

金属産業の現状と課題

製造産業局金属課
令和3年12月21日

- 1. 日本経済における鉄鋼産業の役割**
2. 環境変化（鉄鋼産業変革の要請）
3. 各国の戦略
4. 非鉄金属産業

鉄鋼業及び非鉄金属業

- 国内総出荷額は、鉄鋼業：19兆円、非鉄金属業：10兆円。(2018年、以下別記ない限り同じ)
- 従業員数は、鉄鋼業：22万人、非鉄金属業：14万人。
- 例えば、全国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。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の役割。
- 鉄鋼業及び非鉄金属業の製造業全体GDPに占める割合は9.3%（10.5兆円）。
- 鉄鋼及び非鉄金属は、産業機械、自動車、情報通信機器等の他産業の基盤となる産業。

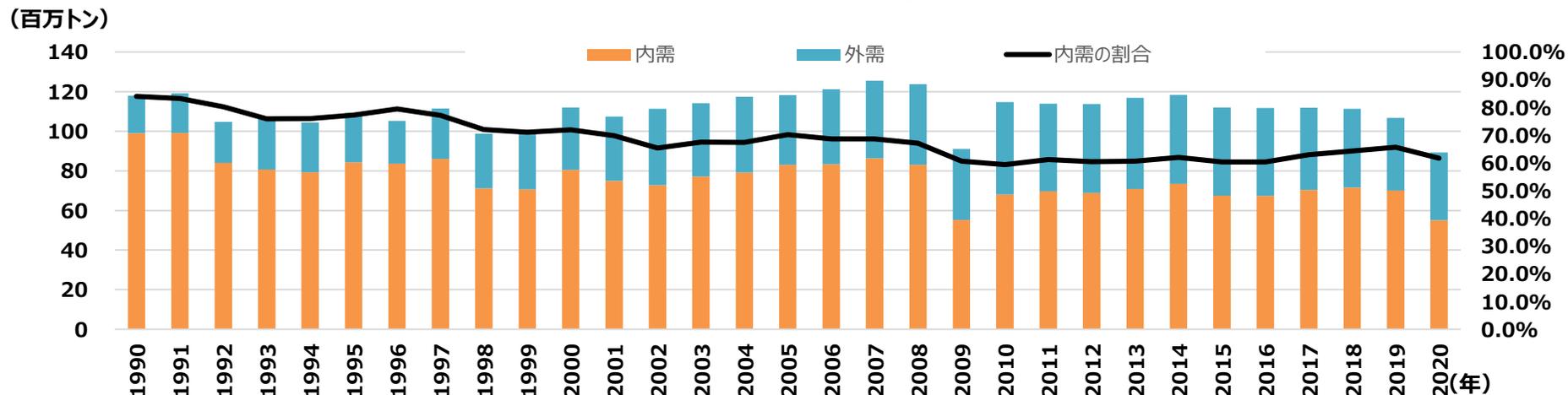


(出所) 経済産業省工業統計調査、商業統計調査、国民経済計算

我が国鉄鋼需要・粗鋼生産の推移

- 我が国における鉄鋼消費のうち、内需は緩やかに減少。
- 粗鋼生産における転炉鋼と電炉鋼の比率に大きな変化なし。

＜日本の鉄鋼の消費内訳（内外需別）＞



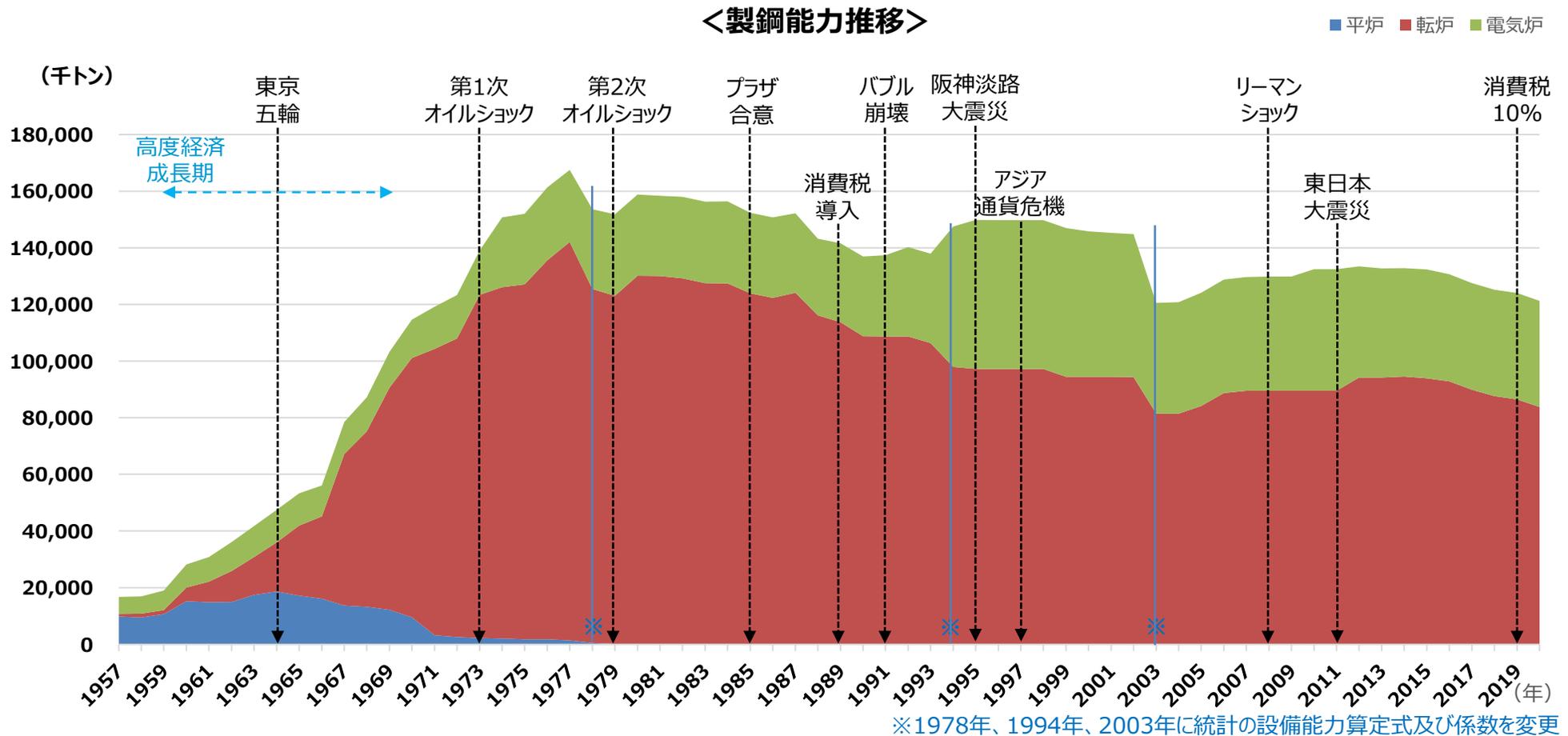
＜日本の粗鋼生産（炉別）＞



(出典) 経済産業省 生産動態統計、日本鉄鋼連盟 粗鋼需給

我が国の鉄鋼生産能力の推移

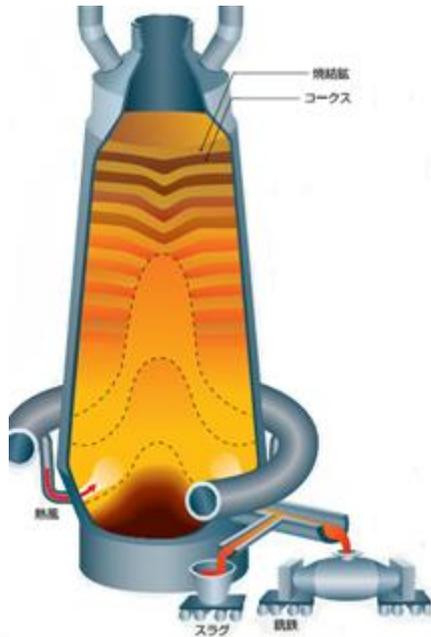
- 戦後から1970年代にかけて我が国の粗鋼生産能力は大きく成長した。
- 生産能力の太宗は高炉-転炉による製法で占められている。



(出典) 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計月報

高炉法

- 高炉法は、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。
- 我が国における高炉は、高度成長期に集中的に建設された。



高品質

不純物がないため、電磁鋼板やハイテンのような高級鋼の生産が可能。

経済性

安価に鉄鋼を大量生産することが可能。

技術力

高炉による鉄鋼の大量生産は高い技術力が要求され、限られた企業にしか実現できない。

<設置年別高炉リスト>

設置年	高炉名	1971年	鹿島第1高炉
1961年	和歌山第1高炉	1972年	戸畑第4高炉
1962年	呉第1高炉	1972年	大分第1高炉
1963年	和歌山第2高炉	1973年	倉敷第4高炉
1964年	名古屋第1高炉	1973年	福山第5高炉
1966年	呉第2高炉	1974年	小倉第2高炉
1969年	君津第2高炉	1975年	君津第4高炉
1969年	名古屋第3高炉	1976年	鹿島第3高炉
1969年	倉敷第2高炉	1976年	大分第2高炉
1969年	福山第3高炉	1977年	千葉第6高炉
1970年	倉敷第3高炉	1979年	京浜第2高炉
1971年	福山第4高炉	1985年	室蘭第2高炉

電炉法

- 脱炭素の観点から電炉の活用意義が高まっている。電炉は鉄スクラップを主な原料とするため、製鋼工程で発生するCO2排出量が高炉と比べ少ない。
- 鉄スクラップの発生地や鋼材需要地に近いところに立地している場合が多い。

<国内粗鋼生産内訳（2020年度）>



（出典）経済産業省 生産動態統計

普通鋼電炉メーカー

建築用に使用される小形棒鋼や形鋼などを中心とした条鋼製品を製造。



（出典）合同製鐵(株)HPより引用

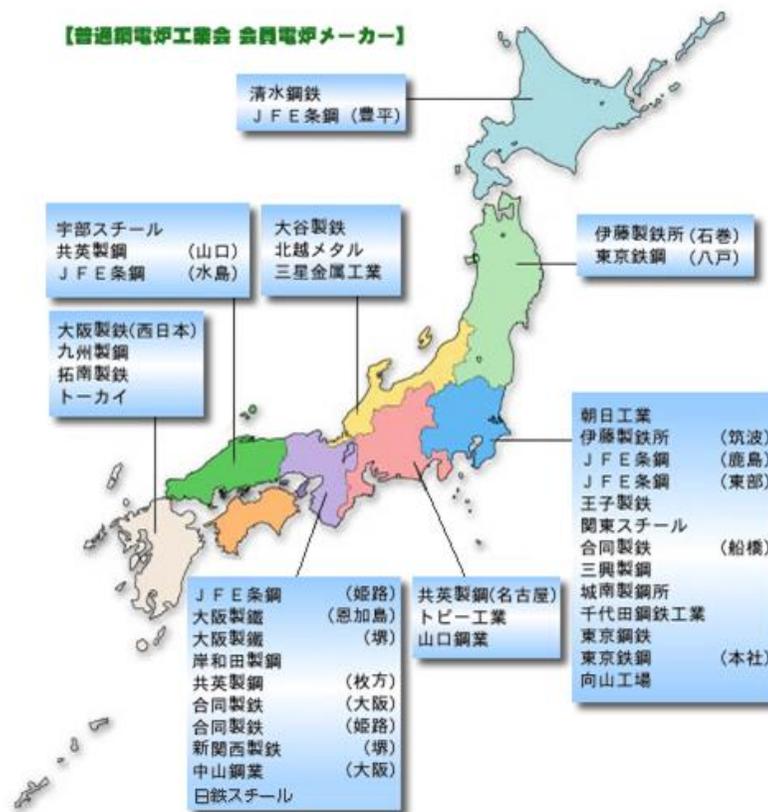
特殊鋼電炉メーカー

最大の需要先は自動車。エンジン関連部品等高い靱性や耐摩耗性等が求められる部品で採用されている。



（出典）大同特殊鋼（株）HPより引用

<全国に広がる主な普通鋼電炉メーカー>

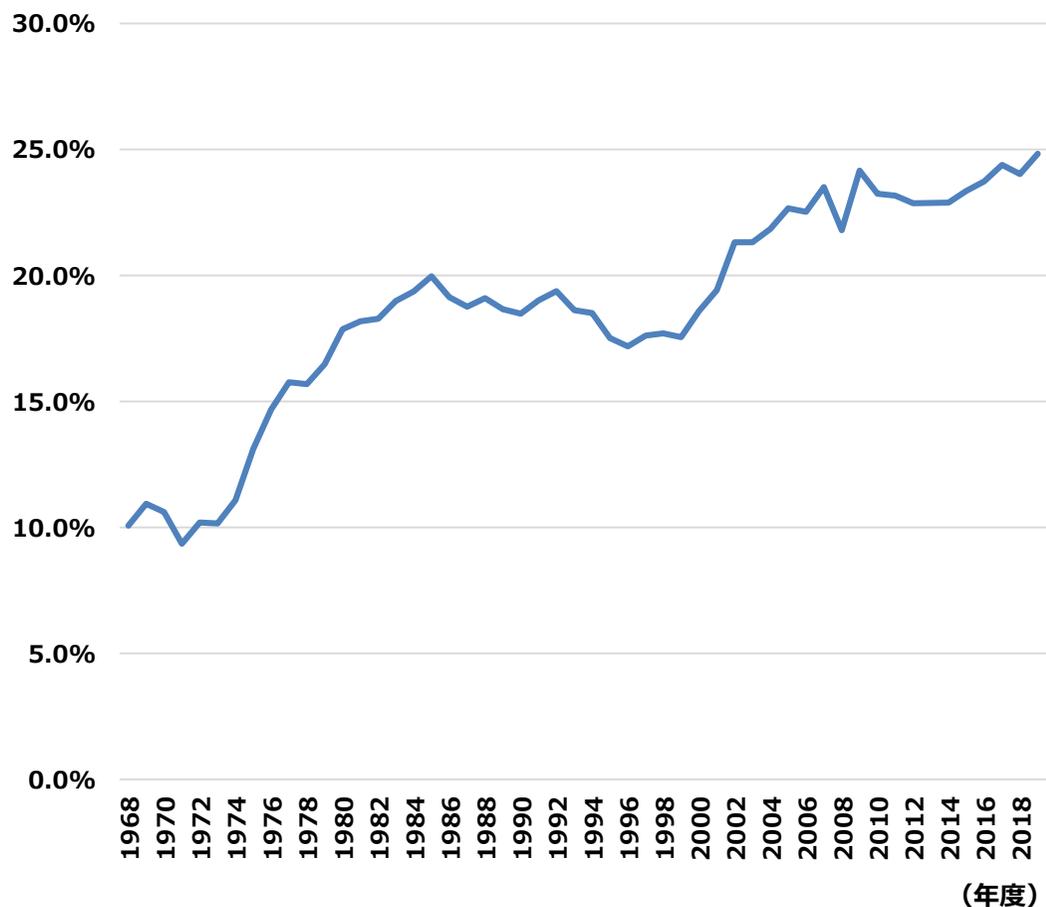


（出典）普通鋼電炉工業会HP

鉄鋼産業と自動車

- 自動車向け鋼材が占める割合は年々増加。
- 自動車産業がリードカスタマーとなり、ハイテン(高張力鋼板)や電磁鋼板といった高級鋼生産を実現。

<受注に占める自動車向け鋼材の割合推移>



(出典) 日本鉄鋼連盟 粗鋼需給・用途別受注統計 (普通鋼、特殊鋼)、日本自動車工業会統計

日本の鉄鋼メーカーのプレゼンスの変化

- 1990年代まで日本企業が世界の粗鋼生産量の上位を占めていたが、2000年代以降中国企業が台頭。**2020年には世界の粗鋼生産量上位10社のうち7社が中国企業に。**

順位	1980年		1990年		2000年		2010年	
	世界生産量（上位10位） 7.16億トﾝ（1.51億トﾝ）		7.70億トﾝ（1.51億トﾝ）		8.50億トﾝ（2.11億トﾝ）		14.14億トﾝ（3.46億トﾝ）	
1	新日本製鉄 （日本）	32.9	新日本製鉄 （日本）	28.8	新日本製鉄 （日本）	28.4	Arcelor Mittal （欧州）	98.2
2	US Steel （米国）	21.1	Usinor （欧州）	23.3	POSCO （韓国）	27.7	宝鋼集団 （中国）	37
3	日本鋼管 （日本）	14	POSCO （韓国）	16.2	Aebed （欧州）	24.1	POSCO （韓国）	35.4
4	Finsider （欧州）	13.7	British Steel （欧州）	13.8	LNM （欧州）	22.4	新日鐵住金 （日本）	35
5	Bethlehem Steel （米国）	13.6	USX （米国）	12.4	Usinor （欧州）	21	JFEスチール （日本）	31.1
6	住友金属 （日本）	12.7	日本鋼管 （日本）	12.1	Corus （欧州）	20	江蘇沙鋼集団 （中国）	23.2
7	川崎製鉄 （日本）	12.7	ILVA （欧州）	11.5	ThyssenKrupp （欧州）	17.7	Tata Steel （インド）	23.2
8	Thyssen （欧州）	12.4	Thyssen （欧州）	11.1	上海宝鋼集団 （中国）	17.7	US Steel （米国）	22.3
9	Usinor （欧州）	9.2	住友金属 （日本）	11.1	日本鋼管 （日本）	16	鞍鋼集団 （中国）	22.1
10	J&L （米国）	8.8	川崎製鉄 （日本）	11.1	Riva （欧州）	15.6	Gerdau （ブラジル）	18.7

2019年		2020年	
18.69億トﾝ（5.05億トﾝ）		18.78億トﾝ（5.01億トﾝ）	
Arcelor Mittal （欧州）	97.3	宝武鋼鉄集団 （中国）	115.29
宝武鋼鉄集団 （中国）	95.5	Arcelor Mittal （欧州）	78.46
日本製鉄（※） （日本）	51.7	河北鋼鉄集団 （中国）	43.76
河北鋼鉄集団 （中国）	46.7	江蘇沙鋼集団 （中国）	41.59
POSCO （韓国）	43.1	日本製鉄（※） （日本）	41.58
江蘇沙鋼集団 （中国）	41.1	POSCO （韓国）	40.58
鞍鋼集団 （中国）	39.2	鞍鋼集団 （中国）	38.19
建龍集団 （中国）	31.2	建龍集団 （中国）	36.47
Tata Steel （インド）	30.2	首鋼集団 （中国）	34
首鋼集団 （中国）	29.3	山東鋼鉄集団 （中国）	31.11

