

鉄道用軌条の歩みと今後の展望

Progress and Prospect of Rail for Railroad

佐伯和彦*
Kazuhiko SAEKI

岩野克也
Katsuya IWANO

抄 録

新日鐵住金(株)八幡製鐵所創業の1901年より、軌条工場では鉄道用軌条の生産を開始し、以降約110年に渡り、日本の経済発展とそれに伴う鉄道輸送高度化“高速化”に対応してきた。一方で海外は貨物輸送が主体で、輸送効率向上の面から“重荷重化”が進展し、耐摩耗性向上ニーズが高い。当軌条工場では、そのような顧客のニーズに対応すべく、製造プロセス及び商品の高度化を積極的に推進してきた。その内容を報告すると共に、今後の展望を述べた。

Abstract

From the day of establishment of Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation Yawata Works in 1901, our rail factory had started production of rails for railroads and, for approximately 110 years, we have come in response to economic development of Japan and corresponding sophistication of rail transport “speed-up”. On the other hand, “heavy haul” progresses from an aspect of the transportation efficiency improvement, and improvement of abrasion resistance is highly required in foreign countries where freight transport is the main constituent. We have promoted positively the sophistication of manufacturing process and products in order to support such needs from customers. I will report about the contents of above features in this bulletin and give the future prospects.

1. はじめに

1901年、新日鐵住金(株)八幡製鐵所(以下八幡と略す)軌条工場にて国産レールの製造が開始された。その間国内外の鉄道では、列車速度の向上と車両荷重の増大が行われ、軌道に対する安全性、快適性、メンテナンスコストに対するニーズの要望の高まりとともに、レールに対する品質要求も高まってきた。それに対し八幡軌条工場では、様々な技術開発を進め、製造プロセスの高度化による生産性の大幅な向上を果たし、新たなレールの開発やレール品質の向上に努め、日本のみならず海外における鉄道輸送高度化に多大な貢献を果たしてきた。表1に日本の鉄道におけるメイントピックスと当社レール開発状況を示す。

2. これまでの取組み

2.1 操業開始から第2次世界大戦まで

日本で初めて鉄道が敷設されたのは、1872年5月品川-横浜間でその後、1889年7月東京-神戸間605kmの東海道本線が開通している。この他にも全国各地に私鉄が開通

し、レール需要の急激な増加が見込まれた為、当時の官営八幡製鐵所第一期工事として、軌条工場が1897年6月に

表1 日本鉄道と新日鐵住金のレール開発の歴史
Brief history of Japan Railway and development of rail at NSSMC

| | |
|--------------|-------------------------|
| 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) | 八幡におけるレール製造開始 |
| 1927年(昭和2年) | 地下鉄開業(上野-浅草) |
| 1933年(昭和8年) | 25mレール製造開始 |
| 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) | 東海道新幹線開業(0系/時速210km) |
| 1968年(昭和43年) | 端頭部熱処理(EH)レール量産化 |
| 1970年(昭和45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) |
| 1972年(昭和47年) | 新幹線用50mレール生産開始 |
| 1975年(昭和50年) | 山陽新幹線全線開業 |
| 1977年(昭和52年) | 新頭部熱処理レール生産開始(NHHレール) |
| 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) | ペイナイト鋼レール開発 |
| 1997年(平成9年) | 新幹線・500系のぞみ導入(時速300km) |
| 1999年(平成11年) | 重荷重鉄道用過共析レール量産化 |
| 2003年(平成15年) | 波状曲がり規格対応レール量産化 |

* 八幡製鐵所 形鋼部長 福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 〒804-8501

着工、1901年11月に操業を開始した。最初に生産したのは60ポンド30feetレール（重量約30kg/m、長さ9.144m）で、レール圧延としては、日本初の事であり、ドイツより圧延技術者を雇い入れ、圧延に関して全く未知なる当時の関係者はその指導の下に操業を行った。しかしながら技術の不熟練と設備も不完全な状況であった事から、1901年の生産はわずかに1086tであった。

設備の面では、操業開始当初の圧延機の動力源は蒸気であったが、1932年に初の国産品である3250馬力のイルグナー式電動機を採用した。また時期を同じくしてローラー矯正機やヘラー式冷鋼鋸断機等の海外の最新設備の導入も図られ、従来よりも能率的でかつ安全に作業が行えるようになった。

一方、レールの呼称が変更されたのも昭和初期の事であり、60ポンドレールが30キロレール、75ポンドレールが37キロレールに変わり、標準長さも20mに改訂された。また並行して製造品種の拡大にも努め、1945年8月（終戦）までには13サイズまで拡大、レールの大断面化やクレーンレール、ポイントレールの製造等を進めると同時に、中国やブラジルへの輸出も行った記録が残っている。

