

企業で学んだ OR と現場での適用の難しさ

粕谷 博宣

在学時代にひとしきり OR 手法を学んできたが、企業で業務を遂行するにあたり十分な知識を身につけているという認識が無く、実際に通用するの不安であった。しかし、ものごとのアプローチはほとんどが共通で、手法にとらわれず、問題構造の追求・モデル化が重要であることに気付いた。思い切ったモデル化、それに至るまでの問題のメカニズムの解明、問題点の抽出は、実務の世界では一筋縄でいかない場合もあり、事例を元に体験談を交え実務への OR の適用の難しさについて紹介する。

キーワード：生産管理，モデル化，TOC 理論

1. はじめに

私が社会人として企業で働き出してはや9年目になる。十歳、二十歳、三十歳台と年齢を重ねるごとに月日の流れが急速に速度を増して過ぎてゆくような気がする。また、当然年を追うごとに世の中の利便性とともに入ることのできる情報は多様化する一方、伝達速度も速くなることで、我々にとって情報の双方向のやり取りが格段にレベルアップしたと思う。

そこで、我々は相手に伝えるべき様々な情報に対し、何を取捨選択し、いつ、どのように伝えるかを決定することが非常に重要だと思う。大抵の場合、この情報は口頭で伝えるべきだとか、メール程度で充分だとか、人によってある程度のルールを決めており、意思決定のために多くの時間を費やすことはめったに無いと思う。身近なところでは、このようなところに OR の考え方があがる。

一言でルールと書いたが、そのルールには、人それぞれの考え方、すなわち、意思決定の判断基準（例えば、手紙や電話などの伝達手段）がモデル化されている。我々は、瞬時にこれらを判断・決断し、答えを出している。人は、日常的にこれらの答えを感覚的に出すが、その答えは往々にして、正しいものが多いと思う。身の回りの生活の中で、OR の考え方（広い意味での数学モデル）を知らず知らずの間に、使っていると思う。

2. 業務を進めるにあたっての難しさ

業務ではなかなか感覚論でモノを語ることはできない。感覚的な答えは、いわゆる仮説ともいえると思う。仮説はあくまで仮説であって、時には、間違った答、結果を導く可能性も多々ある。当然であるが、企業の場合、何らかの改善を行う場合、人・設備・お金の制約が大抵の場合絡んでくる。相手に何かをやってもらう場合は、必ず説得と納得してもらうことが必要である。すなわち、仮説を検証し、問題点を明らかにする（データ等の裏付けを取る）ことである。時には、仮説は人の情報から得られる場合もあるが、その場合もやはり、仮説の検証は必要不可欠である。まずは、間違った方向を向かないようにすることが重要である。

実際の現場では、仮説を導き、問題点を浮き彫りにすることが重要で、かつ、難しい点でもある。大抵の場合、常には作業に従事していない事柄を見る機会が多く、自分一人のデータ解析では、その背景などが窺えないことも多く、経験者や有識者の意見が必ず必要となる。特に、現場での情報収集に労を惜しむべきではない。

私がこれまで担当してきた業務は、いわゆる改善業務で、年々目標や制約条件が変わり行く環境の中で、その時代にあった最適性を常に追求してきた。そういう意味では、改善業務には終りが無く、常に新しい問題点があふれ出てくる。また、恒久的な最適性というものはない、というところが歯がゆいところでもあり、面白いところでもある。

以下では、事例を用いて業務を進めるにあたっての難しさ、さらには OR の考え方の適用について述べたい。

かすや ひろのぶ
JFE スチール(株)
〒712-8511 倉敷市水島川崎通1丁目

3. 具体事例について

私が実際に業務で携わった具体的な事例について、背景から問題解決に至るまでの話を流れに沿って説明していきたい。

本件は、本学会 2001 年度の第 8 回企業事例交流会で発表させていただいた事例である。当日はさまざまな業種の企業の発表があり、また、大学との共同研究の成果の発表もあり、活発な意見交換が行われた。共通して言える印象としては、まず一つには、一般用語化するのに大変努力されていることである。また、二つ目には、ツールなどを現場で運用してもらうことに苦勞・努力されているということである。

