

「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

令和3年8月
製造産業局

前回の委員御指摘等を受けた対応

- 6月22日の第3回エネルギー構造転換分野WGにおける各委員やオブザーバーの主な御指摘や、製鉄分野の有識者（東北大植田教授、京大柏谷教授）からの御意見を踏まえ、**先日御提示した研究開発・社会実装計画（案）を修正し、同計画案に基づく予算規模を追記。**

前回WGにおける委員からの主な御指摘事項（抜粋）

1. 他プロジェクトや他産業との連携について

基金のプロジェクト間での連携、デマンドレスポンスなどセクター間での連携が必要。鉄鋼だけではなく、周辺も含めた巨額投資が必要であり、官民協力して社会実装まで取り組む必要あり。OPEXを下げて価格を下げることを考えても良い。日豪で鉄鉱石品位の研究が必要。【佐々木委員、関根委員、高島委員、林委員】

2. グリーンスチールの制度構築・市場設計について

社会実装後も重要な産業であり続けるためには、何を国際競争力にしていくのか。日本の技術が国際ルールの中に位置づけられることが大事であり、グリーンスチールの価値向上に向けた取組や制度構築、市場をどう設計するかが大事。脱炭素が承認され続けるためにも、政府側からモニタリングして示唆すべき。【伊井委員、馬田委員、佐々木委員、関根委員、高島委員、塩野委員】

3. 研究開発投資の拡大へのコミットメントについて

基金により予算を付けた企業にはR&D費用を増やすことを宣言して欲しい。【馬田委員】

前回の委員御指摘等を受けた対応

前回WGにおける委員からの主な御指摘事項（抜粋）（続き）

4. 外部環境変化を捉えた柔軟な見直しについて

どこに資金供与するのか、どこがリードするのかを精査する必要。R&Dの時間軸が実施企業の時間軸に合っているのかにも留意が必要。ステージゲートやマイルストーンを設けて、何がクリアされれば次の段階に進み、資金の供与などにつながるかを明確にするとともに、COURSE50の評価や、外部環境変化を踏まえて見直しすることが重要。【伊井委員、塩野委員、末廣オブザーバ】

5. 研究開発課題について

固体の鉄を1,700℃程度まで加熱して溶融製錬する場合は、熱補償が課題。脱炭素工程やコークス由来の介在物除去工程がいらなくなるので、それに対応する製錬技術を開発することが重要。電炉での高級鋼の製造は開発状況を見ながらプランニングしていけば良い。【林委員、末廣オブザーバ、伊藤オブザーバ】

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

41兆円、116万人

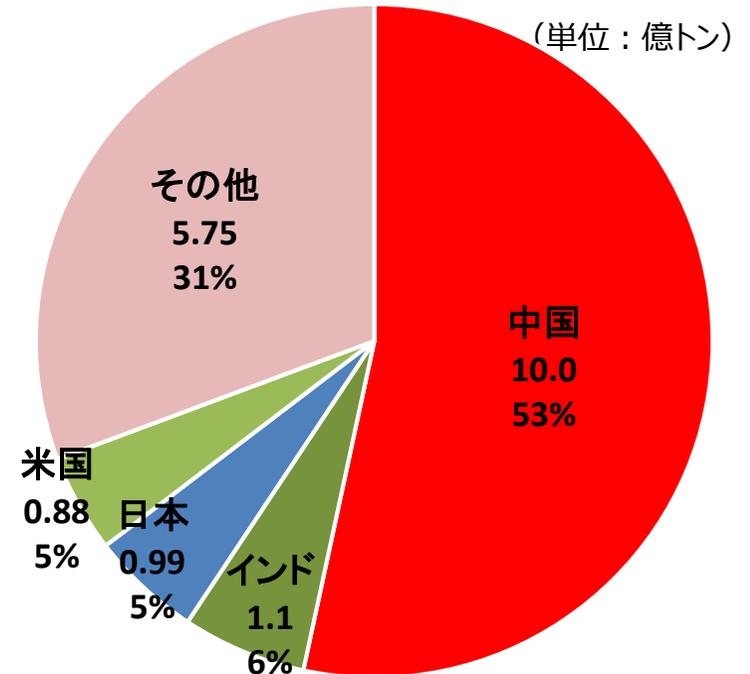


自動車製造業

62兆円、92万人



2019年粗鋼生産量 18.7億トン
(2000年比：2.2倍)



- 日本鉄鋼業全体では**自動車用等の製造業向けが高いシェア**。（※IEALレポートによると、世界全体では、鉄鋼需要全体に占める自動車向けは1割程度。）
- 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**。
- これらの高品位鋼は付加価値が高く、我が国鉄鋼業の競争力の源泉となっている。

<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）

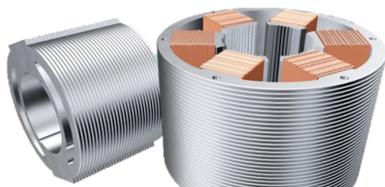
ハイテンの熱間連続圧延技術を世界で初めて開発。コイル接合部の強度および延性の低下を防ぐ技術を開発し、仕上げ圧延時の破断を抑制することに成功。これにより、ハイテンの連続圧延が可能となり、ハイテンの安定生産および生産性向上に大きく寄与。すでに東日本製鉄所（千葉地区）熱延工場では量産を開始。

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）

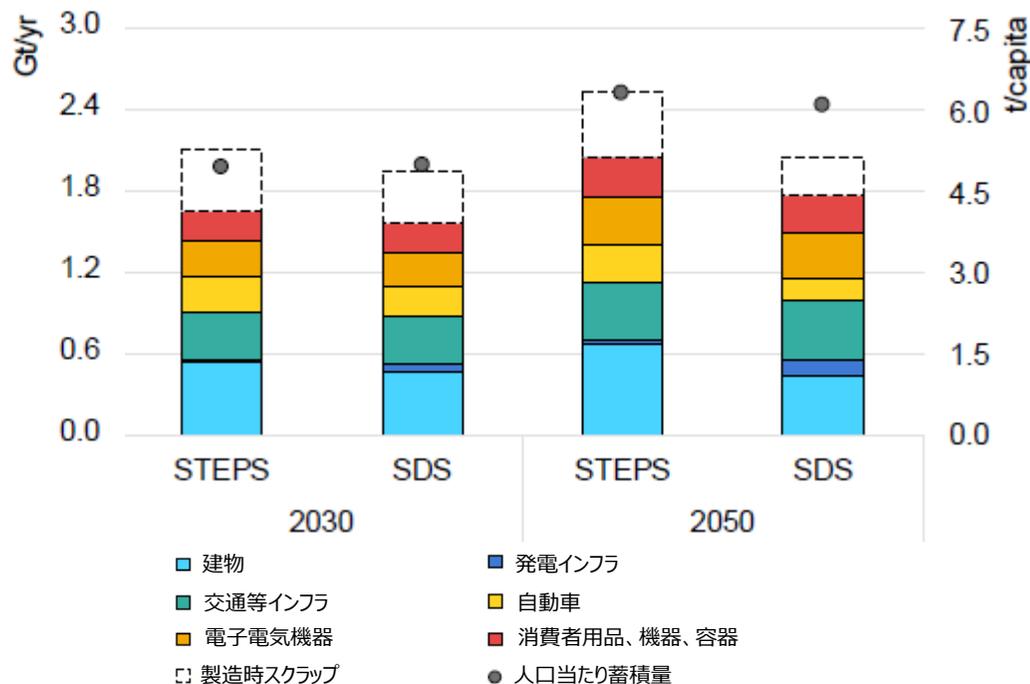


モノパイル（風車用構造体で使用）



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

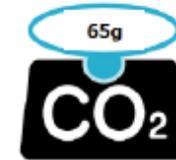
ライフサイクルを通じたカーボンニュートラルの実現

- 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」



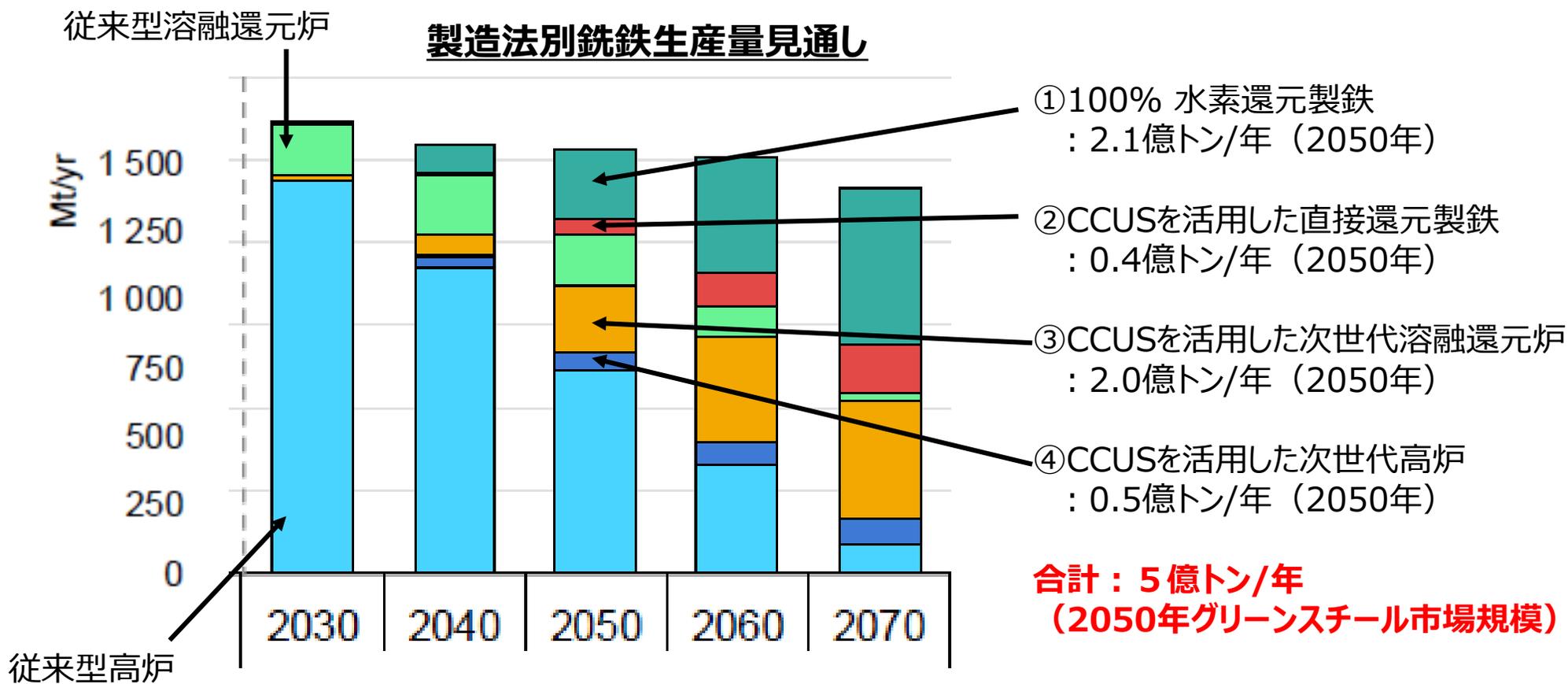
(出典) 第1回 世界全体でのカーボンニュートラル実現のための経済的手法等のあり方に関する研究会 (2021年2月17日)

