

Lean Manufacturing Principles Guide, Version 0.5

June 26, 2000

Maritech ASE Project #10

Technology Investment Agreement (TIA) 20000214

-----

## A guide to Lean Shipbuilding

Jeffrey K. Liker

Thomas Lamb

University of Michigan

Ann Arbor, Michigan

DRAFT, Version 0.5

訳者注：

米海軍のライブラリにあったもので、最新の造船手法の勉強の為に翻訳してみたものの、確な内容ではなかった。

しかし、欧米人の思考を見るには面白い資料にもなることから、参考として上げておく。内容を真に受けない様に注意。

リーン造船ガイド

始めに

世界中で製造業に変化が起こりつつある。自動車から航空機、塗装、コンピューター、家具、等々の工業製品は、リーン製造（Lean Manufacturing、一般にはリーン生産と訳されているが、生産（production）と製造（manufacture）とは別物なので、敢えて製造の方を使っておく）と呼ばれる、これまでとは異なったシステムへと移行している。現在の製造手法に何らかの新しい技術を導入するという事ではなく、「製造とは何か？」についての考え方を改めてゆく事である。これは物作りで大きな変化と成り得る。リーン製造を理解する最も良い方法は、トヨタ生産システムというリーン製造の元祖から始める事である。トヨタは、ヘンリーフォードによって生み出された、移動する組み立てラインによる基本原理に従う事から始めた。フォードは、連続した資材の流れを作る事、プロセスを標準化する事、そして無駄を排除する事の重要性について布教した。しかし彼がこうした事を布

教していた一方で、彼の工場は、価値連鎖 (value chain) と、加工品を次の生産ステージへと押し出すことを通じて構築された、膨大な数の仕掛品目録 (work-in-process inventory) による無駄の多いバッチ生産手法により、何百万台もの T 型フォードを生産していたのである。トヨタは、こうした贅沢はできなかった。場所も、金も無く、同型式の自動車を大量生産していたわけでもなく、顧客の要求に柔軟に対応しつつ、かつ効率的なシステムを別途開発しなければならなかった。

造船は、自動車とは明らかに異なっている。誰も、組み立てラインを標準的な形状の船が流れていく所を想像できない。船は 1 隻から数隻の単位で受注し、生産期間は数週間から数ヵ月で、そしてそれぞれが相当にカスタマイズされている。それでも「リーン製造」モデルを考慮する意味はあるのか？と言えば、答えは明確に「ある」のである。まず 1 つ目の理由として、大量生産か少量生産か、標準品かカスタム品かの関係無く、どのようなプロセスであっても、無駄を省きリードタイムを短くすることで、顧客が望むものを顧客に与えるという基本的な原理が適用されていることがあげられる。トヨタがその環境下で適用したリーン手法の全てを造船に当てはめる事が出来ないのは当然であるが、哲学と理論は、トヨタによって高度な芸術品 (high art form) へと昇華させられているのである。2 つ目の理由として、世界的な造船モデルを調査したところ、建造作業の中にトヨタ生産システムの哲学と同じものが多く存在していたことがあげられる。例えば、日本の造船所は最も効率的な造船所であるが、比較的標準化されており、モジュール設計により工場 (factory) と呼ばれるものを作り、その工場内で基本製品と中間製品とを一定の流れで製造し、ラインを動かすことで殆どの場合に対応し、そして資材は、丁寧に統合された流通パターンに従い、ジャストインタイム (Just In Time) で並べられ、工場内を移動している。品質は、監査されるものというよりも、基から組み込まれたものである。プロセスは高度に標準化され、時間が決められている。責任所掌 (responsibility) は選ばれた少数の検査官のものではなく、個々の作業者に与えられている。鋼板のような素材は、数ヵ月も前に搬入され無駄に貯蔵されることなく、ジャストインタイムの基本に則って搬入されている。

現在のアメリカの造船所は世界市場で競争しておらず、固く守られたアメリカの国防市場の中にある。アメリカの造船所が、より高い競争力を得るべく自らを作り直すには、製造を合理的なものとし、世界レベルの製造哲学と技術とを吸収する必要がある。トヨタ生産システムと、それによってもたらされるリーン原理とは、段々と受け入れられるようになっており、そして実際に、この哲学によって世界的な技術が作られているが、これらはアメリカの造船所の復活の、有効な基盤となるだろう。

この論文では、リーン造船プロセスを作り出すための枠組みと幾つかの理論について述べて行く。こうした理論の適用は、船がどのように設計されているかということに大きく

依存している。この理論により、船は製造可能なものとして設計され、また比較的標準化されたモジュールによって構成されたものとなる。全てのモジュールを識別できなくとも、可能な限り多くのモジュールを共通のプロセスで処理し、造船所内を予想可能な時間内（**within predictable times**、**time** の可算名詞は「回」くらいしか無いのだが、回数内だと今一つ。この文章の著者は文法を無視した用法をすることが多いので、時間としておく）で流れるように設計すべきである。

まずは、特にトヨタ生産システムに焦点を置きつつ、リーン製造の一般的哲学について説明を行う。そして、この哲学とシステムとを造船へと翻訳した、リーン造船モデルについて説明する。このモデルが枠組みとなるので、この枠組みの要素を中心として、世界的な造船の実例を可能な限り用いながら、導入の為のガイドを構成して行きたい。

リーン製造（Lean Manufacturing）とは何か？

目的：

トヨタ生産システムは、トヨタが日本で直面した特有の環境下で、世界市場で戦えるようになる為に、特にヘンリーフォードと競争可能になる為に開発されたものである。現場での数年にわたる試行錯誤の結果、「無駄を省き生産フローを最短にする」ことで、高品質と低コスト、そしてジャストインタイムを同時に達成する事が可能であることを発見した。この単純なコンセプトこそがトヨタ生産システムの要であり、過去の典型的な大量生産との違いであり、それにとって代わった理由なのである。常に、生産フローを短かくすることに焦点が置かれ、そして無駄は、スムーズな流れを阻害するものであった。理想は、1品流しが連続したものがある。しかしこれは実現不可能なので、トヨタ生産システムの実践者は、無駄を排除することによって連続した流れへとシステムを変更して行くことが、システムの効率改善に繋がると考えているのである。

この新しい製造典型であるところの「リーン製造」について理解する為に、アメリカにおける大量生産の歴史と、トヨタがその軌跡からどのように逸れていったかを手短に見て行くことにする。

## 1900年代から第二次世界大戦まで

ヘンリーフォードは、大量生産の発明により伝統的な工業生産を破壊し、1900年代初頭の社会の需要を満たした。大量生産成功の鍵となったのは、精度の高い工作機械と、それにより交換可能となった部品である。フレデリックテイラーの「時間と動作」についての研究は、労働者が技能別の集団へと分割されたこともあり、生産性を飛躍的に向上させることになった。

