

自動車の製造工程改善に関する研究

立石 佳代

日本大学大学院総合社会情報研究科

A Study on Improvements to Automobile Production Processes

TATEISHI Kayo

Nihon University, Graduate School of Social and Cultural Studies

In order to secure quality and increase productivity, it is necessary to improve quality in the developmental and experimental stages and then implement changes in the production processes and facilities. It is also necessary to avoid the waste caused by defective products, by the continuous improvement of products and production processes through the standardization of tasks, suggestions for improvement, and small group activities.

The assembly line of TOYOTA Prius hybrid cars was established such that assembly line operators could exercise their efforts and introduce continuous improvements to the production process. Productivity and quality improvements cannot be achieved without raising the will to work and morale of assembly line workers.

はじめに

先進国の工業発展に貢献したアメリカ型の工場マネジメントを支えたのは、フォード生産方式やテイラー・システムであった。生産現場に動作および時間研究をベースとした管理の原則を導入し、生産性の効率をもたらした。その先にトータル・システムの同期化による大量生産革命を起し、飛躍的な生産性の向上と量産効果をもたらした。

しかしながら、それはフォードによるコンベヤーベルト方式などによって生産性を向上させたものの、その一方で作業員に大きな負担を強いることにもなった。生産性の向上は、より多くの製品を現有の労働力で生産することや、生産水準を低下させずに労働力を削減することによるものであった。

フォードでは、ライン同期化実験で現場の作業員の提案や改善が検討されたこともあったが、結果的にトータル・システム的な流れ作業体系を構築していった。工場労働は単純化され、労務管理はもっぱら現場の職長に委ねられ、計画労働はI E (Industry Engineering) に移行したのであった。機械によって

規定される単純作業が非人間的で、単純作業員の人間疎外が社会問題として取り上げられることにもなった。

これに対して日本では、各職場で改善活動を自主的に行い、生産性と人間性のコンフリクトという問題を打ち消してきた。日本企業では自己管理型の現場管理が採用され、作業員は改善活動を通して達成感を得ることで、勤労意欲を高めてきた。生産性と品質を継続的に向上させるには、作業員の勤労意欲を高めることなしには実現できない。

ハイブリッド車プリウスの組立ラインでは、継続的な改善活動が実施できる工程に構築され、作業員の創意工夫で改善ができるようになっている。本稿では、製造工程改善に関する研究を行い、製造工程の継続的な改善活動に取り組むことによって、作業員の勤労意欲が高まり、生産性と品質を向上させることを論じる。

1. 製造工程の改善

(1) 改善すべき対象

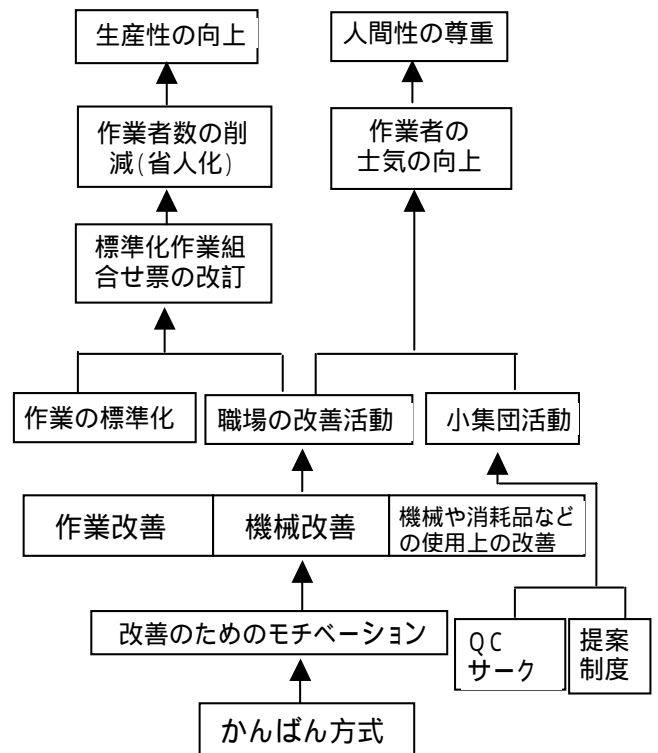
高品質なモノづくりを目指して日本企業では、製品開発段階から製造と品質確保のしやすさを意図した生産要件の反映、製品仕様と材料選び、生産工程を簡素化するための標準化活動などが行われ、設計品質を生産品質へ反映させる。これに合わせて生産性と品質の向上を目指した新工法開発、新設備開発に取り組んでいる。技術部門は、設計・試作段階から生産技術、製造技術に参画し、設計段階での周回の検討と計画、品質水準を満たす能力を有する材料と設備設計、製造工程設計を行っている(池田,2004)。

設計品質は、製造工程で安定的に高品質な部品・製品へと転写していく。各工程で不良品を発生させない、不良品が発生しても不良品の流出を防止することが欠かせない。製造現場では小集団活動、継続的な改善活動、作業の標準化によって不良品の発生と流出を防ぎ、品質の確保と生産性の向上が図られる。

