

# 特殊鋼

2016  
Vol.65 No.6

11

*The Special Steel*

特集／世の中で活躍する特殊鋼



# 特殊鋼

## 11 目次 2016

### 【編集委員】

委員長	井上幸一郎 (大同特殊鋼)
副委員長	甘利 圭右 (平井)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	永濱 睦久 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	田代 龍次 (新日鐵住金)
〃	宮崎 貴大 (大同特殊鋼)
〃	赤見 大樹 (日新製鋼)
〃	正能 久晴 (日本金属)
〃	殿村 剛志 (日本高周波鋼業)
〃	戸塚 覚 (日本冶金工業)
〃	井上 謙一 (日立金属)
〃	山岡 拓也 (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／世の中で活躍する特殊鋼】

### I. はじめに

.....	日立金属(株)	井上 謙一	2
-------	---------	-------	---

### II. 身近な特殊鋼

1. 髭剃り替刃用特殊鋼.....	日立金属(株)	藤原 義行	3
2. 刃物用ステンレス鋼.....	愛知製鋼(株)	窪田 和正	5
3. 水廻り用ステンレス鋼.....	日新製鋼(株)	藤平 和孝	8
4. 歯科矯正金具用ステンレス鋼 .....	日本高周波鋼業(株)	中村 秀司	11
5. IH炊飯器内釜用ステンレス鋼・アルミニウム クラッド材料.....	新日鐵住金(株)	米満 善久	13
6. モバイル端末用反射防止膜 .....	大同特殊鋼(株)	坂口 一哉	17
7. シーズヒーター用材料...	日本冶金工業(株)	戸塚 覚	19
8. ベッドスプリング用特殊鋼線 .....	日鉄住金SGワイヤ(株)	谷内 敦	21
9. 時計用極小ねじ材料.....	(株)杉田製線	杉田 一良	25

### III. 社会を支える特殊鋼

1. 軸受用特殊鋼.....	山陽特殊製鋼(株)	藤松 威史	29
2. 自動車用摺動部品材料.....	日立金属(株)	久保田邦親	32
3. 車載電池用クラッド材料 .....	(株)日立金属ネオマテリアル	織田 喜光	34
4. OA機器用材料.....	三菱製鋼(株)	青山 俊文	37
5. 電子黒板用次世代タッチパネル .....	大同特殊鋼(株)	坂口 一哉	39

6. 医療用極細ワイヤ…… 日鉄住金SGワイヤ(株) 下田 秀明	41
7. 圧延用ロール…… (株)日立金属若松 小田 望	44
8. 橋梁ケーブル用ワイヤ…… 新日鐵住金(株) 田代 龍次	47
“特集” 編集後記…… 日立金属(株) 井上 謙一	61

---

●一人一題：「私の苗字」…… 辰巳屋興業(株) 榎 巳芳	1
------------------------------	---

---



---

■業界の動き ……………	50
▲特殊鋼統計資料 ……………	53
★倶楽部だより (平成28年 8月1日～9月30日) ……………	57
☆特殊鋼倶楽部の動き 「平成28年度第1回一般社団法人特殊鋼倶楽部工場見学会」開催 ……	58
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧	60

---

特集／「世の中で活躍する特殊鋼」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	井上 謙一	日立金属(株)	高級金属カンパニー 技術部長
委員	田代 龍次	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線技術室長
〃	赤見 大樹	日新製鋼(株)	品質保証・技術サービス部 普通鋼・特殊鋼品質保証チーム チームリーダー
〃	戸塚 覚	日本冶金工業(株)	ソリューション営業部 部長
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	渡辺 豊文	中川特殊鋼(株)	鉄鋼事業部 技術部長
〃	甘利 圭右	(株) 平 井	常務取締役

## 「私の苗字」

辰巳屋興業(株)  
代表取締役社長はじ  
櫃み よし  
巳 芳

私の苗字は珍しい方で櫃（はじ）と読みますが漢字の意味は黄櫃（はぜのき）から来ており古くは染料や蠟などに使われたと聞いています。西日本を中心に栽培されたようです。子供のころから珍しい苗字により私も習字の時に漢字で名前を書くときはバランスが難しく苦勞した記憶があります。更に学校の先生のほとんどがきちんと読めない事が多く必ず先生が変わると何て読むの？と聞かれる事がほとんどであり中学の社会科の先生などはお前の本当の字は「土師」（はじと読み古くは土器などを作っていた人の苗字になっらしい）のはずだと決めつけられて両親に確認をしたことがありました。その時に伝聞として伝えられているのが櫃家は九州の野武士で関ヶ原の合戦で大阪方について敗れ三好清海入道と共に落ちのび愛知県東海市荒尾町に住みついたという事。又、一派は蟹江町近辺に住みついて荒尾と蟹江の二通りの櫃系統があるとのことでした。学生時代に東京で、ある学生団体の会合があり中部地区代表として出席をした時に立教大学に同学年の櫃秀和さんという同じ苗字の人間が表れたと挨拶をしたが彼は埼玉県行田市に在住しており身内以外での櫃を名乗る人間に初めて出会えたと驚いていたのを覚えているが私も同じ思いでした。

後日彼の父親である櫃正吾さんから自宅に電話があり父親と変わり話したところやはり親戚の関係であり、（祖父が従兄弟）当時正吾さんは行田市で行田染布株式会社を経営されており創業は大正初期のころであり現在も秀和さんが後継者となっているとの事でした。

正吾さんから一冊の本が送られてきて表紙に「櫃家の古里を尋ねて」と書いてあり中を読むと先祖が同じである内容が書かれており当時疑問に思っていたことがかなり解消された事を思い出すのと伝聞で伝わってきた内容と同じ話が書かれていたことなど自分のルーツを初めて知った感動がありました。先祖の詳しい事はわからないが東海市には櫃家が数十件以上あると聞いており愛知製鋼(株)、大同特殊鋼(株)にも勤めていたと聞いており親近感を覚えました。

社会人になったころ弊社は関東地区では社名もあまり知られておらず当時は自動車部品部に勤務していたこともあり新規開拓などで訪問する先では名前の説明だけで印象に残り得た部分と外国人と思われた部分と両方であり今でも初めての挨拶の場合は苗字の説明は必ず行います。

営業関係にとって特徴があると強い印象として残り再訪問や再接触時は一歩リードのところがあります。櫃家一族は私と同じように苗字の説明をして苦勞している様子であるが逆に自分達のルーツを必ず伝聞できる得もあると思います。人間だれでも自分のルーツとなると気になるところであり私も余裕が出来れば愛知県に来る前の櫃家のルーツを探しに行きたいと考えています。

ルーツを訪ねるときに重要なのが代々の宗教が意外に役に立つようであり正吾さんも菩提寺からのスタートになっているようです。日本人の多くは仏教がほとんどですが櫃家は「西山浄土宗」といって浄土宗でもあまり多くない宗派のようであり私は母親が亡くなり初めて宗派の事も習いました。ただし櫃家すべてが西山派ではなく浄土宗の他の系統の可能性もあるため意外と難しいようです。引退後の楽しみの一つとして機会があれば時々チェックをしていこうと櫃の苗字を持った得として考えています。

〔(一社)特殊鋼倶楽部 名古屋支部 副支部長〕

特集

# 世の中で活躍する特殊鋼

## I. はじめに

日立金属(株) 井上謙一  
高級金属カンパニー 技術部

### ◇ 人類と鉄の出会い

人類が初めて出会った鉄には、確かな史料はないものの、隕鉄と還元鉄の2つの説があります。地球上に飛来した隕石の中でも、鉄を多く含む隕石を隕鉄と呼びますが、この隕鉄との出会いが、人類と鉄の最初の出会いという説を、私は個人的に支持しています。

今から約5,000年前の人類は、「鉄は空からくる」と思っていたのではないかと考えると、鉄がとてもロマンチックな金属に感じます。

その後、紀元前2,000年以降、アナトリア高原(現トルコの北西部)で起こったヒッタイト人たちは、先住民のハッティ人やクシャ人たちの持っていた鉄器文化を独占し、鉄の力をもって繁栄したといわれています。彼らは鉄の精錬技術を駆使し、武器や戦車を作り、ヒッタイト王国を築きました。

ヒッタイト王国の力は、付近から採取できる鉄鉱石と、それを精錬するための製鉄技術であったことが、発掘された遺跡やヒッタイト語の粘土板文書からわかりました。

その後、紀元前12~11世紀、ヒッタイトが衰えるとともに、鉄の文化はヨーロッパからアジアへ渡り、鉄鉱石を利用した製鉄技術が広く普及することとなりました。その結果、人類は鉄を用いて道具を作ることが当たり前となり、このことは文明の発展に大きく貢献しました。

まさに鉄は人々にパワーを与え、繁栄をもたらす金属と言えるでしょう。

### ◇ 今も昔も人類のパートナー

人類と5,000年以上の歴史のある鉄ですが、現代社会でも様々なものに形を変えて、我々の良きパートナーとして、常に傍らにひっそりと寄り添ってくれています。

窓の外を見ると建築物、輸送機器、それらを作るための様々な機械、家の中では、包丁や調理器具など…鉄に触れないことはないというぐらい、我々の日常は鉄にあふれています。現在の社会を構成する重要な素材の一つが鉄なのです。

その中でも、我々の扱う特殊鋼は、普通の鉄とは違い、強く、硬く、錆びにくく、ねばくしなやか、特殊鋼ならではの長を生かし、様々な用途で活躍しています。しかし、その存在は意外に知られていないものです。

本特集では、人知れず我々の身近で活躍している特殊鋼にスポットライトあてて、各用途での特殊鋼に必要とされる特性や、使われている特殊鋼の種類や特徴、特殊鋼を使用することのメリット、意匠性の特徴、実際の製品例を記載してわかりやすく解説させていただきます。

髭剃り替刃、水廻り製品、調理器具などで使用される「身近な特殊鋼」、軸受、橋梁、内燃機関などで使用される「社会を支える特殊鋼」の2つに分けて紹介させていただきます。

## Ⅱ．身近な特殊鋼

### 1．髭剃り替刃用特殊鋼

日立金属(株) 安来工場 技術部 藤原 義行

#### まえがき

髭剃り替刃用特殊鋼<以下、カミソリ(剃刀)替刃材>は、髭や体毛を剃るために使用されるカミソリ用の交換刃になります。カミソリは上述した無駄な髭や体毛を剃るための刃物ですが、替刃式の安全カミソリは1903年頃にK. C. Gilletteにより製品化されたのが原型とされています。それ以降も剃り心地と安全性や耐久性の細かな改良が行われ、インジェクター方式、複数刃化、横滑り防止の安全機構、首振りやサスペンション機構の導入から、現在の進化した替刃式安全カミソリへと至っています<sup>1)</sup>。なお、皆様がよく見かける市販の替刃式安全カミソリは、カミソリのヘッドと持ち手の柄がT字をなしたタイプで、ヘッドごとカミソリ刃を交換するT字型安全カミソリではないかと思えます。

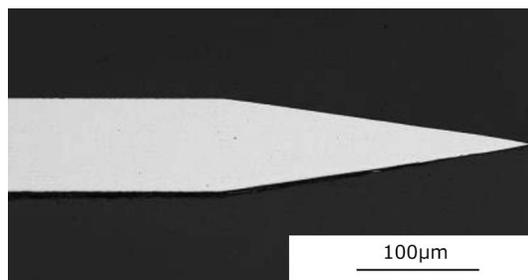
カミソリ替刃材は、古くはC(炭素)をおよそ1.2%含む高炭素鋼が用いられていました。しかし、1963年頃から、耐食性を向上させるため、高炭素鋼に代わってCr(クロム)を約13%含むステンレス鋼が主流となっています。当初、ステンレス鋼のカミソリ替刃材は約1%のCを含有した成分でしたが、高炭素であるため粗大な炭化物が多く、使用時に刃欠けと呼ばれる刃先の損傷を引き起こし、それに起因した切れ味の低下による剃り心地の劣化が問題視されていたとされています。前述した課題を解決するため、C含有量の最適化についての検討が行われ、現在は約0.6~0.7%Cを含有した13%Cr系ステンレス鋼がカミソリ替刃材の主流を占めています。

上述したカミソリ構造や替刃素材の変革により、現在は剃り心地の良さが長く持続する切れ味に優れた替刃式安全カミソリへと発展しています。

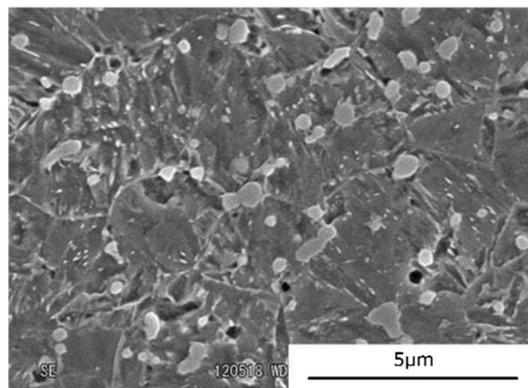
#### ◇ カミソリ替刃の製造工程

カミソリ替刃材は、溶解、鍛造、熱間圧延、冷間圧延、焼きなましにより製造された帯鋼を素材としています。その後、カミソリ刃への打抜き、熱処理(焼入れ・焼戻し)、刃付け(刃先加工)、表面処理コーティング(刃先保護、刃先と皮膚との摩擦低減)を行い、組み立て工程を経て完成するプロセスとなります<sup>1)</sup>。

ここで、市販品のカミソリ替刃を分解した後の刃先断面を図1(a)に、マイクロ組織を図1(b)に



(a). 刃先断面



(b). ミクロ組織

図 1 市販品のカミソリ替刃

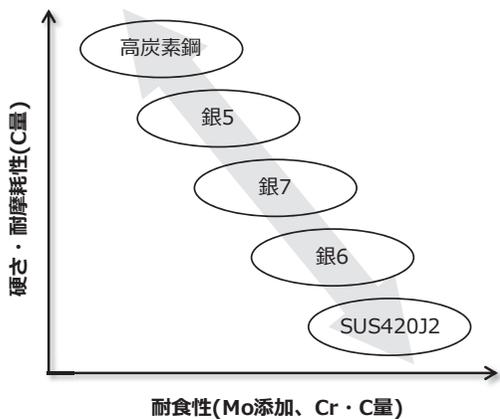
示します。図1(a)、(b)から、カミソリの刃先は、非常に鋭利な形状に加工されており、内部のマイクロ組織はマルテンサイト基地に微細な球状炭化物が分散した組織であることが分かります。

### ◇ カミソリ替刃材の要求特性

カミソリ替刃材は、包丁やナイフ等の刃物と同じで、切れ味に優れ、錆び難く、刃先が欠け難いことが大切です。つまり、刃物と同じく、鋭利な刃先形状と、それを維持するための耐久性が必要となります。鋭利な刃先形状とするためには、(1)刃付け(加工)性に優れ、(2)熱処理による歪発生量を小さく抑えることが重要です。また、鋭利な刃先形状を保つための耐久性には、(3)十分な硬さ、(4)耐欠損(刃欠け)性、(5)耐食性といった特性が必要とされます。このように、カミソリ替刃材は様々な要求特性のトータルバランスを上手く調整することが求められています。

### ◇ 13%Cr系ステンレス刃物鋼の特性比較

カミソリ替刃材は、13%Cr含有のマルテンサイ



鋼種名		C	Cr	Mo
JIS	SUS420J2	0.26 ~0.40	12.00 ~14.00	-
当社	銀5	0.6	13	-
	銀6	0.4	13	1
	銀7	0.5	13	1

注) 当社材の成分値は概略となります。

図2 13%Cr系ステンレス刃物鋼の特性比較

ト系ステンレス刃物鋼が主流となります。JIS鋼種においては、SUS420J2が最も近い成分です。図2にSUS420J2と当社の13%Cr系ステンレス刃物鋼の特性比較(硬さと耐食性の概念図)を示します。図中において、SUS420J2対比、C量を増加させて硬さの向上を図った「銀5」は、カミソリ替刃材として世界中で広くご使用頂いているステンレス系刃物鋼になります。その「銀5」から僅かにC量を低減し、Mo(モリブデン)を添加することで、耐食性の向上を図った鋼種が「銀7」です。また、Mo添加を維持して、C量をSUS420J2並みとした鋼種が「銀6」であり、SUS420J2相当の特性を保ちながら、疲労強度に優れるという特長を有しています。なお、一般的に硬さと耐食性は、C、Cr、Mo量に応じた相反的な関係とされています。

ここで、カミソリ替刃材は、切れ味や耐久性等の特性に有害な影響を与える不純物元素についても極めて少ないレベルに抑えることが重要です。先述した通り、カミソリ替刃材は様々な要求特性のトータルバランスを保つことが大切であるため、上述したC、Crといった主要元素だけではなく、不純物レベルに対しても極めて厳しい管理がなされています。

### むすび

本稿では、カミソリ替刃材の変遷についても振り返りながら、基本的な部分を簡単に紹介しました。今後も替刃式安全カミソリは、その内部構造はもとより、カミソリ替刃材としての、切れ味、剃り心地、安全性や耐久性について、よりいっそうの追求がなされ、更なる変革が進められていくと予想されます。その変革に対応するため、特殊鋼素材にも、刃付け性、熱処理歪み、硬さ、耐久(刃欠け)性や耐食性等のトータルバランスを、成分、製造条件の改良から、更に向上させることが期待されています。

最後に、本文が特殊鋼読書の興味を掻き立て、研究開発の一助となれば幸いです。

### 参考文献

- 1) 大谷泰夫：材料の素顔に迫る、NSSTつうしん 第37号、(2002)

## 2. 刃物用ステンレス鋼

愛知製鋼(株) 技術本部 技術開発部第2開発室 くぼ た かず まさ  
窪 田 和 正

### まえがき

錆び難く、鋭い切れ味を長く持続するステンレス製の刃物は、一般家庭向けの刃物から、医療用器具、工場設備等に至るまで広い分野で活躍しています。身近な用途としてステンレス製の包丁を鑑みると、数百円程度で手に入るものから十万円を越える高級品まで存在し、ユーザーの多彩なニーズに対応していることが窺えます。

ステンレス鋼は、製品として用いる際の金属組織の状態から、オーステナイト系、フェライト系、二相系、マルテンサイト系に大別されます。マルテンサイト系のステンレス鋼は、熱処理を用いて鋼材を高強度化・高硬度化できる特長を有し、刃物として用いられる他に、プレーキローターや、ポンプの摺動部品等の機械部品に利用されています。身の回りで活躍するマルテンサイト系ステンレス鋼のなかでも、刃物用途のステンレス鋼に着目し、紹介します。

### ◇ 求められる特性

ステンレス製の刃物には、新品時の切れ味、切れ味の持続性、錆び難いことが求められます。切れ味鋭く砥ぎ上げた刃先の形状を、繰り返しの使用に耐えて保持するために、刃先の変形を抑制する高い硬さ、刃こぼれを抑制する適度な靱性、刃先を維持する錆び難さが求められます。

刃物は、使用を繰り返すに伴い刃先の形状が変形し、切れ味が低下します。刃が小さいカッターナイフや剃刀であれば刃を交換すれば良いのですが、包丁は刃物自体が大きいので、使い捨てにするのは経済的ではありません。そのため、包丁においては、上記の特性に加えて、ユーザーにて砥ぎ直しが可能であることが求められます。ステンレス鋼の包丁は、砥石を用いてユーザーにて容易に砥ぎ直すことができるため、鋭い切れ味を維持し易く、ステンレスの金属光沢を有した、錆びの無い

清潔な状態で、永く用いることができます。

刃物用ステンレス鋼は、軟質な焼きなまし状態でおおよその製品形状まで成型され、焼き入れ熱処理により硬化が施され、焼き戻し熱処理により靱性が付与された後、刃の形状に研磨されて製品に至ります。

上記したように、硬さは重要な要求特性であり、HRC60程度の硬さが求められます。HRC60の硬さは、ビッカース硬さに換算するとおおよそ700HVであり、スプーンやフォークで一般的なSUS304オーステナイト系ステンレス鋼の硬さの4倍程度に相当します。ビッカース硬さは8%歪における変形抵抗と比例関係にあることが知られており<sup>1)</sup>、刃物用ステンレス鋼は、8%歪ませる変形に要する力がSUS304の約4倍必要な程度に、変形し難いステンレス鋼です。

### ◇ 種類と特長

炭素の含有量が多いステンレス鋼ほど、焼き入れ熱処理後の硬さが高くなる傾向があるため、刃物用ステンレス鋼は一般に、0.3%以上の炭素を含有します。0.3%程度の炭素を含有する刃物用ステンレス鋼の例として、SUS420J2 (Fe-12%Cr-0.3%C) が挙げられます。SUS420J2は、刃物用途に限らない汎用のJIS鋼ですが、刃物用ステンレス鋼のベースとなる鋼種に位置づけることができます。

硬さをさらに高めるために炭素の含有量を増やすと、耐食性に寄与するクロムが炭素と結びつき炭化物となるため、耐食性が低下する副作用が生じます。そこで、硬くするために炭素の含有量を増やすとともに、クロムの含有量も増量し耐食性を補います。その例として、SUS440A (Fe-16%Cr-0.6%C) や、SUS440C (Fe-16%Cr-1.0%C) が挙げられます。SUS440AやSUS440Cは、SUS420J2と比較して炭素濃度とクロム濃度を高めており、より高級な刃物用ステンレス鋼の位置づけとなります。

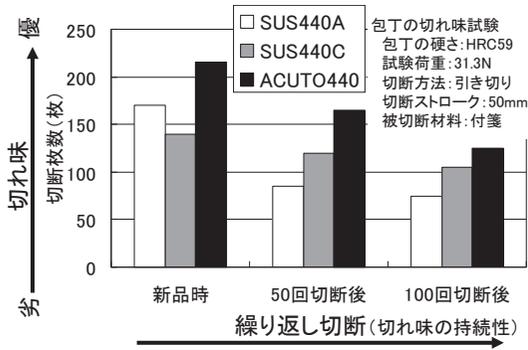


図 1 包丁の切れ味試験の結果

さらに、素材メーカー独自のブランド鋼においては、モリブデンやバナジウム等を添加することで、金属組織中に分散する炭化物の種類を変えて切れ味の持続性を高める工夫がなされています。図 1 に刃物専用に成分設計されたステンレス鋼の例である ACUTO440 (Fe-17%Cr-0.8%C-Mo、V 添加) における、切れ味試験の結果を示します。モリブデンやバナジウムを添加している ACUTO440 は、添加していない SUS440A や SUS440C と比較して、新品時の切れ味および、切れ味の持続性に優れています。

### ◇ 熱処理

刃物用ステンレス鋼は炭素を多く含有するため、その金属組織は金属結晶に炭化物が多数分散した状態となります。炭化物の量は熱処理時の温度により変化するため、金属組織中に炭化物をどの程度分散させた状態から焼き入れるか、つまり、何れの熱処理温度から冷却するかによって得られる硬さが変化します。例として、図 2 に ACUTO440 における焼き入れ熱処理温度と熱処理後の硬さの関係を示します。なお、刃物用ステンレス鋼の場合、鋼種により多少の変化はあるものの、硬さが得やすい 1050℃ 前後での焼き入れ熱処理を推奨しています。

刃物用ステンレス鋼は、焼き入れ熱処理を施したままの状態では脆く割れやすいため、焼き入れ熱処理後に、靱性の確保を目的に焼き戻し熱処理が施されます。図 3 に刃物専用のステンレス鋼 AUS10 (Fe-13%Cr-0.1%C-Mo、V 添加) における焼き戻し温度と硬さの関係を示します。刃物用

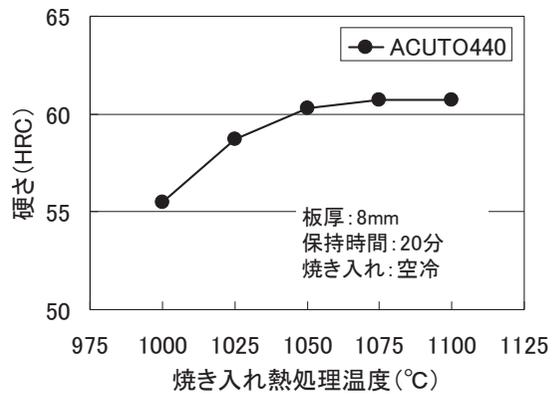


図 2 焼き入れ熱処理温度と硬さの関係

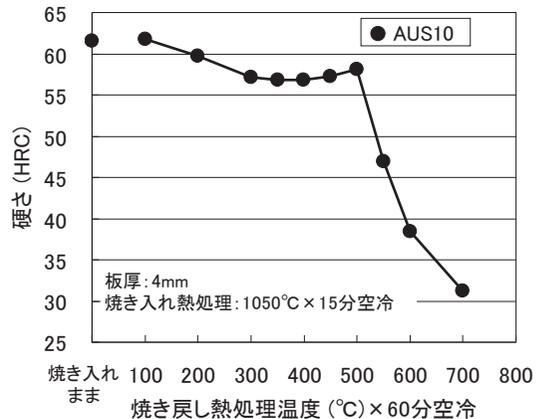


図 3 焼き戻し熱処理温度と硬さの関係

ステンレス鋼の場合、硬さの低下を抑えるため 150℃ 程度での焼き戻し熱処理を推奨しています。

ステンレス鋼の刃物製品は、焼き入れ熱処理と焼き戻し熱処理が施された状態で、使用者の手に至ります。切れ味を鑑み、刃物メーカーのノウハウを活かした匠の熱処理がなされているため、購入した包丁を火であぶる等の行為は避けて頂ければ幸いです。

### ◇ 意匠性

図 4 に、意匠性に優れる例として、ダマスカス模様を呈する刃物を示します。この刃物の製造には、「圧延クラッド」の技術が用いられています。圧延クラッドは、刃物用ステンレス鋼の板を複数枚積み重ねた後に熱間圧延を施すことで接合し、一枚板の状態とする技術です。包丁として研磨し

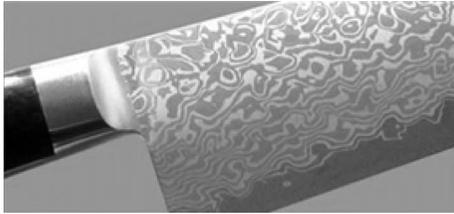


図 4 ダマスカス模様を有するステンレス包丁  
(写真提供：アイチテクノメタルフカウミ㈱)

た後に、積層し接合された板の境界が木目状の模様として現れるため、古代の刀剣を髣髴とさせる意匠が得られます。

### むすび

ステンレス鋼の刃物は、一般家庭から、工場設備等に至るまで広い分野で活躍しています。刃物

用ステンレス鋼の身近な例である包丁は、一度購入すると、砥ぎ直しながら、末永く用いることができます。素材メーカーが刃物専用に成分設計したステンレス鋼は、その用途に特化した設計がなされているため、新品時の切れ味と切れ味の持続性に優れています。

ホームページ等から多様な商品の情報が得られる時代となり、流通の発達により高級な包丁も容易に手に入れることができるようになりました。車や耐久家電を選ぶ時の様に、包丁も末永く用いる生活のパートナーとして吟味して頂き、機会がありましたら、ぜひ高級包丁の切れ味を体感して頂ければ幸いです。

### 参考文献

- 1) 中村雅勇、硬さ試験の理論とその利用法、森北出版



### 3. 水廻り用ステンレス鋼

日新製鋼(株) 藤平和孝  
品質保証・技術サービス部

#### まえがき

日本は、水道水を飲用可能で調理に使用できる数少ない国のひとつです。その水道水は浄水場で殺菌され、種々物質、味、色等51項目もの水質管理基準をクリアし、各家庭・施設に運ばれ利用されています。

