

通商産業省産業政策局長賞

フリーフローライン運用時のバランスングと

ヒューマンファクター

株式会社 日本能率協会コンサルティング

宗 裕二

宗 裕二（そう ゆうじ）

昭和32年生まれ、中央大学理工学部管理工学科卒。昭和57年、中央大学理工学部管理工学科技術員を経て、(株)日本能率協会コンサルティング入社。現在第三技術生産本部・コンサルタント

現住所：東京都世田谷区上祖師谷1-28-5

（論者からの一言）

このような賞をいただき、たいへん光栄に思います。わかりやすいアウトプットと重点主義を心がけ、実益と直結したコンサルティング活動を目指しております。今回の受賞をはじめとし、少しでも皆様のお役に立てるよう、より一層の努力を致したいと思います。ありがとうございました。



（論文要旨）

近年は品種の増加により、多品種少量化すると共に、商品のライフサイクルも短くなり、モデルチェンジが頻繁に行なわれている。こうした時代の趨勢に対応すべくより凡用性の高い、あるいはロボット導入の先駆者として、最近ではフリーフローラインを導入し運用する工場が増加している。しかしフリーフローラインの特性上、その生産者は「人」によって支配される部分があまりにも大きく、従来のコンペアーシステムと比較してもかえって生産性ダウンとなってしまった例をしばしば耳にする。又、アルバイトやパート等の正社員と比較して、色々な面で同等に扱えない人材の投入といった問題も交錯し、より一層、フリーフローラインの運用を困難にすると共に、そこに表われている現象も複雑化、多様化している。本論文では、「人」の側面にスポットを当てながらフリーフローラインの生産性向上活動を試みた3週間の期間で得られたことをまとめたものである。この生産性向上活動によって、約60%であった生産性を、113%にまで、引き上げることに成功した。

(生産部会)

フリーフローライン運用時のバランスシングと ヒューマンファクター

株式会社 日本能率協会コンサルティング

宗 裕二

1. 問題の背景とニーズ

生産性を支配している原点は人である。こうした事実は誰もが知っており、生産性向上の為の永遠のテーマであり、その掌握は最もむずかしいであろう。近年の日本を取り巻く経済環境はアジアN I E Sの台頭、円高などにより大変きびしいものとなっており、製造業ではより一層の生産性向上が急務となっている。生産性向上のカギを握る「人」の問題を今までとは別の切り口で取りあげねばならない時期が来ているのではないだろうか。

生産性向上の手段として、少品種多量化、流れ作業の導入は、必要不可欠であると言われている。しかし近年では品種の増加により、多品種少量化すると共に、商品のライフサイクルも短くなり、モデルチェンジが頻繁に行なわれている。多品種少量生産を強いられる中で、生産性向上へのアプローチは、標準化、単純化、専門化に加え、システム化(systematization)、ソフトウェア化(soft warization)、並びにファッション化(fashionization)、フィードバック化(feed back)、フレキシヴィル化(flexibilization)、ファイン化(finization)の要因貢献が大きいことが上げられている。こうした時代の趨勢に対応すべく、より凡用性の高い、あるいはロボット導入の先がけとして、最近ではフリーフローラインと導入、運用する工場が増加している。ところが、生産性向上の為の一手段として導入した筈のフリーフローラインであったにもかかわらず、フリーフローライン導入以前の旧システム(ベルトコンベアあるいはパレットコンベア等)の生産性と比較すると、明らかにフリーフローラインの方が低くなったという話を耳にする。これは、フリーフローラインの特性上、「人」の問題が顕著に現われる為にその運用が以外と難しく、不充分であることが原因と思われる。次工程への送りを、ボタン操作によって行なうことから、そのピッチタイム

