

「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(案)

令和3年6月
製造産業局

目次

1. 背景・目的

2. 研究開発項目と社会実装に向けた取組

3. 想定スケジュール

鉄鋼業の産業規模

- 国内総出荷額は19兆円。従業員数は22万人。(いずれも2018年)
- 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

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

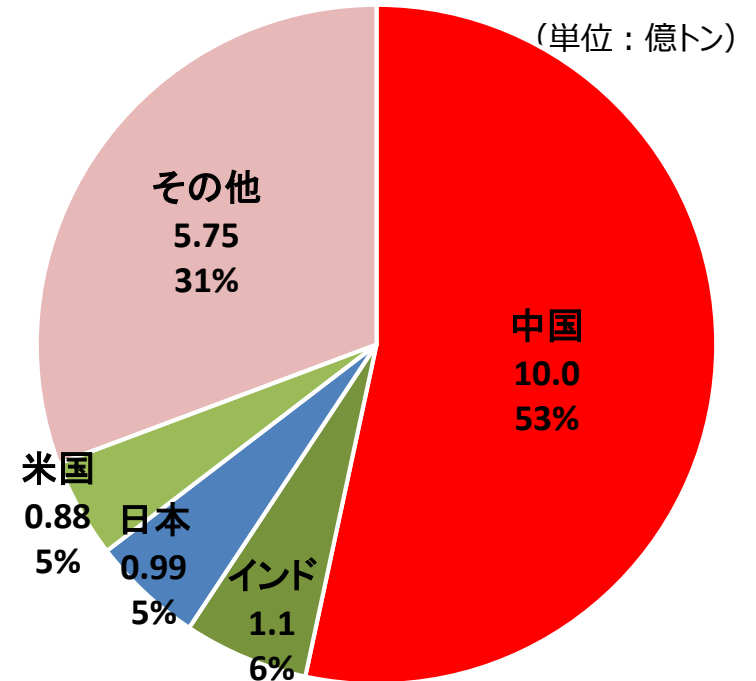


自動車製造業

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)



日本鉄鋼業の強みである高品位鋼

- 日本鉄鋼業全体では自動車用等の製造業向けが高いシェア。
- 例えば、普通鋼板の3倍の強さを持つ超ハイテン鋼板やモータの性能を左右する電磁鋼板など、我が国は世界でも最高水準の高品位鋼を供給。
- 引き続き、高品位鋼の分野で、世界をリードする存在であり続ける必要。

<用途別内訳（2019年度）>

		普通鋼 (%)	特殊鋼 (%)
建設用		38.5	5.4
	建築	21.8	0.5
	土木	7.9	2.1
	その他	8.7	2.8
製造業		61.5	94.6
	造船	14.3	1.9
	自動車	31.2	67.2
	産業機械	5.1	20.2
	その他	10.9	5.2

※最終用途が判明しているものを母数とした場合

（出典）（一社）日本鉄鋼連盟「普通鋼地域別用途別受注統計表（2019年度分）」、「特殊鋼地域別用途別受注統計表（2019年度分）」

<日本の鉄鋼メーカーによるハイテンの生産・供給>

○1310MPaハイテンが自動車構造用冷間プレス部品に世界初採用（2019/01/10日本製鉄）

新日鉄住金（当時）は、マツダと共同で1310MPa級高張力冷延鋼板を用いた車体構造用冷間プレス部品の開発に取り組み、マツダ新型MAZDA3に、世界で初めて採用。これまではプレス成形性の制約から、車体構造部品へは採用されていなかったが、新日鉄住金が新たな工法を開発し、採用に至った。

○世界初となるハイテンの熱間連続圧延技術を開発（2021/5/6JFEスチール）

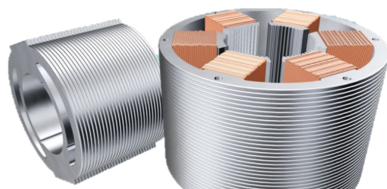
ハイテンの熱間連続圧延技術を世界で初めて開発。コイル接合部の強度および延性の低下を防ぐ技術を開発し、仕上げ圧延時の破断を抑制することに成功。これにより、ハイテンの連続圧延が可能となり、ハイテンの安定生産および生産性向上に大きく寄与。すでに東日本製鉄所（千葉地区）熱延工場で量産を開始。

鉄鋼の需要見通し

- 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、電子電気機器器等で大きな需要が見込まれている。

<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）

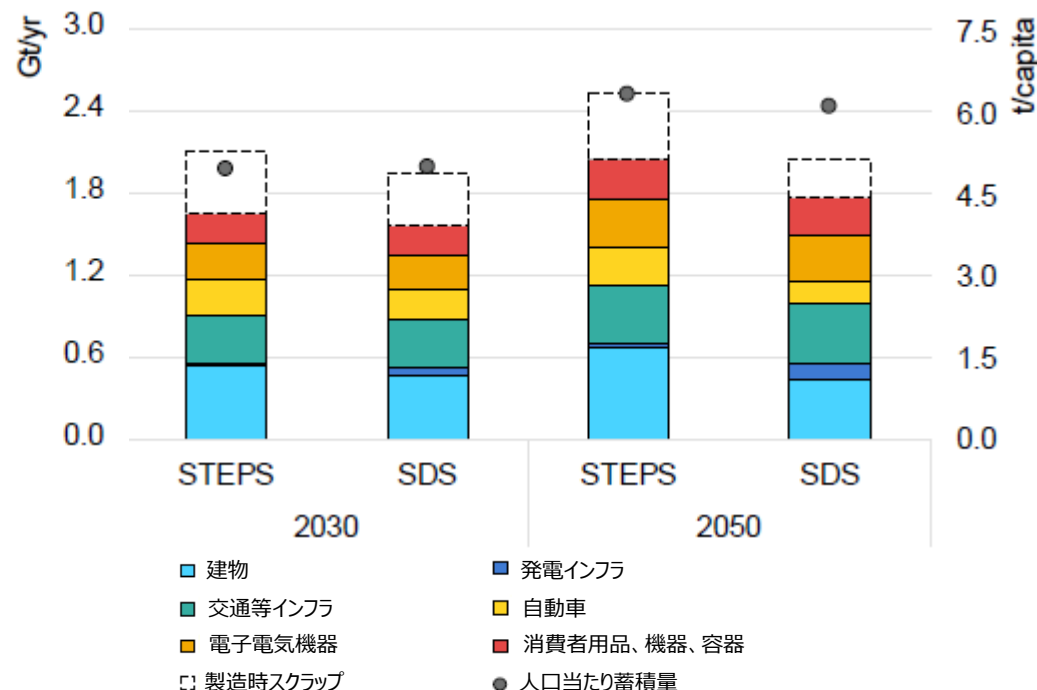


モノパイル（風車用構造体で使用）



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

<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:持続発展シナリオ

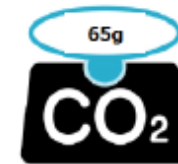
ライフサイクルを通じたカーボンニュートラルの実現

- 脱炭素意識が高まるに連れて、製品のライフサイクルを通じたCO₂排出量の見える化の取組が進展。
- サプライヤーから低炭素型の部素材を求められることが想定され、鉄鋼を始めとする素材メーカーは、こうしたニーズに対応できなければ、ビジネス機会を喪失する懸念。

