

鉄道を支える

# 技術最前線

第1回

# 車輪

鉄道事業者は、安全性はもとより、車内だけではなく周辺環境も含めた快適性を追求し続けている。そこで大きな役割を果たしているのが、多くの利用者に乗せた車体を床下から支える車輪である。日本が世界に誇る高い技術力が駆使されるとともに、次世代に向け、より高性能な車輪の研究開発がすすめられている。



①小田急電鉄株式会社の新型通勤車両「4000形」。2007年9月より順次、東京メトロ千代田線への直通運転用車両として営業運転を開始する。  
②騒音・振動対策に関して、新しい技術を積極的に取り入れている小田急電鉄。防音車輪の装着率は100%に達している。



取材・文●城市 創 取材協力●住友金属工業株式会社 写真協力●小田急電鉄株式会社

## 安全と快適を実現する車両

毎日多くの利用客を輸送する鉄道車両。鉄道事業者が何よりも重視しているのは、車両の安全性と快適性である。それを文字通り床下から支えているのが、車両の重量負荷を受けながらレール上を走行する車輪だ。

鋼製の車輪は、レールから外れにくくするためのフランジと呼ばれる突起部分と、レールに接触する踏面、車軸と

結合するボス部、外周部分と中心のボス部を連絡している板部などで構成されている。

この車輪も技術革新とともにより高性能な車輪が開発されている。

日本で最初に鉄道が開通したのは1872（明治5）年。列車はもろろん蒸気機関車だ。蒸気の圧力を利用して走行する蒸気機関車は、高圧の蒸気でシリンダーの中のピストンを往復運動させ、その往復運動で車輪を駆動する。

運転速度を高めるには大きな車輪が必要で、日本の蒸気機関車の車輪直径は1750mmが最大だ。

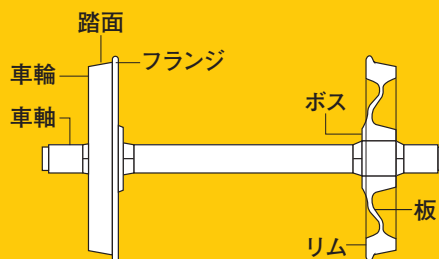
その後、電気機関車や電車の時代を迎えて高速のモーターが使用されるようになると、駆動力は減速して車輪に伝えられるようになり、車輪は標準で860mmと小型化された。

これにより軽量化が達成されるとともに、車両の重心を低くすることで、安定性を高め、乗り心地を向上させること

ができるようになった。車両を支え、レール上を走行しているだけと思われがちな車輪だが、実は安全性や快適性に深くかかわっているのだ。

## 日本で唯一の車輪メーカー、住友金属

現在、日本で鉄道車輪を製造しているのは、大阪を発祥の地とする住友金属工業株式会社1社である。



住友金属工業株式会社  
交通産機品カンパニー 製鋼所  
輪軸製造部 部長  
四方田 圭一  
Keiichi YOMODA

「当社が住友<sup>sumitomo</sup>鋼場として創業したのは1901年で、その2年後には铸鋼車輪の製造を開始しています。当時は数社が製造していたようですが、大規模な設備が必要なことや、鉄道の発展とともに高い技術力が求められるようになったこともあり、国内で製造しているのは当社だけとなりました」

住友金属の車輪製造の始まりを説明してくれたのは、住友金属交通産機品カンパニー製鋼所輪軸製造部の四方田圭一郎部長。交通産機品カンパニー製鋼所は大阪市此花区にあり、鉄道車輪をはじめ交通に関する重要部品を製造している。

工場の隣はいつも若い人たちにぎわっているユニバーサル・スタジオ・ジャパン。製鋼所とテーマパークとは不思議な組み合わせだが、実は製鋼所の敷地の一部も利用し、オープンしたのがユニバーサル・スタジオ・ジャパンで、それでもなお製鋼所は約50万㎡の敷地を有している。

### タイヤ付き車輪から一体圧延車輪へ

住友金属は、さらに1915年には鍛造品の製造に進出し、1920年にはタイヤや車輪などの鉄道車両部品の製造を開始している。

ここで「タイヤ」というと怪訝に思われるかもしれないが、実は最初の頃の車輪は鋼製のタイヤが付いた車輪だった。タイヤ付き車輪は、外周の転動する部

分と中央のボス部を組み立てたもので、外周の転動する部分はタイヤ、内側の部分は輪心と呼ばれていた。そのタイヤが使用限度に至った場合は、タイヤのみを取り替えていたのである。

