

2020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CO₂発生量の約39%、国全体の約14%を占める（2013年度）最大のCO₂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CO₂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CO₂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、CO₂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CO₂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CO₂の発生量を減少させる技術、及び発生したCO₂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CO₂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CO₂分離回収技術を開発する。これらの技術開発によりCO₂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))、フェーズII-STEP2(2023~2025年度(3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CO₂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、既の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、CO₂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、最終的に製鉄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、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CO₂排出削減技術開発

- ・ 高炉からのCO₂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CO₂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-CO₂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CO₂排出削減技術開発

- ・ 高炉からのCO₂排出約10%減の実現性を技術的に最大化する技術の見通しを得る。
- ・ 高炉の実機部分確性用の「全周羽口吹込み」の試験は、上記CO₂削減技術開発の状況をみながら、フェーズⅡ－STEP2の開始(2023年度)以降に行い、上記目標達成に資する。

(b) 高炉ガス(BFG)からのCO₂分離回収技術開発

- ・ CO₂分離回収コスト2,000円/t-CO₂を実現可能な技術の充実を指向し、分離回収エネルギー1.6GJ/t-CO₂を到達し、CO₂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 : $DI150 / 15 \geq 80$ (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) : $ID30 / 15 \geq 85$ (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 $3 \text{ kg} / \text{t}$ 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を作成完了。
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 $300 \text{ t} / \text{d}$ 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 95 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 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－STEP1）

NEDO 環境部 春山 博司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。

日本製鉄株式会社製鉄技術部長 荒木 恭一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 2019年度（委託）実施内容

(1) 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

- ・10m³規模試験高炉等による水素還元総合最適化技術開発

レースウェイ炉や燃焼基礎試験装置などの燃焼試験装置を適宜用いて、試験高炉の還元ガス吹込み条件の影響解析および試験結果を受けた吹込み条件の最適化を検討するとともに、スケールアップ時の課題抽出と解決手段の検討を行った。また、高炉数学モデルによる試験高炉の操業設計および操業データ解析を実施するとともに、スケールアップのためのプロセスイメージを構築した。

実施体制：日本製鉄（株）－（共同実施）九州大学、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

今年度取組項目無し。

③ 高性能粘結材製造技術の開発

溶剤回収工程以降の溶融高性能粘結材（HPC）移送工程スケールアップ検証のため、18年度製作の高温対応粘度計を用いて、精度の高い溶融HPC粘度測定を継続し、得られた粘度データに基づいた、溶融HPC移送・排出ベンチスケール設備の設計、製作、据え付けおよび立上げまでを実施した。また、溶剤回収までの既保有ベンチスケール設備を用いて製造したHPCの、コークス製造用粘結材としての性能評価を継続し、配合設計技術の向上を図った。

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CO₂分離回収技術開発

① CO₂分離回収技術開発

2018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、RN-1吸収液等の実用吸収液に適した触媒の開発においては、吸収塔への導入方法（固体触媒、触媒担持多孔体など）を検討し、その技術を確立した。また、新吸収液の性能評価およびプロセス最適化のため、2018年度に引き続き、開発した吸収液および触媒について、小型連続試験装置（CAT-LAB）を用いてラボレベルの性能評価を実施し、分離回収エネルギーの低減を確認した。更に、また、新吸収液のプロセスシミュレーション手法を構築するための物性データを取得した。

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。

2019年度は、排ガス性状調査を継続し、排ガス性状を把握するとともに、異物付着量評価を継続し、異物付着量を熱交換器性能の観点から評価する指標を検討することで、熱交換器伝熱面に対する異物付着対策を検討した。また、異物付着への温度の影響を調査するための実排ガスを用いた試験装置を検討し、製作・設置を行うとともに、排ガスの前処理方法の検討を行い、その結果を元に洗浄手段の検討を行うこととした。

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

2019年度は、試験高炉を用いた操業において、送風操作（高酸素富化条件下での純水素ガスを含む各種還元ガス吹込み）及び原料操作等を行って、水素還元の効果を検証した。更に、還元ガス中の水素濃度上昇が高炉操業におよぼす影響を評価し、総合プロセス評価に必要な操業データを獲得した。

