

# 「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

2021年10月

経済産業省

# 目次

章	節	概要
1. 前提		<ul style="list-style-type: none"><li>鉄鋼分野における技術ロードマップの必要性</li><li>技術ロードマップの目的・位置づけ</li></ul>
2. 鉄鋼業について		<ul style="list-style-type: none"><li>鉄鋼業の生産規模、世界的な将来動向</li><li>国内の生産量や製鉄プロセス、CO2排出量</li><li>我が国鉄鋼業の特徴</li></ul>
3. カーボンニュートラルへの技術の道筋	①CNに向けた低炭素・脱炭素技術	<ul style="list-style-type: none"><li>カーボンニュートラル実現に向けた短中長期の技術オプションの内容</li></ul>
	②技術ロードマップ	<ul style="list-style-type: none"><li>カーボンニュートラル実現に向けて国内で必要となる技術と想定される技術開発を2050年までの時間軸にマッピング</li></ul>
	③科学的根拠／パリ協定との整合	<ul style="list-style-type: none"><li>本技術ロードマップで想定する技術およびCO2排出についてパリ協定との整合を確認</li></ul>
4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて		<ul style="list-style-type: none"><li>脱炭素電源、水素供給、CCUSなど他分野との連携</li><li>本技術ロードマップの今後の展開</li></ul>

# 目次

1. 前提

2. 鉄鋼業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

# 1. 前提 | 鉄鋼分野の技術ロードマップの必要性

- トランジションファイナンスに関するロードマップ（以下技術ロードマップ）は、CO2多排出産業であり、かつ排出ゼロのための代替手段が技術的・経済的に現状利用可能ではなく、トランジションの重要性が高いことなどを理由に分野を選定している。
- 鉄鋼は生活を支える幅広い製品の材料として組み込まれており、鉄鋼業はサプライチェーンの川上に位置することから産業の基盤としての役割を果たしている。日本の鉄鋼業は高効率な高炉を開発し、高級鋼を世界に提供するなど世界をリードする技術を有している。
- 鉄鋼の軽量化や強靱化により、他の分野（輸送用機械、エネルギー、建築等の川下段階）のトランジションに貢献する製品も多く、カーボンニュートラル社会の実現に向けては、幅広い用途での需要拡大が見込まれる。
- 他方、鉄鋼は現時点では世界的に多排出な産業分野であり、国内でも製造業の中で最大規模のCO2を排出しており、鉄鋼分野のネットゼロに向けた移行は不可欠。
- 移行には低炭素化に向けた省エネ設備の更新・導入等とともに、既存設備や関連機器の有効活用、脱炭素化に向けた革新的技術の研究開発・実装と多額の資金調達が必要となるため、国内外の技術を整理し、2050年までの道筋を描いた。
- 脱炭素に向けた技術革新や事業構造の変革は企業の強みとなる。2020年時点で3,500兆円(35兆ドル：世界持続的投資連合調べ)規模にまで拡大した世界のESG資金を呼び込むために、投資家の視点も理解しながら、多排出産業もその戦略を開示することが求められている。
- 日本の鉄鋼業の国際競争力向上に寄与する観点も踏まえ、技術、金融の有識者および鉄鋼分野の事業者の代表を含めて議論を行い、本技術ロードマップを策定した。

# 1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ

- 本技術ロードマップは、「クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本方針」（2021年5月金融庁・経済産業省・環境省）を踏まえ、我が国鉄鋼業における企業が、トランジション・ファイナンス（注）を活用した気候変動対策を検討するにあたり参照することができるものとして、策定するものである。
- 加えて、銀行、証券会社、投資家等に対して、当該企業が行う資金調達において、脱炭素に向けた移行の戦略・取組がトランジション・ファイナンスとして適格かどうかを判断する際の一助とするものである。
- 本技術ロードマップは、2050年のカーボンニュートラル実現を最終的な目標とし、現時点で入手可能な情報に基づき、2050年までに実用化が想定される低炭素・脱炭素技術や、それらの実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 本技術ロードマップは、パリ協定に基づき定められた国の排出削減目標（NDC）※<sup>1</sup>やグリーン成長戦略※<sup>2</sup>、グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画※<sup>3</sup>と統合的なものとなっている。
- 現時点において、鉄鋼分野におけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。2050年に向けては未だ確立されていない技術の研究開発が不可欠であり官民一体となって取り組む。
- 我が国鉄鋼業においては、脱炭素技術の確立を待つことなく、本技術ロードマップも参考としつつ、脱炭素に向けた省エネやエネルギー転換などの「移行」に取り組むことが求められる。
- 他方、2030年や2040年を見据えたトランジション期間においては、研究開発のみならず、引き続き省エネの取組や高効率化を進めていくことが何よりも重要。

※ 1 : <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/ondanka/kaisai/dai41/siryou1.pdf>

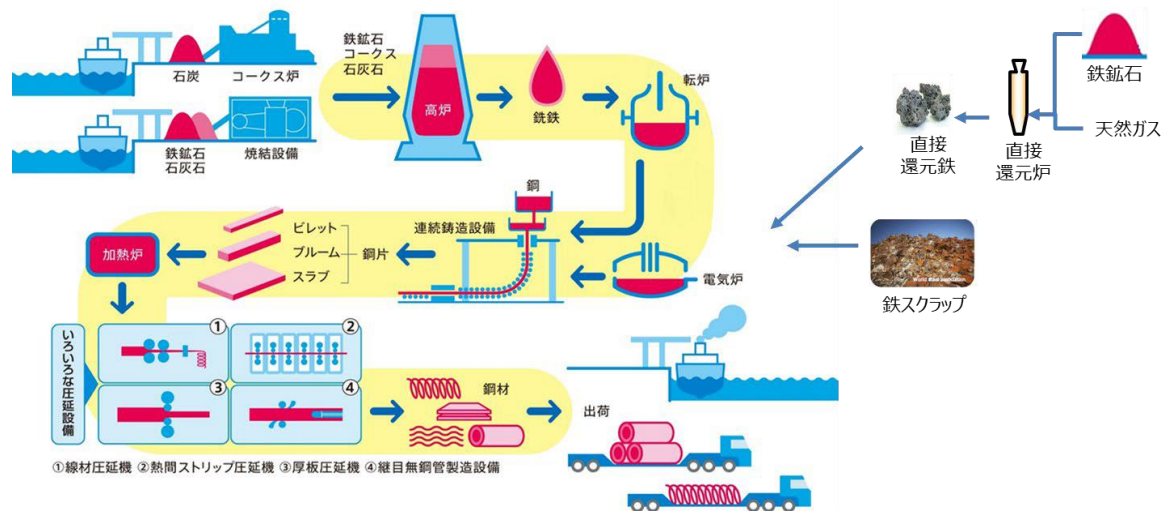
※ 2 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/06/20210618005/20210618005-3.pdf>

※ 3 : <https://www.meti.go.jp/press/2021/09/20210915001/20210915001-2.pdf>

（注）「トランジション・ファイナンス」とは、基本指針において、『気候変動への対策を検討している企業が、脱炭素社会の実現に向けて、長期的な戦略に則った温室効果ガス削減の取組を行っている場合にその取組を支援することを目的とした金融手法をいう』とされている。

# 1. 前提 | 技術ロードマップの目的・位置づけ

- トランジション・ファイナンスの対象には、自社の低・脱炭素化に向けた設備や研究開発への投資だけでなく、他分野のトランジションに貢献する取組・活動、既存設備の解体・撤去費用、排出削減の取組により生じる他の環境や社会的な影響（事業撤退や廃炉等に伴う土壤汚染、雇用への影響等）への対応等も含まれる。
- 鉄鋼分野においても、本資料のP8に示すような脱炭素に貢献する製品（エコプロダクツ）は、トランジション・ファイナンスの対象になりうる。なお、クライメート・トランジション・ファイナンスに関する基本指針P8では、『トランジション・ファイナンスでは、自社の経済活動に伴う排出削減を対象にした戦略・計画を持つ主体だけではなく、自社の製品・サービスを通じて、他社のトランジション戦略の実現を可能にする取組を計画している主体も対象となる。』とある。
- これらの取組・活動は、脱炭素化に向けた社会経済全体に寄与する重要な要素である。一方で、極めて広範囲な取組・活動にわたることから、本技術ロードマップについては、主に鉄鋼分野における低炭素・脱炭素に向けた「技術」を取り扱う。



