

(V 続き) 3 鉄鋼業：迫られる持続的イノベーションからの転換

課題

- 鉄鋼業の現状と課題を論じることを通して、日本の巨大企業の投資行動の一つのパターンをつかむ
- とくに国際競争と持続可能性を巡る経営環境の中で日本メーカーが置かれているポジションと競争戦略と、それを実行する投資行動について明らかにし、そのような投資行動が日本経済において果たす役割を考える
- より具体的には、持続的イノベーションと破壊的イノベーションという見地から、日本の高炉メーカーと電炉メーカーの競争戦略を評価し、将来を展望する

構成

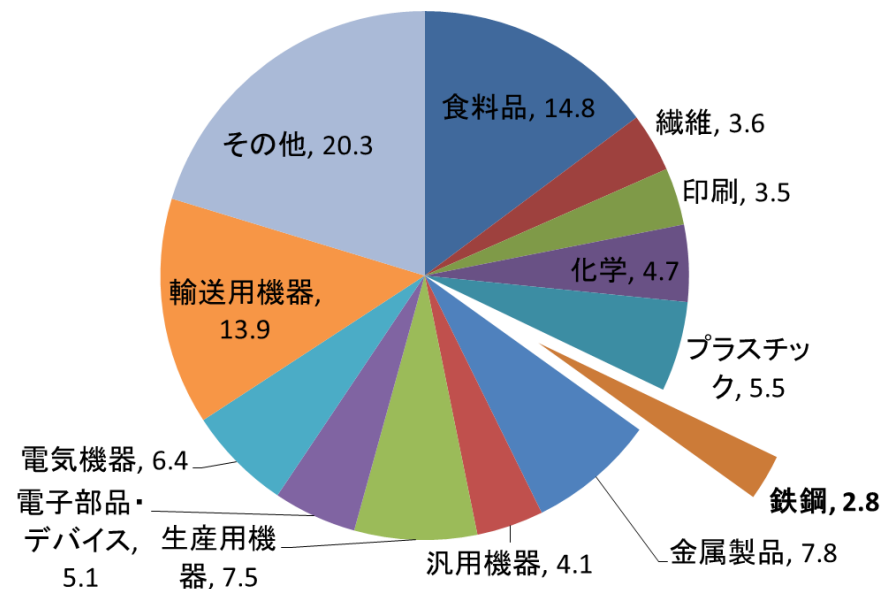
- 鉄鋼業の概要
- 分析視角：持続的イノベーションと破壊的イノベーション
- 高炉メーカーのグローバル高級鋼戦略
- 電炉メーカーの競争戦略
- 地球温暖化と日本鉄鋼業
- 小括：鉄鋼業におけるイノベーションの将来

2-(1) 鉄鋼業の概要

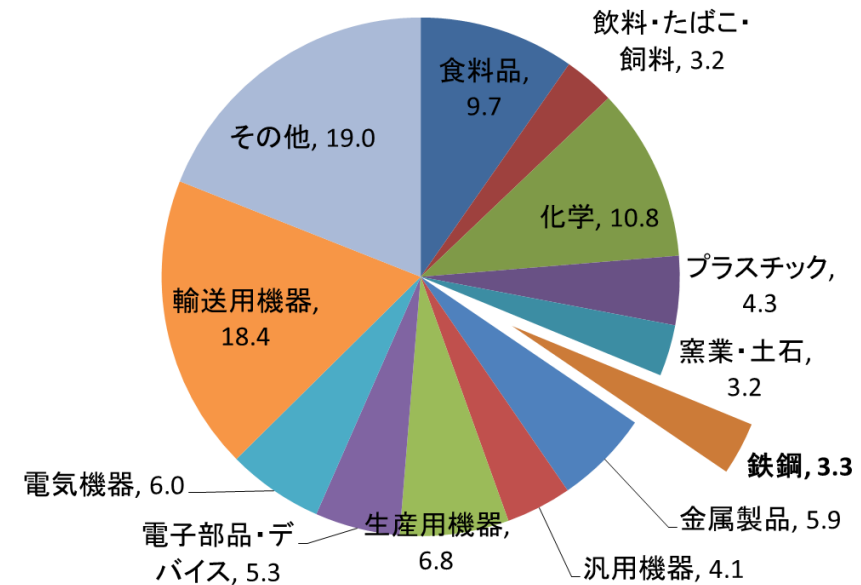
製造業における鉄鋼業の地位(2016年)

- 事業所数4625(全製造業の2.1%), 従業員数20万9748人(2.8%), 出荷額17兆8420億円(5.7%), 付加価値額3兆2444億円(3.3%)

製造業産業中分類従業員数比率



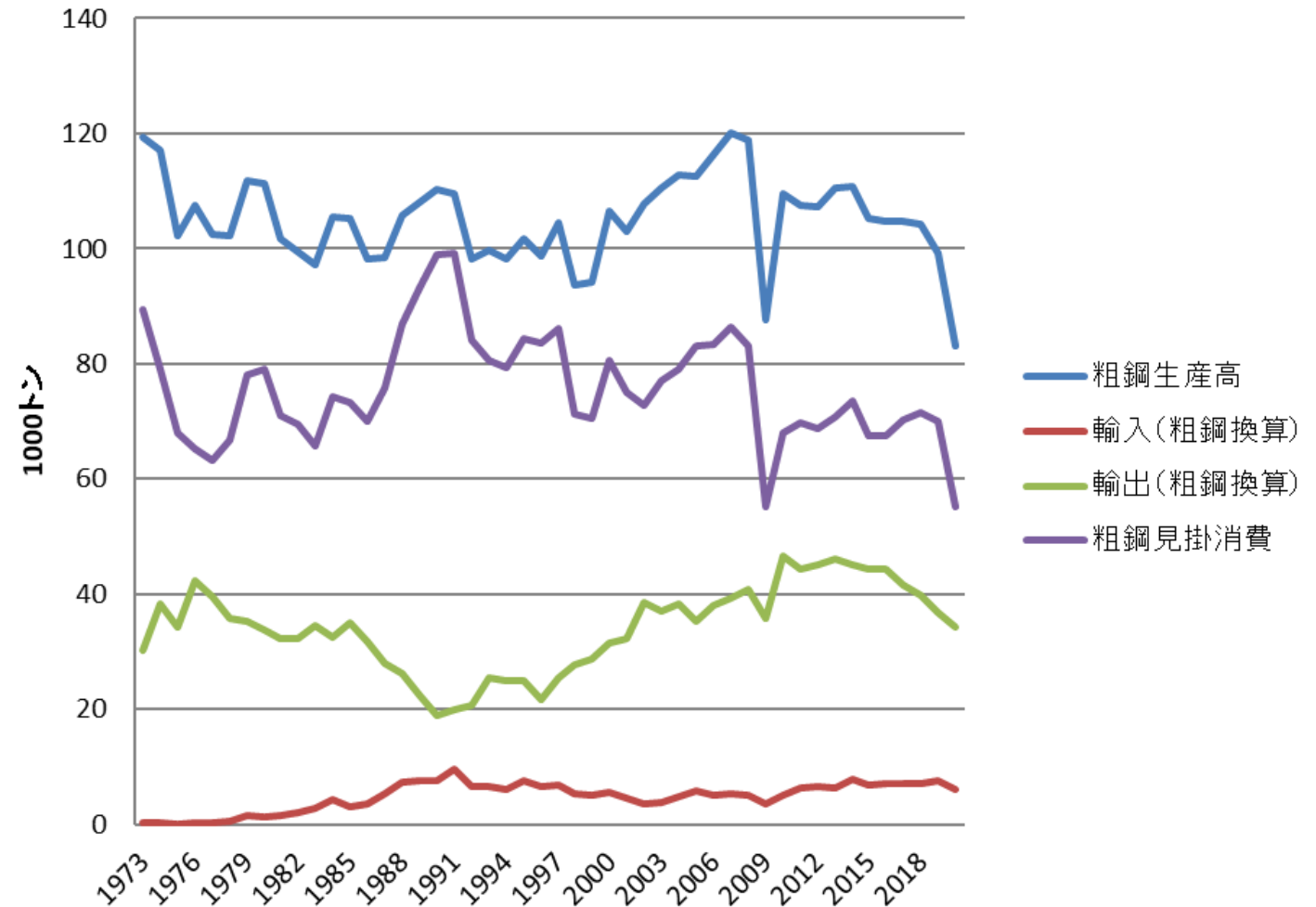
製造業産業中分類付加価値額比率



注: 3%を超える産業と鉄鋼を項目化。出所:『平成28年経済センサス』。

鉄鋼需給の長期推移

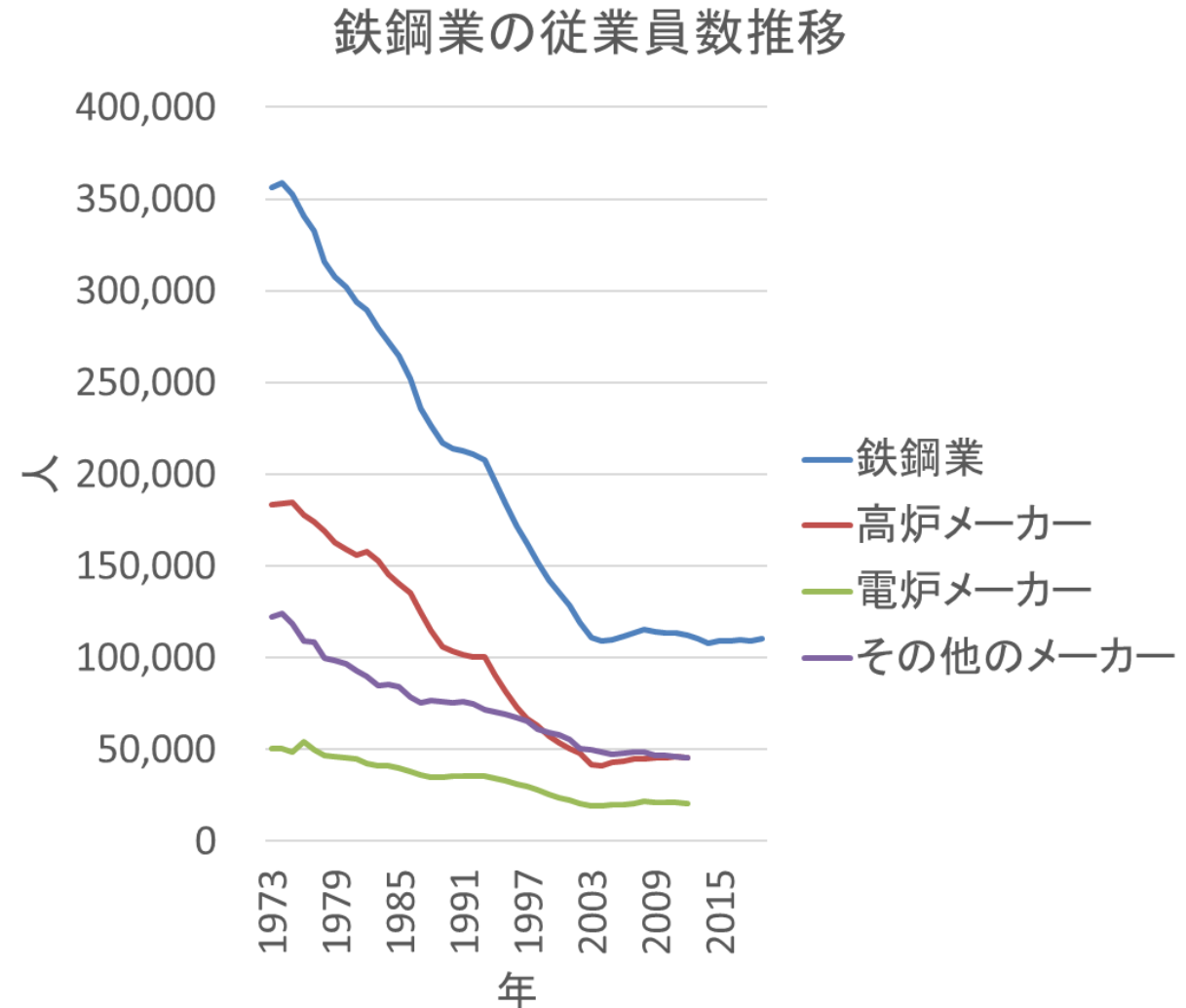
- 国内市場は成熟：需要のピークは1991年度
 - 見掛消費 = 生産 + 輸入 - 輸出
- 輸出依存度を高め、生産のピークは2007年度
- コロナ以前の2019年に不況に突入していたことに注意



出所：日本鉄鋼連盟(各年)を経産省，鉄連発表公式データで補い作成。

鉄鋼業の雇用推移

- 従業員数の減少
 - 1988年: 22万6762
 - 1998年: 15万2233
 - 2008年: 11万5378
 - 2018年: 10万9411
- 自動化, 生産性向上で生産を維持してきた
- 21世紀に入って下げ止まったが, 今後減少の見込み(後述)



