

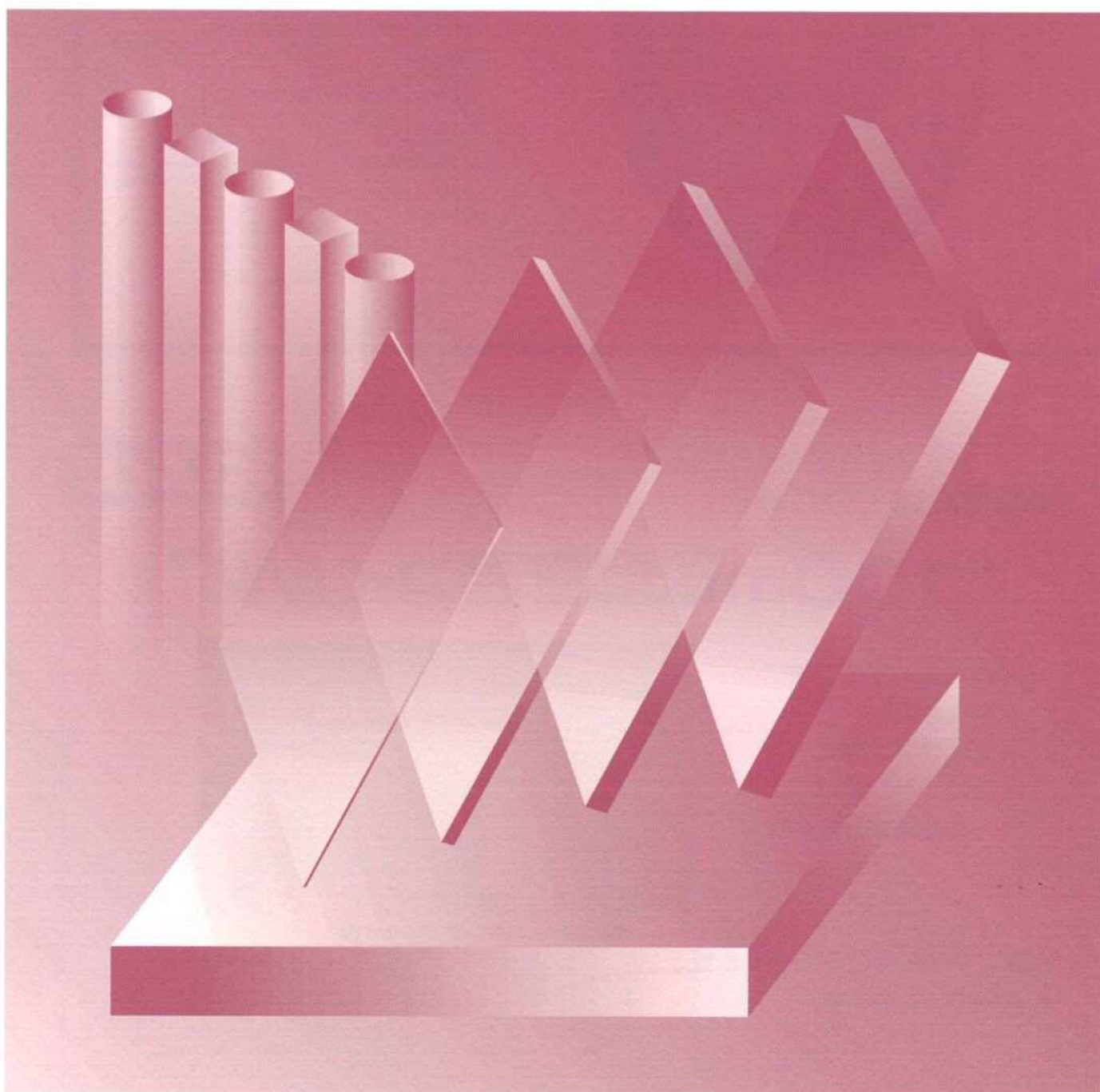
# 特殊鋼

2013  
Vol.62 No.4

7

*The Special Steel*

特集／新たな環境に対応するばね



# 特殊鋼

7

## 目次

2013

### 【編集委員】

委員長	並木 邦夫 (大同特殊鋼)
副委員長	久松 定興 (中川特殊鋼)
委員	杉本 淳 (愛知製鋼)
〃	小椋 大輔 (神戸製鋼所)
〃	西森 博 (山陽特殊製鋼)
〃	川添 健一 (新日鐵住金)
〃	本田 正寿 (大同特殊鋼)
〃	上田 博之 (日新製鋼)
〃	石川流一郎 (日本金属)
〃	宮川 利宏 (日本高周波鋼業)
〃	西 徹 (日本冶金工業)
〃	加田 善裕 (日立金属)
〃	中矢 千城 (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)
〃	甘利 圭右 (平井)

## 【特集／新たな環境に対応するばね】

I. ばねの最近の動向	中央発條(株) 村松 達也	2
II. 需要家からみたばねの動向		
1. 自動車 (大型トラックのエアサスペンション)	いすゞ自動車(株) 持永圭一郎	6
2. レール締結装置用ばねの紹介	(株)丸上製作所 東村 公治	9
III. ばね材料の最近の動向		
1. 熱間成形ばね鋼 (線)	(株)神戸製鋼所 吉原 直	11
2. 熱間成形ばね鋼 (板)	愛知製鋼(株) 水野 浩行	13
3. 冷間成形ばね鋼 (線)	新日鐵住金(株) 宮本 裕嗣	15
4. 冷間圧延ばね用鋼帯	日本金属(株) 山崎 一正	17
IV. 各種ばねの最近の動向		
1. 懸架コイルばね	日本発條(株) 丹後 公一	20
2. 重ね板ばね	(株)ホリキリ 菅原 由晴	23
3. トーションバー・スタビライザ		
	中央発條(株) 近田 哲	26
4. 弁ばね	サンコール(株) 寺床圭一郎	28
5. 薄板ばね	(株)東郷製作所 磯部 敏信	31



あらゆる素材を次世代に向けて



ISO 9001 (全事業所)

ISO 14001 (特殊鋼部門)

JCSS  
0088

は計量法に基づくトレーサ  
ビリティ制度のロゴです。

流量—小流量国家認定事業者



特殊鋼・高合金・半導体装置

株式会社平井

<http://www.kk-hirai.co.jp/>

本社：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町2丁目17番9号

TEL.03-3667-7311(大代表) FAX.03-3667-7341~4

営業所：所沢・北関東・名古屋・静岡 加工センター：所沢・北関東

システム事業部(半導体) システム事業部技術研究所

6. 形状記憶合金ばね……(株)バイオラックス 加藤 勉 33

“特集”編集後記 …………… 愛知製鋼(株) 杉本 淳 36

●一人一題：「世界遺産姫路城の平成大修理に想う」  
…………… 山陽特殊製鋼(株) 井上 満 1

■業界の動き ……………	37
▲特殊鋼統計資料 ……………	40
★倶楽部だより(平成25年4月21日～6月20日) ……………	44
☆特殊鋼倶楽部の動き ……………	45
☆一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧 ……………	47

特集／「新たな環境に対応するばね」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	杉本 淳	愛知製鋼(株)	品質保証部お客様品質・技術室 主査
委員	乙部 厚志	新日鐵住金(株)	棒線事業部 棒線技術部 棒線商品技術室 上席主幹
〃	西 徹	日本冶金工業(株)	高機能材営業推進部 次長
〃	加田 善裕	日立金属(株)	高級金属カンパニー 特殊鋼事業部 技術部長
〃	中矢 干城	三菱製鋼(株)	技術管理部
〃	金原 茂	(株)竹内ハガネ商行	技術部長
〃	甘利 圭右	(株) 平 井	常務取締役

**WE SPECIALIZE STEEL FOR PRECISIONS**



株式会社

**プルートゥス**

いかに より お役に立つか

本社 〒101-0032 東京都千代田区岩本町3-11-11 ☎03-3861-0101 FAX03-3861-2596  
営業所 東京(平和島)・前橋・仙台・北関東(壬生)・新潟・諏訪・バンコック・上海・ソウル  
<http://plutus.co.jp>

## 「世界遺産姫路城の 平成大修理に想う」

山陽特殊製鋼株  
名古屋支店長

いの うえ  
井 上

みつる  
満



ユネスコ世界遺産である国宝姫路城の平成大修理が進んでいる。姫路に本社を置く当社にとっては、旬な話題である。

姫路城と言えば、築城されてから一度も大規模な戦火にさらされることなく、天守閣をはじめ多くの城郭建築が現存する数少ない城の一つであり、第二次世界大戦中、大天守に焼夷弾が直撃したものの、幸運にも不発弾となり消失を免れたという奇跡の城として有名である。

今でこそ威風堂々たるこの城も、過去幾度と無く修理を重ねてきた結果の現在の姿であり、古くは1580年、秀吉の大改修に始まり、1601年、関が原合戦後の池田輝政、そして江戸時代、明治、大正、昭和、平成と数え切れないほどの修理を重ねてきている。

中でも有名なのが、前回の昭和大修理である。この時は以前から傾きつつあった大天守を基礎からやり直すため、全ての建物を一度解体してから部材を修理し、再度組み立て直すという大規模なものであった。工事は戦前の昭和10年から始まり、第二次世界大戦で中断されたものの、昭和25年から再開し、昭和39年に完了するまで、のべ25万人が携わったとのことである。

そして今回の平成大修理である。今回は大天守の白漆喰塗り替え、瓦の葺き替え、耐震補強を重点とした工事であり、平成21年6月から始まり、平成27年3月完了の予定である。大天守の周りに鉄骨とコンクリートの足場が組まれ、エレベーターで工事の様子が見学できるようになっている。

今年4月に機会があり、その公開現場を見学してきた。すでに外観工事はほぼ完了しており、後は足場の解体くらいまで進んでいる。そこで感じたのは、日本伝統の建築技法と職人技のすばらしさである。CPやCADの無い時代に見事なまでに美しく設計し、クレーンやショベルも使わずあの重量物を正確に施工している。そして敵の攻撃を防ぐための数々のアイデアが盛り込まれており、歴史的重要な建築物であると同時に芸術品である。正に世界遺産にふさわしい。

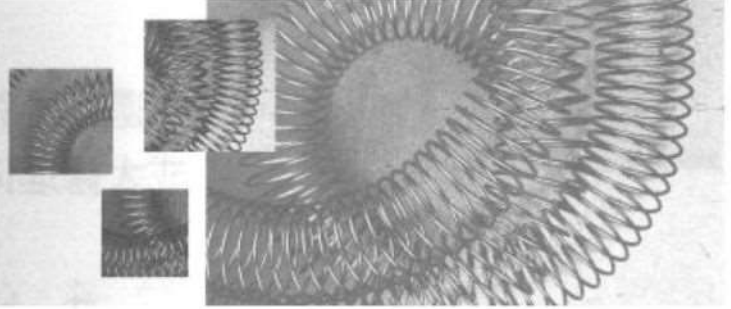
こういった日本古来の伝統と技が未来に渡って伝承されていくのか、ふと不安に思う。技術や技法はマニュアルで残せても、職人技は人の訓練と伝承でしか残せない。これは我々製造業にも言えることで、機械化やマニュアル化ができない職人技というものが必要存在する。これが日本人のすばらしさであり、海外勢にはまねのできない日本の競争力である。是非ともこのすばらしい伝統と技を子々孫々まで受け継いでいってほしいものである。

来年のNHK大河ドラマは姫路ゆかりの「黒田官兵衛」であり、これまた絶妙のタイミングである。大天守工事の公開は平成26年1月15日までとのことですから、皆さんも機会があれば是非とも立ち寄ってみてください。



特集

# 新たな環境に 対応するばね



## I. ばねの最近の動向

中央発條 村松達也  
ばね技術部

### まえがき

「ばね」は基本的要素として古くから多くの機械や装置で使われている。ばねを「物質の復元力を活用する機能要素」と定義すると、材料だけでも金属はもちろん非金属である高分子、セラミック、更には気体、液体と多岐にわたり、加えて形状、サイズ、特性などを考慮すると非常に多種多様のばねが存在する。ただやはり金属製のばねが量、種類共に最も多く、それゆえ本誌「特殊鋼」においても度々「ばね特集」としてとりあげていただいている。今回の特集は前回（2005年9月号）

から8年経過しており、この間の変化を中心に昨今のばねを取り巻く状況について紹介してみたい。

### ◇ ばね生産の動向

図1に最近10年間のばねの国内生産量（重量と金額）の推移を一般社団法人日本ばね工業会（以下ばね工業会という）の統計資料より示す。1990年から1991年をピークにバブル崩壊後減少を続けてきた生産量は2001年くらいから若干回復してきたが、2009年にリーマンショックの影響で再び1991年の半分程度に大きく落ち込んだ。その後2011年の東日本大震災やタイの洪水などの影響で

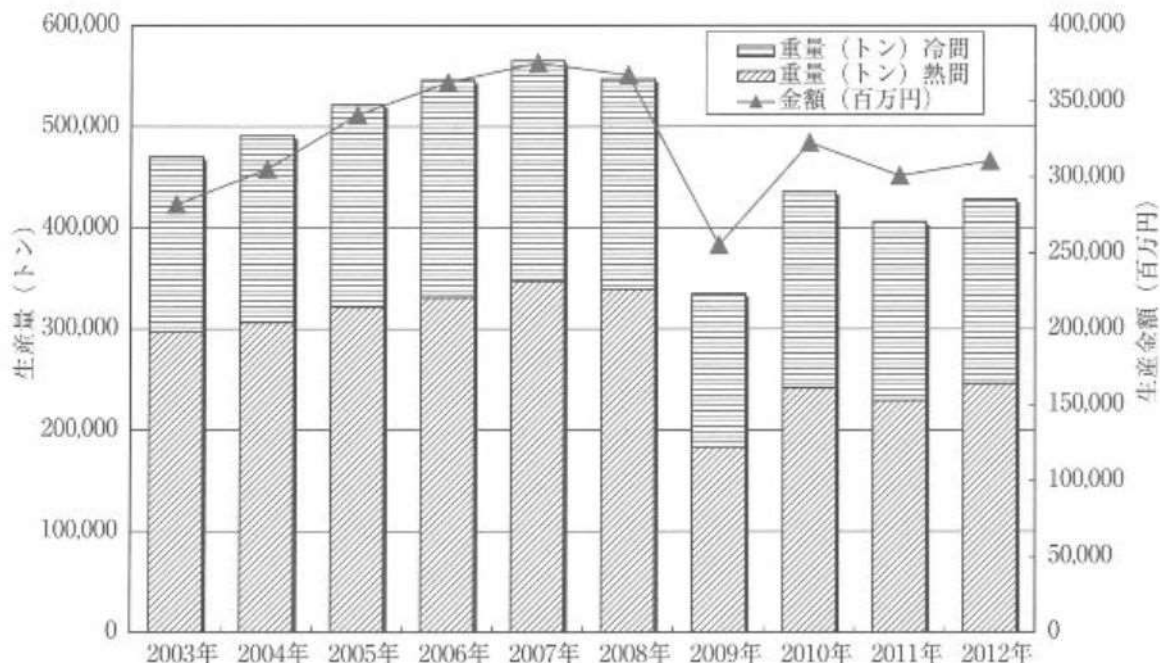


図 1 ばねの国内生産量の推移

多少上下しているが、現在は91年比63%程度で推移している。これは国内外のコスト差、為替、海外市場の拡大等に対応して客先やばねメーカー自身の海外生産比率が高まっている影響が大きいと考えられ、この傾向はまだしばらく続くと考えられる。

又、ばねの需要先の動向であるが、従来までの自動車、電機業界主体から他分野への拡大が進んでいる。国際標準化機構（ISO）のばねの専門委員会である「ISO/TC227 Springs」（以下TC227という）のビジネスプランにおけるばね市場の動向を表1に示す。これによると1994年当時に世界のばね需要の70%を占めていた自動車関連は2014年には45%程度に落ち込むと予想され、代わりに伸びてくるのがIT、航空宇宙、医療・福祉関連といった分野である。

### ◇ ばね技術の動向

#### 1. 材料・加工技術

客先からの永遠のニーズである小型化、軽量化に対応するための高強度材や、使用環境や用途に対応した耐腐食材料、電気伝導材料、耐水素脆性材料や非磁性材料などの新規材料の開発は連綿と続いている。例えば車の懸架装置に使われるコイルばねの材料についても、現在主力の使用応力1,200MPa級材に加え、新たに1,300~1,450MPa級の新材が開発・量産化されている。一方で客先の海外展開による現地生産増加の流れとともにモジュール開発に伴う部品共通化を受けて、世界調達し易く低コストな一般材を使用する状況も増えて

表 1 ばねの分野別客先推移の傾向（金額ベース）

分野	1994年	2004年	2014年 (推定)
自動車	70%	60%	45%
電気/電子機器	4%	7%	10%
IT	3%	9%	15%
鉄道	4%	3%	2%
船舶	4%	3%	2%
航空宇宙	1%	2%	4%
医療/福祉	1%	3%	7%
機械/住宅 他	13%	13%	15%
売上率(2004年ベース)	1.2	1.0	1.5

いる。加工技術に関しては、省エネ工法、コンパクトライン、短時間工法などの開発が進められ、例えば従来大型の炉で行われていた熱処理が通電加熱や誘導加熱といった方法を用いることにより、省エネ・省スペースを実現した。加えて前述の一般材をより高応力で使用するための材料きずの検出、ショットピーニングといった従来技術の改善も行われている。また欧州REACH規制などの近年新たに制定された環境負荷物質規制の対応として、新たな塗料や表面処理技術の採用なども行われた。

#### 2. 設計・評価技術

最近の発達したCAEはばね設計にも大幅に導入されており、ばねのより詳細な検討（ばね特性や応力分布、反力線解析など）を可能にしてばねの信頼性向上に貢献している。また最近では動弁系ばねにおける動的応力予測も解析可能となりパラメータ設計に活用されるようになった。評価としては市場を模擬した腐食疲労試験やショットピーニングの効果確認のための残留応力の測定法といったものが研究・実施されている。

### ◇ 小型ばねの動向

#### 1. 線ばね

線ばね製品では圧縮ばねが最も広く使われている。材料としてはピアノ線、硬鋼線、オイルテンパー線、ばね用ステンレス鋼線など多岐に渡り、用途としてはエンジンの弁ばね、トランスミッションやボディーの部品に使われるばねなど、自動車部品用として数多く生産されている。ユーザーからの小型・軽量化、信頼性向上及び低コスト化要求に加え、ばねによっては高温や低温、湿潤雰囲気などの厳しい使用環境対応など様々な要請がよせられる。これらに応える技術として、高強度素材や耐熱性素材の採用、表面改質としてショットピーニングや窒化処理技術の改善、介在物制御技術、FEMを利用した限界設計や材料の異形断面化などの手法が開発され適用されてきた。ばね形状も単純な円筒形から端部の径を絞ったもの、更には全体を円弧状としたアークスプリングなどが量産化されている。低コスト化要求に対しては強度を上げ贅肉を落とし極力軽量化することで対応してきたが、その手法も限界に近く今後は廉価

で高性能な材料の出現が望まれる。

引張ばねは圧縮ばねについて広く採用されているばねで、各種の機器に使用される場合が多い。

最近では小型化要求に対応する初張力が高いハイテンションスプリングが多くなっている。

## 2. 薄板ばね

1mm以下程度の薄板材料をプレスなどで所定の形状に加工したばねで、家電、情報・通信機器、OA機器、医療機器などに幅広く使用されている。材料としてはSUS301CSPやSUS304CSPといったステンレス鋼がよく使われる。またスイッチ、リレー、コネクタ等にはリン青銅やベリリウム銅などの銅合金、洋白、クラッド鋼などが使用され、自動車関係ではSK5やSAE1060などの高炭素鋼、ステンレス鋼が一般に使用される。他のばね同様に小型・軽薄化要求や寸法精度向上に対応した高強度及び冷間加工性の優れた材料へのニーズが高い。更に最近ではデジタル図面化が進み3Dデータを基にしたものづくりが始まっている。デジタルデータからFEMモデルを作成し、ばね特性や応力などの精密解析を行うことによる信頼性の高い製品開発、そして金型設計ツールを使った製品のブランク形状や金型設計及び検査治具設計の短時間対応などが可能となっている。

## ◇ 大型ばねの動向

### 1. 重ね板ばね

トラックやワンボックス車の懸架用に現在も使われている重ね板ばねは、過去軽量化ニーズへの対応として、SUP10材とモディファイド・オースフォーミング処理(MAF)、ロングテーパーリーフ化、ストレスピーニングなどの活用で高強度化、均等応力設計を進め、各ばね板の重量低減、更には全体枚数の削減を進めた結果、最近では一枚構成のものまで出現している。

凍結防止剤の使用増による耐腐食性向上ニーズに対しては、腐食発生部位の応力低減設計、防錆塗装などで対応しているが、現在の重ね板ばね取り付け構造上塗装ダメージが発生する箇所が存在し、そのため耐腐食性に優れた材料が望まれている。またFRPばねが量産されてしばらくたつが、コストやリサイクルの問題などで一部の車型を除いて採用拡大には至っていない。

### 2. コイルばね

現在の乗用車の懸架用ばねの主流として使われているのがコイルばねである。線径が比較的に太いため熱間成形が主流であるが、最近では17mm程度の線径のものも冷間成形で量産化されている。材料としては軽量化と耐腐食性、耐遅れ破壊性に優れ比較的にコストを抑えた1,200MPa級の開発材が現在の主流となっている。但しカーメーカーや部品メーカーの海外生産増加や世界同時開発戦略車などの対応の必要性から、世界的に入手性が良い材料選定(SAE9254など)も増加している。但しこのような材料を使う場合には疲労強度を向上させるショットピーニング(多段、温間、ストレスなど)、耐へたり性を向上させるホットセッチングなどの工法との組合せが必要である。一方で更なる車両の燃費向上を狙った軽量化要求や、歩行者安全性確保のためボンネット下の空間を確保するためのばね高さ低減要求に応えるための最大応力1,300~1,450MPa級の新規材料の実用化も行われており、さらには素線の異形断面化や中空断面化といった技術も開発・実用化が進んでいる。

### 3. トーションバー

トーションバーは棒状のねじりばねで、構造がシンプルで比較的安価にできることからワンボックス車や小型トラックのフロントサスペンションに使われてきた。材質としてはSUP7やSUP9といったばね鋼や、S45Cに高周波焼入れを実施したものなどが使われている。構造上トーションバーの取り付け関係の変更が難しく、それ故に設計自由度が少なくばねの高応力化による軽量化が困難なこと、ばねの収容に大きなスペースが必要なことなどの理由によりあまり量の拡大はしていない。

### 4. スタビライザ

スタビライザは別名アンチロールバーと呼ばれ、車両が旋回するときその傾きを抑え車両を安定(stabilize)させるばねである。配置位置と周辺部品との干渉防止から形状が決定され、車両操安性から剛性(線径)とストローク(発生応力)が決定される。最近では乗り心地と操安性向上の傾向を受けて、コイルスプリングの低ばね定数化に伴うスタビライザへの入力が増大する傾向にあり、以前より高応力対応の必要性が増加している。加えて部品単体として比較的に質量が大きく、

軽量化した場合の全体への波及効果も大きいことから軽量化に対する要求も大きい。ただし前述のように形状と剛性が決まっているため単純な細径化ではなく一般的には中空化の手法が取られるが、軽量化の効果をあげるために大きな外径で薄い板厚にするとパイプの外表面のみならず内面の発生応力も上昇し、内外ともに強度アップが必要となる。最近ではFEMを利用した精密な応力解析結果をもとに部分ごとに断面形状を細かく調整し軽量化を図る手法も検討されている。

#### ◇ ばね学会、ばね工業会の活動

##### 1. ばね学会の論文・研究開発活動

日本ばね学会は、日本におけるばね及び復元力応用に関する研究者・技術者の学術団体で1947年に「ばね技術研究会」として設立され、2005年に「日本ばね学会」に改名した。