ステンレス鋼は良好な耐食性と加工性を生かし、水を運ぶ水道管から家庭で水を利用する台所等まで様々な場所で使用されています。

#### ◇ 水を運ぶ

水道管には大きく分けて、配水管・水管橋・給水管がありステンレス鋼は水管橋と給水管に多く使用されています。

水管橋とは、河川の上を渡す独立した水道管でありSUS 304、316の直径300mm以上が多く使われています。同じような役割で、橋の横や下に添えられているものを添架管と呼んでいます。従来の鉄管では耐食性の観点から塗装を施し、定期的な塗りなおしが必要であったものが、ステンレス鋼であれば塗装が不要で、トータルコスト低減に寄与しています。また、継手に波状継手を使用することにより阪神淡路地震において、水道管自体は落下しましたが継手部からも水漏れしておらず、ライフラインを保持していました<sup>1)</sup>。

給水管とは、配水管から各家庭や施設までを繋ぐ水道管で、SUS 304、316の直径20～30mmが主に使用されており、地中に布設します。一部に波状部分をもった管で、波状部分を手で曲げることにより継手を使用することなく土中の既設物を避けることが可能となっています。

従来は、鉛管が使用されていましたが健康面や土中での耐食性により1980年代から他管種への更新が開始されています。ステンレス鋼の土中での健全性の確認として、ステンレス協会、Ni協会、東京都等の共同研究で北は北海道から南は沖縄まで全国10箇所での10年間の土壌埋設試験が実施されました。写真1に結果の一例を示しますが、土中の塩化物イオン濃度が高く、気温も高い厳しい条件の沖縄でも鉄管や鉛管が腐食しているのに対し、ステンレス鋼鋼管は錆びの発生はなく良好な状態を保っていることが確認されています<sup>2)</sup>。

このような実績をもとに、東京都では1980年代から給水管を鉛管からステンレス鋼鋼管への更新を開始し、1980年に15.4%あった漏水率を2014年には3.1%まで低減させています<sup>3)</sup>。

水道管により病院などの公共施設や商業ビルに運ばれた水は、集中管理された給湯設備から給湯管を通り、使用場所まで送られます。この給湯管は銅管も使用されていますが、軽量化や潰食が発生しないステンレス鋼も多く使用されています。

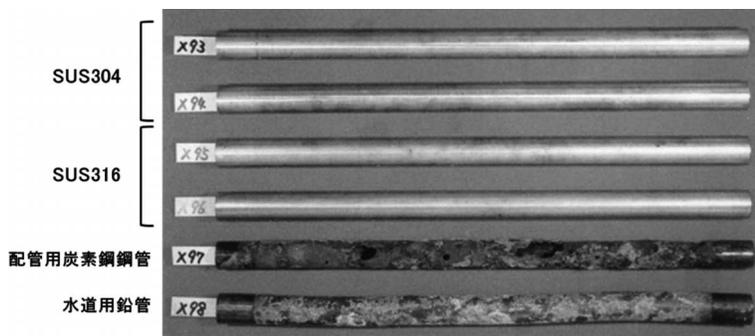


写真1 10年間埋設試験結果 (沖縄)<sup>2)</sup>

また、軽量で施工性が良く耐食性の良好なステンレス鋼は火災発生時に消防ホースを繋ぎ消火活動に使用する消火配管にも多く使用されており、私たちの安全も担っています。

#### ◇ 水を使う

家庭や施設に届けられた水はそのまま使用される場合と電気・ガス給湯設備経由で使用する場合があります。

給湯設備には温水をためるタンクが必要であり、当初はオーステナイト系ステンレス鋼が使用されていましたが、現在は応力腐食割れが発生しないSUS444、SUS445J1のようなフェライト系ステンレス鋼が多く使用されています。タンクを製造する際は溶接が必要ですが溶接スケール直下部はCrが減少し素材より耐食性が低下してしまうので、タンク内面側にArを充填しスケール生成を抑制し耐食性を保持する必要があります。そこでスケール直下でも製品として必要な隙間腐食対策（Ni、Mo）と溶接熱影響部の鋭敏化防止（LowC、N-Nb、Ti）を行い、Ar充填を不要とした鋼種（24Cr-0.5Mo-0.5Ni-Nb、Ti-LowC、N）も開発されています<sup>4)</sup>。

このようにして届けられた水を使用する調理室や台所等の所謂水廻りでは、食品を扱うことと金属を腐食させやすい調味料などが頻繁に使用される環境であることから、清潔感があり清掃の容易で耐食性が良好なステンレス鋼が多く使われています。

また、デザインの多様化や機能向上の要求に伴い、より加工性の良いステンレス鋼が開発され使用されています。

ステンレス協会による統計分類には、水廻りと考えられるものとして業務用厨房機器、家庭用厨房機器、台所および食卓用品があり、製品としては業務用大型冷蔵庫、流し台、鍋、洋食器等となっています。

これらで年間10万トン程度の需要があり、ステンレス鋼全体の需要の1割弱を占めています<sup>5)</sup>。

#### ◇ 清潔感と清掃の容易さ

業務用大型冷蔵庫や流し台に使用されているステンレス鋼は、圧延後に無酸化焼鈍を施したBA仕

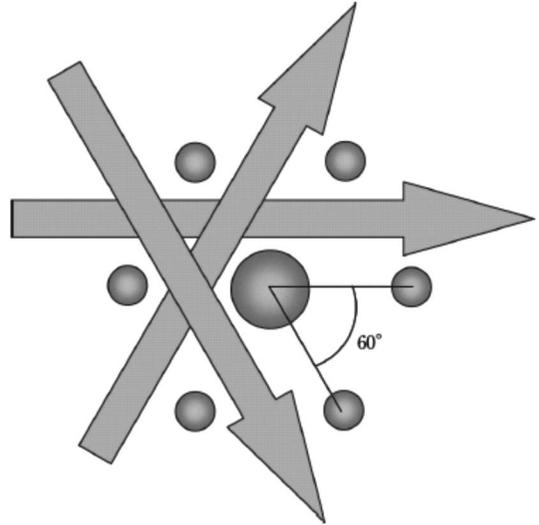


図 1 3方向から清掃加工なデザイン<sup>6)</sup>

上げや表面研磨を施したNo. 4仕上げのような光沢のある素材が多く使用されています。ステンレス製品は表面が平滑なため清潔感があり、清掃も容易ですが、傷が目立ちやすいという問題があります。これを克服するために表面にクリア塗装を施し耐傷付き性を向上させ、図1のように素材段階で高さの異なる2種類のエンボスを60度の位置に配置した特殊な仕上げ材を使用して美観さと清掃し易さを実現したキッチンシンクも販売されています<sup>6)</sup>。

このように細かい表面意匠性を付与できるのも、金属製品の優位性であり、コイル状態での塗装や圧延ロールでエンボスを付与することで均一意匠を安価なコストで提供できています。

#### ◇ 形状の複雑化

現在、流し台はデザインや機能の追及により、様々な形状や深さのものが製造されており、素材には従来より優れた加工性が要求されています。加工性向上には、化学成分によるものと製造工程による2種類があり、製造工程の調整は金属組織的な観点から各社で独自な方法を実施していますので、ここでは化学成分による加工性向上について述べます。

SUS304に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼では、C、Nの低減とCuの添加により軟質化と低加工硬化性を付与し深絞り性を向上させてい

表 1 Cu添加、低C、N、S鋼の加工特性<sup>8)</sup>

鋼種	仕上	板厚 (mm)	穴抜け比 (打抜き穴)	限界絞り比 LDR	時期割れ 限界絞り比
開発鋼	2D	0.6	1.26	2.05	3.1以上
SUS304	2D	0.7	0.4	2.00	2.4-2.86

ます。深絞り性は、1回の加工による限界深絞り比が指標となりますが、実製品での複雑な形状や厳しい加工では、多段階で加工を行うのが一般的です。

オーステナイト系ステンレス鋼では、多段階の加工で絞り比が高くなると時期割れが発生してしまい製品形状が得られなくなることがあります。

この時期割れは残留応力に起因しており、絞り加工で発生するマルテンサイト変態量を少なくし、生成したマルテンサイト相の強度が低ければ、残留応力を抑え、加工限界が向上します。マルテンサイト変態量の指標にはMd30(°C)があり、0.3の歪を加えた際に50%がマルテンサイト相に変態する温度で、 $Md30(°C) = 551 - 462(C+N) - 9.2Si - 8.1Mn - 29(Ni+Cu) - 13.7Cr - 18.5Mo - 68Nb$ の式<sup>7)</sup>で計算され、Md30(°C)が低ければ生成するマルテンサイト量が少ないことを意味しています。

C、Nは加工前の硬さを増加させるだけでなく、生成されたマルテンサイト相の硬さも増加させるため、C、Nを低減し、Md30(°C)を下げる為にCuを増加させた加工用開発鋼(17Cr-8Ni-3.2Cu-LowC、N、S)は表1のように高い時期割れ限界絞り比をもっており、さらにSの低減により介在物を低減させシンの排水口部分等に必要な穴抜け性も向上させています<sup>8)</sup>。

一方、SUS430に代表されるフェライト系ステンレス鋼では、r値を向上させることが加工性向上につながります。r値とは初期巾w0、初期板厚t0、15%引っ張り後の巾w、板厚tとし $r = \ln(w/w0) / \ln(t/t0)$ であらわされる指標です。値が大きいくほど加工時に板厚が減少しにくいことから、加工限

界が広がることを示しています。SUS430をベースとし、C、Nを低減させTi、Nbの添加で微細析出物が生成され結晶粒の粗大化を防ぎ、特定方位の集合組織を優先的に発達させることによりr値を向上させた開発鋼(16.5Cr-Ti、Nb-LowC、N)はSUS430の2倍以上のr値を有しています<sup>9)</sup>。

## むすび

以上のように、水の運搬・水の利用のなかで様々なステンレス鋼が使用され、特性改善が進められています。

ただし、ステンレス鋼の耐食性も完璧なものではなく、特に水廻りの代表的な台所用品は調味料等の使用により、調理後に放置しておく、ステンレス鋼でも錆びが発生してしまうことがあります。錆びの発生を防止するために、こまめに清掃してステンレス鋼を長く使用していただきたいと思えます。

## 参考文献

- 1) ステンレス協会HP：これからのあなたのまちの「ライフライン」
- 2) ステンレス協会HP：水道用ステンレス鋼管土壌腐食試験—10年間埋設試験結果報告—
- 3) 東京都水道局HP：事業概要 平成27年度版、80
- 4) 原田和加大、山本修、野々村明廣、河野明訓：日新製鋼技報、95(2014)、35
- 5) ステンレス協会HP：統計、需要動向、家庭用業務機器
- 6) 杉田修一、高橋和彦、岩田浩史、村田洋一、峰崎吉則、奥石謙二：日新製鋼技報、90(2009)、57
- 7) 野原清彦、小野寛、大橋延夫：鉄と鋼、63(1977)、772
- 8) 鈴木聡、田中秀記、宮楠克久：日新製鋼技報、80(2000)、23
- 9) 秀嶋保利、富村宏紀、平松直人：日新製鋼技報、90(2009)、9

## 4. 歯科矯正金具用ステンレス鋼

日本高周波鋼業(株)(下関市立大学) なかむらひでし  
営業本部 条鋼営業部 中村秀司

### まえがき

矯正金具を用いた歯列矯正治療は、小さな器具を歯の1つ1つに取り付け、そこにワイヤーを通して、引っ張ることで、歯並びを矯正する方法である。歯に取り付ける器具は、図1に示すような形状をしており、前歯、第一小臼歯、第二小臼歯に装着するブラケットと第一大臼歯、第二大臼歯に装着するバックルチューブに、ステンレス鋼が使用されるケースがある。

### ◇ 必要特性

矯正金具に求められる特性としては、主に生体適合性、耐食性と硬さが挙げられる。そもそも矯正金具は、口腔内に使用されたため、常に粘膜や唾液に晒される環境であり、金具本体に使用される鋼材には、防錆効果のある不動態皮膜を有する必要がある。また矯正金具には、ワイヤーの弾性力を長時間かけているため、材料強度が重要な特性になる。材料強度が高ければ、矯正金具の小型化

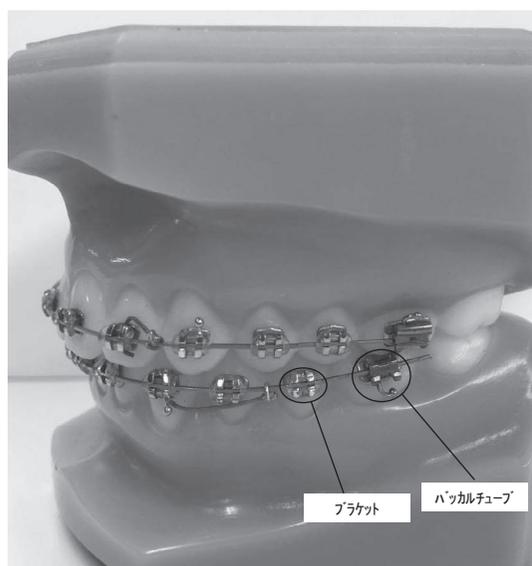


図 1 矯正金具 (ブラケット & バックルチューブ)

が可能になり、患者の口腔内の違和感を減らすことにも繋がる。これらの特性を有する金属としては、チタン合金も上げられるが、加工性の面で、ステンレス鋼が優っている。

### ◇ ステンレス鋼の種類と特徴

現在、広く矯正金具用に使用されているステンレス鋼は、SUS630 (17%Cr-4%Ni-4%Cu) である。SUS630は、オーステナイト系ステンレス鋼の強度不足とマルテンサイト系ステンレス鋼の耐食性不足を改善した析出硬化系ステンレス鋼である。

この材料の特徴として、固溶化熱処理 (急冷) 後の組織は、マルテンサイトであるが、炭素量を少なくしているため、柔らかく展延性に富んだ加工性の良い状態である。マルテンサイト組織の状態、切削などの加工を行い、最終形状に近くなった段階で、析出硬化熱処理を実施し、強度を上げるのが、標準的な使用方法である。矯正金具に関しても、丸線から異形加工された後に、切断、切削工程を経て、時効処理がなされている。

固溶化熱処理は、通常1020~1060℃で行われる。加熱温度が高すぎると、フェライトが多くなると同時に、Ms点が下がり、オーステナイトの残留が多くなり、その後の析出硬化熱処理を施しても所定の硬さが得られなくなるので、温度設定は非常に重要である。

析出硬化熱処理は、固溶化熱処理によって、マルテンサイト組織に固溶された [Cu] を析出させる処理である。[Cu] を析出させることで、材料強度が上がる。JISでは、図2の通り、4通りの (H900、H1025、H1075及びH1150) の熱処理が規定されており、得られる機械的特性が異なる。

### ◇ SUS630使用のメリット

矯正金具の材質は、ステンレス鋼の他、セラミックやプラスチック製のものがある。それぞれ用途上、メリットとデメリットがあるが、ステン

熱処理記号	熱処理温度	引張試験			硬さ試験
		引張強さ	伸び	絞り	HRC
		(N/mm <sup>2</sup> )	(%)	(%)	
A	1020~1060℃急冷	—	—	—	38以下
H900	470~490℃空冷	1,310以上	10以上	40以上	40以上
H1025	540~560℃空冷	1,070以上	12以上	45以上	35以上
H1075	570~590℃空冷	1,000以上	13以上	45以上	31以上
H1150	610~630℃空冷	930以上	16以上	50以上	28以上

※適用寸法（径、対辺距離又は厚さ 75mm以下）

図 2 SUS630の熱処理条件と機械的性質

レス鋼が広く使用されてきたのは、患者にとって、治療費や治療期間の面で、リーズナブルである点である。つまり、ステンレス鋼は、材料コストと加工コストが比較的安価であり、矯正治療に必要とされる機械的強度も有しているのである。一方、セラミックは、非常に高価であり、歯のエナメル質よりも硬い材質であるため、咀嚼時に対合歯の先端を磨耗させたり、ワイヤーが擦り減ったりすることがある。またプラスチックは、機械的強度が劣り、耐久性も良くはない。

### むすび

特殊鋼の中で析出硬化系ステンレス鋼は、矯正

金具に適した材質であり、世界中で使用されているが、日本国内におけるステンレス製矯正金具の利用実績は多くない。その理由には、口を開けたときに金属肌が目立ち、審美的に好ましくない点やニッケルアレルギー症状などニッケル含有ステンレス特有のデメリットが挙げられる。そのため、近年は審美性の向上を目的として、セラミックやプラスチックなど白色半透明の部材の使用が増えている。

このような審美性の問題に関しては、白色コーティング材料の開発や舌側（裏側）矯正治療などステンレス製矯正金具の審美性向上が進められている。

# 5. IH炊飯器内釜用ステンレス鋼・アルミニウムクラッド材料

新日鐵住金(株) チタン・特殊ステンレス事業部 よね みつ よし ひさ  
チタン・特殊ステンレス技術部 特殊ステンレス商品技術室 米 満 善 久

## まえがき

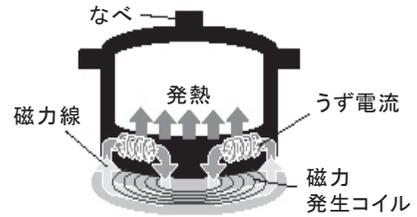
異なる金属同士を接合したクラッド材料は、**図1**に示したように各々の金属が有する優れた特性を併せ持つ高機能材料である。新日鐵住金(株)直江津製造所では1988年に温間接合法によるステンレス鋼・アルミニウムクラッドコイルの量産技術を確立し<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup>、主に**写真1**に示すようなIH炊飯器内釜のサークル素材を提供している。

### ◇ IH炊飯器および内釜素材の必要特性

IHとはInduction Heatingの略で、電磁誘導加熱のことである。IH炊飯器は、**図2**に示すようにIH

	ステンレス鋼	アルミニウム
比重	大	小
熱伝導	低	高
耐食性	高	低
強度	高	低

**図 1** 異種金属積層による高機能化



**図 2** IHコイルによる材料発熱の概念

コイル上に置かれた内釜外側のステンレス鋼自体が直接発熱し、内側のアルミニウムがその熱を素早く内釜全体に拡散させる仕組みである。内釜自体が発熱するので熱効率が良く、内釜全体が均一に温められるため、美味しいご飯が炊ける要因の一つとなっている。

一方、その他主な内釜素材として、鉄器や土鍋等がある。これらの材料は蓄熱性に優れるが、昇温性や均熱性に劣る。したがって、IHのパフォーマンスを最も活かせる素材として、ステンレス鋼・アルミニウムクラッド材料が適すると考える。

### ◇ クラッドの製造方法

一般にクラッド材料の接合法には、爆着法、溶



**写真 1** IH炊飯器および内釜

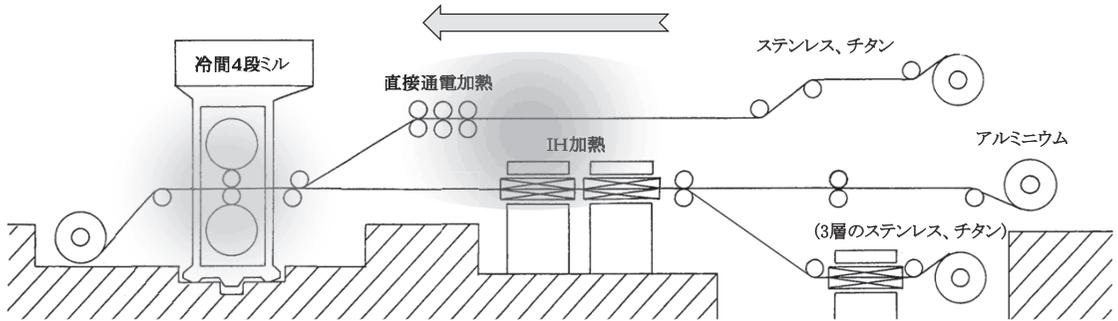
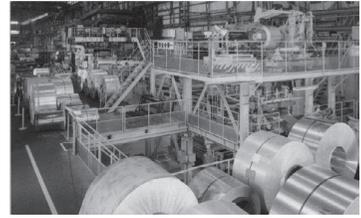
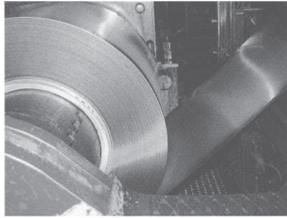


図 3 クラッドコイル製造設備概略

表 1 製造可能なクラッド製品寸法

組 合 せ	クラッド板厚 (mm)	ステンレス/チタン板厚 (mm)	板幅 (mm)
2層 ステンレス鋼/アルミニウム	0.6~3.3	0.3~0.8	標準 ≤800
3層 ステンレス鋼/アルミニウム/ステンレス鋼	1.9~2.6	0.4~0.6	
2層 チタン/アルミニウム	0.6~2.5	0.3~0.8	
3層 チタン/アルミニウム/チタン	1.9~2.6	0.4~0.6	

接肉盛法、圧延法などがあるが、内釜素材として薄板クラッドコイルを量産するためには圧延法が適している。また、接合母材としてアルミニウムを用いる場合には、特別な真空設備や雰囲気加熱炉を必要とせず、大気中で加熱が可能な温間圧延接合法を適用することができる。

図3には直江津製造所で用いるクラッドコイル製造ラインの概略を示す<sup>3)</sup>。素材コイルをインラインで加熱し、その直後に接合圧延して巻き取る構成である。

参考のため、表1に本設備で製造実績のあるクラッド材料の製品寸法を示す。

### ◇ クラッドの製品特性

#### 1. 複合則

クラッド材料の諸特性は、一般に金属の種類や板厚比率による複合則に従うことが知られている。表2に代表的な複合則算出式を示す<sup>4)</sup>。

表 2 代表的な複合則

項 目	算 出 式
比重 ( $\rho$ )	$\rho_c = (\sum t_n \rho_n) / t_c$
強度 ( $\sigma$ )	$\sigma_c = (\sum t_n \sigma_n) / t_c$
ヤング率 (E)	$E_c = (\sum t_n E_n) / t_c$
熱伝導率 ( $\lambda$ ) 垂直方向 平行方向	$\lambda_c = t_c / (\sum t_n / \lambda_n)$ $\lambda_c = (\sum t_n \lambda_n) / t_c$

記号 t: 板厚 添字 c: クラッド板, n: 各構成材

#### 2. 物理的性質および機械的性質

素材コイルの化学成分を表3(a)(b)に示す。ステンレス鋼NSSMC-NAR-160Mは、加工性に優れ、安定的な耐食性を有する当社独自のフェライト系ステンレス鋼であり、アルミニウムA1100は、純度 ≥99.0mass%の純アルミニウムである。

ステンレス鋼・アルミニウムクラッドの代表的な物理的性質および代表的な機械的性質を表4に

表 3 化学組成

(a) ステンレス鋼 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Nb
NSSMC-NAR-160M	≤0.025	≤1.00	≤1.00	≤0.040	≤0.005	16.00~19.00	0.30~0.80	0.30~0.80

(b) アルミニウム (mass%)

	Si+Fe	Cu	Mn	Zn	その他(個々)	その他(合計)	Al
A1100	≤1.00	0.05~0.20	≤0.05	≤0.10	≤0.05	≤0.15	≥99.00

表 4 クラッド板の諸特性

組合せ	代表的な物理的性質				代表的な機械的性質			
	総板厚(mm)	比重	比熱(J/kg・K)	熱伝導度(W/m・K)	仕様	引張強さ(MPa)	伸び(%)	
クラッド	NSSMC-NAR-160M/A1100	2.1	4.0	800	171	圧延のまま	240	20
	NSSMC-NAR-160M/A1100	1.45	4.2	778	121	熱処理	249	22
単一板	NSSMC-NAR-160M	-	7.7	460	26.0	2B	363	≥22
	A1100	-	2.7	921	222	熱処理(O材)	75~110	≥30

示す。表4の代表的な物理的性質について、いずれも複合則に従い、両金属の中間的な性質を示している。ステンレス鋼は高耐食性を有する優れた材料であるが、熱伝導性が劣り、局部加熱されやすい短所を有する。この短所は、アルミニウムとクラッド化することにより、大幅に改善される。表4の代表的な機械的性質について、破断時の特性を示す引張強さや伸びは、複合則の算出値よりも低位を示す。これは破断直前の局部変形により界面はく離が生じたことによるものと推測される。

### 3. 接合強度

クラッド材料の接合界面の品質評価方法として、例えばJIS G 3601規格ではせん断試験などが規定されている。しかし、薄板ではこれらの方法の適用は困難であり、本クラッド材料では図4に示すように、はく離強度評価法により接合強度を評価している。

ステンレス鋼・アルミニウムクラッドの接合圧延されたままの接合強度および熱処理後の接合強度を図5に示す。本クラッドのはく離強度は圧延ままに比べ、熱処理により増加する。しかし、本クラッドの場合、500℃超の熱処理により接合界面に金属間化合物が生成し、接合強度は低下する。

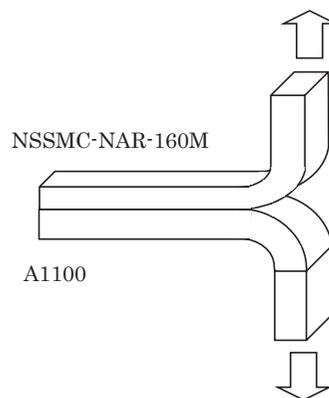


図 4 T字型はく離強度試験方法

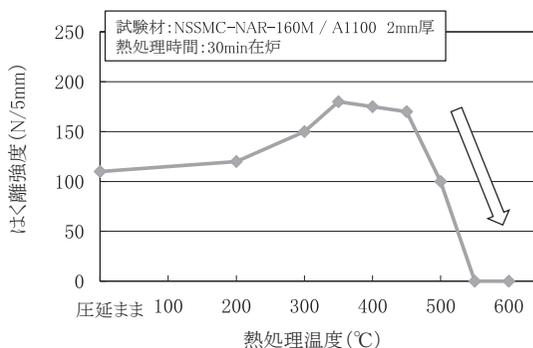


図 5 はく離強度におよぼす熱処理温度の影響

## むすび

単一材料にはない優れた機能を実現可能なクラッド材料は、IH炊飯器以外の用途にも採用が広がっている。種々の用途で性能を発揮するには、材料を適切に組み合わせ、その特徴を生かす使い方が不可欠である。

## 参考文献

- 1) 土居大治、鶴田忠、難波清海、八尋昭人、平原一雄：住友金属. 45 (5)、145 (1993)
- 2) 土居大治、米満善久：第184回塑性加工シンポジウム. 1998、p. 55
- 3) 奥井利行、米満善久、吉田健太郎：新日鉄住金技報. No. 396 (2013)、p. 107
- 4) 土居大治：日本塑性加工学会北陸支部第34回技術懇談会テキスト. (1995)、p. 21



## 6. モバイル端末用反射防止膜

大同特殊銅(株) さか ぐち かず や  
新分野事業部 坂 口 一 哉

薄型ディスプレイは高精細な液晶や有機ELパネルの発展によって、より美しく、見やすくすることが求められるようになり、表示された文字や映像などの情報を見たり、読み取ったりするときの妨げとなるディスプレイ表面への背景の映り込みや蛍光灯などの外光の反射による視認性、画質、コントラストなどの低下を防ぐ反射防止膜の必要性が高まっています。図1に示すように反射防止膜による画像の差は明瞭であり、とくにモバイル端末などは屋外での使用が多くなるため今後ますます重要な技術になると考えられます。

