

## 平成22年度研究開発評価研修(政策評価相互研修会)第2回

平成21年度追跡評価調査事業  
石炭高度転換コークス製造技術開発  
プロジェクト(SCOPE21)の追跡評価  
(経済産業省 産業技術環境局 技術評価室 実施)

富士ソフト アキバプラザ セミナールーム1  
平成22年10月1日

(株)日鉄技術情報センター

田村 信一

1. 追跡評価を実施する目的
2. 追跡評価の実施要領
3. 追跡調査および評価の手法
4. SCOPE21プロジェクトの概要
5. SCOPE21プロジェクトの追跡調査と追跡評価

# 1. 追跡評価を実施する目的

経済産業省が実施してきた国プロジェクトの**研究開発成果の迅速な実用化**や、日本企業の**競争力強化及び市場創出等**が重要とされている。

追跡評価ではプロジェクトが**技術・産業・社会に与えたインパクト**について明らかにすることに加え、プロジェクトの成果の実用化へ向けた推進体制や学会等におけるプロジェクト終了後の動向をフォローアップし、現在の視点から総合的に評価することにより、**今後実施される研究開発プロジェクトの戦略性を持った企画、予算、運営方法、フォローアップ体制等の改善に資**することを目的とする。

## 2. 追跡評価の実施要領

## 追跡評価項目・評価基準

プロジェクトに関する文献調査や、実施者等へのインタビュー調査を中心に、研究開発活動や成果が技術、経済及び社会に及ぼした波及効果を調査・分析・整理する追跡調査を行った。その結果に基づいて、追跡評価項目に沿った評価コメントをとりまとめ、審議を行う手順で評価作業を進めた。

### 【標準的評価項目・評価基準(追跡評価)】 平成21年6月制定

- I. 波及効果に関する評価
  - I-1. 技術波及効果
  - I-2. 研究開発力向上効果
  - I-3. 経済効果
  - I-4. 国民生活・社会レベルの向上効果
  - I-5. 政策へのフィードバック効果
- II. 現在の視点からのプロジェクトの評価
  - II-1. 国家プロジェクトとしての妥当性
  - II-2. 目標設定
  - II-3. プロジェクト実施方法
  - II-4. II-1～II-3の評価結果を踏まえ、プロジェクト終了時の事後評価の妥当性
  - II-5. プロジェクト終了後のフォローアップ方法

### 3. 追跡調査および評価の手法

#### (1) 追跡調査

##### ①プロジェクト参加者等へのインタビュー調査による現状把握

本調査では、プロジェクト参加者や関連分野の有識者へのインタビュー調査および公開資料の調査により、追跡評価に必要な情報の収集と現状把握を行った。

##### ②資料、文献等の調査

事業原簿、事後評価書、技術文献、特許、新聞記事、企業カタログ、HP 等  
受賞(学会の受賞、産業界の受賞)

##### ③追跡評価に必要な情報の詳細な整理と分析

本調査では、プロジェクト参加者等へのインタビュー調査結果をもとに「標準的評価項目・評価基準(追跡評価)」の項目に従って、追跡評価に必要な情報の詳細を項目別に整理・分析した。

#### (2) 評価

##### ①産業構造審議会 産業技術分科会 評価小委員会 追跡評価WG (菊池座長) 設定

##### ②WGの開催(2回: H21年12月14日、H22年2月1日)とWG委員による審議、評価書作成

i) 追跡調査結果の報告 → WG委員による評価コメント作成

ii) 評価コメントを集積して評価書案作成 → WGで審議・決定

⇒審議⇒産業構造審議会 産業技術分科会 第29回評価小委員会(平澤委員長)H22年3月2日

## 4. SCOPE21プロジェクトの概要

石炭高度転換コークス製造技術開発

Super Coke Oven for Productivity and Environmental enhancement  
toward the 21st century

### 4-1 SCOPE21プロジェクト 基本計画

- 1) 研究開発期間 平成6年度～平成15年度(10年)
- 2) 研究開発費総額 115億円  
・補助率は2/3 石炭生産・利用技術振興費補助金  
(石炭利用実用化技術開発に係るもの)が財源。

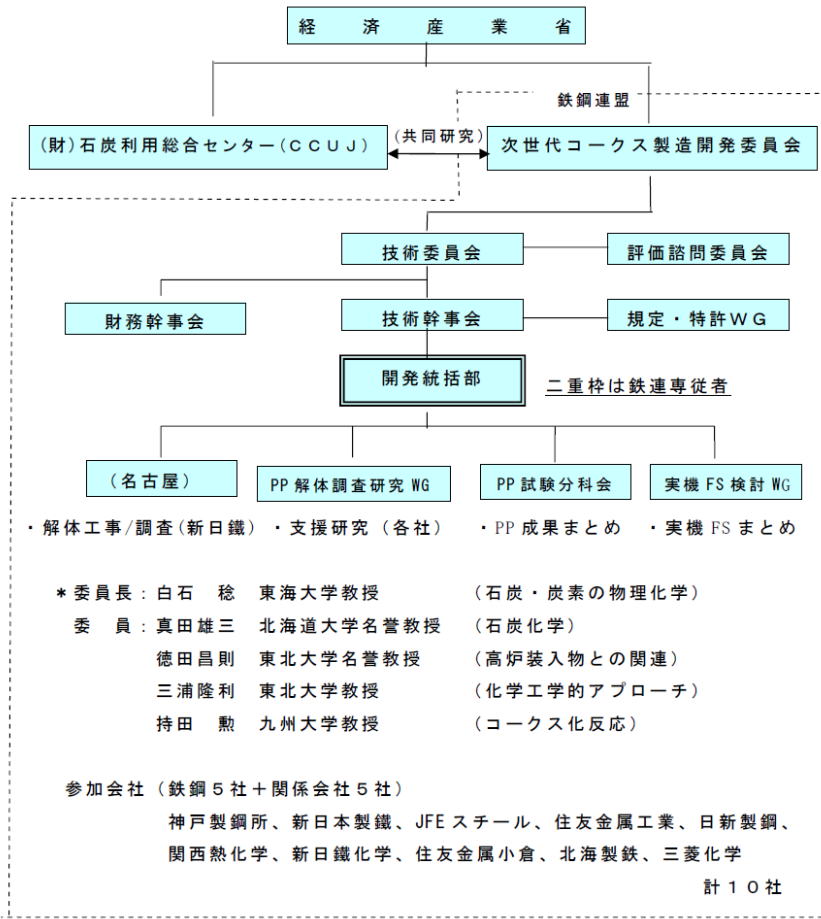
#### 3) 研究開発の目標

現行のコークス製造法は、主として強粘結炭を使用するという炭種制約や生産性制約、エネルギー多消費構造、環境問題等の課題が多い。このため更新期を迎える今世紀初頭には、石炭資源の柔軟性に富み、環境、省エネルギー、生産性に優れた革新的なコークス製造技術を開発する必要がある。

