

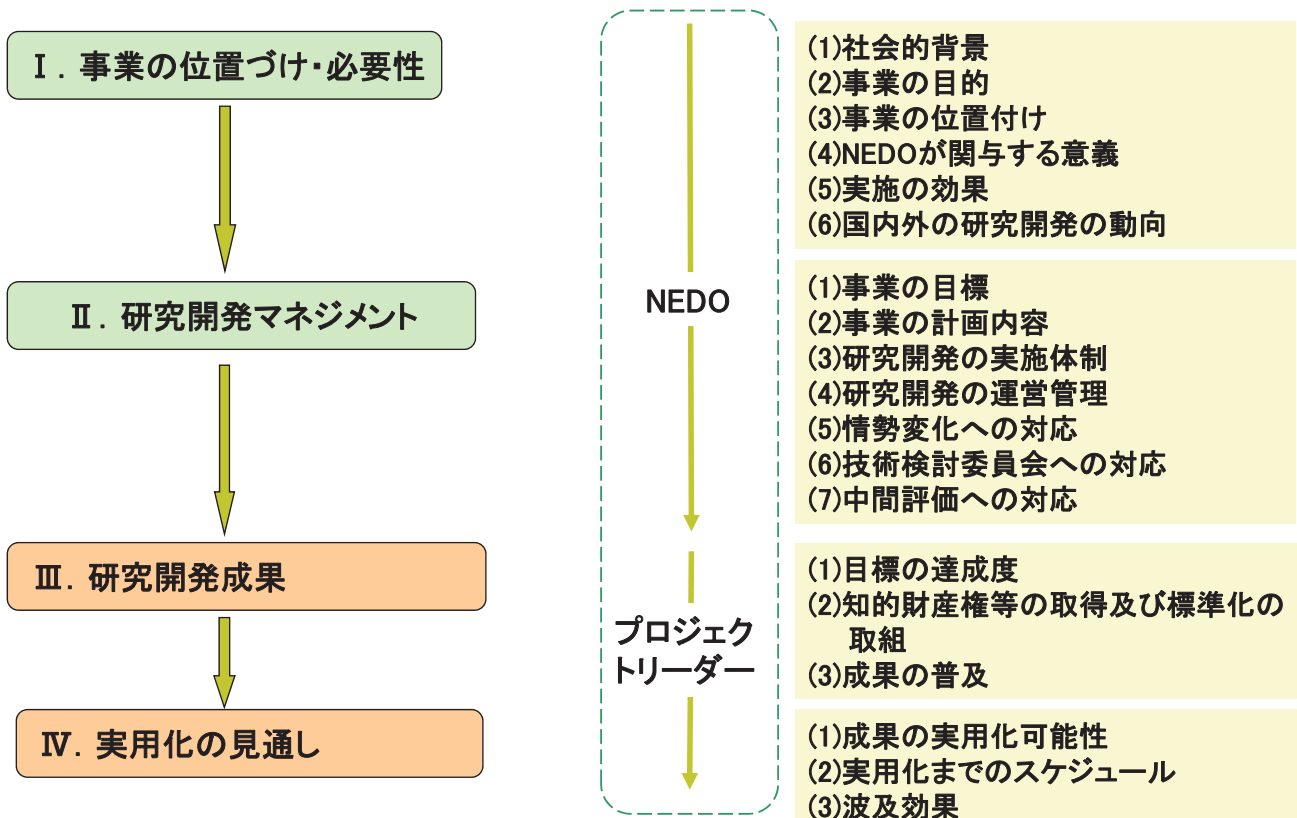
環境安心イノベーションプログラム・
 エネルギーイノベーションプログラム

「環境調和型製鉄プロセス技術開発」
 (COURSE50) 事後評価

(2008年度～2012年度 5年間)
 プロジェクトの概要 (公開)

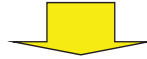
NEDO環境部
 2012年12月 3日

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



社会的背景

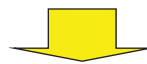
地球温暖化対策は喫緊の世界的、国家的課題



抜本的CO₂排出抑制、省エネ技術の必要性

事業の目的

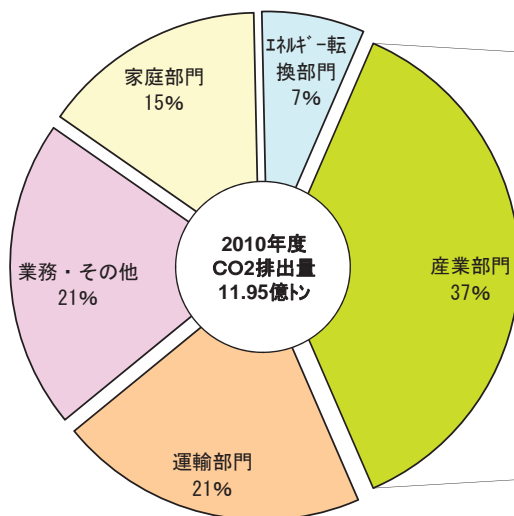
鉄鋼業は我が国産業部門全体のCO₂排出の約39%、我が国全体でも15%を占有。鉄鋼業が排出するCO₂の約7割は高炉を用いた製鉄プロセスで発生



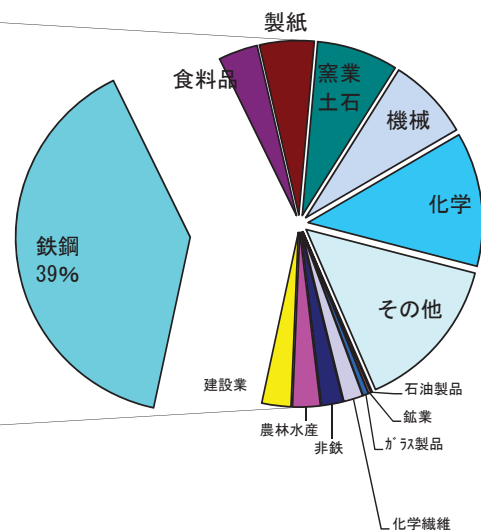
コークスの一部代替として水素で鉄鉱石を還元するとともに、高炉ガスからCO₂を分離・回収する技術を開発する

