

中小製造業における DBR(ドラム・バッファ・ロープ)の実践

松田英一

【論文の要旨】

ゴールドラット博士の著書である「ザ・ゴール」が昨年ようやく日本でも出版されて、発行後、半年で35万部というベストセラーになった。TOC(制約条件の理論)の認知度が日本でも高まっている。

TOCでは「現在から将来にわたって、お金を儲け続ける」という企業目的を掲げて、その目的を達成するための合理的な生産スケジューリング理論(DBR(ドラム・バッファ・ロープ))、業績評価方法と思考プロセスを展開している。

「ザ・ゴール」の売れ行きに対してTOCの導入企業は日本ではまだまだ少ないように思える。特に中小製造業における導入事例はあまり目にしない。日本の中小製造業の経営者は新しいマネジメント手法を試してみる余裕を持たないのだろうか？ 筆者は資源を持たない中小製造業こそがこの手法の恩恵を受けるものであると確信している。すべてのプロセスを最適にするのではなく制約に焦点を絞るという考え方は、最小限の投入資源で(最短距離で)最大限の儲けにつなげることができる手法であるからである。

筆者はいくつかの中小製造業でTOCのDBR(ドラム・バッファ・ロープ)を試してみた。その結果、1週間~1ヶ月ほどで仕掛り品の激減と生産性の向上を実現することができた。この結果にあらためて驚くとともに、一方で必ずしも理論どおりに進めなくても良く非常に簡単に行うことができるのに気付くことができた。

本論文は中小製造業に対するTOCのDBR(ドラム・バッファ・ロープ)の推進手順、留意点と実施事例を以下の順番で紹介する。

1. 中小製造業に対する TOC 実践の利点
 - (1) 中小製造業をめぐる環境
 - (2) TOC による支援
2. DBR(ドラム・バッファ・ロープ)の推進手順と留意点
 - (1) ステップ1: システムの制約を識別する
 - (2) ステップ2: 制約を最大限に活用する
 - (3) ステップ3: 制約以外の活動をすべて制約に従属させる
 - (4) ステップ4: 制約の能力を高める
 - (5) ステップ5: 制約が解消されたらステップ1に戻る
3. DBR(ドラム・バッファ・ロープ)実践事例
 - (1) A工場の概要
 - (2) 現状イメージと将来イメージ
 - (3) システムの制約と能力分析
 - (4) DBR(ドラム・バッファ・ロープ)の実践
 - (5) 今後のとりくみ
4. おわりに

1. 中小製造業に対する TOC 手法による支援

(1) 中小製造業をめぐる環境

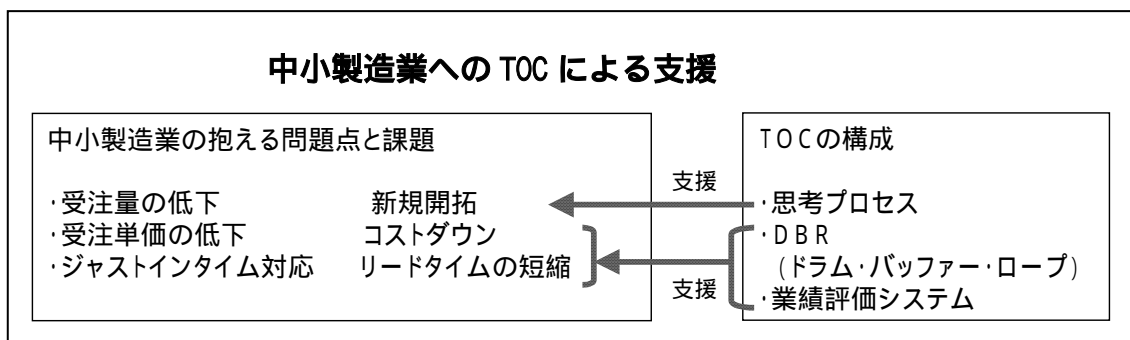
中小製造業をめぐる環境はとても厳しいものがある。生産拠点の中国シフトにより国内市場が縮小している。そして、小さくなってしまった需要を多くの企業が獲り合っている。供給過多なので受注価格が下がっている。やっとの思いで受注がとれても採算が合いにくい。いずれは中国価格が世界標準になるであろう。賃率が日本の 20 分の 1 ともいわれる中国価格に届くまで顧客によるコストダウンの要求が続くことになる。そして、変化の激しい時代である。欠品と過剰在庫が紙一重である。従い納期面においてはジャストインタイムが要求される。そしてこれらのコストダウンやジャストインタイム要求に対応できない企業（品質面は大前提である）は退場を余儀なくされている。すなわち顧客による調達先の絞り込みが行われている。最終的には今までの半分も残らないのではないかと思う。

