

技術展望

ステンレス鋼の市場動向, 商品開発の歩みと今後の展望

Product Development on Market Trend of Stainless Steel and Its Future Prospect

藤池 一博*
Kazuhiro FUJIIKE

金子 哲也
Tetsuya KANEKO

伊崎 弘
Hiroshi IZAKI

抄 録

1958年の広幅鋼帯による冷間圧延薄板の生産開始から60年、国内のステンレス鋼は着実に数量を伸ばしてきた。これは、様々な市場動向の変化に対して、ステンレス鋼の優れた機能を活かした商品をタイムリーに開発し投入してきた成果と言える。近年、中国ミルの台頭もあり、汎用分野での競争が激化しているが、一方、省資源、環境対策、メンテナンスフリー、次世代技術分野の市場要求は高まりを見せており、将来へ向けての新しいステンレス鋼の需要を喚起するチャンスとも言える。このような市場動向と、新商品開発、市場開拓への日鉄ステンレス(株)の取り組みについて展望する。

Abstract

In the 60 years since 1958, when the production of cold-rolled steel strips with wide strips began, the volume of stainless steel in Japan has been steadily increasing. This can be said to be the result of the timely development and launch of products that take advantage of the superior functions of stainless steel in response to various changes in market trends. In recent years, with the rise of Chinese mills, competition in the general-purpose field has intensified. On the other hand, the market demands for resource saving, environmental protection, maintenance-free, and next-generation technologies are increasing, and this is an opportunity to stimulate the demand for new stainless steels for the future. The following is an overview of these market trends and Nippon Steel Stainless Steel Corporation's efforts to develop new products and markets.

1. はじめに

ステンレス鋼とは、“Cr含有量10.5%以上で、C含有量1.2%以下の鉄ベースの合金”と定義されている¹⁾。素地中のCrが、外界の酸素と結合し、表面に極めて薄い不動態被膜を形成し、またその被膜は、一般環境下では自己補修機能を有するため、長期間にわたり高い耐食性を発揮する。加えて、Cr、Ni、Mo、その他元素の配合や金属組織の制御により、耐食性、高温特性、磁性、硬強度、加工性等の特徴ある機能を付与することで、炭素鋼や他の材料の置き換えも含め、幅広い分野での新規用途拡大が進んでいる。

本稿では、これまでのステンレス鋼の需要の変化および市場の拡大に対応した日鉄ステンレス(株)の商品開発の歩みを概括し、更に社会情勢の変化や新技術分野の伸長により、多様化、高度化するニーズに応じて進化し続けるステンレス鋼の今後の商品開発について展望する。

2. ステンレス鋼生産量の推移と需要構造の変遷²⁾

世界のステンレス鋼の生産量は、図1に示す通り、2018年には5000万トン/年まで拡大してきている。特に2008年の2500万トン/年から、10年で約2倍、年率7%程度の高い伸びとなっている。地区別に見てみると、主に中国の生産量が飛躍的に増加しており、中国の世界シェアは50%を超えるレベルまで拡大している。

日本国内の生産量推移を図2に示す。2004年までは、高い伸びにより、ピークの370万トン/年レベルまで増加した。その後のリーマンショック以降、300万トン/年まで回復し、現在に至っている。

図2に、ステンレス鋼の需要に関するトピックスを記載した。ステンレス鋼の本格的な発展は、冷間圧延鋼板の品質およびコストに飛躍的改善をもたらした大量生産技術(広幅冷間圧延、連続铸造、精錬)の開発と、高度経済成長に伴う近代的住宅の建設ラッシュによる需要増から始まった。これらを背景として、1960年代の流し台に代表さ

