

技術解説

Technical Review

ステンレス鋼の最近の動向

菊池正夫*

Recent Trend of Stainless Steel

Masao Kikuchi

Synopsis

It is 100 years since stainless steel has been developed. For these days, stainless steels have been used in various fields because of their superior characteristics such mechanical properties, high and low temperature properties as well as corrosion resistance.

The history of the past development, recent trends and the future view of stainless steel are described.

Characteristics demanded for materials will be more and more severe. Stainless steels are indispensable as the materials which can meet those severe demands. And it seems that the expectation for stainless steels will grow bigger in the future.

Application technologies to various fields, development of new steels, resources and energy saving, and technology development for recycling will be necessary continuously.

1. はじめに

ステンレス鋼が発明、実用化されてから100年が経過した。この間、ステンレス鋼は耐食性ばかりでなく、強度、高温特性、低温特性などの優れた特性を生かして、石油・化学工業などの各種プラントにおける装置用材料の需要増加、流し台に代表される家庭用・業務用機器からの需要増加、さらには建材を中心とした建築・土木分野、輸送機器分野、電気機器分野での需要拡大、地球環境問題を背景とした自動車排気系分野への適用など、着実にその需要を増してきた。

本稿では、我が国におけるステンレス鋼の生産量と需要動向の推移、ステンレス鋼の種類と特徴、その用途について概説した後、ステンレス鋼のこれまでの発展と最近の動向ならびに今後の展望について述べる。

2. ステンレス鋼の生産量の推移と需要動向の変遷

Fig. 1, 2に我が国におけるステンレス鋼の生産量の推移¹⁾および部門別需要動向²⁾の推移を示す。

ステンレス鋼は、1960年代前後の石油プラントや原子力発電などの産業機器向け中心の需要から、1960～1970年代に、流し台を中心とする家庭用・業務用機器の需要拡大に伴ってその生産量が急激に増加した。1980年代からは、建材を中心とした建設用、輸送機器用および電気機器用での需要が増大し、大幅に生産量を伸ばしてきた。さらに1990年代になると、環境問題から自動車の排ガス規制が強化され、排気系部品にステンレス鋼が使用されるようになって、さらに生産量が増加した。2008年の世界不況の影響で一時的に生産量および各分野の受注量は低下したが、2014年の生産量は約300万トン/年の生産量を誇り、現在でも世界第二位の地位を占めている。

2015年5月15日受付

*前九州大学鉄鋼リサーチセンター 工博(Dr., Eng., Research Center for Steel, Kyushu University)

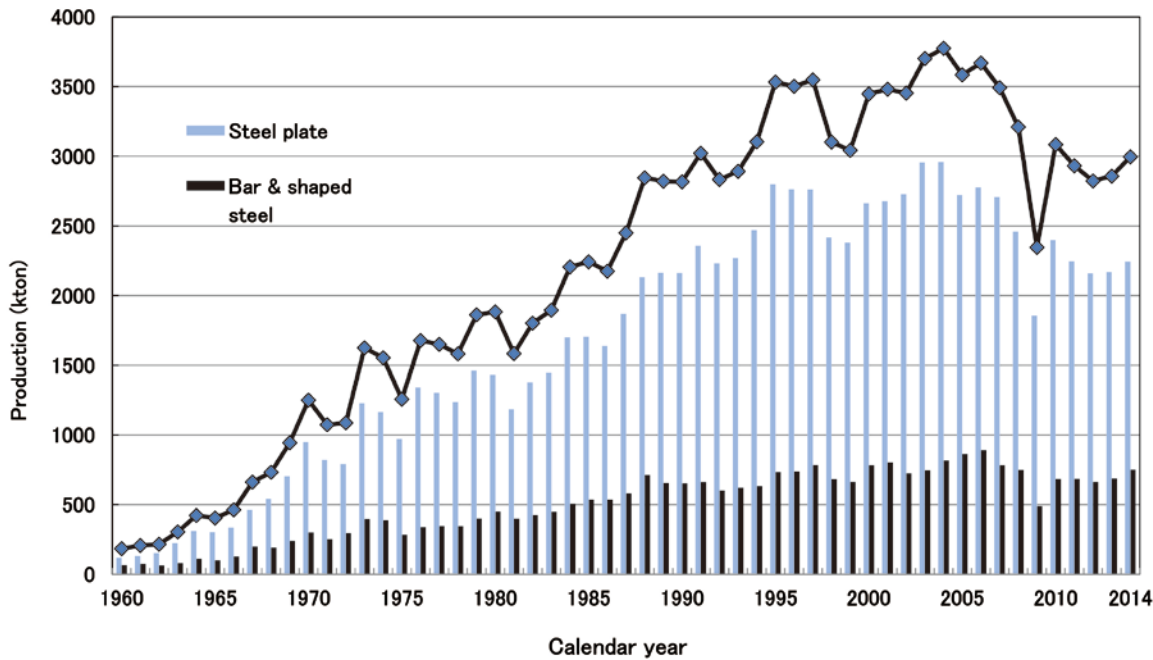


Fig. 1. Changes in production of stainless steels in Japan.