# 目次

1. 前提

2. 鉄鋼業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

## 2. 鉄鋼業について | 産業規模

- 全国13か所にある高炉一貫製鉄所は、1か所当たり数千人規模の直接雇用（+ 関連企業・取引先多数）を確保し、最大で年間1千万t以上の鉄鋼を生産・出荷する。関連企業・取引先含め裾野が広く、雇用や地域経済を支える基幹産業となっている。
- 製造業全体GDPに占める、鉄鋼業等の一次金属の割合は8.5%。（9.6兆円）（2019年）
- 世界の粗鋼生産量は18.7億トン。中国が53%を占める。（日本は約1億トン）（2019年）

### 鉄鋼業 ※産業細分類「中分類22鉄鋼業」の数字

総出荷額：19兆円、従業員数：22万人

川上

高炉、電炉

川中

圧延、加工、鋳鍛造等

川下

鉄鋼製品卸売業 (2016年)

・販売額：24兆円、従業員数：8万人

例

産業機械産業

4.1兆円、11.6万人

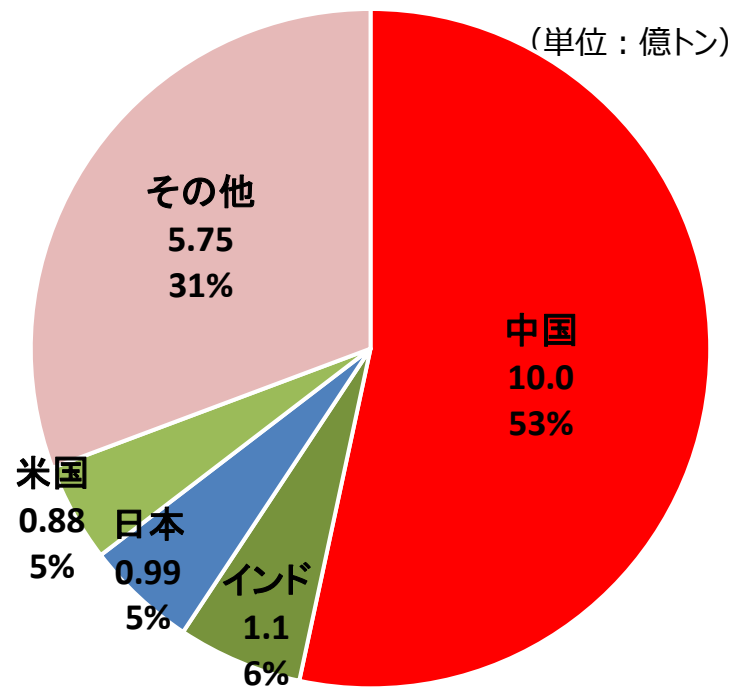


自動車製造業

6.2兆円、9.2万人



2019年粗鋼生産量 18.7億トン  
(2000年比：2.2倍)



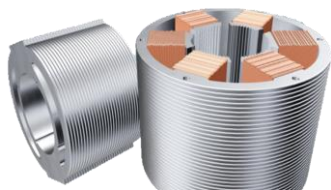


## 2. 鉄鋼業について | CO<sub>2</sub>排出の現状

- 鉄鋼は、資源・エネルギー・土木・建築等のインフラ分野や、自動車向けの電磁鋼板・洋上風力のモノパイル等にも利用され、カーボンニュートラル社会においても、引き続き、必要不可欠な素材であり、軽量化等の高機能化を図ることで、他分野における経済活動の低炭素化に貢献しうる。
- IEAの見通しにおいても、2050年断面で、自動車や各インフラ、電子電気機器等で大きな需要が世界的に見込まれている。

### <脱炭素に貢献する鉄鋼製品の例>

電磁鋼板  
(EV等のモーターで使用)



(出典) NEDO <https://www.nedo.go.jp/fuusha/haikai.html>

モノパイル  
(風車用構造体で使用)

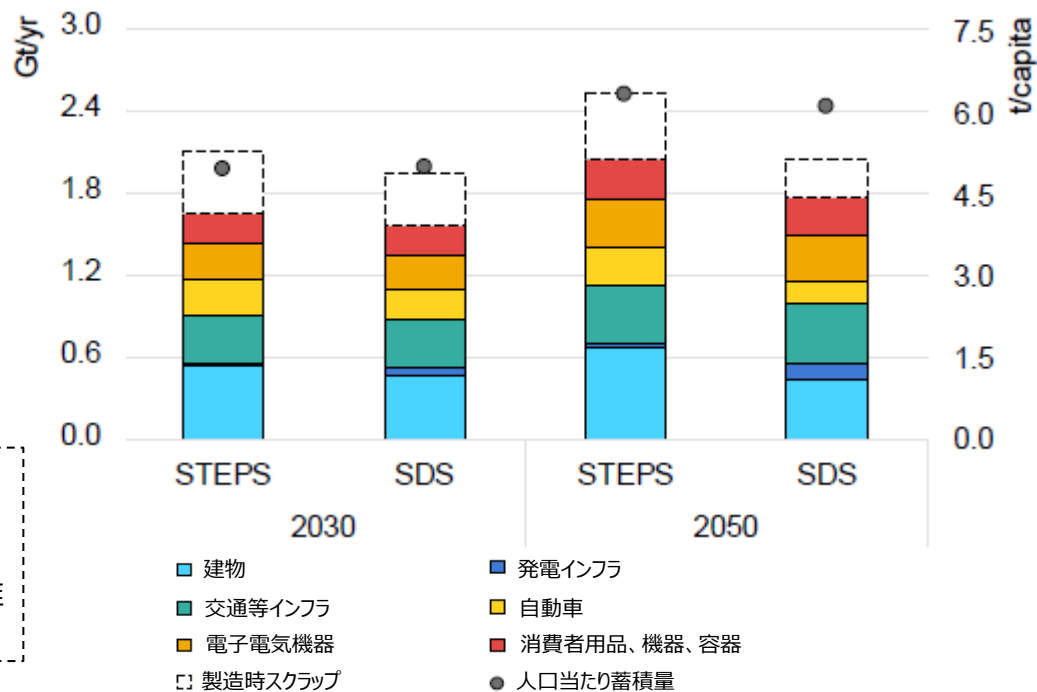


低炭素社会の構築に不可欠な高機能鋼材の開発、国内外への供給により、社会で最終製品として使用される段階においてCO<sub>2</sub>削減に貢献する。例えば、定量的な削減貢献を評価している**5品種の鋼材※**については、**2030年断面における削減ポテンシャルは約4,200万t-CO<sub>2</sub>**と推定されている。

※自動車用鋼板、方向性電磁鋼板、船舶用厚板、ボイラー用鋼管、ステンレス鋼板

(出典) 経団連 低炭素社会実行計画 (鉄鋼業界の低炭素社会実行計画フェーズII)

### <鉄鋼の需要見通し>



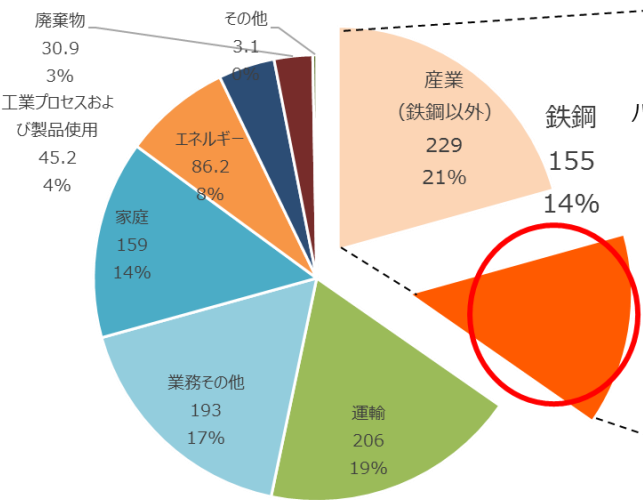
(出典) Iron and Steel Technology Roadmap (2020IEA)