(2) TOC による支援

TOC がカバーする範囲は広い。上記の中小製造業をめぐる問題点を解決するためのツールが揃っている。今日、多くの企業で制約は生産にではなく市場にある。多くの企業は造れないからでなく売れないから悩んでいる。このような企業にはマーケティングに応用することができる思考プロセスが使える。一方で、少数の企業に受注が集中しており造れなくて悩んでいる企業もある。これらの企業や、製造業の永遠の課題であるコストダウンやジャストインタイムに対しては DBR（ドラム・バッファ・ロープ）による生産スケジュールが有効である。制約に注目し、真に儲かる製品ミックスを明解に指南し、制約以外のプロセスを制約に同期化することにより著しくリードタイムの短縮に寄与する。そして、従来の業績評価では儲からない間違った意思決定を行ってしまう場合があるので新しい業績評価システムであるスループット会計を提唱している。

TOC アプローチは工場が手余りか手不足かを考えることからスタートする。手余りであればスループット（限界利益と同義）を確保できる程度に値下げをし、思考プロセスを適用し受注を増やす。手不足ならば DBR（ドラム・バッファ・ロープ）を使って制約を管理することによりスループットを増やす。

このように TOC アプローチの範囲は広いが、この論文では DBR（ドラム・バッファ・ロープ）に焦点を絞って論ずる。



2. DBR（ドラム・バッファ・ロープ）の推進手順と留意点

(1) ステップ1：システムの制約を識別する

制約を管理してスループットを最大化する DBR（ドラム・バッファ・ロープ）の活動はシステムの制約を識別することから始める。システムとは通常、顧客から受注して顧客に製品を提供するまでのプロセスの集まりと捉える。ある特定のチェーン（たとえば検査プロセスだけで行うなど）だけに適用しても効果があるが全体最適をめざす TOC としてはあまりお勧めはできない。

DBR（ドラム・バッファ・ロープ）の活動を適用する場合の制約とは通常、需要に対してキャパシティが不足しているプロセスをいう。しかしながら、需要がキャパシティより少ない場合でも最もキャパシティに余裕のないプロセスを制約と見立てて DBR（ドラム・バッファ・ロープ）を適用することもできる。（ただし従業員の配置転換など工夫しない限り手余りが増えるだけでスループットは増えない）さて、システムの制約を識別するのは簡単である。工場のベテラン作業員や監督者の何人かに以下の質問をしてまわることでほぼ正しく制約がどれなのかわかる。

- ・「ネック工程はどれですか？」
- ・「どの部品が遅れて問題になりますか？」
- ・「どの工程に残業が多いですか？」
- ・「どの工程の前に待ちの山がありますか？」

実践本意と考えれば、この情報を元に制約を特定してもかまわない。特に確かめる必要も無い。次のステップ2に進んでも良い。万が一間違っても、ステップ3においてたちまち正しい制約が現れてくる。このステップであれこれ詳細データを分析して悩んでも貴重な時間の浪費である。しかし、予測をデータで裏付けたいという場合には以下の帳票を使うと良い。この程度ならば簡単な調査でわかるし、改善効果を見るうえにおいては現状をベンチマークしておくことも必要であろう。「需要に対して実績が少ない」「作業待ち仕掛品が多い」「残業が多い」の3つの揃った工程は制約である可能性が高い。工場内を最も良く知っている人がこれらの制約候補工程の中から制約を決めて（仮定して）ステップ2に進めば良い。

工程別データ（制約識別用）

工程	日あたり需要	正味能力(理論値)	日あたり実績	作業待ち仕掛品	残業実績	制約候補
1						
2						
3						
4						
5						
6						

(2) ステップ2：制約を最大限に活用する

制約工程とはいえ多くの場合は他の工程と同じように遊んでしまう時間がある。まず、いわゆる「改善」の前に簡単な方法で制約工程の本来持っている能力を使い切れないかを検討する。制約工程に対して以下の質問を試みよう。

- ・「就業時間なのに止まっていることはありますか？（それはなぜ？）」
- ・「単純に他の工程から人を応援に入れて生産量を上げることができますか？」
- ・「売れない在庫を造っていませんか？」
- ・「他の工程でできる作業が入っていませんか？」