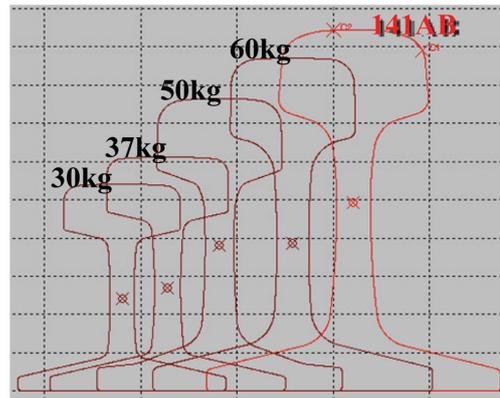
これらの取組みにより戦前のピークでは年間20万t（レール以外の品種含む）レベルの生産量となった。

2.2 戦後復興から高度成長

第2次世界大戦終戦と同時に賠償保全設備に指定されて作業中止を余儀なくされたが、1948年11月に解除、生産を再開した。これは戦時による荒廃を復興させて、国内陸上輸送機能の回復が急務であった事も背景にある。合わせて1950年代からの高度成長による更なる需要増に対応すべく生産能力の拡大を主眼とした設備増強が進められた。1945年から20年間に4回の工場改造工事を行い着実に生産能力の拡大を図ってきた。

圧延に関してはミルモーターの能力アップ（4500kW）を実施した。その結果圧延時間が短縮でき材料の温度低下を防止でき、製品温度のばらつきが少なくなり、かつ圧延ロール摩耗も減少した。また圧延機本体についても、ドイツより最新設備の導入を図り、従来手動で行っていたロール隙の設定を電動化へ変更、また圧延機の精度向上を図り、寸法精度や表面性状が大幅に改善され、歩留や生産性も大きく向上した。

またレール形状の改善が進められたのもこの時期であり、1956年よりレールメーカーである当時の八幡製鐵と富士製鐵およびユーザーである日本国有鉄道との3者間でレール仕様に関する研究会が開催されるようになり、50キロレールや37キロレールの形状改良等が議論された。更には1958年より東海道新幹線に適用するレールの形状に関する議論もなされ、50Tレールや山陽新幹線向けに改良された60キロレール等を生産開始した。図1にレールの大



1901 : 30kg/m rail
 1906 : 37kg/m rail
 1925 : 50kg/m rail
 1967 : 60kg/m rail
 reference : 141AB rail : Maximum size at Yawata

図1 レール大断面化の進展
 Trend of size enlargement of rail profile

断面化の推移を示す。なお141ABレールは現在八幡軌条工場で精算する最大サイズである。

更にはレールは25mが最長かつ標準長さであったが、その状態では騒音やボルト締結部付近の保守費増加のため、メンテナンス省力化を狙って両端を溶接して1.5kmのロングレールに加工する方法が推進され、年々増加していたが、レール溶接費用の高騰に伴い、1970年に長尺レールの製造が要請された。これを受けて計画案の検討がなされ、工場建屋に50mレール専用の処理建屋を新設、1972年9月より生産を開始した。