は、各工程の作業者に委ねられていると言っても過言ではないであろう。各工程の作業に関しても、標準作業や標準作業域、標準バッファーをどのようにするかといった問題が存在する。しかもこうした問題はみな、フリーフローならではの特徴を有しているのである。更に、機種切り替え時の速やかな立ち上げや、多能工の育成といった問題も山積みされている。又、最近では、アルバイトやパート等正社員と比較して、色々な面で同等に扱えない人材の投入といった問題も交錯し、より一層、フリーフローラインの運用を困難にすると共に、そこに表われている現象も複雑化、多様化している。

以上のように、「人」の問題を抜きにして、フリーフローコンペアーシステムの運用を考えることは不可能であろう。本論文では、こうした複雑な問題をかかえ生産性が向上しないとされていた、ある検査ラインをモデルラインとして取り上げ、オーソドックスな方向からの切り口により生産性向上を計ろうとした過程における「人」の問題に焦点を当て、生産性向上活動の短い期間の事例とまとめたものである。

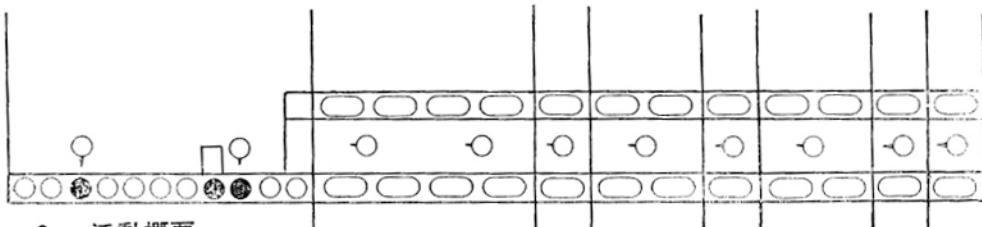
2. モデルライン概要

本論文で取り上げたフリーフローラインは、大手の某電気メーカーで実際に運用されているラインの中で、数機種の情報端末機器の組立一検査用として稼働しているものである。このラインには全部で36のステーションがあり、前半9ステーションが組立用に、後半27ステーションが検査用に費やされている。今回、生産性向上の対象としたのは、このうち後半の検査用部分である。このラインには、A, B, C, Dと4種の機種が流れしており、各機種によりその作業内容も作業量もまちまちである。更に同じ機種であっても、アメリカ向け、イギリス向け、フランス向けといった、輸出先の違いによっても、作業内容や、作業量に違いが認められる。したがって、用意されているステーションが全て使用されている訳ではなく、機種によって使用されるステーションも変動するし、その配置人員も変動する。後半の検査用部分（以下検査ラインと呼ぶ）で行なわれている作業は、出荷前の最終的な検査作業で、中には多少のマシンタイムを含む検査作業もあり、複数台持ちをしている工程もある。検査ラインの最終工程である出荷準備工程で、製品の荷姿がセットされ、梱包工程へ送られて出荷されることになる。この検査ラインに配置されている人員は全部で12人（内リーダー1人）であり、この12人を1人の第一線監督者が指導監督に当たっている。前述の通り、機種によって作業内容、作業量が変化するので、各機種ごとに工程編成を変え、配置

人員変更や、多少のレイアウト変更が行なわれている。

ライン上を流れている製品の大きさは4機種とも50cm×50cm×30cmほどの大きさであり、20kgほどの重さがあり、360°自由に回転する専用パレットに乗せられている。各作業者は、自分の前に流れてきた製品に対して、パレットを必要に応じて回転しながら作業し、作業が完了すると、送りボタンを押して次工程へ送るシステムになっている。ピッチタイムに相当する1工程当りの作業時間は、実績で約3分であるが、各工程ごと、輸出先ごとでかなりのバラツキがあるのが実状である。

検査ラインなので、不良が発見される場合がしばしば起こる。不良を発見した作業者は、各工程に取りつけられているランプを点滅させ、監督者又はリーダーを呼んで指示を受けるルールになっている。又、不良発生以外でも、作業者自身では判断しかねる事態がおこった場合にも、同様の処置が取られる。各ステーションで使用される部品類は、コンピュータ制御により各工程へ自動的に配膳される仕組になっているが、検査用コードや、記録用紙等、リサイクルに使用される一部の部品、治具に関しては、監督者又はリーダーが、必要になった都度に配膳している。機種Aの時の人員配置と使用ステーションの略図を以下に示す。