継続的な改善活動によって、製造現場にある不良などのムダは徹底的に排除されていく。製造現場にあるムダとは、付加価値を高めない作業や工程のことで、造りすぎのムダ、在庫のムダ、運搬のムダ、不良、手直しのムダ、作業者の動作のムダ、手持ちのムダ、加工そのもののムダ等で、こうしたムダはあらゆる所に存在する¹⁾。日常の中で、ムダや問題を発見し改善し、こうありたいという理想を具現化していく。

改善すべき対象、ムダな動きを除去するための作業の改善、人的資源の不経済な使用を避けるための改善機なしは新機械の導入、材料および消耗品の利用方法の改善と節約、モノの1個流しを可能にする機械配置の改善、となる(門田,2006)。図1は、製造現場における「かんばん方式」と改善活動との関係や、この方式および活動と小集団活動やモラルの向上、高生産性との関係を示したものである。かんばん方式は、在庫を最小限度に抑えることでムダを排除し、生産性を高めるような改善促進の機能と役割も持つ。日本の製造現場では、ムダや問題点に対しての改善が職場全体で行われており、絶えず改善していく企業風土が醸成されている。

図1 改善活動のフレームワーク



出所: 門田安弘(2006)『トヨタ生産システム』、ダイヤモンド社、208頁、一部加筆。

(2) 作業の改善

製造工程の改善には、「作業の改善」と「機械の改善」がある。ロボットや自動機械などの新規導入による改善の前に、作業の改善が行われている。作業の改善でよければ、機械に要する費用はかからないし、機械の変更は簡単にはいかないが、作業の変更は必要に応じてできる。また、機械の操作にはフレキシビリティを持たせることができないため、作業改善が行われて全部の作業が標準化されていない場合には、機械をラインに組み込んでも失敗に終わる場合も多い。

作業改善とは「人の作業を中心にラインが抱える問題点を総合的に抽出し、改善を加え、生産性を向上させていく活動」であり、久良木・安岡(2004)は、作業改善の着眼点として「動作改善」と「稼働ロス改善」を挙げ、次のように説明する²⁾。

動作改善とは、人の作業を徹底的に分析して、効率的に生産できるようにムダを排除することである。動作改善の考えとなる「動作時間研究」は、テイラ

一考案の作業を細分化して測定する「時間研究」と、ギルブレス考案の人の動きを 18 の基本動作に分割して分析することによる「動作研究」がベースとなっている。動作改善の目的は、人のムダな動きを減らし、経済的な動作の順序や組み合わせを考え出し、人の疲労を少なくしていくことである。作業者の右手・左手の使い方、動線経路、さらに部品の位置などが細かく分析され、数秒短縮の小改善を積み上げて、動作改善を行っていく。

稼働ロス改善とは、作業員間の仕事量のバランスが悪いことから発生するムダや、設備の故障や不良処置から発生するムダを低減することである。生産ラインを工程ごとに分け、各工程における作業時間のバランスを表したものがラインバランスとなる。稼働ロスは、ラインバランスの悪さと設備の故障や不良処理から発生する。ラインバランスが悪い場合、作業員間で手持ちが発生するため、稼働時間のロスとなる。これを改善するには、各作業員間の作業負担を一致させなければならない。

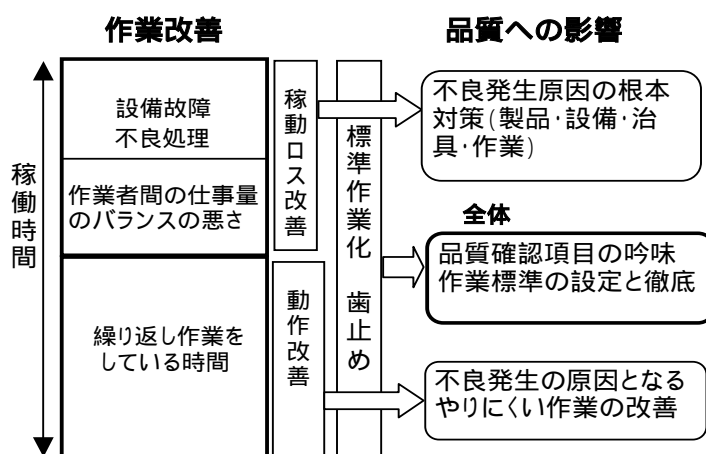
設備故障や不良処置には、故障や不良が発生しないようにする改善を行う。不具合をなくす改善をし、異常に対して素早く処置するルールや体制を整え、異常発生時のライン停止時間を短くする。稼働ロスの原因の大半は不良品の発生によるもので、不良品の削減には作業改善と QC 手法を活用した問題解決によって、不良品発生の原因を追求し、具体的な対策をして、品質と生産性を向上させる。

