

# 西日本製鉄所（福山地区）錫鍍金工場の物流改善

## The Improvement of Logistics at Tinplate Plant

堀田 英輔 HOTTA Eisuke JFE スチール 西日本製鉄所 錫鍍金部錫鍍金工場 統括マネージャー(副課長)  
 保久 光男 YASUHISA Mitsuo JFE スチール 第二関連企業部 主任部員(課長)  
 川瀬 幸夫 KAWASE Yukio JFE スチール 西日本製鉄所 錫鍍金部錫鍍金技術室 主任部員(課長)

### 要旨

JFE スチール西日本製鉄所（福山地区）錫鍍金工場では、工場内物流の大幅な改善に成功した。従来、錫鍍金工場ではバッチ焼鈍（BAF）を除くと No. 3 調質圧延ライン（3TMP）入側ヤードだけがアップエンド積みであったが、クレーンの搬送ネックの解消を目的に、ダウンエンド化に取り組んだ。その結果、工場の稼動をほとんど休止することなく、ダウンエンド化を達成した。また、置場能力ネックの解消、および、リードタイムの短縮を目的に、BAF 材の連続焼鈍（CAL）化に取り組んだ。BAF 材と同等の溶接性を有する CAL 用鋼種の開発により、CAL 比率の大幅な向上に成功した。以上、2つの対策により、錫鍍金工場の物流における諸問題を解決した。

### Abstract:

Large improvement of logistics have been achieved at Tinplate Plant of JFE Steel's West Japan Works (Fukuyama). Before the improvement, coils had been placed eye vertical only at front yard of No. 3 temper mill (3TMP) except batch annealing furnace (BAF) yard. To solve the bottle-neck of the BAF crane, coil orientation in front of 3TMP yard has been changed to eye horizontal without long shutdown of the production lines. Next, to shorten the lead time and to solve the problem of yard capacity shortage, the majority of batch annealed coils were converted to be processed at the continuous annealing lines. It was achieved by developing a new steel grade which has the same weldability as batch annealed steel. And the ratio of continuous annealed coils was drastically increased. These two actions are explained in detail.

## 1. はじめに

西日本製鉄所（福山地区）錫鍍金工場は、製鉄所内の上工程から熱間圧延鋼板の供給を受け、出荷可能な製品に仕上げる役割を担っている。製品の内訳は、主に、ぶりき、ティンフリースチール、ラミネート鋼板からなる容器用の表面処理鋼板であり、また、海外向けにめっき原板（調質圧延まで完了しためっき前の鋼板）の製造も行なっている。

錫鍍金工場は、Fig. 1 に示すように、酸洗から表面処理までの各ラインを有する。1971 年の稼動開始以来（No. 2 酸洗ライン（2PL）、No. 2 タンデム冷間圧延ライン（2TCM）は 1969 年）、約 35 年が経過している。その間の製造プロセス、品種構成、生産量などの変化により、工場内の物流が現在の状況に適したものではなくなっていた。そこで、今回、ハード、ソフト両面から物流改善に取り組んだ。

ハード面の対応としては、No. 3 調質圧延ライン（3TMP）入側ヤードのダウンエンド化（コイルの縦積みへの変更）を行なった。工場の稼動をほとんど休止することなく、ダウンエンド化を行ない、その結果、トリムロスの削減と搬送ネックの解消に成功した。

