

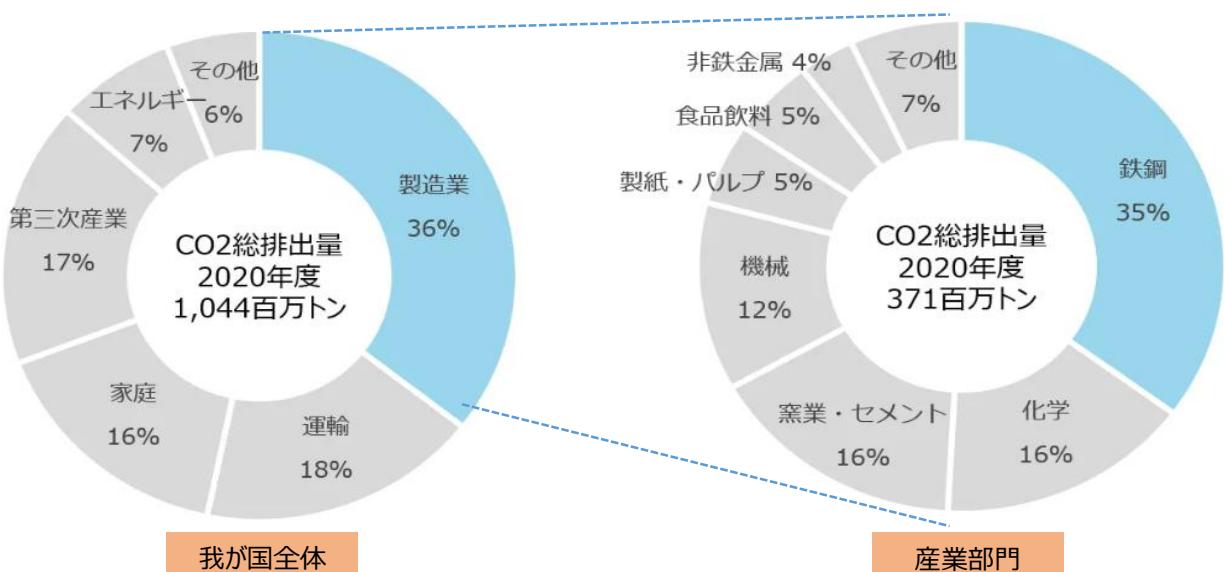
# 業界動向

## ～気候変動・カーボンニュートラル～

### 鉄鋼業界編

#### 1. 鉄鋼業のCO2排出量

我が国全体のCO2排出量のうち製造業が36%を占めています。そのうち、産業部門別で見ると鉄鋼業が35%を占め、次いで、化学、窯業・セメント、機械製造業と続きます。このように、鉄鋼業のCO2排出量の削減は喫緊の課題です。



#### 2. カーボンニュートラル実現に向けたビジョン・方針

- ・2018年11月、日本鉄鋼連盟は長期地球温暖化対策ビジョンを策定・公表。
- ・2020年6月、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の公募事業「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた技術開発」の事業委託先に、日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所、及び金属材料研究開発センター(JRCM)が採択された。
- ・2021年2月、経済産業省は『我が国の2050年カーボンニュートラルに関する日本鉄鋼業の基本方針』を発表。
- ・2021年3～5月、日本の主要な鉄鋼各社（上記3社）も、2050年カーボンニュートラルの実現を目指す旨を公表。
- ・2021年10月、経済産業省は「トランジションファイナンス」に関する鉄鋼分野における技術ロードマップ」を発表。
- ・2022年9月以降、経済産業省は「カーボンニュートラルに向けた国内外の動向」を随時発表。