このような動作改善、稼働ロス改善を行った作業は、ムダがなく作業のバラツキも少なくなる。動作と稼働ロスの両方が改善された作業にプラスして、安全や品質の基準が考慮されるようにつくり込んでいき、それを標準作業とする。標準作業とは、中心に人の動きを置き、ムダのない手順で高品質の製品を効率的に安全につくるための作業方法を決めたものである。標準作業には、作業時間から右手と左手の使い方まで考慮した作業の順序、ワーク(工作物)の手持ちの位置・数・置き方まで含まれる。改善をしていくうえでのベースとなるが標準作業であり、標準作業と実際に行っている作業を比べて、作業員の動作のムダや手持ちのムダ、加工そのもののムダがあれば改善していくことになる。

作業改善は標準作業を確定し、それを遵守することを基本として改善を行い、標準作業の改訂を進める。標準作業は、改善サイクルのなかで使われる。改善サイクルとは、異常・問題発見 作業停止 作業改善 標準作業の確定 作業、を繰り返していくことである。改善サイクルにより、工程での品質のつくり込みが可能となり、労費の削減やムダな設備投資の抑制にもなる。

品質の不安定な生産ラインでは、不良発生によるムダが生じる。生産性の向上を阻む大きな要因となるのが、不良品の発生によるムダである。作業改善の活動が不良発生の原因の対策となり、生産性向上の前提となる品質が高められる。図 2 は、作業改善と品質向上の関係を示したものである。

図 2 作業改善と品質向上



出所：久良木光夫・安岡秀敏(2004)「作業改善に関する研究」『デンソーテクニカルレビュー』第9巻 No.1、57頁。

(3) 機械の改善

機械の改善活動には、「MP 反映活動(Maintenance Prevention : 保全予防)」、設備機能や性能などを向上させ生産性を上げる「設備改善」、設備の機能や性能などを向上させ設備を改善する「CM (Corrective Maintenance : 改良保全)」がある。

機械や設備の新規導入後は、故障停止などの不具合や不良品の発生などのトラブルで稼働ロスが発生し、稼働率が上がらないことも多い。設備や機械の計画・設計する段階で、保全情報や新しい技術を取り入れ、信頼性、保全性、経済性、操作性、安全性などを考慮して、保全費や劣化損失などのあらゆる

損失の発生を少なくする活動（最初からロスを発生させない）のためのMP反映活動が行われている（伊藤,2004）。これまでの不具合対策や改善事例を新設備に反映し、不良品の発生がない、故障がなく保全のしやすい、安全で操作しやすい、生産性が高い、設備が設計されることになる。未経験な技術の設備や機械への導入は少なく、現状の不具合や改良すべきことはMP反映し、未経験な技術に関しても、テスト評価確認が徹底して行われる。

製造活動の中で発生する機械や設備の不具合は、発生原因を明らかにし、設備関係部署が協力して対策案を考え、改善に取り組み、機械や設備の機能や能力を高める。改善活動を通して、生産量の増加を設備や機械の生産加工速度を上げたり、既設の設備で新製品が生産できるように工夫したりして、最小コストで製品変化に対応する。また、機種切り替えに伴う段取りのロスや、技術の進歩に伴わない加工速度のロスなどの低減も改善活動によって進めている。

さらに、自主保全活動にも取り組み、機械や設備の日常点検や修理、部品交換、異常の早期発見などの設備維持も進められている。自主保全は、不具合を発見して、その対策改善を行う、機械や設備の構造機能を理解し異常原因の究明を行う、設備と品質の関係を理解し、品質異常の予知と原因究明を行う、修理（復元が30分程度の小さな修理）を行う、製造工程のロス低減のための改善活動を関連部門と協力して行う、ことである（伊藤,2004）。

自動車の組立自動化の取り組みも進められている。自動化とは、「人間の活動や作業を機械や装置に置き換えて、さらにそれを人間の操縦なしで動くようにすることで、そのための技術・方法・体系のことをいう。また、半自動化は、工作機械で1サイクル自動的に加工して停止するようなものを指し、1サイクルごとに自動的に加工して停止するというようなもので、1サイクルごとに人間が1回操作するようなもの」と定義される（並木・遠藤,1989）。つまり、作業を人から機械のソフト・ハードに移し替えることである。

藤本(2001)によれば、企業の組立自動化戦略は、技術突出型のハイテク自動化戦略からの新しい個

別自動化技術を材料に、競争力重視型の低コスト自動化の基本を守りながら、人に優しい作業環境改善型のヒューマン・フィッティング自動化を推進し、人を活かす組織活性化型のヒューマン・モチベーション自動化の可能性を探索すること、となる。

組立工程では、作業負担軽減や作業環境改善のための自動化が優先されるようになってきた。また、工程での継続的な改善が可能な自動化や、熟練蓄積や作業者の自己実現の可能性を考えた自動化システムを構想することになる。

（４）１個流し生産と工程の流れ化

独立した工程での作業では、たとえば粗材を1工程加工して次の工程へ送り、次工程でまた1工程加工してその次の工程へ送るということを繰り返して、完成品として仕上げていく。こうした独立した工程での作業では、作業に費やす労力や時間がかかるだけでなく、滞在する時間も長くなり、同じ種類の製品をまとめてつくることになってしまう。この場合、不良品が発生したとしても仕掛け品が多いため、手直しの手間もかかる。また、不良がどこの工程でどのようにして発生したかの原因の所在を明らかにすることも困難となり、再発防止もしにくい。

