

特集 設備・工程設計へのTIE思想の反映*

Reflection of "TIE" to Process Design

高野建一郎

Kenichirou TAKANO

Continuous productivity improvement is indispensable in increasing cost competitiveness in the manufacturing industry. The technique, which improves productivity is called the "TIE" and we are promoting the activity in DENSO.

"TIE" has been developed throughout all the DENSO companies since the need to incorporate the concept into process design has been increasing of late. The concept is summarized in this thesis.

Key words : Total Industrial Engineering (TIE), Process design

1. はじめに

1.1 事業のグローバル化

1980年代より日本の自動車業界は高度経済成長の波にのり、国内需要、輸出とも急速に伸ばし、世界有数の自動車王国にまで発展した。その中で、当社はトヨタ自動車(株)をはじめとする自動車メーカーに対し品質、性能の面で高い評価を受け拡販し、順調に業績を高めてきた。

1990年代にはいと、事業のグローバル化、世界市場への進出が大きく加速されてきた。その中で、当社も得意先ニーズに対応し、世界各国で本格的な一貫生産を展開してきている。

現在では、海外市場の売上が全売上の40%を占め(Fig. 1)海外製造拠点は50拠点を超えるに至っている。

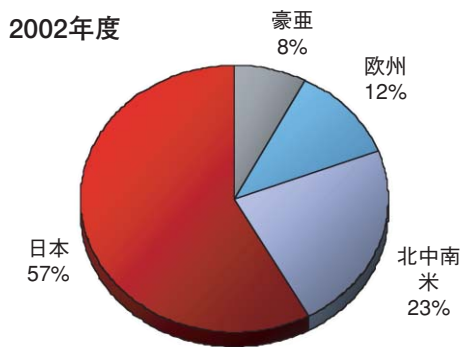


Fig. 1 Sales graph

更に、アセアンにおけるトヨタ自動車のIMV (International Multi-purpose Vehicle) 投入、中国におけるトヨタ自動車と中国第一汽車集団公司との提携関係樹立など、アジア・中国地域への海外事業拡大がますます加速する傾向にある。

1.2 自動車業界における部品メーカーへの要求

また、世界の自動車メーカーをとりまく部品調達の仕組みにも変化が現れている。従来、日本の自動車メーカーと部品メーカーは、日本型サプライヤーシステムとも呼ばれている系列を重視した長期的な取引関係を構築してきた。

しかし、世界各国の自動車メーカーの生き残りを賭けた競争の中で、ビジネス環境は大きく変わり、コスト重視の系列にとらわれない部品調達へと変貌を遂げてきている。当社は今まで培ってきた品質ブランドを守るだけでなく、コスト面で圧倒的に他社を凌駕した製品を提供することで、国内はもとより世界各地で顧客の信頼を勝ち取り、品質とコスト両面で生き残っていくことが求められている。

1.3 コスト競争力強化の考え方

一般的に当社の総原価は以下のとおりとなっている(Fig. 2)。

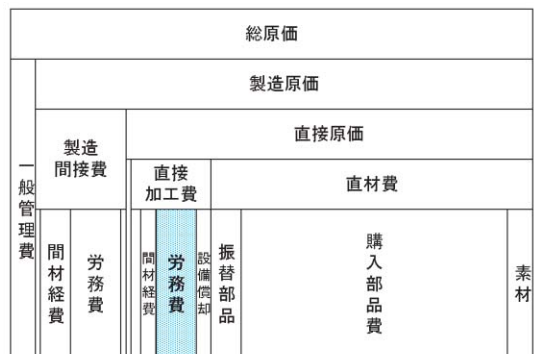


Fig. 2 Cost structure

現場の「モノづくり」に直接関係する製造現場の労

*2004年2月27日 原稿受理

務費は、直接原価の中で購入部品費に次いで二番目に多くの割合を占めている。購入部品費は、仕入先育成や、コストダウンを目的とした内外製区分、また固有の技術力の違いなど様々な要素を勘案して政策的に決定される面が多く、単純にその比率で良し悪しを判断できない。また、購入部品費の中でも労務費の割合が多く占められていることは言うまでもない。

したがって、当社やデンソーグループにおける製造現場のコスト競争力強化の歴史は、労務費低減の歴史、つまり工数低減活動による生産性向上活動の長い歴史であると言っても過言ではない。

2. 当社の生産性向上活動のあゆみ

当社は長い生産性向上活動の中で、「動作距離の短縮」「やりやすさの改善」など動作改善の積上げ等による徹底した省人活動や、簡単な自動化、ロボットなど自動化ユニットを組み合わせた全自動の工程造り、更には自動ライン化による省人活動と様々な生産性向上の施策を展開してきた。