【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年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排出量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排出量35%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排出量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、メタルプレッドの確保）、開発した省エネ・CO ₂ 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

- これまでの日本の鉄鋼業の強みである高級鋼は、カーボンニュートラル社会においても必要不可欠。
※IEALレポートでは、2050年における自動車分野での鉄鋼需要は約2～3億トン/年
- いたずらに生産規模を求めるのではなく、こうした世界最高水準の高級鋼の生産に特化し、付加価値を産み出していくことが重要。
※例えば、電磁鋼板は棒鋼のおよそ2倍程度の単価（貿易統計に基づく試算）
- 他方、製品のライフサイクルを通じた環境負荷が注目される中では、たとえ高級鋼であっても、“グリーン”でなければ、市場に参入できず、ビジネス機会を喪失する懸念。
- スクラップを有効利用することで、“グリーン”に近づくとの声もあるが、2050年以降も需要を十分に満たす量のスクラップ発生が見込めないことなどから、（スクラップは最大限活用しつつ）鉄鉱石を活用した製鉄技術は引き続き必要。
- そのため、世界に先駆けて、日本の鉄鋼業が水素還元製鉄等の超革新技術を確立し、グリーンな高級鋼に特化して生産・供給する体制を構築することが、日本の鉄鋼業の「勝ち筋」と考えられる。
- 我が国の場合、諸外国に比べエネルギー価格が相対的に高く、水素価格が高止まりする可能性もあるが、そうした想定下でも日本の鉄鋼業が国際競争を勝ち抜くためには、製鉄所内で発生する水素の有効利用やCCUSの活用等による水素使用量の抑制、原料や水素調達が容易な海外拠点との連携、業態転換も含め、鉄鋼各社が、様々なアプローチを総動員し、持続可能なビジネスモデルを構築することが必要。

- “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。
- また、技術が確立した場合であっても、水素インフラを始めとして、社会実装に向けた課題も山積。

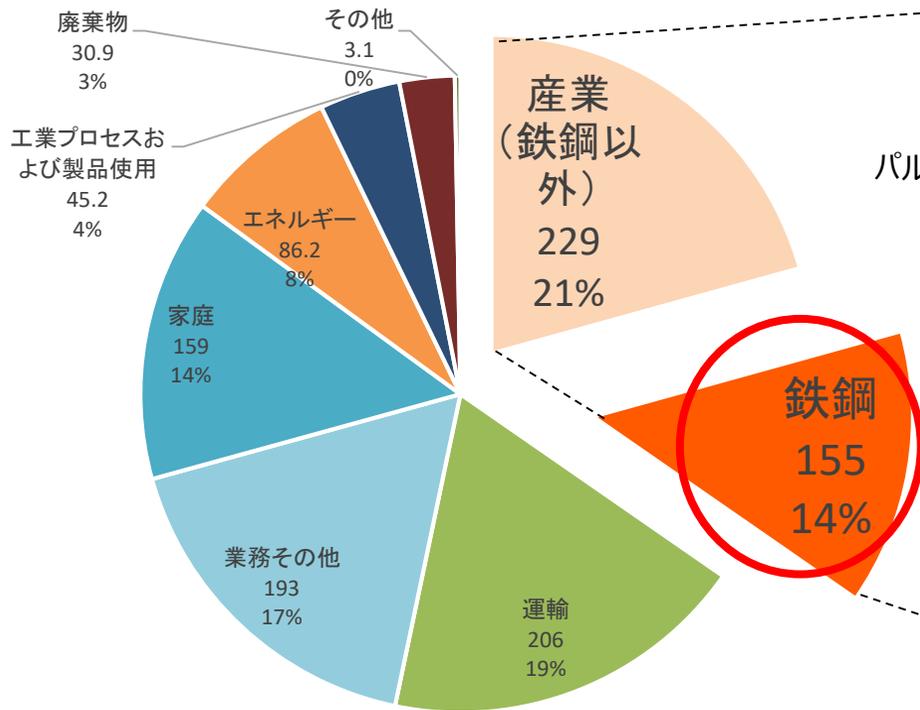


- 高品位鋼で世界の脱炭素化市場の獲得を目指すため、本プロジェクトにより、これまでと同等の品質を維持しつつ製鉄プロセスの脱炭素化を実現するための研究開発に、官民一体となって取り組む。
- 諸外国の動向も踏まえ、複線的アプローチで開発を進めつつ、ステージゲートを適切に設定し、我が国のこれまでの研究成果や強みを勘案し、技術を取捨選択。
- また、水素価格を始めとする市場環境によらず、水素還元製鉄技術を普及させていくため、水素サプライチェーンやCCUS技術などの社会インフラを整備するとともに、グリーンスチールの環境価値が適切に評価され、需要家も含めたサプライチェーン全体でコストを負担していく仕組みを構築していく。

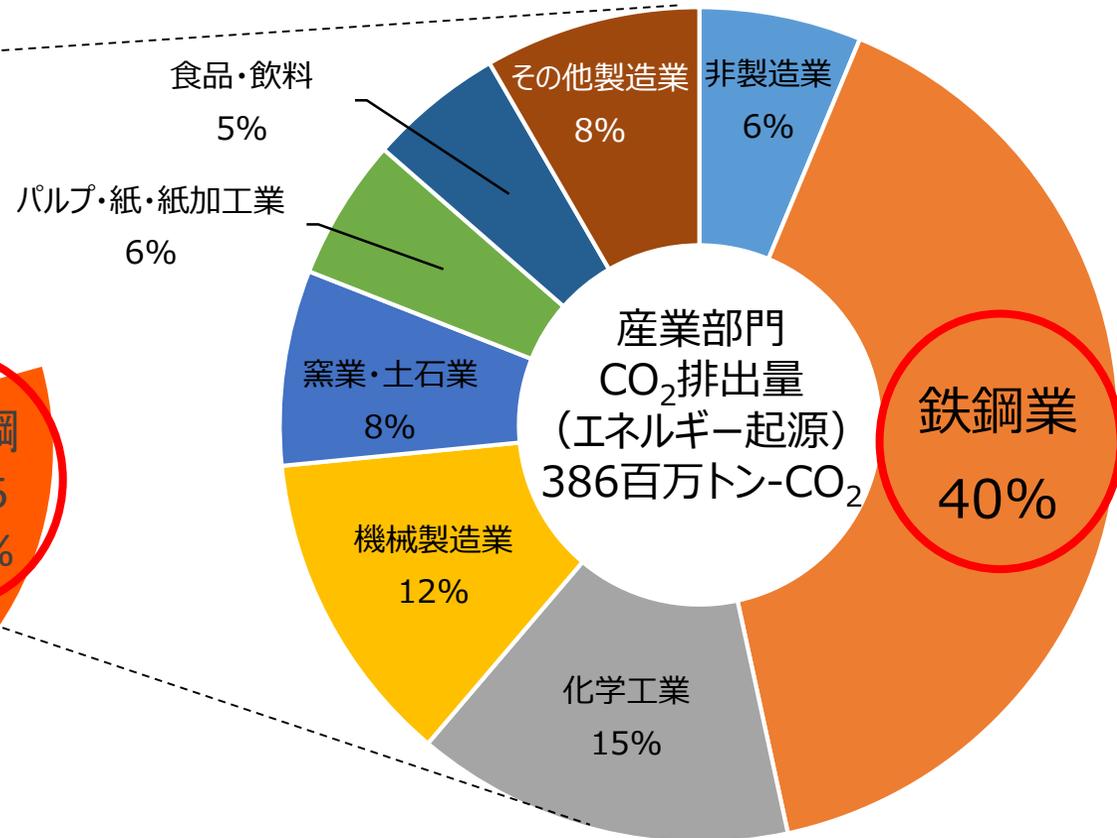
鉄鋼業のCO₂排出の現状

- 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）



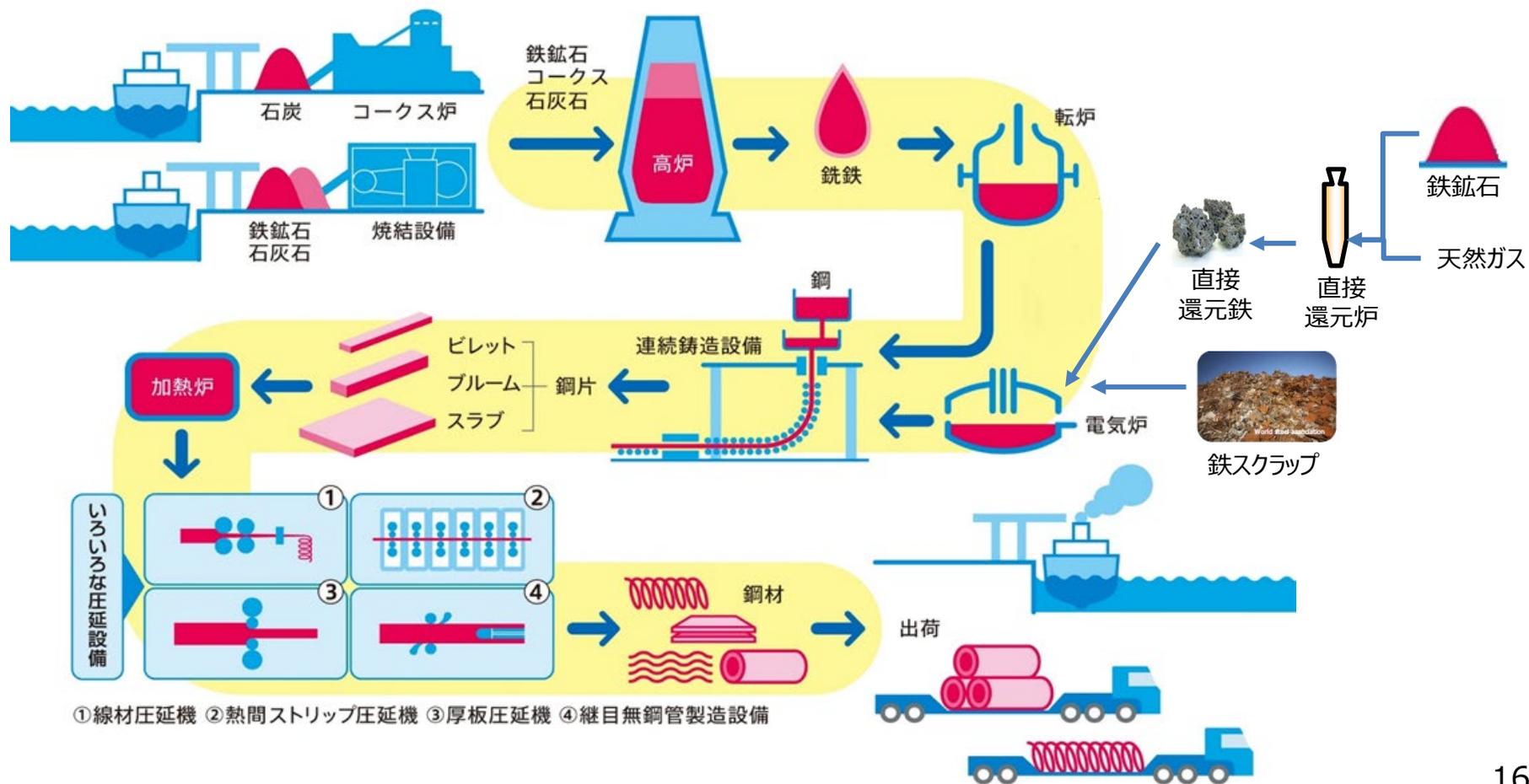
産業部門（2019年度）



※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、高品位な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。