以上を対応するだけで制約が簡単に解消してしまうことがある。この場合、ステップ3に進むまでもない。ステップ1に戻り次なる制約を見つけることになる。

このステップでは、詳しい分析や改善は行わない。簡単に対応できることだけを行い、なお制約が解消しないのを確かめたらすぐにステップ3に進む。

(3) ステップ3：制約以外の活動をすべて制約に従属させる

制約工程の造る速さは売れる速さをめざす。制約工程の生産指示は需要（又は出荷情報）に連動させて行う。制約工程の処理時間を確保するために需要をロットにまとめる必要がある。しかし大きなロットになりすぎると当該ロット製品の在庫は余分にできて当該ロット以外の製品が不足することになる。制約工程における段取りロスを最小にするために、製品のロット数を需要と段取り替えの実力より以下の式にて決める方法を提案する。

$$\text{製品Aのロット数} = \frac{(\text{制約工程における}) \text{製品品種数} \times \text{製品Aの日あたり需要数}}{(\text{日あたり稼働可能時間} - (\text{日あたり需要個数} \times \text{1個あたり処理時間})) / \text{1回あたり段取り時間}}$$

生産順序は原則的には納期のきつい順に決める。しかし段取りロスが生産順序によって異なる場合、顧客との納期調整を積極的に行う。顧客によっては指定納期に余裕を持たせている場合もあり、一言相談するだけで段取りロスの少ない工程組みができることがある。能力オーバーで納期調整もできない場合は制約工程通過時間あたりスループットの大きな製品から優先的に造る。

そして、上記のように決めた制約工程の生産スケジュールに他の工程を同期させる。これにより仕掛り品の山を見事に減らすことができる。同期させるには以下の方法がある。

- ・制約工程前にバッファを置いて使った分だけ補充するルールをつくる。この後工程引取りシステムを投入工程までつくる。又は、投入工程において制約工程と同じ速さで投入を行う。（とりあえず後者が簡単で早い）
- ・制約工程から後工程は溜めずに完成品になるまですみやかに作業を行う。

後工程引取りは箱、台車やパレットなどを利用して容易にできる。バッファを置く場所は制約工程前（タイムバッファ）、制約工程後（スペースバッファ＝原則、空である）、最終製品／仕掛品／原材料（戦略的な在庫バッファ）とし、バッファの量は生産の実力（ロットの大きさ）によって異なる。最初はムリのない程度にし生産に支障をきたさない範囲で少しずつ減らしていけば良い。制約工程前のタイムバッファ置き場へのライン引きと品名・定量表示は後工程引取りルールを守りやすくする上で必須である。

制約工程の速さで流すと非制約工程の手待ちが顕在化する。このステップにおいてはまず従業員の教育が必要である。どうしても従業員は手待ちをいやがる。仕事をしたくてうずうずしているが、制約以上の仕事はムダを増やすだけであることを良く理解させる。需要に対して制約工程のキャパシティが足りている場合は、手待ちを集めて（作業分担やレイアウト変更などで）活人化を積極的に行う。制約工程の作業員は休むことを許されないが、この工程が会社の利益を確保する上で最も大切な工程であることを自覚させる。

（４）ステップ４：制約の能力を高める

制約工程に対して集中改善を行う。改善は従来からある改善手法のどれを使っても良い。集中改善は以下の順番に行う。

- 1．キャパシティの中のロスを（不良、故障、調整、段取り、チョコ停、人によるバラつきなどがある）調査分析して優先付けの上、「なぜ」を繰り返してロスの原因を特定し作業改善、レイアウト改善や治工具改善して原因を取り除く。
- 2．キャパシティを高める（人を訓練するか新規雇用して制約工程の人を増やす。設備改善又は設備購入を行う。）

人の採用や設備改善及び購入を安易に選択しがちであるが、これがすぐに行われてしまうと、企業として本来、ごくわずかな費用や、まったく追加費用なしで能力を取り戻すことのできたキャパシティに、余分なお金を投じてしまうことになりかねない。制約が本当に24時間付加価値をアウトプットし続けているのか？本当にまったくロスが無いのかを突き詰めることが肝要である。

（５）ステップ５：制約が解消されたらステップ１に戻る

DBR（ドラム・バッファ・ロープ）による改善は1回限りの改善ではない。制約工程の能力を高めていくと、あるいは需要の変化によって別の何かが制約になることがある。それは特定の工程が障害を引き起こすようになることより気付く。その場合、ステップ1に戻ってこれまで述べてきた5段階継続的改善ステップを繰り返すのである。そしていずれは（近い将来に）制約が市場にできることになる。そうしたら思考プロセスを利用してマーケティング活動にマネジメントの焦点を移すのである。