### 3.技術開発とロードマップ

における技術開発

としての技術開発



### カーボンニュートラルに向けた3つの技術（国内）

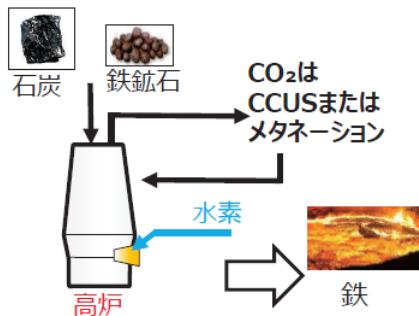
#### 鉄鋼産業の生産プロセス転換

##### 高炉法

運用に高度な技術力を要するが、高品質、経済性を両立させる極めて効率的な生産手段。  
製造プロセスで必ずCO<sub>2</sub>が発生する。

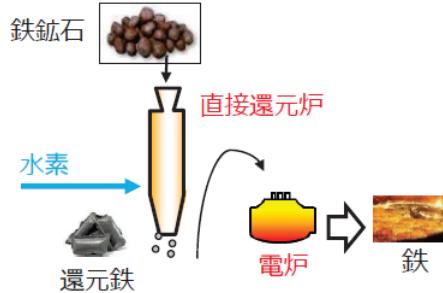


##### 水素還元製鉄・カーボンリサイクル



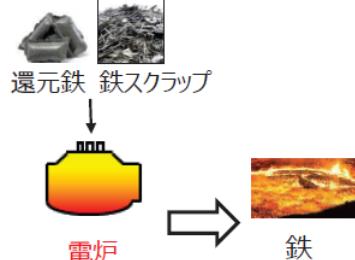
- ・高炉で使用する石炭の一部を水素、またはメタンに代替することで、製鉄プロセスで発生するCO<sub>2</sub>排出量を大幅に抑制。
- ・2030年代に実証炉を導入し、2040年代半ばに実装予定。

##### 直接還元製鉄



- ・石炭を使わずに、水素だけで低位の鉄鉱石を還元。製造したペレットを電炉で溶解し、鉄鋼を生産。実証に向けて要素技術の研究開発中。
- ・2030年代に実証炉を導入し、2040年代半ばに実装予定。

##### 電炉化



- ・還元鉄および鉄スクラップを電気炉で溶解し、鉄鋼製品を製造。大型化した際の不純物（リン、銅など）除去の技術を開発中。
- ・2030年度までに実機化を目指す。

## 4.技術面の課題と必要外部条件

### 高炉水素還元（COURSE50・Super COURSE50）

技術課題	水素還元による吸熱反応（熱を奪い高炉が冷える）に対する水素加熱吹込み技術の確立
	コークス使用を最小化した中での通気性確保（反応ガスの通気に必要な炉内の隙間を作る）
	超大型高炉へのスケールアップに向けた実機化検証
	残る発生CO2のオフセット技術の確立（CCUS：CO2回収・有効利用・貯留）
外部条件	CCU（再利用）・CCS（地中貯留）の実現 → 設備設置場所が限定的
	「大量のカーボンフリー水素の供給」

### 100%水素直接還元プロセス

外部条件	水素による直接還元法の確立
	グリーン水素の製造におけるコストダウンとインフラの構築
外部条件	「大量のカーボンフリー水素の供給」

### 大型電炉での高級鋼製造

技術課題	鉄スクラップ：材質有害元素（不純物）の無害化・不純物除去技術の確立
	電炉の生産性向上、大型化・効率化
外部条件	「コスト競争力のあるカーボンフリー電力の供給」「大規模な鉄スクラップの安定調達」

