

ねがう未来に、
鉄で応える。

第11回 千葉大Data Science Core オープンカフェ

鉄鋼業におけるデジタル戦略 ～製鉄プロセス革新を例に～

2026.1.26
JFEスチール(株) スチール研究所
主席研究員 飯塚幸理



1. 鉄鋼業について
2. JFEスチールのDX戦略
3. 研究開発事例
4. データサイエンスへの期待

JFEスチールの概要

設立: 2003年 NKK (1912年設立) と川崎製鉄 (1950年設立) が経営統合した鉄鋼メーカー

粗鋼生産量: 2195万トン…2024年度 国内2位、世界14位

従業員数: 43,081人

グループ会社: 40



Name
"J" for Japan
"F" for steel (Fe)
"E" for engineering

JFEスチール (鉄鋼事業)

JFEエンジニアリング

JFE商事

ジャパンマリンユナイテッド

持分法適用会社
持株比率35%、2025年3月末時点

西日本製鉄所

- 粗鋼生産量: 976+824万トン (FY2024)
- 世界最大級の一貫製鉄所
- 主要製品: 薄板、厚板、電磁鋼板、線棒、形鋼



知多製造所

- 世界有数の鋼管工場
- 鋼管品揃え世界一



仙台

千葉

知多

福山

倉敷

京浜

仙台製造所

- 粗鋼生産量: 51万トン (FY2024)
- 電炉-棒鋼・線材圧延設備を備える
- 主要製品: 棒鋼、線材



東日本製鉄所

- 粗鋼生産量: 341万トン (FY2024)
- 大都市隣接 & 高級鋼製造を得意とした製鉄所
- 主要製品: 薄板、ステンレス、厚板、鉄粉、鋼管

1940年 千葉市による90万坪の埋立開始、日立航空機

1950年 川崎重工業の製鉄部門を分離して川崎製鉄が創立

1951年 千葉製鉄所開設 千葉県と千葉市の誘致と川崎製鉄の計画が合致

戦後日本で初めて建設された大規模な「銑鋼一貫臨海製鉄所」
(公社)発明協会 日本のイノベーション100に選定されている



1948年の
航空写真

出典：国土地理院ウェブサイト (<https://service.gsi.go.jp/map-photos/app/map?search=photo>)

1977年 西工場 第6高炉 操業開始

1995年 第3熱間圧延工場 操業開始

1998年 第6高炉2次 操業開始

2023年 第6高炉3次 操業開始



現在

出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp>)

ねがう未来に、鉄で応える。

鉄鋼メーカーの位置付け



JFE スチール 株式会社

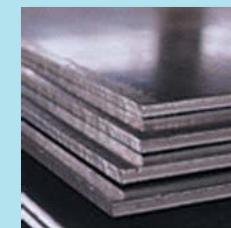


製鉄所

鉄鋼製品の例



薄板



厚板



型鋼



鋼管

- ・鉄の進化が社会の進化へ
- ・多種多様な製品
- ・大量, 安定供給



自動車



飲料缶・食缶



家電



造船



建機



建築



エネルギー

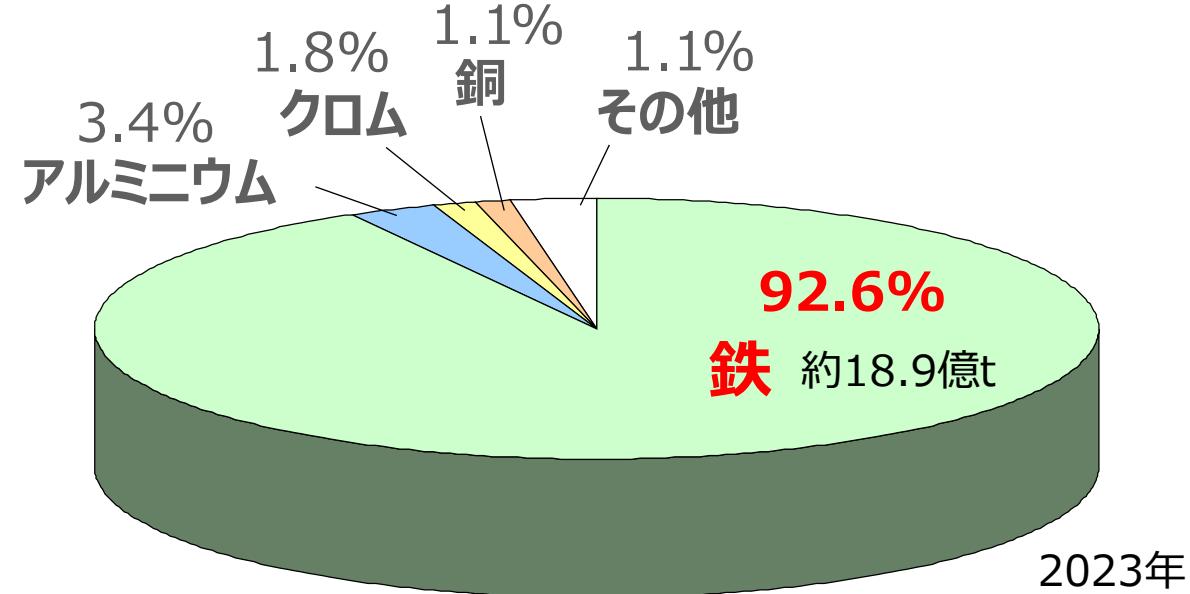


プラント



あらゆる産業に必要な基盤素材として、人々の生活を支えている

金属生産量における鉄の割合

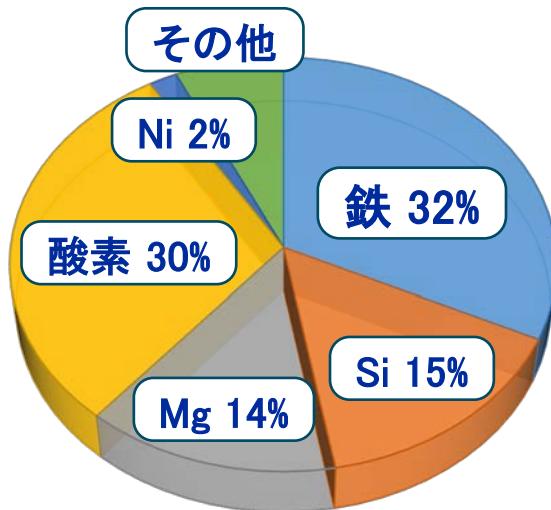


以下の資料から数字を抽出して作成
World Steel Association「World Steel in Figures 2024」
International Aluminium Institute「Primary Aluminium Production Statistics」
USGS「Mineral Commodity Summaries 2024」
International Copper Study Group「World Copper Factbook 2024」