また、ソフト面の対応としては、バッチ焼鈍（BAF）材

の連続焼鈍（CAL）化を推進した。その結果、コイル置場能力不足の解消、および、リードタイムの短縮に成功した。

以上、2つの対策により、錫鍍金工場の物流改善を達成したので、その内容を報告する。

## 2. 3TMP 入側ヤードのダウンエンド化

### 2.1 従来の物流

錫鍍金工場における焼鈍工程以降のレイアウトを Fig. 2 に示す。南側から、CAL ヤード、BAF ヤード、3TMP 入側ヤード、3TMP ヤード、電気スズめっきライン（ETL）入側ヤードの順に配列されている。錫鍍金工場の各工程のうち、焼鈍工程には BAF 焼鈍と CAL 焼鈍の 2 種類が存在し、それぞれ、BAF ヤード、CAL ヤードで処理される。BAF 焼鈍はコイルを巻いたまま 3~4 段積み重ねて加熱処理を施す方法であり、積み重ねるためにコイルをアップエンドの状態であらう。ここで、アップエンドとは、Fig. 1 中に示したように、コイルを横にした状態のことをいう。反対に、コイルを縦にした状態をダウンエンドという。焼鈍後のコイルはアップエンド用クレーンで搬送される。BAF ヤードから 3TMP 入側ヤードへの移動にはコンベアが用いられ、3TMP 入側ヤードにおいてもアップエンド積み