* 日鉄ステンレス(株) 商品開発部長 東京都千代田区丸の内1-8-2 〒100-0005



図1 世界のステンレス粗鋼生産量
World crude steel production of stainless steel

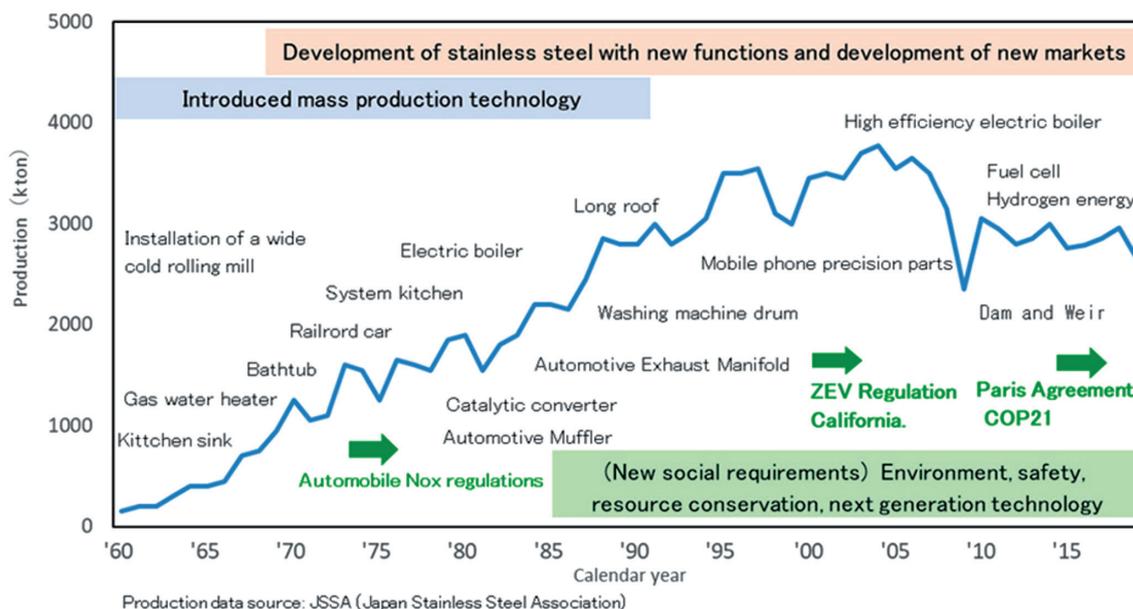


図2 国内のステンレス鋼生産量と商品開発の歴史
Domestic stainless steel production and development history

れる家庭用・業務用機器がステンレス鋼需要の強力なけん引役となり、ステンレス鋼が日常生活に溶け込んだ素材として浸透して行った。1970～1980年代において、生産設備機器や各種プラントなどの産業用機器向けでも、ステンレス鋼の優れた機能を活かした需要が生み出されてきた。その後、1980年代からは、建材を中心とした建設用、輸送機器向け、電気機器向けでの需要拡大が進み、1990年代には、世界的な環境規制を背景とした自動車排気ガス向けに代表される輸送機器向けが数量を伸ばして現在に至っている。

ステンレス鋼が、各分野で需要を拡大してきたのは、変化し続けるニーズに対応した新鋼種の開発、利用加工技術の整備、提供、また先進的な製造技術開発による品質・信頼性の向上、コスト低減推進の結果でもあると言える。

3. 用途別需要分野での日鉄ステンレスの対応²⁾

3.1 家庭用および業務用機器分野

我々の日常生活で身近に使用される、食器、器物、刃物、事務用品などからステンレス鋼の普及が始まったが、中でも台所の流し台がその代表であった。それまでは、タイル張りやコンクリートであったキッチンシンクへのSUS304 (18Cr-8Ni)の薄板プレス品の適用から始まり、ステンレス鋼の優れた耐食性、加工性と清潔感が広く受け入れられた。近年では、デザイン性と高機能を併せ持つ、異形、スクエア形状、深絞り形状のシンクが商品化されており、日鉄ステンレスは、SUS304よりプレス成形性と時期割れ抵抗に優れたNSSC® 27A, 27AS (17Cr-7Ni-2Cu)やNSSC 304M2, 304M3 (16.5Cr-7Ni-1.5Si-2Cu)を開発し、広く活用されている。また、従来、木質系材料であったキャビネット構造についても、清潔でメンテナンスフリーであると共に、軽量で施工性に

も優れたオールステンレスキャビネット化が進んでいる。ここでは、日鉄ステンレスが開発したNSSC FW1 (14Cr-Sn)が採用され、省資源、高加工性の特徴が活かされている(写真1(a))。

業務用厨房分野では、冷蔵庫や食器洗浄機、各種調理機器の内外装にステンレス鋼が用いられている。鋼種としては、SUS430 (17Cr) から、NSSC 430D (17Cr-Ti)、NSSC FW1 (14Cr-Sn)、NSSC FW2 (17Cr-Sn) や NSSC 180 (19Cr-0.3Ni-0.4Cu-Nb) と、加工性、溶接性、耐食性、省資源の特徴を備えた新鋼種の活用が進み、多様化する要求に対応している(写真1(b))。

ガス・石油給湯器、暖房用燃焼機器の部材は、ステンレス鋼の耐熱性、耐高温酸化性の機能が不可欠である。オーステナイト系の耐熱、耐酸化汎用鋼から、高価合金の添加を削減したフェライト系耐熱ステンレス鋼への代替が進んだ。日鉄ステンレスは、NSSC NCA-1® (18Cr-3Al-Ti)、NSSC NCA-2® (13Cr-1.5Si-1Al-Ti)、NSSC HOM (14Cr-4.5Al)、NSSC 405Si (13Cr-2Si)、NSSC FH11 (18Cr-2.5Si-Nb) の開発と適用で、必要な要求に応じて来た。

3.2 産業機器分野

各種化学プラントや製紙機械、食品設備、環境機器、発電設備等、ステンレス鋼の優れた機能を必要とする分野は広く、ステンレス鋼が不可欠な素材となっている。特性バランスが良く汎用性のある、SUS304、304L、SUS316、316L が広く使用されているが、元来、特殊な環境で使用されることが多い産業機器分野では、使用環境の多様化や、長寿命化、メンテナンスフリーに対応するため、その機器に要求される機能に、よりマッチした素材が求められてきた。