3. 活動概要

3-1 メソッド改善

現状分析によって現在の製造方式に内在している部分的なムダを顕在化し、とり除くという分析的改善アプローチではなく、現状の作業方法にとらわれることなく、その工程における理想的な状態を設計し、次第に現実的な作業方法に変形していくという、設計的改善アプローチによる作業改善が有効である。この検査ラインに対しても設計的改善アプローチにより、各工程での理想的な作業方法を立案する事からスタートしている。

製造の現場では、設備故障や、不良発生といったトラブル及び、作業者ごとのペースの違いによって、その作業方法も作業時間も刻々と変化している。こうしたナマデータをも理想的に純化し、理論的かつ工学的に作業を設計していくのである。こうして設計された作業方法は第一線監督者のマネジメント力により、作業者の意識改革を

図りながら、各工程に適用される。設計された方法は理想的な姿であるので、その通りに実行することが困難な時もある。しかし困難だからといって設計した方法を簡単にくずしてしまったのでは意味がない。困難ながらも極力理想に近い形でいかにして作業者に実行させるかが、第一線監督者のマネジメント力である。

3-2 パフォーマンス管理

設計的改善アプローチによって、その作業方法は整備され、監督者のマネジメント力によって理想的な作業方法が推持されることになった。しかし、どの程度のレベルで推持されているのか、又、どの程度のレベルが理想的なのかはこのままでは不明で、管理されていないことになる。そこで標準時間と実績時間の比率をパフォーマンス値(%)として管理し、作業者のプロとしての目標値である120%を目指した生産性向上活動を、前述同様第一線監督者のマネジメント力を通して行っていく必要がある。

$$\text{パフォーマンス値(%)} = \frac{\text{(単位標準時間} \times \text{数量)} \text{ の合計}}{\text{(作業単位ごとの実際時間) の合計}}$$

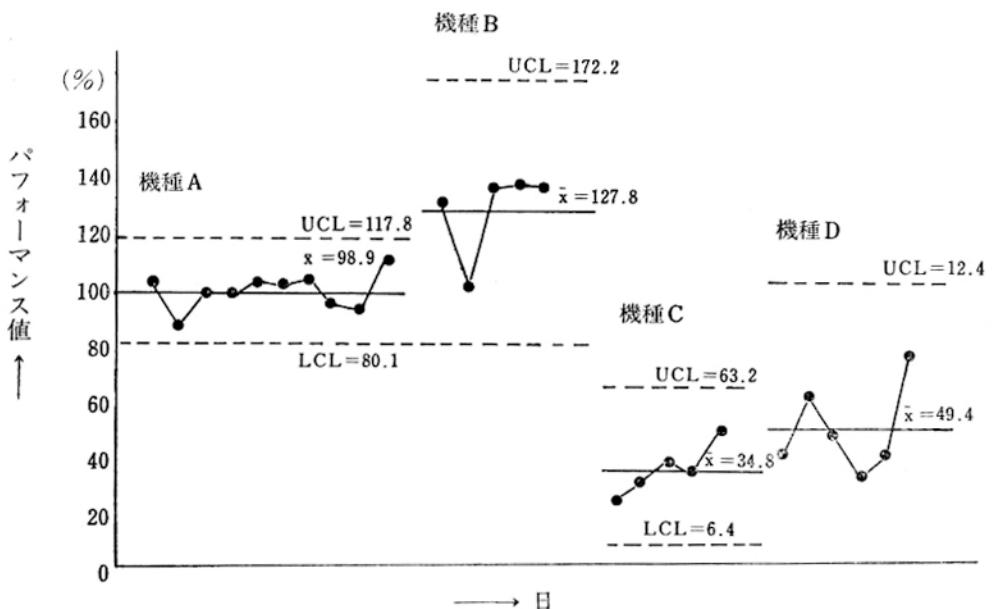
パフォーマンス管理のベースとなっている標準時間は、PTS法によって決められるので、いわば世界的標準の時間値であると言ってよい。このような統一した尺度をもって評価することにより、各ライン間はもとより部門間をも公平に比較することが出来る。