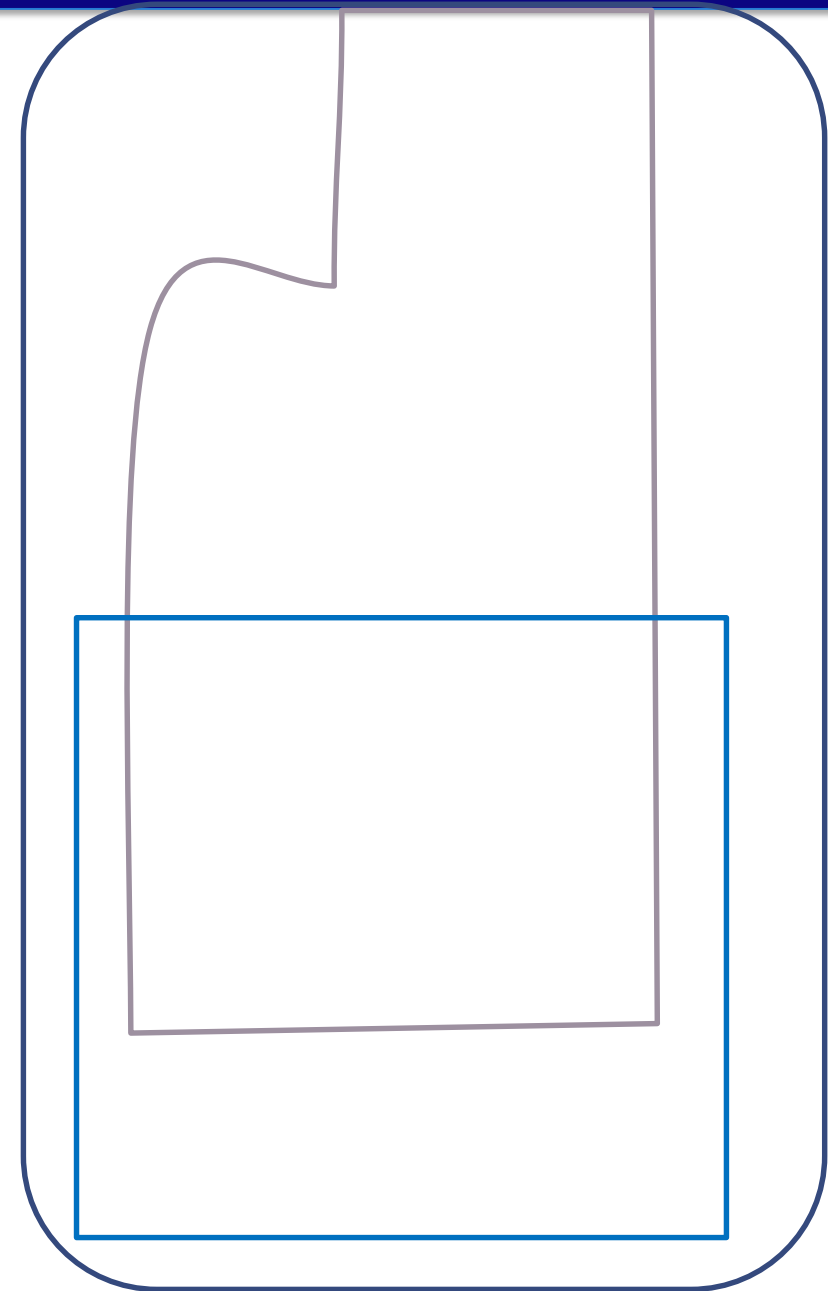
出所: 日本鉄鋼連盟(各年)より作成。

鉄鋼業の製品と生産工程

- 製品(2通りの分類)
 - 形状による分類
 - 条鋼類(軌条, 棒鋼, 線材, 形鋼, 鋼矢板など)
 - 鋼板類(厚中板, 熱延コイル, 冷延コイル, 表面処理鋼板など)
 - 鋼管類(溶鍛接鋼管, 継目無鋼管など)
 - 成分・機能による分類
 - 普通鋼
 - 特殊鋼(機械構造用炭素鋼, 構造用合金鋼, 軸受鋼, ばね鋼, ステンレス鋼, 高抗張力鋼など)
- 生産工程
 - 製鉄: 鉄鉄(iron)をつくる
 - 製鋼: 鋼(steel)をつくる
 - 圧延: ロールの間で母材を伸ばして必要な形状や表面性状をつくる
 - 表面処理: 表面にめっきや塗装を行う
 - 日本鉄鋼連盟による解説アニメ
 - <http://www.jisf.or.jp/kids/shiraberu/index.html#>

鉄鋼生産工程と基本的企業類型

- 高炉法による銑鋼一貫企業(高炉企業)
 - 製銑: 鉄鉱石をコークス等で還元し銑鉄(iron)をつくる
 - 製鋼: 銑鉄を脱炭し不純物を除去, 成分を調整して鋼(steel)にし, 鑄造して半製品にする
 - 圧延: 特定用途に特化した圧延機で延ばして形状や材質を整える
 - 表面処理: めっきや塗装を行う
- 電炉法による製鋼圧延企業(電炉企業)
 - 製鋼: スクラップを溶解し, 不純物除去・成分調整をし, 鑄造して半製品にする
 - 圧延(高炉企業に同じ)
 - 普通鋼企業と特殊鋼企業に分かれる
- 単純圧延・製管企業
 - 母材(半製品, 熱延コイル, 冷延コイルなど)を特定の圧延機で圧延して製品にする
 - 圧延と表面処理のいずれか, または両方を行う



高炉(製鉄工程)(内容積5000m³クラス)

以下4スライドの写真はいずれも新日鐵君津製鉄所の設備で、新日鐵君津製鉄所パンフレット、2000年版より。

純酸素上吹き転炉（BOF）とスラブ用連続鑄造機（製鋼工程）

ホット・ストリップ・ミル(圧延工程)

コールド・ストリップ・ミルと 溶融亜鉛めっきライン(圧延・加工工程)

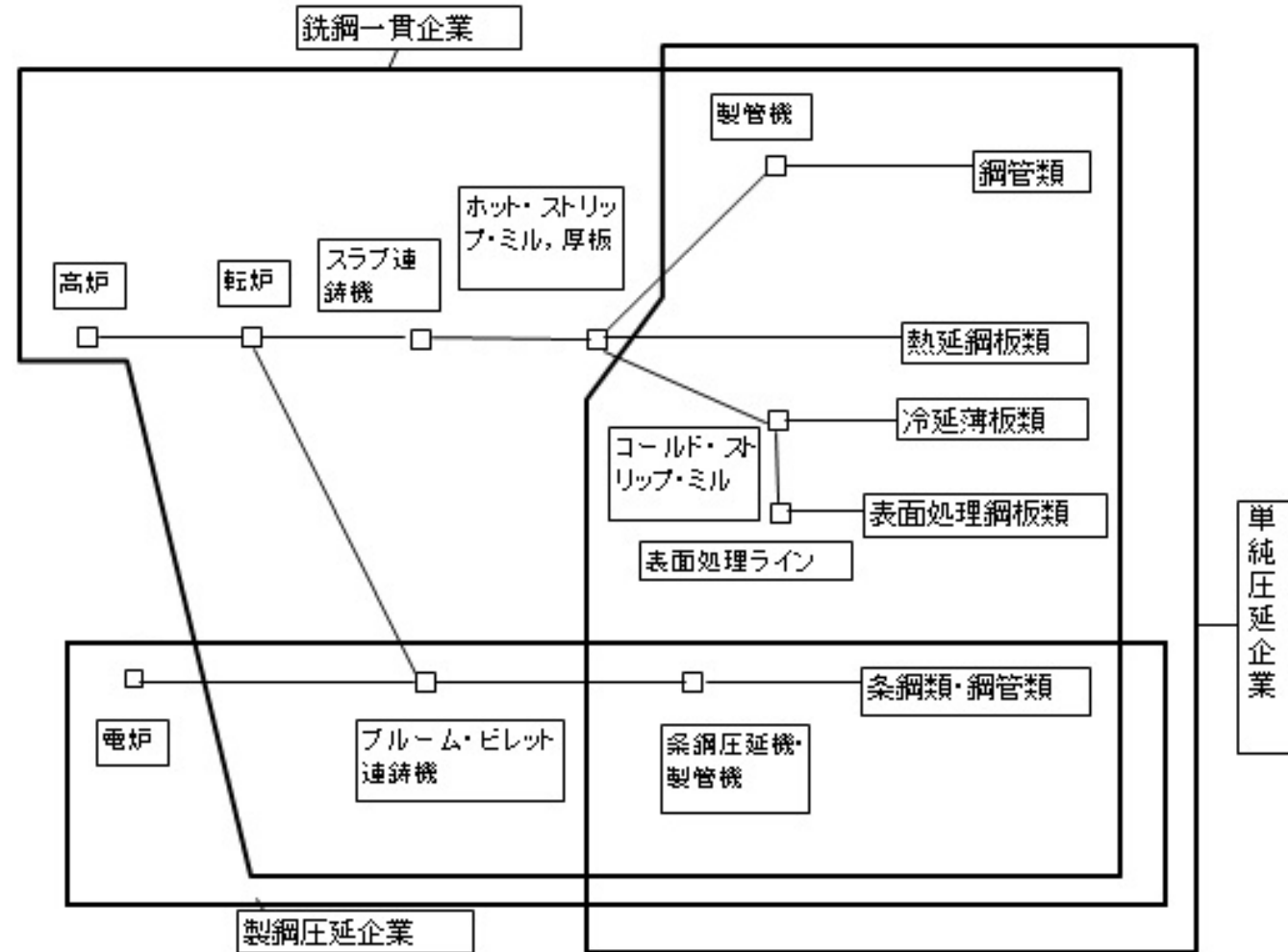
電気炉と条鋼（棒鋼）圧延機（製鋼・圧延工程）

単圧企業の逆転式冷間圧延機と小規模な溶融亜鉛めっきライン

ベトナムのHoa Sen Groupのもの。圧延機は2007年8月，めっきラインは2006年8月撮影。

工程・製品・企業類型の関係

- プロセス産業・拡散型工程
 - 川上の方が大ロット生産。装置の発展方向は大規模化
 - 産業は収斂型。機械の発展方向は小型化
 - 前節スライド参照
- 支線分岐型工程
 - ある工程の産出物は、最終製品にもなるし次工程の母材にもなる



各企業類型の特徴

企業類型	規模の経済性(製鉄所の最小効率規模)	製品	高級鋼材
高炉企業(日本製鉄, JFE スチール, 神戸製鋼所)	大(300万トン以上)	フルライン。鋼板類に重点を置くことが多い	中心的生産者。とくに <u>大量生産可能な高級鋼材</u> 。鋼板類
普通鋼電炉(東京製鉄, 大和工業, 共英製鋼, 大阪製鉄, トピー工業等)	中(30万トン以上)	条鋼類中心。次第に鋼板類に拡大	困難だが, 徐々に高級鋼にも進出
特殊鋼電炉企業(大同特殊鋼, 愛知製鋼等)	小(数万トンから)	フルライン	可能。とくに小ロット・少量生産の高級鋼材
単圧企業(丸一鋼管, 淀川製鋼等)	通常は小(冷延:10万トン, めっき:5万トン)	フルライン	困難。高炉企業と連携した鋼板単圧なら可能。

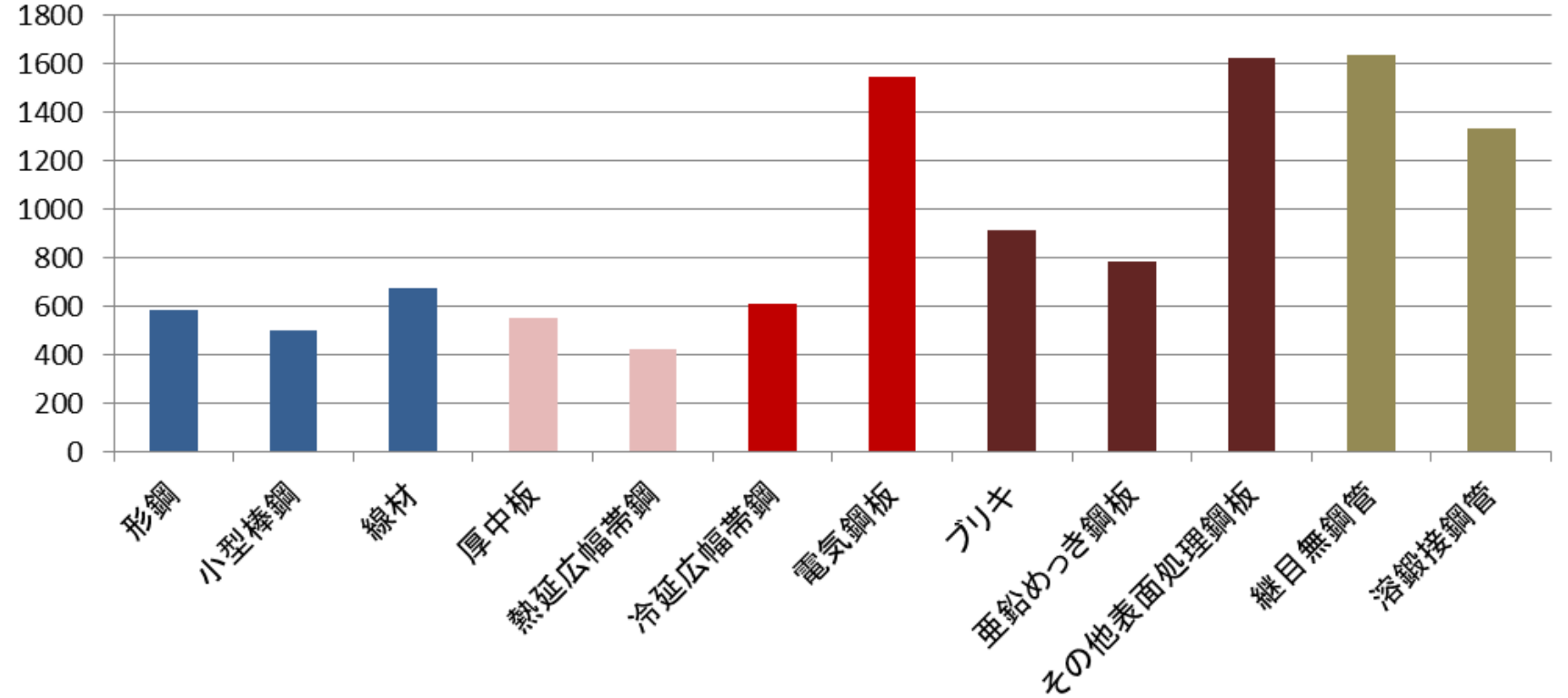
主要メーカーの粗鋼生産シェア（2018年度）

- 高炉メーカー4社で75.4%。他は電炉メーカー。

出所：鉄鋼新聞社ウェブサイト
ト
(https://jmd.ismcdn.jp/mwimgs/3/5/-/img_3559bbcf2171cd834b63b82127b4caf022737.jpg)。