日鉄ステンレスでは、オーステナイト系では、NSSC 170 (25Cr-13Ni-0.9Mo-0.3N)、NSSC 270 (20Cr-18Ni-6Mo-0.2N)、NSSC 272 (21Cr-25Ni-6Mo-0.2N) や、二相系では、SUS 329J4L (22Cr-5Ni-3Mo-0.13N)、NSSC 2120® (21Cr-2Ni-3Mn-1Cu-0.17N)、NSSC 2351 (23Cr-5Ni-1Mo-0.17N)、SUS327L1 (25Cr-7Ni-4Mo-0.3N) およびフェライト系では、NSSC 190L (19Cr-2Mo-Nb)、NSSC 445M2® (22Cr-1Mo-Ti-Nb)、NSSC U-20 (29Cr-3.8Mo-Nb)、NSSC 447M1 (30Cr-2Mo-Ti-Nb) 等の様々な厳しい環境に耐えうる高耐食性ステンレス鋼を開発し、広く活用されてきた。最近では、耐食性に加え高強度を有する省資源鋼である二相系の使用が増加しており、食品タンク(写真2(a))等の採用事例や、中東地域の経済



(a) All stainless cabinet kitchen (NSSC FW1)



(b) Commercial refrigerators (SUS430)

写真1 家庭用・業務用機器分野での適用例
Applications in field of household and commercial equipment



(a) Blending tanks for sauce production (SUS327L1)



(b) Seawater desalination plant (S31803, S32304)

写真2 産業機器分野の適用例
Applications in industrial equipment field

発展に伴い設置が進んでいる海水淡水化プラント向け(写真2(b))も大きな需要となっている。

また, 世界的な環境対策のニーズの高まりから, 環境設備の投資が増加している。石炭火力発電所の排煙脱硫設備では, 取り扱う排気の厳しい腐食環境に耐えうる, 高耐食鋼の要求があり, 日鉄ステンレスの高耐食鋼 NSSC 270 (20Cr-18Ni-6Mo-0.2N) の採用が進んでいる。

次世代分野では, ICT 技術の急速な進歩と普及により, 世界的に半導体増産投資が続いている。半導体製造設備の真空チャンバー用途では, クリーンな環境を実現するために不可欠な素材として, 高品質の SUS304 が主に使用されている。

3.3 建材・建設・土木分野

この分野でのステンレス鋼の適用は, ドア, 手摺, 建築金物などへの SUS304, SUS316 から始まり, 種々の表面研磨や着色, クリアー塗装などメタリックな外観を活かした多種多様な表面仕上による意匠性の付与と技術開発に伴い, 建築内装材として定着した。

海岸線が長く, 海塩粒子の飛来環境が多い日本では, 大型建造物の屋根, 壁等の外装材には高耐食性が不可欠で

あり, 屋根の長尺・大型化には低熱膨張の材料が必要である。こうした要求に基づき, 日鉄ステンレスは, 高純度フェライト系のステンレス鋼をいち早く開発し, 1989 年に NSSC 220 (22Cr-0.8Mo-Nb) が幕張メッセの屋根に適用された。それ以降, 高純度フェライト系のステンレス鋼が建築外装材として認知され, NSSC 445M2 (22Cr-1Mo-Ti-Nb), NSSC 220M (22Cr-1.6Mo-Ti-Nb), NSSC U-22 (22Cr-2Mo-Nb) が汎用的に採用されるようになった(写真3(a))。また, 海上や沖縄等のより厳しい腐食環境に晒される外装材としては, フェライト系で最高レベルの耐食性を有する NSSC 447M1 (30Cr-2Mo-Ti-Nb) を開発し採用されている。最近では, 高純度フェライト系ステンレス鋼の表面に, 様々な意匠を付与することにより, 内外装の建築デザインとして採用される物件(写真3(b))³⁾も増えており, 注目を集めている。

土木分野においてステンレス鋼は, 古くから水門戸当りや, 各種構造材で耐食性が必要な部位に使われてきた。特に耐食性が求められる用途として, 海洋構造物の橋脚の防食ライニングとして NSSC 270 (20Cr-18Ni-6Mo-0.2N) の薄板を板巻き溶接する工法が開発され⁴⁾, 羽田空港拡張の棧橋式滑走路の橋脚(写真4(a))でも採用, 工法として定着している。



(a) Central Japan International Airport (NSSC U-22)
Countesy of Central Japan International Airport Co., Ltd.