2.3 オイルショックから平成まで

この時期レールの製造に関する革新的な設備投資が実施され、生産性の向上に加え、品質向上が進展した。

2.3.1 ユニバーサル圧延

レール圧延方法としては、従来のカリバー圧延法に変わって、ユニバーサル圧延法が導入された（図2、3）。こ

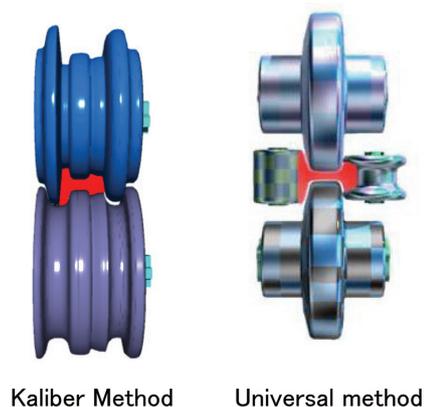


図2 レール圧延方法-1
 Method of the rail rolling-1

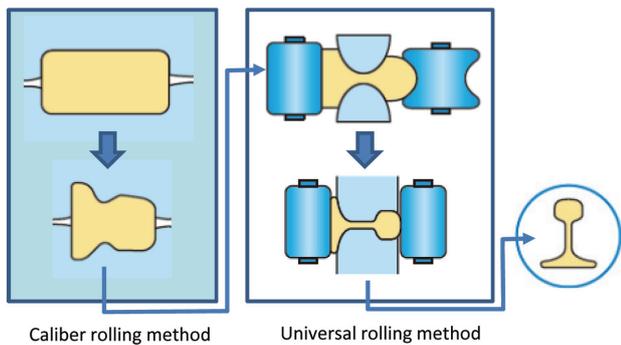


図3 レール圧延法-2
Method of the rail rolling-2

の技術はフランスのWendel社の技術をベースに独自技術を加えたものである。ユニバーサル圧延法は上下2本のロールに加え、左右2本のロールが配されている。これら4本のロール位置の微細な調整が可能となり、従来のカリバー圧延法と比較し、圧延されるレールの寸法の細やかな調整が可能となる。加えて①レール頭部および脚部の厚み方向に直接圧下をかけられ鍛錬効果が大きく、使用上重要な部分である頭部および脚部に優れた材質が得られる、②圧延工程を通じ均等な圧下を加える事が出来る為、寸法精度に優れる、③有害な表面疵の発生が少なく、圧延ロールの局部的摩耗も軽減し、ロール原単位も大幅に向上、等の特長も有する。

1970年6月、世界で初めての本格的ユニバーサル法によるレール圧延工場に生まれ変わり、生産能力の面でも70000t/月まで拡大された。

1997年には寸法精度を飛躍的に高める高精度ユニバーサル仕上げ圧延機を増設し、さらなる高速化へのための寸法精度向上を実現した。その後も60Kレール、50Nレールなどに加え、一部の分岐器用レールなどにもユニバーサル圧延方法の適用範囲を拡大し、レールの寸法精度向上に取り組んでいる。

2.3.2 インライン熱処理

八幡軌条工場では、1950年代より、高強度化のニーズに応えるため、熱処理レールの開発を行ってきた。初期においては、製造した普通レールの頭部を誘導加熱により加熱した後、水による焼き入れ、焼き戻しを行うプロセスが開発された。この熱処理プロセスは、レール製造ライン（インライン）とは別のラインで行われることから“オフライン熱処理プロセス”と呼ばれ、製品はHHレールと呼ばれた。

このオフライン熱処理レールはその後の改善により、1976年にオフラインでレール頭部の加熱を行った後、空気により焼き入れを行う方式が採用された。この新しいオフライン熱処理方式によるレールはNHHレールと呼ばれ、1988年“JIS E 1124 スラッククエンチ式熱処理レール”として制定された。NHHレールは、国内はもとより、海外の重

荷重鉄道でも採用され、優れた耐摩耗性によりレール寿命の延伸に貢献した。

しかしながら誘導加熱による加熱では加熱深さが限定的であり、それゆえに熱処理による硬化層も限定的であった。このため敷設後の摩耗速度は通トンが累積される程早くなり、事業者の立場からはレール交換時期が想定より早くなるという問題、あるいは軸重の増加による内部疲労損傷の問題などが発生しはじめた。

またレールを再加熱するというプロセスのため生産性も低く、増加しつつある熱処理レールの需要に対して十分に生産が対応できないという問題も生じてきた。

さまざまな冷却方法の開発の結果、新たな熱処理として、圧延直後の熱を利用し、再加熱することなくそのまま空気による熱処理を行う“インライン熱処理プロセス”が採用されることとなった。1987年、このプロセスを用いた世界最初のインライン熱処理レールの製造が開始された。インライン熱処理レールは、レール頭部の深部まで高硬度が保たれるためDHH（Deep Head Hardened）レールと呼ばれるものである。図4にインライン・オフライン熱処理のプロセス比較、図5にレール頭部硬度分布の比較を示す。

その後1999年以降炭素量の高いHE(Hyper Eutectoid)（炭素量0.9～1.0%）レールの領域までに拡大している。これらは、優れた耐摩耗性、耐表面損傷性、耐内部疲労損傷性により国内外の鉄道に広く使用されている^{1,2)}。

2.3.3 長尺プロセス

圧延完了後圧延長さは150mであり、従来はホットソーにて製品長さに切断余裕度を付与した長さで熱間鋸断を行い、冷却床にて常温まで冷却、ローラー矯正機にて曲がり矯正を行い、その後精切断を行う製造プロセスであった。レールの場合、溶接時の製品端面の位置合わせ精度が溶接性（溶接時の芯出しの能率、溶接後の仕上がり部の直線性精度）に影響を与える為、端曲公差が非常に厳格（例えば新幹線用60Kレールでは、端部1.5mで上曲がり0.7mm、