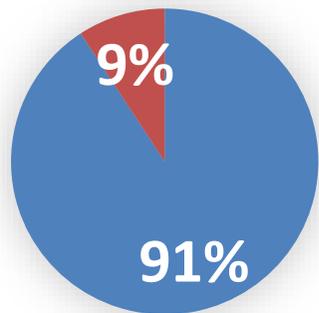


(参考) 鉄鋼生産主要国の転炉-電炉生産量比率 (2020年実績)

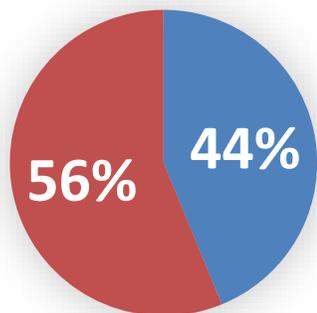
- 日本では高炉・転炉法による生産が75%を占めるが、米国やインド等では電炉の比率が高くなっている。

■ : 高炉・転炉 ■ : 電炉

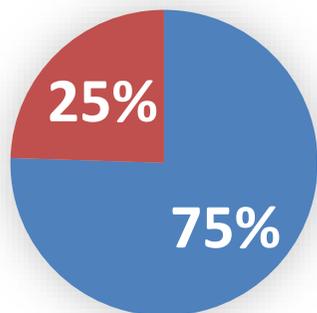
1位(10.6億トン)
中国



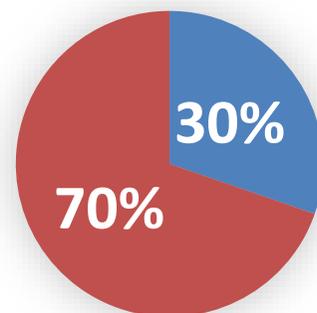
2位(1.0億トン)
インド



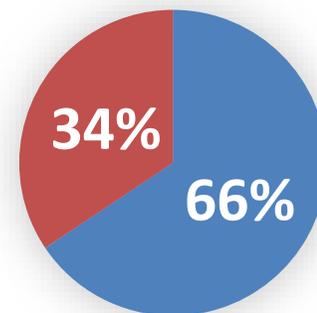
3位(0.8億トン)
日本



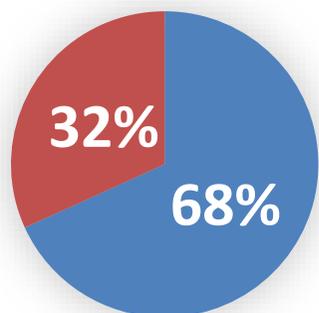
4位(0.7億トン)
アメリカ



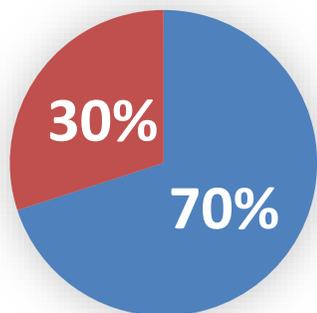
5位(0.7億トン)
ロシア



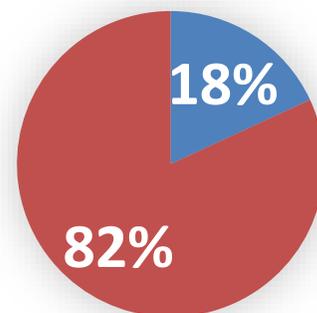
6位(0.7億トン)
韓国



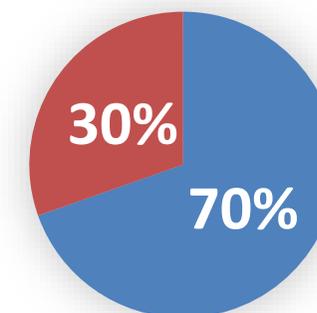
8位(0.4億トン)
ドイツ



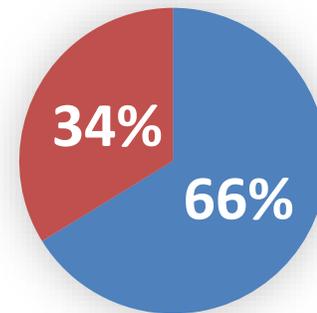
13位(0.2億トン)
イタリア



15位(0.1億トン)
フランス



27位(0.04億トン)
スウェーデン



【参考】スクラップ利用の拡大見込み

- 2050年に向けて、鋼材需要拡大に伴い粗鋼生産量も増大。これに伴い、鉄鋼蓄積拡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。
- 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。**
- 一方で、2050年以降も需要を十分に満たす量のスクラップ発生が見込めないことなどから、電炉だけでなく、引き続き**高炉を活用した製鉄手法も不可欠であり、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。**

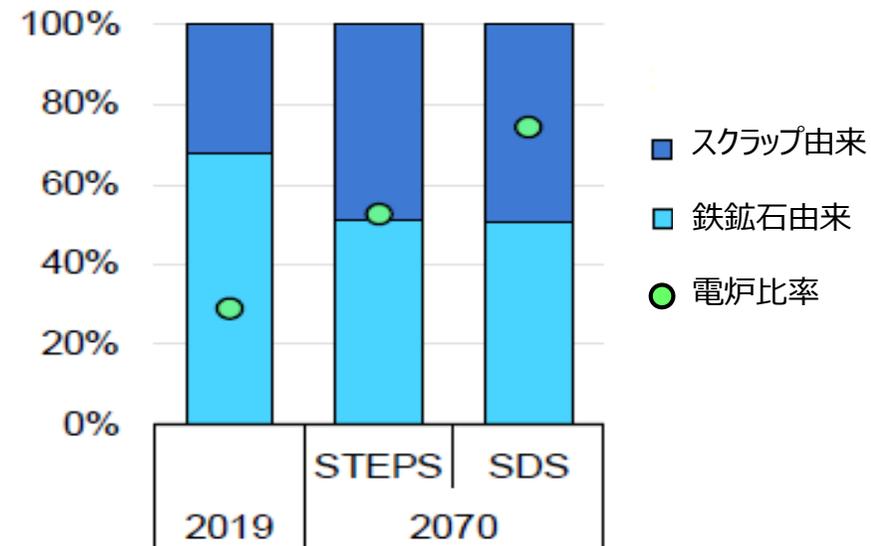
銑鉄生産量・スクラップ利用量見通し

(億t)

	2015	2050	2100
最終製品中鋼材量	12.9	21.3	30.1
粗鋼生産量	16.2	26.8	37.9
銑鉄生産量	12.2	14.0	12.0
スクラップ利用量	5.6	15.5	29.7

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)

電炉法・高炉法比率見通し



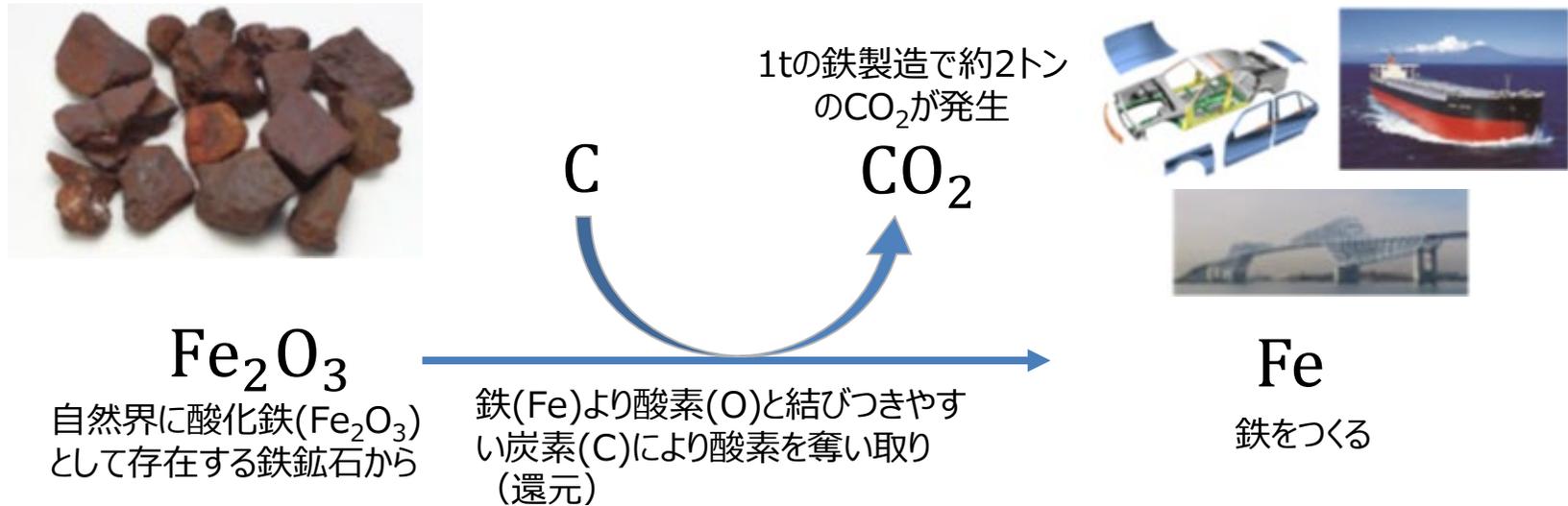
STEPS : Stated Policies Scenario (現状維持シナリオ)

SDS : Sustainable Development Scenario (持続可能な発展シナリオ)

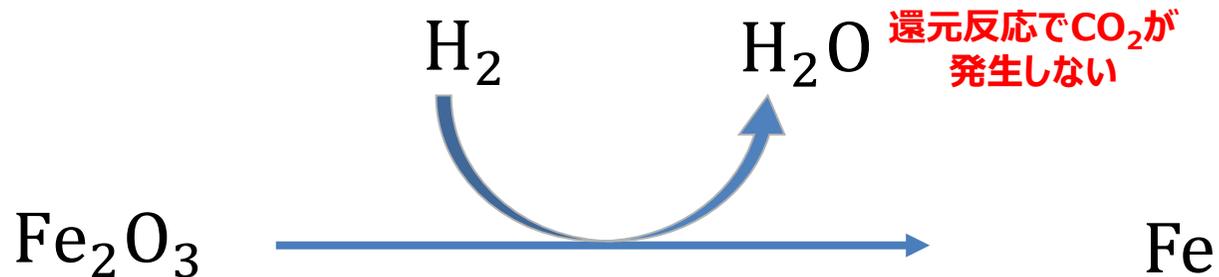
出典：IEA Energy Technology Perspectives 2020