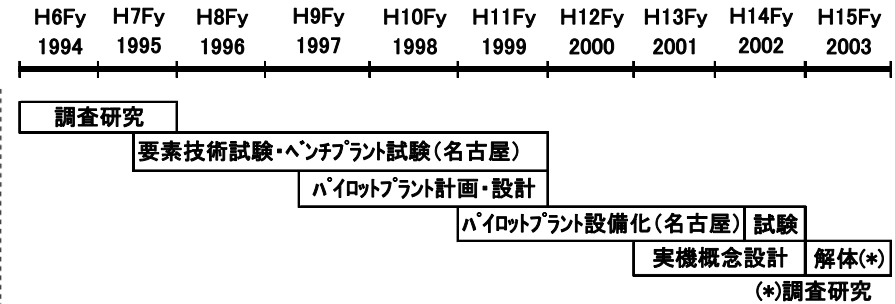
#### 【開発目標】

- ① 石炭資源の有効利用 : 非微粘結炭の使用割合増 20% → 50%
- ② 高生産性 : 生産性 3倍、設備費低減
- ③ 省エネルギー : 省エネ20%
- ④ 環境 : NOx 30%低減、無煙・無発塵の達成

## 【実施体制】



## 【スケジュール】



**ベンチプラント**  
 (石炭処理量 0.6トン/h)

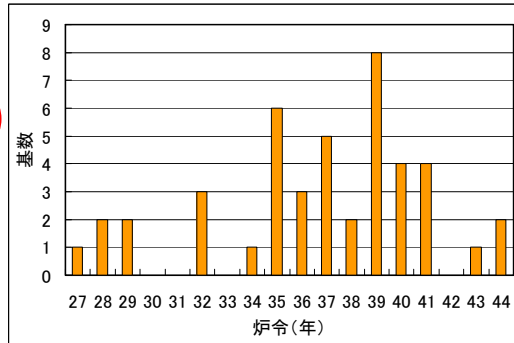
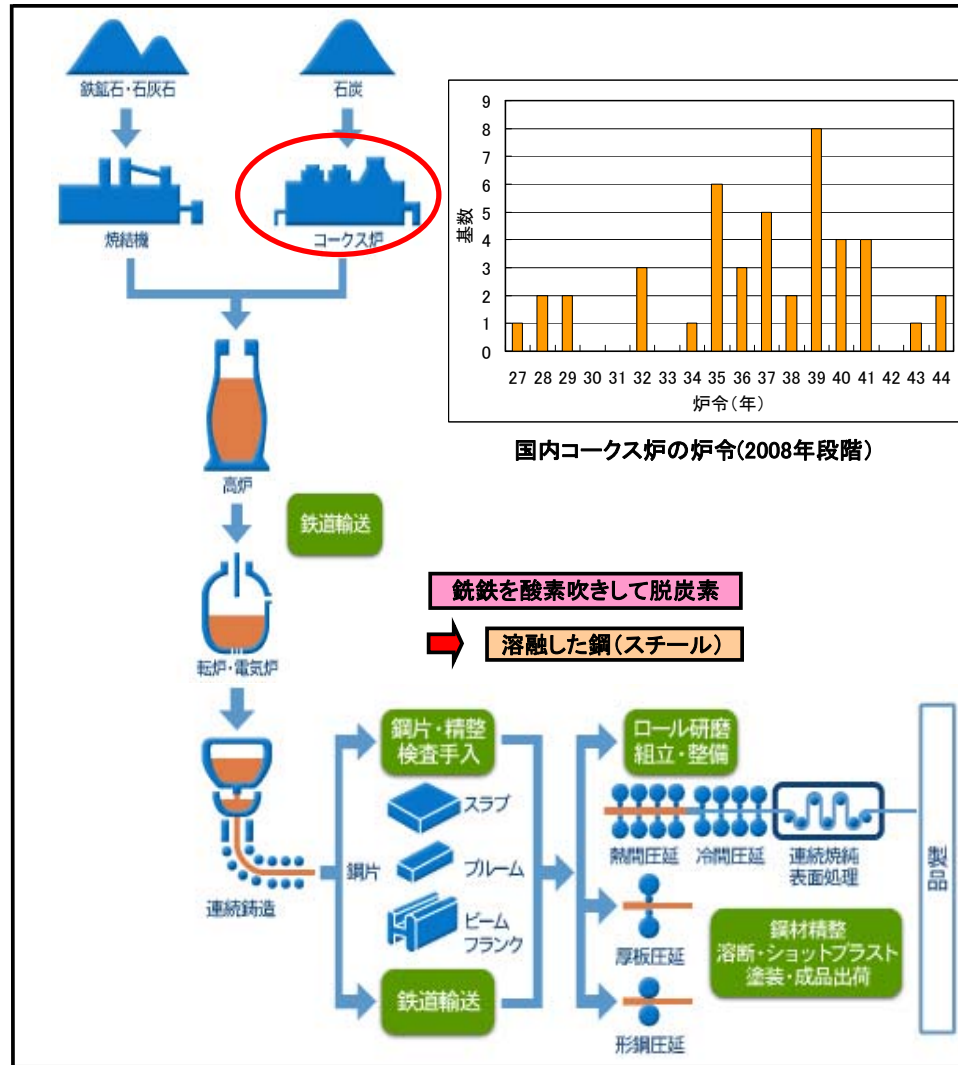
最重要工程である  
 石炭事前処理工程



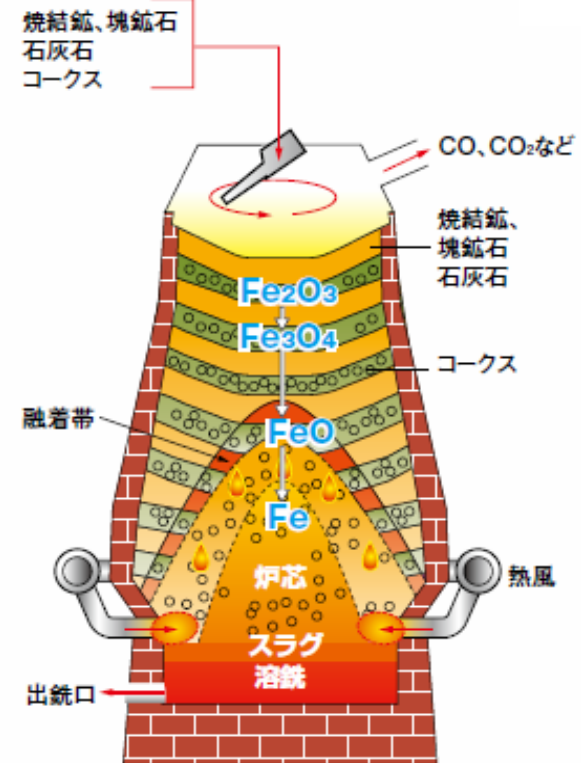
**パイロットプラント**  
 (石炭処理量 6.0トン/h)

