

分業における標準化の役割について(2) 情報ネットワークとしてのトヨタ生産システム

The Role of Standardization in Division of Labor(2)

Toyota Product System for Information Network

安 藤 信 雄

ANDO Nobuo

前回目次

はじめに

アダム・スミスの分業論

テーラーの科学的管理論

情報の非対称性から見た「科学的管理法」の形成過程

フォード生産方式：大量生産と標準化

フォード・システムの特徴

今回

トヨタ生産方式

「かんばん」方式と情報の流れ

ジャスト・イン・タイムの情報システム

フォード・システムとトヨタ・システム

セル生産方式

一人生産方式

一人生産方式の問題点と標準化

1個づくり方式

モジュール化論と標準化

まとめ

トヨタ生産方式

トヨタ生産方式に関する多くの文献が指摘しているように、トヨタ生産方式は2本の柱から成り立っている。一つは「ジャスト・イン・タイム」であり、もう一つはニンベンのついた「自働化」ある。

ライカー (J.K.Liker)¹¹⁾は、トヨタにおける標準化された作業が、絶え間ない改善と従業員の自主活動の土台となっており、標準化とイノベーションがコインの両面となって、優れた学習する組織を実現していると指摘している。

作業の標準化は、品質とタクト・タイムを一定とする。これが、連鎖的におこる工程間での取引に必要となるコミュニケーション情報の量を削減しているのである。流れ作業全体をデザインする中央の計画部は、各工程のタクト・タイムを事前には把握でき、情報伝達と作業開始それぞれの最も効率的なタイミングを決定できる。

ここでのポイントは、標準を作成するのが誰なのかということではない。標準を作成し、それを遵守すること、それ自身が重要なのである。いかに優れた標準であっても作業者が遵守しなければ全体の計画は崩れてしまう。トヨタでは、自らが遵守できる標準を作業者自身が作成する。さらに定期的にその標準を改善し、作業者はタクト・タイムの短縮を追求する。標準作業は手順書に記録され、担当者が変わっても前任者の手順を引き継いだ者がさらにその標準を改善してゆくバトン・リレーがおこなわれる。

分業における標準化の役割をみるにあたって、ここではジャスト・イン・タイムとその手法であるはくばん方式について考察してみよう。

かんばん方式と情報の流れ

フォード・システムはベルトコンベアーによる情報伝達と流れ作業の一つの模範的形を作り上げたことをみてきた。それに対してトヨタは「かんばん」による情報伝達と流れ作業の模範的形を作り上げたといえる。フォード・システムとトヨタ生産方式の違いは何か。その違いは、単にベルトコンベアーが「かんばん」に変わったということではない。

「かんばん」は、ベルトコンベアーの発展型である。情報の視点からみるとベルトコンベアーは時間情報を制御する分業の連結装置であった。しかしベルトコンベアーは、それ以上の情報伝達はおこなえないため、異なった内容の情報を制御することはできない。そこでフォードは、製品を単一製品生産とすることで伝達情報を単一化したのである。作業の標準化とその時間情報の伝達手段としてのベルトコンベアーとの組み合わせただけでは、多品種生産に対応することは困難である。

当初フォード・システムを採用していたトヨタは、市場からの多品種生産への要求に直面し対応しなければならなかった。だがベルトコンベアーは、流れが作る生産性のメリットと多品種生産での無駄の発生の長所と短所を持っていた。ベルトコンベアーの短所を捕う形で、「かんばん」を利用したもうひとつの情報伝達手段をトヨタは編み出したのである。ここでの「かんばん」のメリットは多くの情報を伝達できるということではない。多くの情報は、逆にまた無駄を発生させる。「かんばん」はベルトコンベアーと同様に一つの情報を伝達するのであるが、そのメリットはその都度、異なった内容の情報を伝達できるという

ところにある。必要な情報だけを必要なタイミングで伝達するというのが「かんばん」の真の意味である。

大野によると、かんばん方式は、当時まだ日本には普及していなかったアメリカのスーパーマーケットからヒントを得た²⁾という。今日では日本においてもスーパーマーケットは身近に存在しているが、彼がこのスーパーマーケットから得たものは、「必要なものを、必要な時に、必要な量だけ入手」できるあり方であった。売れるかどうかわからないものを運んだり、不要なものまで買わされたりすることがない購入方法を、生産ラインの後工程と前工程の関係に適用しようとしたのである。後工程は前工程に、必要なものを必要なときに必要な量だけ「購入」しにいくという仕組みである。これがジャスト・イン・タイムへの接近方法であった。

前工程と後工程の関係をスーパーマーケットでの買い物のようにした時、真っ先に直面した問題は、「後工程が同じ部品を一度に大量に引き取るために前工程が混乱する」という問題だった。これを解決するために平準化生産へ行き着いた。

まず、このスーパーマーケット方式は「かんばん」によって実施された。ここで注目したのは「かんばん」の果たす役割である。かんばんは、引き取り情報、または運搬指示情報と生産指示情報を伝達する役割を担う。

では、この「かんばん」は一般に行われている注文書や生産指示書とどのように異なっているのか。大野によれば、「一般に企業では『何を・いつ・どれだけ』といった内容の情報は、仕掛計画表、運搬計画表、生産指示書、納入指示票などの帳票の形で仕掛係がつくり、現場に流されるわけだが、これをやっていると『いつ』というのが勝手に解釈され、間に合えばよい、早すぎるのはかまわないというようになり、早くできすぎた部品の整理にどうしても必要以上の間接人員をかかえることになる。つまり、ジャスト・イン・タイムの『ジャスト』に意味があり、単にイン・タイム(間に合う)ということだけでは、ムダはなくなるのである³⁾」。かんばん方式は、つくり過ぎを防ぎ余分な在庫を持つ必要を排除することが狙いであった。

そして、かんばんはリアル・タイムに流れる情報である。「いつまでに」ではなく「いま」についての情報を伝達する。大野がいうように、かんばんは生産ラインの自律神経となつて、それにもとづいて生産現場の作業者たち自らが仕掛(作業着手)を行い、残業時間を判断する。

この情報の流れに対応して作業者の作業がムダなくスムーズに進められるには、作業は標準作業にされている必要があり、生産の流れは製品のサイクルタイムで平準化されることが重要になる。

標準化は、フォード・システムと同様に製品の品質を均一化するために必要であり、生産ラインの設計を行う上で重要な前提となってくる。これはフォードまでの分業の基本と同じであり、トヨタ生産方式にも共通している。

