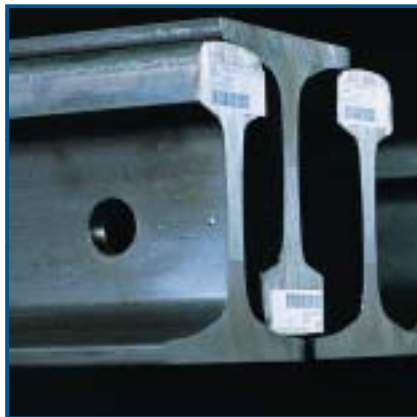




レール

世界の鉄道輸送を支える 寸法精度と硬度

取材協力：牧野由明氏（元八幡製鉄所条鋼工場条鋼・技術管理室部長代理）

中山勝正氏（元建材営業部部長代理 現(株)島田商会 取締役・東京支店長）



日本におけるレールの発祥を
今に伝える「製鐵所」の刻印

新日鉄のレールは日本の鉄道レールの約75%を占め、生産量の半分以上が輸出される国際商品だ。レールの歴史をひもとくと、1872年、日本で初めて鉄道が開通し、新橋 - 横浜間29kmを53分（時速約30km）で走行したことに遡る。当時レールは全て輸入に頼っていたが、1901年11月、八幡で創業と同時に日本初のレールづくりがスタートした。いまでもレールには製造年月・メーカー名（社章）規格などが刻印されるが、1902年製造の現存するレールには、官営八幡

製鐵所の条鋼工場で誕生した証である「製鐵所」の文字がしっかりと刻まれている。“製鐵所イコール八幡製鐵所”であり、日本唯一のレール生産拠点だったことを今に伝える（写真1）。ドイツからの技術導入をベースに始まったレール生産は、独自技術を開発し鉄道の歴史と共に歩んできた。

鉄道は旅客鉄道と貨物鉄道の2つに分けられる。1950年代半ば以降の復興期、高度経済成長期の過程で、旅客鉄道の「高速化」と貨物鉄道の「重荷重化」へのニーズが一気に高まった。東京オリンピックが開催された1964年、東海道新幹線の開業により鉄道は世界最高速（210km/h）を

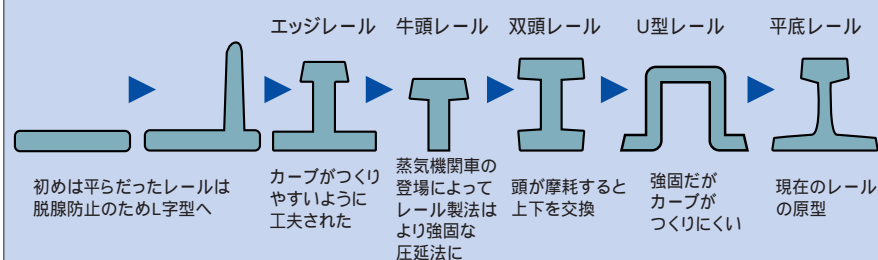
記録し、移動時間が飛躍的に短縮して、当時斜陽産業と言われていた鉄道が“再認識”されて以降、世界各国が鉄道の高速化にしのぎを削り始めた。一方、オーストラリアやブラジルなどの鉱山鉄道や北米の大陸横断鉄道において、重荷重に耐えるレールが求められた。

この二大ニーズに応えた八幡のレール開発のポイントは、2つある。走行安定性の向上に寄与する高精度の形状をつくる「圧延（塑性加工）技術」と、レールの長寿命化に寄与する耐摩耗性を向上させる「熱処理技術」で、八幡のレール製造の歴史は、これらの技術への“挑戦史”だと言える。



写真1 / 札幌駅構内3番線に使われた1902年製造のレール。
1901年中に製造された56t（30フィート208本）のレールがどこに使われたかは不明である

図1/鉄道レールの発達



時速300kmを支える圧延技術 -- 0.1 ~ 0.2mmの寸法精度

レールの形状は、摩耗しても長持ちするように頭部に肉厚を配した平底型が一般的だ（図1）。この形にいかにか寸法精度を高めて圧延するかという「圧延技術」が、レールの発展における“走行安定性向上”のためのキーテクノロジーである。

エポックメイクは、1970年にフランスから導入した高精度の圧延技術「ユニバーサル圧延」（図2）。上下2本の水平ロールのほか、両側面に堅ロールを設け、4本のロールで一つの孔型をつくり、断面寸法精度・表面性状などを高める。八幡は、ロール形状や圧延機構造に独自の改良を施すことで、世界初の本格的なレールユニバーサル法による圧延工場を誕生させた。高度な孔型設計技術と複数