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

試験高炉2年間の試験操業結果を踏まえ、製鉄所のエネルギー・CO₂収支モデルを用いて、高炉への常温水素系ガス多量吹込み時の製鉄所全体のCO₂削減効果を評価した。

実施体制：日本製鉄（株）、JFEスチール（株）、（株）神戸製鋼所、日鉄日新製鋼（株）、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	3
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					
実績額 （百万円）						
需給勘定	1,360					
特許出願件数 （件）	4					
査読有り論文発表数 （報）	5					
査読無論文発表数 （報）	1					
その他外部発表 （件）	58					

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 2019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

2019年度は、300t/dフェロコークス製造設備の機器の据付け、配管工事を完了し、原料予備処理設備および4,000L級混練成型設備の建設と据付を完了した。

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

2019年度は、設計に基づく当該乾留設備の建設、据付を完了させた。

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

2019年度は、混練による固液均一混合に関しては、旋回流、上下動流等の動きを再現し、均混合に適した攪拌羽根の形状を提案し、4,000Lスケールのシミュレーションを実施した。

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

2019年度は、中規模設備で使用可能(成型物の強度(I型ドラム強度):ID30/15 \geq 85(ラボ実験)を満足)な一般炭2銘柄および低品位鉄鉱石2銘柄の選定を完了した。また、一般炭と低品位鉄鉱石、および(4)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

2019年度は、実高炉入設備の付帯設備・配管を除く、機器製作を完了するとともに、高炉装入条件(装入速度、シュート角度、旋回数)の適正化(フェロコークスの径方向に均一な分布を目標)を図った。

実施体制：JFEスチール(株)

(4) 新バインダー強度発現実証

① 固形新規バインダーの性能実証

2019年度は、中規模設備に供給するための新規固形バインダーの試作（製造量：約1t）を行うとともにラボスケール成型試験用のバインダーを提供した。また、試作した新規固形バインダーを用いて、ラボスケールで塊成物を製造し、冷間強度を測定した。（強度目標：割裂引張試験、IDにおいて既存固形バインダーと同等以上）

※JFEスチールのラボスケールでの参考値：DI150/15 \geq 80、
ID30/15 \geq 85

実施体制：(株)神戸製鋼所

② 液体新規バインダー開発

2019年度は、フェロコークスに適した液体バインダーを製造するための改質条件の探索を継続した。また、中低温タールを原料とした新規液体バインダーの試作を行い、バインダー性状の評価およびタブレットスケールでの冷間強度評価を行った。（目標強度：割裂引張試験において、既存液体バインダーと同等以上）

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

2019年度は、充填物の圧縮特性および高さ方向の充填密度を予測するモデル構築のため、実験値とモデル解析値の比較を行った。また、バインダーのすべり影響を考慮したモデル構築のため、粘性の異なる複数のバインダーを用いた成型試験を行い、実験値とモデル解析値の比較を行い、上記結果を組込んだ冷間強度予測モデルを提案した。

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 石炭、劣質鉄鉱石の組み合わせを更に変更し、新規固体バインダーを添加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

m、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、ベース高炉数学モデルを改造してフェロコークス反応モデルを反映し、かつフェロコークス高配合化に対応した汎用高機能高炉内反応シミュレーターの試作品作成を完了した。

実施体制：日本製鉄(株)

- ② 石炭、劣質鉄鉱石の組み合わせを更に変更し、新規固体バインダーを添加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(熱天秤)を種々の温度で実施して反応速度を調査し、測定した反応速度のアレニウス型の反応モデル構築(フェロコークスの反応速度を温度、ガス組成等の関数として定式化)を実施した。

実施体制：日本製鉄(株)―(共同実施)九州大学

環境調和型プロセス技術に係る調査の実施(委託)

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に資するため、「各国の鉄鋼業における政策・技術開発の長期見通しに係る調査事業」を実施した。