鋼材の品種別付加価値

- 普通鋼では，条鋼類よりも鋼板類，鋼管類の方が付加価値が高い
- ほど付加価値が増す
- 以下は普通鋼輸出単価 [スライドジャンプ](#)



条鋼類

鋼板類

鋼管類

日本の普通鋼鋼材品種別輸出単価(2015年)

注: 単位はトン当たりドル。

出所: 日本鉄鋼連盟(2016)pp.142-143より作成。

鋼材のグレードの一例

- グレードの違う鋼材の差別化は不完全で、価格は相互に影響する [スライドジャンプ](#)
 - 川上の工程が同一
 - 差別化マーケティングが不十分(トン売り)
 - 大まかには建設用に汎用品が多く鉱工業用に高級品が多い

	条鋼類	鋼板類	鋼管類
高級品	特殊鋼棒線(PC鋼線やピアノ線の素材), 新幹線用レール	自動車車体パネル用GA鋼板・GI鋼板, 自動車車体用ハイテン鋼板, 家電用EG鋼板・PPGI鋼板, 方向性電磁鋼板, 造船用厚板	油井用継目無鋼管, パイプライン用大径鋼管
中級品	大型形鋼	配電盤用冷延鋼板, 家具用冷延鋼板, 建設用カラー鋼板, 建設用亜鉛めっき鋼板(高級), 一般向けステンレス鋼板	機械構造用鋼管
低級品	建設用丸棒, 異形棒鋼, 建設用線材, 小型形鋼	汎用厚板, 汎用熱延・冷延鋼板, 建設用亜鉛めっき鋼板, 狭幅帯鋼	汎用鋼管

2-(2) 分析枠組み：持続的イノベーションと 破壊的イノベーション

クリステンセンらのイノベーション分類(クリステンセン&レイナー, 2003=2003)

- 持続的イノベーション: 既存の製品・サービスの性能向上を実現することによって, 確立された性能向上曲線にそって企業を押し上げていくイノベーション
- 破壊的イノベーション: 主流市場の顧客には使いようがないイノベーション。既存のイノベーションとは異なる, 新しい性能次元を生み出すことによって, 新しい性能向上曲線を定義する。
 - 支配的な製品・サービスよりある側面での性能は_____が, 他の側面(シンプルな使い勝手のよさ, 低価格など)で優れている
 - ローエンド型と新市場型がある

破壊的イノベーションのモデル

破壊的イノベーションが成功するメカニズム

- インセンティブの非対称性
 - ローエンド市場や新市場は市場規模が小さく、利益率が低い
 - 既存企業は参入しようとしなない＝過剰満足の顧客や満たされない顧客がいる
 - 新規参入企業は参入しやすい
- 性能向上の帰結
 - 持続的イノベーションを進めると、既存企業の製品・サービスは市場の要求を追い抜いてしまう
 - 破壊的イノベーションを進めると、製品・サービスがついに主流の顧客の要求に追い付く

破壊的イノベーションの例

- 据置ラジオに対する携帯式トランジスタラジオ
- ラジカセに対するウォークマン→CDプレーヤーに対するiPodや携帯式mp3プレーヤー
- 大型計算機に対するパソコン→パソコンに対するスマートフォン
- PC用CPUに対するスマートフォン用のSoC
- 業務用コピー機に対する卓上コピー機
- 映画・テレビ放送に対する動画ネット配信
- スチルデジタルカメラに対する携帯電話・スマートフォン付属のカメラ
- 大型の乗用車に対するサブコンパクトカー
- ハードディスクに対するフラッシュメモリ
- 携帯電話サービスに対するIP電話

ミニミル(普通鋼電炉メーカー)によるアメリカ鉄鋼業の破壊

- ローグレードから参入して徐々に上位市場へ移行
- 高炉メーカーは高級鋼に集中して利益率確保。
- ミニミルは薄スラブ連続铸造+コンパクトストリップ技術で薄板も製造できるようになる。
 - アメリカの電炉製鋼比率: 1988年36.9%
→2018年68.0%(日本鉄鋼連盟, 各年)

出所: クリステンセン&レイナー
(2003=2003)p. 45。

日本の鉄鋼業への示唆：課題設定

- 高炉メーカーは高級鋼を軸にしたグローバル戦略を採用している。いわば持続的イノベーションを追求
- 高級鋼市場での競争のためにどのような投資を行っているか。その展望は
- 持続的イノベーションを追求するが故の失敗の罨はないか。破壊的イノベーションの余地はあるか。あるとすれば、誰が担い手になるのか
- 上記のモデルに当てはまらない部分を含めて、日本鉄鋼業の投資行動の課題は何か

3-(3) 高炉メーカーのグローバル高級鋼戦略

グローバル高級鋼戦略をめぐる状況

- 新興国の台頭による価格競争にどう対抗するか
 - 設備投資, 研究開発投資においても韓国, 中国, 台湾メーカーが台頭
 - 日本メーカーにとって, 大型設備への投資によるスケールメリット享受は競争の前提だが, それだけを主要戦略にはできない
 - そのため, 高級鋼による製品差別化を主要な競争戦略としている
 - しかし大型高炉企業として操業するには も必要である
- 実は高級鋼(差別化) + グローバル(コストリーダーシップ)戦略
 - 二兎を追えるか
 - 「高級鋼」に業界共通の定義はない
 - 品種レベルでも平均的な付加価値の差はあるが(スライド19)
 - 同一品種にもさまざまな仕様の鋼材がある。何が高級鋼かは, 個別に列挙するしかない

自動車産業の重要性

- 需要全体の伸び悩みの中で自動車産業向けの比率が上昇
- ただし自動車向けも量は伸び悩む。自動車の需要と生産が
ため

普通鋼鋼材需要部門別消費量推計

	1995年 度		2005年 度		2015年 度		1995→ 2005増 減	2005→ 2015増 減
土木	10,707	16.1%	7,010	11.1%	6,588	13.6%	-3,697	-422
建築	22,663	34.1%	20,808	32.9%	14,557	30.1%	-1,855	-6,251
造船・海洋機器	3,463	5.2%	5,612	8.9%	4,324	8.9%	2,149	-1,288
自動車	10,977	16.5%	13,413	21.2%	10,762	22.2%	2,436	-2,651
産業機械	5,307	8.0%	5,915	9.4%	4,609	9.5%	608	-1,306
電気機械	4,321	6.5%	3,868	6.1%	2,917	6.0%	-453	-951
二次製品	4,661	7.0%	3,298	5.2%	2,260	4.7%	-1,363	-1,038
その他	4,357	6.6%	3,263	5.2%	2,415	5.0%	-1,094	-848
総計	66,456	100.0%	63,188	100.0%	48,432	100.0%	-3,268	-14,756

出所：
日本鉄鋼連盟
(各年)
より作
成。

ポリュームの大きい高級 鋼：自動車用鋼板

- 年間1000万トン前後の鋼板が自動車用に使われる
- 高抗張力鋼のハイテン(590MPa級以上), 超ハイテン(980MPa級以上)の需要が拡大
 - 車体軽量化, 衝突安全基準強化(EV, 自動運転車でも重要)
 - 強度と加工性のよさの両立がカギ
- 外板には表面処理鋼板(GA:鉄亜鉛合金化めっき鋼板)を使用
 - 耐食性, 鮮映性, 加工性の両立

日系自動車企業に対する納入での優位性

- 日本の自動車企業は高抗張力冷延鋼板，軸受鋼，一部の表面処理鋼板（GA鋼板）といった高級鋼材に関しては，日本企業製のものを必要としている(JRCM-NEDO，1999:34)。
- 日本の自動車企業による高抗張力鋼の調達先は，日本の鉄鋼企業である (IRC, 2004:47-75)。
- ただし自動車がインテグラル型製品なので品質設計最適化の要求が厳しく，多品種・小ロット生産を強いられ，競争力はあるが利益が出にくい (川端, 1995, 2005, 2006)。

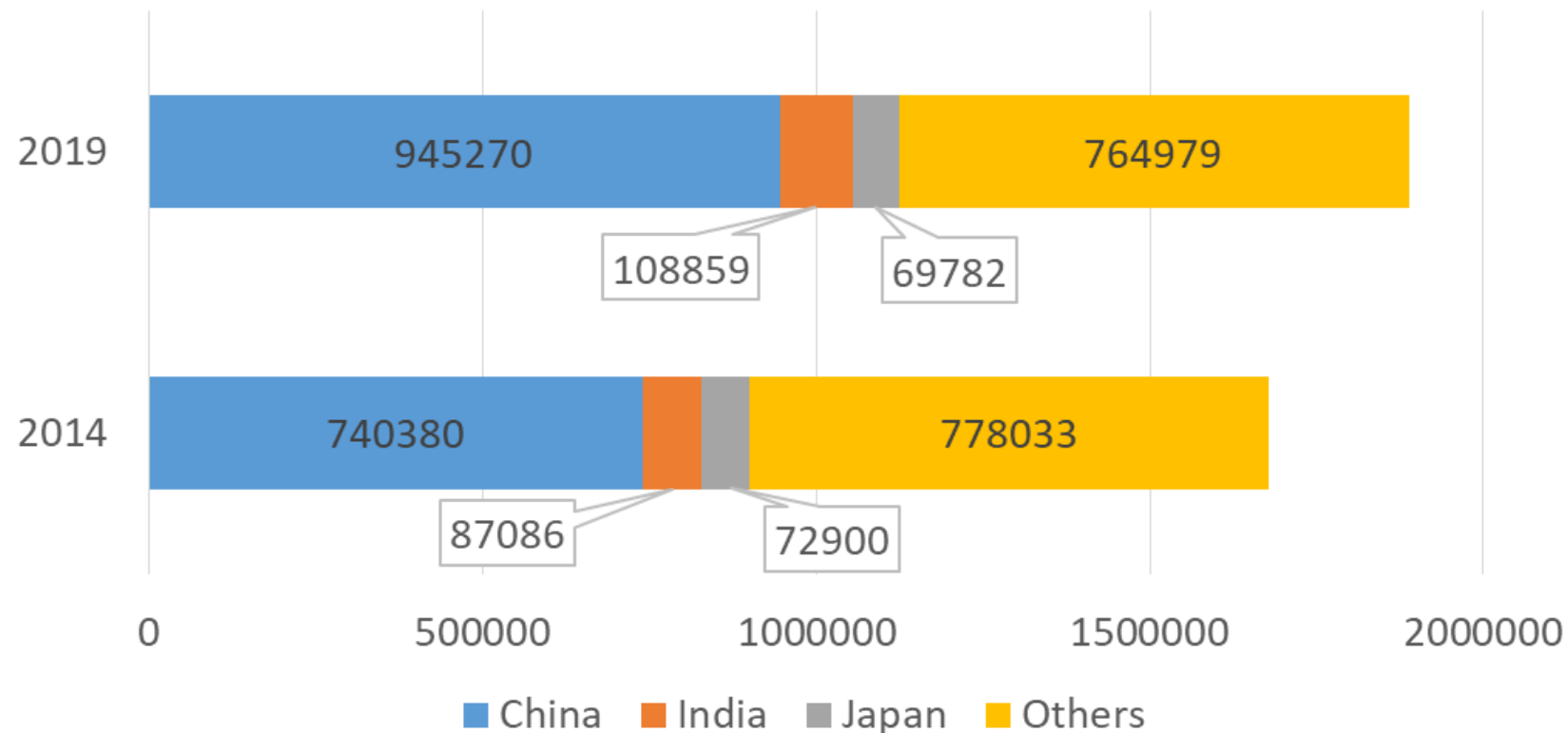
グローバル＋高級鋼の投資競争上の問題

- 需要のシフト
 - 世界の需要の伸びをけん引するのは中国市場とインド市場。ただし高級鋼比率は小さい
- 激化するグローバル競争
 - 国際M&Aで巨大化した伝統的製鉄国(欧米＋ロシア)企業
 - 新鋭設備への投資で台頭する新興国企業(中・韓・台・印・ブラジルなど)
- 経年劣化する設備を更新する投資の課題
 - すべて更新するのか？どのような規模をめざすのか？
- グローバルな生産システム展開
 - 全世界で高級鋼をつくるのか？市場適応して汎用品も重視するのか？
 - 一貫製鉄所の海外展開か_____か
- 投資形態の問題
 - 海外での設備投資か_____か

需要の新興国シフト

- 鋼材全般の需要は中国，インドで伸び，日本もその他の地域計も停滞

2014年と2019年の地域別世界鉄鋼需要(粗鋼換算)



