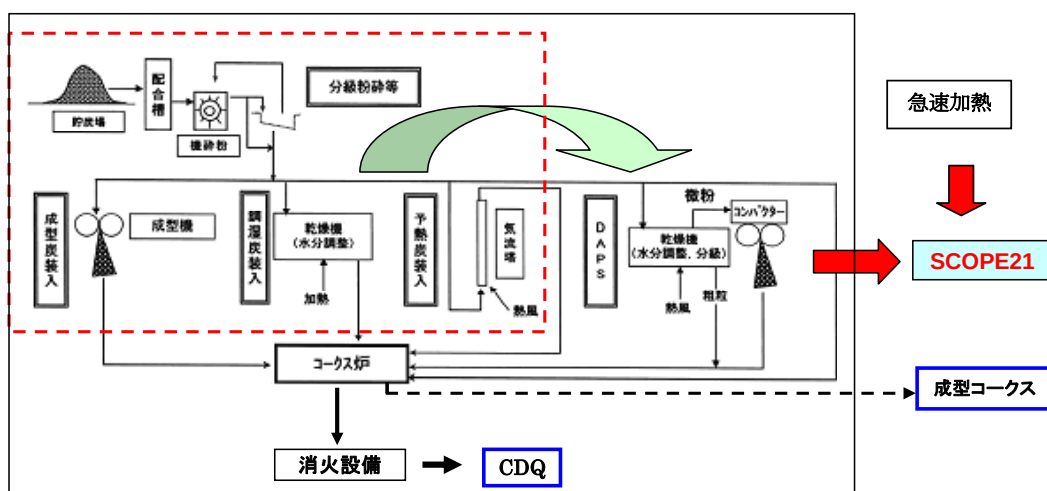
この乾燥・分級・塊成化の工程により、装入炭の水分は 2%程度まで低減される。こ

の水分の低減により調湿炭装入法より大きな効果が得られ、装入嵩密度は 800kg/m^3 以上、発塵は調湿炭並とされ、乾留所要熱量の低減，コークス品質の向上が報告されている。

③ 過去技術の最適化 等



図から、分級粉碎、成型炭配合、そして予熱炭装入が品質改善および生産性向上に有効であることが予想されるが、これに急速加熱による石炭の改質効果を加えたのが **SCOPE21** である。



更に詳細な情報としては、「参考資料 2 コークス関連技術」を参照。

2. I. 波及効果に関する調査 I-1 技術波及効果

(1) 実用化への進展度合

ここでは、本プロジェクトの直接的成果の設備への実用化への寄与と今後の可能性についてまとめた。

【実用化状況】

(1) 新日本製鐵（株）大分製鉄所第5コークス炉新設への実用化運転状況

2008年5月30日、新日本製鐵（株）大分製鉄所において、本プロジェクト「SCOPE21」の成果である、「石炭事前処理技術」及び「低NO_x新燃焼構造バーナー技術」を導入した新しい第5コークス炉の総合運転が開始された。本設備により、操業データの取得を開始して現在に至っている。

実証運転での操業状況としては、2008年6月より稼働率120%にて安定操業が確認された。2008年8月より高温炭操業（粗粒炭急速加熱）を開始し、2009年1月には稼働率184.5%操業を達成した。新コークス炉稼働開始以降のDI（ドラムインデックス）の平均値は86.7であり、当初の計画通りのコークス強度が継続されている。石炭配合中の非微粘結炭比率の平均値は54%であり、当初の計画値以上の比率を達成している。

実機化においては、「石炭微粉側の高温気流加熱」と「中温釜出しした800℃の石炭をコークス乾式冷却設備(CDQ)を用いて1000℃へ改質する工程」は現在行っていない。石炭の微粉は過熱されやすく、熔融に至ってしまうこともあり、大量安定生産には不安定要因になること、また、気流塔加熱した高温の大量の微粉を安定して塊成化することが難しいことも分かった。また、CDQを用いて1000℃へ改質に関しては、昇温制御の困難性やCDQへの過負荷等があり、現在は行っていない。

(2) SCOPE21の部分的実機化（住友金属工業／和歌山製鉄所 新第1コークス炉 新設）

近隣地域への環境負荷の低減を重視し、生産能力の増強も図る新第1コークス炉130門を新設した。SCOPE21で開発された要素技術である「低NO_x燃焼システム」を環境対策技術として採用した。2009年5月に竣工し順調に稼働し、NO_x170ppm以下を達成した。

(3) SCOPE21の部分的実機化（JFE／西日本製鉄所福山地区第5コークス炉団増設）

第5コークス炉の既存炉団（A、B、C団）に隣接し、新たなD炉団55門を2006年3月に増設した。耐火物使用量は16000t、約1000種類の煉瓦、300万個強の数量であり、築炉に8.5ヶ月を要した。SCOPE21で開発された要素技術である「低NO_x燃焼システム」の考え方であるエア－2段燃焼、排ガス循環方式を国内で初めて導入した。燃焼時のNO_x排出濃度は低減され、NO_x排出濃度の実績としては、既設炉250ppmに対して、170ppm以下を達成した。当社では26年ぶりのコークス炉立上げを無事行い、初装炭以降、約2ヶ月間かけて140%まで上昇させ、順調に推移している。

(4) SCOPE21 の部分的実機化 (JFE/西日本製鉄所倉敷地区第 6 コークス炉団増設)

第 6 コークス炉の既存 A 炉団に隣接し、新たな B 炉団 43 門を増設することを決定した。現在、建設中であり、2010 年に竣工予定。

(5) SCOPE21 の部分的実機化 (住友金属/鹿島製鉄所第 1 コークス炉団増設)

今年度の新規案件であり、既存の ABCD 炉団 (154 門) に E 炉団 40 門を増設する。低 NO_x 燃焼システムを導入し、2011 年の竣工予定で進められる。

【実用化への今後の可能性】

マクロ的には、世界の鉄鋼生産量はまだ増加傾向にあり、新興国における鉄鋼需要が増すことは明らかである。鉄鋼増産に伴い、コークス炉用原料炭の取り合いがおり、2008 年には 300US\$/t にまで原料炭の価格上昇を誘発した実績もある。世界における原料炭消費量が 2000 年の 4.8 億トンから 2007 年の 7.2 億トンに急増していることから増加傾向が理解される。粘結炭の可採埋蔵量は全石炭の 10%程度といわれ、全石炭の 70%以上は粘結性が低く従来ではコークス製造に使用不可能といわれている。更に、瀝青炭類の可採年数は 97 年程度との報告もあり、垂瀝青炭の 450 年以上に比べ、減少度合いが著しい。

以上のような石炭環境の中で、コークス化においては劣質炭といわれている非微粘結炭をコークス原料として有効活用していくことは、将来の資源問題対応として必須である。SCOPE21 では難コークス化性の非微粘結炭の事前処理を行うことにより、50%までの高配合を可能とする、革新的な新コークスプロセスであり、時代の要請に合致して実用化の促進が期待できる。原料炭の価格上昇にリンクして、非微粘結炭価格も上昇しているが、強粘結炭との価格差は開く傾向が見られ、2008 年の最高値の時で 60US\$, 2009 年で 49US\$ と強粘結炭に比べるなら、経済的にはかなり有利になっている。

資源エネルギー庁が 2009 年 8 月に発表した「長期エネルギー需給見通し (改訂版)」に挙げられた、製鉄部門における「主要な最先端技術の概要および普及想定と省エネ量」の中に、SCOPE21 型コークス炉を 2020 年までに 6 基導入する目標を掲げ、6 基で省エネ量 31 万 KL/年を目指すことを検討している。この導入に伴って、同時に CO₂ 削減も 93 万 t/年が見込まれる。

鉄鋼連盟でも、鉄鋼業として CO₂ 年間 500 万トン削減目標のなかに、SCOPE21 型コークス炉の導入を盛り込んでいる。

このように、石炭資源対応として、非微粘結炭の使用拡大は量的な視点や粘結炭との価格差の点から、また省エネルギーや CO₂ 削減対策の貴重な手段でもあり、SCOPE21 型コークス炉は時代の要請に沿っており、実用化拡大は促進されると確信する。

SCOPE21 プロジェクトの成果活用は、石炭事前処理を主とするフルスペック仕様の実用化の促進のみならず、低 NO_x 燃焼システム技術の導入など、部分的な適用も十分ある。現在 4 基のコークス炉で低 NO_x 燃焼システム技術の応用が実行されている。コークス炉の NO_x 規制値は、旧炉では 250~350ppm であったが、最近の新設炉に対しては 170ppm

が適用され、大都市近接の自治体などでは、一層規制が厳しい傾向にある。その他、パイロットプラントで培った、塊成化技術や気流塔による粉体加熱技術等も、要素技術の適用として期待される。

実機 1 号機は、2008 年 5 月に総合運転が開始され、景気変動の中で、生産調整に遭遇しながら、現在、実証データを蓄積しているところである。

SCOPE21 の技術は、省エネルギーや CO2 排出量削減に有効であり、国際貢献の観点から海外への技術普及が期待されるが、国内での十分な実証運転を経て、技術標準や作業標準、安全対策、整備技術等を確立しておくことが、SCOPE21 の技術に対する信頼性確保の観点から重要と考える。すなわち、まずは国内鉄鋼事業者への展開を図ることによって隠れた諸問題の洗い出し、対応策等の技術蓄積を確実に行之、次のステップに進むべきと考える。このため、現状で具体的な時期を挙げることは難しいが、準備が完了し次第、早期の展開が図られることを期待している。

なお、国内におけるコークス炉建設が、近年 25 年以上無かったこともあり、コークス炉用の珪石耐火物は、現在日本では生産されていない。特殊品以外は輸入品で支えられているが、形状精度や物性のばらつき等で問題があり、国内耐火物メーカーからの技術指導や協力が一層要請される。また、耐火物のを築造する築炉工の不足、高齢化も顕著であり、育成が不可欠である。現状では、コークス炉建設のスケジュール調整が必要である。

○シンクタンク調査

- ・文献：大分における新コークスプロセスの実機化、新日鐵（株）、石炭科学会議、2009
- ・文献：大分第 5 コークス炉の建設と操業状況、新日鐵（株）、（社）日本鉄鋼協会 158 回秋季講演大会、CAMP-ISIJ, Vol.22、782（2009）
- ・文献：西日本製鉄所（福山地区）第 5 コークス炉 D 団の建設と操業、JFE スチール、JFE 技報 No. 22 p. 6-10（2008）

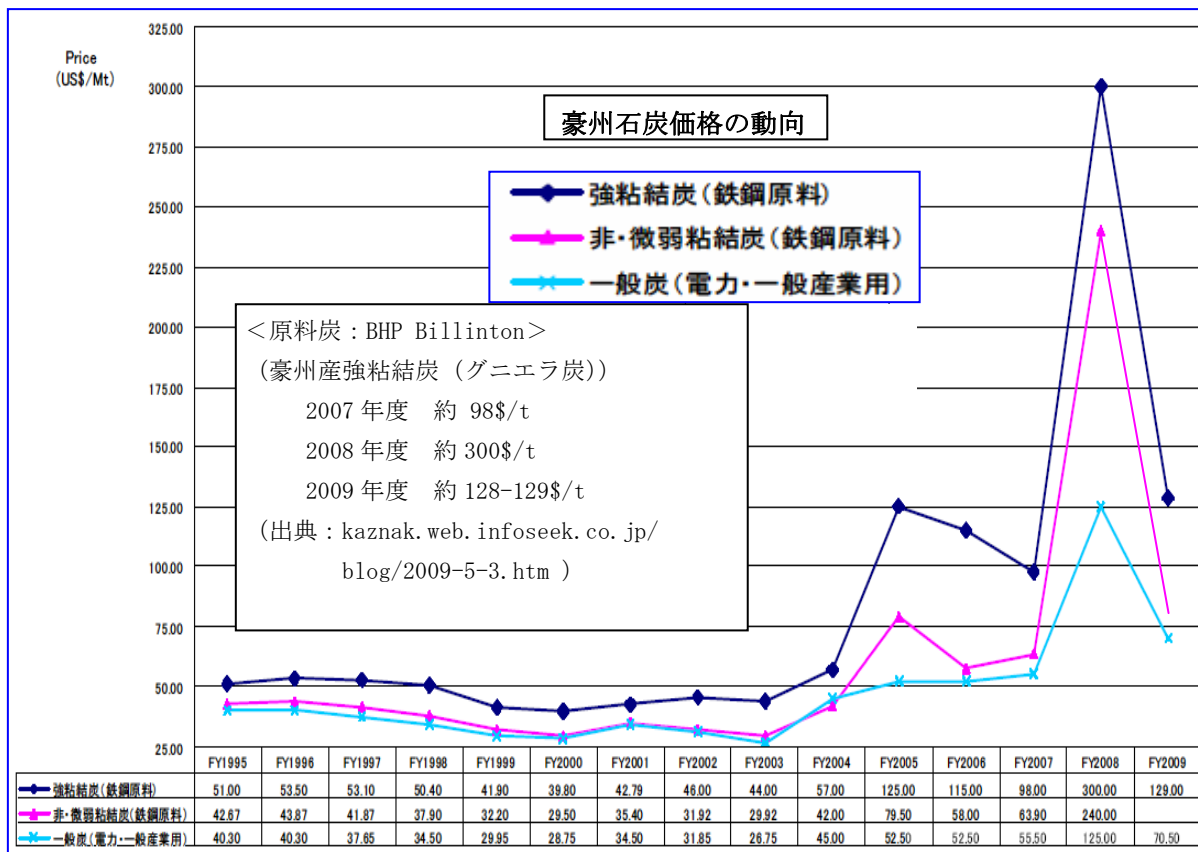
○シンクタンク調査

- ・JJFE スチール（株）西日本製鉄所（福山地区）第 5 コークス炉 D 炉団、JFE スチール（株）西日本製鉄所（倉敷地区）第 6 コークス炉 B 炉団の場合、コークス生産増加に対応した工事であり、既設設備を最大限活用した炉体のみの増設である。移動機、石炭供給設備、コークス消火設備、集塵設備等は既設余力を流用している。このため今回は、急速加熱、熱間成型、中低温乾留、CDQ 改質、炉壁薄壁化等は、採用出来ず、炉体内部の燃焼構造（低 NOx 技術）のみを採用した。

○実施者（製鉄所、設計開発、実機化計画）

- ・設置する製鉄所に適合する形にもっていくことが必要である。プロジェクトのパイロットプラントは理想を実験したが、実機化は理想ではなく現実に生産設備として稼働させなくてはならない。パイロットプラントでは、微粉側の気流塔加熱を行ったが、実施者と話し合った結果、微粉は過熱（オーバーヒート）されやすく、熔融に至ってしまうこともあり、大量安定生産には不安定要因になること、また、気流塔加熱した高温かつ大量の微粉を安定して塊成化することが難しいことも分かった。パイロットプラントではコークス炉本体では 800℃程度まで加熱し、その後、CDQ チャンバーで再昇温して 1000℃以上にするプロセスであったが、昇温制御の困難性、CDQ への過負荷等から、実機への適用は見送った。

○シンクタンク調査



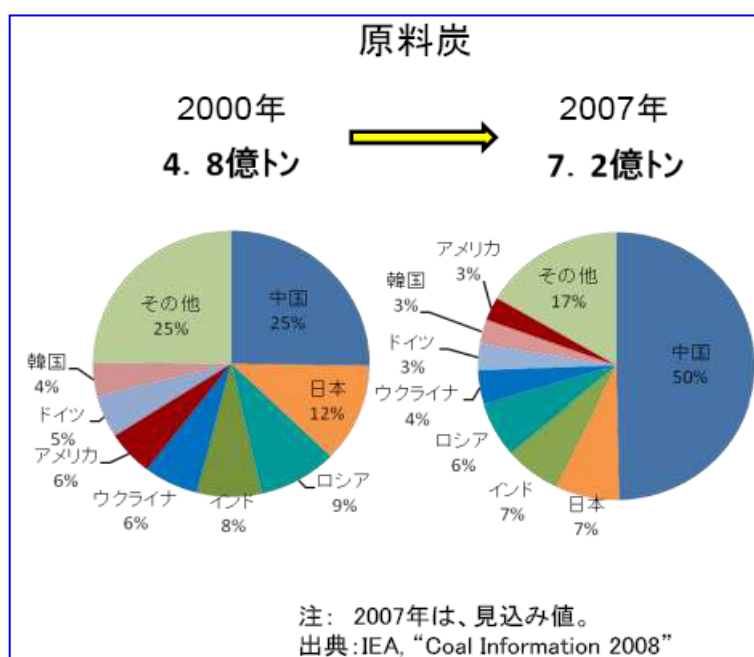
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
強粘結炭(鉄鋼原料)	53.10	50.40	41.90	39.80	42.79	46.00	44.00	57.00	125.00	115.00	98.00	300.00	129.00
非・微弱粘結炭(鉄鋼原料)	41.87	37.90	32.20	29.50	35.40	31.92	29.92	42.00	79.50	58.00	63.90	240.00	80.00
一般炭(電力・一般用)	37.65	34.50	29.95	28.75	34.50	31.85	26.75	45.00	52.50	52.50	55.50	125.00	70.50

豪州石炭価格の推移（数値は US\$、出所：三井松島産業株式会社参考資料 石炭産業の概要2009年5月21日）

上記の図によれば、2005 年ころから石炭価格の変動が激しくなり、2008 年には、強粘結炭が 300US\$/t に達するような最高値を示した。この図は豪州石炭であるが、日本の輸

入元はが豪州（約 60%）、インドネシア（24%）、ロシア（4%）であり、豪州が圧倒的な位置を占める。世界不況等により、2009 年には、鉄鋼生産が減り、石炭価格も下がったが、長期的には、価格上昇へ転ずると思われる。

下図は、世界における原料炭の消費動向である。2000 年から 2007 年に向かって 4.8 億トン/年から 7.2 億トン/年の 1.5 倍に増大している。中国（1.2→3.6 億トン/年）が圧倒的に、次いでインド（3800→5040 万トン/年）が増加している。中国を中心に、今後、インドやアジアにおける鉄鋼生産が増大すれば、原料炭の取り合いは一層激しくなると推定される。従来あまり見向きもされない非微粘結炭の活用は技術立国日本の鉄鋼業が国際競争力を強化するための格好の方向と考える。



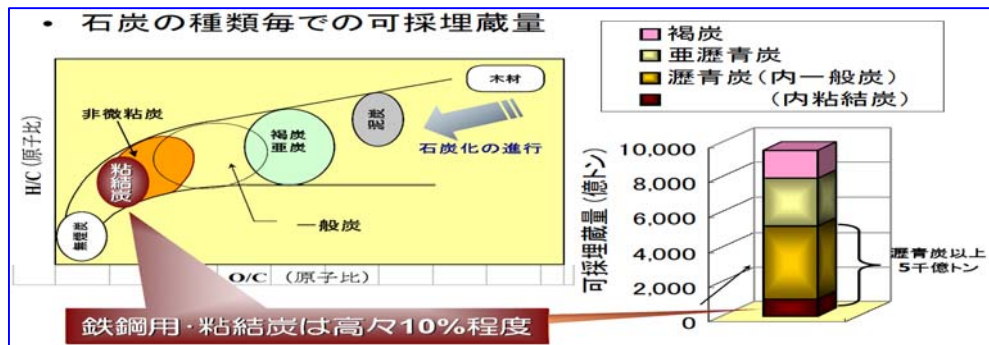
世界の国別炭種別石炭消費量

(出所：世界と日本の石炭事情 資源エネルギー庁H21.2.6)

非微粘結炭は、明快な技術的分類は存在せず、鉄鋼各社でも多様である。低価格炭としての分け方が主流であり、強粘結炭の灰分が多い部分や一般炭の一部が非微粘結炭と称して販売されることが多い。SCOPE21 で使った非微粘結炭は、技術的には MF 値（ギーセラ流動性試験の最高流動度）と Ro 値（ビトリニットの平均反射率）の範囲で表しており、難コークス化性の石炭である。

原料炭に関して、参考資料 1 参照。

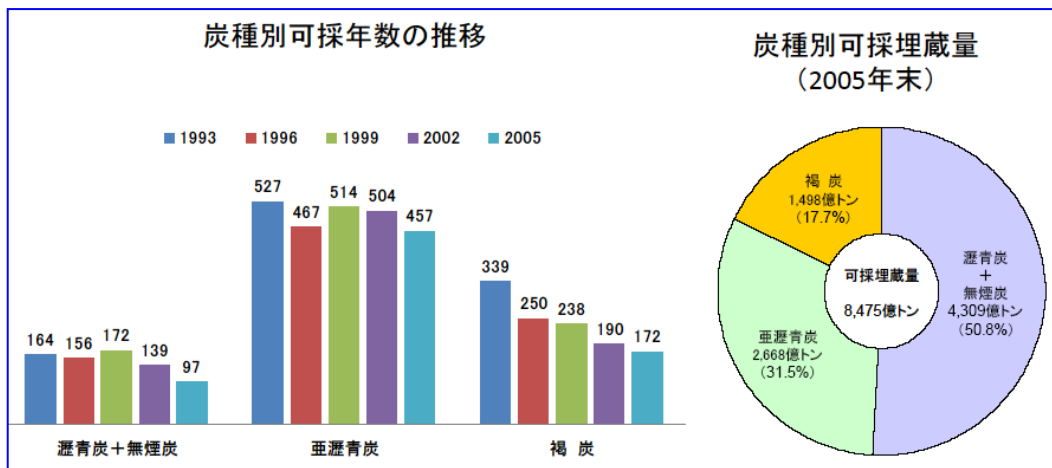
下図は石炭種類における可採埋蔵量であり、鉄鋼用粘結炭の可採埋蔵量は 10%程度と少なく、長期的には粘結炭は減少する傾向にある。



石炭種類毎での可採埋蔵量

(出所：産業を石炭 鉄造りと石炭の関係～過去・現在・未来～2008/12/12 新日鉄)

下図に可採年数を示す。この中で粘結炭は「瀝青炭+無煙炭」の部類に入るが、ここでは、可採年数は2005年で97年程度との報告がある。「瀝青炭+無煙炭」は可採埋蔵量が多いが、使用量も多い。



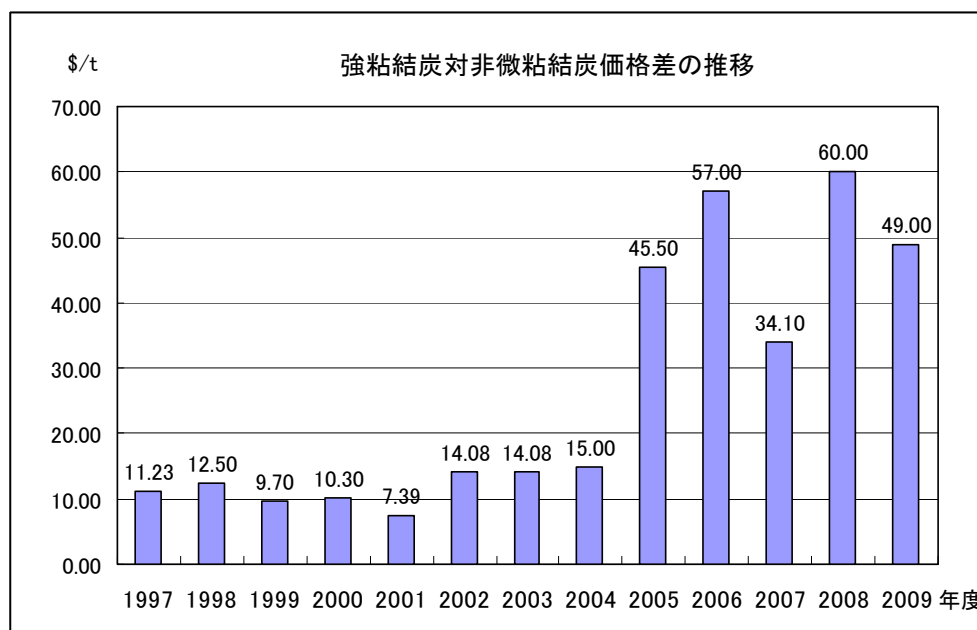
石炭の炭種別可採年数

通常の石炭取引では石炭の用途から無煙炭、原料炭、一般炭の3種類に分類される。

種別		用途	備考
無煙炭		コークス配合用、焼結用、練炭・豆炭用	
有煙炭	原料炭	製鉄高炉のコークス用	粘結性のある瀝青炭 (含む非微粘結炭)
	一般炭	発電用、ボイラー用	粘結性のない瀝青炭、亜瀝青炭

(出所：世界と日本の石炭事情 資源エネルギー庁 平成21年2月6日)

下図に強粘結炭と非微粘結炭の価格差を示す。表を見ると（図は前出）2005年ころから石炭価格が上昇し、2008年には強粘結炭 300US\$の最高値になった。石炭全体の価格が上昇しだした 2005 年ころから、下図に示すように、強粘結炭と非微粘結炭との価格差が大きくなる傾向を示しており、価格差が大きければ非微粘結炭を多量使用できる SCOPE21 型コークス炉はコスト的に有利になる。今後、石炭全体の価格が高止まりする傾向が大であり、SCOPE21 型コークス炉の実用化拡大には追い風と思われる。



	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
強粘結炭(鉄鋼原料)	53.10	50.40	41.90	39.80	42.79	46.00	44.00	57.00	125.00	115.00	98.00	300.00	129.00
非微粘結炭(鉄鋼原料)	41.87	37.90	32.20	29.50	35.40	31.29	29.92	42.00	79.50	58.00	63.90	240.00	80.00
非微粘結炭/強粘結炭	79%	75%	77%	74%	83%	68%	68%	74%	64%	50%	65%	80%	62%

豪州の強粘結炭対非微年結炭価格差の推移 （数値は US\$）

（出所：三井松島産業㈱ 参考資料 石炭産業の概要 2009年5月21日のデータから棒グラフを作成した。）

なお、石炭、原料炭、一般炭等の動向データは文末に参考資料 1 を添付する。

○シンクタンク調査

- ・地球温暖化防止や省エネルギーの視点から、SCOPE21 型コークス炉の効果に期待した検討がなされており、調査結果を以下に示す。

(1)「地球温暖化問題に関する懇談会」の開催は平成 20 年 2 月 22 日の閣議で決定された。

【趣旨】

地球温暖化の克服には、社会や経済が新しいステージに移行することが必要であり、したがって、地球温暖化の危機は、むしろ世界全体が発展していくためのチャンスとと

らえるべきである。我が国はこれまで様々な危機を乗り越える中で環境に対応する技術や社会の仕組みを蓄積してきており、来るべき低炭素社会づくりにおいて大いに世界に貢献することができ、また、そのことは我が国自身にとっても発展のチャンスとなる。

このような観点から、低炭素社会に向けた様々な課題について議論を行うため、内閣総理大臣が有識者の参集を求め、地球温暖化問題に関する懇談会（以下「懇談会」という。）を開催する。 【名簿】 ◎座長

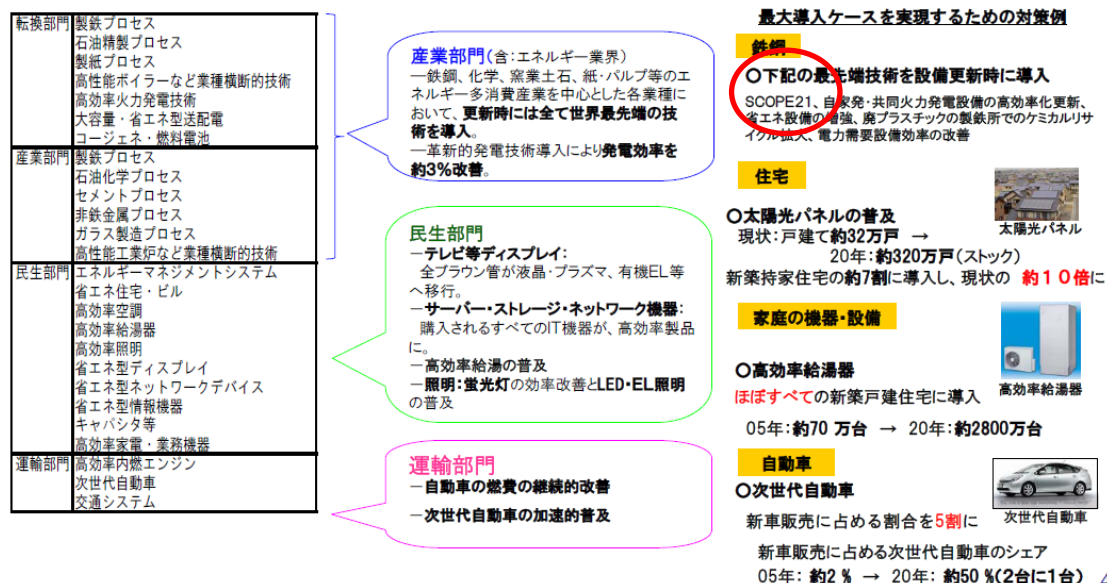
枝廣 淳子	有限会社イーズ代表取締役
◎ 奥田 碩	トヨタ自動車株式会社取締役相談役
勝俣 恒久	東京電力株式会社取締役会長
黒川 清	政策研究大学院大学教授
末吉 竹二郎	国連環境計画金融イニシアティブ特別顧問
高橋 はるみ	北海道知事
月尾 嘉男	東京大学名誉教授
寺島 実郎	(財)日本総合研究所会長、株式会社三井物産戦略研究所所長
福井 俊彦	キャノングローバル戦略研究所理事長
松井 三郎	京都大学名誉教授
三村 明夫	新日本製鐵株式會社代表取締役会長
薬師寺 泰蔵	慶應義塾大学法学部教授
山本 良一	東京大学生産技術研究所教授

- 1) 地球温暖化問題に関する懇談会 中期目標検討委員会（第3回）2009年 1/23
下図の赤囲みに SCOPE21 が載っている。

4. 世界最先端技術メニュー

● 経済産業省がとりまとめた「エネルギー技術戦略マップ」から、2030年までに実用化が見込まれる主要なエネルギー技術を抽出し、技術的ポテンシャルの最大限まで、機器・設備効率を改善し、これらの製品を更新時に最大限導入した場合を想定。

○約100の最先端の技術を最大限導入。モデル分析に加え、専門家の知見等を踏まえて設定。



2) 地球温暖化問題に関する懇談会 中期目標検討委員会（第5回） 2009年 2/24

エネ研モデルの想定について 【鉄鋼業】

平成21年2月24日（財）日本エネルギー経済研究所

①活動量 鉄鋼業の活動量には粗鋼生産量を採用した。

	2005年	2020年
粗鋼生産量（万トン）	11,272	11,966

②対策技術 最大導入ケースにおける鉄鋼業の省エネルギー効果及び普及量を以下のように想定した。

SCOPE21

・コークス製造プロセスにおいて、石炭事前処理工程等を導入することによりコークス製造に係るエネルギー消費量等を削減する。

	2020年
省エネ量・代エネ量（万KL）	30
CO ₂ 削減量（万t-CO ₂ ）	93
普及度合い	コークス炉の設備更新時にすべて導入。2020年までに6基導入、2030年までに15基導入。

地球温暖化問題に関する懇談会 中期目標検討委員会(第5回)において、(社)日本鉄鋼連盟から、中期目標検討委員会 説明資料(資料3-1)が報告されている。その18頁で、日本エネルギー経済研究所モデルと国立環境研究所モデルについて比較検討している。

以下に比較検討コメントを示す。

- ・一部妥当でないものもある。
- ・あくまでも最大削減ポテンシャルであり、実際の導入に際しては様々なバリアも存在している。
- ・削減効果が過大となっているものがある。・・・等、

鉄鋼専門団体から見て、課題もある。今のところは、モデル的検討の一方向（一目標）と考える。

●全般

- ・評価対象とされている技術は、両モデルともほぼ同一であるが、一部妥当でないものもある。
- ・いずれの場合も、これらの技術についての評価は、あくまでも最大削減ポテンシャルであり、実際の導入に際しては様々なバリアも存在している。

●日本エネルギー経済研究所

- ・CO₂削減量(鉄鋼業 5.9 百万 t CO₂)については、省エネによる限界削減エネルギー種の見方の違い等により、目減りの可能性がある。

●国立環境研究所モデル

- ・対象技術について、既に 100%普及しているもの(青字)、今後の開発対象のもの(赤字)でポテンシャルの無いものが含まれている。
- ・2005 年普及率の過小評価、省エネ効果の過大評価により、削減効果が過大となっているものがある。

2. 今後の省エネ・CO2削減対策

各機関モデルの比較検討について

●全般

- ・評価対象とされている技術は、両モデルともほぼ同一であるが、一部妥当でないものもある。
- ・いずれの場合も、これらの技術についての評価は、あくまでも最大削減ポテンシャルであり、実際の導入に際しては様々なバリアも存在している。

●エネ研モデル

- ・CO2削減量(鉄鋼業5.9百万tCO2)については、省エネによる限界削減エネルギー種の見方の違い等により、目減りの可能性がある。

●国環研モデル

- ・対象技術について、既に100%普及しているもの(青字)、今後の開発対象のもの(赤字)でポテンシャルの無いものが含まれている。
- ・2005年普及率の過小評価、省エネ効果の過大評価により、削減効果が過大となっているものがある。

