

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」
事後評価報告書

平成25年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

平成25年3月

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
理事長 古川 一夫 殿

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会 委員長 西村 吉雄

NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、別添のとおり
評価結果について報告します。

目次

はじめに	1
分科会委員名簿	2
審議経過	3
評価概要	4
研究評価委員会におけるコメント	7
研究評価委員会委員名簿	8
第1章 評価	
1. プロジェクト全体に関する評価結果	1-1
1. 1 総論	
1. 2 各論	
2. 個別テーマに関する評価結果	1-20
2. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術開発	
2. 2 COGのドライ化・増幅技術開発	
2. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	
2. 4 CO ₂ 分離・回収技術開発	
2. 5 未利用顕熱回収技術の開発	
3. 評点結果	1-43
第2章 評価対象プロジェクト	
1. 事業原簿	2-1
2. 分科会における説明資料	2-2
参考資料1 評価の実施方法	参考資料 1-1
参考資料2 評価に係る被評価者意見	参考資料 2-1
参考資料3 分科会議事録	参考資料 3-1
参考資料4 評価結果の反映について	参考資料 4-1

はじめに

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構においては、被評価プロジェクトごとに当該技術の外部専門家、有識者等によって構成される研究評価分科会を研究評価委員会によって設置し、同分科会にて被評価対象プロジェクトの研究評価を行い、評価報告書案を策定の上、研究評価委員会において確定している。

本書は、「環境調和型製鉄プロセス技術開発」の事後評価報告書であり、第31回研究評価委員会において設置された「環境調和型製鉄プロセス技術開発」（事後評価）研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第35回研究評価委員会（平成25年3月26日）に諮り、確定されたものである。

平成25年3月
独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」

事後評価分科会委員名簿

(平成24年12月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ひの みつたか 日野 光元	東北大学 名誉教授
分科会長 代理	ながた かずひろ 永田 和宏	東京藝術大学 大学院美術研究科 教授
委員	あおき ひでゆき 青木 秀之*	東北大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 教授
	あべ たかゆき 阿部 高之	一般社団法人 日本プラント協会 技術室 室付部長
	しみず ただあき 清水 忠明	新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授
	まえ かずひろ 前 一廣*	京都大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 教授
	まきの ひさお 牧野 尚夫	一般財団法人 電力中央研究所 首席研究員

敬称略、五十音順

注*：実施者の一部と同一大学であるが、所属部署が異なるため（実施者：東北大学 多元物質研究所、京都大学 エネルギー科学研究所）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成23年7月7日改正)」第34条（評価における利害関係者の排除）により、利害関係はないとする。

審議経過

第1回 分科会（平成24年12月3日）

公開セッション

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法と評価報告書の構成について
4. プロジェクトの概要説明

非公開セッション

5. プロジェクトの詳細説明
6. 全体を通しての質疑

公開セッション

7. まとめ・講評
8. 今後の予定
9. 閉会

現地調査会（平成24年11月26日）

新日鐵住金株式会社 総合技術センター会議室
新日鐵住金株式会社 君津製鉄所

第35回研究評価委員会（平成25年3月26日）

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、温暖化の主原因となる産業部門での CO₂ 発生起源の 1 つである鉄鋼部門で、その 7 割を占める高炉操業工程において、発生する CO₂ を 3 割削減しようとする意欲的な取り組みであり、排出低減のもたらすインパクトはきわめて大きい。本技術開発は大規模であるがゆえに、民間活動のみでは達成が難しいことから、官民一体となって推進すべき重点研究開発内容であり、NEDO の関与が必要である。世界トップレベルの顕著な成果も得られており大いに評価できる。特に、多様な石炭から品質の良いコークスを作れるようにした事と、CO₂ 回収技術の所要動力を大幅に低減できた事は高く価値できる。また、実用化へ向けた具体的な課題もしっかり抽出されており、次のステップへ進む準備は整っている。

一方、本開発プロジェクトの主課題である水素還元法については、未だ確固たる実用化の目途が立っておらず、還元反応速度の促進メカニズムなどの基本原理を更に詳細に明確にし、その利点を如何に活かすかという操業方法の確立や実用化に向けた構造検討と実証を今後さらに行って頂きたい。

2) 今後に対する提言

高純度鋼生産のために高炉工程は必ず今後も主たる製鉄法として存続すると考えられ、高炉操業での CO₂ 排出量を画期的に削減する本法を高炉操業の世界標準とするように、主導権を持って本開発技術を世界中に流布して頂きたい。そのためにも、将来の本技術の海外展開の下地を作るべく、学会発表、学術論文など世界に向けた発表を積極的に進められたい。

本技術開発は長期スパンとなるため、本技術の実用化、定着には、世代を繋ぐ若い世代の技術者の開発への適切な配置、開発成果を定量的に体系化し論理、知識を継承していく仕組みづくりとマネジメントが非常に重要となる。さらに CO₂ 発生量削減に関する戦略と技術の世界的な流れを注意深く精査し修正して、世界の事情の変化に柔軟に対応できる体制が必要である。

技術全体の組合せとしての実用化よりも、部分的に導入できるものからでも段階的に活用していく方法も有効ではないか。例えば、CO₂ 回収や熱回収技術については、他産業への適用も可能であるので、成果の広報と他産業への情報提供に努めて頂きたい。このような個別技術の実用化により、本技術開発の総コストダウンが促進され、本プロセスの実用化に大いにプラスとなると考えら

れる。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

2030年までに鉄鋼生産工程からCO₂の排出量を30%削減する事業は、国が重点項目として推進している環境安心イノベーションプログラム及びエネルギーイノベーションプログラムに適うものであり、CO₂削減という側面だけでなく、鉄鋼業を国際競争力のある革新的な技術へと展開できる可能性を有しており、NEDO事業として実施すべき優先的な開発内容と判断できる。本技術開発の成果は我が国鉄鋼業からの大気温暖化ガス排出量削減だけに寄与するだけではなく、世界の鉄鋼業に対する技術輸出も十分に考えられ、地球規模の大気温暖化ガス排出量削減にも寄与することが期待出来る。

一方長期スパンでの開発となるため、北米でのシェールガス開発の事業化等の情勢変化を考慮に入れた対応策を十分に討議し、世界で行われている2030年における鉄鋼生産方式の様々な論議や実践を、今後十分に考慮するべきである。

2) 研究開発マネジメントについて

目標策定に当たっては、諸外国の動向を把握した上で、数値設定が具体的で意欲的にされており、妥当である。事業体制は産学官連携が全日本連携体制となっており、極めて妥当である。また外部有識者のアドバイスを受けるため、NEDO主催の技術検討委員会、実施者主催のアドバイザリーボードが設置されており、マネジメントを円滑に進める体制が整えられている。中間評価での指摘点を具体化し、全ての指摘項目を解決して開発を効果的に推進しているマネジメントも大いに評価できる。

しかし、アドバイザリーボードを追加新設したにも拘わらず、水素還元機構がCO還元機構と如何に違っており、その特徴を生かすためにはどうすべきか、というような基礎について相互に意見交換が十分なされたとは見受けられない。アドバイザリーボードはこれまで3年間で3回開催されたと報告されているが、さらに活用することが必要である。

3) 研究開発成果について

成果の達成は評価時点でおおむね目標を達成しており、全体として達成が見込まれる。低位熱発電システムの低コスト化、CO₂吸収法の新開発などに期待以上の世界最高水準の成果が得られているので、この成果を早速他分野に適用し市場の創造に繋げて欲しい。また、HPCのコークス製造への利用はコークス原料の多様化をもたらすことができ、資源的制約をかなり緩和するとともに、

価格決定力に対しても大きな影響を及ぼすことが期待できる。個々の開発に関して知財戦略も行われており、次のステップへ進むに十二分の状況にあると判断できる。

一方、2030年における実用化を考えに置くと、本開発研究はまだ緒に就いたばかりであり、今期間で十分に明らかにできなかった、高炉内への吹き込み水素の侵入深さの確保などの事項を再考し、次期の計画の再構築を今から取り組んで頂きたい。また、高炉の排ガスからのCO₂分離回収技術費用には、貯留コストも入れて計算すべきである。

4) 実用化の見通しについて

高炉法に基づく新製鉄プロセスの実用化へのロードマップはしっかりできている。これに対して、基盤研究フェーズは設定以上の成果が得られており、次のフェーズで実用化を目指して開発を実施するに十分なところへ到達している点で実用化の見通しは十分にあると判断できる。特に低位熱発電システムの低コスト化、CO₂吸収法実用化の他分野への適用が見通せる段階に入ったように見られる。

一方、鉄鋼高炉への部分的な水素吹き込み還元法については、理論的な基礎裏付けは確認できたものの、高炉への水素ガス吹き込み技術など、実用化イメージができていない。COG改質触媒法は開発に成功したと謳っているが、安定した長期運用を考えた場合、客観的に見て目標水素増幅率は2倍以上の活性を發揮することはできていない。

各要素技術に対して、部分的な導入や鉄鋼産業以外での利用も有望なものもあり、是非それぞれの技術を最大限利用するという視点で普及拡大も検討して欲しい。

研究評価委員会におけるコメント

第35回研究評価委員会（平成25年3月26日開催）に諮り、本評価報告書は確定された。研究評価委員会からのコメントは特になし。

研究評価委員会

委員名簿（敬称略、五十音順）

職 位	氏 名	所属、役職
委員長	西村 吉雄	技術ジャーナリスト
委員長 代理	吉原 一紘	オミクロンナノテクノロジージャパン株式会社 最高顧問
委員	安宅 龍明	元一般社団法人ナノテクノロジービジネス推進協議会 企画運営推進会議 副議長
	伊東 弘一	学校法人早稲田大学 理工学術院 総合研究所 客員教授（専任）
	稲葉 陽二	学校法人日本大学 法学部 教授
	尾形 仁士	三菱電機株式会社 社友
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	佐久間一郎	国立大学法人東京大学大学院 工学系研究科 附属医療福祉工学開発評価研究センター センター長／教授
	佐藤 了平	国立大学法人大阪大学 大学院工学研究科 マテリアル 生産科学専攻（システムデザイン領域担当） 教授
	菅野 純夫	国立大学法人東京大学 大学院新領域創成科学研究科 メディカルゲノム専攻 教授
	宮島 篤	国立大学法人東京大学 分子細胞生物学研究所 教授
	吉川 典彦	国立大学法人名古屋大学 大学院工学研究科 マイクロ・ナノシステム工学専攻 教授

第1章 評価

この章では、分科会の総意である評価結果を枠内に掲載している。なお、枠の下の「○」「●」「・」が付された箇条書きは、評価委員のコメントを原文のまま、参考として掲載したものである。

1. プロジェクト全体に関する評価結果

1. 1 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、温暖化の主原因となる産業部門での CO₂ 発生起源の 1 つである鉄鋼部門で、その 7 割を占める高炉操業工程において、発生する CO₂ を 3 割削減しようとする意欲的な取り組みであり、排出低減のもたらすインパクトはきわめて大きい。本技術開発は大規模であるがゆえに、民間活動のみでは達成が難しいことから、官民一体となって推進すべき重点研究開発内容であり、NEDO の関与が必要である。世界トップレベルの顕著な成果も得られており大いに評価できる。特に、多様な石炭から品質の良いコークスを作れるようにした事と、CO₂ 回収技術の所要動力を大幅に低減できた事は高く価値できる。また、実用化へ向けた具体的な課題もしっかり抽出されており、次のステップへ進む準備は整っている。

一方、本開発プロジェクトの主課題である水素還元法については、未だ確固たる実用化の目途が立っておらず、還元反応速度の促進メカニズムなどの基本原理を更に詳細に明確にし、その利点を如何に活かすかという操業方法の確立や実用化に向けた構造検討と実証を今後さらに行って頂きたい。

〈肯定的意見〉

鉄鋼業の国際競争力を高め、今後も世界のリーダーで有り続けるためには、従来の技術革新にとらわれない飛躍的な技術開発が必要である。CO₂ 排出低減、資源の有効利用およびコスト削減の観点から、本プロジェクトは企業のリスクの点からも国プロとしての位置づけが適切である。ここまで得られた成果は、国際的に見ても大変優れた技術が含まれており、本プロジェクトでなければなし得なかったと考える。

地球温暖化防止対策として、温暖化の主原因となる産業部門での CO₂ 発生起源の 1 つである鉄鋼部門で、その 7 割を占める高炉操業工程において、発生する CO₂ を 3 割削減しようとする意欲的な取り組みである。

本企画の個別技術の開発は、概ね計画通りに進捗している。

環境安心イノベーションプログラム及びエネルギーイノベーションプログラムとして、今後も官民一体となって推進すべき重点研究開発内容である。製鉄業において、現業レベルから大幅な CO₂ 削減を実現しつつ国際競争力を有する革新的技術を開発するために提案された要素技術は、世界トップレベルの顕著な成果として最終目標も達成されており大いに評価できる。また、実用化へ向けた具体的な課題もしっかり抽出されており、次のステップへ進む準備は整っている。マネジメント体制もオールジャパ

ン体制を敷いて有機的に連携して推進されており申し分ない。
CO₂化学吸収法の新しい吸収液を開発し実用化の目途が立った。この吸収液は再生温度を低くできるので、CO₂除去の経済性を良くすることができる。今後のCO₂固定化の実用化にも資する成果であると評価できる。
高炉法による製鉄からのCO₂発生量はわが国のCO₂発生量の約10%を占めており、そのCO₂排出量低減のもたらすインパクトはきわめて大きい。
還元剤に水素を用いる方法は、将来的には非化石エネルギー資源からの水素供給と組み合わせることで、高炉からのCO₂排出量低減に大きく寄与する可能性が高い技術である。しかし、水素源の供給安定性を考えると既存の化石燃料からの水素供給システムについても検討をしておく必要がある。加えて、高炉から発生するガスからのCO₂回収もCO₂排出低減に大きく寄与するが、経済性を考えると一段高いエネルギー消費低減技術が要求されている。また、以上の技術にはそれを支える周辺の技術として、コークス製造、未利用熱エネルギー回収などの開発も必要である。以上の包括的な技術開発は、実用化し事業化できれば、世界的にもインパクトが大きい公共性の高いものであるが、大規模であるがゆえに民間活動のみでは達成が難しいと考えられ、NEDOの関与が必要であると考えられる。
成果を見ると、この目的に概ね合致した成果が水素利用還元、コークス炉ガス改質、CO₂分離方式の開発、熱回収技術の開発、全体プロセスの評価で得られるとともに、その中でも一般炭からコークス製造原料を製造する方法の確立、新規CO₂吸収溶液の開発などの波及効果の高い特に大きな成果が得られたと考えられる。
全部の要素技術において、着実に効果を明らかにすると共に、適切な評価も伝えており、十分信頼性に足る成果を得ていると考える。特に、多様な石炭から品質の良いコークスを作れるようにした事と、CO₂回収技術の所要動力を大幅に低減できた事は価値が高い。

〈問題点・改善すべき点〉

個別技術の進展は十分進んでいると判断できるが、次のステップへの展開を考えていく上で、15～20年後のアジアにおける日本の製鉄業の位置づけ、製鉄プロセスからみた戦略を再度検討して、次ステップの戦略を確認し具体的な研究開発項目と目標を設定することが非常に重要である。
高炉への水素導入による還元反応速度の促進メカニズムなどの基本原理を更に詳細に明確にし、その利点を如何に活かすかという操業方法の確立を行って頂きたい。
本開発プロジェクトの主課題である水素還元法については、未だ確固たる

実用化の目途が立っておらず、今後さらに実用化に向けた構造検討と実証が必要である。Step 2 で予定しているミニ試験高炉の結果が実用化の鍵を握っていると思われるので、事前の構造検討を十分に行なってから実施する必要がある。

いくつかのサブテーマについて結果ならびに成果見通しについて検討の余地がある。より一層の技術開発を期待する。

高炉の製鉄工程からの炭酸ガス発生量削減の全体計画が、CCS 技術の成就だけを前提としていることに問題がある。研究開発マネジメントの立案と遂行に硬直した傾向が見られる。炭酸ガスの発生を発生源から削減するという根本的な技術開発も本企画のなかに入れるべきである。特に、原料の加熱と還元反応エネルギーに用いられるコークスの燃焼エネルギーを電気等のエネルギーに代替する技術開発も同時に行うべきである。

〈その他の意見〉

- ・ 製鉄業を軸に日本産業を再度牽引するために、世界に新技術のプレゼンスを積極的に示していき、次世代の世界のデファクトスタンダードを構築していくことも推進すべきである。
- ・ いくつかのサブテーマについては、技術開発を加速する必要がある。また、成果目標を達成できているサブテーマについても、さらなる技術開発を実施することが求められる。わが国の製鉄所において、実効性のある製鉄プロセスを実現すべく、開発度に応じたシステム評価を今後も継続し、精査していくことが求められる。
- ・ 現在の高度なシステムの中で得られた成果を活かすという視点では、非常にきちんとした検討がなされているが、今回得られた成果を一層有効に活かすために、システムやその操作条件を全く新しいものに見直すことも考えて良いのではないか。
- ・ 本プロジェクトの成果は、鉄鋼業からの CO₂ の排出量低減にとどまらず、コークス原料となる石炭種類の幅の拡大を通じての資源確保戦略への寄与など、戦略的重要性と波及効果が極めて大きい。それらに対するアピールがやや弱いと思われる。

2) 今後に対する提言

高純度鋼生産のために高炉工程は必ず今後も主たる製鉄法として存続すると考えられ、高炉操業での CO₂ 排出量を画期的に削減する本法を高炉操業の世界標準とするように、主導権を持って本開発技術を世界中に流布して頂きたい。そのためにも、将来の本技術の海外展開の下地を作るべく、学会発表、学術論文など世界に向けた発表を積極的に進められたい。

本技術開発は長期スパンとなるため、本技術の実用化、定着には、世代を繋ぐ若い世代の技術者の開発への適切な配置、開発成果を定量的に体系化し論理、知識を継承していく仕組みづくりとマネジメントが非常に重要となる。さらに CO₂ 発生量削減に関する戦略と技術の世界的な流れを注意深く精査し修正して、世界の事情の変化に柔軟に対応できる体制が必要である。

技術全体の組合せとしての実用化よりも、部分的に導入できるものからでも段階的に活用していく方法も有効ではないか。例えば、CO₂ 回収や熱回収技術については、他産業への適用も可能であるので、成果の広報と他産業への情報提供に努めて頂きたい。このような個別技術の実用化により、本技術開発の総コストダウンが促進され、本プロセスの実用化に大いにプラスとなると考えられる。

〈今後に対する提言〉

- ・ 劣質資源を利用せざるを得ない近い将来を考えると、新製鉄法としてこれから種々の製鉄法が開発されると思われるが、高純度鋼生産のためには欠くべからざる工程として高炉工程は必ず今後も主たる製鉄法として存続すると考えられる。従って、地球温暖化の主起源と考えられる発生源の高炉操業での CO₂ 排出量を画期的に削減する本法を高炉操業の世界標準とするように、主導権を持って本開発技術を世界中に流布して頂きたい。
- ・ 新しく開発した化学吸収液については、他産業への適用も可能であるので、成果の広報と他産業への情報提供に努めて頂きたい。
- ・ 目標を達成するために、十分な技術的検討をせず、実施していると思われる部分（サブテーマ 2&5）がある。限られた時間内で成果が求められることは理解できるが、実用化を目的として、より洗練された開発を実施していただきたい。また、試験高炉の設置について、予算的な制約があったために、これからの課題となっていると考えられるが、一刻も早く設置・実験を開始し、高炉内現象解明を加速させ、得られた情報を関連サブテーマに提供することにより、プロジェクト全体の効率化とスピードアップを目指すことを期待する。
- ・ 2030 年という長い期間後の技術を開発しているので、炭酸ガス発生量削

減に関する戦略と技術の世界的な流れを注意深く精査し修正して、世界の事情の変化に柔軟に対応できる体制が必要である。

- いずれの技術も、着実なスケールアップ検討を行えば実用化に向けて順調に進展できると思われる。技術全体の組合せとしての実用化よりも、部分的に導入できるものからでも段階的に活用していく方法も有効ではないか。
- 長期スパンでの開発となるため、本技術の実用化、定着には、世代を繋ぐマネジメントが非常に重要となる。これを行うために、今後の開発においては、若い世代の技術者の開発への適切な配置、開発成果を定量的に体系化し論理、知識を継承していく仕組みづくりが重要である。また、個別技術単独で他の産業界に利用可能な技術（CO₂回収や熱技術）は、別途、実用化、商用化へと展開することが望まれる。この実用化により、本技術開発の総コストダウンが促進され、本プロセスの実用化に大いにプラスとなると考えられる。
- 本プロジェクトの成果は、鉄鋼業からのCO₂の排出量低減にとどまらず、コークス原料となる石炭種類の幅の拡大を通じての資源確保戦略への寄与や、低温再生が可能な新規吸収剤による火力発電排ガスからのCO₂回収時の効率低下抑制など、戦略的重要性と波及効果が極めて大きい。それらに対するアピールがやや弱いと思われる。CO₂問題はわが国だけの問題ではなく世界的な問題であるので、本技術を海外展開の際のイメージ（例えば水素をどのように調達するか）などについても検討を継続されたい。学会発表、学術論文などのリストを見ると、対外発表で外国向けのもの（国際会議など）が少ないように思われる。特に、製鉄関係の海外での学会発表が少ないと思われる。日本の鉄鋼業のCO₂排出量低減に対する努力を世界に知らしめるとともに、将来の本技術の海外展開の下地を作るためにも、世界に向けた発表を積極的に進められたい。

〈その他の意見〉

1. 2 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

2030年までに鉄鋼生産工程からCO₂の排出量を30%削減する事業は、国が重点項目として推進している環境安心イノベーションプログラム及びエネルギーイノベーションプログラムに適うものであり、CO₂削減という側面だけでなく、鉄鋼業を国際競争力のある革新的な技術へと展開できる可能性を有しており、NEDO事業として実施すべき優先的な開発内容と判断できる。本技術開発の成果は我が国鉄鋼業からの大気温暖化ガス排出量削減だけに寄与するだけではなく、世界の鉄鋼業に対する技術輸出も十分に考えられ、地球規模の大気温暖化ガス排出量削減にも寄与することが期待出来る。

一方長期スパンでの開発となるため、北米でのシェールガス開発の事業化等の情勢変化を考慮に入れた対応策を十分に討議し、世界で行われている2030年における鉄鋼生産方式の様々な論議や実践を、今後十分に考慮するべきである。

〈肯定的意見〉

2030年までに鉄鋼生産工程から炭酸ガスの排出量を30%削減する事業の目的は、国際的な要請として重要であり、妥当である。

新・国家エネルギー戦略に則った革新技術計画であり、妥当な事業である。高炉法による製鉄工程からのCO₂発生量はわが国のCO₂発生量の約10%を占めており、そのCO₂排出量低減のもたらすインパクトは極めて大きい。還元剤に水素を用いる方法は、将来的には非化石エネルギー資源からの水素供給と組み合わせることで、高炉からのCO₂排出量低減に大きく寄与する可能性が高い技術である。しかし、水素源の供給安定性を考えると、既存の化石燃料からの水素供給システムについても検討をしておく必要がある。加えて、高炉から発生するガスからのCO₂回収もCO₂排出量低減に大きく寄与するが、経済性を考えると一段高いエネルギー消費低減技術が要求されている。また、以上の技術にはそれを支える周辺の技術として、コークス製造、未利用熱エネルギー回収などの開発も必要である。以上の包括的な技術開発は、実用化し事業化できれば、世界的にもインパクトが大きい公共性の高いものであるが、大規模であるがゆえに民間活動のみでは達成が難しいと考えられ、NEDOの関与が必要であると考えられる。本技術と競合する可能性がある外国技術としては、欧州のULCOSがあるが、その方式との情報交換などを通じて適切な研究開発の方向性が維持されているものと思われる。本プロジェクトは着実に成果を上げつつあり、研究開発予算に見合った成果が上がるということが十分に期待できる。

プロジェクト成果の当該分野に及ぼすインパクトを考えると、NEDO事

業として妥当な開発案件と判断する。

我が国全体の CO₂ 排出量のほぼ 15% を占める鉄鋼業の省エネ及び CO₂ 固定化による大気温暖化ガス排出量削減は、地球温暖化対策の一環として我が国が国を挙げて取り組むべき研究開発課題である。本技術開発の成果は、我が国鉄鋼業からの大気温暖化ガス排出量削減だけに寄与するだけではなく、世界の鉄鋼業に対する技術輸出も十分に考えられ、地球規模の大気温暖化ガス排出量削減にも寄与することが期待出来る。

大幅な省エネ型システムの開発および CO₂ の排出量大幅削減という、環境上、エネルギーセキュリティ上、重要な課題を扱っており、NEDO 事業として行う意義は大きいと考える。我が国の鉄鋼産業が持つ高い技術レベルをさらに進化させるものであり、重要なテーマであると考ええる。

最大社会素材である粗鋼の経済的な生産は国を支える基幹産業であり、この観点から日本の鉄鋼業の今後の展開を考えると、官民一体となって推進すべき開発項目であると考えられる。その内容は、国が重点項目として推進している環境安心イノベーションプログラム及びエネルギーイノベーションプログラムに適うものであり、CO₂ 削減という側面だけでなく、鉄鋼業を国際競争力ある革新的な技術へと展開できる可能性を有しており、NEDO 事業として実施すべき優先的な開発内容と判断できる。また、CO₂ 回収技術では単独で実用化可能なレベルに達しており、費用対効果も十分認められる。

〈問題点・改善すべき点〉

北米でのシェールガス開発の事業化で、天然ガス価格が半額となり、これから 100 年間の生産が保障されている情勢変化を考慮に入れた、対応策が十分に討議されていたのかが不明瞭である。

企業の開発リスクを低減するための補助事業であるため、企業の積極的な技術開発実施を求める。

本事業との比較を EU で開発されている ULCOS と比較してその優位性を論じているが、他国との比較が不十分である。米国では電気炉を中心とするミニミルの方向が模索されている。世界の動向に対する調査、認識が不十分である。我が国が、高炉を中心とする生産方法だけで 2030 年に世界の鉄鋼生産をリードできるという前提に立って本事業が行われている点は政策上やむを得ない面もあるだろうが、前提が崩れた場合の対案も本事業のような長期プロジェクトでは不可欠である。

世界で行われている 2030 年の鉄鋼生産方式の様々な論議や実践を、本事業で十分検討されるべきである。その上で、本事業の妥当性を証明し、国

民の理解を得られるようにすべきである。本事業は、水素吹き込みで 10%、高炉の排ガスから炭酸ガスを分離、固定化で 20%の削減を目標とし、そのコストを計算しているが、固定化した炭酸ガスの製鉄所内貯留、埋設場所への輸送および地中埋設等に要する全体のコストで、国際競争力を評価すべきである。

〈その他の意見〉

- ・ 本評価委員会において CO₂ 固定化技術確立を前提とした研究開発について異論が出ていた。CO₂ 固定化技術の確立には未だ時間がかかることや、確実に実用化できるとは言えないことは確かであるが、同技術の開発は別途に国の事業として実施中であり、技術が実用化される前提で本プロセスの開発も並行して進めるべきである。
- ・ 分離回収技術の前提となっている貯留技術は、火力発電などからの炭酸ガスの処理を含め、地球温暖化対策として国際的・国家的な課題である。経済産業省の技術戦略マップにおいても炭酸ガス固定化・有効利用分野及びエネルギー分野において 2020 年本格適用が掲げられており、資源エネルギー庁および産業技術環境局含め、CCS 技術開発業務を平行して推進しているおり、その前提は崩れないとの認識で本事業が行われているが、「崩れた場合」の対策を検討すべきである。「原子力は安全で事故は起きない」という「神話」に近い前提では、税金を使って行う事業に対して国民の理解は得られないであろう。
- ・ 本技術の実用化までのシナリオを再度検討し、国が効果的に関与する項目と時期を戦略的に整理し提示していく必要がある。すなわち、次ステップの最終目標設定が極めて重要で、これまでに得られた成果をベースに個別技術、全体システム両面からロードマップを策定することが望まれる。
- ・ 本プロジェクトの研究開発予算は Phase 1 Step 1 の実績が約 100 億円、Step 2 の予算が 150 億円と見込まれており、全額を国が負担する委託研究となっている。プロジェクト参加者は日本の基幹産業である鉄鋼業の大企業であること、研究開発の目的が我が国の製鉄業が世界的に生き残れるかに係る重要なものであることを考慮すると、参加企業も応分の負担をすべきと考える。

2) 研究開発マネジメントについて

目標策定に当たっては、諸外国の動向を把握した上で、数値設定が具体的に意欲的にされており、妥当である。事業体制は産学官連携が全日本連携体制となっており、極めて妥当である。また外部有識者のアドバイスを受けるため、NEDO 主催の技術検討委員会、実施者主催のアドバイザリーボードが設置されており、マネジメントを円滑に進める体制が整えられている。中間評価での指摘点を具体化し、全ての指摘項目を解決して開発を効果的に推進しているマネジメントも大いに評価できる。

しかし、アドバイザリーボードを追加新設したにも拘わらず、水素還元機構が CO 還元機構と如何に違っており、その特徴を生かすためにはどうすべきか、というような基礎について相互に意見交換が十分なされたとは見受けられない。アドバイザリーボードはこれまで 3 年間で 3 回開催されたと報告されているが、さらに活用することが必要である。

〈肯定的意見〉

日本の主要鉄鋼各社が全て集まって各研究項目を担当するビッグプロジェクトに対して、プロジェクトリーダーの適切なリーダーシップのもと、緊密な協働活動体制を敷いて実行されており、これこそ国プロと大いに評価できる。また、研究開発目標の設定も妥当で、目標を達成することで新技術の実用化への展開が見込めるものとなっている。また、オールジャパンで合意した内容となっているため、実施主体が実用化を意識した開発となっている点も良い。各研究開発項目とも、中間評価での指摘点を具体化し、全ての指摘項目を解決して開発を効果的に推進しているマネジメントも大いに評価できる。

鉄鋼業界各社と研究機関・大学が参加した研究体制となっている。そのためプロジェクトのマネジメントが重要であるが、各参加機関およびサブテーマ間の調整を行うため、プロジェクト全体の企画・運営会議、各サブテーマ間の調整を行う全体プロセス評価・検討会議 WG が設置されている。また外部有識者のアドバイスを受けるため、NEDO 主催の技術検討委員会、実施者主催のアドバイザリーボードが設置されており、マネジメントを円滑に進める体制が整えられている。

研究開発目標は、数値設定が具体的で意欲的であり、妥当である。事業体制は産学官連携が全日本連携体制となっており、極めて妥当である。研究成果の実現化に向けて、LKAB での試験高炉操業を前倒しで行ったことは大いに評価される。CO₂ 吸収・分離についての研究成果は予定通りに進展しており、これらに関係する知財マネジメントは良く実行されている。

高炉での製鉄工程における炭酸ガス発生量抑制の観点から、水素ガス吹き込みと排ガスからの炭酸ガスの分離により 30%の削減を本企画の柱としている。これは加熱と還元反応のエネルギーをコークスの燃焼により供給する従来の方法と同じである。高炉から発生する炭酸ガス量の削減は水素供給により現在 2.5%であるが、最大 7%が削減できるという見通しは評価できる。

本プロジェクトの目標策定に当たっては、諸外国の動向を把握した上で適切に設定されており、また、特に本構想と競合する可能性のある欧州のプロセスについては、適切な情報収集が行われている。開発目標は具体的数値を与えているものが多く、そのため適切に達成度が判断できるようになっている。

高炉への水素の還元剤としての適用について、反応性試験、安定的水素発生源としての COG 利用、コークスの製造技術など、目標達成に必要な要素技術が取り上げられている。また、CO₂分離については、製鉄所に適合していると思われる溶液による吸収法と吸着法が技術として取り上げられ、そのために吸収液の開発ならびに分離のためのエネルギー源として未利用熱の有効活用法探索が要素技術として検討され、妥当な開発計画となっている。これらの技術を開発するに当たって、鉄鋼会社及び研究機関、大学など技術力を有する機関がそれぞれ適切な分担で研究開発を行える体制が構築されており、また外部有識者によるアドバイスを受けることができる体制となっている。成果の受け取り手である鉄鋼会社による研究開発が主体になっているので、成果の受け取り手と研究プロジェクト間のコミュニケーションは十分に取れており、成果の実用化戦略を明確化できる体制となっていると思われる。また成果については知財会議によって適切にマネジメントされる体制となっている。体制の中で進捗が適切に管理されるとともに、進捗に応じて LKAB 高炉の試験を行うなど、適切な計画の見直しが行われたと考えられる。

研究目標は明確であり、それに向けた開発計画も適切に要素技術を組み立てたものとなっており、妥当なものと考えられる。本課題に関して高い技術力を有するメンバーが開発に参加しており、目標達成に向け有効な体制となっていると考える。

〈問題点・改善すべき点〉

マネジメントを行う上では特に外部有識者のアドバイスが重要である。今回の体制では特にアドバイザリーボードが、研究開発の進捗監視・方針決定に具体的なアドバイスする役割を期待されている様に見受けられる。事

業原簿によると、これまで3年間で3回開催されたと報告されているが、さらに活用することが必要と思われる。例えば、2012年度のLKABでの試験研究では期待された成果が得られていないが、その様な際には、同ボードを臨時にでも開催して適宜タイムリーなアドバイスを受け、方針変更を図ることが望まれる。

折角、日本挙げての産学官連携体制を確立していながら、更には技術検討委員会、アドバイザリーボードを追加新設したにも拘わらず、水素還元機構がCO還元機構と如何に違っており、その特徴を生かすためにはどのように、COGガスや改質COGガスを高炉に導入すべきか、というような基礎について相互に意見交換が十分なされたという解析結果が得られているとは思えないところが見受けられる。世界の製鉄業界のリーダーを自負しているならば、本開発技術を以って、直近のCO₂削減の最先端技術を伴う世界標準高炉操業法にすべく、もっともっと積極的に世界中の学会で発表すべきであった。東日本大震災の発生などにより、急激にエネルギー需要供給見通しに変化してしまった、情勢変化に応じた研究開発計画の見直しが真剣になされた形跡が読み取れない。

大学研究の鉄鋼離れが、特に製鉄分野で進行している。本プロジェクトの重要性を学側にアピールし、研究に参加してもらうことで、将来の人材育成にもなると考える。

炭酸ガスの分離と地中埋込みだけを前提とする本企画は、「ひとつの籠に入れた卵」であり、地中埋込みが実現しない場合、30%の炭酸ガス削減は不可能になる。例えば、炭酸ガスを発生源から断つという方法も本企画と同時に研究すべきである。加熱と還元反応のエネルギーとして電気等他のエネルギーを用いる研究を同時に行うべきである。電気の生成については、自然エネルギーを利用する方向で我が国を含め世界的に実施が始まっている。

製鉄所内の排熱回収技術に関しては、対象とする製鉄所によってロケーションが異なるため、オールジャパン体制の利点を生かして、国内の製鉄所の排熱情報を纏めるなどの作業も並行して進めることが望まれる。これによって、開発している回収技術の効果がより明確になる。

〈その他の意見〉

- ・ 我が国の大学等で行っている、炭素以外のエネルギーを製鉄に利用する研究を積極的にサポートすべきである。
- ・ CO₂の回収は、多くの分野で今後、ますます重要になる可能性があり、その点に着目した様々な導入形態を考えたら如何だろうか。

3) 研究開発成果について

成果の達成は評価時点でおおむね目標を達成しており、全体として達成が見込まれる。低位熱発電システムの低コスト化、CO₂ 吸収法の新開発などに期待以上の世界最高水準の成果が得られているので、この成果を早速他分野に適用し市場の創造に繋げて欲しい。また、HPC のコークス製造への利用はコークス原料の多様化をもたらすことができ、資源的制約をかなり緩和するとともに、価格決定力に対しても大きな影響を及ぼすことが期待できる。個々の開発に関して知財戦略も行われており、次のステップへ進むに十二分の状況にあると判断できる。

一方、2030 年における実用化を考えに置くと、本開発研究はまだ緒に就いたばかりであり、今期間で十分に明らかにできなかった、高炉内への吹き込み水素の侵入深さの確保などの事項を再考し、次期の計画の再構築を今から取り組んで頂きたい。また、高炉の排ガスからの CO₂ 分離回収技術費用には、貯留コストも入れて計算すべきである。

〈肯定的意見〉

高炉の排ガスからの炭酸ガス分離回収技術は、目標値をクリアしており評価できる。また、この技術は他のプロセスに応用が可能で汎用性がある点も大いに評価できる。試験高炉を用いて実験する方針は、実験室規模での研究から実機へ適用する前段階の研究として評価できる。大型化と長時間運転での問題は未解決であるが、コークスガスのドライ化技術を開発されたことは評価できる。製鋼スラグからの排熱回収は、スラグを固化した後に行う方法で出来ている点は評価できる。

成果は当初設定の目標値を概ね 8 割程度はクリアしていると思われる。低位熱発電システムの低コスト化、CO₂ 吸収法の新開発などに期待以上の世界最高水準の成果が得られているので、この成果を早速他分野に適用し市場の創造に繋げて欲しい。

ほとんどどの項目において、大略目標値を達成していると考える。得られた成果は、環境保全、エネルギーの有効活用という非常に重要な視点から貴重なものであり、価値および競争力とも優れていると思われる。知的財産の確保、論文等による情報発信なども適切に行われている。

成果の達成は評価時点でおおむね目標を達成しており、全体として達成が見込まれる。COG の改質については試験期間が短く、まだ十分に達成したとは言い難い点もあるが、炭素析出物の除去技術の提案などから今後の達成が見込まれる。また、CO₂ 吸収液についても理論的な解析から開発の方向性が見えており、装置自体の今後の改善などから最終目標への到達が

今後は見込まれる。

本プロジェクトで得られた成果は、多様な水素源（太陽エネルギー、バイオマス、水力）を製鉄に取り入れる可能性を示しており、すなわち、世界的に見れば製鉄所の近辺で得られる多様な資源を製鉄に取り入れることができるようになることを示し、世界的に展開可能な成果と思われる。COGの改質は、自然エネルギーの供給不安定性に対して安定的還元ガス供給を可能ならしめるものであり、まだ長期的な試験は終わっていないとしても、今後の開発の継続によって実用化が期待できる。また、HPCのコークス製造への利用はコークス原料の多様化をもたらすことができ、資源的制約をかなり緩和するとともに、価格決定力に対しても大きな影響を及ぼすことが期待できる。CO₂分離の高度化は、火力発電にも適用可能であり、世界的なインパクトは大きいと思われる。低温度レベルの熱回収については、汎用性が大いにある技術である。以上を総括すると、本プロジェクトの成果は世界的に適用可能であり、投入予算に対して十分なリターンがあったとともに、次のステップへの課題の明確化がなされたと思われる。また成果については知財会議によって適切に管理されていると考えられる。成果は学会発表、論文の形式で特に国内向けには情報発信が数多くなされている。

設定された最終目標はほとんどが達成されており、十二分の成果が得られている。特に、水素還元を導入した高炉技術やCO₂回収技術は世界でも最高水準の成果を出しており大いに評価できる。また、CO₂回収では単独でも他分野に実用化展開ができる成果となっており、波及効果も大きい。個々の開発に関して知財戦略も行われている。以上から判断して、次のステップへ進むに十二分の状況にあると判断できる。

「高炉からのCO₂分離回収技術開発（サブテーマ4-1-1から5-3）」については、CO₂化学吸収法の新しい吸収液を開発し実用化の目途が立った。その他の製鋼スラグ熱回収など未利用顕熱回収技術についても、試験目的はほぼ達成できており、今後の長時間実証を行えば実用化が可能である。

〈問題点・改善すべき点〉

高炉の排ガスからの炭酸ガス分離回収技術費用には、分離回収だけのコストとして2000円/t-CO₂を目標としているが、CCSの場所に移送する前に、製鉄所内で貯留する必要があるため、そのコスト4500円を入れて計算すべきである。この場合、トータルのコストは6500円/t-CO₂となるが、これは、2030年における製鉄コストとして採算に合うかを検討すべきである。排熱回収技術から得られる電気の利用を、本企画の工程内で完結するように

検討すべきである。これにより、排熱回収技術と炭酸ガス発生量削減の関係を明確にする。高炉への水素ガス吹き込みの課題では、実験室規模での研究をさらに行う必要がある。羽口からの吹き込みも還元反応と水性反応が起こる条件を含め、さらに検討を要する。

製鋼スラグからの排熱回収技術は従来から高炉スラグで行われてきている技術で、本企画で新規に開発する課題とは思われない。この排熱で電気を起こし、そのエネルギーを CCS に使うことに利用できるということであるが、本企画では CCS を研究課題とはしていないので、CCS のコストに含めることはなじまない。高炉への水素ガス吹き込みの課題では、実験で水素がシャフト内部に十分浸透していないが、この原因は解明されたとは言いがたい。

成果発表は一定量行われているが、国際会議等でさらに世界的に認知する活動が望まれる。また、知財に関しても、他分野への展開も視野に入れた出願も実施していけば、本プロジェクトの意義がより高まると考えられる。「高炉からの CO₂ 排出削減技術開発 (サブテーマ 1-1 から 3)」については、本開発プロジェクトの主課題である水素還元法について、基礎試験およびシミュレーションで理論的裏付け等は確認できたものの、LKAB 試験高炉の結果では実用化の目途が立っておらず、水素還元法を適用する場合の COG 改質ガス (水素ガス) の炉内注入構造さらには高炉構造そのものの検討が必要であることがわかった。Step 2 で予定しているミニ試験高炉については、事前の構造検討を十分に行なって成果が得られる構造を採用することが重要である。

成果の普及について、海外への発表がやや少ないと思われる。

成果は目標値をクリアしているが、一部のサブテーマ (2&5) については、技術的に再度見直す余地がある。効率やスケールアップを考慮したプロセスの構築が望まれる。

2030 年における実用化を考えに置くと、本開発研究はまだ緒に就いたばかりであり、今期間で十分に明らかにできなかった、高炉内への吹き込み水素の侵入深さの確保などの事項を再考し、次期の計画の再構築を今から取り組んで頂きたい。低位熱発電システムの低コスト化、CO₂ 吸収法実用化の想定等について、十分この成果の普及活動を行っているとは思えない発表であったので、早急に実行して欲しい。

〈その他の意見〉

- ・ 10 年以上の長期間にわたるプロジェクトとなるので、得られた成果をもとに新製鉄技術の知識の体系化を意図した取り組みも各社横断して実施

することが望まれる。

4) 実用化の見通しについて

高炉法に基づく新製鉄プロセスの実用化へのロードマップはしっかりできている。これに対して、基盤研究フェーズは設定以上の成果が得られており、次のフェーズで実用化を目指して開発を実施するに十分なところへ到達している点で実用化の見通しは十分にあると判断できる。特に低位熱発電システムの低コスト化、CO₂ 吸収法実用化の他分野への適用が見通せる段階に入ったように見られる。

一方、鉄鋼高炉への部分的な水素吹き込み還元法については、理論的な基礎裏付けは確認できたものの、高炉への水素ガス吹き込み技術など、実用化イメージができていない。COG 改質触媒法は開発に成功したと謳っているが、安定した長期運用を考えた場合、客観的に見て目標水素増幅率は 2 倍以上の活性を発揮することはできていない。

各要素技術に対して、部分的な導入や鉄鋼産業以外での利用も有望なものもあり、是非それぞれの技術を最大限利用するという視点で普及拡大も検討して欲しい。

〈肯定的意見〉

非粘結炭の配合量を増加させてもコークス品位の確保の可能性が期待できる見通しが立った意義は大きい。また低位熱発電システムの低コスト化、CO₂ 吸収法実用化の他分野への適用が見通せる段階に入ったように見られる。

経営者も入ったオールジャパンの委員会等で将来の製鉄技術展開が考えられており、高炉法に基づく新製鉄プロセスの実用化へのロードマップはしっかりできている。これに対して、基盤研究フェーズは設定以上の成果が得られており、次のフェーズで実用化を目指して開発を実施するに十分なところへ到達している点で実用化の見通しは十分にあると判断できる。また、CO₂回収などの個別技術は数年レベルで実用化できる状況にあり波及効果も大きい。さらに、CO₂削減という実質的な効果に加えて、鉄鋼業の技術革新、低環境負荷技術を担える人材の育成に寄与などへの波及効果は非常に大きいと考えられる。

IPAE をベースとして新化学吸収液の開発に成功し、長期運転において劣化が微量であることが確認できているので、実用化の目途が立ったと言える。この吸収液は再生温度が低く経済性が良いため鉄鋼業以外の CO₂ 排出量削減にも適用が期待される。

実用化イメージは、水素リッチガスを鉄の還元を用いることによるコークス消費の低減ならびに、生成ガスからの CO₂ 分離という将来像が明確に

なっており、それに至るまでの必要な研究開発課題とマイルストーンが適切に示されていると考えられる。本研究の成果により次のステップ 2 の方針が明確になったと思われる。

成果の波及効果については、多様な水素源による製鉄、コークス原料の多様化、低エネルギー消費 CO₂ 分離、未利用熱、特にスラグからの熱の回収など、製鉄におけるエネルギー消費低減、資源供給安定化、CO₂ 排出低減に大きく貢献すると期待できる。

炭酸ガスの分離・回収技術は、実用化イメージがある程度示されている。鉄鉱石の水素還元はまだ実用化への見通しは付かないが、Step2 で建設するという試験高炉での成果が期待される。

技術全体としての実用化だけではなく、構成要素技術それぞれにおいて、個別に実用化する形も利用したら有益であると考えられる。各個別技術（特に CO₂ 回収や未利用顕熱の回収など）は、鉄鋼産業以外にも有効であり、波及効果は非常に大きいと思われる。

〈問題点・改善すべき点〉

鉄鋼高炉への部分的な水素吹き込み還元法については、理論的な基礎裏付けは確認できたものの、実機の構造面の実用化に向けた検討が不十分である。今後はミニ試験高炉などで COG 改質ガス（水素ガス）の注入方法を確認すること、実用機規模へのスケールアップの可能性の検討など、実用化に向けた研究が必要である。

COG 改質触媒法は開発に成功したと謳っているが、安定した長期運用を考えた場合、客観的に見て目標水素増幅率は 2 倍以上の活性を発揮することはできていないと見て取れる。ごく直近の世界中の資源開発新展開を考慮した経済状況変化を勘案すると、本技術開発計画立案当初からは相当偏倚状態と見做すことができる。それにも拘らず、Step 2 に向けて課題の再整理がなされていないように見える。

10 年以上先に実用化するためには、世界の中での我が国の鉄鋼産業として、将来の高炉法の位置づけを再度明確にすることが望まれる。また、CO₂ 削減には熱回収効率が大きく影響するので、開発課題項目だけでなく、現有の製鉄所レイアウトの最適化という視点での検討も追加で実施していくべきである。

高炉への水素ガス吹き込み技術など、実用化イメージができていないものが多い。本企画全体としては、CCS との連携が不明確で、出口イメージは明確とは言えない。

CCS を前提として評価するのであれば実用化イメージは不明確と言わざ

るを得ない。一方、CO₂分離・回収までで評価するのであれば実用化の目処が見通せると言える。ただし貯留を棚上げにして分離回収までを実用化することにはいかなる意味があるのかは別の議論になるが…。

改善すべき点として、本企画の目的に関する世界の技術動向や CCS の開発状況を常に把握し、検討して、本企画の出口イメージを修正する必要がある。製鉄工程からの炭酸ガス排出削減に関する新しい技術開発を行っている、我国の大学等の研究者を出来るだけ多く本企画に参加させ、修正に対応できるようにする必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ 実用化に際し、設備投資額の大きさから考えて、最初は各社単独ではなく、日本の最適サイトを選定して各社共同で立ち上げ、製品をシェアする（高炉を持たない製鉄所への供給鉄源として位置づけ、各社へ分配など）ような体制で進められれば実用化へのハードルが低くなると思われる。また、個別技術の中には単独技術として数年で実用化可能なものもあり、個別技術の実用化ロードマップを作成し、実用化を順次加速することで個別技術のコストダウンを図り全体システムの実用化ハードルを下げる戦略も考えるべきである。これによって、この技術全体が完成しなくても、製鉄所の CO₂ が順次削減され、エネルギー原単位の改善につながっていくものと考えられる。
- ・ 試験高炉の導入により、実用化への見通しが明確化されると考える。今後、早期の試験高炉による実験、データの解析および得られた知見の各サブテーマへのフィードバックが期待される。
- ・ 「高炉からの CO₂分離回収技術開発（サブテーマ 4-1-1 から 5-3）」の開発目標が、製鉄所内の未利用顕熱・排熱を活用することで 20%削減している。この目標自体は妥当であると判断するが、実際には他の熱源を投入することで CO₂ の削減率はさらに大幅に向上できるので、どの程度の熱源投入でどこまで製鉄所からの CO₂ を削減できるかも、研究報告書に含めて PR すべきであると考え。製鉄所一ヶ所からの CO₂ 削減量は非常に大きいので、経済性などを考えると、製鉄所からの CO₂ 排出を可能な限り削減することが、我が国全体の CO₂ 削減に必要な費用の低減に寄与できるからである。
- ・ 成果の波及効果で人材育成についてであるが、本プロジェクトが対象とするものは、国内だけでなくグローバル展開をすることが求められており、そのための海外への情報発信を積極的に行えるような人材を育成されたい。そのためには、海外学会での発表の経験を積み重ねられたい。

- 各要素技術に対して、部分的な導入や鉄鋼産業以外での利用も有望であり、是非それぞれの技術を最大限利用するという視点で普及拡大も検討して欲しい。また各技術の鉄鋼産業での活用にあたっては、現在のシステムで利用するだけでなく、それらを活かし易い新たなシステムを考案するという視点も重要だと思われる。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術開発

1) 研究開発成果について

水素の導入の効果を検証するための実験成果については、大変有意義な知見が得られ、次のステップへ展開するための検討課題がかなり明確になり、実用化への道のりの中で本ステップにおけるマイルストーンに到達できたと考えられる。

しかし、水素吹き込みにより高炉内で起こると予想される現象の理論的把握が実験室規模で十分行われたとは言い難い。例えば、LKAB 試験高炉での実証実験で、焼結鉱の顕著な粉化は認められなかったと報告しているが、粉化に関する基礎実験との差異が何故生じたのかという考察が不十分である。シャフト部で吹き込まれた水素ガスは、炉壁に沿って上昇しており、炉内反応に十分寄与しているとは言い難い状況である。

本開発では従来の高炉構造を踏襲して水素還元法を適用しようと考えているようであるが、Step 1 の結果からは実現の可能性が低いことが予想される。Step 2 ではミニ試験高炉の設計・建設を行うことになっているが、その前に水素ガスの吹き込み構造の見直しが必要である。

〈肯定的意見〉

試験高炉を用いて実験する方針は実験室規模での研究から実機へ適用する前段階の研究として評価できる。

水素の導入の効果を検証するための実験成果については、大変有意義な知見が得られ、今後の技術開発が期待できる。

COG や改質 COG を高炉に吹き込んだ場合の還元粉化を定式化したことは評価できる。

最終目標に達しており評価できる。また、本研究開発のポイントであるシャフト吹き込みによる炉内挙動の予測シミュレーションも出来上がっており、今後の最適化へ向けた設計、操作法への展開もできる状況にある。課題の一つであった粉化の問題もクリアされており評価できる。

開発目標である「鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する」に対して、基礎試験及びシミュレーションによる説明は予定した成果が得られたと評価できる。

COG 吹き込みによる効果は十分に検証できており、有効な技術と考える。本プロジェクトでは、高炉法による製鉄において還元剤として水素を用いるための検討を、小型基礎実験装置ならびに小型高炉を用いて実験的に検討するとともに、ガスの装置内分散などの計算を行った。この成果により、

次のステップへ展開するための検討課題がかなり明確になったと考えられ、実用化への道のりの中で本ステップにおけるマイルストーンに到達できたと考えられる。本プロジェクトで得られた成果は、多様な水素源（太陽エネルギー、バイオマス、水力）を製鉄に取り入れる可能性を示しており、すなわち、世界的に見れば製鉄所の近辺で得られる多様な資源を水素というエネルギー形態に変換して製鉄に取り入れることができるようになることを示し、世界的に展開可能な成果と思われる。

〈問題点・改善すべき点〉

水素吹き込みにより高炉内で起こると予想される現象の理論的把握が実験室規模で十分行われたとは言い難い。特にシャフト部で吹き込まれた水素ガスは、炉壁に沿って上昇しており、炉内反応に十分寄与しているとは言い難い状況である。羽口から水素を吹き込んだ場合、融着帯の状態に与える影響は無視できない。この原因の究明を要する。

改善すべき点として、シャフト部から水素ガスを強く吹き込んだ場合の炉内の状態を実験室規模で研究する。鉄鉱石の水素還元と水性反応の基礎的研究を実験室規模で行う。

COG や改質 COG を高炉に吹き込んだ場合の還元粉化挙動は考察しているが、浸炭挙動についてのこれらのガスを吹き込まない場合のベース操業との差異については考察不十分であるように思われる。COG や改質 COG を高炉に吹き込んだ場合、水素は質量が小さいため、吹き込み流速を例え大きくしても充填層への浸透距離は小さいことは十分に事前に予測できる筈であり、特にシャフト部の途中から吹き込んだ場合、効果があまり期待できないにも拘わらず、その実験のみしか計画されなかったのは事前考察が不十分である。LKAB 試験高炉での実証実験で、焼結鉱の顕著な粉化は認められなかったと報告しているが、粉化に関する基礎実験との差異が何故生じたのかという考察が不十分である。

LKAB 試験高炉による試験結果は、水素還元法で予想された成果が得られていない。その原因はシャフト吹き込みでは炉内浸透深さが得られず、水素還元が部分的にしか行われないうことにあると推定される。高炉は、内部に充填物があってそれが落下移動し、炉内部をガスが上昇する構造であり、シャフト部の壁から横向きに水素ガス（COG 改質ガス）を投入しても、内部まで水素ガスが浸透しないのは当然予想されたことではないかと思われる。本開発では従来の高炉構造を踏襲して水素還元法を適用しようと考えているようであるが、Step 1 の結果からは反応論的には実現の可能性はあるものの炉構造からは実現の可能性が低い（もしくは適用成果が予想

を下回るものとなる)ことが予想される。Step 2では直ちに二年間でミニ試験高炉の設計・建設を行うことになっているが、その前に水素ガスの吹き込み構造の見直しが必要である。まずシミュレーションにより水素ガスの炉内部注入の効果確認と注入点の最適化を図る、水素還元の効果を確認できれば水素ガス吹き込み構造の検討(場合によっては高炉構造そのもの見直し)を行った上で、ミニ試験高炉の構造を決める必要がある。このため Step 2 のスケジュールの見直しも考慮すべきである。

水素還元利用に関する高炉内挙動の評価が、個別の研究テーマとして行われている感がある。この背景として、高炉内還元挙動の統一的な見解が、想定にとどまっているためであると考えられる。この状況を今後打破するためには、試験高炉をわが国に設置し、企業技術者や大学研究者が実験・解析に参加し、より詳細な高炉内現象解明に邁進することが必要である。

シャフト炉内でのガス分散に多少の課題を抱えているが、課題が具体的に明確になっているので、十分解消できるレベルであると判断できる。今後、炉内吹き込みへの新規の提案を行い、次のステップで重点的に開発していくことが望まれる。

〈その他の意見〉

- 還元粉化に関しては、現在の成果ではまだ問題点を生じていないが、長期的視点からももう少し詳細な検討を行った方が良いと思われる。
- LKAB 試験高炉による試験結果では、シャフト部の壁から水素ガスを吹き込む構造で 2.4%の投入炭素量削減が得られているが、この吹き込み構造では高炉が大きいほど吹き込み効果が悪くなり、実機では 2.4%の削減効果すら得られないことが推定される。LKAB 試験高炉による試験結果からシミュレーションにより実機規模の場合の削減効果を推定する必要があるのではないか。その結果から水素還元法においては適用可能な高炉サイズがあるとの結果となることも考えられる。
- 新高炉技術として世界をリードできる有望な技術で、その効果は十分あることを基盤技術レベルで示されている。よって、今後、得られた成果と課題をもとに、実用炉の新規提案、設計へと注力することで、将来の世界をリードする高炉技術として大成させていくことが望まれる。

2) 実用化の見通しについて及び今後に対する提言

Step 1 の結果から、水素ガス還元法の基礎的なメカニズムは解明できたものの、LKAB 試験の結果から実用化に向けた水素ガス吹き込み構造についての再検討が必要であることが分かった。この点が解決されない限り実用化は困難である。吹き込み位置や吹き込み条件の最適化を、より詳細に検討した方が良い。現状では未だ実用化への見通しはつかないが、Step2 で建設するという試験高炉での成果が期待される。

〈肯定的意見〉

未だ実用化への見通しはつかないが、Step2 で建設するという試験高炉での成果が期待される。

COG の羽口からの吹き込みによる Input C の低下を定量的に明示した試験結果は高く評価できる。

比較的容易に実用機に導入できる技術と思われる。

本プロジェクトでは、開発対象としてこれまでの製鉄の主流である高炉法への水素の適用を考えており、従来ある高炉の比較的マイナーな改良で対応可能なことから、実現可能性は高いと考えられる。また、波及効果としても、同様に高炉を用いた製鉄法が世界各地にあるので、そこで得られる水素源との適合を取ることによって、世界的な展開が可能であると考えられる。

〈問題点・改善すべき点〉

Step 1 の結果から、水素ガス還元法の基礎的なメカニズムは解明できたものの、LKAB 試験の結果から実用化に向けた水素ガス吹き込み構造についての再検討が必要であることが分かった。この点が解決されない限り実用化は困難である、または適用可能な高炉サイズに限度があることも考えられる。今後は COG 改質ガス（水素ガス）の注入方法（高炉構造の検討）、スケールアップの可能性検討など、実用化に向けた研究が必要である。

COG や改質 COG を高炉に吹き込む場合の水素の浸透距離を十分に保障する操業方法の提案を行わないと、実業化の見通しは不透明になる。是非、本腰を入れて考察して頂きたい。

実験室規模での基礎研究を十分おこなった上で、試験高炉での実験に進むことが重要である。

高炉内還元挙動の総合的な観点からの解析は、三次元的な検討を実施すべきであり、試験高炉の設置による水素還元挙動解明が必要である。炉内挙動の解明により、スケールアップの方向性、さらには実用化への見通しが

明らかとなる。

〈今後に対する提言〉〈その他の意見〉

- ・ 吹込み位置や吹込み条件の最適化を、より詳細に検討した方が良いと思われる。

2. 2 COG のドライ化・増幅技術開発

1) 研究開発成果について

稼働中のコークス炉ラインに実験設備を設置し、実 COG に対しても触媒改質活性を継続できることを実現した成果は高く評価できる

しかし、水素増幅率が、反応開始以降 3 時間程度 2 倍以上の活性を発揮することを確認したと報告しているが、長期操業を想定して実験データを客観的にみた場合、増幅率は 1.3 と解釈すべきではないか。触媒寿命として問題になるのは、今回実施した短い期間よりも、はるかに長い時間だと考えられる。この長期寿命をどう評価するか、さらには延伸するかを検討すべきと考える。

〈肯定的意見〉

高 H₂S 濃度である実 COG に対しても触媒改質活性を継続できることを実現した成果は高く評価できる。

短期間にもかかわらず、コークスガスのドライ化技術を開発されたことは評価できる。

COG を水素リッチな高炉の還元剤ガスとして用いるためには、改質技術が必要であり、その課題としては、タールによる固体炭素の析出等の問題を解決する必要がある。本成果は、まだ初期的なレベルであるとはいえ、固体を機械的に振るい落とす・空気などで燃焼する・水蒸気を添加するなど、問題点を具体的に解決する方針が示されており、今後の目標の達成が期待できる。

高い硫化水素存在下で、COG のドライ化と水素を増幅可能な触媒を開発できたことは評価できる。また、連続運転を行うに当たり、炭素析出問題を克服すべく、機械的な加振や水蒸気同伴などを行い、長期運転のめどを得たことは評価できる。

管路全長の 800℃維持技術の確立により、装置の長時間安定運転が可能となったと評価できる。

短期的な性能としては十分に高い性能を有する触媒が開発できている。

稼働中のコークス炉ラインに実験設備を設置し、操業中の実ガスで実験を実施して最終目標を達成しており、十二分の成果が得られている。また、触媒のコーキングに対して対応できる新技術を提案、実証しており新規性も大いに認められる。提案技術は本プロセスに留まらず、他分野への適用も可能であり波及効果も大いに期待できる。

〈問題点・改善すべき点〉

触媒寿命として問題になるのは、今回実施した短い期間よりも、はるかに

長い時間だと考えられる。この長期寿命をどう評価するか、さらには延伸するかを検討すべきと考える。

水素増幅率が、反応開始以降 3 時間程度 2 倍以上の活性を発揮することを確認したと報告しているが、長期操業を想定して実験データを客観的にみた場合、増幅率は 1.3 と解釈すべきではないか。ベンチプラント試験結果で、加振機を作動することにより、24 時間運転で水素増幅率が 2 倍となることを確認したと報告しているが、この場合も、長期操業を想定して実験データを客観的にみた場合、増幅率は 1.3 と解釈すべきではないか。まだ研究開始してからの時間が短く、長期的試験などを含めて検討課題は多く残っている。今後の継続的検討を期待する。

触媒装置による COG 改質については、水素 2 倍増幅の触媒活性を確認できた。また触媒反応装置への加振機構の採用で長時間の触媒活性維持の可能性が確認できたが、耐久性については更に次の点を確認する必要がある。加振により触媒活性が再生される結果になっているが、まだ 24 時間程度の試験結果であり、加振の繰り返しを長時間続けても COG ガス中の微量成分による被毒により活性低下が起きないかの確認をすること。また触媒が繰り返しの加振により強度低下して破壊しないかの確認をすること。

加振機を装備した大型触媒反応器による触媒再生については、被毒・再生機構の解明が不十分であり、今後、燃焼再生の効率化を行う上でも研究が必要である。加振による析出カーボン除去は工業操作として特殊であり、トラブルの危険性もある。触媒能力を最大限発揮し、連続的な水素増幅・再生運転を可能とする、新規な技術開発の余地があり、改善に期待する。触媒の再生にかかわる燃焼熱も一つの熱源であることから、その高度利用を目指すことや、再生サイクルに適合した水蒸気同伴量の制御など、本プロセスの見直しを図る場合には、水素増幅・触媒再生操作をトータルで評価し、最適化を図ることが必要である。

コーキングした触媒の再生も実証されているが、長期使用を考えた場合、数百回レベルの繰り返し再生使用に耐えるかの検討が必要と考えられ、今後、引き続き耐久試験を実施して触媒物性を追跡することが必要である。回収された粉炭の処理を検討する。また、大型化と長時間運転での問題点を精査し克服する。

〈その他の意見〉

- ・ エクセルギー効率を論じているが、本装置を熱機関として利用している訳ではないので、この考察はどんな意味があるのでしょうか。もし本考察が

有意性を持つというならば、実際エクセルギーが 3 割増加することにより、
どんな利点が得られたのか定量的に明示して頂きたい。

2) 実用化の見通しについて及び今後に対する提言

まだ初期的な段階であるが、固体の機械的振るい落としなどの現実的解決が示されており、実用化の見通しはある程度あるものと考えられる。COG というタール、ダストを多く含むガスの改質を行うことを目標としており、その波及効果として同様にタールなどを含む廃棄物・バイオマスなどをガス化したときの生成ガスの改質へ適用できることが期待できる。

一方、大型触媒反応器のスケールアップを考慮すれば、現状の機械的加振による装置では限界がある。新規な反応器設計・開発を含めて長期的試験、振るい落としした固体の排出、COG の発生パターンに合わせたオペレーション（生成ガスの高炉への安定供給のための一時保管なども含めて）の課題を着実に解決されたい。

〈肯定的意見〉

既に実機ラインに設置して目標の水素増幅を実施しており、実用化への見通しは十分あると判断できる。また、新規提案の触媒反応器は他分野での水素製造技術へも展開可能で、本技術個別の実用化も期待できる。

ベンチプラントで COG 改質実験を実行したことは高く評価できる。

触媒による水素増幅が確認されたので、開発の方向性は正しいと判断する。管路の長時間安定運転については実用化可能と判断できる。

まだ初期的な段階であるが、固体の機械的振るい落としなどの現実的解決が示されており、実用化の見通しはある程度あるものと考えられる。また、本プロジェクトでは、COG というタール、ダストを多く含むガスの改質を行うことを目標としているが、その波及効果として廃棄物・バイオマスなどをガス化したときの生成ガスなどの同様にタールなどを含むガスの改質に適用できる可能性がある。COG からの水素リッチガスの生成は、多様な水素源を用いる際に水素の安定供給を担保する意味で重要である。すなわち、高炉法でコークスを用いる場合においては COG の生成は確保されており、他の水素源（例えばバイオマスなど）の供給が不安定になった際にも COG によってある程度の水素が安定的に確保できれば操業の安定が図れると考えられる。

固定床でのスケールアップは比較的容易であると思われるので、着実に実用化できるのではと考える。

ドライ化により水素の収量を増大させる技術で、評価できるが、実用化イメージは不明確である。

〈問題点・改善すべき点〉

触媒装置については、実用化の見通しを得るために実機規模の長時間実証試験を行って触媒活性の耐久性（被毒耐性）と強度維持の確認が必要である。

触媒層閉塞問題への対処法は、長期安定操業を念頭に置くと、もう一工夫必要であると思われる。

長時間運転を行って、耐久性を証明すると同時に、他分野への応用などを検討する。

大型触媒反応器のスケールアップを考慮すれば、現状の機械的加振による装置では限界があろう。新規な反応器設計・開発に期待したい。

触媒コストと水素価格のバランスが実用化の成否を分けると考えられるので、触媒の繰り返し使用回数のレベルを明確にすることが重要である。長期的試験、振るい落としした固体の排出、COGの発生パターンに合わせたオペレーション（生成ガスの高炉への安定供給のための一時保管なども含めて）の課題を着実に解決されたい。

〈今後に対する提言〉〈その他の意見〉

- ・ 各コークス炉の非定常操作（一定昇温速度で加熱）に合わせた水素増幅最適操作法に関して、シミュレーションなどを利用した検討も併せて実施していくことが望まれる。
- ・ COG改質を行う場合、操業上で大きな障害となっている、炭素析出をCOG改質操業に先んじて行ってしまうという工夫はできないものだろうか。
- ・ より高効率、長期的な安定運転を目指して、反応器構造の改良については、是非継続して検討して欲しい。

2. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

1) 研究開発成果について

HPC を配合することで非粘結炭多配合炭を使用しても、高炉で十分使用できる高強度コークスを製造できることを実証したこと、また、そのコークス製造時の最適配合設計指針を定量的に提示したことは高く評価できる。基礎的反応メカニズムからコークス強度発現の機構を明らかにしたことは、多様な原料を用いた場合の性能予測をする方法につながると考えられ、大きな成果である。

一方、現状の指標である DI（ドラム強度）が水素還元時においても成立するかどうかは不明確である。試験高炉における温度・ガス組成を参考に、種々の条件下におけるコークス劣化機構を詳細に解明し、従来のコークスに求められる品質（強度、反応性）と、水素吹き込み時に求められる品質の差異について、より詳細な解析が必要である。また、HPC の一層のコスト低減を検討する必要がある。

〈肯定的意見〉

非粘結炭多配合炭を使用しても、HPC を配合すれば、高炉で十分使用できる高強度コークスを製造できることを実証したこと、また、そのコークス製造時の最適配合設計指針を定量的に提示したことは高く評価できる。コークス強度への HPC 作用機構を解明したことは高く評価できる。

水素ガスとの反応による粉化が起こらないコークスを開発できたことは評価できる。

多様な石炭から高強度なコークスを製造できるようにしたことは、非常に意義がある。また、基礎試験の結果と LKAB サンプルの結果の整合性も良く取れており、信頼できる成果だと考えられる。

H₂O および CO₂ 雰囲気下における反応速度の測定が行われ、HPC のバインダーとしての機能の理解が、化学的に進展したことは評価できる。また HPC 添加のコークス強度に及ぼす影響について検討され、DI 目標値を達成したことは評価できる。

高性能粘結材（HPC）を用いて目標強度を達成する高強度コークスの製造ができた。

HPC＋配合炭という新規技術を提示し、最終目標を十二分に達成しており評価できる。特許戦略もなされており、対外発表も十分である。研究開発前半で基盤は確立して、後半は少額の予算で効果的に開発を進めてきた点も費用対効果の観点から大いに評価できる。

一般炭を用いてコークスを製造するための HPC 適用技術を、反応メカニズムの解明からコークス強度発現のための配合法にわたって、全般的にか

なり進歩させ、コークス強度において目標値を達成したものと認められる。これに加えて、HPC を用いた場合のコストなども含めて実用化のイメージを明確化したことは、製鉄原料の確保の安定化（資源戦略）につながる大きな意義を持つものである。特に、基礎的反応メカニズムからコークス強度発現の機構を明らかにしたことは、多様な原料を用いた場合の性能予測をする方法につながると考えられ、大きな成果であると思われる。

〈問題点・改善すべき点〉

高強度コークスの改質 COG ガス雰囲気での反応性と強度維持については、試験炉での確認を行う必要がある。

HPC の一層のコスト低減を検討するべきではないかと思う。

高炉への水素の吹き込み技術が成就することを前提としている点では汎用性に問題がある。試験高炉では、シャフト部吹き込み水素ガスは炉壁を上昇しており、水素ガスとコークスの接触に問題がある。レースウエーができるほど強く吹き込んだ場合、コークスの粉化が起こるかどうかを検証する必要がある。

H₂O および CO₂ による反応劣化について、マクロ的な反応速度の評価はなされたが、高炉各位置における劣化や、コークス自体の径方向劣化機構に関する解明が不十分である。現状の指標である DI が水素還元時においても成立するかどうかは不明確である。試験高炉における温度・ガス組成を参考に、種々の条件下におけるコークス劣化機構を詳細に解明し、従来のコークスに求められる品質（強度、反応性）と、水素吹き込み時に求められる品質の差異について、より詳細な解析が必要である。

〈その他の意見〉

- ・ 現在想定されている炭種以外にも視野に入れて、炭種の影響を検討しておく必要がある。

2) 実用化の見通しについて及び今後に対する提言

目標とする DI を実証したことにより、高強度コークスの製造について実用化の見通しが得られた。

HPC 収率が 50%で、実用化にはコスト面から考えて残り 50%の残渣炭の有効利用ができるか否かにかかっている。残渣の有効利用についても十分な検討をされたい。また、HPC 製造にかかわる CO₂ 排出量が新たに増加してしまうデメリットを何かで補償する提案をして欲しい。

〈肯定的意見〉

目標とする DI を実証したことにより、実用化の見通しはある。

LKAB 試験高炉操業で、HPC 炭で改質した劣質炭を装入して、基礎実験から期待された通りの圧壊強度などが得られることを実験で実証したことは高く評価できる。

LKAB 試験でも着実に期待通りの成果が挙げられているので、実用化見通しは高いと思われる。

高強度コークスの製造について実用化の見通しが得られた。

HPC 製造技術そのものの実用化は短い期間で十分可能と判断できる。実用化へ向けた技術的な課題も明確になっており、十分達成可能な状況にある。

コストも含めて実用化のための基礎データはかなりそろったものと思われ、実用化見通しは大いにあると考えられる。HPC 製造コスト並びに添加量から、原料炭に対してある程度の競争力があるものと考えられる。したがって、本成果は、コークス原料の安定調達(原料炭価格決定力も含む)に対して、大きな波及効果があるものと言える。

〈問題点・改善すべき点〉

今回対象とした炭種で HPC 収率が 50%で、実用化にはコスト面から考えて残り 50%の残渣炭の有効利用ができるか否かにかかっている。製鉄所内での残渣炭の有効利用法とその効果をいくつかのシナリオで検証することが重要である。

HPC 製造プロセスを商業規模で設立するためのコストが、強粘結炭の 1.3 倍と評価されているが、これがもっと低下できる提案が欲しい。本開発研究の目的は製鉄工程で発生する CO₂ 量の低減であるから、HPC 製造にかかわる CO₂ 排出量が新たに増加してしまうデメリットを何かで補償する提案をして欲しい。

高強度コークスの水素還元炉での使用については、反応性と強度維持につ

いて実証が必要である。

試験高炉での実験が十分でなく、実用化への見通しは不明である。

水素ガスを強く吹き付けた場合のコークスの粉化状態の研究を実験室規模で行う必要がある。また、他のプロセスでの利用を開発することを要望したい。

配合する石炭の種類や HPC の構造制御について、コストや強度の点から、実用化にあたってはさらなる検討が必要である。

〈今後に対する提言〉〈その他の意見〉

- ・ 改質 COG 雰囲気炉内で必要とされる反応性や強度指針を定量的に提示しないと実用化は難しいと考えられるので、**Step 2** では明確にして欲しい。
- ・ 分科会における議論を聞く限りでは、石炭産地に HPC 製造プラントを作る構想となっていた。しかし、そのプラント設置場所（相手国）の状況によって HPC 供給が左右されることになれば、供給安定化に対するリスク要因となる。実用化に際しては HPC プラント設置場所（相手国）との Win-Win 関係を構築することで、安定供給を担保する必要があると思われる。そのためには、残渣の有効利用についても十分な検討をされたい。また、石炭の調達先の多様性を確保するためには、日本国内での輸入炭からの HPC 製造についても考慮することも考えられる。

2. 4 CO₂分離・回収技術開発

1) 研究開発成果について

耐久性が非常に高く、再生温度を大幅に低減できる IPAE（イソプロピルアミノエタノール）をベースとした新化学吸収液の開発に成功したことで実用化に向けて大きな期待が持てる。並行して開発を行った、物理吸着分離技術も可燃ガス回収率の目標を達成できたことは大いに評価できる。本技術は発電や化学産業にもそのまま適用でき CO₂削減に対する技術としても波及効果は甚大であると判断できる。

実機設置占める面積を考慮すると、Step 1 で得られた成果達成に満足せず、Step 2 では吸収効率が更に遥かに高い吸収液の開発を目指して欲しい。

〈肯定的意見〉

IPAE をベースとして新化学吸収液の開発に成功している。未だ需要が少ないので IPEA の製造能力は低い、製造量が増えれば経済性もさらに良くなると期待出来る。CO₂分離は鉄鋼産業のみではなく、化学工業や発電・セメントなど CO₂ 排出量の多い産業への適用も十分考えられる。この吸収液は再生温度が低く経済性が良いため他産業に対する広報に努め、産業によって取り扱うガスの成分が異なるため被毒の可能性などについて確認試験を働きかけるなど、実用化を進めて頂きたい。

高性能の新化学吸収液（RN1-4）の開発に成功したこと、その耐久性が非常に高いこと、更に再生温度を大幅に低減できたことを実証したことは実用化に向けて大きな期待が持てるようになった。並行して開発を行った、物理吸着分離技術も可燃ガス回収率の目標を達成できたことは大いに評価できる。

アミン系の新しい炭酸ガス吸収剤を開発したことは、評価できる。

化学吸収法や物理吸着法の所要動力、コストを大幅低減できる見通しを得たことは、非常に重要な成果である。

化学吸収プロセス評価プラント技術開発においては、製鉄所内の排熱温度レベルを考慮した評価を実施し、CO₂濃縮のための熱消費原単位を世界最高レベルまで低下させるなど、非常に評価できる。これは、優れた CO₂化学吸収液の開発が達成できたことや可燃ガスの分離回収による寄与が大きく、大いに評価できる。

新規 CO₂吸収剤を開発及び物理吸着法を並行して開発し、これまでの CO₂吸収技術に比べ飛躍的に高性能であることを実証している点で大いに評価できる。最終目標を達成するだけでなく世界トップレベルの成果を挙げている点は特筆に値する。本技術は発電や化学産業にもそのまま適用でき

CO₂削減に対する技術としても波及効果は甚大であると判断できる。

溶液吸収法については、新規開発の溶液により大幅に再生温度を下げる見通しが得られたことは、大きな成果である。すなわち本プロジェクトで対象とする製鉄所の再生熱源の多様化にとどまらず、火力発電における低圧蒸気の抽気圧力の低下（発電効率低下の防止）、化学工場などにおける熱源の多様性等、大きな波及効果を生み出す可能性が高くなった。物理吸着法については、プロセスの運転方法の高度化により目標値を達する見通しが得られたものと考えられる。なお、今後も再生時圧力（減圧）を高くするなど、電力消費を減らす方法を継続して検討されたい。製鉄所における電力・未利用熱の利用の可能性によって溶液吸収法と物理吸着法の使い分けができるようになったことは、CO₂分離の幅広い対象への適用を行う上で意義がある。

〈問題点・改善すべき点〉

排ガスから濃縮回収するという視点だけでなく、CO₂回収を前提として、システム的大幅変更を検討するなど、将来的な視点からは考慮しておくべきではないかと思う。

コスト 2000 円/t・CO₂ の目標は実現できる見通しが付いているが、製鉄所内貯留コスト 4500 円を含めるとこの目標で十分実用化できるか、検討する必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ 実機設置占める面積を考慮すると、Step 1 で得られた成果達成に満足せず、Step 2 では吸収効率が更に遥かに高い吸収液の開発を目指して欲しい。
- ・ 本技術は製鉄業にとどまらず、CO₂濃縮・回収が必要なプロセスへの適用が想定される。このため、プロセスの置かれた環境に応じた経済性や効率の評価を実施できる CO₂分離・回収技術の評価システムを構築することで、本技術の各種工業プロセスへの波及効果がより大きなものとなる。

2) 実用化の見通しについて及び今後に対する提言

化学吸収においては長期運転において劣化が微量であることが確認できている。また、物理吸着においては、装置サイズなどの実用化イメージがかなり明確となった。2種類のCO₂除去技術とも2～3年程度の期間で単独技術として実用化できるレベルに達しており、実用化見通しは明るい。

一方、CO₂の分離回収から製鉄所内貯留に至るトータルコストを精査し、必要ならさらなる低減を図る必要がある。既設の製鉄所敷地内に占めるその実機設備面積はまだまだ広大過ぎ、実際に新たに加設する敷地を確保できる余裕があるのか危惧される。

〈肯定的意見〉

2種類のCO₂除去技術とも2～3年程度の期間で単独技術として実用化できるレベルに達しており、実用化見通しは明るい。また、次ステップでの開発課題も明確になっており、コスト的にも十分採算が取れるレベルに達すると考えられる。

長期運転において劣化が微量であることが確認できているので、実用化の目途が立ったと言える。

カーリーナサイクル等の採用により、未利用排熱により実機化の可能性も示せた研究成果は高く評価できる。

装置規模の拡大についても問題点が明確にされており、実用化への見通しは大きい。

短期間にここまで性能を高めることができたことは大変すばらしく、実用化にあたっての評価も十分に行われている。

CO₂化学吸収においては、溶液再生の温度低下が熱源の有効利用のために重要であり、本プロジェクトにおいては再生温度の低下とエネルギー消費の低減が達成されたことで、適用した際の実用化イメージがかなり明確になったと考えられる。また、物理吸着においては、装置サイズなどの実用化イメージがかなり明確となった。本プロジェクトの成果は、製鉄だけでなく、火力発電、化学工業などにおいても適用可能であり、波及効果は大きいと思われる。

CO₂回収技術としては、現時点でも最高の性能を有しているもので、他のCO₂回収が必要と思われる工場などにも展開しても良いのではないかと。

〈問題点・改善すべき点〉

炭酸ガスの分離回収から製鉄所内貯留に至るトータルコストを精査し、必要ならさらなる低減を図る必要がある。

スケールアップにおける課題は半径方向における温度の不均一性の影響が表れる点であるので、Step 2 においてはこの点を先ず優先的に検証して欲しい。実機設備のイメージを示して頂いたが、グリーンフィールドに設置する場合は問題ないが、既設の製鉄所敷地内に占めるその実機設備面積はまだまだ広大過ぎ、実際に新たに加設する敷地を確保できる余裕があるのか危惧される。

システム評価法の汎用化を行い、その他分野における各種プロセスへの本技術の転用・展開が必要と考える。

〈今後に対する提言〉〈その他の意見〉

- ・ 次ステップでは、本技術のみで上市することを目標にした実用化フェーズの技術開発を行っていくべきである。これに伴い、処理規模や処理対象ガス成分によって両技術の優位性を評価しておくなどの検討も重要と考えられる。
- ・ 地球温暖化の一層の抑制の視点から、CO₂回収率をさらに高くした条件での様々な検討を加えても良いのではないか。

2. 5 未利用顕熱回収技術の開発

1) 研究開発成果について

熱のレベルに応じた回収技術を非常に詳細に検討している。困難であった熔融スラグの熱回収をかなり具体的な形で可能ならしめたことの意義は大きい。また、カーリーナサイクルによる発電についてもプロセス設計の具体例が示され、達成までの今後の課題解決方針が明確になったと考えられる。

スラグが熔融状態から冷却されて固体状態に変態される過程で放出される顕熱量の方が、凝固スラグ板から放出される顕熱量の方より遥かに大きいので、この熱量を利用する技術も引き続き開発を目指して頂きたい。

〈肯定的意見〉

製鉄所においては未利用顕熱がかなり存在し、その利用可能性を明らかにしたこと、特にこれまでは困難であった熔融スラグの熱回収をかなり具体的な形で可能ならしめたことの意義は大きい。熔融スラグの熱回収については、まだ長時間の連続操業までは達成してはいないものの、鍵となる固化と固化物の厚み制御で実際に装置を動かして実現ができた意味は大きい。熔融スラグ熱回収においては、達成までの今後の課題解決方針が明確になったと考えられる。また、カーリーナサイクルによる発電についてもプロセス設計の具体例が示され、達成までの今後の課題解決方針が明確になったと考えられる。ケミカルヒートポンプ、化学蓄熱については、基礎的反応特性が明らかになり、プロセス・反応装置設計の基礎データが得られ、一部の技術についてはプロセスの設計例が得られたものと考えられる。このサブテーマは、CO₂回収におけるエネルギー消費をまかなう上で極めて重要であり、本成果により製鉄からのCO₂回収におけるエネルギーペナルティを減らせる可能性が示された。本成果である熱回収技術は、国内だけでなく海外での製鉄に適用可能であり、汎用性があると考えられる。次のステップでは、現在はまだ手がつけられていない高炉スラグに対しても開発を展開されることを期待する。

熱のレベルに応じた回収技術を非常に詳細に検討しており、極めて価値のある成果だと考える。

ランキンサイクル／カーリーナサイクル、ケミカルヒートポンプを採用し、排熱回収を実機化できる段階まで開発したことは大いに評価できる。製鋼スラグからの排熱回収は、スラグを固化した後に行う方法で出来ている点は評価できる。

所内各所の温度レベルに応じた排熱回収技術をまとめたことについては評価できる。取り扱いの困難なスラグからの熱回収についても、新規技術

開発を行い、熱回収評価を行ったことは評価できる。

製鋼スラグ顕熱回収の試験装置を建設し、熱回収率 30%以上を達成する見通しが得られた。

製鉄所内の各種排熱に合わせて顕熱回収、カーリーナサイクル、ヒートポンプ PCM など適材適所で効率的に熱回収するための基盤技術を開発し、現状スラグ顕熱回収で最終目標を少し下回っているものの、事業終了までには十分達成すると判断できる。また、CO₂回収に必要な熱回収シナリオも検討されており、実際に得た成果の効果を客観的に評価し、次ステップへのシナリオを明確にしている点も評価できる。

〈問題点・改善すべき点〉

熔融状態からの排熱回収方法を開発する。

熔融スラグの熱回収については、ガス顕熱から他のプロセスで利用可能なスチームなどの形で最終的に熱を取り出すが、その場合の伝熱抵抗は主にガス側にあると思われ、140 の熱風ができることは、140 での熱回収とは必ずしも言えないと考えられる。評価している現在の段階では、利用可能な形態での熱回収率の実験値はまだ得られていない。ただし、装置が安定すれば、より高温（例えば 200 ）でのガスが生成し、温度落差を考慮して 140 での熱回収率が目標値を達成する見通しはあると思われる。回収した熱の使い方について、より多様な視点から幅広く考えても良いのではないか。

スラグからの熱回収については、ロールやエプロンコンベヤにおける熱回収が十分に行われていない。温度差 500~600 の熱回収前の冷却処理には何らかの技術的な挑戦があってもよい。

低位熱発電システムについてはカーリーナサイクルの適用で 30%以上の熱効率を達成する見通しが得られたが、低コスト化については机上検討段階であり実証機等の建設を通じて確認を行う必要がある。

〈その他の意見〉

- ・ 回収した熱を炭酸ガス排出削減プロセスにどのように用いるかという技術検討と技術開発を行う。
- ・ 高温技術に長けた製鉄会社と大学との協働により、新規かつ熱回収率のより高い技術開発を期待する。
- ・ スラグが熔融状態から冷却されて固体状態に変態される過程で放出される顕熱量の方が、凝固スラグ板から放出される顕熱量の方より遥かに大きいので、この熱量を利用する技術も引き続き開発を目指して頂きたい。

- スラグの顕熱回収に関して、現在実施の低温熱としての回収だけでなく、カスケードに回収する方法の検討も実施することも検討することが望まれる。

2) 実用化の見通しについて及び今後に対する提言

蒸気発電とカーリーナ発電システム一本化、熱交換器のコンパクト化等により、大幅なコスト削減ができたことで、実機化の見通しを立てることができたのは見事な成果である。各要素技術は一定レベルに達しており、個別技術としては実用化への見通しはある。

一方、未利用排熱の大きな部分を占めるスラグ排熱の利用については、実用化レベルとは言えず、より画期的な技術開発が求められる。

実用化にはパイロットプラントなどを建設し、性能およびコストの確認が必要である。

〈肯定的意見〉

蒸気発電とカーリーナ発電システム一本化、熱交換器のコンパクト化等により、大幅なコスト削減ができたことで、実機化の見通しを立てることができたのは見事な成果である。

着実に実行できる内容であるので、実用性は高いと考える。

製鋼スラグ顕熱回収技術については、実証試験で装置の耐久性を確認できれば実用化できる。

熔融スラグの熱回収については、固化してガス顕熱の形で熱を回収することが提案され、そのための装置の開発が行われてかなりの程度実用化イメージが明確となった。安定した連続運転については今後に残された課題が見られるが、概ね本ステップのマイルストーンが達成される見通しが得られたものと考えられる。低レベル熱源からの発電については、プロセスの構成が明確化し、今後は化学工業、廃棄物焼却などへの適用が考えられ、本プロジェクトにおける成果の波及が期待できる。ヒートポンプ、蓄熱技術については、適用範囲としては化学工業だけでなくその他低レベル熱需要（例えば焼却炉廃熱を温室、プールへ利用するなど）が考えられる。装置設計のための基礎データが蓄積し、また、一部技術にはフローシートが描けてプロセス設計がなされ、今後の実用化へ向けた進展があったものと考えられる。

所内の未利用顕熱について、効果と費用を整理しており、実施状況を判断する上で大変有用である。

本開発内容は、新たなエネルギー投入なしに CO₂ 削減を効果的に実施するための重要な要素技術であり、これを実現するための各要素技術は一定レベルに達しており、個別技術としては実用化への見通しはありと判断できる。また、鉄鋼各社が自社の製鉄所内でのエネルギー回収を行うことになるので、エネルギー原単位低減という視点でも意義があり、実用化は推

進されるものと予想される。

〈問題点・改善すべき点〉

未利用排熱の大きな部分を占めるスラグ排熱の利用については、実用化レベルとは言えず、より画期的な技術開発が求められる。

低位熱発電システムについては、実証機の建設による性能およびコストの確認が必要である。

スラグ充填量と熱回収率のシミュレーションが正しいことを裏付ける実証実験を早く行って、装置のスケールアップが可能であることを証明して欲しい。

回収した排熱の輸送方法や利用方法が明確でなく、現状では実用化の見通しは見られない。排熱で得られたエネルギーを、どのように本企画内での他のプロセスに利用するかを明確にする必要がある。

熱回収したエネルギーを CO₂ 回収に利用するには、工場レイアウトなどの問題が最大のボトルネックポイントとなるため、エネルギー輸送の最適化を個別製鉄所ごとに検討していくことが必要である。

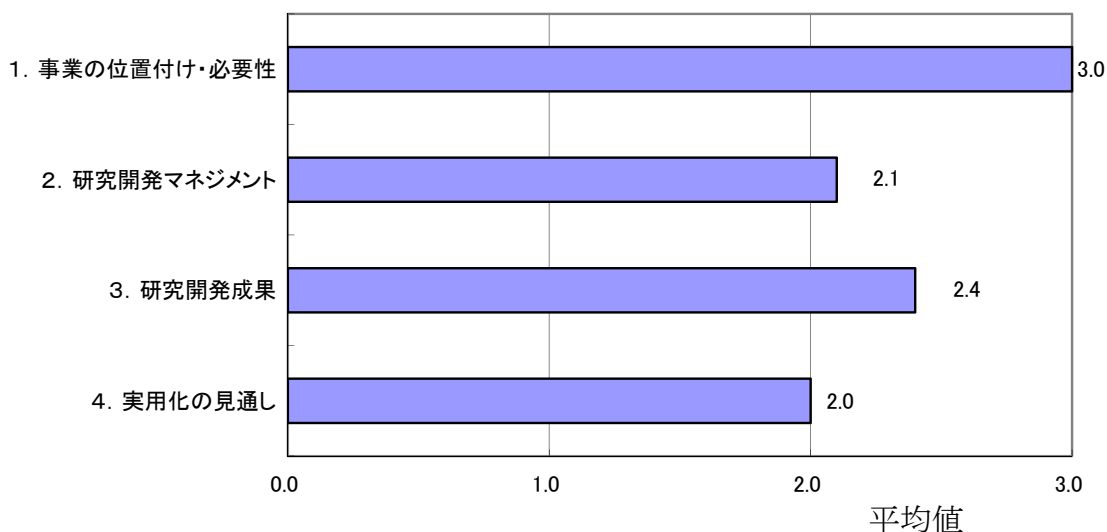
熔融スラグの熱回収については、安定した連続操業を達成するための運転経験の蓄積が必要であると考えられる。また、熱回収の最終形態（例えばスチーム）への一貫した熱回収の実証が今後必要であるが、これは今後の課題である。ヒートポンプ、蓄熱技術については、まだ基礎的ステップにあると考えられ、パイロットプラントなどによる実証が今後必要であるが、これは今後の課題である。

〈今後に対する提言〉〈その他の意見〉

- ・ CO₂回収のためのエネルギー回収ということに拘らず、実施可能な技術から製鉄所に導入することが望まれる。
- ・ 今あるシステムから熱を有効に取り出す技術だけでなく、将来的にまったく新しい視点での熱回収および熱利用を考えても良いのではないか。

3. 評点結果

3. 1 プロジェクト全体



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.1	A	B	B	B	B	B	B	B
3. 研究開発成果について	2.4	A	B	B	A	B	A	B	
4. 実用化の見通しについて	2.0	B	A	C	C	B	A	B	