単位：千トン。
出所：world Steel Association (2020)より作成。

世界の自動車主要生産国(2020年)

Country/ Region	Production in 2020	Share	Variation from 2019
CHINA	25,225,242	32.5%	-2.0%
USA	8,822,399	11.4%	-19.0%
JAPAN	8,067,557	10.4%	-16.7%
GERMANY	3,742,454	4.8%	-24.4%
SOUTH KOREA	3,506,774	4.5%	-11.2%
INDIA	3,394,446	4.4%	-25.0%
MEXICO	3,176,600	4.1%	-20.8%
SPAIN	2,268,185	2.9%	-19.6%
BRAZIL	2,014,055	2.6%	-31.6%
RUSSIA	1,435,335	1.8%	-16.6%
THAILAND	1,427,074	1.8%	-29.1%
CANADA	1,376,623	1.8%	-28.2%
FRANCE	1,316,371	1.7%	-39.5%
TURKEY	1,297,878	1.7%	-11.2%
CZECH REPUBLIC	1,159,151	1.5%	-19.2%
UNITED KINGDOM	987,044	1.3%	-28.5%
TOTAL	77,621,582	100.0%	-15.8%

新興国が台頭する自動車生産

- 自動車用高級鋼材市場も新興国に展開
- 輸出または_____によってこの市場を捕捉することが課題

注：インドにはデータ欠損あり。ドイツとフランスは乗用車(Car)と小型商用車(LCV)のみを含む。

出所：International

Organization of Motor Vehicle Manufacturersウェブサイト

(<https://www.oica.net/category/production-statistics/2020-statistics/>) (2021年5月25日閲覧)より作成。

事業と設備投資規模の企業間比較

- 日本の大手2社は世界最大級で設備投資の金額・比率も高い
- 多国籍企業Arcelor Mittal, 台頭する新興国大手と競争しなければならない

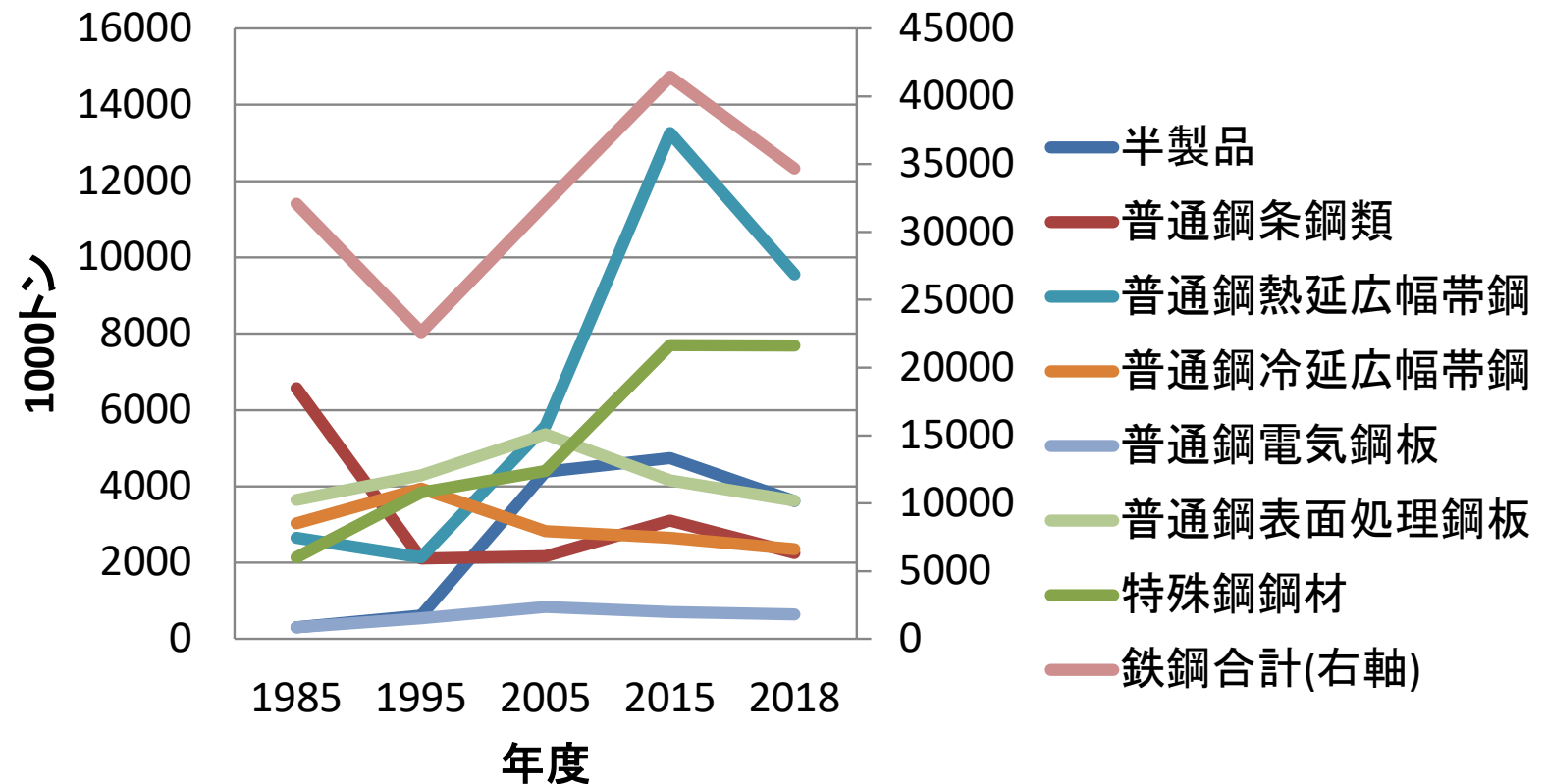
(2018年度の数值)	粗鋼生産	売上高(100万ドル)	設備投資(100万ドル)	設備投資 / 売上高
Arcelor Mittal(ルクセンブルグ)	92538	76033	3410	4.5%
宝山鋼鉄(中国)	48495	44372	1834	4.1%
新日鐵住金(日本)	47840	56309	4018	7.1%
POSCO(韓国)	42862	58513	1988	3.4%
JFEホールディングス(日本)	27880	35307	3003	8.5%
TATA Steel(インド)	27268	22856	1306	5.7%
Nucor(アメリカ)	22456	25067	997	4.0%
US Steel(アメリカ)	15346	12758	1001	7.8%
中国鋼鉄(台湾)	15330	13087	646	4.9%
Thyssen Krupp AG(ドイツ)	12580	48966	1575	3.2%
Severstal(ロシア)	12039	8436	653	7.7%

出所：日本鉄鋼連盟(2019)と各社公表数値より作成。

日本の鉄鋼輸出の変化

- 2000年代も輸出競争力を維持したが2015年以後陰り
- 高付加価値の特殊鋼輸出は増加
- 鋼板類の中で、付加価値が低い熱延コイルが最大の数量を占めるといふ謎
 - 付加価値は熱延<冷延<表面処理なのに
- 付加価値が低い半製品が増加傾向にあったといふ謎

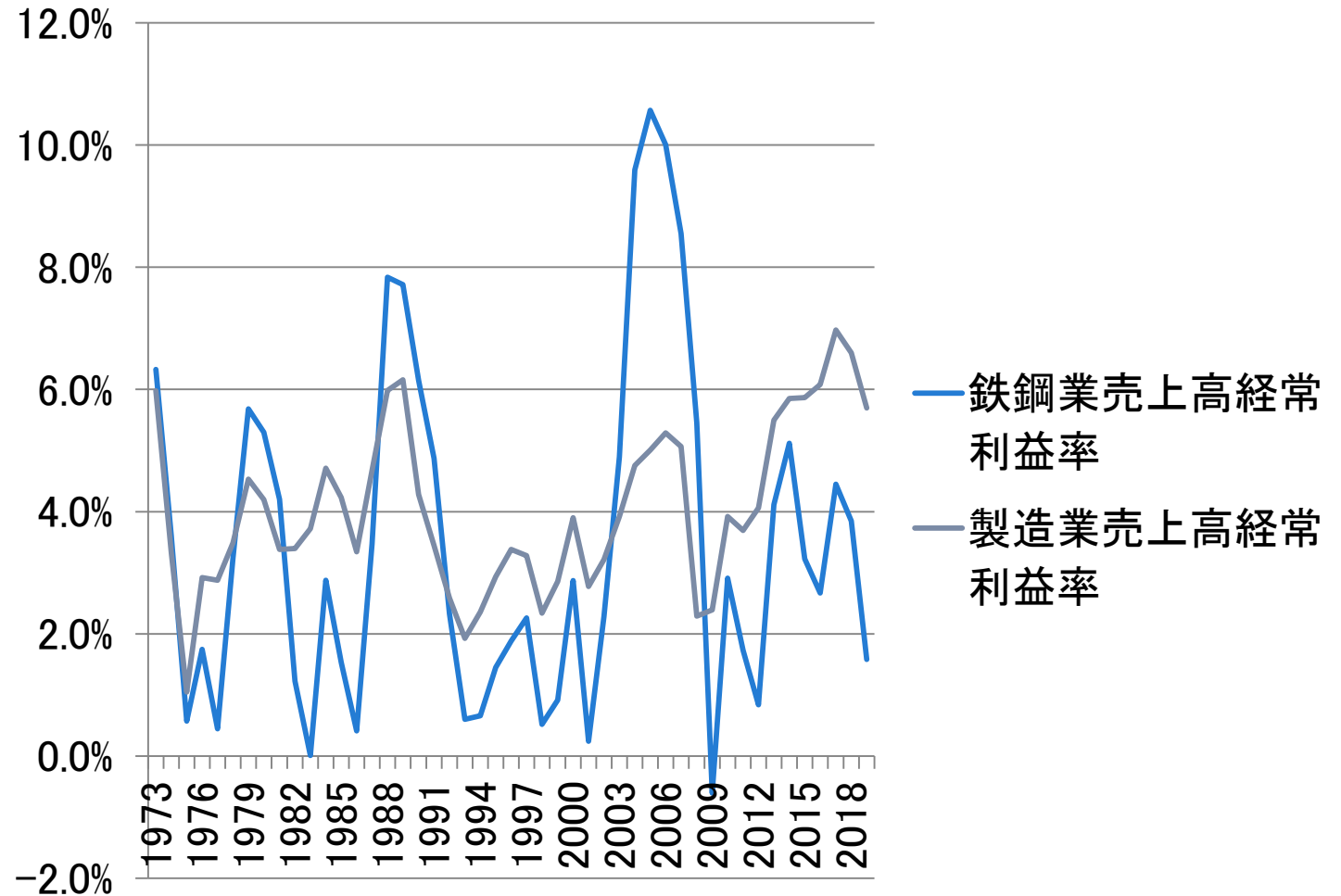
日本主要品種別鋼種別鉄鋼輸出



出所: 日本鉄鋼連盟(各年)より作成。

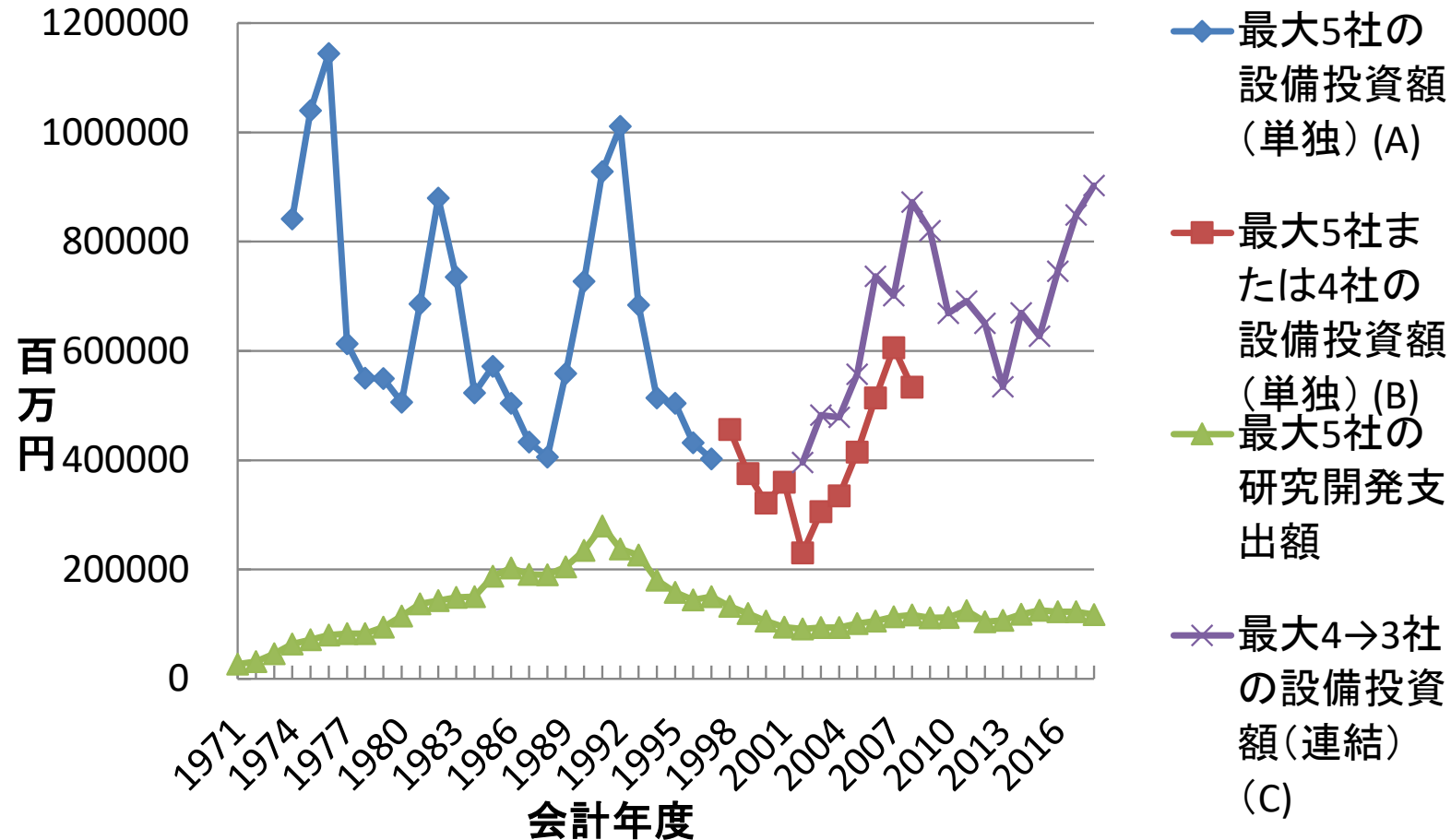
投資を制約する鉄鋼メーカーの収益性

- 高級鋼でも高い利益率は出にくい(川端, 1995, 2005, 2006)
 - 円高圧力
 - 新興国台頭による激しい国際競争
 - 差別化が十分でない商品
 - 自動車産業からの厳しいコスト・品質要求による開発・生産コストの上昇



