

鉄鋼業を取り巻く状況について

令和6年10月16日

GX推進のためのグリーン鉄研究会事務局

1. 我が国の鉄鋼業について

生活と産業を支える鉄

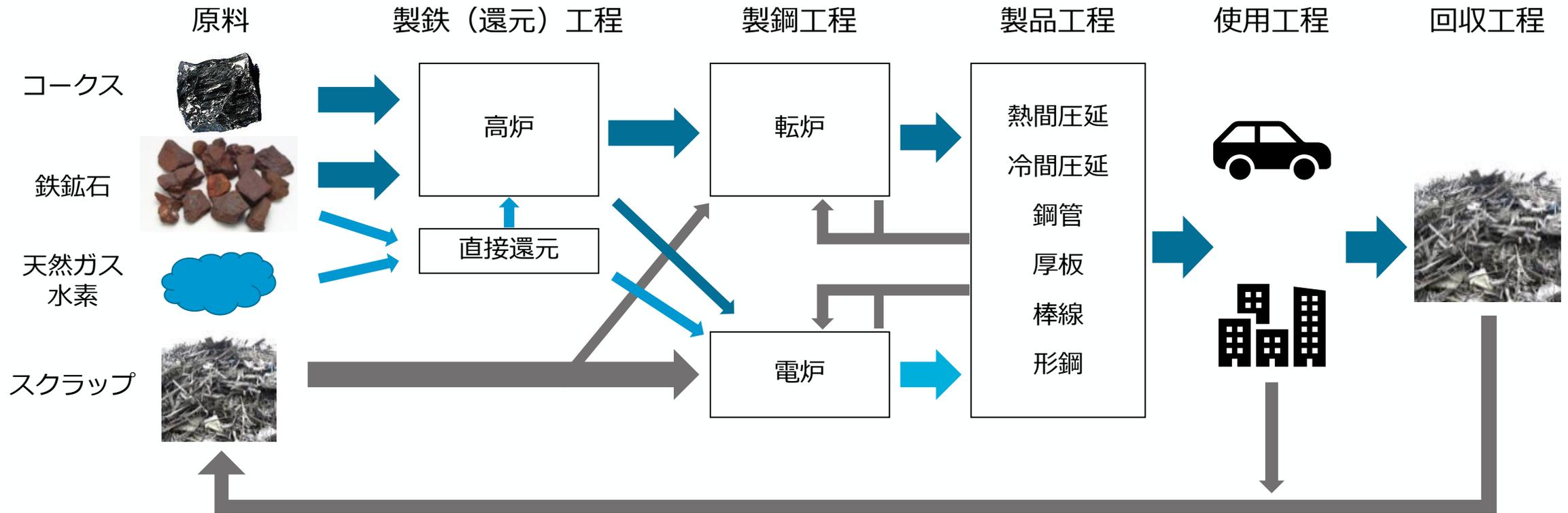
- 鉄は、自動車、船、鉄骨、家電、缶などといった鉄製品はもちろんのこと、農産品や服飾品など鉄を直接使用していない製品であっても、それを生産するための道具や機械、その部品にも使われており、さらに部品を製造するための金型も鉄製品であるなど、現代のあらゆる製品を製造する上で欠かすことができない基礎素材。
- 素材としての裾野が広く、高度成長期には「鉄は産業のコメ」と表現された時代もあった。



(写真・イラスト) (一社) 日本製鉄連盟HP、ドラム缶工業会HP、東洋製罐HP、日本製鉄HP、(一社) 日本ダクタイル鉄管協会HP、全日本一般缶工業団体連合会HP、(一社) 特殊鋼倶楽部HP、JFEスチールHP

製鋼製造プロセスの概要

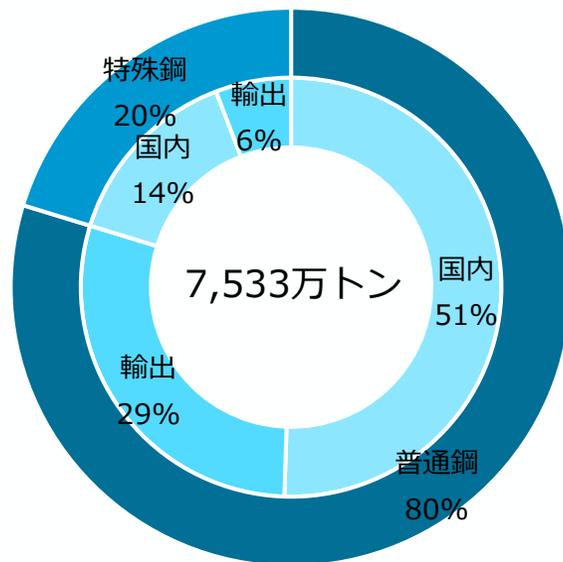
- 大きく分けると、鉄鉱石をコークスで還元する高炉法、鉄鉱石を天然ガスや水素で還元して電炉で精錬する直接還元法、スクラップを原料にした電炉法がある。



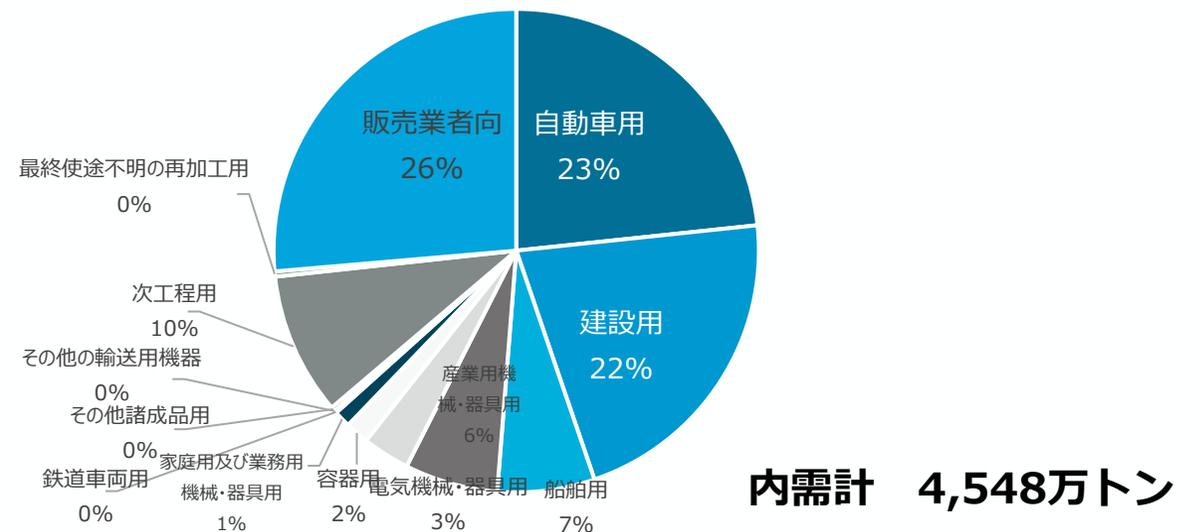
国内で生産された鉄の需要先

- 粗鋼から生産される鋼材のうち、普通鋼鋼材が約 8 割、特殊鋼鋼材が約 2 割。出荷先は、国内が約 7 割、輸出が約 3 割。
- 鉄鋼業は、基礎素材産業として日本経済とその源泉となる日本の産業の競争力を下支えしている。鉄鋼メーカーから出荷される段階で、国内での最終用途が判明している鋼材の内訳では自動車用、建設用向けが高いシェアとなっており、需要側のニーズに合わせて様々な製品を生産している。

