

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」
中間評価報告書

平成22年11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22年11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 村田 成二 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32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	8
研究評価委員会委員名簿	9
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 高炉からの CO ₂ 排出削減技術	
2.1.1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発研究	
2.1.2 COG のドライ化・増幅技術開発	
2.1.3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	
2. 2 高炉ガス(BFG)からの CO ₂ 分離回収技術開発	
2.2.1 CO ₂ 分離・回収技術の開発	
2.2.2 未利用顕熱回収技術の開発	
3. 評点結果	1-45
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

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」の中間評価報告書であり、第25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」(中間評価)研究評価分科会において評価報告書案を策定し、第26回研究評価委員会(平成22年11月11日)に諮り、確定されたものである。

平成22年11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」

中間評価分科会委員名簿

(平成22年8月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ひの 日野 みつたか 光元	北海道職業能力開発大学校 校長
分科会長 代理	いとう 伊藤 きみひさ 公久	早稲田大学 基幹理工学部 応用数理学科 教授
委員	あべ 阿部 たかゆき 高之	社団法人 日本プラント協会 技術室 室付部長
	かめやま 亀山 ひでお 秀雄	東京農工大学 大学院 技術経営研究科 教授
	しみず 清水 ただあき 忠明	新潟大学 工学部 化学システム工学科 教授
	はやし 林 しょうじ 昭二	名古屋工業大学 大学院 (ながれ領域) 工学研究科 物質工学専攻 教授
	まえ 前 かずひろ 一廣 *	京都大学 地球環境学堂 地球親和技術学廊 教授

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：京都大学大学院工学研究科およびエネルギー科学研究科）「NEDO 技術委員・技術評価委員規程(平成22年7月1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22年8月4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. 評価の実施方法について
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

6. プロジェクトの詳細説明
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、閉会

● 現地調査会（平成22年7月15日）

新日本製鐵株式会社 総合技術センター／君津製鐵所（千葉県君津市）

● 第26回研究評価委員会（平成22年11月11日）

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られる。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。

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。

研究評価委員会におけるコメント

第26回研究評価委員会（平成22年11月11日開催）に諮り、了承された。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	学校法人早稲田大学大学院 政治学研究科 (科学技術ジャーナリスト養成プログラム) 客員教授
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	オリンパスビジネスクリエイツ株式会社 事業企画本部 戦略探索部 探索2グループ シニアマネージャー
	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	日本大学 法学部 教授
	大西 優	株式会社カネカ 顧問
	尾形 仁士	三菱電機エンジニアリング株式会社 相談役
	小林 直人	学校法人早稲田大学 研究戦略センター 教授
	小柳 光正	東北大学未来科学技術共同研究センター 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 精密機械工学専攻 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
	架谷 昌信	愛知工業大学 工学部機械学科 教授・総合技術研究所所長
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	

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、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。

<肯定的意見>

- 日本における温室ガス発生の主源の1つになっている製鉄会社の製鉄工程から排出されるCO₂を回収しようとする積極的なプロジェクトである。
- CO₂削減という大きな目標に対して、様々な技術を駆使してこれを実現しようというプロジェクトであり、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。
- 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是非官民一体となって推進すべき研究開発である。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の要素技術も的確に抽出されており目標設定も妥当である。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しており、順調に成果を挙げていると評価できる。
- 日本の産業でCO₂発生量のもっとも多い製鉄業において、世界の製鉄業界でトップレベルの省エネルギー化を実現しているにもかかわらず、全高炉メー

カーが一丸となって取り組んでさらに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た革新的な試みである。このプロジェクトの成果が実現すれば技術立国としての極めて高い世界的な評価をもたらすと考えられる。

- 本プロジェクト（COURSE50）での現状 CO₂ 排出レベルに比べて 2030 年にて 30%CO₂削減の目標は妥当である。
- 本プロジェクトのうち、水素による鉄の還元は、例えばバイオマスなどの直接には製鉄に利用できない再生可能資源を用いた製鉄プロセスへも展開可能であり、今後とも進めるべき方向性であると思われる。また、高強度コークスの製造は、水素還元に適したコークスの製造だけでなく、HPC 化により多様な石炭からコークス原料を製造する可能性につながり、コークス源の多様化という位置づけも可能であり、今後とも進めるべき方向性であると思われる。高炉ガスからの CO₂回収は、製鉄の場合は特に未利用の低温度レベル熱の発生があることから、熱回収を適切に行うことにより実際上のエネルギーペナルティが少ない CO₂回収を可能とする見込みがあるので、今後とも進めるべき方向性であると思われる。
- 中間目標は達成されていると評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 開発項目が総花的になっており、関連すると思われ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。
- 各要素技術開発が一様に進められている。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、基盤技術プロジェクトから切り離して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。また、2、3の代表的な製鉄所を取り上げ、本技術を導入した場合の設備レイアウトの妥当性などを示していく必要があると考えられる。この出口イメージをもとに、現在の研究開発項目の内容、目標を柔軟に修正していくことが望まれる。
- 提案された技術開発のすべての項目で実用化の可能性が高いわけではないので、項目の整理と、実機の明確なイメージを確立する必要がある。また、スケールアップを常に念頭に置いた開発プログラムを進めるのが望ましい。
- CO₂吸収、分離用のプラントを実機化するステップとして、現在実施しているベンチスケールからパイロットプラントまでのスケールアップは良いが、

イメージしている実機化までのスケールアップ方針が明示されていない。

- プロジェクトがもたらす成果が、国際経済の中で技術面だけでなく経済面でも受け入れられる内容であることが重要であり、国際競争力を有した成果になるように出口イメージを見据えていないように見られる点がある。産業界が事業化可能と判断する評価基準を明確にすることが求められる。
- 事業の目的・公益性から見て、個々の研究課題の位置づけが不明瞭な点が見られるので、位置づけを明確にされたい。個別の研究課題の位置づけを明確にして整理されたい。詳細については個別の課題に対するコメントで述べる。完成したシステムの最終形のイメージの説明が足りないと考えられる。今後、プロジェクトを進行させたなら、例えば CO₂ 回収プロセス、スラグ熱回収装置など個々の装置の大きさなどの具体的数値を提示されたい。

<その他の意見>

- マイルストーン設定のための理論的評価・考察が不十分であると思われるので、もっと研究成果を理論的に考察してほしい。
- 20年の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。

2) 今後の提言

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。

<今後に対する提言>

- ULCOS プロジェクト等、各国で計画されている同様のプロジェクトと比較して、本プロジェクトが、効率性や、特に経済的にいかに優位性があって、国際競争力があるかということを確認してほしい。
- プロジェクトが多岐にわたるので、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。
- 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。例えば、CO₂分離回収技術や排熱回収技術などである。
- 20年という長期スパンを考えると、最も重要なことは知識のスムーズな伝承であり、継承人材の確保である。この観点から、各社、研究開発に携わる研究者、技術者の新陳代謝、人材安定確保のマネジメントスキームを提示すべきと考える。
- ロジックモデルの手法を使って2050年を見据えたビジョンと、10年後のあるべき姿をもっと明確に数値レベルで示して、それに結びつく研究計画と研究のアウトプットになっているアウトカム評価手法を導入する必要がある。第4期科学技術基本計画に述べられている出口を見据えた研究開発マネジメントのモデルとなるように、運営してほしい。
- 本プロジェクトの成果である製鉄からのCO₂排出低減について、これを経済的な側面から支援するための社会的枠組みなどの整備が必要である。すなわち、CO₂排出原単位の少ない鉄を作ることの経済的メリットがなければ技術があっても実用化は困難と考えられる。従来から提案されているCO₂排出権の枠組みとなるか、あるいは新規にCO₂排出原単位の少ない鉄に対するプレ

ミアムをつけるための枠組みを新規に作るかは現在では不明であるが、社会的枠組みに対する考察が必要である。

- 今後、本プロジェクトでも 2030 年にて 50%CO₂ 削減にも挑戦すべき。ULCOS では 50%CO₂ 削減を目標としている。本プロジェクトでは主に製鉄所内の石炭エネルギーのみで CO₂ 削減を賄うことを前提にしているため 2030 年にて 30%CO₂ 削減の目標となるが、将来的には、バイオマスなどの Carbon Neutral なエネルギーや他所からの水素エネルギーの導入なども考えるべきである。

<その他の意見>

- 実機化を目標としている 2030 年におけるプラントイメージを鳥瞰図で示してほしい。

1. 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。

<肯定的意見>

- 我が国全体の CO₂ 排出量の約 15% を占める鉄鋼業の CO₂ 排出抑制・省エネは、国際協調を取りながら進めるべき地球温暖化対策の一環として、我が国が取り組むべき研究開発課題である。
- 本プロジェクトでは主に製鉄所内の石炭エネルギーのみで CO₂ 削減を賄うことを前提にしているため、本プロジェクトの現状 CO₂ 排出レベルに比べて 2030 年にて 30% CO₂ 削減の目標は妥当である。
- 製鉄会社から排出される CO₂ 量は、日本全体の CO₂ 排出量の 15% にも相当し、この約 30% を削減するという本プロジェクトは十分公共性が高いものなので、NEDO 事業として取り上げることは必要である。
- 製鉄所における約 30% の CO₂ 削減を可能にする技術開発を目的としており、実現すれば製鉄業への貢献だけでなく、日本の CO₂ 削減にもっとも大きく貢献することになる。すでに省エネルギー対策で十分に対応している中でさらなる CO₂ 削減を実現するには技術的に高いハードルをもつ多くの課題を総合的に解決し、かつ実施するためには製鉄業界全体で取り組むことが必要

であり、基礎研究面での大学や公的研究期間との連携が不可欠である。このような大型プロジェクトをできるのは NEDO 以外にないと思われる。

○ (1) NEDO の事業としての妥当性

コークスを用いた高炉法製鉄プロセスに部分的に水素還元を組み込むことは、コークス以外の多様な原料(例えばバイオマスなど)を導入するプラットフォームを作るということで、大きな意義がある。現状ではすべてを水素などの他の還元剤を用いて製鉄することは現実的とは考えられず、本プロジェクトで行っているコークスを用いた高炉法への他の還元剤の導入による CO₂ 削減が実現可能性が高いと考えられる。また、CO₂ 分離回収は、製鉄は CO₂ の集中発生源でありまた濃度も高いこと、製鉄における未利用低レベル排熱を使うことで分離回収のエネルギーペナルティを実質上ほとんど増加させずに達成できる可能性があり、大きな意義がある。CO₂ の分離回収は特に公共性が高く、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り、これら両者に関しては NEDO の関与が必要と考えられる。これまでの投入予算(H20~22 年度で 59 億円)とこれまでの成果を比較すると、大型事業としてはほぼ予算に見合った成果が上げられたものと考えられ、今後とも多少の改善を施すことで同様の効果が得られると期待できる。

○ (2) 事業目的の妥当性

欧州の ULCOS と比較すると、ULCOS では純酸素を用いることで高炉ガスの高 CO₂ 濃度化を図っているため、CO₂ 分離回収器の負担が小さく生成 CO の再利用が可能という特長を持つが、エネルギーペナルティから見ると酸素分離装置の消費エネルギーが大きく、かつ外部エネルギーの投入が不可避である。一方、本プロジェクトでは空気吹き製鉄であるため酸素分離回収のエネルギーペナルティが無いが、一方で CO₂ 分離回収器の負担が大きい。しかし、未使用の低レベル排熱を適切に用いることで分離のための新規の外部エネルギー投入を極力抑えられる可能性があり、有利であると考えられる。水素を一部利用するとともに、HPC を用いる高強度コークスの製造は、原料の多様化を通してエネルギー・原料炭需給に対するフレキシビリティを上げることが可能であり、妥当な方向性と考えられる。高度な熱回収を組み込んだ CO₂ 回収付き製鉄プロセスの開発は、地球環境問題対策への国際貢献から見ても妥当と考えられる。通常、CO₂ 回収にはエネルギーペナルティが必須であるが、溶液吸収法での消費エネルギーを賄うのに未利用熱のうち電力などに転換しづらい低温度レベルのものを使う方法を確立すれば、外部から投入する実質上のエネルギーペナルティをかなり減らせることが期待できる。

○ 国を支える基幹産業である鉄鋼業の今後の発展を考えると、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 事業として妥当と判断できる。

- 公共性の高い NEDO の関与が求められる事業である。CO₂削減は、日本の鉄鋼産業界に突き付けられた、喫緊の課題であることは明らかであり、事業の目的は妥当である。

<問題点・改善すべき点>

- 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。
- 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 PJ 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。
- 本プロジェクトの研究開発予算は Phase 1 Step 1 のみで約 100 億円と見込まれ 100% 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。
- 研究開発項目の選定および予算配分についても、開発目的に対する重要度・優先度を再評価して項目ごとに国の補助率を変えるなど、最近の国家財政状況に配慮し国民目線でみて納得が得られる事業とすることが求められる。また、研究開発項目の中には既存技術の改良・改善で対応できるものがあり、これらについても項目選定や補助率決定に際し、一律に本プロジェクトの枠内に取り入れることが妥当とは思われない。
- 国際競争力の状況と市場動向についての検討が十分でない印象を持った。単に CO₂削減という目的でなく、これからの製鉄産業のあり方とそこにおける日本の役割についてのビジョンを示して、その中で国際競争力を有した製鉄を行うための事業目的を示す必要がある。
- 本プロジェクトでは水素源としてコークス炉ガスを想定しているが、それだ

けでは単なるコークス炉ガスの有効利用としての位置付けにしかならず、脱炭素化とは言い難い。未利用熱を改質の際にガスへ化学エネルギーとして取り込みそれを製鉄に使うことを通じて、全体として石炭消費量を削減して脱炭素化となるが、その議論が弱い。また、バイオマス等他の再生可能エネルギー源からの水素を用いることで脱炭素化が図れるのであるが、これらの再生可能資源は供給安定性に難があることは周知のことであり、導入に際しては安定した他の供給源との併用が必要であり、その点でコークス炉ガスは適していると考えられる。水素源としてコークス炉ガスを用いることに関する位置づけを未利用熱の有効活用などの視点を含めてわかり易く説明されたい。

<その他の意見>

- プロジェクト全体の物質収支・エネルギー収支を各々工程ごとに示し、今回のプロジェクトでは、どの範囲で技術的・経済的な評価をしてほしいのか、その境界を明確に示すべきである。

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 およびアドバイザリ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。アドバイザリ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。

<肯定的意見>

- きわめて大きな CO₂ 削減効果を生むことが期待される一方、多くの複雑で困難な課題を解決する必要があり、そのために産学官連携の組織を構成してオールジャパンの大型プロジェクトを立ち上げて動かしているマネジメント体制は評価できる。
- 開発体制は、オールジャパンとあって良く、十分な開発体制となっている。情勢変化にも比較的柔軟に対応している。
- 日本国内の全高炉メーカー、製鉄研究をおこなっている研究室を擁する主な大学が参加して、研究開発チームを編成していることは、全日本としてのナショナルプロジェクトを実施する体制としては極めて望ましい。
- 幅広い開発研究項目に対応すべく、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

および同アドバイザリーボードが設置されており、マネジメントに必要な機能を有する組織が作られている。（但し、過去2年間でそれらの組織がどの様に有効に機能したかが判然としない。例えば水素還元に関連した要素研究が色々行われているが、その基本条件である改質 COG の性状が各研究で異なっているなど、全体調整が取られていないと思われる点もあるので、今後のマネジメントに際しては注意を要する）

- 日本の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、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。また、研究開発目標も妥当と考えられる。さらに、情勢変化に対しても対応する柔軟な姿勢がうかがえる。大枠での実用化への戦略は納得できるものである。
- 研究開発目標の妥当性であるが、水素吹き込みを併用する高炉の研究、コークスを減らすときに強度を維持できるコークスの開発、CO₂分離はいずれも適切な目標が設定されている。ただし、それがどのような戦略的位置づけになっているかの説明がやや不十分である。目標達成に必要な要素技術は概ね取り上げられているが、エンジニアリング的に見てやや不十分と見られるところと、必ずしも本プロジェクトでは優先度の高いものではないものも含まれていると考えられる。これについては個別のテーマに対する意見として述べる。実施体制の中にサブテーマ 6「全体評価」を設け、全体調査やマネジメントを主に担当させているのは、高く評価できる。相互の連携を今後も緊密にとり、本プロジェクトの本筋を見失わないようにマネジメントされたい。また、プロジェクト実施スケジュール管理、マイルストーンが作られており、サブテーマフォロー会議でチェックされているので管理体制は十分と思われる。
- プロジェクトの進行に応じて、目標と達成するために新たな研究組織を取り込むなど、柔軟な組織運営が行われていると評価できる。

<問題点・改善すべき点>

- 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と思われる。
- 研究開発後の製鉄プロセスにおける目標となるエネルギー・物質バランスを示し、各開発テーマが CO₂削減および省エネにどの程度の寄与するのか予め設定し、研究開発の重点度・優先度等を判断しながら全体マネジメントを進めるべきである。部分的に数量的目標が掲げられているが、それがそのテ

マだけの目標及び評価になっていて、プロジェクト全体の目標達成に対するインパクトを評価したうえで判断する手法がない様に思われる。

- 研究開発プロセスで見出される各事象について、どのような反応機構で起きているのかという理論的な解析が不十分で、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など研究開発マネジメントが必ずしも十分であるとは思えない。
- 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。
- 中間目標と最終目標の技術的難易度が大きく異なっている開発項目が多々見られる。最終目標（出口）を明確に意識した中間目標と研究計画の設定が望まれる。また、アドバイザーリーボードの意見を研究開発計画にリアルタイムに取り込む工夫が必要である。
- 多数の多様な組織が目標実現を目指して研究を進めるためには、研究開発マネジメントが重要である。報告内容から見る限り、各サブプロジェクトの調整機能は有しているが、出口を見据えた研究開発管理手法が明確でなく、各研究の目標値が全体の目標にどのように数値的に位置づけられているのは、明確でなくこのまま進むと一斉スタートできたが、次第に研究成果のレベルがばらばらになり、総合技術として不完全な内容で終了することが危惧される。
- コークス炉ガス改質で水素増幅率が2倍という目標は、COGにもともと含まれる水素量によって変わるで、プロセス評価指標として意味があるかどうか疑問である。別の指標が適切ではないかと思われる。例えばエネルギー転換を考えるなら、COG中の水素以外のガス・タールの発熱量のうち、水素に転換したエネルギーの割合、あるいは未利用熱の改質ガスへの化学エネルギーとしての取り込みなどの指標の方が、よりプロセス評価として妥当と考えられる。ただし、最終目標が製鉄であるので、特にエネルギー転換効率とする必要は無い。
- ガス改質プロセスにおける適切な指標については、高炉側の要求から最終的に決められるものであり、その指標を定めるのも本プロジェクトのアウトプットの一つと考えられる。未利用熱回収については、CO₂回収用熱源としての利用のほか、発電も検討しているが、この低位熱発電システムの排熱有効利用率 30%という目標はあるものの、もともと温度レベルが低いので発電効率が相当低くなり、装置および運転の際の LCA 評価を行い、全体でプラスになるかどうかとも検討されたい。

<その他の意見>

- 本プロジェクトのテーマの中には、CO₂ 分離・回収技術や未利用顕熱回収技術など、鉄鋼業のみならず各工業分野共通の技術として開発され実用化されているものが含まれている。本プロジェクトの研究開発テーマとして、既に実用化されている既存技術の製鉄プロセスへの適用検討は必要であるが、それら既存技術の改善改良および代替技術の新規開発までを本プロジェクトに含める必然性はないと考える。
- また本プロジェクトを進めるに当たって、それら既存技術の企業・専門家がどの程度関与しているのかが判然としない。本プロジェクトの担当者が事前に調査しているとは思われるが、より積極的にそれら企業および専門家の関与を求めるべきである。
- 本プロジェクトの様に業界主要企業が多数参加する開発の場合は、各企業間の調整などに難しい面があることは理解できるが、開発目標を効率良く達成するためには企業の枠を超えたマネジメントが求められる。H22年度に向けての今後の進め方には「当初の各社に配分される研究費用は一定とし、各社の分野内で配分を変えることで対応する」としているが（その後段に各社間の枠を超えた調整の可能性もある、との表現があるものの）、毎年の研究結果をうけて研究費用も優先度を判断して重点配分を行うべきである。参加企業の枠にとらわれてはならず、プロジェクトリーダーの指導力が必要となる。
- 国内外で高く評価されている、優秀な外部有識者を抱えているので、ぜひとも彼らにもっと定量的解析手法を教示していただき、その思想を研究開発に反映していただきたい。
- プロジェクト&プログラムマネジメントの手法やロジックモデルによる事業の位置づけ、バランスド・スコアカード(BSC, Balanced Scorecard) による研究開発システム管理、プラットフォーム理論による情報共有など研究開発管理手法を検討されると良い。

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。

<肯定的意見>

○ 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と言ってよい。いくつかのテーマでは、新しい技術分野の開拓がなされている。また知的財産権等の取扱や論文の発表なども適切に行われている。

○ (1)中間目標の達成度

中間目標の達成度については、達成しているものと認められる。鉄鉱石還元の反応特性を大まかに把握するとともに吹き込みガス混合特性の予測が行われており、十分達成したものと思われる。COG ガス改質は、これから試験を行う準備が十分に整ったと考えられる。コークス製造は、HPC 添加による製造について研究成果が上がったとともに、その成果の学会などを通じての発表が十分行われている。CO₂ の溶液吸収については、律速過程の解明とそれに基づく吸収・放散装置設計にやや弱いところが見られるものの、ある程度以上の吸収速度を有する吸収液候補を選択できたとともに、装置作製が行われており、十分達成したものと思われる。物理吸着についても基礎的検討が行われており、達成できたものと思われる。熱回収においては、排熱の発生状況の調査ならびに製鋼スラグからの熱回収装置の主要な部分であるロール成型について、十分達成したものと思われる。

○ (2)成果の意義

高炉法での製鉄は世界各国で行われており、本プロジェクトの成果は世界各国での CO₂ 分離回収、熱の回収と有効利用につながるができる。特に、溶融した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。本プロジェクトと競合するものとしては欧州の ULCOS

があるが、ULCOS は純酸素を必要とするので酸素製造動力が必要となり、それと比較すると空気を用いる本プロジェクトの方式に優位性があると考えられる。

○ (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

本プロジェクトで対象とする製鉄法の大幅改善にかかる時間を考えると、特許を現在とっても実用化する頃には特許が切れるまで残り時間わずかということが考えられるので、本プロジェクトでは対象によっては必ずしも特許を必要としないと考えられる。しかし、短期的に実現可能な個別要素については特許出願が数多くなされており、適切に知的財産が管理されていると考えられる。

○ (4)成果の普及

多数の学会発表がなされており、社会への情報発信が円滑に行われている。

○ (5)成果の最終目標の達成可能性

最終目標である水素利用式高炉製鉄、COG ガスからの水素生産、CO₂ 吸収分離装置、製鋼スラグなど未利用熱源からの熱回収について、課題などが一部不明瞭な点もあるが概ね道筋が示されており、達成できる見込みが高いと考えられる。しかし、このようにしてできた低 CO₂ 排出製鉄法により製造された鉄をどのように競争力を持って販売させるかの道筋の検討が今後必要である。

○ 設定された開発目標は順調に達成されていると判断できる。特に、水素還元を導入した高炉技術では、想定以上の成果が出ている点は評価できる。個々の開発に関しては知財戦略も練られている。このペースで研究を進捗すれば、現在設定している最終目標は達成できるものと思われる。

○ 知的財産の取得、論文の発表は良く行われていると評価できる。

○ 中間目標の達成度、成果の意義、知的財産権等の取得、論文の発表、一般に向けて広く情報発信については、計画通り行われていると評価できる。

○ 社会的課題である地球温暖化防止に対する課題を取り上げている開発研究であるので、開発成果は学会での発表に留まらず、むしろマスコミ向け発表を意識していることは、大変結構なことである。更に積極的に社会へ公表してほしい。

<問題点・改善すべき点>

- 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たため、最終目標までの技術的課題の難易度がかなり高く、実用化への道りは険しいテーマが多い。
- 全体システムのケーススタディーと新規開発の要素技術成果との関連性を明確にし、要素技術の開発目標の妥当性、見直す必要があるかないかを早急

にチェックすべきと考える。また、研究項目によって成果のシステム全体への効果に差があると考えられる。この差を明確にして、集中すべき開発項目へ費用と人を投入し、既存技術のアセンブルに近い項目は民ベースで進めていくといった方策が必要と思われる。また、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と考えられる。

- CO₂吸収液の開発は十分であるとの発表がなされているが、実機化までのスケールアップを考えると、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を目指すべきである。
- 実用化段階の技術について有るべき姿が明確に提示されているとは言えない。従って、最終目標が達成できるか、判断出来るだけの情報が示されておらず、必ず達成できるとは評価できない。
- 標準化の取組、成果の受取手（ユーザー、活用・実用化の想定者等）に対しての成果普及の見通しについては、現時点では十分とは言えない。成果の最終目標が達成されたとしても事業化が判断できるのかどうか不明確である。成果の最終目標と事業化実現との間のビジョンを示す必要がある。

<その他の意見>

- 一般的には、これまで特許申請は、たとえ大学の研究者が共同開発したとしても、企業側が一方的、かつ独占的に、大学の研究者を除外して、申請しているケースが多かったが、このプロジェクトは国を挙げての開発研究なので、是非新方式を採用して、共同で申請してほしい。

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。

<肯定的意見>

- 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。
- ここ5年間のマイルストーンは無理の無いものとなっているように思える。反面、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、この中間評価においてもっと具体的に示してほしい。
- 30%のCO₂削減の目標は高く、実現すれば世界をリードする技術となる。開発した技術が日本およびアジアで実現できれば、世界的な貢献につながると期待される。
- 実用化に至れば、波及効果は大きいものと思われる。
- (1) 成果の実用化可能性
実用化イメージ・出口イメージとしては、高炉における還元剤の一部を水素に置き換えることによるコークス削減と多様な燃料(水素)源の利用可能性の拡大、安定した水素源としてのCOGの利用、コークス製造にHPCを用いることでの強度増加とコークス原料の多様化、高炉ガスのCO₂回収によるCO₂大気排出低減、吸収式CO₂回収(あるいは吸着式CO₂回収)のための未利用エネルギー源の有効利用という全体の概略イメージは、概ね明確となっている。

また、この全体イメージに基づいた中間目標、マイルストーンが設定されている。

○ (2)波及効果

波及効果としては、多様な水素源を用いることによるコークス(原料炭)の使用量低減、バイオマスなども含めた還元剤の多様化、供給変動が懸念されるバイオマスなどの多様な燃料が導入されたときに安定して発生する COG をベース水素源として操業を安定化する方法、HPC によるコークス源の多様化などの多方面での効果が期待できる。また、ここで開発された CO₂ 吸収液も他の分野で利用可能である。

<問題点・改善すべき点>

- 成果が普及するかどうかは、そのときの様々な情勢によるが、少なくとも経済性に関しては技術と同じく重要な開発目標である。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と思うが、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。
- 実機化に向けての5年毎の事業化推進過程における工場敷地内での設備変貌青写真のような設計画を示して頂けると、実際に実機化が可能なプロジェクトかどうか、専門家のみならず、マスコミ関係者も判断できるので、是非示すべきである。
- 実用化イメージ・出口イメージが必ずしも明確になっていない。高炉の生産量を考えた場合、実用化のためにはスケールアップが非常に重要な問題となるが、スケールアップを積極的に意識した研究開発がさらに要求される。
- 実用化段階の技術について有るべき姿が明確に提示されているとは言えない。従って試験条件の設定等に一部試行錯誤の状況が見えている。予め開発の方向性を示して、結果を確認しながら方向性を修正するマネジメントが必用と考える。

<その他の意見>

- 提案している新規プロジェクトにおける各工程を包含する物質収支とエネルギー収支を示し、現行プロセスと比較してどの点で優っていて、どの点で劣っているかを明確に示し、経済的に不利かもしれないが、CO₂取引などの要因を考慮すれば、近い将来、十分実現性のあるプロジェクトであることを示して欲しい。
- シミュレーションを十分に活用した開発を進めて頂きたい。
- 本研究開発は技術的には鉄鋼分野に限定されており、技術の波及効果は限定的である。ただし経済的および社会的な波及効果は、鉄鋼業が日本の基幹産業であることから大きいと評価できる。
- 現時点では、まだプロセスの要素(CO₂吸収プロセス、HPC 製造、熱回収装置等)の具体的サイズが決まっておらず、まだ出口イメージが明確とはいえない。本プロジェクトの最終アウトプットとして装置の具体的サイズ、建設・運転コストなどの具体像を提示されたい。
- 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(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)する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。

2. 個別テーマに関する評価結果

2. 1 高炉からの CO₂ 排出削減技術

2. 1. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発研究

1) 開発成果および実用化の見通しについての評価

当該技術の課題の明確化および、基礎的研究が着実に進められ、個々の要素技術としては成果が得られ、中間評価でのマイルストーンが達成されている。特に、高炉への COG 改質ガスの吹き込み位置の検討など、装置特性を定量的に評価している点は素晴らしい。炉内挙動の予測シミュレーションも出来上がりつつあり、実用化へ向けた高炉仕様、操作条件が明確にできる基盤が確立してきている。また、学会発表も適切に行われており、短期的に実用化できるものについては特許出願もなされており、適切な成果の取り扱いがされている。

一方、現行の高炉トータルシミュレーションで用いられている反応速度はパラメータの適用外のガス組成のため、今回報告されたシャフト部ガス吹き込みのシミュレーションでは、化学反応が考慮されていない。十分に信頼できる予測のためには、精度の高い反応速度パラメータの測定などを含めたシミュレータのさらなる改良が必要である。本来、水素還元は吸熱反応であるはずが、吸熱の影響を考慮した実験において、熱保存帯温度の低下などの影響が観測されなかったとしている。この結果に関する考察をもっと、正確に精密に行っていただきたい。粉化に対する対策が明確でない。今後、系統的な実験から水素共存下での炉内での還元メカニズムを明らかにした上で対応策を提示していく必要がある。

<肯定的意見>

- 中間目標は十分に達成され、課題の明確化もなされている。個々の要素技術としては成果が得られているといえる。
- 計画した試験装置による試験研究により、当初計画した中間マイルストーンは達成されている。
- COG 改質ガスの高炉への吹き込み位置の検討など、装置特性を定量的に評価している点は素晴らしい。その際、最適解を探るため、化学工学的考察を行っている点は、本プロジェクト中では定量的評価が行われている分野であると判断できる。
- すでに提案している水素活用還元法で、目標以上の成果を達成しており大いに評価できる。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、今後蓄積する実験データとの整合性検討により、実用化へ向けた高炉仕様、操作条件が明確にで

きる基盤が確立していると判断できる。

- ミニ試験高炉による検証に向けて、基礎的な研究が着実に行われており、中間目標は達成していると評価できる。成果の内容は、複雑な反応を伴う挑戦的な取組であり、得られた内容は、世界で初めての内容である。具体的な解析は今後のシミュレーションに期待するが、内容的には実用化に必要なデータを取得していると判断できる。

- 研究開発成果についての評価

(1) 中間目標の達成度は目標を超えていると考えられる。今後とも継続して研究を続けられたい。

(2) 成果の意義

成果の意義として、水素導入によるコークスの使用の削減は、原料炭の使用の削減につながるだけでなく、バイオマスなど多様な水素源の利用可能性も視野に入れられるので、きわめて重要である。一方、本方式は既存の確立した技術である高炉法の一部改造で実現可能と考えられ、実用化のための障壁は比較的低いものと考えられている。欧州で行われている方式と比べても有利な点があるので、世界的に適用可能と思われる。

(3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

本方式の実用化は現在より 20 年程度後になるので、現在特許を取得してもそれまでに特許が切れるので、必ずしも水素活用高炉法で特許をとる必要があるとは思われない。しかし、付随して開発された成果のうち短期的に実用化できるものについては出願がなされており、適切な取り扱いがなされていると考えられる。

(4) 成果の普及

成果についての学会発表などが適切に行われている。

(5) 成果の最終目標の達成可能性

現段階で達成度が予定より速いペースで進行しており、最終目標を達成できる見込みがあると考えられる。

- 実用化の見通しについての評価

(1) 成果の実用化可能性

実用化イメージとしては、多様な水素源を確保することにより、特定の還元剤原料に対する依存度を下げた製鉄が可能となることが期待できる、というイメージがある。このときの水素を高炉のどこに吹き込むかが性能を支配することになるが、研究はこの点を中心に進行している。また、付随する問題として鉄鉱石の粉化も視野に入れた明確な目標が示されている。

(2) 波及効果

本研究成果が実用化すれば、コークス依存度を下げるとともに、非コークス

還元剤の利用を、水素という共通プラットフォームで実現する可能性があり、資源的にも波及効果が大きい。また、再生可能エネルギーも水素の形態で利用可能となるので、実現したときの再生可能エネルギー導入にも効果がある。

- 本プロジェクトでは主に製鉄所内の石炭エネルギーのみで CO₂ 削減を賄うことを前提にしているため、本プロジェクトの現状 CO₂ 排出レベルに比べて 2030 年にて高炉にて 10%CO₂ 削減の目標は妥当である。

<問題点・改善すべき点>

- 現行の高炉トータルシミュレーションで用いられている反応速度はパラメータの適用外のガス組成のため、今回報告されたシャフト部ガス吹き込みのシミュレーションでは、化学反応が考慮されていない。十分に信頼できる予測のためには、精度の高い反応速度パラメータの測定などを含めたシミュレータのさらなる改良が必要である。
- 本来、水素還元は吸熱反応であるはずが、吸熱の影響を考慮した実験において、熱保存帯温度の低下などの影響が観測されなかったとしている。この結果に関する考察をもっと、正確に精密に行っていただきたい。
- 還元性能はかなり明確になってきているが、粉化に対する対策が明確でない。今後、系統的な実験から水素共存下での炉内での還元メカニズムを明らかにした上で対応策を提示していく必要がある。
- 水素導入によるコークスの使用の削減の資源戦略的位置づけならびに温暖化対策としての位置づけに関する説明が不十分であるので、社会に対してより丁寧な説明をする必要がある。また、欧州等で行われている方式と比べても有利な点についても、社会に対する説明を充実すべきである。
- 改質 COG 吹き込み時の鉄鉱石の高温性状の総合評価 (①-1) 3-4) には改質 COG の性状が示されているが、改質度 0~100% (CH₄を H₂と CO に改質する割合) において H₂は 61~78%、CO は 5~17%の範囲であるのに対して、各種要素試験はその範囲から外れた改質 COG 性状 (例えば H₂ 60%、CO 30%) で試験を行っている。プロジェクト初期段階においては条件がばらつくのもやむを得ない場合もあると考えるが、出来るだけ条件を合わせると共に、過去のデータについては条件の違いによる試験結果の再評価を実施する必要がある。
- 吸熱を補うための熱供給のバランスによりどの程度改質 COG の貢献が期待できるのか、また水素還元で得られる鉄の性状についての解析において、高炉が正常に運転されるための重要な成功要因とその評価項目が明らかでない点を改善すべきである。

<その他の意見>

- エネルギー・物質収支をもっと厳密に行わないと、次ステップへのスケールアップするとき、予測計算は不可能になるのではないか。また、水素還元すると還元粉化するという結果が何故生じるのか、その解消法として、水蒸気添加が有効であるという理論的裏づけを十分に考察しないと、実機化のとき、トラブル発生が派生した時などの解決策は講じられないのではないか。
- 個別技術については目標が達成されたとしても、トータルシステムとしての高炉操業においては、様々な技術的課題が生まれると予想され、まさにこれからの研究開発が実用化の成否を決定するといえる。

2) 今後に対する提言

化学工学的なシミュレーションは必要不可欠であり、シミュレータを活用した最適化や、そのための情報の収集を重点的に進め、それに精通した人材の投入が望まれる。改質 COG の高炉シャフト部への吹き込み効果が、H₂ 混合割合が増加した分だけ、還元速度が比例して速まるというものではないという基礎研究は既に、G.Belton らにより明らかにされているので、吹き込み効果の定量的な考察をもっと正確にやっていただきたい。さらに、高炉での 10%CO₂ 削減の目標のみではなく、さらなる高 CO₂ 削減を見据えての研究を同時に進めておくことも大切である。

<今後に対する提言>

- 吹き込みガスの量と組成と位置と高炉の大きさとの間で流動、伝熱、物質移動、反応など複雑に現象がからんでくることが予想されるが、そのためには、実験データを取り込んだ化学工学的なシミュレーションが必要不可欠であり、それに精通した人材の投入が望まれる。
- シミュレーションを活用した最適化や、シミュレータに必用な情報の収集を重点的に進める必要がある。また、最終年度に実施予定である試験高炉操業の明確な目標を早急に設定するのが望ましい。
- 改質 COG の高炉シャフト部への吹き込み効果が、H₂ 混合割合が増加した分だけ、還元速度が比例して速まるというものではないという基礎研究は既に、G.Belton らにより明らかにされているので、吹き込み効果の定量的な考察をもっと正確にやっていただきたい。そのような定量化が今後のマイルストーンの設定の見直しに繋がる筈である。
- 高炉にて 10%CO₂ 削減の目標のみではなく、さらなる高 CO₂ 削減を見据えての研究を同時に進めておくことも大切であると考え。また、シャフト部からの水素吹き込みのみならず羽口部からの水素吹き込みに関しても十分に検討しておくべきと考える。
- なぜ水素か、なぜ高炉か、と言う戦略的位置づけの説明を明確に国民に向けて発していただきたい。本プロジェクトでは水素源として COG しか検討されておらず、これでは原料炭有効利用技術としてしか受け取られないおそれがある。また、高炉法を用いる意義についての説明についても、明確にされたい。ULCOS に対する優位性も十分な説明をされたい。
- 還元によるコークスの粉化と還元促進の効果のバランスを見極めた上で、最適操作条件を出すことが実用化への大きなポイントであると考えられる。そのため、HPC 添加、供給水素濃度などが結果に大きく左右するので、他グループとこれまで以上に緊密に共同作業を進めていくことが望まれる。

<その他の意見>

- ある設定した実験条件に対する実験結果を基にして、この結果はあたかも一般解であるかのごとく取り扱って、その結果に別の実験条件を設定して実験を行った結果が改良されたのごとく解析しているが、もっと、理論的な解析とそれに基づく予測を設定するという思想に基づいた研究を進めてほしい。

2. 1. 2 COGのドライ化・増幅技術開発

1) 開発成果および実用化の見通しについての評価

COGからの水素製造は、製鉄所における安定した製造源として大きな意義を持ち、未利用の排熱を積極的にCOG改質に利用し、水素量を増加させ高炉に吹き込むことで、高炉からのCO₂排出量を低下させるという、理に適った新プロセスの提案であり、コークス炉ガスの利用方法の拡大につながる。中間マイルストーンは試験設備の設計および建設準備であり、必要なデータは得られており、目標は達成されている。触媒の劣化対策についても、基礎的な研究を行う大学との連携を開始したことは評価でき、すでに高触媒活性結果を提示していることから、触媒寿命が目標をクリアできれば、実用化は十分可能と判断できる。知的財産の取得に向け適切な取り組みがなされている。特許出願のみならず、学会発表などは今後の研究の進捗に伴い適切になされることを期待する。

一方、未利用顕熱の有効利用を考えたテーマであり、エクセルギー解析を行ない、他のプロセスと比較して提案するプロセスの優位性を積極的にアピールすべきである。さらに、最大のポイントは触媒の被毒、寿命であるが、この点に関してのデータ提示がなく、対策提案も不十分である。

<肯定的意見>

○ 研究開発成果についての評価

(1) 中間目標の達成度

これより実際に試験を行う準備ができており、成果は目標をクリアしていると考えられる。

(2) 成果の意義

多様な還元剤源を用いた水素を一部導入する製鉄において、水素の安定供給は必須の課題である。バイオマスなどは供給の安定性に不安があり、導入の際には供給変動を考慮して安定水素源を準備しておく必要がある。その安定した製造源としてCOGからの水素製造は大きな意義を持つ。またドライ化は、ターレットラブルを避けつつガスを有効利用する技術を確立する意味も大きい。

(3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

本技術はコークス炉ガスの利用方法の拡大につながり、研究開発成果は短期的に利用可能であるので、知的財産を保護する上で特許を積極的に取るべき性質のものである。これまでの準備段階で特許出願がなされており、財産権の取得に向けた適切な取り組みがなされていると考えられる。

(4) 成果の普及

現段階ではまだ本格的な試験が始まっておらず、学会発表などは今後の研究

の進捗に伴い適切になされることを期待する。

(5)成果の最終目標の達成可能性

装置の設計などの準備などはかなり達成できているので、最終目標を達成できる見込みがあると考えられる。

○ 実用化の見通しについての評価

(1) 成果の実用化可能性

実用化イメージ・出口イメージがやや明確になっていない点があり、今後のSG1、SG6との連携から出口イメージを明確にされたい。

(2) 波及効果

COGの水素製造・ドライ化については、同様にターレットラブルに困っているバイオマスガス化などにも適用可能であり、関連分野への波及効果が期待できる。

- 製鉄所で未利用の排熱を積極的にCOG改質に利用し、水素量を増加させて、これを高炉に吹き込み、高炉からのCO₂排出量を低下させるという、理に適った新プロセスの提案である。
- 中間マイルストーンは試験設備の設計および建設準備であり、目標は達成されている。
- 中間目標で設定した目標は達成されており、必要なデータは得られていると言える。
- ほぼ計画通り進んでいる。触媒の劣化対策について基礎的な研究を行う大学との連携を開始したことは評価できる。
- 自社予算での自主研究で新触媒を開発し、それを本プロジェクトに導入して効率的に利用している点は評価できる。すでに高触媒活性結果を提示しており、成果も順調に得られていると判断できる。触媒寿命が目標をクリアできれば、実用化は十分可能と判断できる。

