

高炉・製鋼間の貯銑量バランス検証システム

01110035	川崎製鉄(株) *粕谷 博宣	KASUYA Hironobu
	川崎製鉄(株) 草薙 顕	KUSANAGI Akira
01704715	川崎製鉄(株) 山根 明	YAMANE Akira

1. はじめに

当社水島製鉄所では、高生産状態が恒常化する中、今までより一層厳しい品質が要求されており、生産管理の仕組みに様々な軋轢をもたらすようになってきた。その歪みが最も顕著に具現したのが、高炉・製鋼間の溶銑(溶けた銑鉄)需給バランス崩れである。

溶銑需給バランス崩れには、様々な要因があるが、その結果が、月次の出鋼量(製鋼工場の成品重量)未達(計画に対する実績の未達成分)に結びつくと製鉄所の運営に大きな影響を及ぼす。

その背景には、高生産状態に加えて、目標成分が厳しい成分厳格材の増加がある。設備トラブル以外で溶銑需給バランスが崩れるケースでは、高炉・製鋼間にある、Si,P等の成分を事前に調整する溶銑予備処理センター(以下 PTC)が CCR(Capacity Constrained Resource)となっており、需要側である製鋼に溶銑が供給されないという事態が生じていた。

そこで、未然に出鋼未達を防ぐため、PTC を CCR と捉え、精査することにより製鋼命令計画段階で、高炉・製鋼間の貯銑量のバランスの調整作業を支援するためのシステムを開発し、実運用を開始した。その機能と効果を報告する。

2. 設備と溶銑移送プロセス

高炉・製鋼間の溶銑移送フローを図1に示す。高炉で生産される溶銑は、トビードカー(溶銑移送容器)に注がれる。溶銑の入ったトビードカーは、第1,2製鋼工場、電炉工場、鋳銑場のそれぞれに軌道上をディーゼル機関車に牽引されて移送される。それらの大部分は、その途中、溶銑予備処理センター(以下 PTC)で脱 Si,P,S の溶銑予備処理が施される。PTC の処理能力は、溶銑成分、目標成分により大きく影響を受け、溶銑の P,S 成分が高いほど、また、目標成分が低いほど処理能力が低くなる。

第1,2製鋼工場は、それぞれ、主に脱 C,P 処理を施す転炉を、また、最終的な(次工場での)製品サイズに形成するための連続铸造機(以下連铸機)を有している。製鋼工場に到着したトビードカーは、一旦溶銑鍋に移し替えられ(必ずしもトビードカー1台が1つの溶銑鍋に対応しているとは限らない)、チャージ単位(溶銑鍋1杯が1チャージ)に転炉で精錬

され、連铸機で铸込まれる。

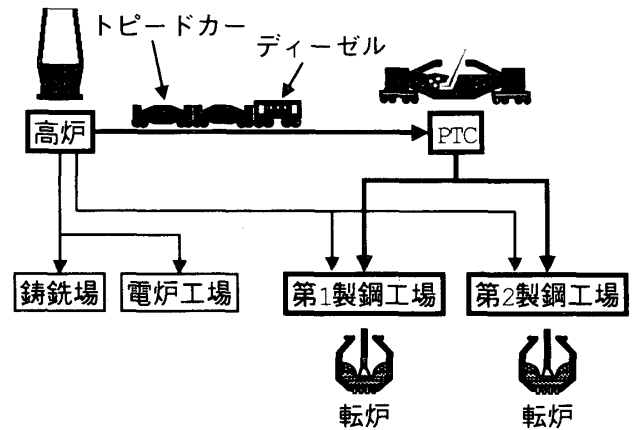


図1 高炉・製鋼間の溶銑移送フロー

3. 出鋼未達の原因と対応策

出鋼未達の原因は以下の3つが挙げられ、それぞれの対応策は以下のとおりである。

(1) 溶銑需給バランス崩れ

PTC 能力を考慮した製鋼命令組を作成することが必要である。その際、高炉・製鋼間の貯銑量のバランス検証を行うが、この作業の問題点と改善策を以降で述べる。

(2) PTC 能力低下

成分厳格材の増加、及び、高炉成分悪化による。対応策として、高炉の脱 Si 能力向上、脱 S 処理負荷の軽減策等を行った。

(3) 設備トラブル

操業、設備部門の設備改善によるトラブル軽減が必要である。

4. 製鋼命令の作成

連铸機で铸込まれるチャージの順番は、次工場での納期とロットサイズにより決定される。これが仮の製鋼スケジュールであるが、最終的な製鋼命令は、命令センターにおいて以下の点について検証を行って調整後、作成される。

① 高炉・製鋼間の貯銑量バランス

② PTC の負荷を考慮した命令の順番

①については、貯銑量はすなわち盈車(溶銑が入っている状態)トビードカー台数を表し、限られた全トビードカー台数のうち、ある一定の盈車台数基

準で操業しないと操業に支障を来たす場合があるために必要な検証項目である。

また、②については、PTC の設備能力を超過しないように製鋼命令を組む際に必要である。

この二項目をバランス検証作業という。

5. バランス検証作業の問題点と改善策

チャージ、トピードカー情報は、コンピュータで管理されているが、その中に、製鋼命令に対する将来のトピードカー台数予測、及び、PTC 負荷予測をシミュレーションによって求める機能(24 時間先まで)が存在する。バランス検証の際には、これらの予測値を参考に製鋼命令を作成する。ところが、この既存システムには以下の問題点があった。

