

「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【公開】

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

—目次—

概 要	i-1
プロジェクト用語集	ii-1
I. 事業の位置付け・必要性について	
1. NEDOの関与の必要性・制度への適合性	I-1
1.1 NEDOが関与することの意義	I-1
1.2 実施の効果(費用対効果)	I-2
2. 事業の背景・目的・位置づけ	I-4
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>C02 を大幅に削減する、環境に調和した製鉄プロセスを開発する。</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> <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 <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、焼結鉄石還元粉化検討、炉上部での熱補償検討、高炉内の局所的な挙動の評価を行い、CO₂削減について定量的な評価を行う。

<最終目標>

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

・テーマ 2 : (SG2) COG のドライ化・増幅技術開発

コークス炉の 800°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] DI ≥ 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（BFG）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	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()	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	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、可能な限り前倒して推進する。 ・化学吸収・物理吸着：ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進める。 ・排熱回収や高性能コークス製造：多少時間を掛けても確実に実施できるよう、原理原則部分 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いれ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 (CAT30) による評価結果と 1t-CO₂ 回収/ベンチプラント (CAT1) 評価結果を合わせてスケールアップ則に乗っていることを確認。「CAT30 での製鉄プロセスへの影響評価」は、速報ベースだが、世界最小水準の熱消費量値を試験結果として得た。物理吸着法は「ガス分離性能の検証」、「ベンチ装置での運転研究」、「実機プロセスの検討」の 3 分野の研究開発を有機的に連携させながら実施。技術調査を主体とした CO₂ 分離回収技術の低コスト化の検討と、モデル製鉄所におけるコスト評価も実施。 <最終目標達成の見通し> 化学吸収及び物理吸着の個別課題はそれぞれ最終目標を達成できる予定。最終的な総合システム化に向けて、研究の重点を置き、推進する予定。
----------------------	---

	<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溶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="391 996 1474 1144"> <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。 						
V. 基本計画に関する事項	<table border="1" data-bbox="391 1868 1474 2024"> <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はなく、炉内を通過する還元ガス(一酸化炭素)の通り道(通気)を確保するためのスペーサー、熱を確保するための発熱材の役割も担っている。したがって高炉を操業するためには、溶鉄 1t を製造するためには 250kg 程度のコークスは最低限必要であるといわれている。
4	微粉炭	高炉で補助的に使用される還元材。羽口から直接炉内に吹き込まれる溶鉄 1t を製造するために約 150kg の微粉炭が使用される。コークスを製造するためには高価かつ希少な資源である粘結炭が必要であるが、微粉炭としては相対的に安価な石炭が使用可能である。
5	シャフト部	高炉の炉体は炉の上部から 3 つに区分され、下向きに広がった部分を“シャフト部(炉胸部)”、一番炉径の広がった部分を“ボッシュ部(炉腹部)”、炉下部にすぼまった部分を“ベリー部(朝顔部)”と称する。その更に下部に、熱風を吹き込みノズルである羽口が設置されている。現在の 5,000m ³ の高炉では約 40 本設置されている。
6	ボッシュ部	
7	ベリー部	
8	羽口	
9	レースウェイ	羽口から高速で吹き込まれた送風エアにより形成される、コークスが流動、旋回、燃焼する領域。約 1m 程度の狭い領域であるが、この領域でコークスや微粉炭、改質 COG の酸化還元反応が行われる。この領域を通解したガスは、すべてコークスに還元され、一酸化炭素や水素となる。

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

		$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
23	体積破壊	巨視亀裂が原因となる破壊
24	混合拡散現象	充填層内で互いに隣り合っているガスが、層内を移動する過程で一部が混じり合う現象
25	圧力損失	ガス流れの上流と下流に現れるガスの静圧差
26	移流項	運動量収支式における運動量の湧き出しを表す項
27	Peclet 数	物質収支式を無次元化した時に現れる拡散係数を含む無次元数
28	ボッシュガス	羽口前で吹き込まれた熱風で炉内のコークスが燃焼して発生したガスのこと。
29	出銑比	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 をドライメーン(32に記載)へ導くガス管。尚、この上昇管の中間部分でアンモニア水を噴霧して高温のCOGを約100℃程度まで冷却すると共に、ガス成分と油・固形成分とを分離可能にする機能を有する。また火落ち判定孔と呼ばれる孔が備えられ、乾留の終了時点を目視で判定できる。
7	乾留	非酸化性雰囲気下で加熱すること。本研究では、石炭のコークス炉内

		での加熱を指す。
8	活性点	触媒上において触媒作用が行われる特定の部分のことである。例えば、特定の配列を持った格子面や、結晶面上でのステップ、キック、点欠陥、転位の末端など、配位不飽和度の高い原子やその集団であることが多い。
9	素反応	一つの化学反応式で表される化学反応は、実際には複数の化学反応から成り立っていることが多い。ただ一つの反応段階からのみなっている化学反応、すなわち、それ以上の反応段階に分けて考えることができない化学反応のことを指す。
10	ダスト	本研究では、石炭の微粒子のことで、空気中で浮遊する程度の粒径の粉末を指す。
11	耐久性	触媒の性能の安定性を意味し、具体的にはどの程度の時間(期間)触媒性能が維持されるかを指す。
12	改質	一般的には、価値に乏しい化合物を付加価値の高い化合物に変換することを意味し、本研究では、COG 中タールを水素、一酸化炭素、メタンなどのガス成分に変化させることを指す。
13	仕切弁	コークス炉上昇管から実 COG を抽気／閉止するための開閉弁。本研究では、800℃を超える高温に耐え、且つ、タール等固着性のある成分を含んだガスに対して開放／閉止が可能な弁を指し、現状では両機能を兼ね備えた製品は世の中に存在しない。
14	触媒槽	固体触媒を充填する反応槽
15	押出機	コークス炉からコークスを押し出す装置。押し出す装置のほかにコークス炉の蓋取り装置と、押出後新たに装入された石炭の上部を平らに均すレベラーを備え、炉団に平行に敷かれたレール上を走行する。
16	トラスデッキ	鋼材の接点を接合し、三角形を基本にして組んだ構造形式を有した鋼材を床にした橋梁物を指す。
17	固相晶析法	触媒反応機能を有する金属を予め金属酸化物にその金属の一部と置換させて固溶した状態を形成する。そして、還元雰囲気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>

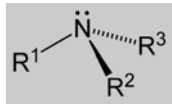
NO.	用語	意味・説明
1	アスファルトピッチ (Asphalt pitch, ASP)	石油系の減圧蒸留残渣油を常圧無触媒下、過熱水蒸気(500~700℃)で熱処理して得られるピッチ。軟化点が150~200℃と高く、コークス製造時の流動性補填剤として用いられる。
2	間接引張試験(Tensile strength) 圧壊強度 (compressive strength)	圧縮強度を試験するとき用いる円筒形の供試体を横に置いて、円筒の側面に垂直方向の荷重をかけると横方向に一樣な引張りの力が働いて、真ん中で割れるように破壊する現象を利用したもの。間接的に引っ張るところから、間接引張試験、割れて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ー法(Gieseler plastmeter)	流動性試験方法(JIS M8801に規程)。攪拌棒が挿入されている金属製のつぼ(内径 21.4mm, 深さ 35.0mm)に 425 μ m 以下とした試料 5g を充填し、金属浴中にて 3 °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 °C, 100 等分)の動きを温度とともに 1 分ごとにプロットする方法。測定を指示針が停止するまで続け、温度とダイヤルの読みとの関係を片対数グラフで示す。
5	乾式消火設備 (Coke dry quencher,	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

	CDQ)	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 ($\tan \delta$) 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、長さとともに 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 \pm 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	第一種压力容器	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	ケモインフォーマティクス	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 ³ /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	ポルトランタイト	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。