ここで述べる事例は、「高炉・製鋼間の貯銑量バランス検証システムの開発」で、タイトルを一見しただけではなかなかイメージを掴みにくいと思う。まずは、事象と問題点の明確化、そして解決方法について順を追って説明する。

3.1 操業、設備概要

まず本題に入る前に操業、設備の概要を説明する。

今回の話に関係のある設備は、下記の 3 設備で、舞台は西日本製鉄所 倉敷地区である。

- ・高炉：鉄鉱石を高温で溶かし溶銑（溶けた銑鉄）を作る設備
- ・溶銑予備処理：主に Si（シリコン）、P（リン）、S（サルファー）等の成分の事前調整
- ・転炉：ほぼ最終的な成分の調整

また、設備間（高炉～転炉）の移動については、トビードカーと呼ばれる溶銑移送容器がディーゼル機関車によって牽引され（トビードカー自身は動けない）移動する。高炉で溶銑を受け、必要な場合、溶銑予備処理設備で処理を行い、転炉にて、溶銑鍋へ移し替え、転炉処理を行う。溶銑鍋への移し替えの際には、次工場での納期とロットサイズにより予めスケジュール

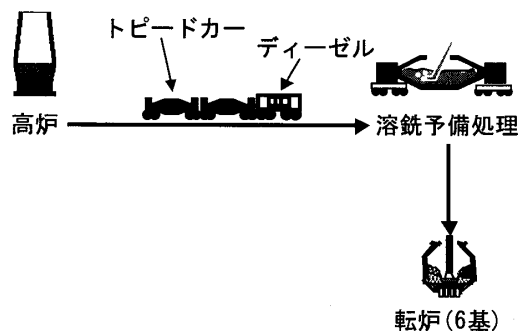


図 1 設備の配置関係とフロー

（時刻、量）が決められている。

3.2 問題点について

このような系の中で、当時（2000 年頃）起こっていた問題の一つが生産量未達である。

年々高需要化と品質厳格化に伴い、設備の生産能力（品量、質ともに）が建設当初の思惑と異なり、生産管理へもさまざまな軋轢をもたらしていた。すなわち、溶銑予備処理設備の負荷が高く、いわゆる TOC 理論で言う CCR（Capacity Constrained Resource）となっており、需要側である転炉に対して溶銑が供給されないか、または溶銑予備処理前にトビードカーが溜まり、そのため高炉で溶銑を受けるトビードカーが不足して、上工程の高炉が停止するという事態が発生していた。すなわち、高炉～転炉間での溶銑量のバランス崩れによって高炉や転炉の減産を引き起こし、月次の生産量計画が達成できないという問題が発生した。ほぼ毎月フル生産の状況下での減産は、販売の機会損失につながることを意味し、時には億円規模の金額損失のみならず、納期遅れによる需要家への信用失墜にもつながりかねない。

3.3 要因解析

そこで、生産量計画の未達の要因調査を行った。調査に当たっては、我々は往々にして QC 七つ道具の一つである『特性要因図』（Fish-bone Chart）を用いている。この手法の利点としては、原因と特性のつながりが一目で判ることである。すなわち、真の原因を掴みやすいことや、さらに深く掘り下げていけば他の特性に同じ原因が挙げられることもあり、その原因の影響度（複数関与性）が見出せることである。定性的な分析手法としては、有効な手段の一つである。

しかし、実際の現場では、問題の規模がさほど大きくない場合、分析を行う際に常に特性要因図を使用しているわけではない。専門的に業務に携わっている人は、問題点から瞬時にその要因構造を頭の中で組み立て、主要因について仮説を創り出している。しかし、私のように常に現場で作業を行っているわけではない立場の者にとっては、現場のプロ（＝作業員）に話を聞くことが一番の問題解決の糸口をつかむ解決策となる。ただし、重要なことは、現場の意見はあくまで一つの情報であり、問題解決とはならない場合もあるということである。情報の裏付け（実データによる検証）と新たに見つかる疑問、プロとの議論を繰り返し、事実の点と点を結びつけることが大切だと思う。今回もそうであったが、実際にものを考える時間や、デー