(b) Fukuoka Bar Association Hall (NSSC 220M, NSSC FW2)

写真3 建材分野の適用例
Applications in field of architecture



(a) Haneda Airport stainless steel lining jacket (NSSC 270)



(b) Water supply tank in Yonago
(SUS329J4L, SUS316, SUS304)

写真4 土木分野の適用例
Applications in civil engineering field

高度成長期に建造された土木建築物が、築後約 50 年を経過し、老朽化による補修、再建を迎える時期でもあり、安全、安心、メンテナンスフリーのインフラ設備を構築するニーズが高まっている。ダム、水門、陸閘門、配水池(写真 4 (b))、橋脚、鉄筋などでのステンレス鋼の採用が増加している。日鉄ステンレス独自のステンレス鋼種でこれらのニーズに応えていく取り組みについては、後章で述べる。

3.4 電気機器分野

この分野では、ステンレス鋼が持つ耐食性、意匠性、清潔性等の特性により、樹脂、塗装鋼板、非鉄等からの転換で着実にステンレス鋼化が進んで来ており、多様な鋼種、表面仕上およびクリアー塗装が適用されている。

代表例は、1990 年代の樹脂製洗濯機ドラムのステンレス化である(写真 5 (a))。洗濯機の全自動化により、洗濯槽と脱水槽が 1 槽化され脱水性能確保のため高速回転化が必要とされた。しかし、樹脂製では強度面より薄肉軽量化が難しく、高速回転化が困難であった。これに対して、ステンレス鋼は、強度と薄肉軽量化を両立することが可能であり、脱水性能確保、薄肉化による容量アップ、耐食性、清潔感、リサイクル性が認められ、性能、コストよりフェライト系ステンレス鋼：NSSC 430D, 430M2 (17Cr-Ti) 等が採用となった。現在では、横型・縦型全自動洗濯機ドラムの標準材となっている。

更にこの分野では、耐汚染性、耐指紋性、抗菌性等の機能性、意匠性からクリアー塗装商品も開発され、家庭用・業務用冷蔵庫、電子レンジ、食器洗浄機、炊飯器(写真 5 (b))、湯沸かしポットなど幅広い電化製品の外装材等にステンレス鋼が適用されている。日鉄ステンレスでは、抗菌性を有した、NSSC AM-1 (17Cr-1.5Cu)⁹⁾、NSSC AM-3 (18Cr-9Ni-3.8Cu)⁹⁾、および抗菌性クリアー塗装鋼板も開発して来ており、活用されてきた。

また、水筒、スープを入れるスープジャー、温かいご飯を入れる保温ランチジャーでは、長時間の保温や保冷が要

求されるため、真空断熱の魔法瓶構造となっている。落としても割れない、軽量・コンパクト、耐食性、加工性、清潔性、コストからステンレス製が魔法瓶の中心となっている。

従来の電気温水器や現在主流となっている CO₂ 削減が可能なヒートポンプ加熱方式(エコキュート)の電気温水器缶体(写真 5 (c))に耐食性、耐応力腐食割れ(SCC)性、コスト面から、高耐食フェライト系ステンレス鋼が主な材料として採用されている。日鉄ステンレスでは、NSSC 445M2 (22Cr-1Mo-Nb-Ti)、NSSC 220ECO (22Cr-1.2Mo-Nb-Ti)、NSSC 190 (19Cr-2Mo-Nb-Ti) や更にコストを意識した NSSC 190ECO (19Cr-1.2Mo-Nb-Ti) 等の鋼種を開発し、広く採用されてきた。また、温水器機器配管の耐食性向上要求により銅からステンレス化が進んでいる。本用途にも日鉄ステンレスの NSSC 445M2、NSSC 220ECO が活用されており、今後更なる拡大が期待される。

更に今後、電気と湯を同時に作ることが可能な家庭用燃料電池コージェネレーションシステム(エネファーム)の普及が期待されている。図 3 にエネファームパートナーズ調べ(2019 年)に示されたエネファームの累積普及台数と普及目標を示す⁶⁾。エネファームは、2019 年 10 月末に累積普及台数 30 万台を突破しており、2030 年には 530 万台を目指している。温水器缶体や配管部材はもとより、燃料ガスと水蒸気を反応させて水素を取り出すホットモジュールなどの燃料電池部材にも要求特性に応じた各種ステンレス鋼が適用・開発されており、将来の適用拡大が期待されている。

IT 機器では、パソコン、携帯電話などの電子機器部材やメタルマスクなどに広くステンレス鋼が採用されている。磁性を嫌う用途には、NSSC 305M1 (16Cr-12Ni-3Mn) や NSSC 130M,S (18Cr-6.5Ni-11Mn-N) などの非磁性ステンレス鋼が適用されている。今後、各分野で IoT の導入が加速されると言われており、各種ステンレスの活用が期待される。



(a) Washing machine drum (NSSC 430D)



(b) Outer plate of cooker (NSSC 430D, SUS430 coated with transparent resin)



(c) Hot water tank for electric boiler (NSSC 190)