4. パフォーマンス向上活動中におけるラインバランスングとヒューマンファクター

4-1 モデルライン生産性の現状と対象機種の絞り込み

生産性向上活動の対象としたラインでは、前述の通り4種類の機種が流れている。その4機種に関して、その生産性の指標であるパフォーマンス値を日毎に算出し、プロットしたものが次図である。

各機種で常に同数が流れているわけではなく、又A B C Dの順に流れているわけでもない。プロットしたグラフは単なる折れ線グラフではなく、各機種ごとの比較が出来るよう \bar{x} 管理図として表わしている。したがって、グラフ中の実線部分は中心線（各機種ごとの平均値）で、破線は、 3σ 管理限界線（中心線より標準偏差の±3倍の位置に相当する線）を表わしている。対象としたモデルライン全体のパフォーマンス



値は、これら機種別のパフォーマンス値の総合指標として表われていることになる。この機種別のグラフ及び原データから次のことを読み取った。

- (1) 現時点までの生産量は、機種Aが多い。したがって、この2機種の生産性の良否が、ライン全体の生産性の良し悪しに大きくひびいている。
- (2) 各機種の生産性を比較すると、生産性の低い機種はC, Dで、Cが一番低い。
- (3) 機種Dは、生産性も低く、更にバラツキも大きく、不安定な状態であり問題である。

また、今後の生産計画情報等も加味し、以下の事項が得られた。

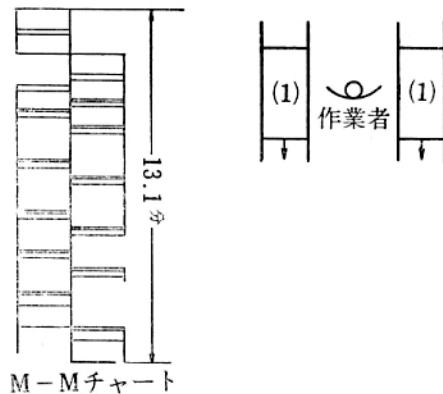
- (1) 生産計画上は、機種C, 機種Dがこれからの主流になりそうである。
- (2) 機種Dは、生産基地を他に移すことが検討されていて、おそらくこのラインでは近い将来流さなくなる。

以上の情報より、対象ラインの生産性を向上させる為には、機種Cの生産性を向上させる事が急務であることがわかる。実際の活動場面でも、重点を絞った取り組みは必要であるし、絞り込む対象がはずれていたのでは、せっかく向上活動を行なっても、全体の生産性向上に与える寄与率は低いことになってしまう。