しかし、タイヤ付き車輪には大きな問題があった。使用限度のタイヤの交換に手間が掛かる上に、ブレーキを掛けた時にタイヤの熱膨張により緩むことがあったのだ。そこで開発されたのが一体圧延車輪である。一体圧延車輪は、外周の転動する部分と中央のボス部を一体にして圧延したものである。

「1950年代から研究開発を始め、1952年に初めて湘南電車で使用され、住友金属では1959年から一体車輪圧延ラインを本格的に稼働させました。現在では、ほとんどが一体圧延車輪です」と、四方田部長は説明する。

### 高炉から始まる一貫製造工程

住友金属の車輪製造は、隣県にある和歌山製鉄所から始まる。和歌山製鉄所ではまず、高炉（溶鉱炉）で鉄鉱石から銑鉄をつくり、それを転炉で鋼にした後、連続铸造で丸形断面の鋼片にする。いわば、鋼を棒状にしたものだ。丸い棒状の鋼片はそのまま船に載せ、大阪湾に近い製鋼所に輸送する。

製鋼所では、まず車輪を一枚ずつ製造できるように、丸い鋼片を切断する。その切断基準となるのは車輪の重量であ

鉄道を走る

## 技術最前線

る。完成品の重量に、あらかじめ計算した加熱による減少分や機械加工の取り代分などをプラスした重さだ。

切断した鋼は約1300℃の加熱炉で加熱した後、車輪圧延ラインに入れ、鍛造・圧延・整型・徐冷を行う。9000トンプレスで車輪に近い形に鍛造し、車輪専用のミルで圧延する。この過程で、住友金属では独自に開発した回転鍛造法を駆使し、より高い品質を実現している。

車輪の形に整えた後は、熱処理を行う。レールと接する踏面は、他の部分より硬くしなければ早く摩耗してしまう。そこで、約860℃で加熱した後に水を掛けて焼き入れを行い、摩耗の少ない材質にするのだ。規定の硬さにするのは、踏面から約4cmの深さまでである。こうしてほぼ完成品に近づいた車輪は機械仕上加工された後、完成検査を受けて出荷となる。

### 安全性を徹底的に追求する検査

これが車輪を製造する大まかな工程であるが、その過程においては、安全性を高めるために徹底した検査が行われている。

走行中に車輪が割れる、あるいは車輪と車輪をつなぐ車軸が折れるといった事故は、万が一にも発生させてはならない。しかし、過酷な荷重条件では、車輪材料の傷や内部欠陥は、亀裂の原因

## 車輪の製造工程

塗装

完成検査(磁粉探傷検査)



機械仕上加工

超音波探傷

熱処理



鍛造→圧延→整型→徐冷

車輪圧延ライン(回転鍛造法)

加熱

切断

丸断面CC鑄片

ともなる。

そこで、機械仕上加工される前の段階では超音波探傷検査を行っている。これは、水の中に置いた車輪に超音波をあて、内部に傷がないかどうかを検査するものだ。機械仕上加工が終わった後には、表面に傷がないかどうかをチェックする磁粉探傷検査を行っている。これは、蛍光磁粉をかけた表面に紫外線をあてて検査するもので、傷があるところに磁粉が集まり光ることを利用したものだ。

### 技術が集積した製造方法

こうした検査とともに、製造方法にも様々な技術や研究の成果が駆使されている。

まず車輪の材質だ。住友金属が国内車輪に使っている材質は「JISE 5402」の「SSW」という成分規格だけである。この材質は、他の国の車輪材質に比べて炭素含有量が多いのが特徴だ。炭素含有量が多いということは、それだけ硬いということでもある。

「当社は、今から約80年前の1926年に試験線を敷設し、4年間にわたって摩擦の比較試験を行いました。その結果、高炭素材車輪が、車輪だけではなくレールの摩擦も抑制することを解明したのです。それ以来、一貫して高炭素材を使っています」と、四方田部長は語る。

また、材料である鋼そのものにも高い

技術が応用されている。住友金属は鉄鋼メーカーであるため、車輪の場合も、銑鉄から最終製品まで一貫して製造することができ、その製鋼技術は非常に高く、世界一級の清浄度を有している。つまり、車輪の中の介在物を徹底的に減少させているのだ。

### 北米でも高く評価された製鋼技術

住友金属の製鋼技術は世界からも高く評価され、同社では北米の貨物列車向けの車輪も製造している。

「北米の貨物列車は一度に大量の貨物を輸送するため、重量負荷が非常に大きくなっています。そのため、米国製の鋳鋼車輪では負荷に耐えられず、損傷するケースがあった。そこで着目したのが、当社の製鋼技術です」と、四方田部長。