金属生産量の約93%は鉄

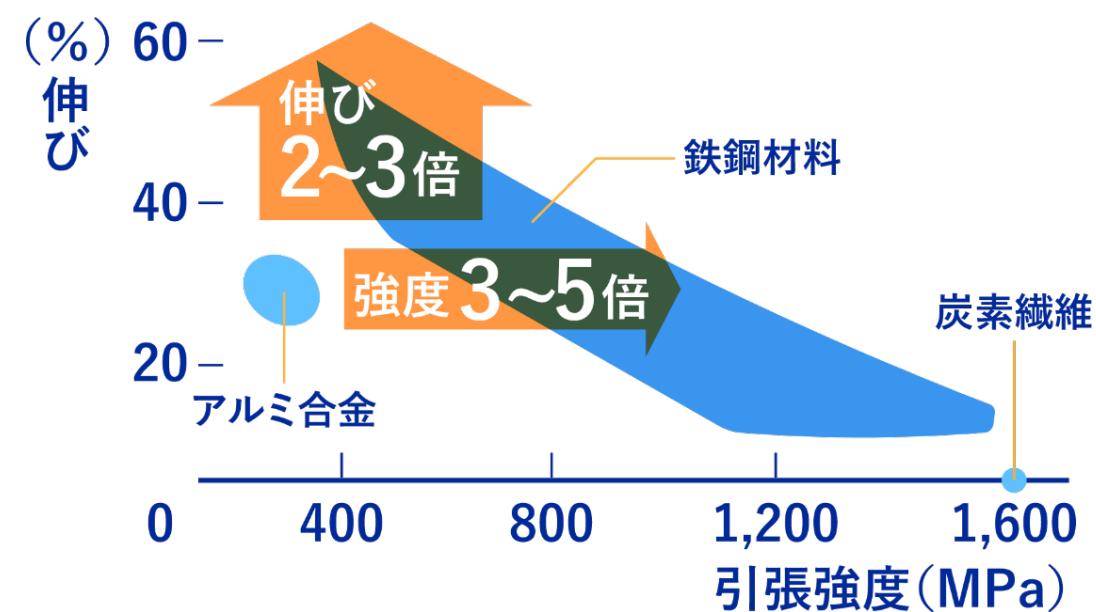
なぜ鉄が大量に使われるのか

地球の元素組成における鉄の割合

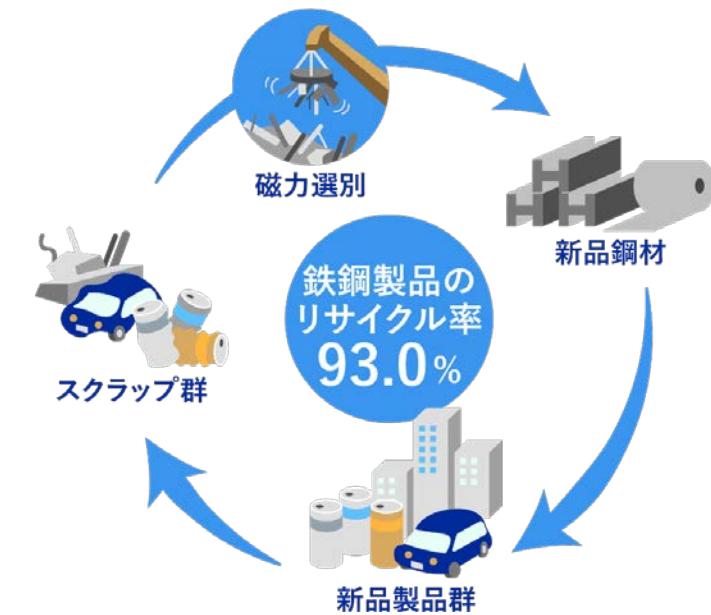


西村雅吉 環境化学(改訂版) 裳華房 (1998)
を参考に作成

鉄の強度レンジ



リサイクル



出典 JFEスチール会社説明用資料

量が豊富(安定供給が可能)、様々な強度・特性を発現できる、リサイクルも可能

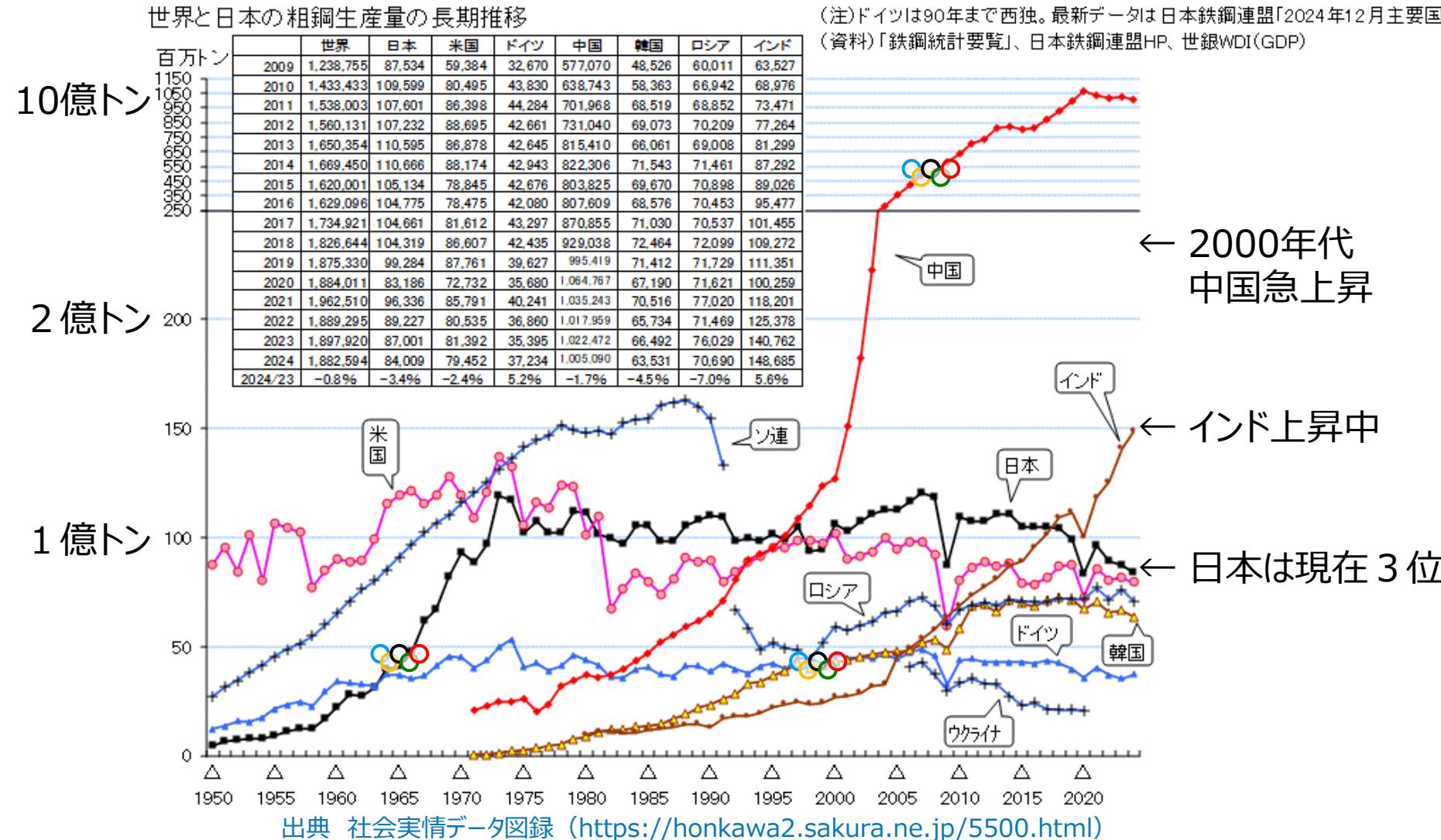
日本の品目別輸出額順位

順位	1990年 輸出総額:41兆4569億円		2000年 輸出総額:51兆6542億円		2005年 輸出総額:65兆6565億円		2010年 輸出総額:67兆3996億円		2015年 輸出総額:75兆6139億円		2020年 輸出総額:68兆3991億円		2023年 輸出総額:100兆8730億円	
1	自動車	17.8%	自動車	13.4%	自動車	15.1%	自動車	13.6%	自動車	15.9%	自動車	14.0%	自動車	17.1%
2	事務用機器	7.2%	半導体等電子部品	8.9%	半導体等電子部品	6.7%	半導体等電子部品	6.2%	半導体等電子部品	5.2%	半導体等電子部品	6.1%	半導体等電子部品	5.4%
3	半導体等電子部品	4.7%	事務用機器	6.0%	鉄鋼	4.6%	鉄鋼	5.5%	鉄鋼	4.9%	自動車の部分品	4.3%	鉄鋼	5.0%
4	映像機器	4.5%	科学光学機器	5.1%	自動車の部分品	4.3%	自動車の部分品	4.6%	自動車の部分品	4.6%	鉄鋼	3.8%	自動車の部分品	3.8%
5	鉄鋼	4.4%	自動車部品	3.6%	科学光学機器	3.8%	プラスチック	3.5%	原動機	3.4%	半導体等製造装置	3.7%	半導体等製造装置	3.5%
6	科学光学機器	4.0%	原動機	3.2%	原動機	3.3%	原動機	3.55	プラスチック	3.2%	プラスチック	3.5%	プラスチック	2.9%
7	自動車部品	3.8%	鉄鋼	3.1%	有機化合物	2.9%	船舶	3.3%	科学光学機器	3.1%	原動機	3.2%	原動機	2.9%
8	原動機	2.7%	映像機器	2.7%	映像機器	2.7%	科学光学機器	3.0%	有機化合物	2.8%	科学光学機器	2.9%	科学光学機器	2.5%
9	音響機器	2.3%	有機化合物	2.3%	プラスチック	2.6%	有機化合物	2.8%	電気回路等の機器	2.5%	電気回路等の機器	2.5%	非鉄金属	2.4%
10	通信機	2.1%	プラスチック	2.0%	電気回路等の機器	2.6%	電気回路等の機器	2.6%	非鉄金属	1.9%	非鉄金属	2.3%	電気回路等の機器	2.1%

出典 財務省貿易統計 (https://www.customs.go.jp/toukei/suui/html/time_latest.htm) より作成

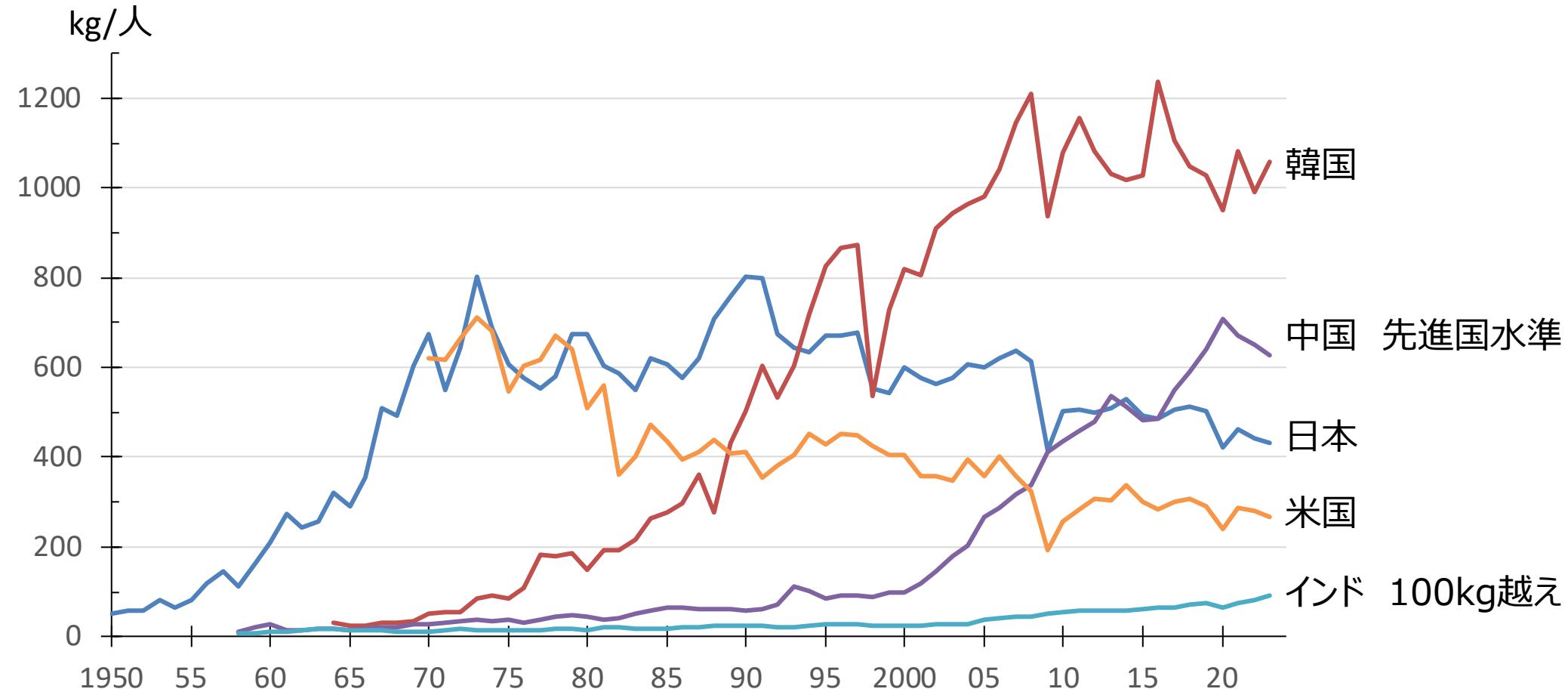
輸出総額に占める鉄鋼の割合は上位、現在でも主要基幹産業

世界の粗鋼生産量推移



2000年以降、中国の生産量が爆増、日本は国内消費が減って減少中

一人当たり鋼材年間消費量の推移

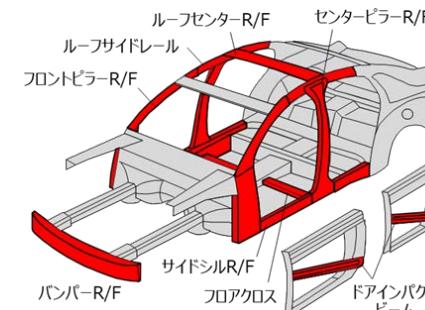


The World Steel Association "World Steel in Figures" から数値を抽出し作成
(<https://worldsteel.org/wp-content/uploads/World-Steel-in-Figures-2024.pdf> など)

一人当たり鋼材年間消費量は国の経済成長を示す

自動車用鋼板

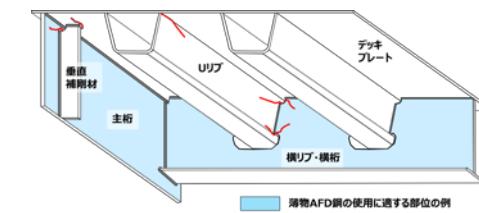
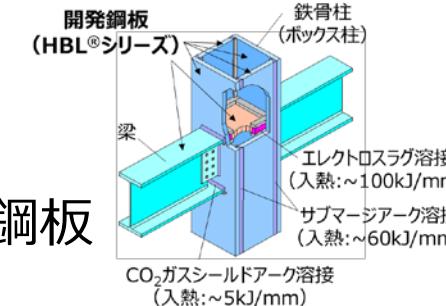
- 加工性に優れた高張力鋼板
- プレス成形性に優れた溶融亜鉛めっき鋼板



出典 左 : <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2023/06/230613.html>
右 : <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2012/02/120203.html>

建築用厚鋼板

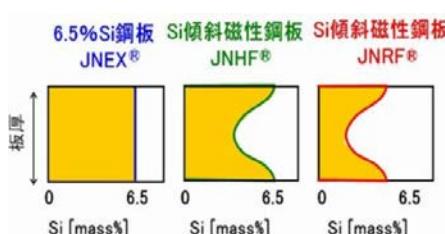
- 耐震性や溶接性に優れた高強度厚鋼板
- 疲労損傷への耐久性を高めた薄物耐疲労鋼



