

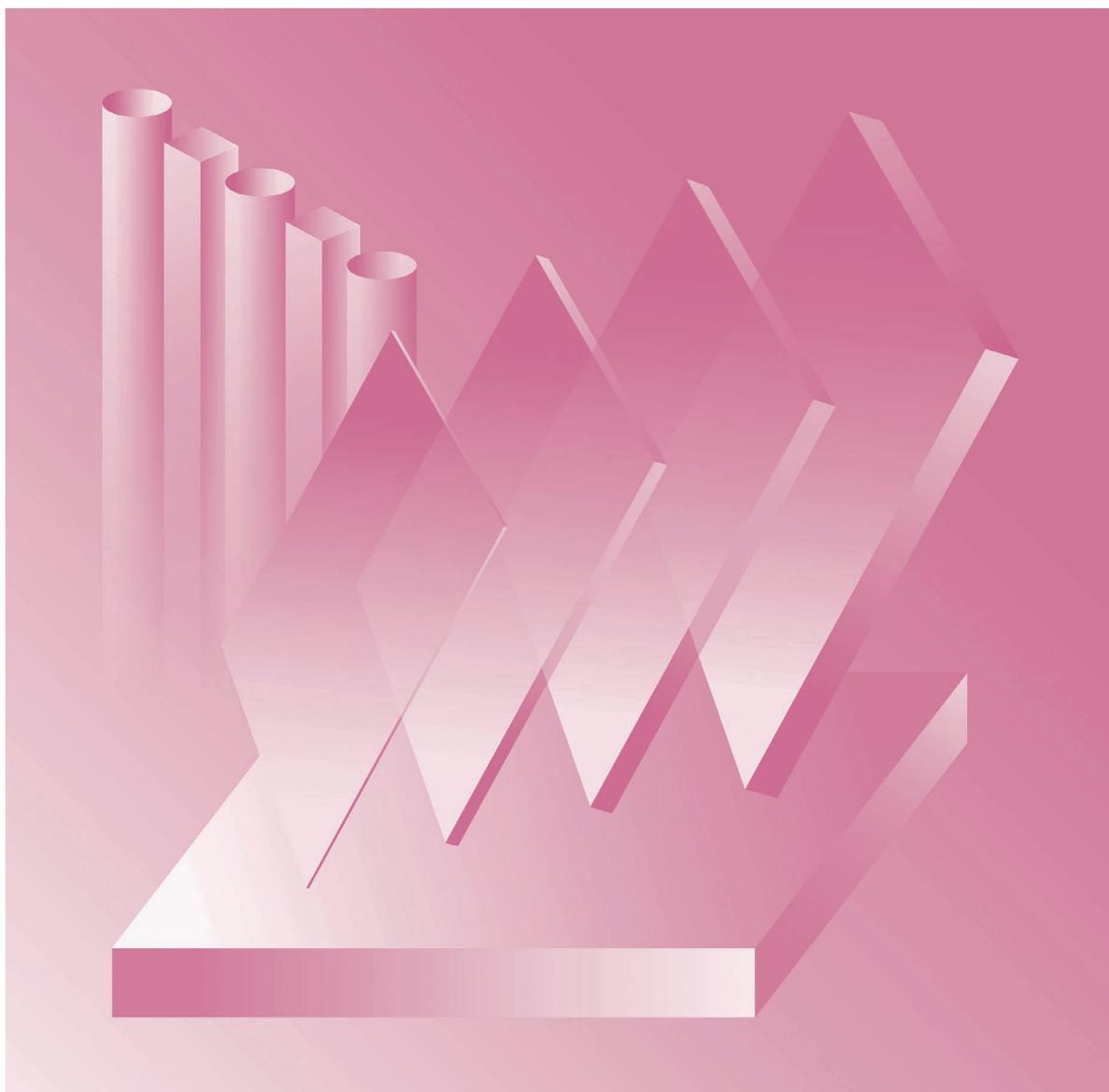
特殊鋼

2013
Vol.62 No.6

11

The Special Steel

特集／エネルギー・インフラ技術を支えるステンレス鋼



特殊鋼

11 目次 2013

【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	甘利 圭右 (平井)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	小椋 大輔 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	川添 健一 (新日鐵住金)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	上田 博之 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	西 徹 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	大開 実 (三菱製鋼)
〃	中村 哲二 (青山特殊鋼)
〃	池田 正秋 (伊藤忠丸紅特殊鋼)
〃	岡崎誠一郎 (UEX)
〃	池田 祐司 (三興鋼材)
〃	金原 茂 (竹内ハガネ商行)
〃	渡辺 豊文 (中川特殊鋼)

【特集／エネルギー・インフラ技術を支えるステンレス鋼】

I. 総論	ニッケル協会東京事務所	遅沢浩一郎	2
II. ステンレス鋼の種類、性質と適用状況			
1. ステンレス鋼とは何か	日本冶金工業(株)	小林 裕	6
2. 高耐食ステンレス鋼	日本冶金工業(株)	小林 裕	8
3. 耐熱ステンレス鋼	新日鐵住金(株)	西山 佳孝	12
4. 高強度ステンレス鋼	大同特殊鋼(株)	高橋 茉莉	15
5. 高成形ステンレス鋼	日新製鋼(株)	広田 龍二	19
III. エネルギー分野で使用されるステンレス鋼			
1. ボイラー用シームレスステンレス鋼管	新日鐵住金(株)	伊勢田敦朗	22
2. 固体酸化物形燃料電池用金属 インターコネクタ材ZMG [®] 232G10	日立金属(株)	安田 信隆	25
3. マルテンサイト系高機能ステンレス シームレスラインパイプ	JFEスチール(株)	宮田由紀夫	27
4. 海水淡水化用途向けNSSC [®] 2120	新日鐵住金ステンレス(株)	吉田 健	29
5. 非磁性ドリルカラー用ステンレス「DNM140」	大同特殊鋼(株)	石川 浩一	32
6. 温水タンク用高耐食フェライト系 ステンレス鋼 NSS WCR	日新製鋼(株)	原田和加大	34
IV. インフラ関係で使用されるステンレス鋼			
1. ジャケット式防波堤向け スーパーステンレス鋼	日本冶金工業(株)	小林 裕	36
2. ステンレス鉄筋コンクリートバー 「サスコン」	愛知製鋼(株)	中川 英樹	38
3. 雨水幹線用ステンレス鋼製セグメント (第14回ステンレス協会賞最優秀賞)	(株)アロイ	富弘 幸夫	40
V. 会員メーカーの特徴あるステンレス鋼製品 高圧水素用ステンレス鋼AUS316L-H2	愛知製鋼(株)	窪田 和正	42

オーステナイト系高強度鋼【ASK-8000】のご紹介 秋山精鋼(株) 鈴木 要	43
Pbフリー快削ステンレス鋼「QS12E」 山陽特殊製鋼(株) 妙瀬田真理	44
Moフリー型高耐熱エキマニ用 ステンレス鋼『JFE-TF1』 JFEスチール(株) 中村 徹之 太田 裕樹	45
耐水素脆性ばね用ステンレス鋼線『HYBREM』 日本精線(株) 秋月 孝之	46
“特集”編集後記..... 日本冶金工業(株) 西 徹	47

●一人一題：「もう一人の家族」… 青山特殊鋼(株) 北澤 和博	1
---------------------------------	---

■業界の動き	48
▲特殊鋼統計資料	51
★倶楽部だより（平成25年8月21日～10月20日）.....	55
☆海外情報 韓国でのステンレス条鋼に対する アンチダンピング課税の3年延長措置決定	57
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	59

特集／「エネルギー・インフラ技術を支えるステンレス鋼」編集小委員会構成メンバー

役名	氏名	会社名	役職名
小委員長	西 徹	日本冶金工業(株)	高機能材営業推進部 次長
委員	杉本 淳	愛知製鋼(株)	品質保証部お客様品質・技術室 主査
〃	西森 博	山陽特殊製鋼(株)	軸受営業部 軸受CS室長
〃	本田 正寿	大同特殊鋼(株)	特殊鋼製品本部 自動車材料ソリューション部 主任部員
〃	宮川 利宏	日本高周波鋼業(株)	営業本部 条鋼営業部 担当次長
〃	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 特殊鋼事業部 技術部長
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	甘利 圭右	(株) 平 井	常務取締役

もう一人の家族

青山特殊鋼(株) きた ざわ かず ひろ
専務取締役 北 澤 和 博



我が家には、一匹のチワワが居ります。

名前はメイ 6歳 メス 2代目 (一代目は病気の為 4歳で永眠)

少し前になりますが、クーちゃんと言う名前のチワワがTVCMに起用され一躍アイドル犬になったのを記憶していますか。チョコンとお座りしてご主人を見上げる愛くるしい姿が可愛くCMが流れるのを毎回楽しみにしていたものです。こんな事から私がチワワに惹かれる様になり、我が家に家族の一員として迎える事になるのです。

一代目のチワワは生後3ヶ月のメスでご縁合って豊橋のブリーダーから譲って戴きました。犬はもちろん動物を飼うのは初めてで少し不安でしたが、初対面での遠慮深げに頭を下げた余りにも小さな体がいじらしく、当初のいろいろな不安よりも、しっかりと育てねばという責任感を強く感じました。ココと名づけたこの女の子は、我を張らない大人しい性格で、何時も人に気を使っている優しい子でしたが体も丈夫ではなく病院通いも頻繁でした。そんな自分に負い目を感じていたのか、4歳の誕生日を待たずに、あっけなく逝ってしまいました。この時の喪失感言葉に言い尽くしがたく、家内と二人で意気消沈してしまい、特に家内は落ち込みが激しく、しばらくはつらい日々でした。

そんな訳で悲しい思いはもう沢山と、二匹目は飼うまいと決めていたのですが、つい寂しくなってペットショップに出かけた時、当時生後2ヶ月の真っ白なチワワと目が会ってしまい忘れられなくなってしまいました。一ヶ月程迷い(その間二回逢いに行きました)もう一度育てたいと言う家内の事を言い訳にして飼う事になりました。

名前は3月生まれですが何故かメイ。

生後3ヶ月で我が家の一員となったメイちゃんは片時もじっとしておらず自分本位のノー天気娘でしたが今や6歳、アラフォーになりました。食欲旺盛のポッチャリ犬で寝る姿は仰向けで大の字、おまけに舐まで掻きます。まあ何をやっても許せる親ばか自慢という事でしょね。

我が家のメイちゃんは唯淡々と生きているだけで私達に癒しを与えてくれます。しかし家犬で野性味には欠けるとは言え動物本来の鋭敏な本能は失っていません。

主人に対する従順、敵対する者への攻撃、不審に対する予告、優れた嗅覚、聴覚etc、要は自立しているのです。それに対し現代の私達人間は過度な安全、安定、平等の追及により肉体的、精神的な免疫力を低下させてしまい、結果として自立心、競争心、闘争心、そして、人を思い計る心までも弱体化させてしまった様に思います。

私はいわゆる団塊の世代です。長野市で育ちましたが、出身中学校は1クラス52人で全校48クラス、生徒2,500人の全国有数マンモス校でした。

教室が足りなく毎時、科目毎教室を移動して授業を受けました。人数が多い事で(今の中国の様に)物凄く優秀な奴も、物凄く優秀でない奴も沢山いて、良い事も悪い事も一手に引き受けた中学でした。当然その後の受験も就職して社会人となっても常に人数が多く何事も競争、競争の世界でした。

今振り返れば、私達は日本の成長期と同じくして、いつも我先にと、ひたすら突っ走って来た様に思います。過ぎた昔と今を比べても殆ど意味は有りませんが、成熟したと云われる現代に欠けている活力、闘争心、自立心が当時には有った様に思います。

今日も仰向けに大の字になって寝ている我が家の“癒しに”教えられる事が多い今日この頃です。願わくば、こんな日が続く様、長生きしてほしいものです。



エネルギー・インフラ技術を支える ステンレス鋼

I. 総 論

ニッケル協会 東京事務所
おそ 遅 ざわ 沢 こういちろう 浩一郎

◇ ステンレス鋼生産量の推移

ステンレス鋼の世界全体の生産量は、2012年には粗鋼ベースで3,500万トンを超え過去最高を記録した。第二次大戦後の生産量の推移をみると、1950年には約100万トンで、シェアとしてはアメリカが圧倒的に多く約75%を占めていた。1960年には全生産量は200万トンに達したが、依然アメリカがトップで42%を占め、独日英仏などがこれに続

いた。1960年代になると量産化技術の進展、コストの低減、品質の向上および用途拡大が図られ、1970年の生産量は495万トンに達した。この時点で日本のシェアは33%となり、アメリカを抜いて第一の生産国となった。ただし1970年代にはオイルショックもあり、とくに前半は生産量はあまり伸びず低迷したが、後半にやや持ち直し1980年には約700万トンに達し、この時点でも日米欧が主要生産国に名を連ねていた。ところが、1990年代から

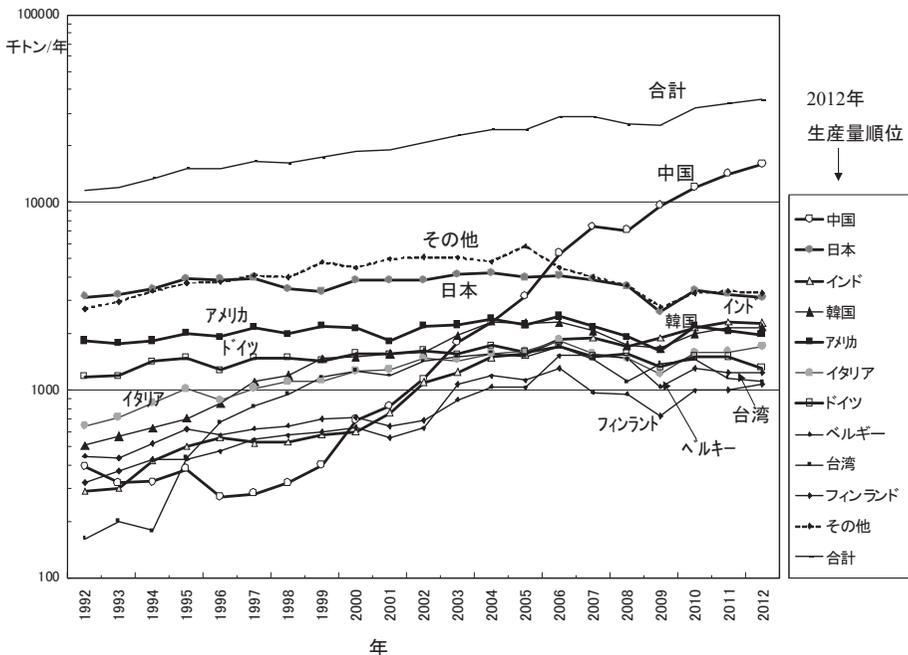


図 1 世界主要国のステンレス粗鋼量推移 (1992~2012年)

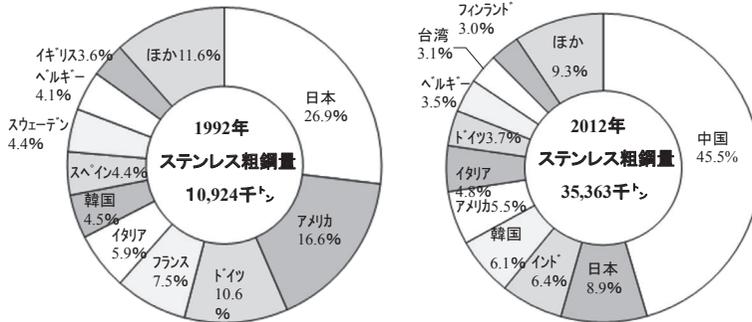


図 2 世界主要国のステンレス粗鋼量比較 (1992年と2012年)

は日本以外のアジアの諸国が急成長してきた。

図 1¹⁾には1992年以降の主要国(2012年の生産量10位までの国)の生産量の推移を比較し、図 2¹⁾には1992年と2012年の生産量上位10カ国のシェアを示した。1992年の時点では未だ日米欧が主体であったが、韓国が6位に上がってきている。ところが、21世紀に入ると中国の成長が目覚しく、2006年に日本を抜いて世界の生産国になり、その後も目覚ましい成長を続け、2012年には世界の45.5%を占めるに到った。

一方、日本のステンレス熱間圧延鋼材の生産量推移は図 3²⁾のとおりで、この図にはNi系(主にオーステナイト系と2相系)とCr系(主にマルテンサイト系とフェライト系)に分けて、それぞれについての生産量推移も示した。またNi系とCr系の比率の推移を図 4²⁾に示した。日本のステンレス鋼は、量的には1990年代半ば以降ほぼ成熟期に入っており、Ni系とCr系を比べると、1998年まではNi系とCr系の割合は70対30程度であったが、その後Cr系の比率が高くなる傾向にあり、60対40から最近では50対50に近づいている。

量的成長が顕著な中国やインドなど他のアジア諸国は、製造しやすく用途も多い汎用のオーステナイト系鋼種が高い比率で、Mn-Ni-Cr系ステンレス鋼もかなり製造されている。中国の場合、2011年の鋼種比率は、粗鋼ベースでCr-Ni系(300シリーズ)54.3%、Cr系(400シリーズ)26.9%、Mn-Cr系(200シリーズ)17.4%となっている³⁾。日本の場合は、オーステナイト系、フェライト系ともに性能を改善した鋼種も多く開発されており、量は他国に任せ、むしろ質で勝負するという傾向になっていると思われる。一方、2相系(オース

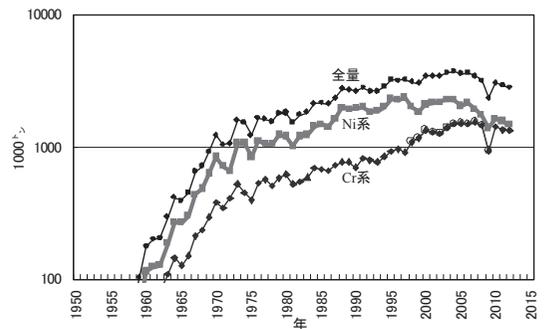


図 3 日本のステンレス熱間圧延鋼材生産実績推移

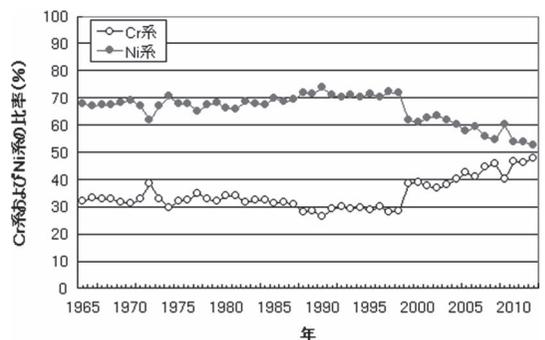


図 4 日本のステンレス熱間圧延鋼材生産量のCr系とNi系比率推移

テナイト・フェライト系)ステンレス鋼に関しては、欧州が先行しており、スタンダード2相以外に、より耐食性の優れたスーパー2相、低コストで304鋼に代わる汎用性を狙ったリーン(lean)2相、さらには高強度・高耐食性のハイパー2相が開発されている。ハイパー2相のチューブは深海底の油・ガス田の源泉のデータを測定するためのアンビリアルチューブとしての適用が試みられている⁴⁾。2相ステンレス鋼は、欧州規格(EN

10088-1:2005) では6種規定されており、用途開発も盛んであるが、日本ではJIS鋼種は1991年以降3種に留まり、用途拡大も今後の課題である。

◇ エネルギー、インフラ分野の発展とステンレス鋼の適用

欧米でステンレス鋼が発明されてから、約100年になるが、当初の用途は化学機械、医療、洋食器などで、その後、建築、食品工業等に拡大し、1960年代に量産体制が確立するとともに、とくに日本では用途開発が積極的に進められ、あらゆる分野でステンレス鋼が適用されるようになった。今回の特集のテーマであるエネルギーおよびインフラ技術用に関しても各分野でステンレス鋼が早くから利用されている。

1. エネルギー分野

発電用エネルギー源の比率を見ると、世界全体では、IEA (International Energy Agency) によると、2011年においては石油31.5%、石炭28.8%、天然ガス16.0%、バイオ+廃棄物10.0%、原子力5.1%、水力2.3%、他1%である⁵⁾。一方、日本の場合は資源エネルギー庁によると、2012年度は、天然ガス42.5%、石炭27.6%、石油18.3%、水力8.4%、原子力1.7%、水力を除く再生エネルギー1.6%である。化石燃料による火力発電分野では石油井戸をはじめ、発電所のボイラ、さらに排煙脱硫装置に到るまで多くのステンレス鋼が適用されてきている。

油井管では、13Crステンレス鋼、スーパーマルテンサイトステンレス鋼、2相ステンレス鋼、スーパー2相ステンレス鋼、高Ni合金などが井戸の環境に応じて選定されており、今後厳しい環境の井戸が増すと、高耐食材料の使用比率が増大する可能性がある。また火力発電ボイラでは、超々臨界プラント用に材料の改良・開発・適用が進んでおり、海外でも広く適用されるようになるであろう。化石燃料は、今後とも長期にわたって、エネルギー源の大半を占めると考えられるので、今後もステンレス鋼の改良・開発も重ねられ、堅調な需要が保たれるであろう。

一方、最近とくにわが国でも注目されてきた水力以外の再生可能エネルギーに関しては、欧米諸国の方が取り組みが早く、資源エネルギー庁によ

ると、発電用エネルギーとしては、2010年時点で、スペインが全発電量の18.5% (水力を含むと33.5%)、ドイツ14.7% (同19%)、イギリス6.2% (同8%)、アメリカ4.4% (同10%) となっている。今後は、再生可能エネルギーに関しては各国ともさらに著しい進展があるものと思われる。IEAの新政策によると、2010-2035年の伸び率は世界で年率3.0%となっており、2035年時点の再生可能エネルギーによる発電量の比率は31%と見込まれている⁶⁾。2010年においては再生可能エネルギーのうち水力が約82%を占めていたが、2035年では水力の比率は下がり、水力と他の再生可能エネルギーの割合が1:1になると予測されている。とくに風力、バイオ、太陽光の比率が高くなると見込まれている。再生可能エネルギー比率を高めるためにはステンレス鋼側も改良・開発および利用技術開発が必須であろう。

バイオ燃料製造や廃棄物エネルギー製造では、耐食性と加工の容易さからステンレス鋼が選定されるケースがあり、ISSF (国際ステンレス鋼フォーラム) によるとバイオガスプラントへのステンレス鋼の適用例が紹介されている⁷⁾。太陽エネルギーの利用に関しては、低温集熱、集光型発電および太陽光発電があり、低温集熱システムは温水を扱うので、集熱器およびパイプにステンレス鋼が古くから利用されており、集熱型発電装置では、熱を吸収するための溶融塩の入ったパイプや蓄熱タンクにステンレス鋼が用いられ、また太陽光発電ではパネルのフレームにステンレス鋼が利用される⁸⁾。とくにメガソーラー設備においては、設置場所が海洋の影響を受ける場合には架台にステンレス鋼が利用されることも考えられる。また、地熱発電、水力発電、波力発電、潮力発電、さらに風力発電でも、とくに海洋環境においては、ステンレス鋼の活躍の場が広がるであろう。

2. インフラ分野

インフラ分野には非常に多くの分野が包含されるが、狭義には、道路、鉄道、河川、橋梁、港湾、ダム、上下水道など、公共の施設を支えるもので、これら分野でもすでにステンレス鋼は多く適用されてきている。しかし未だ充分浸透していないのが現状で、大いに伸びる余地があると考えられる。

たとえば、橋梁における鉄筋バーとしての利用⁹⁾

は、日本では遅れているが、とくに道路橋において、海浜環境や凍結防止剤の散布等で塩化物がコンクリート内へ浸透することにより炭素鋼鉄筋ではコンクリートに割れが入り、たびたび修理が必要になる。ステンレス鋼の適用は、寿命の延長とメンテナンス、修理費用の削減に寄与する。

また、トンネルにおけるステンレス鋼の適用に関してはISSFから詳しい事例報告が出されているので¹⁰⁾、そのなかから2、3紹介する。道路トンネルでは、とくにSO₂、NO₂、H₂Sなどが多く含まれると腐食性が増すことがあり、また火災発生の危険性もあるので、耐食性と耐火性に優れたステンレス鋼が推奨される。オーストラリアのプリズベン河の下に建設された4.8kmのトンネルの煙・熱排出設備には2相ステンレス鋼(SUS329J3L相当鋼)が適用された。また、1999年に火災を起こしたモンプランのトンネルでは、3年後再開されたときは、一部にステンレス鋼が適用され、さらに2011年の改修の際には、換気ファンやケーブル・ラダーに316L鋼が適用された。一方、鉄道トンネルは、道路トンネルほど環境は厳しくないが、海底トンネルでは場所によりステンレス鋼の適用が勧められる。英仏海峡トンネル内にステンレス鋼試験片を暴露した結果では、316鋼が多く部位に適用していることが明らかにされている。

港湾への最近の適用例としては¹¹⁾、2010年10月にオープンした羽田空港の第4の滑走路(D滑走路)の栈橋部分の橋脚の飛沫帯および干満帯の耐食性を確保するためスーパーオーステナイトステンレス鋼が被覆された。これに対しては100年間の利用が期待されており、今後も同様の適用例が増えるものと期待される。河川ではダム設備や水門に早くからステンレス鋼が適用されているが、河口付近では腐食性が厳しいので、上記のような栈橋への適用も期待したい。

また、上下水道関連では、排水処理および浄水処理場では多くのステンレス鋼が適用されているが、埋設配管においては、未だ利用が少ない。上下水道の場合、浄水場から末端の蛇口まで径の異なる配管が利用されるが、日本の場合は、他国より

も適用が進んでいるとはいえ、ステンレス鋼が比較的多く利用されているのは末端の径の小さい給水管である。東京都においては給水管の100%が316ステンレス鋼管に置き換えられたが、他の都市では未だ適用が遅れている。日本および世界の給水管のステンレス化とともに、今後は、軽量化と耐食性を武器に、さらに径の大きい配水管への適用も積極的に進めるべきである。下水道管に関しては、未だ、ステンレス鋼はほとんど適用されていないのが現状であるが、ヒューム管を繋ぐカラーにステンレス鋼が利用されるケースがあり、長期にわたって問題なく利用されているので、さらに配管への適用も期待したい。

日本においては、ステンレス鋼は前述のとおり量的には成熟期に入っており、差し当たっては量はあまり期待できないが、今回のテーマであるエネルギー・インフラ分野への適用に関しては、量、利用技術いずれも未だ成熟期に入っているとは言えない。今回の特集では各社の材料開発、利用技術開発が紹介されるのであるが、今後とも、この分野の技術に対してステンレス鋼が一層寄与する存在となることを望んでいる。

参考文献

- 1) Inco, Vale Inco, Vale社の統計データから作成。2012年はステンレス協会：ステンレス鋼の需給資料(ステンレス協会)のデータから作成
- 2) 通産省および経済産業省統計データから作成
- 3) ISSF (International Stainless Steel Association): "Stainless Steel in Figures 2013"
- 4) G. Chai, J. Tokaruk, T. H. Kivisoek & J. Eldhagen: Stainless Steel World, (March 2009), p27
- 5) IEA (International Energy Agency): "Key World Energy Statistics 2013"
- 6) IEA: "World Energy Outlook 2012"
- 7) ISSF: "Stainless Steel in Biogas production", ISSF, (2012)
- 8) Nickel Instituteホームページ
- 9) BSSA (British Stainless Steel Association: Special BSSA Report, (April 2003)
- 10) D. Cochrane, D. Heritier & Kosmac: "トンネル建設と関連用途におけるステンレス鋼の使用" (邦訳)、ISSF、(2012)
- 11) Nickel Institute: Nickel, 16 (2011), No.4, p4

II. ステンレス鋼の種類、性質と適用状況

1. ステンレス鋼とは何か

日本冶金工業株式会社
ソリューション営業部 小林 裕

ステンレス鋼はCrが10.5%以上含有されている鉄基合金であり、その名の通りさびにくい鋼（ハガネ）である。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Crを主体とする極めて薄い（厚さは数nm）酸化物が形成されており、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ある。ステンレス鋼は1912～1914年にドイツで発明され、その後耐食性を主として耐熱性や加工性などの機能性を改良した様々なステンレス鋼が開発されてきた。現在、JISでは約90種類のステンレス鋼が規格化されているが、各社独自の開発鋼種を含めると200種類を超える。

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るが、金属組織的に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。表1に各種ステンレ

ス鋼の分類と主な特徴を示す。マルテンサイト系（JISではSUS400系）はCr系に属し、13Cr鋼と呼ばれるSUS410が代表的である。熱処理により硬化することが特徴で、刃物などに使用される。18Cr鋼と呼ばれるSUS430に代表されるフェライト系（SUS400系）もCr系であるが、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しない。