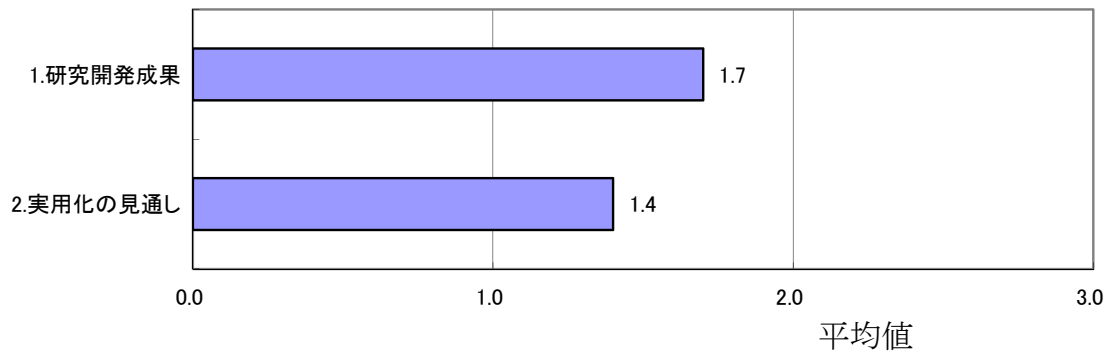
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

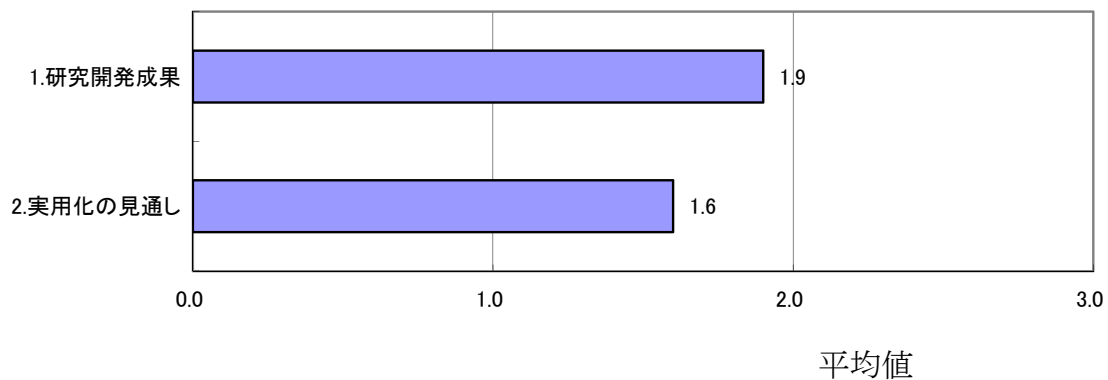
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について	
・非常に重要	A ・非常によい	A
・重要	B ・よい	B
・概ね妥当	C ・概ね妥当	C
・妥当性がない、又は失われた	D ・妥当とはいえない	D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて	
・非常によい	A ・明確	A
・よい	B ・妥当	B
・概ね適切	C ・概ね妥当であるが、課題あり	C
・適切とはいえない	D ・見通しが不明	D

3. 2 個別テーマ

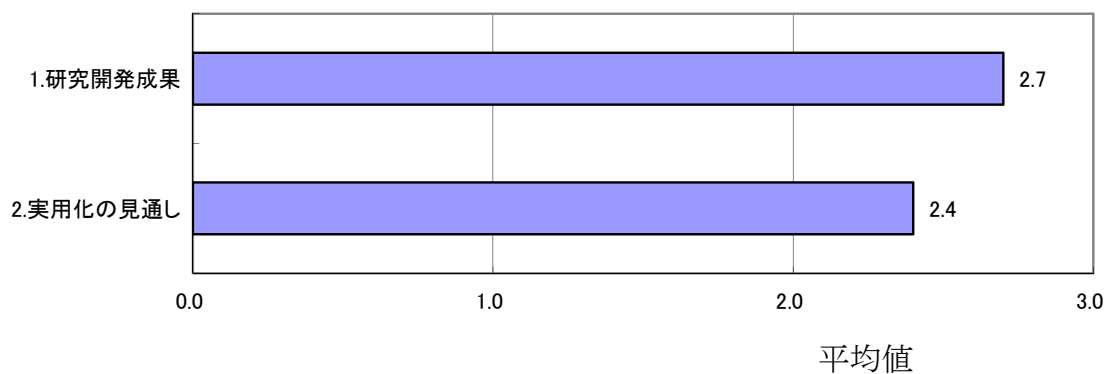
3. 2. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術開発



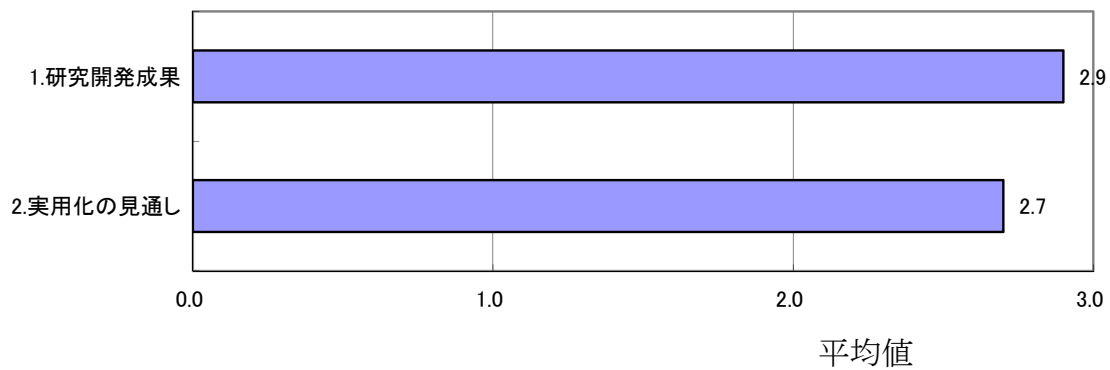
3. 2. 2 COGのドライ化・増幅技術開発



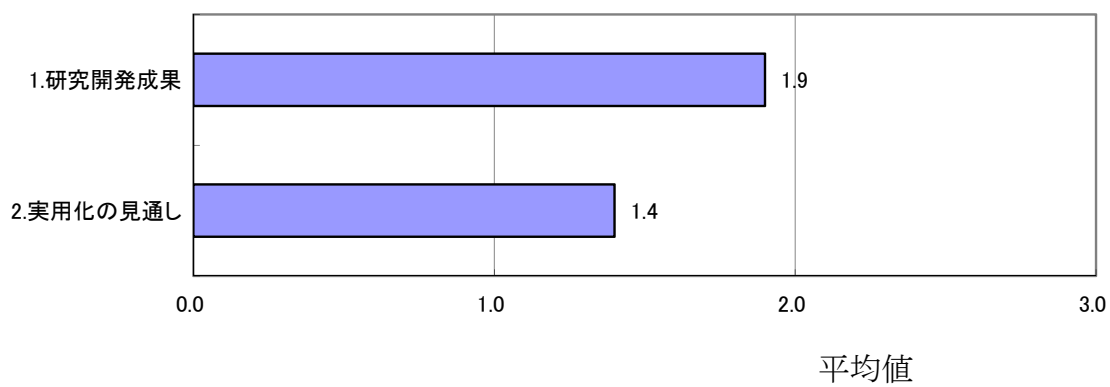
3. 2. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発



3. 2. 4 CO₂分離・回収技術開発



3. 2. 5 未利用顕熱回収技術の開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
3. 2. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術開発									
1. 研究開発成果について	1.7	C	B	D	B	B	A	B	
2. 実用化の見通しについて	1.4	C	B	D	C	B	B	B	
3. 2. 2 COGのドライ化・増幅技術開発									
1. 研究開発成果について	1.9	B	A	B	C	B	B	C	
2. 実用化の見通しについて	1.6	B	B	B	C	C	B	C	
3. 2. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発									
1. 研究開発成果について	2.7	B	A	B	A	A	A	A	
2. 実用化の見通しについて	2.4	B	A	C	B	A	A	A	
3. 2. 4 CO ₂ 分離・回収技術開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	B	A	A	A	
2. 実用化の見通しについて	2.7	A	A	B	A	B	A	A	
3. 2. 5 未利用顕熱回収技術の開発									
1. 研究開発成果について	1.9	B	B	C	B	A	B	C	
2. 実用化の見通しについて	1.4	B	B	D	C	B	B	C	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について	2. 実用化の見通しについて	
・非常によい	A ・明確	A
・よい	B ・妥当	B
・概ね適切	C ・概ね妥当であるが、課題あり	C
・適切とはいえない	D ・見通しが不明	D

第2章 評価対象プロジェクト

1. 事業原簿

次ページより、当該事業の事業原簿を示す。

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 環境部
-----	--------------------------------

目次

概要	i-1	
プロジェクト用語集	ii-1	
I. 事業の位置付け・必要性について		
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1	
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1	
1.2 実施の効果(費用対効果)	I-2	
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-4	
II. 研究開発マネジメントについて		
1. 事業の目標	II-1	
2. 事業の計画内容	II-3	
2.1 研究開発の内容	II-3	
2.2 研究開発の実施体制	II-9	
2.3 研究の運営管理	II-11	
2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性	II-14	
3. 情勢変化への対応	II-16	
4. 中間評価への対応	II-19	
5. 評価に関する事項	II-21	
III. 研究開発成果について		
1. 事業全体の成果	III-1	
(1) 事業全体の成果概要	III-1	
(2) 研究開発毎の成果概要	III-7	
IV. 実用化の見通しについて		IV-1
(添付資料)		
・イノベーションプログラム基本計画	添付 1-1	
・プロジェクト基本計画	添付 2-1	
・技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)	添付 3-1	
・事前評価関連資料(事前評価書、パブリックコメント募集の結果)	添付 4-1	
・中間評価関連資料(中間評価報告書)	添付 5-1	
・特許論文リスト	添付 6-1	

概要

最終更新日

平成 24 年 11 月 15 日

<p>プログラム（又は 施策）名</p>	<p>環境安心イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム</p>		
<p>プロジェクト名</p>	<p>環境調和型製鉄プロセス技術開発</p>	<p>プロジェクト番号</p>	<p>P08021</p>
<p>担当推進部/担当者</p>	<p>環境部 担当者氏名 山口良祐、岡島重伸（平成 24 年 11 月現在）</p>		
<p>0. 事業の概要</p>	<p>C02 を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスを開発する。 石炭コークスにより鉄鉱石を還元して銑鉄を製造し、鋼製品を製造する高炉法一貫製鉄所において、石炭コークス製造時に副生するコークス炉ガス（COG）に含まれるタール等を分解することにより COG を改質して水素を増幅し、石炭コークスの一部代替に当該水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。また、CO2 濃度の高い高炉ガス（BFG）から CO2 を分離・回収するため、分離・回収エネルギー消費量の少ない化学吸収法及び物理吸着法に関して化学吸収液、プロセス及び分離・回収システムを開発し、製鉄所内の未利用廃熱を回収して分離・回収エネルギーに利用することで CO2 分離・回収エネルギーを削減する技術を開発する。これらの技術開発によって CO2 発生量の 3 割削減を目標に、2030 年までに技術開発を実施し、2050 年頃までに普及を図ることにより、低炭素社会を目指す。</p>		
<p>I. 事業の位置付け・必要性について</p>	<p>我が国の鉄鋼業では 1970 年代以降積極的に、省エネルギー設備の導入等に取り組んできた結果、鉄鋼生産におけるエネルギー効率は世界一と評価されている。反面、かなりの部分に対策が施されているため、従来型の省エネルギー努力では 2010 年までに 3%程度 of エネルギー改善が限度とされている。 一方、地球温暖化防止に向けては、CO2 排出量の多い鉄鋼業に対して、抜本的な CO2 削減が要請されており、これに応えるためには、従来の製鉄プロセスを一新する革新的なプロセスを開発するための研究開発を実施することが不可欠である。 また、本事業は、21 世紀環境立国戦略において、世界全体の温室効果ガス排出量削減のための長期戦略の一つに位置付けされており、我が国が国際的リーダーシップを発揮するため産学の知見を結集し、国として取り組むべきものである。 以上から、本事業は民間のみで取り組むことが困難で、実用化までに中長期の期間を要し、かつリスクの高いテーマであることから、民間の能力を活用して機構が資金負担を行うことにより研究開発を推進すべきである。 (参考) 我が国における 2010 年度の粗鋼生産量は、約 1 億 1 千万トンであり、これに伴い CO2 を約 1 億 7 千万トン排出している。これは我が国産業部門の約 39%、我が国全体でも約 15%を占めている鉄鋼業は、産業・エネルギー転換部門最大の CO2 排出業種であり、鉄鋼業での排出削減は極めて重要である。</p>		
<p>II. 研究開発マネジメントについて</p>			
<p>事業の目標</p>	<p>本事業は、2030 年実用化に向けて大きく 3 つの段階での技術開発を予定しており、 2008～2012:Phase I Step1 要素技術開発及びプロセス評価開発 2013～2017:Phase I Step2 パイロット規模開発 2018～2028 頃まで:実証規模試験 を経て、我が国鉄鋼業の国際競争力を維持しながら、総合的に約 30%の CO2 削減可能な技術確立を目指す。 現在実施の Phase I Step1 における目標は以下のとおり。 ①高炉からの CO2 排出削減技術開発 コークス製造時に発生する高温の副生ガスを改質して水素を増幅し、その水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。 要素別に 3 テーマを設定。 ・ テーマ 1 : (SG1) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 CO2 削減のための高炉での石炭コークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元するための還元反応制御技術を開発する。</p>		

<中間目標>

水素を多量に含有する改質 COG を高炉で利用する場合の、高炉内鉄石還元挙動を明らかにするとともに、焼結鉄石還元粉化検討、炉上部での熱補償検討、高炉内の局所的な挙動の評価を行い、CO₂削減について定量的な評価を行う。

<最終目標>

改質 COG の適正吹き込み位置、方法の明確化、及び改質 COG 中 H₂ 還元過程で生成する鉄石中微細気孔の生成とそれによる反応効率改善効果を確認する。改質 COG 200 m³N/t-pig (COG 100 m³N/t-pig) の高炉への利用条件を明確化する。

- ・テーマ 2 : (SG2) COG のドライ化・増幅技術開発
コークス炉の 800℃の未利用排熱を利用し水素の増幅率を 2 倍とするコークス炉ガス (COG) 改質技術を開発する。
<中間目標>
平成 20 年度～21 年度は、民間研究において、「触媒の更なる高性能化・反応温度の低下」を指向した開発を実施した後、平成 22 年度より、実 COG を用いた 200m³N/hr 規模の試験設備で水素増幅特性確認と、耐久性の評価を実施する。
<最終目標>
ベンチプラントレベル試験運転を行い、実 COG を触媒改質することによる水素増幅向上の検証とコークス炉操業のサイクルと合わせて触媒特性を長時間維持できるか見極める。
- ・テーマ 3 : (SG3) 水素活用鉄石還元用コークス製造技術開発
水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。
<中間目標>
水素を活用した鉄石還元で想定される高炉内の環境 (ガス組成や温度分布) において、求められるコークスの特性を明らかにし、これを満足するコークスの製造技術を開発する。
<最終目標>
高強度高反応性コークス製造技術を開発する。
 - ・開発目標 : コークス強度 [ドラム強度] DI ≥ 88
 - ・コークス強度への HPC 作用機構解明と配合設計指針の確立

②高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収技術開発

高炉ガスからの CO₂ 分離回収コスト 2,000 円/t-CO₂ を可能とする技術の見通しを得る。このため、新たな吸収液開発、物理吸着技術開発を行い、併せて製鉄所内の未利用排熱を利用して、CO₂ 分離のためのエネルギーを削減する技術を開発する。

要素別に 2 テーマを設定。

- ・テーマ 4 : (SG4) CO₂ 分離・回収技術の開発
高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う。
<中間目標>
プロセス評価規模の化学吸収試験設備や数種類の高性能吸収液等を用いて、BFG から CO₂ を分離回収する試験を実施、定量的なエンジ・データを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価すると共に製鉄プロセスとの統合モデルを検討、全体システム評価・検討の中で実用化時の CO₂ 削減ポテンシャルや分離回収コスト低減効果を評価する。
<最終目標>
化学吸収法は、吸収液特性 (反応性、吸収量等) のラボ測定値を基に平衡モデルにより算出した CO₂ 分離回収エネルギーが 2.0GJ/t-CO₂ 以下とする。物理吸着法は、ベンチ試験装置において、可燃ガス (CO+H₂) の回収率 ≥ 90% を満足する CO₂ 回収率 ≥ 80% または回収 CO₂ 濃度 ≥ 90% のガス分離性能を検証する。
- ・テーマ 5 : (SG5) 未利用顕熱回収技術の開発
製鉄所の未利用排熱活用拡大による CO₂ 分離回収エネルギー削減 (鉄鋼業の CO₂ 削減) に寄与する技術開発を行う。
<中間目標>
選定した未利用顕熱・排熱活用技術の性能検証試験を完了し、BFG からの CO₂ 分離回収に必要なエネルギー量を評価。製鋼スラグ顕熱回収技術開発ではベンチプラント規模で、回収ガス温度が 140℃以上、熱回収効率が 30%以上 (ベンチプラント設備への供給スラグ熱容量が基準) となる顕熱回収条件を確認する。
<最終目標>
選定した未利用顕熱・排熱活用技術の性能試験により、BFG からの CO₂ 分離回収量増加への寄与を評価する。製鋼スラグ顕熱回収技術開発ではベンチプラント規模で、回収ガス温度が 140℃以上、熱回収効率が 30%以上となる顕熱回収条件を確認する。低位熱発電システムの排

	<p>熱有効利用率 30%を可能とする技術を明確化する。</p> <p>③製鉄プロセス全体の評価 最終目標である約 30%の CO2 削減に向けて、各要素開発の進捗状況及び開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体（一貫製鉄所）として目標への達成割合を定期的に把握し、各要素開発に結果をフィードバックすることにより、全体調整及び目標達成へのマネジメントを行う。</p> <p><中間目標> 30%CO2 削減に各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体調整やマネジメントを実施。</p> <p><最終目標> 製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約 30%の CO2 削減を可能にする技術イメージと今後の研究開発課題を明確にする。</p> <p>高炉ガスからの CO2 回収技術開発では、分離・回収後の貯留は開発対象外としている。</p>								
事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy			
	SG1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発								
	SG2 COG のドライ化・増幅技術開発								
	SG3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発								
	SG4 CO2 分離・回収技術の開発								
	SG5 未利用顕熱回収技術の開発								
	SG6 全体プロセス評価・検討								
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位：百万円)	会計・勘定	H20fy		H21fy		H22fy	H23fy	H24fy	総額
		当初	補正	当初	補正	当初	当初	当初	
	一般会計	0	0	0	0	0	0	0	0
	特別会計 (電源・需給の別)	532	1,000	1,115	1,394	1,862	2,601	1,776	10,378
	加速予算 (成果普及費を含む)	0	0	0	0	0	0	0	0
	総予算額	532	1,000	1,115	1,394	1,862	2,601	1,776	10,378
	契約種類： ○をつける (委託 ○) 助成 () 共同研究 (負担率 ()	(委託)	532	1,000	1,115	1,394	1,862	2,601	1,776
	(助成) : 助成率△/□ (共同研究) : 負担率△/□								
開発体制	経産省担当原課	製造産業局鉄鋼課製鉄企画室							
	プロジェクトリーダー	齋藤 公児氏 (新日鐵住金株式会社 製鉄技術部長)							

	委託先	<p>【委託先】 新日鐵住金（株）、JFE スチール（株）、（株）神戸製鋼所、日新製鋼（株）、新日鐵住金エンジニアリング（株）</p> <p>【再委託先】 JFE 技研（株）（H20 年度のみ）、住友精化（株）、富士石油（株）</p> <p>【共同実施先】 名古屋大学、大阪大学、東北大学、東京大学、北海道大学、京都大学、東京工業大学、（財）地球環境産業技術研究機構、（独）産業技術総合研究所、日揮（株）、三機工業（株）</p>
情勢変化への対応		<p>①外部有識者の見解反映 NEDO 内に技術検討委員会を設置し、専門的知見を有する外部有識者の方々から目標達成に向けた助言を頂戴し、より効率的に、かつ客観的な御意見に基づいて研究開発を進めることとした。 （H23年上期から全3回実施） 亀山 秀雄 東京農工大学大学院 工学府 産業技術専攻 工学研究科応用化学専攻（兼務） 化学システム工学科 教授（委員長） 伊藤 公久 早稲田大学 基幹理工学部 応用数理学科 教授 小野崎 正樹 財団法人 エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部部长 清水 正賢 九州大学 鉄鋼リサーチセンター 教授 宝田 恭之 群馬大学 大学院工学研究科 環境プロセス工学専攻 教授 巽 孝夫 国際石油開発帝石株式会社 経営企画本部 事業企画ユニット シニアコーディネーター 長坂 徹也 東北大学 大学院工学研究科・工学部 金属フロンティア工学専攻 教授</p> <p>以下のコメントを反映</p> <ul style="list-style-type: none"> ・LKAB高炉試験で貴重なデータが得られたと思うので、試験結果に対する詳細な解析を行うことがStep2に繋がると考えられる ・必要な特許については先願主義であり、海外特許の出願を含め知財管理をしっかりやって頂きたい 等々 <p>サブテーマ6(SG6)の情報収集活動として、社会等の動向を広く情報収集すべく、また直接本研究に関与されていない外部有識者の助言を得ることを目的として、アドバイザーボードを設置。（H21 年度下期から、第1回は平成22年3月9日実施、全3回実施） 委員（敬称略） 三浦 隆利 東北職業能力開発大学校長（委員長） 秋山 友宏 北海道大学エネルギー変換マテリアル研究センター 教授 清水 正賢 九州大学 鉄鋼リサーチセンター 教授 宝田 恭之 群馬大学大学院工学研究科 教授 長坂 徹也 東北大学大学院環境科学研究科 教授</p> <p>以下のコメントを反映</p> <ul style="list-style-type: none"> ・今回のシステム設計と各グループの連携が重要であり、マネジメントが重要 ・国内外への発信が大事、HP 整備や積極的な学会発表が重要 ・試験高炉実験を計画して欲しい 等々 <p>②進捗状況確認及び方針確認会議の開催 実施計画に基づく研究開発の進捗、懸案事項の討議、対応等を行い、実施者と一体となった研究開発を推進。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・「サブテーマフォロー会議（年12回）」：研究内容の進捗状況確認と今後の方針を協議 ・「全体システムWG会議（年8回）」：技術全体のシステム化と実用化検討を討議 サブテーマ6で実施の製鉄プロセス全体の評価は、本会議で進捗の検討を実施。 ・「企画・運営会議（年4回）」運営全体の進め方等を討議 ・「知財会議（随時）」出願方法の検討等 ・「COURSE50委員会（年2回）」全体の進捗確認と大きな判断等 <p>上記会議の内、実施者6社内の分担、契約関係を協議する「企画・運営会議」及び「知財会議」を除き NEDO（経済産業省鉄鋼課製鉄企画室）も会議に参画。</p> <p>③外部情勢、各研究開発進捗状況を見極めたテーマの選択と集中の実施。 現時点で当初掲げた各テーマの最終目標に変更は無いが、本事業は課題が多岐に亘っているため、常にテーマ全体を見直しつつ、加速すべき項目と時間を掛けてでも基本を解明する項目等の見直しを実施。 平成22年度以降は以下のように推進することとした。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素還元関係：重要なコア部分であり、可能な限り前倒して推進する。 ・化学吸収・物理吸着：ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進める。 ・排熱回収や高性能コークス製造：多少時間を掛けても確実に実施できるよう、原理原則部分

	<p>をしっかりと解明していく。</p> <p>④必要に応じた体制の検討と研究テーマの選択と集中（特に再委託先、共同実施先） 体制等は適材適所の配置になるよう工夫しており、特に大学等の保有する高いレベルでの知見を有効活用すべく、委託研究先、共同実施先を増やして、漏れがなく最適な産官学体制になるよう工夫している。</p> <p>⑤実用化の推進 化学吸収法の CO2 分離回収技術およびバイナリー低温排熱発電（カーリーナプロセス）については実用化を推進できる開発レベルとなった。化学吸収法はエネルギー開発分野や一般産業分野に向けて商品名 ESCAP として実用化が進められている。カーリーナプロセスは製鉄所での実用化を検討中である。</p>	
中間評価結果への対応	実施後記載予定	
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 環境技術開発部
	中間評価	平成 22 年度実施
	事後評価	平成 24 年度実施（予定）
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>「環境調和型製鉄プロセス技術開発」Phase I Step1 要素技術開発及びプロセス評価開発の成果は以下のとおり。</p> <p>事業全体 各サブテーマとも Phase I Step1 要素技術開発及びプロセス評価開発の個別最終目標は達成の見込みであり、2030 年までの実用化に向けて、研究開発を推進していく。</p> <p>各テーマ毎の評価</p> <p>①高炉からの CO2 排出削減技術開発 コークス製造時に発生する高温の副生ガスを改質して水素を増幅し、その水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。 要素別に 3 テーマを設定。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・テーマ 1：(SG1) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 <ul style="list-style-type: none"> <中間目標> 炉内ガス中 H2 の増加、還元材比低減（10%低下）にもかかわらず、試験範囲においては、シャフト部温度低下や還元遅延は見られない。この結果は当初のモデル計算とラボ試験結果が合致し、10%削減にラボベースで目途を得た（羽口+シャフト吹き込み）。さらに水素吹き込みにより鉄鉱石還元率が予想以上の向上を確認。 <最終目標達成の見通し> ラボレベルでは確実に最終目標を到達できる。同時に、小規模スケールでの試験設備での検証と課題把握も視野に置いて今後取り組む予定。 <最終目標> 水素を多量に含む COG の吹き込みにより、鉄鉱石の還元が改善し、2.5%から3.5%程度の CO2 低減の可能性のあることを、模型実験および LKAB 試験高炉で確認。さらなる低減の可能性について、羽口、シャフトの複合吹き込み、装入物分布の制御、の観点から検討中。 還元の改善メカニズムについては、水素の反応速度、焼結鉱の微細気孔形成、水素と CO、カーボン相互の反応の効果等、さまざまな理由が考えられ、現在総合的な観点から解析中。 改質 COG のシャフト吹き込み方法については、小型模型実験で得たシャフトガスの浸透度合い等のプロセスイメージを、LKAB 試験高炉で確認。 ・テーマ 2：(SG2) COG のドライ化・増幅技術開発 コークス炉の 800℃の未利用排熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス（COG）改質技術を開発する。 <ul style="list-style-type: none"> <中間目標> 平成 22 年度から研究に着手。ベンチプラント試験設備の現場設置方法を決定した。その他、プロセス検討、機械要素技術開発、ベンチプラント試験設備設計、土建・電気工事、官庁申請書類作成について取組を開始した。 <最終目標達成の見通し> 長時間試験のための設備工事等に時間を要する可能性が高いが、最終年度には一定の長時間テ 	

ストが可能で、最終目標は到達できる予定。

<最終目標>

大量に製造した触媒による実 COG の改質において水素増幅率 2 倍以上の活性を発揮することを確認した。外部から水蒸気を導入することにより COG 中のタール及び炭化水素の改質反応が大幅に進行し、水素増幅率の平均値が 2.0 倍より大となった。また加振機を効率的に作動させながら閉塞することなく 24hr 以上運転できることを確認した。

・テーマ 3 : (SG3) 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。

<中間目標>

「コークス強度到達目標達成」に対しては、高性能粘結材の添加と配合炭嵩密度の調整で目標 [ドラム強度] DI (150/15)=88 以上を達成。コークス強度向上機構の解明についてハイパーコール (HPC) の良好な軟化溶解性による配合炭の流動促進作用に起因することを明らかにできた。

<最終目標達成の見通し>

早期の段階で最終目標に到達できる予定だが、原理的な解明は継続して行う。

<最終目標>

高強度コークスとして、目標である DI > 88 を満足する製造方法に目処を得た。配合炭の流動性、膨張性による石炭粒子間の空隙充填効果と、配合炭の細粒化が HPC 利用コークスの強度増加に寄与することを明らかにした。

②高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収技術開発

高炉ガスからの CO₂ を分離するために、新たな吸収液開発、物理吸着技術開発を行い、併せて製鉄所内の未利用排熱を利用して、CO₂ 分離のためのエネルギーを削減する技術を開発する。要素別に 2 テーマを設定。

・テーマ 4 : (SG4) CO₂ 分離・回収技術の開発

高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収として化学吸収法や物理吸着法の開発を行う。

<中間目標>

30t-CO₂ 回収/d 化学吸収液評価プラント (CAT30) による評価結果と 1t-CO₂ 回収/ベンチプラント (CAT1) 評価結果を合わせてスケールアップ則に乗っていることを確認。「CAT30 での製鉄プロセスへの影響評価」は、速報ベースだが、世界最小水準の熱消費量値を試験結果として得た。物理吸着法は「ガス分離性能の検証」、「ベンチ装置での運転研究」、「実機プロセスの検討」の 3 分野の研究開発を有機的に連携させながら実施。技術調査を主体とした CO₂ 分離回収技術の低コスト化の検討と、モデル製鉄所におけるコスト評価も実施。

<最終目標達成の見通し>

化学吸収及び物理吸着の個別課題はそれぞれ最終目標を達成できる予定。最終的な総合システム化に向けて、研究の重点を置き、推進する予定。

<最終目標>

CO₂ 分離回収の化学吸収法は 2200 円/t-CO₂、また物理吸着法は 2400 円/t-CO₂ 程度のコストを達成する条件を見出した。さらに、化学吸収法は蒸気コストの低減、設備費削減等により、物理吸着法では、脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の 2000 円/t-CO₂ を達成する見込みである。モデル製鉄所における発生 CO₂ のほぼ 20% を分離・回収できる未利用エネルギーが見出された。30t-CO₂ 回収/d 化学吸収液評価プラント (CAT30) と 1t-CO₂ 回収/ベンチプラント (CAT1) 評価結果、熱消費原単位は実機サイズで 2.3GJ/t-CO₂ まで低減することができた。熱移送によるプロセス改良で開発目標である 2.0GJ/t-CO₂ を達成できる見込みが得られた。物理吸着法は、ベンチ試験装置において、可燃ガス (CO+H₂) の回収率 ≥ 90% を満足する CO₂ 回収率 ≥ 80% または回収 CO₂ 濃度 ≥ 90% のガス分離性能を検証した。

・テーマ 5 : (SG5) 未利用顕熱回収技術の開発

製鉄所の未利用排熱活用拡大による CO₂ 分離回収エネルギー削減 (鉄鋼業の CO₂ 削減) に寄与する技術開発を行う。

<中間目標>

モデル製鉄所排熱状況の整理と排熱回収技術シーズ調査完了し、CO₂ 分離回収可能量・コストの検討を実施し、新たにケミカルヒートポンプ技術及び、相変化物質 (PCM) による蓄熱・熱輸送技術を開発課題として選定。製鋼スラグ顕熱回収は、実機の製鋼スラグを 40kg 熔解できるプラズマ溶解炉、単一ロール方式のロール成形ラボ装置を製作し、製鋼スラグを板状、細片状に凝固する実験を実施し、スラグ顕熱回収の可能性を確認した。スラグ顕熱回収ベンチ試験装置の設計を完了し、製作中。低位熱発電システムは、カーリーナ発電システムの実施データを採取することにより、熱効率改善と低コスト化の可能性を明らかにした。

<最終目標達成の見通し>

個別課題はそれぞれの最終目標を達成できる見通しである。

	<p><最終目標> 製鋼スラグ顕熱回収技術開発では充填層方式の向流熱回収ベンチ設備の実験で、熱回収率30%を達成できる見込みが得られた。低位熱発電システム開発ではモデル製鉄所の未利用排熱を、背圧蒸気タービン・脱CO2塔リボイラー・カーリーナサイクルによるカスケード使用および低温排熱のカーリーナサイクル使用システムを検討し、発電回収の未利用排熱の利用率は約30%が可能となった。更に、蒸気発電とカーリーナ発電システム一体化、熱交換器のコンパクト化等により、大幅なコスト削減ができた。また、モデル製鉄所排熱発生状況を整理し、CO2分離回収可能量・コストを検討した。未利用低温排熱回収技術の開発対象を選定し、有機系および無機系ヒートポンプ、PCMのラボスケール探索実験により開発可能性を評価した。</p> <p>③製鉄プロセス全体の評価 最終目標である約30%のCO2削減に向けて、各要素技術開発の進捗状況及び開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体（一貫製鉄所）として目標への達成割合を定期的に把握し、各要素技術開発に結果をフィードバックすることにより、目標達成へのマネジメントを行う。</p> <p><中間目標> 約30%CO2削減に各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体調整やマネジメントを実施。製鉄所全体についての総合エネルギーバランス評価のためのツール作成。世の中への事業の積極的な広報活動も実施。また日本鉄鋼連盟及び実施者各社ではHPによる事業内容の紹介なども実施。</p> <p><最終目標達成の見通し> 早期終了課題と加速化すべき課題を抽出し、総合的に最終目標にすべての課題が到達し、プロジェクト最終目標が実現できるように努力する。</p> <p><最終目標> 製鉄所全体についての総合的エネルギーバランス評価のためのツールを用い、直近の技術指標を反映したシミュレーションを実施し、概略のCO2削減量の確認ができた。また各開発技術及び開発技術間の課題を検討し次期step2に向けての課題を抽出することができた。</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 1025 619 1066">投稿論文</td> <td data-bbox="619 1025 1479 1066">「査読付き」9件、「その他」107</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」9件、「その他」107
投稿論文	「査読付き」9件、「その他」107		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 1066 619 1108">特許</td> <td data-bbox="619 1066 1479 1108">「出願済」39件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）</td> </tr> </table>	特許	「出願済」39件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）
特許	「出願済」39件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="384 1108 619 1176">その他の外部発表（プレス発表等）</td> <td data-bbox="619 1108 1479 1176">97件</td> </tr> </table>	その他の外部発表（プレス発表等）	97件
その他の外部発表（プレス発表等）	97件		
IV. 実用化の見通しについて	<p>本事業は、地球温暖化防止に向けた我が国の施策の一つとして、我が国の鉄鋼業のCO2削減のために、実機への導入を求められているものである。鉄鋼業に不可欠な「鉄鉱石の還元工程」に「脱炭素」の指向を導入するとともに、革新的なCO2分離回収技術を組み合わせたものであり、有効な手段と考えられる。</p> <p>本プロジェクトは、委託先として技術開発した製品／プロセスを使用するユーザーとなる我が国の高炉メーカー4社（新日鐵住金統合後）全社が参画しており、現状の高炉法一貫製鉄システムを熟知した上で、2030年までに技術開発すべく、高炉へのコークス供給量を削減するため、コークス製造時に副生するコークス炉ガス（COG）中のメタン・タール分を触媒により分解して水素を増量し、その増幅した水素とコークスにより鉄鉱石を還元する技術開発とCO2を約20%含む高炉ガス（BFG）からCO2を分離回収する技術開発の組合せを採用している。また、CO2を分離回収するために必要なエネルギーをこれまでは大気等に放出していた低位排熱から回収して利用する技術開発を合わせて実施することとしている。</p> <p>Phase I step1 要素技術開発において前述の成果が得られ、次期ステップに向けての課題を抽出することができた。今後の見通しは、2013年以降5年間で、現在実施の要素技術開発及びプロセス評価開発の成果を踏まえて、step2としてミニ試験高炉を核としたパイロット規模開発を行い、2018年からの10年間で実証規模の試験を行うことで、2030年から順次、実機での運用に反映させる予定である。</p> <p>実機化への見通し条件は、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2030年までに技術を確立する。 ② 本技術開発の成果の実用化時期は2030年（実機化1号機は2030年） ③ 本技術開発はCO2分離回収までとしており、CO2貯留については他プロジェクトの成果を活用する。 ④ 実機化に際し経済合理性を有することが必要。 <p>尚、以下の波及効果が期待される。</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 高強度コークス製造技術の開発により非粘結炭の配合量の増加が可能となり低コスト化に寄与 (2) 未利用低温排熱利用技術である「カーリーナ発電技術」などを省エネ技術として早期適用 		

	(3) 化学吸収法プロセス技術を化学工業分野等へ早期適用(営業活動開始)	
V. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 20 年 4 月 作成
	変更履歴	<ul style="list-style-type: none"> (1) 平成 23 年 3 月、高炉からのCO₂排出削減技術開発に係る高強度コークス目標値設定及び組織変更、用語の統一等を反映 (2) 平成 23 年 7 月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法改正に伴う根拠条項の変更 (3) 平成 24 年 3 月、プロジェクトリーダー交代を反映 (4) 平成 24 年 4 月、プロジェクトリーダー変更

環境調和型製鉄プロセス技術開発

事後評価 事業原簿 用語集

<プロジェクト全般>

NO	用語	意味・説明
1	COURSE50	本プロジェクト略称(下記英文名称の略称) CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking Process by Innovative Technology for Cool Earth 50

<① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発>

NO.	用語	意味・説明
1	高炉	鉄鉱石を主原料、コークスを主還元材として溶鉄を製造する縦型炉である。現在は内容積 4,000m ³ から 5,000m ³ のものが主流であり、一日に約 10,000t 以上製造可能である。炉の上から鉄鉱石、コークスを投入し、羽口と呼ばれるノズルから約 1,200℃の熱風を吹き込み、コークスと酸素が反応することによりを約 2,000℃の一酸化炭素を発生させる。この CO が炉内を上昇する過程で鉄鉱石を昇温・還元・溶解し、約 1,500℃の溶鉄(カーボン飽和鉄)が製造される。還元で使用された CO は、いずれすべて CO ₂ となり、系外に排出される。
2	還元材	酸化鉄である鉄鉱石から酸素を奪うためのもので、高炉では石炭系、水素系の物質が使用される。
3	コークス	高炉で主に使用される還元材。石炭を乾留して製造する。溶鉄 1t を製造するために約 350kg のコークスが使用される。コークスは還元材としてだけではなく、炉内を通過する還元ガス(一酸化炭素)の通り道(通気)を確保するためのスペーサー、熱を確保するための発熱材の役割も担っている。したがって高炉を操業するためには、溶鉄 1t を製造するためには 250kg 程度のコークスは最低限必要であるといわれている。
4	微粉炭	高炉で補助的に使用される還元材。羽口から直接炉内に吹き込まれる溶鉄 1t を製造するために約 150kg の微粉炭が使用される。コークスを製造するためには高価かつ希少な資源である粘結炭が必要であるが、微粉炭としては相対的に安価な石炭が使用可能である。
5	シャフト部	高炉の炉体は炉の上部から 3 つに区分され、下向きに広がった部分を“シャフト部(炉胸部)”、一番炉径の広がった部分を“ボッシュ部(炉腹部)”、炉下部にすぼまった部分を“ベリー部(朝顔部)”と称する。その更に下部に、熱風を吹き込みノズルである羽口が設置されている。現在の 5,000m ³ の高炉では約 40 本設置されている。
6	ボッシュ部	
7	ベリー部	
8	羽口	
9	レースウェイ	羽口から高速で吹き込まれた送風エアにより形成される、コークスが流動、旋回、燃焼する領域。約 1m 程度の狭い領域であるが、この領域でコークスや微粉炭、改質 COG の酸化還元反応が行われる。この領域を通解したガスは、すべてコークスに還元され、一酸化炭素や水素となる。

10	ブローパイプ	高炉内に熱風を吹き込むために羽口に接続する送風用の管。
11	GRI-mech	ガス燃焼における化学反応機構を解析するモデル。約 60 の化学種と 300 以上の素反応が含まれている。UCB(Berkeley 大学)のホームページにて提供されている。
12	改質 COG の改質度	COG ガス中の CH ₄ のうち水蒸気などとの改質反応によって CO や H ₂ に改質された割合。
13	荷重軟化試験	実高炉での装入物(焼結鉱など)の挙動と特性を測定する装置。実高炉では荷重を受けながら、昇温、還元が進むので、荷重、温度、ガス条件など高炉の条件を模擬して実験される。測定項目は、還元反応の進み具合、層の収縮、通気抵抗などである。
14	還元率	高炉装入物(焼結鉱)などの反応の進み具合を評価する指標。反応前に含まれる還元されるべき酸素量に対する、奪われた酸素量の比率で求める。(100%還元率は還元終了の意味)
15	ガス利用率 (η_{CO} , η_{H_2})	下方から上昇する還元ガス(CO, H ₂)が、還元を利用して CO ₂ , H ₂ O にそれぞれになった比率を表す指標。 $\eta_{CO} = CO_2 / (CO + CO_2) \cdot 100$ で算出される。
16	熱保存帯	上方から常温の装入物が降下し、下方から高温の還元ガスが上昇する(=向流反応)実高炉において、熱のやり取りがバランスする位置を熱保存帯と呼ぶ。一般的には 950°C 付近であり、そこでは熱および反応が一旦停止する。すなわち、還元が平衡している点であり、この条件(温度と、ガス組成)を還元平衡点(W点)と呼ぶ。
17	W 点(還元平衡点)	
18	シャフト効率	高炉操業において理想操業からのずれの程度を表す指数。鉄鉱石の還元の進行度合いを、還元平衡点(W点)への到達度で示した指標をシャフト効率と定義する。すなわち鉄鉱石はシャフト効率 100%以上には還元は進まない。
19	熱流比	固体の熱容量と気体の熱容量との比で表される値。固体が奪う熱量とガスが持ち込む熱量の比で、(固体の粒子の流量) × (固体粒子の比熱) と (ガスの粒子の流量) × (ガス粒子の比熱)、で示される。上記の熱保存帯は、熱流比が 1 となる領域であるとも解釈できる。
20	BIS 炉	上方から常温の装入物が降下し、下方から高温の還元ガスが上昇する(=向流反応)状況を模擬することができる高炉シミュレータ。実試験では装入物(焼結鉱)を反応管内に固定し、電気炉を移動させて向流反応を模擬する。断熱制御によって、反応に伴う吸熱反応の影響も含めた評価が可能であり、熱保存帯温度の測定やカーボンソルーションロス反応の定量が可能である。BIS 炉は Blast furnace inner-reaction simulator の意。
21	還元粉化	焼結鉱が還元される初期の段階で粉化する現象。焼結鉱中のヘマタイトが還元されマグネタイトになるとき体積膨張を起こすため、焼結鉱が粉化するといわれている。
22	水性ガスシフト反応	CO と水蒸気(H ₂ O)から CO ₂ と H ₂ を生成する反応。

		$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
23	体積破壊	巨視亀裂が原因となる破壊
24	混合拡散現象	充填層内で互いに隣り合っているガスが、層内を移動する過程で一部が混じり合う現象
25	圧力損失	ガス流れの上流と下流に現れるガスの静圧差
26	移流項	運動量収支式における運動量の湧き出しを表す項
27	Peclet 数	物質収支式を無次元化した時に現れる拡散係数を含む無次元数
28	ボッシュガス	羽口前で吹き込まれた熱風で炉内のコークスが燃焼して発生したガスのこと。
29	出鉄比	1日当たりの出鉄量を高炉の炉内容積で割った値。
30	原単位	“鉄鉄1トン当たり”という意
31	炉熱調整	出鉄温度を一定値に保つための操業諸元操作
32	直接還元	コークスなどの固体炭素による酸化鉄の還元。COによる酸化鉄の還元であっても生成したCO ₂ がカーボンソリューション反応を生ずれば結果として直接還元となる。水素についても、還元の結果生成したH ₂ Oが固体炭素との水性ガス化反応を生ずれば直接還元となる。
33	間接還元	酸化鉄のCOやH ₂ による還元反応
34	カーボンソリューションロス反応	コークスなどの固体炭素とCO ₂ との反応。 $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$
35	水性ガス化反応	コークスなどの固体炭素とH ₂ Oとの反応。 $\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2$
36	LKAB	LKAB (Luossavaara Kiirunavaara Aktiebolag)。スウェーデン国営の鉄鉱石生産大手であり、試験高炉を保有。

<② COGドライ化・増幅技術開発>

NO.	用語	意味・説明
1	COG	コークス炉ガスの英訳であるCoke Oven Gasの略。コークスを製造する過程でコークス炉から発生するガスで水素(50~60%)、メタン(25~30%)を含む可燃性ガスであり、主に製鉄所内の燃料用途に用いられている。また、COG中には不純物として、石炭由来のアンモニア、硫化水素、シアンなどが高濃度に含まれる。
2	ドライ化	タール(5に記載)など(COG中ではミスト状で存在と推定)を水素、一酸化炭素、メタン等のガス成分に変化させること。通常COGはタール、油分を含むためウェットな状態に対し、変化後のガスにはそのような成分がなくドライな状態のため、ウェットなガスからドライなガスへ変化することを指す。
3	ドライガス化	ドライ化と同義
4	増幅	本研究では、特に水素等のガス成分の体積を増やすことを指す。
5	タール	石炭を熱分解した際に発生し、炭素が5個以上含まれた常温で液体の有機化合物であって、鎖式炭化水素や脂環式炭化水素からなる混合物を指し、例えば、ナフタレン、フェナンスレン、アントラセン、ピレン等の

		ベンゼンが複数個結合した芳香族が主成分である。また、上記以外にキノリン、インドール、カルバゾール、ジベンゾフラン、ジベンゾチオフェンの六員環又は五員環に窒素、酸素、硫黄等の異種元素を含むヘテロ化合物も含まれる。
6	上昇管	コークス炉の炭化室上面に設置された COG をドライメーン(32 に記載)へ導くガス管。尚、この上昇管の中間部分でアンモニア水を噴霧して高温の COG を約 100℃程度まで冷却すると共に、ガス成分と油・固形成分とを分離可能にする機能を有する。また火落ち判定孔と呼ばれる孔が備えられ、乾留の終了時点を目視で判定できる。
7	乾留	非酸化性雰囲気下で加熱すること。本研究では、石炭のコークス炉内での加熱を指す。
8	活性点	触媒上において触媒作用が行われる特定の部分のことである。例えば、特定の配列を持った格子面や、結晶面上でのステップ、キック、点欠陥、転位の末端など、配位不飽和度の高い原子やその集団であることが多い。
9	素反応	一つの化学反応式で表される化学反応は、実際には複数の化学反応から成り立っていることが多い。ただ一つの反応段階からのみなっている化学反応、すなわち、それ以上の反応段階に分けて考えることができない化学反応のことを指す。
10	ダスト	本研究では、石炭の微粒子のことで、空気中で浮遊する程度の粒径の粉末を指す。
11	耐久性	触媒の性能の安定性を意味し、具体的にはどの程度の時間(期間)触媒性能が維持されるかを指す。
12	改質	一般的には、価値に乏しい化合物を付加価値の高い化合物に変換することを意味し、本研究では、COG 中タールを水素、一酸化炭素、メタンなどのガス成分に変化させることを指す。
13	仕切弁	コークス炉上昇管から実 COG を抽気/閉止するための開閉弁。本研究では、800℃を超える高温に耐え、且つ、タール等固着性のある成分を含んだガスに対して開放/閉止が可能な弁を指し、現状では両機能を兼ね備えた製品は世の中に存在しない。
14	触媒槽	固体触媒を充填する反応槽
15	押出機	コークス炉からコークスを押し出す装置。押し出す装置のほかにコークス炉の蓋取り装置と、押出後新たに装入された石炭の上部を平らに均すレベラーを備え、炉団に平行に敷かれたレール上を走行する。
16	トラスデッキ	鋼材の接点を接合し、三角形を基本にして組んだ構造形式を有した鋼材を床にした橋梁物を指す。
17	固相晶析法	触媒反応機能を有する金属を予め金属酸化物にその金属の一部と置換させて固溶した状態を形成する。そして、還元雰囲気曝露により、固溶していた触媒反応機能を有する金属が酸化物表面に微細な粒子状となって析出することにより、金属表面積の大きな触媒を製造することが可能な方法。

18	固定層	固体触媒を反応下でも動かないように充填した状態
19	活性化処理	本研究では、17で記載した固相晶析法で製造した触媒を還元雰囲気下に曝して金属微粒子を表面に析出させる作業
20	シフト反応	若干の発熱を伴う次式の反応である。 $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$ 炭化水素からの水蒸気改質や部分酸化による水素製造において、水素の収率を高めるために用いられ、低温ほど反応が進みやすい。
21	確性試験	研究室レベルの小さな規模の装置で確かめられた性能を、より大規模の装置で確認するための試験
22	スクラバー	ガスを洗浄することを意味し、本研究では、触媒で改質された高温で一部タールを含んだガスを、水により洗浄してタールをガスから分離、且つ、ガスを冷却する装置を指す。
23	油バブラー	本研究では、油を張った油槽へガスを通すことにより、ガスに随伴していたダスト等を除去する装置を指す。
24	誘引通風機	ガスを入口から吸引し、出口へ誘導する装置であり、いろいろな機種があるが、例えば羽根の付いた円盤を高速で回転させる方式などがある。
25	フレアスタック	予め可燃性ガスを燃料に燃焼した状態へ有害ガスを通して周囲の空気と共に燃焼させて無害化して大気放散する装置を指す。
26	増幅率	対象ガスの反応前体積に対する反応後の体積の比を指す。例えば、水素増幅率とは、(反応後水素体積) / (反応前水素体積) で表される。
27	被毒	触媒反応は触媒表面の活性点上で進行する。その際、反応ガス中に不純物(硫黄成分等)が存在すると、不純物が活性点に強固に吸着することにより、触媒反応の進行が阻害されること。
28	タール分解率	本研究では、 $[1 - (\text{出口ガス中に残存するタール質量}) / (\text{入口ガス中に存在するタール質量})] \times 100$ として計算されるパーセント表示で表され、ガス中に存在するタールの触媒接触による分解割合を指す。

<③ 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発>

NO.	用語	意味・説明
1	アスファルトピッチ (Asphalt pitch, ASP)	石油系の減圧蒸留残渣油を常圧無触媒下、過熱水蒸気(500~700℃)で熱処理して得られるピッチ。軟化点が150~200℃と高く、コークス製造時の流動性補填剤として用いられる。
2	間接引張試験(Tensile strength) 圧壊強度 (compressive strength)	圧縮強度を試験するとき用いる円筒形の供試体を横に置いて、円筒の側面に垂直方向の荷重をかけると横方向に一樣な引張りの力が働いて、真ん中で割れるように破壊する現象を利用したもの。間接的に引っ張るところから、間接引張試験、割れて裂けるところから割裂試験とも呼ばれる。引張応力の計算式は $\sigma = 2P / \pi dl$ (σ : 応力 P: 荷重 d: 直径 l: 円柱の長さ)
3	円形度(Roundness)	どれだけ円に近いかを表すパラメータ $R = 4\pi \frac{A}{l^2}$

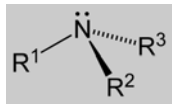
		上式において R は円形度, A は面積, l は周囲長を示す。
4	ギースラープラストメーター法 (Gieseler plastmeter)	流動性試験方法 (JIS M8801 に規程)。攪拌棒が挿入されている金属製のつぼ (内径 21.4mm, 深さ 35.0mm) に 425 μ m 以下とした試料 5g を充填し、金属浴中にて 3 $^{\circ}$ C/min で昇温する。攪拌棒上のドラムプーリと同径でかつ同心に指示針を備えたダイヤルプーリとを同調させ、この指示針の目盛り盤 (360 $^{\circ}$ C, 100 等分) の動きを温度とともに 1 分ごとにプロットする方法。測定を指示針が停止するまで続け、温度とダイヤルの読みとの関係を片対数グラフで示す。
5	乾式消火設備 (Coke dry quencher, CDQ)	コークス炉より押し出される赤熱コークスを不活性ガスにより冷却する乾式消火装置。赤熱コークスの顕熱は上記として回収・利用される。一方で、散水による消火装置を湿式消火装置 (Wet quencher) という。
6	数平均分子量 (Aromatic carbon rate)	全炭素量に対する芳香族炭素の割合
7	芳香族炭素指数 (Ring condensation index)	芳香環の水素数と水素置換可能な位置数との総和と、芳香族炭素の比であり、芳香環の縮合度の尺度
8	置換指数 (Substitution index)	芳香環の置換可能な位置数に対し、実際に置換構造をとっている数の割合
9	高性能粘結材 (High-Performance Caking additive, HPC)	石炭由来の 2 環芳香族を溶剤とし、石炭を熱時抽出して溶液成分と未溶解成分を固液分離した後、溶剤を分離回収して得られる溶剤脱灰炭のこと。
10	再固化温度 (Resolidification temperature, RT)	ギースラープラストメーター法において、攪拌棒が止まったときの温度。
11	最高流動度温度 (Maximum fluidity temperature, MFT)	ギースラープラストメーター法において、最高流動度を示したときの温度
12	最高流動度 (Maximum fluidity, MF)	ギースラープラストメーター法において、攪拌棒が動き始めてから、止まるまでの温度域における最大の流動度。
13	シャッター試験 (Shatter test)	落下強度試験。25kg のコークスを高さ 2m のところから 4 回落下させ、その破壊度でコークスの品質を評価する方法 (JIS K 2151 に規程)
14	全膨張率 (Total dilatation, TD)	ディラトメーター法 (JIS M8801 に規程) 150 μ m 以下の石炭に 10% の水を加えて混ぜたものを成型器に入れ、所定の圧力で最小直径 6mm、1/50 テーパー付き、長さ 60 \pm 0.25mm の棒状に成型する。これを内径 8mm の細管に入れ、その上に 150g の荷重がかかるようにピストンをのせて、300 $^{\circ}$ C に予熱された電気炉に挿入する。3 $^{\circ}$ C /min で昇温し、収縮及び膨張によるピストンの変位を回転ドラム式記録計に記録する。曲線より、軟化開始温度、最大収縮温度、最大膨張温度、収縮率、膨張率を求める。
15	動的粘弾性測定	弾性、粘性を併せ持つ高分子の力学的特性を分析する方法。弾性に相

	(Dynamic Mechanical Analysis)	当する貯蔵弾性率(E')と粘性に相当する損失弾性率(E''), またE''とE'の比であり、振動吸収性を反映する損失正接(tan δ)の温度依存性、周波数依存性を測定することで、試料の分子内構造に起因する転移やその温度について情報が得られる。
16	ドラム試験機	ドラム強度指数の評価に用いられる。ドラムは内径、長さがともに1,500mmで、内面に高さ250mmの羽根が6枚垂直に設置され、1分間に15±1/2回転できる回転装置が取り付けられている。
17	ドラム強度指数 (Drum index)	上記ドラム試験機にて、ドラム内に50mm以上のコークス10kgをいれて15rpmで30回転または150回転させたのち、篩で篩分けして、ふるい上質量の試料に対する百分率分立で、各回転に対する強度を表す。(JIS K2151に規程)
18	熱間反応性指数(RI, CRI)	コークスのCO ₂ 反応性評価方法。1100°C、CO ₂ ガス流通下、2時間反応後の残重量割合で評価する。
19	ナノインデンテーション法 (nano indentation)	材料表面のナノメートル領域に対し、超微小荷重で圧子を押し込み、荷重-変位曲線の解析から硬さや弾性率等の力学的性質を測定する方法。
20	軟化開始温度 (Softening temperature, ST)	ギースラープラストメーター法において、攪拌棒が連続的に動き始めて、1.00ddpmに達したときの温度。
21	反応後強度(RSI, CSR)	コークスを高温でCO ₂ ガスと反応させた後、室温で規程の条件により測定したコークス強度。粒度20mmのコークス200gを1,100°CでCO ₂ と2時間反応させた後、室温でI型ドラム30rpm、9.5mm篩上重量)により回転強度を測定する。
22	BSU	Bench Scale Unit の略 HPC 連続製造設備
23	平均反射率、湿式反射率 (Reflectance in oil, Ro)	研磨試料を屈折率1.518の油浸油につけ、試料表面での偏光の反射光の強さと入射光の強さを反射顕微鏡を用いて測定したもの。ビトリニットの平均最大反射率は、石炭化度の指標であり、原料炭配合の重要な指標として用いられる。
24	マセラル(Maceral)	微細組織成分。石炭の組織成分を構成する微細組織成分で、3つのグループ(ビトリニット、エクジニット、イナーチニット)に大別され、さらにそれぞれ3~5のマセラルに分類される。JIS M 8816に規程。
25	ワイブルプロット (Weibull plot)	物体の体積と強度との関係を定量的に記述するための確率分布。ばらつきを含めた強度の優位性を議論するのによく用いられる手法。

<④ CO₂分離・回収技術の開発>

NO.	用語	意味・説明
1	BFG	Blast Furnace Gas(高炉ガス)の略。鉄鉱石とコークスを充填した高炉に熱風を吹き込むことにより副生するガス。主成分は、N ₂ 、CO ₂ 、CO、H ₂ 。
2	CO ₂ ローディング	吸収液に吸収されたCO ₂ の量を示す指標(g/L等)。吸収液中のアミン等の吸収成分1モルあたりのCO ₂ モル数で表わすことも多い(mol/mol-アミン)。

3	△ローディング	LAとRAのCO ₂ ローディング差。
4	LA/RA	LA:Lean Amineの略。再生塔を出て吸収塔に供給されるCO ₂ 吸収前のアミン液。 RA:Rich Amineの略。吸収塔より出て再生塔に送られるCO ₂ 吸収後のアミン液。
5	L/G	Liquid-to-Gas Ratio(液ガス比)の略。気液接触させる場合の液供給量とガス供給量との比(L/Nm ³ 等)。
6	化学吸収	ガス中の特定成分を化学反応を伴って液に吸収させる操作。
7	反応熱/吸収熱	化学吸収に伴って発生する熱。通常は、ガス中の成分が液中に溶解する熱と液中での反応により生成する熱との合計を意味する。
8	平衡曲線	特定の反応におけるパラメータ間の平衡関係を示す線。
9	操作線	実際のプロセスにおけるパラメータ間の関係を示す線。
10	物質収支	Material (または Mass)Balance(MB)。ある化学反応の系において、系に投入された物質の量と系から得られた物質の量との収支。
11	熱収支	Heat Balance(HB)。ある化学反応の系において、系に投入された熱量と系から得られた熱量との収支。
12	吸収塔	ガスと液とを接触させ、ガス中の特定成分を液に吸収させるための塔。
13	充填物	気液の接触面積を増して物質移動速度を高める目的で、吸収塔や再生塔に挿入されるもの。規則充填物・不規則充填物等がある。
14	再生塔または放散塔	吸収液を再生する塔。吸収液が吸収したガス中の成分を、温度や圧力を変えて液から追い出す。
15	リボイラ	蒸留塔や再生塔の下部に熱を与えるための熱交換器。
16	還流水	再生塔上部から出たガスを冷却することにより凝縮した、水を主成分とする液。通常、再生塔上部へ戻す。
17	熱量原単位	CO ₂ 回収プロセスにおいて、CO ₂ 単位量を回収するのに消費する熱量(GJ/t-CO ₂ 等)。
18	TOC	Total Organic Carbon(全有機炭素)の略。有機化合物由来の炭素。液中濃度は、条件が異なる酸化前処理で、Total Carbon(TC、全炭素)とInorganic Carbon(IC、無機炭素)とをCO ₂ として測定し、その差から求める(mg/L等)。
19	第一種圧力容器	労働安全衛生法の施行令で定める、高圧で使用される容器。定期的な検査等の義務を負う。
20	アミン	アンモニアの水素原子を炭化水素基で1つ以上置換した化合物の総称。置換数が1つであれば1級アミン、2つであれば2級アミン、3つであ

		れば3級アミンという。また、炭化水素基が水酸基(-OH)を持つものをアルコールアミンという。
21	反応熱	化学反応に伴って出入りする熱量(エンタルピー変化)。吸収液の CO ₂ 放散反応は吸熱であり、その熱量が分離回収エネルギーの約半分を占める。
22	遷移状態	化学反応の過程で原系から生成系へ変化する時に通る最もエネルギーの高い状態。原系と遷移状態のエネルギー差が反応の活性化エネルギーに相当し、それが小さいほど反応は速く進行する。
23	計算化学	化学分野で用いる原子・分子レベル計算の総称であり、量子力学に基づく分子軌道法、密度汎関数法(これらを量子化学計算手法と呼ぶ)と、古典力学に基づく分子動力学法、分子力学法に大別される。量子化学計算は、実験値などのパラメータを用いず第一原理的に化学反応や物性の解析と予測を行う手法。
24	COSMO-RS 法	量子化学計算による溶質分子と溶媒分子の表面電荷をもとに、統計的手法により溶液中の自由エネルギーを算出する手法。
25	ケモインフォマティクス	分子構造と物性との関係を定量的に表現する統計モデルを用いて、未知の分子構造に対する物性値を推定する手法。
26	分子動力学	分子動力学法(ぶんしどうりきがくほう、Molecular Dynamics method、MD 法、単に MD、古典 MD とも言う): 2 体(或いはそれ以上)の原子間ポテンシャルの下に、古典力学におけるニュートン方程式を解いて、系の静的、動的安定構造や、動的過程(ダイナミクス)を解析する手法。
27	PSA	Pressure Swing Adsorption の省略形、圧力スイング吸着法。固体へのガス吸着量が圧力およびガス種類によって異なる性質を用いて、混合ガスを分離する方法。
28	サイクルタイム	一つの吸着塔が、吸着/洗浄/脱着の 3 工程を行うための時間。各工程に要する時間は、サイクルタイムの 1/3 の時間となる。
29	Crank-Nicholson 法	微分方程式の解を得るための差分法の一つ。各時刻で方程式系を解く必要があるので煩雑な場合が多いが、常に数値的に安定で収束する特徴がある。
30	吸着オフガス	PSA の吸着工程にて PSA 出口より流出するガス
31	ゼオライト	結晶性アルミノケイ酸塩の総称。結晶種により異なる数 Å の均一な細孔を持ち、交換可能な陽イオンを含有し、その種類によっても性質が異なる。洗剤ビルダーや吸着剤、触媒として広く利用されている。
32	活性炭	ヤシ殻などの炭素質を水蒸気や薬品により賦活した物。比表面積が 1,000m ² /g を越えるものもある。吸着剤や消臭剤、触媒担体などとして広く用いられている。
33	四重極子	例えば二個の+と-の重心があり、その双極子モーメントが0の場合でも、電荷分布が球対称から外れた場合には有限の電場が形成される。これを電気四極子、あるいは四重極子という。
34	CCS	CO ₂ 分離回収・貯留技術(Carbon dioxide Capture and Storage)

35	膜分離法	膜両面の圧力差で処理対象ガスを通させ、ガスの種類によるその透過速度の差で分離する技術。化学吸収法や物理吸着法に比較して新しい技術であり、様々な分離膜の開発が進められている。
36	チルドアンモニア法	化学吸収法の一つで、吸収塔で 0～10℃に冷却された炭酸アンモニウムとアンモニアによって CO ₂ を吸収し、再生塔で反応によって得られた重炭酸アンモニウムスラリーを 120℃程度に加熱して CO ₂ を放散する分離方法。
37	イオン液体法	イオン液体は、常温、溶媒なしで液体(イオン)状態を保つ熔融塩であり、CO ₂ の選択的溶解性が高いことから、CO ₂ 分離回収技術への応用が期待されている。
38	ULCOS	Ultra-Low CO ₂ Steelmaking の略。欧州で展開されている低炭酸ガス排出型製鉄プロジェクトの総称

<⑤ 未利用顕熱回収技術の開発>

NO.	用語	意味・説明
1	ヒートポンプ	エネルギーを投入することにより温度差を作り出す装置。動作原理により、圧縮式・吸収式・化学ヒートポンプ等に分けられる。
2	改質	化学物質の組成・性質を改良することであり、特に燃料の組成を化学反応により変える事を指す。
3	水素透過膜	水素分離膜とも言う。水素を選択的に透過する膜であり、パラジウム等の金属、セラミックス、樹脂等が用いられる。分離すべき
4	潜熱蓄熱	融解熱や気化熱などの転移熱を利用して熱の出し入れをする。顕熱蓄熱に比べ高密度の蓄熱が可能(重量当たりの蓄熱量が大きい)。
5	PCM	Phase Change Material の略:相変化物質。その融点程度の温度の用途の潜熱蓄熱に利用することができる。
6	製鋼スラグ	製鋼の精錬工程で発生するスラグ。転炉系スラグと電気炉系スラグがある。転炉系スラグには脱炭工程で発生する脱炭スラグ(転炉スラグ)と脱りん、脱硫、脱珪等の予備処理工程で発生する溶銑予備処理スラグがある。
7	転炉スラグ風砕システム	熔融転炉スラグを空気流で吹き飛ばして粒状化し、粒状化したスラグおよび高温となった空気から熱を回収して、蒸気を製造するプロセス。
8	CDQ	Coke Dry Quenching の略:コークス乾式消化設備。コークス炉から出た赤熱コークスを投入し、循環ガス(N ₂ ガス)と熱交換して、コークスの顕熱を回収する設備。800℃以上に昇温した循環ガスからボイラーで高温高圧の水蒸気を製造する。
9	水冷ロール間接冷却技術	内部を水冷した金属製ロールに熔融スラグを接触させて、連続的に凝固する技術。
10	製鋼スラグのエージング	出荷前にスラグを屋外に山積みし、適当な期間大気中に保持することあるいは蒸気等によってスラグを安定なものにする処理方法。製鋼スラグには、フリーライム CaO が存在し、膨張崩壊の原因となる。フリーライムの水和反応を進行させてしまい、Ca(OH) ₂ とすることで膨張崩壊性の

		ないものにする。こと。
11	ポルトランドait	水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ のこと
12	ピンチテクノロジー	熱回収システムの解析及び設計手法のこと。英国マンチェスター理工科大学のボド・リンホフ教授の研究グループを中心に 1970 年代後半から開発が始まった。第 1 世代といわれるピンチテクノロジーは「プロセス製造設備」を対象に解析が行われ、第 2 世代になり、ボイラー、タービンや蒸気ヘッダーなどから構成される「蒸気システム」または「エネルギーシステム」とも称される工場のインフラ部分を対象として適用されている。
13	SSSP	Site Source and Sink Profile の略、工場全体のプロセス流体の加熱とプロセス流体の冷却の需要曲線を描くことによって、工場全体の熱需要を明らかにすると共に、同時に用役の選択と配分を同じグラフ上に書き込むことで、用役とプロセス流体のマッチング状況を確認できる解析手法。
14	プロセス流体	原料や製品などの流体で製品の品質維持のために運転条件が変更できない流体。(SSSP 解析での定義)
15	用役流体	プロセスシステムの単位操作に必要な熱エネルギーを燃焼ガス、蒸気や熱エネルギーを除却する冷却水や回収蒸気などで運転条件が変更できる流体。(SSSP 解析での定義)
16	改善計画(ターゲット)	SSSP 解析より、改善の可能性を検討し、理論的に達成可能な目標値を求める作業のこと。
17	熱複合線	複数の流体が持つ温度と熱量の情報を、同じ温度区分の熱量を統合することによって 1 本の線図で判りやすく示したもの。
18	究極条件	将来技術革新にて未回収のプロセス廃熱から熱回収を拡大した理想的な扱いを想定した条件。(SSSP 解析での定義)
19	カーリーナサイクル	1985 年米国の科学者カーリーナによって考案された高効率発電サイクルである。多成分混合流体を作動流体として使用し、その特性をうまく利用して熱源の熱を最大限に利用し高出力を得ようとするものである。多成分系の混合流体を作動流体として使用することにより、発電効率を従来より 20% 以上高めることが可能な新しい熱サイクル。
20	プロセスシミュレータ	物性(物質の性質)データと現象の数学モデルを利用して、計算機上で対象プロセスを模擬することにより、その設計や運転方法についての検討を効果的に実施するためのソフトウェア。
21	低位熱発電システム	工場の 100℃前後やそれより低い温度領域の排熱を高濃度アンモニア水と蒸発器で熱交換し、熱サイクルの熱源とするシステム。 本サイクルは、カーリーナサイクルに近いシステムであるが吸収凝縮器などの工夫をしているシステム。富士石油殿は石油精製に伴う低温の廃熱を有効活用する目的でこの低位熱発電システムを導入している。
22	ランキンサイクル	非可逆熱サイクルの一種で、蒸気タービンの理論サイクル。
23	熱交換器	温度の高い物体から低い物体へ効率的に熱を移動させる機器。液体、気体などの流体を扱うものが多い。熱の段階的利用や回収による省エネルギーのため、積極的な導入が求められている。
24	蒸発器	種々の水溶液から水分を気化して除去する装置。今回の低位熱発電シ

		ステムでは、作動流体であるアンモニア・水がこの蒸発器において熱源と熱交換することで、液体から気液混相状態となる。
25	吸収凝縮器	圧縮機より吐き出された高温・高圧の冷媒ガスを水や空気などで冷却して、凝縮（液化）させる熱交換器のこと。
26	HTRI	世界的に広く使用されている熱交換器設計の専用プログラム。社名（Heat Transfer Research Inc.）がプログラム名となっている。

I. 事業の位置付け・必要性について

1. NEDO の関与の必要性・制度への適合性

1.1 NEDO が関与することの意義

(1) 背景

地球温暖化問題は、予想される影響の大きさや深刻さから、人類の共通の最も重要な問題の一つとなっており、世界が持続的な経済成長を維持しながら解決していくため、世界各国が協調、連携し、国際会議の場で様々な議論が為されてきた。その結果、地球温暖化問題に対処するため、気候変動枠組条約が 1997 年 5 月に採択され、その究極の目的を達成するための長期的・継続的な排出削減の第一歩として、先進国の温室効果ガスの削減を、法的拘束力を持つものとして約束する京都議定書が 1997 年 12 月に採択された。京都議定書は 2005 年 2 月に発効し、温室効果ガスの排出量を 2008 年から 2012 年までの第 1 約束期間において先進国全体で 1990 年レベルと比較して少なくとも 5%削減することを目的として、削減割合は各国毎に定められ、我が国については 6%削減が定められている。

我が国では、1990 年以降地球温暖化対策を推進しており、京都議定書の 6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めたものとして 2005 年 4 月に京都議定書目標達成計画を策定し、目標達成に向けて官民あげて取り組んでいるところである。

温室効果ガス削減目標達成に向けて努力していくことは当然であるが、持続的な経済成長を維持しながら、CO₂ 排出量を削減していくためには、今後も引き続き更なる CO₂ 削減を進めていかなければならない。

我が国の鉄鋼業は、原料である鉄鉱石を石炭コークスで還元して銑鉄を製造する高炉法を採用しているために CO₂ 排出量が多く、産業・エネルギー転換部門での CO₂ 排出量の 39% (2010 年実績) を占め、我が国全体でも 14%を排出していることから、鉄鋼業において CO₂ 排出量を削減することは、喫緊の課題である。しかしながら、我が国の鉄鋼業は 1970 年代のオイルショック以降、省エネルギー化を推進し、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達しており、現状技術の延長上では効率向上による大幅な CO₂ 削減を望めないことから、更なる温室効果ガス削減のためには新たな革新的な技術開発を推進する必要が求められている。

このような背景のもと、石炭コークス製造時に発生する高温の副生ガス（コークス炉ガス（COG））の水素を増量し、鉄鉱石の還元材として利用することでコークス使用量を削減し、高炉からの CO₂ 排出量を削減する技術開発と、製鉄所内で未利用の廃熱をエネルギー源として利用し、高炉ガス（BFG）から CO₂ を分離回収する技術開発により、CO₂ 発生量の大幅な削減を目指す「環境調和型製鉄プロセス技術開発（COURSE50）（注 1）」が検討された。2008 年 3 月に全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて 2050 年までに半減するという長期目標実現に向け、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」が策定され、効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂ 大幅削減を可能とする「21」技術の一つとして選定されている。

また、2008 年 7 月に閣議決定された、「低炭素社会づくり行動計画」においても、革新的技術開発のロードマップの着実な実行として、必要な予算を確保して開発を進めるとなっている。本プロジェクトは、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」に示された、重点的に取り組むべき 21 のエネルギー革新技術の中に、「コークスの代わりに水素を還元材とする技術及び二酸化炭素分離回収技術により排出を抑制する革新的製鉄プロセス（2008 年度から基礎研究、2013 年度から実証試験を行い、水素製造や二酸化炭素分離回収貯留に係るコスト状況を踏ま

え、まずは2030年までに製鉄所での排出量を約30%削減する技術を確立し実用化を目指す)、
」として取り上げられている。

本プロジェクト「環境調和型製鉄プロセス技術開発」は、2008年度から「環境安心イノベーションプログラム」及び「再掲：エネルギーイノベーションプログラム」に登録され、技術戦略マップ2010において、エネルギー分野の総合エネルギー効率向上、及び化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用の2つの政策目標の中に「製鉄プロセス」として掲げられ、それぞれの政策目標への寄与が大きい技術開発として評価されている。

(注1) COURSE50: 本プロジェクト略称 (**CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking Process by Innovative Technology for Cool Earth 50**の英文略称)

(2) NEDO の関与の必要性

本プロジェクトは、世界的課題である地球温暖化対策に寄与するものであり、我が国においてもCO₂削減の目標達成は国際的責任であることから、CO₂の発生量の削減及びCO₂分離回収技術について、国として強力なイニシアティブを発揮して総合的に推進することが必要である。

コークス炉ガスから水素を増幅してコークスの代替とする水素による鉄鉱石還元技術は、コークス使用量削減による資源の有効利用、及び省エネルギーに寄与するが、これまでと全く異なる鉄鉱石還元メカニズムの解明が必要であり、我が国の鉄鋼業の国際競争力を維持しながら成長していくためには、国が基盤的な研究支援を行い、民間企業と共同で研究を行っていく必要がある。

さらに、CO₂分離・回収は、CO₂削減による成果は鉄鋼業、さらに国民全般の環境保全に貢献するが、それ自体で利益を生むことは希で、かつCO₂回収のためにエネルギーが必要となることから、未利用廃熱を利用しても大幅なコスト削減が達成できない限りコストを回収することは難しい。このため、これまでの省エネルギー技術開発とは異なり民間企業が独自に研究開発を行うにはインセンティブが働かず、開発リスクも高いことから民間企業だけの取り組みだけでは実用化が進まない性格のものであるため、産官学が協力して研究開発を進めていく必要がある。

以上から、民間のみでは取組むことの困難な、実用化までに長期の期間を要し、かつリスクの高い本プロジェクトは、民間の能力を活用してNEDOが資金負担を行うことにより、その研究開発を推進すべきものである。

1.2 実施の効果(費用対効果)

本プロジェクトは当初10年間を基礎研究と方向性を定める第一ステップ(Phase I 及び Phase II の内、Phase I の step1 と step2)とし、その後のスケールアップを含む第二ステップ Phase II (10年程度)を経て、基本技術の確立を目指す。現時点では、2030年までに基本技術の確立し実用化を目指すこととしている。

今後、進捗を見ながら開発を早めることを検討していく。いずれにしても、20年の長期に渡る大規模な開発プロジェクトであり、産学官一体となり、かつ業界各社が連携し取り組んでいく。また、CO₂の抜本的な削減は、本プロジェクトのみでは到達不可能であり、周辺技術、社会シス

テム、制度等、全ての環境整備を並行して進める必要があり、政府を始めとした関係者の全面的な協力と認識の共有化、共通化が必須である。

CO₂排出量の多い鉄鋼業においてCO₂排出量の抜本的な削減に応えるためには、従来の製鉄プロセスを一新する革新的なプロセスを開発する必要があることから国内高炉4社の技術力を共通する施策目標の下に結集させ、早期実用化を念頭に置いた効率的な連携体制により運営することが必要である。

さらに、世界鉄鋼協会（WSA）やEU共同プログラムとの連携により、欧州諸国の最新技術動向を把握する等により本プロジェクトを効率よく実施する。

CO₂削減効果としては、発生するCO₂発生量のうち約30%の削減と推定される。

将来的には更なる削減（65～80%）へ向けた取組みが必要と考える。このためには、水素還元技術を含めた脱石炭還元を目指すことになる。本プロジェクトはその先駆けであり、化石燃料に依らない水素や電気が社会に多量に安定して供給される基盤が形成された場合には、更なるCO₂排出量の削減が可能となるものと期待される。

当初5年間で100億円、Phase I (step2)については、今後精査する必要があるが150億円以上必要と予想している。Phase I (step1)は基礎研究の位置付けであり、NEDOの委託事業として実施する。本研究開発は、地球環境問題に対する挑戦的な取り組みであり、開発そのものは、国が中心となって進めていくべきものであり、実用化の段階まで、引き続き費用面においても官民の役割分担の下、確実なる国の支援が強く望まれる。

鉄鋼業界では、旧IISI（現WSA）でのセクトラルアプローチの一環として、2003年より世界の鉄鋼メーカーによる2050年に向けたCO₂の抜本的な削減に向けて議論を重ねてきた。今回のテーマの絞り込みについても、こうした場での議論結果が生かされている。さらに、今後も地球規模での鉄鋼プロセスからのCO₂発生量削減へ向け、世界各地の鉄鋼協会、企業と連携を図りつつ、研究開発を進めていく予定である。また、今回開発と連携の効果が期待できる欧州の開発プログラムとは我が国鉄鋼業界が個別により深い連携を図るべく準備中である。

今回取り組むBFGからの高効率CO₂分離回収技術やCOG改質水素による鉄鉱石還元などは、世界でも最先端の画期的な技術である。こうした日本独自の先行技術と、欧州の技術を融合させる効果は相互にとって極めて効果的であると考えられる。

以上のことから、本プロジェクトは極めて高い挑戦的な技術ではあるが、実機化によって、極めて大きなCO₂削減効果が得られるとともに、世界に対して日本の技術をアピールでき、且つ将来的には海外への技術的な支援も可能であることから、非常に投資としての意義は高く、得られるメリットは多方面に渡り、大きいと考えられる。

2.事業の背景・目的・位置づけ

2.1 事業の背景

我が国の鉄鋼業は、原料である鉄鉱石を石炭コークスで還元して銑鉄を製造する高炉法による製造プロセスを採用しているため、CO₂排出量が多く、産業・エネルギー転換部門のCO₂排出量の39%を占め、我が国全体でも14%を排出している。さらに鉄鋼業の中において高炉法による製鉄プロセスで鉄鋼業の約70%の排出量を占めており、高炉法による一貫製鉄所でのCO₂排出量の削減することは、喫緊の課題である。図I-2-1に産業・エネルギー部門における鉄鋼業のCO₂排出割合を、図I-2-2に一貫製鉄所の製造プロセスを示す。

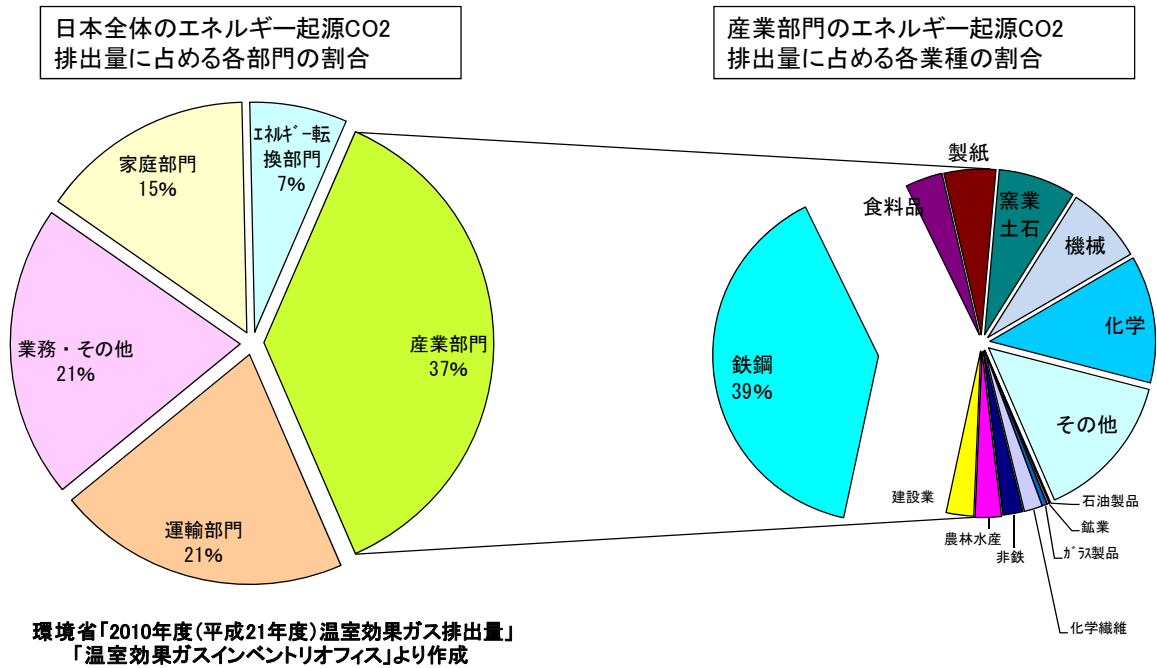


図 I-2-1 我が国の鉄鋼業におけるCO₂排出の現状

鉄鋼業が排出するCO₂の約7割は高炉を用いた製鉄プロセスで発生

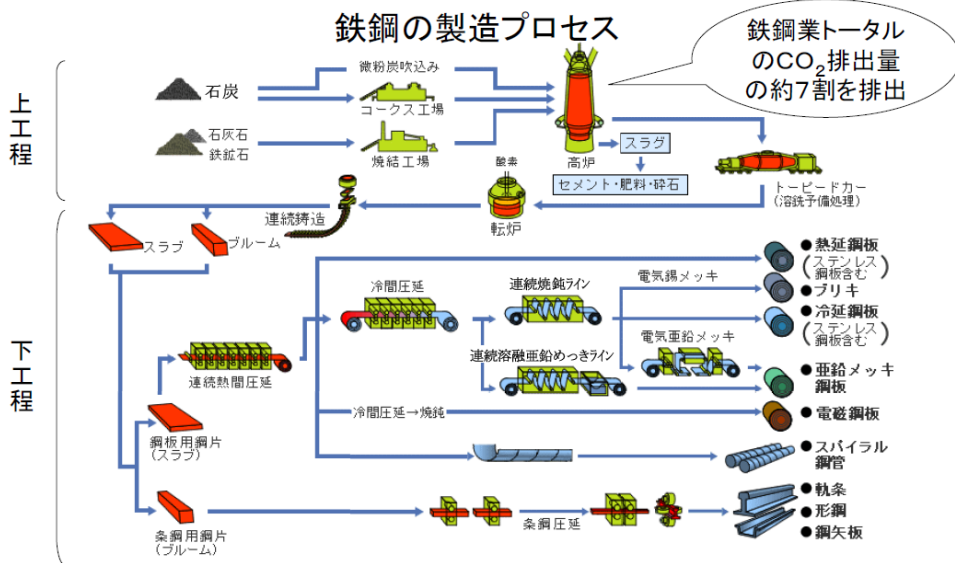


図 I-2-2 一貫製鉄所の製造プロセス

しかしながら、我が国の鉄鋼業は1973年以降、二度にわたる石油ショックを経験し、省エネルギー化を推進してきた結果、1971年から1989年の20年間で1973年のピーク時と比較し20%のエネルギー削減を達成し、既に世界最高水準に達しており、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達している。図I-2-3にこれまで鉄鋼業で実施してきた省エネの状況を、図I-2-4に我が国の鉄鋼業（高炉・転炉法）で鉄1トンを作るのに必要なエネルギー原単位を100としたときの国際比較（2008年）を示す。また、国際エネルギー機関（IEA）が2008年に作成した、導入障壁を全く考慮しないで、最先端技術を導入した場合の削減理論値の試算結果を図I-2-5に示す。これによると省エネルギー設備の導入が格段に進んでいる我が国の鉄鋼業の削減ポテンシャルは最も低く世界最小と評価されている。

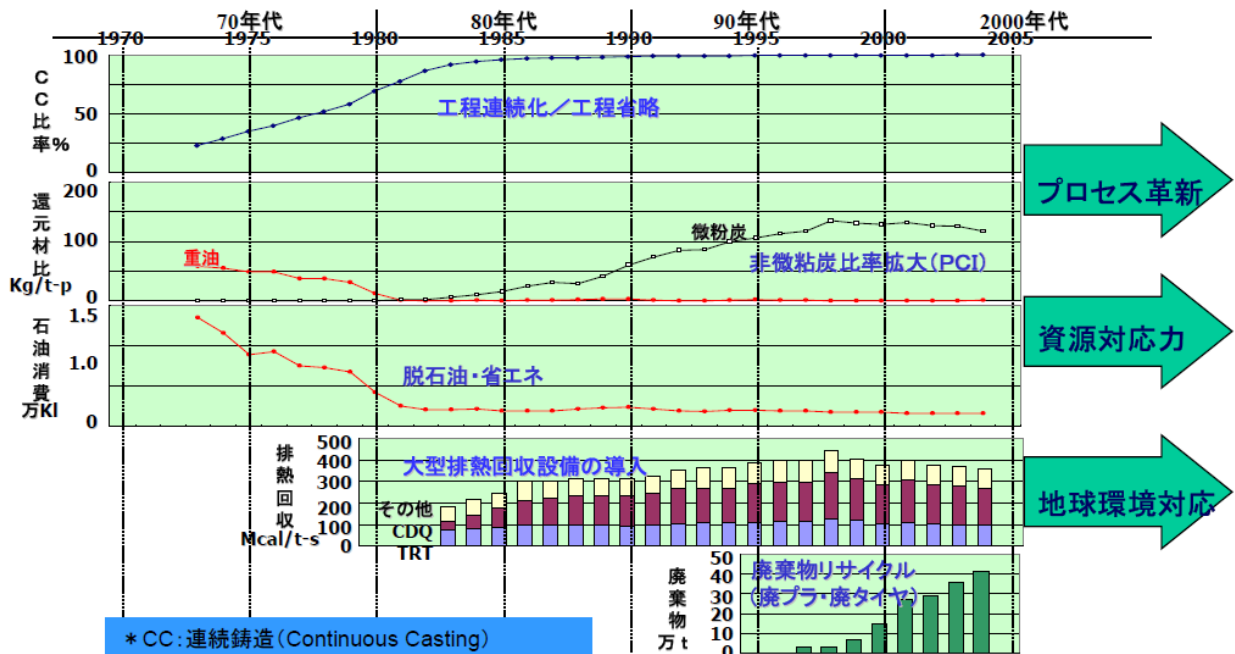


図 I -2-3 鉄鋼業における省エネルギー実施状況

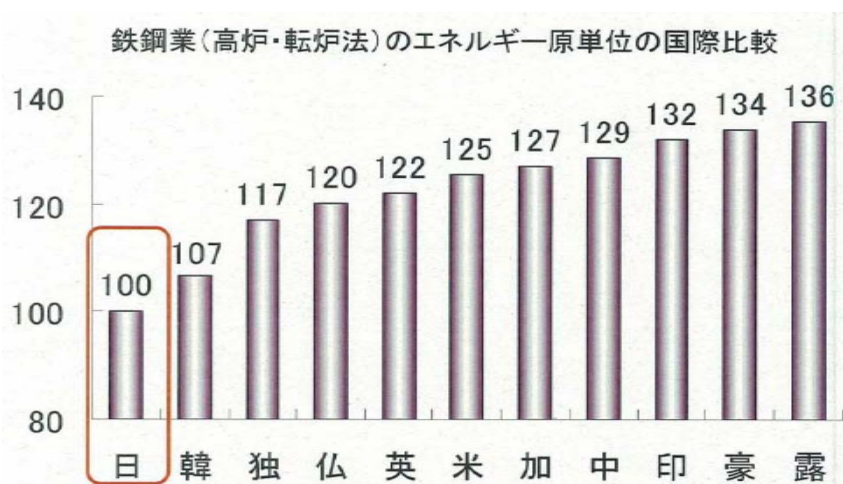


図 I -2-4 鉄鋼業（高炉・転炉法）のエネルギー原単位の国際比較
 出典：「エネルギー効率の国際比較（発電・鉄鋼・セメント部門）」2008 RITE

＜鉄鋼業のCO₂削減ポテンシャルに関する国際比較＞

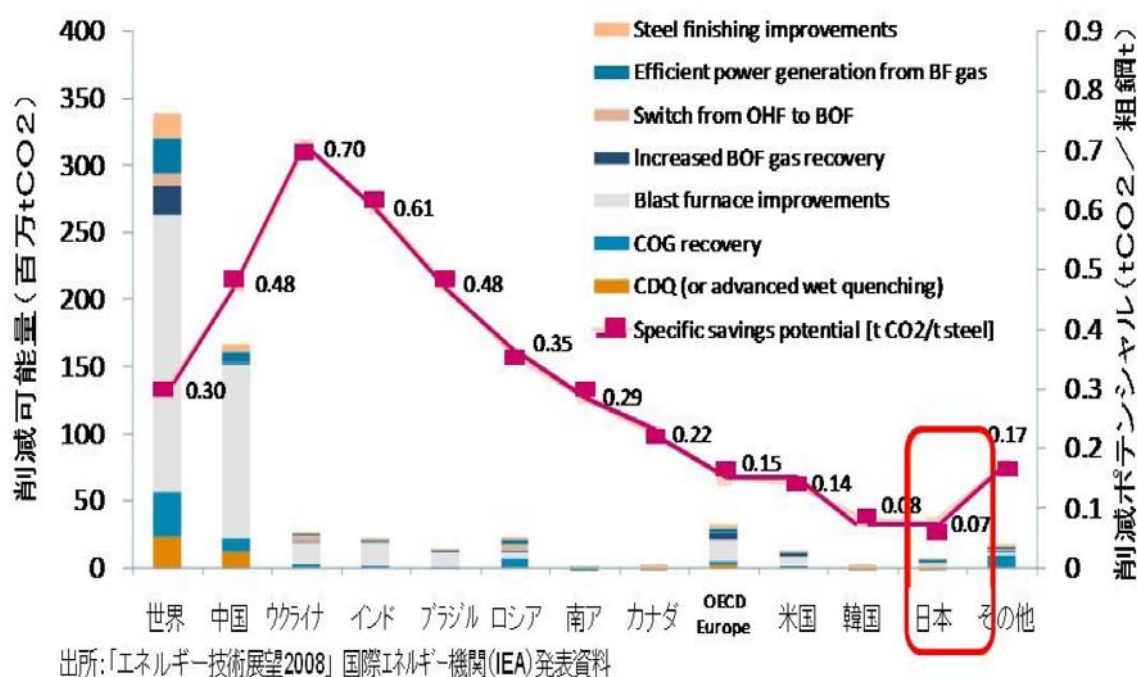


図 I-2-5 鉄鋼業の CO₂ 削減ポテンシャルに関する国際比較

このような状況下、1992年に採択された気候変動枠組条約の究極な目的を達成するための長期的・持続的な排出削減の第一歩として、京都議定書が1997年12月に採択され、2005年2月16日に発効した。

我が国では2005年4月に京都議定書目標達成計画が策定され、2008年から2012年までの第1約束期間における温暖化ガス排出量を1990年に対して6%削減する約束を履行するための取組みを実施中である。鉄鋼業界では自主目標を設定し、第1約束期間において10%CO₂削減を目標とした取組みを実施中。

ポスト京都議定書に向けた更なるCO₂削減を目指すためには、従来の省エネルギー技術の開発による効率向上だけでは限界があり、CO₂発生量を減らすと同時にCO₂を分離回収する技術開発が必要となる。

2.2 事業の目的

高炉法による一貫製鉄所のCO₂発生量を抜本的に削減する方法として、

①従来は水洗分離していたコークス炉ガス(COG)中のタールを、ガスの顕熱を活用して触媒により熱分解して水素を増量し、コークスの一部代替とする技術と、

②製鉄所内の未利用排熱から回収したエネルギーを最大限活用して、CO₂を約20%含む高炉ガス(BFG)からのCO₂分離・回収技術を開発する。本事業の概要と技術ロードマップ(Cool Earth-エネルギー革新技术計画に掲載のもの)を図I-2-6に示す。