<問題点・改善すべき点>

- 本プロジェクトでは、未利用の顕熱の有効利用を考えているので、是非ともエクセルギー解析を行なって、提案プロセスの優位性を他のプロセスと比較して積極的にアピールすべきである。また、水蒸気改質反応が起こっていると推定しているが、次ステップに進むためには、もっと積極的に反応機構を明確にしてほしい。
- 最大のポイントは触媒の被毒、寿命である。ラボスケールでは目標を達成しているが、実機での条件との違いもあり保障されたわけではない。この点に関して、早急に実機を想定した実験を加速していく必要がある。

- 実機のスケールイメージが乏しく、ベンチプラントから実機へのスケールアップを念頭に置いた開発姿勢がやや不足している。触媒に求める性能に関しても、詳細な検討が必要であると思われる。実用化に向けて、化学工学的アプローチが必要である。
- 特に目立った進展は見られなかった。報告書では、触媒の劣化が見られるがそれに対する対策提案が不十分である。
- なぜ水素か、なぜタール除去か、と言う戦略的位置づけの説明を明確に国民に向けて発していただきたい。本プロジェクトの COG からの水素製造は、その時点で炭化水素・CO 中の炭素が CO₂ に転換するので、もし石炭の消費量が変わらないのであれば全体としてみれば脱炭素にはなっていない。この CO₂ を分離除去し、地中等に隔離する、あるいは水素増幅の過程で未利用の熱エネルギーを化学エネルギーに転換して還元を用いることを通じて石炭消費量を削減することで、初めて脱炭素となるが、その点の議論が弱い。実用化イメージ・出口イメージもやや弱い。COG のドライ化のスペックなどを高炉側、SG6 と連携して明確化されたい。このスペックが、高炉で決まるのか、高炉までの途中の貯蔵・輸送(タールトラブル防止)で決まるのか、それとも CO₂ 分離(もし改質後に分離するならば)で決まるのか、を明確に記述されたい。目標値として水素増幅率 2 倍が挙げられているが、COG にもともと含まれる水素量によって増幅率が変わるので、プロセス評価指標として意味があるかどうか疑問である。別の指標が適切ではないかと思われる。

<その他の意見>

- 今回の発表では、反応前の水素含有率をどのように定義しているかという点があいまいで、水素「増幅率」という用語の使い方が専門用語集での定義と異なっているので、報告書中では、統一した定義で使用していただきたい。

2) 今後に対する提言

中間目標は要素技術の開発であったため、実質的にはこれからプロセス開発の段階となる。実機のイメージを持ちながら、ベンチプラント試験設備の概念設計を早急に行い、数値目標を明確にした実験を行なってほしい。本研究開発項目は、触媒寿命の問題がクリアできれば、既存のプロセス設計技術でも実現可能なものもあるので、触媒の耐久性を向上させるのと同時に、劣化した触媒の再生化技術も研究開発を行なってほしい。

<今後に対する提言>

- 仕切弁、高温バルブ、保温技術等の開発が、キーテクノロジーとなるであろうゆえに、ベンチプラント試験設備の概念設計を早急に行い、できるだけ早く検討実験を行なってほしい。
- 中間目標は、要素技術開発であったため、実質的にはこれからがプロセス開発といってよい。実用化の見通しは、今後の研究開発にかかっている。実機のイメージを持ってベンチプラントの目標設定を行うことが重要であると言える。
- 大学での基礎研究とベンチプラント試験での研究の数値目標をもっと明確にして、基礎研究の成果がベンチプラント試験に活用できるようにしてほしい。具体的には圧力損失、伝熱、流動の現象がベンチプラント試験では重要であり、基礎研究においてもその点を考慮した触媒開発が望まれる。
- なぜ水素か、なぜタール除去か、と言う戦略的位置づけと、その戦略から要求されるガスのスペック、実用化イメージを明確に国民に向けて発していただきたい。
- COG のドライ化・増幅技術開発において、その触媒の耐久性を向上させるためには、COG をまず脱硫し、その後に触媒による水素増幅をすべきかと考える。また、劣化した触媒の再生化技術も並行して研究開発すべき。
- 本研究開発項目は、触媒寿命の問題がクリアできれば、既存のプロセス設計技術で実現可能なものである。よって、本プロジェクト内で実施する範囲を明確にして、それが達成した時点で終了とし、基盤研究は終了して実用化フェーズへと進むべきと考える。

<その他の意見>

- 過去の調査研究成果として、COG のドライ化の反応速度定数を示しているが、まだまだ向上できるはずと述べている。実機化を見通した場合の最終目標値をいくらか設定すればマイルストーンを実現できるのか、具体的に示し

てほしい。また、そのときに克服すべき触媒性能とかも明瞭に示してほしい。

2. 1. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

1) 開発成果および実用化の見通しについての評価

高性能粘結剤添加によりコークス強度の問題解決に取り組み、コークス強度の向上が図られた。そのメカニズムを十分検討し、すでに最終目標の強度を達成できる条件まで見いだしており、中間目標は十分に達成されている。計画に一部変更はあったが、必要な研究事項を重点的に実施して HPC (High-Performance Caking additive)を用いることで高強度のコークスを製造することが可能となり、コークス原料の多様性につながる成果が得られたことは世界でも画期的である。新たな市場ならびに技術領域を開拓することが期待できる。適切に特許が出願され、対外発表も十分である。

一方、還元材比とコークス強度の関係は、従来の高炉操業での実績を示したものであり、本プロジェクト想定条件では経験式としても未だ求められておらず、コークスの反応性に関する評価・解析も残っている。また、実用化の観点からは、HPC 製造にかかわるコストと CO₂ 排出量から最適解があるか否かを提示することが望まれる。水素を混合すると還元速度が速まり、コークスの高炉中への滞留時間は短くてすむはずであるから要求される強度比はもっと低値で十分であり、HPC の添加量はもっと低値でよい可能性がある。

<肯定的意見>

- 高性能粘結剤添加によりコークス強度の向上が図られており、中間目標は十分に達成されている。また、情報発信は適切になされている。
- 計画に一部変更があったが、必要な研究事項を重点的に実施してコークス強度の問題で解決に取り組み目標は達成している。
- 研究開発成果についての評価

(1)中間目標の達成度

要求される強度を達成するために HPC を用いる方法を提案し、強度向上の方向性を得たことは、十分中間目標を達成したと思われる。また、そのメカニズムを十分検討し、大きな成果を上げたと考えられる。

(2)成果の意義

成果は多様な石炭から製造した HPC を用いることで高強度のコークスを製造することを可能とし、コークス原料の多様性につながることを期待できる。この成果は世界でも画期的であり、汎用性があるので、新たな市場ならびに技術領域を開拓することが期待できる。

(3)知的財産権等の取得及び標準化の取組

本成果は、比較的短時間で実用化につなげることができるので、特許で知的財産権保護が必要であるが、適切に特許出願がなされている。

(4)成果の普及

成果は多数の対外発表の形で適切に社会への発信が行われている。

(5)成果の最終目標の達成可能性

これまでの成果で高強度コークス製造指針がかなり明らかになったので、今後、最終目標を達成できると考えられる。

○ 実用化の見通しについての評価

(1) 成果の実用化可能性

成果の実用化イメージ・出口イメージとしては、少量の **HPC** を添加し充填密度を適切に維持すること高強度コークスが製造でき、その高炉内挙動を予測できると言うイメージが明確に与えられており、そのための開発の各段階でマイルストーンが明確となっている。

(2) 波及効果

成果はコークス製造における強度向上の新しい方法を提案したと言うことで波及効果が大きい。また、**HPC** による高強度化により、多様な石炭を原料に用いることができる可能性を示したことで、資源戦略的な観点からも波及効果が大きい。

- 水素高含有 **COG** 改質ガスによる鉄鉱石の還元割れ助長をいかに防止すべきかという対策に真剣に取り組んで提案しようとしている点は評価できる。
- 計画した試験装置による試験研究により、当初計画した中間目標は達成されている。
- **HPC**+配合炭という新規技術を提示し、すでに最終目標の高強度を達成できる条件を見いだしている点は評価できる。特許戦略もなされており、対外発表も十分である。

<問題点・改善すべき点>

- 発表で用いた図 1 に示す、還元材比とコークス強度の関係は、従来の高炉操業での実績を示したものである。従って、ここにおける還元材比中には水素由来の分は考慮されていないはずである。然るに、専門用語集では水素由来のものも還元材比中には含まれており、この定義に従えば、還元材比とコークス強度比の関係は、本プロジェクト想定条件では経験式としても未だ求められていないはずである。
- コークスの反応性に関する評価・解析が残されている。また、実機において十分な **HPC** を供給するための方策についての検討が必要である。
- 先送りしたコークスの反応性評価は、他のプロジェクトのシミュレーション研究で重要なデータになるため、歩調が合うように研究開発マネジメントを

行ってほしい。

- 配合炭の種類に対する影響などを検討しておく必要がある。また、水素共存下での還元特性には未だ着手していないので、これを早急に実施する必要がある。一方、実用化の観点からは、HPC 製造にかかわるコストと CO₂ 排出量から最適解があるか否かを提示することが望まれる。

<その他の意見>

- 図 1 に示した還元材比とコークス強度の関係は H₂ が還元材比の中に入っていないときの関係であり、H₂ を混合すると還元速度が速まり、コークスの高炉中への滞留時間は短くてすむはずであるから要求される強度比は図 1 の関係より、もっと低値で十分であると思われる。従って、議論している HPC の添加量はもっと低値でよいのではないか。
- ここで用いられている HPC は、NEDO で過去に開発が進められたハイパーコールとほぼ同じものと考えられる。ハイパーコールは主に燃焼等で無灰炭を利用するという点を主眼としたものであったが、ハイパーコールは非常に高い軟化溶解性を持つことからコークスへの利用も提案されている(岡田、「ハイパーコール製造と利用技術」、2005 年石炭技術会議、CTC2005_5.pdf)。過去の NEDO の成果が派生して出てきたものとして、国民に対して研究開発成果の展開例を示す上でも、抽出物の名称に過去の技術の適切な引用があるべきと思われる。
- 5%の HPC 添加量で、高炉操業を行った場合、実際には莫大な量の HPC を使用する計算になる。さらなる添加量の低減と、実炉規模における HPC 製造プロセスの評価を行うことが、実用化への鍵となるであろう。

2) 今後に対する提言

コークス強度の確保のために添加する HPC 製造のために必要とされる石炭量が膨大なので、HPC 添加量の低減を目指して、高強度化と反応性向上のための研究開発を進めて行く必要がある。また使用後溶剤の処理あるいは用途によっては、CO₂ 増加になる可能性もあるので、実験と並行してケーススタディーを実施していくべきである。さらに、改質 COG 吹き込み条件下での反応性試験を遂行し、反応性、反応後強度も評価しておく必要がある。

<今後に対する提言>

- コークス強度確保のために添加する HPC 製造のために必要とされる石炭量が膨大すぎるので、これを少なくとも現状の 1/10 程度に済む技術開発が必要なのではあるまいか。
- さらなる HPC 添加量の低減を目指して、高強度化と反応性向上のための研究開発を、進めて行く必要がある。
- 本技術のボトルネックは溶剤の大量使用にあると思われる。使用後溶剤の処理あるいは用途によっては、かえって CO₂ 増加になる可能性もあるかもしれないので、実験と並行してケーススタディー計算を実施していくべきと考える。
- 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造において、その強度のみではなく、さらに改質 COG 吹き込み条件下での反応性試験を遂行し、反応性、反応後強度も評価しておく必要があると考える。
- 現在の段階では適量の HPC があれば高強度コークスが製造できることが明らかになったが、今後は必要な量の HPC を製造するプロセスまで含めた上流～下流までの全体像を描かれない。
- ガスの流通と伝熱も考慮したコークスの形状についての検討も必要ではないか。

<その他の意見>

- 図 1 に示した還元材比とコークス強度の関係は H₂ が還元材比中に含まれていないときの関係であり、図 1 の関係を不変原理として議論するのはおかしい。

2. 2 高炉ガス(BFG)からの CO₂分離回収技術開発

2. 2. 1 CO₂分離・回収技術の開発

1) 開発成果および実用化の見通しについての評価

CO₂ 回収の効果が燃焼ガス対象の受け身の処理技術と異なり、BFG(Blast Furnace Gas)を高付加価値化する能動的な処理技術である点は評価できる。化学吸収法では、世界的にも高いレベルの低熱消費の新しい化学吸収液を開発し、所要熱量の見通しなどで中間目標を達成できる見込みが得られ、ベンチスケールからパイロットプラント段階まで、研究が進捗していることは高く評価できる。物理吸着法はラボテストで新しい吸着剤の選定試験を終了し、シミュレーションの構築が行われ、中間目標を達成できた。情報発信としても、化学吸収については論文発表以外に、マスコミ、産官学に対して CAT30 設備の見学の機会を与えて、一般に向けて広く行われ、特許出願も適切になされている。物理吸着についても国内外で学会発表がなされ、適切な情報発信が行われている。

一方、化学吸収法では、装置サイズを決定する因子が明らかでなく、一基の高炉に必要な吸収プラントの規模を想定すると、現段階のパイロットプラントの 100 倍の CO₂ 分離・回収能力を持つ装置開発が必要であり、実現可能性は不透明である。

物理吸着法においては、実機のイメージが十分に確立されておらず、未利用排熱からどれだけエクセルギー(すなわち電力)を回収できるかに大きく依存するので、物理吸着の実現可能性についてエネルギー供給の面から検討されたい。物理吸着を今後継続するかどうか、装置の最終形態(サイズと所要吸着材量)も含めて、早期に検討されたい。

いずれにしろ、実用化の最大の壁は、プラントサイズなので、実機でどの程度の大きさになり、どの程度の敷地面積を占有するかの鳥瞰図を描き妥当性を評価することが必要である。

<肯定的意見>

- まず CO₂ 回収の効果が燃焼ガス対象の受け身の処理技術と異なり、BFG を高付加価値化する能動的な処理技術であるという点は評価できる。その中で、化学吸収法に関しては、吸収液の性能をベンチスケールレベルで確認し目標を達成している。
- 化学吸収法では、設定された中間目標に対して十分な成果を挙げており、世界的にも高いレベルの結果を得ており、情報発信も適切になされている。物理吸着法はラボテストまでが終了したところであり、ベンチスケールでの研究結果が待たれる。
- 低熱消費の新しい化学吸収液を開発しており、未だ目標の熱消費原単位は達

成していないものの、従来型よりかなり低く出来る新吸収液を見出している。物理吸着法についてはラボスケールでの新しい吸着剤の選定試験を実施し、中間目標は達成している。

○ 研究開発成果についての評価

(1) 中間目標の達成度

新規吸収液の開発については、所要熱量の見通しなどで中間目標を達成できる見込みが得られた。今後の吸収プロセスも開発に向けての方針も示されている。また、物理吸着についてはラボ装置での吸着剤の評価、シミュレーションの構築が行われ、中間目標が達成できたと考えられる。

(2) 成果の意義

本成果は、世界中の高炉に適用可能であり、汎用性がある。高炉ガスの CO₂ 除去はガスの単位体積あたりカロリーアップにもつながり、高炉ガスの用途の拡大或いは効率化につながる事が期待できる。高炉ガスは、還元ガスであるとともに常圧に近い条件での操作であり、これまでの常圧燃焼排ガスや高圧石炭ガス化ガス等とは異なった条件で使われる新しい領域である。欧州の ULCOS は純酸素吹きであるが、本プロセスは空気吹きを想定しているので、酸素製造動力がない分だけ優位性があると思われる。また、未利用排熱の適切な回収ならびにヒートポンプによる回収熱温度レベルの上昇を行うことで、吸収法では CO₂ 分離のための新規所要エネルギーをかなり抑制できる事が期待できる。

(3) 知的財産権等の取得及び標準化の取組

本成果のうち CO₂ 吸収液ならびに吸収分離方法は、比較的短時間で実用化につなげることができるので特許で知的財産権保護が必要であるが、適切に特許出願がなされている。

(4) 成果の普及

化学吸着については論文による発表がある。CAT30 設備に対して、マスコミ、産官学に対して適切な見学の機会を与えており、一般に向けて広く情報発信をしていると言える。物理吸着についても国内外で学会発表がなされ、適切な情報発信と言える。

(5) 成果の最終目標の達成可能性

溶液吸着に対して CAT30 を用いた試験が予定されており、この試験によって最終目標を達成できる見込みがある。物理吸着については、ベンチスケール試験、シミュレーションなどの結果を総合して実用化の予想が今後つけられるようになり、最終目標が達成可能と期待できる。

○ 実用化の見通しについての評価

(1) 成果の実用化可能性

実用化イメージ・出口イメージは、CO₂を分離回収するという事は示されているが、実際の装置の大きさがどの程度であり、どのような因子が装置の大きさを決定するかについてはまだ明確でない点が見られる。今後は研究を進展させて装置の設計を確立されたい。

(2) 波及効果

高炉はCO₂集中発生源であり、また製鉄では未利用排熱がまだ多く存在するので、適切な排熱回収によりエネルギーペナルティが少ないCO₂分離回収が可能であると思われる、世界的に波及効果が大きいと思われる。

- ベンチスケールからパイロットプラント段階まで、研究が進捗していることは高く評価できる。
- 計画通り目標をほぼ達成している。

<問題点・改善すべき点>

- 化学吸収法では、一基の高炉に対して必要になる吸収プラントの規模を念頭に入れた技術開発が、実用化のためには不可欠である。物理吸着法においては、実機のイメージが十分に確立されておらず、化学吸収法と同量のCO₂を分離することは、極めて困難な課題であるように思える。
- 実機化までのスケールアップを考えると、現段階のパイロットプラントの100倍のCO₂分離・回収能力を持つ装置開発が必要であり、単純に考えると径が10倍か、径、高さともに5倍程度の装置の開発が求められる。化学工学的に考慮すると本当に実現可能であろうか。
- 吸収液の選択の際の吸収速度の測定にあたって、物質移動抵抗の影響がかなり含まれている装置を用いたのではないかと思われる。装置設計にあたっては物質移動抵抗の影響がかなり大きいことが見込まれるので、今後検討されたい。また吸収塔の設計に当たっては粘度など溶液物性も物質移動に影響するので、今後検討されたい。報告書を読む限りでは、このプロセスの装置サイズを決定する因子が、物質移動か、反応速度か、あるいは吸収溶液の冷却のための伝熱面積になるか、の最終形が明確ではない。今後はこれらについて明確にされたい。
- 物理吸着は、所要エネルギーが機械的動力であり、所要エネルギーのエクセルギー率が高い(一方、化学吸収は再生温度が高々120℃程度なので、熱エネルギーは多くてもエクセルギー率が低い)。したがって、物理吸着の成否は、未利用排熱からどれだけエクセルギー(すなわち電力)を回収できるかに大きく依存すると考えられる。SG5、SG6と連携をとり、物理吸着の実現可能性についてエネルギー供給の面から検討されたい。なお、ULCOSでは物理

吸着を用いているようだが、これは純酸素吹き高炉でありガス量が少ないために可能となっているのであり、ガス量が膨大な空気吹きである本プロジェクトとは前提条件が異なっていると思われる。物理吸着を今後継続するかどうか、装置の最終形態(サイズと所要吸着材量)も含めて SG5、SG6 と共同で早期に検討されたい。

- 実用化には、吸収液の開発ではなく、プラントサイズが適正であるか否かも重要と考えられる。よって、実機でどの程度の大きさになり、どの程度の敷地面積を占有するかの鳥瞰図を描き妥当性を評価することが必要である。これが現実的であれば、次に、吸収液の開発からスケールアップ課題に研究内容をシフトして進めていくことが望まれる。
- 化学吸収液の開発については研究機関のみでの研究となっており、既存商用化吸収液のメーカーは開発に参加していない。今後実用化のための製造方法（製造コスト、等）、実用運転に関わる問題（耐久性、腐食性、等）について検討を進めることが必要であり、メーカー側を研究体制に加えるべきである。
- CO₂ 分離・回収技術の開発に関しては、化学吸収法と物理吸着法の異なる分離回収方法の開発を並行して進めているが、CO₂ 分離・回収プロセスとしては報告書にも書かれてある通りシフト反応を組み込み、CO を除去することも考えられる。水素還元製鉄法において最適なあるべき CO₂ 分離・回収プロセスを予め設定して、それに向けて集中した研究開発を進めるべきである。経済性を含めた事前検討が必要であるが、大規模な CO₂ 分離・回収であることを考慮すれば、化学吸収法の方が有利ではないかと考える。
- 経済的な評価が不足している。処理装置体積当たりの CO₂ 回収速度がそれほど大きくないため、大規模な CO₂ 吸収には向いていないと思われる。規模的に製鉄プロセスに適用する技術かどうか疑問である。

<その他の意見>

- スケールアップの観点から考えると、現状の CO₂ 分離・回収能力の 10 倍程度の性能を有する吸収または吸着剤を開発すべきではないかと考えられる。

2) 今後に対する提言

現状の製鉄所敷地の遊休地で、実際の事業化を想定し、律速段階を十分に考慮した所要装置サイズでの出口イメージ工場配置図を描いてみたらよい。また、実用化を念頭に置いた開発として、より実現性の高い方法に集中して研究を進めてもよいのではないか。さらに、CO₂を一定期間サイト内で貯蔵する必要性の有無、貯蔵する場合は、どの程度の設備が必要かのFSも併せて実施し、製鉄所におけるCCSの処理スキーム（時間シーケンス）を明確にしておくことが望まれる。

<今後に対する提言>

- 仮に、パイロットプラントで開発したCO₂吸収塔、分離塔をそのまま実機として使用することを考えると、現在稼働している大規模製鉄所には両塔併せて、高炉設備数を考慮すると、1200塔が必要となる。現状の製鉄所敷地の利用率を考えると、その塔数に相当する遊休地があるとは到底思えない。今後どのような見通しを持っているのか、示してほしい。
- 実際の事業化を想定して出口イメージの工場配置図を描いてみたらよい。
- 今後とも、律速段階を十分に考慮して、所要装置サイズ・所要エネルギーの最終形態を描いていただきたい。
- 実用化を念頭に置いた開発を進める必要があり、より実現性の高い方に集中して研究を進めてもよいのではないか。
- CO₂貯留との関連で、CO₂を一定期間サイト内で貯蔵する必要性の有無、貯蔵する場合は、どの程度の設備が必要かのFSも併せて実施していき、製鉄所におけるCCSの処理スキーム（時間シーケンス）を明確にしておくことが望まれる。
- CO₂分離・回収のための吸収液の耐久性試験へと進めて、将来的には2000円/t-CO₂レベルの経済性が得られ、かつ、3000t/dレベルのプラントの実用化が達成されることが望まれる。並行して経済性のあるCCS2020貯留技術の確立が望まれる。

<その他の意見>

- 実機化の段階で、100倍の容量の吸収塔と分離塔が製作できたとしても、現パイロットプラントと同性能で運転可能という見通しをどのように理論的に裏付けできるのか、理論武装してほしい。

2. 2. 2 未利用顕熱回収技術の開発

1) 開発成果および実用化の見通しについての評価

製鉄所から大量に排出される CO₂ を回収するために、製鉄所内の廃熱源の質と量を把握した上で、戦略的に未利用エネルギーも回収するスキームを構築し、これまで困難とされてきた廃熱源からも熱回収に新技術を提案し、その実現性を示した姿勢は、高く評価できる。当初計画した中間評価のマイルストーンは達成されている。製鋼スラグの熱回収は、実現すれば世界の転炉製鋼からの熱回収が可能となり、蓄熱およびヒートポンプは、吸収式 CO₂ の溶液再生に特化すれば世界中の製鉄で利用可能である。特許で知的財産権保護が必要であるスラグからの熱回収については、比較的短時間で実用化に繋げることができるので、これに関しては適切に特許出願がなされている。

一方、スラグ顕熱を回収する際、最も障害となるのは、スラグそのものの熱伝導率の低値である。従って、顕熱を回収する熱媒体の開発も重要であるが、スラグの見かけの熱伝導率をいかに低下させないかという技術開発にも是非力を更に注いでほしい。ケミカルヒートポンプ、スラグの顕熱回収技術においては、化学工学的手法によって、スケールアップ時の問題点を克服する技術開発を進めるべきである。特に、熱利用は設備間距離が大きく影響するので、製鉄所内での全体システムのレイアウトを検討し、各要素技術の目標の再設定が望まれる。また、本プロセスは有効熱回収システムの技術開発であるため、是非ともエクセルギー解析を行なって、現在開発中の技術がどのくらい有効なものであるかという定量的な検討をしていただきたい。ナショナルプロジェクトで実施すべき基礎基盤の技術項目か民間活用ですぐにも実機設計できるものまで多岐にわたる技術項目を検討している。今後、ナショナルプロジェクトでしか実施できない項目に選択集中して研究を推進すべきである。

<肯定的意見>

- 大きな社会問題となっている、製鉄所から発生する大量の排出 CO₂ を回収するために、製鉄所内で未利用となっている顕熱・排熱を積極的に利用しようという開発研究は高く評価できる。
- 製鉄所内の廃熱源の質と量を把握した上で、戦略的に未利用エネルギーを回収するスキームを構築している点が素晴らしい。また、これまで困難とされてきた廃熱源の回収に新技術を提案し、その実現性を示している点は評価できる。
- 未利用顕熱を可能な限り回収して、CO₂ 分離に消費されるエネルギーを補おうという姿勢は評価できる。中間報告時点では、多岐にわたる技術の選定や設計であるので、中間目標に対しては成果が得られたと評価できる。

- 計画した試験装置による試験研究により、当初計画した中間マイルストーンは達成されている。
- 研究開発成果についての評価
 - (1)中間目標の達成度
排熱の発生状況については、概ね調査が終了し利用可能な部分が選択されており、成果は目標をクリアした。また、排熱利用の基礎試験が行われており、中間目標が達成された。特に冷却ロールを用いたスラグの成型は、ラボ実験とは言え今後の熱回収装置の実用可能性を見る上で大きな成果である。
 - (2)成果の意義
製鋼スラグの熱回収は現在実用化例が無く、これが実現すれば成果は世界の転炉製鋼からの熱回収を可能にすることが期待でき、世界最高水準のものとなることが期待できる。蓄熱およびヒートポンプについては、これまで他の用途に向けて開発されてきたものが数多くあるが、吸収式 CO₂ の溶液再生に特化すれば世界中の製鉄で利用可能である。
 - (3)知的財産権等の取得及び標準化の取組
スラグからの熱回収については比較的短時間で実用化につなげることができるので特許で知的財産権保護が必要であるが、これに関して適切に特許出願がなされている。
 - (4)成果の普及
スラグからの熱回収など新規な内容が多いので、今後成果を取りまとめて適切な対外発表をすることを望む。
 - (5)成果の最終目標の達成可能性
溶液吸収式 CO₂ 回収用熱源については、熱源のポテンシャルについての調査ができ、今後は具体的熱回収装置要素の研究を行うことで最終目標を達成できる見込みがある。スラグ熱回収は、ラボでロール成型ができるので、今後はベンチでの試験で成果が期待できる。
- 実用化の見通しについての評価
 - (1) 成果の実用化可能性
排熱回収については、量と温度についての調査がされているが、このような低温度レベルの熱回収装置では装置サイズを決定する上で伝熱速度が支配的になるので、場合によってはかなり大型のものとなるおそれがある。このプロジェクトの一つの成果が実用化イメージ・出口イメージの確立であると考えられる。このため、伝熱解析などの開発のマイルストーンが明確に定められている。
 - (2) 波及効果
製鋼スラグの熱回収については高炉スラグにおいても類似の方法で熱回収が

可能と考えられ、波及効果が大きいと思われる。また、溶液式 CO₂ 回収プロセスのための熱回収と低温度レベル廃熱のヒートポンプによる温度上昇は、他の 140°C 程度の熱を利用するプロセスにおいても適用可能と考えられる。

- それぞれ特長のある未利用顕熱回収技術が検討されており、一定の成果が得られていると判断できる。実用化された場合、他の産業にも普及する技術でもあり、是非実用化できるように研究してほしい。

<問題点・改善すべき点>

- スラグ顕熱を回収する際、最も障害となるのは、スラグそのものの熱伝導率の低値である。従って、顕熱を回収する熱媒体の開発も重要であるが、スラグの見かけの熱伝導率をいかに低下させないかという技術開発にも是非力を更に注いでほしい。
- ケミカルヒートポンプ、スラグの顕熱回収技術においては、実機を十分にイメージして開発に当たる必要がある。化学工学的手法によって、スケールアップ時の問題点が克服できるような技術開発を進めるべきである。現状では、実用化は非常に困難であると判断され、今後の研究の進展が望まれる。
- 個別技術に関して、国プロで実施すべき基礎基盤の項目から民活ですぐにでも実機設計できるものまで温度差が大きい。今後、国プロでしか実施できない項目に選択集中して研究を推進すべきと考える。また、熱利用は設備間距離が制約条件として大きく影響する。このため、製鉄所内での全体システムのレイアウトを検討したのち、各要素技術での目標を再設定することが望まれる。
- スラグ顕熱からの排熱回収は装置の新設計を含む開発であるが、その他の排熱回収は既存技術の適用である。基本的に既存技術の適用で対応可能な技術開発については、できる限り既存技術の改良により開発を進めるべきである。
- 基礎研究の成果が、実際の事業化でどのように使われ、どの程度の省エネルギー効果とそれに伴うコストについての考察が不足している。
- 未利用熱回収については、発電も検討しており、この低位熱発電システムの排熱有効利用率 30% という目標はあるものの、もともと温度レベルが低いので発電効率が相当低くなると思われる。装置および運転の際の LCA 評価を行い、全体でプラスになるかどうか検討されたい。

<その他の意見>

- 本項目は CO₂ 回収技術の成否と大きく連動しているので、両研究開発を総合

的に推進する体制を強化することが望ましい。

- 本プロセスは有効熱回収システムの技術開発であるので、是非ともエクセルギー解析を行なって、現在開発中の技術がどのくらい有効なものであるかという定量的な検討をしていただきたい。
- 管内伝熱促進であるが、既に存在する素子について記述しているが、これは研究ではなく設計のためのカタログデータであり、ここまで詳細に書く必要は無いと思われる。

2) 今後に対する提言

プロセスのエクセルギー解析を行なうことにより、より効果的な別の技術開発の可能性についても定量的に提案を行ってほしい。また、未利用エネルギーの技術単独でも実用化が成立する条件を明確にし、高炉 CO₂ 回収とは独立して、製鉄所内で実施できるシナリオも検討しておくことが望まれる。CO₂ 物理吸着用動力が排熱回収による電力でまかなえるか検討し、方向性を早期に定めることが必要。また、製鋼スラグ顕熱の利用技術開発と並行して、高炉スラグの顕熱の利用も推進すべきである。基礎研究とは言え、実用化の出口イメージを数値的に明確にし、連携する研究開発マネジメントが必要であり、技術項目を整理し、実現可能性の高いものや効果の大きいものに絞って研究開発を進めてほしい。実機へのスケールアップを意識した開発を進めるのが望ましく、特にシミュレーションの活用が重要である。また、既存技術の組み合わせによる開発コスト低減を目指すことも重要であり、不必要な独自技術の開発にこだわる必要はないのではないかと。

<今後に対する提言>

- プロセスのエクセルギー解析を行なうことにより、より効果的な別の技術開発の可能性についても定量的に提案を行ってほしい。現在、エクセルギーの概念は提案されているが、これを実際に熱の有効利用に適用した研究実績は見当たらないので、頑張ってもらいたい。
- 未利用エネルギーの技術だけで実用化が成立する条件を明確にし、高炉、CO₂ 回収とは独立して製鉄所内で実施できるシナリオも検討しておくことが望まれる。
- 発電の目的は CO₂ 物理吸着用動力の供給であるが、排熱から回収した熱で電力をまかなえるかどうかについて SG6、SG4 と連携して検討したうえで、方向性を早期に定められたい。物理吸着用動力供給が排熱で十分まかなえるな

ら、物理吸着について検討すると同時に低位熱発電システムを研究する必要性は大であるが、もしまかなえないようであれば、研究資源を溶液吸収とヒートポンプに集中すべきである。

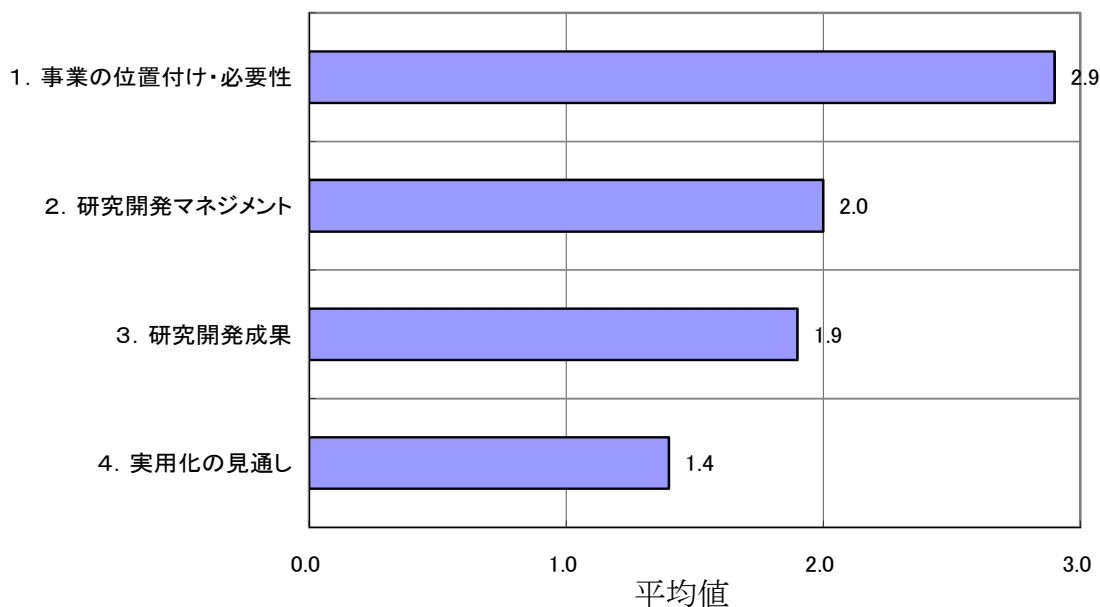
- 製鋼スラグ顕熱の利用技術開発が進められているが、高炉スラグ顕熱の利用も並行して英知を出し合い推進すべきと考える。
- 基礎研究とは言え、実用化の出口イメージを数値的に明確にする研究開発マネジメントを行ってほしい。
- 現時点で設定されている研究テーマは、玉石混交の感があり、その実現性やCO₂削減効果もはまちまちである。今後は検討する技術項目を整理し、実現可能性の高いものや効果の大きいものに絞って研究開発を進めていく必要がある。実機へのスケールアップを意識した開発を進めるのが望ましく、特にシミュレーションの活用が重要である。また、既存技術の組み合わせによる開発コスト低減を目指すことも重要であり、不必要な独自技術の開発にこだわる必要はないのではないかと。

<その他の意見>

ケミカルヒートポンプ、PCMの開発研究は未だ緒に就いたばかりであると思われるので、スケールアップに向けた指針をしっかりと理論で裏づけして、材料開発研究を行ってほしい。

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	B
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	A	A	A	B
2. 研究開発マネジメントについて	2.0	A	B	B	B	B	B	C
3. 研究開発成果について	1.9	B	B	B	B	B	B	C
4. 実用化の見通しについて	1.4	B	B	B	C	C	C	C

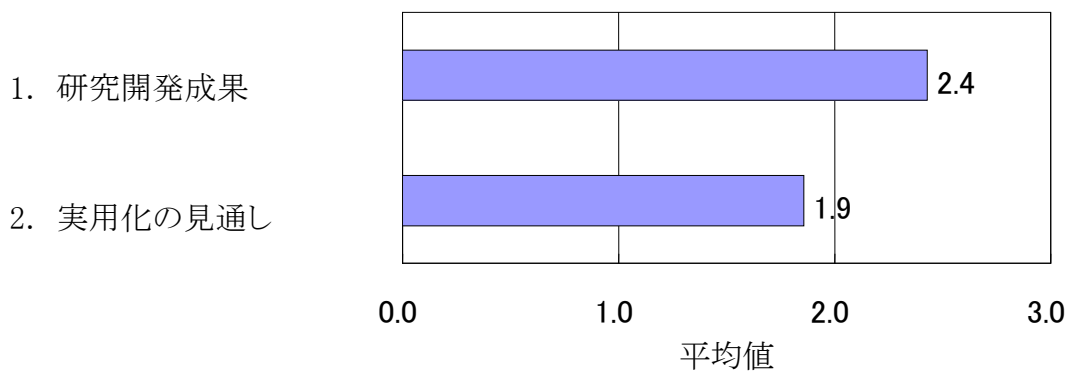
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

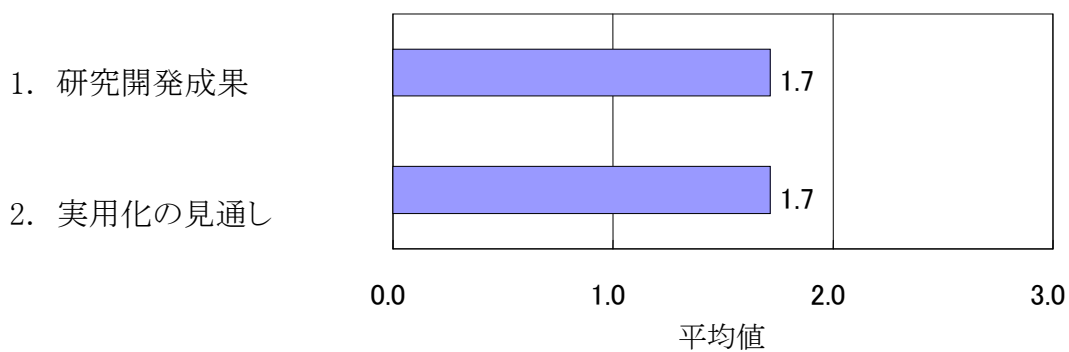
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

3. 2 個別テーマ

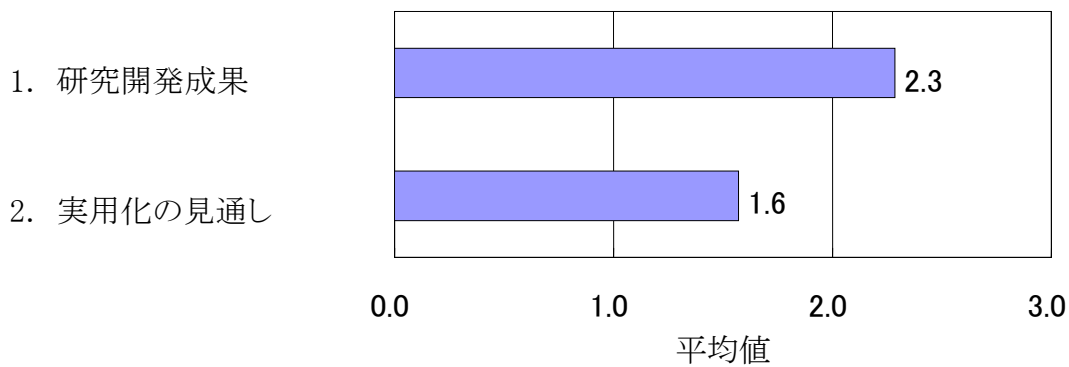
3. 2. 1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発研究



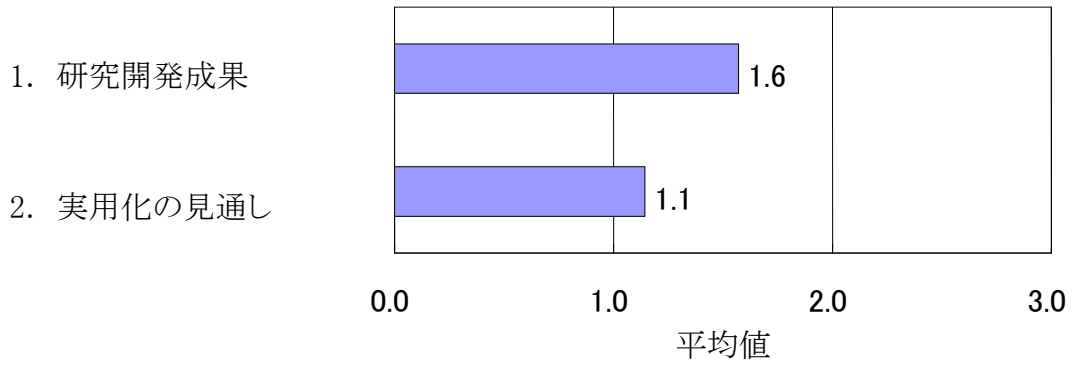
3. 2. 2 COGのドライ化・増幅技術開発



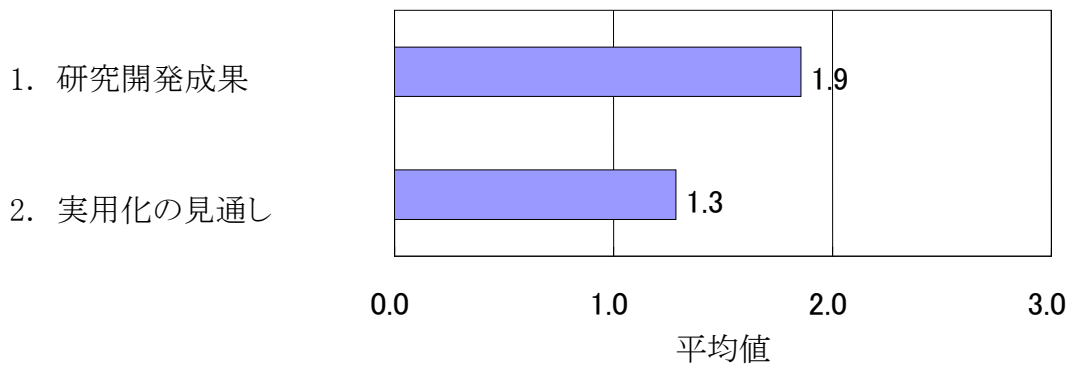
3. 2. 3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発



