

## 2022年度実施方針

環境部  
省エネルギー部

1. 件名：（大項目）環境調和型プロセス技術の開発

2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ハ及び第三号

3. 背景及び目的・目標

(1) 背景

我が国の鉄鋼業は、全ての産業部門のCO<sub>2</sub>発生量の約39%、国全体の約14%を占める（2013年度）最大のCO<sub>2</sub>排出業種であり、その中でも特に排出量の多い高炉法による製鉄プロセスにおいては、地球温暖化対策として抜本的なCO<sub>2</sub>排出量の削減が要求されている。

しかしながら、我が国の製鉄技術は既に世界最先端の水準にあり、廃熱や副生ガスの利用による省エネルギーも極限に達しているため、ポスト京都議定書に向け世界規模でのCO<sub>2</sub>削減を実現するためには、革新的な製鉄プロセス技術開発が必要とされている。2007年5月に発表された地球温暖化に関する総理のイニシアティブ「美しい星50（Cool Earth 50）」においても、「省エネなどの技術をいかし、環境保全と経済発展とを両立すること。」が三原則の一つとして提言されており、「革新的技術開発」の一例として本技術開発が位置付けられているところである。

上記のイニシアティブを踏まえて、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地球温暖化防止に関する長期目標の実現に向け、経済産業省において「Cool Earth - エネルギー革新技術計画」が策定されている。その中において、革新的製鉄プロセスは効率の向上と低炭素化の両面から、CO<sub>2</sub>大幅削減を可能とする「重点的に取り組むべきエネルギー革新技術21」の一つとして位置付けられている。

また、その後に策定された環境安心イノベーションプログラム基本計画（2010年4月）、及びエネルギー基本計画（2014年4月）に基づくエネルギー関係技術開発ロードマップ（2014年12月）においても、革新的技術のひとつとして「環境調和型製鉄

プロセス」が選定された。

## (2) 目的

本事業の目的は、高炉法による一貫製鉄所のCO<sub>2</sub>発生量を抜本的に削減し、地球温暖化防止に貢献するため、高炉からのCO<sub>2</sub>の発生量を減少させる技術、及び発生したCO<sub>2</sub>を分離・回収する技術を開発することである。

具体的には、コークス製造時に発生する高温のコークス炉ガス(COG)に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、高炉ガス(BFG)からCO<sub>2</sub>を分離するため、製鉄所内の未利用排熱を活用した革新的なCO<sub>2</sub>分離回収技術を開発する。これらの技術開発によりCO<sub>2</sub>排出量の約3割削減を目標に、低炭素社会を目指す。

これらの技術開発においては、フェーズI-STEP1(2008~2012年度(5年間))として要素技術開発を実施した。フェーズI-STEP2((2013~2017年度(5年間))において要素技術を組み合わせたパイロットレベルの総合実証試験を行った後、フェーズII-STEP1(2018~2022年度(5年間))での実用化開発を経て、最終的に製鉄所における現状の全排出レベルに比較して約30%のCO<sub>2</sub>削減を可能にする技術の確立に資する。

一方、フェロコークス技術の開発は、資源対応力強化のための革新的製鉄プロセス技術開発(2009~2012年度(4年間))において要素技術開発を実施し、既に実証段階に到達しているプロセスである。本プロセスでは、一般炭と低品位鉄鉱石の混合成型・乾留により生成された金属鉄の触媒作用を利用して還元を低温で行い、還元効率を飛躍的に高めた革新的塊成物(フェロコークス)を使用することで投入するコークス量を削減できる省エネ技術開発である。本プロセス技術で得た知見や成果を、水素還元活用プロセスの中に取り込むことで省エネ、CO<sub>2</sub>削減効果を最適化できるメリットを享受できることから、2017年度より、フェロコークス技術の開発を加えて一体化することにした。本プロセスでは、今後、フェロコークス製造量300t/dの規模の中規模設備を建設し、フェロコークス製造技術を確立するとともに、中規模設備で製造したフェロコークスを溶銑製造量10,000t/dの実高炉に連続的に長期装入したときの高炉の還元材比や操業安定性(特に通気性)に及ぼす影響を確認し、最終的に製銑プロセスのエネルギー消費量の約10%削減する技術の確立に資する。

## (3) 目標

研究開発項目1. 水素還元等プロセス技術の開発(フェーズII-STEP1)

フェーズII-STEP1においては、CO<sub>2</sub>発生量を大幅に削減する、環境に調和した製

鉄プロセスの開発として、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CO<sub>2</sub>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において操業条件の最適化進めるとともに、実証規模試験を行うために必要な以下の項目を目標とする。