ライフサイクルごとのCO₂排出量の見える化・環境影響評価（LCA）



カーボンフットプリントとしての表示



CFP 宣言認定を取得した「MaxRunner ADVANCE C5255」



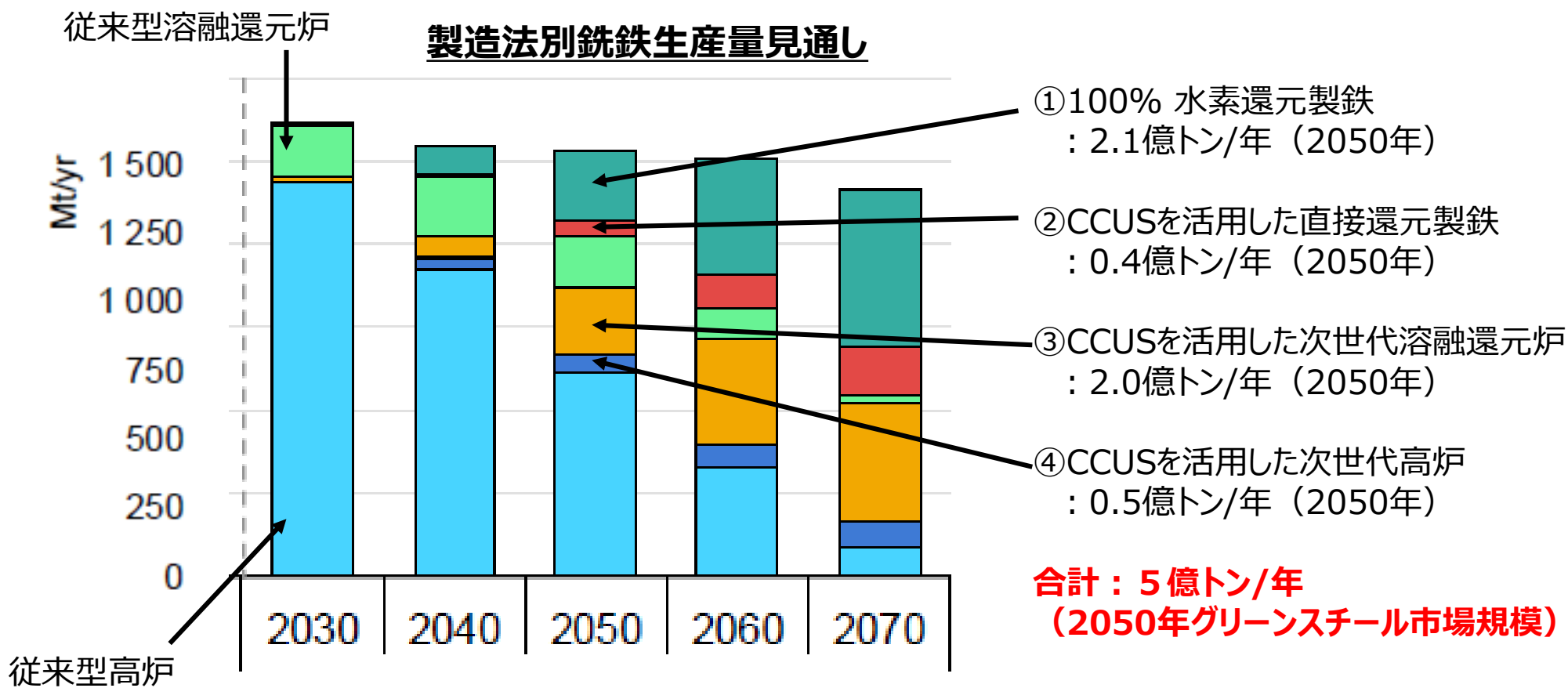
(出典) 第1回 世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会 (2021年2月17日)

【事例 1】日本製鉄（株）は、昨年10月、同社が販売する3製品について、「エコリーフ」環境ラベルの認証を取得。これらはスチール缶等の飲料容器等に用いられる素材で、国内では初めての認証取得。

【事例 2】各種報道によると、トヨタ自動車は、直接取引する世界の主要部品メーカーに対し、2021年のCO₂排出量を前年比3%減らすように求めた。トヨタに連なる3万社ともいわれる部素材メーカーに脱炭素要求が広がる見通し。

グリーンスチールの市場規模

- IEAは、製造工程のCO2排出量が実質ゼロである「グリーンスチール」の市場が、2050年時点で約5億トン（2070年にはほぼグリーンスチールに代替）との予測。
- 本市場を獲得するためには、日本鉄鋼業が水素還元製鉄等の超革新技術を世界に先駆けて確立することが不可欠。



海外鉄鋼メーカーによる技術開発動向

- 欧州や中国、韓国の大手鉄鋼メーカーも2050カーボンニュートラルを目指し、研究開発・実証に取り組みはじめており、国際的な技術開発競争が激化。
- 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、2050年までに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)

- ・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>

- ・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。

グリーン成長戦略における鉄鋼業の位置づけ

- 政府としても、グリーン成長戦略（令和3年6月）に、従来の高炉での水素還元に加え、カーボンリサイクル、電炉による高級鋼製造等を位置づけ、複線的アプローチで鉄鋼業におけるカーボンニュートラルの実現を目指していく。

○グリーン成長戦略（令和3年6月）における鉄鋼業の書きぶり（抜粋）

4.（1 1）ii）マテリアル

<現状と課題>

製錬工程において、鉄鉱石の還元では、日本古来の「たたら製鉄」に始まり、長く木炭や石炭等の炭素を用いて鉄鉱石から酸素を取り除く手法が採られてきたが、化学反応の結果として不可避免的にCO₂が発生する。還元材を石炭から水素に代替することができれば、大幅なCO₂排出削減が期待できるが、現行の石炭（コークス）による還元は発熱反応であるのに対し、水素による還元反応は熱を必要とする吸熱反応であり、還元反応に伴い炉が冷えてしまうことから、連続的に還元するために必要な熱の補填が必要となる。加えて、石炭が減ることで反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのかなど、技術面の課題は非常に高く、世界的にも水素還元製鉄の技術は確立されていない。加えて、水素還元製鉄の実現には脱炭素燃料として期待される水素を安価（約8円/Nm³）かつ大量（約700万トン）に調達することが不可欠であるため、還元技術の確立以外にも多くの課題が存在する。

<今後の取組>

鉄鋼業の還元・溶解工程においては、現行の生産性が高く、エネルギー効率に優れる高炉を有効活用し、水素を用いて鉄鉱石を還元するとともに、高炉排ガスに含まれるCO₂を分離・回収し、還元剤に転換して活用することにより、製鉄プロセスで発生するCO₂排出を削減することができる技術を開発する。また、2050年までの「ゼロカーボン・スチール」の実現を見据え、水素だけで鉄鉱石を還元できる「水素直接還元法」の実現に向けた基礎技術（例えば、①鉄鉱石の還元に必要な炉内熱補償技術、②原料に含まれる不純物を除去する技術、③還元鉄の溶解に不可欠な電炉の高度化技術等）を確立する。さらに、高炉法に比べ生産時のCO₂排出量を抑えることのできる電炉の大型化に伴う技術制約の克服により、生産コストを削減し競争力を高めつつCO₂削減を実現する。

【参考】⑪カーボンリサイクル・マテリアル産業 ii) マテリアル

- ◆ 社会の基盤となる製品の材料を供給するマテリアル産業は、サプライチェーンの川上として、他の製品やサービスのプロセス全体を俯瞰し、カーボンニュートラルを見据えたものづくり全般のプロセスマネジメントの担い手となり、更なる成長が期待できる産業であるが、製造過程でCO2を多排出することが課題。
- ◆ 熱源の脱炭素化やプロセスそのものの抜本的な変更等、製造段階での脱炭素化・省CO2化と、川下段階での省資源・省エネルギー化への貢献等を通じて、環境性能の高いマテリアルの普及を拡大し、新たな市場の取り込みを図る（グリーンスチールの場合、2050年時点で最大約5億トン/年（約40兆円/年））。これにより、カーボンニュートラルと我が国のマテリアル産業の更なる成長・発展との両立を目指す。

	現状と課題	今後の取組
精錬・ 圧延 手法	<p>技術未確立、コスト競争力の確保が必要</p> <ul style="list-style-type: none"> 水素還元製鉄は、技術面の課題が多く、かつ、非常に壁が高く世界的に見ても技術未確立。加えて、前提として、安価（約8円/Nm³）かつ大量（約700万トン）の水素供給が不可欠。 電炉法では不純物の除去技術が未確立であり、高級鋼の供給が困難。 圧延・溶解工程では、電気分解や加熱に膨大なエネルギー消費及びコストを要する。 グリーン成長に向けた投資余力の確保が必要。 	<p>世界に先駆けて技術を確立</p> <ul style="list-style-type: none"> グリーンスチールの世界市場展望として、2050年時点で最大約5億トン/年（約40兆円/年）の獲得を目指す。 水素還元技術、電炉の高度化技術等の開発に加え、溶解、圧延工程における電化かつ省電力化等により、コスト競争力と脱炭素化の両立を目指す。 国際協調・国際連携の下で、過剰生産能力問題の解決等により日本企業の適切な利潤を確保し、グリーン成長に向けた投資余力を確保。 省エネ、CO2削減技術が適切に評価され、世界のグリーンメタル市場の獲得を促すルール形成等のビジネス環境整備、国際連携に向けた取組を推進。

- 導入フェーズ：
 1. 開発フェーズ
 2. 実証フェーズ
 3. 導入拡大・コスト低減フェーズ
 4. 自立商用フェーズ
- 具体化すべき政策手法： ①目標、②法制度（規制改革等）、③標準、④税、⑤予算、⑥金融、⑦公共調達等

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	～2030年	～2040年	～2050年
精錬・ 圧延 手法	COURSE50（水素活用等でCO ₂ ▲30%）の大規模実証					導入支援		
	水素還元製鉄、電炉拡大の技術開発					実証	技術確立	導入支援
	精錬、圧延、加工プロセスの省エネに必要な基礎技術の開発					実証	導入・拡大	
	国際的協力枠組の構築（過剰生産能力への対応、メタルスプレッドの確保）、開発した省エネ・CO2削減技術が適切に評価される国際標準の策定を推進							