1980年以降は、世界でも最高水準の労務費や右肩上がりの生産量の伸び、それに加え製品性能の高度化などを背景に、自動化レベルを上げることで品質維持や生産性の向上を図ってきた (Fig. 3)。

一方海外のアジアや中国といった日本と比較し、労務費が低く、量がまとまらない中少量生産の地域では、大型の自動化投資ではなくできるだけ人手に頼った工程づくりが必要とされるようになり、設備投資を抑えて製造コストを安くし、コスト競争力をつけるニーズが高まっている (Fig. 4)。

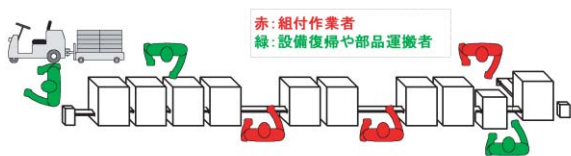


Fig. 3 Full automated line (JAPAN)



Fig. 4 Manual line (overseas)

このような事業環境の中で設備投資を必要最低限に抑制していくためには、国内の自動化が進んだライン

をベースにワークの自動脱着や次の工程への自動搬送、自動取り付けなどといった自動工程を人手に戻して設備投資を抑制する対応が余儀なくされてきた。その結果、残った部分的な手作業工程では作業編成が困難になることや、作業性の悪い工程が残ることとなった。

そこで、真にコスト競争力をつけるには全自動ラインから自動化工程を減らすといった今までのアプローチでなく、人手だけで作業する工程を前提に品質、性能を維持する最低限の安い機械化 (Fig. 5) と徹底した動作改善 (手や目の動きの短縮、歩行短縮や動作の難易度軽減等) 活動の促進や、技術・ノウハウの蓄積が必須となっている。

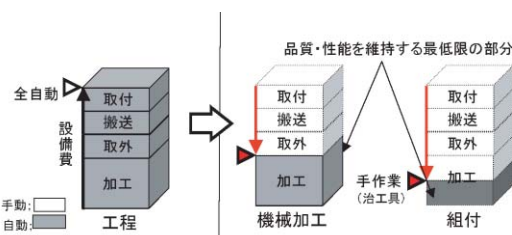


Fig. 5 Image of automation

このように徹底した作業改善による「ムダのない効率の良い作業」を実現することは、今や海外の低労務費を活用するラインの問題だけでなく、もう一度強化すべき本質的な課題としてデンソー全社を上げての取り組みが急務となってきている。

3. ムダのない効率のよい作業

人の動きは、「働き」と「ムダ」に層別される。

まず「働き」は付加価値のみを高める作業のことで、圧入・溶接・組付・切削等の加工作業を意味し、これらは要求される性能・品質で機械化の程度が必然的に決まってくる。

ムダとは、付加価値は無いが今の条件下では、必要なムダの一部と考える作業 (ワークの脱着・運搬・段取り・検査等と、手待ち等) と全く付加価値の無い「手待ち」からなっている (Fig. 6)。

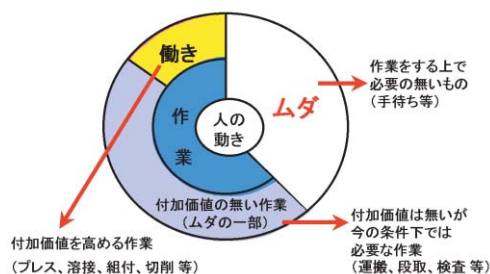


Fig. 6 Breakdown of work motions

ここで、「ムダのない効率の良い作業」を実現するための工程つくりで最も大切な事柄は以下の2点である。

- (A) 付加価値の無い作業(ムダの一部)…脱着・運搬・検査 等
- (B) 作業をする上で必要の無いもの…手持ち等

(A) は、徹底した動作改善やレイアウトの改善等で、徹底的に人の作業のミニマム化を実施すること。(B) の手持ちは、ムダそのものであるから無くさなくてはならないことである。そのためには、どのような生産量や人員配置でも手持ちが生じないようにしておくことが重要で、作業編成がフレキシブルにできるようなラインづくりが必要である。

これらを実現するための考え方、手法として当社ではトヨタ生産方式 (TPS) を導入し、TIE (Total Industrial Engineering) という名で呼び実践している。