3. 2. 4 CO₂分離・回収技術の開発



3. 2. 5 未利用顕熱回収技術の開発



個別テーマ	平均値	素点 (注2)							
3-1-1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発研究									
1. 研究開発成果	2.4	A	A	A	A	B	B	C	
2. 実用化の見通し	1.9	A	B	B	C	B	B	C	
3-1-2. COGのドライ化・増幅技術開発									
1. 研究開発成果	1.7	B	B	B	B	B	C	C	
2. 実用化の見通し	1.7	B	B	B	C	B	B	C	
3-1-3. 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	2.3	A	B	A	A	B	B	C	
2. 実用化の見通し	1.6	B	B	B	C	C	B	C	
3-2-1. CO ₂ 分離・回収技術の開発									
1. 研究開発成果	1.6	B	C	B	B	C	B	C	
2. 実用化の見通し	1.1	B	C	C	C	C	C	C	
3-2-2. 未利用顕熱回収技術の開発									
1. 研究開発成果	1.9	B	A	B	B	B	C	C	
2. 実用化の見通し	1.3	B	B	C	C	C	C	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

- ・ 非常によい → A
- ・ よい → B
- ・ 概ね妥当 → C
- ・ 妥当とはいえない → D

(2) 実用化の見通しについて

- ・ 明確 → A
- ・ 妥当 → B
- ・ 概ね妥当であるが、課題あり → C
- ・ 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プロジェクト」

事業原簿

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
2.1 事業の背景	I -4
2.2 事業の目的	I -6
2.3 事業の位置付け	I -9
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、事業化に向けたマネジメントの妥当性	II -13
3. 情勢変化への対応	II -15
4. 評価に関する事項	II -17
III. 研究開発成果について	
1. 事業全体の成果	III -1
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
- ・ 特許論文リスト ----- 添付 5-1

概要

最終更新日

平成 22 年 7 月 28 日

プログラム（又は施策）名	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		
プロジェクト名	環境調和型製鉄プロセス技術開発	プロジェクト番号	P08021
担当推進部/担当者	環境部 担当者氏名 深山和勇、河田和久（平成 22 年 7 月現在）		
0. 事業の概要	<p>G02 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。</p> <p>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>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<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%程度のエネルギー改善が限度とされている。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p>（参考）</p> <p>我が国における 2006 年度の粗鋼生産量は、約 1 億 2 千万トンであり、これに伴い CO2 を約 1 億 9 千万トン排出している。これは我が国産産業・エネルギー転換部門の約 44%、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>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<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、</p> <p>2008～2012:Phase I Step1 要素技術開発及びプロセス評価開発</p> <p>2013～2017:Phase I Step2 パイロット規模開発</p> <p>2018～2028 頃まで:実証規模試験</p> <p>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。</p> <p>現在実施の Phase I Step1 における目標は以下のとおり。</p> <p>①高炉からの CO2 排出削減技術開発</p> <p>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。</p> <p>要素別に 3 テーマを設定。</p> <p>・ テーマ 1 : (SG1) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発</p> <p>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°C 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] D1 ≥ 88

・想定される改質 COG 下におけるコークス熱間物性を評価する。

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°C 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°C 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。 <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。 <最終目標> 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削減を可能とする技術の確立に資する。</p> <p>尚、CO2削減量は①高炉からのCO2排出削減技術開発で10%、②高炉ガス（BF6）からのCO2分離回収技術開発で20%削減を目標としている。 また、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	<table border="1"> <tr> <th>主な実施事項</th> <th>H20fy</th> <th>H21fy</th> <th>H22fy</th> <th>H23fy</th> <th>H24fy</th> </tr> <tr> <td>SG1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SG2 COGのドライ化・増幅技術開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SG3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SG4 CO2分離・回収技術の開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SG5 未利用顕熱回収技術の開発</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SG6 全体プロセス評価・検討</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	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						H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy																																																								
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） 契約種類： ○をつける （委託（○）助成（ ）共同研究（負担率（ ））	<table border="1"> <tr> <th rowspan="2">会計・勘定</th> <th colspan="2">H20fy</th> <th colspan="2">H21fy</th> <th>H22fy</th> <th>H23fy</th> <th>H24fy</th> <th rowspan="2">総額</th> </tr> <tr> <th>当初</th> <th>補正</th> <th>当初</th> <th>補正</th> <th>当初</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <td>一般会計</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>特別会計 （電源・需給の別）</td> <td>532</td> <td>1,000</td> <td>1,115</td> <td>1,394</td> <td>1,862</td> <td></td> <td></td> <td>5,902</td> </tr> <tr> <td>加速予算 （成果普及費を含む）</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>総予算額</td> <td>532</td> <td>1,000</td> <td>1,115</td> <td>1,394</td> <td>1,862</td> <td></td> <td></td> <td>5,902</td> </tr> <tr> <td>（委託）</td> <td>532</td> <td>1,000</td> <td>1,115</td> <td>1,394</td> <td>1,862</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>（助成）</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>：助成率△/□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>（共同研究）</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>：負担率△/□</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	会計・勘定	H20fy		H21fy		H22fy	H23fy	H24fy	総額	当初	補正	当初	補正	当初			一般会計	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			5,902	加速予算 （成果普及費を含む）	0	0	0	0	0			0	総予算額	532	1,000	1,115	1,394	1,862			5,902	（委託）	532	1,000	1,115	1,394	1,862				（助成）									：助成率△/□									（共同研究）									：負担率△/□									H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	
会計・勘定	H20fy		H21fy		H22fy	H23fy	H24fy	総額																																																																																																
	当初	補正	当初	補正	当初																																																																																																			
一般会計	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			5,902																																																																																																
加速予算 （成果普及費を含む）	0	0	0	0	0			0																																																																																																
総予算額	532	1,000	1,115	1,394	1,862			5,902																																																																																																
（委託）	532	1,000	1,115	1,394	1,862																																																																																																			
（助成）																																																																																																								
：助成率△/□																																																																																																								
（共同研究）																																																																																																								
：負担率△/□																																																																																																								
開発体制	<table border="1"> <tr> <td>経産省担当原課</td> <td>製造産業局鉄鋼課製鉄企画室</td> </tr> <tr> <td>プロジェクトリーダー</td> <td>三輪 隆（新日本製鐵株式会社 執行役員製鉄技術部長）</td> </tr> </table>	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	三輪 隆（新日本製鐵株式会社 執行役員製鉄技術部長）																																																																																																			
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	三輪 隆（新日本製鐵株式会社 執行役員製鉄技術部長）																																																																																																							

	委託先	<p>【委託先】 新日本製鐵（株）、JFE スチール（株）、住友金属工業（株）、 （株）神戸製鋼所、日新製鋼（株）、新日鉄エンジニアリング（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 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、今後 2 回/年開催予定） 委員（敬称略） 三浦 隆利 東北大学大学院工学研究科 教授（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 九州大学大学院工学研究院 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 以下のコメントを反映 ・ 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> <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。 ・ 「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 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 ので、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。 ・ 水素還元関係：重要なコア部分であり、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、原理原則部分 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>
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 中間評価実施（予定）
	事後評価	平成 25 年度 事後評価実施（予定）

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<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中間評価時まで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 <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。 ・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。 <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。 ・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。 <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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(GAT30)による評価結果と1t-CO₂回収/ベンチプラント(GAT1)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。「GAT30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。
----------------------	--

	<p>・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融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> <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。 ＜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。 ＜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> <table border="1" data-bbox="395 936 1471 1070"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」1件、「その他」16件</td> </tr> <tr> <td>特許</td> <td>「出願済」8件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表（プレス発表等）</td> <td>10件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」1件、「その他」16件	特許	「出願済」8件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）	その他の外部発表（プレス発表等）	10件
投稿論文	「査読付き」1件、「その他」16件						
特許	「出願済」8件、「登録」0件、「実施」0件（うち国際出願0件）						
その他の外部発表（プレス発表等）	10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。</p> <p>開発の状況</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 鉄鉱石水素還元技術については、実験室規模の設備を用い、水素の還元材としての効果を確認したところである。 ② 高炉ガスからのCO2分離・回収については、複数のCO2分離技術を視野に入れており、化学吸収法は吸収液の特性改善をラボレベルで行い、平成22年度から運用を開始した30t-CO2回収/d化学吸収液プロセス評価プラントでの耐久試験を含む評価試験を開始したところ。物理吸着法はラボレベルの試験では目標達成の見込みを得ており、現在建設中の3t-CO2回収/dベンチスケール装置での試験での検証を予定している。 <p>今後の見通しは、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。</p> <p>実機化への見通し条件は、</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 2030年までに技術を確認する。 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。 						
V. 基本計画に関する事項	<table border="1" data-bbox="395 1751 1471 1895"> <tr> <td>作成時期</td> <td>平成20年4月 作成</td> </tr> <tr> <td>変更履歴</td> <td>なし</td> </tr> </table>	作成時期	平成20年4月 作成	変更履歴	なし		
作成時期	平成20年4月 作成						
変更履歴	なし						

環境調和型製鉄プロセス技術開発プロジェクト

中間評価 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。
17	W 点(還元平衡点)	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。
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。 CO+H ₂ O⇒CO ₂ +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流れているガスが、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	出銑比	1 日当たりの出銑量を高炉の炉内容積で割った値。
30	原単位	“銑鉄1トン当たり”という意
31	炉熱調整	出銑温度を一定値に保つための操業諸元操作

<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、キンク、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°C 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	押し出機	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、押し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、還元雰囲気下に曝すことにより、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、 $[1 - (\text{出口ガス中に残存するタール質量}) \div (\text{入口ガス中に存在するタール質量})] \times 100$ 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>

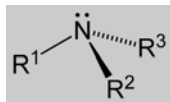
NO.	用語	意味・説明
1	アスファルトピッチ (Asphalt pitch, ASP)	石油系の減圧蒸留残渣油を常圧無触媒下、過熱水蒸気(500~700℃)で熱処理して得られるピッチ。軟化点が150~200℃と高く、コークス製造時の流動性補填剤として用いられる。
2	間接引張試験(Tensile strength) 圧壊強度 (compressive strength)	圧縮強度を試験するとき用いる円筒形の供試体を横に置いて、円筒の側面に垂直方向の荷重をかけると横方向に一樣な引張りの力が働いて、真ん中で割れるように破壊する現象を利用したもの。間接的に引っ張るところから、間接引張試験、割れて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

		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 (Dynamic Mechanical Analysis)	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	Δ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)を持つものをアルカノールアミンという。
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、圧カスイング吸着法。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事。
11	ポルトランドait	水酸化カルシウム Ca(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 44% (2006 年実績) を占め、我が国全体でも 15%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 1 及び Phase 2 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 Phase2 (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 5 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 44%を占め、我が国全体でも 15%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。

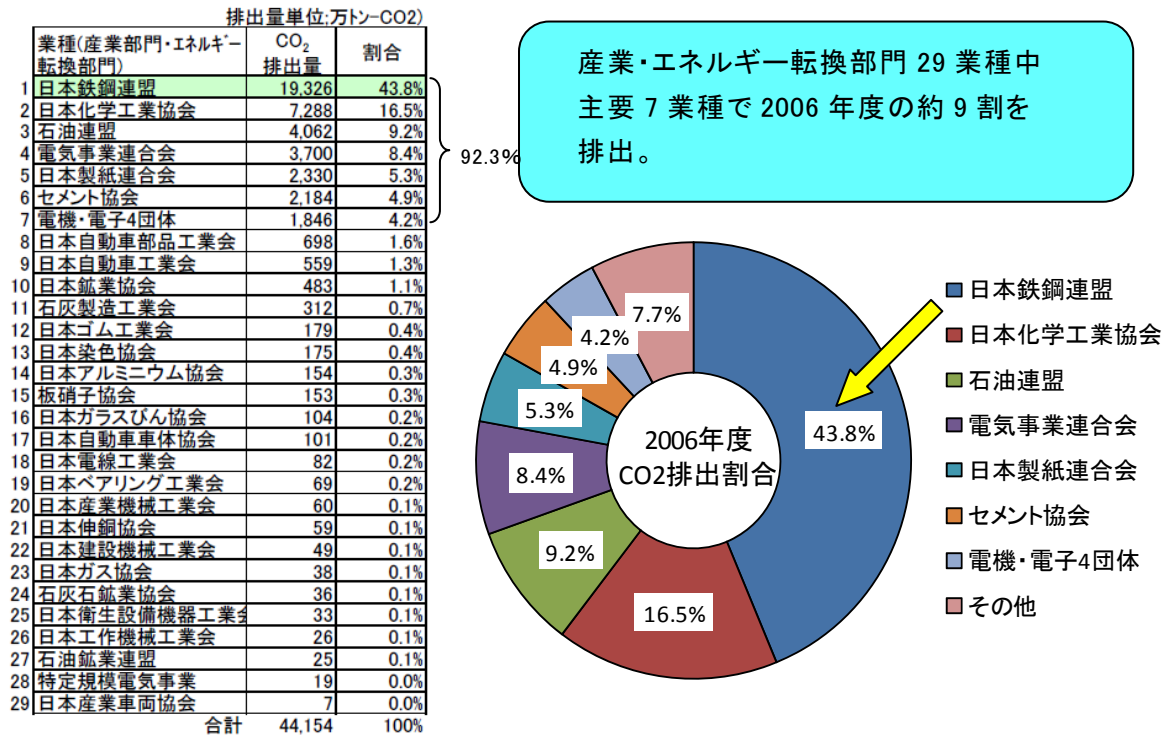


図 I-2-1 我が国の鉄鋼業における CO₂ 排出の現状

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

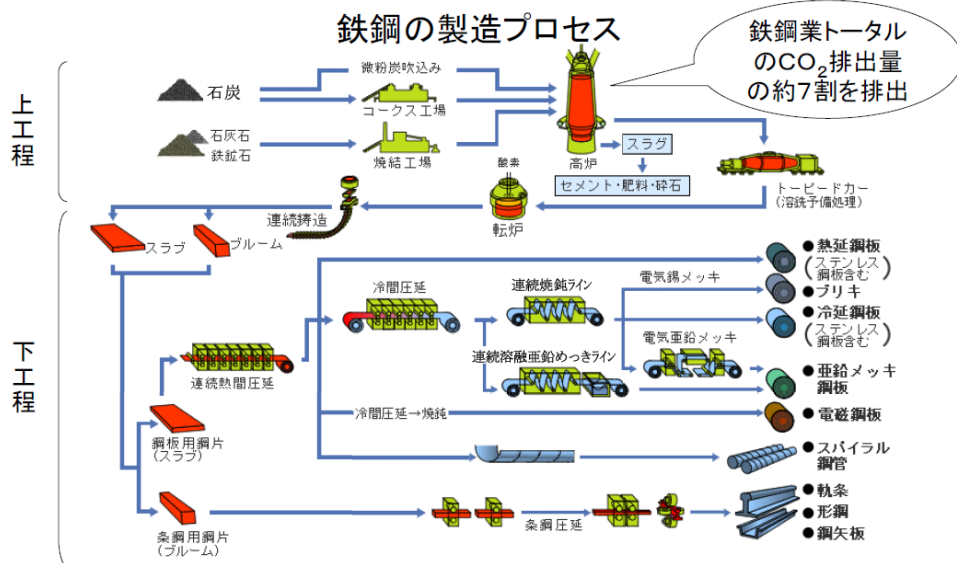


図 I-2-2 一貫製鉄所の製造プロセス

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。

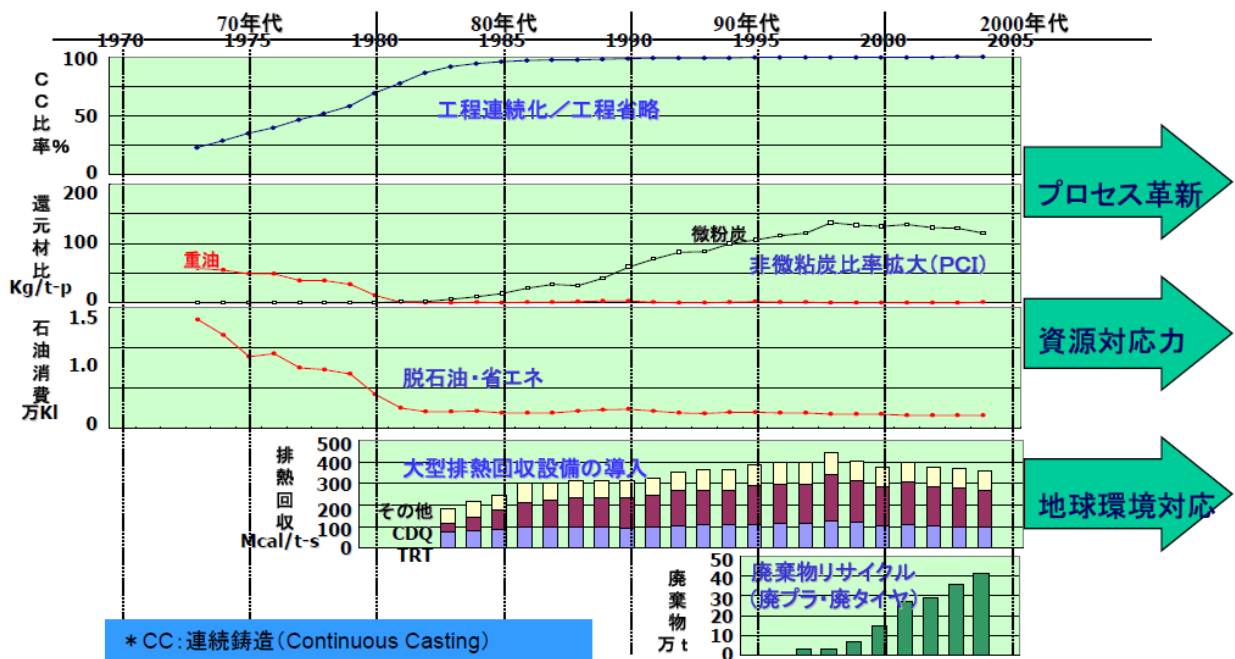


図 I-2-3 鉄鋼業における省エネルギー実施状況

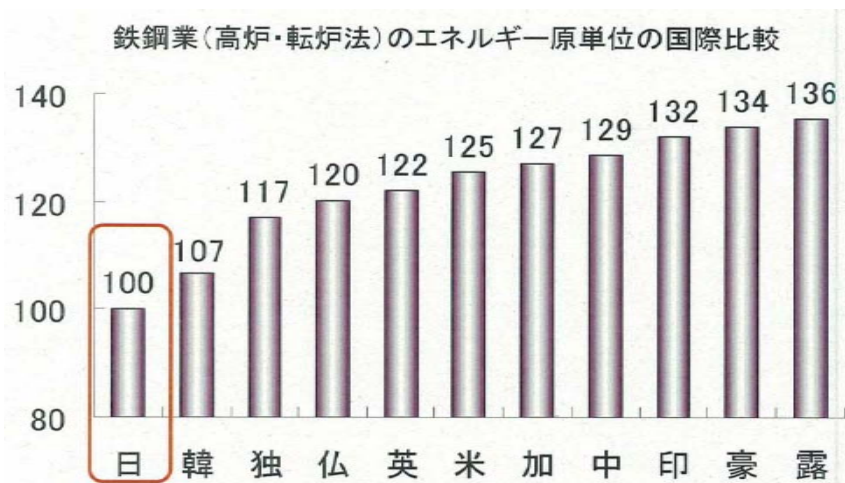


図 I-2-4 鉄鋼業（高炉・転炉法）のエネルギー原単位の国際比較
 出展：「エネルギー効率の国際比較（発電・鉄鋼・セメント部門）」2008RITE

<鉄鋼業のCO2削減ポテンシャルに関する国際比較>

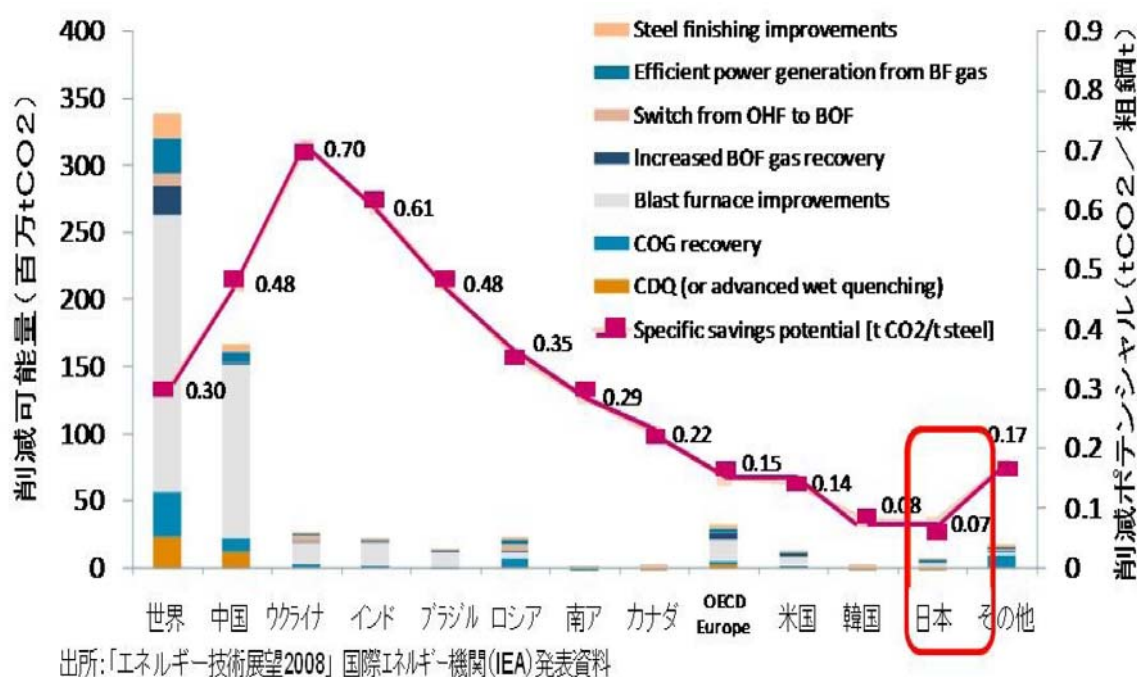


図 I-2-5 鉄鋼業の CO2 削減ポテンシャルに関する国際比較

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。

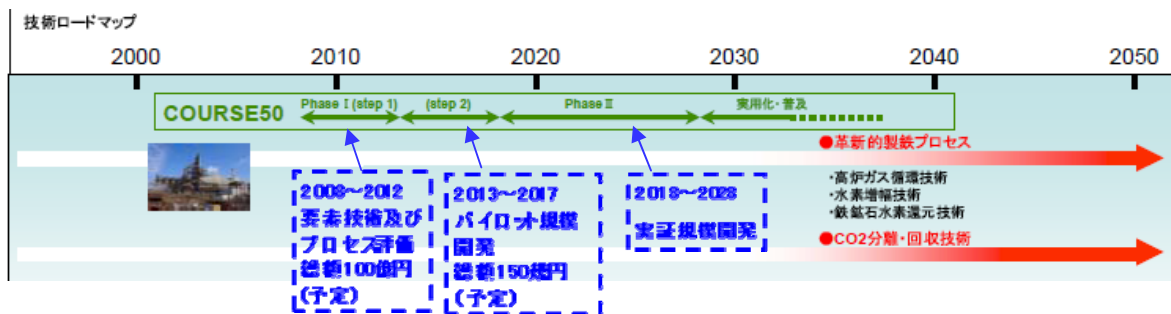
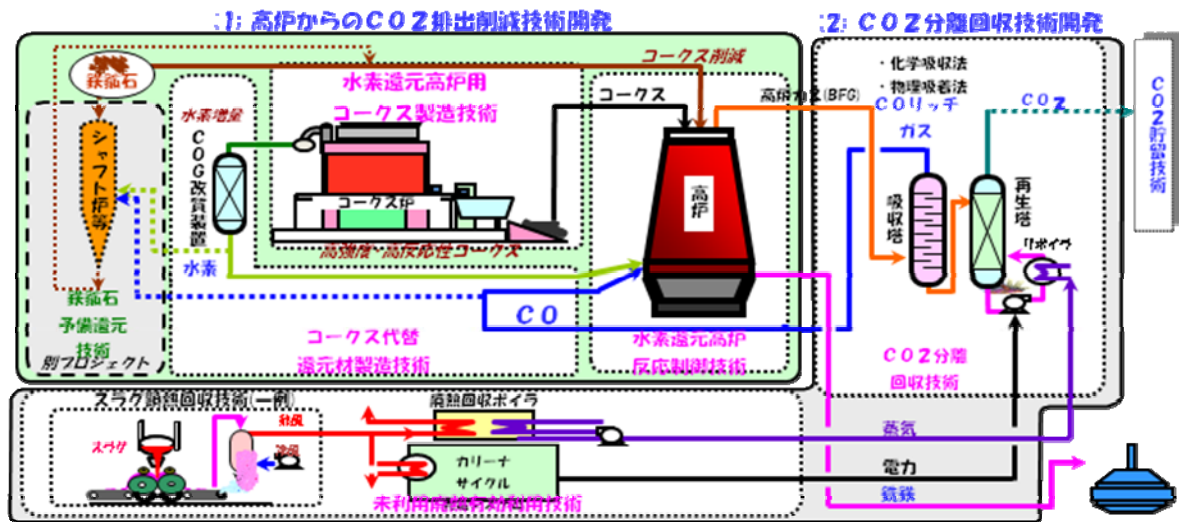


図 I-2-6 本事業の概要と技術ロードマップ

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。

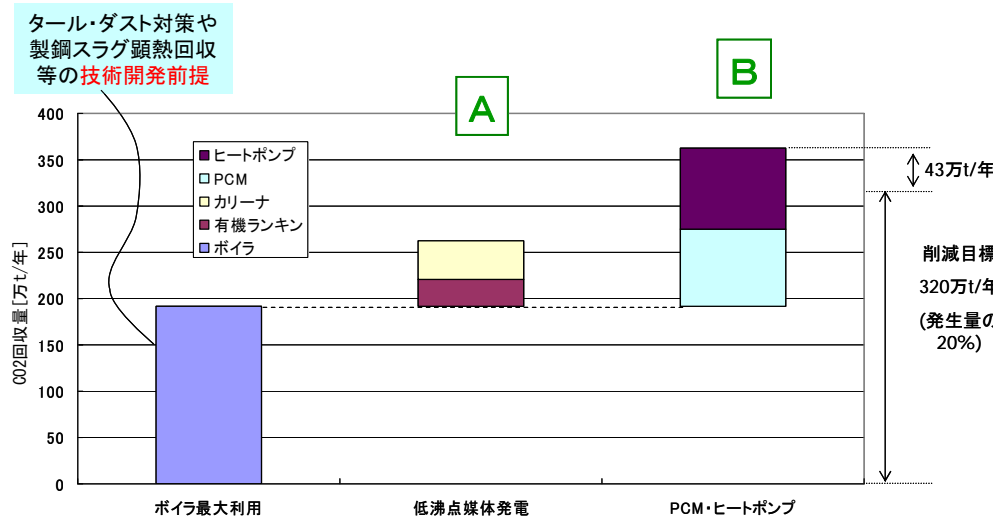


図 I-2-7 製鉄所の未利用顕熱の活用規模

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、官民あげ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

17

➤ 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

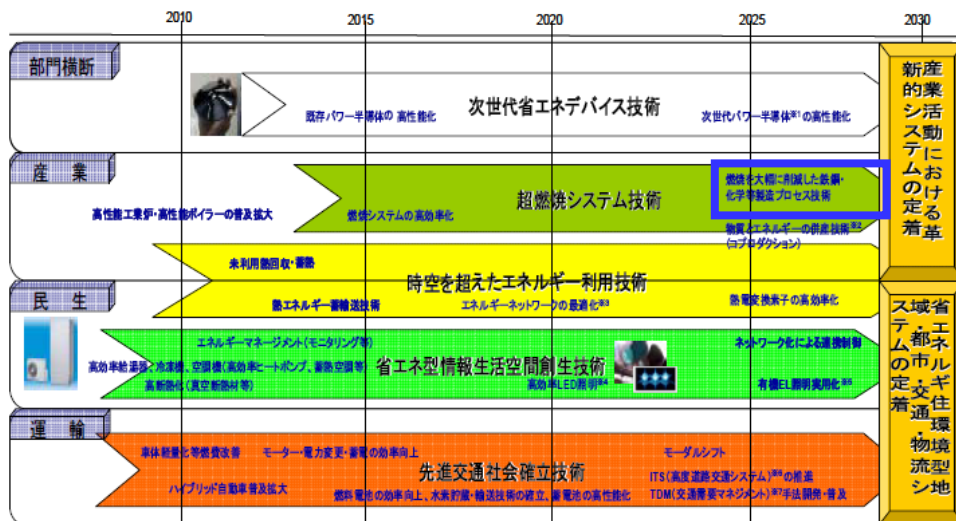


図 I-2-9 2030 年に向け、実現が期待される技術例とそのコンセプトグループ

(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。



※EMS : Energy Management System, HEMS : House Energy Management System, BEMS : Building Energy Management System