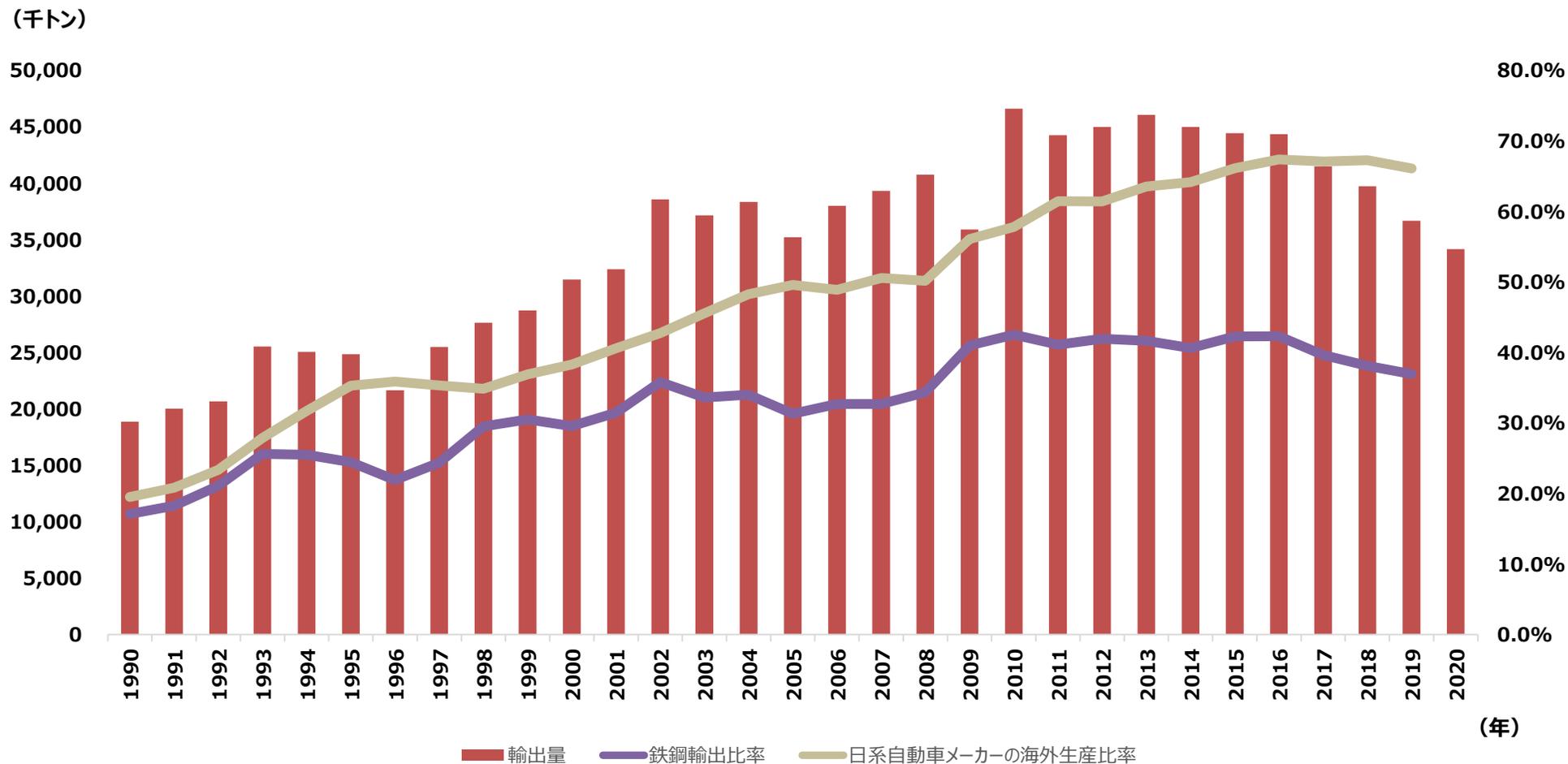
※各社の生産量には連結対象子会社・持分法適用会社の生産量を含む

（単位）各社数値の単位は百万トン、（出所）worldsteel

自動車産業の動向と鉄鋼輸出

- 自動車産業の海外進出に伴い、鉄鋼業は鋼材の輸出量・比率を拡大させてきた。

＜鉄鋼輸出比率と日系自動車メーカーの海外生産比率の推移＞

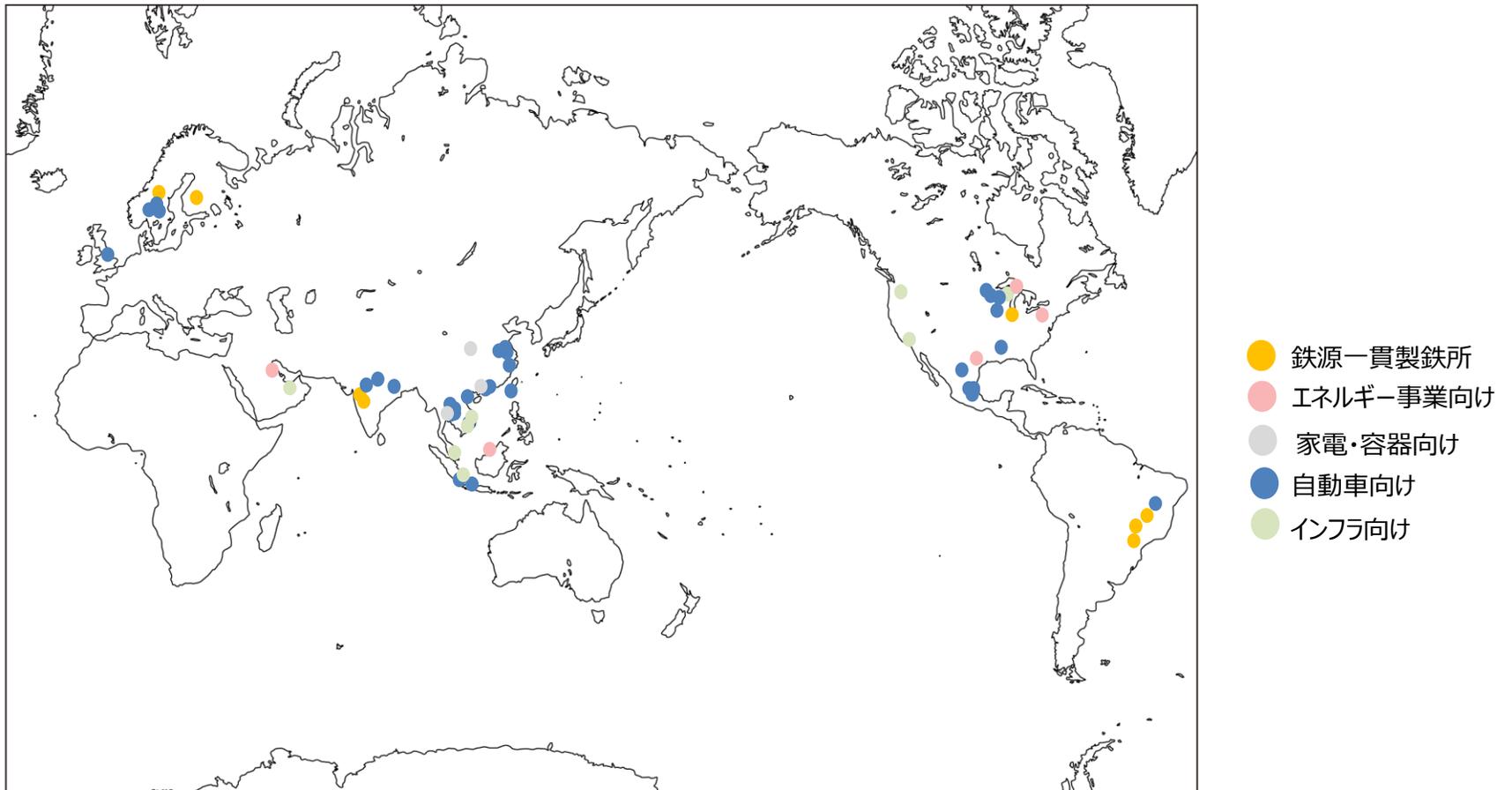


(出典) 日本鉄鋼連盟 粗鋼需給、日本自動車工業会統計

鉄鋼メーカーの海外展開

- 自動車産業の海外進出と共に鉄鋼産業も海外に展開。具体的には、製鋼-熱延工程は引き続き日本国内に構えつつ、圧延工程を中心に海外に進出している。

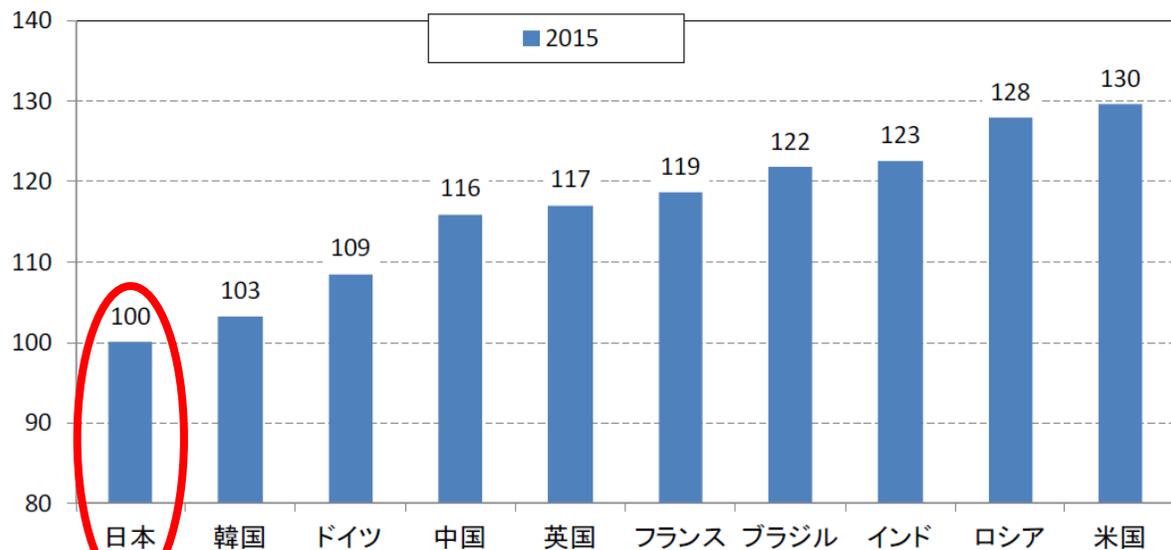
<日本製鉄の海外拠点>



我が国鉄鋼業の省エネポテンシャル

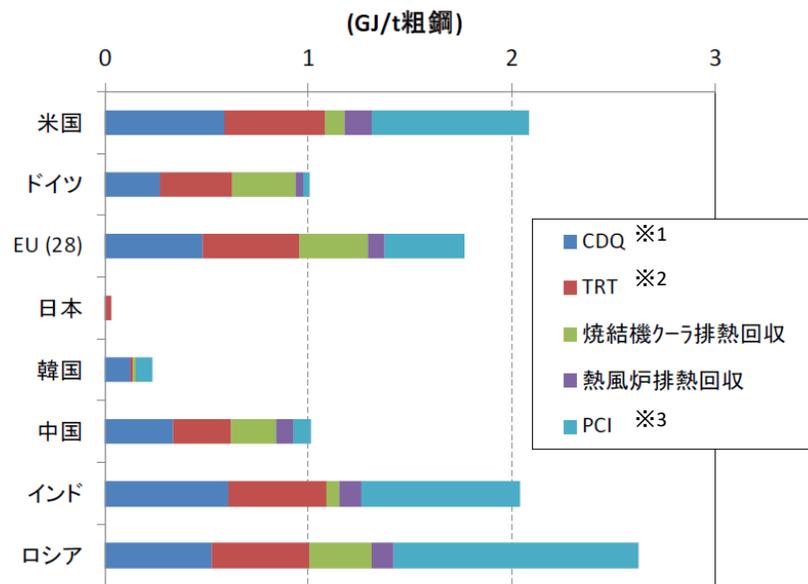
- 日本の鉄鋼業は既に世界最高水準のエネルギー効率を達成している。
- 日本の鉄鋼業の省エネポテンシャルは、既存の省エネ技術を用いた場合、世界最小。
- 既存技術での省エネ・省CO₂対策は徹底されており、更なる日本鉄鋼業の温暖化対策には、革新的な技術開発が必要。

<各国の転炉鋼の一次エネルギー原単位[GJ/t粗鋼]>



(出典) 公益財団法人地球環境産業技術研究機構『2015年時点のエネルギー原単位の推計』

<主要省エネ技術普及による省エネポテンシャル>



※1 コークス炉乾式消火設備。赤熱コークスをガスで冷却し、熱エネルギーを回収して発電などに有効活用する設備。

※2 高炉炉頂圧発電設備。高炉排ガスの圧力エネルギーでタービン発電機を回して発電する設備。

※3 高炉用微粉炭吹込装置。高価なコークスの代わりに、安価な石炭を高炉に直接吹き込むことで、生産コスト低減とコークス炉の延命対策を目的とした装置

鉄鋼製品毎の地域別CO₂排出量比較

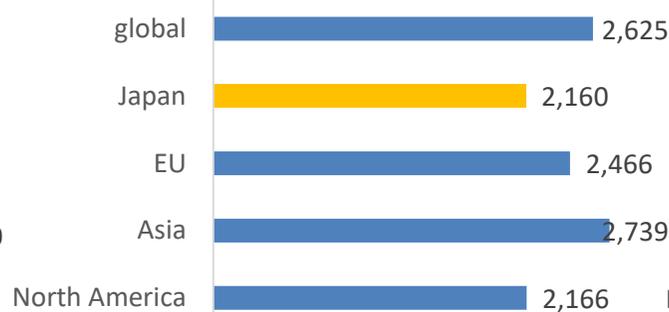
- worldsteelの集計による鉄鋼製品ごとの地域別CO₂排出量比較では、**日本は大部分の製品で、世界平均や地域別平均よりも低いCO₂排出量**となっている。

単位：g-CO₂/kg-steel

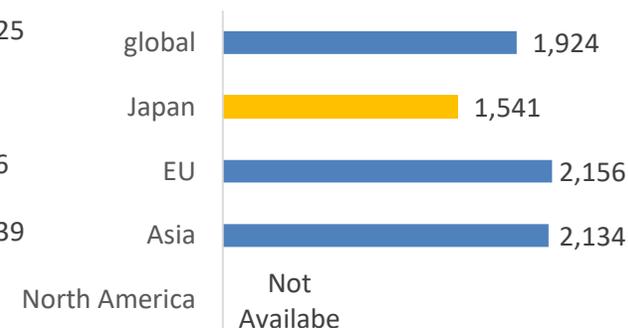
冷延鋼板



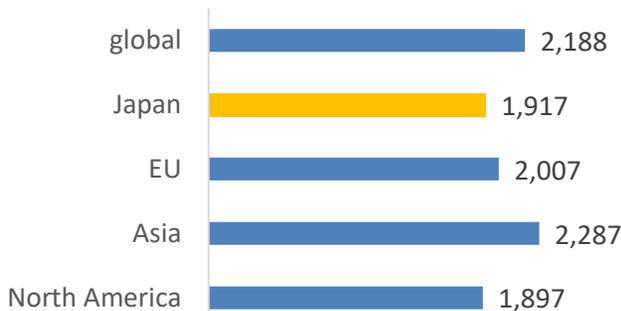
冷延鋼板（焼鈍）



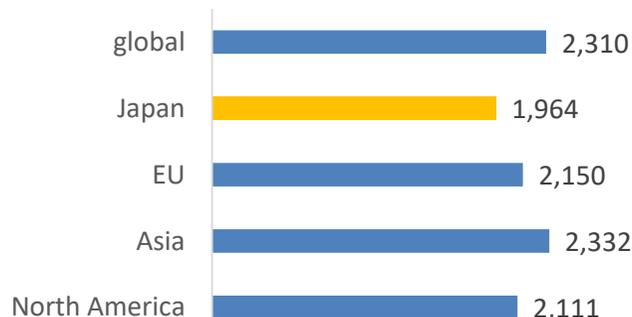
線材



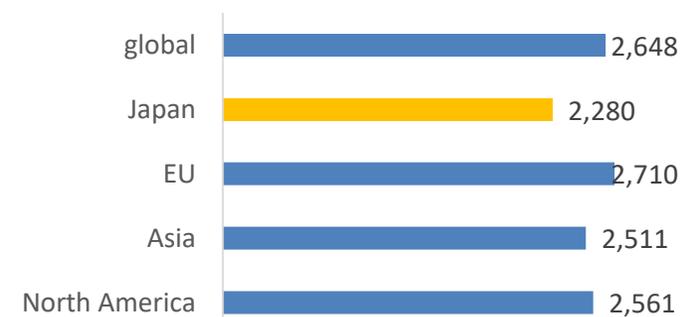
熱延鋼板



熱延鋼板（酸洗）



ブリキ



※worldsteel「LCI DATA FOR STEEL PRODUCTS」(2014~2018年のデータを集計)、日本鉄鋼連盟(2018年4月1日~2019年3月31日のデータを集計)のデータより経済産業省作成。

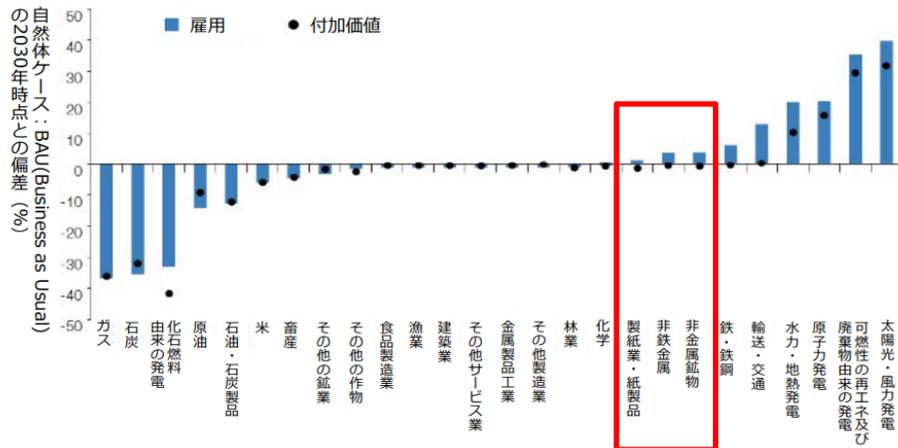
※ライフサイクル全体のCO₂排出データから製造断面の数値のみを取り出して集計。

集計に当たっては、国・地域ごとに異なっている製法(高炉・転炉法、電炉法等)の差異は考慮されていない点にも留意が必要。

鉄鋼産業における人材の活用

- 鉄鋼産業においては、成分調整や築炉など現場のオペレーションに高度な専門知識や、技術が要求される。
- 脱炭素化に向けて事業環境が変化する中で、求められる人材像も変化していく。長期的な雇用動向を見据えながら、人材に投資し、人材育成・人材確保を検討する必要。

＜脱炭素化による雇用創出・喪失効果＞



※グローバルでの雇用変化

(出典) World Economic Forum 資料を基に経済産業省作成
2021年12月7日第1回未来人材会議資料より抜粋

【事例】＜鉄鋼業における築炉工の現状＞

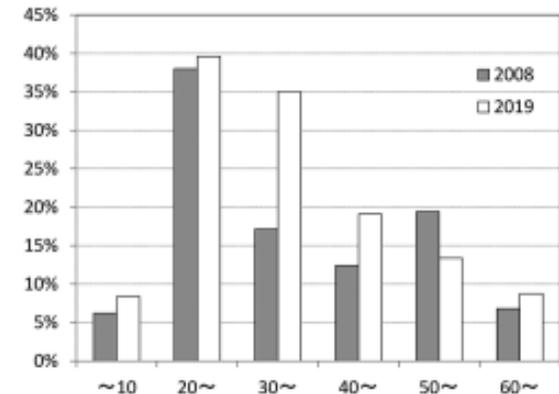


図1 築炉作業員年齢分布
Age distribution of furnace construction workers

(出典) 日本製鉄技報 第415号

高炉の内壁のレンガ積み作業を行う築炉工にはあらゆる種類の耐火物の知識や、現地現物に応じた施工技術など高度な技能が要求される。一人前の職人になるのに10年かかると言われており、築炉工の絶対数不足が恒常化している。