**【中間目標(2020年度)】**

(a) 高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減技術開発

- ・高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減量約10%達成の見通しを得る。

(b) 高炉ガス(BFG)からのCO<sub>2</sub>分離回収技術開発

- ・分離回収エネルギー改善としての、吸収形態改善と分極影響の緩和の両技術の改善に新規技術を見出すことで、分離回収エネルギー1.6GJ/t-CO<sub>2</sub>達成への要素技術を構築する。

**【最終目標(2022年度)】**

(a) 高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減技術開発

- ・高炉からのCO<sub>2</sub>排出10%以上削減の実現性を技術的に最大化する技術の見通しを得る。

(b) 高炉ガス(BFG)からのCO<sub>2</sub>分離回収技術開発

- ・CO<sub>2</sub>分離回収コスト2,000円/t-CO<sub>2</sub>を実現可能な技術の充実を図るため、分離回収エネルギー1.6GJ/t-CO<sub>2</sub>を追求し、CO<sub>2</sub>排出削減量約20%の技術に資する。

研究開発項目2. フェロコークス技術の開発

**【中間目標(2020年度)】**

(a) フェロコークス製造中規模設備(以下、「中規模設備」という。)での製造技術実証

a-1 ラボ・中規模設備での比重・粒度が異なる原料の均一混合技術の確立

a-2 複数本羽口を有する中規模設備での乾留技術の確立

- ・混合・攪拌シミュレーションモデルのプロトタイプを完成させ、混合均一性の計算ができることを確認する。
- ・300t/dの実証設備を建設し、連続一貫製造の負荷運転を実施する。
- ・フェロコークスが設計通りできることを確認する。

指標1: 原料の均一混合技術の確立(個体3種類、液体1種類の混合) 混合度95以上(ラボ実験)

指標2: 乾留後塊成物のドラム強度: DI150/15 ≥ 80(ラボ実験)

(b) 一般炭, 低品位原料使用時の製造技術

- ・使用可能な一般炭 2 銘柄及び低品位鉄鉱石 2 銘柄の選定を完了させる。
- ・一般炭と低品位鉄鉱石、及び (d) で製造した固形新規バインダーを用い、ラボスケールの成型試験を行い、各配合比率等の成型条件を確立する。

指標：成型物の強度（I 型ドラム強度）：I D 3 0 / 1 5  $\geq$  8 5（ラボ実験）

(c) 実高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証

- ・ラボ検討に基づきフェロコークスを実炉に装入するための適切な装入方法を提示する。
- ・フェロコークスの高炉への装入設備の設置を完了させる。

指標：フェロコークスの実高炉への装入量 3 k g / t 程度で、安定して装入できることを確認する。

(d) 新バインダー強度発現実証

- ・中規模設備に供し得る新規固形バインダーを試作する。
- ・液体新規バインダーの試作をおこない、タブレットスケールで所定の冷間強度を確保できることを実証する。
- ・フェロコークスブリケットの冷間強度予測モデルのプロトタイプの作成完了。  
バインダー及び鉄鉱石を配合した塊成物をモデル物質として強度評価を実施し、モデル計算結果との比較を実施する。

指標：液体新規バインダーの製造オプションの提示。

(e) フェロコークス導入効果の検証

- ・中規模設備で製造したフェロコークスの高温性状の調査を実施する。
- ・(d) で開発した新規固形バインダーと新規液体バインダーを用いてラボスケールで作成したフェロコークスの反応速度を調査し、反応モデルに組み入れる。

**【最終目標（2022年度）】**

(a) 中規模設備での製造技術実証

a-1 ラボ・中規模設備での比重・粒度が異なる原料の均一混合技術の確立

a-2 複数本羽口を有する中規模設備での乾留技術の確立

- ・生産量 3 0 0 t / d で長期間安定稼動が可能なことを実証する。
- ・高炉装入に耐えうる乾留物の最適製造条件を確立する。
- ・混合・攪拌シミュレーションモデルを用い、均一性を確保できる運転条件を提示する。

指標 1：原料の均一混合技術の確立（固体 3 種類、液体 1 種類の混合）：混合度 9 5 以上

指標 2 : 乾留後塊成物のドラム強度 :  $DI150 / 15 \geq 80$  (\*)

(\*) 「資源対応力のための革新的製鉄プロセス技術開発」において、フェロコークス製造量  $27.5 \text{ t/d} \sim 30 \text{ t/d}$  とし、乾留炉操業 30 日間で  $740 \text{ t}$  のフェロコークスを製造した際、目標強度  $DI150 / 15 > 81$  以上の歩留りが  $93.5\%$  であった。