3. DBR (ドラム・バッファ・ローブ) 実践事例

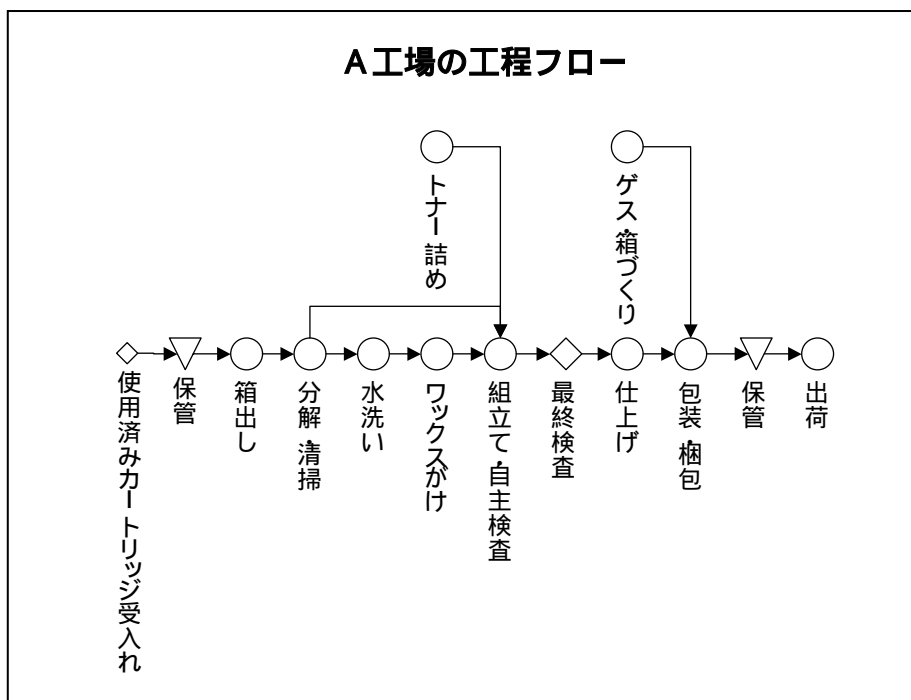
(1) A工場の概要

A工場はプリンタ用トナーカートリッジのリサイクルをしている創立4年めの小さな工場である。顧客より使用済みのトナーカートリッジを受入れて分解、清掃、必要な部品交換、組立と検査を行って出荷している。この不況下にあって需要は増える一方であり、顧客の要求は「生產品種と量の増加」であった。

週2回、顧客より機種別にオーダーが入り納期3日で受注生産をしている。生産管理システムと呼べるものはなく、受注内容に応じて監督者が臨機応変な指示(明確なルールはない)を出して人が手空きにならないように作業を割り振っていた。

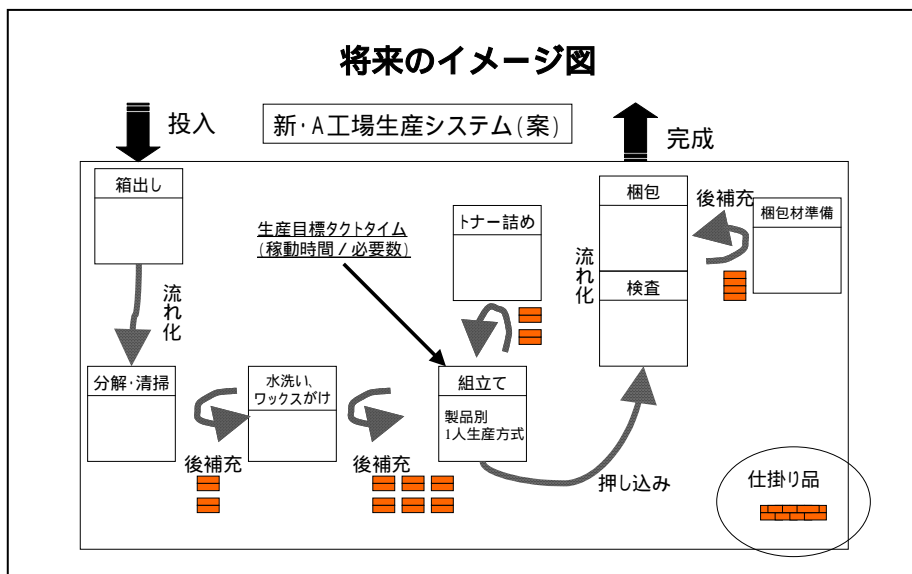
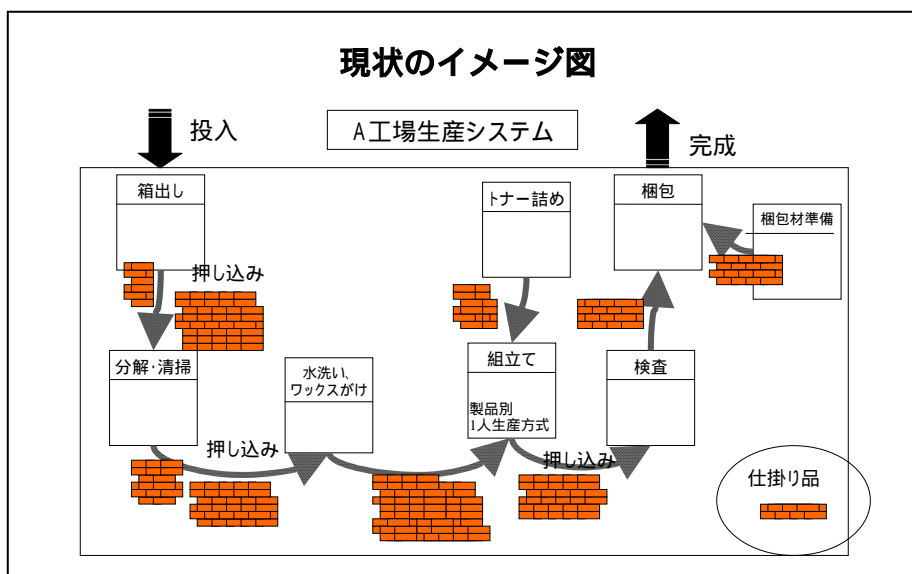
工場内の各工程間に仕掛り品の山ができる一方で受注をこなすのに四苦八苦しており週2回の出荷に備えて出荷前日には組立作業員(誰もが認める制約工程)が夜遅く(徹夜に近い日もある)まで残業を行うのが常であった。出荷日にはトラックを待たせてぎりぎりまで火事場のような騒ぎを行って要求数量を荷積みしていた。この不況下にあってうらやましいとも言えるが、この状態は確かに異常であり、品質面においては今のところ良い評価を受けているものの、このような状態が続けばそのうちとんでもないポカをやらかすような不安も感じさせた。工場の誰もが「人手不足とスペース不足」を感じており、人の新規採用と工場増設を真剣に検討していた。