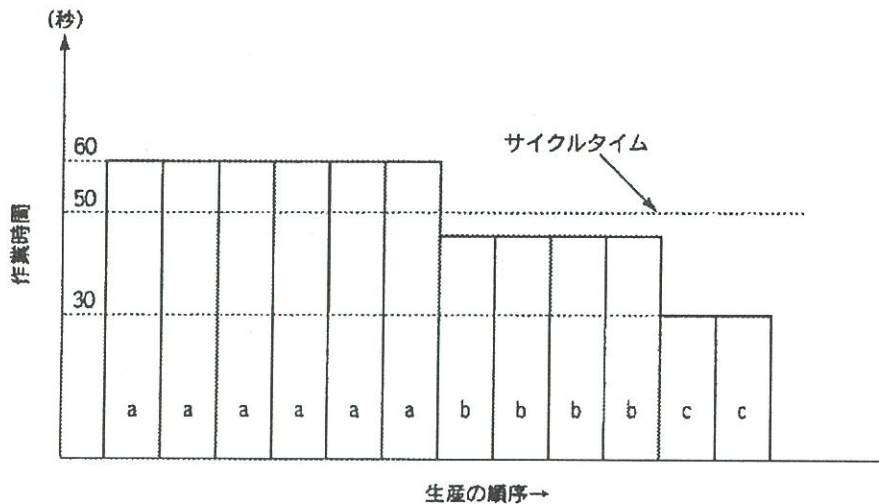


図 1-2 バッチ生産の場合

出所：宮崎茂次「トヨタ生産方式とJIT」『トヨタ生産方式』日本生産管理学会編、
日刊工業新聞社、1996、p.11。

トヨタ生産方式がフォード・システムと異なる特徴は、平準化にある。平準化には、量の平準化、種類の平準化、時間の平準化の三つがある⁴⁾。ジャスト・イン・タイムが抱える大きな問題は、必要な量を生産する時間である。「かんばん」による指示であっても生産量が短期的に集中すれば、当然生産能力を上げなければならない。ところが、次の指示で必要量が減少すれば、作業量と設備は余剰となる。大野はこれを「山を低く谷を浅く」と表現した。生産量を均一化して、余力の生産作業と設備を発生させないようにしなければジャスト・イン・タイムは、非常にコストがかかるシステムになってしまうのである。

生産量の平準化は、特定の種類の製品生産が集中的に生産されるのを避けるようにすることが必要となる。ここから生産投入種類の平準化、言い換えれば、種類の平準化が必要となる。例えば、3種類の製品A：B：C＝3：2：1を生産するとしよう。Aが60秒、Bが45秒、Cが30秒かかるとすると、同一ラインでAだけを生産し、次にBだけ、さらにCだけとまとめて生産する場合、図1-2のようになる。このように、1種類の製品をまとめて作ることを団子生産、またはバッチ生産ともいう。

バッチ生産を行うと、特定の時間に特定の生産種類が集中する。そうすると、特定の時間に特定の部品が集中的に必要となる。集中的に部品が必要とされると、部品供給側は、生産能力をアップさせなければならない。しかし、先ほど指摘したように、次の種類が生産される時間には手待ちとなる。つまり、生産要素の余剰が発生するのである。後工程がバッチ生産の場合、この余剰を避けるためには、前工程は手待ち時間を利用して作り貯めをしておく必要がある。ここに在庫の発生が生じる。さらに、この作り貯め数量が見込みによってなされれば、予測がはずれた場合、余剰在庫が発生する。

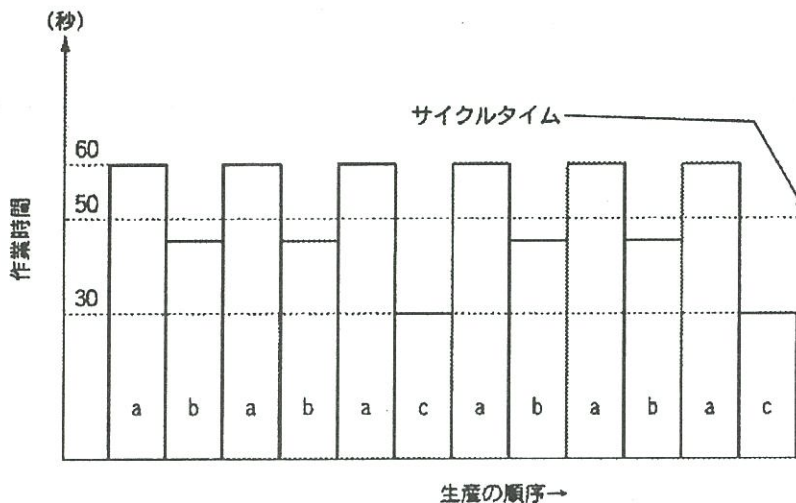


図1-3 バッチ生産の場合

出所：宮崎茂次「トヨタ生産方式とJIT」『トヨタ生産方式』日本生産管理学会編、日刊工業新聞社、1996、p.12。

例えば、半日に10万台の注文が集中するバッチ生産であると、前工程での生産は半日で10万台生産しなければならない。これは1日だと、20万台の生産能力を持たなければならないこととなる。もし、前工程だけが1日10万台の生産設備ですませようとする、半日で5万台の生産能力となるため、後工程からの集中受注に対応するためには、前もって5万台を生産して在庫を作っておくことが必要となる。ここで在庫が発生すればそれだけ経費が必要となる。さらに、1日10万台という数字は予想としての見込みであって、この予想がはずれて、例えば、8万台となったら、2万台の余剰在庫、つまり、デッド在庫を抱えてしまうことになる。

そこで、前工程での作り貯めをせずに生産投入要素の余剰の発生を防ぐには、後工程で種類の平準化を行い、前工程への注文を平準化する必要がある。先の例でいえば、後工程は、半日10万台ではなく、他の種類の製品を同時に流して1日10万台を生産し、前工程への注文を1日10万台とすればよい。こうすれば、前後の工程で生産のタイミングが合うので在庫の必要はなくなるし、見込み生産の必要もなくなる。前工程は後工程が必要な量を必要なタイミングで生産できることを意味する。前工程はさらに、半日10万台の生産能力から1日10万台の生産能力へと生産要素投入費用を半減できることになる。

この種類の平準化を行うことは、時間の平準化を行うことになる。時間の平準化とは、特定種類が特定時間に集中するのを防ぎ、均等に生産されるという意味である。それでは、どうしたらよいか。先のA:B:Cの例で時間の標準化をした場合を図1-3に示す。大野はこれを「1個流しの同期化生産」と呼んだ。これは「ロットを小さくする」という結果を生み、段取り替えを頻繁に発生することとなる。

本来、フォードまでの大量生産方式は、その標準化の位置付けからもわかるように、ロットを大きくして、できることなら製品を1種類に特化して段取り替えを減らすかなくすことでムダを省こうとしていた。これに反してトヨタ生産方式は、段取り替えを頻繁に行うため、これまでの常識ではムダが増えてしまうと考えられていた。このため大野は「すみやかな段取り替えは、トヨタ生産方式を実施するに当たって、絶対の要件である」と、逆転の発想に向かう。

ジャスト・イン・タイムの情報システム

ジャスト・イン・タイムにおいて情報システムは、必要なときに必要なだけの情報があればよく、その必要な情報を的確にタイミングよく生産現場へおくことができるシステムと考えられている。コンピュータの計算能力は、人間の能力をはるかに凌駕している。あまりに大量の情報がスピーディに提供されると、それに対応して作り過ぎが生じてジャスト・イン・タイムが崩れてしまう。

多すぎる情報は、生産現場を混乱に陥れる。標準化した順序計画や計画段階における部品ごとの日あたり必要数の計算は、コンピュータを利用して初めて可能となる。だが、情報の流れという点では、コンピュータ能力をフルに活用すると、逆に情報過多に陥るのである。大野は理想的な情報処理のあり方を、人間の自律神経機能になぞらえて指摘している。これをまとめると次のようになる。