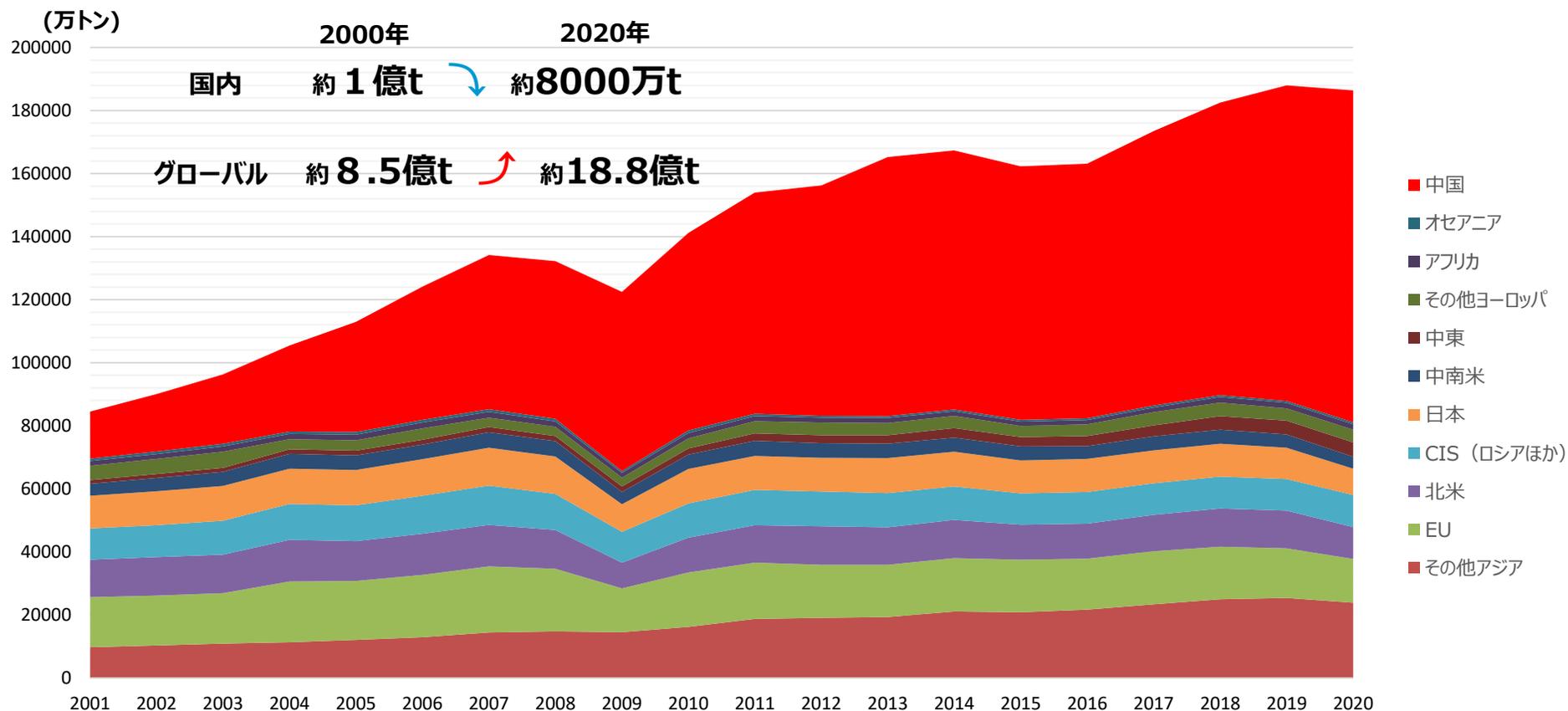
高炉の改修が進む中で、熟練した築炉工の確保は重要な課題。

1. 日本経済における鉄鋼産業の役割
2. **環境変化（鉄鋼産業変革の要請）**
3. 各国の戦略
4. 非鉄金属産業

グローバル需要の変化

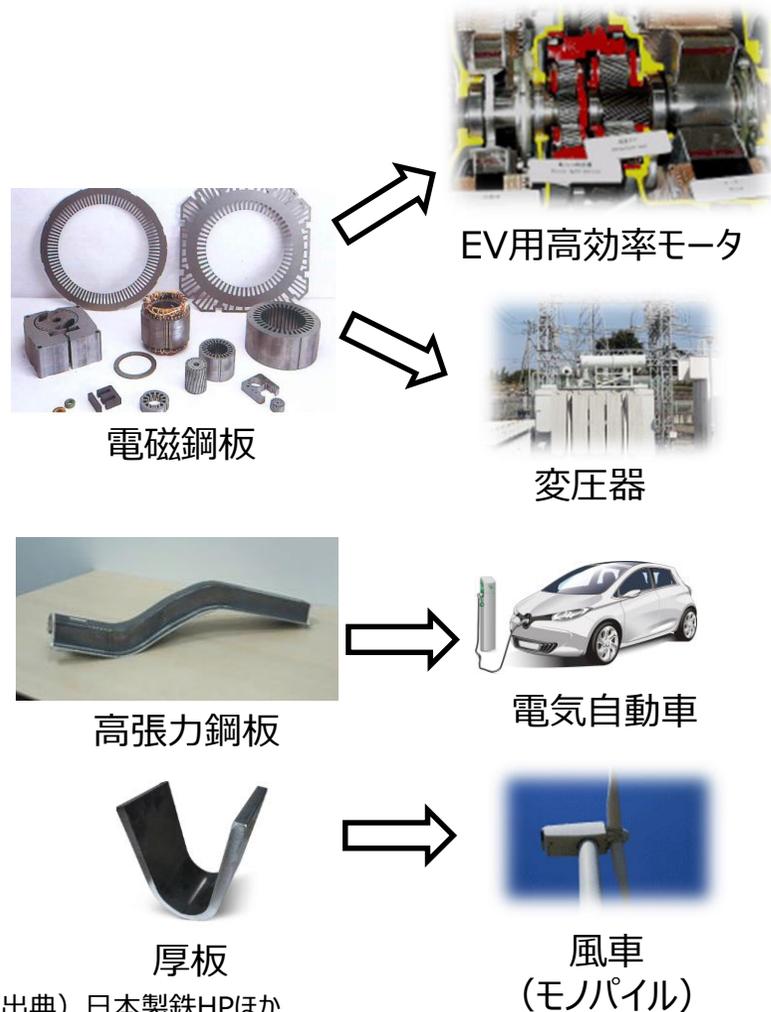
- 2000年以降、日本国内の需要は緩やかに減少。
- 他方、グローバル需要は中国を中心に増加。2020年までの20年間で世界の粗鋼生産量は約2倍に。

<地域別粗鋼生産量の推移>

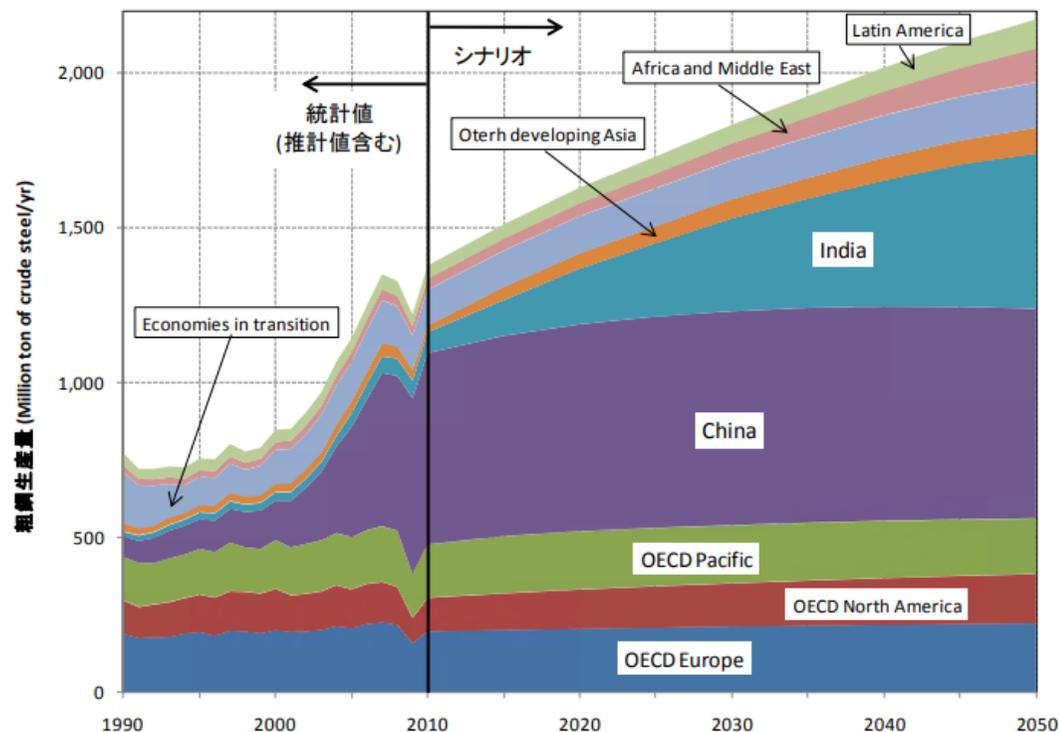


グローバル需要の変化

- 世界の鉄鋼需要は2050年に向けて、途上国を中心に引き続き増加する見込み。
- 経済のグリーン化が進む先進国では、電磁鋼板やハイテン（高張力鋼板）といった鋼材の需要が高まり、求められる鋼材の質の変化が予想される。



＜地域別の粗鋼生産量実績と将来シナリオ＞

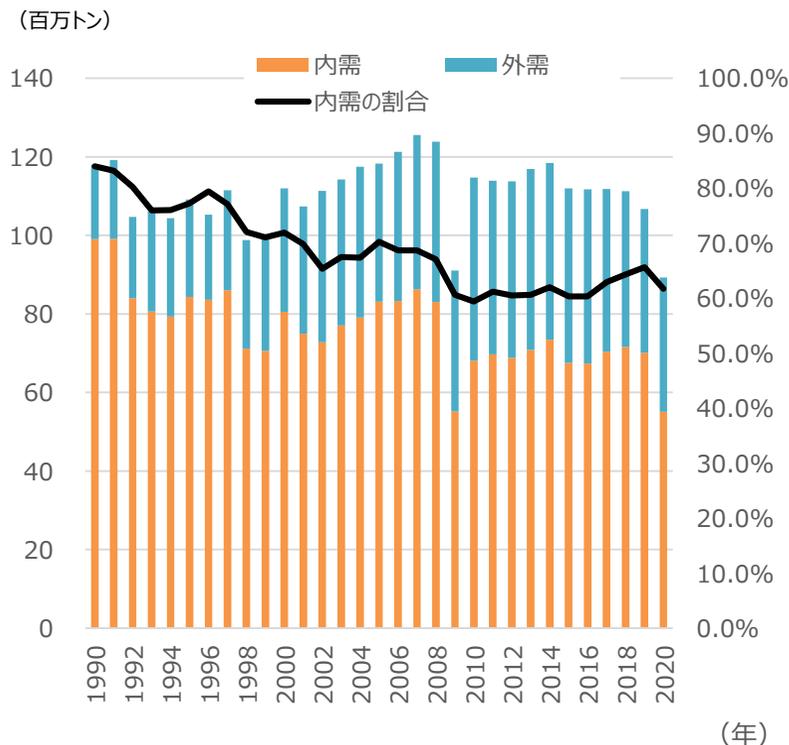


(出典) 『脱地球温暖化と持続発展可能な経済社会実現のための対応戦略の研究 —ALPS7°プロジェクト』 (2011)

老朽高炉の閉鎖、改修

- 国内の鉄鋼消費のうち、内需が占める割合は縮小。
- 事業環境の変化を受けて、鉄鋼メーカーは高炉の閉鎖や改修を迫られている。

＜鉄鋼の内需の推移＞



＜鉄鋼の構造改革状況＞

＜鉄鋼（高炉）＞

日本全国12製鉄所、稼働中の高炉は21基。

2016年	日本製鉄(君津)	高炉1基休止
2017年	神戸製鋼所(神戸)	高炉1基休止
2020年	日本製鉄(小倉)	高炉1基休止
2021年 9月	日本製鉄(呉)	高炉2基休止
2021年 9月	日本製鉄(和歌山)	高炉1基休止
2023年	JFEスチール(京浜)	高炉1基休止予定
2024年	日本製鉄(鹿島)	高炉1基休止予定

⇒呉製鉄所の高炉休止に伴い1500人分の雇用が消滅するなど、高炉廃止による雇用減少、自治体の税収減など地域経済への影響も大きい。

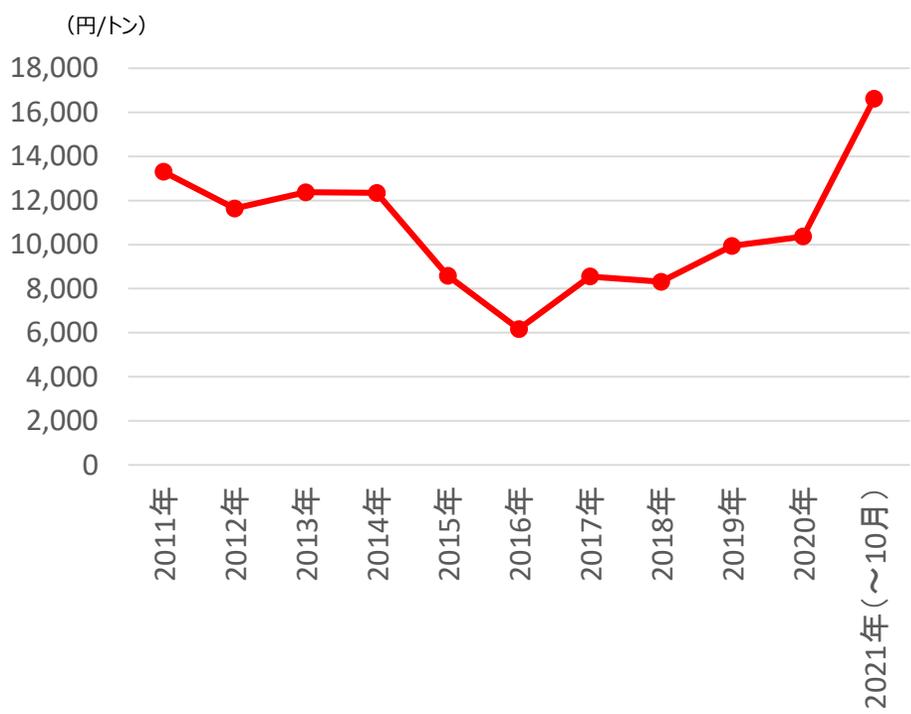


(出典) 日本鉄鋼連盟 粗鋼需給

原材料価格の高騰

● 鉄鋼分野では、新型コロナウイルスによる需要減からの需要急回復を受けて、鉄鉱石や原料端等の原材料価格が高騰している。

＜鉄鉱石1トンあたり輸入価格の推移＞



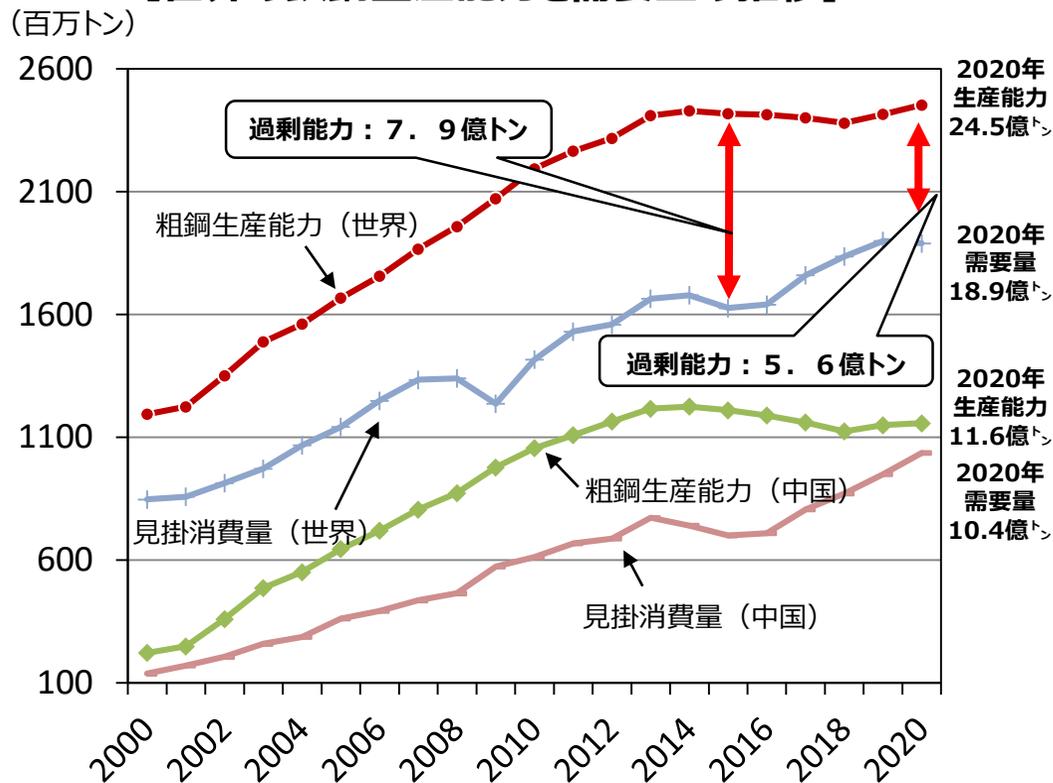
＜原料炭1トンあたり輸入価格の推移＞



世界の鉄鋼過剰生産能力と日本の粗鋼生産

- 2000年以降、**世界全体で鉄鋼生産能力は倍増**（そのほとんどが中国の増加分）。特にリーマンショック以降、世界全体で生産能力の過剰が深刻化。
- 2016年～2019年にかけて過剰生産能力は改善傾向にあったが、過剰生産能力は構造的に高い水準で継続し、2019年以降、再び悪化。
- **日本は1970年代以降、1億トン規模の生産を維持。うち約4割を輸出。**（2020年は39%）