これに対して1個流し生産では、多品種の場合でも各工程で1個ずつ作り、次工程へ送ることが原則となる。1個流し生産を実現するために、機械や設備の改善、機械配置の改善、段取りの時間短縮、などが行われる。工程の流れ化と呼ばれるもので、これを実施することによって加工組付け待ちといった仕掛け品を押さえることができる。また、各工程での品質の確認や不良品発生時の品質不良の原因解明が容易となり、再発防止もしやすくなる。この方法の採用により、着工から完成までのリードタイムが短縮され、製品のムダなハンドリングも少なくなり、生産性を高めることも可能となる。

製品の組立工程では、前工程で組み付けられた部品が、必要なときに必要なだけ後工程の生産ラインに流れるようにしなくてはならない。つまり、JIT生産（Just In Time）を実現するためには、生産の流れを円滑にし、いかに生産リードタイムを短縮させることができるかが鍵となる。トヨタ生産方式で

は、後工程引き取り・後補充生産（Pull System）、標準化生産、工程の流れ化により、JIT生産を実現させている。

2. 継続的な改善活動を実施するためには

標準作業を基本に継続的な改善活動を進め、製造現場にあるムダが徹底的に排除される。ムダを顕在させ、そのムダを取り除く改善活動を繰り返すことで、生産性と品質を向上させていく。そのためには、全員参加で自主的に改善活動に取り組むことのできる仕組みが必要である。

（1）標準作業

製造現場では、各工程での改善を徹底的に行うことで品質をつくり込んでいく。作業の改善をするにあたり、現在の作業方法を明確にし、標準作業を決めておくことになる。標準作業とは「ムダの徹底的排除のため、現場の知恵を加えて常に効率の良い生産をするため、やり方・人・モノ・設備を有効的に組み合わせ、品質・原価・納期を確保する努力をしているが、そのよりどころとなり、管理監督者が自分の工程を管理する基礎となり、改善の基となるもの」である³⁾。

標準作業は作業員一人ひとりを対象につくられ、1個の部品が何秒間隔で必要なのか（タクトタイムと称し、1日の定時稼働時間/日当たり必要数、で算出）、作業順序、標準手持ち、の3要素が織り込まれる⁴⁾。標準作業どおりに作業が進んでいないときには、作業員に対して改善することが要求され、なぜ標準作業どおりに進まないか、標準作業が問題なのかを検討して改善される。標準作業票は作業現場に備えつけられ、作業員が標準作業のどおりに作業をしているか確認できるようになっている。

また、今の標準作業より効率的な作業方法が見つければ常に改善され、標準作業は変更される。標準作業は、人と工作物と設備を有効に組み合わせた作業方法であり、作業手順や工程のレイアウトを変更し、現在の標準作業より効率的な作業方法へと改善していくものでもある。製造現場の改善の実施や製造現場のアイデアにより、作業のムダを削減できるように、標準作業票は改訂される。

（2）目で見える管理

製造業にとって重要なことは良品をつくることであり、各工程で品質をつくり込み、後工程に不良品を流さないことである。そのためには、最終工程での検査で不良品を見つけるのではなく、各工程で不良品が発生すればラインを停止して再発を防止する。この考え方を「自動化」といい、通常の加工が完了したら機械が安全に停止する、万一、品質や設備の異常を検知すると作業がすぐに止められて不良品の発生を未然に防止する、ことになる。これにより、後工程には良品だけが送られる。

作業員は異常や不良品を発見したら異常連絡ボタンを押し、ライン外作業員に異常を連絡する。ライン外作業員は、不良品が次工程に流れることを防ぐため、停止したラインで異常の処理を行う。このような生産ラインで不良などの異常があるとその場でラインを停止させ、後工程へ不良を流さない。この考え方から、作業員は不良の内容によってはラインの稼働を止めることにもなるが、ラインを停止することを恐れない。不良品を多く発生させてしまってから手直しするのではなく、ラインごとで品質を確保して次工程に流す。不良品が発生したら、その場で原因を追求して再発を防止する。組立ラインには、作業員から管理監督者まで、異常が発生している工程がわかるように、異常表示盤も設置されている。

自動ラインでも同様に、不良が生じれば自動的に機械が止まって、異常表示盤で知らせるので、安心して他の機械で仕事ができる。作業員は多くの機械を受け持ち、異常も改善され続けられるので、工程能力も向上する。品質は検査員が保証するのではなく、各作業員、各設備が後工程に対して品質を保証する。

不良などの異常があればその場で止まる自動化という仕組みでは、異常がひと目でわかるように「目で見える管理」が実施されている。問題を顕在化するための道具となる「アンドン」といわれる電光表示盤のシステムが設置され、異常がひと目でわかる仕組みになっている。異常により生産ラインが停止した場合、電光表示盤に赤ランプが点灯する。また、在庫管理も最大と最小の数が決められ、それから外れた数であれば、異常と見なすなどの工夫がなされ