わが国における部門別・業種別CO₂排出割合

日本全体のエネルギー起源CO₂排出量に占める各部門の割合



産業部門のエネルギー起源CO₂排出量に占める各業種の割合

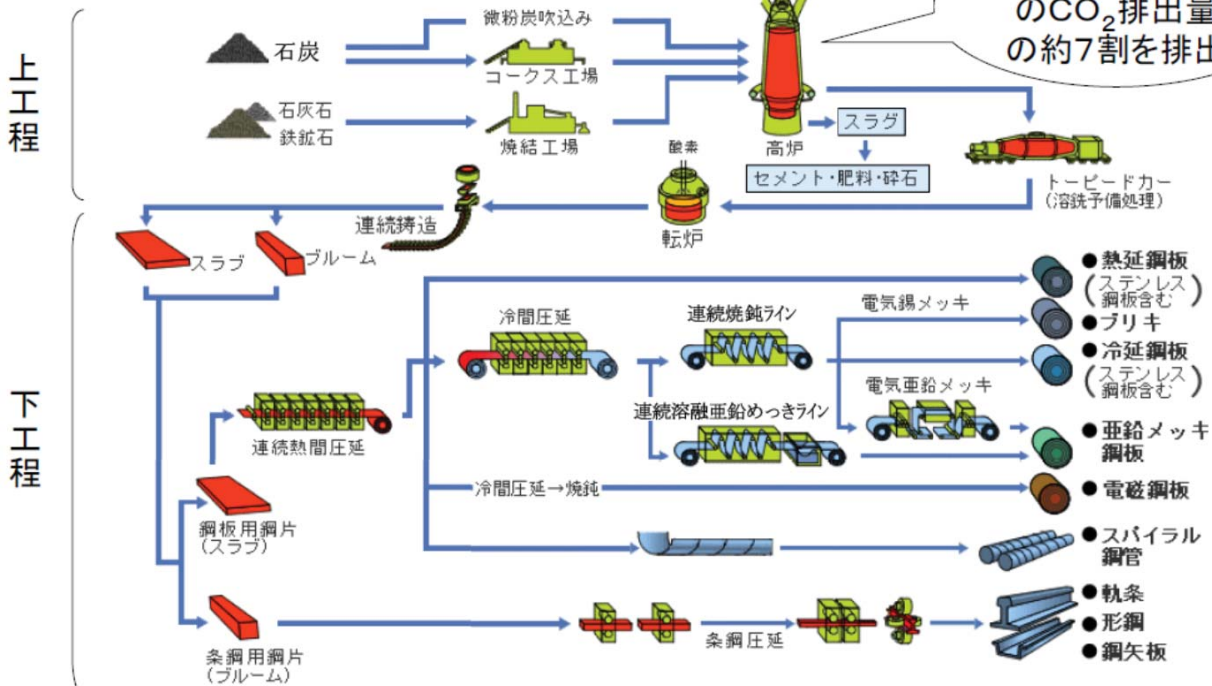


環境省「2010年度(平成21年度)温室効果ガス排出量」
「温室効果ガスインベントリオフィス」より作成

鉄鋼業が排出するCO₂の約7割は高炉を用いた製鉄プロセスで発生

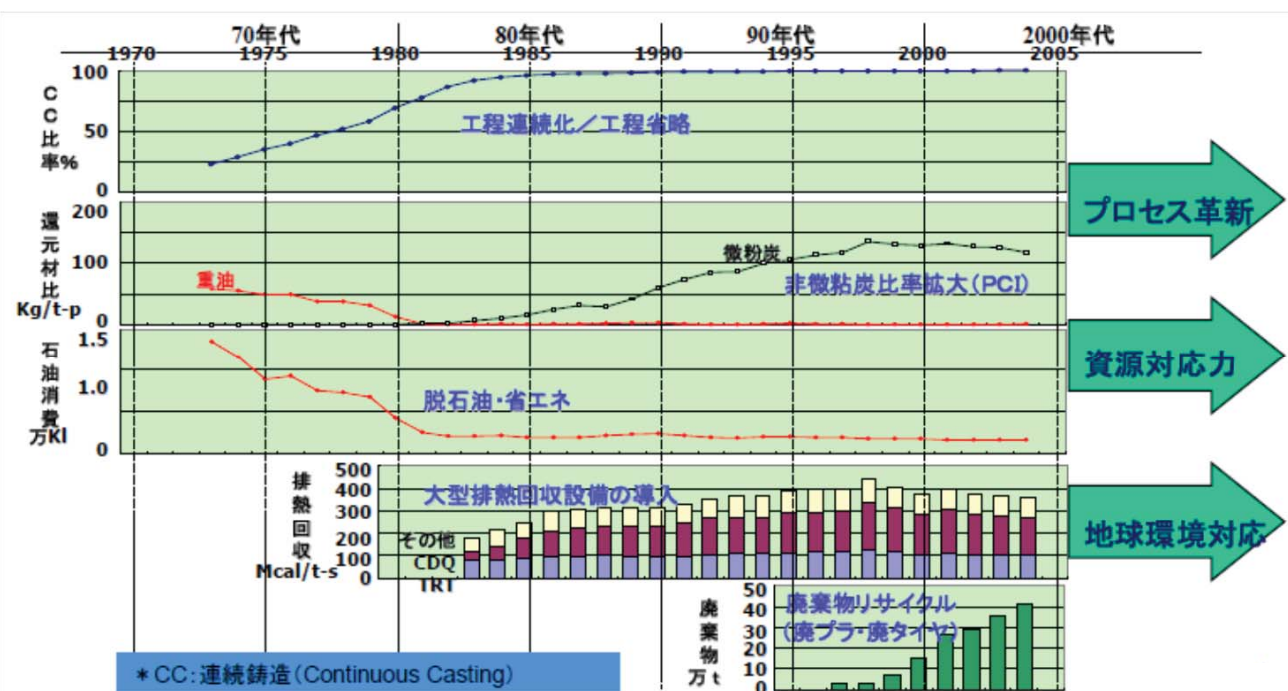
鉄鋼の製造プロセス

鉄鋼業トータルのCO₂排出量の約7割を排出



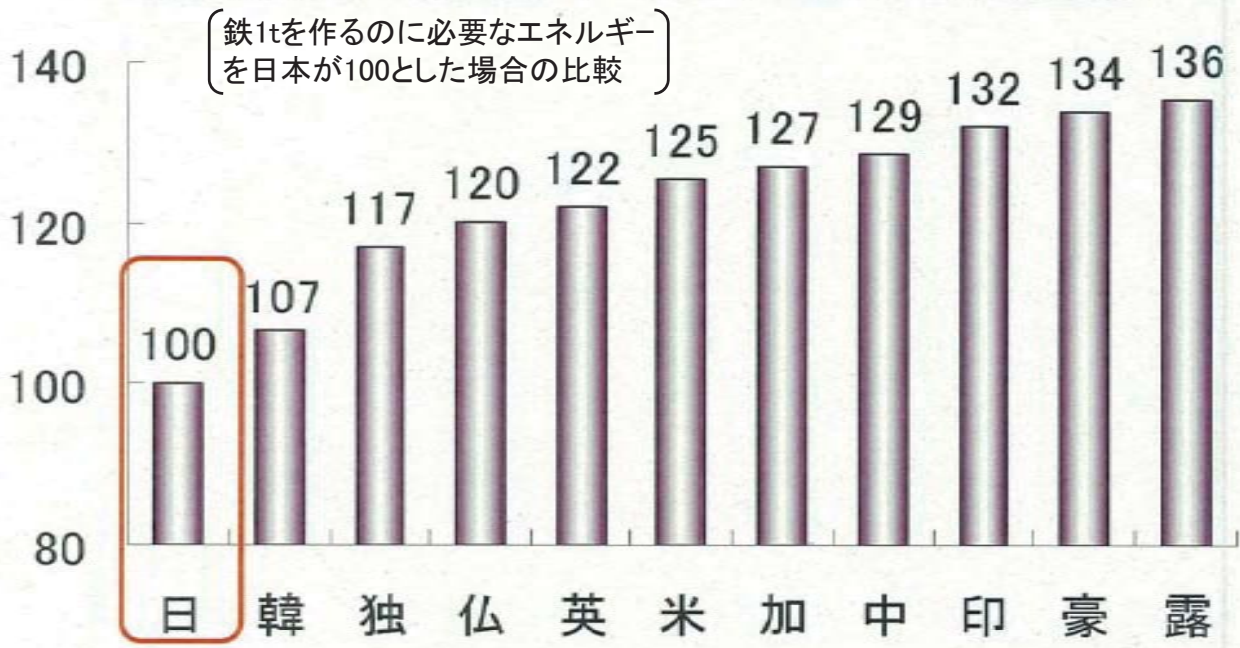
事業原簿 I-4

鉄鋼業における省エネルギー実施状況



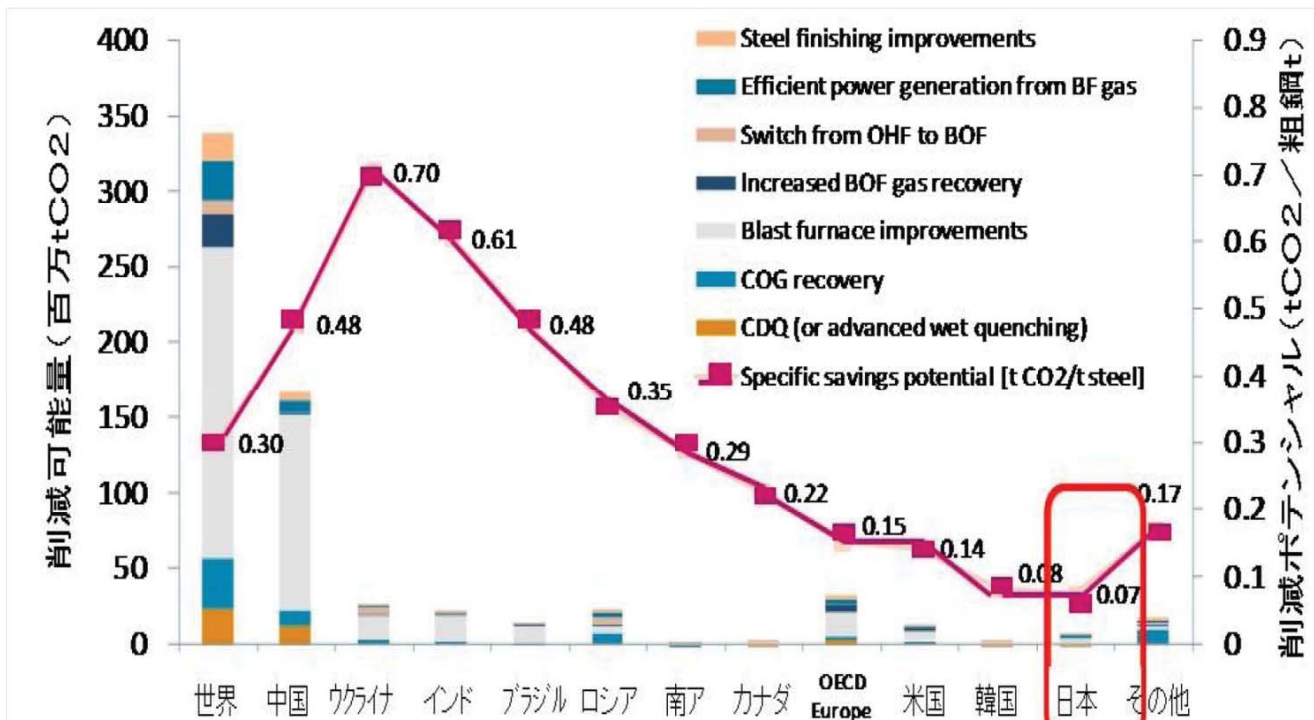
事業原簿 I-5

鉄鋼業(高炉・転炉法)のエネルギー原単位の国際比較



出典:「エネルギー効率の国際比較(発電・鉄鋼・セメント部門)」2008RITE

＜鉄鋼業のCO2削減ポテンシャルに関する国際比較＞



出典:「エネルギー技術展望2008」国際エネルギー機関(IEA)発表資料

国の施策等(本プロジェクトに係るもの)

●新・国家エネルギー戦略(2006年5月)

2030年のエネルギー需給見通しに基づき策定

省エネルギー目標として今後2030年までに少なくとも30%の効率改善を目指す。

●Cool Earth—エネルギー革新技术計画(2008年3月)

全世界の温室効果ガス排出量を現状に比べて2050年までに半減を目指す。

この実現に向けてCO2を大幅に削減を可能とする21技術を選定。

●エネルギーイノベーションプログラム基本計画(2009年4月)

超燃焼システム技術 <環境調和型製鉄プロセス技術開発>

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

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

・研究開発期間:2008年度~2017年度

●エネルギー基本計画(2010年6月)