市場からの情報は常に変動する。常に変動する市場からの情報に対し生産ラインは、いつでも計画を変更して対応できることが望ましい。かんばんは、微調整を自動的に行う機能を持っている。生産現場には前もって細かい生産計画は提示されていない。次に何を作るかは、かんばんをはずさなければわからないのである。市場の変動に対応して計画が変更されたからといって誰かが連絡に走り回るわけでもなく、かんばんの出たとおりに作ればよいのである。

中央において生産計画すべて決定して全体が直接その支持を受けながら生産すると、微調整を伴う生産計画の頻繁な変更は不可能に近く現場をも混乱させる。情報の視点からいえば、かんばんは情報のジャスト・イン・タイムを実現することで、フォードのベルトコンベアー・システムを強化発展した形態だといえよう。

具体的にみてみよう。トヨタには年間生産計画、月間生産計画があり、生産2ヶ月前に何をどれだけ作るかの内示が行われる。生産1ヶ月前には車種から形式、その他細目にわたる生産内容が確定され、外部協力工場へも内示と確定の情報が送られる。次に日程計画が生産の平準化に基づいて立案され、前月の後半に各ラインは、種類別の1日当たりの生産量を知らされる。最後に日程計画をさらに平準化した順序計画を最終組立ラインの頭に1箇所だけ送る。このときすべての工程に「順序計画」を送ることはしない。

各工程が自律神経のように前工程に反応しながら生産情報が流れていく。前工程がライン横にある部品を使って車を組むと、そのかんばんがはずされ、次の引き取りになる。前工程は引き取られた分だけつくるため、生産計画は不要である。メイン工程に枝葉のようにサブ組み付け工程が存在する場合は、すこし複雑になる。サブ工程でのサイクルタイムがあるため時間差を持って、かんばんによる情報が流されなければならない。

図1-4は、製品の流れと情報の流れを示したものである。中央の四角い箱が横一列に並んでいるのがメイン・ラインを表し、ライン④からライン⑥がメイン・ラインに部品を供給するサブ・ラインである。メイン・ライン上の四角い箱のなかの番号が製品の通し番号である。図1-4では1番製品が完成し、ラインからオフしようとしており、20番製品がラインに入ってきたところである。生産情報はメイン・ラインの最初の工程へ送られ、最初の、すなわち第1工程の作業者は、製品に生産のために必要なすべて記入した張り紙(生産指示票)をつける。第1工程の後工程となる二番目の工程以降の作業者は、すべて製品をみればどの部品を組み付けるかがわかる。

サブ・ライン⑥の作業者には矢印の情報が送られる。サブ・ライン⑥の②⑩工程で、今必要な情報は、製品番号20の製品に組み付ける部品の生産情報である。それ以上の情報は不要である。サブ・ライン⑥は②⑩から流された製品をみれば何をすればよいか分かり、最終的に⑥で完成した部品は製品番号20がメイン・ラインで流れてきたところでジャスト・イン・タイムに到着しメイン・ラインで組み込まれる。この矢印の情報の流れを、かんばんが行うのである。

ジャスト・イン・タイムとは各工程が必要な情報について、今すべきことのみを伝えるシステムであり、予測に基づく不確実な情報は伝えない。必要なタイミングについては、各工程が標準作業により、遅くもなく、早くもなく標準時間を守ることでメイン・ラインとの合流時間が計算可能となるのである。

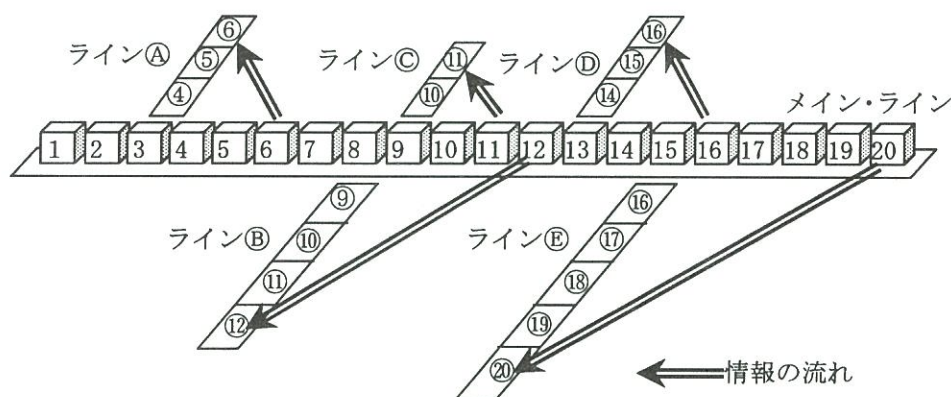


図1-4 トヨタ式情報システム

出所：大野耐一『トヨタ生産方式』ダイヤモンド社1978、p.88より作成。

もう少し複雑な状況も起きるであろう。もし製品番号20が投入された時点でサブ・ライン⑤へ情報が流されると同時に、サブ・ライン④からサブ・ライン⑩までのすべてのサブ・ラインに情報が流されると何が問題なのであろうか。予想される問題は「不良」の発生である。

もし、製品番号15が部品を組み付けた時点で、それが不良品であることがわかったとしよう。製品番号15は製品番号14がある工程へは流されず、手直しのためラインの外に出され(ライン・アウトという)、標準工程からはずされて修正を受ける。かんばん方式の情報システムであれば、このとき、生産情報はサブ・ライン⑩の指示のみが出されているので、サブ・ライン⑩の部品のみが余剰在庫として生産されるにとどまる。このように、情報のジャスト・イン・タイムは、トラブルに対し損害を最小限に食い止める働きを持っていることがわかる。

もし、ジャスト・イン・タイムを行わず、すべてのサブ・ラインにすべての情報が行渡ってしまうと、どうなるであろうか。すべてのサブ・ラインは、ライン・アウト情報がない限り部品生産を続けてしまう。すると、余剰部品在庫が発生する。これを防ぐためには、発生したライン・アウト情報をすべてのサブ・ラインに伝えることが必要である。先の例では、製品番号15で起きた不良発生情報をすべてのサブ・ラインに伝達する情報網の構築をしなければならない。

この情報網の構築は、単に15番の工程だけではなく、すべての工程に全後工程への情報伝達網を構築しておく必要がある。かりに、それが使用される可能性がほとんどなかったとしても、完璧を期するためには、可能性すべての情報ネットワークを構築しておかなければならない。そしてそれには、コストが必要となる。かんばん方式では、そのコストを不要とし、大野が指摘する自律神経的機能を利用して、すべての工程間に構築される情報ネットワークと同じ結果が得られるのである。

「後工程はお客様」という認識は、まさにスーパーマーケット方式から生み出されたジャスト・イン・タイムの発想であるが、それは変化する市場のニーズにリアル・タイムで対応するシステムであるばかりでなく、工程内の状況にリアル・タイムに対応するシステムでもある。つまり、情報の流れは組織の外と内を貫いたシステムで一貫性を維持しているのである。

自律神経的工程連結は、組織に市場原理を導入したに等しい。トヨタ生産方式が提示していることは、市場と組織の相違は、単に価格による情報伝達によるかどうかの相違ではない。本来、組織はヒエラルキー構造による情報伝達によって分業間が調整される。市場は価格による情報伝達で自律的に調整が行われる。自律的調整、これが市場メカニズムの本質である。トヨタは市場原理を組織原理に持ち込んだのである。