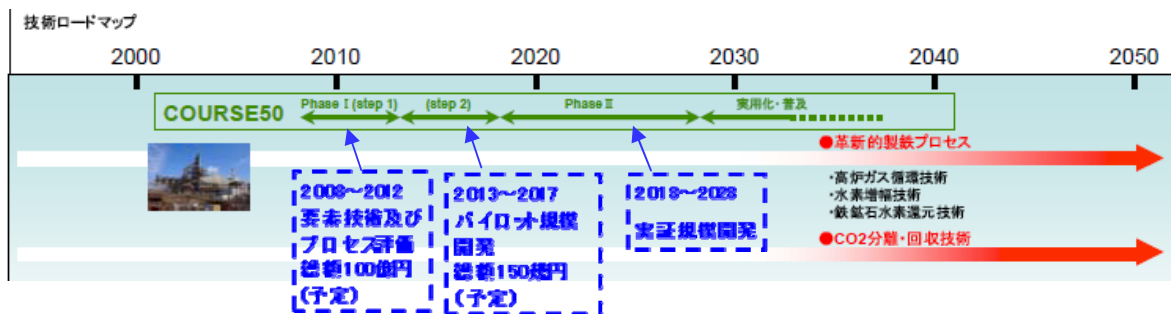
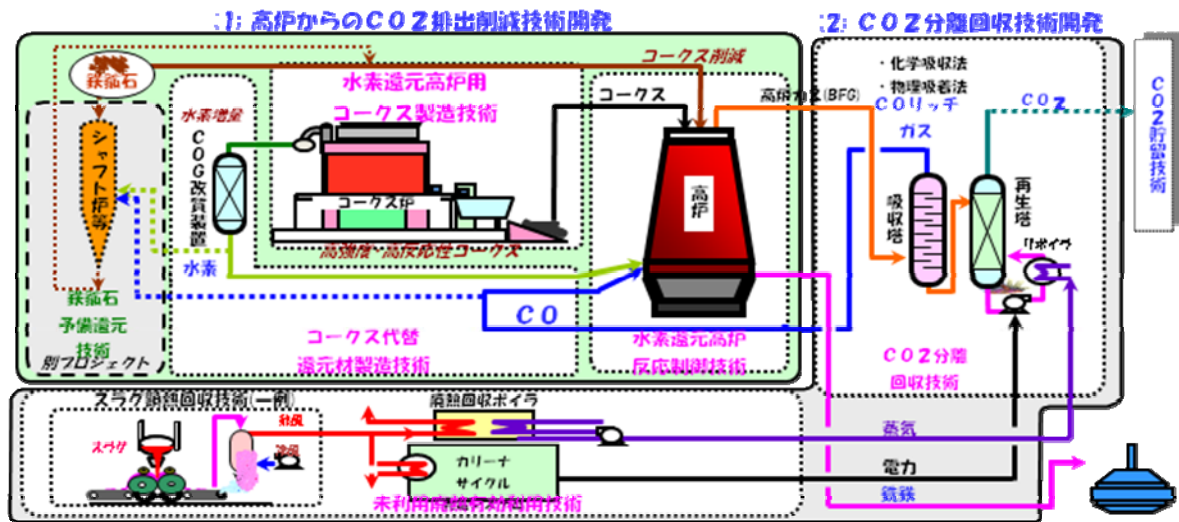


図 I-2-6 本事業の概要と技術ロードマップ

本プロジェクトは、この目的を達成するために 2030 年に実用化を目指した低炭素社会を担う鉄鋼業の開発技術であり、その基本的な考え方は以下の通りである。尚、更なる将来の「高水素比率時代」には、プロセス自体の変貌も十分ありえるものである。

(1) プロセスの選択

2030 年までに技術開発を完了させ、その後高炉の設備更新に合わせ順次設備導入を行い、最終的に 2050 年までに対策完了となるスケジュールを前提とした。大型高炉による銑鋼一貫プロセスである日本における対策ということを勘案し、生産プロセスとしては高炉法を前提とした還元プロセスでの技術開発を指向する。

(2) 還元方法の選択

還元方法の選択については、表 I-2-1 に示す様な対策技術マップが挙げられる。脱炭素に向けた還元方法としては、①水素還元法、②電力直接利用電気分解法、③カーボンニュートラルであるバイオマス活用法が挙げられるが、②電気分解法はコスト、③バイオマス活用法は集荷の問題で日本においては補助的な位置づけとしかならず、①水素還元法が中核技術として期待される。

表 I-2-1 2030 年を想定した鉄鉱石ベースの製鉄プロセスの抜本的技術

(1)炭素以外の鉄鉱石類還元材の利用	(2)炭素による還元→排出 CO ₂ の分離・回収
<p>①水素の活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・天然ガス ・副生ガスの所内活用(COG改質) ・電力の間接活用(水の電気分解) <p>②電力の直接使用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・湿式電解法 <p>③カーボン・ニュートラルの活用</p> <ul style="list-style-type: none"> ・バイオマス(木炭還元、廃棄物活用) 	<p>①高炉ガスからの分離</p> <ul style="list-style-type: none"> ・化学吸収法 ・物理吸着法 <p>②その他還元プロセスからの分離</p> <ul style="list-style-type: none"> ・石炭ベースの熔融還元炉プロセス ・石炭ベースの直接還元プロセス <p>③燃焼排ガスからの分離</p>

次に水素源の選択としては、①天然ガスの活用、②コークス炉副生ガスの所内活用、③電力の間接活用・水の電気分解が挙げられるが、③電力の間接活用については量確保の困難さ、①天然ガスの活用は、炭素を含有する水素源の外部調達という位置づけであり、還元適用には改質が必要という点で、②の副生ガスの所内活用が自家調達での水素源として最有力候補となる。

次に炭素系還元材を使用する部分の対策としては発生する CO₂ ガスを後で分離除去する方法で対処する。以上を総括すると、コークス炉副生ガスの還元材転換と高炉ガス中の CO₂ ガスの分離回収の二つがシナリオとなる。

(3) 水素還元法による炭酸ガス削減量の規模観

上記に様に高炉における水素還元量については、供給できる還元用水素の量的制約や、高炉の操業から決まる操業維持条件から、定性的にはある範囲が想定されるものの、現時点において、定量的なクライテリアを決定できるものではない。そういう状況の中で、高炉における水素還元の可能性開発を行う技術開発においては、水素還元導入による技術諸元を見極めながら、水素還元比率を順次拡大していく事が妥当と考えられ、当面の技術目標は、副生 COG の還元材供給可能量に相当するコークス用石炭の使用量減に見合う CO₂ 削減量である 10%を開発目標と設定した(表 I-2-2)。

また、副生 COG の還元ポテンシャルを CO と等価と見れば CO₂ 削減量 10%レベルの水素還元は可能となるが、水素還元は吸熱反応であることから高炉炉内の部位別熱バランス維持については課題があり、本技術開発の重要な課題として推進してゆく予定である。

表 I-2-2 水素還元(高炉法)における CO₂ 削減規模 (1トン銑鉄当り)

	一般発電所利用ケース	原子力発電所利用ケース(参考)
製鉄工程	△436 kg-CO ₂	△436 kg-CO ₂
電力	+187	+23
タール他	+1	+1
合計	△248	△412

注:従来システムの総 CO₂ 排出量 1,930 kg-CO₂

CO₂ 削減割合:248/1,930=12.8%≒10%

(4) CO₂分離回収による炭酸ガス削減量の規模観

BFG ガス中の CO₂ は製鉄所全体の約 70%を占めるが、高炉炉頂段階では、ガス組成として CO 22%、CO₂ 22%程度であり、高炉ガス中の CO₂ としては、 $70\% \times 0.5 = 35\%$ 程度が除去されるポテンシャルとなる。そういう意味では、例えば CO₂ 吸収液の再生エネルギーが充分あれば、理論的には、当該技術で 35%の CO₂ 削減が可能となる。

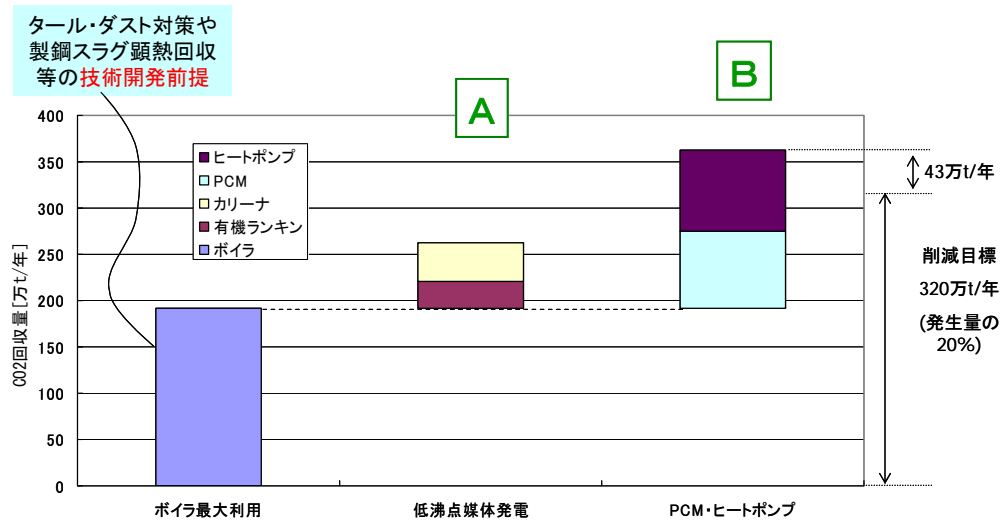


図 I-2-7 製鉄所の未利用顕熱の活用規模

しかしながら、CO₂ 吸収液の再生エネルギーを製鉄所内の未利用エネルギーに求めると、その供給ネックが発生する。自然エネルギー等の再生可能エネルギーより低コストで回収できる未利用排熱を最大限活用することを前提として、その具体的量を調査した結果が、図 I-2-7 であり、未利用排熱のうちで利用可能な量は、排出 CO₂ の 20%を分離・回収できるものと設定している。

2.3 事業の位置付け

政策上の位置付け

本プロジェクトは、以下に示す政策の中で重要な位置付けを占めている。

(1) 新・国家エネルギー戦略

2006 年 5 月に経済産業省は、2030 年のエネルギー需給見通しに基づく「新・国家エネルギー戦略」を策定した。

数値目標の設定は、官民が共有すべき長期的な方向性として、

①省エネルギー目標

石油ショック以降、官民あわせて省エネルギーの推進に取り組んだ結果、我が国のエネルギー効率は、過去 30 年間で、約 37%の改善を実現し、世界最先端に到達している。今後、2030 年までに更に少なくとも 30%の効率改善を目指す。等の取組みを掲げた。

図 I-2-8 に新・国家エネルギー戦略の構築及び数値目標を示す。

参考として、2030 年に向け、実現が期待される技術例とそのコンセプトグループが紹介されており、【超燃焼システム技術】に「燃焼を大幅に削減した鉄鋼・化学等製造プロセス技術」が含まれている。(図 I-2-9 参照)

新・国家エネルギー戦略の構築

➤ エネルギーを取り巻く内外の環境変化に関する現状認識に基づき、エネルギー安全保障を軸に、我が国の新たな国家エネルギー戦略を再構築することが不可欠である。

戦略によって実現を目指す目標

- 国民に信頼されるエネルギー安全保障の確立
- エネルギー問題と環境問題の一体的解決による持続可能な成長基盤の確立
- アジア・世界のエネルギー問題克服への積極的貢献

戦略策定に当たっての基本的視点

- 世界最先端のエネルギー需給構造の実現
- 資源外交、エネルギー環境協力の総合的強化
- 緊急時対応の充実

戦略実施に際しての留意事項

- 中長期にわたる軸のぶれない取組とそのため明確な数値目標の設定
- 世界をリードする技術力によるブレークスルー
- 官民の戦略的連携と政府一丸となった取組体制の強化

数値目標の設定

➤ エネルギー安全保障の確立に向けて、官民をあげて軸のぶれない取組を行うに当たり、官民が共有すべき長期的な方向性として、次の五つの数値目標を設定する。

① 省エネルギー目標

今後、2030年までに更に少なくとも30%の効率改善を目指す。

② 石油依存度低減目標

今後、2030年までに、40%を下回る水準を目指す。

③ 運輸部門における石油依存度低減目標

今後、2030年までに、80%程度とすることを旨とする。

④ 原子力発電目標

2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30~40%程度以上にすることを旨とする。

⑤ 海外での資源開発目標

自主開発比率を今後更に拡大し、2030年までに、40%程度を目指す。

図 I-2-8 新・国家エネルギー戦略の構築及び数値目標

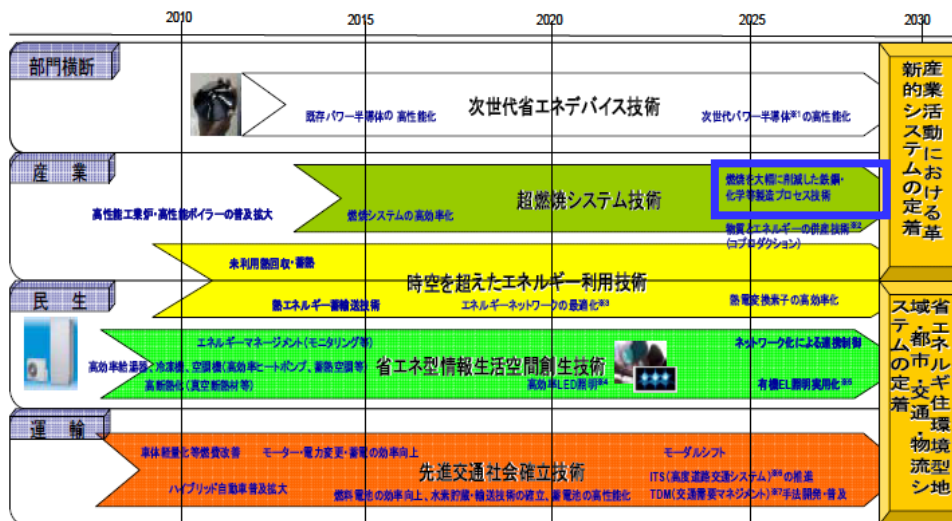


図 I-2-9 2030 年に向け、実現が期待される技術例とそのコンセプトグループ

(2) Cool Earth—エネルギー革新技術計画

2008年3月に全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減するという長期目標実現に向け、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」が策定された。

図 I-2-10 に重点的に取り組むべきエネルギー革新技術を、図 I-2-11 に革新的製鉄プロセスの概要を示す。

この目標の実現は、従来の技術の延長では困難であり、革新的技術の開発が不可欠。重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として、大幅削減を実現するには、既に実用化されている技術の改良と普及が重要であることは言うまでもないが、今回の検討では、既存技術の延長線上にない、革新的な技術を対象としている。

- ① 2050年の世界における大幅なCO₂削減に寄与する技術
 - (a) 技術の普及に要する時間を考慮し、2030年までには実用化が期待できる技術
 - (b) 普及に要する時間が短い技術については、2030年以降に実用化が期待されるものも対象
- ② 以下のいずれかの方法を通じて、飛躍的な性能の向上、低コスト化、普及の拡大等が期待できる革新的な技術
 - (a) 新たな原理の活用、既存材料の新活用を含めた材料の革新（例：新構造・新材料太陽電池、燃料電池の白金代替触媒等）
 - (b) 製造プロセスの革新（例：水素を還元剤として用いる革新的製鉄プロセス等）
 - (c) 要素技術が確立した技術をシステムとして実証（例：CO₂回収・貯留技術）
- ③ 日本が世界をリードできる技術（要素技術について強みを要する技術を含む）

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「21」技術を選定。

選定された技術の「エネルギー需要側」の産業の中に本事業が「革新的製鉄プロセス」として含まれている。

さらに、エネルギー分野における国際連携の推進として、革新的製鉄プロセスは IISI（国際鉄鋼連盟）等への参画による、最新動向の把握、共同研究の可能性の検討が掲げられている。

具体的な2050年の社会システムの姿として、＜産業部門＞として「エネルギー多消費産業の一つである製鉄プロセスは、高炉からの効果的なCO₂分離吸収技術の開発、水素還元の一部導入により二酸化炭素排出が大幅に削減。」との記載があり、2050年世界のCO₂半減に至る削減へのエネルギー革新技術別の寄与度は、産業部門（水素還元製鉄・革新的材料等）で8%とされている。

この計画の着実な実施に向けて、

（技術開発の進捗に応じた適切な官民の役割分担）は

- 基礎的な研究開発を進めるべきもの、実用化・実証研究に重点的に取り組むべきものの双方に、適切な資源配分を行う。
- 産学官の綿密な連携とともに、業種間の垣根を越えた連携によって、技術の開発とその成果の普及を推進。

（技術開発ロードマップの定期的な見直し等）

- 本計画は10年を第一フェーズとして推進し、今回策定した技術ロードマップについては、産官学の関係者の議論を踏まえて定期的に見直しを行うとしている。

— 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 —

エネルギー源毎に、供給側から需要側に至る流れを俯瞰しつつ、効率の向上と低炭素化の両面から、CO₂大幅削減を可能とする「21」技術を選定。



図 I-2-10 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 21

<技術の現状>

- 廃熱回収利用等の省エネルギー設備の導入により、製鉄プロセスにおいて世界最高水準のエネルギー原単位を達成。一層の低炭素化に向け、技術のブレークスルーが必要。

<開発すべき技術、実用化時期>

- 2030年~50年の実用化を目指し、CO₂濃度が高い高炉ガスから効率良くCO₂を分離する新たな吸収液の開発や、コークス製造時に発生する副生ガスを改質して得られた水素を鉄鉱石の還元を利用する技術の開発等を推進。

<技術の効果>

- これらの技術の組み合わせにより製鉄プロセスからの二酸化炭素の3割程度削減を目標。

<効果的な技術開発と普及にむけた取り組み>

- 国際鉄鋼協会 (IISI) やEUの共同プログラムへ積極的に参画し、欧州諸国の最新技術動向を把握するとともに、基礎的基盤的な分野における共同研究の可能性を検討。

The diagram shows a high-temperature blast furnace (高炉) where iron is produced. It illustrates the integration of CO₂ capture technology (CO₂分離回収技術) and hydrogen recycling (水素循環技術). Key components include:

- 高炉ガス管理技術 (High-temperature gas management technology)
- CO₂分離回収技術 (CO₂ separation and recovery technology)
- 水素循環技術 (Hydrogen recycling technology)
- CO₂貯蔵技術 (CO₂ storage technology)
- 社会への炭素排出削減 (Reduction of carbon emissions to society)

図 I-2-11 革新的製鉄プロセスの概要

(3) 環境エネルギー技術革新計画

政府は、2008年5月、温室効果ガス排出低減するための低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略「環境エネルギー技術革新計画」を策定した。

温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、戦略等を策定。

この中で、温室ガス排出削減には、1) 当面、既存技術の向上と普及を政策的に推進するが、2) 2050年のエネルギー起源の二酸化炭素排出半減に要する削減量の約6割は革新的な技術

の開発とその導入による試算もあり、革新的な技術の研究開発が不可欠とし、2030年以降の中長期的対策に必要な技術で削減効果の大きい革新的技術の一つとして、コークスの一部代替に水素を利用する水素還元製鉄が記載されている。

そして、国際展開の中で、「我が国は革新的開発プログラム（COURSE50）において、技術開発を推進するとともに、国際鉄鋼連盟（IISI）やEUの共同プログラムへ積極的に参加し、欧州諸国の最新技術動向を把握するとともに、基礎的基盤的な分野における共同研究の可能性を検討する。」とし、COURSE50のプロジェクト名が公開されている。

研究開発投資について、①革新的技術開発の加速として、事前の十分な検討によって将来のエネルギーシステムとそれに至る技術ロードマップを明示して、これを達成するため着実に技術開発を進めることが必要で、②国による研究開発の重点化として、国には研究開発リスクの高い技術（主として革新的な技術）に重点化することが求められる、としている。

図I-2-12に温室効果ガス削減に向けた技術の開発項目と普及のシナリオを、図I-2-13に環境エネルギー技術革新計画における水素還元製鉄（本プロジェクト）の概要を示す。

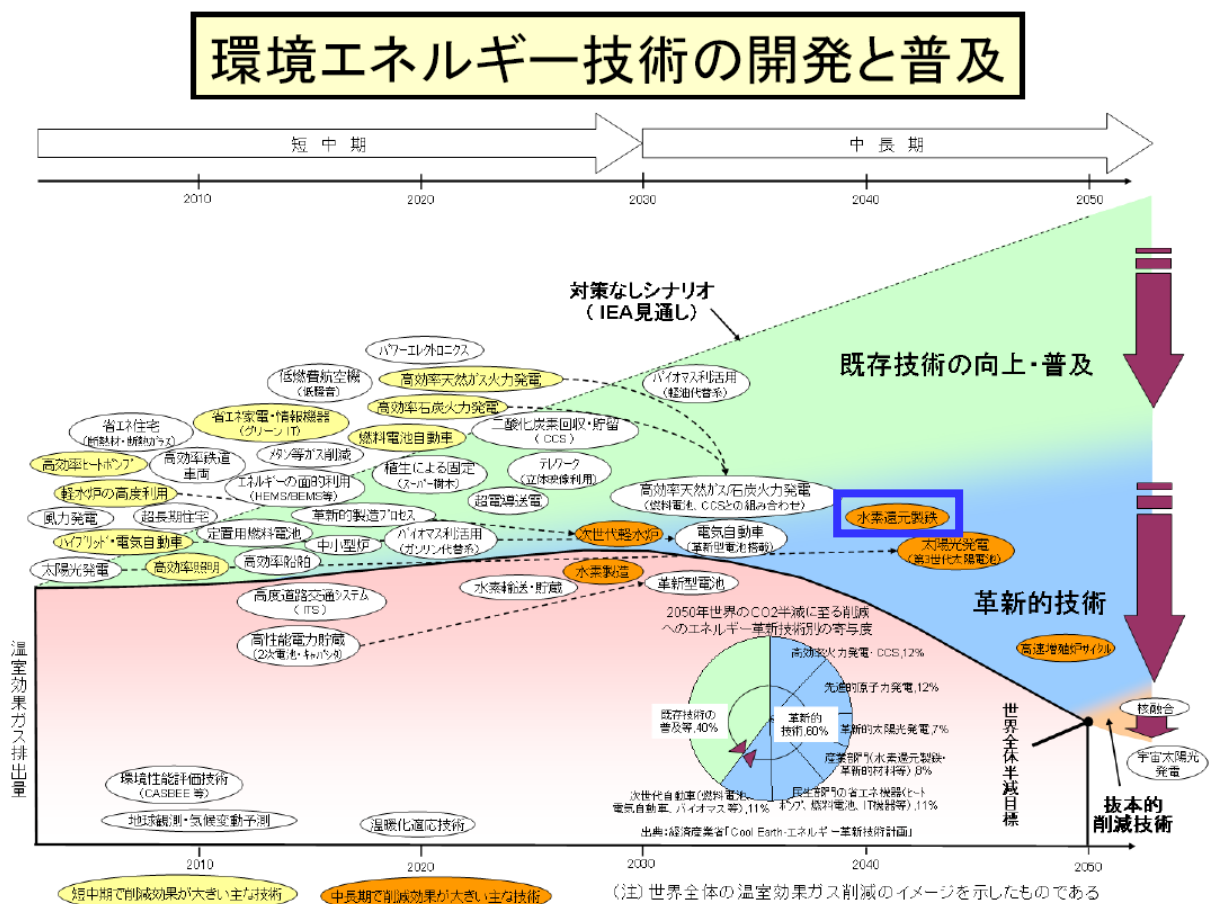


図 I-2-12 温室効果ガス削減に向けた技術の開発項目と普及のシナリオ

17. 水素還元製鉄

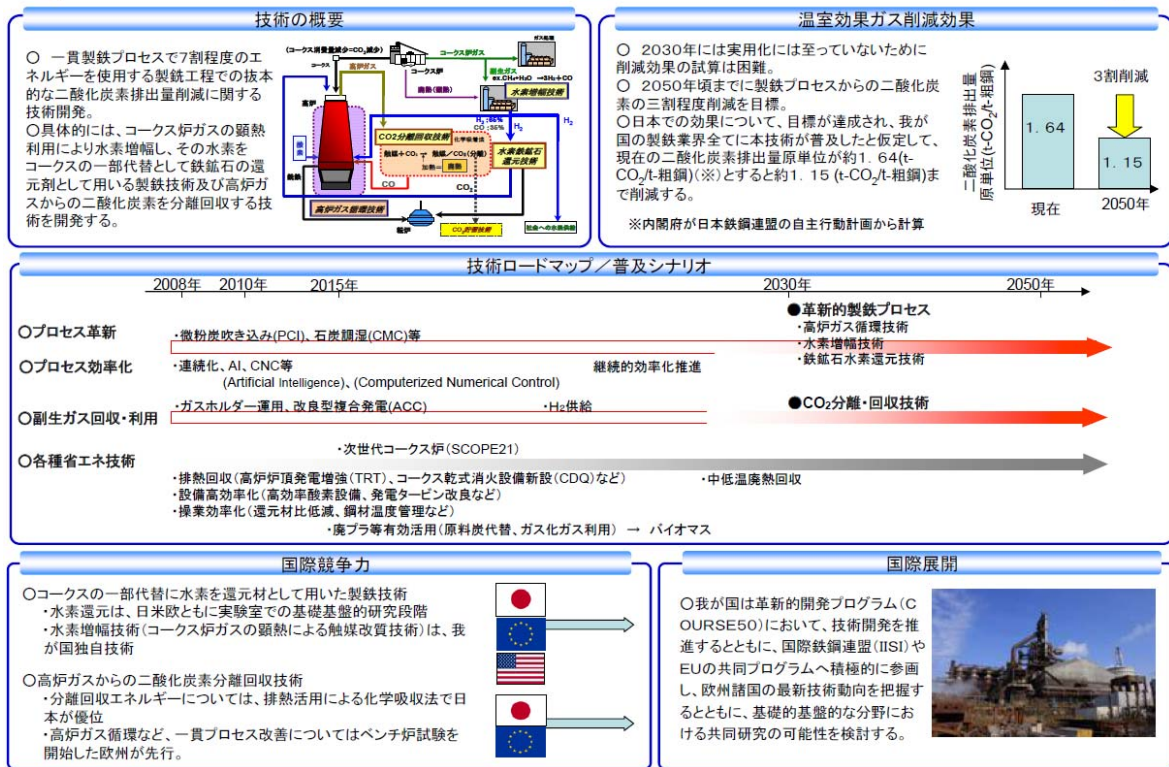


図 I-2-13 環境エネルギー技術革新計画における水素還元製鉄(本事業)の概要

(4) 低炭素社会づくり行動計画

2008年7月に閣議決定された、「低炭素社会づくり行動計画」において革新的技術開発について、革新的技術開発のロードマップの着実な実行として「温室効果ガス排出量の大幅な削減は、既存技術やその延長線上にある技術の普及だけでは決して達成できない。そこで、「環境エネルギー技術革新計画(2008年5月19日)」「Cool Earth—エネルギー革新技術計画(2008年3月5日)」等に示された革新技術(構造・素材やシステム等の点で既存技術やその延長線上にある技術を越えた革新性を持ち、2050年の世界における大幅な温室効果ガスの削減に寄与する技術)を開発する。

その具体的な例の一つとして本プロジェクトが、「そのうち、「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」に示された、重点的に取り組むべき21のエネルギー革新技術(飛躍的な効率向上と低コスト化を達成する革新的太陽光発電、プラグインハイブリッド自動車・電気自動車等、コークスの代わりに水素を還元剤とする技術及び二酸化炭素分離回収技術により排出を抑制する革新的製鉄プロセス(2008年度から基礎研究、2013年度から実証試験を行い、水素製造や二酸化炭素分離回収貯留に係るコスト状況を踏まえ、まずは2030年までに製鉄所での排出量を約30%削減する技術を確立し実用化を目指す)、次世代軽水炉等の先進的原子力発電技術、燃料電池技術、民政部門の二酸化炭素排出の約5割を占める空調・給湯等に対して効果的な超高効率ヒートポンプなど)についても、必要な予算を確保して開発を進める。」として取り上げられている。

(5) エネルギー基本計画

2010年6月に「エネルギー基本計画」が改定され、「時間軸」を踏まえた政策手段の優先付けも不可欠となる、として2030年までの今後「20年程度」を視野に入れた具体策を明らかにして、低炭素成長を可能とするエネルギー需要構造の実現として、産業部門に対しては、世界最高水準の省エネ・低炭素技術を維持・強化するとしている。

このため、設備更新時には現在の最先端の技術の導入を促進するとともに、省エネ法の運用を強化し、革新的技術（環境調和型製鉄プロセス等）の実用化、高効率設備によるガスへの燃料転換、コジェネレーションの利用、次世代ヒートポンプシステムの開発・導入等を推進するとしている。

この具体的取組として、鉄鋼に関しては、革新的製鉄プロセス（フェロコックス）や環境調和型製鉄プロセス（水素還元製鉄、高炉ガスCO2分離回収）について研究開発を推進し、2030年までの実用化を図る、と明記されている。

(6) イノベーションプログラム

2005年度以降、経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策ごとに7つの「イノベーションプログラム」の元に体系化が図られた。本事業は「環境安心イノベーションプログラム」の「地球温暖化防止新技術」と、「エネルギーイノベーションプログラム」における「総合エネルギー効率の向上」に登録されている。

図I-2-14に平成21年度のイノベーションプログラムの概要を、図I-2-15にエネルギーイノベーションプログラムにおける総合エネルギー効率向上の概要と本事業の位置付けを、そして図I-2-16に環境安心イノベーションプログラムの概要と地球温暖化防止新技術における本事業の位置付けを示す。

イノベーションプログラムの概要

1. 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (Inside Management & Accountability)
 - 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
 - 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策（規制改革、標準化等）との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。
2. 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)
 - 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入（『技術戦略マップ2005/2006/2007/2008』）。
 - 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

イノベーションプログラム(IPG)の21年度予算額 (総額: 1,966億円※1)			
IT IPG ①ITコア技術の革新 94億円 ②省エネ革新 42億円 ③情報爆発への対応 44億円 ④情報システムの安全性等 63億円 21年度予算 244億円	ナノテク・部材 IPG ①ナノテク加速化領域 36億円 ②情報通信領域 28億円 ③ライフサイエンス・健康・医療領域 16億円 ④エネルギー・資源・環境領域 78億円 ⑤材料・部材領域 27億円 ⑥共通領域 4億円 21年度予算案 188億円	ロボット・新機械 IPG ①ロボット関連技術開発 38億円 ②MEMS関連技術開発 12億円 21年度予算 50億円	健康安心 IPG ①創薬・診断技術開発 102億円 ②診断・治療機器・再生医療等の技術開発 28億円 21年度予算 130億円
エネルギー IPG ①総合エネルギー効率の向上 707億円 ②運輸部門の燃料多様化 278億円 ③新エネルギー等の開発・導入促進 369億円 ④原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保 268億円 ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用 479億円 21年度予算 1,281億円※2	環境安心 IPG ①地球温暖化防止新技術 60億円 ②3R 33億円 ③環境調和産業バイオ 57億円 ④化学物質総合評価 11億円 ⑤共通領域 4億円 21年度予算案 165億円	航空機・宇宙産業 IPG ①航空機産業の基盤技術力の維持・向上 233億円 ②宇宙産業の国際競争力強化 87億円 21年度予算案 320億円	

※1 各イノベーションプログラムにおけるプロジェクトの重複を排除した額 ※2 各サブプログラムで重複があるため小計と一致しない

図I-2-14 平成21年度イノベーションプログラムの概要

本プロジェクトが登録されている
イノベーションプログラム

(7) 技術戦略マップ及び分野別技術ロードマップ

本プロジェクトは、技術戦略マップ上、「CO₂固定化・有効利用分野」及び「エネルギー分野」に登録されている。「CO₂固定化・有効利用分野」では「CO₂分離・回収」技術に該当しており、「エネルギー分野」では、「総合エネルギー効率の向上」及び「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」の二つに該当。

1) CO₂固定化・有効利用分野

CCS 関係の民間での取組として、「2008 年より、高炉における水素還元と高炉ガスからのCO₂分離を主要課題とした「環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)」が開始された。」との記載あり。

図 I -2-17 に CO₂ 固定化・有効利用分野の技術マップ（技術体系）を、そして図 I -2-18 に CO₂ 固定化・有効利用分野の技術ロードマップを示す。尚、技術ロードマップは 2010 年度版が公開されていないため、2009 年度版を掲載した。

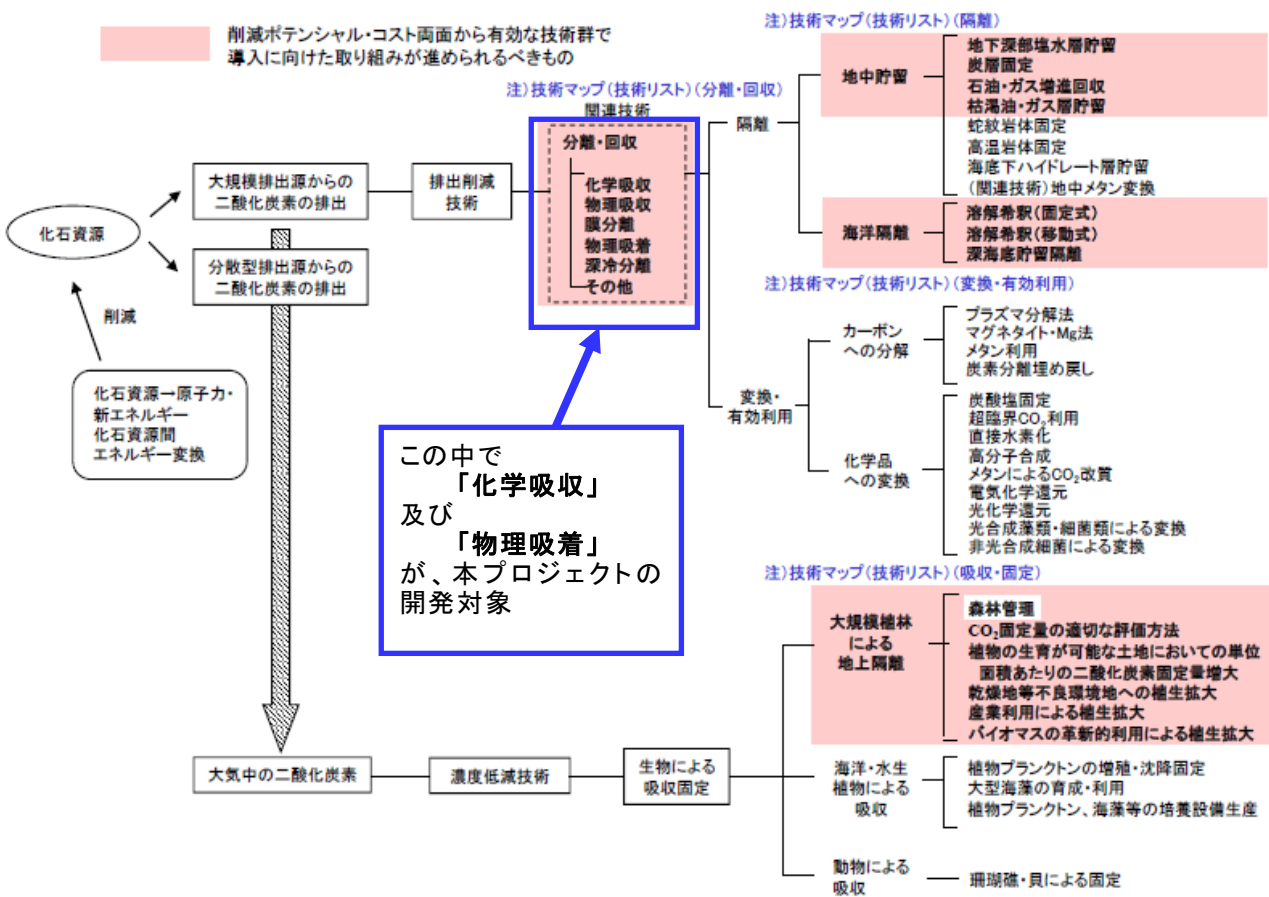
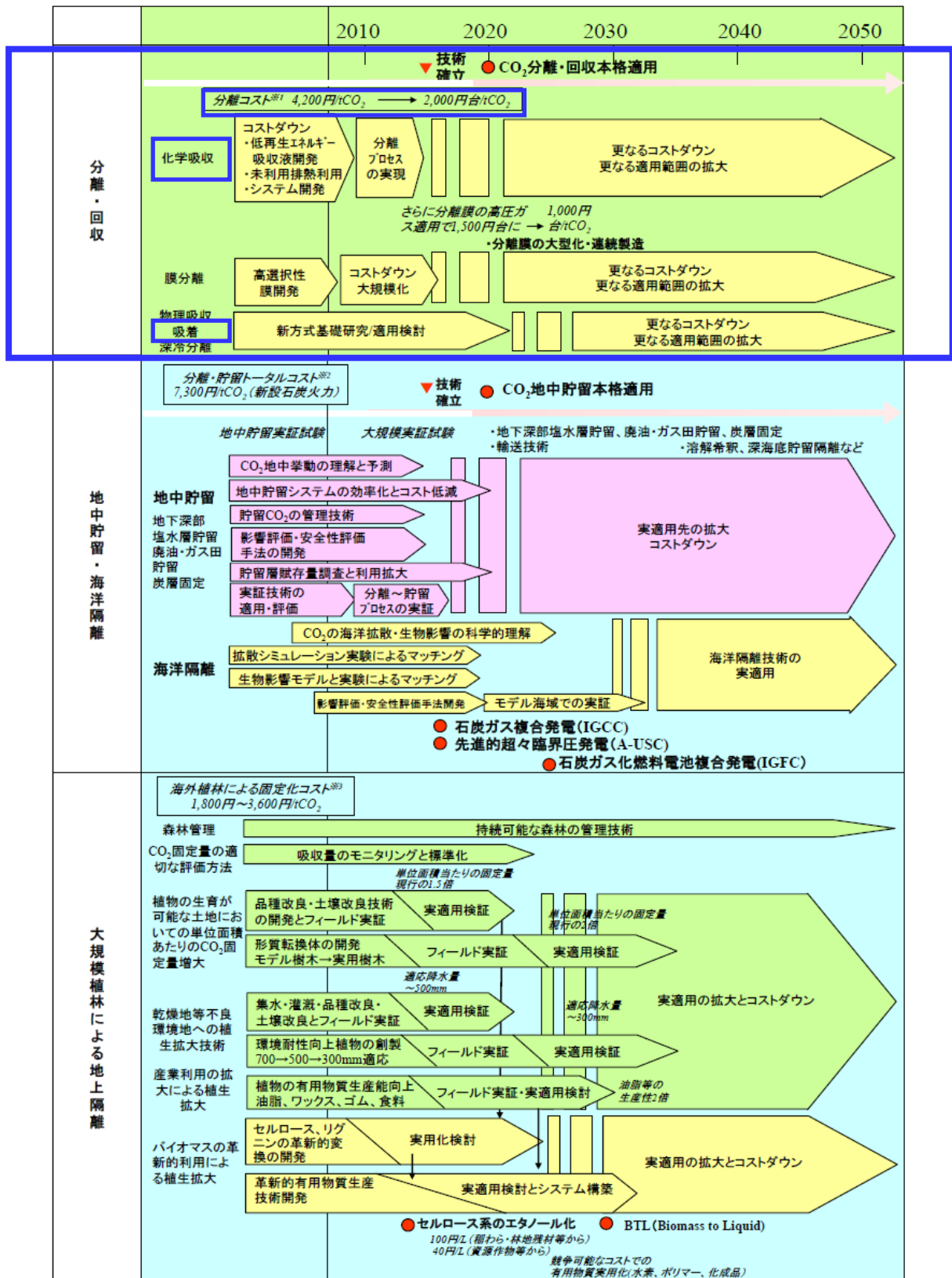


図 I -2-17 CO₂ 固定化・有効利用分野の技術マップ(技術体系)



※1 分離回収: 新設石炭火力(830MW)、回収量: 100万t-CO₂/年、7MPaまでの昇圧含む、蒸気は発電所の蒸気システムから抽気 [コストベース: 2001年]
 ※2 地中貯留: 上記分離回収コスト+パイプライン輸送20km+圧入(昇圧15MPa、10万t-CO₂/年・井戸) [コストベース: 2001年]
 ※3 植林: 植林周期7年伐採+萌芽再植林、バイオマス生産量20m³/ha・年、植林管理費17-31%、用地リース費: 50\$/ha・年

図 I -2-18 CO₂ 固定化・有効利用分野の技術ロードマップ

2) エネルギー分野

本プロジェクトは、「総合エネルギー効率の向上」の超燃焼システム技術における省エネ型産業プロセスに該当。環境適合技術としては「製鉄プロセス」に該当する。技術ロードマップでは、2030～に記載の「水素鉄鉱石還元技術、排熱回収技術、及びCO₂回収技術」が該当。

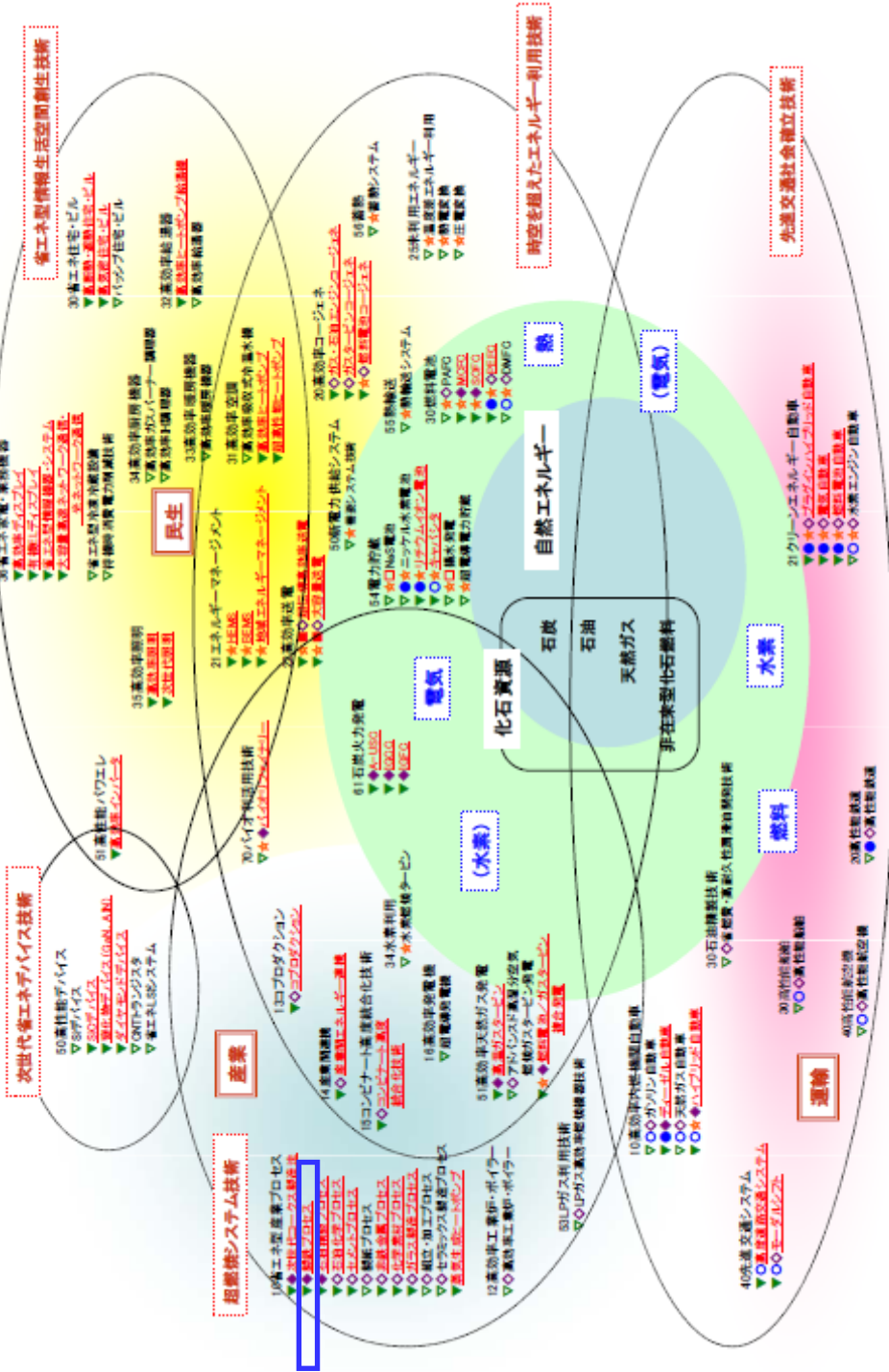
図 I -2-19 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（整理図）を、図 I -2-20 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（技術リスト、抜粋）を示す。

また、本プロジェクトは、「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」の寄与する技術として、「石炭のクリーン利用技術」における「省エネ型産業プロセス」の一つとして、「環境適用技術」に該当し、「その他・共通技術」のうち、「CO₂回収貯留」における「CO₂分離回収技術」に該当する。

図 I -2-21 に「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術の技術マップ（整理図）を、図 I -2-22 及び図 I -2-23 に「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術マップ（技術リスト、抜粋）を示す。

本プロジェクトは何れの図のおいても政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術に該当している。

図 I -2-24 に本プロジェクトに係る技術ロードマップ（製鉄プロセス及びCO₂分離回収技術）を示す。尚、技術ロードマップは2010年度版が公開されていないため、2009年度版を掲載した。



● 技術名の前に記した色は技術の取得(▽○△◇)は、その技術が寄与する
 産業目標を表す(▽)一般エネルギー効率の向上、○運輸部門の燃料多
 削減、△電気エネルギーの貯蔵・導入促進、◇原子力利用の促進とその大
 規模となる安全の確保、◇北石炭利用の促進とクリーン・有効利用)。
 ● 「総合エネルギー効率の向上」への寄与が大きいと思われる技術名を、
 色塗りの取得(▽)、黄・下線以上で記載した。

①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

図 I-2-19 「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

①「総合エネルギー効率の向上」
に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を赤字で示す。

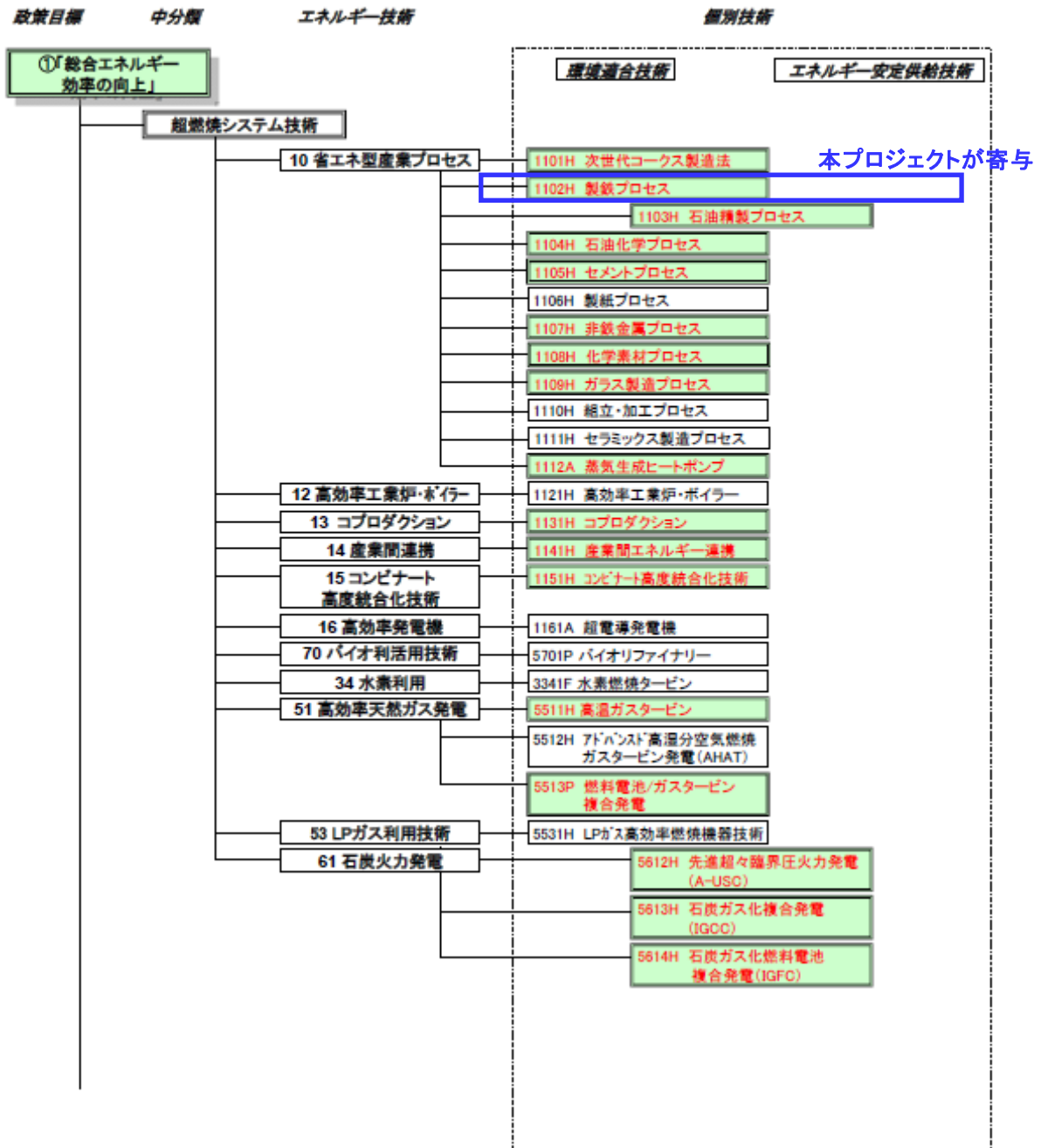
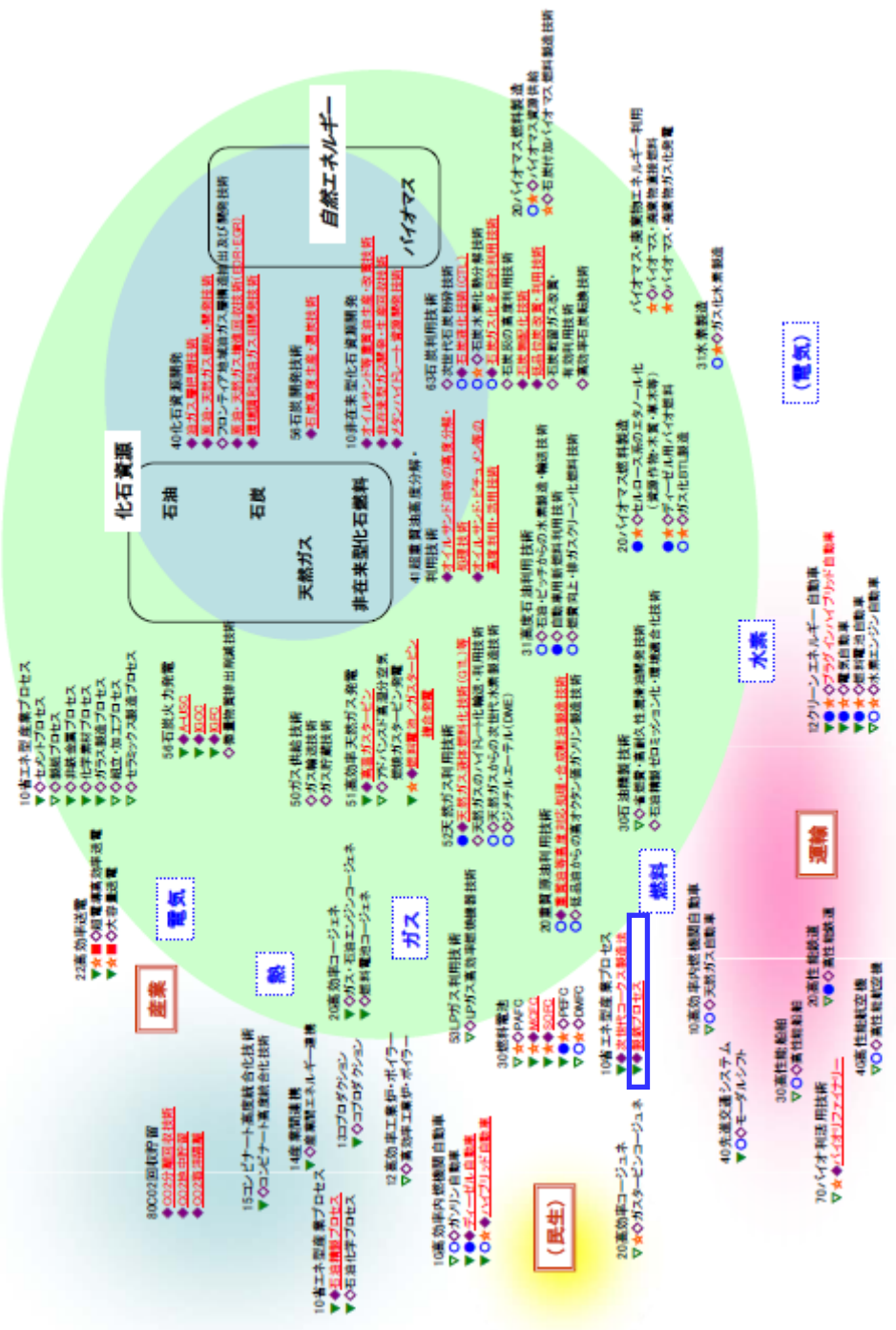


図 I -2-20 「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(技術リスト、抜粋)



⑤「化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

● 技術が実用化されている技術(△○●○)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽: 化石燃料の安定供給の向上、○: 運輸部門の燃料多様化、◇: 新エネルギーの創出・導入促進、□: 原子力利用の促進とその大規模化による安全の確保、◇: 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。● 化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用への寄与が大きいと認められる技術は、色塗り(●)で表示した。

図 I-2-21 「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術の技術マップ(整理図)

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。

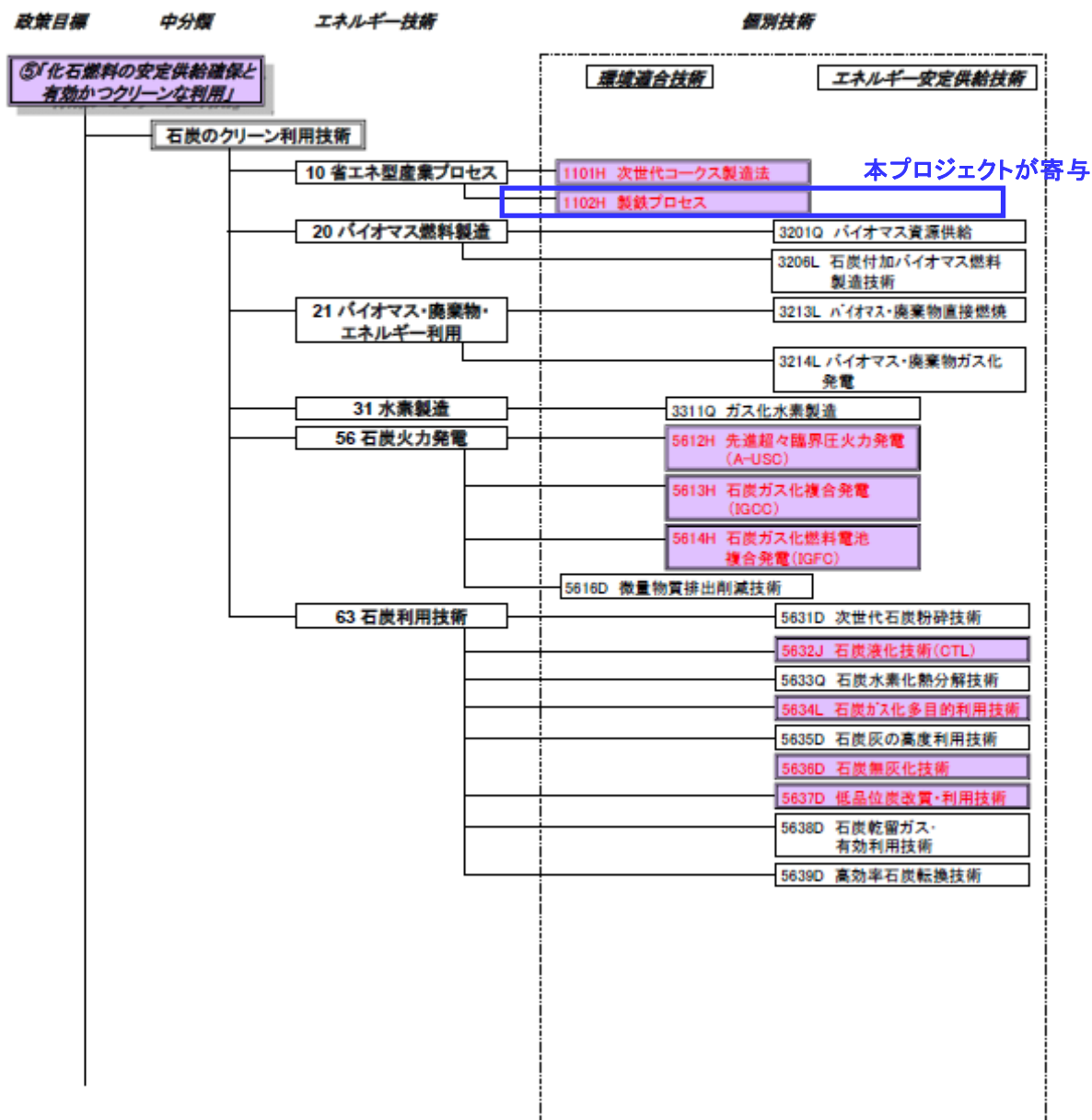


図 I -2-22 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(4/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。

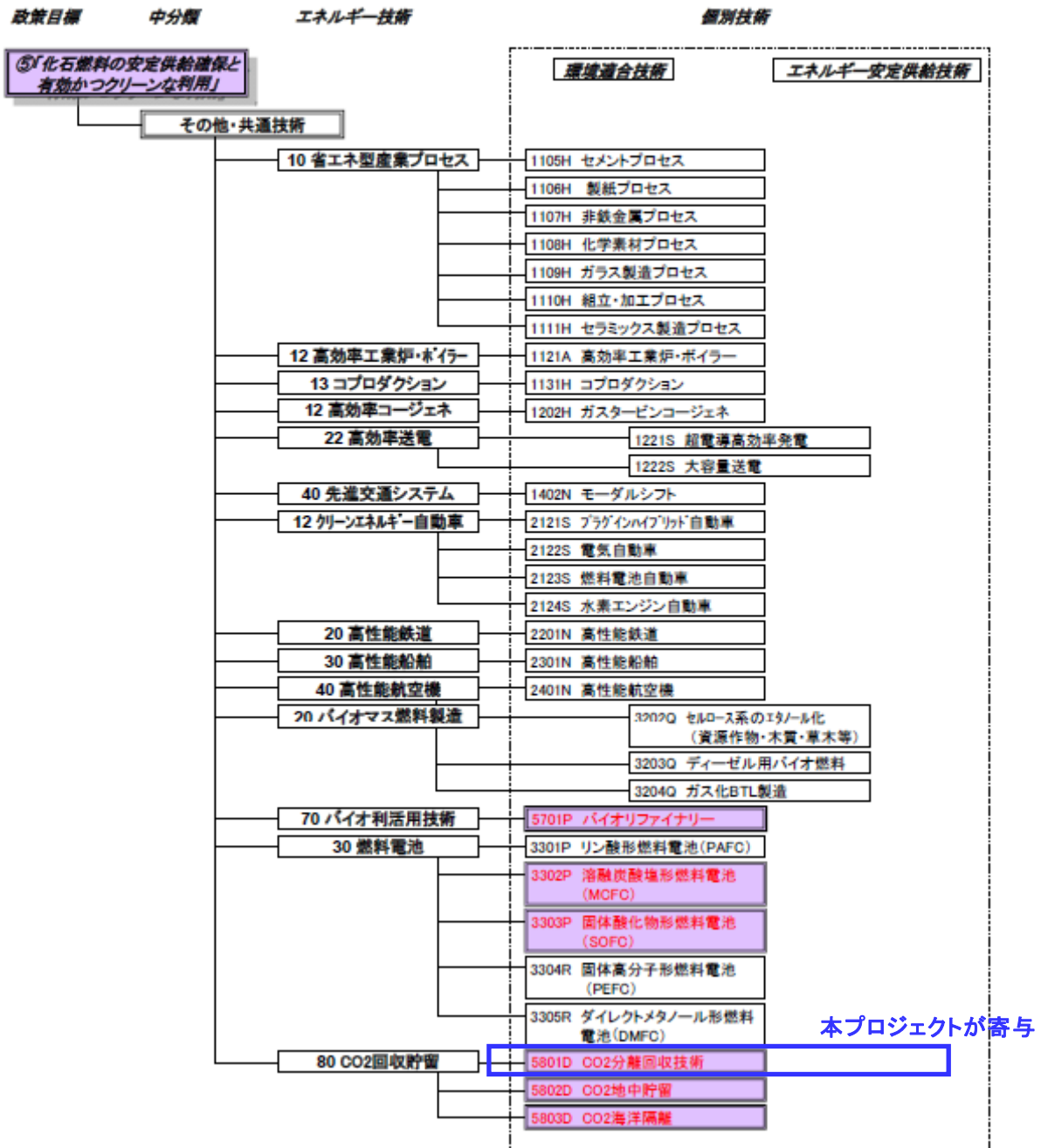


図 I -2-23 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

「総合エネルギー効率の向上」
 「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
 に寄与する技術の技術ロードマップ

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1102H	10.省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	新焼結プロセス 高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回生技術 電磁気力利用鋳造技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型鋳造システム 回転炉床有用金属回収技術 超微細粒熱延鋼板製造技術 革新的電磁鋼板技術 次世代圧延技術(熱加工性特殊鋼等 高温耐熱耐食鉄鋼材料)	熱・冷延統合プロセス 水素鉄鉱石還元技術 排熱回収技術 劣質原料使用技術(石炭・鉄鉱石) 創資源・創エネルギー型高炉	新還元溶解製鉄法(ITmk3) 直接還元製鉄法(FASTMET) 電炉用HBI製造プロセス	エネルギー(鉄/ガス)併産技術 電炉希釈バージン鉄製造(DRIC) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高洗浄・高機能化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコプロダクション
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂	IGCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂ (さらに分離膜の実用化で1,500円台に)	ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 高効半酸素製造技術 膜分離技術 化学吸収法 酸素燃焼法 物理吸収・吸着法 排熱有効利用	

注記: 図中の で囲った項目は本プロジェクトでの開発項目を示す。

図 I -2-24 本事業に係る技術ロードマップ(製鉄プロセス及び CO₂ 分離回収技術)

II. 研究開発マネジメントについて

1. 事業の目標

本プロジェクトにおいては、革新的な製鉄プロセス技術の開発を目的としてコークス炉の 800°C の未利用廃熱を利用しコークス炉ガス (COG) の水素量を増幅する改質技術を開発するとともに、水素を用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。

さらに、高炉から発生する高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収技術の開発を行うとともに、製鉄所の未利用廃熱活用拡大による鉄鋼業の CO₂ 削減に寄与する技術開発を推進する。

図 II-1-1 に本技術開発の概要を示す。

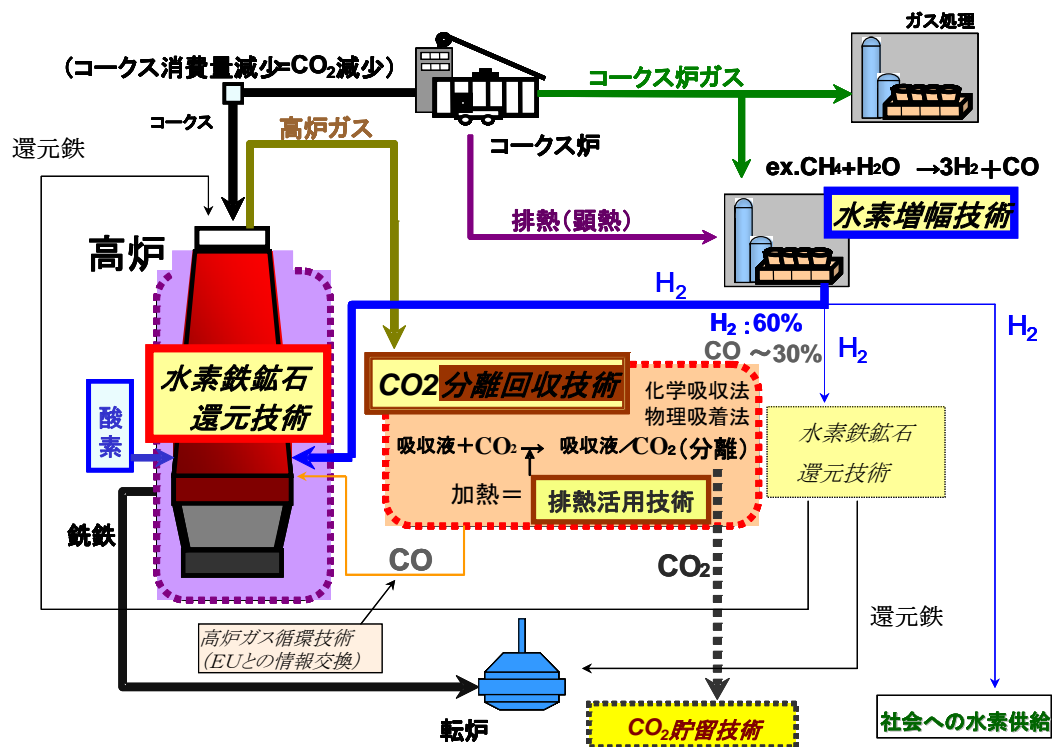


図 II-1-1 技術開発の概要

これらの技術開発をフェーズ I ステップ 1 (平成 20~24 年度 (5 年間)) 及びその後のフェーズ I ステップ 2 (パイロットレベルの総合実証試験) を経て、実機へのスケールアップを考慮した実証規模開発を実施し、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約 30% の CO₂ 削減を可能にする技術の確立に資する。

本技術開発 (フェーズ I ステップ 1) では、CO₂ 発生量を大幅に削減する環境に調和した製鉄プロセスの開発を目指し、各要素技術の開発を中心に進めるとともに、製鉄所における現状の全排出レベルに比較して総合的に約 30% の CO₂ 削減可能な技術の確立を目指し、各要素技術を統合したパイロットレベルの総合実証試験を行うフェーズ I ステップ 2 につなげていくために下記の項目を目標とする。

図 II-2 に本技術開発 (フェーズ I ステップ 1) の位置づけを示す。

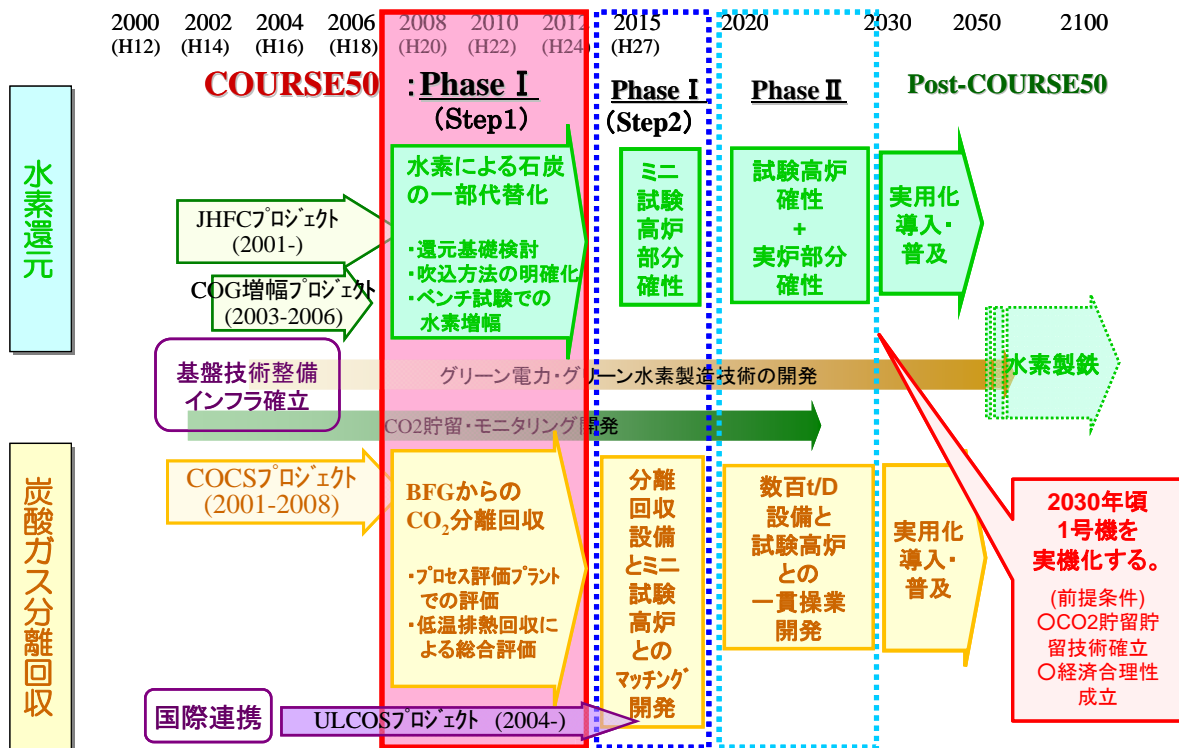


図 II-1-2 COURSE50 Phase I の位置付け

【中間目標（平成 22 年度）】

最終目標を達成するための主要構成技術の目途を得る。

【最終目標（平成 24 年度）】

① 高炉からの CO₂ 排出削減技術開発

- ・水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。
- ・水素の増幅率を 2 倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。
- ・水素還元高炉用の高強度・高反応性コークス製造技術の開発については、高炉側からの要求仕様が現状未定であるため、中間評価を目途に目標を設定する。

本項目については、平成 22 年度に以下のとおり目標を設定した。

- ・水素還元高炉用のコークス強度（ドラム強度）DI \geq 88 を満足する高強度コークス製造技術を確立する。

② 高炉ガス(BFG)からの CO₂ 分離回収技術開発

- ・高炉ガス(BFG)からの CO₂ 分離回収コスト 2,000 円/t- CO₂（「分離回収法開発ロードマップ（CCS2020）」に示された目標）を可能とする技術の見通しを得る。

2. 事業の計画内容

2.1 研究開発の内容

上記の最終目標を達成するために、本プロジェクトにおいては、各要素技術の開発を中心に進め、最終目標に向けた可能性の検討を行い、その後のフェーズⅡの研究開発につなげていくために以下の研究開発を実施する。

① 高炉からの CO₂ 排出削減技術開発

- ・CO₂削減のため高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する（サブテーマ1：鉄鉱石還元への水素活用技術の開発）。
- ・コークス炉の800℃の未利用廃熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス(COG)改質技術を開発する（サブテーマ2：COGのドライ化・増幅技術開発）。
- ・水素還元高炉用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する（サブテーマ3：水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発）。

② 高炉ガス(BFG)からの CO₂ 分離回収技術開発

- ・高炉ガス（BFG）からの CO₂ 分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う（サブテーマ4：CO₂ 分離・回収技術の開発）。
- ・製鉄所の未利用廃熱活用拡大による CO₂ 分離回収エネルギー削減（鉄鋼業の CO₂ 削減）に寄与する技術開発を推進する（サブテーマ5：未利用顕熱回収技術の開発）。

③ 製鉄プロセス全体の評価・検討

- ・「高炉からの CO₂ 排出削減技術」、「高炉ガス（BFG）からの CO₂ 分離回収技術」が約30%CO₂削減ほどの程度寄与するのかを明確にし、各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性をとり、全体調整を行う。
- ・製鉄所全体について総合的に評価・検討を行い約30%の CO₂ 削減の可能性をより明確化する。
（サブテーマ6：製鉄プロセス全体の評価・検討）

サブテーマ	概要
高炉からの CO ₂ 排出削減技術開発	
①鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 1) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発 2) 還元特性評価技術開発 3) 高炉シャフト還元ガス吹き込み時の高炉プロセス評価技術の開発	改質 COG の高炉吹き込み最適プロセスの検討 改質 COG 多量利用技術開発（鉄鉱石還元特性評価、熱補償技術開発等） 鉱石の低温還元・粉化挙動を考慮した高炉還元ガス循環による CO ₂ 削減効果の予測
②COG のドライ化・増幅技術開発	触媒を用いた高温 COG 改質技術開発
③水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	高性能粘結材を用いた高強度・高反応性コークスの製造技術開発
高炉ガス(BFG)からの CO ₂ 分離回収技術開発	
④CO ₂ 分離・回収技術の開発	

1) 化学吸収プロセス評価プラント技術開発 2) 化学吸収液技術開発 3) 物理吸着技術開発 4) 分離技術総合プロセス技術開発	30 t/日の化学吸収プロセス評価プラントとプロセスシミュレーションによるエンジニアリングデータの取得 分離回収に必要な熱量が小さい革新的な吸収液の開発 高炉ガスからの物理吸着法による CO ₂ および N ₂ 分離技術開発 分離回収技術と排熱有効利用技術の総合プロセスとしての最適化
⑤未利用顕熱回収技術の開発 1) 未利用顕熱・排熱活用技術開発 2) 製鋼スラグ顕熱回収技術開発 3) 排熱回収適用技術開発	未利用顕熱調査、活用技術開発 有望シーズ評価結果を踏まえ、フェーズⅡへの指針を提示する 熱回収可能なスラグ製品の安定製造と熱回収効率の最大化 カーリーナサイクル発電システム等の低位熱発電システムの適用拡大
製鉄プロセス全体の評価・検討	
⑥製鉄プロセス全体の評価・検討	各要素技術の開発目標（マイルストーン）との整合性と全体調整、製鉄所全体の総合的評価・検討

以下に個々の技術開発の実施項目を記述する。

① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

水素を多量に含有する改質 COG（組成は CO 30%、H₂ 60%）を高炉で利用した場合の、高炉内鉄鉱石還元挙動（炉下部、炉上部）を明らかにするとともに、鉄鉱石還元粉化検討、炉上部での熱補償検討、高炉内に局所的な挙動の評価（モデルによるシミュレーション）を行い、CO₂排出量削減について定量的に検討することが目的である。あわせて、本技術開発の成果を試験高炉規模で実証するための調査を行う。

1) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発

本研究では、水素を多量に含有する改質 COG（組成は CO 30%、H₂ 60%）を高炉で利用した場合の、高炉内鉄鉱石還元挙動（炉下部、炉上部）を明らかにするとともに、改質 COG の最適な吹込プロセスの提言を行う。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・改質 COG の吹き込み位置方法を明確化する。鉄鉱石の水素還元速度を定量化する。

<平成 24 年度（最終）>

- ・改質 COG の適正吹き込み位置、方法の明確化、および改質 COG 中 H₂ 還元過程で生成する鉄石中微細気孔の生成とそれによる反応効率改善効果を確認する。

2) 還元特性評価技術開発

高水素含有率である改質 COG を高炉利用した場合の高炉内鉄鉱石還元挙動を明らかとするとともに、鉄鉱石還元粉化挙動や炉上部での熱補償の検討、および高炉内の局所的な挙動についてシミュレーションモデルによる検討を行う。

【研究開発のマイルストーン】

＜平成 22 年度（中間）＞

- ・改質 COG 使用時の鉄鉱石の高温還元性状を評価する。製鉄所エネルギー（CO₂）収支評価システムを利用し、CO₂削減効果の定量的に評価する。高炉への予熱ガス吹込み等適正条件（ガス種類、温度、量等）を明確化する。

＜平成 24 年度（最終）＞

- ・改質 COG 200 m³N/t-pig（COG 100 m³N/t-pig）の高炉への利用条件を明確化する。

3) 高炉シャフト部還元ガス吹き込み時の高炉プロセス評価技術の開発

高炉内の鉄鉱石低温還元・粉化挙動を考慮したシミュレーション技術を確立し、改質 COG を主体とした還元ガスの高炉吹き込みによる高炉プロセスでの CO₂排出削減効果を理論的に明らかにする。

【研究開発のマイルストーン】

＜平成 22 年度（中間）＞

- ・改質 COG 等の還元ガスシャフト部吹き込みの考慮可能な 2 次元高炉トータルモデルを構築する。

＜平成 24 年度（最終）＞

- ・本シミュレーション技術に基づく高炉シャフト部還元ガス吹き込みの適正条件（還元ガス吹き込み量・組成・温度等、ならびに吹き込み位置）を明確化する。本シミュレーションモデルによる高炉シャフト部還元ガス吹き込み CO₂削減量の定量的評価を行う。

② COG のドライ化・増幅技術開発

還元材を従来型の「炭素系」から「脱炭素系」に部分転換するべく、コークス炉ガス（COG）に大量に含まれる水素と一酸化炭素に着目し、これらを還元材として利用することを前提に、その使用量の拡大を可能とするため、高温 COG 中タールの触媒改質によるドライガス化、水素増幅を図る。

【研究開発のマイルストーン】

＜平成 22 年度（中間）＞

- ・平成 22 年度末にベンチプラント試験設備の設計完了と土建工事、電源取出工事を行う。

＜平成 24 年度（最終）＞

- ・ベンチプラントレベル試験運転を行い、実 COG を触媒改質することによる水素増幅率向上の検証とコークス炉操業のサイクルに合わせて触媒特性を長時間維持できるか見極める。

③ 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

水素を活用した鉄鉱石還元で想定される高炉内の環境（ガス組成や温度分布）において、求められるコークスの特性を明らかにし、これを満足するコークスの製造技術を開発する。

改質したコークス炉ガス（COG）による水素を主体とした高炉内還元反応において、新たに必要とされるコークスの特性を明らかにし、高性能粘結材を用いてその要求特性を満足するコークスの製造技術の開発を行う。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・高強度コークスへの指針を検討する。
- ・開発目標：コークス強度 [ドラム強度] $DI \geq 88$ （規模：試験コークス炉(300kg 炉)
※ただし、目標値の妥当性については、平成 22 年度までに「鉄鉱石還元への水素活用技術の開発」グループとも協議する。
- ・想定される COG 改質ガス下におけるコークス反応挙動を把握する。

<平成 24 年度（最終）>

高強度コークス製造のための高性能粘結材および石炭の汎用性の高い配合設計指針を提案するとともに、水素活用鉄鉱石還元プロセスシミュレーション結果を反映させた炉内条件下でのコークス反応挙動と高温強度をまとめ、水素活用鉄鉱石還元用コークスとして具有すべき特性を提示する。また、高性能粘結材製造に要するコストおよび CO₂ 排出量を概算提示する。

④ CO₂ 分離・回収技術の開発

高炉ガス（BFG）からの CO₂ 分離回収コストの低減化を可能とする技術を確立するため、化学吸収法、物理吸着法の特性改善を進めるとともに、分離回収技術と未利用エネルギー有効利用技術の総合プロセスとしての最適化を検討する。

1) 化学吸収プロセス評価プラント技術開発

主としてBFGからCO₂を化学吸収により分離回収する試験を実施、定量的なエンジ・データを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価する。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・プロセス評価プラント(30t/日)により、高性能化学吸収液を用いた実ガスからの分離回収が製鉄プロセスに及ぼす影響を評価する。

<平成 24 年度（最終）>

- ・製鉄プロセスへの適合性検討に必要なエンジ・データ(化学吸収の反応特性、投入エネルギーの量/質、製鉄プロセスに及ぼす影響、操業の安定性等)を収集する。
- ・プロセスシミュレータを作成し、実機規模での性能を試算する。
- ・製鉄プロセスとの統合モデルを検討し、実用化時の CO₂ 削減ポテンシャルと分離回収コスト低減効果(消費エネルギー低減効果)を評価する。
- ・統合モデルの実用化に向けた開発・実証試験計画を立案する。

2) 化学吸収液技術開発

再生熱量を大幅に低減し、総合的に吸収特性に優れた吸収液の開発を実施する。計算化学手法およびケモインフォマティクス（多変数回帰モデル解析）を用いて、実験研究に対する有効な指針を示す。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・計算化学等を活用した吸収液設計手法を確立し、新しい吸収液を開発して、その性能を評価することにより、プロセス評価プラント(30t/日)による評価が可能な数種類の新吸収液を提示する。

<平成 24 年度（最終）>

- ・吸収液特性（反応熱、吸収量等）のラボ測定値を基に平衡モデルにより算出した CO₂ 分離回収エネルギーが 2.0 GJ/t-CO₂ 以下とする。

3) 物理吸着技術開発

高炉ガス（BFG）からのCO₂とN₂ガス分離を目的として、CO₂の吸着回収およびCOの吸着によるN₂を分離回収する2段式の物理吸着法によるガス分離プロセスを開発する。コストを評価指標として総合的な分離条件（CO₂回収率、回収CO₂濃度および可燃ガス（CO+H₂）回収率のプロセストータルとしての最適値）を検証し、商用機のための開発課題を明らかにする。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・CO₂分離能力 3t/日のベンチ試験装置を建設し、試運転を行う。
- ・ラボ PSA 試験による緩和可能な前処理条件の提示・PSA プロセス改善策の提案および 4 成分系での炭酸ガス PSA 全工程のシミュレーションによるモデル評価を行う。

<平成 24 年度（最終）>

- ・ベンチ試験装置において、可燃ガス（CO+H₂）の回収率 $\geq 90\%$ を満足する CO₂ 回収率 $\geq 80\%$ または回収 CO₂ 濃度 $\geq 90\%$ のガス分離性能を検証する。
- ・ベンチ試験装置での運転研究により、前処理方法やコストに関するスケールアップのためのデータを取得する。

4) 分離技術総合プロセス技術開発

化学吸収法、物理吸着法の改善想定レベルの操業特性を用いて、製鉄所内未利用エネルギーとの組合せによる最適解の可能性を検討する。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・製鉄所内での利用可能エネルギーと吸収液特性の最適マッチングの可視化を行ない、各製鉄所のローカリティーに合せた最適活用方法の確立に目処をつける。

<平成 24 年度（最終）>

- ・CO₂ 分離と廃熱利用を組み合わせたプロセス全体の経済性を明確にすることで、コストミニマムで CO₂ 削減を最大化する最適化プロセスを構築する。

⑤ 未利用顕熱回収技術の開発

高炉ガス（BFG）から CO₂ 分離・回収技術において、CO₂ 分離回収エネルギー削減に寄与する技術開発を行う。

【研究開発のマイルストーン】

<平成 22 年度（中間）>

- ・製鉄所排熱発生状況実態調査を踏まえ、未利用顕熱・排熱活用技術候補を選定、試験装置を設計する。
- ・排熱利用技術適用試験に着手する。

<平成 24 年度（最終）>

- ・選定した未利用顕熱・排熱活用技術の性能検証試験により、BFGからのCO₂分離回収量増加への寄与を評価する。

2) 製鋼スラグ顕熱回収技術開発

スラグから回収した顕熱を利用するための技術開発を行う。熱回収対象である製鋼スラグ製品の品質確保と顕熱回収の両立を目指し、熱回収可能なスラグ製品の安定製造と熱回収効率の最大化を図る。

【研究開発のマイルストーン】

<平成22年度(中間)>

- ・ガス温度140℃以上、熱回収効率30%以上が達成できるスラグ顕熱回収方法を提案する。

<平成24年度(最終)>

- ・ベンチ規模で回収ガス温度が140℃以上、熱回収効率が30%以上となる顕熱回収条件を明確化する。
- ・ベンチ規模で製造したスラグ製品の品質を評価する。

3) 排熱回収適用技術開発

製鉄所内の未利用廃熱の有効利用技術開発を行う。本研究で得られた技術を導入することによる廃熱の有効利用率30%の可能性を見極める。

【研究開発のマイルストーン】

<平成22年度(中間)>

- ・作動媒体の最適濃度を明確化する。
- ・排熱統合有効利用システムを開発する。
- ・低位熱発電システムの安定化、低コスト化の指針を明確化する。

<平成24年度(最終)>

- ・低位熱発電システムの排熱有効利用率30%を可能とする技術を明確化する。

⑥ 製鉄プロセス全体の評価・検討

低炭素環境調和型製鉄プロセス開発(研究開発項目①)は、

- i) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発
- ii) 水素の安価製造技術の開発(COGのドライ化・増幅技術開発)

によって構成される。

また、CO₂分離回収技術開発(研究開発項目②)は、

- i) 高炉ガス中のCO₂分離回収技術
- ii) CO₂分離回収のための製鉄所排熱利用技術

によって構成される。この両者を併せて、効率良く目標を達成する。

【研究開発のマイルストーン】

<平成24年度>

製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能にする技術イメージと今後の研究開発課題を明確にする。

2.2 研究開発の実施体制

本プロジェクトは、以下に示す(社)日本鉄鋼連盟内に設置された COURSE50 委員会の研究組織(委託先の高炉メーカ 4 社及び新日鉄住金エンジニアリング(株)で構成)が、NEDO の委託により研究開発を実施しているものである。但し、日本鉄鋼連盟及び COURSE50 事務局は、NEDO 委託の対象外となっている。

従い、本プロジェクトにおいては、COURSE50 の研究開発・管理体制を活用し、NEDO 及び経済産業省が毎月の COURSE50 定例会議に参画することで実施状況の把握、情報の共有を図り、研究開発を推進している。

①実施体制

図 II-2-1 に研究開発の管理体制を示す。日本鉄鋼連盟内に下記の組織を置き、NEDO 及び経済産業省とも密接な関係を維持しつつ、プロジェクト全体の目標、並びに各サブテーマの目標を達成するための体制を構築している。

新日鐵住金(株)齋藤製鉄技術部長に研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を委嘱し(平成 20~22 年度は新日本製鐵(株)三輪執行役員、平成 23 年度は新日本製鐵(株)高松執行役員)、その下で技術分野別に 6 つのサブテーマを作り、参加会社がそれぞれの研究テーマを担当している。

図 II-2-2 に実施体制を示す。NEDO と 5 社が委託契約を結び研究開発を実施している。日本の高炉メーカ 4 社全てが参加し、日本鉄鋼業界の英知を結集した実施体制である。また、新日鉄住金エンジニアリングは、化学吸収法による CO₂分離回収技術を H16 年度より COCS プロジェクトとして実施しており、この技術分野で先導的な位置付けにある。

いずれの研究テーマも基礎検討及びプロセス評価プラント規模試験からの取り組みであり、基盤研究については、この技術分野の最先端の研究を進めている大学及び産総研、RITE の公的研究機関との産学連携により理論面での研究開発を促進している。

本プロジェクトでは、全体最適化を検討する以下のサブテーマを設置した点に特徴がある。

<サブテーマ 6 製鉄プロセス全体の評価・検討>

ここでは、「高炉からの CO₂排出削減技術」、「高炉ガスからの CO₂分離回収技術」が約 30%の CO₂削減にどの程度寄与するのかを明確にし、各要素技術の開発目標との整合性をとり全体調整を行う。また、製鉄所全体について総合的に評価検討を行い約 30%の CO₂削減の可能性をより明確化する。全ての参加会社から委員が参加し、参加会社の英知を結集して全体最適化を検討する体制となっている。

<サブテーマ 4-3 分離技術総合プロセス技術開発>

ここでは、化学吸収法、物理吸着法を中心とする CO₂分離回収技術とサブテーマ 5 の未利用排熱回収技術との最適組合せを検討する。全ての参加会社から委員が参加し、CCS 全体を考慮した全体最適化を検討する体制となっている。

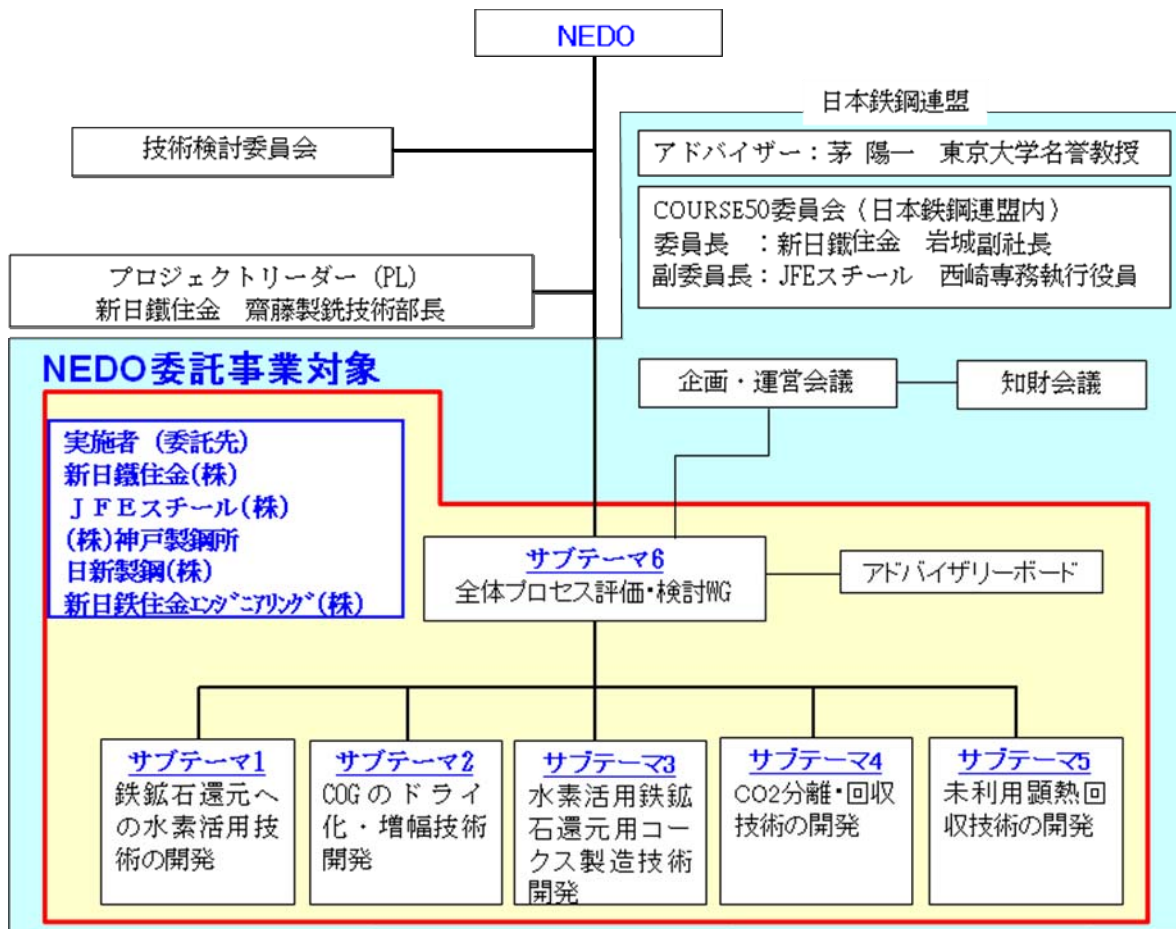


図 II-2-1 研究開発の管理体制

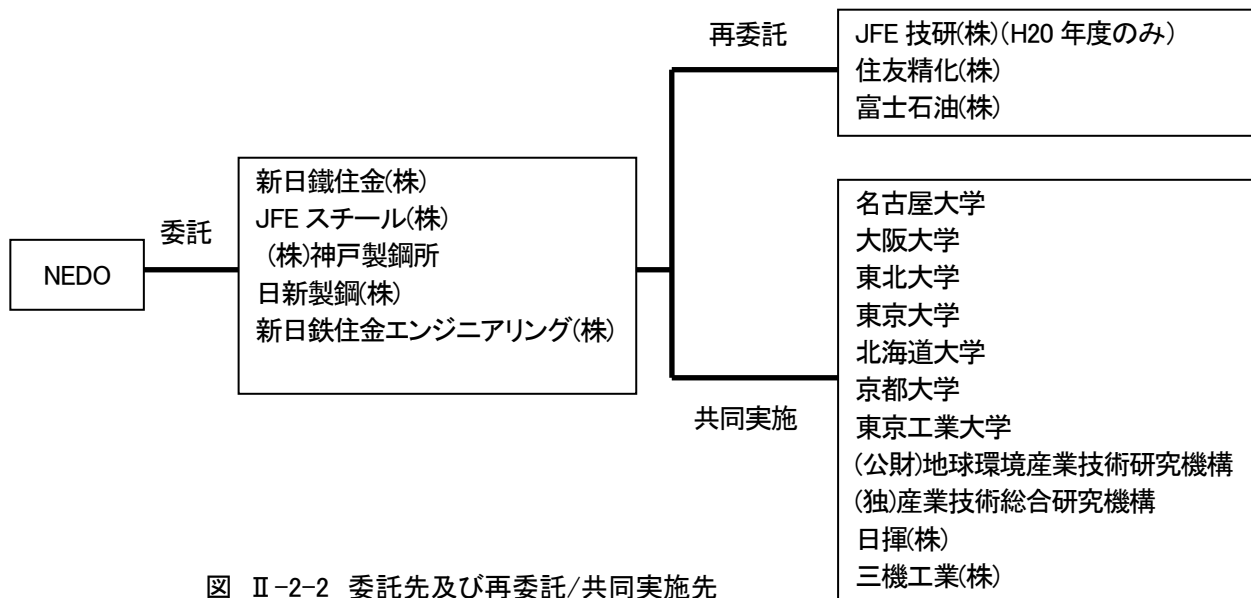


図 II-2-2 委託先及び再委託/共同実施先

2.3 研究の運営管理

平成24年度には5年間の成果を取りまとめる必要があり、NEDO内に技術検討委員会を設置し、専門的知見を有する外部有識者の方々から目標達成に向けた助言を頂戴し、より効率的に、かつ客観的な御意見に基づいて研究開発を進めることとした。