19世紀から20世紀への世紀の変わり目は、アメリカにとって大きな成長と変革の時代であった。1860年から1920年にかけて、人口は3100万人から1億500万人へと3倍に膨れた。大量の移民と、西部への入植があったが、こうした人々の多くには移動手段が必要であった。しかも必要なのは金持ちの為の自動車ではなく安い自動車であった。これは無限の需要を持つ巨大な市場であった。フォードはこの状況に対し、「規模の経済 (Economics of Scale)」の利点を探り、大衆の為の車であるT型フォードを作った。フォードの主要な発明である移動式の組み立てラインは、交換可能な部品と「時間と動き」の研究と共に、製造業に革命を起こした。1908年時点では850ドルだったT型フォードのコストは、1925年には290ドルにまで低下した。合計150万台以上も販売されたが、これ以上の詳細については省略する。

その間、日本では、豊田一族は自動織機を作っていた。トヨタの発明には、糸が切れた際に自動で織機を停止させる特殊なメカニズムも含まれていた。トヨタはこうした特許をイギリスのプラット兄弟に10万ポンドで売り、それを資本金として1930年に豊田自動車社を設立した。豊田自動車は主に単純なトラックの製造から開始したが、第二次世界大戦前の時期で、混乱したものであった。製造した車は貧相で、利益も少なかった（丸太の上で車体パネルを叩き伸ばした、等）

しかし、トヨタは1930年にフォードとGMを訪れ、組み立てラインを研究している。トヨタの管理職はヘンリーフォードの著作を熟読し、コンベアーシステムや精度の高い工作機械、「規模の経済」の考え方を、織機製造で試している。トヨタは早い段階から日本の市場が余りにも小さく、アメリカが行っているような高い生産量を支えられない事を痛感していた。（アメリカの自動車工場は、1本のラインだけで月に9000台を製造していたが、トヨタは全体で月にたった900台しか製造していなかった）。トヨタは、日本の市場に合わせた、大量生産に代わるものが必要であることを知っていた。

## 第二次世界大戦後

戦後のトヨタの自動車生産は、ほぼ停止状態であったが、一方のアメリカでは、ブームが再び訪れていた。自動車工場はフル操業で、初期の巨大市場と巨大需要とが繰り返されていた。大きな売上高から、大量生産の考え方は固定化されてしまった。フォードによって導入された大量生産技術は、アメリカとヨーロッパ全体で普遍的なものとなった。図 1 はこれを示したものである。

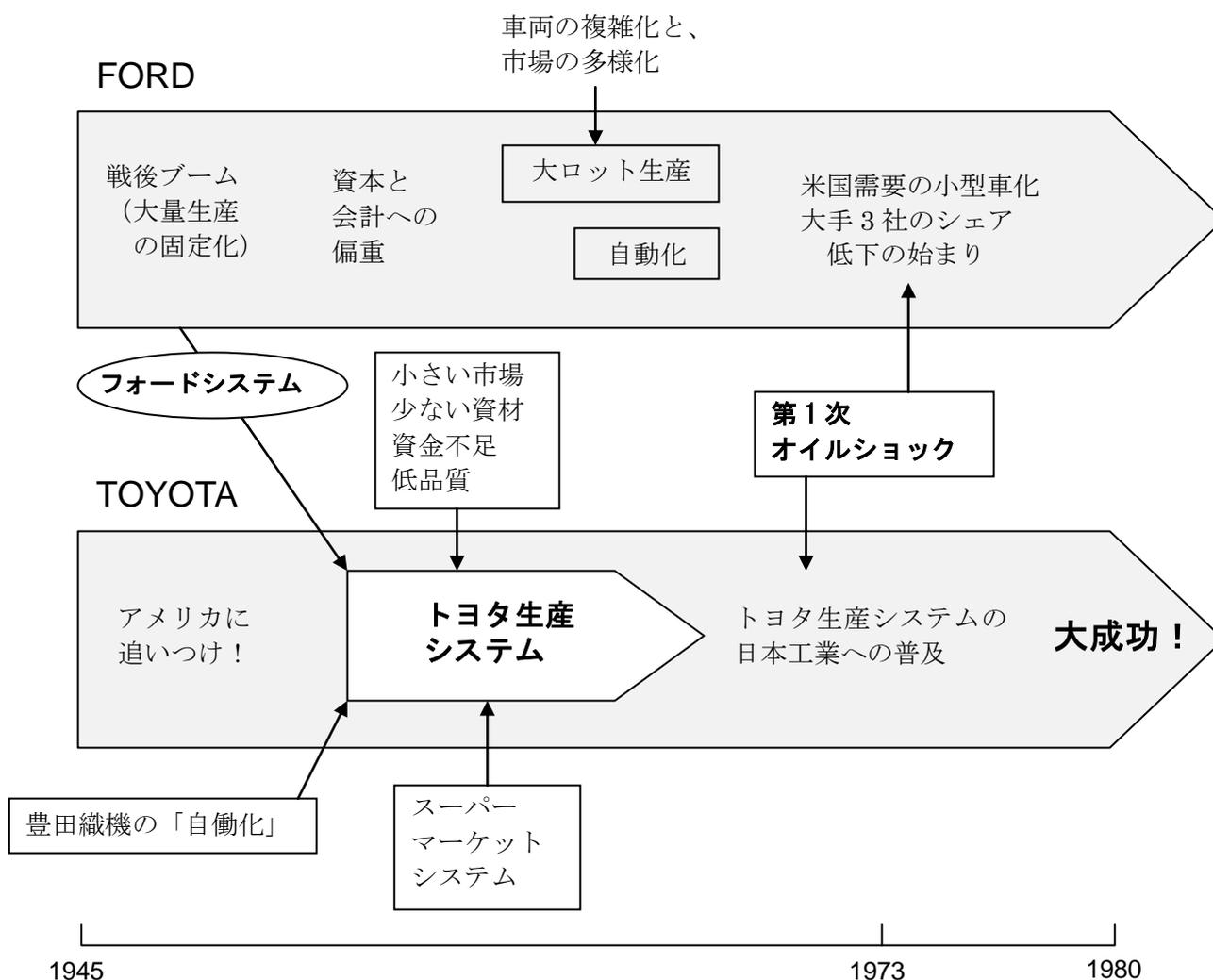


図 1：戦後のトヨタ生産方式の歴史

大量生産の広がり、改革の試み。その代替としてのリーン製造の出現

ヘンリーフォードは確かに製造の天才であり、実際に彼の初期の著書（例えば、1926年出版の「今日と明日（Today and Tomorrow）」では、リーン製造の基本コンセプトの全てについて触れている。Dearbornの有名なRouge川工業団地（River Rouge complex、製鉄所や発電所まで含めた総合的な自動車工場）は、鉄鉱石のような素材から、自動車の仕上げまでを考慮したものであり、ヘンリーフォードは至る所で在庫品のロットに基づいた大規模なバッチ生産（large batch production with lots of inventory）を行うのは無駄であると記述している。しかし、このRouge側工業団地で実施されていた事は、まさにこのバッチ生産であり、全くの無駄ではあった。しかし巨大な需要と生産量の大きさにより、フォードは利益を上げていた。

フォードは、新しく造ったRouge川工業団地で、間違った方向へ舵を大きく切ってしまった。彼は組立ライン（原文ではlineではなくtrack）は維持したものの、加工機械は複数のプロセス工場団地（village）へと分散してしまった。消費者需要の変動が大きくなる中、彼は同じ調子で進み続け、生産の上流での、しつこいしゃっくり（persistent hissups）のようなマンネリは、販売店ネットワークへ大量の在庫を押し付けると共に、組立から上流にかけてのあらゆる生産ステージで膨大な部品の在庫を生んだのである。このようにして、「流れ」生産（フォードが1914年にそう呼んだ）は、「大量生産」へと変質してしまったのである。