(b) 一般炭、低品位原料使用時の製造技術

- ・ラボスケールでの試験結果から、原料（鉄鉱石、石炭）の絞込みを行う。これら原料がフェロコークス用原料として適していることを検証する。

指標 : 成型物の強度 (I 型ドラム強度) :  $ID30 / 15 \geq 85$

(c) 実高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証

- ・高炉への長期装入試験を行い、高炉の還元材比や高炉操業の安定性に及ぼす影響を評価する。また、製鉄プロセスにおける省エネ効果に及ぼす影響を把握し、(e) の数値シミュレーションと合わせ、目標の製鉄プロセスにおける省エネ  $10\%$  を達成する。

指標 : 連続操業試験 : 30 日以上

(d) 新バインダー強度発現実証

- ・新規固形バインダーの実証技術開発計画案を提示する。
- ・所定の強度を実現しうる液体新規バインダー製造プロセス案を提示する。
- ・フェロコークスブリケットの冷間強度予測モデルを提示する。

指標 : (a) 及び (b) の達成に資するものであり、指標その他は (a)、(b) と同じ

(e) フェロコークス導入効果の検証

- ・フェロコークスの実高炉使用時の操業結果を数学モデルを用いて高精度にシミュレートする。
- ・中規模設備で製造したフェロコークスの反応速度を調査し、反応モデルを構築する。

指標 : 評価方法の確立と省エネ効果 (目標  $10\%$ ) の確認

((e) の数値シミュレーションと (c) (大型高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証) の結果と合わせ、目標の製鉄プロセスにおける省エネ  $10\%$  を検証する)

#### 4. 実施内容及び進捗 (達成) 状況

##### 研究開発項目 1. 水素還元等プロセス技術の開発 (フェーズ II - STEP 1)

NEDO 環境部 阿部 正道をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施した。

日本製鉄株式会社技術開発本部 フェロー 野村 誠治氏をプロジェクトリーダーとし、

以下の研究開発を実施した。

#### 4. 1 2021年度（委託）実施内容

##### (1) 高炉からのCO<sub>2</sub>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

- ・ 12m<sup>3</sup>規模試験高炉等による水素還元総合最適化技術開発

水素富化高炉内条件下における還元速度推定モデルの開発を目的として、実機化初期段階を想定したCOGの吹込み量を増加させた試験高炉の操業を行い、試験高炉の計測結果と数学モデル事後解析結果を比較検証し、概ね一致する高精度な結果を得たことで、モデル開発を達成した。加えて、炉頂温度の条件やCOGと純水素の吹込み量の条件を比較した、モデルを用いた検証により、高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減10%以上減の実現性を技術的に最大化する技術の見通しを得た。

また、羽口内燃焼計算モデルを用いて、還元ガス吹き込み温度がランス・羽口等の設備へ及ぼす影響評価に加えて、レースウェイサイズを変更可能なレースウェイ数値モデルを作成し、レースウェイサイズの影響を評価できる体制の構築を達成した。

実施体制：日本製鉄（株）、JFEスチール（株）－（再委託）（一財）電力中央研究所

###### ② コークス炉ガス（COG）改質技術の開発

COG改質ロングラン試験設備（BP2）の解体調査でデータを取得する解体研究を行い、試験高炉における実炉を想定した高温水素/COG吹込み用熱交換器の設計に向けた使用材料の指針を得た。

###### ③ 高性能粘結材製造技術の開発

一般炭から調達幅を拡大した粘結炭の使用を想定し、炭種変動に対する高性能粘結材の粘度変動幅を把握して、その粘度推算式が温度、揮発分により整理できることを明らかにした。

また、連続移送・排出装置は、原料石炭炭種の変動に対し、溶剤回収性能目標を達成、十分な移送・排出性能も有し、その高いロバスト性を確認した。

実施体制：（株）神戸製鋼所－（共同実施）北海道大学、（共同実施）京都大学

## (2) 高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収技術開発

### ① CO<sub>2</sub>分離回収技術開発

・化学吸収法によるCO<sub>2</sub>分離エネルギー・コストの削減技術開発

2020年度に引き続き、混合溶媒系吸収液の更なる性能向上を図るため、新規有機溶媒の探索および開発を行い、混合溶媒系吸収液としての組成最適化検討を行った。また、混合溶媒系吸収液に適した触媒の開発においては、2020年度に引き続き水溶性触媒の効果を小型連続試験装置（CAT-LAB）を用いて検証した。新吸収液に対しても性能評価およびプロセス最適化のため、2020年度に引き続き、CAT-LAB装置を用いてラボレベルの性能評価を実施した。更に、プロセスのエネルギー性能評価のために構築したシミュレーション手法による分離回収エネルギー評価、実用化研究として、耐久性、材質腐食性、環境影響等の評価も行いデータ取得を達成した。

