

賛助会員の声

カーボンニュートラルの時代に向けた次世代自動車開発へ貢献する鉄鋼製造

日本製鉄（株） 名古屋製鉄所 生産技術部 設備計画室（2007年院卒） 服部 光高

1. はじめに

2020年10月、政府が「2050年カーボンニュートラル宣言」を行い、カーボンニュートラルという言葉が注目を集めるようになりました。当社は「日本製鉄カーボンニュートラルビジョン2050～ゼロカーボンスチールへの挑戦～」を掲げ、鉄づくりの過程で排出されるCO₂を2030年に30%（対2013年比）削減し、2050年に実質ゼロとする決意を示しました。

当社のビジョンでは大きく分けて2つの価値を提供します。1つ目の価値は鉄鋼製造プロセスの脱炭素化です。鉄鉱石と石炭（カーボン）の還元反応によって銑鉄を生み出す従来のプロセスを、超革新技术の開発により水素で還元する方式に移行します（図1）。また並行して国内の一部高炉を電炉に置き換え、大型電炉でスクラップを溶解して生産する方式を拡充していきます。2



図1：水素還元方式の高炉（君津製鉄所 試験高炉，出典①）

つ目の価値は社会全体のCO₂排出量削減に寄与する高機能鋼材とソリューションの提供です。本紙では一例として、次世代自動車に貢献する高機能鋼材について紹介し、その安定製造のため名古屋製鉄所に新設する次世代熱間圧延ライン（以降、熱延ライン）と最新の電気・計測制御技術について述べます。

2. カーボンニュートラルに向けた自動車軽量化ニーズと当社の貢献

自動車から排出されるCO₂は国全体の排出量の16.0%を占めており（図2）、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、次世代自動車（電気自動車、ハイブリッド車）の普及や燃費改善が求められています。次世代自動車の課題となるのが車両の軽量化です。一度の充電で長距離を走行するためにバッテリー搭載量を増やすと、車両の重量が増します。それによって燃費も悪化し、結果として消費電力が増え、CO₂排出量も増えてしまいます。したがって車両の強度を維持しつつ重量を軽くできれば、飛躍的な燃費向上を見込め、CO₂排出量を抑えることができます。このニーズに応えるべく当社では高機能鋼材としてハイテン（High Tensile Strength Steel）を製造しています。ハイテンとは製造過程で添加する合金の成分や熱処理方法などを工夫することで、一般的な鋼材よりも強度を向上させた鋼材です。ひとくちにハイテンといってもキャビン・骨格部材の1470MPa級ハイテン、バンパー補強材の2.0GPa級ホッ

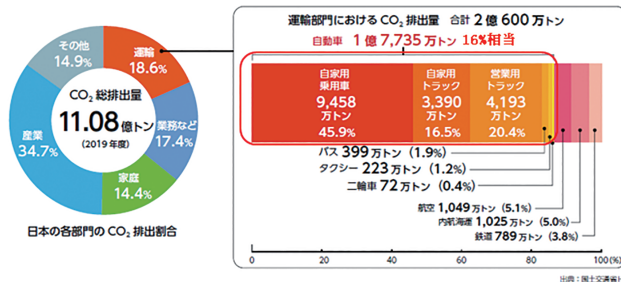


図2：日本の各部門のCO₂排出割合（出典②）

トスタンプ材、衝撃吸収骨格部材の 980MPa 級ハイテンなど車体の使用部位によって求める特性が異なります。これらは単に強度を追求したものではなく、成形性、衝突変形能とのバランスを考慮し品質設計をしています（図3）。

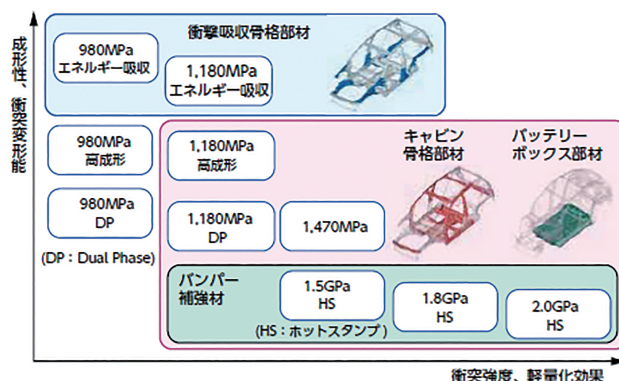


図3：車体骨格向けハイテンの進化（出典②）

3. 次世代熱延ラインと最新鋭の電気・計測技術

3.1 次世代熱延ラインについて

大手自動車メーカーが近隣にある名古屋製鉄所は、当社の中でも自動車用鋼板製造の中核拠点です。次世代自動車向けの強度と加工性を両立する高機能鋼材のニーズ拡大に応えるべく、当社は中長期経営計画において、名古屋製鉄所への新しい熱延ラインの建設を発表しました（図4）。新しい熱延ラインは、鉄鋼材料の可能性を徹底的に追求した当社の技術開発部門の長年にわたる研究成果の集大成であり、世界最大の耐荷重の圧延機を備え、圧延制御性と温度制御性を飛躍的に向上させたものです。