低炭素型成長を可能とするエネルギー需要構造の実現

産業部門の具体的取組として、革新的製鉄プロセス(フェロコークス)や環境調和型製鉄プロセス(水素還元製鉄、高炉ガスCO2分離回収)について研究開発を推進し、2030年までの実用化を図る記述あり。

<Cool Earth—エネルギー革新技术計画に掲げられた革新技术>

—重点的に取り組むべきエネルギー革新技术—

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。



＜技術戦略マップ2009/エネルギー分野＞

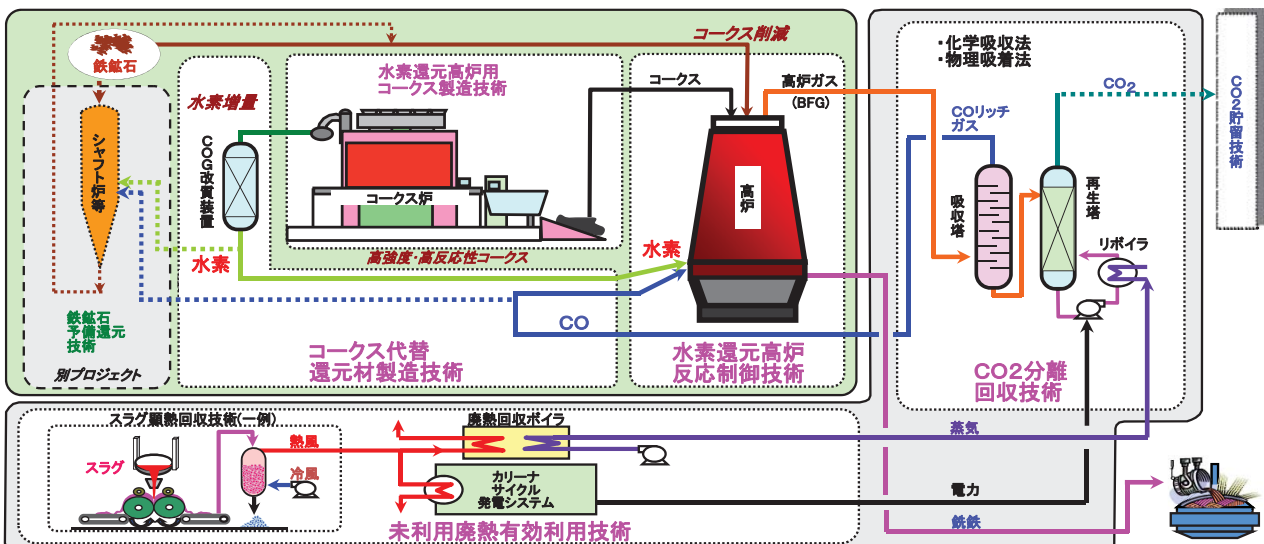
- ①「総合エネルギー効率の向上」に寄与する技術の技術ロードマップ(1/13)
- ⑤「化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用」に寄与する技術の技術ロードマップ(6/13)(13/13)

No.	エネルギー技術 個別技術	2010	2015	2020	2025	2030～
1102H	10省エネ型産業プロセス 製鉄プロセス	新焼結プロセス 高微粉炭比操業下でのダスト排出量低減 電気炉ダスト回生技術 電磁力利用製造技術 溶融還元製鉄法(DIOS)	事前炭化式ガス化溶融プロセス 断熱型製造システム 回転炉床有用金属回収技術 超微細粒熱延鋼板製造技術 革新的電磁鋼板技術 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 電炉希釈バージョン鉄製造(DRIC) 希少金属分離回収技術 特殊鋼材高洗浄・高純化技術 CO2回収技術 化学プロセスとのコラボレーション
5801D	80.CO2回収貯留 CO2分離回収技術	分離回収コスト 4,200円/t-CO ₂	IGCCでの実証試験 2,000円/t-CO ₂ (さらに分離膜の適用化で1,500円台に)	1,000円/t-CO ₂		
		ガス化ガス・改質ガスからのCO2分離【CO2回収技術】 膜分離技術 化学吸収法 物理吸収・吸着法 排熱有効利用		高効率酸素製造技術		

図中の で囲った項目が本プロジェクトでの開発項目を示す。

事業概要

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。



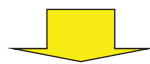
		Phase I						Phase II	
		FY 2007	FY 2008	FY 2009	FY 2010	FY 2011	FY 2012	FY 2013-2017	FY2018-2028
Government	Cool Earthエネルギー革新技術計画	京都議定書約束期間						ポスト京都議定	
		●7月:G8 ●ポスト京都枠組							
	worldsteel (世界鉄鋼協会)	CO2-BT-Phase1		CO2-BT-Phase2					
	ULCOS	ULCOS1(-2010)		ULCOS2(2009-2017)				ULCOS3(2018-)	
COURSE50	開発ステージ	Phase I (Step1)						(Step2)	Phase II
	評価等	●プロジェクト評価 ●プロジェクト採択		●中間評価		●事後評価			
	年度予算額(億円)	15.3		25.1	19.6	26	17.8		
	水素還元	高炉	還元技術見極め		ガス挙動制御、反応制御				Phase I (step2)
	COG改質	(改質技術見極め)		ベンチ規模試験機製作と立ち上げ 評価試験				実用化開発	
	CO2分離回収	30t/dプロセスプロセス評価プラント建設等		吸収液/剤の技術評価				150億円(5年間)	
	未利用顕熱回収	要素技術見極め		ベンチ試験設備建設と技術評価					

事業原簿 I-7(本図はIV-3)

NEDOが関与する意義

鉄鋼業としての抜本的なCO2削減技術の開発は、

- 社会的必要性:非常に大、国家的課題
- 鉄鋼業の競争力強化に貢献
- CO2分離回収はエネルギー増加を招くため、民間の開発インセンティブが働きにくい
- 研究開発の難易度:非常に高
- 投資規模:非常に大=開発リスク:非常に大



民間の能力を活用してNEDOが資金負担を行うことにより
研究開発を推進すべき事業

実施の効果 (費用対効果)

費用の総額	Phase I	Step1 (本事業)	100億円
(予定)	Phase I	Step2	150億円



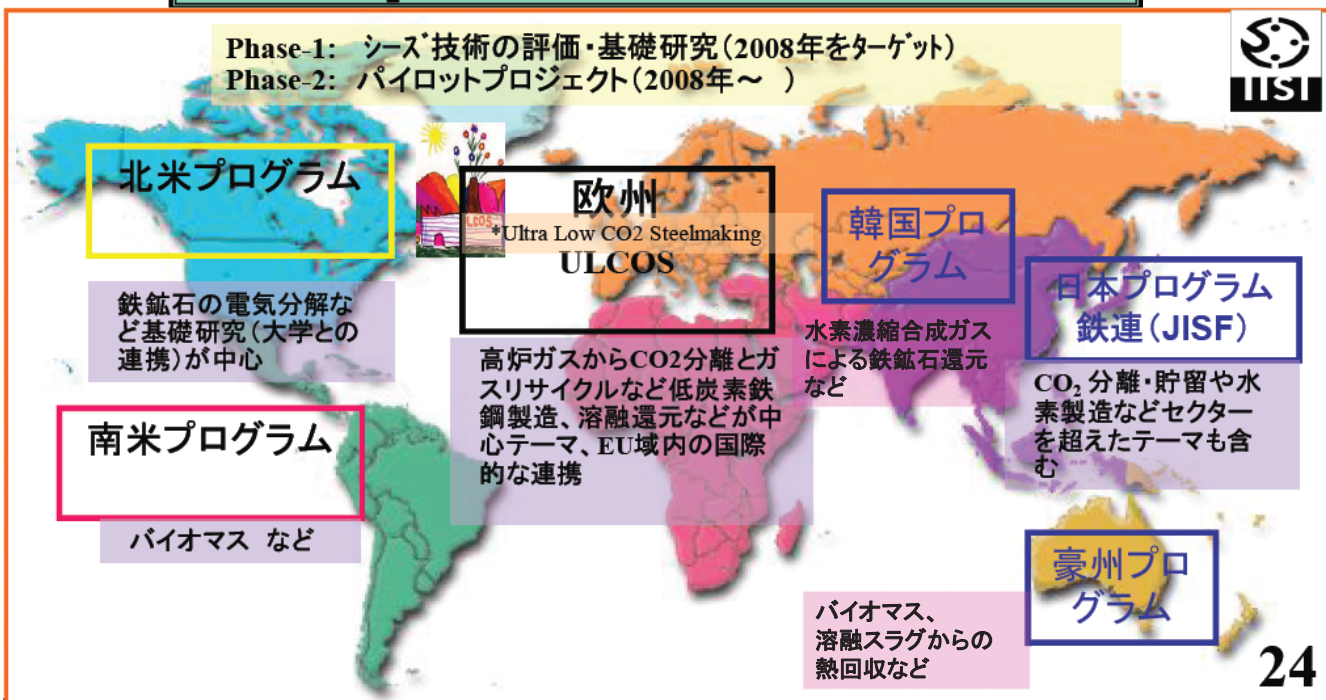
効果

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

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: シーズ*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~)