表 II-2-1 技術検討委員会 委員

委員長	亀山 秀雄	東京農工大学大学院 工学府 産業技術専攻 工学研究科 応用化学専攻(兼務) 化学システム工学科	教授
委員	伊藤 公久	早稲田大学 基幹理工学部 応用数理学科	教授
委員	小野崎 正樹	財団法人 エネルギー総合工学研究所 プロジェクト試験研究部	部長
委員	清水 正賢	九州大学 鉄鋼リサーチセンター	教授
委員	宝田 恭之	群馬大学 大学院工学研究科 環境プロセス工学専攻	教授
委員	巽 孝夫	国際石油開発帝石株式会社 経営企画本部 事業企画ユニット	シニアコーディネーター
委員	長坂 徹也	東北大学 大学院工学研究科・工学部 金属フロンティア工学専攻	教授

COURSE50 委員会で毎月実施の「全体プロセス評価・検討WG」、「サブテーマフォロー会議」に経済産業省関係者及びNEDO関係者が参画することにより、本プロジェクトの進捗と方向性の確認、技術内容の議論、情報交換を行い、効率的なプロジェクトの推進を図っている。

<COURSE50 委員会>

日本鉄鋼連盟内に設置し、実施会社におけるプロジェクト全ての業務の統括を行う。2回/年開催している。

表 II-2-2 COURSE50 委員会 委員

委員長	新日鐵住金	代表取締役副社長	岩城 正和
副委員長	JFE スチール	専務執行役員	西崎 宏
委員	神戸製鋼所	執行役員 鉄鋼事業部門 技術総括部長	柴田 耕一郎
	新日鉄住金エンジニアリング	取締役常務執行役員 事業開発センター長	河野 治
	新日鐵住金	執行役員 鉄鋼研究所副所長	高橋 健二
	日新製鋼	執行役員 技術総括部長	近藤 孝之

<プロジェクトリーダー (PL) 体制>

より効率的なプロジェクトの推進を図るため、研究開発の現場において指示・指導・調整の任にあたり、研究開発計画原案の策定、研究開発の実施における方向付け、研究成果のとりまとめ等の役割を持つ。

- 1) プロジェクト全体の計画立案および進捗管理
- 2) プロジェクト会議 (企画・運営会議、全体プロセス評価・検討WG) の運営
- 3) 対外報告・広報

- 4) 国際連携（技術交流など）
- 5) その他（プロジェクトが必要とした事項）

表 II-2-3 プロジェクトリーダー体制

PL	新日鐵住金	製銑技術部長	齋藤 公児
副 PL	JFE スチール	技術企画部企画グループリーダー	納 雅夫
PL 補佐	新日鐵住金	技術開発企画部上席主幹	殿村 重彰
副 PL 補佐	JFE スチール	スチール研究所 製銑研究部 主任研究員	渡壁 史朗

<アドバイザーボード>

主としてサブテーマ「⑥製鉄プロセス全体の評価・検討」に対して各技術分野の外部有識者の意見を反映させることを目的として設置した。平成 22 年 3 月 9 日に第 1 回を開催し、現在までに 3 回を開催して研究開発体制を含む貴重なご意見を頂いた。

表 II-2-4 アドバイザーボード委員

リーダー	東北職業能力開発大学校長	三浦 隆利
	北海道大学 エネルギー変換マテリアル研究センター 教授	秋山 友宏
	九州大学 鉄鋼リサーチセンター 教授	清水 正賢
	群馬大学 大学院工学研究科 教授	宝田 恭之
	東北大学 大学院環境科学研究科 教授	長坂 徹也

<企画・運営会議>

プロジェクトに関する実施会社の意思決定のための会議。1 回/4 ヶ月の頻度で開催。

<全体プロセス評価・検討 WG（サブテーマ 6）>

1 回/月の頻度で開催し、各サブテーマ間の調整やサブテーマとは別に様々な視点でプロジェクト全体の最適化を検討。出席者は PL 体制メンバー、各社 WG 委員、経済産業省、NEDO。

<サブテーマフォロー会議>

COURSE50 委員会の委員長、副委員長出席の下、1 回/月開催して各テーマの進捗状況、実験計画について議論。出席者は PL 体制メンバー、全体プロセス評価・検討 WG 委員、経済産業省、NEDO。

各サブテーマについて、1 回/3~4 ヶ月の頻度で進捗報告・議論を行い、研究の方向性や研究促進に反映できる体制を構築。

<成果報告会>

1 年に 1 回開催し、全てのテーマの 1 年間の進捗状況を報告、議論している。出席者は、COURSE50 委員会の全ての委員を含む関係者全員。開催実績は平成 21 年 1 月 20 日、平成 22 年 2 月 9 日、平成 23 年 2 月 9 日、平成 24 年 2 月 8 日である。

<知財会議>

プロジェクトを推進するための実施会社の情報の取り扱い、成果の取り扱いなどについて各社間の協議

および協定書原案の策定、国内および外国における産業財産権の取得の推進、体外的な契約の協議などを行う。

<ULCOS 交流> (非公開)

COURSE50 参加企業とヨーロッパの ULCOS プロジェクトが CO₂ 削減技術について技術交流を進めている。相互の情報交換、技術討論により、高炉プロセスにおける CO₂ 削減技術開発を促進させる体制を構築している。

これまでの交流実績は下記である。

第 1 回目交流：平成 21 年年 3 月 27-28 日 (日本)、

第 2 回目交流：平成 21 年 12 月 1-2 日 (Sweden)

2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

本プロジェクトは、地球温暖化防止のために実施するもので、2030年までに技術開発を完了して、COG改質増量水素による一部水素還元を含む高炉法製鉄プロセスと、これまで製鉄所内で未利用の排熱を回収して得たエネルギーにより高炉ガスからCO₂を分離回収するプロセスを、実生産設備へ適用することを求められており、現状プロセスからCO₂排出量の30%削減を目指している。

開発は、基礎研究(Phase I)とスケールアップ実証(Phase II)の大きく2つのステップが想定されており、各10年間の研究期間を設けている。また、基礎研究(Phase I)は、更に各開発要素の基礎、ベンチスケール試験を行う前半の5年間のStep1とし、開発した各要素を組合せ検証する後半の5年間のStep2としている。

現在、NEDOの委託事業として実施している事業は、要素研究及びプロセス評価を行うStep1である。

実機化スケジュールを図II-2-3に示す。

本プロジェクトでは、実用化に向けた対応として、確実な要素技術の開発と将来に向けての取り組みとして、以下のワーキンググループ及び会議等を有効に活用し、研究開発の効率化、懸案事項の早期発見、対応及び将来への対応検討を実施中で、結果を研究開発に反映させている。

①サブテーマ6 製鉄プロセス全体の評価・検討WGの設置

「高炉からのCO₂排出削減技術」、「高炉ガスからのCO₂分離回収技術」が約30%のCO₂削減にどの程度寄与するのかを明確にし、各要素技術の開発目標との整合性をとり全体調整を行う。また、製鉄所全体について総合的に評価検討を行い約30%のCO₂削減の可能性をより明確化するため、設置。中間目標、Step1最終目標及びCOURSE50最終目標の達成に向けての検討を実施している。

さらに、Step2以降の実施シナリオ等の検討も実施していく予定である。

ここでの検討結果は「全体プロセス評価・検討WG」の中で報告され、各サブテーマの研究の方向性や研究促進に反映させている。

②全体プロセス評価・検討WGの設置

1回/月実施し、各サブテーマ間の調整や純技術的な討議の場であるサブテーマフォロー会議とは別に様々な視点でプロジェクト全体の最適化を検討の実施。

③サブテーマフォロー会議の開催

1回/月開催して各テーマの進捗状況、実験計画等の技術面について議論。各サブテーマについて、1回/3ヶ月の頻度で進捗報告・議論を行い、研究の方向性や研究促進に反映できる体制を構築。

④知財管理

委託先6社の知財関係者により、プロジェクトを推進するための実施会社の情報の取り扱い、成果の取り扱いなどについて各社間の協議および協定書原案の策定、産業財産権の取得の推進、体外的な契約の協議などを実施。契約等の関する決定内容は全体プロセス評価・検討WGで報告される。

⑤他プロジェクトとの交流による情報収集及び情報交換

- ・鉄鋼メーカー(日本鉄鋼連盟)による世界の鉄鋼協会、鉄鋼企業等のCO₂削減プログラム実施状況調査、情報交換結果の反映。
- ・NEDOで実施の他プロジェクトとの技術交流(例:ヒートポンプ)
- ・今後は、本プロジェクトでは技術開発対象外のCO₂貯留についてもNEDOで実施のプロジェクトの情報収集を行い、今後検討に反映させていく予定である。

実際の研究開発スケジュールでは、2011年度(平成23年度)は計画通りコークス炉ガス(COG)改

質技術の開発の重点化や CO₂ 分離回収技術の検証等を着実に行うことに加えて、新たに試験高炉を活用した総合評価試験を実施する。これにより、これまで実験室レベルで取組んできた要素技術の検証を行うとともに今後の課題の把握を行う。また、並行して高炉シミュレータの確度を高める。高炉操業シミュレーション技術の精度向上により、2012年度 (phase I step2) 以降に予定するベンチスケール試験や2018年以降 (phase II) に予定するパイロット試験において設計期間の短縮化が期待される。

実証期間の短縮化によって実機実証機の建設開始時期を早期化することにより、2030年に1基の稼動を目指す。

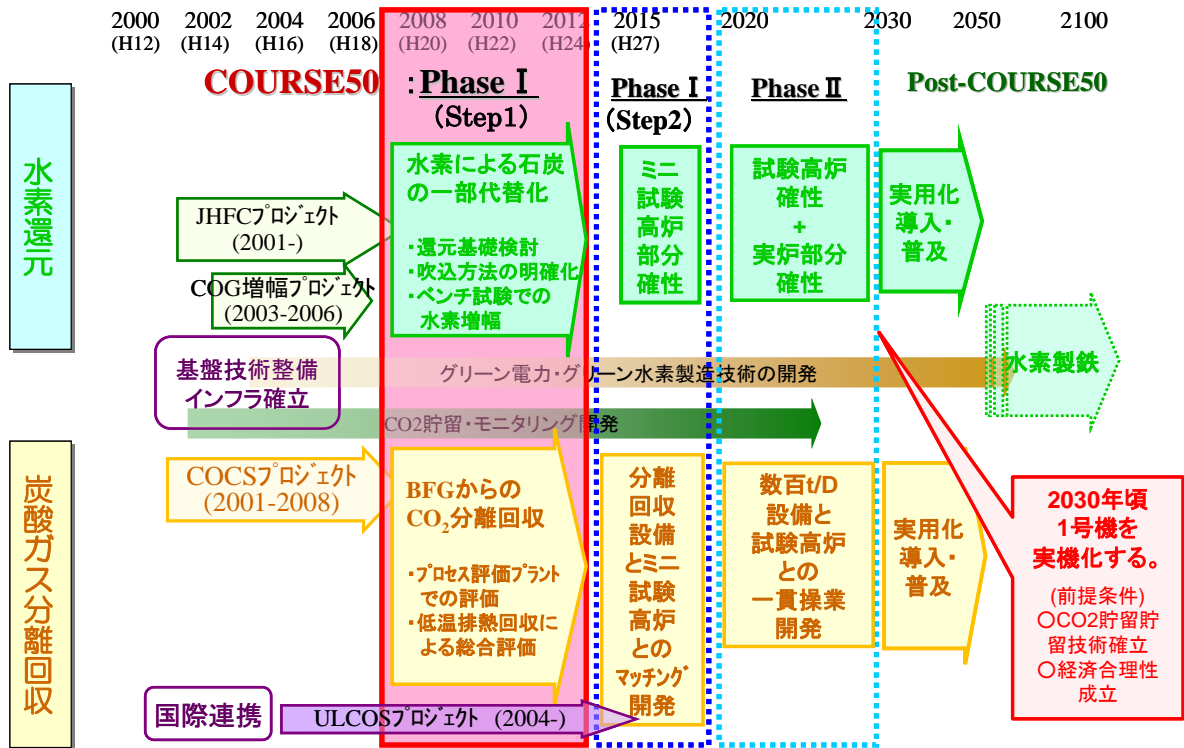


図 II-2-3 実用化までのスケジュール

3. 情勢変化への対応

3.1 情報収集・研究テーマの選択と集中・研究体制の再編成

本プロジェクトにおいては、各課題の最終目標をすべて寄せ集めて最終ゴールを完全にカバーできても、世の中の技術革新によって、より加速可能なアプローチの存在もあると思われるので、幅広い視野にたった課題認識を持って全体システム最適化を図りつつ研究開発を推進している。

3.1.1 外部有識者の指摘事項

(1) 技術検討委員会

平成 24 年度には 5 年間の成果を取りまとめる必要があり、専門的知見を有する外部有識者の方々から目標達成に向けた助言を頂戴し、より効率的に、かつ客観的な御意見に基づいて研究開発を進めるべく、本技術検討委員会を設置した。委員は東京農工大/亀山教授（委員長）、早稲田大/伊藤教授、エネルギー総合工学研究所/小野崎部長、九州大/清水教授、群馬大/宝田教授、国際石油開発帝石（株）/巽シニアコーディネータ、東北大/長坂教授の 7 名である。平成 23 年 9 月 8 日に第 1 回を開催し、現在までに 3 回の委員会を開催した。

プロジェクト全体については次のご指摘があり研究マネジメントに反映させている。

1) 全体最適化

部分最適化の段階から全体を見られる最適化に移って来たので、Step2 に突っ込む前に全体の最適化を、今日、色々なコメントがあったと思うが、もう一度見直して見逃していた部分とか他の技術の導入の可能性を含めて検討していただきたい。NEDO で過去に開発した技術や、タールについては特に石油精製の方で相当苦労しているので、開発者からの情報も踏まえてタールが多いものに対しての改質を検討されたら良いと思う。

2) 研究アイテムの拡大

CO₂ 削減でスタートし、そのためには多少電力を使っても良いとして進んで来たところもあると思うが、ターゲットとしては省エネという形で進めるのが良いと考える。この研究アイテムだけで次のステップを構築するのではなくて、トータルとして極めて省エネ効果の高いプロセスを構築していただきたい。

3) 実用化の推進

CO₂ の回収技術についてはこの時間軸だけでなく出来るだけ早く実用化されれば良いと思う。スラッグの熱回収とかカーリーナサイクルの 2 つは極めて上手く行っていることが分かったので、そういう件については省エネルギーでもあるし、商業的に合えばどんどんやっていただければ我々もやりがいがあるので宜しくお願ひしたい。

(2) アドバイザリーボード

世の中動向を広く情報収集をすべく、専門の機関によるご意見を伺う場として、アドバイザリーボードを設置（H21 年度下期から）した。

東北大/三浦教授（現東北職業能力開発大学 校長）、北海道大/秋山教授、東北大/長坂教授、群馬大/宝田教授、九州大/清水教授の 5 名にメンバーの就任をお願いし、平成 22 年 3 月 9 日に第 1 回を実施し、現在までに 3 回開催した。以下のご意見があり、サブテーマ 6 において反映している。

- 1) 全体のシステム設計と各グループの連携が重要であり、マネジメントが重要
- 2) 国内外への発信が大事、HP 整備や積極的な学会発表が重要
- 3) 試験高炉実験を実施してほしい。国内での試験高炉を検討してほしい。

4) 周辺技術を含めて今やれるベストな要素技術を取り上げ、理想的な技術を目指してほしい。

3.1.2 外部有識者指摘事項の対応

(1) 研究テーマの選択と集中

本プロジェクトは課題が非常に多岐に渡っているので、常にテーマ全体を見直しつつ、テーマそれぞれに、加速化これらの課題認識をベースとして、テーマの選択と集中を実施した。

H22年度以降は以下のように推進した。

- ①水素還元関係→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進。部分的な研究の総合的な確認および課題の把握のために LKAB 社試験高炉（8m³）による試験操業を実施した。これは全体の予算増加により実施可能となった。
- ②化学吸収・物理吸着→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進めた。
- ③排熱回収や高性能コークス製造→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明することに重点化した。
- ④COG 改質→H22年度からベンチプラントの設計・建設を開始し、スケジュール通り進めた。

(2) 研究体制の再構築

必要に応じての体制の変化検討と研究テーマの選択と集中を実施した。新たな体制で臨むべく、その体制等は常に見直せるようにしており、適材適所の配置になるように工夫をしている。特に大学等の保有する高いレベルでの知見を有効活用すべく、共同実施先を増やして、漏れがなく最適な産官学体制になるように工夫をしている。開発期間の途中での第三者との共同実施も研究開発体制の変更で対応可能であるとのことから、適時最適な体制になるように検討を進めている。平成 22 年度以降は新たに次の共同実施を開始した。(表 II-3-1)

表 II-3-1 平成 22 年度以降より新たに開始する共同実施先

サブテーマ	共同研究先	共同実施内容
1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	東北大学	H ₂ 共存ガス条件下での炉内随伴反応の影響評価
2. COG のドライ化・増幅技術開発	東北大学	タールの触媒改質反応機構の解明と最適反応条件の提案
3. 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	北海道大学	粘結材乾留特性解明に関する研究開発
4. CO ₂ 分離・回収技術の開発	東京大学	ヒートポンプや自己熱再生システムのアミン吸収法
5. 未利用顕熱回収技術の開発	三機工業(株)	PCM蓄熱・放熱速度向上の繰返し評価が可能な大型試験装置の検討
	日揮(株)	ケミカルヒートポンプの効率向上に関する基礎検討

(3) 実用化の推進

化学吸収法の CO₂ 分離回収技術およびバイナリー低温排熱発電（カーリーナプロセス）については実用化を推進できる開発レベルとなった。化学吸収法はエネルギー開発分野や一般産業分野に向けて商品名 ESCAP として実用化が進められている。カーリーナプロセスは製鉄所での実用化を検討中である。

3.2 補正予算の投入と予算の重点配分

プロジェクト全体予算の推移は、プロジェクト発足後に補正予算等を投入し全体を前倒しで進めている。(表Ⅱ-3-2)

表Ⅱ-3-2 研究開発予算 (百万円)

サブテーマ名	H20年度 本予算	20年度 補正	H21年度 本予算	H21年度 補正	H22年度 本予算	H23年度 本予算	H24年度 本予算	計
1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 (内、試験高炉)	26.1 (0)	0 (0)	101.3 (0)	329.8 (0)	395.2 (30)	400.4 (296)	713.3 (501)	1,966 (827)
2. COG のドライ化・増幅技術開発	0	0	0	0	602.0	1,104.7	269.8	1,977
3. 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	119.0	0	267.3	29.8	67.3	81.4	69.2	634
4. CO2 分離・回収技術の開発	244.0	914.6	621.4	248.1	812.0	635.4	484.5	3,960
5. 未利用顕熱回収技術の開発	137.3	84.9	118.5	783.6	77.6	370.9	226.7	1,799
6. 製鉄プロセス全体の評価・検討	5.4	0	6.1	3.1	5.8	8.4	13.1	42
計	532	1,000	1,115	1,394	1,960	2,601	1,776	10,378

H22、H24年度本予算には NEDO 加算予算を含む

補正予算等の配分の基本的な考え方は、前述した研究テーマの選択と集中に基づいており、次のとおりである。本プロジェクトはコアの部分と色々な周辺を組み合わせる必要がある。コアの部分は高炉の水素還元等で鉄鋼業界しか出来ないものである。ここは前倒しを含めてきちんと実施していく必要がある。周辺の部分は他分野の知見も含めて多少時間を掛けても確実に実施する。

①水素還元関係→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進。部分的な研究の総合的な確認および課題の把握のために LKAB 社試験高炉 (8m³) による試験操作を実施した。

②化学吸収・物理吸着→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進めた。

③排熱回収や高性能コークス製造→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明することに重点化した。

④COG 改質→H22年度からベンチプラントの設計・建設を開始し、スケジュール通り進めた。

以上を受けて、予算全体及び補正予算の配分を実施した。

4. 中間評価への対応

4.1 中間評価の概要(総合評価)

本プロジェクトは、日本における温室ガス発生の主源の1つである製鉄業から排出されるCO₂を削減するという大きな目標に対し、全高炉メーカーが一丸となり、オールジャパン体制を敷いて連携し、様々な技術を駆使し実現しようというものである。

国際競争力を有する革新的技術を開発するための要素技術も的確に抽出されていることから、実現すれば技術立国として、世界的に極めて高い評価をもたらすものである。2030年までに30%CO₂削減可能な技術の確立を目指す目標は妥当であり、設定された中間目標に対しては、満足のいく成果が得られている。

開発項目が総花的になっており、関連する技術の全てを開発対象としているが、新規開発項目、既存技術の適用研究、などに区分して、研究項目ごとに優先度を決めて研究規模を見直し、予算の重点配分を行うべきと考える。

実用化を考えた場合に国プロの基盤技術開発として注力すべき項目と民主体で実用化を推進する項目を年次計画に沿って明確にしていく必要がある。20年にわたる長期スパンの実用化開発計画であるが、各技術の難易度を明確にし、技術ごとに基盤終了時期を明示することが望まれる。

また実機の明確なイメージを確立する必要がある。スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し、プロジェクトを進めることが望ましい。

4.2 中間評価への対応

プロジェクト全体に関する指摘事項への対応は次のとおりである。

項目	中間評価結果(抜粋)	中間評価を受けての対応
総合評価	開発項目が総花的になっており、関連する技術の全てを開発対象としているが、新規開発項目、既存技術の適用研究、などに区分して、研究項目ごとに優先度を決めて研究規模を見直し、予算の重点配分を行うべきと考える。【1】	【1】研究項目の見直し 高炉からのCO ₂ 排出削減技術において核技術となる「鉱石還元への水素活用技術開発」、同技術で使用する水素をCOGから得るための技術として「COGのドライ化・増幅技術開発」に予算を重点配分し、各々、海外ミニ試験高炉での試験、COG実ガスを用いたCOG改質ベンチプラント試験を実施した。また、高炉ガス(BFG)からのCO ₂ 分離回収技術開発において核技術となる「CO ₂ 分離・回収技術の開発」に予算を重点配分して開発を推進した。 「水素活用鉄鉱石還元用コークス技術開発」は目標とするコークス強度達成の見込みが得られたことから、原理解明に重点を置いた。 「未利用顕熱回収技術の開発」は低品位熱の回収技術或いは高温の製鋼スラグからの顕熱回収のように新規開発要素を有し、難易度の高い技術として現状の開発項目をピックアップし開発を推進した。
	実用化を考えた場合に国プロの基盤技術開発として注力すべき項目と民主体で実用化を推進する項目を年次計画に沿って明確にしていく必要がある。20年にわたる長期スパンの実用化開発計画であるが、各技術の難易度を明確にし、技術ごとに基盤終了時期を明示することが望まれる。 また、実機の明確なイメージを確立する必要がある。スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し、プロジェクトを進めることが望ましい。【2】	【2】技術ごとの国プロとしての研究開発計画 ・技術のカテゴリーと開発状況から化学吸収法の鉄鋼業以外の化学工業分野などへの早期実用化、低位熱発電システムの早期適用が可能と判断され、化学吸収法については商品化準備中。 ・高炉のスケールアップイメージを検討し、試験高炉(10m ³ 級)、実証試験高炉(100m ³ 級)、実機(2000-5000m ³)の三段階。LKAB社試験高炉(8m ³)の実験操作を実施するとともに過去の試験高炉を調査し、第一ステップの10m ³ 級試験高炉の概念検討を行った。 ・CO ₂ 分離回収法、COG改質、排熱回収などのスケールアップについての技術項目を整理し研究を進めた。
事業の位置付け・必要性	国内も含めて、世界中で提案されている新製鉄法と比較して、熱的・経済的に十分対抗性のあるプロジェクトであることを定量的に示すべきである。【3】	【3】新製鉄法との熱的・経済的比較については、熱的な差異は少なく、生産性の観点からの高炉法の優位性が確認されている。 ・試験高炉試験の結果、非改質・改質COG吹込みによるインプットカーボンの低減を確認できた。今後、水素還元的能力を最大限に引き出す高炉操業方法(吹

		込み方法、操業条件等)の検討を Step2 で実施予定。 ・World steel 協会の CO ₂ Breakthrough Technology Expert Group Meeting への参加等により欧州 ULCO ₂ プロジェクトや各国の技術動向を調査、本プロジェクトと比較した。
研究開発マネジメント	研究開発プロセスで見出される各事象についても理論的解析が不十分で、次ステップに展開していくべき開発課題の取り上げ方法が必ずしも十分ではない。アドバイザーボードの優秀な外部有識者からもっと定量的解析手法を教示してもらい、その思想を研究開発に反映すべきである。【6】	【6】開発課題の精査(外部有識者の活用) アドバイザーボード、技術検討委員会において開発内容について審議、定量的解析法などのコメントを課題に反映しながら開発を進めた。
	技術の国内外への普及を考えると市場ニーズに応じた経済的な評価項目と目標が必要である。今後、普及を考えた場合の製品性能とコスト評価を明確にすべきである。その値と技術開発目標が一致するようにする必要がある。【7】	【7】経済的な評価と目標設定 CO ₂ 分離回収技術に対する経済的な目標には「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標として 2,000 円/t-CO ₂ (2015 年)を設定しており設備コストと製鉄所排熱利用を考慮した運用コストの合計で評価している。 高炉からの CO ₂ 排出削減技術開発については、本プロジェクトの基盤技術として水素を多量に含有する改質 COG を高炉で利用した場合の、高炉内鉱石還元挙動を明らかにすると共に、鉱石還元粉化や炉上部での熱補償の問題などの基礎技術を検討しシステムの条件と CO ₂ 削減に対する有効性を確認する必要があり Step1 においては以上の技術面について経済性の評価以前の検討として実施した。経済性の評価と目標設定に対しては以上の技術的な方向性を明確にして Step2 にて実施する。
今後に対する提言	プロジェクトは多岐にわたるので、研究項目の整理と、トータルプロセスとしての評価システム(シミュレータ)を導入して、開発をマネジメントする必要がある。【13】	【13】評価システムの導入 製鉄所全体の総合的エネルギーバランスを評価するためのツールを用いて各サブグループの最新のデータを反映したシミュレーションを実施した。
	既存技術を有する企業や専門家も本プロジェクトへ参加させるべきであるとする。20 年という長期スパンを考えると技術や知識の伝承と継承人材の確保のため、研究者、技術者の新陳代謝のマネジメントスキームも提示することが望まれる。【14】	【14】人材・体制マネジメント ・本プロジェクトの中核を担う技術については、我が国の鉄鋼業を支える競争優位技術として完成度をあげるべく、次ステップへと継承し発展させる。試験高炉による研究開発を含めて産学での連携をベースに技術者の育成、技術継承を図る。 ・基盤技術が完成し別用途への転用が図れる水準に到達した技術については参加各社内で独自に実用化フェーズの開発を推進することにより技術者の確保、維持を図りつつ、来るべき COURSE50 の実用化フェーズでの適用にも備える。

5. 評価に関する事項

5.1 事前評価

本プロジェクトを開始するに当たって、事前評価書、基本計画（案）を作成し、NEDO のホームページからパブリック・コメントを求めた。

<NEDO POST2 について>

NEDO の新規研究開発プロジェクトに関して、事前評価書、プロジェクト概要を提示して、主にプロジェクトの実施内容について意見を求めた。

期間：平成 20 年 1 月 16 日～平成 20 年 1 月 29 日

<NEDO POST3 について>

NEDO の新規研究開発プロジェクトの基本計画（案）を提示してパブリック・コメントを求め、かつ公募に先立って計画の概要を公開した。

期間：平成 20 年 2 月 20 日～平成 20 年 2 月 28 日

5.2 中間評価

- (1) 実施時期：平成 22 年度
- (2) 評価手法：外部有識者による評価
- (3) 評価事務局：環境部
- (4) 評価項目・基準：標準的評価項目・基準
- (5) 評価委員（分科会委員；敬称略）：
 - 分科会長：日野 光兀（北海道職業能力開発大学校）
 - 分科会長代理：伊藤 公久（早稲田大学）
 - 委員：阿部 高之（社団法人日本プラント協会）
 - 委員：亀山 秀雄（東京農工大学）
 - 委員：清水 忠明（新潟大学）
 - 委員：林 昭二（名古屋工業大学）
 - 委員：前 一廣（京都大学）

Ⅲ. 研究開発成果について

1. 事業全体の成果

(1) 事業全体の成果概要

本プロジェクトの開始以来、「高炉からの CO₂ 排出削減技術」、「高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収技術」の開発により、製鉄所から排出される CO₂ の約 30% を削減する目標に対して、6 つの各サブテーマで効率的、統合的に取り組んできた。サブテーマ毎にプロジェクトの最終目標と中間目標を明確にし、コアになる技術とその周辺技術とのそれぞれが全体の目標に対する寄与を明らかにしながら進めることで、当初の計画より前倒しで成果を上げてきた。

最終目標に対する達成度の評価基準（自己評価）は前倒し事後評価のために以下の通りとした。

◎；超過達成、○；達成または達成する見込み、△；一部未達、×；未達

テーマ	最終目標	研究開発成果	達成度
高炉からの CO ₂ 排出削減技術開発	水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・水素を多量に含む COG の吹き込みにより、鉄鉱石の還元が改善し、2.5%から 3.5%程度の CO₂ 低減の可能性のあることを確認した。さらなる低減の可能性について、羽口、シャフトの複合吹き込み、装入物分布の制御、の観点から検討中。 ・還元の改善メカニズムについては、水素の反応速度、焼結鉱の微細気孔形成、水素と CO、カーボン相互の反応の効果等、さまざまな理由が考えられ、現在総合的な観点から解析中。 ・改質 COG のシャフト吹き込み方法については、小型模型実験で得たシャフトガスの浸透度合い等のプロセスイメージを、LKAB 試験高炉で確認。 	○
	水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・タールや粉塵を含んだ高温ガスに対する封止性の良好な仕切弁の機能を確認した。 ・加振機を含めた機械要素開発の機能を確認した。 ・大量に製造した触媒の実 COG に対する触媒活性発揮を確認した(水素増幅率 2 倍)。 ・反応器 I 型で外部から水蒸気を導入する試験を実施したところ、COG 中のタール及び炭化水素の改質反応が大幅に進行し、設備制約で中止するまでの 3.5 時間までの H₂ 増幅率の平均値が 2.0 倍より大となった。 	○
	水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI ≥ 88 を満足する高強度コークス製造技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・高強度コークスとして、目標である DI > 88 を満足する製造方法に目処を得た。 	○

高炉ガス(BFG)からのCO ₂ 分離回収技術開発	高炉ガス(BFG)からのCO ₂ 分離回収コスト2,000円/t-CO ₂ (「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収の化学吸収法は2200円/t-CO₂、また物理吸着法は2400円/t-CO₂程度のコストを達成する条件を見出した。さらに、化学吸収法は蒸気コストの低減、設備費削減等により、物理吸着法では、脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の2000円/t-CO₂を達成する見込みである。 ・モデル製鉄所における発生CO₂のほぼ20%を分離・回収できる未利用エネルギーが見出された。 	○ 達成見込み(24年12月)
--------------------------------------	---	---	--------------------

表 III-1-1 プロジェクト全体の目標と達成状況

テーマ	最終目標	研究開発成果	達成度
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・水素を多量に含むCOGの吹き込みにより、鉄鉱石の還元が改善し、2.5%から3.5%程度のCO₂低減の可能性のあることを、模型実験およびLKAB試験高炉で確認。さらなる低減の可能性について、羽口、シャフトの複合吹き込み、装入物分布の制御、の観点から検討中。 ・還元の改善メカニズムについては、水素の反応速度、焼結鉱の微細気孔形成、水素とCO、カーボン相互の反応の効果等、さまざまな理由が考えられ、現在総合的な観点から解析中。 ・改質COGのシャフト吹き込み方法については、小型模型実験で得たシャフトガスの浸透度合い等のプロセスイメージを、LKAB試験高炉で確認。 	○
(1-1) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発	改質COGの適正吹き込み位置、方法の明確化、および改質COG中H ₂ 還元過程で生成する鉱石中微細気孔の生成とそれによる反応効率改善効果を確認する。	<ul style="list-style-type: none"> ・シャフトから吹き込んだガスの浸透距離は吹き込み量に依存し、炉半径の1割程度である。 ・H₂還元速度はCO還元と比較数倍程度速いとの見えを得、得られた速度式をサブテーマ1-3で開発するモデルに取り込んだ。 ・改質COG吹き込みによる鉱石の全体還元率の上昇と、高温性状の改善を確認した。 ・シャフトガス吹き込みが可能な改良BIS炉(SIS炉)を作成し、実験中である。 ・LKABの試験において、羽口吹き込みでは高炉のインプットカーボンの約10kgC/tp(2.5%)が削減できる見込みを得た。 	○

(1-2) 還元特性評価技術開発	改質 COG 200 Nm ³ /t-pig (COG 100 Nm ³ /t-pig) の高炉への利用条件を明確化する。	<ul style="list-style-type: none"> ・改質 COG の H₂ 濃度の増加とともに焼結鉱の還元粉化率が増加する。H₂ 濃度 4%以上では昇温速度低下による鉱石滞留時間の増加が還元粉化増加の主要因。H₂ 還元では還元に伴って体積破壊が増加する。 ・シャフト部から吹込む予熱ガスは炉内に浸透せず炉壁に沿って上昇する。 ・高水素操業の過去知見のレビューを行った。水素による投入炭素の削減効果は、0.08~0.5 kmol-炭素原子/kmol-水素原子であった。削減効果は投入水素量の増加と共に小さくなる。 	○
(1-3) 高炉シャフト還元ガス吹込み時の高炉プロセス評価技術の開発	本シミュレーション技術に基づく高炉シャフト部還元ガス吹込みの適正条件(還元ガス吹込量・組成・温度等、ならびに吹込位置)を明確化する。本シミュレーションモデルによる高炉シャフト部還元ガス吹込 CO ₂ 削減量の定量的評価を行う。	<ul style="list-style-type: none"> ・改質 COG 等の還元ガスシャフト部吹き込みを考慮可能な高炉シミュレーションモデルを構築した。 ・シャフトから吹き込まれるガスの浸透距離は冷間模型実験とほぼ一致した。 ・高炉シャフト部への還元ガス吹き込みは、①吹き込み温度を高めること、②吹き込み位置を高温部位に置くこと、③H₂/CO ガス組成比を高くすることが効果的であることを明らかにした。 	○
サブテーマ2 COG のドライ化・増幅技術開発	水素の増幅率を 2 倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・タールや粉塵を含んだ高温ガスに対する封止性の良好な仕切弁の機能を確認した。 ・加振機を含めた大型触媒反応器等の機械要素開発し、これを用いて実 COG 連続 24 時間通気の耐久性の機能を確認した。 ・大量に製造した触媒を用いて実 COG に対する改質反応を行い、以下の触媒活性発揮を確認した(水素増幅率 2 倍)。 <ul style="list-style-type: none"> 1) 実 COG に対して、1.5 時間までの水素増幅率の平均値が 2 倍となった。 2) 外部から水蒸気添加した実 COG に対して、反応器 I 型で外部から水蒸気を導入する試験を実施したところ、COG 中のタール及び炭化水素の改質反応が大幅に進行し、設備制約で中止するまでの反応開始以降 3.5 時間までの H₂ 増幅率の平均値が 2.0 倍より大となった。 	○
サブテーマ3 水素活用鉄鉱石還元用コー	水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度) DI ₁₅ ≥ 88 を満足する高強	<ul style="list-style-type: none"> ・種々の配合条件下で目標強度である DI₁₅¹⁵⁰ ≥ 88 を満足する高強度コークスを製造できることを実証した。 	○

クス製造技術開発	度コークス製造技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> ・配合炭の流動性、膨張性による石炭粒子間の空隙充填効果と、配合炭の細粒化が HPC 利用コークスの強度増加のメカニズムであることを明らかにした。 ・LKAB 試験に基づき炉内条件下でのコークス反応挙動と高温強度をまとめ、水素活用鉄鉱石還元用コークスとして具有すべき特性を提示した。 	
サブテーマ4 CO ₂ 分離・回収技術の開発	高炉ガス(BFG)からのCO ₂ 分離回収コスト2,000円/t-CO ₂ (「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂分離回収の化学吸収法は2200円/t-CO₂、また物理吸着法は2400円/t-CO₂程度のコストを達成する条件を見出した。さらに、化学吸収法は蒸気コストの低減、設備費削減等により、物理吸着法では、脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の2000円/t-CO₂を達成する見込みである。 ・モデル製鉄所における発生CO₂のほぼ20%を分離・回収できる未利用エネルギーが見出された。 	○ 達成見込み
(4-1) 化学吸収プロセス評価プラント技術開発	製鉄プロセスへの適合性検討に必要なエンジニアリングデータを収集する。プロセスシミュレータを作成し、実機規模での性能を試算する。製鉄プロセスとの統合モデルを検討し、実用化時のCO ₂ 削減ポテンシャルと分離回収コスト低減効果を評価する。統合モデルの実用化に向けた開発・実証試験計画を立案する。	<ul style="list-style-type: none"> ・高性能新吸収液(RN1-4)を用いて、CAT1、CAT30による実ガスを行い、熱消費原単位は実機サイズで2.3GJ/t-CO₂まで低減することが出来た。 ・また、オフラインで熱移送試験を行い、上記と合わせ開発目標である2.0GJ/t-CO₂を達成した。 ・CAT30で約9000時間の耐久試験を行い、製鉄プロセスに悪影響を及ぼすことなく安定操業が可能な事を確認した。 ・一連の新規吸収液はCO₂の放散性が高いため比較的低い再生液温度(100℃以下)でも再生が可能となり、利用可能な廃熱の範囲が(例えば、115℃の低温蒸気)広がり、コスト削減に寄与する事が出来た。 ・CO₂分離回収コストは、これまでの開発で得られた蒸気コストの低減に、実務的な設備コスト低減を加えることで2000円/t-CO₂を達成する目途を得た。 	○

(4-2) 化学吸収液技術開発	吸収液特性のラボ測定値を基に平衡モデルにより算出した CO ₂ 分離回収エネルギーが 2.0 GJ/t-CO ₂ 以下とする	<ul style="list-style-type: none"> ・計算化学及びケモインフォマティクス手法による吸収液特性の解析・予測技術を構築し、吸収液開発に活用した。 ・高性能の CO₂ 吸収剤を開発し、それらを用いた吸収液の成分設計により、世界トップレベルの4種類の新吸収液(RN-1、RN-2、RN-3、RN-4)を開発した。 ・ラボ評価で最高性能の RN-4B' は、平衡モデルによる分離回収エネルギーが 2.0GJ/t-CO₂ を達成した。 ・RN-3C 吸収液は、再生温度を従来吸収液より約 30℃低温化に成功した。排熱の利用範囲拡大が期待される。 ・CAT30 実ガス連続試験で 1 年程度の運転においても新吸収液の性能低下は問題ない見込みを得た。 	○
(4-3) 物理吸着技術開発	ベンチ試験装置において、可燃ガス(CO+H ₂)の回収率 \geq 90%を満足する CO ₂ 回収率 \geq 80%または回収 CO ₂ 濃度 \geq 90%のガス分離性能を検証する。ベンチ試験装置での運転研究により、前処理方法やコストに関するスケールアップのためのデータを取得する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ベンチ試験装置において、可燃ガス、CO₂ 回収率および回収 CO₂ 濃度の 3 目標を達成した。 ・ベンチ試験装置において、吸着塔内部の温度挙動、実機吸着塔の圧力分布シミュレーションなど前処理方法やコストに関するスケールアップのためのデータを取得した。 ・脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の 2000 円/t-CO₂ を達成する見込みである。 	○
(4-4) 分離技術総合プロセス技術開発	最適活用方法を確立して CO ₂ 分離と排熱利用を組み合わせたプロセス全体の経済性を明確にすることで、コストミニマムで CO ₂ 削減を最大化する最適化プロセスを構築する。	<ul style="list-style-type: none"> ・CO₂ 分離プロセスと製鉄所の排熱を利用した蒸気・電力を用いたモデルにより、ランキンサイクル/カーリーナサイクル、ケミカルヒートポンプを採用し約 330 万 t-CO₂/年の回収が可能であると推定した。 	○
サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発	製鉄所における排熱発生状況の実態調査を踏まえ、未利用顕熱・排熱活用技術の候補を選定する。	<ul style="list-style-type: none"> ・モデル製鉄所排熱発生状況の整理を完了した。 ・排熱回収技術シーズ調査を完了した。 ・CO₂ 分離回収可能量・コストの検討を実施し、開発対象を選定した。 	○

(5-1) 未利用 顕熱・排熱活 用技術開発	選定した未利用顕熱・ 排熱活用技術の性能検 証試験により、BFGから のCO ₂ 分離回収量増加 への寄与を評価する	<ul style="list-style-type: none"> ・低温排熱を活用する新規技術として、ケミカルヒートポンプ技術、相変化物質(PCM)による蓄熱・熱輸送技術を開発課題として選定した。 ・有機系ヒートポンプ;ラボスケール装置により膜による非平衡化・反応促進の効果を確認した。 ・無機系ヒートポンプ;セミベンチ規模試験装置を製作し、性能・安定性検証を実施した。 ・PCM;ホットモデル試験を実施し、蓄放熱速度を現状の3倍に向上させる目処が立った。 	○
(5-2) 製鋼スラ グ顕熱回収技 術開発	ベンチ規模で回収ガス 温度が140℃以上、熱 回収効率が30%以上と なる顕熱回収条件を明 確化する。ベンチ規模 で製造したスラグ製品 の品質を評価する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ロール成形プロセスで厚み約5mmの板状にスラグを凝固し、向流方式の充填層でAirと熱交換する顕熱回収方法を提案した。 ・双ロール式のロール成形ベンチ設備を建設し、実際の製鋼工場で発生する溶融スラグを1ton/minの実用的規模で約5mmの板状に成形できること、成形後のスラグ温度が1000℃以上確保できることを確認した。 ・充填層方式の向流熱回収ベンチ設備の実験で、熱回収率30%を達成できる見込み。 	○ 達成見 込み (24年 12月)
(5-3) 排熱回 収適用技術開 発	低位熱発電システムの 排熱有効利用率30%を 可能とする技術を明確 化する。	モデル製鉄所の未利用排熱を、背圧蒸気タービン・ 脱CO ₂ 塔リボイラー・カーリーナサイクルによるカスケード使用および低温排熱のカーリーナサイクル使用システムを検討し、発電回収の未利用排熱の利用率は約30%が可能となった。更に、蒸気発電とカーリーナ発電システム一体化、熱交換器のコンパクト化等により、大幅なコスト削減ができた。	◎
サブテーマ6 製鉄プロセス 全体の評価	全体最適化を推進し、 最終的に製鉄所におけ る現状の全排出レベル に比較して約30%の CO ₂ 削減を可能にする 技術の確立に資する。	・製鉄所全体についての総合的エネルギーバランス 評価のためのツールを用い、直近の技術指標を反映 したシミュレーションを実施した。	○

LKAB 試験高炉操業	(当初計画になし) 試験高炉操業で高炉への COG 吹込みの影響を総合的に評価する	<ul style="list-style-type: none"> ・改質 COG 加熱・吹込み設備、COG 吹込み設備、予熱ガス燃焼・吹込み設備等の製作、焼結鉱の製造(フォリピン)・輸送等の準備を計画通りに進め、試験高炉操業を計画通りに実施した。 ・RCOG シャフト吹込み、COG 羽口吹込みのいずれでも InputC が低下した。羽口吹き込みでは高炉の InputC の約 10kgC/tp (2.5%) が削減できる目途を得た。これは主に直接還元量が低下したことによる。RCOG シャフト吹込みでは、間接還元帯に吹込むことによる直接還元の低下効果が確認された。 ・今回の試験高炉操業では、COG 羽口吹込みの InputC 削減効果の方が RCOG シャフト吹込みより大きかった。 ・RCOG シャフト吹込みで予想より InputC 低下量が小さかった主要因として、RCOG の炉内浸透量が小さかったことが考えられる。 ・予熱ガス吹込みによる炉頂ガス温度の上昇と炉内原料の昇温促進、また予熱ガス吹込みによる原料の安定降下の阻害がないことを確認した。 	○
-------------	--	--	---

表 III-1-4 特許、論文、外部発表等の件数(内訳)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件	5 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	1 件	18 件	27 件
H22FY	12 件	0 件	0 件	1 件	29 件	24 件
H23FY	20 件	0 件	1 件	1 件	38 件	31 件
H24FY	2 件	0 件	3 件 (手続中)	6 件 (投稿中 5 件)	29 件	11 件
計	35 件	0 件	4 件	9 件	115 件	98 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

平成 24 年 11 月 5 日現在

注 1 : H24FY の特許出願は、この他に 1 件が出願準備中

注 2 : H24FY の論文査読付きは、この他に 7 件が投稿準備中

以下に、これまでの個々のテーマで得られた成果について述べる。

(2) 研究開発項目毎の成果概要

① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

本サブテーマでは、水素量が増幅された改質 COG (組成は CO 30%、H₂ 60%を想定) を用いた場合の鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発し、CO₂ 発生量の削減のための技術の開発に寄与する。

高炉の還元材として水素を多量に用いた場合、水素による鉄鉱石の還元速度は CO ガスに比べ速いため、鉱石類の還元促進効果が期待され、さらに $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ への還元時の吸熱反応により、熱保存帯での還元ガス平衡濃度を高ガス利用率側に移す効果、すなわち W 点を低温側に移動させることができ、より低温から $\text{FeO} \rightarrow \text{Fe}$ 還元を促進させる可能性を有する。したがって、改質 COG による高炉での水素の多量利用、更には水素による還元反応促進と W 点低温側移動によるガス利用率向上、によって炭材低減を可能とする高炉還元法の基礎技術を確立するのが目的である。

本プロジェクトにおいて、COG 改質ガスの適正吹き込み位置の最適化、鉄鉱石の還元にあつた影響の評価、シミュレーションモデル等による評価に関する検討を行ってきた。

COG 改質ガスの適正吹き込み位置の最適化については、模型実験とシミュレーションモデルの開発により、シャフトからガスの分散度合いについて一定の知見を得た。炉内での反応性評価については、水素還元による鉄鉱石の還元促進効果、還元粉化への影響、高温での還元性状の改善、高炉での炭素使用量の低減効果などに一定の知見を得た。また、当初期待されていた、W 点低温側移動によるガス利用率向上については、その効果は享受できないことを確認した。

シミュレーションモデル等による評価については、バランスモデルにより、製鉄系全体の炭酸ガス排出量が低減可能であるとの試算結果を得た。また、LKAB の試験高炉の実験結果らもほぼ同様の結果をえた。シャフトガス吹き込みと速度論を考慮した高炉シミュレーションモデルについては開発を完了し、種々のケース検討を行った。

以上のように、最終目標である水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する目処を得た。下記の得られた成果を個別テーマごとに詳述する。

①-1) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発

- ・ シャフトからガスの吹き込み条件を模型実験、シミュレーションモデルで検討し、ガスの拡散度合いは吹き込み量に依存し、おおむね炉半径の 1 割程度炉内に浸透するなどの知見を得た。
- ・ 小型燃焼試験装置で水素が微粉炭の燃焼にあつた影響を検討し、水素添加により燃焼性が改善するが、水素添加による微粉炭燃焼性の向上効果が発現する最適な水素添加量が存在する可能性を確認した。改質 COG を吹き込むことが可能なレースウェイ炉実験装置を製作し実験中である。
- ・ 小型還元装置で水素の還元速度を測定し、 H_2 還元は CO 還元と較べ数倍程度還元速度が速いとの知見を得た。得られた速度式をサブテーマ 1-3 で開発するモデルに取り込んだ。
- ・ BIS 炉、荷重軟化試験装置を用いて、改質 COG の羽口及びシャフト吹き込みの模擬実験を実施し、改質 COG 吹き込みによる鉱石の全体還元率の上昇と、高温性状改善を確認した。LKAB の試験においても改質 COG 吹き込みにより炉下部の通気が改善し、高温性状の改善を示唆する結果を得た。羽口吹き込みでは高炉のインプットカーボンの約 10kgC/tp (2.5%) が削減できる目途を得、所要エネルギーの増加も見られなかった。
- ・ 還元直接観察装置を用いて、高温性状改善のメカニズムを明らかにした。シャフトガス吹き込みが可能な改良 BIS 炉 (SIS 炉) を作成し実験中である。

①-2) 還元特性評価技術開発

- ・ 改質 COG による鉱石の還元粉化挙動を調査し、以下の知見を得た。 H_2 濃度の増加とともに還元粉化率が増加する。CO による還元と H_2 による還元では亀裂生成挙動が異なり、還元粉化の増大は、水素濃度 4% 以下は水素濃度の増加に伴う還元形態の変化が主な原因で、 H_2 濃度 4% 以上では昇温速度低下による鉱石滞留時間の増加が主要因である。 H_2 添加還元を考慮した還元粉化式を求

め、サブテーマ 1-3 で開発するモデルに取り込んだ。

- ・ H₂還元では、還元時間の延長により細粒と粗粒の割合が減少、中間粒の割合の増加が認められ、H₂では還元に伴い、破壊が焼結鉱内部にも及び、体積破壊が増加していることを示唆する知見を得た。
- ・ 高炉への予熱ガス吹込方法を、高炉上部ガス流れ試験装置を用い、シャフト部から吹込む予熱ガスは炉内に浸透せず炉壁に沿って上昇することを明らかにした。高炉 3 次元数学モデルを構築、模型実験の結果を取り込み、実機スケールでのガス流れ伝熱挙動を推定できる体制を整えた。
- ・ H₂共存下での羽口、レースウェイの燃焼シミュレーションするため、羽口近傍の燃焼、流動、伝熱状態を推定するための数学モデルを構築。改質 COG を羽口から吹込み場合には、ダブルランスでの吹込みにより羽口内圧力損失、羽口熱負荷の上昇を回避できる。熱物質収支による改質 COG 使用時の操業設計モデルを開発し、操業予測行った結果以下の知見を得た。羽口吹込時、COG 吹込み量の増加により投入炭素量は低下するが、炉頂ガス温度も大きく低下する。また、シャフト吹込時、拡散が不調の場合、ガスの還元効率が低下する。
- ・ 高水素操業の過去知見のレビューによる課題の整理と炭素低減効果実績の定量化を行った。操業実績に基づく水素による投入炭素の削減効果は、0.08~0.5 kmol-炭素原子/kmol-水素原子であった。削減効果は投入水素量の増加と共に小さくなっているが、これはコークス比低下に伴う炉内の通気律速が原因と推察された。

①-3) 高炉シャフト還元ガス吹き込み時の高炉プロセス評価技術開発

- ・ 改質 COG 等の還元ガスシャフト部吹き込み操作を考慮可能な高炉シミュレーションモデルを構築した。同モデルを用いて、シャフト部ガス吹き込み方法及び、吹き込み羽口の円周方向配置数について、吹き込みガスの炉内浸透度合いを評価した。
- ・ 前記モデルに焼結鉱の H₂ 及び CO ガス還元反応速度式、及び H₂ ガス還元粉化速度式を組み込み、高炉シャフト部還元ガス吹き込み条件を検討、①吹き込み温度を高めること、②吹き込み位置を高温部位に置くこと、③H₂/CO ガス組成比を高くすることが効果的であることを明らかにした。
- ・ 高炉シャフト部還元ガス吹き込みに生 COG の羽口吹き込みを併用することの炭素消費量の削減効果を検討、適度に併用することは効果的であることを明らかにした。

②COG のドライ化・増幅技術開発

本研究の目的は、コークス炉上昇管より発生する約 800℃の高温状態のガスに含まれる、主にタールを対象として、同じくコークス炉ガスに含まれるスチームや水素、二酸化炭素等により、高温の熱を利用して触媒上で水素、CO、メタン等の低分子化合物に変換（改質）するものである。これは、反応の対象物の分解が非常に困難なこと、清浄度が極めて低く過酷な状況の中で反応を進行させること、多数の素反応が複雑に関連して反応律速経路の分析が困難で未解明なこと等の点から、極めてハードルの高い研究に挑戦するものである。

平成 13 年度～17 年度にかけて経済産業省鉄鋼課が原局の「製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発」（以下、COG プロ）において実施された技術開発の一環として、基盤技術の構築、10Nm³/h 規模の PDU(Process Development Unit)試験装置による模擬 COG を用いた検証実験、及び、実機化に向けた課題の抽出を行ってきたが、本研究では実 COG を用いた約 30Nm³/h 規模のタール触媒改質試験設備を用いて、水素増幅と耐久性の評価を行うことを目的とした。これは、過去に実施した PDU 試験研究では、発生するガス、タール等が実コークス炉から発生するガス、タール等の成分、量が異な

っていること、原料として用いた石炭が実コークス炉で用いている石炭と同一でなかったこと、PDU試験と実コークス炉では発生ガス成分、量の経時変化等の条件が異なることなどの理由から、実COGで試験を行うことが本研究開発の必要性の最大のポイントである。さらに、PDU試験の10倍規模のガス流量（試験規模）でプロセス技術を開発、蓄積することにより、次ステップへ向けた課題がより明確になることも本研究開発の大きな必要性の一つである。

上記目標に向けて、触媒の大量製造技術の開発、高温バルブの開発、長期連続運転のための仕切り弁・触媒槽形状等機械要素の開発やプロセス設計技術の開発を実施した。

平成22年度は、実COGを用いた約30Nm³/hr規模のタール触媒改質試験設備建設に向けて、建設地の確保、レイアウト、用役供給など事前整備に加え、試験設備の仕様決定など基本設計を行った。また、目標である水素増幅（倍増）と、耐久性の評価に向けて、触媒の大量製造技術の開発、高温バルブの開発、長期連続運転のための仕切り弁、触媒槽形状等機械要素技術の開発とプロセス設計技術の開発を行った。

平成23年度は、ベンチプラント試験設備への導入に向け、平成22年度から着手したタール付着影響検討において、平成13～17年度に実施の「製鉄プロセスガス利用水素製造技術開発」で製作したPDU（Process Development Unit）ドライガス化試験設備を使用して、遮断弁・触媒槽等の機械要素開発、並びに、模擬ガスによるタール付着性等の評価試験を行い、設備の詳細仕様を確定の上、製作に着手した。また、無触媒改質プロセス等との比較のため、公開情報を基にエクセルギー解析を検討し、本プロセスの優位性を評価した。

平成24年度は、実COGを用いた熱間試運転により、設備の機能確認を完了した上で、実COG（約30Nm³/hr規模）のベンチプラント試験を行い、実COGを触媒改質することによる水素増幅の検証と、耐久性の評価を行い、次ステップへ向けての課題を抽出する。また、耐久性に関しては、連続運転を実施し、併せて目標とすると共に、実プロセスを視野に入れ、触媒劣化後の再生処理の効果を確認し、長期運転可能性についても検討した。

上記の検討の結果、以下に述べる成果を得た。

②-1)COGの増幅技術に関する研究

- ・ H₂増幅率2倍以上及び耐久性24hrの目標を達成すべく、実COGを用いたBP試験を計画・実施した。その結果、実COGを用いたBP研究運転において、開発した触媒反応器で試験した結果、水素増幅率は反応開始以降約1.5～3.5時間、目標の水素増幅率平均値2倍をクリアした。また耐久性に関しても今回開発した機械要素である大型触媒反応器（以下、「反応器（I型、II型）」と記載）および加振機を稼働することで目標の24hrの間、安定に運転できることを確認した。上記結果を以て、基盤技術の基礎を確立した。
 - RUN1では、実COGによる運転による設備・機器の健全性、及び触媒改質活性がどの程度得られるのかを検証し、生COGでも触媒改質反応が進行し、H₂が増幅できることを確認した。また、設備・機器の点では、当初懸念していた反応器・配管内の炭素付着・閉塞は軽微であり、開発した機械品はタール随伴且つ異例の高温下で使用したが、問題なく作動することを確認できた。
 - RUN2では、触媒を規則配列充填した反応器II型が、触媒層中の圧力損失が小さく、耐久性の点で有効であること確認した。
 - RUN3では、触媒をランダムに充填する反応器I型を用いて、反応初期においてH₂増幅率2倍以上を大幅にクリアでき、反応器I型がH₂増幅率向上に有効であることがわかった。

- RUN5 では、反応器Ⅱ型を用いて、24hr の耐久性試験をクリアした。上記いずれの RUN においても、触媒反応器中での圧力損失が許容限界まで増大発生した際は、加振機を作動させることで、圧力損失をほぼゼロにすることができ、耐久性向上に非常に有効であることを確認できた。
- 実プロセスを想定した、触媒再生処理による効果を検証した RUN4 では、再生後の H₂ 増幅率は、初期活性は 8 割程度まで回復し、5hr までの反応はほぼ同程度の性能を発現することがわかり、触媒再生処理の有効性を確認すると共に、長期運転が期待できることがわかった。
- ・ ラボ試験で、COG を想定した模擬タール物質としてトルエンを用いた水蒸気改質反応を H₂ 共存下において行い、接触時間(W/F)依存性について、本研究で用いた開発触媒と Ni0.1Mg0.9O/Al₂O₃ 触媒との活性差を調査した。その結果、模擬タール物質トルエンの水蒸気改質反応において H₂O 添加により転化率の向上が見られ、開発触媒が Ni0.1Mg0.9O/Al₂O₃ 触媒に比べて高い改質活性・触媒安定性を示した。そこで、RUN6 において S/C=2 となるように外部から水蒸気を導入した結果、H₂ 増幅率は 3 倍を超え、かつ 3.5h の反応までは H₂ 増幅率の平均値が 2 倍を保持することが確認された。長時間運転で活性が低下した際は、さらに水蒸気を過剰に加えることで活性低下を抑制できる可能性がある。
- ・ 一連の試験を通じて、タールや粉塵を含んだ高温ガスに対する封止性の良好な遮断仕切弁の機能および耐久性を確認した。
- ・ 加振機を含めた機械要素の機能を確認した (24hr 運転)。

②-2) COG 増幅反応触媒の開発

- ・ 大量に製造した触媒の実 COG に対する触媒活性発揮を確認した (水素増幅率 2 倍)。

③水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

③-1) 高性能粘結材を用いたコークス製造研究

本サブテーマでは、水素を活用した鉄鉱石還元、特に改質コークス炉ガス (COG) による水素による還元を想定した高炉内の環境 (ガス組成や温度分布) において求められるコークスの特性を明らかにし、これを満足するコークスの製造技術を開発することを目的とする。

神戸製鋼では平成 19 年までに高強度コークスに関する研究開発を実施してきた。その結果、石炭由来の 2 環芳香族中で石炭を熱時抽出し、溶液成分と未溶解成分を固液分離した後、溶剤を分離回収して得られる溶剤脱炭は、優れた軟化溶解性を持っており、コークス用配合炭の溶解、炭化を促進させコークスの強度を顕著に向上させる高性能粘結材として活用できることを明らかにした。本研究開発では、この溶剤抽出脱炭を高性能粘結材(High-Performance Caking additive、以下 HPC と記載)として利用し、水素活用鉄鉱石還元用の高強度高反応性コークス製造技術開発を行うことを目的とした。

上記の目的のため、高性能粘結材の各構成成分がコークス強度に及ぼす影響について明らかにし、高強度高反応性コークスに適した HPC の製造技術の開発を行った。この HPC を用いて目標強度 (DI ≥ 88) を達成するコークス製造技術、配合炭設計を開発した。

COG 改質ガス吹込条件下における高炉内コークスの熱間挙動を調べるために、想定される高炉内ガス組成、温度を模擬した雰囲気下におけるコークスの熱間反応性、反応後強度を検討した。また、平成 23 年度から平成 24 年度にかけては、LKAB 試験に高強度コークスサンプルを提供して反応後強度やコークス組織の劣化状況を評価し、水素活用鉄鉱石還元用コークスとして具有すべきコークス物

性について指針をまとめた。

コークスの気孔構造とコークス強度、反応性の関係を明らかにする画像解析手法を確立し、改質 COG を想定した種々の雰囲気ガス条件下におけるコークス反応性や反応後強度の変化、高性能粘結材を用いたときのコークス強度を予測するシミュレーション技術を開発した。

また、HPC のコークス利用への最適化を図るために、フラクショネーション技術を用いてキャラクタリゼーションを行い、化学分子構造解析により粘結材の熱的特性、熱軟化溶解挙動を明らかにするとともに、高強度コークスを得るために必要な粘結材および配合炭のフラクショネーション成分の構成割合を明らかにし、最適な粘結材の製造条件および粘結材の配合理論を提示、実証した。

さらに、高温 in-site 1H-NMR を用いてコークス化反応過程における石炭の軟化溶解挙動や収縮膨張挙動を、分子運動性の変化と対応させて捉え、高性能粘結材の作用機構を明らかにした。

以下に得られた成果を詳述する。

- ・ 高強度コークスの製造においては、石炭の溶剤抽出成分である高性能粘結材（HPC）を用いることで、非微粘炭多配合条件下でも目標強度を満たすコークスを製造できることを明らかにした。
- ・ HPC 利用によるコークス強度増加のメカニズムは、配合炭への流動性および膨張性の付与による石炭粒子間空隙の充填効果が大きく、また十分な流動性が確保される場合は石炭の細粒化もその効果を助長する。粒子間空隙の充填による石炭粒子どうしの面接合の向上は、コークス基質の連結度とコークス強度が強く相関することを明らかにした。
- ・ 高温 in-situ 1H-NMR で測定した、熱間での mobile 成分生成の量的・質的な変化から、HPC 添加による流動性増加の度合いは、特に流動性の劣る非微粘結炭に対して強く、劣質な配合炭への改質効果が高いと認められた。
- ・ 石炭を抽出温度毎に soluble、deposit、insoluble の 3 成分にフラクショネーションし、これらの成分構成と流動性およびコークス強度との関係を調べた結果、配合炭の流動性には低分子成分である soluble の構成量が、コークス強度に対してはこれに中間的な成分である deposit が荷担して影響をおよぼすことが示唆され、より科学的な配合炭選定指標開発への手がかりとなった。

③-2) COG 改質ガス雰囲気におけるコークス反応性評価

- ・ 1100°C 以下の温度において水性ガス化反応速度はブドワール反応速度の 3 倍程度早く、また水素還元を想定した H₂O と CO₂ の混合ガス流通下では水性ガス化反応が優先的に進行した。水性ガス化反応、ブドワール反応ともに反応後強度は反応率に対して一次的に低下し、同一レベルの反応進行度合いにおいては水性ガス化反応後もブドワール反応後も強度的な差異は認められなかった。
- ・ LKAB 試験高炉評価において、改質 COG をシャフト吹き込みした時に投入されたバスケットサンプルを評価したところ、反応率と反応後強度は先の関係線上にプロットされ、同一の反応の進行状態においては水素還元増幅においてコークスが特異的に劣化することはないと判断された。
- ・ コークスの反応後強度は、同一反応率において HPC を添加して得られたコークスの方が HPC を添加せずに得られたコークスよりも高い反応後強度を示すことが示唆された。

③-3) 高強度高反応性度コークス基礎特性解明に関する研究開発

- ・ HPC 利用によるコークス強度増加のメカニズムを検討する目的でコークス組織の画像解析評価技術を開発し、より定量的にコークス気孔構造を評価できる可能性が得られた。
- ・ 基質連結性のワイブルプロットを行った結果、HPC 添加によって欠陥が減少し、基質連結性のバ

ラツキが減少した。またワイブル係数が大きいコークスほど DI は漸近するように高くなった。

- ・ 寸法効果考慮後の基質連結性とコークス強度の関係を確認したところ、寸法効果考慮する前より相関係数が向上し、HPC を含むコークス強度 DI を ± 2 の精度で推定できる可能性を見出した。
- ・ コークスの反応後強度は、同一反応率において HPC を添加して得られたコークスの方が HPC を添加せずに得られたコークスよりも高い基質連結度を示し、より高い反応後強度を示すことが示唆された。

③-4) 粘結材特性解明に関する研究開発

- ・ HPC は石炭の溶剤抽出成分であり、メチルナフタレンを主成分とする石炭由来の 2 環芳香族溶剤中で熱時抽出して製造される。これは石炭分子どうしの凝集構造を熱的に緩和して溶解される成分であり、2~3 環規模の芳香族縮合環が中心形態の分子構造を持ち、熱間で高い分子運動性を発現して良好な軟化溶解性を示すことがわかった。
- ・ 溶剤抽出フラクショネーション法によって、400°C まで加熱処理された各種石炭および粘結材を、性状が原料種に依存しない分子量の異なる 3 つのフラクションに分離し、それぞれの試料のフラクション構成割合を明らかにした。石炭、粘結材を混合した配合炭の軟化溶解挙動およびコークス強度は、配合炭のフラクション構成割合と強く関連し、これらを整理できることがわかった。

③-5) 粘結材乾留特性解明に関する研究開発

- ・ HPC 添加による配合炭の軟化溶解性の向上は、高温 in-situ 1H-NMR で測定した、熱間での mobile 成分生成の量的、質的な変化としても裏付けられた。
- ・ 軟化溶解成分 (Hm 成分) の変化は炭種による相違を明確に示し、石炭の軟化溶解特性は Hm 成分の質 (T2Hm) と量 (IHm) により表され、配合ならびに HPC 添加による相乗効果が軟化溶解挙動に及ぼす影響が IHm や T2Hm の変化として定量的・定性的に評価することが可能であることがわかった。また配合による相乗効果は、配合炭を構成する石炭により大きく異なることがわかった。

④ CO₂ 分離・回収技術の開発

本技術開発は、高炉から発生する高炉ガス (BFG) からの CO₂ 分離回収技術を行うとともに、製鉄所の未利用廃熱の利用を拡大して鉄鋼業の CO₂ 削減に寄与する技術を推進し、最終的に現状の製鉄所から排出される CO₂ 量に比較して、約 30% の削減を可能にする技術の確立に寄与する。そのために、高炉ガスからの CO₂ 分離回収コストの低減化を可能とするための化学吸収法および物理吸着法の特性向上を進めるとともに、分離回収技術と未利用エネルギーを有効に利用する技術の最適化プロセスを提案することを目的とする。

現在検討されている CO₂ 分離回収技術として、化学吸収法、物理吸収法、物理吸着法、膜分離法、深冷分離法があるが、本プロジェクトの対象となる高炉ガス (低圧で CO₂ 濃度が 22% 程度) に適したプロセスとして、下記の理由から高圧で高濃度のガス分離に適する物理吸収法と比較的圧力が低いガス中の CO₂ を分離する化学吸収法を検討対象とした。

化学吸収法は、CO₂ 回収率が 90% 程度と高く、純度は 99.9% 程度であり、今回の BFG の処理に適している。さらに、新しい吸収液の開発が行なわれており、1t/日の BFG を用いたパイロットプラント試験での試算で約 4000 円/t-CO₂ といわれており、今後の技術開発が期待される。

一方物理吸着法 (PSA 法、Pressure Swing Adsorption 法) は、BFG の CO₂ 濃度が 20~25% 程度

と高いことから、これまで多くの研究がなされてきた火力発電所排ガス（CO₂濃度：約12%）に比べて吸着剤への吸着量が増え、より低コストで効率よく分離・回収できる可能性がある。実プラントでの実績をもとにコスト試算すると、約4000円/t-CO₂と化学吸収法と同程度の評価が得られている。

本プロジェクトのCO₂分離回収では、高炉から排出されるCO₂を2000円/t-CO₂のコスト（「分離回収法開発ロードマップ（CCS2020）」に示された目標）で回収する技術の見通しを得ることを目標とした。この目標を達成するためには、化学吸収法では、再生塔でのCO₂の放散および吸収液の再生に必要な分離回収エネルギーコストの低減が課題であり、物理吸着法では吸・脱着に必要な電力コストの低減が大きな課題である。また、大量のCO₂を分離回収するための設備の大型化とそのコストの低減、および製鉄プロセスに及ぼす影響の検討も必要である。

そこで、下記の4つの課題1)～4)を技術開発テーマとしてそれぞれ課題解決に取り組むことにした。なお、本技術開発は分離回収技術までとし、CO₂の輸送、貯留については検討範囲外とした。

1) 化学吸収プロセス評価プラント技術開発

BFGからCO₂を化学吸収により分離回収する実験を実施し、定量的なエンジニアリングデータを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価した。本開発では、COCSプロジェクトで使用したベンチ試験装置（1t/日）、および新規に建設するプロセス評価プラント（30t/日）により実施した。

2) 化学吸収液技術開発

再生熱量を大幅に低減し、総合的に吸収特性に優れた吸収液の開発を実施した。計算化学手法および、ケモインフォマティクス（多変数回帰モデル解析）を用いて、実験研究に対する有効な指針を示した。

3) 物理吸着分離技術開発

BFGよりCO₂を分離した後、さらにN₂を分離することにより、製鉄所でより有効に利用できる高熱量の可燃ガスを製造することが可能である。本研究では、CO₂の吸着回収およびCOの吸着によるN₂を分離回収する2段式の物理吸着法によるガス分離プロセスを開発するとともに、総合的に分離条件を定量化し、商用機のための開発課題を明らかにした。

4) 分離技術総合プロセス技術開発

BFGからCO₂を化学吸収法や物理吸着法で分離回収するためには、蒸気や電力などのエネルギーが必要であり、低コスト化のためにはそれぞれのエネルギー原単位の低減に加えて、安価なエネルギー源の創出が課題である。本テーマでは、サブテーマ4のCO₂分離回収技術と、サブテーマ5の製鉄所未利用排熱回収技術を組み合わせて最適プロセスを設計し、プロセスを一貫で評価しプロセス全体の課題を明確にすることを目的とした検討を行った。

以上の研究開発の結果、以下に述べる成果が得られた。

④-1) 化学吸収プロセス評価プラント技術開発

- ・ 試験設備CAT30と改造CAT1により、スケールアップ則を確認した。
- ・ 塔径を変数としたスケールアップが可能となった。そのため、ステップ2では、塔半径方向の現象均一性を把握する必要がある。
- ・ 新規開発液RN-3Cを用いたCAT30によるプロセス検証により、実機規模で熱量原単位2.3GJ/t-CO₂達成可能を確認した。
- ・ 熱移送試験装置試験にて0.3GJ/t-CO₂の熱量原単位低減を確認した。
- ・ 再生温度は100℃以下が可能であり、利用する廃熱の広がりが可能となった。

- ・ 広範囲の条件に対応できる設計ツール（シミュレータ）を構築することができた。
- ・ 実機（100万t/年規模）の設備コストは約90億円まで圧縮することができた。今後実際のプロジェクト適用を通して、開発目標である80億円までコストを削減できる見込みである。

④-2) 化学吸収液技術開発

- ・ 計算化学及びケモインフォマティクス手法による吸収液特性の解析・予測技術を構築し、吸収液開発に活用した。
- ・ 高性能のCO₂吸収剤を開発し、それらを用いた吸収液の成分設計により、世界トップレベルの4種類の新吸収液（RN-1、RN-2、RN-3、RN-4）を開発した。
- ・ ラボ評価で最高性能のRN-4B'は、平衡モデルによる分離回収エネルギーが2.0GJ/t-CO₂を達成した。
- ・ RN-3C吸収液は、再生温度を従来吸収液より約30°C低温化に成功した。排熱の利用範囲拡大が期待される。
- ・ CAT30実ガス連続試験における新吸収液の劣化変性や蟻酸生成挙動を明らかにし、1年程度の運転においても性能低下は問題ないとの見込みを得た。
- ・ 各種機器分析により、主要な吸収液劣化変性物の分子構造を特定し、環境影響評価を実施中。
- ・ 新吸収液の最適操業方法を開発するために、その検討ツールとしてプロセスシミュレータを構築した。

④-3) 物理吸着技術開発

- ・ 炭酸ガス吸着剤として13種類の吸着剤を一酸化炭素吸着剤として3種類の吸着剤を選定し、4種のガス（CO₂、N₂、CO、H₂）に対する等温吸着線を測定した。この絞り込んだ吸着剤に対し、ラボPSA試験装置で分離試験を実施し、次の回収率・純度に関する目標を達成できることを確認した。
炭酸ガス回収率 \geq 80% または 炭酸ガス純度 \geq 90%
可燃ガス回収率 \geq 90%
- ・ 炭酸ガス回収能力3t/日のベンチPSA試験設備（以下、ASCOA-3 (Advanced Separation system by Carbon Oxides Adsorption,) と記載する)を建設した。このASCOA-3の総合試運転（Run100）にて、下記の目標を達成できることを実証した。
炭酸ガス回収率 \geq 80% または 炭酸ガス純度 \geq 90%
- ・ プロセス条件変更試験（Run200）では、ランニングコスト中で大きな割合を占める真空ポンプ電力の原単位が回収CO₂量に大きく依存することを明らかにした。これを受けてRun300では、回収炭酸ガス循環ラインを設置し、原料ガス中炭酸ガス濃度変更を含めた試験を行った。この運転試験の結果、以下を実証した。
回収CO₂量 \geq 6t/日、電力原単位 \leq 200kWh/t
- ・ Run400では、原料ガス露点温度を-30°Cとしても、吸着剤の性能劣化は認められないことを明らかにした。また脱硫塔のバイパスが吸着剤の性能に影響がないことを明らかにした。
- ・ Run400およびRun450では、H₂も部分的に回収する可燃ガス回収試験を実施した。初期のオフガスを回収し可燃ガス（CO+H₂）を回収した結果、
可燃ガス回収率 \geq 90%
を達成できることを実証した。この時の回収ガスの熱量は1,200~1,300kcal/m³となり、原料高炉ガスの約1.5倍の熱量を持つことを明らかになった。

- ・ 総合運転 (Run500) では、原料露点ガス温度-30℃などの最適条件下にて、5t/日のペースで CO₂ を回収しながら、1,000hr の耐久試験を実施した。この間、機器・装置類の重大なトラブルはなく、吸着剤の劣化も認められず、ASCOA-3 における運転研究は成功裏に終了した。
- ・ ラボ PSA 試験および ASCOA-3 での運転研究結果から、実機プロセスのイメージを構築した。主要となる吸着塔は、4mφ×17m の大きさにて設計した。これは当初想定 (6.5mφ×22.5m) より大幅にコンパクト化され、しかも能力は約 2 倍強の 42 万 t/年 にまで向上している。
- ・ 吸着シミュレーションを実施し、PSA の吸着、洗浄、脱着の全工程における物質移動、熱移動モデルを構築した。この結果を ASCOA-3 において、整合性を確認した。実機プロセスのイメージ構築に、このシミュレーションも大きく寄与した。

④-4) 分離技術総合プロセス技術開発

- ・ 化学吸収プロセスおよび物理吸着プロセスの研究成果により、CO₂ を分離回収するコストが現状 2300 円/t-CO₂ 前後まで低減することができ、目標の 2000 円/t-CO₂ も視野に入り、本年中に達成する見込みである。各プロセスの実機予測では、100 万 t-CO₂/年規模のスケールアップを検討しており、概略の設備費も見積もった。
- ・ 化学吸収プロセスおよび物理吸着プロセスから導出されたエネルギー原単位に基づき、サブテーマ 5 によって整理されたモデル製鉄所の未利用排熱から回収されうる蒸気、電力を用いて、CO₂ 分離回収を行った場合、最大で 330 万 t-CO₂/年程度の回収が可能であると推定された。ただし、その処理する CO₂ 全量をコスト 2000 円/t-CO₂ 以下で分離回収が可能であるかとなると現段階においては難しい試算となった。

⑤未利用顕熱回収技術の開発

高炉ガス (BFG) からの化学吸収法による CO₂ 分離・回収技術開発において、分離回収プロセスに必要な熱または電気エネルギーを経済的に得る必要がある。本テーマの目的は、未利用顕熱・排熱を活用し分離回収に必要なエネルギーを得る技術を開発することであるが、これまでの製鉄業における排熱回収利用は、発電用高温排熱(250℃以上)の利用であり、化学吸収法における吸収液の再生に供しうる 140℃程度の排熱に関しては少量特殊用途利用でしかなかった。

そこで、本技術開発では、140℃程度の熱回収が効率的に可能なプロセスを提案することを目的として、以下の 3 項目について実施した。

1) 未利用顕熱・排熱活用技術開発 (低品位排熱の熱回収技術の調査と開発)

排熱(特に 800℃程度以下の中低温排熱)回収技術シーズ調査と、製鉄所排熱実態調査(主要製鉄所のレイアウト実態に即した「回収可能熱量」調査)の結果を併せて検討し、未利用の低品位排熱について適用可能な技術を抽出した。その際、140℃を下回る排熱に関しても、ケミカルヒートポンプ等の新規技術での利用可能性を検討した。それを踏まえ、排熱利用技術適用試験として、有望と考えられる技術に関しては試験装置を製作し、実験による性能検証を実施した。

2) 製鋼スラグ顕熱回収

1,200~1,600℃の高温熔融状態の製鋼スラグから所望の製品を製造するまでの冷却・凝固工程において、スラグ顕熱を効率良く回収する技術を開発した。多種多様な製鋼スラグの流動性や粘性に幅広く対応できる冷却・固化技術、熱回収開始スラグ温度・スラグ形状・スラグ粒径等に応じた最適な熱回収技術を開発して組み合わせ、顕熱回収効率を最大化しつつ製造エネルギー低減・コスト抑制が可

能なプロセス条件を提案した。また、得られたスラグ製品の品質評価も実施した。

3) 排熱回収適用技術開発 (カーリーナサイクル発電等の低位熱発電システムの適用技術)

比較的 low コストで、取扱いが容易な排ガス (副生ガスを含む) や懸濁物の多い排水・蒸気等を熱媒体とした未利用顕熱・排熱の回収が可能な低位熱発電システム蒸発器の開発と、低位熱発電システムのコスト削減を図った。更に、排熱を電気エネルギーに変換することで、CO₂分離回収プロセスに必要な熱エネルギーと電気エネルギーを同時に供給できるシステムを構築した。

以上の研究開発の結果、下記に述べる成果が得られた。

⑤-1) 未利用顕熱・排熱活用技術開発

- ・ モデル製鉄所の排熱発生状況の整理し、排熱回収技術シーズ調査を完了した。
- ・ CO₂ 分離回収可能量・コストの検討を実施し、ケミカルヒートポンプ技術・相変化物質による蓄熱・熱輸送技術を開発対象として選定した。
- ・ 有機系ケミカルヒートポンプについて、ラボスケール試験装置によりガス透過特性を確認する試験を実施し、ポリイミド膜(脱水膜)に関する水素/2-プロパノールの選択透過性試験の実験を行い、差圧の観点から膜式反応器に適用可能な膜種としてポリイミド膜を選定した。さらに触媒反応試験を実施し、膜による反応の非平衡化の効果を確認した。
- ・ 無機系ケミカルヒートポンプについて、基礎性能確認試験による蓄熱・熱利用機能の確認、文献値と同等(100[W/kg-初期投入 Mg(OH)₂])の熱出力が得られることを確認した。繰り返し反応による反応材の性能低下は小さい事を確認した。また、安価反応材についても試験を実施し、基本的な蓄放熱運転が可能なこと、また反応率が低い等の高純度品との違いを明らかにした。

⑤-2) 製鋼スラグ顕熱回収技術開発

- ・ プラズマ式のスラグ溶解炉で、実炉で生成した製鋼スラグを再溶解し、直径 350mm の単ロール成形ラボ装置で熔融スラグを連続的に凝固させる実験を行い、凝固厚みに及ぼすロール回転数の影響を検討した。その結果、本プロセスは塩基度=2.2~3.8 の製鋼スラグに適用でき、5~10rpm で 5mm 以下の板状、細片状の凝固スラグが得られること、熱回収前の状態で 1000°C 以上のスラグ温度を確保できることを確認した。
- ・ 充填層方式の熱回収について伝熱解析によるシミュレーションを行い、向流方式と並流方式の比較、高い熱回収率を得るためのスラグ凝固厚み条件を検討した。その結果、目標の熱回収効率 30% 以上を得るためには向流方式にする必要があることがわかった。さらに、スラグ粒子内部の熱伝導を考慮した熱回収の伝熱解析により、熱伝導率の小さい製鋼スラグから高い熱回収率を得るためには凝固厚みは 5mm 以下が望ましいことが解った。
- ・ 以上の結果から、熔融スラグのロール成形と向流充填層方式の顕熱回収を組み合わせたプロセスを提案した。ロール成形プロセスで厚み 5mm の板状 (細片状) に凝固したスラグを、1000°C で向流充填層に装入すれば、熱回収効率 40% 以上、700°C 以上のガスが回収できると見積もられた。
- ・ ラボ顕熱回収装置では、ロール成形したスラグから 30% 以上の熱回収率が得られることを確認した。以上から、「ガス温度 140°C 以上、熱回収効率 30% 以上が達成できるスラグ顕熱回収方法を提案する」という中間目標を達成した。
- ・ ラボ実験結果を基に仕様を検討し、実際の製鋼工場で発生する熔融スラグを用いて、1ton/min 規模の能力を持つ水冷双ロール方式のロール成形ベンチ設備を建設した。ロール成形ベンチ設備での実験から、ロール回転数 10rpm にすると、ほぼ目標の 5mm に近い平均厚み 4~8mm、コンベ

ア末端でのスラグ表面温度 1000℃以上を確保できることを確認した。続いて顕熱回収ベンチ設備を建設し、ロール成形ベンチ設備で 5mm 程度の板状に凝固したスラグから熱回収する実験を実施しており、装入量 1t 程度までの実験を行った。装入量を 5t 程度まで増加することで、最終目標の回収ガス温度 140℃以上、熱回収率 30%が達成できる見込み。

- ・ 発生する製鋼スラグ全量から本開発の目標通り 30%の顕熱が回収できると、0.06GJ/t-Steel になる。この回収顕熱は、化学吸収法の CO₂分離技術に適用すると、製鉄所から排出する CO₂の 1.5%を分離できるエネルギーに相当する。

⑤-3) 排熱回収適用技術開発

- ・ モデル製鉄所の未利用排熱を、背圧蒸気タービン・脱 CO₂塔リボイラー・カーリーナサイクルによるカスケード使用および低温排熱のカーリーナサイクル使用システムを検討し、発電回収の未利用排熱の利用率は約 30%が可能となった。
- ・ 石油系媒体、水-アンモニア等の低沸点媒体が低温排熱回収には適していることが文献調査により判明した。特に熱源温度 110℃以下においては水・アンモニアは石油系媒体に比べ、効率、設備コスト面で優れていることがシミュレーションにより分かり、カーリーナ発電の優位性は、明らかになった。
- ・ 熱交換器においては、伝熱促進エレメントを適用することにより伝熱効率が 30%以上改善されることがシミュレーションおよび簡易試験により確認され、コンパクト化によるコスト削減を図ることができる。
- ・ 圧力バランスモデルを導入することにより、実機のデータに依存しない高精度シミュレータが構築でき、最適な運転ポイントを見出すことが可能となった。
- ・ 低位熱発電システムの低コスト化については、建設単価 35 万円/kW の目標達成が確実となり、基本設計およびコスト見積の段階に入った。尚、蒸気タービンとの複合システムとすることにより、建設単価は 25 万円/kW に低減できる。またカーリーナシステム単体としては目標値 42 万円/kW に対し、32 万円/kW の見込み。
- ・ 伝熱促進エレメントの効果検証試験設備については、建設中であり、試験方案の作成等の準備を進める。

⑥製鉄プロセス全体の評価・検討

「高炉からの CO₂排出削減技術」、「高炉ガス (BFG) からの CO₂分離回収技術」が約 30%CO₂削減にどの程度寄与するのかを明確にし、各要素技術の開発目標 (マイルストーン) との整合性をとり、全体調整を行うことを目的とする。また、製鉄所全体についての総合的に評価・検討を行い約 30%の CO₂削減の可能性をより明確化する。

具体的に取り組んだ主要項目を以下に示す。

- 1) 全体最適化
 - (1) 全体課題の把握と調整「きちんとした全体マネジメント」
 - (2) 製鉄所全体のエネルギーバランスの再検討
- 2) 戦略的研究加速
 - (3) 研究体制の再構築
 - (4) LKAB 試験高炉による試験操業の検討・実施

(5)次ステップ以降でのパイロットプラントイメージの構築

(6) 実用化の推進

3) 情報収集と発信

(7)アドバイザーボードの設置 (H21 年度下期から)「外部有識者活用」

(8) PR 活動の推進「プロジェクトそのものの宣伝」

(9) ULCOS プロジェクトとの定期的な交流

(10)周辺技術動向調査

⑥-1) 全体システムの最適化開発

以下に実施内容を示す。

(1) 全体課題の把握と調整－研究テーマの選択と集中-

本プロジェクトはコアの部分と色々な周辺を組み合わせて行くことが必要である。コアの部分は高炉の水素還元等で鉄鋼分野しか出来ないものである。ここは前倒しを含めてきちんと実施していく必要がある。周辺の部分は他分野の知見も含めて多少時間を掛けても確実に実施する。そこで、サブテーマフォロー会議の報告を受け、かつ総合科学技術会議の意向を受けて、H22 年度以降は以下のように推進することとした。

- ・ 水素還元関係→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進する。
- ・ 化学吸収・物理吸着→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進める。
- ・ 排熱回収や高性能コークス製造→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明していく。

(2) 製鉄所全体のエネルギーバランスの再検討

COURSE50 技術の導入による CO₂削減効果等を製鉄所として総合的に評価できるシステムを構築した。各技術の最新のデータに基づくシミュレーションを実行し、COURSE50 技術導入後のおおよその CO₂削減効果を評価した。得られた知見は以下の通りである。

- ・ 水素還元による CO₂削減効果 5.8%程度である。目標の 10%達成には高炉の効率向上が不可欠である。
- ・ 加熱炉等での COG が不足し、COG 代替燃料が必要である。
- ・ CO₂分離回収は化学吸収法と物理吸着法の併用が有利である。
- ・ 化学吸収法の利用限界温度と排熱回収媒体の供給温度が接近しており、有効に活用するための方策が必要である。

(3) 研究体制の再構築

必要に応じての体制の変化検討と研究テーマの選択と集中を実施した。新たな体制で臨むべく、その体制等は常に見直せるようにしており、適材適所の配置になるように工夫をした。特に大学等の保有する高いレベルでの知見を有効活用すべく、共同実施先を増やして、漏れがなく最適な産官学体制になるように工夫をした。開発期間の途中での第三者との共同実施も研究開発体制の変更で対応可能であるとのことから、適時最適な体制になるように検討を進めた。

(4) 試験高炉操業実験

改質 COG 吹込み時の高炉内現象を向流反応槽として総合的に調査、評価するためには高炉内部を

再現した実験を行う必要がある。これは、実機のように半径方向、高さ方向のある反応場での炉内ガス流れ、温度分布をラボ実験では考慮できないこと、またラボ実験では鉱石原料やコークス粒径が実機と同じものを使用することは難しいためである。そこで、ラボ実験結果の総合的な評価、検証を行うことを目的として、試験高炉を使用したスケールアップ実験を実施することを計画した。

試験の目的は、ラボ実験で得られた改質 COG 吹込みによる還元効率（シャフト効率）向上効果とそれに伴うインプット C 量の変化、およびシャフト上部への予熱ガス吹込みによる焼結鉄還元粉化抑制効果の確認である。

試験高炉操業は、約 2 年間に渡って準備を進め、2012 年 4/16 から 5/10 にかけてオールジャパンの体制で成功裏に完了した。その結果得られた知見を以下に列挙する。

- ・ RCOG シャフト吹込み、COG 羽口吹込みのいずれでも InputC が低下した。羽口吹き込みでは高炉の InputC の約 10kgC/tp (2.5%) が削減できる目途を得た。これは主に直接還元量が低下したことによる。RCOG シャフト吹込みでは、間接還元帯に吹込むことによる直接還元の低下効果が確認された。
- ・ 今回の試験高炉操業では、COG 羽口吹込みの InputC 削減効果の方が RCOG シャフト吹込みより大きかった。
- ・ RCOG シャフト吹込みで予想より InputC 低下量が小さかった主要因として、RCOG の炉内浸透量が小さかったことが考えられる。
- ・ 予熱ガス吹込みによる炉頂ガス温度の上昇と炉内原料の昇温促進、また予熱ガス吹込みによる原料の安定降下の阻害がないことを確認した。
- ・ 改質 COG をシャフト吹き込み時に投入した HPC コークス、通常コークスのバスケットサンプルの反応率と反応後強度は、一次の直線上にプロットされ、同一の反応の進行状態においては水素還元増幅においてコークスが特異的に劣化することはないと判断された。

(5) 次ステップ以降でのパイロットプラントイメージの構築

ステップ 2 をフェーズ II で行う「実証連携操業」へのステップアップ段階と考え、ステップ 1 で得られた成果の取捨選択と新規企画の総合検討を行うことを目標として議論を行い、ステップ 2 の開発ステージにおいては、10m³ 規模の試験高炉の建設と試験研究が必要との結論を得た。

(6) 実用化の推進

化学吸収法の CO₂ 分離回収技術およびバイナリー低温排熱発電（カーリーナプロセス）については実用化を推進できる開発レベルとなった。化学吸収法はエネルギー開発分野や一般産業分野に向けて商品名 ESCAP として実用化が進められている。カーリーナプロセスは製鉄所での実用化を検討中である。

(7)~(9) 情報収集と発信

- ・ アドバイザリーボードの設置（H21 年度下期から 3 回実施）による「外部有識者活用」
- ・ HP (<http://www.jisf.or.jp/course50/index.html>) の製作、進捗に関する記者会見（年に一回の定例化）、テレビや新聞等マスコミの取材対応、学会等への発信・講演、WSA の CO₂ Breakthrough Program での発表など、プロジェクトそのものの PR 活動を推進し、COURSE50 プロジェクトを積極的に外部に広く知らしめる活動を実施した。
- ・ 欧州 ULCOS プロジェクトとの交流（2 回実施）を通して、開発内容及び進捗における情報交換、相互評価・討議を行った。またその他の国際的な研究開発プロジェクトの情報を収集した結果、

