

# 特殊鋼

2012  
Vol.61 No.5

9

*The Special Steel*

特集／鉄道と特殊鋼





# 特殊鋼

9

## 目次

2012

### 【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	福井 康二(愛知製鋼)
〃	小椋 大輔(神戸製鋼所)
〃	西森 博(山陽特殊製鋼)
〃	出町 仁(新日本製鐵)
〃	鎌田 芳彦(住友金属工業)
〃	本田 正寿(大同特殊鋼)
〃	上田 博之(日新製鋼)
〃	縄田 隆男(日本金属)
〃	加藤 方隆(日本金属工業)
〃	宮川 利宏(日本高周波鋼業)
〃	佐藤 昌男(日本冶金工業)
〃	加田 善裕(日立金属)
〃	柴野 芳郎(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／鉄道と特殊鋼】

I. 総論 (鉄道車両の技術変遷)	
.....	公益財団法人鉄道総合技術研究所 石塚 弘道 2
II. 主要部品に求められる機能と製造方法	
1. 車両	
(1) ボディー	
①ステンレス鋼.....	日本冶金工業(株) 平田 茂 7
②アルミ.....	(株)神戸製鋼所 貝田 一浩 9
(2) 鉄道車両用車輪・車軸	
.....	住友金属工業(株) 岡方 義則 12
(3) 軸受.....	日本精工(株) 藤田 康弘 15
(4) 鉄道車両用ばね.....	三菱製鋼(株) 早坂 善広 18
(5) 主電動機 (モータ) ...	(株)日立製作所 小村 昭義 21
2. 軌条	
(1) 普通レール.....	新日本製鐵(株) 廣口 貴敏 24
(2) 鉄道軌道用 マンガンクロッシング	
.....	(株)大同キャスティングス 梅村 孝雄 26
3. パンタグラフすり板	
.....	公益財団法人鉄道総合技術研究所 土屋 広志 29
III. 鉄道車両工業の動向.....	日本鉄道車両輸出組合 井上 邦夫 33
“特集” 編集後記 .....	山陽特殊製鋼(株) 西森 博 38

金属の力。人間の情熱。

# Maxis

株式会社 マクシスコーポレーション

<http://www.maxis.co.jp>

## 大同特殊鋼の金型用材料

### 高靱性マトリックス型ハイス

# DRM

ドリームシリーズ

〒105-0012 東京都港区芝大門1-10-11 芝大門センタービル5階 ☎ 03-5403-7060 (代表) FAX. 03-5403-2761







## 一人一題

# 「ノンアルコールビール」

愛知製鋼(株) やま なか とし ゆき  
取締役 山 中 敏 幸



最近、ノンアルコールビールが人気です。種類も豊富になり、ゴルフ場やパーティー会場のみならず、ご自宅で飲まれる方も増えているようです。かくいう私も、以前は大好物はビールとってはばからないほどのビール党だったのですが、最近では健康のためと、ぴったり合うノンアルコールビールとの出会いにより、自宅ではアルコールなしで過ごせるようになりました。

ご自宅でアルコールを嗜まれる方にはそれぞれ理由があると思いますが、私も含め多くの方は、一日の疲れをとりぐっすり眠るための睡眠導入剂的な役割を求めて飲まれているのではないのでしょうか？ 私がノンアルコールビールに変更して約1年半、今では十分にアルコール代替の役割を果たしてくれており、酔わなければ眠れないというのは単なる思い込みに過ぎなかったことに今更ながら気づかされました。

世の中は日々変化・進化しており、今までは当たり前と思込んでいたことが、ちょっとした偶然や気づきからそうではなかったと思知らされたり、過去には想像もできなかつたような大きな変化に驚かされることも多くなりました。

それは私生活のみならず仕事の局面においても同様です。我々が従事している特殊鋼業界においても、グローバル化・小型軽量化・ダイバーシティ化等々のキーワードのもと、顧客やそれを取り巻く環境が大きく変化しており、我々もその変化に対応していかなければ生き残っていくことが難しい時代になってきたと思います。海外での現地対応を求められたり、これまでは考えてもみなかった素材がコンペチタとして新たに登場して来たり、今後ますます大きな変革の波が押し寄せて来そうです。

そのような厳しい時代を迎えたわけですが、変化から逃げることなく前向きに捉え、自身の気持ちを切り替えながら逆に変化を楽しめるぐらいになりたいものです。アルコールが無ければぐっすり眠れないと思っていたことが、ノンアルコールビールとの出会いで単なる思い込みに過ぎなかつたと思気づかされたように、前向きに変化への対応に取り組んでいけば、きっと新たな気づきや出会いがあり、それをばねにして変化を乗り越えていけるのではないのでしょうか？

様々なことに興味を持つ好奇心旺盛な心と、物事を的確に捉え柔軟に対処していける頭、それに加えて健康な体があれば、自然体で変化を受け入れることができ、例え大きな変革の波が来ようとも、それに飲み込まれることなく乗り越えて行けると思っています。私自身も、そのような人間に少しでも近づけるよう精進していきたいものです。







## I. 総論 (鉄道車両の技術変遷)

公益財団法人鉄道総合技術研究所 車両構造技術研究部 いしづかひろみち 石塚弘道

### まえがき

2012年は、1872年(明治5年)10月14日に我が国で初めて鉄道が新橋(現汐留)～横浜(現桜木町)間29.0kmで公式開業してちょうど140年にあたる。イギリスから輸入した機関車が2軸客車8両(総定員286名)をけん引して、新橋～横浜間を53分、表定速度(走行距離を所要時間で除す、所要時間には駅での停車時間も含む)32.8km/hで結んだ。

こうして開業した鉄道は、2012年夏現在、全国の総延長約28,000kmの鉄・軌道路線で列車が運行され、東北新幹線ではE5系新幹線電車「はやぶさ」が最高運転速度300km/hで走行し、2013年春には320km/hに引き上げることが予定されている。

本稿では、鉄道車両の技術変遷を、紙幅の制約もあることから、主として日本国有鉄道(以下、旧国鉄)およびJRにおける電車の発達に絞って、使用材料の変遷も一部交えて簡単に紹介する。

### ◇ 電車の発達

#### 1. 80系湘南形電車

我が国では、電車は1895年に京都で初めて路面電車として営業運転を開始して以来、旧国鉄・公民鉄において、都市内、都市と近郊および近隣都市間を結ぶ車両として、比較的小規模に発展していった。

1950年、旧国鉄で80系電車が走行を開始し、東京～大垣のような長距離を、あるいは16両といった長大編成で、電車運転が可能であることが実証された。ここで、動力装置を搭載する機関車で非搭載の客・貨車をけん引する動力集中方式と、電車や気動車のように複数の車両が動力装置を搭

載する動力分散方式の主な利点を挙げると以下のとおりである。

#### (1) 動力集中方式の利点

- ①客車の製造コストが低い
- ②客車内の騒音・振動が小さい
- ③電化・非電化区間を問わず、さらに電化方式を問わず機関車の付け替えにより客車を走行させられる

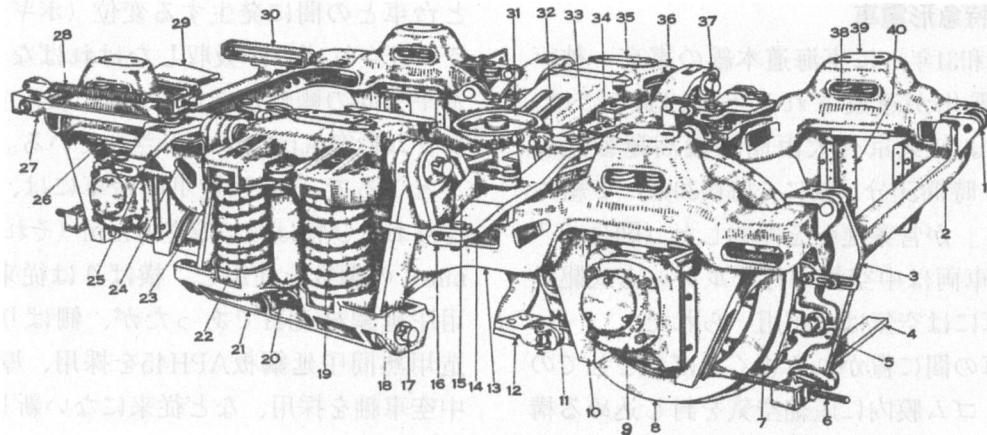
#### (2) 動力分散方式の利点

- ①加・減速性能、また勾配での登坂力に優れる
- ②一つの動力装置が故障しても他の動力装置でカバーして、運転の続行が可能である
- ③電車の場合、回生ブレーキを利用できる
- ④重い機関車がないため軌道に与える負荷を軽減でき、その負荷によって制限される曲線や分岐器での走行速度を高くすることが可能となる
- ⑤起・終点駅での折り返し運転が容易である

上記動力分散方式の利点を反映したモハ80系電車の成功により、以降、我が国では、新幹線に代表される長距離・高速列車には電車あるいは気動車が新設計され投入されることになる。

80系電車は1949年～1958年まで製造されたが、その間、台車のフレーム(以下、台車枠)の材料や構造に大きな変化があった。当初の車両が装備していた台車では、鋳鋼製の側ばり、横ばりおよび端ばりをそれぞれリーマボルトで接合して製造された。その後、台車枠全体を鋳鋼SC46製とした一体鋳鋼製台車(図1<sup>1)</sup>参照)が開発され、さらに1956年に製造された電車では、厚さ12mmの一般構造用圧延鋼材SS41による溶接構造台車枠となった。また、1957年以降に増備された電車の





照合

2：端ばり 13：側ばり 18：揺れまくら吊り 19：揺れまくらばね 20：オイルダンパ  
21：下揺れまくら 31：下心皿 33：横ばり 35：側受 36：上揺れまくら

図 1 80系湘南形電車用一体鋳鋼台車<sup>1)</sup>

車体は、従来、床面下の台枠部分で車体が受ける上下や前後方向などの全荷重を負担する構造であったのに対して、車体を六面体と見て、六面体の各面で荷重を分担するセミモノコック構造となり軽量化が図られた。

## 2. 101系通勤形電車

1957年に、全金属製セミモノコック構造車体の通勤用電車として登場したのが101系電車である。中空軸平行カルダン方式駆動装置を装備し、主電動機の制御機器などを2両に分散し、2両で1ユニットの動力車とする方式を採用するなど、旧国鉄において高性能電車の嚆矢となった形式の電車である。従来、電車の主電動機はその質量を台車枠と車軸に分けて装架され、主電動機の電機子軸に嵌められた小歯車と車軸に嵌められた大歯車が噛み合っ

て駆動方式が取られていた。これに対し中空軸平行カルダン方式駆動では、主電動機は台車枠にのみ装架され、車軸と平行に配置した電機子軸を中空として中にカルダン軸を通し、どちらもたわみ板（結合する両者間の相対変位を許容できる構造とした継手）を介して、カルダン軸の歯車装置から遠い側の端を電機子軸と、歯車装置に近い側の端を小歯車軸と結合して、車軸の大歯車を駆動する。中空軸平行カルダン方式には、軌道に悪影響を与えるばね下質量（台車質量の内、軸箱と台車枠間に装備されるばねよりレール側に存在する質量、主として輪軸の質量）を軽減できる、主電動機はばね上にあるため軌道からの衝撃が小さい、などの利点がある。現在は、構造が簡単な、WN継手やTD継手を使用した中実軸平行カルダン方式が主流となっている（図2<sup>2)</sup>参照）。

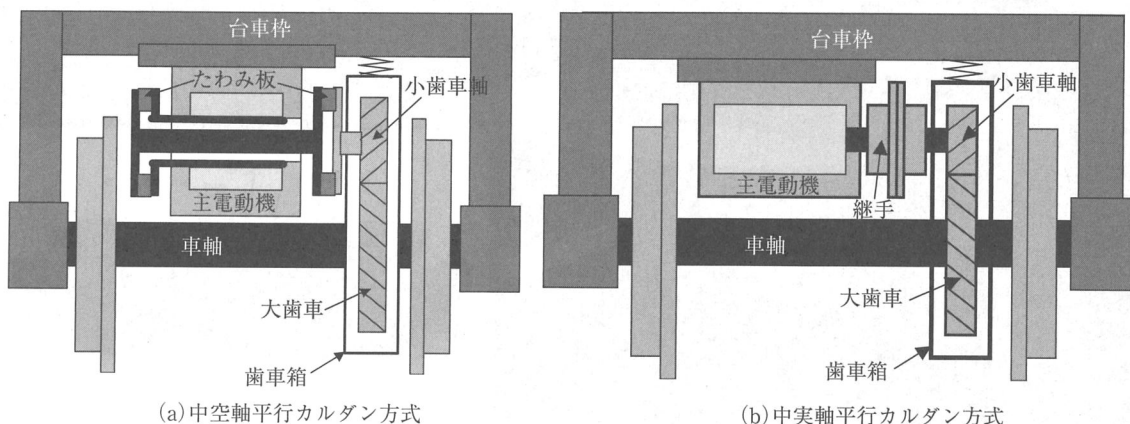


図 2 カルダン式駆動装置<sup>2)</sup>



### 3. 151系特急形電車

1956年（昭和31年）に東海道本線の東京～神戸間全線での電化が達成されると、1958年には、151系電車により東京～大阪間を最高運転速度120km/h、6時間50分（後に6時間30分）で結ぶ特急「こだま」が営業運転を開始した（図3<sup>3), 4)</sup>参照）。この車両は中空軸平行カルダン方式駆動であり、台車には空気ばねが用いられた。

車体と台車の間に置かれるまくらばねとしての空気ばねは、ゴム膜内に圧縮空気を封じ込める構造となっていて、空気の圧縮性を利用してばね力を得る。空気ばねは、車体の質量（乗客の多寡）に応じて内部の空気を吸排気することによりレールからの車体高さを一定に保つことができるため、金属製のばねよりもばね常数を小さく（柔らかく）することができ、乗り心地がよくなる。空気ばねの内部にはオリフィスが設けられ、空気の流量を絞ることにより空気ばねにダンパ性能を持たせ、車体の上下方向振動を抑制する。また、走行中の輪軸から来る高周波の振動を抑えるのにも効果がある。

151系電車に使用された空気ばねは、上下方向のばね特性（振動減衰）のみを目的とした3段ベローズ形であったが、以降、水平方向の振動抑制も考慮した構造に改良が進み、さらに後に述べるボルスタレス台車では、曲線などを走行中の車体

と台車との間に発生する変位（ボギー角変位と言う）も空気ばねが吸収しなければならないため、水平方向の剛性が低い（大きく変形する）ダイヤフラム形空気ばねが使用されている。

ところで、151系電車の台車には、台車枠の側ばりおよび横ばりに厚さ6mm（それまでは厚さ9mm）の鋼板を使用し、横ばりは従来の一般構造用圧延鋼材SS41であったが、側ばりは自動車構造用熱間圧延鋼板APH45を採用、厚肉鋼管製の中空車軸を採用、など従来にない新しい試みもなされていた。

### 4. 0系新幹線電車

1964年10月1日、世界に先駆けて210km/hの高速営業運転を開始した東海道新幹線に投入された車両は、0系新幹線電車と呼ばれる。0系新幹線電車は、上で述べた80系、101系、151系電車などの運転や保守で培った経験をベースに設計され、軌間が1,067mmの狭軌から標準軌の1,435mmとなり大型化されたが、必ずしも斬新な技術が豊富に盛り込まれた車両とは言えなかった。

車両の構体は、例えば「鋼体（原文ママ）」は外板に1.6mmの耐候性鋼板、屋根板は1.2mmの耐候性鋼、床には1.0mmのキーストンプレートをを用い側柱には1.6mmの耐候性鋼板又は普通鋼の2.3mmのプレス鋼板を溶接した軽量構造である。気密構体であるため応力の集中箇所には特に3.2mmの普

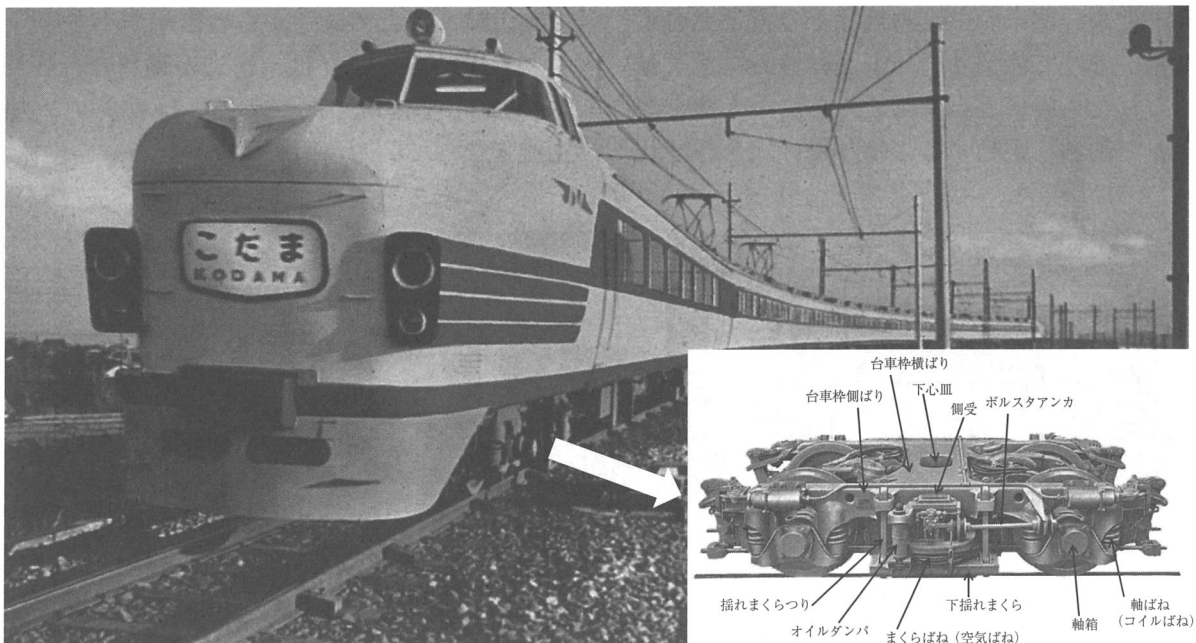


図 3 151系特急形電車<sup>3), 4)</sup>

通鋼による補強がされている。」<sup>5)</sup>と記されているように、普通鋼を使用したうえで部位毎の鋼種や板厚の適切な選定により軽量化が図られていた。また、台車枠の主要構造である側ばりと横ばりには板厚9mm、端ばりには板厚6mmのいずれも一般圧延鋼材SS41が使用されたが、1976年以降の新車には溶接構造用圧延鋼材のSM41Bが使用されることになり、その際、端ばりの板厚は9mmと強化された。なお、疲労強度向上を目的として、当初から車軸には誘導加熱焼入れが施工され（高周波焼入れ車軸と呼ばれる）、現在に至るまで全ての新幹線電車に採用されている。

### 5. 300系新幹線電車

1992年3月より東海道・山陽新幹線では「のぞみ」号が最高速度270km/hで運転されるようになったが、このとき投入された車両が300系新幹線電車であった。それまでの0・100系新幹線電車での220km/h運転と比べて運転速度が大幅に向上するため、車両の徹底的な軽量化が図られたが、その主目的は沿線騒音対策であった。

300系新幹線電車の車両構体は、屋根・床・側板などへのアルミニウム合金6N01シングルスキン押出型材の使用により質量が6.5トンとなり、0系新幹線電車の10.3トンと比べて40%近く、屋根・床・側板などにアルミニウム合金5083板材が使用された200系新幹線電車の7.5トンと比べても15%近い軽量化が図られた。また、台車は、新幹線電車では初めてボルスタレス構造が採用され、質量も6.8トンと0系新幹線電車の9.8トン<sup>6)</sup>と比べて30%の軽量化となった。さらに、輪軸に関して、車輪の直径は0・100・200系新幹線電車の910mmから860mmとなり、車軸は端から端まで中心部を直径60mmの孔でくり抜いた中ぐり車軸となり、中ぐり車軸は以降の全ての新幹線電車に採用されている。

台車のボルスタとはまくらばり（枕梁）のことで、まくらばりのある台車がボルスタ付き台車（図1、3参照）、ない台車が図4に示したボルスタレス台車である。まくらばりは、揺れまくら吊り方式の台車では、上・下揺れまくらとそれらを繋ぐ揺れまくら吊りなどで構成されるが、下心皿、まくらばねなどとともに揺れまくら装置を

構成し、揺れまくら装置は、単に車体荷重を支えるだけではなく、軌道からの上下振動や左右振動を抑える役割も担っている。また、下心皿は、車体の荷重を負担して前後左右の水平力を伝達するとともに台車の回転中心となる心皿機構のうち、台車側に設けられる装置のことで、車体側には上心皿が設けられる。ボルスタレス台車には、車体荷重を支えながら車体との摩擦によって台車の左右動を抑制する機能を持つ側受や心皿機構、さらには台車で発生した駆動力やブレーキ力を車体に伝達するボルスタアンカなどもなく、上で述べた低横剛性空気ばねがまくらばねとして車体の全荷重を支え、けん引装置が台車に発生した前後力を車体に伝える。ボルスタレス台車は、我が国では台車構造の簡素化と軽量化を目的として1980年に東京の帝都高速度交通営団（現在の東京地下鉄）の8000系電車にて初めて実用化されて以来、旧国鉄では民営分割直前の1985年に205系電車ですべて採用され、以降、JRの車両を中心に急速に普及していった。

300系新幹線電車の主電動機には、新幹線電車としては初めて、かご形三相（交流）誘導電動機が使用され、0系新幹線電車に使用されていた直流直巻電動機と比べて、出力は185kwから300kwへと約60%向上したにもかかわらず、質量は876kgから390kgへと約55%軽減された<sup>7)</sup>。直流直巻電動機は、低速度で大きなトルクを発生、広範囲での速度制御が可能、などの理由で、電車の誕生以来使用され続けてきたが、整流子・ブラシ間のしゅう動に伴う保守作業が発生する、大きく重い、などの欠点があり、1980年代半ば頃より公・

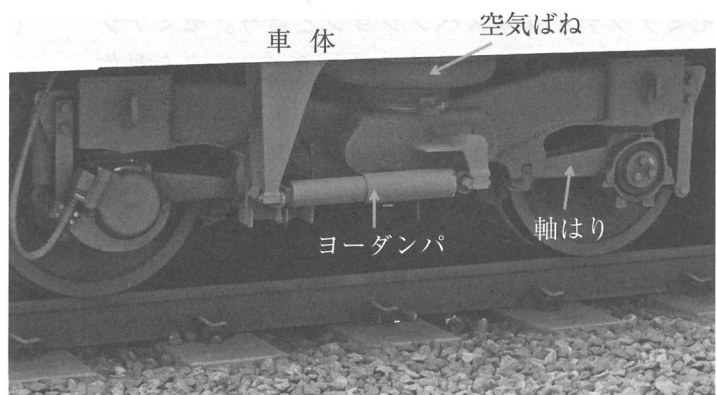


図4 特急電車用ボルスタレス台車  
（ヨーダンパは台車の蛇行動を抑える）



民鉄で1990年代初頭ころよりはJR各社でも、交流の誘導電動機あるいは同期電動機が使われ始めた。交流電動機はしゅう動箇所がなく保守が容易、小型・軽量、などの特徴を有するが、電車に使用するには広い範囲で交流電圧・周波数を制御する必要がある。スイッチング素子にGTOサイリスタを使用した電力変換装置VVVF (Variable Voltage Variable Frequency、可変電圧可変周波数) インバータが開発され、交流電動機が一気に普及した。

### 6. E5系新幹線電車

2012年は、1982年6月に大宮～盛岡間で東北新幹線が、200系新幹線電車により最高速度210km/hで営業運転を開始してちょうど30年になる。今や東北新幹線は東京～新青森間をE5系新幹線電車が最高速度300km/hで結び、2013年春には最高速度が320km/hに引き上げられる予定である。