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

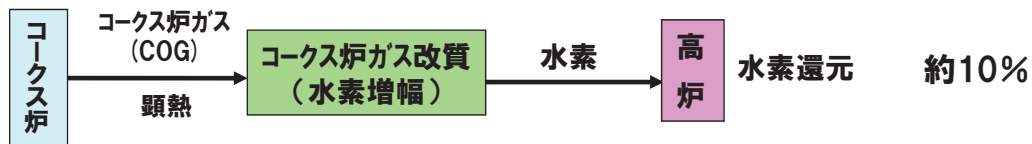
コークス製造時に発生する高温の副生ガスを改質して水素を増幅し、その水素を利用して鉄鉱石を還元する技術を開発する。

②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発

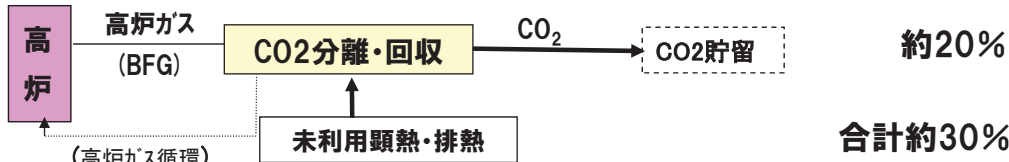
高炉ガスからCO2を分離するために、新たな吸収液開発、物理吸着技術開発を行い、併せて製鉄所内の未利用排熱を活用して、CO2分離のためのエネルギーを削減する技術を開発する。

①高炉からのCO2排出削減技術開発(サブテーマ1-1 から 3)

CO2回収目標



②高炉ガスからのCO2分離回収技術開発(サブテーマ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認する。
- ・水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確認する。
- ・水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確認する。

② 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発

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

研究開発実施項目

①高炉からのCO2排出削減技術開発

サブテーマ1: CO2削減のための高炉でのコークス使用量削減を目的に水素などを用いて鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。

サブテーマ2: コークス炉の800℃の未利用排熱を利用し水素量を増幅するコークス炉ガス(COG)改質技術を開発する。

サブテーマ3: 水素還元用の高強度・高反応性コークス製造技術を開発する。

②高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発

サブテーマ4: 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収に係る吸収液や物理吸着法の開発を行う。

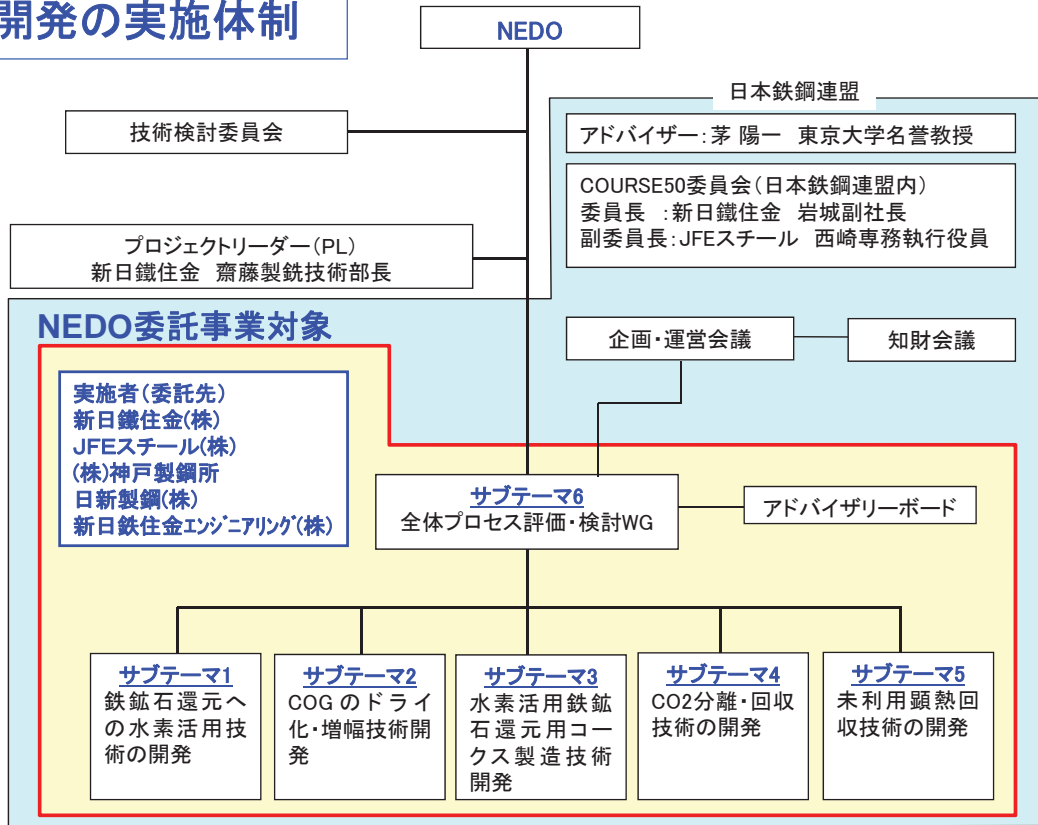
サブテーマ5: 製鉄所の未利用排熱活用拡大によるCO2分離回収エネルギー削減(鉄鋼業のCO2削減)に寄与する技術開発を推進する。

サブテーマ6: 各サブテーマ間の全体調整、製鉄所全体の総合的評価・検討を行う。

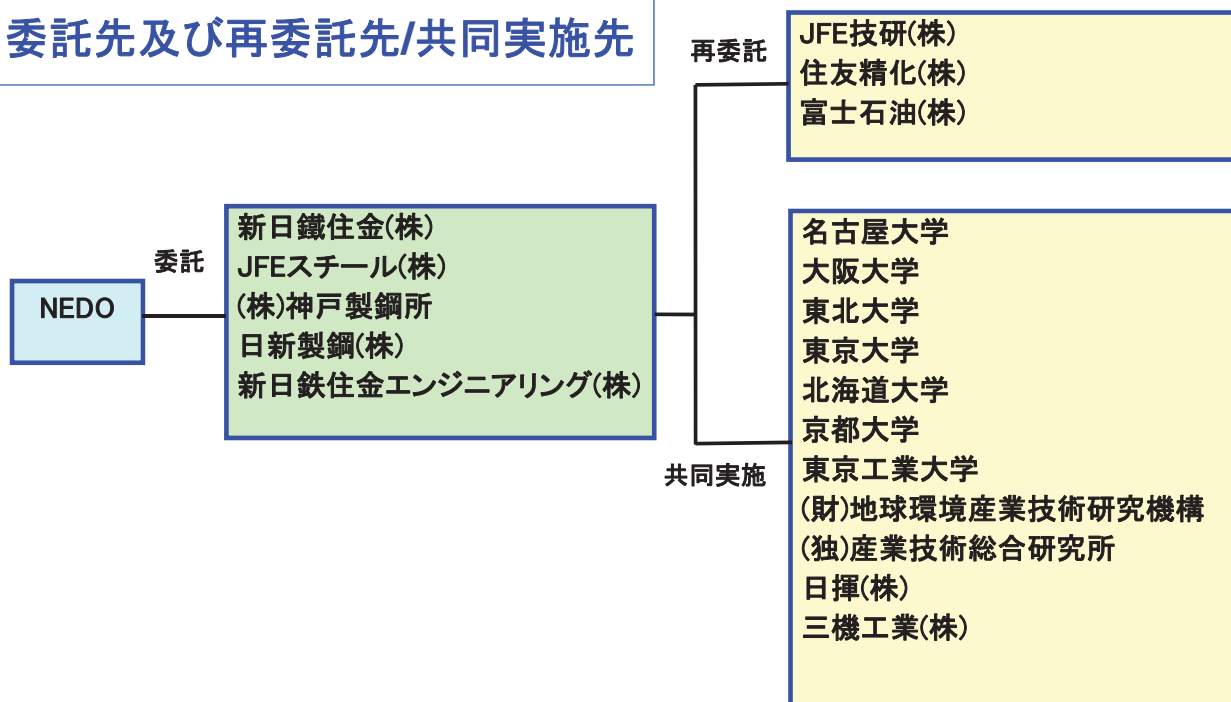
・尚、フェーズⅡ、次ステップ開発を経て、総合的に約30%のCO2削減可能な技術の確立を目指す。

サブテーマ	計画内容	根拠
サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発	水素を多量に含有する改質COGを高炉で利用した場合の、高炉内鉄鉱石還元挙動を明らかにするとともに、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実証評価する。	従来の還元材のコークス投入量を減らし、CO2発生量を低減するため、 必須なコークス製造は重要な課題。
サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発	パイロット規模の化学吸収試験設備や数種類の高性能吸収液等を用いて、BFGから二酸化炭素を分離回収する試験を実施、定量的なエンジ・データを収集し、製鉄プロセスに及ぼす影響を実証的に評価すると共に製鉄プロセスとの統合モデルを検討、全体システム評価・検討の中で実用化時の二酸化炭素削減ポテンシャルや分離回収コスト低減効果を評価する。	投入エネルギーの削減とコストダウンを実現が最重要課題であり、物理吸着を含めた 総合化によるシステム化が必須 であるため。
サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発	選定した未利用顕熱・排熱活用技術の性能検証試験を完了し、BFG(高炉ガス)からのCO2分離回収量増加への寄与を評価。パイロット規模で、回収ガス温度が140℃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。