フォード・システムには、このような自律神経的結合は存在していなかった。フォード・システムは、中央で設計された生産計画が末端まで貫徹されるための例外なき計画システムであった。また、標準化もテラーが指摘した「あるべき」計画の基本であった。それに

対し、トヨタ生産方式は個々の分業が標準的運動を自律的に行いながらも、そこがまた情報の発信源となり後工程を制御しているのである。個々の作業が連鎖的に連結された姿といえよう。

以上の点について、青木昌彦は、次のように指摘している。「循環する『カンバン』の連鎖によって、全システムは市場の需要に直接反応することになる。これに対して、アメリカの自動車産業の伝統的な方法では、市場『予測』に合わせて生産し、そののち、実際の市場がその生産分を吸収するように、リベートや割引、オプションなどで価格を調整する。このシステムでは明らかに供給側がイニシアチブを持っている⁵⁾」。自律神経的分業の結合は市場に直接反応する情報の流れを作り出すことができるのである。

自律神経的結合を持って市場の変化に柔軟に対応する組織としての評価に対して、疑問を投げかける見解もある。トヨタ生産方式は本質的にフレキシビリティを基本に持っているのか。市場ニーズの多品種化と規模の経済は相矛盾する。この点について佐武弘章は、トヨタ生産方式の利益の源泉は、多品種化がもたらす規模の利益の阻害を最小限に抑制するネガティブな点にあるという。利益の源泉はなお規模の利益のうちに求められているのであり、トヨタ生産方式の特徴をフレキシビリティにあるとみなすことに疑問を呈した。

佐武は多品種化の規模の経済への阻害要因を抑制するなかで、結果としてフレキシビリティとなったにすぎないのだという。トヨタ生産方式の基本は、規模の経済にあり、フレキシビリティそのものが利益の源泉ではないのである。

フォード・システムとトヨタ生産方式の構造的比較

フォード・システムにおけるベルトコンベアーによる作業時間の統制と標準化による生産性の向上を、さらに拡大して体系化しようとしたのがトヨタであった。

トヨタ生産方式もフォードと同様に、生産工程におけるロスを削減することを主眼として考え出されたものである。在庫の存在は、財のロスを生み出す。この財のロス、財がスムーズに流れていないことから起こる。財がスムーズに流れるためには、分業の標準化による時間ロスの排除と分業を連結したときにおこる分業間での時間の差異を考慮しなければならない。

なぜなら、分業を連結するときにそれぞれの分業で設定された標準作業時間に、ばらつきが発生するからである。この問題を解決するために、各分業の標準作業時間を見直す必要がある。そもそも、分業は製品を完成させるまでの工程を人為的に分解して発生するのであるから、どこまでを1工程とするかを調整するのもまた人為的に可能である。

分業による個別作業は、さらに細分化された複数の単純動作の組み合わせである。言い換えれば、細分化された最小単位の動作をいくつか組み合わせて、一つのまとまりとなった作業が、分業における個別作業なのである。平準化は最小単位の動作の組み合わせを再

構築して、各分業が連結された時に発生する流れを均一化する。このことにより、待ち時間を排除する。流れの待ち時間が排除されれば、在庫は不要となる。フォードがベルトコンベアーで実現したことは、見た目にはモノの流れを止めずに分業を組み立てることによって無駄を排除してきたのであるが、すでにみてきたように、それは生産時間の指示等の情報の流れを体現していたのである。

ベルトコンベアーによる情報の流れが物理的に及ばないところでは、情報の伝達が途切れてしまう。ベルトコンベアーに部品を供給する工程や他社からの購入部品は、この情報の流れが伝わらない。すると、そこには必然的に在庫が存在することになる。ここにロスが存在するのである。トヨタはこの情報の流れをベルトコンベアーが物理的に及ばない範囲にまで推し進めようと考え、具体化したのがかんばん方式である。

以上がトヨタ生産方式とフォード・システムとの類似点であるが、決定的な相違点はベルトコンベアーから情報を分離した点である。ベルトコンベアーの流れと情報が一体化していると、ベルトコンベアー上を流れる製品の差異情報は処理できない。それに対するフォード・システムの解決策は、単一製品への特化であった。トヨタは市場の多品種ニーズに対応するためフォードの「流れ」の長所を生かしながら、生産情報の「流れ」をベルトコンベアーの流れから分離し、かんばんによる情報独自の流れを作り出した。

このかんばんによる情報独自の流れは、各工程の標準化と同時に自律神経的調整機能を可能とし、まさに市場での情報連鎖と同じ機能を組織内に作り上げることとなったのである。各工程が自律神経的動きを可能としたのは、かんばんによって情報の流れが可能となった。それを可能としたものは、かんばん情報が中央計画室によって流されるのではなく、前工程でかんばん情報を発信するという、情報発信源の相違と情報の連鎖的伝達方法によるところにある。

トヨタでの各作業者が自ら作成する作業標準によって構成されている組織をテーラーの科学的管理手法と比較したアドラー (P.S Adler)⁶⁾は、テーラーの標準化が「強圧的官僚制」であるのに対し、トヨタの標準化は「自主性に任せる官僚制」であると分析している。「自主性に任せる」官僚制では、標準化作業の実行監視コストは強圧的官僚制よりもはるかに少ない。

新しい分業システムと標準化

セル生産方式

ベルトコンベアー・ライン方式には、三つのロスが存在することをレイ・ワイルド (Ray Wild) は指摘している。バランシング・ロス、ハンドリング・ロス、システム・ロスである⁷⁾。レイの検証方法をまとめると次のようになる。まず、労働者の動きのすべてが生産活動に充てられた場合の理論的時間を基準値とする。だが実際には、工具を取ったり、置い

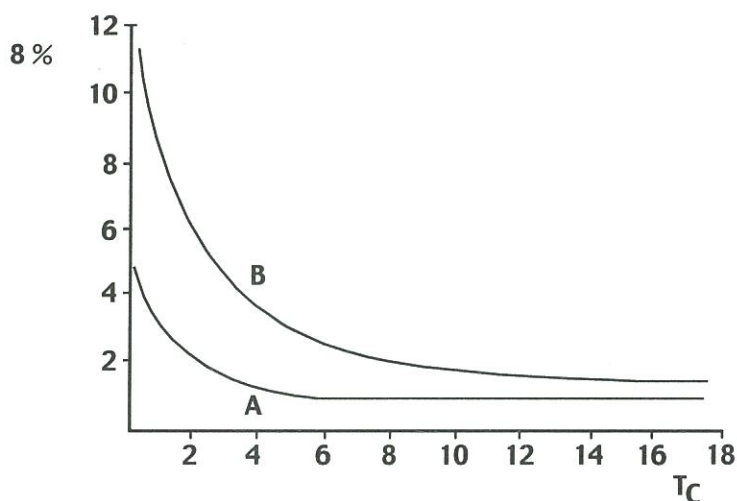


図 1-5 バッチ生産の場合

Ray Wild, "On the Selection of Mass Production System", *International Journal of Production Research*, American Institute of Industrial Engineers, Vol.13, No.5, 1975, p.450.