出所: 日本鉄鋼連盟(各年)および財務省財務総合政策研究所(2020)より作成。

設備投資・研究開発支出の推移



注: 設備投資は, 2002年度までは新日鉄, NKK, 川崎製鉄, 住友金属工業, 神戸製鋼所の5社。2003年度からは新日鉄, JFEスチール, 住友金属工業, 神戸製鋼所の4社。2012年度からは新日鉄住金, JFEスチール, 神戸製鋼所の3社。研究費支出は常に鉄鋼メーカー最大5社。

設備投資は, 1998年度及び2002年度で基準が変わり, 連続していない。

出所: 研究開発費は総務省(各年), 設備投資A, Bは日本鉄鋼連盟(各年), 設備投資Cは各社公表資料。

設備投資・研究開発の量的限界

- 現存設備の維持・改良，更新，高級化のための付加
 - 設備の老朽化に改修・長寿命化で対応
 - 新プロセス開発の停滞。鉄鋼一貫技術の改良で対応
 - 新技術のDIOS(溶融還元法)を実用化せず，既存高炉の改造と更新を進める
 - 2000-2010年代の設備投資重点
 - コークス炉，高炉など老朽設備の更新
 - 高級鋼製造のためのボトルネック解消投資
- 研究開発投資はバブル期がピーク
 - 2018年度鉄鋼業最大5社売上高比率1.57%で，全製造業4.18%に及ばない(総務省，各年)
- 1970-80年代のように，量的に設備投資・研究開発で他国企業を引き離すことは難しい
 - いまの日本メーカーにとって，海外に大型一貫製鉄所を過半数出資で新規建設することは容易ではない(高級鋼主体なら60-80億ドルかかる)

2019年度業績の衝撃とコロナ危機

- 高炉メーカーの経営環境変化はコロナ危機以前に起こった
- 2019年度の赤字計上
 - 日本製鉄は4315億1300万円赤字(親会社所有者帰属当期利益)
 - JFEHDは1977億4400万円の赤字(親会社所有者帰属当期利益)
 - 両社とも構造調整(設備の恒久的停止)計画を発表
- 2020年度は前半期赤字, 後半期黒字(通年は赤字)
 - 設備を追加で一時停止→再稼働
 - さらに恒久的停止措置を追加

日本製鉄の構造調整(1)

- 国内高炉15基を10基に減少
- 国内生産能力を20%削減
- 要因合理化20%以上

日本製鉄の構造調整(2)

• 設備構造調整

- 高炉5基休止。内容積24.8%減
- 併せて製鋼，圧延，製管，表面処理能力も削減
- 製鋼以下を含め瀬戸内製鉄所全体を廃止
- 九州製鉄所小倉地区の非一貫化

出所：日本製鉄「2019年度決算説明会」2020年5月8日

(https://www.nipponsteel.com/ir/library/pdf/20200508_400.pdf), 「日本製鉄グループ中期経営計画」2021年3月5日(URL前掲), 各種報道記事より作成。

製鉄所	地区	高炉No.	内容積(m ³)	
室蘭		No.2	2902	2020年7月改修吹き止め→11月再稼働
東日本	鹿島	No.1	5370	2020年4月バンキング→2021年1月再稼働
		No.3	5370	2024年度末休止
	君津	No.2	4500	2020年6月バンキング→2020年11月再稼働
名古屋		No.4	5555	
		No.1	5443	
関西	和歌山	No.3	4300	
		No.1	3700	2020年3月バンキング→2021年上期休止
瀬戸内	呉	No.2	3700	
		No.1	2650	2020年上期休止
九州	八幡	No.2	2080	2020年2月バンキング→2021年上期休止
		No.4	5000	
	(小倉)	No.2	2150	2020年7月バンキング→2020年9月休止
	大分	No.1	5775	
NO.2		5775		
合計			64270	2021年下期以降53690, 2025年度以降48320

JFEスチールの構造調整(2)

• 設備構造調整

– 高炉1基休止。内容積
12.8%減

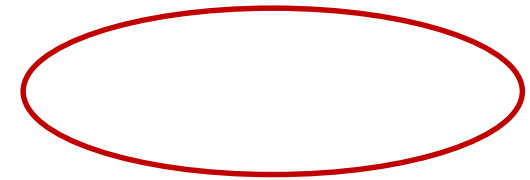
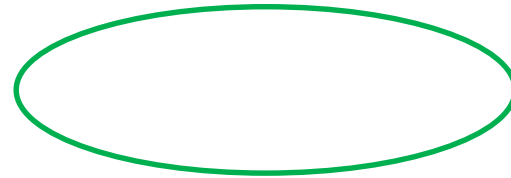
– 京浜地区では製鋼，熱
延も休止（東日本製鉄
所京浜地区の非一貫
化）

製鉄所	地区	高炉 No.	内容積(m ³)	
東日本	千葉	No.6	5153	
	京浜	No.2	5000	2023年度に休止
西日本	倉敷	No.2	4100	
		No.3	5055	
		No.4	5005	4月24日休止・改修→2021年12月 再稼働予定
	福山	No.3	4300	
		No.4	5000	6月下旬バンキング→9月再稼働
		No.5	5500	
合計			39113	2024年度以後34113

出所：JFEホールディングス，JFEスチール各種資料，
『産業新聞』報道から作成。

グローバル高級鋼戦略の進め方：日本製鉄の場合

- 高級鋼の市場獲得
- グローバルシェア確保
 - 国内縮小・再構築
 - 海外拡大

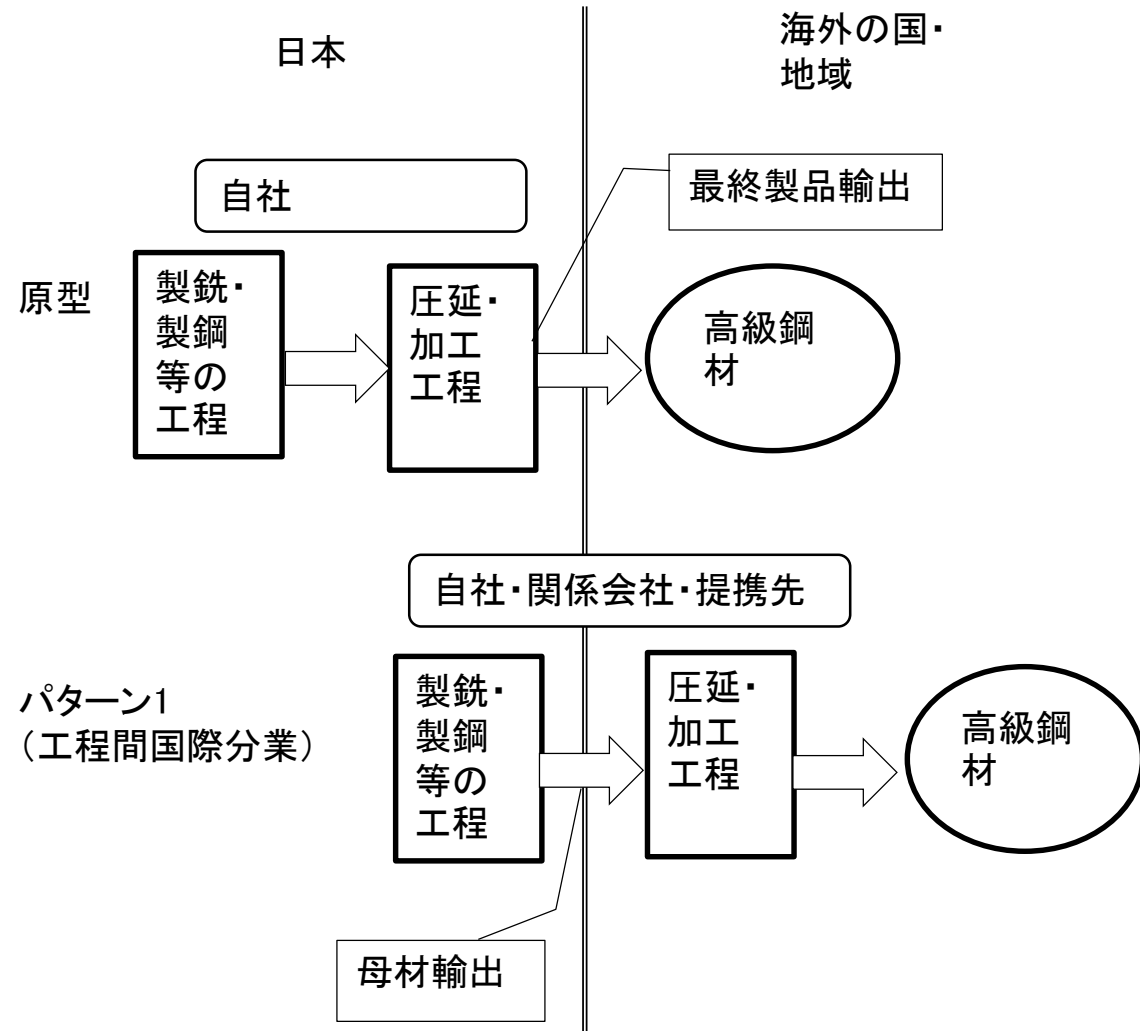


出所：「日本製鉄グループ中期経営計画」
2021年3月5日（URL前掲）。

海外生産の第1の戦略

高級鋼グローバル・バリュー・チェーンA

- 日本から母材を送り、現地で圧延・加工する工程間国際分業
- 輸出構造の変化はこれが原因
 - 日本で製鋼まで→半製品(スラブ)輸出
 - 日本で熱延まで→熱延コイル(熱延広幅帯鋼)輸出
- 川上から川下までの一貫管理 = 型の工程を最適化(川端, 2008, 藤本, 2009, Kawabata, 2012)
- 強み: 日本に近い品質の維持
- 弱み: 生産量拡大速度が制限され, グローバルシェアは落ちる



現地生産拠点の展開：日本製鉄の場合

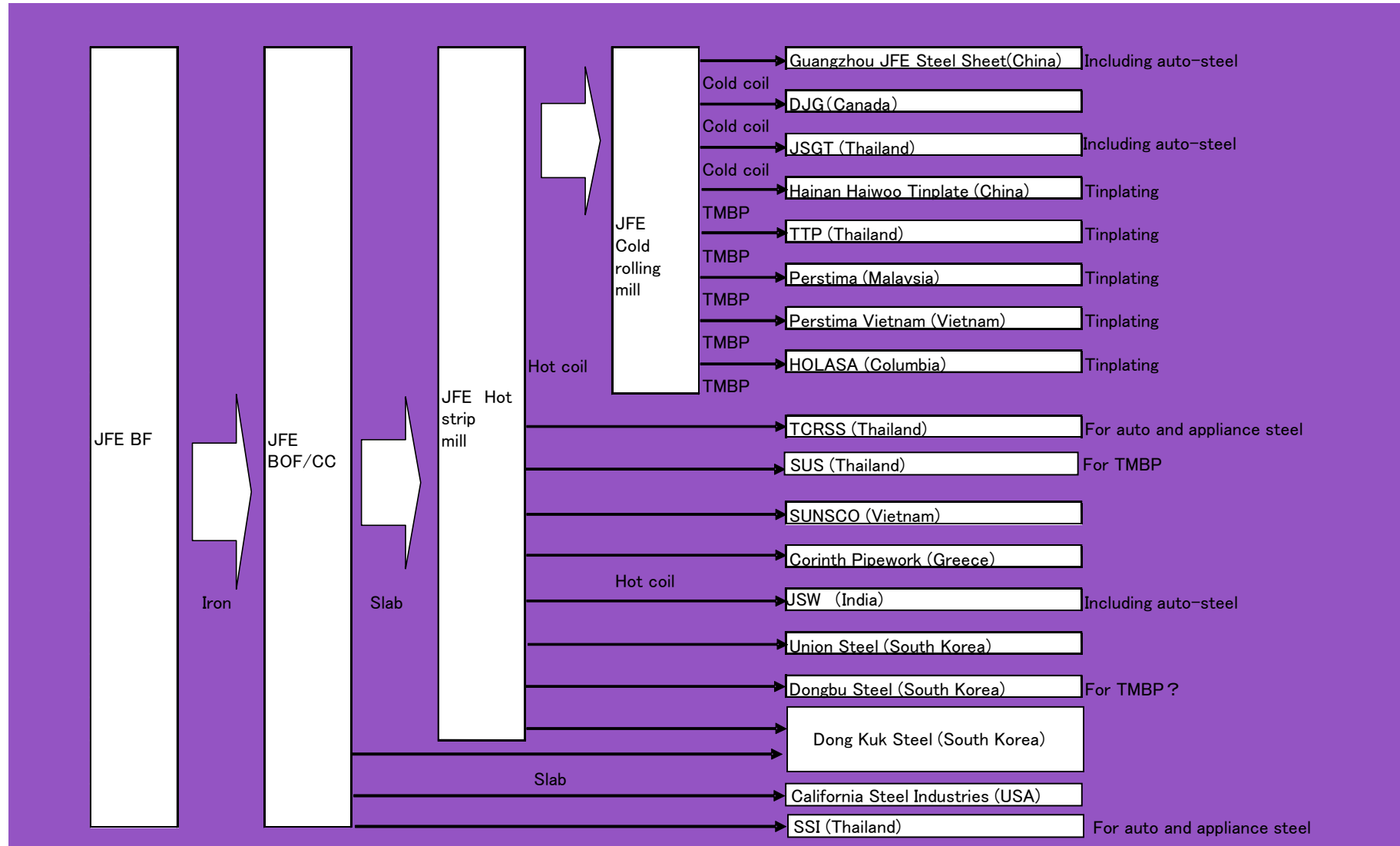
- 図はエッサール買収以前の状態
- 自動車用薄板が最大の目玉
- 「下工程」であって一貫製鉄所でない(後述)