写真 5 家電分野の適用例
Applications in home appliance field

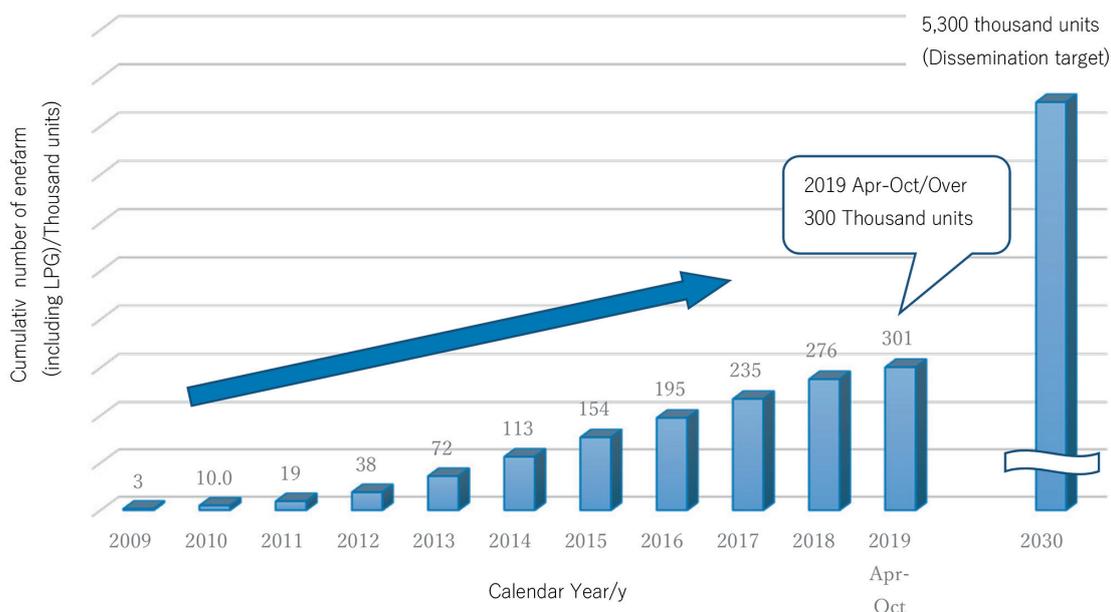


図3 エネファームの累積普及台数と普及目標
Cumulative number and dissemination target of enefarm

3.5 輸送機器分野

3.5.1 船舶分野

ケミカルタンカーやLNG船にステンレス鋼が適用されており、ケミカルタンカーでは、積載物種類や重量に応じてSUS304L、SUS316L、SUS316LNおよび二相ステンレス鋼（以下、二相鋼）のNSSC DX1等の鋼種が使分けられている。また日鉄ステンレスはステンレス圧延クラッド鋼板も供給している。

2020年1月より船舶エンジンの排ガス中の大気汚染物質：硫黄酸化物(SO_x)等を削減するため、排出ガスに含まれる硫黄分を3.5%以下から0.5%以下とする国際規制⁷⁾が開始された。その対応の一つとして、排ガス中のSO_xを除去する排ガス浄化装置(スクラバー)を搭載することで、従来の船舶燃料を用いることが可能となる。このスクラバーでの処理には海水を使用するため高耐食性を有する二相鋼のSUS329J4L、SUS327L1やスーパーオーステナイト鋼のNSSC 270等が近年多く適用されている。

3.5.2 自動車・二輪車分野

自動車排ガス規制の強化、軽量化による燃費向上のため、排気系部材においては、耐熱性、耐食性に優れた材料が必要とされた。以前は、鋳物やアルミニウムめっき鋼板が適用されていたが、現在は、排気系システムに各種高機能ステンレス鋼が開発され、適用されている。エンジンに近い高温部(ホットエンド)では、高温強度、熱疲労特性、耐酸化性、耐高温塩害腐食性が、エンジンから遠い部分(コールドエンド)では、耐塩害腐食性、耐凝縮水腐食性が主に要求される。

ホットエンドであるエキゾーストマニホールドでは、排

ガス温度の高温化に対応して鋼種開発が進んだ。日鉄ステンレスでは、NSSC FHZ (13Cr-1Si-Nb)、NSSC 190EM (18Cr-1.6Mo-Nb-Ti)等独自鋼種が様々開発・適用されて来た。また、Cuを添加することで、レアメタルであるNbやMoを低減したNSSC 429NF (14Cr-1.2Cu-Ti)、NSSC 448EM (17Cr-1.2Cu-0.2Mo-Nb-Ti)⁸⁾、NSSC EM-C (17Cr-1.4Cu-Nb)⁹⁾も開発し、活用されている。また、近年排ガス温度の更なる高温化が求められており、より耐熱特性に優れた鋼種開発が求められている。

コールドエンドであるマフラーにも、多くのステンレス鋼が活用されている。日鉄ステンレスでは、NSSC 409L (11Cr-Ti)、NSSC 409MI (11Cr-Ti)およびそのアルミニウムめっき製品、NSSC 432 (17Cr-0.5Mo-0.2Ti)、NSSC 436S (17Cr-1.2Mo-Ti)等それぞれの要求特性に応じた材料が開発されて適用されている。

また、全世界的に環境対応として燃費向上や排ガス規制要求が厳格になっており、新たな部品として搭載されたERGクーラー、排熱回収器、DPF(ディーゼル微粒子捕集フィルター)、尿素SCRシステム等に特性に応じた各種ステンレス鋼が活用されている。更に、従来の高出力目的ではなく、環境対応でターボチャージャーが搭載されており、ノズルバーン式ターボチャージャーでは、SUS310S等のステンレス鋼が活用されている。日鉄ステンレスでは、よりコスト面と高温撓動性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼：NSSC LHT[®] (19Cr-13Ni-3.1Si)¹⁰⁾を開発し、採用されている。