車両構体の大部分にアルミニウム合金6N01ダブルスキン押出型材を使用したE5系新幹線電車は、左右振動を低減する目的で、全車両にフルアクティブサスペンション（あるいは、単にアクティブサスペンションと言う）を搭載している。車体振動を加速度センサで検知して加えるべき制振力を計算し、油圧・空気圧・電力などによりアクチュエータを動作させて能動的（アクティブ）に振動を抑える機構をアクティブサスペンションと言う。E5系新幹線電車は、電気式アクチュエータを用いている。なお、動力によってではなく、制御装置での計算結果に基づく電流値により可変減衰ダンパを制御して、制振力を発生させる機構をセミアクティブサスペンションと言う。セミアクティブサスペンションは、アクチュエータを動作させるための動力源が不要で機構が簡素化される、万が一フェールしても通常のダンパとして機能する、などの利点があり500系新幹線電車ですべて採用され、N700系新幹線電車の全車両にも搭載されている（図5<sup>8)</sup>参照）。

E5系新幹線電車には、高速で曲線を走行するために空気ばね圧制御による車体傾斜システムも

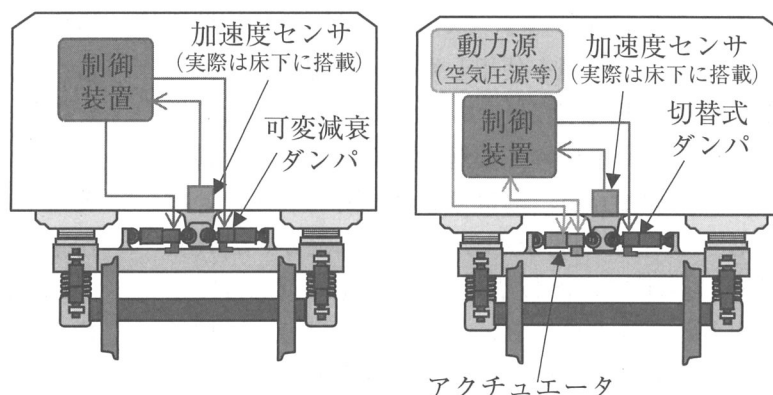


図 5 セミアクティブサスペンションとフルアクティブサスペンション<sup>8)</sup>

搭載されている。曲線を走行中に乗客が感じる遠心力を打ち消し乗り心地を向上させるために、一つの台車内の左右の空気ばね内圧を制御して、車体を最大1.5°傾斜させる（N700系新幹線電車にも同様な車体傾斜システムが搭載されているが、傾斜角度は最大1°である）。

### むすび

本稿では、主として旧国鉄・JRの電車に関わる技術の、最近に至る約60年間の変遷を簡単にまとめた。十分に意を尽くしたとも言えず、本稿で不明な点、興味をもたれた点などについては、車両技術に関しては入門書から専門書まで多数の本が出版されているので、それらを参照願えれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 工作局修車課監修：車両検修技術 台車・輪軸編〔I〕、日本国有鉄道工作局、p.112、1977
- 2) 高速車両用輪軸研究委員会編：鉄道輪軸、丸善プラネット、pp.180～181、2008
- 3) 乗車記念絵葉書
- 4) ビジネス特急電車パンフレット、1958
- 5) 国鉄浜松工場：車両検修用教科書 東海道新幹線旅客電車上巻、p.15、1964
- 6) 島隆：台車、日本機械学会誌、Vol.67、No.550、pp.1748～1757、1964
- 7) 伊藤順一：鉄道車両の高速化と軽量化技術（2）、金属、Vol.64、No.6、pp.25～28、1994
- 8) 菅原能生、中川千鶴：新幹線車両の振動を制御する、RRR、Vol.68、No.3、pp.6～9、2011

# II. 主要部品に求められる機能と製造方法

## 1. 車両

### (1) ボディー

#### ① ステンレス鋼

日本冶金工業(株) 技術研究部 平田 茂

ステンレス鋼を旅客用車両材に適用する主な目的は次の2点である。

- ①優れた耐食性により錆発生防止、外板の無塗装化が可能となり保守費が大幅に削減できる。
- ②普通鋼と比較し腐食代を考慮する必要が無いため、薄肉化が可能となり、車両を軽量化できる。

日本におけるステンレス鋼の適用は、1958年(昭和33年)外板にのみSUS304を使用した車両を東急車輛と汽車会社が製造したことにはじまる<sup>1),2)</sup>。ステンレス鋼を用いた外板の腐食対策には効果があったものの、これ以外の部材、例えば骨材、梁材などの構造部材での腐食問題は残ったままであり、軽量化も達成されていなかった。

一方、米国バッド社(The Budd Co.)は、1934年オールステンレス車両の製造技術を実用化し、軽量化を達成していた。

この技術を導入すべく1958年(昭和33年)東急車輛がバッド社と提携し、外板以外の部位もステンレス鋼を用いる車両の開発が始まった。その結果、1962年(昭和37年)、いわゆるオールステンレス車両が実用化され、これにより腐食問題の解決、無塗装化と板厚の見直しにより普通鋼車両から2トンの軽量化が達成された。

その後、1974年(昭和49年)のオイルショックを契機に、省エネルギー化を図るために車両の更なる軽量化が求められるようになった。その対策として、高強度で溶接

性、加工性に優れるステンレス鋼の開発、これの適用による溶接法の改善などが実行された<sup>1)</sup>。現在、ほとんどのステンレス車両に採用されているSUS301Lが開発されたのはこの時期である。その結果、1978年(昭和53年)バッド社の技術から完全に脱却した新しい車両が実用化され、それまでのオールステンレス車両から1~1.5トンもの軽量化が達成された。

その後、当時の国鉄に採用され山手線にこの車両が投入されたことで飛躍的に製造台数が伸び、社会的に認知されるに至った<sup>3)</sup>。

現在、走行を目にする車両は1990年代に更なる設計改善により、軽量化、部品点数、スポット溶接点数の削減などが行われた図1に示す様な構造の量産型軽量ステンレス車両である<sup>4)</sup>。構造材を含めほとんど全ての部材にステンレス鋼が用いられている。

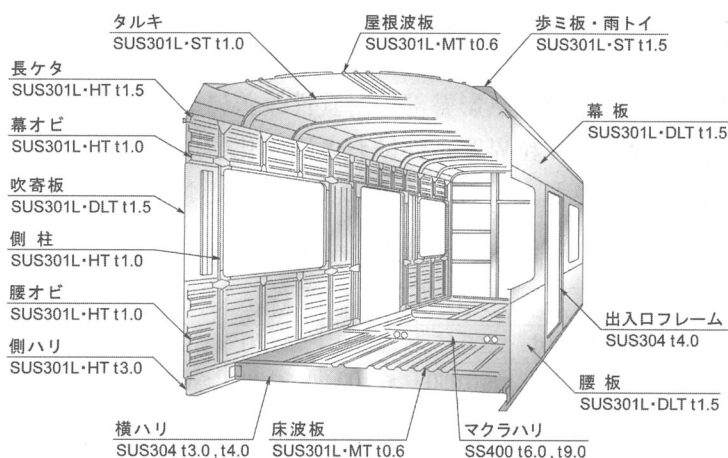


図 1 1990年以降のステンレス車両構体構造例<sup>5)</sup>



全ての部材がステンレス鋼からなる、オールステンレス車両が開発されるに至り、車両重量はアルミ車両より軽いものとなった<sup>5)</sup>。このため、加速減速の回数の多い通勤・近郊型の車両ではエネルギー効率の優位性から多数採用され、現在、JR在来線では60%近くがステンレス車両である<sup>6)</sup>。

ステンレス車両に用いられるステンレス鋼には、優れた耐食性、高い応力に耐える強度、プレス、曲げなどが可能な高い加工性、構造物として組み立てるための優れた溶接性を持つことが要求される。

これらを満たすのがオーステナイト系ステンレス鋼である。SUS301、SUS301Lである。化学組成を表1に示す。SUS301の炭素量はJIS規格で0.15%以下と規定されているが、実際には、0.08%以下としたものが使用されていた。これは、車両組み立て時の溶接熱影響部でCr炭化物に起因する粒界腐食割れが発生したためである。その後、Cr炭化物の析出を抑制するためにC量を0.03%以下まで低減したSUS301Lが開発され、現在ではほとんどのステンレス車両でこの鋼が採用されている。

SUS301Lは冷間圧延により強度、延性レベルを調整でき、用途により5種類の調質材が使用されている。いずれも図2の様に冷間圧延率を調整することで強度レベルを確保しており<sup>7)</sup>、LT材は横梁、DLT材は腰板、ST材は屋根垂木、MT材は床波板、HT材は側柱などに用いられている。また、これら特性は化学成分にも大きく影響されるので、溶製時の成分調整にあたっては変動幅を極力小さくするような配慮が行われている。

車両材は溶接により組み立てられるため、この部分の耐食性確保が重要となる。SUS301Lの開発においては、溶接熱影響部の耐食性改善について検討が行われ、粒界腐食性におよぼす化学成分の影響が調査された。粒界腐食の感受性は、N、Ni

表 1 車両用ステンレス鋼の化学組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
JIS G4305 SUS301	≦0.15	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030
JIS G4305 SUS301L	≦0.030	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030
	Ni		Cr		N
JIS G4305 SUS301	6.00~8.00		16.00~18.00		-
JIS G4305 SUS301L	6.00~8.00		16.00~18.00		≦0.20

量の影響は小さく、C量でほぼ決まる<sup>8)</sup>。すなわち、粒界腐食を防止し耐食性を確保するには、調質圧延材を含めC量を0.03%以下とすることが必要であり、この知見からSUS301LのC含有量は決められている。

また、溶接部の強度確保も重要であり、耐食性確保のためC量を低減したSUS301Lでは溶接部の強度低下も懸念されたが、スポット溶接部の引張りせん断強さは十分な強度を有することが確認されている<sup>9)</sup>。これは、Nを積極的に添加していることによるものである。

旅客車両以外では、最近の中国を始めとする新興国の発展により、石炭や鉄鋼石の採掘量が増大し、これらを運ぶ貨車(レールワゴン)の需要が高まっている。石炭は硫黄分を多く含んでいるため耐硫酸腐食性に優れることが必要で、この特性を改善したステンレス鋼(11Cr-1.8Mn-0.75Ni-Ti-Low C,N)が開発、使用され始めている<sup>10)</sup>。今後の需要拡大が期待されている。

### 参考文献

- 1) 鳩野五世夫：ステンレス，27 (1983)，No.3，1.
- 2) 鋸屋正喜：鉄と鋼，70 (1984)，2196.
- 3) 守谷之男，福原俊一：R&M，13 (2005)，54.
- 4) 岩木俊一：溶接学会誌，78 (2009)，269.
- 5) 高畑繁則：鉄鋼界，50 (2000)，No.9，18.
- 6) 日本鉄鋼協会：ふえらむ，15 (2019)，No.8，474.
- 7) 田中照夫，大崎慶治，渡辺治幾，星野和夫：鉄と鋼，69 (1983)，1456.
- 8) 平松博之，中田潮雄，住友秀彦，吉村博文：鉄と鋼，70 (1984)，588.
- 9) 日本ステンレス技報，17 (1982)，137.
- 10) 藤田健一，柳沼寛，柿原節雄：JFE技報，20 (2008)，60.

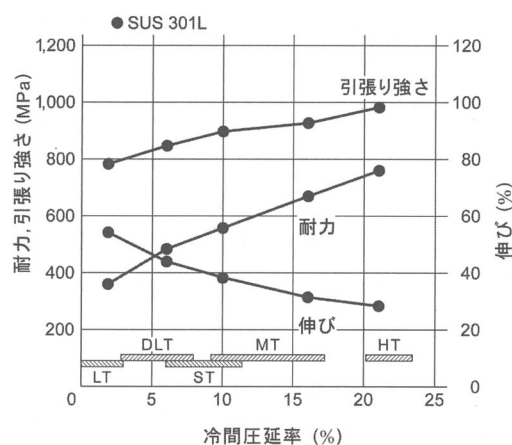


図 2 SUS301Lの冷間圧延率と機械的性質の関係<sup>7)</sup>

## ②アルミ

（株）神戸製鋼所 かい だ かず ひろ  
アルミ押出研究室 貝 田 一 浩

### ◇ 軽量化ニーズの背景

新幹線は利用客が年々増加する一方で、輸送能力の不足の心配や飛行機との激しい競争に強いられており、高速化が推進されてきた。

高速化の実現に向けて車両を軽量化するメリットとしては、軌道構造の建設費の低減、軌道保守費の低減、環境保全および台車の軽量化による走行性能向上などが挙げられる<sup>1)</sup>。さらに、車両のLCA (Life Cycle Assessment) 試算では、車両を10%軽量化することで走行時のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出量がそれぞれ6%低減できるとの報告<sup>2)</sup>などもあり、これらの効果も期待された。

車両構体の軽量化方法としては、①構造方式の変更、②適用材料の材質変更（鋼製からアルミニウム合金製への変更）、③内装品の構成変更などがあり、これらの積み重ねにより車両の軽量化が実現できる。

初期の鋼製車両構造方式は、骨組・台枠などの主要骨組構造部材で強度を負担する設計思想であり、車両の外板（皮材）は強度部品として考慮されていなかった。このため、各骨組が独立して強度を保有する必要があるため、車両が重くなっていた。一方、新幹線車両の場合は、外皮張殻構造の導入により、外板（皮材）が強度部材の一部として有効に寄与するように骨材と外板（皮材）との接合度を向上させ、大幅な軽量化を図ることができた<sup>3)</sup>。

さらにアルミニウム合金押出形材（以下、押出形材という）は、骨材と外板（皮材）が溶接なしで一体・連続しているため外板（皮材）と骨材とをリベット接合または溶接接合していた構造と比較して外板（皮材）が強度部材として有効に寄与し、軽量化を図ることができた。また、押出形材では外板（皮材）と骨材の接合が不要なため、構体の組み立て施工費用が抑えられる効果も期待された。

車両構造設計の支配因子としては強度および剛性があり、アルミニウム合金は、初期の車両構体に適用されていた軟鋼と比較して、比剛性は同等でかつ比強度は優れており、軽量化の観点からアルミニウム合金が有効な置換材料と考えられた。

### ◇ 要求特性

アルミ車両構体の開発は、次の三つの基本技術が設計技術と一体となって進展してきた<sup>4)</sup>。

①溶接構造用アルミニウム合金の開発技術（A6N01合金、A7N01合金）：応力腐食割れ（Stress Corrosion Cracking：以下、SCCという）感受性を低減した7000系合金の開発

②押出形材の生産技術：薄肉化、広幅化、中空化技術の開発

③アルミニウム合金接合技術（MIG溶接、摩擦攪拌接合：FSW）：接合に適した押出断面および寸法精度向上

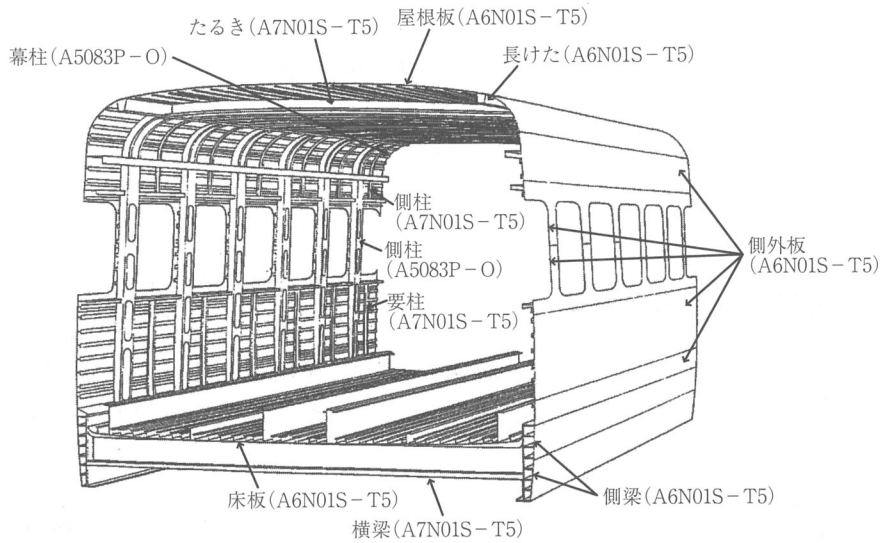
#### 1. 耐SCC7000系合金

300系および700系新幹線の構体構造の概要を図1に示す<sup>5)</sup>。300系新幹線の構体構造は、縦通材を構成する屋根材と側外板および床板構造には、車両全長（24.5m）にわたってA6N01-T5の長尺薄肉広幅のソリッド押出形材で構成された構造（以下、シングルスキン構造という）で、最も大きな部材は幅600mmが採用された。横梁は、強度が必要なためA7N01-T5が適用されている<sup>6)</sup>。このA7N01-T5材（7000系）は、溶接熱影響部の強度低下が少なく溶接性を考慮して合金選定されている。

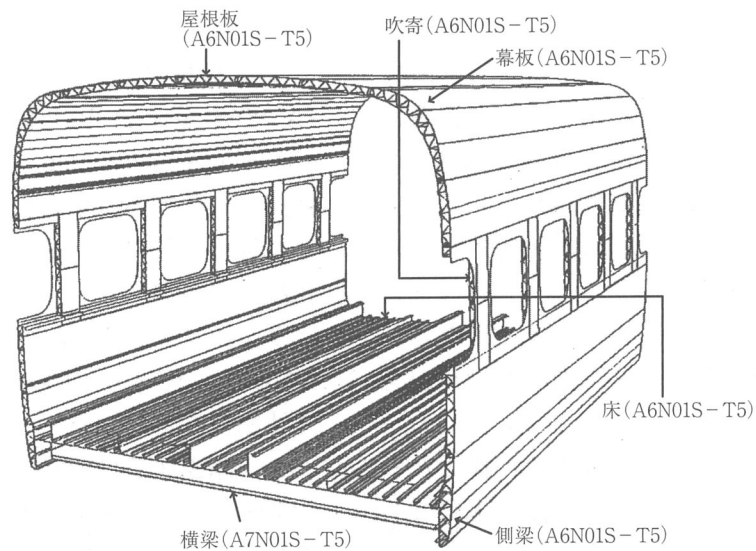
#### 2. 薄肉中空広幅押出形材

700系新幹線の構体構造は、縦通材を構成する屋根および側外板構造には、車両全長（24.5m）にわたってA6N01-T5の長尺薄肉広幅の中空押出形材（最大幅560mm）が適用された。縦通材同士の継手部は、300系と同様に溶接による強度低下のため、継手断面を局部的に増厚することにより





a) 300系新幹線の構体構造



b) 700系新幹線の構体構造

図 1 新幹線の車両の構造<sup>5)</sup>

継手強度を確保している。また、縦通材のウェブをトラス形状としたダブルスキン構造とすることにより、車両の周方向部材を全廃したシンプルな構造となっている。

このダブルスキン構造は、N700系新幹線でも適用され、700系の屋根構体・客室の側構体以外に、車端部の側構体、妻構体や台車上部の気密床へと適用部位が拡大された。ダブルスキン構体は、透過損失が大きいため遮音性が高くなり、さらに製作性も大幅に向上している。

### 3. 押出材の寸法精度向上

大型薄肉中空押出型材の適用と車両周方向部材の全廃により、部材点数の低減、接合線の簡素

化・直線化による自動化が促進された<sup>7)</sup>。また、形材同士がはまり込む構造となっており、シングルスキン構造において必要であった銅板を用いた裏ビード出し作業が不要となり、溶接施工としての品質の安定化が期待できた<sup>8)</sup>。一方で、溶接の自動化が進んだことにより、溶接部位の寸法精度(要求公差)は300系新幹線よりも700系新幹線がより厳しくなった。

## ◇ 製造技術

### 1. 合金開発

Al-Zn-Mg系(7000系)合金は、溶接部の強度が溶接熱によりいったん低下しても、常温放置後強

度が回復するという特徴がある。アルミ車両構造はMIGを主体とした溶接構造であり、強度を有する部分には、その特徴を生かして7000系合金適用のニーズがある。7000系合金は6000系合金 (Al-Mg-Si) に比べてSCC感受性が鋭いため、図2に示すように極微量のCu添加などの組成および製造条件をコントロールした合金 (CZ5D) も開発され、300系および700系新幹線の部材に大幅に採用された。

## 2. 押出技術

300系新幹線では最大幅600mmの押出型材が適用され、さらに従来の製造限界である最小肉厚4.0mmから2.3mmへ薄肉化に対応した。700系新幹線では、中空型材の幅広・薄肉化の要求が高まり、肉厚は300系のソリッド押出型材の2.3mmから中空押出型材の2.0mmとさらに難易度の高い条件となった。押出加工中の型材温度を一定に保つことや、押出速度を最大にするために、押出ビレットの加熱温度および押出速度の最適化プログラムにより、等温・等ひずみ押出技術<sup>9)</sup>での薄肉中空型材を効率よく安定に製造できるようになった。

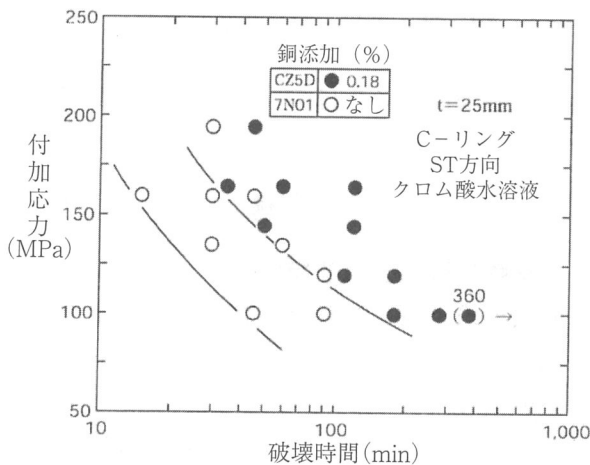


図 2 量産品サンプルでの耐SCC性評価促進試験結果

## 3. ダイス設計技術

中空押出型材の薄肉化技術の確立には、等温・等ひずみ押出技術に加え、従来の押出用ダイス設計手法の改善もあった。たとえば「流量配分」などのダイス設計手法の新たな開発<sup>10)</sup>や、従来のダイス設計手法と組合せた新設計技術により、ダイス設計・ダイス製作・押出試作・ダイス修正など製作一連のリードタイムを短縮させるとともに、押出型材の薄肉化・幅広化および寸法精度向上に大きく寄与した。

## むすび

全世界のエネルギー事情、環境改善運動および国土条件から鉄道輸送の整備は今後も進められるものと予想される。また、将来に向けリニアモーターカーの走行試験も継続実施されており、車両構体の軽量化ニーズは今後も拡大し、アルミニウム押出型材の需要はさらに増大してゆくものと思われる。

## 参考文献

- 1) 鈴木康文：日本機械学会誌、Vol.96、No.893 (1993)、p.42.
- 2) 石塚寿彦：軽金属車両委員会報告書、N0.6 (1997)、pp.121-126.
- 3) 富澤幸夫ほか：軽金属溶接 (最近の新幹線車両)、Vol.33、No.1 (1995)、pp.12-13.
- 4) アルミニウム車両委員会：アルミニウム車両委員会報告書、No.7 (2006).
- 5) アルミニウム車両委員会：アルミニウム合金製鉄道車両構体溶接継手部の疲労設計線図策定に関する調査研究報告書、2003、pp9-11.
- 6) NIKKEI NEW MATERIALS：日欧の超高速鉄道を支える軽量化材料、(1992)、pp9-10、日経BP.
- 7) 宮崎勇：軽金属溶接、Vol.43、No.1 (2005)、pp.6-7.
- 8) 酒井康士：軽金属溶接、Vol.43、No.2 (2005)、pp.4-5.
- 9) S. MAENO et al.：Development of Isothermal and Iso-strain rate Extrusion Technology, 7thICTP (2002)、N275.
- 10) 特許：第3645453号 (2005.2.10).