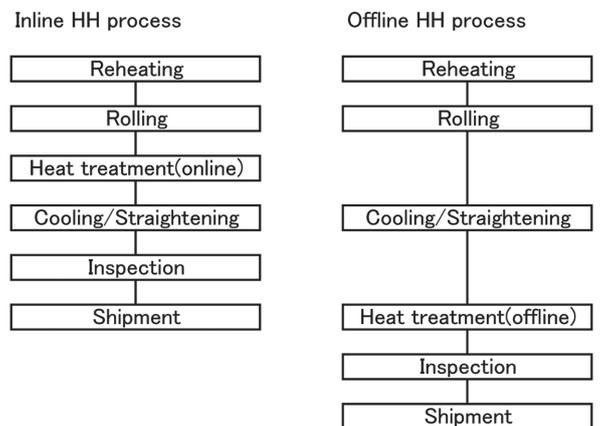


図4 オフライン熱処理とインライン熱処理とのプロセス比較
Comparison of the process In-Line vs Off Line

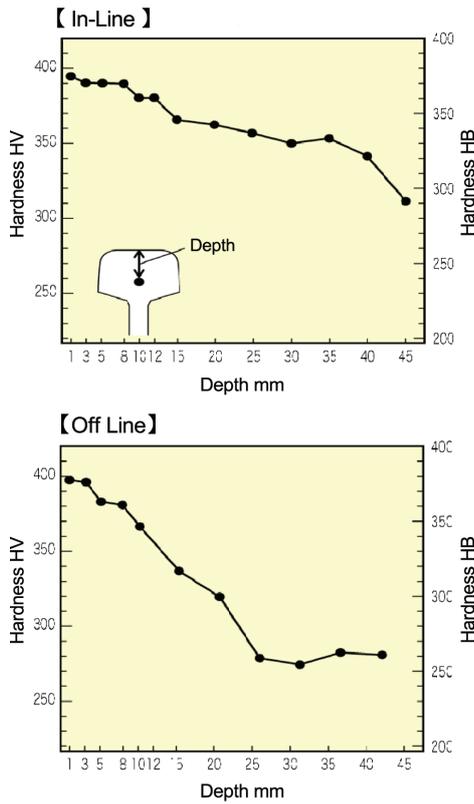


図5 内部硬度分布比較
Comparison of the internal hardness

下曲がり 0mm) である。但しローラー矯正では原理的に製品両端部は未矯正域となり、結果端曲りが残存し、オフラインプレスでの曲がり修正後出荷を行っていた。

この対応として、冷却床から矯正、非破壊検査、切断までのラインの改造を行い、熱間鋸断なしで圧延ままの150mにて冷却、矯正、非破壊検査を行った後、切断を行う長尺プロセス(図6)を2002年に稼働を開始した。

この長尺プロセスでは150mのまま冷却し、ローラー矯正機を通す為、両端の未矯正部はクロップとなり、次工程の切断ラインにて切断される。この150m長さで矯正を行うという対策は、ロングレールの品質向上や出荷レールの品質保証レベル向上にも貢献した。すなわち、溶接部の真

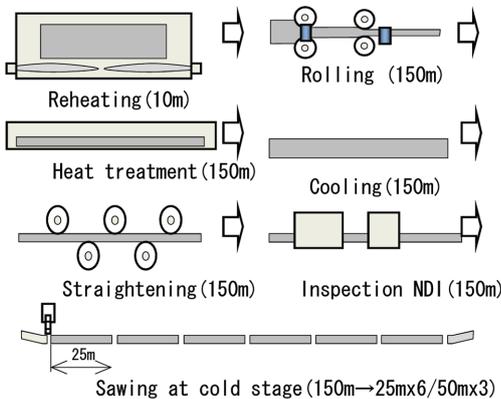


図6 長尺プロセス
150m processing

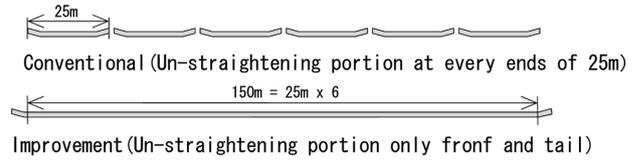


図7 端曲削減の考え方
Improvement of the end straightness

直性向上という品質向上や溶接作業の効率化(芯出しの効率化、溶接後の曲がり矯正の効率化)を行うことができた。さらに、未矯正部はレールの形状が不安定であるため、自動非破壊検査機器での検査ができないという問題があったが、本対策によりレール全長に渡る自動検査が可能となり、品質保証レベルを向上することができた(図7)。