一般的に耐食性はマルテンサイト系よりも良好で、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る。18-8ステンレス鋼（18%のCrと8%のNiを含有）と呼ばれるSUS304に代表されるオーステナイト系（SUS300系、一部SUS800系）はCr-Ni系に属し、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さない。一般的に他のステンレス鋼に比べ耐食性や加工性が良好であるが、種々の腐食に対する抵抗性を改善させるために多くの鋼種が開発され、現在JISではステンレス鋼の中で最も多い約50の鋼

表 1 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)	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200系、800系)	16～26%Cr 3.5～28%Ni	SUS301、SUS304、 SUS316、SUS310S、 SUS312L、SUS836L	なし (製品)	なし
	オーステナイト・フェライト系 [2相系] (SUS300系)	21～28%Cr 3～7.5%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 3～7.5%Ni	SUS631	あり	なし

種が規格化されている。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する。SUS329J4Lに代表されるオーステナイト・フェライト系（SUS300系）はCr-Ni系に属する。オーステナイト相とフェライト相がおよそ1：1で混在している金属組織を有し、オーステナイト系に比べ強度がかなり高いのが特徴である。またCr含有量が高いので、耐食性にも優れる。SUS630に代表される析出硬化系（SUS600系）はCr-Ni系に属し、析出硬化熱処理により含有するCuやAlの微細析出物が鋼中に生成

することで硬化するのが特徴である。なおJISでは明確な分類はないが、耐食性の向上に有効なCr、Ni、Mo、Nなどの含有量をSUS304やSUS430などの一般的なステンレス鋼よりも相当に高めた「スーパーステンレス鋼」と呼ばれる最上級の高耐食ステンレス鋼もある。オーステナイト系ではSUS836Lがその代表である。

以上のステンレス鋼は、その特性、特に耐食性に応じて、建材・建設、家庭用機器、輸送、産業用機械、プラントなどの様々な分野で利用されている。



2. 高耐食ステンレス鋼

日本冶金工業(株) こばやし ゆたか
ソリューション営業部 **小林 裕**

まえがき

石油・ガスの生産・精製や、これらを使って発電するエネルギー関連設備、及び港湾・空港や道路などの交通や、電気や水などの供給に至るまでのインフラ設備は、日本の社会基盤を支える上で重要なものである。これらの設備は、材料にとって苛酷な腐食環境で使用されるものもあれば、メンテナンス費用削減の要求から長寿命化が望まれているものが多く、そのため各種高耐食ステンレス鋼が使用される事例が増えている。一般的なステンレス鋼であるSUS304やSUS430に比べ耐食性に優れたステンレス鋼は数多くあるが、ここではエネルギー・インフラ用途に絞るため、SUS304やSUS316に比べ耐食性が極めて高いオーステナイト系、及び2相系（オーステナイト・フェライト系）の高耐食ステンレス鋼について紹介する。また片面は高耐食ステンレス鋼で反対面は価格の安い普通鋼で構成され、コストメリットの高いステンレスクラッドについても紹介する。

◇ 高耐食ステンレス鋼の種類

高耐食ステンレス鋼とは、SUS304、SUS316といった一般的なステンレス鋼に比べ、孔食、すきま腐食、応力腐食割れ、酸による全面腐食などに対し優れた耐食性を示すものであり、耐食性の向上に有効なCr、Mo、Ni、Cu、Nなどの含有量が高いステンレス鋼である（NiとNはオーステナイト系の場合）。表1に代表的な高耐食ステンレス鋼を示す。SUS312LやSUS836LなどはSUS304やSUS316と同じオーステナイト系、SUS329J3LやSUS329J4Lは金属組織中にオーステナイト相とフェライト相が混在する2相系である。表中のPRE（Pitting Resistance Equivalent：孔食指数）は、孔食、すきま腐食に対する耐食性を向上させるCr、Mo、Nの含有量と、その効き方に合わせた係数（Crを1として）から以下の式で算出される

数値であり、この数値が高いほど耐食性が高いことを示す。

$$PRE = \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%N$$

高耐食ステンレス鋼のPREは何れもSUS304やSUS316などの一般ステンレス鋼より高いことが特徴である。特にPREが40を超えるものを一般的にスーパーステンレス鋼と呼んでいる。オーステナイト系ではSUS836LやSUS312L以外にも、JISでは規格化されていないがASTM規格にUNS N08367、N08926、N08031、N08354などがあり、特にN08354はステンレス鋼の中では最も高い量（7.5%）のMoを含有し、PREが50を越えるスーパーオーステナイトステンレス鋼である。また2相系においてもJIS規格にはないがASTM規格にあるUNS S32750やS32760などのスーパー2相ステンレス鋼がある。

一方、スーパーステンレス鋼に比べPREが低いものの、酸に対する耐食性の向上に有効なNiやMo、Cuなどの含有量が高い高耐酸性ステンレス鋼がある。JIS規格にあるSUS890Lがその代表例であり、JIS以外でもUNS N08020（通称Alloy20Cb-3）などがある。

なお、スーパーオーステナイトステンレス鋼のUNS N08031、及び高耐酸性ステンレス鋼UNS N08020の特に板材については従来日本国内で生産されていなかったが、この5年間で国内生産されるようになり、入手が容易になっている。

◇ 高耐食ステンレス鋼の特性（主に耐食性）

1. 耐孔食性、耐すきま腐食性

ステンレス鋼の表面には不動態皮膜と呼ばれるCrを主体とする極めて薄い（厚さは数nm）酸化物が形成されており、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。しかしながら海水などの塩化物イオンが含有されている環境中では、不動態皮膜が局部的に破壊され、孔食やすきま腐食が発生することがある。こ

表 1 代表的な高耐食ステンレス鋼（オーステナイト系及び2相系）（%）

分類	JIS	UNS	C	Ni	Cr	Mo	Cu	N	その他	PRE	備考	
オーステナイト系	SUS304	S30400	≤0.08	8.00~10.50	18.00~20.00	-	-	-	-	18		
	SUS316L	S31603	≤0.030	12.00~15.00	16.00~18.00	2.00~3.00	-	-	-	24		
	SUS312L	S31254	≤0.020	17.50~19.50	19.00~21.00	6.00~7.00	0.50~1.00	0.16~0.25	-	43		
	SUS836L	S32053	≤0.030	24.00~26.00	19.00~24.00	5.00~7.00	-	≤0.25	-	44	スーパー ステンレス鋼	
	-	N08367	≤0.020	23.5~25.5	20.0~22.0	6.0~7.0	≤0.75	0.18~0.25	-	44		
	-	N08926	≤0.020	24.0~26.0	19.0~21.0	6.0~7.0	0.5~1.5	0.15~0.25	-	43		
	-	N08031	≤0.015	30.0~32.0	26.0~28.0	6.0~7.0	1.0~1.4	0.15~0.25	-	52		
	2相系	-	N08354	≤0.030	34.0~36.0	22.0~24.00	7.0~8.0	-	0.17~0.24	-	51	
		-	N08904	≤0.020	23.00~28.00	19.00~23.00	4.00~5.00	1.00~2.00	-	-	34	高耐酸性 ステンレス鋼
		-	N08020	≤0.07	32.0~38.0	19.0~21.0	2.00~3.00	3.0~4.0	-	Nb : 8×C~1.00	28	
-		S32205	≤0.030	4.50~6.50	21.00~24.00	2.50~3.50	-	0.08~0.20	-	35		
-		S32506	≤0.030	5.50~7.50	24.00~26.00	2.50~3.50	-	0.08~0.30	-	38		
-		S32750	≤0.030	6.0~8.0	24.0~26.0	3.0~5.0	≤0.50	0.24~0.32	-	42	スーパー ステンレス鋼	
-		S32760	≤0.030	6.0~8.0	24.0~26.0	3.0~4.0	0.50~1.00	0.20~0.30	W : 0.50~1.00	41		

$$PRE = \%Cr + 3.3 \times \%Mo + 16 \times \%N$$

これらの局部腐食に対して効果のある元素はCr、Mo、Nであり、前述の通りPREが高いほど耐孔食性や耐すきま腐食性が向上する。これらの腐食に対する耐食性を評価する腐食試験として、ASTM G48 Method C（孔食試験）やMethod D（すきま腐食試験）などがある。

図1に各種ステンレス鋼（一部Ni合金も含む）のASTM G48 Method C孔食試験結果を示す。本試験は腐食性の高い塩化物イオンを含有する酸性水溶液である6% FeCl₃+1% HCl水溶液中に72時間試験片を浸漬し、何度以上で孔食が発生するか（臨界孔食発生温度：CPT）を求めるものである。CPTはPREの増加とともに高くなり、PERとCPTはほぼ直線関係にあることが認められる。SUS304やSUS316LのCPTは10~15℃であるのに対し、SUS329J3LやSUS329J4Lなどの通常の2相ステンレス鋼は50~55℃、PREが40を超えるオーステナイト系及び2相系のスーパーステンレス鋼のCPTは70℃以上である。特にUNS N08354のCPTは103℃（本試験溶液の沸点）もあり、NCF625などの高耐食Ni合金に匹敵する耐孔食性を有していることがわかる。なお、耐すきま腐食性についても耐孔食性と同様、PREで整理できることが確認されている。

2. 耐酸性

図2に硫酸水溶液に対する各種ステンレス鋼及び高耐食Ni合金の等腐食速度線図を示す。本図は種々の濃度及び温度の硫酸水溶液中で耐食性を示すと判断される腐食速度0.1mm/年の線を示してある。SUS304やSUS316Lは低温低濃度、もしくは原液に近い高濃度の硫酸水溶液に対して耐食性を示すが、中濃度の硫酸に対して耐食性は全くない。一方、耐酸性向上に効果のあるNi、Moを多く含有するSUS836L、あるいはCuを含有するSUS890L、UNS N08020は濃度の上昇とともに耐食性範囲は狭まっていくものの、SUS304やSUS316Lに比べ遥かに耐食性範囲は広く、特にCuの効果が大きいこ

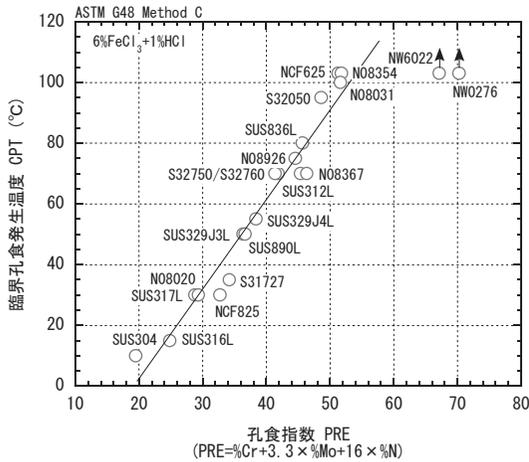


図 1 各種ステンレス鋼及びNi合金の孔食指数PREと臨界孔食発生温度CPTの関係 (ASTM G48 Method C 孔食試験による)

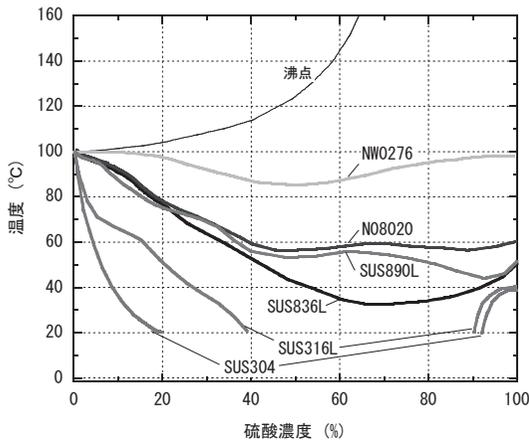


図 2 各種ステンレス鋼とNi合金の硫酸に対する等腐食速度線図 (線は腐食速度0.1mm/年を示し、この線より下の部分で耐食性を示す)



とがわかる。

3. 耐海水腐食性

海水は約20,000mg/Lもの高い濃度の塩化物イオンを含有するため、ステンレス鋼にとって極めて苛酷な腐食環境となる。一般的なステンレス鋼であるSUS304やSUS316Lでは容易に孔食やすきま腐食が発生するが、高耐食ステンレス鋼、特にスーパーステンレス鋼は常温海水に対し優れた耐食性を示す。海水環境において厳しい腐食環境となるのは、付着した海水が直射日光等により乾燥濃縮する飛沫帯、及びフジツボなどの海生生物が付着する干満帯においてである。飛沫帯を模擬した各種ステンレス鋼の10年間に渡る海水シャワー試験結果を図3に示す。本試験は、汲み上げた実海水を3時間噴霧後、9時間停止して海水を乾燥濃縮させるサイクルを1日に2回繰り返す方法で行った。SUS316、SUS445J1、SUS329J4LといったPREが40以下のステンレス鋼には孔食が発生し、PREが低いほど孔食深さは深くなる (PREと孔食深さには相関がある) のに対し、PREが40を越えるスーパーステンレス鋼は海水が付着濃縮しても孔食は発生せず、常温海水に対し優れた耐食性を有することが確認されている。

◇ 高耐食ステンレス鋼の用途

高耐食ステンレス鋼は上述の通り、一般ステンレス鋼では容易に腐食してしまう高濃度の塩化物イオンや酸環境において優れた耐食性を示すことから、エネルギー・インフラ関連設備において適用が進んでいる。

オイル・ガス分野においては、生産井からの原

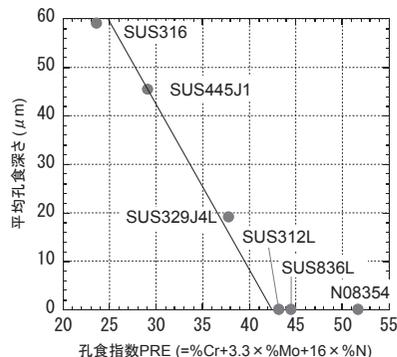


図 3 海水シャワー試験の状況と各種ステンレス鋼の10年間海水シャワー試験結果

油やガス中に高濃度の塩化物イオンや硫化水素が含有されることが多く、塩化物による孔食や応力腐食割れ、あるいは硫化水素による硫化物応力割れが生じやすい。高耐食ステンレス鋼、特にオーステナイト系及び2相系のスーパーステンレス鋼は、これらの腐食に対する耐食性が高く、原油やガスを輸送するパイプラインに多く使用されている。

発電においては、燃料費が天然ガスより安い石炭火力発電所が再び注目されているが、石炭を燃焼させると含有する硫黄分が硫酸化物（亜硫酸ガス）になるため、それを除去する排煙脱硫装置の設置が必要となる。排煙脱硫装置内の亜硫酸ガス吸収液は、石炭に含まれる塩化物が濃縮して高濃度塩化物イオン環境となるため、亜硫酸ガス吸収塔の材質としてオーステナイト系、あるいは2相系のスーパーステンレス鋼が使用されている。

臨海地に設置される発電所において使用される海水熱交換器や海水取水ポンプなどには、従来からSUS329J3LやSUS329J4Lなどの2相ステンレス鋼が使用されてきたが、更なる長寿命化の要求によりスーパーステンレス鋼の適用が進められている。また海岸地帯及び洋上における海洋鋼構造物などにも近年スーパーステンレス鋼の適用が増えてきているが、これについては「IV インフラ関係で使用されるステンレス鋼－1. ジャケット式防波堤向けスーパーステンレス鋼」の項で詳述する。

高耐食ステンレス鋼、特にCr、Ni、Moを多く含有するスーパーステンレス鋼は、これらの原料費が高いことから、一般ステンレス鋼に比べ初期のコスト（設備建設・製作の素材費）は高くなる。しかしながら、耐食性が良好で腐食損傷を受けにくく、メンテナンスなどの維持管理費用を大幅に削減できることや、設備・装置の長寿命化が図れることから、高耐食ステンレス鋼の適用によりライフサイクルコストの低減が期待できる。

なお、設備や構造物に必要な強度分を全て高耐食ステンレス鋼にすると素材費がかなり高くなるため、コスト低減の方法としてステンレスクラッドがある。高い耐食性が必要な腐食環境側に薄い高耐食ステンレス鋼をクラッドし、強度は普通鋼で持たせるものである。クラッドの方法には、ステンレス鋼及び普通鋼のスラブを重ねて熱間圧延し圧着する方式、爆薬の爆発エネルギーを利用して圧着させる爆発圧着方式などがある。パイプにおいてもクラッド材があり、全板厚を高耐食ステンレス鋼にするよりも価格的に安いため、耐食性を必要とするオイル・ガスのパイプラインの大半は、内面が高耐食ステンレス鋼やNi合金のクラッドパイプが使用されている。

むすび

SUS304やSUS316などの一般的なステンレス鋼では腐食する可能性の高い高濃度塩化物イオン環境や酸環境においても耐食性に優れる高耐食ステンレス鋼とその特性、用途について紹介した。

- (1) 孔食指数PREが高い2相ステンレス鋼、オーステナイト系及び2相系のスーパーステンレス鋼は塩化物イオン環境において孔食、すきま腐食、応力腐食割れなどが発生しにくく、特にPREが40を超えるスーパーステンレス鋼は、常温海水に対し優れた耐食性を有する。
- (2) Ni、Mo含有量が高く、Cuを含有する高耐酸性ステンレス鋼は、SUS304などに比べて使用できる酸濃度・温度範囲が広い。
- (3) 高耐食ステンレス鋼は一般ステンレス鋼に比べ初期のコスト（素材費）は高くなるが、メンテナンス費用の低減、及び長寿命化が期待できるので、ライフサイクルコストでは有利であり、エネルギー・インフラ関連設備においての適用が進んでいる。

3. 耐熱ステンレス鋼

新日鐵住金(株) にし やま よし たか
技術開発本部 西山佳孝

はじめに

高温で使用されるステンレス鋼は、各種ガス環境に対する高温耐食性と、高温強度が要求される。ここでいう各種ガスとは、 O_2 、 CO_2 、 H_2O の他に、 HCl 、 SO_x 、 H_2 、 CO 、炭化水素、 N_2 、 NH_3 などである。さらには、燃焼灰も腐食に影響を及ぼす。そのため、高温酸化以外に、S（硫黄）起因の高温腐食、Cl（塩素）起因の高温腐食、浸炭および窒化など様々な腐食現象が生じるため、使用される部位のガス（および燃焼灰）環境に応じた最適なステンレス鋼を選定する必要がある。また、構造材料として使用する場合、長時間加熱による組織安定性（時効靱性）、高温クリープ特性、疲労特性、さらには施工時の溶接性も要求される場合がある。

◇ 耐熱ステンレス鋼の用途と代表鋼種

耐熱ステンレス鋼は、フェライト系とオーステナイト系に大別される¹⁾。フェライト系およびオーステナイト系ステンレス鋼の系譜を図1に示す。高温耐食性（ここでは、上記の各種腐食現象を総称する）を向上するには、Cr含有量を高めるのが有効である。これは、鋼表面に形成する酸化物がFe系よりCr系（ Cr_2O_3 ）の方が保護性を有す

るためである。また、Siは Cr_2O_3 と母材の界面に SiO_2 を形成し、さらに高温耐食性を高める。フェライト系は、14%CrおよびSiを高めたSUS429系、Crを19%含有するSUS444系が耐熱性に優れる。高温耐食性と同時に高温強度を高めるために、NbやMoを添加することも特徴である。オーステナイト系は18%Cr-8%NiのSUS304に対し、Cr含有量を高めたSUS309SやSUS310Sが各種工業炉や発電プラントに用いられる。SUS310Sより高温強度を重視した耐熱性が要求される場合は、Niを高めたNCF800H（UNS^{【脚注】} N08810）が選定される。一方、Si含有量を高めたSUS302BやSUSXM15J1は、特にCl起因の高温腐食を抑制する効果があるため自動車排気系のフレキシブル管に適用されている。

図2に代表的な耐熱ステンレス鋼の高温引張り特性を示す²⁾。600℃以上におけるオーステナイト系ステンレス鋼の0.2%耐力は、フェライト系ステンレス鋼のそれより高くなる。このことから一般に、高温強度を重視する構造部材にはオーステナイト系が、それ以外の部材は経済性に優れたフェライト系を指向する。

耐熱ステンレス鋼の用途として、自動車排気系部品、家電・厨房熱機器、工業炉、発電プラント

【脚注】 金属材料の識別番号（Unified Numbering System）を意味する

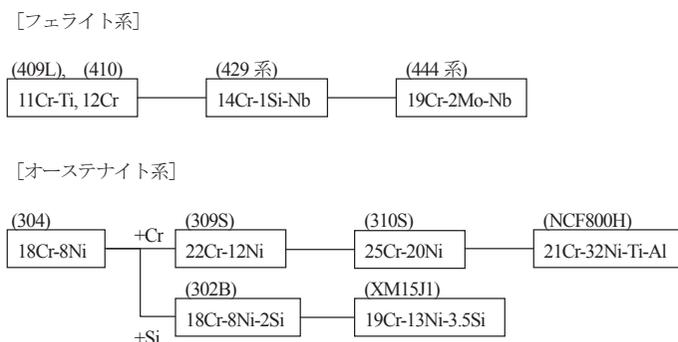


図 1 耐熱ステンレス鋼の系譜¹⁾
() 内はJIS規格鋼種名

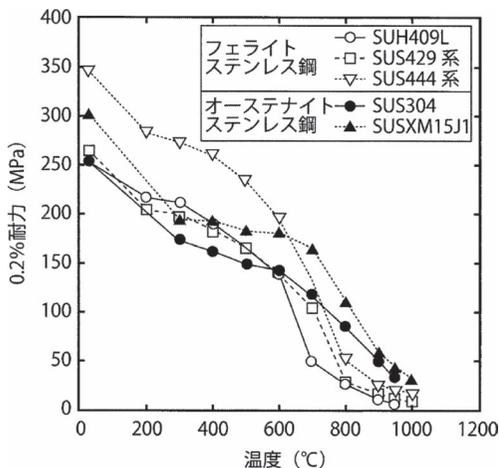


図 2 耐熱ステンレス鋼の高温引張り特性²⁾

および化学プラントなどがあげられる。

以下、エネルギー分野である発電プラントおよび化学プラントにおける耐熱ステンレス鋼の適用例を紹介する。さらに、自動車排気系部品についても触れる。なお、発電プラントのうち、火力発電のボイラ用鋼管（過熱器管、再熱器管、および主蒸気管）に用いられる耐熱ステンレス鋼については、第三章で詳述するのでここでは割愛する。

1. 発電プラント

石炭火力の微粉炭焚きボイラ、バイオマスを燃料とするCFB（循環流動層ボイラ）、および産業廃棄物を燃焼するストーカ式ボイラにおいて、過熱器管の保護板やダクト内張りは、S起因もしくはCl起因の高温腐食と燃焼灰粒子の衝突によるエロージョン（材料の損耗）が問題となる。高温耐食性と耐エロージョン性を有するには保護性Cr₂O₃皮膜を強固に鋼表面に形成する必要がある。NSSMCTM-NAR-AH-4（23Cr-11Ni-0.2N-RE, UNS S31060）は、RE（Rare Earth:希土類元素）としてLaおよびCeからなるミッシュメタルを約0.03%添加することを特徴としている³⁾。REを添加することで、鋼表面に形成したCr₂O₃が長時間使用中に母材から剥離することを抑制する。長期安定な保護性Cr₂O₃は高温耐食性と耐エロージョン性を飛躍的に向上させる。さらに、窒素を添加することにより高温強度が高まる結果、SUS310Sや高Si添加ステンレス鋼より優れた耐熱性を発揮することが実証されている⁴⁾。

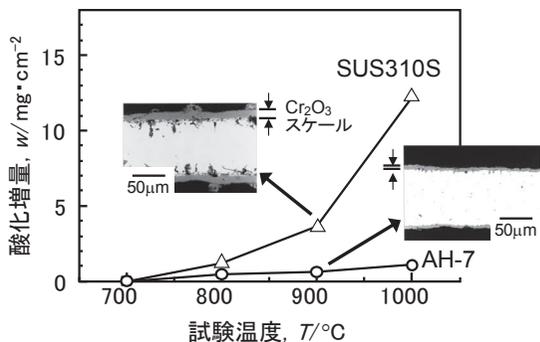


図 3 NSSMCTM-NAR-AH-7とSUS310Sの酸化挙動の比較⁴⁾
(3% O₂-9% CO₂-16% H₂O-bal. N₂中500h加熱試験)

省エネルギー技術の観点から、プラントの高効率化を実現するひとつの技術として、排熱の有効利用がある。これは、燃焼空気や燃料ガスを排ガスの熱を利用して熱交換にて温めることである。天然ガスが燃料の場合、その燃焼排ガスは高濃度の水蒸気を有するため、SUS310Sは耐酸化性が不十分である。NSSMCTM-NAR-AH-7（26Cr-18Ni-0.2N-RE, UNS S33550）は、1000°Cまでの高温かつ高湿度環境における耐酸化性に優れた耐熱ステンレス鋼である⁴⁾。図3に、16%のH₂Oを含む燃焼排ガス環境における酸化増量の温度依存性を示す⁵⁾。SUS310Sに比較して酸化増量は小さい、すなわち酸化皮膜の成長が遅く保護性に優れる。さらに、AH-7は窒素を高めることによってSUS310Sより高温の引張強度、クリープ強度に優れることから、燃料電池の燃料改質器や次世代ガスタービンの熱交換器（再生器）などの耐熱ステンレス鋼として採用されている。

2. 化学プラント

石油精製における接触改質炉は、600~630°Cで原油の蒸留で得られる炭化水素系のナフサを高オクタン価改質ガソリンに改質する。9Cr-1Mo鋼やSUS321（18Cr-10Ni-Ti）が用いられている。生産効率向上のための高温低圧操業は、材料に炭素起因の腐食（浸炭およびメタルダスティング腐食⁶⁾）を引き起こす。そのため、一部の炉ではNiを高めたNCF800Hが採用されている。

化学工業分野におけるエチレン製造装置は、ナフサ（最近ではシェールガス/オイルを原料とする場合もある）を水蒸気とともに900~1150°Cで分解

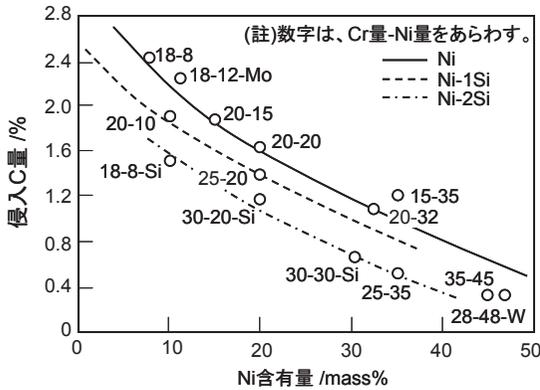


図 4 1000°C × 200h浸炭試験後の鋼中侵入C量に及ぼすCr、Ni、Siの影響⁷⁾

し、化学基礎製品を生産する。ここでは、耐浸炭性と耐コーキング（炭素析出）性、ならびに高い高温強度が要求される。NCF800Hに代わり、SCH22（25Cr-20Ni）遠心铸造管が適用された。さらに高温操業化がいつそう進んだ結果、耐浸炭性と高温強度を高めるためNiを高めたSCH24（25Cr-35Ni）が開発された。図4に示すように浸炭に対してCrのほかNiやSiが有効である⁷⁾。NiはCr₂O₃の鋼表面形成を促進する⁸⁾他、鋼中の炭素固溶度を下げ、母材内部に進行する浸炭速度を低減する⁹⁾。SiはCr₂O₃と母材の界面に酸化物を形成し炭素の遮断効果を一層高めるため、Siを高めた改良SCH24も適用されている¹⁰⁾。

3. 自動車排気系部品

自動車排気系部品とは、エンジン燃焼筒で発生した排気ガスが外気に放出されるまでの流路を構成する部品である。耐熱ステンレス鋼が用いられているのは、エキゾーストマニホールド、フロントパイプ、フレキシブル管、および触媒コンバータである。エキゾーストマニホールドは750～1000°Cの燃焼排ガス環境となる。SUH409Lや耐熱

性を高めたSUS429系、SUS444系といったフェライト系ステンレス鋼が適用される¹¹⁾。また、触媒の活性化温度到達時間を早め環境浄化を高めるために2重管式の低熱容量マニホールドが適用される。この場合、2重管の内管は高温強度が重視されるため、オーステナイト系が指向され、前述のAH-4が採用されている。フレキシブル管はエンジンの振動が下流の排気管に伝わることを抑制する目的で設置され、融雪塩（塩化カルシウムなど）の付着による高温塩害腐食が問題となる。そのため、前述のようにSiを高めたオーステナイト系ステンレス鋼が適用される。触媒コンバータに用いられるステンレス箔は1000°C以上の高温となるため、フェライト系20%Cr-5%Al-Laが適用される。高温まで保護性を有するAl₂O₃を鋼表面に形成することで耐酸化性を確保している。

参考文献

- 1) 松本光史ほか：“改訂ステンレスの初歩” ステンレス協会発行（1991）などを参考に作成
- 2) 梶村治彦：ふえらむ、11（2006）、67.
- 3) 西山佳孝ほか：住友金属、49、4（1997）、50.
- 4) 山本晋也、西山佳孝、福村雄一：新日鐵住金技報、396（2013）、99.
- 5) 西山佳孝、大塚伸夫、來村和潔、阿部賢：まてりあ、49、2（2010）、72.
- 6) 西山佳孝：材料と環境、56、3（2007）、84.
- 7) A.G. Wysiekierski, G. Fisher, and C.M. Schillmoller: Hydrocarbon Process., 78, 1（1999）、97.
- 8) H.J. Grabke, U. Gravenhorst, and W. Steinkusch: Werkst. Korros., 27（1976）、291.
- 9) Y. Nishiyama, N. Otsuka, and T. Nishizawa: Corrosion, 59, 8（2003）、688.
- 10) 榎木義淳、小川和博、矢野芳則、西みち夫、吉川州彦：住友金属、41、1（1989）、11.
- 11) 細井祐三ほか：“ステンレス鋼の科学と最新技術” ステンレス協会発行（2011）.