実機設計のエンジニアリン  
 グデータの収集

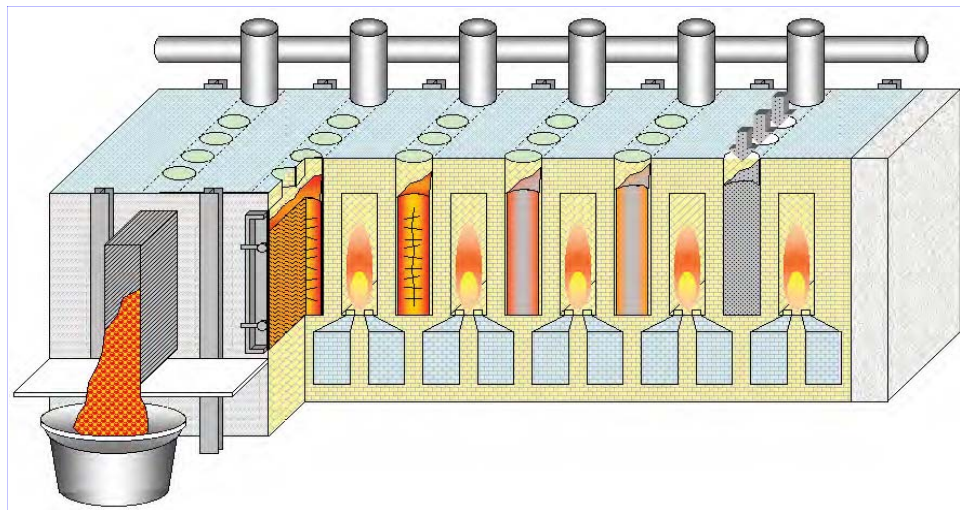
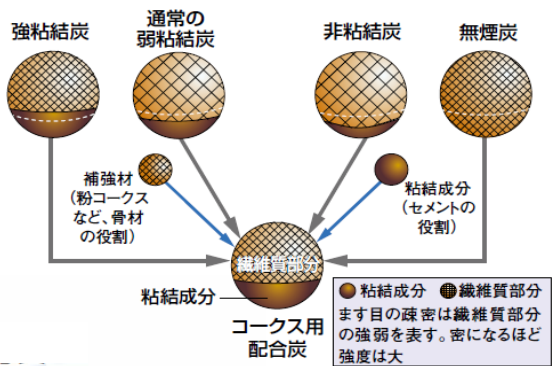
## 4-2 従来コークス炉



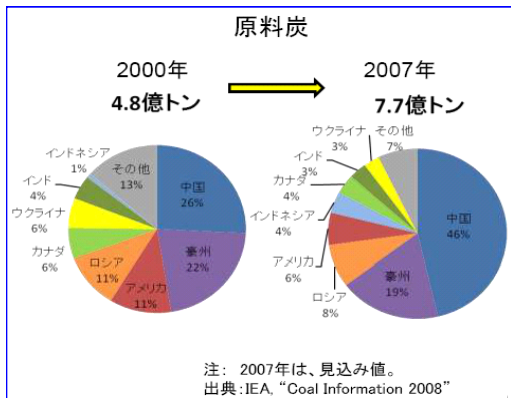
国内コークス炉の炉令(2008年段階)



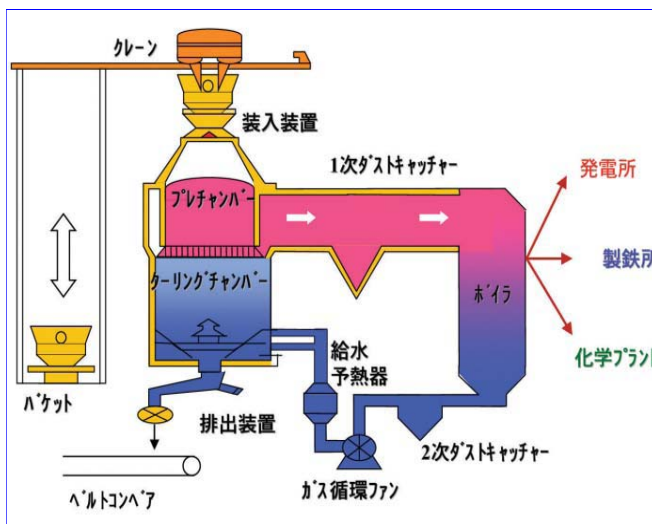
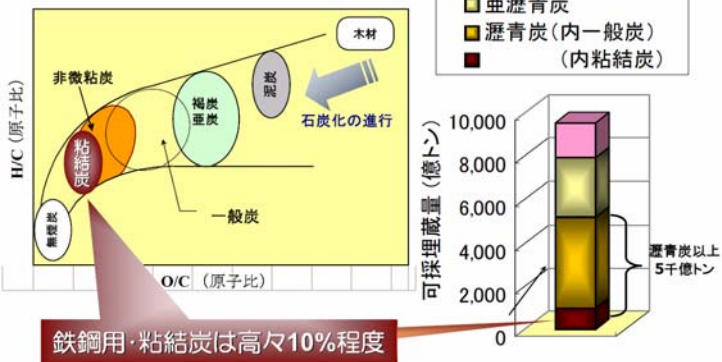




間口 0.4m×6.5m×奥行き15.8mの炭化室(門)が60室ぐらいで 1炉団、2つ繋がって2炉団が一式となるケースが多い。 約1100℃×18時間



石炭の種類毎での可採埋蔵量



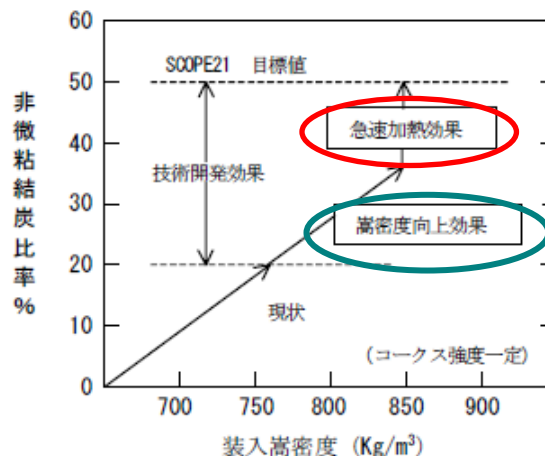
**【コークス】**  
石炭を蒸し焼きして10~50mmサイズの高強度コークスを製造