また熱間切断を省略する事で、圧延~熱処理までの時間短縮が図れ、熱処理開始温度尤度の拡大による新商品開発の面でも大きな武器となっている。

3. 商品高度化の取組

鉄道輸送の高度化の具体的内容は“高速化”“重荷重化”である。前者の“高速化”は欧州や日本に代表される高速旅客鉄道が対象である。人命を預かる事業者においては安全性確保が使命であり、これに応えるべく高速化に伴う走行安定性確保の観点から、レール曲がりや車輪と接触する頭頂部の平坦度が要求される。また折損リスクのミニマム化も必須である(図8)。

一方北米や鉱山国は貨物鉄道では“重荷重化”が主体である。輸送効率向上の為重荷重化(軸重の増加、列車編成長の増大)が進展し、それに伴いレールに対し、耐摩耗性や耐表面損傷性がより一層求められている(図9)。

本稿では高速対応としての形状、材質開発、重荷重対応としての長寿命化を概説する。

3.1 高速鉄道向け高真直レール

ローラー矯正機は圧延で造られたレールを複数のロールで連続的に曲げ加工を行うことでレールの曲がりを矯正するものである。矯正機によりレールは全体としてまっすぐ

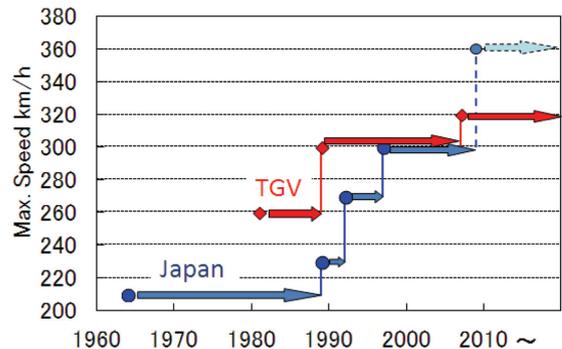


図8 鉄道高速化の進展状況
Trend of train speed

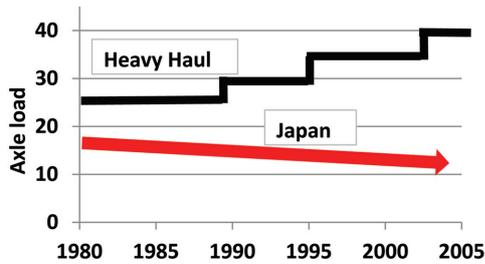


図9 貨物鉄道と日本の軸重比較
Trend of the axle road (Japan and USA)

に矯正されるが、レール頭部の長手方向の形状に着目すると、レールには微小な凹凸が存在している。この微小な凹凸は波状曲がりと呼ばれている。この波状曲がりは、矯正ロール1回転毎にレールに加えられる圧力が周期的に変化することによって発生すると考えられる。なお、圧力の周期は矯正ロール径に関係し、圧力の変化量は矯正機の剛性や矯正ロールの真円度に関係する。

従来は、この波状曲がりに関する定量的な基準は設けられていなかった（正確にいえば EN 規格において制定されていたが、その制定の定量的根拠が不明であった）が、更なる高速化を志向する新幹線における高速走行安定性確保の見地から基準策定についての議論が、1999 年ごろより行われるようになった。JR 各社、鉄道総合技術研究所、レール製造者から構成される“レール問題検討会”を中心に議論が進められ、鉄道総合技術研究所において図 10 に示すようなレール波状曲がりの輪重変動への影響の検討が行われた³⁾。この検討により、波状曲がりが輪重に与える影響は、波状曲がりの振幅だけでなく波長も関係することが判明した。