目次

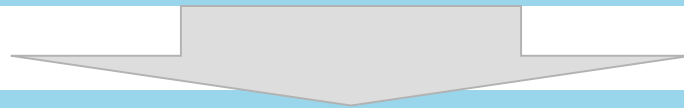
1. 背景・目的

2. 研究開発項目と社会実装に向けた取組

3. 想定スケジュール

我が国鉄鋼業が取るべき方向

- 我が国鉄鋼業は、世界でも最高水準の高品位鋼（超ハイテン材、電磁鋼板等）を供給し、電動車や洋上風力など、脱炭素化で伸びゆく市場を獲得していくチャンス。
- 他方、世界では“グリーンスチール”市場が2050年で世界の半分を占めることが想定され、我が国の高品位鋼であっても“グリーン”でなければ市場に参入できない可能性。
- “グリーンスチール”の製造プロセスは、水素還元を始め技術的に未確立のものばかりである一方、鉄の品質そのものには関わらないため、脱炭素化プロセスの研究開発は民間のみでは達成困難。

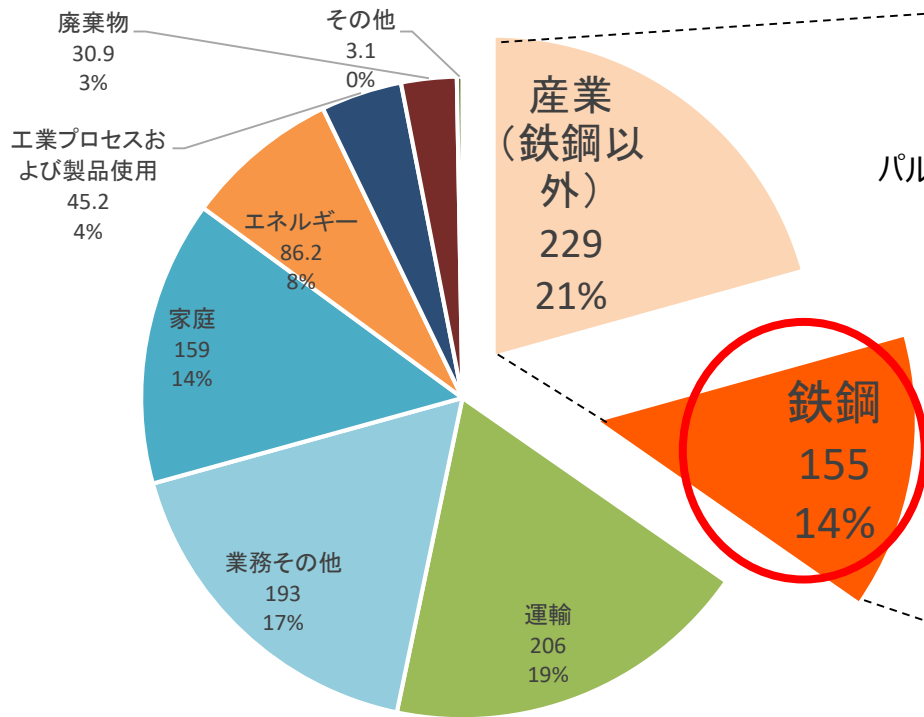


- 高品位鋼で世界の脱炭素化市場の獲得を目指すためにも、これまでと同等の品質を維持しつつ、製鉄プロセスの脱炭素化を実現するための研究開発に官民一体となって取り組む必要。諸外国の動向も踏まえ、複線的アプローチで開発を進めつつ、ステージゲートを適切に設定し、我が国のこれまでの研究成果や強みを勘案し、技術を取捨選択。
- 技術の社会実装に向けて、大量かつ安価な水素のサプライチェーンや、カーボンリサイクルなど、関連するプロジェクトと連携した社会インフラの整備に取り組む。
- 企業の脱炭素化プロセス投資を回収可能とするため、需要家が「グリーンスチール」に価値を見だし、適切な対価を得られるよう、国際的なルールメイキングにも取り組む。

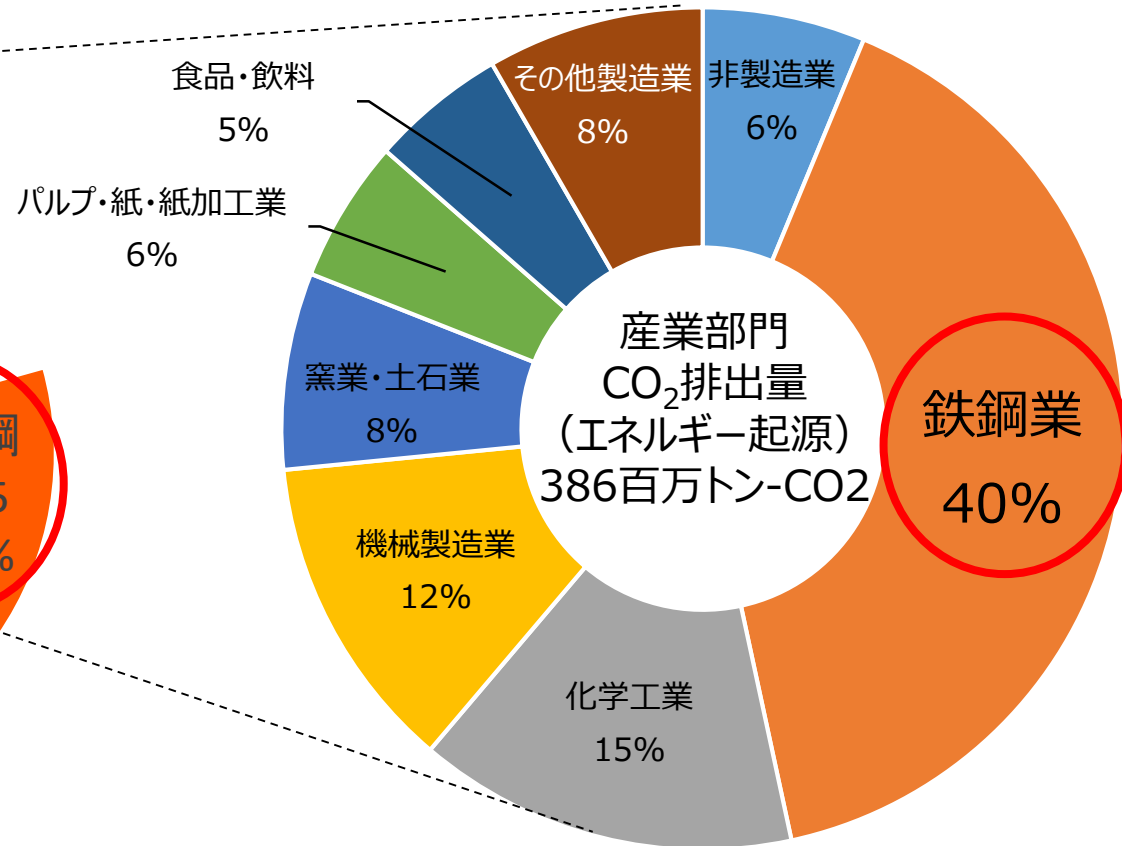
鉄鋼業のCO₂排出の現状

- 2019年度の我が国のCO₂排出のうち、産業部門のCO₂排出は35%。
- 特に、産業部門のCO₂排出のうち40%(国全体のCO₂排出の14%)を占める鉄鋼業において、CO₂排出量の削減は喫緊の課題。