実施体制：一般財団法人日本エネルギー経済研究所 日鉄総研株式会社

4.2 実績推移

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

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 春山 博司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。

日本製鉄株式会社製鉄技術部長 荒木 恭一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 2020年度（委託）実施内容

(1) 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

- ・10m³規模試験高炉等による水素還元総合最適化技術開発

レースウェイ炉や燃焼基礎試験装置などの燃焼試験装置を適宜用いて、試験高炉の還元ガス吹込み条件の影響解析および試験結果を受けた吹込み条件の最適化を検討するとともに、スケールアップ時の課題抽出と解決手段の検討を行う。また、高炉数学モデルによる試験高炉の操業設計および操業データ解析を実施するとともに、スケールアップのためのプロセスイメージを構築する。

実施体制：日本製鉄（株）－（共同実施）九州大学、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

今年度取組項目無し。

③ 高性能粘結材製造技術の開発

溶剤回収工程以降の熔融高性能粘結材（HPC）移送工程スケールアップ検証のため、熔融粘結材連続移送・排出装置の試運転を実施し、粘結材の排出性能を確認する。また、溶剤回収までの既保有ベンチスケール設備を用いて製造したHPCの、コークス製造用粘結材としての性能評価を継続し、配合設計技術の向上を図る。

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CO₂分離回収技術開発

① CO₂分離回収技術開発

- ・化学吸収法によるCO₂分離エネルギー・コストの削減技術開発

2019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う。また、混合溶媒系吸収液に適した触媒の開発においては、2019年度に見出した固体触媒および水溶性触媒の効果を、小型連続試験装置（CAT-LAB）を用いて検証する。また、新吸収液の性能評価およびプロセス最適化のため、2019年度に引き続き、開発した吸収液について、CAT-LAB装置を用いてラボレベルの性能評価を実施する。更に、また、新吸収液の物性データを用いプロセスのエネルギー性能評価のためのシミュレーション手法を構築する。加えて、新吸収液の実用化研究として、耐久性、材質腐食性、環境影響等を評価し、実用化に必要な対策を検討する。

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む。

2020年度は、排ガス性状調査および実験結果を用いて、熱交換器伝熱面に対する異物付着対策を提案する。また、実排ガスを用いた異物付着および事前処理に関する検討を継続し、さらに調査、検討した結果を用いて、実証試験におけるシステムを決定する。

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

2020年度は、水素還元の効果を見極めるため、試験高炉を用いた操業において、送風操作（純水素ガスを含む各種還元ガス吹込み）及び原料操作等を行って、各種還元ガスの使用量の効率化を含め、操業操作の可能性を追求する。

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

製鉄プロセス全体の最適化を検討し、製鉄所からのCO₂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・検討を行う。また、地球温暖化課題の状況変化を的確に反映し、それに対応すべくプロジェクトの運営を行う。

実施体制：日本製鉄（株）、J F E スチール（株）、（株）神戸製鋼所、日鉄日新製鋼（株）、日鉄エンジニアリング（株）

5. 2 2020年度事業規模

エネルギー対策特別会計（需給） 1560百万円

事業規模については、変動があり得る。

研究開発項目2. フェロコックス技術の開発

フェロコックス技術の開発は、N E D O 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、進行管理等を実施する。

5. 1 2020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

2020年度は混練成型設備までの製造能力（300t/d）を確認する。また、据え付けた原料予備処理設備および混練成型設備について、設備能力・稼働率等、設備耐久性（攪拌羽根、成型ロールの磨耗状況）等の実証を行う。原料（固体3種類、液体1種類の混合）の混合度95以上を確認する。

実施体制：J F E 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

2020年度は乾留設備の製造能力（300t/d）を確認する。また、原料事前処理設備、連続混練成型設備および乾留設備を含めた連続操業を模擬した負荷運転を行う。この負荷運転により設備の長期間稼働安定性や耐久性（シール弁、断熱材の劣化等）などの課題を抽出する。また、中規模設備に用いる原料と同一原料でラボ乾留実験も行い、乾留後塊成物のドラム強度：DI150/15 \geq 80（ラボ実験）を確認する。さらに、ガス処理系において発生ガス、ダスト・タールの長期間安定処理（排ガスから効率的にダスト・タールが分離でき、かつ配管閉塞がないことなど）ができることを確認する。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供給する。