A工場では11機種をリサイクル生産している。機種により若干工程が異なるがおおむね下図のような工程フローである。コンベア・ラインは採用しておらず、基本的には各工程とも自己完結型の作業方式であり、機種ミックスとしてはおおむね平準化している。自動送りのある機械は使用していない。



(2) 現状イメージと将来イメージ

筆者はA工場の幹部に対してDBR手法の紹介をし、制約である組立工程の能力以上に製品をバラしてもスペースがなくなりムダを増やすだけであることを理解してもらおうと試みた。しかし、「部品が足りなくなってしまう」「人の効率がわるくなってしまう」「人を増やさない限り事態は良くなるならない」などと言って聞き流されるだけであった。そこで、わかってもらうためには、口で説明するだけでなくビジュアル的に伝える必要性を感じ以下のイメージ図を作成した。これにより、現状は各工程とも明確なルールがなく他の工程とは無関係に作業を行うために仕掛け品の山ができることや、将来のめざす姿である制約（組立工程）に同期した生産システムのイメージを伝えることができた。さらに漠然とした不安感を拭い去るために「いきなり理想を求めずムリなく進めていくこと」や「仕事しやすくなること」を強調した。（実際に仕事しやすくなり、生産性も品質も向上した。）



(3) システムの制約と能力分析

システムの制約は組立工程であった。A工場は能力があれば、さらに生産量を増やして欲しい旨を顧客から要望されているので、市場制約はあてはまらない。そこで社内に制約があることになる。制約は工場中の誰に聞いても組立工程であるという認識であり、当時組立工程だけ残業を日あたり平均約 27 時間 (9 人×3.5 時間) していることから制約であることが明白であった。従い制約を確かめるための調査は必要無かった。

制約を確かめるための調査の必要性は無いが、需要に対する保有能力の過不足の把握と、将来必要になる工程設計時の基礎データの必要性により、機種ごと工程ごとに正味の必要時間をストップウォッチで計測してもらった。作業日報にて実際出来高の調査も行ったが、A工場では多くの場合、流動的に作業を行い、作業員が1日同じ工程をずっと担当することは稀なためにあまり参考にならなかった。

需要、正味必要能力と現状保有能力

日あたり需要(本)

機種名	A	B	C	D	E	F	G	H	i	J	K
箱出し	33.3	74.7	50.0	6.7	16.7	13.3	26.7	6.7	13.3	6.7	40.0
分解・清掃	33.3	74.7	50.0	6.7			26.7	6.7	13.3	6.7	40.0
シール貼り	33.3						26.7	6.7	13.3		40.0
ゴムローラ磨き	33.3	74.7	50.0	6.7							
トナー詰め	33.3	74.7	50.0	6.7	16.7	13.3	26.7	6.7	13.3	6.7	40.0
加工		74.7									
組立	33.3	74.7	50.0	6.7	16.7	13.3					
梱包	33.3	74.7	50.0	6.7	16.7	13.3	26.7	6.7	13.3	6.7	40.0
合計	33.3	74.7	50.0	6.7	16.7	13.3	26.7	6.7	13.3	6.7	40.0