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。

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。

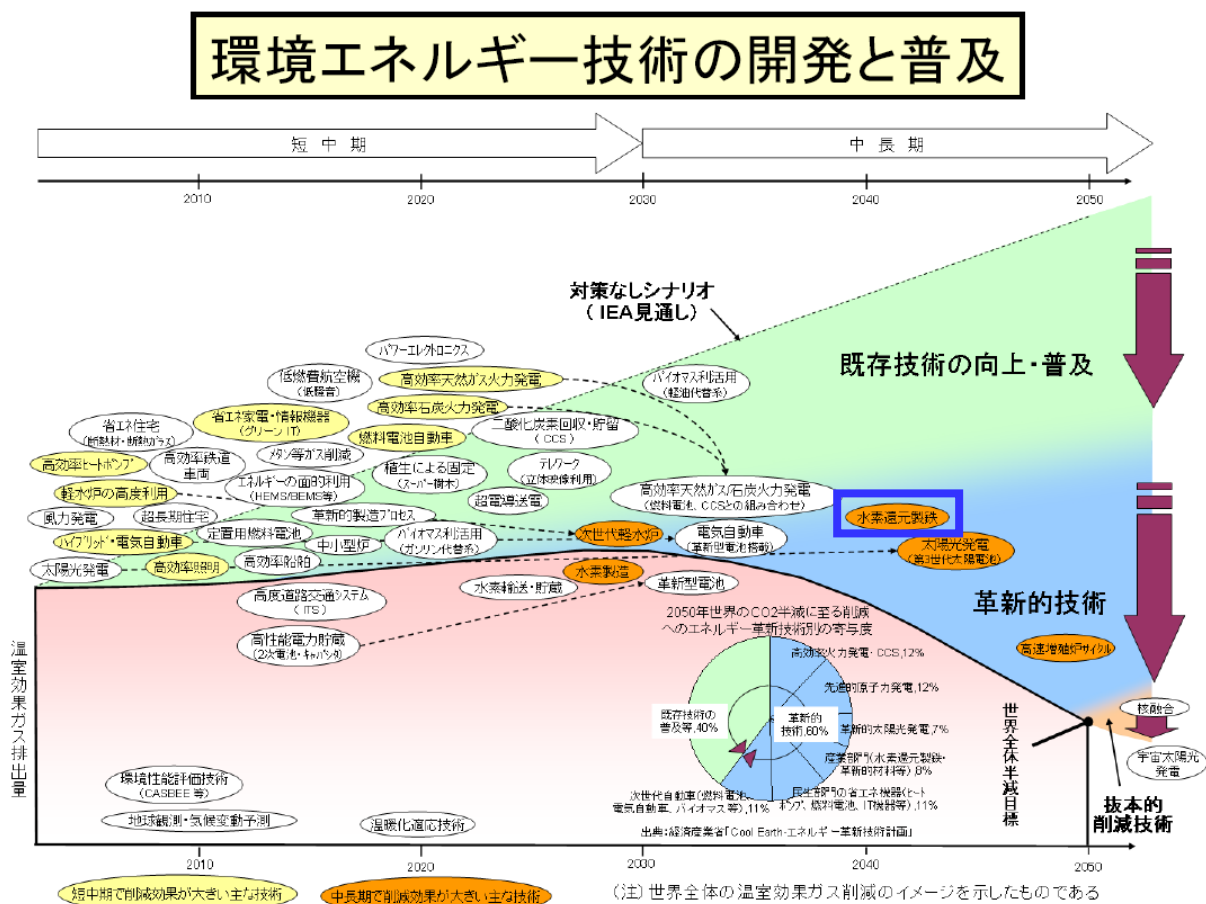


図 I-2-12 温室効果ガス削減に向けた技術の開発項目と普及のシナリオ

17. 水素還元製鉄

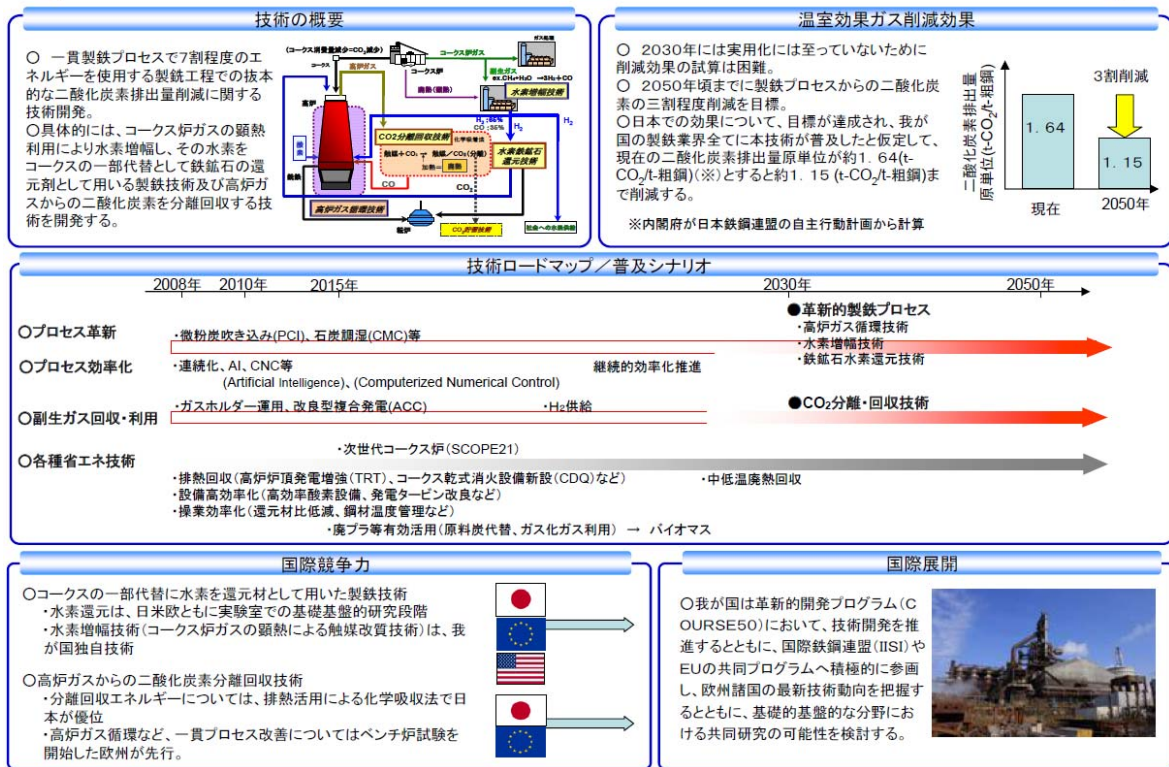


図 I-2-13 環境エネルギー技術革新計画における水素還元製鉄(本事業)の概要

(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

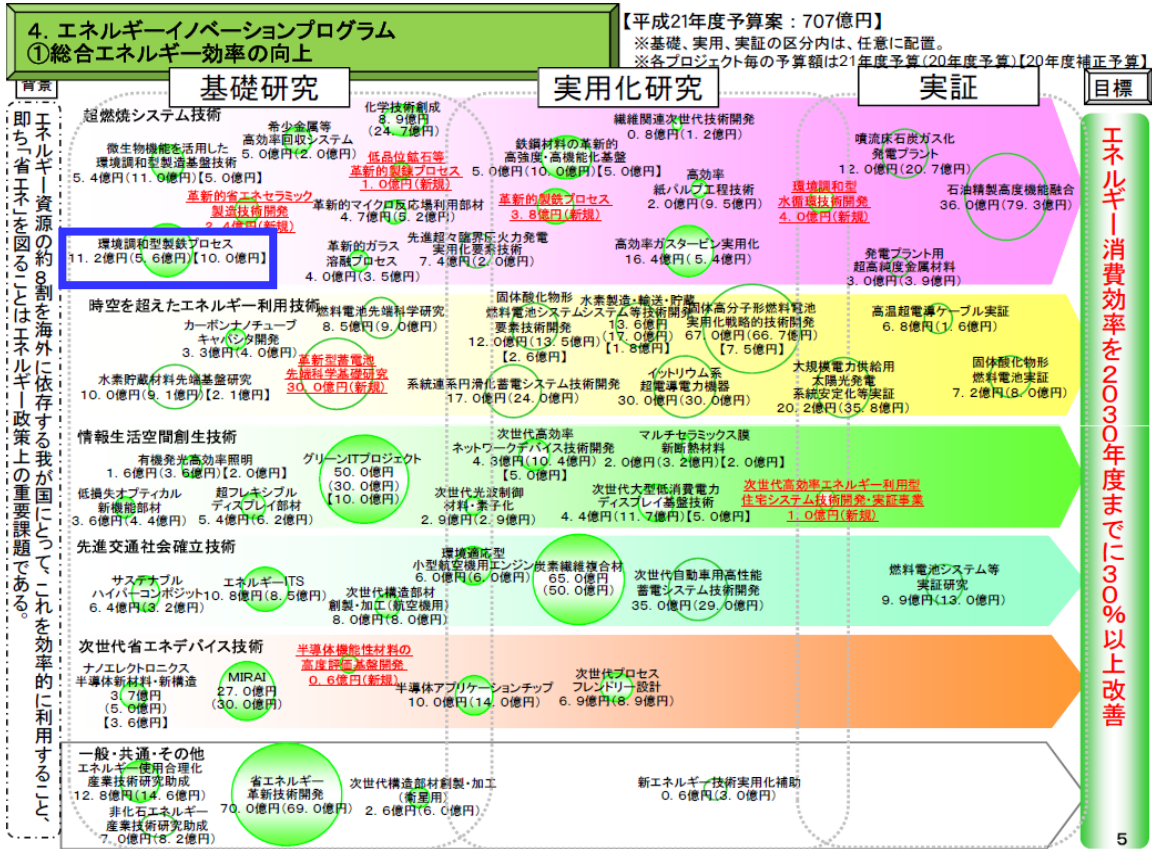


図 I-2-15 総合エネルギー効率向上の概要と本事業の位置付け

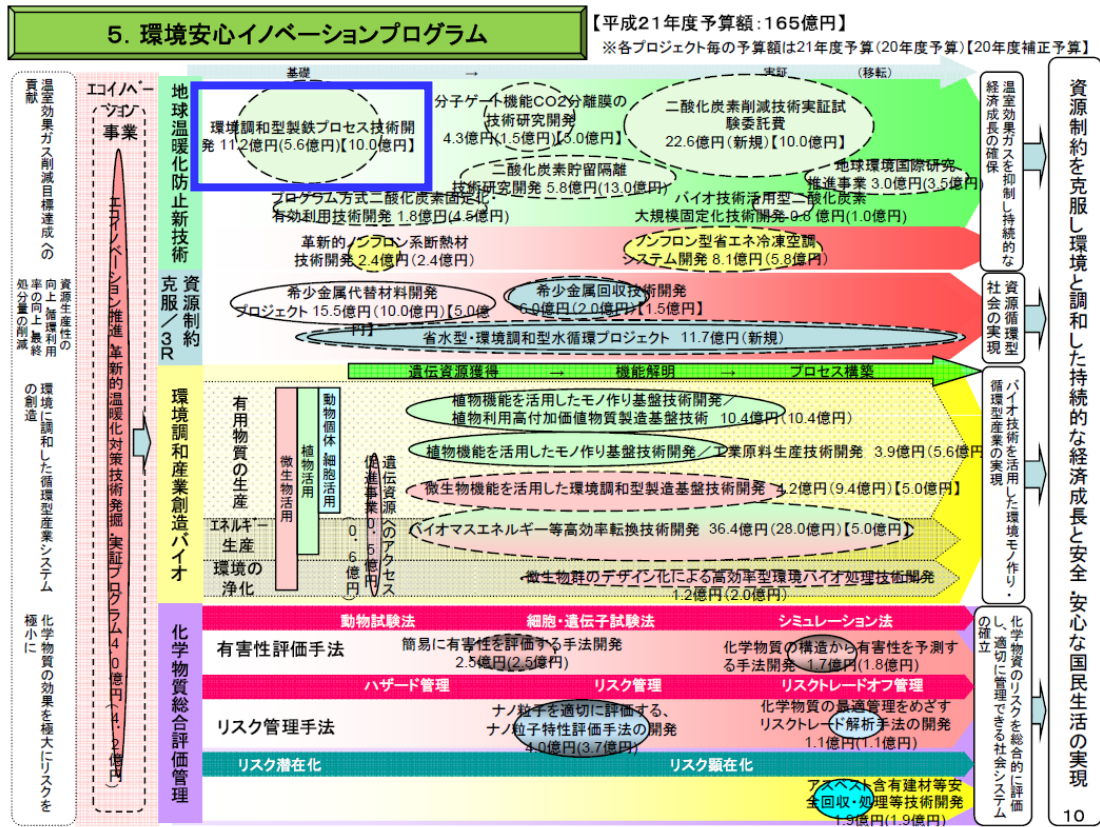


図 I-2-16 環境安心イノベーションプログラム概要と本事業の位置付け

(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。

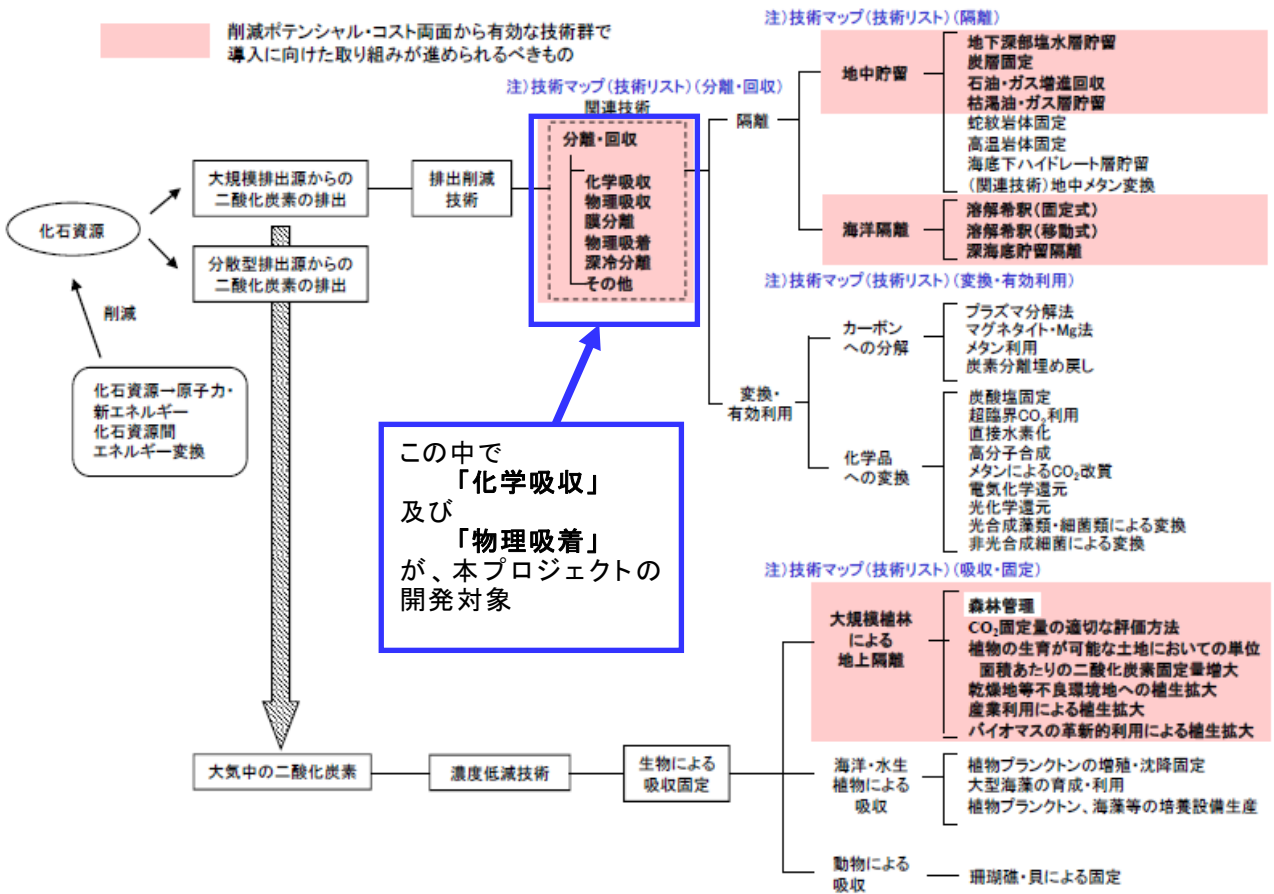
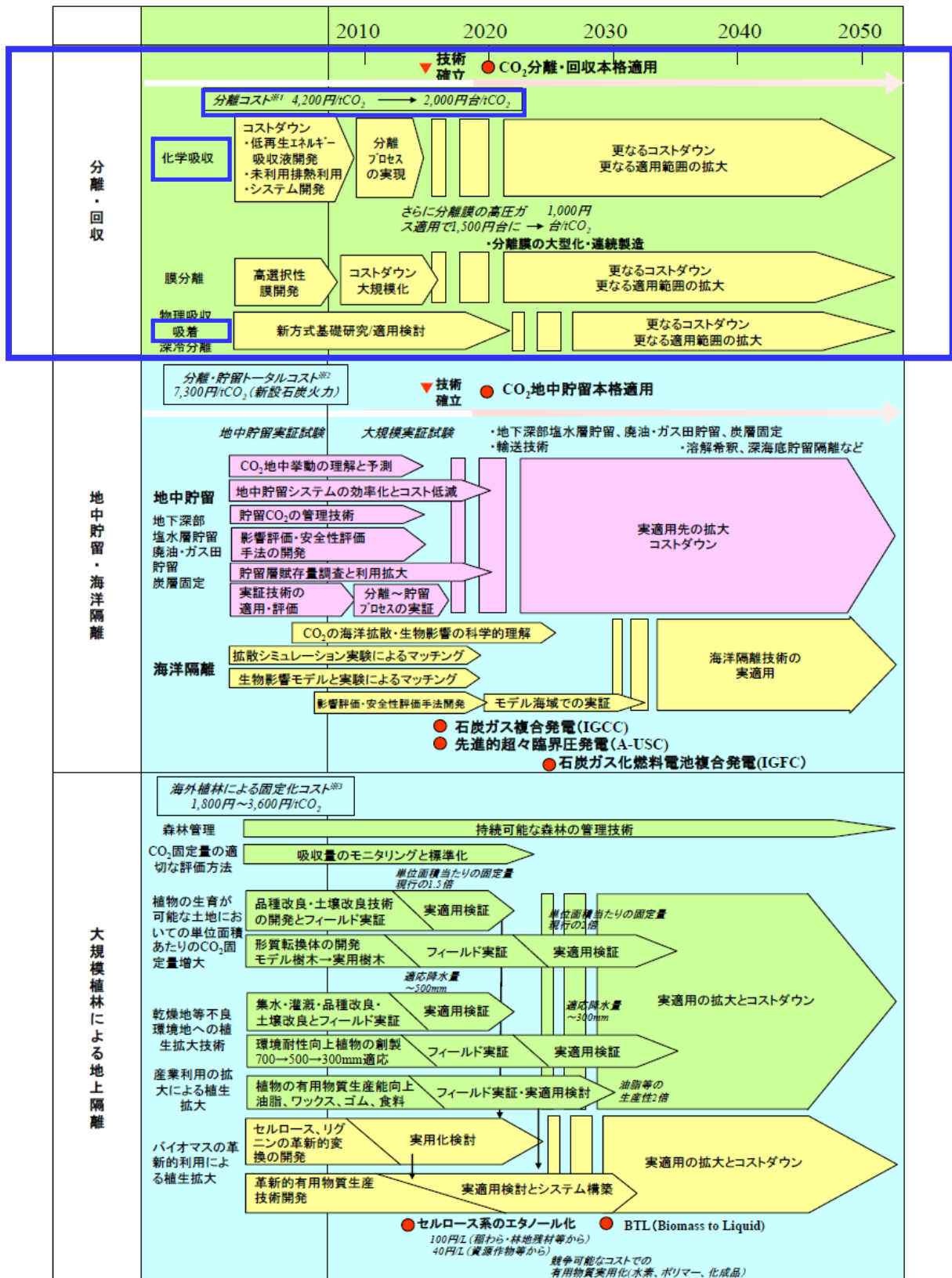


図 I-2-17 CO2 固定化・有効利用分野の技術マップ(技術体系)



※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。

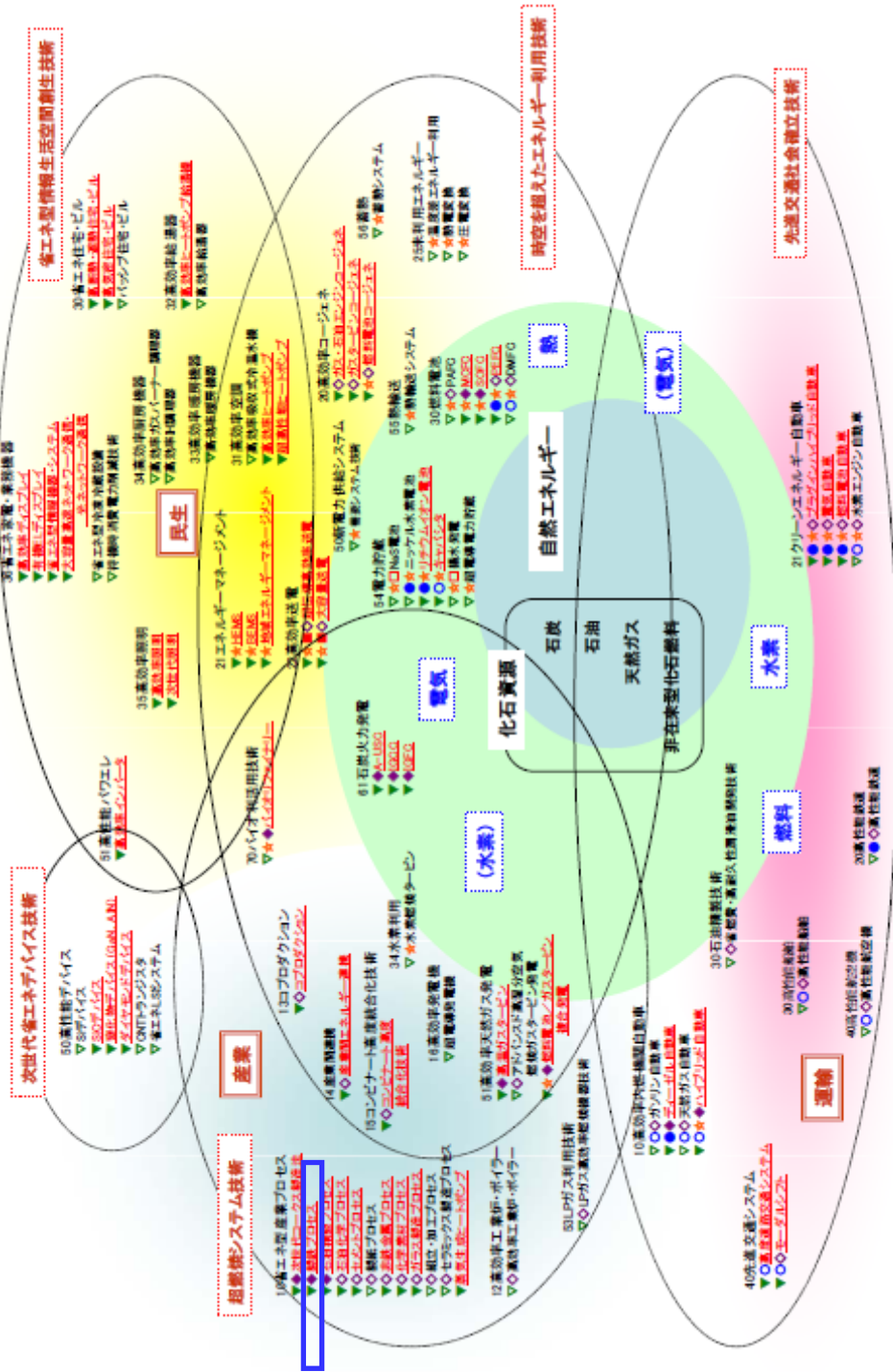
図 I -2-19 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（整理図）を、図 I -2-20 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（技術リスト、抜粋）を示す。

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色の意味(▽○△◇)は、その技術が寄与する
 改善目標を表す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多
 削減、△:新エネルギーの普及・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、◇: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、
 色塗り(▽)・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。

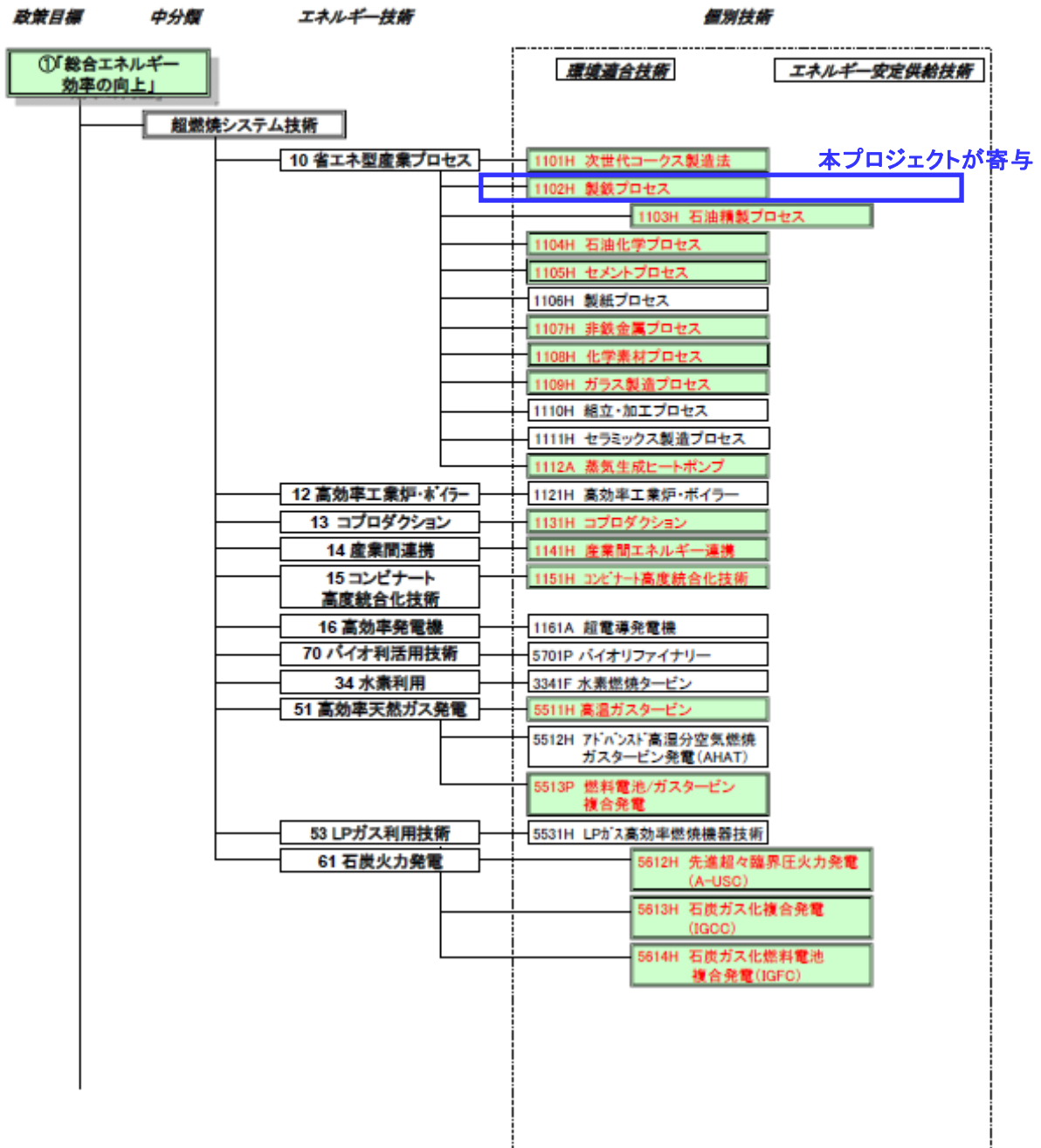
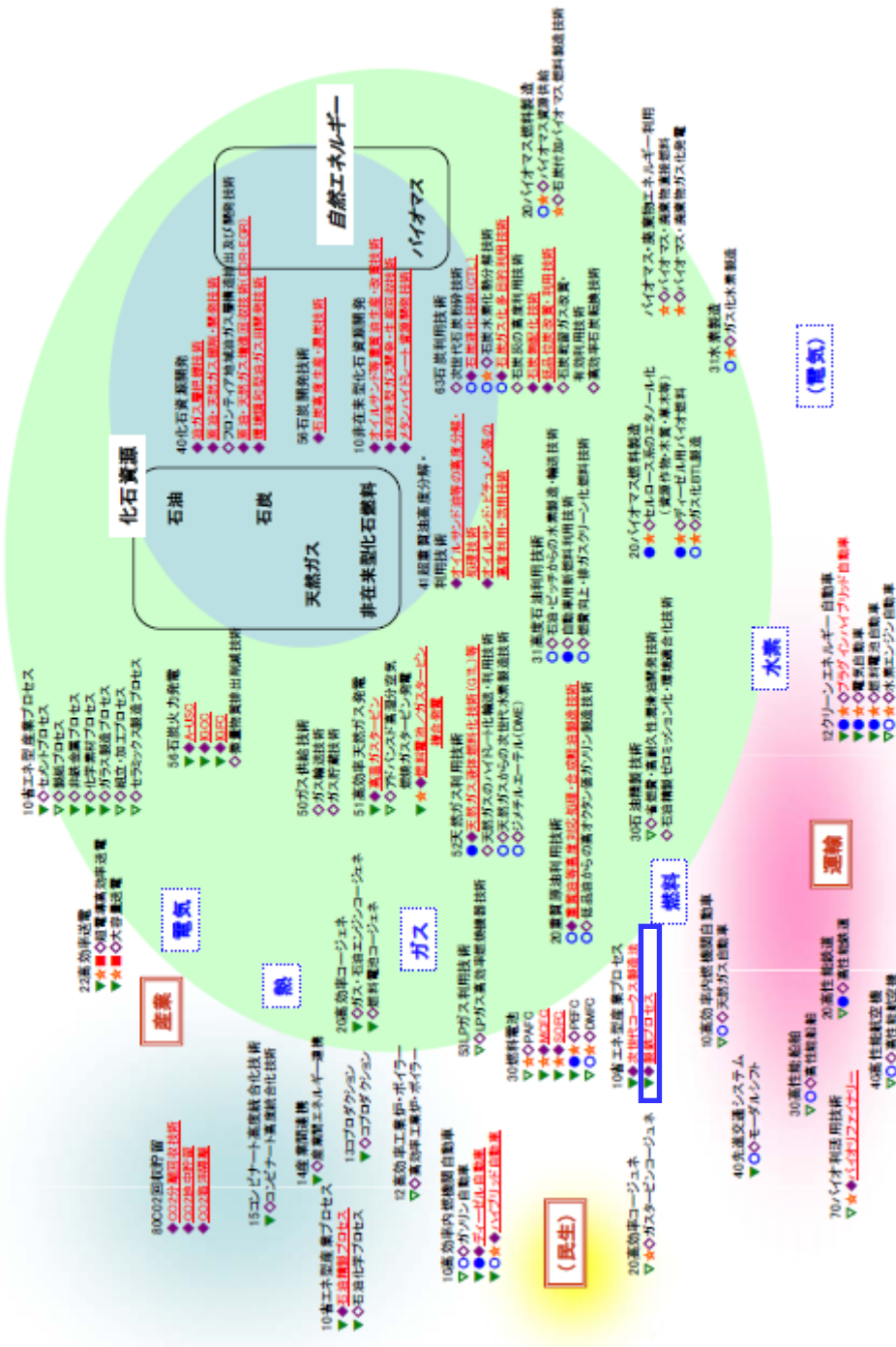


図 I -2-20 「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(技術リスト、抜粋)



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)

● 技術名の前に記した色付きの記号(○●△□)は、その技術が寄与する政策目標を示す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多様化、◇:新エネルギーの創製・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、△: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名を、色付きの記号(◆、▲、▼)で強調した。

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。

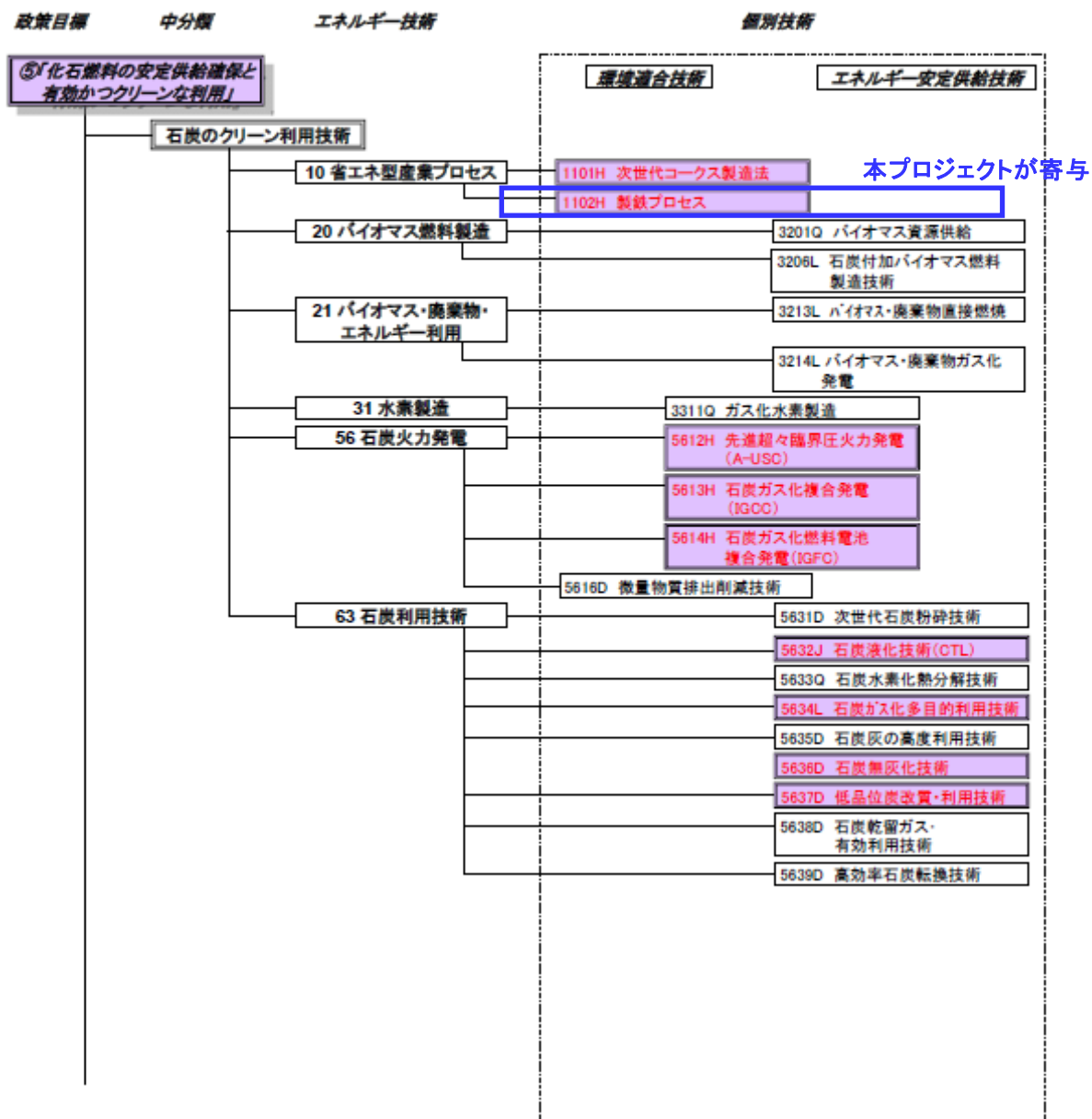


図 I -2-22 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

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。

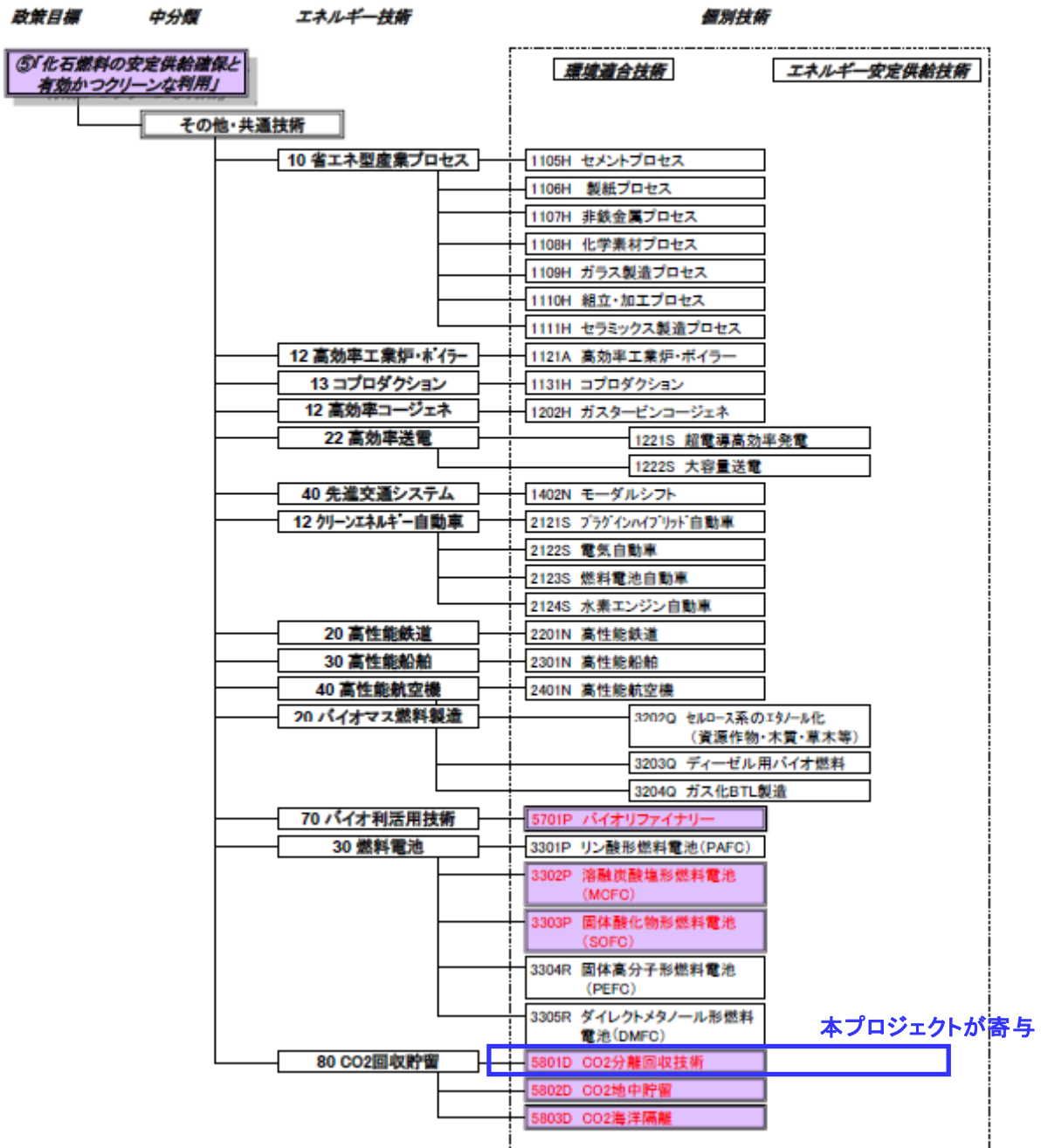


図 I -2-23 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

「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 溶解還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶解プロセス 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 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】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法 排熱有効利用	高効半酸素製造技術			

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。

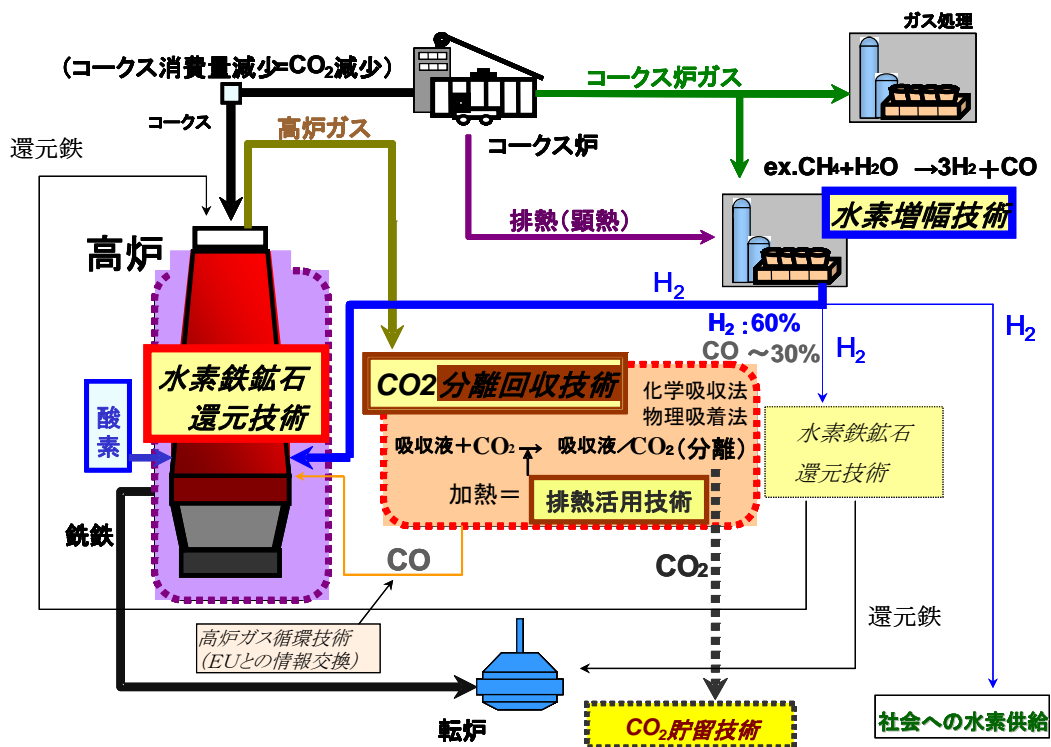


図 II-1-1 技術開発の概要

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。

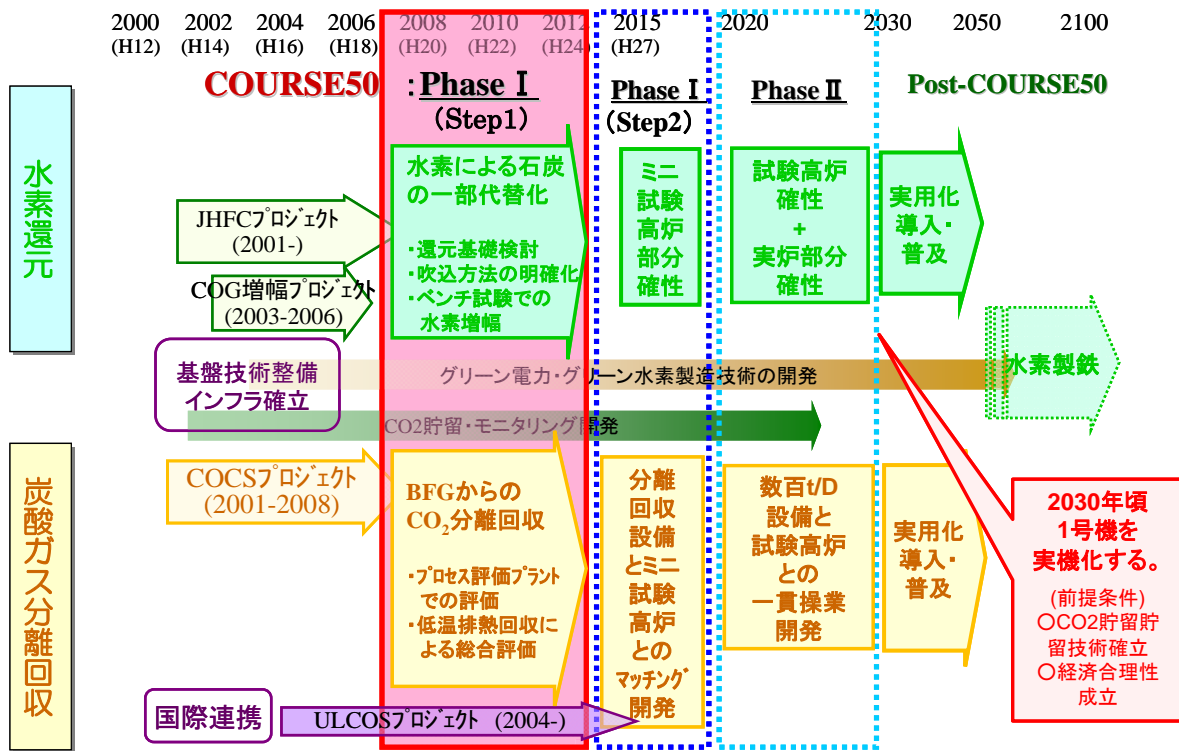


図 II-1-2 COURSE50 Phase I の位置付け

【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。
- 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、高炉内の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、本研究は部分部分をシミュレートした実験になっていることから、試験高炉による要素開発技術の検証と課題の把握を行うための計画を進める。

1) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発

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、改質 COG の最適な吹き込み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工工事、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。

＜平成 24 年度（最終）＞

- ・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] $DI \geq 88$ （規模：試験コークス炉(300kg 炉)
- ・想定される改質 COG 下におけるコークス熱間物性を評価する。

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に合わ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。

1) 未利用顕熱・排熱活用技術開発

高炉ガス(BFG)からの化学吸収法によるCO₂分離・回収技術において、CO₂吸収液再生工程に必要な熱エネルギーを経済的に得る技術の検討・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、

- 1) 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発
- 2) 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、

- 1) 高炉ガス中の CO₂ 分離回収技術
- 2) 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。

1) 全体システムの最適化開発

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 5 社及び新日鉄エンジニアリング(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。

新日本製鐵(株)三輪執行役員に研究開発責任者(プロジェクトリーダー)を委嘱し、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 6 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 5 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。

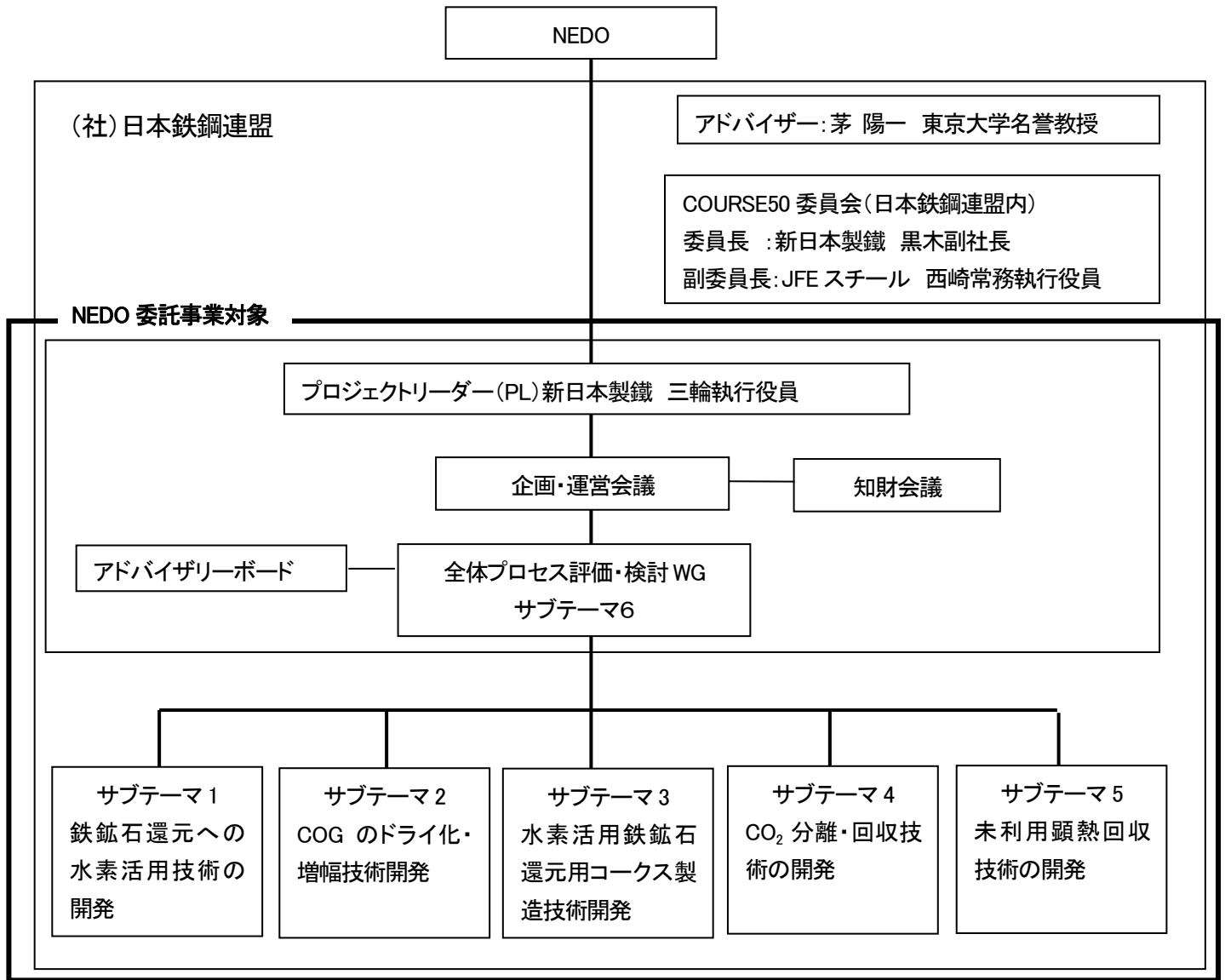


図 II-2-1 研究開発の管理体制

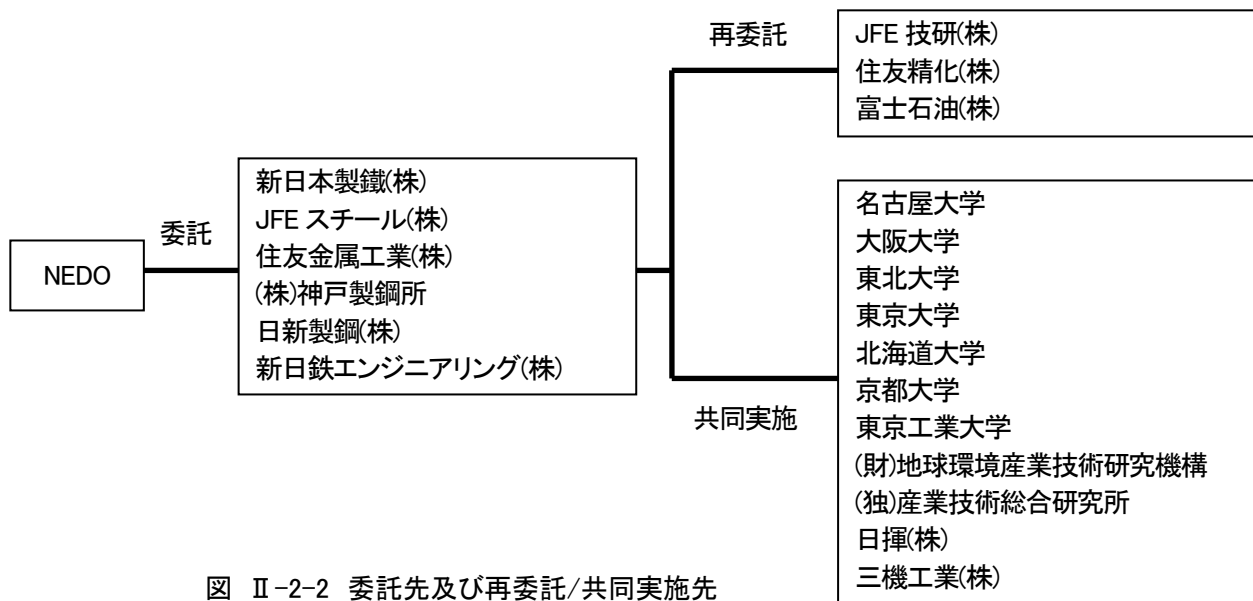


図 II-2-2 委託先及び再委託/共同実施先

2.3 研究の運営管理

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-2-1 COURSE50 委員会 委員

委員長	新日本製鐵	代表取締役副社長	黒木 啓介
副委員長	JFE スチール	常務執行役員	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	藤井 晃二
	新日鉄エンジニアリング	取締役常務執行役員 事業開発センター長	河野 治
	住友金属工業	常務執行役員 技術・品質総括部長	中島 英雄
	日新製鋼	執行役員 技術総括部長	安井 潔