モデル	エネ研モデル	国環研(JAPANモデル)
ケース	最大導入	ケースⅠ～Ⅲ(Ⅳ)
粗鋼生産(万トン)	11,966	10,697(7,471)
省エネルギー量(万kl)	182	167(Mtoe)
CO2削減量鉄鋼業(百万tCO2)	5.9	6.8(MtCO2)⇒5.22(MtCO2)
CO2削減量電力(百万tCO2)	2.4	不明
導入技術	省エネ量 (万kl/y)	省エネ量 (Mtoe/y)
1 鉄鋼プロセス革新	SCOPE21	30
2 発電設備の高効率化	自家発電、共同火力の高効率化 副生ガス質ACC USC-BTG	42
3 省エネ設備の増強	省エネ設備の増強 焼結排熱回収 CDQ 低圧排TRT CO2排熱回収 その他低圧蒸気回収 蓄熱式バーナー	51
4 電力需要設備の改善	電力需要設備の改善 高効率発電機 高効率送電機 高効率ファン・ポンプ ACミルモーター 高効率電動機/変圧器 電気圧力改善 高効率照明	12
5 廃プラスチック利用拡大	廃プラスチック利用拡大	47
合 計	182	5.9

JISF

18

(2) 資源エネルギー庁 長期エネルギー需給見通し (再計算) 平成 21 年 8 月

昨年 5 月に策定した長期エネルギー需給見通しをベースに、経済成長、エネルギー価格、交通需要見通し等の諸前提の変更を行い、2020 年、2030 年におけるエネルギー需給の姿及びエネルギー起源 CO₂ 排出量について再計算を行った。また、最大導入ケースについて、主要な対策の CO₂ 削減効果、対策費用の試算や、個別対策の具体的内容に関する検討も合わせて実施した。

その資料のなかで鉄鋼業における CO₂ 削減施策の一つとして SCOPE21 が入っている。

【CO₂ 削減効果が大きい主要な施策 (2020 年最大導入ケース)】

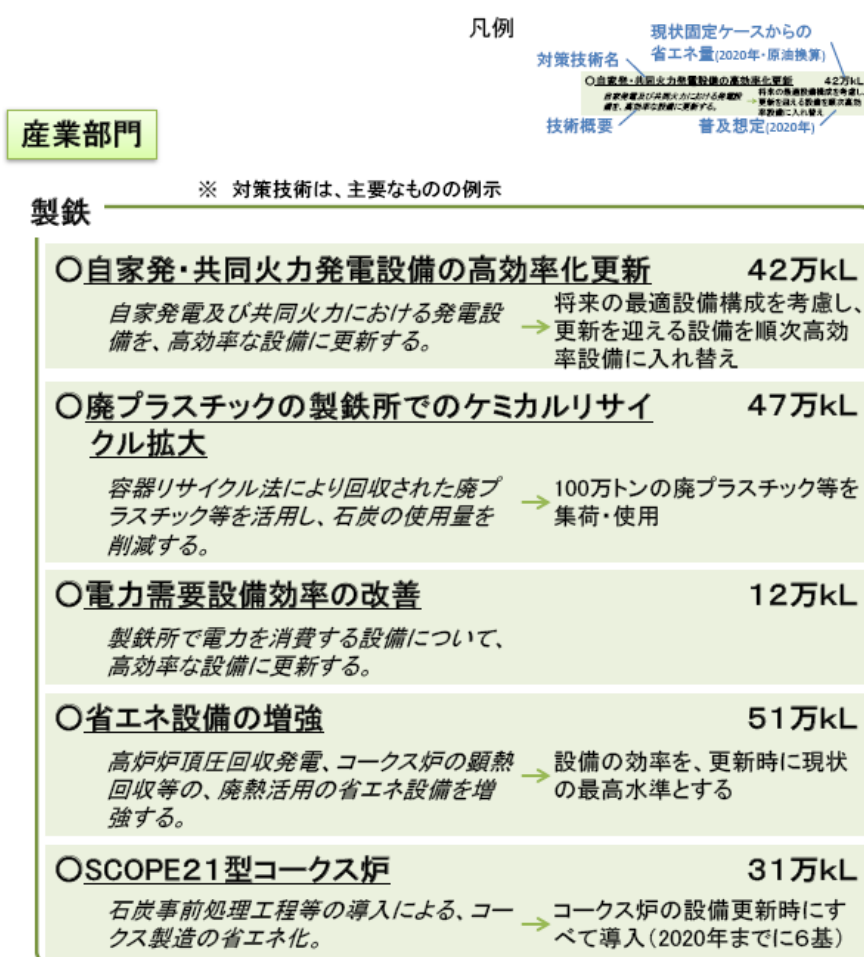
8. 製鉄革新技術

約5百万トン

SCOPE21型コークス炉の導入、廃プラスチックのケミカルリサイクル拡大等、最先端の省エネ機器を最大限導入。

参考

主要な最先端技術の概要および普及想定と省エネ量



*対策技術の導入には設備設置スペース等の制約が想定されるが、それらを考慮していない最大限のポテンシャルとして試算。

○鉄鋼の耐火物技術者、耐火物製造企業の技術者

- ・コークス炉用の珪石煉瓦は、すでに日本では製造しておらず、輸入せざるを得ない。ドイツ製は高価であり、中国から輸入せざるを得ない状態である。形状、寸歩精度、強度等で問題が山積しており、輸入に際して、国内耐火煉瓦メーカーから技術者を派遣して、出荷前に不良品を選別し、50%近くを不良品として除外した。現地（中国）で早期に選別したことで、どうにか築造に間に合った。現在、輸入可能と思われる中国の珪石煉瓦製造メーカーは約4社であり、日本の耐火物企業に一層の技術指導してもらい、珪石煉瓦の品質、形状を向上させることが急務である。

○築炉企業の担当役員

- ・耐火物は1万トン以上、1000種類以上 300万個以上の複雑形状の煉瓦は、人的労力で1個ずつ築造しなければならない。築炉作業には、手元工、築炉工、目地押し工など複数種の作業員で構成される。一番高度な技能を要請される築炉工の不足が極めて深刻であること、高齢化が進み、60歳以上で40%、50歳以上で70%以上と言われている。日本では、築炉工への認識が低く、待遇も悪い。後継者不足を促進している。築炉事業の脆弱化、衰退は、結果的に鉄鋼業の技術力低下に繋がる。

○築炉企業の担当役員

- ・製鉄所の日々の整備に携わる築炉工と建設に携わる築炉工では異なる。建設の築炉工は高炉やコークス炉の建設に携わり、建設現場を廻る。集められる築炉工から換算して、年間で築造できる高炉+コークス炉は $1 + \alpha$ 基程度と考えられる。

○築炉企業の担当役員

- ・築炉工不足はじめ、築炉事業体制の脆弱化が問題。築炉企業は大半がオーナー会社であり、業界団体としてのまとまり、社会へのアピールが不足している。日本では、築炉工への認識が低く、待遇も悪く、後継者不足を促進している。築炉企業6社が集まり、情報交換等を始めているが、まだ、業界団体は設立されておらず、今後、設立が望まれる。業界として、行政への実情の理解強化、要望具申等、まとまった行動ができれば、改善方向に繋がる。

3. I. 波及効果に関する調査 I-2 研究開発力の向上効果

(1) 知的ストックの蓄積度合

【特許出願からみた知的ストックの蓄積】

昨年度のインパクト調査以来、新たな特許出願は無い。

プロジェクト中の特許出願 65 件に対して、登録が昨年度より 1 件加わって 24 件であり、特許の登録率は 37%と高く、質の高い特許が多く出願され、知的ストックの蓄積度は非常に高いと言える。65 件中 15 件が（社）日本鉄鋼連盟+（財）石炭エネルギーセンターが権利を継承して、プロジェクト参加メンバーが使用できるようにしている（内 3 件は鉄連のみ継承）。その 15 件中 13 件が登録されており、登録率は 87%と極めて高い。参加メンバーが使用できる基幹となる特許が多く登録されており、望ましい傾向と言える。プロジェクト中の特許出願 65 件の内訳は、登録 24 件（37%）、拒絶 13 件(20%)、未請求取下げ 24 件（37%）及び抹消（年金不納）が 4 件（6%）となっている。

上記の（社）日本鉄鋼連盟+（財）石炭エネルギーセンターが権利を継承した 15 件のうち、国内出願特許 5 件を 3 件にまとめて海外に出願している。2 件は既に登録になり、1 件は、2 カ国で公開中であるが、その他の国では登録済みになっており、重要特許は国内外で権利化が進んでいる。

プロジェクト終了後に出願した 27 件については、登録 1 件、拒絶理由応答中 1 件、審査請求 23 件、出願 2 件である。

次に、出願した特許の被引用件数の調査結果を記す。今回は特許公報に記載された引用情報（拒絶引用）を主に調査した。特許庁の審査官が、記載している他特許の拒絶理由等に使用しており、多くの出願特許の拒絶理由として使用されたことは、引用された特許の重要性と解釈できると考える。結果として、プロジェクト中の出願65件のうち20件の出願特許が引用対象となっており、5回被引用が1件、4回被引用が1件、3回被引用が3件、2回被引用が4件、1回被引用が11件ある。そのうち（社）日本鉄鋼連盟+（財）石炭エネルギーセンターが権利を継承している15件に関しては、5回被引用が1件、4回被引用が1件、3回被引用が1件、2回被引用2件、1回被引用が2件の計7件が引用されており、被引用回数の多いものもあり、重要性が高いと考えられる。

【文献からみた知的ストックの蓄積】

英語で発表している論文に関して、被引用回数（Citation）の調査を行った。今回は SiSearch、SCOPUSのデータベースを使用した。結果として、①高温予熱を行う新しい炭化プロセス (A New Carbonization Process with High Temperature Preheating)

(社) 日本鉄鋼連盟、Proc Ironmak Conf.57、803-809(1998)が5回、②2050年までの
 コークス製造(Cokemaking to the year 2050)、新日本製鐵(株)、Steel Times、
 222(5)170-172(1994)が1回、③新日本製鐵(株)における環境保全のための活動およ
 び技術展望(Activities and technologies for environmental protection at Nippon
 Steel: a perspective)、新日本製鐵(株)、Ironmak Steelmak、32(3)227-324(2005)
 が1回であった。英語カタログとして、NEDOや(財)石炭エネルギーセンター及び2006
 年活動を開始した「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」
 (APP: Asia-Pacific Partnership on Clean Development and Climate、米国・豪州・
 韓国・中国・インド・日本の6ヶ国が参加する)の鉄鋼ワークショップ等が発行したも
 のが、数多くあり、海外関係者の目にも多く留まっていると思われる。

○シンクタンク調査

・海外特許出願は、次の3件に集約されている。

1) 特開平08-209150+特開平259956

	ファミリ出願番号	公報番号	発明の名称	状況
1	DE19680166A	DE19680166C	Process for making blast furnace coke	登録
2	特願平 7-15959	<u>特開平 08-209150</u> <u>特許 03611055</u>	高炉用コークス製造方法	登録
3	特願平 7-65414	<u>特開平 08-259956</u> <u>特許 03614919</u>	高炉用コークスの製造方法	登録
4	KR1996070549 2A	KR178327B	PRODUCTION OF BLAST FURNACE COKE	登録
5	US08/718566	6033528	Process for making blast furnace coke	登録、譲渡証
6	WO1996JP0002 26W	WO1996023852A	PROCESS FOR PRODUCING BLAST-FURNACE COKE.	DE,KR,US

PCT出願、ドイツ、韓国、米国で登録済み。

2) 特開2000-256671+特開2000-351975

	ファミリ出願番号	公報番号	発明の名称	状況
1	DE60014213A	DE60014213D1	Koksofen und Verfahren zum Bet...	登録
2	DE60014213T	DE60014213T	Coke oven and method of operation	同上
3	EP00400569A	EP1033396A EP1033396B	Coke oven and method of operation.	登録、譲渡証 (AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE)
4	特願平 11-57726	特開 2000-256671 特許 03821980	コークス炉とその操業方法	登録
5	特願平 11-163549	特開 2000-351975 特許 03821995	コークス炉の燃焼室とその操業方法	登録
6	US09/518538	6797122	Coke oven and method of operation.	登録、譲渡証

欧州には欧州特許出願、米国、ドイツをはじめヨーロッパ諸国で登録済み。

3) 特開2005-082790

項番	ファミリ出願番号	公報番号	発明の名称	状況
1	CN200410074702A	CN1613971A CN100455639C	Method for modifying and pre-treatment of blast furnace coke	登録
2	DE102004043687A	DE102004043687A DE102004043687B	Method for modifying and pre-treatment of blast furnace coke	異議無
3	特願 2003-319772	特開 2005-082790 特許 04274880	高炉用コークス製造用原料炭の改質・予備処理方法	登録
4	KR20040072378A	KR20050027045A	METHOD OF REFORMING AND PRE-PR...	公開
5	US10/938266	2007/0187222	Method for pretreating and improving blast furnace coke	公開、譲渡証

中国で登録済み、ドイツ、米国ではほぼ登録確定、韓国で公開段階である。

○シンクタンク調査

出願特許の被引用回数に関する結果を示す。

被引用回数	特許公開番号	特許名称	出願人
5	特願平 07- 15959 特開平 08-209150	高炉用コークス製造方法 特許 3611055	鉄 連 ・ JCOAL

		特願平 08-347911 拒絶理由	
		特願 2001-383391 拒絶理由	
		特願平 10- 53767 拒絶理由	
		特願平 09-244277 拒絶理由	
		特願 2003-319772 拒絶理由	
4	特願平 07-163374 特開平 09-013042	コークス炉用加熱装入炭の製造方法 特許 3515831	鉄 連 ・ JCOAL
		特願平 10- 45370 拒絶理由	
		特願 2003-566130 拒絶理由	
		特願 2003-206474 拒絶理由	
		特願 2003-319772 拒絶理由	
3	特願平 07-199364 特開平 09-048977	高炉用コークス製造方法 特許 3668532	鉄 連 ・ JCOAL
		特願平 09- 66105 拒絶理由	
		特願 2003-319772 拒絶理由	
		特願平 07-015959 拒絶理由	
3	特願平 09- 73637 特開平 10-265778	コークス炉の燃焼室	JFE スチール
		特願平 11- 57726 拒絶理由	
		特願平 11-256866 拒絶理由	
		特願 2004-316594 拒絶理由	
3	特願平 10- 45370 特開平 11-241073	コークス用原料炭の前処理方法 特許 3849286	JFE スチール
		特願 2003-319772 拒絶理由	
		特願 2003-206474 拒絶理由	
		特願 2004-024694 拒絶理由	
2	特願平 08- 6464 特開平 09-194848	流動床乾燥分級機及びその操作方法 特許4036491	鉄 連 ・ JCOAL
		特願 2001-122745 拒絶理由	
		特願 2001- 51605 拒絶理由	
2	特願平 09-066105 特開平 10-259382	石炭の成型方法 特許 3843162	鉄 連 ・ JCOAL
		特願 2003-319772 拒絶理由	
		特願 2004-024694 拒絶理由	
2	特願平 07- 34825 特開平 08-231962	冶金用コークス製造方法	新日鐵
		特願平 09- 15543 拒絶理由	
		特願平 09-254281 拒絶理由	
2	特願平 07- 65415 特開平 08-259951	加熱炭の成型方法	新日鐵
		特願平 10- 45370 拒絶理由	
		特願 2004-024694 拒絶理由	
1	特願平 07-065414 特開平 08-259956	高炉用コークスの製造方法 特許 3614919	鉄 連 ・ JCOAL
		特願 2003-319772 拒絶理由	
1	特願平 11-163549 特開平 2000-351975	コークス炉の燃焼室とその操作方法 特許 3821995	鉄 連 ・ JCOAL
		特願 2002-164087	
1	特願平 06-266700 特開平 08-127779	石炭急速加熱によるコークス製造方法 特許 3519803	新日鐵
		特願 2003-319772 拒絶理由	
1	特願平 07- 62268 特開平 08-259952	加熱炭の到達温度測定方法 特許 3184062	新日鐵

		特願 2002-14400 拒絶理由	
1	特願平 7-208069 特開平 09-053078	コークス炉の操業方法	住友金属
		特願 2000-091598 拒絶理由	
1	特願平 07-277635 特開平 9-118883	高炉用コークス製造方法 特許 3607762	新日鐵
		特願 2003-319772 拒絶理由	
1	特願平 08-153631 特開平 10-001676	コークス炉炭化室の天井煉瓦へのカーボン付着防止方法	住友金属
		特願 2000-370348 拒絶理由	
1	特願平 8-5821 特開平 09-194847	コークスの製造方法	住友金属
		特願 2001-322215 拒絶理由	
1	特願平 8-320978 特開平 10-148632	石炭の軟化熔融特性の評価方法及び装置	JFE スチール
		特願 2000-376081 拒絶理由	
1	特願平 10-056042 特開平 11-246863	コークス炉窯出し時の押出機側窯口密閉方法および装置 特許 03264433	住友金属
		特願 2002-576567 拒絶理由	
1	特願平 9-292990 特開平 11-116324	コークス炉用高密度珪石れんが 特許 03236992	新日鐵
		特願 2003-089152 拒絶理由	

○シンクタンク調査

1) 類似研究に関する文献調査

① ジャンボコークス炉の情報

ドイツにおける研究開発が多い。パイロットプラントによる大量試験も行われている。まだ実機化には至っていないが、今後の動向は注目に値する。

JCR (Jumbo Coking Reactor) は従来のコークス炉に比べて炭化室の炉容積を拡大して、炭化室に装入する石炭量を増加させることによって、生産性の向上を図る。炉幅拡大によって環境対応力の向上、生産性の向上を図ることが狙いである。コークス炉の炉幅拡大によって乾留時間が長く（炉温 1380℃、24～26 h）なるが、コークスの生産性を向上させるために石炭を予熱処理してからコークス炉に装入して乾留する技術が導入されている。

JCR プロジェクトの開発は、欧州の 8 ヶ国、13 の企業が参加して設立した European Cokemaking Technology Center によって研究開発が行われた。パイロットプラントは、ドイツの Ruhr Kohle AG（社）の Prosper コークス工場の敷地内に建設された。1992 年に JCR のパイロットプラントの建設が開始された。1993 年にパイロットプラントの試験操業がスタートし、1996 年 2 月まで試験操業が行われ、合計 633 回の石炭装入試験が行われ、約 32,000 t のコークスが製造された。パイロットプラントでは、炉幅 850mm、炉高は 10m、炉長は 10m（実機の 1/2 相当）である。石炭を予熱後、炭化室

に装入して乾留し、乾留後のコークスはカセット冷却装置で消火する方式である。

JCR プロジェクトの開発成果を受けて、ドイツでは炭化室を従来のマルチチャンバー構造から各炭化室が独立した構造のシングルチャンバーシステム（SCS）にすることを提案している。

最近では、コークス生産性の弾力性を持たせるための炉幅変更に関する検討も報告されている。欧州各国の共同研究としてパイロットプラント試験まで実施されたプロジェクト成果の今後の動向が注目される。

② 予熱炭装入技術の情報

ドイツにおける研究開発が主体である。大型実験、実炉への併設など、かなり大規模な実証実験が行われ、実機化も行われた。工業的な予熱炭の取り扱いの難しさが伺われる。現状では実機における運転はされていない。米国でも実機化が進められたが現状では稼動していない。予熱炭装入、コークス炉壁耐火物への影響等で難題に直面した。フランス、スペイン等でも技術開発が行われた。

Bergwerksverband G.m.b.H.(西ドイツ)とDidier Engineering G.m.b.H.(西ドイツ)の協力で完成した技術である。

本法は湿炭をまず1段目の乾燥塔90℃近くに予熱し、2段目で約200℃まで予熱したのち、サイクロンで回収し、予熱炭貯槽に受ける。これをコークス炉上に設置したチェーンコンベヤにより炭化室上部まで輸送し、装入用バギー車に取り付けたシュートを通して炉に装入する。

本法の特徴としては、

- a) 乾燥予熱炭装入にチェーンコンベヤと装入用バギーを使用し、発塵抑制を図っている
- b) 乾燥塔を2段階使用することにより、石炭の酸化防止と熱効率の向上を図っている
- c) 炉上よりの装入であり、装入密度が向上する
- d) 故障、保全時に備え、湿炭装入も可能であるなどを上げている。

③ 石炭急速加熱技術の情報

研究開発では、日本の大学、企業の発表が多い。世界的にも、1980年代頃かドイツ、フランス、ロシア（旧ソ連）、英国、インド、チェコ等で行われている。石炭の急速加熱による低品位炭の有利な現象等は、いろいろ観察されているが、実用化に向けた大規模な研究開発は日本が先行した。

○シンクタンク調査

★類似研究に関する特許の整理

① 調査対象範囲の設定

石炭高度転換コークス製造技術 (SCOPE21) は「コークス乾式消火設備技術」、「予熱炭装入法」、「調湿炭装入法」、「微粉塊成化装入法」などの技術が集大成されたもので、その技術は広範囲に亘る。

特許調査を行うに当たり、本プロジェクトが過去に出願した特許をまず分析し、中核となる技術を抽出する作業から着手した。

② 本プロジェクトの出願特許

本プロジェクトの国内出願特許は、実施期間中に出願した 65 件とプロジェクト終了後に出願された 27 件の合計で、92 件が対象である。

③ 国際特許分類 (IPC) から見た本プロジェクトの特徴

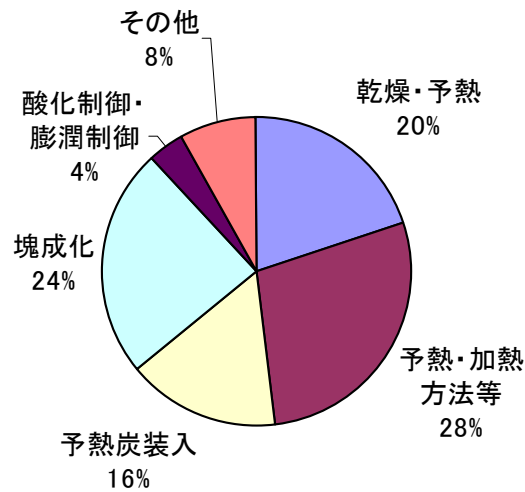
C10B57 (間接加熱、直接加熱、特殊原料を用いる一般的な炭化またはコークス化の方法に含まれない特徴を有するもの)、C10B53 (特殊な固体原料または特殊な形態の固体原料に特に適用される乾留)、C10B21 (可燃性ガスによるコークス炉の加熱) の中分類に多くの特許が関係している事が分かった。

本プロジェクトの既出願特許の動向から、国際特許分類 (IPC) の C10B57 を中心に調査し、主要な出願人に関しては、調査漏れを防ぐために、C10B57 以外の分類も幅広く調査することとした。

【海外から日本へ出願された特許】

上記の考え方で検索した 355 件の中から、コークス製造新プロセスと関連のありそうな出願特許を、表題、抄録から 26 件を選択した。主な出願人は、クルツプーコツパース、ベルグヴェルクス、デイデイエル・エンジニアリング、ルールコーレ、オットー、シヤルボナーグ・ドウ・フランス、ファイルマカールシュテイル、カールフリードリツヒシュテイル等であった。

内容は、下図に示すような分野であり、予熱・加熱方法等が 28%を占めて最も多く、塊成化、乾燥・予熱、予熱炭挿入と続く。予熱・加熱方法等の中には、非コークス炭などの使用も含む場合がある。その他にはマイクロ波乾燥・予熱が入っている。予熱炭装入は件数は特には多くないが、欧米では、予熱炭装入でトラブルを多く発生しており、注力していると考ええる。



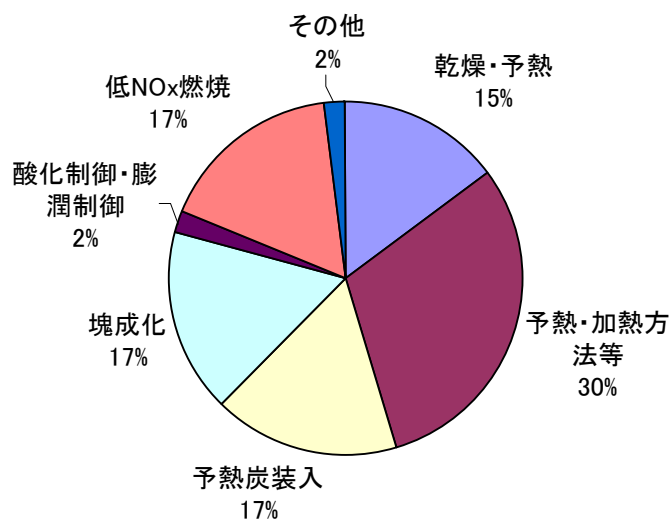
今回の範囲ではコークス新技術等に関する技術開発は、1990年代以降あまり活発では無いと思われる。

【海外において出願された特許】

649 件の中から、コークス製造新プロセスと関連のありそうな出願特許を、表題、抄録から 53 件を選択した。主な出願人は、RUHRKOHLE、STILL CARL、STILL FA CARL、UNITED STATES STEEL CORP、FRITZ OTTO、SAAR KOKEREI、OTTO & CO、CHARBONNAGES DE FRANCE、BERGWERKSVERBAND、DIDIER ENG、KRUPP KOPPERS 等であり、前述の「海外から日本へ出願された特許」の出願人とほぼ同じである。

分野を「乾燥・予熱」、「予熱・加熱方法等」、「予熱炭装入」、「塊成化」、「酸化制御・膨潤制御」及び「その他」に分類して、円グラフにしたものを下図に示す。

予熱・加熱方法等が 28%を占めて最も多く、塊成化、乾燥・予熱、予熱炭挿入と続く。予熱・加熱方法等の中には、非コークス炭などの使用も含む場合がある。その他にはマイクロ波乾燥・予熱が入っている。予熱炭装入は件数は特には多くないが、欧米では、予熱炭装入でトラブルを多く発生しており、注力していると考ええる。



ここでも、出願は 1970 年代、1980 年代であり、1990 年以降の新コークス技術に関連しそうな対象は殆ど見つからなかった。

1970～1980 年代は、欧米の鉄鋼メーカーやコークス製造企業も意気盛んな時代であり、予熱炭装入法を始め、研究開発も活発な時代であり、特許出願も多かったと推測される。

4. I. 波及効果に関する調査 I-3 経済効果

経済的インパクト

ここでは本プロジェクト成果を活用して実機化したことによる経済的メリットの試算結果等を示した。

(1) 事前処理設備導入によるコストメリット試算

素材産業における、原料コスト、設備建設コスト等は、各企業の非公開情報であり、入手は難しいため、ここでは、公開情報をもとに試算した。

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タイプコークス炉で非微粘結炭を 20%使用するケースの比較を行った。2009 年のデータから強粘結炭 129US\$/t、非微粘結炭 80US\$/t（粘結炭に対する価格比 62%）を用い、使用量差 30%を試算すると、約 18.91 億円/基/年のメリットになる。

省エネルギー効果については、実機一号機で実証中であるが、リーマンショックに端を発した景気の減退による生産の大幅減があり、長期安定操業には至っていないのが現状であり、さらなる操業実績を蓄積した上での検討が必要であり、ここでは定量値は控える。

前述の 2020 年までに SCOPE21 型コークス炉を 6 基導入する目標が実行された場合のメリットを試算する。1 号機が 2008 年に竣工し、実際に 2009 年から効果を発揮している。2011 年から 2 年毎に 1 基ずつ建設されると仮定し、性能及び効果は 1 号機同等、竣工 1 年後から効果を発現するとするならば、非微粘結炭利用によるメリットから試算しても、累積メリットは、2013 年に 133 億円、2014 年に 190 億円と増大する。SCOPE21 プロジェクトの研究開発投資は 115 億円（国費 76 億円、企業負担 39 億円）であり、順調に進めば、ほぼ見合った額のメリットが 2013 年頃には到達することも期待される。

(2) 低 NO_x 燃焼システムの導入による脱硝設備不要のコストメリット試算

部分的適用として低NO_x燃焼システムを導入したコークス炉の実機化において、NO_xを従来の250ppmから170ppmに削減できたことが報告されている。今後、新設、リプレースする場合はNO_xは最低限170ppm以下にしなければならない。もし、従来タイプで、NO_x発生量が従来並みに250ppmであるならば170ppmまで低下させるために、脱硝設備を設置して、80ppmを削減しなければならない。

コークス炉の燃焼排ガス量を求め、NO_x を NO₂ と想定した場合、燃焼排ガス中の削減すべき NO₂ の重量を算出した。脱硝設備の設備費や運転コストは文献値を引用して試算した。その結果、年間 100 万トンのコークスを生産するコークス炉 1 基あたり、約 130 t/基/年の NO₂ を削減する必要がある、運転費 は 0.13 億円/基/年、脱硝設備費はコークス

炉 1 炉代が 40 年稼動するとして、長期金利 2%、資本回収係数から計算すると年間 1.1 億円となり、計約 1.23 億円/基/年のメリットを試算した。

(3) 設備費削減に関する試算

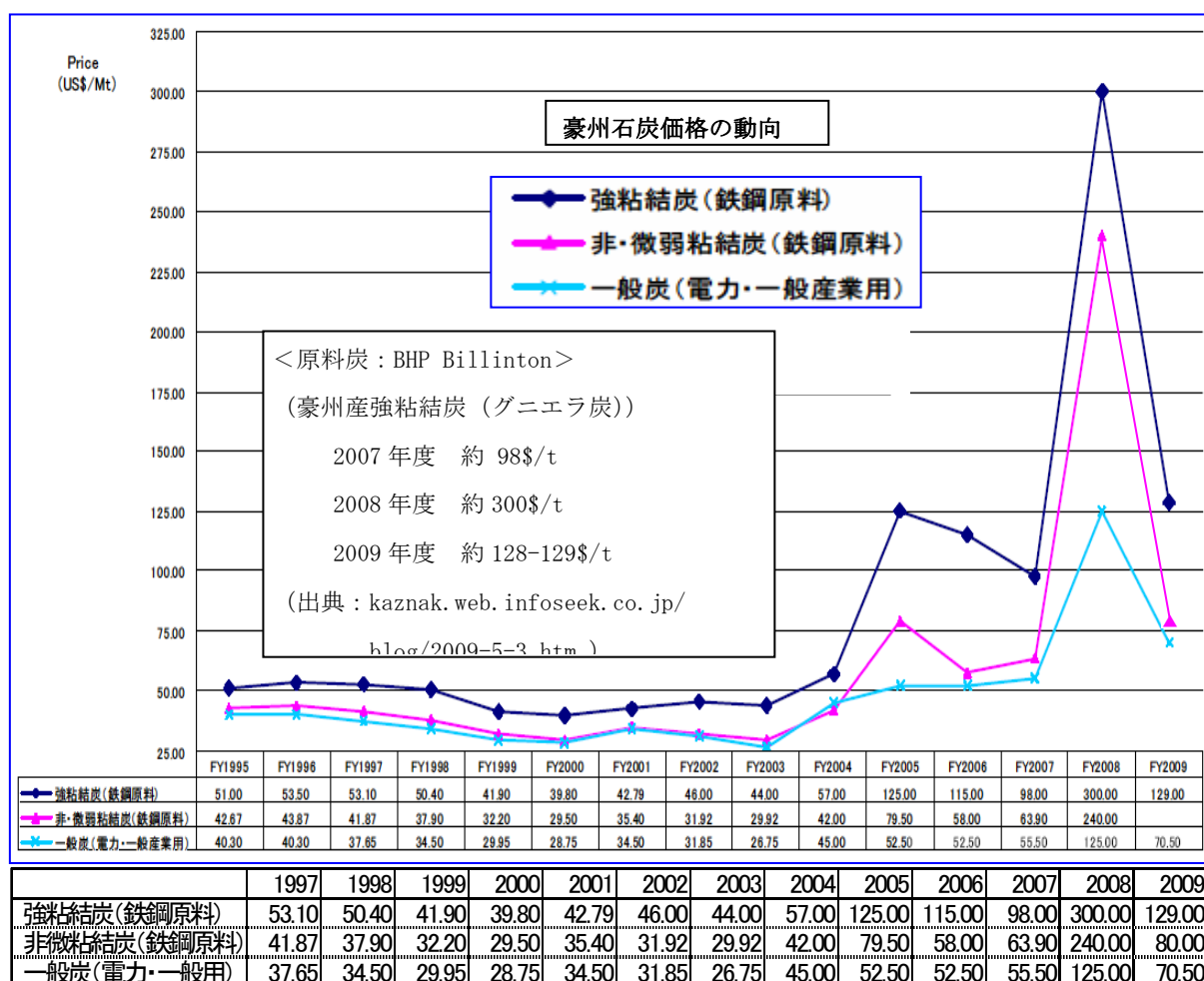
設備費は生産性向上度合いと関連する。SCOPE21 プロジェクトのパイロットプラント操業における成果からは生産性向上 2.4 倍に対して、設備費が約 16%低減する試算が行われた。実機一号機においては、景気動向変化などの影響を受け、まだ長期安定操業による実証が不足しているが、現状における生産性向上のピーク値は 1.7 であり、この値から設備費低減は約 10%と試算した。