鋼材別出荷（2022年度）



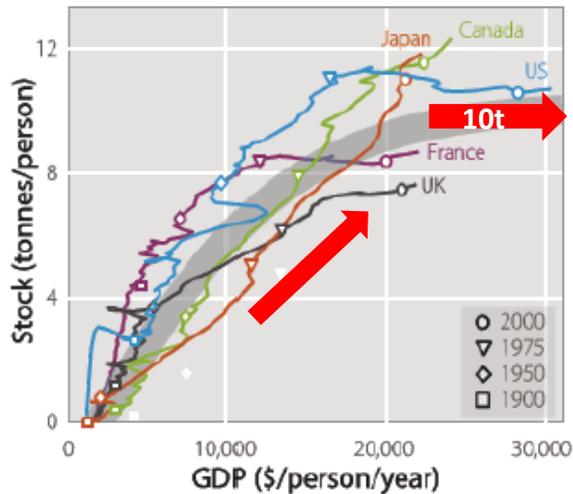
用途別内訳（内需）（2022年度）



鉄鋼需要予測について

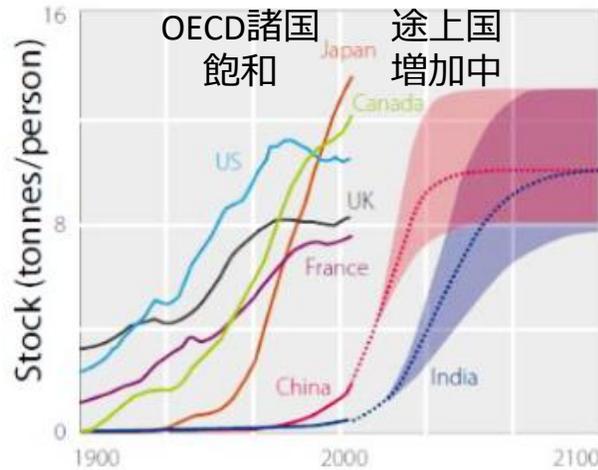
- 鉄鋼材料は社会インフラに必要不可欠であるため、GDP増加と鉄鋼蓄積にはこれまで正の相関性がみられた。
- OECD諸国における鉄鋼蓄積量は10t/人内外と推計されており、OECD諸国においては飽和に近づいているが、途上国においては飽和しておらず、人口も増加が見込まれることから、世界全体では今後も鉄鋼蓄積量の増加が予想される。

一人当たりGDPと鉄鋼蓄積との関係



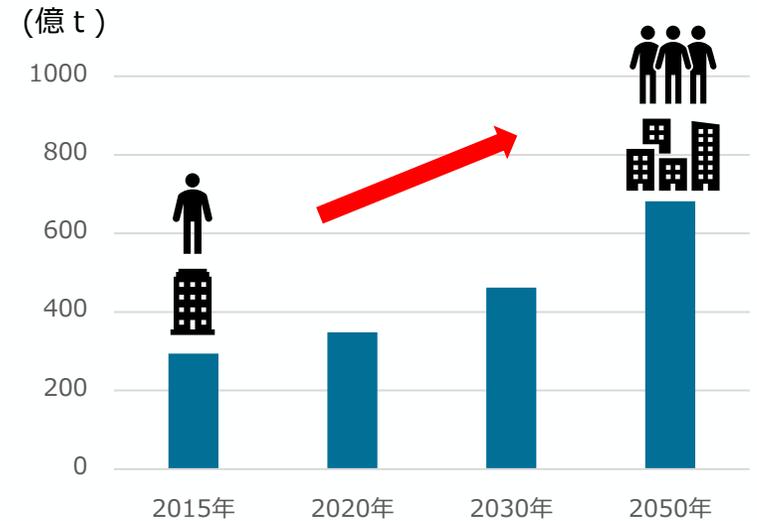
出典：Muller, et al, "Patterns of Iron Use in Societal Evolution", Environ. Sci. Technol. 2011, 45

一人当たり鉄鋼蓄積の推移



出典：“Sustainable steel: at the core of a green economy”, World Steel Association, 2012

世界の鉄鋼蓄積量の想定推移

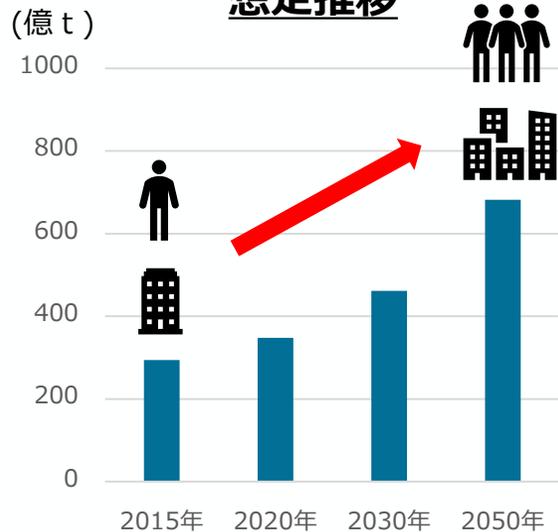


※世界人口及び一人あたりの鉄鋼蓄積を仮定して、鉄鋼蓄積総量を予測したものになる。

鉄鋼蓄積量と粗鋼生産量の増加について

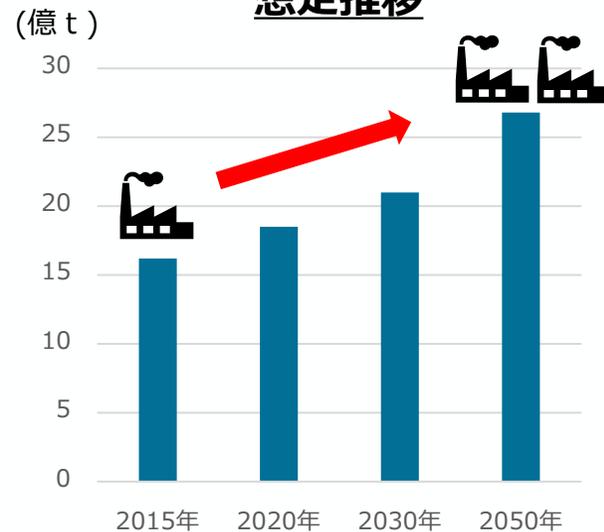
- 鉄鋼蓄積の増加に伴い、スクラップの発生が増加するが、スクラップを全量リサイクルしても粗鋼生産量を満たすことはできない。
- 足りない分は鉄鉱石の還元を行い、新たな鉄源を生み出す必要がある。