このような検討が重ねられ、2003 年 10 月にレールの波

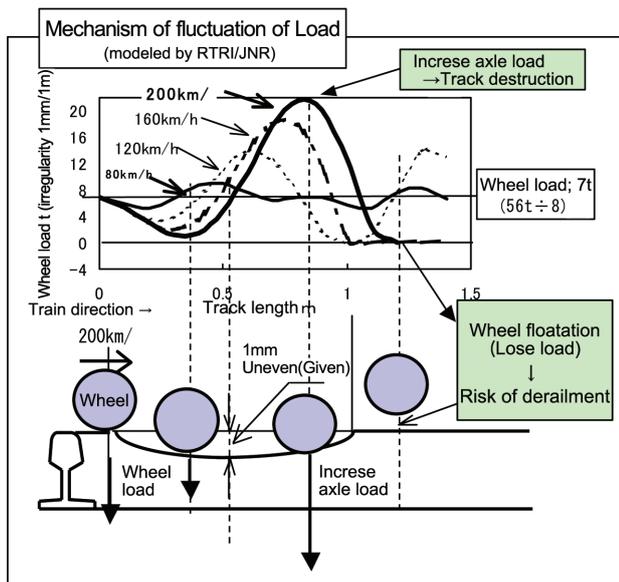


図 10 輪重変動メカニズム³⁾
Mechanism of the fluctuation of axle road

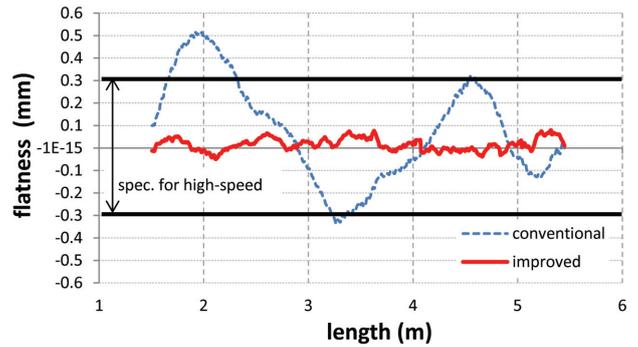


図 11 波状変形改善効果
Improvement of the flatness of rail surface

状曲がりの規定が制定されることとなった。新日本製鐵(株)では規格化に先駆けて前述の長尺プロセスを導入し、矯正機の更新および計測装置などの設備投資を行い、真直性の大幅な改善、品質保証システムの構築を行った。更新された矯正機は、波状曲がりの改善のため二つの対策が盛り込まれた。一つは“矯正機の高剛性化”である。矯正機の剛性を上げ、矯正ロール1回転毎の周期的圧力を下げることで、波状曲がりの振幅が極小化された。もう一つは“矯正ロール径の拡大”である。矯正ロールの径を大きくすることで、波状変形の波長が長くなり、輪重変動への影響が極小化された。

これらの対策により、2003 年 10 月以降、レール波状曲がりの規定に合致したレールが出荷されている。

3.2 重荷重鉄道向けレール

大陸横断鉄道、鉱石輸送鉄道においてはコストダウン・効率化の見地から、軸重の増加、列車編成長の増加が著しい。たとえば軸重においては 25t 程度のものが最近では 40t まで増加。編成では 300 両編成が実用化され、年間通過量では 4 億 t を超える路線も出現している。このような路線においてはレールの長寿命化はコスト削減ならびに運行機会損失の削減に大きく寄与するものであり、八幡軌条工場においては高強度化によりそのニーズににんてきた。

レールの高強度化は大きく 4 つの Step に分かれる。

- ① 熱処理 VS 合金
- ② 熱処理方法の選択
- ③ インライン化
- ④ 材質高度化

以下その概要を述べる。

① 熱処理 VS 合金

レールの規格は北米の AREA (American Railway Engineering Association; 現在 AREMA; American Railway Engineering and Maintenance-of-way Association) 系の合金を入れない高 C 系規格と、欧州の UIC (Union des Chemi) 系の合金系の規格に大別される。

日本においては JIS 規格が AREA に近いものであったこと、ならびに、製造面でのコスト・生産性の観点、また品質面での溶接性等における懸念から熱処理方式が選択された。

② 熱処理方法の選択

以下のような経緯を経て熱処理方式としてはスラッククエンチ (Slack Quench) 方式を選択した。

熱処理化の当初、1950 年代においては頭部表層部をオフラインで誘導加熱により再加熱した後、連続して水冷し焼入れ焼き戻しを行う方式 (Quench & Temper) 案が採用された。このレールは HH (Head Hardened) レールと呼称され、軸重国内 (軸重 17t 以下) においては良好な結果が得られた。

海外展開への試行として、この HH レールなどを 1974 年にブラジル CVRD 社 (現在の VALE 社) に出荷した。これらのレールは欧米のレールミルのレールと敷設試験に供された。その結果 (1 億トン経過時点)、欧米の高強度レールに対し、耐摩耗性が劣る事が判明した。調査の結果、欧米の高強度レールは全て微細パーライト組織であるのに対し、八幡製レールは焼き戻しマルテンサイト組織であり、耐摩耗性が劣っている事が判明した。

これを受け耐摩耗性向上を図る為、微細パーライト化する製造条件の開発を行った結果、オフラインで頭部表層部を再加熱した後、空気により焼入れ (スラッククエンチ) する案が採用された事は前述の通りである。