< 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-2-2 プロジェクトリーダー体制(PL 会議メンバー)

PL	新日本製鐵	執行役員 製鉄技術部長	三輪 隆
副 PL	JFE スチール	製鋼技術部長	奥田 治志
PL 補佐	新日本製鐵	環境・プロセス研究センター 製鉄研究開発部長	齋藤 公児
副 PL 補佐	JFE スチール	スチール研究所 製鉄研究部 主任研究員	渡壁 史朗

< アドバイザリーボード >

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。2回/年開催の予定であり、平成22年3月9日に1回目を開催し、研究開発体制を含む貴重なご意見を頂いた。

表 II-2-3 アドバイザリーボード委員

リーダー	東北大学 大学院工学研究科 教授	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 大学院工学研究科 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/3ヶ月の頻度で開催。

<全体プロセス評価・検討WG (サブグループ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会議メンバー、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会議メンバー、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、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、実生産設備の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SW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:ヒートパイプ)
- ・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を行うことに加えて、新たに試験高炉を活用した総合評価試験を検討する。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。高炉操作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。

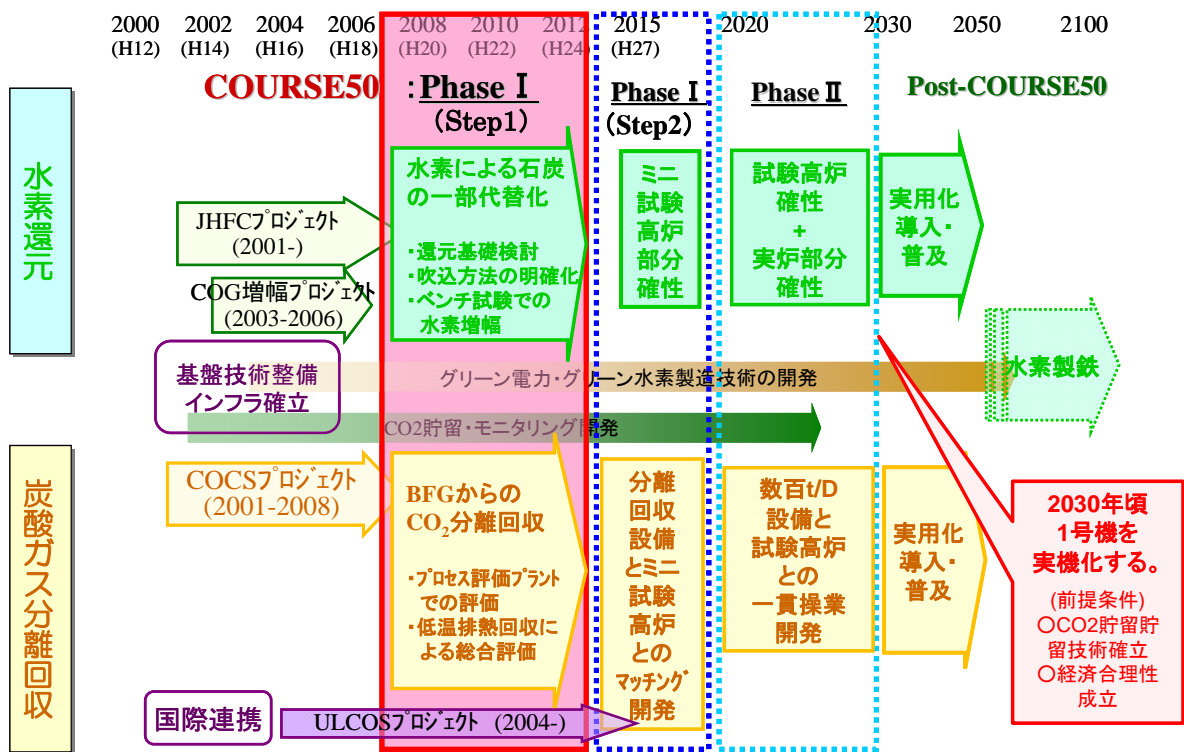


図 II-2-3 実用化までのスケジュール

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。

(1) 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、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) 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
- 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) 試験高炉実験を計画してほしい 等々

今後も年2回程度のペースで継続実施の予定である。

(2) 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することとした。

- 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

(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年度は新たに次の共同研究を開始した。(表II-3-1)

表II-3-1 平成22年度より新たに開始する共同研究先

サブテーマ	共同研究先	共同研究内容
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
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
4. CO ₂ 分離・回収技術の開発	東京大学	CO ₂ 化学吸収プロセスの省エネルギー検討

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

3.2 補正予算の投入

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	H20年度 補正予算	H21年度 本予算	H21年度 補正予算	H22年度 本予算	計
1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	26.1		101.3	329.8	395.2	852
2. COGのドライ化・増幅技術開発					504.0	504
3. 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	119.0		267.3	29.8	67.3	483
4. CO2分離・回収技術の開発	244.0	914.6	621.4	248.1	812.0	2,840
5. 未利用顕熱回収技術の開発	137.3	84.9	118.5	783.6	77.6	1,202
6. 製鉄プロセス全体の評価・検討	5.4		6.1	3.1	5.8	20
計	532	1,000	1,115	1,394	1,862	5,902

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。

以上を受けて、予算全体及び補正予算の配分を実施している。

4. 評価に関する事項

4.1 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

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。これは、総合科学技術会議で高い評価を上げてきたことから明らかである。

表 Ⅲ-1-1 サブテーマの主な成果と達成状況

サブテーマ	主な進捗と成果	達成状況
① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	炉内ガス中 H ₂ の増加にもかかわらず、試験範囲においては、シャフト部温度低下や還元遅延等の懸念現象は見られていない。水素吹込みによる鉱石還元率の予想以上の向上が得られ、インプットカーボン 10%削減の可能性をラボベースで確認した。(羽口+シャフトで)	◎
② COG のドライ化・増幅技術開発	H22 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り組みを開始した。	○
③ 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	「コークス強度到達目標の達成」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 DI ¹⁵⁰ ₁₅ =88 に到達した。「作用機構の解明」については、コークス強度向上が HPC(乾留時に良好な軟化溶解性を示す)による配合炭の流動性促進効果に起因することを明らかにした。	◎
④ CO ₂ 分離・回収技術の開発	CAT30による評価結果と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。物理吸着では「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しながら実施。技術調査を主体とした CO ₂ 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。	◎
⑤ 未利用顕熱回収技術の開発	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、CO ₂ 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及び、相変化物質による蓄熱・熱輸送技術を開発課題として選定。実機の製鋼スラグを 40kg 溶解できるプラズマ溶解炉、単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。スラグ顕熱回収ベンチ試験装置設計完了し、製作中。カリナ発電システムの実機データを採取することにより、シミュレータがほぼ完成。	○

⑥製鉄プロセス全体の評価・検討	約 30%CO ₂ 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的エネルギーバランス評価のためにツールを作成。世の中への積極的な宣伝を狙って HP の作成・整理等も実施。	○
-----------------	--	---

これらの結果から、中間目標に対する達成状況は次表に示すとおりであり、十分に達成されている。

表 III-1-2 プロジェクト全体の目標と達成状況

最終目標 (H24 年度)	中間目標 (H22 年度)	サブテーマ	達成 状況
①高炉からの CO ₂ 排出削減技術開発	最終目標を達成するための主要構成技術の目途を得る		
・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。		1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	◎
・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。		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。		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 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。		4. CO ₂ 分離・回収技術の開発	◎
	5. 未利用顕熱回収技術の開発	○	
	6. 製鉄プロセス全体の評価・検討	○	

最終目標の達成可能性は表 III-1-3 に示すとおりであり、達成の見通しである。

表 III-1-3 成果の最終目標の達成可能性

テーマ	最終目標	達成見通し
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	改質 COG の適正吹込み位置、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。改質 COG 200 m ³ N/t-pig (COG 100 m ³ N/t-pig) の高炉への利用条件を明確化する。	ラボレベルでは確実に最終目標を達成できる。同時に、小スケールでの試験設備での実証も視野に入れて今後取り組む予定。
サブテーマ2 COG のドライ化・増幅技術開発	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	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

	間維持できるか見極める。	長時間テストが可能で、最終目標に到達できる予定。
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	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 \geq 88 ・想定される改質 COG 下におけるコークス熱間物性を評価する。	早期の段階で最終目標に到達できる予定で、開発を早期終了することを狙う。
サブテーマ4 CO ₂ 分離・回収技術の開発	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 CO ₂ 分離回収エネルギーが 2.0 GJ/t-CO ₂ 以下とする。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。	化学吸収及び物理吸収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、研究に重点を置き、推進する予定。
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。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。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。	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。
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。	早期終了課題と加速化すべき課題を抽出して、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。

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	2 件	1 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	1 件	8 件	9 件
H22FY	10 件 3 件(準備中)	0 件	0 件	0 件	6 件 14 件(2010 秋の 学会に発表予定)	1 件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

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) 個別テーマの成果

(2)-① 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

本研究では、水素を多量に含有する改質 COG (CO 30%、H₂ 60%) を高炉で利用した場合の、高

炉内鉱石還元挙動（炉下部、炉上部）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、高炉内の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している。

シャフト吹き込み時のガスの拡散、高炉における改質 COG によるカーボン比低減効果の検討、製鉄系全体の CO₂ バランス評価、水素還元が焼結鉱還元粉化に及ぼす影響の評価、の検討を行ってきた。改質 COG を高炉で有効に利用するための方向性は得られたので、今後は更に定量的な評価を目指す。

a) 水素活用／ガス循環最適プロセス技術開発（改質 COG の高炉吹き込み最適プロセスの検討）

- ・ 2次元ガス固体流れ実験装置による評価を実施し、ガスの拡散度合いは吹き込み量には依存するが、ノズル径等には依存せず、おおむね炉半径の1割程度であることを見出した。
- ・ 速度論を考慮したシャフトガス吹き込みの高炉モデルの枠組みをほぼ完成した。本高炉モデルを用いた計算により、拡散については基本的には実験結果による評価とほぼ同様であり、3次元的な拡散を考慮する必要があることを確認した。
- ・ ラボ実験で改質 COG の羽口吹き込みによるシャフト効率の向上が期待でき、高炉のインプットカーボンの約 10kgC/tp（約 2.5%）が削減できる目途を得た。また、改質 COG のシャフト吹き込みでの CO₂ 低減効果も期待でき、改質 COG のシャフト吹き込みと羽口吹き込みいずれも、高温性状（融着帯での通気等）の改善効果が見られることがわかった。きちんとした評価は SIS 炉（H22 年予算で製作予定）で行う予定である。

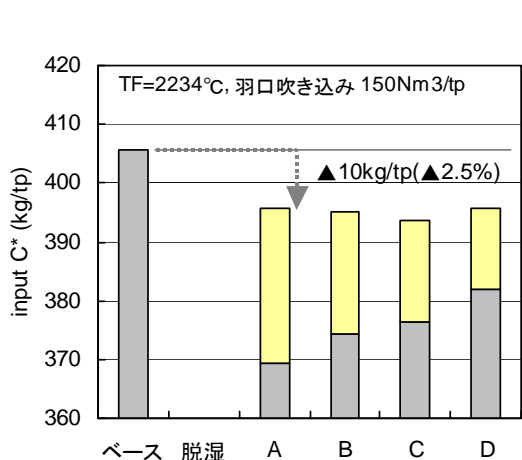


図 III-1-1 BIS 炉試験結果に基づく高炉インプットカーボンの変化

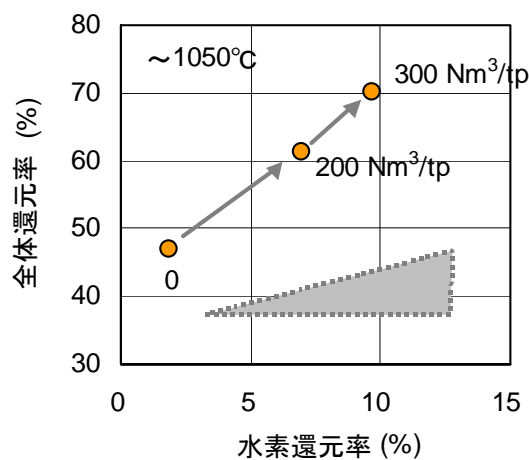


図 III-1-2 1050°Cまでの還元率の変化

b) 還元特性評価技術開発（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））

- ・ 製鉄系の熱物質収支モデルを構築し、改質 COG を 200Nm³/t 使用することで製鉄系全体の CO₂ 排出量が約 10%低減可能であると見積もられた。また本モデルでは改質 COG のシャフト吹き込みと羽口吹き込みで CO₂ 排出量削減効果に大きな違いはなかった。今後は還元改善効果を織り込む必要がある。
- ・ 水素添加条件でも 500°C前後の温度帯における焼結鉱の還元粉化率が最も大きいことがわかった。ただし、H₂ 濃度や水蒸気濃度により、還元粉化の程度は異なる。

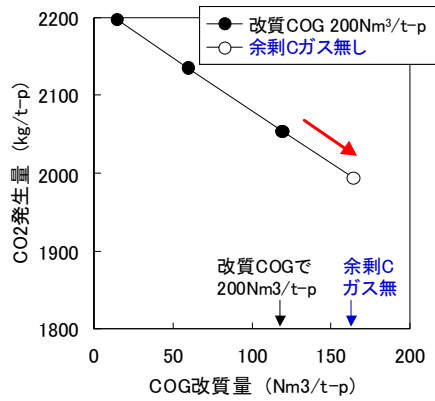


図 III-1-3 CO₂発生量におよぼすCOG改質量の影響

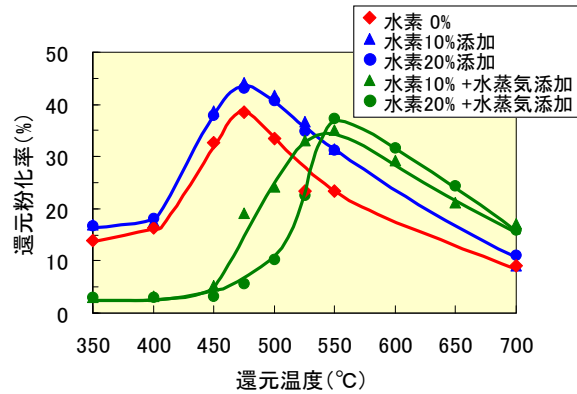


図 III-1-4 還元温度と還元粉化率の関係

- ・ 余熱ガス吹き込みについては、その効果をシミュレーションモデルで確認した。
- c) 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（鉍石の低温還元・粉化挙動を考慮した高炉還元ガス循環によるCO₂削減効果の予測）
 - ・ 高炉数学モデルに、①ガス吹き込み境界条件を羽口部以外の炉体側壁に追加設定、②ボッシュガスと側壁吹き込み還元ガスの炉内での混合現象を考慮できるロジック、および③還元ガスの側壁吹き込み線速度の影響を考慮できる機能を付与した。このガス流れ挙動推定機能の精度を冷間模型実験（新日鐵）結果との比較により検証した。
 - ・ 前記高炉数学モデルを用い、吹き込みガスの炉内浸透度合いについてシャフトガス吹き込み条件の影響を評価、シャフトから吹き込まれるガスは中心部までは浸透し得ないことを知見、さらに、還元ガス吹き込み口の円周方向配置数が（通常羽口本数より）少ない場合、円周方向にガス浸透の均一性が確保し難くなることを知見した。
 - ・ 前記高炉数学モデルに対して反応・伝熱を含めたテスト・シミュレーションを行って、還元ガスシャフト部吹き込みに対応した高炉トータルモデルのロジック検証をした。
 - ・ 還元ガス吹き込み時の適性条件把握に向けて、現行の反応速度パラメータをそのまま使用した断面均一の条件で、還元ガス吹き込み効果の予備的な試算に着手した。

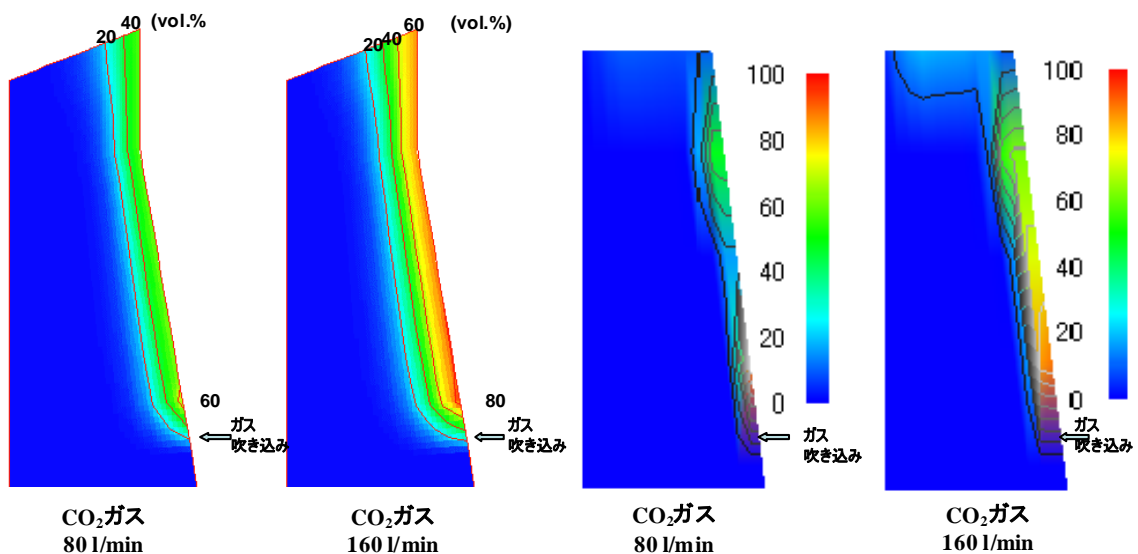


図 III-1-5 シャフト部ガス吹き込みに関する高炉モデル・シミュレーションと模型実験結果との比較

(2)－② COG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、CO₂ 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。本研究では実 COG を用いた約 100Nm³/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。これは、本プロジェクト開始以前過去に実施した PDU(Process Development Unit)試験装置を用いた研究では、その設備の乾留部がロータリーキルンであったために、そこで発生するガス、タール等が実コークス炉から発生するガス、タール等の成分及び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物性が近い炭種ではあったが同一でなかった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ポイントである。尚、本研究は平成 20～21 年度にかけて調査研究から着手しつつ、平成 22 年度より実 COG を用いた約 100Nm³/h 規模のベンチプラント試験を目指した研究開発を開始している。

これまでに、本プロジェクトにおいては以下の成果をあげた。

- ・ 本テーマ実行にあたっての社内実行体制を構築し、ベンチプラント試験設備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り組みを開始した。

また、本プロジェクト開始以前の成果概要を以下に示す。

- ・ 研究のコア技術の一つであるタール改質触媒として固相晶析法を利用した NiMgO 系触媒に着目し、タール触媒改質試験を行った。S/C=0 では、炭化が約 60% で、酸素源がないため、ガス化成分はほぼメタンに転化した。S/C を増加させることにより、炭化およびメタン化の割合が低減し、CO および CO₂ 収率が増加するとともに水素増幅率も増加した。これは、水蒸気の共存により熱分解反応および水素化分解反応が抑制され、水蒸気改質反応および CO シフト反応が促進されたためと考えられる。最終的に、高温 COG の保持する 800℃ で H₂S-2000ppm 存在下、SV=500h⁻¹、S/C=3 の条件で、ガス化率が 70% 強、水素増幅率は 2 に到達する性能を見出した。
- ・ 本触媒を石炭乾留模擬 COG、タールを用いた 10Nm³/h 規模の PDU 試験装置で確性試験を行った。実験の結果、水素および CO、CO₂ が元の乾留ガスより増幅していたことから、水蒸気改質反応が起こっていると推定された。約 7 時間の試験で水素増幅率は 2.0 前後で維持された。また、C₂ 以上の炭化水素の増幅率が 1.0 より低くなっていることから C₂ 以上の炭化水素やタールが水蒸気改質されていることが示唆された。
- ・ 一方、メタンの増幅率はほぼ 1.0 で変化がなかったが、これはメタン自身が改質されて減少する分と芳香族が分解して生成すると思われる増加分とで相殺されるためと推定された。さらに水素および CO、CO₂ は、時間経過とともに増幅率が低下傾向にあり、C₂ 以上の炭化水素は、増幅率が上昇傾向（1.0 に近づく）にあった。これは、乾留ガス中の硫化水素による被毒、タールの熱分解による炭素析出により触媒活性が低下したためと考えられる。

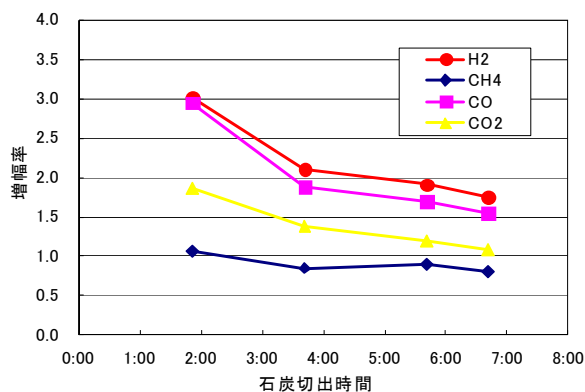


図 III-1-6 増幅率経時変化
(H_2, CH_4, CO, CO_2)

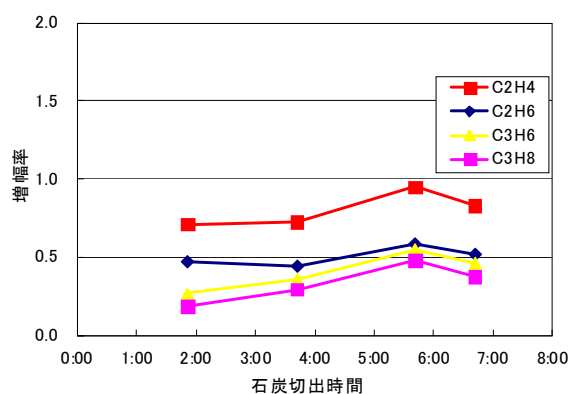


図 III-1-7 増幅率経時変化
($C_2H_4, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8$)

(2) ③ 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発

本研究開発は、高炉内で水素を活用した鉄鉱石還元をさせるため必要となるコークスの製造技術の確立を狙いとしている。具体的には、コークス強度を高めるため高性能粘結材（HPC）を活用すること、その際に極力コークスの反応性を損なわないよう反応性の高い非微粘炭を配合することを開発課題とする。

本研究開発では、高強度コークスを試作し、高炉における水素還元条件下におけるコークスの反応挙動や劣化（粉化）挙動を調べ、十分な空隙が確保できるコークスの諸元を、現行のコークス反応性や強度といった指標により明確化する。これらの値は、プロセスシミュレーションで用いられ、CO₂排出量低減効果の定量化検討に活用する計画である。また、試作したコークスは、COG 吹込による炉内高温還元特性を調べる試験（SIS 炉試験）で実験的な知見を得る計画である。

これまでの研究活動により、下記の成果を得た。

- ・ HPC の添加と配合炭嵩密度の調整で $DI_{150}^{15} = 88$ に到達する高強度コークス製造の実績を得た。HPC を添加しない場合は、工業的に実現可能な配合炭嵩密度 (850kg/m^3) の範囲では目標強度へは到達できず、HPC 添加によりコークス強度を大きく高められることが確認された。
- ・ HPC 添加によるコークス強度向上は、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もので、特に軟化溶解性が乏しい非微粘炭に対する流動促進作用が強く、併せて膨張性が改善されることがわかった。コークス強度を高める配合設計指針としては、最高流動度や膨張率を有力な指標として構築できるものと考えられた。また、HPC 添加における配合炭の最高流動度を、構成する石炭や HPC 個々の溶剤抽出率から精度良く推算できることがわかり、今後の石炭配合設計において有効に活用できると考えられた。

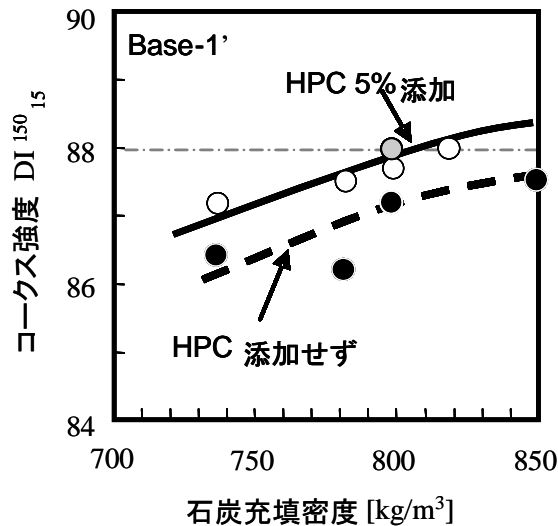


図 III-1-8 配合炭充填密度とコークス強度との関係

- ・ 顕微鏡観察と画像解析手法を用い、HPC 添加で得られた高強度コークスの気孔構造の特徴を調べた結果、HPC 添加コークスは応力集中と破断の原因となる低円形度気孔の発生を抑制しており、HPC の流動性が気孔円形度の向上に寄与し、コークス強度向上の要因となることがわかった。
- ・ HPC 自体のキャラクタリゼーションとして、溶剤抽出温度によるフラクショネーションを実施し、構成成分の平均分子構造を推算した結果、HPC を構成する分子は、1～3 環の芳香環が主にメチレン鎖により結合され、あまり長い炭素鎖を持たない構造と推定された。また、フラクショネーションされた成分は、加熱により完全に溶解する成分と、全く溶解性を示さない成分、またその中間的な成分で大別され、コークス化反応におけるそれぞれの成分の役割と相互作用の検討により、今後粘結材としての性能を更に向上できると考えられた。

(2)－④ CO₂分離・回収技術の開発

化学吸収プロセス開発では、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する。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/D)、および新規に建設するプロセス評価プラント (30t/D) により実施する。

また、再生熱量を大幅に低減し、総合的に吸収特性に優れた化学吸収液を開発している。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。

化学吸収法に関して、これまでに以下の知見を得た。

- ・ CAT1 試験研究では、制御特性向上改造を行い、RITE 開発液の基本特性を評価した。RITE-5C (既存液) と RN-1A (新開発液) の両液とも世界最高水準の熱量原単位を得た。CAT30 については、工期内に建設を終え、高濃度の CO₂ (22%バール) を含有する BFG から 30-CO₂ トン/日は回収する運転実績を立てた。装置放熱量を測定し検討通りと評価した (0.1GJ/CO₂ トン)。回収熱量原単位は 2.7GJ/CO₂ トン程度製鉄プロセスに及ぼすエネルギー影響評価を定量的に行える目途をつけた。

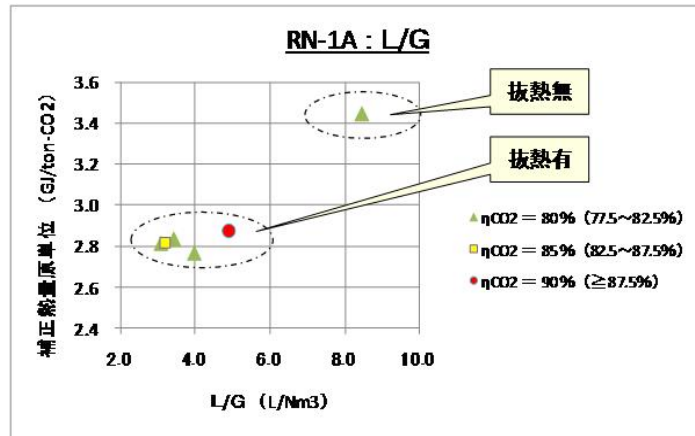


図 III-1-9 RITE-5C 吸収プロセスでの液抜熱効果

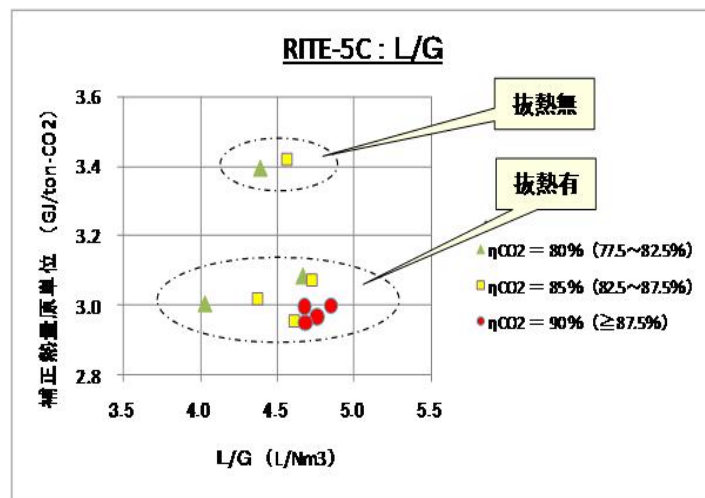


図 III-1-10 RN-1A 吸収プロセスでの液抜熱効果

- ・ 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。
- ・ 計算化学を活用した既存吸収剤 IPAE の高濃度化検討により、RN-1 系新吸収液を開発した。
- ・ 計算化学を活用して新規 2 級、3 級アミンを開発し、それらの性能を生かした吸収液設計により、RN-2 系新吸収液を開発した。

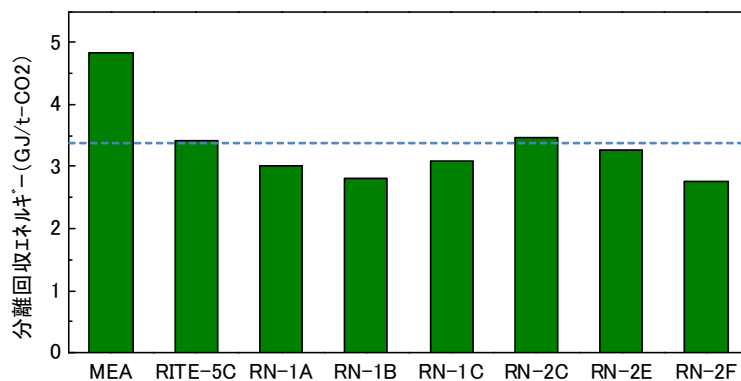


図 III-1-11 小型連続試験装置による吸収液評価

- ・ RN-1,2 系の 5 種で、従来トップ以上の性能を達成・RN-3 系吸収液に向けた添加剤候補を発見し、計算化学により作用機構を解明した。
- ・ 新吸収液主剤である IPAE の熱変性試験を行い、MEA 以上の高耐久性を確認した。

PSA 法は吸着剤の種類により様々なガスを吸着分離することが可能な技術であり、本研究では、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、総合的な分離条件を検証し、商用機のための開発課題を明らかにする。

研究試験によるガス分離性能の検証では、以下を目標としている。

- 1) 等温吸着線の測定と評価による吸着剤の絞り込み
- 2) ラボ PSA 試験装置による吸着剤の決定
- 3) ラボ PSA 試験装置における回収率・純度目標の達成
- 4) ベンチ PSA 試験装置における回収率・純度目標の達成

これまでの研究活動により、以下の知見を得た。

- ・ 市場調査やメーカーヒアリングにより、CO₂ 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た。これら吸着剤の 4 種のガス (CO₂, N₂, CO, H₂) に対する等温吸着線を測定した。この等温吸着線を 3 種の指標を設けて評価し、吸着剤 (CO₂ 用 : 2 種, 一酸化炭素用 : 1 種) を絞り込んだ。
- ・ 絞り込んだ吸着剤に対し、ラボ PSA 試験装置において、分離試験を実施し、吸着剤を決定した。さらにこのラボ試験装置において、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。
 - CO₂ 回収率 ≥ 80% または CO₂ 純度 ≥ 90%
 - 可燃ガス回収率 ≥ 90%
- ・ 可燃ガス回収率については、運転条件の単純な変更だけでは達成することが出来なかったため、吸着塔の 2 塔化および吸着オフガスの部分回収の工夫を施すことにより、目標を達成した。これらの知見を盛り込んだベンチ PSA 試験設備を現在建設中であり、完成後、ベンチ PSA 試験設備においても、上記目標を達成できる見込みである。
- ・ ベンチ PSA 試験設備は建設中であるため、ラボ PSA 試験設備での研究によって、次の運転研究内容を具体化した。
 - 基本的な運転条件の設定 (吸着圧力 : 200 k Pa, 脱着圧力 : 7kPa, サイクルタイム : 630 秒)
 - 運転研究試験項目の設定

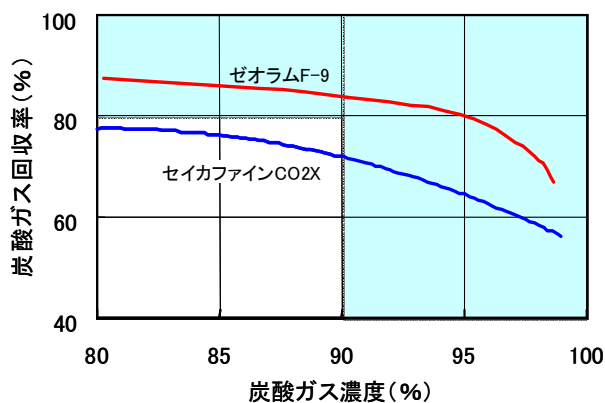


図 III-1-12 ラボ PSA 吸着材試験結果

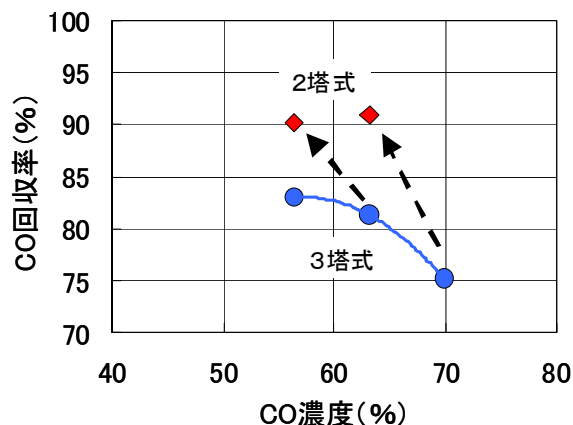


図 III-1-13 ラボ PSA CO 分離試験結果

さらに、サブテーマ 4 で進めている BFG からの CO₂ 分離回収には、蒸気や電力などの分離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の供給が必要である。この分離回収エネルギーとして、サブテーマ 5 で製鉄所内の未利用排熱を最大限活用することを目的とした技術開発を進めている。そこで、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解を求めることを目的とした検討を行っている。また、CO₂ 分離回収技術を製鉄所に適用した場合の全体プロセスの可視化を行い、プロセス全体の課題を明確にすることを目的とする。

本研究テーマでは、粗鋼量 800 万 t のモデル製鉄所において、高炉排出 CO₂ 量の 20% を分離回収するためのコストシミュレーションを行ない、現時点での組合せによる概算コストの一例を示した。シミュレーションに際しては、化学吸収法と物理吸着法の技術レベルステップアップ後の諸元とサブテーマ 5-1 のグループが算出した製鉄所未利用排熱検討結果を用いて試算した。これにより CO₂ 分離回収コスト 2,000 円/t-CO₂ を技術的に可能とするための課題が明確となり、中間目標は達成できたと判断した。

(2) 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エネルギーを経済的に得る必要がある。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°C 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°C 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°C 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 目について実施している。これまでの研究成果を以下に列挙する。

a) 未利用顕熱・排熱活用技術開発

- ・ モデル製鉄所における排熱発生状況の整理を完了した。
- ・ 排熱回収に関するシーズ技術の調査を完了した。
- ・ 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及び、相変化物質による蓄熱・熱輸送技術を開発課題として選定した。(ケミカルヒートポンプでは、外部からの熱供給なしに、80°C 程度の温排水より 140°C (吸収液再生温度) の出力を得られる 2-プロパノール/アセトン、水酸化マグネシウム/水を作動物質として開始する。PCM では、140°C 以上の融点を持つマンニトールの検討を開始する)

- ケミカルヒートポンプ技術・相変化物質(PCM)による蓄熱・熱輸送技術について、試験装置設計を実施した。一部試験は製作・実行に入った。

- ① 有機系ヒートポンプ；ラボスケール装置完成、試運転・予備実験終了
- ② 無機系ヒートポンプ；セミベンチ規模試験装置設計完了、作動体の物性測定
- ③ PCM；ホットモデル装置設計ほぼ完了、コールドモデルによる流動制御法開発

以上、本開発項目については、当初の中間目標（平成 22 年度）「製鐵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し、試験装置設計を実施する」をほぼ達成しており、予定よりやや前倒しで進捗していると判断している。

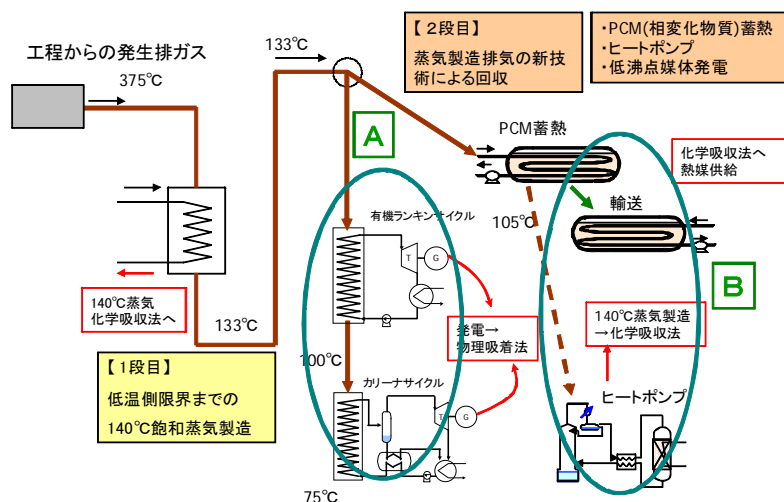


図 III-1-14 未利用顕熱・排熱回収量の検討ケース

b) 製鋼スラグ顕熱回収

- 実機の製鋼スラグを 40kg 溶解できるプラズマ溶解炉、単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た。
- 製鋼スラグの熱伝導率、結晶相と冷却速度の関係、エージング条件、熱容量への組成の影響について計測、検討を行った。
- 伝熱解析により、最適スラグ厚み、設備サイズを検討実施。熱回収効率 40%以上、700°C以上のガス回収 (CO₂分離エネルギーの確保) の見積もりを提案した。
- スラグ顕熱回収ベンチ試験装置設計完了し、建設中である。

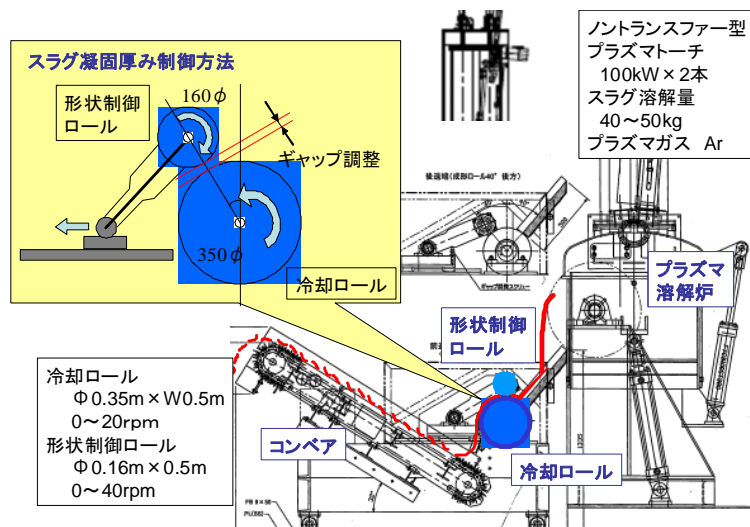


図 III-1-15 ロール成形ラボ実験装置

以上、本開発項目については、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として、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達成しており、当初の中間目標（平成 22 年度）「①開発する冷却・凝固が対応可能なスラグ組成範囲を明確にする。②140℃以上のガス回収方法の F S 実施」に対して、予定通り進捗していると判断している。

c) 排熱回収適用技術開発

- ・ 低沸点媒体の探索においては、石油系媒体、水、アンモニアが低温排熱回収に適していることを見出した。
- ・ 熱交換器伝熱効率改善については、伝熱促進エレメントを適用することにより、30%以上の改善が見込めることがシミュレーションにより確認された。
- ・ カリーナ発電システムの実機データを採取することにより、シミュレータがほぼ完成した。
- ・ カリーナ発電システムの低コスト化検討においては、現状 kW 当たり 50 万円の設備コストを 35 万円に削減する目標を立て、電力単価は 5 円/kWh とした。
- ・ 小型モデルプラントについては、基本仕様は作成したが、今後は、費用削減を含め実機検証方法を見直し、既設設備での改造レベルで検討を進める。

以上から、当初の提案書にある中間マイルストーン（平成 22 年度）の

- ① 低沸点媒体の探索と実機検証を踏まえ、最適媒体を選定
 - ② 製鉄所内の低温排熱を有効に活用するシステム（排熱統合システム）の開発
 - ③ 蒸発器の開発と合わせ、低位熱発電システムの低温排熱での安定化検証とデータ採取、設備コストの低減を検討し、小型モデルプラントの設計に供する
- の内、①については、終了し、②③についても本年度中に完了予定であり、予定通り進捗していると判断している。