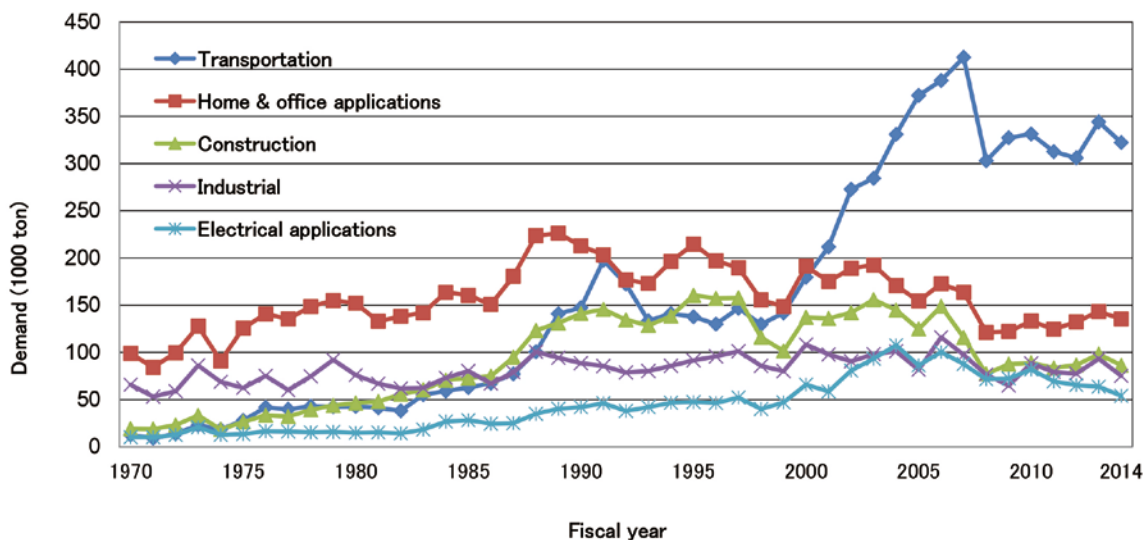


Fig. 2. Changes in consumption volume of stainless steel for various applications in Japan.

3. ステンレス鋼の種類と特徴

Crを10.5%以上含有し、表面に不動態皮膜と呼ばれる厚さ数nmの酸化膜を形成し、さびにくさを維持する鋼をステンレス鋼と定義している。

ステンレス鋼を金属組織的に分類するとTable 1のようにマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、オーステナイト・フェライト系（二相系）、析出硬化系の5種類に分類される。

マルテンサイト系ステンレス鋼は、13%CrのSUS410が代表鋼種であり、熱処理によって硬化する特徴を有し

ている。刃物や軸受けなど硬さを要求される用途に使用されている。

18%Crを含むSUS430を代表鋼種とするフェライト系ステンレス鋼は、マルテンサイト系よりも低Cで、熱処理による硬化は望めない。一般的に耐食性はマルテンサイト系よりも優れ、高Cr化、低C、N化、あるいはMoの添加によってさらに耐食性を向上させた鋼種（SUSXM27：26Cr-1Mo-Low C, N, SUS430J1L：18Cr-Cu-Nb-Low C, N, SUS434：18Cr-1Moなど）もある。Niを含まないため、安価であり、自動車排気系をはじめ、様々な分野で使用されている。

Table 1. Classification of stainless steels.

Classification			Representative steel	JIS steel
Fe-Cr based	Martensitic		SUS410	15
	Ferritic		SUS430	19
Fe-Cr-Ni based	Austenitic		SUS304	46
	Austenitic-ferritic		SUS329J1	3
	Precipitation hardening type	Martensitic	SUS630	1
		Austenitic	SUS631	3

オーステナイト系ステンレス鋼は、18-8 ステンレス鋼と呼ばれる SUS304 を代表鋼種とし、固溶化熱処理の状態では非磁性であるのが特徴である。一般的に他のステンレス鋼よりも耐食性、加工性に優れる。SUS304 以外にも、さらなる耐食性や加工性、被削性、高強度、耐熱性などの特性を向上させたオーステナイト系鋼種があり、JIS 規格鋼種は 46 とステンレス鋼の中で最も多く、幅広い分野で使用されている。オーステナイト系の中には塑性変形によって加工誘起マルテンサイトを生じ、硬化する鋼種もある。