研究開発の実施体制



研究開発の実施体制
委託先及び再委託先/共同実施先



情勢変化等への対応

情勢	対応
<p>世の中の技術革新により効果的、加速的アプローチが存在する可能性あり</p> <p>➡ 幅広い視野での課題認識、全体システム最適化の必要性</p>	<p>目標達成に向け専門的知見を有する外部有識者の方々から世の中の動向を考慮した効果的な推進方法などの助言を得て開発内容への反映を図るため、以下を設置、開催した。</p> <p>(1)技術検討会の設置、開催(全3回) (2)アドバイザーボードの設置、開催(全3回)</p>
<p>本プロジェクトは課題が非常に多岐に渡っており、テーマ毎に開発効果、難易度が異なる</p> <p>➡ 開発の進捗に応じテーマの見直し、重点化が必要</p>	<p>H22年度以降は以下のような方針で推進することとした。</p> <p>【①水素還元関係】→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進。部分的な研究の総合的な確認および課題の把握のためにLKAB社試験高炉(8m3)による試験操業を実施した。 【②化学吸収・物理吸着】→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進めた。 【③排熱回収や高性能コークス製造】→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明していくことに重点化。 【④COG改質】→H22年度からベンチプラントの設計・建設を開始し、スケジュール通り進めた。</p>
<p>開発テーマの見直し、重点化に対し研究体制の見直しが必要</p>	<p>大学等の保有する高いレベルでの知見を有効活用すべく、委託研究先を増やして、漏れがなく最適な産官学体制になるように工夫した。適時最適な体制になるように開発期間の途中での第三者との共同実施の追加変更を実施した。 (H22年度以降、東北大などと6件のテーマで共同実施を開始)</p>

事業原簿 II-16, 17

23/47

予算投入実績

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

予算は、以下のような考えで投入。

- ①水素還元関係→本プロジェクトでの大事なコア部分であり、可能な限り前倒しで推進する。
- ②化学吸収・物理吸着→ベンチプラント等の建設を通して、スケジュール通り進める。
- ③排熱回収や高性能コークス製造→多少時間を掛けても確実に実施できるように、原理原則部分をしっかりと解明していく。

事業原簿 II-18

24/47

技術検討委員会の提言

1. H24年度の残期間でやり残している研究開発に関する提言

提言	対応
LKAB高炉試験で貴重なデータが得られたと思うので、何故今回の試験結果がこうだったのか詳細な解析を行うことがStep2に繋がると考えられる。	LKAB高炉試験結果で何故シャフト効率が上がらなかったのか、改質COGの吹込み方法や高炉内ガス流れ挙動を数式シミュレーションで詳細な解析を行い、Step2への開発テーマへ組み込む。
必要な特許については先願主義であり、海外特許の出願を含め知財管理をしっかりやって頂きたい。	実施者が海外特許を含め特許出願規定を定め、知財所有権の管理の徹底を図っている。必要な特許は国内及び海外出願を積極的に推進中。

技術検討委員会の提言

2. Step2への展開に関する提言

提言	対応
Step1終了後に実用化可能なものは実用化を進め、Step2では更に省エネや使用方法の改良を行うなどを検討をされてはどうか。	CO2分離回収技術については現状までの開発技術を用いて化学工業などの鉄鋼業以外の分野での実用化することで準備中。Step2では新規アプローチによる更なる省エネ技術の開発テーマを設定する。
Step2に進む前に全体の最適化を、もう一度見直して見逃していた部分とか他の技術の導入の可能性を含めて検討して頂きたい。	高炉からのCO2排出削減技術において鉄鉱石還元への水素活用技術に加え、水素還元に適した鉄鉱石原料のStep2のテーマに組み込む。
LKAB試験結果では思った程カーボンインプットが下がっていない。COG改質だけではなく鉄鉱石やコークスなどの原料性状を改質して還元平衡温度を下げる方法などと組合せも考えてもらいたい。	試験高炉を国内に新しく設置し、水素還元のみではなく鉄鉱石などの原料性状の制御を含めて総合的に高炉におけるカーボンインプット量を低減する技術開発を推進する。

提言	対応状況
<p>新規開発項目、既存技術の適用研究、などに区分して、研究項目ごとに優先度を決めて研究規模を見直し、予算の重点配分を行うべき。</p>	<p>研究項目の見直し ●核技術となる以下の技術開発に予算を重点配分した。 (1) 高炉からのCO2排出削減技術 ・ 鉱石還元への水素活用技術 → 海外ミニ試験高炉での試験 ・ COGのドライ化・増幅技術 → COG実ガスを用いたCOG改質ベンチプラント試験 (2) 高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術 ・ CO2分離・回収技術の開発 ●「水素活用鉄鉱石還元用コークス技術開発」は目標のコークス強度達成の見込みが得られたので、原理解明を重点化した。 ●「未利用顕熱回収技術の開発」は新規開発要素を有し、高難易度の技術として現状の開発項目をピックアップして開発を推進した。</p>
<p>各技術の難易度を明確にし、技術ごとに基盤終了時期を明示することが望まれる。</p> <p>また、実機の明確なイメージを確立する必要がある。スケールアップ、設備コンパクト化から見た開発課題を洗い出し、プロジェクトを進めることが望ましい。</p>	<p>技術ごとの国プロとしての研究開発計画 ●技術の категория と開発状況から化学吸収法の鉄鋼業以外の化学工業分野などへの早期実用化、低位熱発電システムの早期適用が可能と判断され、化学吸収法については商品化準備中。 ●高炉のスケールアップイメージとして試験高炉(10m3級)、実証試験高炉(100m3級)、実機(2000-5000m3)の三段階と検討。LKAB社試験高炉(8m3)の実験操作を実施するとともに過去の試験高炉を調査し、第一ステップの10m3級試験高炉の概念検討を実施した。 ●CO2分離回収法、COG改質、排熱回収などのスケールアップについての技術項目を整理し研究推進した。</p>

提言	対応状況
<p>他に国内も含めて、世界中で提案されている新製鉄法と比較して、熱的・経済的に十分対抗性のあるプロジェクトであることを定量的に示すべきである。</p>	<p>●新製鉄法に対し生産性の観点から優位性があることが確認されている高炉法をベースとした技術開発を行っている。 ●World steel 協会のCO2削減技術に関する会議への参加等により欧州ULCOSプロジェクトや各国の技術動向を調査し本プロジェクトと比較し優位性を確認している。</p>
<p>研究開発プロセスで見出される各事象についても理論的解析が不十分で、次ステップに展開していくべき開発課題の取り上げ方法が必ずしも十分ではない。</p>	<p>開発課題の精査(外部有識者の活用) ●技術検討委員会、アドバイザリーボードを開催し、定量的解析法などのコメントを課題に反映しながら開発推進した。</p>
<p>技術の国内外への普及を考えると市場ニーズに応じた経済的な評価項目と目標が必要である。今後、普及を考えた場合の製品性能とコスト評価を明確にすべきである。その値と技術開発目標が一致するようにする必要はある。</p>	<p>経済的な評価と目標設定 ●CO2分離回収技術に対する経済的な目標には「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標2,000円/t-CO2(2015年)を設定しており設備コストと製鉄所排熱利用を考慮した運用コストの合計で評価した。 ●高炉からのCO2排出削減技術開発については、基盤技術として鉄鉱石還元への水素活用技術に関し基礎技術を検討しシステムの条件とCO2削減に対する有効性を確認する必要がありStep1では技術面の検討を実施した。 ●経済性の評価と目標設定に対しては以上の技術的な方向性を明確にしてStep2にて実施予定。</p>

提言	対応状況
プロジェクトは多岐にわたるので、研究項目の整理と、トータルプロセスとしての評価システム(シミュレータ)を導入して、開発をマネジメントする必要がある。	評価システムの導入 ●製鉄所全体の総合的エネルギーバランスを評価のためのツールを用いて各サブグループの最新のデータを反映したシミュレーションを実施した。
20年という長期スパンを考えると技術や知識の伝承と継承人材の確保のため、研究者、技術者の新陳代謝のマネジメントスキームも提示することが望まれる。	人材・体制マネジメント ●本プロジェクトの中核を担う技術については、我が国の鉄鋼業を支える競争優位技術として完成度をあげるべく、次ステップへと継承し発展させる。試験高炉による研究開発を含めて産学官での連携をベースに技術者の育成、技術継承を図る。 ●基盤技術が完成し別用途への転用が図れる水準に到達した技術については参加各社内で独自に実用化フェーズの開発を推進することにより技術者の確保、維持を図りつつ、来るべきCOURSE50の実用化フェーズでの適用にも備える。

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

◎:超過達成、○:達成または達成する見込み、△:一部未達、×:未達

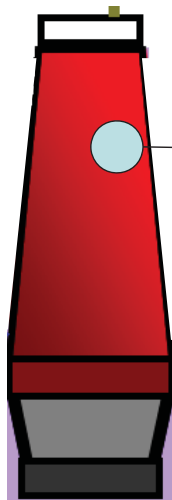
テーマ	最終目標	研究開発成果	達成度
高炉からのCO2排出削減技術開発	水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確立する。	・高強度コークスとして、目標であるDI > 88を満足する製造方法に目処を得た。	○
高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収技術開発	高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収コスト 2,000 円 /t-CO2 (「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	・CO2分離回収の化学吸収法は2200円/t-CO2、また物理吸着法は2400円/t-CO2程度のコストを達成する条件を見出した。さらに、化学吸収法は蒸気コストの低減、設備費削減等により、物理吸着法では、脱湿用役見直し、設備費削減等により、目標の2000円/t-CO2を達成する見込みである。 ・モデル製鉄所における発生CO2のほぼ20%を分離・回収できる未利用エネルギーが見出された。	○ 達成見込み (24年12月)

◎:超過達成、○:達成または達成する見込み、△:一部未達、×:未達

サブテーマ1 鉄鉱石還元への水素活用技術の開発

加速予算を戴いての、スウェーデンLKAB社8m3試験高炉での一貫還元試験を実施(2012年4月～5月)