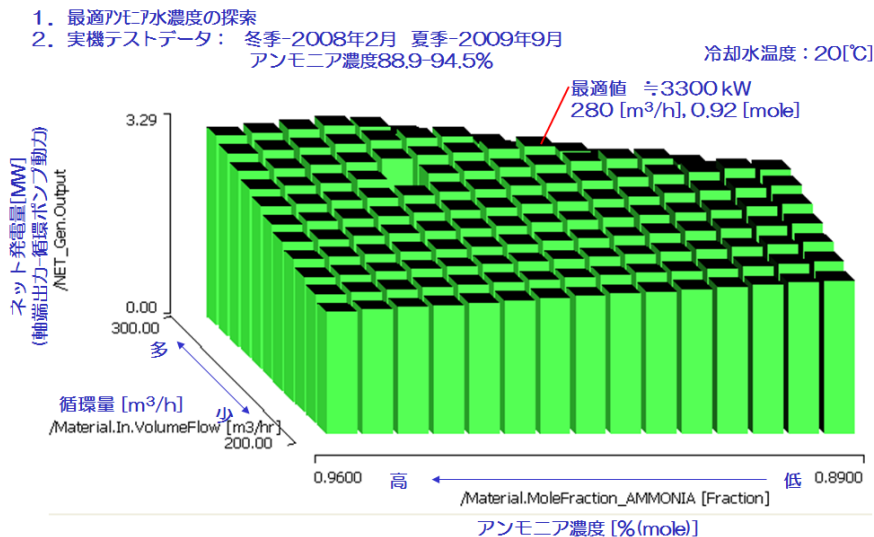


図 III-1-16 カリーナサイクル発電量(発電端)最大値 計算結果

(2)－⑥ 製鉄プロセス全体の評価・検討

本課題では、「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、全体調整を行い、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ことを目的としている。

これまでに下記について実施してきた。

- ・ プロジェクト全体のマネジメント

- 本プロジェクトの推進にとっての課題を洗い出し、各課題での推進強化、各課題のフォロー強化、各サブテーマ間の連携強化、各課題のスケジュール前倒しでの推進等を提言した。
- 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分野でしか出来ないものであり、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。この方針のもとで、H22 年度以降のステアリングの考え方を決定した。

- ・ 効率的な全体システム構築

プロジェクト推進のために、プロジェクトの最終ゴールの数値目標設定、実現のために必要な課題の再抽出、実行にあたっての各サブテーマにまたがる問題点の解決、目標完遂のために必要な新たなテーマ立案等が必要である。

中間評価に向けては、H22 年度に基本検討が終了して、H23 年度には次期のプランを作成する必要がある。具体的な進め方として、各社メンバーをそれぞれ得意分野に関して、且つ水素に関してはなるべく前広に議論を進める観点で、多くの会社の参画を目指し担当を決定し、現在は各グループでの議論を進めている。

- ・ PR 活動

積極的に本プロジェクトの広報活動を実施。また日本鉄鋼連盟、実施者 (委託先) でホームページの製作とアップデートや様々な取材等への対応を含めて、多方面での活動を実施している。

また、進捗に関して記者会見 (年に一回の定例化)、テレビや新聞等マスコミの取材対応、

日本エネルギー学会誌、高圧ガス誌学会等への発信、学会等での講演、WSA での CO₂ Breakthrough Program での発表等を積極的に実施している。

- ・ 技術調査

全体プロセス評価・検討 WG のミッションである「取り組み技術の総合最適化を図るとともに、補完技術の援用も得て、総合的に CO₂ 削減約 30%を可能にする技術の確立に資する」を念頭に置き、下記の調査を実施した。

- 高炉水素還元に資する「水素源」に関する一般調査
- 「COURSE50」補完技術の可能性調査（特に分離回収技術に関して）
- 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）
- 高炉水素還元に資する「水素源」に関する一般（その後の展開フォロー）調査
- CO₂ 発生の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

- ・ アドバイザリーボード

東北大/三浦教授、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 名をメンバーとして、第一回アドバイザリーボードを 3 月 9 日に開催した。今後も年 2 回程度のペースで継続実施の予定である。

- ・ 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

サブワーキンググループ（SWG）を発足させて STEP2 での実施内容の検討を開始した。プロジェクトとして、2028 年に技術を完成させ、それから 2050 年までに実用化と普及を行うこととしており、STEP2 でなにをターゲットに研究開発をするか、その時にどのような装置開発やスケールアップ技術開発を実施するかが非常に重要あり、その点をこの SWG で実施する予定である。

- ・ ULCOS との技術交流

本プロジェクトは様々な技術で構成され、開発した技術の導入によって変化する工場の生産量やコークス炉ガス（COG）を軸に製鉄所のエネルギーバランスを考慮し、技術導入前後の原料やエネルギーの変化量から、CO₂ 排出削減量、コスト影響等について製鉄所を総合的に評価することが重要である。また、本技術開発の狙いの外ではあるが、副次的な事項についても評価が必要である。例えば、BFG から CO₂ を分離した後の BFG は可燃性ガス成分の比率が増加し、発熱量がアップする。その結果、BFG 使用設備において燃焼排ガス損失の低減による熱効率向上が期待できる。また、ガス分離技術の応用により、CO₂ 分離後の BFG から、さらに不燃性ガスである N₂ を分離すれば、一層発熱量がアップし、付加価値の高い燃料となる。これは、改質 COG を高炉に吹き込むことで制約を受ける加熱炉等の COG 代替燃料とできる可能性がある。

そこで、有機的に関連して生じる現象を織込み、製鉄所として総合的に本技術の評価するシミュレータを構築している。構築したシミュレータに、個別に検討・設定された各開発技術諸元を入力し、製鉄所としての総合的なシミュレーションを行い、CO₂ 排出削減量の検証とその評価を行うと共に、本技術に係る製鉄所としての課題の明確化及び解決に向けた提言を行う。

これまでに、(1)モデル製鉄所の設定、(2)本開発技術に係る諸元の入力ソフトの製作、(3)開発技術導入前後の生産バランス、エネルギーバランス、コスト計算ソフトの製作(4)開発技術導入前後のエネルギー使用量、CO₂ 排出量、コストの差異分析ソフトの製作ならびにその出力ソフトの製作を完了した。

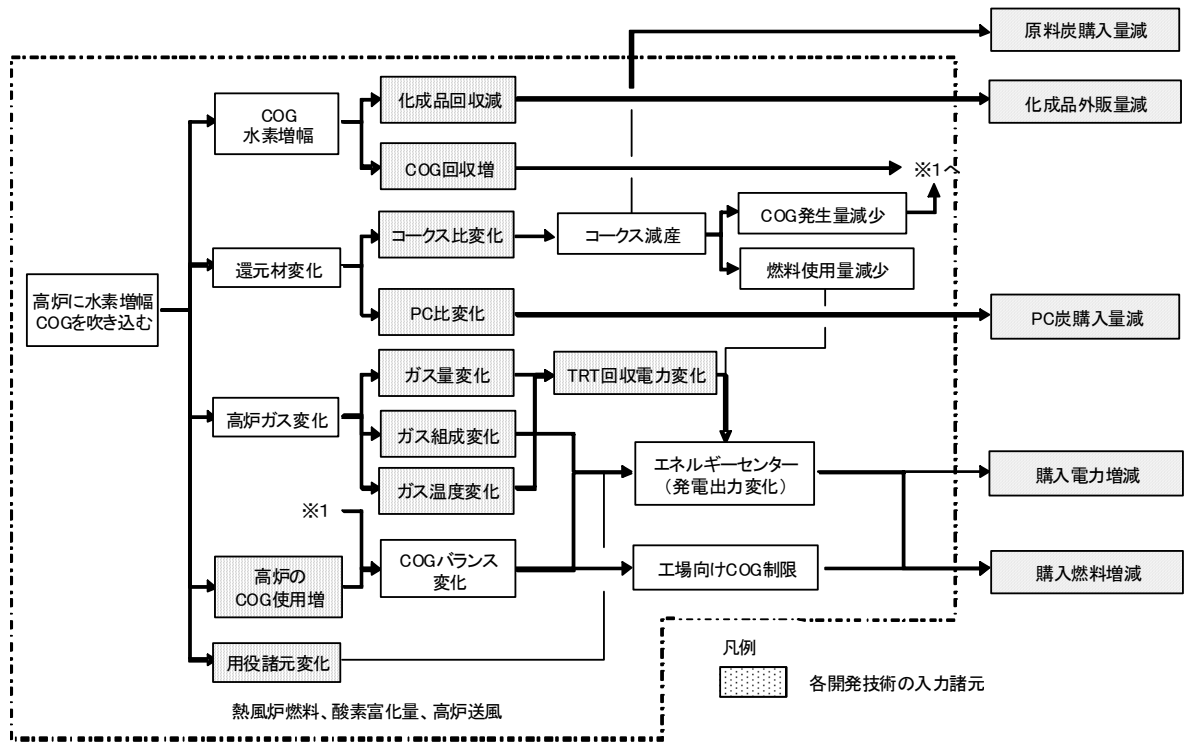


図 III-1-17 COG の改質(水素増幅)、高炉への改質 COG 吹き込み技術に係る計算ロジック

IV. 実用化の見通しについて

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5社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 Step1）終了時、Step2 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。

<当該分野の波及効果>

(1) CO₂削減

委託先として我が国の高炉メーカー5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CO₂排出量の約30%削減に寄与することが期待される。

(2) 個別技術の展開

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経済合理性などから国内の製鉄プロセスが高炉法から替わることは実現困難であるが、将来の水素還元製鉄の技術開発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、コークス製造工場においても、液状成分のガス化し、COGのカロリアップを図ることで燃料としての付加価値を高め、省エネルギー・CO₂削減に寄与することが期待される。

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。

④CO₂ 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、当該分野の研究開発促進に寄与が期待できる。但し、要素研究だけで完了ではなく、CO₂ 回収の原単位低減とコスト削減は継続的な実施が必要で、製鉄プロセスでの競争力維持のためには Step2、さらに phase II においても研究開発の継続が必要と考える。

⑤製鉄所内未利用排熱回収技術

排熱回収技術は、CO₂ 回収エネルギーの確保だけでなく、本来省エネ技術であることから、当該分野の研究開発促進への寄与が期待できる。但し、Step2 以降も研究開発を継続してコスト低減、効率アップの図っていく必要がある。

<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。

(2) 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、実験室規模の設備を用い、水素の還元材としての効果を確認したところである。
- (2) 高炉ガスからの CO₂ 分離回収については、複数の CO₂ 分離技術を視野に入れているが、化学吸収法は吸収液の特性改善をラボレベルで行い、平成 22 年度から運用を開始した 30t-CO₂ 回収/d 化学吸収プロセス評価プラントでの耐久試験を含む評価試験を開始したところで、物理吸着法はラボレベルの試験では目標達成の見込みを得ており、現在建設中の 3t-CO₂ 回収/d ベンチスケール装置での試験での検証を予定している。

<今後の見通し>

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～2028 年
Phase I (step1)	Phase I (step2)	Phase II

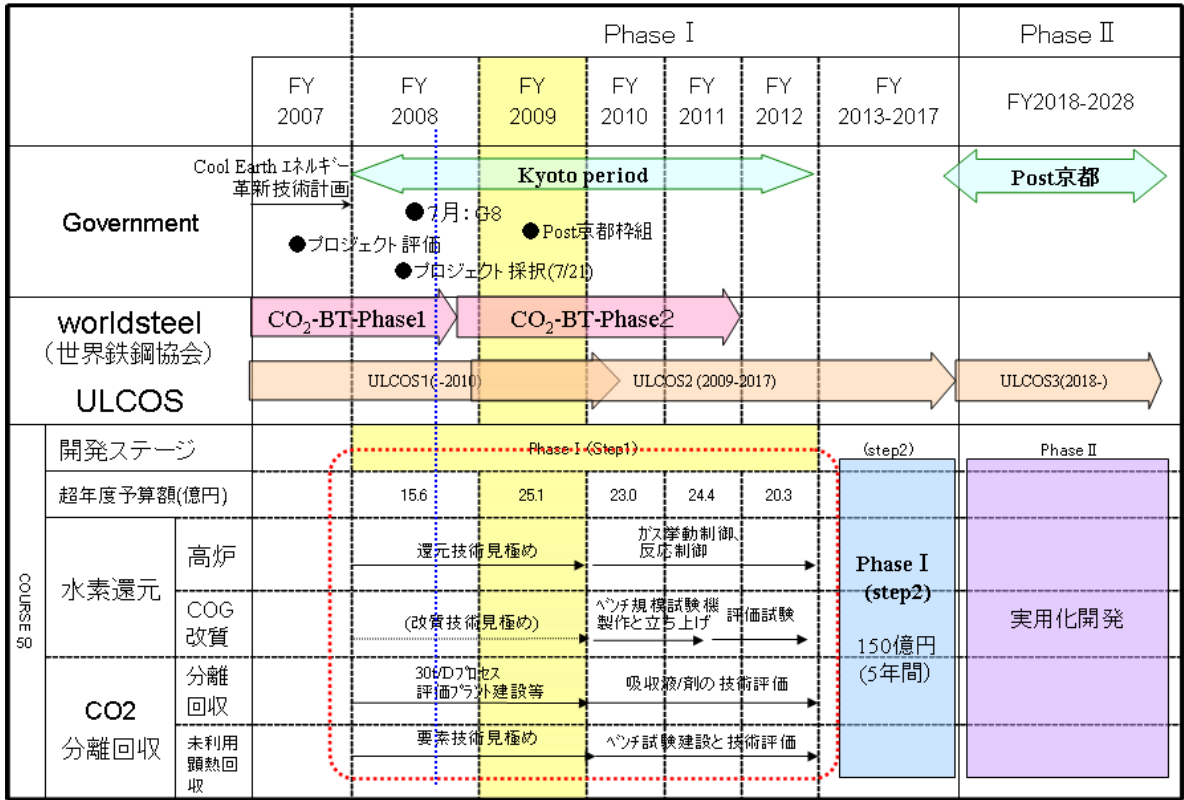


図 IV-1 COURSE50 の開発スケジュール

Phase I (step1)においては設備プラントの視点では化学吸収は 30t/D のプロセス評価プラントでの検証、物理吸着は 3t/D のベンチプラントでの検証を行う予定である。次に水素還元については、Phase I (step2)で極力統合的な試験検証を行うべく、規模も含め鋭意検討中である。

当面は BFG からの CO₂分離回収技術が中心とならざるを得ない。水素還元製鉄は、2050 年時点では補完的な技術であるが、将来は脱石炭という観点から主流になるものと考えている。将来的に、多量の水素を安価に安定して供給する技術の確立と並行して長期的な課題として取り組む予定である。このため今回プロジェクトの中で、水素還元技術については将来の布石として一部炭素代替として活用するものである。約 30%の内、2/3 を CO₂の分離回収、残りの 1/3 を水素による代替化で対応するとしている。

これらは、一定の経済性を考慮しつつ、現状での製鉄所内でのエネルギーバランスを考慮した結果のであり、CO₂分離回収については、未利用排熱の最大限活用、水素還元については、発電用の COG を増幅後、還元用に転用する前提での試算値である。

<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。

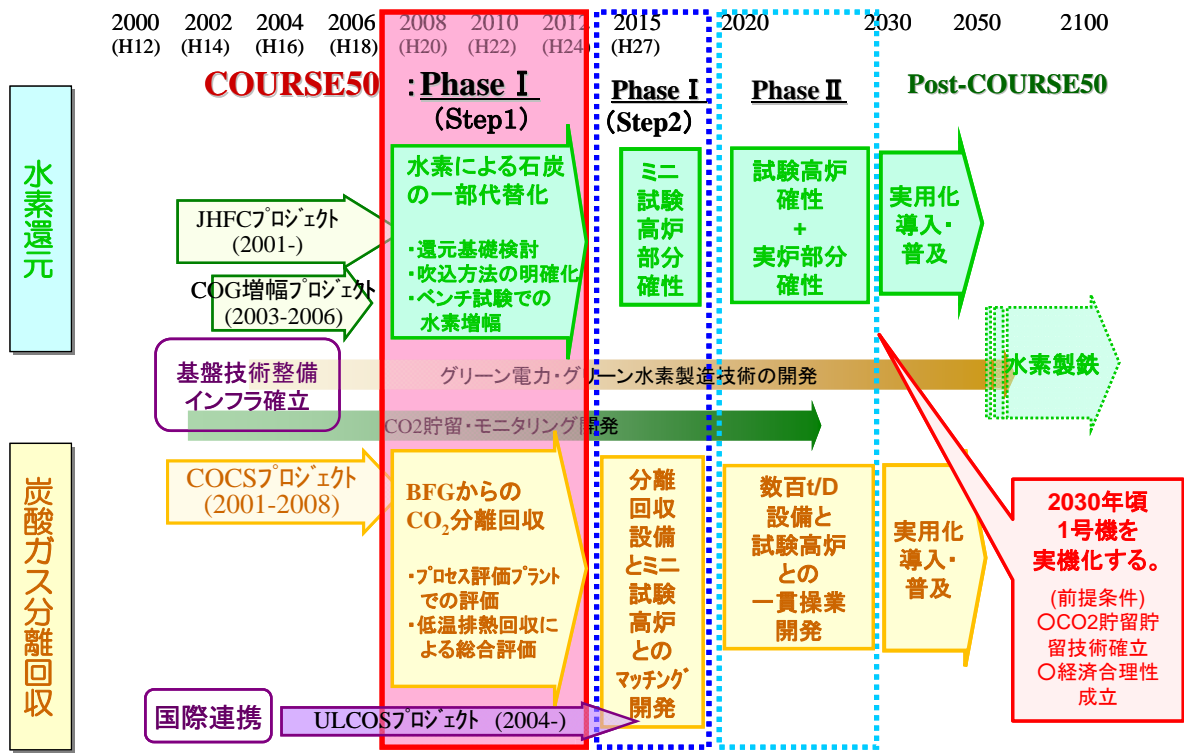


図 IV-2 実用化までのスケジュール

イノベーションプログラム基本計画



抜粋

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)

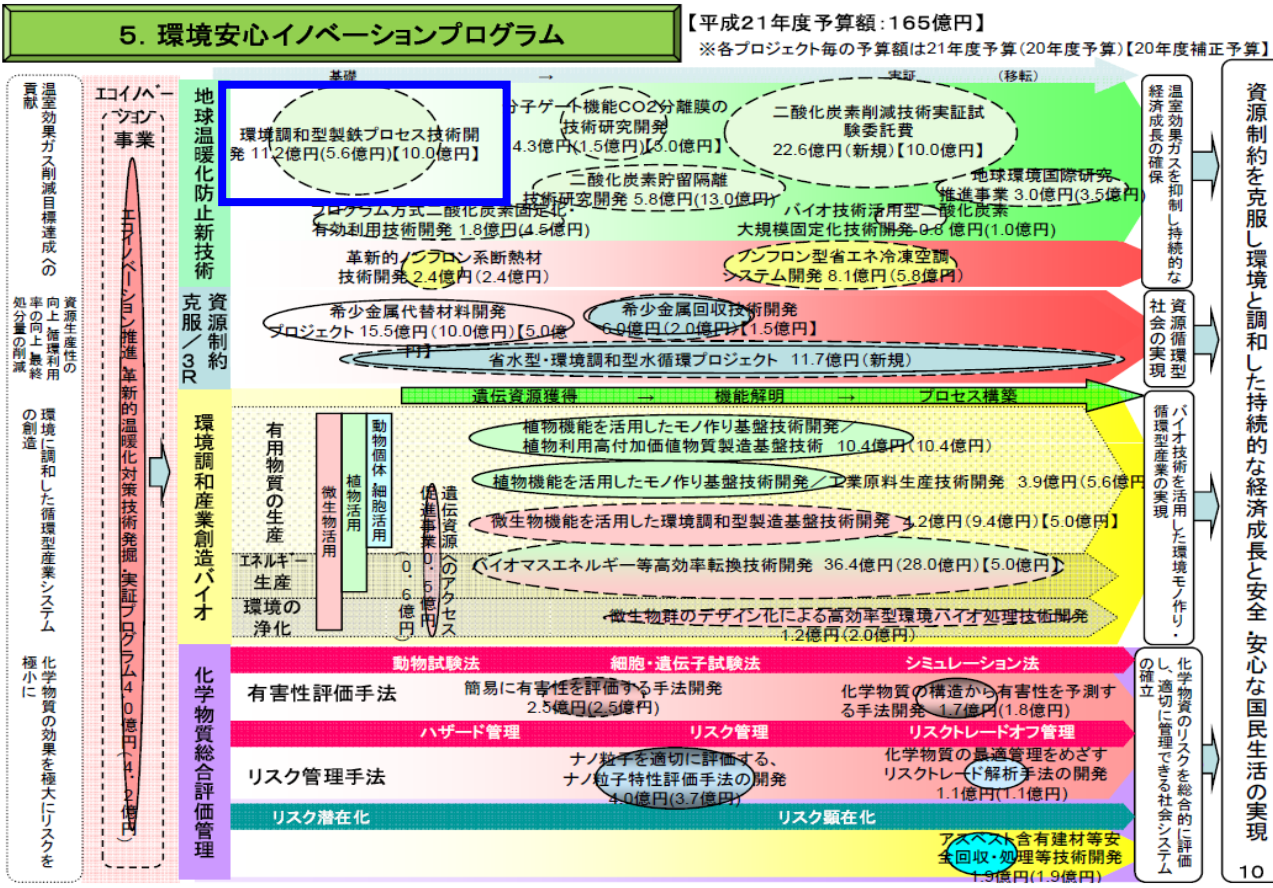
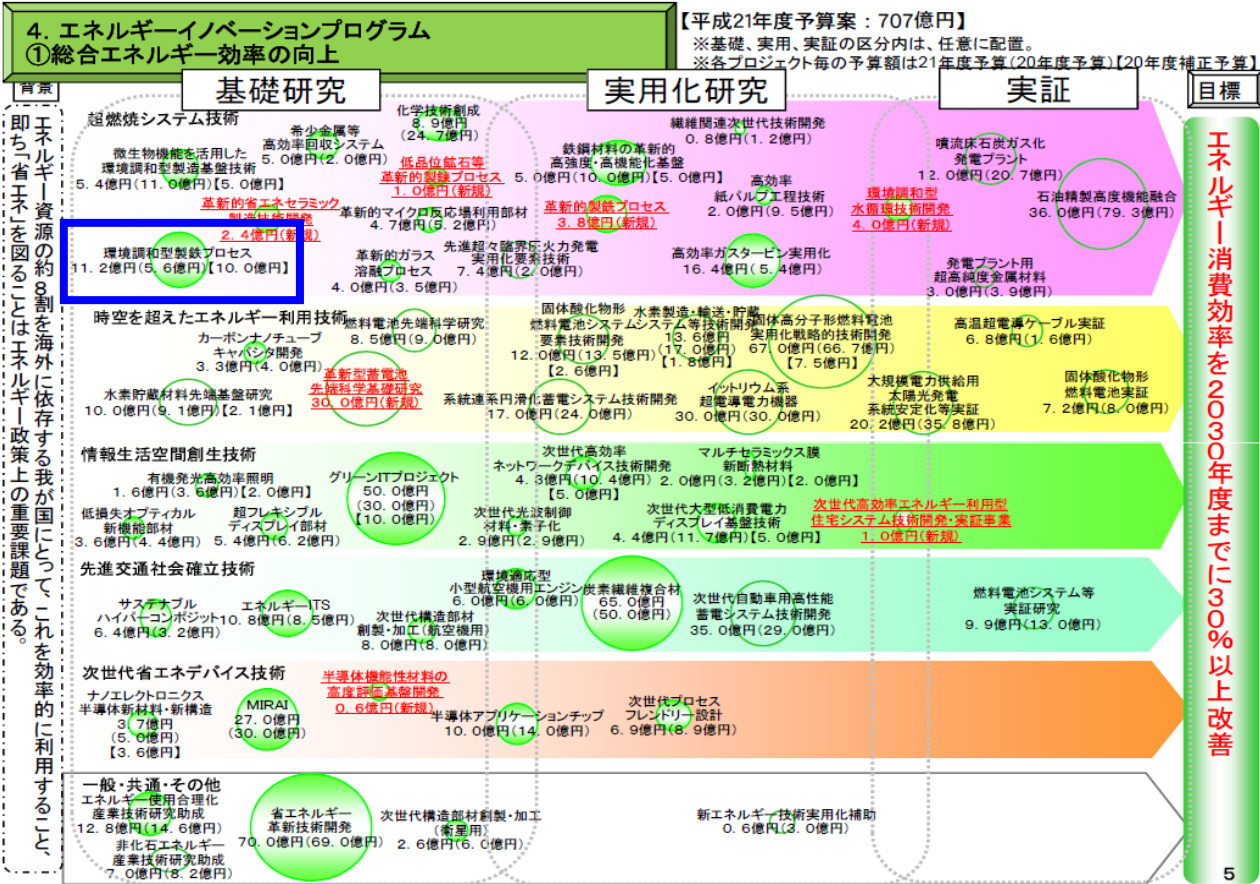
- 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(『技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008』)。
- 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

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

1



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

環境技術開発部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

「経済財政政策の基本方針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させること。」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、上記のイニシアチ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-エネルギー革新技術計画」においても、「重点的に取り組むべきエネルギー革新技術「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（平成20～24年度（5年間））及びその後のフェーズⅡ（パイロットレベルの総合実証試験）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）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。

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。

[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・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

- ・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「NEDO技術開発機構」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技術開発機構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）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技術開発機構は、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技術開発機構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技術開発機構は、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25年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じて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、前倒しなど、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技術開発機構、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27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技術開発機構は、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号ロに基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

(1) 平成20年4月、制定。

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削減ポートフォリオに対して、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必要がある。

(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。

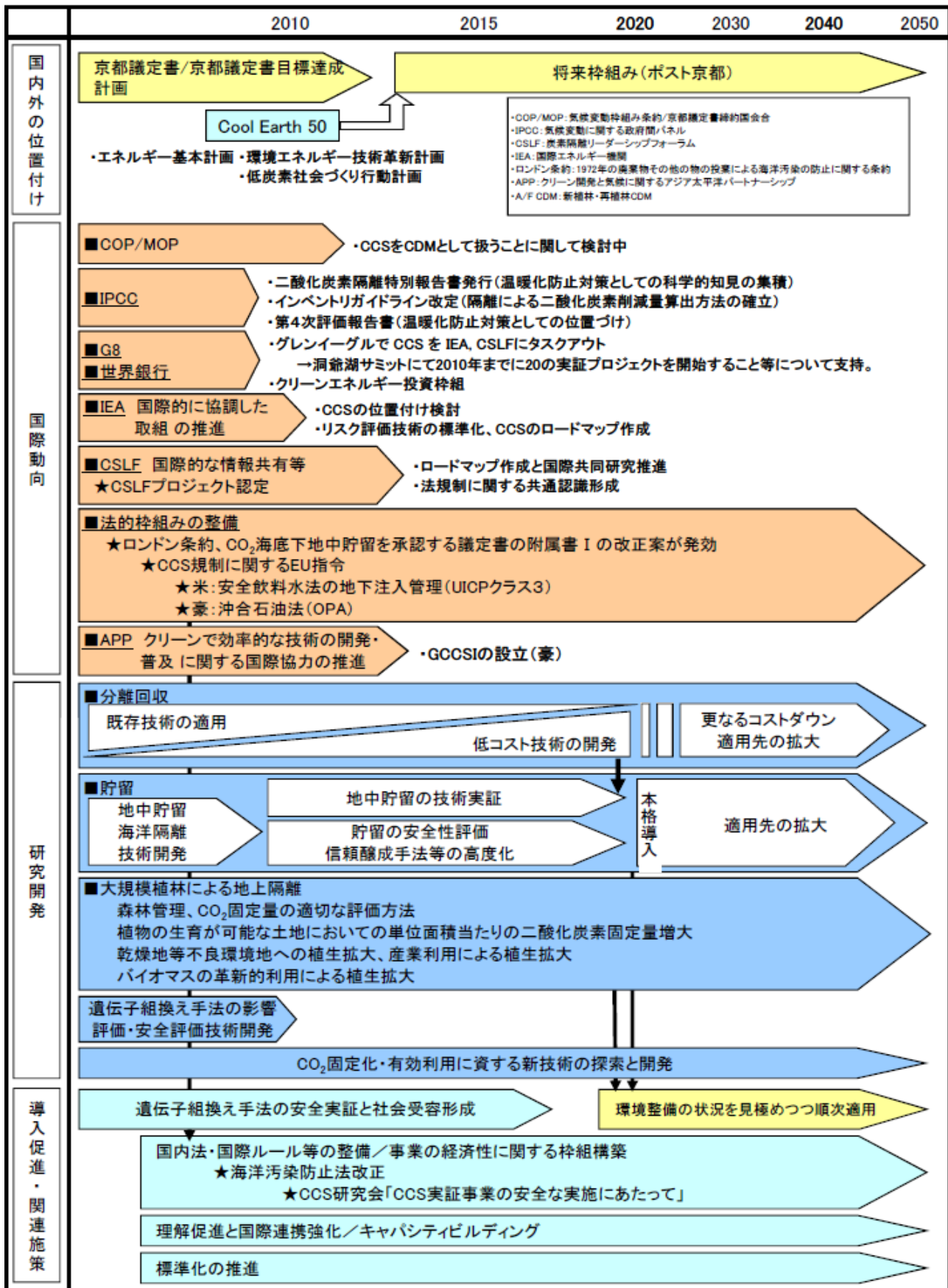
(2) 改訂のポイント

- 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。

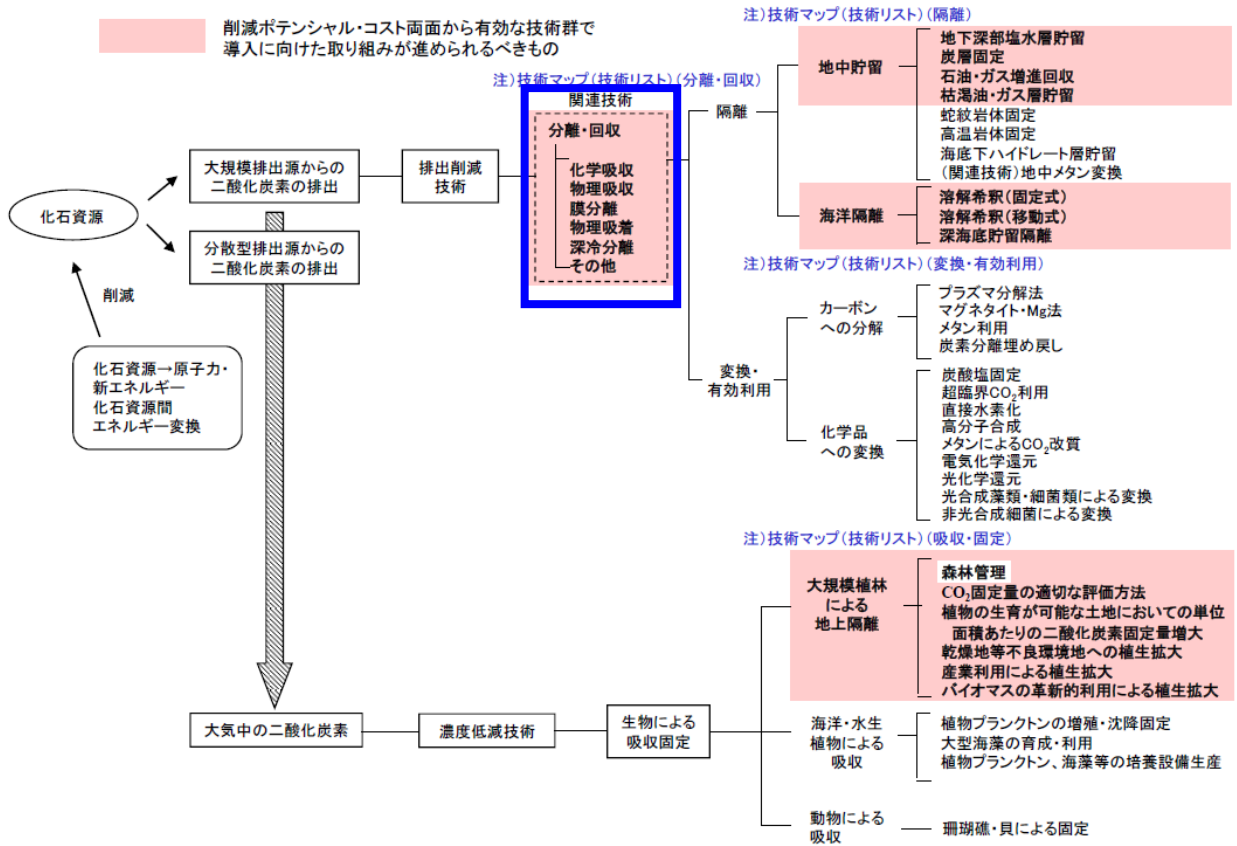
Ⅳ. その他の改訂ポイント

- 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)



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)

注) は重要技術

技術分類	技術 No	技術の概要	技術分類 (基礎研究、実証研究、研究・開発、実用化)	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 分離・回収	1101	CO ₂ を選択的に溶解できるアミン系溶液との化学反応によるガス吸収法(アミン系溶液としてアミン、炭酸カリウムCO ₂ 水溶液等)を使用	基礎研究～実証研究 ～実用化中	【高圧ガス】 ・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100万円/トンの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液による実証プラントで実用化(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、新吸収剤の開発が基礎～実証レベルで各国で進められている。また、アルカリ吸収～電気分解再生についての基礎研究も実施されている。 ・石炭・道の混合排ガスからの回収性能評価試験が実施され、石炭火力発電所に10t-CO ₂ /日の分離回収プラントを設置し、実証研究が実施されている。また、欧州でも石炭火力から1ton-CO ₂ /h規模の分離回収試験が実施されている。 ・鉄鋼副産物ガスを対象とする低コスト化のため吸収液改良や蒸餾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。 ・チルドリア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～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剤の基礎研究が実施されている。	NGCC新設 \$37~74/t-CO ₂ 石炭火力新設 \$29~51/t-CO ₂ 平成14年3月NEDO報告書 51401158-0(MEA、排ガス3x10 ⁶ Nm ³ /h、CO ₂ 濃度13.2%) RITE(2008) 新設石炭火力	○	◎	・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低いため、大規模なコスト削減が必要である。 ・燃焼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 の再生プロセスでエネルギー消費が大きい。低再生エネルギー型吸収剤の開発、発電所エネルギーロス低減や安価な材料利用技術の開発、化学吸収システムの高効率化などの開発が必要である。	
									基礎研究
1201	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～実証研究 ～実用化中	・米独にてアンモニア合成用ガスからのCO ₂ 分離用の実証研究がある。 ・IGCC等からのCO ₂ 回収が検討されている。 ・新しい吸収剤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 \$13~37/t-CO ₂	平成5年3月NEDO報告書 P-9210(石炭火力発電、燃焼排ガス) IGCC/SELEXSOL法(ケミカル吸収剤) IPEC特別報告書(2005)	○		

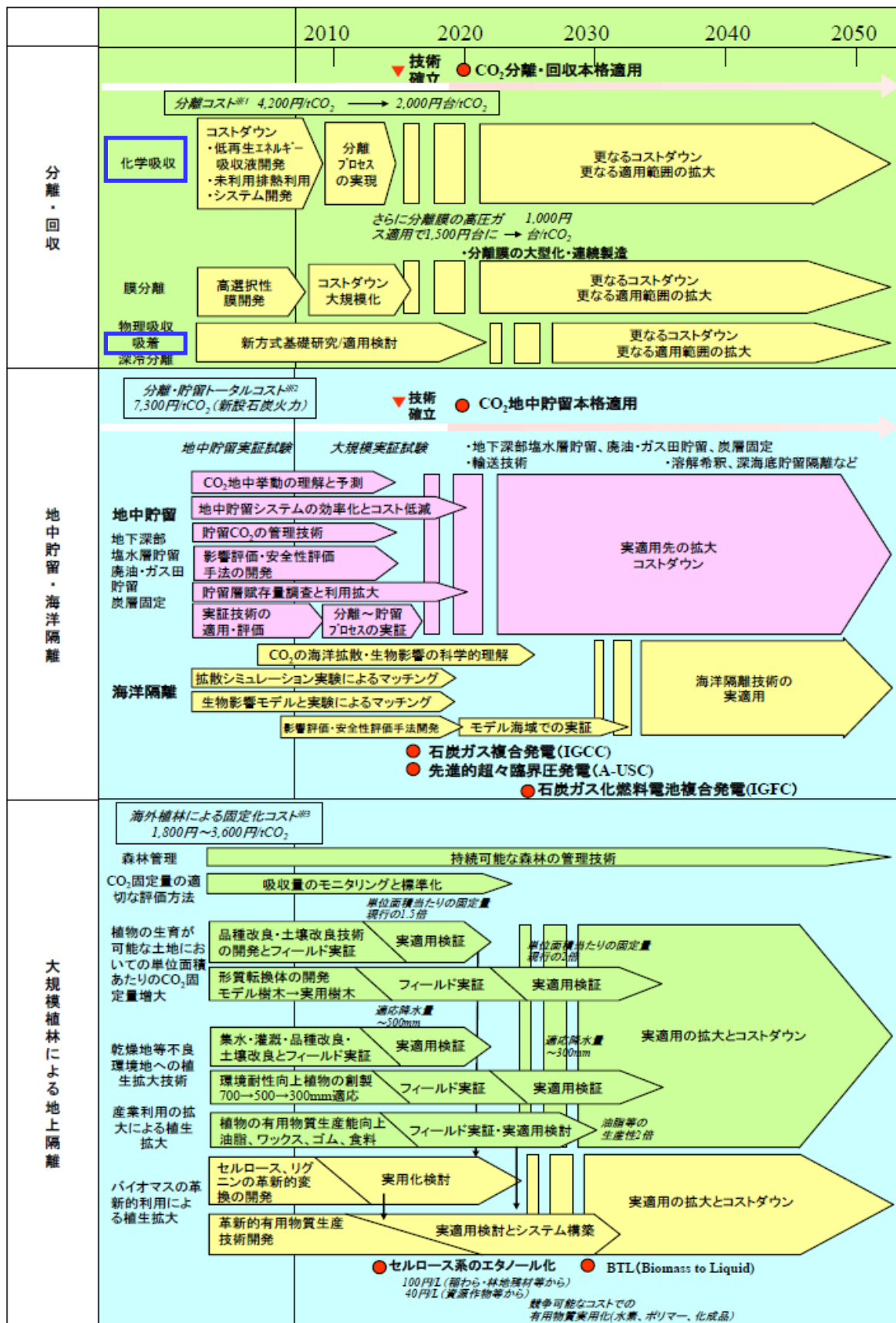
(2/7)

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)

注) は重要技術

技術分類	技術No	技術の概要	技術分類 開発/実用 有利利用	開発段階 (基礎研究、実証研究、研究 中野、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 ○ 解決が可能な技術で 導入に向けた取り組みが 進められるべきもの ○ 解決が可能な技術で 導入から可能性があり、更 なる検討が進められるべき もの	タスクフォースでの 有識者からのコメント	
											大分類
関連技術 分離・回収	1301	多孔質膜の気体分離膜にガスを通し、孔径によるふるい効果や拡散速度の違いにより選択的に分離する方法	-	基礎研究 ～実証研究	インドネシアの天然ガスプラントにて実用化されている。 ・高選択性を有するCO ₂ 分離膜(高分子、セラミック)が研究開発が進んでいる。 ・CSLFなどで圧力ガスへの分離膜の適用が検討されている。	-	-	○			
											高分子膜
	1302	セラミック膜	-	-	基礎研究		-	-	○		
	1401	PSA法、TS A法、PTSA 法	ガスを吸着剤と接触させてCO ₂ を吸着させて、圧力差や温度差を利用して脱着させる分離方法(吸着剤:ゼオライト、活性炭、アルミナ等)	-	基礎研究～ 実証研究 ～実用化中	・鉄鋼からの燃焼排ガスについては、食品などの商用向けで実用化されている。 ・石炭火力については性能評価試験が実施された。 ・水蒸気の影響を受けない新しい吸着剤の基礎研究がおこなわれている。	-	-	○		・現段階では回収～燃焼プロセスコストの相対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。 ・燃焼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。 ・膜分離法はガス化プラント等の圧力を有するガス分離に適用すれば大幅なコストダウンが期待される。透過速度・選択性の向上、寿命化、膜の大型化・モジュール化技術などの開発が必要である。 ・また、熱素燃焼法などの燃焼ガスシステムとも比較がなされる必要がある。
	1501	ガスを圧縮冷却後、高圧操作により相分離でCO ₂ を分離する技術	-	-	実証研究 ～実用化中	・液化CO ₂ の精製では技術は完成しており、国内6ヶ所で実証がある。	-	-	○		
	1601	CO ₂ ハイドレート生成条件に 回収する方法	-	-	基礎研究	・研究開発レベル。	-	-	-		
1602	燃料電池(MCFC)に送 り、CO ₂ を濃縮。	-	-	基礎研究～ 実証研究	・小型は試験装置での実験が成功。50MWに規模を拡大し実証を実施。	-	-	-			
											その他

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原子力利用の推進、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