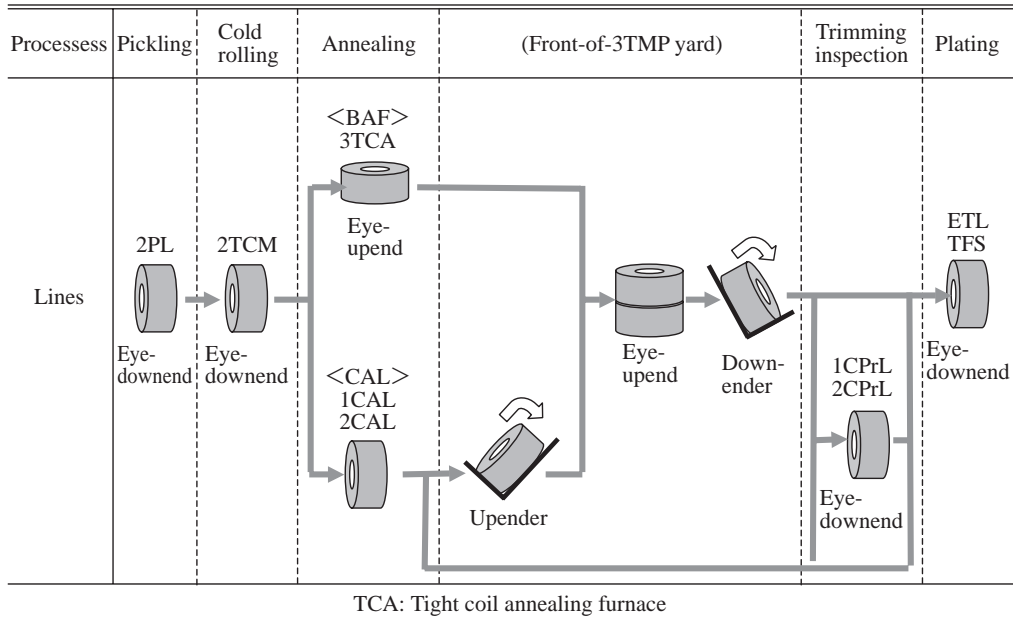


Fig. 1 Manufacturing processes and lines in Tinplate plant

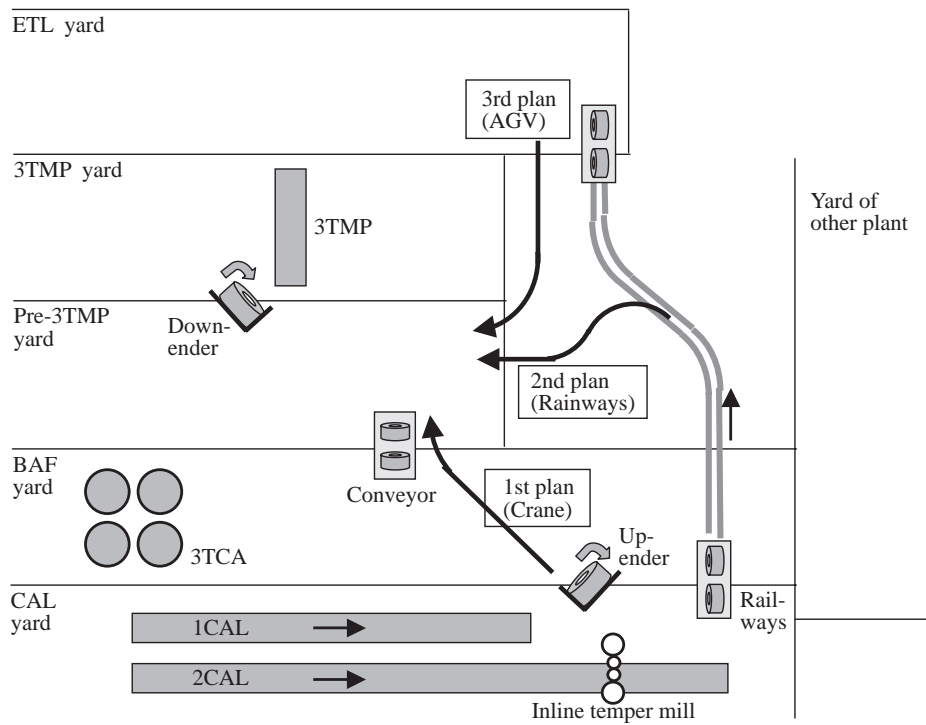


Fig. 2 Layout of tinplate plant

される。その後、調質圧延する際に、3TMP 入側ヤードと 3TMP ヤードとの境界にあるダウンエンダでコイルは縦にされ、そのまま 3TMP に装入される。

一方、連続焼鈍では、コイルはダウンエンドの状態のまま扱われる。連続焼鈍は 1CAL、2CAL の 2 ラインで処理されるが、2CAL のみにインライン調質圧延機が設置されている。インライン調質圧延の実施の有無により、焼鈍後の搬送ルートは 2 種類に分かれる。インライン調質圧延した場合は、3TMP 処理の必要がないため、ダウンエンド状態のまま CAL 台車に積み込まれ、直接 ETL 入側ヤードに

搬入される。一方、CAL でインライン調質圧延を行なわなかったコイル（1CAL 装入材の全量と 2CAL 装入材の一部）は、3TMP 入側ヤードを経由して、3TMP へ送られる。3TMP 入側ヤードは、アップエンド積み専用のコイル置場であるため、CAL 材であってもアップエンドにする必要があった。よって、CAL ヤードと BAF ヤードの境界に設置されたアップエンダで、コイルを寝かして BAF ヤードに移して、その後は BAF 材と同様の搬送方法で 3TMP へ送っていた。

## 2.2 従来の問題点

ここで、従来の物流において生じる問題は、調質圧延前の3TMP入側ヤードが、アップエンド積みであることであった。アップエンド積みは、複数のコイルを積み重ねるため単位面積当たりの置場能力には優れているが、コイルエッジが不揃いな状態でアップエンド積みするとエッジ折れが生じるという欠点がある。エッジ折れを防ぐためには、事前にエッジをトリムする必要がある。事前トリムを酸洗工程で行なっているが、その後の各工程でコイル幅が変動するので、最終工程においてもトリムが必須である。したがって、3TMP入側ヤードがアップエンド積みであるがために、2回のトリム作業を余儀なくされていた。

CAL材では、インライン調質圧延を行なう場合はダウンエンド状態のまま扱われるので、本来は事前エッジトリムは不要である。しかし、ライン負荷に応じてフレキシブルに1・2CALに振り分けられること、また、2CAL材でも種々の理由によりインライン調質圧延できない場合があることから、CAL材であっても事前のエッジトリムは必須であった。

また、BAFヤードにおいては、クレーンの搬送能力に余力がないことも問題であった。西日本製鉄所（福山地区）錫鍍金工場においては、BAFヤードの東側にもラインが設置されている。そのため、大量のコイルがダウンエンド状態で、BAFヤードを縦断する方向に搬送されている。したがって、BAF焼鈍後のコイルが炉から出されるタイミングで、BAFヤードのクレーン搬送能力がボトルネックになることがあった。