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

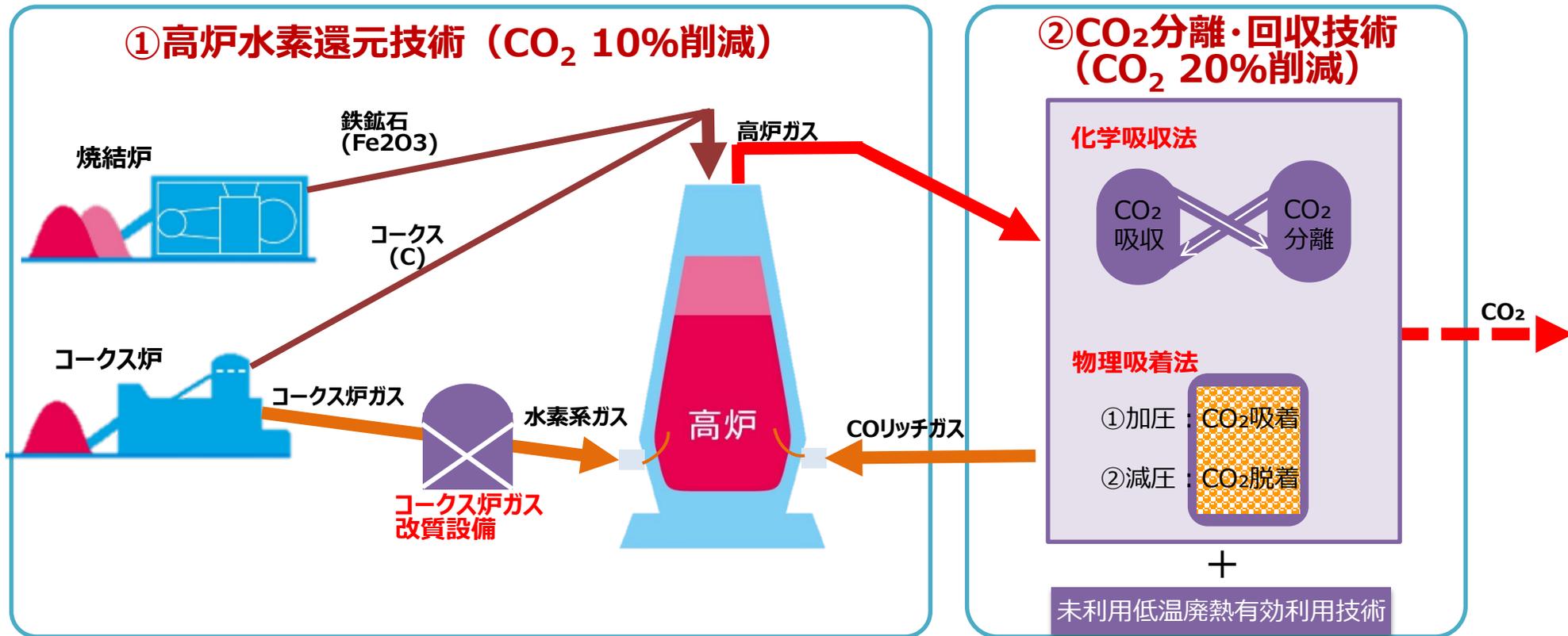
- 我が国は、世界に先駆けて水素還元製鉄の技術開発（COURSE50プロジェクト、次項参照）を開始。
- 2013年度から試験高炉（12m³、実機の約1/400）を用いた試験を開始し、還元工程におけるCO₂排出量10%減が達成可能であることを世界で初めて検証。CO₂排出量の更なる削減に向けた技術開発を進行中。
- また、製鉄所内の未利用排熱を利用することで、CO₂の分離・回収に必要な外部エネルギーを軽減する技術（化学吸収方法）を確立。更なる省エネルギー化を推進中。
- 2020年度からは、製鉄プロセスにおいてCO₂を発生させないゼロカーボン・スチールの実現に向けた諸課題の抽出・ロードマップ策定を実施中（～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②CO₂分離・回収技術等の開発を実施中。



- COURSE50プロジェクトは、NEDO評価委員会による中間評価報告書（本年1月公表）では、「中間目標を上回る排出CO₂削減を達成する成果が得られ、数学モデルとの整合性もほぼ得られている。」との評価を得ている。

『水素還元等プロセス技術の開発（フェーズⅡ-STEP1）中間評価報告書』（抜粋）
（2021年1月NEDO研究評価委員会）

1. 総合評価

高炉からの大幅なCO₂排出量削減を実現する本事業は重要なプロジェクトである。製鉄業のオールジャパン体制が構築されており、目標は変えずに達成のための道筋を変更するなど、柔軟な対応を行っている点は評価できる。水素還元技術について、中間目標を上回る排出CO₂削減を達成する成果が得られ、その他多くのデータの取得、サンプルの採取、現象解析を進めており、数学モデルとの整合性もほぼ得られている。さらに、CO₂分離回収技術は一部事業化に移行しており、さらなる普及が期待できる。

一方、水素還元技術を商用高炉へ適応するには障壁があると想定されるので、課題抽出、計画策定などをより具体的に示すことを期待する。実用化に近い要素技術等については、本事業と別分野での実用化も目指すことが重要である。また、CO₂分離回収プロセスの熱源となる熱回収に関しては、手法や一連のプロセス構成の明示が望まれる。

さらに、2030年の商用1号機の実現のためには、詳細な計画とマイルストーンの設定に加え、外部水素の製造プロセスにおけるCO₂発生量を踏まえながら、コスト試算、CO₂排出削減効果のLCA（ライフサイクルアセスメント）評価を実施することが望ましい。CO₂地中貯留・有効利用とカーボンフリー水素の調達に向けた検討に関しては、情報収集や関係機関との連携強化を期待したい。今後も、より国民の理解が得られるように本事業の広報活動を強化して頂きたい。

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

修正

- **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、直接還元炉で鉄鉱石を固体のまま還元した後、電炉で溶解を行う技術。脱炭素に向けて、**水素を用いて還元した上で、原料である低品位鉄鉱石に含まれる不純物を電炉法で除去する技術**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			
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

※水素の調達方式によっては、H₂ではなく、NH₃の形態で炉に投入する可能性も考えられる。

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

修正

- 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、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">○鉄鉱石原料の活用範囲が広い○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">○鉄鉱石原料の活用範囲が広い○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×不純物除去ができず原料制約あり×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い	<ul style="list-style-type: none">○100%水素還元によりCO₂排出ゼロが可能○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×溶解プロセスが別途必要なためエネルギー効率が低い

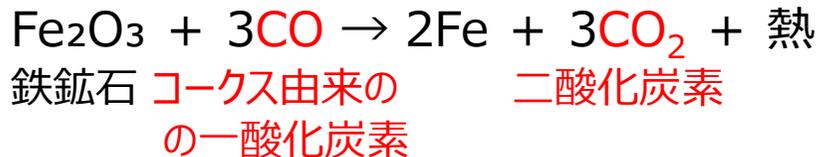
- 鉄鉱石の還元には**炭素ではなく水素を用いる水素還元製鉄**は、古来より不変であった製鉄法を根本から変える**史上初のチャレンジ**。
- 水素還元製鉄は、以下に掲げるような**技術面でのハードルが非常に高い**。
 - 水素による還元反応は熱を吸収（吸熱反応）し、高炉が冷えてしまうため、連続的に**還元するのに必要な熱をどう補填するか**（コークス由来の一酸化炭素での還元時は自ら発熱）
 - コークスの役割の一つである**反応ガスの通気に必要な炉内の隙間をどう作るのか** 等