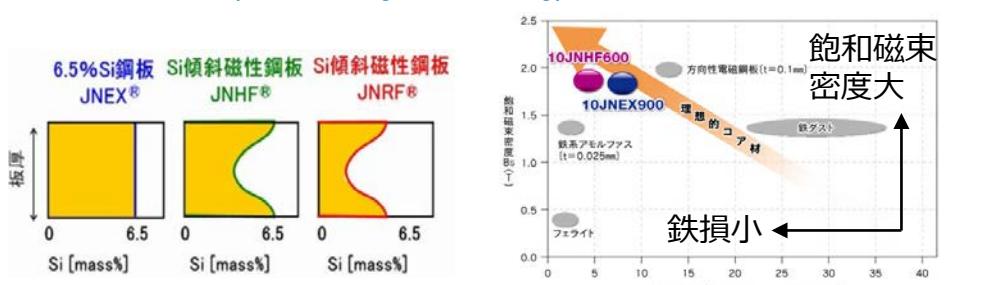
出典 左 : <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2022/03/220323.html>
右 : <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2023/03/230330.html>

エネルギー用途

- 信頼性の高い風力発電用大単重厚鋼板
- 高濃度硫化水素環境で使用できるラインパイプ用鋼板



出典 <https://www.jfe-steel.co.jp/products/denji/product/supercore/index.php>



電磁鋼板

- 優れた磁気特性を持つ電磁鋼板
高磁束密度、低鉄損、低磁歪、高周波特性

加工性、耐震性、耐食性などに優れた高強度鋼、極低鉄損電磁鋼板などに強み

目次

1. 鉄鋼業について
2. JFEスチールのDX戦略
3. 研究開発事例
4. データサイエンスへの期待

国内事業強化



海外成長戦略

環境的持続性
への取り組み

DX推進



- ・高付加価値品の比率向上 48→60%
高性能電磁鋼板、自動車用ハイテン、
洋上風力用厚板、新工法対応鋼材等
- ・最適生産体制の構築
高炉7基→高炉5基+革新電気炉



- ・インサイダー型事業の更なる拡大
成長市場における海外鉄鋼需要の捕捉
- ・インド 2011～JSWスチールとの提携
印国内初の方向性電磁鋼板 (J2ES)
一貫製鉄所合弁事業 (BPSL)
- ・米国 2019～Nucorとの協業



- ・2030年度GHG排出削減30%
大型革新電気炉の建設 ('28)
還元鉄活用など
- ・超革新技術による鉄鋼プロセス転換
超革新高炉、直接水素還元製鉄



- ・生産プロセス革新による競争力向上
インテリジェント製鉄所の実現に向けた
一貫CPSの拡充
- ・業務プロセス革新による業務加速
他社に先駆けてオープン化された
基幹システムの活用、生成AI活用
- ・ソリューションビジネス拡大



出典 JFE-HD8次中期計画説明会資料より (2025.5.8)

ねがう未来に、鉄で応える。

- 広範囲な事業領域で**長年蓄積された操業データ・ノウハウ**と他社に先駆けて**オープン化された基幹システム**でDXを推進、生産/業務プロセス革新により強靭な収益基盤を構築。

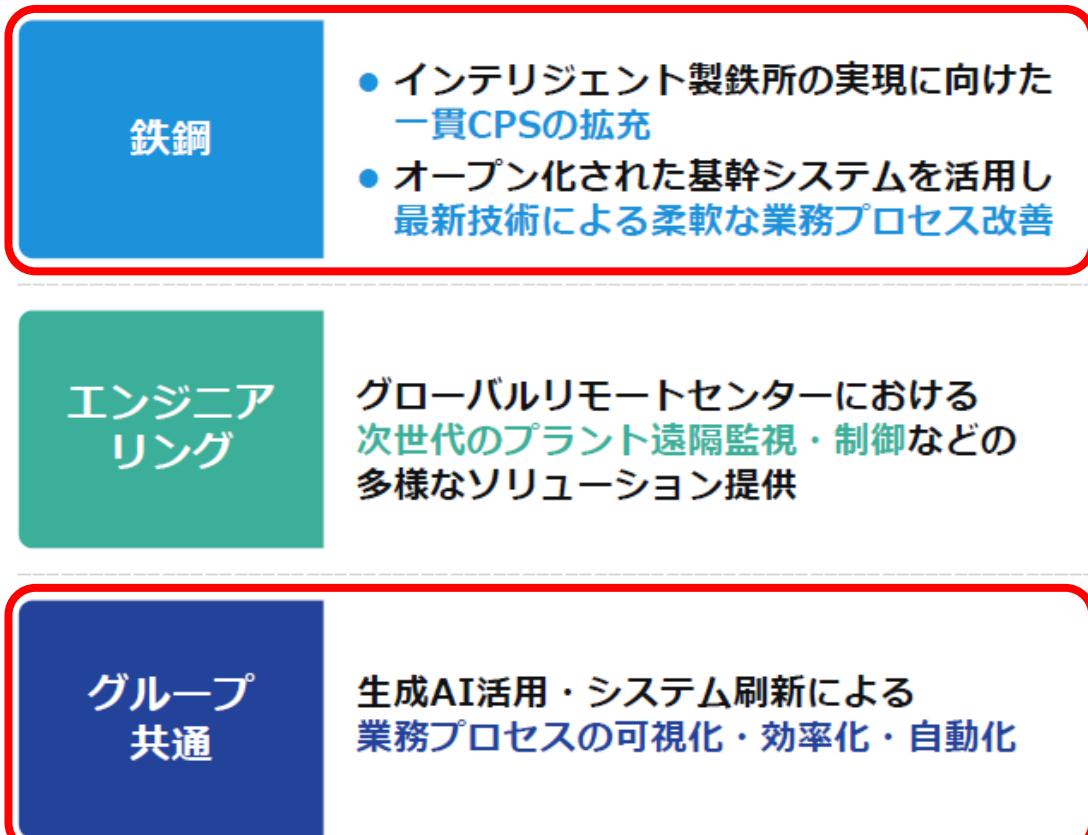
DX銘柄2025
Digital Transformation

8次投資額 1,100億円

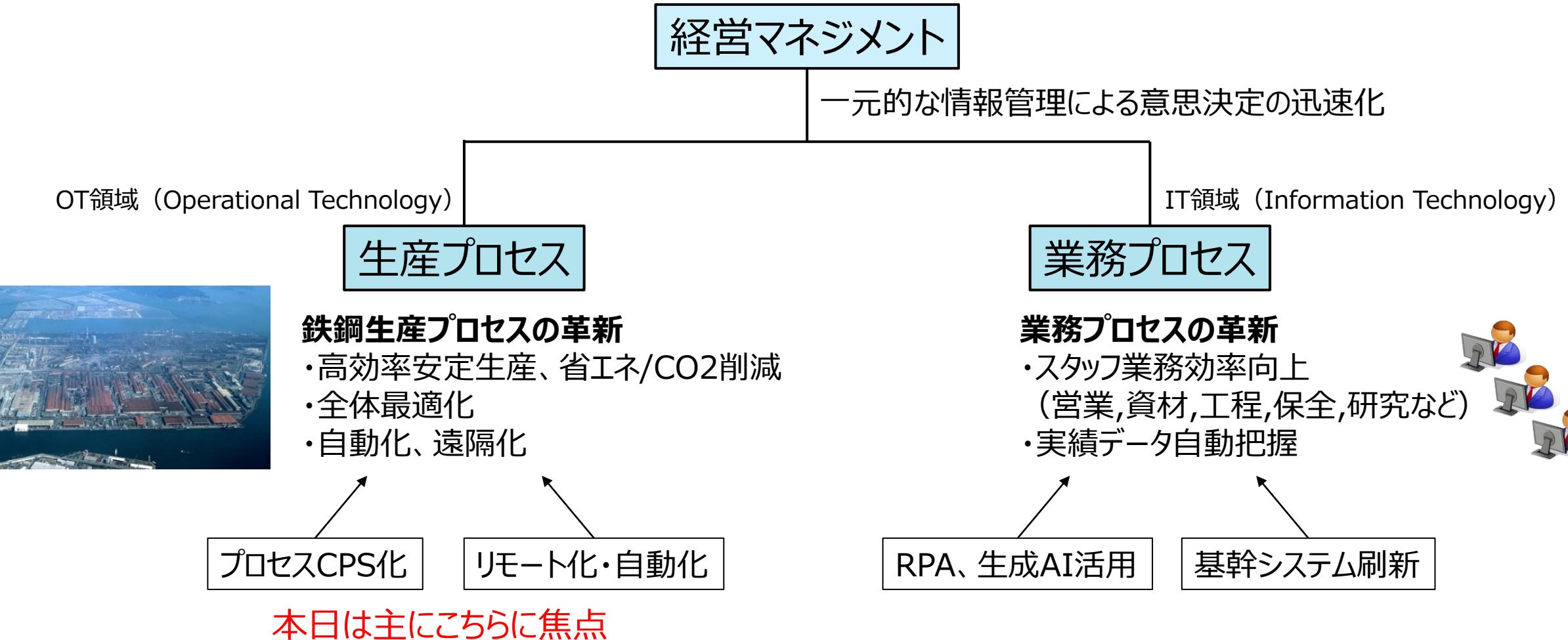
DX方針



8次中期における取組内容



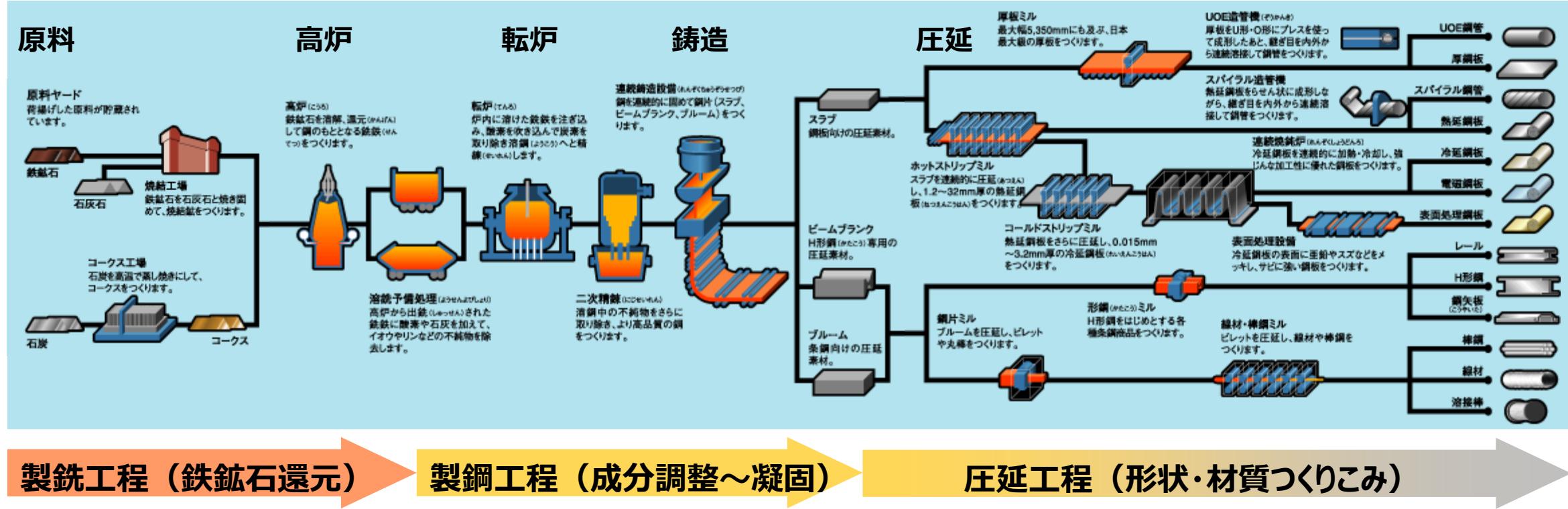
出典 JFEグループ長期ビジョン「JFEビジョン2035」・第8次中期経営計画 説明会資料 <https://www.jfe-holdings.co.jp/uploads/2024-chuuki250508-01.pdf>