4. 工程設計段階へのTIE思想反映

4.1 事業を取り巻く環境変化

当社では、市場のニーズに対応し製品開発競争が激化したことで、近年は製品の生産期間が短く (Fig. 7)、生産準備期間が大幅に短縮せざるを得なくなってきた。

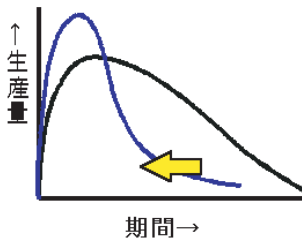


Fig. 7 Product cycle

例えば、当社各製品の生産準備期間 (Fig. 8) の推移を見てみると、この20年間で約4年から一年半と短縮してきている。

これらのことから、昔のようにライン立上後に時間をかけて改善していく期間が無くなり、工程設計段階から完成度を徹底的に上げることでライン立上時には、目標の生産性を達成しなければ市場では生き残っていけなくなってきたのである。

今まではライン立上後に、生産課、生産技術、生産管理、工機、保全、検査、TIE課等が実際に出来上がり、問題が分かりやすい状態の中で時間をかけて改善していた。

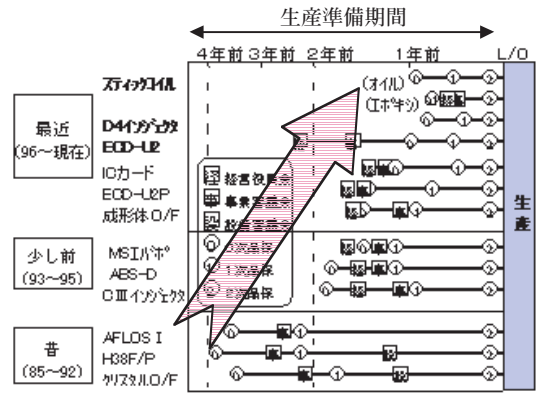


Fig. 8 Shorting of production preparation period

しかし、短い生産準備期間で「ムダのない効率の良い作業」を実現するためには、工程設計段階の工程DR (Design Review) に参加し、実体の無いバーチャルな段階で、関係する各部署がそれぞれの立場で経験やノウハウを生かした改善案を出し切る活動をしなくてはならないわけである。

そのためには、平面的で専門的な図面を読みきる力を持たないが、改善ノウハウや経験豊富な人たちでも簡単に参加でき、アイデアを出して試行できる工程DRの場造りが必要となってきた。

そこで、ここ1~2年「誰でも参加でき」「すぐ改善できる」DR環境づくりを目的として、ダンボールで実物大の仮想ラインを造り、この仮想ラインで改善を徹底的に実施した後、図面化するDR手法が展開されてきておりダンボールDRと呼んで全社で推進してきた。

また、IT技術を活用したシミュレータも開発され各部署で活用されている。

今回は実物大のラインをダンボールで作って設備や工程設計を行った例を中心に説明する。

5. ダンボールDRの事例 (DNTH:SEオルタネータの例)

実際にどのような形でダンボールDRが行われてTIE思想がどのような形で具現化されたかをDNTH (デンソータイランド) と電機製造2部がSEオルタネータので実施した例で説明する。

5.1 活動背景

DNTHでのSEオルタネータ立ち上げではASEAN特有である人件費の安さ (Fig. 9) と日本と比べ生産量の確保ができない (Fig. 10) という条件から設備投資を抑えた手作業中心の簡素化ラインを製作することになった。

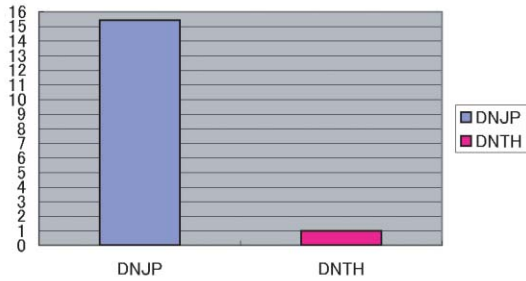


Fig. 9 Ratio of personal expense

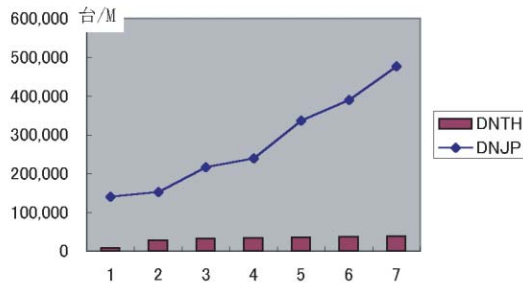


Fig. 10 Trend in the production volume

5.2 活動ステップ

ダンボールDRは対象となった製品の大きさ、設備の規模、検討に許された時間などによってやり方が異なっているのが現状である。

ここでは、DNTHのSEオルタネータにおいて以下のステップで実施した事例により、その内容を簡単に説明する。

DNTH活動STEP

- (1)コンセプトづくり
- (2)ラフ設計 (ポンチ絵)
- (3)ダンボールDRこだわり改善
 - ・こだわり①：量変化への対応
 - ・こだわり②：設備のMin化
 - ・こだわり③：種類の変化への対応
 - ・こだわり④：物流ロスMin化