ている。

通常、問題点の対策をするよりも問題点を発見する方が難しい場合が多い。異常が発生したら、その場で機械が止まり、問題が自然に顕在化するので、速やかに再発防止の手を打つことができる。

(3) 小集団活動と改善提案制度

製造現場ではQCサークルなどの小集団活動により、改善活動が計画的に進められている。QCサークルでの改善活動では、自発的にテーマが決められ、職場の管理者の指導を受けながら活動が進められる。この活動を通して、課題を発見したり、改善したりする能力も向上する。各作業者が達成感を味わうことで、モラルアップにもつながる。また、難しい課題をチームで解決することにより、チームワークの向上が図られ、職場の人間関係も良好になる。

これまで、組織学習にとって動機付けは必要条件であるが、十分条件ではではなかった。従業員が組織ルーチンを継続的に変革し、すぐれた実践例が社内の隅々まで広がるようにコミュニケーションをとる機会が作り出されなければならない。日本企業は大変な努力によって、参加の機会をつくり出した。伝統的なテイラーのモデルとは対照的なキーポイントである。QCサークルでは、従業員が自らの職務や業務プロセスを設計し、さらに継続的に再設計を重ねていった(Cole, 2003)。

また、生産現場で働くすべての人が課題を発見し、改善していくことができれば課題の解決も飛躍的に増える。提案制度というものもあり、部品置き場を変えてタクトタイムを1秒短縮したなどの小さな改善でも、効果の大きな改善につながる場合も少なくない。改善の効果に応じて報奨金も支払われる。トヨタ自動車では、日本国内において1年で62万件、一人当たり11件となる提案が提出され、1件当たり500円から20万円の報奨金が支払われている⁵⁾。

日本企業では、小集団活動や提案制度により改善活動の動機付けが行われ、作業者は改善活動を通して達成感を得る。現状に満足することなく、絶えず改善に取り組むことのできる風土を醸成していくことが企業発展の源泉となる。

3. 量産ハイブリッド車プリウスの組立ラインの構築

(1) ハイブリッド車の特徴

電気、天然ガス、LPG(Liquefied Petroleum Gas: 液化石油ガス)、水素などの石油以外のエネルギー源とする自動車やハイブリッド車は、クリーンエネルギー車と呼ばれ、CO₂排出削減や排出ガスの清浄化の観点から注目されている。

地球温暖化防止のためのCO₂排出削減という課題からトヨタ自動車では、目標を従来型車の燃費2倍を目標として、ガソリンエンジンと電気モーターの2種類の動力源を組み合わせたハイブリッド車の開発を進めた。

1997年に低燃費を追求した乗用車用新パワートレイン「ハイブリッドシステム」を完成させた。従来型ガソリンエンジンの約2倍の燃費達成が可能で、電気自動車のような外部充電を必要としないことから、燃料供給施設といったインフラストラクチャーにも適合する。1997年12月にハイブリッドシステムが、量産ハイブリッド車プリウスに搭載され、世界に先駆けて販売された。

プリウス用のハイブリッドシステムは、2モーター式(発電用+駆動用)を採用し、効率よく走行するように走行条件によって、モーターのみで走行したり、エンジンとモーターの駆動力を合わせて走行したりする。また、必要に応じて発電機で発電しながら走行をする。エンジン動力を動力分割機構により分割し、直接車輪を駆動、その一方で発電に使用し使用割合を自在に制御する。動力性能を落とすことなく同等クラスガソリンエンジン車の約2倍の燃費向上を可能させた。

ハイブリッドシステムの特徴を挙げると以下のようなになる⁶⁾。

・エネルギーロスの低減

アイドリング運転を自動停止することで、無駄となっていたエネルギーを削減する。

・エネルギーの回生

スターターやモーターの電力用として、減速・制動時に熱となって捨てていたエネルギーを、電気エネルギーとして回収して、再利用する。

・モーターアシスト

加速する時に、エンジン駆動力をモーターが補助する。

・高効率運転制御

車両のトータル効率が最も高くなるように、エンジン効率の低い走行条件ではモーターのみで走行し、エンジン効率の高い条件で発電するなど、制御されるようになっている。

プリウスに搭載されたハイブリッドシステムは、動力分割機構により直接エンジン動力を駆動させる機械経路、発電機によって電気動力に変換する電力と電池動力を合わせてモーター駆動する電気経路、を持つ。この構成により、クラッチや変速機を使用せずに、アイドリングストップ、走行中のエンジン停止やモーター走行、すべての領域でのモーターアシスト、効率のよいエネルギー回生、を可能とした⁷⁾。

(2) 継続的な改善ができる組立ラインの構築

量産ハイブリッド車プリウスの組立ライン新設にあたり、トヨタ自動車ではその基本コンセプトについての検討が行われた。組立ラインづくりの新しい考え方を「新組立理念」として、4つのコンセプトとなる、働く人の動機付けを高める、働く意志のある誰でもが働ける、働ける意欲につながる自動化、働く人が快適に作業できる環境、の具現化に取り組んだ⁸⁾。