世界の鉄鋼蓄積総量の
想定推移



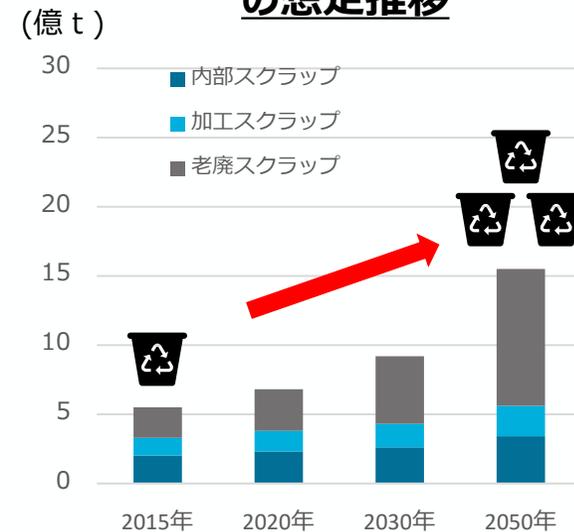
世界人口と、一人あたりの鉄鋼蓄積を仮定して、鉄鋼蓄積総量を予測

世界の粗鋼生産量の
想定推移



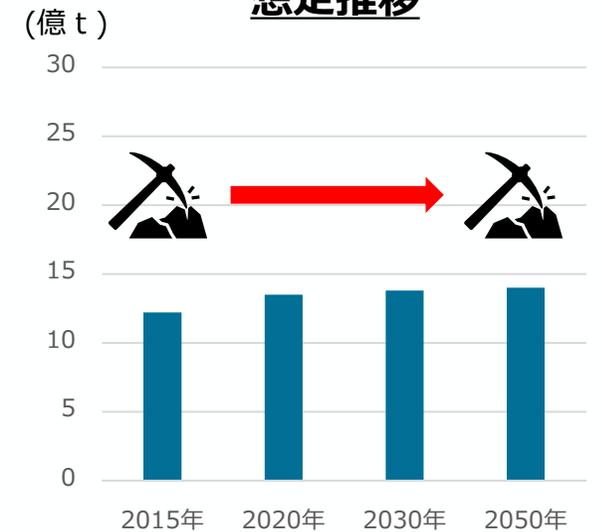
世界の鉄鋼蓄積の増加を満たすのに必要な粗鋼生産量は、今後も増加

世界のスクラップ発生量の
想定推移



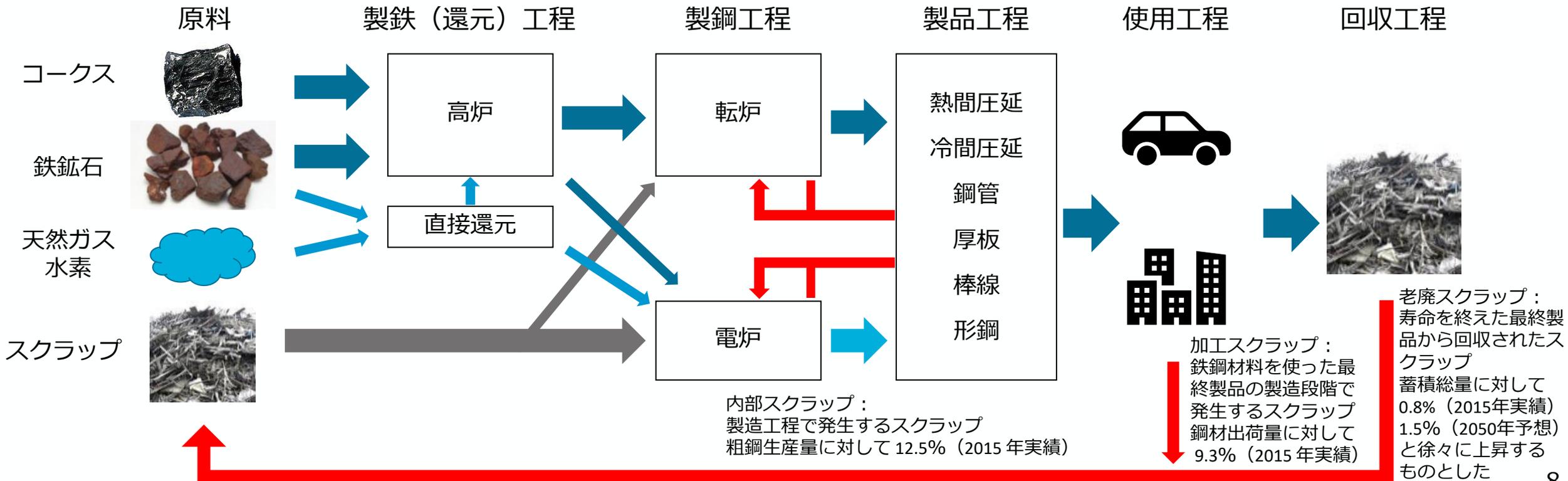
鉄鋼蓄積の増加に伴い、スクラップの発生が増加が想定されるが、スクラップを全量リサイクルしても、年々必要となる粗鋼生産を満たすには、不足する鉄鉱石をからの製鉄が将来にわたって足元と同程度の規模が必要。

世界の鉄鉄・DRI生産量の
想定推移



スクラップ発生量について

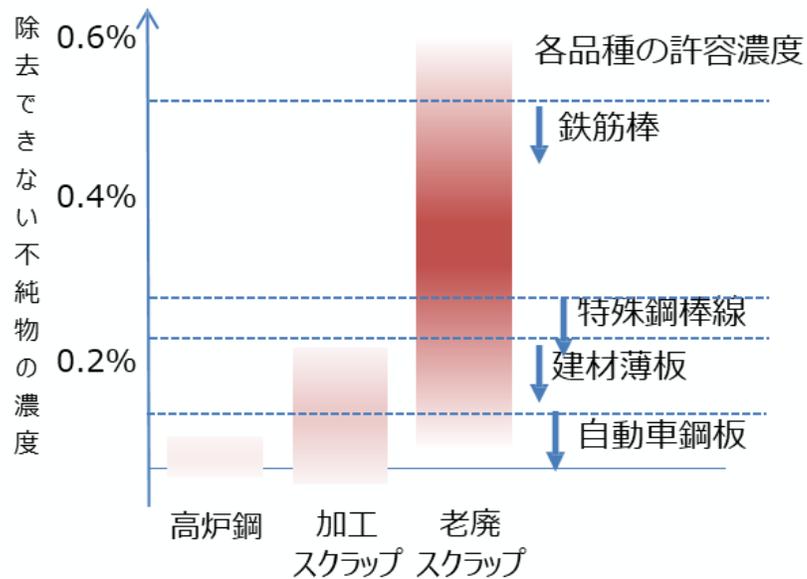
- スクラップには、製造工程で発生する内部スクラップ、使用工程で発生する加工スクラップ、回収工程で発生する老廃スクラップがある。世界で見ると、老廃スクラップの発生量は、総蓄積量の増加、発生率の増加によって年々増加する見込み。
- スクラップは不純物が混ざりやすく、自動車向けなどの高級鋼が作りにくいといった面もあるが、一般的には鉄鉱石などから還元するよりも投入エネルギー量が少ない。



(参考) 不純物の影響と品種ごとの許容濃度について

- 銅 (Cu) 、錫 (Sn) 等一部の化学成分は鉄鋼精錬過程で除去することが困難で、赤熱高温脆化による割れ発生や、鋼材特性の劣化の原因となる。スクラップには不純物が含まれるため、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であった。
- 鉄鉱石を基にした高炉法と、スクラップを基にした電炉法では鋼材品種によってシェアが異なる。一般に形鋼、棒鋼は電炉比率が高く、熱延鋼板、冷延鋼板は高炉比率が高い。