## (2) 鉄道車両用車輪・車軸

住友金属工業(株) おか がた よし のり  
交通産機品カンパニー 岡 方 義 則

### ◇ 車輪・車軸 (輪軸) の役割

鉄道用車輪と車軸は、通常は、2個の車輪を1本の車軸に組み込んだ状態で車両に装着される。これを「輪軸」と呼び、その外観の一例を図1に示す。

輪軸の役割として、一般に、以下が挙げられる。

- 1) 車両の質量による鉛直方向の荷重と、曲線通過時の水平方向の荷重を支える。
- 2) モーターなどの駆動力をレールに伝え、列車を走行させる。
- 3) ブレーキ力をレールに伝え、列車を減速、停止させる。
- 4) 車輪のフランジによって、小曲線の通過、分岐 (路線変更) を可能とする。

### ◇ 輪軸に要求される基本性能

輪軸に、まず第一に要求される性能は、絶対的安全性である。すなわち、破損事故を絶対に発生させてはならない。言うまでもなく、輪軸の破損は、脱線などの重大事故に直結するからである。そのためには、設計強度、および、製造品質の確保に加えて、十分なメンテナンスが必須であり、その意味から、メンテナンス性も、製品設計上、重要な要素である。

安全の確保以外の観点としては、輪軸の軽量化と、車輪の交換寿命の二点が重要である。前者は、車両の走行性能に直結するため、強度を確保しつつ、必要最小の質量での設計が要求される。後者は、メンテナンスコストを大きく左右するため、ユーザーにとっては、重大な関心事である。輪軸において、安全性の確保は、いわば当然の前提条件であるため、事実上は、これらの特性が製品としての競争力に直結する特性ということもできる。

輪軸として要求される基本性能は、冒頭に述べた通りであるが、車輪と車軸とでは役割が異なり、使用する鋼種や製造方法も異なるため、以下、それぞれに分けて紹介する。

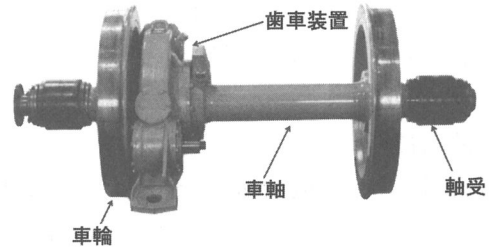


図 1 輪軸の構造 (駆動軸)

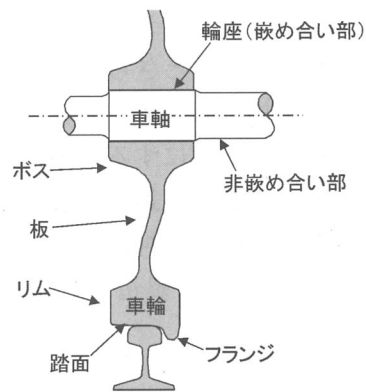


図 2 車輪・車軸の各部名称

なお、各部位の名称については図2を参照されたい。

### ◇ 車輪

#### 1. 車輪に要求される特性

車輪に要求される特性として、ポイントとなるのは以下である。

- 1) 軽量化
- 2) 車両からの荷重に対する機械的強度
- 3) ブレーキによる熱応力に対する強度と踏面の熱されつの発生防止
- 4) 踏面の摩耗や損傷の抑制

ここで、鉄道車両のブレーキ方式には、一般に、車輪の踏面にブレーキシューを押し付ける方式 (図3参照) と、車輪とは別にブレーキディスクを装着する方式とがあり、後者の場合は、ブレーキ熱の影響を考慮する必要はなく、その意味での安全性は向上する。新幹線車両の全て、およ

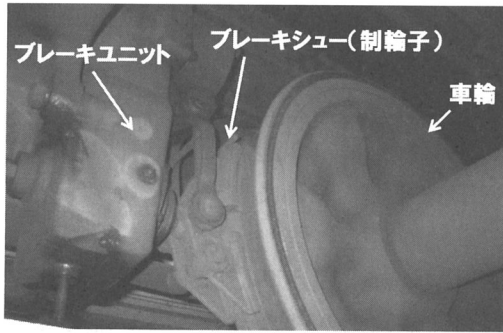


図 3 踏面ブレーキ

び、一部の特急車などがディスクブレーキ方式を採用しているのはこのためである。

一方、前者の踏面ブレーキ方式では、車輪は駆動部品であると同時に、ブレーキドラムの役割も負担しなければならない。そのため、ブレーキを作用させると、踏面に摩擦熱が発生し、車輪各部に熱膨張による応力を発生せしめ、同時に、摺動表面に熱きれつを生じる恐れがある。これらの熱影響が、車輪の安全性を損なわないように、形状設計、材料設計の両面から検討しなければならない。

## 2. 車輪の鋼種

車輪の材質は、一般に、普通鋼である。ただし、世界の車輪規格の炭素量規定によると、低い鋼種では0.5%以下、高い鋼種では0.7%以上と、大きな幅がある。炭素量の選択において、主に、評価の対象となるのは、前記の特性のうち、3)の耐ブレーキ熱特性と、4)の踏面の耐摩耗性である。このふたつの特性は、炭素量の観点からは相反特性である。すなわち、炭素量を下げれば熱きれつは抑制できるが、摩耗は増える方向になる。どの炭素量レベルを選択するかは、各国の事情で使い分けされている。日本では、歴史的経緯を経て、新幹線用を含む全ての国内車輪に、炭素量0.60~0.75%の1鋼種のみが用いられている。この鋼種は世界の規格のなかにあって高炭素系であり、耐摩耗性を重視した選択になっているが、これは、我が国の鉄道事業者のメンテナンス体制が極めて丁寧であり、異常ブレーキの防止や、熱きれつの早期発見と除去が確実に行われているからである。

## 3. 車輪の製造方法

車輪には、製造方法によって、鍛造車輪と鋳造車輪があるが、鋳造車輪は、一般に、鍛造車輪より信頼性が低いとされており、主に、貨車に使用され

ている。我が国の車輪は、全て、鍛造車輪である。

鍛造車輪用鋼材の製鋼プロセスは、通常、電気炉または高炉-転炉法であり、近年は、脱ガス処理も常識とされている。鋳塊の製造方法は、連続鋳造(CC)法の適用が拡大している。我が国では、1980年代に世界に先駆けて、転炉-CCプロセスによる丸断面CC鋳片の車輪への適用を開始した。

車輪の熱間成形プロセスでは、所定の重量に切断した鋼片を加熱し、粗地鍛造ののち、圧延を行う。圧延には、車輪専用のミルが用いられるが、その形式は、世界的に、数種類があり、それぞれ特徴がある。

鍛造圧延で成形した車輪素材には、踏面熱処理という車輪独特の熱処理を施工する。この処理の目的は、レールとの接触面の硬さを向上させるとともに、ブレーキ熱きれつの発生、進展を抑制するための圧縮残留応力を付与することである。

熱処理ののち、機械加工で仕上げ加工を施工して、最終的に、輪軸に組立てる。

## 4. 車輪の最近の技術動向

車輪の最近の材料面の動向として、海外の鉍石運搬貨車のように非常に荷重の大きい車輪用の材質として、クロムモリブデン鋼などの低合金鋼の研究がなされている。これらの大荷重貨車では、車輪踏面に、レールとの大きな接触応力によって剥離などを生じ、場合によっては、割損してしまうこともある。そのため、焼入れ性の向上によって、より高い硬さを、より深い位置まで、得ようとするものである。

また、内部に非金属介在物などの欠陥があると、大きな接触荷重によって内部きれつを生じることも報告されており、そのために、超音波探傷検査基準の厳格化の要求も顕在化してきている。

## ◇ 車軸

### 1. 車軸に要求される特性

車軸に要求される特性は、車輪に比べれば単純であり、ほぼ、機械的強度のみとあってよい。車軸は、回転体であり、繰り返し荷重を受けるため「金属疲労」に対する強度、すなわち、「疲労強度の確保」が設計の主眼である。ただし、車軸の疲労強度には、ふたつの区分がある。それは、車軸には、車輪が(駆動軸の場合は、歯車も)嵌め合わ

されており、この嵌め合い部は、非嵌め合い部とは異なった疲労現象を呈するからである。一般に、嵌め合い部の疲労強度は、非嵌め合い部よりも小さい。ちなみに、現在の国内向け車軸の設計基準では、嵌め合い部の設計許容応力は、非嵌め合い部の約6割である。

嵌め合い部では、当然、車軸は、車輪（または歯車）の内側にあるため、外からは見えない。すなわち、メンテナンスにおいて、検査が簡単でない。車軸表面の微細な疲労きれつの検査には、通常、磁粉探傷を用いるが、嵌め合い部の場合は、一旦、車輪を抜くか、ずらさないかぎり検査ができない。つまり、走り装置全体を分解する定期検査でしか検査できないことになる。この問題を解決するため、開発されたのが、中ぐり軸（中空軸ともいう）の内面超音波探傷である。車軸に直径数十mmの貫通孔をあけ、その内面に超音波探触子を挿入して、内部から表面のきずを検査する方法である（図4参照）。この方法は、主として高速列車用車軸のメンテナンスにおいて、世界で広く採用されている。我が国では、現在製造している全ての新幹線車軸に適用され、定期検査時だけでなく、所定の走行距離毎に、車両状態のまま全数検査を施工し、新幹線車軸の絶対安全を担保している。

## 2. 車軸の鋼種

車軸の鋼種には、世界の規格では、普通鋼と、低合金鋼（クロムモリブデン鋼など）がある。欧州では、駆動軸には低合金鋼を用い、非駆動軸には普通鋼という使い分けがなされている場合が多いが、この選択も、必ずしも画一ではない。

我が国の規格は、普通鋼のみであるが、熱処理の区分として、焼きならし、焼入焼戻しのほかに、「高周波焼入れ」が規定されている。高周波焼入れ車軸は、上述した嵌め合い部の疲労強度の向上を目的として開発された我が国独自の技術であ

り、全ての新幹線用車軸、および、機関車用車軸に適用されている。JIS規格によると、高周波焼入れ車軸の嵌め合い部設計許容応力は147MPaであり、焼入焼戻しのみ施工した車軸の設計許容応力108MPaの1.36倍である。

## 3. 車軸の製造方法

車軸用鋼材は、我が国では、高炉－転炉で溶製したのち連続鋳造し、これを一旦分塊ミルで圧延して丸ビレットにしたのち、切断、再加熱して、鍛造成形している。海外のメーカーでは、電気炉溶製も一般的で、インゴット材も珍しくない。また、成形プロセスも、圧延工程を経ずに、直接、鍛造するケースや、逆に、圧延ビレットを鍛造せずに、そのまま用いて、熱処理－機械加工を施工している例もある。

上述した高周波焼入れ車軸の場合は、鍛造後、まず、焼入焼戻しを行い、半仕上加工を施したのち高周波焼入れと焼戻しを施工し、最後に、仕上加工を施工している。

## 4. 車軸の最近の技術動向

車軸の材料強度に関して、近年、欧州を中心に研究されているテーマとして、「きれつ進展の予測に基づく、検査周期の最適化」がある。これは、ここ数年、欧州において、車軸の折損事故が散発し、これらの折損車軸と同等に設計製造された走行中の車軸の安全をどのように確保すべきかという命題に関する研究である。

従来、車軸の強度設計は、きずは発生しない、すなわち、無限寿命設計が前提であったが、実際には、世界的に折損事故は起こっている。そこで、逆の発想として、「初期きれつは発生するものとして、どのくらい走行するまでは折れないのか」という切り口からの研究ということが出来る。この検討には、近年発展の著しい破壊力学の考え方が導入されている。

この研究は、基本的には、既に走行している車軸の必要十分なメンテナンス周期を定めるのが主眼であるが、この考え方を、新設計車軸に適用すると、車軸の強度は、一律には決まらず、「頻繁に検査するのであれば、細くできる」という新しい概念が生まれる。実際の新設計にこの考え方がすぐに適用されるとは考えにくいですが、車軸の強度を考察するうえで、興味深いアプローチである。

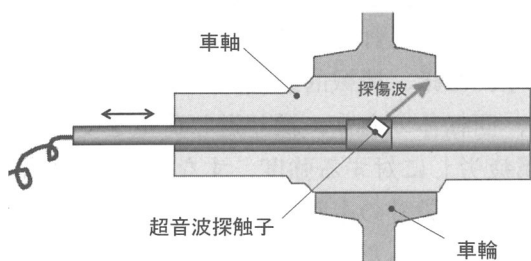


図 4 中ぐり軸の内面超音波探傷



# (3) 軸受

日本精工(株) 藤田康弘  
 鉄道・航空技術部

## まえがき

鉄道車両用軸受は、車両の安全運行を担う最も重要な部品の一つであり、高い信頼性が求められている。ここでは、鉄道車両用軸受の使用されている主要な特殊鋼に関して述べる。

### ◇ 鉄道車両用軸受の役割、材料に要求される特性

鉄道車両の台車まわりに使用される軸受を図1に示す。軸受は車軸用、駆動装置用、主電動機用の3つに大きく分けられる。台車バネ下に装着される車軸用軸受や駆動装置用軸受には、耐振動・

耐衝撃性能が要求されている。軸受の軌道輪（外内輪）と転動体とは、高い接触圧力を繰返し受けながら、滑りを伴う転がり接触をしている。一方、保持器は、軌道輪及び転動体の両方と又はそのいずれか一方と、滑り接触をしながら引張力、圧縮力を受ける。したがって、表1<sup>1)</sup>のように軸受の軌道輪、転動体及び保持器の材料には要求される特性が異なる。

#### 1. 車軸用軸受

車軸用軸受は、車体重量が直接負荷される条件で軸を支持し、かつ車輪を通して線路からの振動が直接伝わってくる過酷な環境下で使用される。特に高い信頼性が求められ、近年は、運行中の軸

表 1 車両用軸受の役割（機能）と材料特性

軸受の役割 (機能)	軸受特性	材料		
		要求される特性	軌道輪・転動体	保持器
高荷重に耐える	変形抵抗が大きい	硬さが硬い	◎	
高速回転ができる	摩擦、摩耗が少ない	耐摩耗性が良好	◎	○
回転性能がよい	回転性能がよい	組織安定性が高い	◎	○
使用温度範囲が広い	寸法精度が高い			
	寸法安定性がよい			
長時間使用できる	耐久性がある	転がり疲れ強さが大きい	○	
安全性が高い	致命的破損に至らない	破壊靱性が大きい	○	◎

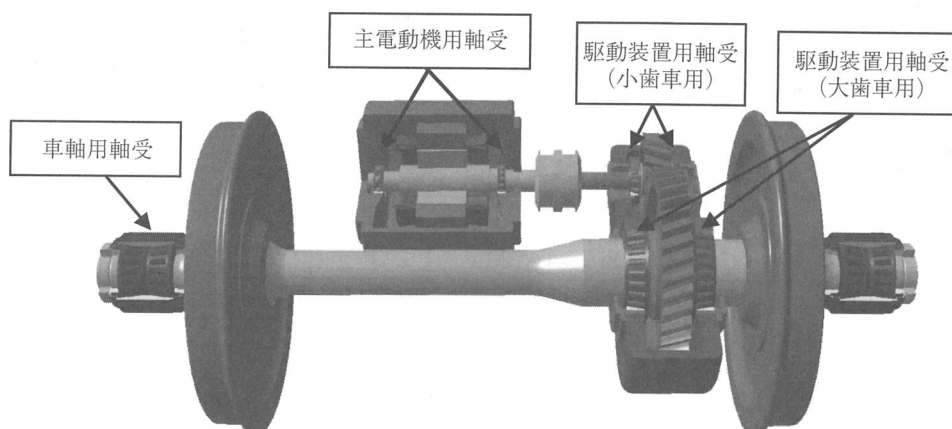


図 1 車両用軸受の配置図

受の状態監視、例えば温度、振動、及び回転数に対するモニタリングも一層重要性を増している<sup>2)</sup>。

### 2. 駆動装置用軸受

主電動機からの出力を車軸側へ伝える駆動装置用軸受には、小歯車用軸受と大歯車用軸受がある。特に小歯車用は高速で、かつカップリングなどの振動を受けやすく、耐摩耗性・耐焼付き性及耐衝撃性が求められる<sup>2)</sup>。

### 3. 主電動機用軸受

主電動機では軸受に負荷される荷重は機関車用を除き比較的軽荷重であり、加減速を含む高速条件下で使用される。主電動機交流化（ブラシ交換不要）に伴い、軸受のメンテナンスフリー化（耐摩耗性向上、潤滑性能確保）が求められる<sup>2)</sup>。

## ◇ 使用される特殊鋼

### 1. 軌道輪及び転動体の材料

軌道輪（外内輪）及び転動体には、通常、高炭素クロム軸受鋼（SUJ）が用いられる。大部分の軸受にはSUJ2（2種）が使用され、大形の軸受（肉厚・外径大等）では焼入れ性を高めるためSi、Mn、Moなどが添加されたSUJ3やSUJ4が用いられる。SUJ2の化学成分は、諸外国で軸受用材料として規格化されている鋼、例えばAISI 52100（アメリカ）、DIN 100Cr6（ドイツ）、BS 535A99（イギリス）などと同等である。一方、車軸軸受など衝撃荷重のかかる場合には、耐衝撃性や破壊靱性に優れた浸炭鋼が用いられる場合が多い。鉄道用軸受として使用される軸受鋼、及び浸炭鋼の化学成分を表2に示す。

浸炭鋼軸受は表面（機能面）に残留圧縮応力を有していること及び内部（心部）の硬さが低いことから疲労き裂の発生及び進展において、完全硬化鋼より有利である。欧州においては、浸炭鋼で

はなく軸受鋼をオーステンパー（ベイナイト）処理することで、ある程度の残留圧縮応力を有したのものも使用されている。車軸軸受において、0系新幹線（1964年～）では軸受鋼（SUJ2）が使用されていたが、100系新幹線（1985年～）の内輪に初めて浸炭鋼が採用された<sup>3)</sup>。現在では在来線まで含めた多くの用途で、外内輪に浸炭鋼が採用されている。

### 2. 保持器の材料

保持器材料に要求される特性は、耐摩耗性に優れることである。一般に硬い材料の方が摩耗しにくいだが、潤滑による「馴染み」作用も考慮して、保持器材料には硬さは低い耐摩耗性のよいものが用いられている。

保持器形式は使用部位によって異なる。打抜き保持器の材料には、SPCC（JIS G 3141）、SPB2（BAS 361）等の低炭素鋼が用いられ、もみ抜き保持器の材料には、CAC301（JIS H 5120）等の高力黄銅が用いられる。駆動装置用軸受の打抜き保持器では従来から保持器破損が問題となることが多く、耐衝撃性能向上のため、軟窒化処置を施し、疲労強度を上げたものも使用している。更に、最近では、車軸用軸受などで軸受潤滑性能向上や保持器の衝撃強度向上のために、合成樹脂も使用されている。

## ◇ 製造方法

軸受の転がり疲れ寿命に影響を及ぼす主要な因子として、鋼材中の非金属介在物が挙げられる。鋼材中に非金属介在物などの欠陥があった場合、その欠陥の周りに応力集中がおこり、クラックの発生、伝播がおこり、最終的にフレーキング（はく離）に至る。非金属介在物の減少化には、鋼中酸素量の低減が有効であるため、長きにわたり、鋼材メーカーにおいては、溶解・精錬技術、真空脱

表 2 軌道輪及び転動体の材料

区分	規格	記号	化学成分 %							
			C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo
軸受鋼	JIS G 4805	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	0.08以下
		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	0.08以下
		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
浸炭鋼	JIS G 4052	SCr 420H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.55~0.90	0.030以下	0.030以下	-	0.85~1.25	-
	ASTM A 534	4320	0.17~0.22	0.15~0.35	0.45~0.65	0.035以下	0.040以下	1.65~2.00	0.40~0.60	0.20~0.30

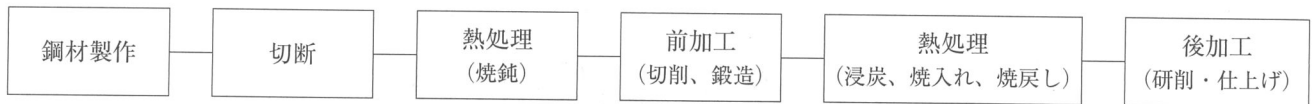


図 2 工程フロー (概略)

ガス技術、連続鋳造技術等の開発により、鋼材の含有酸素量が低減されてきた。高速鉄道などの鉄道車両用軸受において、特に高信頼性が要求される部位には、真空溶解鋼を採用している。真空溶解法は、戦後に特殊溶解法として開発された。1964年に開業した新幹線の車軸用軸受の転動体には真空溶解鋼がいち早く採用されている<sup>3)</sup>。

図2に鋼材製作から後加工(研削・仕上げ)までの工程フロー(概略)を示す。軸受は過酷な条件下で使用されるため、高い機械的強度を有し、かつ高精度な寸法及び形状に加工されている必要がある。従って加工前は、加工性を向上させるため機械的強度を落とし、加工後には製品として高い機械的強度を有するような熱処理が必要である。通常、前者は最終的な材料特性にはあまり影響を与えない。一方、後者は軸受の性能に大きく影響を及ぼすため、熱処理条件や熱処理後の品質管理は極めて重要である。

#### ◇ 新技術動向

鉄道車両用軸受の信頼性確保は非常に重要である。前述のように、鋼材中の非金属介在物の存在は、最終的に軸受のフレーキングに至る要因となるため、介在物の評価や製造管理は重要である。最近、画像解析法等の材料清浄度評価技術の向上により、高純度鋼のより高度な評価が可能となり、材料開発に役立てられている。介在物に関する製造管理としては、特に高信頼性が要求される新幹線車軸用軸受等では、鋼材メーカーによる検査(試験片を用いたサンプル検査)に加え、軸受メーカーにおいて軸受完成後に超音波探傷法で軌道面直下を直接全数検査する場合もある。なお、欧州では既に車軸軸受の超音波検査方法が規定化(EN 12080)されており、日本でも高周波の縦波超音波を用いた垂直探傷等の高精度な探傷方法の研究開発が進められている<sup>4)</sup>。

軸受のフレーキング形態には、内部起点型と表面起点型がある。車軸用や駆動装置用に使用され

た軸受の軌道面の疲労パターンをX線装置で調査した結果、いずれも内部疲労ではなく表面疲労の形を示していた。表面起点型フレーキングに影響を及ぼす諸因子の解明に向けた研究は、今日も進められているが、それら諸因子は、荷重のみならず、異物(種類、サイズ、量)、潤滑状態(油膜、すべり、水の混入)、材料(表面の残留オーステナイト、硬さ)、水素の影響等多岐に及んでいる<sup>5)、6)</sup>。鋼の機械的性質に及ぼす水素の影響やそのメカニズムに関しては、水素によるき裂進展の下限界の低下、き裂進展速度の増加、疲労寿命の低下など多数報告されており<sup>7)</sup>、今後の更なる解明が期待されている。

#### むすび

鋼材の高純度化や品質管理の徹底は、高い信頼性を要求される鉄道車両用軸受にとって重要な役割を担っている。更に、今後、鉄道車両の高速化や軸受の解体検査周期の延伸要求等により、軸受の使用環境(例えば回転速度の増大やそれに伴う高温化、潤滑剤の劣化等)は益々厳しくなると考えられるため、各々の要求特性や使用環境に合わせた最適材料の開発・適用も重要である。

#### 参考文献

- 1) 喜熨斗政夫; ころがり軸受の材料 (1) (2) NSK Bearing Journal No.628
- 2) 伊東典之; 鉄道車両用軸受の技術動向 NSK Technical Journal No.683 (2009)
- 3) 福田和人; 転がり軸受用材料の変遷 “トライボロジスト” 第48巻 第3号 (2003) 165~171
- 4) 牧野、坂本、養祖、永友、岡村; 超音波探傷による車軸軸受軌道面下の非金属介在物検出手法RTRI REPORT Vol.24、No.8、Aug. 2010
- 5) 松本、村上、大堀; 水混入潤滑条件下の転がり疲れ NSK Technical Journal No.675 (2003)
- 6) T. Ueda, N. Mitamura; Tribology International 42 (2009) 1832-1837
- 7) 宇山、峯、村上、中島、森重; 炭素鋼の繰返し応力-ひずみ特性および疲労強度に及ぼす水素チャージの影響 日本材料学会誌Vol.54、No.12



## (4) 鉄道車両用ばね

三菱製鋼(株) はや さか よし ひろ  
ばね事業部 早坂善広

### ◇ 鉄道車両の走行装置とばねの役割

鉄道車両用ばねとしては、台車に使用される軸ばね、枕ばね、アンチローリングトーションバー、連結器の支持用として胴受けばね、腹心ばね、パンタグラフ用引張コイルばね、圧縮コイルばね、ブレーキ用として戻しばねなどがある。以下は台車用ばねに関して述べるが、ばねは走行装置の形式により種類や配置さらに使われ方が異なるため、簡単にばねと走行装置との係わりに関して説明する。

乗り心地や走行性能を確保するためには、車体と車輪の間に緩衝装置（サスペンション）が必要となる。車体と軸箱の間に直接ばねを置くこともできるが、車輪を支持する部分を車体から切り離れた方がよい場合が多く、そのため1車両あたり2軸ずつを車体前後に配置する台車が考案され、カーブ通過時に車体に対して回転を行わせることができるボギー台車が現在最も多く用いられるようになった。ボギー台車は、軌道に起因する縦の揺動をボギーの2軸間でのイコライジングにより揺れを少なくすることができ、またばね装置を2段階にできるため、乗り心地が一般的には良いとされる<sup>1)</sup>。