反射防止膜の主な方法として、AG (Anti-Glare) 処理およびAR (Anti-Reflection) 処理があります。AG処理とは、ディスプレイ表面に数ミクロン程度の凹凸を形成して光の散乱によって反射像を散らして暈す方法です。一般にガラス基板表面をエッチングしたり、無機粒子をコーティングするなどの方法でAG処理されます。またAR処理とは、光の干渉効果を利用しており、図2に示すように屈折率の異なる光学膜を数100ナノメートルずつ積層させた構造になっており、入射光と反射光の波長を変化させて、それぞれの波が重なっ

て互いに打ち消し合うようにして反射率を低減させる方法です。光学膜の作り方には、溶液や分散液を均一に塗布し、溶媒あるいは分散媒を蒸発させて薄膜を形成（ゾルゲル法）するウェットコーティング法（一般にLRフィルムと呼ばれる）と、スパッタリング成膜などのPVD（物理蒸着）やCVD（化学蒸着）などによるドライコーティング法（一般にARフィルムと呼ばれる）があります。反射率は基板の材質や積層する薄膜の屈折率と光学厚みによって、理論的に計算、設計されます。

ウェットコーティング法は簡便な技術であり、

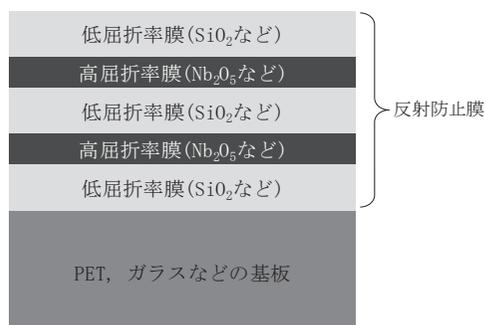


図 2 AR反射防止膜構造例 (イメージ図)



図 1 モバイル端末の反射防止膜使用例 (イメージ図)

溶液にしたポリマーなどの低屈折率材料をフィルムに塗布するだけでなのでドライコーティング法よりも効率的に大面積を安価に製造できます。しかしウェットコーティング法によるLRフィルムは通常単層あるいは2層程度のため膜厚ムラによる最小反射率（となる光の波長）の違いが出易い、塗布材料の低透明度による反射光の着色、弾けや抜けといった反射強度が異なる部分が輝点になって画像の劣化を招くなどの欠点が多いといわれています。それに対してドライコーティング法によるARフィルムは、表1に示すように屈折率の異なる光学膜用材料の種類が多く、またTiO<sub>2</sub>（二酸化チタン）やNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>（五酸化二ニオブ）などの高屈折率膜とSiO<sub>2</sub>（二酸化シリコン）など低屈折率膜を4層程度から多いもので10層以上積層するため、図3に示すように可視光領域（光の波長400～760nm）の平均反射率が一般的に0.3～0.5%以下であり、LRフィルムの1～2%よりも低くすることができます。また各光学膜の厚みが薄くて均一であることから、LRフィルムにみられるような画像を劣化させるような欠点はほとんどなく、高い透

過率と安定した画像が得られます。

ドライコーティング法のスパッタリング成膜用ターゲット材には、特殊鋼の添加元素として一般的なTiやNb、Siなどが多く使われていますが、とくにNb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>はTiO<sub>2</sub>のような黄味がかかった発色がなく透明度の高い酸化膜が得られるため、ハイエンドの高屈折率膜としてTiに替わって使われるようになりました。しかしNbは結晶異方性が強く、熱処理時のガス吸着による脆化や結晶粒粗大化などが起きやすく、非常に塑性加工が難しい材料であるため高度な加工技術と特殊な設備が必要であり、大同特殊鋼(株)などの難加工材料を得意とする特殊鋼メーカーが中心となって供給しています。

モバイル端末用で普及しつつあるドライコーティング方式の反射防止膜は、その優れた光学特性が求められる車載用（インパネなどのメーター類、デジタルバックミラーなど）や医療用モニターなどへの用途拡大が考えられ、今後さらにスパッタリング成膜技術の向上とともに、Nbなどの品質安定化や新しい屈折率を持つ材料の開発の要望が強くなると考えられます。

表 1 代表的な光学膜膜用材料

区 分		膜材質	屈折率	成膜方法
ドライコーティング	高屈折率膜	ITO	1.96	蒸着／スパッタリング
		ZrO <sub>2</sub>	2.06	蒸着／スパッタリング
		Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.20	蒸着／スパッタリング
		TiO <sub>2</sub>	2.35	蒸着／スパッタリング
	低屈折率膜	MgF <sub>2</sub>	1.38	蒸着／スパッタリング
		SiO <sub>2</sub>	1.47	蒸着／スパッタリング
ウェットコーティング	低屈折率膜	パーフルオロ樹脂	1.34	塗布法
		SiO <sub>2</sub>	1.47	ゾルゲル法

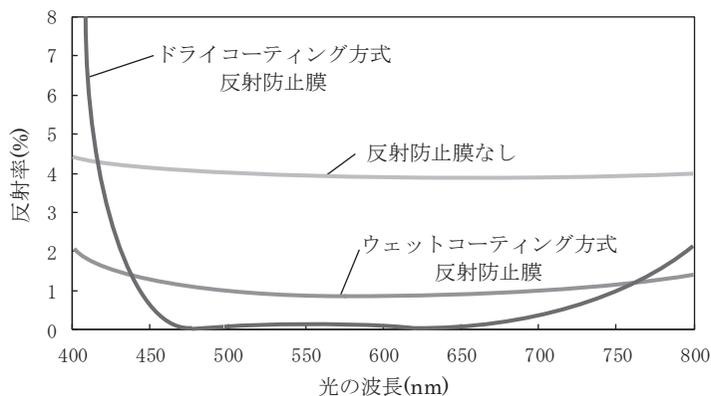


図 3 PET基板表面の分光特性例（イメージ図）

## 7. シーズヒーター用材料

日本冶金工業(株) とつか さとる  
ソリューション営業部 戸塚 覚

### ◇ シーズヒーターとは

ニクロム線を用いた構造の単純な電気加熱装置です。IHヒーターもカセットコンロさえも無かった時代に使われていた電熱器の発展型と言えるでしょう。その構造は単純で図1にあるとおり発熱体を絶縁粉末材で保護管に詰めた構造となっています。

### ◇ シーズヒーターの特徴

- ・発熱部が外気に触れないのでニクロム線が酸化し難く寿命が長い
- ・保護管で覆われているので液体の直接加熱が可能。
- ・保護管に使われる金属を代えることにより高温／高腐食性の液体／気体に対応可能。
- ・比較的自由的な形状に加工可能。

### ◇ シーズヒーターの使われている機器

身近な所ではコーヒーマーカー・電気ポット／ケトル・電気ストーブ・電気温水器・電車／バスの暖房機器・マイコン式炊飯器等々によく採用されており、エアコン・冷蔵庫・電子レンジで補助加熱装置としても一部使われ、工業用の加熱装置として製造しているメーカーはweb等で数多く見つけられます。

その形状を写真1に示します。このように種類の形状に加工されて使用します。

実際にシーズヒーターが見える製品は少ないの

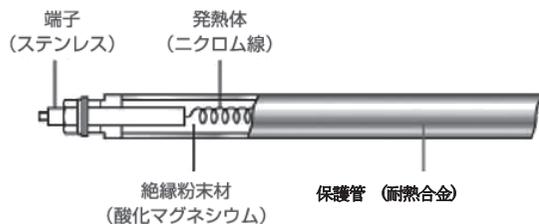


図 1 シーズヒーターの構造



写真 1 シーズヒーター形状例

ですが、例えばアイリス オーヤマHPのマルチロースター（魚焼き器）は上下面にシーズヒーターが設置されていて現物を見ることが出来ます（アドレス下記）。

<http://www.irisohyama.co.jp/kitchen/roaster/>

### ◇ 保護管に用いられる特殊鋼について

シーズヒーターの保護管に要求される特性は、耐熱性、黒化性、耐食性、成形性、そして溶接性です。

- ・耐熱性：ニクロム線はJISC2520で最高約1100℃までの使用が認められていますが、絶縁材の特性から1000℃程度が限度で保護管は800℃程度に達する可能性があると考えられています。銅・アルミは200℃まで、鉄は450℃、SUS304は650℃、表1の耐熱合金はいずれも800℃の使用に耐えられます。
- ・黒化性：保護管はニクロム線の発する熱を吸収して外に放射する必要があります。そのた

表 1 シーズヒーター保護管材質（代表成分 wt%）

鋼種	Ni	Cr	Mo	Cu	Ti	Al
NASH840	19	20			0.4	0.4
NASH880	25	24	1		0.3	0.3
NAS800L	32	20			0.4	0.3
NAS825	40	23	3	2	0.7	

め表面に黒色酸化皮膜を形成させ吸収・放射性を向上させて使う場合が多くなっています。表1の耐熱合金は成分を調整して黒化性を向上させています。

- ・耐食性：成分で決まりますが、右に行くほど耐食性は向上します。

NASH840<NAS800L<NASH880<NAS825  
→良

- ・成形性：ニッケルの増加や炭素の低減が成形性を向上させます。
- ・溶接性：保護管は直径数ミリから十数ミリ、肉厚0.4-0.7mmのものが多く溶接して管にします。成分で溶接性を調整しますが、最近ではレーザー等の高速溶接が要求されスリット面管理も重要な要求特性となります。弊社では最新鋭の狭幅スリッターで対応しています。

シーズヒーターは主として表1の耐熱合金が用いられます。

#### 表1の各鋼種・合金の特徴

- ・NASH840

シーズヒーター用に開発されたもので、SUS310Sに近い成分系ですが、耐高温酸化性・高温強度・黒化性を上げるためチタンとアルミが添加されています。

- ・NAS800L

汎用のNCF800をシーズヒーター用に改良したものです。炭素を下げて成形性・耐食性を向上させています。

- ・NAS825

NAS800Lよりもさらにニッケル・モリブデンを増やし、耐熱性・耐食性両方共に向上させています。高価なので腐食環境下での工業製品に用いられます。

- ・NASH880

電気温水器向けで上水の品質が悪く腐食する環境での使用を想定して開発された製品です。従来そのような場合はNAS825が使用されていましたが、コストが高いという問題点があり、弊社では価格上昇をなるべく抑えかつ十分な耐食性を有する本鋼種を開発いたしました。

#### むすび

電気ポットや電気温水器、コーヒーマーカーは多くの家庭で使われていますが、中のシーズヒーターを目にしたことがある人は余り無いかと思います。(注：個人で分解すると保証が受けられなくなる場合があります。) このように特殊鋼は見えないところで生活を応援しています。

## 8. ベッドスプリング用特殊鋼線

日鉄住金SGワイヤ(株) たに うち  
生産技術本部 生産技術部 **谷 内** あつし  
**敦**

### まえがき

硬鋼線は、繰返し荷重が比較的少ない静的ばねに形を変えて、多くの身近な製品に適用されている。例えば自動車のシートばね、シャッターの巻き上げばね、その他にも家電製品やOA機器内など、いろいろな用途で使用されている。今回は、その中でも比較的身近で大量に使用されているベッドスプリング用特殊鋼線を紹介する。

睡眠は、人生の1/3の時間を占めると言われており、一日の疲れを癒し、ストレス解消や病気予防のためにも質の高い睡眠を確保することが重要だと考えられている。そのため、写真1のようなベッドのマットレスは進化するとともに、それに使用される鋼材への要求特性も変化してきた。当社は、古くから培ってきたピアノ線や弁ばね用オイルテンパー線の製造ノウハウを活かし、最適なベッドスプリング用特殊鋼線の開発と製造を行っている。

### ◇ マットレスの構造例

ベッド用スプリングには、一般的に「ボンネルコイル」と「ポケットコイル」と2種類の構造がある。「ボンネルコイル」は、各スプリングが連結



写真1 特殊鋼が使用されているベッド  
(シモンズ(株)殿提供)



写真2 ポケットコイルマットレス  
(シモンズ(株)殿提供)

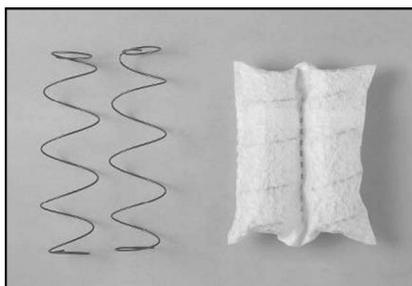


写真3 左：コイルスプリング 右：ポケットコイル  
(シモンズ(株)殿提供)

されており、面で身体を支える構造となっている。そのため、「ポケットコイル」に比べて、耐久性はあるが、身体全体が沈みこむということはない。一方で、写真2のように「ポケットコイル」は独立したスプリングが並列に配列されており、個々のコイルが点となって体のラインを支えることで、体圧を分散させ、快適な睡眠が得られる構造となっている。この「ポケットコイル」は、写真3のように、コイルスプリングが圧縮された状態で不織布に包まれている。

### ◇ ベッドスプリング用特殊鋼線の特性

#### 1. 機械特性

一般的にベッドスプリングには、JIS硬鋼線C種(SW-C)の強度レベルの材料を適用することが多かった。近年では、図1に示すように、ベッドス

プリング用特殊鋼線は高強度化され、ピアノ線A種（SWP-A）と同等以上の引張強さに設定している。上述したように、コイルスプリングは、圧縮された状態で不織布に包まれているため、常に圧縮力が付加されている。さらに、睡眠中には体重を支え続けるため、高い耐へたり性が必要とされる。もし、鋼線の強度が低い場合、長年使用すると、徐々に反発力が低下してしまう。高い引張強

さを持たせることで、長年使用しても、しっかりと身体を支える続けることが出来る。

また、鋼材のばらつきを低減させることも重要である。例えば、鋼線の線径が変化し、ばねの断面積がばらつくと、ばねの反発力に微妙なばらつきを生じてしまう。その結果、マットレスの場所によって、反発力が変わってしまう事になる。よって、快適な睡眠を追求するために、ベッドスプリング用特殊鋼線の線径許容差は、引張強さ規格と同様で、ピアノ線と同等の線径管理を実施している場合もある。参考として、表1にJIS鋼線の線径許容差規格を示す。

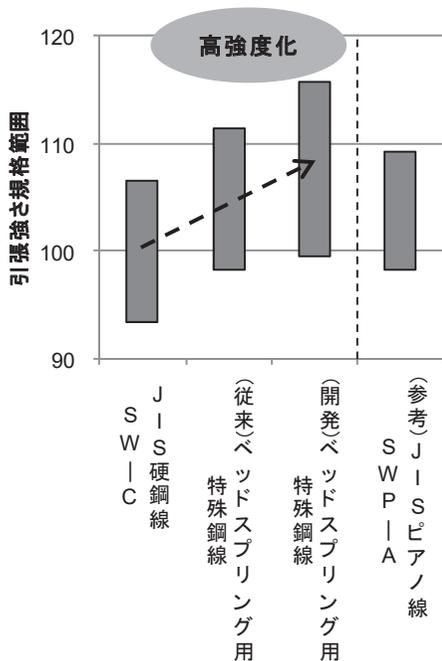


図 1 特殊鋼線の高強度化イメージ（SW-Cの中央値を100とする）

## 2. 表面性状・荷姿

マットレスメーカーにおいて、特殊鋼線からばねに成形する加工スピードは、非常に速い場合が多い。さらに、個々のスプリング形状もばらついてはならない。そのため、特殊鋼線が、ばね成形機に高速で繰り出される際に、鋼線がもつれないような綺麗な荷姿が要求される。さらに鋼線の1リングの形状にもこだわり、ねじれ・ばらつきが無いような荷姿に管理している。

また、一般的に鋼線製品には、伸線後、全長に防錆油が塗布される。しかし、本特殊鋼線には防錆油の塗布を行っていない。マットレスは、非常に身近に使用される製品であることから、表面の付着物を僅かでも少なくするために、その材料もクリーンな表面状態を保っている。ただし、伸線後には、錆が発生しないように、空調管理された倉庫に保管するなど、厳格管理を実施している。

表 1 線径許容差（例：線径2.0mm）

規格名称	線径許容差 [mm]
JIS硬鋼線 SW-C	±0.030
JISピアノ線 SWP-A	±0.015

## ◇ 加工プロセス

表2のように、マットレスの寝心地を左右するコイルスプリング用特殊鋼線の生産は、線材製造からすべて国内で一貫管理されている。最終製品

表 2 製品加工と開発情報の流れ

分担	製造所	製品	加工内容	主な特性
素材製造	新日鐵住金(株) 君津製鉄所	線材	熱間圧延	化学成分 線材強度
二次加工	日鉄住金SGワイヤ(株) 習志野工場	特殊鋼線	伸線加工	線径 引張強さ
部品加工 製品組立	国内 マットレスメーカー	コイルスプリング	ばね加工	ばね荷重 耐久性

材料選定  
熱処理条件選択  
線径・強度選択  
全長ばらつき管理

製品の流れ  
開発情報の流れ

であるコイルスプリングの特性向上のために、素材メーカーと二次加工メーカーが連携して、材料選定から加工条件の設定を一貫した設計コンセプト

トで実現し、安定した特性を発揮するため両社技術者間でのPDCAサイクルを回してきた。

### 1. 線材製造

線材の主な化学成分は表3の通りである。

線材は新日鐵住金（株）君津製鉄所で生産され、熱間圧延の巻取機から出たのち、コンベアで搬送中に制御冷却されることで、最終製品の特性を出すために目標とした機械特性と金属組織が、全長にわたって均質に造り込まれる。ここで、高強度化ニーズに対応するために、冷却条件をチューニングして、強度の調整を行う事もできる。金属組織は、パーライト組織になっており、写真4に示すように、硬質のセメント石（Fe<sub>3</sub>C）と、純鉄に近く柔らかいフェライトが層状となった組織を呈している。

### 2. 二次加工

当社習志野工場で、線材から特殊鋼線を生産している。熱間圧延された線材の表面は、酸化スケールで覆われているため、バッチ式酸洗処理を実施する。線材を塩酸などの酸液に漬け込み、表面スケールを除去する。さらに、水洗と中和処理の後に、りん酸亜鉛皮膜や石灰処理など、伸線加工のために必要な表面潤滑処理を実施する。酸洗工程で留意することは、線の重なり部などにスケールが残存したり、酸液が残ったりすることで、伸線後に部分的に変色したり、錆が発生したりするためである。そのため、酸洗中は、線間をばら

したり、線材を回転させたりしながら、酸洗むらが発生しないような工夫が必要となる。

酸洗・造膜後に伸線加工を実施する。伸線は、複数枚のダイスに通線し、目的とする線径に加工する。伸線加工を施すことで、熱間圧延で造り込まれた層状組織は、写真5のように伸線方向に配向した繊維状組織になり、それらの層間隔（ラメラ間隔）も狭くなることで、引張強さが上昇する。

近年の高強度化ニーズに対応するため、図2のように、線材強度と材料選択、および伸線加工による減面率を調整する必要があった。伸線加

表 3 主な化学成分 [%]

C	Si	Mn	P	S
0.79~0.86	0.15~0.35	0.30~0.60	0.030以下	0.030以下

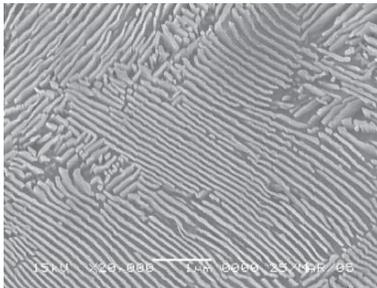


写真4 パーライト組織

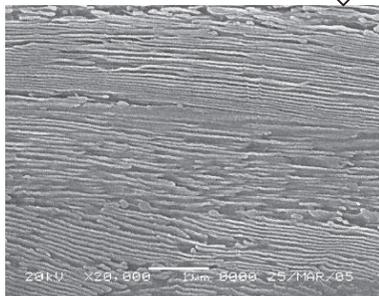
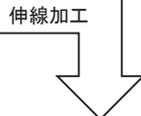


写真5 伸線後の繊維状組織

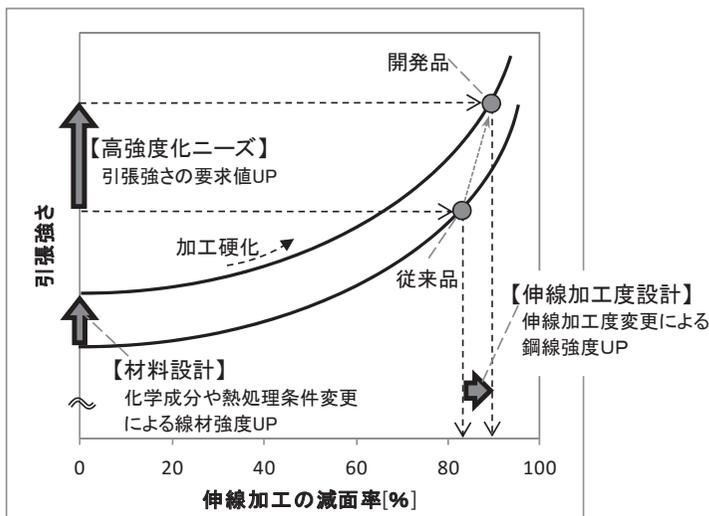


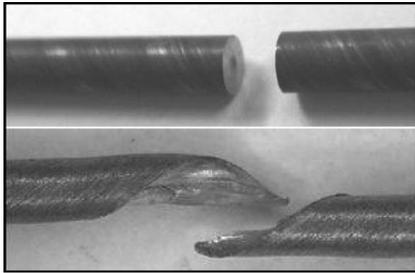
図 2 素材と加工硬化による高強度化の考え方

工度を大きくして、大きな加工硬化を得ること、つまり、太い線材を使用して減面率を大きくする必要はある。一方、高強度化に伴って、鋼線の脆化も進むことに留意しなければならない。脆化が進むと、機械的特性の中でも延性指標に劣化がみられるようになり、最悪の場合、**写真6**のように、ねじり試験で縦割れ（デラミネーション）が発生し、最終製品の耐久性にも悪影響を与える。この

ような脆化を防止するために、適切なパーライト組織の造り込みが肝要である。さらに伸線中には摩擦熱や加工熱が発生し、鋼線の温度が約200℃を超えると、急激に脆化が進むため、加工中の鋼線を冷却するために、ダイスや伸線巻取釜の冷却が重要となる。ダイスから出てきた鋼線に水を直接浴びせて冷却する直水冷方式を施す場合もある。

#### ◇ 今後の取り組み

本件で紹介したベッドスプリング用特殊鋼線は、ポケットコイルマットレスという製品に適した素材を造り込むために、線材メーカーと二次加工メーカーが連携して、最終的な製品の製造工程までもカバーした一貫での開発がなされたものである。今後も当社は、エンドユーザーと素材メーカー双方の特徴を理解する立場で、自らの加工分野での技術力を加えた三者一貫での新たな付加価値の創造と提案を行っていく。



**写真6** ねじり試験の破面  
上：正常 下：縦割れ（デラミネーション）



# 9. 時計用極小ねじ材料

(株)杉田製線 すぎ た いち ろう  
専務取締役 **杉田 一良**

## まえがき

私たちの暮らしの中で、至るところに存在しているねじ。大きさ、形、材質を変え、様々なところで使われ、私たちの生活を支えています。普段何気なく身に付けている腕時計ですが、実はこの中にも多数のねじが使われています。しかも普通には殆ど見かけることが無い、かなり特殊なねじであることを、皆さんご存知でしょうか？今回はそんな腕時計の中に使われている「時計用極小ねじ」について、製造工程や腕時計の内部構造を交えて、紹介したいと思います。

### ◇ 時計用極小ねじとは？

#### 1. 外観と大きさ

時計用極小ねじとはどのような物なのでしょう？**図1**は時計用極小ねじの外観写真です。マイナスヘッドのねじで、大きさは米粒よりも遥かに小さく、ねじ山の外径は、僅か0.6mmしかありません。一般に、ねじ山外径2.6mm (M2.6) 以下のねじは、「マイクロねじ」或いは「カメラねじ」などと分類され、更に小さいM1.0以下のねじは、「ミニチュアねじ」或いは「極小ねじ」と呼ばれ、主に時計用や医療用に使われています。ねじ1個の質量は僅か0.0045g。1円玉1枚が1gですから、このねじが200個以上集まって、ようやく1円玉1

枚の重さに相当します。素材としては、軟鋼や炭素鋼が最も多く使われており、ステンレス鋼 (SUS) や炭素工具鋼 (SK) など使われます。

#### 2. 時計の種類とねじの使われ方

こんなにも小さなねじですが、どのように使われているのでしょうか？その疑問にお答えするには、まずは時計の種類を理解する必要があります。

時計の種類を大別すると、①形態、②表示方式、③ムーブメントの3つが挙げられます。①形態には、置時計 (クロック) や腕時計 (ウォッチ) があり、②表示方式には、アナログ表示とデジタル表示があります。クロックは比較的大きさがあり、それほど細かい部品を必要としません。デジタル時計は液晶パネルとICチップで時刻の表示を行いますが、アナログ時計は時計針の位置によって時刻を表示するので、時計針を動かす歯車等の部品が必要になり、デジタル時計よりも部品点数は多くなります。③ムーブメントとは、時計の動力機構及び调速機構 (時を刻む速度の調節) のことで、クォーツ式と機械式 (**図2**) があります。クォーツ式ムーブメントは電池を動力とし、モーターで時計針を動かし、调速機構には、水晶に電圧をかけたときに生じる規則的な振動 (32,768Hz) を利用しています。機械式ムーブメントは、ぜんまいの解れる力を動力とし、歯車によって伝達された

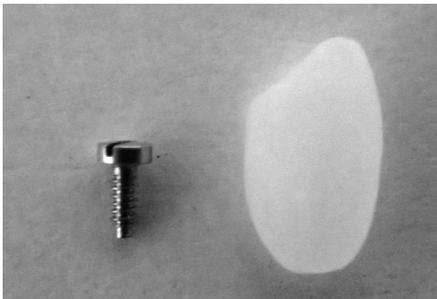
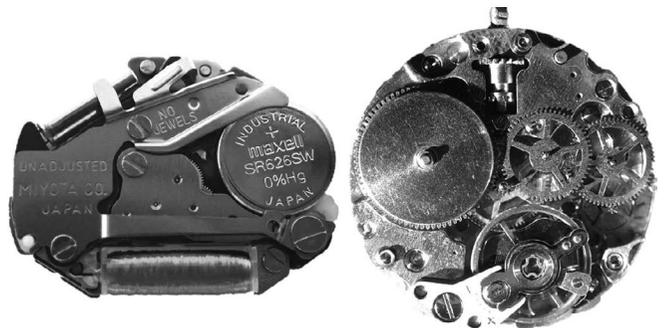


図 1 時計用極小ねじの外観写真



左：クォーツ式

右：機械式

図 2 ウォッチの内部構造 (ムーブメント)

動力は、機械的な脱進・调速機構により、規則的な往復運動に変換され、時を刻みます。時計の精度ではクォーツ式の方が断然優秀なのですが、近年では機械式ムーブメントの緻密な作りが再評価され、高級ウォッチに挙って採用されています。

さて、時計は大凡以上のように分類されますが、ここで紹介する時計用極小ねじは、多数の部品を小さなスペースに収める必要のある、アナログウォッチで主に使われています。そしてそれらの極小ねじは、ムーブメントを構成する歯車などの各種部品を挟み込む、地板（全ての部品を支える土台）と受台（各種部品を被せる部分）との締結を目的として用いられているのです。

### 3. ウォッチの部品点数とねじの使用量

汎用タイプのクォーツ式ムーブメントの場合、4～5本程度の極小ねじが使われます。機械式ムーブメントの場合は、動力や调速機構も機械仕掛けなので、標準的なものでも100に近い部品から成り、極小ねじの使用量は十数本程度になります。クロノグラフ（ストップウォッチ機能）や永久カレンダーといった「複雑時計」になると、部品点数も多く、構造も複雑化するため、極小ねじの使用量も必然的に増加します。例えば、クロノグラフが付加される場合、更に10本程度のねじが必要になります。多数の機能が付加された機械式高級ウォッチでは、使用部品数は200～300点にもなり、中には1,000点を超えるウォッチもあるそうです。