タの検証よりも、現場との会話に多くの時間を費やした。例えば、同じことを聞いても人によって異なることを言っていたり、具体的な数字の話は出るが、感覚的に整合性が取れないなど、中々鵜呑みすることができないものも少なからずあって、色々な人からの情報収集とデータの裏付けを行った。また、コーヒー等を飲みながらの雑談の中で、話している本人は気付いていないが、ふとしたことで有益な情報が飛び出してくることもあった。仕事のつながりは人とのつながりであり、このパイプを通して情報を入手でき、それゆえ人とのコミュニケーションは非常に大切だということである。これは、自分のいる会社に限らず、どの業種でも情報収集には苦勞されており、時間をかける価値がある場合が多々あると思われる。

上記のようにして得られた情報群とその検証結果により、生産量計画の未達は、溶銑予備処理の能力低下(不足)による溶銑バランス崩れによるものであるという図式が導き出された。そのメカニズムを簡単に書くと以下ようになる。

成分厳格材を集中的に溶銑予備処理設備で処理する場合、溶銑予備処理での能力が低下し、不要な成分をより多く除くため通常材に比べて処理時間が多く必要である。すなわち、ボトルネックプロセスとなり、その直前に溶銑の入った満車のトピードカーが増加する。一方、供給側である高炉の払い出し、需要側である転炉での払い出しは、溶銑予備処理と比べ相対的に多くなるため、溶銑の入っていない空車トピードカーが減少する。時間が経つにつれ、高炉で受ける空車がなくなり、最悪の場合は、高炉操業を停止したり、転炉への溶銑予備処理後の溶銑供給が行えなかったりして、減産につながることになる。

3.4 対応策

上記のような空車トピードカー不足状態を回避するためには、一つには、溶銑予備処理の負荷のかかる成分厳格材処理の事前に満車を減らす(すなわち空車を確保する)ことであり、二つ目には、溶銑予備処理の負荷を考慮(負荷分散)した転炉の装入順スケジュールを立案することが必要になる。しかし、現場では、転炉操業スケジュールに基づいた満・空車トピードカー台数をシミュレーションする機能があり、これを活用していた。それにも拘らず、溶銑バランス崩れが発生するのは、以下のような問題点からであった。

- ・溶銑予備処理後の溶銑量を見る指標が無い
- ・トピードカー台数の予測精度が悪い(高炉成分を

考慮していない(=処理時間に影響)、また、トピードカー台数の算出は、系内溶銑量合計を常に平均充填量(一定値)で計算)

詳細は割愛するが、実務の世界で要求されるトピード台数誤差としては、少なくとも $\pm 10\%$ 以内程度に収める精度が必要となる。ところが、従来のやり方では、上記の問題点もあり、平均して $\pm 10\%$ 台、特に、溶銑予備処理の負荷が高いときなどには、 $\pm 20\%$ 近くの差異が発生しており、現場では、誰もがシミュレーション結果を信用せずに、増加・減少といった傾向を掴む程度でしかなかったのが実情であった。

そこで、上記の問題を解消するために、バランス検証作業を支援するシステムの再構築を行った。

3.5 モデル化

モデル化に際して、重要なポイントは、

- ① 供給側である高炉から払い出される溶銑は連続的
- ② 一方、それを受け、系内を移動するトピードカーは離散的

である点で、連続的なモデルと離散的なモデルが入れ交じっている系に対し、いかに現実問題を損なわずにダイナミックなモデル化を行うかにある。要点は、トピードカー台数の推移予測をすることであり、もしその結果、溶銑バランスが成り立たない場合、転炉スケジュールを組替えることである。一見、トピードカー一台毎を動かすような離散系のシミュレーションが有効に見える(実際に、検討に携わったほとんどの関係者が離散系シミュレーションの有効性を訴えた)が、詳細な影響調査を行うとそうでもないことが判明した。