の圧延機間での圧延機制御技術確立する一方、ロール位置や荷重・長さなどの検出端情報をもとに圧延中のロール挙動を解明し、1975年にはロール設計CADシステムを導入して、着実に高精度・効率化を実現してきた。この技術は鉄道の発展に寄与しただけでなく、厳密な形状をつくり込む技術として、形鋼製品全般の品質向上への大きな“遺伝子”となっている。

新幹線クラスの列車の速度を20～30kmアップさせるために、レール形状には倍の精度が必要だ。1997年には寸法精度を飛躍的に高める圧延機を増設し、寸法検査装置や超音波探傷装置、プロセスコンピュータを最新化するなど生産ラインを一新した（写真2）。レール25mにつき0.1～0.2mmの寸法精度を実現し、フランスのTGVなどと並んで世界最高速（300km/h）を誇る「500系のぞみ」の“速くて乗り心地の良い”走行を可能にしている。

世界を驚かせた熱処理技術

-- 3分間で150mをエアー冷却

レール製造上最も重要なのが、耐摩耗性だ。特に戦後の復興期、オーストラリアやブラジルの鉱山鉄道などの“重荷重”に耐え得る、長寿命・高強度のレールが求められた。そのキーテクノロジーが、成分設計と熱処理技術だ。レール頭部の硬度を高めるためには、当時、圧延後に一旦水冷して再加熱するオフライン熱処理方式が一般的だった。1954年には「頭部熱処理（HH）レール」を、1967年にはその改良タイプである「NHHレール」を開発したが、このオフライン方式は生産性・品質面でまだまだ不十分であり、ブレイクスルーが求められた。当時、開発担当だった牧野氏は、次のように語る。

「オフライン熱処理技術はレールの耐用年数を飛躍的に向上させました。しかし、一旦常温にしてから再加熱

するため、分速0.6mでしか熱処理できず非効率でコスト高になります。そこで、圧延中に熱処理を同時に行う『インライン熱処理』の開発が1983年から本格化しました。開発のポイントは（1）圧延スピードの同期化（分速50mの熱処理）、（2）レールの曲がりを制御する技術、（3）耐摩耗・耐損傷性に優れた微細パーライト組織を得る冷却媒体（エアー）の選定の3つでした。1987年に成功し、まずアメリカ向けに数百tのレールが初輸出され大好評を得たのが「DHHレール」（写真3）です。一般材に比べて耐摩耗性が3倍以上と、長寿命化に大きく寄与したのです。ヨーロッパでは水冷却が常識で、はるかに冷却速度の小さいエアーでの冷却技術の成功は、海外をあっという間に驚かせました。レールの成分調整、冷却ノズル形状に至るまで緻密な工夫をし、上下非対称形状のレールが、全長にわたり組織・変態が完全かつ迅速に行われるよう、エアー圧力・冷却時間を微妙に調整できるようにするなど、実機化までさまざまな挑戦がありました」

その後、驚くべき早さで世界中のレールがインライン熱処理レールに置き換わり、その量は累積200万t、年間約10万tに及ぶ。レールの世界では大きな数字だ。



写真2 / 1997年に一新された新生産ライン

図2/ユニバーサル圧延法

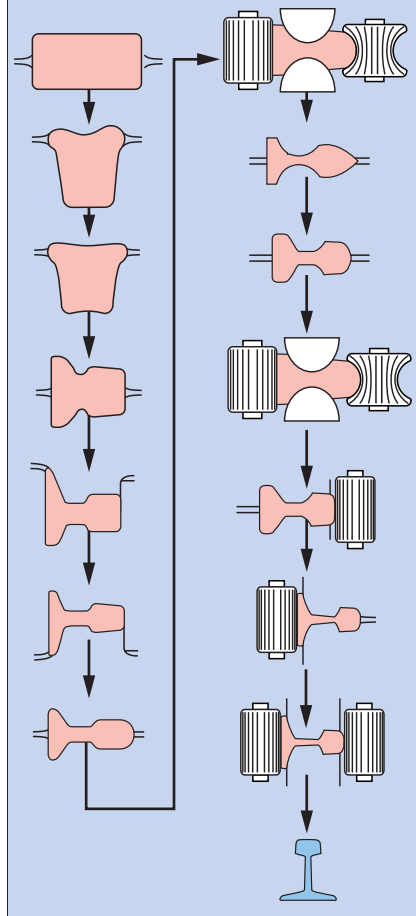




写真3 / DHHレール

ロッキー山脈の 高強度レールに生きる 製鉄マンの知恵

1994年には車輪とレールの局部的な接触点の強度を高めた「ベイナイト鋼レール」を開発し、現在、使用環境に応じた多彩な製品バリエーシ

ョンを提供している。特に海外の重荷重化ニーズに応えて1997年には飛躍的に耐摩耗性を高めた「過共析（HE）レール」を開発、1999年から販売を開始した。HEレールは、北米・ロッキー山脈の過酷な大陸横断鉄道で活躍しており、その圧倒的な耐摩耗性で今後世界の主流となっていくことが期待される。