鉄鋼生産プロセスとその特徴

大量生産かつ多品種生産、多工程、人手作業 → 先進デジタル技術活用による改善余地が大きい

鉄鋼生産プロセス 福山地区の例 (出典 JFEスチールホームページ https://www.jfe-steel.co.jp/works/west/west_japan/process.html)



製銑工程 (鉄鉱石還元)

- ・大量生産
- ・高効率安定操業が求められる
- ・ばらつきのある天然原料
- ・高温 (~2000°C)

製鋼工程 (成分調整～凝固)

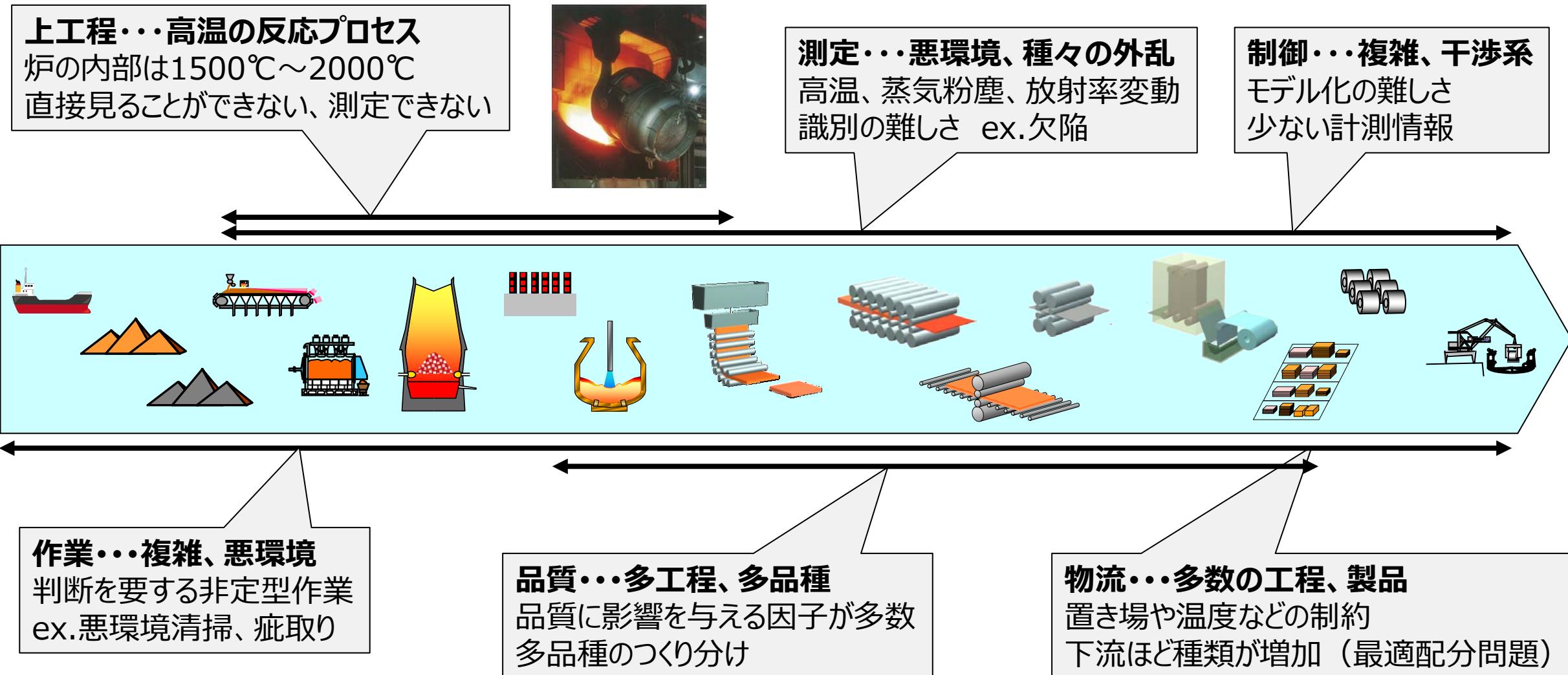
- ・大量生産かつ多品種生産
- ・精密な成分調整、温度制御
- ・複数工程の同期
- ・高温 (~1600°C)

圧延工程 (形状・材質つくりこみ)

- ・多品種生産 (多種多様な製品を作り分け)
- ・精密な形状制御、温度制御、材質制御
- ・高温 (~1200°C)、高速 (~20m/s)
- ・検査、精整作業

鉄作りは何が難しいのか？

高温で直接測定が難しい、多工程で品質に影響を与える因子が多数、多数の作り分け、非定型作業



JFEスチールにおけるDXへ向けた取り組み

先進デジタル技術の発展と活用を見据えて、推進組織体の設置、推進環境の整備など

2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

～啓蒙～

～評価～

～トップダウン～

推進組織体の設置

★デジタルデータ活用連絡会議

★データサイエンス活用横断部会

★データサイエンスプロジェクト部

技術共有

本社推進組織

統合再編

★
DX戦略本部

★CPS研究開発部

研究開発組織

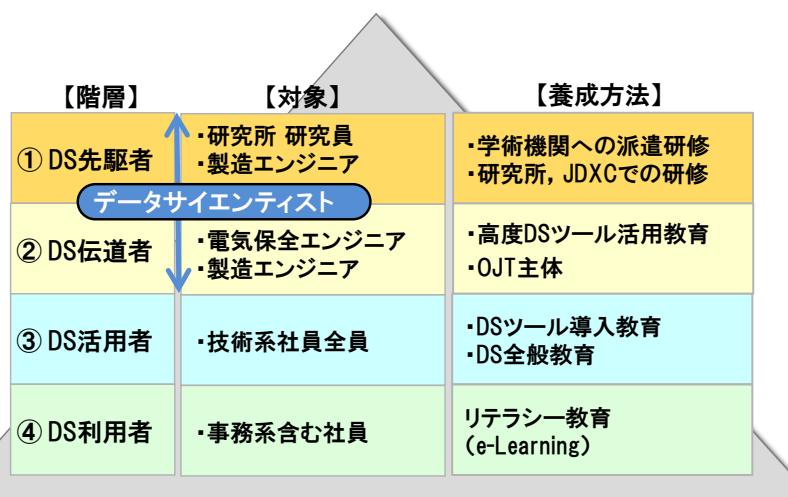
★MI研究部

推進環境整備

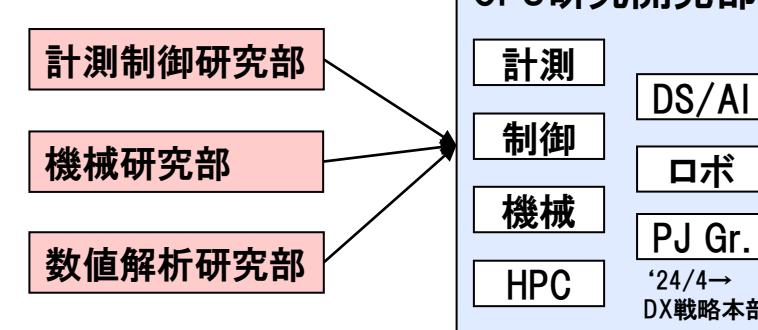
★DS教育
★DS投資

★標準ツール整備

★DX Portal開設（イントラ）
★DX自動化投資



データサイエンティスト教育体系（2018年～）



研究部の統合再編（2019年4月）

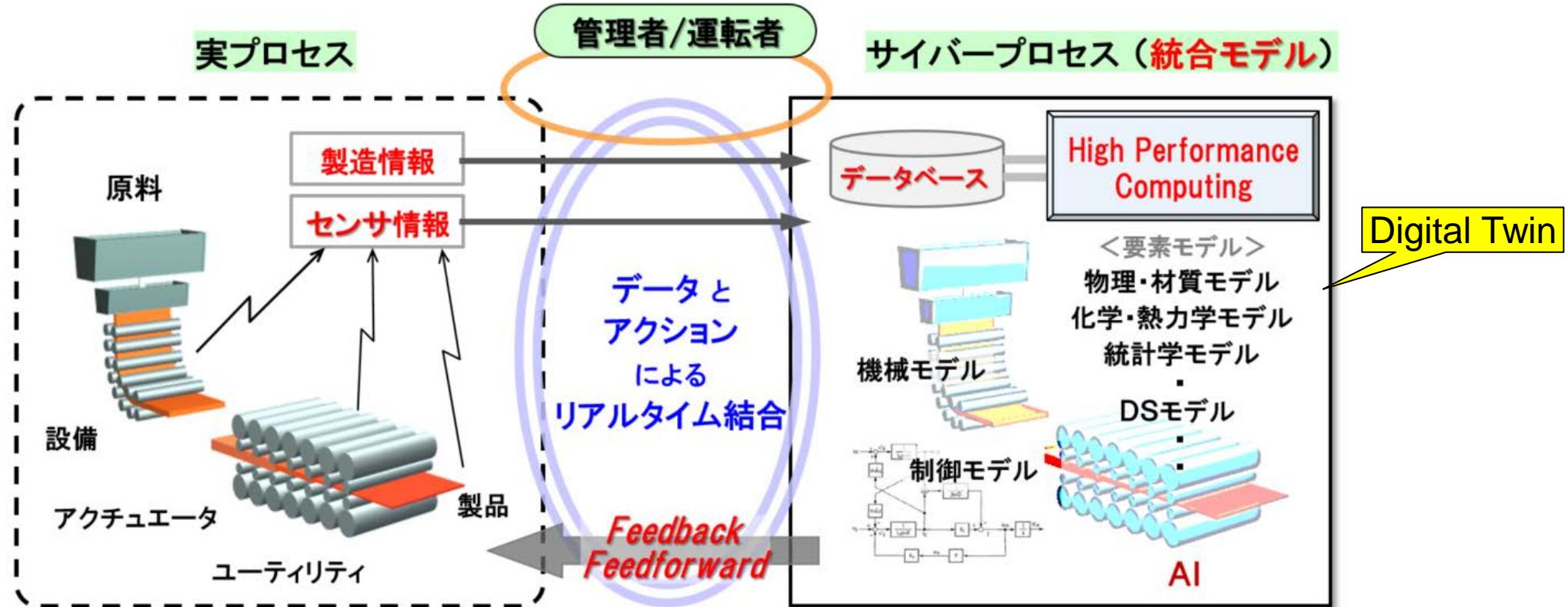


DXポータル（2022年～）

ねがう未来に、鉄で応える。

DXコア技術 ~Cyber Physical System (CPS)~

実世界のセンサデータを、サイバー空間の強力なコンピューティング能力と結びつけ、
新たな機能や価値を生み出すシステム



出典 風間, 河村, 津田, 杉岡, 宮田 : JFE スチールにおけるデータサイエンス活用の展開, JFE技報 2020年2月, p.1-7
<https://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/045/pdf/045-02.pdf>

仮想空間に実プロセスを模擬することにより、**プロセス状態の見える化と将来予測が実現される**
JFEスチールでは全製造プロセスCPS化、一貫CPSの拡充を推進中