我が国全体（2019年度）



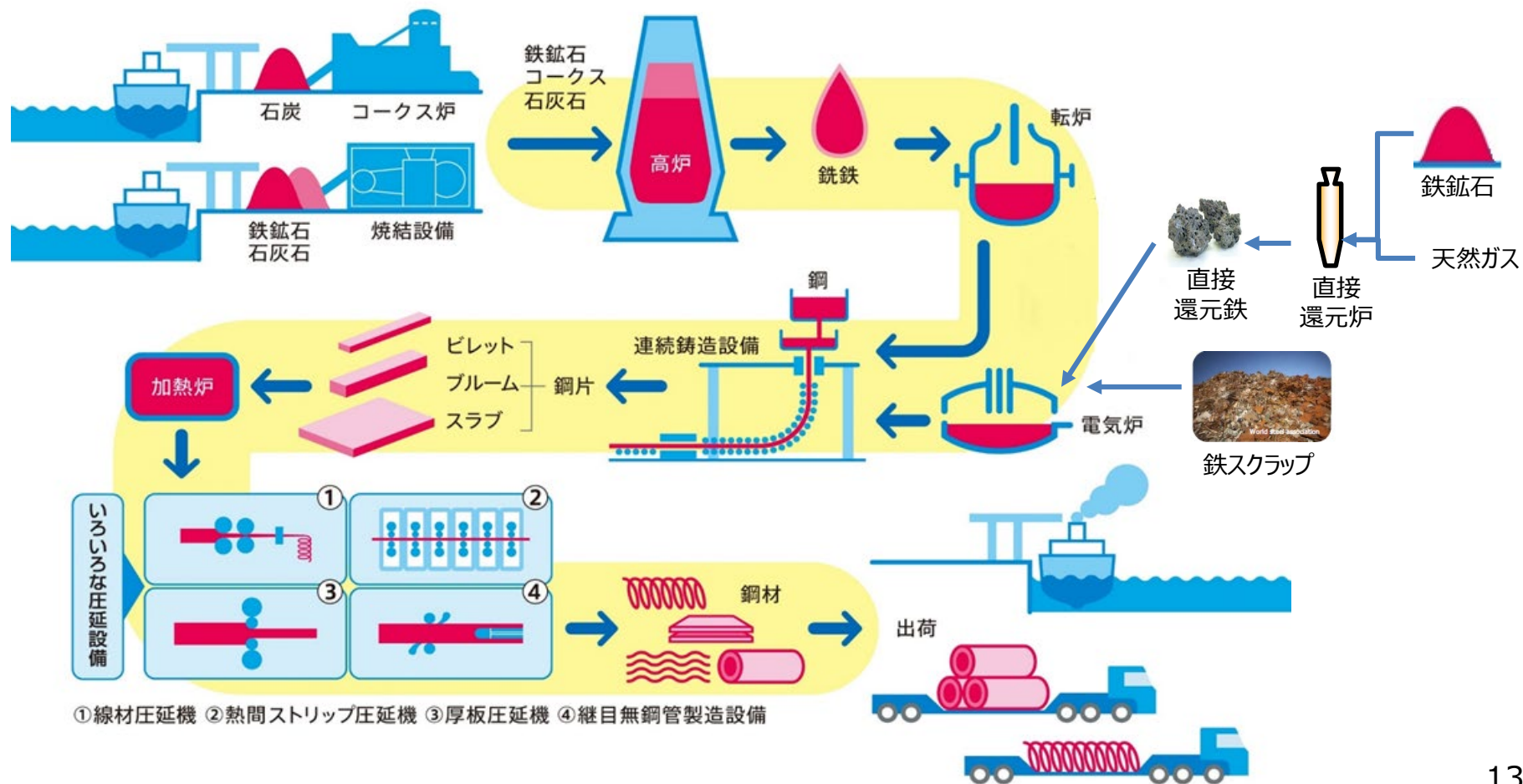
産業部門（2019年度）



※中段の数値は二酸化炭素排出量（百万トン）

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。

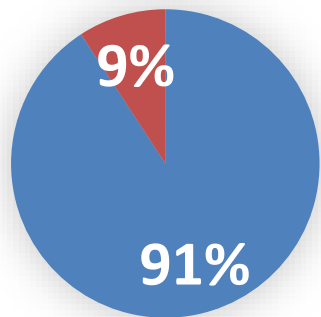


(参考) 鉄鋼生産主要国の転炉-電炉生産量比率 (2020年実績)

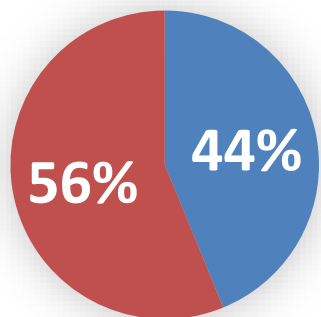
- 日本では高炉・転炉法による生産が75%を占めるが、米国やインド等では電炉の比率が高くなっている。