※ STEPS:公表済み政策シナリオ、SDS:持続可能な発展シナリオ

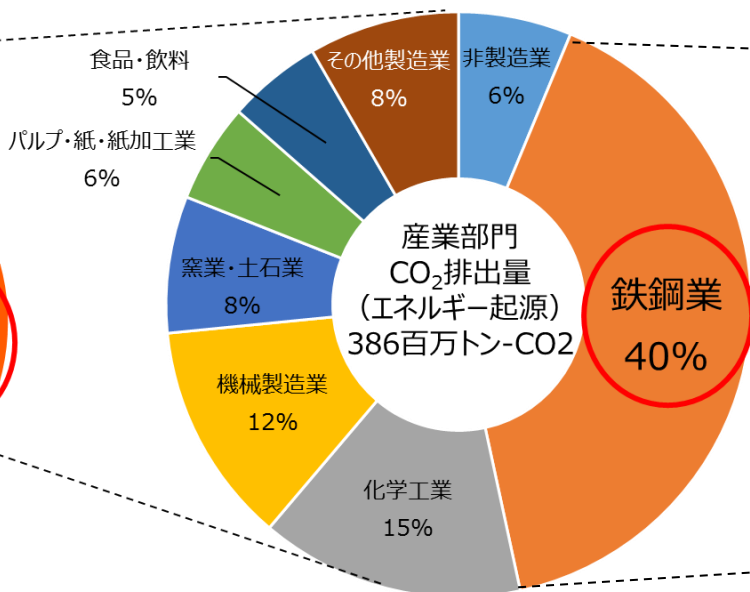
## 2. 鉄鋼業について | CO<sub>2</sub>排出の現状

- 2019年度の我が国のCO<sub>2</sub>排出のうち、産業部門のCO<sub>2</sub>排出は35%。
- 特に、産業部門のCO<sub>2</sub>排出のうち40%(我が国全体のCO<sub>2</sub>排出の14%)を占める鉄鋼業において、CO<sub>2</sub>排出量の削減は喫緊の課題。

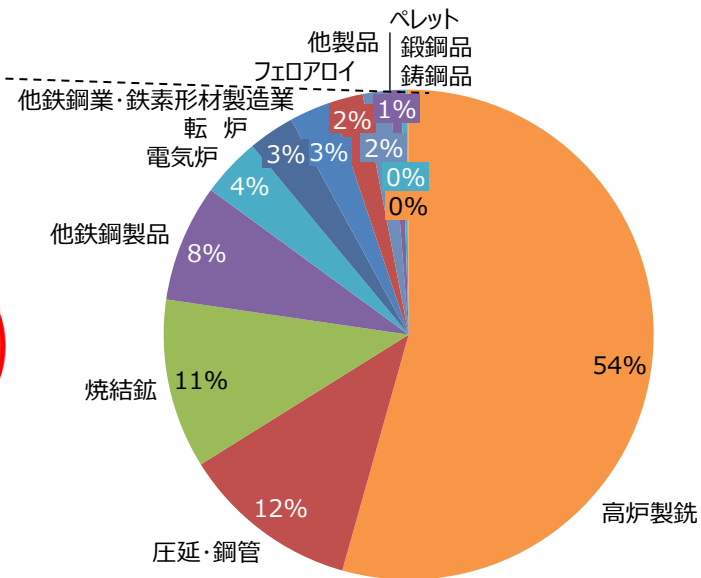
我が国全体（2019年度）



産業部門（2019年度）



鉄鋼業排出内訳（2019年度）



※中段の数値は二酸化炭素排出量（百万トン）

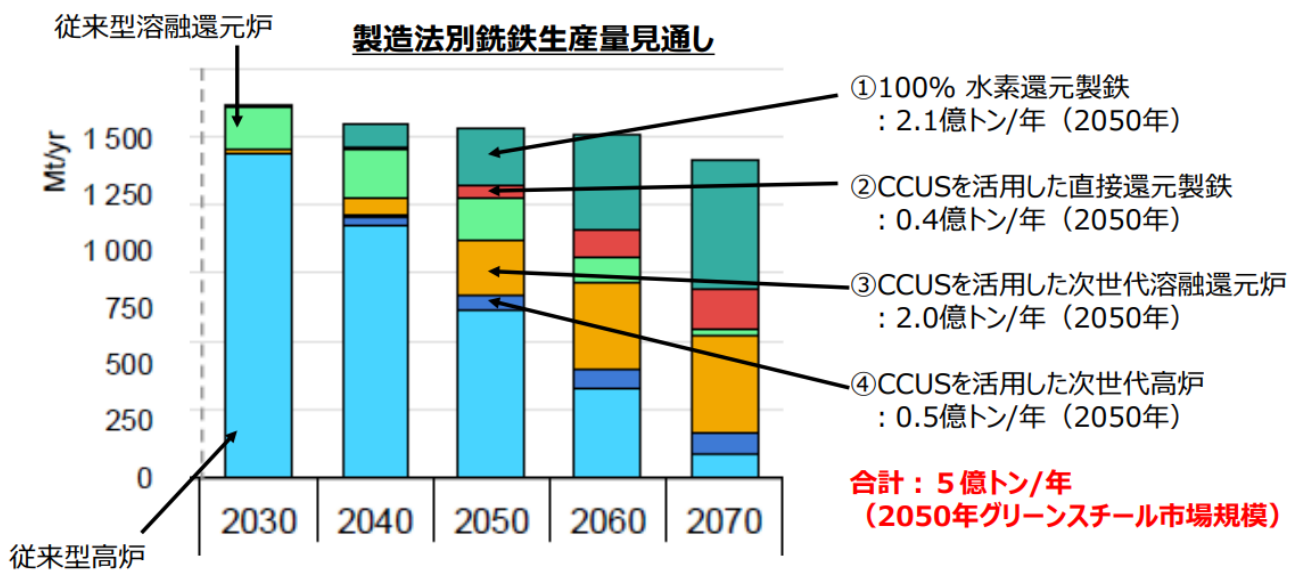
（出典）国立研究開発法人国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」（2019年度確報値）

（出典）経済産業省「総合エネルギー統計」（2019年度確報値）

## 2. 鉄鋼業について | カーボンニュートラルに向けた動向

- IEAは2050年時点ではグリーンスチールの市場規模として約5億トンになると見込んでおり、2070年には、銑鉄生産のほぼすべてが実質排出ゼロの製造方法となると見込んでいる。
- また、国内外の鉄鋼メーカーもカーボンニュートラルに向けた計画を構築しており、グリーンスチール市場の獲得に向けた競争が想定される（※）。
- 鉄鋼業において脱炭素技術は確立しておらず、CCUSの活用、脱炭素電源の利用と併せて、脱炭素化をすすめることが大前提。また、トランジション期間においては、低炭素技術の活用徹底が必要。

IEAにおける製造法別銑鉄生産量の見直し



(出所) 経済産業省「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトの研究開発・社会実装の方向性などをもとに作成

※需要側では、大手メーカー等においてサプライチェーン全体でのカーボンニュートラルの方向性が打ち出されている。

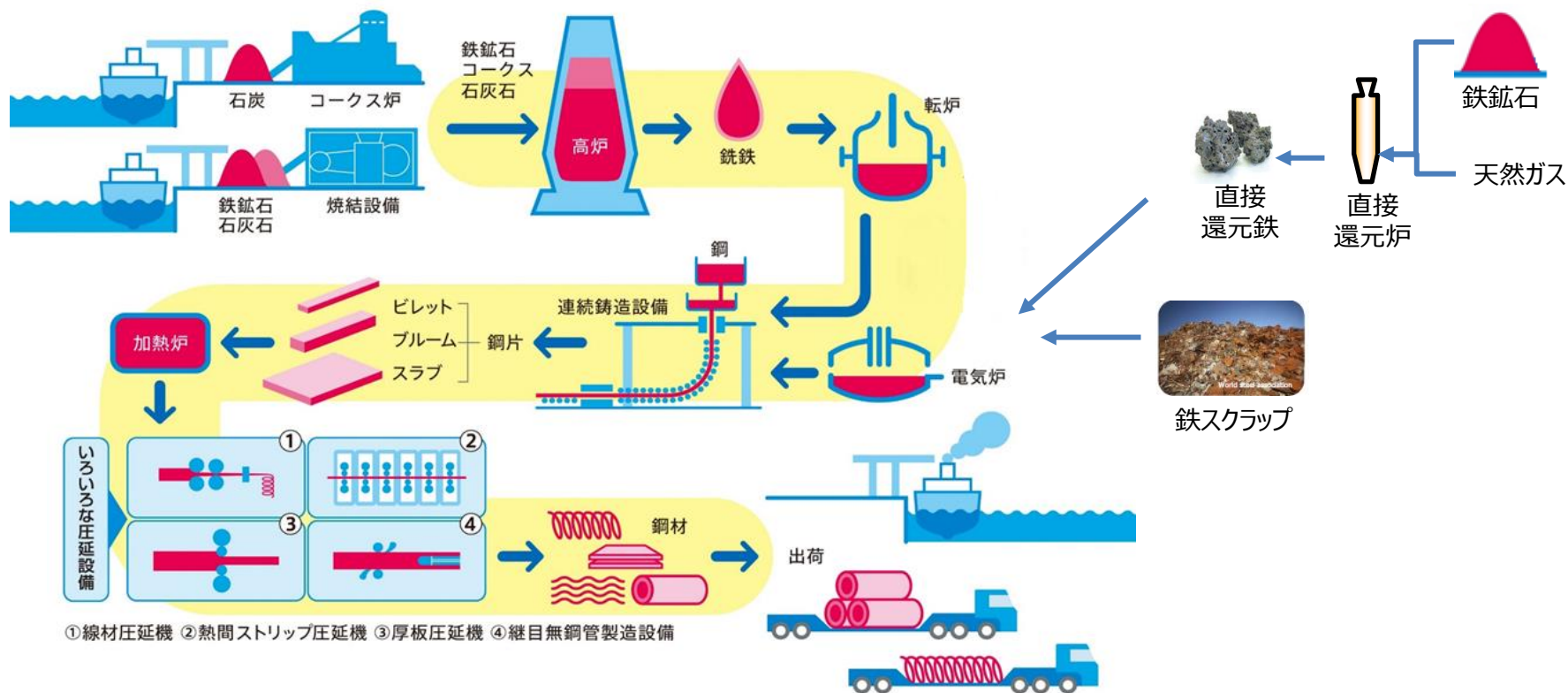
その取組の一環として、既に欧州の一部自動車メーカーでは、製鉄プロセスでのCO2排出量が少ない鉄鋼の調達を開始するなどの動きがある。