COURSE50 と ULCOS が大量生産を前提とした高炉プロセスをベースに開発を推進し、実験規模、進捗度合からみて開発をリードしていることなどを確認した。

- ・ 高炉水素還元に資する水素源に関する一般調査、高炉ガス循環技術の位置づけ調査（特に ULCOS の動向に関して）、CO₂ 発生が少ない将来の水素エネルギーの確保に向けた世界各国の水素エネルギープログラムについての調査、LNG 冷熱利用の可能性に関する調査、COURSE50 の実証試験に向けた補完技術の動向調査などを精力的に行って、プロジェクトを補完、強化する情報収集に努めた。

IV. 実用化の見通しについて

1. 2030 年の実用化の見通し

本プロジェクトは、2030 年までに技術確立を行い、2050 年までに全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて半減するという我が国の施策（2008 年 3 月「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」、2008 年 5 月「環境エネルギー技術革新計画」、2010 年 6 月「エネルギー基本計画」等）の一つとして、実用化に向けて技術開発を実施しているものである。

また、本プロジェクトは、ポスト京都議定書対応に向けて我が国の温室効果ガス排出量を大幅に削減するという長期目標の達成に、我が国の産業・エネルギー転換部門で最も多くの CO₂ を排出している鉄鋼業からの排出量を大幅に削減することは、欠かせないものであるとともに、鉄鋼業に不可欠な「鉄鉱石の還元工程」に「脱炭素」の指向を導入するとともに、革新的な CO₂ 分離回収技術を組み合わせたものであり、有効な手段と考えられる。

本プロジェクトは、委託先として技術開発した製品／プロセスを使用するユーザーとなる我が国の高炉メーカー 4 社（新日鐵住金統合後）全社が参画しており、現状の高炉法一貫製鉄システムを熟知した上で、2030 年までに技術開発すべく、高炉へのコークス供給量を削減するため、コークス製造時に副生するコークス炉ガス（COG）中のメタン・タール分を触媒により分解して水素を増量し、その増幅した水素とコークスにより鉄鉱石を還元する技術開発と CO₂ を約 20% 含む高炉ガス（BFG）から CO₂ を分離回収する技術開発の組合せを採用している。また、CO₂ を分離回収するために必要なエネルギーをこれまでは大気等に放出していた低位排熱から回収して利用する技術開発を合わせて実施することとしている。

尚、回収後の CO₂ の扱いに関しては、本プロジェクトの範囲外としているが、実機を考慮した場合には当然必要となる。貯留等幾つかの選択肢が考えられるが、貯留については、CCS（CO₂ の分離・回収・貯留）について既に他プロジェクトで検討、調査等が進んでおり、法整備等の問題もあることから、継続的に状況把握を行い、本プロジェクト（Phase I Step 1）終了時、Step 2 事前・中間・終了時等に分離・回収設備との組合せ・取り合いを検討していく。その他の CO₂ の変換・有効利用技術に関しては活用の可能性について、他プロジェクトの動向を把握していく。

<当該分野における効果>

委託先として我が国の高炉メーカー 4 社全社が参画していることから、我が国の鉄鋼業に 2050 年までには普及を完了して高炉メーカーからの CO₂ 排出量の約 30% 削減に寄与することが期待される。

<当該分野における波及効果>

①鉄鉱石水素還元技術

2050 年時点では、コスト的に安価な水素の系外からの供給の課題や圧倒的な高生産性を有する視点での経済合理性などから国内の製鉄プロセスを高炉法前提で技術開発を行っているが、水素ガスによる鉄鉱石還元およびガス間とガス固体間の鉄鉱石還元の随伴反応の理解やプロセス開発は将来の水素還元製鉄拡大の足掛かりとなるものである。

②COG 改質技術

高炉一貫製鉄所では COG 改質ガスを高炉に吹き込むことでコークス使用量削減に寄与するが、改質反応を阻害するガス成分の含有等がある劣悪で高温条件下での炭化水素の改質技術は、エネルギー変換技術の前提条件を大きく拡大することから、製鉄以外の化学等の諸領域への応用も十分に可能性がある。

③高強度コークス製造技術

安価で賦存量が多い反面、粘結性に乏しい非粘結炭の配合量を増加させてもコークス品位の確保が可能となることから、資源確保や価格高騰への対応できる技術としても期待できる。

④製鉄所内未利用排熱回収技術

排熱回収技術は、CO₂回収目的だけでなく、経済合理性未成立がゆえに実機化はされていなかった省エネ技術であることから、当該分野の技術促進への寄与が期待できる。未利用低温排熱利用技術である「カーリーナ発電技術」については、設備単価が開発着手時の 50 万円/kW から半減の 25 万円/kW まで大幅低減を実現できたことにより、経営環境にもよるが、充分に実機導入が可能な性能レベルまで、技術開発を進展させる事ができた。

<関連分野への波及効果>

① CO₂排出量削減技術

2030 年以降、我が国の CO₂削減に寄与し、低炭素社会の実現への貢献が期待される。海外への展開も検討していく。

②CO₂分離回収技術（化学吸収法、物理吸着法）

CO₂回収は、BFG に特化して開発しているが、CO₂分離回収技術分野の研究開発促進に寄与が期待できる。実績としては、本技術の技術成果を活用し、製鉄以外の分野においては、既に新日鉄住金エンジニアリングから商品名「ESCAP」で、営業活動を開始している。

③ 排熱回収技術

本プロジェクトは、製鉄所に特化したものであるが、スラグ顕熱回収技術以外の低位排熱回収技術（ケミカルヒートポンプ、PCM、カーリーナ発電）は、単独で他のエネルギー多消費型製造プロセス（化学プラント、製紙プラント等）にも適用が期待できる。

<開発の状況>

- ① 鉄鉱石水素還元技術については、当初計画では予定されていなかった「スウェーデン LKAB 社 8m³ 規模試験高炉」における一貫還元試験を実施し、実際にインプットカーボンの低減を確認する事ができた。この知見に基づき、ステップ 2 において、日本国内に 10m³ 規模の試験高炉を建設し、還元条件の最適化開発を実行する計画である。また、COG 改質については、製鉄所コークス炉からの実ガスを用いた触媒改質試験を実行し、目標の水素増幅率 2 を確認する事ができた。
- ② 高炉ガスからの CO₂分離回収については、化学吸収法において、熱消費原単位 2.4GJ/t-CO₂（実機規模 2.3GJ/t-CO₂相当）なる世界最高レベルを達成した。また、再生必要蒸気温度を従来の 140°C から 115°C に低下し、排熱対象量を 15%拡大する事ができた。物理吸着法においてもプロセス高効率化、プラントコンパクト化を推進し、処理コスト 2400 円/t-CO₂ レベルまで改善することができた。
- ③ 以上の開発成果を総括すると、2030 年に向けての「実機化計画」の進捗を左右する根幹となる技術の信頼性が確認でき、実機化に向けての確度が大幅に向上したものとする。

<今後の見通しとステップ 2 への展開>

2012 年までに上記要素技術開発を完了し、2013 年以降 5 年間で、現在実施の要素技術開発及びプロセス評価開発の成果を踏まえて、パイロット規模開発を行い、2018 年からの 10 年間で実証規模の試験を行うことで、2030 年から順次、実機での運用に反映させる予定である。

2008年～2012年	2013年～2017年	2018年～2027年
Phase I (step 1)	Phase I (step 2)	Phase II

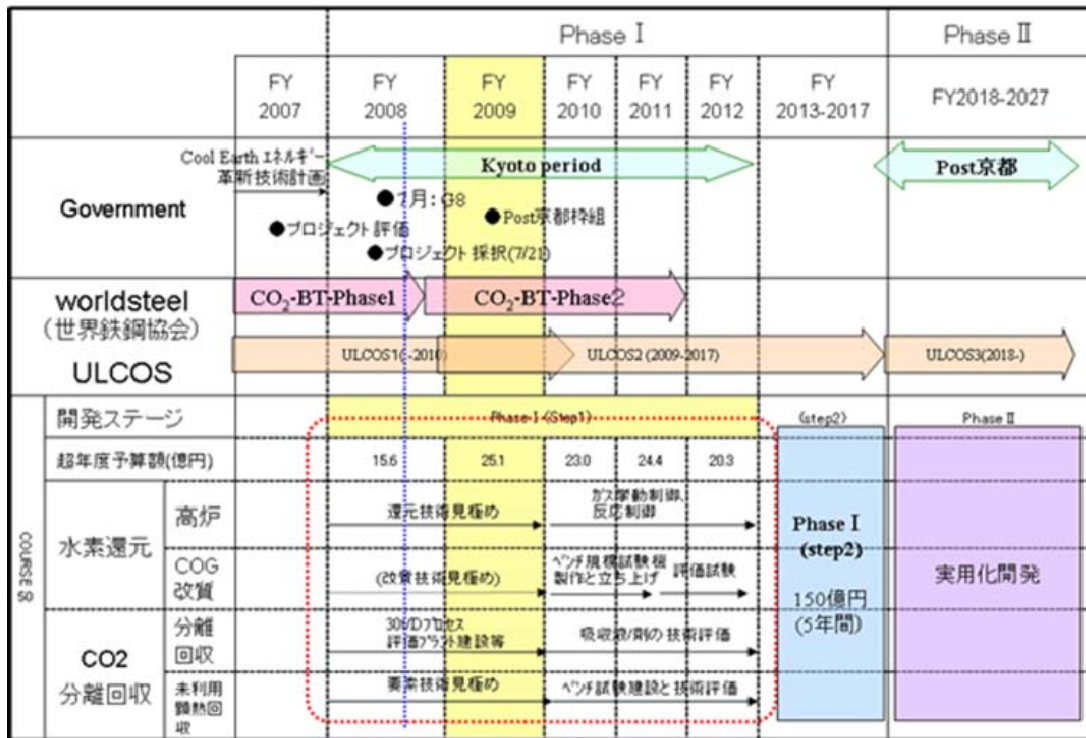


図 IV-1 COURSE50の開発スケジュール

技術検討委員会よりステップ2への展開に関して次の提言があった。その対応も合わせて表IV-1に示す。

表IV-1 技術検討委員会のステップ2への展開に関する提言

提言内容	対応
CO ₂ 分離回収技術開発は中間評価で「◎」の評価を受けている。Step1終了後に実用化可能なものは実用化を進め、Step2では更に省エネや使用方法の改良を行うなどを検討されてはどうか。	CO ₂ 分離回収技術については現状までの開発技術を用いて化学工業などの鉄鋼業以外の分野での実用化することで準備中。 Step2では新規アプローチによる更なる省エネ技術の開発テーマを設定した。
部分最適化の段階から全体を見られる最適化に移ってきたので、Step2に突っ込む前に全体の最適化を、今日、色々なコメントがあったと思うが、もう一度見直して見逃していた部分とか他の技術の導入の可能性を含めて検討して頂きたい。	高炉からのCO ₂ 排出削減技術において鉄鉱石還元への水素活用技術に加え、水素還元に適した鉄鉱石原料のStep2のテーマに組み込むことにした。
LKAB 試験結果では思った程カーボンインプットが下がっていない。高炉でカーボンを下げる方法は、シャフト効率を上げる方法と還元平衡温度を下げる方法などがあり、COG改質だけではなく鉄鉱石やコークスなどの原料性状を改質して還元平衡温度を下げる方法などと組合せも考えてもらいたい。	試験高炉を国内に新しく設置し、水素還元のみではなく鉄鉱石などの原料性状の制御を含めて総合的に高炉におけるカーボンインプット量を低減する技術開発を推進したい。

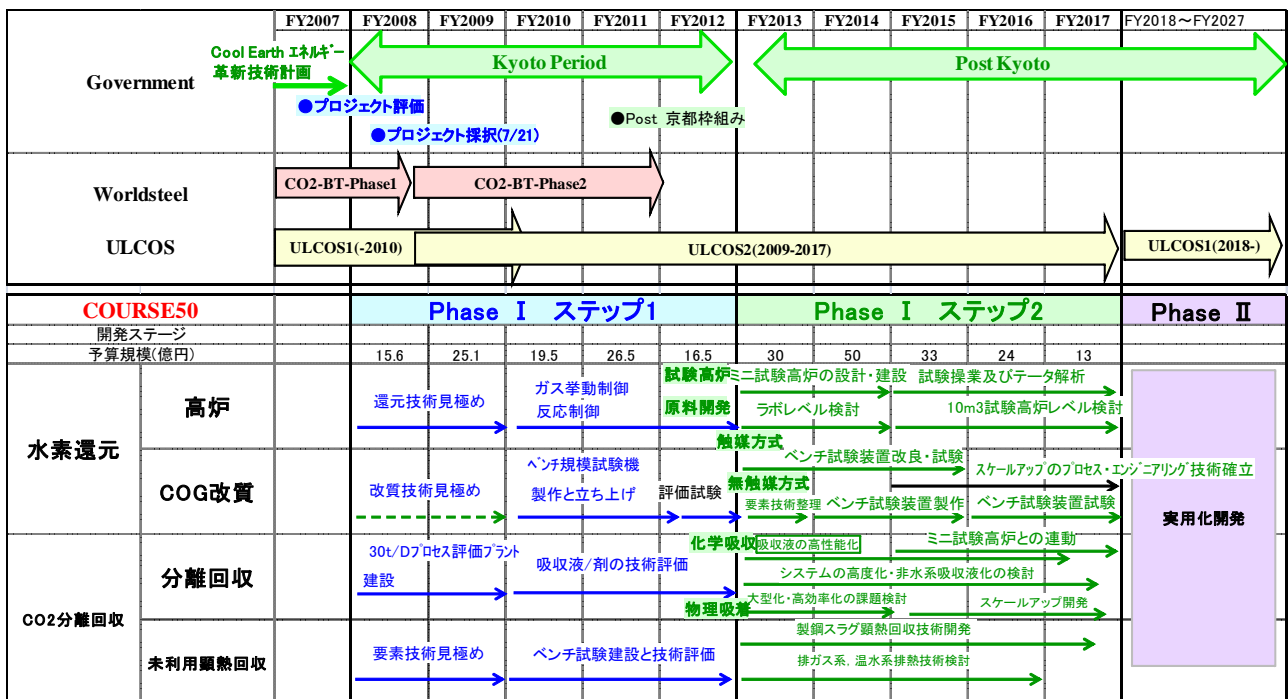
ステップ2の核となる「10m³規模試験高炉」を、還元ガスの羽口吹き込みおよびシャフト吹き込み総合

最適化プロセスを開発することを目的として建設する。また、特に炉内へのガス浸透に関する改善が行えるように設備的に配慮する予定である。

COG 改質については、ステップ 1 で改質した「触媒法」に加え、高炉側のより高い水素濃度・温度要求にこたえるべく、高炉オンサイト側での技術導入も視野にいれ、総合的な機能向上を狙ってゆく。

Phase I (ステップ 2) においては、設備プラントの視点では化学吸収は 10m³ 規模試験高炉との連動を主目的に考えている。化学吸収プラントとしては、1t/d の設備を用いても、ステップ 1 で得られた熱特性結果より実機レベルのプロセス特性を評価することが可能である。このため、開発コストの適正化の観点から、10m³ 規模試験高炉と 1t/d の設備の組み合わせで評価する予定である。

以上の様な主要技術を中心に、ブレイクスルー技術の援用も取り込む可能性を追求しつつ、次の実用化開発の「Phase II」に戦力化する技術を集大成することを目的として開発を推進する。



図IV-2 ステップ 2 の概略開発スケジュール

＜実機化への見通し条件＞

- ① 2030 年までに技術を確立する。
- ② 本技術開発の成果の実用化時期は 2030 年（実機化 1 号機は 2030 年）
- ③ 本技術開発は CO₂ 分離回収までとしており、CO₂ 貯留については他プロジェクトの成果を活用する。
- ④ 実機化に際し経済合理性を有することが必要。

2. 波及効果としてこの5年間の研究開発から実用化が期待される技術

2.1 化学吸収法

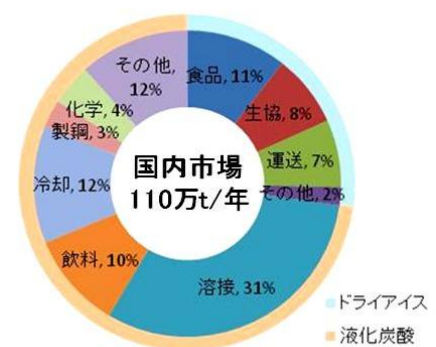
(1) はじめに

COURSE50 で開発中の CO₂ 分離回収技術は、CCS（二酸化炭素地中貯留）による温暖化対策を目的とした技術開発である。CCS は、省エネ等の温暖化対策技術と異なり、それ自身は経済性がない（追加コストだけが発生する）温暖化対策技術である。それ故、分離回収コストを 2,000 円/t-CO₂（「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)に示された目標」）以下とする という高い目標に向かって引き続き開発・改善を進める必要がある。

一方で、化学吸収法としての性能は世界トップレベルに到達し、産業用や飲料用の炭酸ガスの生産供給手段として適用されることが期待できる。

(2) CO₂（炭酸ガス）市場の概要

日本国内の炭酸ガス市場は右図に示すように 110 万 t/年規模であり、殆ど増減は無い。そのガス源の 8 割以上は、石油精製や石油化学プロセスから除去された高濃度 CO₂ を利用しており、回収費は殆どかかっていない。海外の炭酸ガス市場は、日本国内同様に飲料や溶接の用途に加えて、肥料（尿素）や石油増進回収（EOR）に用いられている。特に米国で実用化されている EOR では、数千万 t/年の炭酸ガスが使用されている。また、そのガス源は石油精製、席中化学プロセスから除去された高濃度 CO₂ に加えて、CO₂ ガス田から回収されるガスが使用されている。



(3) 開発した化学吸収法の適用

前述したように、既存の炭酸ガス市場では、殆ど回収コストが掛らないガスを利用しているが、以下の課題がある。

- ・炭酸ガス販売コストの中で輸送コスト（液化、トレーラーor ボンベ輸送）が占める比率が高い
- ・石油精製や石油化学の工場は、立地地域が限られており、特に日本国内では工場生産量が急速に減少し始めている。（炭酸ガス源が減少している）

そこで、開発した化学吸収法を用いて炭酸ガス需要家の直近（または炭酸ガス需要家の施設内）で、製鉄所副生ガス、セメント排ガス、火力発電所燃焼排ガス等の様々な CO₂ 含有ガスから炭酸ガスを回収・供給することで、従来の化学吸収法よりも CO₂ 回収コストを大幅に低減しつつ輸送コストも低減でき、既存の炭酸ガス市場に匹敵する炭酸ガス供給が可能となる期待がある。

現在、数万 t/年規模の具体的な FS を数件進めており、炭酸ガス市場での商品化・技術のブラッシュアップを行うことで、COURSE50 適用技術としても実務的に技術の改善を図って行く所存である。

2.2 低位熱発電システム(カーナサイクル)

(1) はじめに

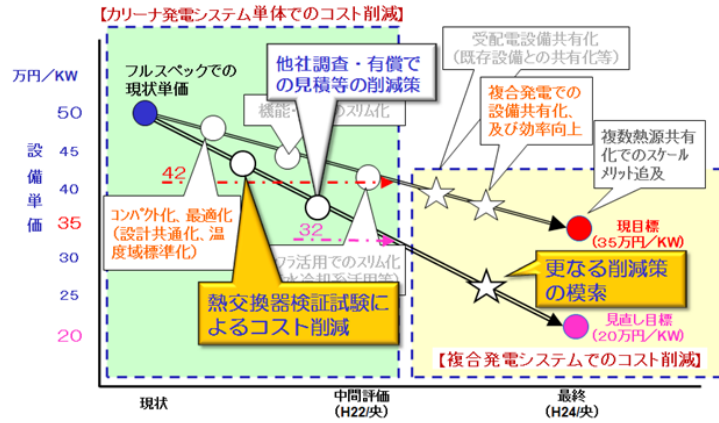
中低温排熱回収技術の一つに低位熱発電システムがあるが、有機化合物を作動媒体とした有機ランキンサイクルと、水-アンモニア混合媒体を用いたカーナサイクルが知られている。そして、それぞれの特徴を活かした発電システムが実機稼働しているが、発電効率が低く、建設単価が高いことと、設備が大型であるため、産業用には普及していないのが現状である。

製鉄所の未利用排熱は高温から中低温（100℃前後）まで賦存しており、上述した低位熱発電システムの課題を解決して、蒸気利用と発電による最適な組合せ回収を行うことは、CO₂ 排出削減を低コストで実現する有効な手段である。また、鉄鋼業以外の産業にも幅広く展開でき、日本の CO₂ 削減に貢献できる技術開発

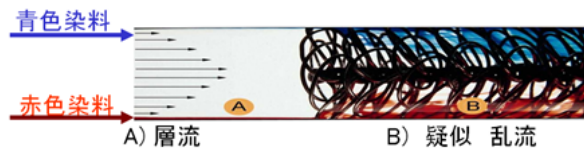
である。

(2) カリーナシステムの低コスト化技術

カリーナ発電システムは、日本での適用事例は2件(新日鐵住金鹿島、富士石油袖ヶ浦)のみで、kW当たりの建設コストは当初50万円/kWであったが、今回の調査・研究により、カリーナ発電システム単体で32万円/kW、複合発電システムとした場合で25万円/kWの結果が得られ、目標値30万円/kWを達成することができた。



カリーナシステム単体でのコスト削減研究においては、シェル&チューブ型の熱交換器の伝熱効率を大幅に改善できる伝熱促進エレメント (hiTRAN) の適用についてシミュレーションおよび試験により、コンパクト化、コストダウンが可能となることが確認された。また、国内外の適用事例・メーカー調査等によりコンパクト化・低コスト化の知見を得た。特にアンモニアタービンについては、10MWクラスまで製作が可能であり、コストもこれまでの実績より低減可能であることが分かり、5MW機の基本設計・コスト見積を行い、システム単体として32万円/kWの結果が得られた。



特殊エレメントによるチューブ内の流体挙動 出典: CALGAVIN社が知より抜粋

また、製鉄所の未利用排熱から得られる蒸気を蒸気タービン、CO₂分離・回収再生塔リボイラーおよびカリーナシステムでカスケード利用する複合発電システムを提案し、最大限の発電回収をすることにより、更にkW当たりの単価低減を可能とした。

今後は、製鉄所・化学プラント・セメント等の産業への適用拡大が期待される。

イノベーションプログラムについて

平成21年4月27日
経済産業省
研究開発課

イノベーションプログラムの概要

1. 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (Inside Management & Accountability)

- 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
- 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。

2. 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)

- 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(『技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008』)。
- 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

イノベーションプログラム(IPG)の21年度予算額 (総額: 1, 966億円※1)

<p>IT IPG</p> <p>①ITコア技術の革新 94億円 ②省エネ革新 42億円 ③情報爆発への対応 44億円 ④情報システムの安全性等 63億円</p> <p>21年度予算 244億円</p>	<p>ナノテク・部材 IPG</p> <p>①ナノテク加速化領域 36億円 ②情報通信領域 28億円 ③ライフサイエンス・健康・医療領域 16億円 ④エネルギー・資源・環境領域 78億円 ⑤材料・部材領域 27億円 ⑥共通領域 4億円</p> <p>21年度予算案 188億円</p>	<p>ロボット・新機械 IPG</p> <p>①ロボット関連技術開発 38億円 ②MEMS関連技術開発 12億円</p> <p>21年度予算 50億円</p>	<p>健康安心 IPG</p> <p>①創薬・診断技術開発 102億円 ②診断・治療機器・再生医療等の技術開発 28億円</p> <p>21年度予算 130億円</p>
<p>エネルギー IPG</p> <p>①総合エネルギー効率の向上 707億円 ②運輸部門の燃料多様化 278億円 ③新エネルギー等の開発・導入促進 369億円 ④原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保 268億円 ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用 479億円</p> <p>21年度予算 1,281億円※2</p>	<p>環境安心 IPG</p> <p>①地球温暖化防止新技術 60億円 ②3R 33億円 ③環境調和産業バイオ 57億円 ④化学物質総合評価 11億円 ⑤共通領域 4億円</p> <p>21年度予算案 165億円</p>	<p>航空機・宇宙産業 IPG</p> <p>①航空機産業の基盤技術力の維持・向上 233億円 ②宇宙産業の国際競争力強化 87億円</p> <p>21年度予算案 320億円</p>	

※1 各イノベーションプログラムにおけるプロジェクトの重複を排除した額 ※2 各サブプログラムで重複があるため小計と一致しない

イノベーションプログラム 基本計画

平成21年4月
経済産業省

エネルギーイノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源に乏しい我が国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

エネルギー安全保障の確立や、世界全体の温室効果ガスを2050年までに半減するという長期目標を達成するため、以下に政策の柱毎に目的を示す。

1-I. 総合エネルギー効率の向上

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により世界最高水準の省エネルギーを達成している。今後、「新・国家エネルギー戦略」に掲げる、2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進する。

1-II. 運輸部門の燃料多様化

ほぼ100%を石油に依存する運輸部門は、我が国エネルギー需給構造上、最も脆弱性が高く、その需給構造の次世代化は、将来に向けた早急な対策が不可欠な課題となっている。

「新・国家エネルギー戦略」に掲げる目標（2030年に向け、運輸部門の石油依存度が80%程度となることを目指す）の実現のためにも、官民が中長期的な展望・方向性を共有しつつ、技術開発と関連施策を推進する。

1-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーは、エネルギー源の多様化や地球温暖化対策の観点から重要である。しかし、現時点では経済性や出力安定性といった普及へ向けての課題が存在する。

そのため、これらの課題解決に向けた技術開発の推進及び新エネルギーの導入促進のための関連施策の実施により、更なる新エネルギーの普及を推進する。

1-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

原子力発電は供給安定性に優れ、運用時にCO₂を排出しないクリーンなエネルギー源である。安全確保を大前提に核燃料サイクルを含む原子力発電を着実に推進する。

1-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

化石燃料資源の大宗を輸入に依存する我が国にとって、その安定供給の確保は国家安全保障に直結する課題である。このため、石油・天然ガス等の安定供給確保を目指し、我が国企業による資源国における資源開発等に対する支援等の施策を進めるとともに、その有効かつクリーンな利用を図る。

2. 政策的位置付け

- 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）
2008年6月の福田総理（当時）のスピーチ「福田ビジョン」等を受け、我が国が低炭素社会へ移行していくための具体的な道筋を示すため、国全体を低炭素化へ動かす仕組みや革新的な技術開発、国民一人ひとりの行動を促すための取組について策定。
「環境エネルギー技術革新計画」や「Cool Earth—エネルギー革新技術計画」等に示された革新的技術の開発に5年間で300億ドル程度を投入するという具体的な目標が示された。
- 環境エネルギー技術革新計画（2008年5月）
温室効果ガスの大幅な削減を目指すだけでなく、エネルギー安全保障、環境と経済の両立、開発途上国への貢献等を考慮し、以下の戦略等を策定。
 1. 低炭素社会実現に向けた我が国の技術戦略
 2. 国際的な温室効果ガス削減策への貢献策
 3. 革新的環境エネルギー技術開発の推進方策
- Cool Earth—エネルギー革新技術計画（2008年3月）
2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受け、世界全体の温室効果ガスの排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、エネルギー分野における革新的な技術開発について検討をおこない、21の技術を選定。
- エネルギー基本計画（2007年3月閣議決定）
重点的に研究開発のための施策を講ずべきエネルギーに関する技術及びその施策として、
 1. 総合エネルギー効率の向上に資する技術
 2. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保に資する技術
 3. 運輸部門のエネルギー多様化に資する技術
 4. 新エネルギーに関する技術
 5. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用に資する技術以上が位置づけられている。
- 新・国家エネルギー戦略（2006年5月）
世界最先端のエネルギー需給構造の実現を図るため
 1. 省エネルギーフロントランナー計画
 2. 運輸エネルギーの次世代化計画
 3. 新エネルギーイノベーション計画
 4. 原子力立国計画以上の計画が位置づけられている。また、資源外交、エネルギー環境協力の総合的な強化を図るため、「総合資源確保戦略」が位置づけられている。
- 第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）
国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発課題を重視して研究開発を推進する「推進4分野」であるエネルギー分野、分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における「推進4分野」であるエネルギー分野に位置づけられている。

- 経済成長戦略大綱（２００６年７月財政・経済一体改革会議）
資源・エネルギー政策の戦略的展開として
 - １．省エネルギーフロントランナー計画
 - ２．次世代自動車・燃料イニシアティブ等による運輸エネルギー一次世代化
 - ３．新エネルギーイノベーション計画
 - ４．原子力立国計画
 - ５．資源外交、環境・エネルギー協力等の総合的な強化
 以上が位置づけられている。

- 京都議定書目標達成計画（２００５年４月閣議決定）
「京都議定書の約束を達成するとともに、更に「脱温暖化社会」に向けて長期的・継続的な排出削減を進めるには、究極的には化石燃料への依存を減らすことが必要である。環境と経済の両立を図りつつ、これらの目標を達成するため、省エネルギー、未利用エネルギーの利用等の技術革新を加速し、効率的な機器や先進的なシステムの普及を図り、世界をリードする環境立国を目指す。」とされている。

3. 達成目標

3-I. 総合エネルギー効率の向上

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、GDP当たりのエネルギー消費指数を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。

3-II. 運輸部門の燃料多様化

バイオマス由来燃料、GTL、BTL、CTLなどの新燃料、電気自動車や燃料電池自動車などの導入により、現在ほぼ100%の運輸部門の石油依存度を2030年までに80%程度とすることを目指す。

3-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

太陽光、風力、バイオマスなどの新エネルギーの技術開発や燃料電池など革新的なエネルギー高度利用を促進することにより、新エネルギー等の自立的な普及を目指すことで、エネルギー源の多様化及び地球温暖化対策に貢献する。

3-IV. 原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保

2030年以降においても、発電電力量に占める比率を30~40%程度以上とすることを目指すため、高速増殖炉サイクルの早期実用化、既設軽水炉代替へ対応する次世代軽水炉の開発、軽水炉技術を前提とした核燃料サイクルの確立、放射性廃棄物対策などの技術開発を推進する。

3-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

石油・天然ガスの化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発を推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。

4. 研究開発内容

4-I. 総合エネルギー効率の向上

}

4-I-ii. 超燃焼システム技術

(1) 環境調和型製鉄プロセス技術開発（運営費交付金）（再掲）

①概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素（コークス）の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

②技術的目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO₂排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

③研究開発期間

2008年度～2017年度

}

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

5-I. 総合エネルギー効率の向上

- 事業者単位の規制体系の導入
- 住宅・建築物に係る省エネルギー対策の強化
- セクター別ベンチマークの導入と初期需要創出（高効率機器の導入補助等）
- トップランナー基準の対象機器の拡充等
- アジアにおける省エネルギー対策の推進を通じた我が国の国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

5-II. 運輸部門の燃料多様化

- 公共的車両への積極的導入
- 燃費基準の策定・改定
- アジアにおける新エネルギー協力
- 国際標準化による国際競争力向上

5-III. 新エネルギー等の開発・導入促進

- 補助金等による導入支援
- 新エネルギーベンチャービジネスに対する支援の拡大
- 新エネルギー産業構造の形成
- 電気事業制度・ガス事業制度の在り方の検討

5-IV. 原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保

- 電力自由化環境下での原子力発電の新・増設の実現
- 資源確保戦略の展開
- 次世代を支える人材育成
- 中小型炉の海外市場への展開、我が国原子力産業の国際展開支援
- 原子力発電拡大と核不拡散の両立に向けた国際的枠組み作りへの積極的関与
- 国と地域の信頼強化

5-V. 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用

- 資源国等との総合的な関係強化（研究開発の推進・協力、人材育成・技術移転、経済関係強化など）
- 化石燃料のクリーンな利用の開拓

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金による実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。

また、事業名に（採択テーマ）と記載された事業は、提案公募事業により採択されたテーマを記載したものであり、その採択や評価等は、提案公募事業の実施機関の責任の下、実施されるものである。

7. 改訂履歴

- (1) 平成16年7月7日付け、省エネルギー技術開発プログラム基本計画、新エネルギー技術開発プログラム基本計画、燃料技術開発プログラム基本計画、電力技術開発プログラム基本計画、原子力技術開発プログラム基本計画制定。固体高分子形燃料電池／水素エネルギー利用プログラム基本計画（平成16・02・03産局第6号）は、新エネルギー技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (2) 平成17年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第8号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第10号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第12号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第11号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成16・06・04産局第13号）は、廃止。
- (3) 平成18年3月31日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第14号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第9号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第17号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第12号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成17・03・25産局第13号）は、廃止。また、次世代低公害車技術開発プログラム基本計画（平成17・03・29産局第2号）は、省エネルギー技術開発プログラム基本計画及び燃料技術開発プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (4) 平成19年4月2日付け制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成17・03・31産局第19号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第15号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第18号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第17号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成18・03・31産局第16号）は、廃止。
- (5) 平成20年4月1日付け、エネルギーイノベーションプログラム基本計画制定。省エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・26産局第1号）、新エネルギー技術開発プログラム基本計画（平成19・03・20産局第4号）、燃料技術開発プログラム基本計画（平成19・03・19産局第7号）、電力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・16産局第3号）、原子力技術開発プログラム基本計画（平成19・03・23産局第2号）は、本プログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (6) 平成21年4月1日付け制定。エネルギーイノベーションプログラム基本計画（平成20・03・25産局第5号）は廃止。

環境安心イノベーションプログラム基本計画

1. 目的

資源制約を克服し、環境と調和した持続的な経済・社会の実現と、安全・安心な国民生活を実現するため、革新的な技術開発や低炭素社会の構築等を通じた地球全体での温室効果ガスの排出削減、廃棄物の発生抑制（リデュース）、製品や部品の再使用（リユース）、原材料としての再利用（リサイクル）推進による循環型社会の形成、バイオテクノロジーを活用した環境に優しい製造プロセスや循環型産業システムの創造、化学物質のリスクの総合的な評価及びリスクを適切に管理する社会システムの構築を推進する。

2. 政策的位置付け

第3期科学技術基本計画（2006年3月閣議決定）及び分野別推進戦略（2006年3月総合科学技術会議）における国家的・社会的課題に対応した研究開発の重点推進分野である環境分野及び国の存立にとって基盤的であり国として取り組むことが不可欠な研究開発の推進分野であるエネルギー分野に位置付けられるものであるほか、次のとおり位置付けられている。

○ 新産業創造戦略2005（2005年6月経済産業省）

先端的新産業分野として掲げられた戦略7分野の一つの「環境・エネルギー・機器・サービス」及び「健康・福祉・機器・サービス」に該当し、「技術戦略マップ」を活用し、効果的な研究開発を促進することが今後の取組として指摘されている。

○ 「新・国家エネルギー戦略」（2006年5月経済産業省）

省エネルギーフロントランナー計画において省エネルギー技術開発の一層の推進を図ることとしている。

○ 経済成長戦略大綱（2006年7月財政・経済一体改革会議）

「環境と経済の両立を図るため、金融面からの環境配慮を進めるとともに、環境技術の開発、3Rイニシアティブやアジア環境行動パートナーシップ構想による優れた技術・制度の国際的な普及と標準化等に向けた取組を進める」との方針が示されている。

○ イノベーション25（2007年6月閣議決定）

イノベーション立国に向けた政策ロードマップ―社会システムの改革戦略―早急に取り組むべき課題「環境・エネルギー等日本の科学技術力による成長と国際貢献」において、「環境・資源・エネルギー等の世界的制約となる課題の解決に貢献し、技術開発や環境整備を通じて持続可能な産業体系・社会基盤・生活を実現することにより世界と日本の経済成長の原動力とするエコイノベーションを実現すべきである。」との方針が示されている。

イノベーション立国に向けた政策ロードマップ―技術革新戦略ロードマップ「世界的課題解決に貢献する社会―ものづくり技術分野」の中で「3R型設計・生産・メンテナンス技術、製品の設計・製造段階でのリサイクル阻害物質の使用排除を可能とする技術、製品中の有用・有害物質管理技術の開発・標準化」が資源を有効利用し、環境に配慮したものづくり技術として位置づけられている。

○ 21世紀環境立国戦略（2007年6月閣議決定）

今後1、2年で重点的に着手すべき八つの戦略の中で「3R関連法制度等の充実や技術開発の支援を通じて、製品のライフサイクル全体での天然資源投入量の最小化や

再生資源の高付加価値製品への利用を促進し、資源生産性の更なる向上と環境負荷の低減を図る」との方針が示されている。

同じく、今後1、2年で重点的に着手すべき八つの戦略のうち「環境・エネルギー技術の中核とした経済成長—環境技術・環境ビジネスの展開」において「環境重視・人間重視の技術革新・社会革新を図る「エコイノベーション」というコンセプトの下、我が国の強みである「ものづくり」と「環境・省エネ」の技術力を挺子に、持続可能な生産システムへの転換、ゼロエミッション型社会インフラ整備、環境価値を重視した持続可能な生活の実現に向けた技術革新と社会システム改革を一体的に推進し、その成果をOECD等を通じて世界に発信する。」との方針が示されている。

- 「地球温暖化対策技術研究開発の推進について」（2003年4月総合科学技術会議）

総合科学技術会議重点分野推進戦略専門委員会に設置された温暖化対策技術プロジェクトチームでまとめられた上記報告書における研究開発推進戦略に対応するものである。

- 京都議定書目標達成計画（2005年4月閣議決定）
目標達成のための対策と施策のうち地球温暖化対策技術開発の推進に位置づけられるものである。

- Cool Earth—エネルギー革新技術計画（2008年3月経産省公表）
重点的に取り組むべきエネルギー革新技術「21」を含むものである。

- 低炭素社会づくり行動計画（2008年7月閣議決定）
「低炭素社会を目指し、長期目標を実現するために重要な革新的技術開発の推進及び既存先進技術の普及促進を行う。」とされている。

- 産業構造審議会廃棄物・リサイクル小委員会基本政策ワーキンググループ報告書（2008年1月）

「近年、安定供給が懸念されているレアメタルの中には、使用製品からの回収・再利用技術が確立していないものもあることから、回収された使用済製品から効率的に抽出するための新たな技術の開発にも取り組むべきである。」とされている。

- バイオマス・ニッポン総合戦略（2006年3月閣議決定）
バイオマスの変換に関する戦略として、経済性の向上、革新的な変換技術の開発に取り組むこととしている。

- ドリームBTジャパン（2008年12月BT戦略推進官民会議取りまとめ）
バイオテクノロジー（BT）を活用して、環境に優しい低炭素社会の実現と環境修復のための技術開発と実用化支援を行うこととしている。

3. 達成目標

I. 地球温暖化防止新技術

- (1) 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を達成するため、経済成長と温室効果ガスの排出削減の双方を同時に達成できる革新的技術を開発するとともに、低炭素社会モデル構築に向けた取り組みを推進。

【目標】 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減

- (2) 「京都議定書」で課せられた温室効果ガス削減目標の達成

（「京都議定書目標達成計画」に示された各部門の目安としての目標（基準年比）は以下のとおり）

【目標】

- ① エネルギー起源CO₂： +1.3～2.3%
- ② 非エネルギー起源CO₂： ▲0.04%
- ③ メタン： ▲0.9%

- ④ 一酸化二窒素： ▲0.6%
- ⑤ 代替フロン等3ガス： ▲1.6%

(※)「京都議定書目標達成計画」とは、「地球温暖化対策の推進に関する法律」に基づき、「京都議定書」の▲6%削減約束を確実に達成するために必要な措置を定めるものをいう(平成17年4月閣議決定、平成18年7月一部改定、平成20年3月全部改定)。

II. 資源制約克服/3R

「第2次循環型社会形成推進基本計画(平成20年3月閣議決定)に基づき、2015年度までに以下の目標の達成を図る。

- ① 資源生産性：約42万円/トン(2000年度：約26万円/トン)
- ② 循環利用率：約14~15%(2000年度：約10%)
- ③ 最終処分量：約23百万トン(2000年度：約57百万トン)

(備考)

- 資源生産性=(GDP)/(天然資源等投入量)
- 循環利用率=(循環利用量)/(循環利用量+天然資源等投入量)

III. 環境調和産業創造バイオ

バイオプロセスによって有用物質を生産し、廃棄物や汚染物質を発酵等により処理又は再資源化するという、循環型の産業システムを実現するために必要な技術基盤の構築を図るとともに、遺伝子組換え体の産業利用における安全性管理の充実を図る。具体的には、工業プロセスにバイオテクノロジーを導入することや、微生物や植物機能等を活用したモノ作り技術の開発、バイオマス利用、及びバイオ技術による産業廃水等処理技術の開発等を通して、環境調和型産業の創出に資する。

IV. 化学物質総合評価管理

化学物質のリスクの総合的な評価を行いつつ、リスクを評価・管理するための技術体系を構築する。そのために、化学物質のリスクに係る国民の理解増進のための基盤、事業者が自らリスクを判断する手段及び国が規制等の施策を講ずる際の手段として、化学物質のライフサイクルにわたるリスクの総合的な評価管理を行うための手法を確立するとともに、リスクの削減に資するプロセス、手法の開発、さらには知的基盤を整備する。

4. 研究開発内容

I-1. CO2固定化・有効利用技術

地球温暖化対策のため、排出される二酸化炭素を分離回収・固定化することや、有用物質に変換する技術を開発し、低炭素社会の構築に資する。

(iii) 環境調和型製鉄プロセス技術開発(運営費交付金)

①概要

高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素(コークス)の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

②技術目標及び達成時期

最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO2排出量を30%削減することを目指し、2050年までに実用化する。

③研究開発期間

2008年度~2017年度

5. 政策目標の実現に向けた環境整備（成果の実用化、導入普及に向けた取組）

【導入普及促進】

- 排出量の多い品目・業種や処理困難物を中心にリサイクルシステムなどの実証・市場化対策に関するフェージビリティ・スタディを実施する。
- サプライチェーングループを対象に、部品等の仕様と原材料の使用・副産物の発生状況等に関する診断を実施し、製品設計及び製造プロセスの同時改善の方向性に関する提案、指導を行うとともに、取組事例を分析・評価し、資源投入量の抑制効果の高い優良な事例を公開する。
- 商品選択に資するわかりやすい3R配慮情報（省資源性や再生資源・部品の使用状況等）を消費者に提供し、環境配慮型製品の市場拡大を推進するため、指標の策定や、情報提供手法の確立、製品の情報検索が可能なシステムの検討・開発を行う。
- 3R対策が講じられている製品等の市場開拓を促進するため、政府が環境物品等を率先購入することを定めたグリーン購入法について、同法の判断基準が引き続き3R対策を適切に反映するようにしていく。
- 化学物質の有害性評価、暴露分析、リスク評価等のデータベースの構築を図るとともに、それらの手法の各種活動（事業者の自主管理活動、事業者、地方自治体等が国民とリスクコミュニケーションを図る活動等）等への導入を図る。
- 公害防止設備に対する優遇税制等の支援を行う。

【法規制・制度改革】

- 二酸化炭素回収・貯留（CCS）の国内での本格実施に必要な法規制・制度の整備等に関して検討を行う。
- 資源有効利用促進法等のリサイクル関連法制度によるスキームを活用して、3R対策を網羅的に講じることにより、循環型社会の構築を図る。
- 遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（カルタヘナ法）に基づく立入検査で査収した生物が遺伝子組換え生物であるか否かを判断するための基盤的な技術の高度化や収去方法を確立すること等により、的確な法律の執行体制を整備する。

【ガイドライン】

- 事業者による自主的取組を促進する観点から、産業構造審議会において策定している「業種別・品目別廃棄物処理・リサイクルガイドライン」（自主的な目標の設定）について、3R対策を加速する観点から適宜フォローアップを行い、改定を行う。

【基準・標準化】

- 各プロジェクトや民間における技術開発等で得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格（ISO/IEC）、日本工業規格（JIS）、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。
- CO₂回収・貯留後のモニタリング、植林等によるCO₂固定化量の計算、バイオマス利用時のCO₂排出削減量の評価、環境影響や安全性評価手法など、CO₂固定化・有効利用を推進するに当たって標準化が必要となる事項については、研究・開発状況や社会情勢を常に意識しながら計画的に標準化を推進する。
- リサイクル品などの3R配慮製品に対する需要の創出・拡大を図るため、「環境JIS策定促進のアクションプログラム」に基づき、リサイクル品等の品質基準及び試験評価方法の規格（環境JIS）の策定を引き続き推進する。
- バイオマス由来プラスチックにおけるバイオマス含有量測定の標準化を推進するとともに、生分解性プラスチックに係る微生物嫌気分解試験方法の国際標準化を着実に実施する。
- 石油精製物質等簡易有害性評価手法開発については、開発された簡易有害性評価手法等を2014年度を目途に経済開発協力機構（OECD）にテストガイドラインとして提案することを検討し、国際標準化を推進する。

【調達促進】

- バイオマス由来プラスチック等、生物機能を用いた生産プロセスにより生産された製品について、グリーン購入法に基づく調達品目として位置付けられるべく検討を行う。

【広報・啓発】

- 研究開発プロジェクトの成果について広く普及啓発を図るため、シンポジウム等を行う。
- 3Rの普及・促進を図るため、毎年10月を「3R推進月間」とし、この期間を中心として、3R活動への関係者の取組を促すための「3R推進功労者等表彰」や、循環ビジネス振興のための「資源循環技術・システム表彰」等の普及啓発活動を実施する。

【知的基盤整備】

- 国内外との共同研究等を通じ、革新的な温暖化対策技術や方策についての情報交換に資する、情報ネットワークの構築等を行う。
- 物質生産用に開発された汎用宿主細胞や取得した生物遺伝資源は、独立行政法人製品評価技術基盤機構に整備し、社会に幅広く提供する。
- 独立行政法人製品評価技術基盤機構の化学物質管理センターにて事業者・国民・公的機関の化学物質管理に関する冷静な対話（科学的知見の共有）を促進するための知的情報基盤整備を図る。

【国際協力】

- 生物多様性条約に基づく遺伝子資源へのアクセス促進事業において、日本のバイオ関連企業の遺伝資源保有国（途上国）の遺伝資源に対するアクセスを促進するための技術的環境整備及び遺伝資源へのアクセス実施の調整を行う。

【他省庁との連携】

- 総合化学技術会議が推進する科学技術連携施策群の「食料・生物生産研究」及び「総合的リスク評価による化学物質の安全管理・活用のための開発技術」、ライフサイエンスPT、社会還元プロジェクトの下での関係府省間における適切な連携の実施。

【プロジェクト等間の連携】

- CO₂固定化・有効利用技術のロードマップに基づき、技術シーズ発掘型技術開発事業成果のプロジェクトへの取り込みや、プロジェクト間の連携により、低炭素社会モデルの構築に資する効果的なCO₂固定化・有効利用システムの実現を図る。
- 植物機能を活用したモノ作り基盤技術開発に係る2つのプロジェクト間での、遺伝子高発現技術やモデル植物での基盤技術及び実用作物への技術展開に関する情報交換を推進する。

6. 研究開発の実施に当たっての留意事項

- ・事業の全部又は一部について独立行政法人の運営費交付金により実施されるもの（事業名に（運営費交付金）と記載したものは、中期目標、中期計画等に基づき、運営費交付金の総額の範囲内で当該独立行政法人の裁量によって実施されるものである。
- ・プログラム目標等については、京都議定書目標達成計画の評価・見直しプロセスに伴う対応を行う。
- ・各プロジェクトを横断的観点からマネジメントする体制を整備し、技術の進捗状況や社会情勢等を踏まえた適切な資源配分、技術成果のレビュー、普及施策の検討、実施すべき技術開発テーマ・領域・分野等の検討等を実施する。

7. 改訂履歴

- (1) 平成12年12月28日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。
- (2) 平成14年2月27日付け、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画制定。生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成12・12・27工総第15号）は、廃止。平成14年2月28日付け、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画、3Rプログラム基本計画、化学物質総合評価管理プログラム基本計画制定。化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成12・12・27工総第14号）は、廃止。
- (3) 平成15年3月10日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成14・02・25産局第16号）、3Rプログラム基本計画（平成14・02・25産局第13号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成14・02・25産局第5号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成14・02・25産局第7号）は、廃止。
- (4) 平成16年2月3日付け制定。革新的温暖化対策技術プログラム基本計画（平成15・03・07産局第18号）及びエネルギー環境二酸化炭素固定化・有効利用プログラム基本計画（平成15・03・07産局第19号）は、革新的温暖化対策技術プログラム基本計画に統合することとし、廃止。3Rプログラム基本計画（平成15・03・07産局第6号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成15・03・07産局第3号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成15・03・07産局第8号）は、廃止。
- (5) 平成17年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成16・02・03産局第13号）、3Rプログラム基本計画（平成16・02・03産局第5号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成16・02・03産局第15号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成16・02・03産局第3号）は、廃止。
- (6) 平成18年3月31日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成17・03・25産局第8号）、3Rプログラム基本計画（平成17・03・29産局第1号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成17・03・25産局第2号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成17・03・25産局第10号）は、廃止。
- (7) 平成19年4月2日付け制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成18・03・31産局第9号）、3Rプログラム基本計画（平成18・03・31産局第10号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成18・03・31産局第3号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成18・03・31産局第11号）は、廃止。
- (8) 平成20年4月1日付け、環境安心イノベーションプログラム基本計画制定。地球温暖化防止新技術プログラム基本計画（平成19・03・19産局第6号）、3Rプログラム基本計画（平成19・03・19産局第5号）、生物機能活用型循環産業システム創造プログラム基本計画（平成19・03・16産局第2号）、化学物質総合評価管理プログラム基本計画（平成19・03・20産局第2号）は、本イノベーションプログラム基本計画に統合することとし、廃止。
- (9) 平成21年4月1日付け制定。環境安心イノベーションプログラム基本計画（平成19・03・25産局第7号）は、廃止。

(地球温暖化防止新技術プログラム)
「環境調和型製鉄プロセス技術開発」
基本計画

環境部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

「経済財政改革の基本方針2007」（平成19年6月19日閣議決定）では、環境立国戦略として、次の項目が改革のポイントとして挙げられている。

- ① 京都議定書削減目標の確実な達成に向け、取組を加速する。
- ② 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して 2050 年までに半減することを目指し、リーダーシップを発揮する。

しかしながら、我が国の鉄鋼業についてみると、製鉄技術は既に世界最先端の水準にあり、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達しているため、ポスト京都で提唱される世界規模でのCO₂削減を実現するためには革新的な製鉄プロセス技術開発が必要とされている。平成19年5月に発表された地球温暖化に関する総理のイニシアティブ「美しい星50 (Cool Earth 50)」においても、示された三原則のひとつとして「省エネなどの技術を活かし、環境保全と経済発展とを両立すること。」が提言されており、「革新的技術開発」の一例として本技術開発が位置付けられているところである。

本技術開発は、上記のイニシアティブを踏まえて経済産業省が平成20年3月に策定した「Cool Earth-エネルギー革新技术計画」においても、「重点的に取り組むべきエネルギー革新技术「21」」に位置付けられているものであり、地球温暖化防止新技術プログラムの一環として実施するものである。

本技術開発においては、革新的な製鉄プロセス技術の開発を目的としてコークス炉の800℃の未利用廃熱を利用しコークス炉ガス(COG)の水素量を増幅する改質技術を開発するとともに、水素を用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。さらに、高炉から発生する高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収技術の開発を行うとともに、製鉄所の未利用廃熱活用拡大による鉄鋼業のCO₂削減に寄与する技術開発を推進する。

これらの技術開発をフェーズIステップ1（平成20～24年度（5年間））、その後のフェーズIステップ2（パイロットレベルの総合実証試験）、及びフェーズII（実証規模試験）を経て、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO₂削減を可能にする技術の確立に資する。

(2) 研究開発の目標

本技術開発（フェーズIステップ1）では、CO₂発生量を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスの開発を目指し、各要素技術の開発を中心に進めるとともに、製

鉄所における現状の全排出レベルに比較して総合的に約30%のCO₂削減可能な技術の確立を目指し、各要素技術を統合したパイロットレベルの総合実証試験を行うフェーズⅠステップ2、さらに実証規模試験を行うフェーズⅡにつなげていくために下記の項目を目標とする。

【中間目標（平成22年度）】

最終目標を達成するための主要構成技術の目途を得る。

【最終目標（平成24年度）】

① 高炉からのCO₂排出削減技術開発

- ・水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。
- ・水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス（COG）改質技術を確立する。
- ・水素還元高炉用のコークス強度（ドラム強度）DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確立する。

② 高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術開発

- ・高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収コスト2,000円/t-CO₂（「分離回収法開発ロードマップ（CCS2020）」に示された目標）を可能とする技術の見通しを得る。

(3) 研究開発の内容

本技術開発においては、各要素技術の開発を中心に進め、最終目標に向けた可能性の検討を行い、その後のフェーズⅠステップ2以降の研究開発につなげていくために以下の研究開発を実施する。

[委託事業]

① 高炉からのCO₂排出削減技術開発

- ・CO₂削減のため高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。
- ・コークス炉の800℃の未利用廃熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス（COG）改質技術を開発する。
- ・水素還元高炉用の高強度コークス製造技術を開発する。

② 高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収技術開発

- ・高炉ガス（BFG）からのCO₂分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う。
- ・製鉄所の未利用廃熱活用拡大によるCO₂分離回収エネルギー削減（鉄鋼業のCO₂削減）に寄与する技術開発を推進する。

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEEDO」という。）が単独ないし複数の原則本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から、公募によって研究開発実施者を選定し、委託に

より実施する。

共同で参加する各グループの有する技術ポテンシャルを最大限に活用して効率的な研究開発の推進を図る観点から、NEDOが委託先決定後に指名する研究開発責任者（プロジェクトリーダー）齋藤 公児 氏（新日本製鐵株式会社 製銑技術部長）を置き、その下に研究者を可能な限り結集して効果的な研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダーと密接な関係を維持しつつ、本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、NEDOに設置する委員会等、外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、四半期に一回程度プロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

3. 研究開発の実施期間

研究開発の実施期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目的達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度、事後評価を平成24年度に前倒し実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係わる技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、適宜見直すものとする。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

① 成果の普及

得られた研究開発成果については、NEDO、実施者とも普及に努めるものとする。

② 知的基盤整備事業及び標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、知的基盤整備又は標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報(TR)制度への提案等を積極的に行う。

③ 知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第26条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、産業技術政策動向、第三者の視点から評価結果、研究開発費の確保状

況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標や研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第1号ハに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成20年4月、制定。
- (2) 平成23年3月、高炉からのCO₂排出削減技術開発に係る高強度コークス目標値設定及び組織変更、用語の統一等を反映
- (3) 平成23年7月、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法改正に伴う根拠条項の変更
- (4) 平成24年3月、プロジェクトリーダー交代を反映
- (5) 平成24年4月、プロジェクトリーダー変更

技術戦略マップ^o2010

平成 22 年 6 月

経済産業省

注記:ロードマップは 2010 年度版未公開につき 2009 年度版を添付

CO₂固定化・有効利用分野

従来から地球温暖化対策として、省エネルギー技術の開発・導入や代替フロン等の削減対策等、CO₂をはじめとする温室効果ガスの排出を抑制する取組が行われている。しかしながら、大気中のCO₂濃度は上昇を続けており、地球温暖化を緩和・抑止し持続可能な社会を構築するためには、現行の取組のみならず排出後のCO₂に対する固定化・有効利用技術についても、将来的に導入可能な対策オプションとすべく、技術開発を推進する必要がある。

CO₂固定化分野の中でも、CO₂回収・貯留技術(CCS：Carbon Dioxide Capture and Storage)は、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第4次評価報告書において、温暖化緩和策のキーテクノロジーの1つとして期待されている。我が国が2008年3月に策定した「クールアース-エネルギー革新技术計画」においても、2050年までに世界全体の温室効果ガス排出量を半減するために必要な革新的技術のひとつとして、CCSが位置づけられている。また、2009年12月の国連気候変動枠組み条約第15回締約国会議(COP15)では、各国の排出削減目標に関する議論が困難を極める一方で、森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減(REDD)の資金拠出が決定されるなど、植物による炭素固定もCO₂の大規模削減に寄与し得る技術である。

このような点を踏まえ、中長期的な観点から、CO₂固定化・有効利用技術についての技術戦略マップを作成した。

I. 導入シナリオ

(1) CO₂固定化・有効利用分野の目標と将来実現する社会像

2007年5月24日に発表された地球温暖化に関する総理イニシアティブ「美しい星50(クールアース50)」において、「世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減する」という長期目標が提案され、その後の主要国首脳会合やCOP等を経て、この目標は世界的なものとして認識されつつある。また、わが国の場合、その過程である中期的な目標として、すべての主要国による公平かつ実効性のある枠組みの構築と意欲的な目標の合意を前提に「2020年までに1990年比25%の削減」を掲げている。

経済成長を阻害することなく、この温室効果ガス削減目標を達成するためには、省エネルギー技術、化石燃料転換や原子力発電、あるいは太陽エネルギー等の新エネルギーの利用技術のみならず、CO₂回収・貯留(CCS: Carbon Dioxide Capture and Storage)技術などのCO₂固定化・有効利用分野の新技術の開発、進展が不可欠である。

2008年1月に福田総理より表明された「クールアース推進構想」においても、革新的技術開発の重要性に再び言及があり、同年3月には「クールアース-エネルギー革新技術計画」が策定され、同年7月には「低炭素社会づくり行動計画」が定められる等、世界共通の課題である地球温暖化問題の解決に向けて、技術開発への期待が高まっている。

CO₂固定化・有効利用分野の技術は、その期待に応えることができる技術分野のひとつである。この分野の技術開発を促進することで、持続的に発展可能な社会の礎の構築に資するものである。2050年における世界のCO₂排出量半減を想定したIEAによる技術構成の試算では、CCS(地中貯留)技術が発電分野で10%、産業及び転換分野で9%と合計19%寄与することが示されている。【参考資料1: 2050年に世界のCO₂排出量半減を想定した技術構成の試算例】

(2) 研究開発の取組

大規模発生源から大気中へ排出されるCO₂を削減するためのCCS(分離・回収、地中貯留、海洋隔離)と、大気中へ排出されたCO₂の削減対策技術(大規模植林による地上隔離)は、それぞれ異なった視点からの対策技術であり、大気中へのCO₂排出前と排出後の削減技術を並行して進めることが重要である。特に近年、世界的にも本分野の研究が盛んに行われていることが、本分野関係の学術論文発表件数の推移からもうかがえる。【参考資料2: 本分野関連の学術論文発表数の推移】

また、これらの技術を実際に導入するためには、投入するコストやエネルギーの削減、環境への影響・安全性の評価、社会的受容の形成等の信頼醸成といった、総合的な取組が不可欠である。

(3) 関連施策の取組

〔規制・制度改革〕

- ・ CCS の国内での本格実施に必要な法規制・制度の整備等に関して検討を行う。
- ・ 我が国としても海洋汚染防止法を改正すべく、地球温暖化対策としての CO₂ 海底下地層貯留の利用とその海洋環境への影響防止のあり方について検討が行われ、「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の一部を改正する法律案」が 2007 年 5 月の通常国会で可決され成立し、我が国における海底下地層への CO₂ 貯留のための制度的枠組が整備された。
- ・ 2008 年に排出量取引の国内統合市場が試行的に開始した。これを受けて 2009 年に林野庁では、森林資源の活用による CO₂ 削減や木質バイオマス安定供給を支援する「山村再生支援センター」を設置した。

〔基準・標準化〕

- ・ 2008 年に有識者で構成する「CCS 研究会」を設置し、大規模実証実験の実施の必要性を踏まえ、「我が国が CCS の大規模実証事業を実施する場合に、安全面・環境面から遵守することが望ましい事項」等について検討した結果、2009 年 8 月に「CCS 実証事業の安全な実施にあたって」がとりまとめられた。
- ・ 各プロジェクトで得られた成果のうち、標準化すべきものについては、適切な標準化活動（国際規格 (ISO/IEC)、日本工業規格 (JIS)、その他国際的に認知された標準の提案等）を実施する。
- ・ CO₂ 回収・貯留後のモニタリング、植林等による CO₂ 固定化量の計算、バイオマス利用時の CO₂ 排出削減量の評価、環境影響や安全性評価手法など、CO₂ 固定化・有効利用を推進するに当たって標準化が必要となる事項については、研究・開発状況や社会情勢を常に意識しながら計画的に標準化を推進する。

〔知的基盤整備〕

- ・ 情報交換に関する取組

国内外との共同研究等を通じ、革新的な温暖化対策技術や方策についての情報交換に資する情報ネットワークの構築等を図る。

〔国際連携・協力〕

(A) CCS 関係

《主要国首脳会議 (G8) 関連》

- ① 『G8』：2005 年 7 月に策定されたグレンイーグルズ行動計画で、CCS に関しては、炭素固定化貯留技術の開発及び商業化を加速するための作業に取り組むと表明。また、2008 年 7 月の洞爺湖サミットでは 2020 年までに CCS の広範な展開を始めるために、各国毎の様々な事情を考慮しつつ、2010 年までに世界的に 20 の大規模な CCS の実証プロジェクトが開始されることを強く支持することが首脳宣言にうたわれた。
- ② 『国際エネルギー機関 (IEA) 及び国際エネルギー機関温室効果ガス関連研究開発プ

プログラム (IEA GHG R&D Programme)』: IEA が作成した「エネルギー展望 2006 (Energy Technology Perspectives 2006)」の中では、特に中国、インド等の石炭資源国での CCS の重要性を強調。また、「IEA 閣僚理事会声明 (2007 年 5 月)」では、CCS に関して、規制や安全性の問題に十分な注意を払いながら実証及び早期の普及を推進することを表明。2008 年には『エネルギー技術展望 2008』を発表し、2050 年に世界の温室効果ガス排出を半減させるケースでは、CCS (地中貯留) がその 19%を担うとした。さらに、洞爺湖サミットの声明を受けて作成した革新技術のロードマップのうち、2009 年に公表された「CCS ロードマップ」では、世界の地中貯留プロジェクト数が 2020 年で 100 件、2050 年では 3400 件に上るとした。

- ③ 『炭素隔離リーダーシップフォーラム (CSLF)』: 2003 年 6 月に発足した CCS 技術の研究開発に取り組む国際的枠組み。日本、米国、英国等の欧米諸国に加え、中国、インド等も参加し、炭素隔離に関する各種プロジェクトを実施。2004 年に策定した CSLF 技術ロードマップを 2009 年に改訂、これまでの主要分野「分離・回収」、「貯留」に、新たに「輸送インフラ」ならびに「既存プラントとの統合」を加えた。
- ④ 『世界銀行』: クリーン・エネルギーと開発に関する投資枠組を発表。石炭ガス化複合発電 (IGCC) と組み合わせた CCS を商業的に実行可能な技術としており、重要な技術的オプションの 1 つに挙げ、石炭火力発電における CCS の適用を課題としている。

《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) 関連》

2006 年 1 月に発足した日本、米国、豪州、中国、インド、韓国の 6 カ国が参加する官民のパートナーシップ。CCS に関しては、2015 年までに燃焼前回収法による商業的サイトの開発、純酸素燃焼法及び燃焼後回収法技術の商業化、石炭ガス化の商業化、IGCC 技術の商業化、CCS と IGCC の組み合わせの促進等の目標を掲げている。

《気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 関連》

第 4 次評価報告書 (2007 年公表) において、2030 年までに気候変動の緩和に重要な貢献をするキーテクノロジーの 1 つとして CCS を位置付け。

《ロンドン条約 [1972 年の廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約の 1996 年議定書 (ロンドン条約 96 年議定書)] 関連》

海底下地層貯留する CO₂ が附属書 I に加えられ、国際法において初めて CO₂ の貯留技術を位置付け。

《COP/MOP 関連》

CCS の CDM 化に関しては、2006 年 11 月に開催された COP/MOP2 では、2008 年の COP/MOP4 でのガイダンス採択に向けたプロセスが決定されたが、2008 年のガイダンス採択には至らず、CDM 理事会にて今後その影響を分析することとなった。

(B) 大規模植林関係

《IPCC 第 4 次評価報告書》

- ① 20世紀の最後の10年に熱帯雨林の破壊が起こっており、1990年代の森林伐採からのCO₂排出は5.8 Gt-CO₂/yr。
- ② 森林による2030年の削減ポテンシャルは、ボトムアップモデルとしては、100 US\$/t-CO₂以下の削減コストで1.3~4.2 Gt-CO₂-eq/yr、20 US\$/t-CO₂-eqでは約50%達成。トップダウンモデルとしては、100 US\$/t-CO₂以下で13.8 Gt-CO₂-eq/yr。
- ③ CO₂削減手法には、森林伐採の減少、森林管理、植林、agro-forestryがある。短期的には森林伐採の抑止が効果的。森林バイオマスのエネルギー等の利用によるCO₂削減ポテンシャルは0.4~4.4 Gt-CO₂/yr。将来は持続可能な森林経営によって炭素ストックを維持・増加させることが必要。
- ④ 森林は安価でグローバルなCO₂削減ポータルフォリオに対して、非常に重要な寄与をしている。一方、ポテンシャルの非常にわずかな部分しか現在では実現していない。
- ⑤ 削減ポテンシャルの達成には、制度面の能力、投資資本、研究開発とその移転、適切な政策とインセンティブ、国際協力が必要。

《COP/MOP 関連》

- ① 森林等吸収源による二酸化炭素吸収量の運用ルールが2001年のCOP7で決定（マラケシュ合意）。一方、森林による吸収は成長過程に限られること、伐採や山火事等があると吸収・固定された二酸化炭素が再び大気に放散されるという「非永続性」の問題があり、CO₂吸収源プロジェクトで得られるクレジットは期間限定的。また、CDM植林はCOP9で、小規模CDM植林は2004年のCOP10で運用ルールが合意。2005年末に、初の吸収源CDMに関する方法論が承認。
- ② CDMにおける外来種侵入樹種およびGMOの使用については、ホスト国がそれらの使用に関連する危険性をホスト国の国内法規で評価し、附属書I国もそれらを使用した植林からのクレジットを使用することを国内法規で評価することをそれぞれ認識すべきとされている。
- ③ 森林による二酸化炭素の吸収量の報告、検証方法は、2004年のCOP10で、2003年のIPCC良好手法指針に従うことが合意。
- ④ 京都議定書の運用ルールでは、第一約束期間（2008~2012年）においては、森林内にある炭素のみを把握することになっており、伐採分は排出とみなされるようになってきている。一方、伐採木材製品（Harvested wood products, HWP）の取り扱いについての議論が進められている。
- ⑤ 気候変動対策の新しいイニシアティブ、国連『森林減少・劣化からの温室効果ガス排出削減(REDD)』プログラムが2008年9月に発表。3つの国連機関(FAO, UNDP, UNEP)が、世界銀行の森林カーボン・パートナーシップ・ファシリティや地球環境ファシリティの熱帯林アカウント等と協力して、このプログラムを運営する。
- ⑥ 2008年のCOP/MOP4では森林減少・劣化に由来する排出の削減(REDD)について議論され、次期枠組みの中に位置づけるための検討が継続されるとともに、2009年の

COP15では、日・米・仏・豪・英・ノルウェーの先進6カ国がREDDのために協調して資金拠出することを決めた。

(4) 海外での取組

(A) CCS 関係

《米国》

- ① CCSは、2005年9月に米エネルギー省(DOE)発表の気候変動技術に関わる戦略プランの目標の一つに挙げられている。
- ② 炭素隔離プログラムの一つであるFutureGenイニシアティブは、ゼロ・エミッション型石炭火力発電所の実現を目指し、石炭から水素とCO₂を分離するシステム及びCO₂の地中貯留の実証を中核とする多国間協力事業。2008年1月にDOEから見直しが発表されたが、2009年6月に当初計画どおり275MWのIGCCプラントのCCS設置に対し資金提供することが発表され、2010年よりプロジェクトが再始動することとなった。
- ③ EPA(Environmental Protection Agency)は2008年7月に安全飲料水法の地下注入管理(UIC)プログラムに基づき、CO₂の地中貯留の規制案を公表し、法制化の手続きが進められている。
- ④ Regional Carbon Sequestration Programで100万t-CO₂/年以上のCCSを行う9つのプロジェクトが計画されている。
- ⑤ 2009年10月Mountaineerサイトにおいて、石炭火力発電所におけるCO₂回収・地中貯留までを一貫した世界初のCCSプロジェクトの操業に入ったことが発表された。(分離・回収設備：発電設備の20MW相当、貯留量：10万t/年)
- ⑥ 2010年2月にオバマ大統領は、『Presidential Memorandum for a Comprehensive Federal Strategy on Carbon Capture and Storage (CCSの包括的国家戦略に関する大統領メモ)』を発表し、CCS実用化へのインセンティブのみならず、資金・技術・法制度をはじめとした様々な課題を扱う関係省庁間連携タスクフォースの設立を指示した。

《EU》

- ① 『Energy Policy for Europe (2007.3採択)』：EUのエネルギー分野における包括的な政策パッケージ。CCSに関しては、「2030年までに、より多くの電力と熱がCO₂回収貯留を備えたニア・ゼロエミッション化石燃料発電所から作り出されることが必要である」としている。
- ② CCSの法的枠組みを含む『気候・エネルギー政策パッケージ』が2008年12月に欧州議会で採択された。また、EU-ETSにおいて2013年計画のものからCCSを認めることになった。

《英国》

- ① 化石燃料利用における炭素削減技術(CAT)に関する戦略を公表(2005年6月)。目標では、CATの開発及び商業化で、英国が主導的役割を担うことであり、CO₂固定化・

貯留技術が含まれている。

- ② 2006年7月に発表したエネルギー・レビューでは、CCSに対する規制障壁を廃止、ノルウェー等のパートナー国との国際協力を強化、実証コストをさらに検討。
- ③ 2008年1月にエネルギー法案を発表。その中でCCSに関する規定を設けている。
- ④ 2008年に石炭の燃焼後回収(最低300MW、2014年運転開始)の分離回収・海底下地中貯留プロジェクトを公募。現在補助プロジェクトの絞込みを行っている。
- ⑤ 2009年4月に300MW以上の新設火力発電所に対するキャプチャーレディの義務付けと新たに燃焼前回収を含んだ実証プロジェクトの推進を表明。

《オランダ》

オランダ経済省のエネルギー報告書では、CCSに関する3つの目標(供給の安全保障、環境基準、経済効率)を定めている。

《ドイツ》

- ① ドイツ環境省はCCSを許容する政策スタンスを明らかにした。CO₂圧入による天然ガスの増進回収(EGR)で経済的見返りが望める枯渇ガス田への貯留調査が最優先事項。
- ② 2008年9月世界初の酸素燃焼方式パイロットプラントが運転開始し、現在実証規模へ向けた検討が進められている。また、燃焼前回収方式のプロジェクトが2014年の運転開始を目指して貯留サイトを選定中。

《ノルウェー》

- ① 1996年からスライプナーで年間100万トンのCO₂を貯留。
- ② スノービットで天然ガスから分離されたCO₂を帯水層貯留するプロジェクトが2008年から開始(0.7百万t-CO₂/年)。
- ③ エネルギー政策は、再生可能エネルギーと併せ、CCSの推進等が重点項目。
- ④ 2009年5月、CCS関連でEU諸国に対して5ヵ年で1.3億ユーロの資金を拠出する用意があることを表明。

《フランス》

2009年12月に2020年までのエネルギー基盤ロードマップ承認。EUの「気候・エネルギー政策パッケージ」を受け、新規の石炭火力に対してCCSレディを要求。

《カナダ》

中国との間で、CCCDP(CBM Technology/CO₂ Sequestration Project)を推進。

《オーストラリア》

- ① CCSは、エネルギー効率の向上、低炭素燃料への転換、再生エネルギー資源の有効活用等と共に、GHG排出量削減の有効手段であると考えている。
- ② 2005年、CCS促進のため、評価、所有権、輸送、モニタリング、責任、財政等を定めた「CCSに関する規制ガイド原則」を制定。
- ③ Offshore Petroleum Act(OPA:沖合石油法)2006を改正し、CCS規制を整備。沖

合での GHG 地中貯留サイト探索へ向けたアクセス権や財産権を規定した。これを受けて 2009 年、連邦政府は調査方法等についてのガイダンスを示すとともに、探索可能エリアとして 10 鉱区を開放した。

- ④ ZeroGen や Callide-A(日本が協力)など多くの CCS プロジェクトが進められている。
- ⑤ GCCSI (Global Carbon Capture and Storage Institute) を設立し、日本からも参加している。

《中国》

- ① 豪との協力のもと燃焼後回収の第一号パイロット (3,000 t-CO₂/年) が稼働した。
- ② 貯留ポテンシャルの算出 (米国が協力)、英国とのパートナーシップである NZEC、また 2009 年 6 月には EU が資金提供を発表するなど各国と協力して CCS プロジェクトを進めている。初の商業規模 IGCC プロジェクトである GreenGen はフェーズ 1 として 250MW IGCC 発電所を着工、フェーズ 3(2015 年)までに 400MW 発電+CCS(×2 基)とする計画。

世界の CCS に関するプロジェクト状況を【参考資料 3】として添付する。

(B) 大規模植林による地上隔離

《米国》

- ① 『炭素隔離ロードマップ (2006 年)』: 地上隔離として森林形成技術を記述。2008 年時点の植林等による地上隔離のコスト目標を 10 \$/t-C に設定。
- ② 『バイオマス研究開発構想』: バイオマスに的を絞った取組が連邦政府レベルで実施。2002 年のバイオマス導入ビジョンで、バイオパワー、バイオ燃料、バイオ製品の導入目標を設定。2002 年 12 月にロードマップを公表し、原料生産、処理および転換、製品利用および供給、公共政策の 4 分野での目標を定め積極的な研究開発を推進。
- ③ 『バイオ燃料プログラム (2003 年 3 月～)』: 生物化学的変換、熱化学的変換のそれぞれの開発を研究目標としているが、先にあるバイオリファイナリーによるバイオ燃料、化学製品、エネルギーの生産を最終的な目標として取組を加速化。
- ④ 『エネルギー保障強化イニシアチブ (Twenty in Ten) (2007 年 1 月)』: 2017 年までの 10 年間でガソリン使用量を 20%削減打出し。これを受けて成立したエネルギー自給・安全保障法で、バイオエタノールを含むガソリン代替燃料を 2022 年には 360 億ガロンにすることを義務付け。この中で、従来型バイオ燃料は 2017 年の 150 億ガロンで横ばいとし、残りはセルロース系他の次世代バイオ燃料拡大によることとしている。
- ⑤ 『Breaking the Biological Barriers to Cellulosic Ethanol (米国 DOE)』: ソフトバイオマス、ハードバイオマスのセルロースからエタノールを生産していくプロセスの開発ロードマップを提示。
- ⑥ Regional Carbon Sequestration Program では、森林や耕地・湿地帯に関して、管

理や CO₂ 吸収モニタリングの手法の実証、及び炭素クレジットに対する経済性の検証等が行われている。

- ⑦ 2009 年 2 月に成立した「再生・再投資法」においてクリーンエネルギー・再生可能エネルギー分野が重点 3 分野のひとつとされ、DOE はバイオ燃料・バイオリファイナリープロジェクトの加速へ資金拠出を発表。

《EU》

- ① 『White Paper (1997)』: エネルギー消費に占めるバイオマスの割合を 2010 年で 8.5% に設定。EU が行う研究開発枠組み計画 (FP6, FP7) で、現エネルギーシステムと再生可能エネルギーとの統合化などを目標に研究開発を積極的に推進。
- ② 『バイオ燃料のための EU 戦略 (2006 年 2 月)』: 域内バイオ燃料の利用促進、コスト競争力強化などを目標に取組。
- ③ 『EU 首脳会議 (欧州理事会) (2007 年 3 月)』: 「持続可能かつ統合された欧州の機構変動及びエネルギー政策を策定する」として、ポスト京都を想定し 2020 年までに温室効果ガス排出量を 1990 年比で少なくとも 20%削減することで合意。EU 全体のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合を、現行の 5.75%から 2020 年までに 20%までとする拘束力のある目標を設定。2020 年までの EU 全体の運輸部門のガソリン及びディーゼルの消費におけるバイオ燃料のシェアを全ての EU 加盟国が拘束力のある目標として、最低 10%に設定。
- ④ 再生可能エネルギーのシェアを 2020 年に 20%に拡大することを含む『気候・エネルギー政策パッケージ』が 2008 年 12 月に欧州議会で採択された。

《ドイツ》

バイオ燃料と食糧となる作物の作付けに関する対立を回避するとともに、バイオ燃料の拡大の目的について、これまでよりも、温室効果ガス排出量の効果的な削減を重視することを目指すバイオ燃料促進変更法案を承認した。燃料への混合の割合は、2009 年は 5.25%、2010 年に 6.25%に高め、2014 年までこの値を維持する。

(5) 民間での取組

(A) CCS 関係

- ① プラント会社および電力会社において、燃焼後化学吸収による大規模排出源（天然ガス焚き・石炭焚き排出ガス）からの CO₂ 回収試験を実施。アメリカでの実証プロジェクト（燃焼後回収）や APP によるオーストラリアのプロジェクト（純酸素燃焼法、燃焼前回収法）に参画している。
- ② 我が国における二酸化炭素の分離・回収・輸送及び地中貯留に関する研究開発や事業化にかかる調査を行うことを目的として、日本 CCS 調査株式会社が 2008 年 5 月に電力、鉄鋼、石油販売、石油開発、化学等の合計 29 社（当時。2010 年 2 月時点では 37 社）の出資により設立された。
- ③ 2008 年より、高炉における水素還元と高炉ガスからの CO₂ 分離を主要課題とした

「環境調和型製鉄プロセス技術開発(COURSE50)」が開始された。

(B) 大規模植林による地上隔離

- ① 製紙会社では、毎年、植林計画が策定され、それにより一定の植林がなされている。
- ② 木質系バイオマスの小規模分散型高効率ガス化発電システムや、稲わらからのバイオエタノール変換など、パイロットスケールの検討がなされている。

(6) 改訂のポイント

- CO₂の回収・貯留ならびに大規模植林における国内外動向の進展により、導入シナリオ（国際動向、導入促進・関連施策項目）の見直しを行った。

II. 技術マップ

(1) 技術マップ

CO₂固定化・有効利用のための技術として、現在研究開発を実施しているものや検討が行われているものを体系的に「CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ（技術体系）」として示した。また、それに加え、実用段階に近く特に重要な技術を用いた場合のCO₂固定化コストについて詳細な調査・分析を行い、「技術分類」、「技術の概要」、「開発段階」、「現時点での概算コスト」、「2030年でのコスト実現性」、「総合評価」等を「CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ（技術リスト）」として表形式で示した。

(2) 重要技術の考え方

削減ポテンシャル、コスト両面等から検討を加え、重要技術を選定し、技術マップの中で明示した。なお、実用化段階に近く特に重要な技術については、「CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ（技術リスト）」に現時点でのCO₂固定化の概算コストを示している。

(A) 削減ポテンシャル

当該技術の適用による大気中CO₂の削減可能量の大きな技術。

(B) コスト・実現性

現状での概算コストや技術レベルを踏まえ、2030年までに技術が確立し、コストが2,000～6,000円/t-CO₂程度に到達可能かを評価。

選定された重要技術について簡潔に説明すれば、以下のとおり。

① 分離・回収

分離・回収技術には化学吸収法、物理吸収法、膜分離法などがある。我が国においては、化学吸収法を用いた実証プラントの実績があるが、さらなる低コスト、低エネルギー化に向けたより高効率な化学吸収法の開発と実用化に向けた大規模な実証試験による信頼性の向上が望まれている。また、高圧ガスからの分離・回収として、高分子膜、セラミック膜などの分離膜技術の開発推進も重要である。その他、物理吸着法等の中からも、低コスト、低エネルギー化に資する技術の新方式基礎研

究と適用検討について検討する必要がある。

② 地中貯留

地中貯留は、地下深部塩水層（帯水層）貯留、石油・ガス増進回収(EOR/EGR)、枯渇油・ガス層貯留及び炭層固定などに大別される。海外では、特に EOR や枯渇油・ガス層貯留が進められており、地下深部塩水層貯留についても検討されてきている。我が国では、長岡市において地下深部塩水層への実証実験を実施してきた。今後は、国内における地中貯留の実用化を目指し、早期に大規模排出源を対象に分離・回収システムも含めた統合システムとしての大規模実証に着手する必要がある。

地中貯留の技術開発を進めるに当たって共通的な課題として、信頼醸成に関わる環境影響・安全性評価手法の開発、CO₂挙動予測手法の確立等がある。

③ 海洋隔離

海洋隔離は、海洋による CO₂吸収能力の大きさを考慮した削減手段として有望ではあるものの、これを実施した場合における海洋生態系への影響が必ずしも明らかではない。将来の実施に向けて、CO₂の海洋拡散・生物影響の科学的理解、拡散シミュレーション実験によるマッチング等の技術の確立を目指した技術開発を行うことが重要であり、その成果を広く公開し、海洋隔離実施に対する国際的・社会的合意を得ていくことが不可欠である。

④ 大規模植林による地上隔離

大規模植林は、二酸化炭素の大規模削減に寄与し得る、見通しのある技術であり、一層の低コスト化が重要である。植物の生育が可能な土地における単位面積あたりの CO₂固定量の増大、乾燥地等不良環境地における植生拡大については、植林範囲の拡大のために優良種選抜や土壌改良などは早い段階で実施すべきであり、遺伝子組み換えを伴うものについては、安全性に関する知見を蓄積し、その有効性を主張しつつ順次取り組む必要がある。また、CO₂固定量の適切な評価方法を確立する必要がある。加えて、産業利用や、バイオマスの革新的利用の観点から、有用物質生産の面からの取組も必要である。

上記の②～④のイメージを【参考資料4：二酸化炭素貯留・隔離技術の概要】、【参考資料5：大規模植林による地上隔離技術の概要】として添付する。

※ 変換・有効利用技術は、CO₂を分解・化学品等へ変換するなど、CO₂の有効利用をとおして、CO₂排出抑制に寄与するものである。変換過程のエネルギー使用等に伴って正味の CO₂排出量が増加する場合もあるため、温暖化対策技術として検討する際には、CO₂削減量などの効果を総合的に見極めることが必要である。

(3) 改訂のポイント

- 「変換・有効利用技術」について重点的に技術開発を調査したが、大きな進展は見られなかったため、改訂していない。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

上記のⅡ.(2)により選定した重要技術について、今後の技術課題を中長期的視点から整理し、現状のコストと目標コストを明確にしたロードマップを示した。

注) 目標コストについては、技術の進展により大幅な低コスト化が望める分離コストのみ示している。

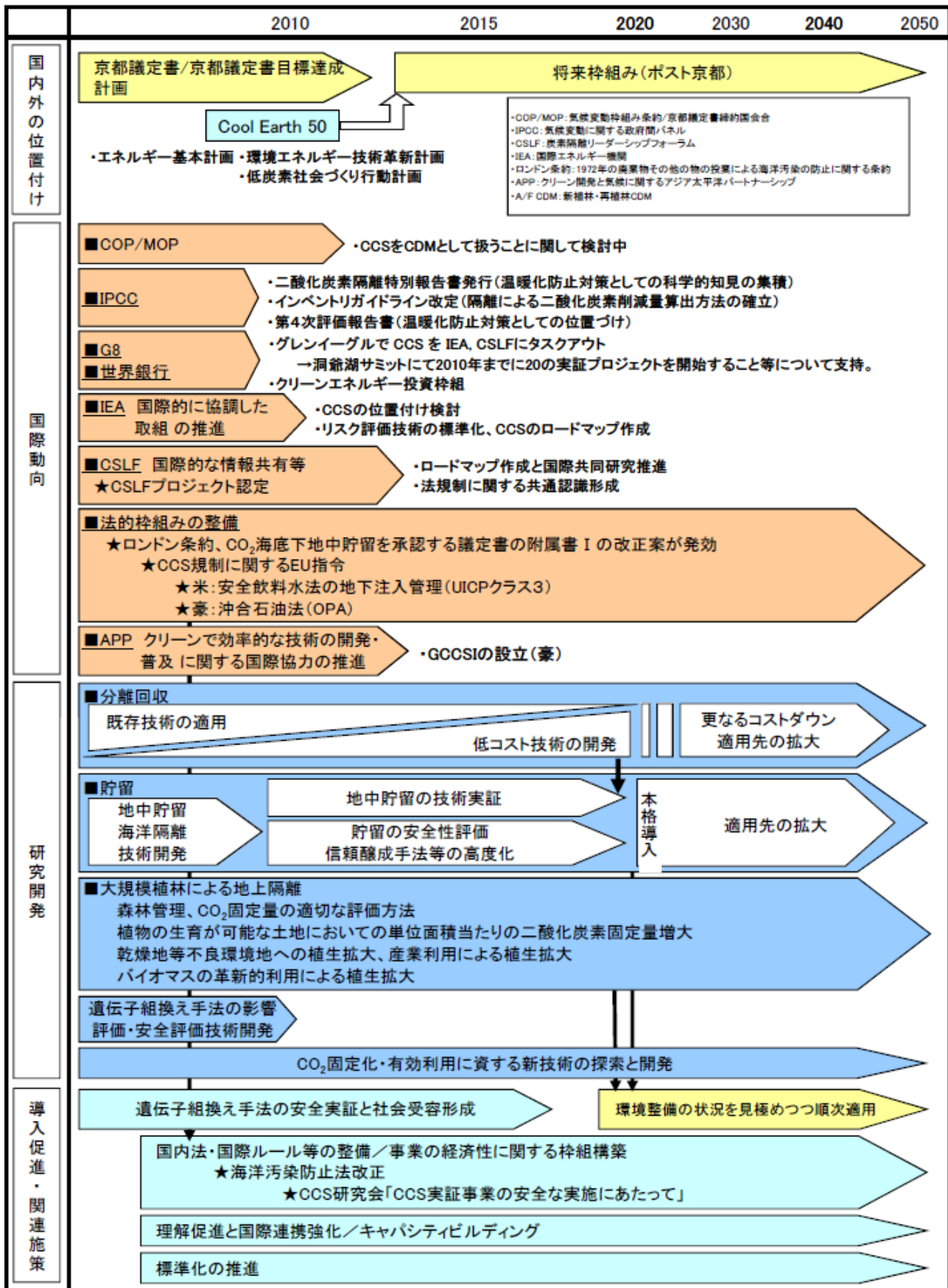
(2) 改訂のポイント

- CCS のロードマップについて、分離・回収と貯留を統合した大規模実証試験が今後重要となることから、その部分を強調した。

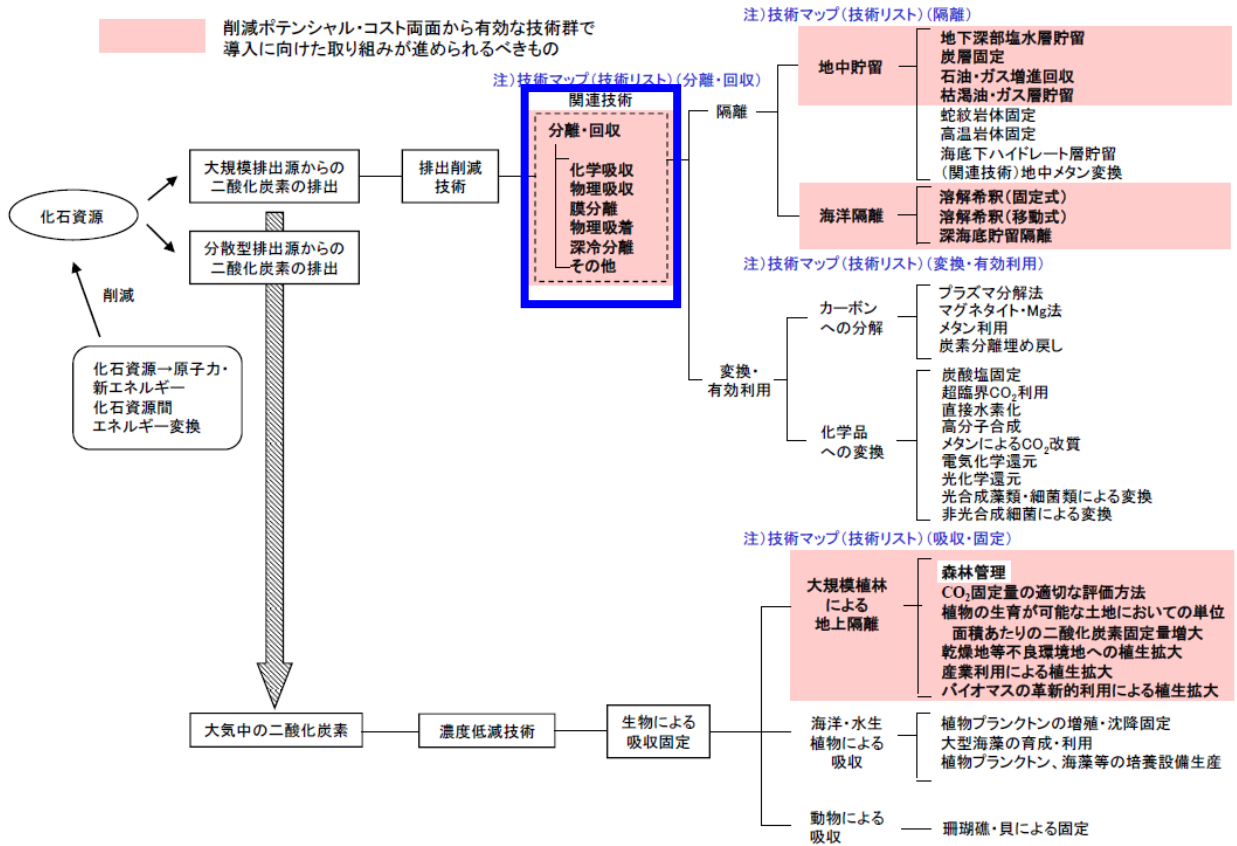
Ⅳ. その他の改訂ポイント

- 国際競争ポジション (ベンチマーキング)
- CCS の分離・回収技術、地中貯留技術、海洋隔離技術および大規模植林技術、バイオマス有効利用技術の学術論文動向について海外との比較を行った。【CO2 固定・有効利用分野の国際競争ポジション】

CO₂固定化・有効利用分野の導入シナリオ



CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ(技術体系)