学会の主な活動内容としては、調査・研究事業としての委員会活動や共同研究活動、論文集の発行（1回/年）、講演会の実施（2回/年）などを行っており、その活動テーマからばね業界の技術動向、関心事を概観することができる。最近のばね論文集に掲載された論文、及び共同研究報告活動テーマを抜粋したものを以下に示す。

2012年：「ばね鋼の遅れ破壊き裂進展の下限界応力拡大係数と遅れ破壊防止設計法」  
「X線によるばねの残留応力評価法研究委員会報告」

2011年：「過大予荷重効果によるばね鋼SUP9の遅れ破壊の阻止」  
「各種測定法による硬さの換算法に関する研究委員会活動報告」

2010年：「ショットピーニングしたばね鋼のねじり疲労強度と回転曲げ疲労強度の関係」  
「ショットピーニングにより無害化可能な表面欠陥寸法の破壊力学的評価」

最近の論文のテーマからキーワードとして目立つものが「遅れ破壊」と「ショットピーニング」であり、高強度材の活用で増加した遅れ破壊問題の評価・対策法の確立の必要性、疲労強度向上や低級材の表面改質などへのショットの積極的活用といった背景を窺うことができる。

##### 2. ばね工業会の標準化活動

日本におけるばね関係の規格・標準に関する業務をばね学会から引き継いだばね工業会は、新たに標準化会議、標準化推進委員会という組織を置いて業界規格であるJSMA規格の新設や改正及び見直しという作業を精力的に実施した結果、2000年の段階で8だった規格の数が、現在47まで増加している。その他にも自動車技術会の要素部会、車体・シャシー部会にも参画し、12のJASO規格の制定・改定に関与、加えて20のJIS規格についてもばね工業会が主務団体として携わっている。またISO国際規格に関しては日本が幹事国を務めるTC227において、2004年の創設以降4つの規格（「ばね用語」、「ばね記号」、「ショットピーニング」、「熱間成形圧縮コイルばね」）が完成し、現在も重ね板ばねの規格を作成中である。いずれの規格も発案は日本を含むアジア諸国でありこの地域の勢いが感じられる。今後は製品規格や試験評価の規格を新設していく予定であり、日本が積極的に規格のイニシアチブをとって、業界の利益となるグローバルスタンダードの成立を目指している。TC227の参加国も現在積極参加国であるPメンバー（Participating members）が14カ国、オブザーバー参加のOメンバー（Observing members）が6カ国の計20カ国で、そのうちアジア諸国が半分の10カ国でありここでも活動の主体が欧米からアジアに移りつつある。

#### むすび

以上述べてきたように日本のばね技術は、過去からの材料技術の進歩と設計製造技術の改善が車の両輪としてうまく噛み合い、現在も世界のトップレベルを維持している。但しばねの主な顧客である自動車や電機メーカー等のグローバル展開や部品の世界調達増加といった環境において、海外の競合メーカーの品質レベルは向上し、コスト競争力では日本を明らかに上回る状況になりつつある。

このような厳しい状況に対応していくためにも更なる技術開発・品質向上に努め客先ニーズに答える製品をタイムリーに提供する努力を継続する必要がある。



## Ⅱ. 需要家からみたばねの動向

### 1. 自動車

#### (大型トラックのエアサスペンション)

いすゞ自動車㈱ 車両設計第二部 持永圭一郎

#### まえがき

日本で自動車にエアサスペンションが採用され始めてから約50年経過したが、当初は、乗り心地向上の目的から、大型観光バスを中心に普及してきた。

その後、欧米でトラクタを中心にトラックへもエアサスペンションの採用が進み<sup>2)</sup>、日本においても乗り心地向上、荷傷みの防止の観点より、中大型トラックへの採用が拡大されてきている。本稿では、エアサスペンション化の解説を中心に、大型トラックのサスペンションについて簡単に述べる。

#### ◇ トラック用重ね板ばね

従来、トラックのサスペンションには重ね板ばねの使用がほとんどであった。道路事情の悪さ、バネ鋼の不均質もあり、枚数も10枚以上重ねたものが使用されていたが、現在ではそれらも改善され、なお且つ長距離輸送の増加による乗り心地向上の要求より、バネ定数の低減が求められるようになり、重ね板ばねの枚数も3～6枚程度になっている<sup>6)</sup>。

さらに重ね板ばねにおいても、従来は等板厚の重ね板ばね（マルチリーフスプリング）を使用していたが、最近は各板ばねをテーパ状に圧延した重ね板ばね（テーパリーフスプリング）を使用す

るようになった。テーパリーフスプリングは良路志向のバネで、主として軽量化の為採用が拡大されている。図1<sup>5)</sup>に同じ車両の前軸用バネをマルチリーフスプリングからテーパリーフスプリングに変更した例が示されており、この場合枚数が8枚から4枚になり、重量が約20%軽量化されている。

また、GFRP（ガラス繊維強化プラスチック）と金属板ばねとのハイブリッドタイプの重ね板ばね、樹脂ばねも開発された。これは図2に示される様に、1番リーフに従来と同様な金属板ばねを用い、2番3番リーフにGFRPの樹脂ばねを使用している。この例では、重量が約30%軽量化されている<sup>3), 7)</sup>。

#### ◇ トラック用サスペンションの構造

トラックのサスペンションをシステムとして見ていく。

図3<sup>6)</sup>は現在の大型トラックの重ね板ばねを使用した後軸のサスペンションの一例である、これは所謂トラニオン式サスペンションと呼ばれるも

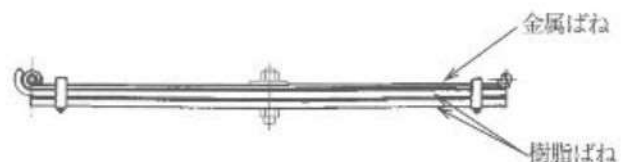


図 2 樹脂ばね

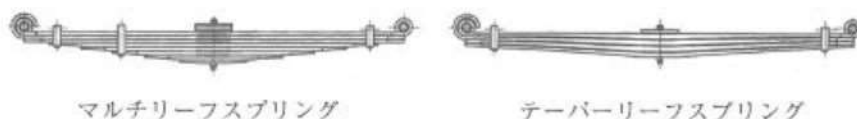


図 1 重ね板ばね

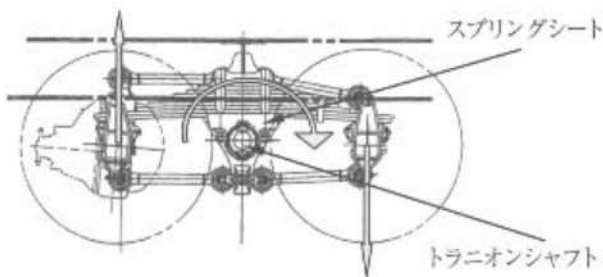


図 3 重ね板ばねの使用例 (大型トラックの後軸)

のである。大型トラックの場合、車両総重量が大きく一軸では荷重を支えきれない為二軸で支えているが、二軸の間に左右各1つの重ね板ばねを設けている。この重ね板ばねは、トラニオンシャフトと呼ばれる軸を中心にしてシーソーのように動くことができ、片軸が浮上がった場合、もう一方の軸を地面に押付ける様作用する為、不整地走行や段差乗越え等走破性に優れたサスペンションであり、現在でもダンプトラック、コンクリートミキサー等悪路走行の多い車両に採用されている。しかし、重ね板ばねの枚数、スプリングシート等鑄物製部品の使用により重量的には不利である。

#### ◇ トラック用エアサスペンションの登場

まえがきでも述べた通り、乗り心地向上の観点より大型観光バスではかなり早期からエアサスペンションの採用を進めていた。

一方トラックにおいては、'94の法改正以降最大車両総重量が20トンから25トンに引き上げられた。この荷重を支えるため、サスペンションのばね定数を増加させる必要が生じ、その結果荷台振動が悪化し荷痛みの増加、乗り心地悪化による乗

務員への影響が問題視されるようになった。そうした状況の下、日本においてもトラック用エアサスペンションの本格的な開発が始まった<sup>4)</sup>。

#### ◇ エアスプリングの構造

図4にエアスプリングの構造を示すが、上下の取付け金具(トッププレート、ピストン)とゴム製ダイヤフラムからなる。ダイヤフラムは、ナイロン等の繊維で補強された中間補強層と、両端部のビードワイヤーを内外層のゴムではさんだ構造であり、チューブレスタイヤと類似した構造となっている。エアスプリングは内部の空気の圧縮弾性を利用しており、エアスプリングそのものは単なる圧力容器である。

#### ◇ エアサスペンションの構造

図5に弊社で採用している後軸エアサスペンションの構造を示す。この方式は車軸1軸当り4個のエアスプリングで支える方式で、4バグエアサスペンションとよばれており、バネ下振動のフレームへの伝達を遮断している。エアスプリング自体には車軸の位置決め機能が無いためリンクに

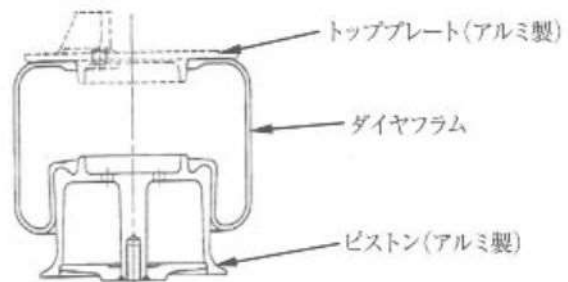


図 4 エアスプリングの構造 (大型トラック用)

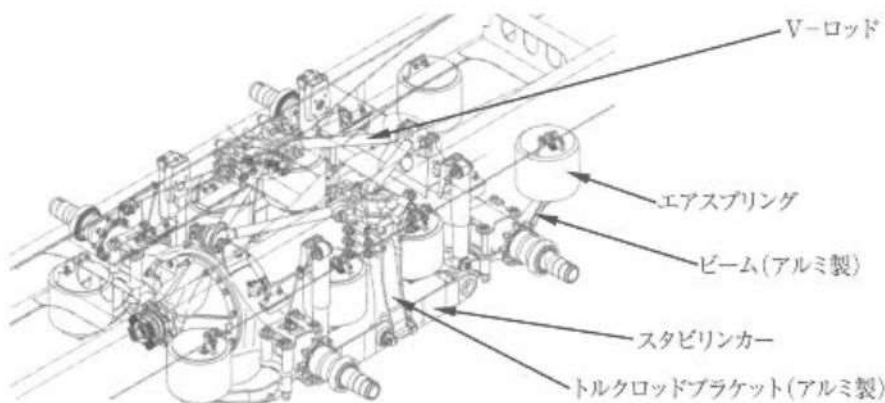


図 5 エアサスペンションの構造 (大型トラックの後軸)

より車軸支持を行うパラレルリンク式を採用している<sup>5)</sup>。

上側のリンクは2本をV字型に配し、横方向の入力に対しても剛性を持たせているV-ロッドを、また、下側のリンクは、リンクの機能とスタビライザー機能を合わせ持たせているスタビリンカーを使用している

当初、エアサスペンションは重量的にリーフサスペンション比不利といわれていたが、上記スタビリンカーの様に、機能統合部品の採用、アルミ部品の積極採用等により軽量化が図れる様になった。

#### ◇ エアサスペンションの特徴

荷台振動の軽減による荷傷み防止、乗り心地改善があるが、特にこれからのドライバーの高齢化、女性の進出を考えると、非常に効果が大きい。

その他に

##### ・車高の保持

空車・積車に係わらず車高を一定に保持できる。更に左右片側に偏って積載された場合にも、荷台を水平に保ち荷崩れ防止が図れる。

##### ・車高調整機能

エアスプリングのエアの給排気により車高の調整が可能でプラットホームの高さに合わせられ荷役性が改善される。

同様にトラクターの場合トレーラーとの連結・解放が簡単に行える。

##### ・発進補助機能

空車時や積載量の少ない時、駆動軸側のエアスプリングにエアを追加供給する事により軸重を増加させ、発進性を向上させる事が可能。等、振動軽減以外の効果も大きい。

何れも、車高センサーによりセンシングしながら車速データー等も取り入れ電子制御化されている<sup>4), 6)</sup>。

#### ◇ 今後の動向

現在エアサスペンション装着車は全出荷台数の6割強にまでなっている(大型トラック弊社'12年度出荷実績)。更に増加していくであろう。また、今回後軸のエアサスペンションを中心に述べたが、少数ではあるが全軸エアサスペンション装着車の割合も増えている。

今後、エアサスペンション制御をエンジン、ブレーキ制御等と組み合わせて操縦安定性のコントロールを行い、安全性向上に寄与していく様な方向へも進んで行くと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 清水武正、河村義人、空気ばね懸架装置について、自動車技術 (Vol24, No.8) 1970
- 2) いすゞ技報、71号、1984
- 3) いすゞ技報、74号、1984
- 4) いすゞ技報、100号、1998
- 5) 自動車技術ハンドブック 5 設計(シャシ)編、2005
- 6) トラックのすべて、GP企画センター、広田民郎、グランプリ出版、2006
- 7) テーパーリーフスプリング、株式会社スミハツ 技術資料

## 2. レール締結装置用ばねの紹介

丸上製作所 技術部 東村 公治

### まえがき

鉄鋼材料の用途としてレール締結装置用ばね（以下ばねという）を紹介します。ばねの使用目的は、鉄道軌道いわゆる線路のレールをまくらぎなどに締着させ軌間の保持やレールのふく進に抵抗するとともに、レール上を走行する車両から受ける上下左右方向の荷重と振動に抵抗して、これらの下部構造のまくらぎ、道床、路盤などに伝達するものです。つまりレールの機能を補助するための緩衝部品です。

### ◇ 種類及び材料

ばねの種類はレールを締結する対象により木まくらぎ用、PC（コンクリート）まくらぎ用、直結軌道（スラブ）用、及び鉄まくらぎ用の4種類に分けることができます。また、レール強度による種類や直線区間、曲線区間、橋上区間などの線路形状での区分があります。さらにこれらには板ばね及び線ばねが使用されており、板ばねには主にJIS規格G4801に規定するマンガンクロム系ばね鋼材料のSUP9平鋼が使用され、板厚5mm～8mm、板幅50mm～90mmの材料を熱間成形で製造しています。一方、線ばねには外国規格の材料（シリコンクロム系のばね鋼）が使用されており、16mm～20mmの丸棒を板ばねと同じく熱間成形で製造しています。

### ◇ 締結方式とばねの特徴

#### 1. 締結方式

レールをまくらぎに弾性的に締結する場合、単にレール底部を上から押え付けるのを一重弾性締結といい多くは木まくらぎにレールを犬釘で直接固定します。一方、レール底部の上下両面からばねで締付けるのを二重弾性締結といいます（図1参照）。レールの部分名称は頭部、中立軸部及び底

部の3箇所に分けられますが、ばねを用いる締結方法の殆どは二重弾性締結となっており、ばねはレール底部を上側から押え付けて取付けられレール底部の下面に軌道パッドというゴム製の板を装着して夫々の弾性を利用して二重弾性締結を行います（図2参照）。

#### 2. 板ばね

板ばねには締結用のボルト穴が設けられていて、これに締結用ボルトを通して木まくらぎの場合タイプレートという締結装置にねじの締付け力で締結され、さらにこのタイプレートは木まくらぎに犬くぎやねじくぎで固定されます（図3参照）。また、PCまくらぎにはコンクリート成型時に埋込栓と呼ばれるめねじが設けられており、そこに板ばねに貫通ボルトを用いて締結します。これらをねじ螺締方式といい、この方式には板ばね以外の締結部品と組合せの締結が可能になることと締付け力の調整が容易であることなどの利点がありますが、反面使用中にねじに緩みが発生する欠点があります（図4参照）。

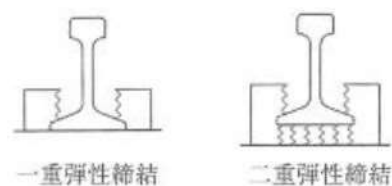


図 1 締結方式

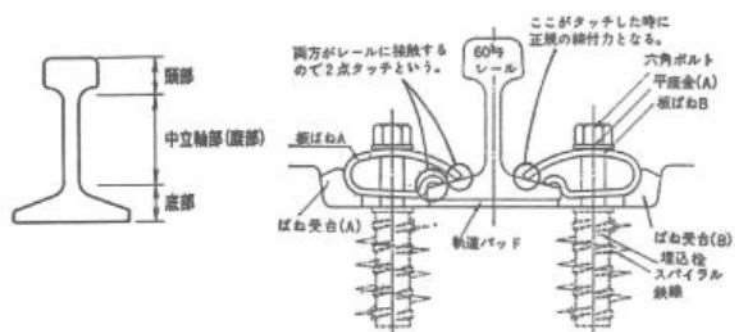


図 2 直結4型レールクリップ

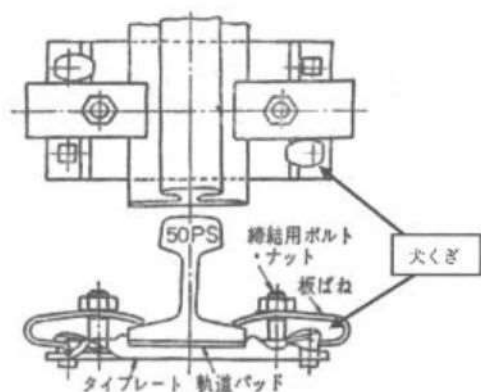


図 3 F形タイプレート

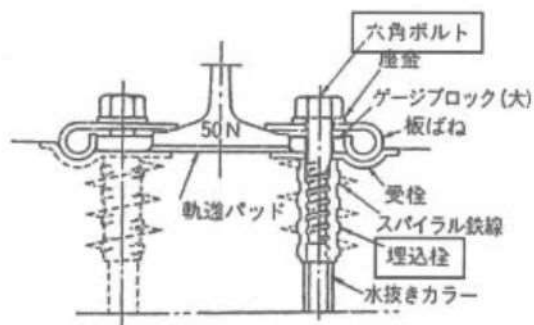
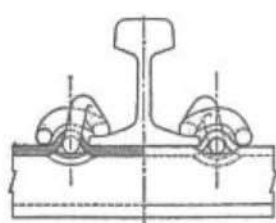
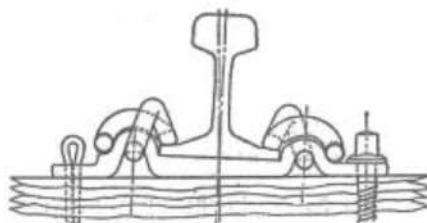


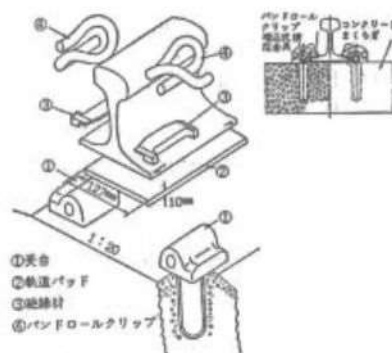
図 4 ねじ螺締方式



鉄まくらぎ用



木まくらぎ用



コンクリートまくらぎ用

図 5 バンドロール形締結装置

### 3. 線ばね

前述の板ばねに対し、棒鋼から製作したものを線ばねといいます。板ばねが曲げ弾性しかないのに対して、線ばねは曲げに加えてねじり弾性を利用できることから比較的大きな締結力が利用できる特徴があります。

また、現在締結装置として用いられている線ばねにはねじを使用しないバンドロール式があり、ねじを使わないことで締結後緩みがないのでメンテナンスの必要性がないことから近年この線ばねタイプが多く使用されるようになっていきます(図5参照)。

#### ◇ 製造工程

ばねの製作は図6に示す工程順序によって熱間で成形加工され熱処理して完成します。その後ショットピーニング加工を施して一般的に防錆処理として下塗りジンクリッチ錆止め塗装と上塗りフタル酸樹脂エナメル2重塗装を行います。

また、塩害区間やトンネル内で使用されるばねには防錆効果の高い溶融亜鉛めっきを施すものもあります。

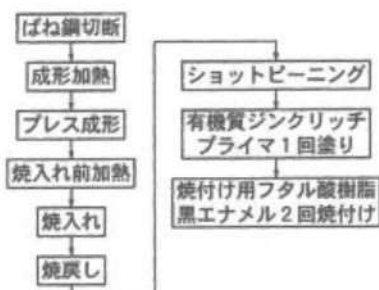


図 6 ばねの製作工程

#### ◇ レール締結装置用ばねに求められる今後の課題

ばねに要求される品質は、第一にレール締結目的を達成する強度や性能であることは前述のとおりですが、今後の軌道には環境安全性や省エネ省力化が強く求められています。現在も既存の路線を省力化軌道として変更が進められていますが、レール締結装置であるばねにはこのような要求を基に、更なる軌道の高強度化、長寿命化や保守点検等の省力化が課題となっています。

したがって、ばねにも材料の再開発、構造設計の見直し、及び敷設施工法に対する工夫が必要とってきています。

# Ⅲ. ばね材料の最近の動向

## 1. 熱間成形ばね鋼（線）

神戸製鋼所 技術開発センター 吉原 直  
線材条鋼開発部 線材条鋼開発室

### まえがき

熱間成形ばねはオーステナイト領域もしくはその近傍の高温域に加熱された鋼材をその温度域で成形し、その後焼入れ焼戻しされる製法のばねである。成形前にあらかじめ焼入れ焼戻しされた冷間成形ばねと比較し、高温の軟化された鋼材を成形するため成形性に優れ、加工ひずみが少ないため所定のばね特性を得やすい。しかし高温成形時の表面脱炭や疵の管理といった難しさもあり、成形速度や温度管理といった厳しい工程管理が要求される。

また熱間成形ばねには圧延された線材や棒鋼を引抜、矯正、切断した棒材を素材として使用されるが、圧延材の脱炭や疵といった表面性状が劣る場合には皮剥きや研磨といった処理が施される場合もある。

熱間成形して焼戻されたばねには通常、ショットピーニングが施される。ショットピーニングによりばね素線表層の圧縮残留応力を付与することで、表層で最大となる素線負荷応力を減らし疲労強度を向上させ、さらには表面疵や内部介在物といった欠陥に対する感受性も低減する効果がある。近年、冷間ショットピーニングから発展してショットピーニングの多段化や温間ショットピーニングが開発され、大きく深い圧縮残留応力を付与することで上述の効果をさらに増大させている<sup>1)</sup>。

熱間成形ばねは冷間成形が困難な大型のばねに適用され、特に自動車用のコイル懸架ばねが主要であるため、ここでは自動車用のコイル懸架ばねに適用される熱間成形ばね鋼の動向と今後の展望について述べる。

### ◇ 現状と最近の動向

近年の自動車の低燃費化や居住性および歩行者

保護の観点より懸架ばねの小型軽量化を目的としてばねの高応力化指向が強い。高応力化に対しては耐へたり性および耐久性の観点から、ばね素材の強度を上げる必要がある。しかし近年の寒冷地における融雪剤撒布量の増大も考慮すれば、単にばね素材の強度を上げるだけでは水素脆化や腐食疲労などの環境脆化感受性が著しく増大し、信頼性が悪化する懸念がある。そこで高強度と優れた環境脆化特性（主に腐食疲労特性）を兼備した最大せん断応力（ $\tau_{max}$ ）が1,200MPa級である鋼材が求められ、各合金元素が添加された特殊鋼が1995年頃より展開されている<sup>2)</sup>。また、さらに設計応力を100MPa向上した1,300MPa級の特殊鋼も考案され、実用化されている事例もある。

### ◇ 高強度化に向けた材料設計の考え方

懸架ばねに要求される特性として大気耐久性、耐へたり性および腐食疲労特性が挙げられる。大気耐久性および耐へたり性の向上にはばね素線の硬さを増加させる必要がある。ばね素線の硬さを高める手段としては、