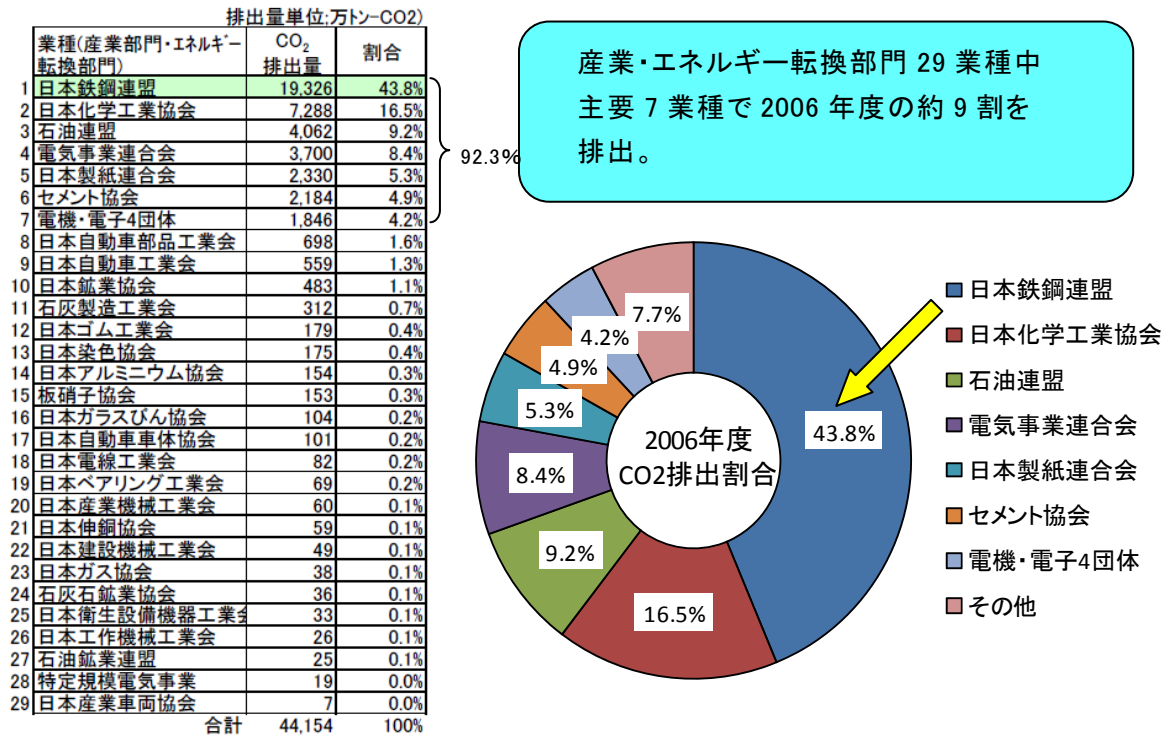


図 I-2-1 我が国の鉄鋼業における CO₂ 排出の現状

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

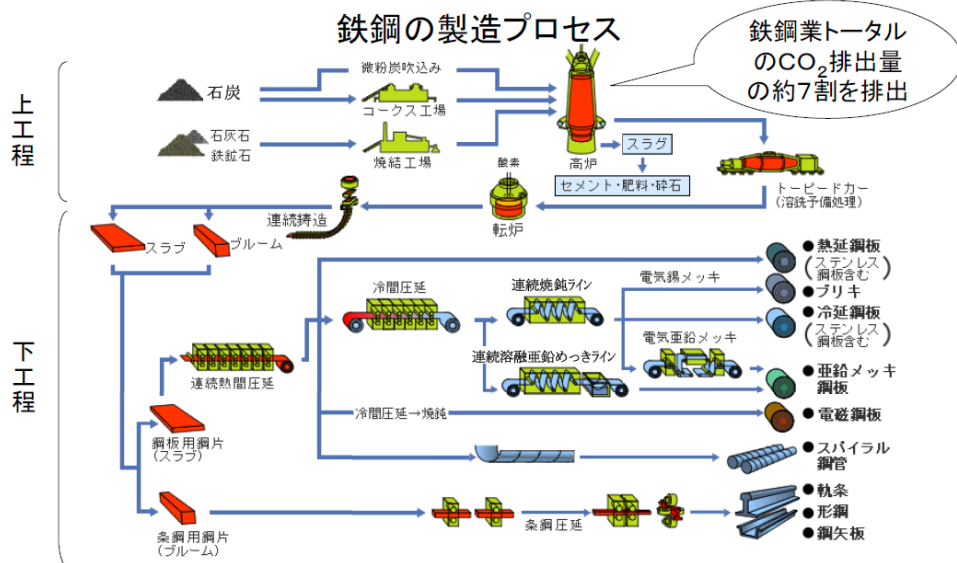


図 I-2-2 一貫製鉄所の製造プロセス

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。

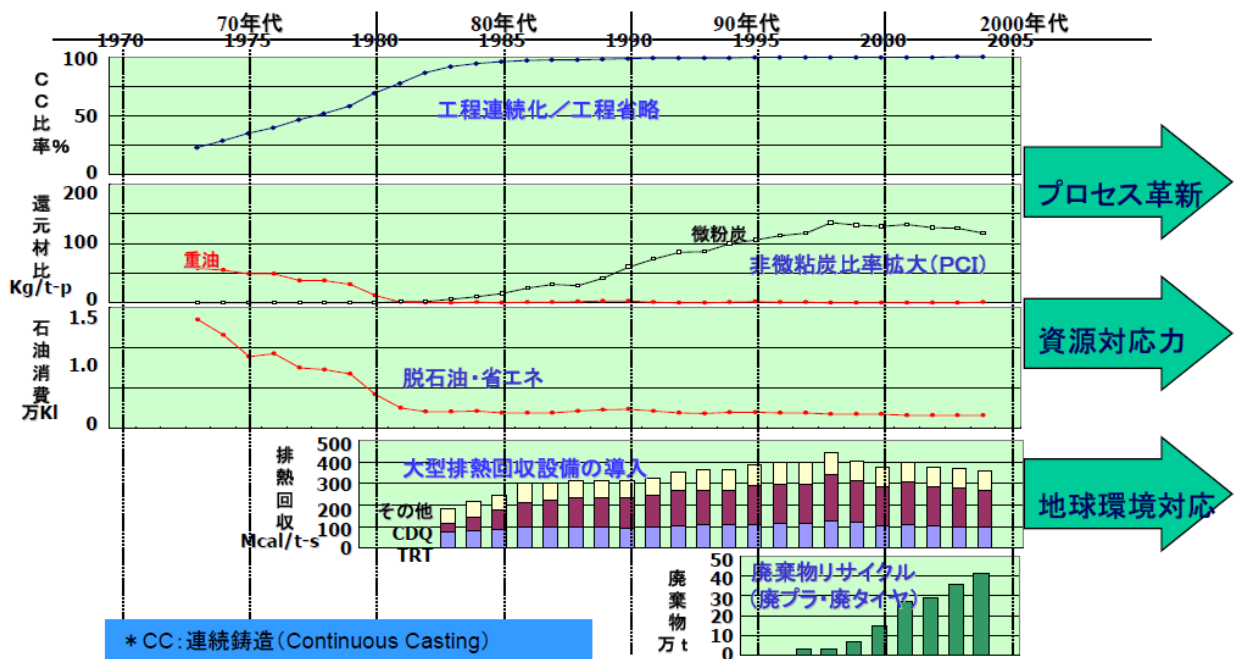


図 I-2-3 鉄鋼業における省エネルギー実施状況

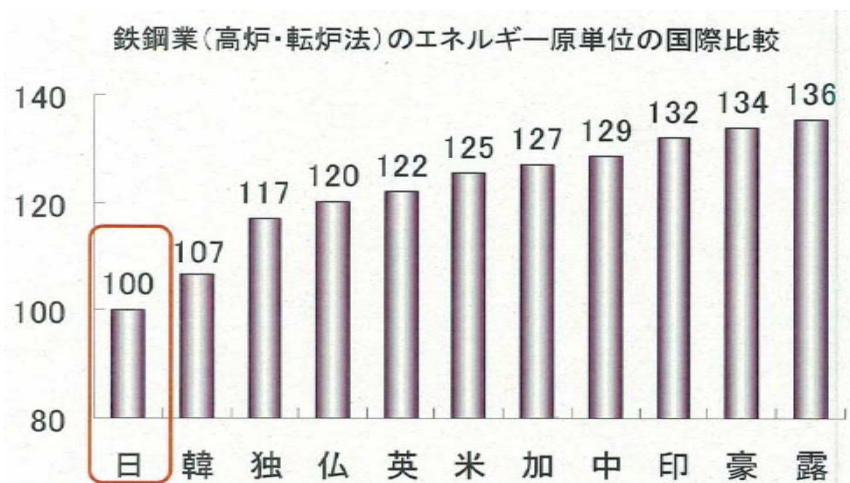


図 I-2-4 鉄鋼業（高炉・転炉法）のエネルギー原単位の国際比較
 出展：「エネルギー効率の国際比較（発電・鉄鋼・セメント部門）」2008RITE

＜鉄鋼業のCO2削減ポテンシャルに関する国際比較＞

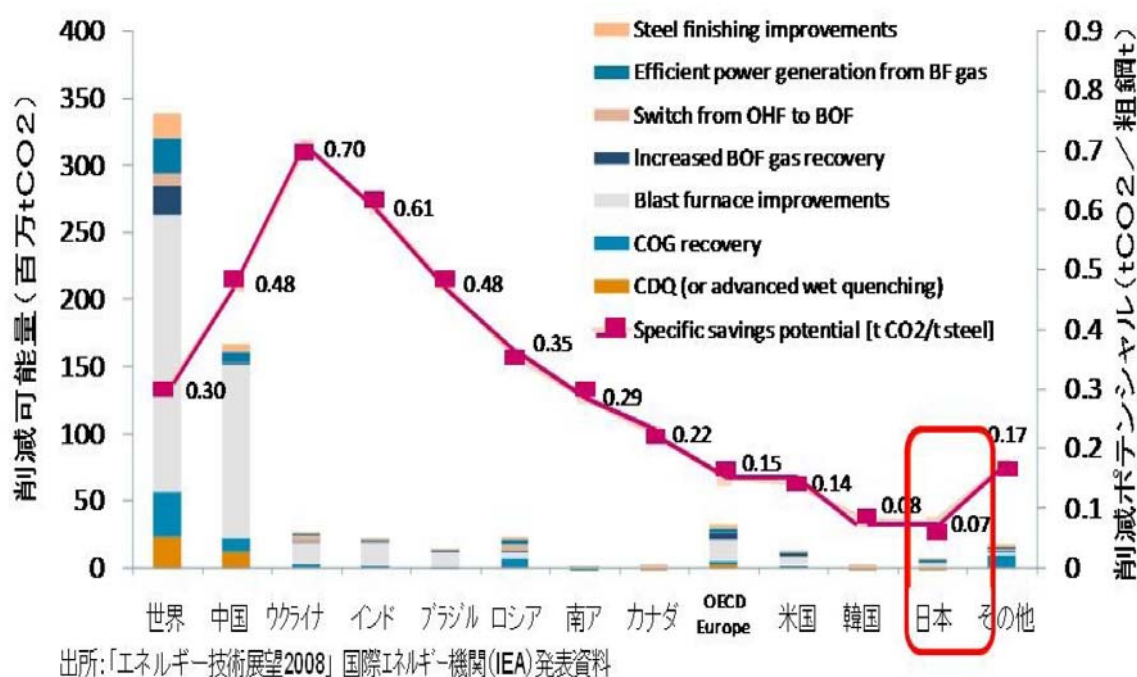


図 I-2-5 鉄鋼業の CO2 削減ポテンシャルに関する国際比較

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。

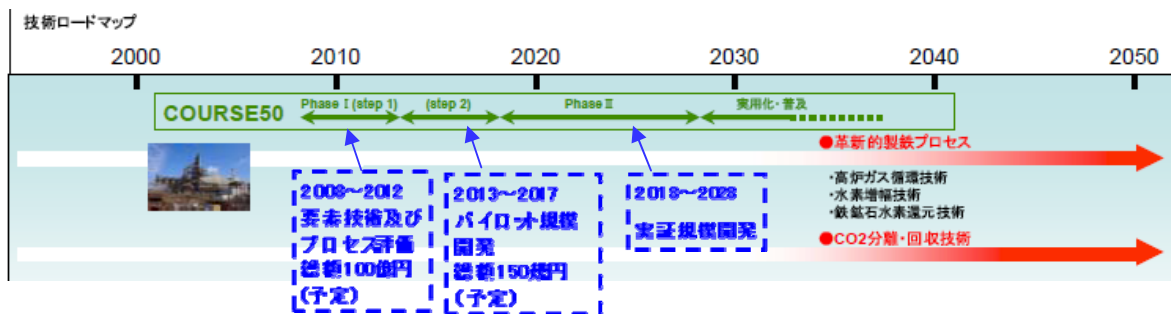
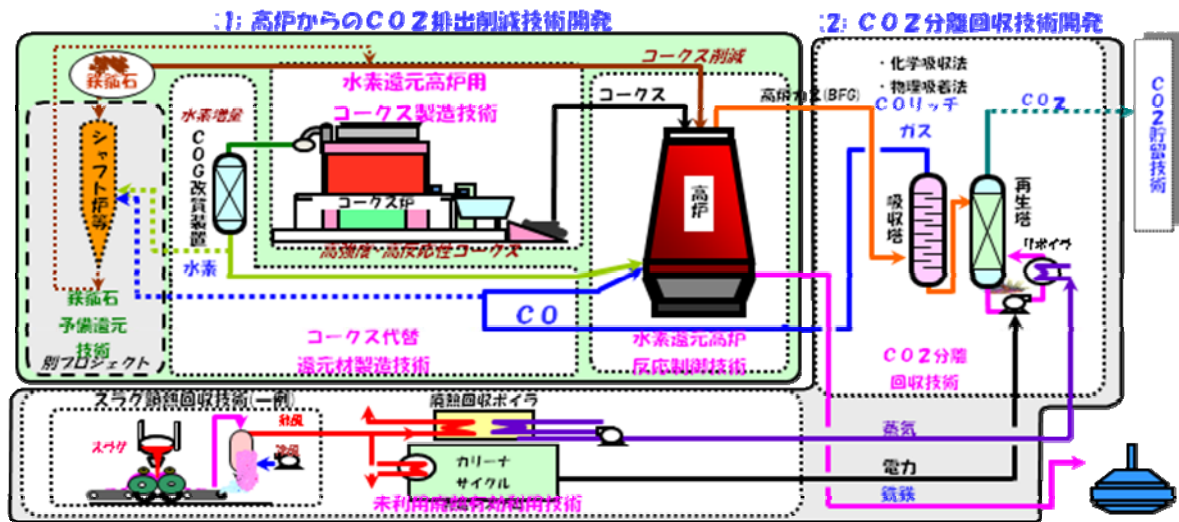


図 I-2-6 本事業の概要と技術ロードマップ

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。

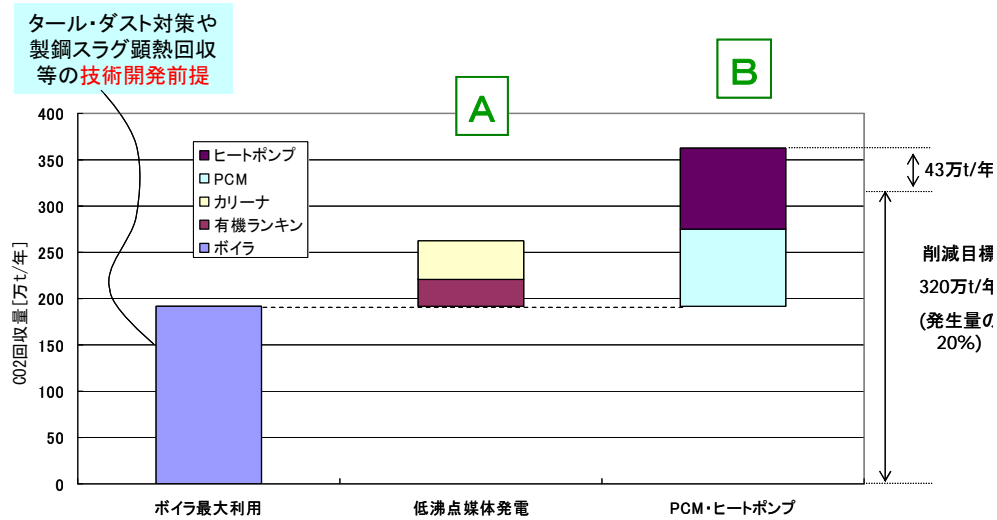


図 I-2-7 製鉄所の未利用顕熱の活用規模

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

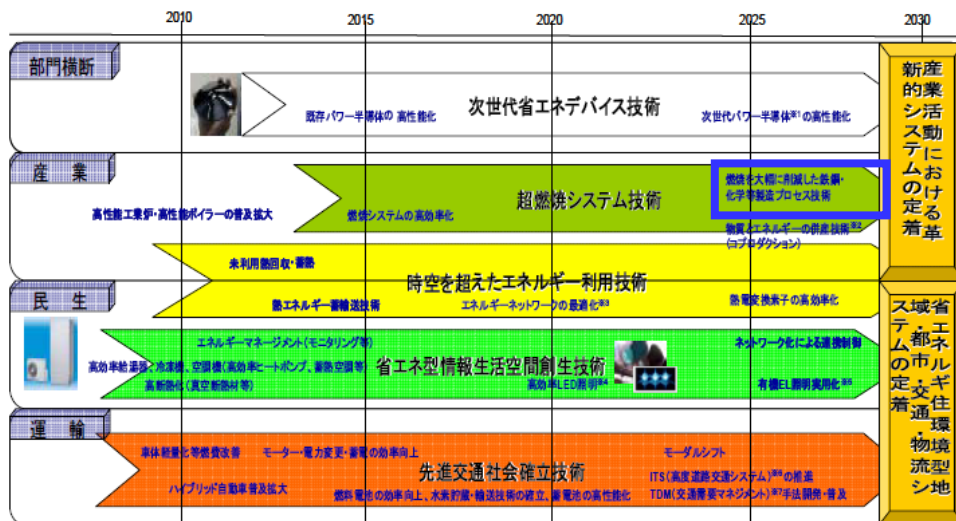


図 I-2-9 2030 年に向け、実現が期待される技術例とそのコンセプトグループ

(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。



図 I-2-10 重点的に取り組むべきエネルギー革新技術 21

<技術の現状>

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

<開発すべき技術、実用化時期>

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

<技術の効果>

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

<効果的な技術開発と普及にむけた取り組み>

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

The diagram illustrates a process flow starting from '高炉' (Blast Furnace) producing '高炉ガス' (Blast Furnace Gas). This gas goes through 'CO2分離回収技術' (CO2 separation and recovery technology) to produce 'CO2' and 'H2'. The 'CO2' is then used for 'CO2貯蔵技術' (CO2 storage technology). The 'H2' is used for '水素還元鉄石還元技術' (Hydrogen reduction iron ore reduction technology) to produce '還元鉄' (Reduced Iron). The '還元鉄' is then used for '高炉ガス改質技術' (Blast furnace gas reforming technology) to produce 'CO' and 'H2'. The 'CO' is used for 'CO2貯蔵技術' (CO2 storage technology). The 'H2' is used for '水素還元鉄石還元技術' (Hydrogen reduction iron ore reduction technology) to produce '還元鉄' (Reduced Iron). The '還元鉄' is then used for '高炉ガス改質技術' (Blast furnace gas reforming technology) to produce 'CO' and 'H2'. The 'CO' is used for 'CO2貯蔵技術' (CO2 storage technology). The 'H2' is used for '水素還元鉄石還元技術' (Hydrogen reduction iron ore reduction technology) to produce '還元鉄' (Reduced Iron).