正味時間(分)

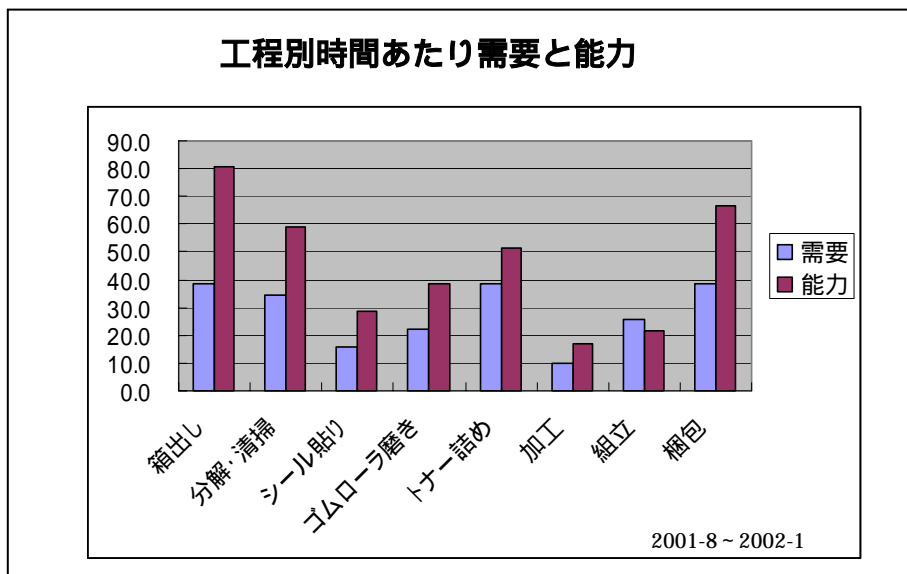
機種名	A	B	C	D	E	F	G	H	i	J	K
箱出し	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
分解・清掃	3.3	4.8	6.0	4.3			0.5	2.7	2.7	5.5	0.9
シール貼り	2.7						1.3	2.3	1.7		1.2
ゴムローラ磨き	1.2	2.2	1.9	1.4							
トナー詰め	1.7	1.1	0.9	1.0	0.9	0.9	0.7	2.0	2.4	2.4	2.0
加工		1.4									
組立	10.5	21.0	25.0	21.0	29.0	58.0					
梱包	3.5	3.7	4.0	3.4	2.0	2.0	3.7	4.3	4.5	4.5	1.9
合計	23.6	34.9	38.5	31.8	32.6	61.6	6.9	12.0	12.0	13.1	6.7

日あたり正味必要時間と現状保有能力(分)

機種名	A	B	C	D	E	F	G	H	i	J	K	合計	作業人数	保有工数
箱出し	23.3	52.3	35.0	4.7	11.7	9.3	18.7	4.7	9.3	4.7	40.0	213.7	1.3	585
分解・清掃	109.9	358.6	300.0	28.8	0.0	0.0	13.4	18.1	35.9	36.9	40.0	941.5	3.2	1440
シール貼り	89.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	34.7	15.4	22.6	0.0	40.0	202.6	1	450
ゴムローラ磨き	40.0	164.3	95.0	9.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		308.7	1.2	540
トナー詰め	56.6	82.2	45.0	6.7	15.0	12.0	18.7	13.4	31.9	16.1	40.0	337.6	1	450
加工	0.0	104.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		104.6	0.8	360
組立	349.7	1568.7	1250.0	140.7	484.3	771.4	0.0	0.0	0.0	0.0		4564.8	9	4050
梱包	116.6	276.4	200.0	22.8	33.4	26.6	98.8	28.8	59.9	30.2	40.0	933.3	3.5	1575
合計	785.9	2607.0	1925.0	213.1	544.4	819.3	184.2	80.4	159.6	87.8	200.0	7606.7	21.0	9450

2002-1

上表より、需要数より算出した正味必要能力の合計 7607 分/日に対して保有能力の合計が 9450 分/日あるのでトータルとして人員は十分足りているということになる。また、組立工程が需要に対して日あたり工数が 500 分強不足しており制約であることをあらためて確認できた。次ページに工程別の需要と能力を時間あたり本数に換算しグラフ化したものを示す。