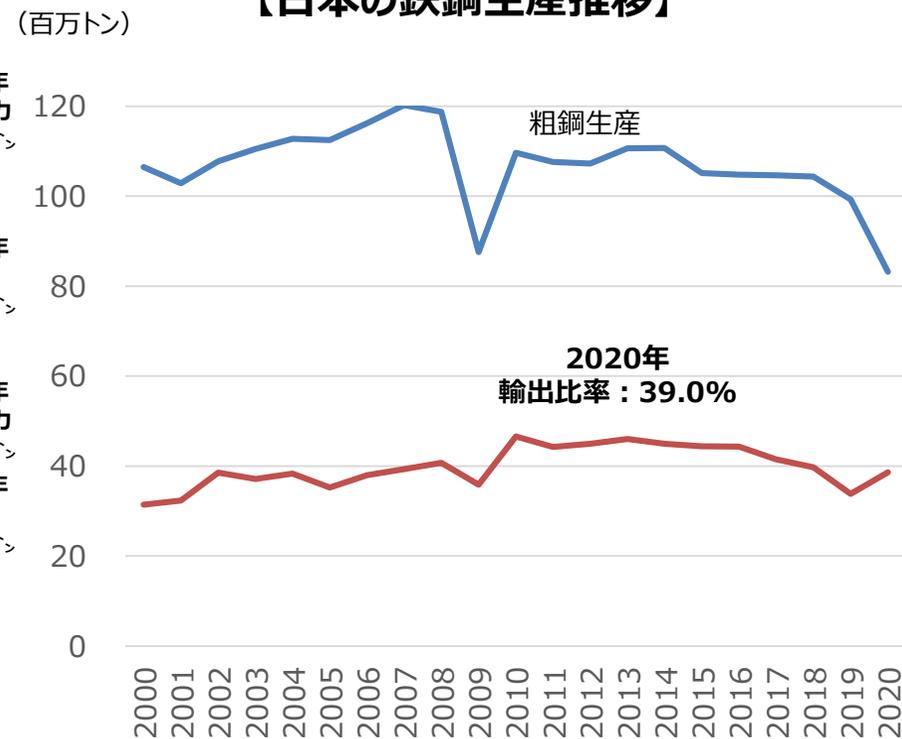
【世界の鉄鋼生産能力と需要量の推移】



(出所) OECD, worldsteelほか

※過剰生産能力は、ここでは単純化して「生産能力-需要量」として算出。

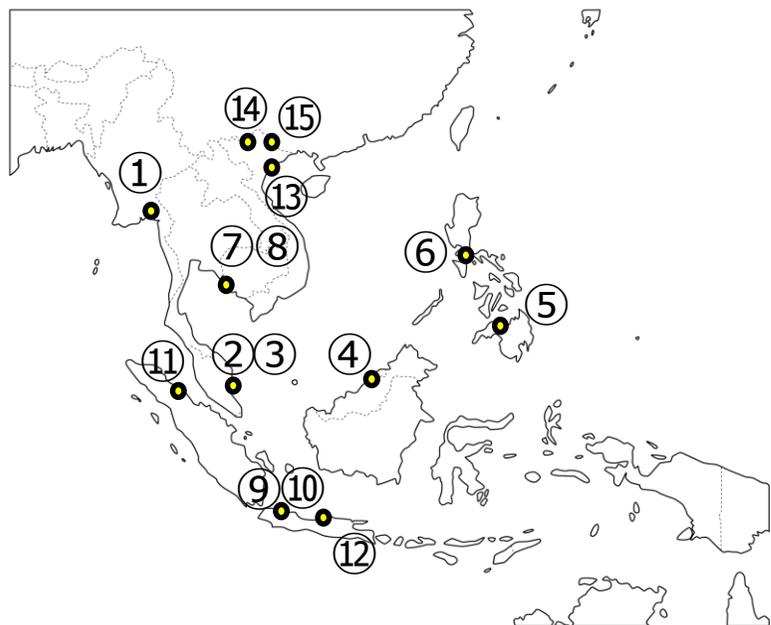
【日本の鉄鋼生産推移】



中国のASEAN展開

- 中国は、東南アジアにおいて製鉄所の建設を進めている。

＜東南アジアにおける中国企業の製鉄所設立状況＞



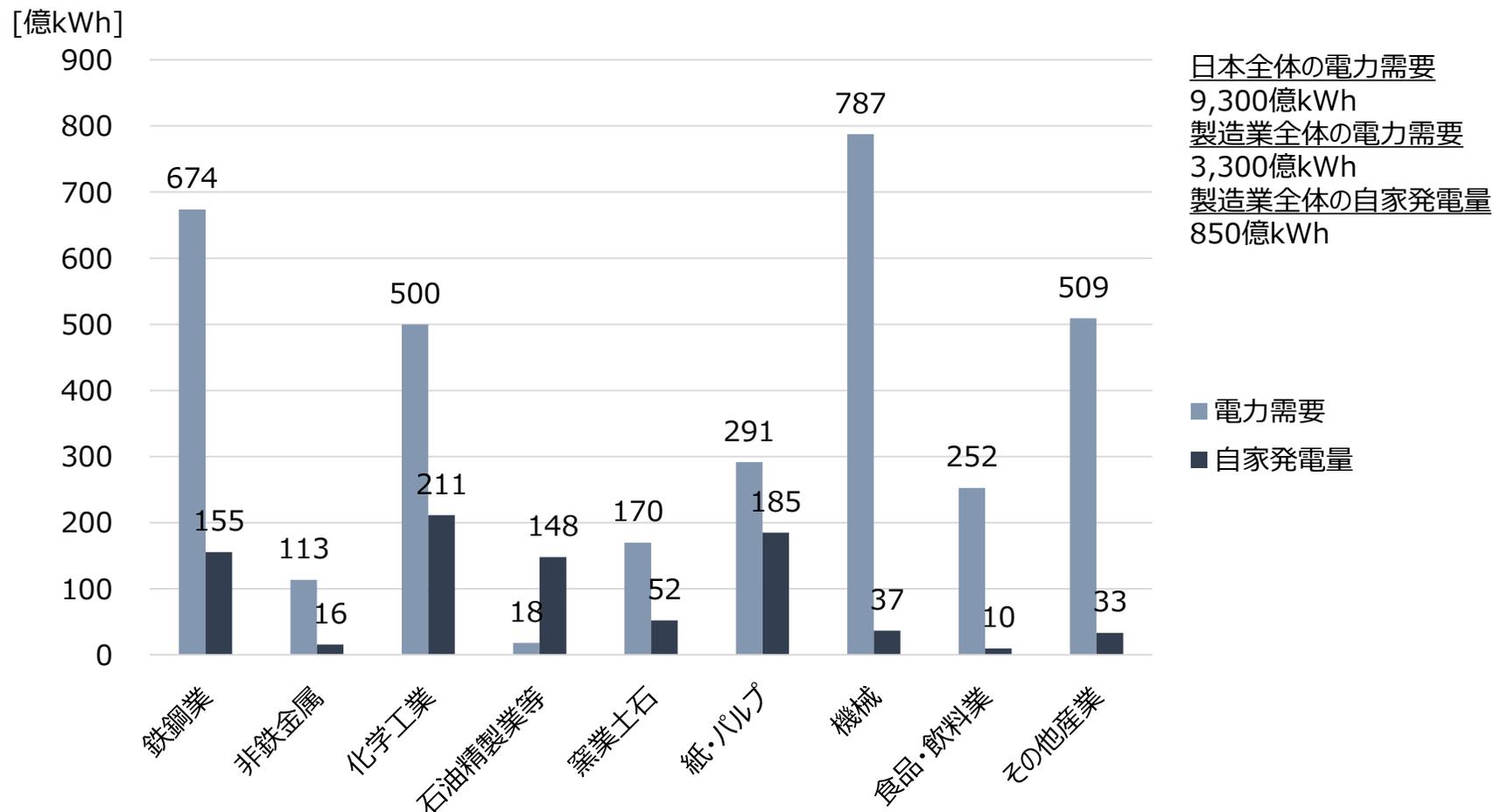
①ミャンマー	雲南永楽海外投資有限公司	生産能力:400万トン(計画)
②マレーシア	北京健龍重工集団	生産能力:500万トン (計画)
③マレーシア	広西北部湾国際港務集団	生産能力:350万トン
④マレーシア	河北新武安鋼鉄集団	生産能力:1000万トン (計画)
⑤フィリピン	攀華集団	生産能力:1000万トン (計画)
⑥フィリピン	河鋼集団	生産能力:不詳
⑦カンボジア	宝武鋼鉄集団	生産能力:310万トン
⑧カンボジア	雲南永楽海外投資有限公司	生産能力:100万トン (計画)
⑨インドネシア	青山鋼鉄	生産能力:200万トン
⑩インドネシア	印尼徳信鋼鉄	生産能力:2000万トン (計画)
⑪インドネシア	南京鋼鉄	生産能力:100万トン (計画)
⑫インドネシア	河北卒氏集団	生産能力:300万トン (計画)
⑬ベトナム	ベトナム聖力特鋼	生産能力:50万トン
⑭ベトナム	昆明鋼鉄	生産能力:50万トン
⑮ベトナム	Cao Bang Integrates	生産能力:50万トン
⑯ベトナム	Hang Nguyen Company	生産能力:50万トン

製造業の電力の調達方法

2021年12月16日
第1回グリーンエネルギー戦略検討
合同会合資料より抜粋

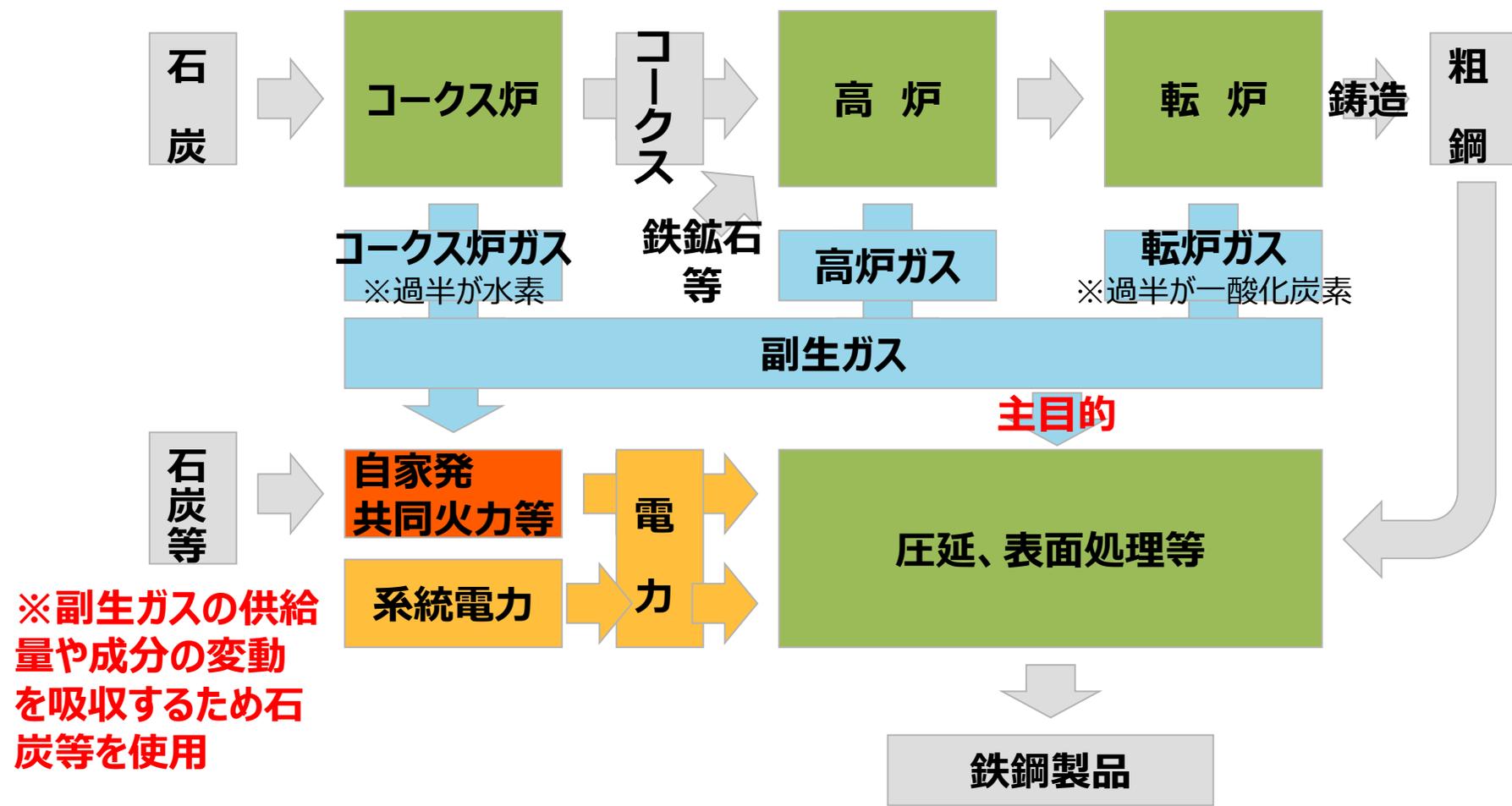
- 製造業全体で日本の電力需要の約3割を占める。
- そのうち、素材産業（鉄鋼、化学、セメント、紙等）は自家発電を多く所有している傾向にある。

<製造業の電力需要、自家発電量(2019)>



(参考) 鉄鋼業における自家発電火力のイメージ

- 鉄鋼業では製造プロセスで発生する副生ガスを自家発電に利用。
- 副生ガスの供給量や成分の変動を吸収するために石炭等を使用している。



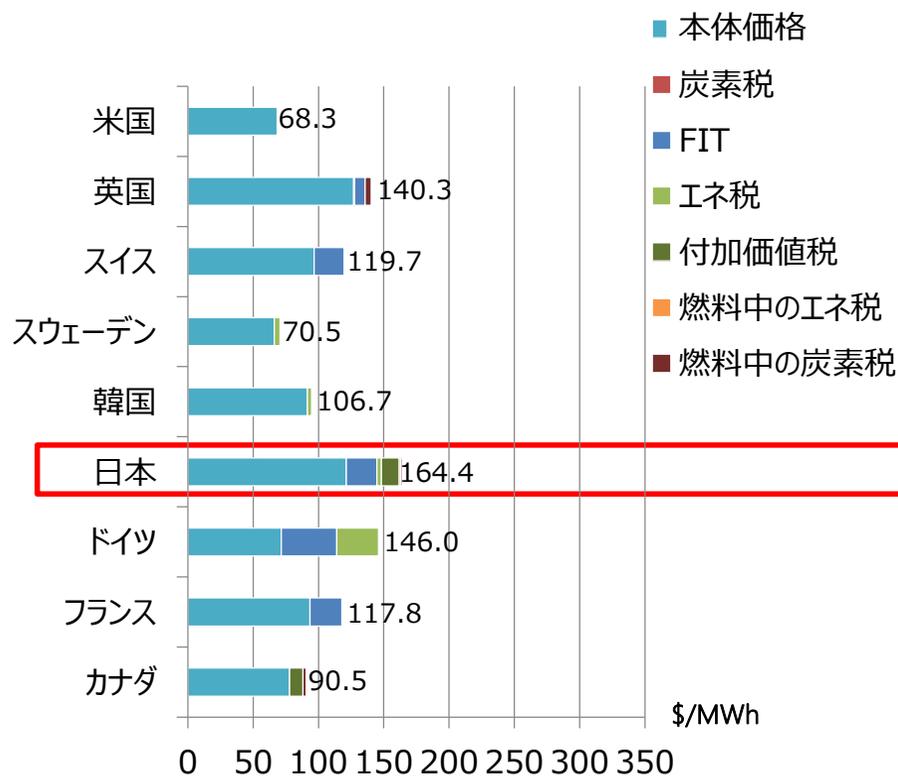
我が国の現在のエネルギーコスト（電気料金）

2021年12月16日
第1回クリーンエネルギー戦略検討
合同会合資料より抜粋

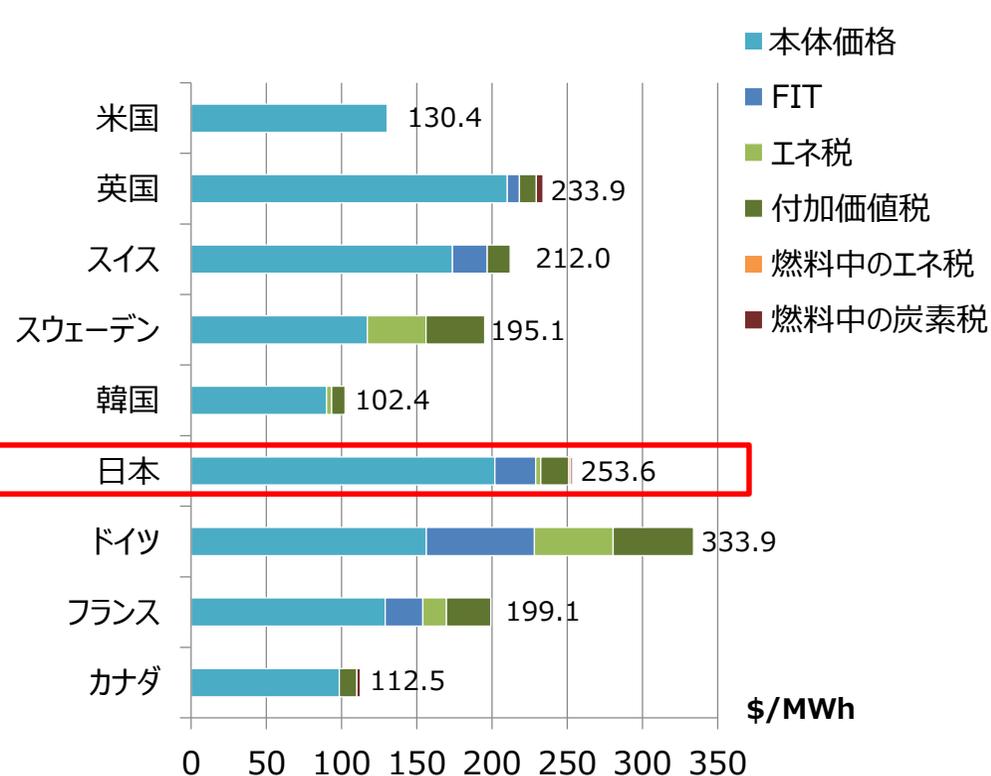
- 日本は、産業界や消費者等の行動を左右する**全体のエネルギー価格（本体価格＋炭素税＋エネルギー税等＋FIT賦課金等）**が国際的に見ても高い水準。

<日本のエネルギー価格（電気料金）の水準（2019年）>

【産業用電力（エネルギー当たり）】



【家庭用電力（エネルギー当たり）】

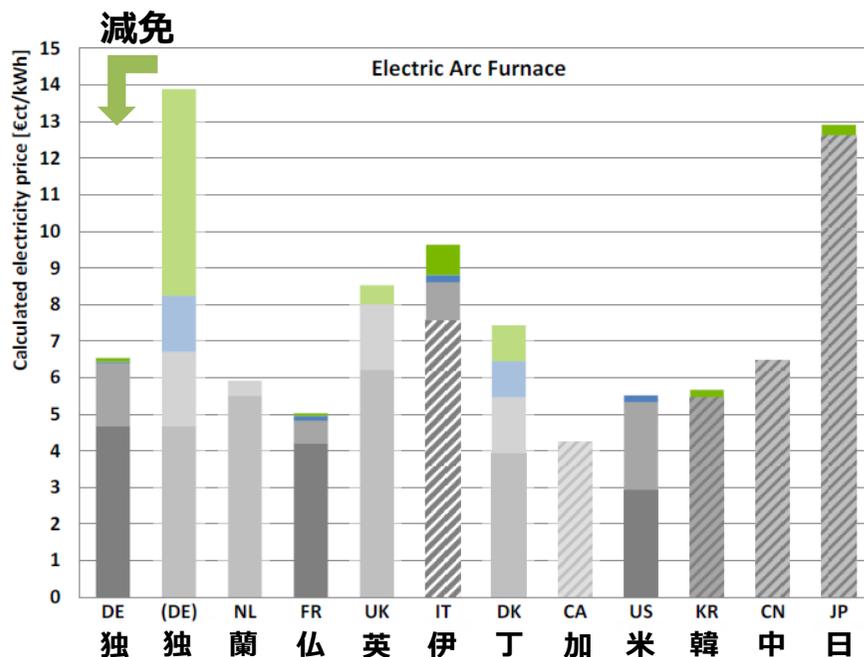


※出典：日本エネルギー経済研究所調べ。FIT等はスウェーデン、韓国、豪州のRPS、英国のRO・CfDは含まない。燃料中の炭素税はスイスのCO2税は含まない。

電力多消費産業のエネルギーコスト（諸外国の例）

- ドイツでは電力多消費産業向けに産業用電気料金を減免している。その結果、他国とも遜色がない水準での電力調達が可能になっている。
- 一方で、ドイツにおいては、家庭の電気料金が高額となっていることに留意が必要。