出所：新日鐵住金2020年中期経営計画説明会資料，2018年3月2日

(http://www.nssmc.com/common/secure/ir/library/pdf/20180302_800.pdf)。

高級鋼グローバル・バリュー・チェーン(A)の展開例

- JFEスチールの展開する工程間国際分業



出所: 各種資料より川端作成。

グローバル・バリュー・チェーン(A)と貿易(1)

- 2015年の日本・韓国仕向け先別・品種別鋼材輸出
 - 特定品種が特定仕向け先に50万トン以上輸出されているものを表示した
 - 下線が引かれているのは、特定提携先への継続的母材輸出を含むもの

輸入側 輸出側	中国	日本	韓国	台湾	インドネシア	タイ	ベトナム	インド	中東計	中南米計	米国	EU28	アフリカ
日本	厚板869, 熱延871, 冷延567, 亜鉛637, 合金鋼1077		半製品 1598, 熱延 2192	半製品 1558	熱延 556	熱延 1665, 冷延 606, 亜鉛 676, 合金鋼910	熱延 1034	熱延 1248	熱延 792	熱延 1360	棒線 666		熱延 1044
韓国	冷延 1001, 亜鉛 1094	熱延 898, 冷延 601, 亜鉛 518					熱延 890	熱延 1409, 冷延 654		冷延 594	熱延 1149, 溶鍛接 1059	亜鉛 594	

グローバル・バリュー・チェーン(A)と貿易(2)

- 日本メーカーと韓国POSCOによる、前表下線部に対応した提携先・子会社との継続取引

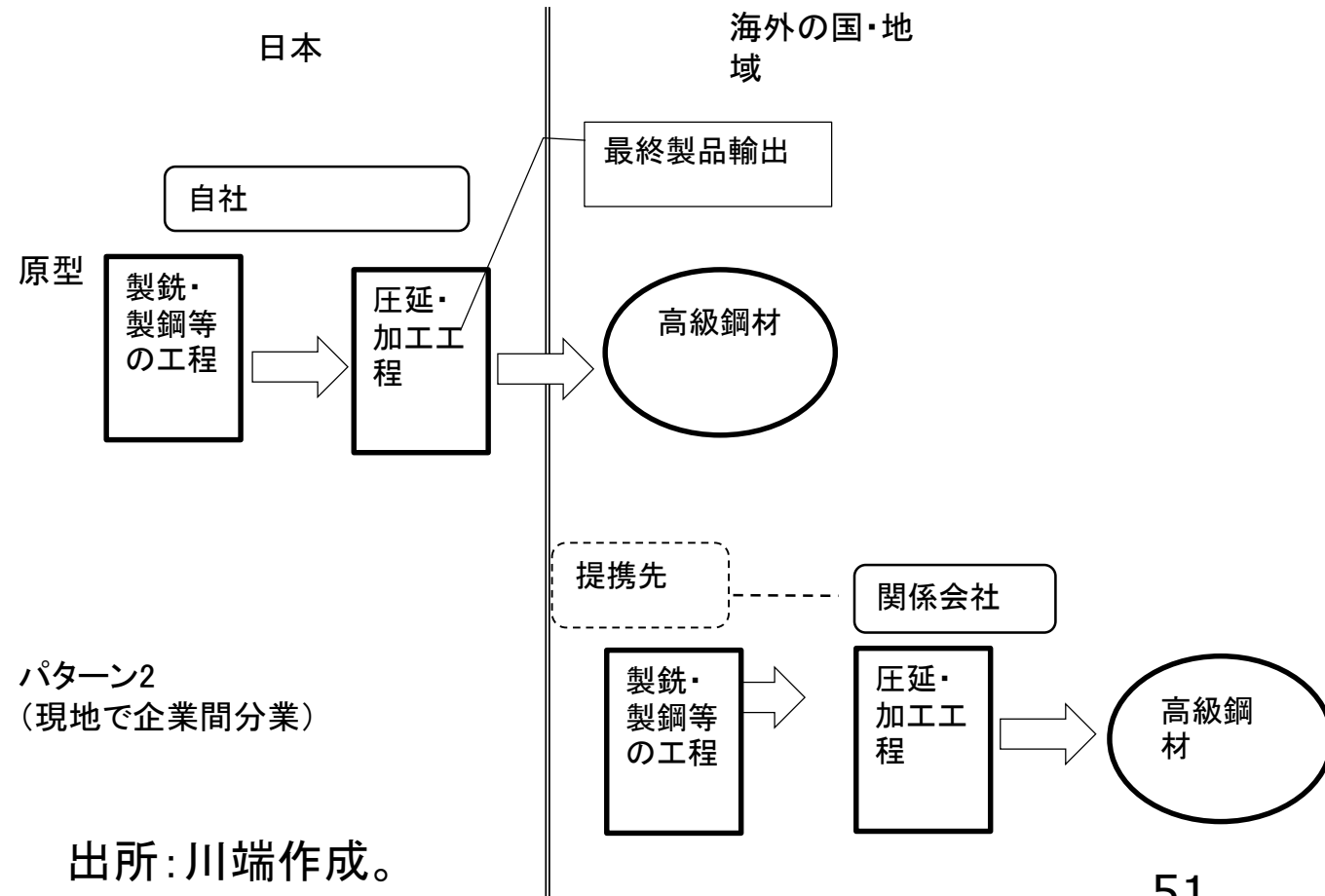
輸出元	輸出先	品種	海外での次工程	輸出企業→輸入企業
日本	中国	熱延コイル	冷延	日本製鉄→BNA
				JFE→GJSS
	中国	冷延コイル(TMBP)	ブリキめっき	日本製鉄→広州太平洋馬口鉄
				JFE→福建中日達
				JFE→海南海宇錫板
	韓国	半製品(スラブ)	厚板圧延	JFE→東国製鋼
	台湾	半製品(スラブ)	熱延	日本製鉄→中鴻鋼鉄
	タイ	熱延コイル	冷延	日本製鉄→SUS
				JFE→TCRSS
	タイ	熱延コイル	構造用鋼管の製管	日本製鉄→SNP, TSP
	タイ	冷延コイル(TMBP)	ブリキめっき	日本製鉄→STP
				JFE→TTP
	タイ	冷延コイル	溶融亜鉛めっき	日本製鉄→NSGT
				JFE→JSGT
タイ	冷延コイル	電気亜鉛めっき	JFE→TCS	
ベトナム	熱延コイル	冷延	日本製鉄→CSVC	
インド	熱延コイル	冷延	JFE→JSW Steel	
UAE	熱延コイル	冷延	日本製鉄→AGIS	
韓国	ベトナム	熱延コイル	冷延	POSCO→POSCO Vietnam
	インド	熱延コイル	冷延	POSCO→POSCO Maharashtra Steel
	インド	冷延コイル	焼鈍・表面処理	POSCO→POSCO ESI

出所:川端(2017)p. 27。提携先略称の正式名称もこのページを参照されたい。

海外生産の第2の戦略

- 高級鋼グローバル・バリュー・チェーンの編成(B)
 - 現地の提携先高炉企業から母材を調達し、圧延・表面処理する

- 提携先高炉企業に技術協力して高級母材供給を保証
- 強み：少額投資で供給量の拡大可能
- 弱み：生産量のコントロール困難
- 争点：販売のイニシアチブ
 - 取れる場合：BNA。日系自動車メーカーへの販売も行う。日本並みの長期相対取引，サービス。
 - 取れない場合：鞍鋼神鋼冷延高張力自動車鋼板有限公司。焼鈍工程(冷延の一部)など一部の工程だけ請け負う場合。



高級鋼グローバル・バリュー・チェーン(B)の展開例

- 現地化した上での提携先との企業間分業

中国で

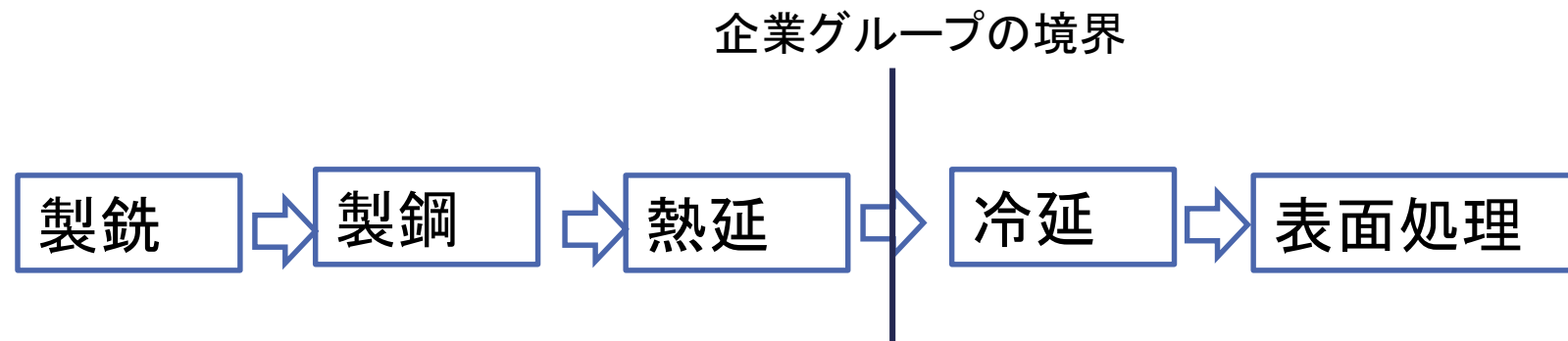
宝山鋼鉄股份公司

→ 宝鋼新日鉄自動車鋼板有限公司(BNA)(日本製鉄・宝鋼合弁)

ベトナムで

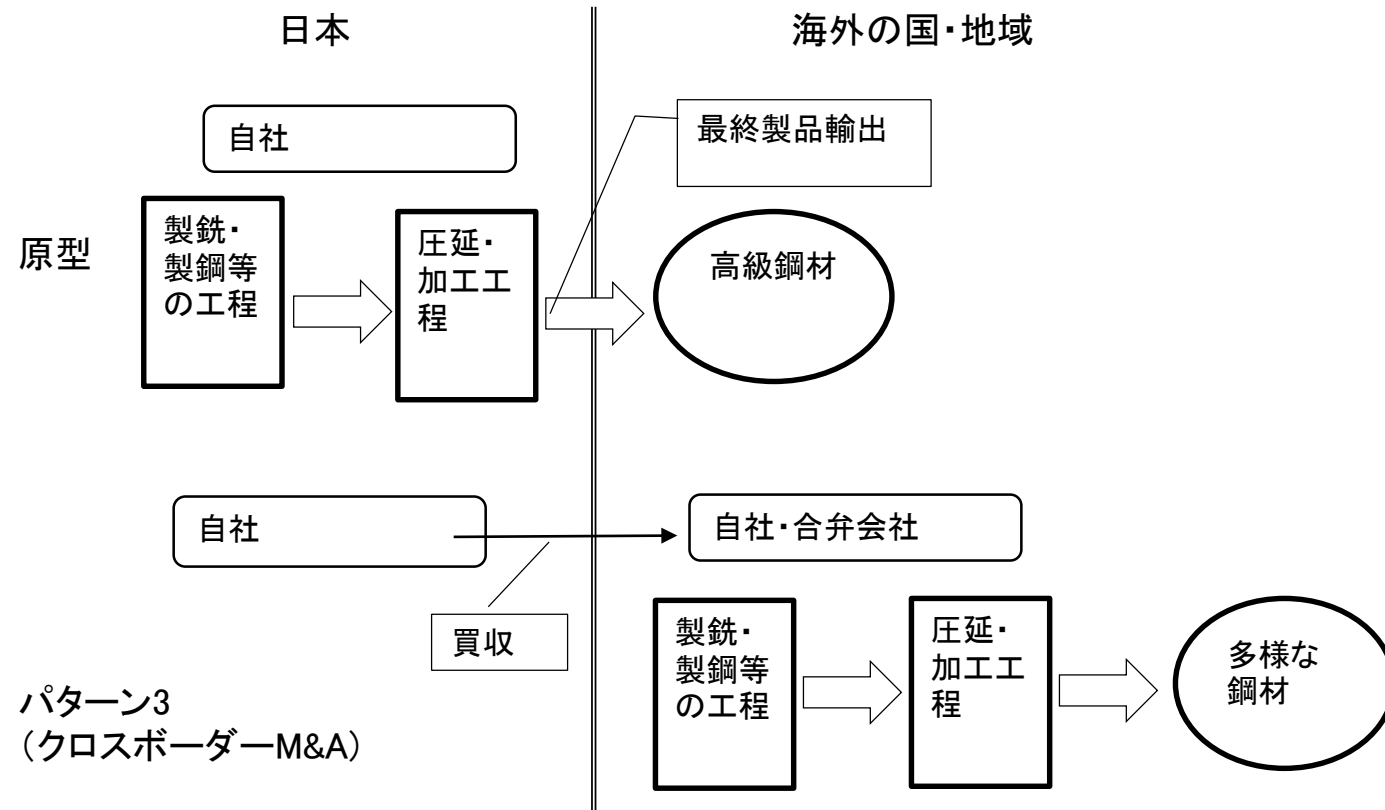
Formosa Ha Tinh Steel
(JFE5%出資)