実施体制：日本製鉄（株）－（共同実施）（公財）地球環境産業技術研究機構

### ② 未利用排熱活用技術の開発

これまでに開発した排熱回収用高性能熱交換器の、製鉄所の実排ガスを用いた熱交換能力の長期的な推移を中心とした評価試験結果を踏まえ、残された課題である排熱回収用熱交換効率の長期維持に関する課題に取り組んだ。

2021年度は、数値解析により長期性能実証試験に用いる熱交換器3号機の形状検討を行った。熱交換器3号機の試作を行い、目標熱交換性能を達成した。また、製鉄所実排ガスを用いて、伝熱面温度および材質を変化させた際の付着物状況を調査し、熱交換器の操業条件では付着物の発生を防止できることを確認したことで実機スペックの明確化が達成できた。さらに、開発された熱交換器を用いた排熱回収コストを試算し、コスト目標は達成可能であることを確認したことで、製作コスト低減と熱交換性能を両立させる熱交換器の設計、製作、ラボ評価を達成できた。

実施体制：日本製鉄（株）

### (3) 試験高炉によるプロセス評価技術開発

2021年度は、実炉試験を想定し、第10回操業で炉頂温度一定条件で操業し、計画通りのCO<sub>2</sub>削減と高炉操業の安定を確認した。操業データの整理によって、炭素消費量削減率のシミュレーション値との差異や、第10回以前の炉頂温

度が低下した操業との炉況安定性の差異から、安定操業を評価する指標の知見が得られた。また、試験高炉の最終目標に向け、必要な設備構成と設備能力の基本仕様を確定し、設計手法の確立と製作を達成した。

実施体制：日本製鉄（株）、日鉄エンジニアリング（株）

#### (4) 全体プロセスの評価・検討

製鉄プロセス全体の最適化を検討し、製鉄所からのCO<sub>2</sub>排出量30%削減を可能にするための技術確立に対して、総合的な評価・検討を行った。

2021年度に実施した試験高炉の第10回操業結果とCO<sub>2</sub>分離回収技術開発結果に基づく製鉄所全体のCO<sub>2</sub>削減効果を解析・評価し、開発した高炉水素還元技術およびCO<sub>2</sub>分離回収技術を製鉄所に導入すれば、製鉄所全体でPJ目標CO<sub>2</sub>約30%削減は達成可能であるとの見通しを得た。また、常温水素の高炉最大活用条件では、高炉水素還元のみで、製鉄所全体で約20%削減と見積もられ、高炉水素還元とCO<sub>2</sub>回収のCO<sub>2</sub>削減配分の選択肢拡大の可能性が示されたことで、総合的な評価・検討を行う目標を達成した。

実施体制：日本製鉄（株）、JFEスチール（株）、（株）神戸製鋼所、日鉄エンジニアリング（株）

#### 4.2 実績推移

	2013	2014	2015	2016	2017	2018
実績額 （百万円）						
需給勘定	2,730	5,080	5,126	2,100	1,630	830
特許出願件数 （件）	7	14	10	8	2	5
査読有り論文発表数 （報）	12	1	12	7	2	2
査読無論文発表数 （報）	3	1	1	4	2	0
その他外部発表 （件）	29	15	42	40	13	65

	2019	2020	2021
実績額 (百万円)			
需給勘定	1,360	1,372	1,949
特許出願件数 (件)	6	1	2
査読有り論文発表数 (報)	7	5	2
査読無論文発表数 (報)	1	2	8
その他外部発表 (件)	63	42	77

## 研究開発項目 2. フェロコックス技術の開発

フェロコックス技術の開発は、NEDO 省エネルギー部 田村 順一をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施した。

### 4. 1 2021年度 (助成) 実施内容

#### (1) 中規模設備での製造技術実証

##### ① -1 中規模設備の開発

##### ①-1-1 ラボ・中規模設備での比重・粒度が異なる原料の均一混合技術の確立

2021年度は、生産量 200t/d でのフェロコックス製造の操業試験を実施し、操業条件の選定を行い、1~2 週間の試験操業を 6 回実施した。

さらに、成型立上げ/立下げ時の歩留まり低下による成型粉増加によるトラブル解消のために、戻り粉返送設備の増強を行った。

実施体制：JFEスチール(株)