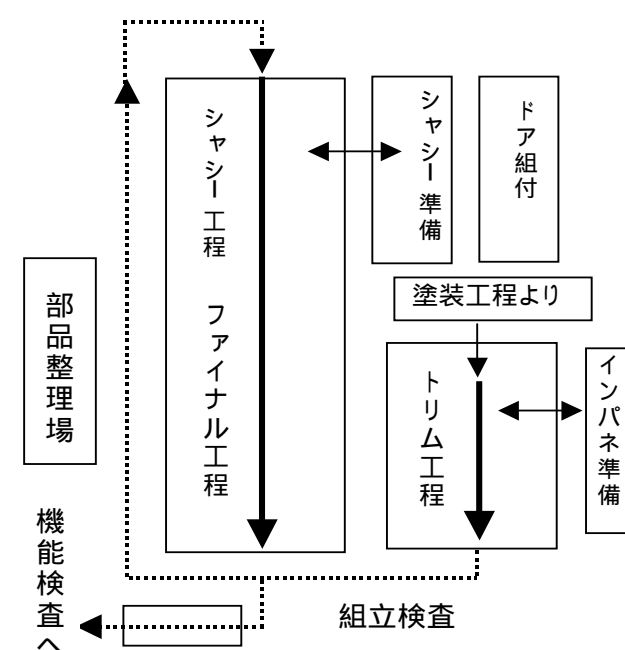
まず、作業者が短い期間で車両機能単位の構造がすべて覚えられるような工程作りを目指した。その方法として、組付作業を車両の機能単位を基本とし、作業者間でローテーションを実施し、車両機能単位の構造がすべて習得できるようにしたのである⁹⁾。車両機能単位に組付工程が構成される「完結工程」の比率が上がれば、作業者の責任範囲も拡大する。これにより、作業者に高い達成感と成長感が得られると考えたのである。

次に、ラインの工程数と部品供給の区域を、生産台数に合わせた適正な工程配置にしたラインとし、管理の範囲を縮小した。作業者の創意工夫で継続的に工程の改善ができるように、複雑な機械や設備の導入は最小限に抑えられた。組立ラインを構成する

「ボディ搬送設備」「部品の組立設備」には、省エネルギーに考慮した設備の導入が検討された。作業者を支援する「汎用型重量物搭載補助装置」や「汎用型シャーシ増し締め装置」も新たに開発導入された。

組立ラインの工程と組み付けの工程は図3となる。メインライン運転方式は、作業がしやすいように、コンベヤーが止まった状態で作業を行い、作業を終えたら1ステーション動く間欠運転方式が採用された。量産ラインに比べ約8倍もゆっくりとしたタクトタイムで生産するため、コンベヤーを動かして作業してもペースメーカーの効果は持たない。作業者は1サイクル作業を終了したら、作業完了ボタンを押す。それにより、搬送コンベヤーが1ステーション動くことになるので、作業者は自分の仕事のペースを保つことができる。また、遅れている工程もわかりやすくなり、速やかに対処できるようになった。

図3 ハイブリッド車プリウス組立ライン



工程名	主な組付け部品
トリム工程	インパネ、内装品
シャシー工程	フロントシャシー、エンジン、リヤシャシー
ファイナル工程	バッテリー、外装品、ドア、冷却水注入

出所：水野省語・鈴木康夫(1998)「プリウス組立ラインの紹介」『TOYOTA Technical Review』第48巻 No2.Dec、オーム社、21頁。

プリウスの組立ラインで約 1,800 点部品を使用するため、ラインの両側にある棚に部品を並べて置くスペースがなかった。その対策として、部品供給に 1 台の車の部品を取り付ける単位毎に専用の部品箱に順に並べて、ラインへ供給する「ピッキング方式」が採用された。この方式によって、短いラインでも部品供給ができ、部品取り付けの間違いと欠品の防止にもなった。

この組立ラインで組み付けるモジュール部品の供給には、ライン組付工程の直近でサブアッセンブリーにして供給する方式が採用された。運搬効率を最適するために、直近でサブアッセンブリーにして供給するレイアウトが考えられた。異常や不具合が生じたときにもすぐに再発防止ができるようになった。また、モジュール部分の供給側と組立側のコミュニケーションも良好となり、改善が進むという効果もあった。コミュニケーションの機会が作り出されたことにもなった。

(3) 機械や設備の導入

ハイブリッド車プリウスの組立ラインでは、以下の機械や設備が導入されている¹⁰⁾。

・ボディ搬送装置

トリム工程でのボディ搬送装置は、塗装工程からのボディ運搬台車を利用した台車搬送方式の間欠運転フロアコンベヤーとなる。シャシー・ファイナル工程では、工程間のボディ移載を省くため、シャシー工程でボディを載せたハンガーが、移載することなくファイナル工程に移動する。ハンガーには昇降機構を使い、作業する高さの違いに対応できる。作業の負担を軽くするために、シャシー工程やファイナル工程では、作業する高さが自由に調整できるようになった。