→JFEブランドで引き取って東南アジア各地に供給



海外生産の第3の戦略

- クロスボーダーM&Aによる生産規模拡大
 - 汎用鋼を含めて拡大
- 強み: 短期間で現地一貫生産を拡大し市場を獲得。グローバルシェアを拡大
- 弱み: 高級鋼の一貫管理にフォーカスした能力は直接適用できない
 - 新興国の価格基準に合わせた のノウハウ は持っていない。新たに獲得する必要



クロスボーダーM&Aの適用例

- 日本製鉄が先行展開
 - 日本製鉄＋Arcelor Mittal→Essar Steel(インド)買収してAM/NS Indiaに
 - 買収費用7700億円をかけて粗鋼生産能力960万トンを獲得
 - 粗鋼生産は直接還元中心, 製品は建設用鋼材中心
 - JFEスチール→JSW(インド)に15%出資
- 国内生産縮小・海外生産拡大のテコになる

出所:「日本製鉄グループ中期経営計画」2021年3月5日(URL前掲)。

日本の一貫企業の選択肢は？(1)

- 設備投資の量でトップを行ける時代は終わった→蓄積した能力活用と選択が必要
- 1. トランスナショナル・トップ
 - 高級品から汎用品までフルラインで, 高炉転炉法, 電炉法をミックスして作り分け
 - 高級鋼製造技術, 汎用鋼製造技術の使い分け
 - 子会社自律により多様なマネジメントを統合
 - 役員は多国籍, R&Dを_____
 - クロスボーダーM&Aが必須
- 2. グローバル・トップ
 - 鋼板類中心の大型一貫製鉄所を新規立地で数か所構築(ブラジル? ベトナム? タイ? ミャンマー?)
 - 高級鋼生産技術, 一貫管理を海外移転
 - 本社からのコントロール強い
 - 本社役員は日本人中心, R&Dは日本中心

日本の一貫企業の選択肢は？(2)

- 3. グローバル・ニッチA
 - グローバル・バリュー・チェーン展開ABにより高級品に集中
 - 圧延・めっき合弁+技術提携
 - グローバル・シェアの緩やかな低下は甘受する
 - 信頼性高いパートナーから母材を調達してできる限り量を維持
 - 本社からのコントロール強い
- 4. グローバル・ニッチB
 - 日本に優位があるが大量生産を必ずしも必要としない製品・工程に集中特化して投資
 - 自動車用鋼管, 鋼管杭, 特殊線材.....
- 5. ジャパン・フォートレス
 - グローバル・シェアは断念する
 - 日本国内の製鉄所で最新鋭技術・設備を維持し, 8000万トン程度の能力で国内プラスアルファに供給し続ける
- 日本製鉄は3から1に移行すべく踏み出した。JFEは3から1へ移行できる機会をうかがっている。神戸製鋼所は3, 4, 5の中から今後を模索。

3-(4) 電炉メーカーの競争戦略

電炉メーカーの地位(1)

- 電炉製鋼比率の停滞
- 小形棒鋼では支配的 (図は2018年度)

年	電炉製鋼比率
1986年	29.7%
1996年	33.3%
2006年	26.0%
2016年	22.2%
2017年	24.2%
2018年	25.0%

出所: 日本鉄鋼連盟(各年)より計算。

出所: 鉄鋼新聞社ウェブサイト(https://jmd.ismcdn.jp/mwimgs/2/1/-/img_21b761e917718f387af3ce1eed59f80e20373.jpg)。

電炉メーカーの地位(2)

- H形鋼(左)では東京製鉄が高炉メーカーと拮抗するが、熱延コイル(熱延広幅帯鋼)(右)ではわずかなシェア

出所:鉄鋼新聞社
ウェブサイト
(https://jmd.ismcdn.jp/mwimgs/5/1/-/img_51d558cf976b0b365880c208ce89309e18554.jpg)
(https://jmd.ismcdn.jp/mwimgs/1/e/-/img_1e820460311855de3cbf68d7c06a67cf16983.jpg)。

日本の電炉メーカーはなぜ市場を破壊し尽くせないのか

- 高炉メーカーVS独立系電炉メーカー（とくに東京製鉄，大和工業）
 - H形鋼戦争
 - 東鉄は田原工場から自動車用鋼板の供給を目指している
- 電炉製鋼は（意外と）先進国型の産業である
 - _____入手の便宜と安価な_____が必要
 - 日本は前者はあるが後者が弱い。電炉メーカーの多くは夜間に操業している
- 電炉メーカーの半数近くは高炉メーカーの系列に入っている
 - 親会社を脅かす行動に出ない
 - 製品別に親会社と分業し，地域別に子会社間分業
- 電炉メーカーは地域密着型
 - 単一地域，単一製品の供給
 - 地域の需要に応じて稼働率調整（未稼働能力大きい）
 - 独立系は容易に撤退しない
 - 例：東日本大震災の際の伊藤製鉄所と東北スチール(JFE系)の対比(川端・折橋, 2012)。

電炉メーカーの資本関係

出所:みずほ情報総研
(2014)p.12。

地域密着型の電炉メーカー

- 単一地域で単一製品(品種レベル)を生産している企業が多い

出所:みずほ情報総研(2014)。

電炉メーカーの戦略の方向性

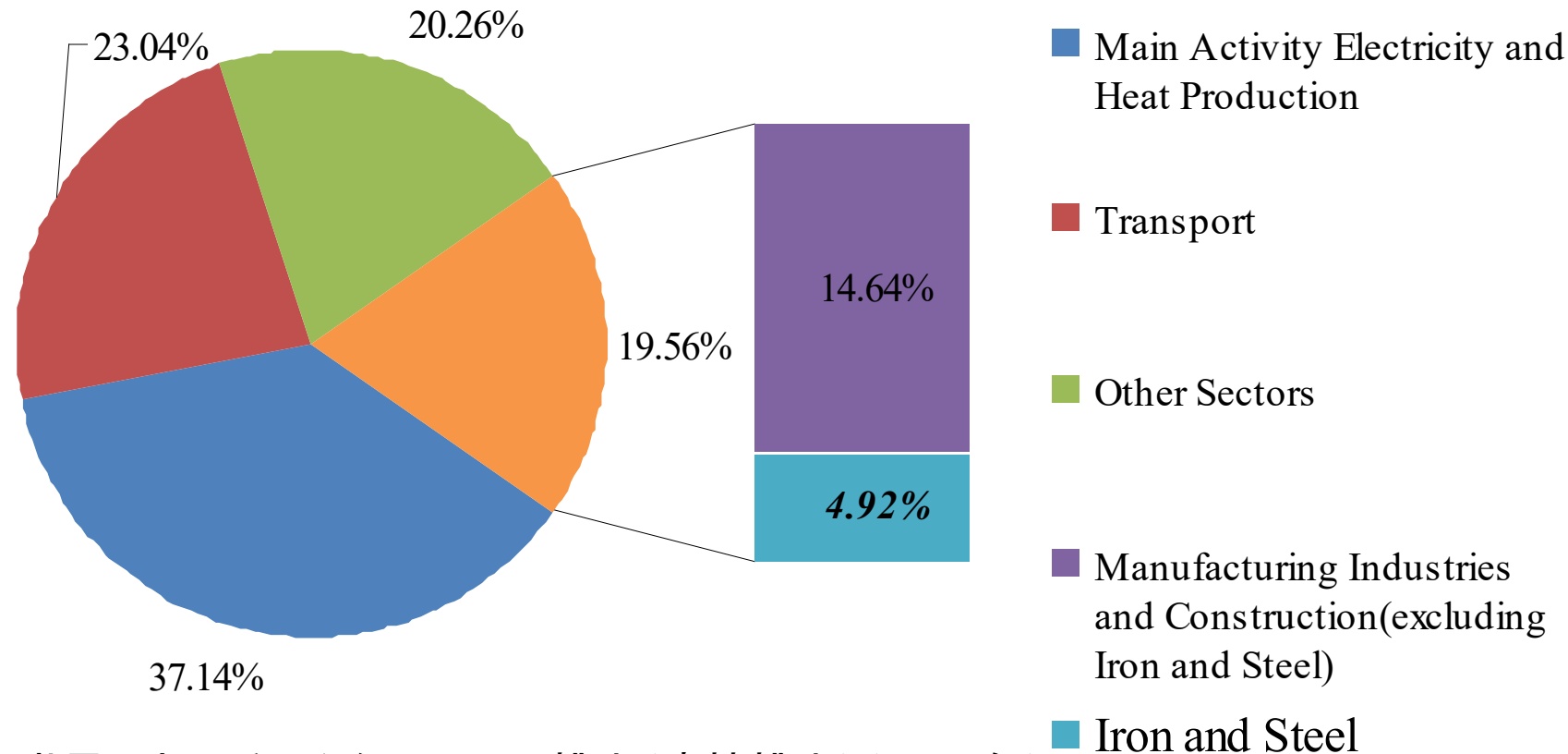
- 製品高度化
 - 東京製鉄は、電炉鋼による自動車用鋼板の製造がリサイクルと温暖化防止に貢献すると強調
- 国際化
 - 大和工業: アメリカ, タイ, ベトナム, バーレーンで電炉企業(バーレーンは直接還元製鉄も)
 - 共英製鋼: ベトナムで電炉企業
 - 大阪製鉄: インドネシアで単圧企業
- 業界再編
 - 大阪製鉄が東京鋼鉄を完全子会社化(2016年)
 - 東京鉄鋼と伊藤製鉄所が資本業務提携(2018年)
 - 合同製鉄が朝日工業を子会社化(2019年)
- リサイクル高度化
 - 電炉の稼働時に3000°Cから7000°Cのアーク熱が発生することを利用して、産業廃棄物、医療廃棄物の処理事業

3-(5)地球温暖化と鉄鋼業

環境規制とイノベーション

- 産業発展は環境汚染とその対策に条件付けられる
 - _____の内部化
 - 絶対的損失の回避(宮本,2007)
- 環境規制が産業に与える影響の二側面
 - 利潤の減少→衰退
 - 発展の条件としてイノベーションを刺激→発展
- 戦後日本鉄鋼業の経験
 - 当初は公害問題が発生(川鉄千葉など)
 - 1970年代より大気・水質汚染問題に取り組み成果
 - 石油危機で省エネを迫られた時期に汚染物質排出削減も進めた
 - 地方自治体との公害防止協定。国より高いレベルの自治体規制+自主規制

鉄鋼業は製造業の中では最大の単一CO₂排出源



世界におけるセクター別CO₂排出(直接排出)(2006年)

エネルギー起源分に限る。以下、IEA統計は断りなき限り同じ。IEA統計では、電力部門の排出は電力消費部門の排出と分けて表示される。鉄鋼会社の自家発電は発電部門、輸送は運輸部門とみなされるなど、日本の統計とはバウンダリーが異なり、国毎のバウンダリーも統一されていない。出所:IEA(2008a)より作成。

高炉・転炉法の方が排出原単位が高い

- 高炉・転炉法のCO₂排出原単位はスクラップ・電炉法の2.6倍ないし3倍以上
 - 消費電力の発電の際の排出を鉄鋼業にカウントしてもそうなる
- 発電の再生可能エネルギー化によりさらに差がつく

地球温暖化防止政策の経過

- 京都議定書期間中(2012年まで)
 - 日本全体の目標:温室効果ガス(GHG)排出量を1990年比6%減
 - 鉄鋼業:エネルギー消費量を2010年度に1990年度比で10%減(CO₂排出9%減相当)。日本鉄鋼連盟自主行動計画として実施し, 達成(日本鉄鋼連盟, 2013b)
 - 排出権購入を含む
- 京都議定書第2期期間中は合意せず, _____締結
- 日本の目標:2020-2021年に大幅引き上げ
 - 2030年度において, 2013年度比26.0%減→2013年度比46.0%減に目標引き上げ, 2050年カーボン・ニュートラル(排出実質ゼロ)宣言

転換する鉄鋼業界の姿勢(1)