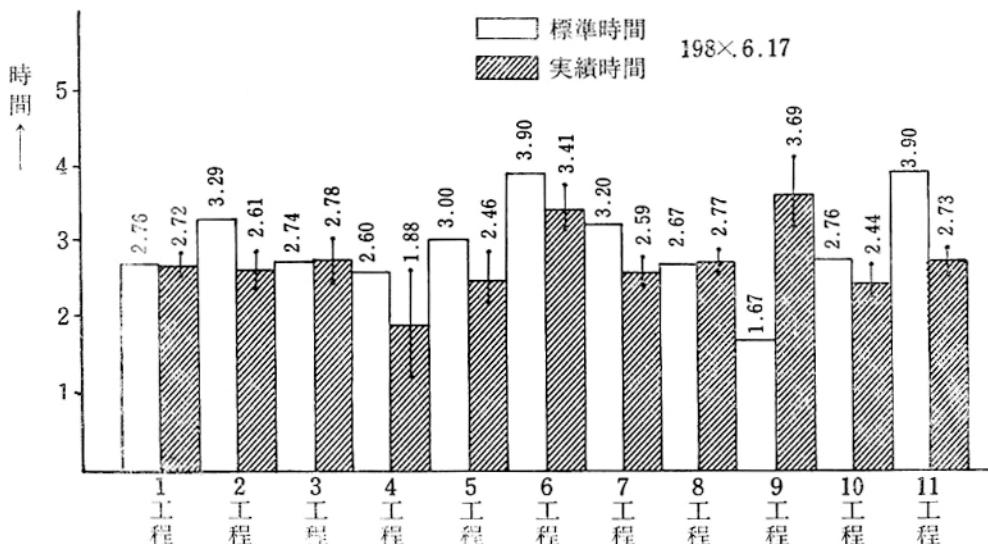
4-2 基幹／調整作業の区分

対象とした機種の生産性を向上させる為の手段を具体的にする為、まずライン上で

行なわれるべき作業を把握することから始まる。ライン上での作業内容と作業量は、他機種であっても類似した内容であり、代表機種の作業量と内容を把握すれば、他機種に関しては、要易につかむことが出来る可能性も充分にある。



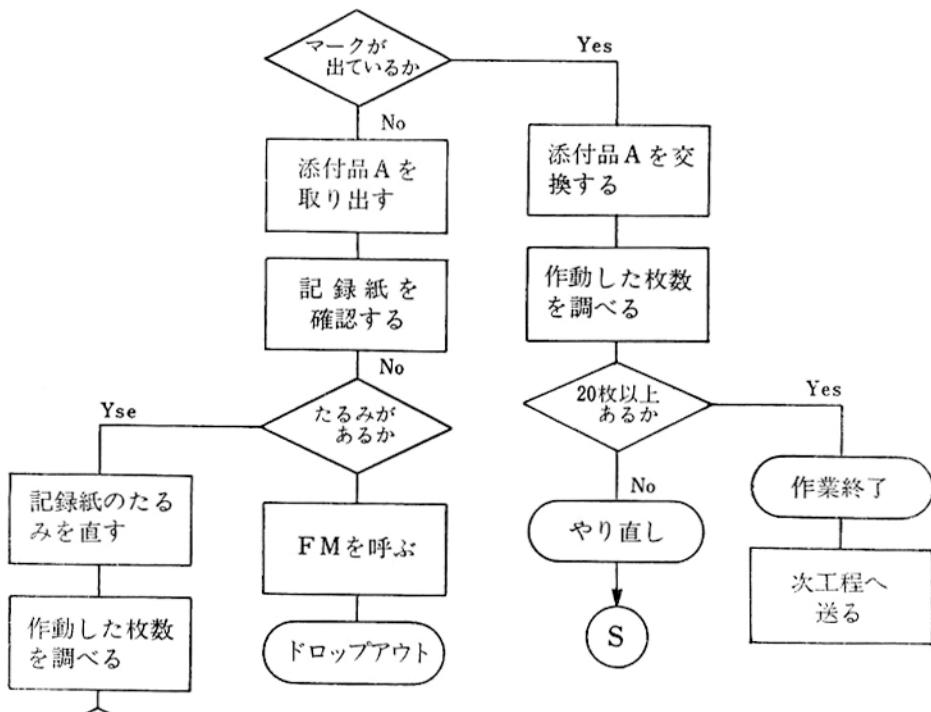
代表として選んだ機種Cの手順書と標準時間資料より、ライン全体の作業量をM—Mチャートに書き表わした。上図はその一部分である。このM—Mチャートを書く目的は、あくまでライン全体の作業量を把握することであるから、多台持ちの可能性が充分にある工程であっても、現状を書くことにとどめている。把握する作業の単位もあまり細かすぎず、手扱い作業なのか、マシンタイムなのか、検査時間なのかの区分が出来れば良い。又このM—Mチャートをもとに標準時間と実績時間の比較を工程ごとに行なったピッチャグラムが下図である。このグラフから、各工程のバランスが