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。

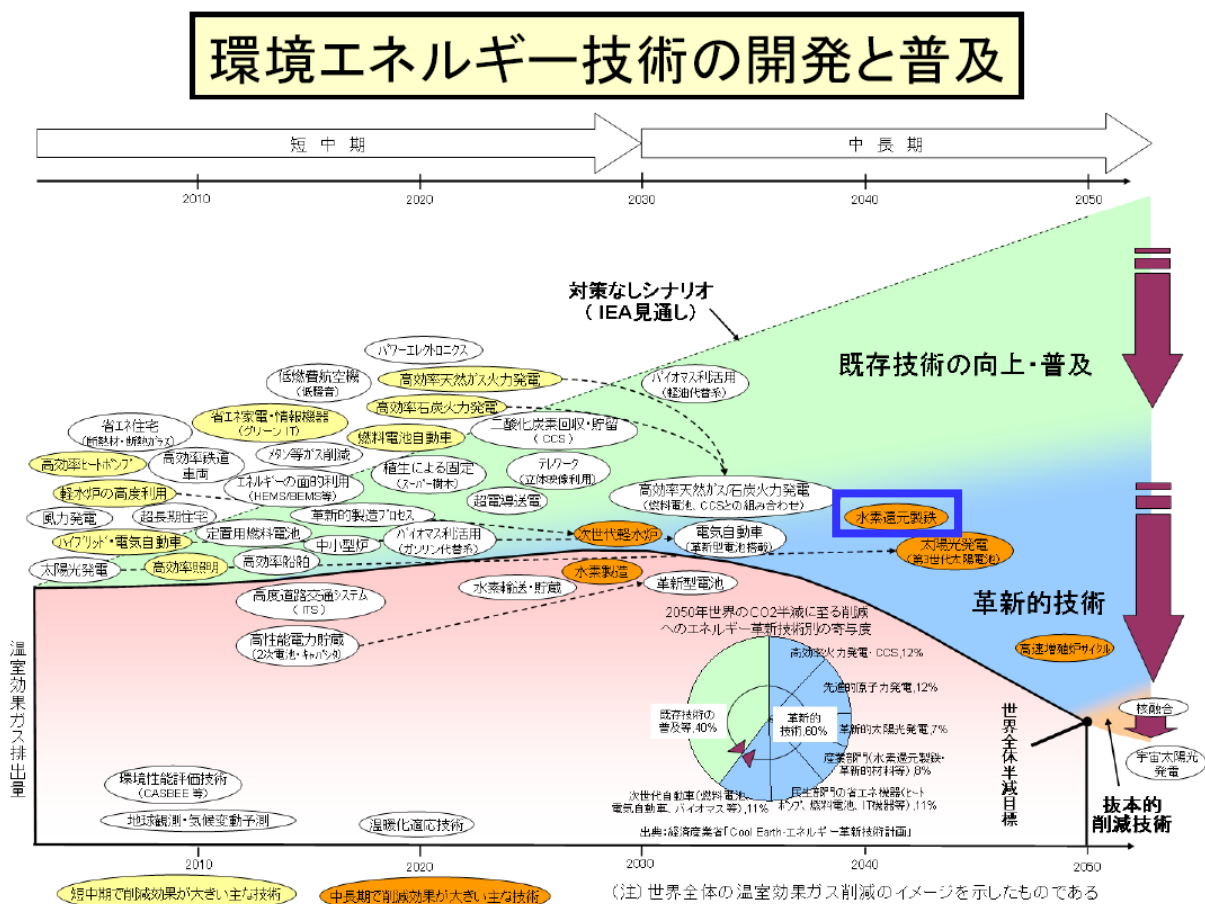


図 I-2-12 温室効果ガス削減に向けた技術の開発項目と普及のシナリオ

17. 水素還元製鉄

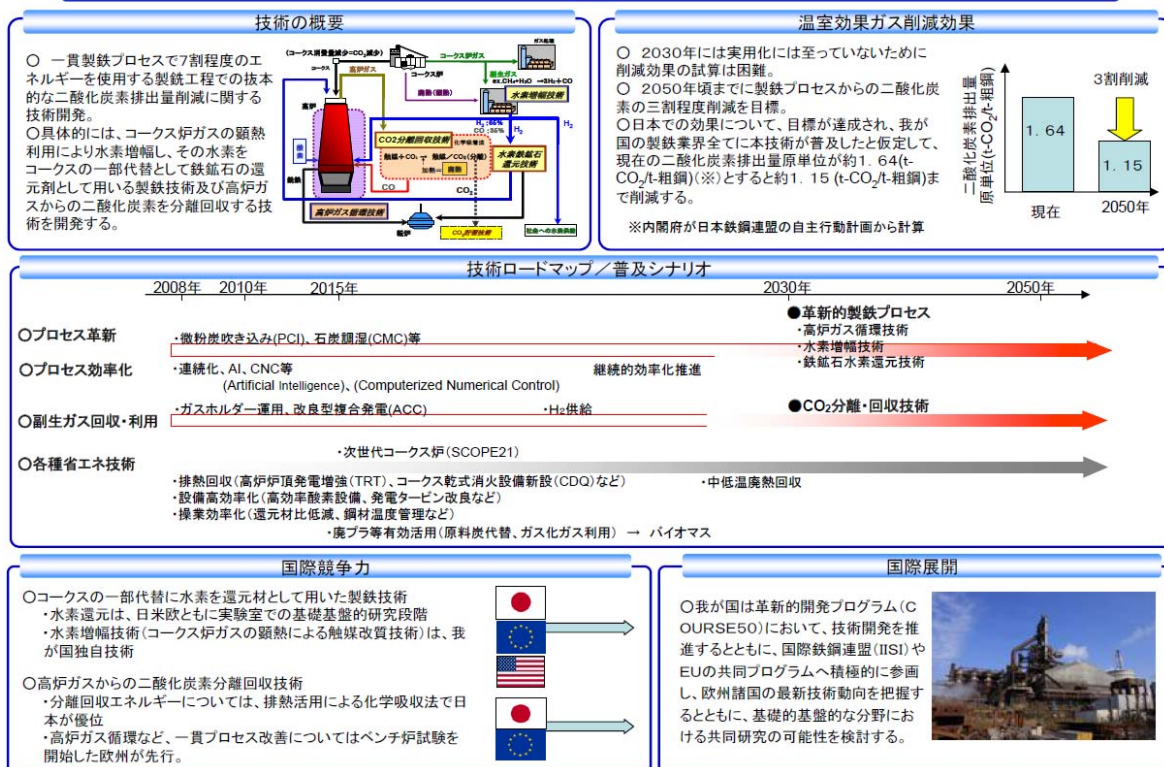


図 I-2-13 環境エネルギー技術革新計画における水素還元製鉄(本事業)の概要

(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超えた革新性を持ち、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