労働人口減少への対応を目指して導入推進中

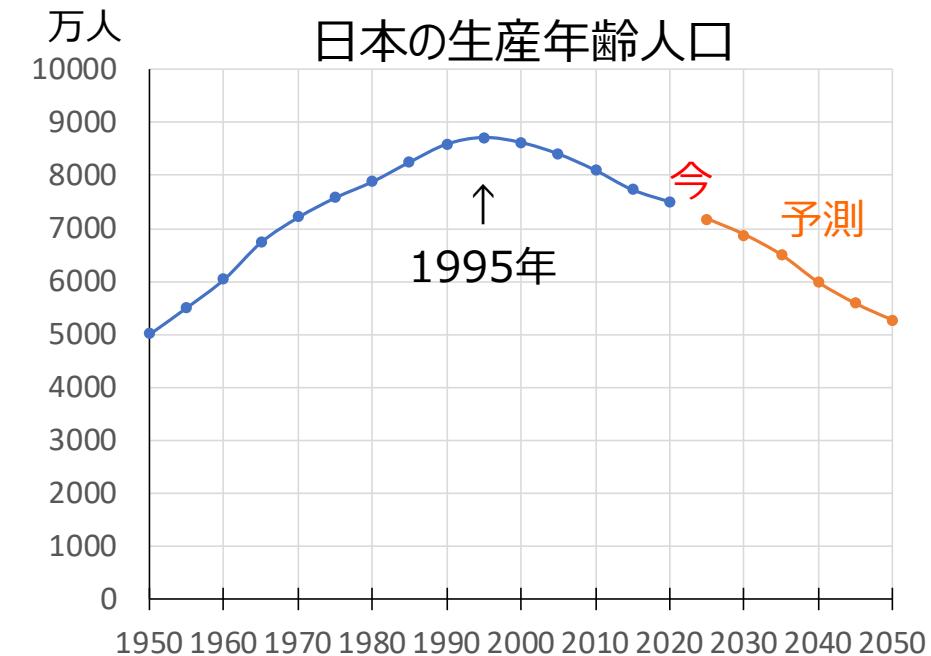
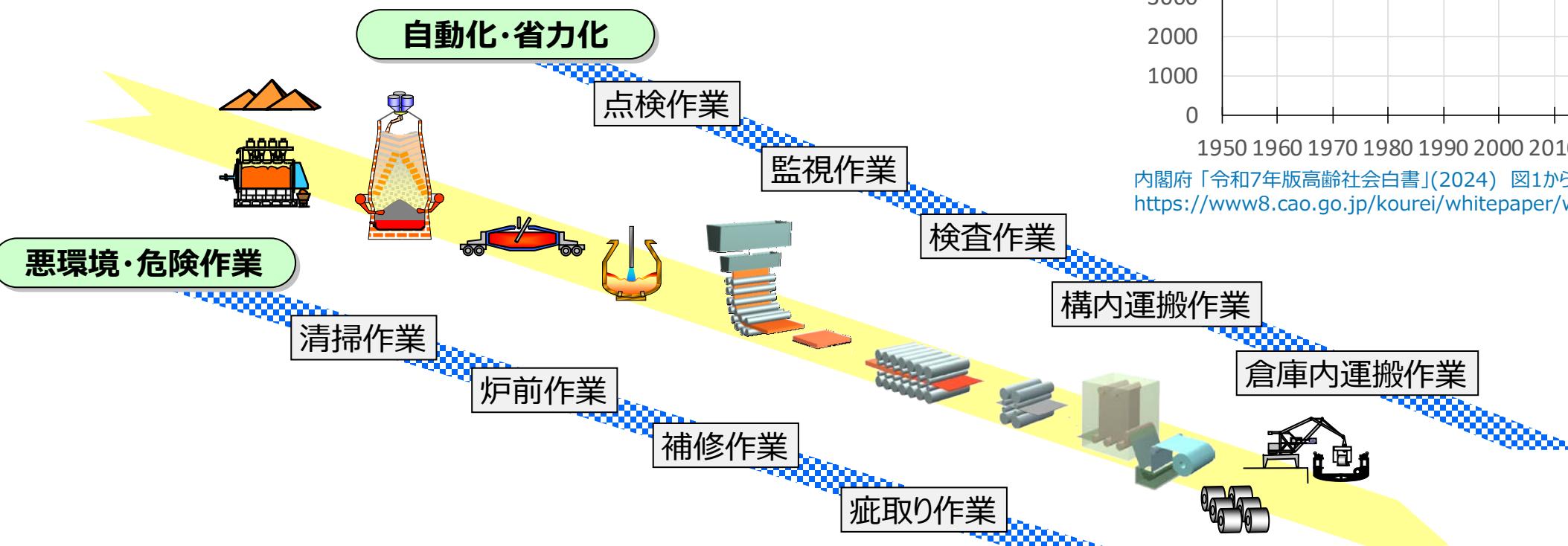
⇒ 労働生産性向上

悪環境作業・危険作業の自動化、遠隔化

★既存技術で十分なモノは導入・適応

★市販品に無いモノ、工場特有の課題は**自社開発**

★非定型作業、自律動作が課題



内閣府「令和7年版高齢社会白書」(2024) 図1から数字を抽出して作成
https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2025/html/gaiyou/s1_1.html

DX推進ロードマップ

ロードマップを策定し、全プロセスCPS化と操業のリモート化・自動化を推進。今後は一貫CPSの拡充を目指す。



出典 JFEグループ 2024DX Report <https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/dxreport/>

DX人材の育成

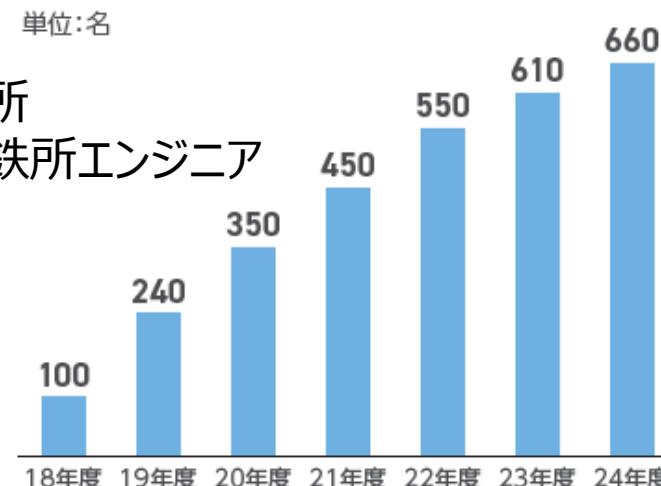
全社員がDXを自分事としてとらえ、積極的に参画していくような教育カリキュラムを提供

2025年再定義

マネジメント層
への教育
↓
職場のDX推進を支援する
風土醸成



データサイエンティスト養成数の推移



2018年～データサイエンティスト教育実施

- ・JFEカレッジ
- ・各種DSツール教育
- ・課題解決支援教育
- ・研究所短期派遣など

出典 JFEグループ 2024DX Report
<https://www.jfe-holdings.co.jp/investor/library/dxreport/>

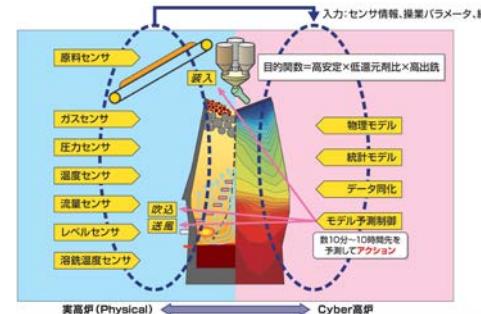
ねがう未来に、鉄で応える。

1. 鉄鋼業について
2. JFEスチールのDX戦略
3. 研究開発事例
4. データサイエンスへの期待

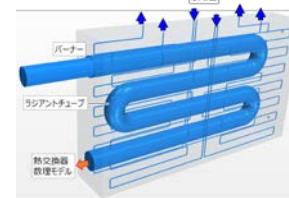
先進デジタル技術開発の事例

様々な場面で先進デジタル技術の活用を推進中 ⇒ 業務加速、高効率安定生産、省エネ、品質向上など

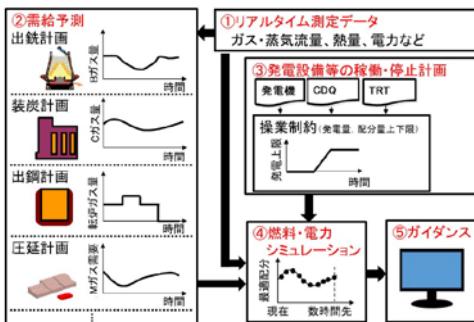
上工程：プロセスCPS化
⇒ 高効率安定操業



数値シミュレーション
⇒ 最適設備設計

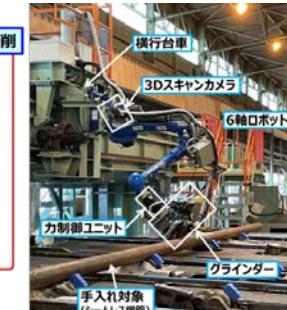


エネルギー運用最適化
⇒ 生産性向上

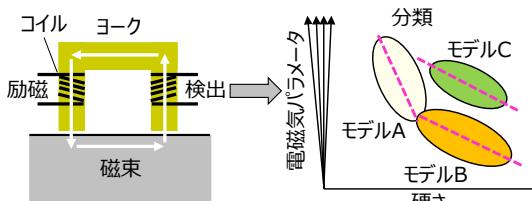


各種作業：ロボティクス
⇒ 自動化・労働生産性向上

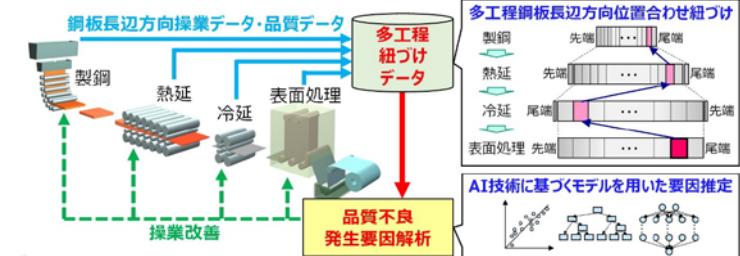
①リアルタイム測定データ
ガス・蒸気流量、熱量、電力など
②需給予測
出鉄計画
装填計画
出鋼計画
圧延計画
Mガス炉ガス量

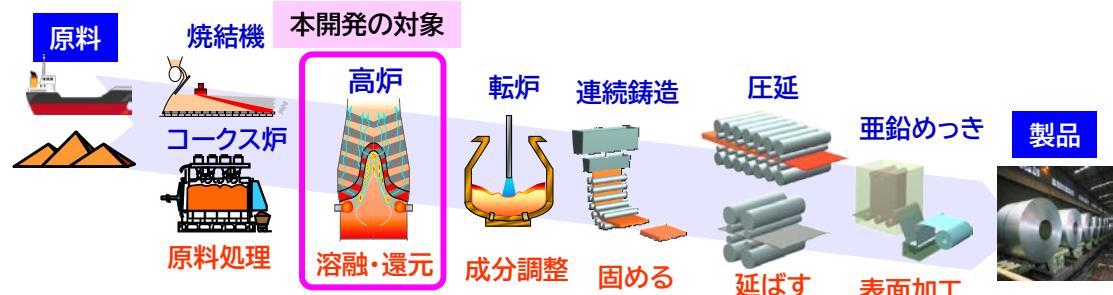


センシング：DS活用
⇒ 品質保証、品質管理

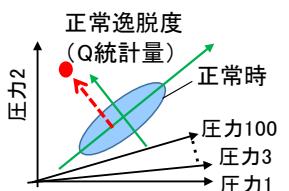
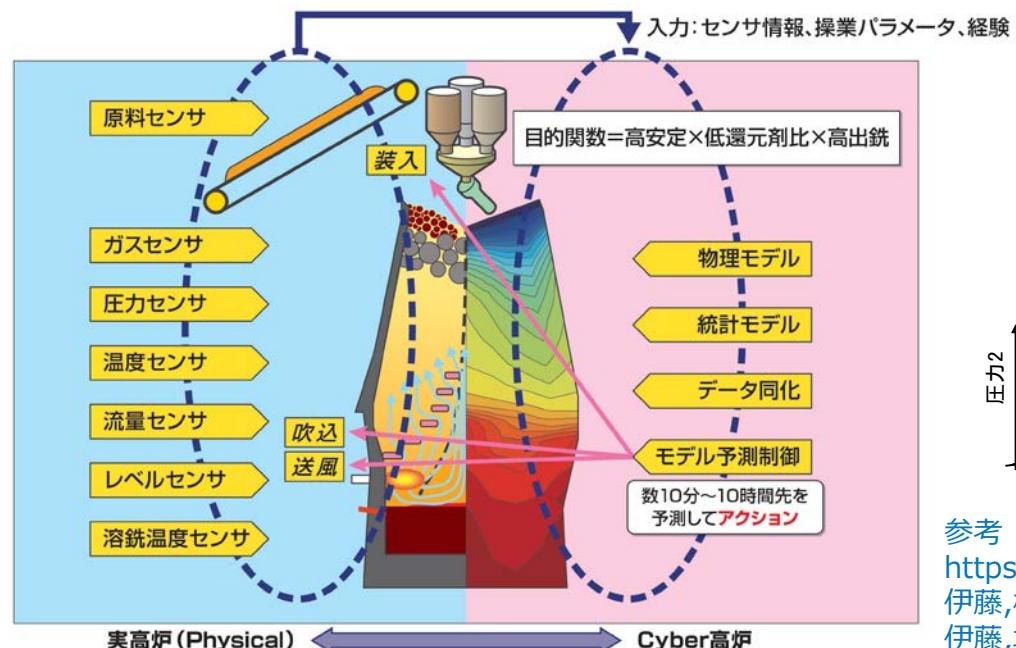