このような問題を解決するために、3TMP入側ヤードのダウンエンド化を行なうこととした。

## 2.3 ダウンエンド化の方策

3TMP入側ヤードのダウンエンド化においては、3TMP入側ヤード自体のダウンエンド化工事に加えて、搬送ルートの変更が必要になる。その方策として、Fig. 2中に示した以下の3つの案について検討を行なった。

- 第1案：既設ルートのダウンエンド化
- 第2案：既設CAL台車線の分岐
- 第3案：ルートの新設

第1案では、搬送ルートは現状のままとする。CAL材をCALヤードからBAFヤードに搬入するのに使用していたアップエンダを撤去し、代わりにコンベアを設置する。それにより、コイルをダウンエンド状態のまま、BAFヤードに搬入する。BAFヤードから3TMP入側ヤードへの搬入には、従来、アップエンド状態で搬送していた既設のコンベアをダウンエンド状態で使うことで対応する。一方、BAF材に関しては、ダウンエンド状態にして、3TMP入側ヤードに搬入する必要があるため、BAFヤードと3TMP入側ヤードとの境界に新たにダウンエンダを設置することで対応する。以上、コンベア1機とダウンエンダ1機の設置により、ダウンエンド化が可能となる。

第2案は、既設CAL台車線を途中で分岐する方法である。CAL台車は、従来、CALヤードからETL入側ヤードまでダウンエンド状態で搬送していたが、線路を途中で分岐して、3TMP入側ヤード内へ導入する。それにより、連続焼鈍後に3TMPで調質圧延を行なうコイルについては、ダウンエンド状態のまま、直接3TMP入側ヤードに搬入されるようになる。一方、BAF材については、CALヤードとBAFヤードの境界のアップエンダを可逆化することで対応する。すなわち、従来は、CALヤードからBAFヤードへの一方向のみ搬送が可能であったのに対して、BAFヤードからCALヤードへのダウンエンダとして機能するように改造する。CALヤードへ搬入されたBAF材は、CAL材と同様に、CAL台車により3TMP入側ヤードへ搬送される。

第3案は、ETL入側ヤードと3TMP入側ヤードを結ぶルートを新設する方法である。CAL材のうち3TMPで調質圧延を行なうコイルに関しては、インラインで調質圧延されたコイルと同様に、CALヤードからETL入側ヤードまでCAL台車で搬送した後、ETLヤードから3TMP入側ヤードまで新設ルートでダウンエンド状態のまま搬送する。BAF材については、第2案と同様に、CALヤードとBAFヤードとの境界のアップエンダの可逆化により対応する。

## 2.4 ダウンエンド化の実施内容

3つの案の比較結果をTable 1に示す。ここで、考慮した点は、技術的な問題が小さいこと、および、生産影響が小さいことの2点である。

まず、第1案に関しては、BAFヤードでのトータル

Table 1 Comparison of each plan

	Plan	Problem	Suspension period of the manufacturing lines
1	Reconstruction of the existing route	Capacity of the BAF crane	1 month
2	Divergence of the existing railway route	Lower limit of curvature of rail	—
3	Construction of new (automated guided vehicle AGV) route	None	3 days

搬送量は変わらないが、CAL材がアップエンドからダウンエンドに変更となるため、ダウンエンド用クレーンの搬送ネックが生じることが分かった。さらに、既設の搬送ルートを変えないため、コンペアとダウンエンドの設置工事に必要な期間中（約1ヶ月間）は、搬送が不可能になる。したがって、その間の生産が不可能となる。

次に、第2案に関しては、CAL台車線を分岐させるため、新たに軌道の敷設が必要となる。軌道の敷設と、CAL台車の新たな運行システムの構築が必要なため、大規模な工事が必要となる。また、CAL台車線を分岐させる場合、既存設備を避けて3TMP入側ヤードに引き込む必要がある。このため、分岐線部分の曲率半径を小さくする必要があり、CAL台車の仕様上可能な曲率半径範囲を外れることが分かった。よって、第2案は実現不可能と判断した。