(1) 事前処理設備導入によるコストメリット試算

○シンクタンクの試算

★ SCOPE21 型コークス炉 1 基当たりのコストメリット試算

原料炭の価格変動を下图に示す。



(出所：三井松島産業(株) 参考資料 石炭産業の概要 2009年5月21日)

2005 年ころから、価格変動が始まり、2008 年には、強粘結炭が 300US\$/t を示し、2003 年まで 50 US\$/t であったものの価格が急騰した。その後、リーマンショック等による鉄鋼生産急減に伴い、価格も下落したが、以前に比べれば、高止まり感がある。

次に試算の方法を示す。

1) 前提条件

成果導入は実機 1 号機（大分製鐵所第 5 コークス炉）である。

炭種価格に関して、2009 年の場合を試算する。

	成果導入	従来炉
コークス製造能力	100 万t/年	
非微粘結炭使用量	50% 強粘結炭	20% 非微粘結炭
価格比	100%	62% <E>
石炭価格(千円/t)	11.61 (129US\$) <C>	7.20 (80US\$) <D>
歩留まり(石炭 1t からできるコークスの割合: %)	70 <y>	70 <y>

- ・ 為替は 90 円/1 US\$
- ・ 歩留まり 70% は鉄鋼便覧を参考にした。

2) 炭種差によるコストメリット

比例配分計算で試算した。

	成果導入	従来炉
原料炭使用量 S(t) (歩留まりは同じと仮定)	$S = 1,000,000 \div y$	
原料炭コスト(千円)	$S \times (0.5 \times C + 0.5 \times D)$	$S \times (0.8 \times C + 0.2 \times D)$
原料炭コスト差(千円)	$S \times (0.8 \times C + 0.2 \times D) - S \times (0.5 \times C + 0.5 \times D)$ $= 0.3 \times SC - 0.3 \times SD = 0.3 \times SC (1 - E)$ $= 300,000 \times C \times (1 - E) / y$	
炭種差によるメリット (億円/基/年)	$300,000 \times 11.6 \times (1 - 0.62) / 0.7 / 1000000$ = 18.9 (コークス炉: 100 万t/基)	

結果は **18.9 億円/基/年** となった。

★ SCOPE21 型コークス炉 6 基目標におけるコストメリット試算

前述の資源エネルギー庁が 2009 年 8 月 24 日に発表した「長期エネルギー需給見通し（改訂版）」や「地球温暖化問題に関する懇談会（内閣官房）」の平成 21 年 1 月 23 日、平成 21 年 2 月 24 日に報告されている、SCOPE21 型コークス炉を 2020 年までに 6

基建設する目標を検討している。まだ具体的な計画立案までは至っていないので、ここでは2011年以降に、2年毎に1基建設すると仮定して試算を行った。1基あたりのメリットは、非微粘結炭利用によるメリット約19億円/基/年とした。1号機の場合、竣工後、定常商業運転までには、約1年を要しているので、竣工1年後からメリットがでると想定した。下表にその結果を示す。

年	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	累積(億円)
2008	竣工						
2009	19						19
2010	38						38
2011	57	竣工					57
2012	76	19					95
2013	95	38	竣工				133
2014	114	57	19				190
2015	133	76	38	竣工			247
2016	152	95	57	19			323
2017	171	114	76	38	竣工		399
2018	190	133	95	57	19		494
2019	209	152	114	76	38	竣工	589
2020	228	171	133	95	57	19	703

この試算では、2013年に累積メリット133億円に到達し、SCOPE21プロジェクトの研究開発投資115億円（国費76億円、企業負担39億円）を越す可能性がある。

★ 非微粘結炭／強粘結炭の価格比の影響

2009年におけるSCOPE21型コークス炉のコストメリットを試算した結果、21.4億円/基/年を算出した。この場合、石炭の価格比は非微粘結炭（129US\$）／強粘結炭（80US\$）＝62%であった。石炭関係者に伺った感触では、価格比は70%ぐらいが一般的ではないか、とのコメントもあった。下表には1997年から2009年までの非微粘結炭／強粘結炭の価格比を算出し示す。

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
強粘結炭(鉄鋼原料)	53.10	50.40	41.90	39.80	42.79	46.00	44.00	57.00	125.00	115.00	98.00	300.00	129.00
非微粘結炭(鉄鋼原料)	41.87	37.90	32.20	29.50	35.40	31.29	29.92	42.00	79.50	58.00	63.90	240.00	80.00
非微粘結炭/強粘結炭	79%	75%	77%	74%	83%	68%	68%	74%	64%	50%	65%	80%	62%

（出所：三井松島産業㈱ 参考資料 石炭産業の概要 2009年5月21日）

2005年以降の変動が大きい。1997年から2009年までの非微粘結炭／強粘結炭＝価格比の平均を取ると、71%であった。次に、価格比70%＝非微粘結炭（129US\$）／強粘結炭（90US\$）と仮定した場合の試算例を示す。試算の手法は前回と同様とした。結果は炭種差によるコストメリットで14.9億円/基/年となり、減少する。

(2) 低 NO_x 燃焼システムの導入による脱硝設備不要のコストメリット試算

○シンクタンクの試算

- ・文献：西日本製鉄所（福山地区）第5 コークス炉D 団の建設と操業

JFE 技報No. 22（2008 年11 月）p. 6- 10

既設コークス炉：NO_x 250ppm、低NO_x燃焼システム導入炉でNO_x 170ppm
の報告。

○シンクタンク調査

- ・文献：環境影響物質の限界削減費用を用いた環境配慮商品の社会的効果の測定

○岡敏弘(福井県立大学)*、藤井美文(文教大学)、石川雅紀(東京水産大学)、須佐
美周(荏原製作所)、加藤悟(東京大学)、松野裕(明治大学)

2002 年 9 月 28 日環境経済・政策学会 2002 年大会

8p 3.1.2 その他の NO_x 削減対策 の箇所から以下の文章を引用した。

「都心近郊に立地している鉄鋼業の焼結炉、コークス炉の脱硝設備、及び新規
の石炭火力発電所の脱硝設備費は 6500～8000 円 1kW とされ(安藤 1990)、NO₂
トン当たりの処理費用は 20～28 万円である。また、製鉄所の焼結炉の脱硝費
用は、設備投資が約 56 億円(建設以来の累計投資額)、ランニングコスト約 2 億
円、年間 NO₂ 削減量 2000t から推計すると、削減 NO₂ 当たり 27～30 万円と
推計できる。」

★コークス炉排ガス中に含まれる NO_x を脱硝する場合のコスト試算

1) 前提条件

- a) 300 万 t/年コークス生産するコークス炉群を単位とする。
- b) 燃料は、コークス炉ガス (COG)、高炉ガス (BFG) を 1 : 9 の割合で使用
(総発熱量は約 19×10^9 Mcal)
- c) 燃焼の空気比は 1.2
- d) NO_x として NO₂ を対象とする。
- e) NO_x 発生量は従来型コークス炉で 250ppm 発生するが、リプレースでは
170ppm を守らなければならないので、その差 80ppm を脱硝すると仮定する。

2) 試算結果

- a) 燃焼排ガス容積は約 $2.4 \times 10^9 \text{ Nm}^3 \Rightarrow$ 約 $800 \text{ Nm}^3 / \text{t}$ -コークス
- b) NO₂ の分子量で換算すると、コークス 300 万トン/年あたり、

約 390 t の NO₂ を削減しなければならない。

- c) コークス炉 1 基でコークスを 100 万トン/年とすると、1 基あたり、NO₂ 約 130 t/年の削減が必要になる。
- 3) この 130t/年/基の NO₂ を脱硝するための設備と運転費を上述の引用文献のデータを使って試算する。
- a) 製鉄所の焼結炉の脱硝費用は、設備投資が約 56 億円(建設以来の累計投資額)、年間 NO₂ 削減量 2000t とあるので、規模比例と設備能力の変動に伴う 0.7 乗則を適用した。

$$56 \text{ 億円} \times (400\text{t} / 2000\text{t})^{0.7} \approx 18 \text{ 億円/設備と仮定した。}$$

また、コークス炉寿命を 40 年と仮定するが、脱硝酸設備の寿命は 20 年程度であるので、途中で更新することとして、2 台とする。

(製鉄所において、コークス炉ではないが、20 年で脱硝設備を更新せざる得なかった例がある。)

資金 18 億円を借り入れし、20 年の減価償却期間に支払うと仮定した。

金利 2%として、20 年間の資本回収係数は、0.0612

$$20 \text{ 年間の毎年の支払い } M = 0.0612 \times 18 \text{ 億円} = 1.1 \text{ 億円}$$

後半 20 年も同様と仮定する。

- b) ランニングコスト約 2 億円、年間 NO₂ 削減量 2000t から推計して、運転費は削減 NO₂ 1 トンあたり 10 万円 (年間 2 億円/2000t) と仮定した。
- その結果、コークス炉寿命を 40 年と設定すると、1 炉代で、毎年
- 設備費 1.1 億円/年
- 運転費 10 万円/t・NO₂ 処理 $\times$ 130 t/年 = 0.13 億円/年
- 以上から、その支払いが発生しない金額をメリットとすると、
- 試算では、年間で、約 1.23 億円/基/年のメリットとなる。

(3) 設備費削減に関する試算

生産性向上比の現状におけるピーク値は約 1.7 倍である。

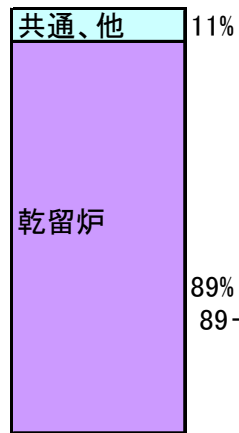
パイロットプラントの場合の生産性向上比は 2.4 倍であり、乾留炉における生産性ダウンの比率を考慮して試算した。

$$89 - 40 = \Delta 49 \quad \text{が} \quad \Delta 49 \times 1.7 / 2.4 = \Delta 35$$

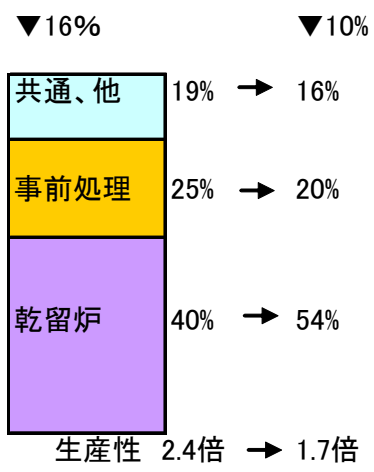
$$89 - \Delta 35 = 54\%$$

また、事前処理設備で採用しなかった要素技術部分について、5%削減 25→20% 共通、他部分の削減 19→16%と推定した。以上から 54+20+16=90 % と試算され、現状では、約 10%の設備費削減 と試算した。

現行プロセス



SCOPE21



89%
89 - 40 = Δ 49



Δ 35
89 - Δ 35 = 54

5. I. 波及効果に関する調査 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

ここでは本プロジェクト成果の活用によって実機化した際の省エネルギーへの寄与についてまとめた。

SCOPE21パイロットプラントとの生産性向上2.4倍に対して、現状のピーク値である1.7倍との比較から試算した。SCOPE21パイロットプラントとの生産性向上に対して現状ではその71%レベルであり、省エネルギー効果は、59Mcal/t-石炭（84 Mcal/t-コークス）となる。原油の発熱量9126kcal/Lで換算すると、6.5L/t-石炭（9.2 L/t-コークス）に相当する。

100万トンコークス/基/年 生産規模のSCOPE21型コークス炉で換算すると、約0.92万KL/年の省エネになる。

（コークス歩留まり 70%）

○シンクタンク調査

- ・現状で得られる公表データとして、生産性向上比から試算した。SCOPE21 パイロットプラントとの生産性向上 2.4 倍に対して、現状のピーク値 1.7 倍は 71%レベルになる。
- ・SCOPE21 パイロットプラントの実績による成果は、省エネ効果 21%、83Mcal/t-石炭（113Mcal/t-コークス）である。71%では 59 Mcal/t-石炭（84 Mcal/t-コークス）となる。
- ・原油の発熱量 9126kcal/L で換算すると、6.5L/t-石炭（9.2 L/t-コークス）になる。
- ・100万トンコークス/基/年 生産規模のSCOPE21型コークス炉で換算すると、約0.92万KL/年の省エネになる。

(2) 環境問題への影響

省エネルギーで削減される燃料の CO₂ 排出量を試算する。省エネルギー効果は、前項で試算した 59Mcal/t-石炭（84 Mcal/t-コークス）となる。BFG90 体積%、COG 10 体積%とする乾留用燃料ガスが削減されるとする。比率で分配すると、乾留用ガス燃料ガスの発熱量は 1200 kcal/Nm³、乾留用燃料ガスの CO₂ 排出係数は 0.38 kg-CO₂/Nm³ となる。59,000 kcal ÷ 1200kcal/Nm³ = 49 Nm³燃料ガス / t -石炭の燃料ガスが削減でき、49 Nm³燃料ガス / t -石炭 × 0.38 kg-CO₂/Nm³ = 19 kg-CO₂/t-石炭（27 kg-CO₂/t-コークス）の CO₂ 削減が試算される。

100 万トンコークス/基/年 生産規模の SCOPE21 型コークス炉で換算すると、約 2.7 万 t-CO₂/年の CO₂ 削減に相当する。

(コークス歩留まり 70%)

○シンクタンク調査

- ・燃料用ガスの前提条件を示す。排出係数は、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度について（環境省、経済産業省）から引用した。

BFG の熱量 : 800 kcal/Nm³-BFG

BFG の CO₂ 排出係数 : 0.33 kg-CO₂/Nm³-BFG

COG の熱量 : 5,000 kcal/Nm³-COG

COG の CO₂ 排出係数 : 0.85 kg-CO₂/Nm³-COG

BFG90体積%+COG 10体積%の混合ガスを乾留燃料とし、比例計算で、発熱量（1200kcal/Nm³）、排出係数（0.38 kg-CO₂/Nm³）を算出した。

- ・省エネ熱量から必要燃料ガス量を求め、ガス量に排出係数を乗じて、排出量を試算した。

$$59,000 \text{ kcal} \div 1200 \text{ kcal/Nm}^3 = 49 \text{ Nm}^3 \text{ 燃料ガス / t -石炭}$$

$$49 \text{ Nm}^3 \text{ 燃料ガス / t -石炭} \times 0.38 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 = 19 \text{ kg-CO}_2/\text{t-石炭}$$

$$(27 \text{ kg-CO}_2/\text{t-コークス})$$

6. 高密度珪石煉瓦の開発

◎ 高密度珪石煉瓦の開発： 要素技術開発の一環として行った。

【目的】

- 1) 高熱伝導性付与による燃焼室から炭化室への伝熱性向上
- 2) 薄壁構造による熱伝導性向上（100mm厚さ → 70mm厚さ）

【開発のポイント】

- 1) メタリックシリコンの少量添加、焼成中の Si → SiO₂ 化の際の緻密化促進
- 2) 粒度分布の最適化をはかり、粉体のパッキング構造の改善による、成形時の緻密化促進

従来の珪石煉瓦と高密度珪石煉瓦の物性地

煉瓦	温度 (°C)	熱伝導率 (kal/mhK)	気孔	煉瓦サイズ
開発煉瓦	750	2.1	9.7%	121×400 ×70mm
	1000	2.3		
	1250	2.5		
従来煉瓦	1000	1.7	18.6%	121×400 ×100mm

1000℃で従来品 $\lambda = 1.7$ (kal/mhK)、開発品 $\lambda = 2.3$ (kal/mhK)

【パイロットプラントにおける使用試験】

- 1) ガス切り替えに対する煉瓦温度の追従性は開発煉瓦の方が昇温、降温とも早いことから、熱伝導率は高いことが分かった。また、乾留における燃焼室側から炭化室側への温度勾配については、装炭後の温度勾配は従来煉瓦で大きく、温度差に着目すれば、温度勾配の小さかった開発煉瓦の方が、熱伝導率は高い。

【実機で使用しなかった理由】

- 1) パイロットプラントでは、70mm 厚さの薄壁構造としたが、築造安定性に不安が残り、実機操業の苛酷さを考え、採用を断念した。実機 1 号機では、安全サイドで設計した。
- 2) 製造コストの削減に努めたが、2 倍以上になってしまい、採用を断念した。

【派生の可能性】

- 1) 高密度・高熱伝導性珪石煉瓦の要請が生じた際、対応できる。
- 2) メタリックシリコン添加による高緻密性耐火物の開発に応用可能。

【特許出願】

- 1) コークス炉用高密度珪石れんが、特願平 9-294990 特開平 11-116324、
登録番号 3236992

【パイロットプラントにおける使用】

- 1) SCOPE21 の耐火レンガの総使用量は約 450t で、その内炭化室壁を形成している耐火煉瓦に超高密度珪石煉瓦 16t が使用された。
- 2) この超高密度珪石煉瓦は黒崎窯業（株）の八幡工場で製造した。
- 3) 販売実績は、SCOPE のパイロットプラント向けの 16 t である。
- 4) パイロットプラントの稼働期間は 1 年間であり、炉体の耐久性を評価するには至っていなかった。尚、休止後、炭化室内の観察では顕著な損傷や壁の変形等は見当たらなかった。

【築炉について】

- 1) 築炉に関しては、A コークス炉の建設で築炉会社 B 社が数名の中国人築炉工を研修生の名目で採用した模様。その他のコークス炉の建設は全て日本人の築炉工が担っている。築炉工不足もあり、例えば、築炉 C 社が元請けとなって、傘下に数社の築炉工が応援する体制を取るようになっている。
- 2) 中国人築炉工には就労ビザが下りないため、研修生として使わざるを得ないのが実情であり、築炉会社の一部は自社で日本人の若手に技能伝承を行っている。

7. コークス炉、高炉建設の築炉工問題

【出展】：築炉技能工の現状と技能伝承、石松宏之、小渕政和、長坂正、浅山拓一、上床芳博、藤原剛、(九築工業(株)八幡支店長、黒崎播磨(株)ファーネス事業部長、品川ファーネス(株)西部事業所所長、広築工事部部長、(株)ヤマサキ和歌山営業所工事部部長、大和工業(株)取締役) 耐火物 61〔2〕 60～65(2009) から引用した。

1. 築炉工事の技能者

窯炉建設に従事する職種は、築炉設計者(築炉図面の製図)、窯炉工事の管理監督者、大工(木工による型枠工)、手許工(築炉作業助勢)、そして築炉工に大別される。築炉工不足問題はこれら全ての職種について等しく管理者・技能者の枯渇が問題である。

同じ築炉工でも資格を有する初心者クラスと熟練者とでは能率、作業の早さにおいて 10 倍近くもの差があると言われている。

築炉業界は統一的な業界団体がなく、築炉工の人数、年齢構成など全容が把握し難い。しかも、製鉄所などに常属的に窯炉整備・保全に従事している築炉工と建設工事のために全国の工事現場を行脚している築炉工とは、業務構造が異なっている。

達設における業務構造は、元請のエンジ・工事会社の直営工だけでは築炉工の調達が難しく、多くの場合、協力会社すなわち築炉工を抱える建設下請け会社の築炉工を動員して建設が行われている。建設現場では同じ築炉工が全国の築炉建設現場を行き来している。

2. 築炉工実態調査

近年、窯炉建設にあたり築炉工の調達が難しくなりつつあり、かつ、現場従事者の高齢化を深刻に感じている。とはいえ、前述のように業界組織もなく定量的な状況把握が難しいため、国内主要築炉会社 6 社にて主としてアンケート方式と聞き取りにより調査を行った。

2. 1 築炉工人数

図 1 に示すように、築炉会社各社が擁している築炉工の数は約 1000 人である。これはこれまでの調査結果と合わせてみて、漸減が続いている。また、高炉・熱風炉の建設経験者の数は、237 人であり、これが国内窯炉建設工事に関わる築炉工戦力の総数である。窯炉建設工事に必要な築炉大工は直営 21 人、協力会社 26 人であった。築炉大工は各種型枠や天井のセリ枠を製作、セットするもので窯炉建設工事には欠かせない技能者である。一般の大工との違いは築炉図面が読めて、それをもとに各種の型枠製作・型枠組みができることであり、大工技能(木工、木組み、建築)に加えて築炉従事者としての経験が少なくとも数年は必要である。これは絶対数が不足している。

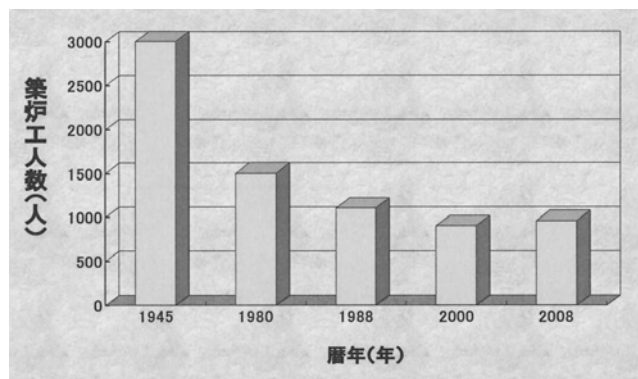


図 1 築炉工人数の推移

2. 2 築炉工の年齢構成

図2に示すように、建設工事に従事する築炉技能工の平均年齢は47.5歳であり、50歳超が52.7%、60歳以上が22%にもなっている。高炉・熱風炉建設工事の従事経験者数は237名であり、この数が現在築炉建設工事に動員が期待できる最大数と推定した。築炉大工の総数は26名であった。建設工事の主体が協力会社の築炉工であることから、今後5年先、10年先の築炉建設工事への影響が懸念される。

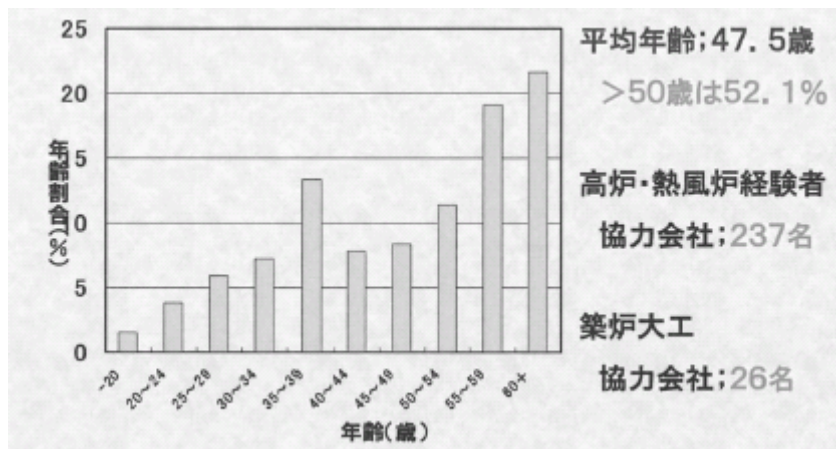


図2 築炉技能工の年齢構成 (建設工事従事者)

3. 築炉業者の認識

3. 1 築炉工需給バランス

現在、懸念されることは、工事が重複して築炉工不足に陥ることである。築炉工の供給可能数は今回調査による高炉熱風炉の経験者数は237人である。この人数が全国の築炉建設に期待できる築炉工総数である。一方、築炉建設工事に必要な築炉工人数は、例えば、4000m³級の高炉では約70人(2~3ヶ月)、コークス炉は約50~60人(7ヶ月)、熱風炉は15~20人/基(5ヶ月)と言われている。これらの数字を基に需給バランスを想定し、模式的に表したのが、図3である。現実的にバランスし得るのは、およそ、高炉1基+コークス炉1基+α(そのほかの工事)である。もちろん、高炉2基+α、コークス3基+αというケースも数字の上では成り立つ。現在、大規模築炉建設工事は工事タイミングを調整して平準化されている訳ではないので、今後、築炉建設工事の重複状況如何では、築炉工需要のピークアウトがあり得る。しかも、前述のように、高齢化の状況は差し迫った状態にあり、早急な世代交代と戦力増強が望まれる。

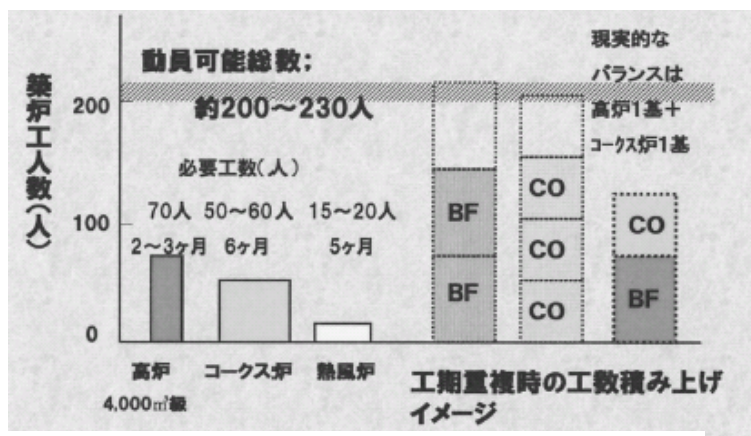


図3 築炉工需給バランス観 (築炉建設工事)

3. 2 築炉業者の意識調査

築炉工が不足しており、高齢化も限界に近い状況と言える。この状況に対して築炉業者はどのように問題を認識しているかをアンケートによって調査した。6社対象に各項目に対して賛意を得られる項目を表した。なお、複数回答可とした。

(1) 不足している技能工

築炉業者が不足と感じている技能は①築炉工、②大工(型枠工)の技能者である。手元工は築炉工の補助方であり、要求される技能も比較的経験を要しないため逼迫感は少ない。しかし、前述のように築炉工不足は全ての会社で一致した認識である。その他、新人採用難を上げている会社が 50%ある(図4)。

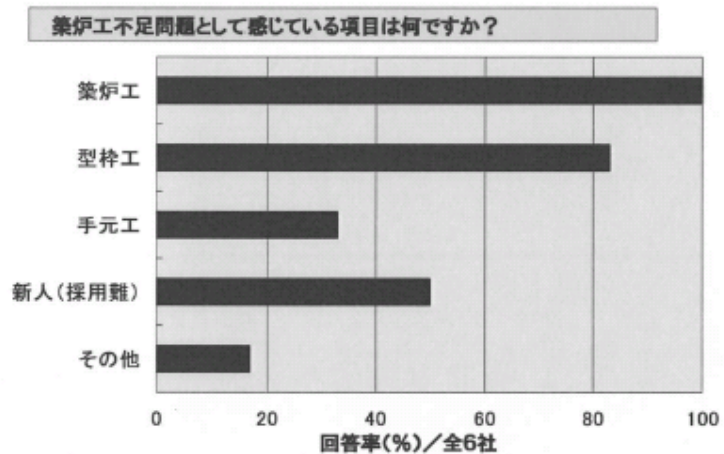
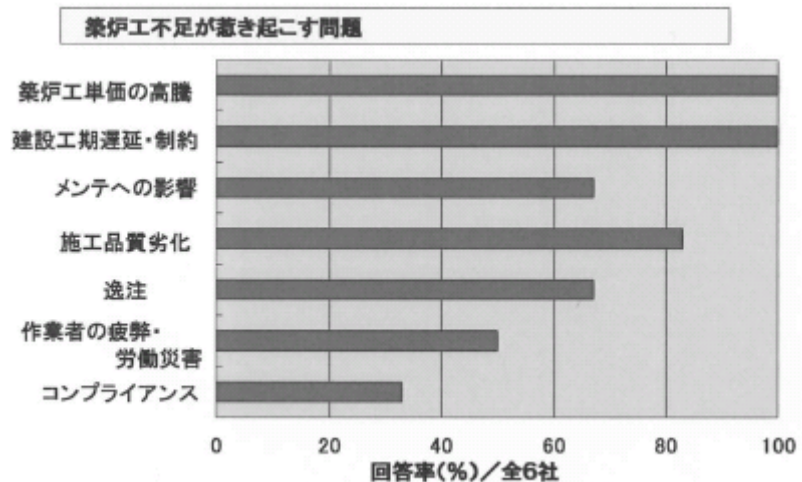


図4 築炉メーカーアンケート調査 (1)

(2) 築炉工不足が惹起する問題

現在の築炉工不足がこのまま継続した時、惹き起こされるであろう問題を図5に示す。築炉各社の認識するところは、①築炉工単価の高騰(高騰儒給バランスの崩れ)、②建設工期の遅延・制約(工事ネックが築炉工の調達となる)、③メンテ作業への影響(築炉工の建設工事への移動)、④施工品質劣化(築炉工数と工事負荷のアンバランス、管理者数の不足と力量不足、未熟者増)、⑤逸注(築炉工が確保できなくなる)、⑥作業者の疲弊(作業負荷の増大、高齢化、未熟者の増加、管理者の数と力量・経験不足)、⑦コンプライアンス問題(雇用・要員確保の難しさ)などである。いずれの問題も工事の請負会社だけでなく、発注者側にとっても看過できない問題となってくると予想される。図5 築炉メーカーアンケート調査 (2)



(3) 築炉工不足となった原因

築炉工不足問題が指摘されていたにもかかわらず、世代交代が進まず対策が進まなかった原因を図6に示す。それは①鉄鋼業界が長く不況であったため、採用ができず、育成も進まなかったことである。次に、②築炉工という職業が少なくとも待遇(給与)の面で魅力ある職業ではなく、後継者が増えなかったことである。かつて高炉建設、コークス炉建設が盛んだった昭和40年代は高給で処遇されていたが、最近では技能と経験に見合った処遇ではなくなった。その結果、採用難に陥っている。新規採用者の離職率も約30%もの高率

であり、処遇以外の原因は③劣悪な作業環境であること、④3K 作業というイメージがあることがあげられる。築炉作業はいわゆる 3K(きつい、きたない、危険)作業である。重筋労働であり、高所への昇り降りも多い。昼夜(交代)勤務があること、暑熱、粉塵環境であることなどによる。また、最近の新卒者は構内の職場(住)環境にショックを受けるらしい。作業現場の汚さ、作業現場、事務所などの住環境の劣悪さに対して将来を悲観する、という声を聞くようになった。

これは、施工会社の問題だけではないが、改善を期待したいものである。また、全国の建設現場を渡り歩くような生活が現代の労働者気質と合わなくなってきた。長期出張が常態化しており、家庭を持ちつつ家庭にいない状態になる。

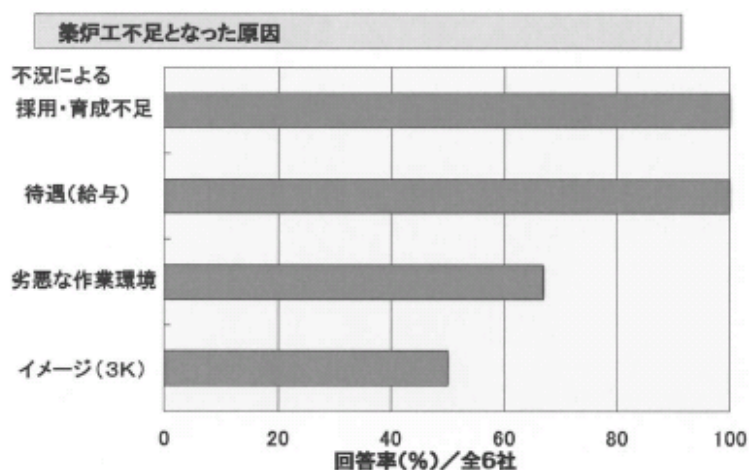


図6 築炉メーカーアンケート調査(3)

(4) 対策として検討すべき課題

対策として考えられる項目を図7に列举した。

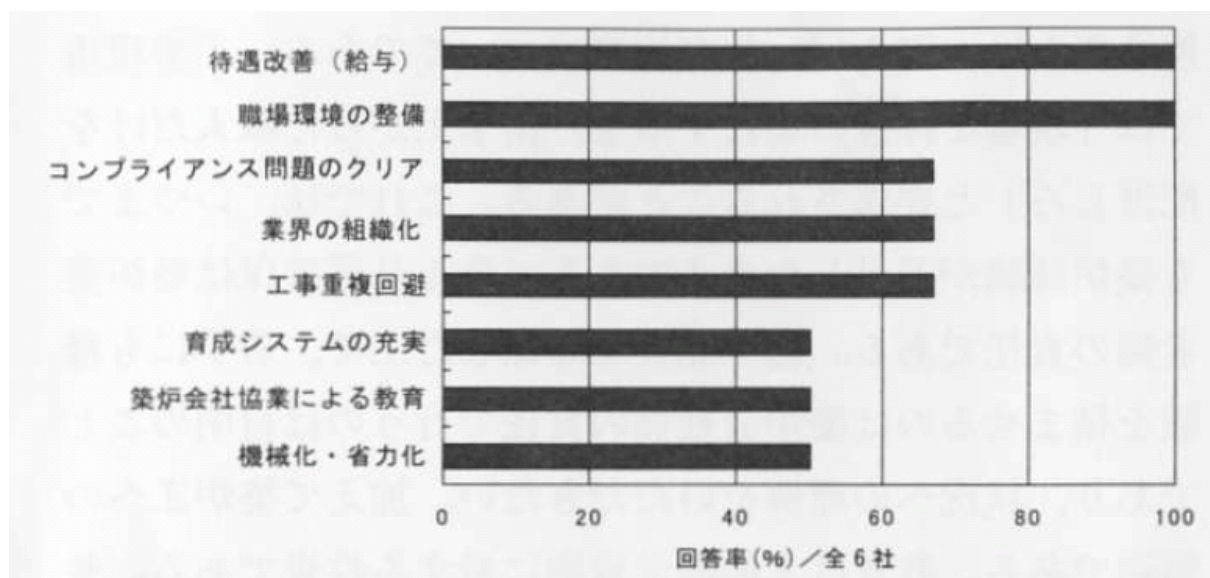


図7 対策として検討すべき課題(築炉メーカーアンケート(4))