<ドイツにおける電気料金の減免>

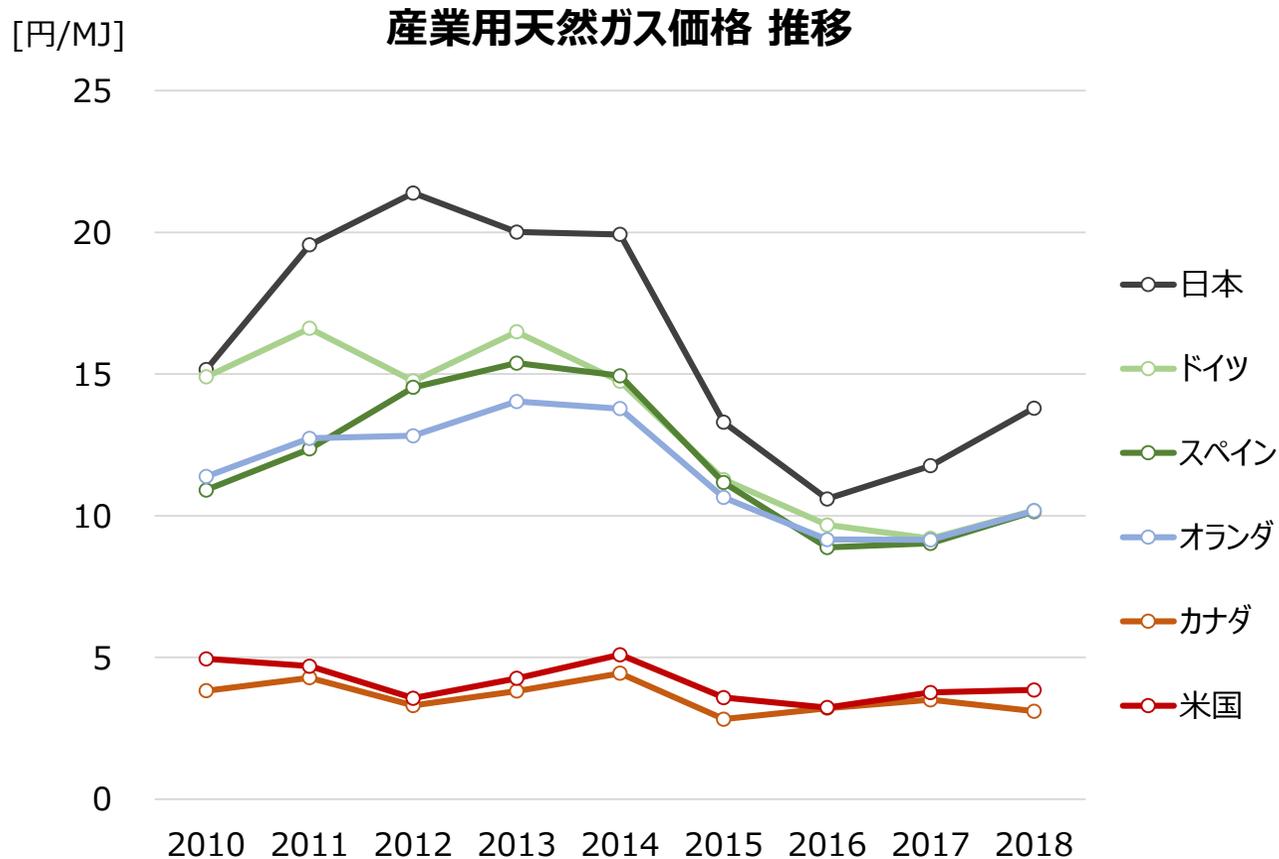


(出典) Fraunhofer Electricity Costs of Energy Intensive Industries, An International Comparison, Fraunhofer and ECOFYS (2015)

我が国の現在のエネルギーコスト（天然ガス）

2021年12月16日
第1回クリーンエネルギー戦略検討
合同会合資料より抜粋

- 日本の天然ガス価格は、L N Gのため液化、輸送コストなどにより、国際的に高い水準。



(参考) 諸外国におけるコスト増に対する議論

2021年12月16日
第1回グリーンエネルギー戦略検討
合同会合資料より抜粋

- EUROFER(欧州鉄鋼連盟)、CEMBUREAU(欧州セメント協会)、CEFIC(欧州化学工業連盟)では、欧州グリーンディールに対するポジションペーパーを発行。
- **脱炭素社会の実現と産業競争力の維持の両立を目指して、脱炭素技術の研究開発投資への資金援助や、安価な再エネ調達のための支援施策等を要望している。**

エネルギー多消費産業連盟 (AEII*)

- ✓ 欧州のエネルギー多消費産業は、各国の気候政策の相違により、国際的な競合企業に比べて**コスト増**に苦しんでいる
- ✓ 再エネ賦課金免除の維持、公共サービス料金等の電気代以外のコスト負担の軽減等を通じて、**グローバル競争力のある産業用電力価格の維持**が必要
- ✓ CCfD (炭素差額決済契約) を通じて、従来技術に対する脱炭素技術のコスト増を補填し、先行者利益を与える必要

欧州鉄鋼連盟 (EUROFER)

- ✓ 一次鋼生産コストは**現状比35~100%増** **コスト増**
- ✓ プラント改良に**年間200億€の追加コスト**
- ✓ 脱炭素化に向けた炭素価格は、現在の排出枠価格 (€25~28/tCO₂) の10倍を超える可能性

- ✓ **研究開発投資**および設備のアップスケールのための公的資金の援助が必要 **必要方策**
- ✓ **ゼロ/低金利ローン等によるリスク軽減策**を通じて商業化を支援する必要

欧州化学工業連盟 (CEFIC)

- ✓ 需要を充足可能で**安価な再生可能エネルギー**を大量に調達可能にするための大規模投資を要する **コスト増**
- ✓ **安価なエネルギーキャリア**を輸入する戦略が必要

- ✓ State aid (国家援助) を通じて、大企業・中小企業双方に必要な大規模投資を可能にする必要 **必要方策**
- ✓ **ケミカルリサイクル、CCU、廃棄物**など、新しいイノベーション技術の商業化を2030年までに実現する必要

欧州セメント協会 (CEMBUREAU)

- ✓ 欧州全域のセメント工場に低炭素技術を導入するための設備コスト増加 **コスト増**
- ✓ **再生可能エネルギー**や**CCUS技術**の実装に伴う、運用コスト増加

- ✓ セメント産業が再エネを安価に調達可能にするための**税額控除**や**公的な補填**が必要 **必要方策**
- ✓ セメント産業全体の**電化促進**

*Alliance of Energy Intensive Industries. 鉄鋼、セメント、化学、製紙、セラミック、石灰、石膏、クレイ、ガラス、金属、石油産業等のエネルギー多消費産業の業界団体で構成
AEII(2020) "Competition Policy & the Green Deal - Joint Submission of the Alliance for Energy-Intensive Industries," EUROFER(2020) "A GREEN DEAL ON STEEL"
CEMBUREAU(2018) "2050 Carbon Neutrality Roadmap," CEFIC(2020) "Cefic supports the Green Deal and Europe's ambition to become climate neutral by 2050,"

ゼロエミッション電源へのアクセス

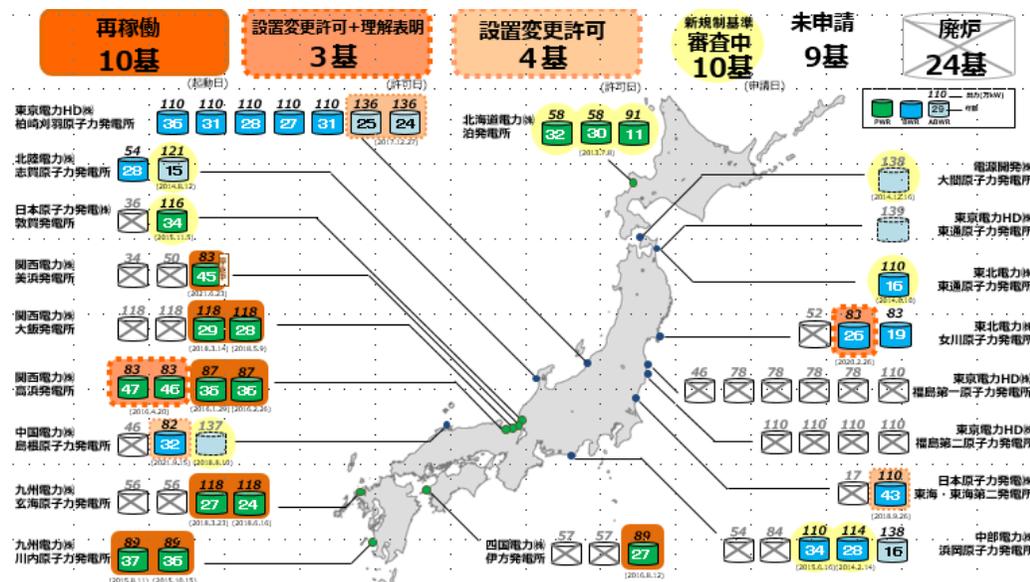
- 産業の脱炭素化のためには、ゼロエミッション電源へのアクセスを確保する必要がある。しかし、我が国の再生可能エネルギーは導入の途上であり、原子力発電の再稼働も道半ば。

＜再生可能エネルギーの導入状況＞

(kW)	導入水準 (21年3月)	FIT前導入量 +FIT認定量 (21年3月)	ミックス (2030年度)	ミックスに 対する 導入進捗率
太陽光	6,200万	8,100万	10,350~ 11,760万	約56%
風力	450万	1,190万	2,360万	約19%
地熱	61万	67万	148万	約41%
中小水力	980万	1,000万	1,040万	約94%
バイオマス	500万	1,030万	800万	約63%

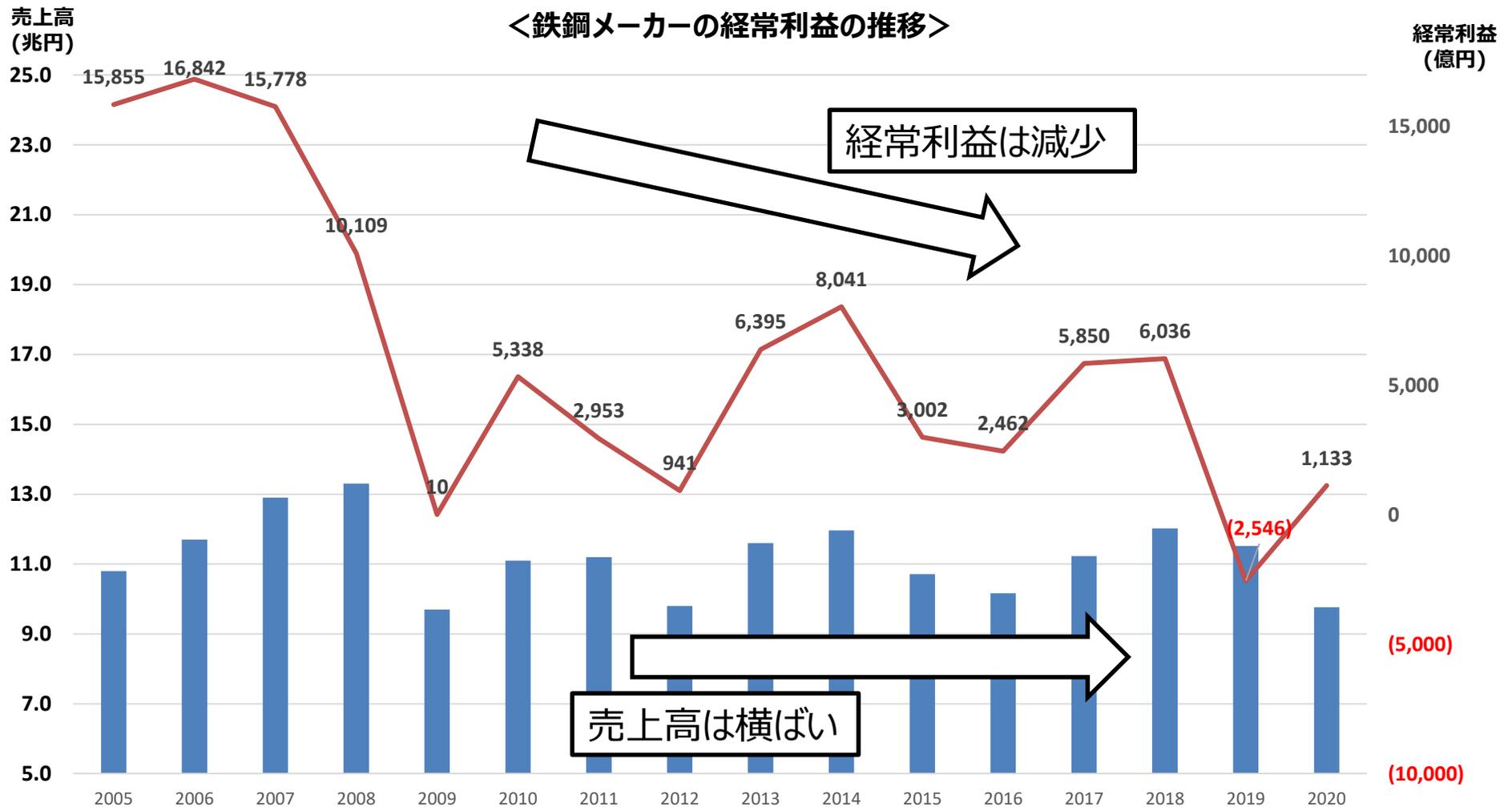
※バイオマスはバイオマス比率考慮後出力。
 ※改正FIT法による失効分（2021年3月時点で確認できているもの）を反映済。
 ※太陽光の「ミックスに対する進捗率」はミックスで示された値の中間値に対する導入量の進捗。

＜原子力発電所の再稼働の状況＞



鉄鋼メーカーの収益性悪化

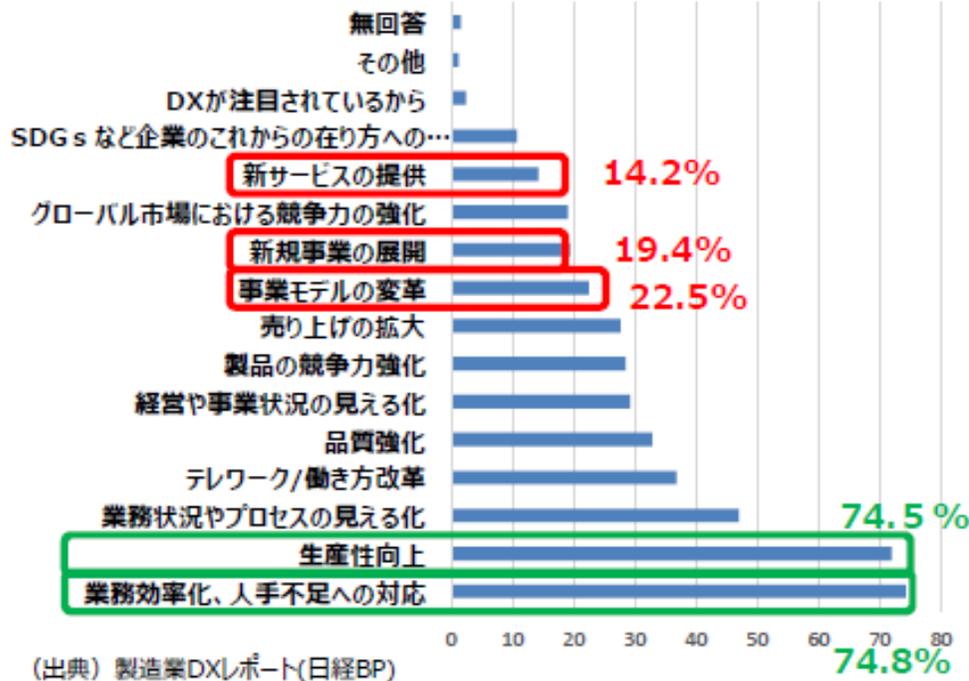
- 原料価格の高騰などの外部環境の変化により、鉄鋼メーカーの収益は悪化。



デジタルトランスフォーメーション（DX）

- 日本の製造業のDXは業務効率化や生産性向上を主たる目的としている。
- 「新たな製品やサービスの提供、ビジネスモデルの変革」までを目指す動きは少ない。

● 日本の製造業がDXに取り組む目的・理由(253社)



デジタルトランスフォーメーション

- デジタルツイン（デジタル空間に物理空間を再現）
- スマート保安（ドローン活用、プラント遠隔監視）
- マテリアルズ・インテグレーション

デジタル化

- 在宅勤務、オンライン会議
- 企業間取引のデジタル化（EDI）

電子化

- ミルシート（紙の書類をPDFに）
- 請求書をfaxからメール送付に

（参考）経済産業省におけるDXの定義は、「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」。

鉄鋼産業におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）事例

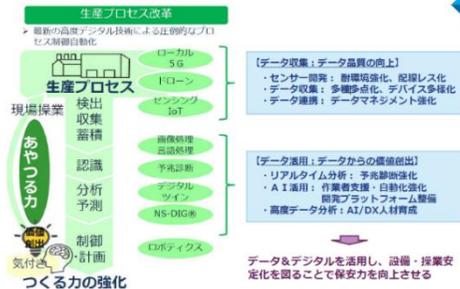
製鉄所・全社一貫CPS化による「インテリジェント製鉄所」の実現

JFEスチールは、2010年台中盤から経営層が長期にコミットする形で、段階的なDX投資を実施。2024年度までに、全製造プロセスのCPS化を完了させることを目指す。それにより、商品・サービスの品質向上の他、生産現場での労働生産性の向上等の効果が期待される。また、操業においてAI・ビッグデータを活用するためにDX人材の育成にも力を入れている。



(出典) JFEスチールDX資料

2. スマート保安の取り組み全体像



(出典) 日本製鉄 2020年12月3日スマート保安シンポジウム資料

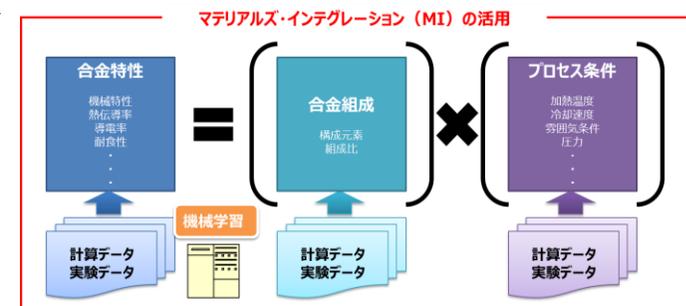
ローカル5G・ドローン・IoTによるスマート保安推進

日本製鉄は、最新の高度デジタル技術を活用し収集するデータの品質を向上させつつ、AI活用やリアルタイム分析等により議論・操業の安定化を図ることで保安力向上を目指す。ドローン利活用に関する規制緩和を受け、自動運転による広範囲の点検や製鉄所岸壁の海べり飛行による護岸や設備の点検等に積極的にドローンを活用していく。