##### ① -1-2 複数本羽口を有する中規模設備での乾留技術の確立

2021年度は、成型物のドラム強度 (DI150/15) の測定と同時に、フェロコックスの CO<sub>2</sub> との反応後強度 (50%CO<sub>2</sub>-50%N<sub>2</sub> 中、1100℃×2H 反応後の成型物の圧潰強度) の測定を行い、製造条件 (原料、乾留条件) とドラム強度 (DI150/15)、反応後強度のデータを蓄積し、高炉装入に耐えうるフェロコックスの最適製造条件を確立した (DI150/15≥80)。

また、成型後の成型物歩留まりを向上させ、乾留炉への持ち込み粉の低減を図るため、成型物搬送過程で落差が大きい部分にストーンボックスを設置した。また、安水タール処理設備トラブルによるダウンタイムを低減し、発生タールを効率良くバインダーとしてリサイクルするために、安水タール処理設備の改造を実施した。さ

らに成型物の新規液体バインダー開発のため、ガス処理系で凝縮されたフェロコークスタールを提供した。

実施体制：JFEスチール(株)

①-2 固液均一混合のシミュレーション

2021年度は、混合・攪拌シミュレーションモデルを用い、均一性を確保できる運転条件を提示した。

実施体制：JFEスチール(株)－(共同実施)東北大学

(2)一般炭、低品位原料使用時の製造技術実証

2021年度は、一般炭2水準以上の配合での長期操業試験を行い、連続製造フェロコークスの強度と反応性(高炉適用性)の評価を実施した。

実施体制：JFEスチール(株)

(3)実高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証

2021年度は、2022年度に実施予定である高炉への多量配合試験(フェロコークス装入原単位45kg/t以上)を実施するために、1~2週間の試験操業を6回実施した。また、多量配合試験に備えフェロコークスの仮置き場(約2,500m<sup>2</sup>)を追加整備した。さらに、安全環境対策として、高炉投入設備の投入ホッパーに環境集塵機を設置した。

実施体制：JFEスチール(株)

(4)新バインダー強度発現実証

① 新規固形バインダーの性能実証

2021年度は、新規固形バインダーの作り溜めを継続し、ラボ・中規模設備試験用として提供した(2t)。新規固形バインダーの実証技術開発計画案策定のため、実証機(PP)および商業機(CP)の概念設計に着手した。

実施体制：(株)神戸製鋼所

② 新規液体バインダー開発

2021年度は、既存液体バインダー(SOP)と同等以上の成型物の冷間強度を確保できるフェロコークスタールを原料とした新規液体バインダーの製造方法を提示す

るとともに、サンプル2kg程度を試作し、フェロコークスの反応性評価用として提供した。また、東北大学の冷間強度予測モデルの計算結果をフェロコークスの圧縮成型条件に反映して、タブレットスケールでの成型物の冷間強度評価を行った。さらに、所定の強度を実現しうる新規液体バインダー製造プロセス案の策定に着手した（成型物の強度：既存液体バインダー（SOP）と同等以上）。

実施体制：(株)神戸製鋼所—（共同実施）東北大学

### ③ 新規固形および新規液体バインダーの冷間強度発現機構の解明

2021年度は、石炭-バインダー-鉄鉱石が共存する成型物の冷間強度試験を継続し、実験値と剛体ばねモデルを用いた解析値の比較より引張挙動予測モデルを構築した（モデル解析結果の誤差：10%以内）。更に圧縮挙動予測モデルと引張挙動予測モデルを組み合わせることで、成型時の粒子同士の滑り、再配置による成型物の構造変化を考慮した冷間強度予測モデルを提案した（モデル解析結果の誤差：15%以内）。

実施体制：(株)神戸製鋼所—（共同実施）東北大学

## (5) フェロコークス導入効果の検証

### ① 一般炭、低品位原料で製造したフェロコークスの高温性状評価

2021年度は、中規模設備で製造したフェロコークスを用い、荷重軟化試験装置内に1回の実験当たり直径約70mm、高さ約100mmの充填層を敷設し、昇温ガス化実験の中断試料を作成し、温度とガス化率の関係を評価した（実験室規模）。また、高炉操業ケーススタディ（フェロコークス200t/d使用規模）を実施し、前年度の結果との比較からフェロコークス使用量増加の高炉操業への影響を評価した。

実施体制：日本製鉄(株)