5.3 コンセプトづくり

ダンボールDRに参加する全員のベクトルを合わせるために、改善に当たって全員に意識して欲しい内容を簡単にキャッチフレーズにまとめ徹底した。

また、実際にダンボールDRに参加する人々は現地人を中心とする現地スタッフとし、現地人自らラインづくりに参加し、ラインへの愛着やモチベーションの高揚等、その後の工場における現場主体の改善活動の

促進といった意味もこめて以下の4項目を徹底した。

基本コンセプト

- ・動作ロスMin化
- ・物流ロスMin化
- ・在庫ロスMin化
- ・設備のMin化、Simple化
- ・・・ワーク高さ・奥行き位置の統一
- ・・・一筆で描ける運搬経路レイアウト
- ・・・1個流しとライン化
- ・・・設備間口の縮小化

5.4 ラフ設計

ダンボールDRを実施するといっても、実際にシミュレーションを行うメンバの主体は現地人で、そのほとんどが設備をゼロからデザインする技能を持っているわけではない。したがって、最初は検討を実施するためのいわゆる「たたき台」が必要となる。

しかし、今までのように正式に図面を書いたのでは、その後シミュレーションを実施し、改善点が多く出てきた際に初期段階で投資した工数がムダとなり全体効率を損ねる。また、そこに時間を費やした工程設計者自身の思い入れが入りその後のメンバからの自由な改善提案に無意識の抵抗となることが懸念されるため、初期段階の設計図は「ポンチ絵」程度とした。

また、統一すべき項目は「ポンチ絵」に必ず寸法指示をした。

例えばワーク加工位置を、奥行き、高さ共に同じ位置で設備が並ぶようにすることなどである。以下の事例が「ポンチ絵」と「作成風景」の一部である (Fig. 11, Fig. 12)。

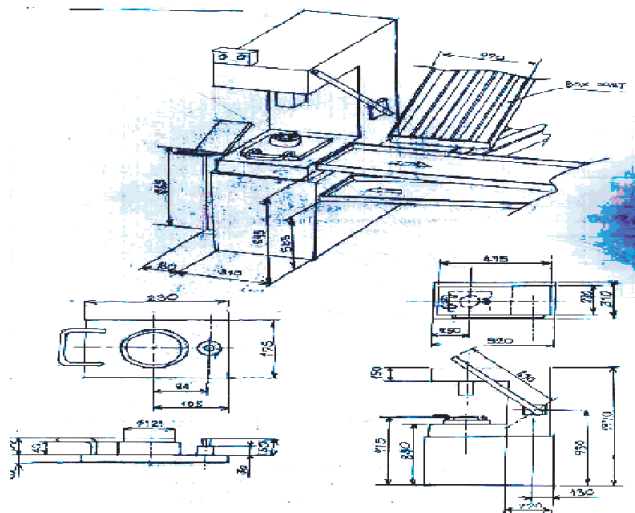


Fig. 11 Sketch



Fig. 12 Production of cardboard line

5.5 ダンボールDRこだわり改善

5.5.1 こだわり①：量変化への対応

ラインで流すスピードが変化しても人の増減ができるように作業者の場所を集約化した。作業者同士の仕事のバランスを取ることにこだわり、作業の一つひとつを細かく分解した。

そして、その作業分担で実際に仕事を擬似で行い、時間分析した結果を標準作業組み合わせ票に落とし込み (Fig. 13)、徹底的に手待ちの無い編成や、そのための動作改善を積上げ、工数の見積もり (測定) を何度も繰り返した。また、生産量が立ち上げ時とピーク時までを想定し、配置人員も変化させた場合を何度も検証を行い必要な改善を実施した。