1段目のばねは台車枠と車軸とを介する軸ばねである。一般的に車輪からサスペンションまでの質量（ばね下重量）は小さいほど乗り心地が良いとされるため、台車枠と軸箱の間に軸ばねを配置してばね下重量を小さくしている。軸ばねは積層ゴムになっているシェブロンばねやコイルばねをゴムで被覆したエリゴばねなどもあるが、へたりなどの経年劣化の問題から最近ではコイルばねが多く使用されている。

2段目のばねは車体と台車枠とを介する枕ばねである。軌道の変化に従う台車と乗客を乗せる車体を緩衝する他に、大きな揺れやねじりにも対応しなければならず、近年、空気ばねの出現で革命

的な軽量化と簡素化を実現している。

この他のばねとしては、アンチロールトーションバー（トーションバータイプのスタビライザ）がある。良好な上下の乗り心地は、軸ばねや枕ばねの上下方向のばね定数を小さくして確保するがロール剛性の低下を招く。そのためこの装置を追加することで車体のロール剛性を増大させてロール方向の乗り心地を改善し、かつ曲線高速走行時に車体傾斜を軽減することができる。ただ、ふりこの原理で車体傾斜をコントロールする車両（ふりこ式電車）が多くなってきており国内での需要はそれほど増えていない。

図1に代表的な台車の構造を示す<sup>2)</sup>。(1)は昭和30年代から使用されているペDESTAL式揺れまくら台車といい、軸ばね、枕ばねにコイルばねを使用している代表的な台車で、現在ではローカル線に使われているのみである。(2)は軸はり式ボルスタレス台車といい、車両の走行安定性、乗り心地、メンテナンス性、脱線に対する安全性に

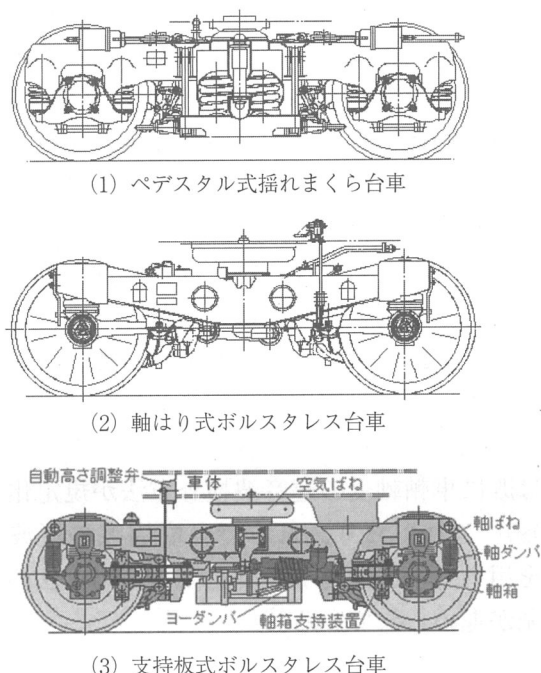


図 1 代表的な鉄道車両台車<sup>2)</sup>

優れており、構造を簡素化し、部品点数を削減し大幅な軽量化を図っている。通勤・近郊系車両から機関車・新幹線、輸出用2階建て車両に至るまで、標準的な台車として採用されており、軸ばねにはコイルばね、枕ばねには空気ばねを使用している場合が多い。(3)は支持板式ボルスタレス台車といい、JR東日本の新幹線に使われている台車である。

### ◇ 材料

鉄道車両用ばねの材質は、国内では原則としてJIS G 4801 (ばね鋼鋼材) に規定しているSUP6 (Si-Mn鋼)、SUP9、SUP9A (Mn-Cr鋼)、SUP11A (Mn-Cr-B鋼) が使用されている。それぞれの鋼種は焼入れ性を重視して選定されており、具体的にはコイルばねやトーションバーの線径により使い分け

している。日本以外のばね鋼規格としては、AAR M-112 (鉄道車両用ばね鋼、アメリカ鉄道協会規格)、ASTM A-125 (熱間コイルばね鋼材、アメリカ工業会規格)、prEN10089 (鉄道車両用ばね鋼、欧州規格)、GB/T1222 (圧縮コイルばね鋼、中国規格) などがある。表1に日本、アメリカ、ヨーロッパ、中国の鉄道車両用熱間コイルばねの材料成分規格を示す。

自動車用懸架ばねや建設機械用リコイルスプリングなどは、軽量化やコスト低減のため高強度鋼がさかんに開発され、JISで規定されている鋼種以外での使用が多くなっているのに対して、鉄道車両用ばねの場合は、依然としてJIS G 4801に規定されている鋼種以外は使用されていないのが実情である。

### ◇ 設計

ばねの設計は従来から原則としてJIS E 4206に

表 1 鉄道車両に使用されるばね鋼の化学成分

記号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	B
JIS G 4801	SUP6	0.56 ~0.64	1.50 ~1.80	0.70 ~1.00	MAX 0.035	MAX 0.035				
	SUP9	0.52 ~0.60	0.15 ~0.35	0.65 ~0.95	MAX 0.035	MAX 0.035	0.65 ~0.95			
	SUP9A	0.56 ~0.64	0.15 ~0.35	0.70 ~1.00	MAX 0.035	MAX 0.035	0.70 ~1.00			
	SUP11A	0.56 ~0.64	0.15 ~0.35	0.70 ~1.00	MAX 0.035	MAX 0.035	0.70 ~1.00			MIN 0.0005
AISI	5150H	0.47 ~0.54	0.15 ~0.35	0.60 ~1.00	MAX 0.035	MAX 0.040	0.60 ~1.00			
	5160H	0.55 ~0.65	0.15 ~0.35	0.65 ~1.10	MAX 0.035	MAX 0.040	0.60 ~1.00			
	50B60H	0.55 ~0.65	0.15 ~0.35	0.65 ~1.10	MAX 0.035	MAX 0.040	0.30 ~0.70			0.0005 ~0.003
	51B60H	0.55 ~0.65	0.15 ~0.35	0.65 ~1.10	MAX 0.035	MAX 0.040	0.60 ~1.00			0.0005 ~0.003
	8650H	0.47 ~0.54	0.15 ~0.35	0.70 ~1.05	MAX 0.035	MAX 0.040	0.35 ~0.70	0.35 ~0.65	0.15 ~0.25	
	8655H	0.50 ~0.60	0.15 ~0.35	0.70 ~1.05	MAX 0.035	MAX 0.040	0.35 ~0.75	0.35 ~0.65	0.15 ~0.25	
	8660H	0.55 ~0.65	0.15 ~0.35	0.70 ~1.05	MAX 0.035	MAX 0.040	0.35 ~0.75	0.35 ~0.65	0.15 ~0.25	
prEN10089	60Cr3	0.55 ~0.65	MAX 0.40	0.70 ~1.00	MAX 0.025	MAX 0.025	0.60 ~0.90			
	51CrV4	0.47 ~0.55	MAX 0.40	0.70 ~1.10	MAX 0.025	MAX 0.025	0.90 ~1.20		0.10 ~0.25	
GB/T1222	60Si2MnA	0.56 ~0.64	1.60 ~2.00	0.70 ~1.00	MAX 0.025	MAX 0.025				
	60Si2CrA	0.56 ~0.64	1.4 ~1.80	0.4 ~0.70	MAX 0.025	MAX 0.025	0.7 ~1.00			
	60Si2CrVA	0.56 ~0.64	1.4 ~1.80	0.4 ~0.70	MAX 0.025	MAX 0.025	0.9 ~1.20		0.1 ~0.20	
	50CrVA	0.46 ~0.54	0.17 ~0.37	0.5 ~0.80	MAX 0.025	MAX 0.025	0.8 ~1.10		0.1 ~0.20	

定められた規定に基づき実施されている。この規格は現在使用されていない旧国鉄時代の標準JRSの許容設計応力を見直してはいるものの、実際の応力の設定においては依然JRSの基準内で運用されている<sup>3)</sup>。その背景には国鉄が分割・民営化された際に、その後新たな視点から技術標準の抜本的な見直しをしなかったため、当時の技術標準であったJRSが、その後公式なものではなくなったものの、現在でも部分的にデファクト標準として用いられることとなった。

もちろん、この標準は十分な安全性と信頼性を確保した基準となっているからであり、鉄道車両の場合、自動車と異なりテストコースといったものがなく、走行試験は通常の線路を使用して行われ、自動車のような悪路実車耐久のような加速試験ができず、安全性の確認試験が難しい状況にあることも影響している。

#### ◇ 特性

軸ばねとして多く使用されているコイルばねの特性は、荷重の増加に比例してたわみが増加するいわゆる線形特性がほとんどである。最近では、ばね定数が荷重の増加とともに高くなる非線形特性を有するテーパコイルばねの採用が増加してきている。採用の理由としては、①乗客数の変動があっても乗り心地を確保できる。②線路の状況による軸重抜けを防止できる。③ばねの可動ストロークの制限対策などが挙げられ、近年、海外でもその効果が認められ積極的に採用が拡大している。

#### ◇ 今後の課題

旅客交通機関の共通の使命は、「安全」、「正確」、「快適性」、「スピード」、「低料金」と言われており、その中でばねに関係するのは、「安全」と「スピード」である。

鉄道はご存知のように大量の人、貨物を運ぶ交通システムであり、公益性という点からすれば、社会に対する寄与度は極めて大きく、他の交通機関とは比較にならないほど強いものを持っている。万が一事故を起こした場合、多くの人命が損なわれ、故障等によりストップした時の社会活動への影響は非常に大きいものがあり、「安全」は最重要課題であることは言うまでもない。最近で

は、ドイツ鉄道のICEの事故や地下鉄日比谷線での脱線事故、JR西日本の尼崎での脱線事故、中国の高速鉄道の車両同士の衝突事故などがある。特に日比谷線の脱線事故は、台車や枕ばねである空気ばねの調整不良による軸重抜けが一因との指摘もある。そのため、鉄道車両用ばねは、ばね特性に対する精度の向上を図ることはもちろんのこと、ものづくりでの品質向上や経年変化に対する技術的考慮もなお一層重要となってきている。

次に「スピードアップ」である。新幹線は、安全性、正確性、スピードにおいて社会の要求に答えた画期的な大事業であったと言えるが、近年航空機や高速道路網の急速な整備により、さらなるスピードアップが必要となってきている。そのため、車両の軽量化は今後重要な課題となり、台車も例外なく軽量化の対象となっており、軸はり式台車は軽量化の限界まできているとの指摘もある。機能部品で、強度部材で、かつ高い信頼性が要求される軸ばねは軽量化から除外されてはいるが、これも時間の問題であると思われ、新たなコンセプトで開発されたシステムをどのように検証して、安全性と性能、そして強度を十分確保するかが今後の重要な技術的課題といえる。

また新たな課題として、世界的に進む鉄道建設がある。内需振興や雇用創出のための公共投資が拡充される中、鉄道は温暖化ガスの排出量がトラックの約6分の1とされ、環境意識の高まりとともに交通手段を自動車から転換する「モーダルシフト」が進みつつある。日本の鉄道車両メーカーは、台湾新幹線、中国の高速鉄道、ニューヨーク地下鉄、英国高速鉄道など受注しているが、日本の鉄道車両技術は日本で検証されたもので、今後想定されないような外部環境やその地域特有の使用状況にばねがさらされることになり予想外の問題が起こる可能性がある。仕向先を想定して実車試験を十分に実施して信頼性を確保して市場投入できない鉄道車両は、これらの項目を車両メーカー、部品メーカーが一層協力して検証していくかが今後ますます重要になってくるものと思われる。

#### 参考文献

- 1) 鉄道車両の台車 <http://ja.wikipedia.org/wiki/>
- 2) 台車の話 <http://www.tcat.ne.jp/train/>
- 3) 富田勝信 鉄道技術研究報告、NO.333 Nov. 1962



## (5) 主電動機 (モータ)

(株) 日立製作所 小村昭義  
日立研究所 モータシステム研究部

### まえがき

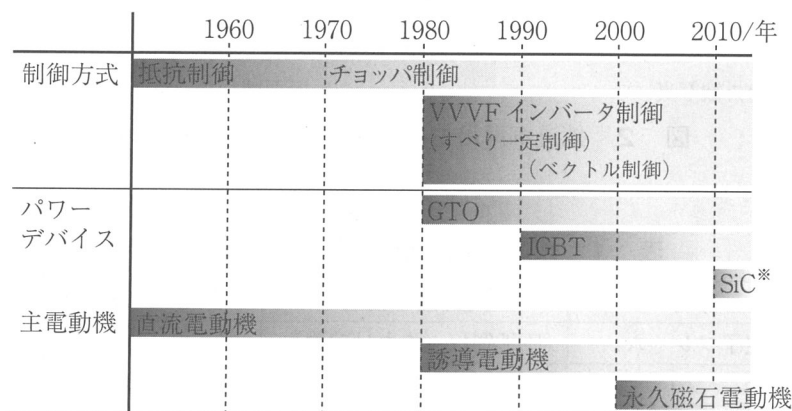
近年、地球温暖化問題に加えて、燃料価格高騰が世界中で顕在化・深刻化しており、省エネルギーで環境にやさしい移動手段として鉄道への関心が高まっている(ちなみに、鉄道の輸送単位(人・km)当りの消費エネルギーは、自家用自動車に比べて約1/8、航空機に比べて約1/7.6、との試算がある<sup>1)</sup>)。ここでは、鉄道車両の駆動源となる主電動機(モータ)について紹介する。

### ◇ 鉄道車両用主電動機の変遷、及び最近の動向<sup>2), 3)</sup>など

図1に鉄道車両用駆動システムの変遷を整理した。鉄道車両用主電動機としては、永年に渡って直流電動機が用いられてきた。この間、制御方式としては、可変抵抗器を用いた抵抗制御から、半導体素子を用いたチョップ制御に移行してきた。その後、1980年代に鉄道車両に利用可能な半導体素子としてGTO(Gate Turn off)サイリスタが開発されたことにより可変電圧可変周波数制御(VVVF: Variable Voltage Variable Frequency)が可能となり、誘導電動機が広く使用されるようになった。誘導電動機は、直流電動機に比べてブラ

シと整流子の保守が不要となり、保守が軽減されるばかりでなく、高速回転が可能となるため、電動機の大幅な小型・軽量化が実現された。例えば、高速車両用主電動機では、直流電動機から誘導電動機にすることで、主電動機の出力密度(出力/質量)が約3倍に向上している<sup>4)</sup>。さらに、1990年代になると、スイッチング周波数の高速化が可能なIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)が実用化された。最近では、半導体材料としてSiCを用いることでさらなる低損失化への取り組みが進められている。

図2に誘導電動機の外観写真と断面図の一例を示す<sup>5)</sup>。誘導電動機は、電動機を駆動するための電力が供給される固定子と、駆動力を伝達するシャフトを中心に回転する回転子に大別される。固定子は、電磁鋼板にスロットを打ち抜いて積層した鉄心(固定子コア)と、そのスロットに納められた三相巻線(固定子コイル)で構成される。同様に、回転子も電磁鋼板にスロットを打ち抜いて積層した鉄心(回転子コア)と、そのスロットに納められた導体(回転子バー)で構成される。固定子コイルには、二重ガラス銅線やポリイミド銅線などが使用されている。また、回転子バーの材料には、主にアルミ合金や銅合金が使用されてい



VVVF: Variable Voltage Variable Frequency、GTO: Gate Turn Off、IGBT: Insulated Gate Bipolar Transistor  
\*) 現在、SiCを適用したインバータが営業線に採用された事例はない

図 1 鉄道車両用駆動システムの変遷

る。小型化や効率向上の観点からは、回転子バーには導電率の高い材料を使用するのが望ましい。回転子バーは両端で短絡環をロウ付けした後、遠心力に耐え得るように保持環（リテイニングリング）を嵌合する。

図2の電動機では、機内通風路への塵埃侵入量を低減する塵埃分離機構を採用している点に特徴がある。図2に示されている通り、冷却風を機内へ押し込む押込ファンを採用し、その外周部に塵埃排出口を設けることにより、冷却風に混入した塵埃を押込ファンの遠心力で分離排出することができる。

近年では、軽保守化や低騒音化の観点から、全閉型の主電動機が開発され、営業線での採用例が増えている。全閉型主電動機は、機内に直接冷却風を取り込まずに冷却する方式で、これまでの開放型と比べて冷却特性が劣るため、同一出力では体格が大きくなる傾向にある。しかし、外部からの粉塵の侵入がないため、機内の清掃が不要になるだけでなく、外部への騒音を大幅に低減できるメリットを有する。

さらに、次世代の主電動機として、永久磁石電

動機の開発・実用化が進みつつある。永久磁石電動機は、回転子に永久磁石を用いた電動機で、誘導電動機と比べて回転子銅損（回転子バーの損失）がなくなるため、高効率かつ小型・軽量を実現できる点に特徴がある。近年の希土類永久磁石の性能向上に伴って、家電分野や自動車分野などを中心に様々な分野で採用が進んでいる。

#### ◇ 鉄道車両用主電動機に用いられる特殊鋼

表1に鉄道車両用主電動機に用いられる特殊鋼をまとめる。なお、各部品の構造については、図2を併せて参照されたい。

フレームは、電動機の外枠である。フレームは、一般的に鋼板を曲げて形成され、取付部位などの固定には溶接が用いられることから、その材料には加工性と溶接性が要求される。なお、近年、フレームには、量産性に優れる利点から鋳物を採用するケースが増えている。

シャフトは、主電動機の回転体を支える回転軸である。シャフトは、鍛造品の母材に精密機械加工を施して製造されるため、その材料には回転時の遠心力に耐え得る強度とともに加工性が要求さ

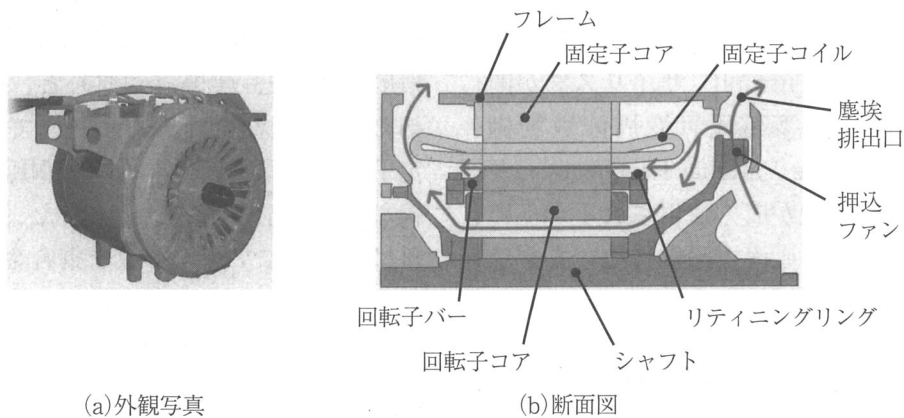


図 2 鉄道車両用主電動機の外観写真と断面図

表 1 鉄道用主電動機に用いられる特殊鋼

部品名	特殊鋼の種類	求められる特性
固定子フレーム	圧延鋼板（または鋳物）	加工性、溶接性
シャフト	クロムモリブデン鋼	強度、加工性
リテイニングリング	耐熱ステンレス鋼	高温強度、耐腐食性
軸受	軸受鋼	耐摩耗性
固定子・回転子コア	電磁鋼板	低損失

れる。

リテイニングリングは、回転子バー端部が遠心力により飛散するのを防止する保持環である。リテイニングリングは、構造上、回転子バー端部の遠心力を受けること、回転子銅損が発生する高温部位に接すること、からその材料には特に高温強度と耐腐食性（腐食割れ防止）が要求される。

軸受には通常転がり軸受が用いられており、内輪や外輪、玉などの構成部材には耐摩耗性に優れた軸受鋼が使用されている。

固定子コアと回転子コアに用いられる電磁鋼板は、主電動機の電気特性を決定する主要材料の一つである。主電動機の高効率化の観点から、電磁鋼板には特に低損失化が要求されている。一般に、電磁鋼板中のSi含有量を高めることで電磁鋼板の損失（鉄損）を低減することができるが、その一方で鋼板の硬度が高くなり、打ち抜き時の金型摩耗を増大させる欠点を有するため、低損失化と加工性を両立することが必要となる。近年、主電動機の小型化のために、増速比を上げて主電動機を高速化する傾向があり、これに伴って電磁鋼板の高周波数領域での鉄損低減が大きな課題となっている。

## むすび

今回、鉄道車両用主電動機に関して、その変遷・動向と、各部品に用いられる特殊鋼について紹介した。高機能材料の出現・進化により、主電動機の小型化や高効率化が一気に進展する可能性がある。このため、特殊鋼に限らず、磁性材料や絶縁材料など、様々な材料の高機能化を取り込んだ主電動機の開発を継続していく必要があると考えている。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：平成22年度国土交通白書、国土交通省ホームページ、(2011)
- 2) 交流電動機駆動方式およびその応用技術調査専門委員会編：交流電動機の変速駆動方式の最新技術動向およびその応用、電気学会技術報告第1073号（2006.11）
- 3) 鉄道車両用主回路機器の高性能化技術調査専門家委員会編：鉄道車両用主回路機器の高性能化技術、電気学会技術報告第1227号（2011.7）
- 4) 増田誠吉：車両用主電動機、電材ジャーナル、第605号（2010.2～4）
- 5) 稲荷田聡、児島徹郎、嶋田基巳、増田誠吉：快適な移動空間を提供し、省保守を追求した車両電気システム、日立評論、Vol.83、No.8（2001.8）





## 2. 軌条

### (1) 普通レール

新日本製鐵(株) 建材事業部 建材営業部 ひろ ぐち きよ し  
形鋼・スパイラル鋼管技術グループ 廣 口 貴 敏

#### まえがき

レールはその用途により、普通レール、熱処理レール、特殊レール、導電用レールに大きく分けられる。鉄道の軌道用としては主に普通レールと熱処理レールが使用されている。普通レールは一般の旅客鉄道、熱処理レールは軌道条件の厳しい急曲線や海外の貨物鉄道に用いられる。

断面形状は国内では新幹線用の60kg (60kg/m)をはじめ在来線用の50kgN (50kg/m) 等がある。海外では141lbs (70kg/m)、136lbs (68kg/m) 等があり、積載重量の大きい貨物鉄道では剛性確保のため断面積の大きいレールが使用されている。

鉄道用レールに主に要求されている特性は、構造材料として車両を支えるための剛性、強度の確保、車輪と接触する頭部においては耐摩耗性や耐ころがり疲労損傷性の確保・向上が要求されている。

#### ◇ レール鋼の材質の考え方

摩耗を抑制するには鋼の高硬度が有効である。レール鋼では比較的炭化物の多い高炭素鋼が使用される。図1に鋼の硬さと摩耗の関係を示す。図2に高炭素鋼の金属組織の構造を模式的に示す。鋼の硬さを増加させると摩耗量は大きく低下する。これに加えて摩耗は金属組織の影響を受ける。同一硬さで比較すると、基地フェライト中に炭化物が分散しているベイナイトや焼戻しマルテンサイト組織と比較して、炭化物が層状となっているパーライト組織は摩耗が少なく、耐摩耗性が高いことが確認されている<sup>1), 2)</sup>。このため、現用のレール鋼では主にパーライト組織 (0.65~0.82% C) を利用した高硬度化が指向される。さらに、パーライト組織において炭化物の量を増加させることにより、摩耗が減少することが確認されてお

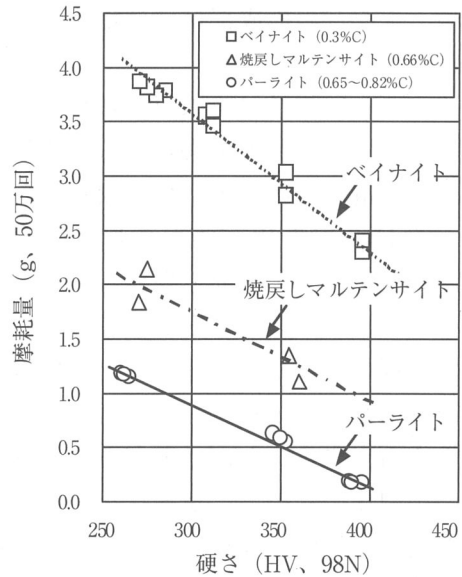


図 1 鋼の硬さと摩耗の関係 (日本鉄鋼協会第5版鉄鋼便覧)