実施体制：J F E スチール(株)

①-2 固液均一混合のシミュレーション

2020年度は、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。また、混合・攪拌シミュレーションモデルのプロトタイプを用い、運転条件とのすり合わせに着手する。

実施体制：J F E 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

2020年度は、試運転で使用した一般炭、鉄鉱石および従来品のバインダーを用いて、成型物強度を確認する（I型ドラム強度：ID30/15 \geq 85）。また、選定した一般炭2銘柄および低品位鉄鉱石2銘柄を使用し、中規模設備で成型を行い、成型物強度を確認する（I型ドラム強度：ID30/15 \geq 85）。

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

2020年度は、ラボ装入模擬試験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。また、フェロコークスの高炉への装入設備の設置を完了させ、本装入設備を用い、フェロコークスの実高炉への装入量3kg/t程度（高炉の日常の炉熱変動の還元材比換算 \pm 約3kg/tの範囲内＝高炉の商用生産に影響を与えない範囲）で連続的に装入でき、かつ安定して操業（通気変動がないこと）できることを確認し、生産量100t/dで2週間の試験操業を5回以上実施する。

実施体制：J F E 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

2020年度は、中規模設備に供給するための新規固形バインダーの試作を継続し、下記の成型物、塊成物の強度目標を達成できる新規固形バインダーの製造条件を確立する。成型物の強度目標：（I型ドラム強度）ID30/15 \geq 85、塊成物の強度目標：DI150/15 \geq 80。

※ J F E スチールのラボスケールでの参考値：DI150/15 \geq 80（塊成物）、
ID30/15 \geq 85（成型物）

実施体制：(株)神戸製鋼所

② 新規液体バインダー開発

2020年度は、中低温タールを原料とした液体新規バインダーを実験室レベル（最大kgスケール）での試作を行い、バインダー性状の評価およびタブレットスケールでの冷間強度評価を行い、フェロコークスに適した液体バインダー性状を提示する。また、東北大学の圧縮挙動予測モデルの計算結果を新規液体バインダーの添加条件に反映して、タブレットスケールでの冷間強度評価を実施する。さらに、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新規液体バインダーの製造方法を提示する（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 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

2020年度は、石炭-バインダー-鉄鉱石が共存する充填物の圧縮試験を行い、実験値と圧縮挙動予測モデル解析値を比較することで、圧縮応力-変位の実験値とモデル解析結果の誤差要因を明確にする。また、圧縮成型時の石炭-バインダー-鉄鉱石の圧縮挙動予測モデルを構築し、フェロコークスに適したバインダーの添加条件を提案する。モデル解析結果の誤差：10%以内。成型物の破壊現象の再現に必要な引張挙動予測モデル構築のため、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実施する。

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

2020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する（実験室規模）。また、この高温性状調査結果と②で得られたフェロコークス反応速度を定式化した結果を反映した、汎用高機能高炉内反応シミュレーターの試作品作成を完了させるととも

に、試作品の完成度向上を図り、高炉操業ケーススタディ(フェロコークス 100t/d 使用規模)による物質収支誤差が許容範囲(1%程度)であることを確認する。

実施体制：日本製鉄(株)

② 反応性評価・反応モデル構築

2020年度は、一般炭、低品位原料および新規固形バインダーを使用したフェロコークス及び、一般炭、低品位原料および新規液体バインダーを使用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する。

実施体制：日本製鉄(株)―(共同実施)九州大学

5. 2 2020年度事業規模

エネルギー対策特別会計(需給) 2640百万円

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)