主な海外鉄鋼メーカーの動向※

- カーボンリサイクルと、直接還元法による2つのルートでCO2排出削減をしていき、最終的にはオフセットを含め達成する計画を構築。(オランダ)
- 化石燃料の使用を2045年までにゼロにするための水素活用を2016年から研究しており、2026年から商用化。(スウェーデン)
- 高炉から直接還元へ段階的に移行を進めることで、2030年までにCO2排出量を20%削減、2040年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。(韓国)

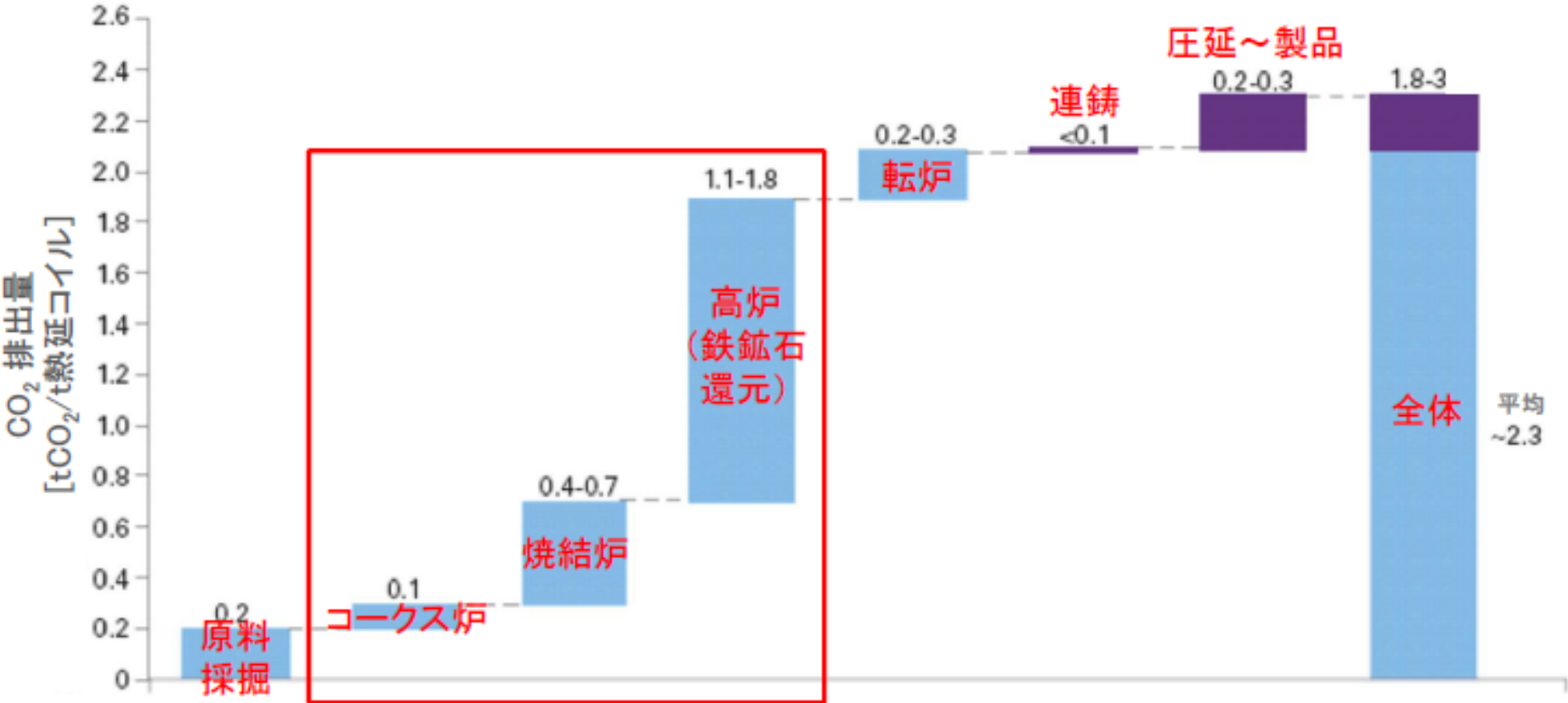
## 2. 鉄鋼業について | 製鉄プロセス

- 鉄は、鉄鉱石と石炭（コークス）から、高炉・転炉により還元・溶解して生産する方法のほか、鉄スクラップを電炉により溶解して生産する方法が一般的である。
- 海外では、天然ガスが豊富な一部地域において、鉄鉱石を天然ガスで直接還元した上で、電気炉で溶解する製法も採用されている。
- 現時点において、製鉄プロセスにおけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。



## 2. 鉄鋼業について | 鉄鋼製造時のCO2排出内訳について

- 1トンの鉄製造で約2トンのCO2が発生するが、その大半は、高炉における鉄鉱石の還元工程で発生している。



高炉法 (全体の約8割のCO2排出)

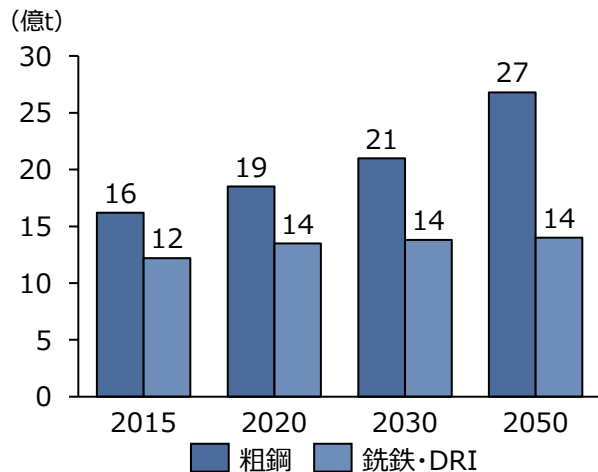
Carbon Trust: International Carbon Flows (2011)

## 2. 鉄鋼業について | スクラップ利用の拡大見込みと今後の対応

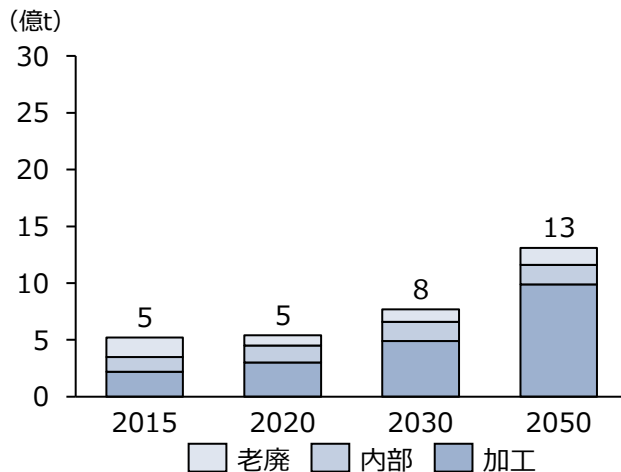
- 2050年に向けては、鋼材需要拡大に伴い粗鋼生産量も増大が見込まれている。これに伴い、鉄鋼蓄積量の増大により、スクラップの発生量も増加することが見込まれている。
- このような中で、資源の有効利用や2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、**高品質なスクラップ（不純物の混入が少ないもの）**だけでなく、**品質が低いスクラップについても、あらゆる用途に最大限に活用していくことが求められる。**
- また、高級鋼の生産など、引き続き**高炉を活用した製鉄手法も重要であり、複線的なアプローチによって製鉄プロセスの脱炭素化を目指すことが必要。**