①合金元素添加による方法

②熱処理条件の変更による方法

がある。焼戻し温度を下げることはばね生産工程上難しく、C、Si、Cr等の添加が必要となる。

腐食疲労特性の向上には腐食疲労の機構の理解が重要である。懸架ばねの腐食疲労の機構を図1に示す。まず飛び石などで塗装が剥がれてそこから融雪剤の影響で腐食ピットが発生し、ある程度の大きさに成長した際に腐食ピット底に応力集中し、疲労き裂が発生する。その後疲労き裂は進展するが、その際に腐食過程で発生した水素が腐食疲労を低下させると考えられている<sup>3)</sup>。

腐食ピットの大きさを低減する手段としては、

①合金元素添加による生成錆の非晶質化

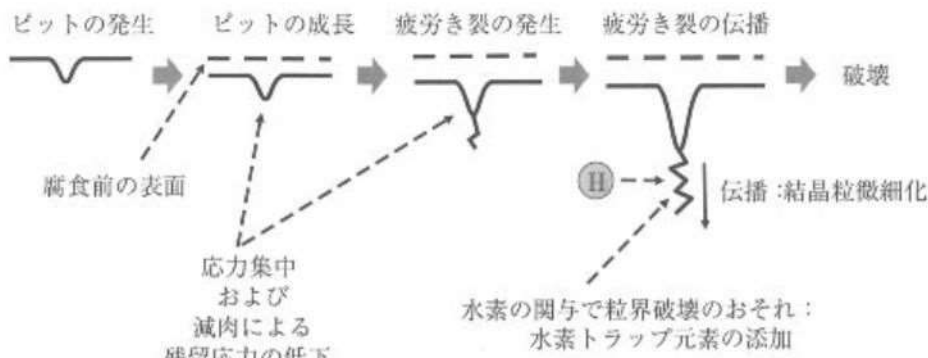


図 1 懸架ばねの腐食疲労の機構

が、高強度のみならず各自動車メーカ、ばねメーカの海外生産に対応したグローバルな材料調達、現地OEM生産も可能とするばね鋼も一つの要求品質となりつつある。そのため、材料設計の段階から各生産拠点における作り易さ、品質安定性も考慮し、二次加工やばね

②合金元素添加による腐食ピット底のpH増加がある。生成錆の非晶質化にはCr、Ni、Cu、Tiの添加およびC量の低減が必要となる<sup>4)</sup>。

水素脆化を抑制する手段としては、

- ①旧オーステナイト結晶粒の微細化
- ②炭化物等の析出物による水素トラップ
- ③結晶粒界の清浄化
- ④マトリックスの靱性向上

がある。旧オーステナイト結晶粒の微細化および炭化物形成のどちらにもTi、Vの添加が有効である。結晶粒界の清浄化には不純物元素であるP、Sの低減が重要である。またマトリックスの靱性向上にはSiの添加およびC量の低減が必要となる。

◇ 製造の課題

高強度化指向が高まるにつれ、材料には高応力付与に耐えるため表面、内部ともに厳しい品質が要求される。表面では脱炭、きずといった欠陥が、内部では介在物がばね性能に大きく影響する。これらの欠陥を除去、低減する取り組みが製鋼や圧延工程といったミルメーカのみならず、磨棒加工の二次加工メーカにおける品質保証でも重要となってくる。

最近の研究では図2に示すようにばね腐食疲労におよぼす鋼中Pの影響も解析され、旧オーステナイト結晶粒界へのP偏析による耐水素脆性の低下がばね腐食疲労に影響することが明らかとなった<sup>5)</sup>。

◇ 今後の展望

地球環境問題への対応としたばね小型化のための高強度材は今後も強く要求されるに違いない

メーカのプロセスに見合う性質を検討していく必要がある。また過剰な合金元素の添加はコスト、製造性を悪化させるのみならず、調達不安も懸念されるため、ますますばね鋼には総合力が求められるものと考ええる。

これらの点を踏まえた鋼材開発に邁進し、自動車製造業の発展に少しでも貢献していきたい。

参考文献

- 1) A. Tangeら：Materials science and technology vol.18 (2002) p642
- 2) 久保田ら：ばね論文集第58号 (2013) p1
- 3) Atsushi Inadaら：Kobelco Technology Review 21号 (1998) p21
- 4) 石川ら：材料と環境 52号 (2003) p140
- 5) 吉原ら：神戸製鋼技報 56号 (2006) p51

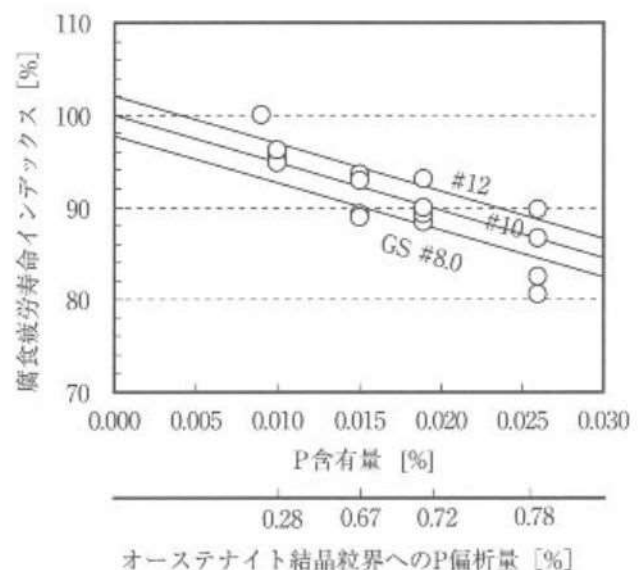


図 2 P含有量およびオーステナイト結晶粒度の及ぼす腐食疲労への影響

## 2. 熱間成形ばね鋼（板）

愛知製鋼株式会社 水野 浩行  
技術開発部 第1開発室

### まえがき

熱間成形ばねは、大きく線ばねと板ばねに分けられる。熱間成形の板ばねは、矩形断面をもつばね平鋼を高温に加熱して板ばねに成形し、その後焼入焼もどしを施して所定のばね特性を得るばねであり、代表的な製品としては自動車・トラックの懸架用重ね板ばねがある。以下にトラック用重ね板ばねに使用されているばね鋼とその製造プロセスについて現状と最近の動向を紹介する。

### ◇ ばね平鋼の生産量推移

図1に国内ばね平鋼の生産量推移<sup>1)</sup>を、また、図2に国内トラック（普通、小型、軽4輪）の生産台数推移<sup>2)</sup>を示す。ばね平鋼の生産量は、2009年には37万tであったのに対し、2008年以降は10万tを下回っており、重ね板ばねが使用されているトラックの生産台数の減少に伴い、ばね平鋼の生産量も減少傾向にある。

### ◇ 重ね板ばねに使用されるばね鋼

#### 1. 規格鋼

重ね板ばねではJIS規格等によって規定されている規格鋼が主に使用されている。現在、JIS G 4801（ばね鋼材）には8種類のばね鋼が規定されているが、重ね板ばねに使用されている主な鋼種は、SUP9、SUP9A、SUP10、SUP11Aの4鋼種

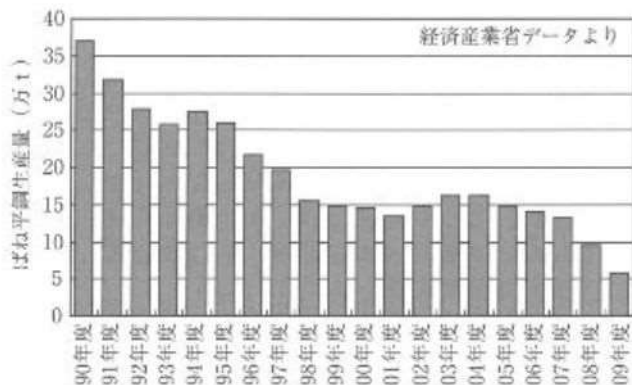


図1 ばね平鋼の国内生産量推移<sup>1)</sup>

である。マンガンクロム鋼のSUP9、SUP9Aは、最も広く使用されており、SUP9AはSUP9に対して焼入性を向上させた鋼種である。クロムバナジウム鋼のSUP10は、V添加による結晶粒微細化および低Cにより、高硬度域の靱性に優れ、高強度を要求される板ばねに使用される。マンガンクロムボロン鋼のSUP11Aは、SUP9AにBを添加した鋼種であり、焼入性が高いため、大型の重ね板ばねに使用されている。その他、クロムモリブデン鋼のSUP13があり、焼入性に非常に優れるため、大物のコイルばねや板ばね等に使用されている。これらの鋼種の焼入性は、SUP13>SUP11A>SUP10>SUP9A>SUP9の順に高い。尚、海外規格のばね鋼については、本誌62巻3号(2013年5月)に紹介されているので、そちらを参照されたい。

#### 2. 開発鋼

環境問題、輸送効率向上、経済性、信頼性向上等、トラックに対するニーズには様々なものがある。トラックの構成部品である重ね板ばね及びその材料においても、それらのニーズに対応すべく開発が進められている。重ね板ばね用鋼の開発事例を以下に紹介する。

##### (1) 高強度ばね鋼

トラック用重ね板ばねは比較的重量が大きいいため、その軽量化をはかることは、燃費向上、輸送効率向上（積載重量増）等に対して有効である。重ね板ばねの軽量化手法としては、ロングテーパ

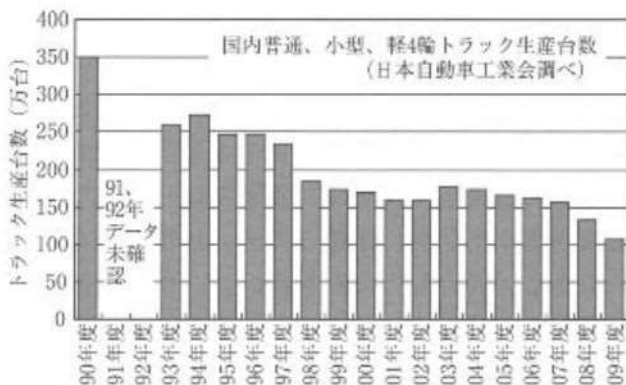


図2 国内トラック生産台数推移<sup>2)</sup>



ーリーフ化や、厚板化して枚数を減少させる方法があるが、これには材料の高強度化や焼入性の向上が必要となる。これに対応するため、SUP10をベースにC、Mn、Crを増量して強度、及び焼入性を向上させた鋼種が開発されている<sup>31</sup>。また、SUP10に対してNbを添加して強度と靱性の向上をはかった鋼種も開発されている<sup>41</sup>。

#### (2) 耐食ばね鋼、耐遅れ破壊性ばね鋼

輸送距離の長距離化、メンテナンスコスト低減、保証期間延長等の面から、トラック及び部品に対する信頼性向上が強く望まれている。しかし、材料の高強度化が進むにつれ、腐食疲労や遅れ破壊といった重ね板ばねの信頼性を低下させる現象が懸念されるようになり、腐食疲労強度や耐遅れ破壊性に優れたばね鋼が要求されるようになってきた。これに対応するため、従来鋼SUP11Aに対して靱性向上のため低C化、耐食性向上のためNi、Cu添加および高Cr化をはかり、耐食性、腐食疲労強度を向上させた鋼種が開発された<sup>33、53</sup>。また、遅れ破壊に対しては、Cr、Mo増量および、Mn、P、Sの低減、結晶粒微細化元素添加により遅れ破壊特性を改善した鋼種が開発されている<sup>61</sup>。

### ◇ 製造プロセス

#### 1. ばね平鋼の品質改善の取り組み

重ね板ばねは、400HVを超える高硬度で使用され、圧延材の表面がそのまま板ばね製品の表面として使用される。また、曲げ荷重によって表面に最大応力が負荷されることから、素材であるばね平鋼の脱炭、表面きずなどの表面品質は極めて重要である。

脱炭は鋼片加熱工程での進行が大きい。脱炭抑制のため、加熱炉にて低温加熱した後、誘導加熱炉にて所定の温度まで加熱することにより、高温域での加熱時間を短縮する技術が実用化している<sup>71</sup>。

表面きずについては、発生側の対策もさることながら検査による保証が重要である。しかし、ばね平鋼の表面きず検査は、棒鋼では一般的な漏洩磁束探傷が形状的に困難なため、目視検査が一般的である。安定した欠陥検出には、検査機器による探傷が望ましく、その取り組みとして、超音波を利用した表面波探傷、及びフェイズドアレイによる斜角探傷によって、ばね平鋼の表面と内部の

欠陥を検査・保証する工程が実用化されている<sup>81</sup>。

#### 2. 重ね板ばねの高強度化の取り組み

重ね板ばねの高強度化に対しては、材料開発だけでなく、製造プロセス開発も進められており、改良オースフォーミング(MAF)と呼ばれる加工熱処理技術が実用化され、重ね板ばねの軽量化および疲労強度向上に効果をあげている<sup>91</sup>。また、ばねの高強度化に伴い、材料の欠陥感受性が高くなる傾向にあり、近年ではショットピーニングにより、表面の材料欠陥を無害化する研究が進められている<sup>101</sup>。

### ◇ 今後の課題

先に述べたように、近年国内トラック市場の縮小の影響等により、重ね板ばねの素材となるばね平鋼の国内生産は減少傾向にある。一方、海外新興国市場では、ピックアップトラックをはじめ、自動車・トラック市場の拡大が予想されており、重ね板ばねおよびばね平鋼の需要は今後も伸びるものと考えられる。このような中、海外市場においては安価な海外ばね平鋼が数量を拡大しており、さらに低コストを武器に国内市場にも流入が始まっている。今後もその傾向は続くと考えられ、競争激化の中、日本のばね平鋼が生き残っていくためには、生産性向上、歩留向上といった地道な原価低減活動はもちろん、鋼材+製造プロセスの最適組み合わせによるトータルコスト低減などによりコスト競争力を確保していくことが重要であり、更に高強度・軽量化ニーズに対応した材料開発や製造プロセス開発を推進することにより、海外材との差別化をはかっていくことが重要と考える。

### 参考文献

- 1) 経済産業省生産動態統計より
- 2) 日本自動車工業会データベースより
- 3) 杉本淳：ばね技術研究会会報、392 (2004)、3077
- 4) Yoshiaki Kurihara, Soichi Takasaki, Motokazu Kobayashi, Ryuichiro Ebara, Yoshikazu Yamada, Yukitaka Murakami：三菱製鋼技報、27 (1993)、9
- 5) 黒木俊昭、杉本淳、甲斐和憲：日野技報、54 (2002)、75
- 6) 坂本雅紀：ばね技術研究会会報、390 (2004)、3061
- 7) 松江活人、林勇二：愛知製鋼技報、13 (1993)、27
- 8) 澤清和：愛知製鋼技報、28 (2011)、23
- 9) 大森宮次郎、田中忠賢、齋藤勉、田中大麓：熱処理、30 (1990)、99
- 10) ばねの高強度・信頼性化技術研究委員会：ばね論文集、56 (2011)、49

### 3. 冷間成形ばね鋼（線）

新日鐵住金 株 宮本 裕 嗣  
棒線技術部 棒線商品技術室

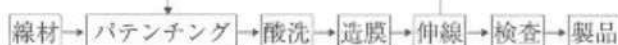
#### まえがき

冷間成形ばねは、加熱後ばね加工したのちに焼入れ・焼戻しを行い焼戻しマルテンサイト組織にする熱間成形とは異なり、ばね加工前の鋼線の状態で、製品として必要な強度に調整される。強度の調整には、パーライト組織とした後に伸線し加工硬化により高強度化する方法や、熱間成形と同様に焼き戻しマルテンサイト組織により強度を上げる方法などがある。また、必要強度に調整された後にばね加工するため、強度と合わせて加工性も必要とされる。そのため、冷間成形ばね用鋼線は加工性を確保しやすい小型ばねでの用途が多い。ここでは、伸線型のピアノ線・硬鋼線と熱処理型のオイルテンパー線について、その特徴及びその最近の動向についても一部紹介する。

#### ◇ 硬鋼線・ピアノ線

硬鋼線とピアノ線は材料の基本成分からいえば同じ種類だが、その母材である線材への要求が異なる。ピアノ線材は、硬鋼線材と比較して、P、S、Cuなどの不純物が厳しく管理されており、また線材のきず、脱炭についてもピアノ線材では腐食試験の結果、きず深さ0.1mm以上あってはならず、脱炭試験の結果も0.07mm以下ではなくてはならないが、硬鋼線材にはこのような規定はない。また、素材の差だけではなく、製品規格としても、引張強さ、捻回値、きず、脱炭、線径について、ピアノ線は硬鋼線に対して厳しく規定され

ピアノ線・硬鋼線



弁ばね用ピアノ線 V種



図 1 ピアノ線・硬鋼線の製造工程例

ている。

硬鋼線はベッドのばね、椅子のばね、はかりのばね、スイッチのばねなど、比較的軽度な負荷で、繰り返し使用数の少ないばねに用いられ、我々の身のまわりにある多くのばねがそれである。

硬鋼線は、JIS G 3521によると、その引張強さによってA種、B種、C種に分類されているが、引張強さの小さいA種は金網、フェンス、シート棒などにも使われる。

ピアノ線は、楽器のピアノの弦として、強靱で機械的性質に優れた高級高炭素鋼線が使用されたことに由来し、ばねとして必要な諸特性が安定して優れているため、ばね用に採用される中で本来の楽器用途を凌ぐ需要になった。ピアノ線には、弁ばね用ピアノ線、ばね用ピアノ線、楽器用ピアノ線などがあり、引張強さ、巻付け性、ねじり特性、曲げ性、線径及びその許容差、外観、きず・脱炭層の表面状態などからA種、B種、V種に規定されている。

V種は自動車、船舶、農機具用の弁ばねに、A種、B種は、自動車のクラッチ、ブレーキなどの重要部品、電気機器、電子機器、工作機械、建設機械等の部品ばね、その他の高級ばねとして用いられている。図1にピアノ線・硬鋼線の製造工程例を及び、表1にピアノ線材と硬鋼線材の化学成分の例を示す。

#### ◇ オイルテンパー線

オイルテンパー線は、弁ばね用オイルテンパー線とばね用オイルテンパー線に分類される。ピアノ線と比較すると、耐疲労性と耐へたり性で優れているため、特に耐久性が必要なばねにオイルテンパー線が多く用いられる。弁ばね用オイルテンパー線は、要求品質の高い自動車エンジンの弁ばねやクラッチ、トランスミッション系のばねに使用される。これらのばねは、数千万回以上も負荷を

表 1 ピアノ線材と硬鋼線材の化学成分規格 (単位%)

種類記号	化学成分					
	C	Si	Mn	P	S	Cu
SWRS 82A	0.80~ 0.85	0.12~ 0.32	0.30~ 0.60	0.025 以下	0.025 以下	0.20 以下
SWRH 82A	0.79~ 0.86	0.15~ 0.35	0.30~ 0.60	0.030 以下	0.030 以下	-

受けることがあるため、非金属介在物や表面きずが起点となり疲労破壊する恐れがある。そのため、製鋼段階で、非金属介在物をコントロールし、表面きず、脱炭などを除去するために、皮むきが行われる。かつオイルテンパー線の最終工程では、渦流探傷による表面きず検査も実施される。

自動車の燃費向上への要求が高まる中で基本成分にNi、Cr、V等を添加し高強度、軽量化を図る鋼種の開発も図られてきた。

また熱処理方法としては、高周波誘導加熱による熱処理も拡大しつつある。高周波誘導加熱は急速短時間加熱のため、表面脱炭に優位であり結晶粒が微細化するという特徴があるが、電力コストや生産性なども考慮し必要に応じて使い分けされ

ている。図2にオイルテンパー線の製造工程例を及び、表2にJISのオイルテンパー線の種類と化学成分を示す。

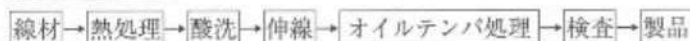
### むすび

為替変動などの影響もあり自動車部品の製造は海外シフトが進んでいる。弁ばねのような、極めて高い品質が要求されるばね材の製造は、国内の製造メーカーに依存する部分も多いが、品質対応力はもちろんコスト競争力とグローバル対応力も重要となっている。また、ハイブリット車、電気自動車などのエコカーに要求される特性の変化を注視しつつ、更なる効率化を追求した素材—ばね加工までのサプライチェーン全体の取り組みも加速するものと思われる。

### 参考文献

- 1) ばね用材用とその特性 ばね技術研究会編。
- 2) 線材製品読本、改訂第4版。
- 3) ばね 第4版 日本ばね学会編。

#### 懸架ばね用工程



#### 細径一般ばね用工程



#### 弁ばね用工程

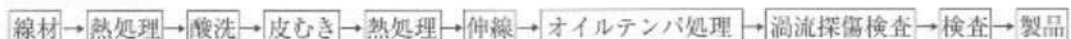


図 2 オイルテンパー線の製造工程例

表 2 JISに規格化されているオイルテンパー線

規格	規格	記号	化学成分 [mass%]								
			C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	V	
一般ばね用	ばね用炭素線 オイルテンパー線	SWO-A	0.53~ 0.88	0.10~ 0.35	0.30~ 1.20	0.040 以下	0.040 以下	-	-	-	
		SWO-B	0.53~ 0.88	0.10~ 0.35	0.30~ 1.20	0.030 以下	0.030 以下	-	-	-	
	ばね用シリコンクロム鋼 オイルテンパー線	SWOSC-B	0.51~ 0.59	1.20~ 1.60	0.50~ 0.90	0.035 以下	0.035 以下	0.55~ 0.90	-	-	
		SWOSM-A SWOSM-B SWOSM-C	0.56~ 0.64	1.50~ 1.80	0.70~ 1.00	0.035 以下	0.035 以下	-	0.30 以下	-	
弁ばね用	弁ばね用炭素鋼 オイルテンパー線	SWO-V	0.60~ 0.75	0.12~ 0.32	0.60~ 0.90	0.025 以下	0.025 以下	-	0.20 以下	-	
		弁ばね用クロムバナジウム鋼 オイルテンパー線	SWOCV-V	0.45~ 0.55	0.15~ 0.35	0.65~ 0.95	0.025 以下	0.025 以下	0.80~ 1.10	0.20 以下	0.15~ 0.25
			SWOSC-V	0.51~ 0.59	1.20~ 1.60	0.50~ 0.80	0.025 以下	0.025 以下	0.50~ 0.80	0.20 以下	-

## 4. 冷間圧延ばね用鋼帯

日本金属協会 専務取締役 やま ぎさ かず まさ  
山崎 一正

### まえがき

“冷間圧延ばね用鋼帯”の動向に関しては、「冷間成形ばね鋼（帯）」、「冷間加工ばね鋼（鋼帯）」などとその名称は異なるものの、本誌において過去数回にわたって取り上げられている。今回は、前報（2005年9月号）以降の動向について述べる。

### ◇ 需要の変遷

冷間圧延された「ばね用鋼帯」そのものの製造実績、販売実績をまとめた統計はなく、以前には磨帯鋼振興会がまとめた資料からその大まかな動向がつかめたが、磨帯鋼振興会が解散して以降、「冷間圧延ばね用鋼帯」としての統計を収集することは困難となっている。そこで、経済産業省の鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計年報から「うす板ばね」の販売量の推移を見たものが図1である。この統計に「ばね用ステンレス鋼帯」は含まれていないが、冷間圧延ばね材の大まかな動向はつかめる。2008年後半に起きたリーマンショックの影響で2009年に販売量が30%ほど落ちているが、その後持ち直してきている様子がうかがえ、冷間圧延されたばね材の需要には根強いものがある。

特殊鋼では、その用途は自動車が主で、堅調な需要が続いているが、ステンレス鋼帯では、後に

触れるように製品、特に電気製品の需要動向によりその用途は変遷しており、需要構造は変化している。

### ◇ ばね用鋼帯の規格

ばね用炭素鋼帯は、みがき特殊鋼（JIS G3311で規格化されている）に各種の調質（焼きなまし、冷間圧延まみ、焼入焼戻し、オーステンパ）を施したもので、JISではG4802で規格化されている。JIS G4802は2011年にISO 4960との整合性を高めるために改訂されている。記号としては、例えばS70C-CSP Rのように、鋼種を表す記号（S70C）、ばね用冷間圧延材であることを表す記号（CSP）、調質区分を表す記号（R）から構成されている。