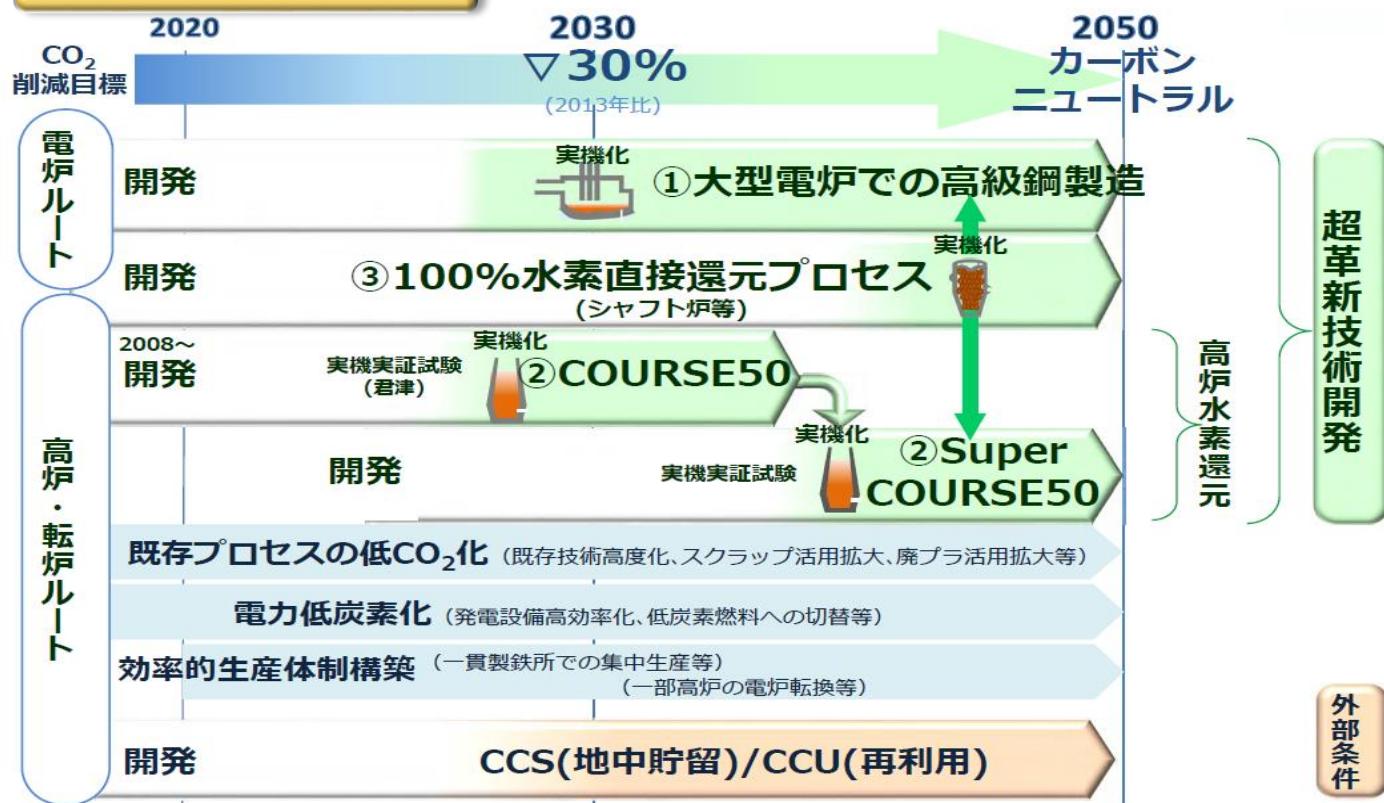
## 5.海外鉄鋼メーカーの取り組み

### 【海外：各国鉄鋼メーカーの脱炭素化に向けた取り組み（欧州・米国・中国・韓国・インド）】

会社	動向
SSAB	水素直接還元技術の開発に向け2020年からパイロットプラントで実証開始、2026年、商業生産開始を目指す ボルボ・カーズと共にパイロットプラントで生産したグリーンスチールを用いた自動車製造にも着手
ティッセンクルップ	直接還元プラントと電気溶解炉を発注したことを公表。2026年末に天然ガスによる操業を開始し、2027年以降の100%水素直接還元を目指す
アルセロール・ミタル	水素直接還元の実証プラントを独・ハンブルグ製鉄所に建設し、2025年末までに操業を開始する予定
U.S.スチール	生産能力300万トンの電炉・鋼板工場を新設し、2024年に稼働開始予定 持続可能な鉄鋼製品ラインでは、最大90%スクラップ鉄を活用し、従来の1/4のCO2排出量で、高張力鋼を生産
宝武鋼鉄集團	2020年からミニ試験高炉での試験を開始し、CO2削減率21%以上達成。2024年末、既存高炉で稼働予定 生産能力100万トンの直接還元プラントを導入することを決定し、2024年にも稼働する予定
ポスコ	独自の製鉄技術「FINEX」(流動層還元法)技術を活用し、水素還元技術「HyREX」の開発を進める 2050年までに水素還元製鉄の商用化を目指す
タタ・スチール	2023年4月に高炉実機への水素吹き込み試験を実施したと発表

## 6.国内各社の取り組みとロードマップ\*

### 【日本製鉄のロードマップ】



### 【JFEのロードマップ】



## 7.進捗状況

★日本国内でのプロジェクトは着実に進展しています。

・「高炉水素還元」技術の開発では、2022年8月の審査を経て実機実証実験へ移行。2026年1月の実証試験開始に向け、実高炉の改造に着手しています。また、小規模試験高炉における高温水素の吹き込みによるCO2削減では、世界では初めてCO2削減率22%を実現しました。

・「水素直接還元」技術の開発では、日本製鉄やJFEスチールは小規模試験炉を建設しており、2024～2025年度に試験開始を予定しています。