たりするので、労働者の動きをすべて生産活動に充てることは困難である。これが「ハンドリング・ロス」である。システム・ロスとは、一定時間で作業すべきところで、実際には、労働者の個人の能力に差が生み出す時間の誤差から発生するロスである。

バランス・ロスは、各工程の標準時間の差異から生じるロスである。すべての工程を同一の標準時間にすることは、技術的に困難であるため、前工程が終了するのを待つ時間が発生する。このバランス・ロスを1製品の総生産時間に対する損失割合B%とし、1工程あたりの標準時間 T_c との関係を示したものが図1-5である。 T_c が短くなればなるほど1製品の総生産時間に対する損失割合が大きくなる。また、工程数が増えれば増えるほど同様にB%は増加する。

「セル生産方式」は、バランス・ロスを削減する効果があることが知られるようになり、1990年代に入ると、様々な製造現場において広く普及するようになった⁸⁾。フォードによって考案されたベルトラインによる標準化と流れ作業による大量生産方式と比較して、このセル生産方式は、どのような特徴があるのか。また、今までみてきた、生産性向上の前提である標準化との関係はどのようなものであるかについて、以下で検討する。

セル生産方式は、那須野公人によると、日本において1990年代の初め、トヨタ生産方式を電気メーカー等が適用するなかで生まれてきた。また、少し遅れて1994年に、コンパクト・コンピュータにおいて経営危機を立て直すための様々な実験から、ほぼ同じ方式が当初、同社スコットランド・アーキンス工場にて考案された⁹⁾。

1991年秋、ソニー美濃加茂において、トヨタ生産方式の生産ラインへの適用が開始され、1992年春にベルトコンベアーによる流れ作業の効率性に対する再検証実験がビデオカメラ

のテープ駆動装置組立工程において行われた。1人が数工程を担当し、5名コンベアーラインを構成していたのに対し、5人にそれぞれ作業の全工程を習得させて、1人で組み立てる方式を試みた。その結果、1日の1人あたり生産量が150台から平均243台へ1.6倍へと生産性が向上した。このソニー美濃加茂の結果を受けて、ソニーの生産革新が始まった。セル生産方式は、その後、ソニー幸田(ビデオカメラ生産)、ソニー木更津(据え置きVTR)、ソニー一ノ宮(テレビ組立)、ソニー本宮(電子銃と薄型ブラウン管)工場へと広がり、全社的に採用されるようになった。

その後、セル生産方式は、日本において多品種少量製品の組立ラインを中心に広範囲に広がっていく。日本ではセル生産方式を「一人生産方式」と「1個作り方式」として標準化していくことになる。一方、アメリカのコンパックでは1994年ごろからの実験の結果、3人組の作業グループによる「セル生産方式」が考案されるに至った。1995年にはヒューストン工場のすべての最終組立ラインをすべてセル生産方式に転換するとともに、最終的には他の工場にもこの方式を導入することを検討することとなる。コンパックではセル・マニファクチャリングという名称で呼ばれており、これからセル生産方式という呼称が由来したと思われる。

セル生産方式は、その内容を分析すると、大きく分けて二つの特徴を持っている。ひとつは、生産の全工程を1人の人間が受け持つ「一人生産方式」としての特徴。もうひとつは、1ロットを1個とする「1個作り方式」である。製品の特徴によって、この「一人生産方式」と「1個作り方式」のそれぞれの特徴を組み合わせる生産工程が設計されるようである。ゆえに「セル生産方式」といっても、生産対象によって様々である。とはいえ、その原則を突き詰めると、「一人生産方式」もしくは「1個作り方式」に行き着く。次にそれぞれの方式について、その特徴を分析してみよう。

一人生産方式

連続的な流れ作業で標準化した個々の作業を連結した場合、各作業時間の違いから待ち時間が発生する。この待ち時間を解消するためには在庫を必要とするが、そのために在庫費用が発生してしまう。ジャスト・イン・タイムによる在庫費用ゼロの効果を有効に取り入れようとする一人生産方式へと行き着く。

一人生産方式の利点は、ライン編成率によって理解することができる。ライン編成率とは、工程内の待ち時間が投入から産出までの全工程の総時間に占める割合、言い換えれば、工程内待ち時間がリードタイムに対してどのぐらいの割合を占めてしまうのかを表す指標である。このライン編成率＝ E として式で表すと

$$E = \frac{\sum HT}{\max HT \times N_A}$$

となる。 HT は、工程別(作業者別)手扱い時間、1工程の作業時間である。 $\max HT$ は、工程

別手扱い時間のなかで最大値を表している。分子は工程別手扱い時間の総合計であり、分母は手扱い時間の最大値を人数倍(N)、つまり、工程数倍している。

このライン編成率が表していることはなんであろうか。関根憲一¹⁰⁾の指摘にもとづいて検討してみる。まず、作業工程表1を例に検討する。作業工程表1の1番から8番までは各工程の手扱い時間を表している。この8番工程のなかで最大のHTは1番工程と2番工程とともに40秒である。

作業工程表1

工程	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
HT	40s	40s	30s	36s	30s	30s	30s	30s	266s

この場合ライン編成率は、

$$E = \frac{\sum HT}{\max HT \times N_A} = \frac{266}{320} \div 83\%$$

となる。この例ではライン全体の $100\% - 83\% = 17\%$ が待ち時間として発生しており、時間としては $320\text{秒} - 266\text{秒} = 54\text{秒}$ が待ち時間となっていることを表している。この単純な計算式は、あと17%の時間短縮が理論的に可能であることを示唆している。なぜ、このようなことになるかという、2番工程担当者の作業が終了するまで3番工程以降の6名の担当者は10秒間待たなければならないからである。4番工程担当者は、工数が36秒なので、 $40 - 36 = 4$ 秒だけ待つことになる。するとこの合計が54秒となる。このラインでは1製品のインプットからアウトプットまでは320秒かかるが、実際に作業者が作業している時間は266秒となる。

さて、このラインの1番工程から8番工程までを1人の人間が行えば、製品のインプットからアウトプットまでは266秒であり、手待ち時間はなくなるはずである。これを追求したのが一人生産方式である。つまり、工程分業における各工程工数の差異から発生する待ち時間を消滅させようとしたのが一人生産方式の理論的な意味である。

したがって、新製品の生産工程を設計するためには、多大な作業工程研究と工具の創作が必要となる。単一種類の生産のみを行うのであれば、初期の工程設計費用は生産量に対して対数的に減少させることができるが、多品種少量生産を行い、かつ、新機種製品が短期間に生まれる場合では、初期の工程設計費用は、限界費用のなかで大きなウエイトを占めてしまう。

また、一つの工程に対し作業改善が施され、工数が短縮されたとしても、どこかの工程の工数が最大値であれば、その改善の結果はリードタイムには反映されない。したがって、最大値工数の工程がボトル・ネックとなり、限界費用は最大値工数の工程に規定される。このことは、従業員の創意工夫による作業改善が限界費用の削減に直接結びつくまでには、ボトル・ネックとなっている工程の工数が改善されるまで待たなければならないことを意

味しており、従業員の作業改善は、必ずしも結果に反映されるとは限らない。

例えば、先ほどのライン編成率で作業工程表の6番目の工程を改善して工数を24秒に短縮できたでしょう。それを示すと作業工程表2となる。

作業工程表 2

工程	1	2	3	4	5	6	7	8	合計
HT	40s	40s	30s	36s	30s	24s	30s	30s	260s

6番工程短縮後の全工程の作業合計時間は266秒から260秒へ当然、短縮する。しかし、工数最大値の1・2番の工数が改善されていないので、この製品のリードタイムは当初の320秒のままで変わらない。待ち時間が増えただけである。