(4) DBR (ドラム・バッファ・ロープ) の実践

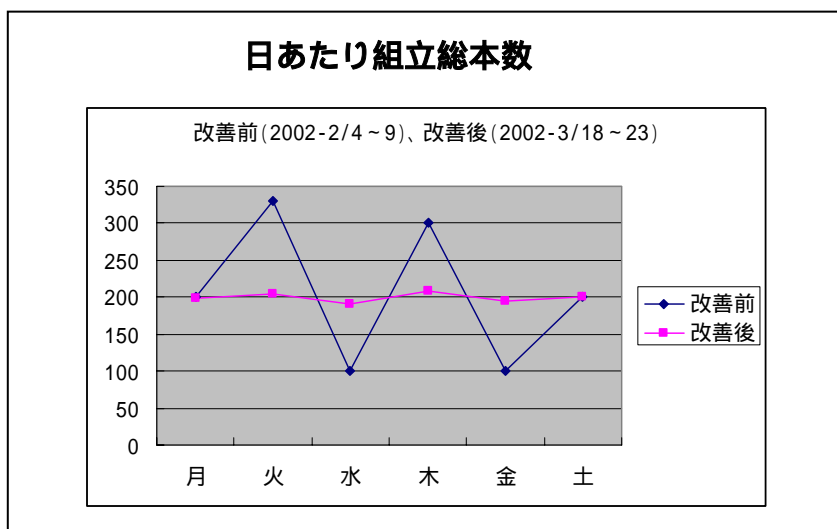
制約を最大限に活用する

上記分析より人が不足していると思われ残業が続いている実態に対して、組立工程以外は理論上においては需要に対して人が多すぎるくらいであることがわかった。それだけロスがあるということである。では、何から手をつけたら良いのだろうか？「制約である組立工程を最大限に活用する」である。そこで、下表のような観点から組立工程を確認して、とりあえず簡単にできる対策から行った。

確認事項	現状	対策
就業時間なのに停止していないか	出荷日の午前中はほとんど停止している	需要に対して平準化して組立工程に生産目標を与える
他の工程から応援できないか	スキルを要する作業なので訓練しない限りムリ	とりあえず手はつけない
売れない在庫を造っていないか	受注生産である	_____
他の工程でできる作業をしていないか	トナー詰めや倉庫作業をしていることがある	加工担当がトナー詰めを行うなど組立作業員は組立以外の作業をしない

まず、出荷日の午前中はほとんど停まっていることがわかった。これは、受注内容が決まってから（出荷日の午前中に情報が入る）使用済みカートリッジの分解・清掃にとりかかっているからである。実際には受注内容は半日も停めて確定を待たねばならないほど平準化していないわけではなかった。また、出荷前日に残業を遅くまで行うために出荷日に一息ついてしまう傾向もあった。そこで、需要を元に製品ごとに時間あたりの生産目標を組立工程に与えて今まで断続的だった組立工程を止めずに動き続けるようにした。次に、組立工程の作業員ができるだけ作業台から離れないようにゆっくりでも良いから停まらずに組立作業をしてもらうように作業再配分を行った。トナー詰めなど他の人でもできることを行うのはもったいないということを理解してもらい他工程の協力を要請し実施した。

このたった2つの簡単な改善で残業時間が改善前と比較して約1/10に減った。また、従業員からも「作業にリズムができて仕事がしやすくなった」の評価を受けた。



制約以外の活動をすべて制約に従属させる

前ステップと、ほぼ同時に「制約以外の活動をすべて従属させる」ステップを行った。いきなり全製品を行うのではなく、従業員が入りやすいように最初に最も数量の多いB製品についてのみ実施した。その効果(仕掛品の激減)を確認後、全製品に展開した。

投入工程である箱出しを組立工程のタイミングに合わせるため製品別時間あたり投入本数を設定しホワイトボードにて管理を行った。同時に組立前にタイムバッファを設置して組立工程を守るとともに、バッファを越える作業はしないようにルール決めした。バッファ量は前工程に停止要因がないため、現状の仕掛り量(8H~17H:多すぎる)より少なく仮決めした。また、制約以外の工程で手余りが顕在化したので作業配分を見直した。