各素材の不純物濃度及び品種ごとの許容濃度



製鋼の品種別用途と、高炉・電炉比率

分類	主な用途	うち高炉	うち電炉
H型鋼	建築・橋梁・船舶	28.2%	71.8%
普通線材	鉄線・針金・釘	49.3%	50.7%
厚中板	建築・橋梁・造船用	85.3%	14.7%
鋼矢板	土木建設	86.8%	13.2%
亜鉛メッキ	建築・自動車・家電製品	87.1%	12.9%
冷延コイル	自動車・電気機器・鋼製家具	92.3%	7.7%
熱延コイル	自動車・建築・産業機械	92.7%	7.3%

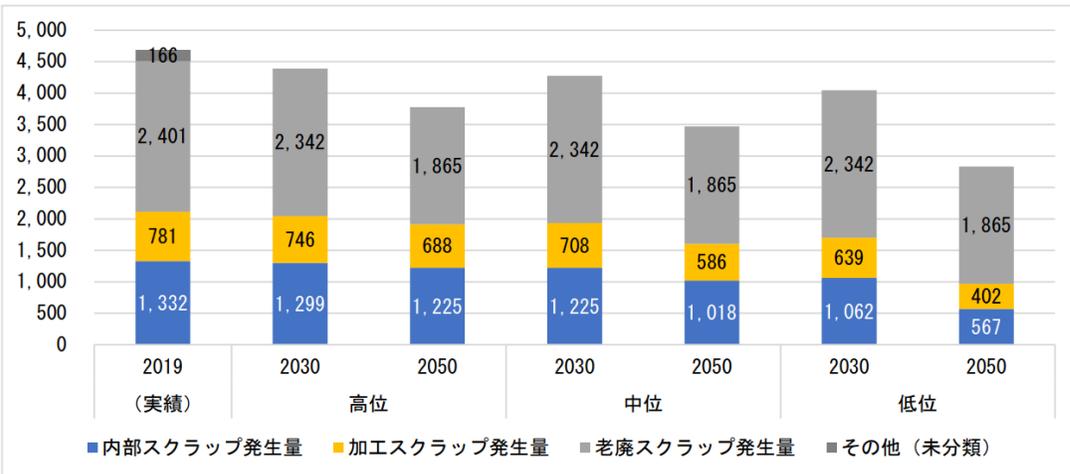
出典：Jones, A.J.T., Assessment of the Impact of Rising Levels of Residuals in Scrap, Proceedings of the Iron & Steel Technology Conference (2019)

出典：鉄鋼新聞、日本鉄鋼連盟HP等

(参考) 日本におけるスクラップ発生量について

- 今後のスクラップ発生量は、人口減少等の理由で長期的には減少が見込まれるが、2050年においても一定量は発生する見込み。
- 後述するが、電炉を用いて高級鋼を製造する取り組みが進められている。使用できるのは「加工スクラップ」と「老廃スクラップの一部」であり、有効活用の拡大、使用できるスクラップ量の拡大が重要。

2030年、2050年のスクラップ発生予測 (単位万トン)



出典：2019年度実績は鉄源年報より。推計は日鉄総研作成

出典 (左グラフ、右表)：日鉄総研株式会社 カーボンニュートラルを踏まえた我が国金属産業の持続的発展に向けた調査事業をもとに経産省作成

「高級スクラップ」と、高級鋼製造上求められるスクラップの定義

名称	高級スクラップ	「高級鋼」製造において求められるスクラップ
定義	上級スクラップ、品質の良いスクラップ等。需要家ごとの品質要件に関係なく、市中で一般的に高値で取引されているもの	パフォーマンスギャランティーを行う鋼材を製造する上で求められるスクラップ
要件	一般に ①高比重が高い ②出自が明らか ③不純物(ダスト)の混入がない	成分が保証できるスクラップ
該当するスクラップ	新断、HS、場合によってはH1スクラップ	①加工スクラップ全般 一般に低級スクラップと言われるグライ粉も、分別管理が徹底され、成分が把握できる場合には該当し得る。 ②老廃スクラップの一部 例1：事前に需要家と合意した手順で解体されたAプレス 例2：細かく破砕して丁寧な分別回収を行い、独自の成分規格を付与したシュレッダー