- 京都議定書以後の当初目標: 2020年度にBAU(Business as usual)比で500万トン減(排出の絶対量の減ではない)
- 当初の政策論: ゼロ・カーボン・スチールを目指すが, 総量規制に反対 (日本鉄鋼連盟, 2016b, 2017b)
 - 総量規制を前提とした排出量取引に反対
 - 炭素税に反対
 - 鉄鋼企業が負担するエネルギーコストが重すぎる
 - 排出量削減に加えて, 海外への環境技術の移転や鉄鋼製品によるCO2削減への貢献を評価してほしい
 - GHG問題以外の点での環境保全の取り組みを評価してほしい

転換する鉄鋼業界の姿勢(2)

- しかし2020-21年, 政府と歩調を合わせ「2050年カーボンニュートラル」に転換(日本鉄鋼連盟, 2021)。対応して各社は2021年発表の中期経営計画で当面の総量削減目標を設定
 - 日本製鉄の当面の目標: 2030年CO₂排出量30%削減(2013年度比)
 - JFEスチール当面の目標: 2024年度末CO₂排出量18%削減(2013年度比)
 - 神戸製鋼所当面の目標: 2030年CO₂排出量30-40%削減(2013年度比)
- 総排出量削減+オフセットの方針
 - 排出量削減: 大型電炉での高級鋼の量産製造, 直接還元製鉄, 水素還元製鉄,
 - オフセット: CCUS(二酸化炭素回収・貯留・活用), カーボンリサイクル高炉, 再エネ発電事業で排出削減貢献
- 諸外国の動向
 - 西欧・アメリカ: 各社とも2050年カーボン・ニュートラルに向けた新技術開発へ
 - 中国: 2060年カーボン・ニュートラルに向け, 鉄鋼業界には減産と高炉・転炉法から電炉法への転換を指示

鉄鋼業界の温暖化対策の構成(日本鉄鋼連盟, 2020)

- 革新技術・超革新技術の開発(エコプロセス)
 - 環境調和型製鉄技術COURSE50の開発, フェロコークス還元(GHG排出10%削減, CCS込みで30%削減)(2030年実用化予定)
 - 部分的水素還元製鉄+二酸化炭素分離・回収技術(CCS)
 - Super-COURSE50, 水素直接還元製鉄の開発
 - 水素還元製鉄の徹底
- 高強度・軽量な鉄鋼製品でCO₂排出削減に貢献(エコプロダクツ)
- 環境技術の国際移転(エコソリューション)
 - ベンチマーク方式で, 日本の環境技術を海外に移転することによってGHG排出_____を下げていく。

鉄鋼業界の温暖化対策についての考察(1)

- ハードルの高さ: 超革新技術(水素還元製鉄+CCUS)が最大限導入されないと, 2050年カーボン・ニュートラルは難しい
- 超革新技術開発に加え, 現存技術=BAT (Best available technology)をもっと広く定義して適用拡大する必要がある
 - 日本鉄鋼連盟は高炉・転炉法による鉄鋼一貫技術を主力に据えたままと想定しているが, 電炉法を利用すればいい

日本鉄鋼連盟の長期温暖化対策シナリオによるCO₂排出原単位の推移

出所: 日本鉄鋼連盟(2020, p. 4)

鉄鋼業界の温暖化対策についての考察(2)

- BATとしてのスクラップ＋電炉法＋再生可能エネルギー発電の適用拡大が必要
 - 高炉メーカーは従来拒絶的。既存設備の陳腐化の危険と、高級鋼つくりこみ技術の再設計の必要があるから
 - 日本製鉄の新方針は画期的：大型電炉による高級鋼製造技術開発
 - 瀬戸内製鉄所広畑地区に電炉を設置（薄板類製造）
 - アメリカのAM/NSカルバートに電炉を設置し、自動車用鋼板製造（←合弁パートナーのアルセロール・ミッタルの持つノウハウも活用）
 - 電炉に供給される発電が再エネによるものになれば、CO2排出量は大きく下がる

鉄鋼業界の温暖化対策についての考察(3)

- 2019年まで: 高炉メーカーの持続的イノベーション路線と解釈できる: 高級鋼材を従来顧客に供給する
 - 高炉・転炉法を用い続ける
 - 総排出規制への抵抗
 - 新技術も高炉の改造によるCOURSE50から始まる
- 2020年に方針転換: 温暖化防止のために高炉メーカーは新たな未知に踏み出したと理解できる
 - 大型電炉や直接還元法も用いる
 - 総排出量抑制も行い, カーボン・ニュートラルをめざす

鉄鋼業界の温暖化対策についての考察(3)

- この温暖化対策だけでは市場は変革できず、コストアップになるだけなので、鉄鋼業界はそれを回避しようとする
 - カーボンプライシング反対
 - 公的支援の要請
 - 汚染者負担原則からみれば鉄鋼企業が温暖化対策費を負担すべきだが、そうするといっそうの生産縮小と海外進出を招く。国内の鉄鋼生産は大幅縮小してもよいのか、だめなのか(社会がコストをかけても守るべきか)議論が必要
- それに対する政策試論:破壊的イノベーション, 競争促進, コストの社会化
 - スクラップ・電炉法の拡大:担い手は電炉メーカーでも高炉メーカーでもいい
 - 事業創造:再生可能エネルギー事業との結合, 海外でのローコスト生産で市場拡大
 - 技術開発を中立化して公的支援:電炉メーカーや新規参入者にも活用の道を開く
 - エコプロダクツやエコソリューションを評価する制度が作れるか
 - カーボン・コストの価格転嫁か, 輸入品に対する国境調整措置は検討する価値あり
 - 中国, インドとの前向き競争と協力
 - 温暖化対策に先進的な鉄鋼業が勝者となる競争の枠組みを作る

3-(6) 小括：鉄鋼業におけるイノベーションの 将来

日本鉄鋼業のイノベーションと投資(1)

- 日本の鉄鋼業は高炉メーカー，普通鋼電炉メーカー，特殊鋼電炉メーカーに分かれる
- 高炉メーカーは高級鋼を軸にしたグローバル戦略を採用している。それは自動車産業を最大の顧客とした持続的イノベーション戦略であり，差別化戦略である。しかし，高炉法の特徴からコスト競争にも投資しなければならず，汎用品から撤退することもできない。二兎を追う上で新たな課題が出現
 - 高級鋼の顧客が海外にシフトしており，もはや日本からの輸出ではこれを掌握し切れない
 - 中低級品の比率が高い新興国の需要が伸びているが，高炉メーカーはこのセグメントを掌握する低コスト生産のノウハウをすでに持っていない

日本鉄鋼業のイノベーションと投資(2)

- 高炉メーカーは、前述の課題を解決するために、2種類の高級鋼グローバル・バリュー・チェーンを編成し、さらにクロスボーダーM&Aにも乗り出している
- 高炉メーカーのグローバル戦略はグローバル・ニッチだが、日本製鉄はクロスボーダーM&Aによりトランスナショナル・トップに踏み出しつつある。それは多国籍企業としての深化であるとともに、国内での能力・雇用の縮小をその代償とする
- 普通鋼電炉メーカーは高炉メーカーの反撃や系列化の制約があって鉄鋼業界を破壊できていない。むしろ、地域密着型企业としての存続を図っている。しかし、一部は海外展開や環境事業に乗り出している

日本鉄鋼業のイノベーションと投資(3)

- 高炉・転炉法の発展により高級鋼の顧客に奉仕し続けるという、高炉メーカーの持続的イノベーションの軌道は、地球温暖化対策のために転換を余儀なくされている
- しかし、新市場を獲得する破壊的イノベーションの軌道はまだ敷かれていない。これを支える主体的行動と政策的環境が必要
 - 海外を含めて中低級品市場を広げる企業行動
 - 高炉メーカー3社にとらわれない、中立化されたスクラップ・電炉法拡大、革新・超革新技術開発支援策
 - 社会的なコスト負担を制度化し、環境対応した企業が**勝**つ競争の制度を整備する政策
- 日本鉄鋼業は、インテグラル型の工程によって高級鋼を製造し、自動車産業をはじめとするユーザーを確保する持続的イノベーションによって競争力を維持してきた。市場の新興国シフトと地球環境の二つの制約が、そこからの転換を余儀なくさせている
- 新たな市場を開くと同時に地球温暖化を抑止できるか、その両立を促進する環境・産業政策を開発できるか、その利益は日本国内で享受できるか。これが鉄鋼業界と政府の課題となる

参考文献(1)

- アイ・アール・シー(2004)『自動車用板材(高張力鋼, ステンレス, アルミ)の採用動向調査 2004』。
- クリステンセン, クレイトン&レイナー, M.(櫻井祐子訳)(2003=2003)『イノベーションへの解』翔泳社。
- クリステンセン, クレイトン, アンソニー, S. D. & ロス, E.(櫻井祐子訳)(2004=2014)『イノベーションの最終解』翔泳社。
- 川端望(1995)「日本高炉メーカーにおける製品開発」(明石芳彦・植田浩史編『日本企業の研究開発システム』東京大学出版会, 113-145)。
- 川端望(2005)『東アジア鉄鋼業の構造とダイナミズム』ミネルヴァ書房。
- 川端望(2006)「日本高炉メーカーの高級鋼戦略」『産業学会研究年報』21, 産業学会, 35-47
(<https://doi.org/10.11444/sisj1986.2006.35>)。
- 川端望(2008)「タイの鉄鋼業」(佐藤創編『アジア諸国の鉄鋼業』アジア経済研究所)
(<http://hdl.handle.net/2344/00011663>)。
- 川端望(2017)「鉄鋼業の過剰能力はどこにあるのか？」TERG Discussion Paper, No.359, 東北大学大学院経済学研究科, 1-35 (<http://hdl.handle.net/10097/00120360>)。
- 川端望(2020)「日本鉄鋼業の現状と課題～高炉メーカー・電炉メーカーの競争戦略と産業のサステナビリティ～」『粉体技術』12(10), 日本粉体技術工業協会, 15-19
(<http://www2.econ.tohoku.ac.jp/~kawabata/paper/funtai202010.pdf>)。
- 川端望(2021)「脱炭素時代に日本鉄鋼業はどう変わるか」『Value One』7月号, 株式会社メタルワン(Googleドライブに限定保存)。
- 川端望・折橋伸哉(2012)「東日本大震災における自動車産業・鉄鋼業の被災と復旧」(東北大学大学院経済学研究科地域産業復興調査研究プロジェクト編『東日本大震災からの地域経済復興への提言:被災地の大学として何を学び, 伝え, 創るのか』河北新報出版センター, 2012年, 150-177)。
- 鋼材倶楽部(1991)『鋼材の実際知識 第6版』東洋経済新報社。

参考文献(2)

- 財務省財務総合政策研究所(2020)『財政金融統計月報』10月。
- 新エネルギー・産業技術開発研究機構(NEDO)(委託先:金属系材料研究開発センター)(JRCM)(2001)『鉄鋼産業の技術開発動向に関する調査研究成果報告書』NEDO。
- 日本鉄鋼連盟(各年)『鉄鋼統計要覧』(2016, 2019を含む)。
- 日本鉄鋼連盟(2013b)「鉄鋼業における地球温暖化対策の取組」
(https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/chikyu_kankyo/tekko_wg/pdf/001_04_01.pdf)
- 日本鉄鋼連盟(2016b)「地球温暖化対策計画(案)」に対する意見」
(http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/160413_publiccomment.pdf)
- 日本鉄鋼連盟(2020)「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』6月追補版」(http://www.jisf.or.jp/news/topics/documents/zerocarbon_steel_honbun_JISF.pdf)。
- 日本鉄鋼連盟(2021)「我が国の2050年カーボンニュートラルに関する日本鉄鋼業の基本方針」
(https://www.jisf.or.jp/business/ondanka/zerocarbonsteel/documents/2050CN_20210215.pdf)。
- 藤本隆宏(2009)「日韓鉄鋼産業」(藤本隆宏・桑嶋健一編『日本型プロセス産業』有斐閣, 135-178)。
- みずほ情報総研株式会社(2014)「諸外国の電炉業の経営動向や原材料・電力コストの動向を踏まえた我が国電炉業の競争力強化による省エネルギー対策調査事業 調査報告書」
(http://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/mono/iron_and_steel/downloadfiles/denro.pdf)。
- 宮本憲一(2007)『環境経済学 新版』岩波書店。
- メタルワン(2010)『鉄鋼流通の手引き 第2版』。

参考文献(3) ウェブサイト上の参考資料

- International Energy Agency(IEA)(2008a) *CO2 Emissions from Fuel Combustion*, 2008 edition, OECD.
- International Energy Agency(IEA)(2008b) *Energy Technology Perspectives*, OECD.
- World Steel Association (2020) *Steel Statistical Yearbook*.

- 「新日鐵住金2020年中期経営計画説明会資料」, 新日鐵住金株式会社, 2018年3月2日 (https://www.nipponsteel.com/common/secure/ir/library/pdf/20180302_800.pdf)。
- 「日本製鉄グループ中期経営計画」日本製鉄株式会社, 2021年3月5日 (https://www.nipponsteel.com/ir/pdf/20210305_200.pdf)
- 日本鉄鋼連盟「みんなの鉄学」(<http://www.jisf.or.jp/kids/shiraberu/index.html#>)。
- 日本鉄鋼連盟(2017b)「第五次環境基本計画に関する意見交換会説明資料」 (https://www.env.go.jp/press/y020-dialogue04/mat01_1.pdf)

使用データベース

- 総務省『科学技術研究調査』(<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200543&cycle=0>)
- 『平成28年経済センサス-活動調査』
(<http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/census/index.html>)

※インターネットリソースは2021年6月21日に最終閲覧。