懸念事項であった原料の粉化も無く、水素還元が予定どおり進行する事を確認出来た。



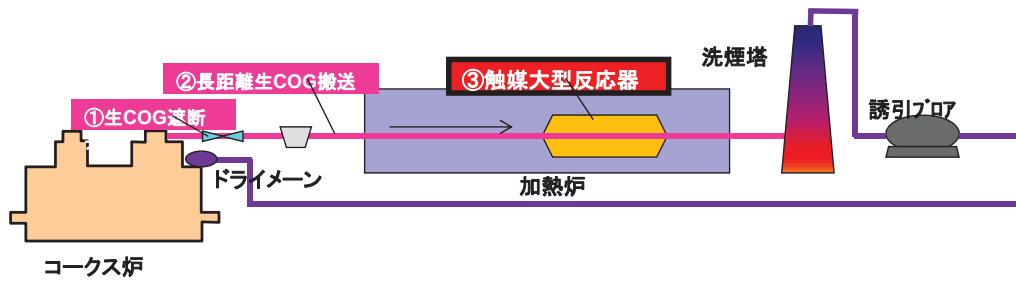
スウェーデン・LKAB社8m3試験高炉(概念図)

解体後の炉内状況



・炉内焼結鉱の顕著な粉化は見られない

サブテーマ2 COGのドライ化・増幅技術開発

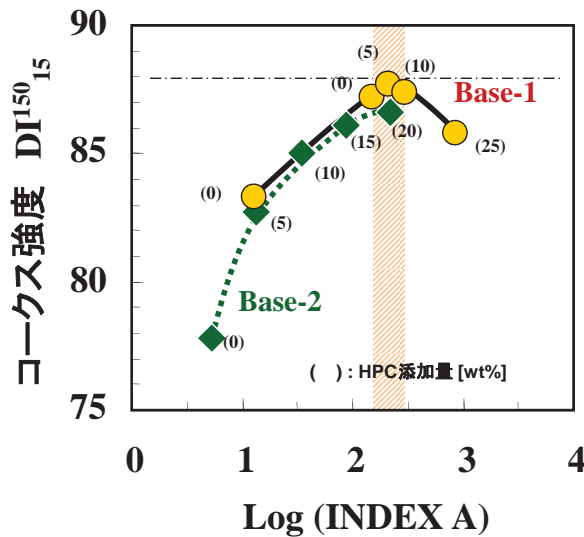


- 触媒活性
目標水素増幅率2倍に対し、2倍以上の活性を発揮することを確認。
- 耐久性
運転時間24hrに対し、加振機を効率的に作動させながら、24hr以上運転できることを確認。

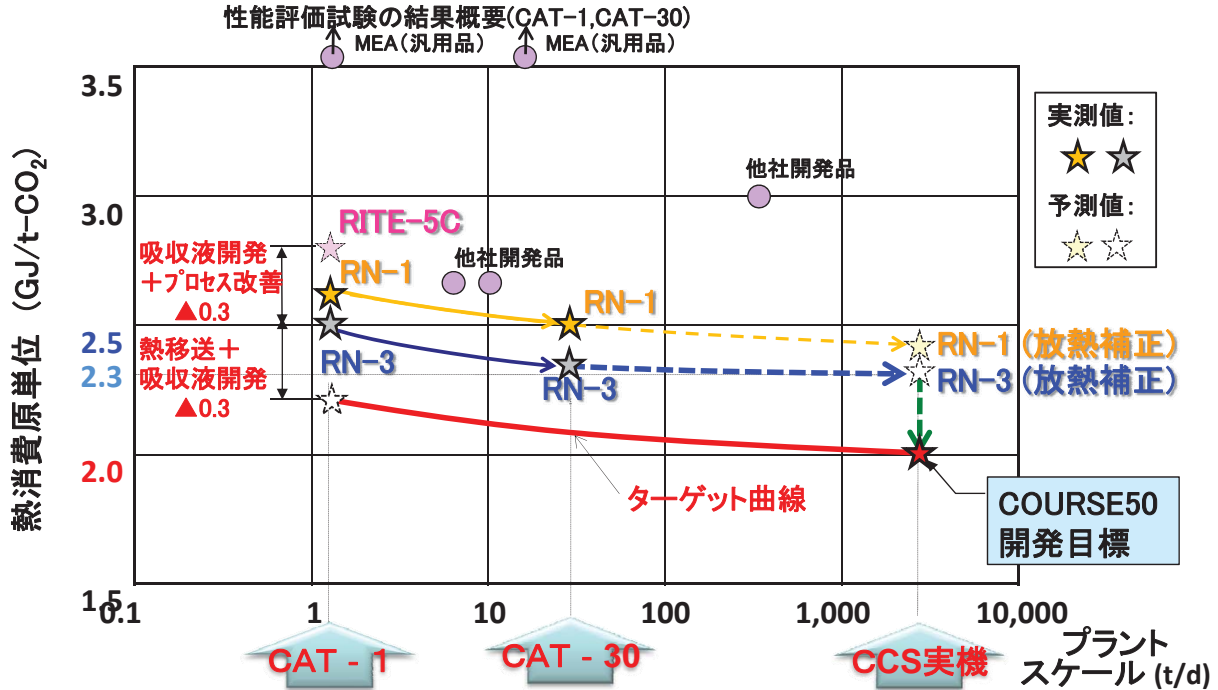
サブテーマ3 水素活用鉄鉱石還元用コークス製造技術

○HPC添加によりコークス強度 $DI^{150}_{15} \geq 88$ を達成

INDEXとコークス強度の関係

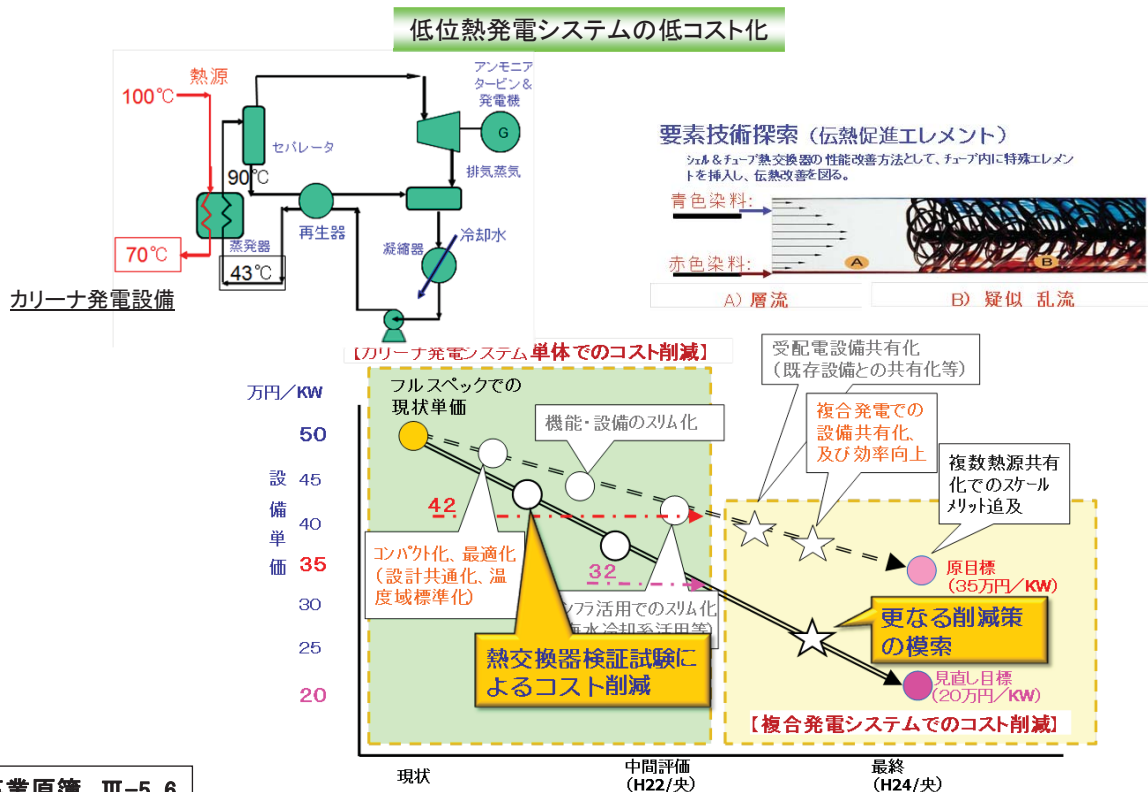


サブテーマ4 CO2分離・回収技術の開発



吸収液開発+プロセス改善により、CAT-1で 2.5GJ/t-CO_2 を達成。(世界TOPLレベル)
 ⇒ RN-3Cでは再生塔低温化の影響により、CAT-30で 2.34GJ/t-CO_2 (実機規模=2.3) 達成。

サブテーマ5 未利用顕熱回収技術の開発



サブテーマ6 製鉄全体プロセスの評価

シミュレーション結果

水素還元によるCO₂削減効果 (COG改質、高炉吹込み)
表 購入原料、エネルギー量

	単位	モデル製鉄所	COURSE50 技術導入後	差異
購入	原料炭	t-Dry	*****	*****
	PC・焼結炭	t-dry	*****	*****
	電力	MWh	*****	*****
	LNG	kNm3	*****	*****
外販	電力	MWh	*****	*****
	タール	t	*****	*****
	軽油	kl	*****	*****