### 粗鋼・鉄鉄生産量およびスクラップ利用量見通し

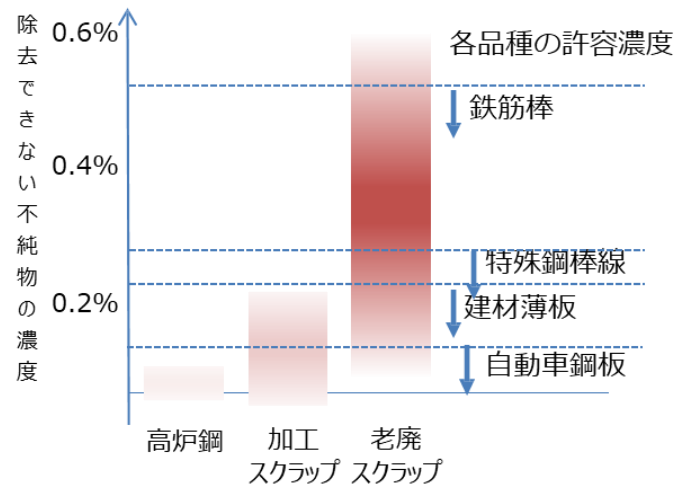
世界の粗鋼・鉄鉄生産量  
将来想定



世界のスクラップ発生量  
将来想定※



### 各素材の不純物濃度 及び品種ごとの許容濃度



- 鋼材需要拡大に伴い粗鋼生産量が上昇し、また鉄鋼蓄積拡大等でスクラップの発生・利用量が増加。
- スクラップだけでは鋼材需要を満たすことができず、2050年においては、現在以上の規模の鉄鉄生産が必要。

出典：日本鉄鋼連盟長期温暖化対策ビジョン『ゼロカーボン・スチールへの挑戦』 2018年11月より作成

※内部スクラップ：鉄鋼生産段階で発生  
加工スクラップ：鋼材生産段階で発生  
老廃スクラップ：製品の廃棄等で発生

出典：Jones, A.J.T., Assessment of the Impact of Rising Levels of Residuals in Scrap, Proceedings of the Iron & Steel Technology Conference (2019) を改変

## 2. 鉄鋼業について | 日本の鉄鋼業の動向

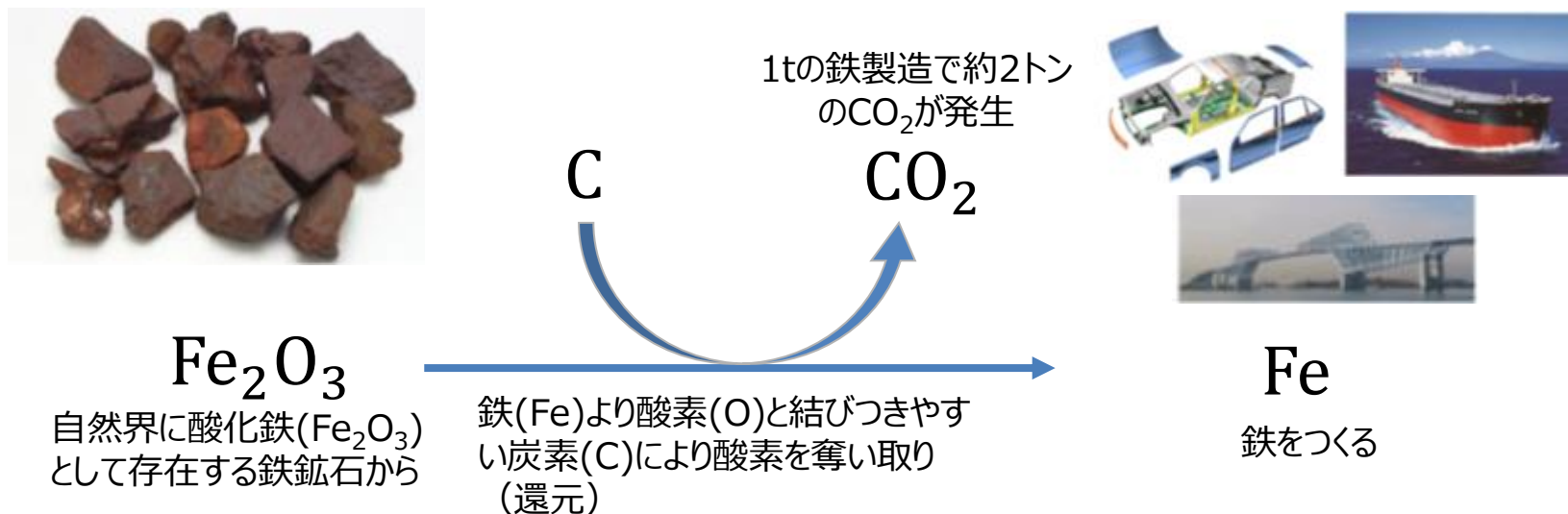
- 日本鉄鋼連盟は、2021年2月、「我が国の2050年カーボンニュートラルという野心的な方針に賛同し」、「日本鉄鋼業としてゼロカーボン・スチールの実現に向けて、果敢に挑戦する」旨を表明。水素還元製鉄などの超革新的技術開発に挑戦することとしている。
- また、日本の主要な鉄鋼業各社（日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所）も、2021年3～5月に、2050年カーボンニュートラルの実現を目指す旨を公表。

### 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（日本鉄鋼連盟）-抜粋-

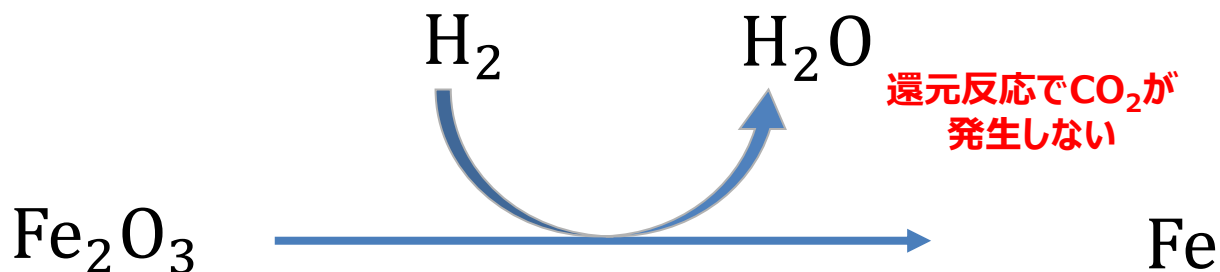
- ① 我が国の2050年カーボンニュートラルという野心的な方針に賛同し、これに貢献すべく、日本鉄鋼業としてもゼロカーボン・スチールの実現に向けて、果敢に挑戦する。鉄鋼業としては、①技術、商品で貢献するとともに、②鉄鋼業自らの生産プロセスにおけるCO<sub>2</sub> 排出削減に取り組んでいく（ゼロカーボン・スチール）。
- ② ゼロカーボン・スチールの実現は、一直線で実用化に至ることが見通せない極めてハードルの高い挑戦であることから、現在鋭意推進中の「COURSE50 やフェロコークス等を利用した高炉のCO<sub>2</sub> 抜本的削減+CCUS」、更には「水素還元製鉄」といった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 我々が挑戦する超革新的技術開発
  - 製鉄プロセスの脱炭素化、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等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避免的に発生するCO<sub>2</sub> の処理を行うか、**CO<sub>2</sub> を発生しない水素還元製鉄を行う以外の解決策はない。**
  - 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辿り着いた高炉法とは全く異なる製鉄プロセスであり、まだ姿形すらない人類に立ちはだかる高いハードルである。**各国も開発の途についたばかりの極めて野心度の高い挑戦となる。**
  - 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。

## 2. 鉄鋼業について | 製鉄プロセスにおけるCO2排出

- 炭素（木炭や石炭）を鉄鉱石の還元に用いる技術は、古来より不変の製鉄法。
- 現行の高炉法においても、コークス（石炭）を用いて還元する過程で不可避免的にCO2が発生。



➡ 炭素ではなく、水素で鉄鉱石を還元する製法が「水素還元製鉄」であり、技術の確立に向けて、企業が主体となり研究開発・実証を進めている。





## 2. 鉄鋼業について | 水素還元製鉄の技術開発

- 我が国は、世界に先駆けて水素還元製鉄の技術開発（COURSE50プロジェクト）を開始。
- 2013年度から試験高炉（12m<sup>3</sup>、実機の約1/400）を用いた試験を開始し、還元工程におけるCO2排出量10%減が達成可能であることを世界で初めて検証。CO2排出量の更なる削減に向けた技術開発を進行中。