### ② 反応性評価・反応モデル構築

2021年度は、中規模設備で製造したフェロコークスの反応速度を調査し、測定した反応速度をアレニウス型反応速度式として定式化し、フェロコークス製造条件が頻度因子、活性化エネルギーに及ぼす影響を評価した。

実施体制：日本製鉄(株)—（共同実施）九州大学

#### 4. 2 実績推移

	2017	2018	2019	2020	2021
実績額 (百万円) 需給勘定	830	2,170	2,554	2,530	958.4
特許出願件数 (件)	0	0	1	1	2
査読有り論文発表数 (報)	0	0	2	1	5
査読無論文発表数 (報)	0	0	1	2	3
その他外部発表 (件)	0	4	4	12	2

#### 5. 事業内容

##### 研究開発項目1. 水素還元等プロセス技術の開発 (フェーズⅡ-STEP1)

NEDO 環境部 阿部 正道をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施する。

日本製鉄株式会社技術開発本部 フェロー 野村 誠治氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。

##### 5. 1 2022年度 (委託) 実施内容

###### (1) 高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減技術開発

2021年度で取組終了のため、実施内容なし。

###### (2) 高炉ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収技術開発

2021年度で取組終了のため、実施内容なし。

###### (3) 試験高炉によるプロセス評価技術開発

試験高炉操業結果を踏まえ、高炉からのCO<sub>2</sub>排出削減量10%以上達成に向けた実機適合化技術を追求するため、操業結果に及ぼす操業操作の影響を高精度に評価可能な技術の確立を図る。

実施体制：日本製鉄 (株)、日鉄エンジニアリング (株)

###### (4) 全体プロセスの評価・検討

2021年度で取組終了のため、実施内容なし。

## 5. 2 2022年度事業規模

エネルギー対策特別会計（需給） 35百万円

事業規模については、変動があり得る。

## 研究開発項目2. フェロコークス技術の開発

フェロコークス技術の開発は、NEDO 省エネルギー部 武田 行生をプロジェクトマネージャーとし、プロジェクトの企画、進行管理等を実施する。

## 5. 1 2022年度（助成）実施内容

### (1) フェロコークス製造中規模設備での製造技術実証

#### ①-1 中規模設備の開発

##### ① -1-1 ラボ・中規模設備での比重・粒度が異なる原料の均一混合技術の確立

- ・生産量300t/d（フェロコークス装入原単位30kg/t及び、45kg/t）で長期間安定稼動が可能なことを実証する。
- ・新規固形バインダー、従来品の液体バインダーを使用し、中規模設備で混練成型した成型物を抜き出し、ラボの乾留炉で乾留した時に強度が確保できることを確認する（DI150/15 $\geq$ 80）。

実施体制：JFEスチール(株)

##### ①-1-2 複数本羽口を有する中規模設備での乾留技術の確立

- ・乾留炉から発生した排ガスの実機における最適利用方法については、中規模プラントのデータ（発生量や組成など）に基づき、製鉄所内のエネルギー収支の観点から最適運用方法を検討する。具体的には、①排ガスを製鉄所内で下工程の燃料として利用する方法、②ボイラーで燃焼→スチーム回収する方法、③共同火力へのエネルギー供給として売却する方法などを比較検討し、省エネ効果が最も大きい方法を提案する。
- ・新規液体バインダー開発のため、ガス処理系で凝縮されたフェロコークスタールを提供する。

実施体制：JFEスチール(株)

##### ① -2 固液均一混合のシミュレーション

- ・混合・攪拌シミュレーションモデルを用い、均一性を確保できる運転条件を確認する。

実施体制：JFEスチール(株)－（共同実施）東北大学

(2) 一般炭、低品位原料使用時の製造技術

- ・長期操業試験による連続製造フェロコークスの強度と反応性（高炉適用性）の評価を行う。
- ・新規固形バインダー使用成型試験を実施し、強度評価を行う。

実施体制：J F E スチール(株)

(3) 実高炉でのフェロコークス長期使用、効果検証

- ・高炉への長期装入試験を行い、高炉の還元材比や高炉操業の安定性に及ぼす影響を評価する。製鉄工程における省エネ効果に及ぼす影響を把握し、5. の数値シミュレーションと合わせ、目標の省エネ10%を検証する。
- ・生産量300t/d（フェロコークス装入原単位30kg/t）で2週間以上の試験操業を5回以上実施する。
- ・高炉への多量配合試験（フェロコークス装入原単位45kg/t以上）を実施するためにフェロコークスの作りだめを行い、多量配合試験（フェロコークス装入原単位45kg/t以上）を実施する。