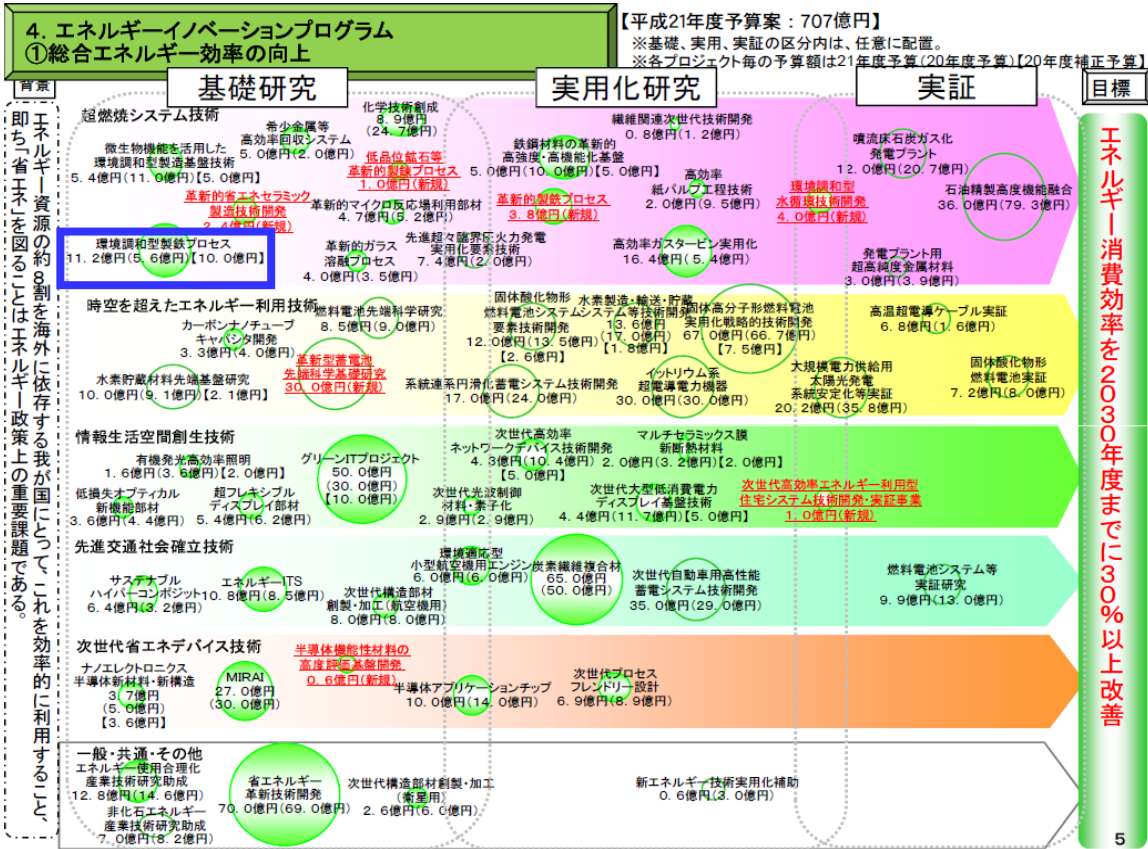


図 I-2-15 総合エネルギー効率向上の概要と本事業の位置付け

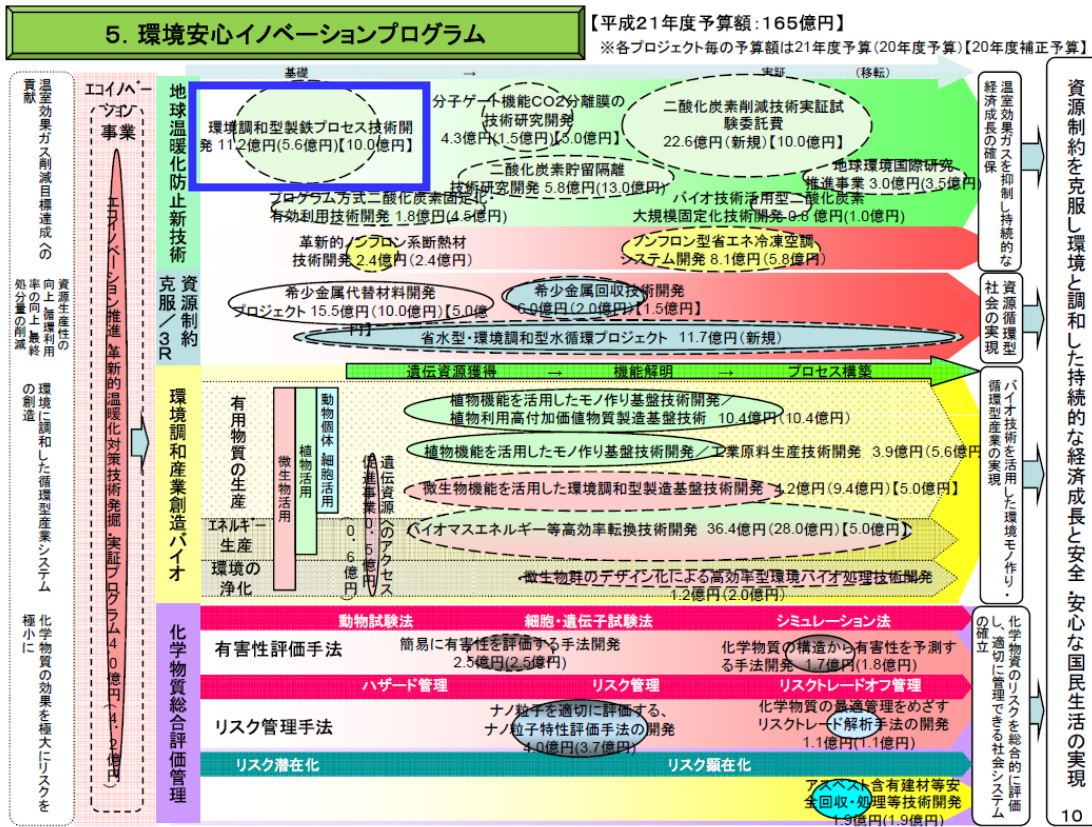


図 I-2-16 環境安心イノベーションプログラム概要と本事業の位置付け

(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。

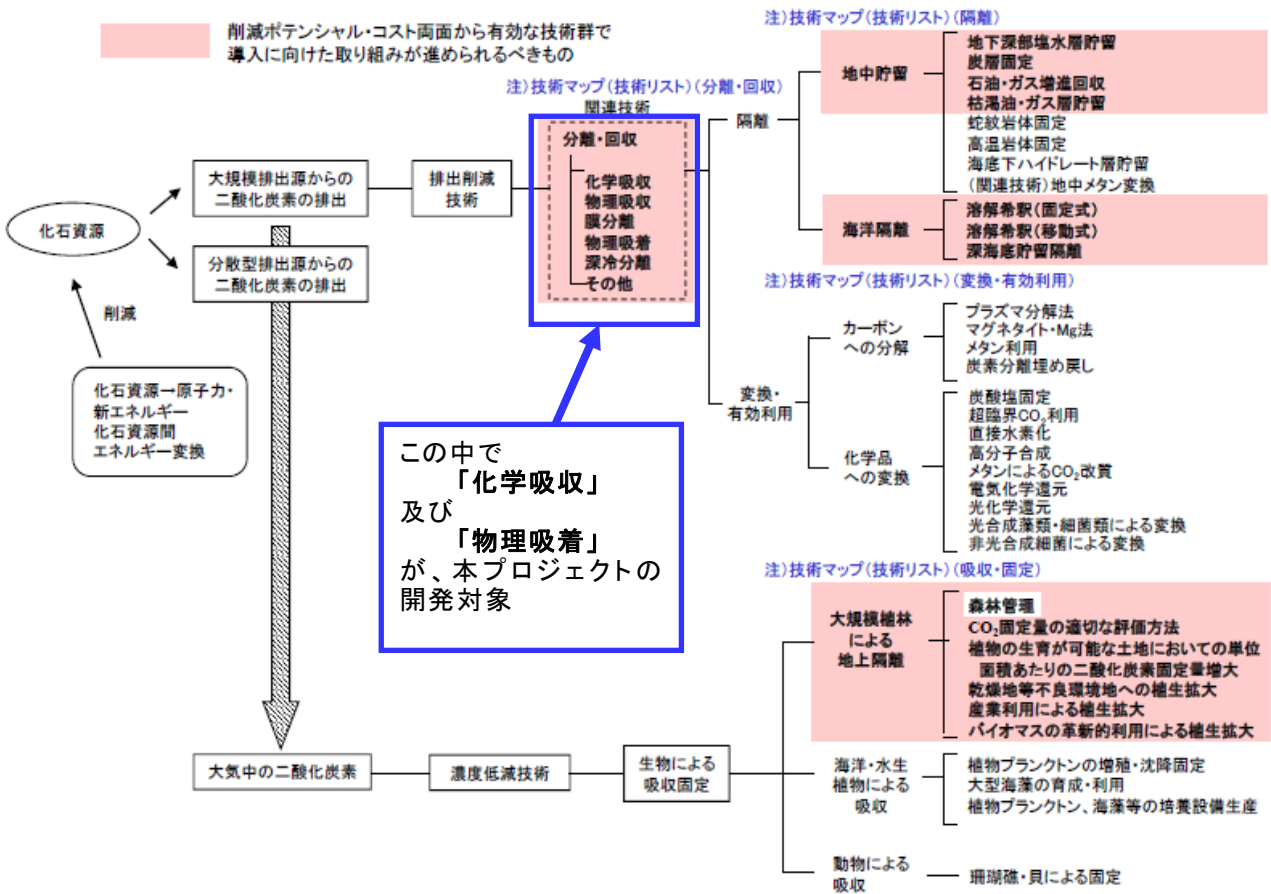
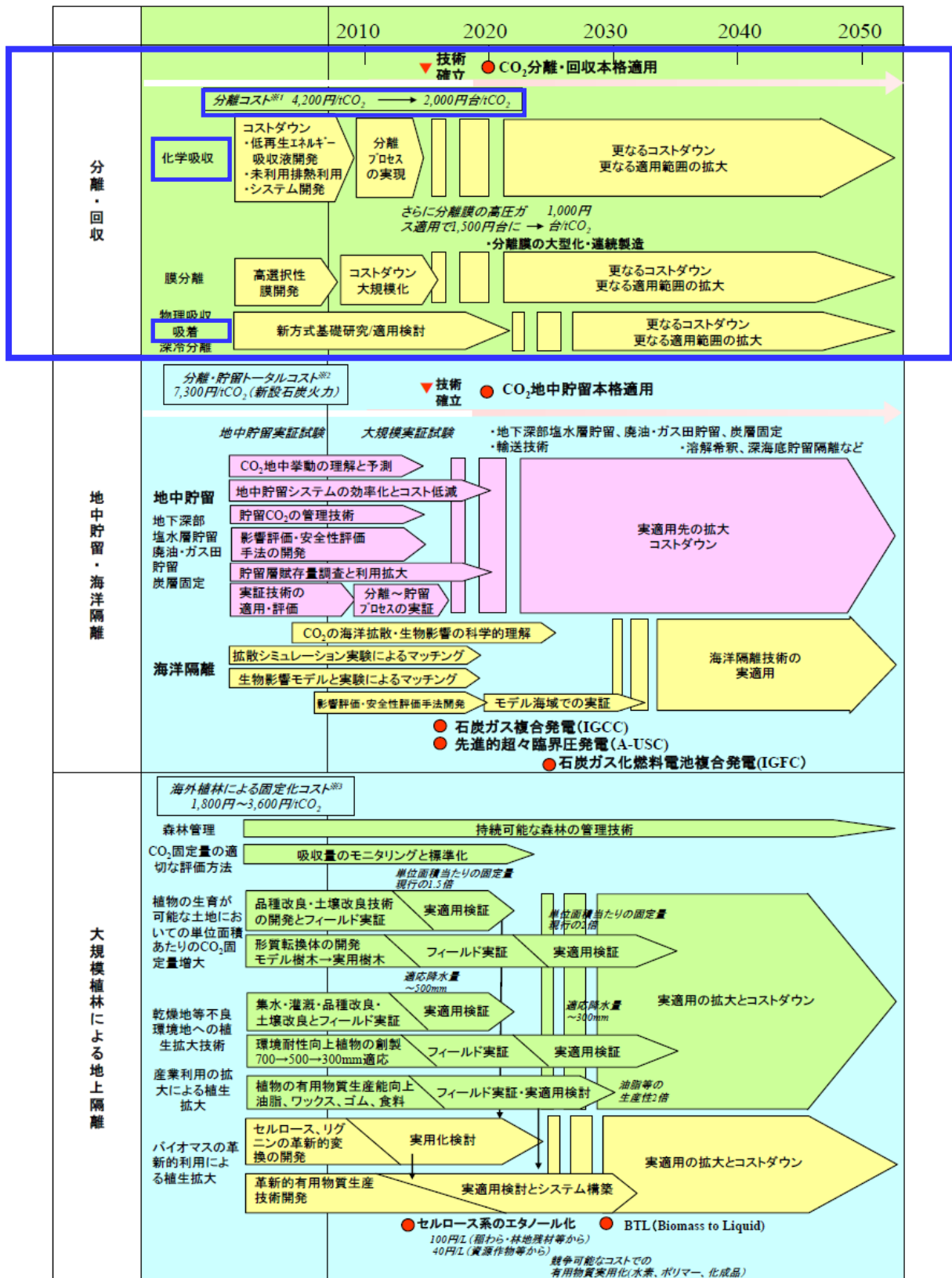


図 I-2-17 CO₂ 固定化・有効利用分野の技術マップ(技術体系)



※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。

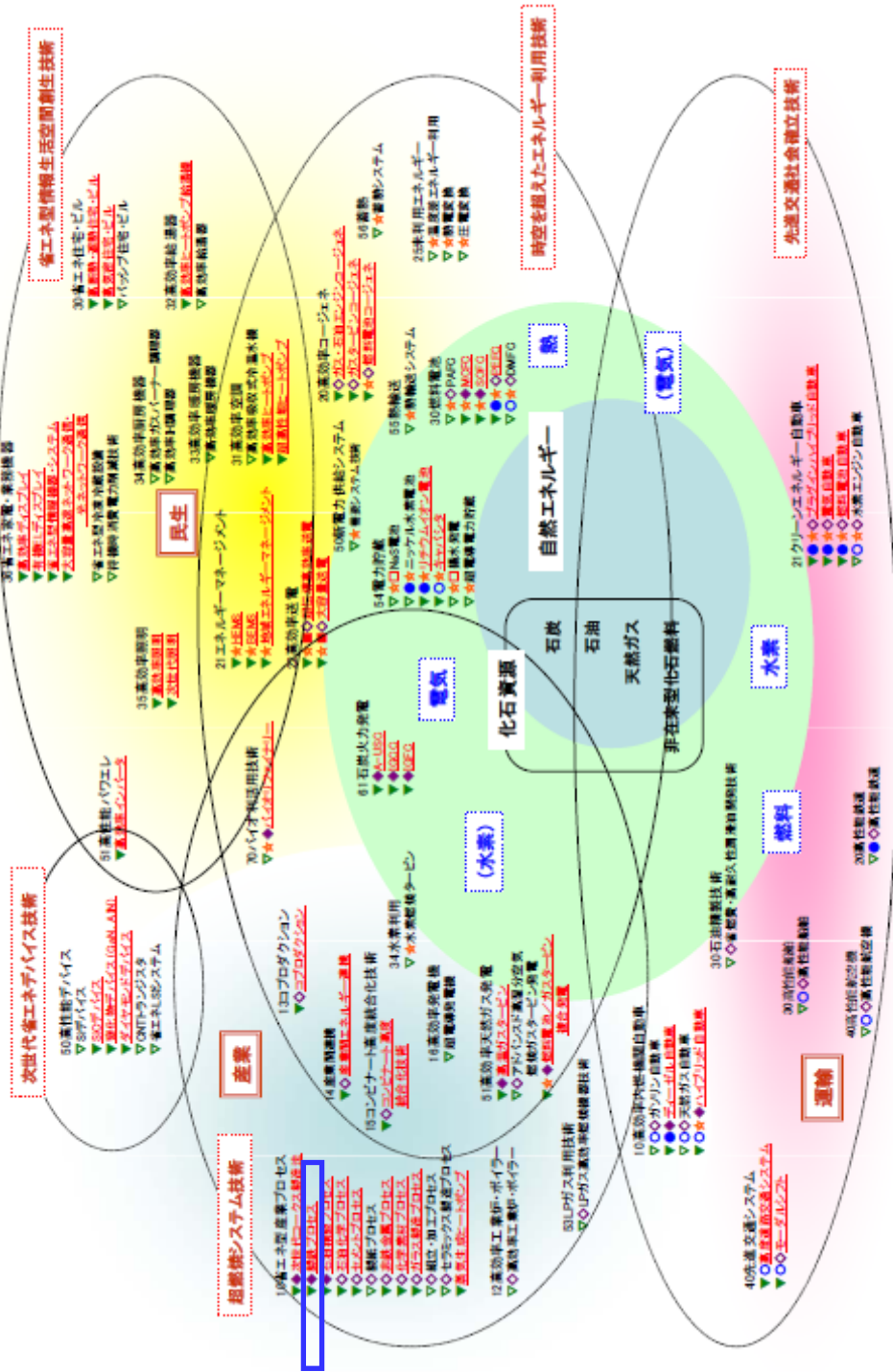
図 I -2-19 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（整理図）を、図 I -2-20 に「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ（技術リスト、抜粋）を示す。

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
 効率目標を表す(▽:総合エネルギー効率の向上、○:運輸部門の燃料多
 削減、△:総合エネルギー効率・導入促進、□:原子力利用の促進とその大
 削減となる安全の確保、◇: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(▽)・△・◇・□・◇)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。