取れていないことが良くわかる。実績時間だけを見ていたのでは、作業者によるペースの違いや、調整作業の発生による時間遅れがあったりして、各工程での負荷量の違いは、はっきりと目に見える形では出でこない。こうした各工程での作業量のつみ上げを行なっていく過程で、基幹となる作業と、調整の為の作業とを明確に分離し、基本的には基幹作業のみのつみ上げを行ない、調整作業は、その発生によって、どれほどの時間変動があるのかを把握した。

4-3 基幹／調整作業マスターバランシング

以上の結果をもとにして、基幹部分のみでまずバランスを行ない、その後調整作業の負荷を順次追加する方法により、各工程へ全作業の割り付けを行なった。調整作業は、多くの経験をもつ、ベテラン作業者でなければ、判断できないような事項が多く存在している。しかし、現実は、ベテラン作業者の数は少なく、作業者の約半数近くは、パートタイマーである。更に、他ラインの生産状況との関係で、人員編成も流動的である。又、製品の仕様変更等もくり返されており、ベテラン作業者の育成が大変に困難になってきているのが現状であろう。そこで、調整作業に関しては判断の為のフローを用意して、適用することとした。下図はその一部である。



フローに記載されていない事項が発生して始めて、作業者はリーダー又は監督者の指示をあおぐこととなる。又、不良発生による調整作業も発生頻度の高いもののみ限定してライン上の作業として残し、他は原則としてラインアウトすることとした。不良に関しては、その原因を追求し、二度と不良が発生しないような対策をとって源流管理を確実に行なうことが重要であるが、その原因が確実に外注にある場合や、不良現象が複雑で対策までに時間がかかる場合等もある。現場ではこうしている間でも、確実に不良が発生し、ラインの生産性に影響しているのであるから、手直しの方法も検討しておかなければならぬ。ラインアウトした不良品に対する手直しは、手直し専門のグループにまかせることとし、今回は活動の対象外にした。

4-4 標準作業、標準バッファーの明示

各工程における標準作業は、基幹／調整作業のマスターバランシングによって明確になっているが、明確になったことと、作業者が実行する事とは別問題である。作業者に対して標準作業を明示し、守らせなければならない。作業者への明示も長々とした文章で書いたり、理解しにくいものであったりしたのでは、明示にならない。そこで、パフォーマンス向上ルールとして下記の要領に従ってA4の大きさに作成し、各工程へ掲示した。

- (1) 作業者ごとに書く
- (2) 具体的な行動を書く
- (3) ポイントだけを書く
- (4) 誰が見てもわかりやすく書く
- (5) 大きな文字で書き、図、絵を活用する

パフォーマンス向上ルール

リーダー ルール

1. パトライトが点灯したら10秒以内に駆け付ける。
2. 2分以上のトラブル対応はラインの外で行う。
3. 作業のフォローはネック工程のみとする。
4. 呼ばれなくても済むように必要備品は用意する。