ばね用ステンレス鋼帯としては、JIS G4313で規格化され、特殊鋼と同様にISO 6931-2を基に2011年に改訂された。ばね用ステンレス鋼帯は主として冷間圧延による加工硬化を利用して硬さが高められ、加工度の低い1/2Hから、3/4H、H、EHと加工度が高くなり、最も加工度の高いSEHまであり、それぞれの鋼種ごとに硬さが規格化されている。

### ◇ 要求品質・技術の動向

冷間圧延ばね用炭素鋼は、自動車用としてはガ

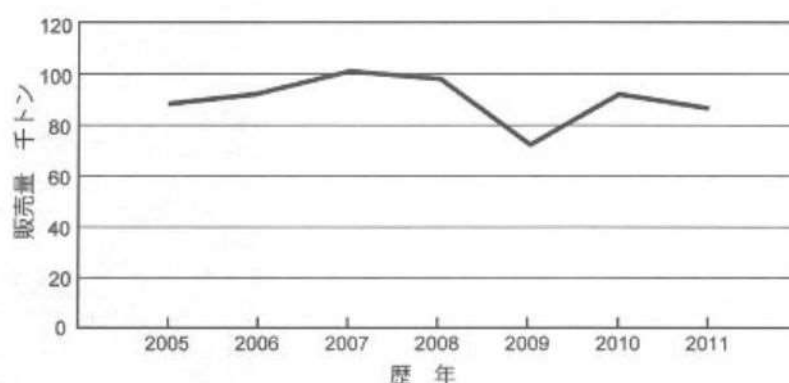


図 1 うす板ばねの販売量の推移  
(出典：経済産業省生産動態統計調査 鉄鋼・非鉄金属・金属製品統計 鉄鋼 年計表)

スケット、ホースバンド、ブレーキパッドクリップ、リトラクタゼンマイなど、刃物としてカッター刃、メタルバンドソー、トムソン刃、カミソリ刃など、機械構造用としてバランサーゼンマイなどに適用されている。

冷間圧延ばね用ステンレス鋼帯は、主に精密電子機器に採用され、FPC(フレキシブル・プリント・サーキット)の補強板、電子機器の基板にハンダをのせるためのメタルマスク、ハードディスク内の各種部品(トップクランプ、サスペンション、ベースプレートなど)、キーボード・スイッチ類の各種ばねおよびメタルディスク、コピー機のトナーブレード、除電針、電子機器を接続するためのコネクタなどに適用されている。

以下、主な用途の動向について述べる。

### 1. 自動車エンジン・排気系部品

自動車のエンジンでは、燃費向上のためリーンバーン化が進み、排気ガスの温度が上昇している。このため排気ガスケットの温度は、400℃を超えるまでに高温化している。この高温に耐えるために従来の加工誘起マルテンサイトと加工硬化を利用したSUS301-EHに変わって、高温強度に優れた超高空素ステンレス鋼が開発され<sup>1)</sup>、実用化されている。また、シリンダーヘッドガスケットとしても、結晶粒を微細化し、ばね特性と疲労強度を高めたステンレス鋼が実用化されている<sup>2)</sup>。

### 2. ゼンマイ

最近、省エネの観点からゼンマイが見直されている。たとえば、工場のマテハン(材料、製品の

運搬、移動)にゼンマイを使用したスプリングバランサーが見直され、その採用が拡大している。また、非常用電源としてゼンマイ駆動式懐中電灯・ラジオが普及し始めている。今後も、各分野でゼンマイの見直しが進むものと考えられる。

### 3. 電子機器

図2に最近の携帯電話機、ハードディスクの生産量の推移を示す。電子機器においては、ステンレスばね材が多く使用されており、その需要動向がステンレスばね材の生産に大きく影響している。

携帯電話機では、従来機が2007年をピークにその生産量は漸減している。これに対し、スマートフォンは急激に生産量を伸ばし、2013年には従来機と逆転すると見られている。

ハードディスク(HDD)では、順調にその生産量が伸長している。2011年でやや頭打ちの傾向が見られるが、その後はさらに伸びることが予測されている。

以下、各電子部品におけるばね材の需要に及ぼす影響について述べる。

#### (1) HDD

小型携帯機器では、記憶媒体はHDDからSSD(Solid State Drive)に移行したが、パソコン、サーバー向けには根強い需要があり、堅調な伸びが期待されている。図3にはばね材が適用される部位を示す。高い板厚精度、平坦性が要求され、今後

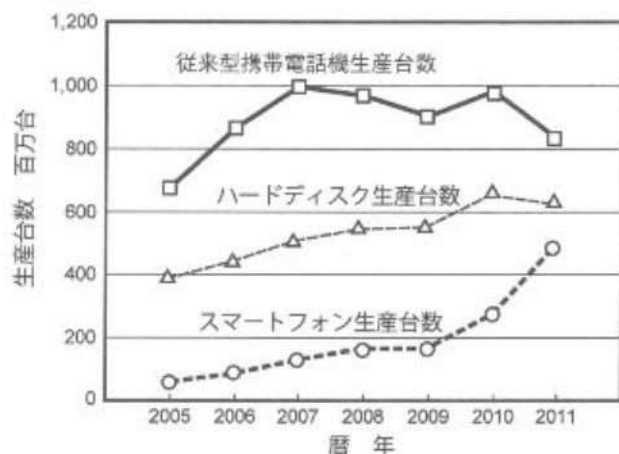
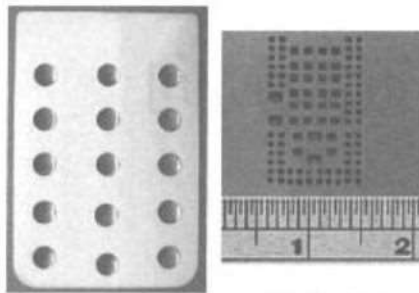


図 2 世界の携帯電話機・ハードディスクの生産台数 (出典: 電子機器年鑑(中日社))



図 3 ハードディスク・ばね材適用部品



ドームスイッチ      メタルマスク

図 4 ステンレスばね材の用途

ともHDD部品の主要部位を担うものと考えられる。

### (2) コネクタ

一般的には銅合金にニッケルめっきなどが施されて使用されるが、最近の携帯機器の小型化、基板の低背化にともない、小型で背の低いコネクタが必要とされ、ステンレスばね材の適用も始まっている。薄手で強度が高い点が評価され、今後の適用範囲も広がっていくものと考えられる。

### (3) スイッチ

電子機器の各種スイッチには、ステンレスばね材が多用されている。全体的には、電子機器の伸長とともにその数量は伸びる傾向にあるが、部品によっては盛衰もある。例えば、図4に示すメタルドームシートは、携帯電話の普及とともに数量を伸ばしてきたが、スマートフォンにおけるタッチパネルの拡大とともに生産は減少傾向にある。ドームスイッチでは、適正なクリック感を得るた

めに極めて高い板厚精度が要求され、この要求に応えるために生産者の能力も大幅に向上してきており、この高い精度が適用された材料がその他の分野へ波及することが期待されている。

### (4) エッチング用途

図4に示すメタルマスク（基板にハンダを塗布する際に使用）にもステンレスばね材が適用されている。板内に不均一な残留応力が存在すると、エッチングにより孔があげられて部分的に残留応力が解放されるので、エッチング後に板が反るといった問題が生じる。この問題を解消するために、適正なレベラー処理が行われたり、ひずみ取りの熱処理（テンション・アニール）が行われ、適正な材料が提供されている。

## むすび

冷間圧延ばね用鋼帯は、重量で見るとその量は拡大していないが、高強度化、薄手化が進み、自動車産業の海外進出、電子機器の世界中への普及にともない適用部品数では拡大が続いている。今後とも限られた量の中ではあるが、その品質の向上と用途の拡大が図られて行くものと期待できる。

## 参考文献

- 1) 鉄鋼年鑑（鉄鋼新聞社刊）平成18年度版（2006）、P258、12行目
- 2) 鉄鋼年鑑（鉄鋼新聞社刊）平成18年度版（2006）、P259、31行目

# IV. 各種ばねの最近の動向

## 1. 懸架コイルばね

日本発条株式会社  
ばね生産本部 開発部 丹後公一

### まえがき

現在、乗用車の懸架用ばねとして、コイルばねが主に用いられている。懸架コイルばねは燃費や乗り心地の向上のため、軽量化が常に望まれている。

一方、懸架用コイルばねに要求される特性として、(1) 耐久性、(2) 腐食耐久性、(3) 耐へたり性が挙げられる。(1) 耐久性は腐食を生じない環境下での疲労特性(大気疲労強度)を示し、(2) 腐食耐久性は融雪剤をはじめ塩害などの腐食環境下での疲労強度(腐食疲労強度)を示す。また、(3) 耐へたり性は、使用環境(荷重)下でのばね高さの変化(低温クリープ)を示す。

懸架コイルばねは、これらの特性を満たし、さらに軽量化のニーズに応えるべく、材料の開発、工法の開発が行われてきている。

本章では、懸架用コイルばねの技術動向について紹介する。

### ◇ ばねの技術動向

懸架コイルばねの軽量化は、ばねの高応力化によるところが大きい。図1にコイルばねの設計応力の変遷を示す。1975年前後まで、ばね用材料として、SUP6が使われており、設計応力は900MPa程度であった。しかし、1980年ごろ、SUP6より高Siの成分となるSUP7を用いることで、耐へたり性を向上させ<sup>1)</sup>1,000MPaで設計されるようになった。その後、温間セッチングによる耐へたり性の向上により1,100MPaでの使用が可能となった。また、このころ温間ショットピーニングも適用されるようになり、ショットピーニングによる耐久性も向上している<sup>2)</sup>。

さらに、90年にCAFE規制による軽量化ニーズが強くなり、高強度・高靱性のばね鋼(0.4C-2.5Si-2Ni-0.8Cr-0.4Mo-0.2V)が開発され<sup>3)</sup>、ショットピーニングの技術も用いることで1,300MPaの設計応力となった。しかし、その後コスト重視へと流

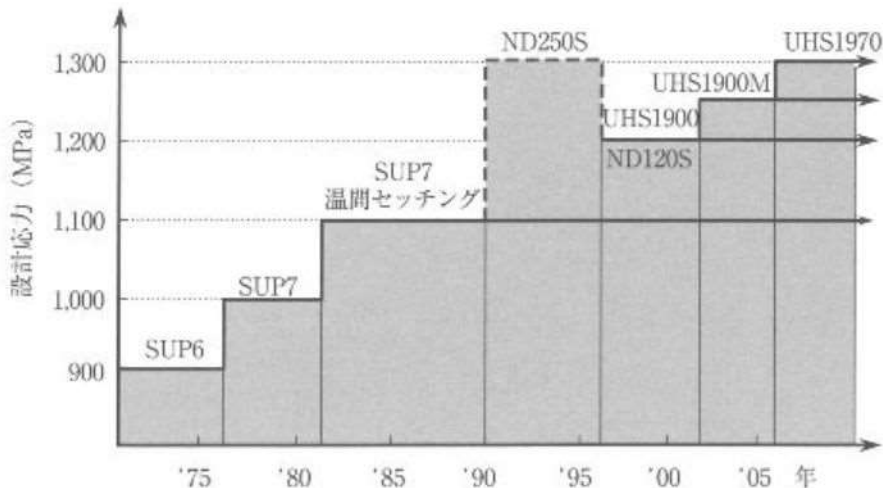


図 1 コイルばねの設計応力の年代別推移

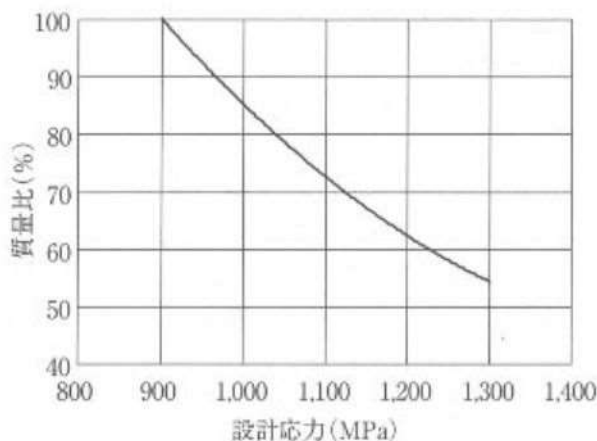


図 2 コイルばねの設計応力と質量の関係

れが変わっていき、成分の見直しが行われ、1,200 MPaの設計応力が現在主流となっている。図2にコイルばねの質量と設計応力の関係を示す。1,200 MPaで設計されたばねは、設計応力が900MPaのときとくらべ、重量で38%の軽量化が実現可能となる。

さらに2000年以降では、設計応力1,200MPa用材料の成分をアレンジし、設計応力1,250MPa、1,300MPaのばねも使用されるようになってきている。

#### ◇ ばね用材料について

懸架ばねの耐久性向上には、材料の高強度化が必要である。そのため、設計応力を900MPaから現在の1,200~1,300MPaへの高応力化にともない、材料強度は引張強度で1,700MPaから1,900~2,000 MPa程度へ変わってきた。耐へたり性についても、材料の高強度化が非常に有効にはたらく。しかし、もう一つ重要なばねの特性である腐食耐久性については、材料の高強度化により、腐食ピットに対する切り欠き感受性や水素脆性などが懸念されるようになる。

そのため、材料開発として、耐食性や耐水素脆性も考慮する必要がある。耐食性向上のために有効な添加元素としてCu、Ni、Crなどが添加される。一方でCは、耐食性を下げてしまうため、低C化も適用される場合がある。また、耐水素脆性向上のために、炭化物形成により拡散性水素のトラップに効果のあるTiの添加、結晶粒を微細化するTiやV、もしくはTiとVの複合添加<sup>4)</sup>、粒界の強化

に有効なBの添加などが行われている。

ただし、これら耐食性、耐水素脆性を向上させる元素も、ただ添加すればよいというものではないことが、わかってきている。Crは耐食性を向上させるものの、形成される腐食ピットの深さは深くする傾向がある。また、耐遅れ破壊に良いとされるVに関しても、腐食ピットを深くする傾向がある。よって、これらの元素の過剰添加は、腐食ピット底での応力集中を生じやすくさせ、腐食耐久性を下げてしまう。そのため、腐食耐久性を向上させるためには、総合的に考えて材料成分を設計する必要がある。

懸架コイルばねの性能として、耐食性の向上が要求される一方で、高応力化にともない、脱炭、非金属介在物、材料キズも重要視される。

脱炭は材料表面の強度を低下させてしまうため、ばねの耐久性を低下させる要因となる。非金属介在物は材料内部に存在するが、ばねの表面をショットピーニングで強化しているため、ショットピーニング効果の及ばない内部で、これらの介在物を起点として折損することもある。また、表面の材料キズは、小さいものであればショットピーニングにより無害化することもできるが、ある程度大きいキズでは折損の起点となり、早期折損をもたらす。

これらのように、懸架コイルばね用材料は、腐食耐久性向上のための成分設計とともに脱炭、非金属介在物、表面キズも含め、技術開発がなされている。

#### ◇ ばねの工法について

ばねの高応力化のために、材料の開発が常に行われているが、冒頭にも述べたように高応力化達成のために工法の開発も行われている。

その一つとして、ショットピーニングは、耐久性、腐食耐久性の向上のために、非常に有効な技術である。ショットピーニングは、鉄やセラミックなどの無数の小さな粒をばねの表面に衝突させ、ばね表面を塑性変形させる加工方法である。このショットピーニングを行うことで、ばね表面には圧縮残留応力が付与され、ばねの疲労などによるき裂の生成、進展を抑制することができ、耐久性を向上させる。ショットピーニングによる圧



縮残留応力は、腐食ピットにより生じる応力集中部のき裂進展を抑制する効果もあるため、ばねの腐食耐久性も向上させる。また、同様にショットピーニングによる圧縮残留応力は耐水素脆性にも効果を示す<sup>5)</sup>。

そのため、より大きな圧縮残留応力をばね表面に付与することを目的とし、温間ショットピーニング、2段ショットピーニング、ストレスショットピーニングなどが開発され適用されている。

一方で、耐へたり性については、材料の成分や強度だけでなく、セッチングにより向上する。セッチングは、使用応力よりも高い応力をばね製造時に負荷することで、あらかじめばねを塑性変形させ、ばねの使用時の弾性変形域を広げ、低温クリープを抑制する技術である。さらに耐へたり性を向上させるため、ばねの温度の高い状態でセッチングする“温間セッチング”という技術が適用されるようになり、高応力化に貢献している。

#### ◇ 懸架コイルばね、および 懸架コイルばね用鋼の取り組み

近年、日系カーメーカーは世界各地に生産工場を展開している。そのため、為替の影響、安定供給、輸送費などの観点から、ばねメーカーも世界各地に工場が展開されてきている。

同様に、ばね用材料についても、現地での調達に関する対応のニーズが高くなっている。SAEやJISにあるような規格化されたばね鋼をはじめ、前項で述べたような高応力対応の材料を如何に、海外にあるばねメーカーの工場へ供給されるかが問われるようになってきている。

しかし、懸架コイルばねは、高いレベルの材料品質が問われるため、脱炭、非金属介在物、表面キズなどへの対応が必須であり、さらに開発鋼では製造性安定性も含めて、グローバル調達化を検討されることが望まれている。

また、技術開発的取り組みとして、さらなる懸架コイルばねの軽量化が必要と予想される。一方で、上記のようなグローバル化などへの対応も同時に望まれるため、軽量化実現には、材料と工法いずれの技術も発展させる必要があり、新たな技術開発が期待される。

#### 参考文献

- 1) 新倉芳治、小川登、高橋栄治：ばね論文集 24 (1979)、2
- 2) 丹下彰、小山博、辻博人：ばね論文集：44 (1999)、13
- 3) 阿久津忠義、丹下彰、佐藤保夫、新井康夫、紅林豊：電気製鋼 63 (1992)、70
- 4) 吉原直、茨木信彦、杉山充弘、丹下彰：ばね論文集51 (2006)、1
- 5) 丹後公一、杉山充弘、鈴木健、綾田倫彦：ばね論文集48 (2003)、15

## 2. 重ね板ばね

ホリキリ すが わら よし はる  
技術部 菅原由晴

### まえがき

重ね板ばね（リーフスプリング）は、車両の車台と車軸を結合し、リーフサスペンションを構成する形で使用される。自動車をはじめとする車両のサスペンションは、主に路面の凸凹を吸収し車体の振動を緩和する緩衝装置としての機能と車輪・車軸の位置決めを行う二つの機能を持つが、板ばねはこの両方の機能を併せ持ち、リーフサスペンションとして構造が単純で堅牢性があり、ほかの方式に比べ安価であるため今まで広く使用されてきた。

ここ数十年で乗り心地や操縦安定性への高度な要求に対応する設計が進み、板ばねに代わり、リンク機構と併用する形で、乗用車ではコイルばねが採用され、大型貨物輸送トラックのリアサスペンションでは空気ばねが多く採用されている。しかし、この例を除いたトラックのサスペンション全般では重ね板ばねが現在でも主流である。

板ばねは自動車発明前の馬車の時代から使用されていたが、その外観は今もあまり変わっていないと言えるかもしれない。しかし、その中身は大きく変わっており、製鋼技術・加工技術・設計技術の進歩により、車両側からの要求の高度化に 대응してきている。ここでは、トラック用重ね板ばねの最近の技術動向を紹介する。

### ◇ トラック用重ね板ばねの動向

重ね板ばねをその構造から大きく二つに分けると、漸次長さの異なる一定板厚のばね板（以下リーフ）を重ねたマルチリーフスプリング（以下MLS）と、中央から両端にかけてほぼ全長に渡りテーパされた荷重点間全長リーフを重ねたテーパリーフスプリング（以下TLS）に分けられる。複数枚のリーフを有する重ね板ばねでは、ばねがたわむ際にリーフ端部間で摩擦が生じる。この板間の摩擦は、良路を走行する想定トラックではス

ムズな乗り心地の妨げとなるため低減が望まれるが、悪路を走行する想定トラックでは減衰性の確保のため重宝される。一般に従来型のMLSに対しTLSは応力の均一化がなされリーフ枚数が少なく軽量である。全般的な傾向から言えば、軽量化と低摩擦のニーズによりMLSからTLSへの変換が進んでいる。道路整備が行き届いている欧米や日本ではダンプトラック等悪路走行を想定したものを除きほとんどがTLSに変わっている。その変遷の中で使用環境も変わり、板ばねへの寿命の考え方も変わってきている。従来の重ね板ばねは消耗品という考え方であったが、車両メーカーによってはその車両が役目を終えるまで板ばねは折れてはならないという考え方となり、ばねの設計寿命が長くなってきている。

トラックのフロントサスペンション用とリアサスペンション用とに分けて紹介すると、フロント用は2～3枚重ねのTLSが多いが、欧州の車両総重量（以下GVW）20トン未満のトラックでは1枚TLS（以下モノリーフ）が標準的に用いられ、約10年前よりGVW20トン以上のトラックにもモノリーフが採用されるようになってきた。これは、軽量化のニーズからリーフ枚数が減少傾向であることを示す一例である。ばねにかかる負荷が変わらない状態でリーフ枚数が減るということは当然ながらばねに発生する応力は高くなる。従って、リーフの少枚化による軽量化したばねの開発は、信頼性のニーズも同時に満足しなければならないため、材料・加工・設計それぞれの高度な技術が融合されなければ実現できない。まず材料面では厚板化と高応力化を可能にする焼入れ性、清浄度及び表面性状がポイントとなる。欧州では板厚30mm超の平鋼ではクロムモリブデンバナジウム鋼が一般的に使用される。加工技術面では板ばねの高強度化に対して熱処理及び表面処理の技術が求められる。熱処理では改良オースフォーミングを応用した加工熱処理が用いられる例がある。高強度化加

工技術の1つ、改良オースフォーミングとは、鋼を安定オーステナイト域で加工し、加工の影響を残したまま焼入し、その後焼もどしを施す処理で、重ね板ばねの疲労強度向上に有効である。表面強化処理としてはTLSに対しストレスショットピーニングが一般的であるが、最近ではさらに高い表面圧縮残留応力を付与するために温間ストレスショットピーニングが採用される例がある。設計技術としては、実際に使用される際の負荷を想定し寿命分布を最適化したテーパ形状設計を行う例がある。アンチワインドアップ等の要素も考慮し計算するため、従来の材料力学の応用では対応困難であり、FEM等の計算技術が必須となる。

次にリアサスペンションであるが、基本的にはフロントと同様に、リーフ枚数低減とTLS化が進んでおり、リーフの厚さは増大する傾向にある。しかし、先に少し触れたが特筆すべきは重ね板ばね自体の動向よりも、この十数年で国内大型（GVW20トン以上）貨物輸送トラックのサスペンション形式がリーフサスペンションからエアサスペンションに主流が完全に移行してしまったことであろう。エアサスペンションの多くにはスタビリンカーという部品が使われ、そのアーム部はばね板となっている。そこで、後にスタビリンカーについて解説する。

ばねの設計寿命が長くなってきていると前述したが、鋼製ばねにとって障害となるのは腐食である。特に冬季に寒冷地で大量に道路へ散布される融雪剤による厳しい腐食環境に対し、従来からの防錆塗装ではリーフ間の保水される部位の防錆が不十分となる場合があるため、耐食性、腐食疲労強度を向上させた鋼種が開発されている。この開発鋼は一部で実用化され成果をあげている。

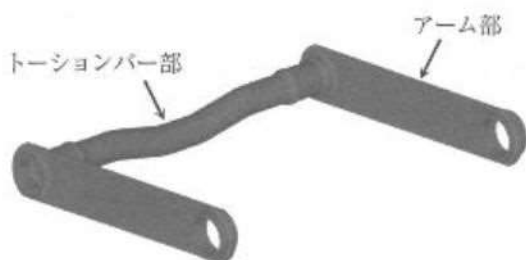


図 1 スタビリンカーの外観

ばね本体に付随する技術動向として、まず環境保全の理由からばね塗装に用いる塗料や付属部品のメッキについて環境負荷物質からの切り替えが一段落し、新たな規制の動きが見守られている。また、目玉部（板ばね端部の車台との連結部）に用いるブッシュは、従来メタルブッシュが主流であったが、メンテナンスが不要で比較的高周波数の振動を低減できることからラバーブッシュを標準採用する例が出てきている。