4. 高強度ステンレス鋼

大同特殊鋼(株) たか はし ま り
研究開発本部 高橋 茉莉

まえがき

様々な産業分野において材料の高強度化は求められている。例えば、材料の高強度化により小型化、薄肉化することが可能であり、軽量化やスペースの有効利用により製品の性能を向上することが出来る。良好な耐食性を有することから使用されることの多いステンレス鋼においても高強度化のニーズは高まっている。

金属の室温付近での塑性変形は主に転位のすべり運動によって起こっている。それゆえ、強化を図るためには結晶の中にできるだけ多くの障害物を導入して転位の運動を妨げる必要がある。ステンレス鋼で使われている転位の運動を妨げる強化機構として、マルテンサイト変態、固溶強化、加工硬化、析出硬化、結晶粒微細化による強化が挙げられる。

ステンレス鋼ではこれらの強化機構を単独、複合的に利用することによって高強度化を図っている。ここでは、各強化方法についての説明と、特に強化元素として注目されている窒素を添加した鋼種について紹介する。

◇ ステンレス鋼における強化方法

1. マルテンサイト変態による強化

ステンレス鋼の組織はマルテンサイト系、フェライト系、オーステナイト系、二相（フェライト＋オーステナイト）系に大きく分類される。鉄鋼においてマルテンサイト組織は最も強度の高い組織であり、ステンレス鋼においてもマルテンサイト系ステンレス鋼が最も素地強度が高い系統である。これらは焼入れすることによりマルテンサイト変態が起り、侵入型元素であるCが過飽和に固溶し、高密度の転位が存在する。これにより、転位同士が相互作用を起こし、互いの運動を妨げ合うために強度が上昇する。これがマルテンサイト変態による強化である。実際には、焼入れまま

では韌性が劣るため、強度と韌性のバランスを考慮した焼戻し処理を行う。

代表するJIS鋼にはSUS440C（17Cr-1.0C）、SUS420J2（13Cr-0.3C）、SUS410（13Cr-0.1C）が挙げられる。マルテンサイト組織の硬さはC量の増加によって著しく上昇する。このため、JIS鋼では1.0CであるSUS440Cが最も強度の高いステンレス鋼となっている。

マルテンサイト変態を利用した高強度ステンレスとして、近年では、優れたたばね性を有する焼入れ硬化型高強度ステンレス鋼NSS1500SPが紹介されている¹⁾。

2. 固溶強化

純金属に合金元素を固溶させると母金属原子と添加された金属原子の原子半径の差により格子のゆがみが生じ、結晶内に応力場が発生する。この応力場が転位の運動を妨げることで強度が上昇する。これが固溶強化である。

図1にオーステナイト系ステンレス鋼に及ぼす種々の合金元素の固溶強化作用を示す²⁾。この図より侵入型固溶元素であるN、Cが非常に有効であることが分かる。また、置換型元素においてはオーステナイト生成元素に比べてフェライト生成元素の効果が大きい。この中で最も固溶強化に有効であるNについては非常に注目されていることから、後述にて詳しく説明する。

3. 加工硬化

冷間、もしくは制御された温度域において、鍛造、圧延、線引きなどの塑性加工を施すことで、高密度の転位が導入される。これにより、転位同士が相互作用を起こし、互いの運動を妨げ合うために強度が上昇する。これが加工硬化である。

一般的にオーステナイト系ステンレス鋼はフェライト系ステンレス鋼よりも加工硬化率が大きい。代表するJIS鋼としてはSUS301が挙げられる。準安定オーステナイト系ステンレス鋼は冷間加工を施すと加工誘起マルテンサイト組織を生成する。

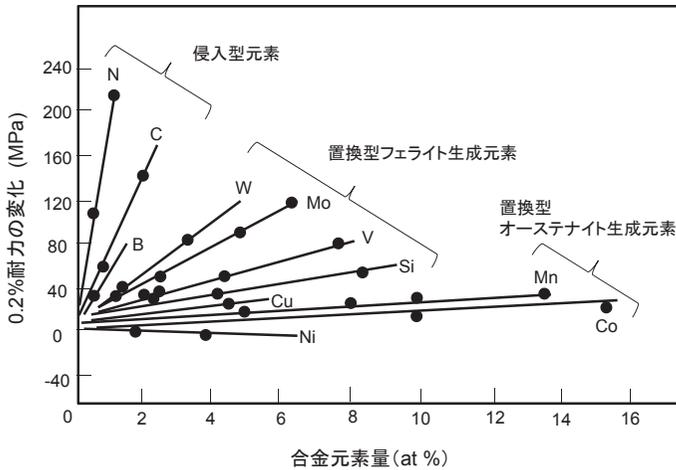


図 1 Cr-Ni オーステナイト系ステンレス鋼の0.2%耐力に及ぼす固溶元素の影響²⁾

オーステナイト安定化元素であるNi、Mn、Cu、C、Nを減らすことで加工硬化率は向上する方向へと進む。また、オーステナイトの積層欠陥エネルギー（格子面の積み重なり方の規則性が乱れている面に存在する過剰なエネルギー）も加工硬化挙動に大きく影響し、積層欠陥エネルギーが減少するSiは加工硬化性が向上し、積層欠陥エネルギーが増加するNi、Cuは加工硬化性を低下させることが確かめられている³⁾。オーステナイトの積層欠陥エネルギーはC、Ni、Cu、Nbなどにより上昇し、Cr、Mn、Si、Nにより低下する傾向がある⁴⁾。

この加工硬化を利用した高強度ステンレス鋼として、当社では非磁性ドリルカラー用DNM110 (18Cr-15Mn-3Ni-0.8Mo-0.4N)、DNM140 (19Cr-16Mn-3Ni-0.8Mo-0.5N)を開発している^{5)~7)}。これらは温間加工による加工硬化および窒素添加による固溶強化を複合的に利用することで、それぞれ758MPa (110ksi)、965MPa (140ksi)以上の降伏強度を確保している。また、冷間加工率80%においても透磁率 $\mu < 1.005$ であり、安定なオーステナイト相を有している。

4. 析出硬化

固溶化熱処理-時効処理の熱処理により、母相に炭化物や金属間化合物などの第二相を析出させることで、これらの析出物が転位の運動の障害となって強化する。これが析出硬化である。一般的に析出物は微細でかつ多数分散することにより、

強化への影響は大きくなる。

ステンレス鋼において代表するJIS鋼としては、マルテンサイト系のSUS630 (17%Cr-4%Ni-4%Cu)、セミアオステナイト系のSUS631 (17%Cr-7%Ni-1.2%Al)が挙げられる。SUS630の固溶化熱処理後の組織はマルテンサイトであり、その後の時効処理によりCuリッチ相が微細析出することで高強度化する。時効処理温度により強度と靱性が変わるため、用途に応じた熱処理を施すことで最適な特性を備えることが可能である。SUS631は前述のSUS301にAlを添加した鋼種であり、加工硬化+析出硬化により高強度化を図っている。す

なわち、固溶化熱処理後はオーステナイト組織であるが、その後、冷間加工により加工誘起マルテンサイト組織を生成させることで母相をマルテンサイトとし、時効処理によりNi-Al系金属間化合物を析出させることにより高強度化する。この他にもSUS631では固溶化熱処理後にMs点を上昇させる中間熱処理（炭化物の析出によるMs点上昇）を行い、焼入れることでマルテンサイト組織とし、時効処理する方法もある。

また、析出硬化を利用した高強度ステンレス鋼として、近年では、航空機用高強度ステンレス鋼として析出強化元素としてAl、Tiを複合添加したFe-Cr-Ni-Co-Mo-Al-Ti系の開発鋼が紹介されている⁸⁾。

この他にもオーステナイト系析出硬化ステンレス鋼では耐熱鋼として知られるSUH660が挙げられ、時効析出強化に γ' 相を利用する。 γ' 相は高温強度に非常に有効であることから、Fe-Ni基やNi基耐熱合金においても利用されている。

フェライト系析出硬化型ステンレス鋼の研究は従来よりいくつかの報告はあるものの非常に少ない⁹⁾。近年では、電磁ステンレス鋼において、Ni-Al系金属間化合物およびCuの析出を図ったK-M57が報告されている¹⁰⁾。

5. 結晶粒微細化による強化

結晶粒界を挟む2つの結晶は方位が異なるので、1つの結晶粒内をすべてきた転位は粒界を横切

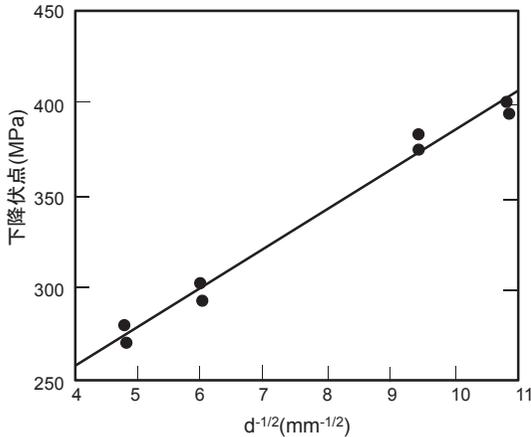


図 2 焼なまされた軟鋼の降伏強さへのフェライト結晶粒径の影響¹¹⁾

ることはできず、粒界に集積する。粒界にある量の転位が堆積すると次の結晶粒に変形が移る。このため、結晶粒の大きさが強度に寄与する。一般的に結晶粒径 d と降伏強さ σ_y の間にはHall-Petchの式が成立する。

$$\sigma_y = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$$

(σ_y : 降伏強さ、 σ_0 : 単結晶の降伏強さ、 K : 定数、 d : 結晶粒径)

図2に焼なまされた軟鋼の降伏強さへのフェライト結晶粒径の影響を示す¹¹⁾。結晶粒が微細になるに伴い、降伏強さは上昇しており、Hall-Petchの式が成立していることが分かる。

◇ N添加による高強度化

Nはステンレスのオーステナイト母相へ固溶することで強度上昇に寄与する。前述の図1に示すように、実用的な固溶強化型元素の中でNは最大の強化作用を有することが知られている。

JIS鋼においてもSUS304にN添加したSUS304N1 (N: 0.10~0.25%)、SUS304N2 (N: 0.15~0.30) やSUS316にN添加したSUS316N (N: 0.10~0.22%) がある。

高圧N雰囲気中で溶解した高Nステンレス鋼を用いた実験によればSUS304、SUS316の引張強さは侵入型で固溶しているN添加量の1/2乗に比例して増加すると報告されている¹²⁾。また、種々のN含有オーステナイト系ステンレス鋼においては0.2%耐力がN量の2/3乗に比例することが報告され

ている¹³⁾。また、Nは固溶強化のみでなく、加工硬化にも寄与することが報告されている。SUS310系においてN添加により、降伏強さが増し、同時に加工硬化も向上することが示されている¹⁴⁾。

オーステナイト系ステンレス鋼においてはN添加により、強度に及ぼす結晶粒の影響を増大させることが報告されている¹³⁾。ここでは、前述のHall-Petchの式における定数 K が0.4%N添加までは急激な増大を示すが、それ以上のN濃度になると緩やかに増大することが示されている。

このようにN添加は固溶強化、加工硬化、結晶粒微細化への影響を与えるため、強度上昇にはこれらの効果を複合的に活用することが可能である。また、ステンレス鋼において非常に重要となる耐食性への寄与も大きい。ステンレス鋼における耐食性の指標としてよく使われる耐孔食指数 (PRE: Pitting Resistance Equivalent) は $PRE = Cr\% + 3.3Mo\% + 30N\%$ で示されており、これからもNの効果が非常に高いことが分かる。Nの耐食性向上への効果機構については、アンモニウムイオン生成によりpHを上昇させることでの孔食抑制、硝酸塩生成によるインヒビター効果、不動態そのものの働きによる孔食抑制など様々な仮説があり、議論がされている¹⁵⁾。

◇ 高Nステンレス鋼の開発事例

図3に高Nステンレス鋼の開発年次とN含有量を示す¹⁶⁾。オーステナイト系には比較的Nが固溶しやすいため、古くより大気圧溶解鋳造法でNを添加し、高耐食化を図ったNitronicシリーズや生体アレルギー対応のNiフリーステンレス鋼が開発されている¹⁶⁾。また近年では、Niが10%と比較的少ないにもかかわらずスーパーオーステナイトステンレス鋼レベルの耐食性 (耐孔食性) を有するDSN9 (6Mn-10Ni-23Cr-2Mo-0.5N) が開発されている¹⁷⁾。マルテンサイト系ではオーステナイト系と比較するとN固溶量は少ないものの、高強度・高耐食セルフドリルスクリー用としてNを0.1%添加したYUS550が開発されている¹⁸⁾。また、SUS440Cと同等の硬さで4倍以上のスラスト転動疲労寿命を実現したES1 (0.45C-13Cr-0.14N) が開発され、軸受用途に実現されている^{19)、20)}。

また、欧州では約20年以上前から加圧ESR

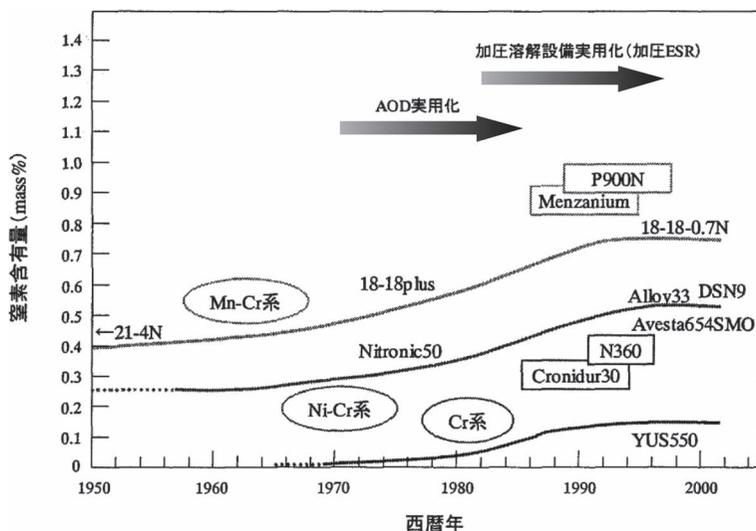


図 3 窒素利用鋼の窒素レベルの推移および代表鋼種¹⁶⁾

(Electro-Slag-Remelting) を用いた高N鋼の開発が進められ、いち早く実用化されている。大気圧での溶解に比べ、Nの固溶量が多くなることから、強度、耐食性への寄与も大きくなる。オーステナイト系では最大でNが0.9%添加された鋼種が発電機用リテーニングリングとして使用されている¹⁶⁾。この鋼種はNiを含まないが、非磁性であることに加えて、強度、耐応力腐食割れ性に優れている。一方、マルテンサイト系ではCの代わりにNを添加し、硬さを維持したまま巨大な1次炭化物を軽減したDINX30CrMoN15-1 (0.3C-15Cr-1Mo-0.3N)が開発され、耐食軸受などに適用されている²¹⁾。

当社でもNEDO委託研究で20気圧の500kg加圧誘導溶解設備を導入し、高Nステンレス鋼の開発を進めている^{22)~24)}。オーステナイト系においては人体に対しアレルギー原因となるNiをほとんど含有しないDSN-PNを開発している。Nを0.8%添加することで固溶化熱処理状態での強度はSUS329系の二相ステンレス鋼よりも高く、冷間加工により引張強さ2,000MPa以上が得られる。また、マルテンサイト系においてはDSR-PNを開発している。この鋼はNを0.4%添加することでSUS440Cに代表される従来の高硬度ステンレス鋼と同等の硬さを有し、かつ耐海水用のSUS316に近い耐食性を有している。

参考文献

- 1) 磯崎誠一、日新製鋼技報、No87、(2006)
- 2) K.J. Irvine, J. Iron Steel Inst., 199 (1961), 153
- 3) N.Ohkubo, ISIJ Int., 34 (1994), 764
- 4) ステンレス鋼便覧 下 第3版 p.171
- 5) 電気製鋼、73 (2002)、135
- 6) 電気製鋼、79 (2008)、261
- 7) 石川浩一、まてりあ：日本金属学会会報、48 (2009)、85
- 8) 上野友典、日立金属技報、Vol.29、(2013)、p20
- 9) 渡辺敏幸、電気製鋼、第49巻第4号
- 10) 江幡貴司、電気製鋼 第75巻4号、(2004)
- 11) W.B. Morrison, J. Iron Steel Inst., 201 (1963), 317
- 12) J.C. Rawers, Metall. Trans. A, 23A (1992), 2061
- 13) 土山聡、ふえらむ、7 (2002)、16
- 14) 友田陽、ふえらむ、7 (2002)、24
- 15) 遅沢浩一郎、日本鉄鋼協会 第190回西山記念講座 (2006)、p71
- 16) 野田俊治、日本鉄鋼協会 第190回西山記念講座 (2006)、p141
- 17) 古賀猛、清水哲也、野田俊治、電気製鋼、73 (2002)、127
- 18) 高野光司、新日鉄技報、第361号 (1996)、43
- 19) 田中進、NSK Technical Journal, (1998), 665, 34
- 20) 田中進、NSK Technical Journal, (2002), 674, 7
- 21) H. Berns, Proc. of the 2nd Int. Conf. On High Nitrogen Steels "HNS90", Aachen GERMANY, (1990), 425
- 22) 濱野修次、清水哲也、野田俊治、電気製鋼、77 (2006)、107
- 23) 成田修二、濱野修次、清水哲也、電気製鋼、77 (2006)、171
- 24) 成田修二、植田茂紀、清水哲也、電気製鋼、79 (2008)、188

5. 高成形ステンレス鋼

日新製鋼(株) 技術研究所 ひろ た りょう じ
ステンレス・高合金研究部 広 田 龍 二

まえがき

代表的なオーステナイト (γ) 系ステンレス鋼であるSUS304 (18Cr-8Ni、数字は含有量 (mass%)) は優れた耐食性と加工性を兼ね備え、広い分野で用いられている。しかし、硬質で加工硬化が大きいことから、加工度の高い成形では途中で焼鈍処理が必要になるなど、加工コストやエネルギーの低減という点では優れた素材とは言い難い¹⁾。

このような背景から極軟質 γ 系ステンレス鋼NSS304ES (LowC、N-17Cr-8Ni-1.6Mn-3.2Cu) が開発された²⁾。NSS304ESは極めて軟質で加工硬化が低く、耐時期割れ性、穴広げ性、ファインブラッキング性に優れることを特徴とし、お客様でのプレス加工負荷低減や中間焼鈍処理省略による省エネルギーに貢献できる材料である。本報では、NSS304ESの機械的性質、成形性、ファインブラッキング性および用途例について紹介する。

◇ NSS304ESの合金設計の考え方

NSS304ESの合金設計は、軟質化および加工硬化抑制の観点から行った。軟質化を目的として固溶強化元素であるC、NおよびSiを低減するとともに、固溶軟化元素であるCuを添加した。加工硬化抑制の観点からは、合金元素添加により γ 安定度および積層欠陥エネルギー (Sticking Fault Energy、以下SFEと記す) の制御を行っ

た。SUS304に代表される準安定 γ 系ステンレス鋼は、焼鈍ままの状態では γ 単相であるが、加工すると加工誘起マルテンサイト (α') 相が生成する。加工誘起 α' 相は γ 相に比べ硬質であるため著しい加工硬化を誘発する。NSS304ESは、Cu、Mnなどの添加により γ 相を安定化させSUS304に比べ加工誘起 α' 相の生成を低減し、加工硬化を抑制させている。また γ 系ステンレス鋼のように結晶構造が面心立方構造 (FCC) を有する金属ではSFEが加工硬化挙動に著しく影響する³⁾。FCC金属では加工にともない積層欠陥が生成し、転位の増殖によって加工硬化が促進される。積層欠陥の生成のしやすさはSFEによって決まり、SFE値が高い場合には積層欠陥が生成し難く γ 相の加工硬化が抑制される。NSS304ESは、Ni、CuあるいはMnを添加しSFE値を高めている。以上のように、NSS304ES (LowC、N-17Cr-8Ni-1.6Mn-3.2Cu) は軟質化および加工硬化抑制の観点から、Cuを有効活用した鋼といえる。

◇ NSS304ESの諸特性

1. 機械的性質および成形性

表1にSUS304の焼鈍材、NSS304ESの焼鈍材と10%調質圧延材の機械的性質、60%圧延時の α' 相生成量を示す。焼鈍材で比較するとNSS304ESはSUS304に比べ耐力が約40MPa、引張強さが約140MPa、硬さが約40HV低く軟質化が図られており、伸びは同等である。60%圧延時の α' 相生成量

表 1 SUS304の焼鈍材およびNSS304ESの焼鈍材、10%調質圧延材の機械的性質および60%圧延時の α' 生成量

	仕上げ	0.2%耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	伸び (%)	硬さ (HV)	60%圧延時の α' 量 (%)
SUS304	焼 鈍	256	647	56	166	40
NSS304ES	焼 鈍	223	514	57	132	12
	10%調質圧延材	495	587	41	197	—

引張試験片：JIS13B号、引張方向：圧延方向に平行
素材板厚：3mm

表 2 SUS304およびNSS304ESの成形性 (素材板厚0.6~0.7mm)

	n値	エリクセン値	限界絞り比： LDR	耐時期割れ 限界絞り比	穴拡張比 (打抜き穴)
SUS304	0.45	B13.3	2.00	2.40~2.86	0.40
NSS304ES	0.45	B14.0	2.05	3.10以上	1.26

をみると、SUS304が40%であるのに対して、NSS304ESは12%であり加工誘起 α' 相の生成が抑制されていることがわかる。NSS304ESの10%調質圧延材は焼鈍材に比べ耐力、引張強さ、硬さが増加し、伸びは低下している。SUS304の焼鈍材と比較すると耐力は約240MPa高くなっているが、引張強さは約60MPaも低く保たれている。これは、NSS304ESの加工硬化が抑制されていることを示している。

表2にSUS304とNSS304ESの成形性を示す。張出し性の指標であるn値、エリクセン値および深絞り性の指標である限界絞り比LDRは、SUS304とNSS304ESでほぼ同等であるが、耐時期割れ限界絞り比はNSS304ESの方が優れている。時期割れとは、 γ 系ステンレス鋼を強加工後、数時間から数日経過後に割れを生じる現象で、脆化した部位、すなわち加工誘起 α' 相が生成した部位に引張残留応力が働くことに起因する破壊現象である⁴⁾。NSS304ESは、塑性流動性に優れるため加工後の残留応力が低く抑えられること、C含有量が低く軟質であること、さらに加工誘起 α' 相の生成が抑制されていることで耐時期割れ性が改善されている。したがってNSS304ESの適用により、例えば多段プレス加工で時期割れを防止するために施される中間焼鈍を省略あるいは回数を低減できるというメリットがある。穴拡張比(打抜き穴)は、SUS304に比べ非常に高い値を有しており、各種ステンレスの中でも最も優れている⁵⁾。これは、NSS304ESが軟質であることに起因して打抜き破面の延性低下が少ないこと、MnなどA系介在物などの破断起点⁶⁾が少ないことが要因であると考えられている。

2. ファインブランキング性

最近では、ステンレス鋼の精密打ち抜き加工(ファインブランキング: Fine Blanking、以下FBと記す)を始めとするニアネットシェイプ成型加工への適用例が増加して

いる。図1にFBの加工原理を示す。全面平滑なせん断破面からなる切り口面を得るために圧縮応力下で打ち抜き加工が行われる。板押えおよび逆押えにより被削材は加圧され、板押えにV字型の突起が設けられることにより圧縮応力が周囲に逃げるのを効果的に防止している。FB加工が繰り返されることによりポンチが磨耗すると、破断面が増加するとともに、せん断破面が減少する。さらにダイスが磨耗するとだれ量が増加する⁷⁾。FB加工では、破断面の増加抑制およびだれ量の低減のためにさまざまな工夫がなされているが、材料特性も大きな影響を及ぼす。だれ生成量は調質圧延により抑制されることが見出されており、調質圧延率10%以上でほぼ一定になる。これは、調質圧延により加工硬化率を低減させる効果と考えら

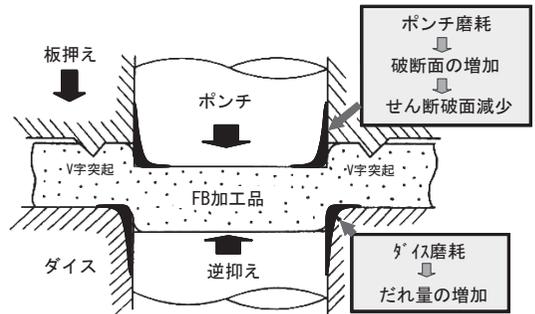


図 1 ファインブランキングFBの加工原理

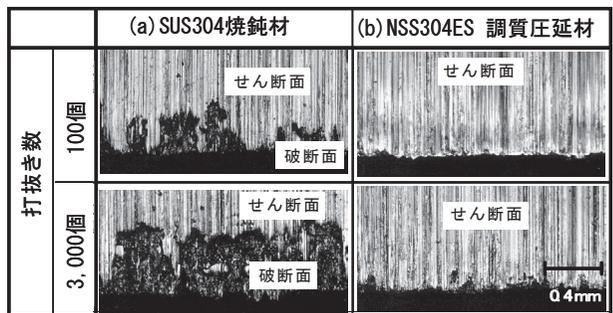


図 2 SUS304焼鈍材とNSS304ES-10%調質圧延材のせん断破面の外観

れている⁸⁾。表1によるとNSS304ESの10%調質圧延材はSUS304に比べ、0.2%耐力、硬さは高いものの引張強さは低いことからFB加工時の負荷が抑制され、FB性の向上が期待される。そこで、NSS304ESの10%調質圧延材のFB性をSUS304焼鈍材と比較した結果を紹介する。

図2にSUS304焼鈍材およびNSS304ESの10%調質圧延材の打抜き100個目と3,000個目のせん断破面の外観を示す。SUS304焼鈍材では、100個目に破断面が認められ、3,000個目ではその割合が増加し50%ほどに達する。それに対してNSS304ESの10%調質圧延材では100個目から3,000個まで一貫してせん断面であり破断面が認められない。また、NSS304ESの10%調質圧延材はSUS304焼鈍材に比べ、FB加工時のだれ生成量が抑制されることも確認されている。

このようにNSS304ESがSUS304に比べ優れたFB性を示す理由として、(1) オーステナイト安定度が高く、加工誘起マルテンサイト変態が抑制されること、(2) SFE値が高く積層欠陥が生成し難いこと、(1)(2)により加工硬化が抑制されることでFB加工時の変形抵抗が低減されることが挙げられる。さらにNSS304ESの開発過程においてCu含有により引張変形時に比べ圧縮変形時の加工誘起マルテンサイト変態が抑制されることが見出されている⁸⁾。上記のようにFB加工は圧縮応力下で行われるため、このことも変形抵抗の低減に寄与していると考えられる。

3. 用途例

NSS304ESの特徴を活かしてさまざまな用途で使用されている。本章ではその中のいくつかの例を紹介する。

(a) 高精度機械ケース：SUS304を深絞りしていたが、(1) 最終工程にて所定形状(真円度)が安定しないこと、(2) 中間焼鈍を施す必要があり生産コストが増加するなどの問題があった。形状凍結性に優れたNSS304ESを適用することで、規格形状を満足する製品の加工および中間焼鈍の省略が可能となった。

(b) センサーケース：SUS316L (Low-C-18Cr-

12Ni-Mo)などのNi含有量が高い素材を用いて超深絞り加工により生産されていた。NSS304ESの適用で(1) SUS316Lに比べNi含有量が低いことからのコストメリット、(2) プレス加工肌荒れの抑制による表面品質の向上を提供できた。

(c) 遊戯用コイン：黄銅に微細な模様を刻印するコイン加工後にNiめっきを施して生産されていた。めっき省略、製品使用中のめっき磨耗による表面品質低下抑制の観点からステンレス化の検討がなされた。NSS304ESの適用により刻印鮮鋭性を損なうことなく、金型寿命を確保した量産が可能となった。

その他、NSS304ESの特徴を活かして、冷間加工性、2次加工性が必要とされる用途、例えばフランジ、フラットバー、容器口金、建材部品、部品ケース、型鋼などに用いられている。

