

# 資源対応力強化のための 革新的製鉄プロセス技術開発 プロジェクトの概要

平成26年2月27日

製造産業局

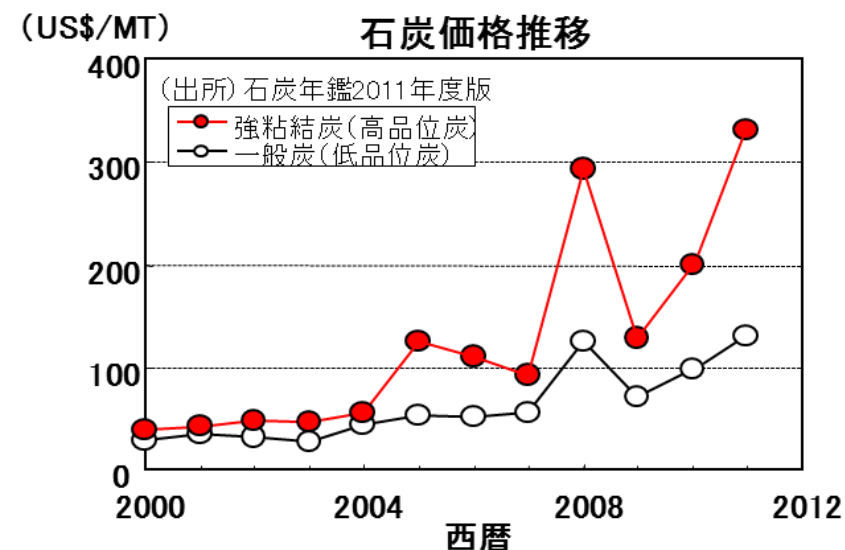
鉄鋼課製鉄企画室

# 目 次

1. 目的・政策的位置づけ
2. 目標
3. 成果、目標の達成度
4. 事業化、波及効果
5. 研究開発マネジメント・体制等
6. 評価
7. 提言及び提言に対する対処方針

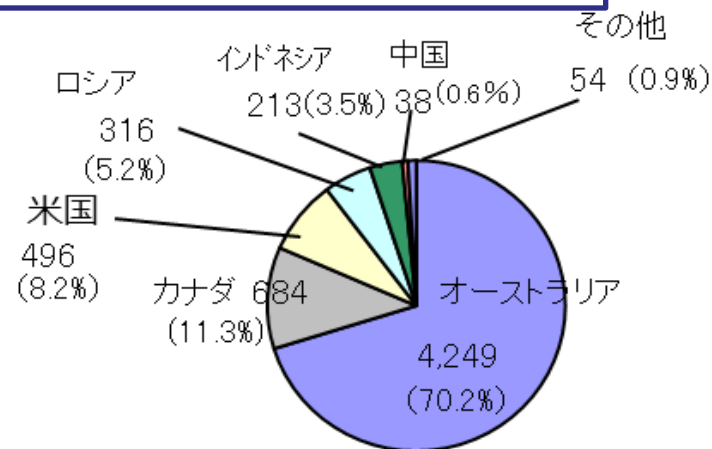
# 1. 目的・政策的位置づけ①

## 最近の製鉄資源高騰例



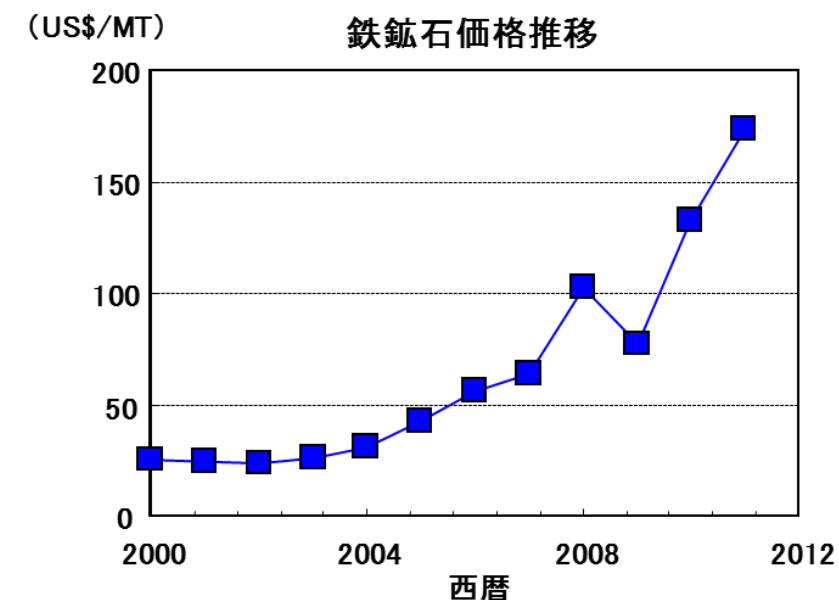
## 原料炭の国別輸入量(2012年)

(単位: 万湿量トン)



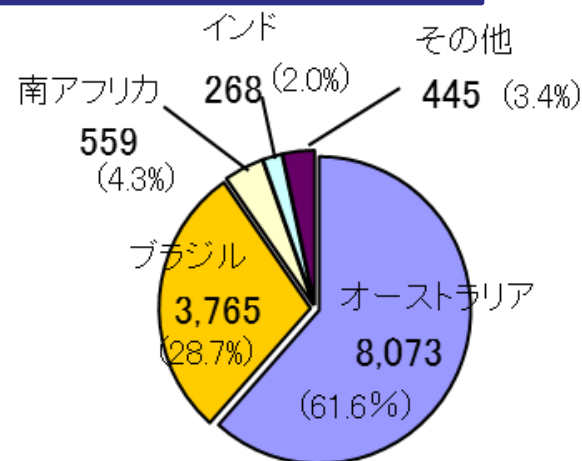
(出所) 日本鉄鋼連盟

合計 6,050



## 鉄鉱石の国別輸入量(2012年)

(単位: 万湿量トン)



