

ステンレス鋼の多様な用途

～耐食耐熱超合金を含む～ (1)

I. はじめに

日本冶金工業(株) さとう まさあき
ソリューション営業部 次長 佐藤 正昭

今回は「ステンレス鋼の多様な用途～耐食耐熱超合金を含む～」について、2025年9月号と2025年11月号の2号にわたり特集を行うこととなりました。

本誌2025年9月号では、ステンレス鋼の歴史やステンレス鋼の分類をはじめとして、どのような特性があるのか、ステンレス鋼はどのような設備で、どのように製造されるのかをより分かりやすくするために溶解・精錬・鍛造以降は、ステンレス鋼の製品形状毎に分けて各々についてまとめています。また製造されたステンレス鋼の流通はどのようなものであるかなどを特集します。次号2025年11月号ではステンレス鋼がどのような分野で、どのような用途に活用されているかについて耐食耐熱超合金を含み多数の品目について特集します。

現在のステンレス鋼の定義は、1988年に世界標準とされたCr含有量10.5%以上でC含有量1.2%以下の合金鋼とされ、英語ではstainless (さびにくい) steel (鋼) と言います。ステンレス鋼の最大の特徴は、表面に不動態皮膜と呼ばれる極めて薄く(厚さは数nm) Crを主体とする酸化物・水酸化物が形成され、それが保護皮膜となり大気中や水環境において鉄に比べ優れた耐食性を示すことです。この不動態皮膜は破壊されても、通常的生活環境であれば瞬時に自己修復され耐食性を維持することができます。

そのためステンレス鋼の歴史としては1797年のCr発見からと言われことが多いが、ステンレス鋼

はCrを主成分とするCr系ステンレス鋼と、Cr及びNiを主成分とするCr-Ni系ステンレス鋼に大別され、金属組織による分類ではマルテンサイト系、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(2相系)、析出硬化系の5種類に分類されるため、ステンレス鋼の主成分である1751年のNi発見などから記載されているものもあります。

CrやNiの発見後、約150年はいろいろな研究等が行われ、1908年～1914年の間に基礎となるマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系の3種類のステンレス鋼が開発されました。その後も特にオーステナイト系ステンレス鋼の使用上の問題となった耐食性の改善を行い、耐酸性を改善したCu添加鋼、Mo添加鋼、さらに耐粒界腐食性のある低炭素鋼、Ti添加鋼、Mo添加鋼等が開発され、1936年までには今日の主要な耐食オーステナイト系ステンレス鋼の基本鋼種が整備されました。また、オーステナイト・フェライト系ステンレス鋼は1930年代前後、析出硬化系ステンレス鋼は1946年に開発とされています。

日本でのステンレス鋼の研究・生産は1918年頃からとされています。日本での工業規模の生産は1930年台にステンレス専門メーカーが発足してからとなり、それまでの日本のステンレス鋼市場は海外からの輸入品によるものであり、日本製のステンレス鋼の採用にはもちろん実績がないため、品質・耐食性などが輸入品と比べても問題ないことを認知頂くまでには、かなりの苦労があったこ

とが伝えられています。

ステンレス専門メーカーが発足してから1945年までは民需もあったが軍需用品の開発・生産等が主流であり、その中でも特に硝酸製造プラント用の材料としてのステンレス鋼は脚光を浴びました。しかしながらステンレス鋼を含む鉄鋼業は、終戦による休止等により致命的打撃を被りました。終戦後民需転換許可を得て各社の状況はいろいろ異なるが復興に向け設備再稼働や原料調達などの苦労がありました。その後ステンレス鋼の量産化のための基礎設備導入の試行錯誤（特に革新的だったものとして酸素精錬法導入による電気炉増強がある）の中、1950年の朝鮮動乱勃発を期に特需景気が始まり、1955年にはステンレス鋼の生産量は戦前を超える水準に至りました。当時のステンレス鋼は肥料工業、化学繊維工業などのプラント向けが主体でした。

1958年頃より広幅材の量産化を可能にしたゼンジミア式20段冷間圧延機が投入されはじめたことにより、薄板の量産体制が確立し、ステンレス鋼の需要拡大に拍車を掛けました。すなわち、この頃から流し台など厨房機器を中心に耐久消費材分野での需要が急速に増大しました。冷間圧延品の増強を進めて行くにつれ、今度は上工程の製造能力不足が生じ始めました。電気炉の大型化や連続鋳造法での新設備導入、熱間圧延機での熱帯製造の導入等が1960年台に競うように新しい技術を利用した新設備導入が多数行われるも、やはり電気炉での精錬では出鋼までに長時間を有するためエネルギー消費量が多く、生産効率も悪く、高品質な多品種量産化は容易ではなかった。