※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】

【コークス減少により炉内の通気に問題】

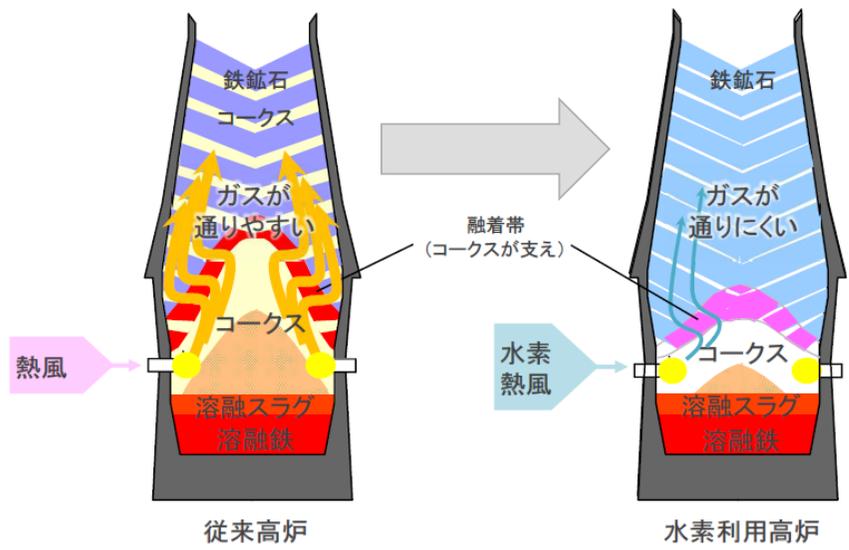
①既存技術：炭素の利用（発熱反応）



※高炉内の反応は、炭素での直接還元（吸熱反応）もあるが、通常高炉では、COでの間接還元が6割を占めるため、炉内全体では、発熱反応となる。

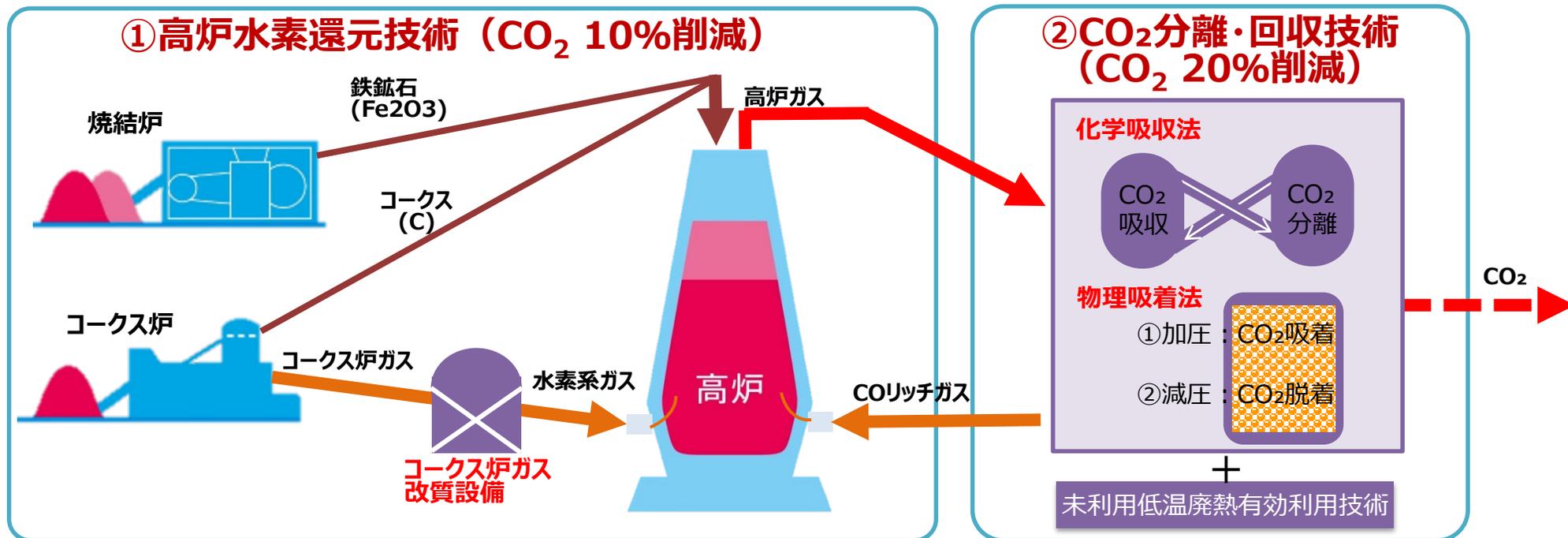


②革新技术：水素の利用（吸熱反応）



- **COURSE50プロジェクト**は、副生ガス中の水素や未利用廃熱を最大限活用することにより、**外部エネルギーをできるだけ追加投入せずに、製鉄所から発生するCO₂の最大限削減**が目標。
- 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、製鉄所から発生するCO₂の30%削減が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）



【研究開発項目 1-②】

修正 資4(p.14~15)

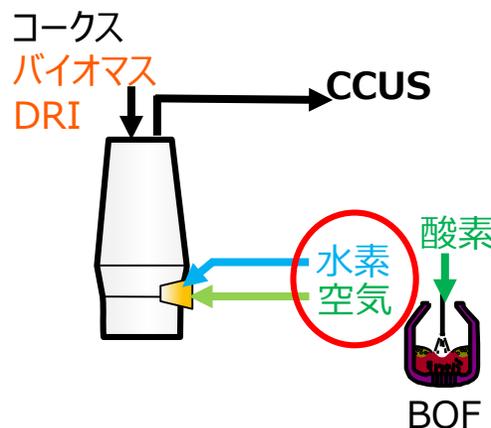
外部水素や高炉排ガスに含まれるCO₂を活用した低炭素技術等の開発

- 還元・溶解に必要な熱源、通気性確保のため、必要最小限度のコークスは投入しつつ、水素投入量を最大化することで、高炉法において製鉄所から発生するCO₂の最大限削減する技術を開発する。具体的には、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。
- 加えて、バイオマス等のコークス代替等の活用を検討するとともに、還元鉄等を一部原料として活用する技術の活用を検討する。また、メタネーションに伴うエネルギーロスも考慮に入れながら、排熱利用も含め、製鉄所トータルでのエネルギー効率等にも留意しつつ、CO₂削減のための最適な組み合わせを検討する。
- あらゆる低炭素化技術を組み合わせることにより、**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**を目指すため、本基金においては、**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。（委託→2/3補助）

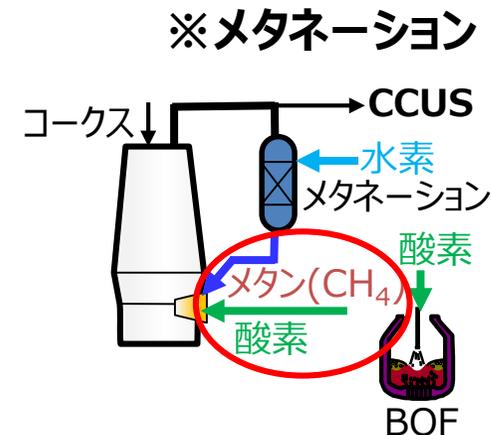
従来型高炉技術



技術①（水素直接吹き込み）

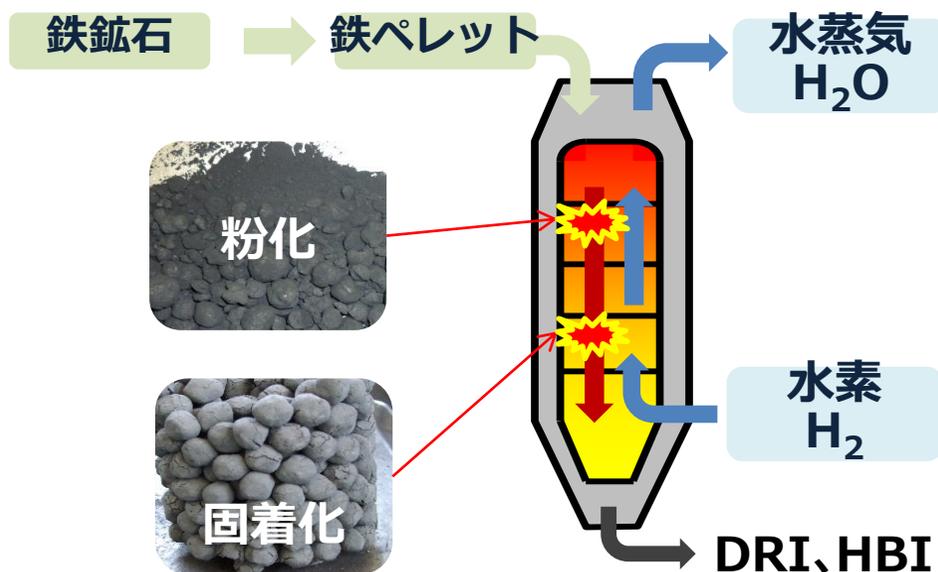


技術②（水素間接吹き込み）



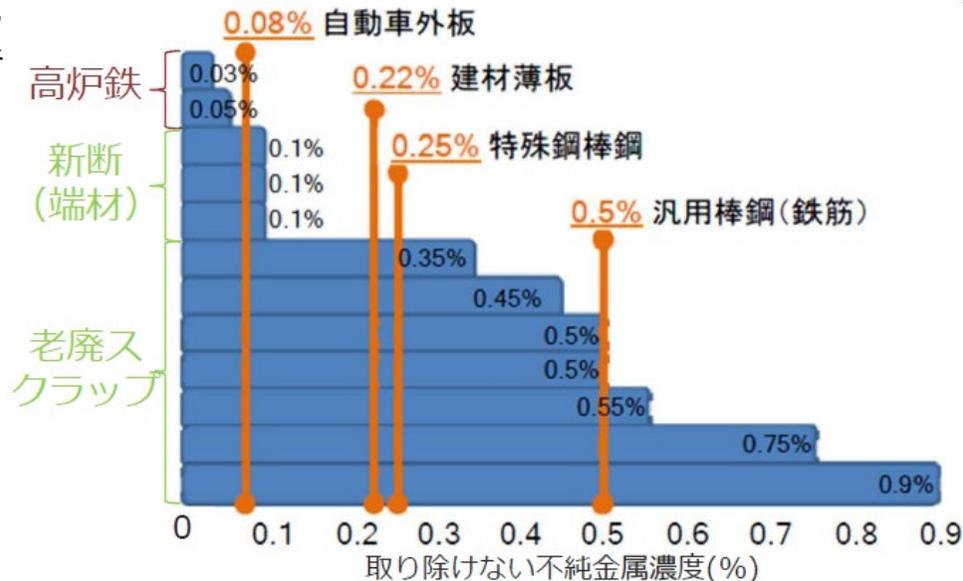
- 高炉における水素還元製鉄では、最低限のコークスが必要となるため、バイオマスやCCUSの組み合わせが必要となる一方で、直接還元炉（シャフト炉） + 電炉を用いることで、コークスを投入せずに還元するプロセスを実現することが可能。
- しかし、直接還元炉では、以下の技術的課題が存在。
 - 我が国の高炉・転炉法で使用される豪州産等の低品位鉄鉱石では、粉化（鉄ペレットが細かく砕けて粉状となる現象）や固着化（ペレットが塊となり目詰まりを起こす現象）が生じてしまう。
 - 還元剤として水素を用いると、吸熱反応により、粉化や固着化がより発生しやすくなる。

シャフト炉における粉化・固着化



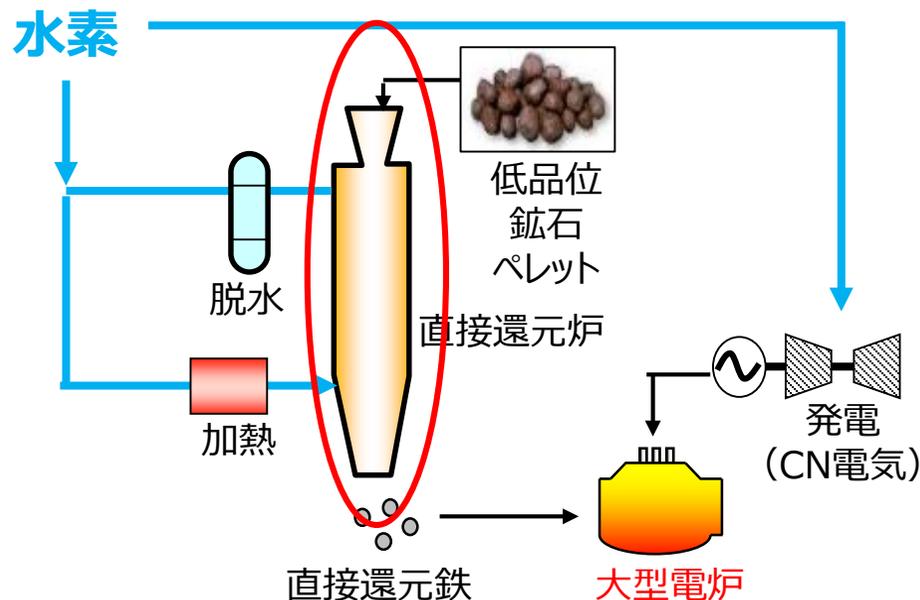
- 直接還元炉は、固体還元のみ行う装置であり、固体の還元鉄が生産されるため、後段に電炉での溶解工程が不可欠。
- 一方、直接還元炉 + 電炉の活用には、以下の技術的課題が存在。
 - 現状の直接還元で使用される高品位ペレットから、高炉・転炉法で使用される豪州産等の **低品位鉄鉱石へ活用範囲を広げて行く必要性あり。**
 - 低品位鉄鉱石を用いた直接還元鉄やスクラップには、**不純物（製品に影響を及ぼす成分。以下同じ。）が含まれるため、既存の電炉では、高炉で生産している高級鋼の製造が困難。**
- 併せて、高級鋼を大量生産している既存の高炉・転炉プロセスと置き換えても生産性や競争力を維持するためには、**電炉の規模を、転炉と同等の処理量約300トン規模（国内の一般的な規模の電炉の約2倍）に大規模化する必要。**しかし、大型化すると炉内全体を均一かつ十分に攪拌させることが難しくなり、温度ムラも生じやすくなるため、不純物除去の難易度は上昇。