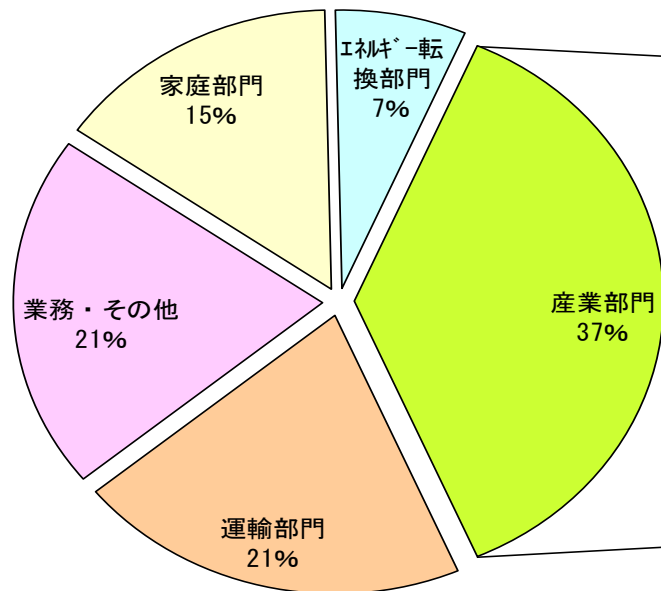
合計 13,110

(出所) 財務省貿易統計

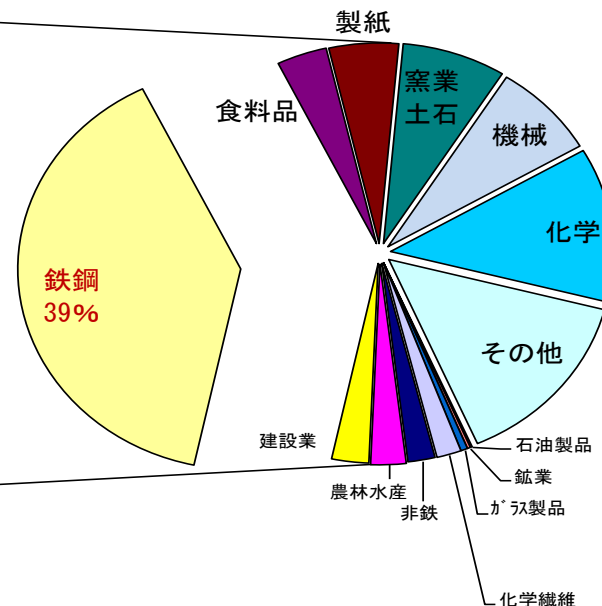
# 1. 目的・政策的位置づけ②

## 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

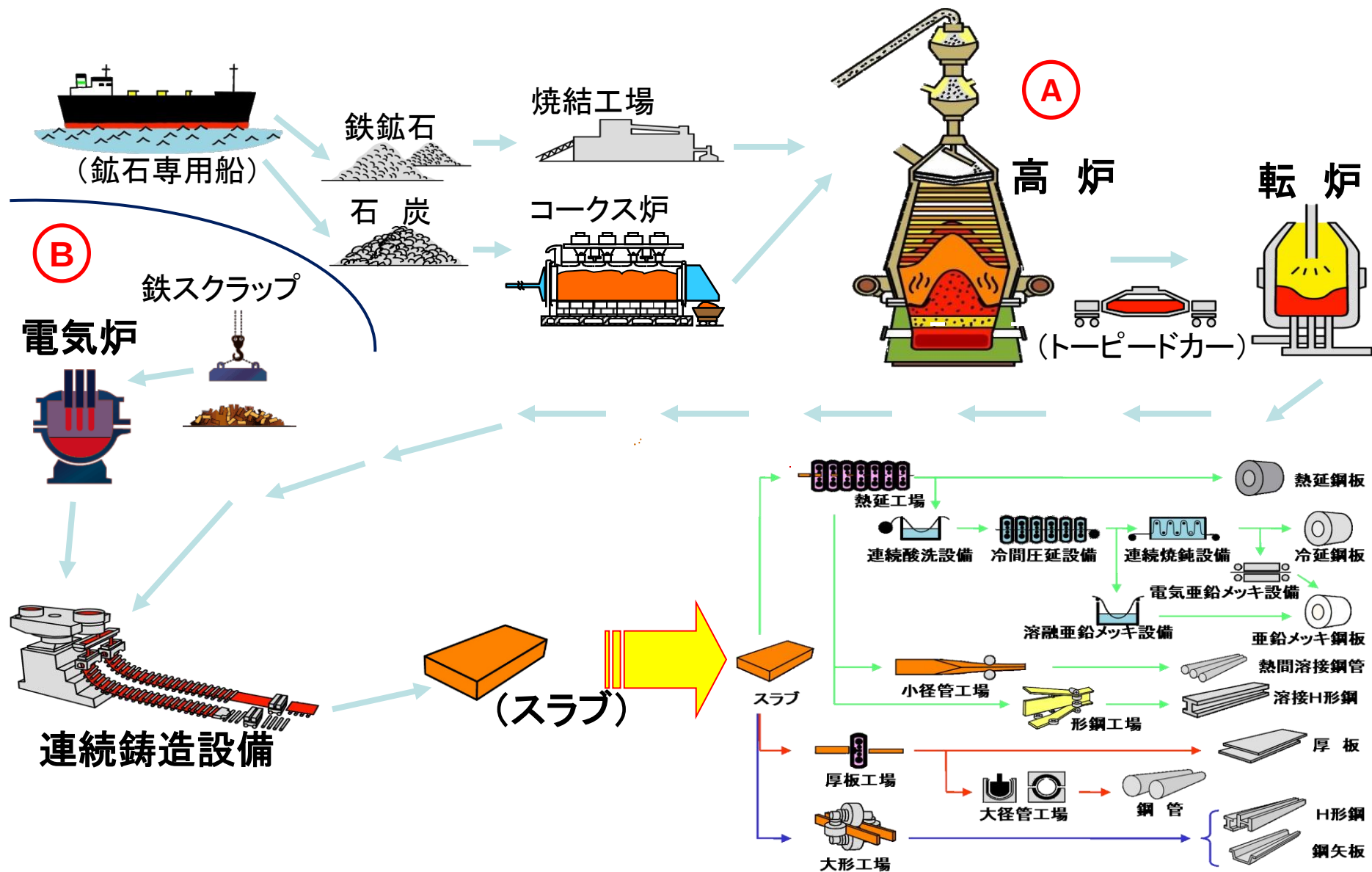
出典:「エネルギー効率の国際比較(発電・鉄鋼・セメント部門)」  
2010 RITE\*

RITE\*:公益財団法人地球環境産業技術研究機構  
Research Institute of Innovative Technology for the Earth

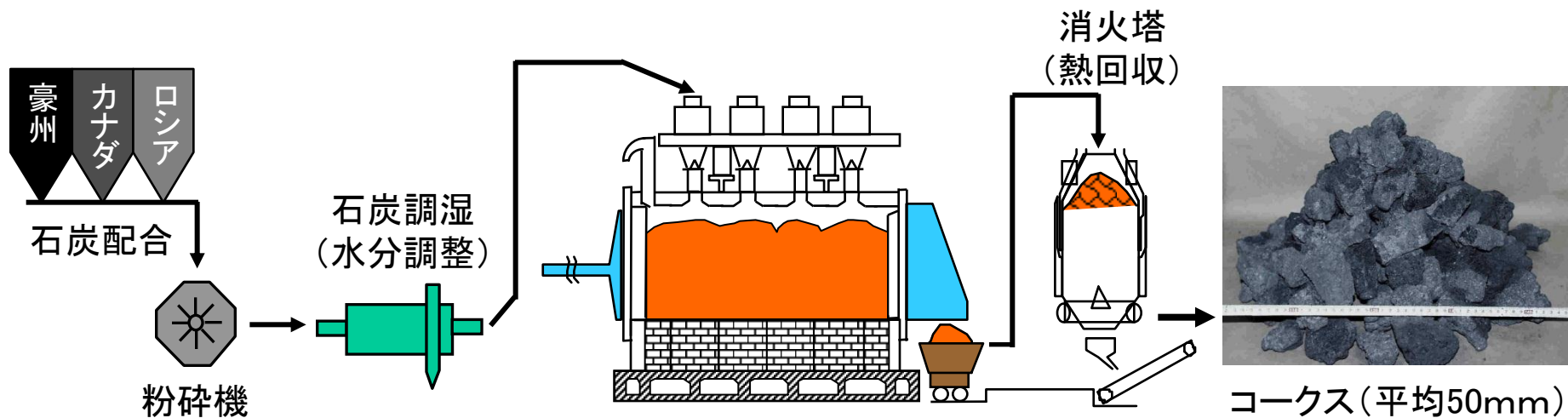
## 鉄鋼業のエネルギー効率国際比較(2010年時点)