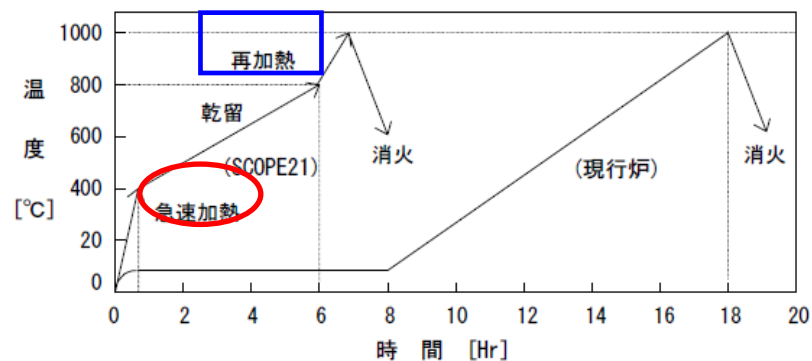
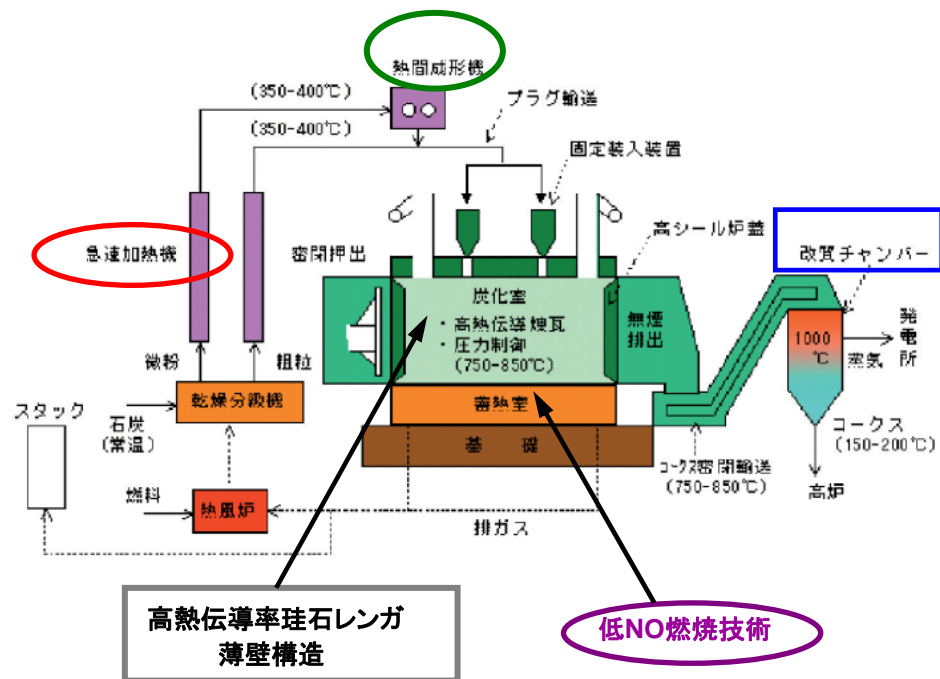
国内では、年間、約5100万トンの石炭から約3600万トンのコークスを生産

### 4-3 SCOPE21プロジェクトの成果

開発項目	目標	成果
石炭資源の有効利用	非微粘結炭の使用割合増 20→50%	達成
高生産性	生産性 3倍	2.4倍
環境および省エネルギー	①省エネルギー 20% ②NOx30%低減 ③無煙、無発塵の技術確立	①21% ②達成 ③実機設計データ収集



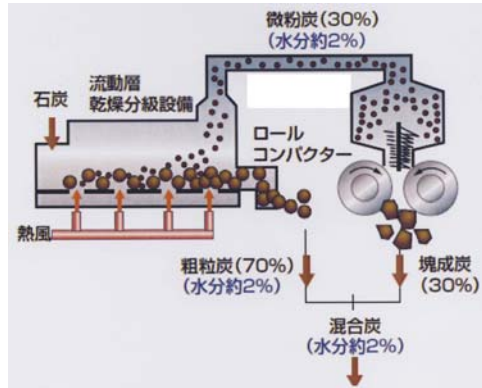
石炭の**急速加熱**による**石炭粘結性の向上**効果と、**微粉石炭の成形処理**による**装入石炭の嵩密度向上**効果



# 5. SCOPE21プロジェクトの追跡調査と追跡評価

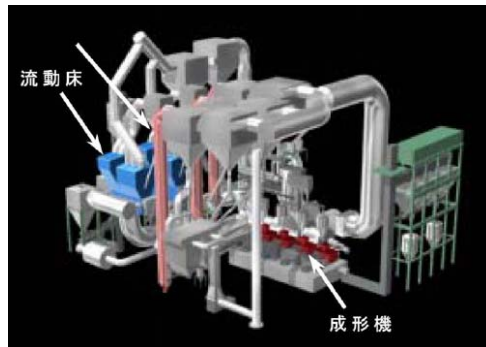
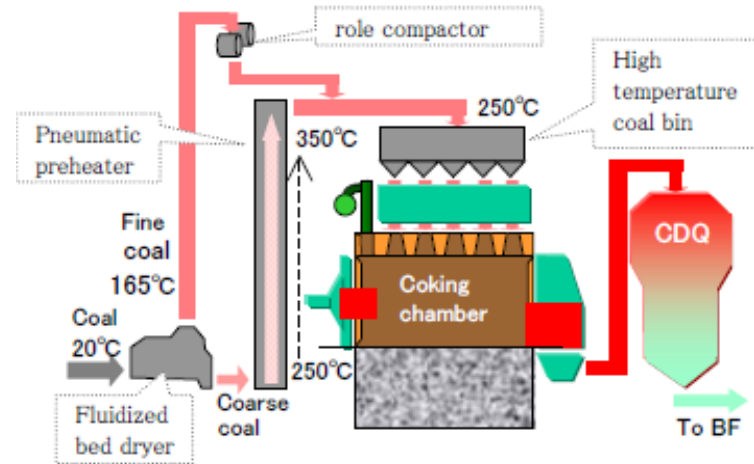
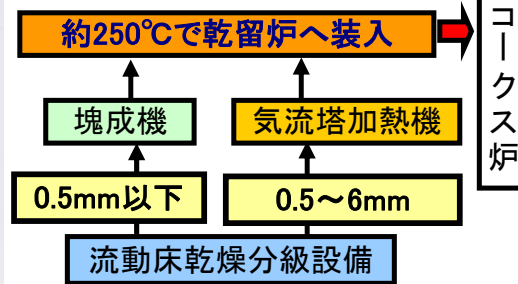
## 5-1 SCOPE21プロジェクト終了後の実用化状況

実機化: 大分製鐵所新第5コークス炉新設



塊成(成形)機

### (1) 石炭事前処理プロセス

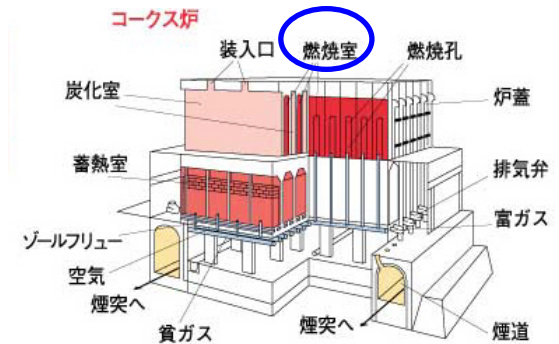
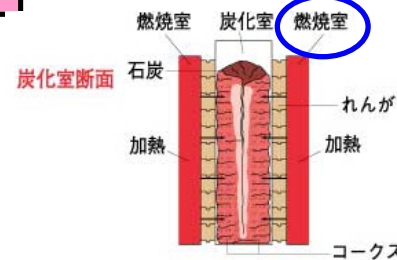