⇒ 水素還元製鉄は「還元工程」における低炭素技術であり、CCUSやバイオマスの活用と併せることで、「還元工程」におけるCO2排出ゼロが可能になる。なお、製鉄プロセス全体でのカーボンニュートラル実現には、水素還元製鉄の技術開発のほか、脱炭素電源の活用や、各プロセスにおける省エネや鉄鋼生産の高効率化も必要不可欠。

COURSE50プロジェクト 試験高炉・CO2吸収設備



## 2. 鉄鋼業について | カーボンニュートラルの実現に向けた複数のアプローチ

- 高炉法(高炉-転炉法)は、還元と溶解まで一貫で行うためエネルギー効率に優れている上、鉄鉱石原料の活用範囲が広く、不純物(製品に影響を及ぼす成分。以下同じ。)除去技術が確立されているため高級鋼の製造が可能。**水素還元やCCUS技術を適用することで、現在普及している高炉システムを生かして脱炭素を実現することが可能。**
- 直接還元法(直接還元-電炉法)は、還元と溶解で別の炉が必要となるためエネルギー効率が低い上、電炉法は不純物除去し難い故に、高級鋼製造には**原料制約が存在**。他方で、**還元ガスを全て水素に置き換えるとともに、電炉での不純物除去技術を確立することで、CCUなどの周辺技術がなくとも脱炭素を実現することが可能。**
- 技術確立や水素供給基盤の確立までの時間軸等を踏まえ、**複数の技術的アプローチによるカーボンニュートラルの実現を目指す。**

	現行	革新技術
高炉法	<ul style="list-style-type: none"> <li>○鉄鉱石原料の活用範囲が広い</li> <li>○溶解まで行う高いエネルギー効率</li> <li>○不純物除去による高級鋼製造が可能</li> </ul> <p>×石炭(コークス)を利用するためCO<sub>2</sub>排出量が多い</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○鉄鉱石原料の活用範囲が広い</li> <li>○溶解まで行う高いエネルギー効率</li> <li>○不純物除去による高級鋼製造が可能</li> </ul> <p>×最低限必要なコークスが残るため製鉄プロセスからCO<sub>2</sub>が発生</p>
直接還元法	<ul style="list-style-type: none"> <li>○天然ガスを利用するため高炉法よりもCO<sub>2</sub>排出量が少ない</li> </ul> <p>×不純物除去をし難い故に、高級鋼製造には原料制約あり</p> <p>×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○100%水素還元によりCO<sub>2</sub>排出ゼロが可能</li> <li>○電炉で不純物除去を行うことで、高炉法で利用している低品位鉄鉱石も利用が可能</li> </ul> <p>×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い</p>

## 2. 鉄鋼業について | 海外鉄鋼メーカーによる技術開発動向

- 欧州や中国、韓国の手鉄鋼メーカーも2050年までのカーボンニュートラルを目指し、研究開発・実証に取り組みは始めている。
- 水素利用、CCUS等の組み合わせにより、2030年までに、高炉製鉄からのCO2排出30%※程度削減や、2050年までのカーボンニュートラル実現等の野心を掲げる。

### <欧州大手鉄鋼メーカー>

※EU政府において、鉄鋼業支援を検討中（経済対策120兆円の内数）。

研究開発から設備実装までの各段階の支援策、各国政府による各社の個別プロジェクト支援まで打ち出している

- ・高炉利用と直接還元炉の2つの技術開発シナリオを同時追及。
- ・高炉製鉄において①水素投入、②排ガスから回収した炭素を還元剤として再利用(CCU)、③CO2貯留による低炭素技術を開発中。
- ・2030年までにCO2排出30%削減を達成する製鉄プロセスの確立を目指す。

### <中国大手鉄鋼メーカー>

※実質的に中国政府が主導する基金が設立、鉄鋼業支援を決定（宝武鋼鉄集団に約8,500億円）

- ・熱風の代わりに純酸素を吹き込むことで石炭使用量を削減する「酸素高炉」技術を開発中。
- ・従来の高炉と比較して50%以上のCO2排出を削減する技術の確立を目指す。

### <韓国大手鉄鋼メーカー>

※韓国政府において、鉄鋼業支援を検討中（経済対策3.8兆円の内数）

- ・所内排ガスの有効活用、AI技術等の活用による高炉操業の高効率化・省エネを進めると同時に、低品位原料が活用可能な流動層型の直接還元技術を開発中。
- ・高炉から直接還元へ段階的に移行を進めることで、2030年までにCO2排出量を20%削減、2040年までに50%削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。

※削減幅は、基準年度や現状の効率度合いで異なるため、単純に数値のみで比較できない点は留意。なお、我が国の鉄鋼業は世界でも最高水準の効率となっている。

（IEA ETP2014では、日本の省エネポテンシャルは1GJ/t steelと世界最小とされている。また、RITEの調査（2018）でも、転炉・電炉のエネルギー効率は世界最高効率とされている）（出所：低炭素社会実行計画/日本鉄鋼連盟）

## 2. 鉄鋼業について | 2050年カーボンニュートラルに向けたまとめ

- 鉄鋼は、これまでと引き続き電力・土木・建築等のインフラ分野や、更なる需要の伸びが見込まれる自動車向けの電磁鋼板、洋上風力のモノパイルなどカーボンニュートラル社会においても、鉄鋼は引き続き必要不可欠な素材。
- また、2050年に向けてグリーンスチール需要の増加が予想され、国内外の鉄鋼メーカーによる市場獲得競争が想定される。
- 我が国鉄鋼業においては、着実な低炭素化を進めると共に、世界に先駆けた水素還元製鉄などの革新技术の確立を目指す。
- 現時点において、製鉄プロセスにおけるカーボンニュートラルを実現する技術は確立していない。カーボンニュートラルへの円滑な移行を促進するためには、①前人未到の技術開発を複線的アプローチによって実現し、カーボンニュートラルを目指すとともに②直接的な研究開発・実証・設備投資等に加えて、間接的にカーボンニュートラルに貢献する活動・取組に対しても、トランジション・ファイナンスによる資金供給が重要となる。

# 目次

1. 前提

2. 鉄鋼業について

**3. カーボンニュートラルへの技術の道筋**

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

高炉関係  
連铸・圧延関係  
電炉関係

技術名	概要	排出係数※1	実装年※2	主な参照先※3
省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	<b>【上工程】</b> ✓ 次世代コークスの活用 ✓ 排熱・副生ガス回収 ✓ 高効率発電設備導入 ✓ コークス炉におけるプラスチックリサイクル等 ✓ スクラップ活用 ✓ AI・ICTなどの導入による生産高効率化 ✓ 熱伝導効率の改善 ✓ 効率性向上のためのコークス炉改修 <b>【下工程】</b> ✓ プロセスの集約・改善 ✓ 排熱回収 ✓ パーナー改善、高効率設備導入 以上のような取組によるCO2排出削減	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>低炭素社会実行計画 等</li> </ul>
熱伝導効率の改善 省電力化	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 溶解、圧延工程における熱伝導効率の改善などを通じた省エネ化を進めることで、製造時のコストを低減</li> </ul>	-	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> <li>グリーン成長戦略</li> </ul>
加熱の電化	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 加熱の電化により圧延時の再加熱プロセスのCO2削減</li> </ul>	-	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> <li>グリーン成長戦略</li> </ul>
電炉における省エネ・高効率 (ベストプラクティス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高効率アーク炉の導入</li> <li>✓ 排熱回収</li> </ul> 以上のような取組によるCO2排出削減	-	既に導入	<ul style="list-style-type: none"> <li>低炭素社会実行計画、</li> <li>ASEAN版技術カスタマイズドリフト（電炉）</li> </ul>
電炉における不純物除去・ 大型化技術	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 高級鋼生産に必要な不純物除去及び銑鉄の大量生産に向けた大型化</li> </ul>	0.0~※5	2030年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画※4</li> </ul>