許容しうる不純金属濃度



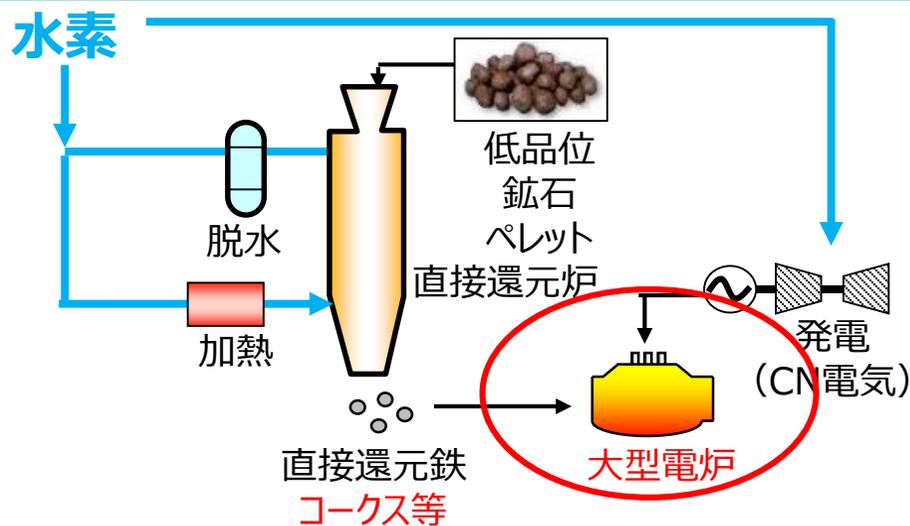
(出典) Jones, A.J.T.,
Assessment of the Impact of
Rising Levels of Residuals in
Scrap, Proceedings of the
Iron & Steel Technology
Conference (2019)

- 電炉法での原料となる還元鉄について、既に商用段階にある天然ガスベースの直接還元炉をベースに、天然ガスを水素に置き換えることで、CO₂排出ゼロを目指した直接水素還元技術を開発する。その際、高炉・転炉法で使用される豪州産等の低品位鉄鉱石の活用を前提とした技術を開発する。
- 水素での還元反応に必要な熱をどのように補償するのかを含め、天然ガスを水素に置換するための原料条件、還元条件及び成品条件などを特定した上で適切なプロセスを構築する。
- 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ため、2030年までに、小規模試験炉（実炉の1/250~1/150）での検証を経て、中規模直接還元炉（実炉の1/25~1/5）で試験を行い、CO₂削減の効果検証をする。
(委託→2/3補助)



直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

- 直接還元炉は、固体還元のみ行う装置であり、固体の還元鉄が生産されるため、後段に電炉での溶解工程が不可欠。
- 既存の高炉・転炉プロセスを直接還元炉・電炉プロセスに置き換えるため、高炉・転炉プロセスで用いられる豪州産等の低品位鉄鉱石の利用を前提として、電炉において、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を生産するため、効率的に不純物を除去する技術（加炭等）を開発する。
- その際、既存の高炉・転炉との置き換えを円滑化し、社会実装を確実にを行うため、電炉の大型化（転炉並の処理量約300トン規模）にも並行して取り組む。
- 大型化電炉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に制御する技術の開発を目指すため、2030年までに、小規模試験電炉（処理量10～20トン規模）での検証を経て、大規模試験電炉（処理量約300トン規模）で試験を行い、不純物の濃度を高炉法並み（例えばリン0.015%以下）に制御する技術を検証する。（2/3補助→1/2補助）



研究開発目標等とその考え方

修正 資4(p.14~17)

予算上限

140億円

(※現在のTRL: 4)

【1-①】所内水素を活用した水素還元技術等の開発(委託→1/2補助)

- 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分離回収技術等により、製鉄プロセスからCO₂排出を30%以上削減する技術の実装。
→水素還元技術等で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を活用した低炭素技術等の開発(委託→2/3補助)

1,214億円

(※現在のTRL: 4)

- 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排出を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(委託→2/3補助)

345億円

(※現在のTRL: 3)

- 2030年までに、低品位の鉄鉱石を水素で直接還元する技術により、中規模直接還元炉(実炉の1/25~1/5)において、現行の高炉法と比較してCO₂排出を50%以上削減を達成する技術を実証。
→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(実炉の1/250~1/150)での検証を経て、中規模直接還元炉試験での実証実験を行う。

【2-②】直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発(2/3補助→1/2補助)

236億円

(※現在のTRL: 4)

- 2030年までに、低品位の鉄鉱石の水素直接還元-電炉一貫プロセスにおいて、自動車の外板等に使用可能な高級鋼を製造するため、大規模試験電炉(処理量約300トン規模)において、不純物(製品に影響を及ぼす成分)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。小規模試験電炉(処理量10~20トン規模)での検証を経て、早期に大規模試験電炉における実証実験を行う。

- 事業費総額（国費負担額のみ。インセンティブ分を含む額）：上限1,935億円

【1-①】所内水素を活用した水素還元技術等の開発(委託→1/2補助)

- ・予算額：上限140億円
- ・予算根拠：コークス炉ガスの改質設備、羽口の改造、配管等の参考見積等に基づき試算。

【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(委託→2/3補助)

- ・予算額：上限1,214億円
- ・予算根拠：既存事業（環境調和型プロセス技術の開発事業）の試験高炉の規模を20倍、100倍に大型化すると仮定し、大型化した場合のコスト低減効果を考慮し試算。

【2-①】直接水素還元技術の開発(委託→2/3補助)

- ・予算額：上限345億円
- ・予算根拠：天然ガスベースの直接還元炉の実機の建設費を元に、規模を1/250、1/25に小型化した場合の費用から試算。

【2-②】直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発(2/3補助→1/2補助)

- ・予算額：上限236億円
- ・予算根拠：通常電炉の実機の建設費を元に、規模を1/20に小型化した場合の費用から試算。

- 関連予算事業として、「**環境調和型プロセス技術の開発事業**」及び革新的環境イノベーション戦略加速プログラムで実施している「**「ゼロカーボン・スチール」に向けた調査研究**」の2つの予算事業がある。
- 「**環境調和型プロセス技術の開発事業**」では①「**COURSE50**」、②「**フェロコークス技術の開発事業**」の2つのプロジェクトを推進。
 - ① COURSE50については、更なる技術発展を目指す形で**本基金プロジェクトに移行**する予定。
 - ② フェロコークス技術の開発事業については、事業が終了する令和4年度以降早期の実用化を見据えて引き続き開発を行う予定。
- 「**「ゼロカーボン・スチール」に向けた調査研究**」での**成果**（「ゼロカーボン・スチール」の実現に向けた開発課題の抽出と研究開発ロードマップ）は**開発指針として本基金プロジェクトで活用**する。

【環境調和型プロセス技術の開発事業】

① COURSE50
(2008~2021年度、総額約320億円)

➡ **基金プロジェクトに移行**

② フェロコークス技術の開発事業
(2017~2022年度、総額約106億円)

➡ **令和4年度以降
早期の実用化を目指す**

【ゼロカーボン・スチールの実現に向けた調査研究】
(2020~2021年度、総額2億円)

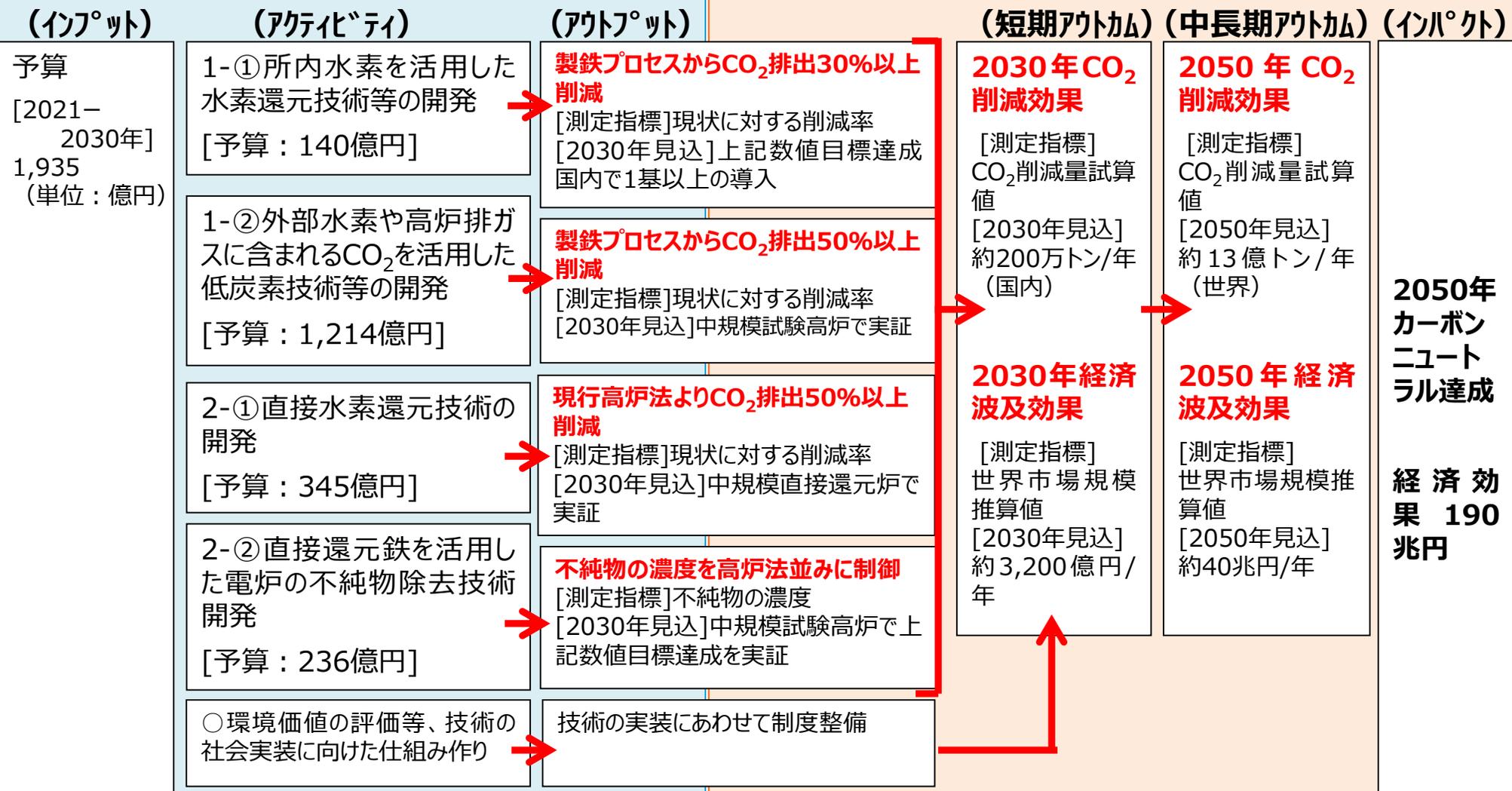
➡ **本事業の成果を
基金プロジェクトに活用**

製鉄プロセスにおける水素活用

追加 資4(p.10~14)