1970年頃になり、電気炉での溶解と脱炭～精錬を炉外で行えるVOD炉・AOD炉が導入されたことにより、現在のステンレス鋼の基本となる設備が整うこととなります。この頃にはアメリカを抜いてステンレス鋼の世界一の生産国となり、その後いろいろな新設備導入を行い現在に至ります。

ステンレス鋼の製造については、本誌2025年9月号の「Ⅲ. ステンレス鋼の製造技術と設備」にて詳しくご紹介します。

日本におけるステンレス鋼の標準化としては、1939年に日本標準規格で「不銹鋼」と定められ、終戦後には日本工業規格（2017年以降は日本産業規格となる）が1949年に制定され、1951年にJIS G 4301が制定され、今のSUS304は当時SEC7という名称であった。1954年にSEC8となり、1955年にSUS7となりました。1959年にJIS G 4301を廃止し形状別製品規格が制定されSUS27という名称となり、1972年に今のSUS304と定義されました。ステンレス鋼の分類ごとの日本産業規格（旧：日本工業規格）の棒・板・帯として登録されている鋼種の登録数の変化を表1に示します。

ステンレス鋼が誕生して100年以上が経過する中で、耐食性・耐熱性・加工性等々の機能性を向上させた様々なステンレス鋼が開発されてきました。現在、日本産業規格では107種類（棒・板・帯）のステンレス鋼が規格化されていますが、他形状（線・鋳鋼品など）や各社独自の開発鋼種を含めると200種類を超えます。また、本特集に関わる現在のステンレス鋼（耐食耐熱超合金を含む）の主な日本産業規格（JIS規格）一覧を表2に示します。

表 1 ステンレス鋼の分類（棒・板・帯）

ステンレス鋼の分類	鋼種例	1951年	1972年	2024年時点
オーステナイト系	SUS304	12種類	28種類	56種類
オーステナイト・フェライト系	SUS329J4L	—	1種類	6種類
フェライト系	SUS430	1種類	6種類	20種類
マルテンサイト系	SUS410	3種類	17種類	21種類
析出硬化系	SUS630	—	3種類	4種類
計	—	16種類	55種類	107種類

表 2 ステンレス鋼（耐食耐熱超合金含む）の主な日本産業規格（JIS規格）一覧

規格番号	規格名称
JIS G 3214	圧力容器用ステンレス鋼鍛鋼品
JIS G 3320	塗装ステンレス鋼板及び鋼帯
JIS G 3446	機械構造用ステンレス鋼鋼管
JIS G 3447	ステンレス鋼サニタリー管
JIS G 3448	一般配管用ステンレス鋼鋼管
JIS G 3459	配管用ステンレス鋼鋼管
JIS G 3463	ボイラ・熱交換器用ステンレス鋼鋼管
JIS G 3467	加熱炉用鋼管
JIS G 3468	配管用溶接大径ステンレス鋼鋼管
JIS G 4303	ステンレス鋼棒
JIS G 4304	熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
JIS G 4305	冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
JIS G 4308	ステンレス鋼線材
JIS G 4309	ステンレス鋼線
JIS G 4311	耐熱鋼棒及び線材
JIS G 4312	耐熱鋼板及び鋼帯
JIS G 4313	ばね用ステンレス鋼帯
JIS G 4314	ばね用ステンレス鋼線
JIS G 4315	冷間圧造用ステンレス鋼線
JIS G 4316	溶接用ステンレス鋼線材
JIS G 4317	熱間成形ステンレス鋼形鋼
JIS G 4318	冷間仕上ステンレス鋼棒
JIS G 4319	ステンレス鋼鍛鋼品用鋼片
JIS G 4320	冷間成形ステンレス鋼形鋼
JIS G 4321	建築構造用ステンレス鋼材
JIS G 4322	鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼
JIS G 4901	耐食耐熱超合金、ニッケル及びニッケル合金－棒
JIS G 4902	耐食耐熱超合金、ニッケル及びニッケル合金－板及び帯
JIS G 4903	配管用継目無ニッケルクロム鉄合金管
JIS G 4904	熱交換器用継目無ニッケルクロム鉄合金管
JIS G 5121	ステンレス鋼鋳鋼品
JIS G 5122	耐熱鋼及び耐熱合金鋳造品

では、ステンレス鋼の分類と主な特徴を表3に示し、分類毎に説明します。

- ・マルテンサイト系（JIS規格ではSUS400系）
はCr系に属し、13Cr鋼と呼ばれるSUS410が代表的な鋼種です。熱処理（焼入れ）でマルテンサイト変態により硬化することが特徴であり、硬度要求の高い刃物、工具、タービンブレード、軸受けなどに多く使用されます。
- ・フェライト系（JIS規格ではSUS400系、一部SUSXM系を含む）はCr系に属し、18Cr鋼と呼ばれるSUS430が代表的な鋼種です。マルテンサイト系に比べればC量が少なく、熱処理