これらのプロセスで、実際にこのラインで働く作業者の作業訓練も同時に進展したことは大きな効果でもあった。

5.5.2 こだわり②：設備のMin化

工数低減や、生産量の変動でムダが発生しないようにするためには、「コンセプトの一つでもある設備のMin化」が最も重要な改善の一つである。そのために

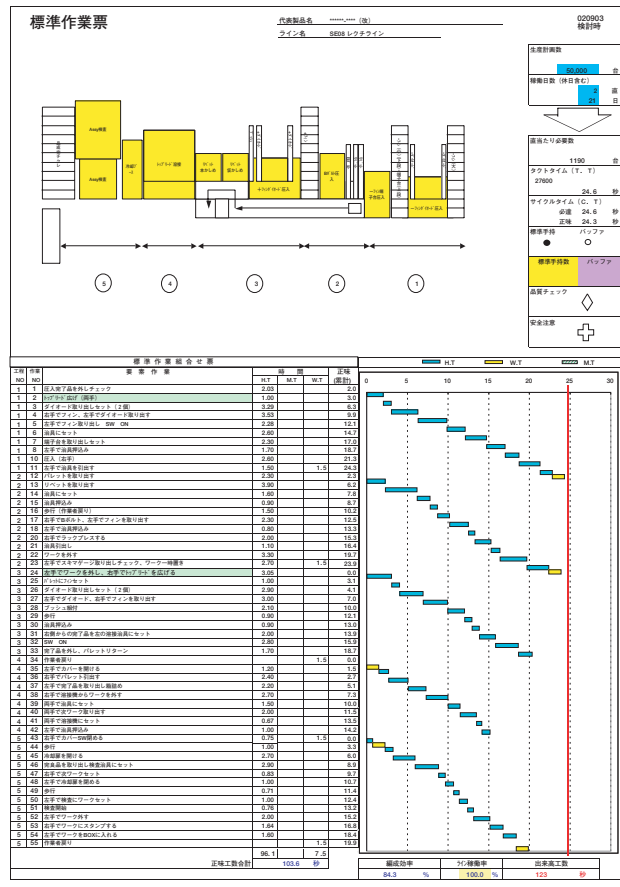
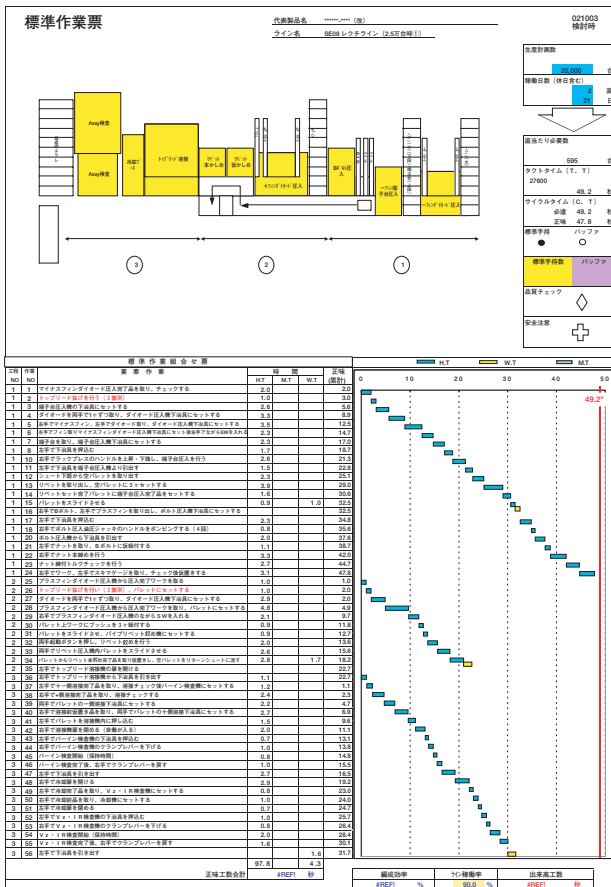


Fig. 13 Standardized work (3 operators/5 operators)

は、製品の加工時の姿勢や、内部構造の変更も必要となってくる。この部分は、現場と専門の設計者と一体となったチームワークがその実現のカギとなった。

以下はその中で設備の構造を変更し設備幅を400mmから160mm短縮した事例である (Fig. 14)。



Fig. 14 Cooling machine
(設備内での加工軌道を横から縦方向へ変更)

5.5.3 こだわり③：種類の変化への対応

TIE思想の中でも「必要なときに、必要なものを、必要なだけつくる」という考え方をしっかり工程に組み込むことは重要な事柄の一つであるが、ともすると抜けがちな改善項目である。

簡単に言えば、得意先から一台欲しいと言われれば一台でも生産できるライン。また、このような力をつけていくことでムダな在庫が要らなくなり、在庫資産の抑制が実現できることで身軽な会社経営にも寄与していくことになる。

そのためには、徹底的に段取り改善を実施することが不可欠で、設備や治具工具の改善から、部品供給方向の改善までライン全体のシステムとしての改善が要求される。また、徹底的に段取り改善を実施することで誰でも簡単に段取りが行えるようになり、品質面での効果も大きい。

タイのSEオルタネータでは生産ロット2台(完成品収容数2台)を狙って段取り改善を行った。その改善の中で異品組付のポカヨケを「かんばん」(Fig. 15左図)と「色カード」(Fig. 15右図)を使って実施した例を説明する。