直接コントロールできる部分

経済・社会等の変化
(誰が/何が、どう変化することを目指しているか)



アウトカム (世界市場規模推計) 試算の考え方

- COURSE50技術を活用した高炉1基当たりの予想年間粗鋼生産量約400万トン、平均鉄鋼価格約8万円/トンから算出 (2030年)
- エネルギー技術見通し2020 (IEA) におけるグリーンスチール (水素還元技術、CCUS技術による製鉄) の最大生産量 5 億トンから算出 (2050年)

- グリーン成長戦略においては、水素につき、2050年に20円/Nm³程度以下にするとされている一方で、水素還元鉄（100%水素のみを用いて鉄鉱石を還元した場合）が、現行の石炭還元鉄と等価になるためには、水素価格が約8円/Nm³と試算されている。
- 将来的な石炭価格の動向は不明ではあるものの、水素価格を始めとする市場環境によらず、水素還元製鉄技術を普及させていくため、
 - ①水素バリューチェーンやCCUS技術などのプロジェクトと連携して社会インフラを整備するとともに、鉄鉱石輸入国等も含めたサプライチェーン全体、更にはコンビナート等における他産業とも連携してトータルコストの低廉を図る。
 - ②製鉄コストが上昇した場合においても、グリーンスチールの環境価値が適切に評価され、需要家も含めたサプライチェーン全体でコストを負担していく仕組みを構築する。

①社会インフラ整備



- 他プロジェクトや他産業との連携
（水素以外にもメタン・バイオマス・CCS等の関連技術を総動員）
- 鉄鉱石輸入国（豪州等）との連携

②環境価値の適切な評価



- 製品に含まれるCO₂の計算方法の確立
- 国際的な評価制度づくり
（特に、我が国が強みを持つ高品位鋼のクオリティ認証 等）
- グリーンスチール市場の創設

- 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。関連する基金プロジェクトや各コンソーシアム（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）との連携や、コンビナート内での企業間連携（次項参照）を目指す。
- 鉄鉱石の主要輸入国の豪州と連携し、鉄鉱石の品位に関する共同研究を模索するとともに、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構築を目指す。
- 本プロジェクトの実施企業に対しては、技術開発の進捗状況や、こうした社会インフラの整備状況を踏まえたサプライチェーンの将来像を想定し、必要に応じて研究開発の内容を見直すとともに、製鉄プロセス以外も含めた事業活動全体でのカーボンニュートラル化も視野に、政府の水素供給コスト目標を前提とした持続可能なビジネスモデルを構築していくことを求めている。（例えば、水素の投入量を減らしCO₂の回収・利用量を増やす、直接還元炉を水素生産地（豪州等）に建設する等。）

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

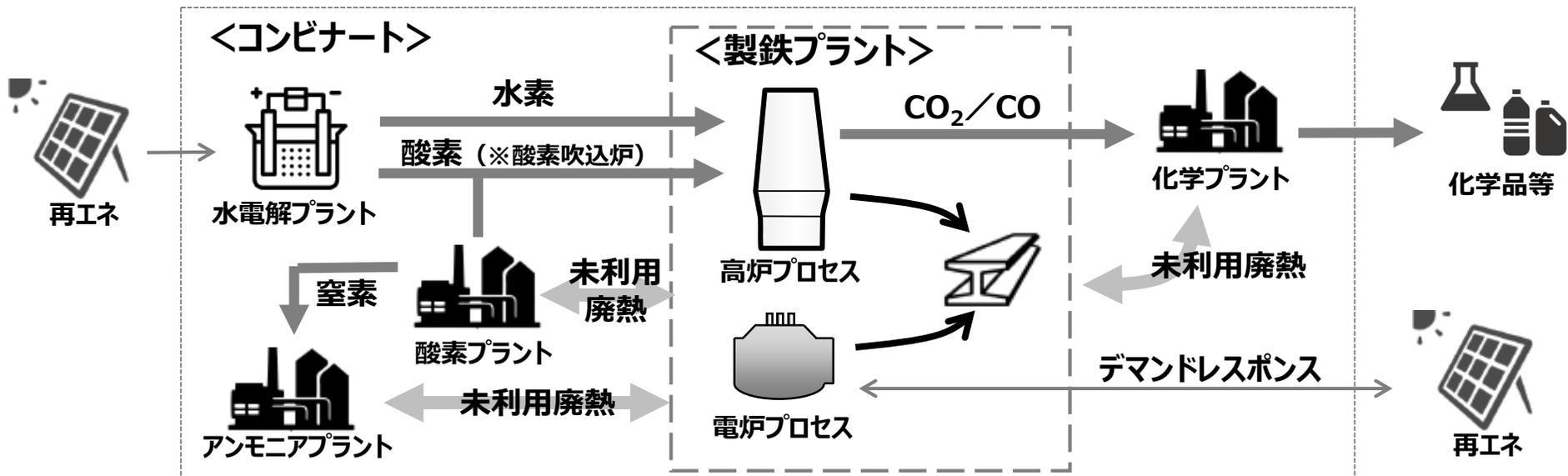
【日豪パートナーシップ】

- ・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。

【参考】他産業との連携のイメージ

- 水素還元製鉄プロセスにおける他産業との連携については、実際の立地場所ごとに検討する必要があるが、現時点で想定されるアイデアとしては以下のとおり。
 - 水素製造工程（水の電気分解）で発生する副生酸素を、CR高炉に活用
 - 酸素吹き込みで余剰となる窒素を、アンモニア製造プラントに供給
 - 高炉排ガスに含まれるCOやCO₂を、周辺の化学プラントに供給
 - 日中の余剰となる太陽光発電を電気炉で利用（デマンドレスポンス）
 - 未利用排熱を、コンビナート全体で有効活用
- 他産業との連携を加速することにより、製鉄所を結節点として、周辺地域全体のカーボンニュートラルを促進する存在となることが期待されている。

コンビナートにおける連携（イメージ）



【参考】鉄鉱石の低品位化への対応

追加

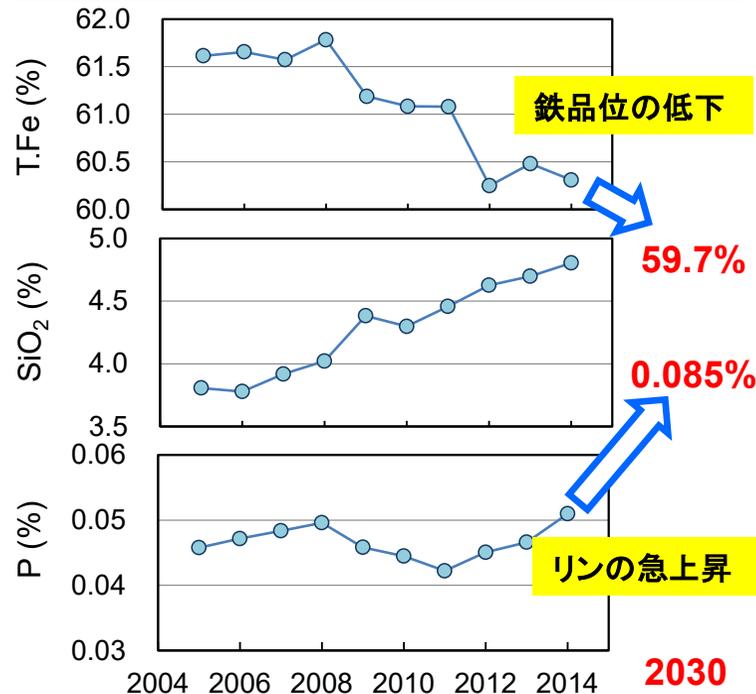
- 我が国では、主に豪州等から鉄鉱石を輸入しているが、近年、鉄品位の低下やリン成分の増加など、鉄鉱石の低品位化が進んでいる。
- 現在、NEDO事業において、鉄鉱石の脱リンプロセスの開発など、低品位鉄鉱石の活用に向けた取組を推進中。
- NEDO事業の成果も踏まえつつ、本プロジェクトにおいて、それぞれのステップにおける銑鉄に含まれる不純物を予測した上で、不純物濃度の制御技術や必要な製錬技術を開発していく。

世界の鉄鉱石貿易実績（2019）

単位 百万t/年	欧州 (28)	旧ソ連	北米等 (NAFTA A)	南米	アフリ カ中東	アジア	豪州等 (オセア ニア)	その他 (他欧 州)	輸入 合計	輸入 (域外)
日本	0.2	1.7	9.4	32.2	4.5	3.0	68.6	0	119.6	116.6 (アジア外)
欧州 (28)	33.7	25.5	23.7	33.0	18.1	0.5	0.3	2.3	137.2	103.5 (欧州外)
中国	1.5	26.5	12.4	236.6	68.5	42.8	682.0	0.3	1070.6	1027.8
輸出 合計	44.9	75.6	64.8	360.9	120.7	94.5	887.3	3.3	1651.8	1479.7

出典：世界鉄鋼協会公表データより抜粋し日鉄総研にて作成

豪州産鉄鉱石に含まれる成分の推移



出典：NEDO PJ「鉄鉱石の劣質化に向けた高級鋼材料創生のための革新的省エネプロセスの開発」にて整理

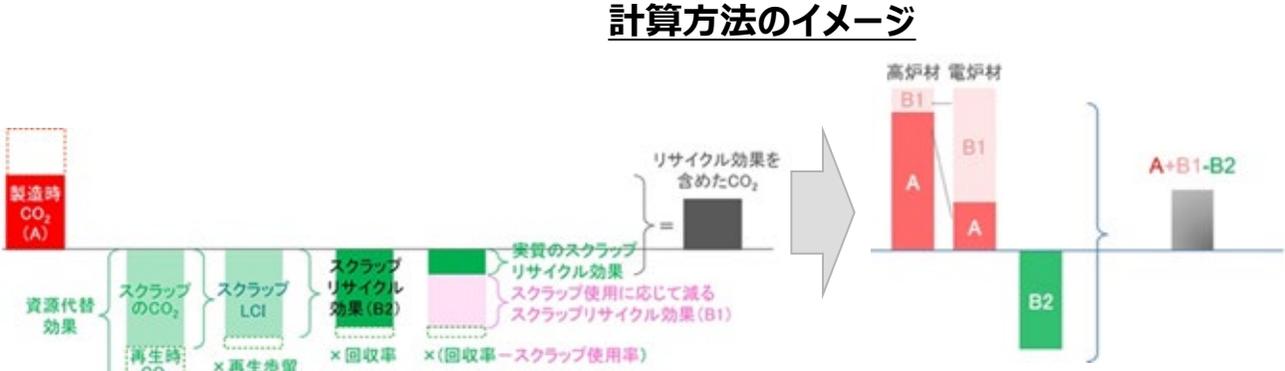
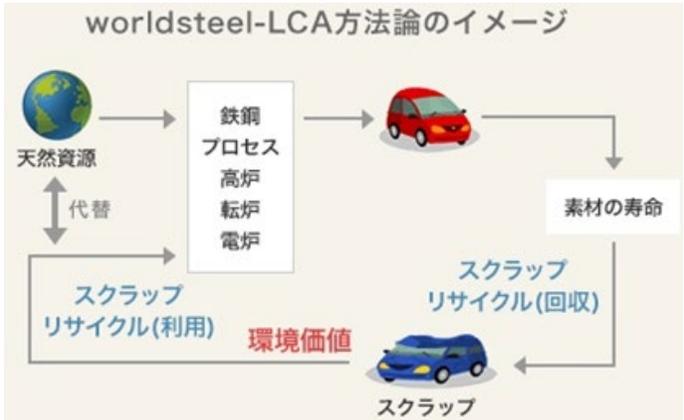
社会実装に向けた取組②（環境価値の適切な評価）