James P. Womack, 1997. Foreword to: Becoming Lean, edited by Jeffrey Liker (Portland, Oregon: Productivity press)

しかしヘンリーフォードは1947年に亡くなると、アメリカの工業は、彼の哲学からはかけ離れて行くのである。他の工業国が再建に苦勞している間、アメリカの企業は生産した全ての製品が売れており、何かしらの「古き良き時代の精神」にどっぷりとはまっていた。ヘンリーフォード2世は父親のような職人上がりではなく、資金運用と会計へと比重を移すようになり、経済における製造面を無視するようになった。工場経営は悪化した。

それと同時に、自動車市場も変化し始めた。自動車はより複雑な物へと変わり、異なった消費者の好みに合わせて自動車の種類も多くなっていった。T型フォードの頃のジョークに次のようなものがある：「どんな色でもありますよ！ ただし黒色だけですけどね」それが今では、幾つもの異なった種類のモデルが生産され（生産の拡散（production proliferation）と呼ばれている）、1種類だけの調整手法では生産の流れを維持する事が困難になっていった。その中でも大きな要素となったのは部品の数の増大で、T型フォードでは6000個だった部品数が、現在では15000個になっている。これにより、部品生産の流通調整も困難になっている。

アメリカの企業は、連続的に資材を流すというヘンリーフォードの元々の哲学から逸れ続けた。大量生産と規模の経済による大成功の経験の為、我々は基本的なアプローチを再

評価するよりも、変化する状況に合うように大量生産を適用しようと努力し続けた。大ロット生産と、より高速な自動化を適用し、規模の経営を維持し続けた。その結果が、今日みられるような、システム全体での日程計画の悪夢（scheduling nightmare）と山積みの在庫目録なのである。一度成功したからと言って、我々は大量生産にこだわり続ける必要があるのだろうか？

その一方でトヨタは…

トヨタはアメリカに自動車を輸出しようとしたが、みじめにも失敗していた。トヨタの生産性は、アメリカの自動車メーカーの10分の1しかなく、自動車製造で絶えず混乱していた。トヨタの経営陣は「アメリカに追いつけ」というキャッチフレーズを掲げたが、そうしなければ会社は倒産してしまう状態にあった。戦後のトヨタの状況は、アメリカとは逆であった。トヨタには小さな市場しか無かったが、製品は多様であった。生産量の低さから、トヨタは1つの組み立てラインで複数の種類の自動車を生産しなければならなかった。少ないリソースと資本の為、トヨタは投資分を速やかに現金化しなければならなかった（注文から支払までを短くする）。トヨタは資材を、工場内の在庫の山としておけなかつただけであった。

その為、トヨタの目標はアメリカのそれとは異なった物となった。トヨタは規模の経済の代わりに、高品質、低コスト、短いリードタイム、そして柔軟性を、同時に達成しなければならなかった。トヨタは生産部門長だった大野耐一に、西欧諸国に追いつくための方法を模索させた。アメリカが工場を無視したのとは対照的に、大野はまず工場に焦点を絞ることから始めた。トヨタは1950年にアメリカの工場を再び訪れ、12週間の見学を行った。見学者達はアメリカの進んだ製造現場に驚かされるかと思われたが、彼らは進化が殆ど止まっていることに驚き、そしてそこに追従の可能性を見出したのである。

1952年から1962年にかけて、大野耐一によって前述の目標を達成する為のトヨタ生産システムが製造現場で開発された。これは最初のリーン製造システムであるが、それはアメリカから持ち帰った多くのアイデアからまとめ上げられた、新しい哲学であった。このシステムにはスーパーマーケットシステムも含まれている。これは、生産作業の前に作業者が資材を取りに行くという考えであった。このシステムはまた、日本で行われた、アメリカの品質と生産性のセミナーで学習した、デミングの教えである「次工程は我々の顧客である（next process is our customer）」を基にしていた。更にトヨタはヘンリーフォードの「今日と明日」を信心深く読み込んだ。1962年から1972年にかけて、トヨタはトヨタ生産

方式を40の主要な部品供給者に対して公開し、リーン製造工場はリーン経営へと拡大したのである。

#### 第一次オイルショックから現在まで

そして1973年に第一次オイルショックが発生した。燃料価格の高騰と、小型で燃費の良い日本車が突然に注目を浴びることになった事により、アメリカに大きな衝撃を受けたが、それは日本で同等以上の衝撃だった。日本の製造業は不況に陥り、殆ど一律に赤字へと転落した。しかし幾つかの理由から、トヨタは他の同業者よりも素早く回復した。これにより日本の工業会はトヨタ生産方式に注目し、日本中にトヨタ生産方式が広まることになった。

アメリカの自動車業界も1970年代後半には日本の製造方式に気づき始めていたが、トヨタとGMの合弁会社がカリフォルニア州のFremontに作られ (NUMMI、1984年)、そしてWomackとJones、そしてRoosの著書「世界を変えた機械 (The Machine that Changed the World)」が1990年に出版されたことにより、アメリカでも品質手法の先にある、新しい生産システムの存在を理解し始めることになった。トヨタ生産方式は、Womackとその関係者から「リーン製造」という呼び名をつけられ、大量生産の次の新しい典型 (paradigm) である最新の製造手法として、欧米を席卷しているのである (lean は瘦せたという意味。smart で無いのは、スマートどころでない、更なる最適化である事を強調したかった為かと思われる)。

以上を要約すると、19世紀末から20世紀初頭にかけてのアメリカの市場の特性により、大量生産というアプローチが開発されることになった。しかしその市場は既に消えてしまった。大量生産は、単純な自動車と同一車種とを望む、高い市場需要に対しては上手く機能した。そうした状況では、個々の生産範囲において短期間に大量の製品を生産することが可能であった。しかしより複雑で多様な製品を生産する際には、大量生産は、(少量の) 部品が必要となる時に何千もの部品を全て供給されてしまうと言う、日程計画の悪夢 (scheduling nightmare) をもたらすことになった。その為、部品在庫が山積みとなり、無駄の発生と、更に隠れた品質問題を引き起こした。今日アメリカが必要としている柔軟性を、大量生産は提供できないのである。

## リーン製造としての日本の造船

戦後、日本が造船を再開した時、当時の造船先進国だったイギリスや北欧と比べると生産性は低かった。また、当時の日本の造船は創造性が無いと評価され、品質の低い製品しか作れなかった。しかし、独特な政府と企業との関係によってもたらされた改善の刺激によって一つの造船集団へとまとまり、急速に変化した。1960年から1965年の5年間で、日本の造船所は生産性を100%向上させた。日本の造船所は、欧米で第二次世界大戦中に始まったブロック建造手法や先行艀装といった手法を更に改良することで、この成果を達成していった。

1965年から1995年にかけての30年では、更に生産性を150%向上させた。この生産性の向上は、ブロック搭載技法を完全なものとし、さらに進んだ艀装と区画艀装を開発したことにより達成された。また、無駄を排除する為に設計と建造で更なる詳細な注意を払い続けた事も、効果を上げている。