この新しいオフライン熱処理方式によるレールは NHH (New Head Hardened) レールと呼ばれ、1976 年以降、CVRD 社への試験出荷、米国 TTCI (Transportation Test Center Institute ; コロラド州プエブロ) の FAST 試験線での比較評価などで耐摩耗性が実証された。国内はもとより、海外の重荷重鉄道でも採用され、優れた耐摩耗性によりレール寿命の延伸に貢献した。1988 年には“JIS E 1124 スラッククエンチ式熱処理レール”として制定された。

③ インライン化

先述のように、オフライン熱処理方式の課題すなわち顧客からの品質要求、製造面からの必要性の両面からインライン化開発がおこなわれ、DHH レールが NHH レールの後継として商品化された。

DHH レールは様々な需要家に使用されたが、軸重レベル、あるいは需要家装備に呼応して、いくつかの派生したに商品が発生した。

－ 1 硬度レベル

当初重荷重鉄道への適用を意識したことから先行商品にあたる NHH の硬度レベルをシフトし頭部表面硬度を HB370 と設定した。その後、国内においての適用が検討されたが、国内では軸重が低いことから DHH370 では摩耗が過度に抑制されることに起因する表面損傷が懸念されたことから硬度を低く設定した DHH340 が開発された。1994 年に“JIS E 1120 熱処理レール”に HH340, HH370 として

表2 新日鐵住金高強度レールの基本仕様
Basic specification of the NSSMC's HH rail

| | Carbon % | Hardness HB | Tensile Strength Mpa | Elongation % |
|-----|----------|-------------|----------------------|--------------|
| DHH | 0.80% | 340 - 370 | 1100 - 1200 | ≥ 10 |
| HE | 0.90% | 370 - 400 | 1200 - 1300 | ≥ 10 |
| | 1.00% | 420 | 1400 | ≥ 10 |

制定され、現在に至っている。

－ 2 成分系

レールは線路として使用されるにあたり多くの場合、需要家の溶接工場において溶接してロングレール化される (詳細は本技報に併載される溶接研究論文を参照されたい)。

溶接においては溶接部近傍が溶融状態まで加熱されるため接合部においてはレール製造段階で付与した硬度が低下することになり、このままで使用すると溶接部の局所的摩耗が発生し、レールを早期に交換しなければならないという事態が発生する。このような事態を避けるために一般的には溶接直後に溶接部を加速冷却し硬度をリカバリーさせることが行われるが、一部の需要家 (カナダ等) においては、溶接後の加速冷却装置が設置されていないために、リカバリーをレールの化学成分で行う必要がでてきた。溶接部からレール母材に抜熱がおこなわれることを利用し、少量の合金 (Si, Cr など) を添加することで溶接部の硬度低下を抑制することを達成した。DHH370S という名称を付与している。

④ 材質高度化

DHH レールを 1987 年に当社が商業生産を開始したが、これとほぼ同じ時期から海外鉄道会社では軸重の増加が進んできた。これは貨物輸送におけるシェア回復を狙った鉄道会社が輸送効率化を志向したものであるが、レールにおいては一層の耐摩耗性改善が要求されてきた。

さらなる耐摩耗性のニーズに応えるため、HE レールが開発され 1999 年より実用化された⁴⁾。HE とは Hyper Eutectoid (過共析鋼:0.85%以上の炭素鋼) の意味で、約 0.9 ~ 1.0%の炭素量を有するレールである。開発段階において複数の海外鉄道会社のご理解のもと敷設試験が行われ、DHH レールに比較して 10 ~ 30%の耐摩耗性向上が観察された。また長期的にモニタリングする中で耐表面損傷性、耐内部損傷性にも優れていることが実証され、主に海外の重荷重鉄道で高い評価を得ている。さらに、この HE レールは国内旅客鉄道においてもその効果が期待され、導入の検討が進められている。

3.3 耐ころがり疲労損傷性レール

シェリングは高速運転の直線区間に発生し、レール頭部の落ち込みや剥離ひいては折損に至ることがある。

表3 ベイナイトレールの化学成分 (%)
Chemical composition of Bainitic rail

| C | Si | Mn | Cr | Mo |
|-------------|-------------|-------------|--------|--------|
| 0.10 - 0.50 | 0.10 - 0.35 | 0.30 - 2.00 | ≤ 3.00 | ≤ 1.00 |