むすび

NSS304ESは極めて軟質で、加工硬化が抑制されており、高時期割れ限界絞り比、優れた穴抜け性、FB性、二次加工性を有している。さらに加工時の変形抵抗が低いことから金型負荷を低減できる。今後、塑性加工技術の進歩とあいまって、さらに過酷な成形に対応できるステンレス鋼板のニーズが増加すると考えられる。本鋼の適用により、お客様でのプレス加工負荷低減や中間焼鈍処理省略による省エネルギーに貢献できる。

参考文献

- 1) 鈴木聡：プレス技術、41-1 (2003)、32
- 2) 鈴木聡、田中秀記、宮楠克久：日新製鋼技報、80 (2000)、23
- 3) D. Dulieu and J. Nutting: Met.Trans., 2 (1968)、140
- 4) 星野和夫：鉄と鋼、63 (1977)、659
- 5) 鈴木聡、田中秀記、宮楠克久：CAMP-ISIJ、13 (2000)、552
- 6) 大久保直人、宮楠克久、日新製鋼技報、69 (1994)、129
- 7) 中川威雄著：ファインブランキング—精密打ち抜きの理論と実際—、日刊工業新聞社、東京、(1998)
- 8) 鈴木聡、田中秀記、溝口太一郎：日新製鋼技報、88 (2007) 66

Ⅲ. エネルギー分野で使用されるステンレス鋼

1. ボイラー用シームレスステンレス鋼管

新日鐵住金(株) いせだ あつ ろう
鋼管技術部 伊勢田 敦 朗

まえがき

ボイラー用鋼管は、大別して2つの製法（シームレス：継目無と電気溶接）、2つの材質（フェライト鋼と、オーステナイト系ステンレス鋼）、2つの用途（チューブとパイプ、どちらも管と訳す）がある。組合せは計8種類であるが、ステンレス鋼（JIS規格では、約11%以上のクロム：Crを含有する鋼、規格名がSUS+番号等の表記）が使われるのは、シームレス（継目無）+オーステナイト系ステンレス鋼+チューブ（管）だけである（一部の例外はある）。本稿でわかりやすく解説したい。

◇ チューブ（管）とパイプ（管）は違うのか？

答え：材料は同一でも、専門用語は区別して使う。

チューブとは熱交換器管（ボイラーチューブ、伝熱管ともいう。ボイラー内の燃焼熱を、ボイラーチューブ内部を流れる水に伝え、熱交換させて高温高压蒸気をつくる目的に使う管）のことであり、パイプとは配管（水や蒸気などの輸送が目的で、熱交換はしない管）のことであり、ボイラー用ステンレス鋼管の規格JIS G 3463「ボイラー・熱交換器用ステンレス鋼鋼管」と、JIS G 3459「配管用ステンレス鋼鋼管」には、汎用鋼のSUS304（18Cr-8Niのオーステナイト系ステンレス鋼）がどちらの規格にもある。化学成分、熱処理、機械的性質、サイズが同一のチューブとパイプがつくれるが、これらは別（規格）材料である。

◇ ボイラーチューブにフェライト系ステンレス鋼は使われないのか？

答え：ほとんど使われない。

鋼には、フェライト鋼（結晶構造が体心立方格子の金属組織をもつ鋼）と、オーステナイト系ステンレス鋼（クロム：Crに加え、ニッケル：Niやマンガン：Mnを多量に添加した面心立方格子の金属組織をもつ鋼）がある。ちなみに、ただのオーステナイト鋼はない。鉄に炭素を加えた「鋼」は、常温ではフェライト組織であって、オーステナイト組織をもった鋼とするには、クロム：Crやニッケル：Niなどを約10%以上添加した「ステンレス鋼」にしなければならないからである。

フェライト鋼の特徴は、高温における拡散が速く（オーステナイト系ステンレス鋼の約10倍）、伝熱性がよく、熱膨張が小さいことである。反面、高温では析出脆化、低靱性、低強度（特に高温で拡散に依存するクリープ強度が低い）の点で不利である。クリープとは、荷重のかかった金属が、高温において時間とともに変形、破壊する現象である。鋼の場合、約400℃以上の「高温」においてクリープを生ずるといわれる。

ボイラー用鋼管は、最高蒸気温度が約600℃、圧力約25MPa（約250気圧）で使われる。高温高压環境で30年以上耐える高温強度（クリープ強度）が最重要である。クロム：Crを11%以上添加したフェライト系ステンレス鋼管は、高温クリープ強度の点でオーステナイト系ステンレス鋼にはかなわない。また、フェライト系ステンレス鋼は、高温で拡散が速くシグマ相（50Fe-50Cr）を生成して強度低下や脆化が著しい。シグマ相の抑制にはニッケル：Niや窒素：N、マンガン：Mnを多量に添加したオーステナイト系ステンレス鋼が有利である。したがって、ボイラーチューブには高温強度と金属組織の安定性を重視し、フェライト系ステンレス鋼がほとんど使われない。

◇ ボイラーチューブに使われるオーステナイト系ステンレス鋼管

ボイラーチューブ用オーステナイト系ステンレス鋼管の規格体系を図1に示す。頭に(火)がついた材料は、電気事業法に基づく「火力技術基準の解釈」に承認された、近年実用化された鋼管材料である。一般のJIS規格のステンレス鋼管も使われるが、特にボイラー用鋼管として高温高圧下で長時間使われる性能への信頼性が要求されることから、中立専門家による審議承認を受けた通称(火)材が一般用途とは区別して規格化されている。これらステンレス鋼材料の詳しい解説は割愛し、本稿ではボイラーチューブとしてユニークな2つのステンレス鋼管と、日本発の世界に普及したステンレス鋼管に関する技術を紹介したい。

火SUS304J1HTB (18Cr-9Ni-3Cu-Nb-N, SUPER 304H[®] 鋼管) は、独自の製法により細粒組織(結晶粒度番号が約8番)とすることで、耐水蒸気酸化特性を向上させるとともに、加えて銅:Cuを添加し、微細析出させて高温クリープ強度を高めたオーステナイト系ステンレス鋼である¹⁾。

火SUS310J1TB (25Cr-20Ni-Nb-N, HR3C鋼管) は、ニオブ:Nbの炭窒化物の析出強化によって従来鋼SUS316HTBの約1.4倍の高温強度としたステンレス鋼管である²⁾。一般の火力発電ボイラーのほか、バイオマス燃焼ボイラーや廃棄物発電ボイラーの用途に世界で使われている。

これらのボイラーチューブは、シームレス鋼管である。ボイラーチューブの溶接管は2.25%Crの低合金鋼(フェライト鋼)どまりであり、それ以上の高合金材料はシームレス鋼管である。この理由は、ボイラーチューブとして高温強度や金属組織の安定性、性能の信頼性において、シームレス鋼管が選択されているからである。

一方、ボイラーチューブのショットブラストもしくはショットピーニング(ショット加工と略す)は、粗粒の金属組織をもつSUS321HTB (18Cr-10Ni-Ti, チタン:Ti)の耐水蒸気酸化特性を改善するために開発された³⁾。18%Crのオーステナイト系ステンレス鋼管の管内面にショット加工することによって、高温でクロム:Cr元素が容易に拡散し、管内面に緻密なCr酸化物の皮膜を生成させることができる。このCr酸化物皮膜によって、水蒸気酸化を防止する技術(図2、図3)⁴⁾が、今や世界に普及している。

◇ ボイラー用配管にステンレス鋼は使われないのか？

答え：今はほとんど使われていない。

高温高圧蒸気を輸送するパイプ(配管)は、外径450~850mm、最大肉厚約130mmの大径厚肉管である。オーステナイト系ステンレス鋼管は、高温強度や耐食性は高いものの、熱膨張が大きく(フェライト鋼の約1.3倍)、熱疲労特性に劣ることから、大径厚肉鋼管には不向きである。国内では、

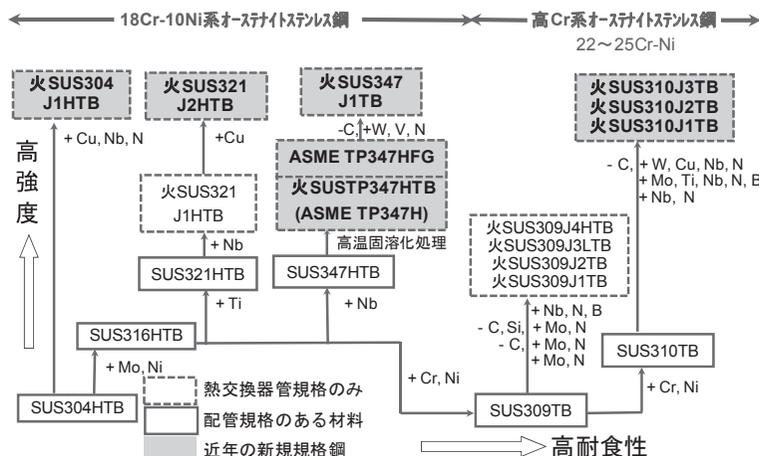


図 1 オーステナイト系ステンレス鋼管(ボイラー用鋼管)の材料規格体系

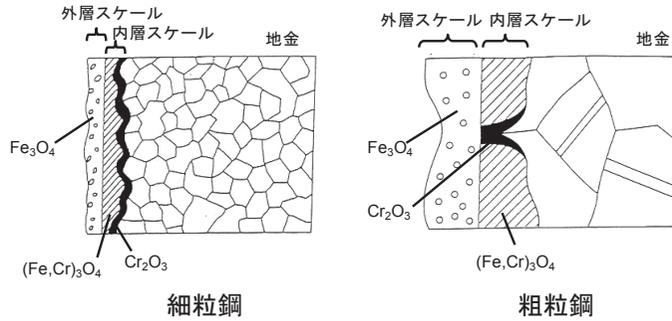


図 2 オーステナイト系ステンレス鋼管のクロミア (Cr_2O_3) 皮膜と水蒸気酸化⁴⁾

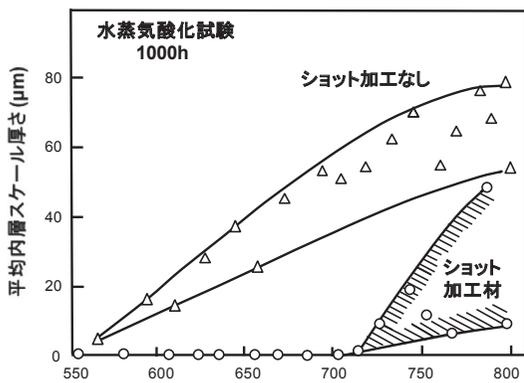


図 3 オーステナイト系ステンレス鋼管 (SUS321H の例) のショット加工による耐水蒸気酸化特性の向上⁴⁾

9～11%Crを添加したフェライト鋼管（火STPA28など）が使われている。海外では、1950年代に、米国でオーステナイト系ステンレス鋼管（316系 16Cr-12Ni-Mo、モリブデン：Mo）を主蒸気配管に使ったケースがあるが、熱疲労によるトラブルを生じ材料を取替えた経緯がある。ただし、将来の700℃級蒸気をめざすボイラーには、新しいニッケル基合金を候補にした官民一体プロジェクトが進行中である⁵⁾。

むすび

ボイラー用シームレスステンレス鋼管（チューブとパイプ）について概論を解説した。日本では、1990年代に世界に先駆け実用化した超々臨界圧ボイラー（蒸気温度は世界最高の600℃級）が主力である。日本で開発実用化されたステンレス鋼管と独自の技術が、世界の火力発電ボイラーの高効率化と環境対策に貢献している。世界の発展とともに電力需要はますます増大し、エネルギーの多様化と厳しい環境問題が避けて通れない。ボイラー用ステンレス鋼管のさらなる技術革新に、日本発の新材料・新技術が貢献することを期待している。

参考文献

- 1) 榎木義淳、大塚伸夫、小川和博、名取敦、山本里己：住友金属、46、No.1 (1994)、pp27-37
- 2) 榎木義淳、寺西洋志、牧浦宏文、三浦実、久保田稔：住友金属、37 (1985)、p166
- 3) 耳野亨、木下和久、柴田正宣：日本鋼管技報、62 (1973)、pp499-508
- 4) 例えば、大塚伸夫：住友金属、44、No.3 (1992)、pp30-41
- 5) 火力原子力発電技術協会A-USC開発推進委員会：先進超々臨界圧火力発電技術開発講演会要旨集、平成24年10月30日

2. 固体酸化物形燃料電池用金属

インターコネクタ材ZMG[®]232G10

日立金属株式会社 安来工場 やす だ のぶ たか
製品企画センター 安 田 信 隆

まえがき

燃料電池は、CO₂排出量削減による地球温暖化抑制や化石燃料の節約等、環境・エネルギー問題を解決する有力な手段の一つとして注目されている。中でも固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC：Solid Oxide Fuel Cell）は、「発電効率が高い」、「天然ガス・灯油等の多様な燃料に対応可能」、「家庭用分散電源から火力発電との複合発電まで幅広い規模に対応できる」等の特長を有することから、実用化に高い期待が寄せられている。

インターコネクタ材は、セラミックス製の発電セル間を作動温度で電氣的に接続する部材である。従来1000℃作動のSOFCが主流であったが、2000年頃から750℃程度で作動するSOFCが加速的に開発されてきたことにより、セラミックスと比較して低コストかつ加工性の良い金属材料をインターコネクタ材に適用する検討が急速に進められている。

◇ 開発概要

金属インターコネクタ材に対する主な要求特性は、作動温度での「良好な耐酸化性」、「良好な電気伝導性」、「セル材料（セラミックス）に近い熱膨張係数」である。

日立金属では、上記の要求を満たすため、1000℃作動が主流であった1997年にFe-22Crフェライト系合金ZMG[®]232を開発し、続いて、不純物酸化の低減等の改良を進め、2005年にZMG232Lを開発した。

ZMG232Lは作動温度で緻密なCr₂O₃被膜を形成することで良好な耐酸化性と導電性をもたらしている。耐酸化性の良い他の合金には、Al₂O₃被膜を形成する合金等が挙げられるが、Al₂O₃には作動温

度での導電性がなく、インターコネクタ用途としては高温での電気抵抗が比較的低いCr₂O₃被膜を形成する合金系が適している。また、フェライト系を選定した理由は、オーステナイト系と比較して熱膨張係数が小さく、セル材料に近いためである。

しかしながら、近年の各社、各機関におけるSOFCに関する研究開発の推進により、金属材料に対して「更なる耐酸化性向上」、「発電セル性能に影響する金属材料からのCr蒸発量の低減」という新たな課題が見出された。そこで、ZMG232Lをベースとし、合金元素の添加、および添加量の適正化により、2010年、ZMG232G10の開発に至った。開発のコンセプトは耐酸化性を有する酸化被膜の改良を主眼としたものであり、次に、酸化被膜構造と合金設計に関して簡単に紹介する。

ZMG232Lは酸化雰囲気における熱処理を施すことで、二層構造の酸化被膜、具体的には、表面側に(Mn,Cr)₃O₄被膜、合金側に前述のCr₂O₃被膜が形成される。Cr₂O₃被膜は良好な耐酸化性を維持する役割を担うが発電セル性能を劣化させるCr蒸発の根源である。一方で、(Mn,Cr)₃O₄被膜は、Cr₂O₃被膜からのCr蒸発を抑制する役割を担うが、その酸化速度は比較的速いことが分かっている。これに対して実施した合金設計を下記に示す。

①耐酸化性改良に関する合金設計

・ Mn量低減：(Mn,Cr)₃O₄被膜の酸化速度の低下

②Cr蒸発抑制に関する合金設計

・ Cu添加：(Mn,Cr)₃O₄被膜中へのCuの拡散による(Mn,Cr)₃O₄被膜の緻密化

上記を含めた合金設計により、ZMG232L対比で良好な耐酸化性を得ると同時に、Cr蒸発量を低減させることに成功した。

◇ 汎用ステンレスとの比較

SOFCの実用化においては、SOFC全体を構成する部材全般のコスト低減が必要であるという観点から、近年、汎用のフェライト系ステンレスをインターコネクタに適用する検討が報告されている。そこで本稿では、日立金属のSOFC用開発合金ZMG232G10と汎用ステンレスの特性比較の一例として耐酸化性に関する評価結果を紹介する。

図1は、ZMG232G10と、汎用ステンレスであるSUS430、およびSUS444の、850℃、大気中における耐酸化性を比較したものである。横軸に酸化処理時間、縦軸には酸化増量を取ったものであり、一般に、酸化増量が小さく、その時間変化が小さいほど耐酸化性が良好であることを意味する。

図1より、ZMG232G10に対してSUS430は酸化増量が多い。また、通常、酸化被膜を形成する

合金においては、酸化増量は時間に対して放物線則に沿った増加を示すが、SUS430では急激な増加が確認された。一方、SUS444は、2,500時間まではZMG232G10と同等の酸化増量の推移を示すが、2,500から3,000時間にかけて急激な減少が確認された。これは、耐酸化性をもたらず酸化被膜が剥離したことによるものである。すなわち、SUS430、SUS444ともに、ZMG232G10と比較して耐酸化性が低いことを示す。

なお、上記は板厚1mmの試験片を用いた試験結果であるが、板厚が薄くなるほど合金の耐酸化性が低下することが確認されていることから、汎用ステンレスを使用する際にはインターコネクタの厚みの設計に注意が必要である一方、ZMG232G10においては、汎用ステンレスと比較して薄板での使用が可能であることが示唆される。

むすび

本稿では、日立金属における開発合金ZMG232G10の開発概要を示し、その大気中における耐酸化性について汎用ステンレスと比較評価を実施した結果を紹介した。今後、加湿水素中における耐酸化性等、実環境を模擬した評価を実施し、SOFC実用化推進の一助となるよう進めていきたい。

謝辞

本稿に記載した内容は、2008年度から2010年度にかけて実施した、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究「固体酸化物形燃料電池システム要素技術開発」にて得られた成果を含むものです。関係各位に深く感謝いたします。

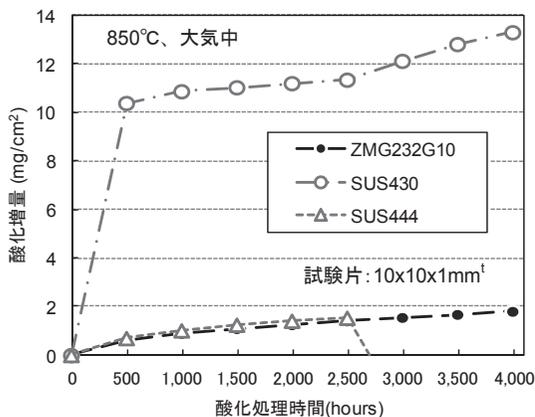


図 1 耐酸化性 (酸化増量の時間変化)

3. マルテンサイト系高機能ステンレス シームレスラインパイプ

J F E スチール(株) 知多製造所 商品技術部 宮田 由紀夫

まえがき

近年、旺盛な世界的エネルギー需要の高まりや資源開発技術の進歩にともない、腐食性の厳しい環境の油井・ガス井も積極的に開発されるようになってきている。このような井戸の生産流体を輸送する油井管やラインパイプには当然優れた耐食性が要求されることになる。その要求に応えたラインパイプ用鋼管として、溶接性、耐食性、機械的性質に優れ、かつ、経済的な材料であるマルテンサイト系ステンレス継目無鋼管を開発した。マルテンサイト系ステンレス鋼は高強度ではあるが各種の割れには感受性が高いと一般には言われているが、本鋼管は化学組成および製造条件の最適化でそれを克服している。本報では、このラインパイプ用鋼管の特長について概説する。

◇ 化学組成

本鋼管は、マルテンサイト系ステンレス鋼の溶接性、耐食性、機械的性質に及ぼす合金元素の影響を総合的に考慮し、CおよびNをそれぞれ0.01%程度にまで低減し、12%Cr-5%Ni-2%Mo-0.10%Tiとしている¹⁾。従来マルテンサイト系ステンレス鋼は溶接割れの懸念から溶接には予熱が必要であったが、本鋼管はCおよびNを低減したことで、予熱フリーの溶接を可能としている。

◇ 機械的性質

本鋼管は米国石油協会 (American Petroleum Institute, API) のX80級 (規格最小降伏強度: SMYS=551MPa) の強度を有している。また、高温において強度低下の小さいことが特長である。図1に示すように、本鋼管の使用環境となる最高150℃程度までの強度低下は30MPa程度であり、

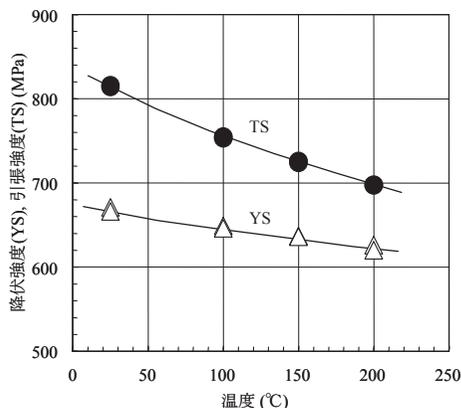


図 1 降伏強度 (YS) および引張強度 (TS) に及ぼす温度の影響

材料設計上有利な特性を有している。

また、本鋼管は、優れた低温靱性も有しており、-40℃でのシャルピー試験において100J以上の吸収エネルギーを示す。

◇ 耐食性

1. 油井・ガス井環境における腐食

近年開発される油井・ガス井の環境は、一般的に、高温高压で、生産流体には塩化物イオンを含有し、また、生産ガスにはCO₂やH₂Sといった腐食性ガスを含有する。そのため、CO₂に起因する全面腐食や局部腐食 (CO₂腐食)、H₂Sに起因する硫化物応力割れ (Sulfide Stress Cracking, SSC) が問題となる。また、ラインパイプに付随する円周溶接の熱影響部では粒界応力腐食割れ (Intergranular Stress Corrosion Cracking, IGSCC) が懸念事項となる。

2. 耐CO₂腐食性

CO₂ガスを含有する油井・ガス井の環境下で炭素鋼を用いるとメサコロージョンとも呼ばれる典

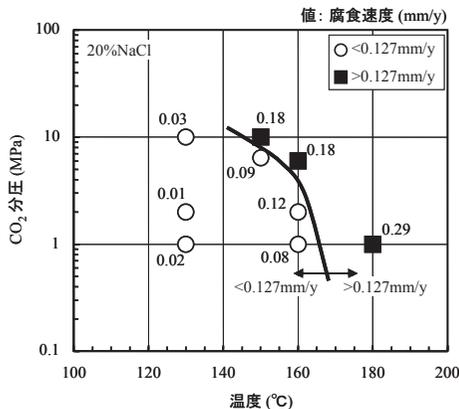


図 2 母材のCO₂腐食試験結果

典型的なCO₂腐食が生じる。耐CO₂腐食性の向上には鋼へのCr添加が有効であり、いわゆるステンレス鋼が広く使用されるようになってきている。耐CO₂腐食性の向上は、より厳密には、固溶Crの増量が有効であり、その観点から本鋼管は、極低C化することでCr炭化物析出を抑制させ固溶Cr量を最大化させている。図2にCO₂腐食試験結果を示すが、使用可否判断の目安として、腐食速度0.127mm/yを基準とすると、本鋼管は160℃、CO₂分圧2.0MPaの環境下でも使用可能と判断できる。

3. 耐SSC性

SSCは、水素脆性の一環であり、H₂Sの触媒的作用により鋼中に侵入した水素に起因し応力との相互作用で生じる。マルテンサイト系ステンレス鋼におけるSSCは、孔食の底を起点に発生するので、耐SSC性の向上には、耐孔食性を向上させることが有効である。この観点から、ステンレス鋼の再不動態化能を向上させるとされるMo添加が有効である。本鋼管はMoを2.0%添加することで耐SSC性を向上させている。

4. 耐IGSCC性

IGSCCの原因は、溶接熱影響部の旧オーステナイト粒界でCr炭化物が再析出する際のCr欠乏層の形成と考えられている²⁾。また、Cr欠乏層形成は、鋼管表面でのCr酸化物の生成でも生じると考えら

れている³⁾。IGSCCの防止には、素材面からは、極低C化とTi添加によりCr炭化物析出を抑制することが効果的である³⁾。また、施工面からは、溶接後熱処理 (Post Weld Heat Treatment, PWHT) により鋭敏化を解消することが有効である。これら素材面と施工面の両面からの対策実施により、IGSCCの懸念は払拭されている⁴⁾。

◇ 海底パイプラインの敷設

本鋼管の多くは海底パイプラインとして利用されているが、その敷設にはリール工法と呼ばれる方法が主に採用されている。この工法は、陸上で溶接施工したパイプラインを敷設船のリールに巻き取って敷設現場へ運搬し敷設するものである。海上での敷設作業を最短化することになるため敷設費用の削減が可能となる。リール工法による敷設により鋼管にはリール径と鋼管径に応じた歪み加わることになる。実際には、最高3%程度の引張あるいは圧縮歪みを繰返し受けることになる。このような歪みを受けても、機械的性質や耐食性など実用上の特性に問題のないことを事前評価により確認している。

むすび

本鋼管は、溶接施工性に優れ、かつ、機械的性質、耐食性にも優れるライフサイクルコストの低い経済的なラインパイプ用材料である。2007年、DNV (ノルウェーの第三者認証機関) の海底パイプラインの規格に新たにマルテンサイト系ステンレス鋼管が規定された。本鋼管はその規格に準拠する材料として、今後、CO₂などの腐食性ガスを含有する流体を輸送するパイプラインへの適用拡大が期待される。

参考文献

- 1) Y. Miyata et al: CORROSION 2007, Paper No. 07092
- 2) Y. Miyata et al: CORROSION 2005, Paper No. 05095
- 3) H. Amaya et al: CORROSION 2004, Paper No. 04124
- 4) Marc E. Wilms et al: CORROSION 2013, Paper No. 2684

4. 海水淡水化用途向けNSSC[®] 2120

まえがき

海水淡水化装置は、世界的な水資源問題への対応策としてますます需要が高まっているが、大量の造水機能を持つ大型の蒸発式プラントは、建設コストの抑制と高生産性を両立させるために様々な耐食材料を使用している。その中心となる二相ステンレス鋼に関して、当社は溶接性に優れた省合金型（リーン）二相鋼を開発し、お客様の選択肢の幅を広げより合理的な材料選択を可能とした。ここではその新開発鋼NSSC2120の特徴と適用について紹介する。

◇ 海水淡水化プラントに使用されるステンレス鋼

効率的に大量の水を生産できる多段フラッシュ式の構造を図1に、使用される金属材料の例を表1に示す。ステンレス鋼は、プロセス過程で変化する塩分濃度、温度条件に応じて耐食性の異なるものを組み合わせて使用する。オーステナイト系ステンレスは耐孔食性の高い316Lが用いられるが、塩分濃度が高く厳しい腐食環境の部位については、二相ステンレス鋼が用いられる。二相ステ

表 1 海水淡水化装置 材料使用例

部 位		使用材料
蒸 発 槽	ルーフ サイドウォール ボトム (前部)	316Lクラッド
	ボトム (後部)	二相鋼 (S31803)
仕切り壁	(部位別)	二相鋼 (S31803、S32101)
脱 気 器	各 部	二相鋼 (S31803)
管 束	(部位別)	CuNi合金、Alプラス、チタン
管 板		CuNi合金
管支持板	(部位別)	316L、二相鋼 (S32101)
蒸留液トレイ・ダクト・マンホール		二相鋼 (S31803)
ミストセパレーター サポート		二相鋼 (S31803)
ドレイン、ベント、フィッティング		316L～二相鋼 (S31803)

ンレス鋼は、オーステナイト系ステンレス鋼に比べて、その金属組成から塩素イオンを起因とする応力腐食割れに強いという特徴があるが、その耐食性はNi、Mo等、有効な合金元素の配分によって異なっている。標準的な二相ステンレス鋼ASTM S31803 (22%Cr-5%Ni-3%Mo) に対し、比較的合金元素の少ないS32101 (21%Cr-1.5%Ni-N) など

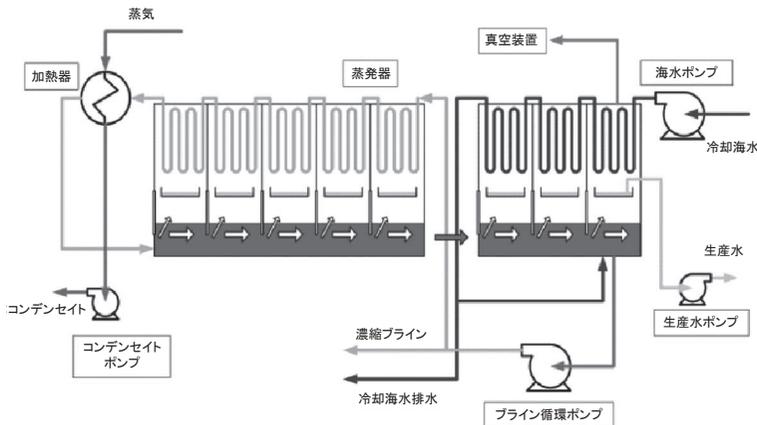


図 1 MSF型海水淡水化装置構造 [日立造船(株)提供]