この場合、もし、工数上でボトル・ネックとなっている作業の改善が困難な場合には、工程全体のリードタイムの短縮は他の工程の工数が改善されたとしても意味を持たなくなる。また、最大値の短縮なくして、あらゆる作業の改善のための費用はリアル・タイムに反映されることがなくなり、回収のめどがたたなくなる。

作業者の創意工夫は、かりに、作業者の遊び時間が増えるという意味で作業者にとって意義を持つ場合があるかもしれないが、費用削減効果としては意味を持たず、評価はされない。作業者の努力は、経済効果として結びつかない。ここでは、最大値の工数をもつ1・2番の工程が改善されない限り、3番工程以降の改善は意味を持たない。

それでは、この1・2番の工程の改善が困難であった場合、この1・2番の工程を分割することが考えられる。かりに、この二つの工程を三つの工程に分割できるとして、例えば、30秒・30秒・20秒としたでしょう。工程は9つに分かれ、作業工程表3のように書き換えることができる。3番以降が4番以降へずれているだけの表である。

作業工程表 3

工程	1	2	3	4	5	6	7	8	9	合計
HT	30s	30s	20s	30s	36s	30s	24s	30s	30s	260s

作業工程表3では、1・2番のボトル・ネックは解消している。しかし今度は、新たに5番目の工程が最大値36秒でボトル・ネックとなっている。しかも、人件費は1人分多く必要となる。ライン編成率を計算すると

$$E = \frac{266}{36\text{秒} \times 9\text{人}} = \frac{260}{324} \doteq 80\%$$

と80%となり、前の83%より悪化している。待ち時間は全体の約17%から約20%へと上昇し、なおかつリードタイムも320秒から324秒へと悪化している。これは、ボトル・ネック

の工数が40秒から36秒へと4秒だけ短縮し、10%減少したのに対し、人件費は8人から9人へと約12.5%上昇しているからである。リードタイムは短縮したが、限界費用はそれ以上に上昇したことを意味している。

ここから、一人生産方式の優位性が主張されることとなる。一人生産方式であれば、分業間の工数の斑が解消される。一人生産方式では、工程を分割するか否かに関わらず、リードタイムは260秒となる。待ち時間はなくなり、当然、ライン編成率は100%となるからである。

さらに、この一人生産方式の優位性は待ち時間の減少という結果以上に、どの工程での工数改善もダイレクトにリードタイムの短縮にリアル・タイムに反映されることにある。これは、先ほどの作業担当者別のライン編成とは逆に、個々の作業工数改善が、限界費用の減少にダイレクトに反映されるということでもあり、作業者の創意工夫による改善が経済的な意味と評価を与えられることとなる。どの工程に対してであれ、最も手をつけやすいところから改善を実施でき、その結果による工数短縮がダイレクトに限界費用の減少に反映され、よって、その改善コストの回収も可能となるからである。

一人生産方式は、作業間の工数ムラの解消による待ち時間をなくすと同時に、ダイレクトな工数改善の反映によりインセンティブを生み出す効果を持っていることがわかる。

一人生産方式の問題点と標準化

一人生産方式の問題点としては、次の8点があげられる。

- ① 作業員個人の技量差、品質差がでる。
- ② 作業員にストレスが多くかかる。
- ③ 作業員ごとにペースが一定でない。
- ④ 教育訓練時間が多くなる。
- ⑤ 欠勤者の代替者がいない。
- ⑥ 量産品には向かない場合がある。
- ⑦ 大物、重量物には向かない。
- ⑧ 設備がラインの数だけ必要となる。

以上の欠点を考慮すると、一人生産方式は単一大量生産には向かない場合がある。①～⑤は主に作業員の問題であり、作業の標準化によって解決できる余地は十分にある。他方、⑥量産品の問題は、機械によるバッチ生産が有効の場合があり、これは作業工程の工夫では対処しようがない。

また、⑦の重量物については同様であるが、大型設備を必要とする重量物の大量生産の場合が当てはまるだろう。⑧の設備は工程ラインのレイアウトを工夫して複数ラインでの設備共有を図れば解消する可能性がある。このように、一人生産方式での問題点は、専用設備を使用した大物重量物の大量生産方式には向かないといえることができる。

そもそも、一人生産方式の利点は、ラインのバランス・ロスの解消であり、多品種少量生産で威力を発揮する。しかし、この一人生産方式の成立条件として、作業の標準化が前提となっていることがわかる。作業者の技量差、教育訓練の時間の短縮、代替作業者の教育、作業ペースの一定性を確保するためには、作業の標準化が前提だからである。

いかにバランス・ロスを解消しても、一人生産方式の上記デメリットが大きくなれば、効率的な生産ラインを実現することはできない。つまり、一人生産方式は作業の標準化が達成されなければ実現しないのである。

現に一人生産方式の導入マニュアルは、「工程ばらし」が出发点になっている。これは、すでに標準化された工程をばらすことによってロスを解消することを示唆している。一人生産方式は分業の否定ではなく、分業の結合のあり方を問題にしていることがわかる。

ベルトコンベアー方式が、別々の作業者が工程別に担当作業をもつ分業のラインによる結合を目指したのに対し、一人生産方式は、1人の人間がすべての工程を受け持つことによる分業の結合であり、けっして分業が存在しないわけではない。むしろ、分業による作業の標準化が確立していなければ、一人生産方式はその欠点によるマイナス部分の方が大きくなってしまう。

今までみてきたように、生産性向上の原動力は作業の細分化による分業であった。またこれは、作業の標準化を作り出し生産性の向上をもたらす。しかし、この細分化が進行すれば一つの分業での生産性は向上しても、前後の工程に時間的同期がとれていなければ待ち時間が発生してしまう。これに対し、全工程の工数を統一するように分業を設計することは非常に困難であり、工程数の増加に伴って実現性は低くなる。そこで、分業の結合方式として、ベルトコンベアーかセル生産方式かの選択が必要となってくる。このように、作業の標準化は、それと同時に作業間のバランスが問題となり、作業間を結合する新たな標準化を必要とする。そして、この作業間を結合する標準化が、コストを大きく左右することとなる。

1 個づくり方式

一人生産方式と合わせて注目された生産方式に「1 個づくり方式」がある。多品種少量生産の究極の形態は、生産ロットを1 個とする「1 個づくり方式」である。テーラー・システムから一人生産方式までの論議が作業動作の観点であったのに対し、「1 個づくり方式」は生産ロットの観点到着目した方式である。

1 個づくり方式の利点を整理すると、以下の3 点となる。

- ①リードタイムの短縮
- ②不良品発見のリアル・タイム化による損害の最小化
- ③市場ニーズへの即対応生産と製品在庫の削減

さらに、1 個づくり方式を大量生産ラインに適用することで、混流生産として応用するこ

とによって、設備の有効活用を図り、量産ラインによる多品種少量生産の効率化を追求することができる。

まず、1個づくりによってリードタイムの短縮化が図れるのは、工程内の待ち時間を減少できるからである。例えば、森下敏彦・三宅久裕による住友電気工業の事例報告を例にみよう。住友電工は電子機器用電線を製造している。電線製造は、出来上がった電線をボビンという糸巻きのような筒に巻きつけ、完成すると検査工程へ運び検査する。当初、このボビンは15個を1ロットとして台車に乗せて検査に運んでいた。「素線検査の各測定器では1ボビンずつ測定されるのに、各測定器の間はボビン15個を台車に乗せて運搬するためロット待ちが発生していた」。