2. 鉄鋼業におけるCO₂排出状況について

鉄鋼業のCO₂排出の現状

- 2022年度、**我が国産業部門のCO₂排出のうち38%**（国全体のCO₂排出の13%）を占める鉄鋼業において、CO₂排出量の削減は喫緊の課題。

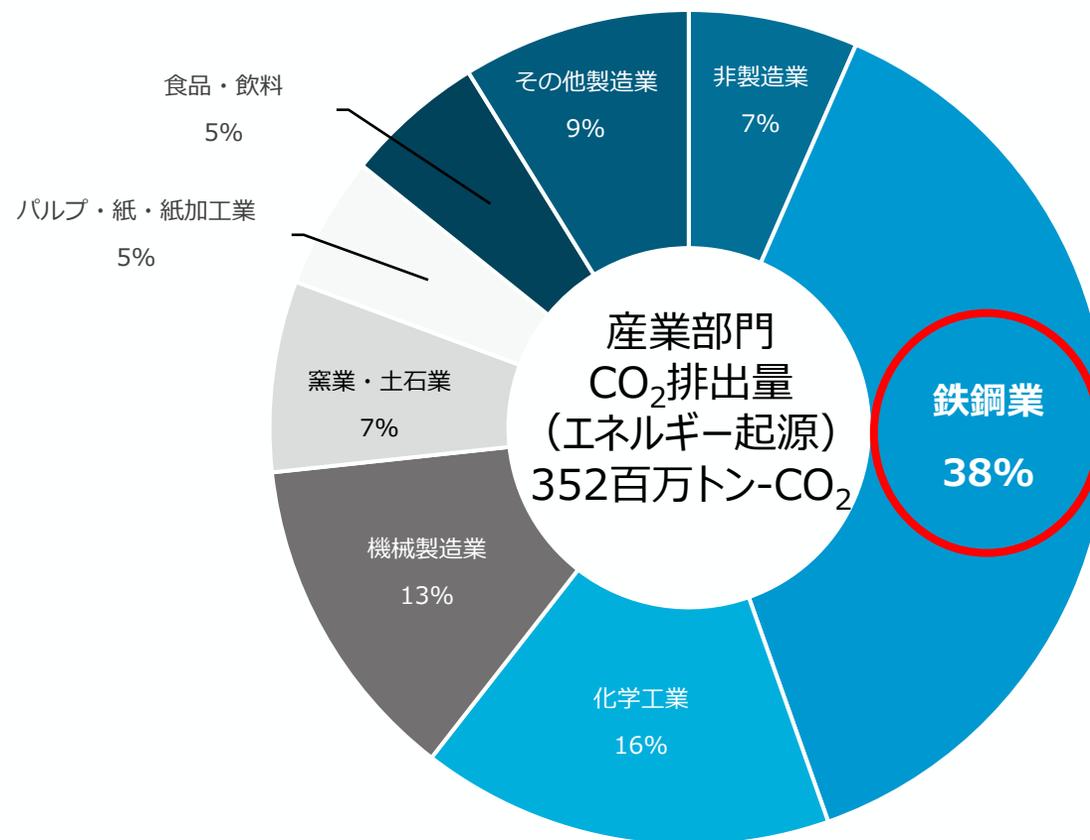
温室効果ガス(CO₂)の排出量

国全体：1,037百万トン

うち、産業部門：352百万トン

うち、**鉄鋼業：134百万トン**

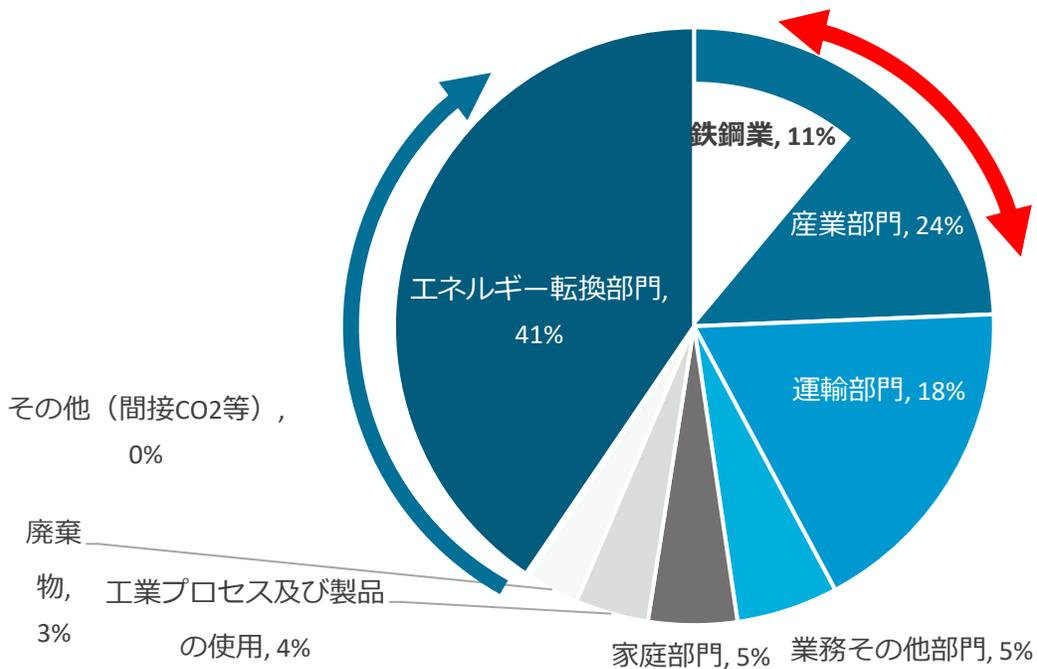
特に、製鉄プロセス（上行程）は、全工程におけるCO₂排出量の約8割を占めており、**製鉄プロセスにおけるCO₂排出削減が重要**



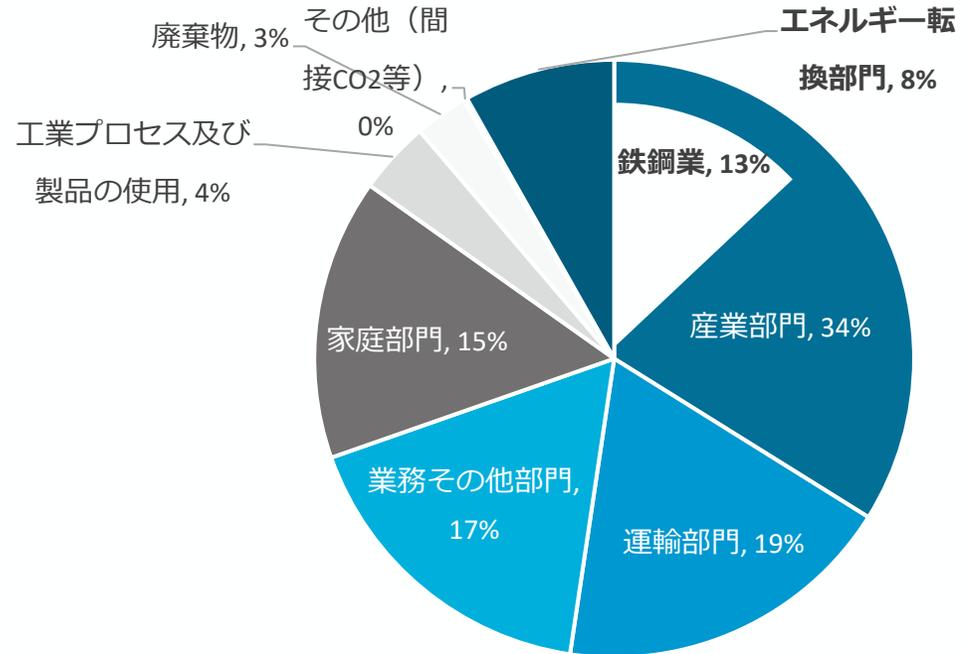
(参考) 鉄鋼業のCO₂排出量

- 電気・熱配分前では産業部門は全体の約24%（鉄鋼業11%）であり、電気・熱配分後では産業部門は全体の約34%（鉄鋼業13%）となる。

電気・熱配分前



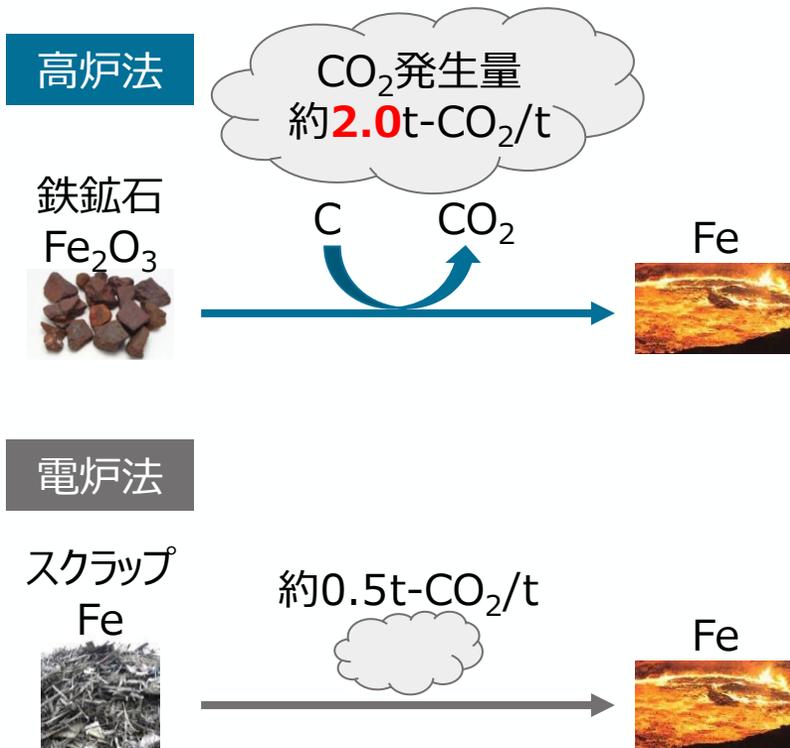
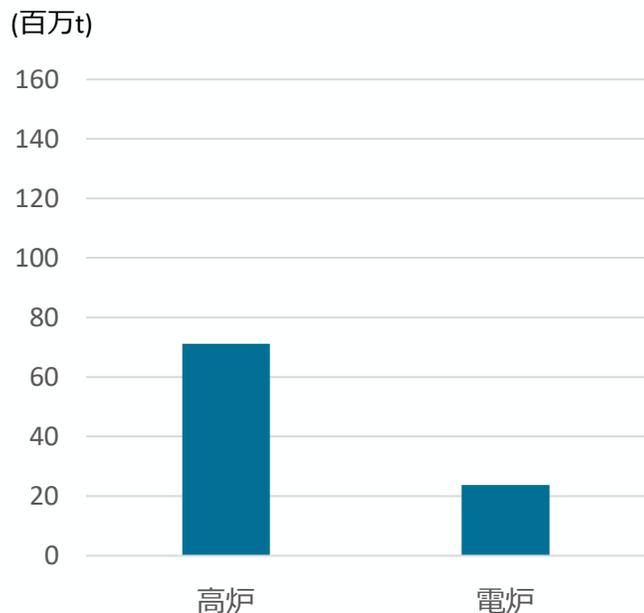
電気・熱配分後