### ◇ スタビリンカー

スタビリンカーは、トラックのエアサスペンションシステムに用いられ、図1に示すように本体はトーションバー部（以下バー部）と左右のアーム部からなる。その役割は車台に対する車軸の位置決めを行うリンク機能と、走行車線変更時や旋回時等の車体のロールを抑えるアンチロール機能を併せ持っている。言い換えるなら、従来型のフルフローティング型エアサスペンションでは独立して存在していたロアロッドとスタビライザーの二つの機能部品を一つにまとめたものと言え、部品点数削減、省スペース、軽量化に役立っている。

スタビリンカーは、GVW20トン以上の大型貨物輸送トラックのリア用エアサスペンションに最も多く用いられ、国内スタビリンカー生産量全体の9割以上を占めている。残りは同様な大型トラックのフロント用エアサスペンションまたは20トン未満の中型トラックのリア用エアサスペンションに用いられている。図2にスタビリンカーを使

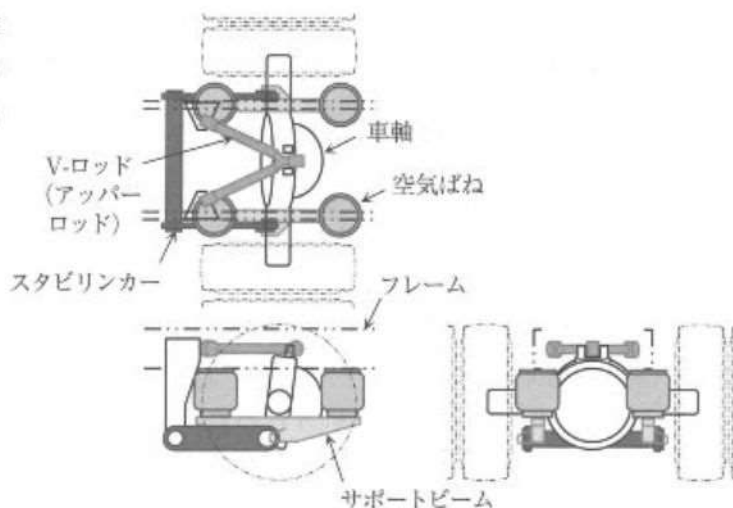


図 2 スタビリンカーを搭載したエアサスペンション装置例

ったサスペンション装置例を示す。

スタビリンカーに要求される基本性能は前述の通り車軸のリンク機能と車両のアンチロール機能である。車軸のリンク機能は幾何学的な要素であり、設計の自由度は基本的にない。一方、車両のアンチロール機能はばね作用を期待するスタビリンカーの主特性であり、幾何学的要素に加え質量並びにコストの制約を受けながら、ロール剛性と耐久強度を成立させなければならない。

スタビリンカーの設計をする場合、幾何学的寸法は車両設計でほぼ決まるため前提条件として提示され、所望のロール剛性と耐久強度が要求される。車両がロールした時のスタビリンカーの変形挙動イメージを図3に示す。この図では、スタビリンカーはパー部がフレーム側に取り付けられ、アームの先端部が車軸に取り付けられている前提である。また、車軸の動きがわかりやすいようにフレーム位置を固定した状態でロール時の車軸とタイヤ、路面の位置が示されていて、実際の挙動とは相対関係が反対である点を承知していただきたい。ロール時に車軸はアッパーロッドと車軸の結合部であるロール中心を中心として回転するため、アームの先端は円弧状に移動する。この時主にアーム先端の上下方向の位相差でパー部が振じられ反力を生みロールが過大になることを防ぐ原理である。フレームを固定して考えた場合、車軸の単位傾き角度当たりのモーメント値をロール剛性またはロールばね定数と呼んでいるが、車両の

操縦安定性と乗り心地を両立させるためには適切なロール剛性が必要となる。

スタビリンカーのロール剛性は、パー部のねじり剛性が最も寄与度大きいですが、アーム部の曲げ剛性およびねじり剛性ならびに締結部のラバーブッシュの特性が影響する。設計を行う際には、各部材のばね特性を合成計算することで所望のロール剛性を得る。一方、ロール負荷は繰り返し入力されるため、その繰り返し入力への耐久強度が要求されるが、入力に対する各部位の応力パターンと各部材の強度レベルがそれぞれ異なるため、部分ごとの強度検討が必要となる。さらに、耐久強度を左右する要素として、材料、熱処理、表面処理がある。スタビリンカーのパー部とアーム部は溶接で接合されるため、材料は溶接可能で熱処理と表面処理により耐久強度を向上可能なものが必要となる。従って、ばね鋼は使用困難であり、現在はクロムモリブデン鋼が用いられている。

## むすび

自動車生産はグローバル展開が進んでおり、トラックも例外ではない。

トラックの板ばねはトラックメーカーグループ内の部品共通化の点から、各グループの中核をなす会社の関係上、欧州流の全長の長い（大型フロントでは1,800mm超）ものが世界的に標準となることが予想される。また、環境への対応からエンジンとその関連部品の重量が増加しているため、周辺部品での軽量化が尚一層望まれるようになってきている。一方同時に世界に通用する低価格も強く望まれている。

従って、今後も板ばねはリーフ枚数削減、即ち厚板化による軽量化設計が追及されることになり変りがないと考える。鋼材メーカーとばねメーカーは厚板ばねを競争力のある品質とコストで対応できるように材料開発と生産工程のあり方を考えていく必要があるだろう。

スタビリンカーの材料にも言えるが、高価な合金成分を含まず目的を達成する成分設計や製品のさらなる長寿命化を実現する工法、低コストと高品質が両立した製造工程など、未だ研究の余地がある。

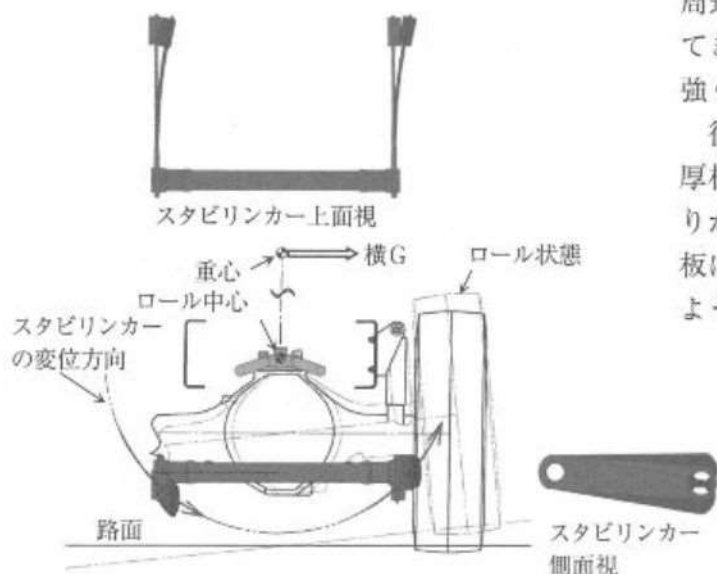


図 3 車両ロール状態でのスタビリンカー変形挙動イメージ

### 3. トーションバー・スタビライザ

中央発條機 ばね技術部 こん だ あきら  
シャシばね設計室 近 田 哲

#### ◇ トーションバー

##### 1. トーションバーの現状

トーションバーはその名の通り鋼の弾性ねじり変形を利用したねじりばねであり、単位体積あたりの弾性エネルギーが大きいことから、他のばねに比べて軽量化が可能である。しかし、アームと組合せて用いるため締結部での振動が吸収しにくいこともあり、乗用車では殆んど使われていない。現在は小型トラックを含む商用車の前輪側の懸架装置として使用されている。また、大型トラックのキャブを跳ね上げて保持する機構（テイルトキャブ用）などにも使用されている。

材料はJIS G4801ばね鋼鋼材に規定されたSUP6、SUP7、SUP9/9A、SUP11Aが一般に用いられて、油焼入れによる熱処理が行われている。またJIS G4051機械構造用炭素鋼鋼材のS45Cに高周波焼入れを施したものもある。

トーションバーの両端部は耐久性を考慮して本体径の1.2倍以上の径に据え込まれ、アームとの結合のための六角やセレーション加工が施される（写真1）。

##### 2. トーションバーの今後の技術動向

軽量化のニーズのために、高硬度化やホットセッチングによる耐久性及び耐へたり性向上により高応力化が行われきた。軽量化即ち高応力化設計をするためにはトーションバーの長さを短縮する必要があり、これに伴い車両搭載側の設計変更も必要となり実施が困難な場合が多い。

また、中空化による軽量化という手法も検討されてきたが、パイプ内面側の強度確保や両端部の据え込み及びセレーション加工をどうするかといった課題が多い。

商用車においても前輪側の懸架装置をトーションバーからコイルスプリングに変更する傾向にある。図1にばね工業会統計による平成12年から24年のコイルスプリングとトーションバーの生産量

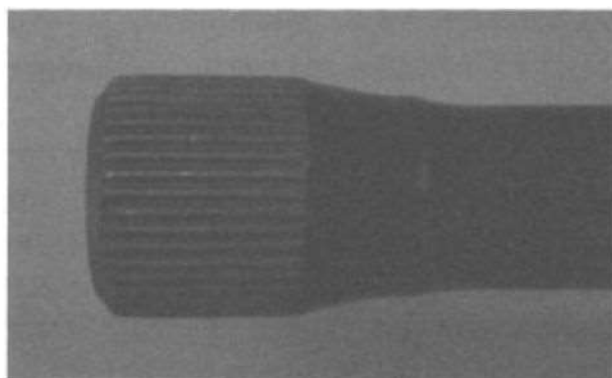


写真1 セレーション加工の例

を示す。これからもトーションバーを用いる比率が減少していることが分かる。商用車のモデルライフは長いこともあり、大幅な設計変更を行う機会は少ない。このためトーションバーを用いる車両にとっては、軽量化よりもコストダウンのニーズが高い。構造を変えずに採用できる廉価な材料が望まれる。

#### ◇ スタビライザ

##### 1. スタビライザの現状

スタビライザは腕とトーションバーを一体としたコの字形状で、曲げとねじりの両方の作用を利用して懸架装置の一部として左右両輪を結び、車両がロールした際にそのロールを抑え、走行安定性を向上させる部品である。

一般に両端部はリンクを介して懸架装置と結合される。車両両輪を繋ぐように配置されるため周辺部品を避ける必要があり複雑な形状をしたものもある。（図2）

乗用車の前輪側の懸架装置には殆んど装着されており、後輪側にも多くが装着されている。後輪のビームサスペンションには腕の無いトーションバー部分のみのスタビライザが装着されているものもある。

スタビライザの材料は中実のものと中空のものに大きく分けられる。高強度が必要な場合や周辺

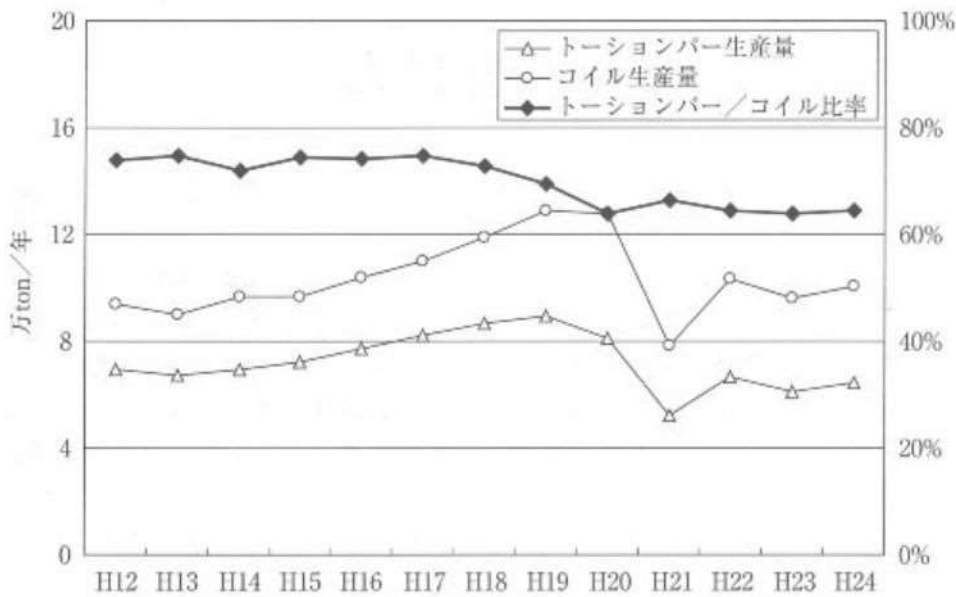


図 1 トーションバーとコイルスプリングの生産量比率

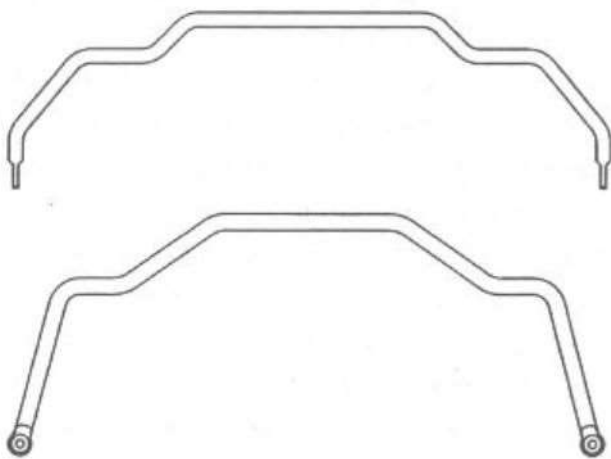


図 2 スタビライザの例

との隙間が厳しい場合は中実が用いられ、軽量化が必要な場合は中空が用いられる。

中実の材料はJIS G4801ばね鋼鋼材に規定されたSUP9/9A、SUP11Aが一般に用いられ、油焼入れによる熱処理が行われている。

中空はJIS G3445機械構造用炭素鋼鋼管をベースにボロンを添加した材料が用いられ、水焼入れによる熱処理が行われている。

## 2. スタビライザの今後の技術動向

サスペンション用ばねに求められる性能としては高性能化と軽量化がある。

高性能化としては高硬度やショットピーニングの工夫により耐久性を向上させたり、走行安定性を向上させるために高級乗用車などで採用されている制御スタビライザなどがある。

軽量化としてはスタビライザの配置を工夫して効率を高めることにより小型化・小径化させたものや、中空化したものがある。以前に比べて厚肉の中空材が作られるようになり軽量化の効率は下がるものの、耐久性を確保できるため積極的に使われている。中空材についても材料や工法での高強度化が望まれる。今後は中実材、中空材ともに高強度化に伴い腐食耐久性についても考慮が必要となってくると思われる。

高性能化、軽量化の一方で、東南アジアや中国などの海外ではコストが重要視される。スタビライザは形状と必要となる剛性によって線径サイズが決められるため、低応力で使用されるケースもある。使用される応力のレベルに応じて材料を選択できることが望まれる。

## 4. 弁ばね

サンコール㈱ 精密機能加工 I 部門 寺 圭一郎  
豊田工場 品質技術課

### まえがき

弁ばねは、内燃機関の動弁機構における構成部品であり、バルブ開閉時の閉動作を担う。信頼性として、折れない、耐へたりを有すことが必要であり、永久寿命を要求されている。また、エンジンの回転数が高速になると、弁ばねはサージングにより荷重 (= 応力) の変動が生じバルブの閉じ力が低下する。ここを抑え込むには、弁ばねの重量軽減や不等なスプリングの間隔により振動特性を改善することが有効であるが、そのためには高強度材であることにつきる。

近年の変化は、2007年2月に経済産業省と国土交通省が策定/発表した2015年度燃費基準である。乗用車の新基準平均燃費は、2004年度実績と比べて平均23.5%の改善である<sup>1)</sup>。

その様な背景から、エンジンの動弁機構も見直され次期モデルの開発が進められてきた。ここでは、これらに対応してきた弁ばねの技術動向について述べる。また、自動車生産の海外現調化が進む中での動向についても触れる。

### ◇ 主な弁ばね技術

#### 1. 超高強度材

弁ばねの疲労強度の向上は、常にユーザーから

の要望であり、動弁機構の設計自由度を高めることができる。1990年代から採用されてきた高強度材に加え2000年代半ばから超高強度材の採用が拡大、新鋼種に加え、ばね加工の製造プロセスにて窒化処理とハードショット及び多段ショットの組み合わせにより、レギュラー鋼であるJIS SWOSC-Vに対し疲労強度を1.4倍高めることができた(図1)。疲労向上に寄与する主な物性の特徴は、窒化による表層硬さの向上と、ハード多段ショットにより圧縮残留応力を高く深く付与できたことである(図2)。表層硬さの向上は、疲労による初期亀裂の発生を抑制することができる。更に、高圧縮残留応力は、疲労による亀裂の進展を遅延させる効果がある。これにより、弁ばねの細線・軽量化や、新しい動弁機構(可変動弁やローラーフォロワー)への対応が可能となった。弁ばねの強度アップには、材料の特性とマッチングした加工処理の開発が必要であり各セクションが一体となった取り組みが行われている。

#### 2. ビーハイブ弁ばね

標準的な円筒形から、片側を縮径化したビーハイブ弁ばねの採用が進んだ(図3)。

これにより、縮径の分、弁ばねと相手物が小型化することができ軽量化が図れる。この軽量化した分は慣性質量の軽減となり、その分弁ばねの荷

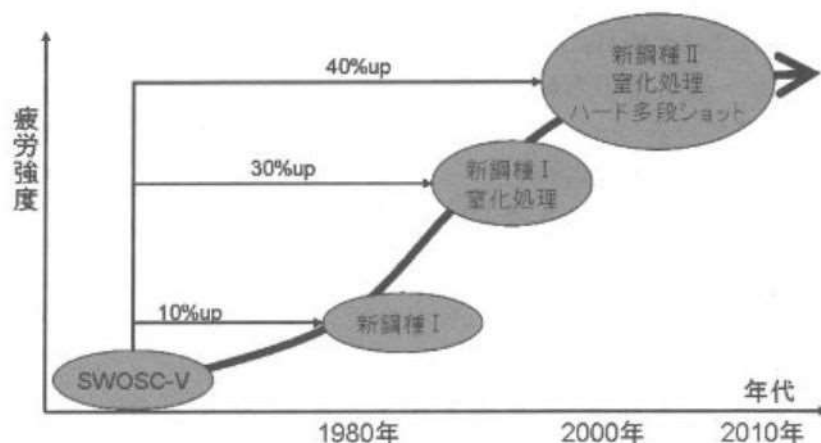


図 1 疲労強度向上の推移

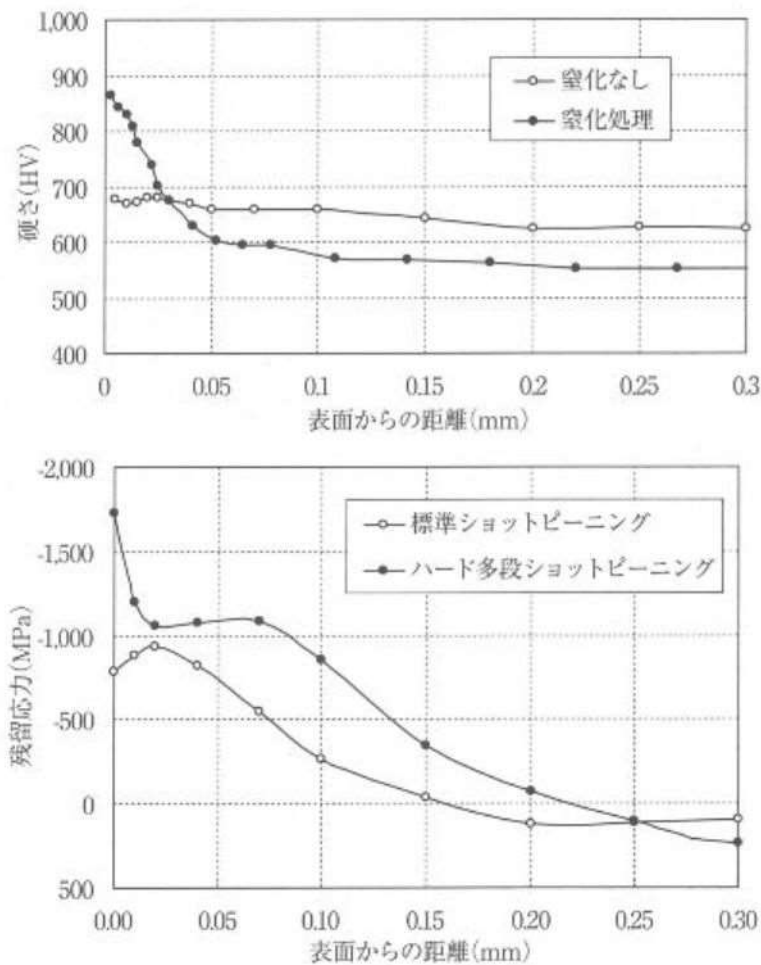


図 2 硬さと残留応力分布

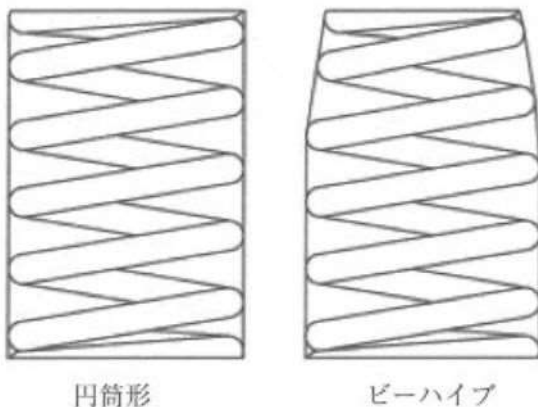


図 3 ビーハイブ弁ばね

重を低減するか、エンジンの回転数を高めることができる。スポーツエンジンでなければ、基本的に弁ばねの荷重を低減し、カム駆動の摩擦損失を減少させる。結果的に燃費向上へ寄与することができる。更に、荷重低減分の負荷応力を下げることができ、低グレード材へのVAも可能である。

ビーハイブ弁ばねは、海外での採用は既に行わ

れていたが、日本では最近のトレンドとなっている。高強度材（新鋼種）や表面処理技術が充実した中で、ビーハイブ形状との組み合わせで、更に設計の自由度を高めることが出来る。

### 3. サージング解析技術

弁ばねには毎分数千回の繰り返し作用によりサージング現象が発生する。これにより、静的応力に加えて動的な状態における応力増加を加味した設計が必要である。

汎用の有限要素法ソフトの進化により、ばね単体としての構造解析は容易であるが動弁機構を含めた動解析を行うには計算コストが膨大であり限度がある。有用な方法として、動弁機構全体をばね-Massモデルとして解き、動的な荷重の変化から弁ばねへの応力換算を行いサージングを算出する。利点として、計算が速く、エンジンのアイドルリングから高速回転までを細分化して解くことができる。しかし、シミュレーションへ反映できな



い外乱要因もあり、最終的にはエンジンヘッドを用いてのモータリング評価を行うことを基本としているが、その前段階での検討バリエーションの絞り込みには可能なレベルにある。

## ◇ 製造技術

### 1. コイリングマシンのNC化への全面移行

ここ最近大きく変化したのは、コイリングマシンのNC化である。従来のメカ式では機構を理解し、カムの形状を造り込み、材料のセッティングを行い目標のばね形状ができるスキルが必要であった。NC式になり、複雑なメカ機構やカムの造り込みは不要となり代わってWindowsでプログラミングされた、ばね成形用のアプリケーションを使いこなすことがスキルとなってきた。また、簡素化されたサーボモーター駆動と高速な演算処理により成形タクトもメカ式に比べ約2倍となり、生産効率を高めている。また、今後主流となるピーハイブ弁ばねの生産もNC化により大きく利便化された。しかし、コイルの形状を決める上でもっとも重要な、初張力の調整についてはメカ式と同じく、人手に依るところがあり、標準化も困難でありオペレーターのスキル向上を図っている。