それは、①処遇;このまま放置すれば、建設工事が錯綜したとき築炉工が逼迫し、工事の遅れや全国的に築炉工の争奪と単価の高騰が必然となるだろう。また、未熟練者の混入により施工品質の確保も難しくなってくることも懸念される。こうした短期的に生じる混乱は業界の健全な発展にとって好ましいものではないが、今後の築炉工の確保のためには、相応の処遇が不可避である。②作業環境の改善;前述のように築炉工としての育成を期した

若者が現場を見て「この職場で一生を過ごすのか」と自問した時に絶望することがある。賃金だけが労働意欲の源泉ではなく、誇りを持って働ける職場環境の改善への理解を経営者や発注者にも求めている。加えて、高技能者、技能労働が尊敬される風土が必要と考えている。鉄鋼業ばかりでなく、日本人のもつ技能の質の高さが、日本の産業競争力、「モノづくりニッポン」を支えてきたはずである。高技能者を尊敬する風土、環境作りが必要である。また、③コンプライアンス問題のクリア、④業界の組織化も有効と考えられる。それにより、⑤育成システムの充実、や⑥協業による教育、が可能になるかもしれない。施工会社では各社毎に育成への取り組みがなされてはいるが、大半は従来の徒弟制度を踏襲したものであり、系統的な育成システムのない会社が多い。また、教育コスト、教育余裕のなさが取り組みを難しくしている。このように教育は施工会社独自で取組んできた。体系的なテキストが乏しく、育成の場(チャンス)、研修場所が不足していた。技能の体系化、または育成マニュアル、技能標準、築炉技能士に代わる技能レベル評価基準などの整備が必要であると認識している。加えて、築炉会社単独での実現は難しいかもしれないが、⑦機械化・省力化も有効であろう。そのほかにも、発注者側の理解と協力を得たい項目もある。それはまず⑧工事負荷の平準化である。工事のラップを回避するよう調整がなされることがお互いの利益となる。発注側と受注側との調整、同業種業者の組織化と協業または調整が合法的かつ倫理上問題なく実施されることが望ましい。そのほか、前述の築炉会社側の課題に対する理解を得たい。例えば、教育施策についてである。工事現場では「現場を練習の場にするな、出来上がった職人だけを配置しろ」と要求されることがある。これでは、いつまでも築炉経験が不足したままである。施工品質確保は築炉業者側の責任である。施工品質を確保した上で、若手にも経験を積ませるのは築炉会社側の責任で行うのは自明のことであり、状況への理解をいただきたい。加えて築炉工への処遇である。教育は人的経営資源に対する投資である。長く続いた不況、経済のグローバル化の下では、労働力も流動化し、外部調達可能な労働力は変動費化されるべきだとの考え方が支配的であった。技能工、技能職場においても例外ではなく、過去に蓄積された豊富な高技能者が枯渇しつつある今、技能を市場から調達することが難しくなっている。技能市場を活用する環境から技能市場に支配される環境になりつつあるという現実を考慮すれば、技能者を育成し経営資源として担保するということが、需要家側にとっても意義のあることである。

4. まとめ

築炉6社により共同調査を行い築炉技能工の実態調査と築炉会社の問題認識をアンケート調査した。その結果、建設従事築炉工が平均年齢48歳と高齢化し不足していること、現在の全国築炉工戦力では、全国同時期に施工できるのは、(高炉1基+コークス炉1基+ α)程度であること、不足しているのは、築炉工、築炉大工、工事管理者であること、などが判明した。この築炉工不足となった原因は、採用難、処遇条件、高い離職率、作業環境などが原因と考えられる。このまま築炉工不足の状態が進めば、窯炉建設・工事への影響(単価高騰や工事遅延など)が懸念される。対策として、処遇改善や採用増、教育、業界の協業、顧客の理解が必要と思われる。

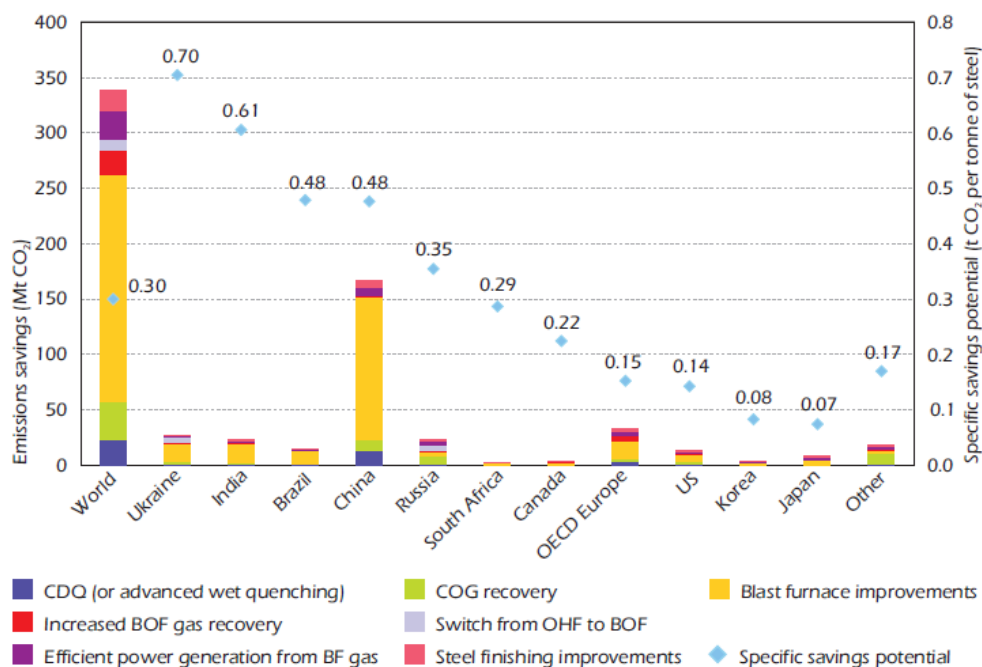
8. アジア鉄鋼業における省エネルギー・環境等に関する情報

アジアにおいて、高炉一貫製鉄所が稼働しているのは、日本、韓国、中国、インドが種であり、韓国は省エネが進展しているところである。今後、省エネ等が進むのは、インド、中国と思われる。

各国の省エネ、環境対策への取り組み、また、「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（APP）」において、8つのタスクフォースが活動している。それらは、「よりクリーンな化石エネルギー」、「再生可能エネルギー」、「発電及び送電」、「鉄鋼」（日本が議長国）、「アルミニウム」、「セメント」（日本が議長国）、「石炭鉱業」及び「建物及び電気機器」である。

APPの第2回閣僚会議は、2007年10月15日にニューデリーで開催された。「鉄鋼タスクフォース」においては、「クリーン技術の最新技術（SOACT）のハンドブック（STF-06-05）」が話題となった。鉄鋼タスクフォースは、鉄鋼業において利用可能な最高の省エネ技術やベストプラクティスが掲載されている包括的な情報集の必要性を認めた。鉄鋼業における意思決定者に正確な技術情報を提供するため、このプロジェクトでは、“最新技術(SOACT)ハンドブックを作成する。このハンドブックはインターネットで、すべての加盟国が継続的にアップデートする予定である。

図Aには鉄鋼におけるCO₂削減潜在量を示す。日本、韓国等はCO₂削減潜在量が少ない。中国が圧倒的に多く、ウクライナ、インド、ブラジル、OECD欧州等が続く。アジアでは、中国、インドが削減可能性CO₂は多い。



図A 鉄鋼業におけるCO₂削減潜在量（IEA）

以下、アジア（日本を除く）における高炉一貫製鉄所のコークス炉情報、東アジアの鉄鋼業における省エネルギー等に関する情報を記す。

1. 韓国のコークス炉

社名	所名	炉名	Total 室数	炉寸法			CDQ 処理	CDQ 基数	CDQ稼働 年月
				幅(mm)	長さ(m)	高さ(m)			
POSCO	浦項	No.1					○	95t/h	2006/12
		No.2							
		No.3							
		No.4							
		No.5					○	95t/h	2007/09
	光陽	No.1					○	1基	1999/03
		No.2					○	1基	2002/08
		No.3					○	1基	2005/06
		No.4					○	1基	2005/10
		No.5 (新設)	A,B				○	180t/h x 2基	2010/09 2011/10

新日鉄は、この他に浦項にもう 1 基の CDQ（2002/02 稼働）を納入している。

Whether climate change is a risk or an opportunity for steel industry?? POSCO case study July 19, 2007 POSCO WAY

によれば、CDQ の適用率は 93%である。これであると、CDQ の未適用は 1 基？

2. インドのコークス炉

CDQ は日本のモデル事業で 1 基設置したのみである。CMC に関しても現在は、殆ど装備されていない。

社名	所名	炉名	Total 室数	炉寸法			CDQ 処理	CDQ 基数	CDQ稼働 年月
				幅(mm)	長さ(m)	高さ(m)			
SAIL	Bhilai	No.1	65		16.500	4.300	×		
		No.2	65		16.500	4.300	×		
		No.3	65		16.500	4.300	×		
		No.4	65		16.500	4.300	×		
		No.5	65		16.500	4.300	×		
		No.6	65		16.500	4.300	×		
		No.7	65		16.500	4.300	×		
		No.8	65		16.500	4.300	×		
		No.9	67		32.000	7.000	×		
		No.10	67		32.000	7.000	×		
	Bokaro	No.1	69				×		
		No.2	69				×		
		No.3	69				×		
		No.4	69				×		
		No.5	69				×		
		No.6	69				×		
		No.7	69				×		
		No.8	69				×		
	Durgapur	No.1	78				×		
		No.2	78				×		
		No.3	78				×		
		No.4	78				×		
		No.5	78				×		
	Rourkela	0.5基	78				×		
		No.1	70				×		
		No.2	70				×		
		No.3	70				×		
		No.4	80				×		
		No.5	80				×		
Rashtriya Ispat Nigam Limited (RINL)	Visakhapatnam	No.1	67						
		No.2	67						
		No.3	67						
Tata Steel (TISCO)	Jamshedpur	No.1							
		No.2							
		No.3							
		No.5	30				○	1基	2006- 2009Fy モデル事業
		No.6	60						
		No.7	54						
		No.8							
Jindal South West (JSW)	ビジャナガール	No.1 ～ No.8	69 ～ 69						

平成 18 年度 地球環境・プラント活性化事業等調査 「インド・コークス乾式消火方式による CDM 事業化調査」(インド)によれば、SAIL の Durgapur 製鉄所は 2 基の CDQ(100t/h/基)の設置により、100%乾式化処理となるとの FS あり。

NEDO/日本鉄鋼連盟 「インド共和国における鉄鋼産業に係る省エネルギー・環境対策に関する基礎調査」(平成 19 年度))によれば、SAIL 社の Rourkela 製鉄所は CDQ の設置により省エネが可能との検討あり。

平成 16 年度 NEDO 国際エネルギー消費効率化等モデル事業 「コークス乾式消火設備(CDQ)モデル事業化等に係る調査」によれば、TISCO の No3-No.5 コークス炉に 1 基の CDQ (135 t/h/基)を設置する CDM が可能との検討あり。その後モデル事業。

2. 中国のコークス炉

社名	所名	炉名		Total 室数	炉寸法			CDQ 処理	CDQ 基数	CDQ稼働 年月
					幅(mm)	長さ(m)	高さ(m)			
上海宝钢集团	宝山钢铁	No.1	1A,1B 2A,2B	50 x 4				○	75t/h x 4基	1985- 1998
		No.2	3A,3B 4A,4B	50 x 4				○	75t/h x 4基	
		No.3	5A,5B 6A,6B	50 x 4				○	75t/h x 4基	
	新疆八一钢铁	No.1		42						
		No.2		42						
		No.3		42						
		No.4		42						
	梅山	No.1		65						
		No.2		65						
		No.3		65						
鞍山钢铁集团 公司 ・本溪と合併 鞍本钢铁集团	東地区	No.1 ～ No.17						○ ○		
本溪钢铁 集团公司	北台钢铁	No.1 ～ No.6		340						
		No.1-2		30 x 2						
		No.3-6		65 x 4						
		No.7								
武汉钢铁(集团) 公司 ・鄂城钢铁を 合併 ・柳州钢铁を 合併	鄂城钢铁	No.1 ～ No.8		445				○ ○	140t/h 140t/h	2003/ 2005/11
		No.1		32						
		No.2		32						
		No.3		32						
		No.4		32						
	柳州钢铁	No.1,2		42 x 2						
		No.3		33						
		No.4,5		60 x 2						
	昆明钢铁	No.6,7		55 x 2						
			4炉団							
唐山钢铁公司 ・唐山と宣化と 承德と合併 河北唐山钢铁	唐山	No.1		36						
		No.2		36						
		No.3		36						
		No.4		36						
	宣化钢铁									
	承德钢铁	No.1		45						
邯鄲钢铁公司 ・河北唐山钢铁 は邯鄲と合併 河北钢铁集团		No.1-4		42 x 4						
		No.5,6		45 x 2						
首钢集团 ・北京市からの 移転計画	北京首钢	No.1		68				○	65t/h	モデル事業 2003/
		No.2		68				○	65t/h	
		No.3		68						
		No.4		68						
	水城钢铁	No.1,2		50 x 2						
		No.4,5		x 2						
	首钢遷安 コークス	No.1		55 x 2				○	140t/h	2006/10
首钢京唐钢铁 联合有限公司 ・首钢と唐山で 設立		No.2		55 x 2				○	140t/h	2006/12
		No.1	第1期	60			7.630	○	260t/h	
		No.2		60			7.630			
		No.3		60			7.630			
		No.4		60			7.630			
山東钢铁集团 ・両社の合併	済南钢铁	No.1		42 x 4				○	70t/h	
		No.2		65				○	70t/h	
		No.6,7		60 x 2				○	150t/h	
	萊蕪钢铁	No.1		58						2006/12
		No.2		42						

社名	所名	炉名		Total 室数	炉寸法			CDQ 処理	CDQ 基数	CDQ稼働 年月
					幅(mm)	長さ(m)	高さ(m)			
江蘇沙鋼集團		No.1								
		No.2								
馬鞍山鋼鐵公司	馬鋼(合肥) 鋼鐵	No.1-4,7		195				○		07年中に CDQ100%
		No.5		50	450	15.980	6.000			
		No.6		50	450	15.980	6.000			
				26 x 4						
包頭鋼鐵公司		No.1 ~ No.8								
				45 x 2						
天津鋼鐵 有限公司	天津 N-3 Coke & Chem. 天津 N-2 Coal Gas Plant	No.1		50 x 2						
		No.2		55 x 2						
		No.1		42 x 3						
南京鋼鐵連合 有限公司		No.1		42 x 2						
		No.2	3炉団	176						
湖南華菱鋼鐵 集團	漣源鋼鐵	No.1		42						
		No.2		42						
		No.3		60						
	湘潭鋼鐵	No.1		42						
		No.2		42						
		No.3		45						
安陽鋼鐵 集團公司		No.1		42						
		No.2		42						
		No.3		42						
攀枝花鋼鐵 集團公司		No.1 ~ No.6						○	145t/h	2006/02
太原鋼鐵(集團) 有限公司	太原 Gas & Coke	No.7		70	590	18.000	7.630	○	150t/h	2008/
		No.8		70	590	18.000	7.630	○	150t/h	2008/
		No.1		108						
通化鋼鐵 集團公司		No.1		42 x 2				×		
		No.2	4炉団	65				×		
広州鋼鐵企業 集團有限公司		No.1		35						
		No.2		35						
新余鋼鐵有限 責任公司		No.1		50 x 2						
		No.2		46 x 2						
		No.5		50 x 2						
日照鋼鐵有限 公司		No.1		65 x 4				×		
酒泉鋼鐵(集團) 有限責任公司		No.2	3炉団	176						

中国における省エネ技術開発動向調査（NEDO/北京事務所、2006年4月28日～5月8日に報告書原稿を完成）によれば、2006年末までに、CDQは46基に増え、CDQによる製造量が6,730t/hに達することが見込まれている。

3. 東アジアの鉄鋼業における省エネルギー等に関する情報

(1) 鉄鋼生産量、製鉄設備等の情報

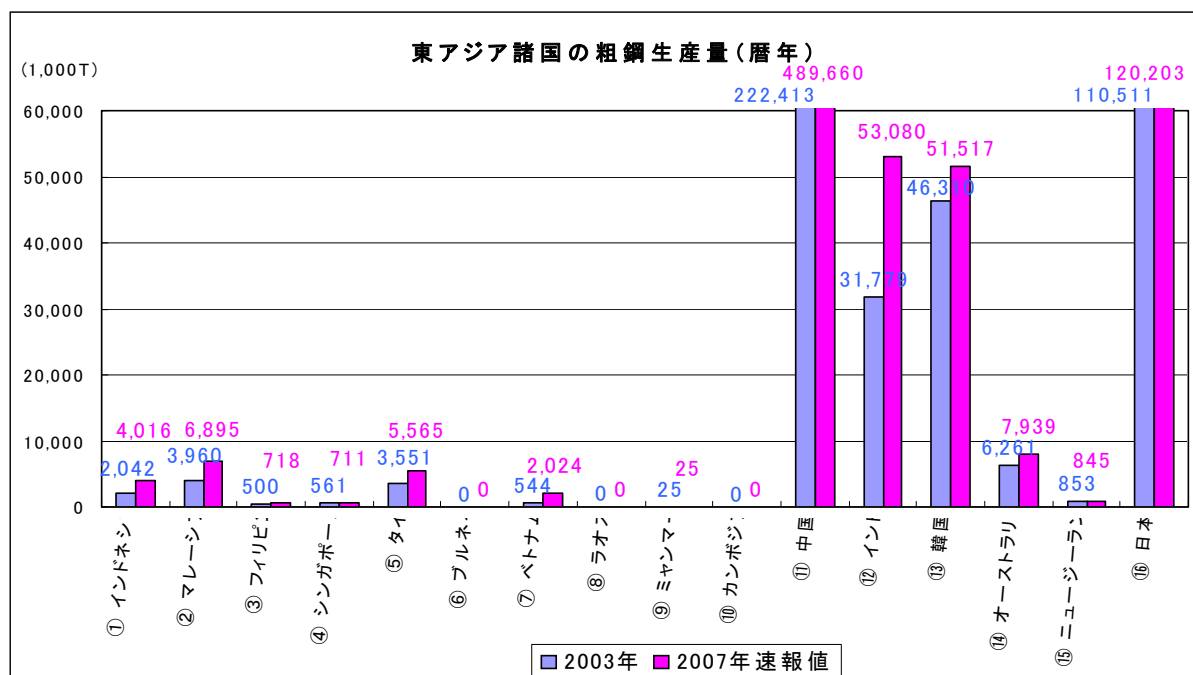


図1 東アジア諸国における鉄鋼生産状況

(出典：(社) 日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2008 のデータを使用し、JATIS が作成)

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 p
① インドネシア	3,816	2,699	2,891	2,848	2,781	2,462	2,042	3,682	3,675	3,759	4,016
② マレーシア	2,962	1,903	2,770	3,650	4,100	4,722	3,960	5,698	5,296	5,834	6,895
③ フィリピン	980	880	530	426	500	550	500	400	470	558	718
④ シンガポール	383	499	590	603	456	545	561	610	572	607	711
⑤ タイ	2,101	1,814	1,532	2,100	2,127	2,538	3,551	4,533	5,161	4,914	5,565
⑥ ブルネイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑦ ベトナム	314	306	308	306	319	409	544	689	890 r	1,869	2,024
⑧ ラオス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑨ ミャンマー	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25 e	25 e
⑩ カンボジア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑪ 中国	108,911	114,588	123,954	128,496 r	151,030 r	182,249	222,413	282,911 r	353,240	419,150	489,660
⑫ インド	24,415	23,480	24,296	26,924	27,291	28,814	31,779	32,626	45,780 r	49,450	53,080
⑬ 韓国	42,554	39,896	41,042	43,107	43,852	45,390	46,310	47,521	47,820	48,455	51,517
⑭ オーストラリア	8,831	8,941	8,172	7,129	7,033	7,527	7,544	7,414	7,757	7,881	7,939
⑮ ニュージーランド	758	756	775	702	826	765	853	885	889	810	845
⑯ 日本	104,545	93,548	94,192	106,444	102,866	107,745	110,511	112,718	112,471	116,226	120,203

図2 東アジア諸国の粗鋼生産量(暦年)

(出典：(社) 日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2008)

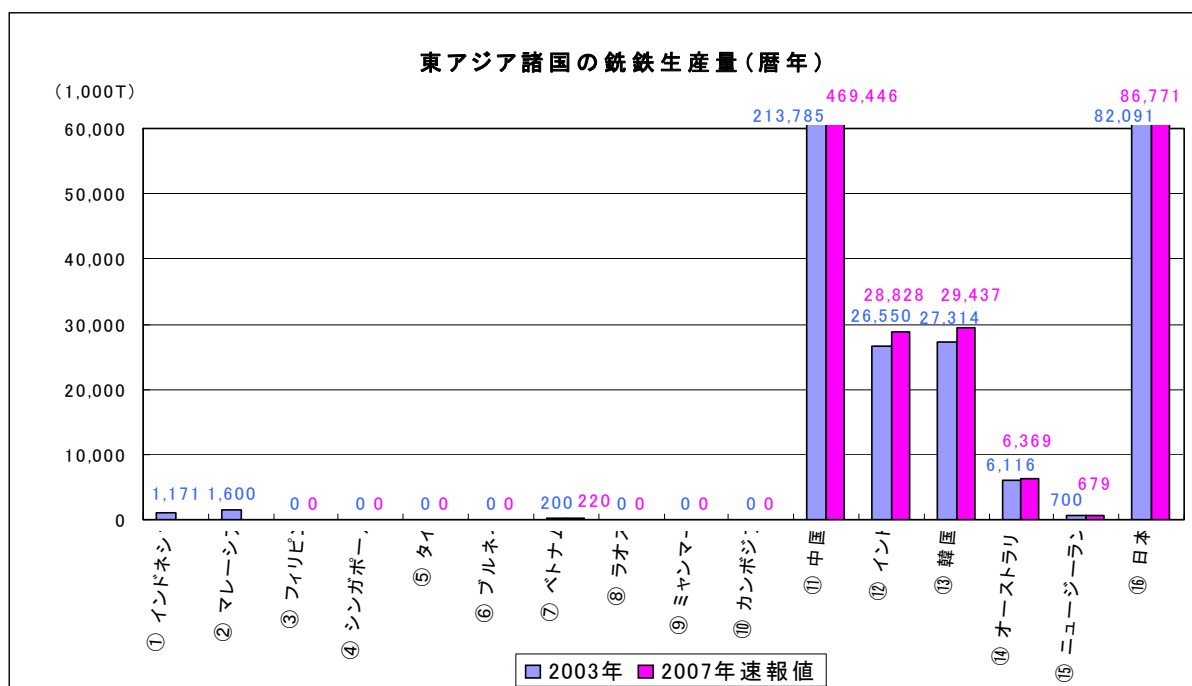


図 3 東アジア諸国における鉄鋼生産状況

（出典：（社）日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2008、他のデータを使用し、JATIS が作成）

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007 p
①インドネシア							1,171				
②マレーシア					0	0	1,600				
③フィリピン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
④シンガポール	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑤タイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑥ブルネイ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑦ベトナム	41	48	66	47	48	146	200	187	202	211	220
⑧ラオス	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑨ミャンマー	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑩カンボジア	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⑪中国	115,114	118,521	125,330	131,034	147,067	170,745	213,785	256,738	344,732	407,554	469,446
⑫インド	21,096	20,194	20,139	21,321	21,875	24,315	26,550	25,117	27,125	28,256	28,828
⑬韓国	22,712	23,299	23,329	24,937	25,898	26,570	27,314	27,556	27,309	27,559	29,437
⑭オーストラリア	7,685	7,723	7,047	7,049	6,017	6,106	6,116	5,735	6,203	6,433	6,369
⑮ニュージーランド	534	609	620	603	646	617	700	719	652	664	679
⑯日本	78,519	74,981	74,520	81,071	78,836	80,979	82,091	82,974	83,058	84,270	86,771

図 4 アジア諸国における鉄鋼生産状況

（出典：（社）日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2008、他）

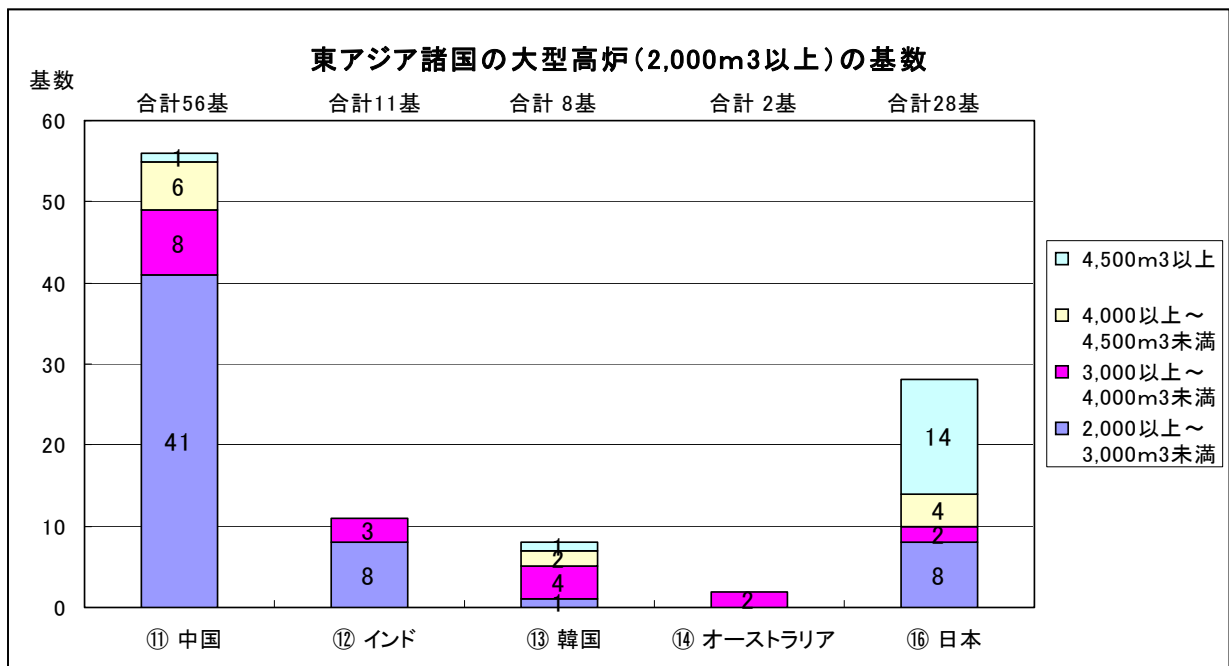


図 5 東アジア諸国の大型高炉（2,000m³以上）の基数 （2008年6月現在）
 （出典：（社）日本鉄鋼連盟 鉄鋼統計要覧 2008 のデータを使用し、JATIS が作成）

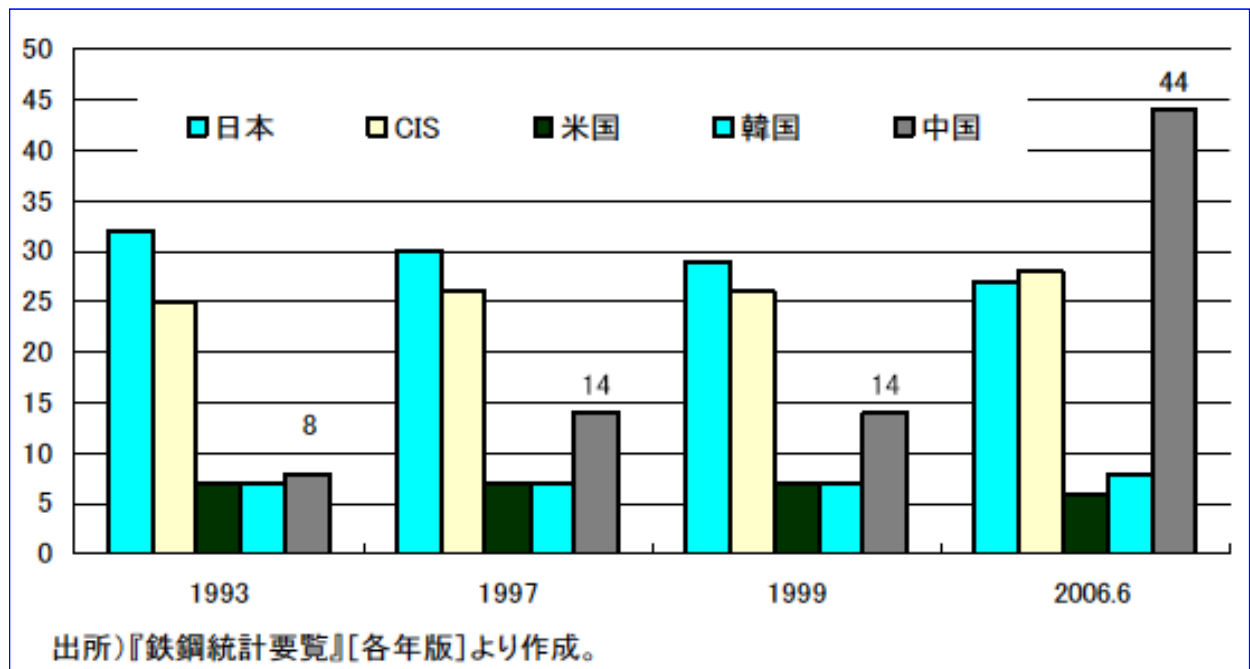


図 6 主要鉄鋼生産国の 2,000 立米以上の大型高炉数推移
 （出典：『中国 高度化の潮流－産業と企業の変革』 調査研究報告書 アジア経済研究所 2007 年 第 3 章 鉄鋼業の拡大と発展）

(2) 東アジア諸国における省エネルギー制度・政策等の概況

<東アジア諸国のエネルギー需給構造の変化>

世界第2位のエネルギー消費国の中国、第4位のインドをはじめとする東アジア諸国は、急速な経済成長に伴いエネルギー需要を大幅に増加させている。2002年から2030年までに東アジア諸国のエネルギー需要は約60%増加する見込みであり、これは同時期の世界全体のエネルギー需要の増加の約50%を占めている。

供給側におけるいくつかの要因とあわせ、世界全体のエネルギー需給構造は脆弱化しており、現在の高水準の原油価格も構造的な需給逼迫によるものと指摘されている。

こうした中、需要急増の大きな要因となっている中国、インド等の東アジア諸国は、エネルギー利用効率が欧米先進諸国等と比べて低いという課題があり、また、東アジアを始めとする世界のエネルギー需要の増加は気候変動の観点からも深刻な課題であり、気候変動問題への取組においても、省エネルギーの必要性、重要性が強く指摘されている。

<東アジア諸国の省エネルギーに向けた動き>

東アジア諸国においては、中国、インドのGDP単位当たりのエネルギー消費原単位は日本の約9倍、タイは約6倍、インドネシアは約10倍とエネルギー効率が低いのが現状である。また、これらアジア諸国は輸入石油への依存度が高い国が多く、脆弱なエネルギー需給構造の改善のためにも省エネルギーが急務となっており、昨今の原油高を受け、東アジア諸国においても省エネルギーに向けた取組が行われている。

<東アジア諸国の省エネルギー制度と政策の課題>

先進国では、製品へのエネルギーラベリング制度やトップランナー制度、エネルギー管理制度等によって、エネルギー消費効率の良い製品を選択してもらうための仕組み作りが進んでいる。とりわけ、日本のエネルギー管理制度は、工場などの大規模需要家に対して省エネルギー施策の着実な実行を担保させる制度として、大きな効果を挙げている。

一方、東アジア諸国では、先進国のような制度そのものが未整備であることや、需要家の省エネルギーに対する意識が低いこと等、基本的な課題を解決して行かなければならないことがある。

今後の国際社会におけるエネルギー需要の増大とそれに伴う石油価格の高騰傾向は、一部を除いて石油純輸入国であるASEAN諸国経済に負の影響を与えることを考えると、日本は他のG8諸国と共に、ASEAN諸国のエネルギー需要の抑制策と温暖化対策を支援すると共に、エネルギー効率の向上を優先するエネルギー政策を立案し、かつ、実行するための法制度の設立やエネルギー専門家等の能力開発の支援をより一層、強化する必要があると考えられる。

(出典：(社)日機連 19省エネ-1 調査・研究報告書 (平成19年度 途上国における省エネルギー・プラント関連具体的優遇策政策等調査) の要約、本文)