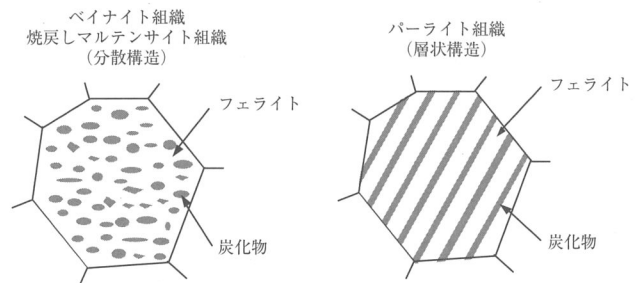


図 2 高炭素鋼の金属組織の構造

り、パーライト組織の高炭素化も耐摩耗性改善の有効な手段となっている<sup>3)</sup>。

一方、ころがり疲労損傷を防止するにはころがり面での塑性変形の抑制、疲労層の除去が有効である。塑性変形の抑制に対しては摩耗の抑制と同様にパーライト組織の高硬度が指向される。また、疲労層の除去に対しては、図2に示したように摩耗量が比較的多く、疲労層の摩耗による除去が期待できるベイナイト組織の利用も有効な手段とされている<sup>4), 5)</sup>。

## ◇ レールに要求される特性

### 1. 耐摩耗性

車輪との強い接触を受けるレール頭部では摩耗が進行し、レールの使用寿命を決定する主因子となっている。耐摩耗性を確保するためレール鋼では炭素量の高い高強度鋼が使用されている。レール鋼では耐摩耗性の高いパーライト組織 (0.7~0.8% C) が主に使用されている。更に、耐摩耗性の改善を図るため高硬度化が指向されている。また、パーライト組織の耐摩耗性を飛躍的に改善する方法として、**図3**に示すように、硬さに加えてパーライト組織中のセメンタイト相 (炭化物) の体積分率の増加、接触面での加工硬化促進による耐摩耗性の向上が確認されており、過共析パーライト鋼 (0.9~1.0% C) のレールへの適用も進んでいる。

### 2. 耐ころがり疲労損傷性

レール頭部は車輪とのころがり接触により転動疲労が発生する。転動疲労にはきしみ割れ、スポーリング・フレーキング (剥離)、シェリング等がある。塑性変形起因のきしみ割れ、剥離に対しては高強度化が指向されている。一方、疲労起因のシェリングに対しては、**図4**に示すように、適度な摩耗促進によるき裂除去作用のあるベイナイト鋼の有効性が確認されており、シェリングが顕在化している高速鉄道への適用が検討されている。

## ◇ 近年の高機能レール

海外の貨物鉄道向けとして耐摩耗性や耐ころがり疲労損傷性をさらに高めたレールが実用化されている。技術の方向性は、①高硬度化と②高深度化 (内部硬さの増加) である。これらの特性を両立するには高炭素化が最も有効で、実用性が高い。現在、炭素量を0.9~1.0%まで高めた過共析レールが実用化されている。これまでの熱処理レール (0.8%C) と比較して、頭部の表面および内部においてさらに高い硬度特性が実現されている。この炭素量の高いレールでは一層の使用寿命

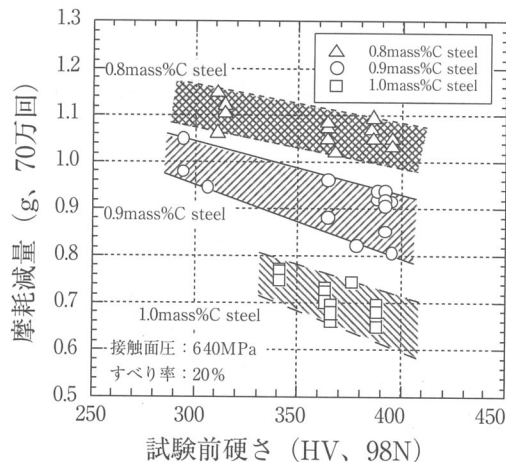


図 3 硬さと摩耗減量の関係

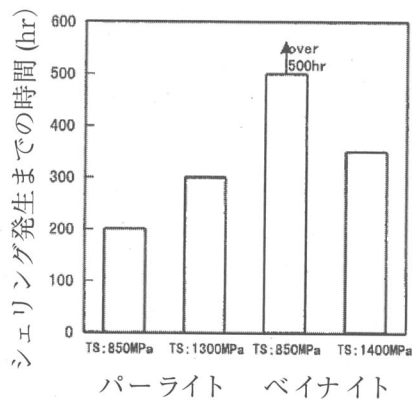


図 4 耐ころがり疲労損傷性比較

向上が図られている。また、上記の高炭素化の検討に加えて、合金添加により高硬度を図る耐摩耗レールの開発も進められている。

### 参考文献

- 1) 影山、杉野、榎本：高炭素鋼レール鋼の摩耗特性、鉄と鋼：S905、1978
- 2) 上田、影山、佐藤：ベイナイトレール鋼の摩耗・ころがり疲労損傷特性、材料とプロセス、Vol.7：1814、1994
- 3) 上田、内野、瀬沼：パーライト鋼のころがり接触摩耗に及ぼす硬さと炭素量の影響、鉄と鋼、Vol.87：190-197、2001
- 4) 上田、内野、兼田、松田、村上、影山：レールダークスポット損傷の再現と損傷発生におよぼす組織・硬さの影響、材料とプロセス、Vol.10：640、1997
- 5) 横山、三田尾、酒井、山本：パーライトレール鋼とベイナイトレール鋼における摩耗および転動疲労挙動、鉄と鋼、Vol.86：417-424、2000

## (2) 鉄道軌道用 マンガンクロッシング

(株)大同キャスティングス 技術部 技術室 梅村孝雄

### ◇ クロッシングの役割

鉄道の軌道は、平行に敷設された2本のレールによって構成されていますが、駅の周辺や車両基地、保守基地には列車の進行方向を振分ける分岐器が多数敷設されています。この分岐器により列車は途中駅で普通列車を追い越したり、終着駅で折り返し運転をしたり、路線別に行き先を変更することができます。また、車両基地では多くの線を分岐器で配置し、予備の車両を留置したり、車両の清掃、整備及び検査が行われます。

分岐器は、図1に示すように主にポイント、クロッシング、ガード及びレールによって組み立てられ、レールが交差する部分をクロッシングと称します。クロッシングには、列車車輪のフランジが通過するための溝によって欠線部が生じる固定クロッシングとノーズ部分を可動式にして欠線部を無くした可動クロッシングがあります。固定クロッシングは在来線で最高130km/hの速度で通過することができます。また、可動クロッシングは在来線では直線側を最高160km/hで、新幹線では最高300km/hで通過することができます。分岐器を構成するポイントやガードはレール鋼を加工して製作されますが、クロッシングは高マンガン鋼によって製作されます。

### ◇ クロッシングに要求される特性

分岐器は、鉄道軌道を構成する重要な部材です

が、前述のように多くの部品で構成され、それらの部品を精度良く組み立てることにより製作されます。各部品は、継目によって連結されていますが、これにより欠線部が多く、列車通過時には数10トンという衝撃的な荷重を繰返し受ける過酷な部材であります。一般の軌道部分に比較して、摩耗・変形が早く、損傷が発生しやすいなど更替寿命も短くなります。とくに、在来線に一般的に使用される固定クロッシングには、前後の継目の他に車輪フランジが通過するためのフランジウェイと称する溝部があり、この部分を車輪が通過する際、車輪踏面とクロッシング踏面が衝撃的に接触します。軌道の弱点部といわれています。

### ◇ 高マンガン鋼製クロッシング

こうした過酷な使用条件に対応するため、クロッシングは高マンガン鋼によって製作されます。高マンガン鋼は、1888年(明治21年)イギリスにおいてSir Robert A. Hadfieldにより発明された特殊鋼で、発明者名に因んでハッドフィールド鋼(Hadfield Steel)とも呼ばれています。その主成分は、C=0.9~1.2%、Mn=11~14%であり、その特徴は、

- (1) 材質的にきわめて韌性に富み、信頼度が高い。
- (2) 耐摩耗性にすぐれ、列車通過により加工硬化される長所があり、炭素鋼レール組立クロッシングに比べ寿命が7~8倍となる。

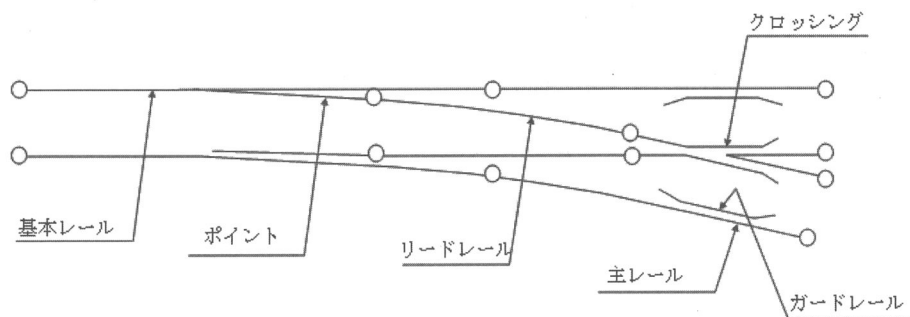


図 1 鉄道用分岐器

(3) 衝撃値が高く、亀裂に対して安全度が高く突発的な不慮の事故がない。

高マンガン鋼は鑄造ままでは、炭化物が結晶粒の間に析出し硬くてもろい性質をもっているが、これを1050℃～1100℃ (1922°F～2012°F) の温度で水中にて急冷 (水じん) することによりじん性に富んだオーステナイト組織になります。このオーステナイト組織を一般の炭素鋼レールのパーライト組織と比較すれば、その組織の違いがはっきりわかります。水じん後の高マンガン鋼の硬さは若干低下するものの、非常にねばり強くなり耐衝撃性が向上します。

高マンガン鑄鋼の機械的性質を表1に示しますが、伸び、絞り、衝撃値がすぐれ、じん性が高いため安全性が保証されます。

高マンガン鑄鋼の初期硬さは、HB170～197 (HS26～30) であるが列車通トン数が増すにつれ、その硬さは大幅に向上します。なお、初期段階での摩耗を防ぐ観点から初期硬さを向上する方法も採用されており、この方法として爆発硬化、ハンマリング等が実施される場合もあります。高マンガン鑄鋼の耐摩耗性の主因は、加工硬化性によるもので、打撃摩耗に対して効果は最も大きく、引掻き摩耗 (グラインディング摩耗) に対しては効果はあまりありません。クロッシングの場合には車両の全重量が、車輪を通して高速をもってその表面を打撃するため加工硬化が、十分行われすぐれた耐摩耗性を発揮します。

### ◇ マンガンクロッシングの製造方法

このマンガンクロッシングは鑄造により製造され、その製造工程を図2に示し、おもな工程の概要を以下に説明します。

#### 1. 設計

新しい寸法・形状のクロッシングを製造する場合は設計から始めます。分岐器線図をもとにマンガンクロッシングの2次元または3次元の設計・

製図を行います。

#### 2. 模型 (木型) 製作

クロッシングと同一形状の模型を製作します。模型の寸法は、溶けた鋼が凝固する際収縮する分だけ大きく製作します。また模型は、通常製作の容易さおよび耐久性を考慮して木材で製作しますが、コスト低減のため繰返し使用しない場合は、発泡スチロールで製作することもあります。

#### 3. 造型

模型を制作後、溶けた鋼を注ぎ込み固めるための鑄型を製作しますが、この工程を造型といいます。模型の周囲に耐火度のある砂を充填・硬化させた後、模型を抜き出しクロッシング形状の空間を作成します。砂を硬化させる方法には2種類あり、あらかじめ砂に混練・被覆した樹脂を硬化させる有機自硬性造型法と砂には樹脂を添加せず鑄型全体をフィルムで被覆・減圧して硬化させるVプロセス造型法があります。それぞれ長所・短所があり、特殊クロッシングと標準量産品とで使い分けています。

#### 4. 溶解

鉄スクラップと合金鉄をアーク炉で溶解して高マンガン鋼を溶製します。溶鋼中の不純物およびガス成分を減少させる精錬を行い、あわせてカーボンやマンガン等化学成分を調整します。

#### 5. 鑄造

溶けた高マンガン鋼を鑄型に注ぎ込む工程を鑄造といいます。アーク炉で約1500℃に溶解した鋼を取鍋に受け、温度を均一にする攪拌を行った後、各鑄型に順

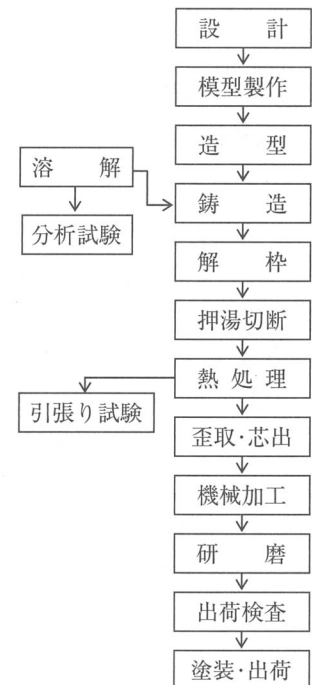


図 2 マンガンクロッシングの製造工程

表 1 炭素鋼と高マンガン鑄鋼の機械的性質

	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	引張り強さ	伸び (%)	絞り (%)	衝撃値 (kg-m/cm <sup>2</sup> )
高マンガン鑄鋼	40～45	80～100	40～80	40～60	20～30



番に注ぎ込んでいきます。鑄造完了後、鑄型(砂)の中で徐冷し、冷却後に砂の中から取り出します。

## 6. 熱処理

高マンガン鋼は、鑄造のままでは粒界に炭化物の析出があり非常にもろい性質をもっているため熱処理を行います。1050~1100℃に加熱した後水中に急冷する事によりじん性に富んだオーステナイト組織になり、硬さは多少低下しますが、耐衝撃性が向上し割れにくくなります。

## 7. 機械加工

熱処理によって変形したクロッシングをプレスで真直ぐに矯正した後、車輪と接触する部位や他の部品と接する部位および犬くぎ孔をのぞく孔を機械加工します。クロッシングの断面形状は勾配や曲線が多いため、主に総型(姿)カッターを使用して専用NC加工機で機械加工をします。最初にマクラギに接する底面を加工した後、この面を基準にして踏面、頭側面、端面、継目等を1台の機械で連続して加工します。

## 8. 研磨

機械加工できない部位や鑄造したままの鑄肌部位は作業者がグラインダーによる研磨仕上げを行います。コーナーや孔加工の面取り、加工のツナギ部等を滑らかにします。また、ノーズ可動クロッシングの様に複数の部材を組合せる場合には、部材同士の接着・密着部の擦りあわせも研磨で行います。

## 9. 出荷検査

出荷検査には寸法・形状検査、品質検査および材質検査があります。寸法・形状検査はおもに姿ゲージを用いて検査し、全長の曲がり糸張り-隙間測定により検査をします。品質検査は外観と内質があり、外観は目視によって内質はX線により検査をします。材質検査は溶解後の分析試験と、製品と同時に鑄造・熱処理した試験片で引張り試験を行います。また特殊な検査として、弾性可動クロッシングでは転換力試験を行っています。これらの全ての検査に合格した後に防錆塗装を施してお客様に出荷します。

## ◇ マンガンクロッシングの技術動向

近年の高速化および低騒音・低振動化のご要望に対し、前後端の継目を普通継目から溶接継目に変更可能なクロッシングが普及してきています。高マンガン鋼とレールの溶接は特性の相反する異材溶接となるため、現地では技術的に困難であり、あらかじめ工場で短尺レールを溶接または接着により接合したマンガンクロッシングです。さらに、欧州で普及しているフラッシュバット溶接を利用したクロッシングが国内でも敷設され始めており、今後普及するものと思われます。この溶接方法は、生産性の向上と品質の安定化が期待できます。

また、乗り心地改善のため車輪の踏面形状が円錐から円弧さらには修正円弧と改良される事が多くなってきています。このような車両の運行が多くなると単一踏面勾配のクロッシングでは、翼-ノーズ間欠線部の乗移り時大きな騒音源となったり、挫壞の発生を助長します。改良された車輪踏面形状に対応した2段勾配マンガンクロッシングも製造しています。

列車の安全運行のためには、定期的な検査・保守といった保線管理業務が欠かせませんが、少子化による保線作業者の不足が懸念されます。技術の向上により各部材の品質改善や検査技術の効率化が進められてきています。しかし、マンガン鑄鋼製クロッシングは、その組織的特性より非破壊検査法が限定されています。高マンガン鋼クロッシングは、鑄造によって製作され、なおかつ熱処理によりオーステナイト組織になるため結晶粒が肥大化します。このため、レールでは適用できる超音波探傷が適用できず、工場内で実施される放射線透過探傷のみで、敷設現場では浸透探傷のみの適用で傷の深さが判断できません。今後敷設状態で、内部探傷可能な技術の開発が期待されます。また、定期的な検査で保守するのではなく、損傷発生を自動的に検知するようなシステム開発もすすめられています。

### 3. パンタグラフすり板

公益財団法人鉄道総合技術研究所 つちやひろし  
材料技術研究部 摩擦材料研究室 土屋 広志

#### まえがき

パンタグラフすり板（以下、すり板）は、電車の最上部に位置するパンタグラフの上に取り付けられた小片の摩擦部材で、トロリ線（架線）に押し付けられ通電・摩耗することにより、電車は走行しながら電力の供給を受けている（図1）。日本で使用されているすり板の材質は、大正2年の日本最初の電車のパンタグラフでは銅板がすり板として使われていたが、現在では純カーボン、金属を含むカーボン（カーボン系）、銅系と鉄系の焼結合金、銅系の鑄造合金の主に5種類の材料がすり板として使われている<sup>1)</sup>。

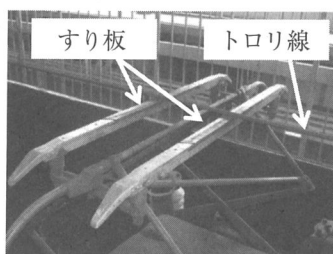
#### ◇ パンタグラフすり板の役割と 要求される特性

パンタグラフは電車に電気を安定供給するため、雨、雪、風等の様々な環境下での使用条件でトロリ線（架線）への安定した追従性能（使用される速度域ですり板/トロリ線の良好な接触状態を保持

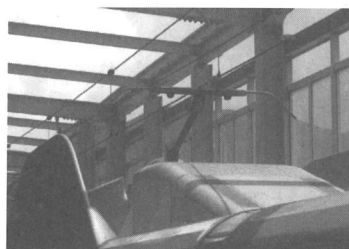
する性能）を保ち、電気を取り入れる集電を確保しなければならない鉄道部品である。すり板には次の特性が求められる<sup>2)</sup>。

- (1) 電気回路素子としての導電性
- (2) 摩擦部材・車両部品としての強度
- (3) 摩耗部材としての耐摩耗性、さらに相手材料であるトロリ線を摩耗させない性質
- (4) 消耗部品としての経済性

すり板は在来線や新幹線のパンタグラフの集電電流の大きさ（直流電化、交流電化）に合わせて使い分けられている。JRの在来線の直流および交流電化区間ではカーボン系、銅系焼結合金、民鉄では純カーボン、カーボン系、銅系焼結合金、銅系鑄造合金、新幹線では鉄系焼結合金が使われている。また、現在までのすり板の技術開発では、すり板の要求性能を満たすために導電性成分、硬質成分、潤滑成分の3成分のバランスを考え、すり板材質としての物理特性の確保、さらに摩耗特性の向上を目標にしてきた。本稿では鉄系焼結合金が使われている新幹線に関して紹介する。

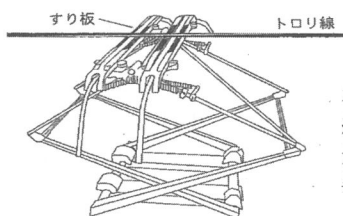


菱形パンタグラフ



シングルアーム形パンタグラフ

#### 新幹線用パンタグラフの外観



在来線用パンタグラフの外観

在来線のパンタグラフの例。パンタグラフは枠組とすり板を取り付けた舟体から構成される。舟体やすり板の数、形は線区、車種によって異なる。

図 1 車両のパンタグラフ

## ◇ 新幹線用すり板の変遷

東海道新幹線は、1964年に開業した。この開業スケジュールに合わせて高速集電用すり板の開発が行われた。新幹線でのすり板への要求仕様は、最大摩擦速度250km/h、1パンタグラフあたりの最大集電電流120A、パンタグラフ押上力75Nとされていた。この条件下でのすり板の摩耗寿命としては走行距離7,000~8,000km、トロッコ線の摩耗率はパンタグラフ1万回通過あたり0.02mmを目標としていた。

すり板材料は銅系焼結合金、鉄系焼結合金、銅系鑄造合金が試作・試験された。当時の国鉄・鉄道技術研究所ではすり板試験片と模擬トロッコ線を通電下で摩擦させ、すり板試験片や模擬トロッコ線の摩耗特性を定置試験装置で調べる試験（以下、定置試験）を行った後、モデル線区での実車試験を経て実用すり板を選定した。開業時に使われた鉄系焼結合金すり板NT-3の寿命は走行距離4,000~7,000kmであった。

1968年から新幹線開業当時のすり板の寿命を延伸するために、新たな材質の試作・実車試験が行われ、その結果、走行距離10,000km以上使用できる材質として鉄系焼結合金すり板材質M39、銅系焼結合金すり板K16、BC16が開発された。これらの鉄系焼結合金すり板と銅系焼結合金すり板の摩耗性能を比較するために実車ですり板の切り替えを行ったところ、両者を混用した場合にはすり板摩耗率が減少することが見出され、鉄系：銅系=65：35が最適な使用割合であると考えられた。その結果、すり板寿命は15,000~20,000kmに延びた。

1981年から新幹線の騒音低減対策の一環として、新幹線電車のパンタグラフ数を減らす一連の試験が行われた。パンタグラフを半減するとすり板の摩耗率は2倍以上に増大することが明らかになった。さらに、その後実施された一連の速度向上（240km/h、270km/h）においても、すり板の摩耗率は著しく増大することが明らかになった。

この問題を解決するために耐摩耗性能向上を目指したすり板の試作が進められた。すり板の試作においては、潤滑成分の見直し、低融点金属の含

浸、硬質金属の再検討が行われた。この結果を反映し、開発された鉄系焼結合金すり板TF5A、BF31は、東北新幹線の200系電車による240km/hの実車走行においても良好な性能を示し、現在でも使われている<sup>3)</sup>。

1996年からは最近の固体潤滑技術を反映した従来と異なる潤滑成分を用いることによりさらなる潤滑性の向上を図り、また、高融点金属粒子を配合して耐アーク性の向上を図ることにより新たな材質の開発が進められ、新たに2種類の鉄系焼結合金すり板N4-2-1、T3-2が開発され、2010年からは新幹線の一部で実用化された。

## ◇ 新たなすり板材質N4-2-1、T3-2の開発

### 1. すり板の開発方針と材質の概要

すり板の開発では、すり板自身の耐摩耗性向上が主目的であるが、相手材であるトロッコ線への影響もすり板自身と同様に十分考慮して材料設計を行う必要がある。鉄系焼結合金すり板の材料開発で考慮すべき項目は以下の4項目が挙げられる。

- (1) 耐摩耗性、耐アーク性を保持するための硬質金属粒子の種類と添加量
- (2) 潤滑性を保持するための潤滑成分の種類と添加量
- (3) トロッコ線への影響を考慮した硬さの上限
- (4) 車両電気部品として必要な機械的強度・導電性

現用すり板材質を改良して性能向上を図る場合、あらかじめ上記のいずれを優先して改良を行うかを明確にしておく必要がある。かつての鉄系焼結合金すり板TF5A、BF31（以下、現用材）の開発では（1）を優先し、（2）についてはそれまでの低融点重金属の利用を踏襲していたが、新たな開発では（2）を重視し、潤滑成分を最近の固体潤滑技術を反映したものに置き換えることとした。一般的には多量の固体潤滑剤を添加すれば、現用材の低融点重金属による潤滑と同程度の潤滑性を確保することは可能ではある。しかし、固体潤滑剤の多くは現用低融点重金属と異なり、すり板材の強度を低下させる方向に働き、導電性は低く、価格は高い。そのため固体潤滑剤を多量に添加するとすり板に求められる機械的特性、導電性、経済性を満足できない可能性が高く、実際の