★一方、海外鉄鋼メーカーも製鉄プロセスのカーボンニュートラル化に向けた技術開発を進めており、特に日本企業がベンチマークとすべきアジア鉄鋼メーカーの技術開発が加速しています。

また、欧州では高品位鉄鉱石を用いた「水素直接還元」技術の実証が先行。多くが操業開始時に天然ガスを用いた計画であるものの、日本も低品位鉄鉱石活用に向けた技術確立・社会実装していくことが重要です。

★こうした中で、日本としては、①高炉からの電炉化、②高炉法での水素還元、③水素直接還元というオプションを複線的に追求していますが、現時点においてはカーボンニュートラルを実現できる技術は定まっていません。

ただ、中でも電炉化については日本が競争力を有する高級鋼を生産可能とすること、水素直接還元については低品位鉄鉱石を原料に還元鉄を製造可能とすることを目指しています。

こうしたグリーンスチールの製造技術の開発を一層加速し、世界に先駆けて技術革新を実現し、可能な限り早期にグリーンスチールの供給能力・体制を構築することで、グローバル市場での競争に打ち勝つことが求められます。

★巨額投資の動きも広がり始めています。

2050年度までに国内の鉄鋼業界全体で10兆円規模の脱炭素向け投資が必要とされています。欧州では各国政府が個別企業の設備投資への助成に乗り出すなど、国際競争が激化しています。官民一体となつた取り組みが求められます。

### 【欧州を中心に政府からの資金調達が目立つ】

会社	動 向
ティッセンクルップ	欧州連合（EU）から20億ユーロ（約3,000億円）を調達
アルセロール・ミタル	欧州連合（EU）から8.5億ユーロ（約1,300億円）を調達
SSAB	電力会社などから共同事業で欧州連合（EU）から1.4億ユーロ（約210億円）を調達
ポスコ	転換社債で約10億ユーロ（約1,500億円）を調達
宝武鋼鐵集團	中国政府は初期の技術開発にとどまらず、商用化を見据えて500億元（約1兆円）の基金を設ける
日本製鉄	新株予約権付社債の発行で3,000億円を調達
JFEHD	公募増資と新株予約権付社債（転換社債＝CB）で約2,100億円を調達