石炭事前処理設備

### (2) 低Nox燃焼技術

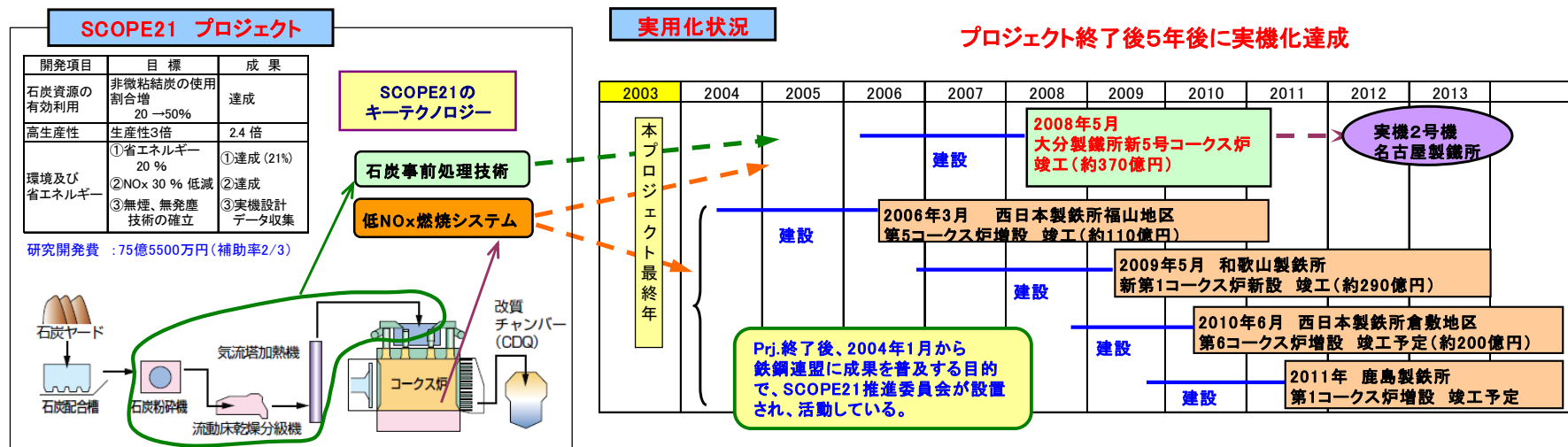
- ・バーナー構造
- ・気流制御
- ・操業手法

#### コークス炉の構造



#### 【低NOx燃焼技術】

炉内を緩やかに燃焼させることにより、炉内温度分布を均一化し高温域を無くすことによって、燃焼時のNOx発生量を低減させるもの



## 5-2 追跡調査結果と追跡評価結果の概要

### I. 波及効果に関する評価

#### I-1 技術波及効果

##### (1) 実用化への進展度合

#### 資源対応力強化

(1) 非微粘結炭の使用比率が従来コークス炉20%→50%へ増大  
100万t/年生産のコークス炉で約40万トン/年 増える。

(2) 非微粘結炭は強粘結炭に比べ、低価格(0.6~0.8)であり、今後の資源対応力を強化できる。

- ★「石炭事前処理技術」「高温炭搬送技術」「高温炭装入技術」「低NOx新燃焼構造バーナー技術」等多くの要素技術を取り入れた**実機1号機がスタート**したことは高く評価できる。
- ★部分的ではあるが開発された**要素技術**である「低NOx新燃焼構造バーナー技術」は**4基の実機に適用**され、実用化を目指した研究開発プロジェクトとして成功を収めたものであるといえる。

- ★石炭事前処理技術において、**石炭のみの予熱熱間成形では、歩留りが十分でなく、粘結剤の添加が必要**であるが、適用により非微粘結炭利用を拡大できる。
- ★耐久性評価不足等から採用されなかった**高熱伝導性の開発煉瓦**使用の目途が立てば生産性向上等さらに改良できる。

## (2)プロジェクト成果からの技術的な広がり具合

### 派生効果

- (1)石炭微粉の乾燥・分級技術の応用
  - ・低水分化の省エネルギー
  - ・安全対策のノウハウ

【応用分野 例】

  - ・微粉炭燃焼火力発電所
  - ・微粉炭高炉吹き込み
- (2)NMR(核磁気共鳴)解析技術の応用
  - ・評価ツールとして研究開発促進
  - ・新素材開発のツール

★核磁気共鳴(NMR)を用いた高温場における分子イメージング技術は、石炭の急速加熱における分子レベルでの挙動解明に有効であり、広く石炭資源の高度な評価技術に発展しつつある。

★使用炭種幅の更なる拡大の検討、コークス製造のみならず利用価値の高いガス発生設備とし、エネルギー資源分野での利用法も検討しておくことは、他分野への展開上有効と考える。

## (3)国際競争力への影響

★コークス製造技術の研究ポテンシャルを有する国としてはドイツと日本があげられるが、コークス化反応の素過程の解明から高速乾留をキーにした実用的なプロセス技術の開発実機化まで一貫して実現した国は我が国のみであり、世界のコークス製造研究開発のトップランナーになったと言える。

★APP(クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ)の鉄鋼タスクフォースの技術として採用されており、国際競争力への影響は大きい。今後、技術輸出、技術移転なども期待できる。

★アジア諸国との競争の中で生き残るためには、1\$が90円でも通用する低廉化の製鋼コスト達成の努力が不可欠である。

## I-2 研究開発力向上効果

### (1) 知的ストックの蓄積度合

#### 知的ストックの蓄積

- ★Prj.期間中には65件出願し、24件が登録済み。そのうち主要特許15件は、鉄鋼連盟が継承し、参加企業が無償で使用可能であり、13件が登録済み。
- ★5件が外国出願された。Prj.終了後でも27件の出願がある。

★**主要特許の登録率が高い**。プロジェクト終了後も**研究開発が継続**し、さらに(社)日本鉄鋼協会がコークスに関する研究会が3年間続行される予定であるなど、知的ストックが蓄積されていることは評価される。

★(社)日本鉄鋼連盟、(財)石炭エネルギーセンターが**特許実施権を継承し、参画企業が利用できる仕組み**を作り、知的財産の有効活用という点でも評価できる。

★国外出願の対象国選定等を含め、**国際的対応については**、中長期的な視座にもとづく**体系的な知的財産戦略システムを構築すべき**であった。

★今後のコークス炉老朽化・更新に対応して、**プロジェクト成果を活かす機会が到来**しており、この貴重な**知的ストックの継承**が必要である。

### (2) 研究開発組織の改善・技術戦略への影響

#### 研究開発力向上効果

学協会の研究会等を活用して、**産学連携が効果的かつ有意義に進められた**。

#### 【鉄鋼協会のコークス関連研究会】

(1)コークス製造のための乾留制御部会

石炭急速加熱のシーズ研究

(2)新コークスプロセス工学研究会

製造研究(プロセッシング)の基盤技術がレベルアップ

★産学官の連携で活動している(社)日本鉄鋼協会コークス研究会の**基盤研究による成果や支援が企業を超えた研究開発のインフラ**として大きく貢献している。

★高齢化が進むコークス研究分野において、**企業の枠を超えた若手研究者が交流を通じての切磋琢磨の機会**を与えられ、今後のコークス炉更新に際して組織改編を含めた**原動力となり得る**ものであると評価する。