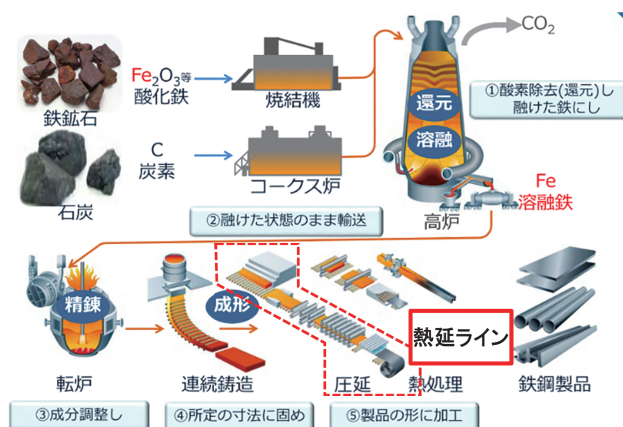


図4：製鉄工程（出典③）

[新設熱延ラインの概要]

- 能力：約 600 万トン / 年
- 稼働時期：2026 年度予定
- 投資額：約 2,700 億円

現在、この熱延ラインは設計の段階であり、電気・制御の主担当として京都大学電気工学専攻の卒業生がメーカーと日々議論しながら設計を進めています。

3.2 熱延仕上圧延における蛇行制御

熱延ラインには板厚を作りこむために「粗圧延」「仕上圧延」と呼ばれる二つの工程があります（図5）。仕上圧延では厚み 50mm 程度の鋼板を最小 1.2mm の厚みまで薄く圧延するため、板を安定して通板するのに高い技術が必要です。とりわけ板の尾端は圧延機を通過する際の挙動が大きく、この尾端をまっすぐ通板することは安定製造において非常に重要です。板の尾端の

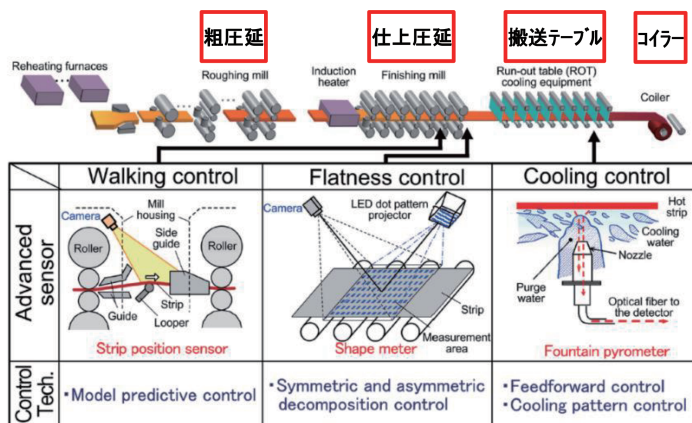


図5：熱延ラインにおける電気・計測技術（出典④）

横ブレ挙動は蛇行 (Walking) と言い、従来は板の幅方向の両端にかかる荷重の偏差から蛇行量を推測し、圧延機の圧下圧力を調整してその蛇行を矯正する手法を用いてきました。しかしながら板の荷重の偏差と蛇行量は必ずしも一致せず、ゲインを容易に上げられないため、蛇行を完全に抑制することは困難でした。近年、計算機の処理能力と画像処理技術の目覚ましい発展により、板の蛇行をステレオカメラの画像から直接測定する技術を開発しました。蛇行量を直接測定することにより、その蛇行量、操作量 (圧延ロールの傾き) からオブザーバを介して、内部状態変数となる板の蛇行の速度までも演算し、板の蛇行を予測し制御するモデル予測制御を開発しました。

3.3 搬送テーブル (冷却ゾーン) における温度制御

仕上圧延後の搬送テーブルでは水で鋼板を冷却します。このプロセスは単に冷やせばよいというのではなく、コイラーで巻き取る際に何℃まで冷却するかで鋼板の品質が大きく変化します。そのため冷却途中の鋼板温度を精度よく測定し、冷却水量を調整せねばなりません。高速で移動する鋼板の温度を測るには、非接触式の放射温度計 (パイロメーター) を用います。この温度計は鋼板から熱放射される光エネルギーを検出して温度を算出しますが、搬送テーブルのように大量の水を使用するエリアでは、水によって光エネルギーが散乱・吸収され著しく減衰するので測定が安定しません。そこでノズルから水を鋼板に向かって噴水 (ファウンテン) のように吹き出し、この水柱を光エネルギーの光路とするという、水環境を逆に利用する発想で安定的に測温する技術を開発しました。

冷却途中の鋼板の温度を精度よく測定することで、サンプリング点 (制御点) の巻取温度*1 を予測し、予測巻取温度が目標巻取温度と一致するように冷却水量をフィードフォワードする制御が発展しました。

これら二つの技術は鉄鋼業の技術進歩に大きく貢献したことから、第 68 回大河内記念生産賞を受賞しました。

*1 巻取温度：熱延ラインの最終工程において、鋼板をロール状に巻き取る際の鋼板温度

4. おわりに

鉄鋼業では材料、機械、化学分野の印象が強いですが、製造プロセスにおいて電気・計測技術は非常に重要で、研究・開発・設計・製造・生産・管理のあらゆるフィールドで電気系技術者が活躍しています。ぜひ工場見学、インターンシップなどを通じて、その活躍ぶりを目の当たりにしてください。

(日本製鉄株式会社 NIPPON STEEL CORPORATION <https://www.nipponsteel.com/index.html>)

出典：

- ① 「季刊 ニッポンスチール Vol.10 ゼロカーボン・スチールへの挑戦 (2021 年 10 月)」日本製鉄
- ② 「季刊 ニッポンスチール Vol.12 未来の車に貢献する日本製鉄グループ (2022 年 12 月)」日本製鉄
- ③ 日本製鉄 カーボンニュートラルビジョン 2050 (2021 年)
- ④ 新日鐵住金技報 第 411 号 製鉄設備におけるシステム・計測制御技術の進歩と展望 (2018 年)