重要な点は、この絶え間ない改善作業が、管理職や一部の技術者だけでなく、全従業員の参加で行われていると言う事である。その他にも、標準化や、部品単位での流れ、流れの平滑化、無駄の排除、グループテクノロジーと部品ファミリー、ブロック種類別専属ライン(dedicated interim product line、平面ブロックと曲面ブロックとを別に流す事など)、連続した改善、職工の多機能化といった、現在ではリーン製造の原理となっている要素も含まれていた。また幾つかの組織階層には、5S(オリジナルは整理、整頓、清掃、清潔、躰の5つの日本語の語句。英語でもSystematic Arrangement, Sort, Shine, Standardize, Sustainと頭文字がSになるよう上手く翻訳されている)も適用されていた。

自動車業界やトヨタとは異なっているにもかかわらず、日本の造船所は、トヨタと同時期にリーン原理の内の幾つかを開発していたと言ってもいい。恐らくはお互いに学び合っていたのだろう(訳注:相互交流は聞いたことが無く、トヨタ方式の公開も1970年以降。恐らくは偶々同じ方向へとたどり着いただけ)。更に最近になっても、日本の造船所はジャストインタイムといったリーン原理の幾つかを、その独特な状況に合わせて導入している。

日本独特の製造技術も同時に導入されている為、リーン技術が日本の造船業界の類い稀な生産性の改善に、どれだけ役立ったかを説明するのは難しい。実際に、独特で成功した日本の造船生産モデルに導入されている全体品質管理(Total Quality Management, TQM、訳注:基になった日本的TQCは日本の魔改造だが、TQMそのものはアメリカ発祥。恐らくこの日本的TQCの事を指していると思われる)やそのほかの日本的改善により、リーン製造そのものがぼやけてしまっている。

## リーン造船へと変わらなければならない理由

殆どのの人々にとって、例え周辺環境で流行していたとしても、変化は自然なものではなく、安定をより好むものである。実際に、科学的管理法の学校においては、「管理者の仕事は、作業者を変化から守り、働くことが可能な安定した環境を提供する事である」というコンセプトを基本としていた。ただ今日では、このアプローチは失敗すると運命づけられている。ともかく、変化しなければならない。

変化に興奮し、活気づけられる人は極少数である。変化は多くの人を度々拘束し、不自由にする。その為、変化に抵抗する強力な怠惰を前にして、変化を成し遂げる事は難しい。こうした理由から、国や業界、会社、更には個人に至るまで、危機に直面し、変化する事のみが生き残る希望となった時にだけ、変化しようとするのである。そして多くの場合には、その時には遅すぎるのである。イギリスの造船業界の例は、この事実の良い証明である。

アメリカの造船業界は、危機に陥りつつあるか、もしかすると既に終わってしまっているかもしれない。アメリカ海軍による発注は年々減少し、その一方で、主要な造船所は世界的な競争価格で商船を受注できなくなってしまうている。アメリカの造船所はここ数年間で設備やプロセスの改善を行っているが、その結果は日本はもちろんのこと、韓国の造船でさえ、比較にならないものにしかならなかった。アメリカの造船所の生産性は、ヨーロッパの生産性の半分、日本の生産性の 3 分の 1 でしかない。そしてこの比較は、世界的に生産性の基準となっている、異なった大きさと複雑性を考慮した換算総トン数 (CGT、Compensated Gross Tonnage) による同一標準での比較 (apple to apple comparison) によるものである。また、生産性の問題に加えて、アメリカの造船所の建造期間は他と比べて 2 倍以上になっているのである。極端な例として、NewportNews 造船所と韓国の現代造船所をと比較してみると、双方共ほぼ同数の従業員数でありながら、現代造船は年間 74 隻 (ULCC、VLCC、LNG、自動車運搬船、コンテナ船、バルクキャリア) を建造しているが、一方の NewportNews 造船所では、1 隻の航空母艦を 5 年かけて建造しているのである。もちろん、航空母艦は一般の商船とは比較にならないほど異なり、複雑ではあるが、といってもこれでは余りにも長すぎるのではないだろうか。

アメリカの造船所を全て生き残らせるためには、アメリカの船主に高齢化し時間が制限された Jones Act Fleet の置換を始めさせるだけの、十分な競争力を持つまでに造船所を変

化させなければならない。これにより、今後 10 年間は仕事を確保できるだろう。しかしその後はどうするのだ？ アメリカ海軍だけでは、造船所の需要を埋める事は不可能である。それ以降もアメリカの造船所が生き残る為には、世界的な商船市場で受注できるようにならなければならないのである。それには事実上、後 5 年しかない。一体何ができるのか？

#### Jones Act Fleet :

戦時の船舶による物資運搬を保証する為に、アメリカ国内の港間で物資の運搬には、アメリカ人船主の、アメリカ人船員による、アメリカ製船舶のみを用いなければならないという、有名な保護法（Jones 法）により保持されている、アメリカ船団のこと。さすがリアルジャイアンである。

これまで実行可能な事、実行すべき事が数多くあったが、特に効果が大きいのがリーン製造原理の導入であった。もちろん、その新しいアプローチの採用によって得られる十分な処理能力が、主要な目的となる。（生産性が上がり生産量が大きくなると、それだけ市場を食いつぶしてしまうが、生産性が上がらなければ競争力は得られないという状態は）確かに「鶏と卵」の状態である。必要となる生産性は、十分な処理能力抜きでは達成は不可能であり、そして生産性が改善されなければ、受注も達成できないのである。

リーン製造原理を造船所で採用することにより、生産性は少なくとも 50%、建造期間は 100%の改善が見込まれる。これにより、アメリカの造船所の将来の展望が改善されることになるだろう。

この「リーン造船ガイド」では、リーン製造原理を説明し、そしてそれらが実際どういう物か、また造船所でどのように適用されているか、どのように適用されていったかについての例を挙げて行きたい。

## 無駄の排除によるリードタイムの低減

何が無駄なのか？

リーン製造においては、それによって時間とコストがかかるものの、顧客の視点で製品に価値を付与しない全てのものが、「無駄」とされている。価値を付与する活動とは、製品を顧客が望む何かへと変換する事である。製造業においては、これは一般的に、顧客の要望に見合うように製品を物理的に変形させることである。図 2 は、船殻構造物の組立で必要とされる作業ステップを単純化したものである。緑色の部分だけが価値を付与する活動であり、灰色の部分は無駄な活動である。