修正 資4(p.17)

- 水素還元技術等の革新技術が確立した場合、水素の価格水準によっては、製鉄コストが上昇することが見込まれる。このような場合においても、我が国鉄鋼業が、競争力を確保しつつ、水素還元技術を社会実装していくためには、グリーンスチールの環境価値が適切に評価され、需要家も含めたサプライチェーン全体でコストを負担していく必要。
- G7気候・環境大臣会合でも議論されているように、グリーン産業製品の国際的に競争力のある市場を創出するためには、国際的に協力して取り組んでいくことが必要。そのため、我が国としても、製品に含まれるCO₂の計算方法の確立、環境価値に関する評価制度づくり等、グリーンスチール市場の創出に向け、官民で率先して取り組んでいく。
- また、グリーンスチールを始めとするグリーン産業製品の普及に向け、供給側のみならず需要側への制度的措置の検討も含め、技術の導入促進策も検討していく。

○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

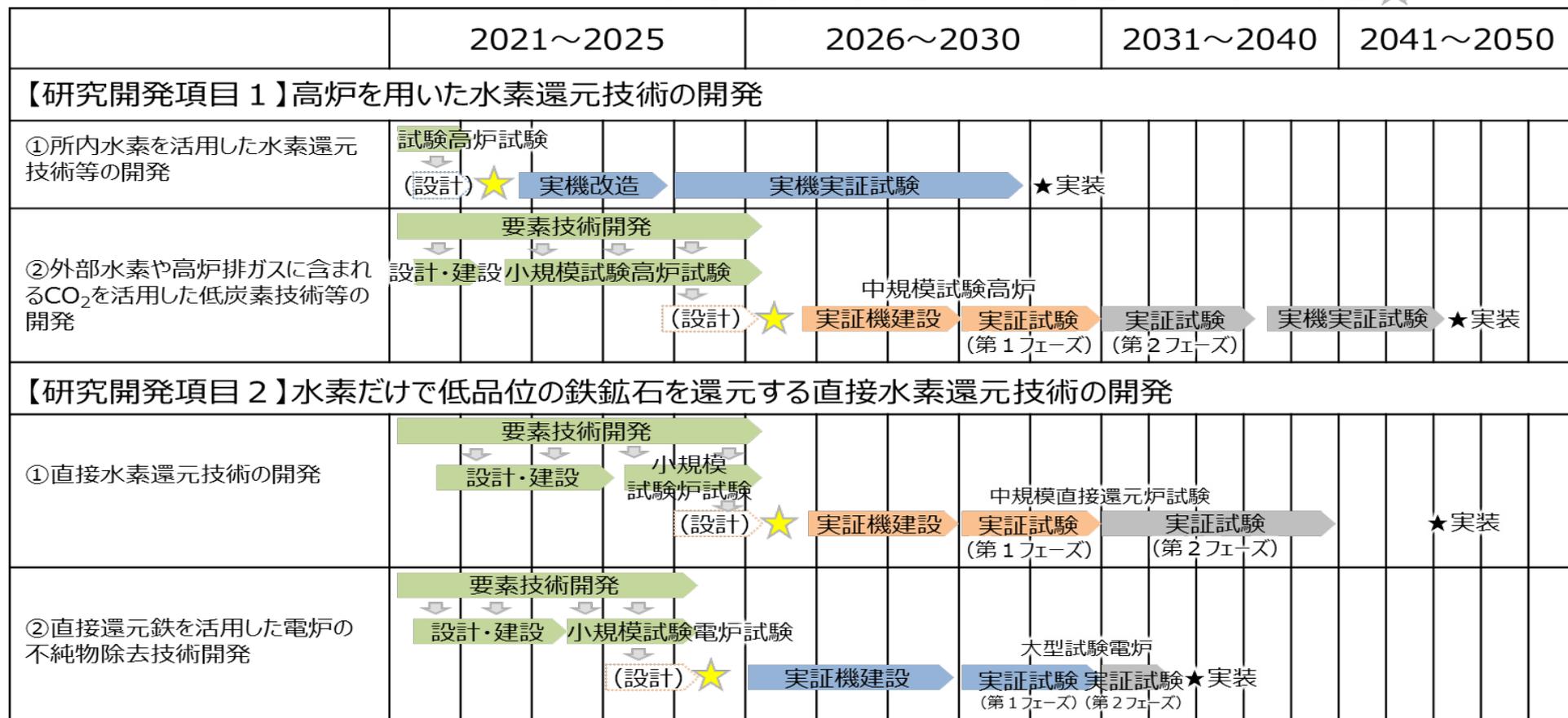
2. 研究開発項目と社会実装に向けた取組

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、国際的な競争環境や2050年までのカーボンニュートラル達成の業界目標から逆算すると、想定される一例は以下のとおり（国際的な競争環境を踏まえ、6月22日の第3回WGで提示した想定スケジュールを加速化）。
- 幅広い企業が関与すべきプロジェクトであることから、採択にあたっては、**サプライチェーン上の影響も踏まえて評価**する。

▶ 要素技術開発・小規模実証
 ▶ 中規模実証
 ▶ 大規模・実機実証
 ★ ステージゲート



- 適切なタイミングでステージゲートを設けるとともに、ステージゲートにおいては、目標達成状況だけでなく、外部環境変化（海外企業の進捗を踏まえた本プロジェクトの競争優位性、水素価格の見通し等）を踏まえた社会実装可能性を精査し、蓋然性が高いプロジェクトに限り、事業を継続する。
- また、各研究開発項目は、相互に連携又は競合しうるものであることから、各取組の進捗の関係性も踏まえながら、必要に応じ、計画の見直し（絞り込み又は開発内容の変更など）を図っていくことが重要。

【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

2022年頃に実機実証実験開始（設計・建設含む）

（表の例では2022年頃に試験高炉において、約30%のCO₂削減が実現できることを確認した上で、事業継続を判断）

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

2026年頃に中規模試験高炉（500m³級以上）での実証実験開始（設計・建設含む）

（表の例では2025～2026年頃に小規模試験高炉において、約50%のCO₂削減が実現できることを確認した上で、事業継続を判断）

【研究開発項目2】水素だけで低品位の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

2026年頃に中規模直接還元炉での実証実験の開始（設計・建設含む）

（表の例では2026年頃に小規模試験炉において、約50%のCO₂削減が実現できることを確認した上で、事業継続を判断）

② 直接還元鉄を活用した電炉の不純物除去技術開発

2026年頃に大規模試験電炉での実証実験の開始（設計・建設含む）

（表の例では2025年頃に小規模試験電炉において、製品の品質に影響する不純物の濃度を高炉法並みに制御できることを確認した上で、事業継続を判断）

- 国内の高炉各社（日本製鉄、JFEスチール、神戸製鋼所）は、いずれも、2050年カーボンニュートラルを目指すことをコミット。その実現に向けて、ロードマップを策定し、研究開発に多額の投資を計画していることを併せて表明しており、長期に渡り取組を進めていくこととしている。
- 鉄鋼業を始めとする素材産業における研究開発人材の育成のためには、研究開発投資が継続的に行われることが不可欠。
- 本プロジェクトの参画企業等には、「グリーンイノベーション基金事業の基本方針」に基づき、社会実装に向けた取組に対する経営者のコミットメントを求めることとしている。参画企業等には、2031年以降も着実に社会実装に繋げていくための取組の継続を求める。

<日本製鉄>

「カーボンニュートラルビジョン2050」にて、総額5,000億円以上の研究開発を行う旨を記載

<JFEスチール>

JFEホールディングスの「7次中期経営計画」にて、2021～24年で、1,600億円規模のグリーントランスフォーメーション投資を行う旨を記載

<神戸製鋼所>

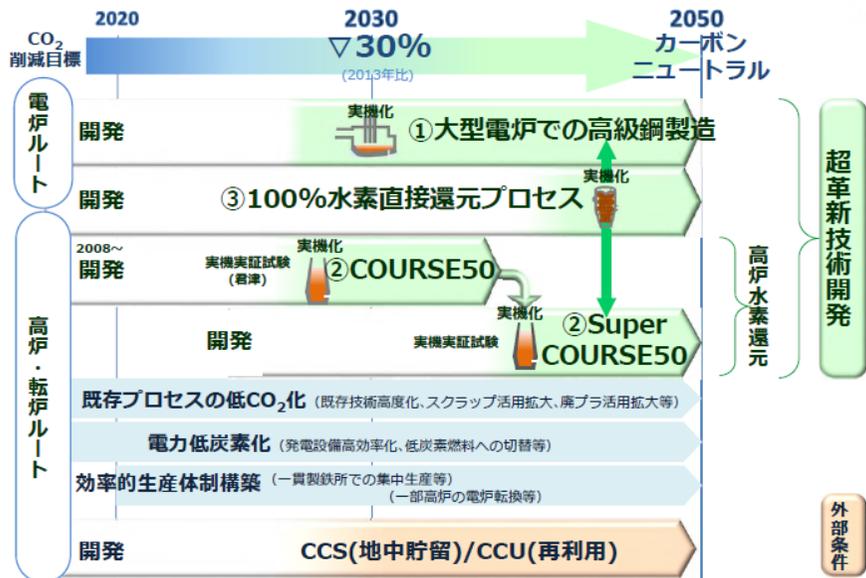
「中期経営計画（2021～2023年度）」にて、2021～23年度で毎年300億円程度の研究開発費を計画している旨を記載

【参考】各社のカーボンニュートラル実現に向けたロードマップ

追加

- 各社は、2050年カーボンニュートラルに向けたロードマップを策定・公表済み。本プロジェクトの実施に当たっては、こうした各社の計画と整合的に取り組む。

＜日本製鉄＞



＜JFEスチール＞



＜神戸製鋼所＞



(出典)
 日本製鉄：日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050（2021年3月30日）
 JFEスチール：JFEグループ環境ビジョン2050（2021年5月25日）
 神戸製鋼所：KOBELCOグループ（2021～2023年度）中期経営計画（2021年5月11日）