## Appendix 「2050年カーボンニュートラルに関する日本鉄鋼業の基本方針」より

①	2050年のカーボンニュートラルという方針に賛同し、これに貢献すべく、日本鉄鋼業界としてもゼロカーボン・スチールの実現に向けて、果敢に挑戦する。鉄鋼業界としては、①技術、商品で貢献するとともに、②鉄鋼業自らの生産プロセスにおけるCO2排出削減に取り組んでいく。
②	ゼロ・カーボンスチールの実現は、一直線で実用化に至ることが見通せない極めて高いハードルであることから、現在鋭意推進中の「COURSE50やフェロコークスなどを利用した高炉のCO2抜本的削減+CCUS」、さらには「水素還元製鉄」といった超革新的技術開発への挑戦に加え、スクラップ利用拡大や中低温等未利用廃熱、バイオマス活用などあらゆる手段を組み合わせ、複線的に推進する。
③	<p>挑戦する超革新的技術開発：</p> <p>⇒ 製鉄プロセスのダウ炭素化、ゼロカーボン・スチール実現には、水素還元比率を高めた高炉法（炭素による還元）の下でCCUSなどの高度な技術開発にもチャレンジし更に多額のコストをかけて不可逆的に発生するCO2の処理を行うか、CO2を発生しない水素還元製鉄を行う以外の解決策はない。</p> <p>⇒ 特に水素還元製鉄は、有史以来数千年の歳月をかけて人類がたどり着いた高炉法とは全く異なる製鉄プロセスであり、また姿形すらない人類に立ちはだかる高いハードルである。各国も開発の途に就いたばかりの極めて野心度の高い挑戦となる。</p> <p>⇒ また、実装段階では現行プロセスの入れ替えに伴う多大な設備投資による資本コストやオペレーションコストが発生するが、これらの追加コストは専ら脱炭素のためだけのコストで、素材性能の向上にも生産性の向上にも寄与しない。</p>
④	<p>ゼロカーボン・スチールを目指すための外部条件として下記が不可欠である。</p> <p>⇒ ゼロエミ水素、ゼロエミ電力の大量かつ安価安定供給。</p> <p>⇒ 経済合理的なCCUS（※1）の研究開発および社会実装。</p>
⑤	<p>ゼロカーボン・スチールを目指す上での政策として下記を政府へ要望。</p> <p>⇒ ハードルが高い中長期の技術開発を支える国の協力かつ継続的な支援、ゼロエミ水素、ゼロエミ電力の大量安価安定供給のための社会インフラ、経済合理的なCCUSの社会実装といった脱炭素化へ向けた国家戦略の構築。</p> <p>⇒ GI基金（※2）の運用に際し、企業のチャレンジを促進する推進体制や制度設計の整備。</p> <p>⇒ 技術開発の成果を実用化・実装化するための財政的支援。</p> <p>⇒ ゼロカーボン・スチールの実現には研究開発や設備投資のほか、OPEXも含め、多額のコストがかかることについての国民理解の醸成と社会全体で負担する仕組みの構築。</p> <p>⇒ 電気料金高止まりの早急な解消をはじめ、国内産業が国際競争上不利にならないようなイコールフッティング（※3）の確保。</p> <p>⇒ 技術開発の原資の設備投資の原資を奪う炭素税や排出量取引制度などの追加的なカーボンプライシング施策の導入は、イノベーションを阻害し、結果的にゼロカーボン・スチールの実現に逆行する施策となる。</p>

※1 「CCUS」…「Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage」で、分離・貯留したCO2の利用

※2 「GI基金」…グリーンイノベーション基金

※3 「イコールフッティング」…双方が対等の立場で競争が行えるように、基盤・条件を同一にすること

(出所) 日本鉄鋼連盟

# End of document

本資料は、現時点で入手可能な公開情報を、弊社においてその正確性および網羅性等を独自に検証することなく作成されており、本件検討の基礎となる各前提事実、仮定およびその他情報等に関して社外的に意見を表明するものではありません。弊社は本資料によって、本件に関して貴社において検討中の取引等が適当であるかについて判断するものではありません。  
なお、本資料の一部または全部を、当社の許可なく複写、複製等することを固くお断りいたします。

りそな銀行 審査部 企業調査室