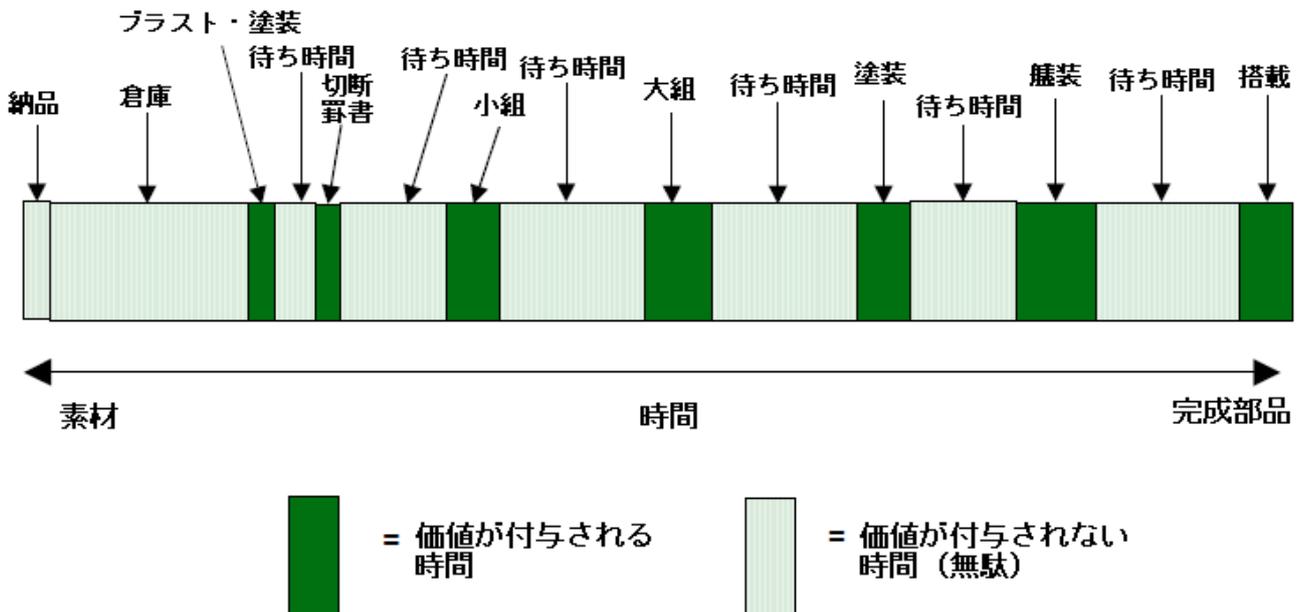


図 2 製品のリードタイムの要素

## 大量生産的思考

大量生産的思考は、規模の経済の原理から始まる。大きい程良く、大きなバッチでの部品生産は個々の機器をより効率的に使用することであり、そして小さなバッチでの部品生産は転換で時間を浪費することになる。大量生産では、個々の機械や個々の作業者の効率的な使用という、独立した効率性に焦点が置かれている。

図 2 (次ページ) のような作業フローの場合、大量生産では、鋼材の切断時間を短縮しようといった、価値を付加する作業の効率を考慮する。しかし図 2 の場合、価値を付加する作業の時間の割合は全体のリードタイムに対して小さいものであることから、価値付加作業の時間短縮によってもたらされる利益は、全体のリードタイムに対して非常に小さいことが判る。

## リーンの思考

リーンの思考では、価値を付加する流れと全体での効率とに焦点を置いている。部品を倉庫に山積みしておく事は無駄であり、製品を可能な限り価値を付加しつつ流し続ける事を目標としている。全体と運用の同期に注目し、全体を揃え、一定のペースで生産を行うようにする。

リーン製造とは、顧客の注文から製品の作成もしくは出荷までの期間を、無駄の原因となるものを排除する事で短縮する、という製造哲学である。ここで言う「無駄」とは、顧客の需要に合うように部品を変換する事に寄与しない、全ての物である。このリーンのアプローチを説明したものが図 3 である。リーン製造による無駄の排除で、大量生産的アプローチと同じように価値付与作業の短縮も行われるが、より重要であるのは、全体のリードタイムに対して大きな割合を占めている価値を付与しない作業も、短縮しているということなのである。

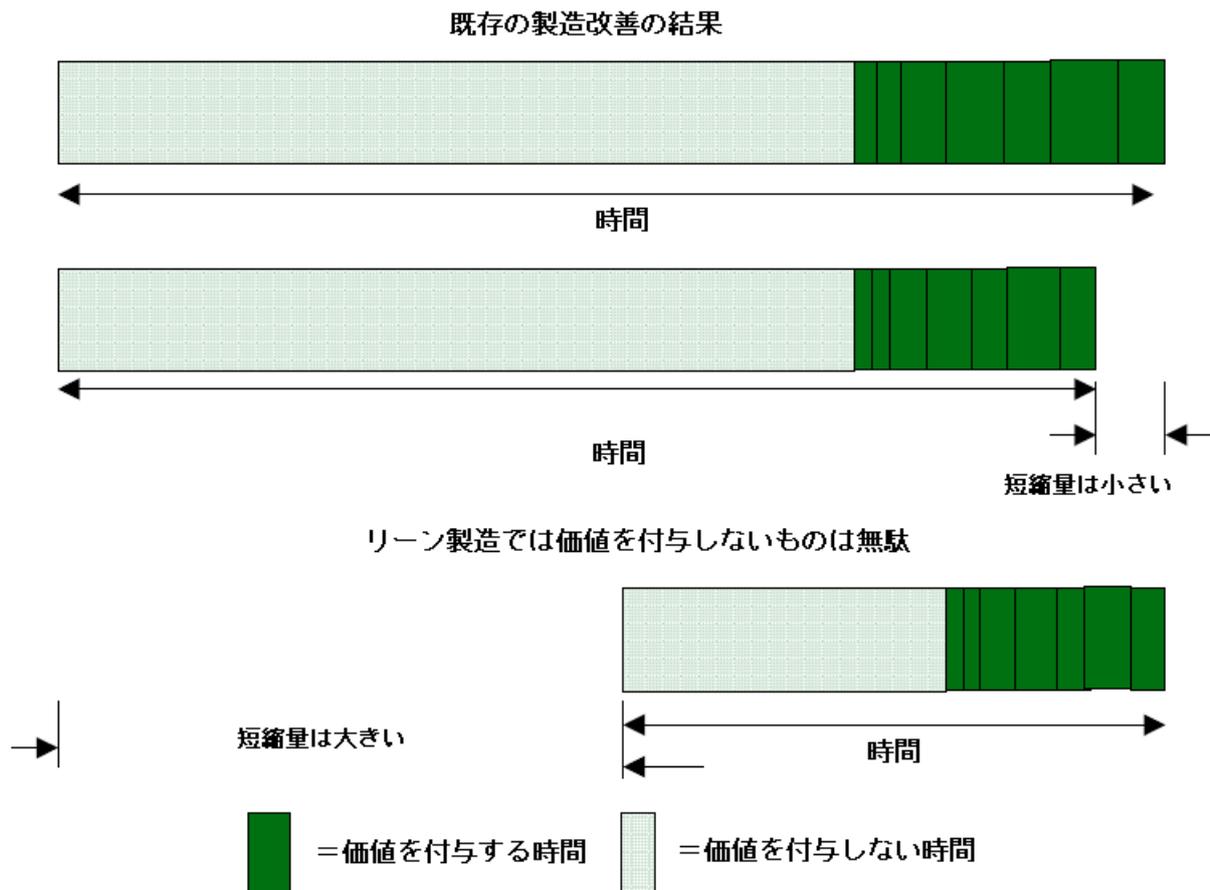


図3 既存の手法とリーンのアプローチの比較

### 「無駄」の認識

リーンの思考で製造プロセスを見る時、最初に考えなければならないのが、顧客はこのプロセスに対して何を望んでいるのか？という事である。これによって価値が定義される。次に考える事は、どの転換作業が、資材を顧客の求める物へと変換するプロセスに必要となるか、ということである。これにより、プロセスを観察し、それらを価値を付与する作業と価値を付加しない作業とに分別する事が可能となる。例えばこの作業を、図4のように、トラックの車体組立ラインでの一般的な人手による組立動作において行ってみる。作業者の動作を見て行くと、そこには多くの独立した作業ステップが存在している。しかし全体的には、製品に価値を与えているものは、ほんの少数であることが判る。この例では、この作業を赤色で強調している。価値を付与しない作業の幾つかは、例えば作業者が歩い