2018～2020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

2017～2020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10月頃に実施する。

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10月頃に実施する。

8. 実施方針の改訂履歴

（1）2020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

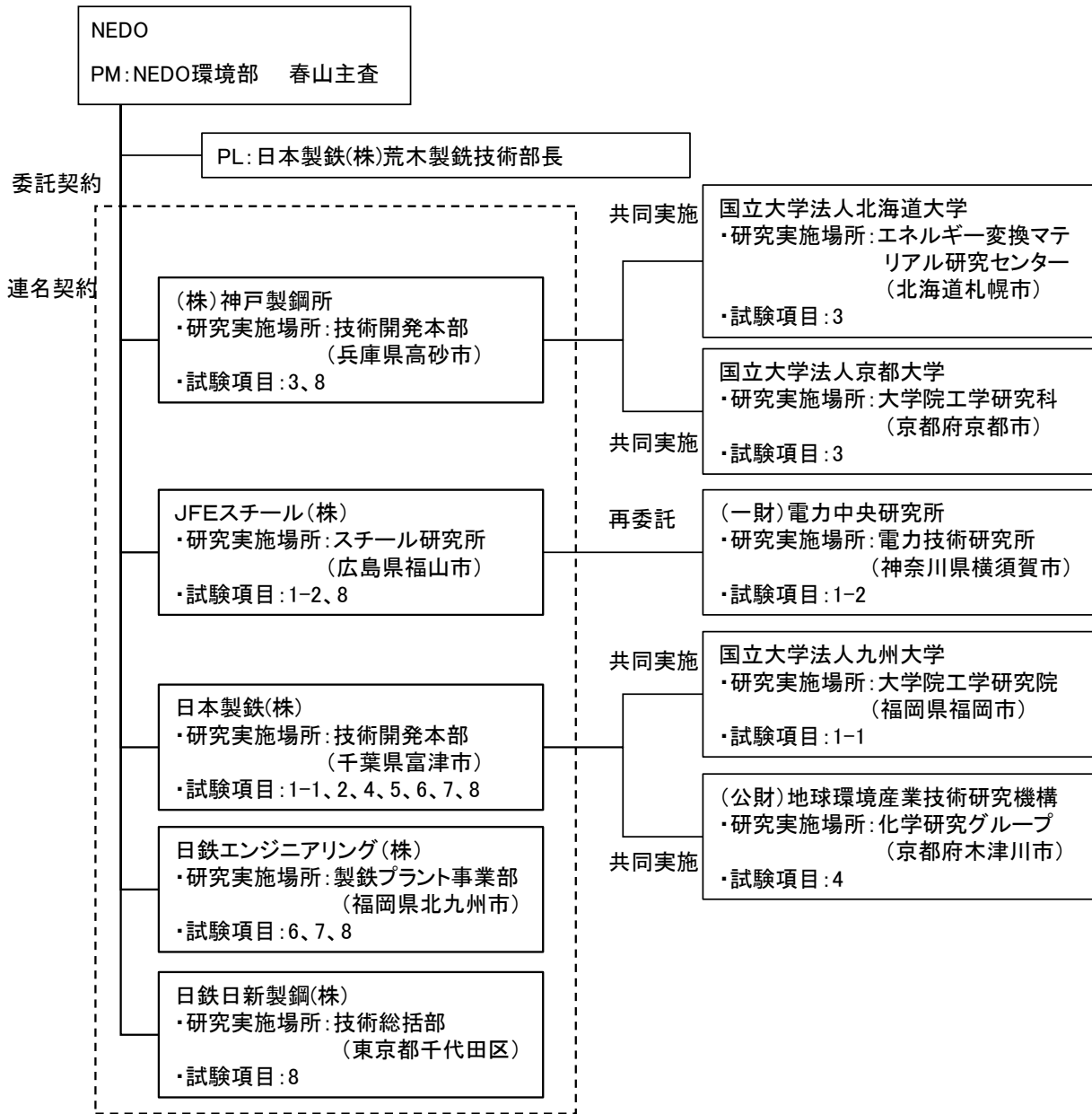


表 開発テーマ一覧

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 ₂ 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