■ : 高炉・転炉 ■ : 電炉

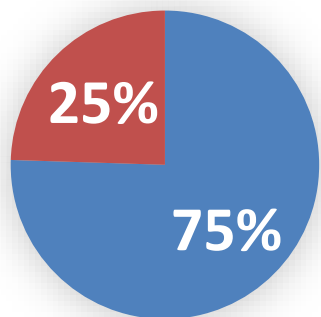
1位(10.6億トン)
中国



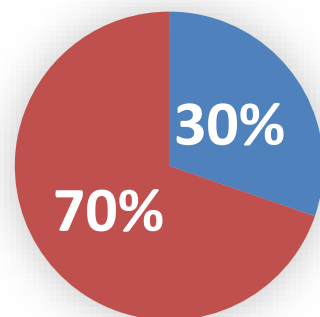
2位(1.0億トン)
インド



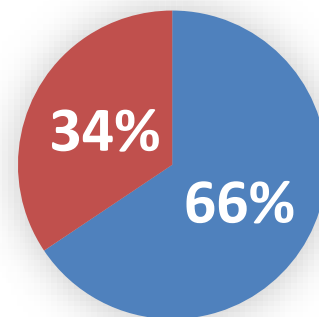
3位(0.8億トン)
日本



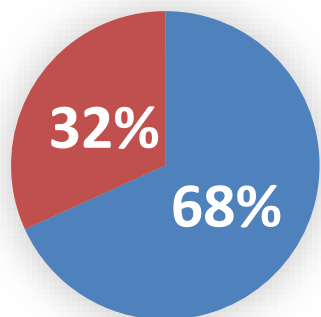
4位(0.7億トン)
アメリカ



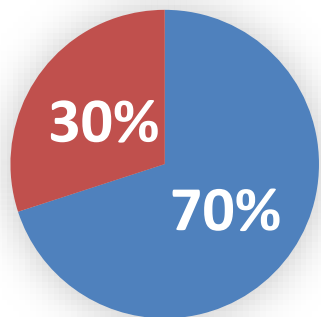
5位(0.7億トン)
ロシア



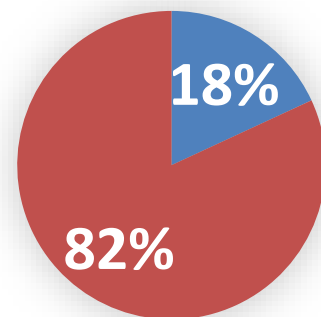
6位(0.7億トン)
韓国



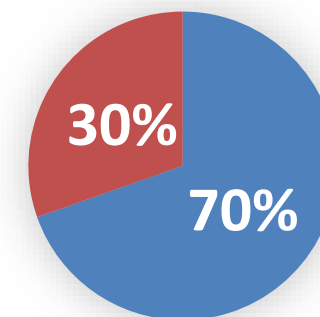
8位(0.4億トン)
ドイツ



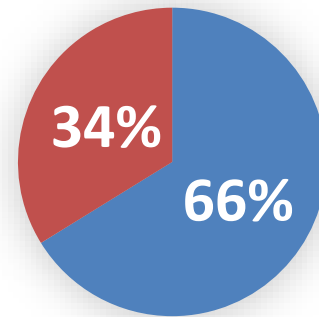
13位(0.2億トン)
イタリア



15位(0.1億トン)
フランス

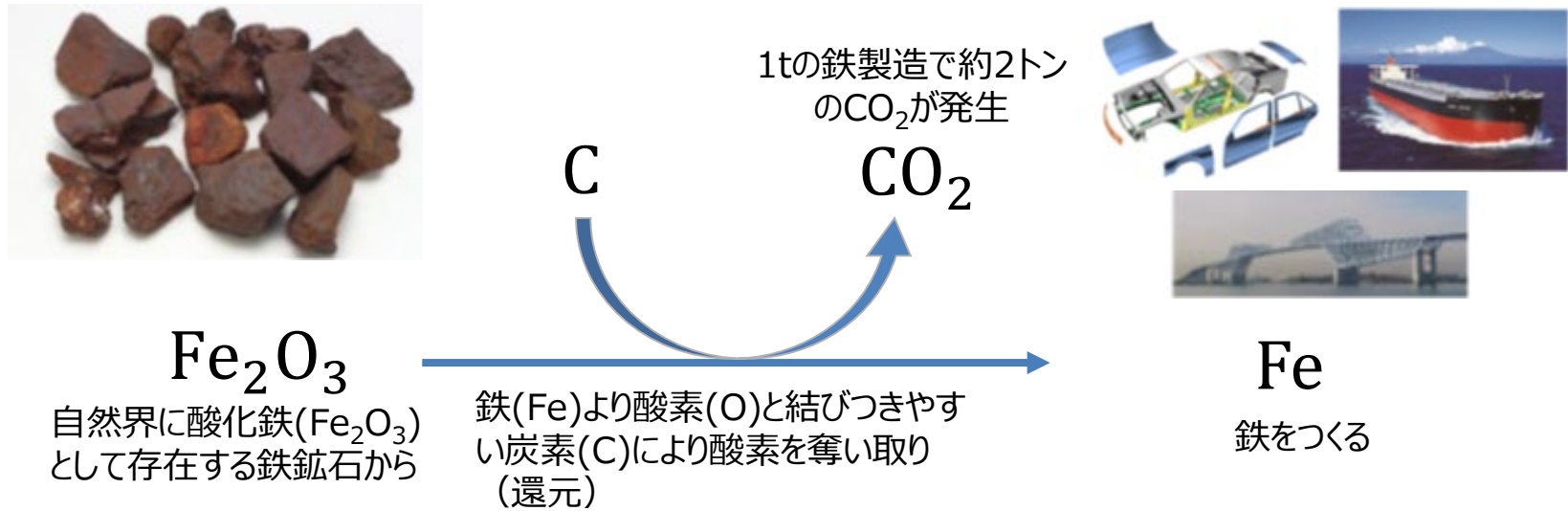


27位(0.04億トン)
スウェーデン

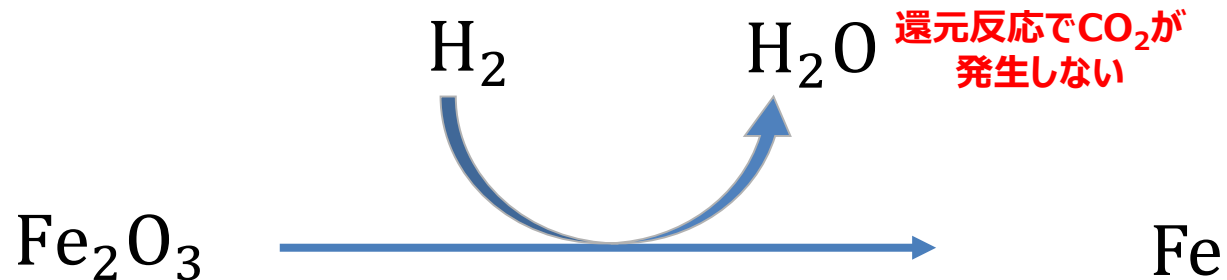


製鉄プロセスにおけるCO2排出について

- 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**」



水素還元製鉄の技術開発に関するこれまでの成果

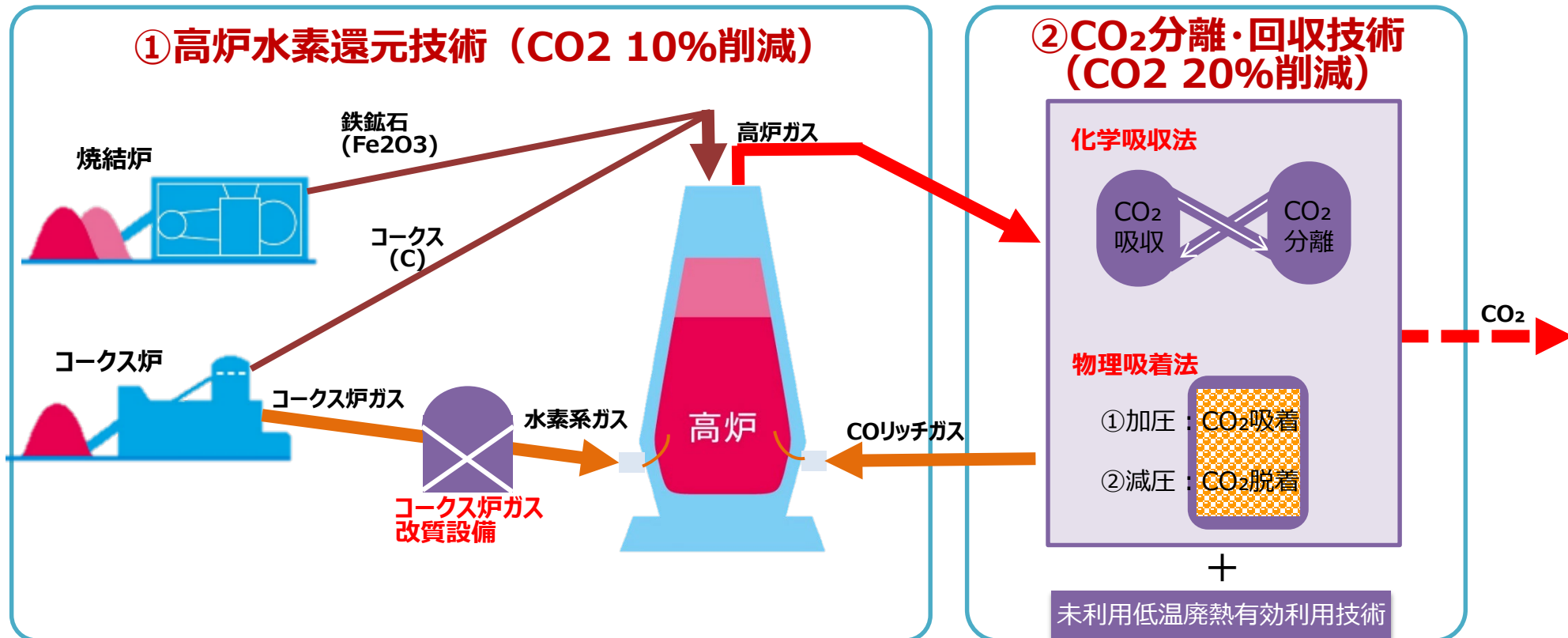
- 我が国は、世界に先駆けて水素還元製鉄の技術開発（COURSE50プロジェクト、次項参照）を開始。
- 2013年度から試験高炉（12m³、実機の約1/400）を用いた試験を開始し、還元工程におけるCO2排出量10%減が達成可能であることを世界で初めて検証。CO2排出量の更なる削減に向けた技術開発を進行中。
- また、製鉄所内の未利用排熱を利用することで、CO2の分離・回収に必要な外部エネルギーを軽減する技術（化学吸収方法）を確立。更なる省エネルギー化を推進中。
- 2020年度からは、ゼロカーボン・スチールの実現に向けた諸課題の抽出・ロードマップ策定を実施中（～2021年度）であり、本事業の成果を基金事業に活用予定。

COURSE50プロジェクト 試験高炉・CO2吸収設備



(参考) COURSE50 (CO₂ Ultimate Reduction System for Cool Earth 50) の概要

- 日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所等が参加し、製鉄所から発生するCO₂の約**30%を削減**可能とする革新的な低炭素製鉄プロセス技術の確立を目指すプロジェクト。(2008年度～)
- 酸化鉄を還元するために用いるコークスの一部代替として、①**水素を活用した鉄鉱石の還元技術(高炉水素還元技術)**、CO₂を多量に含む高炉ガスからCO₂を分離するため、製鉄所内の未利用廃熱を利用した②**CO₂分離・回収技術**の開発を実施中。



カーボンニュートラル実現に向けた候補となる革新技術

- **高炉法**は、高炉において還元と溶解を一貫で行う技術。脱炭素に向けて、**水素を直接吹き込む技術**（COURSE50プロジェクトで採用）や、水素を（高炉ガスから分離した）CO₂と反応させて生成した**メタンを吹き込むカーボンリサイクル技術**などが想定。
- **直接還元法**は、鉄鉱石を固体のまま還元ガスを用いて還元した上で、電気炉で溶解する技術。脱炭素に向けて、**還元ガスを水素に置き換える技術**が想定。

	高炉法		直接還元法
	COURSE50技術	カーボンリサイクル技術	水素直接還元技術
構成	<p>COOKS バイオマス DRI</p> <p>CCUS</p> <p>水素 空気</p> <p>酸素</p> <p>BOF</p>	<p>COOKS</p> <p>CCUS</p> <p>水素 メタネーション</p> <p>メタン(CH₄)</p> <p>酸素</p> <p>BOF</p>	<p>水素</p> <p>脱水</p> <p>加熱</p> <p>水素</p> <p>高品質ペレット</p> <p>DRI</p> <p>発電</p> <p>次世代電炉</p>
技術特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹き込み ・水素予熱 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素間接吹き込み ・純酸素吹き込み 	<ul style="list-style-type: none"> ・水素直接吹き込み

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、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技術の適用することで、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。**
- 直接還元法は、還元と溶解で別の炉が必要なためエネルギー効率が低い上、不純物除去ができず原料制約が存在。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"> ○溶解まで行う高いエネルギー効率 ○不純物除去による高級鋼製造が可能 ×石炭（コークス）を利用するためCO2排出量が多い 	<ul style="list-style-type: none"> ○溶解まで行う高いエネルギー効率 ○不純物除去による高級鋼製造が可能 ×最低限必要なコークスが残るため製鉄プロセスからCO2が発生
直接還元法	<ul style="list-style-type: none"> ○天然ガスを利用するため高炉法よりもCO2排出量が少ない ×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い ×不純物除去ができず原料制約あり 	<ul style="list-style-type: none"> ○100%水素還元によりCO2排出ゼロが可能 ×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い ×不純物除去ができず原料制約あり