てパワーツールを手取るのように、必要なものである。重要な事は、組立場所になるべく近い場所に資材を置くなどして、こうした価値を付与しない作業時間を最短にすることなのである。価値付与と価値無付与とを区別し、価値無付与時間を短縮する方法を考える事は、良い練習問題であり、また今すぐ始める事が可能である。

組立ラインに構成物 (component) を配送する  
歩いて行き、目的の構成物を探す  
カードボードを構成物から外す  
構成物に手を伸ばす  
取り上げる事ができるように、構成物の向きを変える  
構成物を取り上げる  
構成物の取付に使用するボルトを取り上げる  
車体の組み立てラインへと 25 フィート移動する  
**車体の取付位置に構成物を配置する**  
パワーツールを取るために歩く  
パワーツールに手を伸ばす  
ラインに戻り、車体上の構成物にパワーツールを引っ張って行く  
構成物上にパワーツールを持って行く  
**構成物の上にボルトを配置する**  
**パワーツールでボルトを締める**  
25 フィート歩いて、次の構成物を取りに行く

赤文字以外の作業は、  
無駄か、もしくは  
必要だが価値を付加しない作業

価値付加作業

図 4 トラックの車体組立における価値付加作業と無駄作業

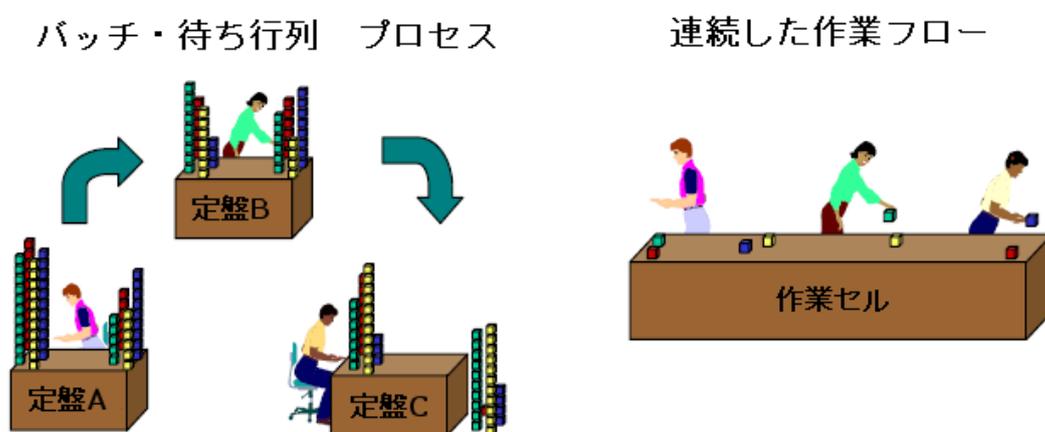
トヨタは、図 5 のような、有名な「製造における 7 つの無駄」を定義している。

### 製造における 7 つの無駄

1. 過剰 (Over production) :  
必要となる前に必要以上の資材を生産する事は、リーン製造においては資材流通を止める事になるので、根本的に無駄である。
2. 欠陥品 (Producing defective products) :  
欠陥品は流れを妨げ、取扱いや時間、努力の無駄に繋がる
3. 在庫 (Inventories) :  
積み上がった資材は、空間を取り、資金を浪費し、潜在的に損傷する。この問題は目に見えない
4. 動作 (Motion) :  
どのような動作であっても、それが製品に価値を与えないものであれば、それは無駄である。
5. 処理 (Processing) :  
顧客の視点から、価値を付加するとは認められない過剰な処理は、無駄である。
6. 移動 (Transportation) :  
資材の移動は、顧客にとって製品価値を高めるものではない
7. 待機 (Waiting) :  
価値付与作業間での資材の遅滞は、資材の流通にはならない

図 5 7 つの無駄

従来のバッチ製造では、プロセスがバッファによって分断されてしまう。図 6 は大量の在庫から作業を行い、再び在庫へと積上げるといったやり方で行われた 3 つの作業動作を示している。作業動作の間にバッファを入れる事で、全ての作業が独自のペースで作業を行うことが可能となり、また機器が故障してもバッファにある在庫が無くなるまでは、下流工程に影響を与えないようになっている。各作業者が能力の限り作業ができる環境を作ることが目的であるならば、この方法も意味がある物となる。



バッチ・待ち行列の非効率	連続した作業フローの利点
<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 在庫バッファによる長いリードタイム</li> <li>・ 作業タイミングのバランスの悪さが隠れてしまう→ボトルネックの見難さ</li> <li>・ 後工程から前工程へのフィードバックが遅れる。欠陥品が見つかって、いつ、どうして発生したかが分かり辛い</li> <li>・ 改善のやる気が小さくなる</li> <li>・ 新しい製品に移行する時、山積みの在庫を処分しなければならない</li> <li>・ 余分な取扱いが必要（潜在的損傷）</li> <li>・ 余分な床面積が必要</li> <li>・ 余分な在庫コストが必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生産リードタイムが短い</li> <li>・ 作業タイミングのバランスの悪さ（ボトルネック）が判りやすく、ボトルネックを改善しやすい</li> <li>・ 欠陥品とその原因が直ぐに判明する</li> <li>・ 問題が直接生産に影響を与える為、改善へのやる気が保たれる</li> <li>・ 作業を止めることなく、新しい製品へ移行することが可能（各作業は、その時必要とされることを実行しているだけ）</li> <li>・ 部品の取扱いが最小になる</li> <li>・ 在庫管理コストが最小になる。</li> </ul>

図 6 大量生産とリーン製造の比較

-----以下、意味不明-----

それでは何が問題なのか？

ー問題は、大きなバッファを持つ大きなバッチ製造では次善止まりであり、動作の最適化には至らない言う事である。全体の効率が改善されないまま、ある 1 つの作業だけが大きく改善されることにもなりかねず、その場合にはやる気までそがれてしまう。

装置の停止で直ぐに切断作業に影響が出ない時に、ブラスト装置の予防メンテナンスを考慮するのは何故なのか？

どれだけ生産ロスがあっても、切断作業の残業を行うことで、それを埋め合わせる事が可能だ。

その部品を組み立てるまで気が付かないような切断時の欠陥を発見するまで、どれくらいの期間かかるのか？

ーそういう方法だと、小組が行われる際に欠陥部品が判明するが、それには数週間かかる。それまで、欠陥部品がプロセス内に数週間存在する事になる。

-----ここまで-----

連続した作業フローは、全体の効率を考慮するには、より優れたアプローチである。これには、ヘンリーフォードの移動式組立ラインによって端的に説明されているような、1 個流し (a one piece flow) が理想である。ここでは 1 個流しのセルで部品を製造する場合について説明する。1 個流しでは、作業は同期を取って行われている。ボトルネックとなる作業は、直ぐに明確となり、その作業への対応に労力が集中される。貧弱な予防メンテナンスを行おうものならば、直ぐに判明する。品質問題も次の定盤で直ぐに発見される。作業が繋がっている為、チームワークと問題解決が促進される。