ウォッチの出荷量としては、図3に示す通り、2015年度の世界実績で約14億6,400万個。ウォッチ

1個あたりの極小ねじの平均使用量を7～8本と仮定すると、驚くべきことに、総使用量は年間100億本以上にもなるのです。

また、世界に占める日本製ウォッチの比率に着目すると、ムーブメント単体を含めた出荷量では、全世界の約40%を占めています。時計の骨格となるムーブメントは日本製が世界を席巻しており、日本のモノづくりの強さが、改めて実感されます。

## ◇ 時計用極小ねじの製造工程

### 1. 素材

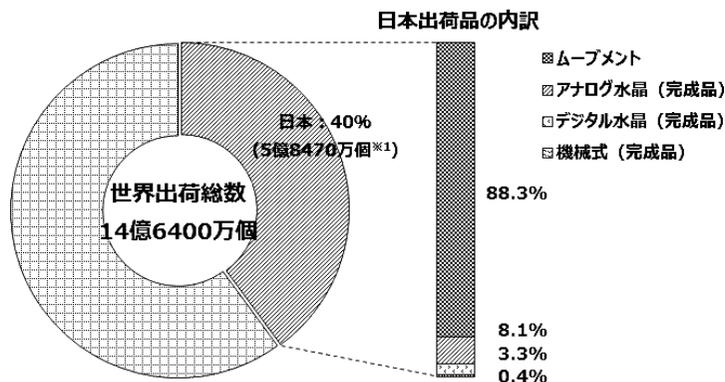
時計用極小ねじの素材には、特殊鋼線材が使用されています。鉄鋼加工製品の品質と安定性は、元となる素材品質の及ぼす影響がとても大きく、素材の良し悪しにより、どんなに高度な加工技術があっても、覆すことのできない品質差が生じます。世界をリードする日本の鉄鋼メーカーが製造する高品質な線材があって、初めて製造可能となるのです。

### 2. 製造工程概要

図4は、時計用極小ねじが出来上がるまでの、製造工程の一連の流れを示したものです。主だった製造工程だけでもこれだけの数があり、実際には前処理や準備工程、或いは検査工程などもありますから、相当な手間をかけて、作り出されていることが分かると思います。

### 3. 極細ワイヤーの製造工程

鉄鋼メーカーで製造された線材は、ワイヤーメーカーにて細く引き伸ばす加工が施されます。



※1 ムーブメント単体を含む。  
社団法人日本時計協会『2015年日本の時計産業の動向（1月～12月実績値）』より作成

図 3 世界のウォッチ出荷総数に占める日本製造比率（2015年度）

## ～ 時計用極小ねじが出来上がるまで ～

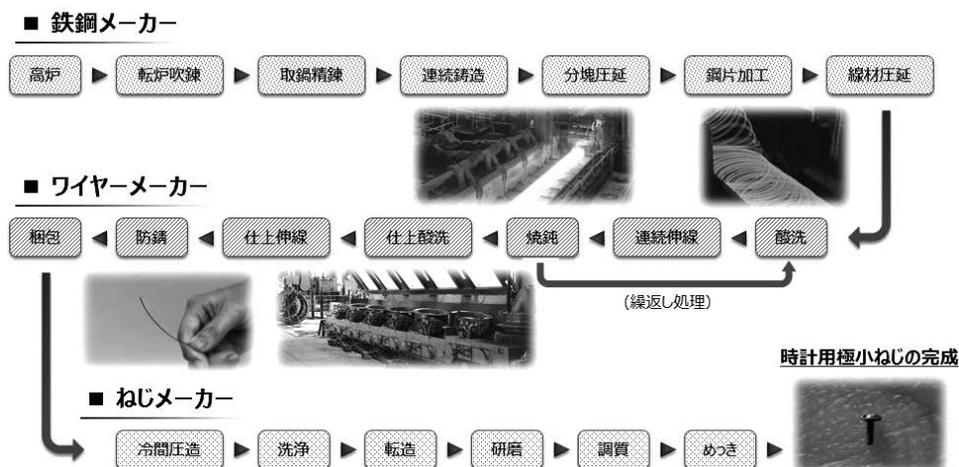


図 4 時計用極小ねじの製造工程概要

鉄鋼メーカーの熱間圧延ラインで仕上げられる最小寸法サイズは5mm台なので、M0.6ねじの材料寸法にまで、サイズダウンする必要があるわけです。仮に5.5mmから0.6mmへの加工を行うとすると、僅か4.9mmを減じるだけ、と思われるかも知れませんが、それほど簡単な話ではありません。加工率は断面積の減少率で表されるので、先ほどの加工を加工率に換算すると、約98.8%にもなります。また、直径5.5mmのワイヤー長さは、1tコイルで約5,360mですが、直径0.6mmでは約450,000mなので、加工に長い時間を要します。そしてその加工を行うためには、ただ1回の製造工程で済むというわけではなく、主に「伸線」「酸洗」「焼鈍」の3つの製造工程を適切に組み合わせ、繰り返し処理を行うことで、ようやく作り上げることができるのです。

「伸線」とは、線材を伸線ダイスに通して引き抜き、所定の寸法に線を細く引き伸ばす工程です。伸線加工を施すことにより、真円に近い形状と高い寸法精度が得られ、線の表面肌が平滑になる上に、強度や加工性も向上します。極細ワイヤーの寸法精度に対する要求は大変厳しく、1 $\mu$ mレベルでの精度が求められます。また、線は細くて軟らかいため、断線し易いなど、高度な製造ノウハウを要します。

「酸洗」とは、スケール剥離と皮膜処理を行う工程です。鉄スケールは硬くて脆いため、そのまま

では金属加工ができません。そこで硫酸や塩酸といった強酸を用いて、鉄スケールを溶解、剥離する必要があります。加工が進むに従って線は細くなり、線と線との密着が多くなります。線間処理の方法に、極細ワイヤーを扱う上での難しさがあります。

「焼鈍」とは、鋼材を加熱して軟化させる熱処理の総称で、極細ワイヤーの製造には、「球状化焼鈍」と呼ばれる処理を施します。これにより、鋼材は加工性に富んだ球状化組織に変化し、圧造加工による自由自在な塑性変形を可能にするのです。

### 4. 極小ねじの製造工程

「冷間圧造」とは、材料ワイヤーを所定の長さで切断した後、圧造ダイスとパンチにより、様々な塑性加工を常温で行い、材料を成形する工程です。今でこそ、圧造でのねじの製造は常識ですが、約40年前までは切削が主流でした。冷間圧造技術の確立により、歩留りと生産性が大きく向上し、高品質なねじを、安価で大量に供給することができるようになったのです。

極小ねじの圧造加工では、寸法精度と加工性が重要なポイントとなります。圧造ダイスのクリアランスは僅か5 $\mu$ mしかなく、ワイヤーの寸法精度や真直性に僅かでもバラツキがあると、圧造することができません。また、材料ワイヤーの加工性が悪いと形状精度は得られず、かといって軟らか過ぎても座屈してしまいます。

「転造」とは、ねじ山が切られた2枚の平ダイスに材料を挟み込み、材料を回転させながら圧力を加え、塑性変形によってねじ山を形成する工程です。極小ねじはとて小さいため、圧造品を一定方向に整列させ、安定して転造機に送り込むところに難しさがあります。

圧造と転造によって形状を作り出したら、「調質熱処理」により、ねじに所定の強度を付与します。素材によって異なる処理方法を取り、軟鋼材の場合には浸炭焼入れを施します。極小ねじは軸径が非常に小さいため、浸炭深さの制御には、特に注意が必要です。過剰な浸炭は耐遅れ破壊性の低下を招き、水素脆性による頭飛び等の不具合を引き起こします。

最後は防錆と見栄えを良くするために、めっきを施して完成です。主に無電解Niめっきで処理し、厚さ2 $\mu$ m程度のめっきを付着させます。めっきの付着量も最終的な製品寸法に影響するので、こ

でも極小サイズ故の難しさがあるのです。

## むすび

私たちが普段身に着けているウォッチの中にも、特殊鋼から作られた製品が、長大な製造工程を経て、しかも驚くほど小さく加工されて、使われています。

これだけの加工を可能とし、高精度且つ高品質な最終製品が得られるのは、特殊鋼線材の品質があつてのことです。そしてこの高品質な鋼材を使い、鉄鋼加工メーカーがそれぞれの分野で技術と生産性を高め、世界的にも競争力のある、安価で高品質な鉄鋼加工製品を作り上げているのです。時計用極小ねじは、鉄鋼メーカー、ワイヤーメーカー、ねじメーカーの高度な技術の結集により、初めて作り得る製品なのです。

最後に、今回の執筆にあたり、取材に協力して頂いた方々に、この場を借りて感謝を申し上げます。



# Ⅲ．社会を支える特殊鋼

## 1．軸受用特殊鋼

山陽特殊製鋼(株) 研究・開発センター 軸受・構造用鋼グループ 藤 松 威 史

### ◇ 軸受用特殊鋼に求められる特性

軸受は、産業用途に留まらず、身の回りの家電や玩具にも用いられており、その役割は極めて重要である。軸受は回転運動する部品を支持しながら、摩擦を減らして回転運動を円滑にすることでエネルギーの伝達損失を減らす役割を担う。また、摩擦軽減を通じて部品の寿命を延ばし、メンテナンスや交換の頻度を少なくしている。今日の産業用軸受素材として、最もポピュラーな高炭素クロム軸受鋼は20世紀初頭に欧州で登場し、それから一世紀以上を経た現在もその化学成分を大きく変えることなく世界中で使用されている。

転がり軸受は、一對のリング状部品（軌道輪、レース、内・外輪等と呼ぶ）の間に複数個の転動体（玉、ころ、ニードル等）、および必要に応じて転動体を一定間隔に配置するための保持器を挟んだ部品構成を基本とする。このうち軸受用特殊鋼は軌道輪と転動体に用いられる。転動体は荷重を負担しながら軌道輪上の軌道を周回する。このとき軌道輪は、潤滑油もしくはグリースを介した転動体の転がり接触、すなわち部分的な点（円）接触、あるいは線（面）接触によって数ギガパスカルに及ぶ高い面圧を受ける。このような過酷な使用環境に長期間耐えるため、軸受用特殊鋼には高

硬さと優れた寿命が要求される。

一般に必要なとされる硬さレベルはロックウェル硬さで60HRC前後である。この硬さを得るため高炭素クロム軸受鋼の焼入焼戻品あるいは肌焼鋼の浸炭品や浸炭窒化品などが使用される。寿命に関してはやや事情が異なり、鋼種の選定と熱処理を適切に行うだけでは十分ではない。転動体を介して鋼製の軌道輪に伝わる力（応力）は表面からやや内部に入った所で最大となり、その高応力深さ域内に非金属介在物と呼ばれる鋼の製造過程で不可避免的に内包される微小異物（酸化物が代表的）が存在すると応力集中してき裂が発生し、やがて部品のはく離を引き起こす。非金属介在物が母相である鋼とは異なる物性値（硬さ、ヤング率、剛性率など）を有することが応力集中源としての作用を強調すると考えられている。したがって、長寿命の観点からは軸受用特殊鋼には清浄度が高い、すなわち含有される非金属介在物が小さくかつその頻度が少ないことも要求される。

### ◇ 軸受用特殊鋼の種類と特徴

軸受用特殊鋼としては、高炭素クロム軸受鋼鋼材のSUJ2、SUJ3、SUJ4、およびSUJ5の4種がJIS G4805（2008）に規格化されている。表1にSUJ2～SUJ5の化学成分を示す。SUJ2は生産比率

表 1 化学成分（単位：mass%、JIS G 4805より抜粋）

種類の記号	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SUJ2	0.95～1.10	0.15～0.35	0.50以下	0.025以下	0.025以下	1.30～1.60	—
SUJ3	0.95～1.10	0.40～0.70	0.90～1.15	0.025以下	0.025以下	0.90～1.20	—
SUJ4	0.95～1.10	0.15～0.35	0.50以下	0.025以下	0.025以下	1.30～1.60	0.10～0.25
SUJ5	0.95～1.10	0.40～0.70	0.90～1.15	0.025以下	0.025以下	0.90～1.20	0.10～0.25

注) 不純物としてのNi及びCuは、それぞれ0.25%を超えてはならない。ただし、線材のCuは、0.20%以下とする。受渡当事者間の協定によって、この表以外の元素を0.25%以下添加してもよい。不純物としてSUJ2及びSUJ3のMoは、0.08%を超えてはならない。

が最も高く、1% Cと1.5%前後のCr含有を基本成分とし、焼入性（鋼材を焼入硬化させた場合の硬化しやすさ）はそれほど高くないために小型の部品に使用される。対して、SUJ3～SUJ5はSi、Mn、Moを適宜増量添加して焼入性を高めており、より大きな部品に適用可能である。目安として、丸棒中心部で60HRCが得られる直径はSUJ2で25mm、SUJ3で51mm、SUJ4で43mm、SUJ5で89mmである<sup>1)</sup>。なお、SUJ5でも焼入性不足となるような大形軸受用途にはさらに高焼入性のNi-Mo系はだ焼鋼（SNM815など）の浸炭品が用いられる。化学工業や食品工業など耐食性が必要な特殊用途では、焼入焼戻しで60HRC以上の硬さが得られるSUS440Cのようなマルテンサイト系ステンレス鋼が利用されている。

軸受用特殊鋼には使用段階に応じた熱処理が施される。例えばSUJ2種の圧延材や熱間鍛造材は、主にフェライトと炭化物（セメントイト）とが層状微細に折り重なったパーライトと呼ばれるミクロ組織から成る。この組織は切削性が悪く、また、この組織の状態で焼入れを行うと割れるおそれがあるため、後工程の切削や焼入焼戻しに先立って球状化焼なまし（球状炭化物が分散した軟質なフェライト組織にする処理）が行われる。球状化焼なましの加熱方法はSUJ2では一般的に最高点温度780～810℃程度に加熱保持後（SUJ3、SUJ5では760～790℃程度）、650℃程度まで徐冷する方法が採られる。一方、部品状態では耐摩耗性と長寿命が必要とされるので、焼入れと低温焼戻しにより球状炭化物を残存させた60HRC前後の高硬度マルテンサイト組織に調整して使用する。球状化状態から加熱することで焼入加熱保持中の炭化物の急速溶解が抑制され、マトリクス中にCが過剰に溶け込んで熱処理不具合が生じることを防ぐ。所望の硬さを得るための標準的な熱処理としてSUJ2では800～840℃、SUJ3やSUJ5では790～830℃で加熱保持後、油中あるいは水中への焼入れ<sup>1)</sup>を行い、焼入れ後は速やかに120～200℃で1～2h程度加熱後に空冷する焼戻しを行う。

清浄度に関して、高炭素クロム軸受鋼は「鋼材は、溶鋼に真空脱ガス処理を行ったキルド鋼又は受渡当事者間で協定した方法によるキルド鋼から製造する」ことがJISに規定されている。今日で

は、大気溶解後の炉外精錬技術、真空脱ガス処理技術、連続製造技術など種々の製鋼技術の洗練により連続製造による真空脱ガス処理鋼で鋼中の酸素量を数ppmにまで低減することが可能となっており、含有される氧化物系非金属介在物が非常に少なく、軸受として使用する際の寿命が優れた軸受用特殊鋼が特殊鋼メーカーより提供されている。

#### ◇ 軸受用特殊鋼の将来展望

特殊鋼メーカーから出荷された軸受用特殊鋼は、客先でそのまま部品切削工程に流動する場合や鍛造工程等に廻る場合があり、その過程次第で客先でも焼なましが行われる。また、軸受部品に要求される硬さを得るための焼入焼戻し工程は必ず客先の範疇で実施される。軸受用特殊鋼は、特殊鋼メーカーから出荷された段階ではただの素材であって軸受としての一切の機能を有しておらず、客先でのさまざまな工程を経てようやく軸受という部品に生まれ変わる。このような状況のもと軸受用特殊鋼の製造者と使用者とが必要な情報を共有して製造にフィードバックすることにより、今日の洗練された軸受用特殊鋼製造技術が確立されるに至っている。

一方、軸受の破損形態に目を向けると内部起点型の他にも表面起点型がある。前者には冒頭で説明した非金属介在物起点型以外に白色組織変化型<sup>2)～4)</sup>が存在し、後者には金属接触型や部品の摩耗粉等の硬質異物が混入することによる異物混入型が存在する<sup>2)</sup>。非金属介在物起点型はく離以外の破損形態に対してはSUJ種等の既存鋼では性能が十分でない場合があり、客先の要望に応える鋼種開発が今後にも必要になると考えられる。

特殊鋼は、鋼に炭素以外のさまざまな合金元素を添加することによって鋼のパリエーションを多様化し、それによって鋼の使用用途は飛躍的に拡大してきた。軸受用特殊鋼（SUJ種）がJISにラインナップ化されて半世紀以上が経過しているが、質的向上が限界に達していると考えるのは早計である。代表的な非金属介在物起点型はく離についても、未だ介在物の大きさと寿命との一義的な関係性は明らかとなっておらず、非金属介在物周囲のき裂の発生・伝ばのメカニズムを問い直すことで、軸受用特殊鋼のさらなる性能向上につながる

技術が見出される余地がある。軸受用特殊鋼はいわばオーダーメイド品のように客先の要望に応えながら磨き上げられてきたが、今後もその努力を積み重ねていくことで将来にわたって特殊鋼が主要な軸受素材であり続けるものと期待される。



図 1 軸受用特殊鋼の製品事例



図 2 転がり軸受の形状例

#### ◇ 製品事例

図 1 は軸受用特殊鋼の当社製品事例（各種棒鋼、鋼管、リング）のカットモデルである。図 2 は転がり軸受の製品形状を示す一例である。

#### 参考文献

- 1) 特殊鋼ガイド第 4 編 - 熱処理、特殊鋼倶楽部 (1994)、98-99
- 2) 平岡和彦：第188回・189回西山記念技術講座、日本鉄鋼協会編 (2006)、117
- 3) 平岡和彦：CAMP-ISIJ、20 (2007)、424
- 4) 平岡和彦：Sanyo Technical Report、15 (2008)、43



## 2. 自動車用摺動部品材料

日立金属(株) くぼた くに ちか  
 冶金研究所 久保田 邦 親

自動車の摺動材料の動向としては、省燃費を追求する方向が続くことは変わりなく、そのためダウンサイジング化がさらに進んでゆくことになる。そのためのキーテクノロジーとして、摺動部材同士が潤滑油との共同作業で如何に円滑に回転や往復運動を担うのかということの研究するトライボロジーという分野の基礎的考え方を紹介する。

図1はストライバック線図という摩擦係数の変化を示したものである。上段の図の横軸はゾンマーフェルト数という(油の粘度)×(相対速度)/(圧力)という指数であり、これが高ければ高いほど摺動部品材料同士は油膜の上に浮いた状態になり摩擦係数が低くなる(流体潤滑状態)。ちょうど飛行機の浮力が発生する原理と似ている。この原理を使って基本的には機械の運動をスムーズに行おうとするが、機械は色んな速度で動いたり停止したりする。そのため低速側では固体接触が起こ

るため、摩擦係数は高くなる(境界潤滑状態)。

これらの挙動が実際の機械の効率にどう影響を与えるのかを説明するために図1下段に(相対速度)/(圧力)-(摩擦力)のグラフを示す。このような分野のエンジニアの目標は、摩擦係数ではなく、摩擦力を下げて、エネルギー損失を少なくすることがメインである。最近、自動車分野では低粘度オイルを用いて低燃費化を推進する動き(図中(通常)→(低粘度))は、特に高速領域で摩擦損失を低減させようという動きである。しかしながら、境界潤滑状態の領域がひろがり摩擦損傷が発生しやすくなる副作用がある。

理想を追求するのであれば、摩擦面積を減らし摩擦力を下げる方向(ダウンサイジング)もある。しかし、そうすると従来の機械構造用合金鋼(SCM;通称クロモリ)のまま使っていた部品の面圧が高くなり、材料側の硬さを高めようとする流れになってきた。そのため、窒化、浸炭、PVD、CVD、DLCなどの硬質皮膜処理が開発され、それに適合する特殊鋼が開発されてきた。

しかしながら境界潤滑時に摩擦係数を低減させているのは、潤滑油から生成された微量なグラファイトであることが最近判明してきた。この良質な潤滑物質を維持することこそが、境界潤滑領域で低摩擦を実現するのに最も重要なことであり、硬さを高め過ぎると副作用があることも分かってきた。

図2に示すように通常の摺動材料(ここではSKD11)は、55HRC以上にあげるとカジリ(焼付き、凝着)(摩擦係数が0.3を超える状態)が発生しやすくなる。その原因を調べると潤滑油から生成されたグラファイトがさらにナノレベルのダイヤモンドへ変態することが原因であることが分かった。一方で弊社開発材料(SLD-MAGIC<sup>®</sup>)では高硬度でもカジリが発生しにくいことが分かった。これは通常は潤滑油がグラファイトを経由してダイヤモンドになるが、グラファイトが図3に示すようなナノレベルのボールベアリング状の結

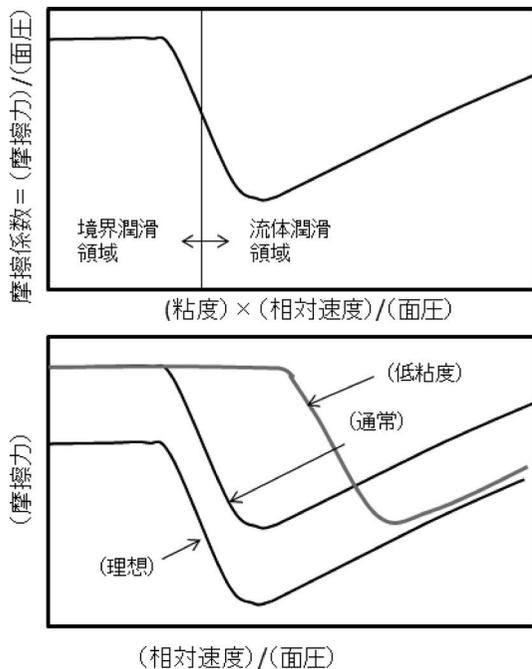


図1 ストライバック線図

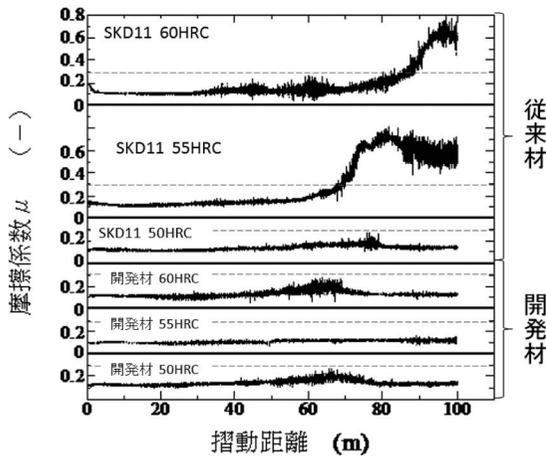


図 2 ボールオンディスクテスト結果  
 (条件：面圧80MPa、速度11m/min ボールSUJ2、油3%ギ酸含有パラフィン 従来材JIS SKD11 1.5% C、開発材 1.0% C)

晶体であるグラファイト層間化合物という更に良好な潤滑物質になるからだということも分かってきた。以上の境界潤滑挙動はCCSCモデル（炭素結晶の競合モデル）という名でまとめられて提案されている。開発材（SLD-MAGIC<sup>®</sup>）は層間化合物を生成する元素を材料自体に含有しており、摺動面の最表層に潤滑油との共同作用により摩擦係数を低減する。

このようなタイプの鉄鋼材料はまだ世の中に出たばかりなので、今後はこのタイプの特殊鋼のバリエーションが増えてゆくものと考えられる。自

動車のパーツごとにみれば、ピストンリング、ピストンピン、ロッカーアーム、タペット、カムシャフト、ベベルギア、ハイポイドギア等のギア類等が上げられるが、特にピストンピンはエンジンの大きさを決定づける最重要部品であり、ダウンサイジング化を制するキーパーツでもある。開発材の基礎データからは、従来の浸炭部品の20～30%程度の部品設計における摩擦面積低減が見込まれるので、各部品の更なる小型化や、グラファイトの有害なダイヤモンド化を促進する有機物の除去を目的とした電気化学的なフィルタリング方法などが開発されてゆくと思われる。

クランクメタル等の精度がとりづらく、比較的低位面圧になっている部位は、低硬度な銅合金などが使用されるが、特殊鋼のメリットは熱処理により幅広い強度調整能力があるので、なじみ性を考慮して最適な硬度設定することも可能である。

このようなCCSCモデルを活用することにより、新たな潤滑油開発の可能性もある。特殊鋼の方もそれに適合した材料開発が必要になってくる。ただし、潤滑油の場合、環境問題との兼ね合いで開発の自由度が制限される向きもあり、結局は地球環境問題を常に念頭にいた開発がすすめられていくことには変わりない。以上のようなトライボロジ的な基礎を理解していると内燃/非内燃の違いや、機械や部品の種類の違いを超えた発想が広がるのではないかと考えられる。

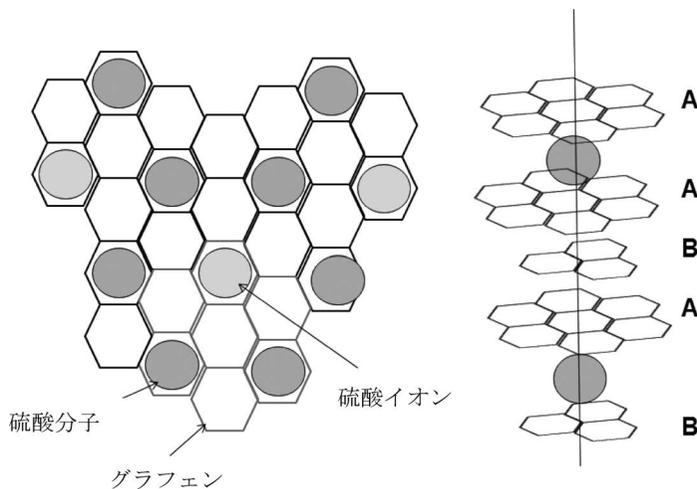


図 3 グラファイト層間化合物の結晶構造の模式図

### 3. 車載電池用クラッド材料

株式会社日立金属ネオマテリアル 技術部 技術開発グループ **お だ よし みつ**  
**織 田 喜 光**

#### まえがき

リチウムイオン二次電池は、携帯電話・スマートフォン、デジタルカメラ、ゲーム機など小型の電子機器やパソコン、電動工具などに広く使用されている。近年、電気自動車やハイブリッド車など電動自動車の市場においても、ニッケル水素電池よりもエネルギー密度の高いリチウムイオン二次電池を採用する動きが活発化している<sup>1)</sup>。

今回解説するアルミや銅などの異種金属を複合化したクラッド材料は、電池のより一層の高性能化や生産性向上を図るために、バスバー材、集電箔への採用が進みはじめている。

#### ◇ バスバー用並接クラッド材料

電動自動車に搭載される電池は、自動車の仕様に合わせた電圧、容量に調整するため、直列や並列に多数個接続したモジュールとして使用される。これまでは、銅バスバーを用いてボルトナット締結されてきたが、今後の電動自動車の生産増加に伴い電池の生産性が問題となっており、電池モジュールの生産性向上を目的として溶接接続の検討が進められている。