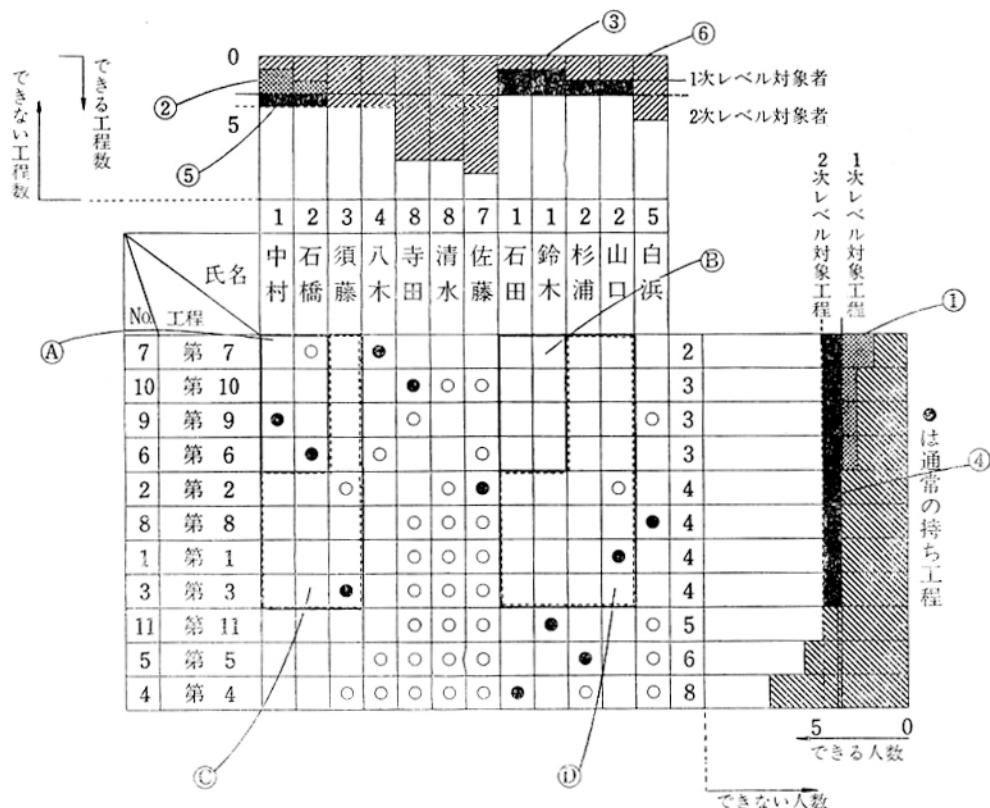
I E

(6) 作業者の目前に掲示する

作業者だけではなく、リーダーに対してもこうしたルールを作成した。特にリーダーに関しては、各作業者の模範となるよう、向上ルールの厳守を徹底した。各作業者に対してはなるべく文章はさけ、図示するように心掛けた。前記はリーダールールとして掲示したもののが一つである。又、こうしたルールも、ただ掲示しただけでは何の効果もない。このパフォーマンス向上ルールを道具として使用し、第一線監督者が作業者に対して語りかけ、マネジメントしていくことが重要なのである。

4-5 標準の維持とヒューマンファクター

冒頭で述べた様に、流動的な配置人員や、パートタイマーの増加、あるいは製品のライフサイクルの短縮化によって、各作業者のスキルの低下が目立っている。標準作業の維持も、前述のパフォーマンス向上ルールの明示と指導だけでは不充分であると思われる。そこで、多能工、の育成が是非とも必要となってくる。しかも、より効果的、かつスピーディーな育成を計らなければ、製品のライフサイクルの短縮化には追いつくことができない。そこで、各作業者のスキルの棚卸しを行ない、より効果的な



教育訓練を行なう為の多能工育成スキル表を作成し、ラインの生産性向上活動と同時に運用した。

このスキル表は作業者に対して大変に受けが良く、スキルの低い作業者が進んで訓練を希望する場面がしばしば見られた。このスキル表の本来のねらいは、作業者のスキル低下や、新人の投入があった場合でも、ラインの生産性を低下させる事なく、運用できるように準備することにある。

5. 成 果

重点を絞り込み、「人」の側面にスポットを当てながら、フリーフローラインの生産性向上を計ってきた。活動期間は、ほんの3週間ほどであったにもかかわらず、下図のように、生産性の向上に大きな成果が得られた。これは、重点を絞り込み、他には一切かまわなかったことと、実際の活動場面では、「人」の側面にスポットを当てつづけ、人質の向上を計ることに心がけた事が成果に結びついたと思われる。又、人質向上に対して主も重要な役割をはたしているのは、やはり第一線監督者であり、ここに掲げてきたいいくつかの方法論や図表のたぐいはみな、監督者が作業者へ語りかけ、指導する為の道具にすぎないと思われる。そうした意味からも、フリーフローラインの運用には、第一線監督者の強力な指導体制が是非とも必要である。