カーボンニュートラル実現に向けた課題（①水素還元の高いハードル）

- 鉄鉱石の還元には**炭素ではなく水素を用いる水素還元製鉄**は、古来より不変であった製鉄法を根本から変える**史上初のチャレンジ**。
- 水素還元製鉄は、以下に掲げるような**技術面でのハードルが非常に高い**。
 - 水素による還元反応は熱を吸収（吸熱反応）し、高炉が冷えてしまうため、連続的に**還元するのに必要な熱をどう補填するか**（コークスの場合は自ら発熱）
 - コークスが減ることで**反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのか** 等

※技術が確立した場合でも、**多額の設備導入費用**が必要になることに加え、**現在と同等の価格・生産量を維持するには安価（約8円/Nm³）かつ大量（約700万トン）の水素供給が不可欠**。

【水素還元においては熱補填が必要】

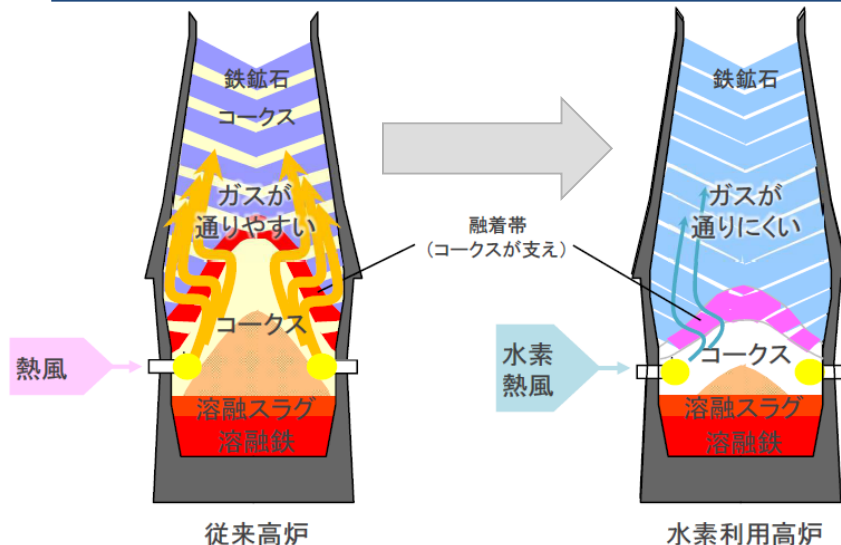
①既存技術：炭素の利用（**発熱反応**）



②革新技术：水素の利用（**吸熱反応**）



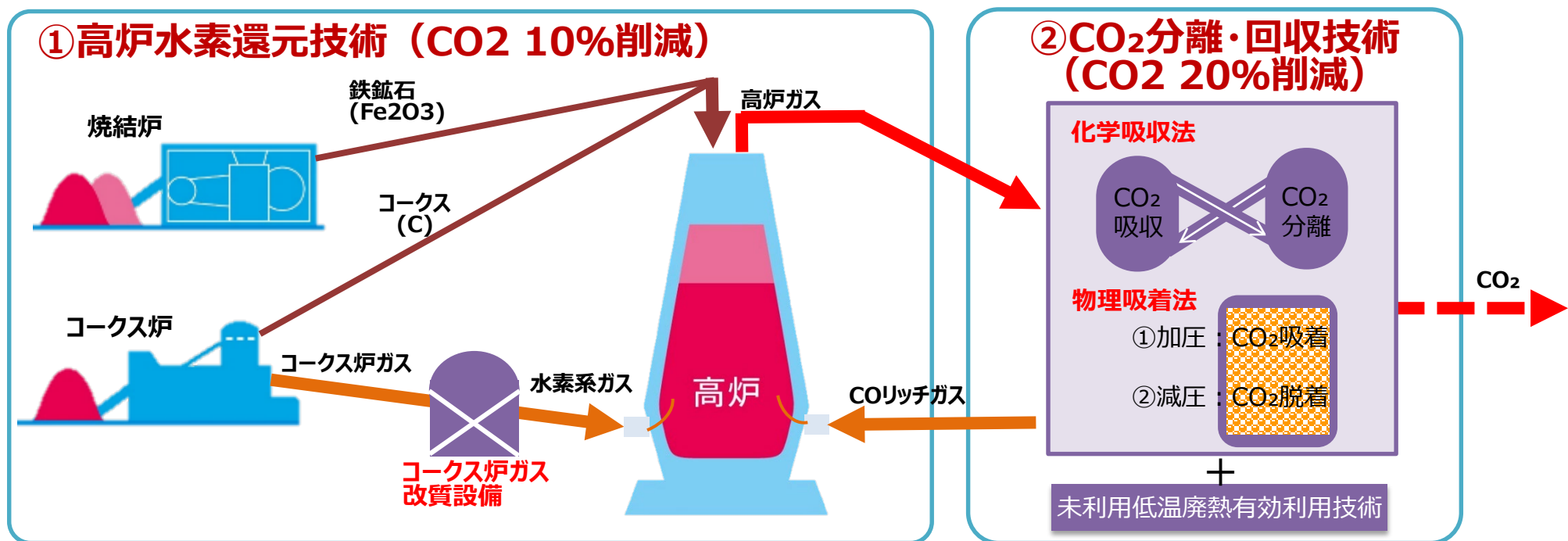
【コークス減少により炉内の通気に問題】



【研究開発項目 1－①】所内水素を活用した水素還元技術等の開発

- 製鉄所から発生するCO₂の30%削減を目指したCOURSE50プロジェクトは、これまでの取り組みの中で、試験高炉（12m³、実機の約1/400）を用いた試験において、達成可能であることを世界で初めて検証済み。
- 本基金において、試験高炉で基盤となる技術を確立した上で、実高炉（5,000m³級）での実証実験を行う。（委託→1/2補助）

COURSE50プロジェクト概念図（再掲）



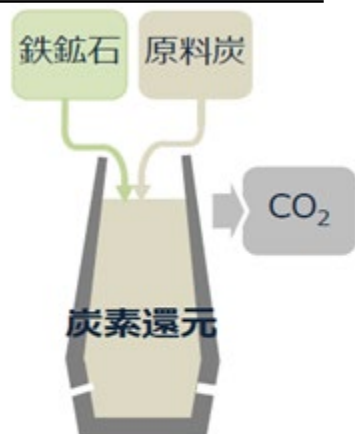
2030年までに、所内水素を活用した高炉における水素還元技術及びCO₂分離回収技術により、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術の商用化

【研究開発項目 1-②】

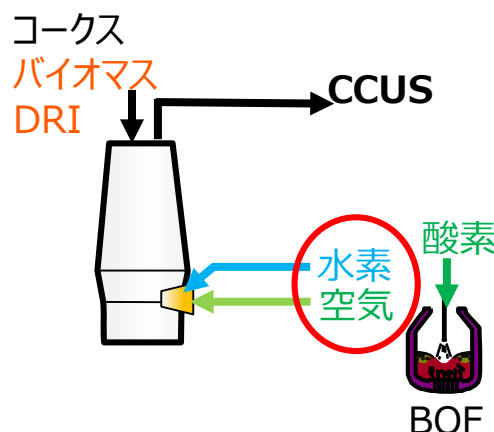
外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素技術等の開発

- 外部水素も利用した高炉法における大規模な水素還元技術の開発、高炉排ガスから回収したCO₂の還元剤等への利活用技術の開発を行う。（委託）
- 加えて、コークス代替等としてバイオマスや還元鉄等を一部原料として活用する技術の活用検討、開発も並行して行い、あらゆる技術の低炭素化技術を組み合わせて、高炉法において製鉄プロセスからCO₂を50%削減する技術の開発を目指す。
- 2030年までに、中規模試験高炉（500m³級以上）での試験を行い、CO₂削減の効果検証をする。