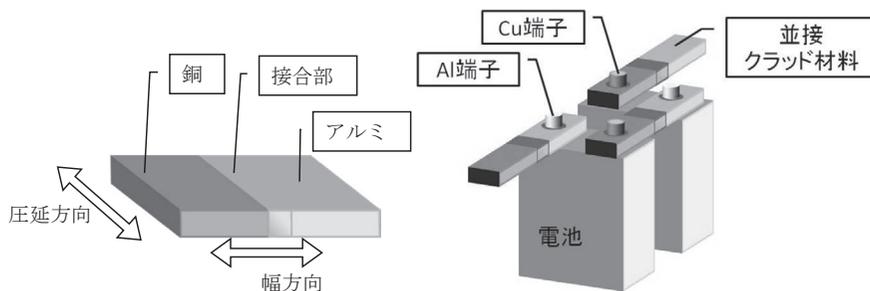
車載用の大型電池の正極端子は正極集電箔と同じ材質であるアルミ、負極端子は負極集電箔と同じ材質である銅が一般的に使用されている。電池

同士を直列に接続する際、従来の銅バスバーではアルミ端子と、アルミバスバーでは銅端子と溶接しなければならず、アルミと銅の異種金属を接合する必要がある。しかし、アルミと銅を溶接する場合、液相状態が発生するため脆弱な金属間化合物が多量に生成し、接合強度が低下する問題が指摘されている<sup>2)</sup>。

そこで、アルミ端子と銅端子をつなぐバスバーとして、**図1 (a)** に示すように、アルミと銅を横に並べて接合した並接クラッド材料が使用され始めている。この並接クラッド材料は冷間圧接法によりアルミと銅が接合されている。冷間圧接は、固相状態で接合するため、アルミと銅の接合部に生成する金属間化合物の厚みを必要最小限にできるという特徴があり、アルミと銅を十分な接合強度で接合できる。この並接クラッド材料を用いることで、**図1 (b)** に示すように、アルミ端子はクラッド材料のアルミ部分と、銅端子はクラッド材料の銅部分を高い信頼性を保ったまま溶接（レーザー、抵抗等）ができることから、ボルトナット締結に比べて電池モジュールの生産性向上や信頼性向上、軽量化に寄与することが可能となる。

#### ◇ 集電箔用クラッド材料

リチウムイオン二次電池は、**図2**（一例）を示すように、正極集電箔、セパレータ、負極集電箔



(a) 並接クラッド材料の構成

(b) 並接クラッド材料の使用法

図 1 並接クラッド材料の構成と使用方法

を積み重ね捲回したものを缶に収納し、電解液に浸された構造となっている。一般的に、正極集電箔は軽量性や正極電位での電解液に対する電気化学的安定性からアルミ箔、負極集電箔は低い電気抵抗と負極電位での電解液に対する電気化学的安定性とリチウムイオンとの反応性から銅箔が使用されている。また、集電箔には、リチウムイオンの受け渡しを担う活物質とよばれる粉末に、バインダとよばれる接着剤を混ぜて塗布されており、電解液を介して正極と負極の活物質間をリチウムイオンが移動することで、充電や放電が繰り返され、二次電池として機能する。負極活物質にはグラファイトが主に使用されているが、その容量は改善が進み理論的な限界に近づいていると言われている。しかし、リチウムイオン二次電池は、電

動自動車の航続距離増加などからさらなる高容量化が求められており、次世代リチウムイオン二次電池として、負極活物質にSiやSiOなどのSi系の適用が活発に研究されている。Siは、グラファイトの約10倍の理論的な容量を持つが、リチウムイオンとの吸蔵（充電時）と脱離（放電時）の量が多いため、充電時の膨張、放電時の収縮がグラファイトに比べて大きくなる。従来使用されている銅箔では、この膨張・収縮に耐えられず伸びてシワ状に変形し、銅箔上に塗布されている活物質層にクラックが入ったり、活物質が脱落することで、著しく容量が劣化するという問題がある。そこで、膨張・収縮に耐えられるような高強度でかつ低電気抵抗の集電箔が注目されている。

Ni合金を中間層として、銅を表面に貼り合わせたクラッド集電箔は、銅箔に比べて2倍程度の強度で、アルミ合金と同程度の電気抵抗を有している<sup>3)</sup>。このクラッド箔と銅箔にSiO活物質を塗布した電池（コインセル）を組立て、充放電を1サイクルとして繰り返し充放電させ、電池容量を測定した結果を図3に示す。1Cは、1時間で電池容量に対して100%充電、放電する電流値を、5Cは12分で充電、放電する電流値を表し、Cが大きい程充放電速度が速いことを意味する。1Cで充放電した銅箔とクラッド箔を比較すると、銅箔は徐々に容量が低下し、約520サイクルから急速に低下するが、クラッド箔は740サイクルまで容量を維持する。また5Cで充放電したクラッド箔は、1,000サイクル後に初期電池容量の約60%を維持する優れた

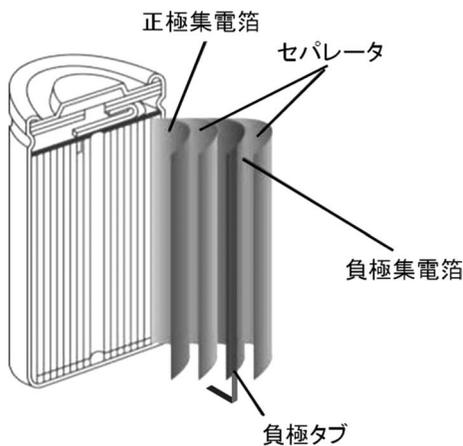


図 2 リチウムイオン二次電池の構造

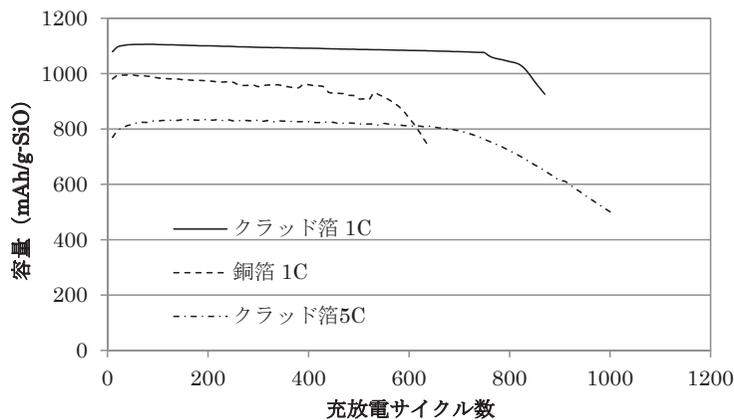
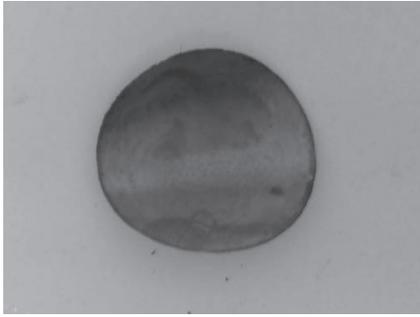
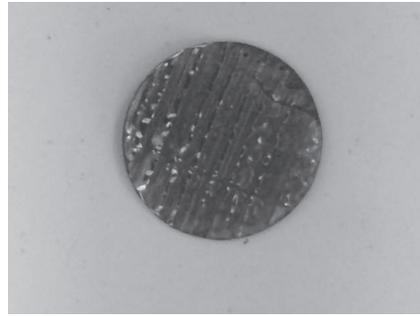


図 3 各集電箔の充放電サイクル特性 (国立研究開発法人 産業技術総合研究所 提供資料)



(a) クラッド箔 (1,000サイクル後)



(b) 銅箔 (600サイクル後)

図 4 充放電試験後の集電箔の外観 (国立研究開発法人 産業技術総合研究所 提供資料)

特性を発揮する。さらにサイクル特性調査後の電池を分解し、集電箔を観察した写真を図4に示す。図4(a)は1,000サイクル後のクラッド箔、図4(b)は600サイクル後の銅箔を観察した写真を示す。クラッド箔は図4(a)に示すように1,000サイクル後でも平坦な状態を保っているが、銅箔は図4(b)に示すように600サイクル後にシワ状に変形していることが分かる。銅箔は変形により活物質層にクラックが入ったり脱落することで、容量が低下するが、高強度のクラッド箔は、活物質の膨張・収縮に耐え、箔の変形を抑制できたことで、サイクル特性が向上する。クラッド箔の容量低下

は電解液の劣化と推定しており、今後のさらなる研究によってSi系負極の高容量電池における適正な電池構成が明確になり、集電箔としてクラッド箔の適用が期待される。

#### 参考文献

- 1) エネルギー・大型二次電池・材料の将来展望2010 (下巻)、富士経済 (2010) 3-11
- 2) 池内建二：アルミニウム合金と異種金属との固相接合、軽金属、(1996) 298-306
- 3) Riki Kataoka, Yoshimitsu Oda, Ryouji Inoue, Mitsunori Kitta, Tetsu Kiyobayashi: High-strength clad current collector for silicon-based negative electrode in lithium ion battery, Journal of power sources 301 (2016) 355-361

## 4. OA機器用材料

三菱製鋼(株) あおやまとしひみ  
技術開発センター 青山俊文

OA機器とは、良く知られる通りOffice Automationの略で、情報を扱うことの出来る機器を指し、情報端末と称する場合があります。

OA機器は当然ながら情報を扱う機器となりますので、データの記録や通信機能が重要な要素となっています。

一般的には、パソコンや携帯電話（スマートフォン）、コピー機、CDプレーヤーなど多岐に渡る機器が世界中で使用されております。

また近年その性能の進化も目覚ましいものがあり、記録容量の増大や、通信速度の進歩、サイズの小型化などは良く知られている通りです。

その様な進歩の裏には当然ながら機器を構成する部品の要求特性なども年々向上しており、素材への開発要求、期待感も大きくなって来ている分野になります。

特殊鋼の分野でOA機器への適用例としまして、特殊鋼粉末の応用があります。

特殊鋼粉末と言っても範囲は広いですが、軟質磁性粉末の適用例が挙げられます。

金属軟磁性粉末は、比較的周波数の低い、トランス、リアクトル、モータコアなどから、周波数の高いチョークコイルなど、交流の用途に多く使用され、チョークコイルでは圧粉磁心に使用されます。従来金属軟磁性粉末は、1MHz程度までの高周波領域で使用され、それ以上の高周波領域では、セラミックスであるソフトフェライトが使用されるのが一般的でありましたが、近年その適用範囲が広がりがつつあります。

また、最近のIT、通信分野の技術的進展に伴い、より高周波領域で使用される高特性の材料が求められています。

磁性材料粉末の応用としましては、インダクターなどは需要の拡大が目覚ましい製品のひとつとなっています。

インダクターとは軟磁性材料（コア）と導線を巻いたもの（コイル）で構成される部品で、電子

回路における電力変換（エネルギー蓄積）の働きをする電子部品となります。

この軟磁性材料には、特殊鋼粉末（Fe-Si-Al系、Fe-Si系、Fe-Si-Cr系、パーマロイ等）が使用されております（写真1）。

その小型化や高周波帯域での特性向上には、その素材である特殊鋼粉末の特性改善が必須となります。

軟磁性粉末の成分、形状、粒度分布等の粉末そのものの開発はもちろんのこと、金属粉末のコーティング技術などの要素技術の研究開発が近年盛んに行われております。

実際にOA機器に使用にされるインダクタではインダクタンスが求められ、インダクタンスは透磁率と相関があります。インダクタンスを大きくするためには形状や巻き数を増やすことで大きくすることが出来ます。しかし、小型化の要求や使用できる空間が制限されていることから、形状や巻き数が一定になってしまいます。透磁率が高くなるとインダクタンスが高くなることから、材料特性としては透磁率特性の向上が求められています。

透磁率特性への影響の要素としては一般的に材料組成や不純物量、結晶構造、内部ひずみ等が挙

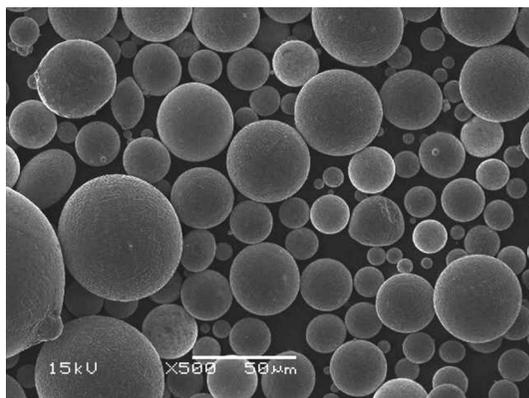


写真1 軟磁性粉末（Fe-Si-Al）のSEM写真

げられ日々、改善が検討され続けております。

交流にて使用されるOA機器において使用される軟磁性材料へ要求される特性であるコアロス、鉄損とも呼ばれエネルギーの損失に当たります。高周波では周波数の数だけ磁場を+-で繰り返すため、ヒステリシス曲線をその分周回します。コアロスはヒステリシス曲線の面積に相当しこれをヒステリシス損失呼びます。また渦電流の発生によりエネルギー消費が起こり、この損失を渦電流損失と呼びます。この損失の低減が軟磁性材料には求められております。コアロス特性への影響の要素も材料組成や、不純物、結晶構造、内部ひずみ、粒径などが挙げられ、特性向上が検討されています。よって優れた軟磁性材料の条件としては高い飽和磁束密度で低い保磁力の材料が優れた軟磁性材料であると言えます。

インダクタはパソコンや携帯電話の特性向上には不可欠な部品となりまして、そのインダクターの特性の進歩が下支えとなっていることは言うまでも有りません。

パソコンや携帯電話などの電子機器の発展にともなって、それらから発生する電磁波による電磁波障害の問題もあり、EMC (Electro-Magnetic Compatibility : 電磁的両立性) 設計およびその対策が求められています。EMC対策には、電磁波吸収体、ノイズ抑制シートなどが必要です。これらには、金属などの導電性材料、セラミックスや高分子などの誘電体材料、軟磁性材料などが用いられます。軟磁性材料を用いるものは、磁性体の磁気損失を利用して電磁波やノイズを吸収して、熱に変換するものです。一般的に、軟磁性粉末を扁平化して(写真2)、ゴムや樹脂などの絶縁体と混合して、シート状に成形されます(図1)。

また適用例としてRFID (Radio Frequency Identification) があります。

RFID (Radio Frequency Identification) は、電磁波を利用し、無線通信によって情報をやり取

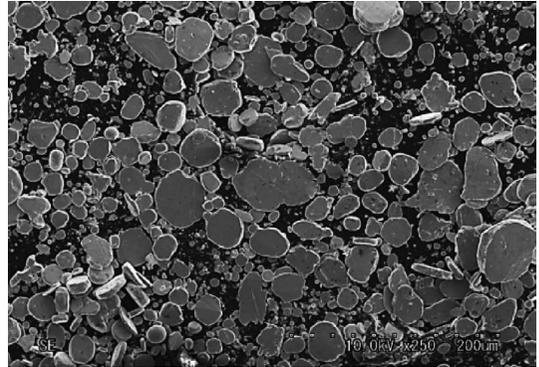


写真2 磁性シート用特殊鋼粉末

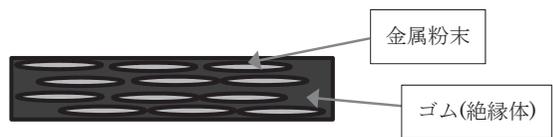


図1 磁性シートの構成

りする技術です。

最も普及しているRFIDは、13.56MHzの帯域であり、軟磁性金属粉末を用いた磁性シートが使用され、実用化されています。一方、950MHzのようなUHF帯は、未だ開発段階ではありますが、通信距離が長いことから、物流管理やスマートメーターの分野で市場拡大が見込まれています。しかし、UHF帯のような高周波では、磁性シート自体の軟磁性金属粉末の渦電流発生が考えられ、軟磁性金属粉末を使用した磁性シートへの適用は難しい領域にはなっています。

この分野でも特殊鋼粉末が使用され、その粉末特性の向上がOA機器の発展には不可欠な要素となっています。

特殊鋼粉末はこういった磁性材料への適用やMIM (Metal Injection Molding) 製品への適用などOA機器には必要不可欠な材料となって来ており、更なる技術発展が期待される分野となっております。

## 5. 電子黒板用次世代タッチパネル

大同特殊鋼(株) さか ぐち かず や  
新分野事業部 坂 口 一 哉

現在のようなタッチパネル方式が登場するのは1960年代の軍需産業や宇宙開発目的が最初であり、その後一般社会でパーソナルコンピューターが飛躍的な発展をする時期と重なって、新しいタッチパネル方式が続々と開発されるようになりました。そして1994年にタッチパネルを搭載した世界初のスマートフォンが登場するのですが、当時はまだモノクロ画面であり、本体サイズが非常に巨大でまた高額であったことから市場からは一旦消えてしまいます。初期のタッチパネルは導電膜の付いた2枚のガラスを合せた構造でしたが、上部ガラスを透明導電性センサーフィルムに置き換えたものが開発されてから一気に普及し、現在では自動販売機や銀行ATMなどの公共用途、スマートフォン、モバイルPCなど携帯情報端末（PDA）、デジタルオーディオプレーヤー、家電製品、カーナビ、携帯ゲーム機などデジタル情報機器を中心にさまざまな方面で使用されています。さらにタッチパネルの用途は拡大を続けており、図1に示すような

電子黒板やデジタルサイネージ（電子広告）、車載センターコンソールなどの大型ディスプレイ用の大型パネル化、さらなる軽量薄型化、曲面ディスプレイなどのフレキシブル化といった市場ニーズが増大しています。

通常の静電容量式タッチパネルでは、ディスプレイ画面が大きくなるとタッチセンサー電極部（一般に電極材料としてITO（Indium Tin Oxide；酸化インジウム錫）透明導電膜を使用）が長くなり、パネルの電気抵抗が大きくなって検知不能になるなど反応速度に限界があります。とくに電子黒板などの大型ディスプレイにおいてはITO電極による静電容量式タッチパネルは使用できないと言われていましたが、高電気抵抗問題を避ける方法として、メタルメッシュ方式が台頭してきました。メタルメッシュ方式とは、タッチセンサー電極部に導電性材料を写真1に示すようなワイヤーグリッド状に配線パターンしたタッチパネルです。導電性材料としては銅や銀などの低抵抗金属の他に、表1に示すような導電性高分子（Conductive Polymers；例えばPEDOT/PSS（3,4-エチレンジオキシチオフェンとポリエチレンスルホン酸との複合体）など）やカーボン・ナノ・チューブ（CNT）、銀ナノワイヤー（Ag Nanowire）などが印刷法に

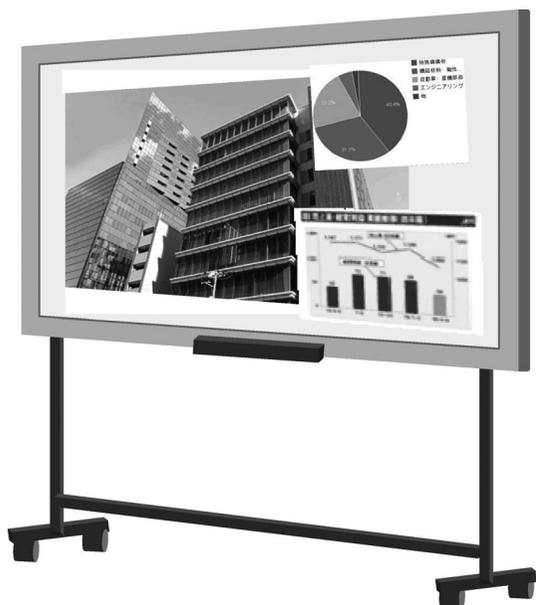


図 1 電子黒板（イメージ図）

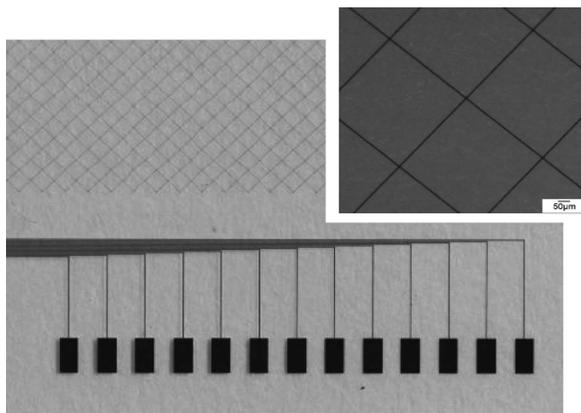


写真1 メタルメッシュ配線パターン例

表 1 代表的なメタルメッシュ方式センサーフィルム特性例

材 料	シート抵抗 (Ω/□)	透過率 (%)
導電性高分子	300~900	80~90
CNT	200	85~90
銀ナノワイヤ	30~250	88~91
STARMESH	0.2~0.3	(90~ )
(ITO)	500~1000	~80

よるITO代替メタルメッシュ方式タッチパネルとして一部量産されています。

しかし印刷法によるITO代替膜は、電気抵抗がまだ大きすぎる、透過性（可視光透過率）が低い、印刷機などの専用生産ラインが必要（高生産コスト）などの課題が残っており、電子黒板などの大型タッチパネルには、さらなる高導電性（低電気抵抗化）、高透過性、さらに大面積のパネルを安価に製造できること（スパッタリングなど物理蒸着およびグリッド状電極パターン作製を容易にするための易エッチング性など、特性改善による高生産性）が求められます。

大同特殊鋼（株）（以下、当社という）は、自動車産業向けの特殊鋼生産で培った合金デザインと溶解～塑性加工技術などを活用して、電子黒板などの大型ディスプレイ用の次世代タッチパネル（メタルメッシュ方式）として使用される金属電極スパッタリング成膜用ターゲット材（STARMESH；商標登録）を開発しました。

使用される材料は銅－亜鉛系合金であり、以下の特長を有しています。

- ・ 1種類のスパッタリング成膜用ターゲット材（カソード）だけで、スパッタリング成膜とメタルメッシュ電極パターンニング処理が容易にでき、タッチセンサー部の導電膜、引出配線、および透過率を高くするための黒化膜を同時に作製できるため、低コストで高い生産性が得られる

- ・ 独自の合金組成設計によって優れた導電性（アルミニウム電極並みのシート抵抗値=0.2~0.3Ω/□（300nm単層膜））を確保し、かつ低反射率（150℃×90分、大気雰囲気下の熱処理により可視光領域平均で20%以下が可能）によって視認性やコントラストなどの光学特性を向上させることができる
- ・ 易エッチング性のため高額なドライエッチングではなく、銅やアルミニウム用の既存のエッチング液によるウェットエッチングが可能であり、またアルミニウムに比べてエレクトロマイグレーション（金属配線膜などに電流を流したときに電子が絶縁物の上を移動して金属配線が断線し、素子などが不良になってしまう現象）の心配がほとんどないため、線幅10μm以下の細線化によって高い透過性が得られる
- ・ 純銅よりも耐食性が優れており、またガラス基板やPET（ポリエチレン・テレフタレート）、PI（ポリイミド）などの樹脂基板との密着性に優れているため、密着のための下地膜が不要となり低コスト化が図れる
- ・ ITOと同じ成膜プロセス（既存のスパッタリング装置）による生産が可能のため、新規の設備投資やオフラインによる黒化処理工程などが不要

今後は低電気抵抗化が可能な銅や銀による金属配線膜メタルメッシュ方式タッチパネルが主流となり、オールインワン（AIO）PCやモニターなどの20インチ以上の中型サイズで需要が見込まれ、デジタルサイネージ（電子広告）や電子黒板向けなどの大型サイズに拡大すると予測されます。当社の銅－亜鉛系合金STARMESHは、低コストで高い生産性に加えて両面成膜センサーフィルムなどへの適用によってさらなる軽量薄型化、低コスト化に寄与し、次世代タッチパネルとしてますます適用範囲が広まるものと考えられます。

## 6. 医療用極細ワイヤ

日鉄住金SGワイヤ(株) しも だ ひで あき  
生産技術本部・医療事業センター **下田 秀明**

### まえがき

厚生労働省が2015年7月に公表した「国民医療費の概況」によると国民医療費が初めて40兆円を突破した<sup>1)</sup>。医療市場はヘルスケア等の周辺サービスも含めると100兆円ともいわれており、医療産業を成長産業として捉える所以である。また、国内医療機器市場の生産額は2014年度で2.6兆円に達しており、この内処置用機器は約0.5兆円市場となっている<sup>2)</sup>。本報で述べる医療用極細ワイヤは、注射筒、チューブ・カテーテル類、採血・輸血器具といった処置用機器のうち、カテーテル分野で使用されている。

日本人の死亡原因は2015年度の統計資料によると、1位は悪性新生物(17%)、2位は心疾患(15%)、3位は脳血管疾患(13%)であり、循環器系による死亡率は約3割を占めている。このような循環器系の治療には、カテーテル治療が行われている。医療分野における極細線ワイヤの応用は、カテーテル用処置具以外にも多岐にわたるが、本報では主に1.0mm以下の極細線ワイヤで製造されるカテーテル用ガイドワイヤについて紹介する。

#### ◇ 医療用ワイヤとして求められる基本的な特性(生理学的な特性)

医療系材料と工業系材料のもっとも大きな違いは、それ自体が生理的な環境下で使用されること

である。医療産業で使用されているワイヤ素材の代表例とその機械的性質及び用途例を表1に示す。医療用途向け材料には生体性(医療)への適合性が求められるが、これらはa)毒性やアレルギー反応を示さない、b)生体組織適合性が良い、c)発がん性や抗原性がない、d)血液凝固や溶血を起こさない、e)代謝異常を起こさない、f)溶出しない等である。

よく知られているチタンは、生体性適合性に優れていることから、生体機能補助部品としての人工関節、人工骨など長期体内留置部材(インプラント)として広範囲に使用されている。

これに対し、本報で述べるステンレス鋼線は、医療機器分野の中でもカテーテル用ガイドワイヤや血管治療用PTCA(Percutaneous Transluminal Coronary Angioplasty:経皮的冠動脈形成術)ガイドワイヤを構成する部材として使用されており、生理学的にはチタンに比べると低位ではあるが、強度が高く且つ弾性率も高いことから、血管への挿入性能が優れている性質を有しているためにカテーテル用ガイドワイヤの素材として多用されている。

#### ◇ ガイドワイヤ用極細ワイヤの製造方法

細線医療ワイヤとして用いられる鋼種は、JIS G 4308に規定されるSUS302、SUS304及び、SUS316といったオーステナイト系ステンレス鋼である。

表 1 医療分野で使用されている素材と用途例

	チタン線(合金含む)	ステンレス鋼	
		オーステナイト系	析出硬化系
引張強さ(MPa)	(454~ )	(1,950~2,300)	(800~1,500)
ヤング率(GPa)	(100)	(180~200)	(80)
用途例	体内留置部材 人工骨・股関節用部材他	ガイドワイヤ・カテーテル補強材 スタイレット・スプリング ステント他	歯列矯正ワイヤ ガイドワイヤ ステント他

( )内データは参考値

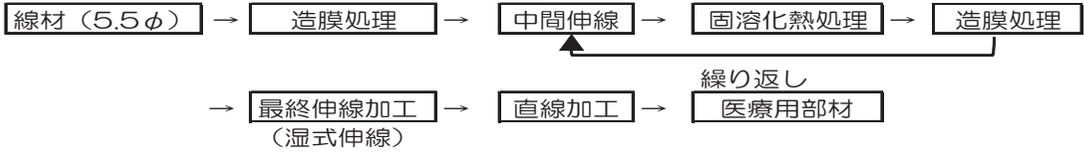


図 1 ステンレス鋼線（コア線）の製造工程例

SUS304ステンレス鋼ワイヤの製造工程例を図1に示す。熱間圧延された線材（5.5φ～）を素材とし、中間伸線加工と固溶化熱処理（不活性ガス中で加熱後、間接冷却による焼きなまし）を繰り返すことで所定の線径・強度に仕上げた後、常温で最終伸線加工を行なうことで製造される。この製造工程は、ばね用ステンレス鋼線と同じである。最終の伸線加工では、湿式伸線法（ダイスとワイヤとの潤滑に、液体の塑性加工油を用いる伸線方法）により表面平滑性を高めた連続伸線加工が行われている。このワイヤはその後、医療機器メーカー等において直線加工が行なわれると共に、ガイドワイヤ用コア線としての機能を付与される。