1) 中国

中国は、世界第 2 位のエネルギー消費国であり、省エネルギーポテンシャルが大きい。産業・民生部門の比重が大であるが、モータリゼーションの進展に伴い、運輸部門の伸びも見込まれている。省エネルギー法(1997 年制定)を持つが、実施直後にアジア金融危機が発生しアジア地域での経済停滞、エネルギー需給の緩和に伴い、危機意識が薄れ、同法に基づく細則が制定されず実効性が伴わなかった。

2003 年頃から、再びエネルギー需給がタイトになり、電力不足が顕在化し、イラク戦争勃発により石油価格も上昇して省エネ意識が高まった。2002 年に中国は京都議定書を批准し、2004 年 11 月には、2020 年までの中長期省エネルギー計画が策定され、エネルギー多消費産業における省エネルギーと共に建築、民生部門、運輸部門での省エネへの取り組みが始まった。第 10 次 5 ヵ年計画 (2001-2005 年) によるエネルギー基本政策に続き、「資源節約型社会」の構築という考え方は、政府が本格的に「節能減排」(省エネと汚染物排出削減)に取り組むことになる、2006 年 3 月に策定された第 11 次 5 ヵ年計画 (2006-2010 年) で引き継がれている。

その第 11 次 5 ヵ年計画では以下が「義務的目標」として設定された。

- ① 2010 年の GDP 単位当たりのエネルギー消費量を 2005 年から約 20%改善する
- ② SO₂ など汚染物の排出量を同じく 10%削減する (以上二つで「節能減排」)

この目標達成のために、エネルギー多消費 1008 事業所で省エネ行動実施案などの作成などの諸施策が打ち出され、実施されている。

<第 11 次 5 ヵ年計画 (2006-2010 年) におけるエネルギー政策>

今後 5 年間の経済成長率を年平均 7.5%と想定し、投資及び輸出貿易による経済発展から内需による発展へ転換し、第 3 次産業のシェアを 43.3%へ拡大するなどといった目標が打ち出されている。

第 11 次 5 ヵ年計画では次のエネルギー政策が示され、「省エネルギー優先、国産エネルギー供給に立脚、石炭資源を基礎とすること、エネルギー源の多様化、需給構造の最適化、安定的・経済的・クリーン・安全なエネルギー供給体制を構築すること」という重点課題が打ち出されている。

- ① 石炭の「秩序ある発展」：大型石炭基地建設等
- ② 石油・ガスの「加速的発展」：国内生産増加、海外開発、LNG 建設、国家備蓄拡張等
- ③ 電力の「積極的発展」：火力発電高度化、原子力の積極的開発等
- ④ 再生可能エネルギーの「強力発展」：一次エネルギーでのシェア拡大
- ⑤ 省エネルギーの「政策措置強化」：省エネルギー指標設定、ガイドライン策定、重点的省エネルギー 10 プロジェクトの提示等

特に省エネルギーはエネルギー安全保障の観点からも政策課題の中心と位置づけられ、GDP 当たりのエネルギー消費原単位を 2010 年時点で 2005 年比 20%削減するとの数値目標が明示されている。

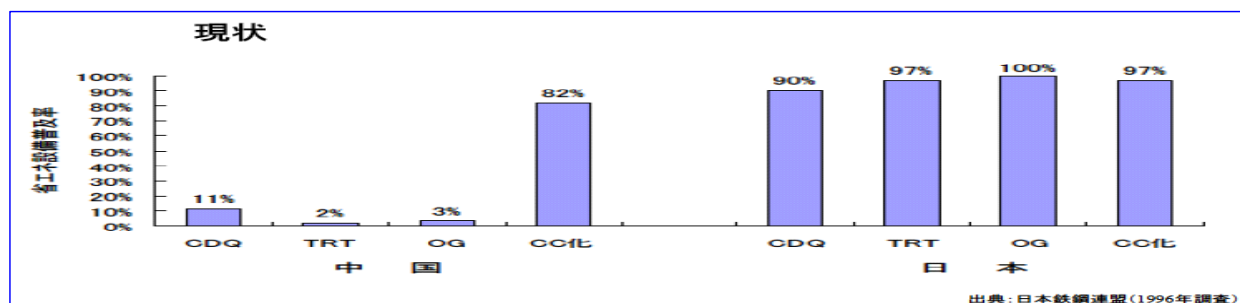
そして、改正省エネルギー法が 2007 年 10 月に成立し、2008 年 4 月から実施されることになっている。

政府は、省および主要エネルギー企業との間で省エネ目標責任書を締結し、配分した 省エネルギー目標を達成できない場合には「一票否決」（他の面で成果を上げてても省エネルギー1 つで目標達成ができなければ人事上評価されない）の鞭を使い、また「上大圧小」（大規模を建設、小規模を閉鎖）のスローガンの下に 10 万 kW 以下の火力発電所の閉鎖（これにより 5 年間で 50 百万 kW を閉鎖）といった強制手段をとる一方で、省エネルギー優遇策の殆も使って省エネルギー目標達成を促している。例えば、大重点省エネルギー10 プロジェクトについては、1 万標準炭以上の省エネ効果に対して 200 元／トン（西部地域では 250 元）の奨励金が支給される（そのための予算は 2007 年度 90 億元で省エネルギー予算 213 億元の 40%強）。

その他、省エネルギー・汚染物排出削減事業の 3 年間の免税、次の 3 年間の 50%免税、あるいは省エネ設備費×10%の所得税減税（5 年間繰越可）などの税制恩典がある。

【鉄鋼業における中国第 10 次 5 年計画（2001～2005 年）】

		内 容
省エネ対策	連続鋳造	・既存連鋳機の高効率化改造及び連鋳鋼材の大型化と薄板スラブ連鋳機の建設により、連鋳比を 2005 年に 95%まで引き上げ。
	高炉微粉炭吹込	2005 年全国高炉微粉炭吹込み量を 1800 万トン以上まで、大中型企業の鉄鉄トン当たり吹込み量を 150kg に up。
	高炉炉頂圧発電	1000m ³ 以上高炉全てに設置
	CDQ の導入	年間粗鋼生産能力 100 万 t 以上鉄鋼企業での普及率を 60%以上。
	転炉ガス	100%回収利用を実現し、ガス回収量平均 70 m ³ /トン以上。
	その他省エネ設備の普及	高炉熱風炉排熱回収
		焼結排熱回収
		石炭調湿
	その他省エネ設備の普及	石炭副産物による石炭代替発電
		石油を燃料とする各種加熱炉、ボイラーなどの工業用炉改造
		条件の熟した企業：エネルギーセンター設置、エネルギー最適化配置を実現。 加熱炉混焼ガス熱効率向上（副生ガス高効率燃焼システム化？） リジェネレーター



（出典：「国際エネルギー使用合理化等対策事業 グリーンヘルメット事業（製鉄所副生ガス高効率燃焼システム化モデル事業）」 平成 15 年 9 月）

（出典：産業構造審議会環境部会地球環境小委員会第 6 回将来枠組み検討専門委員会資料 資料 9「鉄鋼業の国際連携」 2004/6/8）

2) インド

インドは、世界第4位のエネルギー消費国であり、省エネルギーポテンシャルが大きい。産業の比重が大であるが、モータリゼーションの進展に伴い運輸の伸びが見込まれている。エネルギー安全保障、炭化水素エネルギー依存の環境に与える問題点、エネルギー使用における相対的に高い集約度などの見地から、省エネルギーと再生可能エネルギーの利用の必要性への認識は高いものがある。

2002年3月から実施されている2001年成立の省エネルギー法があり、省エネルギー推進に向けた政府の取り組みは前向きで、省エネルギー法実施のための体制整備が課題となっているが、電力省(MOP)の中に設置されているエネルギー効率局(BEE)が中心になって各省関係部門と連携しながら、産業横断的に省エネルギーの推進を図っている。

省エネルギー法により、エネルギーの消費、生産、輸送、供給に係る設備・製品にエネルギー消費基準を設定することになっており、これを満たさない設備・製品は禁止されることになる。肥料、鉄鋼、セメント等15業種の一定規模を超える事業所に報告書提出や、省エネルギー診断、エネルギー管理士の選任の義務付けや、優遇措置、罰金、省エネルギー控訴裁判所などについても規定している。

エネルギー分野を管轄する6省庁により作成されるエネルギー政策は、最終的には計画委員会(PC: Planning Commission)により国家経済基本政策「5ヵ年計画」に織り込まれることになる。

第10次5ヵ年計画におけるエネルギー政策の主要な基本課題は、以下の7つに集約される。

- ① 石炭および電力の生産拡大
- ② ハイドロカーボン(炭化水素)の探鉱・開発強化
- ③ 海外石油開発並びに権益の取得
- ④ エネルギー部門の構造改革・規制緩和の実施
- ⑤ 需要サイドでの管理によるエネルギー効率化推進
- ⑥ 環境汚染対策の強化
- ⑦ エネルギーへの統合的なアプローチの必要性

第11次5ヵ年計画(2007-2012年)においては省エネルギー目標が定められている。金融面から再生可能エネルギー、省エネルギーおよび環境技術への投資を支援・促進するため、1987年から非在来エネルギー源省の管轄下に、インド再生可能エネルギー開発公社(IREDA)が設立されており、同公社は、再生可能資源からの発電とESCOを含む省エネルギーのプロジェクトに金融支援を与えている。対象分野のプロジェクト、機器の製造、機器の取得を対象として、必要資金の70-80%を期間6-10年、金利9.75-12.75%で融資している。世銀も同公社に省エネプロジェクト支援のためのクレジット・ラインを供与している。

3) 省エネルギー制度の課題（インドネシア、中国、インドの例）

	インドネシア	中国	インド
概要(目標)	・国家エネルギー政策(2004年)の3大重点政策の一つが省エネルギー ・あらゆる施策の実行により、現状比30%省エネが可能としている	・GDPの消費原単位の20%改善(第11次5カ年計画(2006-2010年)) ・10の重点的省エネプロジェクト	・各種需要家サイドの対策による省エネルギー
エネルギー管理	・2005年制定の省エネガイドラインで多消費産業への監査に言及	・毎年、主要地方と主要産業種についてエネルギー消費状況を公表	・最大需要1MW以上の需要家に対しエネルギー管理・報告を義務
省エネ基準・ラベリング	・国営電力会社(PLN)が、政府と共同で、省エネ認証・ラベル受付を開始 ・特定分野で省エネ基準の検討開始	・製品の省エネ基準がある模様	・ラベリング制度制定の必要性等は認識されている模様
助成・補助	—	・10の重点的省エネプロジェクトの推進等	・州政府に省エネ基金を設置 ・ESCO企業に対し財政支援と技術支援の実施
建築物省エネ	—	・建築物省エネ基準の制定を検討中	・National Building Codeが存在する
その他	・様々な理由により上記施策は実質的に効果を挙げていない(または殆ど実行されていない) ① 補助金による安価な電力価格 ② 省エネ施策実行の財源不足 ③ 省エネへの意識の低さ、等	・過去に設定された省エネ目標が十分に達成された事例は少ない(予想を上回る経済成長に影響された部分もある)	・省エネルギー施策を担当するBEE(エネルギー効率局)には、スタッフが4人しかいない ・エネルギー管理価格制度の元で、省エネルギーへのインセンティブが働かない

出典:「省エネルギー政策の概要」(資源エネルギー庁)

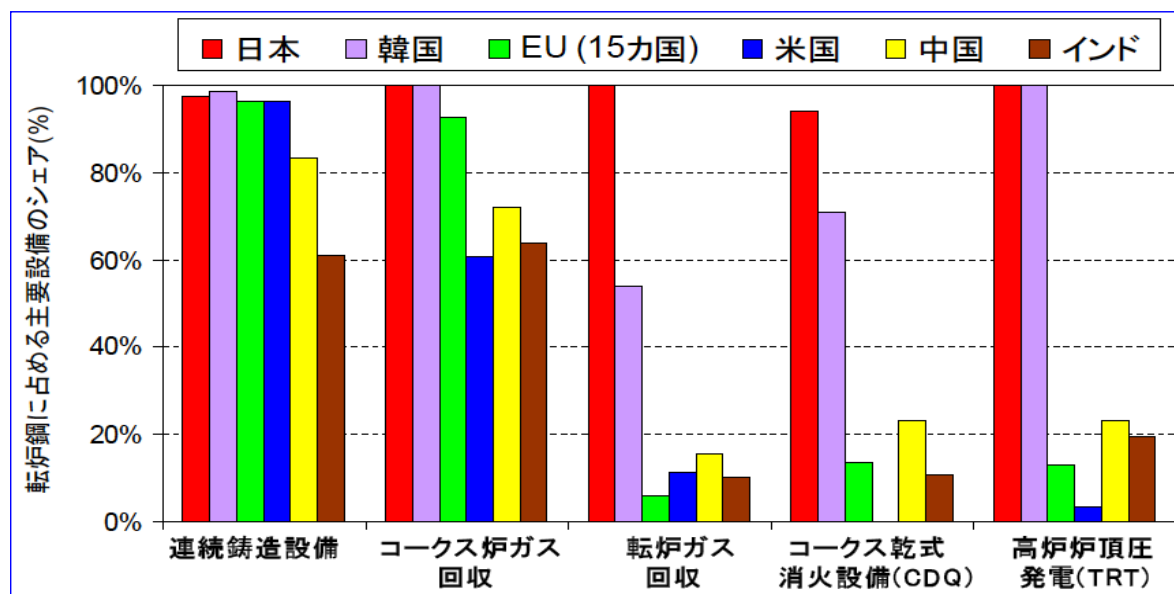
「海外における機器のエネルギー消費効率の法的基準に関する調査報告書」(省エネルギーセンター)2005

「Energy Efficiency Policies and Indicators」(World Energy Council)2001

「インドネシア国エネルギー分野への包括的な技術協力のあり方 ファイナルレポート」(JICA)2006

「中国第11次5カ年計画～省エネについて」(日本エネルギー経済研究所)2006、等より作成

4) 鉄鋼業における省エネ設備の普及率比較



(出所 : Diffusion of energy efficient technologies and CO2 emission reductions in iron and steel sector (Oda et al. Energy Economics, Vol.29, No.4, pp.868-888, 2007) (訳は鉄鋼連盟))

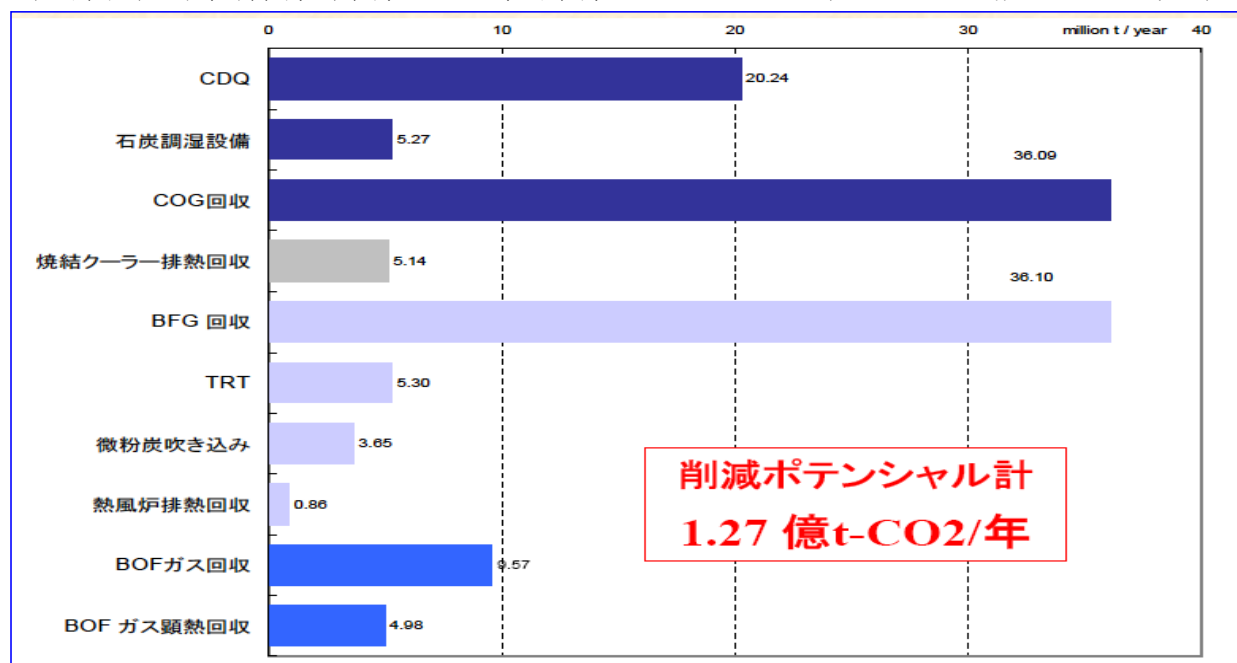
5) APP 鉄鋼タスクフォースの地球温暖化対策への取組み 「削減ポテンシャル評価結果」



(出典: 鉄鋼業の地球温暖化対策への取組 自主行動計画進捗状況報告 平成20年(2008年)10月 (社)日本鉄鋼連盟)

6) APP 鉄鋼タスクフォースの地球温暖化対策への取組み 「削減ポテンシャル評価結果」

(6ヶ国(日本、韓国、中国、インド、米国、オーストラリア)のCO2削減ポテンシャル)



(出典: 日本鉄鋼業の地球温暖化対策への取組み 新日本製鐵(株) 2007年10月16日)

9. 日本の鉄鋼業の国内における位置づけ

平成20年の我が国経済の構造を、20年価格評価（時価評価、以下「名目値」という）による「平成20年簡易延長産業連関表」（50部門表）からみた特徴を抜粋する。

1. 国内生産額の構造

平成20年の「国内生産額」は968.4兆円で、12年と比べると3.4%の増加となった。平成12年に対する伸び率の寄与度を部門別にみると、「財」は「公共事業」、「建築及び補修」、「その他の土木建設」等は減少に寄与したが、「その他の電子・通信機械」（その他の電子部品、集積回路など）、「その他の自動車」（自動車用内燃機関・同部分品、自動車部品など）、「電子計算機・同付属装置」（パーソナルコンピュータ、電子計算機本体（除パソコン））等は増加に寄与した（図1）。**鉄鋼は、0.2%で第6位である。**

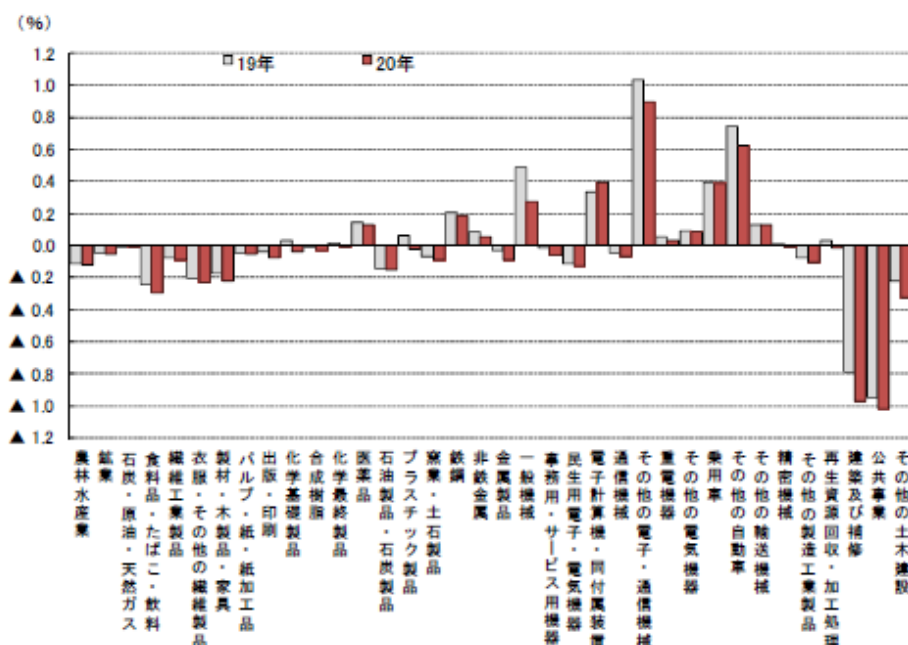


図1 国内生産額（財）の部門別寄与度（対12年伸び率寄与度）

2. 輸出入

表1 2008年度の鉄鋼の輸出入（鉄鋼連盟）

	輸出	輸入
重量（万トン）	3400	725
金額（円）	4兆4600万	1兆1800万

表1に示すように、**国内鉄鋼生産約1億トンのうち、30%強は輸出**されている。一方、輸入は725万トンと輸出の1/4弱である。輸出では亜鉛メッキ鋼板、熱延広幅帯鋼が金額的に多い。輸入では、熱延広幅帯鋼が金額的に多い。

3. 産業連関分析手法でみた平成20年の生産波及構造

(1) 生産波及力の大きさ

各産業の生産活動は、原材料・サービス等の購入を通じて次々と他の部門へ生産波及していく。そこで、ある産業に対する最終需要が1単位増加したとき、直接・間接に誘発される自部門及び他部門の生産に与える総効果を示す「逆行列係数列和」（以下「生産波及力」という）から、**各産業の国産品に対する生産波及力の変化**を図2に示す。

部門別にみると、「乗用車」(生産波及力 3.0205 倍)、「鉄鋼」(同 2.6815 倍)及び「その他の自動車」(同 2.6260 倍)等の部門が大きい。また、12年と比べると、「その他の輸送機械」、「鉄鋼」、「その他の土木建設」等、50部門中12部門で上昇したが、「電子計算機・同付属装置」、「通信機械」、「その他の電子・通信機械」等、50部門中38部門で低下した

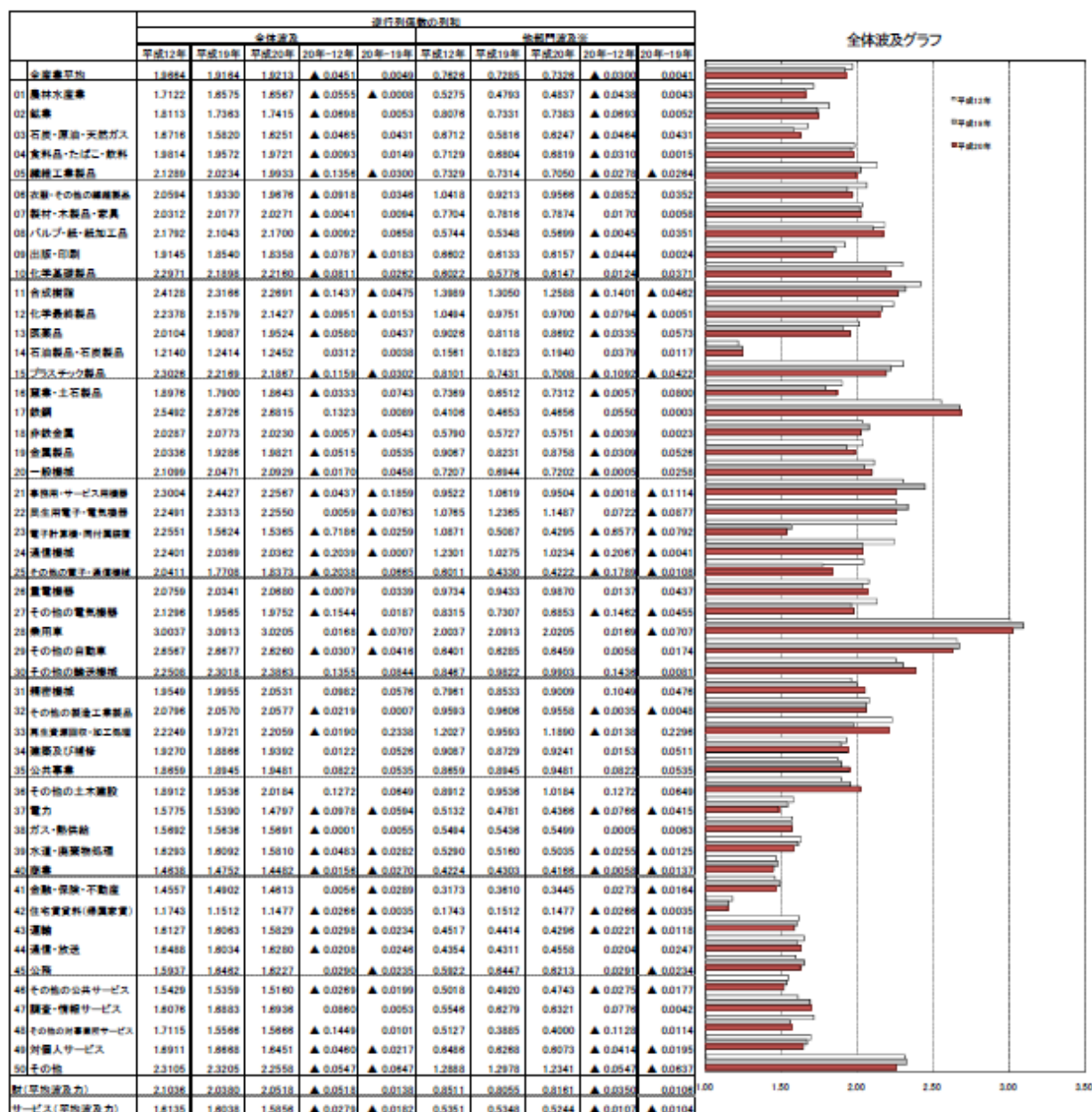


図2 生産波及の大きさ(実質)

(2) 影響力係数と感応度係数

図3に示すように、平成20年の影響力係数と感応度係数をみると、影響力係数が1より大きい部門は28部門で、1より小さい部門は8部門となった。

産業全体に与える影響が大きく、産業全体から受ける影響も大きい部門【Ⅰ】は、「鉄鋼」、「その他の自動車」、「プラスチック製品」等となった。

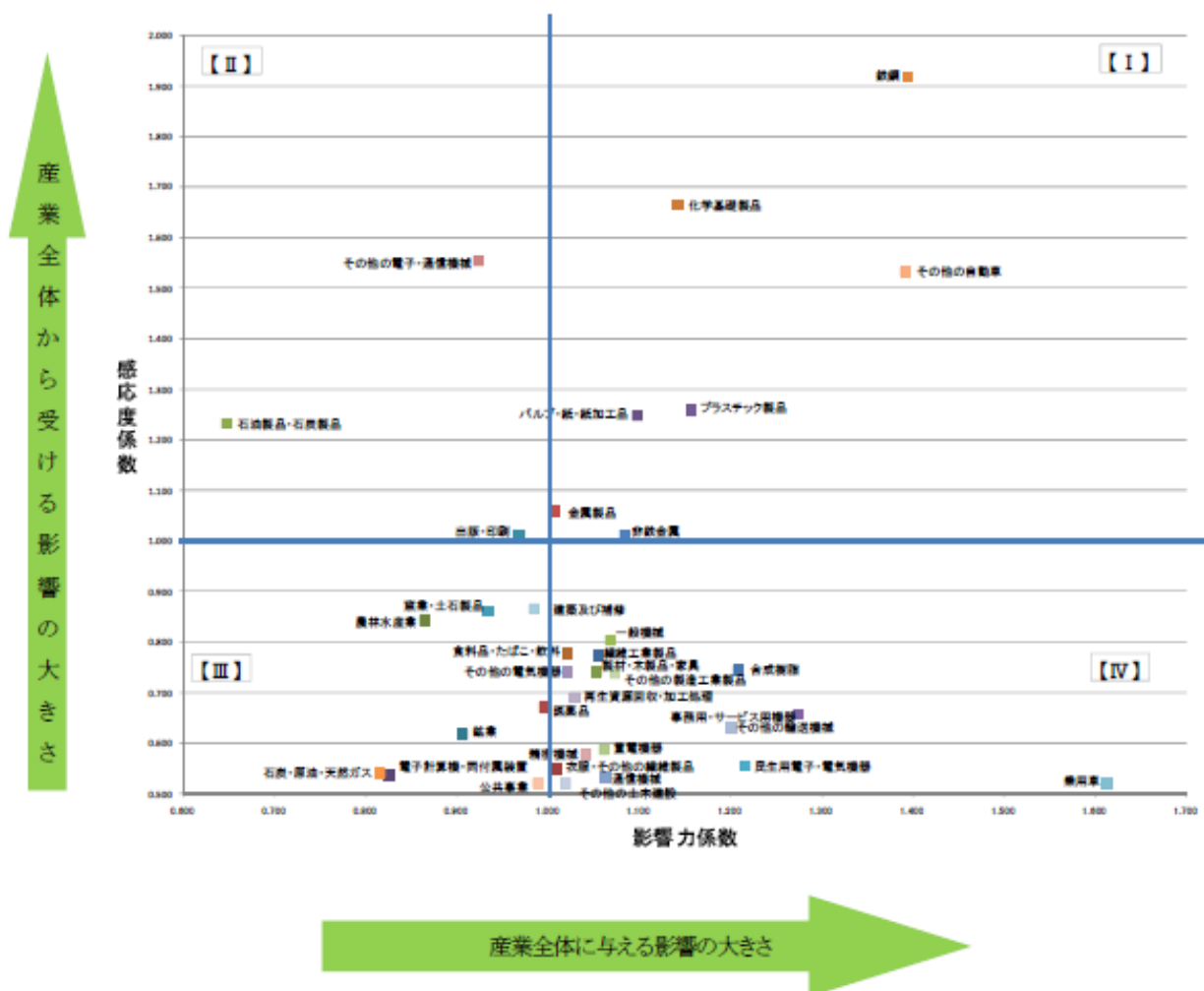


図3 影響力係数と感応度係数（財）

【影響力係数】

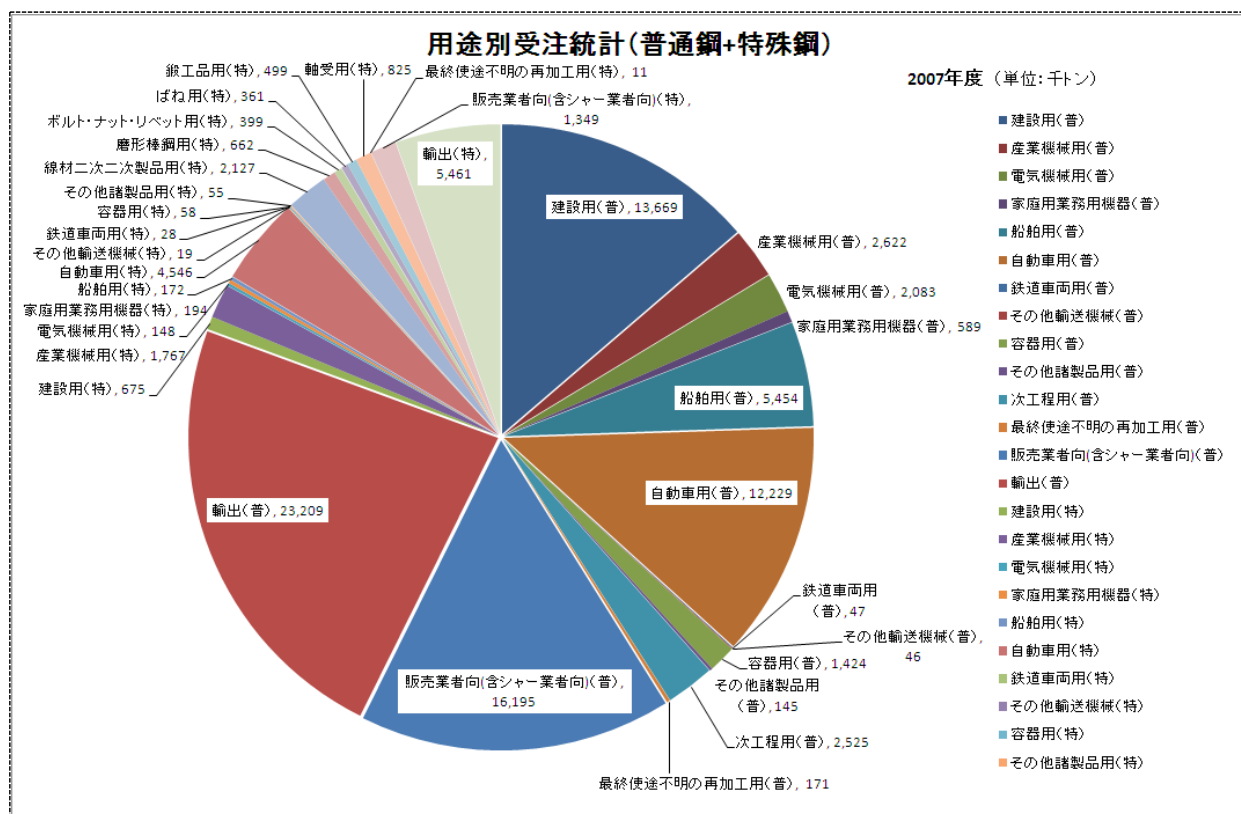
逆行列の各列和を全産業の列和の平均値で除したものであり、全産業に及ぼす総効果が相対的にどの産業で大きいかをみることができる。この係数が1より大きい産業は、影響力が平均より大きい。

【感応度係数】

逆行列の各行和を全産業の行和の平均値で除したものであり、他の全産業の生産活動から受ける効果が相対的にどの産業で大きいかをみることができる。この係数が1より大きい産業は、感応度が平均より大きい。