SUS329J1 (25Cr-4.5Ni-2Mo) で代表されるオーステナイト・フェライト系ステンレス鋼はオーステナイトとフェライトがほぼ 1:1 の割合で混在した組織を呈し、オーステナイト系に比べ、強度が高く、耐食性にも優れており、化学プラントや海水機器などに使用されている。

SUS630 (17Cr-4Ni-4Cu-Nb) に代表される析出硬化系ステンレス鋼は熱処理により、Cu 富化相や Al, Ni の金属間化合物を微細に析出させて強化するステンレス鋼種で、固溶化熱処理状態でマルテンサイト組織を示す系とオーステナイト組織を示す系がある。高硬度が得られるので、ばね材やタービン部品に用いられている。

ステンレス鋼の特徴は、上述の組織によって異なるが、一般的な特徴を Table 2 にまとめて示す。

ステンレス鋼の最大の特徴はその優れた耐食性であるが、それ以外にも多くの優れた特性を有している。なお、ステンレス鋼といえども、使用環境によっては孔食、すきま腐食、応力腐食割れなどの局部腐食を起こすことがある。

Table 2. General characteristics of stainless steels.

Propertieis	Characteristics
Physical properties	• Low thermal conductivity. • High electric resistivity.
	• Martensitic and ferritic stainless steels are ferromagnetic, but austenitic stainless steels are non-magnetic.
	• Some of austenitic stainless steels show magnetism after cold working.
	• Coefficient of thermal expansion of ferritic stainless steels is smaller than that of austenitic ones.
Mechanical properties	• Mechanical properties of stainless steels depend on their phases.
	• Austenitic stainless steels are superior in toughness.
	• Austenitic stainless steels have high strength by their high work-hardenability.
High temperature properties	• Stainless steels are superior in strength, oxidation resistance, and corrosion resistance at high temperature.
Formability properties	• Stainless steels have good formability. On the other hand they are hard and, have large spring-back because of their hardness.
	• Some of stainless steels have excellent formability in use of their high work-hardenability.
Corrosion resistance properties	• Super corrosion resistance.
	• Most suitable stainless steels can be selected from many kinds of stainless steels to endure in severe corrosion environment.
	• Local corrosions, such as pitting corrosion, crevice corrosion, and stress corrosion cracking, sometimes occur.
Weldability properties	• Various means (welding, bonding, riveting) are applicable for joining of stainless steels.
	• In case of fusion welding, inert atmosphere is needed.

物理的性質については、ステンレス鋼は普通鋼に比べて電気抵抗が高く、熱伝導率が小さいことが特徴である。また、種類によって磁性、非磁性を示すので、用途によって使い分けが可能である。

機械的性質については、非鉄金属よりも強度、韌性に優れており、オーステナイト系の中の一部は加工硬化によって高強度を得ることができる。また、オーステナイト系は低温での延性低下がなく、低温用鋼としても使用できる。

ステンレス鋼は高温でも優れた特性を有しており、高温強度、耐高温酸化性、耐高温耐食性などにおいて他材料を凌駕している。

オーステナイト系ステンレス鋼はその加工硬化特性によって張出し加工性に優れる。フェライト系ステンレス鋼はオーステナイト系に比べて成形加工性に劣るが、最近では、高純度化や集合組織の制御によって優れた深絞り性を有する鋼種も開発されている。

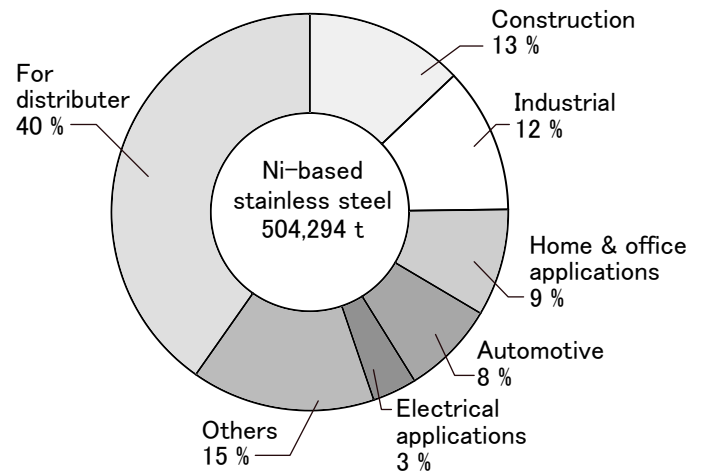
ステンレス鋼の接合には各種接合法が適用可能であるが、溶融溶接の場合には、MIGやTIGなどの不活性ガス雰囲気での溶接が望ましい。