実施体制：J F E スチール(株)

(4) 新バインダーの強度発現実証

④-1 新規固形バインダーの性能実証

- ・必要に応じて新規固形バインダーの製造条件の見直しを行い、新規固形バインダーの実証技術開発計画案を提示する。
- ・中規模設備にて新規固形バインダーを用いて製造した成型物およびフェロコークスの強度を確認する。成型物の強度目標：（I型ドラム強度）ID30/15 $\geq$ 85。フェロコークスの強度目標：DI150/15 $\geq$ 80。

実施体制：(株)神戸製鋼所

② -2 新規液体バインダー開発

- ・必要に応じて新規液体バインダーの製造条件の見直しを行い、所定の成型物強度を実現しうる新規液体バインダー製造プロセス案を提示する。成型物の強度目標：既存液体バインダー（SOP）と同等以上。

実施体制：(株)神戸製鋼所—（共同実施）東北大学

③ -3 新規固形および新規液体バインダーの冷間強度発現機構の解明（（国）東北大学）

- ・フェロコークスブリケットの冷間強度予測モデルの最適化を行い、工業的に低負荷となるフェロコークスの圧縮成型条件を提案する。モデル解析結果の誤差：10%以

内。

実施体制：(株)神戸製鋼所—(共同実施)東北大学

#### (5) フェロコークス導入効果の検証

##### ⑤-1 一般炭、低品位原料で製造したフェロコークスの高温性状評価(日本製鉄)

- ・フェロコークスの実高炉使用時の操業結果を、九大で作成したフェロコークスのアレニウス型反応式を組み込んだ高機能高炉内反応シミュレーターを用いて高精度にシミュレートし、フェロコークス300t/d使用時の評価と、通常コークスの1/3をフェロコークス中コークスで置換した時の省エネ効果を検証する。また、COURSE50との相乗効果についても検証する。

実施体制：日本製鉄(株)—(共同実施)九州大学

##### ⑤-2 反応性評価・反応モデル構築

- ・中規模設備で製造したフェロコークス一個粒子を反応管内に吊るして下方から反応ガスを流通させて重量変化を測定するガス化実験を種々の温度で実施して反応速度の調査を継続し、測定した反応速度をアレニウス型の反応式として定式化し、高炉モデルに適用できるように実験結果を頻度因子と活性化エネルギーの形で整理する。

実施体制：日本製鉄(株)—(共同実施)九州大学

## 5. 2 2022年度事業規模

エネルギー対策特別会計(需給) 930百万円

事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### 6. 1 運営・管理

本事業については、技術検討委員会を設置し、研究項目、研究開発計画、研究課題の精査、経済的な評価と目標設定、マネジメント手法等に対し、外部有識者の意見を適切に反映し、着実な運営を図る。

また、NEDOはプロジェクトで取り組む分野について、内外の技術開発動向、市場動向等について調査し、本事業の技術優位性を明確化すると共に市場ポテンシャルを検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

水素還元等プロセス技術の開発(フェーズII-STEP1)及びフェロコークス技術の開発の両事業間の連携を図るために、上記委員会等への相互参加、及び技術交流会を開催

し、連携内容を議論・共有する。

## 6. 2 複数年度契約の実施

研究開発項目1. 水素還元等プロセス技術の開発（フェーズⅡ－STEP1）

2018～2022年度の複数年度契約を行う。

研究開発項目2. フェロコックス技術の開発

2021～2022年度の複数年度交付を行う。

## 6. 3 知財マネジメントにかかる運用

研究開発項目1. 水素還元等プロセス技術の開発（フェーズⅡ－STEP1）

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

## 7. その他の重要事項

研究開発項目1 水素還元等プロセス技術の開発（フェーズⅡ－STEP1）

### (1) プロジェクトの中間評価の実施

NEDOは技術的、政策的観点から研究開発の必要性、効率性、有効性（意義、目標達成度、社会・経済への波及効果等）について外部有識者による中間評価を2020年8月に実施した。

研究開発項目2 フェロコックス技術の開発

### (1) プロジェクトの中間評価の実施

NEDOは技術的、政策的観点から研究開発の必要性、効率性、有効性（意義、目標達成度、社会・経済への波及効果等）について外部有識者による中間評価を2020年11月に実施した。