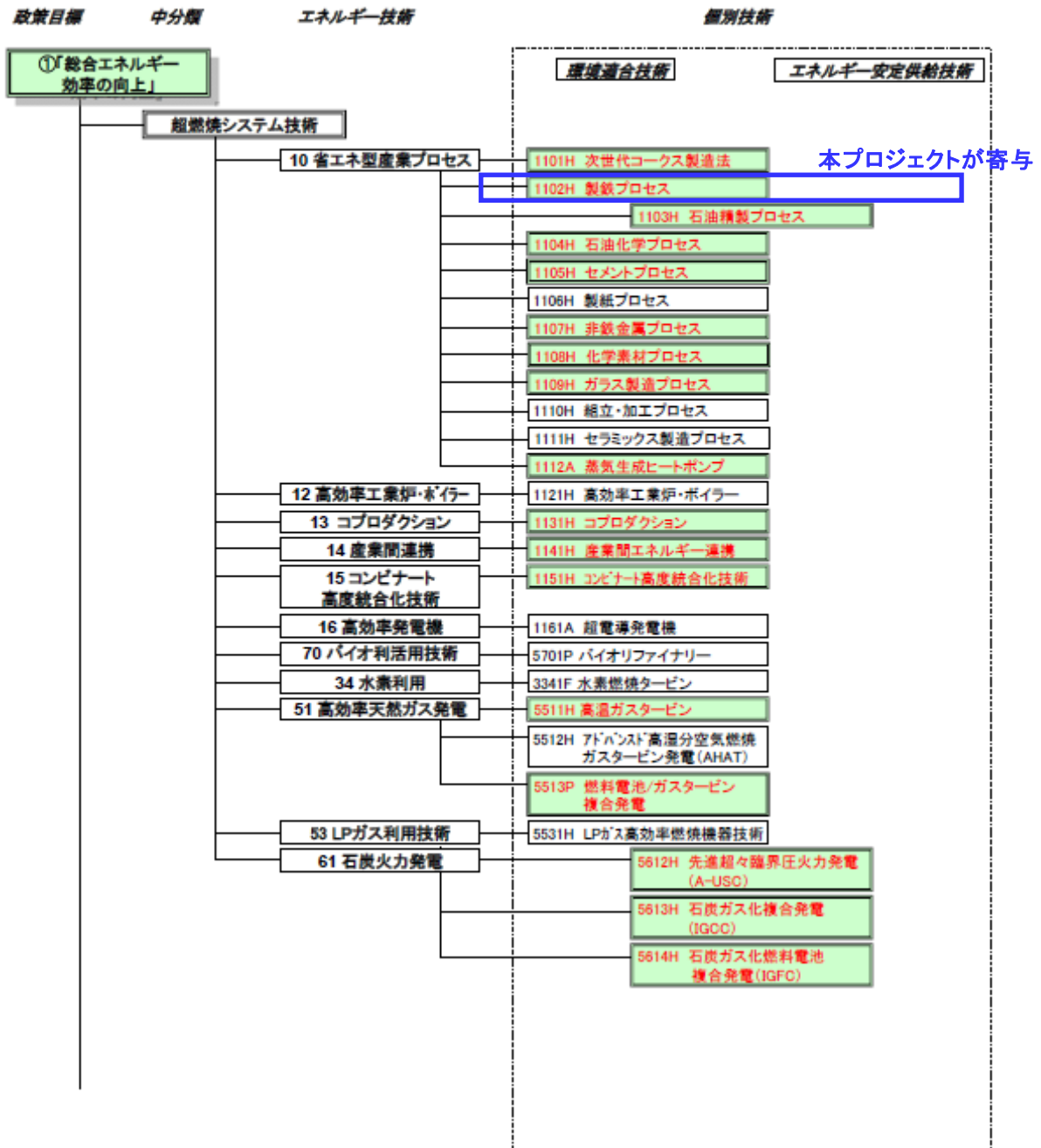
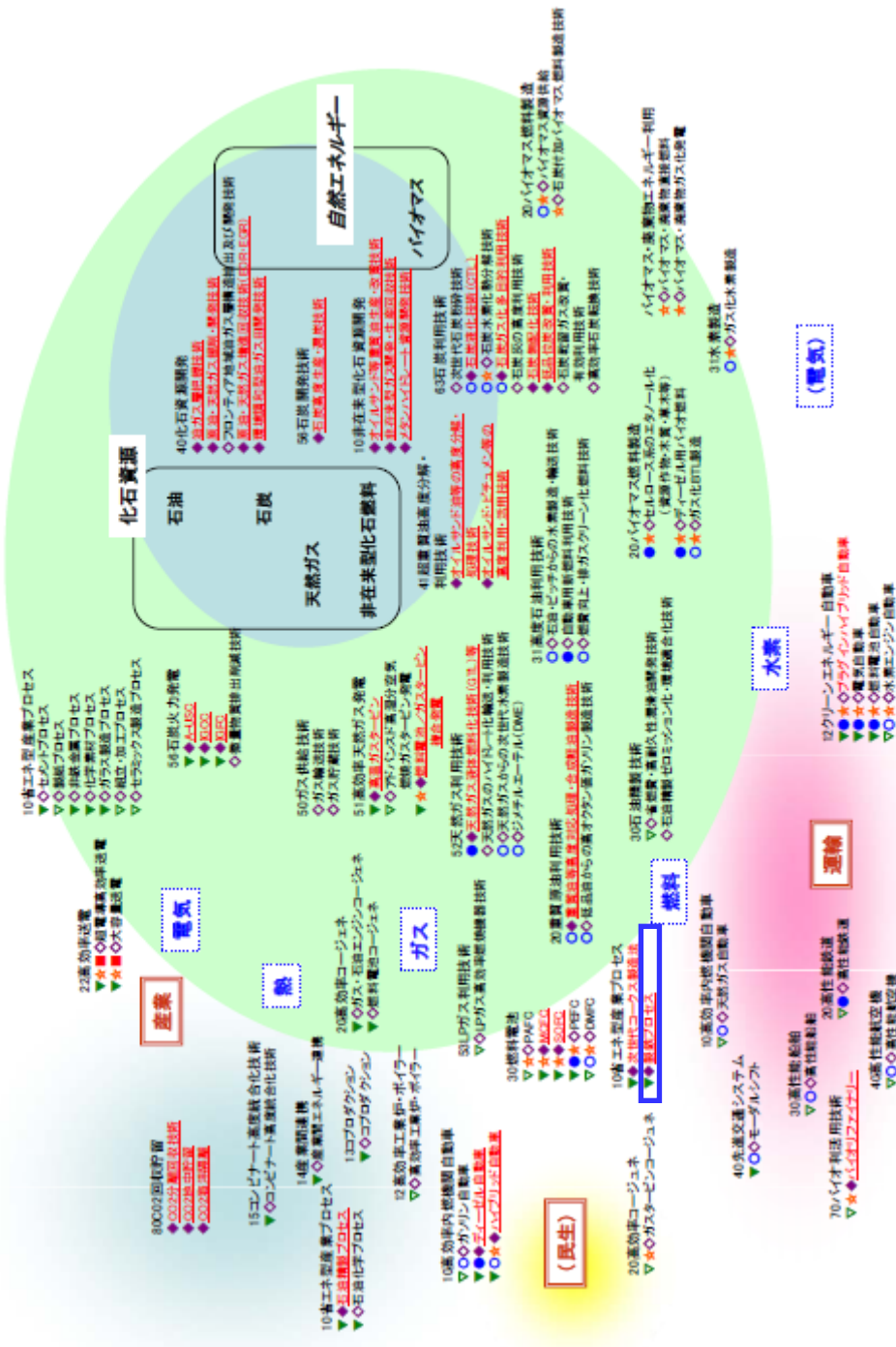


図 I -2-20 「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術マップ(技術リスト、抜粋)



● 技術名の前に記した色抜きの記号(△○●○)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、色抜きの記号(●、○、△)で記載した。

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)

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。

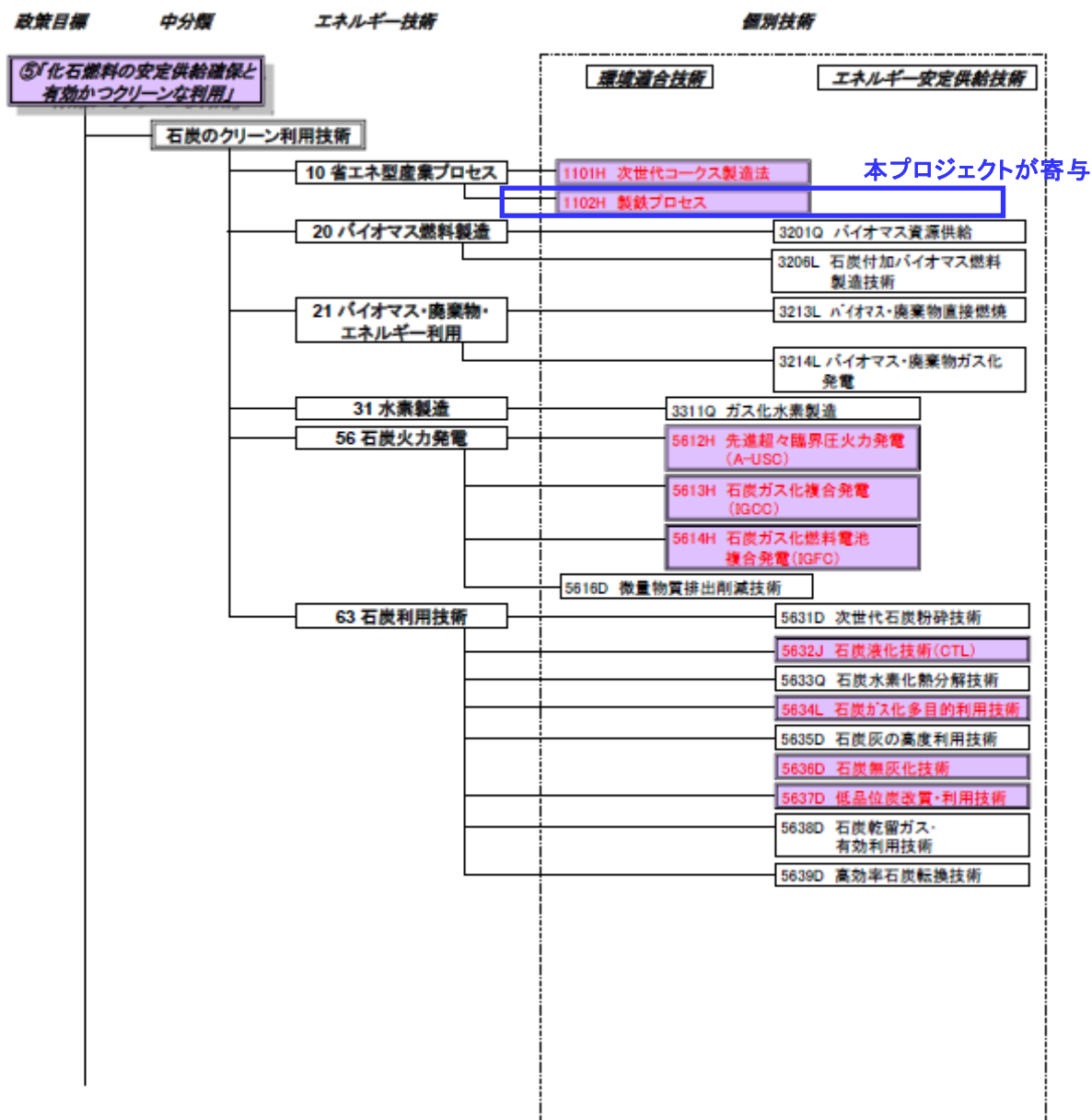


図 I -2-22 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

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。

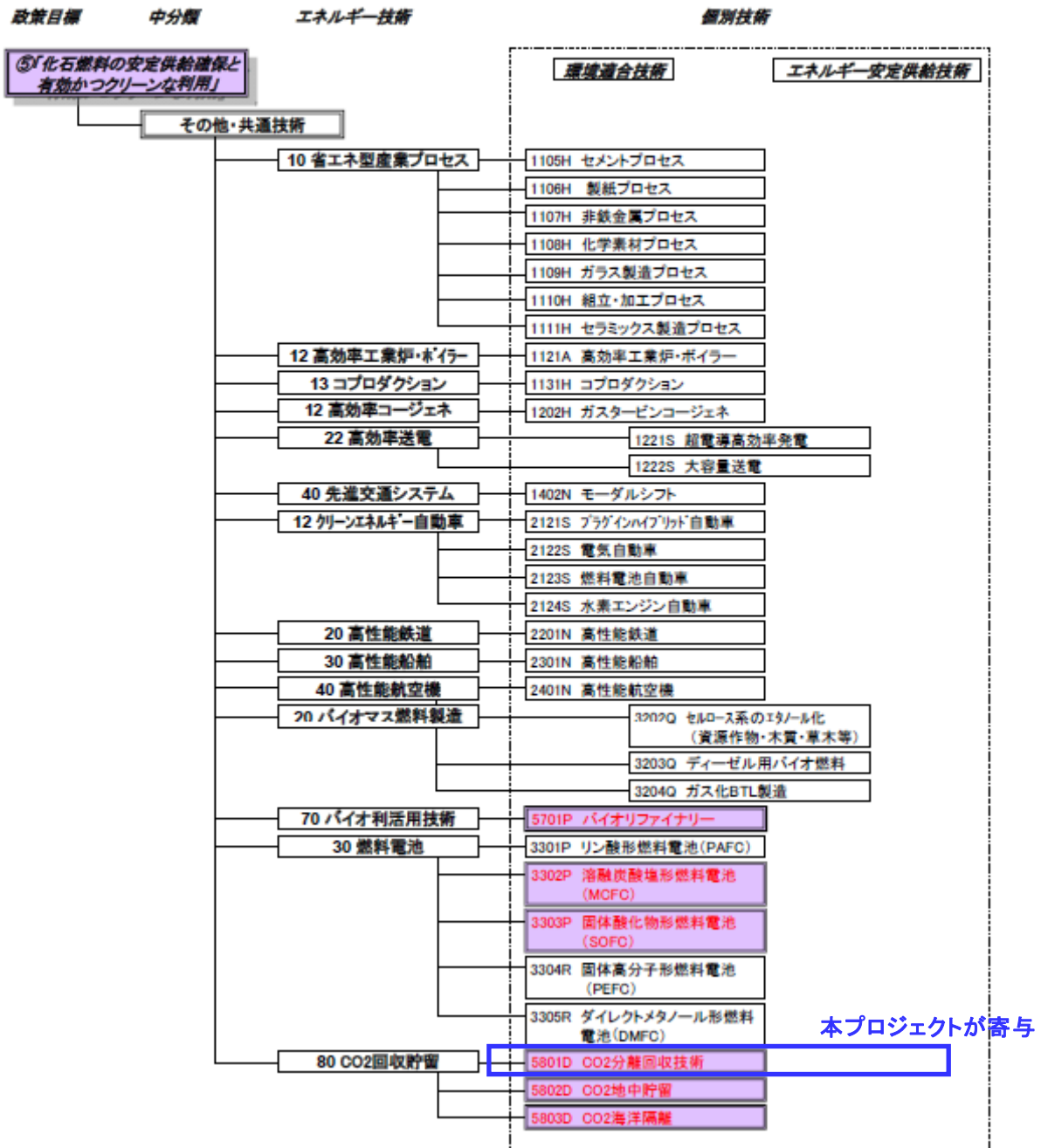


図 I -2-23 化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」
に寄与する技術マップ(技術リスト、抜粋)

「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 電磁気力利用鑄造技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型鑄造システム 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。