【参考】鉄鋼の用途別では、建設用、自動車用、販売業者（問屋）向けが多い。

2007年度用途別受注量(国内)					(トン)	
用 途	普通鋼	割合(%)	特殊鋼	割合(%)	合 計	割合(%)
建 設 用	13,668,521	17.0	674,804	3.5	14,343,342	14.4
産 業 機 械 用	2,621,852	3.3	1,766,703	9.1	4,388,558	4.4
電 気 機 械 用	2,082,636	2.6	147,599	0.8	2,230,238	2.2
家庭用業務用機器	588,904	0.7	193,974	1.0	782,879	0.8
船 舶 用	5,454,498	6.8	171,751	0.9	5,626,256	5.6
自 動 車 用	12,228,949	15.2	4,546,417	23.5	16,775,381	16.8
鉄 道 車 両 用	46,986	0.1	27,938	0.1	74,924	0.1
その他輸送機械	46,080	0.1	18,503	0.1	64,583	0.1
容 器 用	1,424,391	1.8	58,327	0.3	1,482,720	1.5
その他諸製品用	144,743	0.2	55,029	0.3	199,772	0.2
次 工 程 用	2,525,432	3.1		0.0	2,525,435	2.5
線材二次製品用		0.0	2,126,780	11.0	2,126,780	2.1
磨 形 棒 鋼 用		0.0	662,171	3.4	662,171	0.7
ボルト・ナット・リベット用		0.0	399,286	2.1	399,286	0.4
ば ね 用		0.0	360,726	1.9	360,726	0.4
鍛 工 品 用		0.0	498,884	2.6	498,884	0.5
軸 受 用		0.0	825,264	4.3	825,264	0.8
最終使途不明の再加工用	171,012	0.2	11,027	0.1	182,039	0.2
販売業者向(含シャー業者向)	16,195,331	20.1	1,349,354	7.0	17,544,705	17.6
輸 出	23,208,680	28.9	5,460,801	28.2	28,669,510	28.7
合 計	80,408,015	100.0	19,355,338	100.0	99,763,453	100.0
出所：日本鉄鋼連盟						



出所：日本鉄鋼連盟

10. 製鉄工程内における CO₂ 削減の検討

1. 製鉄工程内における CO₂ 発生状況

銑鉄 1 t 当りの CO₂ 発生量を試算する。製鉄所のガスバランス等を考慮しないマクロ的な試算として高炉、コークス炉乾留、焼結鉱製造における CO₂ 発生を試算した。

(1) 高炉における CO₂ 発生

燃料比（コークス比）500kg/ t -銑鉄 とする。

表 1（worldsteel 排出係数）の b）Coke から、3.245 t-CO₂/ t -Coke を使用
500kg-Coke/ t -銑鉄（1/2 t）から、 $3.245 \div 2 = 1.62$ t-CO₂/ t -銑鉄 ①

(2) コークス炉におけるコークス製造に伴う CO₂ 発生

乾留燃料が発生する CO₂ を試算する。

乾留燃料 650Mcal/ t -石炭 と仮定（コークスノート 2004、p.103 から引用）

乾留用燃料ガス組成は BFG90 体積 %、COG 10 体積 % とする。
比率で分配すると、乾留用ガス燃料ガスの発熱量と CO₂ 排出係数は、下記となる。

発熱量 : 1200 kcal/Nm³

乾留用燃料ガス排出係数 : 0.38 kg-CO₂/Nm³

BFG の熱量	: 800 kcal/Nm ³ -BFG
BFG の CO ₂ 排出係数	: 0.33 kg-CO ₂ /Nm ³ -BFG
COG の熱量	: 5,000 kcal/Nm ³ -COG
COG の CO ₂ 排出係数	: 0.85 kg-CO ₂ /Nm ³ -COG

温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度について（環境省、経済産業省）から引用した。

$650,000 \text{ kcal} \div 1200 \text{ kcal/Nm}^3 = 542 \text{ Nm}^3 \text{ 燃料ガス/ t -石炭}$

$542 \text{ Nm}^3 \text{ 燃料ガス/ t -石炭} \times 0.38 \text{ kg-CO}_2/\text{Nm}^3 = 206 \text{ kg-CO}_2/\text{t-石炭}$

コークス歩留まり 0.7 として、

$206 \text{ kg-CO}_2/\text{t-石炭} \div 0.7 \text{ t-石炭/ t -Coke} = 294 \text{ kg-CO}_2/\text{t -Coke}$

500kg-Coke/ t -銑鉄（1/2 t）から、 $0.294 \div 2 = 0.15 \text{ t-CO}_2/\text{t -銑鉄}$ ②

(3) 焼結鉱製造に伴う CO₂ 発生

焼結鉱 1 t 製造するのに、50kg のコークス粉を使用すると仮定する。

表 1（worldsteel 排出係数）の b）Coke から、3.245 t-CO₂/ t -Coke を使用
 $3.245 \text{ t-CO}_2/\text{t -Coke} \times 0.05 \text{ t-Coke/ t -焼結鉱} = 0.162 \text{ t-CO}_2/\text{t -焼結鉱}$

銑鉄 1 t 製造に、約 1.7 t・焼結鉱を使用すると、
 $0.162 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{焼結鉱} \times 1.7 \text{ t} \cdot \text{焼結鉱} / \text{ t} \cdot \text{銑鉄} = 0.28 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{銑鉄}$ ③

試算結果は、①+②+③=1.62+0.15+0.28=2.05 t-CO₂/ t・銑鉄 となる。

2. パイロットプラントにおける CO₂ 削減の検討

SCOPE21 パイロットプラントにおけるコークス製造の省エネルギー
 83Mcal/ t・石炭に相当する CO₂ 発生は、乾留ガスからの CO₂ 発生量で試算する。
 乾留用燃料ガス組成は BFG90 体積%、COG 10 体積%とする。
 比率で分配すると、乾留用ガス燃料ガスの発熱量と CO₂ 排出係数は、下記となる。

発熱量 : 1200 kcal/Nm³
 乾留用燃料ガス排出係数 : 0.38 kg-CO₂/Nm³
 $83,000 \text{ kcal} \div 1200 \text{ kcal/Nm}^3 = 69 \text{ Nm}^3 \cdot \text{燃料ガス} / \text{ t} \cdot \text{石炭}$
 $69 \text{ Nm}^3 \cdot \text{燃料ガス} / \text{ t} \cdot \text{石炭} \times 0.38 \text{ kg-CO}_2 / \text{ Nm}^3 = 26 \text{ kg-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{石炭}$
 コークス歩留まり 0.7 として、
 $26 \text{ kg-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{石炭} \div 0.7 \text{ t} \cdot \text{石炭} / \text{ t} \cdot \text{Coke} = 38 \text{ kg-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{Coke}$
 $500 \text{ kg-Coke} / \text{ t} \cdot \text{銑鉄} (1/2 \text{ t}) \text{ から、} 0.038 \div 2 = 0.019 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{銑鉄}$
 SCOPE21 パイロットプラント成果である 0.019 t-CO₂/ t・銑鉄 削減は
 25%削減対象である 0.513 t-CO₂/ t・銑鉄 に対して
 $0.019 \div 0.513 = 0.04$ 約 4% に相当する。

3. 製鉄工程内における CO₂ 25%削減の可能性

試算した銑鉄 1 t 当りの CO₂ 発生量は 2.05 t-CO₂/ t・銑鉄 となる。
 25%削減を検討する場合、 $2.05 \times 0.25 = 0.513 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{銑鉄}$ が削減対象になる。

SCOPE21 パイロットプラント成果である 0.019 t-CO₂/ t・銑鉄 削減が達成された
 場合、残りは $0.513 - 0.019 = 0.494 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{銑鉄}$ が削減対象となる。(25-4=21%)
 これをコークスの CO₂ 排出係数を用いて、コークス量に変換すると、
 $0.494 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{銑鉄} \div 3.245 \text{ t-CO}_2 / \text{ t} \cdot \text{Coke} = 0.152 \text{ t-Coke} / \text{ t} \cdot \text{銑鉄}$
 すなわち、燃料比(コークス比)を 152 kg-Coke/ t・銑鉄 削減することに相当する。

製鉄工程における CO₂ 発生は、高炉からの発生(79%)が大きく、コークス炉の乾留(7%)、焼結鉱製造(14%)が続く。製鉄工程全体の CO₂ 発生量 25%削減はかなり大きな値に相当する。

CO₂の排出係数に関しては、「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度について
(環境省、経済産業省)」

(<http://www.env.go.jp/earth/ghg-santeikohyo/material/itiran.pdf>) から引用した。
下表にその値を示す。

燃料使用に関する排出係数

区分	単位	値
コークス	0.0294	tC/GJ
コークス炉ガス (COG)	0.85	tCO ₂ /1,000Nm ³
高炉ガス (BFG)	0.33	tCO ₂ /1,000Nm ³

燃料発熱量

燃料種	単位	値
コークス	30.1	GJ/t

$$0.0294 \times 30.1 = 0.8849 \quad \text{tC/t-Coke}$$

$$\text{t-C} \times 44/12 \Rightarrow \text{t-CO}_2 \quad \text{であり}$$

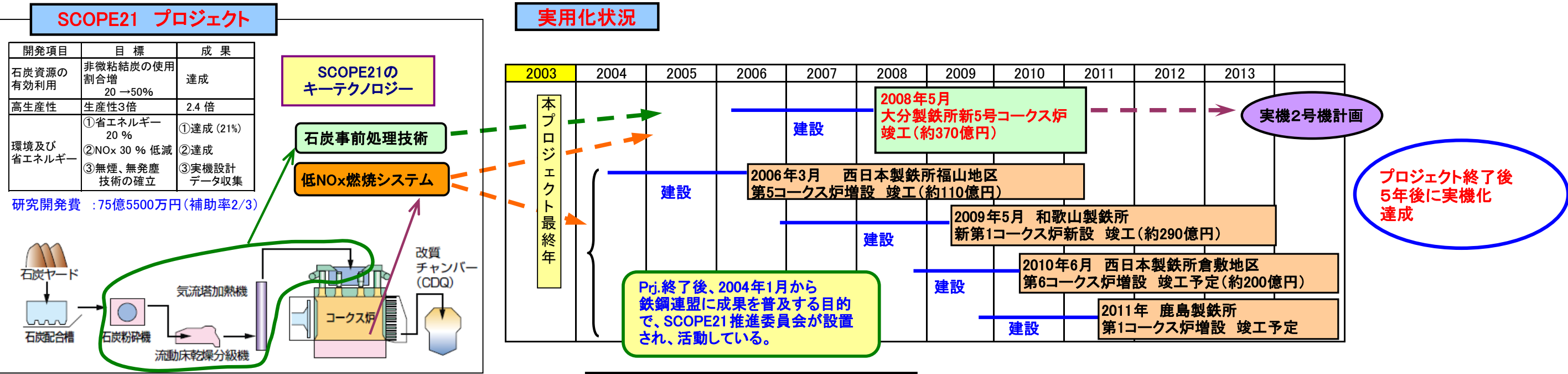
$$0.8849 \times 44/12 = 3.245 \text{ t-CO}_2/\text{t-Coke}$$

添付資料

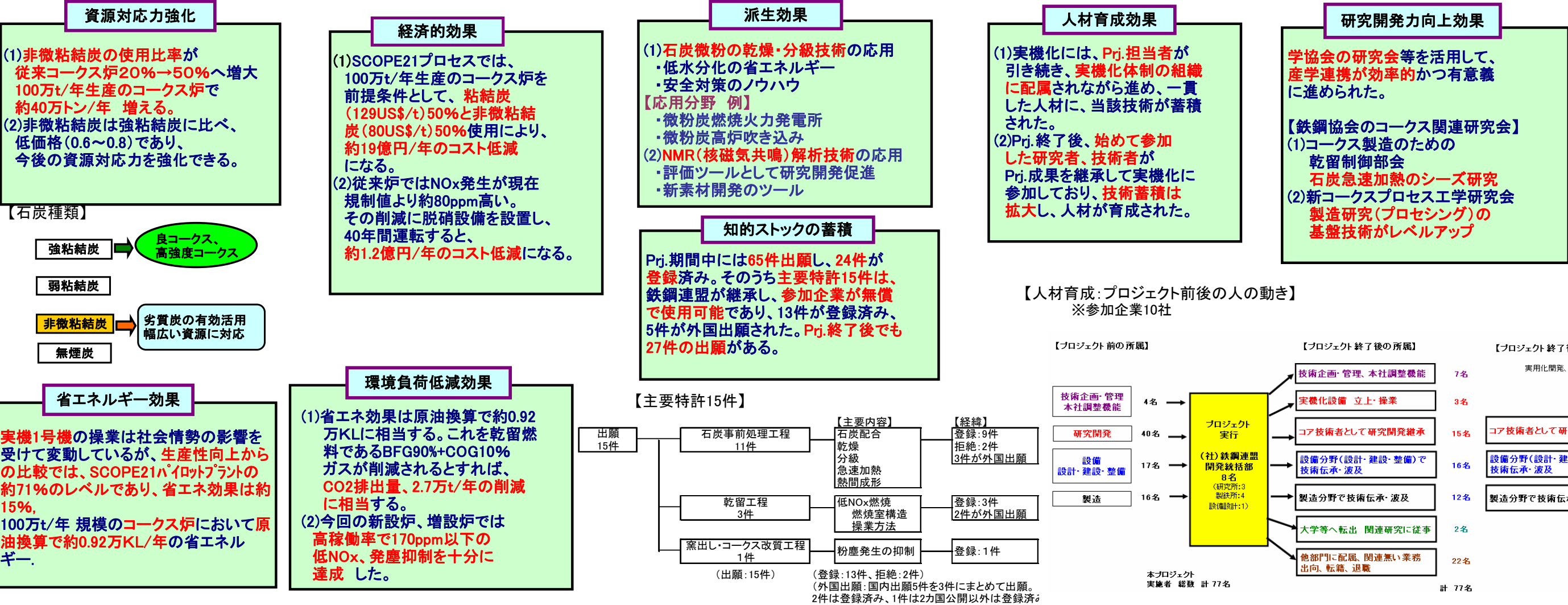
- 添付資料 1. 総括版
- 添付資料 2. コークス炉の説明
- 添付資料 3. 技術波及効果 プロジェクト終了後の実用化状況
- 添付資料 4. プロジェクト終了後から、現在に至るまでの実用化、成果活用
のマネジメント等について
- 添付資料 5. 長期的技術の蓄積と実用化
- 添付資料 6. SCOPE21 型コークス炉導入による効果
- 添付資料 7. SCOPE21 の派生効果
- 添付資料 8. 特許の出願動向
- 添付資料 9. 技術蓄積、人材育成
- 添付資料 10. 研究開発力向上効果
- 添付資料 11. 今後の展開

添付資料 1. 総括版

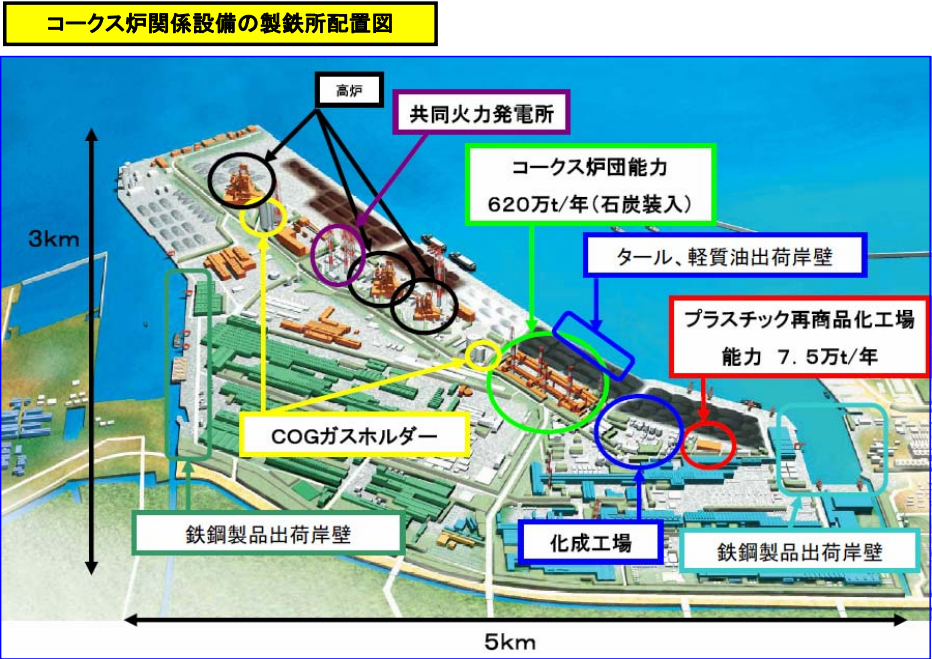
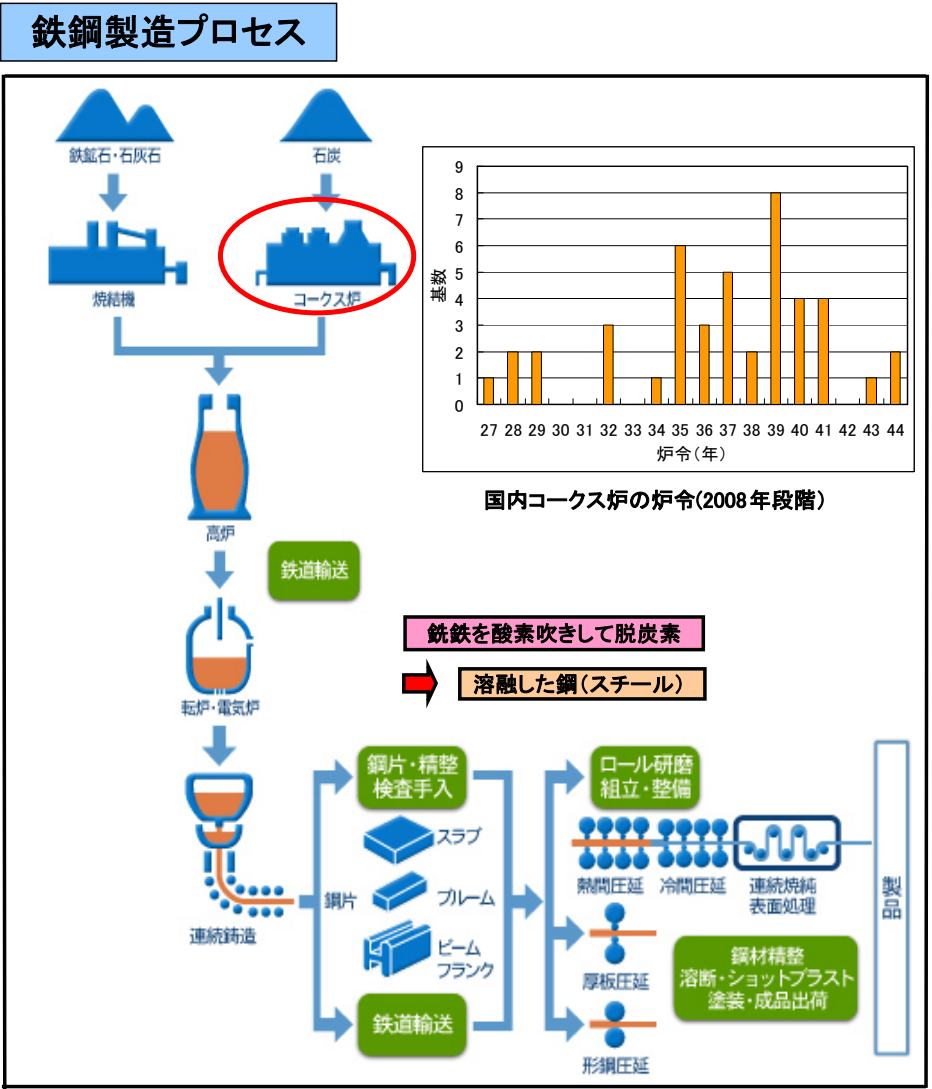
石炭高度転換コークス製造技術開発プロジェクト(Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement toward the 21st century : 次世代コークス炉)



プロジェクト成果のインパクト



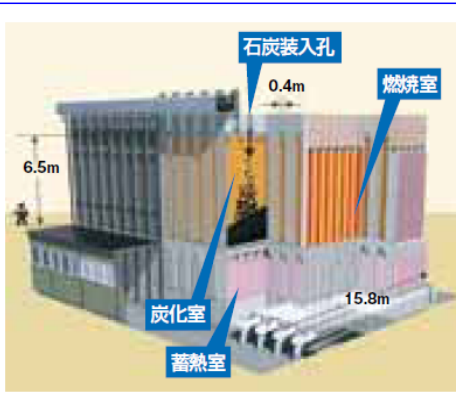
添付資料 2. コークス炉の説明



コークス炉

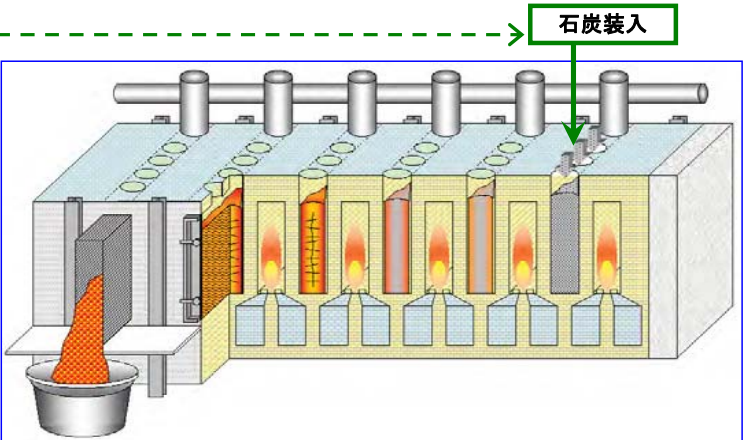


(コークス炉の外観)

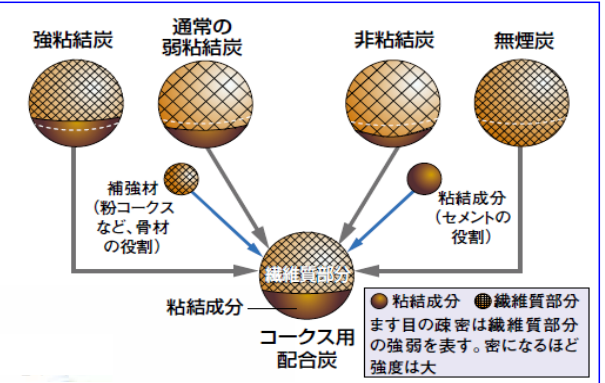


性質が異なる石炭を3mm程度に粉碎して蒸し焼き(間接加熱)にすることで、強度と粒度を持つ均一な塊成物(コークス)を製造する設備。

石炭装入車

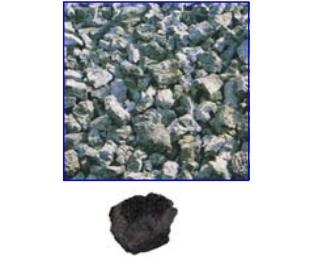


間口 0.4m×6.5m×奥行き15.8mの炭化室(門)が60室ぐらいで 1炉団、2つ繋がって2炉団が一式となるケースが多い。炭化室の上部から、石炭を装入し、できたコークスは水平に押し出す。



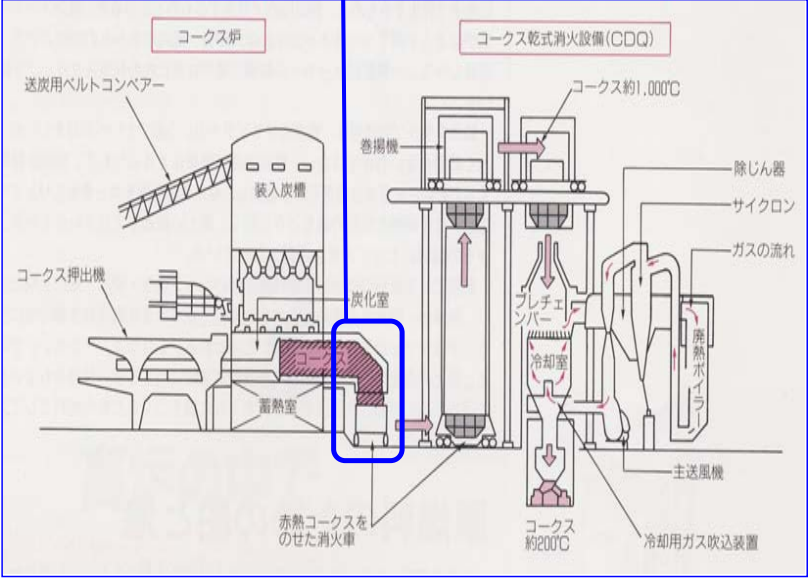
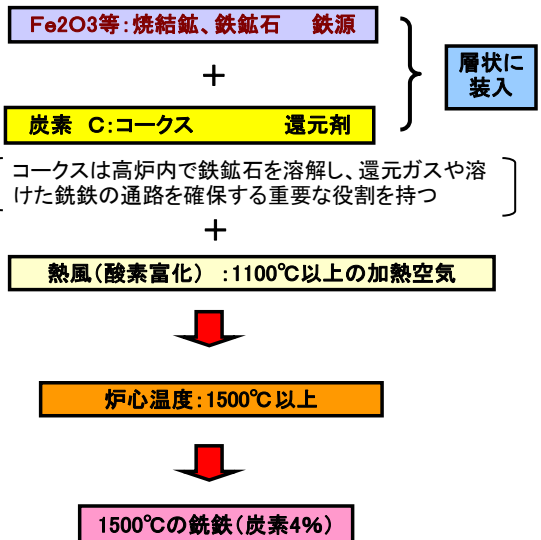
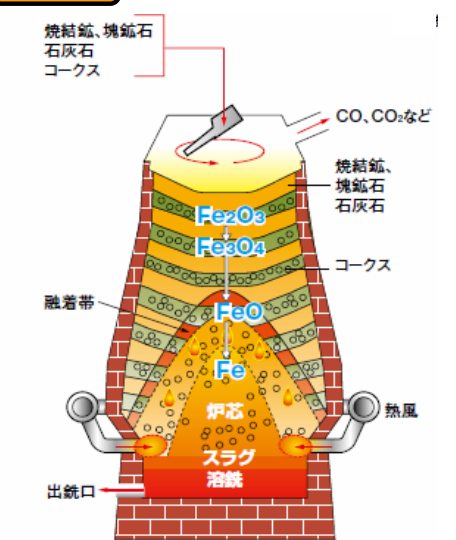
石炭品質が多様化する中で、さまざまな特性を持つ石炭の複雑な配合(コール・ブレンド)を最適化してコークスの粘結性を高め、還元材品質の安定化に取り組んでいる。

【コークス】石炭を蒸し焼きして10～50mmサイズの高強度コークスを製造



国内では、年間、約5100万トンの石炭から約3600万トンのコークスを生産

高炉

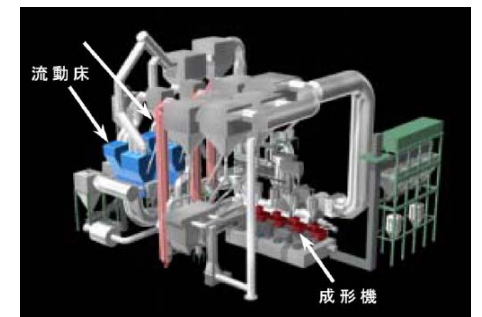
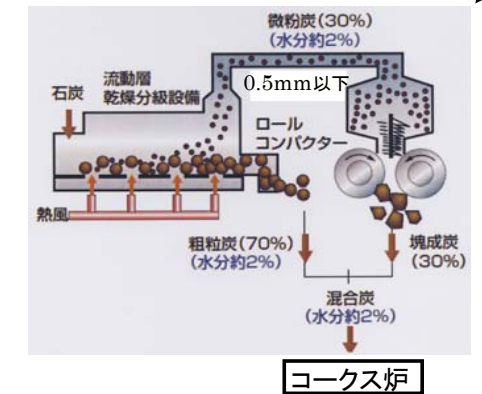


(コークス炉の断面図)

添付資料 3. 技術波及効果

プロジェクト終了後の実用化状況

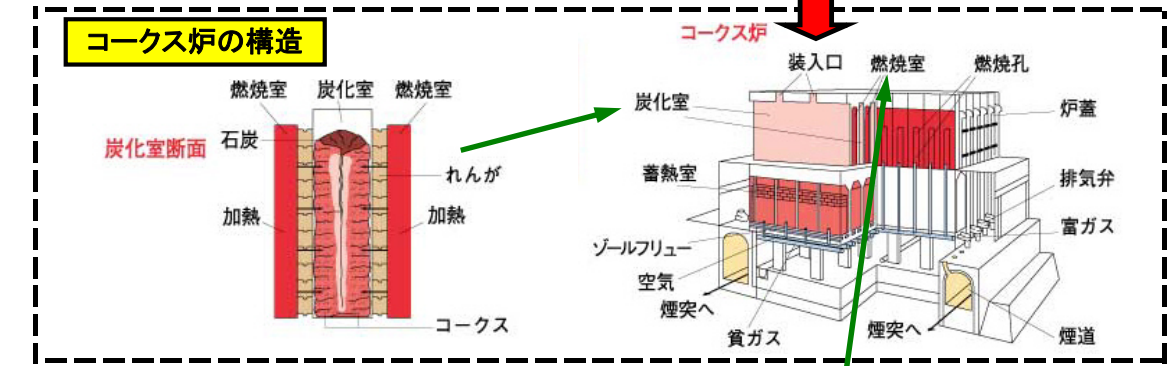
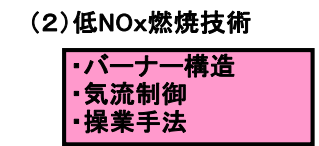
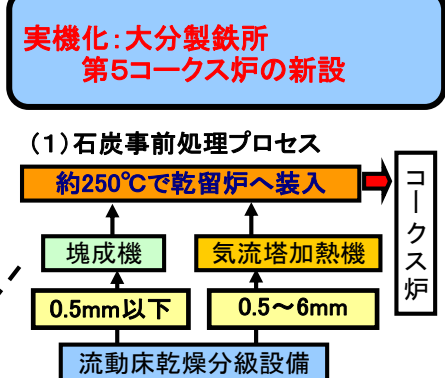
プロジェクトの目標と成果		
開発項目	目標	成果
石炭資源の有効利用	非微粘結炭の使用割合増 20→50%	達成
高生産性	生産性 3倍	2.4倍
環境および省エネルギー	①省エネルギー 20% ②NOx30%低減 ③無煙、無発塵の技術確立	①21% ②達成 ③実機設計データ収集



事前処理設備機器構成



パイロットプラント外観

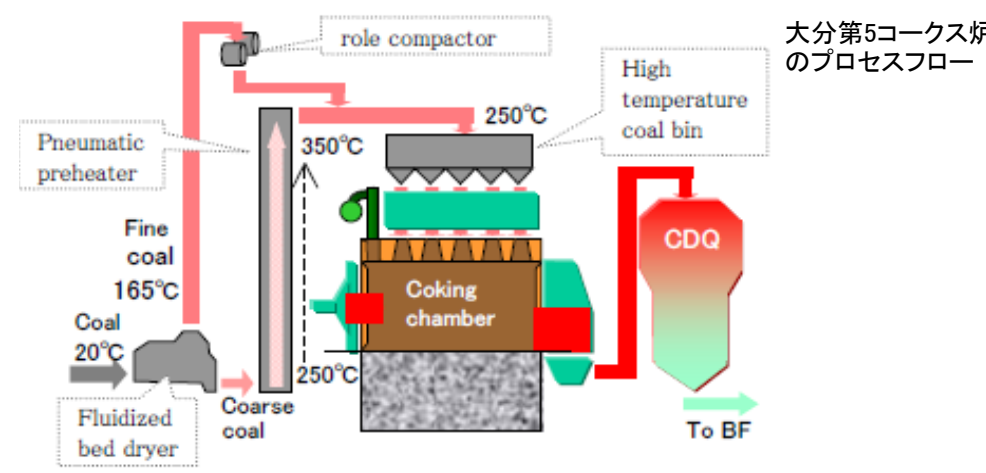


実機化: JFE/福山、倉敷及び住金/和歌山、鹿島コークス炉の環境負荷低減

- (1) JFE/西日本製鉄所/福山地区
・第5コークス炉の既存A、B、C炉団に隣接し、新たなD炉団を増設。
(購入コークスマーケットの高騰、既存のコークス炉の老朽化に伴う稼働率の低下等を勘案し決定)
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」の考え方を国内で初めて採用。
- (2) JFE/西日本製鉄所/倉敷地区
・第6コークス炉の既存A炉団に隣接し、新たなB炉団を増設。
・粗鋼生産3,300万トン体制構築の一環として決定。
・「低NOx燃焼システム」を、福山第5コークス炉D団に引き続き採用。
- (3) 住友金属工業/和歌山製鉄所
・住宅地に近かった既存の第6コークス炉を休止し、環境対策として、新第1コークス炉を新設した。
・併せてCDQを新設する。また旧6号用のCDQは一部流用し、第4・5コークス炉共用CDQとして使用。
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」を採用。
- (4) 住友金属工業/鹿島製鉄所
・平成21年度の新規案件であり、第1コークス炉の既存のABCD炉団(154門)にE炉団を増設。
・SCOPE21で開発された要素技術である「低NOx燃焼システム」を採用。