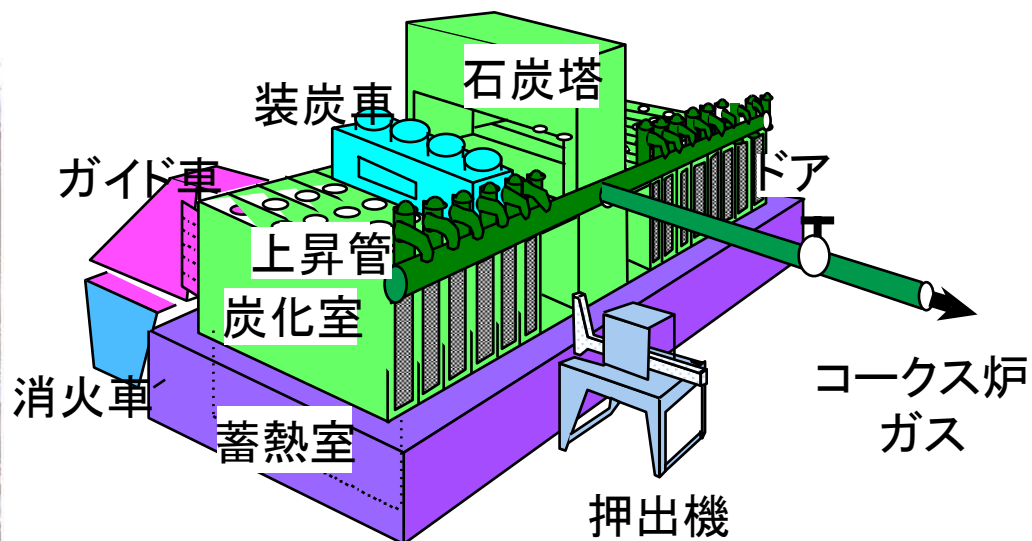
# (参考1)鉄鋼の製造プロセス



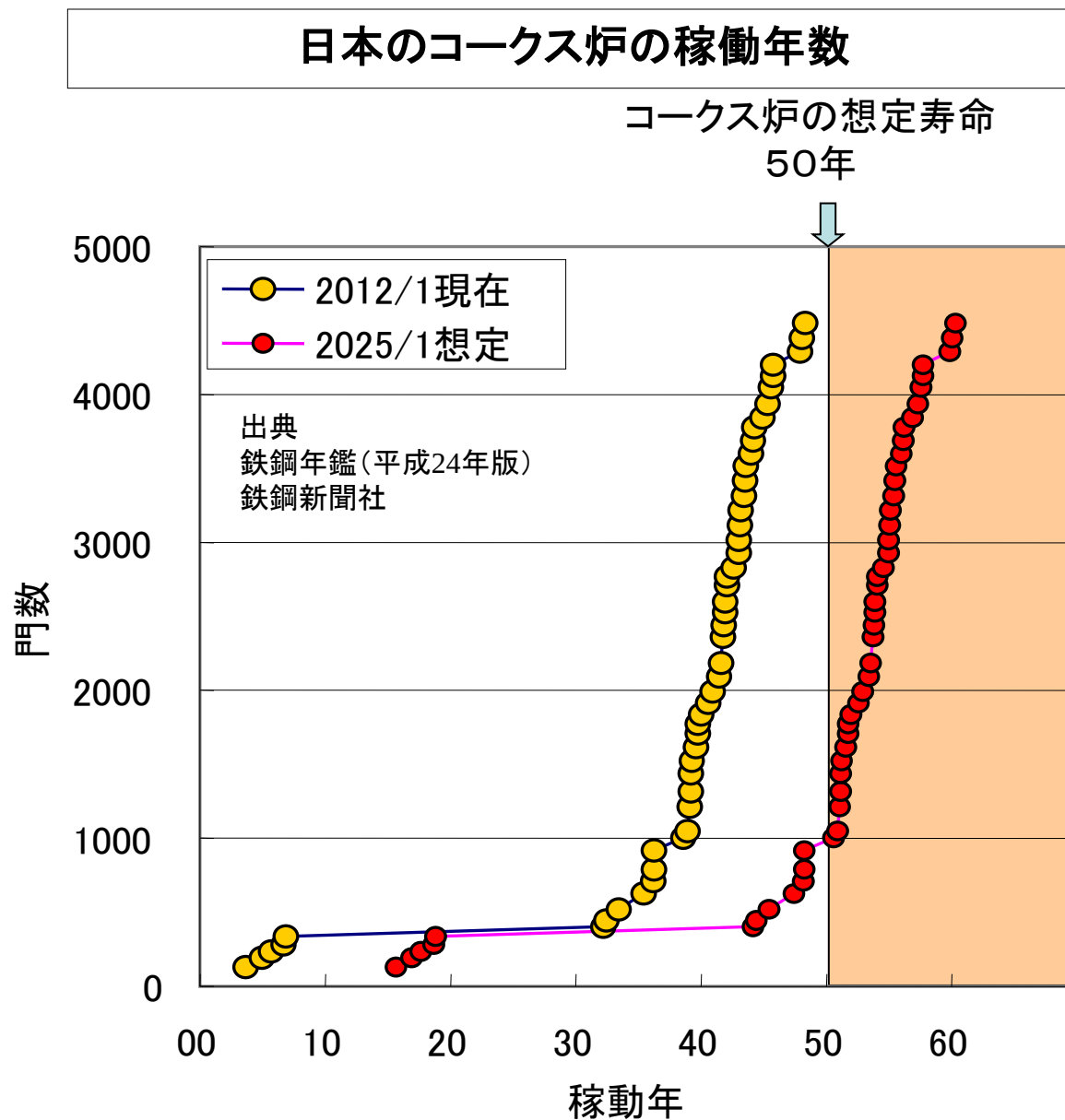
## (参考2) コークス製造プロセスの概要



### コークス炉



# 1. 目的・政策的位置づけ③

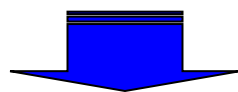


# 1. 目的・政策的位置づけ④

高炉プロセスでの還元反応効率を飛躍的な向上を可能とさせる革新的な製鉄プロセスの開発が必要。

資源確保及び鉄鋼製品の国際競争力の両面から、資源対応力強化を図ることが重要。

大部分のコークス炉が2020年以降、本格的な更新時期を迎えるため、対応が必要。



本研究開発により、低品位の製鉄原料を活用した資源対応力の高い製鉄プロセスにより、省エネルギーを促進するとともに、資源対応力の強化を実現する。

# 1. 目的・政策的位置づけ⑤

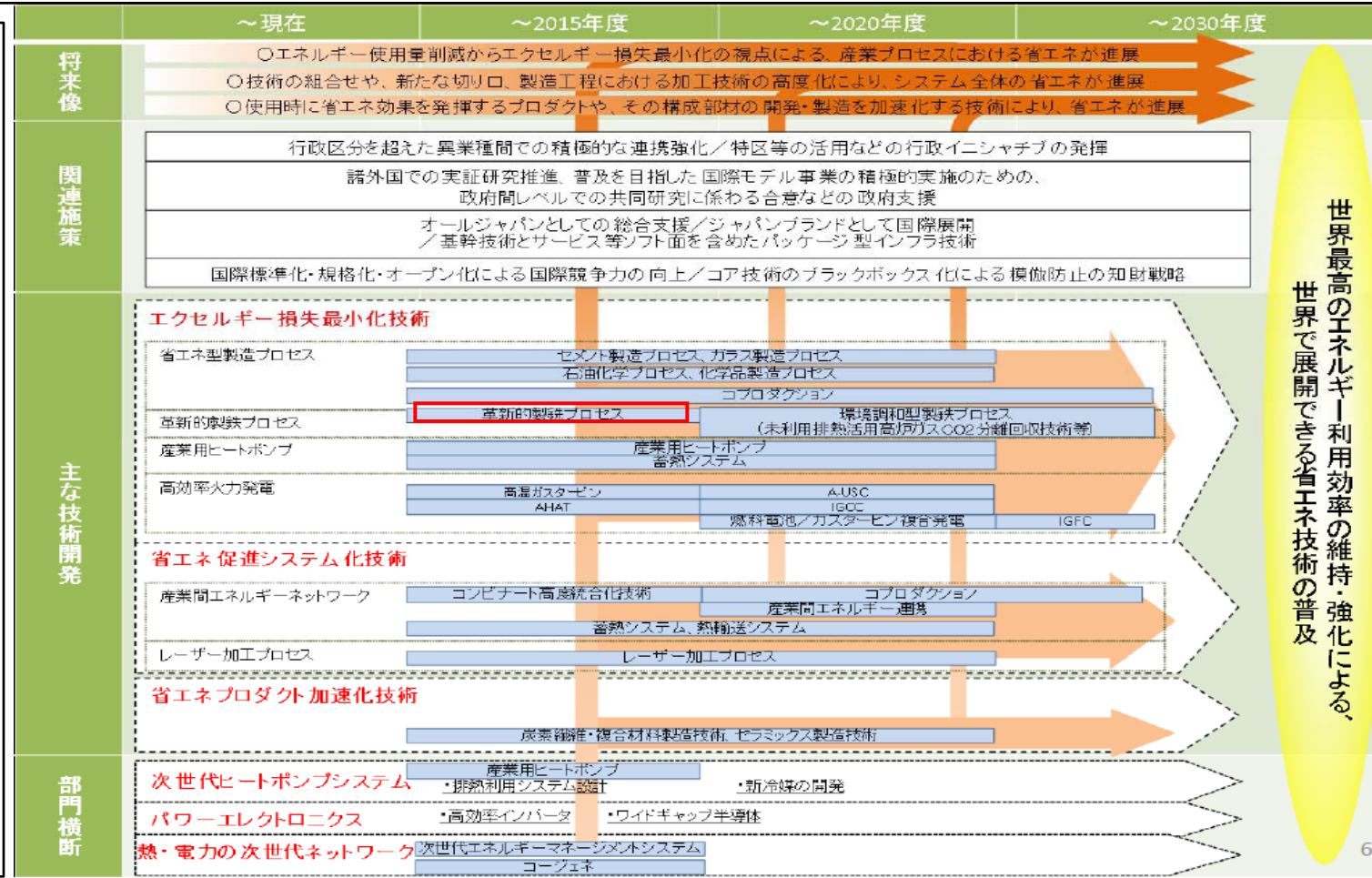
## ■エネルギー基本計画(2010年6月閣議決定)

2030年に向けた産業部門での目標として、「世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化を図る。」とされ、その具体的取組として鉄鋼分野で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(COURSE50)が位置付けられている。

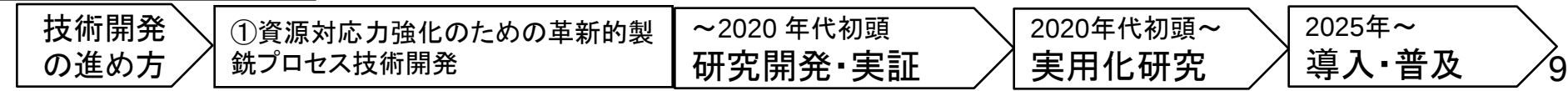
## ■省エネルギー技術戦略2011

## ～産業部門の導入シナリオ図～

＜戦略策定の趣旨＞  
 ●「エネルギー基本計画」に掲げる2030年に向けた目標の達成に資する省エネルギー技術開発、それらの技術の着実な導入普及及び国際展開を推進し、世界最高水準の省エネルギー国家の実現と経済成長を目指すための指針。  
 ●広範・多岐に渡る省エネルギー技術は、重点化が必要であり、真に省エネルギーの推進に貢献する重要分野を特定。



世界最高のエネルギー利用効率の維持・強化による、世界で展開できる省エネ技術の普及

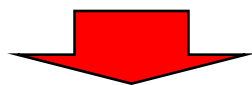


# 1. 目的・政策的位置付け⑥

文部科学省科学技術振興調整費「エネルギー半減・環境負荷ミニマムを目指した高炉における革新的精錬反応に関する研究」(H11～H16)

## 学発信型プロジェクト

反応平衡制御による超省エネ高炉操業原理の確立



革新的製鉄プロセス技術の先導的研究(H18～H20) (NEDO)