マテリアルズ・インテグレーションを活用した革新的合金探索手法の開発

経済産業省は、「航空機エンジン向け材料開発・評価システム基盤整備事業」にて、革新的合金探索手法の開発を支援。

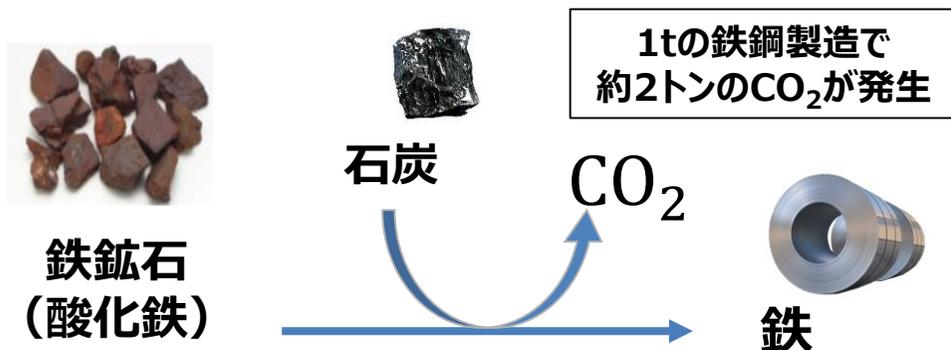
合金特性は、合金組成とプロセス条件で決まるが、その組合せは無限大。実験データとシミュレーションを活用、合金組成やプロセス条件と合金特性との間の相関関係を統計的に解析し、所望の特性を有する材料を予測する、合金開発の迅速化に期待。



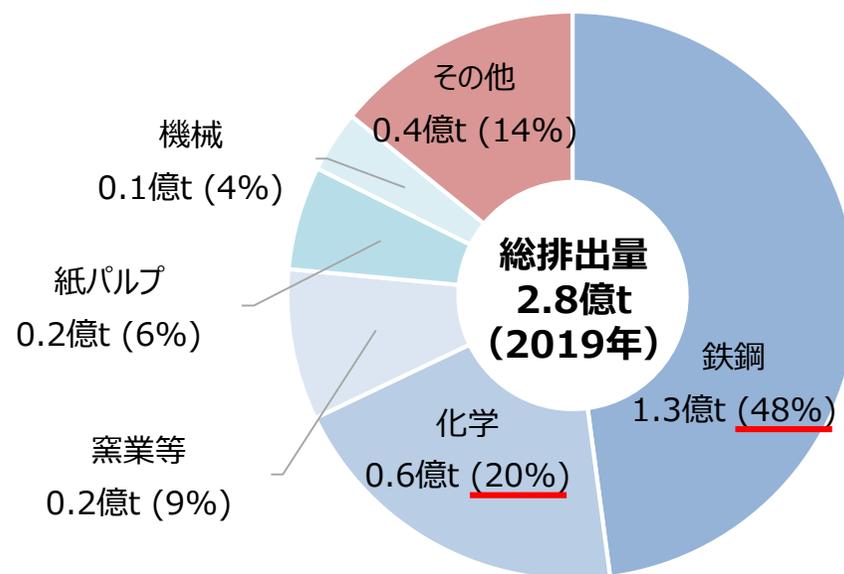
カーボンニュートラルと鉄鋼製造

- 鉄鋼は、その製造工程で必ずCO2排出を伴う。
- 産業部門の排出のうち、鉄鋼と化学は7割を占める大きなCO2排出源。

鉄鋼の製造工程



我が国の産業部門のCO2排出状況

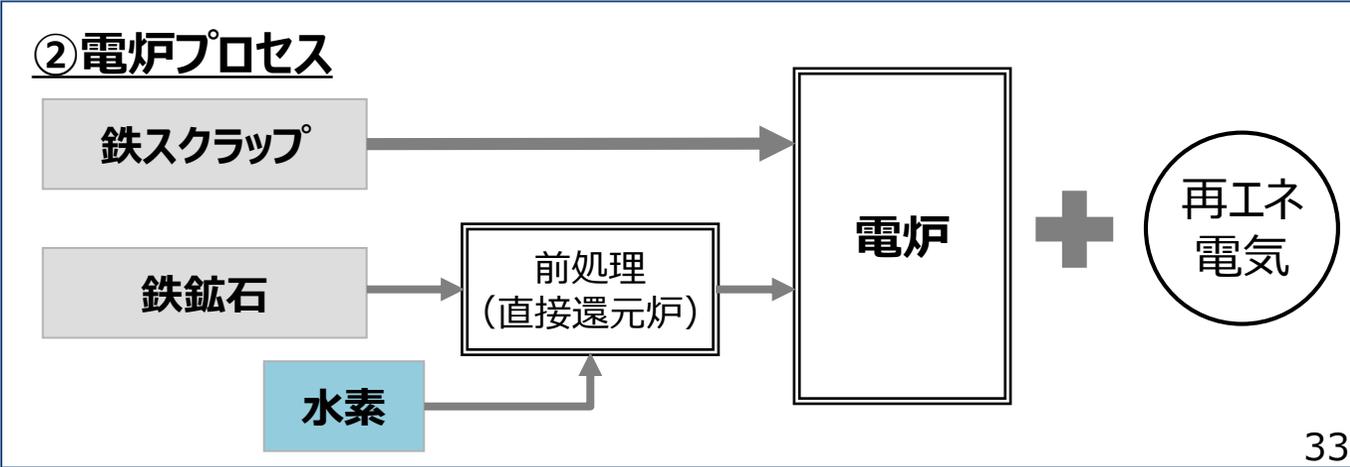
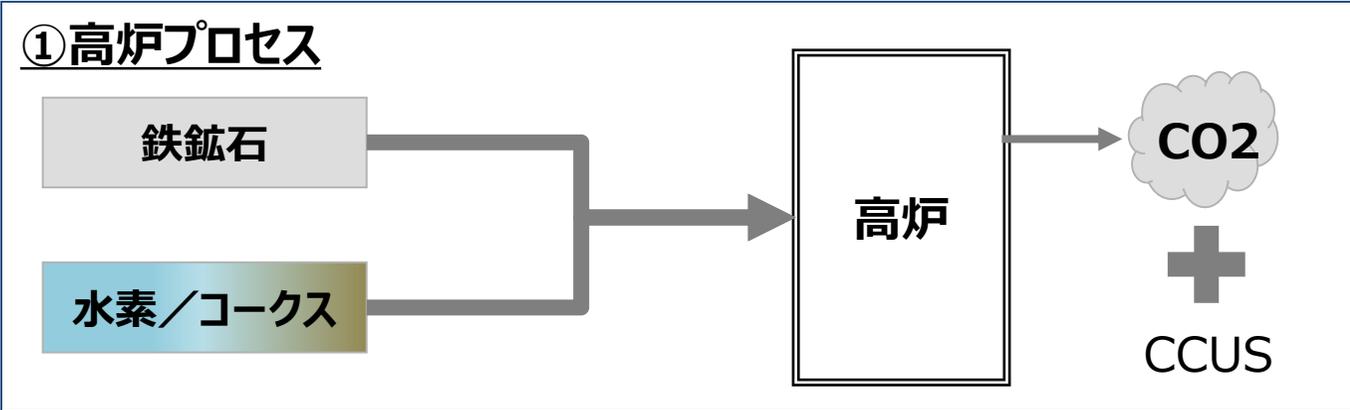
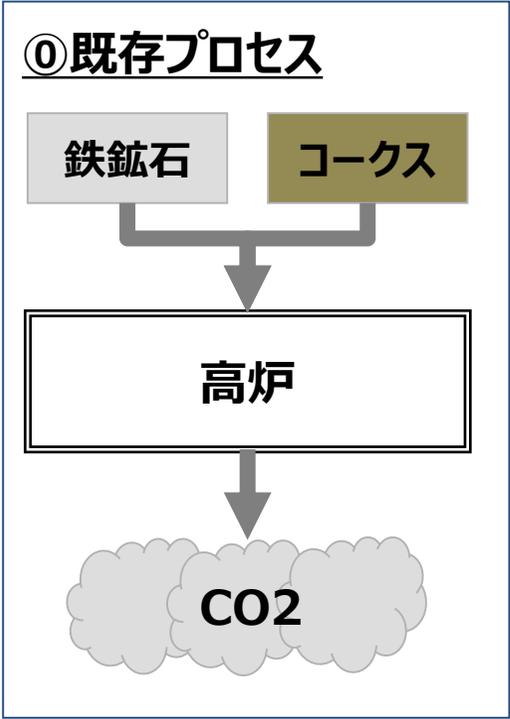


※上記のほか、セメント製造等から非エネルギー起源CO2排出

(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)

脱炭素に向けた生産プロセスの転換

- ①高炉プロセスにおいて、コークスを水素に代替することで、CO2排出量を大幅削減。ただし、高炉の構造上、必要最低限のコークスが必要となり、CCUSが必須。
- 鉄スクラップによる②電炉プロセスでは、再エネ電気を活用することで脱炭素が可能。ただし、鉄スクラップ供給量に制限があり、一定量の鉄鉱石は引き続き利用が必要。

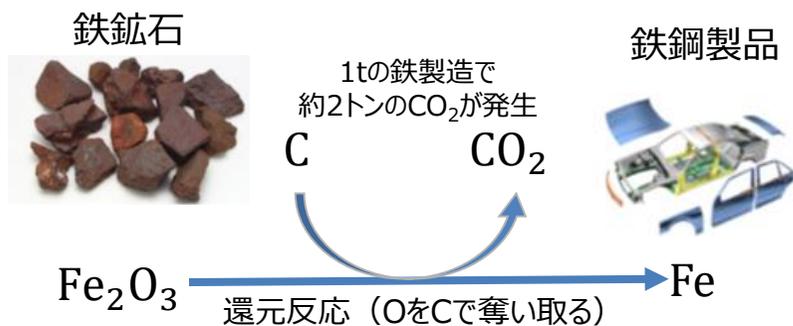


製鉄プロセスにおける水素活用 (国費負担額：上限1,935億円)

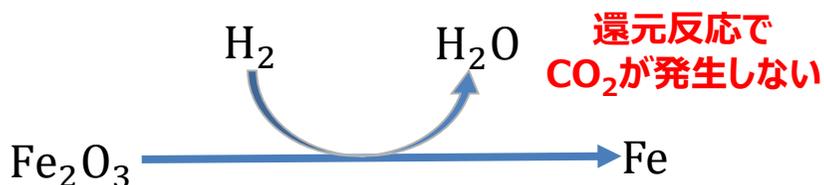
2021年9月14日グリーンイノベーション基金
プレスリリース資料より抜粋

- 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であるとともに、脱炭素化プロセスの研究開発はリスクも高い。
- 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。

水素還元製鉄のイメージ



炭素ではなく水素で還元：水素還元製鉄



技術課題

<高炉を用いた水素還元技術の開発>

- 高炉法は、エネルギー効率に優れている上、高級鋼の製造が可能。我が国鉄鋼業に技術的優位あり。
- 高炉を用いて水素で鉄鉱石を還元する技術や、発生したCO₂を還元剤等へ利活用する技術を開発し、高炉における脱炭素化を目指す。



COURSE50試験高炉

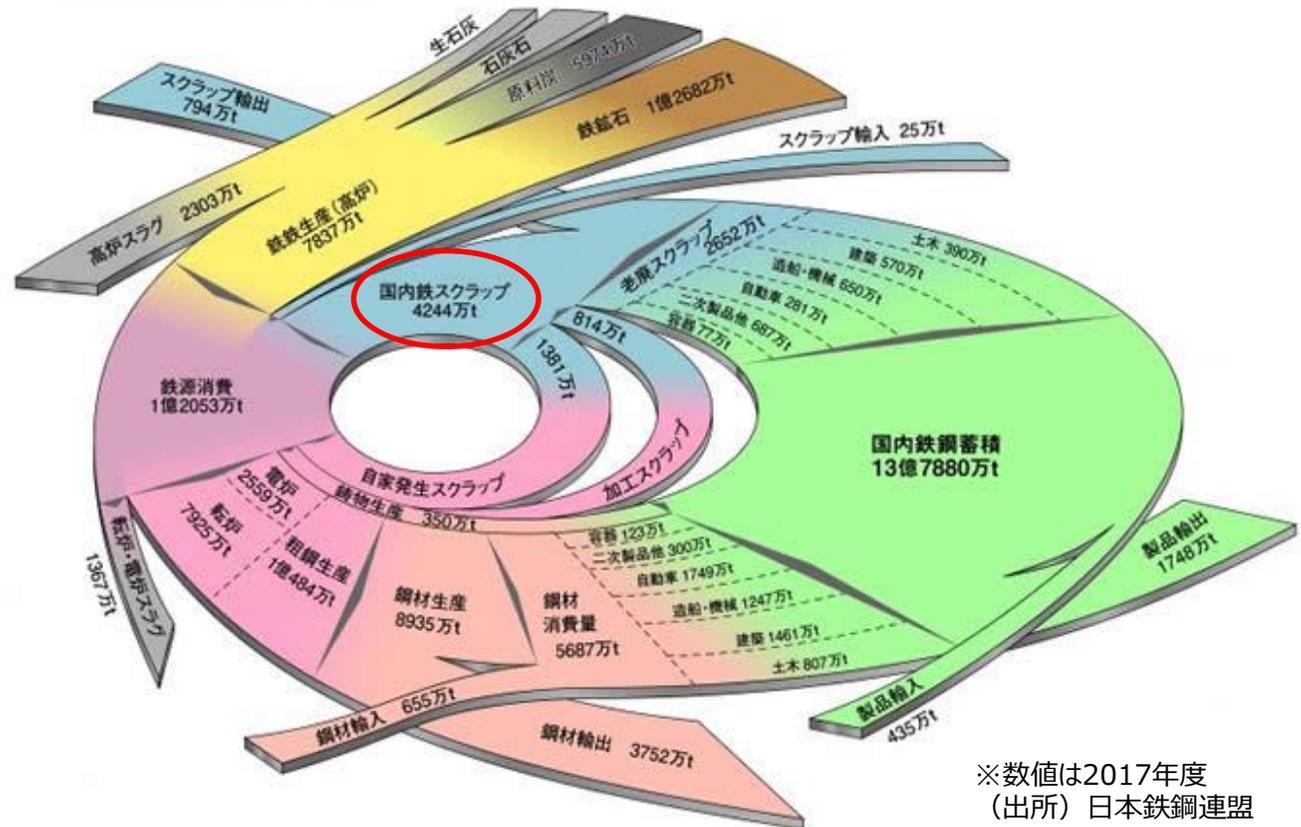
※試験高炉において、製鉄プロセスからCO₂排出を50%以上削減する技術を実証

<水素だけで鉄鉱石を還元する直接水素還元技術の開発>

- 直接還元法は、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。
- 水素で鉄鉱石を直接還元する技術や電炉での不純物除去技術（高炉法並みに制御する技術）を開発し、直接水素還元炉での高級鋼製造を目指す。

鉄スクラップについて

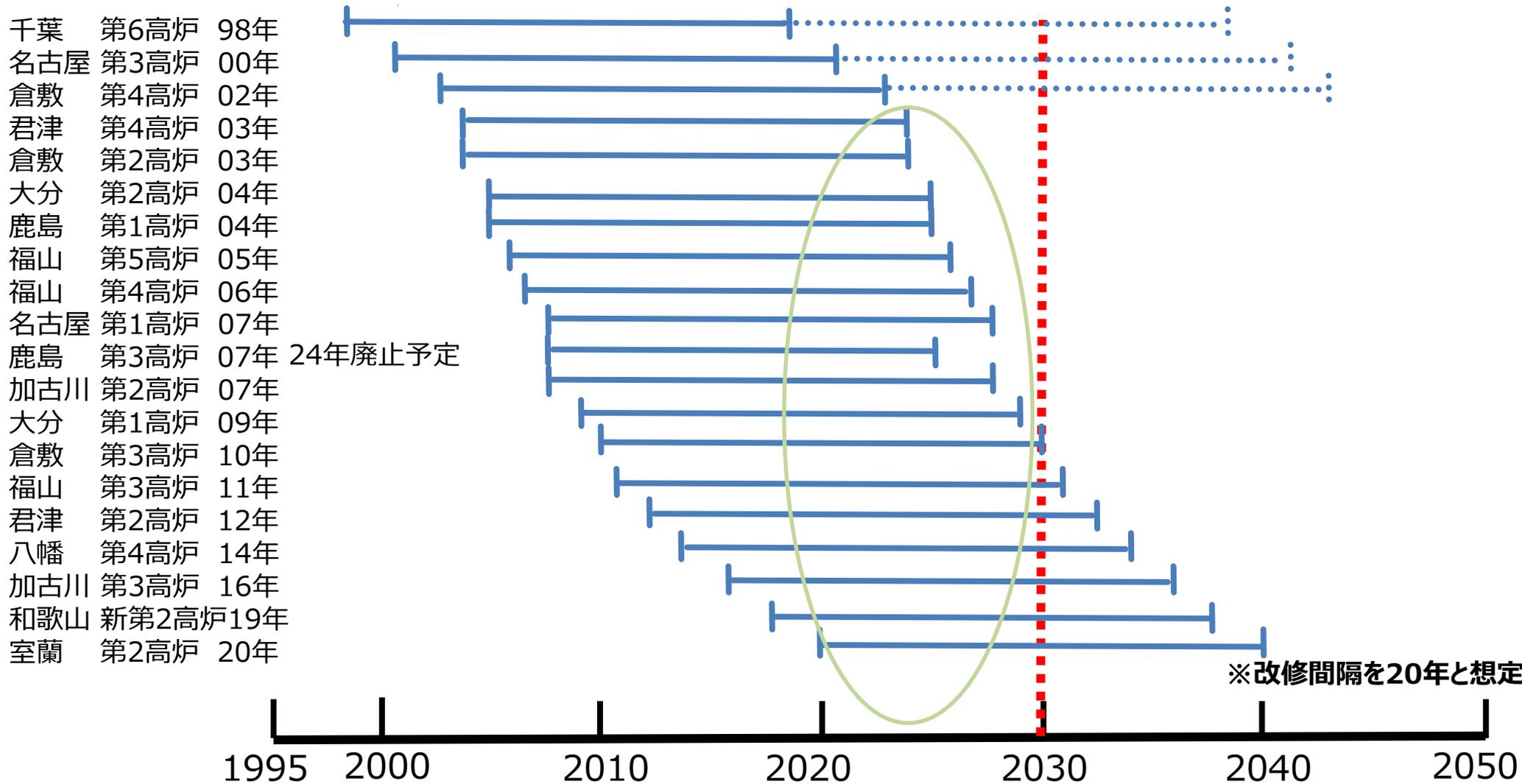
- 国内で年間約4000万トンの鉄スクラップが発生。うち、国内利用は約3300万トン、輸出約700万トン。
- 脱炭素化に向けて電炉を利用拡大する場合には、原料である鉄スクラップの確保が1つの課題。



※数値は2017年度
(出所) 日本鉄鋼連盟

脱炭素に向けた投資判断のタイミング

- 高炉改修が決まっていない9基の高炉について、高炉3社は改修、廃止、電炉化など、今後の対応の判断に迫られている。



1. 日本経済における鉄鋼産業の役割
2. 環境変化（鉄鋼産業変革の要請）
- 3. 各国の戦略**
4. 非鉄金属産業

各国の取組



EU

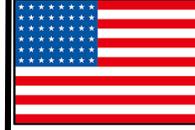
【基礎情報】

粗鋼生産:1億4000万t(全世界の7.6%)