製造システム全体を見渡せる広い視点を持っていけば、顧客の立場で価値を付加している主要な作業ステップを識別する事が可能である。図 6 のような、型抜作業と溶接作業で表された「大量生産」で、価値付加作業がどこなのかを識別してみる。このプロセスには 3 つの作業ステップしかない。時間がどのくらいか計測したならば、それぞれ数分づつしかかからないだろう。それにも関わらず、製品が完成し、顧客の元へと届けられるまでに、資材については数週間から数ヶ月の準備期間を置かなければならない。大量生産の設定では、資材が製造プロセスを経る間に、どれだけの距離移動しているかについては知る事すらない。工場内にどれだけの期間止められているのか？ 動くのを待つ間、何時間大型倉庫で浪費しているのか？ 多くの箇所において、大量生産製造はブラックボックスになっており、ただひたすら決められた処理をして、次の工程へと部品を押し出して行くだけな

のである。大量生産製造の中で、1つの部品がどのような工程を経るか想像してみればいい。待機や移動、修理といった価値の付加されない作業に対して、価値を付加される作業の割合はどれくらいになるであろうか？

リーン製造は、製造の為のシステムに、より近いものである。常に、価値を付加する作業フローに注目し、無駄を可能な限り最小にする。この哲学を、心に刻むように！ 図8の新しいアプローチでは、全ての作業はラインで構成されている。溶接が終われば直ぐに組み立てられ、というような連続した作業フローは、組立ラインに似ている。1つの部品を型抜きした後にその部品を溶接するというのは、現実的ではない。変更時間が必要で、また異なった製品には異なった部品が必要になる為、型抜きと組立の間にはバッファが入れている。これをアメリカのスーパーマーケットにちなんで、商品棚（? market place）と呼んでいるが、これは溶接で必要となる各種の部品が少量準備された少量在庫バッファだからである。溶接を行う部品をバッファから抜き、型抜きを行う側は、型抜きする部品が何かをチェックする。そして商品棚へ補充が必要な部品の型抜きを行うのである。それぞれの作業が、それぞれの顧客の需要に直接反応している。この引抜きシステム（pull system）では、情報が、最終的な顧客から前へと流れている。作業は中央集約的な日程に合わせるのではなく、各自の直接の顧客からの合図に合わせて行われている。価値を付与する流れに注目し、その時に必要となる物を作ることで、リードタイムを短縮し、作られたものをより早く得られるようになる。

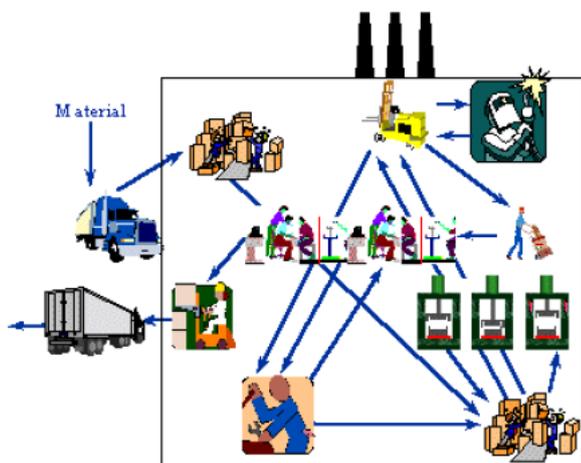


図7 大量生産

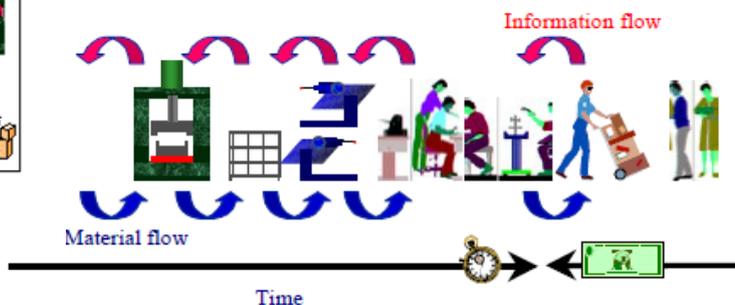


図8 リーン製造

## リーン造船のモデル

トヨタ生産システムは、図 9 の家のモデルで説明されている。トヨタ生産方式の目標となるのは、図中の屋根の部分である「無駄の排除による生産フロー短縮で得られた、品質、コスト、出荷（? delivery）」である。従来の大量生産手法は何よりもコストに注目し、個々の作業を効率的なものとする事でコストを削減していた。後には、エドワードデミングのような品質の指導者から、品質に注目し、それを何よりも優先して実行する事で、コスト削減と品質改善とを同時に達成する事が可能であるという事実も学んだ。トヨタは、リードタイムを伸ばす原因となっていた無駄の排除に注目する事で、品質問題が発生してもフィードバックが早くなる事から品質が改善され、また製造システムから非効率性が排除されることになる為にコストも低減する、ということを発見した。トヨタ生産方式は、価値の流れを見通すことにより、システム全体のコストに焦点を置いている。

トヨタ生産方式を説明する際に、これを家で例えた理由は、家が一つのシステムであるからである。強固な基礎と、同様にしっかりとした柱、そして丈夫な屋根、それらが無ければ家は成り立たない。トヨタ生産方式の 2 本の主要な柱はジャストインタイムと、組み込まれた品質（訳注：オリジナルでは「自働化」）である。これまで説明してきたように、この 2 本の柱は互いに補強しあっている。ジャストインタイムな作業フローを作ることで、品質が向上することになるし、大量生産方式のように在庫バッファが無い為、作業フローを妨げる品質問題が頻繁に発生すれば、ジャストインタイムシステムは失敗してしまうことになるのである。