によって硬化はしません。一般的に加工性もよくCr含有量が高いので耐食性はマルテンサイト系よりも良好で、更にCrの増量やMoの添加、あるいはCやNを低減して更に耐食性を高めた鋼種もあり、オーステナイト系で見られる応力腐食割れの感受性はとても低い特徴があります。しかしながら低温で脆化しやすい（高Cr、Mo含有鋼）傾向や475℃での脆化等もあるが、ステンレス鋼の中では非常に安価でありフェライト系の特性を理解し活用する事で、自動車、建築、食品、家電、プラント等と幅広い分野で使用されます。

表 3 ステンレス鋼の分類と特徴

分類		化学組成	代表例	特徴	
				磁性	焼入性
Cr系	マルテンサイト系 (SUS400系)	高C 11.5～18%Cr	SUS410、SUS420J1、 SUS440A	あり	あり
	フェライト系 (SUS400系、他)	低C 11.5～30%Cr	SUS410L、SUS430、 SUS436L、SUS444	あり	なし
Cr-Ni系	オーステナイト系 (SUS300系、 一部SUS200系、SUS800系、他)	15～26%Cr 3.5～28%Ni	SUS301、SUS304、 SUS316、SUS310S、 SUS312L、SUS836L	なし (※)	なし
	オーステナイト・フェライト系 [2相系] (SUS300系、一部SUS800系)	20.5～28%Cr 1.5～8%Ni	SUS329J3L、 SUS329J4L	あり	なし
	析出硬化系 (SUS600系)	マルテンサイト系 15～18%Cr 3～5%Ni	SUS630	あり	あり
		オーステナイト系 16～18%Cr 6～8%Ni	SUS631	あり	なし

※：固溶化熱処理状態

- ・オーステナイト系（JIS規格ではSUS300系、一部SUS800系やSUSXM系を含む）はCr-Ni系に属し、18-8 ステンレス鋼（18%のCrと8%のNiを含有）と呼ばれるSUS304が代表的な鋼種です。固溶化熱処理状態ではステンレス鋼の中で唯一磁性を有しません。他のステンレス鋼に比べ耐食性や加工性が良好であり、更なる耐食性、耐熱性、加工性、切削性や高強度などの特性を向上させるべく多くの鋼種が開発され、現在JIS規格ではステンレス鋼の中で最も多い56鋼種（表1参照）が規格化されています。なお、Niの一部をMnに置き換えた省資源型のSUS200系ステンレス鋼もオーステナイト系に属します。オーステナイト系は極低温～高温まで幅広い温度帯で利用できる特徴もあるため、ほとんどの分野で使用されます。
- ・オーステナイト・フェライト系（JIS規格ではSUS300系、一部SUS800系）はCr-Ni系に属し、SUS329J4Lに代表されるオーステナイト相とフェライト相がおおよそ1：1で混在する金属組織を有しており、オーステナイト系に比べ強度がかなり高いのが特徴です。またCr含有量が高いので、耐食性にも優れ、オーステナイト系に比べNi含有量が低いため価格変動影響も低い。先に述べたフェライト系とオーステナイト系の各々の特徴や難点が共有

されるため、その利点を理解し活用する事で、水門、海洋構造物、海水淡水化プラント、石油・化学プラント等に使用されます。

- ・析出硬化系（JIS規格ではSUS600系）はCr-Ni系に属し、SUS630に代表される析出硬化熱処理によりCuや金属間化合物が微細に析出させることで硬化することが特徴です。表3にも記載のあるとおり固溶化熱処理の組織状態で、マルテンサイト系とオーステナイト系を示すものがあります。高硬度の特徴を生かした航空宇宙産業、医療機器、精密機械、スチールベルト等に使用されます。

なおJIS規格には無い定義ではあるが、耐食性向上に効果のあるCr、Mo、Nを多く含有し、PRE (Pitting Resistance Equivalent) = %Cr + 3.3 × %Mo + 16 × Nが40以上の「スーパーステンレス鋼」と呼ばれる高耐食ステンレス鋼もあります。フェライト系ではSUS447J1、オーステナイト系ではSUS312L・SUS836L、オーステナイト・フェライト系ではSUS327L1などが代表として挙げられます。

以上、ステンレス鋼は耐食性（湿食や乾食）、耐熱性、加工性、切削性、非磁性、高強度と様々な特性を有していることから、その用途に合わせ種々の鋼種を選択して、様々な分野で活用されています。具体的な使用用途に関しては、2025年11月号にて特集します。