エンジンのシリンダーヘッドとシリンダーブロックの間に挿入されるシリンダーヘッドガスケットには、板厚が0.2mm程度のSUS301H仕上が多用されている。日鉄ステ

表1 2030年目標/日本の次世代自動車普及目標
2030 target/diffusion rate of next-generation vehicle in Japan

	2017 (Sales quantity)	2030 (target)
Conventional vehicle	63.5% (2791 thousand units)	30-50%
Next-generation vehicle	36.4% (1595 thousand units)	50-70%
Hybrid electric vehicle	31.6% (1385 thousand units)	30-40%
Battery electric vehicle	0.41% (18 thousand units)	
Plug in hybrid electric vehicle	0.82% (36 thousand units)	20-30%
Fuel cell electric vehicle	0.02% (849 units)	- 3%
Clean diesel vehicle	3.5% (155 thousand units)	5-10%

ステンレスは、要求特性に優れたNSSC 301 HSI (17Cr-7Ni-Nb-N) やコスト的に優れたNSSC 431DP-2 (17Cr-2Ni) 等の独自鋼種を開発し、適用されている。エキゾーストマニホールド直下の触媒コンバータなどの高温接続部では、耐熱ガasket用としてオーステナイト系ステンレス鋼も開発されて活用されている。

自動車産業は100年に1度の転機が訪れているとされ、ガソリンエンジンの従来車から電動化が進み、次世代自動車比率が拡大すると考えられている。表1¹⁾によれば、日本の次世代自動車普及目標は、2030年に次世代自動車比率50~70%を目標としている。また、自動車新時代戦略会議(第1回)の資料¹¹⁾によると、電動車が2020年の15%から2040年には51%に増え、ハイブリッド自動車(HV)、プラグインハイブリッド自動車(PHV)、電気自動車(EV)、燃料電池自動車(FCV)が拡大すると考えられている。ステンレス鋼は、表面に不動態被膜を形成し、更にLiとも合金化しないため、高エネルギー密度リチウムイオン2次電池の正負両極の集電体、電池ケースおよびFCV用固体高分子形燃料電池(Polymer Electrolyte Fuel Cell, 以降PEFCと表記)セパレーター等の様々な適用検討がされており、新たな用途への拡大が期待されている。

更に水素社会への実現に向け種々検討がなされており、本分野においても水素を燃料に用いるFCV、水素ステーション等の高圧水素部材に要求規格を満足したSUS316Lが活用されている。日鉄ステンレスでは、コスト的に優れている低Ni、省Mo型オーステナイト系ステンレス鋼¹²⁾等の独自鋼種も開発しており、水素エネルギー部材として今後期待される。

二輪車向けではディスクブレーキ用にマルテンサイト系ステンレス鋼が主に活用されている。NSSC 410DE (12Cr-0.04C)、NSSC 410M4 (12Cr-0.7Mn-0.07C) などマルテンサイト系ステンレス鋼の独自商品が適用されている。また、二輪車においても排ガス規制が強化され、触媒コンバータにフェライト系ステンレス鋼のNSSC 205M1 (20Cr-5Al-Ti-REM) や、NSSC 21M (18Cr-2Al-Ti)、NSSC NCA-1 (18Cr-3Al-Ti) が用いられている。

3.5.3 鉄道車両分野

ライフサイクルコストやリサイクル性で優れていることから、ステンレス鋼は鉄道車両にも活用されている。強度が要求される構造部材は、溶接部耐食性も要求されており、グレード毎に強度と伸びが厳格な範囲で規定された車両専用規格を満足するSUS301Lハード材が適用され、パネルなどの構成部材には、SUS304が主体で活用されている。

将来の鉄道車両として開発が進められているリニアモーターカーにおいては、性能のため超電導磁石に近い鋼材は非磁性が要求されており、オーステナイト系ステンレス鋼や高マンガン鋼が検討されている¹³⁾。非磁性、耐食性とその他要求特性を満足したステンレス鋼が、活用されており、今後の適用拡大が期待される。

4. ステンレス鋼を取り巻く情勢変化と日鉄ステンレスの対応

中国を中心とした海外巨大メーカーは、圧倒的なコスト競争力を武器に、汎用鋼市場を席卷しつつある。

その一方で国内メーカーは、高級鋼を中心に、品質競争力を維持してきた。これまで培った商品開発の強みを活かし、ICT等の伸長分野や、環境対策に伴う新エネルギー分野などの多様化、高度化を支える機能性に加え、省資源や安全、安心、メンテナンスフリーなどの社会的ニーズへの対応などの付加価値を提供していくことが求められている。

日鉄ステンレスでは、技術先進性を源泉として、省資源型ステンレス鋼や高機能ステンレス鋼などの特長的な新鋼種の開発や、顧客の抱える本質的なニーズである耐食性、加工性、溶接性、表面品位、コストなどの課題解決に役立つソリューションの提供の強化を図っている。