4. ステンレス鋼の用途

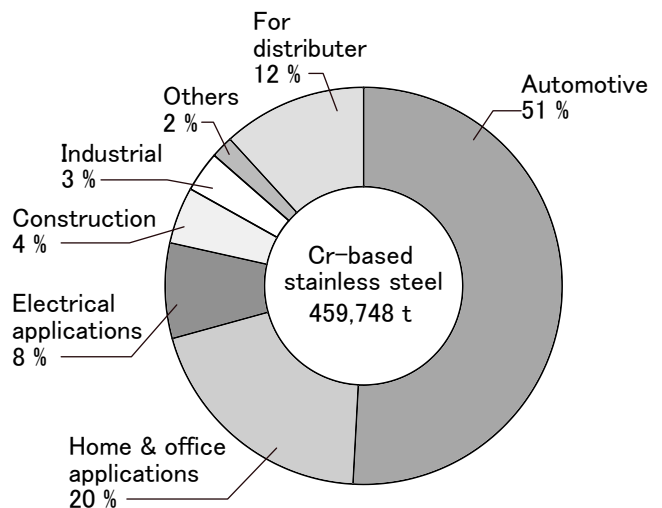
前述のように、ステンレス鋼は耐食性に優れるばかりでなく、非磁性、高強度、優れた高温特性、低温特性など、さまざまな特徴を有していることから、その用途も多種多様であり、特定の分野に偏らず、機能部品から構造部品まで多岐にわたって幅広く使用されている。

Fig. 3に2014年度におけるステンレス鋼板の主な用途と受注割合³⁾を示す。Ni系では、販売業者向け（いわゆる店売り）が40%強を占めるのが特徴であるが、使用量の突出した分野はなく、自動車、家庭用・業務用機器、建設用、産業用機器、電気機器など多分野で平均して使用されている。フェライト系では自動車分野の受注量がほぼ半分を占めているのが特徴である。これは、自動車の排気系部品のほとんどがフェライト系ステンレス鋼で作られているからである。Ni系とCr系を合わせた合計の受注割合では、両者の平均的な傾向を示し、自動車用と販売業者向けが27~28%を占め、残りは各分野で、ほぼ均等に分け合っている。

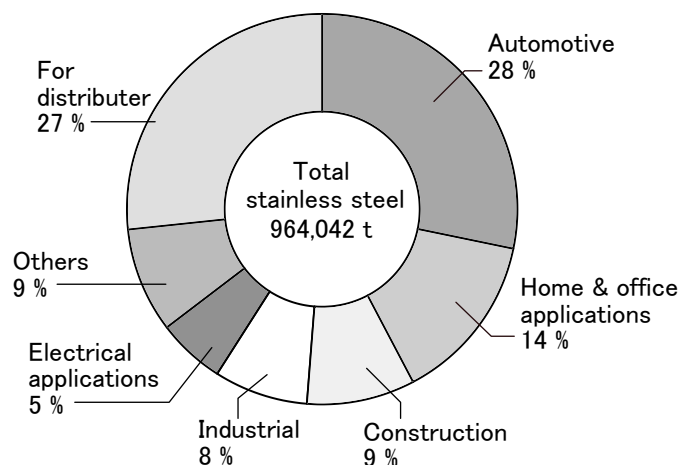
各分野でのステンレス鋼の使用動向について、以下でもう少し詳細に説明する。



(a) Ni based stainless steel.



(b) Cr-based stainless.



(c) Total stainless steel.

Fig. 3. Main use and order ration of stainless steel plate in 2014.

1) 自動車分野

自動車分野におけるステンレス鋼は、装飾のモール材で始まったが、1980年代後半になり、排ガス規制の強化および軽量化のニーズから、エキゾーストマニホールドからマフラーに至る排気系部品のほとんどにフェライト系ステンレス鋼が使用されるようになり、その需要量は大幅に増加した。ホットエンドと呼ばれるエンジン近傍の部品には、耐熱性に優れた SUS429 (16Cr) 系や SUS444 (19Cr-2Mo-Ti, Nb, Zr-Low C, N) 系ステンレス鋼が、コールドエンドと呼ばれるマフラー側には、耐食性に優れた SUS436L (18Cr-1Mo-Ti, Nb, Zr, Low C, N) 系を中心したフェライト系ステンレス鋼が使用されている。これ以外にも、フレキシブルパイプ用には耐高温塩害に優れた Si 添加のオーステナイト系ステンレス鋼 (例えば、SUS315 J1 : 18Cr-10Ni-1.5Si-1Mo-2Cu や SUSXM15J1 : 18Cr-13 Ni-4Si など) が、触媒担体用には Al を添加した SUH21 (18 Cr-3Al) や 20Cr-5Al 鋼が適用されている。排気系部品では、CO₂ の排出量低減の観点から注目されているディーゼル機器用として、EGR (Exhaust Gas Recirculation) パイプや DPF (Diesel Particulate Filter) にも主にフェライト系ステンレス鋼が使用されている。