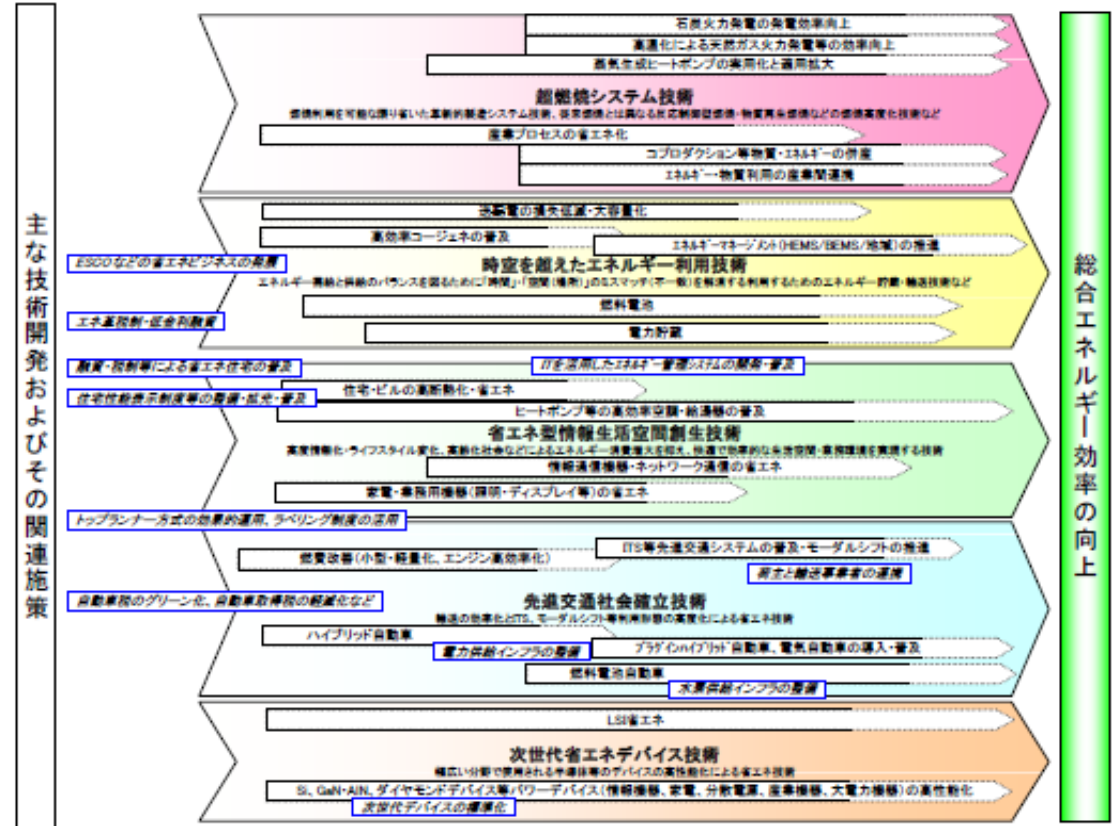
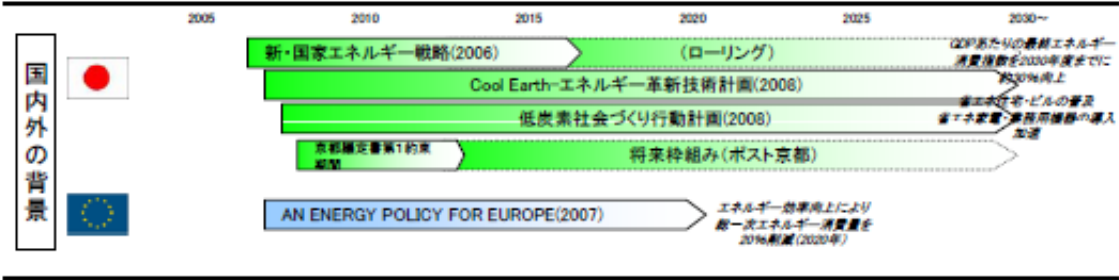
- 事業者支援補助金による初期需要創出（高効率機器の補助導入など）
- セクター別ベンチマークの導入によるエネルギー消費原単位改善
- 省エネ評価制度の国際的整備
- 国際標準化・規格化による国際競争力の向上
- 国民の省エネルギー意識の高まりに向けた取組

(i-4) 改訂のポイント

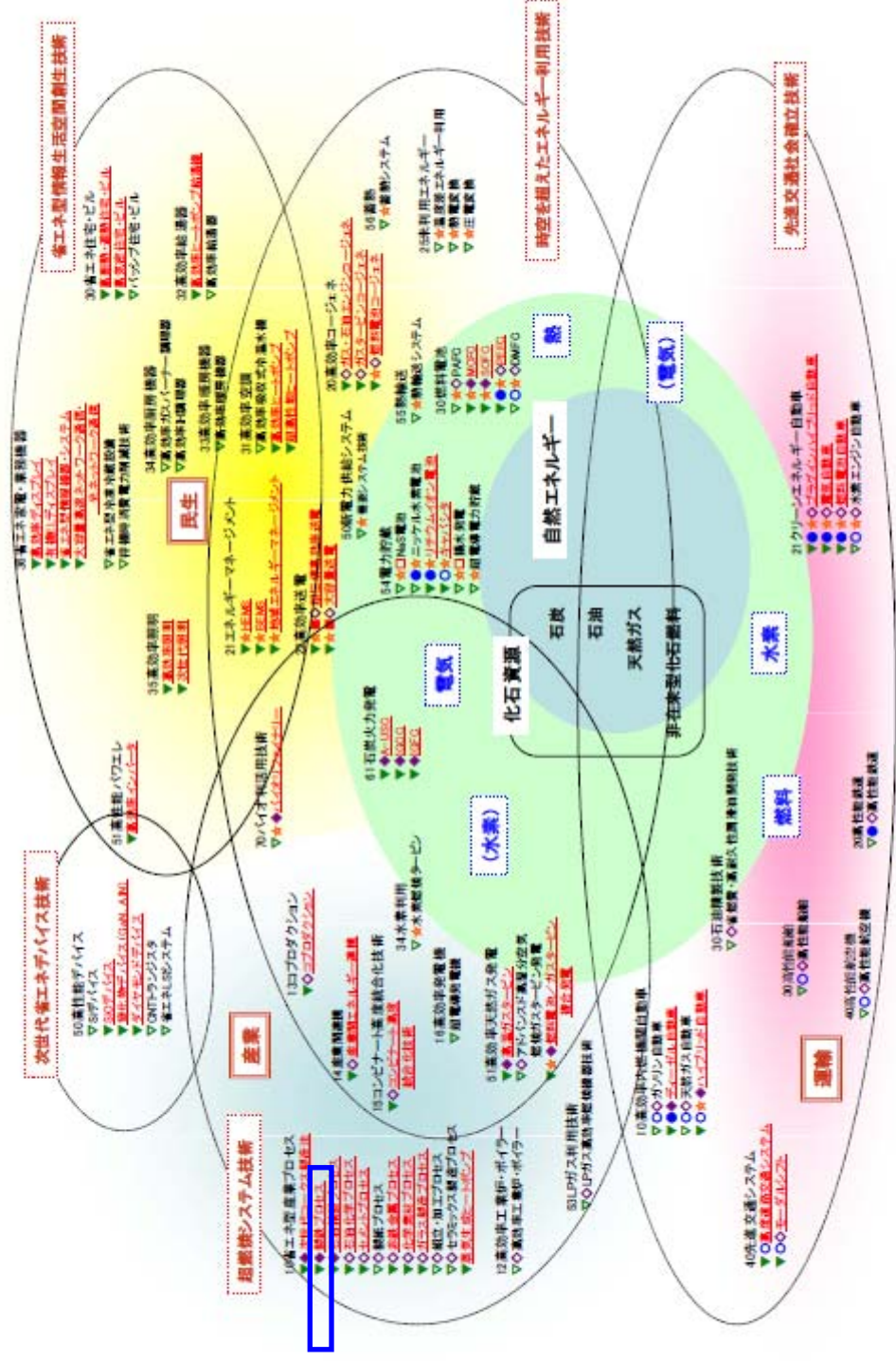
- 燃料電池関連技術については、本年策定中の二次電池分野のロードマップの検討結果に合わせて見直し・修正を行った。具体的には燃料電池コジェネ(1203P)、固体酸化物燃料電池SOFC(3303P)、固体高分子型燃料電池(PEFC)(3304R)、燃料電池自動車(2123S)について、時期の見直し並びに一部字句の修正を行った。
- 電力系統システム(需要システム技術)(3501F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直し並びに一部技術の追加・削除を行った。
- 電力貯蔵のうち、NaS電池(35410)、キャパシタ(3545M)、超電導電力貯蔵(3547F)について、近年の状況を踏まえ、時期の見直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

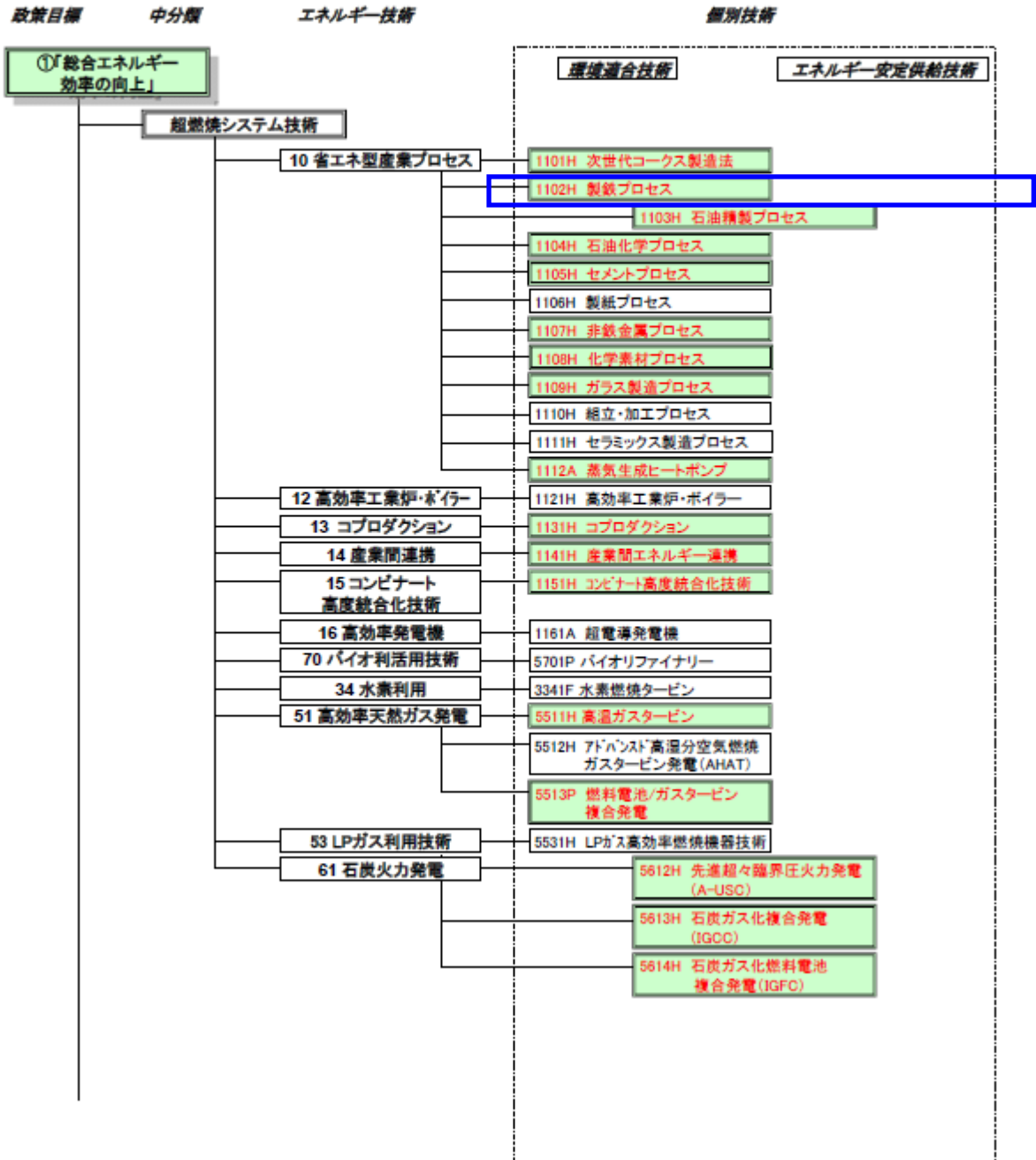


● 技術名の前に記した色符の記号(▽○●◇□)は、その技術が寄与する
 分野(産業)を示す(▽:産業エネルギー効率向上、○:運輸部門の燃料多
 様化、◇:新エネルギーの創出・導入促進、□:原子力利用の促進とその大
 規模となる安全の確保、●:化石燃料の安定供給とクリーン・有効利用)。
 ● 総合エネルギー効率向上への寄与が大きいと思われる技術名を、
 色符の記号(▽)・(●)・(◇)で記載した。

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。

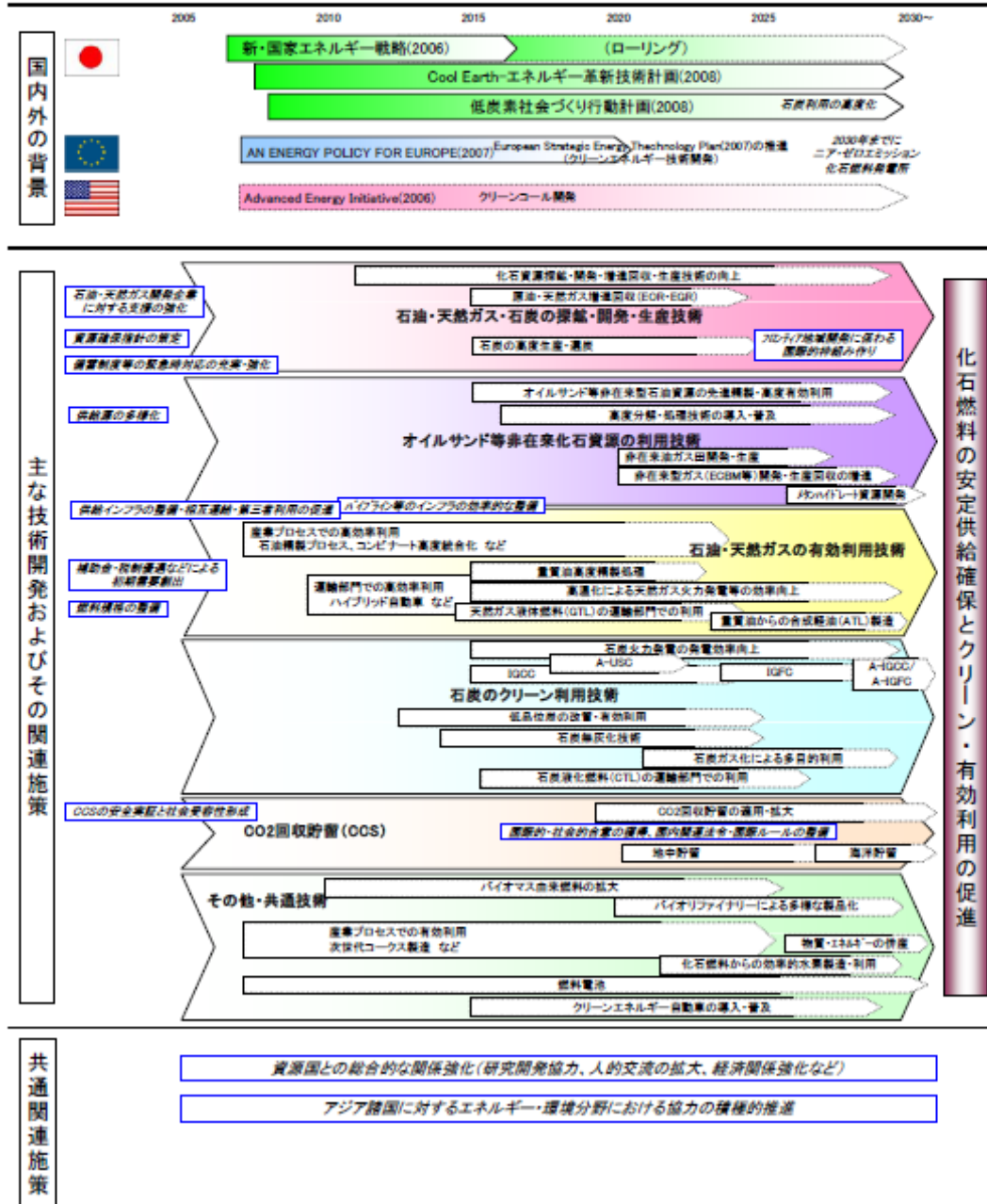


①「総合エネルギー効率の向上」 に寄与する技術の技術ロードマップ(1/13)

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 電磁気力利用製鉄技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型製鉄システム 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 特殊鋼材高生産・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)	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	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 高活性触媒・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		低溫焼成技術	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	石炭代替焼成技術 水素焼成技術 プラズマ焼成技術
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 チタン合金製プロセス 高効率精錬 断熱型製鉄システム	材料・複合化材料技術(水素貯蔵材料など)	熱電変換材料製造技術 高純度金属材料製造技術

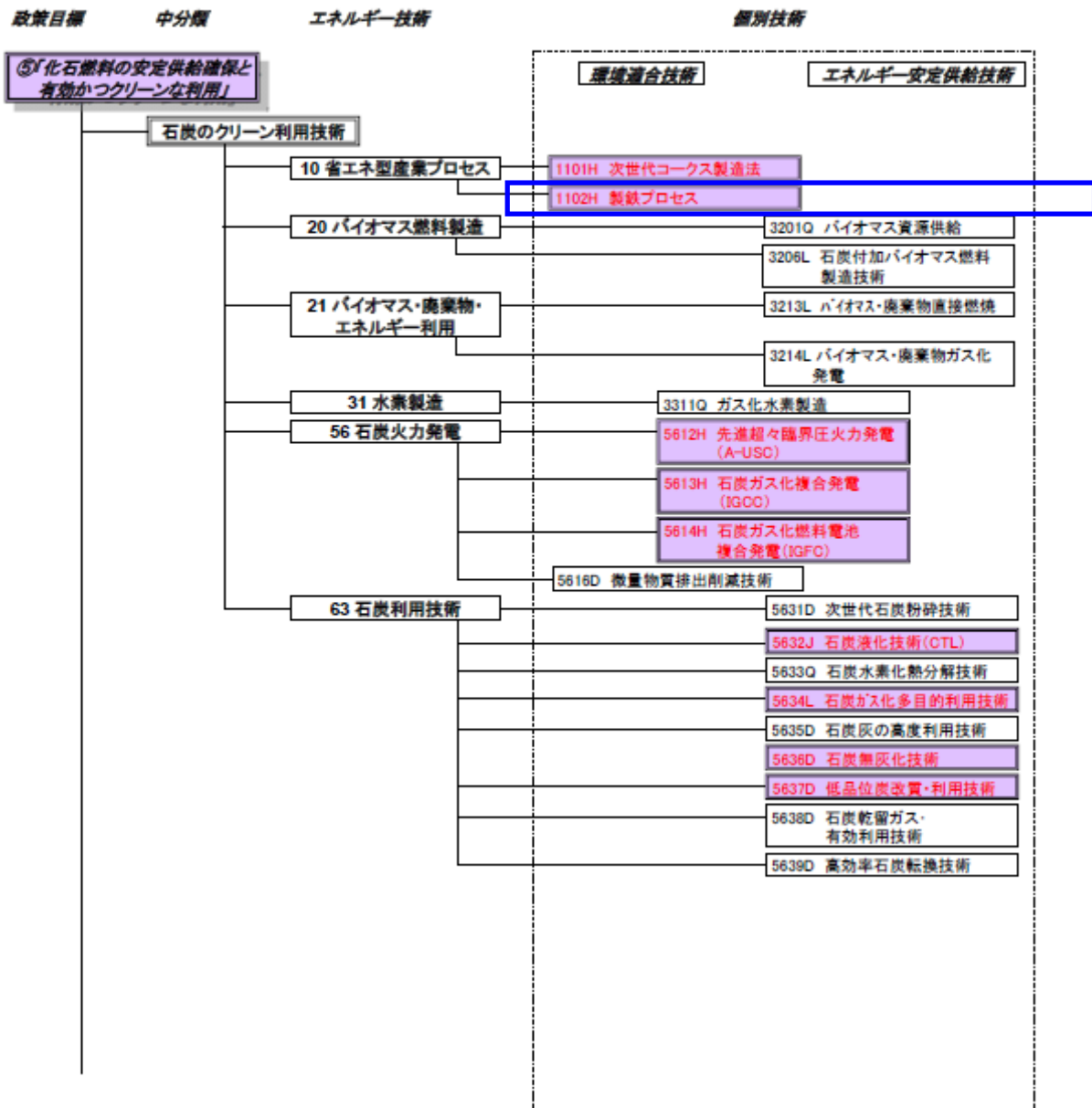
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に向けた導入シナリオ

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。



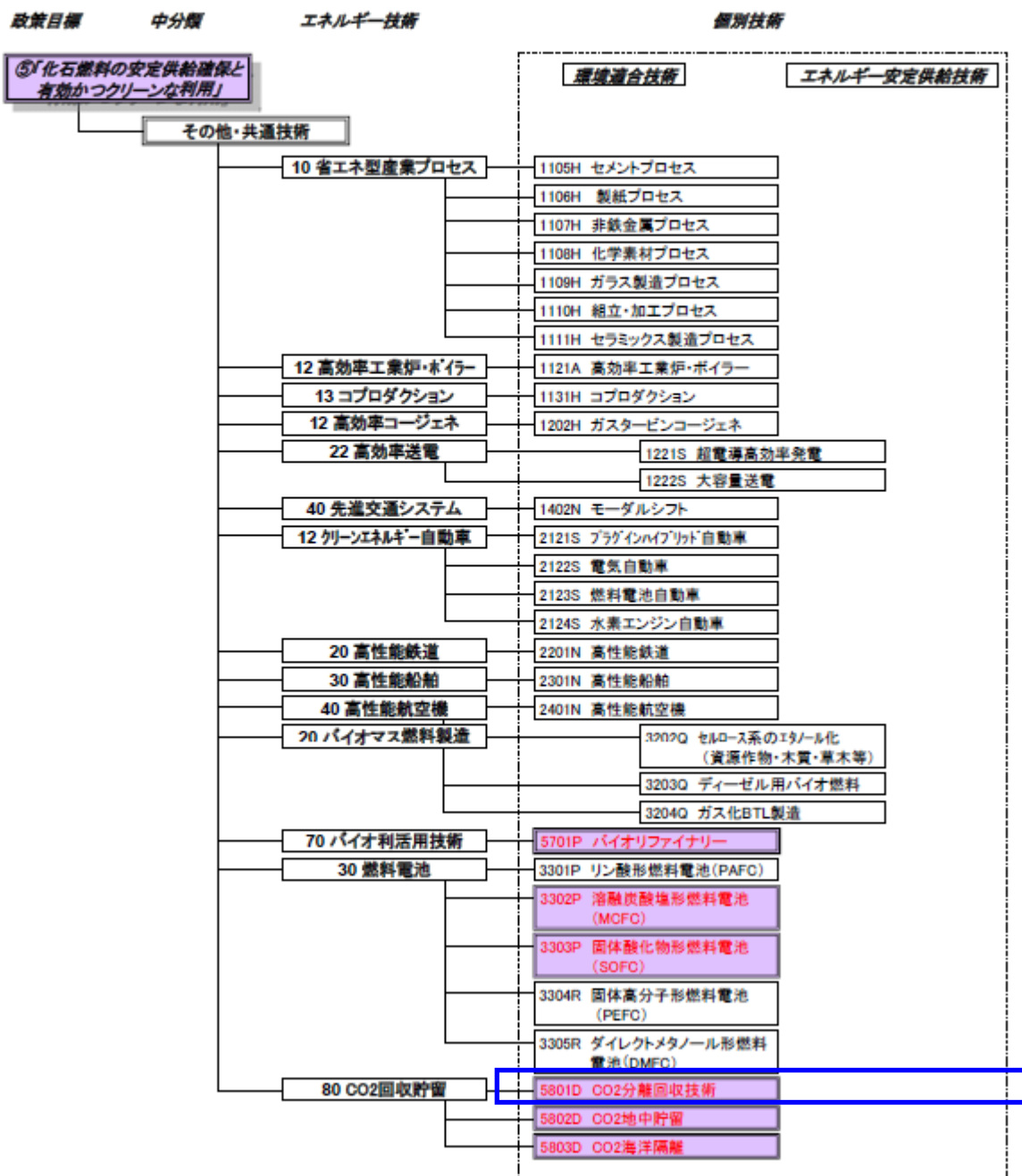
⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」 に寄与する技術の技術マップ(技術リスト)(3/4)

※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>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>水素製造触媒技術 水素製造プロセス技術</p> <p>灯油吸着脱硫技術 灯油改質触媒技術</p> <p>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>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>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>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>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>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>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>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>新橋詰プロセス 事前炭化式ガス化溶融プロセス</p> <p>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 電磁気力利用鋳造技術</p> <p>断熱型鋳造システム 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>溶融還元製鉄法(DIOS) 新元的電磁鋼板技術 鋼片表面改質による循環元素無害化技術 次世代圧延技術(新加工特性鋼等 高深耐熱耐食鉄鋼材料)</p> <p>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>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>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>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>化学プロセスとのコプラケツン</p>				
3201Q	20.バイオマス燃料製造 バイオマス資源供給	<p>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>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>石炭バイオブリケットのバイオマス比率向上</p> <p>大量ペレット化 木質ノ化物物一歩粉炭混焼技術 乾燥・炭粉化技術</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 >55%、9万時間 >60%、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 耐酸腐触媒 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		

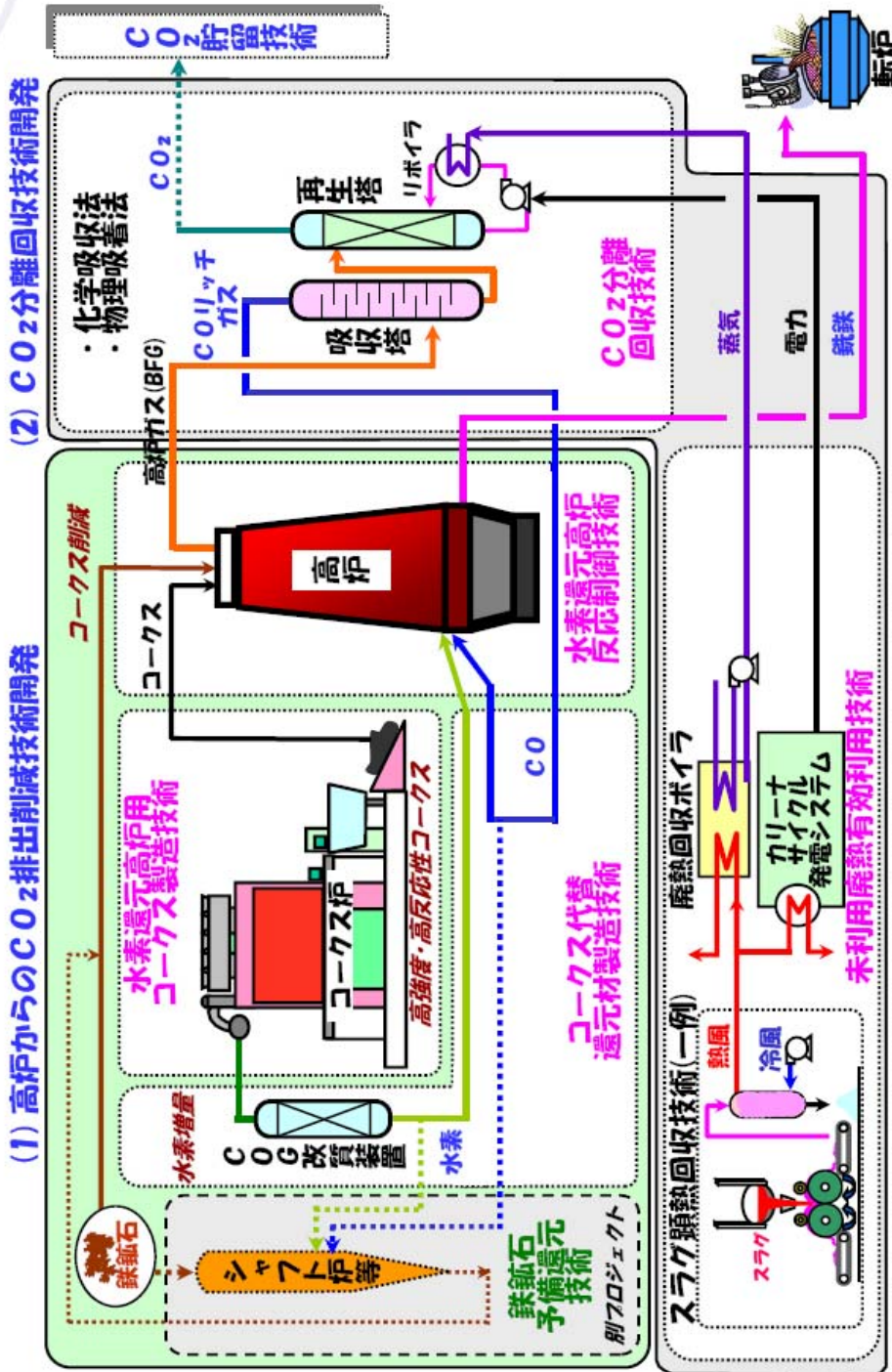
事前評価書

		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>我が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 style="text-align: center;">〈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イ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。

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	2 件	1 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	1 件	8 件	9 件
H22FY	7 件 6 件（準備中）	0 件	0 件	0 件	6 件 14 件（予定）	1 件

（※Patent Cooperation Treaty：特許協力条約）

【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	出願	焼結鉱の還元粉化性状の 評価方法	吉田圭佑 主代晃一
8	(財)地球環 境産業技術 研究機構 新日本製鐵 (株)	特願 2010-067480	国内	2010/03/24	出願	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
9	(財)地球環 境産業技術 研究機構 新日本製鐵 (株)	特願 2010-150304	国内	2010/06/30	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
10	JFEスチール (株)他	特願 2010-147563	国内	2010/06/29	出願	製鉄所におけるガス分離 回収設備の操業方法	林 弘治他
11	JFEスチール (株)他	特願 2010-141672	国内	2010/06/22	出願	圧カスイング吸着法によ るガス分離方法	原岡たかし他
12	JFEスチール (株)他	特願 2010-148062	国内	2010/06/29	出願	高炉ガスの成分分離方法 およびその装置	原岡たかし他
13	JFEスチール (株)他	特願 2010-141100	国内	2010/06/21	出願	溶融スラグの処理設備	當房博幸
14	JFEスチール (株)他	特願 2010-141103	国内	2010/06/21	出願	スラグの顕熱回収方法	當房博幸

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

注記：出願予定の項目削除（番号2～7）

【論文】他

番号	発表者	所属	タイトル	発表誌名、ページ番号	査読	発表年
1	松崎眞六	新日鐵	Possibility of hydrogen reduction in iron-making process (COURSE 50 programs in Japan)	CAMP-ISIJ Vol.22(2009)-268	無	2009
2	樋口謙一	新日鐵	改質 COG 吹込みが鉄鉱石の高温還元性状に及ぼす影響	CAMP-ISIJ Vol.23(2010)-94	無	2010 (09FY)
3	柏原佑介	JFE スチール	高炉改質 COG 吹込みの製鉄系 CO2 発生量への影響	CAMP-ISIJ Vol.23(2010)-93	無	2010 (09FY)
4	松崎眞六	新日鐵	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	CAMP-ISIJ Vol.24(2010)-	無	2010 (9月)
5	松崎眞六	新日鐵	COURSE50 の概要と高炉での水素利用に関する検討	CAMP-ISIJ Vol.24(2010)-	無	2010 (9月)
6	神谷陽介	東北大	焼結鉱の還元粉化に与える還元ガス中 H ₂ -H ₂ O の影響	CAMP-ISIJ Vol.24(2010)-	無	2010 (9月)
7	宇治澤 優	住友金属	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)-	無	2010 (9月)
8	上岡健太	産総研	ハイパーコール添加によるコークス強度向上における乾留時の荷重効果	石炭科学会議発表論文集 (45), 140-141, 2008	無	2008
9	奥山憲幸	神戸製鋼	Thermal extraction behavior of coal	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T 2009)	無	2009
10	奥山憲幸	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	日本エネルギー学会大会講演要旨集 (18), 52-53, 2009	無	2009
11	宍戸貴洋	神戸製鋼	Effect of Innovative Additive on High Strength Coke Making	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry	無	2009
12	堺康爾	神戸製鋼	Improvement of the solvent de-ashing performance of Hyper-coal	The 10th Japan-China Symposium on Coal and C1 Chemistry	無	2009
13	宍戸貴洋	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	CAMP-ISIJ Vol.22(2009)-777	無	2009
14	濱口 眞基	神戸製鋼	Carbonization properties of coal extract prepared by non-hydrogenative extraction of coal - Application as an additive for metallurgical coke	2009 International Pittsburgh Coal Conference	無	2009

			making			
15	奥山憲幸	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	石炭科学会議発表論文集 (46), 26-27, 2009	無	2009
16	宍戸貴洋	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 vol60 No.1, 62-66, 2010	無	2009
17	奥山憲幸	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	2009
18	宍戸貴洋	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	CAMP-ISIJ Vol.23(2010)-62	無	2009
19	鷹薮利公	産総研	Effect of HyperCoal Addition on Coke Strength of Coal Blends	International Conference on Coal Science & Technology (ICCS&T 2009)	無	2009
20	上岡 健太	産総研	高性能粘結材添加コークスの気孔構造解析	CAMP-ISIJ Vol.22(2009)-778	無	2009
21	小谷野 耕二	産総研	Effect of Coal Extract on Coke Strength and Pore Structure	American Chemical Society(ACS) Spring 2010 National Meeting & Exposition	無	2009
22	鷹薮利公 奥山憲幸	産総研 神戸製鋼	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 (2010)	無	2010 (09FY)
23	奥山憲幸	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	無	2010
24	小谷野 耕二	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	無	2010
25	三浦孝一	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解明	化学工学会 第 42 回秋季大会	無	2010
26	奥山憲幸	神戸製鋼	Thermoplasticity Improvement of Coal Blends by Adding Solvent-Extracted Coal	2009 International Pittsburgh Coal Conference	無	2010
27	宍戸貴洋	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	無	2010 (9 月)
28	堺康爾	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 石炭科学会議	無	2010 (9 月)
29	熊谷治夫	北海道大	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 石炭科学会議	無	2010 (9 月)
30	山田秀尚 他	地球環境 産業技術 研究機構	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. 49, 2449-2455	有	2010 (09FY)

31	山田秀尚	地球環境 産業技術 研究機構	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	分子科学討論会	無	2009 (9月)
32	小玉 聡	地球環境 産業技術 研究機構	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	2010 (3月)
33	船津公人	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	2010 (3月)
34	山田秀尚	地球環境 産業技術 研究機構	Quantum Chemical Analysis of Carbon Dioxide Absorption into Aqueous Solutions of Moderately Hindered Amines	GHGT-10	無	2010 (9月)
35	小林敬幸	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	第 25 回ゼオライト研究発表会	無	2009
36	小林敬幸	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	第 26 回エネルギーシステム・資源・環境コンファレンス	無	2010 (09FY)
37	斉間 等	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 of Fundamentals on Adsorption	無	2010
38	三宅正訓	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	2010
39	斉間 等	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	2010
40	斉間 等	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	2010
41	原岡たかし	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	2010 (9月)
42	茂木康弘	JFEスチール	物理吸着法による高炉ガス分離技術	鉄鋼協会 第 160 回秋季講演大会	無	2010 (9月)

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) 中間評価

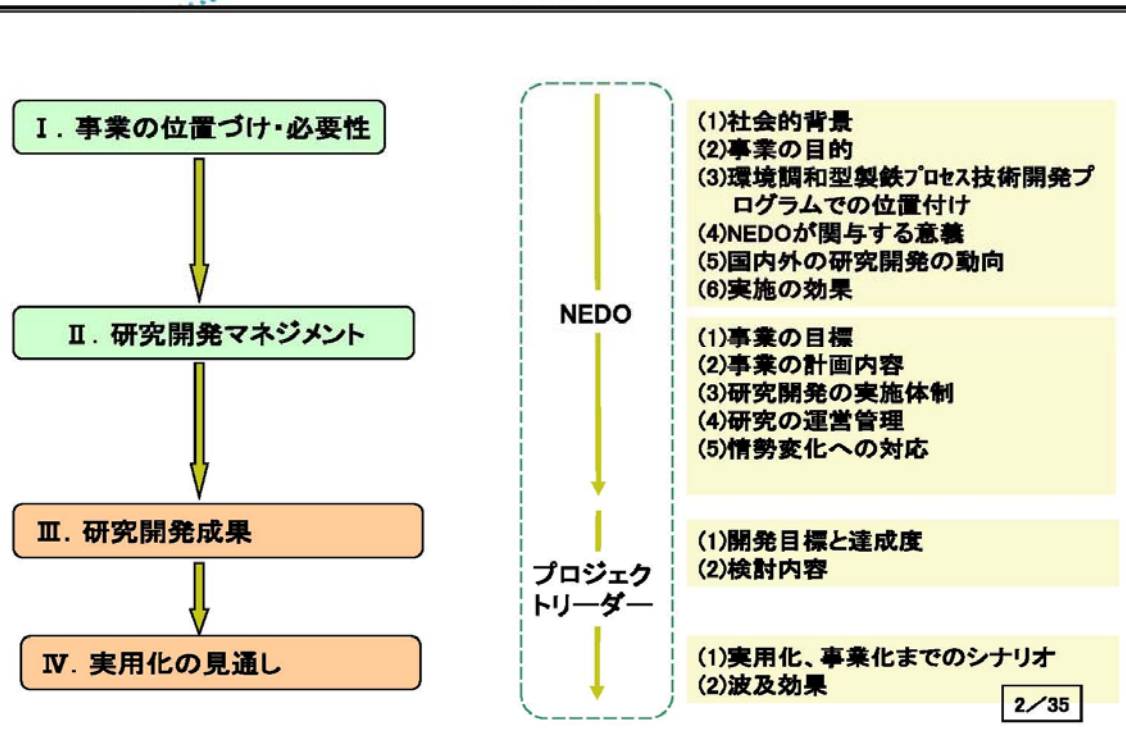
(2008年度～2012年度 5年間)
プロジェクトの概要 (公開)

NEDO環境部

2010年 8月 4日

CO₂ Ultimate Reduction in Steelmaking Process
by Innovative Technology for Cool Earth 50

1/35



2/35

社会的背景

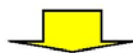
地球温暖化対策は喫緊の世界的、国家的課題



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43%、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



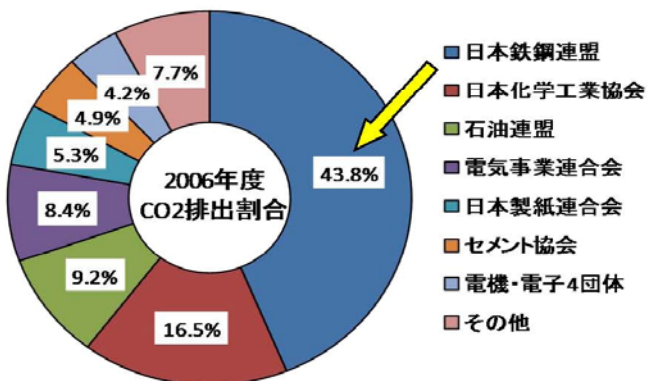
コークスの一部代替として水素で鉄鉱石を還元するとともに、高炉ガスからCO₂を分離・回収する技術を開発する

排出量単位:万トン-CO₂

業種(産業部門・エネルギー転換部門)	CO ₂ 排出量	割合
1 日本鉄鋼連盟	19,326	43.8%
2 日本化学工業協会	7,288	16.5%
3 石油連盟	4,062	9.2%
4 電気事業連合会	3,700	8.4%
5 日本製紙連合会	2,330	5.3%
6 セメント協会	2,184	4.9%
7 電機・電子4団体	1,846	4.2%
8 日本自動車部品工業会	698	1.6%
9 日本自動車工業会	559	1.3%
10 日本鉱業協会	483	1.1%
11 石灰製造工業会	312	0.7%
12 日本ゴム工業会	179	0.4%
13 日本塗料協会	175	0.4%
14 日本アルミニウム協会	154	0.3%
15 板硝子協会	153	0.3%
16 日本ガラスびん協会	104	0.2%
17 日本自動車車体協会	101	0.2%
18 日本電線工業会	82	0.2%
19 日本ベアリング工業会	69	0.2%
20 日本産業機械工業会	60	0.1%
21 日本伸銅協会	59	0.1%
22 日本建設機械工業会	49	0.1%
23 日本ガス協会	38	0.1%
24 石灰石鉱業協会	36	0.1%
25 日本衛生設備機器工業会	33	0.1%
26 日本工作機械工業会	26	0.1%
27 石油鉱業連盟	25	0.1%
28 特定規模電気事業	19	0.0%
29 日本産業界商協会	7	0.0%
合計	44,154	100%