の鋼種を省合金型（リーン）二相鋼と称する。

◇ NSSC2120の開発とその特徴

Ni、Moなどの高価な希少金属の含有率を低く抑えた省合金型リーン二相鋼の登場は、二相ステンレス鋼の適用範囲を大きく拡大した。即ち、①中性塩環境で汎用オーステナイト系鋼種と同等の耐食性を有し、②合金コストが低いため価格変動が小さく、③同等オーステナイト系鋼種の約2倍の強度（耐力）レベルである、という利点を生かし、汎用オーステナイト系の代替となる経済的な二相鋼として適用を広げている。しかしながら従来のリーン二相鋼の代表であるS32101には、大入熱溶接時の耐食性、靱性劣化の問題があり、サブマージアーク溶接など構造物の高効率溶接適用には難があった。NSSC2120は主要成分組成を21%Cr-2%Ni-Nとし、バランスの取れた成分配合によってこの課題を克服し、大入熱溶接の適用を可能にした。

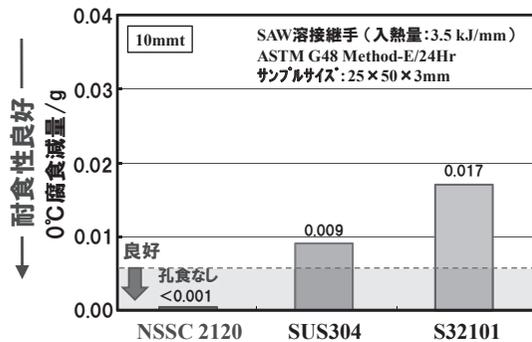


図 2 SAW溶接継手部の耐食性

図2にサブマージアーク溶接時における従来鋼との耐食性の比較を示す。海水淡水化装置やケミカルタンカー等の大型構造物の製造において、当社が供給可能な広幅の鋼板を高効率で溶接していたことにより、工期、コスト面で大きな削減メリットが享受できる。また、さらに高強度の活用という面から、構造物の本体設計はもとより鋼管、形鋼などの部材においても合理的な設計により薄肉化による重量の軽減や小サイズ化が可能である。

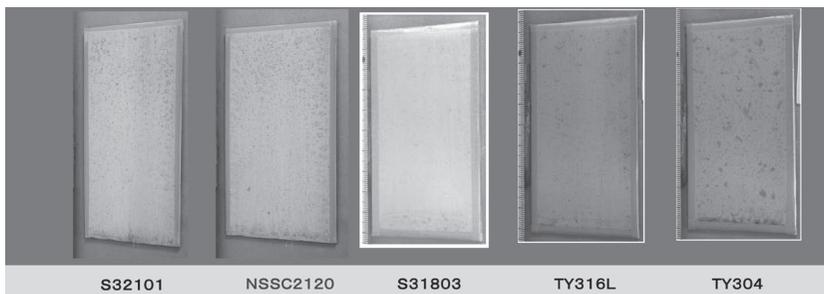
写真1は本鋼と他の二相鋼、オーステナイト系鋼種について人工海水CCT試験による耐食性の比較を行ったものである。本鋼はType304と同程度の耐孔食性を有している。また耐SCC性については二相鋼の混合組織と高い強度により、Type304よりも優位な特性を示している。

◇ 海水淡水化装置への適用

このような特性をもとにして、更に海水淡水化装置用材料としての評価を行った結果、日立造船(株)様が中核部分の設計、製作を担当するカタール最大規模の海水淡水化プラント“ラス・アブ・フォンタス”に採用された。二相鋼全体3,200トンの内700トンのNSSC2120を出荷している。S32101の代替として溶接作業性の改善が大きく期待されている。今後もより大型化する中東地域のプラントを中心に適用拡大を図っていきたい。

◇ 他分野への応用

NSSC2120は他の分野にも着実に適用の場を広げている。造船分野の最大用途であるケミカルタ



試験：複合サイクル腐食試験（人工海水CCT） サイクル数：12
 1サイクル：35℃ 5%NaCl溶液 4h噴霧⇒60℃ 2h乾燥⇒50℃ 2h湿潤（RH95%）
 （表面：＃600研磨）

写真1 各鋼種のCCT試験結果

ンカーには国内内航船のタンク素材として採用されている。これまで汎用鋼のType304を使用してきたものや、炭素鋼にコーティングを施していたものからの転換であり、耐食性を保ちながらも加工性、溶接性が良く、運航中のメンテナンスも容易であることが高く評価されている。今後は大型の外航船向けに適用を拡大していく予定である。

また、土木関連で注目されているのは河川・ダムの水門、水処理設備への適用である。

東日本大震災の津波被害により東北沿岸地区には復興すべき多くの水門、水処理設備がある。また、都市部のみならず地方においてもライフラインというべきインフラの毀損は著しく、中長期に亘る整備、再建の必要性が唱えられている。当社は、本鋼およびType316Lクラスの耐食性を有するリン二相鋼であるS32304を国土交通省新技術情報提供システム（NETIS）に高強度の省合金二相鋼として技術登録し、公共工事における新技術の水門や、ダム・堰施設への適用を推進している。

◇ 今後の展望

このようにマイルドな環境下でType304と同等の耐食性を持ち、高強度である利点を生かして、

今後はエネルギー・プラント用途に留まらず、様々な分野への拡大が見込まれている。

建築関係においては、従来めっき鋼板が用いられた構造材部材や金物に対しても、軽量化やメンテナンスフリーから置き替えられるものが出て来ている。引張応力に対する弾塑性挙動は汎用オーステナイトより炭素鋼に近いため、今後構造部材としての適用拡大が期待される。最近の例では、大型のソーラーパネルの架台用として、NSSC2120がめっき鋼板からの設計変更により採用されることになった。規模、設置場所からメンテナンスフリーが求められることに加え、軽量化によるコスト削減効果が見込まれることが採用の大きな理由である。

このような適用範囲の拡大を受けて、当社の商品系列も当初の厚板から始まり、薄板、棒線へと順次供給体制を整えてきている。また部材についても関連各社のご協力を得て、溶接管、継手、形鋼、鋳鍛品などの様々な二次加工品を揃えて行きつつある。多様な需要分野におけるお客様のご要望にお応えするべく、関連する公的規格や基準類への登録等も逐次推進しており、今後それぞれに最適なソリューションをご提供できる体制が整って行くものと考えている。

5. 非磁性ドリルカラー用ステンレス

「DNM140」

大同特殊鋼(株) 石川浩一
研究開発本部 特殊鋼研究所

まえがき

世界的なエネルギー使用量の増加に伴い、石油に対する需要が高まっており、シェールオイルなどの開発も盛んであり、新しい油田の掘削、探査が活発になってきている。ドリルカラーは掘削部品のひとつであり、ドリル直上に連結され、掘削に必要な荷重を与える役割を果たす。近年、掘削技術の進歩により今までの垂直掘りだけでなく、陸上から沖合い油田への掘削や海上基地からの多数掘りのような傾斜掘りが増加している。この傾斜掘りにはドリル先端の位置情報を把握するための地磁気測定器が必要であり、探査しながら掘削する場合には位置情報に加えて地下情報（ガス、岩質など）を得るために電磁抵抗や岩層密度等をリアルタイムに測定できる電子機器が必要となる。それぞれドリルカラーに埋込まれるため、誤作動を防止すべく非磁性であることが求められる。また、その肉厚は薄肉化するため、より強度の高い材料であることに加え、地下には硫化水素が活性な場所などもあり、厳しい腐食環境に耐えうる耐食性も求められている。

そこで弊社ではこれらの要求を満足すべく、Cr-Mn系オーステナイト系ステンレス鋼の化学組成と製造条件の最適化を図り、高強度、かつ優れた耐食性を備えた非磁性ドリルカラー用鋼「DNM140」を開発した。主に使われるドリルカラーの外径は、 $\phi 119\sim 238\text{mm}$ までのサイズで、坑径によって選択される。単位重量は、一番重い $\phi 238\text{mm}$ ドリルカラーで、約 $4,300\text{kg/本}$ （長さ約 9m ）、軽いもので $\phi 119\text{mm}$ ドリルカラーが 600kg/本 （長さ約 9m ）となる。

◇ 開発鋼「DNM140」の特長

開発鋼「DNM140」はFe-19Cr-16Mn-3Ni-1Mo-

0.5Nからなる非磁性オーステナイト系ステンレス鋼であり、Cr-Mn系オーステナイト系ステンレス鋼をベースにCr、Mn、Nなどの成分を最適化し、更に温間加工を施すことにより高強度、高耐食化を実現した。本鋼種は高強度を固溶Nによる固溶強化と温間加工による加工歪付与によって与えており、高い耐食性はCr、Mo、Nを利用することで得ている。また、オーステナイト相形成元素であるMn、Ni、Cu、Nを利用することによりオーステナイト相（非磁性相）が安定であり、80%の冷間加工後も非磁性を維持している。

◇ 開発鋼「DNM140」の特性

耐食性評価と機械的性質には固溶化熱処理後に各製品サイズ（ $\phi 169\text{mm}$ と $\phi 200\text{mm}$ ）に温間加工した棒鋼の表層 25mm 下から採取したサンプルを用い、基本的な磁氣的性質は冷間加工後の棒鋼からサンプルを採取した。

1. 磁氣的性質

非磁性ドリルカラー用鋼は非磁性が必要であり、その透磁率 μ は安定なオーステナイトであるべく 200Oe の磁界で最大 μ が 1.005 以下である。

表層 25mm 下から採取したサンプルにて測定したDNM140の 200Oe の磁界での透磁率はどちらのサイズでも $\mu=1.002$ と非常に低い値である。固溶化熱処理後の試験片を20%から80%まで冷間加工を行ったが、80%の冷間加工後でも $\mu<1.005$ であり、非磁性を維持している。

2. 耐食性

ASTM A 262 Practice Aに準拠したDNM140の10% 蔭酸エッチ試験を行った結果、マイクロ組織は完全にオーステナイト相を呈しており、フェライト相は確認できない。良好な耐食性や衝撃特性を得るためにはCr系窒化物や炭化物の析出をさけ

ることが重要であり、その段状組織を呈し、良好である。

粒界腐食に対する感受性を特徴づけるためにASTM A 262 Practice Eに準拠した硫酸-硫酸銅腐食曲げ試験を実施している。この試験はCrリッチな炭化物などの析出と関係する粒界腐食感受性を検出する。両サイズともに試験片は180°まで曲げても割れが認められず、DNM140は優れた耐粒界腐食性を有していることがわかる。

塩素イオンによる孔食に対する耐性を評価するためにはアノード分極曲線を測定した。試験は30℃の3.5%NaCl中で行い、**図1**は参照電極SCEに対する電流密度 10^{-4} A/cm²になった時の孔食電位を示している。3.5%NaCl中でのDNM140の孔食電位は400mVに達する。この電位はSUS304やSUS316よりも高く、DNM140は塩素イオン中で良好な耐孔食性を有している。

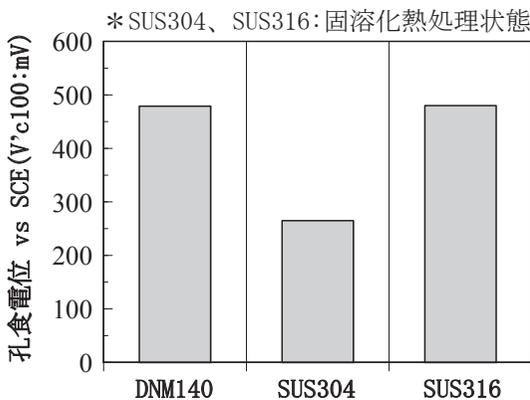


図 1 孔食電位測定結果 (3.5%NaCl、30℃)

表 1 代表的サイズの機械的性質

*表層より25mm下

	φ169mm	φ200mm
0.2% 耐力 (Mpa)	979	1,048
引張強さ (MPa)	1,089	1,131
伸び (%)	30	27
絞り (%)	66	66
硬さ (HBW)	331	341
シャルピー衝撃値 (J/cm ²)	183	163

3. 機械的性質

引張試験およびシャルピー衝撃試験結果の一例を表1に示す。各サイズにおいてDNM140の0.2%耐力は965MPa (140ksi) 以上、引張強度は1,034MPa (150ksi) 以上であり、伸びは25%以上を有する。また2mmVノッチ試験片でのシャルピー衝撃値は150J/cm²以上が得られている。

むすび

近年、世界的なエネルギー使用量の増加に伴い、石油需要が高まっており、新しい油田の掘削、探査が活発になってきている。このことから掘削に必要な荷重を与える非磁性ドリルカラーの世界需要は今後とも高い伸びが予想され、生産量の増加が見込める。また、石油だけでなく、メタンハイドレードや天然ガス、鉍物床などのエネルギー、資源開発も活発であることからより更に生産量は増加していくものと期待している。

6. 温水タンク用高耐食フェライト系 ステンレス鋼 NSS WCR

日新製鋼(株) はら だ わ か ひろ
技術研究所 原 田 和 加 大

まえがき

地球環境問題への対応で住宅、家電や自動車などに用いるエネルギーのエコ化が進められています。住宅で使用されるガスと電気のエコ化として、熱交換率が高くCO₂の排出量の少ない環境対応給湯設備が挙げられます。その代表的なものに、ガスではエコジュズ、電気ではエコキュートがあります。大型給湯設備を必要とする住宅やマンションにおいては、エコキュートが主流となってきました。エコキュートは、ヒートポンプにより空気の熱を熱交換器で冷媒に集め、その冷媒をさらに圧縮した熱で給湯します。電化住宅の普及による深夜電力の利用により、ランニングコストが安いエコキュートの需要が増大し、今後もさらに伸びていくと予想されています。

エコキュートには温水をためるタンクが必要で、材料としてはステンレス鋼が使われています。1960年代にAl棒などで犠牲防食したSUS 304やSUS 316が初めて電気温水器用タンクに用いられましたが¹⁾、応力腐食割れの問題から1980年代にはSUS 444 (19Cr-2Mo) などのフェライト系ステンレス鋼を用いた無防食タンクが主流となりました²⁾。近年ではレアメタルの高騰もあり、Mo含有量の少ないSUS 445J1 (22Cr-1Mo) が使われるようになりました³⁾。

温水タンクは鏡板と称す上下部位と胴と称す側板を、一般的にTIG溶接で接合します。タンク材に要求される特性としては腐食による漏水がないことですが、胴と鏡板の溶接部は隙間構造になるために隙間腐食の問題があります。さらに溶接時には表面が酸化してステンレス鋼の品質が低下するために、溶接部の隙間腐食を抑制することが最も重要です。したがって、タンク組立時には溶接

部の酸化防止のために、Arバックガスシールドを施して溶接する技術が必要でした。

◇ NSS WCRの特徴

NSS WCRは、温水タンクに溶接施工する際にArバックガスシールドを施さなくても、溶接隙間部で耐食性を有することを最大の特徴としています。したがって、お客様における溶接施工費、すなわちArガスのランニングコストや製品のシールドガス導入部品コストを低減できる、温水タンク用高耐食フェライト系ステンレス鋼です。

当社は温水環境におけるタンク溶接隙間部の腐食挙動を詳細に検討しました。上水中の塩素イオン濃度は上限200ppmに管理されており、数10ppmレベルの塩素イオン濃度の上水が大半です。その上水環境においても、隙間腐食は隙間内外の酸素濃淡電池の形成に起因し、隙間内のpH低下と塩素イオン濃縮により、苛酷な腐食環境が形成され、進行していきます。溶接においてはステンレス鋼表面にFeやCr主体の酸化スケールが生成されます。溶接隙間部の耐食性に対しては、隙間内における溶接酸化スケールの組成、構造およびその直下のステンレス鋼の状態が大きく影響することを見出しました。NSS WCRの主成分は24Cr-0.5Moであり、本成分はそれらの検討結果に基づき適正化したものです⁴⁾。またC, Nを低減し、かつ安定化元素を添加しているために、溶接部における鋭敏化現象を抑制しています。

表1にNSS WCRの溶接隙間試験片を用いたラボ的な腐食試験結果を現行のタンク用材料と比較して示します。Arバックガスシールドを省略したNSS WCRは、Arバックガスシールドを施した現行材と同等以上の耐隙間腐食性を有しています。またNSS WCRにArバックガスシールドを施すと、

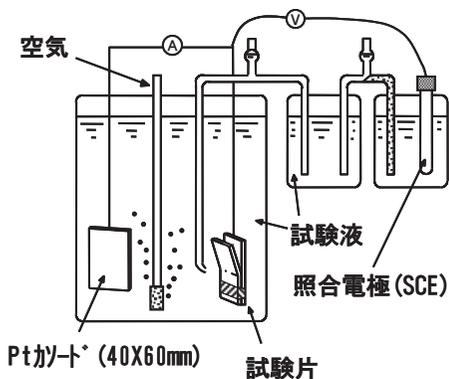


表 1 溶接部の耐すきま腐食性の評価結果

鋼 種	Arバックガスシールド	
	有 り	無 し
NSS WCR	◎	○
SUS 444	○	×
SUS 445J1	○	×

最大侵食深さ

◎ ≤0.1mm、○ ≤0.3mm、× >0.3mm

試験条件

- ・ Pt補助カソード浸漬試験 (温水缶体向け耐食性試験)
- ・ 2,000ppm Cl⁻、80℃、30日

より品質が向上することがわかります。実際に温水タンクを試作し、実機を用いたモニター腐食試験においても同様な結果が得られています。

NSS WCRは機械的性質や物理的性質も現行材と同等であり、温水タンクとしての加工性、溶接性も現行材と同等です。

むすび

NSS WCRは以下の特長を有する温水タンク用高耐食フェライト系ステンレス鋼です。

- ①溶接時のArバックガスシールドを省略しても、溶接隙間部の耐食性を確保できます。
- ②温水タンクとして実績のあるSUS 444、SUS 445J1 と同等の耐食性を有します。
- ③SUS 444やSUS 445J1に比べて、Moを低減しているため原料価格の変動によるコストへの影響は小さくなります。

④高純度フェライト鋼なので缶体としての加工性、溶接性も良好です。

NSS WCRはお客様における製造工程の省略、コスト削減が図れるため、大きなメリットをご提案できる温水タンク用材料です。エコキュート用の温水タンクに限らず、電気温水器のタンクや、次世代エネルギーとして今後の普及が見込まれる家庭用燃料電池給湯システム用の温水タンクにも同様のメリットをご提案いたします。

参考文献

- 1) 森英臣、小田一磨、末田進彦：日新製鋼技報、35 (1976)、86
- 2) 足立俊郎、西川光昭、林公爾：日新製鋼技報、63 (1990)、109
- 3) 足立俊郎、西川光昭、杉本育弘、林公爾：日新製鋼技報、66 (1992)、119
- 4) 特第5010323号

IV. インフラ関係で使用されるステンレス鋼

1. ジャケット式防波堤向け スーパーステンレス鋼

日本冶金工業(株) こばやし ゆたか
ソリューション営業部 小林 裕

海岸地帯及び洋上における海洋構造物、例えば橋梁、防・消波堤、栈橋、海上油田のプラットフォームなどは、海水という厳しい腐食環境に置かれることから、鋼材を使用する海洋鋼構造物においては防食対策を万全にし、長期に渡り維持管理する必要がある。

近年、港湾の岸壁や栈橋、防波堤などに「ジャケット」と呼ばれる鋼構造物の採用件数が増えている。ジャケットは鋼管で組み立てられた立体トラス構造物であり、そのレグ（脚部）と海底地盤に打ち込んだ杭を溶接等で一体化させた構造である。ジャケット工法は従来の直杭式やコンクリートケーソン構造に比べて、①大水深・軟弱地盤に有利、②剛性が高く耐震性に優れる、③工場製作し一括架設ができるため現地施工期間が短いなどの利点を有するが、ジャケットは鋼管を使用するため、海水に対する防食が重要なポイントとなる。海洋における腐食環境は、上から海上大気部、飛沫部、干満部、海中部、海底土中部の5つに区分されるが、特に腐食環境が厳しい部位は、飛来塩分が付着・濃縮する飛沫部、あるいは酸素を多量に含む海水の水膜が表面に形成される干満部である。海中部及び海底土中部ではアルミニウムや亜鉛を犠牲陽極とする電気防食工法が有効であり、また大気部は塗装により鋼管をさびや腐食から守ることが出来る。しかしながら飛沫部や干満部は電気防食の効果はなく、また塗装は経年劣化や漂流物などが衝突した場合に剥離しやすいなどの問題がある。

飛沫部及び干満部の海水に対する耐食性と耐衝撃性を兼ね備えた被覆防食工法の一つとして耐海水性金属ライニング工法がある。従来から海上油

田プラットフォームのレグのライニング材には90/10キュプロニッケルやモネル400などの銅及びニッケル合金が適用されていたが、日本においてはオーステナイト系の耐海水性ステンレス鋼、いわゆるスーパーステンレス鋼や、チタンによる被覆防食工法が検討された。このうち、スーパーステンレス鋼は、海洋環境で生じやすいさびや孔食、すきま腐食などの局部腐食に対する耐食性を高めるCr、Mo及びNの含有量がSUS304やSUS316などの一般ステンレス鋼に比べ高く、耐孔食性の指標である孔食指数PRE（Pitting Resistance Equivalent：PRE= $\%Cr+3.3\times\%Mo+16\times\%N$ ）が40を超えるのが特徴である（SUS304は約18、SUS316は約24）。

海水に対するスーパーステンレス鋼の耐食性を評価するために国内各地で長期の実海水暴露試験が実施され、SUS312L（20Cr-18Ni-6Mo-0.8Cu-0.2N：PRE=43）やSUS836L（23Cr-25Ni-5.5Mo-0.2N：PRE=44）などのスーパーステンレス鋼は常温海水に対し十分な耐食性を有していることが実証されている。海水暴露試験結果の一例を図1に示す。この試験では、鋼管杭にスーパーステンレス鋼SUS312L及びSUS836Lと、比較材としてSUS316Lの薄板を溶接によりライニングし、試験体が干満部及び飛沫部に位置するように長期間海水に浸漬した。その結果、SUS316Lは僅か1年後でも付着したフジツボなどの海生生物の下にすきま腐食の発生が確認されたのに対し、SUS312L及びSUS836Lでは長期間、さびや孔食はもちろん、海生生物下においてもすきま腐食は発生しなかった。このように長期に渡る様々な海水暴露試験によってスーパーステンレス鋼は常温海水環境におい

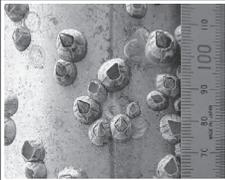
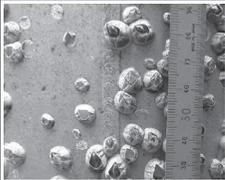
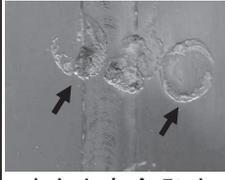
	SUS836L	SUS312L	SUS316L
海生生物 付着状態			
海生生物 除去後			
	すきま腐食なし	すきま腐食なし	すきま腐食発生

図 1 各種ステンレス鋼を被覆した鋼管杭の1年間海水暴露試験後の表面状態
(表面の中央は溶接線)

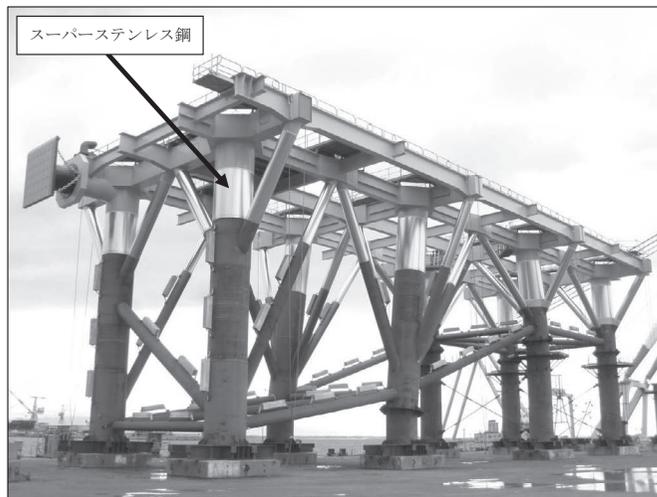


図 2 スーパーステンレス鋼で飛沫部及び干満部をライニングしたジャケット

てさびや孔食、すきま腐食は発生せず、海洋環境で優れた耐食性を有することが確認されている¹⁾。

この良好な耐海水性を生かし、鋼管の飛沫部や干満部のライニング材としてSUS312Lなどのスーパーステンレス鋼を適用したジャケット式消波堤や栈橋が1997年頃から実用化され始めた。スーパーステンレス鋼で飛沫部及び干満部をライニングしたジャケットの一例を図2に示す。ジャケットのライニング材としてスーパーステンレス鋼の適用拡大に寄与した技術の一つとして、電気抵抗溶接であるインダイレクトシーム溶接がある²⁾。スーパーステンレス鋼でジャケットをライニングした場合、使用期間中の補修が殆ど不要であるため、他の被覆工法に比べ

維持費用の低減が可能となる。しかしながら、材料費が高く初期費用が高いことが難点であった。スーパーステンレス鋼は実質的に海水環境での腐食がなく、腐食しるを考慮する必要がないので、ライニング材の板厚を下げれば材料費の低減につながるが、板厚が1.5mm以下になると板巻後のTIG溶接で溶接熱による破損が生じやすくなるため、板厚を下げるには限界があった。2枚の円盤状電極をライニング材側に対して通電するインダイレクトシーム溶接法が開発された結果、0.4mm程度の薄い板でも溶接が可能となり、初期費用を抑えたスーパーステンレス鋼ライニングジャケットの採用が拡大した。このジャケットによる防波堤や栈橋は、各地の港湾で採用されるとともに、2010年に使用が開始された東京国際空港(羽田)の海上滑走路であるD滑走路においても採用された。このD滑走路は、一部が多摩川に掛かるため、河川の通水性を確保するために全体の1/3がジャケット式栈橋構造となっている。本滑走路は100年の超長期耐久性を想定しているため、飛沫帯および干満帯をSUS312Lの薄板(板厚0.4mm)で、一部をスーパーステンレス鋼の中では最上位の耐食性を有するUNS N08354(23Cr-35Ni-7.5Mo-0.2N:PRE=51)の薄板で被覆されている。

上述の通り、スーパーステンレス鋼でライニングされたジャケット式防波堤や栈橋は、塗装被覆のような定期的なメンテナンスが不要となるので、港湾の維持管理費低減の要求に合致しており、今後益々需要が伸びると期待されている。

参考文献

- 1) 阿部正美：第155回腐食防食シンポジウム資料、(2006)、27
- 2) 佐藤弘隆：配管技術、45、13(2003)、50

2. ステンレス鉄筋コンクリートバー 「サスコン」

愛知製鋼(株) 特品事業部 なか がわ ひで き
中 川 英 樹

まえがき

愛知製鋼は“ステンレス丸棒、形鋼、鉄筋”を製造するステンレス条鋼メーカーです。また、工場製作・現場施工など“ステンレス鋼構造物のエンジニアリング”も手掛けています。ここで紹介するステンレス鉄筋に関しては、2001年のSUS304鉄筋の商品化以来、広く普及を促すとともに、商品レパートリーの拡充を図ってきました。

ステンレス鉄筋の最大の特長は“優れた耐食性”にあり、塩害環境においても腐食することなく、コンクリート構造物の高耐久化に貢献できる素材です。また、2008年のJIS制定（JIS G 4322鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼）、同年、土木学会から「ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案）」の発行などステンレス鉄筋を活用できる環境も整ってきています。さらに、2012年の道路橋示方書・同解説の改訂において、Ⅲコンクリート橋編、5章 耐久性の検討の解説文に、塩害対策に関して近年採用され始めている事例の一つとしてステンレス鉄筋に関する事項が記述され、ステンレス鉄筋が広く知られるようになってきています。

◇ ステンレス鉄筋のJIS規格と特長

JIS G 4322鉄筋コンクリート用ステンレス異形棒鋼では、表1に示すとおり、SUS304-SD、SUS316-SDおよびSUS410-SDの3種類かつ295A、295B、345、390の4強度区分が規格化されています。3種類は後述のとおり、耐食性のレベル（腐食発生限界塩化物イオン濃度の値）が異なります。強度区分は普通鉄筋（JIS G 3112 鉄筋コンクリート用棒鋼）と同様です。

JIS規格化を受け、土木学会から発刊された「ス

表 1 ステンレス異形棒鋼の種類

種類の記号	相当鋼種	強度区分	参考
SUS304-SD	SUS304 SUS304N2	295A	オーステナイト系
		295B	
		345	
		390	
SUS316-SD	SUS316 SUS316N	295A	
		295B	
		345	
		390	
SUS410-SD	SUS410L SUS410	295A	フェライト系 マルテンサイト系
		295B	
		345	
		390	