投入管理

箱出し予定と実績

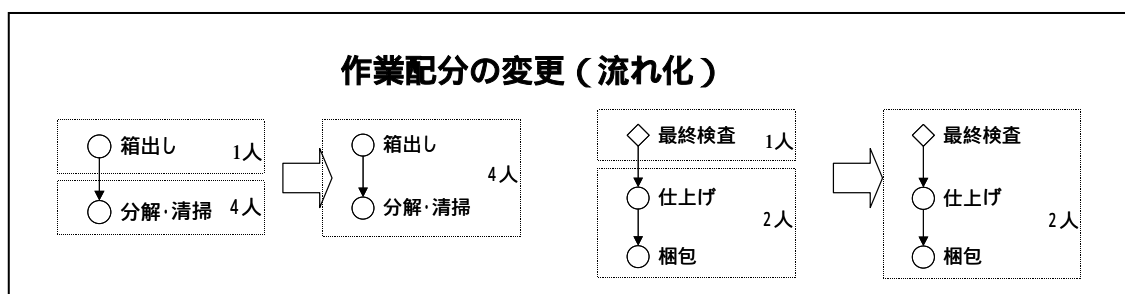
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
8:30~9:30	4	10	7	1	2	2	3	0	2	1	5
9:30~10:40	5	9	7	1	2	1	4	1	1	1	5
10:40~11:40	4	10	7	1	3	2	3	1	1	1	4
11:40~13:20	5	10	7	1	2	1	4	1	2	0	5
.....											

タイムバッファの量

製品、トナー

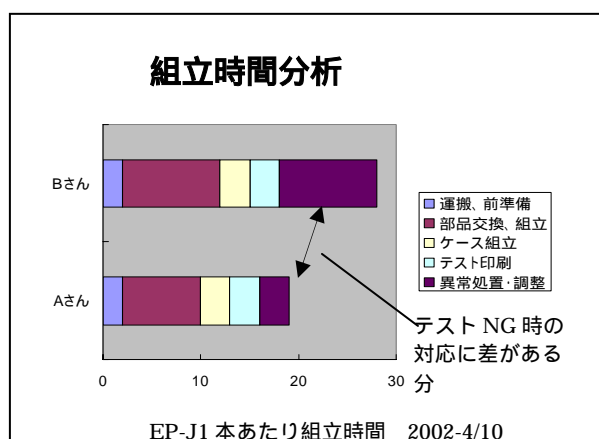
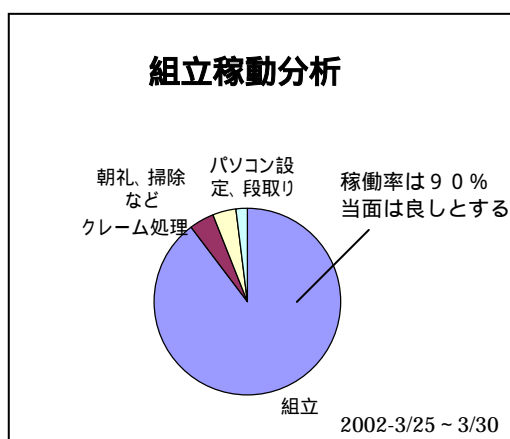
A	B	C	D	E	F
25	30	35	5	15	10

5時間分(残業対応分含む)
+ 部品取り分



制約条件の能力を高める

制約条件の能力を高めるために、作業日報を記入してもらい非稼働分析を行うと対象製品については稼働状況としては予想以上に良くなっていることがわかった。しかし、もう少し注意深く作業日報を調べると担当者ごとの時間あたり組立本数にかなりの差（最大約30%）が見られた。たくさんできる人とそうでない人とはどこに差があるのだろうか？ サンプルングで時間分析をしてみるとストレートに組み立てる時間には大差なく、異常発生時（テストNG）における対応時間にバラつきが大きかった。従い、異常対応事例集を作成、教育しバラつきを少なくする改善を行った。



(5) 今後のとりくみ

DBRを始めて2週間で、仕掛品の低減（全体で約1/5）と残業の低減（1/10）、そして2ヶ月後には1人時間あたり本数の向上と、付随的な効果として品質も向上している。A社は、もっと機種と量を増やして欲しい旨顧客から要望されていることから、制約条件の能力を更に上げることが必要である。これまでの分析結果よりテストNGを出さないための「交換部品の見極め」に改善の余地があることから、同標準化や専任化などを進めていく。組立工程以外の工程の後補充や流れ化も未完成なので順次トライしていく。

4. おわりに

DBR（ドラム・バッファ・ロープ）の基本原則を使えば、簡単な計画作成とコントロール（事例のような単純な工程なら現物管理で良い）のための生産システムが作れる。事例として紹介した工場のような症状は多かれ少なかれどんな企業でもあてはまることである。そして、資源を持たない中小製造業では何より改善のスピードが求められる。現実性を重視しながらも驚くような効果が得られるDBRを理解して実践することができれば、競合する他の企業に対してアドバンテージになる。工程の時間分析は実際には制約工程だけ行えば良いことを補足しておく。あとの工程は細かな分析は必要ない。製造工程においては色々なロスが目につくが、制約以外については優先度が低いのでとりあえず、あえて手をつけないうこと、また、簡単にできることから順番に行うのがポイントである。