森下・三宅は、これをゴルフを例にとり、次のように説明している。「ゴルフは1組4人でホールを回るが、実際にプレーするのは1人ずつで、その間、他の3人は待っている。生産現場でも同様に1つのロット中のある製品が加工されている間、そのロットの他への製品は一緒に待っていなければならない。このような待ち時間をロット待ちという」。また、「あるホールでプレーを終わった1組が次のホールへ進もうとしたとき、そのホールで前の組がプレーをしていれば、終わるのを待たなければならない」。「生産現場でも同様にロット全体が次工程の加工を待っているケースがある。このような待ち時間を工程待ちという¹¹⁾」。

ロット生産には、上記のように「ロット待ち」と「工程待ち」という二つの「待ち」が存在しており、この待ちを減らす、もしくはなくすことがリードタイムの短縮につながる。これは、例えば、コピーの例によっても理解できる。誰かが何種類もの原稿のコピーを依頼されたとしよう。彼(彼女)は複数の依頼をすべてコピーしてから依頼者へ持っていくとすると、依頼者はすべてのコピーが終わるのを待たなければならない。これがロット待ちである。

また、大学や事務所でコピー機の前に列ができることがある。大量に枚数をコピーしている人がいる場合などよく見かける光景である。この場合、例えば1枚のコピーを撮るにも前の人の大量コピーを待たなければならない。これが工程待ちである。1個づくり方式は、この場合、大量コピーに割り込んで、1枚だけコピーさせてもらうという発想なのである。

第2の特徴として、この1個づくり方式には、不良品対策の効果がある。製品を1個ずつ作る方式では、生産ロットは1個単位となる。ロットが1個であるため、不良品の発生に対するフィードバックは、発生時点で行われる。従来のロット単位が複数個の場合だと、不良発生によるフィードバックはロット単位となる。例えば、1ロット100個だとすると、不良のチェックは100個生産された後に行われる。もし、100個生産後に不良が発見されると、100個がフィードバックか手直し修正の対象となる。しかし、1ロット1個であれば不良による損害は1個となり、1ロット100個と比べると100分の1ですむ。

また、1個作り方式であれば、不良が発見されるとその場で対応が可能となり、それ以降に生産される同一製品に対してはすべて生産前に対策を実施できる。このことから治具の

故障や不良部品の発見が行われた時点でも対策が可能となるので、産出不良製品は1個で済み、その後の投入製品には影響を及ぼさない。このように1個作り方式であれば、予期せぬ事態の発生にリアル・タイムで対応できることが可能となる。このように、1個作り方式は不良によって発生する修正費用を最小限に抑える利点がある。

第1の特徴で説明した割り込みを可能とする1個づくり方式であれば、顧客のニーズにタイミングを合わせた生産が可能となる。これが第3の特徴である市場ニーズへの即対応生産と製品在庫の削減である。顧客は注文から納品までをリードタイムと考えるため、受注側のロット待ち・工程待ちもリードタイムとなる。どんなに生産能力の高い設備を用意しても、この「待ち」が増えてしまえば、顧客から評価はされない。顧客の短納期に対応するには、見込み生産を行って製品在庫を持たなければならない。1個作り方式であれば、見込み生産をなくし、製品在庫をなくすことができるのである。

実はこの第3の特徴は、実際、異種製品の混流生産方式の技術が必要とする。小ロット化は、単に生産量を少なくするにとどまらず、生産能力をフルに活用するための混流生産の実現も同時に要求されるからである。混流生産とは、同じラインに複数品種を混在させて流す方式である。小ロット化で混流生産を実現するには、異なる製品の生産作業におけるバランスの調整とライン編成率の効率化を満たす方式が必要とされる¹²⁾。

五十嵐 瞭によると混流生産のメリットは、次のようになる。

- ① 1人あたりの生産性の向上と工数低減の実現。
- ② 在庫削減と生産リードタイムの短縮が図れる。
- ③ 多品種、小ロット、短納期受注にフレキシブルに対応できる。

これらは、すべて先の1個づくり方式の利点である。すなわち、混流生産とは、大量生産能力に1個づくり方式を組み込んで、1個づくりのメリットを大量生産ラインで実現しようとする手法であることがわかる。

多品種混流生産を行う場合、サイクルタイムが重要な意味を持つ。山田善教¹³⁾によると、多品種を同一ラインで1個ずつ流すには、品目間の製造での共通性を最大限活用して、1品目の生産であるかのように、ものが工程を一方向に流れるようにすることだという。多品種がサイクルタイム通りに流れる工程を作る原理は、以下の三つがポイントになる。山田の説明を整理し、多品種混流生産について概観してみよう。

- ① 多品種、多品目であっても品目間の製造での共通性を最大限活用して、1品目の生産であるかのように、ものが工程を一方向に流れるようにする。
- ② 多品種、多品目であっても、あたかも1品目がサイクルタイムで連続して流れているかのように作る。
- ③ 多品種、多品目であっても、あたかも1品目または数品目の段取り替え作業の共通化を図る。

以上が示していることは、製品は多種多様であっても、生産方法は「あたかも1品目」の

生産であるかのようにするということである。各工程の作業は同一である。しかし、そこを流れているのは多品目なのである。多品種混流生産の原点は大量生産分業を活用し、標準化された各工程の作業が多品種を生産する方式である。

このことにより、次のようなメリットが生み出される。「ロット生産では同一品目を続けて作ることに、その範囲内でわずかな反復繰り返しを期待しているのに対して、混流ラインは異製品からなる製品ファミリーを、あたかもひとつの製品であるかのように扱うことによって、製造における共通性を大量に反復繰り返しして利用することを意図している。そこでは反復繰り返しの回数が大きく異なる¹⁴⁾」。

つまり、製造作業の共通性から小ロット生産もしくは1個ロットであっても、製品ファミリーでまとめれば、生産すべてがひとつの製品を生産するのと同じになり、反復繰り返しの回数はロット単位の制約がはずれ、全製品共通の繰り返しにより増大するのである。反復繰り返しの回数が多くなれば、自動化による生産が可能となる。生産される製品は多種多様であっても、作る側からみれば、「一つの製品」なのである。

このことからわかるように、製品ファミリーは、生産工程上多くの共通性を持たせる必要がある。例えば、山田が指摘するように「製品開発→製品設計→生産技術→製造までひとつの思想で一貫し、製造における共通性を最大にして、最大限活用することが可能になるように生産技術が責任を持って先導すること¹⁵⁾」が必要となる。このように、製品開発と設計段階での標準化がこの多品種混流生産の基本原則となっていることがわかる。生産の標準化から設計の標準化へと一貫性した標準化が貫かれることが重要なのである。