表 2 ステンレス鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度の推奨値

種類の記号	腐食発生限界塩化物イオン濃度の推奨値 kg/m ³
SUS304-SD	15
SUS316-SD	24
SUS410-SD	9

ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案）」では、耐食性に優れるステンレス鋼の特長を活かして、鋼材腐食に対するひび割れ幅の限界値ならびに鋼材腐食発生限界塩化物イオン濃度について、普通鉄筋の場合より大きな値が設定されています。表2に示すステンレス鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン濃度の推奨値は、1.2kg/m³とされる普通鉄筋に比較して非常に高い値になっています。

◇ 愛知製鋼のステンレス鉄筋コンクリートバー「サスコン」

当社では、「サスコン」の商品レパートリーとし

て、JIS規格のステンレス鉄筋、国土交通大臣認定のステンレス鉄筋、細径のステンレス鉄筋を取り揃えています。以下に、それらの概要をまとめます。

1. JIS規格のステンレス鉄筋 “SUS304-SD & SUS410-SD”

当社のJIS規格製品を表3に示します。オーステナイト系ステンレス鉄筋“SUS304-SD”は、非常に耐食性に優れ、さらに非磁性を特長とするステンレス鉄筋です。フェライト系ステンレス鉄筋“SUS410-SD”は、エポキシ樹脂塗装鉄筋などの代替となり得る、素材自体が耐食性に優れたステンレス鉄筋です。強度区分も295、345、390と豊富に取り揃えています。

現在、“SUS304-SD”、“SUS410-SD”の双方を商品化し、広く販売を手掛けているのは、当社のみと認識しています。これまでの適用事例として、橋梁上部工の地覆鉄筋、各種インサート、各種アンカー、非磁性が求められる建築物（床スラグ、柱ほか）、GRCセメントの補強、神社・仏閣および文化財の補修・補強、ステンレス構造材（支柱

など）のアンカー、橋梁下部工の耐震補強、PC床版ほかの打継ぎ目、壁高欄ほかの目地部、港湾などの護岸・岸壁工事などが挙げられます。

2. 国土交通大臣認定のステンレス鉄筋 “AUS304-SD295”

業界で唯一、オーステナイト系ステンレス鉄筋“AUS304-SD295”において、建築基準法第37条第二号に定める国土交通大臣の認定を取得しており、建築分野への普及を図っています。

3. 細径のステンレス鉄筋 “ASCON-D4”

業界で初めて、“耐食性”と“ひび割れ分散性”を備えた細径のステンレス鉄筋“ASCON-D4”を商品化し、コンクリート二次製品への普及を図っています。この“ASCON-D4”を補強材としたプレキャスト埋設型枠（高耐久性埋設型枠「SDPフォーム」：NETIS登録番号TH-120024-A）は、2012年に国土交通省東北地方整備局の函渠工工事で初適用され、今後の適用拡大が期待されます。なお、この“ASCON-D4”に関しては、当社子会社の愛鋼株式会社にて製造・販売を行っています。

むすび

社会インフラの老朽化、インフラ維持・補修費用の増大が問題視される昨今、コンクリート構造物の劣化が著しい箇所（かぶり筋、打継ぎ目、桁端部、水みちなど）に部分的にステンレス鉄筋を適用することで、その耐久性を高めることができると考えています。今後も、ステンレス鉄筋が社会インフラの高耐久化に貢献できるよう関係各所へ働きかけていきます。

表 3 ステンレス鉄筋（JIS規格製品）の種類

種類の記号	相当鋼種	強度区分	寸法	形状	長さ
SUS304-SD	SUS304	295B	D10 ∩ D38	横節 (竹節)	4 ∩ 6M
	SUS304N2	345			
390					
SUS410-SD	SUS410L	295A			
		345			

3. 雨水幹線用ステンレス鋼製セグメント (第14回ステンレス協会賞最優秀賞)

(株)アロイ とみ ひろ ゆき お
取 締 役 富 弘 幸 夫

まえがき

シールドトンネル工法で使用されるセグメントの種類は、主に、鋼製セグメントとコンクリート系セグメントがある。この度、下水道工事において、このシールドトンネル工法が採用され、設置される鋼製セグメントにステンレス鋼が使用された。

工事場所は、「京都・伏見」。言わずと知れた、日本を代表する酒造り処である。

採用された背景とともに、ステンレス鋼製セグメントを紹介する。

◇ 導入の背景と経緯

1. 京都市上下水道局の取り組み

京都市では、合流式下水道の改善を図っている。合流式下水道とは、家庭などから排水される汚水と雨水とを一緒に一本の管で集める方式の下水道のことである。分流式とは違って、一本の管渠で浸水対策と水洗化を行え、一般に建設費も割安になるということ、多くの都市で採用されている。合流式下水道の問題点としては、雨が降ると一時的に流れ込む水の量が急激に増えることである。その際には、雨天時に管きょや処理場の能力を超える量の水は、未処理の状態で雨水吐室の堰を越えて、吐口から河川に放流されている。

堰を越える越流水は、大量の雨水で薄まっただけではあるが、降雨の初期は、下水管内に溜まっていた汚濁物が下水に混ざるため、水質の悪い水が放流される場合がある。

これを改善するためのひとつとして、貯留管・滞水池（吐口から流れ出す水の量を減らすために下水を貯める）の建設が京都・伏見において行われた。

2. 伏見地区の地勢、産業

伏見はかつて伏水とも書かれていたほどに、質

の高い伏流水が豊富な地であり、酒造産業が盛んな地でもある。水質は中硬水で、鉄分が 0.006ppm と極端に少なく（水道水の水質基準では 0.3ppm ）、酒づくりに最適の条件を満たしている。

こうじ菌が作る物質（デフェリフェリクリン）が、水の中の鉄やマンガンと反応し、「フェリクリン」という赤茶色の物質ができる。これができると酒が赤茶色に変色する。

◇ ステンレス鋼製セグメントの採用

1. シールドトンネル工法

本下水道工事には、シールドトンネル工法が用いられた。この工法は、都市の軟弱地盤でも掘り進むことができ、またセグメントをあらかじめ工場で大量製作することにより工期、コスト削減が図れ、技術も進歩してきているため、最近の地下鉄、道路（主に都市内）、共同溝、下水道、地下水路、地下河川などのトンネル工事では多く採用されている。

2. 鋼製セグメント

鋼製セグメントは、加工された鋼製部材を、溶接によって組み立てたものであるが、材質が均一で、強度も保証され、軽量であるため、施工性に富んでいる。また、部材厚を容易に変えられるため、高い設計自由度も有しており、急曲線部の施工に際して、トンネルの形状に合せたセグメント幅やセグメント径の縮小など各種対策が立てやすいなどの利点ももっている。

今回、急曲線部に鋼製セグメントが用いられている。

3. 鋼製セグメントの材料

この鋼製セグメントの材料として、高耐食性を有し、地下水への鉄分溶出抑制が図れるステンレス鋼が採用された。

採用されたステンレス鋼の種類は、設計上、炭

素鋼製セグメントと同等の基準強度を用いることができるJIS G 4321（建築構造用ステンレス鋼材）SUS304Aである。

4. ステンレス鋼製セグメントの製作

ステンレス鋼製セグメントは、新日本製鐵(株)（現：新日鐵住金(株)）が受注し、東京エコ建鉄(株)（現：ジオスター(株)）と(株)アロイが共同で製作協力した。



写真1 セグメント完成写真

部材の種類や数が多く、なおかつ、炭素鋼に比較し、溶接歪が大きいステンレス鋼ではあるが、培ってきた高い技術とノウハウ、更に試作による確かなデータを元に、高品質な製品を製作した。

写真1にセグメント完成写真、また、表1にステンレス鋼製セグメントの概要を示す。

むすび

この度製作したステンレス鋼製セグメントは、国内初のものであり、ステンレス鋼の高耐食性を活かし、かつ、建築構造用ステンレス鋼を用いた点で、今後の土木分野へのステンレス鋼の普及貢献度を評価され、ステンレス協会の第14回ステンレス協会賞最優秀賞に選ばれた。これを機に益々ステンレス鋼は多くの分野において注目されるであろう。

特に土木分野における、国内インフラ整備はその重要性が高まってきており、ステンレス鋼が安全・安心な社会を形成するに役立つことを大いに期待する。

表 1 ステンレス鋼製セグメントの概要

項目	大手筋南幹線 (製品重量142トン)	大手筋幹線 (製品重量101トン)	材質・種類
施工者	吉村・村井・協栄特定 建設工事共同企業体	フジタ・岡野 共同企業体	—
セグメント外径	2,290~2,350mm	3,550mm	—
セグメント内径	2,090~2,150mm	3,000mm	—
セグメント幅	300mm、1,000mm	300mm、600mm	—
セグメント高さ	100~130mm	125mm	—
主桁高	97~127mm	122mm	—
主桁厚	9、10、19mm	9mm	SUS304A
スキンプレート厚さ	3mm	3mm	SUS304A
分割数	5分割	6分割	—
リング間ボルト本数	26本	32本	10T-SUS
製作リング数	455リング (262リング)	207リング (133リング)	—
ピース数	2,275ピース	1,242ピース	—
リング種類	10種類	6種類	—
ピース種類	64種類	29種類	—

V. 会員メーカーの特徴あるステンレス鋼製品

愛知製鋼(株)

高圧水素用ステンレス鋼

AUS316L-H2

まえがき

航続距離が長く便利でエネルギー効率に優れた、低炭素社会の自動車として、燃料電池自動車が挙げられる。燃料電池自動車の燃料である水素ガスは、水素ステーションとよばれる自動車用の水素販売所で供給される。燃料電池自動車は、数分で燃料を補充することができるため利便性に富む一方、その普及を支えるには、水素ステーションのインフラ整備が重要となる。

当社では、水素ステーションにて用いる高圧水素用バルブ・配管継手用の素材として、高圧水素ガス環境における耐水素脆化特性に優れたオーステナイト系ステンレス鋼AUS316L-H2を開発し、各社に供給している。

ここで、AUS316L-H2の特徴について紹介する。

◇ 特徴

AUS316L-H2は、高圧水素ガス環境での使用を目的としたオーステナイト系ステンレス鋼である。その代表化学成分を表1に示す。この鋼材の特徴として、耐水素脆化特性に優れる点およびSUS316LとSUS316の規格を同時に満足する点が挙げられる。

高圧水素ガス環境で使用されるバルブや配管継

表 1 AUS316L-H2の代表化学成分 (mass%)

C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
0.023	0.47	1.22	13.20	17.14	2.76

手においては、その健全性・安全性を確保するために耐水素脆化特性が求められ、一般的にSUS316Lが用いられてきた。しかしながら、水素ステーションの技術進歩に伴い、より耐水素脆化特性を高めた特殊なSUS316Lの用途が拡大している。

AUS316L-H2は、一般的なSUS316Lと比較してNi等の添加量を見直すことでオーステナイトを安定化し、耐水素脆化特性を高めており、一般高圧ガス保安規則が求める高圧水素用のSUS316・SUS316Lの化学成分および機械的性質の要件を満足している。さらに、マクロな偏析を低減することで、耐水素脆化特性の局所的な低下を抑制している。

また、加工率25%程度までの冷間加工にも対応している。冷間加工を施した場合、固溶化熱処理材と同様に耐水素脆化特性を有しかつ、固溶化熱処理材よりも高強度となる。

さらに、AUS316L-H2は、SUS316LとSUS316の成分規格を同時に満足し、機械的性質も共に満足している。そのためAUS316L-H2は、融通性良く鋼材を使用することができる。

むすび

高圧水素ガス環境での使用を目的としたオーステナイト系ステンレス鋼AUS316L-H2は、既に高圧水素用バルブや配管継手として使用されている。燃料電池自動車は優れた環境性能を有するエコカーであり、その利便性は水素ステーションが支える。当社は、高圧水素環境における耐水素脆化特性に優れた鋼材を供給することで、水素ステーションの整備に寄与し、ひいては低炭素社会の実現に貢献していきたい。

〔愛知製鋼(株) 技術本部 技術開発部第2開発室 窪田 かずまさ〕

秋山精鋼(株)

オーステナイト系高強度鋼 【ASK-8000】のご紹介

弊社では従来から快削鋼・快削ステンレス鋼をメインとしたみがき棒鋼の製造・販売をして参りました。快削鋼はベース鋼に快削成分を添加し被削性を向上させる事により、切削加工時のサイクルタイムの短縮化や長時間連続稼働への対応等で顧客のコストダウンに寄与する事を可能としております。

今回ご紹介するオーステナイト系高強度鋼【ASK-8000】は硫黄系の快削ステンレス鋼でありながら、従来とは異なったコンセプトで開発された鋼種になります。

ASK-8000はBar材の段階で高強度・高耐食性を有している為、部品加工後の熱処理（焼入れ）やメッキ処理を必要とせず、それらの処理工程を省略する事により、顧客でのトータルコストの低減、リードタイムの短縮、環境負荷低減を目的としております。

また、顧客からはグローバルオペレーション化に伴う下記のような悩みを聞いており、切削加工のみで最終部品まで仕上げる事が可能な本鋼種は、その様な問題に対しても解決できるものと考えております。

※要求される品質や納期を満たすサプライヤーが少ない。

※製造する現地工場の制約まで意識した設計や開発が難しい。

※開発部門と製造部門の連携が弱く、設計・変

表 1 ASK-8000の化学成分値

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
0.15-0.25	≤0.50	7.50-9.50	≤0.05	≥0.12	1.50-3.00	13.00-15.00

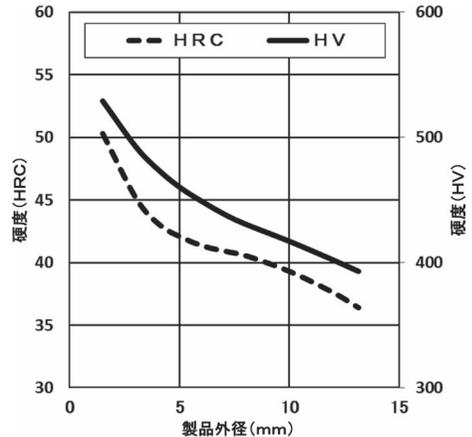


図 1 製品外径と硬さの関係

更への対応が難しい。

ASK-8000の化学成分を表1に示しますが、オーステナイト系ステンレス鋼の代表鋼種であるSUS304と比べると、Ni含有量が少なく、Mn含有量を高めに設定しております。これにより、冷間加工時の塑性硬化をより上昇させ、図1に示すように外径φ1.5ではHV500以上の設定も可能になります。また、Ni含有量を少なくした事により、Ni相場の影響も小さく、価格が比較的安定している鋼種とも言えます。

耐食性では、塩水噴霧試験（連続96時間）にて評価した処、オーステナイト系ステンレス鋼のSUS304やSUS303には若干劣るものの、Niメッキ品（ベース：快削鋼）よりも良好な結果が得られております。

今後の課題としては、図1に示す通り、製品外径が大きくなるにつれ、得られる硬度が下がっており、更なる設定硬度アップと製造可能サイズの拡充を目指して、冷間加工技術の向上に取り組んでいる状況です。

〔秋山精鋼(株) 販売部 鈴木 かなめ 要〕

山陽特殊製鋼株

Pbフリー快削ステンレス鋼

「QS12E」

まえがき

ステンレス鋼はその耐食性の高さから、医療、食品、半導体関連など、クリーン環境で用いられる機械部品に多く使用されます。その中でも、回転部品や支持部材等の強度が求められる用途には、焼入焼戻しにより高強度化（高硬度化）できるマルテンサイト系ステンレス鋼が選ばれます。

さらに、複雑かつ寸法精度の高い加工を施す必要がある場合には、優れた被削性を付与した快削ステンレス鋼が用いられることがあります。被削性を向上する快削元素として、耐食性を損なわずに被削性を向上することが可能なPbが用いられることがあります。しかし近年、電子・電気機器における特定有害物質の使用制限を定めた「RoHS指令」をはじめ、環境負荷低減の観点からPbは各分野で使用が避けられつつあり、今後、鋼材のPbフリー化の要求はますます高まることが想定されます。当社は、こうしたニーズと社会背景に 대응するため、マルテンサイト系Pbフリー快削ステンレス鋼「QS12E」を開発しました。本稿では、「QS12E」の概要について紹介いたします。

◇ 「QS12E」の特徴

「QS12E」は、SUS416と同様に快削元素としてSを添加した12Crマルテンサイト系快削ステンレス鋼です。汎用鋼であるSUS416はMn量が高いことから、添加されたSは鋼中でMn硫化物として多量に存在しているため、耐食性はSUS403に比べ劣ります。しかし、「QS12E」はMn/S比により硫化物組成が変化することを利用し耐食性の低下を抑

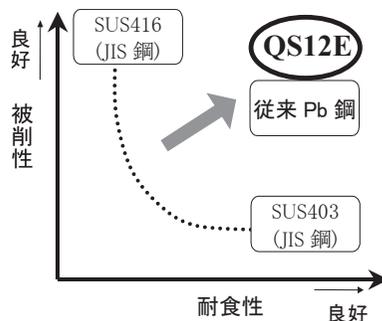


図 1 「QS12E」の位置付け

制しています。通常、S量が上昇すれば鋼中の硫化物量は増加し、被削性は上昇するものの、耐食性は低下します。また、Mn/S比が減少すると、硫化物中のCr濃度は上昇し、逆にMn濃度は低下します。硫化物中のCr濃度が上昇すると、耐食性は向上しますが、硫化物硬さが上昇するため、被削性は低下します。「QS12E」はS量とMn/S比を最適化することで、SUS416に匹敵する被削性とSUS403同等の耐食性を得ています（図1参照）。また、静的強度はSUS403と同程度の値を示します。

むすび

「QS12E」は、優れた被削性と耐食性を有し、一般のマルテンサイト系ステンレス鋼と同様に焼入焼戻しにより高強度化（高硬度化）できることから、一般大気環境下の様な比較的マイルドな環境下での発錆を嫌う高強度部材に好適であり、特に重切削加工を受ける部品用途に適しています。また「QS12E」はPbフリーであるため、グリーン調達化や有害物質削減にも貢献します。

〔山陽特殊製鋼株 研究・開発センター 妙瀬田真理〕

JFEスチール(株)

Moフリー型高耐熱エキマニ用 ステンレス鋼『JFE-TF1』

まえがき

自動車の排気系部材には耐熱性が要求される。特に、エンジン直下で高温の排ガスを集め排気するエキゾーストマニフォールド（以下、エキマニと記載。図1参照）は、排ガスにより温度が著しく上昇するため、使用される材料には、耐熱疲労性、耐高温疲労性、耐酸化性などの高い耐熱性能が要求される。現在、エキマニ用材料としては、耐熱性向上のためにNbを添加したType 429鋼（例えばJFE429EX、15Cr-Nb¹⁾）が多く使用されている。さらに、高い耐熱性が必要な場合には、Nbに加えてMoを添加した高耐熱鋼（例えばSUS444、19Cr-Nb-Mo²⁾）が使用されている。しかし、レアメタルであるMoの価格は高く、しかも乱高下するため、Mo無添加でも高い耐熱性を有する材料の開発が求められていた。JFEスチールでは、Moを使用せずにSUS444等のMo添加鋼と同等以上の耐熱性を実現すべく鋭意研究を行い、Moフリーエキマニ材JFE-TF1（17Cr-Nb-Cu-Al）を開発した。

◇ エキマニ用材料に特有な必要特性

エキマニには、エンジン起動時の昇温と停止時の降温が繰り返されることにより生じる、「熱疲労」と呼ばれる歪損傷が生じる。鋼材は、昇温に伴い熱膨張し、降温に伴い熱収縮しようとするが、エキマニは周囲の接続された部品により拘束されているため、自由に膨張、収縮することが出来ない。このため昇温時には圧縮歪が、降温時には引張歪が発生する。このような熱歪が蓄積することで破壊に至る現象が熱疲労であり、耐熱疲労性はエキマニ用材料にとって最も重要な特性の1つである。耐熱疲労性の向上には、室温から使用最高温度（800℃以上）までの広い温度範囲での高強度化が有効であるが、特

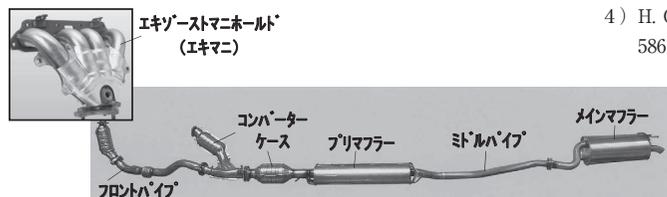


図 1 耐熱性ステンレス鋼が使用される自動車排気系部品の概要

に高温側（600℃以上）での高強度化が有効である。

◇ 析出強化・固溶強化を利用した高温での高強度化

Cuは、適量の添加により600℃程度の温度域（以下、中温域と記載）において、微細に析出（ ϵ -Cuと呼ばれる）し、材料の強度を向上させる³⁾。本開発鋼において ϵ -Cuは、エンジン起動後の昇温時には中温域で微細に析出し鋼を強化する。その後、高温域（800℃以上）まで温度が上昇すると ϵ -Cuは鋼中に固溶するが、降温時に再び中温域で微細に析出し、鋼の強化に寄与する。エキマニのように昇温と降温が繰り返されるような使用環境において、 ϵ -Cuは微細析出と固溶を繰り返し、長時間に渡って鋼の強度を維持することができる。

一方、800℃以上の高温域では、 ϵ -Cuによる強化能は消失する。これは、Cu添加鋼に共通の現象である。この課題に対しJFEスチールでは、800℃以上の高温域における耐熱性を高める新手法として、Alの固溶強化を活用した技術を見出し⁴⁾、高耐熱性と低コストの両立に成功した。

◇ 開発鋼の効果

本開発鋼JFE-TF1は、耐熱疲労性以外の耐熱性能（耐高温疲労性、耐酸化性など）や、プレス成型性、耐塩害腐食性等についても、実車での使用実績があるSUS444と同等以上の性能が確認されている。

従来のSUS444等のMo添加型高耐熱鋼をJFE-TF1に置き換えることで材料コストの低減が可能である。また、Type 429鋼等のMo無添加耐熱鋼が使われている部品に対し、より耐熱性が優れるJFE-TF1を使用することで、部材の薄肉化を通じた車体の軽量化が可能である。

参考文献

- 1) 宮崎淳、郡司牧男、吉岡啓一：川崎製鉄技報、25（1993）、112
- 2) 吉岡啓一、玉置克臣、篠原忠広、木下昇、堀内唯義、倉橋速生：川崎製鉄技報、17（1985）、249
- 3) S.R. Goodman, S.S. Brenner and J.R. Low, Jr.: Met. Trans., 4（1973）、2363
- 4) H. Ota, T. Nakamura and K. Maruyama: Mat. Sci. Eng. A, 586（2013）、133

〔JFEスチール(株) 中村 徹之〕
〔JFEスチール(株) おおた ひろき〕
〔スチール研究所 太田 裕樹〕

日本精線(株)

耐水素脆性ばね用ステンレス鋼線『HYBREM』

まえがき

来るべき水素社会の実現には水素の安定供給が不可避です。実証段階の水素ステーションでは高圧水素ガスの流量調節用ディスペンサー、減圧バルブ弁等が装備されています。それらに用いられるばね用ステンレス鋼線は、高い信頼性が求められています。

現状、ばね用ステンレス鋼としてポピュラーなSUS304は炭素鋼と比べると水素感受性が低く、好適材料と言えますが、超高圧水素環境下では脆性破壊が発生する事例が多く見られています。

構造材料で耐水素脆性材料として一般的に使用されているSUS316Lは水素感受性が低いものの、ばね用途としては特性面で劣っており、代替材料が求められています。

日本精線(株)では、燃料電池システムの高圧水素ガス圧力調整弁に用いられるばね、或いは燃料電池自動車用ばね等、高圧水素環境下において過酷なばね特性が要求されるアイテムをターゲットとし、SUS304並みの強度を有し、韌性かつばね疲労特性が良好なステンレス鋼線『HYBREM』を開発しました。

◇ 『HYBREM』の特徴

『HYBREM：ハイブレム』はオーステナイト系ステンレス鋼に属します。特殊元素をコントロールする事により、冷間加工後の相安定性を管理し、同時に積層欠陥エネルギーを高めて水素環境下での絞り値を安定させました。また、炭素及び窒素の添加バランスを最適化することによりコトレル雰囲気による転位の固着を制御し、SUS304並みの強度とばね特性を得ることに成功しました。

※HYBREMの語源：Hydrogen emBrittlement Resistant Material

◇ 『HYBREM』の基本特性

高圧水素環境下での極低歪速度の引張試験結果(SSRT)をAr雰囲気(大気を模す)下と比較したものを図1に示します。

SUS304の絞りは約20%と脆性破壊が起きている状態ですが、『HYBREM』の変化は軽微です。

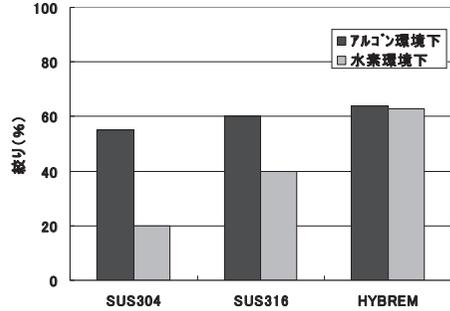


図 1 高圧水素環境下 (70MPa) による絞り値の変化

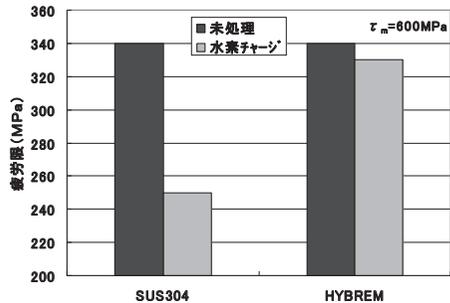


図 2 水素チャージによる疲労限の変化

更に、水素チャージを行ったばねサンプルの大気環境下での疲労試験結果を図2に示します。

水素チャージを行ったばねと未処理品を比較した疲労限の低下率は、SUS304が26%であるのに対し、『HYBREM』は3%程度であり、材料に高い濃度の水素が含まれた状態においても非常に優れた韌性、ばね疲労特性を有しております。

◇ 適用範囲

線径：φ0.3～5.0mm

仕上：硬質樹脂被膜仕上(弊社記号：HRD)

その他の線径については、御引合時、別途相談に応じます。

むすび

『HYBREM：ハイブレム』は現在、主要ユーザーにおいて実機試験による確性評価を進めております。

今後は水素環境下での使用が想定される用途：水素ガスステーションや燃料電池自動車といった水素利用社会への展開に大いに期待できるものと考えます。

〔日本精線(株) 秋 孝〕
顧客サービス部

“特集” 編集後記

ステンレス鋼の特集は5年ぶりとなります。この5年の間にステンレス鋼を取り巻く環境は大きく変化してきており、例えば海外メーカーの台頭や各種産業のグローバル化、原材料価格の変動による製品価格の変化、リーマンショックや東日本大震災などによる経済情勢の急激な変化など、国内外の需給バランスに大きな影響を与える出来事が起きています。

今回のテーマは、「エネルギー・インフラ技術を支えるステンレス鋼」としました。この特集で、世界的に注目され、今も需要が求められているエネルギー分野においてステンレス鋼がどのような使われ方をしているのか、私達の身近にあり、皆

の暮らしを支えるインフラにステンレス鋼がどのように寄与しているのかをわかりやすく解説して頂きました。

今回の特集を通して、日本の高度な製造技術・材料技術がステンレス鋼の分野においても私達の生活を支えているということを多くの読者にご理解頂ければ幸いです。

最後に、ご多忙中にも関わらず本特集にご寄稿をいただきました執筆者の皆様、また編集委員および事務局の皆様がこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

〔日本冶金工業(株) にし とおる 徹〕
高機能材営業推進部 西

業界のうごき

UEX、6kWレーザ機新設 伊勢原、作業効率を向上

UEXは鋼板切断加工の主力拠点である第1伊勢原スチールサービスセンター（神奈川県伊勢原市）に6kWレーザ切断機を新設し、10月から稼働を開始する。製品歩留まりを含めた切断作業効率・生産性の向上を狙い。現在稼働するレーザは作業効率が低下しており、増加傾向にあるレーザ需要を捕捉する上で、機会損失を防ぐ意味合いもある。10月1日からのテストランを経て、9日に火入れ式を行う。

UEXが伊勢原に新設する6kWレーザは、アマダ製の3軸ドライブ「LC-3015FINT」で最大加工範囲が3,070ミリ×1,550ミリ×100ミリ。最大加工速度60メートル／分。フルカバーパーテーションが標準装備されている。

鋼板加工拠点の伊勢原にはレーザ切断機が3基あるが、アマダ製は初めて。

（9月27日、産業新聞）

清水鋼鉄・宇都宮 エネ・航空機に照準

清水鋼鉄は、宇都宮製作所で製造する鍛工品に関して、エネルギー分野、航空機分野へのアプローチを進め、両分野で受注拡大を図る。造船向けを中心に鍛鋼品のマーケット低迷が続く中、「今後伸長が期待される分野を開拓することで、受注回復を目指していく」方針。