### 2. 検査のマシンビジョン化

弁ばねの致命的欠陥は折損であり、それに起因する不具合は1個保証することが必要である。これまで、人による目視検査を行っていたが、工業用カメラの精度と演算速度の進化によりマシンビジョン化することができた。これにより、大幅な人員削減と、品質管理の観点では目視による検査員のスキル管理から、装置の条件管理とデジタル化することが可能となった。

## ◇ 海外現調化

### 1. 海外材の使用

弁ばねにおいても、海外現調達化の流れは進んでいるが、使用材料が日本固有の特殊な鋼種ということから、海外弁ばねメーカーの採用は積極的ではない。特に、高強度材、超高強度材では使用応力を高めるため、表面さびや介在物への配慮が重要であり、日本では、自動車、製鋼、線材、弁ばねメーカーが一体となりこれに対応してきた<sup>2)</sup>。

しかし、SWOSC-Vのレギュラー鋼を用いた弁ばねであれば、使用応力も低く、現地材を用いた生産が拡大すると予想している。

### 2. 海外拠点での弁ばね製造

前述より、海外現調化に対応するには、日本のばねメーカーが海外で拠点を構える必要がある。弁ばねにおいては、材料は日本から供給し、以後の加工は現地で行う流れである。しかし、製品コストの約半分を材料費が占めており、日本からの供給では、コスト低減に限界がある。今後は、材料の現地生産化も進むと考えられる。

加工設備については、基本的に日本と同等の要望が強い。そのため、日本から設備を送り、現地でセットアップしメーカー認証を受ける。特に、NCコイリング機は、日本で作成したプログラムをほぼそのまま使用できる大きな利点がある。品質管理のシステムは、基本的に日本での実施内容を落とし込み、見方に差が出ないようにしている。最近では、WEBシステムが安価であり品質情報の共有活動もタイムリーに実施できる。しかし、時代が進歩しても現地・現物・現実の三原主義は重要であり、定期的に日本からのエンジニアを派遣して現地のスタッフと交流を図っている。

## ◇ 今後の弁ばねの動向

動弁系の技術動向としては、ハイブリッド車の拡大があり、エンジン回転数の切り下げにより、弁ばねの低グレード化と更なるコスト低減が望まれる。しかし、その分エンジン自体の小型化も進み、それに伴い弁ばねの小型軽量化ニーズは続くものと考えられる。

また、欧州メーカーから始まった小排気量エンジンと過給を組み合わせたダウンサイジングも拡大していく。この中でも高強度材のニーズは続くものと考えられる。

また、高強度、超高強度材に全てが向かうのではなく、廉価材のニーズもある。いかに同一の工程で、廉価材～超高強度材を製造できるかが重要である。

## 参考文献

- 1) 国土交通省ホームページより
- 2) 斎藤 忠、特殊鋼 54巻、5号(2005)

# 5. 薄板ばね

豊 東 郷 製 作 所    い さ    べ    と し    の ぶ  
 技 術 部   技 術 開 発 二 課    磯 部 敏 信

## まえがき

2008年のリーマンショック以降、日本の輸産業、特に自動車産業は大きな打撃をうけた。この時より部品調達におけるリスク分散意識が高まり、日本国内のものづくりが急速に海外にシフトし始めた。

このようなグローバル化を背景とする中で、国別の粗鋼生産量は、ルクセンブルク、中国、韓国、日本の地域で多く、とりわけ中国は全体の約半分を占め、今後も生産量拡大が見込まれると考えられる。

本稿では、自動車に多数使用されている薄板ばねの中で、自動車用ホースとパイプを締結する部品として、板ばね式ホースクランプの概要を述べるとともに、近年の動向を以下に記載する。

### ◇ 板ばね式ホースクランプ

#### 1. 特徴

板ばね式ホースクランプ（写真1）（以下クランプと呼ぶ）は、ばね材をホース外周より小さく円環成型しておき、閉じた状態からの抜け力を利用して荷重を発生させ、ホース全周を均一に締め付ける機能をもつ。ここでホースの弾性は、時間経過とともに低下するが、ばねの機能によりホース弾性低下に追従し、安定した締め付け性を維持することが可能である。



写真1 板ばね式ホースクランプ

#### 2. 使用用途

自動車における使用用途として主に水冷配管、エア配管、オイル配管、燃料配管などがあり、クランプのサイズは内径φ5mm～φ70mmである（表1）。主要サイズはφ20mm～φ40mmの水冷配管である。またオイル配管、燃料配管のように高性能を要求されるサイズには板材を2重構造にする2枚重ねのクランプが使用されている。

クランプの需要は自動車産業だけでなく、家庭用器具、産業機械、試験設備などホースや配管類の締結を有する箇所に広く使用され、家庭内ではガス機器配管（写真2）がその例に挙げられる。

表 1 ばね式クランプの使用用途

部位 サイズ	燃料	水冷	オイル	エア
φ5		●		
φ10	●●	●	●●	
φ20		●		
φ30		●		
φ40		●		●
φ50				●
φ60				●
φ70				●



写真2 ガス機器配管用クランプ

### 3. 設計

クランプが使用され始めたのは1970年代初頭である。クランプはプライヤーのような汎用工具が使用でき、つまみ部分を掴んで拡径した後、所定ホースに容易な組み付けが可能であるため、自動車組み立てラインでは主流となっていた。

クランプは工具を用いて「拡げる作業」が必要であったが、1970年中頃には、クランプをあらかじめ拡径状態のまま納入できる“金具付きワンタッチクランプ”（写真3）が利用され始めた。金具付きワンタッチクランプは、組み立てラインで作業の簡素化が可能となったが、引き抜かれた金具は廃棄物となり、環境面では課題が残った。

そこで金具を使用しない、新たなワンタッチ構造“金具なしワンタッチクランプ”（写真3）が望まれ、現在では金具なしワンタッチクランプが主流になりつつある。金具なしワンタッチクランプの利点は廃棄物（=金具）が出ないことと、エルゴノミクス対応（金具を引き抜く負担軽減）が有利になることである。

### 4. 材料

クランプの材料は、みがき特殊帯鋼（JIS G3311）が使用されており、海外では主に日本JIS規格、米国SAE規格、欧州DIN規格、中国GB規格に準じた特殊鋼の中で、最適な材料が選定される。このような海外材料の中にはバナジウムV、マンガンMn、クロムCrなどの成分を配合した鋼板もある。

クランプの熱処理はオーステンパー処理を行うことが多く、材料に応じて熱処理条件を最適化することで、クランプの機能に必要な硬度を付与することができる。

### 5. 表面処理<sup>1)</sup>

クランプの表面処理は塗装系と電気めっき系があり、防錆力で塗装系、美観で主に電気めっき系が選択される。

塗装系とは、有機樹脂や無機バインダーなどの結合剤成分をベースに、顔料といわれる着色材などの成分を含んだ、いわゆる塗料を塗装することであり、クランプの装飾と防錆・防食を行っている。塗装系表面処理では1980年頃から金属亜鉛とクロムを主成分としたダクロタイズド<sup>®</sup>処理が初め



写真3 ワンタッチクランプの種類

て採用され、クランプの防錆力は著しく向上した。

2000年頃から、欧州ELV指令やRoHS指令によって六価クロム、水銀、鉛、カドミウムなど各種有害物質の使用の規制または禁止となり、六価クロムを含有するダクロタイズド<sup>®</sup>処理はクロムフリー防錆表面処理であるジオメット<sup>®</sup>処理へ切り替えられ、現在に至る。

### ◇ 今後の動向

前述のとおり、ものづくりが急速に海外にシフトしているため、販売拡大できるクランプの生産活動をさらに推進させる必要がある。その方法として、コストパフォーマンスの向上と材料の最適化が考えられる。

クランプの費用構成のうち、材料費の占める割合がもっとも大きいので、材料歩留まり改善や、生産時の加工速度アップ化を行うことでコストパフォーマンスの向上が見込まれる。また、クランプ材料として、海外材料の使用検討や現地調達した材料を生産拠点へ輸出・輸入することも検討する必要がある。

自動車用のクランプは作業の簡素化や作業者への負担軽減（エルゴノミクス）を行いながら進化してきた。今後も自動車の性能向上とともに、新たな要求をいち早く取り入れたクランプの開発を行う必要がある。

### 参考文献

- 1) NOFメタルコーティングス株式会社 技術資料 P6、P9  
ダクロタイズド、ジオメットはNOF METALCOATINGS NORTH AMERICAの登録商標である。

## 6. 形状記憶合金ばね

㈱バイオラックス 加藤 勉  
設計部研究開発グループ

### まえがき

Shape Memory Alloys (SMAと称す) 文字通り形状記憶合金が、わが国の工業製品に応用されて30年が経過した。使い方は形状記憶特性と超弾性の利用に分けられるが、衣料、産業機器、家電、住設機器及び航空宇宙と幅広い分野で採用されてきた。特に最近、医療分野における適用が盛んである。ここでは、日本工業規格を含めた形状記憶合金材料の動向と注目している医療分野におけるばねとしての適用事例を紹介したい。

### ◇ 形状記憶合金ばね材料と設計の留意点

#### 1. Ti-Ni合金

形状記憶合金には、加熱すると元の形状に戻る形状記憶効果と大きく変形しても除荷すれば元に戻る超弾性がある。両者の違いは、元に戻る温度(変態温度)が使用雰囲気温度より高いか低いかわる。Ti-Ni合金の場合、TiとNiが50at%付近の組成であり0.1at%の違いで変態温度が約10℃変化する<sup>1)</sup>ため材料の組成管理は重要である。しかしながら、50at%付近の組成を0.1%の精度で分析するのは困難であるため、材料の組成成分は変態温度で代用している。

混合水栓やエアコン風向調節など形状記憶効果を利用した応用の場合は、媒体や雰囲気の冷熱を感知して作動する感温素子として設計することが多い。形状記憶合金ばね(以下、SMAばね)に対抗するバイアスばねを組み合わせてアクチュエータを構成するわけである。良好な繰返し特性を得るためには、SMAばねに与えるひずみを少なくしてR相と呼ばれる変態域内で作動が収まるように設計する。超弾性は、可逆的なマルテンサイト変態で応力を緩和するため、材料のすべりに対する臨界応力を上げると特性が良くなる。この変態温度や繰返し特性及び超弾性特性は、材料組成だけではなく加工履歴や形状を憶え込ませる記憶処

理の条件と合わせて決定される。

#### 2. 三元系合金

Ti-Niに第三元素を添加して特性を改善した材料が提供されている。例えば、Cuを添加したTi-Ni-Cu合金は、低温域における変形応力が低くなり、荷重差を大きく取り出したい応用に適している。また、直接通電して作動させる素子は、冷却時に素早く動かしたいためこの合金は好都合である。元に戻る温度を低くしたい場合や低温でも安定した超弾性を得たい場合には、Fe、Cr、Vなどの変態点を低下させる元素を添加した材料が使われる。三元系の合金は、素材メーカーによって添加する元素が違うため用途に合った材料を相談するとよい。

#### 3. その他の合金

Ti-Ni系材料は、材料コストが比較的高いことに加え、ねじ切りや穴あけなどの切削加工が困難であることが問題となっている。そこで鉄系と銅系合金が開発され実用化されている。鉄系はFe-Mn-Si合金で、応力誘起のマルテンサイトが加熱すると元に戻る現象を利用する<sup>2)</sup>。作動は変形したひずみが加熱で元に戻るが、非可逆のため一回限りである。応用としては締結用途として適用でき、材料が鉄ベースで安価なため大型な管継ぎ手や重量がかさむレール継ぎ板に適用されている。一方、銅合金は課題であった加工性を組織制御によって改善したCu-Al-Ni合金が開発されて巻爪防止クリップに使われている<sup>3)</sup>。繰返し作動はTi-Ni合金より劣るものの加工性が良い点で用途拡大が期待される。

形状記憶合金の持っている特性で地震の揺れを減衰させる制振ダンパーの開発が進められている。建物の揺れる力に対応するためには大型な部材が必要となり、鉄系や銅系の安価でしかも加工性のよい材料が望まれていた。防災や減災の時流からもダンパー部材としての実用化が期待される。

#### 4. 材料の規格

形状記憶合金に関する日本工業規格は、Ti-Ni合金を基準とした次の規格が制定されている。

- JIS H 7001：2009 形状記憶合金用語  
JIS H 7101：2002 形状記憶合金の変態点測定方法  
JIS H 7103：2012 Ti-Ni形状記憶合金の引張試験方法  
JIS H 7105：2012 Ti-Ni形状記憶合金コイルばねの定ひずみ試験方法  
JIS H 7106：2002 形状記憶合金コイルばねの定ひずみ熱サイクル試験方法  
JIS H 7107：2009 Ti-Ni形状記憶合金線、条及び管

規格は全般として用語があり、取引で使用される材料の成分組成の代用として変態点が使われるため、測定方法を規定している。材料の機械的性質は、金属材料引張試験方法の改定を考慮して昨年見直しを行っている。形状記憶特性を利用する場合は、コイルばねにすることが多いことから特性評価方法を規定した。コイルばねについては熱サイクル試験方法も一般化するために規定化している。H7107は材料規格で組成にCuを添加した三元合金が取り入れたほか、機械的性質も見直しをした。素材も丸線から潰した条と管を含めた規定としている。

#### ◇ 拡大する医療用途

患者の身体的ストレスを軽減する低侵襲医療に形状記憶合金が活躍している。外科的開腹手術をせずに血管内にカテーテルを通して患部を治療する。このカテーテルを目的部位に導くのがガイドワイヤーでその構造を図1<sup>4)</sup>に示す。先端部は血管を選択して進むために柔軟性があり、本体部は挿入をよくするために高剛性が要求される。構造は、Aが金属コイルタイプで、Bが先端をテーパ加工した形状記憶合金線できており樹脂で被覆している。Cは細い血管用として本体部が形状記憶合金ワイヤーで先端を金属コイルにしたものである。形状記憶合金が使われる理由としては、超弾性のため曲げ復元性がよく、蛇行した血管でもスムーズに目的部位に到達できることが挙げら

#### GWの種類

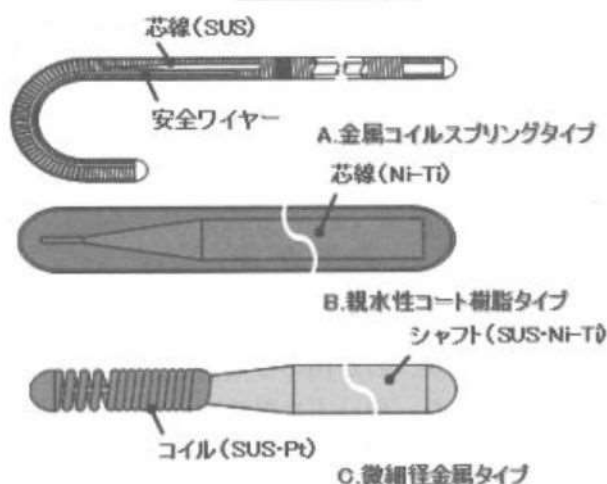


図 1 ガイドワイヤーの構造<sup>4)</sup>

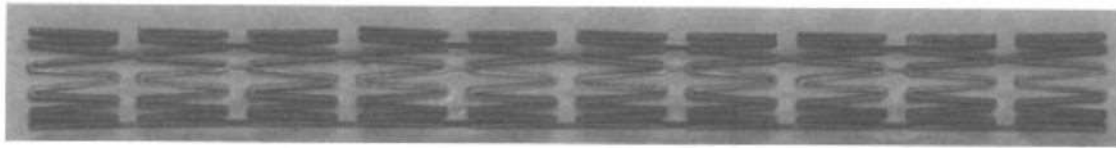
れる。

血管内治療や内視鏡を使って管状器官の狭窄や閉塞を防止するのがステントである。冠動脈ステントや食道ステント、胆管ステントなどがあり、ワイヤーを編んだタイプから細いパイプをレーザーでくりぬいた板タイプのものまで様々な形態がある。留置はカテーテルやチューブを通して行うため、初めは縮径されており患部でカテーテルを除去することでステントが拡張して血流などを確保する。写真1<sup>5)</sup>は、板タイプのステントである。形状記憶合金のパイプを周囲からレーザー加工によって切り抜き作製されたものである。カテーテルに折り畳んだ状態で挿入し患部で押し出すと写真下のように拡張して管路を確保する。

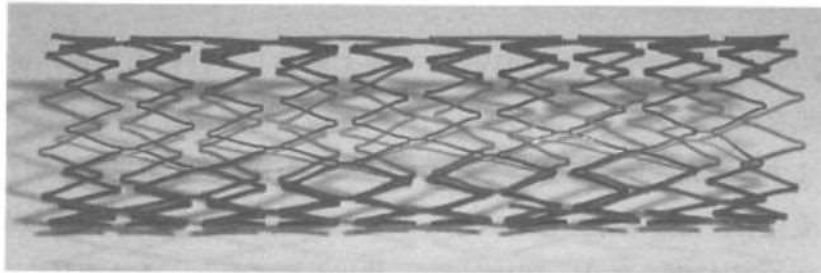
他にも、超弾性特性を利用した歯列矯正ワイヤーや巻爪防止用ではTi-NiワイヤータイプやCu-Al-Mn合金クリップの開発、介護や農作業で腰痛予防補助具<sup>6)</sup>が商品化されている。

#### ◇ 今後の展望と参考資料

医療具は、米国や欧州の製品が多く導入されているが、国内メーカーも形状記憶合金を使ったデバイスなど特徴のある製品を開発しており、適用は増えていくものと思われる。また、温暖化対策や環境負荷低減から省エネルギー対策は今後とも取り組まなければならない課題であり、その対応として形状記憶合金を使ったアイテムが増えることを期待したい。



(a) 収縮した状態（この状態で患部まで移動させる）



(b) 拡大した状態（この拡張力で管状器官を拡大して狭窄を防止する）

写真 1 チューブからレーザーで切り出されたステント<sup>3)</sup>

#### 参考文献

我々は、形状記憶合金に関する科学技術の進歩発展を図り、工業の発展に寄与することを目的とした「形状記憶合金協会」(ASMA)を発足させ、産学の技術者が交流し技術知識の向上を図っている。具体的には、夏季に形状記憶合金に関する講習会、秋季にSMAシンポジウムを開催して普及啓蒙を行っているので、形状記憶合金に興味がある方は、ASMAのホームページを参照していただきたい<sup>7)</sup>。なお、ASMAが中心となって形状記憶特性や超弾性のメカニズムの解説から素子の設計方法及び分野毎の応用事例まで一冊にまとめた書籍<sup>8)</sup>が2011年に発刊されている。英文となっているがこちらも参考にさせていただきたい。

- 1) 細田秀樹、宮崎修一：形状記憶合金の特性と応用展開、シーエムシー、(2001) p10
- 2) 村上雅人、関宏龍、丸山忠克：形状記憶合金に関する講習会予稿集、ASMA、(2011) p7～p20
- 3) 大森俊洋、須藤祐司、石田清仁、貝沼亮介：SMAシンポジウム2012、P66
- 4) 大方一三：瞬バイオラックスメディカルデバイス、製品カタログ
- 5) 植垣行宏、鈴木正夫、山内清：SMAシンポジウム2012、P59
- 6) 赤羽根賢、北村一浩：形状記憶合金に関する講習会予稿集、ASMA、(2009) P47
- 7) ①形状記憶合金協会ホームページ URL：asma.jp.com
- 8) K. Yamauchi, I. Ohkata, K. Tsuchiya and S. Miyazaki : "Shape Memory and superelastic alloys Technologies and applications" Woodhead publishing (2011)

## “特集” 編集後記

ばねの特集は、過去20年ほどの間に、1995年、1999年、2005年と特集を組まれており、今回は8年ぶりの特集となります。この8年間にばねを取り巻く環境は大きく変化し、自動車分野を始めとする各種産業のグローバル化の拡大、BRICs、ASEAN諸国などの新興国の成長・拡大、環境関連の各種規制強化、リーマンショックなどによる経済情勢の急激な変化などがあげられます。このように日本のばね産業にとって非常に厳しい環境にある中、日本の自動車メーカー、ばねメーカー、材料メーカーは、勝ち残りをかけて、様々な取組を進めています。

本特集では、ばねの主要な用途である自動車分野を始め、鉄道、医療など様々な分野に使用されているばねおよびばね材料について、自動車メーカー、ばねメーカー、材料メーカーの方々に執筆

をお願いし、ばねの機能、材料の特徴や技術動向、最近の環境変化に対応した取組などについて、わかりやすく解説していただきました。

今回の特集を通じて、ばねが様々な産業分野に使用されており、それぞれの分野を支える重要な部品であること、日本の高度な製造技術、材料技術がそれを支えており、厳しい環境にありながらも日本のばねがさらなる発展をとげているということを読者の方々にご理解いただければ幸いです。

最後になりましたが、ご多忙の中、本特集にご寄稿をいただきました執筆者の皆様、また編集委員および事務局の皆様はこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

〔愛知製鋼株式会社 品質保証部 お客様品質・技術室 杉本 淳〕

## 業界のうごき

### カムス、長野営業所を開設 冷間工具鋼を加工販売

カムスは6月1日付で長野県岡谷市に長野営業所を開設した。冷間工具鋼の拡販戦略の一環で、切断機、機械加工設備、熱処理設備も導入し、地域密着型のサービス展開を図る。カムスは全国に営業拠点をもち、長野営業所は10拠点目になる。

日本高周波鋼業は13年度を起点とする3カ年中期経営計画で、小ロット・多品種の高付加価値製品の拡販を主軸の一つに掲げており、特殊鋼部門では高付加価値製品の売上高構成比率を20%から30%に拡大する方針。この一環で、冷間プレス金型用鋼などの拡販に向け、カムスの営業拠点を長野、新潟にも広げ、カムスの人員拡充も行う。

カムス長野営業所は弱電、精密機器向けの小型・薄物材を中心に、KD11MAXやNOGAなど冷間工具鋼の加工販売を行う。従来は本社・北関東テクノセンターで地区需要に対応していたが、加工機能を持つ営業所の開設によりQCDサービスを向上させる。(6月3日、鉄鋼新聞)

### 佐藤商事、 関西センター竣工を祝う

佐藤商事は、関西地区の新たな主力物流拠点として4月に開設した関西鋼材センター(兵庫県三田市)の竣工披露パーティーを帝国ホテル大阪で開催した。従来の大阪支店倉庫(大阪市西淀川区)と兵庫支店倉庫(兵庫県小野市)を移転・統合したもので、同社の物流拠点としては最大規模。顧客の幅広いニーズに対応する商品を取りそろえ、高品質・高効率な即納体制の構築により、競争力強化につなげる。

新鋼材センターは、北摂三田第2テクノパーク内に位置し、最寄りの

舞鶴若狭自動車道・三田西インターチェンジまで至近の好立地。大阪や神戸、北近畿、中国地方、四国地方など各方面へのアクセスが従来に比べ飛躍的に向上した。

従来倉庫に比べ、敷地面積が大幅に拡大したため、効率的な在庫レイアウトや切断機設置が出来たことに加え、大型トラックのワンウェイでの鋼材積み下ろしが可能となった。

(5月29日、産業新聞)

### 清水鋼鐵・苫小牧、直送圧延を計画 天然ガス使用量5割減

清水鋼鐵は、苫小牧製鋼所の圧延設備を改造し、異形棒鋼の生産でダイレクト圧延に切り替える計画。2014年春をめどに試験圧延を開始する予定で、ダイレクト圧延率は70~80%を見込んでいる。ピレットの加熱炉熱源として用いている天然ガス使用量が約50%削減され、省エネルギー及びコスト削減効果が期待されている。

ダイレクト圧延の対象は異形棒鋼で、このうち生産量の約50%を占めるD10、D13が主体になる予定(異形棒鋼生産サイズはD10-D41)。小ロット・多品種の生産構成からピレットを在庫しているほか、丸鋼はダイレクト圧延が難しいことから、引き続き加熱炉を利用する。