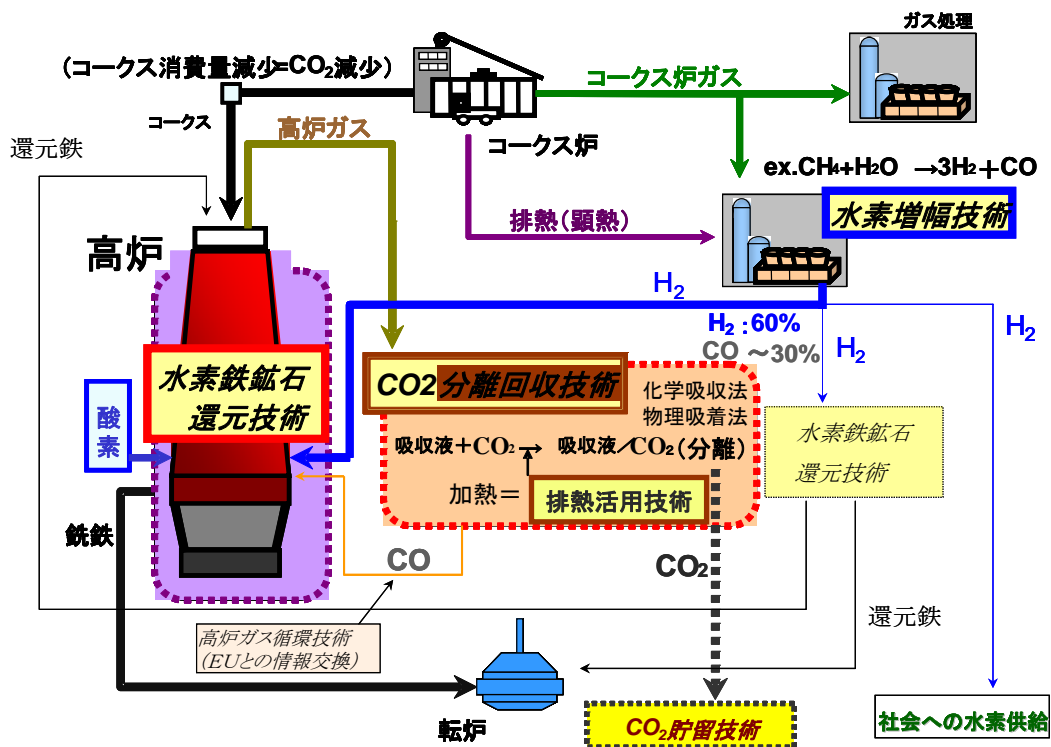


図 II-1-1 技術開発の概要

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。

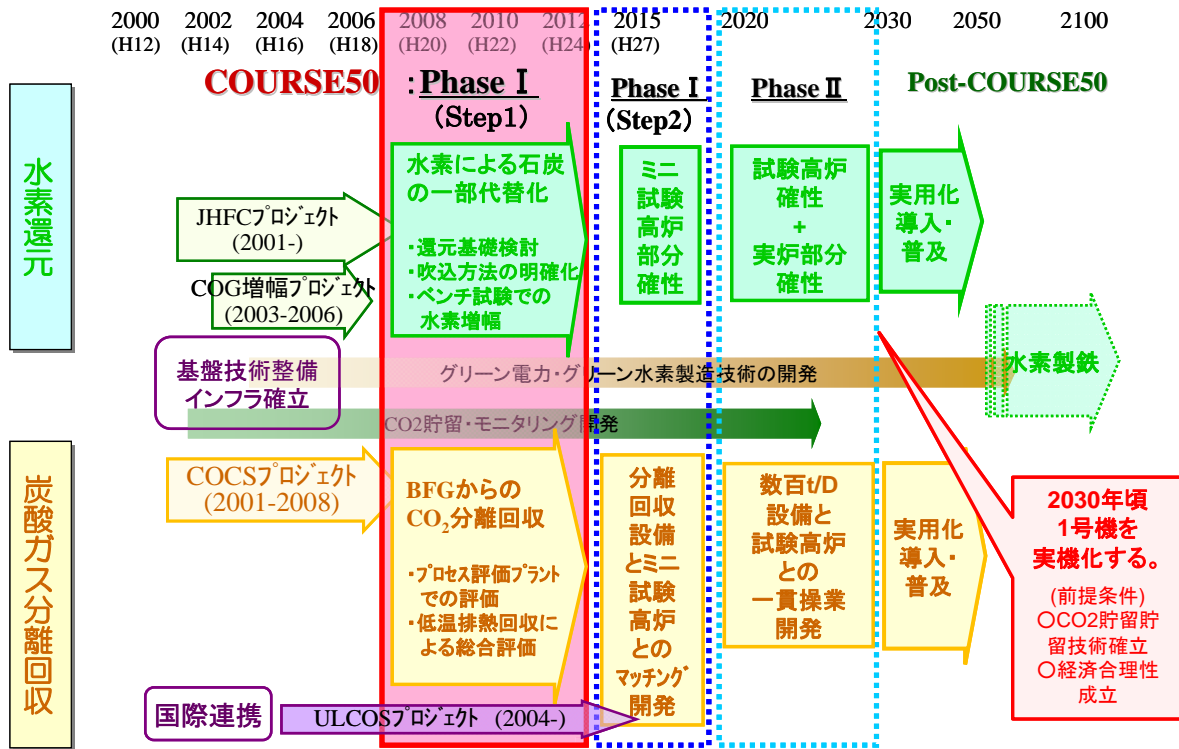


図 II-1-2 COURSE50 Phase I の位置付け

【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。

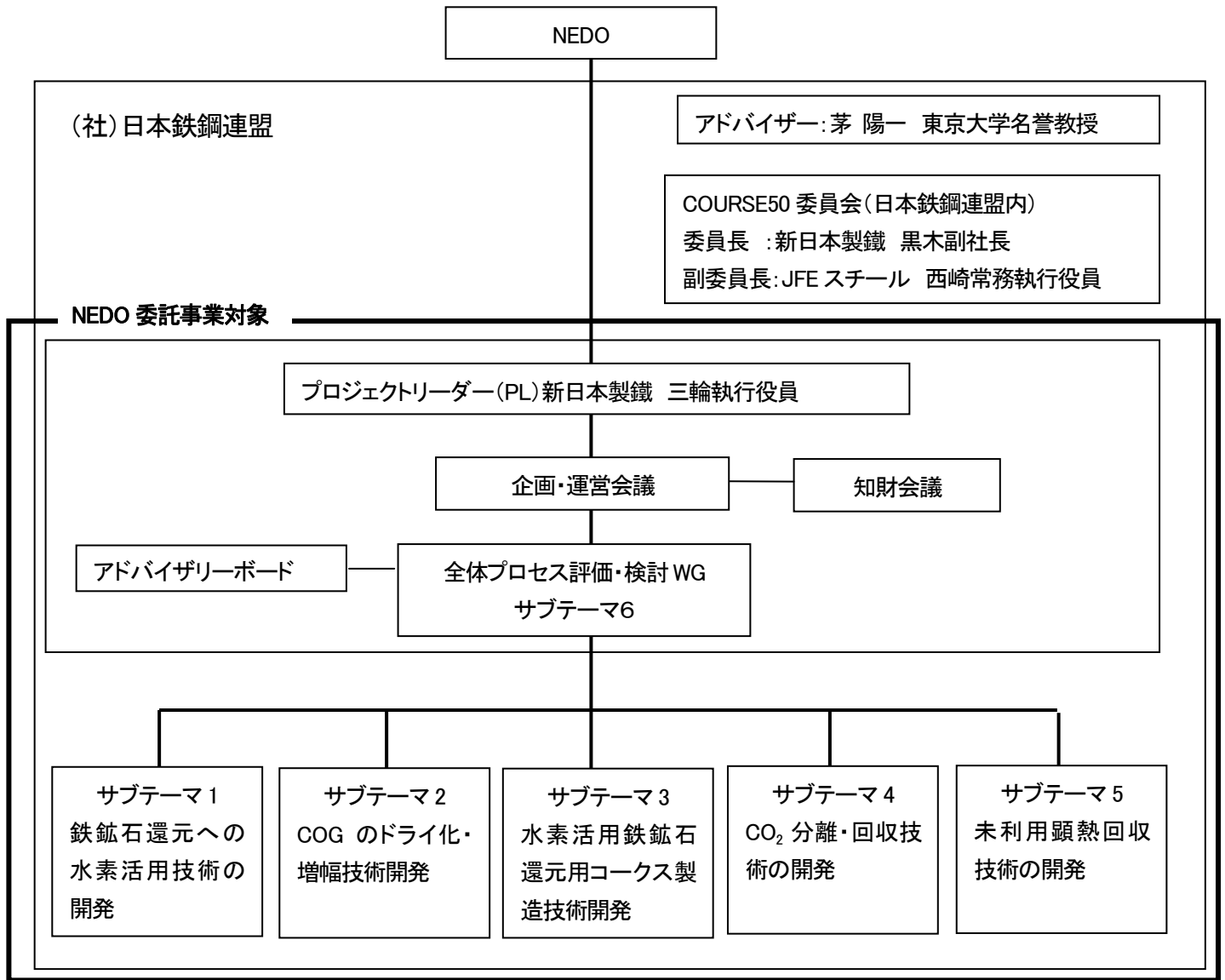


図 II-2-1 研究開発の管理体制

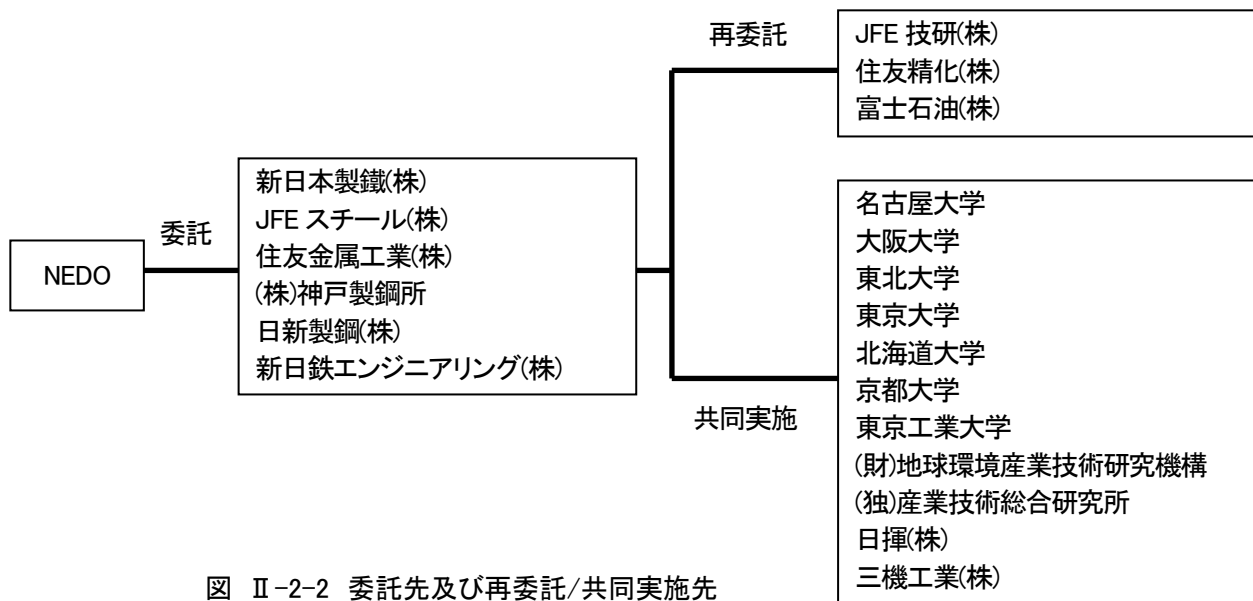


図 II-2-2 委託先及び再委託/共同実施先

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。

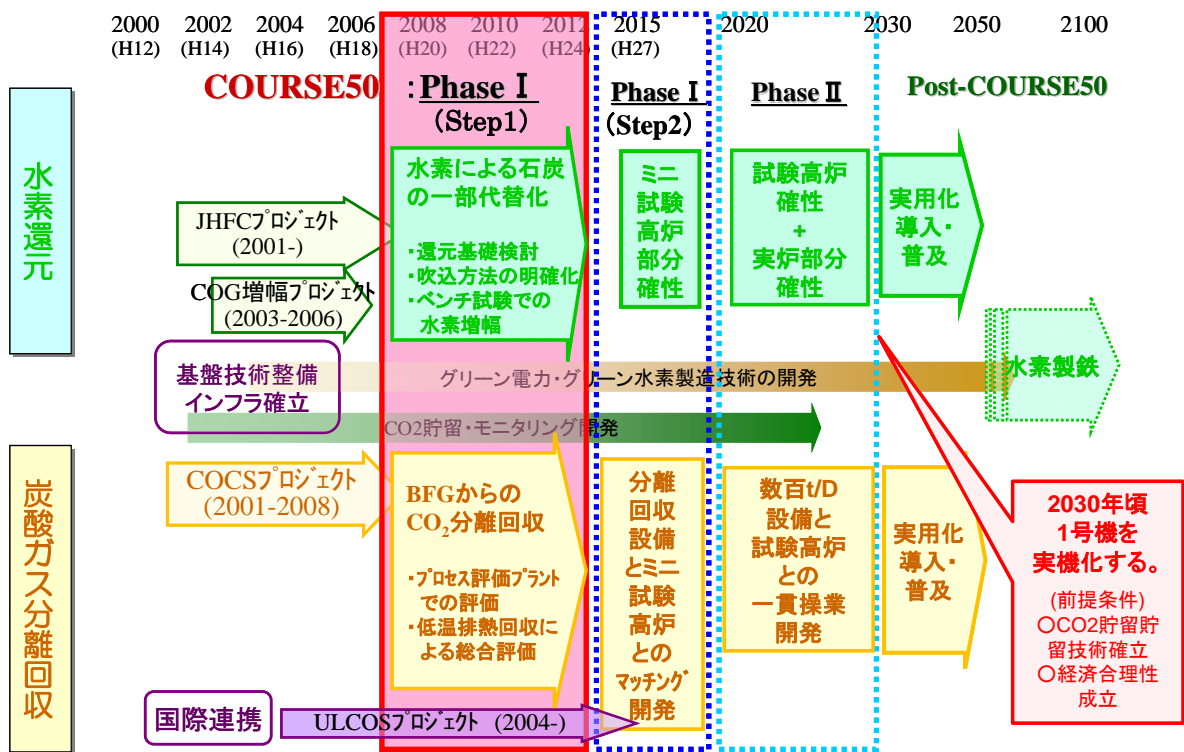


図 II-2-3 実用化までのスケジュール

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ため、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。