モジュール化論と標準化

標準化は個別の作業を自立的にすると同時に各作業を結合する役割を担っている。各工程が独立して標準化を作成しつつも、各工程は全体の標準の中で整合性を保ち全体の作業の中に有機的に結合することができる。Adlerとは異なった視点ではあるが、生産過程から製品開発、産業構造へと拡張した一般化モデルとして「モジュール化 (Modularity)」論がある。モジュール化論はボールドウィン&クラーク (Baldwin and Clark)¹⁶⁾によって提唱された。モジュール化は、複雑な製品やプロセスを効率的に組織する戦略である。

モジュール化の特徴は、各工程をユニットと呼び、ユニットが「明示的なデザイン・ルール (明示的情報) (visible design rules)」と「隠されたデザイン・ルール (隠された情報) (hidden design parameters)」を持つことにある。「明示的なデザイン・ルール」は、全体の中で個がシステムの構成要素としてどのように機能するかを特定するアーキテクチャ、他のユニットとどのような相互作用をおこなってつながり情報交換をおこなうかのインターフェース、ユニットの全体との適合度合いを測定する「標準」の3つの要素によって構成されている。「隠されたデザイン・ルール」は、他のユニットに影響を及ぼさず、モジュール内で採用さ

れるルールである。

ユニットは、明示的なデザイン・ルールで全体と有機的に結合しつつ、隠されたデザイン・ルールにおいては自律的に意思決定ができ、自主的な改善活動を実現するのである。そして各ユニット内でのルール改善が進展して、ユニット間を結合する明示的デザイン・ルールの変更が必要となってくると、全体のデザイン・ルールを見直すことで、さらに構成全体の改善が進んでゆく。個の改善と全体の改善が独立的におこなわれつつ有機的に結合してゆく組織構造がモジュール化であるといえる。

BaldwinとClarkの指摘するモジュール化論の基礎には、標準化による自律的分業の効率性と開発スピードの優位性、コスト削減がある。彼らの主張の特徴は、この標準化は、ユニットの中と外の2つがあるという点、また複数のユニットが結合して一つのユニットとして他のユニットと結合するというユニットの階層構造モデルの提示である。標準化が効率性の側面と改善・開発・創造性の側面の両面を生み出す仕組みは、標準化が階層構造をなすことによって実現しているという点である。

まとめ

テーラーが作業動作の標準化を追求し、さらにフォードが分業間の連結を標準化させた。これは大量生産方式によるコストダウンに結実している。しかし、セル生産、1個づくりにみられるように、大量生産方式とは、一度に大量の同一製品を作ることを意味しているのではない。作業工程の共通性を標準化として定式化し、その生産手法を利用して同一作業で多品種製品をつくることで、大量生産の経済性を実現する手法である。

フォード・システムがもたらしたものは、ベルトコンベアーという形での情報の流れの方向を作り出し、流れを均一化することであった。セル生産方式では、ベルトコンベアーを否定してはいるが、この情報の流れの方向と均一化は変わっていない。

今日のセル生産方式、1個づくり、多品種混流生産は、この大量生産方式の作業の標準化の上に、工程間の連結に存在するミス・マッチとしての時間ロス、すなわち、「手待ち」時間を排除する分業の連結方式である。そこには、複数の標準作業を作業者が習得する必要があるが、それは多種多様な能力を必要とするよりも、作業場の共通性を高める方向性に向けられている。

セル生産方式も多品種混流生産も、徹底した製品の標準化と作業の標準化の上に成り立っており、多品種製品も設計段階から標準化が行われる。生産方式の視点からみた場合、フォードのベルトコンベアー方式とセル生産方式の違いは、多品目生産が多品種生産かという違いではなく、分業の連結の標準化の困難さから生まれるバランス・ロスの排除にある。ベルトコンベアーは、多品種少量化に対し、多大な工程設計の費用を発生させる欠点があった。大量生産方式のメリットに加えて作業の連結のロスを排除しようとしたのが、

セル生産方式なのである。

さらにこれは、分散して存在する小ロット生産、すなわち、小ロット需要を集中化し大量生産方式に組み込み、低コストで生産する方式である。中小企業による企業間ネットワークは、分散小ロット受注をそれぞれの得意な生産分野で分担して受け持ちながら大量生産のメリットを発揮させる手法であり、こうした生産方式にヒントが隠されている。それは情報の流れと、本論文で重視する標準化である。

以上は、一企業内のみではなく複数企業間でも同様のことがいえる。中小企業が一つの製品生産を連結して低コストで実現していくには、各企業間でばらばらに存在する標準作業を見直し、受注情報の流れが一方向に流れるようにすることが重要である。生産工程の情報が設計担当企業に流れ、設計担当が生産の標準化の視点から設計を行うことである。中小企業がネットワークを持ってコストダウンをはかる場合には、情報の流れと標準化の設定を企業間で共通化していく必要がある。

注

- 1) Jffery K.Liker, *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw Hill, 2004. 稲垣公夫訳『ザ・トヨタウェイ』上巻・下巻, 日経BP社, 2004.
- 2) 同上, p.52.
- 3) 同上, pp.53-54.
- 4) 宮崎茂次「トヨタ生産方式とJIT」日本生産管理学会編『トヨタ生産方式』日刊工業新聞, 1996, pp.10-12.
- 5) Masahiko Aoki, *Information, Incentives, and Bargaining in The Japanese Economy*, Cambridge University Press, 1988. 永易浩一訳『日本経済の制度分析: 情報・インセンティブ・交渉ゲーム』筑摩書, 1992, pp.9-55.
- 6) Adler, P.S. "Building Better Bureaucracies," *Academy of Management Executive*, 13: 4 November, 1999, pp.36-47, The Academy of Management executive.
- 7) Ray Wild, "On the Selection of Mass Production System," *International Journal of Production Research*, American Institute of Industrial Engineers, Vol.13, No.5, 1975, pp.443-461.
- 8) 例えばこの事例として Christian Berggren, *The Volvo Experience: Alternatives to Lean Production in The Swedish Auto Industry*, Cornell University, 1992. 丸山恵也・黒川文子訳『ボルボの経験: リーン生産方式のオルタナティブ』中央経済社, 平成9年11月。
- 9) 那須野公人「セル生産方式起源とその評価」『創価経営論集』第26巻第1号, 2001, pp.131-140.
- 10) 関根憲一「特集 一人生産方式はなぜ儲かるのか」『工場管理』Vol.43, No.4, 日刊工業新聞, 1997, pp.18-22.
- 11) 森下敏彦・三宅久裕「電線製造ラインでの小ロット1個流し生産」『工場管理』Vol.34, No.2, 日刊工業新聞社, 1988, pp.49-55.

- 12) 五十嵐瞭「コストハーフを実現する混流生産」『工場管理』Vol.41,No.11,日刊工業新聞社,1995,pp.18-24.
- 13) 山田善教「1個づくり1個送り生産システム開発」『工場管理』Vol.34,No.2,日刊工業新聞社,1988,pp.29-40.
- 14) 同上,p.34.
- 15) 同上,p.36.
- 16) Baldwin, C. Y. and K. B. Clark, "Managing in an Age of Modularity," Harvard Business Review, 75 (3) September - October, 1997, pp.84-93. 安藤晴彦訳「モジュール化時代の経営」『モジュール化：新しい産業アーキテクチャーの本質』東洋経済新報社,2002,pp.35-64.