また、近年、自動車の燃料給油管に SUS436L 系ステンレス鋼のカチオン電着塗装材が使用され始めている。さらに、欧米では軽量化と衝突安全性を両立するため、構造材への高強度ステンレス鋼の適用が検討され、一部の車種に使用され、今後、電気自動車や水素/燃料電池車が増加し、排気系での需要減が予想される中、新たな分野となる可能性があり、期待される。

その他の自動車用ステンレス鋼としては、エンジンへの燃料噴射部品への耐食性軟磁性材料 (13Cr-2Si 系鋼など) やガスケット用の SUS301 (17Cr-7Ni) 系ステンレス鋼が使用されている。

2) 家庭用・業務用機器分野

台所用品や事務用品にはステンレス鋼が多く使用されている。ステンレス鋼は、その優れた耐食性、清潔性、清掃の容易さから厨房機器に古くから使用されている。

家庭用厨房機器としては、洋食器、流し台、ガスレンジなどがあるが、必要特性としては製造段階での加工性と使用段階での清掃の容易さが挙げられる。ナイフ、

フォーク、スプーンなどの食器類は SUS410, SUS430, SUS304 を使用して冷間鍛造や部分圧延によって製造されるため、加工時に軟質であることが好まれるが、研磨して使用されることから硬さも必要とされる。高級ナイフは焼き入れ硬化性のある SUS420J1 (13Cr-0.2C), SUS420J2 (13Cr-0.3C), SUS440A (18Cr-0.7C) が使用されている。

システムキッチンの普及によって、流し台のシンクには環境条件からは SUS430, SUS304 など、ほとんどのステンレス鋼が適用可能であるが、深絞り加工がなされるため、軟質で成形しやすいことが必要で、SUS304J1 (17r-7Ni-2Cu) 系や SUS430LX (18Cr-ti, Nb, LC) 系が使用される。なお、家庭用では高級感を求められることから SUS304 系が多く使用されている。

業務用厨房は、シンク、ガステーブル、ガスレンジ、テーブル、ケース類、冷蔵庫、製氷機、食洗器などで構成されるが、そのほとんどがステンレス鋼製である。業務用では、清潔さを保つために、清掃の容易さが重視される。材料としては、一般的な SUS304 が使用されるが、コストの面からフェライト系の SUS430LX が使用されることも多い。業務用のシンクは家庭用に比べて深く、広いため、当初は溶接構造であったが、プレス成形技術の発達によって、深絞り加工で製造されるようになった。業務用冷蔵・冷凍庫の外装材には清潔感が要求されるため、耐食性以外に耐指紋性が求められて SUS430 の研磨仕上げにクリヤ塗装された材料が使用されることもある。

その他、はさみ、カッターナイフのような刃物類やクリップ、ホッチキス、ボールペンチップなどの事務用品、浴槽、ガス・石油器具などにもステンレス鋼が使用されている。

3) 建設用分野

この分野では、酸性雨や塩化物などの自然環境に対する耐食性に加え、加工性、さらには意匠性にも優れるオーステナイト系ステンレス鋼が、古くから建築物の内装、パネル、各種建築金物、屋内配管、装飾品などに使用されてきた。これらの製品には意匠性やデザイン性を発揮できるようにさまざまな表面仕上げが適用されている。

屋根材には、耐食性、メンテナンスフリー、意匠性

などが求められ、初期には SUS304 が適用されていた。しかし、1980 年代に入って、耐食性と加工性に加えて、長尺物に必要な低熱膨張性を有しているフェライト系ステンレス鋼（例えば SUS445J2：22Cr-2Mo 鋼など）が使用され始め、今日に至っている。屋根材には前述の特性以外に、日光の反射を防ぐ防眩性の付与が必要であり、ダル仕上げや研磨、エンボス加工などの表面仕上げが適用されている。

この分野では、構造用材料として、2000 年に建築構造用ステンレス鋼材としてオーステナイト系ステンレス鋼 4 種が JIS で認定され、建築物への適用が可能となった。さらに、2002 年にはコストパフォーマンスに優れた構造用フェライト系ステンレス鋼として SUS410L (13Cr-LC) が認定された。