CO₂排出量5.8%の削減

表 CO₂排出量

	CO ₂ 量(Kt/年)			差異 変化率(%)
	モデル製鉄所	COURSE50 技術導入後	数量	
IN	原料炭	*****	*****	
	PC・焼結炭	*****	*****	
	電力	*****	*****	
	LNG	*****	*****	
OUT	電力	*****	*****	
	タール	*****	*****	
	軽油	*****	*****	
	化成品補正	*****	*****	
IN-OUT(排出量)				△ 5.80
粗鋼トン当たり (Kg-CO ₂ /t-s)				

計算前提 ・シャフト効率(高炉での還元効率を表す指標)を固定。H₂還元によりシャフト効率がアップするなどの効果織り込み無し
・改質COG吹込み量****Nm³/t-pに設定。これ以上吹込み流量を増加させると、現状の計算上の仮定ではシャフト吹込時のガス通過領域での還元効率が低下

知的財産権、成果の普及

区分 年度	特許出願			論文		その他外部 発表 (プレス発表等)
	国内	外国	PCT※出願	査読付き	その他	
H20FY	0件	0件	0件	0件	1件	5件
H21FY	1件	0件	0件	1件	18件	27件
H22FY	12件	0件	0件	1件	28件	24件
H23FY	20件	0件	1件	1件	38件	31件
H24FY	2件	0件	3件 (手続き中)	6件 (投稿中5件)	22件	10件
計	35件	0件	4件	9件	115件	98件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

注1:H24特許出願はこの他に1件を準備中
注2:H24論文はこの他に7件を投稿準備中

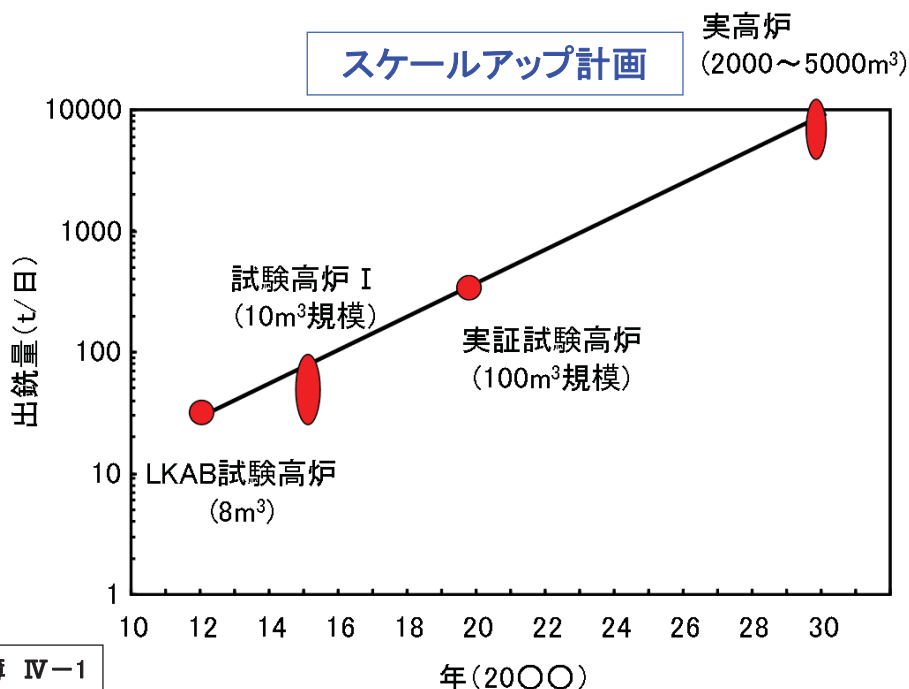
※ : 平成24年11月5日現在

step1到達レベルとその課題およびstep2実施項目の関係

主要項目	step1の到達レベル	step2での課題と実施内容
水素などによる鉄鉱石還元メカニズムと反応制御の基礎技術を確立する。	当初計画外のLKAB水素還元試験をも含め、Cの直接還元率の低減効果を得、高炉インプットで2.5%から3.5%程度のCO2低減の可能性のあることを確認。	① ガス供給条件の最適化 による更なる高効率化 ②step1でscope外の 原料サイドの具備条件含めた総合検討 による更なる高効率化以上を10m3規模試験高炉で実施。
水素の増幅率を2倍とするコークス炉ガス(COG)改質技術を確立する。	大量に製造した触媒の実COGに対する触媒活性発揮を確認した(水素増幅率2倍)。	高炉要求の温度(>800°C)、メタン成分低減の達成が新たな課題 。触媒法のレベルアップ及び無触媒法援用も含む。
水素還元高炉用のコークス強度(ドラム強度)DI \geq 88を満足する高強度コークス製造技術を確立す	目標であるDI > 88を満足する製造方法に目処	10m3規模試験高炉で評価
高炉ガス(BFG)からのCO2分離回収コスト2,000円/t-CO2(「分離回収法開発ロードマップ(CCS2020)」に示された目標)を可能とする技術の見通しを得る。	目標の2000円/t-CO2を達成する見込み(12月)	化学吸収法は10m3規模試験高炉との連動試験+更なるブレイクスルー課題への取組 物理吸着法は40万トン/年へのスケールアップ
全体最適化を推進し、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO2削減を可能にする技術の確立に資する。	製鉄所全体についての総合的エネルギーバランス評価のためのツールを作成し、 水素還元5.8%(ガス利用効率同等前提)+CO2分離回収20%の削減レベル 。	step2開発進捗に伴う全体最適化評価の高度化により、 総合改善CO2削減30%の技術確立 。

事業原簿 IV-2~4

本プロジェクトは鉄鋼業に不可欠な「鉄鉱石の還元工程」に「脱炭素」の指向を導入するとともに、革新的なCO2分離回収技術を組み合わせたものであり、有効な手段と考えられる。
LKAB試験高炉にて、インプットCの低減の実績が得られた意義は非常に大きい。
以下のスケールアップ計画にて実用化を図る。



事業原簿 IV-1

Step2に向けての考え方

水素還元基本方針

高炉からのCO2排出削減技術開発 ①鉄鉱石還元への水素活用技術の開発 概要

1. 開発方針

◎開発内容

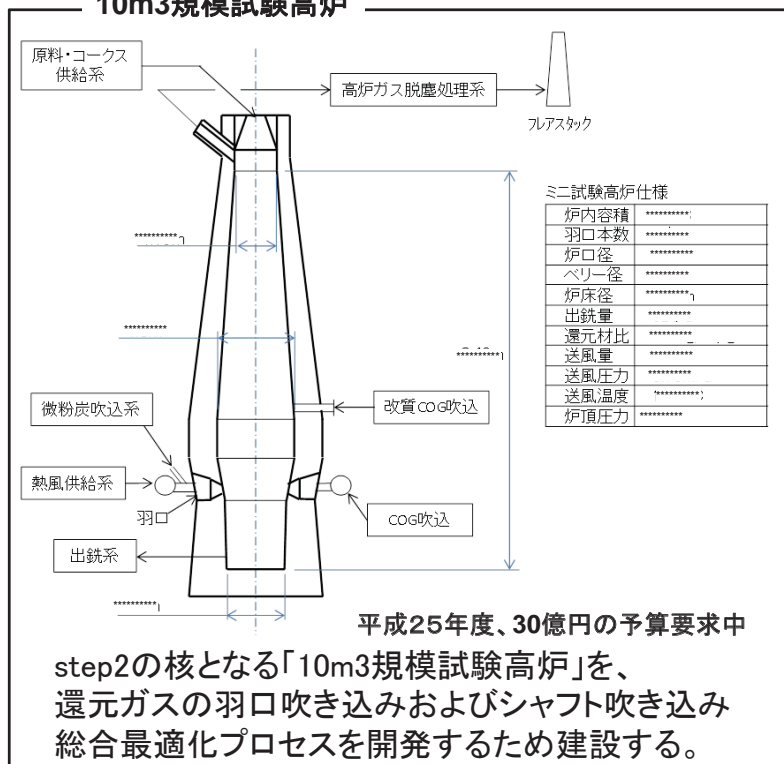
高炉からのCO2排出量の削減するため高炉でのコークスあるいは微粉炭の使用量削減をめざし、水素等を非カーボン系の還元材を活用し、鉄鉱石を還元する反応制御技術を開発する。

◎最終目標

- ・10m3規模試験高炉を軸として、生産性確保を前提とした10%の発生CO2削減技術を確立する。
- ・COGの適正吹き込み方法、吹き込み条件の明確化。
- ・水素の還元に適した原料の設計。