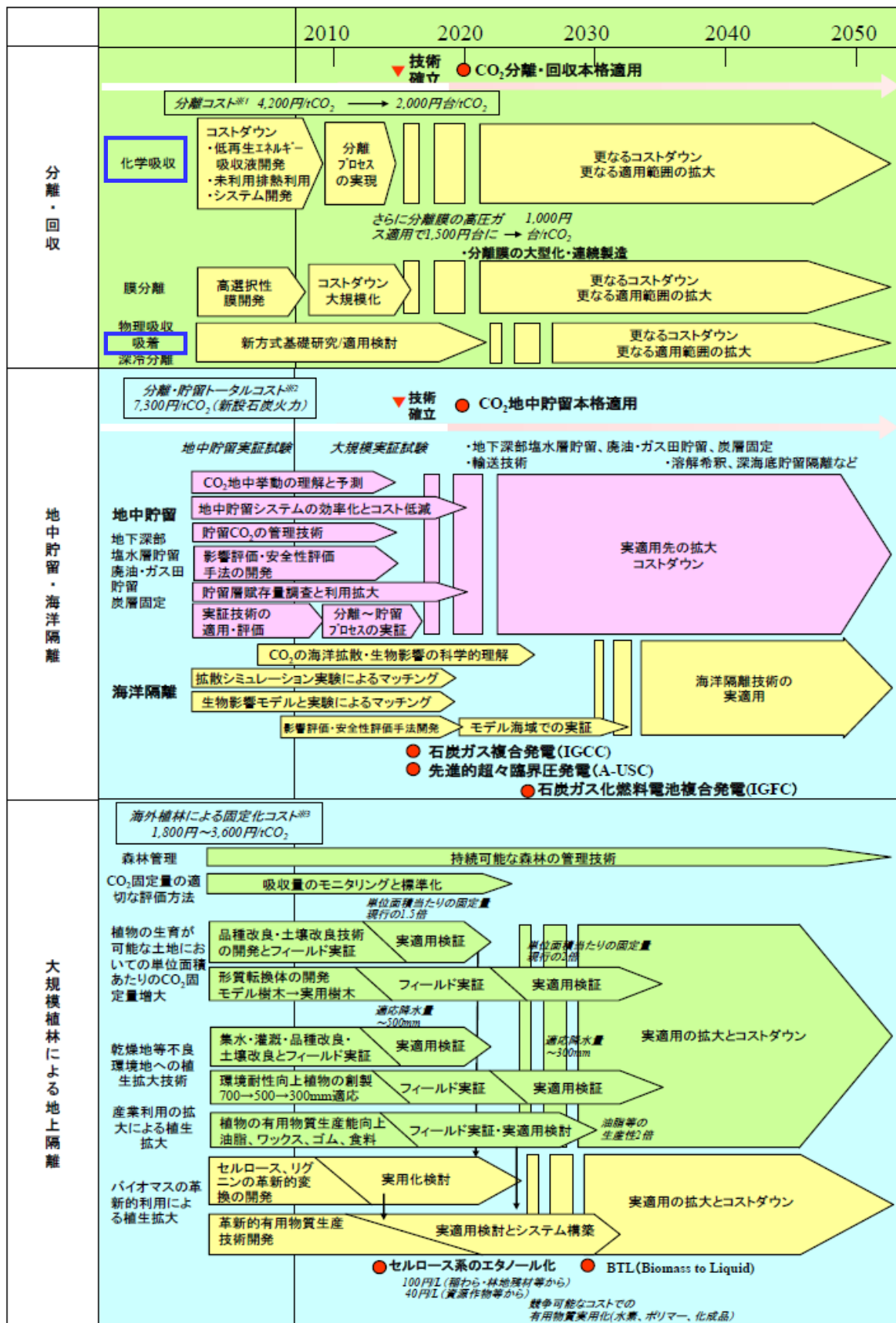


注) は重要技術

CO₂固定化・有効利用分野の技術マップ(技術リスト)(分離・回収)

技術分類	技術 No	技術の概要	技術分類 分離/ 有効利用	開発段階 (基礎研究、実 証研究、研究 中断、実用化 中)	現状の技術レベル/開発動向	概算コスト	コスト削減の根拠	2030年での コスト実現性	総合評価	タスクフォースでの 有識者からのコメント
関連技術	1101	CO ₂ を選択的に溶解できるアルカリ性溶液との化学反応によるガス吸収法(アルカリ性溶液としてアミン、炭酸カリ、K ₂ CO ₃ 水溶液等)を使用	-	基礎研究、実証研究 ~実用化中	【常圧ガス】 アミン液を用いた化学吸収法は天然ガスからのCO ₂ 分離で100万t-CO ₂ /規模の実績あり。燃焼排ガスからのCO ₂ 回収でもEconamine FG法(1,000t-CO ₂ /日)、KS液による炭素プラントで実用化(200t-CO ₂ /日)など、大規模実証実績あり。 経済性向上、省エネルギー化が課題であり、新吸収法の開発が基礎~実証レベルで各国で進められている。また、アルカリ吸収-電気透過再生に関する基礎研究も実施されている。 ・石炭・油の混合排ガスからの回収性能評価試験が実施され、石灰力発電所にて10t-CO ₂ /日の分離回収プラントを建設し、実証研究を用いた連続的な分離回収検討がなされている。また、欧州でも石灰力から1ton-CO ₂ /h規模の分離回収試験が実施されている。 ・鉄鋼副産ガスを対象とする低コスト化のため吸収液改良や廃熱利用の研究開発が実施され、国内では30t-CO ₂ /日のプラント設置研究が進められている。 ・チルドアンモニア法が開発され、米国でパイロット規模の運転が実施されている。(分離・回収設備:発電設備の20MW相当、貯留量:10万t/年) 【高圧ガス】 ・MDEAを用いた分離が実証~実用化レベルにある。 ・さらに低エネルギー、低コスト化を目的とした新吸収液の基礎研究が実施されている。	NGCC新設 \$37~74/t-CO ₂ 石灰力新設 \$29~51/t-CO ₂ 平成14年3月NEDO報告書 51401158-0(MEA、排ガス3x10 ⁷ Nm ³ /h、CO ₂ 濃度13.2%) RTE(2006) 新設石灰力	平成14年3月NEDO報告書 51401158-0(MEA、排ガス3x10 ⁷ Nm ³ /h、CO ₂ 濃度13.2%)	○	◎	・現段階では回収~分離プロセスコストの相対的な回収コストが占めているため、大幅なコスト削減が必要である。 ・燃料プロセスや排ガスの性状に応じて分離方法が選択される必要がある。 ・化学吸収法では、CO ₂ の再生プロセスでのエネルギー消費が大きい。低再生エネルギー型吸収液の開発、発電所エネルギーロス低減や安価な炭素利用排熱の利用、化学吸収システム全体の性能向上などの開発が必要である。
関連技術	1102	高圧下でCO ₂ を大量に溶解できる液体に接触吸収させる方法	-	基礎研究	高圧でCO ₂ を回収再生する液体吸収剤の基礎研究が実施されている。	-	-	-	◎	
関連技術	1201	高圧下でCO ₂ を大量に溶解できる液体に接触吸収させる方法	-	基礎研究、実証研究 ~実用化中	・米国にてアンモニア生成用ガスからのCO ₂ 分離の商用実績がある。 ・IGCC等からのCO ₂ 回収が検討されている。 ・新しい吸収液としてイオン液体の基礎研究がなされている。	3,100円/t-CO ₂ IGCC新設 \$18~37/t-CO ₂	平成5年3月NEDO報告書 p-4210(石灰力発電、燃焼排熱、IGCC/SELEXSOL法ケーススタディ) 平成5年3月NEDO報告書 p-4210(石灰力発電、燃焼排熱、IGCC/SELEXSOL法ケーススタディ)	-	◎	

CO2固定化・有効利用分野の技術ロードマップ



※1 分離回収: 新設石炭火力(830MW)、回収量: 100万t-CO₂/年、7MPaまでの昇圧含む、蒸気は発電所の蒸気システムから抽気 [コストベース: 2001年]

※2 地中貯留: 上記分離回収コスト+パイプライン輸送20km+圧入(昇圧15MPa、10万t-CO₂/年・井戸) [コストベース: 2001年]

※3 植林: 植林周期7年伐採+萌芽再植林、バイオマス生産量20m³/ha・年、植林管理費17-31%、用地リース費: 50\$/ha・年

エネルギー分野

資源に乏しいわが国が、将来にわたり持続的発展を達成するためには、革新的なエネルギー技術の開発、導入・普及によって、各国に先んじて次世代型のエネルギー利用社会の構築に取り組んでいくことが不可欠である。他方、エネルギー技術開発は、長期間を要するとともに大規模投資を伴う一方で将来の不確実性が大きいことから、民間企業が持続的な取組を行うことは必ずしも容易ではない。このため、政府が長期を見据えた将来の技術進展の方向性を示し、官民双方がこの方向性を共有することで、将来の不確実性に対する懸念が緩和され、官民において長期にわたり軸のぶれない取組の実施が可能となる。

また、「新・国家エネルギー戦略」や「エネルギー基本計画」においても、エネルギー技術戦略策定の必要性が明記されており「新・国家エネルギー戦略」が想定する2030年という長期の時間設定の中、超長期エネルギー技術ビジョン（2005年10月策定）を参考にしつつ、2006年11月策定のエネルギー技術戦略マップ2006をベースにし、技術戦略マップ2007（エネルギー分野）を作成した。技術戦略マップ2008では、2007年5月の総理イニシアティブ「クールアース50」を受けて策定された「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」（2008年3月策定）をもとに、足下の2030年頃までの見通しに変更があったものについて修正を行った。

技術戦略マップ2009の策定に当たっては、省エネルギー技術戦略との整合、既存ロードマップに最新技術を反映、個別技術の統廃合（235技術→178技術（新2技術））の3項目の内容について見直しを行った。

技術戦略マップ2010の策定に当たっては、研究開発の最新動向を踏まえ、技術ロードマップの見直しを行った。また、研究者・技術者のみならず国民全般が内外のエネルギー技術に係る課題や研究開発の取組に対する理解を深める1つの試みとして、エネルギー分野の技術ロードマップの中から18の技術分野を抽出し、「技術ロードマップ解説書」を取りまとめた。

エネルギー分野の技術戦略マップ

I. 検討の手順

技術戦略マップは、技術開発とそれ以外の関連施策を併せて示した導入シナリオ、政策目標を実現するために必要な技術を要素技術を含めて抽出した技術マップ及び技術開発の進展を時間軸に沿って示した技術ロードマップから構成されている。

本技術戦略マップの作成にあたっては、2006年に策定した「新・国家エネルギー戦略」における政策の柱を踏まえ、①総合エネルギー効率の向上、②運輸部門の燃料多様化、③新エネルギーの開発・導入促進、④原子力の利用、そして、⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーン利用、の5つの政策目標を設定した上で、これらに寄与する主なエネルギー分野の技術を抽出した。

①総合エネルギー効率の向上

②運輸部門の燃料多様化

③新エネルギーの開発・導入促進

④原子力利用の推進と
その大前提となる安全の確保

⑤化石燃料の安定供給確保と
有効かつクリーンな利用

次に、抽出した技術を時間軸展開することによりロードマップの作成を行い、技術開発及びその成果が導入されるにあたって必要となる関連施策を整理した導入シナリオの作成を行った。

II. 技術の特徴付けについて

エネルギー技術分野全体を俯瞰するため、有識者にアンケート調査を行い、5つの政策目標に対する寄与について定性的な評価を行った。

評価項目	内容
政策目標に関する指標	
①総合エネルギー効率の向上	転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」など、GDPあたりの最終エネルギー消費指数を向上することに寄与する技術
②運輸部門の燃料多様化	バイオマス由来燃料、GTL (Gas to Liquid)、BTL (Biomass to Liquid)、CTL (Coal to Liquid) などの新燃料、EV (電気自動車) やFCV (燃料電池自動車) など、運輸部門の石油依存度を低減することに寄与する技術
③新エネルギーの開発・導入促進	太陽、風力、バイオマス等を起源とするエネルギーに関連する技術の開発・導入促進に寄与する技術。また、再生可能エネルギーの普及に資する新規技術、エネルギー効率の飛躍的向上に資する技術、エネルギー源の多様化に資する新規技術など「革新的なエネルギー高度利用技術」も含む。
④原子力利用の推進とその大前提となる安全の確保	2030年以降においても、発電電力量に占める原子力発電の比率を30～40%程度以上とすることに寄与する技術。負荷平準化等、原子力利用の推進に資する技術や安全確保に資する技術も含む。
⑤化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用	化石資源の開発・有効利用技術、CCT (クリーン・コール・テクノロジー) などのクリーン利用や、資源確保に資する技術

III. エネルギー技術全体の俯瞰図について

評価結果を基に、5つの政策目標に対する寄与を示したエネルギー技術全体を俯瞰するマップを作成した。

VI 政策目標に寄与する技術の

「導入シナリオ」・「技術マップ」・「技術ロードマップ」

i. 総合エネルギー効率の向上

(i-1) 目標と将来実現する社会像

1970年代以来、官民をあげて省エネルギーに取り組み、産業構造の転換や新たな製造技術の導入、民生機器の効率改善等により相当程度の成功を収めてきた。今後約30年においても、「新・国家エネルギー戦略」に掲げるこれまでと同程度の成果（2030年までにGDPあたりのエネルギー利用効率を約30%向上）を実現していくためには、産業部門はもとより、全部門において、総合エネルギー効率の向上に資する技術開発とその成果の導入を促進することが不可欠である。

(i-2) 研究開発の取組

関連技術を5つ分類した。

- 燃料を省く、または効率的に利用することによる製造プロセスの抜本的な効率化を図るための「超燃焼システム技術」
- 余剰エネルギーを時間的・空間的な制約を超えて利用し、エネルギー需給のミスマッチを解消するための「時空を超えたエネルギー利用技術」
- 生活スタイルの変化に伴う民生部門でのエネルギー消費量の増加に対応し、高効率機器とITとの融合により省エネルギーを図るための「省エネ型情報生活空間創生技術」
- 運輸部門のエネルギー消費量の削減に向け、輸送機器の効率化とモーダルシフト等利用形態の高度化により省エネルギーを図るための「先進交通社会確立技術」
- 幅広い分野で使用される半導体等のデバイスの高性能化により省エネルギーを図るための「次世代省エネデバイス技術」

また、電力貯蔵技術等の電力安定供給に資する技術、送電ロスを大幅に低減する技術等は、「時空を超えたエネルギー利用技術」に分類した。

(i-3) 関連施策の取組

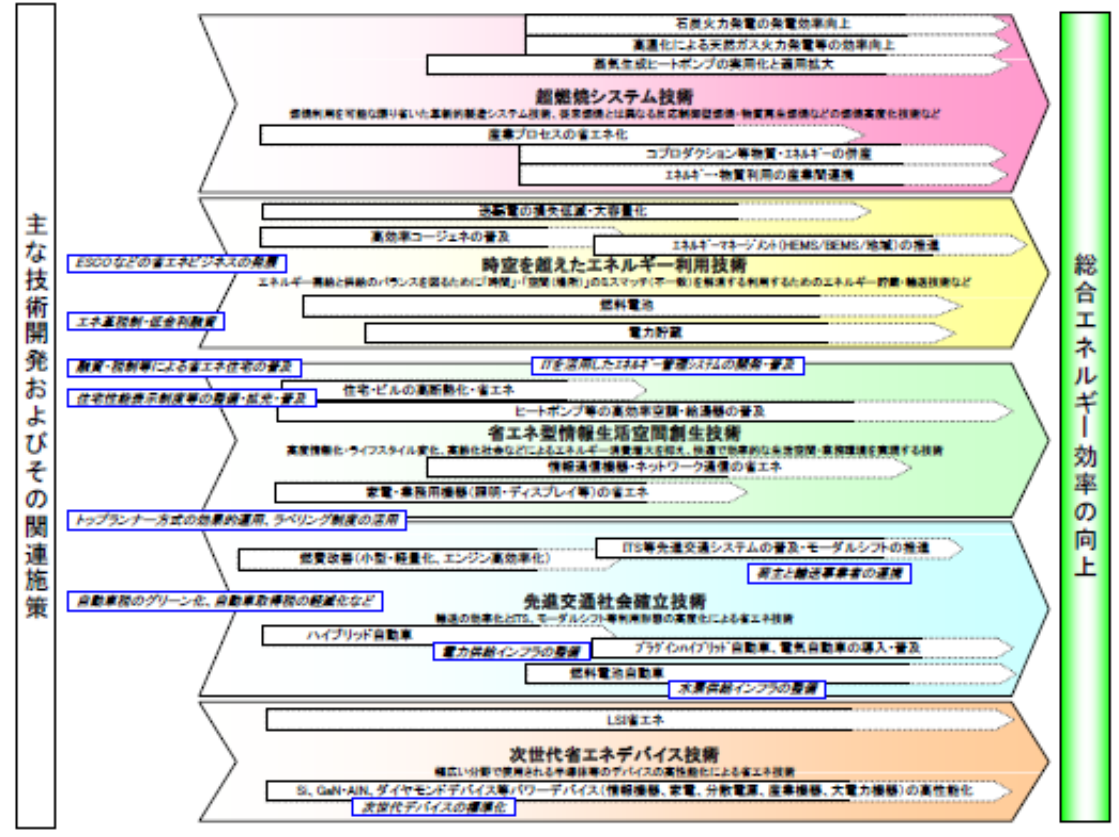
- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

(i-4) 改訂のポイント

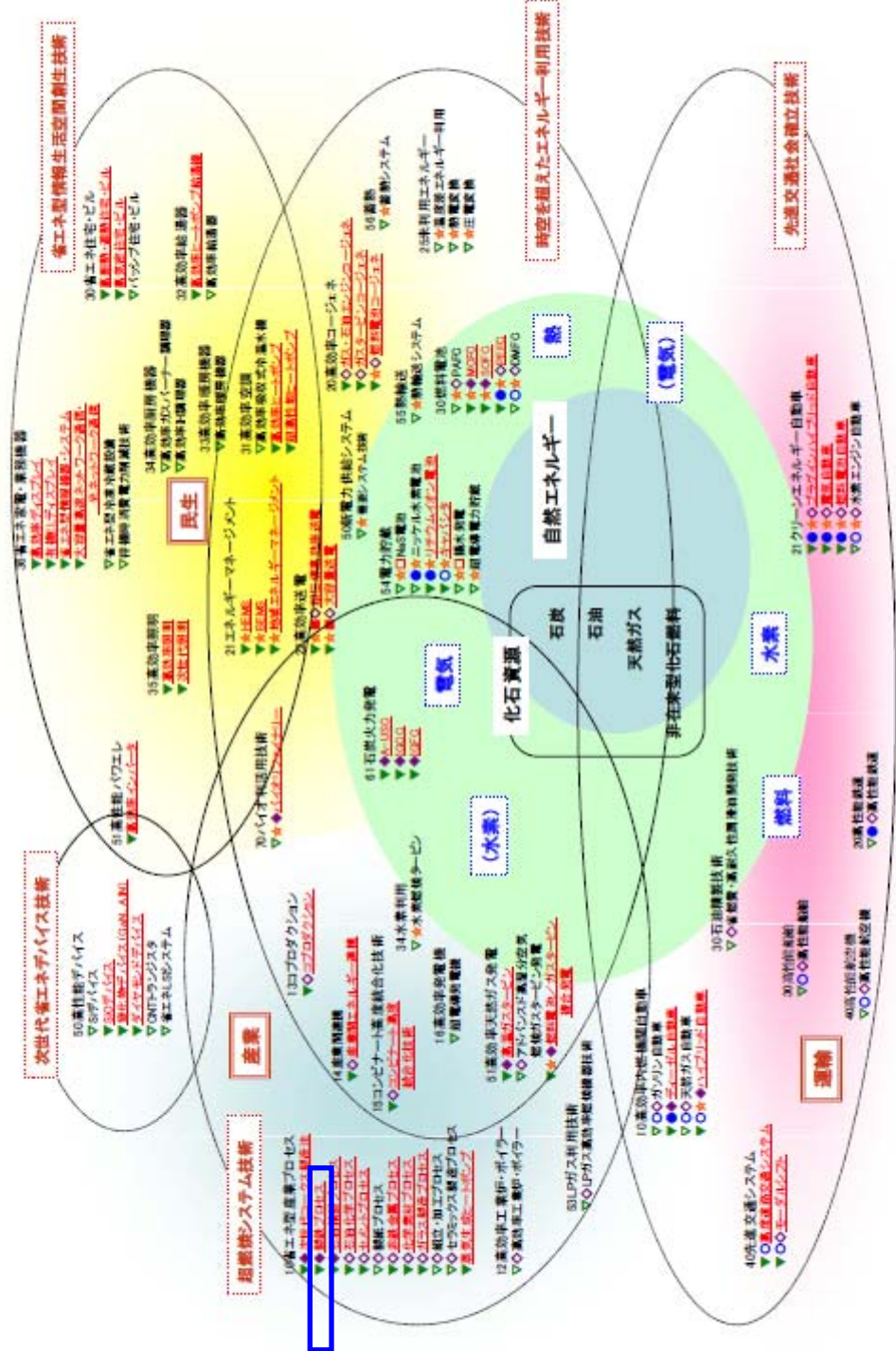
- 燃料電池関連技術については、本年策定中の二次電池分野のロードマップの検討結果に合わせて見直し・修正を行った。具体的には燃料電池コジェネ(1203P)、固体酸化物燃料電池SOFC(3303P)、固体高分子型燃料電池(PEFC)(3304R)、燃料電池自動車(2123S)について、時期の見直し並びに一部字句の修正を行った。
- 電力系統システム(需要システム技術)(3501F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- 電力貯蔵のうち、NaS電池(35410)、キャパシタ(3545M)、超電導電力貯蔵(3547F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- クリーンエネルギー自動車のうち、プラグインハイブリッド自動車(2121S)、電気自動車(2122S)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- その他、バイオリファイナリー(5701P)、温度差エネルギー利用(3252F)、地域エネルギーマネージメント(1213F)、先進交通システム(ITS)(1401E)について見直した。
- 解説書の作成
超燃焼システム技術、時空を超えたエネルギー利用技術、省エネ型情報生活空間創生技術、先進交通社会確立技術、次世代省エネデバイス技術の5技術に関し、解説書を作成した。

①「総合エネルギー効率の向上」に向けた導入シナリオ

転換部門における「エネルギー転換効率向上」、産業部門における「製造プロセス効率向上」、民生・運輸部門における「省エネルギー」などにより、エネルギー消費効率を2030年度までに少なくとも30%改善することを目指す。



- 共通関連施策
- 事業者支援補助金による初期需要創出(高効率機器の補助導入など)
 - セクター別ベンチマークアプローチの導入によるエネルギー消費原単位改善
 - 省エネ評価制度の国際的整備
 - 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
 - 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組み

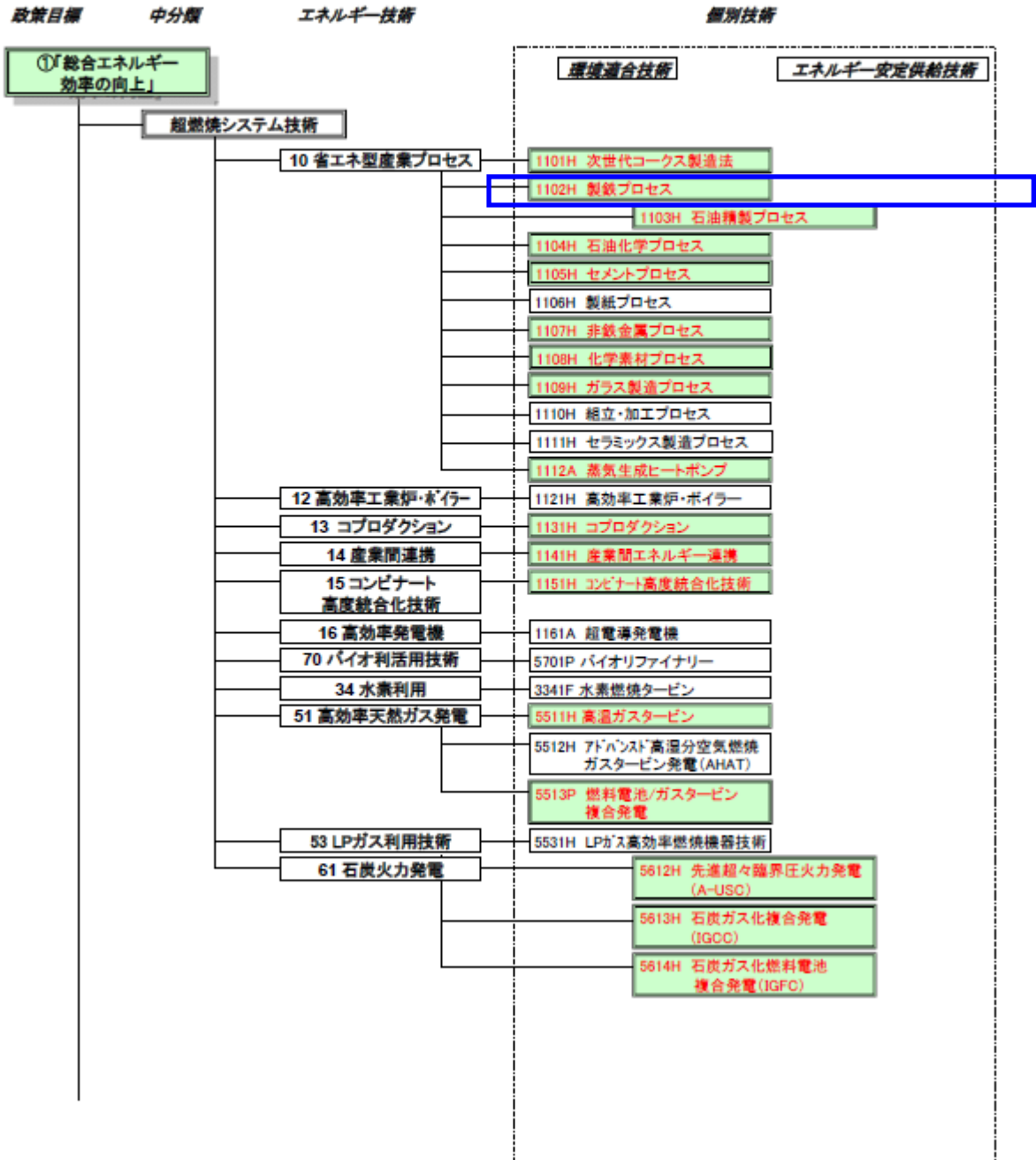


● 技術名の前に記した色符號の記号(▽○△◇□)は、その技術が寄与する
 産業部門を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多
 様化、△:新エネルギーの創出・導入促進、◇:原子力利用の促進とその大
 肆化と安全の確保、□:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ● 「総合エネルギー効率の向上」への寄与が大きいと思われる技術名を、
 色符號の記号(▽、△、◇)の下線ひきで記載した。

①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の
 技術マップ(整理図)

①「総合エネルギー効率の向上」
に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(1/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。

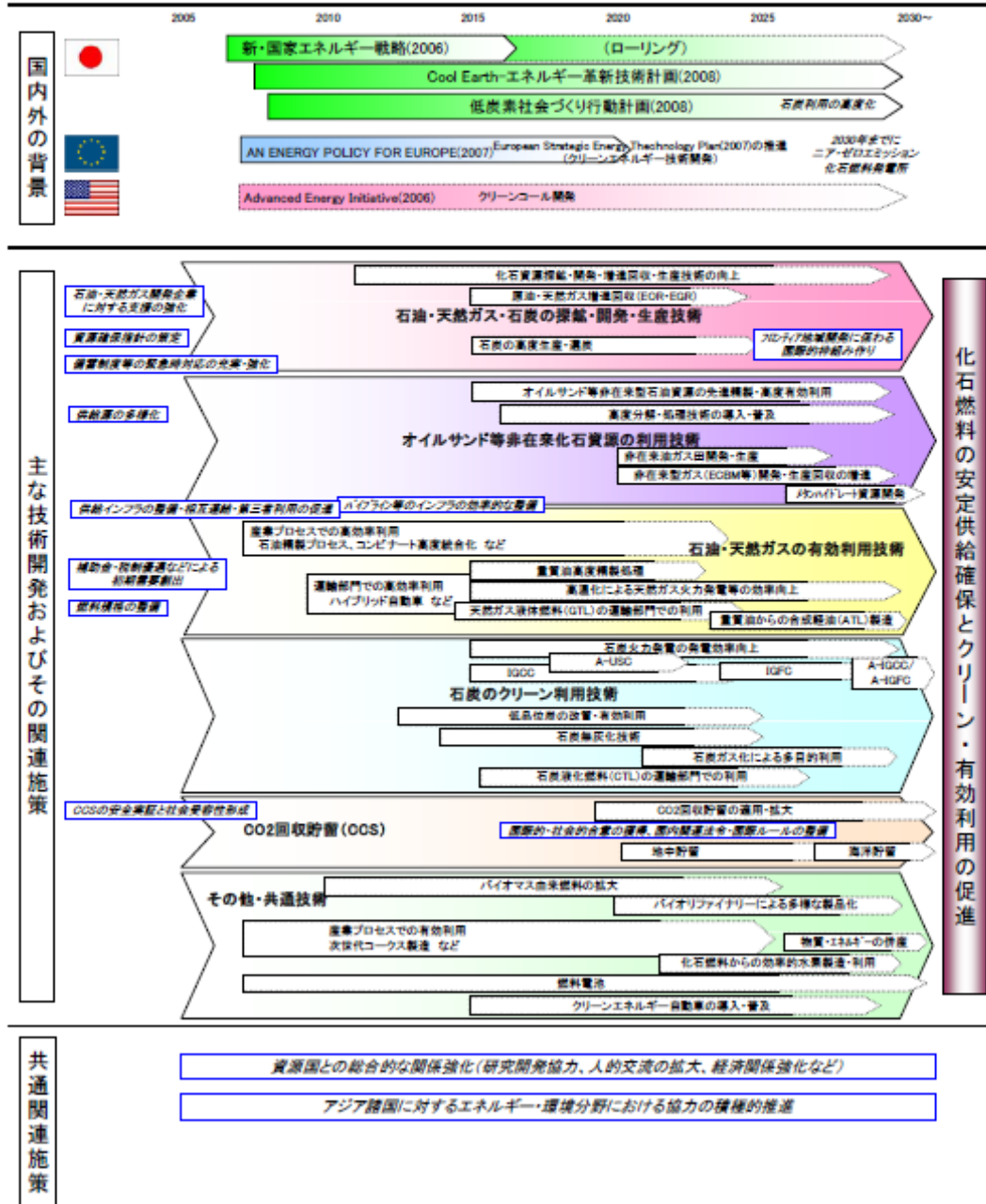


①「総合エネルギー効率の向上」 に寄与する技術の技術ロードマップ(1/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1101H	10.省エネ型産業プロセス 次世代コークス製造法	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%	既存コークス炉のリプレイス 多目的転機炉 次世代コークス製造法(SCOPE21) 高反応性新規成物導入 一般炭・鉄鉱石接着結合技術、フェロコークス製造技術 副生水素(OOG)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)
1102H	10.省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	新機軸プロセス 高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回生技術 電磁気力利用製造技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型製造システム 回転炉床有用金属回収技術 超微細粒熱延鋼板製造技術 本新的電磁鋼板技術 次世代圧延技術(難加工性特殊鋼等 高温耐熱耐食鉄鋼材料)			熱・冷延統合プロセス 水素鉄鉱石還元技術 排熱回収技術 劣質原料使用技術(石炭・鉄鉱石) 創資源・創エネルギー型高炉 エネルギー(鉄/ガス)併産技術 電炉希釈バーゲン製鉄法(DRIC) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高洗浄・高機能化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコプラダクション
1103H	10.省エネ型産業プロセス 石油精製プロセス		コンビナートエネルギー高度利用技術・低位熱回収システム 組成制御型高度石油精製技術 低水素消費型ガソリン脱硫技術 高効率プレート熱交換器技術			
1104H	10.省エネ型産業プロセス 石油化学プロセス	省エネ型プラスチック製品製造技術(SPM) 気相法ポリプロピレン製造技術(触媒開発) 低エネルギー分解技術(ナフサの接触分解プロセス・膜分離)		内部熱交換型蒸留プロセス(HID/C) 古紙等からの化学原料等製造技術、バイオマスからの石油代替成形材料の製造技術 超臨界流体を利用した化学プロセス技術 分離膜装置による水処理	ガソリン基材・石油化学原料高効率製造技術 マイクロリアクター技術 ナノ多孔技術 協奏的反応場技術	コプラダクション リストアップ・カーボン・サイクル・ケミストリー(SC3) 高性能触媒・光触媒
1105H	10.省エネ型産業プロセス セメントプロセス	廃棄物原料化技術 省電力ミル 高効率乾燥炉 改質硫黄固体化技術		低濃焼成技術		石炭代替焼成技術 水素焼成技術 プラズマ焼成技術 焼成不要省エネ型セメント 廃棄物ガス化によるコプラダクション CO2回収技術
1106H	10.省エネ型産業プロセス 製紙プロセス	蒸気回収ボイラーの高効率化 パルプ化工程の省エネ 苛性化工程の効率化 抄紙方法効率化	分離膜装置による水処理	120℃超ヒートポンプ利用 植物遺伝子組み換え技術 蒸気・バイオマスガス化技術	バイオマスIGCC	バイオマスIGFC バイオマス利用によるコプラダクション
1107H	10.省エネ型産業プロセス 非鉄金属プロセス		加工技術 歩留まり向上技術 低コスト化 スケールアップ技術	金属リサイクル技術 チタン合金創製プロセス 高効率精錬 断熱型製造システム	材料・複合化材料技術(水素貯蔵材料など)	熱電発電材料製造技術 高純度金属材料製造技術

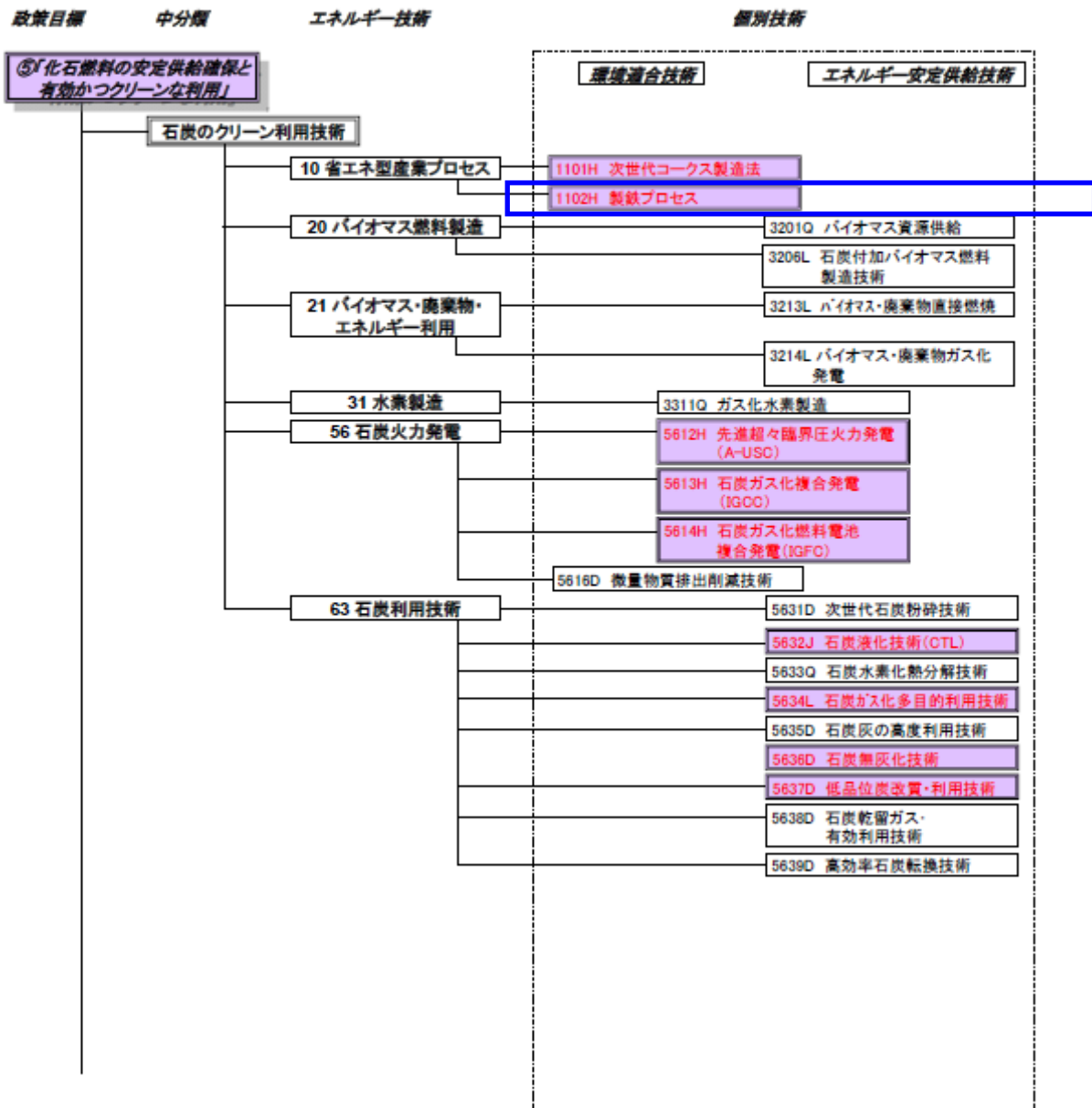
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

石油・天然ガス等の化石燃料の安定供給確保を目指し、資源獲得能力の強化に資する先端的な技術開発の推進するとともに、環境負荷低減のために化石燃料の効率的かつクリーンな利用を促進するための技術開発・導入を目指す。



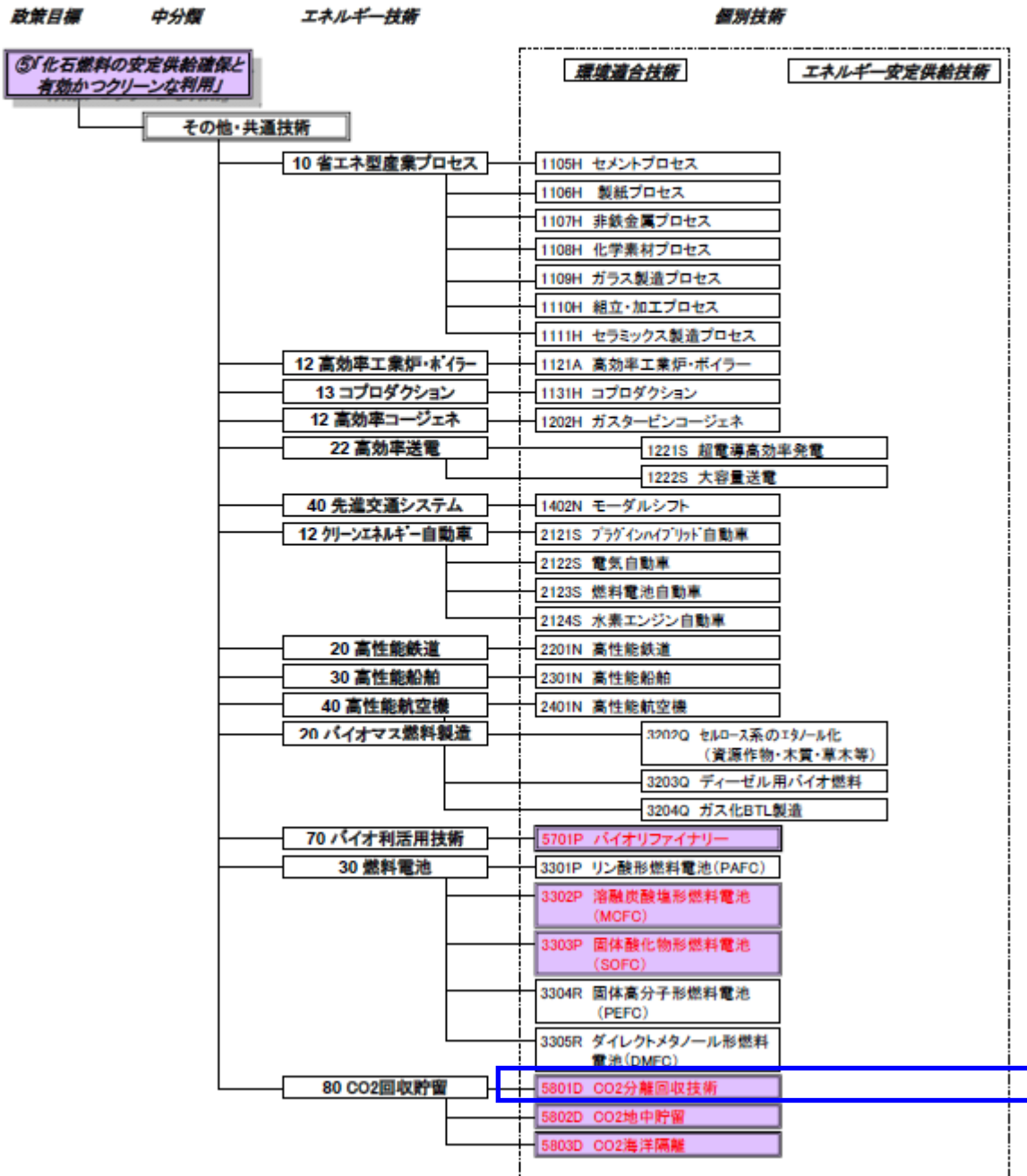
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を **赤字** で示す。



⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(4/4)

※それぞれの政策目標への寄与が大きいと思われる個別技術を赤字で示す。



⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(6/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
5311J	31.高度石油利用技術 石油・ピッチからの 水素製造・輸送技術	<p style="text-align: center;">灯油等改質オフサイト水素製造技術 灯油改質等オンサイト水素製造技術 ピッチの粘結材利用技術</p> <p style="text-align: center;">水素製造触媒技術 水素製造プロセス技術</p> <p style="text-align: center;">灯油吸着脱硫技術 灯油改質触媒技術</p> <p style="text-align: center;">灯油脱硫・改質技術 膜分離技術 SOFC用熱自立型改質機システム技術 自動車オンボード改質技術 水素貯蔵・輸送・供給技術</p>				
5312J	31.高度石油利用技術 自動車用新燃料 利用技術	<p style="text-align: center;">バイオ燃料・GTL等新燃料とガソリン・軽油との混合の燃料技術</p> <p style="text-align: center;">GTLとの混合利用 石炭液化油との混合利用技術 混合燃料対応自動車技術</p> <p style="text-align: center;">高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス</p>				
5313J	31.高度石油利用技術 燃費向上・排ガス クリーン化燃料技術	<p style="text-align: center;">超低セタン値対応技術 定置式・汎用ディーゼルエンジン用低セタン値燃料開発技術 低セタン値対応エンジン技術</p> <p style="text-align: center;">最新ディーゼル車対応燃料技術 自動車燃費向上技術 HCCI等の次世代自動車対応燃料技術 アンチノック性向上技術 燃料多様化対応技術</p> <p style="text-align: center;">高度脱硫(サルファーフリー)技術 ・高度脱硫触媒 ・高度脱硫プロセス</p> <p style="text-align: center;">排ガス等高精度大気シミュレーション技術</p>				
1101H	10.省エネ型産業プロセス 次世代コークス製造法	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%	多目的転機炉
1102H	10.省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	<p style="text-align: center;">新橋詰プロセス 事前炭化式ガス化溶融プロセス</p> <p style="text-align: center;">高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回収技術 電磁気力利用鑄造技術</p> <p style="text-align: center;">断熱型鑄造システム 回転炉床有用金属回収技術 超微細粉熱延鋼板製造技術</p> <p style="text-align: center;">溶融還元製鉄法(DIOS)</p> <p style="text-align: center;">革新的電磁鋼板技術 鍍片表面改質による循環元素無害化技術 次世代圧延技術(新加工件特殊鋼等 高深耐熱耐食鉄鋼材料)</p> <p style="text-align: center;">新還元溶融製鉄法(ITmk3) 直接還元製鉄法(FASTMET) 電炉用HD製造プロセス</p> <p style="text-align: center;">熱・冷延統合プロセス 水素鉄鋼石還元技術 排熱回収技術</p> <p style="text-align: center;">劣質原料使用技術(石炭・鉄鉱石) 創資源・創エネルギー型高炉</p> <p style="text-align: center;">エネルギー(鉄ノガス)併産技術 電炉希釈パーセント製法(DRGO) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高品質・高機能化技術 CO2回収技術</p> <p style="text-align: center;">化学プロセスとのコップケン</p>				
3201Q	20.バイオマス燃料製造 バイオマス資源供給	<p style="text-align: center;">バイオマス原料用種物の選抜・育成 遺伝子組み換え技術 栽培技術の開発・実証 収穫・乾燥・圧縮・運搬技術 機器・映像技術の低コスト化 基盤技術(ゲノム情報の整備、ミネラルの回収・再利用技術など)</p>				
3206L	20.バイオマス燃料製造 石炭付加バイオマス 燃料製造技術	<p style="text-align: center;">石炭・バイオマス混焼技術 石炭・バイオブリケット製造技術</p> <p style="text-align: center;">石炭バイオブリケットのバイオマス比率向上</p> <p style="text-align: center;">大量ペレット化 木質/炭化物-塵粉炭混焼技術 乾燥・塵粉化技術</p>				

⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術ロードマップ(13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
3303P	30.燃料電池 固体酸化物形 燃料電池(SOFC)	発電効率(HHV)、耐久性 家庭用(1kW級～数kW級) 業務用(数～数百kW級) 産業用(数百kW級～数MW級) 発電所用(数MW級～) 実証開始	40%、4万時間 40%、1～2万時間	40%、4万時間 40%、4万時間	>40%、9万時間 >45%、9万時間	>50%、9万時間 >55%、9万時間 大容量コンバインドシステム
		劣化機構解明 耐久性向上 燃料多様化 低コスト・コンパクト化(高出力化、新規材料、量産化技術) 次世代ハイブリッドシステム(高圧運転対応)	周辺機器の最適化	家庭用コージェネ普及	業務用・産業用コージェネ普及 GTハイブリッドシステム普及 IGFC	大容量機CO2分離・回収
3304R	30.燃料電池 固体高分子形 燃料電池(PEFC)	発電効率(HHV) 耐久性	約33% 約4万時間	約34% 約4～9万時間	>36% 9万時間	
		劣化機構解明 高温・低加温対応技術 白金量低減 耐酸腐蝕 膜内水分制御	家庭用コージェネ普及	燃料電池自動車普及 新規直接形PEFC MEA・セパレータ等量産技術		
3305R	30.燃料電池 ダイレクトメタノール形 燃料電池(DMFC)	PC・携帯用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間)) 小型移動体用 (出力密度(W/kg)、 耐久性(時間))	>15 >1,500時間 >5千時間	>20 >5千時間 >29(低速)、>52(中速・高速)	>40 >1万時間 >33(低速)、>54(中速・高速)	>2,500時間
		低コスト化 耐久性向上		PC、POA、携帯用実用化・普及 小型移動体(車いす、スクーター等)実用化・普及 超低クロスオーバー膜 低膨潤膜 高活性触媒		
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂		IGCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂ (2015年分離率の商用化で1,500円台に)	
				ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法 熱効率有効利用	高効率酸素製造技術	
5802D	80.CO2回収貯留 CO2地中貯留	実証試験		大規模実証試験		
				石油・ガス増産回収(EOR-EGR) CO2地中挙動予測シミュレーション技術・モニタリング技術 貯留層貯留容量調査と利用拡大 地中貯留システムコストの低減 環境影響評価、安全性評価技術	炭層固定 枯渇油・ガス層貯留	
5803D	80.CO2回収貯留 CO2海洋隔離			大規模実証試験		
				CO2の海洋拡散・生物影響の科学的理解 拡散シミュレーションと実験によるマッチング 生物影響モデルと実験によるマッチング 環境影響評価・安全性評価	溶解希釈(固定式) 溶解希釈(移動式) 深海底貯留隔離	

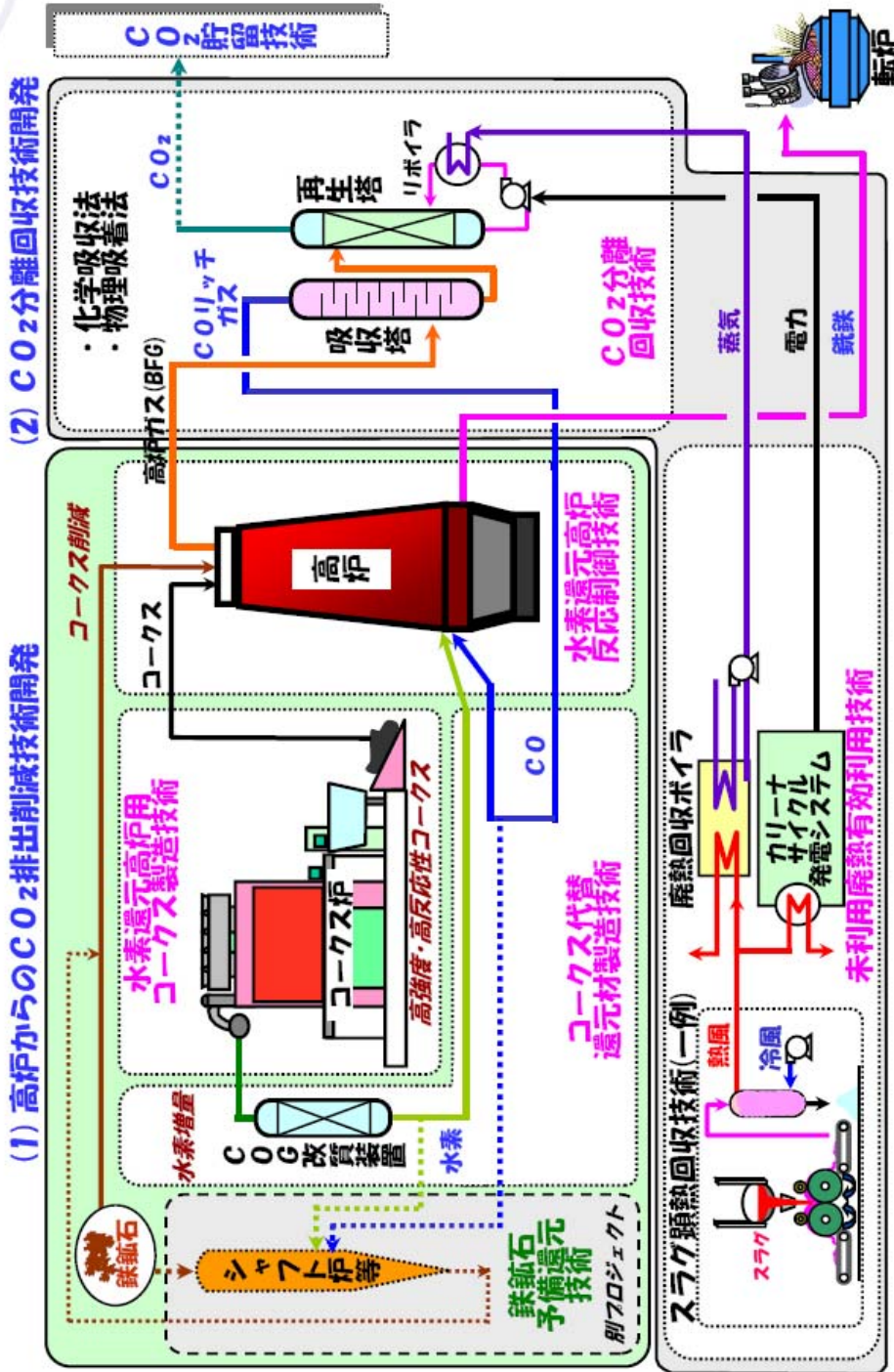
事前評価書

		作成日	平成 20 年 2 月 18 日
1. 事業名称 (コード番号)	地球温暖化防止新技術プログラム 環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) <CO ₂ Ultimate Reduction in Steelmaking process by innovative technology for cool Earth 50 >		
2. 推進部署名	環境技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：二酸化炭素発生量を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスの開発を行う。具体的には、二酸化炭素濃度が高い高炉ガスから二酸化炭素を分離するために、新たな吸収液を開発するとともに、製鉄所内の未利用低温廃熱を利用し二酸化炭素分離回収を行う技術を開発することによって、製鉄所における二酸化炭素分離回収 (CCS) のためのエネルギー消費量を削減しつつ、CCS導入促進を図る。また、コークス製造時に発生する高温の副生ガス (COG) からガス改質をして水素を増幅し、その水素を活用して鉄鉱石 (酸化鉄) を還元させるプロセス技術や、二酸化炭素を除去した高炉ガスを再び高炉に戻すプロセス技術を開発することによって、二酸化炭素発生量の大幅な削減を図る。</p> <p>(2) 事業規模：総事業費 約 100 億円 (100%委託)</p> <p>(3) 事業期間：平成 20 年度～24 年度 (5 年間)</p>		
4. 評価の検討状況	<p>(1) 事業の位置付け・必要性</p> <p>我国の鉄鋼業は既に世界最先端の水準にあり、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達している。平成19年度の「基本方針2007」では、環境立国戦略として、次の項目を改革のポイントとした。</p> <p>① 京都議定書削減目標の確実な達成に向け、取組を加速する。</p> <p>② 世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して 2050 年までに半減することを目指し、リーダーシップを発揮する。</p> <p>ポスト京都で提唱される世界規模での CO₂ 削減を実現するためには革新的な製鉄プロセス技術開発が必要とされる。</p> <p>それにより、「美しい星50」に示された三原則のひとつとして、「省エネなどの技術を活かし、環境保全と経済発展とを両立させること。」を提言し、「革新的技術開発」の一例として、本技術開発を位置付けている。また、長期戦略指針「イノベーション25」のうち、「環境重視・人間重視の技術革新・社会革新(エコイノベーション)」の取り組みとして、本研究開発を位置づけている。</p> <p>エネルギー分野において、「化石燃料の安定確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術で新還元溶解製鉄法及び超燃焼システム技術で「高温をうまく作る」の燃焼高度化・複合化技術及び「化学反応をうまく利用する」の新・反応プロセス導入技術に該当する。また、CO₂ 固定化・有効利用分野において、「分離・回収の化学吸収」に該当する。</p> <p>本研究開発では、コークス炉の 800℃の未利用廃熱を利用し水素量を増幅する触媒を開発するとともに、水素を用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。更に、CO₂ 分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行うとともに、製鉄所の未利用廃熱活用拡大による鉄鋼業の CO₂ 削減に寄与する技術開発を推進する。</p>		

<p>(2) 研究開発目標の妥当性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。 ・COG改質技術を確立する。〈水素の増幅率 2 倍〉 ・BFG(高炉ガス)からのCO₂分離回収コスト 2000 円/t-CO₂を可能とする技術の見通しを得る。 <p>〈分離回収法開発ロードマップ(CCS2000)に示された目標〉</p>
<p>(3) 研究開発マネジメント</p> <p>公募を行い、適切な研究開発体制を構築する。研究開発にあたってはプロジェクトリーダーを委嘱又は指名し、プロジェクトリーダーと協議して研究管理を行う。</p> <p>プロジェクト開始 3 年目に中間評価を行い、その結果を踏まえて、事業全体について見直しを行う。プロジェクトの終了の翌年に事後評価を行う。</p>
<p>(4) 研究開発成果</p> <p>製鉄プロセスからのCO₂発生量を大幅に削減することができる。</p> <p>高炉ガスからCO₂を除去し高炉に戻すことによる燃焼効率の向上、未利用廃熱活用による増幅した水素を鉄鉱石の還元を活用することによる高炉での使用コークス量の低減などによって省エネルギー効果が見込まれる。</p> <p>エネルギー分野の「省エネ型素材製造プロセス技術」及びものづくり分野の「ものづくりプロセスの省エネルギー化」に貢献することが期待されている。</p>
<p>(5) 実用化・事業化の見通し</p> <p>本技術開発はフェーズ I であり、各要素技術の開発を中心に進め、最終目標に向けた可能性の検討を行い次のステップ II (平成 25 年度～ 29 年度 (5 年間)) の技術開発につなげていく。</p> <p>フェーズ II を経て、総合的に約 30% の CO₂ 削減可能な技術の確立を目指す。</p>
<p>(6) その他特記事項</p> <p>国際鉄鋼協会 (IISI) 参加メンバーで抜本的な CO₂ 削減に関する中長期的な技術開発を実施しており、本技術開発を通じて日本としても参画予定している。併せて、基盤技術の国際的標準化を検討する。</p>
<p>5. 総合評価</p> <p>鉄鋼業は我が国製造業の CO₂ 排出量の約 4 割を占めるため、製鉄用高炉ガスからの CO₂ 削減はポスト京都の枠組み構築にとっての我が国のイニシアティブ発揮のためにも重要な対策であり、「クールアース 50」の革新的技術開発の一つに位置づけられていることから NEDO 事業として推進すべき重要事項である。</p> <p>本技術開発は我が国独自の革新的製鉄プロセスを目指した施策であり、技術課題をより明確にしたロードマップを作成し、技術開発に当たっては、実現可能性の検討や要素研究から進め、進捗状況を確認しながら着実に実施すべきである。</p>



NEDO POST 2020年度新規研究開発プロジェクト(案) 概要



<環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) >

投稿No.16

2008/01/30 (水) 8:08

日本鉄鋼業は世界最高レベルでの省エネルギー、省CO2技術を有するが、CO2 排出量の抜本的な削減という地球規模での長期的な観点から見ると、何らかの 技術的な革新技術が必要である。2050年においても素材としての鉄鋼製品の位置付けは何ら変わることは無く、逆に、市場での一層の高機能化製品のニーズは益々高まっていると考えられる。

こうした背景と、世界的な需要増大、老廃屑の発生予測、天然資源の動向から 鑑みても、今後とも(少なくとも日本では)製鉄プロセスの中心は鉄鉱石の石炭による還元を中心とした体系が主流であると思われる。しかし、これまでの石炭による還元、これに伴い発生する多量の副生ガスの有効利用といった製鉄所全体システムとしての効率化追求は、一貫での省エネルギーという観点からは効果があったものの、石炭系燃料の削減、CO2発生量の抜本的な削減という視点からは不十分であり、原理原則(炭素還元⇒発生CO2の分離回収+炭素によらない還元)に基づく新たなプロセスへの変革が必要である。今回提案の開発内容は、こうした 点からも今後の鉄鋼業の進むべき方向として適確であり、こうした革新的な開発を、 高炉という従来の成熟したプロセスと組み合わせることによる変革プロセス開発に 着手することの意義は大きい。

一方で、このような開発は、地球、そして全人類の未来へのためであり、日本国内での関係企業はもとより、欧州等の研究機関との連携を強化し推進すること、そして開発と並行して社会システムの基盤整備が必要であることは言うまでもない。分離回収したCO2の貯留、モニタリングシステム、そのための法整備、エネルギーバランスの変化によるCO2に起因しない電力の供給や、増大するコスト負担のあり方など、解決すべき課題も多く、政府主導による産官学一体となった支援にも必要である。開発は、基礎から実用化まで10年を超える長期的なものとなると思われるが、関係者が一体となり開発に取り組むことが、地球温暖化抑制への一助となるばかりか、内外での日本の鉄鋼業そのものの競争力強化になることと思われる。 30年後の工業化へ向けてその成果を大いに期待したい。

投稿No.15

2008/01/29 (火) 17:34

わが国製造業の炭酸ガス排出量の約4割を占める鉄鋼業からの炭酸ガス削減は、ポスト京都の枠組みを踏まえたわが国のイニシアチブ発揮のためにも重要な対策と考える。

コークスを還元材とする現在のプロセスにおいては、発生するCO2を分離回収してCO2貯留へと繋げていく必要があるし、将来的には脱炭素の観点からの技術が必要と考えられる。本プロジェクトに掲げられている研究開発は製鉄プロセスの中長期的視野に立ったブレークスルー技術を指向するものとみられ、本プロジェクトの実施は有意義である。

プロジェクト個々のテーマのマイルストーン管理も重要ではあるが、提案技術をベースとした新たな展開や発展型等への柔軟な対応も考慮し、製鉄プロセスの将来に必要な技術を着実に獲得して欲しい。

<環境調和型製鉄プロセス技術開発 (COURSE50) >

投稿No.16

2008/01/30 (水) 8:08

日本鉄鋼業は世界最高レベルでの省エネルギー、省CO₂技術を有するが、CO₂ 排出量の抜本的な削減という地球規模での長期的な観点から見ると、何らかの 技術的な革新技術が必要である。2050年においても素材としての鉄鋼製品の位置付けは何ら変わることは無く、逆に、市場での一層の高機能化製品のニーズは益々高まっていると考えられる。

こうした背景と、世界的な需要増大、老廃屑の発生予測、天然資源の動向から 鑑みても、今後とも(少なくとも日本では)製鉄プロセスの中心は鉄鉱石の石炭による還元を中心とした体系が主流であると思われる。しかし、これまでの石炭による還元、これに伴い発生する多量の副生ガスの有効利用といった製鉄所全体システムとしての効率化追求は、一貫での省エネルギーという観点からは効果があつたものの、石炭系燃料の削減、CO₂発生量の抜本的な削減という視点からは不十分であり、原理原則(炭素還元⇒発生CO₂の分離回収+炭素によらない還元) に基づく新たなプロセスへの変革が必要である。今回提案の開発内容は、こうした 点からも今後の鉄鋼業の進むべき方向として適確であり、こうした革新的な開発を、 高炉という従来の成熟したプロセスと組み合わせることによる変革プロセス開発に 着手することの意義は大きい。

一方で、このような開発は、地球、そして全人類の未来へのためであり、日本国内での関係企業はもとより、欧州等の研究機関との連携を強化し推進すること、そして開発と並行して社会システムの基盤整備が必要であることは言うまでもない。分離回収したCO₂の貯留、モニタリングシステム、そのための法整備、エネルギーバランスの変化によるCO₂に起因しない電力の供給や、増大するコスト負担のあり方など、解決すべき課題も多く、政府主導による産官学一体となった支援にも必要である。開発は、基礎から実用化まで10年を超える長期的なものとなると思われるが、関係者が一体となり開発に取り組むことが、地球温暖化抑制への一助となるばかりか、内外での日本の鉄鋼業そのものの競争力強化になることと思われる。30年後の工業化へ向けてその成果を大いに期待したい。

投稿No.15

2008/01/29 (火) 17:34

わが国製造業の炭酸ガス排出量の約4割を占める鉄鋼業からの炭酸ガス削減は、ポスト京都の枠組みを踏まえたわが国のイニシアチブ発揮のためにも重要な対策と考える。

コークスを還元材とする現在のプロセスにおいては、発生するCO₂を分離回収してCO₂貯留へと繋げていく必要があるし、将来的には脱炭素の観点からの技術が必要と考えられる。本プロジェクトに掲げられている研究開発は製鉄プロセスの中長期的視野に立ったブレークスルー技術を指向するものとみられ、本プロジェクトの実施は有意義である。

プロジェクト個々のテーマのマイルストーン管理も重要ではあるが、提案技術をベースとした新たな展開や発展型等への柔軟な対応も考慮し、製鉄プロセスの将来に必要な技術を着実に獲得して欲しい。

エネルギー型製鉄プロセスといえども、21世紀においては、究極に近い「二酸化炭素の抜本的排出削減」の観点では、更なる発想の転換が必要となって来る。つまり、鉄還元に必要なエネルギーのみ、炭素系還元材で供給し、同時に発生する「副生ガス」は極小化し、トータルの「二酸化炭素発生量」を削減すべしという「コプロからモノプロ」への発想の転換が必要となって来る。(副生ガス控除の概念も消失の前提)但し、これの実現のためには当然のことながら、二つの技術課題をクリアーする必要がある。

第一に、副生ガスとしてしか使えなかったガスを「高炉での還元」に適用可能にする技術開発である。副生ガスとして高炉で高度な還元特性を発揮させる為には、COGの改質技術が必要である。

第二に、高炉内で水素還元を行うときの通気確保、生成物の融着回避、粉化防止も含めた反応制御等、解決すべき課題は多い。又、従前の副生ガスが行っていた、エネルギー供給を「二酸化炭素の発生しない」エネルギー源で行う必要があり、その最も典型的なものは、従前副生ガスを供給して行っていた発電の「原子力化」である。これらの挑戦的な開発を奏功させてコプロのモノプロ化のシナリオを実現する必要がある。

このアプローチに対し、発生側の低減対策では対処し切れない範囲を守備範囲とするアプローチとして、CCSの極限高度化が挙げられる。CCSについても、CO₂吸収液の吸収再生特性の大幅向上や低温排熱の有効利用の拡大といった挑戦的な課題をクリアーする必要があるが「仕方なく出るものは力づくでも取る」というある意味手堅い手段と言え、この二つのアプローチは切っても切れない関係にあるものである。

以上述べた様に、今回のCOURSE50の取り組みは、原理原則および目標到達のスケジュール観からして「最も適切な」課題設定であり、コプロのモノプロ化については、更なる将来の「水素還元の拡大」への礎とも成りえる開発として国を挙げて取り組むべきものと思量する。

投稿No.11

2008/01/29(火) 16:35

既に自主行動目標を明確に定めて実行中である製鉄分野において、更にこのような将来に向けた開発を行うことは、我国の技術が世界をリードする上でも意義あるものと考えられる。

開発課題は水素利用と、CO₂の分離回収に分かれているが、現在期待されている水素製造、二酸化炭素分離回収・貯留は追加してエネルギー投入が必要なものであり、省エネルギーとは相反する側面がある。この点から既に水素、未利用排熱を持つ製鉄業のエネルギーインフラを利用することは、エネルギー問題の視点からも適切な課題設定であると考えられる。水素利用技術は課題解決のハードルがCO₂分離回収よりもかなり高いと思われるが、対策が容易ではないと言われるCO₂問題に対して、このような水準の異なる課題を設定し、それらを平行して進めることがプロジェクト全体の開発リスクを下げると共に、国としての対策技術をより多く持つ上でも意義あるものと考えられる。

一方、CO₂削減技術は世界の動向、国全体の方針をよく見ながら進める必要があり、将来コストをかけてでも実行せざるを得ない可能性のある技術であって、本開発はこれを研究開発によっていかにコストの低減が図れるか、という性格を持つものであり、「研究開発の実施後で経済合理性が発生することを狙うものではない」という宿命を持っていると考えられる。従って通常のような開発即実用化、と

いう即戦力養成型のマネジメント、評価基準だけでは開発の円滑な推進、社会情勢を見通した機敏な対応は容易ではないかと思われる。この視点からの課題の位置づけに相応しいマネジメントを望むところである。

投稿No.10

2008/01/29 (火) 15:50

今後CO2削減問題に関係して鉄鋼業が果たす役割は益々大きくなるものと考えられ、本プロジェクトは日本全体にとっても重要な位置を占めるものと思われます。特に高炉における「水素の積極的な利用」は、CO2削減効果に対して極めて明快であることから、高炉における水素の置換効果と各種水素製造方法に関してCO2削減効果を幅広く検討することが必要であると思います。

既に、大学・国立研究機関中心に「グリーンエネルギー製鉄研究会」の立ち上げを決定しております。しかし、その研究対象はあくまで鉄鋼業であり、鉄鋼各社と鉄鋼連盟の協力無くしては研究成果への期待も半減するものであります。したがって、本プロジェクトが産学官のより良い協力の上で実質的な成果を上げられることを期待します。

また、2050年に50%CO2という大きな目標に対しては、現在の延長線上では考えられない数値と思われます。ぜひ、炭素を使わない「水素製鉄炉」への基礎研究をプロジェクトの一部に取り込んでいただきたいと思います。この研究は、是までの西洋に起源をもつ製鉄技術から、日本発の新製鉄技術としても重要な位置づけになるものと思われます。他の国々も既に水素の利用は考えておりますが、そこまでは到達しておりません。是非とも日本が、また日本の製鉄業が世界の先陣をきってCO2削減のバイオニアになること期待します。

投稿No.9

2008/01/29 (火) 15:10

国内製造業のCO2排出量の40%を占める鉄鋼業では、大幅なCO2削減に向けた技術開発が喫緊の課題である。国内製鉄所では、CO2削減に向けた省エネルギーの取り組みを地道に進め、CO2排出原単位は世界のトップにある。しなしながら、製鉄所内でのCO2の大半を発生する高炉において、コークスを還元材とする現在のプロセスでは抜本的なCO2削減は困難であり、今後還元材を従来の「炭素系」から「脱炭素系」へ転換する必要性に迫られている。一方、ベース技術として残る「炭素系」においても、発生するCO2を分離回収し、CO2貯留へと繋げていく必要がある。

上記の観点から、①高炉からのCO2排出削減技術開発、②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発の2テーマからなる本プロジェクトは最重要技術課題であり、早急に研究に着手する必要がある。ただし、ブレークスルーのための技術確立は容易ではなく、MPと予算を集中的に投資すると共に、大学とも連携し産学の英知の結集を進めるべきである。

本プロジェクトは、フェーズⅠ、フェーズⅡの10年間の研究成果として、約30%のCO2削減の技術確立を目的としているが、プロジェクトの推進に際してはテーマ毎にマイルストーンを設定した上で全体プロセスの最適化を図れる開発体制を構築し、着実な成果の創出を期待したい。

投稿No.8

2008/01/29 (火) 12:59

我が国の進んだ製鋼技術をさらに国家プロジェクトでCO2削減をテーマとして向上させることは、国際貢献の面からも非常に大きな意義があると賛同いたします。

公表されている(案)に加えて、再生可能な植物由来燃料を適用することで大気中のCO2排出削減、化石燃料(コークス等)使用量削減等の大きな効果が期待できる以下のテーマも加えていただくよう要望します。

(追加テーマ)製鉄業の燃料・還元剤等への低地球温暖化負荷資材適用技術の開発

投稿No.7

2008/01/29 (火) 12:38

日本の鉄鋼業は、CO2削減に向けた省エネルギーの取り組みを地道に進め、CO2排出原単位は世界のトップにあるが、国内製造業のCO2排出量の40%を占めており、大幅なCO2削減に向けた技術開発が緊急の課題といえる。

本プロジェクトは、コークス炉ガスや高炉ガスを副産物でなく、共産物として、CO2排出量を削減するために積極的に活用しようとしていることが注目すべき点である。高炉ガスからのCO2分離や高炉での水素利用など、ブレイクスルーするための技術確立は、容易ではないと考えられるが、予算を集中的に投資すると共に、大学とも連携し、産学の英知を集めて着実な成果を創出することを期待したい。

投稿No.6

2008/01/29 (火) 9:20

1. 地球儀規模で進行している「地球温暖化」への挑戦は、これまで積み重ねてきた、他との争いを乗り越えてでも得ようとしていた、文明の高度化という流れに、一見、背反する課題です。特に、資源の大半を輸入する日本は、エネルギー節約、環境保全、を生きていく術の柱の一つとして克服すべく、技術開発・実践を国民的に行ってきたり、現在もやっている、と思っています。これらは世界に自負できる技術の数々であり、社会システムも先進諸国／発展急なる国々にも真似てほしい、と強く思います。即ち、「温暖化」問題が顕在化する以前から、「温暖化対策」をすでにとってきているとも言えます。そのような日本には、「温暖化対策」は更なる、国民への大きな負担を強いる課題となります。

しかしながら、産業界、とりわけ、「産業の米」を供給する「鉄鋼業界」、この業界は「省エネ」「環境」に早くから取り組み成果を上げてきている、を対象に、いや牽引して、「NEDO」殿が地球儀的課題に日本も取り組む、という行動を起こしたことは非常に心強く思います。

2. テーマ内容を見ると、これまで鉄鋼技術の核としてきた「石炭還元高炉法」を抜本的に見直し、CO還元ではなく、水素還元を取り込む、という革新技術に挑戦する、という課題は、国内の「電力」を初めとする「エネルギー大量消費業界」の技術革新を促すのみならず、「CO2排出権取引」に邁進している欧州に、技術開発挑戦を促すものと考えます。技術は挑戦無くして達成はあり得ません。現在普及している「プラズマテレビ」や「液晶テレビ」更には「LED」は最たるものです。非常に壁の高い課題と思いますが、NEDO殿の、国家的なリーダーシップを発揮していただき、実現に向かう、近づく道程を作り上げていただきたい。また、道程から得られてくる「個別技術」を世界に発信して、真の「日本のステータス」を世界に見せて下さい。

3. CCSについて

石炭を使う高炉法が存在する限り「CO₂発生」は余儀ない事象なので、「増エネ」する「CO₂吸収分離」技術を、日本得意の「省エネ」観点からシステム技術開発することは極めて順当なアプローチと思います。早期に技術を確立し、世界に発信するよう、NEDO殿の指導力を期待します。

投稿No.5

2008/01/28 (月) 18:02

温室効果ガス削減という地球規模の重要課題を、先進国である日本が主導的役割を果たすべきであるとする。特に製鉄プロセスで大量の二酸化炭素を排出している高炉メーカーの役割は大きく、鉄鋼メーカーでの個別の削減取組みに加え、国家プロジェクトで抜本的削減策に取り組むことは非常に意義深い。

取組み内容のひとつであるCCS技術は、国内では火力発電所からの排出ガスでの検討実績があり、この技術を高炉ガスからの分離吸収に活用することで、効率的に開発を進めることができる。また、CCS技術での最大の課題であるコスト低減に対して、製鉄所の廃熱を利用するなど独自の工夫も加えられており、この取組みに期待したい。

一方、もうひとつの取組みである水素等による還元製鉄は、化石燃料に頼らない革新的な技術で、二酸化炭素排出量の抜本的削減策として大いに期待したい。また、この取組みでは、水素還元に資する基盤技術に加え、コークス炉ガスからの水素増幅技術も盛り込まれており、バランスの取れた取組みとなっている。

これらの取組みを産官学の総力結集して実施することで、先進国の日本が二酸化炭素の抜本的削減に向け世界をリードしてほしい。

投稿No.4

2008/01/28 (月) 16:39

CO₂ 排出量の大幅な削減につながる具体策が強く求められるなか、我が国のCO₂総排出量の10%以上を占める鉄鋼業が主体的にCO₂排出量削減に向けた技術開発に取り組むことは極めて重要であり、時宜を得たものである。本案に対しては、以下のように検討を行うべきであるとする。

1. 高炉からのCO₂排出削減技術開発について、

一貫製鉄所においては、炭素源の90%以上が高炉内での鉄鉱石の還元、溶融処理等に用いられることを考慮すれば、CO₂ 排出量低減を目指すためには水素還元技術開発に取り組むことは重要であるが、大規模装置産業の鉄鋼業の心臓部に関する開発であるだけに長期開発目標を立てて段階を踏んで進めていく必要がある。また、鉄が国際商品であるが故に経済(コスト)と環境の両立を目指すための国際的なコンセンサスを得つつ進めることも必要とする。長期的視点に立てば、脱炭素製鉄は必然であり、今回の取組みが、鉄鋼業が将来に渡って重要な産業で有り続けるための大きな一歩となると考える。

2. 高炉ガスからのCO₂分離回収技術開発について

前述の課題が鉄鋼業における長期課題と位置付けられるならば、本課題は前述の技術開発の効果を補完可能な課題であるとともに、単独でもCO₂削減に寄与でき、かつ早期実用化が期待できる技術課題である。加えて、CO₂を分離回収するためのエネルギーを一層低減するための化学吸収

液の研究は、高炉ガスのみならず発電所や化学工場等の排出ガスへも応用可能な技術であり、その展開の汎用性からも研究する意義は大きい。

化学吸収液の研究においては、これまで市販アミンのコンビナトリアル的な試験手法を中心に徐々に性能の向上がはかられてきているが、今後は大幅なエネルギー低減につながるブレークスルー吸収液の開発が強く望まれる。そのため本プロジェクトにおいては、大幅な分離回収コストの低減目標を据えて研究する方針であるので、高度な計算化学手法等の新たな発想に基づいた新吸収液の研究開発の進展に大いに期待する。

更に本プロジェクトにおいては、「パイロットプラント規模での特性把握」が掲げられている。これは新吸収液の実用化を促進するに必須の手法である。実際に対象となるガスを用いて、実機に展開できる実証規模で長時間運転を確認すること、そして装置設計のためのデータを取得することで早期実用化を可能にする。また同時に、新吸収液に適した化学吸収法の装置構成やシステムを評価するためのモデル解析が重要であり、シミュレーション解析等を本研究プロジェクトの中に取り込むことを提案する。

温暖化対策はグローバルな課題であり、分離回収コストを低減するための新技術については諸外国も開発を進めている所である。関係研究機関等と連携を取り、開発状況を入手して、本プロジェクトの研究開発成果と比較評価するとともに、諸外国に発信できるような高レベルな成果を期待する。

投稿No.3

2008/01/24 (木) 19:23

一貫製鉄所における最近のエネルギー原単位の国際間比較が示すように、日本の製鉄技術は省エネルギーの面からも未だに最先端を維持しているが、技術的には飽和の段階にあり、エネルギー節約を基調とした技術開発のみでは2050年に向けて要求されるであろう大幅な温室効果ガス排出削減の達成は不可能である。このような隘路を克服するためには、高炉型反応器を主体とした製鉄と基本とする限り、1)炭材使用比率の削減(水素製造および高度利用)、2)排出ガスからのCO₂分離回収が最重要技術課題であることは論を待たず、その意味からも本プロジェクトは必然的なものと言える。日本の製鉄技術を世界最高水準で維持させるためにも早いスタートを望むものである。

ただし、最終的な目標としているCO₂排出量を30%削減する技術の確立は容易なものではなく、産学官の総力をもって進める必要があると考える。さらに、欧州のULCOSプロジェクトなど関連性のある研究開発動向を十分に考慮しつつ、日本の独自性を発揮できるようなプロジェクト運営に配慮して頂きたい。

投稿No.2

2008/01/24 (木) 14:42

1.全体についての意義

鉄鋼業においてCO₂削減は緊急的、かつ長期的な課題でも有り、この時期にプロジェクトを起こすことは有意義である。

2.水素還元

水素還元を特徴としているが、本提案では石炭乾留による水素、及びコークス炉ガス顕熱を利用した水蒸気改質による水素の利用であり、水素源として限定的なものである。後者は現状のコークス炉を考えると非常に工業化が難しい技術であり、水素のソースとしてこれだけに限定せずに CCS を利用した石炭系など幅広く考えるべきであろう。

3.CCS について

吸収法が構想にあるが、CCS は鉄生産コストに大きく影響する技術要素であり、欧州では吸着法を高炉に適用しようとの提案もあるように、既存の方法に限らず、さらに革新的な提案も取り入れるべきであろう。

ただし高炉ガス特有の微量成分、大容量のガス処理など冷静に考えるべき点もあり。

4.酸素の利用

CCS とも関連するが、通常の高炉は空気送風であり、高炉ガス中に N₂ 分が半分含まれており、これが CCS コストなどに大きく影響する。現提案は効率的でない。全体を考慮し、酸素送風なども検討すべきであろう。

5.全体システム

鉄鋼の製鉄プロセスは炭素を消費すると同時にエネルギー供給の役目も持つ。また、CCS を高炉炉頂ガスに適用するにしても高炉ガス中の CO₂ は全体の 1/4 程度であろう。コークス炉、熱風炉、焼結機でも CO₂ が発生しており、全体的な視野から CO₂ 削減に適した最適システムを考える研究もすべきであろう。

6.開発体制について

本テーマは重要であり、現状提案の他にも議論を通じて優れた提案がさらに出ると思われる。欧州でも類似の検討が進んでいる。このプロジェクト推進に当たっては企業の他に、大学も交えた総合的な検討、研究体制を考えるべきと思われる。

7.目標感

本提案では CO₂ 削減は 30% 程度と予測されているが、長期的には 50% 以上の削減が我が国の大きな目標となろう。本提案をベースに上記の体制でさらに発展系も検討すべきであろう。

投稿No.1

2008/01/23 (水) 20:40

大量の二酸化炭素を排出する製鉄産業における二酸化炭素の大幅な削減は、地球環境の面から重要かつ喫緊の課題である。

水素による鉄鉱石の還元、COG改質による水素製造と回収、CO₂分離・回収など、いずれも重要な技術であり、本プロジェクトにより積極的に推進されることを期待する。

同時に、従来型高炉に替わる製鉄プロセスの中長期の姿を基礎に立ち戻って検討していくことも重要と考える。5年、10年のスパンではなく、さらにその先、我が国の製鉄業が競争力を維持していくための研究を合わせて進めていただきたい。

評価概要

1. 総論

1) 総合評価

本プロジェクトは、日本における温室ガス発生の主源の1つである製鉄業から排出されるCO₂を削減するという大きな目標に対し、全高炉メーカーが一丸となり、オールジャパン体制を敷いて連携し、様々な技術を駆使し実現しようというものである。国際競争力を有する革新的技術を開発するための要素技術も的確に抽出されていることから、実現すれば技術立国として、世界的に極めて高い評価をもたらすものである。2030年までに30%CO₂削減可能な技術の確立を目指す目標は妥当であり、設定された中間目標に対しては、満足のいく成果が得られている。

一方、開発項目が総花的になっており、関連する技術の全てを開発対象としているが、新規開発項目、既存技術の適用研究、などに区分して、研究項目ごとに優先度を決めて研究規模を見直し、予算の重点配分を行うべきと考える。実用化を考えた場合に国プロの基盤技術開発として注力すべき項目と民主体で実用化を推進する項目を年次計画に沿って明確にしていく必要がある。20年にわたる長期スパンの実用化開発計画であるが、各技術の難易度を明確にし、技術ごとに基盤終了時期を明示することが望まれる。また、実機の明確なイメージを確立する必要がある。スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し、プロジェクトを進めることが望ましい。

2) 今後に対する提言

各国で計画されている同様のプロジェクト(ULCOSプロジェクト等)と比較し、本プロジェクトは、効率性、経済性で優位にあり、国際競争力があることを明確に示す必要がある。プロジェクトは多岐にわたるので、研究項目の整理と、トータルプロセスとしての評価システム(シミュレータ)を導入して、開発をマネジメントする必要がある。

また既存技術があるものについては、本プロセスへの適用研究を行うことが必要となるが、既存技術を有する企業や専門家も本プロジェクトへ参加させるべきであると考え。20年という長期スパンを考えると技術や知識の伝承と継承人材の確保のため、研究者、技術者の新陳代謝のマネジメントスキームも提示することが望まれる。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

我が国全体のCO₂ 排出量の約15%を占める鉄鋼業界において、製鉄所内の石炭エネルギーのみで約30%のCO₂削減する技術開発を目的とした本プロジェクトは、公共性が高いと判断される。また、高いハードルである技術的課題を総合的に解決し実施するために製鉄業界全体で取り組むことが肝要であり、基礎研究面での大学や公的研究機関との連携が不可欠である。特にCO₂ の分離回収は公共性が高く、また、高炉法製鉄プロセスへの水素の導入は極めて大きな技術的変更であり、民間だけでは改善できないものである。また、CO₂ 削減という側面だけでなく、革新的な技術により国際競争力ある鉄鋼業へ展開できる可能性を有する。以上のことから、NEDO の関与する事業としては妥当と判断できる。

一方、鉄鉱石の還元材としての炭材を一部水素に置換して、発生するCO₂ を削減するという考え方は妥当と考えられるが、他に国内も含めて、世界中で提案されている新製鉄法と比較して、熱的・経済的に十分対抗性のあるプロジェクトであることを定量的に示すべきである。また、実用機導入まで20年という長期にわたる開発プロジェクトであるため、国が効果的に関与する程度と時期を、戦略的に整理し提示していく必要がある。すなわち、少なくとも現フェーズのプロジェクトの終了時には、全体プロセスの中で、民のみで実施するもの、続いて国が関与すべきものを明確に分けていく必要があると考えられる。

2) 研究開発マネジメントについて

複雑で困難な多くの課題を解決するために、産学官連携の組織で構成するオールジャパンの開発体制は、ナショナルプロジェクトの実施体制として極めて望ましい。プロジェクト全体の企画・運営会議および知財会議、各サブテーマ間の調整を行う全体プロセス評価・検討会議WG およびアドバイザーボードが設置されており、各研究項目を担当する鉄鋼各社が緊密な協働活動体制を敷いて実行している点は評価できる。中でもサブテーマとして「製鉄プロセスの全体の評価」を設け、全体調整やマネジメントを主に担当させている点は、高く評価できる。

一方、実用化イメージから逆算して目的達成のための開発すべき項目に対してマイルストーンを定量的に数値設定し、厳密に管理していくことが望まれる。また、基礎基盤開発で実施すべきもの、基盤技術の範囲外のもの、現実的なプロセス規模から見合わない技術など、的確に選別して、今後、国プロの範囲で実施すべきものを選択集中させる必要がある。また、既存技術の改善改良および代替技術の新規開発は、その分野の企業および専門家の関与を求めるべきで

ある。研究開発プロセスで見出される各事象についても理論的解析が不十分で、次ステップに展開していくべき開発課題の取り上げ方法が必ずしも十分ではない。アドバイザーボードの優秀な外部有識者からもっと定量的解析手法を教示してもらい、その思想を研究開発に反映すべきである。技術的な目標はある程度設定されているが、経済的な目標が示されていない。技術の国内外への普及を考えると市場ニーズに応じた経済的な評価項目と目標が必要である。今後、普及を考えた場合の製品性能とコスト評価を明確にすべきである。その値と技術開発目標が一致するようにする必要がある。

3) 研究開発成果について

個別に設定された中間目標に対して、良好な開発成果が得られている。特に、溶融スラグからの熱回収は、現在、実施例がなく新たな技術領域を開拓することが期待できる。また水素還元を導入した高炉技術では、中間目標に対し、想定以上の開発成果が得られている。多数の知的財産を取得し、論文発表も適切に実施されている。また、マスコミ向けの発表も意識していることは大変良い。但し、中間目標の設定が、いずれもフィージビリティの検討や要素技術の開発に限られているので、最終目標までの技術的課題の難易度がかなり高く、実用化への道のりは険しいテーマが多い。実機の装置サイズ、占有面積などから、実用化へ向けての課題を抽出し、スケールアップに関する新たな目標項目と数値の設定を加えていく必要がある。例えば、CO₂ 吸収液では、製鉄所敷地内に設置されるCO₂ 吸収塔、分離塔の建屋面積を考慮すると、更に10 倍くらい吸収効率のよい吸収液の開発が必要と考えられる。

4) 実用化の見通しについて

オーバーオールでは実用化イメージはできている。また、現時点でも一部は実用化可能と判断できるものもある。本技術が確立すれば、CO₂ 削減という実質的な効果に加えて、鉄鋼業の技術革新、低環境負荷技術を担える人材の育成に寄与などへの波及効果は非常に大きいと考えられる。

しかしながら、技術の全体イメージは明らかにされているが、普及可能な実用化イメージ・出口イメージが明確でないように見受けられる。市場動向、経済性を入れた実用化の見通しが必要である。高炉の大きさは変化しないであろうが、これまで以上に付帯設備が甚大な製鉄プロセスになる。また、熱の効率的な授受が生命線となるので、各設備のレイアウトまで含めた合理性が実用化のポイントとなると考えられる。そのため、現在想定されている開発課題に加えて、スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し研究を進めていくことも望まれる。基礎研究、長期ステップ、特に2013年以降の

Phase I (Step 2) における、もう少し実機化と密接に繋げるようにスケールアップするマイルストーンを、もっと具体的に示してほしい。

添付資料

特許、論文、外部発表等の件数（内訳）

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表 （プレス発表等）
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	1件	5件
H21FY	1件	0件	0件	1件	18件	27件
H22FY	12件	0件	0件	1件	29件	24件
H23FY	20件	0件	1件	1件	38件	31件
H24FY	2件	0件	3件 （手続中）	6件 （投稿中5件）	29件	11件
計	35件	0件	4件	9件	115件	98件

（※Patent Cooperation Treaty：特許協力条約）

平成24年11月5日現在

注1：H24FYの特許出願は、この他に1件が出願準備中

注2：H24FYの論文査読付きは、この他に7件が投稿準備中

【特許】

番号	出願者	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称	発明者
1	JFE スチール 株、他	特願 2010-143429	国内	2010/6/24	公開	焼結鉱の還元粉化性 状の評価方法	吉田圭佑、 他
2	(財)地球環 境産業技術 研究機構、 新日鐵住金 株	特願 2010-067480	国内	2010/3/24	公開	ガス中に含まれる二 酸化炭素を効果的に 吸収及び回収する水 溶液	岡部弘道、 他
3	(財)地球環 境産業技術 研究機構、 新日鐵住金 株	特願 2010-150304	国内	2010/6/30	公開	排ガス中の二酸化炭 素を効率的に吸収及 び回収する水溶液	岡部弘道、 他
4	JFEスチール 株、他	特願 2010-147563	国内	2010/6/29	公開	製鉄所におけるガス 分離回収設備の操業 方法	林 弘治、 他
5	JFEスチール 株、他	特願 2010-141672	国内	2010/6/22	公開	圧カスイング吸着法 によるガス分離方法	原岡たかし、他
6	JFEスチール 株、他	特願 2010-148062	国内	2010/6/29	公開	高炉ガスの成分分離 方法およびその装置	原岡たかし、他
7	JFEスチール 株、他	特願 2010-141100	国内	2010/6/21	公開	溶融スラグの処理設 備	當房博幸
8	JFEスチール 株、他	特願 2010-141103	国内	2010/6/21	公開	スラグの顕熱回収方 法	當房博幸
9	株神戸製鋼 所、他	特願 2010-169685	国内	2010/7/28	公開	製鉄用コークスの製 造方法	宍戸貴洋、 他
10	株神戸製鋼 所、他	特願 2010-169686	国内	2010/7/28	公開	製鉄用コークスの製 造方法	宍戸貴洋、 他
11	株神戸製鋼 所、他	特願 2010-169790	国内	2010/7/28	公開	無灰炭の製造方法	堺 康爾、 他
12	東京大学、 新日鐵住金 エンジニアリ ング株	特願 2010-080236	国内	2010/3/31	出願	二酸化炭素ガス回収 装置	岸本啓、他
13	東京大学、 新日鐵住金	特願 2010-080237	国内	2010/3/31	出願	二酸化炭素ガス回収 装置	岸本啓、他

	エンジニアリング(株)						
14	JFE スチール(株)、他	特願 2011-118850	国内	2011/5/27	出願	鉱石の還元粉化率測定方法	石渡夏生、他
15	新日鐵住金(株)、他	特願 2011-117344	国内	2011/5/25	出願	水素富化コークス炉ガス製造システム	鈴木公仁、他
16	新日鐵住金エンジニアリング(株)、他	特願 2011-150130	国内	2011/7/6	出願	気泡槽を用いたCO2回収装置及び回収方法	三村知弘、他
17	新日鐵住金エンジニアリング(株)、他	特願 2011-150131	国内	2011/7/6	出願	多段リボイラを用いたCO2回収装置及び回収方法	三村知弘、他
18	JFE スチール(株)、他	特願 2011-223661	国内	2011/10/11	出願	溶融スラグ処理用ダブルロール冷却装置	萩尾勇樹、他
19	JFE スチール(株)、他	特願 2011-248136	国内	2011/11/14	出願	潜熱蓄熱体及び潜熱蓄熱装置並びに潜熱蓄熱体の初回融解方法	岸浪智之、他
20	新日鐵住金(株)、他	特願 2012-010464	国内	2012/1/20	出願	連続式固定床触媒反応装置及びこれを用いた触媒反応方法	伊藤信明、他
21	新日鐵住金(株)、他	特願 2012-010460	国内	2012/1/20	出願	連続式固定床触媒反応装置及びこれを用いた触媒反応方法	伊藤信明、他
22	新日鐵住金(株)、他	特願 2012-010479	国内	2012/1/20	出願	連続式固定床触媒反応装置及びこれを用いた触媒反応方法	伊藤信明、他
23	JFE スチール(株)、他	特願 2011-281806	国内	2011/12/22	出願	ガス分離回収方法	茂木康弘、他
24	JFE スチール(株)、他	特願 2011-281810	国内	2011/12/22	出願	燃焼性ガスの製造方法	原岡たかし、他
25	JFE スチール(株)、他	特願 2011-281906	国内	2011/12/22	出願	ガス分離回収方法	茂木康弘、他
26	JFE スチール(株)、他	特願 2011-287501	国内	2011/12/28	出願	圧カスイング吸着法によるガス分離方法及び装置	齋間等、他
27	JFE スチール(株)、他	特願 2012-7989	国内	2012/1/18	出願	高出鉄比高炉操業方法	吉田圭佑、他
28	新日鐵住金(株)、他	特願 2012-029845	国内	2012/2/14	出願	粒状体処理装置及びこれを用いた粒状体処理方法	伊藤信明、他