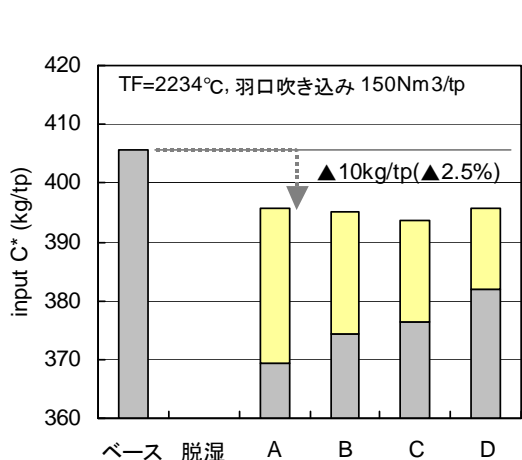


図 III-1-1 BIS 炉試験結果に基づく高炉インプットカーボンの変化

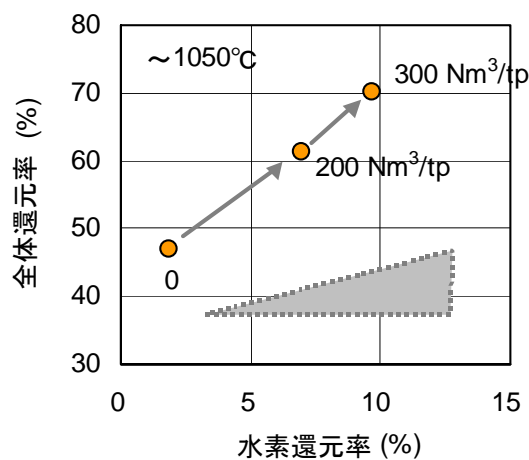


図 III-1-2 1050°Cまでの還元率の変化

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。

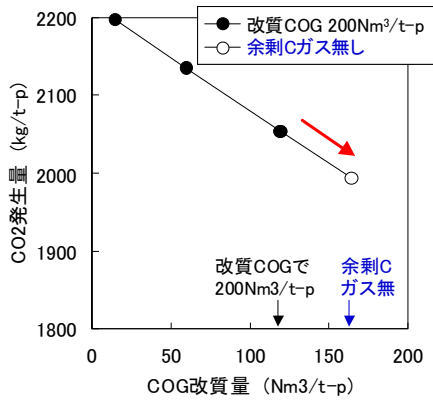


図 III-1-3 CO₂ 発生量におよぼす COG 改質量の影響

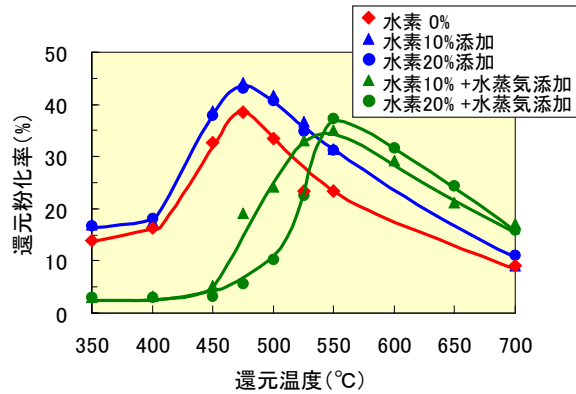


図 III-1-4 還元温度と還元粉化率の関係

- ・ 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。

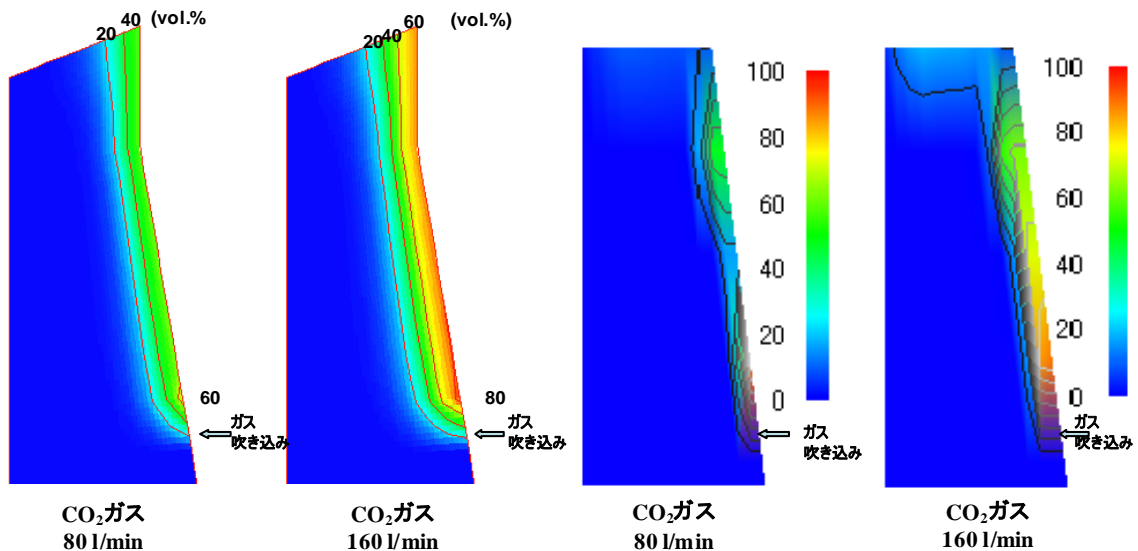


図 III-1-5 シャフト部ガス吹き込みに関する高炉モデル・シミュレーションと模型実験結果との比較

(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。

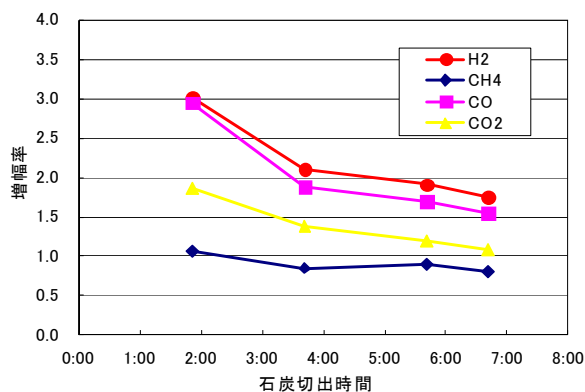


図 III-1-6 増幅率経時変化
(H_2, CH_4, CO, CO_2)

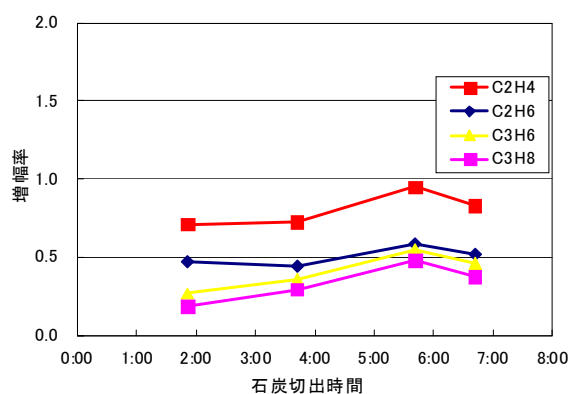


図 III-1-7 増幅率経時変化
($C_2H_4, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8$)

(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、CO_g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 $DI_{15}^{150}=88$ 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。