4.1 省資源型ステンレス鋼

世界で最も多く使用されているステンレス鋼であるSUS304は、レアメタルであるCr、Niをそれぞれ18%、8%と多量に含有している。特にNiは、高価かつ価格変動が大きいという欠点があり、それがステンレス鋼の高騰や急激な価格変動の主要因となっている。

日鉄ステンレスでは、SUS304に代表される汎用鋼の代替となる、省資源型ステンレス鋼である、FW鋼および独自二相鋼を開発した。以下にその概要を述べる。

4.1.1 FW (フォワード) 鋼

これまでわが国では、Niを添加しない高純度フェライト系ステンレス鋼が開発されてきた。高純度フェライト系ステンレス鋼は、CやN等の不純物を低減し、NbやTiの安定化元素を添加することで耐食性と加工性を高めたステンレス鋼であるが、高Cr化によりステンレス鋼の耐食性を確保していた。例えばSUS304代替には19~21%の高Cr

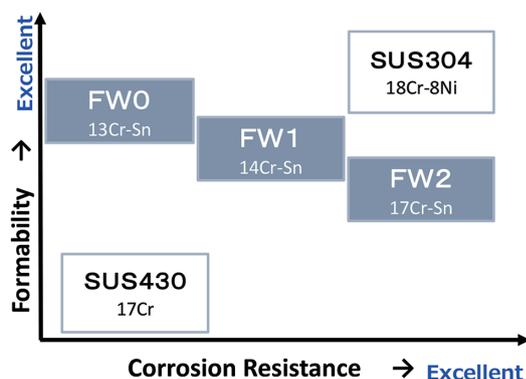


図4 FW シリーズの適用範囲
Scope of application of FW series



写真6 太陽光パネル架台へのFW鋼の適用例
Application of FW to solar panel mount

系ステンレス鋼 SUS430J1L, SUS443J1 が採用されている。日鉄ステンレスは、この高Cr化に代わる微量Sn添加によって、レアメタルであるNiの削減のみならずCrも低減した高純度フェライト系ステンレス鋼“NSSC FW®鋼(FW0: 13Cr-Sn, FW1: 14Cr-Sn, FW2: 17Cr-Sn)”を開発した¹⁴⁾。図4にFWシリーズの適用範囲を示す。従来のSUS304, SUS430などの汎用鋼の広い用途に適用可能な次世代汎用ステンレス鋼として、厨房機器、調理容器、家電内外装、建材内外装・金具や太陽光パネル架台(写真6)などへと、その適用範囲を拡大している。

4.1.2 独自二相ステンレス鋼

二相鋼は、フェライトとオーステナイトの二相が混在した金属組織を有したステンレス鋼で、高強度で高耐食であることから、薄肉軽量化のメリットが享受できる構造用途に適している。図5に二相鋼の分類と位置づけを示す。省合金型(リーン)二相鋼では、SUS304相当材としてS32101(21Cr-1.5Ni-5Mn-0.22N)等があるが、溶接性に課題があるため、採用が限定されている。

日鉄ステンレスでは、独自の成分設計により、溶接熱影響部の耐食性と靱性劣化の原因である窒化物の析出を抑制した独自二相鋼NSSC 2120(21Cr-2Ni-3Mn-0.2N)を開発した¹⁵⁾。耐食性と強度に優れるためSUS304等に替わり設備

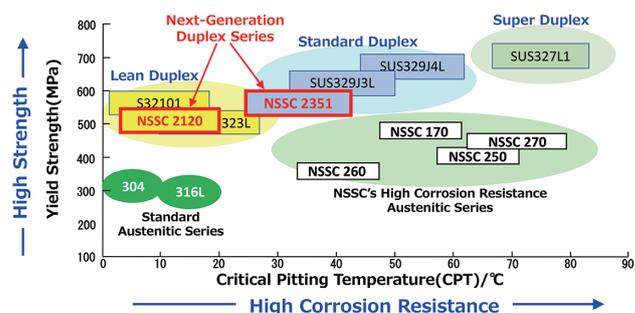


図5 二相鋼の分類と位置づけ
Classification and positioning of duplex stainless steel



写真7 国内最大の陸間門(岩手県宮古市)の採用例
Largest land lock gate (Miyako City, Iwate Prefecture)
(NSSC 2120)

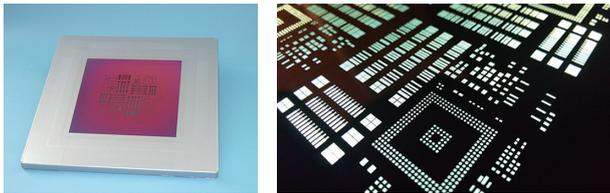
性能の向上と製作時の経済性向上を実現できることから、震災復興や国土強靱化に係わるダム、水門をはじめとした多くの公共インフラ設備で採用され、安全、安心、メンテナンスフリーな社会の実現に貢献している(写真7)。また、産業機械、ライニング、金具類など、幅広く適用されている。