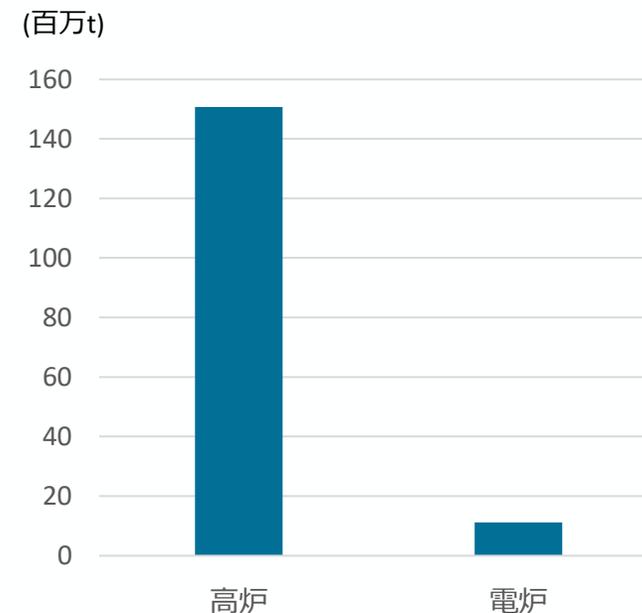
製法別の粗鋼生産量と温室効果ガス算定排出量（国内）

- 現行の高炉法においては、コークス（石炭）を用いて還元する過程で不可避免的にCO₂が発生するため、CO₂排出原単位が電炉法よりも大きい。
- 鉄鋼部門のCO₂排出量のうち、90%以上は高炉メーカーから排出されている。

2021年度粗鋼生産量



2021年度温室効果ガス算定排出量



出典（CO₂発生量）：JFEグループ環境経営ビジョン2050 説明会資料（2021年5月25日）

※鉄スクラップ自体も、鉄鉱石から高炉法により生産される際にはCO₂を排出しているため、scope3まで含めると製鉄法の違いによるCO₂排出量の差異は生じない点に留意が必要。

出典（粗鋼生産量）：一般社団法人日本鉄鋼連盟 生産統計/時系列

出典（温室効果ガス算定排出量）：環境省「温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度 フロン類算定漏えい量報告・公表制度ウェブサイト」

製法別のCO2排出原単位と排出量（世界）

- Worldsteelのデータより、製法別のCO₂排出量を計算したところ、全CO₂排出量のうち、約9割は高炉法によるものであった。

	2022年	高炉法	電炉法	直接還元法
元データ	粗鋼生産シェア	72%	21%	7%
	CO ₂ 排出原単位	2.33	0.68	1.37
				
計算値	CO ₂ 排出量比	88%	7%	5%

鉄鋼業のCO₂排出削減

- 我が国は、2030年度において、温室効果ガス46%削減（2013年度比）を目指すこと、さらに50%の高みに向けて挑戦を続けることを表明
- 鉄連は2030年度のエネルギー起源CO₂排出量（総量）を2013年度比30%削減することを目標に掲げている

地球温暖化対策計画の改定について

■ 地球温暖化対策推進法に基づく政府の総合計画

「2050年カーボンニュートラル」宣言、2030年度46%削減目標[※]等の実現に向け、計画を改定。

[※]我が国の中期目標として、2030年度において、温室効果ガスを2013年度から46%削減することを目指す。さらに、50%の高みに向け、挑戦を続けていく。

温室効果ガス排出量・吸収量 (単位：億t-CO ₂)	2013排出実績	2030排出量	削減率	従来目標
エネルギー起源CO ₂	14.08	7.60	▲46%	▲26%
部門別				
産業	4.63	2.89	▲38%	▲7%
業務その他	2.38	1.16	▲51%	▲40%
家庭	2.08	0.70	▲66%	▲39%
運輸	2.24	1.46	▲35%	▲27%
エネルギー転換	1.06	0.56	▲47%	▲27%
非エネルギー起源CO ₂ 、メタン、N ₂ O	1.34	1.15	▲14%	▲8%
HFC等4ガス（フロン類）	0.39	0.22	▲44%	▲25%
吸収源	-	▲0.48	-	(▲0.37億t-CO ₂)
二国間クレジット制度（JCM）	官民連携で2030年度までの累積で1億t-CO ₂ 程度の国際的な排出削減・吸収量を目指す。我が国として獲得したクレジットを我が国のNDC達成のために適切にカウントする。			-

2030年目標と対策項目

エコプロセス

政府エネルギー基本計画のマクロ想定や各種対策の実施のための必要条件が整うことを前提に、BATの導入等による省エネの推進、廃プラスチックの活用、2030年頃の実機化を目的に現在開発中の革新的技術の導入、その他CO₂削減に資する原燃料の活用等により、2030年度のエネルギー起源CO₂排出量（総量）を2013年度比30%削減する。

対策内容	削減想定 (万t-CO ₂)	算定根拠
1. 省エネの推進 (コークス炉の効率改善、発電設備の効率改善、省エネ設備の増強、主な電力需要設備の効率改善、電炉プロセスの省エネ)	約270	エネ基/温対計画で政府が示したポテンシャル ※電炉プロセスの省エネは各社ヒアリングによるもの
2. 廃プラスチックのケミカルリサイクル拡大	約210	エネ基/温対計画で政府が示したポテンシャル (廃プラ活用量を100万トンまで拡大)
3. 革新的技術の導入 (COURSE50、フェロコークス)	約260	エネ基/温対計画で政府が示したポテンシャル
4. その他 (CO ₂ 削減に資する原燃料の活用等)	約850	輸出スクラップ(約750万トン)を全量国内利用した場合の削減効果等
5. 生産変動	約3,400	エネ基/温対計画で政府が示した全国粗鋼生産想定(9,000万トン)※となった場合に発現するCO ₂ 排出削減量 ※各社が公表した生産能力削減等の経営計画を積み上げたものではない
6. 購入電力排出係数の改善	約800	購入電力の排出係数改善(0.25kg-CO ₂ /kWh)が実現した場合に発現するCO ₂ 排出削減量
合計	約5,790 (30%削減)	

分野別投資戦略（鉄鋼）

【GXの方向性】

- ・大型革新電炉・直接還元等による高付加価値鋼板製造の生産を拡大。
- ・削減価値をGX価値として訴求することで、我が国でもグリーンスチールを市場投入・拡大。
- ・同時に、高炉での水素還元製鉄の研究開発・実装を加速し、世界に先んじて大規模生産を実現。