開発では、固体潤滑剤の添加量は限られる。そこで本開発では、潤滑成分を替えてもすり板の耐摩耗性およびトロリ線側への影響ともに現用材並であることを目標とし、潤滑成分の増加による導電性の低下あるいは衝撃強度の低下が予想されるため開発目標値は、潤滑成分の増加による導電性の低下をある程度許容した。試作は二系統の現用材BF31、TF5Aをそれぞれ改良する方法で行い、4種類を試作した。試作材の概要を表1に、試作材の金属組織を図2に示す。BF31の系統では硬質成分としてCr（クロム）、Cr-V（クロム・バナジウム）、潤滑成分としてMoS<sub>2</sub>（二硫化モリブデン）を添加し、潤滑性向上のために硫化処理を施した（N4-2-1、N4-2-2）。TF5Aの系統では潤滑成分としてBN（窒化ホウ素）、Bi（ビスマス）等を用いた（T3-1、T3-2）。なお、Biは固体潤滑剤として既に民鉄等で使われている銅系焼結合金すり板での使用実績がある金属元素である。

## 2. 定置試験による特性評価方法と試験結果

実用すり板の開発において、すり板自身の耐摩

耗性の良否とともに潤滑成分を大幅に変更した場合にはトロリ線に与える影響も確認する必要がある。定置試験による摩耗特性評価では、すり板試験片の耐摩耗性評価に加え、模擬トロリ線への影響にも着目して調査した。

定置試験の結果、試作材N4-2-1、N4-2-2のすり板摩耗率は現用材と同程度で、トロリ線摩耗率は現用材並だが、試験後の模擬トロリ線の摩擦面の観察から潤滑性の向上が認められた。試作材T3-1、T3-2のすり板摩耗率は、現用材とほぼ同程度であり、トロリ線摩耗率は、現用材より潤滑性の向上が認められた。これらの結果から試作材はいずれも現用材と比較して潤滑特性、摩耗特性が向上していると判断された。

さらに、実車・実設備において従来のすり板材質から新しい材質に置き換えを進める場合、潤滑成分系が混在することになるため、潤滑成分系の遷移状態でのすり板・トロリ線の摩耗状況を推定・評価するための評価試験を行った。定置試験では摩擦速度25km/h、通電なしの条件では、潤

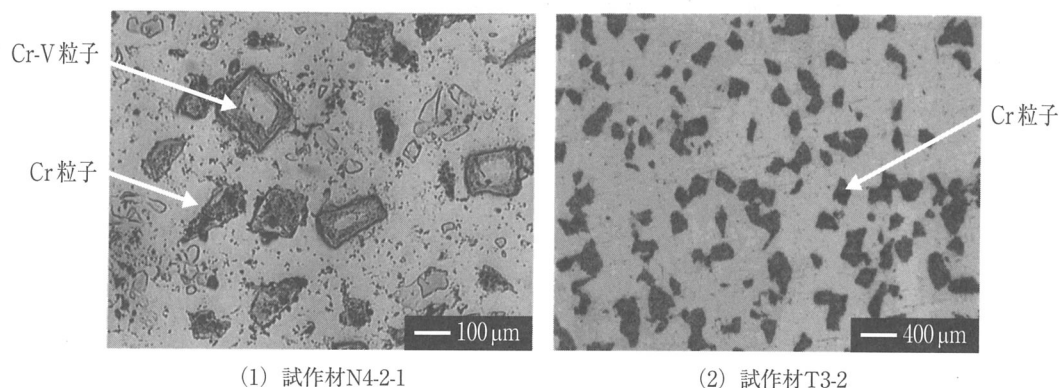


図 2 試作材の金属組織

表 1 現用材および試作材の物理特性と組成

材質	すり板慣用名	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	硬さ (HB)	引張強さ (MPa)	シャルピー衝撃値 (J/cm <sup>3</sup> )	抵抗率 (μΩcm)	硬質成分	潤滑成分	低融点重金属の添加
	(目標値)	-	70~115	176以上	9.8以上	80以下			
現用材	BF31	7.4	95	220	13.0	25	Fe-Ti, Fe-Mo	-	有
	TF5A	7.1	98	282	21.7	40	Cr	MoS <sub>2</sub>	有
試作材	N4-2-1	6.8	95	207	10.5	59	Cr, Cr-V	MoS <sub>2</sub>	無
	N4-2-2	6.7	84	180	7.0	61	Cr, Cr-V	MoS <sub>2</sub>	無
	T3-1	6.9	105	274	14.0	55	Cr	MoS <sub>2</sub> , BN	無
	T3-2	7.0	100	255	11.0	58	Cr	MoS <sub>2</sub> , Bi, BN	無



滑成分の効果が現れにくく、模擬トロリ線の摩耗が大きいことがわかっている。試験の結果、特にBF31系統のN4-2-1、N4-2-2が模擬トロリ線への影響が現用材より大幅に低減し、現用材の潤滑系と試作材の潤滑系が混在した場合でも良好な潤滑性が維持できると判断した。

### 3. 新幹線車両を使用した試作すり板の実車試験

試作すり板の実車での耐摩耗性を確認するために、試作すり板を営業車のパンタグラフに搭載し摩耗量等を調査した。実車試験に供試した試作すり板は、定置試験での評価結果を考慮し、各系統から1種類ずつとした。

試作材への置き換えにあたっては車両の検査周期等も考慮して、当初は試験区間を走行する全編成の30%で使用し、6ヶ月継続後のすり板の状態の比較および相手材のトロリ線摩耗推移の変化を比較観察し、摩耗の増大などの発生がないことを確認した。続いて全編成で使用して約3ヶ月経過後のすり板摩耗量とトロリ線摩耗推移を調査した。その結果、試作すり板N4-2-1、T3-2の摩耗特性は現用材と同程度で、トロリ線への影響も同程度であることが確認できた。試験開始から約1年9ヶ月間の調査結果から判断する限り現用材を試

作材N4-2-1およびT3-2に変更しても架線／パンタグラフ系への大きな影響はないことがわかった<sup>3)</sup>。さらに種々の車両形式で同様の調査を行った結果、2010年から東北、上越、長野で実用となっている。

### むすび

パンタグラフすり板の研究開発では、材質の試作・開発に加え、実車・実設備での適用についても様々な面から調査を行いつつ進められている。特に実車等での実用化試験は日々の運行と並行して進める必要があり多大な時間と労力を要するため、新たな材料的知見を活かすにも、それなりの年月がかかっている。

今後も高速化や低コスト化を目指して開発を進めていく所存であり、関係各位のご協力をお願いする次第である。

### 参考文献

- 1) 久保俊一：新版固体潤滑ハンドブック、養賢堂、2010
- 2) 久保俊一：最近のパンタグラフすり板の動向、トライボロジスト、50、3 (2005)
- 3) 土屋広志：車両を取り巻く技術の動向9 パンタグラフすり板、R&M、16、20 (2008.3).

### Ⅲ. 鉄道車両工業の動向

日本鉄道車両輸出組合 井上 邦夫  
専務 理事

#### ◇ 生産動向

わが国の鉄道車両工業の生産額は1990（平成2）年に一つのピーク（4,087億円）を記録した。その後は、1987（昭和63）年の民営化を機に大きく増加したJRからの発注の落ち着きや一般景気動向の影響から低迷を余儀なくされ、2001（平成13）年までは、輸出市場の開拓努力にもかかわらず、3,800億円前後で推移して来た。しかし、2002年には国内市場での合理化更新需要に動意が出てきたこと、信号保安装置の需要が根強いことから4,228億円と過去最高を記録した。その後も2010（平成22）年の6,357億円まで、輸出の増加（約2.2倍）にも支えられ、順調に増加してきた（図1）。

今後の生産額の動向については、いわゆる2012年問題、すなわち国内生産の操業度低下がいよいよ現実のものとなりつつあるが、一方、海外では、輸送力増強、雇用創出、環境対策などの観点から高速鉄道や都市鉄道の整備が次々と計画されており、鉄道車両産業の今後の海外展開にかかっていると考えられる。

#### ◇ 輸出動向

鉄道車両工業の輸出動向を日本鉄道車両輸出組合の輸出契約実績統計（受注ベース）からみるこ

ととする（図2、表1）。

平成23年度の我が国の鉄道輸出は、中国をはじめとする各国で環境にやさしい公共交通としての鉄道の有効性が再認識され、また我が国の技術力に対する高い評価等により年度の前半は好調に推移した。しかしながら、年度の後半には、欧州の債務不安に伴う世界経済の先行き不透明感、円高の昂進、中国市場の減速などにより、輸出が急減速した。年度全体をみると昨年度を超えるドルベースで18.6億ドル、円ベースで1,485億円の受注を

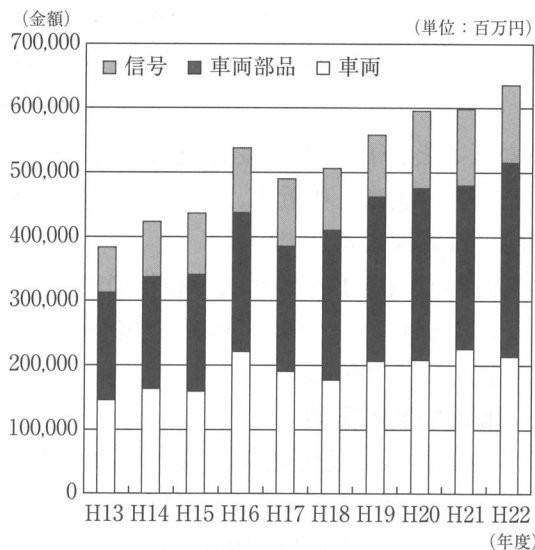


図1 鉄道車両等生産額

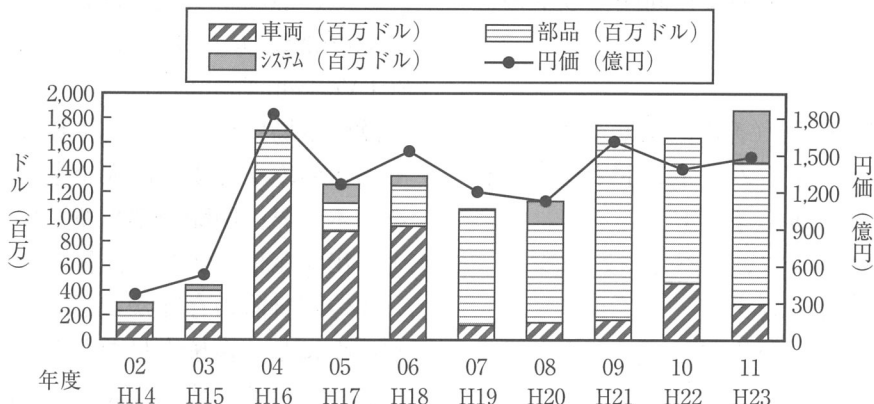


図2 過去10年の商品別契約高 (FOBドル) と総契約額 (円価)

表 1 商品別契約額 (FOB)

年 度	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23
	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
車両 (百万ドル)	120	140	1,350	880	923	120	141	164	463	295
部品 (百万ドル)	114	259	294	230	329	934	802	1,579	1,178	1,148
システム(百万ドル)	66	43	53	150	79	9	183	-	-	421
合計 (百万ドル)	300	442	1,697	1,260	1,331	1,063	1,126	1,743	1,641	1,864
円価 (億円)	365	528	1,829	1,465	1,531	1,222	1,135	1,610	1,388	1,485

確保することが出来た。受注地域は中国を中心に、アジア、北米、中近東、中南米、欧州等幅広い地域の21カ国に及んでいる。

平成24年度の第1四半期は、昨年の第1四半期には及ばないものの、昨年度の平均並みのところまで復調してきている。

### 1. 商品別契約実績

車両の契約は2億9,527万ドルで契約総額に占める比率は15.8%になり、その内容は、台湾向け電車36両、エジプト向け電車48両であった。システム受注 (APM車両110両を含む) は4億2,137万ドルで、比率は22.6%であった。

部品に分類されている契約は11億4,747万ドルで、比率は61.6%で、主たる内訳は、中国向け中速、高速電車用部品、電車用電機品、輪軸、電気機関車用部品、アメリカ向け電車用電機品、輪軸であった。生産額に占める、部品の比率が平成19年頃から高くなる傾向が伺える。

### 2. 地域別輸出実績

地域別には、アジアが71.4%を占め、ヨーロッパ2.6%、北米13.6%、中南米1.4%、アフリカ等10.0%、オセアニア1.0%であった。

アジア、ついで北米となっているが、このような傾向が続いている。具体的な仕向国は以下のとおりである。

仕向国 (21カ国)

- ア ジ ア：韓国、中国 (香港、マカオを含む)、台湾、ベトナム、インドネシア、シンガポール、インド
- 欧 州：英国、ドイツ、スペイン、ロシア
- 北 米：アメリカ、カナダ
- 中 南 米：メキシコ、パナマ、ブラジル、アルゼンチン
- 中近東、アフリカ等：アラブ首長国連邦、エジプ

表 2 鉄道車両の主な受注案件

仕向国	案件名
中国	電車用電機品 (3件)、台車、輪軸等 (2件)、モノレール用電機品、機関車用電機品 (2件)、マカオ新交通システム一式
台湾	電車
ロシア	電車用電機品
アメリカ	電車、電車用電機品 (5件)、台車、輪軸等
エジプト	電車 (2件)
南アフリカ	電気機関車用電機品

ト、南アフリカ

オセアニア：オーストラリア

### 3. 主な受注案件

平成23年度の主な受注案件 (千万ドル以上) は表2のとおりである。

## ◇ 世界の鉄道市場

世界の鉄道市場を地域別にみると、2010年の市場規模及び2015年までの年成長率は、西欧398億ユーロ、3.3%、アジア365億ユーロ、4.3%、北米195億ユーロ、5.0%、CIS 137億ユーロ、4.9%、東欧96億ユーロ、2.9%、アフリカ・中東、57億ユーロ、4.0%、中南米33億ユーロ、6.8%、オセアニア29億ユーロ、2.3%となっている。(出展 SCI Verkehr GmbH)

欧州市場については、世界最大の鉄道車両市場であるのみならず、巨大企業が最新技術でしのぎを削る世界、国際標準や新しいビジネスモデルを生み出す発信地として注目していく必要がある。

かつて日陰の存在かと思われていた欧州の鉄道がいかにして復権を果たし今日の隆盛を勝ち得るに至ったのか、そこには「EUによる大胆かつ強力な政策誘導」「鉄道事業者の民営化・上下分離

等体制変更による経営形態の変化」「インターオペラビリティに誘発された標準化活動」「車両メーカーの統廃合による規模拡大と多国籍企業化」といった様々な要因があり、それらが同時平行的に進み、かつ有機的に結合してきた成果ではないかと思われる。

米国市場をみると、世界の路線長を誇る米国の鉄道網を支えるのは圧倒的に貨物鉄道であり、米国を代表する主要メーカーは、世界市場を二社で寡占するに近いシェアを持つGeneral ElectricとElectro-Motive Dieselというディーゼル機関車メーカーである。

旅客用車両については、かつてはステンレス車体を実用化するなど業界を牽引する力を示すメーカーも存在したが、欧州勢及び日本の車両メーカーによる北米進出とM&A進展の結果、純米国と言えるメーカーは現存しない。

米国の旅客鉄道は殆ど全て公共機関によって運営され、車両・設備の調達には連邦政府からの補助金が用いられている。この連邦政府資金による調達の場合には国内産業保護育成を目的とする「Buy America」条件が付され、製品を構成する機器・部材の60%以上を米国製とし、製品の最終組立を米国内で行う事が要求される。Buy America条件を満たすため、米国の都市鉄道市場で一定のシェアを持つBombardier、川崎重工、Alstom、Siemens等の主要メーカーは夫々、米国内に製造拠点を設立するに至っている。

また、2009年4月、オバマ大統領が高速鉄道網整備構想として「High-Speed Intercity Passenger Rail (HSIPR)」計画を発表しており、予算面の課題はあるものの、高速鉄道網整備の機運も高まっている。

中国市場をみると、2020年を目標とした中長期鉄道網整備計画にて新たに12,000kmの高速旅客新線建設が計画されている。2011年12月現在開業区間は、既に、7,000kmに上っており、高速鉄道営業距離で世界最高の水準となっている。2020年の段階で合計20,000kmに達する計画となっている。(注：日本の新幹線は2009年末現在、完成分2,191km+(未完成分)整備新幹線1,173km合わせて3,364km、(山形、秋田新幹線は除く))2008年のリーマンショック以降、景気刺激策および沿岸部と

内陸部との経済格差是正と言う命題も有り、“四縦四横”と呼ばれる南北4線、東西4線の旅客専用線の建設および高速専用車両としてCRHシリーズ車両の製造を急ピッチで進めてきたところ、昨年的高速鉄道事故で、ペースダウンを余儀なくされたが、建設投資の水準も戻りつつある。

また、旅客専用線のみならず、鉄道輸送力の確保の為、西部路線網の拡充、国際鉄道の建設、石炭輸送新線の建設も中国鉄道部は実施しており、旺盛な鉄道資材・機器の需要がある。

都市交通も目覚ましい発展を続けており、既に地下鉄を備える大都市が多いが、今後の地下鉄建設計画も目白押しである。

インドの市場をみると、人口は2008年時点で約12億人、現在も年率1%超の増加を続けており、2050年には16億人に達するとされている。ムンバイ、デリーの2都市には1,000万人以上の人口が集中、バンガロール、コルカタ、チェンナイが500万人規模でこれに続く。経済規模は世界第12位だが、経済成長率は年率9%を越え、中国に次ぐ高い経済成長を遂げている。都市交通を除き、鉄道は国有(インド国鉄)であり、総延長は63,000kmを越え世界第5位を誇っているが、電化率は約25%に留まる。軌間は一部を除き1,676mmの広軌で、スペインとも異なる世界で一番広い軌間を採用している。

高速鉄道路線については6路線でプレFSが実施されている。

ムンバイ、デリー、コルカタ、チェンナイを結ぶ「黄金の四角形」を結ぶ輸送力強化が喫緊の課題とされ、特に輸送需給の逼迫したムンバイ～デリー間とコルカタ～デリー間(総延長2,800km)に貨物専用線(Dedicated Freight Line)を優先して建設する計画が動き始めている。

都市鉄道も多くの都市で地下鉄、モノレール、空港連絡線等の建設計画が目白押しである。

#### ◇ 世界の鉄道車両メーカー

2009年時点の鉄道車両メーカーの売上高をみると、ビッグ3と言われているボンバルディア(加)、アルストム(仏)、シーメンス(独)に中国南車、中国北車が割って入り、ボンバルディア、アルストム、中国南車、中国北車、シーメンスの



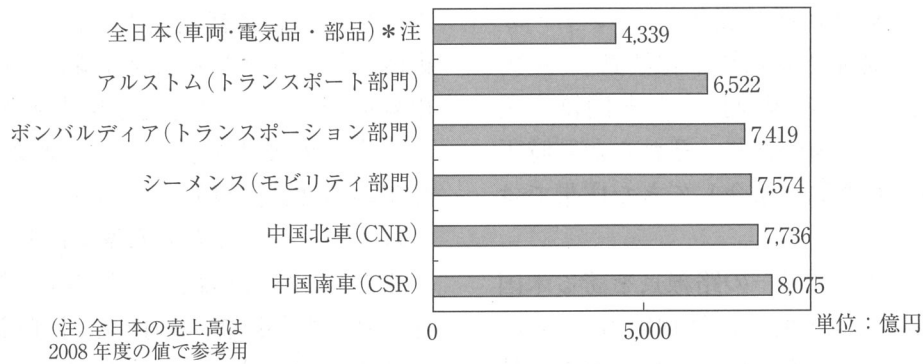


図 3 2010年度世界のメーカーの鉄道部門売上高トップ5  
(出典：鉄道車両工業459号(社)日本鉄道車輛工業会)

順になっており、川崎重工業が7位となっている。

さらに、2010年度には、図3にみるよう、中国南車、中国北車、シーメンス、ボンバルディア、アルストムの順になっており、中国企業の近年の躍進には目覚しいものがある。日本企業の売り上げ規模と、トップ5の売り上げ規模とはかなりの差がある。

ビッグ3は元々鉄道車両メーカーとして出発した(ただしシーメンスは電機で創業したが、早い時期に鉄道車両を手掛ける。)ものの、吸収合併の歴史の中で、単に鉄道車両だけでなく車載電機品から信号・通信・変電機器等の地上設備にわたる垂直的な品揃えを達成して、鉄道車両製造ばかりでなく車両部品および信号通信部門も供給するようになった。加えてエンジニアリング能力を高めるとともに1990年代後半ではメンテナンスサービス業務受注を武器として市場を拡大し、このため鉄道総合車両メーカーとして総合鉄道システム供給者(Integrated Rail System Supplier)と自称するようになった。

欧州では大手3社以外に、Ansaldo-Breda(伊)、CAF(西)、TALGO(西)、SCODA(チェコ)が大手による集約化の波の中で自国および特定地域・分野で強みを発揮している。また、ヨーロッパで最大のディーゼル機関車メーカーとして、Vossloh(独)がある。

米国においては、旅客・貨物両方の鉄道市場を相手にしている欧州3大メーカーに対し、米国のGEおよび2005年4月にGMが売却して新会社となったEMD(Electro-Motive Diesel)の2社が、貨物鉄道が発達している米国の鉄道ビジネスを反映

して、ディーゼル機関車の分野で世界をリードしている。米国の旅客鉄道車両製造の分野では、1998年に最後の国産メーカー Morrison Knudsen社が市場から姿を消し、外国メーカー(欧州・カナダ・日本)系工場のみとなっている。

アジアでは、日本、韓国、中国にメーカーがあり、近年活動を活発にしている。

日本では主要車体メーカー5社(川崎重工、日立、日本車輛、近畿車輛、総合車両製作所)がある。

中国では、2000年に中国鉄道部の合理化の一環として、傘下の中国鉄道機車製造公司(中車公司：LORIC)が鉄道部の所管からはずされると同時に、南北の2企業グループ(中国北方機車車両工業集团公司CNR、中国南方機車車両工業集团公司CSR)に分割された。CNR、CSRは前述したとおり、近年急速に売り上げ規模を拡大し、従来は、北朝鮮、ベトナム、キューバなど共産圏の国々、更にはイラン、ウズベキスタン、カザフスタン、ミャンマー、アフリカ等の発展途上国に対し、政治的な意味合いから経済協力の一環としての輸出を行っていたが、鉄道技術の発展により強い競争力を持ったことから、広く海外輸出を行なうようになりつつある。電車設計生産については、CNRでは長春客車公司(長春)、CSRでは四方客車公司(青島)が代表的な企業である。

韓国では、経済危機前には財閥系の現代精工、韓進重工、大宇重工が熾烈な価格競争を行っていたが、経済危機を契機に強力な行政指導によりこれら3社がKOROS 1社に集約された。その後、旧現代精工が株式の大半を取得し、2002年にROTEM、さらに2007年にはHyundai ROTEMと名称を変え、総合鉄道システム企業を目指すとして

もに、国内市場の狭隘さを跳ね返すべく積極的に海外市場への進出を行っている。

#### ◇ 日本の鉄道輸出産業の課題

鉄道は自動車・トラックに比較して10倍のエネルギー効率、6倍のCO<sub>2</sub>削減効果を発揮する輸送インフラとして再認識され、地球環境保全が問われる21世紀の国際社会において高い評価を得つつある。都市内では自動車から地下鉄・LRTなど公共交通インフラへ、都市間移動では飛行機から高速鉄道へ、貨物輸送も道路から鉄道へのシフトが新興国を含めて世界的な潮流となっており、伯・露・インド・中国をはじめ先進国の米国や欧州においても高速鉄道や地下鉄・LRTの建設や拡張計画が目白押しである。

21世紀に入り省エネルギー・環境保全の視点から鉄道建設の需要は増大する方向であるが、一方では健全な政府財政を求めて公共投資額の低減を志向する傾向が強く、事業建設運営にPPP/PFI民活手法を採用するケースが増えている。そのため発注形態は一括システム取り纏めのターンキーベース、運転保守管理サービス（O&M）を含む建設請負や単体設備の供給であっても長期的な機能提供やシステム稼働維持など包括的な提供サービスをコミットする契約が要請される傾向にある一方、建設やサービス提供に関するコスト削減への要請が強まっている。