沿岸地帯や凍結防止剤の散布される道路などの塩害地域では、鉄筋コンクリート構造物の劣化が問題となり、ステンレス鋼の JIS 化が検討され、オーステナイト系 2 鋼種 (SUS304-SD および SUS316-SD) とフェライト系 1 鋼種 (SUS410-SD) が JIS で規定された。

土木分野では、古くから水門の扉体、戸当りなどのゲート設備に SUS304 鋼が使用されてきた。高速道路の防音壁、トンネル内装材にもオーステナイト系、フェライト系各ステンレス鋼が使用されている。

4) 産業用機器分野

石油化学、製紙、塗料、樹脂、化学薬品の製造などの化学プラントで使用される材料には、特殊な酸やガスに対する耐食性や高温での耐熱性が必要とされるため、オーステナイト系を中心にステンレス鋼が古くから使用されてきた。

発電プラントでは、原子力発電の炉心容器や管板に、耐力力腐食割れ性に優れた SUS316L 系ステンレス鋼厚板が使用されている。また、核燃料保管ラックや燃料輸送・貯蔵容器などには熱中性子吸収能が高い B 入りオーステナイト系ステンレス鋼が用いられている。火力発電では、1950 年代の後半にボイラの過熱器管や再熱器管などの高温部材に、クリープ強度、高温腐食、水蒸気酸化など、耐熱性の観点から 18-8 系ステンレス鋼が初めて使用された。1980 年代以降、蒸気条件を高温高圧化した超々臨界圧 (USC；Ultra Super Critical Pressure) プラントに向けてさまざまな高耐食・高クリープ破断

強度のオーステナイト系ステンレス鋼^{4)~6)}が開発された。2008 年からは蒸気条件をさらに高温高圧化した先進超々臨界圧発電技術 (Advanced-USC) の開発が進められているが、このような蒸気条件下では、オーステナイト系ステンレス鋼ではもはや耐えられないため、Ni 基の超合金の適用が考えられている⁷⁾。

この他では、海水淡水化装置や食品製造装置にもステンレス鋼が使用されている。これらの装置では塩分による腐食が厳しいため、SUS312L (20Cr-18.5Ni-6Mo-0.5Cu-N) や SUS836L (22Cr-25Ni-6Mo-N) などの高 Mo を含むオーステナイト系スーパーステンレス鋼や S3227 (25Cr-7Ni-3Mo-2W-0.5Cu-0.3N) や S32750 (25Cr-7Ni-3.8Mo-0.27N) などのスーパー二相系ステンレス鋼が使用される例が増えている。

5) 電気機器分野

耐食性に加え、美観や清潔感といった付加価値を有するステンレス鋼は種々の家電製品に使用されている。1990 年代に導入された洗濯機のドラム用ステンレス鋼としては、全自動化による脱水時の槽の高速回転に対応する高強度化と軽量化ニーズの両立、洗剤などに対する耐食性や加工性に加え、清潔感から SUS430D 系ステンレス鋼が使用され、樹脂に代わってドラムの標準素材となった。

これに続いて、耐指紋性などの意匠性と抗菌性を兼ね備えたクリヤ塗装ステンレス鋼が電子レンジ、炊飯器、食洗器、冷蔵庫などに採用され、白物家電におけるステンレス鋼の比率が高まってきた。

この他、Ag、Cu などを添加した抗菌ステンレス鋼や、IH 加熱用に、磁性と熱伝導度を兼ね備えた Al / SUS クラッド鋼板も商品化されている。

電子機器関連では、非磁性・高強度が要求される携帯電話部品やハードディスクドライブ用部品に Mn や N 量を高めた非磁性高加工性の 17Cr-4Ni-14Mn-0.3N 鋼などが使用されている。また、ハードディスクドライブ用のハブやヨークには、使用されるガラス基板に合わせた熱膨張係数と使用環境での耐食性に加え、高記録密度を実現する高寸法精度と高生産性が求められるため、被削性を確保した 19Cr-0.35Mn-0.28S-Pb-Te 鋼などが開発されている。

5. ステンレス鋼の最近の動向と今後の展望

1) 最近の動向

Fig. 2において、最近10年間の我が国におけるステンレス鋼の各分野の需要量の推移を見ると、各分野ともに、2006～2007年に需要量のピークを示しているが、その後ほぼ一定の量を示しており、需要構造に大きな変化は見られない。しかしながら、材料に求められる特性はますます高度化、複雑化する傾向にあり、材料特性を向上させた新たな材料開発が進められてきた。また、低炭素化社会、循環型社会の構築のためにあらゆる方面で省資源化、省エネ化、リサイクル化が求められており、それらを考慮した鋼種の開発も進められている。