電炉

【投資促進策】

- ・大型革新電炉転換や還元鉄の確保・活用等のプロセス転換投資支援。
 - ・GI基金によるR&D・社会実装加速。等
- ※同時に、GX価値（カーボンフットプリント：CFP、マスマランス、リサイクル等）の見える化や、導入補助時のGX価値評価等のインセンティブ設計等を通じた市場創造も併せて実施（他分野共通）。



12m³ 小規模試験高炉(水素還元)

鉄鋼産業の生産プロセス転換に関する政策的な取組状況

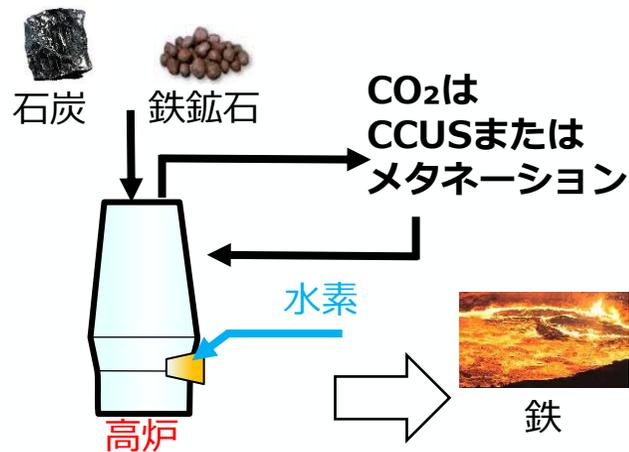
- グリーンイノベーション基金「製鉄プロセスにおける水素活用」事業において、鉄鋼産業の生産プロセス転換に関して支援を実施している。

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CO₂が発生する。

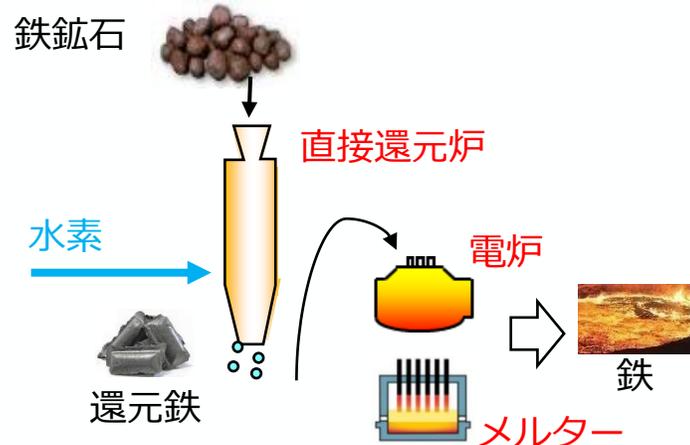


水素還元製鉄・カーボンリサイクル



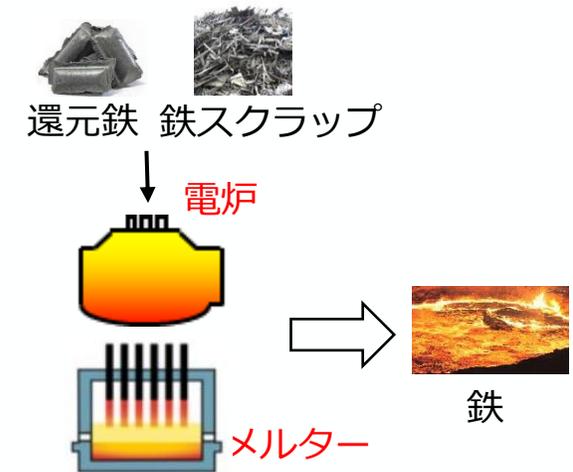
・高炉で使用する石炭の一部を水素、またはメタンに代替することで、製鉄プロセスで発生するCO₂排出量を大幅に抑制。

直接還元製鉄



・石炭を使わずに、水素だけで低品位の鉄鉱石を還元。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。

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。

(参考)水素還元高炉技術の開発状況 (中・印・米の開発取組)

- 中国では、宝武鋼鉄集団八一鋼鉄が同社HPで、2020年7月から430m³の小型試験高炉での試験を開始し、CO₂削減率21%以上達成を発表。2023年6月に同技術を2,500m³規模の既存高炉に適用開始。2023年9月に86日間の試験生産を実施し、安定生産、CO₂削減率15%を達成。2024年末頃の稼働を予定。
- インドでは、Tata Steelが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。同試験により、粗鋼生産量1tあたりCO₂排出量を約7~10%削減できる見込み。
- アメリカでは、Cleveland-Cliffsが2023年5月にミドルタウン工場で、2024年1月にインディアナ・ハーバー工場で高炉実機への水素吹き込み試験を実施したと発表。



図 八一鋼鉄の小型試験高炉

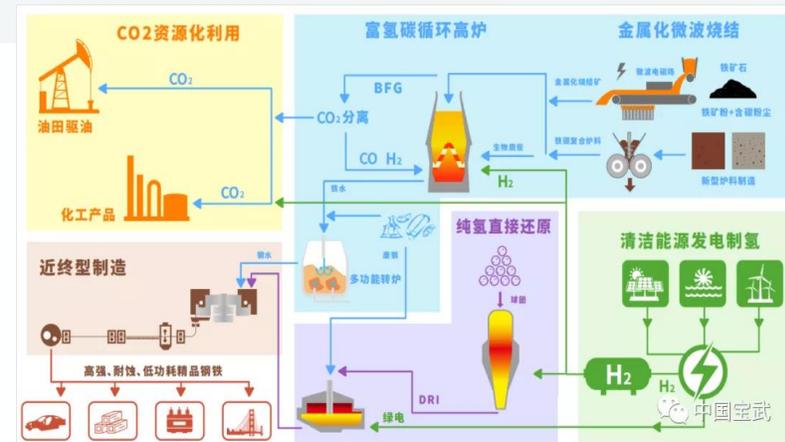


図 宝武・低炭素冶金技術ロードマップ

(出典) 宝武鋼鉄集団 八一金属 HP (2022/11/20) <http://www.bygt.com.cn/detail/261713> 宝武鋼鉄集団 八一金属 HP (2023/7/11) <http://www.bygt.com.cn/detail/287281>

新浪財經 (2023/12/25) <https://finance.sina.com/2023-12-25/detail-imzzfuex0268646.d.html?from=wap>

世界低炭素冶金革新フォーラム 基調講演/中国宝武党委員会書記・理事長 陳徳栄氏 (2021/11/18) Argus Media (2023/04/24) <https://www.argusmedia.com/en/news/2442292-indias-tata-steel-jamshedpur-starts-trial-h2-injection>

Cleveland-Cliffs HP (2023/5/8) <https://www.clevelandcliffs.com/news/news-releases/detail/591/cleveland-cliffs-completes-successful-blast-furnace>

Cleveland-Cliffs HP (2024/1/26) <https://www.clevelandcliffs.com/news/news-releases/detail/620/cleveland-cliffs-completes-successful-blast-furnace>