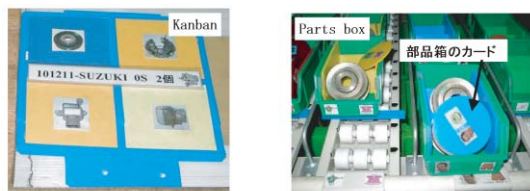


Fig. 15 Kanban and Parts box

生産ラインでは、段取り替えの際に「かんばん」を流して作業者に次の流動品番を知らせている。この時、作業者が異品を組付けないようなポカヨケが必要である。一般的には、取り間違いがないように光電管等を使ってポカヨケにすることが多い。

タイではこのポカヨケについても低コストで確実な方法を検討した。「かんばん」にはあらかじめ決められた色を付け、部品箱の中にも対応した「色カード」を入れておく。作業者は段取り時に部品箱の中に入った「色カード」を取り出し「かんばん」の上にセットする。このことで間違った部品を使おうとした時は、一目で違いが分かるような工夫を実施した (Fig. 16)。



Fig. 16 Pokayoke

このようにポカヨケの目的を共有しつつ、作業者と共に検討を進めることができたことは、大きな変化であったといえるし、実物大のラインがあってこそ、有効性を確認しながら実施できたと考えている。

5.5.4 こだわり④：物流ロスのMin化

ラインで使用する部品の荷姿や収容数が決まってくると、次には、どのような方法で部品供給を実施するかを検討しなくてはならない。これはライン設計段階においても重要な要素の一つで、この検討がおろそかであると部品をラインへ供給するためのシュートの長さが決まらず不必要にシュートが長くなったり、シュートの長さが不足して部品がシュートからあふれることとなる。

また、運搬方法をデザインがしっかりしていないと、ライン外作業者がムダの多い作業となってしまう。

そのポイントは、できるだけ小さい単位で一筆でかける運搬の標準作業を実現するための、運搬ルート・運単位とタイミング、運搬具の形状及び運搬時間を検討し改善しておくことが重要となってくる。ダンボールラインでは、部品運搬についても徹底的に改善した。

以下はその検討段階の、運搬具と運搬の標準作業表の例である (Fig. 17)。

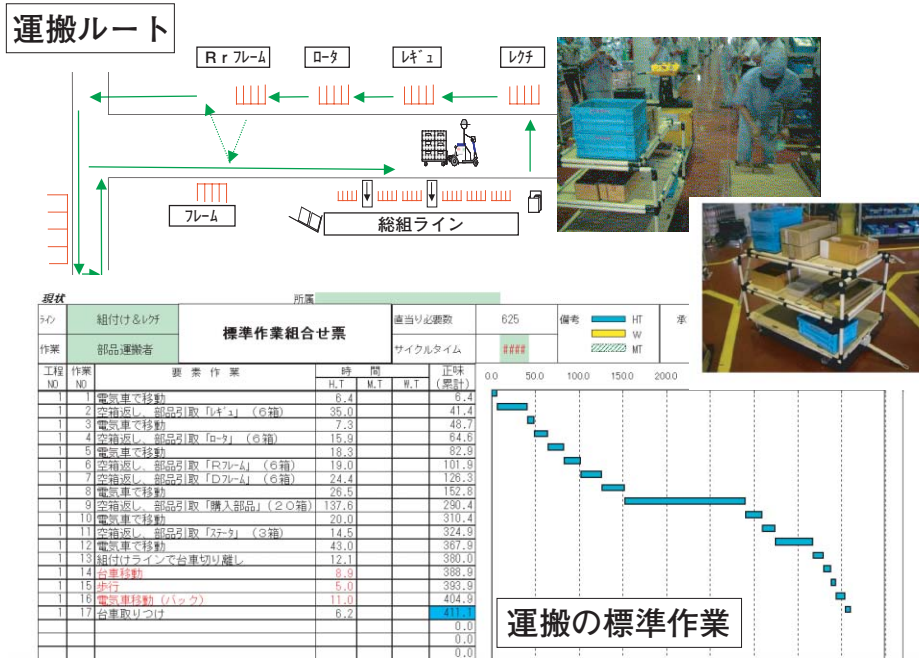


Fig.17 Route of a part conveyance operator

5.6 活動結果

DNTHで行われたSEオルタネータのダンボールDR活動は、その進め方や出来映えなど社内外から評価が高く、「設備、工程設計へのTIE思想の反映」といった活動の重要性を再認識させてくれた活動であった。

また、この活動に参加したタイ現地人のモチベーションも向上し、現地人自身の自信につながっている。今回の工程DRで提案されたほとんどの改善案は実際のラインに反映され予想以上の効果がでている。写真(Fig. 18)は前述の設備のMin化とポカヨケが実施されたものである。

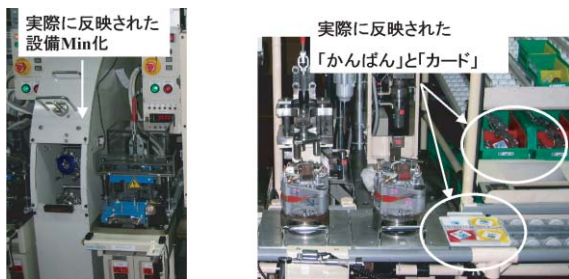


Fig. 18 Reflects (to the line)

また、工数でみた事業目標も計画以上にを達成することができた (Fig. 19).