ガイドワイヤのコア線となるステンレス鋼のワイヤ線径は、疾患部位の血管に応じて0.30～0.60mmの範囲である。最近では、血管治療用PTCA用のコア線として用いられるステンレス鋼ワイヤには、血管挿入時の操作性向上からJIS G 4314のB種規格の引張強さを超える高強度のワイヤが用いられるようになってきている。

### ◇ ガイドワイヤの構造と特性

カテーテル用ガイドワイヤの定義については、JIS T 3267に定められており、ガイドワイヤ (Guide Wire) は、カテーテルイントロデューサなどの血管への挿入及び留置を容易にするための柔軟性のある機器<sup>3)</sup>、また、厚生労働省医薬食品発0204第14号によればカテーテル等の位置調整及び移動の補助用具<sup>4)</sup>であり、カテーテルに先だてて血管に挿入されるカテーテル誘導用の役割を行う器具のことである。代表的なガイドワイヤの構造例を図2に示す。

ガイドワイヤの芯となるコア線には、ステンレス鋼線などが使用されている。このコア線の外周に0.05～0.18mmの細いステンレス線の密着コイルを取り付けた全長約2mの細長い器具がガイドワイヤとなる。ガイドワイヤは、大きく分けて3タ

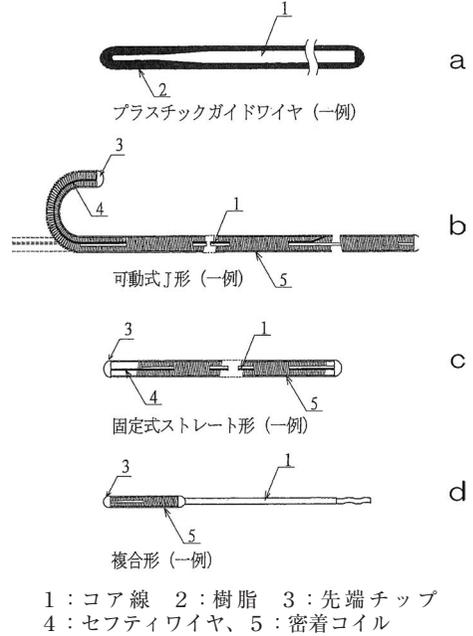


図 2 ガイドワイヤの構造<sup>4)</sup>

イブの構造がある。いずれもガイドワイヤのコア線となるワイヤ（ステンレス鋼線、Ni-Ti線）があり、そのコア線の周囲にプラスチック樹脂を付けたタイプ（図2のa）、コア線周囲に極細線コイルを密着状に巻いたスプリング構造タイプ（図2のb、c）、コア線の先端のみに極細線の密着コイルを取り付けた複合型タイプ（図2のd）である。この複合型のガイドワイヤは、前述のPTCA治療用途に用いられており、カテーテルの誘導機能に加え、血管狭窄部の通過性を向上させたガイドワイヤとして用いられている。

いずれのガイドワイヤも血管挿入時に血管を傷つけることなく、かつスムーズに挿入させるための工夫がなされている。基本的な考え方は、ドクターが操作する手元側は硬く、挿入側は柔らかくである。従い、コア線の先端側は、ワイヤの柔らかさを出すために研削機によってテーパ形状に仕上げられている。市販されているPTCA用ガイド

ワイヤの先端構造には様々なものがあり、前述のテーパ形状の個所に数十ミクロンのステンレス銅線で巻いた密着コイルを二重に取り付けた構造のものや、コア線先端のテーパ加工を多段化したものなどが製作されている。

最近、末梢血管（脳外科）用途としての使用事例も多くなり、コア線線径をより細くした0.010インチ（0.25mm）レベルのガイドワイヤが作られるようになってきた。細くても手元での操作性（貫通性）やトルク性を維持する必要からワイヤの高強度化（3,000MPa以上）が進んでいる。

### ◇ 今後の展望

我が国の医療機器市場は世界第2位の大きさであるが、その半分近くを輸入に頼っている。これは我が国の医療産業が、数社の大手を除いて、多くの中小企業で構成されていること、かつ、承認制度により治療系機器の開発には高いリスクが伴うため、先端的な開発があまり活発でないこと、などによると考えられている<sup>5)</sup>。一方、ワイヤよ

り成るカテーテル機器による治療は、国内で約20万件以上施行される治療方法であり<sup>6)</sup>、今後一層の高齢化が進むなか、更に使用事例は増えるものとする。

また、医療機器の開発には高い安全性が求められることから、手術中の視認性（X線造影性）に優れ、かつ操作性を高めた素材（ワイヤ）開発は医療技術の向上に直接関係する。これらから、今後とも素材メーカーに対し、生体性と操作性に優れた材料開発への期待は高いと考える。

### 参考文献

- 1) 川越満、布施泰男：「よくわかる医療業界」(株)日本実業出版社（2016年）P20、21
- 2) 厚生労働省HP：国民医療費の状況（平成25年度）
- 3) JIS T 3267（2013）、「血管用ガイドワイヤ」
- 4) 薬食発0204第14号：心臓・中心循環系用カテーテルガイドワイヤ等承認基準の制定について 平成26年2月4日
- 5) 平成22年度「医療機器分野への参入・部材供給の活性化に向けた研究会報告書」（H23年3月）
- 6) 鈴木考英：「循環器科における材料のニーズの現在と未来」まてりあ第53巻、第4号（2014）



# 7. 圧延用ロール

(株)日立金属若松 小 田 望  
技術部開発企画課

圧延用ロールは通常、圧延機に組み込まれて回転しながら金属材料を通すことでその材料を成形したり表面状態を整える工具である。金属の種類や圧延方法、圧延機によって重要視される特性が変化するので、それに対応して圧延用ロールの種類も多くなる。例えば圧延の種類でも主に、圧延される金属材料を加熱して高温状態で圧延する熱間圧延、加熱しないで圧延する冷間圧延に分けられる。また圧延機も金属材料の成形後の形状、すなわち板、管、棒、線などにより異なってくる。さらに圧延機によっては複数種類のロールを同時に組み込むものもある。よって圧延には多様な種類のロールが用いられているが、本稿では鉄鋼で熱間薄板圧延に用いられ、さらには圧延材と直接接触するロール（作業ロールやワークロールと称す）を中心に述べていく。

鉄鋼用のロールは鍛造、鋳造、粉末焼結などの方法で製造されており、ワークロールとしては熱間用には鋳造ロール、冷間用には鍛造ロールが主に使用されている<sup>1)</sup>。鍛造ロール<sup>2)~4)</sup>、鋳造ロール<sup>5)~8)</sup>ともそれぞれ複数の材質があり、材質に応じた製法が採られている。いずれの製法のロール

でも圧延を行った後に、摩耗や損傷などロール表面性状が変化するので、使用により劣化したロール表面を改削などで除去しながら使用していく。鍛造ロールの例として冷間圧延ロールに関して記載している文献<sup>3)</sup>からの引用で鍛鋼ロールの代表的な化学成分と特性を表1に示す。

熱間での薄板圧延の例としてホットストリップミルで用いられているワークロールに関して以下に述べる。ホットストリップミル用ワークロールの外観を図1に示す。圧延に用いられる胴部と、その両側にロールを支えトルクを伝える軸部からなる。胴部の寸法は外径450~1,350φmm、長さが1,400~2,900mm程度であり、総重量は2~35t程度である。

ホットストリップミルには圧延工程の上流から



図 1 ホットストリップミル用ワークロールの外観

表 1 代表的な鍛鋼ロールの材質例<sup>3)</sup>

材 質	化学成分/mass%											マイクロ組織		最高ショアー硬さ
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	W	Co	基地	炭化物	
3%クロム鍛鋼	0.7~1.0	0.2~1.0	0.2~0.6	<0.03	<0.02	~1.5	2.5~3.5	0.1~0.4	~0.3			M*	M3C + M7C3	100
5%クロム鍛鋼	0.7~1.2	0.2~1.5	0.2~0.6	<0.03	<0.02	~1.5	4.5~5.5	0.2~0.8	~0.5			M*	M3C + M7C3	100
高クロム鍛鋼	0.8~1.4	0.2~0.6	0.2~0.6	<0.03	<0.02	0.1~0.8	7.0~12.0	0.1~1.0	~0.5			M*	M3C + M7C3	97
冷間ダイス鋼	1.3~2.0	0.2~0.6	0.2~0.6	<0.03	<0.02	~0.5	10.0~14.0	0.6~1.2	0.2~1.2			M*	M3C + M7C3	97***
セミハイス鋼	0.7~1.3	0.5~2.0	0.2~1.0	<0.03	<0.03	~0.3	4.0~8.0	1.0~3.0	0.5~1.5			M*	MC + M6C	98
ハイス鋼	0.8~1.7	0.2~0.8	0.2~0.8	<0.03	<0.03	~0.3	3.0~5.0	3.0~10.0	0.5~5.0	0.5~6.0	~10.0	M*	MC + M6C	95
熱間ダイス鋼	0.4~0.7	0.3~2.0	0.2~0.6	<0.03	<0.02	~2.0	4.5~6.0	1.0~1.6	0.1~0.4	0.5~1.5		M* + B**	MC + M7C3	90

\*M: 焼き戻しマルテンサイト \*\*B: バイナイト \*\*\*97: 実用上92

下流に向けて粗圧延と仕上げ圧延があり、通常それぞれは複数の圧延スタンドからなる。図2にホットストリップミルでのロール配置模式図を示す。図2では粗圧延を粗列、仕上げ圧延を仕上げ列と表記してさらに前段と後段に分けて示しており、圧延工程の下工程が後段となる。熱間での圧延では高温での耐摩耗性などが必要とされるので、炭化物を多く含むことができる casting 材が主に利用される。粗圧延では圧延負荷や熱負荷が大きくなるので仕上げ圧延より炭化物の量を少なくしたりするなど、圧延スタンドにより利用するロール材質を変えているが、炭化物を利用した casting ロールでは強度の面から複合構造を利用することが一般的となっている。複合構造では圧延材と接触する部分（外層）と、胴部外層の内部や軸部にてロールの回転を伝える部分（内層）の材質を変えている。外層には耐摩耗性や圧延後のロール表面（圧延肌と称す）の凹凸が大きくなりすぎない性状（耐肌荒れ性）など、圧延材の寸法や表面品質に影響する項目で材質を選択しているのいわゆる「硬い」材質が使用される。内層にはトルクや圧下による応力でロールが折損しないようないわゆる「強靱な」材質が使われる。以前は複合構造ではなく単一の材質での構造であったが、ロール高性能化のため外層材質の自由度が高い複合構造ロールへと

変化してきた。外層に関しては必要特性とともに後述するが、内層の材質は製法により異なっている。複合ロールを製造するための casting 法には遠心 casting 法と連続 casting 掛肉盛法が主に利用されている<sup>5)~7)</sup>。それぞれの内層は遠心 casting 法でダクタイル cast 鉄、連続 casting 掛肉盛法で cast 鋼、鍛鋼である<sup>8)</sup>。

ホットストリップミル用のワークロールに用いられている casting ロールの外層材質例<sup>5)</sup>をもとに作成した特徴などを表2に示す。粗列では圧下率が大きいので圧延負荷も高く、鋼材温度も高いので靱性などの強度や耐熱性に富む特徴を有する材質が選択される。一方、仕上げ列では耐摩耗性や耐肌荒れ性に富む材質が選択される。これらの特性のほかに仕上げ列の後段では圧延事故でロールに発生する深いクラックによる損失を考慮したいわゆる耐事故性の良い材質選択も行われている。

粗列では高クロム cast 鋼が使用されていたが、仕上げ列で適用され好結果であったハイスを粗列でもロール改削当たりの圧延重量の増加と圧延安定性向上を目的として適用されてきている（ロールというハイスは後述する仕上げ列で詳細に述べる）。現在、日本のミルでは高クロム cast 鋼とハイスの利用は概ね半々である。高クロム cast 鋼は主に冷間で用いられる合金工具鋼の組成と類似のものである。

仕上げ列の前段では耐摩耗性や耐肌荒れ性が重要視される用途で高クロム cast 鉄が使用されていたが、ハイスが'90年代より適用され、日本ではほぼ本用途ではハイスとなっている。日本以外でもハイス適用の動きが進んできているが、国や地域で適用率に差がある。高クロム cast 鉄は主に冷間の耐摩耗 cast 鉄として各種用途に適用されている材料

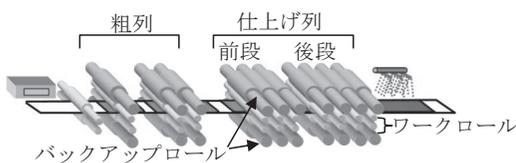


図 2 ホットストリップミルのロール配置模式図

表 2 ホットストリップミル用ワークロールの代表的な材質例<sup>5)</sup>

用途		ロール材質	硬さ Hs	化学成分/mass%									金属組織		
粗列	仕上			C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	V	W	その他	黒鉛	炭化物	
	前段	後段													
○			高クロム cast 鋼	70~80	0.9~1.8	0.8~1.5	0.5~1.2	0.5~1.5	7~14	0.7~2.5				なし	M7C3
	○		高クロム cast 鉄	70~85	2.3~2.9	0.4~0.9	0.5~1.2	0.5~1.5	13~20	0.7~3.0				なし	M7C3
○	○	○	ハイス	75~95	0.9~3.5	0.3~1.0	0.3~1.5	<5	2~7	<10	3~10	<20	Nb, Co	なし	MC, M2C M6C
		○	高合金グレン	75~85	3.0~3.4	0.6~1.5	0.5~1.0	4~5	1~2	0.3~1.0				あり	M3C

と概ね同様のものである。鑄造ロールのハイスは現在では一般的に使用されている名称だが、高炭素ハイスや高合金白鑄鉄などとも呼ばれ、一般的に切削工具鋼などで用いられている高速度工具鋼とは異なる。高速度工具鋼では1%前後の炭素量に対して、ロールでハイスと称する材質は2%前後の炭素量が多い。粗列用ロールのハイス材では炭素量を低くして1%近いものもあるが、ロールのハイス材は高硬度の炭化物を利用してその耐摩耗性を得ていることもあり、炭素量を多くしている。モリブデンやタングステンなどによる焼き戻し時での鉄基地の二次硬化を利用して耐熱、耐摩耗性を高めようとしている点ではロールハイス材は通常の高速度工具鋼と共通している。これらの炭化物である $M_2C$ や $M_6C$ を凝固時に多く晶出させることや、特にバナジウムの添加量を多くしてその炭化物であるMCで耐摩耗性を高めようとしている点では切削などで利用される普通の高速度工具鋼とは異なる。

仕上げ列後段では耐摩耗性、耐肌荒れ性や耐事故性が重要視され高合金グレンが従来利用されてきた。ハイスは高クロム鑄鉄や高合金グレン対比の耐摩耗性で3~5倍程度の性能を発揮するので、後段でも高合金グレンからハイスに置き換わってきた。特に後段の最終のスタンドでは圧延事故によるクラック損失が問題となり、高合金グレンよりクラック損失が大きく、耐事故性に劣るハイスは適用が進んでいない。高合金グレンの耐摩耗性

を向上させるため、高合金グレンにバナジウムなどを添加して高硬度炭化物であるMCを利用した改善型グレンが現在では一般的となってきた。高合金グレンや改善型グレンは一般に炭素量が3%以上と多いので、改善型グレンのMC以外の炭化物はセメントタイトが主である。またその組織には黒鉛が面積率で数%程度あり、圧延事故時の銅板焼付きに対しての潤滑特性の向上に寄与している。その他、ニッケルを4%台と多く添加しており、これにより鉄基地をペイナイトやマルテンサイトとして基地の耐摩耗性を向上させるようにしている。前段ではハイスの性能により圧延生産性を向上させてきた。一方後段に適用されている改善型グレンでの性能では圧延生産性向上のネックとなるため、より優れた性能のロール材開発が現在も進められている。

#### 参考文献

- 1) 関本靖裕：第67・68回西山記念講座（日本鉄鋼協会編）、（1980）、137
- 2) 清水茂樹、神保安広：塑性と加工、44（2003）、136
- 3) 神保安広：塑性と加工、45（2004）、290
- 4) 武田貴宏：第221・222回西山記念講座（日本鉄鋼協会編）、（2015）、67
- 5) 縄田良作、杉村幸彦、佐野義一：塑性と加工、36（1995）、1128
- 6) 佐野義一：塑性と加工、44（2003）、130
- 7) 橋本光生：塑性と加工、45（2004）、300
- 8) 小田望：第221・222回西山記念講座（日本鉄鋼協会編）、（2015）、47

## 8. 橋梁ケーブル用ワイヤ

新日鐵住金(株) 棒線事業部 田代龍次  
棒線技術部 棒線技術室

### まえがき

ここでは、みなさんの周りで社会を支えている特殊鋼として、大きな橋を文字通り支えている橋梁ケーブル用ワイヤについて紹介する。

まず、みなさんの地域にもある橋は、その構造から大きく5つに分類できる。

『桁橋(けたばし)』は、構造が最も単純であり、比較的短い距離に板状の「桁」を渡したもので、一般的に良く見られる形式である。次に、比較的長い距離に桁橋を架けようとするとき板状部分が厚くなりすぎるため、それをトラス構造で置き換え、補強したものが『トラス橋』である。さらに、上向きの弓なり状の外観が特徴的なのが『アーチ橋』、桁と橋脚が一体結合された骨組(ラーメン)構造をもつものが、耐震性の高い『ラーメン橋』である。最後に『吊橋』であるが、吊橋も桁の吊り方によって大きく2つに分類できる。

一つは「斜張橋」と呼ばれるもので、コンクリートや鋼で造られた主塔の上部もしくは側面の異なった高さから、道路などの桁にケーブルを張った形式のものであり、主塔とケーブルの強度および力のバランスで橋桁を支えている。写真1に示す多々羅大橋などがこれに当たる。

これに対し、写真2のような一般の吊橋は、両岸にアンカレッジと呼ばれる大きな質量の橋台を

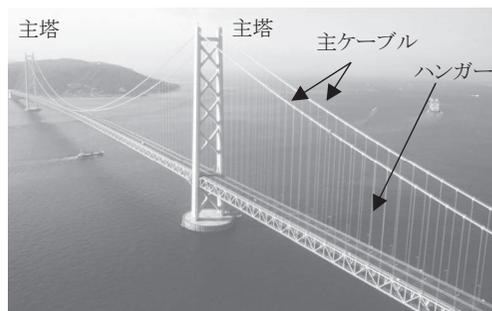


写真2 明石海峡大橋

持ち、橋台と橋台の間に2本以上の主塔を建て、それら全体に張り渡した主ケーブルから更にハンガーと呼ばれるケーブルを下し、道路などの桁を吊りさげた形式をしています。この構造の場合、道路などの橋桁の全荷重を、橋台間に延々と渡した主ケーブルが受け持つことになるため、橋の長さが長くなればなるほど(長大橋とも呼ばれる)、高強度および継ぎ目のない主ケーブルが求められる。

そこで当社は、棒線事業ブランド「SteelLinC<sup>®</sup>」の下、高機能商品(XSTEELIA<sup>®</sup>)の開発強化の一環として、従来から高強度橋梁ケーブル用線材(ワイヤ素材)の開発を進めており、ワイヤ加工を行うお客様、ワイヤを束ねてケーブルにするお客様、ケーブルを用いて橋を施工するお客様の設計自由度の拡大、生産性向上、工期短縮、コスト削減、CO2削減などの多様なニーズにお応えしている。更にはこの度、いずれも世界最高強度となる「2.0GPa級」の商品化と、「1.9GPa級」の実用化を実現しているので、その点についても紹介する。

### ◇ 本用途に用いられる特殊鋼の種類と特性

橋梁ケーブル用ワイヤに求められる性能は、まず高強度なことである。先述したように、長大橋になればなるほど1本の主ケーブルで支える荷重は大きくなるため、高強度のワイヤが求められることは自明である。また、同じ荷重を支える場合、

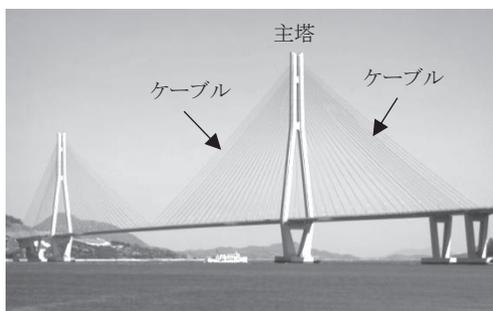


写真1 斜張橋(多々羅大橋)

高強度なワイヤであれば必要な断面積を小さく出来ることから、ケーブルの自重も小さくなり、鋼材購入量を減らしたり、施工時に扱いやすくなるために工期が短縮できたり、自重で垂れ下がる高さも小さくなるので主塔の高さの低減や構造の簡素化が可能となる。

また、長大橋の橋梁用ケーブルは、多くが平行線ケーブル（PWS: Parallel Wire Strand）を用いている。これは特殊鋼線材から造られる直径5mm程度の亜鉛めっきワイヤを平行に複数本、断面から見ると六角形状に並べてストランドを造

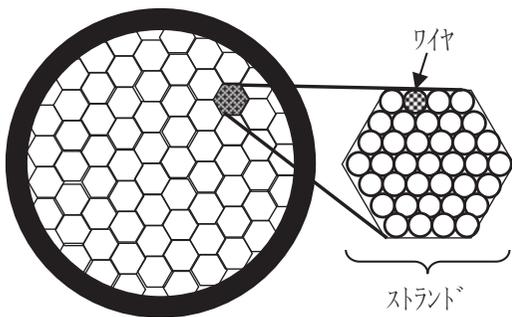


図 1 平行線ケーブル（PWS）の断面概略図

表 1 鋼材の主な種類と成分及びワイヤ強度

区分	規格名	C%	Mn%	ワイヤ強度	当社材採用実績
JIS鋼	SWRS82B	0.82	0.75	1.7GPa	○
当社開発鋼	S82BM	0.82	0.75	1.8GPa	○
	S87BM	0.87	0.75	1.8~1.9GPa	○
	S92AM	0.92	0.45	1.9GPa	○
	S97AM	0.97	0.45	2.0GPa	—

り、さらにそれらを束ねてケーブルにしたものである。ワイヤが並行なため、ケーブルの機械的性質はワイヤの機械的性質をそのまま受け継ぐ。よって、ワイヤを高強度にすることがケーブルを高強度にすることに直接つながる。

表1に、用いられる鋼材の主な種類と成分及びそれらから製造されたワイヤの強度を示す。現在当社では、ワイヤメーカーと協力し、「2.0GPa級」の商品化と、「1.9GPa級」の実用化を達成しており、これらはいずれも世界最高強度のラインナップである。図2にこれらワイヤの製造工程概略を示す。

当社開発鋼の特徴は、高強度に加え、図2に示すようにLP（鉛パテティング）処理が不要なことである。LP処理は通常、加工メーカーで行われており、線材を加熱し、単線に鉛に通すために均一な加熱・冷却処理が出来るが、生産性のネック工程になっていた。これを当社開発の「DLP®（Direct in-Line Patenting）」技術を用い、圧延直後の線材をそのままインラインで溶融ソルトに浸漬して熱処理することで、加工工程でのLP処理を不要とし、生産性ネックが緩和されて大幅に生産性が向上すること、CO2排出量を半分以下に削減できること、環境規制物質である鉛を不要にすることが出来た。またこれにより、今後需要が高まると想定される新興国内でも橋梁用亜鉛めっきワイヤが製造可能となり、拡販・供給量拡大を実現した。

他にも重要なワイヤ特性として、延性がある。DLP®処理だけではLP処理時よりも変態温度が低くなり、線材表面に写真3のような軟質ベイナイト組織が生成されてパーライト組織との混合組織になってしまい、延性が低下する。そこで、この

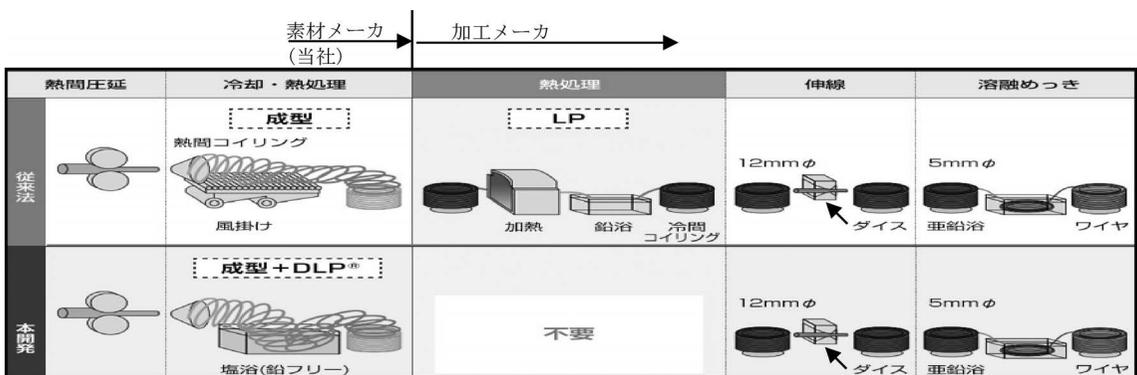
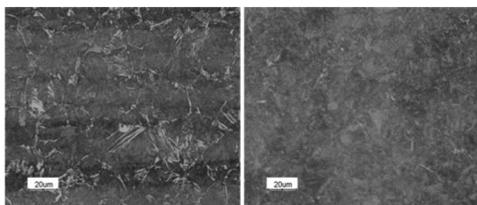


図 2 ワイヤの製造工程概略図



**B無添加 (比較材) B+Ti添加 (開発材)**

写真 3 従来材と当社開発材の鋼組織写真

組織の生成過程をナノレベルで解析し、鋼材にボロンを添加することでベイナイト組織の生成を抑制し、加えてその効果を安定化させるためにチタンを適量添加するという緻密な成分設計を確立し、高強度かつ高延性を実現できる橋梁ワイヤ用線材を生み出した。

## むすび

当社は、この「環境負荷低減型ハイテン橋梁ケーブル用鋼線材」の開発で、優れた国産技術で産業分野の発展に貢献したものを表彰する、伝統と権威ある市村産業賞「本賞」を公益社団法人新技術開発財団よりいただき、加えて表2や表3に示すように、国内外を問わず代表的な吊橋や斜張橋に当社材が採用され、社会貢献できていることを大変光栄に感じている。

とかく価格競争や過去の実績が重視されることが多いインフラ資材であるが、技術開発により生み出されたメリットを活かし、今後も国内のみならず、海外で建設される長大橋への採用を拡大するため、線材の更なる高強度化をリードしていく。

表 2 吊橋センタースパンTOP5

順位	橋名	センタースパン	国名	完成年	当社材採用
1	明石海峡大橋	1,991m	日本	1998年	○
2	舟山西候門大橋	1,650m	中国	2009年	○
3	グレートベルト・イースト橋	1,624m	デンマーク	1998年	—
4	イズミット湾横断橋	1,550m	トルコ	2016年	○
5	李舜臣大橋	1,545m	韓国	2013年	—