シェリングは車輪との繰り返しの接触によって生じる表面疲労と、転がり面の微小な滑走による白色層（マイクロな極めて硬い層）からの損傷の2形態に大別される。

シェリングの発生対策として、定期的なレール削正が推奨されていたが、削正車の騒音、運用時間の制約などの問題があり、在来線での適用には限界があった。

八幡軌条工場においては、鉄道総合技術研究所と共同でシェリングの発生を抑制するレールの開発を行い、ベイナイトレールを実用化した。ベイナイトレールは、強度などの基本的な性質は普通レール（JIS E 1101）のレベルを満足しながら、適度な摩耗の促進によりシェリング損傷の起点となるレール頭頂面の金属疲労層を自己除去すると共に、白色層起点型のシェリング損傷に対する耐性を兼ね備えたレールといえる。国内の直線区間で適用が進んでいる⁸⁾。

3.4 レールメニューの拡大

プロセス開発と商品開発により顧客が選択できるレールメニューは大きく拡大した。

レールの真直性の改善策により、普通レール、HHレールは波状曲がり基準に合致したレールの製造が可能となった。また、世界最長の150m長さで、熱処理、矯正、非破壊検査を行うことができるようになったことにより、HHレールおよびベイナイトレールの50mレールの製造が可能になった。これら最近のレールメニューの拡大を表4に示す。

4. おわりに

操業開始時点では圧延ままの普通レールで、重量は30kg/m、長さは約9m (30ft)、C量は0.45～0.60%、引張強さ(TS)は637MPa以上と規定され、金属組織はフェラ

表4 レールメニューの拡大
Improvement of the capability at NSSMC

| Rail grade | Flatness | Former | | Today | |
|---------------|----------|--------|-----|--------|-----|
| | | Length | | Length | |
| | | 25m | 50m | 25m | 50m |
| Std. | NA | ○ | ○ | ○ | ○ |
| | Specify | | | ○ | ○ |
| HH340, HH370 | NA | ○ | | ○ | ○ |
| | Specify | | | ○ | ○ |
| Bainitic Rail | | ○ | | ○ | ○ |
| HE Rail | | ○ | | ○ | |

イト+パーライトであった。

今日では重量は70kg/m、長さは50m、C量は0.7～1.0%、引張強さ(TS)は1400MPa、金属組織は微細パーライトとなり、まさにここまで進歩してきたとの感慨である。

今後も、高強度化、高寸法精度化の方向は変わらないと考えるが、その根底にあるのはJRをはじめとする事業者との緊密な関係にあると考える。製造者として開発商品化、生産性、品質保証などすべてにわたる不断の努力と、事業者からのニーズ提供が相俟ってレールが進歩していくものと確信している。

今後も鉄道事業者をはじめとした関係各位と連携し、鉄道の安全性・快適性の向上、さらにはメンテナンスコスト削減に貢献し続けていきたいと考えている。

参考文献

- 1) Sugino, K., Kageyama, H., Suzuki, T., Fukuda, K., Yoshida, H., Makino, Y., Ishii, M.: Development of In-Line Heat Treated DHH Rails. The Fourth International Heavy Haul Railway Conference 1989. Brisbane, 1989, p. 42-45
- 2) 影山英明, 杉野和男, 阿部健次, 吉井秀雄: 耐内部疲労損傷性に優れたDHHレールの開発. 新日鉄技報. (343), 77-85 (1992)
- 3) 石田誠, 小野重亮: レール波状変形の輪重変動への影響. 新線路. 55 (6), 34-37 (2001)
- 4) 上田正治, 内野耕一, 影山英明, 小林玲: 重荷重鉄道用過共析鋼レールの開発. あたりあ. 39 (3), 281-283 (2000)
- 5) 上田正治, 内野耕一, 松下公一郎, 小林玲: 重荷重鉄道用耐磨耗・耐損傷レール (HEレール) の開発. 新日鉄技報. (375), 150-155 (2001)
- 6) 上田正治, 内野耕一, 瀬沼武秀: 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. 87, 32-39 (2001)
- 7) Iwano, K., Ueda, M., Karimine, K., Yamamoto, T.: Recent Development of Rails in Nippon Steel. The Seventh International Conference on Contact Mechanical and Wear of Rail/Wheel Systems. Brisbane, 2006, p. 287-293
- 8) 佐藤幸雄, 辰巳光正, 上田正治, 三田尾真司: ベイナイトレールの長期耐久試験による耐シェリング性の評価. 鉄道総研報告. 22 (4), 29-34 (2008)



佐伯和彦 Kazuhiko SAEKI
八幡製鐵所 形鋼部長
福岡県北九州市戸畑区飛幡町1-1 〒804-8501



岩野克也 Katsuya IWANO
八幡製鐵所 形鋼部 軌条技術・管理室
首席主幹