従来型高炉技術

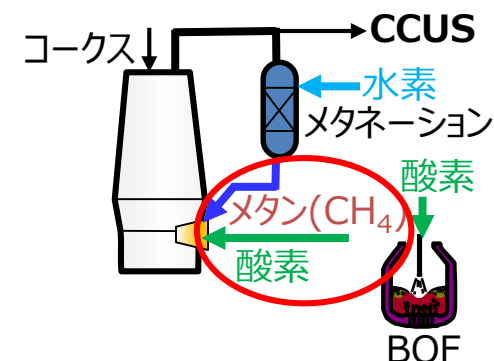


技術①（水素直接吹き込み）



技術②（水素間接吹き込み）

※メタネーション

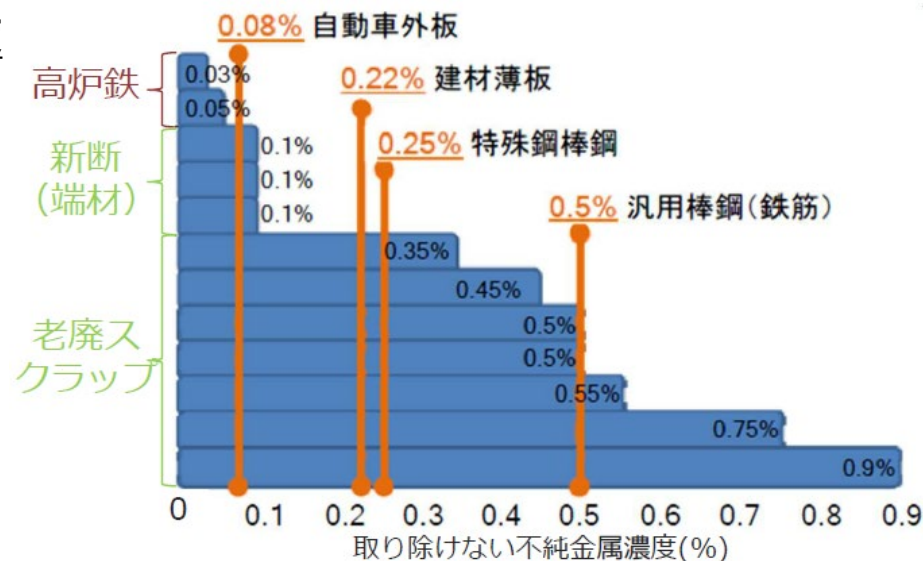


2030年までに、中規模試験高炉において、製鉄プロセスからCO₂排出50%以上削減を実現する技術を実証

カーボンニュートラル実現に向けた課題（②還元鉄を含めた電炉の活用拡大とその課題）

- 電炉の活用は、還元鉄やスクラップを原料とするため、石炭を原料とする高炉法と比較して製鉄プロセスにおけるCO2排出量が少ない。2050年カーボンニュートラルの実現に向けては還元鉄やスクラップを原料とする電炉を最大限に活用することが重要。
- 一方、電炉の活用には、以下の技術的課題が存在。
 - 還元鉄やスクラップに不純物（製品に影響を及ぼす成分。以下同じ。）が含まれるため、自動車向け等の高級鋼の製造が困難であり、純度の高い銑鉄の製造が可能な高炉と同等の品質を実現は世界的にも達成されておらず非常にハードルが高い。
 - 高炉・転炉と置きかえるためには、現在の国内最大規模の電炉（150t）の約2倍にあたる大規模化（転炉並の約300t）する必要があるが、高炉生産を代替できる炉は実現されていない。

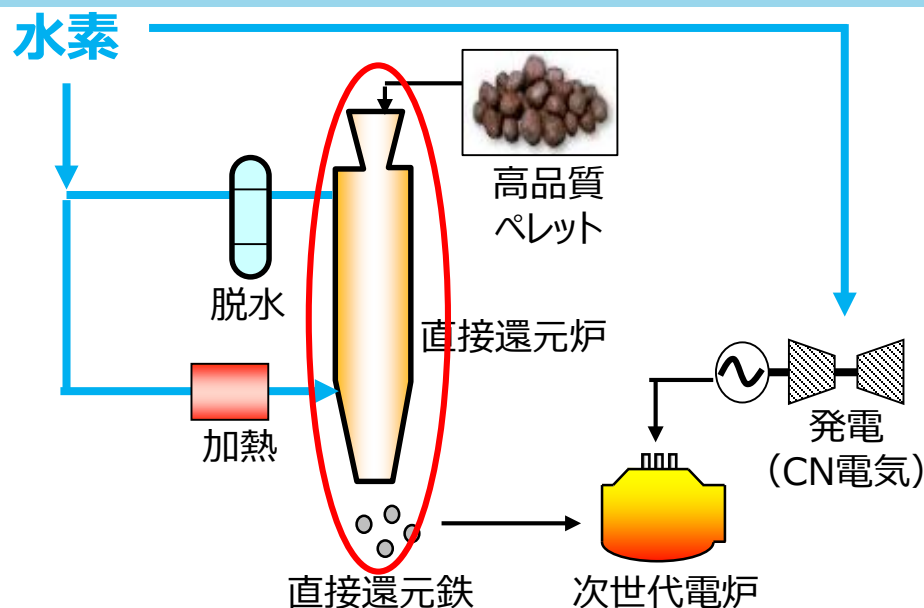
許容しうる不純金属濃度



(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)

【研究開発項目 2-①】直接水素還元技術の開発

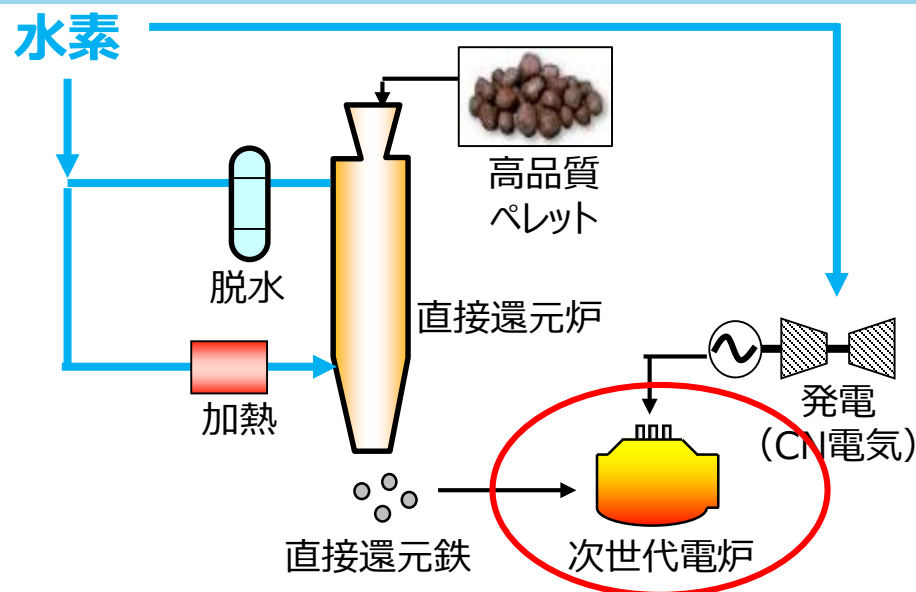
- 電炉法での原料となる還元鉄につき、直接還元炉において、水素を利用し還元鉄を製造する直接還元技術を開発する。（委託）
- 既存の直接還元法から、天然ガスを水素に置換するための原料条件、還元条件および成品条件などを特定した上で適切なプロセスを構築し、直接還元法において、現行の高炉法と比較して製鉄プロセスからCO2を50%削減する技術の開発を目指す。
- 2030年までに、小規模試験炉（実炉の1/50～1/10）での試験を行い、CO2削減の効果検証をする。



2030年までに、直接水素還元技術により、現行の高炉法と比較してCO2排出50%以上削減を達成する基礎技術を小規模試験炉で実証

【研究開発項目 2-②】直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去・大型化技術開発

- 直接還元鉄を活用した電炉を、既存の高炉・転炉プロセスに置き換えるため、電炉の不純物（製品に影響を及ぼす成分。以下同じ。）除去技術や大型化技術を開発する。（2/3補助→1/2補助）
- 高炉・転炉プロセスで生産している自動車の外板等に使用可能な高級鋼を生産するため、大型化電炉（約300t）において、製品の品質に影響する不純物の濃度を高炉法並み（例えばリン0.015%以下）に制御する技術の開発を目指す。
- 2030年までに、小規模試験電炉（処理量10～20トン規模）での試験を行い、大型電炉の実機化に必要な実機設計仕様や操業設計を得る。



2030年までに、直接還元炉-電炉プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、不純物の濃度を高炉法並み（例えばリン0.015%以下）に制御する技術を、小規模試験電炉で実証

アウトプット目標（再掲）と目標設定の考え方

1. ①所内水素を活用した水素還元技術等の開発

- 2030年までに、所内水素を活用した高炉における水素還元技術及びCO₂分離回収技術により、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術の商用化。
→ 水素還元技術で10%以上、CO₂分離回収技術で20%以上の計30%以上削減を想定。
また、2030年までに、国内の製鉄所への1基以上の導入を目指す。

1. ②外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素化技術等の開発

- 2030年までに、中規模試験高炉（500m³級以上）において、製鉄プロセスからCO₂排出50%以上削減を実現する技術を実証。
→ COURSE50における実証結果等を踏まえて設定。技術の難易度等を踏まえ、2030年時点では実機での実証が難しいことから、中規模試験高炉での実証実験を行う。