表 3 斜張橋センタースパンTOP5

順位	橋名	センタースパン	国名	完成年	当社材採用
1	ルースキー島連絡橋	1,104m	ロシア	2012年	○
2	蘇通長江公路大橋	1,088m	中国	2008年	—
3	昂船洲橋	1,018m	中国	2009年	○
4	鄂東長江大橋	926m	中国	2010年	○
5	多々羅大橋	890m	日本	1999年	○

# 業界のうごき

## 愛鋼、グリフェンス ラインアップを拡充

愛鋼は造園分野の壁面緑化向けなどで販売を伸ばしている細径ステンレス鉄筋ASCON-CD4のメッシュパネルを「グリフェンス」として商標登録申請するとともに、酸化発色を利用したカラーバリエーションでラインアップを充実。今期（17年3月期）の販売について前期比30%増を目指す。

土木分野を対象に新規事業として育成してきた同ステンレス鉄筋において、昨年に初の造園分野向けとして大阪府内の大型マンションの壁面緑化用メッシュパネル約160枚を受注。今年2月に施工を完了した。JIS範囲より小径の公称直径4ミリ、公称断面積0.126平方センチの細径で、SUS304を素材とした高耐食性を持ち、独自の節形状がつる性植物などの植生に適しているなど多くのメリットがあることから、造園分野での引き合いが増加している。

（9月5日）

## サハシ特殊鋼、 木材破砕用ビットを拡販

サハシ特殊鋼は、リサイクル用木材破砕機に使用する刃物（ビット）の拡販を進める。ここ1年の全国需要家を網羅する営業体制構築で顧客数が増加しており、今後は同製品の製造にあたり、職人技術の機械化を目的に導入した肉盛り溶接ロボットの稼働率向上などを行い需要家ニーズへの対応を強化。今期（17年4月期）中にも顧客数を足元の1.5倍に拡大する考え。

間伐材や切り株、建築廃材を木材チップに加工する木材破砕機に使用するビットで、自走式、移動式のラインアップを充実。さらに昨年新設したダイヘン製肉盛り溶接ロボット

で、母材表面に目的とする金属を融着させる職人技術の機械化を実現。ビットユーザーの使用環境に合わせたオーダーメイドの肉盛りで耐磨耗性の向上を低コストで提案し、引き合い増につなげている。（9月15日）

## JFE商事、インドネシア 伸線加工に出資

JFE商事は、インドネシアの伸線加工会社、メガ・プラタマ・フェリンド（MPF）社の一部株式を取得した。出資額は300万米ドル（約3億円）。新規の設備投資に充当することで自動車用ファスナー素材を生産するMPFの生産能力を強化し、JFEスチール製線材の拡販につなげる。同社製線材のインドネシアへの供給は現在、月1,000トン程度だが、今回の取り組みにより将来的に倍増を目指す。JFE商事として棒線分野での海外投資は初。

自動二輪・四輪車生産の中長期的拡大が見込まれる現地の鋼線製造会社に出資することで、日系を中心とした自動車関連需要を捕捉する。線材の冷間引き抜き加工を行うMPFの現有設備能力は月約8,000トン。17年度には日本製の二次加工設備を導入したコイルツーパーの伸線ラインを新設し、品質要求の高い日系需要家への対応を強化する。（8月25日）

## 三和特殊鋼、名古屋支店が本格稼働 売り上げ5割増目指す

三和特殊鋼は、中京地区での新たな在庫加工拠点として移転、拡張等の整備を進めていた名古屋支店（愛知県豊田市）が完成し、8月から本格営業を開始した。同5日には現地で開所式を開催、仕入れ先や機械メーカーおよび工事の関係者約20人が出席した。従来の名古屋営業所（愛知県東海市）の営業業務を移管し、倉庫内の製品在庫や帯鋸盤、工

作機械等の加工設備を配備。工具鋼を主体に東海地区のユーザー対応強化による販路拡充を進め、来年をめどに従来比5割アップの売り上げを目指す。

名古屋支店は倉庫敷地面積が587平方メートル。倉庫内の一角に位置する事務所棟のうち1階部分は機械加工部門であるメカテックの名古屋工場、2階部分は支店事務所となっている。人員は営業や加工、配送担当等計7人体制でスタートした。

（8月17日）

## 住友商事、 武蔵精密工業の欧州事業出資へ

住友商事は、部品メーカーの武蔵精密工業（愛知県豊橋市）が保有する独大手自動車部品メーカー、ハイ・ホールディングの株式25%を取得し、欧州で自動車用鍛造部品事業の共同出資に基本合意した。欧州を中心に9拠点を擁する欧州最大手の鍛造・機械加工メーカーであるハ社はトランスミッションなど駆動系部品の高熱熱間鍛造でコスト競争力を持つ。欧州のほか中国自動車市場でも需要を捕捉しており、パートナーシップを強化することで、住商の自動車関連事業のプラットフォームと武蔵精密工業の技術力を発揮し、ハ社の事業価値を向上させるとともにシナジー創出を図る。

今後、合弁契約などを結び、17年3月ごろをめどに株式取得する予定。これによりハ社の資本構成は住商25%、武蔵精密工業75%になる。

（8月12日）

## 大和特殊鋼、貿易事業が好調 国際事業部、売上10億円規模へ

大和特殊鋼は、貿易事業が好調に推移している。韓国向けなど物件獲得が順調なことを背景に、昨年発足した国際事業部の売り上げは足もと

# 業界のうごき

で月間平均約7,000万円規模となっており、今期（17年5月期）は年間10億円規模にまで拡大を見込む。

同社の海外事業は国際事業部を主軸に展開。英語、韓国語、中国語で対応できるスタッフ計4人を配置し、アジア地域をメインにPRを進めている。国内最大規模の在庫を生かし、海外需要先のニーズに応じた鋼種供給やメーカーへのロール発注による対応など、フレキシブルな供給体制で需要獲得につなげている。

今期は、高機能が求められる分野向けの高ニッケル合金や二相ステンレス鋼等を拡充しながら、国外新規需要開拓および既存顧客の関係強化を進め、国際事業部として前期を大幅に上回る売り上げを目指す。

（8月3日）

## 豊田通商、加社の燃料電池 国内販売契約を締結

豊田通商はカナダのパラード社と国内市場で同社製燃料電池の販売契約を締結した。これにより豊通は携帯電話用基地局の非常用電源の定置用燃料電池向けに販売を行うとともに、商用車や鉄道、船舶などの運輸分野での新たな活用に向けた開発・販売を推進する。パラード社は水素と酸素で発電する燃料電池で世界有数の開発・製造会社。

豊通は東京都や愛知県での定置式・移動式水素ステーション運営に加え、福岡県でも下水バイオガスを活用した水素製造販売を行うなど、水素の環境整備に注力している。

豊通は中小型燃料電池の技術力を強みとするパラード社の技術力を評価し、販売契約に至った。（8月19日）

## 阪和、ステンレスパイプ工業の 子会社化を完了、株式58.2%取得

阪和興業は、再生支援に向けた手

続きを進めてきたステンレス溶接鋼管メーカーのステンレスパイプ工業（SP社）について、9月1日付で同社株式の58.2%を取得し、子会社化した。

SP社は1946年創業。リーマン・ショックによる景気悪化や輸入品増加による販価低下などで売り上げが大幅に減少する中、受注の基づかない生産や、過剰在庫の廉価販売などで収益性が低下。2010年段階から営業赤字状態に陥っていた。このため、阪和興業と商工中金が地域経済活性化支援機構に支援を要請し、5月13日に地域経済活性化支援機構の再生支援決定を受け、再生支援に向けた手続きを進めてきた。阪和は幅広いサイズの鋼管が製造できる同社のグループ化で、ステンレス部門の中核事業として位置付けていく。

（9月8日）

## 松井鋼材、異種金属接合の 高速回転複合軸開発

松井鋼材は、異種金属を接合した高速回転複合軸を新たに開発し、鉄道総合技術研究所、古河電気工業などが参画する「高温超電導フライホイール蓄電装置」の真空シール用に全面採用された。独自の複合軸製法、MMS（マルチ・マテリアル・ストラクチャー）法（商標登録済み）で、異種金属のハイブリッド化に成功。高速回転軸を磁性流体で真空シール可能な放熱性に優れた回転軸を開発した。

松井鋼材とグループ企業のマツイマシンおよびステンレスプロダクトの3社が鉄道総研と共同開発したMMS法による高速回転複合軸は、外側がSUS630、その内側に銅合金を挟み、さらに内側にSUS403という構造。スプライン（凸部をもつ軸と連結する一方の軸の穴に凸部の形状に削り込まれた溝）に摩擦圧接技

術を適用し、S45Cをつなぎ合わせた。

（9月2日）

## 愛知、20年度生産性20%向上へ 分塊圧延、燃料原単位15%引下げ

愛知製鋼は、基幹事業の競争力強化を目的に、鋼材4S（シンプル、スリム、ショート、ストレート）リエンジニアリングを推進しており、その効果として、2020年度には12年度比で生産性20%、歩留まりで5%をそれぞれ向上させる。また、製鋼工程の電力原単位を20%、分塊圧延工程の燃料原単位を15%引き下げるにより、原価低減、環境貢献に取り組む。

同社は09年に知多工場で工程のプロセス改革を開始し、第一段階として、11年に連続鑄造機（No.3ブルームCC）を更新、第二段階では、15年2月に分塊圧延工程のリエンジニアリングを開始。第三段階は精整リエンジニアリングを、第四段階では今年5月からエネルギー改革を狙った製鋼リエンジニアリングに取り組んでおり、更なる原価低減、省エネ活動を推進する。（9月12日）

## JFES、棒線セクター ギア向け新製品開発

JFEスチールは、自動車用ギア向け鋼材として高冷鍛肌焼鋼と高強度窒化鋼を開発し、2017年度以降順次販売を開始する。棒線セクターにおける品ぞろえを強化することで、建機と並ぶ主要需要分野である自動車関連での拡販を目指す。

高冷鍛肌焼鋼は、需要家の加工工程で熱処理を省略でき、金型の長寿命化にもつながる。高強度窒化鋼は、鍛造する際の変形抵抗を低減でき熱処理の際に発生する歪みも抑えられるなど、優れた加工性と割れ防止性能を併せ持つ。両製品とも需要家のサンプル評価が進んでおり、今年度中に承認を取得、来年度から発

# 業界のうごき

売できる見通し。いずれも西日本製鉄所倉敷地区で生産する。一方、JFE条鋼仙台では、高強度熱鍛非調質鋼をシャフト材に適用拡大して1月から受注を開始したほか、非鉛快削鋼の開発も進めている。(9月7日)

## 新日鉄住金、チタン薄板の成型瓦 保育園屋根材に採用

新日鉄住金のチタン薄板2,258平方メートル(約8トン)が、愛知県豊田市に8月竣工した保育園の屋根材として採用された。自動車部品の加工メーカーである小島プレス工業が成型瓦に加工し、元旦ビューティ工業が屋根工事を請け負った。民間の屋根材1物件としては最多のチタン使用量となる。

チタン薄板を加工した成型瓦の屋根材は小島プレスのグループ団体である「こじまこども園」に採用され、8月31日に竣工。設計はエムアーキ、トヨタT&S建設と神谷組の共同事業体が施工し、アルミナプラス仕上げを施した。今回の採用では小島プレスのチタン加工技術と元旦ビューティ工業の施工技術が融合し、こども園のコンセプトである「環境・子どもにやさしい施設」を具現化。チタン素材による「LCC改善」(メンテナンス負荷軽減)も実現している。(9月2日)

## NSSC、省合金型二相SUS ダム取水設備、主要部材に初採用

新日鉄住金ステンレスが独自開発した省合金型二相ステンレス「NSSC 2120」(JIS=SUS821L1)厚板(板厚8-20ミリ)が、埼玉県秩父市の二瀬ダムの選択取水設備部材に30トン採用された。ダム取水設備の主要部鋼材用としては初めての採用。二相ステンレスを使用したことにより全体で約3割の軽量化につながった。

二瀬ダムに設置された選択取水設

備は、機能強化を目的に新設され、IHIインフラシステムが施工を担当。6月30日に完工した。このダム設備により任意の層からの取水が可能となり、濁水や冷水の取水を軽減できるため、ダム下流域の環境改善が期待できるという。

同鋼種はSUS304比2倍の強度で耐食性が同等のため軽量設計が可能。大掛かりな補強工事が不要となる。

(8月25日)

## 大同、創業100年を迎える 世界に貢献する特殊鋼メーカーへ

大同特殊鋼は、8月19日に創業100年を迎えた。1916年に「電気製鋼所」を設立し、100年の歴史がスタート。この間、2回の大戦、戦後の混乱、石油危機、円高と貿易摩擦の打撃、バブル経済の崩壊、リーマン・ショック——など、数々の苦難があった。しかし、これらを乗り越えるべく、“てきすん”が代表する技術力・製造力の向上に努める一方、62年には最新鋭の知多工場新設、76年には3社合併など、常に変化への対応を実施してきた。

80年代以降も磁材製品や精密铸造製品など新規事業を展開するとともに、新生産技術にもチャレンジ。2000年代からはオンリーワン商品を次々と生み出すとともに、海外企業との提携を進め、10年以降はグローバルサプライヤーへの道のりを歩み始めた。現中計では「世界に貢献する特殊鋼メーカー」を打ち出している。(8月19日)

## 日新製鋼、北米ZAM事業順調 生産・販売、月1,000トン台に倍増

日新製鋼は、北米市場におけるZAMの生産・販売事業が順調に立ち上がっている。100%子会社の米ウィーリング・ニッシン(WN)による現地供給体制の整備、日新製鋼

との一体となった市場開拓の取り組みが奏功。本年に入り、生産・販売量が前年比2倍となる月間1,000トン台に乗ってきた。ZAMの高耐食性に対する評価が高まり、畜舎、農業用資材、建材、自動車などの分野で採用が徐々に広がり始めている状況で、今後も大幅な伸びが期待できるとしている。

WNは1984年設立。年産能力60万トンで、溶融アルミ亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板、ガルバリウム鋼板などを生産している。高い耐食性が求められる畜舎や農業用資材から建材、自動車へと用途が広がっており、販売量は15年が前年比3倍、16年も2倍と拡大を続けている。(9月5日)

## 日立、NIMSと 次世代材料開発センター開設

日立金属は、物質・材料研究機構(NIMS)と次世代材料開発センターを7月1日付けで開設した。NIMSの材料開発力や材料解析技術と、日立金属の高い製品開発力や生産技術を融合させることで「次世代超耐熱合金」の実用化研究を進める。

新設立した開発センターでは、省エネルギー化の推進に貢献すべく、研究成果を航空機エンジンやガスタービン向け金属材料に活用する方針。ニッケル基鍛造合金などの実用化に向けて共同で研究開発を行い、次世代超耐熱合金の基礎データの蓄積とモデリング技術の開発を進める。

日立金属では今後、社内外のリソースを柔軟に絡め、新しい商品やサービスを創出する「オープンイノベーション」をより強化し、市場の変化を先取りした製品、ソリューションを生み出していく。(8月5日)

文責：(株)産業新聞社

# 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						計	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	高抗張力鋼	その他		
'14 暦年	264,684	4,822,532	3,996,687	8,819,219	438,207	1,027,943	3,000,538	695,384	5,969,185	688,579	11,819,836	20,903,739
'15 暦年	247,346	4,645,724	3,564,630	8,210,354	431,529	986,169	2,755,748	615,811	4,953,652	674,565	10,417,474	18,875,174
'14 年度	267,588	4,796,279	3,938,090	8,734,369	436,613	1,028,923	2,973,816	680,990	5,806,585	669,583	11,596,510	20,598,467
'15 年度	241,082	4,638,379	3,487,357	8,125,736	421,420	962,553	2,725,384	593,245	5,048,694	694,055	10,445,351	18,812,169
'15. 7-9月	59,635	1,133,855	831,969	1,965,824	107,590	240,666	708,543	150,821	1,239,829	180,294	2,627,743	4,653,202
10-12月	59,805	1,162,076	889,670	2,051,746	104,260	233,655	669,291	143,237	1,263,233	168,804	2,582,480	4,694,031
'16. 1-3月	61,117	1,168,629	869,464	2,038,093	97,863	227,151	697,857	139,372	1,344,876	183,801	2,690,920	4,790,130
4-6月	60,482	1,141,891	901,829	2,043,720	105,905	236,311	670,371	152,548	1,274,279	176,142	2,615,556	4,719,758
'15年 7月	19,899	377,911	287,163	665,074	39,689	81,302	231,194	46,716	418,894	58,592	876,387	1,561,360
8月	19,958	371,851	275,582	647,433	32,407	74,792	231,656	51,008	380,222	57,956	828,041	1,495,432
9月	19,778	384,093	269,224	653,317	35,494	84,572	245,693	53,097	440,713	63,746	923,315	1,596,410
10月	20,394	402,461	299,964	702,425	37,564	83,798	218,605	49,508	437,902	59,017	886,394	1,609,213
11月	19,260	390,478	300,827	691,305	31,554	77,314	208,399	49,438	427,479	57,804	851,988	1,562,553
12月	20,151	369,137	288,879	658,016	35,142	72,543	242,287	44,291	397,852	51,983	844,098	1,522,265
'16年 1月	19,652	384,132	272,319	656,451	31,459	68,014	236,824	40,581	476,198	60,238	913,314	1,589,417
2月	20,714	381,932	292,531	674,463	31,851	77,302	234,331	50,867	419,546	54,824	868,721	1,563,898
3月	20,751	402,565	304,614	707,179	34,553	81,835	226,702	47,924	449,132	68,739	908,885	1,636,815
4月	20,509	371,936	284,602	656,538	33,144	72,342	208,460	41,618	389,380	60,765	805,709	1,482,756
5月	20,690	392,171	315,565	707,736	38,470	82,279	231,127	55,849	476,560	55,996	940,281	1,668,707
6月	19,283	377,784	301,662	679,446	34,291	81,690	230,784	55,081	408,339	59,381	869,566	1,568,295
7月	19,655	408,897	311,084	719,981	36,239	83,038	237,034	50,919	424,758	54,747	886,735	1,626,371
8月	18,634	365,393	260,879	626,272	33,736	69,444	229,562	48,684	437,022	68,397	886,845	1,531,751
前月比	94.8	89.4	83.9	87.0	93.1	83.6	96.8	95.6	102.9	124.9	100.0	94.2
前年同月比	93.4	98.3	94.7	96.7	104.1	92.8	99.1	95.4	114.9	118.0	107.1	102.4

出所：2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

また、鋼種別合計と形状別合計は、出所が異なることから一致しない。

### 形状別

(単位：t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'14 暦年	299,735	6,106,683	1,442,497	4,313,948	2,290,323	6,460,443	20,913,629
'15 暦年	270,761	5,828,923	1,081,718	4,123,192	1,508,876	6,073,343	18,886,813
'14 年度	304,098	6,106,807	1,393,173	4,234,850	2,176,351	6,393,357	20,608,636
'15 年度	269,744	5,701,404	1,009,207	4,171,024	1,580,711	6,091,727	18,823,817
'15. 7-9月	56,400	1,411,432	249,211	1,023,200	354,025	1,561,847	4,656,115
10-12月	69,256	1,433,814	265,065	1,027,324	363,037	1,538,448	4,696,944
'16. 1-3月	82,013	1,372,386	252,736	1,061,788	457,860	1,566,270	4,793,053
4-6月	64,455	1,452,764	243,740	1,020,021	426,323	1,515,372	4,722,675
'15年 7月	13,941	469,357	87,732	348,822	151,881	490,598	1,562,331
8月	14,788	457,999	88,253	328,539	103,581	503,243	1,496,403
9月	27,671	484,076	73,226	345,839	98,563	568,006	1,597,381
10月	31,802	490,424	90,332	352,020	118,758	526,848	1,610,184
11月	16,188	495,654	80,439	345,923	101,009	524,311	1,563,524
12月	21,266	447,736	94,294	329,381	143,270	487,289	1,523,236
'16年 1月	17,173	408,955	94,828	347,752	177,400	544,280	1,590,388
2月	34,629	463,368	83,439	341,773	142,082	499,578	1,564,869
3月	30,211	500,063	74,469	372,263	138,378	522,412	1,637,796
4月	28,306	461,199	77,545	331,767	108,276	476,634	1,483,727
5月	17,578	499,109	85,861	347,689	159,389	560,052	1,669,678
6月	18,571	492,456	80,334	340,565	158,658	478,686	1,569,270
7月	19,171	512,102	77,483	364,210	147,560	506,816	1,627,342
8月	22,947	405,498	74,800	356,236	152,181	521,060	1,532,722
前月比	119.7	79.2	96.5	97.8	103.1	102.8	94.2
前年同月比	155.2	88.5	84.8	108.4	146.9	103.5	102.4

出所：『経済産業省生産動態統計』から作成。

(注) 2014年1月以降の形状別合計と鋼種別合計は、出所が異なることから一致しない。

### 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							計	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	高抗張力鋼	その他			
'14 暦年	317,333	3,825,877	4,085,067	7,910,944	266,107	471,325	3,031,187	190,197	120,507	39,810	4,119,133	12,347,410	
'15 暦年	315,222	3,799,665	4,044,736	7,844,401	251,940	451,168	3,015,291	172,597	122,078	35,288	4,048,362	12,207,985	
'14 年度	315,143	3,796,580	4,075,391	7,871,971	241,867	459,359	3,036,399	185,102	126,093	28,652	4,077,472	12,264,586	
'15 年度	319,413	3,811,785	4,049,269	7,861,054	265,198	443,260	3,005,738	169,510	114,666	35,504	4,033,876	12,214,343	
'15年 12月	25,926	316,011	330,174	646,185	19,968	35,926	249,879	15,009	8,608	2,921	332,311	1,004,422	
'16年 1月	26,085	305,692	331,670	637,362	17,528	34,783	245,768	11,422	8,718	2,930	321,149	984,596	
2月	26,623	316,755	339,371	656,126	22,885	36,233	254,888	14,153	9,173	2,368	339,700	1,022,449	
3月	28,995	329,306	346,236	675,542	21,170	38,022	261,712	17,125	8,899	3,706	350,634	1,055,171	
4月	26,373	314,236	349,979	664,215	20,226	43,038	247,267	13,185	9,273	2,983	335,972	1,026,560	
5月	24,731	305,369	347,226	652,595	17,145	39,488	246,236	14,174	7,856	3,143	328,042	1,005,368	
6月	27,378	312,318	351,611	663,929	22,393	43,987	250,117	14,144	10,431	3,517	344,589	1,035,896	
7月	27,019	323,589	349,466	673,055	22,705	43,615	253,680	13,765	9,230	3,347	346,342	1,046,416	
8月	24,511	294,207	335,572	629,779	19,677	40,224	244,661	12,445	7,045	3,011	327,063	981,353	
前月比	90.7	90.9	96.0	93.6	86.7	92.2	96.4	90.4	76.3	90.0	94.4	93.8	
前年同月比	104.0	101.2	103.2	102.3	80.8	122.6	102.6	95.2	79.6	115.3	102.2	102.3	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

### 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							計	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	高抗張力鋼	その他			
'14 暦年	10,503	226,316	135,782	362,098	22,297	37,890	122,870	31,045	186,664	33,489	434,255	806,856	
'15 暦年	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043	
'14 年度	8,552	212,735	120,601	333,336	24,229	35,151	116,398	25,803	181,594	33,355	416,530	758,418	
'15 年度	6,741	212,593	129,143	341,736	25,337	35,403	107,219	24,867	151,569	34,374	378,769	727,246	
'15年 12月	8,514	219,348	126,553	345,901	26,641	37,142	126,895	26,973	173,408	26,569	417,628	772,043	
'16年 1月	8,899	237,378	137,557	374,935	26,768	36,930	123,303	28,254	193,991	31,746	440,992	824,826	
2月	8,035	238,580	147,509	386,089	24,796	38,452	123,844	31,722	188,488	38,181	445,483	839,607	
3月	6,741	212,593	129,143	341,736	25,337	35,403	107,219	24,867	151,569	34,374	378,769	727,246	
4月	7,860	223,881	129,602	353,483	28,186	33,342	109,401	25,890	156,042	41,889	394,750	756,093	
5月	8,298	224,516	135,890	360,406	30,236	32,464	119,892	29,300	180,315	36,242	428,449	797,153	
6月	8,081	228,413	141,867	370,280	29,233	33,565	118,640	29,992	160,576	35,517	407,523	785,884	
7月	7,748	237,371	140,806	378,177	26,677	36,183	111,134	28,903	153,789	31,247	387,933	773,858	
8月	8,399	236,148	142,859	379,007	32,170	32,650	122,606	31,361	174,678	46,840	440,305	827,711	
前月比	108.4	99.5	101.5	100.2	120.6	90.2	110.3	108.5	113.6	149.9	113.5	107.0	
前年同月比	112.6	102.8	104.2	103.3	116.4	91.7	105.7	105.9	90.4	141.8	101.2	102.3	

出所: 2013年12月まで『経済産業省生産動態統計』、2014年1月より経済産業省『鉄鋼生産内訳月報』から作成。

(注) 2014年1月より上記のとおり統計調査が変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

### 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							計	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	高抗張力鋼	その他			
'14 暦年	53,199	201,643	148,119	349,762	11,009	52,983	140,388	14,860	10,308	1,767	231,315	634,276	
'15 暦年	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670	
'14 年度	58,240	210,206	147,346	357,552	12,927	49,435	140,051	13,509	10,900	1,581	228,403	644,195	
'15 年度	61,699	200,931	139,603	340,534	13,258	53,426	135,679	14,121	11,473	1,763	229,720	631,953	
'15年 12月	61,896	202,211	146,758	348,969	13,423	52,972	134,135	11,968	11,624	1,683	225,805	636,670	
'16年 1月	64,189	204,161	142,374	346,535	12,863	51,280	135,861	14,213	11,475	1,723	227,415	638,139	
2月	64,109	200,964	139,898	340,862	13,069	51,051	135,133	13,986	11,545	1,666	226,450	631,421	
3月	61,699	200,931	139,603	340,534	13,258	53,426	135,679	14,121	11,473	1,763	229,720	631,953	
4月	60,083	201,595	144,132	345,727	12,230	62,853	132,259	13,812	11,048	1,643	233,845	639,655	
5月	60,399	210,309	150,414	360,723	13,197	66,022	134,666	15,016	10,686	1,616	241,203	662,325	
6月	60,246	203,056	148,962	352,018	11,937	65,758	133,755	14,243	10,337	1,283	237,313	649,577	
7月	60,269	195,893	148,538	344,431	11,908	65,286	133,800	13,361	9,731	1,638	235,724	640,424	
8月	60,637	197,439	147,882	345,321	12,625	66,207	130,820	14,089	10,310	1,242	235,293	641,251	
前月比	100.6	100.8	99.6	100.3	106.0	101.4	97.8	105.4	106.0	75.8	99.8	100.1	
前年同月比	101.2	96.1	104.7	99.6	110.1	125.7	98.0	105.4	94.8	86.3	105.4	101.8	