苫小牧製鋼所のダイレクト圧延への切り替えに関しては、経済産業省の先端設備等投資促進事業費補助金事業(第1次通常採択事業)に採択されている。(5月29日、産業新聞)

### 豊通、金属本部の国内営業強化 子会社と一体専門スタッフ育成

豊通商事は、金属本部の国内営業を強化する。グループ子会社と一体となり、子会社にトレーディングを含めた営業機能を集約。専門スタッフの育成などにより、よりきめ細か

な密着営業を展開する。一方で、本体のスタッフは大手ユーザーの海外展開、現地調達拡大などに合わせグローバルに人材を生かす。

ここへ来て、事業を取り巻く環境が大きく変化。顧客の現地調達拡大の動きが顕在化している。こうした中、多くの人材を国外に配置している同本部では今後さらに海外で多くの人材が必要になるため、子会社を含めたグループ全体での最適な人材配置や事業戦略を展開することを目的に、国内営業の体制を再強化することにしたものの。

具体的には、本体の国内業務をグループ子会社に移管し、国内は子会社を中心になって展開し、本体はよりグローバルなビジネスを展開する。(5月8日、産業新聞)

### 日鐵商事、住金物産 合併会社は「日鐵住金物産」

日鐵商事と住金物産は、今年10月1日に合併新会社「日鐵住金物産」を発足させることで合意したと発表した。日鐵商事を吸収合併存続会社、住金物産を吸収合併消滅会社とし、住金物産株式1株に対して日鐵商事の株式1.08株を割り当てる。新会社は既存事業の収益向上及び異なる事業部門間におけるネットワークの活用、鉄鋼事業における加工・販売拠点の戦略的・効率的活用などの統合効果により、来季(14年度)に年間経常利益300億円の実現を目指す。

統合会社の社長には、6月に住金物産社長に就任予定の宮坂一郎氏が就任。同時期に日鐵商事社長に就任する種渡健治氏は鉄鋼事業本部担当の副社長に就く。住金物産の現社長、岡田充功氏は産機・インフラ事業本部、食糧事業本部担当の副社長に就く。

日鐵住金物産は、本社を港区赤坂8丁目5番27号(現在の住金物産東



## 業界のうごき

京本社)とする。(4月30日、鉄鋼新聞)

### 日金スチール、アジアに拠点開設へ 国内外で新規顧客開拓

日金スチールは、国内外で日本金属の高付加価値製品の販売を強化する。海外では2013年度中にアジア地区に駐在員事務所を開設する計画だ。国内では既存顧客に対するサービス強化に加えて、12年度下期から新規顧客開拓に一段と注力しており、13年度も継続する。

海外では4年がかりで拠点開設の調査を進めてきたが、今期は海外戦略実行プロジェクトを組み、有望な市場に拠点を開設する計画で、将来は現地法人化を視野に入れる。

廉価品では勝負せず、BA材など日本金属が得意とする高付加価値品の市場を開拓する。

国内の新規顧客開拓では、12年度下期は延べ230社を訪問し、18社と新たに取引を開始した。ルディール・コアなど日本金属の高付加価値品を生かし、生産性向上や省工程化など顧客に使用メリットを提供できる用途を掘り起こす。

(5月9日、鉄鋼新聞)

### 野村鋼機、関東テクノセンター 12月本格稼働へ

野村鋼機が群馬県前橋市に開設する関東テクノセンター(五代南部工業団地内)が、12月に本格稼働を開始する見通しとなった。前橋支店・金型加工センター(群馬県前橋市)が業容の拡大から手狭となっているため、熱間工具鋼の在庫・切断や機械加工を全面移管する。現前橋支店には茨城支店・関東スチールセンターからの移管を含めて、構造用鋼を約2千トン在庫。新潟・北陸・長野方面の在庫・切断ニーズにも前橋で対応する体制を整える。

関東テクノセンターは敷地約1万

1千 $m^2$ 、工場約5,550 $m^2$ 、事務所3階建て延べ約500 $m^2$ 。

同センターではハンマー、プレス鍛造関連を中心に熱間金型材、ダイセットや各種設備部品、付属品の機械加工を最終研磨まで行う。熱間工具鋼以外でもニーズに応じて鋼板の機械加工も行う。(6月14日、鉄鋼新聞)

### メタルワン建材と三井物産スチール 建材・スクラップ事業統合

メタルワンと三井物産スチールは、メタルワン100%子会社のメタルワン建材の全事業と三井物産スチールの国内建材関連およびメタルスクラップ関連事業を、14年4月をめどに統合する検討を開始することで合意したと発表した。

メタルワン建材の子会社3社(大協鋼業、ワテックス、ワテックス北海道)、三井物産スチールの子会社2社(三井物産鋼材販売、三井物産鋼材販売西日本)の計5社は、統合新会社の傘下とする方針。両社は統合検討委員会を設置し、検討を開始する。

同業では、伊藤忠丸紅テクノスチールなどが大手。同社は鉄スクラップ事業を手掛けておらず単純比較はできないが、メタルワンと三井物産が手を組むことは三井-三菱連合を意味しており、鉄鋼建材商社で飛び抜けた存在感を持つ「トップ流通」が誕生することになる。

(6月13日、鉄鋼新聞)

### 山一ハガネ、 太陽光発電に参入

山一ハガネは約1億円を投入し、技術開発センターと熱処理棟の屋上2カ所に太陽光パネルを設置、売電事業に進出する。発電能力は合計350キロワットで全量を中部電力に売電、年間1,200万円程度の売り上げを見込んでいる。

同社は高級特殊鋼の素材から加工

品、完成品まで一貫して対応する中部地区の大手特殊鋼流通。工具鋼に関しては日立金属の中部地区代理店でもある。

今回太陽光パネルを設置する技術開発センターは本社工場の敷地内にあり、昨年10月に完成したばかり。今年秋から工事に着手、年明けには完成させ春から稼働に入る予定だが、今回の設置は売電だけでなくパネルを屋上に設置することにより、全館恒温環境にある技術開発センターの大幅な省エネ効果も期待できることから決断した。

(5月29日、産業新聞)

### 愛知、鍛造品の海外生産拡大 12年度12%、15年度に25%増

愛知製鋼は、2012年度の海外での鍛造品生産が伸長し、12万3千トンとなり、海外生産比率は11.8%に達した。自動車業界の海外生産移転に合わせて実績が伸長している。すでに米国では現地材による鍛造品生産が大半になっているほか、中国でも現地材使用比率がほぼ100%になった。15年度には今期比約25%増の年間約17万トンに達する見込み。

同社は、自動車メーカーなどのグローバル戦略に合わせ、主に鍛造品の製造・販売で海外展開しており、海外生産比率もここ数年大幅に増えている。収益面での現地法人の貢献度も高まっている。

同社でも、3国間取引を含めた海外生産比率は増加を続けると見ている。そのため現地で展開している各社が自律的に経営できる体制を早期に構築することが肝要として、グローバル会議などを実施して対応を急いでいる。(5月2日、鉄鋼新聞)

### 神鋼、熱交換機向けTi板開発 海洋温度差発電実用化を後押し

神戸製鋼所は、プレート式熱交換

## 業界のうごき

器 (PHE) の熱伝導性能を2割以上高められるPHE用純チタン薄板を開発したと発表した。沖縄県が実証実験中の海洋温度差発電で使うPHEに初採用された。海洋温度差発電は将来実用化が期待される低環境負荷の発電技術。神鋼の開発製品は発電コスト低減に有効と見込まれており、同発電の実用化を後押しすると期待される。

開発したのは板表面に微細な凹凸を施し、伝熱性を高めた「HEET」と呼ぶ製品。PHEの設計を変えず熱伝導効率を高められる。

沖縄県が4月から同県久米島で海洋温度差発電の実証事業を進めており、この実証実験機に組み込むPHEに全面使用された。実証事業では高伝熱チタンの採用による経済効果も検証する。実証実験は発電出力50キロワットと小規模ながら、世界で初めて海洋温度差発電による電力を電力会社に供給する。

(6月13日、鉄鋼新聞)

### 山陽、鉛フリー快削SUS 鉛快削鋼以上の被削性実現

山陽特殊製鋼は、鉛フリー快削ステンレス「QS12E」を開発したと発表した。環境負荷の大きい鉛を添加せずに鉛快削鋼以上の被削性を実現した独自鋼種で、SUS403と同等の耐食性を持ちながら同416並みの被削性を発揮する。マルテンサイト系ステンレスで、鉛快削鋼と同等以上のパフォーマンスを発揮する鉛フリー快削鋼を開発したのは業界初とみられる。14年度末までに年率200～300トンの販売拡大を目指す。

EUのRoHS指令をはじめ環境負荷低減のニーズが強まる中、鉛フリー鋼の開発、普及が進んでいる。マルテンサイト系ステンレスは焼入れ焼き戻しによる高強度化(高硬度化)が特徴で回転部分や支持部材など高

強度が必要な用途で使われる。複雑で寸法精度の高い加工を行うため、快削元素を加えた快削鋼が使われることも多い。(6月11日、鉄鋼新聞)

### 新日鐵住金、鍛造車輪輸出倍増へ 鉄道用7万枚増

新日鐵住金は、鉄道用の鍛造車輪の輸出を倍増する。年間で国内向け10万枚、海外向け7万枚を製鋼所(大阪市此花区)で生産しているが、欧州向けを中心としてインドなど鉄道需要が拡大する地域に、鍛造車輪を7万枚増やし「年間能力24万枚のフルキャパにしていく」方針。ドイツ向けに鍛造車輪を納入した実績で、世界一の技術と言われる鍛造車輪を競争が激しい欧州の本場で拡販する。2011年には米国の鍛造車輪・車軸メーカーであるスタンダード・スチール(SS社)を買収しており日米2拠点で鍛造車輪を生産し、米欧アジアの鉄道車輪需要をとらえる。

米SS社の買収により、鉄道貨車輸送の増加が見込める米国市場で、同社の鍛造技術力を生かした付加価値ある製品の拡販が可能になった。米国は鍛造車輪が約7割を占めていることから、鍛造車輪の需要はまだ伸びるとみている。

(5月16日、産業新聞)

### 冶金、世界で高機能材拡販 今期4.5万トンへ、来月に専門部署

日本冶金工業は、注力している高ニッケル合金である高機能材をグローバルで拡販し、2014年3月期に4万5,000トンと、過去最高水準の販売量を見込む。これに合わせて、専門の高機能材営業推進部を設立する。営業本部の下に同部のほか、販売企画部、ソリューション営業部の3部を並べ「高機能材営業の司令塔」として機能させたい考え。

日本冶金の高機能材は、ボーイン

グ787向けや羽田空港のD滑走路などの大型案件に代表されるように、販売量を毎年確実に伸ばしてきた。しかし13年3月期は、最大輸出国である中国の景気減速の影響で、4万トンと前期比3,000トンほど落ち込んだ。

直近では足元の円高修正により、供給先の国内重工メーカーなどに、海外プロジェクト案件の需要捕捉の好機が広がっており、今期は前期比10%アップの4万5,000トンを見込む。(5月17日、産業新聞)

### 日立金属が生産開始、 アモルファス変圧器用コア

日立金属は、アモルファス変圧器向けにアモルファスコアの生産・販売を開始すると発表した。現在は、コア素材になるアモルファス金属リボン(箔帯)を供給。変圧器メーカーがコアに加工して、アモルファス変圧器に搭載している。新たにアモルファスコアの供給も開始することで、省エネルギー性能の高いアモルファス変圧器の普及を目指す。

アモルファスコアの販売先は国内の変圧器メーカー。対応するアモルファス変圧器容量は油入り2,500kVA、乾式1,500kVAまで。変圧器メーカーの治部電機にコア生産を委託する。日立金属が1億円を投じたコア生産設備(月産能力100トン、ただしコア容量により異なる)を治部電機の工場内に設置した。

日本国内の変圧器がすべてアモルファス変圧器に転換されると、その省エネルギー効果は100万kW級の発電所2基分に相当すると試算される。(5月28日、鉄鋼新聞)

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

## 特殊鋼統計資料

### 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別生産の推移

鋼種別

(単位: t)

年月	工具鋼	構 造 用 鋼			特 殊 用 途 鋼							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			
'11 曆年	249,273	4,616,659	4,039,110	8,655,769	427,775	1,117,301	2,931,457	744,318	5,380,181	833,755	11,434,817	20,339,859	
'12 曆年	226,595	4,583,118	3,934,190	8,517,308	425,252	976,986	2,822,820	701,970	5,607,620	617,671	11,162,319	19,896,222	
'11 年度	242,207	4,668,645	4,110,473	8,779,118	434,274	1,127,858	2,863,668	727,115	5,354,573	772,025	11,279,513	20,300,838	
'12 年度	227,588	4,388,544	3,747,493	8,136,037	417,525	883,781	2,807,953	691,323	5,636,639	597,540	11,034,761	19,398,386	
'12. 4-6月	57,695	1,174,592	1,063,309	2,237,901	113,931	277,311	731,546	185,792	1,518,776	165,653	2,993,009	5,288,605	
7-9月	57,969	1,167,822	938,881	2,106,703	106,942	232,774	718,522	172,578	1,441,344	162,684	2,834,844	4,999,516	
10-12月	54,761	1,004,152	854,589	1,858,741	92,500	182,929	669,248	155,712	1,261,456	130,379	2,492,224	4,405,726	
'13. 1-3月	57,163	1,041,978	890,714	1,932,692	104,152	190,767	688,637	177,241	1,415,063	138,824	2,714,684	4,704,539	
'12年 3月	18,308	422,527	366,928	789,455	37,396	95,738	244,792	65,495	472,548	62,713	978,682	1,786,445	
4月	17,140	380,029	365,570	745,599	35,838	89,329	238,532	56,124	495,959	41,969	957,751	1,720,490	
5月	20,746	396,903	364,204	761,107	42,020	95,275	244,927	65,458	560,654	60,587	1,068,921	1,850,774	
6月	19,809	397,660	333,535	731,195	36,073	92,707	248,087	64,210	462,163	63,097	966,337	1,717,341	
7月	20,574	397,141	344,017	741,158	35,376	80,305	240,756	58,894	517,173	53,393	985,897	1,747,629	
8月	18,275	380,864	301,001	681,865	34,157	76,436	240,770	55,776	501,035	57,184	965,358	1,665,498	
9月	19,120	389,817	293,863	683,680	37,409	76,033	236,996	57,908	423,136	52,107	883,589	1,586,389	
10月	19,832	361,308	315,741	677,049	31,327	67,458	239,862	49,775	465,053	53,095	906,570	1,603,451	
11月	17,667	334,916	284,204	619,120	28,658	60,562	214,081	52,137	352,196	37,324	744,968	1,381,745	
12月	17,262	307,928	254,644	562,572	32,515	54,909	215,305	53,800	444,207	39,960	840,696	1,420,530	
'13年 1月	18,139	316,343	267,859	584,202	31,323	54,044	226,709	50,527	497,890	39,523	900,016	1,502,357	
2月	18,576	347,411	294,351	641,762	30,607	61,490	222,942	58,694	403,673	40,744	818,150	1,478,488	
3月	20,448	378,224	328,504	706,728	42,222	75,233	238,986	68,020	513,500	58,557	996,518	1,723,694	
4月	16,847	374,318	334,482	708,800	36,254	78,075	230,342	55,759	449,770	47,966	899,166	1,624,813	
前月比	82.4	99.0	101.8	100.3	85.9	105.1	96.4	82.0	87.6	81.9	90.2	94.3	
前年同月比	98.3	98.5	91.5	95.1	101.2	88.5	96.6	99.3	90.7	114.3	93.9	94.4	

経済産業省調査統計部調べ

形状別

(単位: t)

年月	形鋼	棒鋼	管材	線材	鋼板	鋼帯	合計
'11 曆年	500,334	6,256,373	1,498,992	4,163,728	2,087,517	5,832,915	20,339,859
'12 曆年	429,279	5,940,690	1,454,172	4,013,992	1,893,111	5,164,978	19,896,222
'11 年度	482,765	6,309,819	1,538,799	4,146,216	2,063,941	5,759,298	20,300,838
'12 年度	430,247	5,607,651	1,378,459	3,913,109	1,928,292	6,140,628	19,398,386
'12. 4-6月	136,598	1,590,471	387,243	1,049,910	533,708	1,590,675	5,288,605
7-9月	113,716	1,439,655	345,650	1,035,409	444,249	1,620,837	4,999,516
10-12月	67,224	1,255,317	326,894	880,342	434,130	1,441,819	4,405,726
'13. 1-3月	112,709	1,322,208	318,672	947,448	516,205	1,487,297	4,704,539
'12年 3月	27,261	566,492	135,563	370,717	174,124	512,288	1,786,445
4月	37,145	512,707	147,874	319,737	185,193	517,834	1,720,490
5月	55,320	542,575	128,944	370,178	206,748	547,009	1,850,774
6月	44,133	535,189	110,425	359,995	141,767	525,832	1,717,341
7月	48,559	507,343	126,311	342,088	143,102	580,226	1,747,629
8月	20,623	452,004	123,852	342,735	162,564	563,720	1,665,498
9月	44,534	480,308	95,487	350,586	138,583	476,891	1,586,389
10月	35,232	430,084	134,481	324,524	158,134	520,996	1,603,451
11月	17,221	425,623	108,432	278,726	123,142	428,601	1,381,745
12月	14,771	399,610	83,981	277,092	152,854	492,222	1,420,530
'13年 1月	39,464	390,340	99,054	280,933	163,512	529,054	1,502,357
2月	41,721	435,875	105,777	310,251	129,620	455,214	1,478,488
3月	31,524	495,993	113,841	356,234	223,073	503,029	1,723,694
4月	45,532	469,795	132,642	341,968	166,244	468,632	1,624,813
前月比	144.4	94.7	116.5	96.0	74.5	93.2	94.3
前年同月比	122.6	91.6	89.7	107.0	89.8	90.5	94.4

経済産業省調査統計部調べ

### 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別販売(商社+問屋)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		
'11 暦年	441,844	3,966,807	4,653,996	8,620,793	273,757	547,962	3,626,549	200,660	82,191	79,046	4,810,155	13,872,792
'12 暦年	360,170	3,947,624	4,068,239	8,015,863	247,191	543,614	2,976,768	176,204	91,149	25,210	4,060,136	12,436,169
'11 年度	436,022	3,961,080	4,615,541	8,576,621	278,975	557,870	3,259,900	196,709	87,121	54,934	4,435,509	13,448,152
'12 年度	323,248	3,908,430	3,982,157	7,790,587	229,346	510,796	2,970,787	175,402	98,939	25,102	4,007,372	12,121,207
12年 8月	24,568	307,758	324,474	632,232	18,555	38,201	238,405	12,499	7,920	1,589	317,169	973,969
9月	24,253	312,048	326,548	638,596	16,794	40,685	246,502	14,230	7,669	1,587	327,468	990,317
10月	25,389	317,466	332,640	650,106	18,606	64,519	250,878	15,028	9,472	1,667	360,170	1,035,665
11月	24,785	295,197	319,514	614,711	17,292	8,577	247,116	11,990	8,585	2,428	295,988	935,484
12月	24,151	287,254	316,406	603,660	15,994	37,949	242,025	15,545	7,191	1,828	320,532	948,343
'13年 1月	24,817	289,943	320,417	610,360	17,237	36,823	245,867	13,900	9,528	2,156	325,511	960,688
2月	24,687	300,205	325,686	625,891	18,328	37,391	247,238	15,377	7,169	2,601	328,104	978,682
3月	27,440	324,587	334,003	658,590	18,066	41,896	255,770	17,181	9,506	2,352	344,771	1,030,801
4月	27,877	326,447	341,107	667,554	27,895	42,193	262,486	15,456	8,852	4,107	360,989	1,056,420
前 月 比	101.6	100.6	102.1	101.4	154.4	100.7	102.6	90.0	93.1	174.6	104.7	102.5
前年同月比	82.3	93.2	97.1	95.2	121.6	79.8	107.4	112.4	133.5	167.0	105.2	98.0

経済産業省調査統計部調べ

### 特殊鋼熱間圧延鋼材の鋼種別在庫の推移

メーカー在庫

(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		
'11 暦年	8,488	190,227	116,969	307,196	24,614	38,099	122,684	30,553	197,768	32,381	446,099	761,783
'12 暦年	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641
'11 年度	8,295	179,079	120,934	300,013	25,426	40,127	114,550	25,787	167,698	42,520	416,198	724,416
'12 年度	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822
12年 8月	8,543	199,109	137,591	336,700	21,918	46,990	132,813	29,949	199,281	31,143	462,094	807,337
9月	7,872	204,446	137,423	341,869	27,107	51,958	129,559	30,468	166,740	35,671	441,503	791,244
10月	10,000	197,484	133,086	330,570	23,191	49,418	140,621	26,608	164,296	35,433	439,567	780,137
11月	7,693	194,978	135,312	330,290	23,411	45,657	132,197	28,426	156,431	31,115	417,237	755,220
12月	7,673	182,574	131,328	313,902	23,953	43,245	130,709	27,139	134,929	34,091	394,066	715,641
'13年 1月	7,356	187,742	130,622	318,364	24,956	40,280	127,230	26,864	190,172	27,598	437,100	782,820
2月	7,198	189,386	135,253	324,639	20,199	38,432	126,036	34,989	193,384	27,647	440,687	772,524
3月	7,695	180,446	124,271	304,717	23,748	37,634	112,706	26,790	150,073	30,459	381,410	693,822
4月	6,988	197,884	131,684	329,568	25,548	40,918	116,876	28,673	157,048	30,943	400,006	736,562
前 月 比	90.8	109.7	106.0	108.2	107.6	108.7	103.7	107.0	104.6	101.6	104.9	106.2
前年同月比	83.2	102.1	98.4	100.6	101.8	92.0	105.3	101.3	81.7	103.1	92.8	96.0

経済産業省調査統計部調べ

### 流通在庫

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		
'11 暦年	59,145	253,243	174,301	427,544	21,518	57,780	173,543	17,188	8,031	2,218	280,278	766,967
'12 暦年	60,030	289,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723
'11 年度	63,141	273,132	187,035	460,167	26,229	73,087	162,898	18,396	7,303	2,296	290,209	813,517
'12 年度	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275
12年 8月	60,076	272,611	189,622	462,233	24,367	79,797	159,705	19,138	7,663	2,614	293,284	815,593
9月	60,747	275,401	191,492	466,893	25,265	77,700	159,234	20,544	8,172	2,422	293,337	820,977
10月	58,430	280,636	184,760	465,396	25,016	77,357	157,591	18,059	8,419	2,374	288,816	812,642
11月	59,381	274,816	184,312	459,129	24,652	77,274	151,144	20,711	8,465	2,410	284,656	803,165
12月	60,030	289,229	185,407	454,636	24,462	74,066	149,302	18,236	8,556	2,435	277,057	791,723
'13年 1月	60,664	286,764	176,877	443,641	23,448	70,524	149,554	19,716	8,818	2,409	274,469	778,774
2月	58,220	255,062	167,599	422,661	22,982	66,109	146,002	18,977	8,508	2,398	264,976	745,857
3月	58,473	255,755	170,930	426,685	22,021	64,747	146,230	21,457	8,269	2,393	265,117	750,275
4月	58,653	250,443	163,190	413,633	23,419	59,813	142,901	21,120	8,139	2,395	257,787	730,073
前 月 比	100.3	97.9	95.5	96.9	106.3	92.4	97.7	98.4	98.4	100.1	97.2	97.3
前年同月比	94.5	94.6	88.8	92.2	93.7	81.9	91.9	115.3	116.6	103.1	91.7	92.2

経済産業省調査統計部調べ

### 特殊鋼熱間圧延鋼材の輸出入推移

輸出

(単位：t)