## 産学連携先導研究

反応平衡制御の具現化のための基礎技術の創出

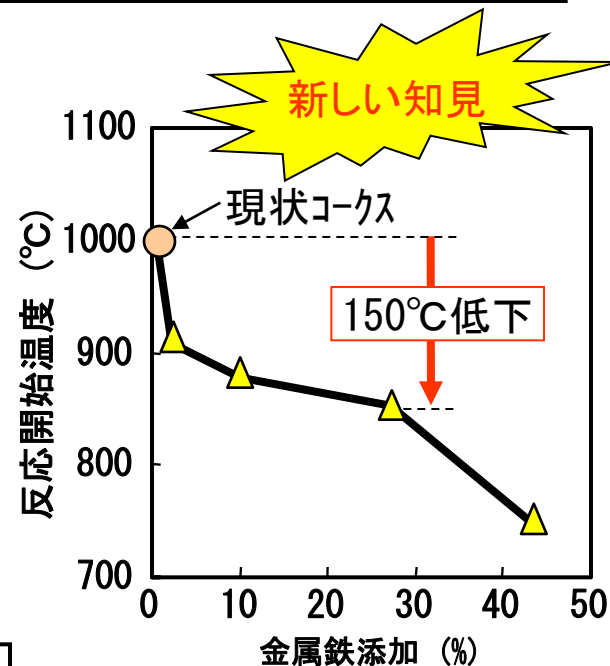
- ・ 革新的塊成物の提案（炭材-金属の複合塊成物）
- ・ 高炉での効果に関する原理確認



本提案研究 (H21～H24)