出所: 経済産業省『鉄鋼需給動態統計調査』から作成。

## 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	
'14 暦年	52,548	499,166	590,092	1,089,258	191,603	1,152,266	151,020	1,494,889	13,742	6,189,852	6,203,594	8,840,290
'15 暦年	57,172	445,437	540,719	986,156	188,707	1,052,226	129,239	1,370,172	11,388	5,291,875	5,303,263	7,716,762
'14 年度	69,904	507,842	583,116	1,090,958	184,341	1,157,029	142,126	1,483,496	13,457	6,085,408	6,098,865	8,743,223
'15 年度	39,898	415,754	516,291	932,045	186,734	1,009,771	141,761	1,338,266	10,648	5,375,494	5,386,142	7,696,351
'15年 11月	3,022	32,900	41,949	74,849	14,656	68,364	6,727	89,747	871	415,945	416,816	584,433
'15年 12月	3,110	36,123	44,304	80,427	13,618	83,654	9,698	106,970	666	435,155	435,822	626,329
'16年 1月	3,142	31,332	30,060	61,392	10,436	79,237	17,041	106,714	454	449,853	450,308	621,555
'16年 2月	2,913	28,856	43,150	72,005	16,122	75,645	9,246	101,013	865	444,536	445,401	621,333
'16年 3月	3,853	34,135	47,027	81,162	15,497	89,351	15,998	120,845	949	601,841	602,791	808,651
'16年 4月	7,194	33,903	51,361	85,264	15,868	82,171	12,702	110,741	758	410,418	411,176	614,376
'16年 5月	2,701	29,961	46,240	76,200	14,543	75,948	10,420	100,911	882	481,216	482,098	661,910
'16年 6月	3,491	32,234	45,619	77,853	15,858	84,363	13,692	113,913	869	482,996	483,865	679,122
'16年 7月	3,753	36,067	46,943	83,010	18,173	92,306	11,862	122,341	1,235	551,466	552,701	761,806
'16年 8月	3,039	34,908	41,643	76,551	15,884	84,221	14,234	114,338	710	537,722	538,433	732,361
前月比	81.0	96.8	88.7	92.2	87.4	91.2	120.0	93.5	57.5	97.5	97.4	96.1
前年同月比	105.9	109.8	110.7	110.3	86.7	99.4	124.9	99.9	90.8	117.2	117.2	113.3

出所：財務省関税局「貿易統計」から作成。

### 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	
'14 暦年	6,417	3,475	596	12,390	14,954	164,225	15,702	207,868	84	20,344	835,935	856,279	1,074,124
'15 暦年	3,699	4,890	524	13,359	10,752	135,755	13,244	173,634	64	18,660	774,060	792,720	975,009
'14 年度	6,053	2,369	625	12,085	13,268	145,697	15,267	186,942	77	18,717	758,538	777,255	972,696
'15 年度	3,663	5,131	566	12,821	10,742	149,710	13,631	187,471	70	17,640	826,552	844,192	1,040,527
'15年 11月	299	153	53	1,031	676	10,506	1,380	13,647	-	998	71,619	72,617	86,715
'15年 12月	358	1,120	44	1,092	1,125	13,375	816	16,452	17	1,932	76,535	78,467	96,413
'16年 1月	293	209	56	878	902	13,384	1,002	16,222	-	921	84,547	85,468	102,192
'16年 2月	306	252	41	760	798	15,010	1,131	17,739	-	79	92,495	92,574	110,871
'16年 3月	449	322	93	872	1,091	17,616	1,325	20,998	17	2,692	52,982	55,674	77,460
'16年 4月	261	253	34	789	1,045	12,261	1,145	15,274	-	1,664	79,187	80,851	96,640
'16年 5月	342	244	26	767	1,049	14,500	1,153	17,495	-	1,808	44,541	46,349	64,340
'16年 6月	179	348	66	785	894	13,565	1,561	16,871	4	1,818	61,781	63,599	81,000
'16年 7月	265	254	32	1,001	764	11,755	1,457	15,009	-	754	51,706	52,461	67,988
'16年 8月	313	314	51	778	735	10,698	1,150	13,412	23	2,177	94,890	97,067	111,128
前月比	118.0	123.8	161.5	77.7	96.1	91.0	79.0	89.4	-	288.7	183.5	185.0	163.5
前年同月比	131.6	82.5	97.3	64.9	112.6	85.3	114.0	86.7	-	264.9	162.9	164.4	147.9

出所：財務省関税局「貿易統計」から作成。

(注) p:速報値

## 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	うちトラック	うちトラック	フルドーザ	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック				
'14 暦年	9,774,665	1,357,761	4,465,624	488,473	5,562,888	851,314	7,340	170,010	114,690	14,722	96,920	56,976	15,094
'15 暦年	9,278,321	1,309,749	4,578,078	466,776	5,046,510	817,234	-	164,166	115,473	12,776	100,891	54,189	14,806
'14 年度	9,590,733	1,364,318	4,490,724	498,061	5,297,111	831,464	7,589	171,448	114,356	14,384	97,805	60,752	16,847
'15 年度	9,187,599	1,279,403	4,582,525	447,339	4,937,734	808,174	-	157,736	114,320	12,288	101,838	54,576	13,990
'15年 11月	788,431	108,110	414,870	34,956	388,816	73,815	-	12,126	9,193	982	8,050	3,096	1,144
'15年 12月	749,776	98,297	411,865	35,326	369,459	60,484	-	11,871	8,907	894	8,130	3,815	1,072
'16年 1月	732,982	94,004	335,556	26,230	382,875	52,908	-	11,032	8,172	816	9,347	3,884	1,003
'16年 2月	766,898	105,672	369,410	35,278	451,328	67,852	-	12,148	8,962	850	8,487	4,574	1,019
'16年 3月	889,595	120,074	404,004	42,286	635,901	100,754	-	13,577	9,724	890	8,951	11,525	1,162
'16年 4月	643,996	88,437	369,131	33,576	324,747	54,435	-	12,120	7,587	914	7,963	2,814	992
'16年 5月	656,911	92,611	302,682	27,790	331,587	55,307	-	11,012	8,000	795	7,850	2,386	1,044
'16年 6月	804,299	112,828	408,079	36,284	420,911	75,488	-	13,583	10,097	1,028	8,498	5,422	1,091
'16年 7月	807,247	105,568	413,619	33,263	415,605	66,167	-	12,994	9,487	1,005	8,919	2,854	1,044
'16年 8月	658,511	88,992	327,291	27,186	336,661	56,150	-	12,194	8,322	872	8,725	3,107	981
前月比	81.6	84.3	79.1	81.7	81.0	84.9	-	93.8	87.7	86.8	97.8	108.9	93.9
前年同月比	92.3	77.0	101.5	77.6	102.9	102.8	-	103.9	100.0	104.4	110.2	68.5	91.6

出所：四輪自動車生産・四輪完成車輸出は(一社)日本自動車工業会『自動車統計月報』、

新車登録は(一社)日本自動車販売協会連合会『新車・月別販売台数(登録車)』、

軽自動車販売は(一社)全国軽自動車協会連合会『軽四輪車新車販売確報』、

建設機械生産・産業車輛生産は『経済産業省生産動態統計』、

機械受注額は内閣府『機械受注統計調査』、産業機械受注額は(一社)日本産業機械工業会『産業機械受注状況』、

工作機械受注額は(一社)日本工作機械工業会『受注実績調査』

(注) r:訂正值

特殊鋼需給統計総括表

2016年8月分

鋼種別	月別		実数 (t)	前月比 (%)	前年 同月比(%)	1995年基準 指数(%)		
	項目							
工 具 鋼	熱間圧延鋼材生産		18,634	94.8	93.4	83.8		
	鋼材輸入実績		313	118.0	131.6	212.8		
	販売業者	受入計		24,879	92.0	106.6	120.9	
		販売計		24,511	90.7	104.0	120.3	
		うち消費者向		17,820	89.3	109.2	189.8	
		在庫計		60,637	100.6	101.2	168.2	
	鋼材輸出船積実績		3,039	81.0	105.9	84.9		
	生産者工場在庫		8,399	108.4	112.6	74.9		
	総在庫		69,036	101.5	102.4	146.4		
	構 造 用 鋼	熱間圧延鋼材生産		626,272	87.0	96.7	115.4	
鋼材輸入実績			38,980	155.5	114.6	2557.9		
販売業者		受入計		630,669	94.8	101.4	190.9	
		販売計		629,779	93.6	102.3	192.1	
		うち消費者向		415,294	92.7	101.5	194.3	
		在庫計		345,321	100.3	99.6	143.7	
鋼材輸出船積実績			76,551	92.2	110.3	452.2		
生産者工場在庫			379,007	100.2	103.3	126.6		
総在庫			724,328	100.2	101.5	134.2		
ば ね 鋼		熱間圧延鋼材生産		33,736	93.1	104.1	79.3	
	鋼材輸入実績		314	123.8	82.5	-		
	販売業者	受入計		20,394	89.9	81.9	136.7	
		販売計		19,677	86.7	80.8	132.1	
		うち消費者向		5,381	126.3	125.7	43.4	
		在庫計		12,625	106.0	110.1	397.2	
	鋼材輸出船積実績		15,884	87.4	86.7	125.5		
	生産者工場在庫		32,170	120.6	116.4	100.1		
	総在庫		44,795	116.1	114.5	126.9		
	ス テ ン レ ス 鋼	熱間圧延鋼材生産		229,562	96.8	99.1	85.0	
鋼材輸入実績			13,412	89.4	86.7	344.1		
販売業者		受入計		241,681	95.3	101.1	160.9	
		販売計		244,661	96.4	102.6	163.8	
		うち消費者向		54,224	91.4	108.8	95.1	
		在庫計		130,820	97.8	98.0	118.3	
鋼材輸出船積実績			84,221	91.2	99.4	82.8		
生産者工場在庫			122,606	110.3	105.7	83.3		
総在庫			253,426	103.5	101.6	98.3		
快 削 鋼		熱間圧延鋼材生産		48,684	95.6	95.4	55.0	
	販売業者	受入計		13,173	102.3	97.3	78.3	
		販売計		12,445	90.4	95.2	75.2	
		うち消費者向		12,136	89.9	95.6	85.3	
		在庫計		14,089	105.4	105.4	61.5	
	生産者工場在庫		31,361	108.5	105.9	139.5		
	総在庫		45,450	107.5	105.8	100.2		
	高 抗 張 力 鋼	熱間圧延鋼材生産		437,022	102.9	114.9	186.6	
		販売業者	受入計		7,624	88.4	86.2	61.6
			販売計		7,045	76.3	79.6	57.1
うち消費者向				5,467	75.2	93.0	101.6	
在庫計				10,310	106.0	94.8	77.8	
生産者工場在庫			174,678	113.6	90.4	104.2		
総在庫			184,988	113.1	90.7	102.3		
そ の 他		熱間圧延鋼材生産		137,841	100.0	103.8	58.9	
		販売業者	受入計		43,760	93.4	121.6	353.3
			販売計		43,235	92.1	122.0	350.2
	うち消費者向			30,070	91.9	94.0	558.6	
	在庫計			67,449	100.8	124.7	509.0	
	生産者工場在庫		79,490	117.9	115.9	47.4		
	総在庫		146,939	109.4	119.7	81.3		
	特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱間圧延鋼材生産合計		1,531,751	94.2	102.4	113.7	
		鋼材輸入実績計		111,128	163.5	147.9	1405.1	
		販売業者	受入計		982,180	94.7	101.5	171.8
販売計				981,353	93.8	102.3	172.5	
うち消費者向				540,392	92.4	101.9	160.5	
在庫計				641,251	100.1	101.8	145.0	
鋼材輸出船積実績計			732,361	96.1	113.3	218.2		
生産者工場在庫			827,711	107.0	102.3	108.6		
総在庫			1,468,962	103.9	102.1	121.9		

出所: 鋼材輸入実績及び鋼材輸出船積実績は財務省関税局『貿易統計』、

それ以外は経済産業省『経済産業省生産動態統計』、『鉄鋼生産内訳月報』、但し総在庫は特殊鋼倶楽部で計算

(注) 1.熱間圧延鋼材生産、生産者工場在庫及び総在庫は、2014年1月より『経済産業省生産動態統計』から『鉄鋼生産内訳月報』に変更されたため、それ以前の数値との連続性はない。

2.鋼材輸入実績は速報値を掲載。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。

3.総在庫とは販売業者在庫に生産者工場在庫を加算したもの。生産者工場在庫は熱間圧延鋼材のみで、冷間圧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28年8月1日～9月30日)

## 市場開拓調査委員会

第1回調査WG（8月29日）

「機械工業の素材及び部品調達タイムスケジュール管理に関する調査（仮称）」の企画書（案）について

第1回特殊鋼PR展示・講演会WG（9月26日）

- ①特殊鋼PR展示・講演会WG（仮称）の名称とメンバー構成の件
- ②講演会テーマ選定
- ③第4回高機能金属展の出展内容

## 編集委員会

小委員会（8月31日）

1月号特集「地球環境に貢献する特殊鋼（仮題）」の編集内容の検討

本委員会（9月8日）

1月号特集「地球環境に貢献する特殊鋼（仮題）」の編集方針、内容の確認

特殊鋼ガイド編集WG（9月29日）

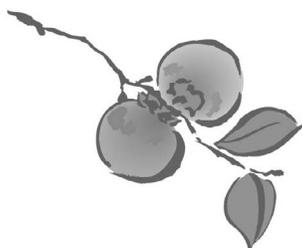
- ①特殊鋼ガイド見直し原稿の検討
- ②転載許可願いについて

平成28年度特殊鋼教養講座（8月25日）

## [大阪支部]

三団体責任者会議（8月24日）

- ①本年共催講演会検討
- ②本年下期事業のすり合わせ他



## 特殊鋼倶楽部の動き

### 「平成28年度第1回一般社団法人特殊鋼倶楽部工場見学会」開催

去る10月7日（金）に平成28年度第1回工場見学会を開催しました。

見学先は、午前中がJFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区殿、午後が三菱製鋼(株)技術開発センター及び千葉製作所殿で、鉄鋼会館前より大型バスにて両所を訪問し、会員企業から39名が参加しました。

JFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区到着後、見学センターにて同社企画部企画室上原様よりご挨拶及びDVDによる工場概況説明を受けた後、見学に入りました。

はじめに製鋼工場で連続鑄造設備と同設備通過後に鋼を切断したスラブを、続いて溶銑を転炉へ投入する場面を、熱延工場では30～40mm厚のスラブを粗圧延機、仕上げ圧延機を通過させ、3～4mm程度にまで圧延した製品の巻取り工程を、最後に溶鋳炉の順に見学後、質疑応答を行い同社工場の見学を終了しました。

午後の三菱製鋼(株)技術開発センター及び千葉製作所では、山岡センター長のご挨拶に続き工場概況説明を受けた後、2グループに分かれ見学に入りました。

最初に技術開発センターでは、材料試験エリア、粉末評価エリア、観察エリア、分析・磁気測定エリア及び内質調査エリアの順に見学、各種試験・測定機器等についての説明を受けました。

次いで、訪れた千葉製作所内では、第一工場で車両用のスタビライザー製造ライン、第二工場で巻きばね製造ラインを見学後、質疑応答を行い同工場の見学を終了しました。

見学後参加者の感想は、ほぼ全員が工場見学の成果に満足し、次回の工場見学会にも参加したいとの回答を頂きました。

見学先別の感想ではJFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区殿については、「転炉へ溶銑を注ぐ様子が大変迫力があった」「熱延工場では熱せられたスラブが高速で走り、水によって冷却されていくのは非常に迫力があった」「周辺居住者への生活に配慮を感じた」等の感想を頂きました。

一方、三菱製鋼(株)技術開発センター殿については、「各事業部にまたがりシナジー効果を発揮し、長期的観点からの新製品を開発する姿勢を感じた」「最新の設備が揃った時に再度見学したい」、また千葉製作所殿については、「スタビライザーの製造工程は、初めて見たので興味深かった」「巻きばねの生産ラインがとても効率よく作られていると感じた」等の感想を頂きました。

両社の見学終了後、JR蘇我駅付近にあるJFEスチール(株)殿の施設「みやざき倶楽部」にて懇親会を開催しました。参加者はJFEスチール(株)より小田棒線営業部第一棒線室長、音田棒線セクター部主任部員(部長)、三菱製鋼(株)より山岡技術開発センター長、曾田同副センター長、片山千葉製作所製造グループスタッフ、にご出席頂き約1時間当日の見学会参加者（一部の方を除く）の方々と懇談いたしました。

最後に、特殊鋼倶楽部会員企業のために貴重な機会を与えていただいたJFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区殿と三菱製鋼(株)技術開発センター及び千葉製作所殿の関係者の方々に感謝を申し上げて、工場見学会の報告といたします。

以下に、写真を掲載します。



【JFEスチール(株)東日本製鉄所千葉地区殿】



【三菱製鋼(株)技術開発センター及び千葉製作所殿】



【JFEスチール(株)小田棒線営業部第一棒線室長】



【三菱製鋼(株)山岡技術開発センター長】



【懇親会会場風景】

# 一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<b>【会 員 数】</b> (正 会 員) 製造業者 24社 販売業者 100社 合 計 124社	<b>【販売業者会員】</b>		
<b>【製造業者会員】</b> 愛 知 製 鋼 (株) 秋 山 精 鋼 (株) (株)川口金属加工 (株)神 戸 製 鋼 合 同 製 鐵 (株) 山 陽 特 殊 製 鋼 (株) J F E ス チ ー ル (株) J X 金 属 (株) 下 村 特 殊 精 工 (株) 新 日 鐵 住 金 (株) 新 日 鐵 住 金 ス テ ン レ ス (株) 大 同 特 殊 鋼 (株) 高 砂 鐵 工 (株) 東 北 特 殊 鋼 (株) 日 新 製 鋼 (株) 日 本 金 属 (株) 日 本 高 周 波 鋼 業 (株) 日 本 精 線 (株) 日 本 冶 金 工 業 (株) 日 立 金 属 (株) (株)不 二 越 三 菱 製 鋼 (株) ヤ マ シ ン ス チ ー ル (株) 理 研 製 鋼 (株)	愛 鋼 (株) 青 山 特 殊 鋼 (株) 浅 井 産 業 (株) 東 金 属 (株) 新 井 ハ ガ ネ (株) 粟 井 鋼 商 事 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株) 伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株) 井 上 特 殊 鋼 (株) (株) U E X 確 井 鋼 材 (株) ウ メ ト ク (株) 扇 鋼 材 (株) 岡 谷 鋼 機 (株) カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株) 兼 松 (株) 兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株) (株) カ ム ス (株) カ ワ イ ス チ ー ル 川 本 鋼 材 (株) 北 島 鋼 材 (株) ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株) ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株) 小 山 鋼 材 (株) 佐 久 間 特 殊 鋼 (株) 櫻 井 鋼 鐵 (株) 佐 藤 商 事 (株) サ ハ シ 特 殊 鋼 (株) (株) 三 悦 三 協 鋼 鐵 (株) 三 京 物 産 (株) 三 興 鋼 材 (株) 三 和 特 殊 鋼 (株) J F E 商 事 (株) 芝 本 産 業 (株) 清 水 金 属 (株) 清 水 鋼 鐵 (株) 神 鋼 商 事 (株) 住 友 商 事 (株)	大 同 興 業 (株) 大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株) 大 洋 商 事 (株) 大 和 興 業 (株) 大 和 特 殊 鋼 (株) (株)竹内ハガネ商行 孟 鋼 鉄 (株) 田 島 ス チ ー ル (株) 辰 巳 屋 興 業 (株) 千 曲 鋼 材 (株) (株)テクノタジマ (株)鐵 鋼 社 デ ル タ ス テ ー ル (株) 東 京 貿 易 金 属 (株) (株)東 信 鋼 鉄 特 殊 鋼 機 (株) 豊 田 通 商 (株) 中 川 特 殊 鋼 (株) 中 野 ハ ガ ネ (株) 永 田 鋼 材 (株) 名 古 屋 特 殊 鋼 (株) ナ ス 物 産 (株) 南 海 鋼 材 (株) 日 金 ス チ ー ル (株) 日 鉄 住 金 物 産 (株) 日 鉄 住 金 物 産 特 殊 鋼 西 日 本 (株) 日 本 金 型 材 (株) ノ ボ ル 鋼 鉄 (株) 野 村 鋼 機 (株) 白 鷺 特 殊 鋼 (株) 橋 本 鋼 (株) (株)長谷川ハガネ店 (株)ハヤカワカンパニー 林 田 特 殊 鋼 材 (株) 阪 神 特 殊 鋼 (株) 阪 和 興 業 (株) 日 立 金 属 商 事 (株) 日 立 金 属 工 具 鋼 (株) (株)日立ハイテクノロジーズ	(株)平 井 (株)フ ク オ カ 藤 田 商 事 (株) 古 池 鋼 業 (株) (株)ブ ル ー タ ス (株)堀 田 ハ ガ ネ (株)マクスコーポレーション 松 井 鋼 材 (株) 三 沢 興 産 (株) 三 井 物 産 (株) 三 井 物 産 ス チ ー ル (株) (株)メ タ ル ワ ン (株)メ タ ル ワ ン チ ュ ー プ ラ ー (株)メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼 森 寅 鋼 業 (株) (株)山 一 ハ ガ ネ 山 進 産 業 (株) ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株) 山 野 鋼 材 (株) 陽 鋼 物 産 (株) 菱 光 特 殊 鋼 (株) 渡 辺 ハ ガ ネ (株)

## “特集” 編集後記

最近、スマートフォンにダウンロードした音楽を聴くためにBluetooth対応のスピーカーを購入しました。たいへんコンパクトな製品で、価格も20,000円程。昔のオーディオファンの感覚では、大した音質が期待できるサイズ感、価格帯ではありません。

ところが実際に聞いてみてその音質の良さに驚きました。私が若いときは、スピーカーは大きいほど良く、価格も左右セット100,000円以上は必要と教えられたものでした。

電話なのか、ゲームなのかよくわからないこの小さな白い板が再生する音楽、そしてそれをなんだかよくわからない電波で受信し、昔のオーディオでは考えられない概念とコストパフォーマンスで鳴る小さなスピーカー…今さらながら技術の進歩を実感する機会がありました。

今月号の特集は、“世の中で活躍する特殊鋼”で

鉄は5,000年以上人類と付き合っています。その長い歴史の中で格段に進歩をし、いまでは現代社会の基盤を支える重要な素材の一つとなっています。スマートフォンやオーディオ製品のような、派手な進歩はありませんが、時間をかけて確実に進化し続け、我々の生活を便利にする一つの技術となっています。

本特集は、そんな特殊鋼の活躍する様を感じとっていただき、特殊鋼に対して、さらに理解を深めていただければと思い企画しました。

最後になりますが、ご多忙の中、本特集にご寄稿いただきました執筆者の皆さま、編集にご協力いただきました編集員ならびに事務局の皆さまに厚く御礼申し上げます。

〔日 立 金 属 (株) いのうえ けんいち〕  
高級金属カンパニー 技術部 井上 謙一〕

## 特 集 / 地球環境と特殊鋼

- I. 総論
- II. 各産業分野における環境問題への最新の取り組み
- III. 各産業分野における環境対策紹介
- IV. 会員メーカーの環境対策紹介

3月号特集予定…エネルギー産業で活躍する特殊鋼

## 特 殊 鋼

第 65 卷 第 6 号  
© 2 0 1 6 年 11 月  
平成28年10月25日 印刷  
平成28年11月1日 発行

定 価 1,230円 送 料 100円  
1年 国内7,300円 (送料共)

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>

編集発行人 小 澤 純 夫  
印刷人 増 田 達 朗  
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65巻索引

2016年1～11月

## ■ 経済関係 ■

「平成28年新年挨拶」……………藤岡 高広 1・1

### 【年頭所感】

- 「年頭に寄せて」……………糟谷 敏秀 1・3  
「年頭所感」……………富永 真市 1・4  
「メーカーと流通の連携強化により発展をめざします」  
……………佐久間貞介 1・5  
「回顧と展望」……………勝 登 1・6  
「市場の変化を成長の糧に」……………後藤 隆 1・7  
「年頭所感」……………川 真一 1・8  
「年頭所感」……………中川 智章 1・9  
「年頭所感」……………石黒 武 1・10  
「年頭所感」……………土屋 敦 1・11  
「年頭所感」……………鈴木 卓 1・12  
「年頭所感」……………久留島靖章 1・13

### 【需要部門の動向】

- 自動車工業……………池 史彦 1・14  
産業機械……………片岡 功一 1・16

### 【一人一題】

- 「マラソンとの巡り合い」……………成瀬 真司 3・1  
「東京散歩」……………永藪 二郎 5・1  
「ビジネススクールをめぐる私の人生」…根来 龍之 7・1  
「ドルフィンズ&エンドルフィン」…福原 實晴 9・1  
「私の苗字」……………樋 巳芳 11・1

### 【倶楽部レポート】

- 海外日系自動車メーカーの自動車部品に係る  
特殊鋼調達動向調査…中国と東南アジアを中心に  
……………藤井 孝志 3・38  
特殊鋼関連記号集改訂版発行について  
……………(一社)特殊鋼倶楽部事務局 3・46

## ■ 技術関係 ■

### 〈特集記事〉

### ☆ 特殊鋼メーカー・流通のグローバル展開

- I. 総論  
グローバル化に直面する特殊鋼業界への期待  
……………山下 隆也 1・19
- II. 特殊鋼メーカーのグローバル展開状況
1. 愛知製鋼のグローバル展開状況  
……………諸井 寿広 1・24
2. 神戸製鋼所のグローバル展開  
……………永濱 睦久 1・26
3. 山陽特殊製鋼グループのグローバル展開  
……………立花 義隆 1・29
4. 当社棒線のグローバル展開について  
……………西澤由紀夫 1・32

5. 大同特殊鋼グループのグローバル展開について  
……………松崎 慎治 1・36
6. 東北特殊鋼のタイでの事業展開  
……………吉田 宏 1・39
7. 日新製鋼におけるステンレス・特殊鋼事業の海外  
展開について……………酒井 上 1・41
8. 当社工具鋼販売におけるグローバル展開状況  
……………定村 剛 1・43
9. 日本冶金工業(株)グループのグローバル展開  
……………佐藤 昌男 1・46
10. 日立金属の工具鋼海外戦略とグローバル展開  
……………福田 正弘 1・49
- III. 流通(商社・問屋)のグローバル展開状況  
……………1・52～1・55  
浅井産業(株)、佐久間特殊鋼(株)、  
タイディメタル(大洋商事(株))、中川特殊鋼(株)

### ☆ 特殊鋼鋼材仕様に関するやさしい解説

- I. はじめに～仕様で規定される用語の解説～  
……………山岡 拓也 3・2
- II. 特殊鋼鋼材の仕様
1. 化学成分……………鳴海 雅稔 3・11
2. マクロ、地きず、介在物…水守 昌樹 3・15
3. 脱炭、ミクロ組織、結晶粒度、焼入性  
……………山岡 拓也 3・18
4. 外観品質
- (1) 棒 鋼……………田代 龍次 3・21
- (2) 線 材……………辻 武司 3・25
- III. 鋼材の使われ方による仕様上の留意点
1. 熱間鍛造……………河合 信彰 3・28
2. 冷間鍛造……………宮崎 貴大 3・31
- IV. 会員会社の仕様上特徴のある商品…3・34～3・37  
愛知製鋼(株)、大同特殊鋼(株)、(株)不二越、  
三菱製鋼室蘭特殊鋼(株)

### ☆ 線材・棒鋼の2次加工技術動向

- I. 総論  
2次加工技術の概論……………中野 聡志 5・2
- II. 2次加工プロセス
1. 特殊鋼棒線の熱処理……………中條屋 真 5・6
2. 伸線加工用皮膜……………小見山 忍 5・11
3. 2次加工機械……………豊田 尊敏 5・16
4. 2次加工製品の渦電流探傷…吉川 仁 5・20
- III. 各製品における2次加工技術
1. 冷間圧造用鋼線……………本田 英二 5・24
2. ばね用鋼線……………安部 聡 5・28
3. ピアノ線・硬鋼線の伸線技術  
……………越智 達朗 5・31
4. 軸受用鋼線の伸線加工性の改善について  
……………定光 秀弥 5・34
5. ステンレス鋼線の二次加工技術  
……………高嶋 敏昭 5・36
6. 磨き棒鋼……………永井 太郎 5・40