下工程：多工程一貫品質管理
⇒ 高級鋼品質向上



内部状態のリアルタイム可視化により**操業の高効率化、安定化を実現**。JFEスチールの全高炉に導入済


高炉：鉄鉱石を還元して鉄を取り出す反応炉であり、
 1基で**1万トン/日を生産**する製鉄プロセスの要



参考

<https://www.jfe-steel.co.jp/release/2019/11/191105.html>

伊藤, 橋本, 島本 : データサイエンスによる高炉操業ガイダンス技術、JFE技報 No.45, pp.19-25(2020)

伊藤, 坪井, 益田, 島本 : データサイエンスによる高炉操業ガイダンス技術、JFE技報 No.49, pp.36-41(2022)

課題

- ・従来は熟練オペレータによる経験に基づいた手動操業
- ・CO₂排出量（還元材）の低減 → 炉況不安定化
- ・労働人口の減少、オペレーターの世代交代

高炉CPS導入

- ①溶銑温度の自動制御（最大12h先を予測）
 2D非定常モデル+データ同化+統計モデル(CNN)
- ②炉内通気異常の早期検知
 統計モデル(圧力計データの主成分分析)

- ・高効率安定操業を達成
 ⇒ 炉冷トラブルゼロ化、CO₂削減



高炉CPSの詳細 ~溶銑温度の自動制御~

物理モデル・データ同化・モデル予測制御+統計モデルを駆使して溶銑温度の自動制御を実現

計算方法

固体流れ

ガス流れ

反応速度

伝熱

収束計算

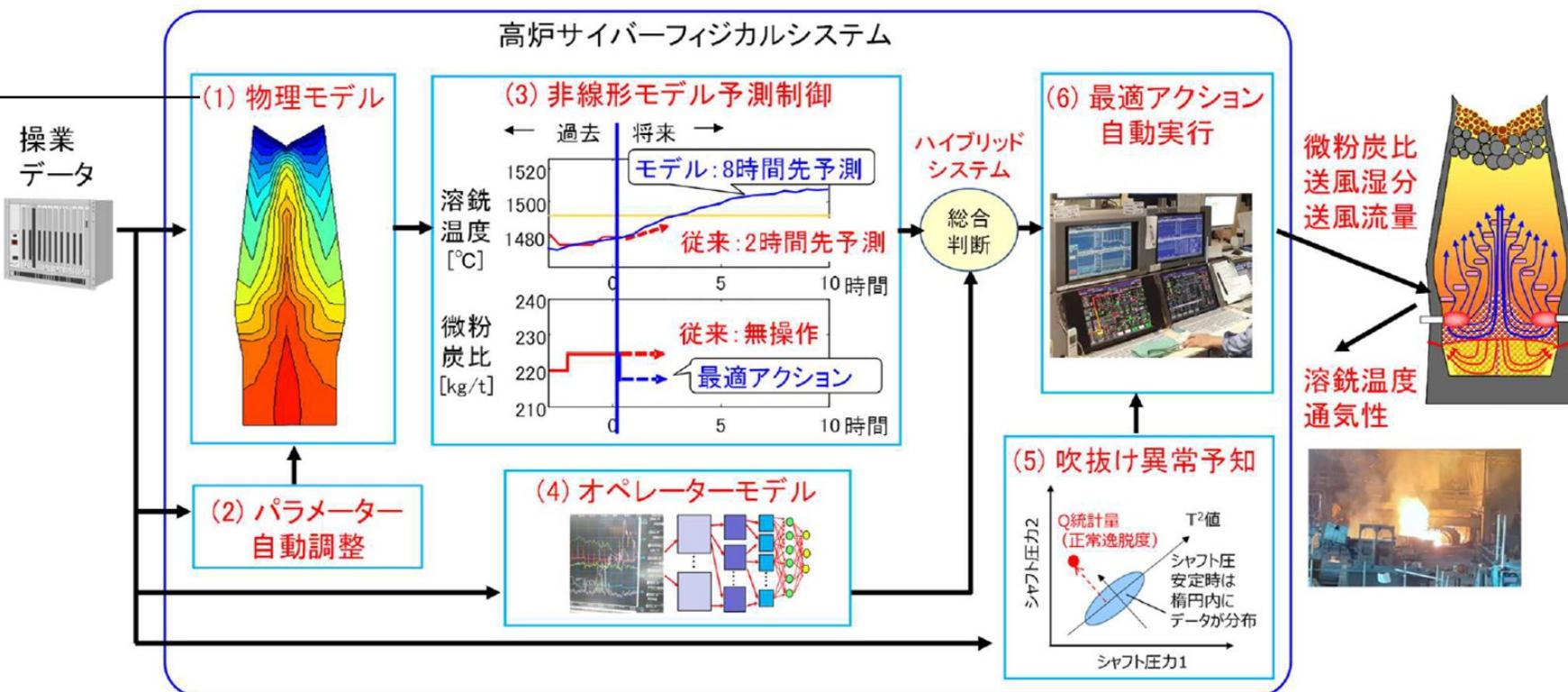
物理モデルの計算

非定常モデル計算→



物理モデル :

固体流れ・ガス流れ・化学反応・伝熱現象等に関する偏微分方程式を有限体積法により離散化し、各時間ステップで動的に計算セルを生成しつつ熱物質収支が担保されるように計算



(Moving Horizon Estimation)

参考 橋本ほか：サイバーフィジカルシステムによる高炉操業の自動化、ふえらむVol.30 pp.369-374 (2025)

ねがう未来に、鉄で応える。

高炉CPSの詳細 ~高炉通気異常の予兆検知~

課題

- 省エネ操業だとガス流れ(通気)が不安定になりやすい
- 場合によっては局所的に吹き抜けてトラブルになる

従来

- 高さ方向の差圧を指標化して管理 ⇒ 予兆までの検知は困難
- センサが多数あり、トレンド画面の常時監視は困難

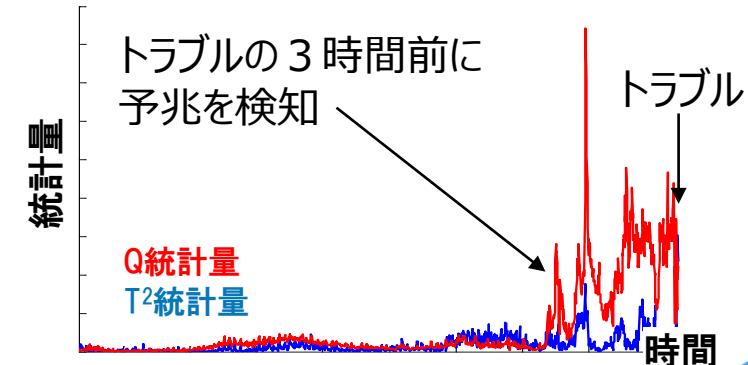
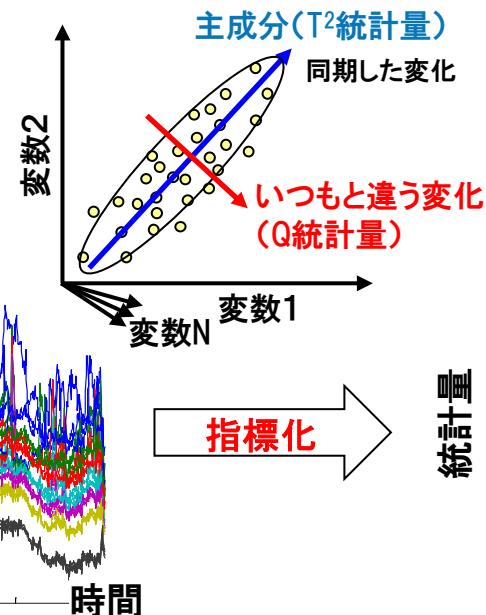
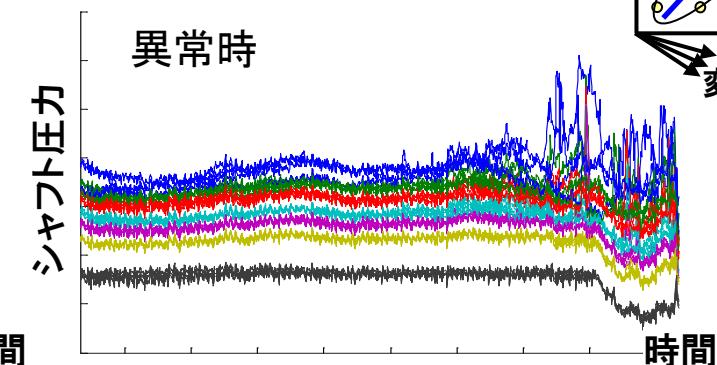
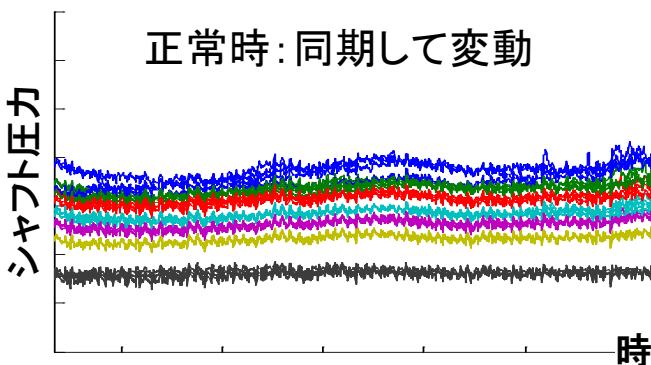
MSPC: Multivariate Statistical Process Control