29	新日鐵住金 (株)、他	特願 2012-029809	国内	2012/2/14	出願	粒状体処理装置及び これを用いた粒状体 処理方法	伊藤信明、 他
30	新日鐵住金 (株)、他	特願 2012-029866	国内	2012/2/14	出願	粒状体処理装置	伊藤信明、 他
31	新日鐵住金 (株)、他	特願 2012-029892	国内	2012/2/14	出願	連続式固定床触媒反 応器	伊藤信明、 他
32	新日鐵住金 (株)、他	特願 2012-49672	国内	2012/3/6	出願	高炉羽口からの還元 性ガス吹き込み方法 及び吹き込みランス	篠竹昭彦、 他
33	新日鐵住金 (株)、他	特願 2012-49698	国内	2012/3/6	出願	高炉操業方法	樋口謙一、 他
34	(財)地球環 境産業技術 研究機構、 新日鐵住金 (株)	特願 2012-025170	国内	2012/2/8	出願	排ガス中の二酸化炭 素を効率的に吸収及 び回収する水溶液、 及びそれを用いた二 酸化炭素の回収方法	東井隆行、 他
35	新日鐵住金 エンジニアリ ング(株)、他	特願 2012-166271	国内	2012/7/26	出願	二酸化炭素回収方法	林幹洋、他
36	JFE スチール (株)、他	特願 2012-228243	国内	2012/10/15	出願	二酸化炭素ガスの分 離回収装置および方 法	齊間等、他
H24 年度 予定	(公財)地球 環境産業技 術研究機 構、新日鐵 住金(株)		国内			排出ガス中の二酸化 炭素を効率的に吸収 及び回収するための 水溶液	東井隆行、 他

外国出願

1	東京大学、 新日鐵住金 エンジニアリ ング(株)	PCT/JP2011/57549	PCT	2011/3/28	出願	二酸化炭素回収装置	村橋一樹、 他
2	新日鐵住金 (株)	手続中	PCT		出願	連続式固定床触媒反 応装置及びこれを用 いた触媒反応方法	伊藤信明、 他
3	新日鐵住金 (株)	手続中	PCT		出願	連続式固定床触媒反 応装置及びこれを用 いた触媒反応方法	伊藤信明、 他
4	新日鐵住金 (株)	手続中	PCT		出願	連続式固定床触媒反 応装置及びこれを用	伊藤信明、 他

						いた触媒反応方法	
5	(公財)地球 環境産業技 術研究機 構、新日鐵 住金(株)	PCT/JP2011/064820	PCT		出願	排ガス中の二酸化炭 素を効率的に吸収及 び回収する水溶液	岡部弘道、 他
H24年度 予定	(公財)地球 環境産業技 術研究機 構、新日鐵 住金(株)		PCT			排ガス中の二酸化炭 素を効率的に吸収及 び回収する水溶液、 及びそれを用いた二 酸化炭素の回収方法	東井隆行、 他

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

【論文】

番号	発表者	所属	発表タイトル	発表媒体	査読	発表年
1	松崎眞六 (①)	新日鐵住金	Possibility of hydrogen reduction in iron-making process (COURSE 50 program in Japan)	鉄鋼協会第 157 回春季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.22 (2009) -268	無	平成 21 年 3 月 30 日
2	樋口謙一 他(①)	新日鐵住金	改質 COG 吹込みが鉄鉱石の高温還元性状に及ぼす影響(高炉での H ₂ 利用 CO ₂ 削減技術の開発 -1)	日本鉄鋼協会 第 159 回春季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.23 (2010)-94	無	平成 22 年 3 月 30 日
3	柏原佑介 他(①)	JFE スチール	高炉改質 COG 吹込みの製鉄系 CO ₂ 発生量への影響	日本鉄鋼協会 第 159 回講演大会	無	平成 22 年 3 月 30 日
4	宍戸貴洋・他 (③)	神戸製鋼	Effect of Innovative Additive on High Strength Coke Making	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry	無	平成 21 年 7 月 28 日
5	奥山憲幸・他 (③)	神戸製鋼	石炭の熱時抽出における液状分子の生成消失挙動	第 18 回日本エネルギー学会大会講演要旨集, p52	無	平成 21 年 7 月 30 日
6	宍戸貴洋・他 (③)	神戸製鋼	高強度コークス製造における高性能粘結材の開発	日本鉄鋼協会 第 158 回講演大会 CAMP-ISIJ Vol.22 (2009)-777	無	平成 21 年 9 月 15 日
7	上岡健太・他 (③)	産総研	高性能粘結材添加コークスの気孔構造解析	日本鉄鋼協会 第 158 回講演大会 CAMP-ISIJ Vol.22 (2009)-778	無	平成 21 年 9 月 15 日
8	濱口眞基・他 (③)	神戸製鋼	Carbonization properties of coal extract prepared by non-hydrogenative extraction of coal - Application as an additive for metallurgical coke making	2009 International Pittsburgh Coal Conference	無	平成 21 年 9 月 21 日
9	鷹鷲利公・他 (③)	京都大	Effect of HyperCoal Addition on Coke Strength of Coal Blends	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T 2009)	無	平成 21 年 10 月 26 日
10	奥山憲幸・他 (③)	神戸製鋼	Thermal extraction behavior of coal	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T 2009)	無	平成 21 年 10 月 26 日

11	奥山憲幸・他 (③)	神戸製鋼	高性能粘結材添加によるコークス配合炭軟化溶解性の変化	日本エネルギー学会 第46回石炭科学会議発表論文集, No.14	無	平成21年 11月26日
12	奥山憲幸 (②)	神戸製鋼	溶剤抽出炭の特性と利用展開	日本エネルギー学会関西支部 54回研究発表会	無	平成21年 12月4日
13	鷹嘴利公 他(③)	京都大	溶剤抽出炭製造技術とコークス用粘結材としての利用	日本エネルギー学会誌 総説 特集 89, 7-13	無	平成22年 1月
14	小谷野耕二・他 (③)	産総研	Effect of Coal Extract on Coke Strength and Pore Structure	American Chemical Society (ACS)	無	平成22年 3月21日
15	穴戸貴洋・他 (②)	神戸製鋼	高性能粘結材を用いた高強度/高反応性コークスの製造	日本鉄鋼協会 第159回講演大会 CAMP-ISIJ Vol.23 (2010)-62	無	平成22年 3月30日
16	山田秀尚 他(④)	RITE	Prediction of the Basicity of Aqueous Amine Solutions and the Species Distribution in the Amine-H ₂ O-CO ₂ system using the COSMO-RS Method	Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49 (5), pp 2449-2455	有	平成22年 1月20日
17	山田秀尚 他(④)	RITE	密度汎関数法および連続体溶媒和モデルによる二酸化炭素-アミン水溶液系における反応自由エネルギー計算	第3回分子科学討論会	無	平成21年 9月24日
18	船津公人 他(④)	東京大	Non-Linear Modeling and Chemical Interpretation with Aid of Support Vector Machine and Regression	Current Computer-Aided Drug Design	無	平成21年 12月21日
19	小玉 聡 他(④)	RITE	高炉ガスからの低消費エネルギー-CO ₂ 化学吸収液の開発	化学工学会 第75年会	無	平成22年 3月20日
20	船津公人 他(④)	東京大	二酸化炭素吸収のための新規アミン化合物の設計と検証	化学工学会 第75年会	無	平成22年 3月20日
21	小林敬幸 他(④)	名古屋大	高炉ガスからCO ₂ を分離するPSA法の動的シミュレーション	ゼオライト学会 第25回ゼオライト研究発表会	無	平成21年 11月26日
22	小林敬幸 他(④)	名古屋大	高炉ガスからCO ₂ を分離するPSA法の動的シミュレーション	エネルギー・資源学会 第26回エネルギーシステム・資源・環境コンファレンス	無	平成22年 1月26日

23	松崎眞六 他(①)	新日鐵住 金	高炉シャフトガス吹込み時のガス の炉内拡散状況の検討	日本鉄鋼協会 第160回秋 季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.23 (2010) -879	無	平成22年 9月25日
24	松崎眞六 他(①)	新日鐵住 金	COURSE50の概要と高炉での水 素利用に関する検討	日本鉄鋼協会 第160回秋 季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.23(2010)-1025	無	平成22年 9月25日
25	樋口謙一 他(①)	新日鐵住 金	改質COGの高炉シャフト吹き込 み時の焼結鉱還元に関する基 礎的検討(高炉でのH ₂ 利用CO ₂ 削減技術の開発-3)	日本鉄鋼協会 第161回春 季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.24(2011)-186.	無	平成23年 3月27日
26	宇治澤優 他(①)	新日鐵住 金	高炉シャフトガス吹き込み時のガ ス浸透挙動の解析	CAMP-ISIJ Vol.24 (2010) -880	無	平成22年 9月25日
27	宍戸貴洋 他(③)	神戸製鋼	ハイパーコール利用コークス製 造技術の開発	神戸製鋼技法 Vol.60, No.1, p62	無	平成22年 4月
28	奥山憲幸 他(③)	神戸製鋼	石炭の熱時抽出率変化と軟化 溶解性	第19回日本エネルギー学会 大会講演要旨集	無	平成22年 8月2日
29	小谷野耕 二他 (③)	産総研	石炭抽出物添加によるコークス の気孔構造変化	第19回日本エネルギー学会 大会講演要旨集	無	平成22年 8月2日
30	三浦孝一 他(③)	京都大	溶剤抽出フラクショネーション法 によるコークス製造時の原料炭 および粘結材の挙動説明	化学工学会 第42回秋季大 会	無	平成22年 9月6日
31	堺康爾 他(③)	神戸製鋼	高性能粘結材(HPC)抽出溶剤 の平衡組成(2)	日本エネルギー学会 第47 回石炭科学会議発表論文 集, No.58, p116	無	平成22年 9月21日
32	奥山憲幸 他(③)	神戸製鋼	コークス配合炭熱間性状におよ ぼす粘結材添加の影響	日本エネルギー学会 第47 回石炭科学会議発表論文 集, No.46, p92	無	平成22年 9月21日
33	小谷野耕 二他 (③)	産総研	コークス画像解析による基質連 結性評価法の開発	日本エネルギー学会 第47 回石炭科学会議発表論文 集, No.44, p88	無	平成22年 9月21日
34	熊谷治夫 他(③)	北海道大	コークス配合炭の軟化溶解挙動 に及ぼす粘結材添加の影響	日本エネルギー学会 第47 回石炭科学会議発表論文 集, No.45, p90	無	平成22年 9月21日
35	萩本陽和 他(③)	京都大	溶剤抽出フラクショネーション法 によるコークス原料炭および粘 結材特性の評価	日本エネルギー学会 第47 回石炭科学会議発表論文 集, No.47, p94	無	平成22年 9月21日

36	宍戸貴洋 他(③)	神戸製鋼	高性能粘結材及びアスファルト ピッチのコークス化性の評価	日本鉄鋼協会 秋季講演大 会 CAMP-ISIJ Vol.23 (2010) -968	無	平成 22 年 9 月 25 日
37	奥山憲幸 他(③)	神戸製鋼	Thermoplasticity Improvement of Coal Blends by Adding Solvent-Extracted Coal	2010 International Pittsburgh Coal Conference	無	平成 22 年 10 月 11 日
38	小谷野耕 二 他 (③)	産総研	Changes in Pore Structure of Coke Precursor during Carbonization	European Coal Conference (ECC) 8th	無	平成 22 年 10 月 10 日
39	小谷野耕 二 他 (③)	産総研	Pore Structure Analysis of Cokes Prepared by Adding Coal Extract	Second International Symposium on Gasification and Its Application (iSGA2010)	無	平成 22 年 12 月 5 日
40	蘆田隆一 他(③)	京都大	溶剤抽出フラクショネーション法 による原料炭および粘結材のコー クス化挙動の検討	化学工学会年会	無	平成 22 年 3 月 22 日
41	山田秀尚 他(④)	RITE	ヒンダードアミン水溶液による二 酸化炭素吸収機構の反応解析	第 33 回溶液化学シンポジウ ム	無	平成 22 年 11 月 16-18 日
42	山田秀尚 他(④)	RITE	Quantum Chemical Analysis of Carbon Dioxide Absorption into Aqueous Solutions of Moderately Hindered Amines	GHGT-10	無	平成 22 年 9 月 19-23 日
43	山田秀尚 他(④)	RITE	A Density Functional Theory Study on Carbon Dioxide Absorption into Aqueous Solutions of 2-Amino-2-methyl-1-propanol Using a Continuum Solvation Model	Journal of Physical Chemistry A, <u>115</u> , 3079-3086 (2011)	有	平成 23 年 3 月 17
44	齊間等 他(④)	JFE スチー ル	Development of PSA system for the recovery of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide from Blast Furnace Gas in Steel Works	10 th International Conference on Fundamentals of Adsorption	無	平成 22 年 5 月 27 日
45	三宅正訓 他(④)	住友精化	物理吸着法による高炉ガスから の CO ₂ 吸収	分離技術会・技術研究発表 会	無	平成 22 年 6 月 4 日

46	齊間等 他(④)	JFE スチー ル	Development of PSA system for the recovery of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide from Blast Furnace Gas in Steel Works	6 th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology	無	平成 22 年 7 月 22 日
47	齊間等 他(④)	JFE スチー ル	高炉ガスからの CO ₂ ,CO 回収用 PSA システムの構築	第 19 回日本エネルギー学会 大会	無	平成 22 年 8 月 2 日
48	原岡たか し 他 (④)	JFE スチー ル	高炉ガスに含まれる各種成分の PSA 法による分離技術の開発	化学工学会 第 42 回秋季大 会講演会	無	平成 22 年 9 月 18 日
49	茂木康弘 他(④)	JFE スチー ル	物理吸着法による高炉ガス分離 技術	日本鉄鋼協会第 160 回秋季 講演大会	無	平成 22 年 9 月 26 日
50	齊間等 他(④)	JFE スチー ル	高炉ガスからの CO ₂ ,CO 回収用 PSA システムの構築	日本吸着学会	無	平成 22 年 11 月 6 日
51	齊間等 他(④)	JFE スチー ル	高炉ガスからの CO ₂ ,CO 回収用 PSA システムの構築	日本鉄鋼協会 第 113 回熱 経済技術部会	無	平成 22 年 11 月 26 日
52	小林敬幸 他(④)	名古屋大	スケールアップに伴う圧力損失・ 温度変化を考慮した PSA 法によ る CO ₂ 分離回収シミュレーション	ゼオライト学会 第 26 回研究 発表会	無	平成 22 年 12 月 3 日
53	能村貴宏 他(⑤)	北海道大	直接接触式潜熱蓄熱装置の熱 交換速度改善	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -240	無	平成 23 年 3 月 26 日
54	松崎眞六 (①)	新日鐵住 金	COURSE50 および高炉還元材と しての水素利用の概要	日本鉄鋼協会 計測・制御・ システム工学部会 制御フォ ーラム「高品質・安定生産・ 環境調和を達成する先端的 プロセス制御」第2回公開フ ォーラム「鉄鋼業及び他産業 での環境への取組みと環境 調和型プロセス制御	無	平成 23 年 4 月 20 日
55	植木保昭 他(①)	名古屋大	微粉炭燃焼に関する研究	日本鉄鋼協会 高温プロセス 部会 第 3 回低炭素高炉研 究	無	平成 23 年 6 月 23 日
56	岡本悠揮 他(①)	名古屋大	微粉炭燃焼性に及ぼす水素添 加の影響	日本鉄鋼協会 第 162 回秋 季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.24 (2011)-752	無	平成 23 年 9 月 22 日

57	一色信太郎 他 (①)	大阪大	H ₂ -CO 混合ガスによる模擬焼結鉱の還元反応速度	日本鉄鋼協会 第163回春季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.25 (2012)-229	無	平成24年 3月28日
58	樋口謙一 他 (①)	新日鐵住金	Technology development for reformed- COG injection into blast furnaces to decrease CO ₂ emissions	1st International Conference on Energy Efficiency and CO ₂ Reduction in the Steel Industry (EECR Steel 2011),DVD-ROM Session 9, Dusseldorf, DDeH	無	平成23年 6月27日
59	葛西栄輝 他 (①)	東北大	焼結鉱の還元粉化に及ぼす還元ガス中水素還元及び温度の影響	日本鉄鋼協会講演大会ポスターセッション	無	2012年3 月28日
60	奥山憲幸 他 (③)	神戸製鋼	日本の鉄鋼業及び神戸製鋼所の地球温暖化対策に係る取り組み	化学工学会関西支部セミナー「省エネ分離技術」	無	平成23年 7月4日
61	奥山憲幸 (③)	神戸製鋼	劣質炭の改質による石炭資源適用力の拡大-UBCとHPCの開発状況と展望-	化学工学会誌 2011年9月号特集「石炭とコークスの明るい未来を語る」	無	平成23年 8月
62	奥山憲幸 他 (③)	神戸製鋼	Improvements in caking actions by using a coal derived caking additive	The 11 th China-Japan Symposium on Coal and C ₁ Chemistry	無	平成23年 8月3-7日
63	三浦孝一 他 (③)	京都大	溶剤抽出フラクショネーション法による原料炭・粘結材の軟化溶解挙動の検討	化学工学会第43回秋季大会	無	平成23年 9月16日
64	崎元尚土 他 (③)	産総研	コークス圧裂強度に与える破断面の基質連結性の影響	日本鉄鋼協会 第162回秋季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.24 (2011)-132	無	平成23年 9月20-22 日
65	奥山憲幸 他 (③)	神戸製鋼	A Mechanism of improvement in coke strength by Adding a Solvent-Extracted Coal	International Conference on Coal Science & technology 2011	無	平成23年 10月9-13 日
66	熊谷治夫 他 (③)	北海道大	¹ H-NMR Study on the Thermoplasticity of Coking Coal- Effects of coal blending and additives -	International Conference on Coal Science & technology 2011	無	平成23年 10月9-13 日

67	宍戸貴洋 他(③)	神戸製鋼	一般炭の改質による粘結炭代替 利用	日本エネルギー学会 第 48 回石炭科学会議発表論文 集, No.40, p80	無	平成 23 年 10 月 24-25 日
68	奥山憲幸 他(③)	神戸製鋼	高性能粘結材利用におけるコー クス強度向上機構	日本エネルギー学会 第 48 回石炭科学会議発表論文 集, No.38, p76	無	平成 23 年 10 月 24-25 日
69	鷹鷲利公 他(③)	京都大	画像解析手法を用いたコークス 強度評価技術の開発	日本エネルギー学会 第 48 回石炭科学会議発表論文 集, No.41, p82	無	平成 23 年 10 月 24-25 日
70	熊谷治夫 他(③)	北海道大	粘結材添加がコークス原料炭の 軟化溶解挙動に及ぼす影響	日本エネルギー学会 第 48 回石炭科学会議発表論文 集, No.39, p78	無	平成 23 年 10 月 24-25 日
71	宍戸貴洋 他(③)	神戸製鋼	高性能粘結材 (HPC) を用いたコ ークス製造技術の開発	日本鉄鋼協会 第 163 回春 季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.25 (2012)-1	無	平成 24 年 3 月
72	三村知弘 他(④)	新日鉄住 金エンジニ アリング	The Long Term Performance of Carbon Dioxide Capture from Blast Furnace Gas by Chemical Absorption Process	Poster Session in Post Combustion Capture Conference 2011,PCC1,IEAGHG/Abu Dhabi UAE	無	平成 23 年 5 月 19 日
73	山田秀尚 他(④)	RITE	Density functional theory study on carbon dioxide absorption into aqueous amine solutions using a continuum solvation model	第 27 回化学反応討論会	無	平成 23 年 6 月 9 日
74	山本 信 他(④)	RITE	新規アミン系 CO ₂ 吸収液におけ る熱安定蟻酸塩の生成挙動	化学工学会第 43 回秋季大 会	無	平成 23 年 9 月 14 日
75	山本 信 他(④)	RITE	BFG 中 CO に由来する蟻酸生成 挙動、蟻酸と基材アミンの反応 による熱安定性塩の生成挙動及 び生成機構	2011 AIChE Annual Meeting	無	平成 23 年 10 月 16 日
76	船津公人 他(④)	東京大	半経験的量子化学計算を用い たアミン化合物の QSPR モデル 構築及び新規化合物の提案	第 34 回情報化学討論会	無	平成 23 年 11 月 12 日
77	山田秀尚 他(④)	RITE	アルコールアミン水溶液の二酸 化炭素吸収におけるアルコール 鎖長の影響	第 34 回溶液化学シンポジウ ム	無	平成 23 年 11 月 15 日

78	山田秀尚 他(④)	RITE	Quantum Chemical Analysis of Carbon Dioxide Absorption into Aqueous Solutions of Moderately Hindered Amines	Energy Procedia 4, 133-139 (2011)	有	平成 23 年 9 月
79	松崎洋市 他(④)	新日鐵住 金	鉄鋼業の基盤としての数理科学	新日鉄技報 第 391 号	無	平成 23 年 11 月
80	風間伸吾 他(④)	RITE	CO2 分離回収技術開発の世界動向と RITE の取り組み	革新的環境技術シンポジウム	無	平成 23 年 12 月 1 日
81	F. A. Chowdhury 他 (④)	RITE	Selection of Amine Absorbents for CO2 Capture	化学工学会第 77 年会	無	平成 24 年 3 月 15 日
82	東井隆行 他(④)	RITE	RITE 化学研究グループの研究活動概説	RITE TODAY	無	平成 24 年 3 月 15 日
83	齊間等 他(④)	JFE スチール	高炉ガスからの CO ₂ ,CO 回収用 PSA システムの構築	日本エネルギー学会・年会	無	平成 23 年 8 月 9 日
84	齊間等 (④)	JFE スチール	二酸化炭素の回収と『始末』	化学工学会・秋季年会	無	平成 23 年 9 月 14 日
85	原岡たかし 他(④)	JFE スチール	PSA 法による高炉ガスからの CO ₂ 分離技術の開発	化学工学会・秋季年会	無	平成 23 年 9 月 14 日
86	黒沼英明 他(④)	名古屋大	温度変化を考慮した PSA 法による高炉ガスからの CO ₂ 分離回収シミュレーション	化学工学会・秋季年会	無	平成 23 年 9 月 14 日
87	茂木康弘 他(④)	JFE スチール	物理吸着法による高炉ガス分離	日本鉄鋼協会第 162 回秋季講演大会	無	平成 23 年 9 月 20 日
88	齊間等 他(④)	JFE スチール	高炉ガスからの CO ₂ ,CO 回収用 PSA システムの構築	日本吸着学会・研究発表会	無	平成 23 年 11 月 10 日
89	黒沼英明 他(④)	名古屋大	温度変化を考慮した CO ₂ 分離回収を目的とした解析による大規模 PSA 法の設計	日本吸着学会・研究発表会	無	平成 23 年 11 月 10 日
90	黒沼英明 他(④)	名古屋大	Design of A Large Scale PSA Method in Analysis Aiming at Carbon Dioxide Separation in Consideration of Temperature Change	エトピア科学に関する国際シンポジウム	無	平成 23 年 12 月 9 日
91	能村貴宏 他(⑤)	北海道大	直接接触式潜熱蓄熱装置の蓄放熱特性	第 48 回日本伝熱シンポジウム	無	平成 23 年 6 月 1 日
92	能村貴宏 他(⑤)	北海道大	低温鉄鋼廃熱回収用直接接触式潜熱蓄熱装置の放熱特性	CAMP-ISIJ Vol.24(2011)-880	無	平成 23 年 9 月 20 日

93	大矢哲平 他(⑤)		ニッケル多孔体, グラファイトによる潜熱蓄熱材料の高熱伝導化	日本金属学会 2011 年秋期 (第 149 回)講演大会	無	平成 23 年 11 月 7 日
94	當房博幸 他(⑤)	JFE スチール	ロール成形法による製鋼スラグの凝固条件(COURSE50 製鋼スラグ顕熱回収技術開発-1)	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -762	無	平成 23 年 9 月 19 日
95	田 恵太 他(⑤)	JFE スチール	顕熱回収率に及ぼすスラグ形状の影響(COURSE50 製鋼スラグ顕熱回収技術開発-2)	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -763	無	平成 23 年 9 月 19 日
96	萩尾勇樹 他(⑤)	JFE スチール	製鋼スラグロール成形プロセスの開発(COURSE50 製鋼スラグ顕熱回収技術開発-2)	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -764	無	平成 23 年 9 月 19 日
97	田 恵太 他(⑤)	JFE スチール	Development of Heat Recovery System from Steelmaking slag(COURSE50)	TMS-2012	無	平成 24 年 3 月 15 日
98	松崎眞六 他(①)	新日鐵住金	Possibility of hydrogen reduction in iron-making process (COURSE 50 program in Japan)	Proceedings of SCANMET IV (4th International Conference on Process Development in Iron and Steelmaking)	無	平成 24 年 6 月 11 日
99	樋口謙一 他(①)	新日鐵住金	改質あるいは非改質 COG の高炉羽口吹き込みの検討 (高炉での H2 利用 CO2 削減技術の開発-4)	日本鉄鋼協会 第 164 回秋季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.25 (2012) -886	無	平成 24 年 9 月 18 日
100	松崎眞六 他(①)	新日鐵住金	Development for reformed COG injection technology into blast furnaces to decrease CO2 emissions	ISIJ International	有	【投稿準備中】
101	熊谷治夫 (③)	北海道大	粘結材添加による配合炭酸化溶融特性の変化	日本鉄鋼協会第 164 回秋季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.25 (2012)-887	無	平成 24 年 9 月 17 日
102	崎元尚土 (③)	産総研	基質連結度によるコークス強度の推算	鉄鋼協会第 164 回秋季講演大会 CAMP-ISIJ Vol.25 (2012)-887	無	平成 24 年 9 月 17 日
103	蘆田隆一 他(③)	京都大	溶剤抽出フラクショネーション法による石炭・粘結材のコークス化挙動予測の試み	化学工学会 第 44 回秋季大会	無	平成 24 年 9 月 19 日

104	央戸貴洋 他(③)	神戸製鋼	高性能粘結材を利用したコークス製造技術における配合炭粒度の影響	第49回石炭科学会議 第49回石炭科学会議発表論文集, No.67, p130	無	平成24年 10月24日
105	蘆田隆一 他(③)	京都大	溶剤抽出フラクシヨネーション法による構造分析に基づく石炭・粘結材のコークス化挙動予測の試み	第49回石炭科学会議 第49回石炭科学会議発表論文集, No.69, p134	無	平成24年 10月24日
106	奥山憲幸 他(③)	神戸製鋼	Influence of Interaction between Coal and Caking Additive on Thermoplasticity of Coal Blends	2012 International Pittsburgh Coal Conference	無	平成24年 10月16日
107	熊谷治夫 (③)	北海道大	粘結材添加がコークス原料炭の軟化溶解挙動に及ぼす影響(2)	第49回石炭科学会議 第49回石炭科学会議発表論文集, No.68, p132	無	平成24年 10月24日
108	山田秀尚 他(④)	RITE	Computational investigation of the absorption of carbon dioxide into aqueous alkanolamine solutions	学会: Modeling and Design of Molecular Materials 2012 フルペ°ハ°:	無	平成24年 9月10日
109	山田秀尚 他(④)	RITE	量子化学計算による二酸化炭素-アミン系の反応解析	第6回分子科学討論会	無	平成24年 9月18日
110	F. A. Chowdhury 他(④)	RITE	Synthesis and Characterization of New Absorbents for CO ₂ Capture	GHGT-11	無	平成24年 11月18日
111	山田秀尚 他(④)	RITE	Effect of alcohol chain length on carbon dioxide absorption into aqueous solutions of alkanolamines	GHGT-11	無	平成24年 11月18日
112	松崎洋市 他(④)	新日鐵住金	Ab Initio Study of CO ₂ Capture Mechanisms in Monoethanolamine Aqueous Solution: Reaction Pathways from Carbamate to Bicarbonate	GHGT-11	無	平成24年 11月18日
113	松崎洋市 他(④)	新日鐵住金	Ab Initio Study of CO ₂ Capture Mechanisms in Monoethanolamine Aqueous Solution: Reaction Pathways between Carbamate and Bicarbonate	J. Phys. Chem. A	有	【投稿中】

114	船津公人 他(④)	東京大	半経験的分子軌道法を用いたア ミン化合物の物性予測モデル構 築及び新規化合物の提案	Journal of Computer Aided Chemistry	有	【投稿中】
115	山田秀尚 他(④)	RITE	Computational investigation of the absorption of carbon dioxide into alkanolamine solutions	Journal of Molecular Modeling	有	【投稿中】
116	山本 信 他(④)	RITE	Generation behavior of heat-stable salt in novel chemical solvent for CO2 capture process from blast-furnace gas		有	【投稿中】
117	山本 信 他(④)	RITE	Thermal degradation of secondary amine absorbents for carbon capture		有	【投稿中】
118	萩尾勇樹 他(⑤)	JFE スチー ル	COURSE50 Development of Heat Recovery System from Steelmaking Slag	AISTech2012	無	平成 24 年 5 月 7 日
119	原岡 た かし(④)	JFE スチー ル	PSA 法による高炉ガスからの CO2 分離技術の開発	分離技術会年会 2012	無	平成 24 年 6 月 2 日
120	齊間 等 (④)	JFE スチー ル	CO2 Recovery from Blast Furnace Gas with PSA	International Energy Agency, Industrial Energy-related Technology and Systems, Annex XIV Development and Use of Process Integration in the Iron- and Steel Industry	無	平成 24 年 6 月 12 日
121	藤林晃夫 (⑤)	JFE スチー ル	鉄鋼における冷却技術	化学工学誌	無	平成 24 年 6 月 18 日
122	藤林晃夫 (⑤)	JFE スチー ル	製鉄所における究極の省エネ、 CO2 削減技術の開発	学振 54 委員会	無	平成 24 年 6 月 28 日
123	村上太一 他(①)	東北大	Reduction Disintegration Behavior of Iron Ore Sinter under High H2 and H2O Conditions	ISIJ International, Vol.52 (2012), No.8, pp1447-1453	有	平成 24 年 8 月
124	齊間 等 (④)	JFE スチー ル	高炉ガスからの CO2,CO 分離用 PSA システムの構築(ベンチ設 備による実証試験)	第 21 回日本エネルギー学 会・大会	無	平成 24 年 8 月 7 日

125	茂木 康弘(④)	JFE スチール		日本鉄鋼協会・第 164 回秋季講演大会	無	平成 24 年 9 月 17 日
126	野内泰平他(①)	JFE スチール	高炉への予熱ガス吹込み模型実験	CAMP-ISIJ Vol.25(2012)-883	無	平成 24 年 9 月 18 日
127	田 恵太他(⑤)	JFE スチール	双ロール方式による製鋼スラグ連続凝固試験結果 (COURSE50 製鋼スラグ顕熱回収技術開発-4)	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -941	無	平成 24 年 9 月 18 日
128	紫垣伸行他(⑤)	JFE スチール	板状スラグ充填層内の伝熱特性に関する検討	CAMP-ISIJ Vol.24 (2011) -942	無	平成 24 年 9 月 18 日
129	原岡 たかし(④)	JFE スチール	PSA 法による高炉ガス分離技術の開発	化学工学会・第 44 回秋季年会	無	平成 24 年 9 月 20 日
130	斉間 等(④)	JFE スチール	Development of PSA System for the Recovery of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide from Blast Furnace Gas in Steel Works	American Institute of Chemical Engineering, Annual Meeting 2012	無	2012 年 10 月 30 日
131	田 恵太他(⑤)	JFE スチール	COURSE50 製鋼スラグ顕熱回収技術開発	鉄鋼スラグ協会東日本支部 技術交流会	無	平成 24 年 11 月 8 日
132	斉間 等(④)	JFE スチール	炭酸ガス回収用大規模 PSA システムの開発	第 18 回流動化・粒子プロセスシンポジウム	無	2012 年 11 月 8 日
133	原岡 たかし(④)	JFE スチール	PSA 法による高炉ガス分離技術の開発	第 26 回日本吸着学会・研究発表会	無	平成 24 年 11 月 14 日
134	黒沼 英明(④)		高炉ガスからの 4 成分系 PSA の設計と吸脱着熱による分離成分への影響	第 26 回日本吸着学会・研究発表会	無	平成 24 年 11 月 14 日
135	紫垣伸行他(⑤)	JFE スチール	板状スラグ充填層内の伝熱特性に関する検討	日本鉄鋼協会熱経済技術部会	無	平成 24 年 11 月 15 日
136	斉間 等(④)	JFE スチール	Development of PSA System for the Recovery of Carbon Dioxide and Carbon Monoxide from Blast Furnace Gas in Steel Works	11th International Conference on Green-House Gas Technologies (GHGT-11)	無	平成 24 年 11 月 20 日
137	斉間 等(④)	JFE スチール	PSA 法による高炉ガスからの CO ₂ 分離システム	化学工学会・第 5 回分離プロセス最新技術講座	無	平成 24 年 11 月 27 日
138	斉間 等(④)	JFE スチール	PSA 法による高炉ガスからの CO ₂ /CO 分離システムの構築～可燃ガスの回収と吸着層内温度分布の変化～	第 28 回ゼオライト学会 研究発表会	無	平成 24 年 11 月 29 日
139	壁矢和久他(⑤)	JFE スチール	製鉄所における究極の省エネ技術の開発	フェロアロイ誌	無	平成 25 年 2 月 1 日

140	Youngjo Kang 他(⑤)	東京大	Thermal Conductivity of the Molten CaO-SiO ₂ -FeO _x System	Metallurgical and Materials Transactions B,21 Aug. 2012	有	平成 24 年 8 月
141	原岡 たかし(④)	JFE スチール	高炉ガスからの二酸化炭素回収用 PSA システムの開発(1)二酸化炭素分離に対する各種操作因子の効果	化学工学論文集	有	【投稿準備中】
142	茂木 康弘(④)	JFE スチール	高炉ガスからの二酸化炭素回収用 PSA システムの開発(2)ベンチプラントでの実証試験	日本エネルギー学会誌	有	【投稿準備中】
143	齊間 等(④)	JFE スチール	PSA System for the Recovery of Carbon Dioxide from Blast Furnace Gas in Steel Works(3) Process Design of Commercial Plant	Adsorption	有	【投稿準備中】
144	黒沼 英明(④)	名古屋大	大規模処理を目指した高炉ガスからの多成分系 PSA システムのシミュレータの開発	鉄と鋼	有	【投稿準備中】
145	黒沼 英明(④)	名古屋大	吸着剤充填層内を流れる多成分ガスの温度変化を考慮した解析	化学工学論文集	有	【投稿準備中】
146	齊間 等(④)	JFE スチール	製鉄所排出ガスからの二酸化炭素の分離・回収システムの開発状況	表面	無	【投稿準備中】

2. 分科会における説明資料

次ページより、プロジェクト推進・実施者が、分科会においてプロジェクトを説明する際に使用した資料を示す。

環境安心イノベーションプログラム・
エネルギーイノベーションプログラム

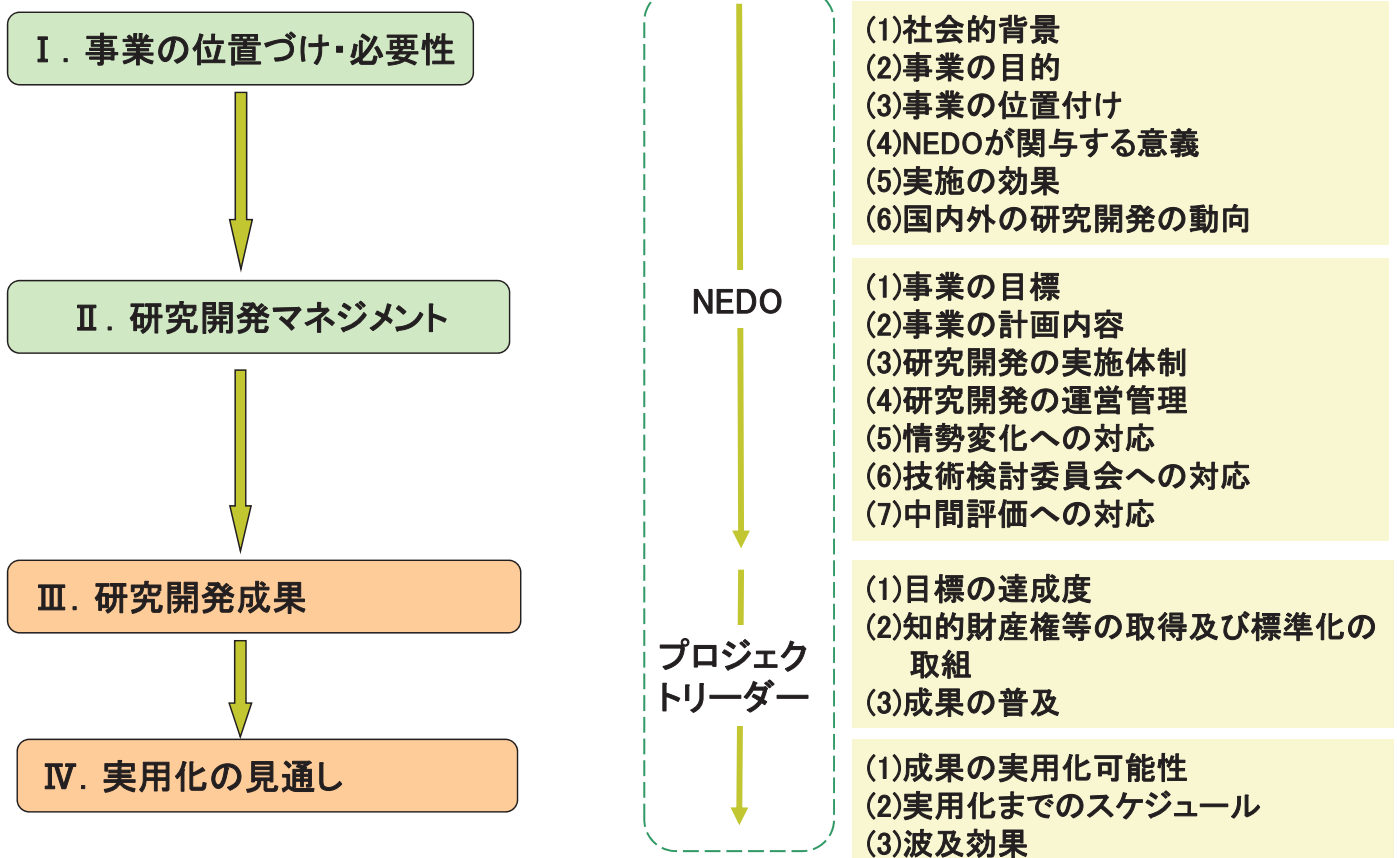
「環境調和型製鉄プロセス技術開発」
(COURSE50) 事後評価

(2008年度～2012年度 5年間)
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO環境部

2012年12月 3日

CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking Process
by Innovative Technology for Cool Earth 50



社会的背景

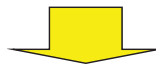
地球温暖化対策は喫緊の世界的、国家的課題



抜本的CO₂排出抑制、省エネ技術の必要性

事業の目的

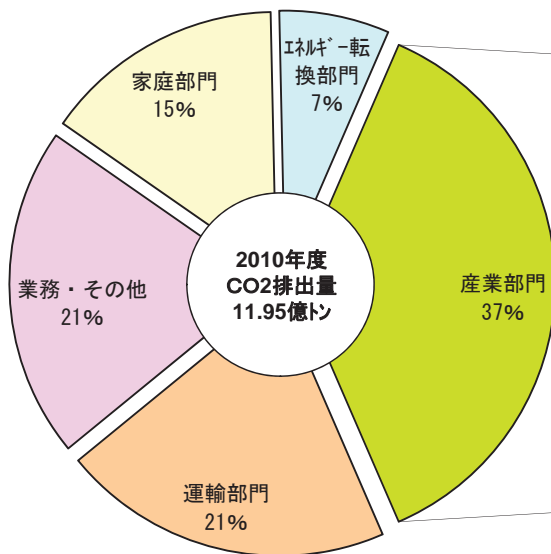
鉄鋼業は我が国産業部門全体のCO₂排出の約39%、我が国全体でも15%を占有。鉄鋼業が排出するCO₂の約7割は高炉を用いた製鉄プロセスで発生



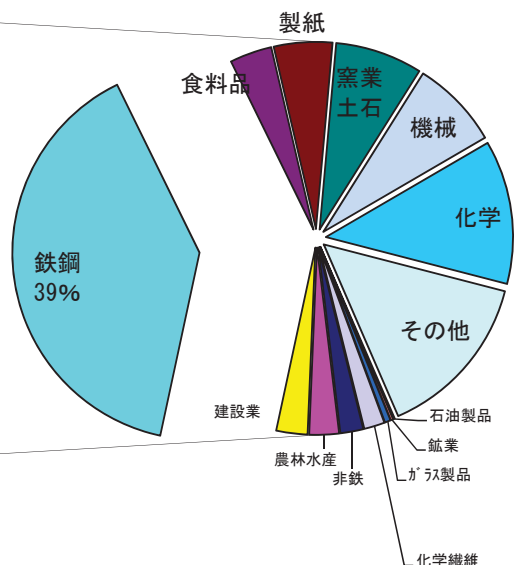
コークスの一部代替として水素で鉄鉱石を還元するとともに、高炉ガスからCO₂を分離・回収する技術を開発する

わが国における部門別・業種別CO₂排出割合

日本全体のエネルギー起源CO₂排出量に占める各部門の割合



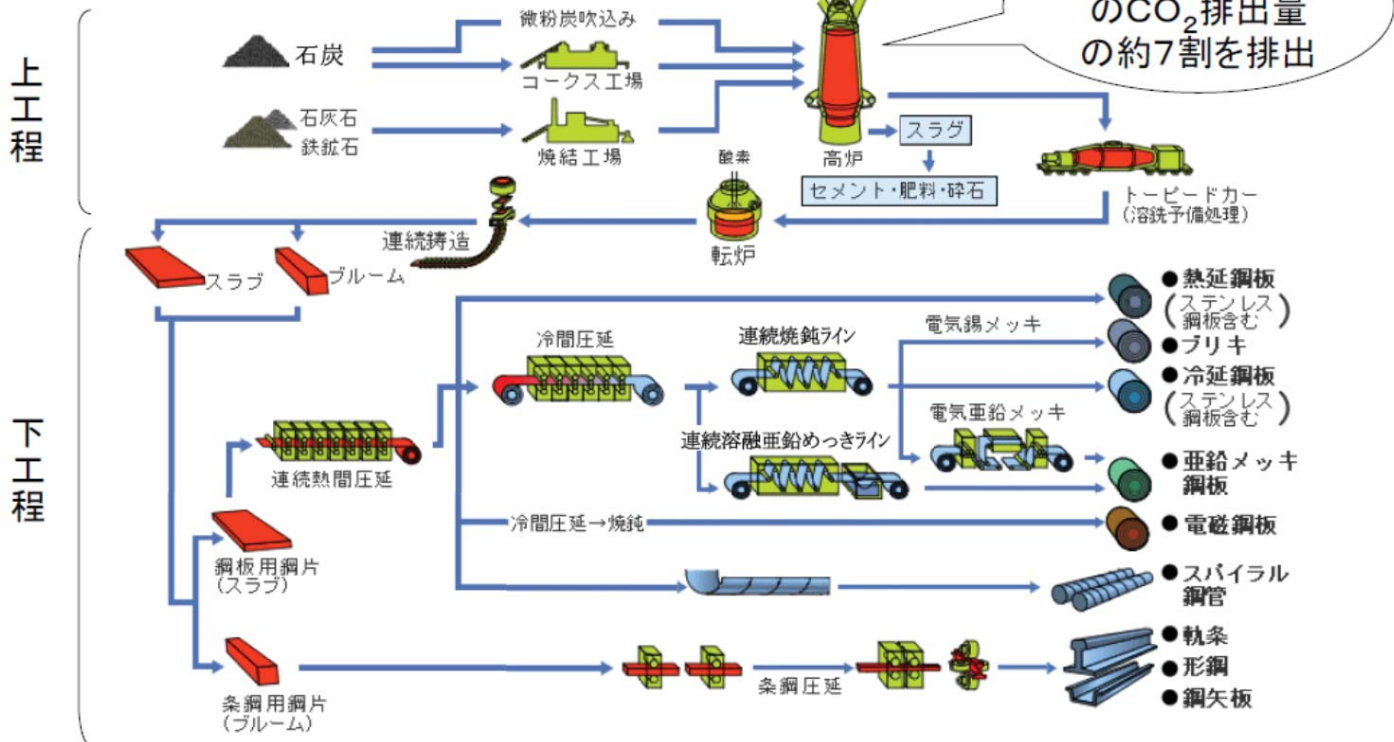
産業部門のエネルギー起源CO₂排出量に占める各業種の割合



環境省「2010年度(平成21年度)温室効果ガス排出量」
「温室効果ガスインベントリオフィス」より作成

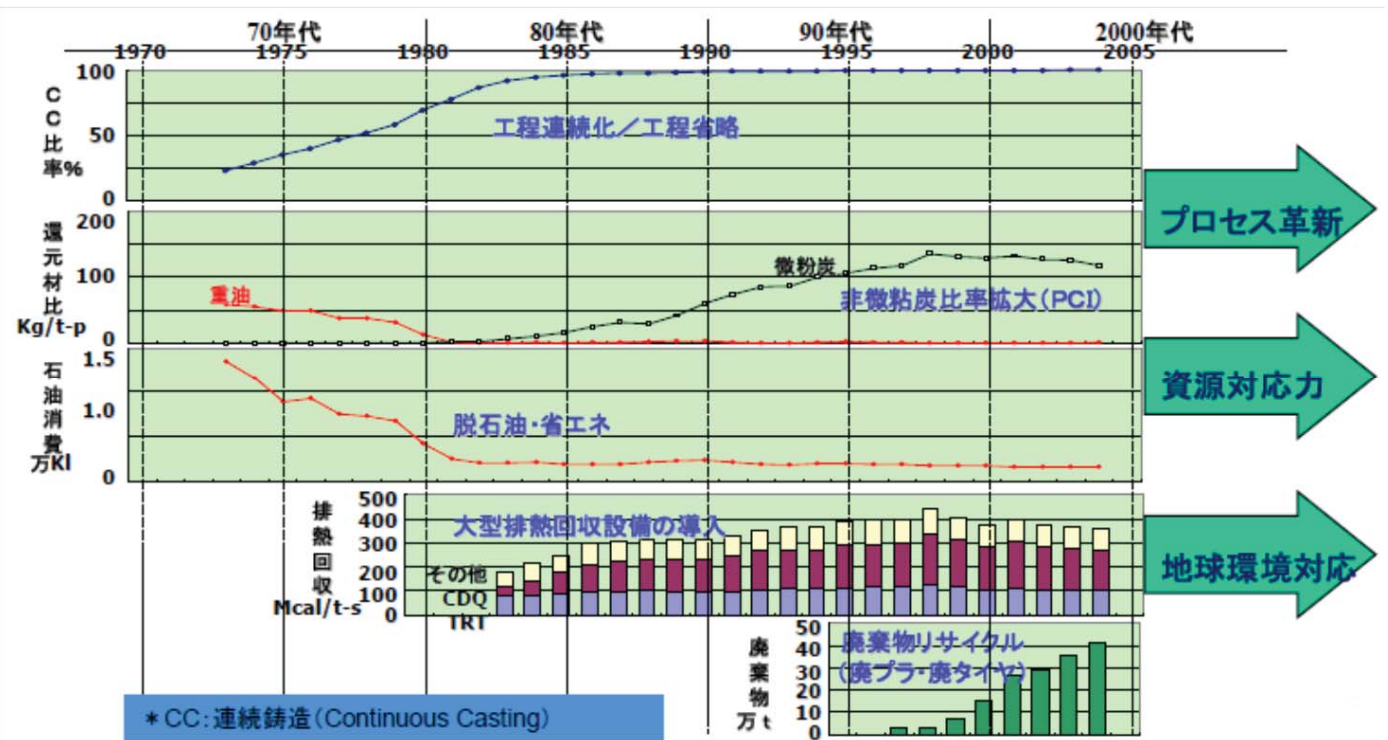
鉄鋼業が排出するCO₂の約7割は高炉を用いた製鉄プロセスで発生

鉄鋼の製造プロセス



事業原簿 I-4

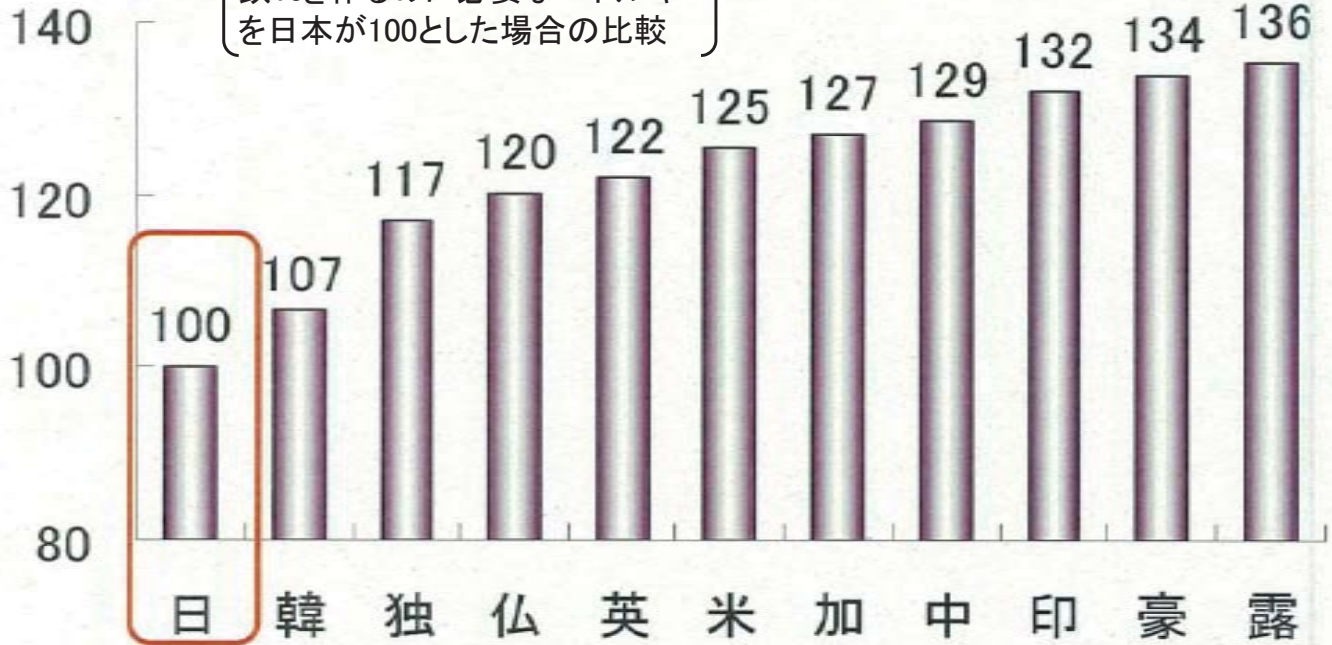
鉄鋼業における省エネルギー実施状況



事業原簿 I-5

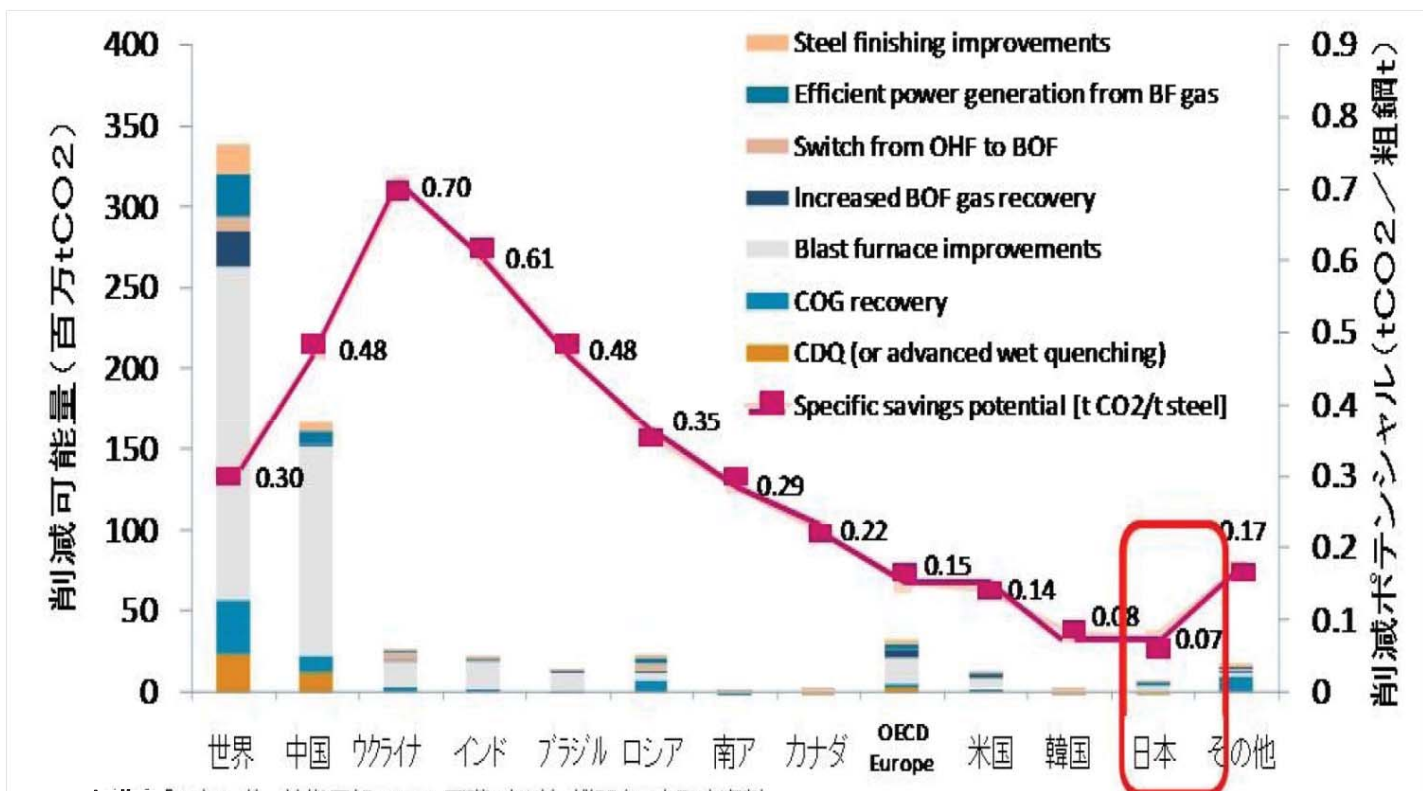
鉄鋼業(高炉・転炉法)のエネルギー原単位の国際比較

(鉄1tを作るのに必要なエネルギーを日本が100とした場合の比較)



出典:「エネルギー効率の国際比較(発電・鉄鋼・セメント部門)」2008RITE

＜鉄鋼業のCO2削減ポテンシャルに関する国際比較＞



出典:「エネルギー技術展望2008」国際エネルギー機関(IEA)発表資料

国の施策等(本プロジェクトに係るもの)

●新・国家エネルギー戦略(2006年5月)

2030年のエネルギー需給見通しに基づき策定

省エネルギー目標として今後2030年までに少なくとも30%の効率改善を目指す。

●Cool Earth—エネルギー革新技術計画(2008年3月)

全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減を目指す。

この実現に向けてCO2を大幅に削減を可能とする21技術を選定。

●エネルギーイノベーションプログラム基本計画(2009年4月)

超燃焼システム技術 <環境調和型製鉄プロセス技術開発>

・高炉ガスからの効率的な二酸化炭素分離と中低温排熱の有効活用及び水素を炭素(コークス)の一部代替として鉄鉱石を還元する革新的製鉄プロセスの開発を行う。

・最終的な技術開発目標として製鉄プロセスにおけるCO2排出量を30%削減することを目指す、2050年までに実用化する。

・研究開発期間:2008年度~2017年度

●エネルギー基本計画(2010年6月)

低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現

産業部門の具体的取組として、革新的製鉄プロセス(フェロコークス)や環境調和型製鉄プロセス(水素還元製鉄、高炉ガスCO2分離回収)について研究開発を推進し、2030年までの実用化を図る記述あり。

<Cool Earth—エネルギー革新技術計画に掲げられた革新技術>



<技術戦略マップ2009/エネルギー分野>

- 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(1/13)
- ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術の技術ロードマップ(6/13)(13/13)

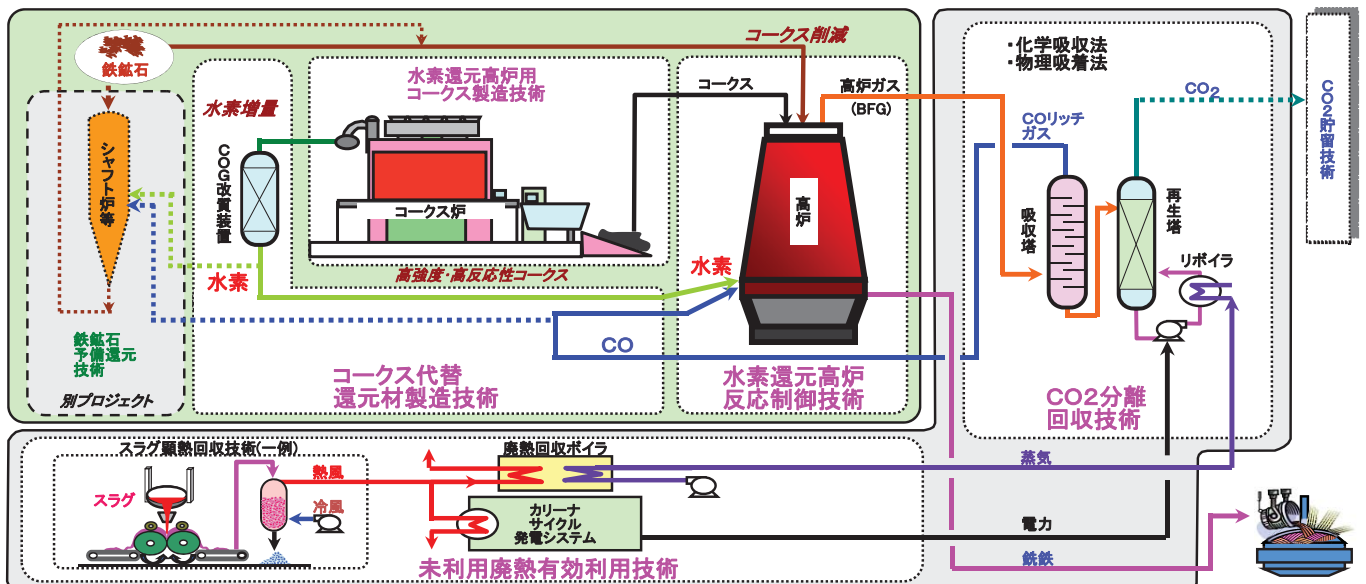
No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030~
1102H	10.省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	新焼結プロセス 高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回生技術 電磁気力利用鋳造技術 溶熱還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型鋳造システム 回転炉床有用金属回収技術 超微細粒熱延鋼板製造技術 革新的電磁鋼板技術 次世代圧延技術(鋳加工性特殊鋼等 高温耐熱耐食鉄鋼材料)			熱・冷延統合プロセス 水素鉄鉱石還元技術 排熱回収技術 劣質原料使用技術(石炭・鉄鉱石) 創資源・創エネルギー型高炉 エネルギー(鉄/ガス)併産技術 電炉希釈バージン鉄製造(DRIC) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高洗浄・高機械化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコラボレーション
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂	IGCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂	1,000円/t-CO ₂ (さらに分割膜の適用化で1,500円台に)		
		ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離 【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法 排熱有効利用	高効率酸素製造技術			

図中の で囲った項目が本プロジェクトでの開発項目を示す。

事業原簿 I-25

事業概要

コークス製造時に発生する高温の副生ガスに50%程度含まれる水素を増幅し、コークスの一部代替に当該水素を用いて鉄鉱石を還元する技術を開発する。また、二酸化炭素濃度が高い高炉ガスから二酸化炭素を分離するため、製鉄所内の未利用低温排熱を利用した新たな二酸化炭素分離・回収技術を開発し、全体で製鉄所から発生する二酸化炭素の約3割削減を目指す。



事業原簿 I-7

		Phase I						Phase II	
		FY 2007	FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012	FY 2013-2017	FY2018-2028
Government	Cool Earthエネルギー革新技術計画	京都議定書約束期間						ポスト京都議定	
		●7月: G8		●ポスト京都枠組					
	worldsteel (世界鉄鋼協会)	CO2-BT-Phase1		CO2-BT-Phase2					
	ULCOS	ULCOS1(-2010)		ULCOS2(2009-2017)				ULCOS3(2018-)	
開発ステージ		Phase I (Step1)						(Step2)	Phase II
評価等		●プロジェクト評価 ●プロジェクト採択			●中間評価		●事後評価		
年度予算額(億円)		15.3	25.1	19.6	26	17.8			
COURSE50	水素還元	高炉	還元技術見極め		ガス挙動制御、反応制御			Phase I (step2)	
	COG改質		(改質技術見極め)		ベンチ規模試験機製作と立ち上げ 評価試験			実用化開発	
CO2分離回収	分離回収	30t/dプロセスプロセス評価プラント建設等			吸収液/剤の技術評価			150億円 (5年間)	
	未利用顕熱回収	要素技術見極め		ベンチ試験設備建設と技術評価					

事業原簿 I-7(本図はIV-3)

NEDOが関与する意義

鉄鋼業としての抜本的なCO2削減技術の開発は、

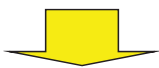
- 社会的必要性: 非常に大、国家的課題
- 鉄鋼業の競争力強化に貢献
- CO2分離回収はエネルギー増加を招くため、民間の開発インセンティブが働きにくい
- 研究開発の難易度: 非常に高
- 投資規模: 非常に大 = 開発リスク: 非常に大



民間の能力を活用してNEDOが資金負担を行うことにより
研究開発を推進すべき事業

実施の効果 (費用対効果)

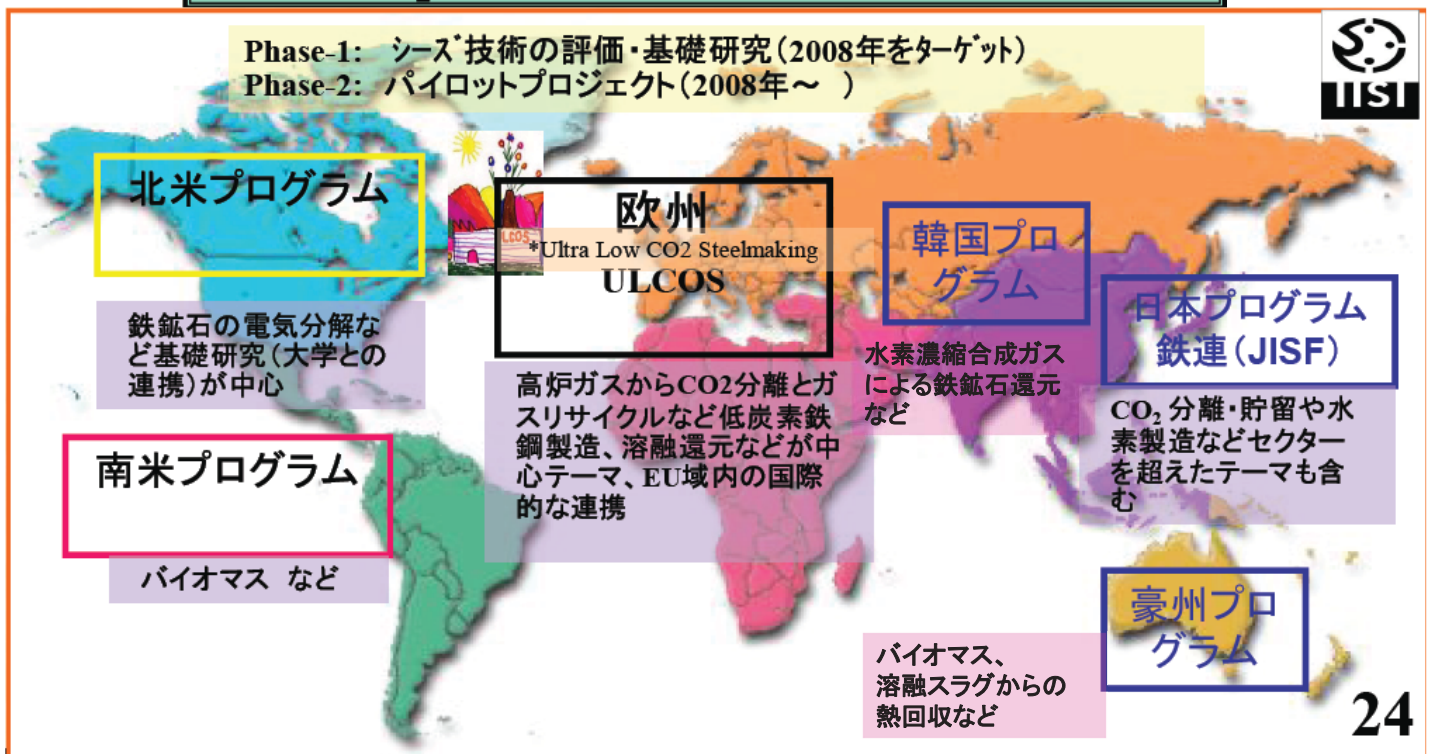
費用の総額 (予定)	Phase I Step1 (本事業)	100億円
	Phase I Step2	150億円



効果
CO2削減により地球温暖化防止に貢献
CO2排出量の約30%を削減

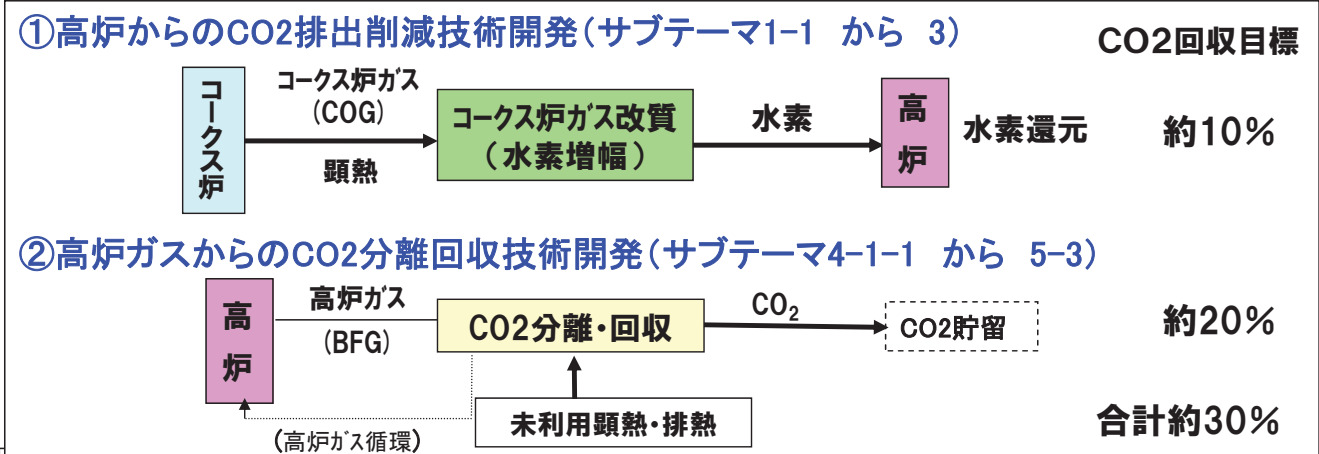
国内外の研究開発の動向

IISI-CO₂ ブレークスループログラム (2003. 10~)



事業の目標(研究開発概要)

- ①高炉からのCO2排出削減技術開発
 コークス製造時に発生する高温の副生ガスを改質して水素を増幅し、その水素を利用して鉄鉱石を還元する技術を開発する。
- ②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発
 高炉ガスからCO2を分離するために、新たな吸収液開発、物理吸着技術開発を行い、併せて製鉄所内の未利用排熱を活用して、CO2分離のためのエネルギーを削減する技術を開発する。



事業の目標(2012年度 具体的な最終目標)

- ① 高炉からのCO2排出削減技術開発
 - ・水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確認する。
 - ・水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確認する。
 - ・水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確認する。
- ② 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発
 - ・高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収コスト2,000円/t- CO2 (「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。

研究開発実施項目

①高炉からのCO2排出削減技術開発

サブテーマ1: CO2削減のための高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。

サブテーマ2: コークス炉の800°Cの未利用排熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス(COG)改質技術を開発する。

サブテーマ3: 水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。

②高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発

サブテーマ4: 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う。

サブテーマ5: 製鉄所の未利用排熱活用拡大によるCO2分離回収エネルギー削減(鉄鋼業のCO2削減)に寄与する技術開発を推進する。

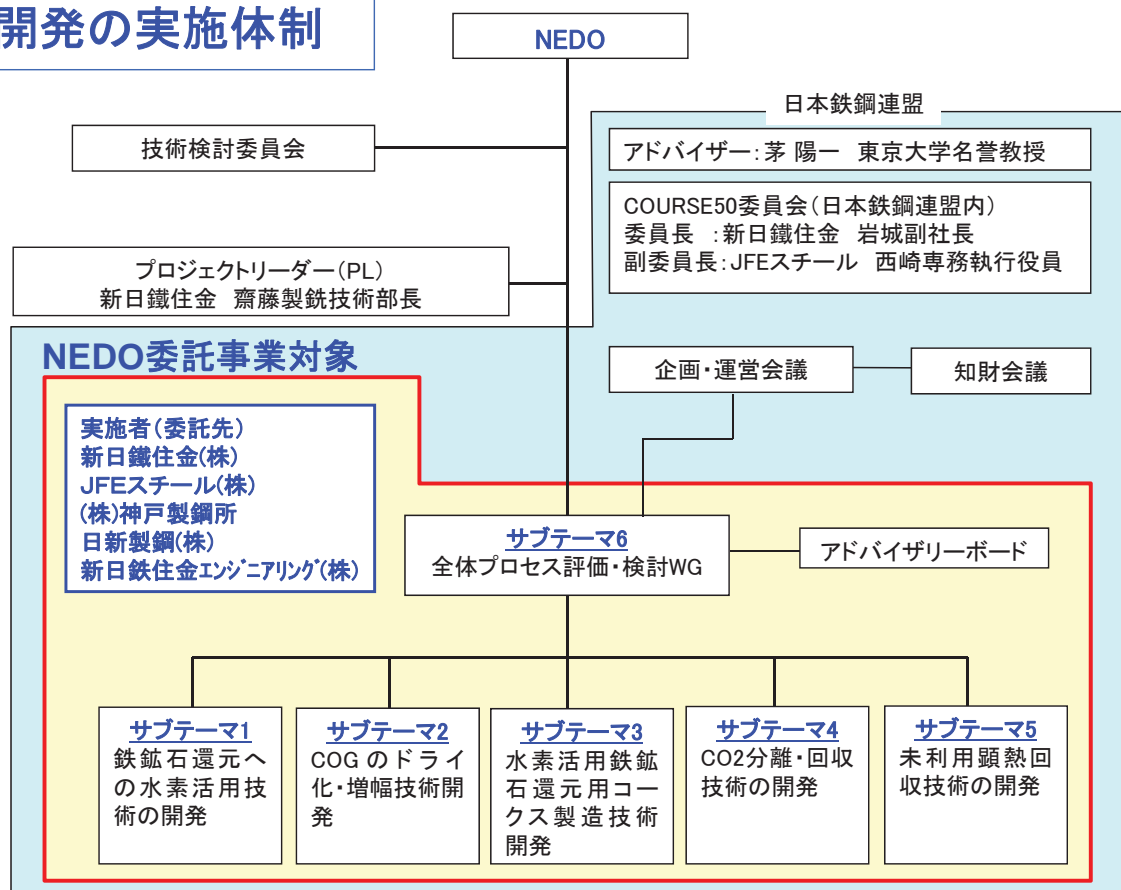
サブテーマ6: 各サブテーマ間の全体調整、製鉄所全体の総合的評価・検討を行う。

・尚、フェーズⅡ、次ステップ開発を経て、総合的に約30%のCO2削減可能な技術の確立を目指す。

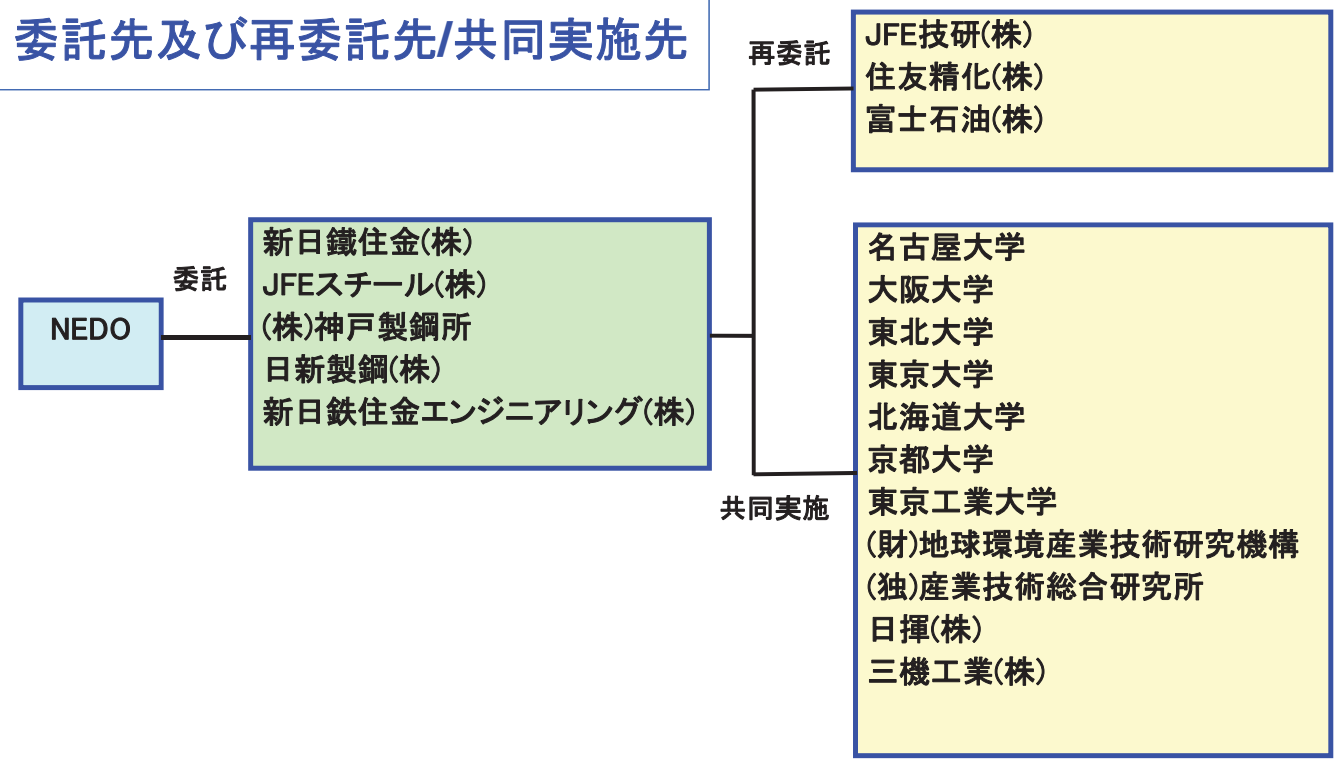
事業原簿 Ⅱ-3

サブテーマ	計画内容	根拠
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	水素を多量に含有する改質COGを高炉で利用した場合の、高炉内鉄鉱石還元挙動を明らかにするとともに、鉱石還元粉化検討、炉上部での熱補償検討、高炉内に局所的な挙動の評価を行い、CO2排出量削減について定量的な評価を行う。	本プロジェクトでのコアの技術であり、抜本的な削減を目指す、世界に類を見ない新たなアプローチである。
サブテーマ2 COGのドライ化・増幅技術開発	平成20年度～21年度は、民間自主研究において、「触媒の更なる高性能化・反応温度の低下」を指向した開発を実施した後、平成22年度より、実COGを用いた200 Nm3/hr規模の試験設備で水素増幅特性確認と、耐久性の評価を実施する。	長期連続運転を可能とする圧損抑制のための触媒形状と触媒槽プロセス設計も含めて、本プロジェクトの根幹である改質ガス供給課題である。
サブテーマ3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	水素を活用した鉄鉱石還元で想定される高炉内の環境(ガス組成や温度分布)において、求められるコークスの特性を明らかにし、これを満足するコークスの製造技術を実証評価する。	従来の還元材のコークス投入量を減らし、CO2発生量を低減するため、必須なコークス製造は重要な課題。
サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発	パイロット規模の化学吸収試験設備や数種類の高性能吸収液等を用いて、BFGから二酸化炭素を分離回収する試験を実施、定量的なエンジ・データを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価すると共に製鉄プロセスとの統合モデルを検討、全体システム評価・検討の中で実用化時の二酸化炭素削減ポテンシャルや分離回収コスト低減効果を評価する。	投入エネルギーの削減とコストダウンを実現が最重要課題であり、物理吸着を含めた総合化によるシステム化が必須であるため。
サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発	選定した未利用顕熱・排熱活用技術の性能検証試験を完了し、BFG(高炉ガス)からのCO2分離回収量増加への寄与を評価。パイロット規模で、回収ガス温度が140°C以上、熱回収効率が30%以上(パイロット設備への供給前のスラグ熱容量が基準)となる顕熱回収条件を確認する。	SG4との組み合わせで検討を進めないとならないため重要な課題。
サブテーマ6 製鉄プロセス全体の評価	約30%CO2削減に各要素技術の開発目標(マイルストーン)との整合性をとり、全体調整やマネジメントを実施。	他分野に関わる課題が多いため、全体調整必須となるため。

研究開発の実施体制



研究開発の実施体制
委託先及び再委託先/共同実施先



情勢変化等への対応

情勢	対応
<p>世の中の技術革新により効果的、加速的アプローチが存在する可能性あり</p> <p>➡ 幅広い視野での課題認識、全体システム最適化の必要性</p>	<p>目標達成に向け専門的知見を有する外部有識者の方々から世の中の動向を考慮した効果的な推進方法などの助言を得て開発内容への反映を図るため、以下を設置、開催した。</p> <p>(1)技術検討会の設置、開催(全3回) (2)アドバイザーボードの設置、開催(全3回)</p>
<p>本プロジェクトは課題が非常に多岐に渡っており、テーマ毎に開発効果、難易度が異なる</p> <p>➡ 開発の進捗に応じテーマの見直し、重点化が必要</p>	<p>H22年度以降は以下のような方針で推進することとした。</p> <p>【①水素還元関係】→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進。部分的な研究の総合的な確認および課題の把握のためにLKAB社試験高炉(8m3)による試験操業を実施した。</p> <p>【②化学吸収・物理吸着】→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進めた。</p> <p>【③排熱回収や高性能コークス製造】→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明していくことに重点化。</p> <p>【④COG改質】→H22年度からベンチプラントの設計・建設を開始し、スケジュール通り進めた。</p>
<p>開発テーマの見直し、重点化に対し研究体制の見直しが必要</p>	<p>大学等の保有する高いレベルでの知見を有効活用すべく、委託研究先を増やして、漏れがなく最適な産官学体制になるように工夫した。適時最適な体制になるように開発期間の途中での第三者との共同実施の追加変更を実施した。</p> <p>(H22年度以降、東北大などと6件のテーマで共同実施を開始)</p>

事業原簿 II - 16, 17

23/47

予算投入実績

サブテーマ名	H20年度		H21年度		H22年度 本予算	H23年度 本予算	H24年度 本予算	計
	本予算	補正	本予算	補正				
1. 鉄鉱石還元への水素活用技術 (内、試験高炉)	26.1	0	101.3	329.8	395.2 (30)	400.4 (296)	713.3 (501)	1,966 (827)
2. COGのドライ化・増幅技術	0	0	0	0	602.0	1,104.7	269.8	1,977
3. 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術	119.0	0	267.3	29.8	67.3	81.4	69.2	634
4. CO2分離・回収技術	244.0	914.6	621.4	248.1	812.0	635.4	484.5	3,960
5. 未利用顕熱回収技術	137.3	84.9	118.5	783.6	77.6	370.9	226.7	1,799
6. 製鉄プロセス全体の評価・検討	5.4	0	6.1	3.1	5.8	8.4	13.1	42
計	532	1,000	1,115	1,394	1,960	2,601	1,776	10,378

予算は、以下のような考えで投入。

①水素還元関係→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進する。

②化学吸収・物理吸着→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進める。

③排熱回収や高性能コークス製造→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明していく。

事業原簿 II - 18

24/47

技術検討委員会の提言

1. H24年度の残期間でやり残している研究開発に関する提言

提言	対応
LKAB高炉試験で貴重なデータが得られたと思うので、何故今回の試験結果がこうだったのか詳細な解析を行うことがStep2に繋がると考えられる。	LKAB高炉試験結果で何故シャフト効率が上がらなかったのか、改質COGの吹込み方法や高炉内ガス流れ挙動を数式シミュレーションで詳細な解析を行い、Step2への開発テーマへ組み込む。
必要な特許については先願主義であり、海外特許の出願を含め知財管理をしっかりやって頂きたい。	実施者が海外特許を含め特許出願規定を定め、知財所有権の管理の徹底を図っている。必要な特許は国内及び海外出願を積極的に推進中。

技術検討委員会の提言

2. Step2への展開に関する提言

提言	対応
Step1終了後に実用化可能なものは実用化を進め、Step2では更に省エネや使用方法の改良を行うなどを検討をされてはどうか。	CO2分離回収技術については現状までの開発技術を用いて化学工業などの鉄鋼業以外の分野での実用化することで準備中。Step2では新規アプローチによる更なる省エネ技術の開発テーマを設定する。
Step2に進む前に全体の最適化を、もう一度見直して見逃していた部分とか他の技術の導入の可能性を含めて検討して頂きたい。	高炉からのCO2排出削減技術において鉄鉱石還元への水素活用技術に加え、水素還元に適した鉄鉱石原料のStep2のテーマに組み込む。
LKAB試験結果では思った程カーボンインプットが下がっていない。COG改質だけではなく鉄鉱石やコークスなどの原料性状を改質して還元平衡温度を下げる方法などと組合せも考えてもらいたい。	試験高炉を国内に新しく設置し、水素還元のみではなく鉄鉱石などの原料性状の制御を含めて総合的に高炉におけるカーボンインプット量を低減する技術開発を推進する。

提言	対応状況
<p>新規開発項目、既存技術の適用研究、などに区分して、研究項目ごとに優先度を決めて研究規模を見直し、予算の重点配分を行うべき。</p>	<p>研究項目の見直し ●核技術となる以下の技術開発に予算を重点配分した。 (1) 高炉からのCO2排出削減技術 ・ 鉱石還元への水素活用技術 → 海外ミニ試験高炉での試験 ・ COGのドライ化・増幅技術 → COG実ガスを用いたCOG改質ベンチプラント試験 (2) 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術 ・ CO2分離・回収技術の開発 ●「水素活用鉄鉱石還元用コークス技術開発」は目標のコークス強度達成の見込みが得られたので、原理解明を重点化した。 ●「未利用顕熱回収技術の開発」は新規開発要素を有し、高難易度の技術として現状の開発項目をピックアップして開発を推進した。</p>
<p>各技術の難易度を明確にし、技術ごとに基盤終了時期を明示することが望まれる。</p> <p>また、実機の明確なイメージを確立する必要がある。スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し、プロジェクトを進めることが望ましい。</p>	<p>技術ごとの国プロとしての研究開発計画 ●技術のカテゴリーと開発状況から化学吸収法の鉄鋼業以外の化学工業分野などへの早期実用化、低位熱発電システムの早期適用が可能と判断され、化学吸収法については商品化準備中。 ●高炉のスケールアップイメージとして試験高炉(10m³級)、実証試験高炉(100m³級)、実機(2000-5000m³)の三段階と検討。LKAB社試験高炉(8m³)の実験操業を実施するとともに過去の試験高炉を調査し、第一ステップの10m³級試験高炉の概念検討を実施した。 ●CO2分離回収法、COG改質、排熱回収などのスケールアップについての技術項目を整理し研究推進した。</p>

提言	対応状況
<p>他に国内も含めて、世界中で提案されている新製鉄法と比較して、熱的・経済的に十分対抗性のあるプロジェクトであることを定量的に示すべきである。</p>	<p>●新製鉄法に対し生産性の観点から優位性があることが確認されている高炉法をベースとした技術開発を行っている。 ●World steel 協会のCO2削減技術に関する会議への参加等により欧州ULCOSプロジェクトや各国の技術動向を調査し本プロジェクトと比較し優位性を確認している。</p>
<p>研究開発プロセスで見出される各事象についても理論的解析が不十分で、次ステップに展開していくべき開発課題の取り上げ方法が必ずしも十分ではない。</p>	<p>開発課題の精査(外部有識者の活用) ●技術検討委員会、アドバイザリーボードを開催し、定量的解析法などのコメントを課題に反映しながら開発推進した。</p>
<p>技術の国内外への普及を考えると市場ニーズに応じた経済的な評価項目と目標が必要である。今後、普及を考えた場合の製品性能とコスト評価を明確にすべきである。その値と技術開発目標が一致するようにする必要がある。</p>	<p>経済的な評価と目標設定 ●CO2分離回収技術に対する経済的な目標には「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標2,000円/t-CO2(2015年)を設定しており設備コストと製鉄所排熱利用を考慮した運用コストの合計で評価した。 ●高炉からのCO2排出削減技術開発については、基盤技術として鉄鉱石還元への水素活用技術に関し基礎技術を検討しシステムの条件とCO2削減に対する有効性を確認する必要がありStep1では技術面の検討を実施した。 ●経済性の評価と目標設定に対しては以上の技術的な方向性を明確にしてStep2にて実施予定。</p>

提言	対応状況
プロジェクトは多岐にわたるので、研究項目の整理と、トータルプロセスとしての評価システム(シミュレータ)を導入して、開発をマネジメントする必要がある。	評価システムの導入 ●製鉄所全体の総合的エネルギーバランスを評価のためのツールを用いて各サブグループの最新のデータを反映したシミュレーションを実施した。
20年という長期スパンを考えると技術や知識の伝承と継承人材の確保のため、研究者、技術者の新陳代謝のマネジメントスキームも提示することが望まれる。	人材・体制マネジメント ●本プロジェクトの中核を担う技術については、我が国の鉄鋼業を支える競争優位技術として完成度をあげるべく、次ステップへと継承し発展させる。試験高炉による研究開発を含めて産学官での連携をベースに技術者の育成、技術継承を図る。 ●基盤技術が完成し別用途への転用が図れる水準に到達した技術については参加各社内で独自に実用化フェーズの開発を推進することにより技術者の確保、維持を図りつつ、来るべきCOURSE50の実用化フェーズでの適用にも備える。

テーマ	最終目標	研究開発成果	達成度
高炉からのCO2排出削減技術開発	水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> 水素を多量に含むCOGの吹き込みにより、鉄鉱石の還元が改善し、2.5%から3.5%程度のCO2低減の可能性のあることを確認した。さらなる低減の可能性について、羽口、シャフトの複合吹き込み、装入物分布の制御、の観点から検討中。 還元の改善メカニズムについては、水素の反応速度、焼結鉱の微細気孔形成、水素とCO、カーボン相互の反応の効果等、さまざまな理由が考えられ、現在総合的な観点から解析中。 改質COGのシャフト吹き込み方法については、小型模型実験で得たシャフトガスの浸透度合い等のプロセスイメージをLKAB試験高炉で確認。 	○
	水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。	<ul style="list-style-type: none"> タールや粉塵を含んだ高温ガスに対する封止性の良好な仕切弁の機能を確認した。 加振機を含めた機械要素開発の機能を確認した。 大量に製造した触媒の実COGに対する触媒活性発揮を確認した(水素増幅率2倍)。 反応器I型で外部から水蒸気を導入する試験を実施したところ、COG中のタール及び炭化水素の改質反応が大幅に進行し、設備制約で中止するまでの3.5時間までのH2増幅率の平均値が2.0倍より大となった 	○

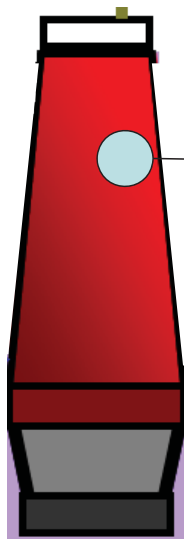
◎:超過達成、○:達成または達成する見込み、△:一部未達、×:未達

テーマ	最終目標	研究開発成果	達成度
高炉からのCO2排出削減技術開発	水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度) $DI \geq 88$ を満足する高強度コークス製造技術を確立する。	・高強度コークスとして、目標である $DI > 88$ を満足する製造方法に目処を得た。	○
高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発	高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収コスト 2,000 円 /t-CO2 (「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	・CO2分離回収の化学吸収法は2200円/t-CO2、また物理吸着法は2400円/t-CO2程度のコストを達成する条件を見出した。さらに、化学吸収法は蒸気コストの低減、設備費削減等により、物理吸着法では、脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の2000円/t-CO2を達成する見込みである。 ・モデル製鉄所における発生CO2のほぼ20%を分離・回収できる未利用エネルギーが見出された。	○ 達成見込み (24年12月)

◎:超過達成、○:達成または達成する見込み、△:一部未達、×:未達

サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

加速予算を戴いての、スウェーデンLKAB社8m3試験高炉での一貫還元試験を実施(2012年4月～5月)
懸念事項であった原料の粉化も無く、水素還元が予定どおり進行する事を確認出来た。



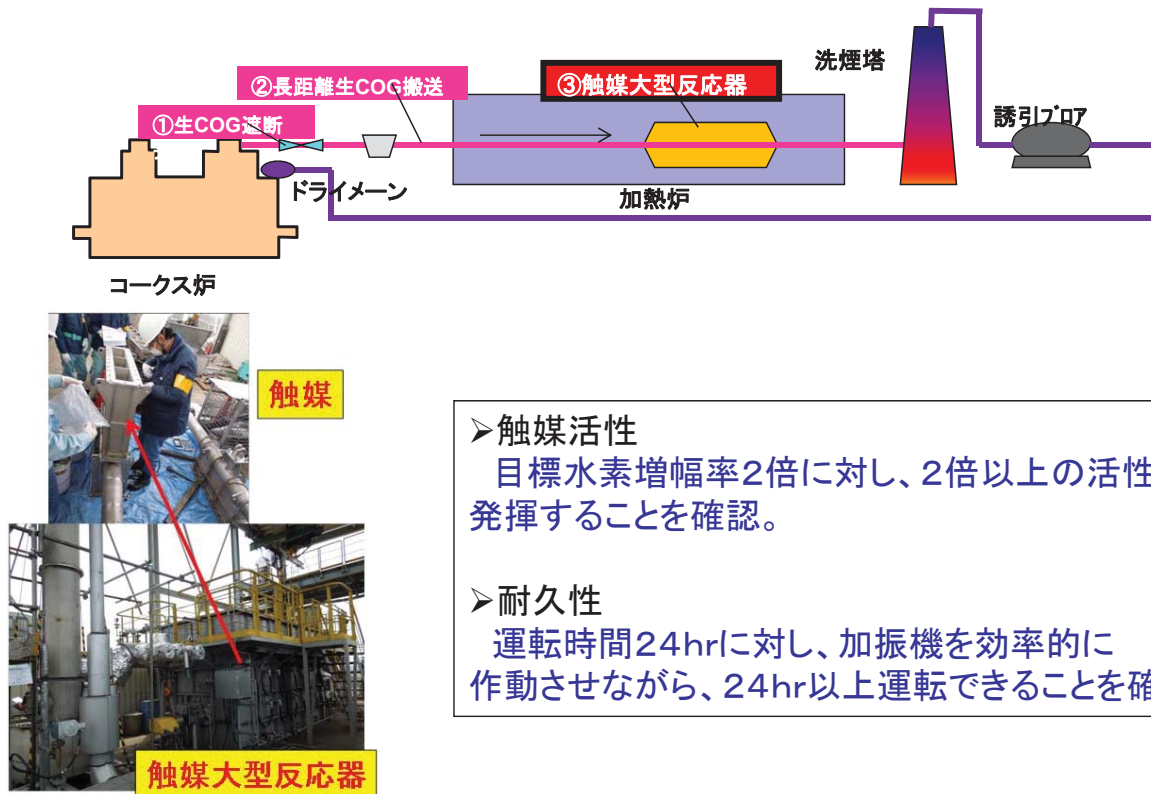
スウェーデン・LKAB社8m3試験高炉(概念図)