鉄道車両案件に絞ってみれば、この10数年間の傾向として欧米ご3家との競合はより厳しいものとなる中で、韓国ROTEMや欧州の車両専門メー

カー（CAF/Talgo/Ansaldo-Breda/Stadler）更には、中国の車両メーカーが各々の得意市場、分野で競争力を発揮してきている。JR、私鉄や地方自治体他の需要が今後限定的と予想される中、日本の鉄道車両メーカーにとって海外製造拠点や技術提携を含めての海外戦略の再構築は最重要の課題となってきた。

車両用コンポーネントは、日本国内市場の需要に沿って長年に渡り鉄道事業者からの発注のもと鉄道車両メーカーを通じて製品供給されてきた。日本企業は海外市場においてもその付加価値と価格競争力を背景に、ときに日本の鉄道車両メーカーへのサプライヤーとして、あるいは、市場地域に近い海外車両メーカーへの、永続的な営業活動や製造・保守サービスを提供する海外拠点の設立、ないしは、現地パートナーとの技術提携を通じて、国際的な協業や連携を地道に行ってそのシェアを維持し漸次拡大している。

地上設備については、日本国内の需要に即応した供給対応としているのが基本であり、歴史的に日本の鉄道システムを採用する海外鉄道事業者やシステム・インテグレーターに競争力ある機器材を継続的に納入しており、その供給シェアはさほど増減なく維持堅持している。運行管理や信号分野に関して特記すべきは、欧州式の鉄道運行管理システム（ERTMS）を世界標準とする欧州勢の外交力を生かした戦略攻勢であり、これに対応した海外での販売戦略を如何に構築し対応していくかが、日本の鉄道産業界としての重要な課題の一つである。

## “特集” 編集後記

昨今「ECO」への意識が高まる中で、輸送部門に関しては、「特殊鋼2012年7月号」において、「自動車のHV、EV化と特殊鋼」というテーマで紹介されております。一方、世界的には鉄道に期待するところが大きく、高速化とともに路線が拡大しております。そこで、「ECO」つながりで、今後成長が見込まれる鉄道分野における技術の変遷、使用される特殊鋼について、部品の機能とあわせて紹介できればと編集にあたりました。

これまでの特殊鋼誌の中でも、いくつかのテーマにおいて個別に鉄道部品が紹介されております。しかしながら全体を総括したものは見受けられず、「鉄道車両がどのような特殊鋼で構成されているのか」が一冊でわかるようにしたいとの思いで、レールも含めて、多くの分野の方々に執筆をお願いいたしました。

編集にあたり、あらためて様々な種類の特殊鋼が使用されていることを認識し、自身にとってもいい経験をさせて頂いたと実感しております。鉄道部品を製造されている特殊鋼倶楽部会員メーカー様も多く、本誌の構成の部分からたくさんのご指導、ご尽力を頂きました。また、総論の部分では、どのような内容で、どこに、どのように執筆依頼をするのかということから、特殊鋼倶楽部および特殊鋼編集委員の皆様にご協力を頂き、何とか発行にいたりました。ご執筆頂きました皆様に、この場をお借りして厚くお礼を申し上げます。

今回の特集によって、鉄道への興味が深まり、更には「特殊鋼」への関心が高まっていたければ、編集委員として喜ばしい限りです。

〔山陽特殊製鋼(株) にしもり ひろし〕  
軸受営業部 西森 博

# 業界のうごき

## 浅井産業、 グループ経営強化

浅井産業は、国内外で加工メーカーを含むグループ経営体制を強化するとともに、主力の鉄鋼、非鉄金属営業ではユーザーがリスク分散で検討する複数並行発注を商機ととらえて商権拡大を狙う。高機能品を扱うソリューション営業部では、射出成型機用スクリュ・シリンダーで新開発合金粉末や超腐食樹脂対応の商品ラインアップを強化し、金型コーティングで開発膜や新超硬材料を生かした拡販強化を図る。

グループには鋳物製品の機械加工を行う浅井ショーワ、精密切断加工の碧南プロセッシングセンター、自動車・建機向け鍛造品製造のテックイトウなど加工メーカーもあり、加工分野に踏み込んだ事業展開を進めている。

海外ではアサイ・タイに続いて5月末にインドネシア駐在員事務所を95%出資で現地法人化。このPT・アサイ・インドネシアはジャババカ工業団地の敷地に保管能力約1万トンの鋼材倉庫を建設予定。

(7月6日、鉄鋼新聞)

## UEX、三島に鋼材倉庫新設 屋内在庫で品質保持

UEXは、鋼管、丸棒などの切断加工拠点である、三島スチールサービスセンター(SSC)に在庫保管倉庫(能力900トン弱)を新たに建設する。約4億円を投じて、SSCと隣接する屋外ヤード1,756m<sup>2</sup>の土地に建設し、クレーン、切断機を新設する。これまで野積みとなっていたステンレス鋼管などの在庫を建物内に置くことで、品質面の劣化を防ぐ狙い。

新倉庫建設のきっかけは、昨年秋の台風15号だった。ステンレス=錆びにくいということで、鋼管などは

一部屋外に置き、加工などの際に洗浄して出荷していたが、昨年の台風で海水を巻き上げた雨水が降り、一部製品が傷んだ。これまでも倉庫建設の計画はあったが、なかなか手付かずだった。

倉庫新設はサンエス建設が担い、設備は東洋工機製のクレーンのほか、アマダの超硬丸鋸切断機を1基それぞれ新設する。(7月5日、産業新聞)

## カネヒラ鉄鋼・静岡、 加工垂直立上げ

カネヒラ鉄鋼・静岡営業所は4基の丸鋸切断機を設置し、5月初旬から構造用鋼の切断加工業務を開始したが、現在の加工量は月間250トンになるなど垂直立上げとなっている。当面は加工量月300トンに目標を置いているが、最終的には設備も増やし月500トンの加工を目指す考えだ。

同社は、静岡地区において自動車関連をメインとするユーザーを持っているが、従来は長尺のまま販売したり、切断加工の要望があった場合は大阪・鋼材センターで対応、静岡地区まで輸送をかけていた。しかしユーザーから切断加工の要望が強まっているほか、よりユーザーに近い場所で加工を行った方がきめ細かなサービスができるとの判断もあり静岡営業所を新設、加工業務を開始した。

5月初旬の立ち上げから2カ月を経過したが、足元の自動車生産が順調なこともあって、月間250トンの加工量を維持、垂直立上げとなった。(7月5日、産業新聞)

## 佐久間特殊鋼、 タイに3社合併会社設立

佐久間特殊鋼は、タイのピントン工業団地内に日本パーツ製作所、豊島製作所、三重精機とそれぞれ合併

で、現地の日系自動車部品メーカー向けを主力とする部品製造会社を設立し、サクマタイランドを軸とするユーザーへの部品供給のサプライチェーンを構築すると発表した。今後も成長が見込まれる同市場で特殊鋼を使った部品供給と品質保証体制を確立し、チェーン構築によるトータルコストの低減などを実現する。

設立した3社は、いずれもサクマタイランドに近い同国チョンブリ県ピントン工業団地内に用地を取得して工場を新設。このうちニホンパーツ・タイランド、トシマ・タイランドは今月から操業を開始した。

さらにトウホク・マニュファクチャリング・タイランドが戦略的にパートナーとして加わり、サクマ・タイランドを素材販売、物流、品質保証の中核として各社によるサプライチェーンを構築。(8月13日、鉄鋼新聞)

## 三和特殊鋼、NC旋盤を増設 帯鋸も更新、2,000万円投資

三和特殊鋼は加工機能を強化するため大径丸まで対応できるNC旋盤を1基増設、帯鋸切断機を1基更新する。両機合計の設備投資額は2千万円。本社敷地内に第1~4工場、近隣にメカテック大東工場を構えている。従来は切断加工のみを自社で行ってきたが、07年からは機械加工にも進出。順次、設備を増設、更新し能力の増強を図っており、今回の設備投資もその一環。

NC旋盤は、ユーザーニーズに加え今後の営業展開を鑑み450ミリまで加工できる森精機製作所のNL3000を9月末に導入する。新設機はメカニック大東工場に設置。今回の増設によりNC旋盤は7基体制となる。

帯鋸切断機は、既設機が老朽化しているため更新する。新設機はアマダのHFA400。切断可能サイズが従来の250ミリから400ミリまで拡大す



# 業界のうごき

る。第1工場に設置し8月旧盆休み明けには稼働する予定。

(8月2日、鉄鋼新聞)

## 芝本産業、 本社ビル建替え

芝本産業は、自社所有の本社ビル及び隣接するテナントビルを一体化し、2014年3月の竣工を目指して、建替えることを決めた。

現在の本社社屋とテナントビルは、それぞれ建設から40年が経過している。本来なら5年後に控えた創立100周年での立替を予定していたが、作春の東日本大震災を教訓に、近い将来に発生が危惧される首都直下型地震を想定。有事の際も人命尊重と事業継続を最優先すべきと判断し、前倒しで実施することにした。解体作業は、8月中旬から開始するが、これに先駆け本社機能を近隣に移転し、17日から業務を開始する。

新しい本社ビルは、7階建ての鉄骨造で鋼材使用量は概算で約1千トン。免震構造の採用はもちろん、最新の自家発電装置なども完備した安全・安心のインテリジェンスビルにする予定。本社ビル建替えに伴う新事務所は東京都中央区入船3-7-2「35山京ビル5階」。(7月11日、鉄鋼新聞)

## 田島スチール、東大阪に新倉庫建設 小ロット・短納期対応徹底

田島スチールは、国内主力拠点の東大阪センター(東大阪市)の機能を拡充する。投資額は約3億円。11月をめぐりに、既存倉庫の隣接地に第3倉庫を建設。在庫能力を拡張するとともに切断能力も強化し、強みの小ロット・短納期対応の一層徹底化を図る。

東大阪センターは、既存の第1倉庫、第2倉庫で構成され、同じ東大阪に位置するサブ的役割の八尾倉庫(大阪府八尾市)とともに、同社

が扱う特殊鋼・ステンレスの線材や帯工、快削鋼、鋼材、電材などの国内供給拠点として機能する。

同センターの機能強化を目的に、以前から増設用の土地確保について検討を重ねていたが、隣接する土地を取得できたことで、新倉庫の建設を決定。このほど地鎮祭を行い、JFEシビルの施工により建設を開始した。第3倉庫には在庫保管機能のほか、帯鋼切断機1基も増設の予定。

(7月23日、産業新聞)

## 名古屋特殊鋼、インドネシア合弁 10月めどに稼働開始

名古屋特殊鋼と冷間圧造金型メーカー・和田山精機(本社・兵庫県朝来市)が共同出資により設立したインドネシア合弁「PT. Meitoku-Wadayama Indonesia」は、10月をめぐりに稼働を開始する。

同合弁会社は3月に会社設立を完了。ジャカルタ東部・カラワン地区のKIM工業団地内に工場、事務所を構え、日本材を素材に熱間・冷間鍛造用、プレス用など各種金型の製造販売を始め、金型部品、治具、治工具も手掛ける計画。

加工設備はマシニングセンタ、放電加工機、研磨機、旋盤など計約20台をラインアップする。当初8月の稼働開始を予定していたものの、同時期にイスラム教断食明け休暇が予定され、設備搬入のスケジュールと重複するため、機械設置など準備期間を考慮の上10月をめぐりに操業開始することを決めた。(7月18日、鉄鋼新聞)

## 林田特殊鋼材、 貝塚工場でNC旋盤増設

林田特殊鋼材は、貝塚工場にNC旋盤を1基増設した。また、一部の既設機には新設機と同じ機能を付加し生産性を向上させた。これらにより貝塚全体の旋盤加工の能力が約10

%向上した。総投資額は約3,000万円。

同社の旋削加工に関しては02年に本社工場でNC旋盤を設置し、自社化。05年には貝塚工場を開設し能力を増強した。近年増えている客先からの増産要請や小ロットに対応するため3月初旬に増設した。

今回設置したのは、村田機械製のMW120。既設機と同じ設備だが、様々な改良点を加えられている。まず加工を施す素材(ワーク)の傾きをセンサーで自動検知する。従来、バイトをワークにあて傾きを検知していたが、自動検知により加工時間を短縮した。また工程ごとに自動化が出来る。これまでは一部の工程を単独で加工する場合は手動でワークを送っていただけに生産性が向上した。(7月12日、鉄鋼新聞)

## 山一ハガネ、新熱処理法で特許 金型の経年変化、大幅低減

山一ハガネはこのほど、精密部品、精密金型において問題視されていた経年変化を大幅に低減する熱処理方法を開発し、その特許を取得した。同社は、今年2月には高精度、高品質の特殊鋼3次元加工品の寸法精度を1ミクロン単位で国際的に保証できる体制を構築し、民間企業では世界初となる「ISO-17025」の適合試験所に認定された。

このたび特許取得した熱処理方法を用いると、金型の経年変化を従来比5分の1~10分の1に抑えることが可能となえ、既存の安定化処理方法と組み合わせると一層の抑制効果がみられる。これにより、精密金型特有の手間がかかっていたメンテナンスを大幅に低減させることが可能になる等、より高度な精密金型の開発などにつながる技術として期待される。

これに加え同社では、仕上げ加工による加工応力を最小限に抑える方

# 業界のうごき

案の確立にも取り組んでいる。

(6月20日、鉄鋼新聞)

## ヤマト特殊鋼、 甲府営業所を拡張移転

ヤマト特殊鋼は構造用鋼を中心に在庫・切断・機械加工・配送の一貫サービス機能を高めるため、甲府営業所を拡張・移転し、新体制で業務を開始した。工場スペースを従来比3割拡張してレイアウトを改善するとともに一部の加工設備を更新した。

同社は、11年度に山形営業所の拡張、浦安センターの改修を行っており、今回の甲府営業所の拡張移転に続き7月末には本社事務所のレイアウト改善も完了する。

甲府営業所は00年開設、総勢15人体制で切断・機械加工設備は24台。月商約4千万円のうち加工賃収入は3割を占める。従来は南アルプス市に賃借で営業所・工場を構えていたが、業容の拡大から手狭となっていたため中央市に土地4,440m<sup>2</sup>を購入し、建屋1,756m<sup>2</sup> (延べ1,820m<sup>2</sup>) を建設。

(6月27日、鉄鋼新聞)

## 愛知製鋼、 タイ鍛造品工場増強へ

愛知製鋼は、今年6月に本稼働したタイの鍛造品生産工場、アイチ・インターナショナル(タイランド、AIT)に、自動車用クランクシャフトを主に製造する鍛造品の新工場を建設する方針を固めた。2014年中の完成・稼働を計画しており、大型の熱間鍛造プレスラインなどを導入する計画。AITは、従来までは鍛造設備を持たずに他国の愛知製鋼グループから鍛造品(粗形材)を輸入し加工して出荷していた。

同社では、鍛造品需要の拡大が見込まれるアジア地域での愛知製鋼グループの生産拠点として、継続的に事業拡大を図る計画。同時に、海外

で使用する鋼材の現地化も進めており、中国では上海愛知鍛造有限公司で、5月から完全現地化を実施。調達の現地化により、コスト競争力がアップするとともにサプライチェーン確保へのリスクマネジメントが強化できる。

(8月6日、鉄鋼新聞)

## 山陽、60トン連铸稼働、 高品質鋼を安定生産

山陽特殊製鋼は品質向上とコスト削減を目的に約150億円を投資して建設していた60トン電気炉の連続製造設備(CC)が完成し、7月1日付で本稼働したと発表した。

60トン炉を中心にした製鋼工場はこれまでインゴット铸造(IC)で製鋼してきたが、今回のCC化で2つの製鋼工場がCC化され、国際競争力を一段と高めていく。

「60トン炉CC化」は2008年度からの前中期経営計画(～10年度)で計画され2年前から建設に着手、6月20日に竣工式を行った。設備は完全垂直型大断面ブルーム連铸機で機長25.3m(建屋高さ約45m)。

CCは、連続的に铸造ができるため、ICに比べて生産効率よく、省エネ・歩留まり向上などの効果がある。高品質特殊鋼を安定生産している既存の150トンCCと基本仕様が同一で、同CCの製造ノウハウを活用している。

(7月18日、鉄鋼新聞)

## 日立、ネオジム焼結磁石 Dy使用量、製品の半分に適用

日立金属は、ネオジム焼結磁石でディスプレイ用(以下Dy)蒸着拡散技術の適用範囲を広げて、12年内をめどに重量ベースで約半分を同技術適用の省Dy化製品に置き換える。この技術とは別に組成や結晶粒径などの精密組織制御でも量産技術の開発にめどをつけ、客先の評価を開始した。需要家の仕様・設計変更と合

わせて拡散技術の適用でDyの使用量を半減でき、さらに精密組織制御技術を組み合わせれば半分以下に低減できる。

Dyはネオジム焼結磁石の耐熱性(保磁力)を高めるために使用する。含有率は保磁力によって異なるが、同社のネオジム焼結磁石では平均約4%を含有する。中国のレアアース輸出規制もあり、数量・価格の両面で省Dy化が求められており、独自の拡散技術で市場ニーズに応える。今夏をめどに国内、海外工場で当該設備を増強し、年内に量産体制を完備する。

(6月28日、鉄鋼新聞)

## 不二越、インドに子会社設立 ベアリング事業拡大へ

不二越は、インド市場においてベアリング事業を本格的に展開するため、ベアリングの生産子会社「ナチ・KG・テクノロジー・インド」(NKTI)を設立し、13年7月より操業を開始する。

新会社はドバイに本社を置くKGインターナショナルとの合弁企業として立上げ、インド国内の産業機械用ベアリングと自動車用ベアリングを生産し、NACHIブランドの浸透を図る考えだ。インドにおける生産子会社はこれで3社目となる。

立地するのはラジャスタン州のニムラナ工業団地。新会社の資本金は約9億6千万円で出資比率は不二越51%、KGインターナショナル49%。敷地面積は約4万m<sup>2</sup>で建屋面積は約7千m<sup>2</sup>。工場は7月に着工し13年3月竣工、同年7月より操業を開始する。

(7月17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な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	構造用鋼			計	特殊用途鋼						計	合計
	工具鋼	機械構造用炭素鋼	構造用合金鋼		ばね鋼	軸受鋼	ステンレス鋼	快削鋼	高抗張力鋼	その他		
'10 暦年	264,305	4,709,973	3,765,411	8,475,384	433,942	990,566	3,084,123	808,875	5,613,907	833,938	11,765,351	20,505,040
'11 暦年	249,273	4,616,659	4,039,110	8,655,769	427,775	1,117,301	2,931,487	744,318	5,380,181	833,755	11,434,817	20,339,859
'10 年度	268,456	4,789,705	3,919,752	8,709,457	433,475	1,036,426	3,112,544	808,958	5,697,455	857,115	11,945,973	20,923,886
'11 年度	242,207	4,668,645	4,110,473	8,779,118	434,274	1,127,858	2,863,668	727,115	5,354,346	772,025	11,279,286	20,300,611
'11. 7-9月	63,550	1,136,405	996,818	2,133,223	116,440	265,916	759,343	195,018	1,327,638	215,241	2,879,596	5,076,369
10-12月	57,752	1,274,796	1,104,273	2,379,069	120,533	294,871	655,788	197,842	1,475,742	176,958	2,921,734	5,358,555
'12. 1-3月	56,170	1,236,552	1,077,411	2,313,963	111,879	283,972	703,504	187,888	1,385,817	158,955	2,832,015	5,202,148
4-6月	57,695	1,174,592	1,063,309	2,237,901	113,931	277,311	729,481	187,857	1,518,776	165,653	2,993,009	5,288,605
'11年 5月	19,179	325,136	303,691	628,827	27,328	98,484	244,836	44,204	358,433	78,098	851,383	1,499,389
6月	22,815	358,698	315,957	674,655	29,728	97,018	261,118	61,779	444,660	68,194	962,497	1,659,967
7月	22,281	355,331	348,247	703,578	35,487	92,094	255,413	65,285	393,823	75,509	917,611	1,643,470
8月	20,271	382,506	321,949	704,455	39,289	78,809	252,148	64,145	468,032	65,085	967,508	1,692,234
9月	20,998	398,568	326,622	725,190	41,664	95,013	251,782	65,588	465,783	74,647	994,477	1,740,665
10月	20,889	435,694	374,192	809,886	40,259	94,470	248,790	69,019	508,407	64,445	1,025,390	1,856,165
11月	18,150	426,079	370,333	796,412	37,419	100,839	210,556	65,182	529,268	61,975	1,005,239	1,819,801
12月	18,713	413,023	359,748	772,771	42,855	99,562	196,442	63,641	438,067	50,538	891,105	1,682,589
'12年 1月	18,675	408,626	355,517	764,143	36,747	95,048	217,805	58,771	469,382	48,402	926,155	1,708,973
2月	19,187	405,399	354,966	760,365	37,736	93,186	240,907	63,622	443,887	47,840	927,178	1,706,730
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	242,862	67,523	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
前月比	95.5	100.2	91.6	96.1	85.8	97.3	102.2	95.1	82.4	104.1	90.4	92.8
前年同月比	86.8	110.9	105.6	108.4	121.3	95.6	95.0	103.9	103.9	92.5	100.4	103.5

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
'10 暦年	393,638	6,029,672	1,355,012	4,382,009	2,074,482	6,270,227	20,505,040
'11 暦年	500,334	6,256,373	1,498,992	4,163,728	2,087,517	5,832,915	20,339,859
'10 年度	436,149	6,260,098	1,405,850	4,383,582	2,105,357	6,332,850	20,923,886
'11 年度	482,765	6,309,819	1,538,799	4,146,216	2,063,714	5,759,298	20,300,611
'11. 7-9月	132,742	1,529,404	368,045	1,073,534	480,912	1,491,732	5,076,369
10-12月	125,400	1,694,250	398,307	1,116,172	637,544	1,386,882	5,358,555
'12. 1-3月	111,741	1,655,247	394,385	1,048,331	480,797	1,511,647	5,202,148
4-6月	136,598	1,590,471	387,243	1,049,910	533,708	1,590,675	5,288,605
'11年 5月	38,424	455,733	125,802	308,820	141,321	429,289	1,499,389
6月	43,860	523,134	117,807	307,658	180,306	487,202	1,659,967
7月	60,678	511,399	131,676	338,217	127,379	474,121	1,643,470
8月	34,788	482,060	125,245	355,383	178,768	515,990	1,692,234
9月	37,276	535,945	111,124	379,934	174,765	501,621	1,740,665
10月	41,782	562,994	147,857	389,358	216,410	497,764	1,856,165
11月	31,881	573,197	127,228	369,966	237,030	480,499	1,819,801
12月	51,737	558,059	123,222	356,848	184,104	408,619	1,682,589
'12年 1月	41,754	532,998	136,362	342,774	170,803	484,282	1,708,973
2月	42,726	555,757	122,460	334,840	135,870	515,077	1,706,730
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
前月比	79.8	98.6	85.6	97.2	68.6	96.1	92.8
前年同月比	100.6	102.3	93.7	117.0	78.6	107.9	103.5

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	高力抗張鋼	その他			
'10 暦年	447,725	3,903,203	4,298,708	8,201,911	273,624	490,599	2,787,997	212,853	52,711	90,797	3,908,581	12,558,217	
'11 暦年	441,844	3,966,807	4,653,986	8,620,793	273,757	547,952	3,626,549	200,660	82,191	79,046	4,810,155	13,872,792	
'10 年度	462,905	4,084,266	4,338,870	8,423,136	276,543	532,229	3,438,657	207,684	61,239	109,308	4,625,660	13,511,701	
'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	
'11年 10月	36,529	355,978	352,512	708,490	25,770	40,215	249,993	16,793	7,182	11,672	351,625	1,096,644	
11月	38,231	372,504	359,938	732,442	24,292	48,830	252,091	17,030	7,991	1,715	351,949	1,122,622	
12月	35,445	345,305	349,292	694,597	24,479	43,065	247,766	15,720	5,916	1,999	338,945	1,068,987	
'12年 1月	36,205	324,263	349,619	673,882	23,739	42,316	242,879	15,545	6,655	2,121	333,255	1,043,342	
2月	39,675	354,984	356,489	711,473	24,164	49,093	249,918	15,305	7,404	3,087	348,971	1,100,119	
3月	37,986	374,682	360,080	734,762	23,573	57,519	262,059	16,410	7,354	2,009	368,924	1,141,672	
4月	33,871	350,174	351,151	701,325	22,941	52,898	244,488	13,745	6,630	2,460	343,162	1,078,358	
5月	35,345	353,980	348,292	702,272	24,908	54,413	252,112	15,148	6,760	2,143	355,484	1,093,101	
6月	27,093	332,414	344,131	676,545	21,309	50,933	250,313	15,494	7,393	2,286	347,728	1,051,366	
前 月 比	76.7	93.9	98.8	96.3	85.6	93.6	99.3	102.3	109.4	106.7	97.8	96.2	
前年同月比	80.2	110.7	90.5	99.4	92.3	117.3	75.5	84.9	125.7	29.5	80.9	91.9	