電炉比率:42.4%

鋼材輸出:1770万t 鋼材輸入:2120万t

- 欧州は老朽高炉を順次、電炉または天然ガスを用いたDRIにシフト。DRIについては、将来的に燃料を水素に転換することが可能。
- 21年7月ドイツ政府は鉄鋼業の競争力強化についてレポートを発表。カーボンニュートラルに向けて必要な政策パッケージをまとめた。



アメリカ

【基礎情報】

粗鋼生産:7300万t(全世界の3.8%)

電炉比率:70.6%

鋼材輸出:630万t 鋼材輸入:2201万t

- 鋼材の輸出は少なく、国内向けの鉄鋼を主に電炉で供給している。国内の自動車産業向けに高炉も一部維持している。



中国

【基礎情報】

粗鋼生産:10.6億t(全世界の57%)

電炉比率:9.2%

鋼材輸出:5172万t 鋼材輸入:3856万t

- 高生産性の高炉の維持や、CCS付高炉、水素転換など各地域の特性に応じて、異なる生産体制にシフト。
- ASEANでの生産拠点の建設を進めており、第3国での鉄鋼生産を増加させる見通し。



韓国

【基礎情報】

粗鋼生産:6700万t(全世界の3.6%)

電炉比率:31%

鋼材輸出:2760万t 鋼材輸入:1150万t

- 鉄鋼生産を浦項、光陽の2つの拠点に集約。効率的な鉄鋼生産を行っている。

各国の気候変動対策

- **欧州や中国、韓国、米国**もカーボンニュートラル実現の野心を掲げ、企業の研究開発・実証に対する支援を実施しており、**国際的な技術開発競争が激化**。

<欧州>

- ・2019年12月に「欧州グリーンディール」を公表し、2050年カーボンニュートラル実現に向けて約120兆円を投じる投資計画を公表。
- ・2021年7月には、炭素国境調整措置（CBAM）等の新規提案、EU-ETSの対象拡大や省エネ指令・再エネ指令等を含む政策パッケージ「Fit for 55」を提案。
- ・鉄鋼産業がC N含めた事業環境の変化に対応できるよう、産業競争力の強化を支援するためのアクションコンセプトを独が作成。
- ・2030年までに少なくとも55%の排出削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。

<米国>

- ・バイデン大統領就任後、パリ協定に復帰し、2035年までに電力セクターをカーボンフリーにすることや、政府の公用車はゼロ・エミッション車を調達すること等を表明。
- ・2021年10月には、クリーンエネルギー・気候変動分野への5,500億ドルの投資を含む政策パッケージ「Build Back Better Framework」を公表。
- ・2030年までに50~52%の排出削減、2050年までにカーボンニュートラル実現を目指す。

<中国>

- ・2021年10月に、カーボンニュートラル実現に向けた具体策を明記した「1+N」文書を公表。炭素削減のための金融政策スキーム構築や国家低炭素移行基金の設立検討などを盛り込む。
- ・中国最大の鉄鋼メーカーである宝武鉄鋼集団や国家グリーン発展基金などが、鉄鋼業界の脱炭素化の実現を目指し、約8,500億円のファンドを創設。
- ・2030年までに二酸化炭素排出量のピークアウト、2060年までにカーボンニュートラル実現を目指す。

<韓国>

- ・2020年12月に「カーボンニュートラル推進戦略」を公表。温室効果ガスの削減を中心とする「アダプティブな削減」ではなく、新しい社会・経済発展戦略の策定を通じ「プロアクティブな削減」を行い、カーボンニュートラル・経済成長・QOL向上の同時達成を目指す。
- ・経済対策3.8兆円の内数として、鉄鋼業の支援を検討中。
- ・2030年までに40%の排出削減、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。

各国鉄鋼メーカーの脱炭素化に向けた取組

- 世界各国がカーボンニュートラルを宣言する中で、世界各国の鉄鋼メーカーも重要な経営課題としてカーボンニュートラルにコミットしている。

日本製鉄

- ・2030年までにCO2総排出量を30%削減。(2013年比)
- ・2050年に向けて大型電炉での高級鋼量産、水素還元製鉄、CCUSなどを含めた複線的なアプローチでカーボンニュートラルを目指す。(5000億円の研究開発投資、4~5兆円の設備投資が必要)
- ・グローバル粗鋼生産1億トンを目指す。

JFEホールディングス

- ・2030年までにCO2総排出量を20%以上削減。(2013年度比)
- ・2050年カーボンニュートラルの実現を目指し、カーボンリサイクル高炉とCCUを軸とした超革新的技術開発に挑戦。
- ・高付加価値電磁鋼板の供給体制を拡大し、社会全体でCO2削減に貢献する。
- ・製造プロセスのDXに1000億円規模の投資。

神戸製鋼所

- ・2030年までに生産プロセスにおけるCO2を30~40%削減。(2013年度比)
- ・2050年カーボンニュートラルに向け、技術・製品・サービスで1億t以上のCO2排出削減に貢献する。
- ・既存技術の省エネ化と革新技術(COURSE50,フェロコークス)の開発に加え、MIDREX技術により、CO2排出削減で業界をリードしていく。

欧州 (アルセロール・ミタル社)

- ・2030年までにCO2総排出量を25%削減。(ヨーロッパでは35%削減)(2018年比)
- ・革新的なDRI-電炉プロセスで脱炭素化を進める。
- ・2025年まで世界で最初のCO2排出ゼロの製鉄所をスペインに建設。
- ・脱炭素コストの50%を政府支援を受け、トランジション期間の競争力を維持。

米国 (U.S.スチール社)

- ・2030年までにCO2総排出量を20%削減。(2018年比)
- ・電炉をDRIや脱炭素電源、CCUSと組み合わせて2050年ネットゼロを達成する。
- ・自動車産業に高性能な製品を供給することで、CO2削減に貢献する。

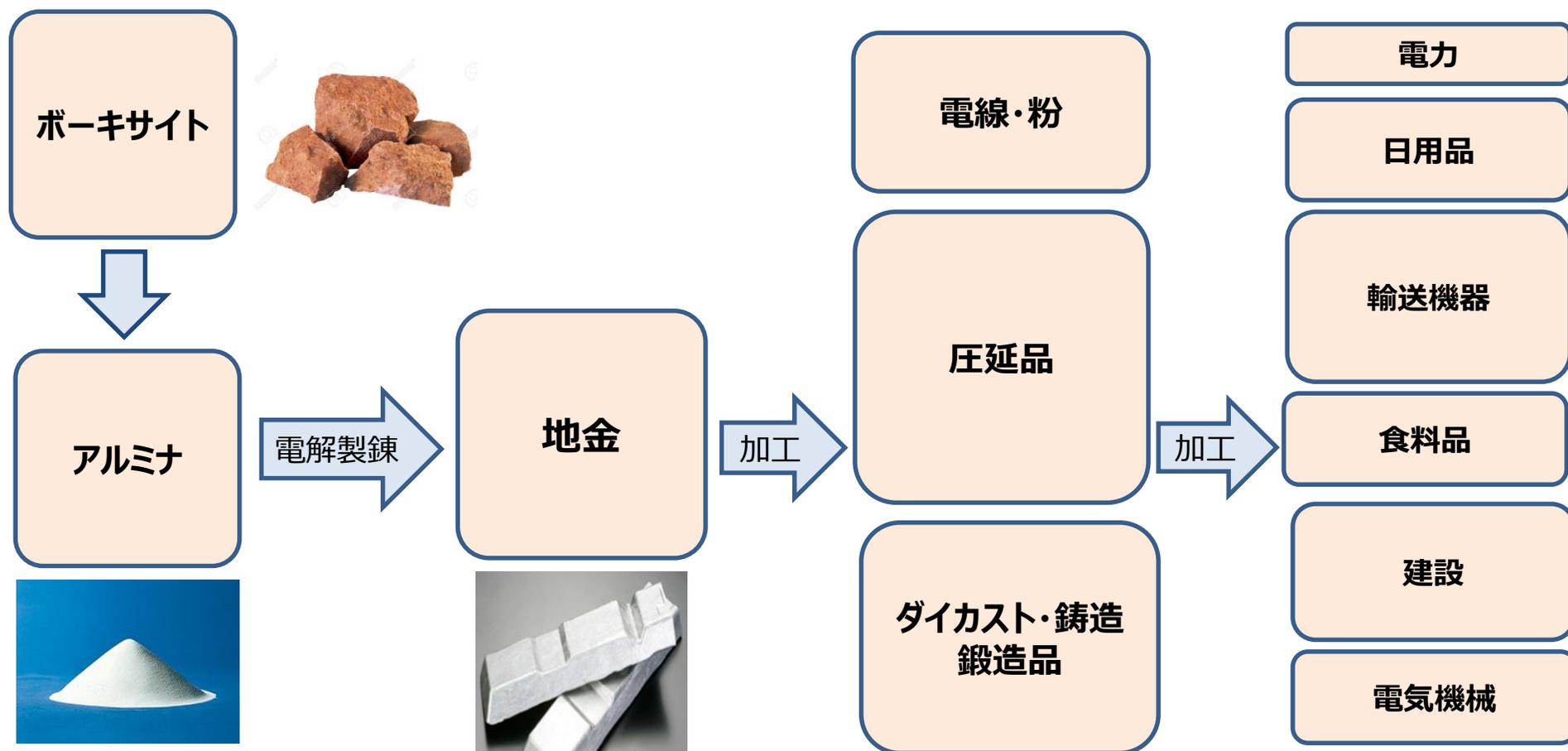
中国 (宝山鋼鉄社)

- ・2023年に炭素排出量をピークアウトさせ、2025年までに炭素排出量を30%削減する生産技術を確立。2035年までに排出量を30%削減する。
- ・ミニ高炉を利用して水素還元製鉄の研究を進める。
- ・低炭素の材料や、電気自動車向けの軽量鋼材などの研究開発に売上高の3%以上(約1400億円)を投資。

1. 日本経済における鉄鋼産業の役割
2. 環境変化（鉄鋼産業変革の要請）
3. 各国の戦略
4. **非鉄金属産業**

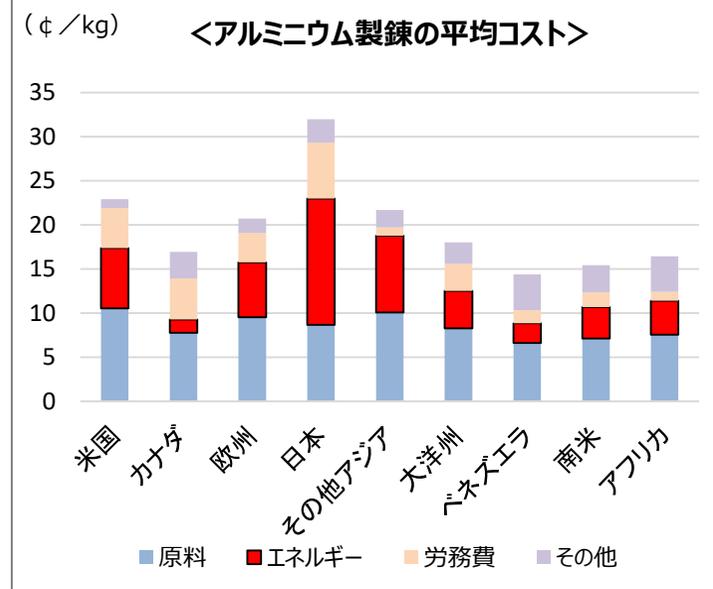
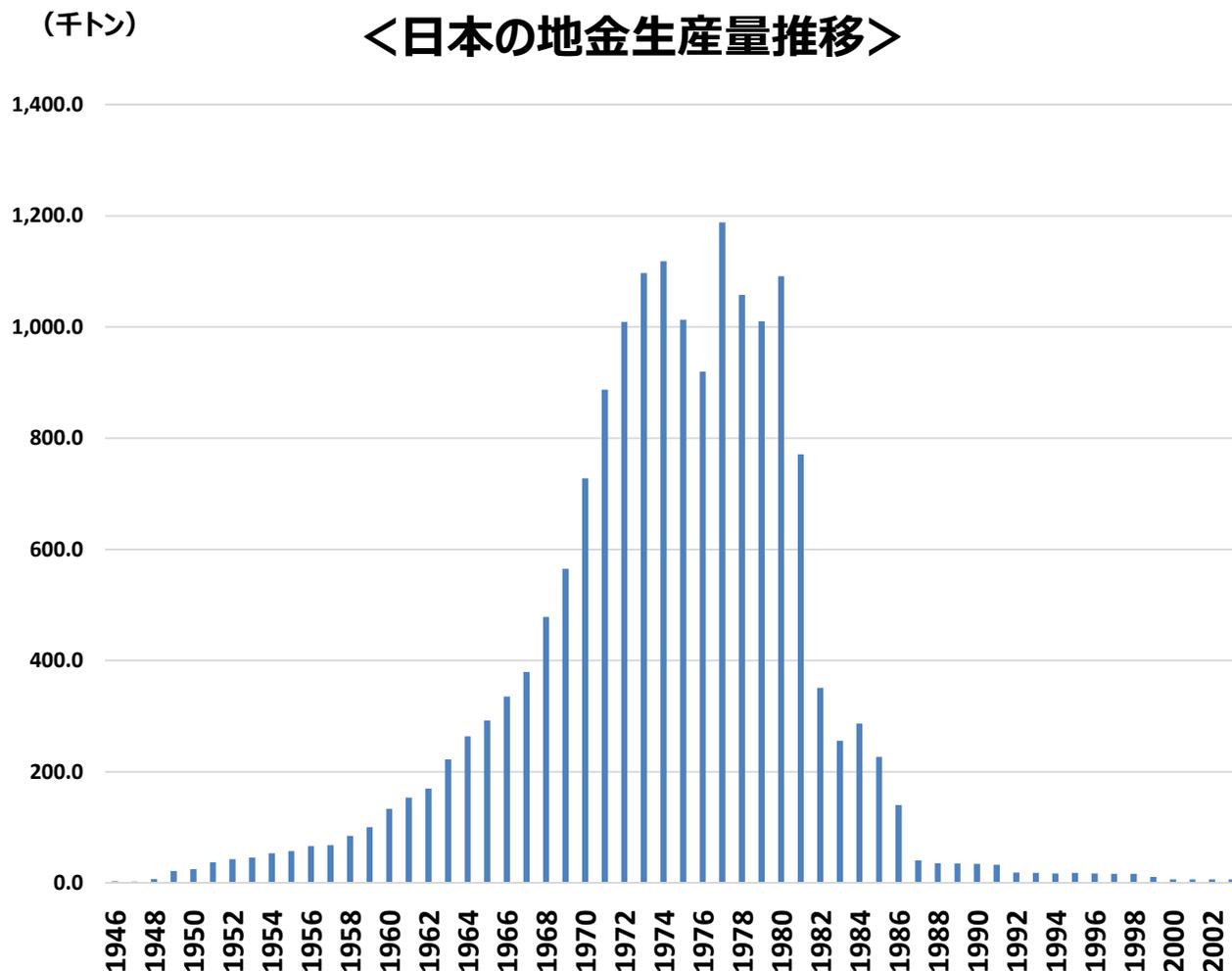
アルミニウムのマテリアルフロー・用途

- アルミニウム製品の原料「地金」は、鉱石「ボーキサイト」を電解製錬することで製造される。
- アルミニウムの主な用途は、**輸送機器**（自動車、鉄道車両）、**建設**（サッシ、ドア、外壁）、**食料品**（缶、包装材）、**日用品**（アルミホイル）、**電気機械**（PCやハードディスクの筐体・部品）等で、輸送機器、食料品、日用品、建設向けが約80%を占める。



アルミニウム一次産業の撤退の背景

- 日本のアルミ**地金製錬業**は、戦後復興とともに成長を遂げるも、二度にわたる石油危機による国内電力コストの高騰で、1977年をピークに縮小、**2014年に完全撤退**。
- 現在は、アルミの加工工程のみが残っている。

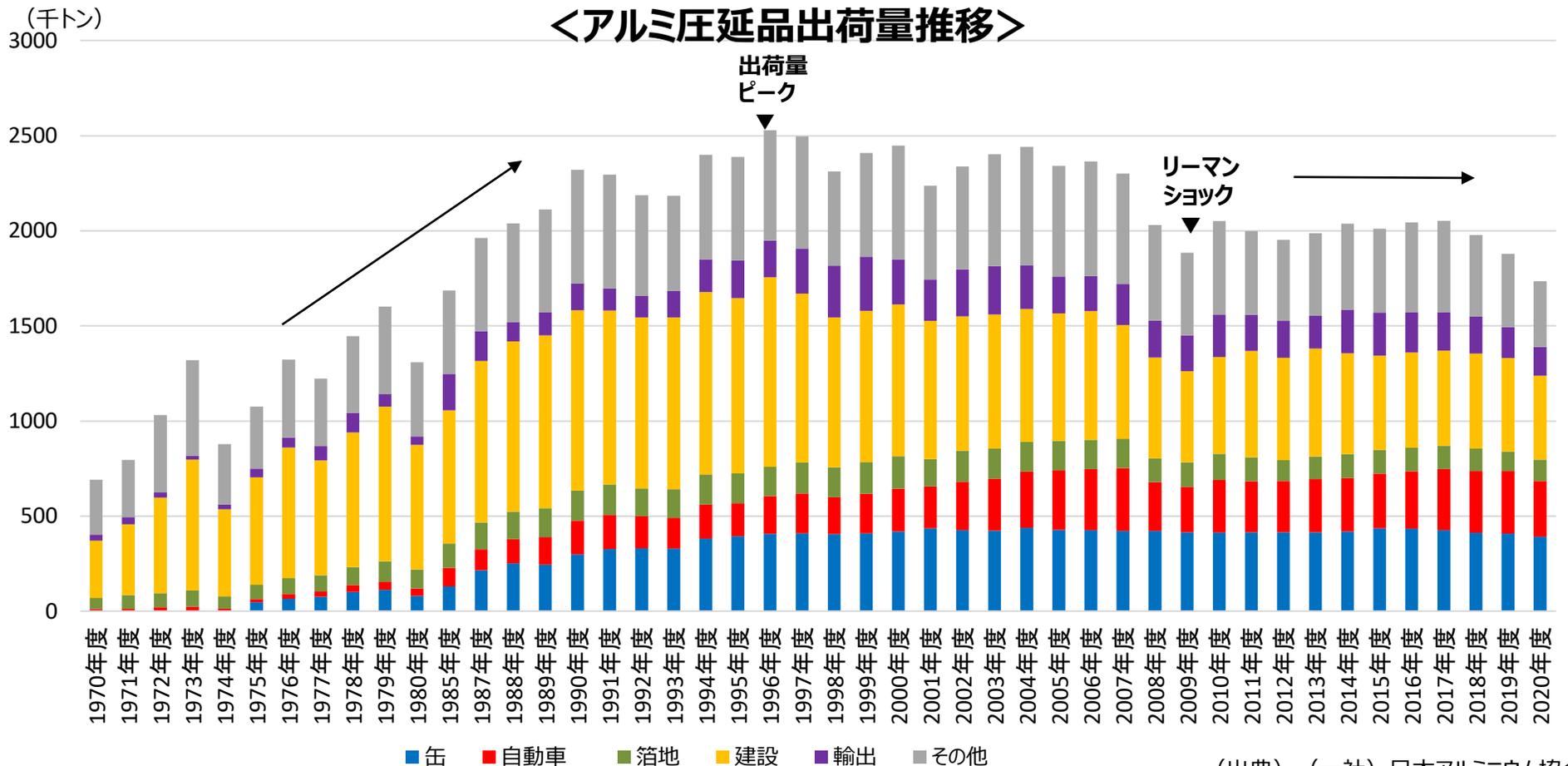


注：1986年4月レートによる。1986年上期時点。
 出典：SKILLINGS' MINING REVIEW (1986年11月)