## 8. 実施方針の改訂履歴

### (1) 2022年2月 制定

(別紙)「水素還元等プロセス技術の開発 (フェーズⅡ-STEP1)」実施体制

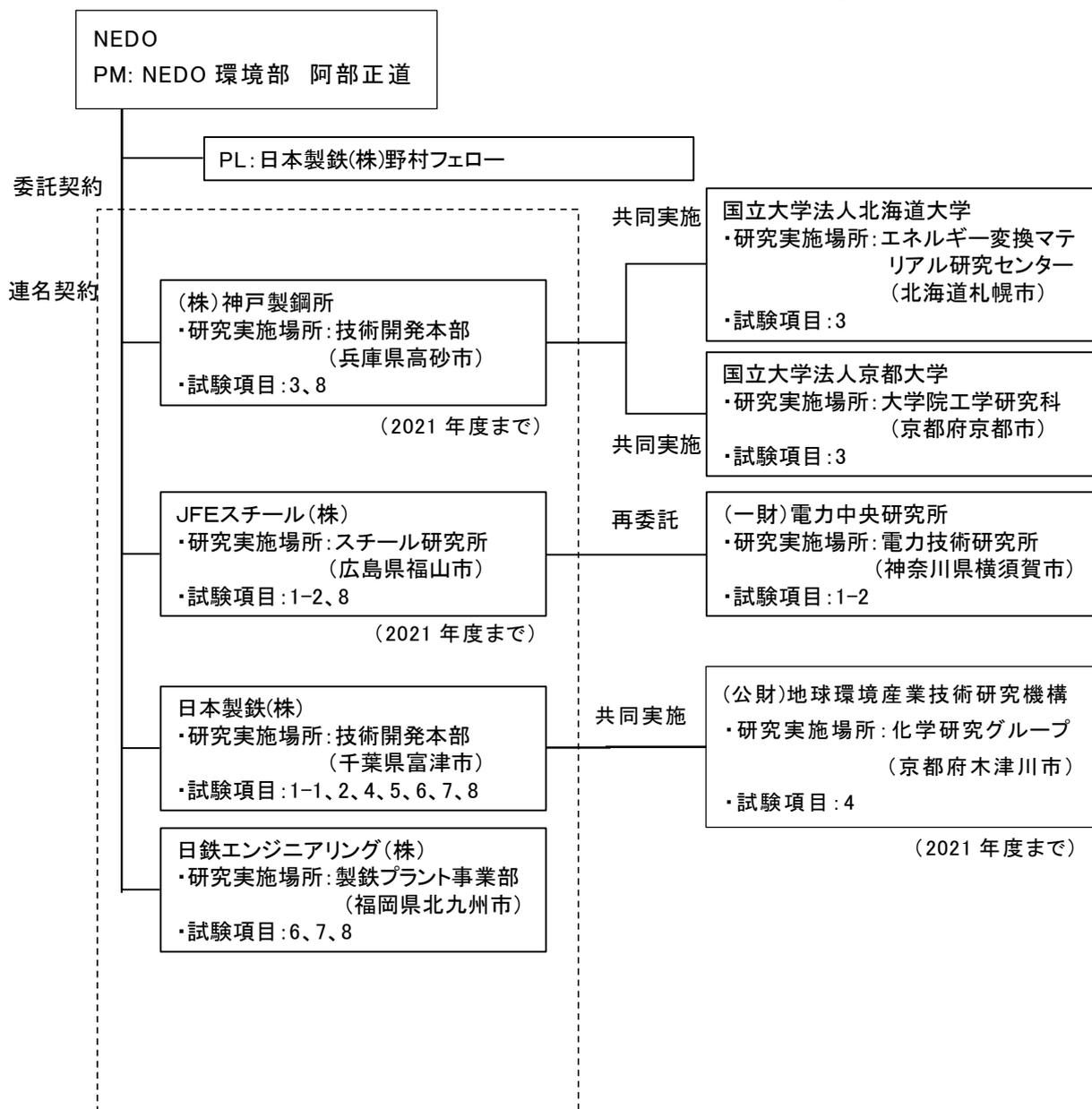


表 開発テーマ一覧

開発テーマ	
	鉄鉱石還元への水素活用技術の開発
1	1-1 水素活用プロセス技術開発
	1-2 高炉の微粉炭および還元ガスの燃焼挙動の調査
2	COG改質技術の開発
3	高性能粘結材ハンドリング技術の開発
4	CO <sub>2</sub> 分離・回収技術開発
5	未利用低温排熱活用技術開発
6	試験高炉によるプロセス技術開発
7	実高炉部分検証によるプロセス技術開発
8	全体プロセスの評価・検討

(別紙)

「フェロコークス技術の開発」  
実施体制