新鋼種の開発動向としては、強度あるいは硬さと耐食性、強度と加工性など、複数の特性を兼備した鋼種の開発、省エネ・省資源を旨とした鋼種、特殊用途向け鋼種などが開発されている。

硬さと耐食性を兼ね備えた鋼種としては、加圧誘導溶解鋳造法を用いてNを0.5%程度添加した高窒素マルテンサイト系ステンレス鋼⁸⁾が開発され、自動車や半導体製造装置の軸受や圧力・流量制御バルブなどに適用されている。

強度と加工性を兼ね備えた鋼種として、SUS301をベースに、C量を削減してNbを添加することで結晶粒を微細化し、さらに加工誘起マルテンサイト量を高めることによって加工性を維持したまま、ばね特性と疲労強度を高めたオーステナイト鋼⁹⁾が開発され、自動車エンジンガasketに適用されている。

省エネ・省資源型ステンレス鋼の開発事例としては、Moを添加せず、Cuの析出強化とAlの固溶強化によって高温強度を向上させた省資源型高耐熱フェライト系ステンレス鋼¹⁰⁾が自動車の排気系部品に適用されている。また、SUS304の代替を狙って、Cr量21%に増量し、Moを添加しないフェライト系ステンレス鋼¹¹⁾や14～16%Cr鋼にSnを添加して耐食性を向上させたフェライト系鋼種¹²⁾も開発されている。さらに、強度と耐食性を兼ね備えた二相ステンレス鋼において、Ni、Moを低減した省合金型二相ステンレス鋼¹³⁾も開発され、ダム・堰・水門、製鉄関連設備、ケミカルタンカー、水処理、

土木・建築など、海水淡水化プラントなどへの適用が進んでいる。

特殊用途向けステンレス鋼としては、次世代再処理機器において強酸化性の硝酸による粒界腐食を防止するため、不純物を極力低減した高耐食性超高純度ステンレス鋼¹⁴⁾が開発されている。

2) ステンレス鋼の今後の展望

今後のステンレス鋼の新しい用途分野としては、電力などのエネルギーの高効率生産とその利用技術の効率化、それに伴う環境保全のための装置・プラント用の構造材料、あるいはデジタル家電の付加価値向上のための材料としての使用が期待される。また、さらなる省資源化、省エネルギー化、リサイクル技術の開発も大きな課題である。

エネルギー関連分野では、特に水素エネルギー関連でのステンレス鋼の使用が期待されている。我が国のエネルギーは、自動車から電力までそのほとんどを化石燃料に依存していること、原子力発電所の事故以来、原子力の安全神話が崩壊したことなどから、大きな転換期を迎えている。ここで新たなクリーンエネルギーとして水素が注目され、製造、貯蔵、輸送、利用の各領域で、その導入に向けた取り組みが進んでいる。その中で、オーステナイト系ステンレス鋼は水素脆化を起こしにくい材料として注目され、高圧水素や液体水素にさらされる部品に使用できる金属材料としてSUS316Lが例示基準化されている。さらに、水素ステーションの配管、バルブや継手などの高強度が求められる部品用材料として、Nで強化した0.03C-5Mn13Ni-22Cr-2Mo-0.2V-0.2Nb-0.3N鋼¹⁵⁾や低Ni、省Mo型の15Cr-9Mn-6Ni-2.5Cu-0.2N¹⁶⁾やSUS305J1(18Cr-13Ni-0.06C)相当鋼¹⁷⁾も開発されている。

燃料電池のキーデバイスであるセパレータの小型化と低コスト化を達成する材料としてもステンレス鋼は期待されている。ステンレス鋼の不動態被膜によって耐腐食性に優れるのが特徴であるが、一方で接触抵抗が高くなる欠点がある。そのため、導電性の材料をコーティングする方法¹⁸⁾、ステンレス鋼中に導電性の析出物を分散させる方法¹⁹⁾、金クラッド材の適用²⁰⁾などによって接触抵抗を低くする工夫がなされている。

デジタル家電分野へのステンレス鋼の一つの適用例として、超小型軽量音楽プレーヤー筐体がある。薄型を達

成するための強度とステンレス鋼の持つ光沢が製品の魅力となっている。

次世代ハイテク製品にもステンレス鋼が注目されている。FPD（フラット・パネル・ディスプレイ）や電子ペーパーにフレキシブル性を持たせる材料としてステンレス鋼が使用されている²¹⁾。これらはステンレス箔基盤にTFT（Thin Film Transistor; 薄膜トランジスター）を形成させたものである。