★本プロジェクトは国内会社が協力して成功した。プロジェクト終了後、各社が競争しながら、実用化していくなかで、今後、**どのような協力体制ができるか、国の産業構造の型**が問われている。

(3)人材への影響

**人材育成効果**

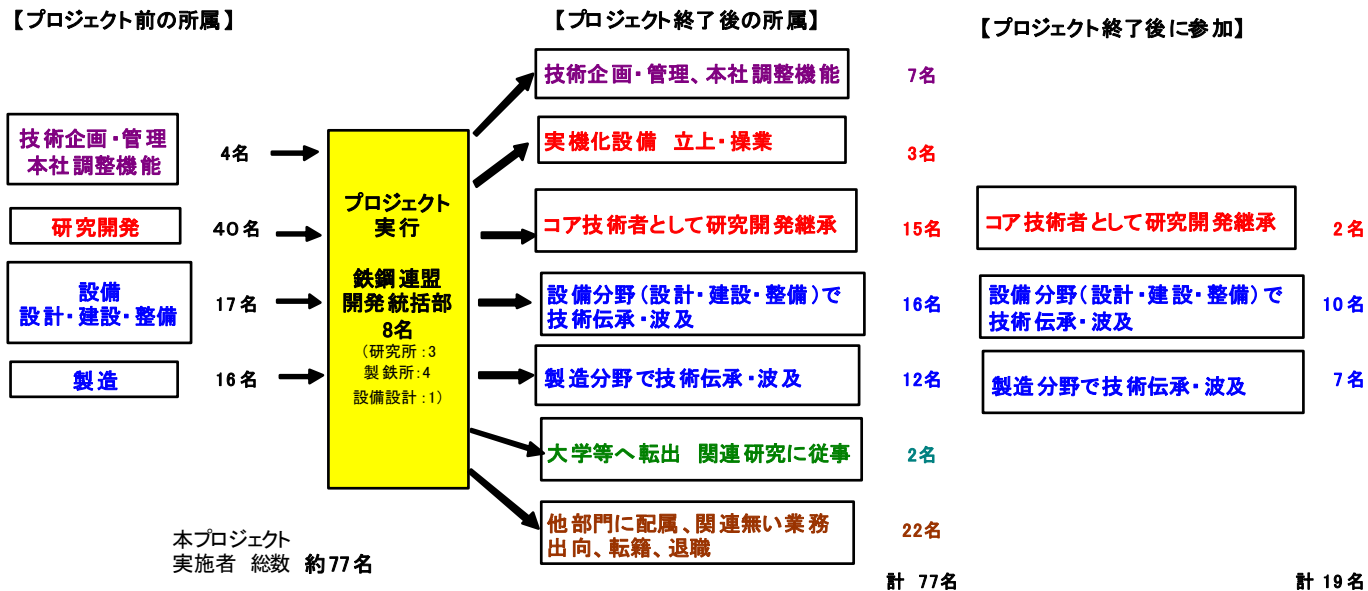
(1)実機化には、Prj.担当者が引き続き、**実機化体制の組織に配属**されながら進め、一貫した人材に、当該技術が蓄積された。

(2)Prj.終了後、**始めて参加した研究者、技術者が**Prj.成果を継承して実機化に参加しており、**技術蓄積は拡大し、人材が育成された。**

★国内外で**第一人者と評価される研究者の輩出**、特に実用化段階で、絶滅の危機に瀕していた**コークス炉設計技術が若手に継承**された人材育成成果は特筆に値する。

★大学では、石炭のような**天然原料**や製造基盤となる**化学工学手法**を用いた**研究が軽視される傾向**にある。日本の**基幹産業の維持、強化を目指す**ならば、**適切な研究投資**が不可欠である。

★新プロセス研究開発の活動を支援する人材、例えば、**炉関係の技術者や築炉技能工**等については、**育成の場が失われつつある**。海外人材との係わり合いや製鉄所の海外立地など国際的な視点での鉄鋼業の戦略構築を視野にいれる必要があるだろう。



## I-3 経済効果

### (1) 市場創出への寄与

★本プロジェクトは、新製品を製造し市場を創出するメカニズムとは異なる。石炭資源への対応力を飛躍的に増大させ、**石炭購買市場の安定確保への道を切り開いた**と解釈し得る。

★当該技術を**グローバルに展開**し、収益を確保する戦略が必要と考える。知的財産を技術の発展段階で収益と結びつけるには、**新しいビジネスモデル構築が不可欠**であり、世界戦略で重要な項目である。

### (2) 経済的インパクト

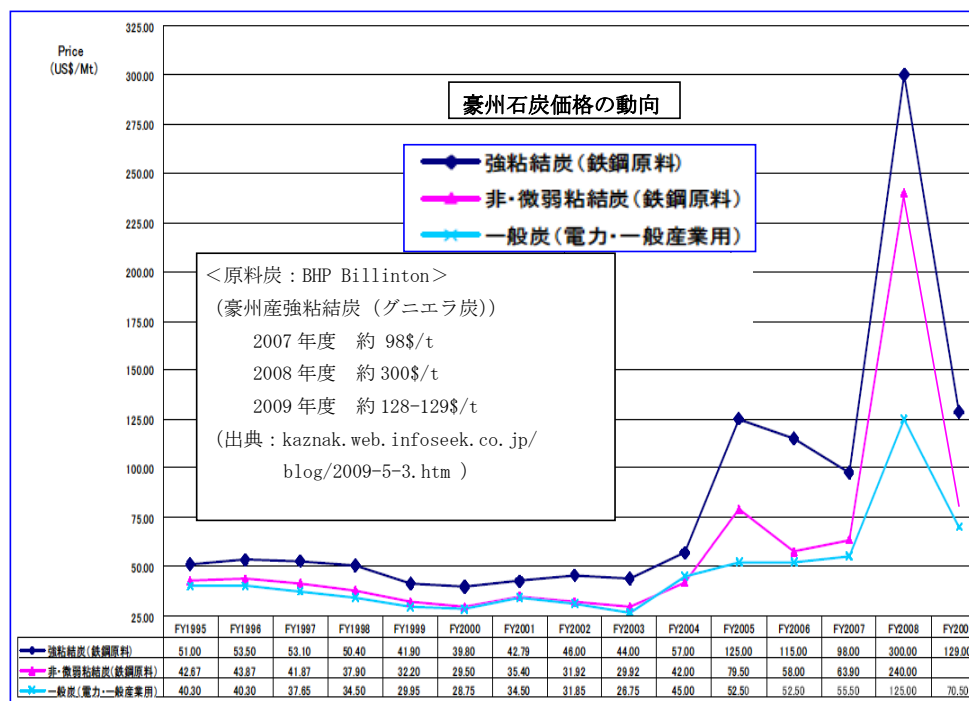
#### 経済的効果

(1)SCOPE21プロセスでは、100万t/年生産のコークス炉を前提条件として、**粘結炭(129US\$/t)50%と非微粘結炭(80US\$/t)50%使用により、約19億円/年のコスト低減になる。**