また2019年9月には、SUS316系を代替可能で溶接性も改善させた独自二相鋼NSSC 2351(23Cr-5Ni-1Mo-0.17N)を開発し、NSSC 2120とあわせて、溶接性に優れた次世代二相鋼シリーズのラインナップが完成した。

4.2 高機能ステンレス鋼

ステンレス鋼の特徴である高い耐食性に加え、非磁性、高強度、高疲労、極細粒などの特徴的な機能を具備したステンレス鋼が開発されている。

日鉄ステンレスの非磁性ステンレス鋼は、NSSC 130S(18Cr-6Ni-10Mn-0.3N), NSSC 305M1(16Cr-12Ni-3Mn), NSSC 305M3(19Cr-12Ni-3Mn-0.15N)やNSSC 304N(18Cr-8Ni-0.2N)などのラインナップを有しており、自動車分野や産業機器分野で多く使用されている。今後、伸長分野であるICTや医療での需要拡大が期待される。また、高強度ステンレス鋼では、微細な二相組織を有し高強度と良好なばね性を確保したNSSC 431DP-2(16.5Cr-2Ni)や世界最高レベルの高強度(引張強さ:2000MPa)と疲労特性を有する加工硬化型オーステナイト鋼NSSC HT2000(14Cr-8Ni-3Si-2Mo)などが特長的である。更に微細粒ステンレス鋼では、



(a) Stencil appearance (b) Expansion of small holes making by laser processing

写真 8 高性能ステンレスメタルマスク

High performance stainless steel stencil for surface mounting technology (SMT)

精密加工用細粒ステンレス鋼板を“FYGRAS®”としてブランド展開している¹⁶⁾。エッチングやプレス、曲げ、レーザー加工などの微細加工に要求される、世界最小1ミクロンクラスの超微細結晶粒や板厚精度、平坦性、低残留応力等の特性を実現し、電子デバイスの更なる高性能化、小型化を可能にすることから、今後の需要拡大が期待される(写真8)。

4.3 ソリューションの提供

これまで紹介したような新鋼種のユーザーでの適用においては、従来の材料と全く同じ特性ではないため、使用環境に応じた鋼種選定や、鋼種特性に合わせた加工法や加工条件、溶接条件の設定が必要であり、これらの推奨条件の提示やチューニングへの協力を行うことが必要となる。材料特性の把握と加工ノウハウの蓄積に加えて、ユーザーとの密接な情報交換が欠かせない。ユーザーと共同で開発に取り組み、そのニーズにマッチした素材を開発し、素材の優位性を活かすことにより競争力を高めたユーザーの新商品を産み出していくことが、今後も求められている。

5. 終わりに

これまで、多くのステンレス鋼が開発され、その、ステンレス鋼を使用したユーザーと共に発展してきた。世界の需給環境は厳しい状況が続くと想定されるが、ステンレス鋼の歴史は、まだ100年を超えた程度であり未だ開発の余地は十分にある。省資源、環境対策、新エネルギー、ICT、メンテナンスフリー等のニーズの変化をチャンスと捉え、長年蓄積された世界トップレベルの技術開発力を生かし、そのニーズに応える新商品、ソリューションをタイムリーに提供していくことによりステンレス鋼の市場の拡大を目指して行く所存である。

参考文献

- 1) ISO 15510:2014, Stainless Steels—Chemical Composition
- 2) 大村圭一 ほか：新日鉄技報. (389), 9 (2009)
- 3) 新建築社：新建築. 94 (4), 36 (2019)
- 4) 佐藤弘隆 ほか：新日鉄技報. (377), 34 (2002)
- 5) 大久保直人 ほか：日新製鋼技報. (77), 69 (1998)
- 6) 日本ガス協会 HP：エネファーム(家庭用燃料電池)の普及状況 (accessed 2020/05/21)
- 7) 経済産業省, 国土交通省：第1回燃料油環境規制対応連絡調整会議 資料2：Sox規制の概要と3つの手段, 2017
- 8) 濱田純一 ほか：まてりあ. 56 (1), 33 (2017)
- 9) 富田壮郎 ほか：日新製鋼技報. (90), 30 (2009)
- 10) 熊野尚仁 ほか：日新製鋼技報. (98), 1 (2017)
- 11) 経済産業省：自動車新時代戦略会議(第1回)資料, 2018
- 12) 松本和久 ほか：鉄と鋼. 103 (1), 54 (2013)
- 13) 市川篤司：ステンレス建築. (8), 13 (1997)
- 14) 秦野正治 ほか：まてりあ. 51 (1), 25 (2012)
- 15) 及川雄介 ほか：まてりあ. 55 (2), 70 (2016)
- 16) 澤田正 ほか：新日鉄住金技報. (396), 85 (2013)



藤池一博 Kazuhiro FUJIIKE
日鉄ステンレス(株)
商品開発部長
東京都千代田区丸の内1-8-2 〒100-0005



伊崎 弘 Hiroshi IZAKI
日鉄ステンレス(株)
商品開発部 商品技術室長(部長)



金子哲也 Tetsuya KANEKO
日鉄ステンレス(株)
商品開発部 上席主幹