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

(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	高力抗張鋼	その他			
'10 暦年	8,211	196,285	116,884	313,169	26,837	32,899	118,937	32,660	171,362	33,367	416,062	737,442	
'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	
'10 年度	8,496	172,140	103,840	275,980	23,338	30,420	111,558	29,060	154,845	47,895	397,116	681,592	
'11 年度	8,295	179,079	120,934	300,013	25,426	40,127	114,550	25,787	167,698	42,520	416,108	724,416	
'11年 10月	8,614	189,750	116,580	306,330	21,217	34,333	127,351	29,436	179,309	32,155	423,801	738,745	
11月	7,989	181,260	122,728	303,988	23,129	36,414	127,725	27,721	179,446	39,692	434,127	746,104	
12月	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年 1月	8,500	202,252	123,578	325,830	25,651	42,694	125,286	29,633	177,103	33,036	433,403	767,733	
2月	7,720	195,704	130,628	326,332	25,267	41,560	135,402	34,362	194,961	32,618	464,170	798,222	
3月	8,295	179,079	120,934	300,013	25,426	40,127	114,550	25,787	167,698	42,520	416,108	724,416	
4月	8,399	193,868	133,808	327,676	25,088	44,481	111,039	28,316	192,259	30,005	431,188	767,263	
5月	8,509	192,411	144,357	336,768	28,561	46,720	110,419	31,793	186,796	34,570	438,859	784,136	
6月	8,329	195,934	147,059	342,993	23,461	46,048	127,997	28,750	177,906	37,602	441,764	793,086	
前 月 比	97.9	101.8	101.9	101.8	82.1	98.6	115.9	90.4	95.2	108.8	100.7	101.1	
前年同月比	94.9	113.6	129.2	119.8	113.8	129.6	109.3	105.1	94.4	90.6	102.6	109.3	

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	高力抗張鋼	その他			
'10 暦年	58,676	233,045	154,142	387,187	20,594	53,478	143,960	17,731	7,227	2,142	245,132	690,995	
'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	
'10 年度	58,255	257,087	161,527	418,614	21,846	54,551	152,234	22,431	7,125	2,218	260,405	737,274	
'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	
'11年 10月	58,070	226,366	156,531	382,897	21,018	51,589	162,016	17,204	8,127	2,143	262,097	703,064	
11月	58,446	238,577	163,501	402,078	20,368	53,320	163,552	17,104	8,012	2,235	264,591	725,115	
12月	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年 1月	60,293	261,381	177,245	438,626	21,317	63,750	174,941	19,064	7,789	2,138	288,999	787,918	
2月	60,441	269,527	179,429	448,956	23,065	67,376	159,304	16,249	7,568	2,047	275,609	785,006	
3月	63,141	273,132	187,035	460,167	26,229	73,087	162,898	18,396	7,303	2,296	290,209	813,517	
4月	62,062	264,746	183,739	448,485	24,994	73,044	155,450	18,325	6,983	2,322	281,118	791,665	
5月	60,594	268,729	185,162	453,891	24,413	76,018	162,269	18,732	7,078	2,465	290,975	805,460	
6月	58,976	267,710	187,682	455,392	24,232	76,018	158,835	18,884	6,870	2,423	287,262	801,630	
前 月 比	97.3	99.6	101.4	100.3	99.3	100.0	97.9	100.8	97.1	98.3	98.7	99.5	
前年同月比	95.5	102.5	115.1	107.3	118.0	138.1	98.4	106.0	93.7	108.0	108.6	106.8	

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 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	
'10 暦年	29,076	526,073	515,148	1,041,222	178,652	1,245,293	178,065	1,602,010	16,986	5,092,548	5,109,534	7,781,841
'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
'10 年度	32,088	518,301	537,548	1,055,849	186,550	1,312,140	188,479	1,687,169	17,707	5,342,919	5,360,626	8,135,732
'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
'11年 10月	2,845	38,001	48,353	86,354	15,390	100,295	9,869	125,554	1,519	380,930	382,449	597,203
11月	2,649	33,600	39,305	72,905	14,135	85,743	10,807	110,685	1,119	376,736	377,854	564,093
12月	2,639	31,473	47,225	78,698	12,629	89,336	6,398	108,362	1,279	401,672	402,951	592,650
'12年 1月	2,407	32,548	32,298	64,847	15,786	77,120	8,497	101,403	993	379,422	380,415	549,072
2月	1,793	33,566	36,878	70,444	16,699	106,080	5,120	127,899	1,302	432,351	433,653	633,790
3月	1,889	43,836	44,828	88,664	15,392	127,550	10,608	153,550	886	477,238	478,124	722,227
4月	2,395	34,327	46,049	80,376	15,380	89,412	7,636	112,427	1,415	417,424	418,840	614,038
5月	2,270	39,909	52,703	92,612	16,203	95,183	8,547	119,933	765	606,956	607,721	822,536
6月	2,320	40,539	52,758	93,297	16,984	106,154	13,343	136,481	1,109	444,761	445,870	677,968
前月比	102.2	101.6	100.1	100.7	104.8	111.5	156.1	113.8	145.1	73.3	73.4	82.4
前年同月比	85.1	137.9	113.0	122.6	123.6	100.2	59.2	96.0	91.2	108.8	108.8	107.4

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			合 計
			形鋼	棒鋼	線材	鋼板類	鋼管	高炭素鋼			合金鋼	計		
'10 暦年	4,549	1,084	975	10,871	9,624	137,703	8,327	167,499	3	8,967	110,481	119,449	292,583	
'11 暦年	5,781	881	665	11,941	9,319	156,308	11,030	189,263	85	29,045	174,950	203,995	400,005	
'10 年度	5,439	1,157	866	11,315	9,305	142,188	8,720	172,393	2	13,278	118,915	132,193	311,184	
'11 年度	6,495	736	817	13,714	9,745	159,034	11,299	194,609	120	27,334	209,170	236,504	438,465	
'11年 10月	654	75	50	1,054	689	12,912	1,115	15,821	-	1,861	19,882	21,743	38,292	
11月	714	17	36	1,274	1,012	11,627	930	14,880	-	3,043	12,238	15,281	30,892	
12月	694	39	88	1,016	697	14,258	850	16,909	5	507	30,926	31,433	49,079	
'12年 1月	655	56	124	1,770	715	11,780	882	15,272	24	631	13,201	13,832	29,840	
2月	1,045	54	81	1,216	910	10,288	749	13,243	5	1,158	21,803	22,960	37,308	
3月	597	17	110	1,303	923	14,752	882	17,971	5	1,942	24,631	26,573	45,164	
4月	551	35	137	1,169	885	11,488	972	14,652	24	3,858	19,274	23,132	38,393	
5月	924	62	150	1,172	873	11,079	936	14,210	19	2,623	13,950	16,573	31,787	
6月	323	125	56	1,097	870	11,694	1,007	14,723	-	1,785	17,126	18,911	34,083	
前月比	35.0	202.2	37.2	93.6	99.6	105.5	107.7	103.6	-	68.1	122.8	114.1	107.2	
前年同月比	76.1	139.5	173.3	109.9	110.4	75.5	88.4	79.8	-	35.2	120.4	98.0	89.1	

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		産業車輦生産		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	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			
'10 暦年	9,628,920	1,209,224	4,841,460	450,312	4,956,136	731,094	4,354	101,788	104,767	9,726	82,555	47,731	9,786
'11 暦年	8,398,705	1,136,071	4,464,413	423,767	4,210,219	674,780	6,887	135,303	114,789	12,043	88,961	52,656	13,262
'10 年度	8,993,897	1,146,862	4,806,058	437,594	4,601,135	709,410	4,938	111,973	106,058	10,066	84,480	47,463	11,136
'11 年度	9,267,037	1,244,813	4,621,975	448,275	4,753,273	732,158	7,435	145,100	118,129	12,476	89,742	59,270	13,111
'11年 10月	904,254	120,043	472,022	44,160	381,111	59,599	664	13,110	10,446	1,258	7,386	2,901	1,011
11月	838,135	122,435	442,672	47,130	395,567	71,035	724	14,314	10,540	1,363	7,613	3,598	1,120
12月	848,259	113,509	457,464	45,022	349,205	58,522	635	13,103	9,649	1,299	7,425	5,458	1,160
'12年 1月	837,197	107,532	380,295	32,294	415,924	56,498	542	12,120	8,514	972	7,475	6,845	974
2月	952,268	123,303	454,449	40,548	519,626	69,236	609	13,474	9,719	947	7,681	4,471	1,030
3月	984,567	116,049	432,046	45,610	751,888	108,498	757	14,064	10,302	927	7,463	10,954	1,153
4月	799,474	97,895	402,389	40,717	359,630	52,367	668	12,319	9,361	900	7,886	2,365	1,073
5月	781,349	99,871	387,776	36,389	394,947	56,235	646	11,734	9,112	841	6,719	2,366	1,048
6月	893,149	113,579	431,020	45,035	505,342	71,693	705	12,899	10,022	921	7,097	4,492	1,087
前月比	114.3	113.7	111.2	123.8	128.0	127.5	109.1	109.9	110.0	109.5	105.6	189.8	103.6
前年同月比	120.3	102.0	107.2	108.3	143.6	126.9	106.3	105.3	83.0	91.9	91.2	86.4	84.5

出所：日本自動車工業会、経済産業省、総務省、産業機械工業会、工作機械工業会

特殊鋼流通統計総括表

2012年6月分

鋼種別	月別 項目	実数 (t)	前月比 (%)	前年同 月比(%)	1995年基準 指数(%)	1987~2012年随時				
						年月	ピーク時	年月	ボトム時	
工 具 鋼	生産高	19,809	95.5	86.8	89.1	91.3	29,286	09.4	5,565	
	輸出船積実績	2,320	102.2	85.1	64.8	87.3	10,368	09.6	693	
	販売業者	受入高計	25,475	75.2	75.2	123.8	11.9	51,246	09.2	10,035
		販売高計	27,093	76.7	80.2	133.0	11.9	52,655	09.2	13,875
		消費者向	19,723	98.9	97.4	210.1	12.2	22,745	09.2	6,438
		在庫高計	58,976	97.3	95.5	163.6	11.4	66,956	87.10	31,813
生産者工場在庫高	8,329	97.9	94.9	74.3	91.10	17,876	09.12	4,601		
総在庫高	67,305	97.4	95.4	142.7	11.4	76,339	88.1	41,105		
構 造 用 鋼	生産高	731,195	96.1	108.4	134.7	08.10	827,404	09.2	269,906	
	輸出船積実績	93,297	100.7	122.6	551.2	12.6	93,297	92.1	10,222	
	販売業者	受入高計	678,046	95.8	99.7	205.3	08.10	1,157,330	98.8	257,445
		販売高計	676,545	96.3	99.4	206.3	08.10	1,134,981	99.8	253,970
		消費者向	450,319	105.1	118.1	210.7	08.10	670,656	98.8	166,732
		在庫高計	455,392	100.3	107.3	189.5	12.3	460,167	87.10	169,822
生産者工場在庫高	342,993	101.8	119.8	114.6	12.6	342,993	09.4	176,539		
総在庫高	798,385	101.0	112.4	147.9	12.6	798,385	87.12	427,089		
ば ね 鋼	生産高	36,073	85.8	121.3	84.8	89.3	60,673	09.2	10,159	
	輸出船積実績	16,984	104.8	123.6	134.2	06.5	27,829	09.4	3,629	
	販売業者	受入高計	21,128	86.9	97.7	141.6	11.9	35,943	09.4	6,202
		販売高計	21,309	85.6	92.3	143.0	11.9	33,717	09.4	6,339
		消費者向	8,009	112.1	92.7	64.5	90.10	23,876	09.4	2,550
		在庫高計	24,232	99.3	118.0	762.5	12.3	26,229	03.9	1,534
生産者工場在庫高	23,461	82.1	113.8	73.0	95.12	41,374	09.4	15,541		
総在庫高	47,693	90.0	115.9	135.1	12.5	52,974	02.9	23,836		
ス テ ン レ ス 鋼	生産高	248,087	102.2	95.0	91.8	07.3	330,543	09.2	116,542	
	輸出船積実績	106,154	111.5	100.2	104.4	05.3	152,476	90.1	27,186	
	販売業者	受入高計	246,879	95.3	73.8	164.4	06.5	587,740	09.2	88,978
		販売高計	250,313	99.3	75.5	167.6	06.5	587,941	09.2	88,740
		消費者向	64,361	111.4	112.1	112.9	06.1	292,191	87.1	34,263
		在庫高計	158,835	97.9	98.4	143.7	12.1	174,941	87.3	51,419
生産者工場在庫高	127,997	115.9	109.3	87.0	02.4	188,988	09.6	94,564		
総在庫高	286,832	105.2	103.0	111.3	01.10	352,013	88.4	191,203		
快 削 鋼	生産高	64,210	95.1	103.9	72.5	88.3	116,819	09.2	22,054	
	販売業者	受入高計	15,646	100.6	99.5	93.0	06.9	25,874	04.9	7,949
		販売高計	15,494	102.3	84.9	93.6	08.4	26,351	09.2	10,358
		消費者向	15,081	101.4	86.6	106.0	08.4	23,235	04.9	9,649
		在庫高計	18,884	100.8	106.0	82.5	07.8	27,861	87.1	9,364
	生産者工場在庫高	28,750	90.4	105.1	127.9	87.1	43,166	01.12	17,975	
総在庫高	47,634	94.3	105.4	105.0	06.5	69,020	02.3	31,448		
高 抗 張 力 鋼	生産高	462,163	82.4	103.9	197.3	12.05	560,654	87.2	151,890	
	販売業者	受入高計	7,185	104.8	120.6	58.0	90.2	18,841	09.8	1,571
		販売高計	7,393	109.4	125.7	59.9	90.10	18,863	09.8	2,035
		消費者向	4,975	103.0	133.3	92.4	90.10	9,573	09.8	1,701
		在庫高計	6,870	97.1	93.7	51.8	99.12	20,289	02.12	5,895
	生産者工場在庫高	177,906	95.2	94.4	106.2	87.6	204,893	99.11	99,475	
総在庫高	184,776	95.3	94.4	102.2	01.5	217,701	06.3	110,555		
そ の 他	生産高	155,804	100.0	94.3	66.5	-	-	-	-	
	販売業者	受入高計	53,177	89.1	107.8	429.3	-	-	-	-
		販売高計	53,219	94.1	104.0	431.0	-	-	-	-
		消費者向	39,462	113.6	110.1	733.1	-	-	-	-
		在庫高計	78,441	99.9	136.9	592.0	-	-	-	-
	生産者工場在庫高	83,650	102.9	108.6	49.9	-	-	-	-	
総在庫高	162,091	101.5	120.7	89.6	-	-	-	-		
特 殊 鋼 材 合 計	熱延鋼材生産高合計	1,717,341	92.8	103.5	127.4	07.3	1,942,468	09.2	697,318	
	鋼材輸出船積実績計	677,968	82.4	107.4	202.0	12.5	822,536	87.1	153,788	
	販売業者	受入高計	1,047,536	94.6	91.8	183.2	06.5	1,516,366	87.1	435,213
		販売高計	1,051,366	96.2	91.9	184.8	08.6	1,512,463	87.5	442,211
		消費者向	601,930	106.0	114.8	178.8	08.6	926,258	98.8	267,392
		在庫高計	801,630	99.5	106.8	181.2	12.3	813,517	87.10	290,674
生産者工場在庫高	793,086	101.1	109.3	104.0	98.1	839,861	97.3	425,932		
総在庫高	1,594,716	100.3	108.0	132.4	12.6	1,594,716	97.1	873,633		

出所: 経済産業省 大臣官房調査統計部

- 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に含まない。  
 2. 1987~2012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24年6月21日～8月20日)

## 編集委員会

- ・小委員会（7月18日）  
11月号特集「ボルト・ねじ材料」（仮題）の編集内容の検討
- ・本委員会（7月27日）  
11月号特集「ボルト材料」（仮題）の編集方針、内容の確認

## 流通委員会

- ・説明会（6月29日）  
「平成24年度第2・四半期の特殊鋼需要見直し」  
講師：経済産業省製造産業局鉄鋼課課長補佐 田久保憲彦氏  
参加者：40名

## 第29回工場見学会（7月4日）

見学先：東京都下水道局 東部スラッジプラント  
参加者：19名

## 流通海外展開委員会（7月30日）

平成24年度委員会活動の検討

## 【名古屋支部】

- 3団体共催定例講演会（6月21日）  
テーマ：「平成24年度の自動車工業の見直し」  
講師：一般社団法人 日本自動車工業会  
総務統括部企画・調査担当 調査役

持田弘喜氏

- 参加者：95名
- 説明会（7月12日）  
テーマ：「新エネルギー産業の動向と特殊鋼需要」調査報告書の解説  
講師：神鋼リサーチ(株)調査二部副部長 斎藤裕二氏  
参加者：65名
- 部会

- ・構造用鋼部会（7月24日）
- ・工具鋼部会（7月25日）
- ・ステンレス鋼部会（7月26日）

## 【大阪支部】

- 講演会（6月22日）  
テーマ：「平成24年度の自動車工業の見直し」  
講師：一般社団法人 日本自動車工業会  
総務統括部企画・調査担当 調査役 持田弘喜氏  
参加者：58名
- 説明会（7月11日）  
テーマ：「新エネルギー産業の動向と特殊鋼需要」調査報告書の解説  
講師：神鋼リサーチ(株)調査二部副部長 斎藤裕二氏  
参加者：65名
- 三団体責任者会議（8月6日）  
①講演会他本年度共催事業検討  
②各団体秋季事業のすり合わせ

# 社団法人特殊鋼倶楽部 会員会社一覽

(社名は50音順)

<p>[会 員 数]</p> <p>(正 会 員)</p> <p>製造業者 27社</p> <p>販売業者 106社</p> <p>合 計 133社</p> <p>(賛 助 会 員) 0社</p>	【販売業者会員】		
<p>【製造業者会員】</p>	<p>愛 鋼 (株)</p> <p>青 山 特 殊 鋼 (株)</p> <p>浅 井 産 業 (株)</p> <p>東 金 属 (株)</p> <p>新 井 ハ ガ ネ (株)</p> <p>粟 井 鋼 商 事 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 鉄 鋼 (株)</p> <p>伊 藤 忠 丸 紅 特 殊 鋼 (株)</p> <p>井 上 特 殊 鋼 (株)</p> <p>植 田 興 業 (株)</p> <p>(株) U E X</p> <p>碓 井 鋼 材 (株)</p> <p>ウ メ ト ク (株)</p> <p>扇 鋼 材 (株)</p> <p>岡 谷 鋼 機 (株)</p> <p>カ ネ ヒ ラ 鉄 鋼 (株)</p> <p>兼 松 (株)</p> <p>兼 松 ト レ ー デ ィ ン グ (株)</p> <p>(株) カ ム ス</p> <p>(株) カ ワ イ ス チ ー ル</p> <p>川 本 鋼 材 (株)</p> <p>北 島 鋼 材 (株)</p> <p>ク マ ガ イ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ケ ー ・ ア ン ド ・ アイ 特 殊 管 販 売 (株)</p> <p>小 山 鋼 材 (株)</p> <p>佐 久 間 特 殊 鋼 (株)</p> <p>櫻 井 鋼 鉄 (株)</p> <p>佐 藤 商 事 (株)</p> <p>サ ハ シ 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) 三 悦</p> <p>三 協 鋼 鉄 (株)</p> <p>三 京 物 産 (株)</p> <p>三 興 鋼 材 (株)</p> <p>三 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>J F E 商 事 (株)</p> <p>芝 本 産 業 (株)</p> <p>清 水 金 属 (株)</p> <p>清 水 鋼 鉄 (株)</p> <p>神 鋼 商 事 (株)</p>	<p>住 金 物 産 (株)</p> <p>住 金 物 産 特 殊 鋼 (株)</p> <p>住 商 特 殊 鋼 (株)</p> <p>住 友 商 事 (株)</p> <p>大 同 興 業 (株)</p> <p>大 同 D M ソ リ ュ ー シ ョ ン (株)</p> <p>大 洋 商 事 (株)</p> <p>大 和 興 業 (株)</p> <p>大 和 特 殊 鋼 (株)</p> <p>(株) 竹 内 ハ ガ ネ 商 行</p> <p>孟 鋼 鉄 (株)</p> <p>田 島 ス チ ー ル (株)</p> <p>辰 巳 屋 興 業 (株)</p> <p>中 部 ス テ ン レ ス (株)</p> <p>千 曲 鋼 材 (株)</p> <p>(株) テ ク ノ タ ジ マ</p> <p>(株) 鐵 鋼 社</p> <p>デ ル タ ス テ ィ ー ル (株)</p> <p>東 京 貿 易 金 属 (株)</p> <p>(株) 東 信 鋼 鉄</p> <p>特 殊 鋼 機 (株)</p> <p>豊 田 通 商 (株)</p> <p>中 川 特 殊 鋼 (株)</p> <p>中 野 ハ ガ ネ (株)</p> <p>永 田 鋼 材 (株)</p> <p>名 古 屋 特 殊 鋼 (株)</p> <p>ナ ス 物 産 (株)</p> <p>南 海 鋼 材 (株)</p> <p>日 輪 鋼 業 (株)</p> <p>日 金 ス チ ー ル (株)</p> <p>日 鐵 商 事 (株)</p> <p>日 本 金 型 材 (株)</p> <p>ノ ボ ル 鋼 鉄 (株)</p> <p>野 村 鋼 機 (株)</p> <p>白 鷺 特 殊 鋼 (株)</p> <p>橋 本 鋼 (株)</p> <p>(株) 長 谷 川 ハ ガ ネ 店</p> <p>(株) ハ ヤ カ ワ カ ン パ ニ ー</p> <p>林 田 特 殊 鋼 材 (株)</p>	<p>阪 神 特 殊 鋼 (株)</p> <p>阪 和 興 業 (株)</p> <p>日 立 金 属 ア ド メ ッ ト (株)</p> <p>日 立 金 属 工 具 鋼 (株)</p> <p>(株) 日 立 ハ イ テ ク ノ ロ ジ ー ズ</p> <p>(株) 平 井</p> <p>(株) フ ク オ カ</p> <p>藤 田 商 事 (株)</p> <p>古 池 鋼 業 (株)</p> <p>(株) プ ル ー タ ス</p> <p>(株) 堀 田 ハ ガ ネ</p> <p>(株) マ ク シ ス コ ー ポ レ ー シ ョ ン</p> <p>松 井 鋼 材 (株)</p> <p>三 沢 興 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 (株)</p> <p>三 井 物 産 ス チ ー ル (株)</p> <p>(株) メ タ ル ワ ン</p> <p>(株) メ タ ル ワ ン チ ュ ー ブ ラ ー</p> <p>(株) メ タ ル ワ ン 特 殊 鋼</p> <p>森 寅 鋼 業 (株)</p> <p>(株) 山 一 ハ ガ ネ</p> <p>山 進 産 業 (株)</p> <p>ヤ マ ト 特 殊 鋼 (株)</p> <p>山 野 鋼 材 (株)</p> <p>陽 鋼 物 産 (株)</p> <p>菱 光 特 殊 鋼 (株)</p> <p>リ ン タ ツ (株)</p> <p>渡 辺 ハ ガ ネ (株)</p>



## 特 集 / ボルト・ねじ材料の動向

- I. 総論
- II. ボルト、ねじの使用例
- III. ボルト、ねじができるまで
- IV. 会員メーカーの製品紹介

1月号特集予定…世界No.1製品に寄与する特殊鋼

## 特 殊 鋼

第 61 卷 第 5 号  
© 2 0 1 2 年 9 月  
平成24年8月25日 印 刷  
平成24年9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  
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 秋 山 芳 夫  
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。