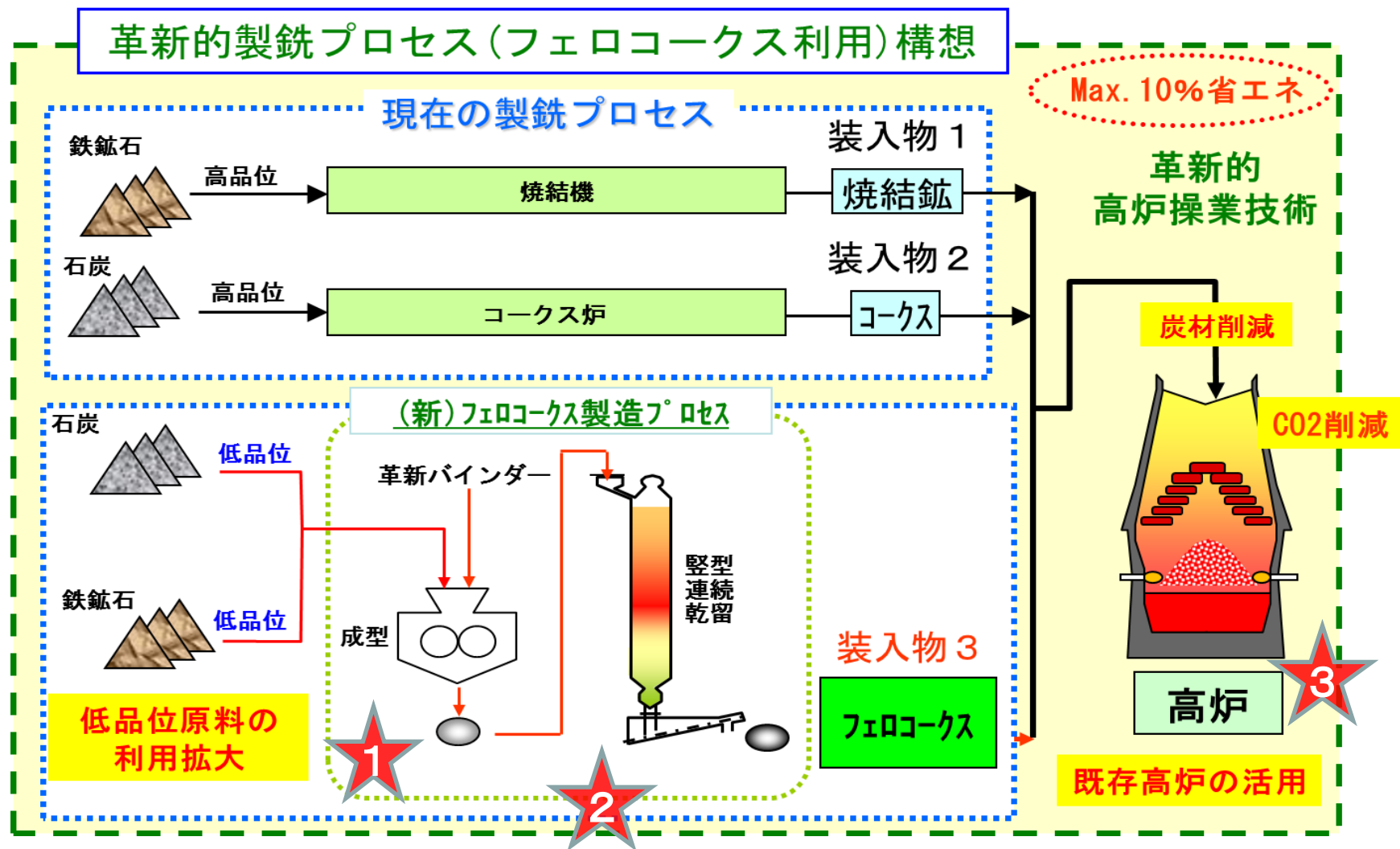
## 産学官連携プロジェクト

- ① 革新的塊成物の組織・構造条件の探索
- ② 革新的塊成物の製造プロセス開発
- ③ 革新的塊成物による高炉操業プロセス開発



炭材-金属の複合塊成物による高炉反応の加速現象

## 2. 目標①



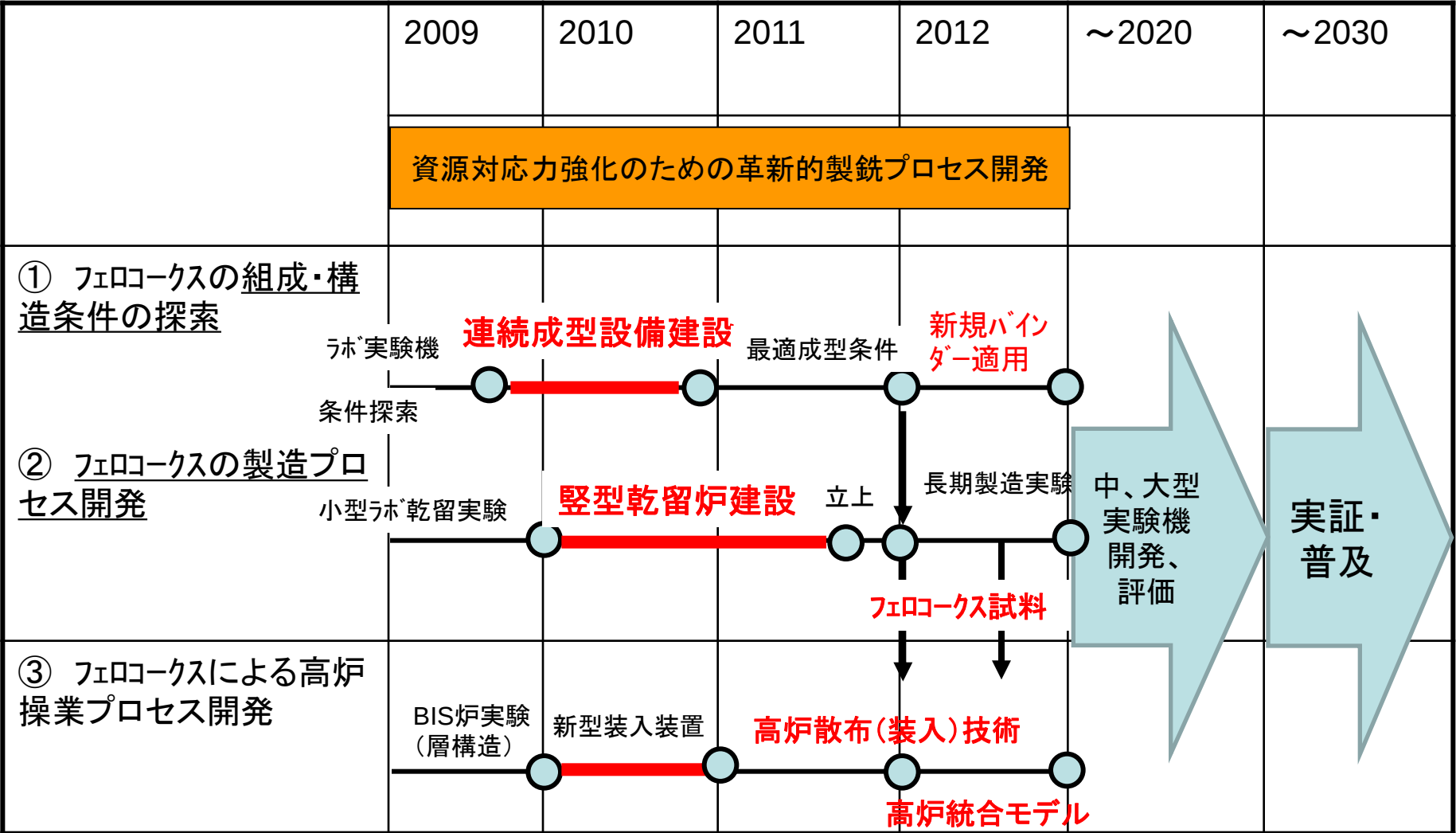
- ①フェロコークスの組成・構造条件の探索【成型技術】
- ②フェロコークスの製造プロセス開発【乾留技術】
- ③フェロコークスによる高炉操業プロセス開発【高炉評価技術】

## 2. 目標②

上記の目標完遂のため、各々について目標を設定した。

| 開発項目                   | 目標・指標                                        | 設定理由                                                     |
|------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ①フェロコークスの組成・構造条件の探索    | 成型設備を完成し、設備の操業技術を確立                          | 成型・乾留一貫操業技術の確立に向けて、成型設備の操業技術を確立するため。                     |
|                        | 新規バインダーの試作、及び新規バインダーの性状、配合量と成型物強度の関係の明確化     | フェロコークスに適した新規バインダーの工業的生産技術の確立に活用するため。                    |
| ②フェロコークスの製造プロセス開発      | 循環ガス加熱による乾留炉での適正製造条件の確立                      | パイロット規模での製造技術、安定操業技術を確立し、次ステップへのスケールアップ検討が可能な技術を構築するため。  |
|                        | 長期製造試験による安定製造技術の確立                           |                                                          |
|                        | 大型高炉使用時の課題の明確化                               | 大型高炉使用試験に向けた製造技術、使用技術を検討するため。                            |
|                        | 離散要素法モデルによるスケールアップ検討、原料配合設計に適用できるシミュレーションの実施 | 次ステップのスケールアップの指針を得るため。                                   |
| ③フェロコークスによる高炉操業プロセスの開発 | 混合分散状態制御因子の影響の明確化                            | フェロコークスの高炉装入、評価技術を構築、次ステップのスケールアップ検討時の効果推算精度向上技術を構築するため。 |
|                        | 生成融液が高温還元性状に及ぼす影響の明確化                        |                                                          |
|                        | フェロコークス反応モデルの検証と精度向上                         |                                                          |
|                        | フェロコークス反応モデルを高炉数学モデルへ導入した総合モデルの構築            |                                                          |