Step2 概要

10m3規模試験高炉



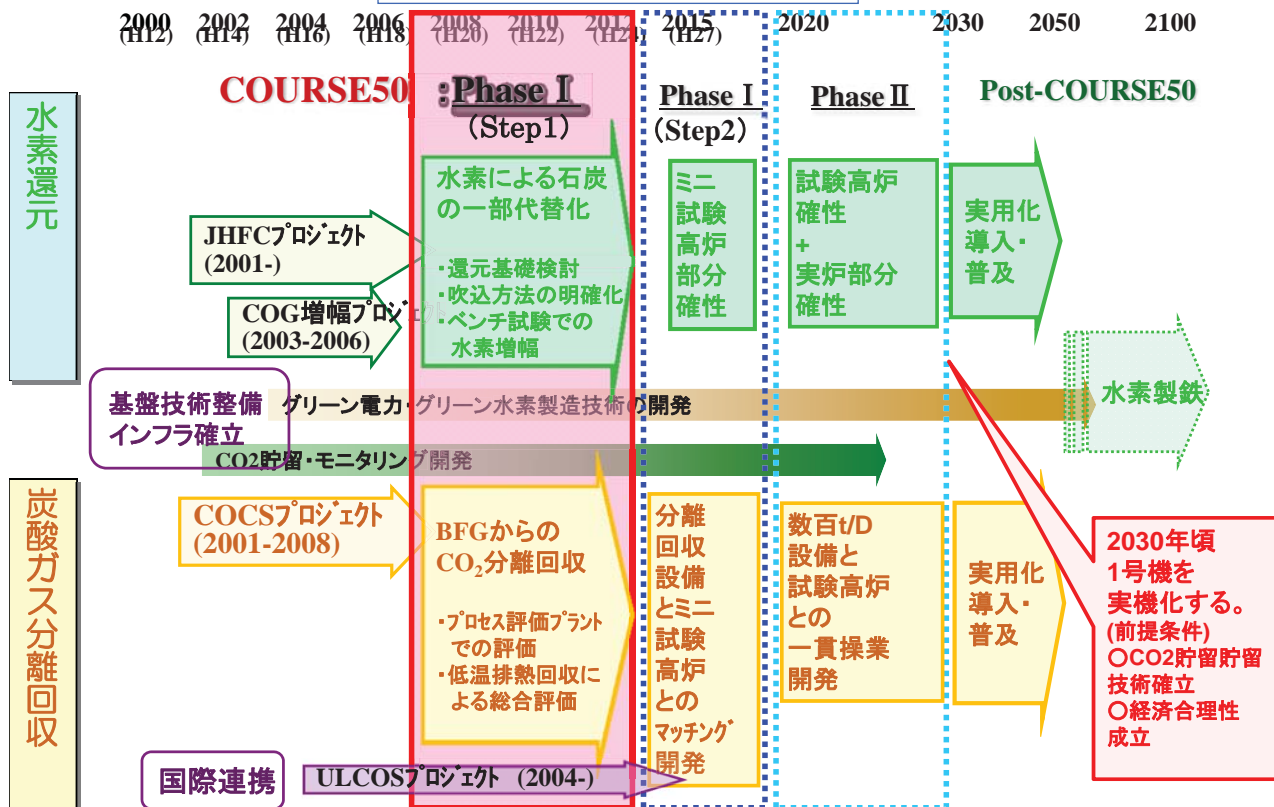
COG改質

COG改質については、step1で開発した「触媒法」に加え、高炉側のより高い水素濃度・温度要求にこたえるべく、高炉オンサイト側での技術導入も視野にいれ、総合的な機能向上を狙ってゆくことで、試験高炉機能の充実を図る。

研究開発スケジュール

	FY2007	FY2008	FY2009	FY2010	FY2011	FY2012	FY2013	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018~FY2027	
Government	Cool Earth エネルギー革新技術計画 ●プロジェクト評価	Kyoto Period					Post Kyoto						
Worldsteel	CO2-BT-Phase1	CO2-BT-Phase2											
ULCOS	ULCOS1(-2010)	ULCOS2(2009-2017)										ULCOS1(2018-)	
COURSE50		Phase I ステップ1					Phase I ステップ2					Phase II	
開発ステージ 予算規模(億円)		15.6	25.1	19.5	26.5	16.5	30	50	33	24	13		
水素還元		還元技術見極め		ガス挙動制御 反応制御		試験高炉 原料開発	ミニ試験高炉の設計・建設	ラボレベル検討	試験操作及びデータ解析				
COG改質		改質技術見極め		ベンチ規模試験機 製作と立ち上げ		触媒方式 評価試験	ベンチ試験装置改良・試験	無触媒方式 要素技術整理	スケールアップのプロセス・エンジニアリング技術確立				
CO2分離回収		30t/Dプラント評価プラント 建設		吸収液/剤の技術評価		化学吸収 吸収液の高性能化	ミニ試験高炉との連動	システムの高度化・非水系吸収液化の検討					
未利用顕熱回収		要素技術見極め		ベンチ試験機建設と技術評価		物理吸着 大型化・高効率化の課題検討	製鋼スラグ顕熱回収技術開発	スケールアップ開発					
												実用化開発	

実用化スケジュール

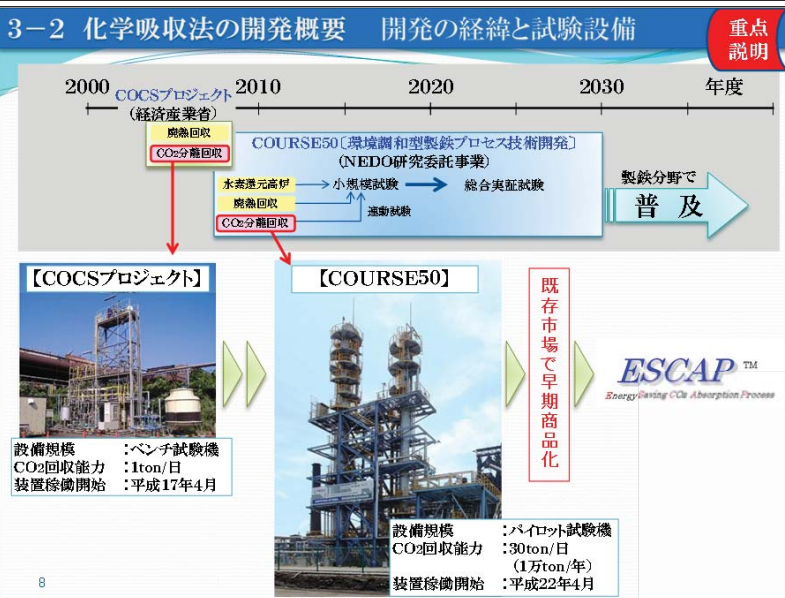


製鉄所プロセスの省エネ

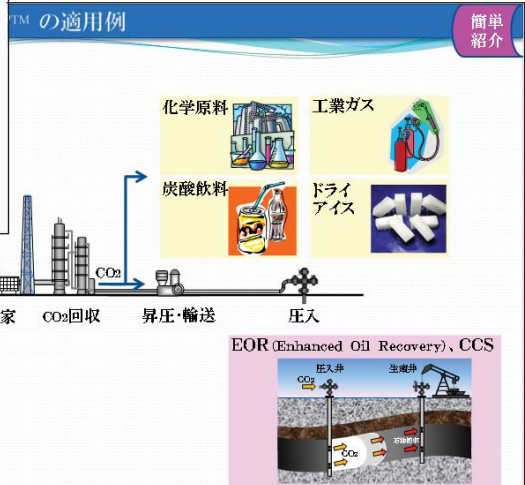
- ・高強度コークス製造後術
非粘結炭の配合量を増加させてもコークス品位の確保が可能
- ・製鉄所内未利用排熱回収技術
未利用低温排熱利用技術である「カーリーナ発電技術」などの早期適用

他分野への適用

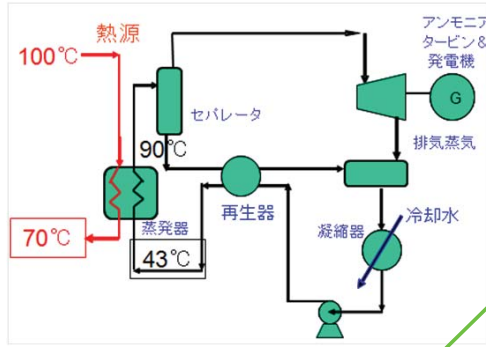
- ・CO₂分離回収技術
化学吸収法プロセス技術の化学工業分野等への早期適用



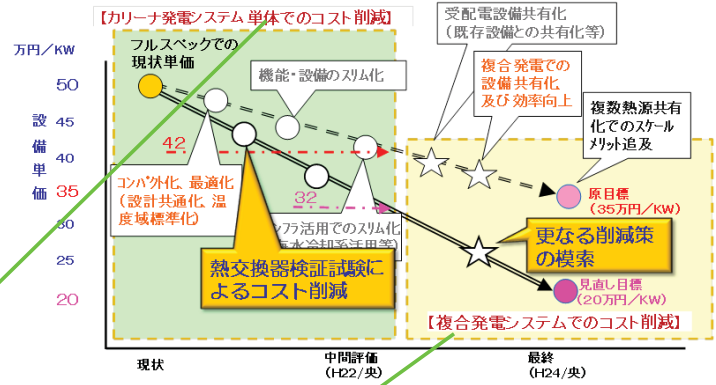
化学吸収法他分野への
早期実用化



低位熱発電システムの低コスト化



カリナ発電設備



要素技術探索 (伝熱促進エレメント)

シェル&チューブ熱交換器の性能改善方法として、チューブ内に特殊エレメントを挿入し、伝熱改善を図る。

青色染料:

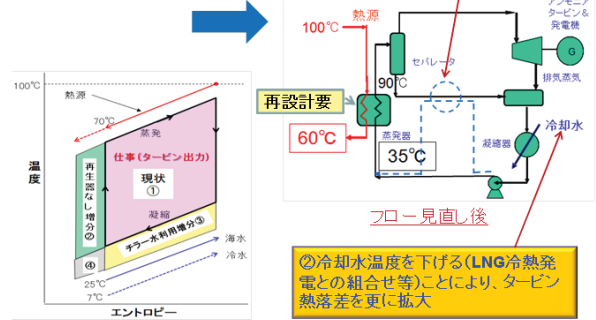
赤色染料:

A) 層流

B) 疑似乱流

事業原簿 IV-7

プロセス・フローの見直し



出力アップ原理図