結果的には、溶銑のインプットとアウトプットについては、連続系とみなし、トピードカー台数の算出モデルとしては、系内の貯銑量を最新の平均充填量で割り戻し、算出する方法を採用した。この背景には、主に、トピードカー一台当たりの充填量データを調査した結果、非常にばらつきが大きく(しかも規則性が無い)、一台あたりの充填量を決定することに意味が無く、精度も保障されないという調査結果が元となっている。トピードカーの充填量がばらつく原因は、主としては、耐火物の磨耗状態にある。すなわち、トピードカーは、鉄の外壁の内側に耐火物(レンガ)を施工しているが、時間と共に磨耗し、充填量も大きくなるといったメカニズムである。これも実際のデータの検証、および、有識者へのヒヤリングより得られた結果である。

また、溶銑予備処理での処理時間の精度向上のために（高炉成分は一日の間に变化する。また、溶銑予備処理時間は高炉成分によって变化し、トピードカー台数の算出に影響する）、最新の高炉成分を反映させることで、シミュレーション精度の向上を図った（その他にも色々改善点はあったが、上記が決定的な精度向上のキーとなった）。

具体的なツールとしては、マイクロソフト社のエクセルVBAを用い、汎用性のあるシミュレータの開発により、また、その他、モデル化に際して、さまざまな工夫を施した結果、現実問題を損なわないモデル化の実現、開発期間の短縮化、コストの最小限化、メンテナンスの手軽さを企てることができた。

特に、企業では、資源（設備、人、コスト）が限られており、コストに対するアウトプット（回収率）をいかに出すかが肝要となる。また、実際の現場で起きている事象の仔細をそのまま再現できないケースがほとんどである。今回のように、一見実際の動きを忠実にモデル化できるように見える離散型モデルよりも、連続型モデルに簡略化した方が、実務の世界ではより実態に近いモデル化となっていることから、モデル化の難しさや、重要性が窺える。

3.6 開発

開発時に重要なことは、最終的に現場で使ってもらえるような仕組みにすることである。そのためには、作業性の良さと効果の実現が必要となる。当たり前の事であるが、システムを使って良いこと（今回の場合は精度あるバランス検証ができること）がなければ誰も使ってもらえない。やはり、現場での具体的な作業を自ら把握し、現場と一体となり開発することが重要となる。また、おそらくどの企業でも悩んでいると思うが、従来の作業に慣れ親しんでいる作業者に新たな作業を行ってもらうことは難しく、相当なパワーが必

要である。そのために、有効性の検証を試運用等でを行い、データを示すことで作業員全員に理解してもらう必要がある。

4. 最後に

自分自身の経験から言うと、社会人として働き出した当初は、大学で学んだORはごく一部のものとの認識であった。数理計画法、確率論、配置問題、待ち行列、スケジューリング理論、ファジィ…等々、在学時代にひとかじりした分野は複数あるものの、他にも目に触れたこともないようなOR分野がたくさんあったため、自分の知らない世界が山ほどあると思い、こんな知識でもって企業で通用するの不安であった。しかし、実際に業務に携わってみると、今まで学んだ一つひとつの手法そのものはほとんど使う機会がなかった。言い替えば、それぞれの手法そのものよりも、その手法を使うに至るまでのアプローチが、全てにおいて共通であるということである。すなわち、さまざまな問題に対するアプローチは、業種に関係なく共通で、手段こそ異なるとはいえども、目指すゴールは同じであり、これらの一連の流れ、考え方そのものがORであることによく気付いた。この答えにたどり着くのにだいぶ時間を要したが、今後も、問題解決の手段ではなく、考え方そのものをもっと重要視し、時には、今までにない視点からの考え方ができるような日々精進していきたいと考えている。

参考文献

- [1] 粕谷博宣,「高炉・製鋼間の貯銑量バランス検証システム」,『日本オペレーションズ・リサーチ学会 2001年秋期研究発表会アブストラクト集』, pp. 26-27, 2001.
- [2] QC手法開発部会,『管理者・スタッフの新QC七つ道具』, 1979.