## 2. 目標③



### 3. 成果、目標の達成度①

本事業での開発目標(成型技術、乾留技術、高炉評価・操業技術)を全て達成した。

| 開発項目                   | 目標・指標                                        | 成果                                                                      | 達成度 |
|------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----|
| ①フェロコークスの組成・構造条件の探索    | 成型設備を完成し、設備の操業技術を確立                          | 成型設備の操業技術を確立された。(原料粒度、バインダー添加量、成型温度、成型圧力など)                             | 達成  |
|                        | 新規バインダーの試作、及び新規バインダーの性状、配合量と成型物強度の関係の明確化     | 成型物の強度支配因子を明確にした。また、パイロットプラントで連続成型を実施し、既存バインダー代替の可能性が示された。              | 達成  |
| ②フェロコークスの製造プロセス開発      | 循環ガス加熱による乾留炉での適正製造条件の確立                      | 成型・乾留一貫システムの運転、操業技術を確立し、30t/dの製造能力を実証した。更に30日間の長期製造試験によりプロセスの安定性が実証された。 | 達成  |
|                        | 長期安定製造技術の確立                                  |                                                                         |     |
|                        | 大型高炉使用時の課題の明確化                               | 約10%の省エネポテンシャルを確認し、高炉多量使用時の課題を明確にされた。                                   | 達成  |
|                        | 離散要素法モデルによるスケールアップ検討、原料配合設計に適用できるシミュレーションの実施 | 滞留時間分布の観点から炉形状の最適化を実施し、スケールアップの指針を示された。                                 | 達成  |
| ③フェロコークスによる高炉操業プロセスの開発 | 混合分散状態制御因子の影響の明確化                            | 粒子径比が対焼結鉱0.9程度が混合配置に望ましい。効果を定量的に実証した。(TRZ:-100℃、RAR:-12.6kg/t)          | 達成  |
|                        | 生成融液が高温還元性状に及ぼす影響の明確化                        | 熱保存帯低温化により、還元形態が変化し被還元性が向上することを確認された。                                   | 達成  |
|                        | フェロコークス反応モデルの検証と精度向上                         | ガス化反応速度の解析結果に基づき、高炉数学モデルに適用可能な反応モデルを構築された。                              | 達成  |
|                        | 反応モデルを高炉数学モデルへ導入した総合モデルの構築                   | フェロコークスの配置・配合率が還元材比に及ぼす影響を調査し、最適配置・最適配合率を示された。                          | 達成  |