宇都宮製作所はフリー鍛造の技術力は高く、成分設計から加工まで一貫して手掛ける。2,400トン油圧式鍛造プレスや加熱炉、長尺対応可能な熱処理炉などの鍛造・熱処理設備をはじめ、大型旋盤や立旋盤、鋸盤など各種機械加工設備を有しており、製造した鍛工品の表面を切削したり、切断するなど最終製品に近い形で

ユーザーに納入できるのが強みだ。

母材となるインゴット（鋼塊）は最大20トンまで鍛造可能で、鍛造能力は月間1,000トン。需要低迷の影響を受けて、足元の月間生産量はピーク時の半減となる500トン前後で推移している。

（8月22日、産業新聞）

大同DMS、熱間系工具鋼の拠点に 名古屋加工工場が本稼働

大同DMソリューション・名古屋加工工場（愛知県大府市）は、金型部材加工のための6面フライス加工機、5面加工機などの設備を他工場から移設、集約統合し新たな中部地区加工拠点として本格稼働を開始した。

同社は、昨年7月に大同アミスター、大同マテックス、石原鋼鉄の3社が統合して設立された。このうち旧大同アミスターは名古屋地区に加工拠点を保有しておらず大阪、仙台、静岡からユーザーに供給していた。また旧石原鋼鉄も大府工場（現・名古屋加工工場）で6面加工を行っていたが規模が小さく、名古屋、三河地区のユーザーへのサービスが手薄だった。

同社では本工場を熱間系工具鋼の加工拠点と位置付けており、隣接する中部在庫センターや名古屋熱処理工場、在名地区の大同系流通と共同で金型部材ソリューションビジネスの強化を図ることにしている。

（9月19日、産業新聞）

辰巳屋興業、自動車向け熱間鍛造品 インドネシアで合弁生産

辰巳屋興業は、インドネシアに熱間鍛造品の生産、加工、販売を手掛ける合弁会社を設立する。今月中に新会社設立の認可が下り次第、建屋建築や設備投資を順次実施し、来年春に稼働を開始して日系・非日系自動車関連ユーザーへ製品供給を行う。

合弁会社では熱間鍛造品の製造及び加工、販売を手掛ける予定だが、来春の稼働時には鍛造品の製造に特化し、徐々に業容を拡大する計画。この中で辰巳屋興業は素材の供給や管理、将来的には日系ユーザーへの営業も担当する。

すでに用地の手当てを済ませており、会社設立の認可が得られ次第、工場棟の建設工事に移る。総投資額は15億円程度だが、来春の操業スタートに向けてまず約7億円を投じて鍛造機などの設置を行う予定だ。

なお、同社は日本国内で冷間鍛造を手掛けているが、今回の進出を機に鍛造技術のさらなる向上も狙う。

（8月30日、鉄鋼新聞）

ノボル鋼鉄、宮城県に開設 第2テクニカルセンター

ノボル鋼鉄は、14年夏か秋に宮城県名取市に新たな機械加工工場「第2テクニカルセンター」を開設する計画だ。テクニカルセンター（福島県南相馬市、以下TC）は福島第1原発事故の影響で、東日本大震災前に比べて3分の1の売上高規模にとどまり、他事業所に転勤した社員の生活基盤も考慮すると、以前の操業状況に回復するのは困難な見通し。一方で機械加工ニーズは拡大しており、第2テクニカルセンターを開設する方針を固めた。国の震災復興補助金も活用する方針で、現在申請を行っている。

関連会社のノボル精密（静岡県清水区）で行う仕上げ研磨加工の前工程を第2TCで行う構想もある。一部設備はTCから移設するが、新たに機械加工設備を多数導入し、人員採用も行う。TCは震災前の三分の一の人員体制で操業しており、マシンングセンターなど付加価値の高い加工へのシフトを図っている。

（9月17日、鉄鋼新聞）

業界のうごき

山一ハガネ、太陽光発電 来春、売電開始

山一ハガネは来春、売電事業に参入する。技術開発センター新棟などの屋上に太陽光パネルを設置、電力の売却による利益確保の他、建屋の温度上昇を抑制することによる作業環境の改善、使用電力低減による省エネ効果も見込む。

昨年10月に完成した技術開発センター新棟と熱処理棟の屋上に太陽光パネルを設置、中部電力への売電を行うもの。発電能力は350キロワットで、売電の年間売上高は約1,200万円となる見込み。10月から据え付け工事に取り掛かり、来春3月以降売電をスタートする予定。

また山一ハガネは屋上にパネルを設置することで建屋内の温度上昇を緩和、電気料金の抑制効果にも期待を寄せる。

技術開発センター新棟はISO17025に準拠するため全館 20 ± 0.5 度の恒温仕様となっており、記録的猛暑の今夏においては電気料金が大幅に増加していた。

(9月4日、鉄鋼新聞)

陽鋼物産、海外事業展開を加速 東南アジア、サービス本格化

陽鋼物産は、成長戦略の一環として海外への事業展開を加速する。6月に山陽特殊製鋼の現地法人を活用する形で、インドネシア及びタイの日系ユーザー向けサービス事業を本格的に開始。グループ企業との連携強化で、拡大する特殊鋼材の海外需要を捕捉する。

製造業などのユーザーの海外進出が進む中、以前からの営業担当者による出張ベースでの対応に加え、グループ現地法人で特殊鋼製品の加工・販売を行うSKJメタル(タイ)と、サンヨウ・スペシャルスチール・インドネシア(インドネシア)

が、陽鋼物産の営業活動も適宜バックアップする形で対応を強化する。

現在、海外向けの鋼種としては、主力の構造用鋼と工具鋼がメイン。今後さらなる増加が見込まれるユーザーの海外進出に、情報面及び物流面でスピード対応することで、鋼種及びボリュームの扱い拡大を目指す。

(10月4日、産業新聞)

秋山精鋼、生産拡大へ 表面処理省けるSUS磨棒鋼

秋山精鋼は従来製品に比べて1~2割ほど加工コスト削減につながるオーステナイト系高強度ステンレス磨棒鋼「ASK-8000」の販売を強化する。自動車向け部品やOA機器など向けに販売を拡大、月10トンほどの生産量を早期に引き上げる方針だ。「ASK-8000」は熱処理とメッキ処理などの表面処理を省けるステンレス磨棒鋼。HRC硬度は5ミリ径で40超(HVでは450以上)と高い一方、被削性は非鉛材にもかかわらずSUS304を上回る指数で、耐食性はSUS303より若干下回るものの、SUS420FやSUM24LのNiめっきを上回る。

熱処理、めっき処理等を省け、表面処理時に発生する外径変化(歪み)などもないため歩留り向上にもつながる。同社の試算では、事務機部品材で従来製品比1~2割、自動車部品材で約1割のコストダウンにつながるとしている。

(10月7日、鉄鋼新聞)

下村精工、上期磨棒鋼生産7% 増自動車、HDD向け増加

下村特殊精工の上期販売重量は計画比7.4%増の8,700トンと増加した。HDDや自動車向け、店売りなどが計画を上回った。一方、下期計画はHDD向けと店売りが減少する見通しで上期比9%減の月平均1,320トンの生産水準と慎重な見通しだ。

販売先のおよそ3割を占めるHDD向けは、昨年同期の低迷から回復して上期は計画を2.5%上回った。需要が底入れたことに加えサーバーやデータセンターなど産業用HDDが堅調だったことが主な要因。しかし2014年1~3月期は再び減少する見通しで、下期は上期よりも慎重な見通しをしている。

自動車向けは計画比10%超と大きく上振れした。需要先である自動車部品メーカーは日系以外海外の自動車メーカー向けにも幅広く部品を供給しており、世界的に自動車の生産台数が増加したことが需要をけん引したかたち。

(10月9日、鉄鋼新聞)

神鋼、中国で 車パネル用アルミ板材製造

神戸製鋼所は、中国・天津の西青経済技術開発区に年産10万トン規模の自動車パネル用アルミ板材製造・販売会社を設立すると発表した。2014年初に設立予定で、16年の稼働を目指す。社名は「神鋼汽車鋁材(天津)有限公司」。フル稼働時の従業員は約140人。中国でパネル材を生産するのは、日系メーカーでは初めて。

新会社はパネル材の現地生産拠点で、真岡製造所が冷間圧延後の母材を供給。現地では熱処理、表面処理など精整工程を行う。現在中国市場へのパネル材は全量を真岡から輸出対応している。自動車メーカーからの現地供給ニーズに応えるため現地生産化を決めた。

神鋼は、これまで日本市場中心に販売を拡大しており、国内自動車パネル材市場でのシェアは50%強。また今年6月には、欧州アルミ圧延大手のハイドロ社とパネル材に関する技術協力契約を締結している。

(10月1日、鉄鋼新聞)

新日鐵住金、東邦チタニウム 航空機チタン合金に本格参入

新日鐵住金と東邦チタニウムは航

業界のうごき

空機エンジンなどの中間製品になるチタン合金インゴット製造事業で合弁会社を設立すると発表した。新会社は、来年4月に本格始動し、世界で拡大する航空機向け需要の捕捉を狙う。新会社は、新日鐵住金の直江津製造所（新潟県上越市）内に設立。製造体制の整備では大阪チタニウムテクノロジーズが保有する溶解炉を購入・移設し、東邦チタンが同溶解炉の操業技術支援を担う。チタン製造の上流・下流を手掛ける2社連合で競争力を高め、海外勢の寡占状態にある航空機用チタン合金市場への本格参入を目指す。

新会社は、「新日鐵住金直江津チタン」。まず9月中旬に新日鐵住金が資本金2千万円で単独で新会社を設立し、来年4月1日付で東邦チタンも出資する。来年4月時点の資本金は2億円。出資構成は新日鐵住金66%、東邦チタン34%とする。

（9月5日、鉄鋼新聞）

日新、中国で特殊鋼帯鋼圧延 伊藤忠丸紅鉄鋼、米社と合弁

日新製鋼は、伊藤忠丸紅鉄鋼、米ワージントン・インダストリーズと合弁で、中国浙江省平湖市に特殊鋼帯鋼圧延合弁を設立すると発表した。自動車部品産業が集積する中国華東地区で、日系及び米欧系自動車部品メーカーの現地調達化ニーズに応える。新会社は12月設立予定で、1億2,400万米ドル（約120億円）を投じて年産能力12万トンの冷延工場を建設し、15年末に営業生産を開始する。日新製鋼が特殊鋼帯鋼で海外生産に乗り出すのは初めて。

合弁会社は「浙江日新華新頓精密特殊鋼」（仮称）。平湖経済技術開発区の敷地約5万平方メートルに本社工場を建設し、冷間圧延設備1基、焼鈍設備（バッチ式）8ベース、精整設備（リコイラー）1基などを導入する。

稼働から2、3年後にフル稼働化すると同時に単年度黒字化する計画で、将来の拡張投資も視野に入れる。

（10月2日、鉄鋼新聞）

日本金属が販売拠点再編 東北・閉鎖、上海・現法化

日本金属は、ステンレス帯鋼の販売拠点を再編成する。ユーザーの海外移転や材料転換など需要構造の変化により売上規模が大きく落ち込んでいる東北営業所（仙台市）を今月末に閉鎖する。一方、来年度上期中をめどに中国・上海事務所を現地法人化する。

東北営業所はピーク時には月700トンを超える販売実績を残したこともあったが、ユーザーの海外移転や主要用途の材料転換などにより販売量は大きく落ち込んでいる。このため今月末での閉鎖を決めたもの。

一方、海外戦略ではタイ、シンガポールに次ぐ3番目のアジア拠点として今年7月、マレーシアに新コイルセンターを開設したが、これに続いて上海拠点の機能強化も図る。

上海拠点は現地法人化で同社自身が中国市場で直接販売できることになる。

（9月26日、鉄鋼新聞）

冶金、NSSCに圧延委託 高機能材の超広幅厚板

日本冶金工業は、新日鐵住金ステンレスに対して、9月から高機能材の超広幅厚板の圧延委託を開始したと発表した。日本冶金は高機能材（主にニッケルを20%以上含有する高ニッケル合金）を月2,500トン生産するが、川崎製造所の圧延設備では対応が難しい板幅2メートル以上の厚板圧延をNSSCに委託することにより、受注競争力を大幅に高める。

NSSCとの間では新日本製鐵時代の1984年にステンレス厚板の圧延委

託契約を締結。ピークは月200トンあったが、状況変化に伴い2006年以降は途絶えていた

超広幅厚板で狙いとするのはオイル・ガス、化学、肥料プラントや排煙脱硫装置、水処理設備などで、他の高機能製品と同様に直接輸出が7割を占める見通し。欧米の競合他社に十分対抗できる製品サイズが供給できるようになり、高機能材全体の受注競争力は大幅に高まる。

（9月17日、鉄鋼新聞）

不二越、最速軽量小型ロボ 世界同時発売

不二越はこのほど、世界最速となる軽量コンパクトロボット「MZ07」を開発し、全世界で同時発売したと発表した。不二越が得意とする自動車、産業機械分野だけでなく、電機・電子、食品、化学など幅広い分野のロボット化・自動化ニーズに対応する。

日本、米州、欧州、中国、アセアンなどで拡販し、売上台数は2014年度までに年間2,000台を目標とする。

MZ07は軽量かつ高剛性な本体と独自の制御技術により、動作速度を従来機種対比37%アップし世界最速を実現した。さまざまな用途で生産性の向上に寄与する。またA4用紙サイズよりもコンパクトな設置面積でありながら、7キログラム可搬クラストップの最大リーチを実現。人手で運搬可能な本体質量（約30キログラム）、省スペースと広い動作範囲により、新規設備へのロボット適用や、既存設備のロボット置き換えを容易にした。

（9月9日、産業新聞）

おこわり：この欄の記事は、最近月における業界のおよその動向を読者に知らせる目的をもって、本誌編集部において鉄鋼新聞ほか主要業界紙の記事を抜粋して収録したものです。

特殊鋼統計資料

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位：t)

年 月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼						合 計	
		機械構造用炭素鋼	構 造 用 合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張鋼	その他		
'11 暦年	249,273	4,616,659	4,039,110	8,655,769	427,775	1,117,301	2,931,487	744,318	5,380,181	833,755	11,434,817	20,339,859
'12 暦年	226,595	4,583,118	3,934,190	8,517,308	425,252	976,986	2,822,820	701,970	5,607,620	617,671	11,152,319	19,896,222
'11 年度	242,207	4,668,645	4,110,473	8,779,118	434,274	1,127,858	2,863,668	727,115	5,354,573	772,025	11,279,513	20,300,838
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,807,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386
'12. 7-9月	57,969	1,167,822	938,881	2,106,703	106,942	232,774	718,522	172,578	1,441,344	162,684	2,834,844	4,999,516
10-12月	54,761	1,004,152	854,589	1,858,741	92,500	182,929	669,248	155,712	1,261,456	130,379	2,492,224	4,405,726
'13. 1-3月	57,163	1,041,978	890,714	1,932,692	104,152	190,767	688,637	177,241	1,415,063	138,824	2,714,684	4,704,539
4-6月	59,894	1,145,358	1,001,270	2,146,628	108,989	247,525	712,123	175,689	1,436,443	164,835	2,845,604	5,052,126
'12年 7月	20,574	397,141	344,017	741,158	35,376	80,305	240,756	58,894	517,173	53,393	985,897	1,747,629
8月	18,275	380,864	301,001	681,865	34,157	76,436	240,770	55,776	501,035	57,184	965,358	1,665,498
9月	19,120	389,817	293,863	683,680	37,409	76,033	236,996	57,908	423,136	52,107	883,589	1,586,389
10月	19,832	361,308	315,741	677,049	31,327	67,458	239,862	49,775	465,053	53,095	906,570	1,603,451
11月	17,667	334,916	284,204	619,120	28,658	60,562	214,081	52,137	352,196	37,324	744,958	1,381,745
12月	17,262	307,928	254,644	562,572	32,515	54,909	215,305	53,800	444,207	39,960	840,696	1,420,530
'13年 1月	18,139	316,343	267,859	584,202	31,323	54,044	226,709	50,527	497,890	39,523	900,016	1,502,357
2月	18,576	347,411	294,351	641,762	30,607	61,490	222,942	58,694	403,673	40,744	818,150	1,478,488
3月	20,448	378,224	328,504	706,728	42,222	75,233	238,986	68,020	513,500	58,557	996,518	1,723,694
4月	16,847	374,318	334,482	708,800	36,254	79,075	230,342	55,759	449,770	47,966	899,166	1,624,813
5月	21,135	389,736	334,899	724,635	33,338	84,561	231,995	61,951	498,804	63,067	973,716	1,719,486
6月	21,912	381,304	331,889	713,193	39,397	83,889	249,786	57,979	487,869	53,802	972,722	1,707,827
7月	22,455	404,139	328,704	732,843	40,520	85,406	239,450	55,251	500,100	59,458	980,185	1,735,483
8月	19,333	371,614	330,500	702,114	31,220	73,450	232,161	49,336	488,078	53,652	927,897	1,649,344
前月比	86.1	92.0	100.5	95.8	77.0	86.0	97.0	89.3	97.6	90.2	94.7	95.0
前年同月比	105.8	97.6	109.8	103.0	91.4	96.1	96.4	88.5	97.4	93.8	96.1	99.0

経済産業省調査統計部調べ

形状別

(単位：t)

年 月	形 鋼	棒 鋼	管 材	線 材	鋼 板	鋼 帯	合 計
'11 暦年	500,334	6,256,373	1,498,992	4,163,728	2,087,517	5,832,915	20,339,859
'12 暦年	429,279	5,940,690	1,454,172	4,013,992	1,893,111	6,164,978	19,896,222
'11 年度	482,765	6,309,819	1,538,799	4,146,216	2,063,941	5,759,298	20,300,838
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'12. 7-9月	113,716	1,439,655	345,650	1,035,409	444,249	1,620,837	4,999,516
10-12月	67,224	1,255,317	326,894	880,342	434,130	1,441,819	4,405,726
'13. 1-3月	112,709	1,322,208	318,672	947,448	516,205	1,487,297	4,704,539
4-6月	147,600	1,494,813	358,172	1,036,068	515,858	1,499,615	5,052,126
'12年 7月	48,559	507,343	126,311	342,088	143,102	580,226	1,747,629
8月	20,623	452,004	123,852	342,735	162,564	563,720	1,665,498
9月	44,534	480,308	95,487	350,586	138,583	476,891	1,586,389
10月	35,232	430,084	134,481	324,524	158,134	520,996	1,603,451
11月	17,221	425,623	108,432	278,726	123,142	428,601	1,381,745
12月	14,771	399,610	83,981	277,092	152,854	492,222	1,420,530
'13年 1月	39,464	390,340	99,054	280,933	163,512	529,054	1,502,357
2月	41,721	435,875	105,777	310,281	129,620	455,214	1,478,488
3月	31,524	495,993	113,841	356,234	223,073	503,029	1,723,694
4月	45,532	469,795	132,642	341,968	166,244	468,632	1,624,813
5月	54,225	510,481	112,257	359,647	169,679	513,197	1,719,486
6月	47,843	514,537	113,273	334,453	179,935	517,786	1,707,827
7月	40,466	501,650	120,895	373,514	188,383	510,575	1,735,483
8月	24,918	455,735	135,429	334,425	181,719	517,118	1,649,344
前月比	61.6	90.8	112.0	89.5	96.5	101.3	95.0
前年同月比	120.8	100.8	109.3	97.6	111.8	91.7	99.0

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移 (同業者+消費者向け)

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他	計	
'11 暦年	441,844	3,966,807	4,653,986	8,620,793	273,757	547,952	3,626,549	200,660	82,191	79,046	4,810,155	13,872,792
'12 暦年	360,170	3,947,624	4,068,239	8,015,863	247,191	543,614	2,976,768	176,204	91,149	25,210	4,060,136	12,436,169
'11 年度	436,022	3,961,080	4,615,541	8,576,621	278,975	557,870	3,259,900	196,709	87,121	54,934	4,435,509	13,448,152
'12 年度	323,248	3,808,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	95,939	25,102	4,007,372	12,121,207
12年 12月	24,151	287,254	316,406	603,660	15,994	37,949	242,025	15,545	7,191	1,828	320,532	948,343
13年 1月	24,817	289,943	320,417	610,360	17,237	36,823	245,867	13,900	9,528	2,156	325,511	960,688
2月	24,687	300,205	325,686	625,891	18,328	37,391	247,238	15,377	7,169	2,601	328,104	978,682
3月	27,440	324,587	334,003	658,590	18,066	41,896	255,770	17,181	9,506	2,352	344,771	1,030,801
4月	27,877	326,447	341,107	667,554	27,895	42,193	262,486	15,456	8,852	4,107	360,989	1,056,420
5月	26,601	325,718	337,425	663,143	19,962	42,436	250,489	17,196	8,558	2,059	340,700	1,030,444
6月	26,326	316,899	331,428	648,327	22,211	44,094	241,234	17,307	8,190	2,565	335,601	1,010,254
7月	29,631	340,263	347,248	687,511	22,209	46,885	252,561	17,579	10,670	2,403	352,307	1,069,449
8月	25,559	307,238	327,744	634,982	18,869	40,366	237,677	13,114	8,804	2,540	321,370	981,911
前月比	86.3	90.3	94.4	92.4	85.0	86.1	94.1	74.6	82.5	105.7	91.2	91.8
前年同月比	104.0	99.8	101.0	100.4	101.7	105.7	99.7	104.9	111.2	159.8	101.3	100.8

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他	計	
'11 暦年	8,488	190,227	116,969	307,196	24,614	38,099	122,684	30,553	197,768	32,381	446,099	761,783
'12 暦年	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641
'11 年度	8,295	179,079	120,934	300,013	25,426	40,127	114,550	25,787	167,698	42,520	416,108	724,416
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822
12年 12月	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641
13年 1月	7,356	187,742	130,622	318,364	24,956	40,280	127,230	26,864	190,172	27,598	437,100	762,820
2月	7,198	189,386	135,253	324,639	20,199	38,432	126,036	34,989	193,384	27,647	440,687	772,524
3月	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822
4月	6,988	197,884	131,684	329,568	25,548	40,918	116,876	28,673	157,048	30,943	400,006	736,562
5月	6,805	194,824	129,570	324,394	23,187	44,523	110,382	31,679	219,995	35,933	465,699	796,898
6月	8,459	198,394	134,223	332,617	24,755	49,152	123,865	31,360	194,159	28,309	451,600	792,676
7月	7,856	196,329	123,609	319,938	23,507	44,079	121,265	28,268	175,969	35,283	428,371	756,165
8月	6,925	196,097	129,360	325,457	21,315	40,239	127,832	28,882	183,273	32,421	433,962	766,344
前月比	88.1	99.9	104.7	101.7	90.7	91.3	105.4	102.2	104.2	91.9	101.3	101.3
前年同月比	81.1	98.5	94.0	96.7	97.2	85.6	96.2	96.4	92.0	104.1	93.9	94.9

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼鋼材の流通在庫の推移 (商社+問屋)

(単位: t)

年月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼							合計
		機械構造用炭素鋼	合金鋼	計	ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他	計	
'11 暦年	59,145	253,243	174,301	427,544	21,518	57,780	173,543	17,188	8,031	2,218	280,278	766,967
'12 暦年	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723
'11 年度	63,141	273,132	187,035	460,167	26,229	73,087	162,898	18,396	7,303	2,296	290,209	813,517
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275
12年 12月	60,030	269,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723
13年 1月	60,664	266,764	176,877	443,641	23,448	70,524	149,554	19,716	8,818	2,409	274,469	778,774
2月	58,220	255,062	167,599	422,661	22,982	66,109	146,002	18,977	8,508	2,398	264,976	745,857
3月	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275
4月	58,653	250,443	163,190	413,633	23,419	59,813	142,901	21,120	8,139	2,395	257,787	730,073
5月	59,905	244,759	165,810	410,569	23,133	59,726	143,141	19,984	8,775	2,184	256,943	727,417
6月	56,868	239,940	165,654	405,594	22,873	59,450	141,084	17,165	8,661	1,959	251,192	713,654
7月	55,323	232,915	160,031	392,946	22,582	57,420	138,396	15,740	8,568	1,919	244,625	692,894
8月	51,939	197,703	139,225	336,928	15,315	50,466	162,952	15,795	8,920	1,955	255,403	644,270
前月比	93.9	84.9	87.0	85.7	67.8	87.9	117.7	100.3	104.1	101.9	104.4	93.0
前年同月比	86.5	72.5	73.4	72.9	62.9	63.2	102.0	82.5	116.4	74.8	87.1	79.0

経済産業省調査統計部調べ

特殊鋼鋼材の輸出入推移

輸 出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線 材	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'11 暦年	34,103	424,408	540,217	964,625	183,369	1,245,945	211,120	1,640,433	15,635	5,054,857	5,070,493	7,709,654
'12 暦年	32,468	464,300	511,422	975,722	182,974	1,176,513	117,801	1,477,289	13,140	5,353,390	5,366,529	7,852,008
'11 年度	31,409	412,032	515,762	927,794	180,097	1,212,348	179,423	1,571,868	14,676	4,893,245	4,907,922	7,438,993
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,909	117,144	1,434,993	13,212	5,323,693	5,336,905	7,797,913
12年 12月	6,663	39,907	46,088	85,995	14,343	89,259	8,629	112,232	642	421,674	422,316	627,205
13年 1月	2,100	31,517	36,040	67,557	15,818	76,361	8,175	100,354	992	352,579	353,571	523,582
2月	2,502	34,998	44,140	79,139	15,789	86,683	5,798	108,269	1,153	451,562	452,715	642,625
3月	2,806	42,450	51,315	93,765	15,237	107,102	9,594	131,933	1,109	455,173	456,282	684,787
4月	2,964	36,674	54,560	91,234	19,252	89,634	8,853	117,740	1,448	378,197	379,646	591,583
5月	2,911	41,379	57,374	98,753	16,978	86,285	14,080	117,343	925	429,848	430,773	649,780
6月	2,889	39,439	49,062	88,501	14,746	92,062	9,798	116,606	1,035	408,790	409,825	617,821
7月	3,338	42,010	46,349	88,359	15,937	96,552	11,426	123,915	977	407,772	408,749	624,361
8月	3,168	43,962	45,494	89,456	15,300	91,448	16,326	123,075	674	447,545	448,219	663,918
9月	10,496	36,103	47,969	84,072	12,527	97,252	12,720	122,499	954	428,547	429,501	646,569
前 月 比	331.3	82.1	105.4	94.0	81.9	106.3	77.9	99.5	141.5	95.8	95.8	97.4
前年同月比	448.8	81.8	126.4	102.4	101.5	96.1	109.2	97.8	62.4	100.3	100.1	101.2

財務省通関統計

輸 入

(単位：t)

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼			特殊鋼鋼材合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼	計	
'11 暦年	5,781	881	665	11,941	9,319	156,308	11,030	189,263	85	29,045	174,950	203,995	400,005
'12 暦年	6,876	972	988	15,546	9,898	135,655	11,368	173,454	274	26,242	333,226	359,467	541,043
'11 年度	6,495	736	817	13,714	9,745	159,034	11,299	194,609	120	27,334	209,174	236,509	438,469
'12 年度	5,679	1,077	781	14,359	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,040	368,947	553,592
12年 12月	428	70	100	1,285	811	10,319	1,080	13,595	66	3,915	26,722	30,637	44,796
13年 1月	513	77	18	1,184	1,167	16,533	1,135	20,037	128	1,454	23,247	24,700	45,455
2月	329	71	58	952	1,221	11,855	817	14,902	80	654	24,737	25,391	40,773
3月	257	86	33	967	1,413	12,016	1,103	15,532	4	2,288	20,470	22,758	38,637
4月	477	52	48	1,268	1,169	14,025	1,136	17,646	18	308	23,350	23,658	41,852
5月	716	73	44	1,178	1,284	18,308	1,191	22,006	17	4,181	27,958	32,138	54,951
6月	412	63	45	812	655	13,008	1,138	15,658	-	871	40,970	41,841	57,974
7月	482	26	43	1,024	1,034	13,537	1,161	16,800	11	1,309	30,135	31,445	48,763
8月	356	87	29	1,063	1,351	15,820	1,027	19,290	5	1,589	38,064	39,652	59,390
p9月	365	17	43	1,237	956	10,503	898	13,637	1	2,366	30,018	32,383	46,403
前 月 比	102.6	20.0	146.5	116.3	70.8	66.4	87.4	70.7	15.3	148.9	78.9	81.7	78.1
前年同月比	75.6	13.2	55.1	79.6	122.8	116.2	90.9	109.6	2.1	136.7	97.4	99.5	101.7