手段

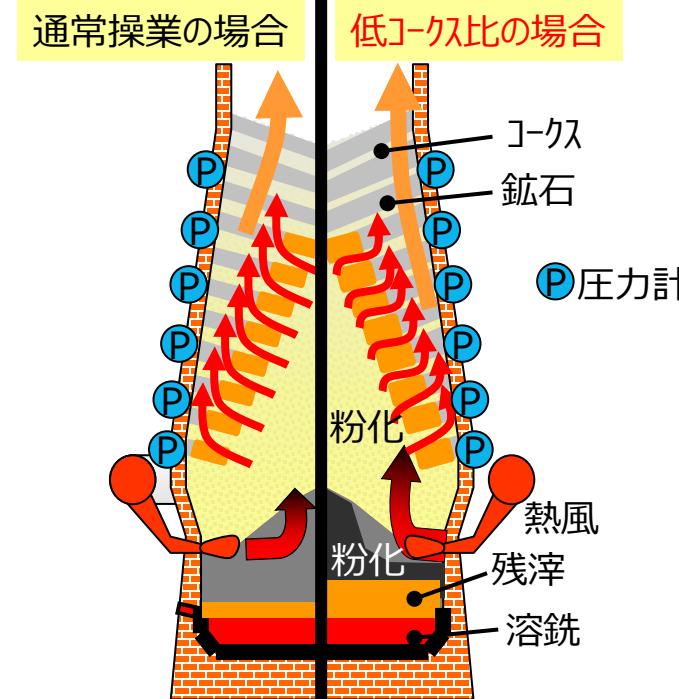
- 多変量統計的プロセス管理 (MSPC) で一元指標化
⇒ **主成分分析**を用いて、Q統計量を監視

結果

- 予兆検知が可能
- トラブルを抑止し、高効率安定生産を達成



参考 伊藤,橋本,島本 : データサイエンスによる高炉操業ガイダンス技術、JFE技報 2020年2月、p.19-P25
<https://www.jfe-steel.co.jp/research/giho/045/pdf/045-05.pdf>



品質管理へのDS活用 ~品質不良要因解析~

課題

- ・品質不良発生時の解析～対策の長時間化
- ・品質に影響する因子が多工程にわたって多数ある

従来

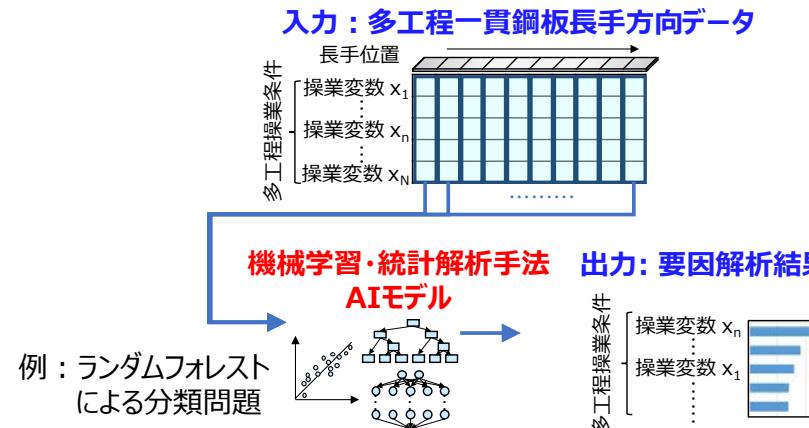
- ・工程毎個別データを人手で収集
- ・鋼板単位の代表データのみ

手段

- ・鋼板全長および収集ピッチの異なる各工程データの位置を合わせて結合
- ・AIモデルにより、重要度の高い操業因子を抽出

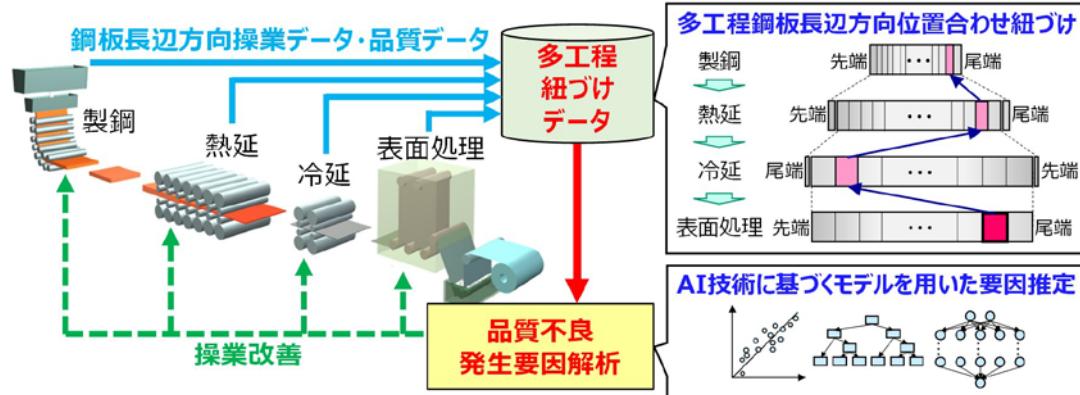
結果

- ・早期に品質不良発生率を低減

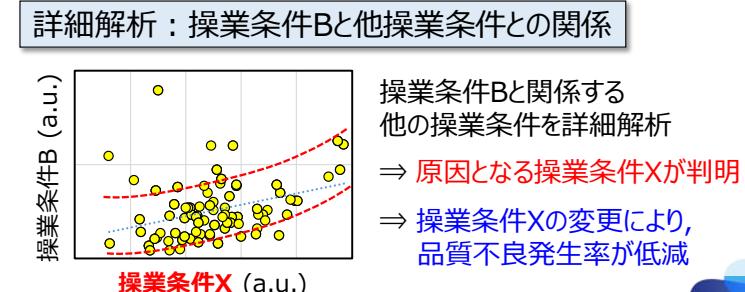
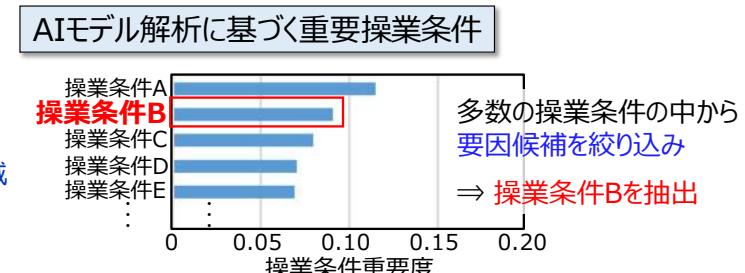
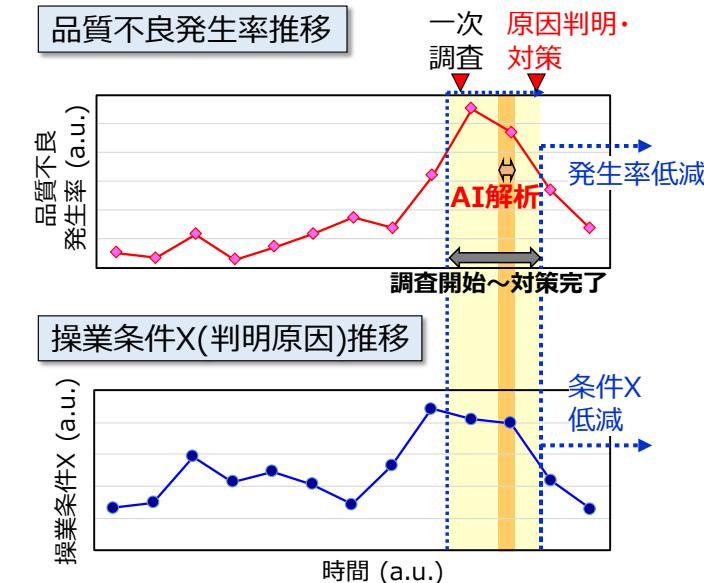


長手方向の位置合わせ紐づけとデータ解析の流れ

参考 高木他：多工程一貫品質データ解析システムの開発、CAMP-ISIJ Vol.37 (2024)-579



多工程一貫品質データ解析システム



品質不良対策への活用事例

ねがう未来に、鉄で応える。

課題

- ・厚鋼板全面の表層硬さの品質保証
海底パイプラインにおける高濃度硫化水素による応力割れ防止

従来

- ・機械試験（局所的）
- ・電磁気特性と硬さとの相関を利用した渦電流法（精度低い）

手段

- ・複数の電磁気パラメータから硬さを推定
⇒ SVMで分類、重回帰で硬さを推定

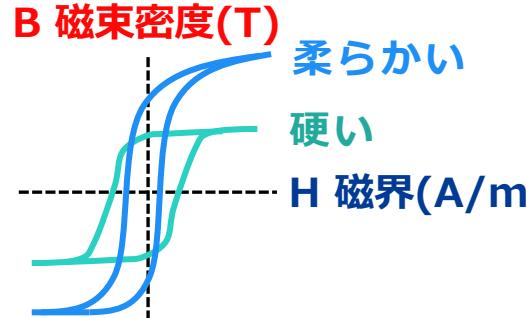
結果

- ・表層硬度の全面保証を達成
- ・表層硬度厳格仕様の鋼管を商品化、受注

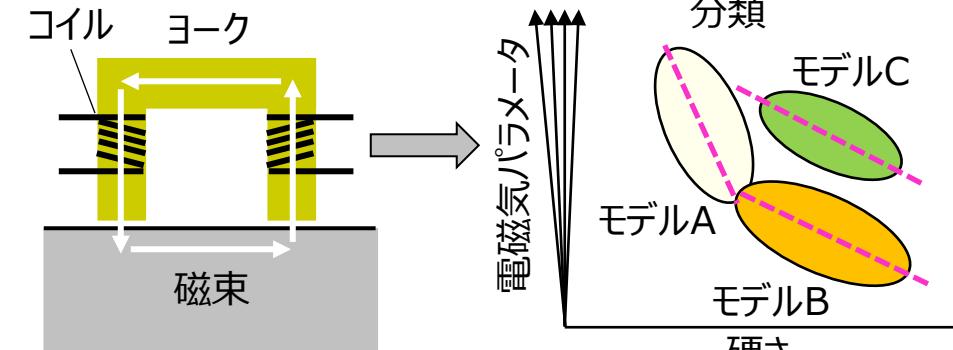


出典 JFE技報 No.54 pp.23-26 (2024)

磁気ヒステリシス曲線(B-Hカーブ)

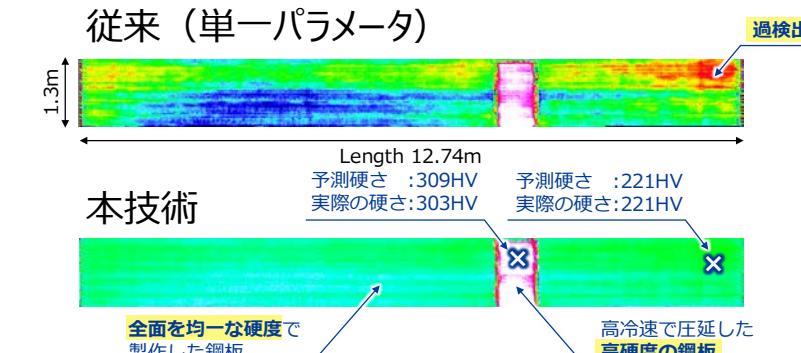
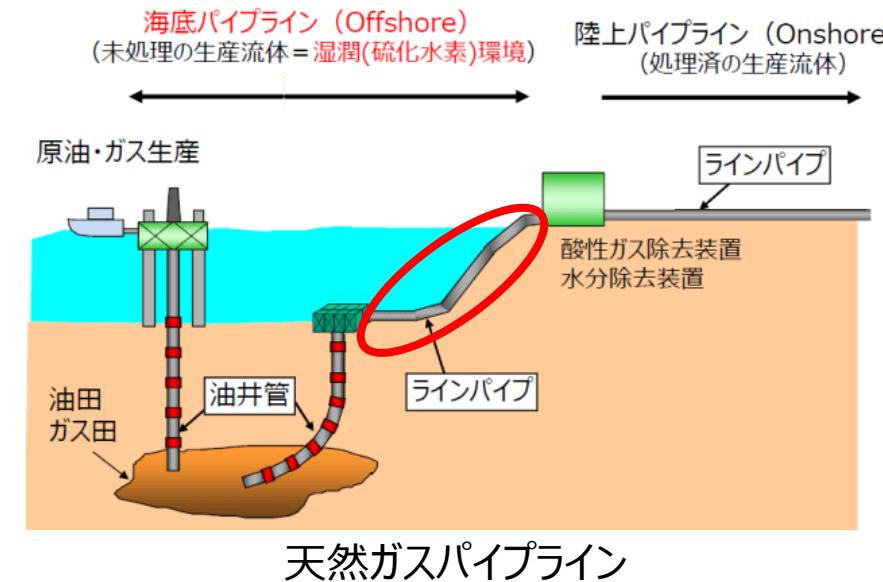