アルミニウム製錬には、大量の電力を消費する。1980年代、日本のエネルギーコストは、石炭や石油等の資源が豊富でエネルギー自給率が高い他の製錬国と比較して、高い割合を占めていた。

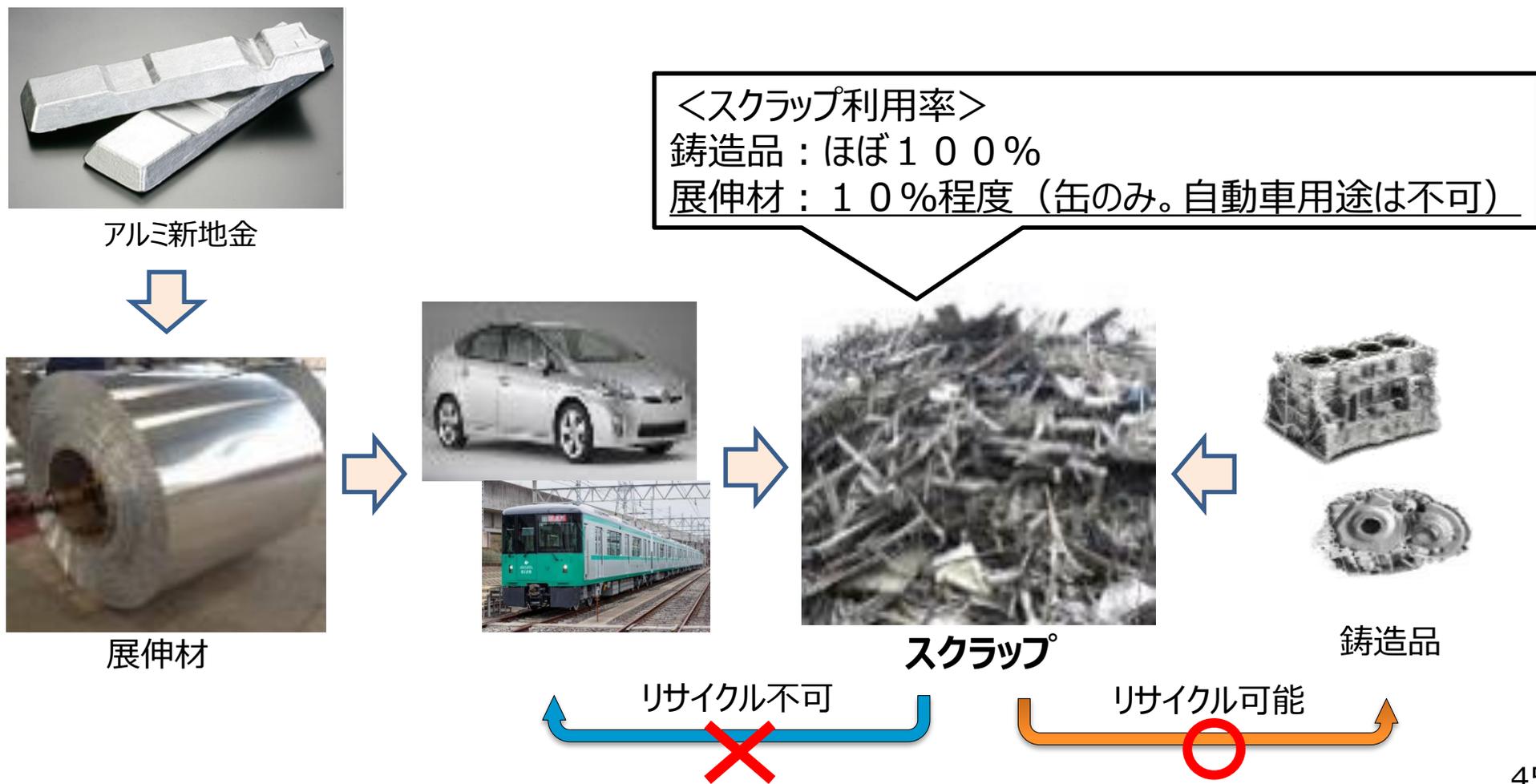
アルミニウム圧延品出荷量の推移

- 日本のアルミニウム産業は、製錬業よりも先に圧延業から始まり、戦後の高度経済成長期に、「軽い」等のアルミの特性を武器に需要を獲得し、成長してきた。
- アルミ圧延品の出荷量は、1996年にピークとなり、リーマンショック時に大きく減少した後、横ばい～減少傾向となっている。



アルミリサイクルの意義・課題

- 資源循環の観点から、アルミのスクラップの利用がより一層求められる。
- 他方、スクラップには様々な不純物が混入しており、利用可能な製品用途が限られていることが課題。



アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業

令和4年度概算要求額 4.5億円 (3.0億円)

事業の内容

事業目的・概要

- アルミニウムは軽量材料として優れた特性を持っており、今後、自動車等での需要が急増する見込みですが、製錬時に電力を大量に消費し、CO2を大量に排出しています。
- アルミニウムの再生材を使用することにより、生産時のCO2排出量を96%削減することが可能です。しかし、再生材には不純物が含まれるため、現状では用途が限られており、自動車の車体等には利用できないことが課題となっています。
- 本事業では、アルミスクラップを、自動車の車体等にも使用可能な素材(展伸材)へとアップグレードする基盤技術 (① 不純物軽減、② 不純物を無害化する高度加工等の技術) を開発しアルミニウムの高度な循環利用を実現します。
- 令和4年度は、3年度に設計・製造した機械装置及び新たに導入する周辺機器を用い、不純物の軽減、不純物の無害化に適した条件を抽出します。

成果目標

- 令和3年度から7年度までの5年間の事業です。その後、実証フェーズを経て、リサイクル由来の展伸材を量産することにより、令和22年度にはCO2排出量を968万トン/年、令和32年度には1,914万トン/年削減することを目指します。

条件 (対象者、対象行為、補助率等)



事業イメージ



【研究開発項目】

- ① 地金製造時での不純物除去技術を高度化する技術 (不純物の軽減)
- ② 素材製造時での不純物を含有するアルミニウムの品質を向上する技術 (不純物の無害化)

アルミニウム産業の変革に向けて

主たる環境変化・課題

迫るカーボンニュートラル

例

- ・圧延工程における脱炭素化
- ・グリーンプロダクトへのアルミの活用

資源の奪い合い

例

- ・高品質なスクラップ資源の海外流出
- ・海外スクラップ資源の輸入増加

市場成長の停滞

例

- ・限定された特性（軽い、強い等）により定着した市場
- ・国内需要の停滞

対応の方向性

脱炭素化

- ・安価で安定したゼロエミ電気の供給
- ・蓄電池、自動車等へのアルミの活用を通じた貢献

資源循環

- ・サプライチェーン全体でのスクラップ資源回収システム構築
- ・スクラップの不純物除去・軽減の技術開発

高付加価値化

- ・添加材等によるアルミの特性をさらに活かすことができる分野・市場の新規開拓
- ・日本の製造技術や品質の強みを活かした積極的な海外展開
- ・サプライチェーンにおける適正な利益分配

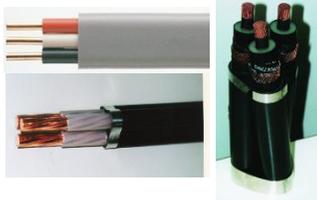
銅製品のマテリアルフロー・用途

- 電気銅は、海外から精鉱を輸入して、日本国内で精錬が行われている。生産された電気銅は電線・伸銅品に加工される。
- 銅は電気・熱伝導性に優れ、延性・展性に富み、耐酸化性や堅牢性の高い合金が生産しやすいため、電子・電気製品等の素材として活用される。

鉱石・精鉱

電気銅
(銅地金)

電線



用途例

電力用電線・ケーブル
(送電・配電・配線)

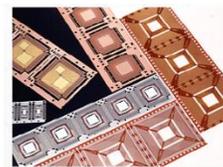
自動車用ワイヤハーネス

(出典) (一社) 日本電線工業会提供

国内精錬所一覽

	精錬所名	場所	企業
①	小坂	秋田県小坂町	DOWA : 100%
②	小名浜	福島県いわき市	三菱マテリアル55.7% DOWAメタルマイン31.6% 古河メタルリソース12.7%
③	日立	茨城県日立市	JX金属100%
④	直島	香川県直島町	三菱マテリアル100%
⑤	玉野	岡山県玉野市	三井金属鉱業63.5% 日鉄鉱業20.3% 古河メタルリソース16.2%
⑥	東予	愛媛県西条市・新居浜市	住友金属鉱山100%
⑦	佐賀関	大分県大分市	JX金属100%

伸銅品



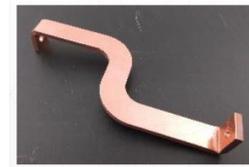
半導体用リードフレーム



コネクタ



CPUのピン



配電盤用ブスバー

用途例



自動車用電子部品



ルームエアコン用銅管



熱交換器



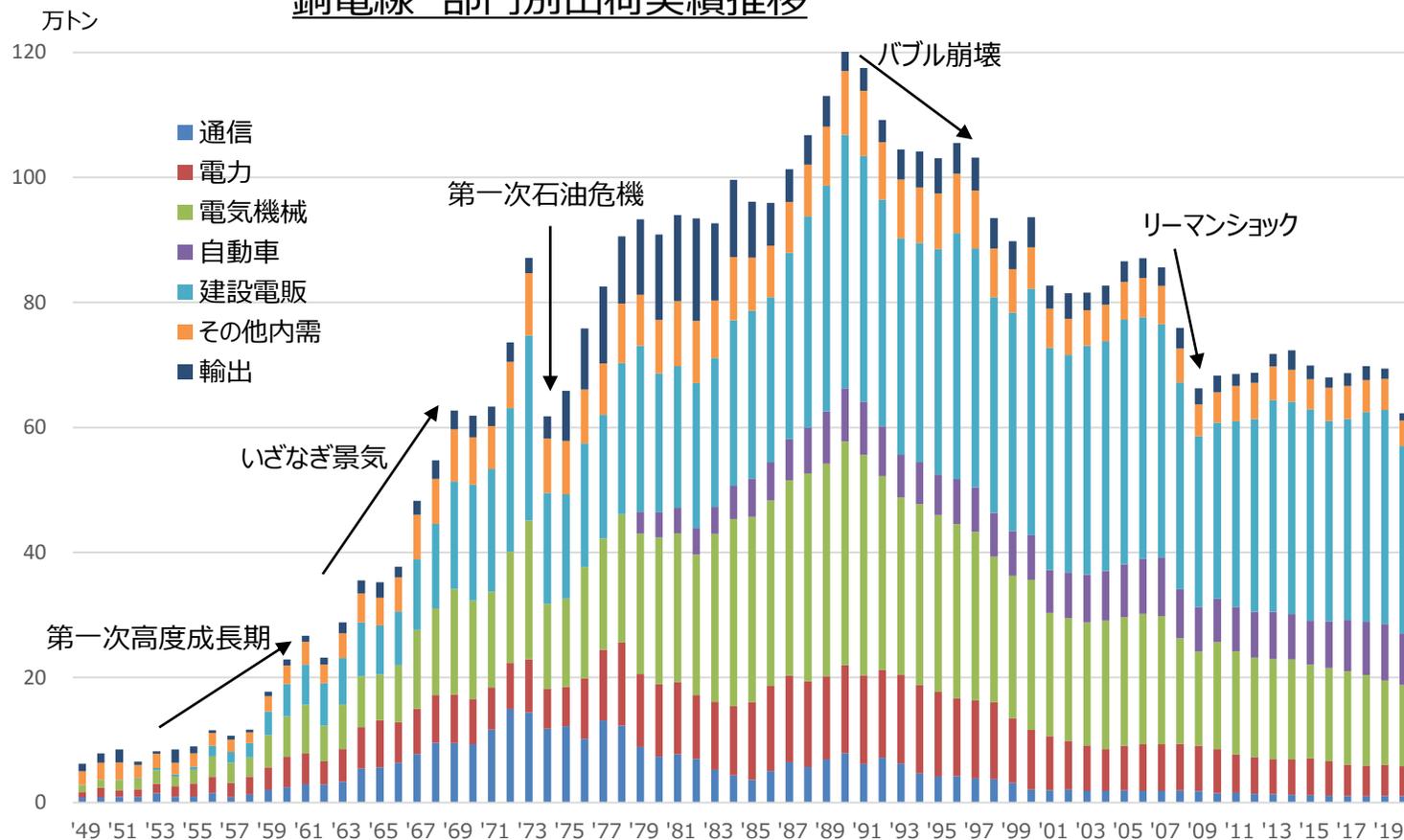
銅屋根(緑青銅板)

(出典) (一社) 日本伸銅協会提供

電線出荷量の推移

- 電線は、高度経済成長とともに右肩上がりでも出荷量を伸ばしたが、インフラ設備の国内普及等に伴い、1990年をピークに減少に転じ、**2009年以降は60万トン台で推移**。
- 他方、1990年以降、電線製造・加工拠点の海外移転が進み、日本企業の海外拠点の出荷実績も合算すると、2016年以降、ピーク時に匹敵する水準で推移。

銅電線 部門別出荷実績推移



電線製造業の海外進出状況推移

※加工を含む

1985年	40法人 (13カ国)
1995年	175法人 (24カ国)
2005年	282法人 (33カ国)
2015年	323法人 (44カ国)
2020年	358法人 (47カ国)

海外拠点出荷銅量実績

※日本電線工業会会員社、銅絶縁電線出荷量

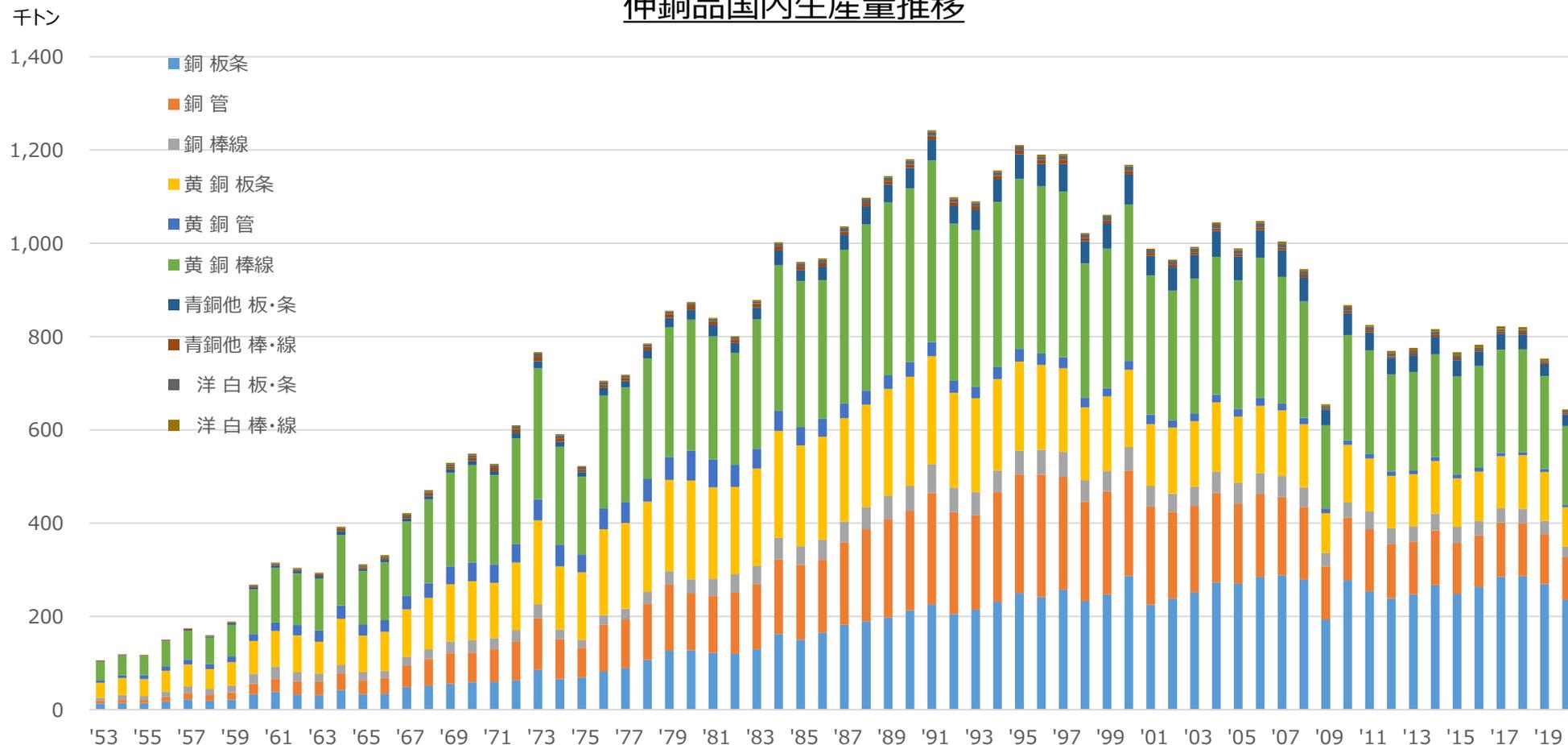
2016年度	42.3万トン
2017年度	44.9万トン
2018年度	43.9万トン
2019年度	42.1万トン
2020年度	39.3万トン

(出典) (一社) 日本電線工業会資料を基に経済産業省作成

伸銅品生産量の推移

- 伸銅品の生産量は、高度経済成長期以降の全要素生産性(TFP)と連動する形で増減。1990年代に年間120万トン記録した後、徐々に減少し、**最近は60～80万トン程度で推移。**

伸銅品国内生産量推移



電線・伸銅品産業の変革に向けて

主たる環境変化・課題

迫るカーボンニュートラル

例

- 低環境負荷燃料への転換
- 再生可能エネルギー導入
- 生産工程や材料の省資源化

電子化や設計受発注の効率化

例

- 受発の短納期化
- 製品発注の小口化、微細化
など取引関係の複雑化

社会変化への即応

例

- 安全基準強化
- 海外企業との価格競争の激化

対応の方向性

脱炭素化・高効率化

- アンモニア、水素等の低炭素燃料転換
- 生産工程における耐熱性能、断熱性能の向上
- リサイクル技術開発や回収効率向上
- 直流送電電線、再生可能エネルギー素材の供給
- 熱・電力損失の少ない製品の供給（無酸素銅、リン青銅等）

CADやAIの積極活用

- 新たな製造技術のキャッチアップ
- CAD・AIを補うための人材育成
- 商品サイクル短期化に伴う差別化、要求水準の高い製品作り
- 顧客への迅速なレスポンスができる体制作り、迅速な価格見積もり、在庫管理

競争力強化

- 新たな動きの知識習得、動向把握
- 提案型企業へ転換し、取引先とともに成長を目指す
- 労使関係、人権問題、取引適正化、SDGs等の社会要請への対応
- 自前主義から脱却して、強い技術や特許を有する企業・大学との連携