住友金属では、高炭素材を使用し、高炉から転炉、さらには連続鋳造という工程で介在物を減少し、しかも強度を高める鍛造により製造している。これが評価され、北米に輸出されるようになったのである。

### 時代の要請にこたえる車輪技術

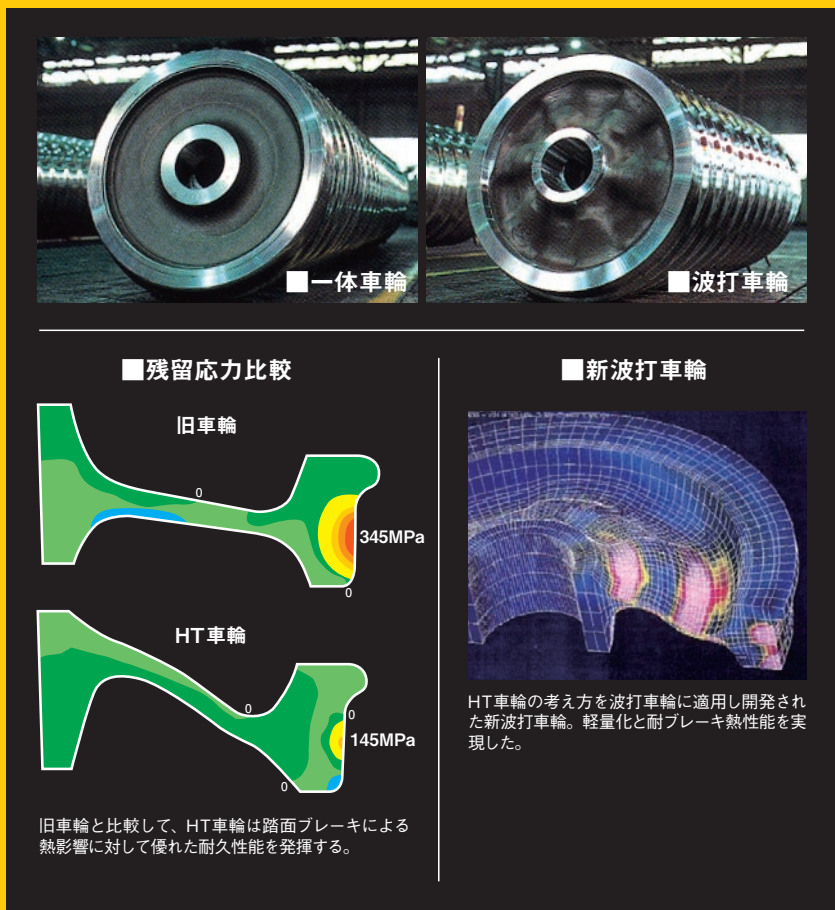
車輪がタイヤ付きから一体圧延に「進化」したことはすでに紹介したが、その後も時代の要請にこたえて様々な技術開発が行われている。

現在の車輪は、一体圧延車輪と波打車輪の2つに分けられる。一体圧延車輪は、一体車輪とも呼ばれている。一方、波打車輪も一体圧延車輪であるが、板部を円周方向に波打たせて薄肉化し、車輪重量の軽減と強度の向上を図ったものだ。

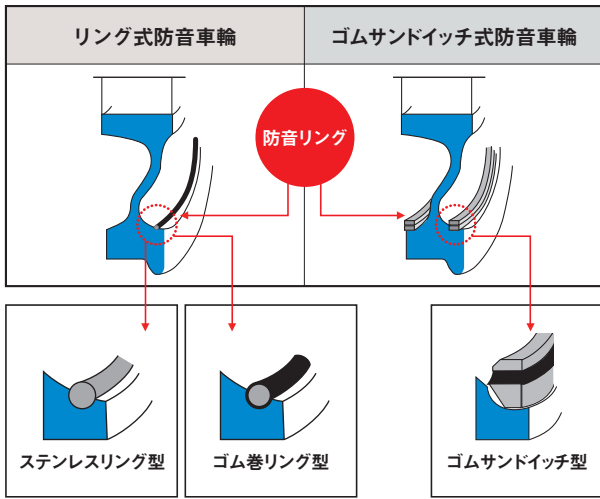
住友金属が一体車輪で世界に先駆けて開発したのが「HT車輪」(High Toughness 車輪の頭文字)である。車輪にブレーキをかけると、踏面だけでなく車輪全体が熱影響による力を受ける。