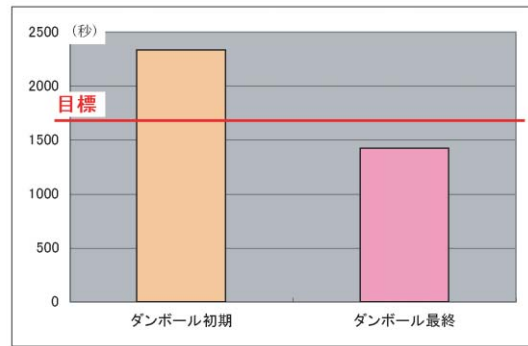


Fig. 19 Result of activity (gross hours)

これは実物に近いダンボールラインでDRを行ったことによる大きな成果といえる。

6. TIE仕様書

「設備、工程設計へのTIE思想の反映」では、ダンボールDRや、先にも述べたIT技術を活用したシミュレータも実施されている

また、従来どおりのDRや、更には既存ラインの改善など様々な活動がある。したがって、どんな場面でも何を検討するかその内容を明確にし、評価するようなツールが必要となっており、各製造部で「TIE仕様書」が作成活用されてきている。

そのポイントは、人の効率を中心に記入する帳票で、ラインレイアウトや人の配置及び作業内容を標準作業

で検証したり、チェックシートを使って確認評価する方法である (Fig. 20)。

また、DNTHでのダンボールDRでは、独自のチェ

ックシートを作成し、「仕組み・物流」や「設備」「治具」など8項目に分類し、○×式でチェックする帳票で活動をチェックしてきた (Fig. 21)。

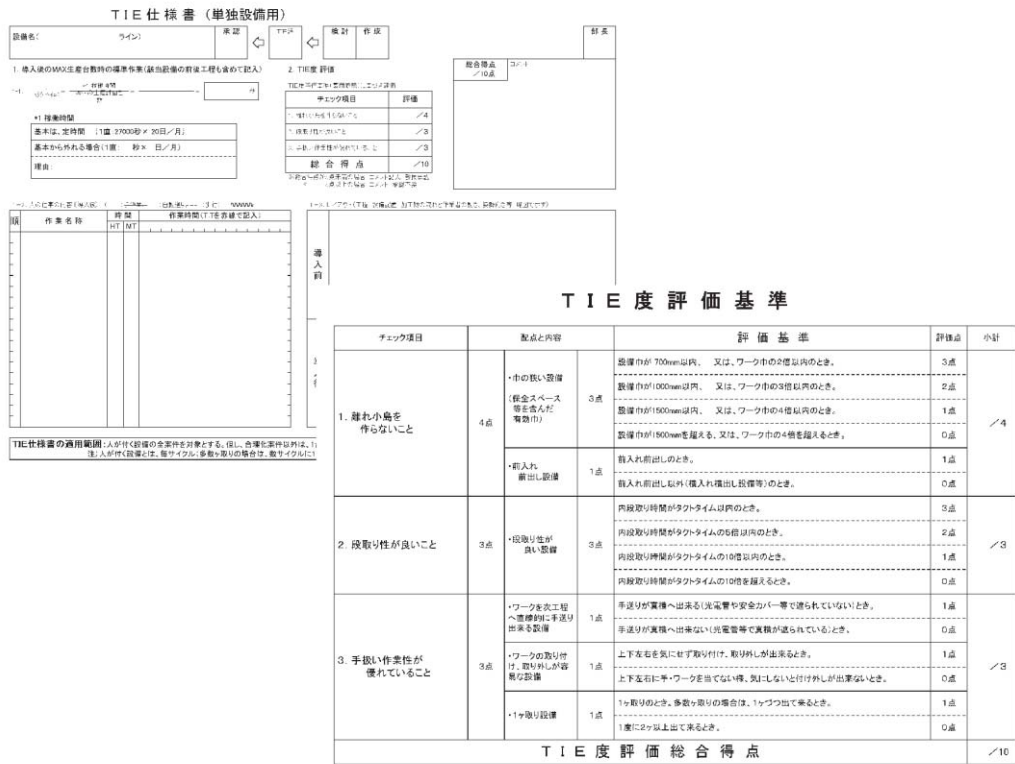


Fig. 20 TIE check sheet (for machine design)