財務省通関統計

関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録・軽自動車販売		建設機械生産		産業車輛生産		機 械受注額	産業機械受注額	工作機械受注額
		うちトラック		うちトラック		うちトラック	ブルドーザ	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック			
'11 暦年	8,398,630	1,135,996	4,464,413	423,767	4,210,219	674,780	6,887	135,303	114,789	12,043	88,961	52,656	13,262
'12 暦年	9,943,077	1,266,354	4,801,191	476,919	5,369,720	785,450	6,877	147,987	114,051	12,044	88,134	52,392	12,124
'11 年度	9,267,047	1,244,733	4,621,975	448,275	4,753,273	732,158	7,435	145,100	118,126	12,476	89,742	59,270	13,111
'12 年度	9,550,883	1,237,262	4,660,539	475,364	5,210,290	759,973	6,215	140,130	111,401	11,930	87,026	45,932	11,398
12年 12月	700,941	96,431	399,589	43,352	338,503	53,649	451	10,354	8,271	935	7,205	4,206	841
13年 1月	751,582	100,468	345,552	31,748	383,501	50,826	383	9,672	7,870	854	6,663	3,495	717
2月	806,211	104,912	392,216	38,022	477,379	63,576	460	10,298	8,402	924	6,945	3,521	809
3月	824,114	112,391	388,370	47,127	667,128	94,353	403	11,831	9,610	954	7,931	8,792	905
4月	745,320	102,419	397,817	38,736	365,164	55,707	601	10,576	8,294	920	7,233	2,286	820
5月	729,692	101,624	359,752	34,622	367,648	58,579	591	11,270	8,169	1,026	7,992	2,700	971
6月	804,125	112,882	411,577	42,768	450,825	71,345	625	12,252	9,031	1,209	7,774	3,988	952
7月	910,246	121,821	413,920	38,380	472,108	69,272	562	14,029	10,118	1,369	7,772	3,081	928
8月	680,487	93,594	351,217	37,414	366,754	55,131	457	11,840	7,732	1,015	8,193	3,921	946
9月	p873,623	p116,934	p424,194	p45,048	522,758	75,635	-	-	-	-	-	-	1,007
前 月 比	128.4	124.9	120.8	120.4	142.5	137.2	81.3	84.4	76.4	74.1	105.4	127.3	106.4
前年同月比	113.0	115.7	110.4	105.4	117.0	111.3	79.2	103.2	85.4	109.5	112.7	146.0	93.7

出所： 四輪自動車生産、四輪完成車輸出は日本自動車工業会

新車登録・軽自動車販売は日本自動車販売協会連合会及び全国軽自動車協会連合会

建設機械生産、産業車輛生産は経済産業省

機械受注額は内閣府、産業機械受注額は日本産業機械工業会、工作機械受注額は日本工作機械工業会

特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 3 年 8 月 分

鋼種別	項目	月別					
		実数 (t)	前月比 (%)	前年同月比 (%)	1995年基準指数 (%)		
工 具 鋼	熱間圧延鋼材生産	19,333	86.1	105.8	87.0		
	鋼材輸入実績	356	73.9	67.8	242.2		
	販売業者	受入計	22,175	79.0	89.0	107.8	
		販売計	25,559	86.3	104.0	125.4	
		うち消費者向	18,989	85.8	108.7	202.3	
		在庫計	51,939	93.9	86.5	144.1	
	鋼材輸出船積実績	3,168	94.9	126.8	88.5		
	生産者工場在庫	6,925	88.1	81.1	61.8		
	総在庫	58,864	93.2	85.8	124.8		
	構 造 用 鋼	熱間圧延鋼材生産	702,114	95.8	103.0	129.3	
鋼材輸入実績		33,062	131.4	147.0	2169.5		
販売業者		受入計	578,964	85.8	90.6	175.3	
		販売計	634,982	92.4	100.4	193.6	
		うち消費者向	413,794	91.8	100.8	193.6	
		在庫計	336,928	85.7	72.9	140.2	
鋼材輸出船積実績		89,456	101.2	108.4	528.5		
生産者工場在庫		325,457	101.7	96.7	108.7		
総在庫		662,385	92.9	82.9	122.7		
ば ね 鋼		熱間圧延鋼材生産	31,220	77.0	91.4	73.4	
	鋼材輸入実績	87	327.5	76.9	-		
	販売業者	受入計	11,602	52.9	61.8	77.8	
		販売計	18,869	85.0	101.7	126.7	
		うち消費者向	5,061	86.7	78.0	40.8	
		在庫計	15,315	67.8	62.9	481.9	
	鋼材輸出船積実績	15,300	96.0	102.5	120.9		
	生産者工場在庫	21,315	90.7	97.2	66.3		
	総在庫	36,630	79.5	79.1	103.7		
	ス テ ン レ ス 鋼	熱間圧延鋼材生産	232,161	97.0	96.4	85.9	
鋼材輸入実績		19,290	114.8	155.8	494.9		
販売業者		受入計	262,233	104.9	109.0	174.6	
		販売計	237,677	94.1	99.7	159.1	
		うち消費者向	52,410	84.6	96.9	92.0	
		在庫計	162,952	117.7	102.0	147.4	
鋼材輸出船積実績		91,448	94.7	100.0	89.9		
生産者工場在庫		127,832	105.4	96.2	86.9		
総在庫		290,784	112.0	99.4	112.8		
快 削 鋼		熱間圧延鋼材生産	49,336	89.3	88.5	55.7	
	販売業者	受入計	13,169	81.5	100.9	78.3	
		販売計	13,114	74.6	104.9	79.2	
		うち消費者向	12,855	75.1	106.9	90.4	
		在庫計	15,795	100.3	82.5	69.0	
	生産者工場在庫	28,882	102.2	96.4	128.5		
	総在庫	44,677	101.5	91.0	98.5		
	高 抗 張 力 鋼	熱間圧延鋼材生産	488,078	97.6	97.4	208.4	
		販売業者	受入計	9,156	86.6	108.7	73.9
			販売計	8,804	82.5	111.2	71.3
うち消費者向			6,122	73.1	114.4	113.7	
在庫計			8,920	104.1	116.4	67.3	
生産者工場在庫		183,273	104.2	92.0	109.4		
総在庫		192,193	104.1	92.9	106.3		
そ の 他		熱間圧延鋼材生産	127,102	87.7	95.1	54.3	
		販売業者	受入計	35,988	76.2	84.0	290.6
			販売計	42,906	87.1	107.8	347.5
	うち消費者向		34,228	88.1	105.8	635.9	
	在庫計		52,421	88.3	63.6	395.6	
	生産者工場在庫	72,660	91.6	93.0	43.4		
	総在庫	125,081	90.2	77.9	69.2		
	特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産合計	1,649,344	95.0	99.0	122.4	
		鋼材輸入実績計	59,390	121.8	150.4	750.9	
		販売業者	受入計	933,287	89.0	94.5	163.2
販売計			981,911	91.8	100.8	172.6	
うち消費者向			543,459	89.8	101.0	161.4	
在庫計			644,270	93.0	79.0	145.7	
鋼材輸出船積実績計		663,918	106.3	97.0	197.8		
生産者工場在庫	766,344	101.3	94.9	100.5			
総在庫	1,410,614	97.3	86.9	117.1			

出所:鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省、それ以外は経済産業省、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算

- 注 1. 構造用鋼の鋼材輸入実績とは高炭素鋼の棒鋼及び合金鋼の棒鋼、線材を加算したもの。
 2. 総在庫とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

倶楽部だより

(平成25年8月21日～10月20日)

運営委員会 (10月10日)

- ①平成25年度事業の進捗状況報告
- ②平成25年度会計中間報告
- ③平成25年度下期事業の予定
- ④平成26年度事業の運営方針
- ⑤平成26年度以降の事務所の対応方針
- ⑥その他

海外委員会

- ・ 専門部会 (10月3日)
「ロシア・東欧の特殊鋼需給動向」調査の中間報告

市場開拓調査委員会

- ・ 説明会 (8月21日)
「自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査」報告書解説
講 師：日鉄住金総研(株) 経済産業調査部 特別研究員 松尾 悟氏、他
参加者：80名
- ・ 第1回調査WG (9月5日)
「平成25年度特殊鋼の最終用途別需要実態調査」について
一調査内容(調査票等)の検討他

編集委員会

- ・ 小委員会 (8月29日)
1月号特集「頑張る日本の特殊鋼」(仮題)の編集内容の検討
- ・ 本委員会 (9月5日)
1月号特集「頑張る日本の特殊鋼」(仮題)の編集方針、内容の確認

流通委員会

- ・ 説明会 (10月1日)
「平成25年度第3・四半期の特殊鋼需要見直し」
講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課長 補佐 但馬 敏郎氏
参加者：30名

【名古屋支部】

- ・ 2団体共催工場見学会 (8月22日～25日、於韓国)
見学先：POSCO及びビルノーサムスン自動車
参加者：28名
- ・ 3団体共催説明会 (8月30日)
テーマ：「世界に寄与する我が社の新製品・新技術」
講 師：各メーカー担当者
参加者：129名
- ・ 3団体共催技術講演会 (10月2日)
テーマ：「ステンレス鋼の水環境における耐食性について」
講 師：日本金属工業(株) 主席 斉田 知明氏
参加者：134名
- ・ 2団体共催中堅社員研修 (10月18日)
研修テーマ：「組織の中できらりと光る”人材”になるための自己改革」
講 師：名南コンサルティング 村野 文洋氏
参加者：27名
- ・ 説明会 (9月9日)
テーマ：「自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査」報告書解説
講 師：日鉄住金総研(株) 経済産業調査部 特別研究員 松尾 悟氏、他
参加者：104名
- ・ 説明会 (10月2日)
テーマ：「平成25年度第3・四半期の特殊鋼需要見直し」
講 師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課長 係長 市丸 純氏
参加者：65名

【大阪支部】

- ・ 3団体責任者会議 (8月28日)
 - ①講演会他本年共催事業検討
 - ②各団体秋季事業のすり合わせ他
- ・ 2団体共催説明会 (9月10日)
テーマ：「自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査」報告書解説

講師：日鉄住金総研(株) 経済産業調査部
特別研究員 松尾 悟氏、他

参加者：81名

・ 3 団体共催説明会（9月20日）

テーマ：「世界に寄与する我が社の新製品・
新技術」

講師：各メーカー担当者

参加者：147名

・ 2 団体共催説明会（10月3日）

テーマ：「平成25年度第3・四半期の特殊
鋼需要見通し」

講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課
課長補佐 但馬 敏郎氏

参加者：42名

韓国でのステンレス条鋼に対するアンチダンピング課税の 3年延長措置決定

2013年10月23日
特殊鋼倶楽部仮訳

韓国企画財政部は布告370号を以って韓国関税法51条に基づき日本、インド及びスペインから輸入されるステンレス条鋼に対するアンチダンピング課税を2013年10月1日から3年間実施することを表明した。

対象となる製品は以下のとおり。

1. 丸棒（非中空）：直径600mmを超えないもの
2. 角棒：面間寸法が4.5～40mmのもの
3. 六角棒：面間寸法が5～40mmのもの
4. 以下のいずれかに該当する平板
 - A) 厚みが9～13mmで幅が15～100mmのもの
 - B) 厚みが13～20mmで幅が15～150mmのもの
 - C) 厚みが25～150mmで幅が150～600mmのもの ただし、厚みが100を超え150mmを超えず、幅が150～210mmのものは対象外

課税率

日本	全ての供給者	15.39%
インド	Viraj Profiles Ltd.及び同社製品の輸出者	2.76%
	その他の供給者	15.39%
スペイン	全ての供給者	15.39%

以下の製品は対象外

1. JISのSUH1/1HT、SUH/1HT、SUH3/3HT、SUH11/11HT、SUH35、21-2N、S21-12N（SUH37）、23-8N又は21-4NNbWの使用に該当する耐熱ステンレス鋼
2. ニッケル合金及び電磁ステンレス鋼
3. LNGタンク（SUS304）の建設に使われる寸法（厚みmm、幅mm、長さmm）が12×55×6,000又は16×55×6,000のステンレス鋼平板
4. 合成繊維の紡糸口金用ステンレス鋼条鋼で、直径が30mmから600mmで硬度HRC34から38の丸棒（SUS-630KN）又は硬度HRC35から40の角棒（SUS-630KN）
5. 以下のいずれかに該当するステンレス鋼条鋼
 - A) 硬度HRC21から23、許容公差がH11で面間寸法が7.9mm、9.5mm、11.1mm、12.0mm、12.7mm、14.0mm、14.2mm、15.0mm、15.8mm、16.0mm、17.0mm、17.4mm、18.0mm、19.1mm、20.6mm、22.0mm、22.2mm、23.8mm、24.0mm、25.0mm、25.4mm、26.9mm、28.5mm、30.0mm、31.7mm、32.0mm、33.3mm、34.9mm、36.0mm又は38.1mmの組み立て及び石油圧力パイプ（SUS316）用の六角棒
 - B) 硬度HRC24から28、許容公差がH9で直径が6.0mm、10.0mm、12.0mm、13.0mm、14.0mm、16.0mm、18.0mm、20.0mm、23.0mm、26.0mm、26.0mm、29.0mm、30.0mm、32.0mm、35.0mm、40.0mm、42.0mm又は50.8mmの丸棒（SUS316）
6. 直径が5.1mmで長さが2,000mm、直径公差が±0.02mm、直行公差が±0.018mm、真丸公差が0.012mm以内、表面粗さが3.2z、表面硬さがHRB96（Max）のガソリン自動車燃料供給ポンプモーター

ターのシャフト用の丸棒 (SUS440C)

7. 寸法 (厚みmm、幅mm、長さmm) が $12 \times 55 \times 6,000$ 又は $16 \times 55 \times 6,000$ のステンレス鋼平板
8. 寸法 (厚さmm×長mm) が $7.1 (+0.05/-0) \times 2,500 (+30/-0)$ 又は $11.5 (+0.05/-0) \times 2,500 (+30/-0)$ の自動車用燃料制御バルブ用丸棒 (SUS420F)
9. 直径が1から4mmの電子部品加工用の快削ステンレス丸棒 (ASK3000U)
10. ウルトラクリーン半導体製造装置のバルブや組み立ての部品として用いられるSUS316Lタイプの丸棒で2回以上溶解もしくは精錬され、以下の成分を満たすもの
 - A) 炭素含有重量0.01%以下
 - B) シリコン含有重量0.15%以下
 - C) マンガン含有重量0.05%以下
 - D) 硫黄含有重量0.002%以下
 - E) 窒素含有重量0.015%以下
 - F) 酸素含有重量0.0015%以下
 - G) ニッケル含有重量が14.5%以上で15%を超えない
 - H) クロム含有重量が16.5%以上で17%を超えない
 - I) モリブデン含有重量が2.20%以上で2.25%を超えない
11. ウルトラクリーン半導体製造装置のバルブや組み立ての部品として用いられるSUS316Lタイプの丸棒で2回以上溶解もしくは精錬され、以下の成分に該当するもの
 - A) 炭素含有重量0.01%以下
 - B) シリコン含有重量0.30%以下
 - C) マンガン含有重量0.40%以下
 - D) 硫黄含有重量0.003%以下
 - E) 窒素含有重量0.015%以下
 - F) 酸素含有重量0.0015%以下
 - G) ニッケル含有重量が14.5%以上で15%を超えない
 - H) クロム含有重量が16.5%以上で17%を超えない
 - I) モリブデン含有重量が2.20%以上で2.50%を超えない

一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

[会 員 数]	【販売業者会員】		
(正 会 員)			
製造業者	25社		
販売業者	101社		
合 計	126社		
(賛 助 会 員)	0社		
【製造業者会員】			
愛 知 製 鋼 (株)	愛 鋼 (株)	住 友 商 事 (株)	日 立 金 属 工 具 鋼 (株)
秋 山 精 鋼 (株)	青 山 特 殊 鋼 (株)	大 同 興 業 (株)	(株)日立ハイテクノロジーズ
(株)川口金属加工	浅 井 産 業 (株)	大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)	(株) 平 井
(株)神戸製鋼所	東 金 属 (株)	大 洋 商 事 (株)	(株) フ ク オ カ
合 同 製 鐵 (株)	新 井 ハ ガ ネ (株)	大 和 興 業 (株)	藤 田 商 事 (株)
山 陽 特 殊 製 鋼 (株)	粟 井 鋼 商 事 (株)	大 和 特 殊 鋼 (株)	古 池 鋼 業 (株)
J F E 条 鋼 (株)	伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)	(株)竹内ハガネ商行	(株) プ ル ー タ ス
J F E ス チ ー ル (株)	伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)	孟 鋼 鉄 (株)	(株) 堀 田 ハ ガ ネ
J X 日 鉦 日 石 金 属 (株)	井 上 特 殊 鋼 (株)	田 島 ス チ ー ル (株)	(株)マクスコーポレーション
下 村 特 殊 精 工 (株)	(株) U E X	辰 巳 屋 興 業 (株)	三 沢 興 産 (株)
新 日 鐵 住 金 (株)	確 井 鋼 材 (株)	中 部 ス テ ン レ ス (株)	三 井 物 産 (株)
ス テ ン レ ス パ イ プ 工 業 (株)	ウ メ ト ク (株)	千 曲 鋼 材 (株)	三 井 物 産 ス チ ー ル (株)
大 同 特 殊 鋼 (株)	扇 鋼 材 (株)	(株) テ ク ノ タ ジ マ	(株) メ タ ル ワ ン
高 砂 鐵 工 (株)	岡 谷 鋼 機 (株)	(株) 鐵 鋼 社	(株)メタルワンチューブラー
東 北 特 殊 鋼 (株)	カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)	デ ル タ ス テ ー ル (株)	(株)メタルワン特殊鋼
日 新 製 鋼 (株)	兼 松 (株)	東 京 貿 易 金 属 (株)	森 寅 鋼 業 (株)
日 本 金 属 (株)	兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)	(株) 東 信 鋼 鉄	(株) 山 一 ハ ガ ネ
日 本 高 周 波 鋼 業 (株)	(株) カ ム ス	特 殊 鋼 機 (株)	山 進 産 業 (株)
日 本 精 線 (株)	(株) カ ワ イ ス チ ー ル	豊 田 通 商 (株)	ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)
日 本 冶 金 工 業 (株)	川 本 鋼 材 (株)	中 川 特 殊 鋼 (株)	山 野 鋼 材 (株)
日 立 金 属 (株)	北 島 鋼 材 (株)	中 野 ハ ガ ネ (株)	陽 鋼 物 産 (株)
(株) 不 二 越	ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)	永 田 鋼 材 (株)	菱 光 特 殊 鋼 (株)
三 菱 製 鋼 (株)	ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)	名 古 屋 特 殊 鋼 (株)	渡 辺 ハ ガ ネ (株)
ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株)	小 山 鋼 材 (株)	ナ ス 物 産 (株)	
理 研 製 鋼 (株)	佐 久 間 特 殊 鋼 (株)	南 海 鋼 材 (株)	
	櫻 井 鋼 鐵 (株)	日 輪 鋼 業 (株)	
	佐 藤 商 事 (株)	日 金 ス チ ー ル (株)	
	サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)	日 鐵 住 金 物 産 (株)	
	(株) 三 悦	日 本 金 型 材 (株)	
	三 協 鋼 鐵 (株)	ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)	
	三 京 物 産 (株)	野 村 鋼 機 (株)	
	三 興 鋼 材 (株)	白 鷺 特 殊 鋼 (株)	
	三 和 特 殊 鋼 (株)	橋 本 鋼 (株)	
	J F E 商 事 (株)	(株)長谷川ハガネ店	
	芝 本 産 業 (株)	(株)ハヤカワカンパニー	
	清 水 金 属 (株)	林 田 特 殊 鋼 材 (株)	
	清 水 鋼 鐵 (株)	阪 神 特 殊 鋼 (株)	
	神 鋼 商 事 (株)	阪 和 興 業 (株)	
	日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株)	日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)	

特 集／がんばる日本の特殊鋼 ～さらなる発展を目指して～

- I. 総論
- II. 各鋼材の技術動向
- III. がんばる我が社の新製品・新技術

3月号特集予定…鉄鋼業に関連する規制と対応

特 殊 鋼

第 62 卷 第 6 号
© 2 0 1 3 年 11 月
平成25年10月25日 印刷
平成25年11月1日 発行

定 価 1,200円 送 料 100円
1年 国内7,200円 (送料共)
外国7,860円 (“ 、船便)

発 行 所
一般社団法人 特 殊 鋼 倶 楽 部
Special Steel Association of Japan

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3丁目2番10号 鉄鋼会館
電 話 03(3669)2081・2082
ホームページURL <http://www.tokushuko.or.jp>
振替口座 00110-1-22086

編集発行人 小 島 彰
印刷人 増 田 達 夫
印刷所 レタープレス株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、一般社団法人 特殊鋼倶楽部の許可なく転載・複写することはできません。

「特殊鋼」誌第62巻索引

2013年1～11月

■ 経済関係 ■

「平成25年新年挨拶」……………嶋尾 正 1・1

【年頭所感】

「年頭に寄せて」……………菅原 郁郎 1・3
「年頭所感」―巳年の年明けに思うこと―
……………竹内 誠二 1・4
「苦境の中からの飛躍」……………後藤 隆 1・5
「年頭所感」……………久保 亮二 1・6
「年頭所感」……………佐伯 康光 1・7
「年頭所感」……………土屋 敦 1・8
「年頭所感」……………泉 正樹 1・9
「五輪の感動」……………平木 明敏 1・10

【一人一題】

「趣味のこと」……………岸本 則之 3・1
「私とダイビング」……………田嶋 直 5・1
「世界遺産姫路城の平成大修理に想う」
……………井上 満 7・1
「昔の夢と将来の夢」……………利光 一浩 9・1
「もう一人の家族」……………北澤 和博 11・1

【需要部門の動向】

自動車工業……………豊田 章男 1・11
産業機械……………片岡 功一 1・13

■ 技術関係 ■

《特集記事》

☆ 世界に寄与する我が社の新製品・新技術

1. 自動車…………… 1・17～25
新日鐵住金(株)、(株)神戸製鋼所、愛知製鋼(株)、
大同特殊鋼(株)、日立金属(株)、山陽特殊製鋼(株)、
(株)不二越
2. 航空宇宙…………… 1・26～27
日本冶金工業(株)、日立金属(株)
3. 電気・電子…………… 1・28～29
三菱製鋼(株)
4. 産業機械…………… 1・30～33
JFEスチール(株)、日本冶金工業(株)、大同特殊鋼(株)、
山陽特殊製鋼(株)
5. 建築・プラント…………… 1・34～35
JFEスチール(株)、愛知製鋼(株)

☆ 新ランドマークを支える鉄鋼材料

- I. 新ランドマークに使われた新技術
 1. 建設構造用鋼材の技術史……………廣田 実 3・2
 2. 東京スカイツリー®に使われた新技術
……………加賀美安男 3・5
 3. 東京ゲートブリッジの工事報告―側径間トラスの

大型起重機船3隻相吊りによる大ブロック

一括架設……………小玉 芳文 3・14

II. 新ランドマークに使われた鉄鋼製品

1. 東京スカイツリー®の円形鋼管
……………廣田 実 3・20
 2. 東京スカイツリー®建設工事で使用された溶接材料
……………村田 義明 3・26
 3. 東京スカイツリー®に使用されたエレベーター用
ワイヤロープについて……………森野 徹 3・30
 4. エレベータ用軸受……………傳寶 功哲 3・33
 5. 東京ゲートブリッジに用いた橋梁用高性能鋼材
(SBHS)……………田中 睦人 3・36
- #### III. 会員メーカーの建設関連材料・技術… 3・41～42
- 愛知製鋼(株)、愛知製鋼(株)

☆ グローバルに考える特殊鋼の規格

- I. JISと海外規格の概要……………中峠 宏 5・2
- II. 特殊鋼の海外規格
 1. 構造用鋼……………杉本 淳 5・7
 2. ステンレス鋼……………吉田 裕志 5・17
 3. 耐熱鋼……………本田 正寿 5・20
 4. 超合金……………大原 裕円 5・23
 5. 工具鋼……………殿村 剛志 5・26
 6. ばね鋼……………中矢 千城 5・29
 7. 軸受鋼……………西森 博 5・33
- III. JISと海外規格の対比表
 1. 構造用鋼……………杉本 淳 5・35
 2. ステンレス鋼……………吉田 裕志 5・38
 3. 耐熱鋼 (JIS G 4311 4312 (SUH系のみ))
……………本田 正寿 5・40
 4. 超合金……………大原 裕円 5・41
 5. 工具鋼……………殿村 剛志 5・42
 6. ばね鋼……………中矢 千城 5・43
 7. 軸受鋼……………西森 博 5・44

☆ 新たな環境に対応するばね

- I. ばねの最近の動向……………村松 達也 7・2
- II. 需要家からみたばねの動向
 1. 自動車 (大型トラックのエアサスペンション)
……………持永圭一郎 7・6
 2. レール締結装置用ばねの紹介
……………東村 公治 7・9
- III. ばね材料の最近の動向
 1. 熱間成形ばね鋼 (線)……………吉原 直 7・11
 2. 熱間成形ばね鋼 (板)……………水野 浩行 7・13
 3. 冷間成形ばね鋼 (線)……………宮本 裕嗣 7・15
 4. 冷間圧延ばね用鋼帯……………山崎 一正 7・17
- IV. 各種ばねの最近の動向
 1. 懸架コイルばね……………丹後 公一 7・20
 2. 重ね板ばね……………菅原 由晴 7・23
 3. トーションバー・スタビライザ
……………近田 哲 7・26

4. 弁ばね	寺床圭一郎	7・28	.....安田 信隆	11・25
5. 薄板ばね	磯部 敏信	7・31		
6. 形状記憶合金ばね	加藤 勉	7・33		
☆ ナノテクノロジーと分析技術				
I. 鉄鋼材料におけるナノテクノロジー技術の現状と将来展望				
	潮田 浩作	9・2		
II. ナノテクノロジー関連製品・技術				
1. ナノサイズの析出物を分散させた高強度熱延鋼板：NANOハイテン®				
	木津 太郎	9・6		
2. 非調質鋼				
	本田 正寿	9・9		
3. 結晶粒粗大化防止鋼				
	藤松 威史	9・12		
4. 高温用フェライト系耐熱鋼のナノサイズ析出物による強化				
	長谷川泰士、西浦 智博	9・15		
5. ナノ組織磁性材料				
	吉沢 克仁	9・19		
6. 鋼の結晶粒超微細化と実用化展開				
	鳥塚 史郎	9・22		
7. スーパーマルチナイト処理				
	.....梶澤 均	9・25		
III. ナノテクノロジーを支える分析技術				
1. 電子顕微鏡				
	小瀬 洋一	9・29		
2. 球面収差補正STEMを用いた界面および表面の極微小領域解析技術				
	.....諸永 拓、矢吹 和久、山元 清史	9・33		
IV. 我が社のナノテクノロジー関連製品・技術				
	.....日本精線(株)、(株)特殊金属エクセル	9・37~38		
☆ エネルギー・インフラ技術を支えるステンレス鋼				
I. 総論				
	遅沢浩一郎	11・2		
II. ステンレス鋼の種類、性質と適用状況				
1. ステンレス鋼とは何か				
	小林 裕	11・6		
2. 高耐食ステンレス鋼				
	小林 裕	11・8		
3. 耐熱ステンレス鋼				
	西山 佳孝	11・12		
4. 高強度ステンレス鋼				
	高橋 茉莉	11・15		
5. 高成形ステンレス鋼				
	広田 龍二	11・19		
III. エネルギー分野で使用されるステンレス鋼				
1. ボイラー用シームレスステンレス鋼管				
	.....伊勢田敦朗	11・22		
2. 固体酸化物形燃料電池用金属インターコネクタ材ZMG®232G10				
3. マルテンサイト系高機能ステンレスシームレスラインパイプ				
	.....宮田由紀夫	11・27		
4. 海水淡水化用途向けNSSC®2120				
	.....吉田 健	11・29		
5. 非磁性ドリルカラー用ステンレス「DNM140」				
	.....石川 浩一	11・32		
6. 温水タンク用高耐食フェライト系ステンレス鋼 NSS WCR				
	.....原田和加大	11・34		
IV. インフラ関係で使用されるステンレス鋼				
1. ジャケット式防波堤向けスーパーステンレス鋼				
	.....小林 裕	11・36		
2. ステンレス鉄筋コンクリートバー「サスコン」				
	.....中川 英樹	11・38		
3. 雨水幹線用ステンレス鋼製セグメント(第14回ステンレス協会賞最優秀賞)				
	.....富弘 幸夫	11・40		
V. 会員メーカーの特徴あるステンレス鋼製品				
	.....愛知製鋼(株)、秋山精鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)、JFEスチール(株)、日本精線(株)	11・42~46		
【業界の動き】				
	.....	毎号掲載		
【倶楽部ニュース】				
	.....	1・37		
【特殊鋼統計資料】				
▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)の推移(同業者+消費者向け)				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別メーカー在庫の推移				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼鋼材の流通在庫の推移(商社+問屋)				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼鋼材の輸出入推移				
	.....	毎号掲載		
▲関連産業指標推移				
	.....	毎号掲載		
▲特殊鋼需給統計総括表				
	.....	毎号掲載		
【特殊鋼倶楽部の動き】				
	.....	7・45、9・48		
【倶楽部だより】				
	.....	毎号掲載		
【会員会社一覧】				
	.....	毎号掲載		