・作業支援装置

作業支援装置のモニター画面は、3段階の表示ができるようになっている。通常使用する1つ目の画面には、組付工程と作業のペースメーカーとなる「経過時間」と「進捗状況」が表示されている。2つ目の画面は、作業手順がわからないときに使用する画面となり、組付工程単位に詳細手順が表示される。3つ目の画面は、主に新人導入教育等で使用する

画面となり、車両の部品の組み付け方を図式化したものが表示される。

作業支援装置の導入によって、作業者は短い期間で仕事が覚えられるようになった。モニター画面は作業者が見やすいように作業用ワゴン台車に取り付けられ、リアルタイムで作業状況が判断できるようになっている。生産タクトタイムの変更などの理由により組付工程の変更があった場合でも、この装置はパソコンを使用したものであるため、容易に変更することができる。

作業支援装置を開発した理由は、生産タクトタイムが遅いため、一人の作業者が数多くの部品を組み付ける必要があり、多くの仕事を覚えなければならない、コンベアが止まったままで作業が行われ、その1サイクル作業時間も長く、作業の進め方が適正であるかを判断する必要がある、という理由からであった。

・汎用型重量物搭載補助装置

汎用型重量物搭載補助装置の導入で、トリム工程とファイナル工程での多種類の重量部品が搭載できるようになった。部品を把持するツールは、ワンタッチで交換できる構造になっている。この装置の開発にあたって、部品ごとの専用の搭載補助装置ではなく、自動的に重量バランスを制御し、多種類の重量部品を作業者に合わせて自在に取り扱うことのできる装置になることが考えられた。

・搭載リフター

シャシー工程では、多種類のモジュール部品が搭載できるように、搭載リフター本体は1台とし、モジュールパレットをワンタッチで入れ替えられるように工夫された。また、シャシー工程では燃料タンクモジュールおよびリアサスペンションモジュールを同一搭載リフターで作業している。

・汎用型シャシー増し締め機

汎用型シャシー増し締め機とは、電気ナットランナーをリンク式アームの先端に取り付け、作業者が締め付け部位に合わせて先端のソケットを取り替えて、締め付け作業を行う装置である。品質を確保するためこの装置では、締め付けトルク異常の流出防止および締め付け忘れ防止を制御する機能が備わっている。

シャシー部品の高トルク締め付け部位は、車両品質を確保する上で重要となる。トルクを保証する締め付け機の設備が大きな全自動化となれば、作業のスペースを占有することになる。また、人との作業の共存は安全性を考えると、全自動化は不可能である。この理由から、人による操作によって締め付けることを前提に、補助装置が開発された。汎用型シャシー増し締め機では、5種類のソケットで21軸の締め付けが行われ、複数の作業者が同一工程で安全に作業ができるようになった。

組立ラインは、ボディ搬送設備と組立設備で構成され、作業者が容易に操作できる補助装置や汎用型重量搭載補助装置、汎用型シャシー増し締め装置が新たに導入され、作業の負担の軽減や作業環境の改善が行われていた。

おわりに

本稿の論点を要約する。

(1) 継続的な改善活動によって、品質を設計と工程でつくり込む

設計・試作段階から生産技術、製造技術の担当者が参画し、品質確保がしやすく、製造しやすい設計構造を得る取り組みが行われる。こうした取り組みから、要求される品質水準を理解し、それを具現化するための方法を製造工程設計と機械・設備設計に反映することになる。

「品質は設計と工程でつくり込む」の考え方から製造現場では、各作業者が後工程に対して品質を保証する。不良などの異常が発生した場合、ラインが止まり後工程へ不良を流さない仕組みになっている。異常が発生したら、その場で機械が止まり、または停止させることができ、問題が自然に顕在し、速やかに再発防止の手を打つことができる。不良品を多く発生させてから手直しをするのではなく、その工程で品質を保証してから次工程に流す。

不良品が発生した場合は、その原因を追求し、再発防止につなげることが要求される。製造工程の改善には、「作業の改善」と「機械の改善」があり、同じ理由で再度ラインが停止しないように、作業者は関連部門と一緒にあって対策を立て改善を行う。

品質の確保と生産性の向上を図るには、製品の設

計・試作の段階から品質をつくり込み、製造工程設計と設備設計に反映する。製造現場では標準作業を確定し、改善提案や小集団活動を通して、製品や製造工程の改善による不良品発生率のムダの対策を継続的に行うことが必要であった。

(2) 働きがいのある職場環境と労働意欲

トヨタ自動車は、従来のラインでの作業と比べ、プリウスの組立工程での働きがいや、作業の達成感がどのように変化したかを調査した。その調査によると、作業者の63%が、働きがいや達成感が向上したと回答している。その理由として、多くの仕事を任されているから、注目されている車(プリウス)の製造だから、車両機能に完結した仕事だから、などが挙げられた¹¹⁾。