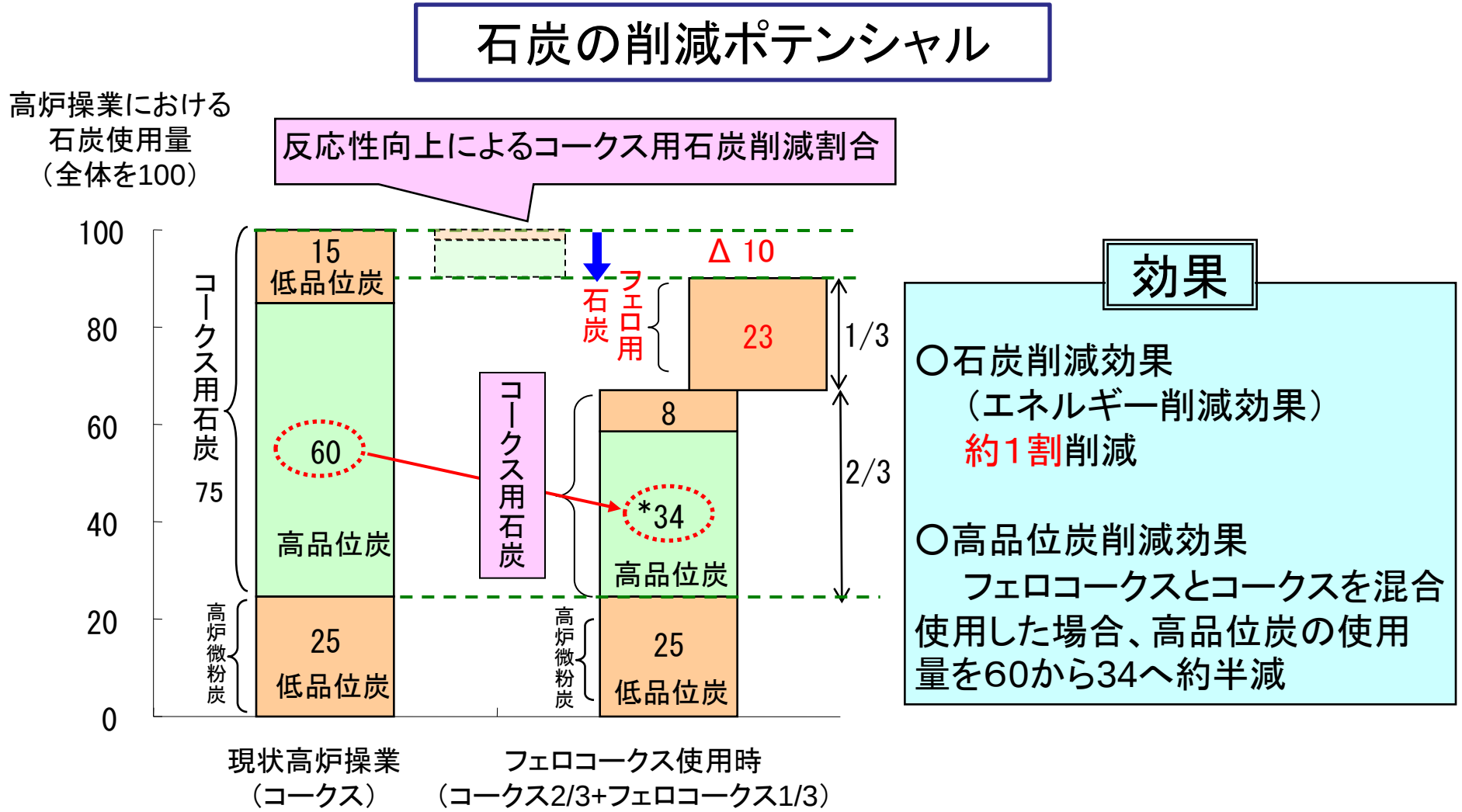
## (参考3)パイロットプラント全景



フェロコークスのサイズ: 6cc (30x25x15mm)

# 3. 成果、目標の達成度②

## 目標達成度(高炉による試験操業)



# 4. 事業化、波及効果

## 実機化に向けた開発ステップ

|       | 項 目       | 主要な成果                             | 実用化への課題                       |
|-------|-----------|-----------------------------------|-------------------------------|
| 技術課題  | 製造技術      | 30t/d 1ヶ月安定製造実証                   | ・混練成型設備スケールアップ<br>・乾留炉スケールアップ |
|       | 新規バインダー   | 新規バインダ製造実証<br>強度改善確認              | ・実機製造設備設計<br>・最適製造条件          |
|       | 高炉操業技術(1) | 最適混合<br>鉱石均一混合                    | ・粒径に応じた最適装入方法                 |
|       | 高炉操業技術(2) | モデル構築<br>効果定量化                    | ・高配合比時の還元材比低減促進               |
|       | 高炉課題抽出    | 43kg/t使用による還元材比低減                 | ・高配合時の通気、炉頂温度                 |
| 実機化課題 | 省エネ評価     | 実績外挿により約10%の石炭使用量削減ポテンシャル         | 製鉄所供給エネルギー減への対応               |
|       | 経済性評価     | 経済性試算<br>製造コス 45%削減<br>溶銑コスト 4%削減 | 操業コスト精度向上<br>実機規模プロセス設計、設備費評価 |

# 5. 研究開発マネジメント・体制等

予算総額: 18.9億円(補助率=1/2、平成21年度～平成24年度)

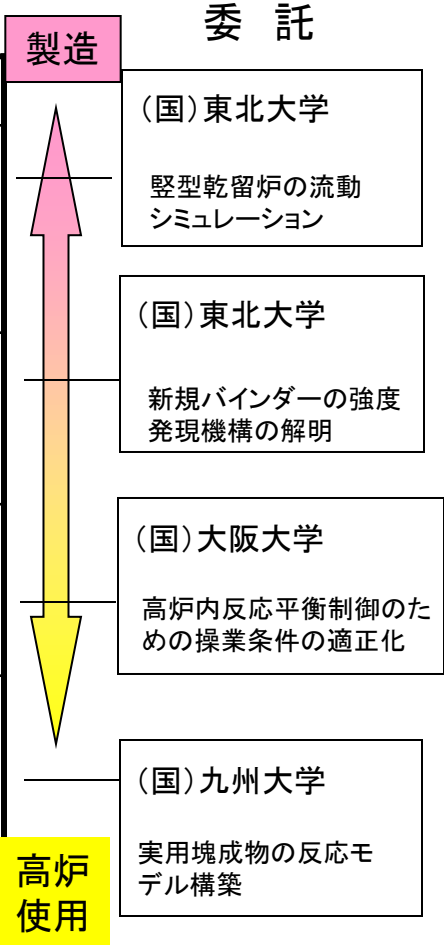
経済産業省製鉄企画室

研究幹事会(年4回+随時)