- 【仕様概要】
・55門、約40万トン/年のコークス増産
・2006年3月竣工、費用は約110億円
- 【仕様概要】
・43門、約35万トン/年のコークス増産
・2010年6月竣工予定、費用は約200億円
- 【仕様概要】
・130門、約100万トン/年のコークス生産
・2009年5月竣工、費用は約290億円
- 【仕様概要】
・40門、約30万トン/年のコークス生産
・2011年竣工予定

効果
★現在のコークス炉新設時のNOx濃度の規制値 170ppmをクリアした。(従来は250～350ppm)
★工場敷地内の総量規制に対する対応にも期待される。
★プロジェクト成果の部分適用として期待される。



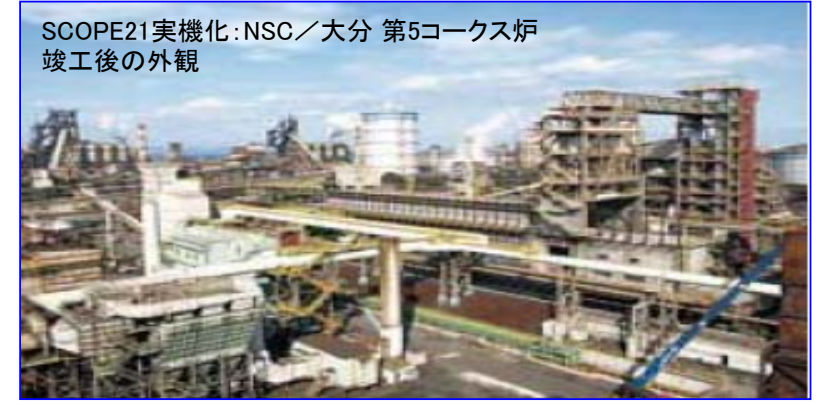
主要設備	仕様
石炭事前処理設備	流動床乾燥分級機 石炭処理量: 155dry-t/h 気流塔加熱機 石炭処理量: 106dry-t/h 塊成機 石炭処理量: 34dry-t/h × 2基
乾留炉	燃焼システム 低NOx燃焼炉 炭化室 64門、6.7m高 × 0.45m幅 × 16.6m奥行
コークス処理設備	CDQ(乾式冷却) コークス処理量: 120t/h

大分第5コークス炉では、SCOPE21石炭事前処理を適用して、処理した加熱原料を装入する。



石炭事前処理設備

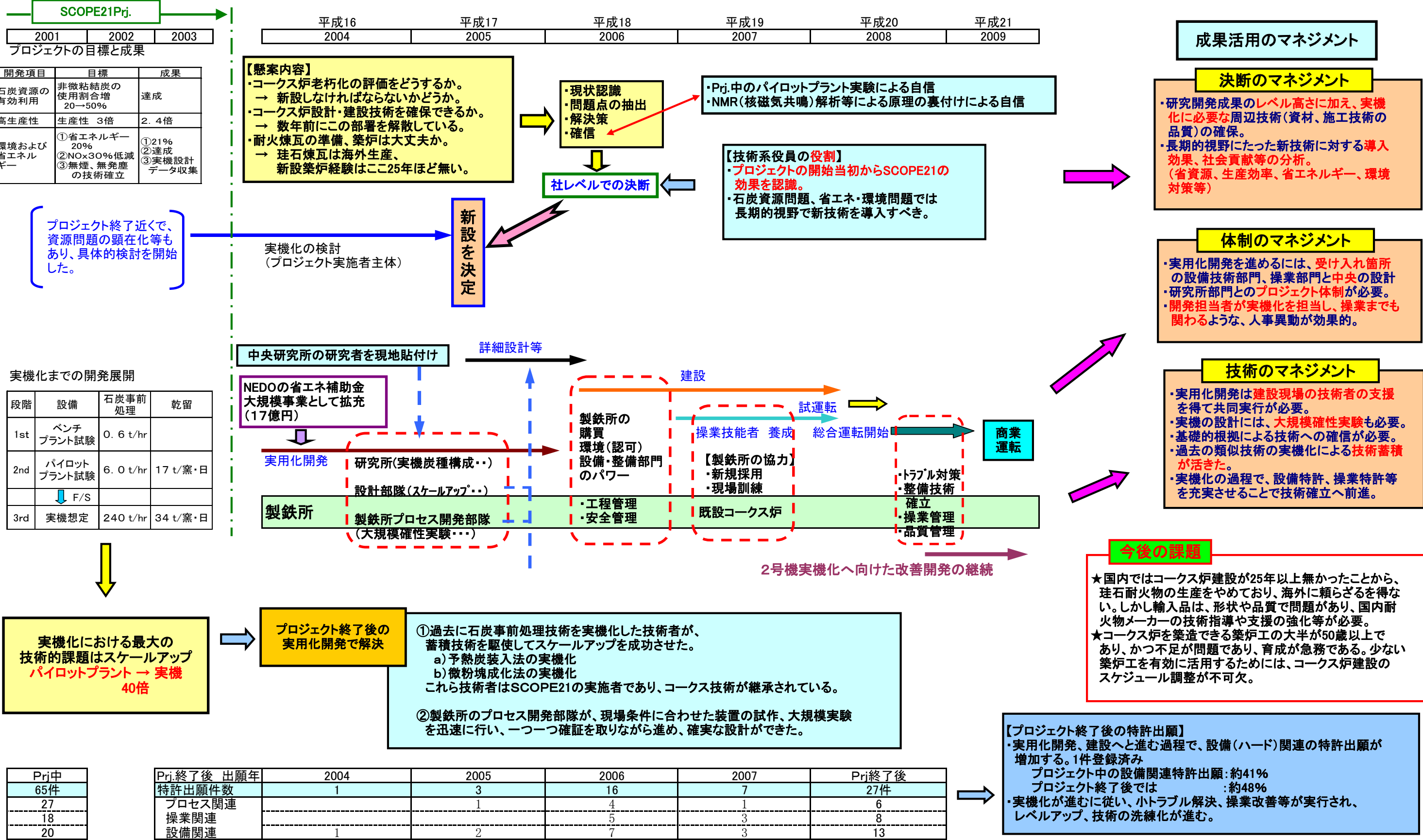
効果
★大分5コークス炉の石炭事前処理設備から改質チャンバーまでの一連のプロセスで製造されたコークスは、強粘結炭の使用比率を80%から50%へ削減(非微粘結炭の使用比率を20%から50%へ増加)させても、従来のコークス炉に製造されたコークスと同等の品質を確保することができ、石炭資源の有効利用を図ることができる。
★石炭配合中の非微粘結炭比率を54%まで達成した。当初の計画値以上の比率を達成している。
★乾留時間の短縮により、コークス炉の生産性の向上を図ることができると共に、乾留エネルギーの低減などにより、製鉄所全体の省エネルギーを図ることができる。



SCOPE21実機化: NSC/大分 第5コークス炉 竣工後の外観

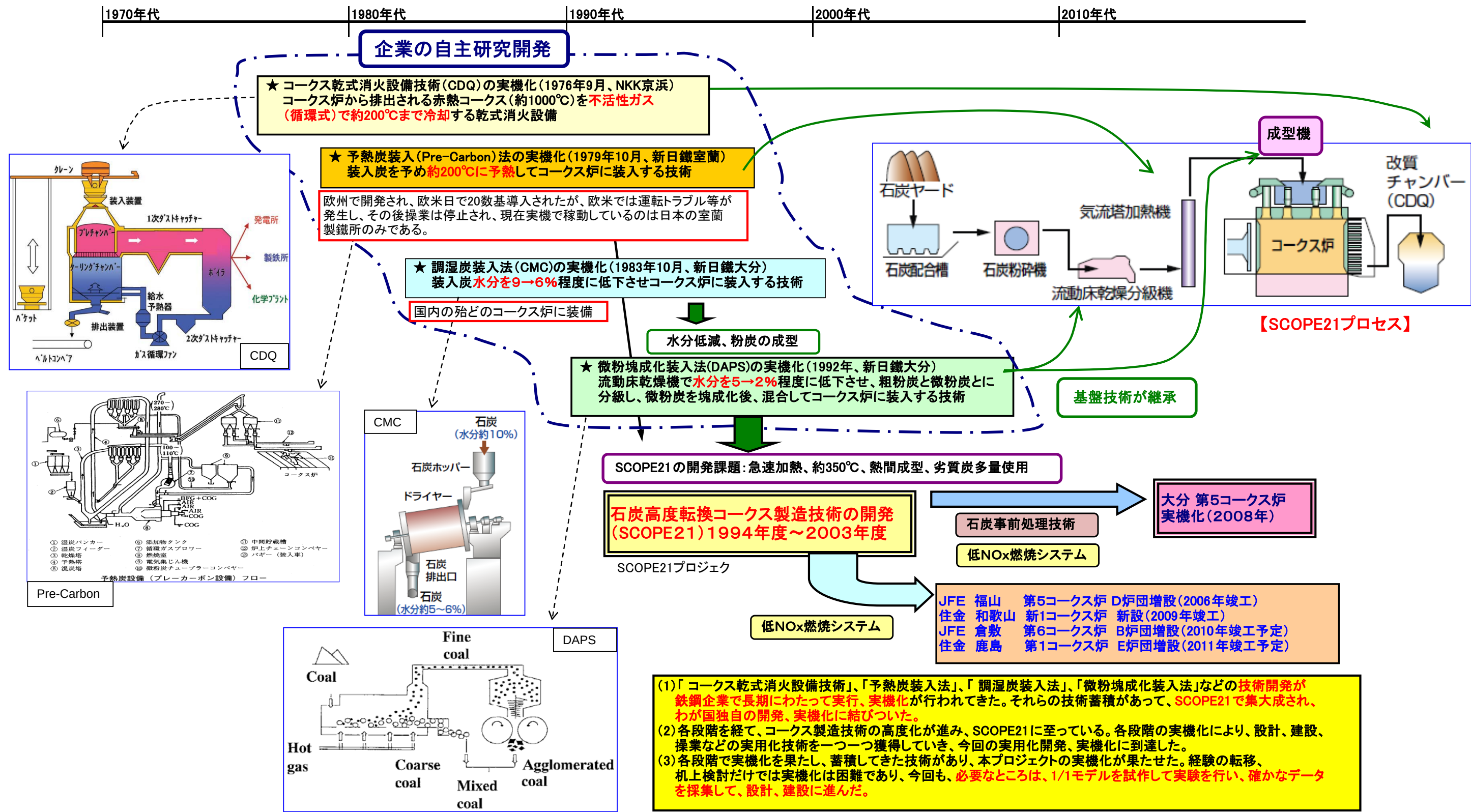
添付資料 4. プロジェクト終了後から、現在に至るまでの実用化、成果活用のマネジメント等について

実機化への道筋



添付資料 5. 長期的技術の蓄積と実用化

SCOPE21実用化までの道筋…… 長期にわたる地道な研究開発の積み重ねと段階的な発展



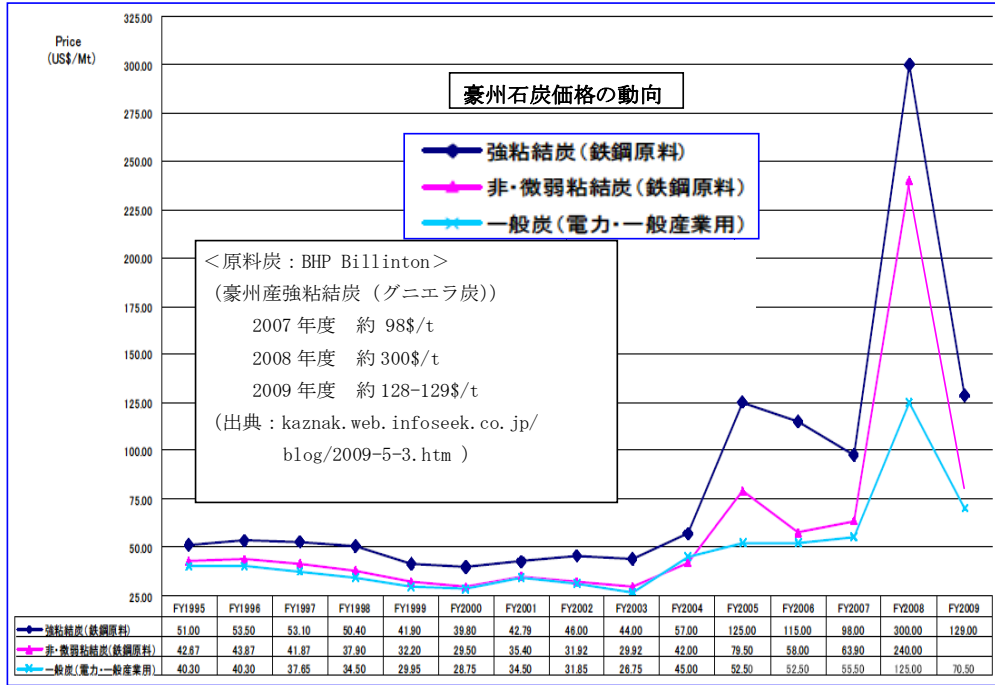
添付資料 6. SCOPE21型コークス炉導入による効果

(1) 資源対応力の強化

我が国では、
約6000万トン/年の
鉄鋼コークス用原料炭が
輸入される。



SCOPE21では、非微粘結炭の使用比率
従来コークス炉20%→50%へ増大
(新設コークス炉で30万トン→70万トン)
非微粘結炭の使用量を40万トン/基/年
増やしても高性能なコークス製造を可能
とする。



日本の石炭輸入元の約6割を占める豪州における石炭価格は高騰。特に鉄鋼原料用である原料炭(粘結炭)が急騰。(三井松島産業株式会社 2009年3月期第2四半期決算説明資料 2008年11月)

全世界では、鉄鋼生産は増加の一途をたどり、
強粘結炭の需要が増し、価格が上昇する。



非微粘結炭は強粘結炭に比べ、
低価格(0.6~0.8)であり、
今後の資源対応力を強化できる。

(3) 経済的インパクト

★100万トンコークス/基/年 生産するSCOPE21型コークス炉における非微粘結炭を50%使用するケースと
従来タイプコークス炉で非微粘結炭を20%使用するケースの比較を行った。

原料炭コスト差	非微粘結炭 使用量 20% → 50% 強粘結炭 : 129 US\$/t (2009年) 非微粘結炭: 80 US\$/t (2009年)
---------	---



約18.9 億円/基/年

★NOx発生量は従来型コークス炉で250ppm 発生するが、リプレイスでは現在の規制値170ppmを守らなければ
ならない。その差80ppmを脱硝すると仮定した場合のメリットを試算した。

1) 差80ppmのNOx量	NO _x 約130t/年の削減が必要
2) 脱硝設備費	約18億円/基; 設備寿命は約20年であり、コークス炉40年間稼働では1回更新が必要。資金18億円を借り入れし、20年の減価償却期間に支払うと仮定した。金利2%として、20年間の資本回収係数は、0.0612。20年間の毎年の支払いM=0.0612×18億円=1.1億円、後半20年も同様と仮定する。
3) 運転コスト	10万円/t-NO2処理×130t/年=0.13億円/年



約1.2 億円/基/年

文献情報を使用して試算した。
(出展) 環境影響物質の限界削減費用を用いた環境配慮商品の社会的効果
の測定、岡敏弘(福井県立大学)他、2002年9月28日
環境経済・政策学会2002年大会

年	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	累積(億円)
2008	竣工						
2009	19						19
2010	38						38
2011	57	竣工					57
2012	76	19					95
2013	95	38	竣工				133
2014	114	57	19				190
2015	133	76	38	竣工			247
2016	152	95	57	19			323
2017	171	114	76	38	竣工		399
2018	190	133	95	57	19		494
2019	209	152	114	76	38	竣工	589
2020	228	171	133	95	57	19	703

資源エネルギー庁が2009年8月24日に発表した「長期エネルギー需給見通し(改訂版)」や「地球温暖化問題に関する懇談会(内閣官房)」の平成21年1月23日、平成21年2月24日に報告されている、SCOPE21型コークス炉を2020年までに6基建設する目標を検討している。まだ具体的な計画立案までは至っていないので、ここでは2011年以降に、2年毎に1基建設すると仮定して試算を行った。
この試算では、2013年に累積メリット133億円に到達し、SCOPE21プロジェクトの研究開発投資115億円(国費76億円、企業負担39億円)を越す可能性がある。

(4) 環境負荷低減効果

1) 100万t/基/年のコークス炉において、生産性向上からみた省エネ効果は原油換算で約0.92万KLに相当する。これを乾留燃料であるBFG90%+COG10%ガスが削減されるとすれば、CO2排出量、2.7万t/年の削減に相当する。

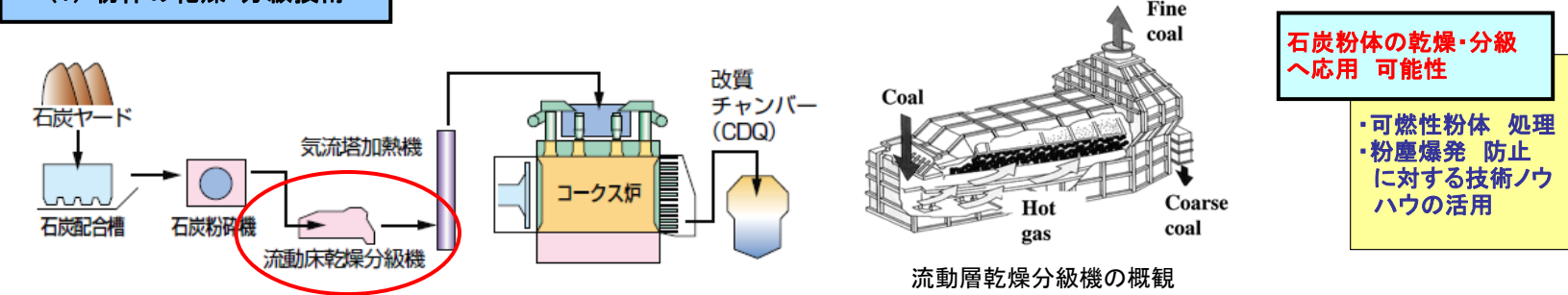
2) 炉令30年以上の老朽コークス炉が約90%を占め、NOx、粉塵発生から、稼働率を調整(低下)せざるをえない状況もあるが、今回の新設炉、増設炉では高稼働率でNOx170ppm以下、発塵抑制を十分に達成した。

排ガス中のNOx規制値
250~350 ppm
↓
170 ppm
更なる低NOxへの努力

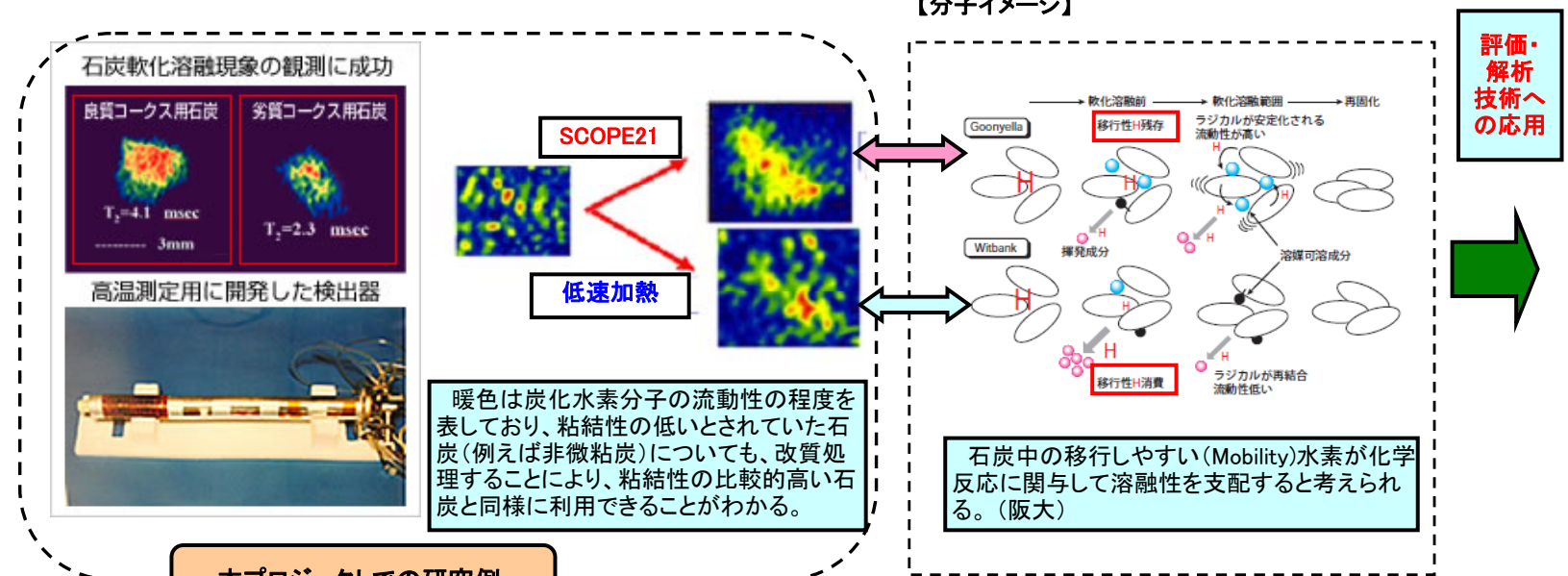
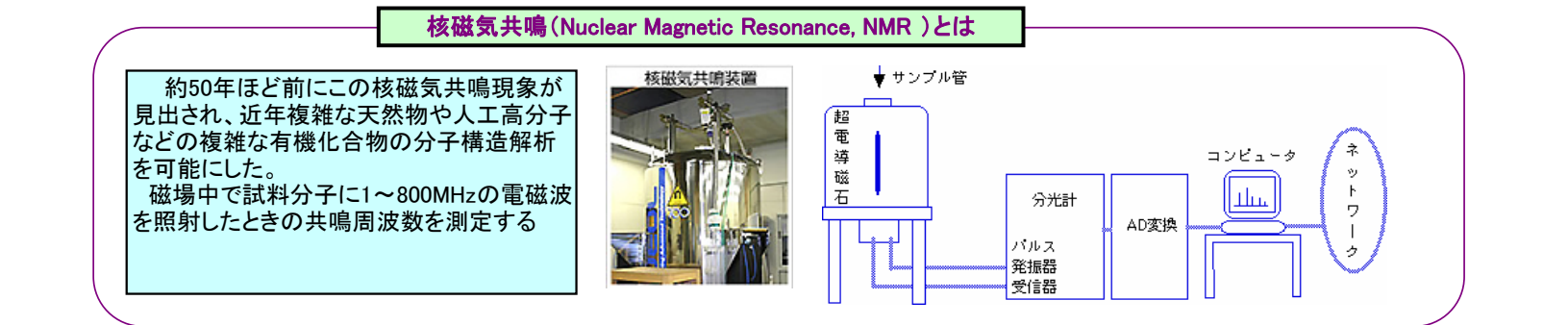
【技術の難しさ】
乾留時間短縮のためには、単位時間当たりの伝熱量を約2倍に増加させる必要があり、高エネルギー燃焼条件下でも、均一加熱、低NOx燃焼を実現させる。

添付資料 7. SCOPE21の派生効果

(1) 粉体の乾燥・分級技術



(2) NMR(核磁気共鳴)による材料の構造解析技術



【受賞】
2000年(社)日本鉄鋼協会の依論文賞 : 最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体NMRによる構造解析
2004年(社)日本エネルギー学会の進歩賞 : 核磁気共鳴法を利用した石炭の精密構造解析技術の開発、及び石炭資源の有効利用技術に関する研究

通常、ヤードにおいてある石炭は水分を約10%含む。
【応用分野 例】
・微粉炭燃焼火力発電所
・微粉炭高炉吹き込み
・石炭ガス化
・排ガス等を活用した、低水分化による省エネルギー化。
・粉体間の付着が激減することによる、流動性が良くなる。
→ 燃焼の安定
→ 吹き込み量増大、安定化

鉄鋼に使用する石炭の格付けマップの作成
本プロジェクトで蓄積した知的ストックを活用して、多種ある石炭の加熱挙動を解析し使用目的に応じた炭種の選定、適正な配合提示を研究している。
原料炭のコークス化へ寄与する要因を明確にできる結果、価格交渉、購買政策に活かせる。

コークスの反応機構解析
高炉炉内におけるコークスのCO2等による反応劣化メカニズムを解明する研究に、本手段を用いている。
高強度を保ちつつ、かつ鉄鉱石還元性に優れたコークス開発を促進するツールになる。

石炭無機成分の構造解析
石炭に含まれる灰分(セラミックス成分)の加熱に伴う分子構造・非晶質構造等の変化を追うことによって、金属酸化物、無機材料の構造解析を行う。燃焼後、灰分となる無機成分の化学構造を解析した。石炭燃焼による発電設備における無機物質のボイラー配管やタービン翼への付着・腐食機構を解明し、対策の開発へ繋げる。
石炭燃焼発電設備へ灰分付着・侵食の少ない石炭種の選択や、付着・侵食を軽減させる発電設備材料の開発が促進できる。

溶融スラグの化学構造の解明
スラグは、冷却固化後の結晶構造はかなり究明されているが、溶融状態の構造は未解明である。製鋼スラグの非晶質構造、分子構造の解析により、鉄鋼精錬プロセスのマイクロメカニズム解明する。
鉄鋼精錬を効率的に進めるスラグ組成やスラグ量低減の開発が促進できる。

溶鋼連続 casting における溶融モールドパウダー(セラミックス成分)の適正化
セラミックス成分の加熱に伴う分子構造・非晶質構造等、空隙構造の変化を追求め、発泡性解析により、モールドパウダーの最適組成を開発する。
連続 casting 速度増加(生産性向上)や表面性状に優れた連続 casting スラブ製造に寄与する連続 casting パウダーの開発ツールとして利用できる。

NMRガスイメージング法による耐火物等の気孔構造解析
耐火物等セラミックスの気孔構造の3次元的な繋がりを把握できることにより、溶融物の浸透を抑制した高耐食性耐火物の開発に寄与する。固体NMR法及びイメージング法を組合せて、不定形耐火物の乾燥過程の解析耐火物の耐用性を向上させる材料開発、乾燥技術の開発に繋げる。
長寿命を発揮する高耐用製耐火物の開発を促進できる。

新素材の評価・解析
電解質挙動メカニズムの解析を行い電気二重層キャパシタの開発に寄与する。
高性能キャパシタ等の新素材開発を促進できる。

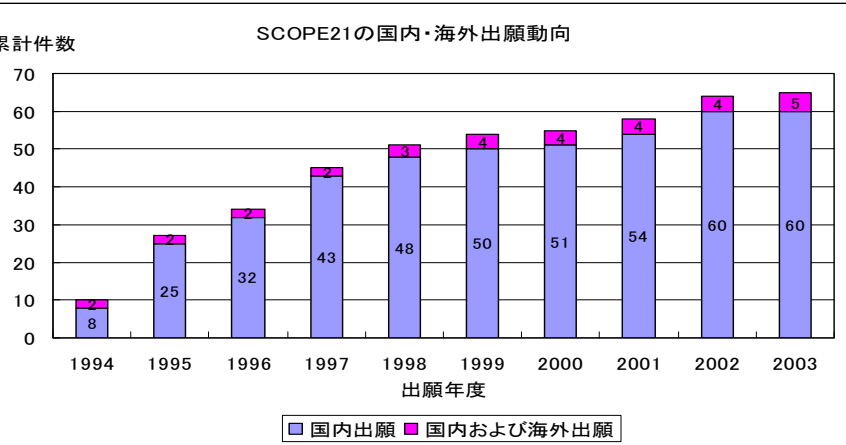
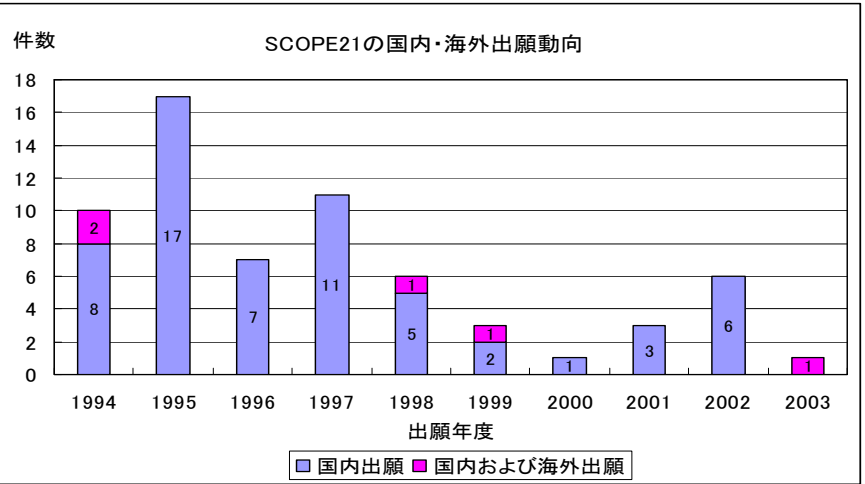
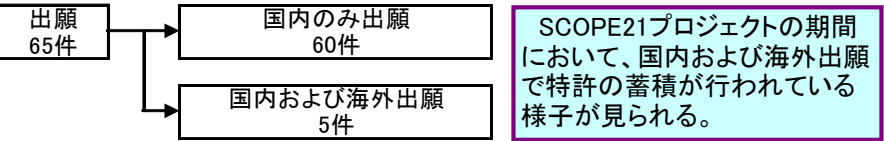
研究開発を促進させる評価・解析技術

添付資料 8. 特許の出願動向

【概要】

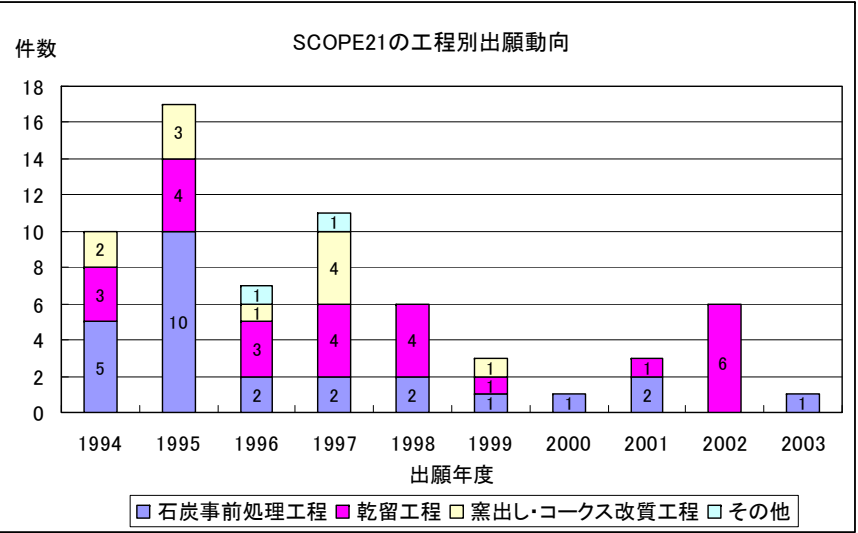
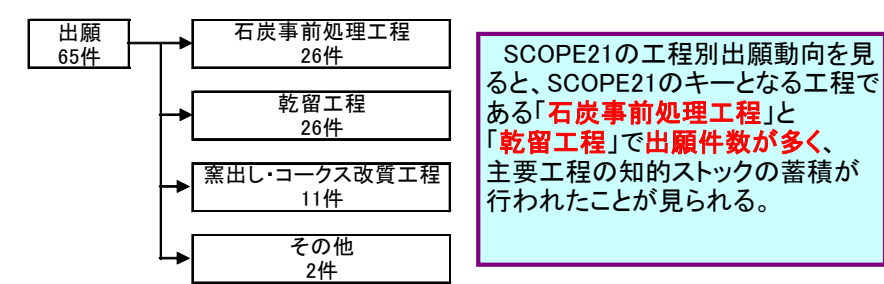
- (1) プロジェクト中の出願65件は、事後評価では十分との評価を得ている。そのうち24件が登録になっており、高い登録率である。
- (2) プロジェクト中出願65件のうち15件は(社)鉄鋼連盟が権利を継承して、参加企業が無償で使えるようにしており、普及促進を推進している。
- (3) プロジェクト終了後も27件の出願があり、実機化に伴う権利化を積極的に展開しており、パテントを重視した実用化の姿勢が強化されている。
- (4) プロジェクト中の出願では延べ39名が、また、プロジェクト終了後の出願では延べ30名が発明者になっている。

(1) プロジェクト期間中の国内・海外出願動向



また、プロジェクトの終わりの時期にもかかわらず、2002年度には若干ではあるが再び出願件数が増加し、プロジェクト終了後も次の知的ストックの蓄積を生み出す動きが見られる。
このように知的ストックの蓄積があったからこそ、本プロジェクトの終了後、それに続いて、スムーズに、SCOPE21の設備・技術の実機化が新日本製鐵大分製鐵所の第5コークス炉で行われたと言える。