プリウスの組立ラインでは、継続的な改善活動が実施できる工程に構築されていた。作業者の創意工夫で継続的に工程の改善ができるように、複雑な機械や設備の導入は最小限に抑えられた。但し、新たに作業者を支援する機械と設備が開発導入され、作業環境は大きく改善されている。生産性と品質の向上には、作業者の勤労意欲を高めることなしには実現できない。改善に取り組むことのできる風土を醸成していくことが、企業発展の源泉となる。

企業は良好な作業環境で、作業者が達成感を得られるような職場を提供する必要がある。プリウスの組立ラインでは、クリーンエネルギーのハイブリッド車を製造することの意味に加えて、高い職務遂行能力が発揮できる職場が提供されていた。車両の機能単位を基本として、作業者が短い期間で車両機能単位の構造がすべて覚えられるような工程となっている。また、高い達成感と成長感が得られるように、作業者間でローテーションを実施し、車両機能単位の構造がすべて習得できるようになっていた。

人間特性に配慮した職務内容の設定と運用があってこそ、作業者の職務遂行能力は効果的に発揮される。望ましい職務とは、職務に対峙する人間の特性を正しく把握し、職務内容自体が人間性を向上させ、職務に充実感を与える職務である(池田,2004)。製造活動の成果は、作業者が持つ能力と職務遂行能力の発揮の程度によって違ってくる。作業者の職務

遂行能力を向上させるとともに、能力が発揮できる職場環境を提供することが、企業には要求される。

製造の仕組みがより複雑になっている今日、労働生産性の向上、人間性の尊重および省資源化を満たす製造活動の適切な妥当性を追求することが、必要となってきた。

注

- 1) トヨタ自動車「トヨタの生産 - その基本的な考え方」、2002年9月、31頁。
- 2) 久良木光夫・安岡秀敏(2004)「作業改善に関する研究」『デンソーテクニカルレビュー』第9巻 No.1、57-60頁を参考にした。
- 3) 名古屋Q S 研究会編(2004)『実践 現場の管理と改善講座 作業改善』、日本規格協会、46頁。
- 4) トヨタ自動車、同掲書、31頁。
- 5) 2005年度実績。トヨタ自動車本社工場での見学、インタビューによる(2006年9月18日)。
- 6) トヨタ自動車、企業情報(環境技術)各種ハイブリッド、<http://www.toyota.co.jp/jp/tech/environment/ths2/kakushu.html>。
- 7) トヨタ自動車 企業情報(環境技術)開発のねらい、<http://www.toyota.co.jp/jp/tech/environment/ths2/nerai.html>。
- 8) 水野省語・鈴木康夫(1998)「プリウス組立ラインの紹介」『TOYOTA Technical Review』第48巻 No2.Dec、オーム社、20-22頁を参考にした。
- 9) 車両機能単位とは、「信号伝達機能」「空調機能」「インストルメントパネル機能」「制動力伝達機能」「フロントシャシー機能」「リヤシャシー機能」「給気機能」「居住機能」「安全装飾機能」「ドア機能」となる。
- 10) 水野省語・鈴木康夫、同掲書、22-24頁。
- 11) 水野省語・鈴木康夫、同掲書、24-25頁。

参考・引用文献

- 池田良夫(2004)「JIT生産システムの労務管理」ジャストインタイム生産システム研究会編『ジャストインタイム生産システム』、日刊工業新聞社。
- 伊藤新三(2004)「JITと最大効率でコスト最小を追求する設備管理」ジャストインタイム生産システム

研究会編『ジャストインタイム生産システム』、日刊工業新聞社。

久良木光夫・安岡秀敏(2004)「作業改善に関する研究」『デンソーテクニカルレビュー』第9巻 No.1、57-63頁。

小島史夫(2004)「高品質なモノづくりを指向した生産技術の情報化」『デンソーテクニカルレビュー』第9巻 No.1、72-77頁。

小谷重徳(2004)「JIT生産システムの生産・物流管理」ジャストインタイム生産システム研究会編『ジャストインタイム生産システム』、日刊工業新聞社。

下川浩一(2004)『グローバル自動車産業史』、有斐閣。トヨタ自動車「トヨタの生産 - その基本的な考え方」、2002年9月。

トヨタ自動車 企業情報(環境技術)トヨタハイブリッドシステム、<http://www.toyota.co.jp/jp/tech/environment/ths2/index.html>。

名古屋Q S 研究会編(2004)『実践 現場の管理と改善講座 作業改善』、日本規格協会。

並木高矣・遠藤健児(1989)『生産工業用語辞典』、日刊工業新聞社。

藤本隆宏(2001)『生産マネジメント入門』、日本経済新聞社。

水野省語・鈴木康夫(1998)「プリウス組立ラインの紹介」『TOYOTA Technical Review』第48巻 No2.Dec、オーム社、20-25頁。

門田安弘(2006)『トヨタプロダクションシステム』、ダイヤモンド社。

ロバートコール、NTTデータ通信システム科学研究所訳(2003)「二つの品質パラダイムと組織学習」、青木昌彦・ロナルドドーア『国際・学際研究システムとしての日本企業』、NTT出版。

(Received : January 10, 2007)

(Issued in internet Edition : February 1, 2007)