(2)従来炉ではNO<sub>x</sub>発生が現在規制値より約80ppm高い。その削減に脱硝設備を設置し、40年間運転すると、**約1.2億円/年のコスト低減になる。**

★コスト削減による**経済効果は大きい**。

★経済効果額は**1基(100万トンコークス/基/年 生産)でも約5年で国家プロジェクトに要した費用を回収できる**だけの効果を生み出しており、かつ、設備の耐用年数等の長期的な要素を加味すれば、そのインパクトは大きい。





### (3) 産業構造転換・活性化の促進

★高生産性の銑鉄生産を支える技術の実用化により、コスト低減、環境問題への対応、構造改革の部分推進など企業利益を得ることができることになり、産業構造の強化につながる可能性がある。

★海外への展開や他産業への展開を図る仕組みを構築すべきである。海外への技術販売を行うために技術レベル毎に種々のプロセス販売を行うことが必要である。国として収益力を拡大して欲しい。

## I-4 国民生活・社会レベルの向上効果

### (1) エネルギー問題への影響

#### 省エネルギー効果

★実機1号機の操業は社会情勢の影響を受けて変動しているが、生産性向上からの比較では、SCOPE21パイロットプラントの約71%のレベルであり、省エネ効果は約15%、

★100万t/年規模のコークス炉において原油換算で約0.92万KL/年の省エネルギー。

★パイロットプラントの試算前提でエネルギーの21%削減の可能性を見出した。実機1号機では、より確実性を求めた設備構成としたこともあり、省エネのレベルは15%であるが、石炭使用量が莫大であることから効果は大きい。

★実機では、装入炭温度の低下などに起因し、プロジェクト成果に比べて省エネ効果が目減りしている点が改善すべき課題として挙げられる。この先の操業改善の努力などにより、さらなる省エネ効果の実証を目指してもらいたい。

## (2) 環境問題への影響

### 環境負荷低減効果

- (1) 100万t/年 規模のコークス炉において省エネ効果は原油換算で約0.92万KLに相当する。  
これを乾留燃料であるBFG90%+COG10%ガスが削減されるとすれば、  
CO<sub>2</sub>排出量、2.7万t/年の削減に相当する。
- (2) 今回の新設炉、増設炉では  
高稼働率で170ppm以下の低NO<sub>x</sub>、発塵抑制を十分に達成した。

★鉄鋼業における大量の石炭の使用量から判断して少なくないCO<sub>2</sub>削減と判断される。

★目標とした炉温1250°Cで100ppm以下の低NO<sub>x</sub>燃焼が可能であることが確認され、「NO<sub>x</sub>30%低減」が達成された。

★発塵抑制効果も実用機でも実証されており、環境負荷低減に大きく寄与している。

## (3) 安全、安心、生活の質

★原料炭の資源拡大やCO<sub>2</sub>排出量削減など環境問題の大幅な改善とともに、省エネルギー型で生産効率の高いコークス製造技術であり、鉄鋼生産やコストの安定化及び環境改善に寄与し、評価できる。

★技術を実施する基盤において、例えば、築炉技術における人材枯渇が生じているのであれば、そのような周辺技術課題の解決策にも配慮すべきである。

## I-5 政策へのフィードバック効果

### (1) その後の事業等への影響

★APP(クリーン開発と気候に関するアジア太平洋パートナーシップ)鉄鋼ワークショップ、NEDOの各資料上に、本プロジェクトの成果が**実用展開されるべき先端技術として採用**されるなど、政策への組込は着実に進展している。

★コークス製造をターゲットにしつつ、**ガス化も含めた鉄鋼プロセスのベストミックス**やCO2削減を目指すAdvanced SCOPE21を立上げることも考えられる。

## II. 現在の視点からのプロジェクトの評価

### II-1. 国家プロジェクトとしての妥当性

★パイロットプラント等で、**莫大な資金**と期間を要し、**研究開発リスク**も大きく、民間企業あるいは業界単独で取組むことの限界があった。日本の**コークス炉が近い将来老朽更新時期を一斉に迎える**この時期に、国家プロジェクトとして研究開発が進められたことは妥当であると評価される。

### II-2. 目標設定

★目標レベルは、全ての項目を同時に達成するという観点で**極めて挑戦的**であったにも拘わらず、生産性の項目を除いて全て達成できたということは、レベル的にも妥当であったものと評価する

### Ⅱ－3. プロジェクト実施方法

★要素研究段階では各社が得意な分野を行う分散研究方式で、次のパイロットプラント試験は集中研究方式で、忌憚ない議論を戦わせながら効率的に進められ、評価できる。

★単年度予算制度のため、大規模なパイロットプラントの建設など、越年して製作する場合、非効率であった。予算の超年度運用の考え方なども取り入れることを検討すべきである。

### Ⅱ－4. 上記Ⅱ－1～Ⅱ－3の評価結果を踏まえたプロジェクト終了時の事後評価の妥当性

★事後評価の成果の実用化可能性に関して、着実に実用化が促進されている。今後の方向性に関して、現在進行しているCOURSE50プロジェクトに反映されている内容であり、事後評価で行われた高い評価結果は、これらと符合し、妥当であったと評価できる。

★現時点において、普及のシナリオについては必ずしも明確にはなっていない。実用化に関する成果が公表されれば尚一層、実用化は進むと思われる。

### Ⅱ－5. プロジェクト終了後のフォローアップ方法

★実機化の際にはNEDOからエネルギー使用合理化事業者支援が受けられたことは促進要因として効果があり、今後の実機化設備への継続的な支援が望まれる。

★基礎的技術の段階的な開発や蓄積も必要と思われるので、新しい挑戦を業界全体として常に考えておくべきであろう。その際に、適切な国の支援が極めて有効であることは、SCOPE21計画が証明している。

### Ⅲ. 経済産業省が今後実施する研究開発プロジェクトへの提言等

#### 1. 実用化追求型国家プロジェクト推進への提言

★本プロジェクトは、**実用化成果に結びついた成功例**として評価している。鉄鋼業の将来に対して、コークス炉の更新が迫っていたこと、高炉法存続のためには必須な技術開発であるという鉄鋼各社の**認識が一致**したため、**オールジャパン体制で取り組み、明確な戦略を持ち、現実のものとするという決断**が決定的な役割を果たしたと考える。今後もこのような**実用化追求型の国家プロジェクト**は積極的に目的、課題を抽出して国としても**支援を継続すべき**と考える。