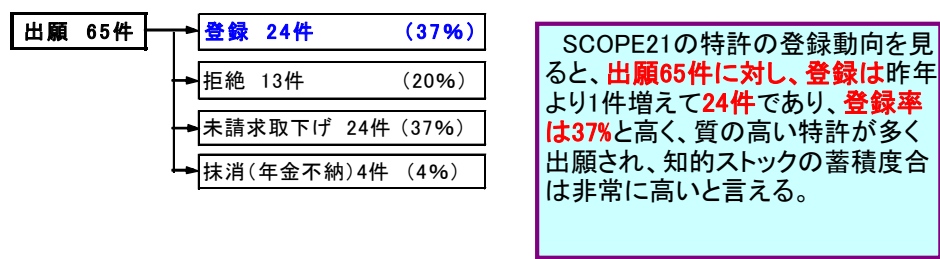
(2) 工程別出願動向(プロジェクト期間中)



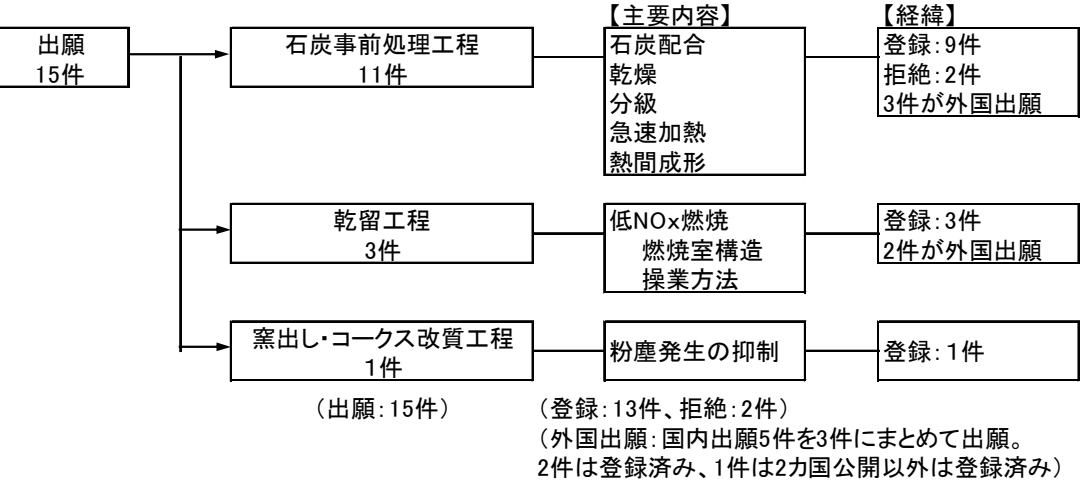
出願 65件	石炭事前処理工程	乾留工程	窯出し・コークス改質工程	その他(評価法 等)	【設備】	【操業】	【プロセス】	
					9件	1件	16件	
	26件	26件	11件	2件	10件	15件	1件	(26件)
					7件	2件	2件	(11件)
					1件		1件	(2件)
					(27件)	(18件)	(20件)	<65件>

プロジェクト中の出願では、石炭事前処理工程と乾留工程の出願が多い。内容的には、設備関連が多く、次いでプロセス関連、操業関連と続く。プロジェクト終了後の出願に比べ「プロセス関連」が多い。

(3) 特許の登録状況(プロジェクト期間中の出願)

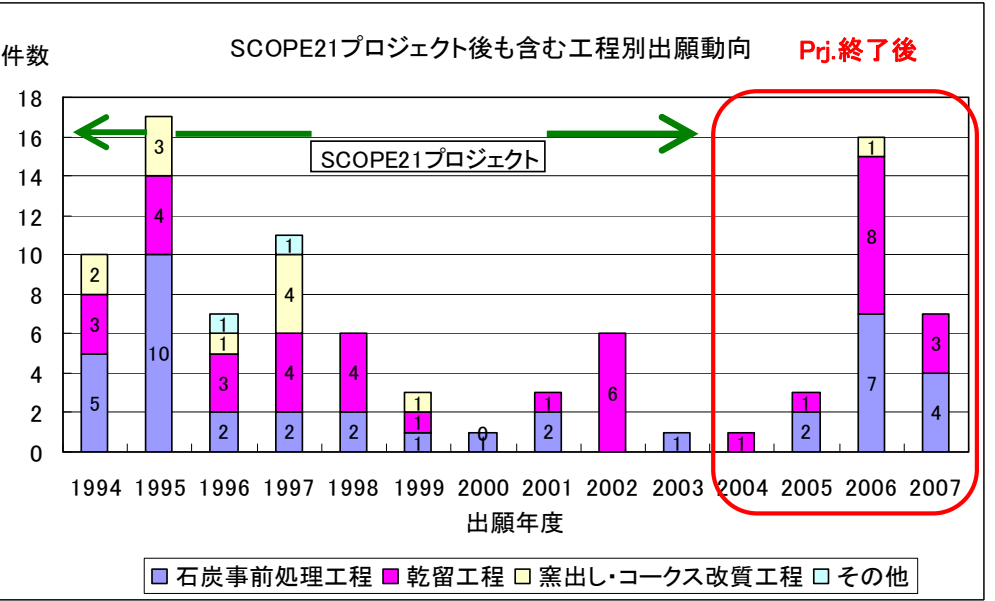


(4) (社)鉄鋼連盟が継承する特許15件(プロジェクト期間中)



基本的な主要特許15件については、プロジェクト参加企業が無償で使用できるように、(社)鉄鋼連盟、(財)石炭エネルギーセンターが権利を継承する形態とした。15件中既に13件が登録済みであり、5件が外国出願されていること等、工業所有権の対策を着実に進めている。内容の主眼は「石炭の事前処理関連」が第一で11件約73%を占め、次いで「低NOx燃焼技術関連」が3件20%を占める。

(5) プロジェクト後の特許出願動向

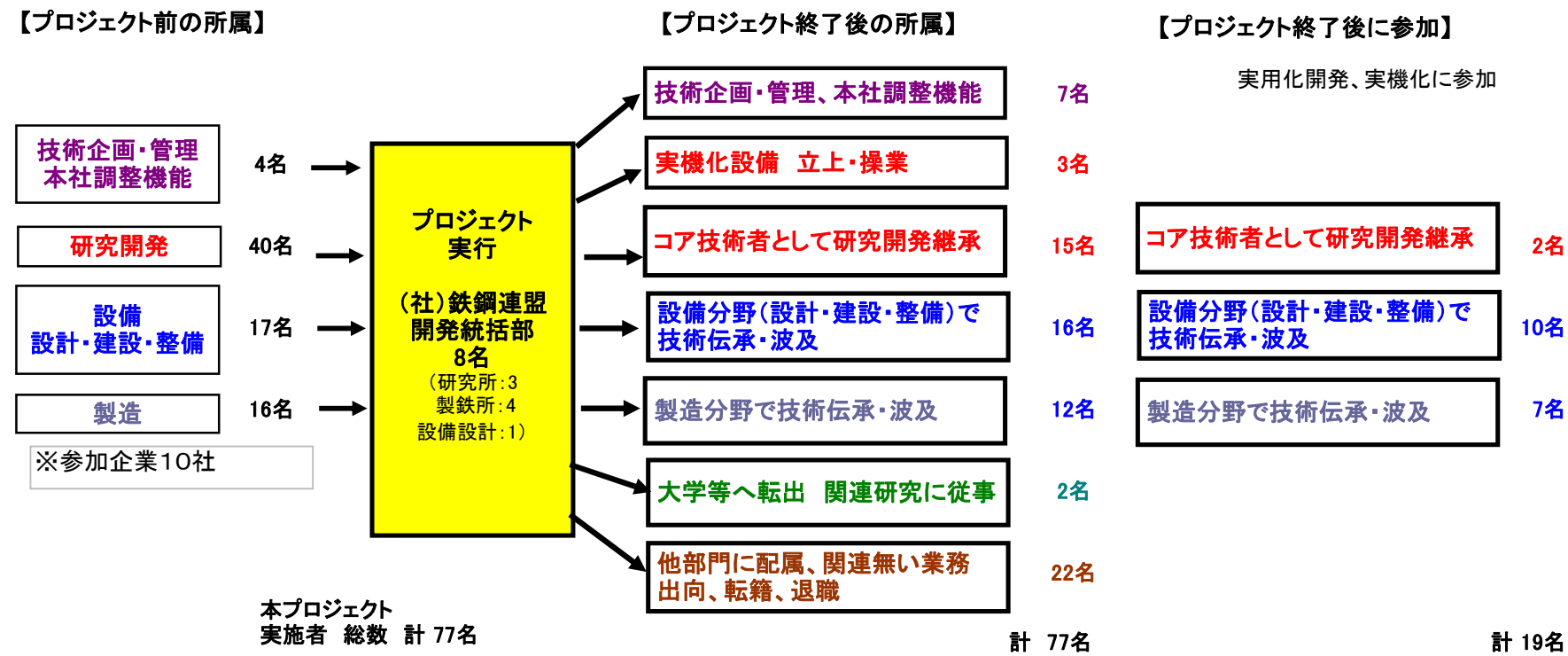


出願 27件	石炭事前処理工程	乾留工程	窯出し・コークス改質工程	【設備】	【操業】	【プロセス】	
				6件	1件	6件	
	13件	13件	1件	6件	7件	0	(13件)
				1件	0	0	(1件)
				(13件)	(8件)	(6件)	<27件>

SCOPE21プロジェクト終了後は、4年間で27件が出願されており(2004年度以降では、登録されたものは1件、拒絶理由応答中が1件、外国出願が1件となっている)、継続して知的ストックが蓄積されていることがうかがえる。
実機化を進めるにあたって、設備関連、操業関連の特許出願比率が増加しており、ハード、ソフト両面の技術確立が進行している。

添付資料 9. 技術蓄積、人材育成

(1)技術の継承、人材育成



【プロジェクト中】

1)開発統括部が元締となり、その下で各企業が分散研究を行ったことは、機密保持、実施のしやすさから適切だった。要素技術研究では、各社の責任が明確であり、研究者の自主性が育成された。

2)ベンチプラント、パイロットプラント実験では、各社担当者が一箇所に集まる集中研方式として実行し、試験設備の設計、操業等について各社の意見を持ち寄ることによって、担当者の技術レベルが向上した。

3)コークス炉関連の技術者は高齢化しているので、プロジェクトには少数ではあるが、なるべく若手を参加させた企業もあり、人材の継承になった。

【プロジェクト終了後】

(1)実機化には、プロジェクト担当者が継承し、実機化体制の組織に配属されながら進めたことにより、一貫した人材に、当該技術が蓄積された。コークス炉の新設は20年近く無かったので、今回、人材が育成された。

(2)プロジェクト終了後の実機化に伴い、新たに参加した研究者、技術者に成果が継承され、技術蓄積の拡大、人材の育成が行われた。

(3)国内では、コークス炉老朽化が進行しており、社内に製鉄関連プロジェクトチームが編成された企業もあり、本プロジェクト参加者がそのチームに配属され、技術を活かしている。

【課題】

a)実機化によって、人材の確保、育成が行われたが、高齢化も進んでおり、更なる育成も課題である。

b)本プロジェクトに若手も参加しているが、退職者等も22名と多く、要員の減少は否めない。

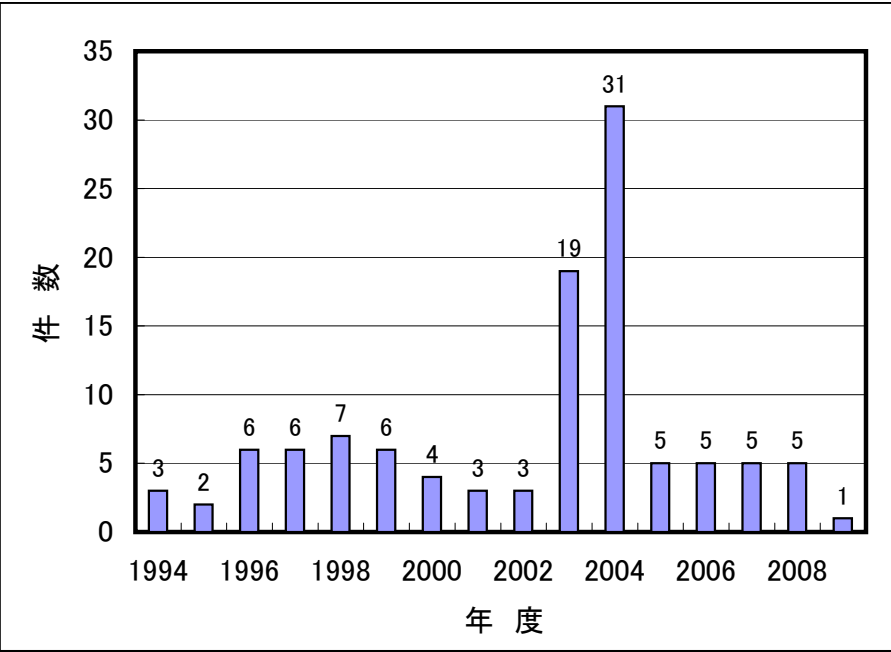
(2)受賞

- 1)1997年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:溶媒抽出による石炭の科学構造に関する研究
- 2)2000年 (社)日本鉄鋼協会 俵論文賞:最先端の化学分析と物理解析 急速加熱処理した石炭の固体NMRによる構造解析
- 3)2004年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:核磁気共鳴法を利用した石炭の精密構造解析技術の開発及び石炭資源の有効利用技術に関する研究
- 4)2004年 (社)日本エネルギー学会 学会賞(技術部門):次世代コークス製造技術(SCOPE21)の開発…管理法人と鉄鋼4社が受賞
- 5)2005年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:劣質資源・環境対応型コークス製造技術の研究
- 6)2005年 (社)日本鉄鋼協会 共同研究賞(山岡賞):(社)日本鉄鋼連盟次世代コークス製造開発委員会が受賞…各社が集まったグループが受賞
- 7)2008年 米国鉄鋼技術協会 コークス製造ベスト論文賞:「Effect of Coal Pre-treating Technology on Coke Strength」
- 8)2008年 (社)日本エネルギー学会 進歩賞:コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明
- 9)2009年 第19回 日経地球環境技術賞 ものづくり環境特別賞:CO2排出を削減できる新たなコークス炉の稼働

(3)研究者、技術者の評価向上

氏 名	所 属	業 績 概 要
A氏	企業の研究者	急速加熱による劣質炭の有効活用研究の先駆者であり、本プロジェクトのキーマンとして活躍した。10件の特許出願、海外発表2件を含む21件の発表を行い、米国鉄鋼技術協会の論文賞受賞する等、国内外の石炭・コークス研究の第一人者と言える。
B氏	企業の研究者	NMRの解析対象として、分子構造が非常に複雑な石炭を選んで、その軟化溶融特性をin-situ観察する手法を開発したことは画期的な研究であり、(社)日本鉄鋼協会の「俵論文賞」を受賞した。石炭のNMR解析で顕著な功績を挙げ、更にいろいろな材料に対してもNMR技術を応用し、国内外でNMR分野における第一人者として評価されている。2008年に研究部長に昇格した。
C氏	プロジェクト中は大学、その後 (独)研究所	「非微粘結炭を多く含む配合炭のコークス化機構」の研究で主導的に活動し、石炭の軟化溶融挙動解明や結合材基礎研究に大きな前進をもたらした。エネルギー学会進歩賞を受賞し、石炭化学の第一人者といえる。(社)日本エネルギー学会コークス工学研究部会長に就任した。
D氏	大学	(社)日本エネルギー学会から平成20年度の進歩賞を「コークス炉内乾留現象とコークス強度発現機構の解明」で受賞し、学术界におけるこの分野の第一人者と言える。大学の助教から准教授に昇格した。
E氏	企業から大学へ移動	SCOPE21立上で主導し、企業から大学の教授に就任した。(社)日本エネルギー学会の中で再開された「コークス工学研究部会」の部会長となり、産学間の研究者交流に尽力し、活動期間中に「コークス・ノート 2004年版」を発行して知的ストックの向上に貢献した。
F氏	企業から大学へ移動	企業から大学へ移り、大学の総合研究所バイオカーボン研究開発センター長(教授)に就任した。木質バイオマスの固体燃料化を研究し、地域資源活用型研究開発事業の本質資源を用いた鑄物用加炭材の研究開発(2007-2008年度 経済産業省)においてプロジェクトリーダーを勤めた。SCOPE21で培った知的ストックの波及に貢献している。
約4名	企業	プロジェクト終了後、社内の石炭・コークス分野の中核の部長や、実機化を進めるに当たって、担当の部長や設備設計・建設分野の部長に就任する等、要職を務めている。

(4)論文発表 等



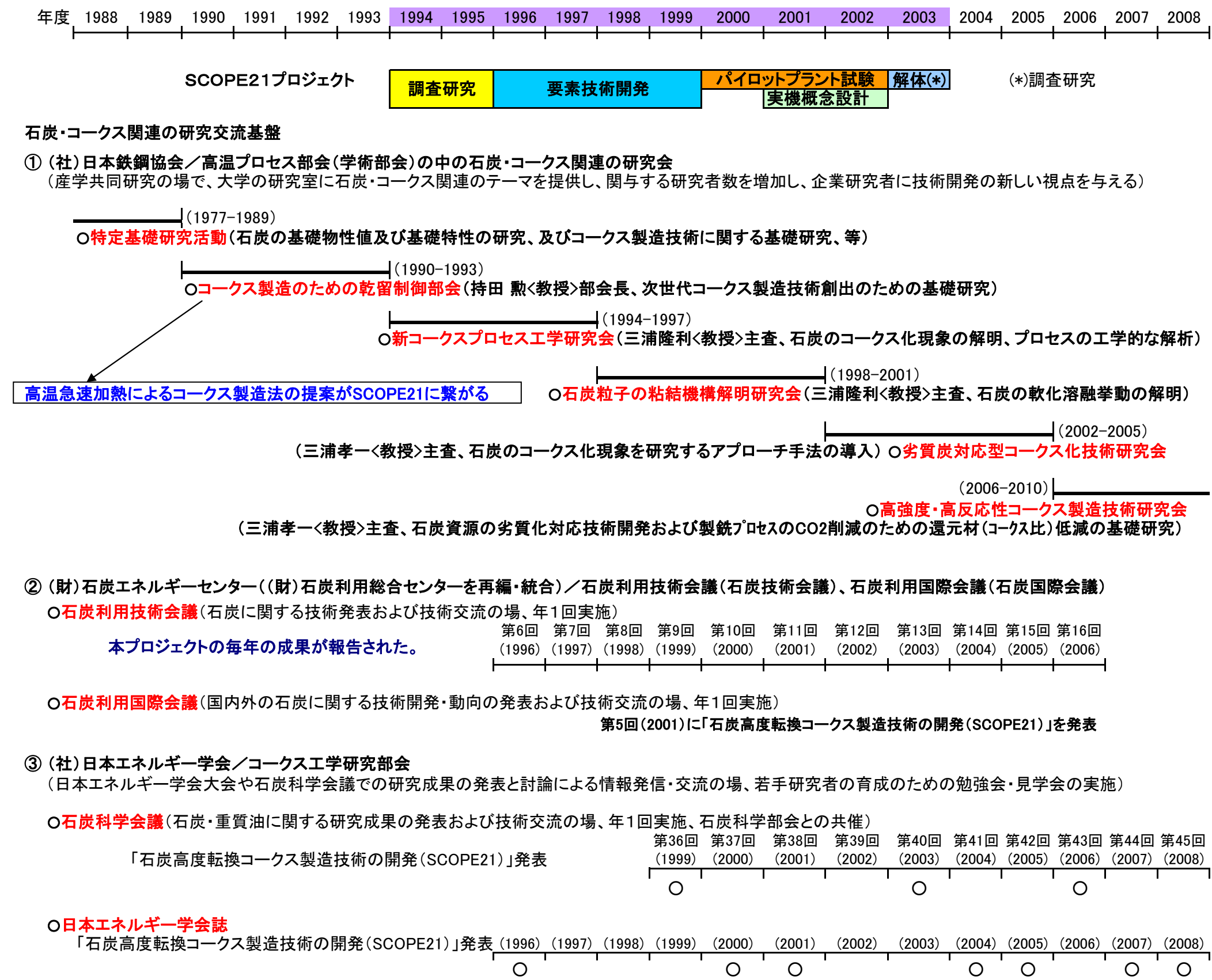
SCOPE21プロジェクト終了の2003年に急激に増加しており、その傾向はプロジェクト終了の翌年も続いており、知的ストックの一つである文献(研究発表・論文投稿)の蓄積がかなり積極的に行われたことが分かる。

また、SCOPE21プロジェクトの期間中、年間7~8件程度(事業原簿の分)の研究発表・論文投稿が継続して行われており、SCOPE21プロジェクトの年間毎の件数が多いことが分かる。

添付資料 10. 研究開発力向上効果

技術交流、人的交流による知的ストックの充実

学協会の研究会等を活用して、産学連携が効率的かつ有意義に進められた。



【鉄鋼協会のコークス関連研究会】

- (1) 当該研究会はSCOPE21と密接な関係にあり、「コークス製造のための乾留制御部会」において、材料的視点からの石炭急速加熱のシーズ研究が促進された。
- (2) 続いて「新コークスプロセス工学研究会」は、非微粘結炭の急速加熱に伴う動的挙動等、化学工学的(プロセス工学的)視点からの研究会であり、製造研究の基盤技術がレベルアップした。

(1)(2)の研究会での論議が、石炭事前処理の基盤となり、各社間の人的交流を活発にし、本プロジェクトの効率的遂行に寄与した。

- (3) 「劣質炭対応型コークス化技術研究会」では、劣質炭利用に関する基盤的な論議が行われた。
- (4) 当該研究会では、学術界と企業との交流が活発に行われ、SCOPE21の推進に大きな効果を発揮した。企業としては、鉄鋼業のみならず、コークス専業企業も参加し、両者刺激になった。若手育成の場ともなった。
- (5) 1977年の「特定基礎研究活動」から地道な活動を絶やさず続けており、産官学の知的ストック蓄積に貢献した。

【石炭エネルギーセンター】

- (1) 当財団は、SCOPE21に参加しており、毎年の成果報告会を開催して、各社の分散研究成果を共有し、技術のレベルアップが図れた。
- (2) 国際会議も開催し、2001年にはSCOPE21関連の発表を行いアピールした。

【日本エネルギー学会／コークス工学研究部会】

- (1) 1922年創設の当学会には火力発電、プラント、環境関連等、多様な分野からの参加者があり、議論を経て石炭の基礎研究や微粉炭の加熱等、技術レベルの向上に寄与した。
- (2) 新コークス製造技術開発と称して、SCOPE21の特集もあり、国内外へ影響を与えている。

添付資料 11. 今後の展開

(1) SCOPE21プロジェクト成果の今後の展開

- 1) 石炭事前処理等の主要技術
- 2) 要素技術
- 3) 派生技術

★1号機の実証運転で、技術の確立、蓄積が進んでいる。1号機の経験を活かして2号機の検討があり、更なる実用化拡大が期待される。
★最先端技術の適用により、鉄鋼業の省エネ、CO2削減を図る方向が出されており、SCOPE21型コークス炉の実用化拡大も期待されている。2020年までに6基導入を目指す提案もなされている。

★低NOx燃焼の実機への応用などが拡大する。

★NMR評価・解析技術が石炭分野のみならず、溶融物構造、セラミックス構造の評価・解析のツールとして活用され、精錬の効率化、高耐久性耐火物などの研究開発を促進する。

(3) 後継テーマへの展開

後継の国家プロジェクトに関しては、プロジェクト終了後、企業が実用化開発を経て技術を確立し実機化に至っており、特に立ち上げる必要はなかった。SCOPE21プロジェクト終了後、2004年1月から(社)日本鉄鋼連盟にSCOPE21推進委員会が設置され、SCOPE21の成果を普及する目的で活動が続いている。

(2) 石炭分野の研究開発成果との交流・活用

クリーンコールテクノロジー(CCT)における石炭の改質技術、コークス製造技術

【連続式成型コークス製造技術(FCP)】

(財)石炭利用総合センター、(社)日本鉄鋼連盟
1978～1986年(9年間)

原料は、非粘結炭を60～80%とし、水分を2～3%に乾燥する。粉碎、**バインダーを添加**、混練した後、**加圧成形**して成型炭を製造する。

【瀝青炭液化技術(NEDOL)】

(独)NEDO、日本コールオイル(株)

1983～2000年(18年間)

「直接水添法」、「**溶剤抽出法**」、「ソルボリシス法」の三つの瀝青炭液化法のそれぞれの長所を集めた技術的にも経済的にも優れた我が国独自のプロセス

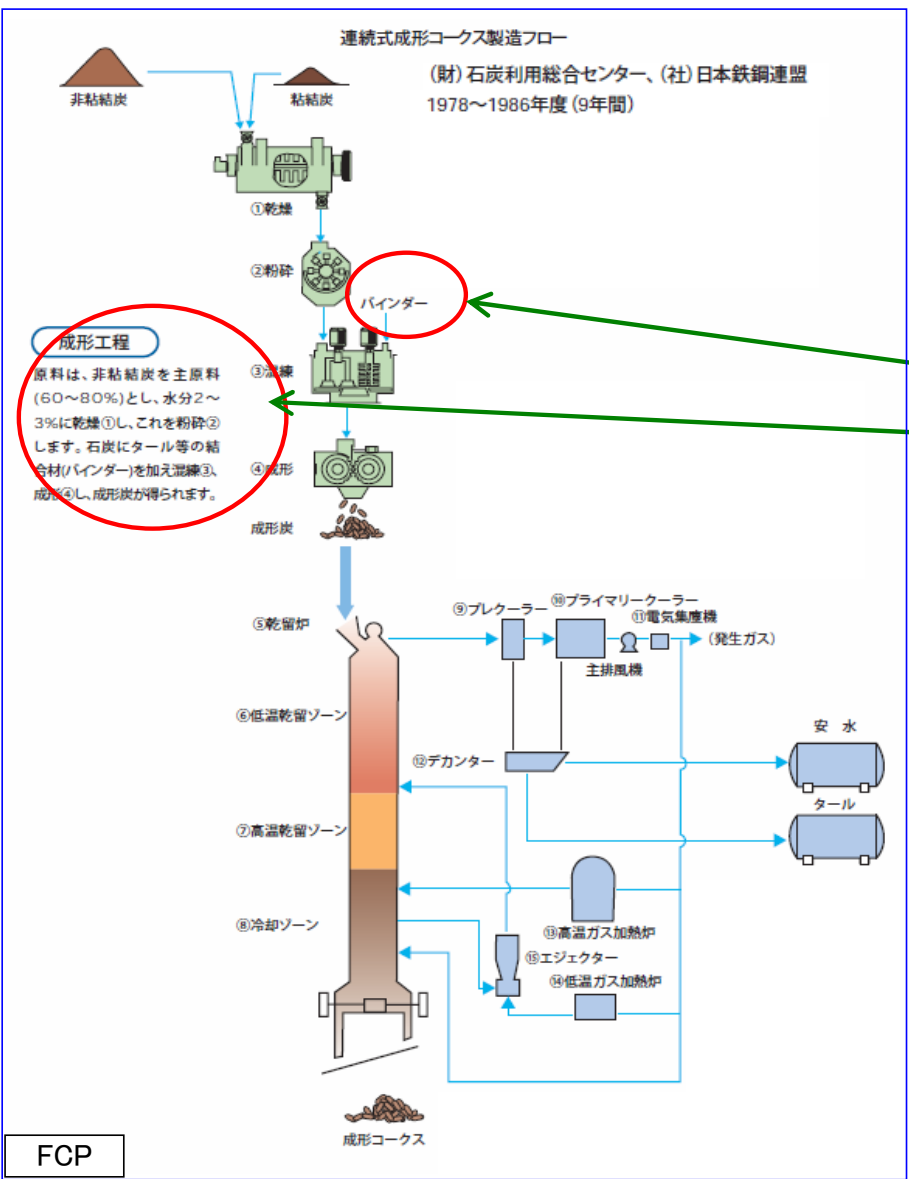
【多目的石炭転換技術(CPX)】

(財)石炭利用総合センター、新日本製鐵(株)、日本鋼管(株)、川崎製鉄(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、宇部興産(株)、出光興産(株)、新日鐵化学(株)
1996～2000年(5年間)

原料: 亜瀝青炭から高揮発瀝青炭クラスの安価な石炭

技術: 石炭の**急速熱分解**+生成**チャー**のリサイクルによるガス化

製品: 高熱効率で多量のガス・**タール**



【H18年度(2006)クリーン・コール・テクノロジー推進事業】
芳香族水素化溶剤を用いた褐炭からの高性能粘結炭製造

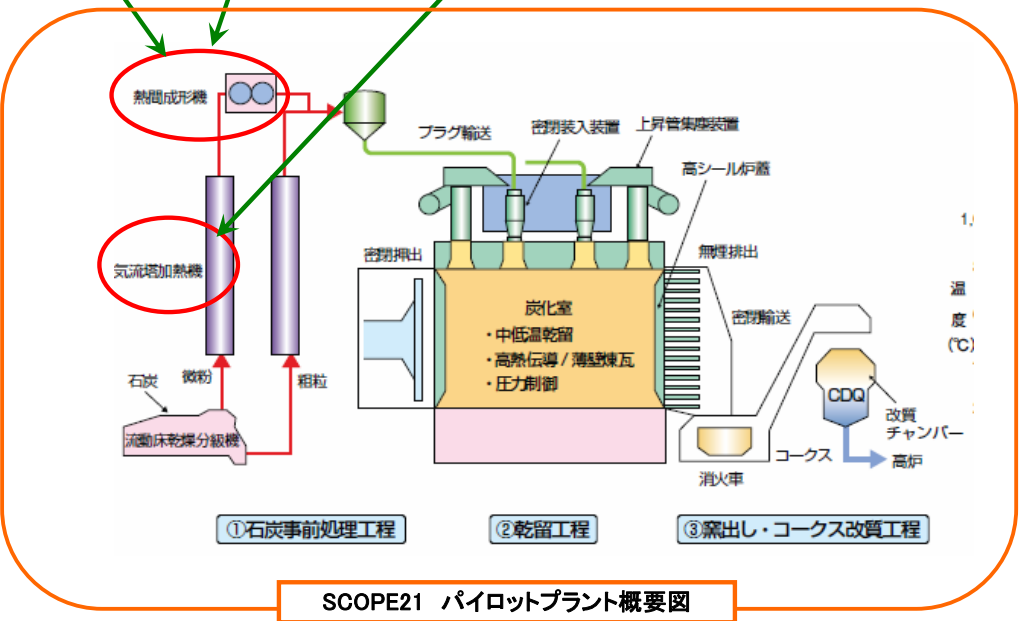
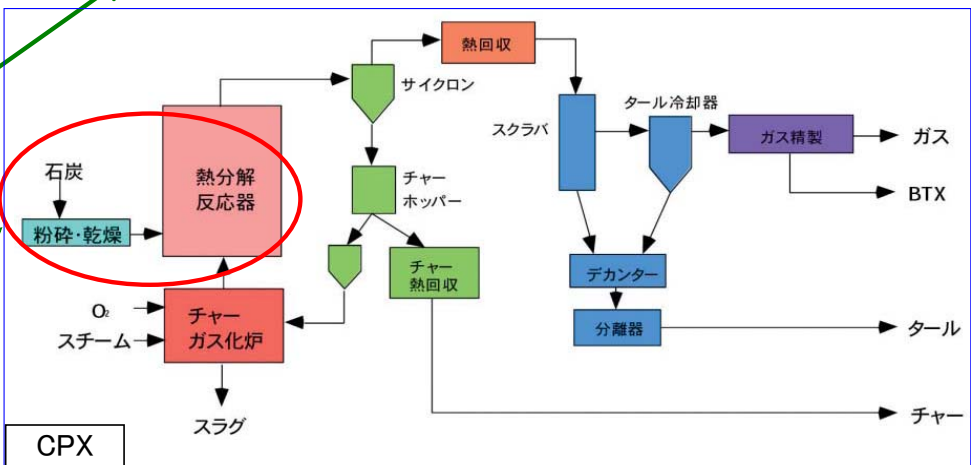
(財)エネルギー総合工学研究所
一般炭あるいは低品位炭を原料とし、水素化重質溶剤を用い、加圧下で高溶解浸透力溶媒的作用により溶解・融解・膨潤化し、熟成、縮合、熱分解部分水素化反応を逐次進行させて人造粘結炭製造**バインダー**

要素基盤技術

成型技術

バインダー技術

加熱技術



- 1) SCOPE21成果を適用する**実機1号機**が建設、実証されており、今後の**改善開発及び実用化の拡大**が期待される。
- 2) SCOPE21成果の燃焼技術など**要素技術**を適用した実用化が進展している。
- 3) 石炭やコークス分野の**国家プロジェクト**で培われてきた**要素基盤技術**や人材の一層の活用も期待され、国内コークス炉の段階的進展に寄与すると考えられる。
- 4) 2008年から始動した国家プロジェクト「**環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)**」の効果発現の一環として、SCOPE21成果の活用が期待される。