2. ①直接水素還元技術の開発

- 2030年までに、直接水素還元技術により、現行の高炉法と比較してCO₂排出50%以上削減を達成する基礎技術を小規模試験炉で実証。
→ 高炉法の代替技術となることを目指すべく、高炉水素還元技術と同水準の目標値として設定。技術の難易度等を踏まえ、2030年時点では実機での実証が難しいことから、小規模試験炉における実証実験での技術の確立を目指す。

2. ②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去、大型化技術開発

- 2030年までに、直接還元炉-電炉プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、不純物（製品に影響を及ぼす成分。以下同じ。）の濃度を高炉法並み（例えばリン0.015%以下）に制御する技術を小規模試験電炉で実証。
→ 高炉法の代替技術となることを目指すべく、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するために必要な水準として設定。技術の難易度等を踏まえ、2030年時点では実機での実証が難しいことから、小規模試験電炉における実証実験での技術の確立を目指す。

アウトカム目標および目標設定の考え方

<目標・考え方>

○CO2削減効果

- 2030年までに、国内で約200万トン/年の削減
 - 技術導入予定基数 1基×1基当たり粗鋼生産量 400万トン×1トン当たりCO2排出量 約1.5～2トン×COURSE50におけるCO2削減効果（30%削減）
- 2050年までに、世界で約13億トン/年の削減
 - 鉄鋼業におけるCO2排出量 26億トン×技術導入による削減効果 50%

○経済波及効果

- 2030年頃までに約3200億円/年
 - 高炉1基当たり年間粗鋼生産量 約400万トン×平均鉄鋼価格 約8万円/トン
- 2050年までに約40兆円/年
 - グリーンスチール最大生産量 5億トン×平均鉄鋼価格 約8万円/トン

社会実装に向けた取組①（社会インフラ整備）

- 脱炭素製鉄技術の社会実装に向けて、水素バリューチェーンの構築や、CCUS技術の確立など、社会インフラを整備する必要。水素バリューチェーン推進協議会やメタネーション推進官民協議会などのコンソーシアムを通じて、関連する基金プロジェクトの技術開発も含めた連携を目指す。
- また、水素製造に伴い大量に発生する酸素を、例えば、カーボンリサイクル高炉に供給するなど、企業間連携を進めるための仕組み作りも検討していくことが必要。
- 海外との連携では、日本と豪州間において、鉄鉱石採掘から製鉄プロセスまでのサプライチェーン全体での低炭素化に向けた枠組みを構築するため、官民も含めた協力可能性を検討中。

国内

【水素バリューチェーン推進協議会】

- ・サプライチェーン全体を俯瞰し、業界横断的かつオープンな組織として、社会実装プロジェクトの実現を通じ、早期に水素社会を構築することが目的。
- ・協議会として水素技術戦略を作成するなど、国のグリーン成長戦略と歩調を合わせた政策提言を行う。

【メタネーション推進官民協議会】

- ・2050年カーボンニュートラルの実現に向け、脱炭素・低炭素、レジリエンス強化、経営基盤強化に関する課題や、求められるガスの役割及びその解決に向けた方向性や取組を整理し、官民で進めることが目的。

海外

【日豪パートナーシップ】

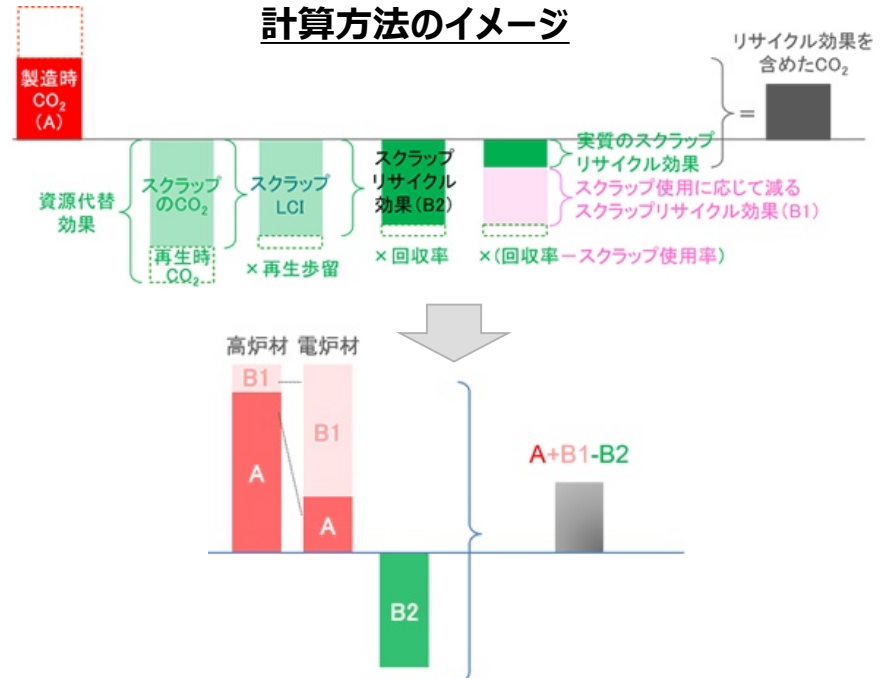
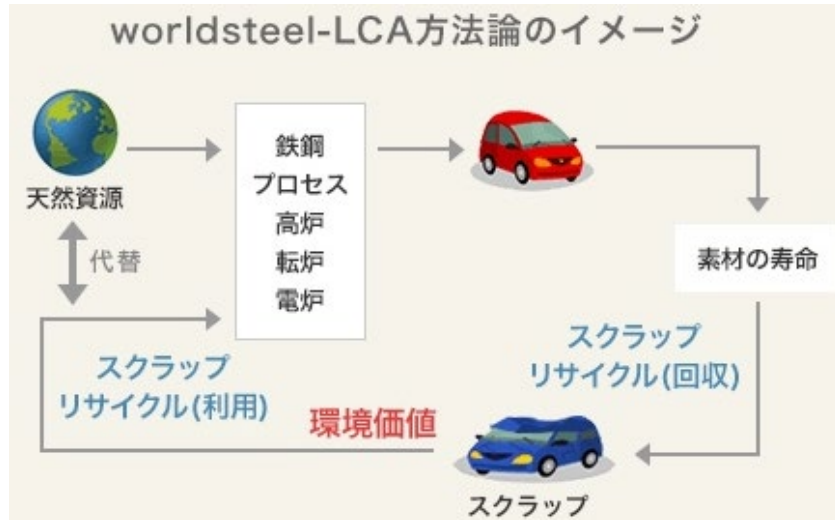
- ・日豪両政府による低炭素技術やサプライチェーンを通じた温室効果ガス排出削減に向けた取り組み。
- ・具体的なプロジェクトの一つに、鉄鉱石採掘から製鉄プロセスまでのサプライチェーン全体での低炭素化に向けた取り組みが掲げられている。
- ・今後、日本の産業界の意向も踏まえて、具体的な協力の中身を検討。

社会実装に向けた取組②（国際的なルールメイキング）

- 水素還元技術等の革新技术を確立し実用化された場合、水素や再エネの活用によって製造コストの増加が見込まれる。
- 適切なコスト転嫁が行われ、革新技术の確立後も鉄鋼業が競争力を確保していくためには、需要家が「グリーンスチール」に価値を見出せるよう、国際的なルールメイキングが不可欠となる。

○脱炭素についてのLCA評価についての取組（ISO 20915）

我が国は、ライフサイクルを通じたカーボンニュートラルの実現を具現化するため、鉄鋼製品のリサイクル効果を含めた環境負荷計算法の国際規格化を提案。世界鉄鋼協会等と連携しつつ、2018年11月、ISO 20915規格として発行済み。



目次

1. 背景・目的

2. 研究開発項目と社会実装に向けた取組

3. 想定スケジュール

想定スケジュール

- 具体的なスケジュールは提案者の創意工夫に委ねることを原則とするが、想定される一例は以下のとおり。

▶ ラボ
 ▶ 小規模試験炉
 ▶ 中規模・大規模試験炉・実機試験
 ★ ステージゲート

	2021~2025	2026~2030	2031~2040	2041~2050
【研究開発項目 1】高炉を用いた水素還元技術の開発				
①所内水素を活用した水素還元技術等の開発	小規模試験高炉 ▶ ★	実機実証試験 ▶ ★	★ 実装	
②外部水素等を活用した低炭素技術等の開発	小規模試験高炉 ▶	★ 中規模試験高炉 (第1フェーズ) ▶	中規模試験高炉 (第2フェーズ) ▶	大規模試験高炉・実機実証試験 ▶ ★ 実装
【研究開発項目 2】水素だけで鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発				
①直接水素還元技術の開発	ベンチプラント試験 ▶	★ 小規模試験炉 ▶	中規模直接還元炉試験 ▶	★ 実装
②直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去・大型化技術開発	要素技術開発 ▶	★ 小規模試験電炉 ▶	大規模試験電炉 ▶ ★ 実装	