★研究開発プロジェクトの**成果を下支えする分野における人材の枯渇を解決**しなければ**産業としての成功はない**。「**先端技術の創成**」プロジェクトを進めながら、その基盤を支える「**基礎技術の保全進化**」プロジェクトを**組み合わせる、戦略的に重厚なプログラム施策**を立案しなければならない。

#### 2. 国家プロジェクト予算に関する提言

★**複数年度契約**にて予算が使用出来れば、より**効率的に研究開発が推進**されたはずであり、検討を願いたい。

★**普及の事業者支援**では、施策の見直し論ではなく、個別の研究開発テーマの個性に応じた**補助率等の弾力的な運用**が必要である。

### 3. 国家プロジェクトにおけるオープンイノベーション活用への提言

★パイロットプラント段階までは各企業が**比較的オープンに参加・実行できたことは幸いした**と考える。日本全体の8割を占める**企業の研究開発投資を誘起するオープンイノベーション**が実現できることは望ましく、例えば、**長期的な視野に立ったリスク挑戦型の国家プロジェクトの創設**には有効である。

★まずは知的財産権とノウハウの取り扱いの検討を皮切りとして、どのような**制度設計をすれば多数の企業が積極的に参画できるか**という視点での検討を実施することを提言したい。

### 4. エネルギー・資源に関わる国家プロジェクトへの提言

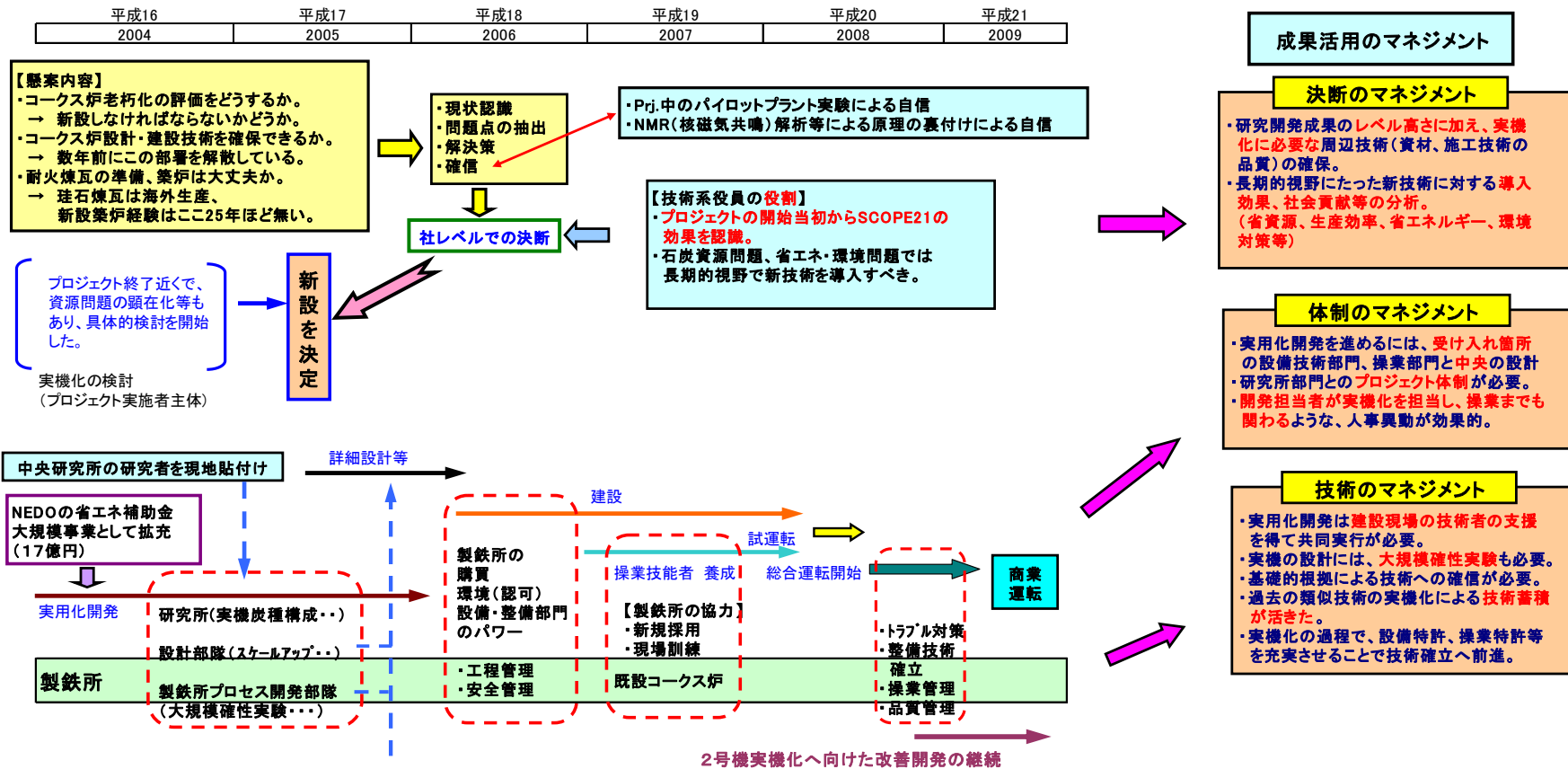
★**化石資源の高度利用、排出CO2の削減が最も重点を置くべき課題**である。なかでも**石炭は、中長期的にも、供給可能な化石資源であり、世界的な競争の中で、その確保と高度利用技術開発の推進は、短中期的には最大の課題**であり、適切なプロジェクトの企画が必須である。

★本プロジェクトの対象であるコークス炉は、製鉄用炭素材の製造を第一義としているが、**ガス液燃料の製造設備としても活用**できるので、その進捗発展を引き続き、追及すべきである。さらに、コークス炉技術を基礎に、**新たな石炭変換設備としての進化を発想**することもプロジェクトのひとつになりうる。

## 5. 国家プロジェクト立案における提言

- ★研究開発の活動は、**市場の調整機能が必ずしも円滑に働かない分野**である。とすれば、国民共通の「与益(技術が与える利益と用役)を増進する」ための**目標に応じた傾斜的重点投下**は、国内製造業を維持・発展させるためにも、誘導施策の一つとして必要ではないだろうか。
- ★**産学官**のみならず、経産省や**学識経験者**、場合によっては**海外ポテンシャルクライアント**からの意見聴取、調査を行った上で、**プロジェクトの成功後の商業化の姿**について、しっかりした**イメージを描いたプロジェクトを計画**すべきである。
- ★鉄鋼業を含め、国内製造業の**海外立地も一つの選択肢として念頭におく必要**があると考ええる。プロジェクトでは、技術的環境と実現性、技術的商業性、製品競争力、技術の市場受け入れ性(コスト、環境)の産業投資力の5点から**冷徹に議論して立ち上げるべき**である。

# 補足 1 プロジェクト終了後から、現在に至るまでの実用化、成果活用のマネジメント等について





## 補足2 長期的技術の蓄積と実用化