92.3%

産業・エネルギー転換部門29業種中
主要7業種で2006年度の約9割を排出。

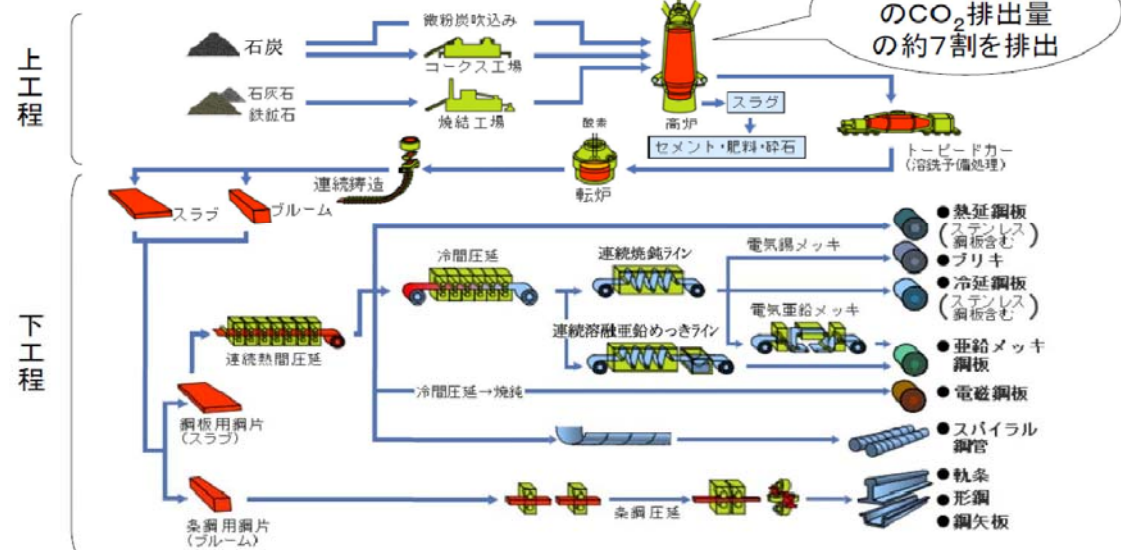


1. 事業の位置付け・必要性について
(1) NEDOの事業としての妥当性

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

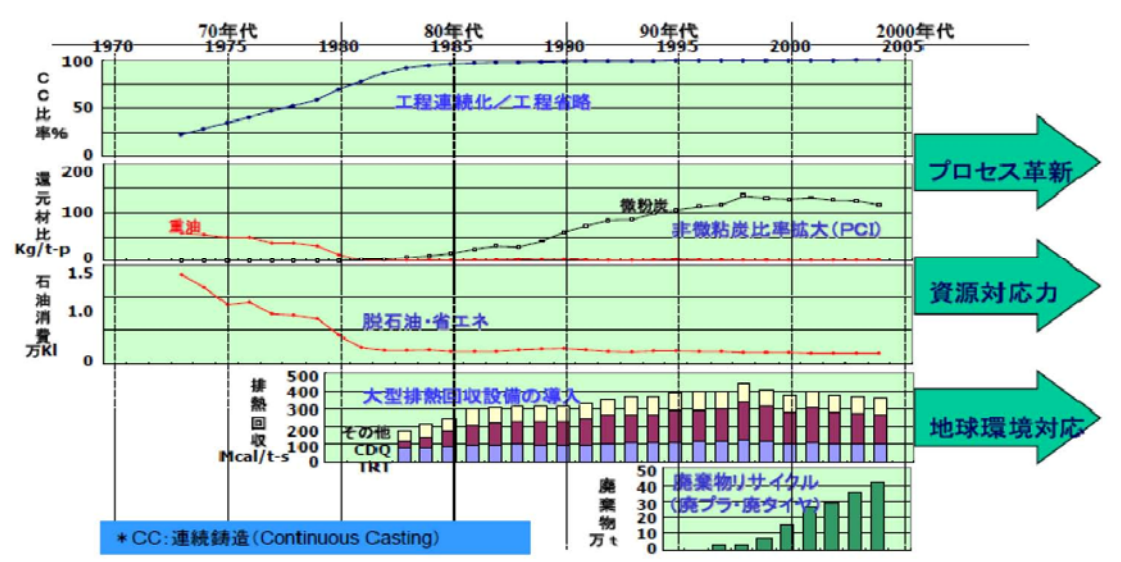
鉄鋼の製造プロセス

鉄鋼業トータルのCO₂排出量の約7割を排出

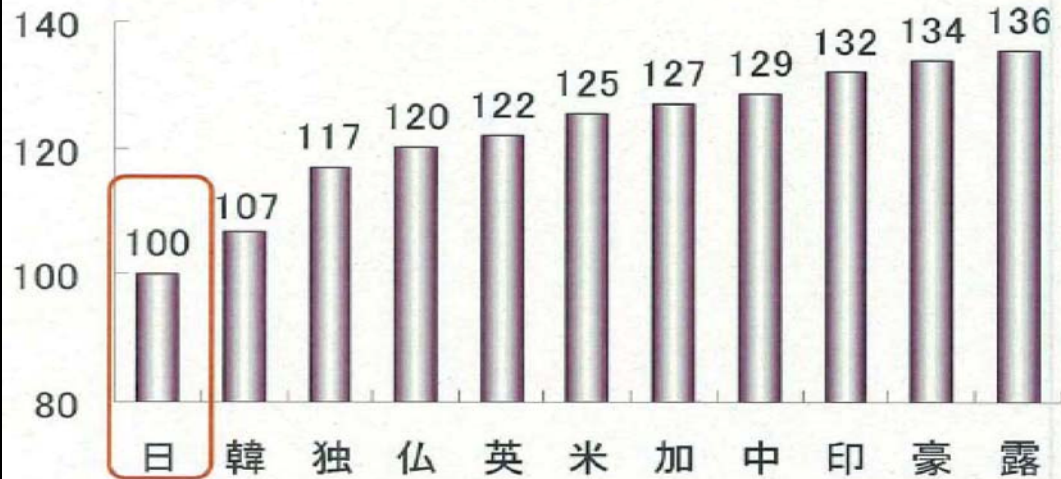


1. 事業の位置付け・必要性について
(1) NEDOの事業としての妥当性

鉄鋼業における省エネルギー実施状況

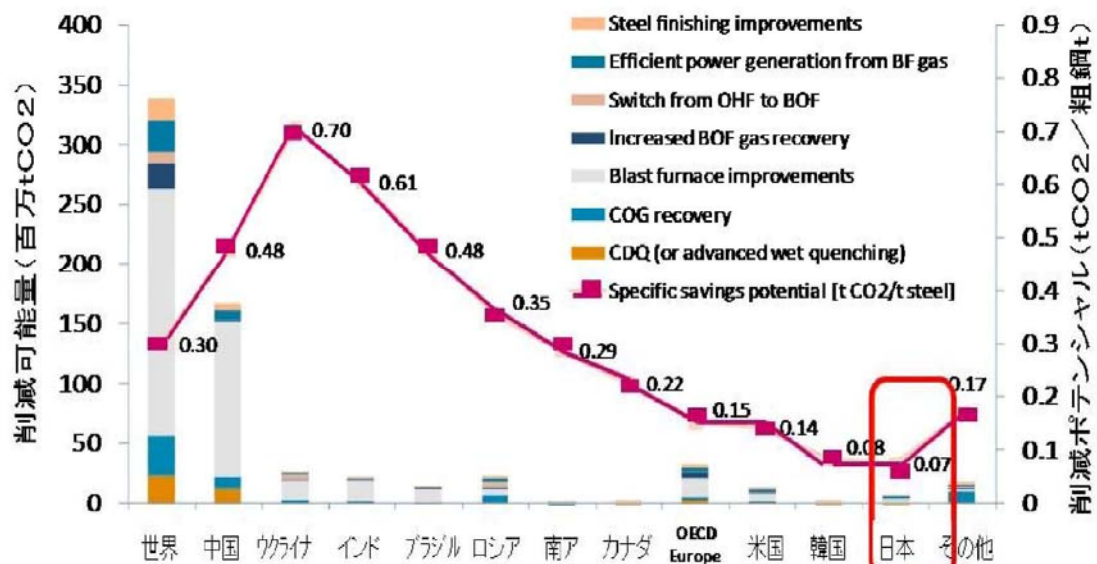


鉄鋼業(高炉・転炉法)のエネルギー原単位の国際比較



出展:「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>



出所:「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

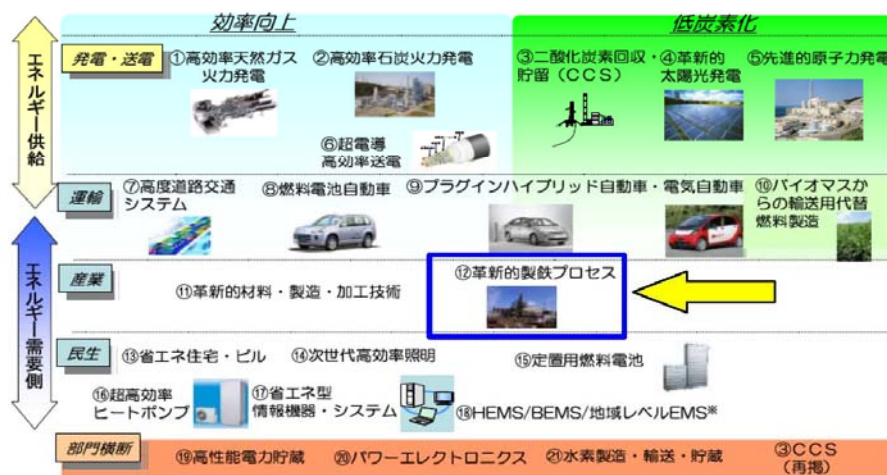
●エネルギー基本計画(2010年6月)

低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現
産業部門の具体的な取組として、本プロジェクト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。

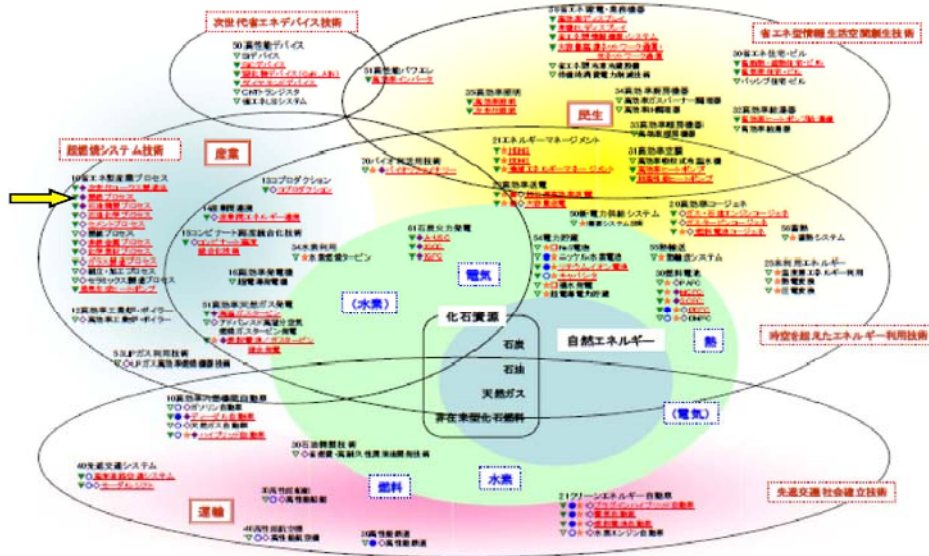
<Cool Earth—エネルギー革新技術計画に掲げられた革新技術>

—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。



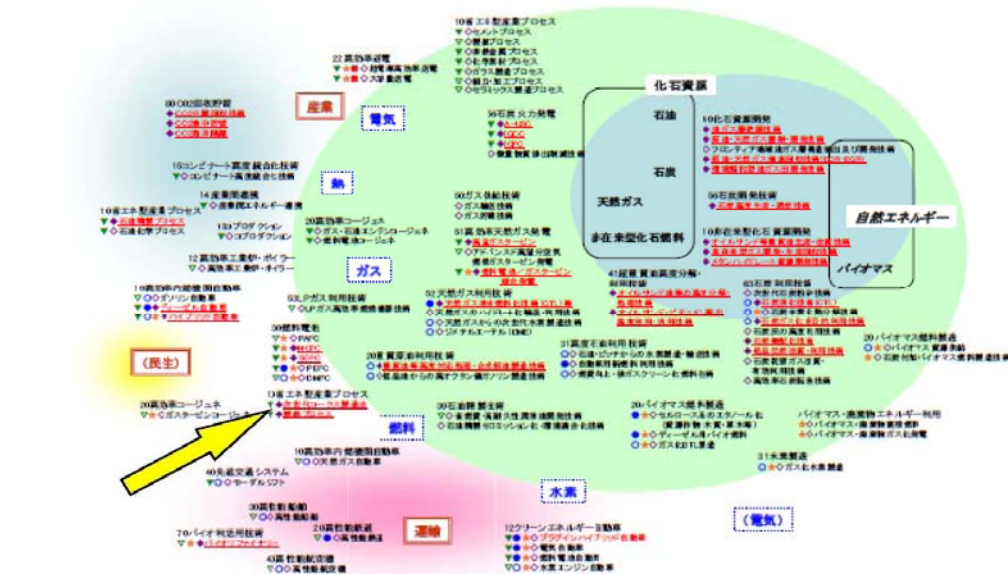
1. 事業の位置付け・必要性について
(1) NEDOの事業としての妥当性(政策上の位置付け)



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)

● 技術名の欄に記した色付きの記号(○●○)は、その技術が要する
設備投資が省庁(○)・国(●)・地方自治体(○)の共同出資による
場合、○が省庁の出資、●が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。

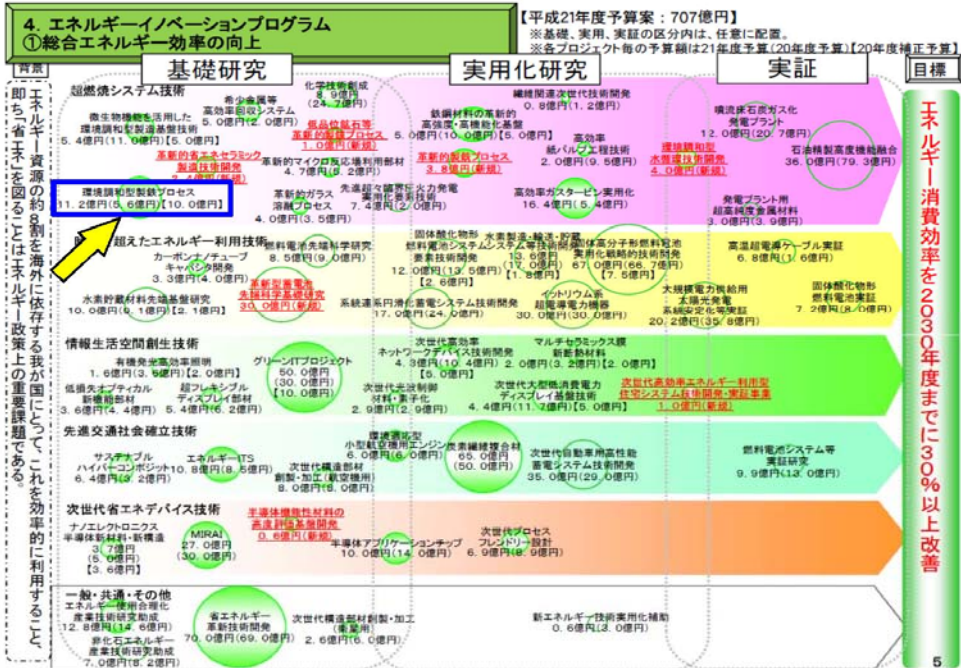
1. 事業の位置付け・必要性について
(1) NEDOの事業としての妥当性(政策上の位置付け)



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)

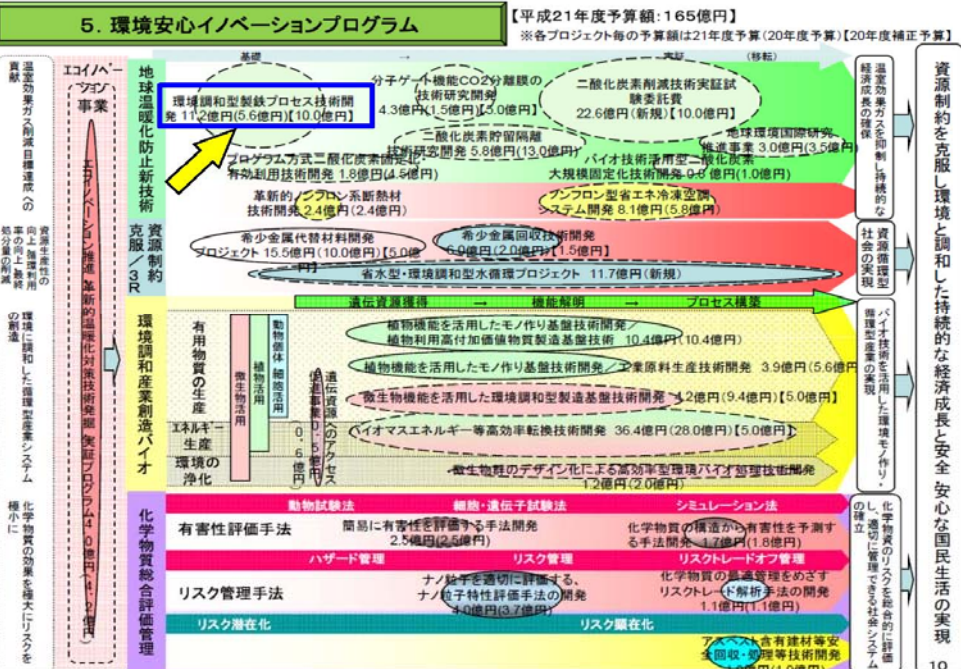
● 技術名の欄に記した色付きの記号(○●○)は、その技術が要する
設備投資が省庁(○)・国(●)・地方自治体(○)の共同出資による
場合、○が省庁の出資、●が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。
●が省庁の出資、○が国の出資、○が地方自治体の出資を示す。

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(政策上の位置付け)



エネルギー消費効率を2030年度までに30%以上改善

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(政策上の位置付け)



資源制約を克服し環境と調和した持続的な経済成長と安全安心な国民生活の実現

<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	新橋浦プロセス 高微粉炭比操業下でのガス排出量低減 電気炉ダスト回生技術 電磁力利用鋳造技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化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)	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 断片表面改質による物理元素無害化技術 高強熱耐食鉄鋼材料	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(石灰・鉄鉱石) 副産物・副エネルギー型高炉	新還元溶融製鉄法(ITmk3) 直接還元製鉄法(FASTMET) 電炉用HDI製法プロセス	エネルギー(鉄ノカス)併産技術 電炉用鉄石・シラ鉄製造(CRMO) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材料高強度・高機械化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコアPアクション
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	ICCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂ (さらに分離膜の適用化で1,500円/t-CO ₂)	1,000円/t-CO ₂			
		ガス化ガス・高炉ガスからの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	高炉半熱炭製造技術				

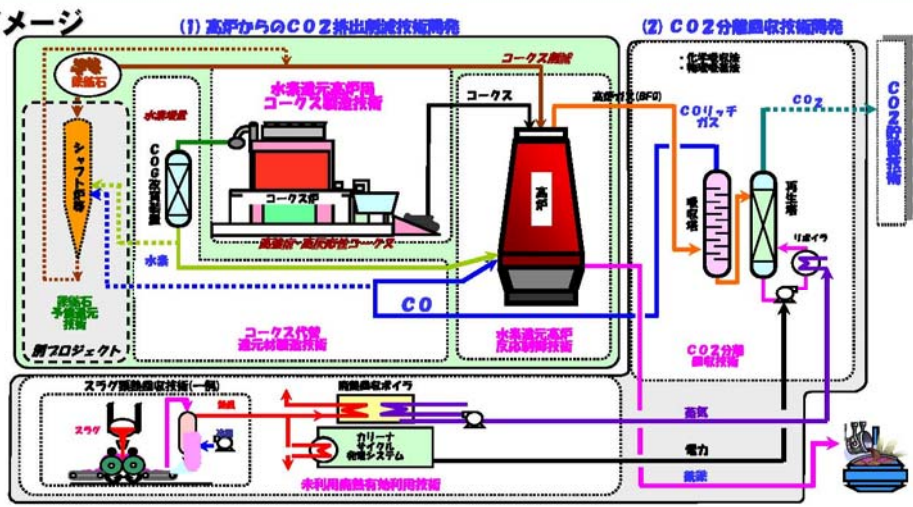
図中の で囲った項目が本プロジェクトでの開発項目を示す。

環境調和型製鉄プロセス技術開発

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。

事業イメージ



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	Phase I	Step1(本事業)	100億円
(予定)	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

COURSE 50 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

(3) 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~)

Phase-1: シース技術の評価・基礎研究(2008年をターゲット)
Phase-2: パイロットプロジェクト(2008年~)

北米プログラム
鉄鉱石の電気分解など基礎研究(大学との連携)が中心

南米プログラム
バイオマス など

欧州
Ultra Low CO₂ Steelmaking ULCOS
高炉ガスからCO₂分離とガスリサイクルなど低炭素鉄鋼製造、熔融還元などが中心テーマ、EU域内の国際的な連携

韓国プログラム

日本プログラム 鉄連(JISF)
CO₂ 分離・貯留や水素製造などセクターを超えたテーマも含む

豪州プログラム

IISI

24

事業原簿 I-2(参考) 19/35

COURSE 50 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

(3) 国内外の研究開発の動向; 事業目的の妥当性

		Phase I					Phase II		
		FY 2007	FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012	FY 2013-2017	FY 2018-2028
Government	Cool Earth 1.1.1.1 革新技術計画		●7月: 38	●Post京都特組					◀Post京都▶
		●プロジェクト評価	●プロジェクト採択(7/21)						
worldsteel (世界鉄鋼協会)		CO ₂ -BT-Phase1		CO ₂ -BT-Phase2					
ULCOS			ULCOS1(2010)		ULCOS2(2009-2017)				ULCOS3(2018-)
開発ステージ		Phase I (Step1)					(step2)	Phase II	
超年度予算額(億円)			15.6	25.1	23.0	24.4	20.3		
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) 150億円 (5年間)	実用化開発
	COG改質		(改質技術見極め)		ハッチ規模試験機製作と立ち上げ	評価試験			
CO ₂ 分離回収	分離回収		300トンの評価/外建設等		吸収剤/剤の技術評価				
	未利用顕熱回収		要案技術見極め		ハッチ試験建設と技術評価				

事業原簿 I-7(本図はIV-3) 20/35

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。

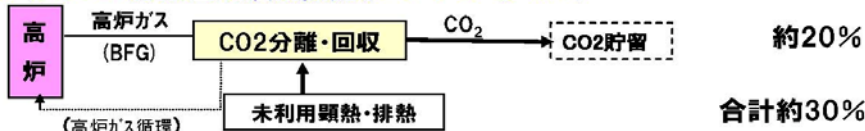
②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発

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。

①高炉からのCO2排出削減技術開発(1-1 から 3)



②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発(4-1-1 から 5-3)



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。

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。

事業の目標(研究開発実施項目)

①高炉からのCO2排出削減技術開発

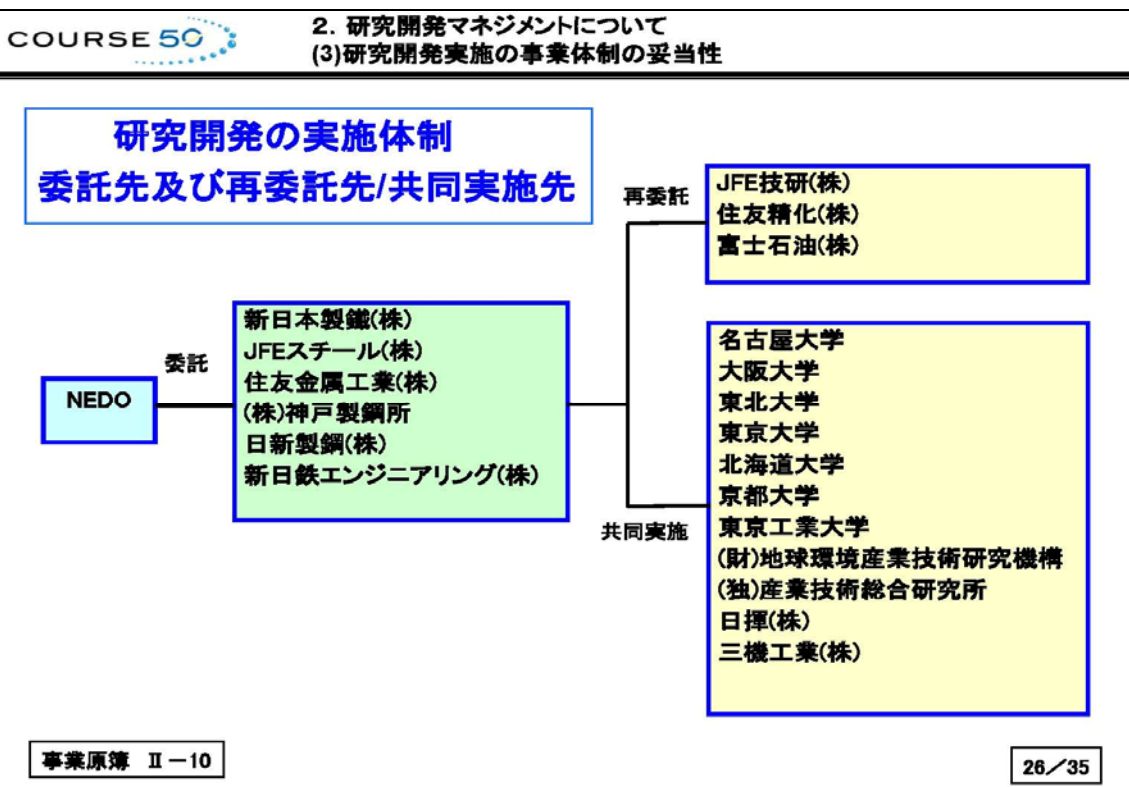
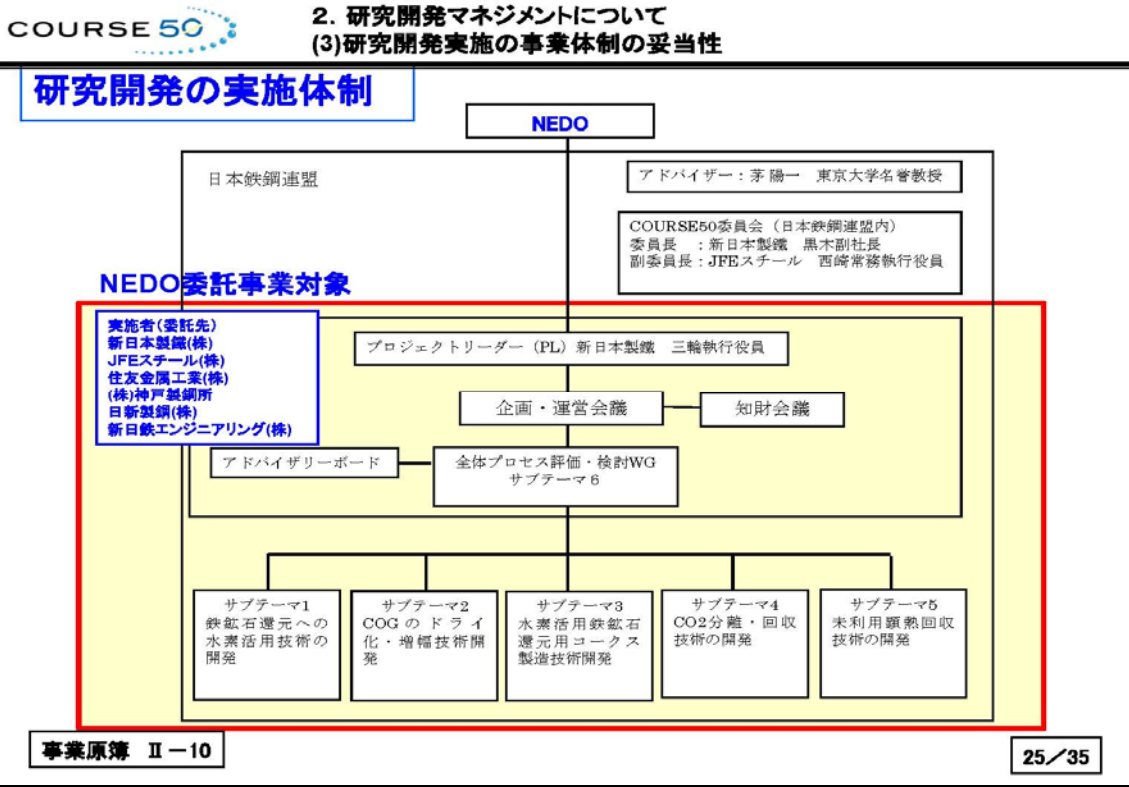
- サブテーマ1:CO2削減のための高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。
- サブテーマ2:コークス炉の800℃の未利用排熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス(COG)改質技術を開発する。
- サブテーマ3:水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。

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。

・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。

テーマ	目標	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、高炉内鉄石還元挙動を明らかにするとともに、鉄石還元粉化検討、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 Nm ³ /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開発する。	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の評価する。	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℃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本来のCO2削減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%CO ₂ 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。



情勢変化等への対応

情勢	対応
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の設置(H21年度下期から)。	アドバイザリーボードに関しては、東北大/三浦教授、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名に就任をお願いし、3月9日に実施。今後も年2回程度のペースで継続実施の予定である。
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、COURSE50委員会では、提言を行い、了承して、テーマの選択と集中を実施	H22年度以降は以下のように推進することとした。 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
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	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、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。

加速財源投入実績 (2008、09年度)

サブテーマ別予算の推移	(百万円)					
	H20本予算	H20補正予算	H21本予算	H21補正予算	H22本予算	H20~H22総額
1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	26.1		101.3	329.8	395.2	852
2 COGのドライ化・増幅技術開発					504.0	504
3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術開発	119.0		267.3	29.8	67.3	483
4 CO2分離・回収技術の開発	244.0	914.6	621.4	248.1	812.0	2,840
5 未利用顕熱回収技術開発	137.3	84.9	118.5	783.6	77.6	1,202
6 全体プロセスの評価・検討	5.4		6.1	3.1	5.8	20
計(消費税を含む)	532	1,000	1,115	1,394	1,862	5,902

補正予算は、以下のような考えで、適時投入。

- 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。

COURSE 50 2. 研究開発マネジメントについて (4)情勢変化等への対応等

・サブテーマ6による「アドバイザーボード(年2回)」開催

外部有識者の意見を運営管理に反映
 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 九州大学大学院工学研究院 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
 ○三浦 隆利 東北大学大学院工学研究科 教授(○:委員長)
 以下を反映
 1) 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
 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) 試験高炉実験を計画してほしい 等々

・その他、以下の委員会を開催

「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
 「全体システム評価・検討WG会議(年8回)」技術全体のシステム化と実用化検討を協議
 「企画・運営会議(年4回)」運営全体の進め方等を協議
 「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

事業原簿 II-12 29/35

COURSE 50		3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度	プロジェクト(事業)の目標(目的)、及びプロジェクトとしての達成状況
テーマ	主な進捗と成果	◎:スケジュール以上に加速進捗または加達成 ○:順調進捗	評価
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	炉内ガス中H2の増加にもかかわらず、試験範囲においては、シャフト部温度低下や還元遅延等の懸念現象は見られていない。 水素吹込みによる鉄石還元率の予想以上の向上が得られ、インプットカーボン10%削減の可能性をラボベースで確認した。 羽口+シャフトで。	◎	◎
サブテーマ2 COGのドライ化・増幅技術開発	H22fy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り組みを開始した。	○	○
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	「コークス強度到達目標の達成」に対しては、高性能粘結材の添加と配合炭層密度の調整で目標DI(150/15)=88に到達した。 「作用機構の解明」については、コークス強度向上がHPC(乾留時に良好な軟化溶解性を示す)による配合炭の流動促進効果に起因することを明らかにした。	◎	◎
サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発	CAT30Iによる評価結果と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。 物理吸着では「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しながら実施。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。	◎	◎
サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発	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、ケミカルヒートポンプ技術及び、相変化物質による蓄熱・熱輸送技術を新たな開発課題として選定。 実機の製鋼スラグを40kg溶解できるプラズマ溶解炉、単ロール成形ラボ装置を製作し、目標とする製鋼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設計完了し、製作中。カーナ発電システムの実機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。	○	○
サブテーマ6 製鉄プロセス全体の評価・検討	約30%CO ₂ 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的エネルギーバランス評価のためにツールを作成。世の中への積極的な宣伝を狙ってHPの作成・整理等も実施。	◎	◎

事業原簿 III-1 30/35

3. 研究開発成果について (1)(中間)目標の達成度

最終目標 (H24年度)	中間目標 (H22年度)	サブテーマ	達成 状況
①高炉からのCO2排出削減技術開発	最終目標を達成するための主要構成技術の目途を得る		
・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。		1. 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	◎
・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。		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、中間評価を目的に目標を設定する。		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。		4. CO2分離・回収技術の開発	◎
	5. 未利用顕熱回収技術の開発	○	
	6. 製鉄プロセス全体の評価・検討	○	

3. 研究開発成果について
(3)知財と標準化 及び (4)成果の普及

(3)知的財産権、成果の普及

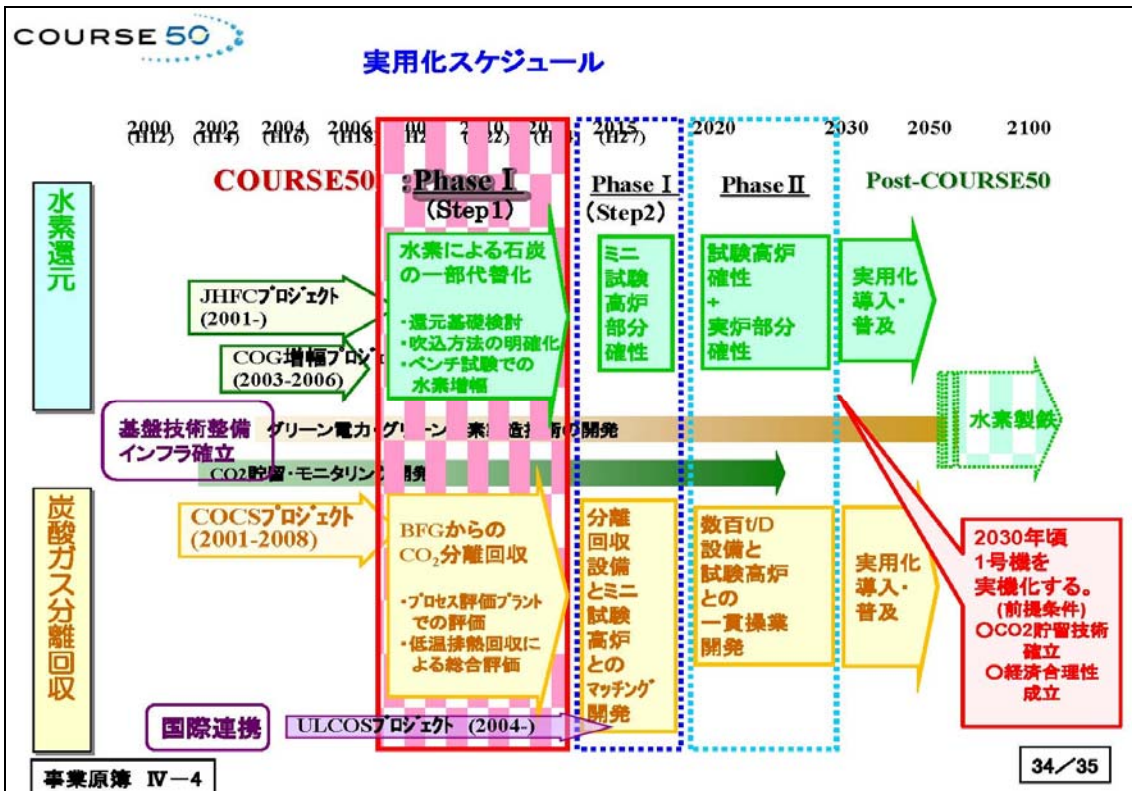
	H20	H21	H22	H23	H24	計
特許出願(成立特許)		1	10 ¹⁾			11件
論文(査読付き)		1				1件
研究発表・講演	1	23	18 ²⁾			42件
受賞実績						0件
新聞・雑誌等への掲載	4	14	1			19件
展示会への出展						0件

注1: H22特許出願はこの他に3件準備中

注2: H22研究発表は2010秋学会発表予定10件を含む

※ : 平成22年7月30日現在

3. 研究開発成果について (5) 成果の最終目標の達成可能性		
COURSE 50		
テーマ	最終目標	達成見通し
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	改質COGの適正吹込み位置、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。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。	ラボレベルでは確実に最終目標を達成できる。同時に、小スケールでの試験設備での実証も視野に入れて今後取り組む予定。
サブテーマ2 COGのドライ化・増幅技術開発	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。	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、最終目標に到達できる予定。
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	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 \geq 88 ・想定される改質COG下におけるコークス熱間物性を評価する。	早期の段階で最終目標に到達できる予定で、開発を早期終了することを狙う。
サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発	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。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。	化学吸収及び物理吸収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、研究に重点を置き、推進する予定。
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により、BFGからのCO2分離回収量増加への寄与を評価する。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。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。	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。
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CO2削減を可能にする技術の確立に資する。	早期終了課題と加速すべき課題を抽出して、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。
事業原簿 III-2		33/35



<実機化に向けての考え方>

平成20年7月に始動した本技術開発の内容は、大きく二つある。

一つ目の水素還元については、初年度は実験室規模の設備を用い、水素の還元材としての効果を概ね確認したところである。

二つ目の「高炉ガスからのCO₂分離・回収」については複数のCO₂分離技術を視野に入れているが、例えば化学吸収法については、吸収液の特性改善をラボレベルで行いつつ、君津製鉄所における30t/Dのプロセス評価プラントの建設を並行させており、平成21年度末より試験開始している。

今後の見通しであるが、2013年以降の5年間で、規模を大きくした開発を行い、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、順次の実機移行を考えている。

<実機化の見通しと条件>

①2030年までに技術を確立する。

②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。

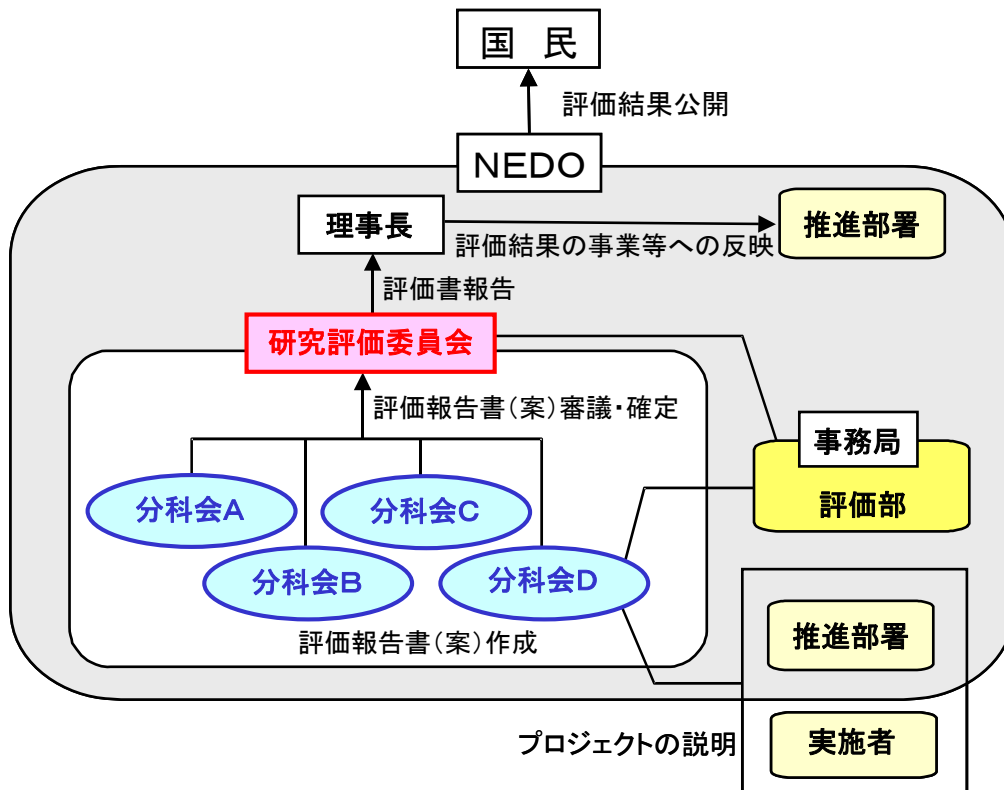
2008年～2012年	2013年～2017年	2018年～2028年
Phase I (step1)	Phase I (step2)	Phase II

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者である。』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及び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。
- ・ 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)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 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。

(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。

(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。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

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。

(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（中間評価）

2010. 3. 26

【中間評価 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中間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)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 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。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

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

- ・ 成果は市場やユーザーのニーズに合致しているか。
- ・ 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。
- ・研究管理法を經由する場合、研究管理法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)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 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を期待できるか。
- ・ 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。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

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)中間目標の達成度

- ・ 成果は目標値をクリアしているか。
- ・ 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。

(5)成果の最終目標の達成可能性

- ・ 最終目標を達成できる見込みか。
- ・ 最終目標に向け、課題とその解決の道筋が明確に示され、かつ妥当なものか。

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。

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22年11月

NEDO 評価部

評価部

部長 竹下 満

主幹 寺門 守

担当 上田 尚郎

*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/iinkai/kenkyuu/index.html>)

〒212-8554 神奈川県川崎市幸区大宮町1310番地

ミュージア川崎セントラルタワー20F

TEL 044-520-5161 FAX 044-520-5162