形状において、針の先でついたほどの不備も許されない高い精度が求められるレール。高度な圧延技術と熱処理技術でレールの発展を支えリードしてきた背景には、塑性加工を支える制御技術とロールプロファイルの設計技術、材料解析、組織制御、流体力学、冶金、設備設計などの、広範にわたる研究・技術開発力があり、誕生した製品には、さまざまな知恵が活かされている。今後も、高精度の形状、高い摩耗性はもちろん、騒音問題を解決するレール、海底トンネルや塩害地域の腐食を解決するレールなど、次世代のレール開発への挑戦は続く。

「日本の鉄道と新日鉄のレール開発史」

- 1872年（明治5年）鉄道創業（新橋 - 横浜）
- 1889年（明治22年）東海道線全線開通（新橋 - 京都）
- 1901年（明治34年）レール製造スタート
- 1927年（昭和2年）地下鉄開業（上野 - 浅草）
- 1933年（昭和8年）世界で初めて25mレール製造に成功
- 1942年（昭和17年）関門トンネル開通
- 1954年（昭和29年）頭部熱処理（HH）レール量産化
- 1964年（昭和39年）50m溶接ロングレール敷設（東海道新幹線）
- 1964年（昭和39年）東海道新幹線開業（0系 / 時速210km）
- 1967年（昭和42年）継ぎ目を強化する端部熱処理（EH）レール量産化
- 1971年（昭和46年）ユニバーサル圧延操業開始
- 1972年（昭和47年）山陽新幹線開業（東京 - 岡山）
- 1975年（昭和50年）山陽新幹線全線開業
- 1982年（昭和57年）東北新幹線・上越新幹線開業
- 1985年（昭和60年）新幹線100系導入（時速220km）
- 1987年（昭和62年）DHHレール開発（インライン熱処理）
- 1987年（昭和62年）青函トンネル開通
- 1992年（平成4年）新幹線・のぞみ導入（300系 / 時速270km）
- 1994年（平成6年）ベイナイト鋼レール開発
- 1997年（平成9年）過共析（HE）レール開発（北米向け）高精度レール製造設備を一新
- 1997年（平成9年）新幹線・500系のぞみ導入（時速300km）



「ガッタンゴットン」を過去のものとする 厳しい品質管理

（株）島田商会 取締役・東京支店長 中山勝正氏（元建材営業部）

八幡製鉄所では、レール黎明期において「長く（継ぎ目の減少）」「大きく（車両の大型化に伴う高さ）」といった基本的なニーズに応え、日本独自のJIS規格や商品の形を決めてきました。例えば30kg/m、1本9.14mからスタートしたレール仕様において、1933年には、いま在来線の標準となっている25mレール（50kg/m）の量産に世界で初めて成功しました。

また、新幹線では、乗り心地の向上と軌道破壊対応からロングレール（200m以上）の敷設が前提ですが、新日鉄では、山陽新幹線敷設を皮切りに従来の溶接箇所を半減できる50mレール（60kg/m）を供給しています。加えて溶接技術の分野においても、レールに適合した溶接棒の開発をはじめとして、1994年には『エレクトロスラグ自動溶接機』を開発し特に山形新幹線の建設時に活躍しました。このロングレール化は走行性を円滑化し、在来線においても、鉄道の擬音の代名詞である「ガッタンゴットン」を過去のものにしようとしています。

こうした高い技術力の背景には、国鉄監督官の常駐検査時代を経て、1968年から行われてきた国鉄との「品質管理要求付製作請負契約」（現行の「品質管理要求付指名競争契約」）があります。品質管理体制を事前審査され、承認された者だけが契約相手先としての権利を得るといった厳しい品質管理が行われてきました。また、鉄道プロジェクトは、計画から敷設まで長期間にわたり、お客様に対して技術と営業が一体化した息の長いフォローが必要です。レール診断などの技術サービスは鉄道が運行しない深夜を徹して行われます。21世紀には高い製品技術力に加えて、品質と安全を守るこうした長年の努力によって培われたお客様との「信頼関係」が大きな力となるでしょう。（談）

同氏は、一貫してレールの営業に携わりレール業界を30年以上にわたり見続けている。