- ① 製鋼工場前の PTC 銑(PTC 処理をかけるもの)の貯銑量の有無を見る指標が無い。(PTC が CCR となっているので PTC 処理後の貯銑量を見る指標が必要である)
- ② PTC 処理目標成分を規格毎に代表値で考慮しているため(本来はチャージ毎に異なる)、また、出銑成分を考慮していないため PTC 負荷予測精度が悪い。
- ③ トピードカー盈車台数予測は、貯銑量をトピードカー平均充填量で割ることにより算出している。しかし、その値が一定値で入力されているためばらつきが大きい。(±2,3 台の差異までに抑える精度が要求される。)

これらの問題を解決するために、以下の対策を施し、バランス検証作業を支援するシステムを再構築した。

- ①貯銑量算出モデルの構築
- ②PTC 銑貯銑量予測機能の追加
- ③それぞれのチャージの PTC 目標成分、出銑成分を考慮した PTC 能力算出
- ④トピードカー平均充填量をシミュレーション開始時に可変

6. 貯銑量算出モデルの構造

バランス検証の際に必要な指標値のうち最も重要なものの 1 つは高炉・製鋼間の合計貯銑量である。これは、盈車トピードカー台数を算出する基の数值である。

高炉・製鋼間の合計貯銑量算出のモデルでは、図 2 に示すように、供給側である高炉から生産された溶銑は連続的に高炉・製鋼間の系内に供給されると考える。一方、需要側である製鋼工場では、転炉、連铸機で処理される溶銑鋼単位で製鋼工場到着時に系外に出るものとする。(バルブに当たる部分が各設備の処理能力を表している)製鋼工場到着時刻は、製鋼命令で予定されている転炉での精錬終了時

刻から移動時間等を逆算し求める。チャージ単位に PTC 以降各設備の処理能力を算出し、ある時間 N 時 ~N+1 時におけるそれらの合計が N 時~N+1 時間の処理能力として求められる。したがって、N 時の高炉・製鋼間の合計貯銑量 $W_{ALL}(N)$ は、式(1)で与えられる。($W_{ALL}(N_0)$ はシミュレーション開始 N_0 時の貯銑量)

$$W_{ALL}(N) = W_{ALL}(N_0) + \int_{N_0}^N \left\{ V_{IN}(t) - \sum_{ch} V_{OUT_ALL_ch}(t) \right\} dt \quad (1)$$

また、同様に PTC・製鋼間の PTC 銑の貯銑量 $W(N)$ は、式(2)で与えられる。($W_{PTC}(N_0)$ はシミュレーション開始 N_0 時の PTC 銑の貯銑量)

$$W_{PTC}(N) = W_{PTC}(N_0) + \int_{N_0}^N \left\{ V_{PTC}(t) - \sum_{ch} V_{OUT_PTC_ch}(t) \right\} dt \quad (2)$$

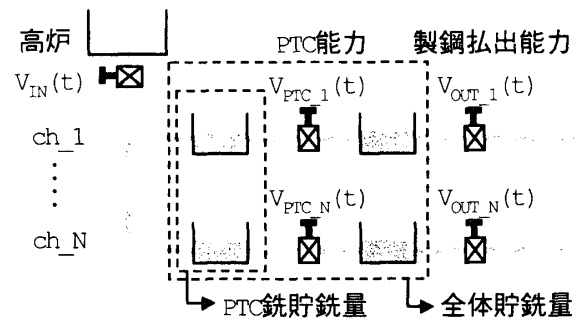


図 2 貯銑量算出モデルの構造

7. 検証結果

本システムを使用して、原料・製鋼間のトピードカー盈車台数予測と実績との差異分布を図 3 に示す。盈車トピードカーの台数予測の差異は、ほぼ ±3 台以内に収めることが出来た。

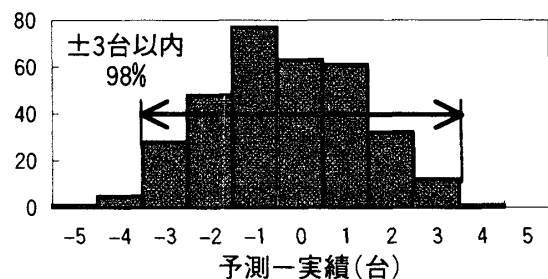


図 3 盈車トピードカー台数差異分布

8. おわりに

本システムは、平成 12 年 12 月末より運用開始となった。これにより、溶銑需給バランス崩れによる出鋼未達量は減少している。

今後、溶銑とチャージの紐付け作業を、トピードカー 1 台毎の離散系シミュレーションで最適解を見つけることにより、更なる精度向上を目指す予定である。