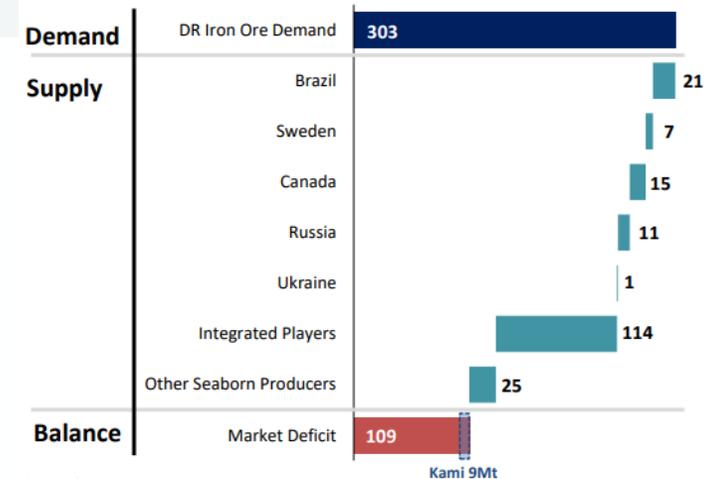
(参考)水素直接還元技術の開発状況（欧州・中国の開発取組）

- 欧州では、天然ガス及び高品位鉄鉱石（低品位鉄鉱石の利用には技術的課題あり）を用いた直接還元鉄生産プロジェクトが複数進行中。併せて、100%水素直接還元技術の開発を積極的に進めている。例えば、
 - ドイツでは、ThyssenKruppが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。
 - スウェーデンでは、SSABが直接水素還元技術の開発に向け2020年からパイロットプラントでの実証開始、2026年に商業生産開始を目指す。併せて、ボルボ・カーズと共同で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。
- 中国では、河北鋼鉄集団が高濃度水素ガスによる60万t/y規模の実証試験を2022年12月までに完了させたと発表。技術開発が加速している状況。

<還元鉄素材の供給について>

- 還元鉄に使用できるDRペレットは、鉄鉱石貿易量(2022年)約15.3億tのうち、約0.4億t=約3%。
- 還元鉄に使用できる鉄鉱石について、2031年の需要見込み約3.0億tに対して、供給見込み量は約2.0億t。供給見込み量が需要見込み量を下回っている。

(出典) ThyssenKrupp HP (2023/03/01) <https://www.thyssenkrupp.com/en/home>
 SSAB ANNUAL REPORT 2021 <https://mb.cision.com/Main/980/3526015/1549216.pdf>
 人民日報 - 河北チャンネル (2022/12/16) <http://he.people.com.cn/n2/2022/1216/c192235-40234243.htm>
 DR輸出量：IIMA Quarterly Trade Statistics Report (2024/1)
 DRグレード鉄鉱石需給予測：Altius Minerals Corporation HP https://altiusminerals.com/_resources/webcasts/2024-02-20-Kami.pdf?v=0.1



2031年のDRグレード鉄鉱石の需給予測 20

(参考)欧州各国鉄鋼メーカーの脱炭素化に向けた取組

- 欧州各国では高品位鉄鉱石を原料とした直接還元法 + 電炉による製鉄プロセスが主流。

	会社	場所	プロセス	生産量 (Mt/y)	操業 開始	還元ガス (操業開始時)
1	ArcelorMittal	Hamburg	直接還元-電炉	0.1	2025	天然ガス
2	"	Bremen	直接還元-電炉	不明	2030	天然ガス
3	"	Dunkerque	直接還元-電炉 (2基)	2.5	2026	天然ガス
4	"	Ghent	直接還元-電炉 (2基)	2.3	2026	天然ガス
5	"	Gijon	直接還元-電炉	2.3	2025	天然ガス
6	Thyssenkrupp	Duisburg	直接還元-メルター(2基)	2.5	2026	天然ガス
7	Salzgitter	Salzgitter	直接還元-電炉	2.1	2026	天然ガス
8	voestalpine	Linz	直接還元-電炉	1.6	2027	天然ガス
9	"	Donawitz	直接還元-電炉	0.9	2027	天然ガス
10	SSAB(HyBrit)	Oxelosund	直接還元-電炉	1.3	2026	天然ガス
11	"	Lurea	直接還元-電炉	不明	2026	天然ガス
12	H2 Green Steel	Boden	直接還元-電炉	2.1	2025	水素

(参考・再掲) グリーン鉄商品について

- 各国鉄鋼メーカーは独自のグリーン鉄商品のブランドを公表。
- 大きく分けると、①製造プロセスの改善等による排出削減量を製品に割り当てる方式、②脱炭素化技術等によって製造された製品の製造プロセスの排出量を表示する方式、③電炉で使用する電力に係る排出量を電力証書等により下げる方式の3方式がある。

グリーン鉄の方式	企業名	ブランド	手法
①製造プロセスの改善等による排出削減量を割り当てることで排出量を下げた製品	 日本製鉄	 NSCarbolex™ Innovative action for sustainability	製造プロセスの変革・改善等により削減したCO2排出量を任意の製品に割当
	 JFE	 JGreeX	GHG排出削減技術によるGHG排出削減量を任意の鋼材に割当
	 神戸製鋼	 Kobenable Steel	鉄鉱石の一部を還元鉄に置換することでコークス使用量を減らすなど、削減したCO2削減量を環境価値として任意の製品に割当
	 thyssenkrupp	 bluemint®	鉄鉱石の一部を還元鉄に置換することでコークス使用量を減らし、削減したCO2削減量を環境価値として任意の製品に割当
	 ArcelorMittal	 XCarb® Green steel certificate	バイオ炭使用、コークスガスの高炉への吹込みや転炉でのスクラップ利用拡大などにより削減したCO2排出削減量をグリーンスチール証明書として販売
	 Voestalpine	 greentec steel	コークスの一部を水素含有還元剤に置換により創出したCO2排出削減量をクレジット化
	 TATA STEEL	 Zeremis Carbon Lite	社内全体で創出されたCO2排出削減量を任意の製品に割当
	 POSCO	 Greenate certified steel™	低炭素プロセス・技術の採用等の対策によって削減されたCO2削減量を任意の製品に割当
②脱炭素化技術によって製造された製品の製造プロセスの排出量を表示	 SSAB	SSAB Fossil-free™ steel	水素還元製鉄により製造された製品について製造プロセスの排出量を表示
	 POSCO	 Greenate carbon reduced steel™	新規に導入する電炉から製造される製品について製造プロセスの排出量を表示
③電炉で使用する電力に係る排出量を証書等により下げた製品	 東京製鉄	 All from solar ほほゼロ	電炉で生産された製品が持つ排出量を電力RE100対応の証書類やDR（ダイヤモンド・レスポンス）の活用等によって削減

まとめ

- 鉄鋼材料については、現代のあらゆる製品を製造する上で必要不可欠なものであり、世界全体では今後も鉄鋼蓄積量の増加が予想される。
- 鉄鉱蓄積の増加に伴い、粗鋼生産量を満たせないため、今後も鉄鉱石を還元することで、新たな鉄源を生み出す必要がある。
- スクラップについては、不純物が含まれているため、既存の電炉では高級鋼の製造が困難であるが、一般には鉄鉱石から還元するよりも投入エネルギー量が少ない。
- 鉄鋼業は、我が国の産業部門のCO₂排出のうち38%を占める多排出産業である。そのうち、9割以上は高炉3社によるものである。これは、高炉の生産量割合が大きい上、高炉法は還元過程で不可避免的にCO₂が発生するためである。
- 政府が掲げる「2030年度の温室効果ガス46%削減、2050年のカーボンニュートラル実現」という国際公約達成に向け、政策的支援を行いつつ、GX投資を含め、鉄鋼業界においてCO₂排出削減に取り組んでいる。

以上