年 月	工具鋼	構造用鋼			特殊用途鋼				その他の鋼			特殊鋼材合計
		機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼	計	ばね鋼	ステンレス鋼	ピアノ線材	計	高炭素鋼	その他合金鋼	計	
'11 暦年	34,103	424,408	540,217	964,625	183,369	1,245,945	211,120	1,640,433	15,635	5,054,857	5,070,493	7,709,654
'12 暦年	32,468	464,300	511,422	975,722	182,974	1,176,513	117,801	1,477,289	13,140	5,353,390	5,366,529	7,852,008
'11 年度	31,409	412,032	515,762	927,794	180,097	1,212,348	179,423	1,571,868	14,676	4,893,245	4,907,922	7,438,993
'12 年度	33,787	463,315	528,913	992,228	181,940	1,135,909	117,144	1,434,993	13,212	5,323,693	5,336,905	7,797,913
'12年 8月	2,499	42,889	39,660	82,550	14,933	91,469	15,920	122,322	1,024	476,359	477,384	684,754
9月	2,339	44,147	37,953	82,100	12,342	101,213	11,653	125,207	1,529	427,459	428,987	638,634
10月	2,953	38,017	38,865	76,882	17,639	103,336	7,548	128,523	1,127	447,262	448,389	656,727
11月	2,403	39,495	35,614	75,109	11,471	95,411	8,374	115,257	1,072	392,718	393,790	586,559
12月	6,663	39,907	46,088	85,995	14,343	89,259	8,629	112,232	642	421,674	422,316	627,205
'13年 1月	2,100	31,517	36,040	67,557	15,818	76,361	8,175	100,354	992	352,579	353,571	523,582
2月	2,502	34,998	44,140	79,139	15,789	86,683	5,798	108,269	1,153	451,562	452,715	642,625
3月	2,806	42,450	51,315	93,765	15,237	107,102	9,594	131,933	1,109	455,173	456,282	684,787
4月	2,964	36,674	54,560	91,234	19,252	89,634	8,853	117,740	1,448	378,197	379,645	591,583
前月比	105.6	86.4	106.3	97.3	126.4	83.7	92.3	89.2	130.6	83.1	83.2	86.4
前年同月比	123.7	106.8	118.5	113.5	125.2	100.2	115.9	104.7	102.3	90.6	90.6	96.3

財務省通関統計

輸入

年 月	工具鋼	ばね鋼	ステンレス鋼					計	快削鋼	その他の鋼		計	合計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管			高炭素鋼	合金鋼		
'11 暦年	5,781	881	665	11,941	9,319	156,308	11,030	189,263	55	29,045	174,950	203,995	400,005
'12 暦年	6,876	972	988	15,546	9,898	135,655	11,368	173,454	274	26,242	333,226	359,467	541,943
'11 年度	6,495	736	817	13,714	9,745	159,034	11,299	194,609	120	27,334	209,174	236,509	438,469
'12 年度	6,679	1,077	781	14,369	11,151	139,237	11,910	177,438	452	26,907	342,040	368,947	553,592
'12年 8月	525	113	48	1,249	543	9,507	1,037	12,384	17	1,503	24,947	26,449	39,488
9月	483	131	78	1,554	779	9,039	988	12,458	36	1,731	30,811	32,542	45,629
10月	407	76	33	1,063	1,069	11,112	959	14,237	-	2,293	49,123	51,415	66,135
11月	390	109	30	1,336	794	12,580	890	15,631	41	1,852	55,648	57,501	73,672
12月	428	70	100	1,285	811	10,319	1,080	13,595	66	3,915	26,722	30,637	44,796
'13年 1月	513	77	18	1,184	1,167	16,533	1,135	20,037	128	1,454	23,247	24,700	45,455
2月	329	71	58	952	1,221	11,855	817	14,902	80	654	24,737	25,391	40,773
3月	257	86	33	967	1,413	12,016	1,103	15,532	4	2,288	20,470	22,758	38,637
4月	477	52	48	1,268	1,169	14,025	1,136	17,646	18	308	23,349	23,657	41,851
前月比	185.7	60.9	145.7	131.1	82.7	116.7	103.0	113.6	447.2	13.4	114.1	104.0	108.3
前年同月比	86.7	149.8	35.3	108.4	132.0	122.1	116.8	120.4	78.2	8.0	121.1	102.3	109.0

財務省通関統計

### 関連産業指標推移

(単位：台)

(単位：億円)

年 月	四輪自動車生産		四輪完成車輸出		新車登録		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	ブルドーザ	パワーショベル	フォークリフト	ショベルトラック					
'11 暦年	8,398,630	1,135,996	4,454,413	423,767	4,210,219	674,780	6,887	135,303	114,789	12,043	88,961	52,656	13,262
'12 暦年	8,941,157	1,266,354	4,501,191	476,919	5,369,720	786,450	6,877	147,987	114,051	12,044	88,134	52,392	12,124
'11 年度	9,266,957	1,244,733	4,621,975	448,275	4,753,273	732,158	7,435	145,100	118,126	12,476	89,742	59,270	13,111
'12 年度	8,952,893	1,237,262	4,660,571	475,364	5,210,290	759,973	6,215	140,130	111,401	11,930	87,026	45,932	11,598
'12年 8月	735,999	92,230	344,049	33,769	370,776	54,155	577	11,474	9,052	927	7,273	2,685	963
9月	774,010	101,054	384,068	42,729	446,696	67,961	465	11,798	9,826	1,127	7,098	4,304	1,074
10月	792,166	100,601	384,774	35,783	359,333	59,271	378	12,851	10,228	1,316	7,038	3,275	943
11月	767,601	104,455	382,778	40,686	393,941	68,788	413	11,986	9,520	1,231	7,303	3,602	852
12月	700,731	96,431	399,589	43,352	338,503	53,649	451	10,354	8,271	935	7,205	4,206	841
'13年 1月	754,162	100,468	345,554	31,748	383,501	50,826	383	9,672	7,870	854	6,663	3,495	717
2月	808,311	104,912	392,220	38,022	477,379	63,576	480	10,298	8,402	924	6,945	3,521	809
3月	823,274	112,391	388,396	47,127	467,128	64,353	403	11,831	9,610	954	7,931	4,792	905
4月	747,730	102,309	397,813	38,736	365,165	55,708	601	10,576	8,294	920	7,233	2,256	820
前月比	90.8	91.0	102.4	82.2	54.7	59.0	149.1	89.4	86.3	96.4	91.2	26.0	90.6
前年同月比	93.5	104.5	98.9	95.1	101.5	106.4	90.0	85.9	88.6	102.2	94.3	95.7	76.4

出所：四輪自動車生産、四輪完成車輸出は日本自動車工業会

新車登録は日本自動車販売協会連合会及び全国軽自動車協会連合会

建設機械生産、産業車輛生産は経済産業省

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

## 特殊鋼需給統計総括表

2 0 1 3 年 4 月 分

業種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	1987~2013年随時				
						年月	ピーク時	年月	ボトム時	
工 具 鋼	生産	16,847	82.4	98.3	75.8	91.3	29,286	09.4	5,565	
	輸出船積実績	2,964	105.6	123.7	82.8	87.3	10,368	09.6	693	
	販売業者	受入計	28,057	101.3	85.6	136.4	11.9	51,246	09.2	10,035
		販売計	27,877	101.6	82.3	136.8	11.9	52,655	09.2	13,875
		消費者向在庫計	21,638	110.0	117.7	230.5	12.2	22,745	09.2	6,438
生産者工場在庫	6,988	90.8	83.2	62.3	91.10	17,876	09.11	4,204		
総在庫	65,641	99.2	93.2	139.2	11.4	76,339	88.1	41,105		
構 造 用 鋼	生産	708,800	100.3	95.1	130.6	08.3	843,564	09.3	265,273	
	輸出船積実績	91,234	97.3	113.5	539.0	10.3	99,546	92.1	10,222	
	販売業者	受入計	654,502	98.8	94.9	198.1	08.10	1,157,330	98.8	257,445
		販売計	667,554	101.4	95.2	203.6	08.7	1,154,349	99.8	253,971
		消費者向在庫計	441,449	104.3	103.9	206.6	08.7	683,173	98.8	166,732
生産者工場在庫	413,633	96.9	92.2	172.1	12.9	466,893	87.10	169,822		
総在庫	329,568	108.2	100.6	110.1	12.6	342,993	09.4	176,539		
総在庫	743,201	101.6	96.8	137.7	12.9	808,762	87.12	427,089		
ば ね 鋼	生産	36,254	85.9	101.2	85.2	89.3	60,673	09.3	9,842	
	輸出船積実績	19,252	126.4	125.2	152.1	06.5	27,829	09.3	2,409	
	販売業者	受入計	29,293	171.3	135.0	196.3	11.9	35,943	09.3	5,996
		販売計	27,895	154.4	121.6	187.2	11.9	33,727	09.4	6,339
		消費者向在庫計	9,756	137.0	126.8	78.6	90.10	23,876	09.3	2,096
生産者工場在庫	23,419	106.3	93.7	736.9	12.3	26,229	03.9	1,534		
総在庫	25,548	107.6	101.8	79.5	95.12	41,374	09.3	15,277		
総在庫	48,967	107.0	97.8	138.7	12.5	52,974	02.9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生産	230,342	96.4	96.6	85.2	07.3	330,543	09.2	116,542	
	輸出船積実績	89,634	83.7	100.2	88.1	08.3	153,275	90.1	27,186	
	販売業者	受入計	259,157	101.2	109.3	172.6	06.5	587,740	09.2	88,978
		販売計	262,486	102.6	107.4	175.7	06.5	587,941	09.2	88,740
		消費者向在庫計	73,901	123.6	134.9	129.7	08.9	322,918	96.3	30,365
生産者工場在庫	142,901	97.7	91.9	129.2	12.1	174,941	87.3	51,419		
総在庫	116,876	103.7	105.3	79.4	02.4	188,988	09.7	94,154		
総在庫	259,777	100.3	97.5	100.8	01.10	352,013	88.4	191,203		
快 削 鋼	生産	55,759	82.0	99.3	63.0	88.3	116,819	09.2	22,054	
	販売業者	受入計	15,119	76.9	110.6	89.9	06.9	25,874	09.2	8,434
		販売計	15,456	90.0	112.4	93.4	08.4	26,351	09.2	10,358
		消費者向在庫計	15,050	90.0	112.8	105.8	08.4	23,235	04.9	9,649
	生産者工場在庫	21,120	98.4	115.3	92.3	07.5	28,279	87.1	9,364	
総在庫	28,673	107.0	101.3	127.5	87.1	43,166	00.3	17,313		
総在庫	49,793	103.2	106.8	109.7	07.5	69,033	03.3	31,059		
高 抗 力 鋼	生産	449,770	87.6	90.7	192.1	12.05	560,654	87.2	151,890	
	販売業者	受入計	8,722	94.1	138.2	70.4	90.2	18,841	09.7	1,279
		販売計	8,852	93.1	133.5	71.7	90.10	18,863	09.8	2,035
		消費者向在庫計	6,412	92.7	146.4	119.1	90.10	9,573	10.1	1,549
	生産者工場在庫	8,139	98.4	116.6	61.4	99.12	20,289	10.5	5,655	
総在庫	157,048	104.6	81.7	93.7	12.7	211,872	09.5	98,548		
総在庫	165,187	104.3	82.9	91.4	12.7	219,029	09.5	108,603		
そ の 他	生産	127,041	95.0	96.8	54.2	-	-	-	-	
	販売業者	受入計	41,368	96.5	74.8	334.0	-	-	-	-
		販売計	46,300	104.6	83.6	375.0	-	-	-	-
		消費者向在庫計	34,842	104.1	103.2	647.3	-	-	-	-
	生産者工場在庫	62,208	92.7	82.5	469.5	-	-	-	-	
総在庫	71,861	105.5	96.5	42.9	-	-	-	-		
総在庫	134,069	99.1	89.5	74.1	-	-	-	-		
特 殊 鋼 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産合計	1,624,813	94.3	94.4	120.6	08.3	2,007,931	09.2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計	591,583	86.4	96.3	176.3	12.5	822,536	87.1	153,788	
	販売業者	受入計	1,036,218	100.1	98.1	181.3	08.9	1,697,702	87.1	435,213
		販売計	1,056,420	102.5	98.0	185.7	08.9	1,685,031	87.5	442,211
		消費者向在庫計	603,048	106.4	108.3	179.1	08.9	1,038,664	98.8	267,392
生産者工場在庫	730,073	97.3	92.2	165.1	12.9	820,977	87.10	290,674		
総在庫	736,562	106.2	96.0	96.6	98.1	839,861	97.2	425,932		
総在庫	1,466,535	101.6	94.1	121.7	12.8	1,622,930	97.2	881,392		

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

注 1. 総在庫高とは販売業者在庫高に生産者工場在庫高を加算したもの。生産者工場在庫高は熱延鋼材のみで、冷延鋼材及び鋼管を含まない。また、工場以外の置場にあるものは、生産者所有品であってもこれを含まない。

2. 1987~2013年のピーク時とボトム時とは、最近の景気循環期間中の景気変動の大きさの指標を示す。

3. 「その他」のピーク時、ボトム時は掲載せず

# 倶楽部だより

(平成25年4月21日～6月20日)

## 総会 (5月28日)

- ①平成24年度事業報告書の承認
- ②平成24年度決算報告書の承認
- ③平成25年度事業計画書の承認
- ④平成25年度収支予算書の承認
- ⑤平成25年度入会金及び会費・賦課金徴収方法の承認
- ⑥役員改選

## 理事会 (5月28日)

- ①総会付議事項
- ②一般社団法人日本鉄鋼協会記念講座協賛
- ③平成25年5月～10月の会議開催日程
- ④報告事項

## 臨時理事会 (5月28日)

会長、副会長、専務理事の選出

## 市場開拓調査委員会

- ・調査WG (5月22日)  
「自動車の技術変化に伴う特殊鋼使用実態調査」の最終報告書(案)の検討
- ・本委員会 (6月4日)  
24年度活動報告及び25年度活動計画の検討

## 編集委員会

- ・小委員会 (5月24日、6月6日)  
9月号特集「ナノテクノロジーと分析技術」(仮題)の編集内容の検討
- ・本委員会 (5月30日)  
9月号特集「ナノテクノロジーと分析技

術」(仮題)の編集方針、内容の確認

## 流通委員会

- ・工具鋼分科会 (5月13日)

## 【大阪支部】

定時総会 (6月4日)

- ①平成24年度事業報告書・決算報告書の承認
- ②平成25年度事業計画書・収支予算書の承認
- ③役員人事他の承認

運営委員会 (5月20日)

- ①平成24年度事業報告・決算報告
- ②平成25年度事業計画・収支予算
- ③役員人事他

## 【名古屋支部】

定時総会 (6月10日)

- ①平成24年度事業報告書・決算報告書の承認
- ②平成25年度事業計画書・収支予算書の承認
- ③運営委員会委員の改選

部会

- ・工具鋼部会 (4月24日)
- ・ステンレス鋼部会 (5月8日)
- ・構造用鋼部会 (5月9日)

講演会 (6月10日)

演 題: 「“笑い”が組織・社内環境を変える」  
講 師: ホスピタル・クラウン  
大棟 耕介氏

出席者: 63名

交流会 (6月10日)

出席者: 62名

# 特殊鋼倶楽部の動き

## ○平成25年度の役員を選任

平成25年5月28日に開催された第32回定時総会及び理事会において25年度の特特殊鋼倶楽部役員が以下のように選任されました。任期は2年間です。

会長（代表理事）	武田 安夫	山陽特殊製鋼㈱ 代表取締役社長
副会長	堀江 均	大同特殊鋼㈱ 代表取締役副社長
副会長	竹内 誠二	㈱竹内ハガネ商行 代表取締役社長
副会長	高木 清秀	㈱メタルワン 執行役員 線材特殊鋼・ステンレス本部長
専務理事（業務執行理事）	小島 彰	（一社）特殊鋼倶楽部
理事	山中 敏幸	愛知製鋼㈱ 執行役員
同	後藤 隆	㈱神戸製鋼所 常務執行役員
同	那須 七信	JFEスチール㈱ 常務執行役員
同	中川 智章	新日鐵住金㈱ 執行役員 棒線事業部長
同	宮楠 克久	日新製鋼㈱ 常務執行役員
同	安武 雄二	日本金属㈱ 専務取締役
同	古瀬 司	日本高周波鋼業㈱ 専務取締役
同	橋之口 真	日本冶金工業㈱ 常務執行役員 営業本部長
同	平木 明敏	日立金属㈱ 事業役員 常務 高級金属カンパニープレジデント
同	青山 利男	青山特殊鋼㈱ 代表取締役社長
同	増井 平	浅井産業㈱ 取締役社長
同	塔下 辰彦	伊藤忠丸紅鉄鋼㈱ 取締役兼常務執行役員
同	今西 清裕	伊藤忠丸紅特殊鋼㈱ 代表取締役社長
同	井上 寿一	井上特殊鋼㈱ 代表取締役社長
同	岸本 則之	㈱UEX 代表取締役社長
同	川松 康吉	岡谷鋼機㈱ 代表取締役 専務取締役
同	村田 和夫	佐藤商事㈱ 代表取締役社長
同	池田 謙二郎	三興鋼材㈱ 代表取締役社長
同	田阪 達彦	JFE商事㈱ 執行役員 ステンレス・特殊鋼本部長
同	霜島 悦功	住金物産㈱ 取締役 専務執行役員
同	堀江 誠	住友商事㈱ 執行役員 輸送機金属製品本部長
同	中川 陽一郎	中川特殊鋼㈱ 取締役社長
同	三上 聡彦	ノボル鋼鉄㈱ 取締役社長
同	湊 義明	野村鋼機㈱ 代表取締役社長
同	海老原 弘	阪和興業㈱ 取締役 専務執行役員
同	平井 俊夫	㈱平井 代表取締役社長
同	萩原 伸一	三井物産㈱ 理事 鉄鋼製品副本部長
同	古賀 康友	㈱メタルワン 特殊鋼 取締役社長
同	藤原 久芳	ヤマト特殊鋼㈱ 代表取締役社長
監事	関根 博士	三菱製鋼㈱ フェロー社員 鋼材事業部長
同	金子 篤司	大洋商事㈱ 取締役 相談役
同	根米 龍之	早稲田大学 ビジネススクールディレクター

## ○世界に寄与する我が社の新製品・新技術説明会開催

去る7月5日（金）、鉄鋼会館（東京・日本橋茅場町）701号室にて、当倶楽部主催による「世界に寄与する我が社の新製品・新技術説明会」を開

催しました。平成22年以来3年ぶりの開催となった同様説明会は、特殊鋼の製造・流通業者並びにユーザー業界からの参加もあり延べ90名を超える方々にご聴講頂きました。

当日は、特殊鋼倶楽部 小島専務理事の開会挨拶、次いで経済産業省 製造産業局 製鉄企画室長



竹上様(写真1)より来賓挨拶の後、本誌1月号で特集した新製品・新技術のうち16件について、ご執筆関係者の方々より発表して頂きました(写真2)。1件15分という限られた時間ではありましたが、「自動車」、「航空宇宙」、「電気・電子」、「産業機械」、「建築・プラント」と多岐に用いられる特殊鋼の使用目的、特徴、性能等を伺いました。

いずれの製品・技術も高機能・高付加価値化に加え、低コスト化や省力化、そして環境負荷低減に繋がるものであります。

会場内では説明を熱心に聞き入りメモを取る姿が見られ、改めて日本の特殊鋼が高い品質と技術力を持ち、更なる可能性を秘めていることに思い知らされ、説明会は盛会裏のうちに終了しました。

なお当倶楽部では、同様の説明会を8月30日(金)には大阪支部、9月20日(金)には名古屋支部でも開催すべく準備を進めています。



写真1 「世界に寄与する我が社の新製品・新技術説明会」  
経済産業省 製造産業局 製鉄企画室長 竹上様ご挨拶



写真2 「世界に寄与する我が社の新製品・新技術説明会」会場風景

### ○24年度海外調査報告会の開催

「中国、韓国、インドの特殊鋼生産動向」調査報告書の説明会を7月2日鉄鋼会館701号室で開催しました(写真3)。

講師は神鋼リサーチ(株) 産業戦略情報本部調査 二部 上席主任研究員の野尻英一氏で参加者は約100名でした。1時間30分の報告説明会でしたが、要領の良い説明に参加者は満足していました。

本報告書は、日本の特殊鋼産業に影響の大きい3ヶ国の特殊鋼生産量、主要メーカーの概要、日本への影響等を調査・分析していますが、本年度からは会員限定で配布することにしました。

### ○安全保障貿易説明会の開催

「安全保障貿易管理説明会」を特殊鋼倶楽部、日本鉄鋼連盟、ステンレス協会の共催で6月25日、鉄鋼会館701号室で開催しました。

講師は経済産業省 貿易経済協力局 安全保障貿易検査官室 上席安全保障貿易検査官の熊野幸一氏で参加者約100名でした。

国際的な平和及び安全の維持・確保にとって通常兵器の過度な蓄積の防止と大量破壊兵器等の不拡散を目的とした安全保障貿易管理はますます重要となってきており、鉄鋼業界もコンプライアンス等の観点から外為法を遵守し、的確かつ効率的な輸出管理が求められていることから、出席者は①安全保障貿易管理の概要、②法令遵守のポイントについて熱心に聴講しました。



写真3 24年度海外調査報告会会場風景

# 一般社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覧

(社名は50音順)

<b>【会員数】</b> (正会員) 製造業者 25社 販売業者 105社 合計 130社  (賛助会員) 0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) 川口金属工業(株) 神戸製鋼所(株) 合同製鐵(株) 山陽特殊製鋼(株) JFE条鋼(株) JFEスチール(株) JX日鉄日石金属(株) 下村特殊精工(株) 新日鐵住金(株) ステンレスパイプ工業(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) 不二越(株) 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) 栗井鋼商事(株) 伊藤忠丸紅鉄鋼(株) 伊藤忠丸紅特殊鋼(株) 井上特殊鋼(株) 植田興業(株) UEX(株) 碓井鋼材(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) カムス(株) カワイスチール(株) 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) 三悦(株) 三協鋼鐵(株) 三京物産(株) 三興鋼材(株) 三和特殊鋼(株) JFE商事(株) 芝本産業(株) 清水金属(株) 清水鋼鐵(株) 神鋼商事(株)	住金物産(株) 住金物産特殊鋼(株) 住友商事(株) 大同興業(株) 大同DMソリューション(株) 大洋商事(株) 大和興業(株) 大和特殊鋼(株) 竹内ハガネ商行(株) 孟鋼鉄(株) 田島スチール(株) 辰巳屋興業(株) 中部ステンレス(株) 千曲鋼材(株) テクノタジマ(株) 鐵鋼社(株) デルタスティール(株) 東京貿易金属(株) 東信鋼鉄(株) 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) 日輪鋼業(株) 日金スチール(株) 日鐵商事(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) 長谷川ハガネ店(株) ハヤカワカンパニー(株) 林田特殊鋼材(株) 阪神特殊鋼(株)	阪和興業(株) 日立金属アドメット(株) 日立金属工具鋼(株) 日立ハイテクノロジーズ(株) 平井(株) フクオカ(株) 藤田商事(株) 古池鋼業(株) プルータス(株) 堀田ハガネ(株) マクシスコーポレーション(株) 松井鋼材(株) 三沢興産(株) 三井物産(株) 三井物産スチール(株) メタルワン(株) メタルワンチューブラー(株) メタルワン特殊鋼(株) 森寅鋼業(株) 山一ハガネ(株) 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) リンタツ(株) 渡辺ハガネ(株)

## 特 集 / ナノテクノロジーと分析技術

- I. 総論
- II. ナノテクノロジー関連製品・技術
- III. ナノテクノロジーを支える分析技術
- IV. 会員メーカーのナノテクノロジー関連製品・技術

11月号特集予定…ステンレス鋼

## 特 殊 鋼

第 62 卷 第 4 号  
© 2 0 1 3 年 7 月  
平成25年6月25日 印 刷  
平成25年7月1日 発 行

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

発 行 所  
一般社団法人 特殊鋼倶楽部  
Special Steel Association of Japan

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

編集発行人 小 島 彰  
印刷人 佐 藤 正 則  
印刷所 日本印刷株式会社

本誌に掲載されたすべての内容は、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。