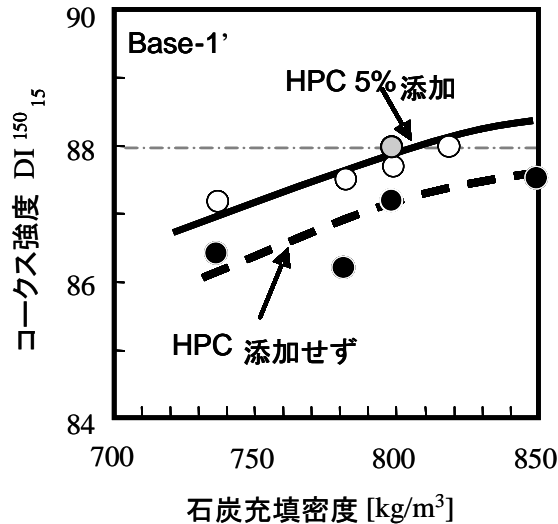


図 III-1-8 配合炭充填密度とコークス強度との関係

- ・ 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。

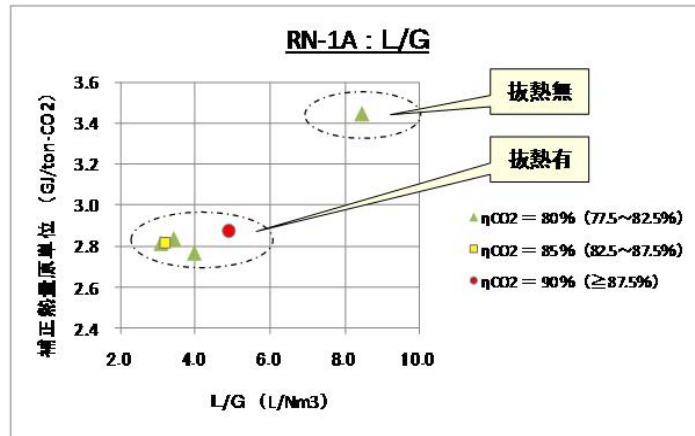


図 III-1-9 RITE-5C 吸収プロセスでの液抜熱効果

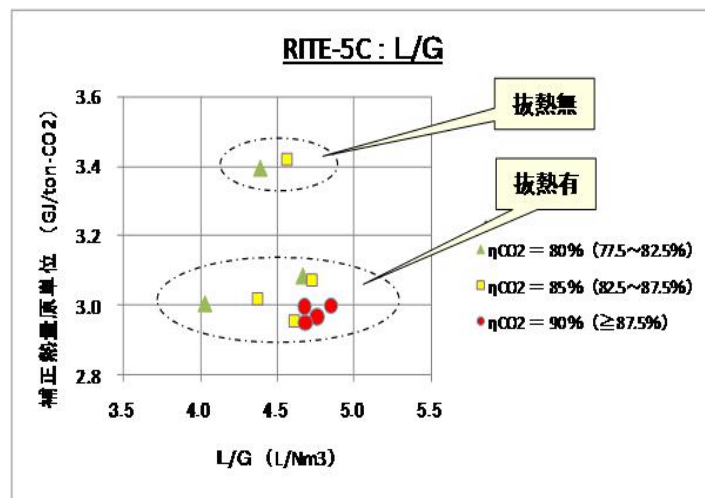


図 III-1-10 RN-1A 吸収プロセスでの液抜熱効果

- ・ 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。

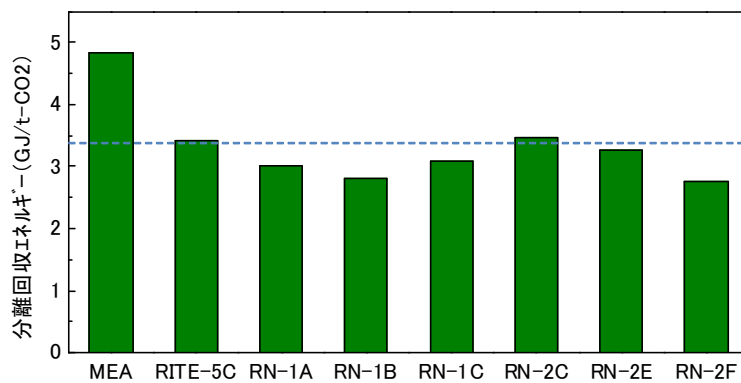


図 III-1-11 小型連続試験装置による吸収液評価

- ・ 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

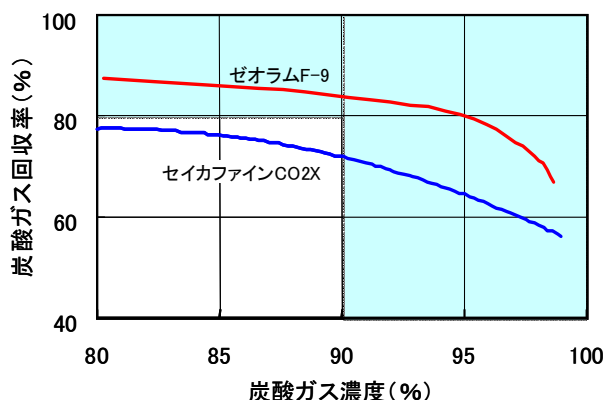


図 III-1-12 ラボ PSA 吸着材試験結果

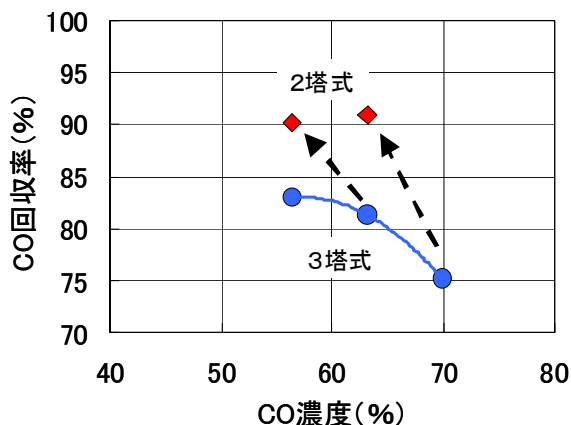


図 III-1-13 ラボ PSA CO 分離試験結果

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。

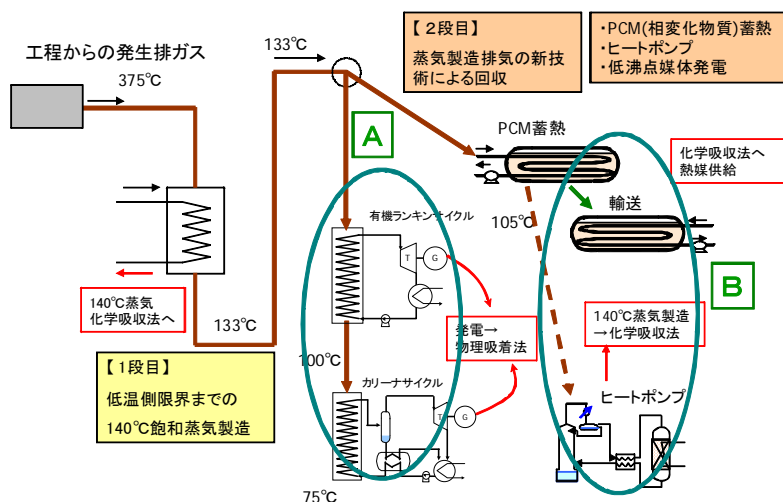


図 III-1-14 未利用顕熱・排熱回収量の検討ケース

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。

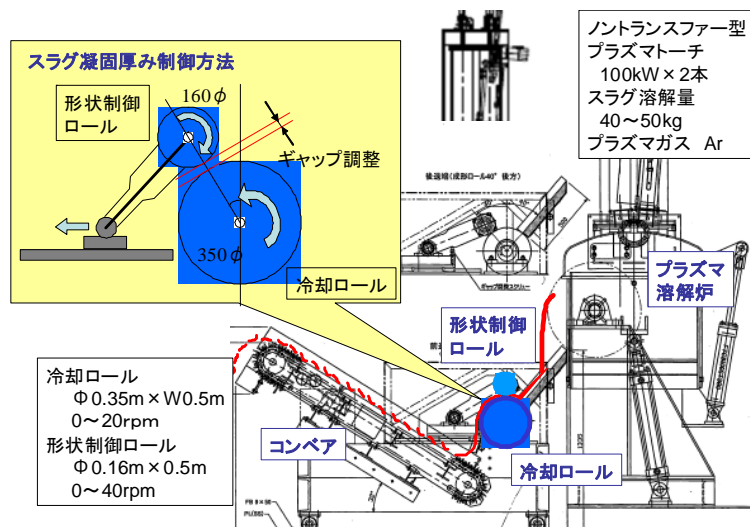


図 III-1-15 ロール成形ラボ実験装置

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。

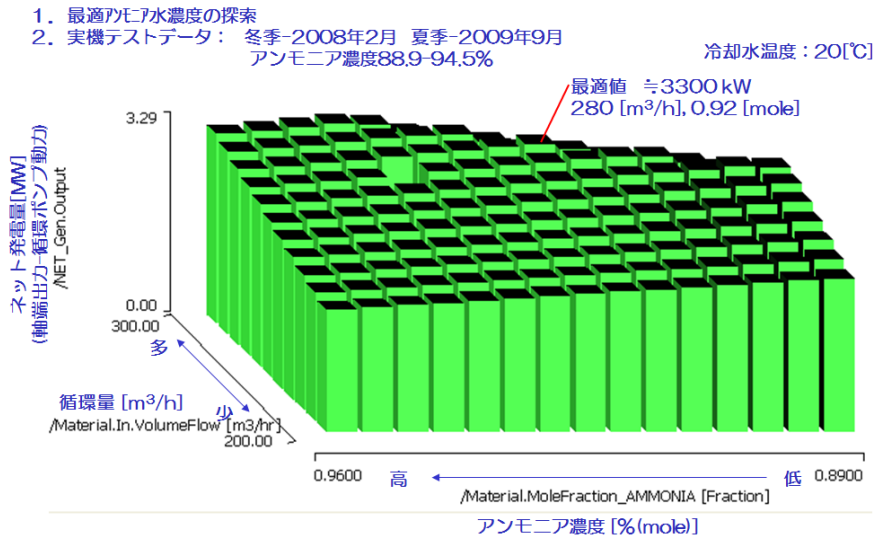


図 III-1-16 カリーナサイクル発電量(発電端)最大値 計算結果

(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。

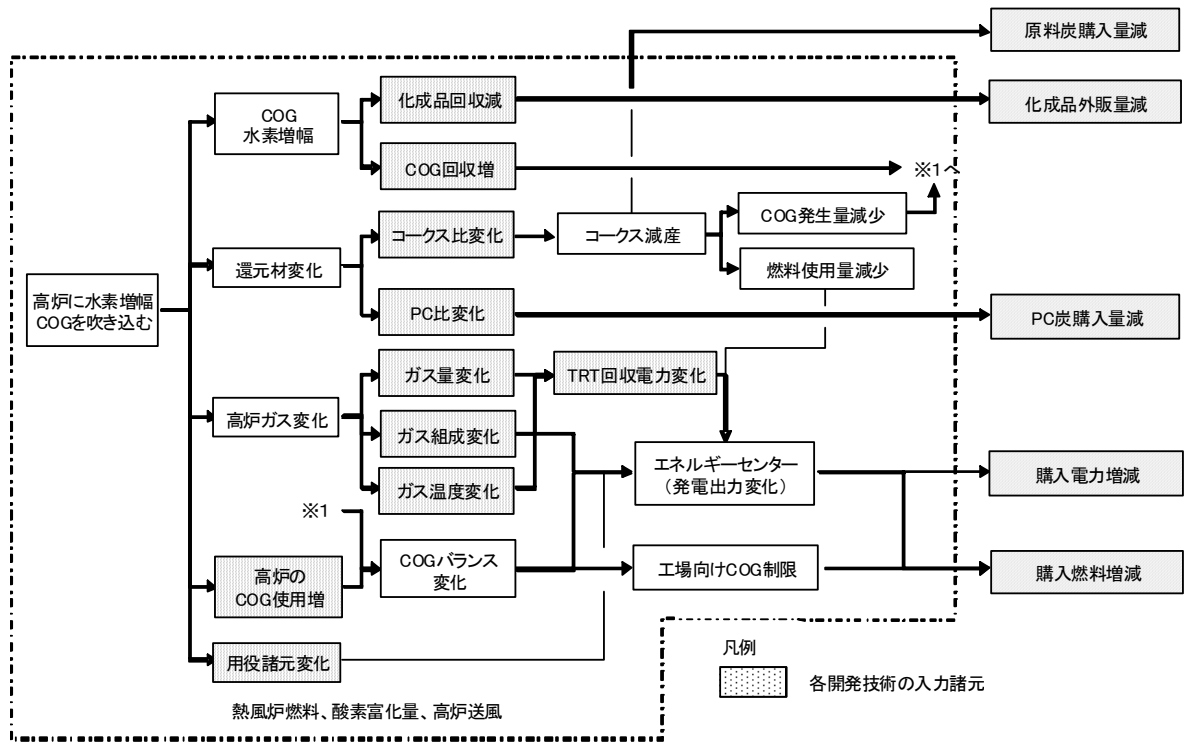


図 III-1-17 COG の改質(水素増幅)、高炉への改質 COG 吹き込み技術に係る計算ロジック

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

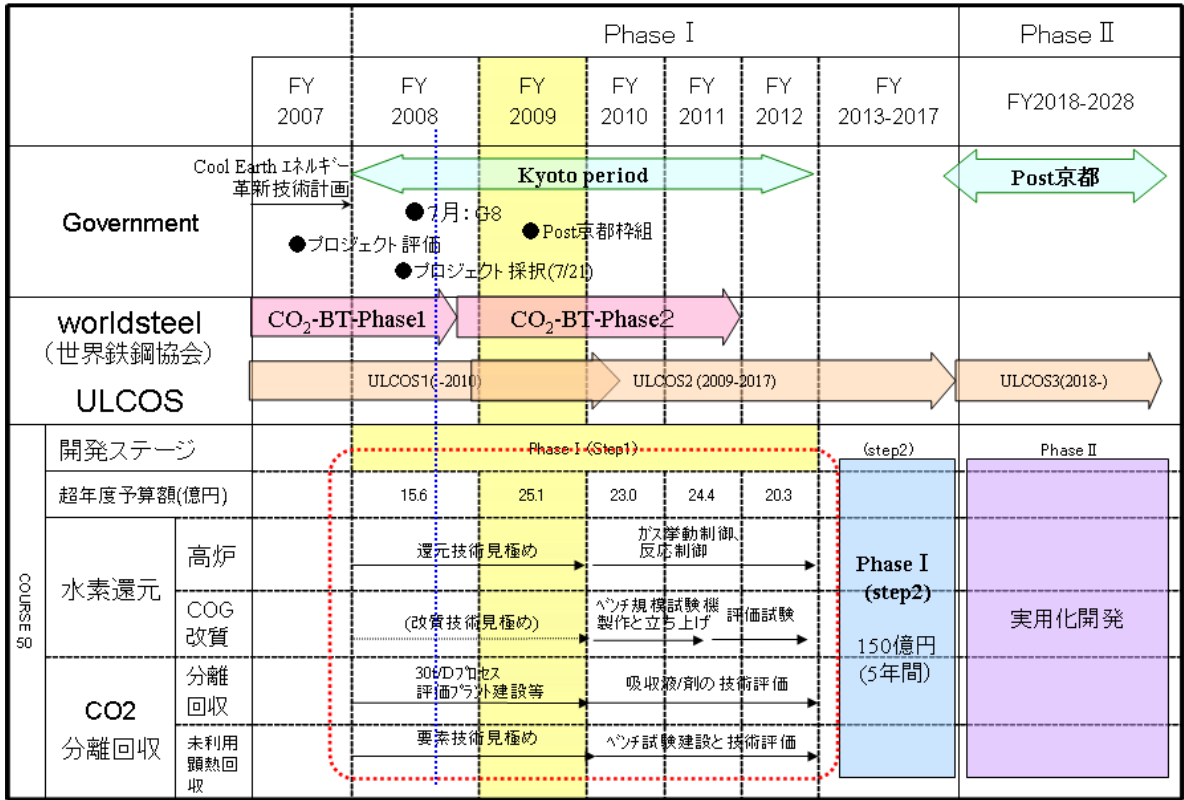


図 IV-1 COURSE50 の開発スケジュール

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ことであり、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。

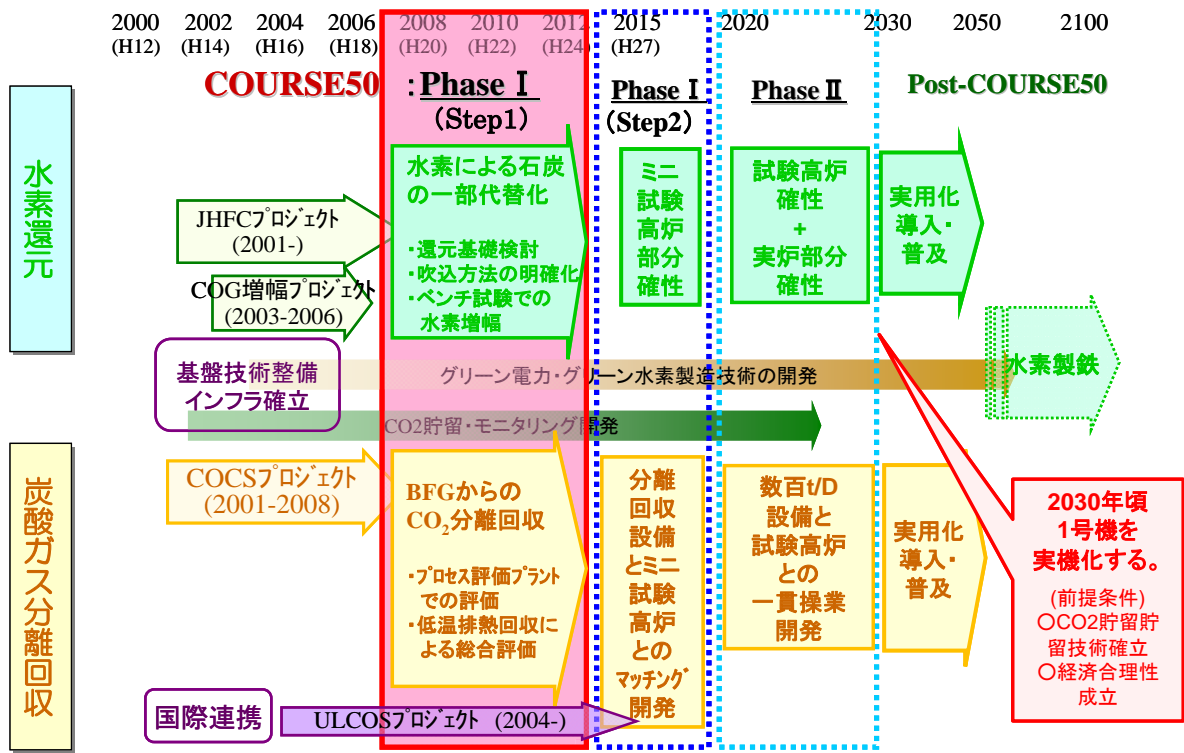


図 IV-2 実用化までのスケジュール