最後に、第3案に関しては、新規にETL入側ヤードから3TMP入側ヤードヘルートを設置する必要がある。しかし、従来のCAL台車のように大掛りなものではなく、無軌道の無人台車を選択することにより、小規模な工事で済むことが分かった。連続焼鈍後のコイルを、ETL入側ヤードへ搬送してから、3TMP入側ヤードに戻すという一見煩雑なルートではあるが、ETL入側ヤードのクレーン能力に十分な余力があること、また、BAFヤードを経由しないため、BAFヤードクレーン搬送能力のネック解消となる点でも優れている。また、ルートを新設するため、工事期間中も既存ルートは使用可能であり、搬送不可能による生産影響は生じない。BAF材については、CALヤードに入れてからCAL材と同じルートで搬送するため、CALヤードとBAFヤードとの境界に設置されたアップエンドを可逆化する工事は必要になるが、ごく簡単な改造に留まるため、生産影響期間はわずか3日間と通常の定期メンテナンスと同程度である。定期メンテナンスの際に工事を実施することで、実質的な生産影響を生じずに工事可能であった。

以上より、技術的な問題が小さく、生産影響も小さい第3案に決定した。

また、3TMP入側ヤード自体の工事に関しては、置台の変更、置場システムの変更、および、ヤード内クレーンの吊具をアップエンド用からダウンエンド用への交換の3項目を実施した。

### 3. バッチ焼鈍材のCAL化

#### 3.1 背景と目的

前述したように、焼鈍工程には、BAFとCALがあるが、BAF材には以下に示す欠点がある。

第1に、BAF材は長時間加熱されるため、テンパーカラーと呼ばれる鋼板表面の変色が生じやすいなどの問題があった。

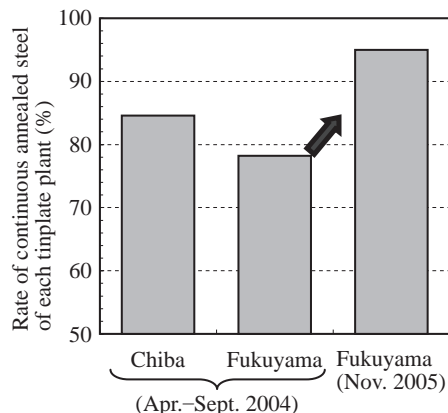


Fig. 3 Rate of continuous annealed steel of each tinplate plant

第2に、BAFではアップエンド積みして処理することから、3TMP入側ヤードのダウンエンド化を実施してもその恩恵に与れないことである。ダウンエンド化によりCAL材では、酸洗ノトリムが可能となったが、BAF材では従来通り2回のトリム作業が必要であった。

第3に、CAL材と比べてリードタイムが極端に長いという問題がある。CALであれば1コイル30min程度で処理が完了するのに対して、BAFでは3~5日間かかる。また、BAFでは事前に洗浄工程を通す必要があること（CALではインラインで洗浄実施）、複数のコイルをまとめて処理するため必要なコイル数が揃うのを待つ必要があることなどにより、CAL材よりも平均リードタイムが約10日間長くなっていた。

以上、3つの欠点があるにもかかわらず、BAF材は一定の比率を占めていた。これまでは、CAL材ではBAF材と同等の材料特性が得られなかったためである。その結果、Fig. 3に示すように、CAL比率は78%と低いレベルに留まっていた。

そこで、今回、物流改善の一環として、CAL比率の向上に取り組んだ。

#### 3.2 CAL化の内容

Table 2に示すように、強度レベル（硬度）に関しては、CAL材においてもBAF材と同等レベルの軟質材を製造可能である。しかし、軟質なCAL材は、BAF材と比較して鋼中炭素量が少ないために、溶接強度に劣るという問題が

Table 2 Manufacturable range

Temper designation	Rockwell hardness	Batch annealed steel	Continuous annealed steel
T-1	49±3	Possible	Possible
T-2	53±3	Possible	Possible
T-3	57±3	Possible	Possible
T-4	61±3	Impossible	Possible
T-5	65±3	Impossible	Possible