ステンレス鋼のリサイクルに関しては、スクラップの回収ルートが確立されているのはNi系ステンレス鋼に限ってであり、Cr系ステンレス鋼については、その回収ルートは確立されていない²²⁾。これは、Ni系ステンレス鋼は磁性が無いことから、磁力選別によって炭素鋼と分離されて回収されるが、磁性を有するCr系ステンレス鋼は炭素鋼スクラップとして回収されていること、Cr系スクラップとフェロクロムの価格差が、スクラップの集荷、選別、配送のコストに見合わないことなどの理由によるものと考えられている。

今後は、Cr系ステンレス鋼のスクラップ回収率を向上させるための方策が求められる。

6. おわりに

ステンレス鋼の生産量と需要動向の推移、種類と特徴および用途について概説した後、ステンレス鋼の最近の動向と今後の展望について述べた。

安全・安心な社会の構築、エネルギー問題や地球環境問題の解決などのために、材料に求められる特性はますます過酷化する傾向にあり、それらの要求に答え得る材料として、ステンレス鋼は不可欠であり、ステンレス鋼に対する期待は、今後さらに大きくなるものと思われる。

そのためには、さまざまな分野へのステンレス鋼の適用技術、そのための新鋼種の開発、省資源化・省エネルギー化、リサイクルのための技術開発が今後とも必要となるであろう。

なお、本稿では、製造技術の進歩については、誌面の都合上、触れなかったが、ステンレス鋼の製造技術の進歩もステンレス鋼の発展に大きく寄与していることは言うまでもない。特に、精錬技術の向上による高純度化技術、古くはゼンジミアミルの導入、1990年代のクラスターミルの導入、さらには、タンデムプロセスの開発な

どの圧延技術の進歩などは、ステンレス鋼の需要拡大に大きく貢献している。

(文献)

- 1) ステンレス協会ホームページ, 統計, <http://www.jssa.gr.jp/>.
- 2) ステンレス鋼板用途別受注統計年報, ステンレス協会, (2014), 用途別・合計受注量推移の表より作成.
- 3) ステンレス鋼板用途別受注統計年報, ステンレス協会, (2014).
- 4) 吉川彦彦, 富士川尚男, 寺西洋志, 湯沢浩, 久保田稔: 火力原子力発電, **36**(1985) 1324.
- 5) 榎木義淳, 寺西洋志, 牧浦宏文, 三浦実, 久保田稔: 住友金属, **37**, (1991) 66.
- 6) 高橋常利, 榎原瑞夫, 菊池正夫, 小川忠雄, 櫻井英夫, 荒木敏, 長尾一幸, 保田英洋: 製鉄研究, **328** (1988), 36.
- 7) 中村眞二, 河島弘毅, 竹井康裕, 齋藤伸彦, 田中良典, 西本慎: 三菱重工技報, **48**(2011), No. 3, 8.
- 8) 濱野修二, 清水哲也, 野田俊治: 電気製鋼, **77** (2006), 107.
- 9) 安達和彦, 渋谷将行, 桂井隆: までりあ, **47**(2008), 36.
- 10) 中村徹之, 太田裕樹: 特殊鋼, **62**(2013), 6, 45.
- 11) 石井和秀, 石井知洋, 宇城工, 柳沼寛, 山下英明: までりあ, **47**(2008), 45.
- 12) 秦野正治, 松山宏之, 石丸詠一郎, 高橋明彦: までりあ, **51**(2012), 25.
- 13) 新日鐵住金(株): 北海道開発技術研究発表会資料, (2014).
- 14) 加藤修, 中山準平: 神戸製鋼技報, **64**(2014), 71.
- 15) 大村朋彦: JRCM NEWS, No. 337 (2014. 11), 4.
- 16) 秦野正治, 高橋明彦, 松本和久, 藤井秀樹, 大宮慎一: 燃料電池, **12**(2013), 70.
- 17) 渡邊義典, 窪田和正: 愛知製鋼技報, **31**(2014), 3.
- 18) 佐藤俊樹, 鈴木順: 神戸製鋼技報, **60**(2010), 29.
- 19) 今村淳子, 樽谷芳男: 新日鐵住金技報, 第 396号, (2013), 111.
- 20) 水素エネルギーシステム, **30**(2005), 128.
- 21) K. R. Sarma: AM-FPD'07 Digest, (2007), 87.
- 22) 五十嵐佑馬, 醍醐市朗, 松野泰也, 足立芳寛: 第1回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, (2005), 70.