硬さと電磁気特性との相関



電磁気パラメータによる表層硬さの推定

参考 K.Terada et.al : AMPP 3rd International Conference (2024)
村岡他 : JFE技報 No.54 pp.23-26 (2024)



表層硬さの測定例

多種多様な対象の疵研削を実現する**ティーチングレス技術**を開発、鋼管の**手入れ工程を自動化**



鋼管外面自動研削ロボット

参考 JFEニュースリリース <https://www.jfe-steel.co.jp/release/2023/12/231215.html>
渡邊他：鋼管の自動研削ロボットシステムの開発、CAMP-ISIJ Vol.37 (2024)-150

従来

- ・対象物が多種多様な寸法
 - ・作業位置や不良部位も様々
- ⇒人手で研削

ティーチングレスロボット

- ・3次元形状測定で不良部位を自動検出
- ・研削対象の形状に合わせてロボット動作を自動生成
- ・研削圧力や研削速度などの動作を適切に制御

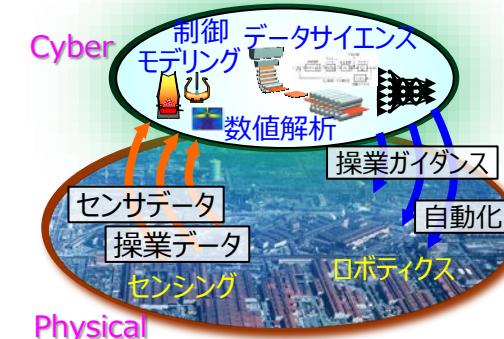
- ・安全リスクの高い作業の自動化を実現
- ・作業時間を従来よりも約6割削減
- ・安全で快適な職場環境の提供と生産性向上を実現

1. 鉄鋼業について
2. JFEスチールのDX戦略
3. 研究開発事例
4. データサイエンスへの期待

これまで

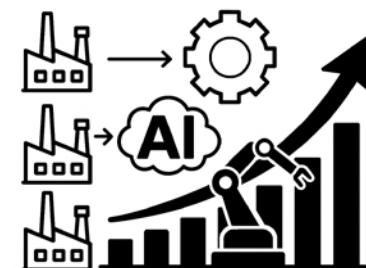
対象：製鉄プロセス
効果：プロセス最適化

高効率安定生産、品質向上、自動化

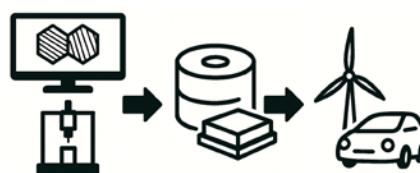


課題感

1. プロセス最適化へのさらなる貢献
全体最適化、非定型作業ロボ
2. 新製品開発の加速
3. 膨大な知識データの活用



競合他社も取組中
やらないと負けるが
やっても勝てない？



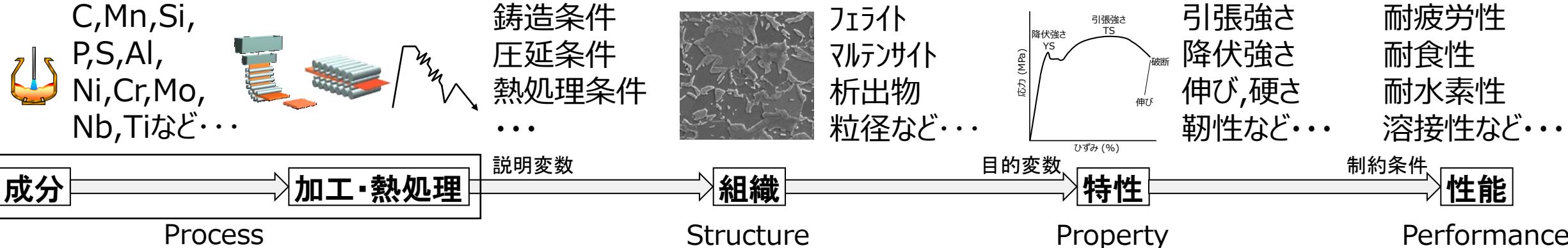
簡単に真似できない
高付加価値商品を
いかに早く開発するか



過去から蓄積された
知識・ノウハウは強み

競合に勝っていくためにデータサイエンスはどう貢献できるか？

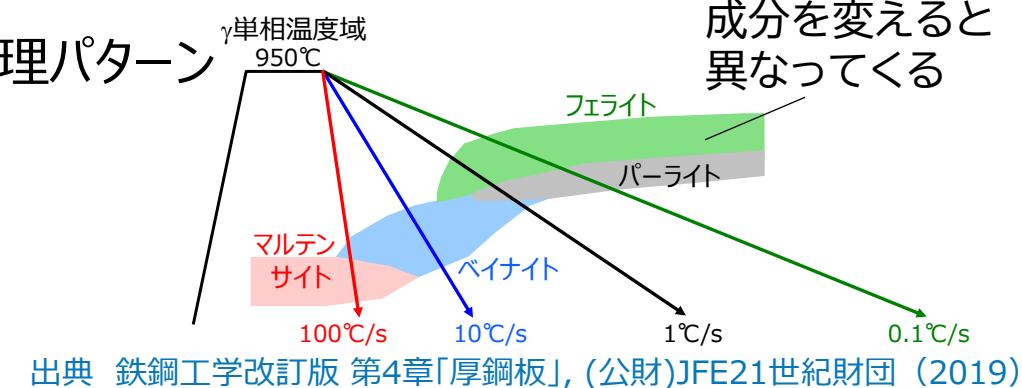
鉄鋼材料の特性連関 (PSPP連関)



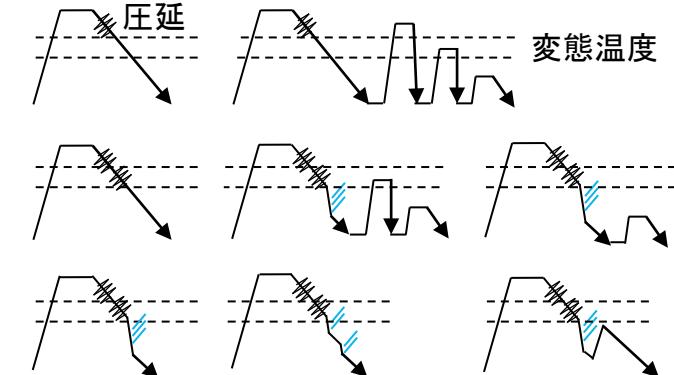
鉄鋼材料開発の難しさ

鉄鋼特有の変態、多様な熱処理パターン
公的データベースがほぼない
時間を要す工程の長い実験
外れ値から新たなヒント

鋼の連続冷却変態曲線図(模式図)
CCT: Continuous Cooling Transformation

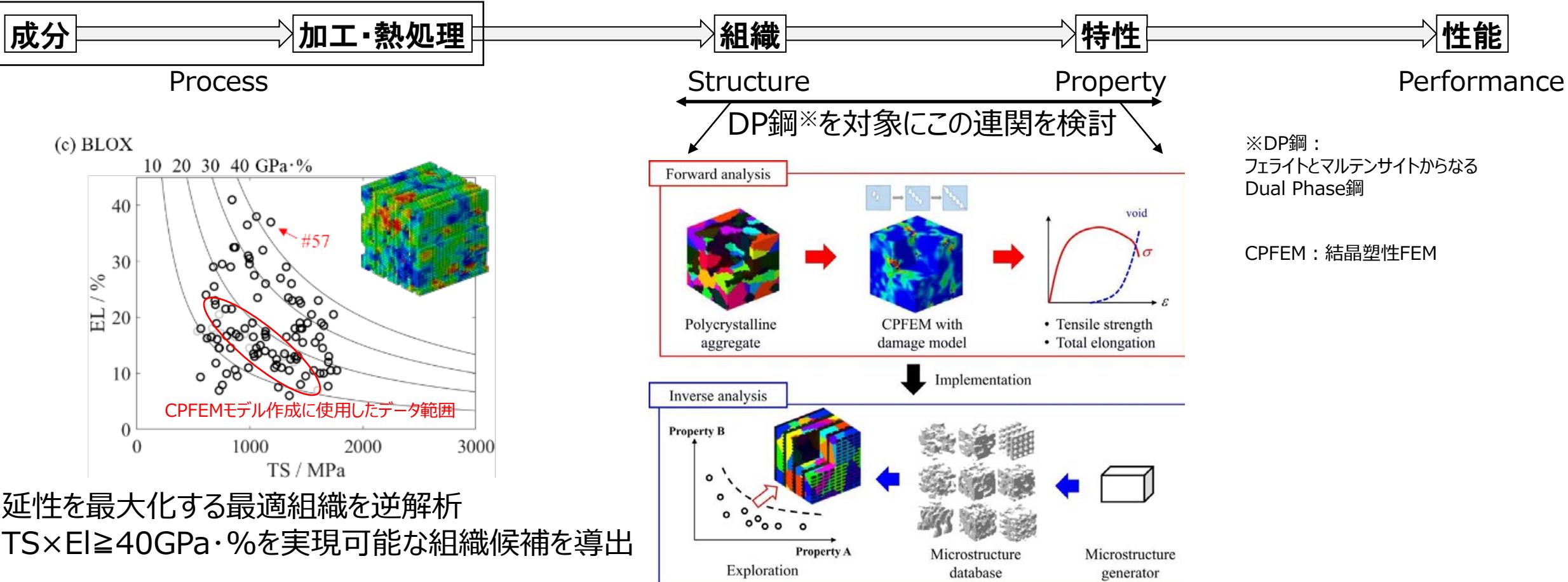


鋼板の熱処理パターンの例
色々なパターンがあり得る



PSPP連関を勘案しながら、成分・熱処理などのプロセス条件を少ない実験データから見出していく

JFEスチールはサブチーム A1「逆問題解析」A1-1「次世代高強度鋼MI」に参画



出典 T. Shiraiwa et.al : Inverse analysis of the relationship between three-dimensional microstructures and tensile properties of dual-phase steels
Materials Today Communications 33 (2022) 104958 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352492822017998>

部分的には特性連関モデルが開発されている

- ・国プロ、学協会における共同研究
産学官民共創研究
 - ・個社共研
産学共創研究
 - ・学術指導 → 技術の手の内化
 - ・社会人博士 → 人材育成
- 新たな研究手法の開発
最先端の研究開発から学ぶ

人材育成へ繋がる例が多い

1. 鉄鋼業について

- ・あらゆる産業に必要な基盤素材
- ・規模では勝てない時代

2. JFEスチールのDX戦略

- ・積極的データ活用による競争優位の獲得
- ・製鉄プロセスのDXから先行
- ・データサイエンス人材育成

3. 研究開発事例

- ・高炉CPS
- ・データサイエンス活用（品質管理、センシング）
- ・非定型作業ロボ

4. データサイエンスへの期待

- ・強みである過去から蓄積された知識・ノウハウの活用
- ・新製品開発の加速



Thank you



JFE スチール 株式会社



ねがう未来に、
鉄で応える。