それでも、ブレーキをかけ終えれば元の状態に戻ることが必要だ。それが残留応力で、スムーズに走行するためには熱影響を受けても残留応力が変化しにくくすることが求められる。そこで、板部に曲線をもたせて、踏面ブレーキによる熱影響に対して優れた耐久性能を発揮させるようにしたのが「HT車輪」である。

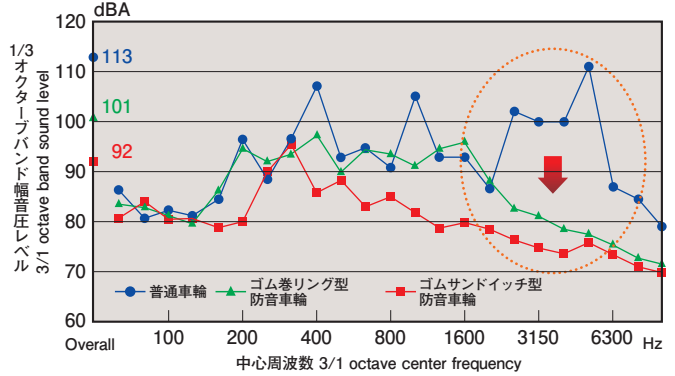
この「HT車輪」の考え方を波打車輪に適用したのが「新波打(H-T波打)車輪」で、軽量化と耐ブレーキ熱性能を併せ持っている。



## 防音車輪



## 防音効果



### 防音対策でも新しい技術を開発

騒音など環境対策のための技術開発も大きなテーマである。鉄道事業者、特に民鉄各社は市街地を走行している。そのため問題となってくるのが、カーブ走行時に発生する騒音だ。

「車両が曲線を通過する時に発生する音は、車輪やレールが古くなっているから発生するのではなく、車輪がレール上を横に滑っているために、車輪のリム部（レールに近い部分）が振動して発生する『きしり音』です。したがって、きしり音を防ぐには車輪のリム部の振動を急激に減衰させることが必要となります」と、四方田部長。

そこで開発されたのが車輪のリム部の内側に防音材を組み込んだ防音車輪。鳴り響くシンバルの音を手で触れて止めるのと同じ原理である。この防音材にはリング型とゴムサンドイッチ型がある。リング型はステンレスの丸いリング、またはそのまわりにゴムを巻いたもので、ゴムサンドイッチ型はゴムの両側にステンレス製のリングを装着したものだ。住友金属のテスト結果では、ある急曲線を通過する普通車輪では半数以上できしり音が発生するのに対し、ゴム巻リング型では

## 技術最前線

1割以下、ゴムサンドイッチ型ではほとんど発生しないという。

「民鉄各社さんは積極的に防音対策に取り組んでおり、すでに30%以上の車両で防音車輪が採用されています。将来的には、さらに減衰性能を高める技術を開発し、防音効果を高め、快適性を追求していきたいと思います」と、四方田部長は今後の展望を語った。

### 様々な条件に対応して車輪を製造

住友金属が年間に製造している車輪は約20万枚。そのうち国内向けは約10万枚、1カ月に80000〜90000枚を生産している。しかし、それらは同一形状ではない。納品先の仕様に応じて、月平均約100種類の子車輪を製造しているのだ。

「民鉄各社でも、坂やカーブが多い、速いスピードが必要、乗車率が高いために負荷が多いなど、車輪に求められる条件は異なっています。そうした条件をきちんと把握してから設計していますので、踏面の形状も考慮すると今では約200種類以上の車輪があります」と、四方田部長。

住友金属では、車輪を設計し製品を納品する前に行う、社内の各種試験装置による実用評価テストにも力を入れている。たとえば、ブレーキ試験では実走行と同じスピードで回転させ、車輪の温度上昇などをチェックしている。また、



車輪に負荷を加え、強度をチェックする「車輪実体疲労試験機」。

車輪の板部の疲労試験では実際にかかる以上の負荷を加えて、どの程度まで耐えられるかをチェックし、十分な強度を有しているかを確認している。その後、さらに現車走行で安全性の確認を行っている。こうした二重、三重のチェックが高い信頼性と安全性を支えているのだ。

### 安定的供給も重大な使命

車輪の耐用年数は走行距離や速度など使用条件によって異なるが、6〜10年ぐらいで交換となる。

「日本で唯一の車輪メーカーですから、安定的供給も重要なテーマです。そのため、製造設備ごとに重要な予備部品を確保し、万が一の設備故障の場合にも短時間で対応できる体制を構築しています」と、四方田部長は供給面での体制を説明してくれた。

重要な社会インフラである鉄道交通を支える車輪。そこには、安全性と快適性を向上させる高い技術力と、その開発に注がれる技術者たちの情熱が込められている。