あった。そのため、一部の非溶接用途を除いては、軟質材の大半をBAF材が占めていた。

そこで今回、CAL化を推進するために、鋼成分と製造方法の改良を行ない、その結果、溶接缶用途として必要十分な溶接強度を有する新鋼種の開発に成功した。新鋼種の開発により、材質面では、CALでBAF材と同等性能のものを製造できるようになったため、錫鍍金工場のCAL比率は、Fig. 3に示すように、78%から95%へ飛躍的に向上した。CAL材の溶接性や品質の安定性などについて、お客様から高い評価を得ている。今後、錫鍍金工場のオールCAL化に向けて、新鋼種への切替えを進める予定である。

#### 4. 物流改善による効果

3TMP入側ヤードをダウンエンド化したことで、CAL材に関しては、錫鍍金工場内の完全ダウンエンド搬送が可能となった。それにより、一部の薄物材を除き、酸洗工程でのエッジトリムが不要となった。さらに、BAF材のCAL化を進めた結果、アップエンド積みされるコイルはほとんどなくなった。酸洗工程でのエッジトリム省略材の比率は、Fig. 4に示すように、10%から85%に大幅上昇し、その分のトリムロスが解消した。また、CAL材の搬送ルートがBAFヤードを経由しなくなったため、BAFヤードにおけるクレーン搬送能力ネックも解消した。

また、BAF材のCAL化を進めたことにより、リードタイムが短縮された。3TMP入側ヤードのダウンエンド化により当ヤードの置場能力は6000tから2600tに減少したため、当初、置場能力ネックが生じることが懸念されたが、並行してBAF材のCAL化を進めたことで、置場能力ネックは一切生じなかった。BAF材が激減したことで工程計画がシンプルになった結果、調質圧延からめっき工程での作業ロットが拡大し、調質圧延前に滞留するコイルがなくなったことが奏効したと考えられる。また、同様の理由から、CAL前の仕掛在庫も大幅に減少した。それにより、

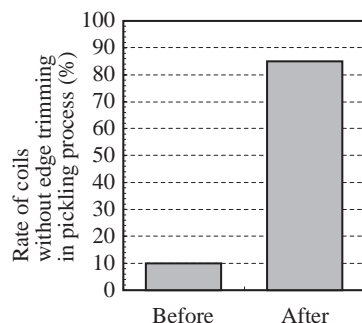


Fig. 4 Rate of coils without edge trimming in pickling process

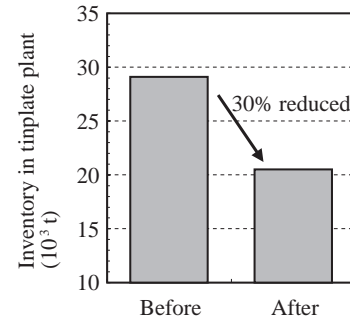


Fig. 5 Inventory in tinplate plant

CAL前のコイル置場を6000tから4700tに縮小することができ、CALヤードのクリーン化（すっきりしたクリーンなヤード）、安全性向上（クレーンからの死角となるエリアの減少）を達成した。以上により、錫鍍金工場内の在庫量は、Fig. 5に示すように、30%減少した。

3TMP入側ヤードのダウンエンド化、および、CAL化推進により、3TMP入側ヤードにおけるコイルの長期滞留がなくなったことで、省エネルギーにも成功した。従来、3TMP入側ヤードでは長期滞留材の錆防止のために常時除湿機を稼動していたが、それが不要になったことによる。

#### 5. おわりに

ハード面の対応として、工場の稼動をほとんど休止することなく、3TMP入側ヤードのダウンエンド化を達成した。また、ソフト面の対応としては、BAF材のCAL化を推進した。稼動以来長期間が経過し、さまざまな制約がある錫鍍金工場において、物流改善を成し遂げ、トリムロス、搬送ネック、工場内仕掛在庫などの諸問題を解決したことは、お客様にとっても、品質、デリバリーなどの面でメリットがあったと考えられる。今後も、時代のニーズに合った工場であり続けるために、改善活動を継続していきたい。



堀田 英輔



保久 光男



川瀬 幸夫