プロジェクトリーダー: JFEスチール(株) 武田幹治

| 実施者        | 開発課題                                  | 分担理由                                        |
|------------|---------------------------------------|---------------------------------------------|
| JFEスチール(株) | ○連続成型設備(30t/d)の開発<br>○革新的塊成物の製造プロセス開発 | 先導研究にてプロセス開発<br>→ 30t/dパイロット設備の設計、建設を担当     |
| (株)神戸製鋼    | ○新規バインダーの開発                           | ハイパーコール(溶媒抽出)技術を保有<br>→ 溶媒抽出、改質による新規バインダー開発 |
| 新日本製鐵(株)   | ○高炉内反応効率改善のための炉内配置の適正化                | BIS炉での高炉評価技術保有<br>→ 革新塊成物の配置、混合方法の評価、最適配置   |
| 住友金属工業(株)  | ○革新塊成物の高炉数学モデルの開発                     | 先導研究にて、高炉数学モデル構築<br>→ 革新塊成物の評価と最適条件の導出      |

注)新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)は統合により新日鐵住金(株)



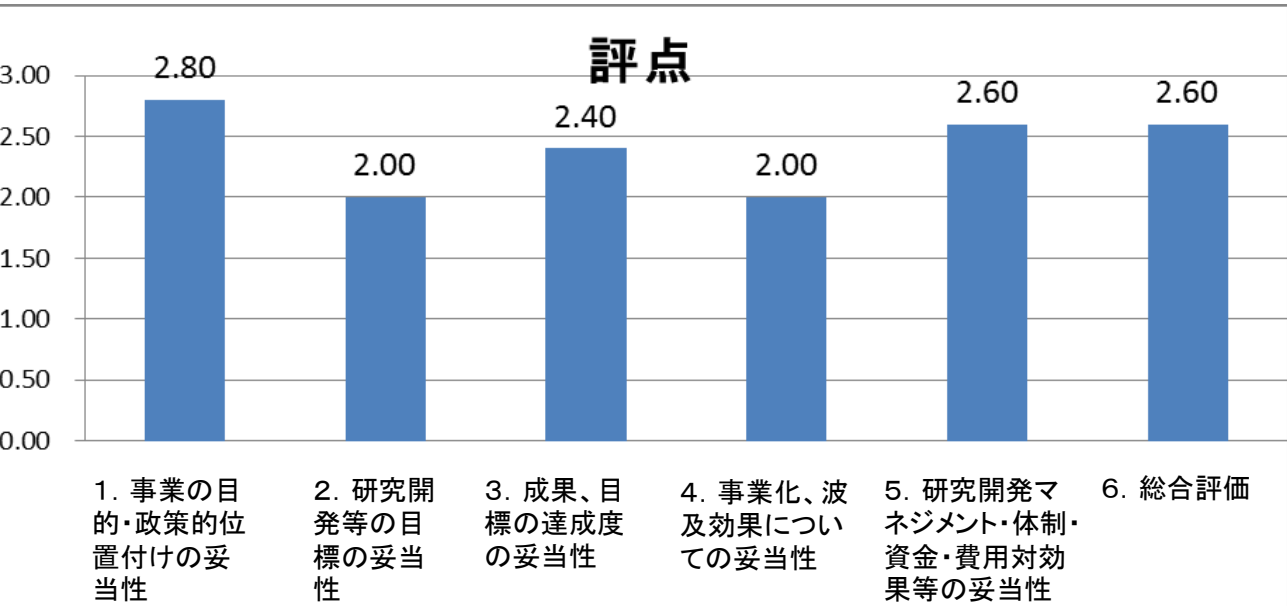
資源対応力強化PJ研究会(年4回開催)

# 6. 評価①

|         |                                 |                                                                                                                                                                                                          |
|---------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 評価検討会名称 | 資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発事後評価検討会 |                                                                                                                                                                                                          |
| 評価検討会委員 | 座長                              | 宝田 恭之<br>群馬大学理工学研究院環境創生部門 教授                                                                                                                                                                             |
|         | 委員                              | 一柳 朋紀<br>株式会社鉄鋼新聞社 常務取締役 編集局長<br><br>島田 広道<br>独立行政法人産業技術総合研究所 理事<br>・研究環境安全本部長・評価部長<br><br>長坂 徹也<br>東北大学大学院工学研究科長補佐<br>・金属フロンティア工学専攻 教授<br><br>中村 崇<br>東北大学多元物質科学研究所サステナブル理工学研究センター<br>金属資源循環システム研究分野 教授 |

# 6. 評価②

- 「経済産業省技術評価指針」に基づく評点法による評価を実施。
- 総合評価のポイントは以下のとおり。
  - ・エネルギー消費量の大きい製鉄業が複数のシナリオに沿って複数の改良技術を持つことは有効であり、本技術の開発の意義は大きい。
  - ・高品位資源の使用量削減、省エネルギーの目標を達成するために必要となる要素技術は全ての目標を達成し、成果が得られている。これらの成果は実用化への進展が期待できる。
  - ・企業(応用)と大学(基礎)の産学連携による効果が認められる。さらには、学側で基礎要素研究が活発化し、学のレベルアップに繋がり大きな波及効果が期待できる。
  - ・今後の実用化にあたっては、想定される省エネ技術・コスト削減技術を踏まえた製鉄所全体としての省エネシナリオの検討及びそれを踏まえての経済性評価を明確に行うべきである。



【評価項目の判定基準】

評価項目 1.～5.

3点：非常に重要又は非常によい  
2点：重要又はよい  
1点：概ね妥当  
0点：妥当でない

6. 総合評価

3点：実施された事業は、優れていた。  
2点：実施された事業は、良かった。  
1点：実施された事業は、成果等が今一步のところがあつた。  
0点：実施された事業は、成果等が極めて不十分であつた。

## 7. 提言及び提言に対する対処方針

### 今後の研究開発の方向等に関する提言

- 今後起こりうる外部環境の変化に対して、より柔軟な対策を講じられるよう、多様な製鉄プロセスを確立させ、選択肢を広げることが我が国製鉄業の強靱化に資すると考えられる。
- 実用化までの開発計画・スキームを精査し、総合的な実装プランを検討すべきである。その際、製鉄所全体のエネルギーバランスや経済性評価等を定量的にシミュレートすることは必須である。
- 実用化の前段階として、中間規模での実証実験を意義及び開発目標を明確にしつつ行うことが妥当である。
- 政府としても着実なフォローをすべきである。この際、更なる公的資金を投入するのであれば、他の競合技術との関係を整理をしつつ優位性を示すことが必要である。

### 提言に対する対処方針

- フェロコークスの導入により、高品位炭の使用量が大幅に削減され相当のコスト削減及び省エネルギー効果が期待できるため、実用化に向けて推進を図る。
- 実用化に際しては、所内のエネルギーバランスや経済性評価等、具体的、定量的な精査が必要となるため、将来のエネルギー需給見通し等も踏まえつつ、具体的な見通しを立てる。
- 当技術以外にも様々な製鉄プロセス技術が開発されているところであり、各々の技術のとの関係性や棲み分けを行いつつ、同事業の有用性を明確化する。