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

※5：排出係数0.0は、下工程の脱炭素化も達成された場合。

### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ①CNに向けた低炭素・脱炭素技術

技術名	概要	排出係数 <sup>※1</sup>	実装年 <sup>※2</sup>	主な参照先 <sup>※3</sup>
フェロコークス	✓ 従来の製鉄プロセスでは活用できない低品位の鉄鉱石及び石炭を有効利用して製造するコークス（フェロコークス）を活用	1.74～2.18 (10%削減)	2020年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>NEDO実施計画</li> <li>革新的環境イノベーション戦略</li> </ul>
CO2分離回収 (COURSE50の一部)	✓ 製鉄所内の未利用排熱を活用したCO2分離回収技術の活用	1.58～2.0 (20%削減)	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画<sup>※4</sup></li> <li>IEA ETP2020</li> </ul>
所内水素の活用 (COURSE50の一部)	✓ 所内水素を活用した鉄鉱石の還元技術（高炉水素還元技術）	1.74～2.18 (10%削減)	2020年代後半	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> </ul>
還元鉄の活用 (Super COURSE50の一部)	✓ コークスを削減するために還元鉄活用		2020年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> </ul>
バイオマスの活用 (Super COURSE50の一部)	✓ コークス代替としてのバイオマス活用			<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> </ul>
回収したCO2の利用 (カーボンリサイクル技術)	✓ 還元剤（合成メタン）への利活技術、CO2循環型製鉄システム、CO2還元技術等 <sup>※5</sup>	0.0～1.51 <sup>※5</sup> (50%以上削減)	2040年代 <sup>※5</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> <li>NEDO資料</li> </ul>
外部水素の活用 <sup>※6</sup> (Super COURSE50の一部)	✓ 外部水素も活用した高炉における水素還元技術			<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> </ul>
部分水素直接還元	✓ 直接還元炉を用いた水素還元技術（還元材の一部を水素とした技術）	0.0～1.1 <sup>※7,8</sup>	2030年	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> <li>Material Economics</li> </ul>
100%水素直接還元 <sup>※5</sup>	✓ 直接還元炉を用いた水素還元技術（還元材の100%を水素とした技術）	0.0～ <sup>※7,8</sup>	2040年代	<ul style="list-style-type: none"> <li>GI基金-社会実装計画</li> <li>IEA ETP2020</li> <li>Material Economics</li> </ul>

※1：排出係数は下工程も含んだもの。既存技術の排出係数をもとに、対象技術による削減幅より算出。削減幅は、当該工程における削減幅として記載。

※2：社会実装計画については導入拡大・コスト低減フェーズの開始年を、IEAの場合はAvailable Yearを参照。

※3：実装年の参照先には下線を付加。

※4：グリーンイノベーション基金における研究開発・社会実装計画。

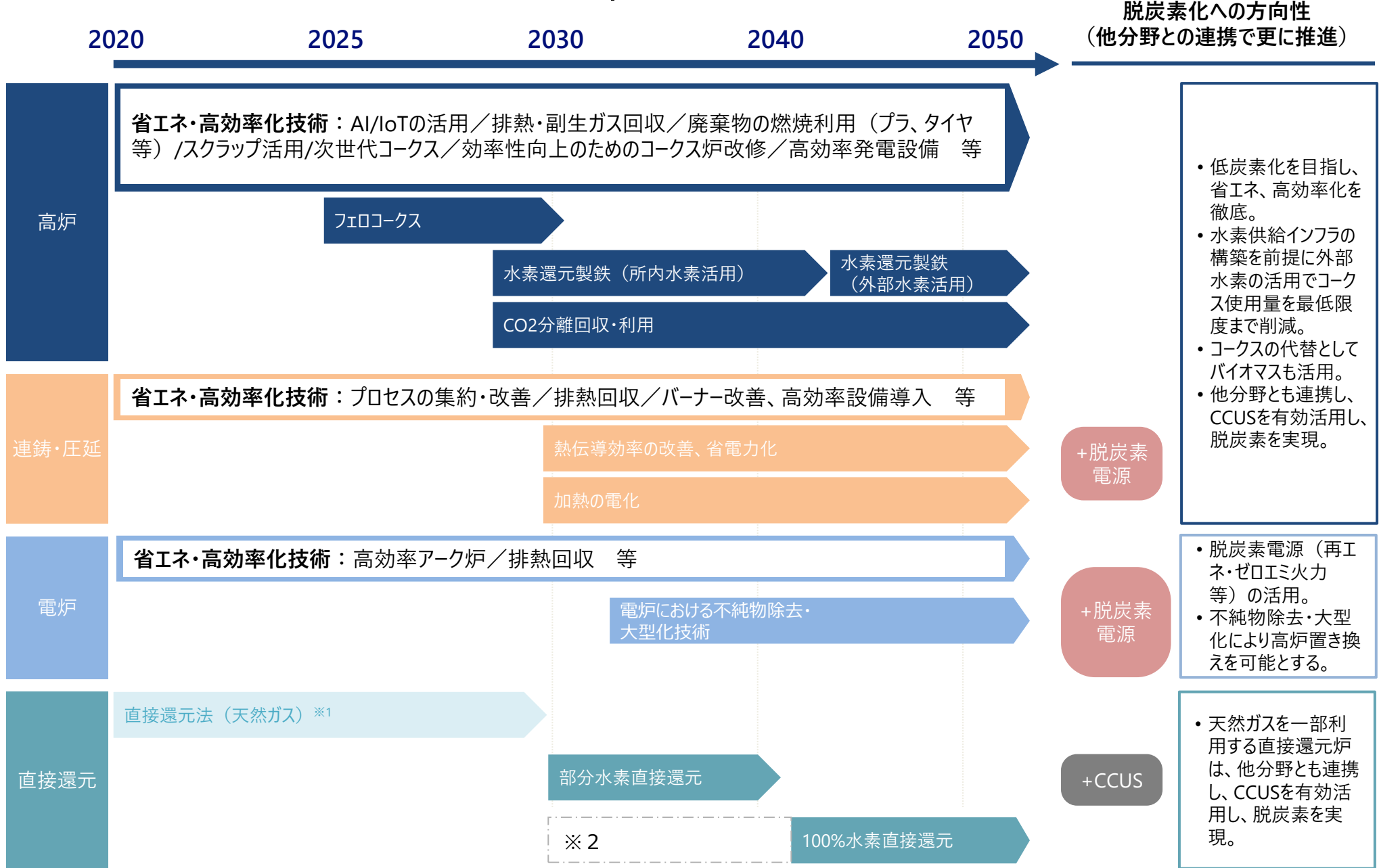
※5：カーボンリサイクル技術の一部は2020年代後半から実装。また、GI基金-社会実装計画で排出係数50%以上削減として考慮されているものは、還元剤（合成メタン）への利活技術。

※6：国内の水素供給インフラの構築を考慮した社会実装年（IEAは部分水素、100%水素直接還元ともに2030年に導入想定）。

※7：100%水素直接還元と通常の直接還元の間として排出係数を記載しており、排出係数は水素の割合に依存。

※8：排出係数0.0は、下工程の脱炭素化も達成された場合。

# 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ





※1 国内では諸条件（品質や生産規模、コスト等）が満たされておらず導入されていない

※2 IEAでは2030年に導入想定に記載があるが、本技術ロードマップでは水素供給インフラの構築を考慮した社会実装年を記載

※3 P8 に示すような脱炭素に貢献する製品（エコプロダクト）は、鉄鋼分野の低・脱炭素化を扱う本技術ロードマップの対象とはしていないが、トランジション・ファイナンスの対象にはなりうる。



### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ②技術ロードマップ【参考】

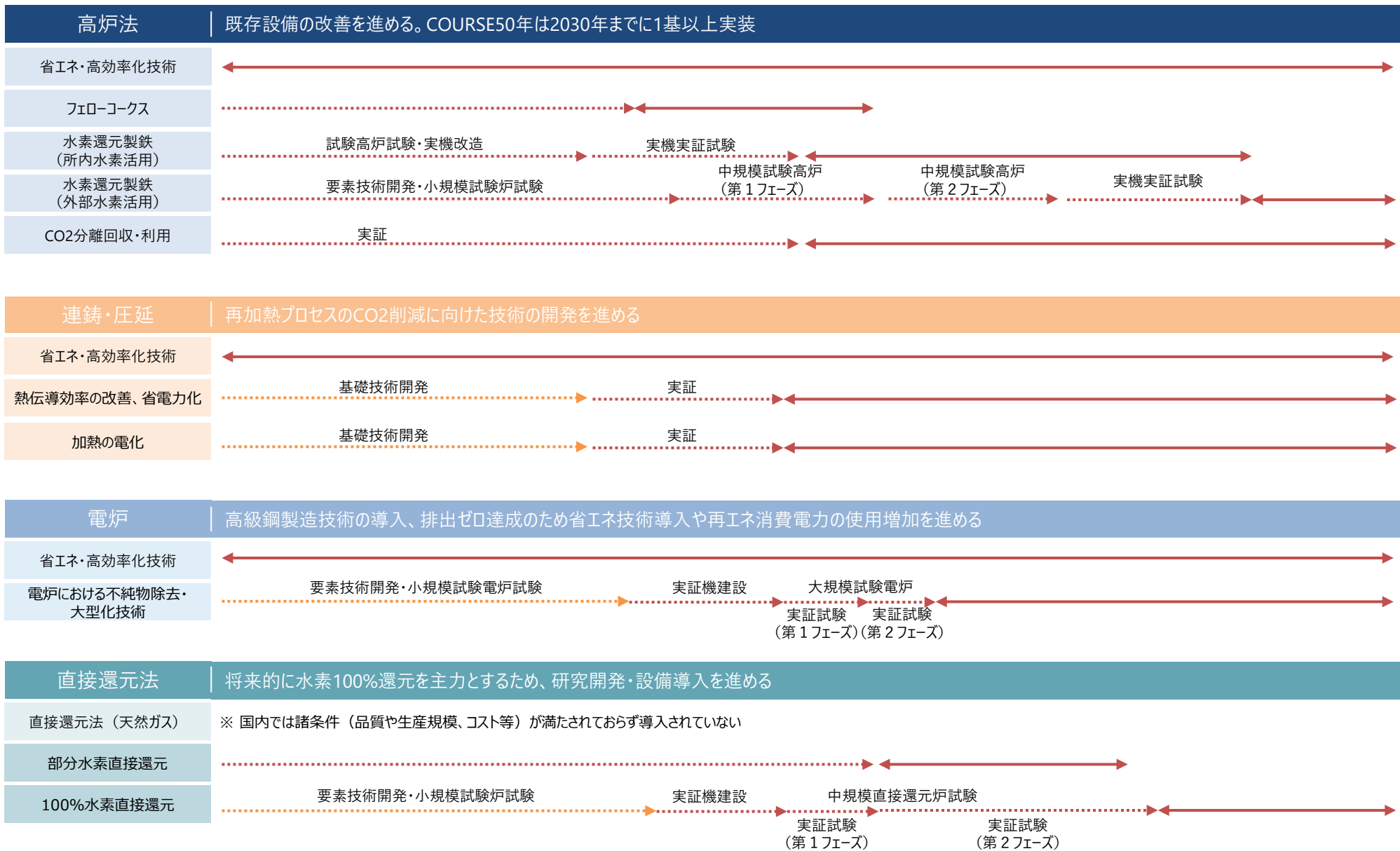
研究開発   
 実証   
 実用化・導入 

2025

2030

2040

2050



### 3. カーボンニュートラルへの技術の道筋 | ③科学的根拠/パリ協定との整合

- 本技術ロードマップは、2050年カーボンニュートラルの実現を目的とした我が国の各政策やパリ協定と整合している。
- 我が国鉄鋼業の競争力を維持・強化しつつ、着実な低炭素化と革新技術の実現・導入により、2050年カーボンニュートラルを実現していく。

#### 参照先・作成根拠

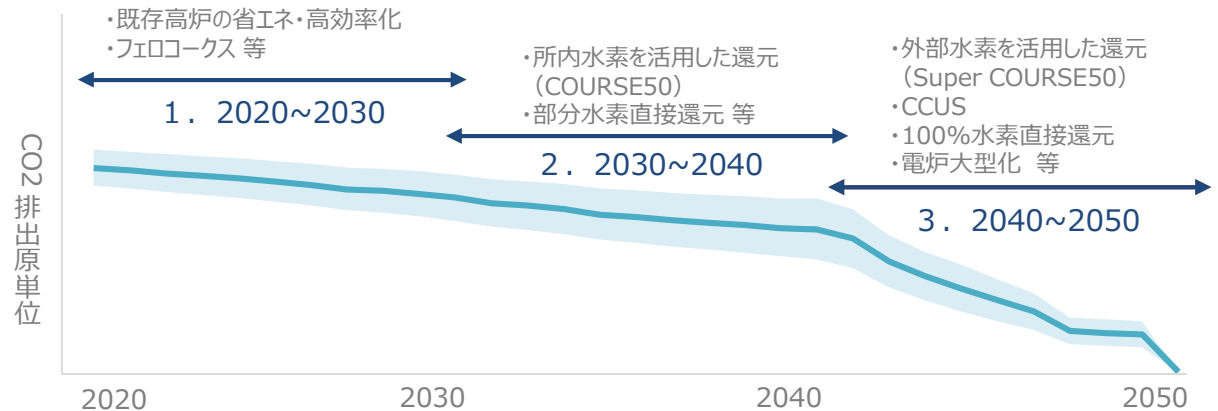
##### 各種政府施策

- ✓ 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略（カーボンリサイクル・マテリアル産業）
- ✓ 「製鉄プロセスにおける水素活用」プロジェクトに関する研究開発・社会実装計画
- ✓ 革新的環境イノベーション戦略
- ✓ エネルギー基本計画
- ✓ 地球温暖化対策計画
- ✓ カーボンリサイクル技術ロードマップ

##### パリ協定と整合する、海外のシナリオ・ロードマップ等

- ✓ Clean Energy Technology Guide (IEA)
- ✓ Energy Technology Perspective 2020 (IEA)
- ✓ Industrial Transformation 2050 (Material Economics)
- ✓ Science Based Target initiative

#### CO2排出の削減イメージ※



- 1 2020~2030**  
既に我が国鉄鋼業は世界最高水準のエネルギー効率を達成しているが、引き続き、高炉法の省エネ等による着実な低炭素化を図っていく。また、需要が見込まれるエコプロダクツ等、競争力の源泉である高級鋼を生産。その収益をもとに、将来的な脱炭素技術の研究開発・実証に取り組む。
- 2 2030~2040**  
更なる省エネ・高効率化に加え、COURSE50等の新技術を導入。また、研究開発・実証を継続し、脱炭素に向けた革新技術の確立を目指す。
- 3 2040~2050**  
水素供給インフラやCCUS等が整備されることを前提に、水素還元製鉄等の革新技術の導入により、2050年に向けたCO2の大幅な削減により、カーボンニュートラルを実現。

※我が国鉄鋼業全体としての削減イメージであり、実際には鉄鋼各社は各々の長期的な戦略の下でカーボンニュートラルの実現を目指していくことになるため、各社に上記経路イメージとの一致を求めるものではない。

# 目次

1. 前提

2. 鉄鋼業について

3. カーボンニュートラルへの技術の道筋

4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

## 4. 脱炭素化及びパリ協定の実現に向けて

- 本技術ロードマップは、現時点で想定されている低炭素・脱炭素技術を選択肢として示すとともに、これら技術の実用化のタイミングについて、イメージを示すものである。
- 鉄鋼分野における技術開発は長期にわたることが想定されており、経済性など不確実性も存在する。そのため、本技術ロードマップに記載されている以外の低炭素・脱炭素技術が開発・導入される可能性もある。
- また、鉄鋼分野における低炭素・脱炭素技術の実用化は、脱炭素電源、水素供給、CCUSなど他分野との連携を含む社会システムの整備状況にも左右されるため、他分野と連携しつつカーボンニュートラルの実現に向けた取組を進めていくこととなる。
- 今後、本分野における技術開発や各社・政策の動向、その他技術の進展や、投資家等との意見交換を踏まえ、技術ロードマップの妥当性を維持し、活用できるよう、定期的・継続的に見直しを行うこととする。
- 鉄鋼各社においては、長期的な戦略の下で、各社の経営判断に基づき、本技術ロードマップに掲げた各技術を最適に組み合わせ、カーボンニュートラルの実現を目指していくこととなる。
- また、各事業主体の排出削減の努力は本技術ロードマップの「技術」にとどまらず、カーボンクレジットの活用やカーボンオフセット商品の購入等も考えられる。

# 経済産業分野におけるトランジション・ファイナンス推進のためのロードマップ策定検討会

## 鉄鋼分野 委員名簿

### 【座長】

秋元 圭吾 公益財団法人地球環境産業技術研究機（RITE）  
システム研究グループリーダー・主席研究員

### 【委員】

押田 俊輔 マニュライフ・インベストメント・マネジメント株式会社クレジット調査部長  
梶原 敦子 株式会社日本格付研究所 執行役員サステナブル・ファイナンス評価本部長  
関根 泰 早稲田大学 理工学術院 教授  
高村 ゆかり 東京大学 未来ビジョン研究センター 教授  
竹ヶ原 啓介 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所エグゼクティブフェロー／  
副所長 兼 金融経済研究センター長  
松橋 隆治 東京大学 大学院工学系研究科電気系工学専攻 教授

### 【専門委員】

亀山 秀雄 東京農工大学 名誉教授  
手塚 宏之 一般社団法人日本鉄鋼連盟 エネルギー技術委員会 委員長  
林 幸 東京工業大学物質理工学院 教授