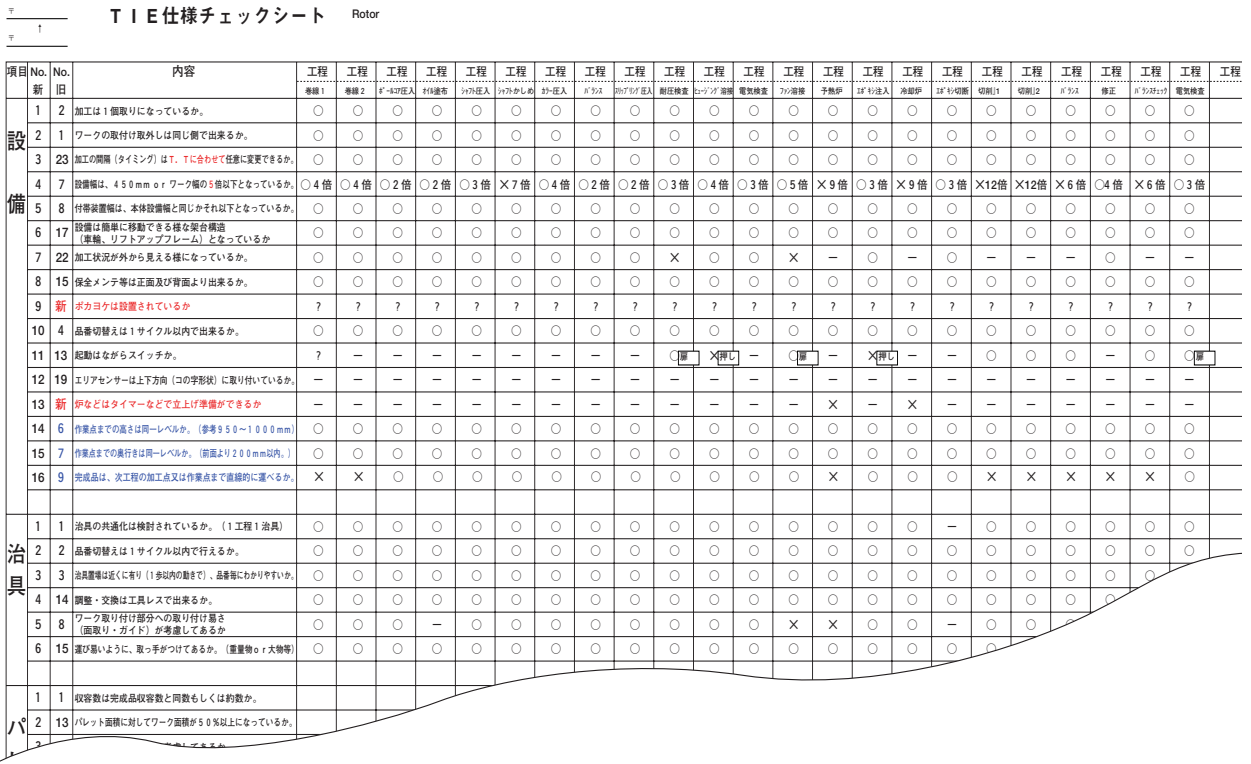


Fig. 21 TIE check sheet (for production design)

7. おわりに

「設備、工程設計へのTIE思想の反映」と題し、最近の事例を使って、その目的を説明してきた。

設備・工程設計段階で、人の動きや物の動きにこだわり徹底した改善を実施していくことの積み重ねが、結局設備や工程づくりを飛躍的に改革する基礎の基礎となる重要な活動だと考えている。

本論で述べたように、付加価値を生まない作業はすべてムダだと考え、徹底的にミニマム化することで生産性を向上していくと、その先に訪れる更に生産性を向上させるための工程の自動化では、設備のあり方や投資の考え方も飛躍的に変わってくるはずである。

動作改善から設備改善にいたる一連の生産性向上活動の繰り返しが強いては飛躍的にコスト競争力を向上させる結果につながると確信している。

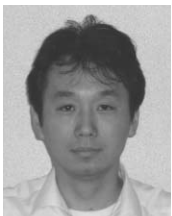
このような意味で、「設備、工程設計へのTIE思想の反映」は当社の競争力強化の重要な柱の一つであり、全社を上げて強力に推進していきたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 土屋 勉男, 大鹿 隆: 最新日本自動車産業の実力, ダイアモンド社



<著者>



高野建一郎
(たかの けんいちろう)
生産管理部
物流・工場内改善業務に従事