解体後の炉内状況



・炉内焼結鉱の顕著な粉化は見られない

サブテーマ2 COGのドライ化・増幅技術開発

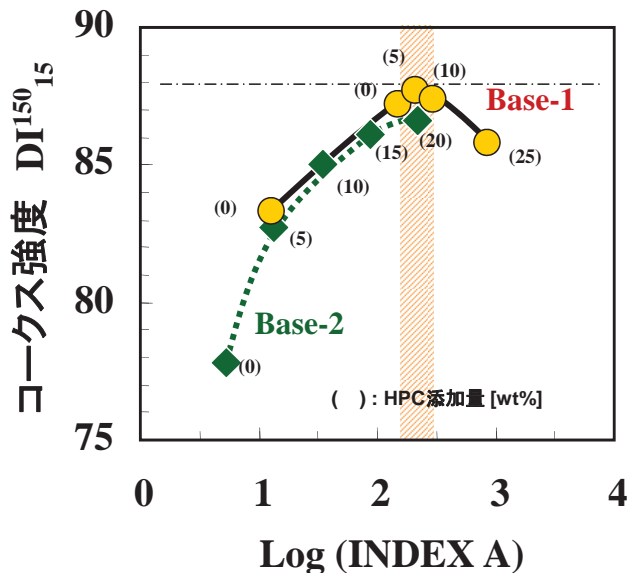


- 触媒活性
目標水素増幅率2倍に対し、2倍以上の活性を發揮することを確認。
- 耐久性
運転時間24hrに対し、加振機を効率的に作動させながら、24hr以上運転できることを確認。

サブテーマ3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術

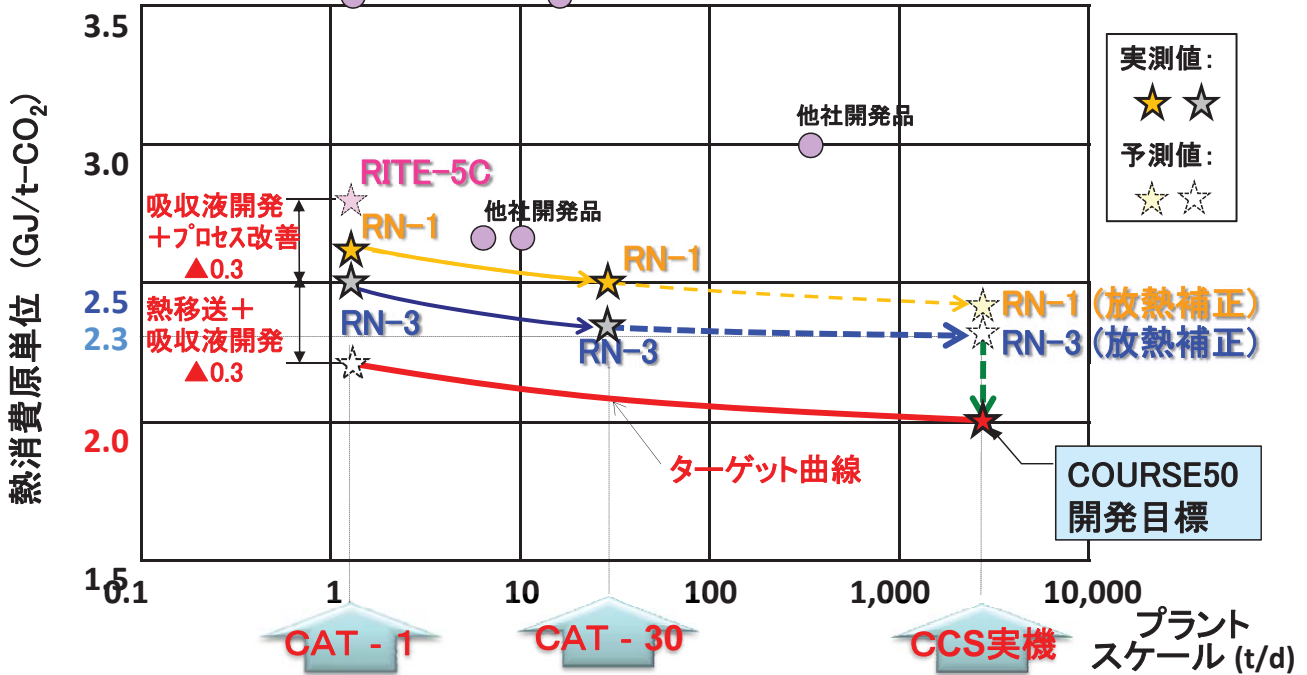
OHPC添加によりコークス強度 $DI^{150}_{15} \geq 88$ を達成

INDEXとコークス強度の関係



サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発

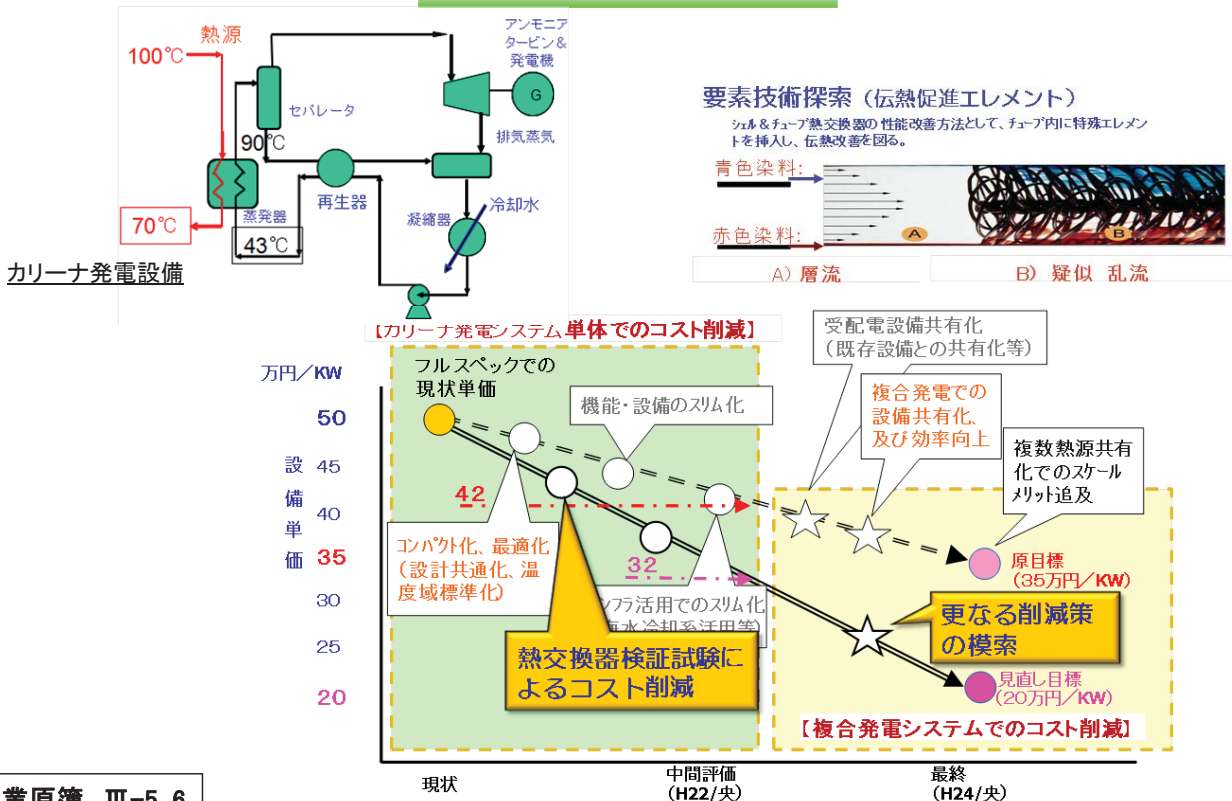
性能評価試験の結果概要(CAT-1,CAT-30)
MEA(汎用品) MEA(汎用品)



吸収液開発+プロセス改善により、CAT-1で 2.5GJ/t-CO₂を達成。(世界TOPレベル)
⇒ RN-3Cでは再生塔低温化の影響により、CAT-30で 2.34 GJ/t-CO₂ (実機規模=2.3) 達成。

サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発

低位熱発電システムの低コスト化



サブテーマ6 製鉄全体プロセスの評価

シミュレーション結果

水素還元によるCO₂削減効果 (COG改質、高炉吹込み)
表 購入原料、エネルギー量

	単位	モデル製鉄所	COURSE50 技術導入後	差異
購入	原料炭	t-Dry	*****	*****
	PC・焼結炭	t-dry	*****	*****
	電力	MWh	*****	*****
	LNG	kNm ³	*****	*****
外販	電力	MWh	*****	*****
	タール	t	*****	*****
	軽油	kl	*****	*****

表 CO₂排出量

		CO ₂ 量(kt/年)			
		モデル製鉄所	COURSE50 技術導入後	差異	
				数量	変化率(%)
IN	原料炭	*****	*****	*****	
	PC・焼結炭	*****	*****	*****	
	電力	*****	*****	*****	
	LNG	*****	*****	*****	
OUT	電力	*****	*****	*****	
	タール	*****	*****	*****	
	軽油	*****	*****	*****	
	化成品補正	*****	*****	*****	
IN-OUT(排出量)		*****	*****	*****	△ 5.80
粗鋼トン当たり (kg-CO ₂ /t-s)		*****	*****	*****	

CO₂排出量5.8%の削減

計算前提 ・シャフト効率(高炉での還元効率を表す指標)を固定。H₂還元によりシャフト効率がアップするなどの効果織り込み無し
・改質COG吹込み量****Nm³/t-plに設定。これ以上吹込み流量を増加させると、現状の計算上の仮定ではシャフト吹込時のガス通過領域での還元効率が低下

知的財産権、成果の普及

区分 年度	特許出願			論文		その他外部 発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	1件	5件
H21FY	1件	0件	0件	1件	18件	27件
H22FY	12件	0件	0件	1件	28件	24件
H23FY	20件	0件	1件	1件	38件	31件
H24FY	2件	0件	3件 (手続き中)	6件 (投稿中5件)	22件	10件
計	35件	0件	4件	9件	115件	98件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

注1:H24特許出願はこの他に1件を準備中
注2:H24論文はこの他に7件を投稿準備中

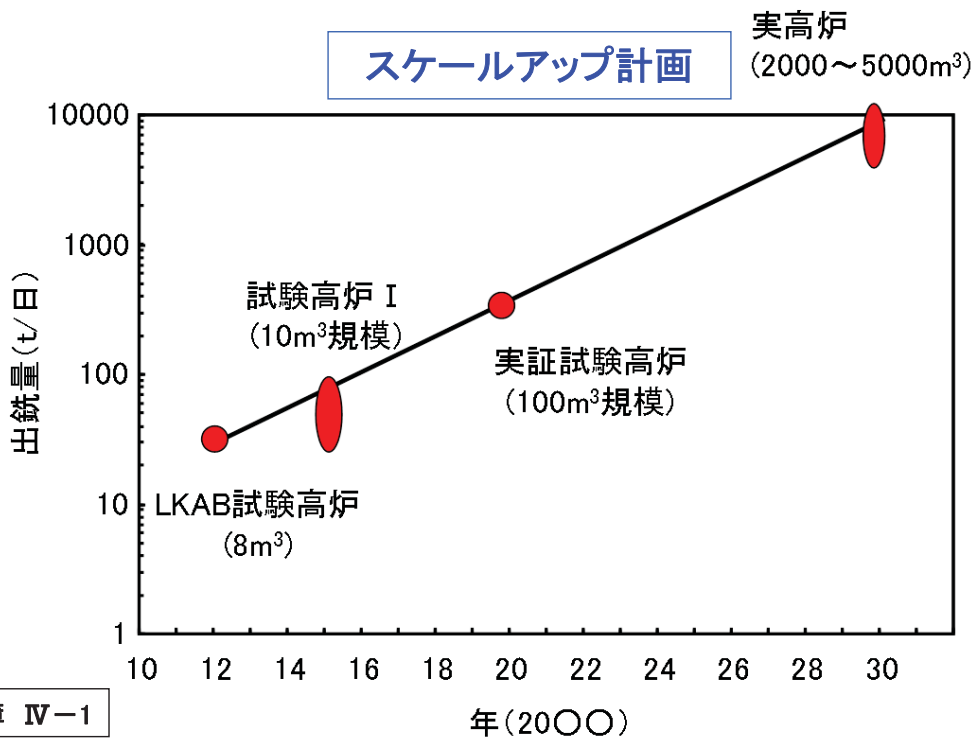
※ : 平成24年11月5日現在

step1到達レベルとその課題およびstep2実施項目の関係

主要項目	step1の到達レベル	step2での課題と実施内容
水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。	当初計画外のLKAB水素還元試験をも含め、Cの直接還元率の低減効果を得、高炉インプットで2.5%から3.5%程度のCO2低減の可能性のあることを確認。	① ガス供給条件の最適化 による更なる高効率化 ②step1でscope外の 原料サイドの具備条件含めた総合検討 による更なる高効率化以上を10m3規模試験高炉で実施。
水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。	大量に製造した触媒の実COGに対する触媒活性発揮を確認した(水素増幅率2倍)。	高炉要求の温度(>800℃)、メタン成分低減の達成が新たな課題 。触媒法のレベルアップ及び 無触媒法 援用も含む。
水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確立す	目標であるDI > 88を満足する製造方法に目処	10m3規模試験高炉で評価
高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収コスト2,000円/t-CO2(「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	目標の2000円/t-CO2を達成する見込み(12月)	化学吸収法は10m3規模試験高炉との連続試験+更なるブレークスルー課題への取組 物理吸着法は40万トン/年へのスケールアップ
全体最適化を推進し、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO2削減を可能にする技術の確立に資する。	製鉄所全体についての総合的エネルギーバランス評価のためのツールを作成し、 水素還元5.8%(ガス利用効率同等前提)+CO2分離回収20%の削減レベル 。	step2開発進捗に伴う全体最適化評価の高度化により、 総合改善CO2削減30%の技術確立 。

事業原簿 IV-2~4

本プロジェクトは鉄鋼業に不可欠な「鉄鉱石の還元工程」に「脱炭素」の指向を導入するとともに、革新的なCO2分離回収技術を組み合わせたものであり、有効な手段と考えられる。
LKAB試験高炉にて、インプットCの低減の実績が得られた意義は非常に大きい。
以下のスケールアップ計画にて実用化を図る。



事業原簿 IV-1

Step2に向けての考え方

水素還元基本方針

高炉からのCO2排出削減技術開発 ①鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 概要

1. 開発方針

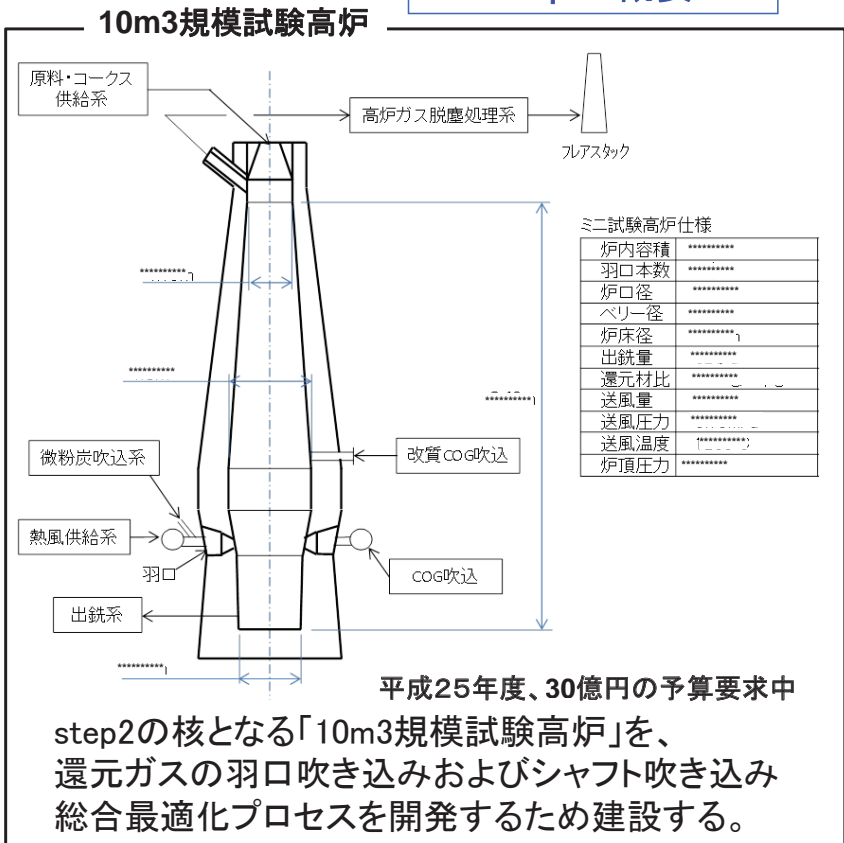
◎開発内容
高炉からのCO2排出量の削減するため高炉でのコークスあるいは微粉炭の使用量削減をめざし、水素等を非カーボン系の還元材を活用し、鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。

◎最終目標

- ・10m3規模試験高炉を軸として、生産性確保を前提とした10%の発生CO2削減技術を確立する。
- ・COGの適正吹き込み方法、吹き込み条件の明確化。
- ・水素の還元に適した原料の設計。

事業原簿 IV-1

Step2 概要



COG改質

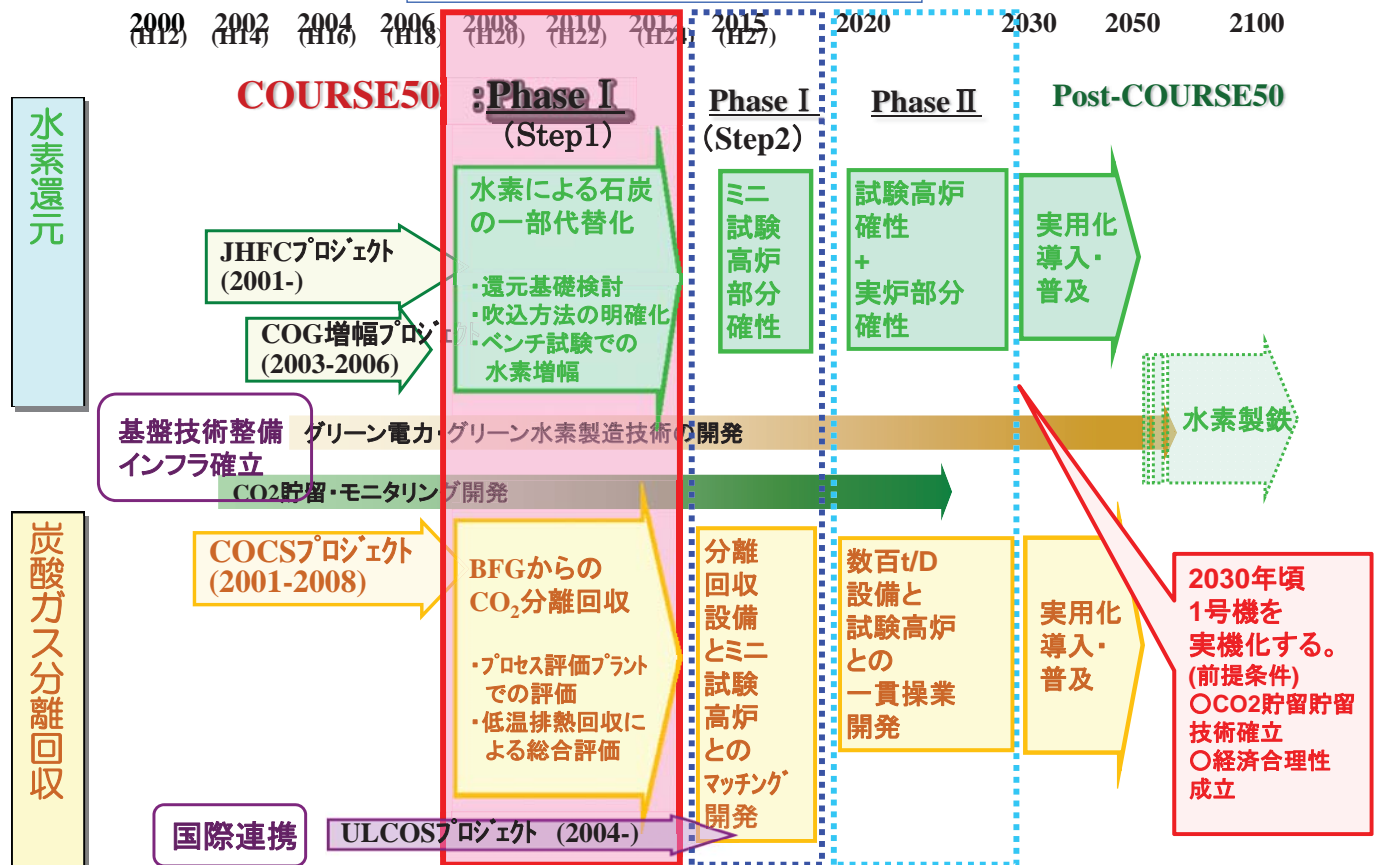
COG改質については、step1で開発した「触媒法」に加え、高炉側のより高い水素濃度・温度要求にこたえるべく、高炉オンサイト側での技術導入も視野にいれ、総合的な機能向上を狙ってゆくことで、試験高炉機能の充実を図る。

事業原簿 IV-1

研究開発スケジュール

	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018~FY2027
Government	Cool Earth エネルギー革新技術計画	Kyoto Period					Post Kyoto					
	●プロジェクト評価	●プロジェクト採択(7/21)				●Post 京都枠組み						
Worldsteel	CO2-BT-Phase1	CO2-BT-Phase2										
ULCOS	ULCOS1(2010)	ULCOS2(2009-2017)										ULCOS1(2018-)
COURSE50		Phase I ステップ1					Phase I ステップ2					Phase II
開発ステージ 予算規模(億円)		15.6	25.1	19.5	26.5	16.5	30	50	33	24	13	
水素還元	高炉	還元技術見極め		ガス挙動制御 反応制御		試験高炉 原料開発	ミニ試験高炉の設計・建設	試験操作及びデータ解析				
	COG改質	改質技術見極め		ベンチ規模試験機 製作と立ち上げ		触媒方式 ベンチ試験装置改良・試験	無触媒方式 ベンチ試験装置製作	10m3試験高炉レベル検討	スケールアップのプロセス・エンジニアリング技術確立			
CO2分離回収	分離回収	30t/Dプロセス評価プラント 建設		吸収液/剤の技術評価		化学吸収 物理吸収	吸収液の高性能化 システムの高度化・非水系吸収液の検討	ミニ試験高炉との連動				
	未利用顕熱回収	要素技術見極め		ベンチ試験建設と技術評価		大型化・高効率化の課題検討	製鋼スラグ顕熱回収技術開発 排ガス系、温水系排熱技術検討	スケールアップ開発				

実用化スケジュール

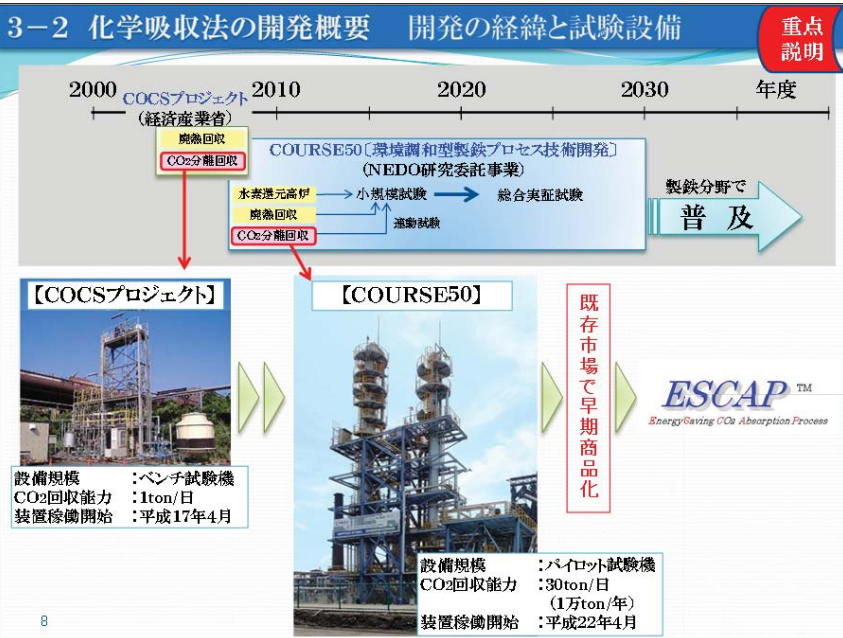


製鉄所プロセスの省エネ

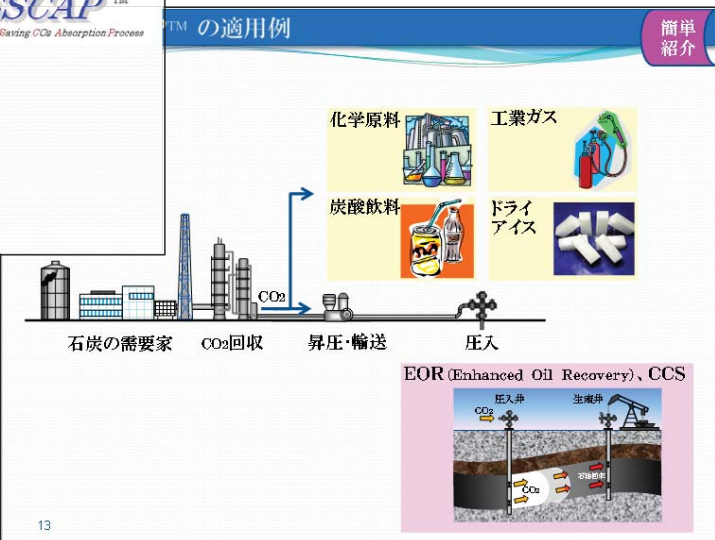
- ・高強度コークス製造後術
非粘結炭の配合量を増加させてもコークス品位の確保が可能
- ・製鉄所内未利用排熱回収技術
未利用低温排熱利用技術である「カーリーナ発電技術」などの早期適用

他分野への適用

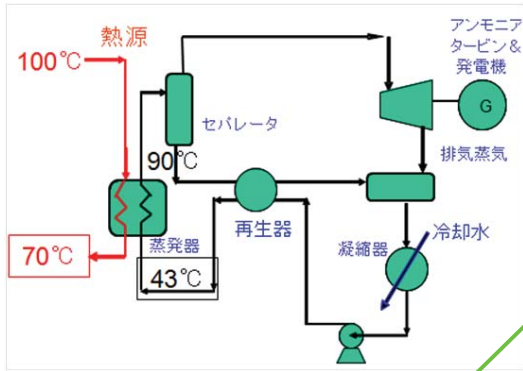
- ・CO2分離回収技術
化学吸収法プロセス技術の化学工業分野等への早期適用



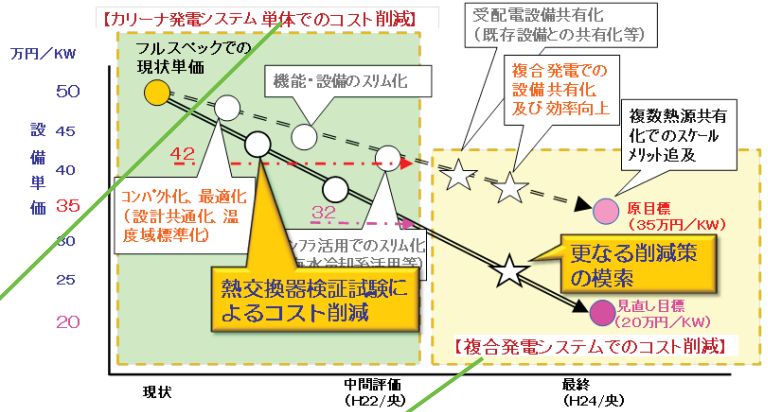
化学吸収法他分野への早期実用化



低位熱発電システムの低コスト化

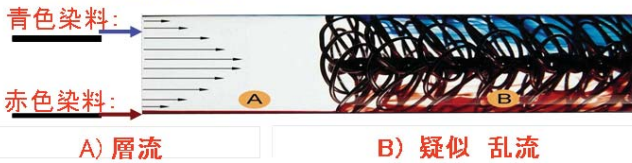


カーリーナ発電設備

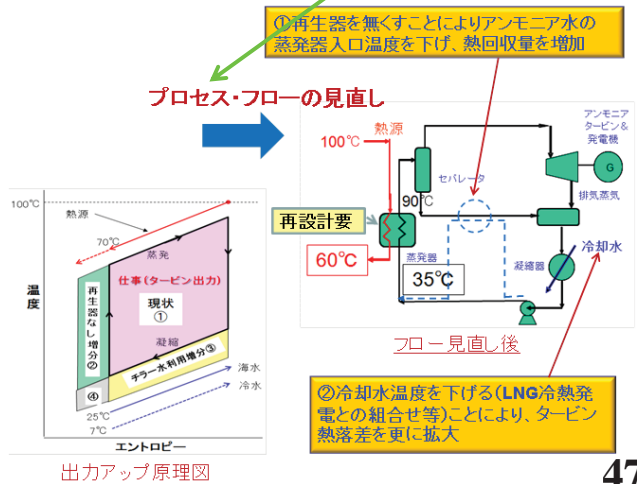


要素技術探索 (伝熱促進エレメント)

シェル&チューブ熱交換器の性能改善方法として、チューブ内に特殊エレメントを挿入し、伝熱改善を図る。



事業原簿 IV-7



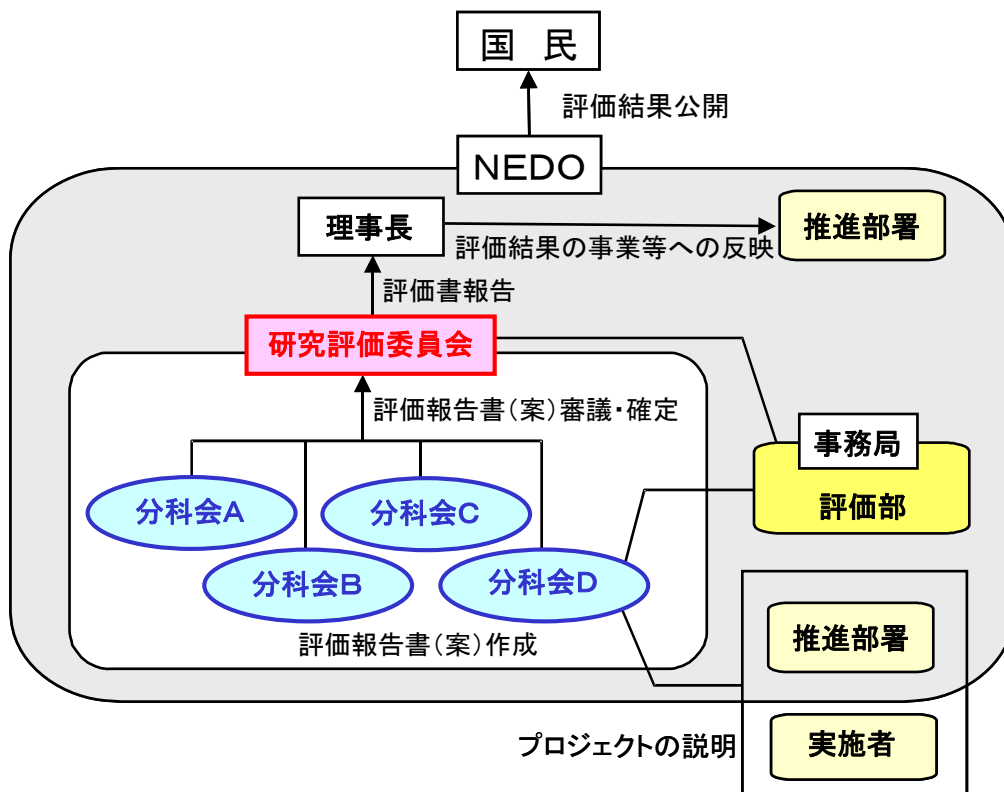
出力アップ原理図

参考資料 1 評価の実施方法

本評価は、「技術評価実施規程」（平成 15 年 10 月制定）に基づいて研究評価を実施する。

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）における研究評価の手順は、以下のように被評価プロジェクトごとに分科会を設置し、同分科会にて研究評価を行い、評価報告書（案）を策定の上、研究評価委員会において確定している。

「NEDO 技術委員・技術委員会等規程」に基づき研究評価委員会を設置
研究評価委員会はその下に分科会を設置



1. 評価の目的

評価の目的は「技術評価実施規程」において。

業務の高度化等の自己改革を促進する

社会に対する説明責任を履行するとともに、

経済・社会ニーズを取り込む

評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する

としている。

本評価においては、この趣旨を踏まえ、本事業の意義、研究開発目標・計画の妥当性、計画を比較した達成度、成果の意義、成果の実用化の可能性等について検討・評価した。

2. 評価者

技術評価実施規程に基づき、事業の目的や態様に即した外部の専門家、有識者からなる委員会方式により評価を行う。分科会委員選定に当たっては以下の事項に配慮して行う。

科学技術全般に知見のある専門家、有識者

当該研究開発の分野の知見を有する専門家

研究開発マネジメントの専門家、経済学、環境問題、国際標準、その他社会的ニーズ関連の専門家、有識者

産業界の専門家、有識者

ジャーナリスト

また、評価に対する中立性確保の観点から事業の推進側関係者を選任対象から除外し、また、事前評価の妥当性を判断するとの側面にかんがみ、事前評価に関与していない者を主体とする。

これらに基づき、分科会委員名簿にある7名を選任した。

なお、本分科会の事務局については、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構評価部が担当した。

3. 評価対象

平成20年度に開始された「環境調和型製鉄プロセス技術開発」プロジェクトを評価対象とした。

なお、分科会においては、当該事業の推進部署から提出された事業原簿、プ

プロジェクトの内容、成果に関する資料をもって評価した。

4. 評価方法

分科会においては、当該事業の推進部署及び研究実施者からのヒアリングと、それを踏まえた分科会委員による評価コメント作成、評点法による評価及び実施者側等との議論等により評価作業を進めた。

なお、評価の透明性確保の観点から、知的財産保護の上で支障が生じると認められる場合等を除き、原則として分科会は公開とし、研究実施者と意見を交換する形で審議を行うこととした。

5. 評価項目・評価基準

分科会においては、次に掲げる「評価項目・評価基準」で評価を行った。これは、研究評価委員会による『各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格、中間・事後評価の別等に応じて、各分科会において判断すべきものである。』との考え方に従い、第1回分科会において、事務局が、研究評価委員会により示された「標準的評価項目・評価基準」（参考資料1-7頁参照）をもとに改定案を提示し、承認されたものである。

プロジェクト全体に係わる評価においては、主に事業の目的、計画、運営、達成度、成果の意義や実用化への見通し等について評価した。各個別テーマに係る評価については、主にその目標に対する達成度等について評価した。

評価項目・評価基準

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 環境安心イノベーションプログラム、エネルギーイノベーションプログラムの目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。

- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
 - ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
 - ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携が十分に行われる体制となっているか。
 - ・ COURSE50 の全体計画に基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。
- (4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性
- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
 - ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。
- (5) 情勢変化への対応等
- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
3. 研究開発成果について
- (1) 目標の達成度
- ・ 成果は目標値をクリアする見込みか。
 - ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
 - ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。
- (2) 成果の意義
- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
 - ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
 - ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
 - ・ 成果は汎用性があるか。
 - ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
 - ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。
 - ・ 成果は、次の Step へ進むために十分であるか。
- (3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組
- ・ 知的財産権等の取扱（特許出願、著作権の登録、営業機密の管理等）は事

業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ **Step2** に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

標準的評価項目・評価基準（事後評価）

2010. 3. 26

【事後評価 標準的評価項目・評価基準の位置付け（基本的考え方）】

標準的評価項目・評価基準は、第25回研究評価委員会（平成22年3月26日付）において以下のとおり定められている。（本文中の記載例による1・・・、2・・・、3・・・、4・・・が標準的評価項目、それぞれの項目中の(1)・・・、(2)・・・が標準的評価基準、それぞれの基準中の・・・が視点）

ただし、これらの標準的評価項目・評価基準は、研究開発プロジェクトの事後評価における標準的な評価の視点であり、各分科会における評価項目・評価基準は、被評価プロジェクトの性格等に応じて、各分科会において判断すべきものである。

1. 事業の位置付け・必要性について

(1) NEDOの事業としての妥当性

- ・ 特定の施策（プログラム）、制度の下で実施する事業の場合、当該施策・制度の目標達成のために寄与しているか。
- ・ 民間活動のみでは改善できないものであること、又は公共性が高いことにより、NEDOの関与が必要とされる事業か。
- ・ 当該事業を実施することによりもたらされる効果が、投じた予算との比較において十分であるか。

(2) 事業目的の妥当性

- ・ 内外の技術開発動向、国際競争力の状況、エネルギー需給動向、市場動向、政策動向、国際貢献の可能性等から見て、事業の目的は妥当か。

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携 and/or 競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化、事業化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化、事業化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化、事業化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）

（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）

- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓する事が期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化、事業化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 産業技術としての見極め（適用可能性の明確化）ができているか。
- ・ 実用化に向けて課題が明確になっているか。課題解決の方針が明確になっているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)事業化までのシナリオ

- ・ N E D O 後継プロジェクト、N E D O 実用化助成、企業内研究等、プロジェクト終了後の事業化までの道筋は明確か。
- ・ 市場の規模や成長性、コストダウン、競合技術との比較、導入普及、事業化までの期間、事業化とそれに伴う経済効果等の見通しは立っているか。

(3)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

基礎的・基盤的研究及び知的基盤・標準整備等の研究開発の場合は、以下の項目・基準による。

* 基礎的・基盤的研究開発の場合

2. 研究開発マネジメントについて

(1) 研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2) 研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3) 研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担っているか。
- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携and/or競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5)情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1)目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2)成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながる事が期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は、他の競合技術と比較して優位性があるか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 実用化イメージ・出口イメージが明確になっているか。
- ・ 実用化イメージ・出口イメージに基づき、開発の各段階でマイルストーンを明確にしているか。それを踏まえ、引き続き研究開発が行われる見通しは立っているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

* 知的基盤・標準整備等の研究開発の場合

2. 研究開発マネジメントについて

(1)研究開発目標の妥当性

- ・ 内外の技術動向、市場動向等を踏まえて、戦略的な目標が設定されているか。
- ・ 具体的かつ明確な開発目標を可能な限り定量的に設定しているか。
- ・ 目標達成度を測定・判断するための適切な指標が設定されているか。

(2)研究開発計画の妥当性

- ・ 目標達成のために妥当なスケジュール、予算（各個別研究テーマ毎の配分を含む）となっているか。
- ・ 目標達成に必要な要素技術を取り上げているか。
- ・ 研究開発フローにおける要素技術間の関係、順序は適切か。
- ・ 継続プロジェクトや長期プロジェクトの場合、技術蓄積を、実用化の観点から絞り込んだうえで活用が図られているか。

(3)研究開発実施の事業体制の妥当性

- ・ 適切な研究開発チーム構成での実施体制になっているか。
- ・ 真に技術力と事業化能力を有する企業を実施者として選定しているか。
- ・ 研究管理法人を経由する場合、研究管理法人が真に必要な役割を担ってい

るか。

- ・ 全体を統括するプロジェクトリーダー等が選任され、十分に活躍できる環境が整備されているか。
- ・ 目標達成及び効率的実施のために必要な実施者間の連携and/or競争が十分に行われる体制となっているか。
- ・ 実用化シナリオに基づき、成果の受け取り手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、関与を求める体制を整えているか。

(4) 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

- ・ 成果の実用化につなげる戦略が明確になっているか。
- ・ 成果の実用化につなげる知財マネジメントの方針が明確に示され、かつ妥当なものか。

(5) 情勢変化への対応等

- ・ 進捗状況を常に把握し、社会・経済の情勢の変化及び政策・技術動向に機敏かつ適切に対応しているか。
- ・ 計画見直しの方針は一貫しているか（中途半端な計画見直しが研究方針の揺らぎとなっていないか）。計画見直しを適切に実施しているか。

3. 研究開発成果について

(1) 目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。（※）
（※事後評価前倒し実施の場合は、「成果は目標値をクリアする見込みか。」）
- ・ 全体としての目標達成はどの程度か。
- ・ 目標未達成の場合、目標達成までの課題を把握し、課題解決の方針が明確になっているか。

(2) 成果の意義

- ・ 成果は市場の拡大或いは市場の創造につながることが期待できるか。
- ・ 成果は、世界初あるいは世界最高水準か。
- ・ 成果は、新たな技術領域を開拓することが期待できるか。
- ・ 成果は汎用性があるか。
- ・ 投入された予算に見合った成果が得られているか。
- ・ 成果は公開性が確保されているか。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

- ・ 研究内容に新規性がある場合、知的財産権等の取扱（特許や意匠登録出願、著作権や回路配置利用権の登録、品種登録出願、営業機密の管理等）は事業戦略、または実用化計画に沿って国内外に適切に行われているか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、得られた研究開発の成果に基づく国際標準化に向けた提案等の取組が適切に行われているか。

(4)成果の普及

- ・ 論文の発表は、研究内容を踏まえ適切に行われているか。
- ・ 成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対して、適切に成果を普及しているか。また、普及の見通しは立っているか。
- ・ 一般に向けて広く情報発信をしているか。

4. 実用化の見通しについて

(1)成果の実用化可能性

- ・ 整備した知的基盤についての利用は実際にあるか、その見通しが得られているか。
- ・ 公共財として知的基盤を供給、維持するための体制は整備されているか、その見込みはあるか。
- ・ 国際標準化に関する事項が計画されている場合、国際規格化等、標準整備に向けた見通しが得られているか。
- ・ J I S 化、標準整備に向けた見通しが得られているか。注）国内標準に限る
- ・ 一般向け広報は積極的になされているか。

(2)波及効果

- ・ 成果は関連分野への波及効果（技術的・経済的・社会的）を期待できるものか。
- ・ プロジェクトの実施自体が当該分野の研究開発や人材育成等を促進するなどの波及効果を生じているか。

参考資料 2 評価に係る被評価者意見

研究評価委員会（分科会）は、評価結果を確定するにあたり、あらかじめ当該実施者に対して評価結果を示し、その内容が、事実関係から正確性を欠くなどの意見がある場合に、補足説明、反論などの意見を求めた。研究評価委員会（分科会）では、意見があったものに対し、必要に応じて評価結果を修正の上、最終的な評価結果を確定した。

評価結果に対する被評価者意見は全て反映された。

参考資料 3 分科会議事録

研究評価委員会
「環境調和型製鉄プロセス技術開発」(事後評価)分科会
議事録

日 時：平成24年12月3日(月) 10:15~18:00

場 所：WTC コンファレンスセンター Room A

出席者(敬称略、順不同)

＜分科会委員＞

分科会長	日野 光兀	東北大学 名誉教授
分科会長代理	永田 和宏	東京藝術大学 大学院美術研究科 教授
委員	青木 秀之	東北大学 大学院工学研究科 化学工学専攻 教授
委員	阿部 高之	一般財団法人 日本プラント協会 技術室付 部長
委員	清水 忠明	新潟大学 工学部化学システム工学科 教授
委員	前 一廣	京都大学 工学研究科化学工学専攻 教授
委員	牧野 尚夫	一般財団法人 電力中央研究所 首席研究員

＜推進者＞

相楽 希美	NEDO 環境部 部長
鈴木 富雄	NEDO 環境部 プログラムマネージャー
高取 静雄	NEDO 環境部 統括主幹
在間 信之	NEDO 環境部 主幹
山口 亮祐	NEDO 環境部 主査
岡島 重伸	NEDO 環境部 主査

＜実施者＞

齋藤 公児 (PL)	新日鐵住金(株) 製銑技術部 部長
納雅夫(副 PL)	JFE スチール(株) 技術企画部 企画グループリーダー
殿村 重彰	新日鐵住金(株) 技術開発企画部 上席主幹
渡壁 史朗	JFE スチール(株) スチール研究所製銑研究部 主任研究員
藤本 健一郎	新日鐵住金(株) 先端技術研究所 環境基盤研究部 部長
村上 英樹	新日鐵住金(株) プロセス研究開発センタープロセス技術部 部長
松野 英寿	JFE スチール(株) スチール研究所環境プロセス研究部 部長
小松 信行	(株)神戸製鋼所 開発企画部 担当部長
小野 透	新日鐵住金(株) 技術総括部 上席主幹
浜鍛 剛	新日鐵住金(株) 技術総括部 主幹
小野田 正巳	新日鐵住金(株) 技術開発企画部 主幹
宇治澤 優	新日鐵住金(株) プロセス研究所部 部長

松崎 眞六	新日鐵住金(株)	製銑研究開発部	主幹研究員
樋口 謙一	新日鐵住金(株)	製銑研究開発部	主幹研究員
鈴木 公仁	新日鐵住金(株)	環境基盤研究部	主幹研究員
伊藤 信明	新日鐵住金(株)	環境基盤研究部	上席主幹研究員
斎間 等	JFE スチール(株)	スチール研究所環境プロセス研究部	主任研究員
當房 博幸	JFE スチール(株)	スチール研究所スラグ・耐火物研究部	主任研究員
西川 由隆	JFE スチール(株)	技術企画部	主任部員
拜司 裕久	JFE スチール(株)	技術企画部 企画グループ	主任部員
奥山 憲幸	(株)神戸製鋼所	石炭エネルギー技術開発部	主任研究員
富田 幸雄	日新製鋼(株)	技術総括部	主任部員
林 幹洋	新日鐵住金エンジニアリング(株)	事業開発企画部	シニアマネージャー

<オブザーバー>

村田 博頭	経済産業省製造産業局	鉄鋼課製鉄企画室	課長補佐
福井 克樹	経済産業省製造産業局	鉄鋼課製鉄企画室	技術係長

<企画調整>

増山 和晃	NEDO	総務企画部課長補佐
-------	------	-----------

<事務局>

竹下 満	NEDO	評価部 部長
三上 強	NEDO	評価部 主幹
内田 裕	NEDO	評価部 主査
中村 茉央	NEDO	評価部 職員

一般傍聴者 1名

議事次第

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの概要説明

【非公開セッション】

非公開資料取扱の説明

6. プロジェクトの詳細説明
 - (1) 製鉄プロセス全体の評価・検討 (新日鐵住金(株))
 - (2) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 (JFE スチール(株))
 - (3) COG のドライ化・増幅技術開発 (新日鐵住金(株))
 - (4) 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発 ((株)神戸製鋼所)
 - (5) 未利用排熱回収技術の開発 (新日鐵住金(株))
 - (6) CO2 分離・回収技術の開発 (JFE スチール(株))
7. 全体を通しての質疑

【公開セッション】

8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

議事内容

【公開セッション】

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
 - ・開会宣言 (事務局)
 - ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
 - ・田中分科会長挨拶
 - ・出席者 (委員、推進者、実施者、事務局) の紹介 (事務局、推進者)
 - ・配布資料確認 (事務局)
2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 及び 2-2 に基づき説明し、議題 6. 「プロジェクトの詳細説明」を非公開とすることが了承された。

3. 評価の実施方法

評価の手順を事務局より資料 3-1～3-5 に基づき説明し、了承された。

4. 評価報告書の構成について

評価報告書の構成を事務局より資料 4 に基づき説明し、事務局案どおり了承された。

5. プロジェクトの概要説明

資料 6-1 による NEDO 山口主査および新日鉄住金齋藤 PL によるプロジェクト（以下 PJ）の概要説明の後、審議質問に入った。質疑記録は下記の通り。

【日野分科会長】 どうもありがとうございました。ただいまのご説明に対してご意見、ご質問がありましたらお願いしたいのですが、ここでちょっと注意事項を再度申し上げます。技術の詳細につきましては、後ほど議題 6 で議論いたします。非公開のところですね。ですから、ここでは主に事業の位置づけ、あるいは必要性、マネジメントについてのご意見をお願いしたいと思います。何かありましたら、どうぞ。

【永田分科会長代理】 山口さんの説明の中であつたと思うのですが、ヨーロッパの ULCOS との比較をされていますけれども、アメリカとの比較を十分されていませんね。アメリカが電気炉を中心にやろうということは、いわゆるミニミルを多分念頭に置いていると思うのですがけれども、世界的にはそういう方向に行っているのではないかと感じているのですがけれども、この大高炉主義で今後も将来にわたってこれでいけるというお考えの根拠は何でしょうか。

【山口主査】 アメリカに関しても、さっきの CO₂ のブレイクスループログラムの中の調査の一環で調べておまして、おっしゃるように、電気炉を中心ということで、シェールガス等を用いた発電によって電気炉を動かすということで、CO₂ 削減に寄与させる方向では動いておりますけれども、日本としては、やはり今の段階では高炉法による生産性が最もすぐれている。大量につくるというところで、生産性にすぐれているというところをベースにして考えております。

【永田分科会長代理】 私の質問は、2050年の話をしているのです。2030年にこのプロジェクトが一応動き出すという話が前提ですから、これから20年、30年後の鉄鋼業のあり方も含めて、この話ができていくのかどうかと。

【齋藤部長】 私のほうからお答えさせていただきたいと思います。まず先生ご指摘のように、北米のプログラムがございますけれども、まだ大学のラボ、研究室の中で小さな還元炉を使って電気分解等々をやるといったところで、まだ研究が緒についたばかりでございます。また、企業側が参画してやっているという状態ではなくて、企業側がオブザーバーのような形で入っているというのが今の北米の状況でございます。

それから、2030年にほんとうに高炉なのかといったご指摘があるかと思

いますが、まず日本の中の状況を考えますと、やはり高炉法の優位性というのはまだ変わらないのではないかと考えています。特に生産性の問題が非常にあるかと思えますし、また、2030年ころに日本のエネルギー構造がどのようになっているかにつきましては、まだまだいろいろな議論があるかと思えますが、日本の中で電気を使ってやっていくには非常に難しい状況になっているのではないかと考えておりました、例えばコークス炉、それから焼結プロセス等々、既に我々が持っているプロセスを活用しながら、高炉にプラスアルファを加えてCO₂を削減するアプローチが今の段階ではいちばん現実的ではないかと捉えております。

【殿村上席主幹】 一点だけ補足させてください。スクラップも含めて全世界の鉄鋼のバランスがどうなっていくのかという予測もかなり諸説ございます。そういった中で、実は平成19年にこのプロジェクトをスタートするとき、総合科学技術会議の中で同じような議論がありました。例えば一番重要な話が、CO₂対策をするのにどうして高炉なのだ、もっと抜本的な革新的なプロセスがあるだろうという質問も出ました。そのときの我々の答えはこうです。これはCool Earth 50、つまり、2050年に間に合わず技術です。高炉が間に合うためには技術開発は2030年に終わって、20年の開始を経なければなりません。そうすると、2030年に、生産性がこれだけ高くして日本が国際社会で生きている技術を、高炉を全廃して別のプロセスに全部とって替えてやれますかという命題に対して我々は不可能と判断しました。2100年を目指すなら可能かもしれません。だけど、2030年に技術開発を完了しろということでは、高炉を捨て去るわけにはいきませんというふうに総合科学技術会議の中ではっきり申させていただきまして、ただし、高炉を使う中での最大限の革新的なことであり、今コークス炉で使っているエネルギーは電気も生産するコプロダクションをさせていただいているが、(この)電気をつくるエネルギーも鉄を還元(することに利用)させてくれということで、10%は水素還元。でも、それは残念ながら10%でしかない。30%にするために残り20%は、どうしても高炉を使ってCO₂は出てしまうけれども、それを分離・回収するという手立てをとらざるを得ない。永田先生からご指摘ありましたように、貯留がポシャったらポシャる覚悟もありながらも、どうしても高炉を使って出てしまうものは除去して貯留しかないという、2つの選択肢。ただし、10%はもともと減らすというアプローチをしておりますから、貯留がなくなってもゼロにはならない。総合科学技術会議でもそのような位置づけであることをご説明してスタートさせていただいた経緯はございます。

【日野分科会長】 よろしいですか。

【永田分科会長代理】 まずは。

【日野分科会長】 そのほか、委員の方。

【阿部委員】 今回の資料でいいますと、目標が大きく分けて2つあって、水素還元の部分で10%、それから、CO₂分離・回収のところでは20%というふうに掲げられてありまして、それについては妥当だと思いますが、今日いろいろご説明があった中で、ちょっとそうかなと思ったのは、2番目の分離・回収は、水素還元と直接結びつくものではないだろうと思っておりまして、例えば現状の既設の高炉からの高炉ガスに対しても当然CO₂分離・回収というのは適用できるのではないかと。Step 1までの状況を見ると、水素還元に対してCO₂分離はかなり良好な結論も出ているということと、あわせて、もちろんCO₂固定化、貯留の技術開発は別途にやっていますから、その進みぐあいのマッチング問題も当然あると思いますけれども、そちらが進めば当然、これが終わらなくても既設の高炉に対してもCO₂分離・回収は適用できるのではないかと。思うのですけれども、その辺はいかがでしょうか。先ほど、この分離・回収は、化学工業には適用できると。それは多分、固定化とは直接結びつかないからすぐにでも適用できる。それはよくわかるのですけれども、固定化が進めば、プロジェクトがもし遅れても、例えば、2020年代の半ばでも固定化ができればすぐにでも高炉で適用できるのではないかと。という視線がちょっと見えないなと思ったのですけれど。

【山口主査】 おっしゃるとおり、水素還元と高炉ガスからのCO₂の分離・回収とは関連性はあるわけではないので、技術的にはCO₂分離・回収のみの適用も可能となります。ただし、今、ほんの30t/d規模の設備の試験結果が出たところで、このスケールアップに対する検討が今後必要になりますけれども、場合によれば、化学吸収、あるいは物理吸着の早期適用ということも視野に入れることができると考えております。

【齋藤部長】 ちょっと補足させていただきたいのですけれども、先生のご指摘はごもっともでございますが、全く無関係かと言われるとそうではなくて、実際の高炉から出てくるコークス、水素還元を入れますと、実際の高炉そのもののガスの組成そのものも変化をいたします。そうすると、またそういった状態の中でCO₂の分離・回収をどんなふうに行っていくのかにつきましては、まだまだ多分検討が必要なのだろうと思っています。もちろん、今先生のご指摘のように、これだけで単独走ったらどうかというご意見はありますけれども、これだけを見た場合でも、例えばこの未利用顕熱の廃熱部分というのは、一応机上ではある程度20%レベルに対しての必要な熱そのものは集められそうだということはわかってまいりましたが、実行に当たっては一つ一つの製鉄所のローカル条件がかなり違いますので、そういったことを緻密に積み上げていかなければなりません。そのため、実行につきましては、スケールアップの間

題を含めまして、少し時間がかかるのではないかと我々は考えております。

【日野分科会長】 そのほかございませんか。それでは、牧野委員、どうぞ。

【牧野委員】 電力中央研究所の牧野です。今少し話題になりましたCO₂の分離・回収に関して、若干ロジックを整理しておきたいと思い質問させていただきます。今回、化学吸収と物理吸着という2つの方法を開発するわけですが、そのそれぞれの位置づけについて確認させて下さい。2方法を検討することで、勢力が分散することを懸念しています。それぞれの方法の適否を評価した上で、絞り切れなくて2方法を残しているというところもあるかと思うのですけれども、2つとも検討する必要があるというロジックがどうなっているのかというのが1点です。もう一点は、2030年に実用化ということを考えたときに、この2つの方法で良いのかという点です。まさに先ほども別件で指摘があったのですけれども、20年近く先を考えたときに、今、主に考えられている化学吸収と物理吸着だけ検討していくことで良いのかどうかについてご見解を伺いたいと思います。

【山口主査】 物理吸着と化学吸収という2種類やっていますが、方法として化学吸収では熱が中心に必要で、物理吸着は真空ポンプ等の電力として電源が必要になる位置づけになります。これに対して、化学吸収で低温の廃熱としてかなりの熱量を集約することが可能となれば、化学吸収がかなりエネルギー源として確保されるという方向になりますけど、そうではなくて、低い温度の廃熱をとるのにはかなり苦労するところがございますので、高い温度の蒸気を使った発電が中心となるようなプラントにおいては、電力として供給できる物理吸着のほうがやりやすいというような面もございますので、いろんな組み合わせ、製鉄所ごとにパターンが違うと思うので、2つを選択肢として開発を進めるのは必要と考えております。

【齋藤部長】 牧野先生のご指摘はもっともでございますけれども、これは一般的な鉄鋼のプロセスを、製鉄所を模擬した流れでございますが、実際に日本の製鉄所は、例えば高炉の数が1本の製鉄所もあれば、3本持っているところもあります。イコール、それを持っているコークスの工場とか焼結の工場等々のキャパシティもみんな違います。そう考えますと、我々が今使おうと思っている廃熱そのものが製鉄所によってかなりローカル条件が異なると考えています。今山口様からご指摘ありましたように、化学吸収と物理吸着というおのおの違うエネルギー源を使って進めようと思っておりますので、そういった面では、2つのアイテムをいかに組み合わせて、効率よくCCSを行うかが一番大きなターゲットでございます。我々は今この2つを、決して勢力を分散さすのではなく最初から必要だという観点のもと検討しているのが1点目でございます。

あと、先生のご指摘のように、2030年のころにはもっと新しい技術が出

ているかもしれない。それはごもっともでございます、我々はいろんな調査会社等々を使いまして、常に世の中の技術開発をチェックしています。世の中には他の方法を使うということもありますし、例えば世界によってはアンモニアを使うとか、いろんなアプローチは既にやられています。ただし、最終的にどれが一番エネルギーミニマムで実行できるのかといった観点が必要なのではないかと考えていまして、そういった観点に立ちますと、まだ今の段階では我々が進めている化学吸収と物理吸着が一番正しい方向なのではないかと思っておりますが、先生のご指摘のように、これについては常に世の中をウォッチしていきたいと考えます。何かつけ加えることありますか。

【松野部長】 JFEの松野と申します。これをスタートしましたときに、先生のご指摘のとおり、物理と化学以外にも膜ですとかいろいろ評価しましたが、高炉ガス中のCO₂濃度が22%前後でございますので、5年前にスタートしたときにおきましては、化学吸収法と物理吸着法の2つが鉄鋼業にしましてはすぐれているのではなからうかということで、2つ並行して進めました。今、プロジェクトリーダーからありましたように、製鉄所によりエネルギーバランスが個々に違いますので、あと、スケールも違いますので、それを最適化していくのが今後の課題だと思っております。以上です。

【日野分科会長】 よろしいでしょうか。それでは、ほかにございますか。清水先生、どうぞ。

【清水委員】 HPC添加によるコークスの製造の件で伺いたいのですが、この場合、HPCをつくる上での原料の制約ですね、今のコークスの場合は粘結炭が必要ということで、いろいろ原料に制約があると思います。それに対して、HPCを使うことによって、原料調達幅が広がる、あるいは、このHPCもある程度特殊な石炭でないとできないのかどうか。資源セキュリティの面からはいかがなものでしょうか。

【齋藤部長】 現在我々はこのHPCをつくるのに、どちらかというと亜歴青炭みたいなかなり通常鉄鋼業の中で使えない石炭をターゲットにしながらつくり込もうと思っております。もちろん先生のご指摘のように、いろんな炭種からHPCはできていますので、その炭種の違いによって得られるものがどのぐらい違って、効果がどのように違うかも含めて検討を進めていますが、結果、今の段階では、HPCをつくることに石炭の制約は非常に少ないと考えておりまして、資源戦略的にも非常に効果が高いと考えています。あと、小松さん、何かつけ加えることありますか。

【小松部長】 SG3を担当しています小松ですけれども、今、PLからございましたように、資源対応力としての技術として我々はこれを位置づけておりまして、HPC用の原料の石炭は、現在火力用の一般炭を使うことで、非常にアベイラ

ブルなものを使うことを想定してございます。今ご指摘のございましたように、亜歴青炭とか、少し炭種の拡大を図ることも想定しており、強粘炭にかわる代替の技術として確立を目指しているところでございます。以上です。

【清水委員】 ありがとうございます。

【日野分科会長】 そのほかございませんでしょうか。じゃあ、青木先生、どうぞ。

【青木委員】 公開資料の29ページのところで、人材の確保というところがございましたけれども、最初に日野分科会長のご挨拶で、鉄をやっているところが非常に少ないという話をされましたけれども、企業は実施している企業内で育てられるというのはありますが、鉄鋼、特に上工程に関しての大学の研究実施者というのが次第に年々減っているという傾向がございまして、非常に人材育成に関しては危惧しているところでありまして、このような状況につきまして、プロジェクトとしてはどのようなアプローチをお考えでしょうか。

【山口主査】 各企業から共同研究という形で大学等に委託、共同実施している部分がたくさんございまして、このCOURSE50についても高炉関係では東北大はじめかなりのところを共同実施先として出すことによって、継続的にこういう研究をやることによって大学の活性化を図りたいと考えております。

【齋藤部長】 ちょっとつけ加えさせていただきますが、青木先生のご指摘のように、それで十分なのかと言われると、まだまだ不十分な点が多々あるのではないかと考えています。今のStep1ではできていなかった部分につきまして、大学とのさらにコラボレーションの加速化、それから強化はStep2でぜひやらせていただきたいと考えていまして、そのような施策を今検討中でございます。さらに、大学側の先生方のもっといろんなお知恵をこのCOURSE50の中に導入する。その中で一緒に産学連携を強化しながら、一緒に共同研究を加速化し、結果、人材育成のほうにも展開できる、このようなことを考えていきたいと思っています。ありがとうございます。

【日野分科会長】 前先生、どうぞ。

【前委員】 幾つか質問があるのです。永田先生等のご指摘あったので、再度確認させていただきたいのですが、お話では、2050年に28基、国内立地で28基と言われていましたが、その頃には日本は今の3分の2ぐらいの人口になっているわけですね。それで、基本的に巨額な設備投資になると思うのですが、ほんとうに本気で国内立地で鉄鋼28基入れかえるのが、各社トップ以下、鉄鋼協会全体の総意としてあるわけですか。次に2050年のシナリオとして、海外立地も視野に入れて考えると特許戦略も変わってきますし、まだ先のことなので、今明確な答えはないかもしれませんが、この点いかがですか。

【齋藤部長】 ご指摘のように、2030年の段階で高炉が28基あるかどうかについては、これから多分議論が深まっていくのだと思いますが、少なくとも我々が

予測しているのは、2030年ころでも大体粗鋼1億トンに近いレベルのものは日本で生産していただろうと思っています。ただ、そのときの多分輸出が、現状でも既に4割を超えているような状況でございますので、もっと輸出が増えていく状況が継続していくのではないかと考えています。というのは、日本で鉄をつくるのが一番エネルギー的にも今の段階では世界で一番ですし、効率的にも世界で一番。こういうふうにと考えると、全世界的な見地から見ても、日本で鉄をつくり続ける意義はやっぱり高いのだらうと思っています。そういった中で、我々がここに設定させていただいていますこの前提条件につきまして議論をしております。

先ほど山口様から体制のところの説明がございましたけれども、このCOURSE 50そのものには、会社の幹部も議論の場に入らせていただいております。こちらを見ていただきますと、我々としては、プロジェクトとしてこういったことを実行していますが、実際にこの進捗につきましては、年に2回このCOURSE 50委員会の中におきまして、弊社の副社長、それから各社の役員の方から全部入っていただいた形で全体を進めさせていただいております。もちろんその場でほんとうに全部やりますねという確認をとっているわけではございませんが、少なくともこういったものが進んでいるというのが1つと、それとともに、こういった方々のご指導の中で進めさせていただいているということは、先ほどの前提条件等々につきましても、十分にオーソライズいただいております。そのため、日本としては、本気であるということだけは事実でございます。

【前委員】 まあ、これぐらいのスケールでないと、逆に国プロの意義がないので、そこは十分に認めていますので、今後そういう戦略をしっかりと立てるかどうかがポイントだと思います。

もう1点は、COURSE 50の大きなポイントはCO₂を削減するところに集約されると思うのですが、CO₂は積分値なわけですね。例えば殿村さんが今言われたように、2100年までを考えたときに、2050年からこれをスタートして、30%削減で50年間行うということは、今から18%削減で100年行うのと同じです。そうしますと、先ほどご指摘ありましたように、今実際に排出されているCO₂ガスを10%でもいいから除去回収いくことも正解なわけですね。難しい技術開発をそんなに詰めなくても、ある程度の技術レベルでCO₂を取っていくことも1つのオプションだと思いますね。

さらにもう1点は、貯留の問題があります。貯留地がないというのは絶対顕在化してくると思うのですが、これに対しては、例えば今、トータルで30%CO₂を取りますよとの目標なら、倍の期間になると15(%)でいいですよという話になりますから、15(%)分のCO₂に関しては、エネルギーをインプ

ットして、CO₂を例えばドライリフォーミングで水素に還元するとかというオプションも出てくる可能性はあるわけですね。

よって、どのようなシナリオが一番良いかというのは、Step 2を実施された後、いろんな情報から見直し、次のステップで2100年までにこれだけのCO₂絶対量を抑えるのだとかというシナリオ展開を考えていかれてはいかかと思えます。現在のStep 1に関しては、予想以上のペースで成果が出ていますから、いろんな計算できるわけで、広い視点に立った考察が必要と思えます。

【齋藤部長】 ご指摘ありがとうございます。まさに先生のご指摘のとおりだと我々も思っておりまして、特にStep 2につきましては、CO₂そのものをどんなふうに使って使いこなしていく方向も研究課題として入れ込んでいきたいと思っていますし、こういったご指摘を、アドバイザーボードとか、NEDO様の技術開発委員会等々でもいただいておりますので、これは並行して検討を進めていきたいと考えています。

また、CO₂貯留のタイミング等々につきましても、先生のご指摘のとおりでございます。我々のターゲットとしましては、一応2030年と置いているので、今こんな状況をやっておりますが、そこにつきましては常に検討を進めていきたいと思っております。どうもありがとうございました。

【日野分科会長】 もう1点、先生、3つとおっしゃった。

【前委員】 もう1点だけ。これはマネジメントの話なので、NEDOさんにお聞きしたいのですが、全体を仕上げる中でどこまでNEDOさんが関与される予定ですか。

【山口主査】 少なくともPhase Iにつきましては、NEDOが関与してやるべき範囲と認識しております。

【前委員】 事によっては、実用化のStep、2030年以降も関与する可能性はあると。

【山口主査】 次は100立米規模になると、予算的にはかなり大きな額になってくるので、直接NEDOがタッチできない範囲のレベルになってくると考えられます。

【前委員】 そうですか。わかりました。

【齋藤部長】 100立米を超えると、これはある意味試験高炉という位置づけではなくてかなり実証の生産設備に近いと考えていますので、鉄鋼業の中でも十分に議論するべきだと考えています。

【日野分科会長】 それでは、永田先生、どうぞ。

【永田分科会長代理】 アウトプットのところなのですが、炭酸ガスの分離に2,000円という話ですが、鉄鋼会社の中で出てきた炭酸ガスはガスのボンベに入れておくのですか。ガス状で貯めておくのですか、それとも液化までして貯

めておくのですか、このプロジェクトでは。どこまで想定していますか。

【齋藤部長】 最初に説明があったかと思いますが、ここのCO₂を分離・回収して、ここから先は貯留技術が今いろんなところで、NEDOさんも含めて進んでおりますので、そういったものと技術を組み合わせて、最後はどこかに埋める何なり（することを考えています）。

【永田分科会長代理】 それはわかりますけれども、鉄鋼会社の中で、1日2万4,000トンの炭酸ガスが出てくるわけですから、1つの高炉からね、それをためておくタンクだけでもすごい量になるわけですよ。ですから、当然液化までして貯留して、それを埋め立てのところまで持っていくとしないと、ものすごい量を持つていくことになりますからね、体積として。そうすると、さっきの2,000円は、鉄鋼会社の敷地の中で貯めておく分まで含めたお金なのかどうか。

【松野部長】 すいません。貯めている分までは入っておりません。

【永田分科会長代理】 そうすると、電気代がかかりますね。その分も入れると一体幾らになるのですか。

【松野部長】 今のところはまだ試算しておりませんが、今後詳細は詰めていきたいと考えています。

【永田分科会長代理】 多分そこまでが炭酸ガスの値段になると思うのです。

それから、もう一つは、これはマネジメントのほうですけれども、先ほど2050年までと、高炉だと言われますけれども、これはバスケットに入れた卵じゃないですか。落としたら全部割れる。つまり、危機分散のマネジメントがないのではないかと思うのです。例えばどれか1つが成立しなかったときに、どういうふうにこの問題を解決していくかというね、その道筋がちょっと見えなかったと思いますけど。

【山口主査】 CO₂の分離・回収については、ほかの製鉄法に対しても使える部分ではないかと考えております。

【永田分科会長代理】 鉄鋼業からの炭酸ガス削減という問題について、今のお話だと、ワンルートしかない、1つの方法しかないことを言っているのですよ。ですから、例えば炭酸ガス貯留の問題にしる、いろんな問題で頓挫したときに、そのときに、この炭酸ガス削減という大プロジェクトに対して、ほかの方法を考えているのかどうかということ。

【齋藤部長】 これを見ていただきますと、まず先ほど殿村のほうから申し上げましたが、もちろん先生のご指摘のように、この部分がバツになってしまったときにどうするのかは、こちら側サイドのほうの、我々が今検討している水素還元等々を助長することによる、ここからの発生は、さっきの10%の削減ができると。これはもう先生もご理解されていらっしゃると思います。同時に、ほかの方法、例えばシャフト炉等々を組み合わせるといったことにつきましても、この水素

を使って還元するといった技術の転用は十分可能でございますので、こういったところも今の段階では視野に入れて進めております。

【永田分科会長代理】 期待したいと思えますけれども、ちょっと弱いような気がしませんね。

【齋藤部長】 もちろん組み合わせの問題もございますので、先生の言われる弱いというのが、何をもって弱いと言われているかがちょっとわかりにくいのですけれども、我々とすると、今の段階での製鉄所ベースのものを考えたときのデザインはやっぱりこういったものをベースに考えていくのだろう。ただし、研究開発として基礎研究として何をやっていくかにつきましては、先生のご指摘のとおりで、幅広くこれにつきましては検討を進めておりますし、さらに、COガス、CO還元と水素還元との組み合わせをもっとどこまで最適化できるかとか、それに必要な原料条件は何なのかといったものは研究としては取り組んでおります。

【永田分科会長代理】 ぜひ期待したいと思えます。

【相楽部長】 多分マネジメントの点で、1つのバスケットに卵を全部入れて、落ちたらどうするのかということで、多分我々が考えているのは、これが現状ではモストポッシブルな研究開発の構成であるということで、先ほど来話がありましたように、各要素技術の現状については、そこは把握をしながら、どれが一番いいのかという検討は不断に行っておりますので、多分永田先生がおっしゃっているのは、これだけお金かけてやっても、最後どこか一部が欠けたので、結局何も達成できなかったということをご心配いただいてご発言いただいているのだと思うのですけれども、そこは、我々としましても、非常に気を使いながらやりたいと思っておりますので、引き続きご指導いただければと思っております。ありがとうございます。

【日野分科会長】 そのほか何かございますか、委員の方々から。じゃあ、清水先生、どうぞ。

【清水委員】 ただいまの話ですと、例えば水素をどこから持ってくるかという話で、今ではコークス炉ということでやっておられるのですが、日本ではそういうことになると思うのですけれども、例えば諸外国へ展開すると、例えば太陽熱を使った水素製造技術など、他に動いておるわけで、そういったところとの連携は今のところ考えておられないのでしょうか。

【齋藤部長】 水素をどうやってつくるかにつきましても、技術としては幅広く世の中を調査しております。ただ、いかんせん、我々の使うボリュームが圧倒的に多い、多量なものですから、それだけの多量なものを今この段階で集められるのはどこかという観点に立つと、今我々が検討しているこのCOGからが1つの方法だと思っております。ただ、今後これは、まさに先生のご指摘のように、技

術開発がいろんなところから出てまいりますので、これについては幅広くウォッチをしていきたいと思っています。ただ、今の段階で、どこかとやっているかにつきましては、まだやっておりません。調査段階でございます。

【清水委員】 わかりました。

【日野分科会長】 どうもありがとうございました。大部分、あるいは網羅的な意見はほとんど出尽くしたと思うのですが、中間評価をやらせていただいたときと比較して、新しく、今のマネジメントとか、それはもう一度見直しますと、先ほどのスライドの22、さっき出てきた技術検討委員会とか、あるいは、アドバイザーボードが明らかに加わっていて、そこからどういう意見があったということでは、活用としてPhase IのStep 2に対する提言という形が大部分だったと思うのですが、もっと具体的に、例えば、意見を聞いてStep 1において、これを新たに成果として得られました、こういう点が明らかにこの2年間で加わりました、我々チームとしてはこういうことをやりました、という具体的な例があったら、ちょっとお話しいただければと。要するに、新しく設定した組織が有効に働きましたよということをお話しいただければと。

【齋藤部長】 その一番大きな成果はこれではないかと考えております。これは中間報告のときも、先生方はじめ、いろんなご指摘を受けていますし、やっぱり技術開発委員会や、それからアドバイザーボード等々でもいろんなご指摘をいただきました。つまり、一つ一つのことをやっていること自体は、テーマは、まあ、それはいいと。ただし、全体としてどう変わるのだと。どこが出っ張って、どこが凹むのだと、こういった全体を見せるものがないとご指摘をいただいております、サブテーマ6で全体調整するとともに、ベース製鉄所の中でどのようなエネルギーバランスができるのかを検討するといったシミュレーションをつくりまして検討を進めさせていただいています。ここでは数字を先生にお見せできないので、ちょっとあれなのですが、結果として、こういった取り組みが一番大きな、アドバイザーボードや技術検討委員会の中らいただいたご指導の賜物と考えております。

【日野分科会長】 それから、同じように、追加して共同研究を増やしていった。要するに、スタート地点、中間評価のころはなかったのですが、これを新しく加えましたよというのは、具体的にはどういうことなのか。

【齋藤部長】 LKABはまず1つ一番大きな、あのころは全く予定もなかったものです。これはここに入っていませんけれども1つ大きな成果だと思いますし、例えば日揮さんとか三機工業さんは当初はもともとなかった共同実施先でございまして、こういったところ、廃熱回収とか、そういったものの設計等々を進めるのにぜひ入っていただきたいということで、後から加えさせていただいたも

のでございます。大学も、1つぐらい新たに加わった大学でございますので、そういう面からもより体制を強化していると我々としては考えています。

【日野分科会長】 技術的な面は後から話あると思うのですが、例えば項目くらいでいいので、大学の、人材育成のさっきの話もありましたけれども、こういう点で新たに大学との共同研究入れましたよというような具体的な例はありますか。

【齋藤部長】 例えば水素還元の実シミュレーションの部分とかは大学に新たに入ってきて、進めさせていただいております。

【日野分科会長】 わかりました。大分、マネジメントあるいは事業の位置づけ、必要性についてはご意見が皆様から出たのではないかと思いますのですが、再度確認は、評価委員の意見をまとめる形になるかもわからないのですが、結局、今我々は、最終評価は、Phase IのStep 1の最終評価をします。それに当たって、今の新しく加えた組織とか、あるいは、それを狙って、NEDOさんのほうからもお話ありましたけれども、Step 2までは確実にやりたいと。要するに、CO2固定化、削減は、民間で行うにはあまりにもハードルが高い研究であるので、ここまでははっきりやりたいということは、次、2020年までかな、Step 2は2015年から20年ぐらいですね、そこまではやりましょうと。そうすると、次、Step 2に進む、あるいは実機導入という、実用化、導入は2030年になっていますが、先ほどいちばん最初に永田先生からご意見ありましたように、果たして世界の情勢でほんとうにこのまま続きますかと。特にアメリカなどは、さっき図面では、電気を利用する話ありましたけれども、世界情勢から特にオイルシェールとか、ああいう生産がアメリカで本格化して、ナチュラルガスが半値くらいに使われる状態になったということ、必ずしもさっきのマイルストーンに乗っかっていなくて、大分方向転換している部分もはっきり見え始まったので、このプロジェクトを、先ほど永田先生のご意見に対して、いや、アメリカはああいう方向だと言っていますが、各世界とも既に見直しつつあるようなところがありますので、今後、このプロジェクト、NEDOとしてはStep 2まではしっかりかかわりたいという話あったので、今度、会社側にバトンタッチになると思うのですが、Phase IIを我々、日本の企業としてずっと狙って実用化まではやりたい。先ほど製鉄業の見方というのも、こういう状況、見直しを持っていますというお話があったので、本気度のお話なのですが、NEDOの立場としてはStep 2まではぜひこのまま研究を進めて、基礎データを収集したいと。それから、会社としても、世界情勢を見ながらでも、Phase IIぐらいのところまでは実際に視野に入れてこのまま突き進んでいくという意味表明があったものと理解したのですが、それでよろしいでしょうか。一応最後に確認したいと、要するにマネジメントとして。

【相楽部長】 NEDOの関与につきましては、現状、来年度の予算要求等を踏まえま

して、Phase Iの中、Step 2については、NEDOで実施をするということで、経済産業省も合意をしているという意味では確実だと思っております。その後、Phase IIに進むときに、こういった体制でやるのがいいかということは、これはまた多分経済産業省と、あと、鉄鋼業界とNEDOとの間で協議をして、最善の方策で進めていくことになるかと考えております。NEDOからは以上です。

【齋藤部長】 まず鉄鋼業でございますが、こちらにありますように、IISI、WSAの中にCO₂ブレークスループログラムがございまして、全ての世界のそこに参画しているいろんな会社との情報交換をきちっとやっております。これは定期的に年に1回から2回ぐらいやらせていただいておりますので、世界の動向がどんなふうになっているのか、それはまさに先生のご指摘のアメリカはどんなふうになるのかにおきまして、情報収集を怠りなくやっております。

また、特に進んでいる欧州につきましては、ULCOSという大きなプロジェクトにつきましては、COURSE 50とULCOSでちょっとした守秘契約を交わしまして、これも定期的にULCOSと単独で情報交換をすることをやっております。世界の動向をきちっと我々として把握して、その中で何をしなきゃいけないか、こんなふうなマネジメントをやらせていただいております。

あと、日本鉄鋼としては、先生のご指摘のように、我々として、本気で頑張っていきたいと考えています。

【日野分科会長】 ありがとうございます。実は中間評価のときの本委員会で、日本の鉄鋼業は世界一の技術だと。そういうリーダーとしての自覚を持った上で、今後もこういうCO₂削減などの技術をリーダーとして積極的にやってほしいという意見がありましたので、皆さんの覚悟をぜひもう一度確認したいなと思ひまして、今あえて話させていただきました。どうもありがとうございました。

〔まとめと講評〕

最後に、評価分科会委員から以下の講評がなされた（発言順）。

【日野分科会長】 この後は再び公開になるのですが、どなたかいらっしゃいますか。それでは、ここから先、皆様の発言は公開として議事録にも記載させていただきますので、ご留意ください。では、今1名の方が入場されました。

それでは、審議も終了しましたので、各委員の皆様から講評をいただきたいと思ひます。それでは、牧野委員から始めて、最後私という順番でしたいと思いますので、よろしくお願ひします。

【牧野委員】 はい、わかりました。講評というような高尚なことは言えないかと思うのですけれども。今日お話を伺っていて、特にCO₂の回収技術に関して、これ

までかなり動力を下るのに苦労していた化学吸収法の吸収液、および物理吸着法にしましても、非常に革新的な成果が得られているということに対して、敬服いたしました。

話の途中でも何回かいろいろな委員の方からも指摘されたのですけれども、最後に少し議論になった件です。無駄なエネルギー、すなわち今のシステムで無駄になっている部分を上手い具合にCO₂の回収に使うとここまで減らせるという考え方、非常にそれはそれで正しい考え方だと思うのですけれども、これだけいいものができたら、もっと大量のCO₂を取る方向に使うことを考えるのも良いのではないかと思います。ですから、波及効果のところで、この技術をもっと有効に使うとこれだけのことができるのだというような表現方法の見直しがあってもいいのかなと感じました。以上です。

【前委員】 僕は中間評価もさせていただいたのですが、そのときわりと辛口コメントもさせていただきました。中間評価でのコメントに対応して、戦略的にきちんと課題をクリアされているように感じました。特に最後のアミン吸収は、中間評価のときは少し心配していたのですが、見事にクリアされている。当然新たに次のステップへいくためのステップ1でしょうから、新たに課題も見つかってきていまして、特にスケールアップにまつわるいろいろな課題も、皆さん把握されているのだと思いますが、ここで今度ステップ2を行った場合に、これはまだ仮定ですけれどもね、行った場合に、その次はもう実用化という話になりますので、そこで方針を変えることは絶対不可能なわけです。

ですから、ステップ1の現時点での課題を見て、先生方から出てきたいろいろな意見も踏まえていただきまして、シナリオをもう一度しっかり組み直して頂ければと思います。そこでステップ1とステップ2の間に部分的に不連続な点があっても個人的には良いと思っていますから、実用化に結びつけるためのステップ2のシナリオは何なのかというあたりを、再度3月までに整理していただければいいのではないかなと思います。

【日野分科会長】 それでは、清水先生、お願いします。

【清水委員】 CO₂に関しては非常に革新的で、特に火力発電などにも適用可能と思われるような非常に素晴らしい成果が出ていると思います。ぜひこの成果を社会にPRしていただいて、今後のこの技術開発から得た知識として、世の中に広く出していただきたいと思います。それから、ユークスにつきましても、資源戦略上非常に重要な成果が得られたと思いますので、やはりこれも世界に広くアピールして、日本の成果ということでアピールしていただきたいと思います。以上です。

【日野分科会長】 阿部委員、お願いします。

【阿部委員】 いろいろなところでお話を聞いていると、例えばヨーロッパでは、火力

発電所を建設する条件としてCO₂の分離固定化がレディである、要するに準備ができていような条件で建設を許可する流れに既になっているわけです。日本はまだそこまでいっていませんけれども。そういう意味では、やはり分離固定化を含めてCO₂対策は急いでやる必要があるかなと思います。このプロジェクトの中でも、CO₂分離、吸収液とか、かなりの成果が出ていると私も思いますので、ぜひそれを、現状の鉄鋼の設備に適用することはもちろん、発電設備その他にもできるだけ早く適用できるような条件をつくっていただきたいと思っています。

【日野分科会長】 それでは、青木先生。

【青木委員】 CCSに対しての技術面での開発は、ほんとうにここまで来たかというふうに、非常にすばらしい。ただ、最初に決めた目標は、いろいろ困難な中で決めた値であって、我が国がもっと独自性を発揮して、世界をリードすることを考えますと、そのシステムの運用トータルで、もっとやれるところはありそうだと今日思いました。そういうところをさらに煮詰めていただきたいと思います。

あと、一番最はじめの方でお話のありました、試験高炉での話。やはりああいった手間暇かかる実験は、海外でやるべきものではなくて、我が国の中で、大勢の技術者、あるいは研究者と一緒にいる中で、ああでもないこうでもないという試行錯誤でいろいろ実験的に解明していくものであって、予算措置的に難しかったというはあるかもしれないけれども、やはり目の前で現象を観察するのが実験の趣旨であるので、海外じゃなくて、我が国で一刻も早く立ち上げるべきテーマだと感じました。以上です。

【永田分科会長代理】 確かに個別の技術は非常によく進んでいると今日感じました。ただ、最初に申しましたように、これから20年、30年というスパンの中で、やはり世界の情勢がどう変わっていくのかというのも横目でにらみながらやらなきゃいけませんので、そういう意味では、やはりバスケットに卵は全部入れておくのではなくて、ほかの方法も視野に入れながら、今までこのプロジェクトで、ステップ1で培ってきた技術も、もしなかなかCCSのほうが進まない場合に、オルタネイティブにどういう方法があるのか、別の道も同時に考えていくようなことが必要じゃないかと思っています。

【日野分科会長】 それでは、最後に私から感想を述べさせていただきます。実は私、今年6月と10月にドイツとアメリカに行って、世界会議、製鉄の会議に行ってきたのですが、世界中から、これから製鉄の中心は、前のアメリカ、そしてヨーロッパ、そしてアジアが中心になるのは全員共通の認識でした。そこにおいて、じゃあ皆さん、今実施された方々も含めて、製鉄は世界一の技術である。ましてや日本は中国や韓国に比べてもはるかに技術が高いと自負されていると

思うのですが、残念ながら2つの国際会議で、日本の発表が中国とか韓国に比べて圧倒的に少なく、ヨーロッパあるいはアメリカの人たちから、日本が本当にリーダーかというような厳しい意見すら出てきております。

ということで、今回いろいろ開発されたすばらしい技術が、残念ながら世界に全然伝わっていないという感触を、私はその2つの国際会議で感じてきたのですが、やはりこんなすばらしい技術開発をされたもとの、お金をかけても製鉄技術を上げて、生産コストが上がっても鉄を生産するという意識が必ずしも強いとは私には見えませんでした。これから世界の中心がアジア、そしてその中心の一角を日本が担うのだ、あるいは皆さんの意識から言えば、我々はリーダーであって中国や韓国よりはるかに上をいっているのだ、という意識がもしものすごく強いのであるならば、この技術を世界スタンダードにするということをぜひやっていただきたい。そして、製鉄をやるためにはCO₂（削減）というような、環境も含めた上での生産をやるべきであるというリーダーを、日本がぜひ担っていただきたいとこの1年間で強く感じてきましたので、ぜひよろしくお願ひしたいと思ひます。

それに当たっては、このCO₂回収に関してはすごい技術が出ていますので、製鉄にだけ適用するのではなくて他の産業にも適用できるということを早速やっていただきたいと感じましたので、これからステップ2にいくに当たって、フェーズ2まで待つのではなくて派生的なものはどんどん出していって、コストも下げていくと。そして、これからの製鉄業のスタンダードはこれであるというぐあいに、その意味でもコスト削減もできますので、ぜひ今後皆さんに頑張っていただきたいと思ひますので、よろしくお願ひ申し上げます。以上でございます。

各評価委員からの講評は以上でございますが、推進部長、あるいはPLから何か最後にありましたら、一言お願ひしたいと思ひます。

【齋藤部長】 プロジェクトリーダーとして、まずは今日1日、先生方からいろいろとご意見を賜りましてほんとうにありがとうございました。また最後に、各先生方から非常に温かいお言葉をいただいたと思ひますし、やるべきことはもともと明確になってきたと考へております。ステップ2に向けまして、我々として、これからの数カ月を、先生方のご指導のように、もう1回先のビジョンを見た組み直し等々を考へながら、ぜひ議論を進めてまいりたいと思ひております。今日はほんとうにありがとうございました。今後もよろしくお願ひいたします。

【相楽部長】 今日は長い時間、先生方にはご議論いただきまして、まことにありがとうございました。今日ステップ1の評価をしていただいたことで、来年度から始まるステップ2で取り組むべき課題であるとかが非常に明確になったのではな

いかと思っております。大変感謝しております。

また今回、通常ですと事後評価はプロジェクトが終了した翌年度に開催することになっておりますが、ステップ2が来年度から始まるということで本日前倒しで年度内に評価を実施させていただきました。その関係で、まだ必ずしも終了していない試験項目もございましたので、議論いただきましたものにつきましては、この後しっかり先生方にフィードバックをしていきたいと思っております。

最後に、日野分科会長からもございましたけれども、日本にとりまして製鉄は非常に重要な分野だということは、今後とも変わらないと私たちは認識しております。ここで開発した技術がしっかり国民に還元できるように、この後もしっかり頑張っていきたいと思っておりますので、引き続きどうぞよろしくお願いいたします。どうもありがとうございました。

9. 今後の予定、その他

省略

10. 閉会

配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について（案）
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について（案）
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票（案）
- 資料 4 評価報告書の構成について（案）
- 資料 5-1 事業原簿（公開）
- 資料 5-2 事業原簿（非公開）
- 資料 6-1 プロジェクトの概要説明資料（公開）
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 6-2-2 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 6-2-3 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 6-2-4 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 6-2-5 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 6-2-6 プロジェクトの詳細説明資料（非公開）
- 資料 7 今後の予定

○その他

なし

参考資料 4 評価結果の反映について

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」（事後評価前倒し）の評価結果の反映について

評価のポイント	反映（対処方針）のポイント
<p>・本プロジェクトは、温暖化の主原因となる産業部門での CO₂ 発生起源の 1 つである鉄鋼部門で、その 7 割を占める高炉操業工程において、発生する CO₂ を 3 割削減しようとする意欲的な取り組みであり、排出低減をもたらすインパクトはきわめて大きい。本技術開発は大規模であるがゆえに、民間活動のみでは達成が難しいことから、官民一体となって推進すべき重点研究開発内容であり、NEDO の関与が必要である。世界トップレベルの顕著な成果も得られており大いに評価できる。特に、多様な石炭から品質の良いコークスを作れるようにした事と、CO₂ 回収技術の所要動力を大幅に低減できた事は高く価値できる。また、実用化へ向けた具体的な課題もしっかり抽出されており、次のステップへ進む準備は整っている。個々の研究開発は中間目標を概ね達成しており成果として一定の評価ができる。特に、「高精度 X 線治療機器の研究開発」においては、大出力の小型 X 線ビーム発生装置やマルチゲート照射法など重要な要素技術の開発に成功し、製品化・実用化が大いに期待でき高く評価できる。</p> <p>・本開発プロジェクトの主課題である水素還元法については、未だ確固たる実用化の目途が立っておらず、還元反応速度の促進メカニズムなどの基本原理を更に詳細に明確にし、その利点</p>	<p>・海外ミニ高炉の試験でのシャフト吹き込みにおいてはガス浸透の観点で還元反応速度の促進メカニズムが発揮される部分が限定的であった。このため STEP2 においては、炉内にガスを広く浸透させる羽口吹き込みと水素還元の効果を得やすいシャフト吹き込みの組み合わせ、還元ガスの吹き込み位置や構造、高炉ガスの循環等を含めた還元ガスの最適な供給方法についてラボレベルで十分検討し、実証試験の計画を立案する。</p> <p>10m3 規模の試験高炉において、還元ガス吹き込み方法の最適化の検証、水素還元時におけるガス利用率維持のための操業要因の解析などを実施し、水素還元の効果を最大限とする技術を確立する。 →基本計画に反映</p>

<p>を如何に活かすかという操業方法の確立や実用化に向けた構造検討と実証を今後さらに行って頂きたい。</p>	
--	--

本研究評価委員会報告は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）評価部が委員会の事務局として編集しています。

平成25年3月

NEDO 評価部

部長 竹下 満

主幹 三上 強

担当 内田 裕

* 研究評価委員会に関する情報は NEDO のホームページに掲載しています。

(http://www.nedo.go.jp/introducing/iinkai/kenkyuu_index.html)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージアム川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162