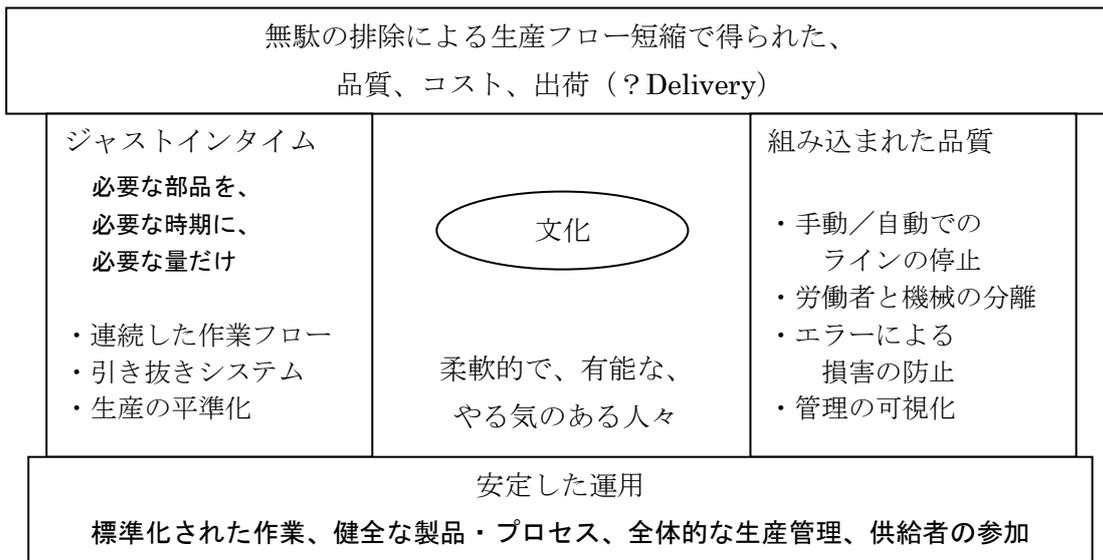


図 9 トヨタ生産方式

トヨタ生産方式という家には、非常に安定した基礎が必要である。例えば、ある作業で機器が停止すれば、在庫バッファが小さい為に直ぐに全体へ影響を及ぼしてしまう。そして製品が製造を十分に考慮して設計されていなければ、作業に支障をきたしやすくなり、それが非常に調和が取られた作業フローを妨害し、最後にはシステムを止めてしまう事になるのである。

また、リーン製造の中心にいる人々は、常に改善を行い続ける事でシステムを活性化しなければならない。日本語の「改善 (KAIZEN)」という単語の意味は、「より良くなるように変更する」である。人々がプロセスの改善に同意せず、リーン製造を運用する為に必要となる、マネージャーの定めた目標に合わせられた規律が無ければ、システムは直ぐに破綻するだろう。

図 10 は、トヨタ生産システムの家を、造船モデルへと変換してみたものである。トヨタ生産方式の全ての要素を、ドックで船を建造しているという造船所として描いている。造船所モデルと比較したときの家モデルの強みは、家のどの要素が無くとも家が崩壊してしまうと言う、システムの特性を明確に示している事である。造船所モデルでは、この事を明確に反映できていない。この論文の後半では、造船の例を基にして、モデルの要素毎に話を進めて行く。リーンとは、一度に簡単には説明が不可能な、システム並びに要素なのである。

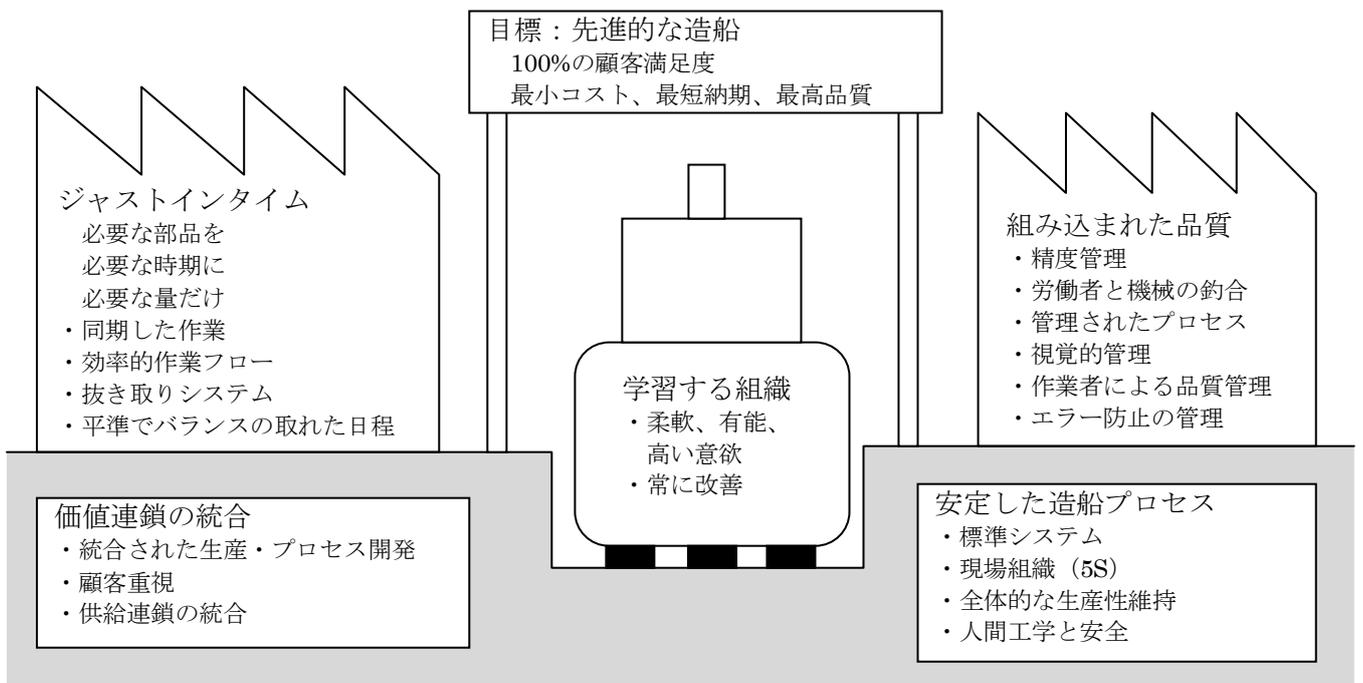


図 10 リーン造船

## ジャストインタイムと造船

### 連続した作業フロー

理想的なジャストインタイムは、前にも書いた通り、1 個流し (one piece flow) である。多くの部品が流れている場合でも、リーン製造では 1 個流しに焦点が当てられている。これは造船においては、同じプロセスのセットを流れる部品のファミリーを識別し、この生産ファミリーに沿って生産ラインを整えるということである。セルに割り当てられたすべての製品がその作業を流れる際、部品毎に流れていくのである。セルの中に含まれる幾つかの部品については、特定の作業ステップを飛ばす事も可能であり、全ての部品が全ての作業工程を通らなければならないというわけではない。このアプローチは一般には大量生産で使用されているものだが、後で説明するように、特に日本の造船所のような先進的な造船所でも適用されている。

図 11 (次ページ) は、バッチ処理と 1 個流しとを簡単な例で比較したものである。バッチ処理の場合、あるブロックで使用される何枚かの長方形鋼材と何本かのスティフナーとを切断する。この部品への切断作業は、大きなバッチで運搬され、大きなバッチで切断される。こうした部品は、必要となる実際の形状へと切断される前に整理 (ネスティングする順番に素材板を整理しておく事?) しておかなければならない。このバッチ切断では一度に大量の部品が生成される為、一度別のバッファーへと移動し、それぞれの小組へと振り分けられる。そして最後には、組み上がった小組も移動され、整理され、実際のブロックへと組み立てられてゆくのである。このようにプロセスを見直してみると、価値を付加しない作業が多くふくまれていることがわかる。移動して整理して整理して、という作業は、全くの無駄なのである。

リーン製造の視点によるもう一方の手法は、図 11 の下のような純粋な 1 個流しである。この場合、必要となるものだけ切断する。必要なものだけを仕上げ切断し、それを小組し、それをブロックへと組み付けるのである。全くの 1 個ずつで作業が出来ないとしても、リーン製造の視点では、実行可能な範囲内で、なるべくバッチサイズを小さくした方が良いのである。

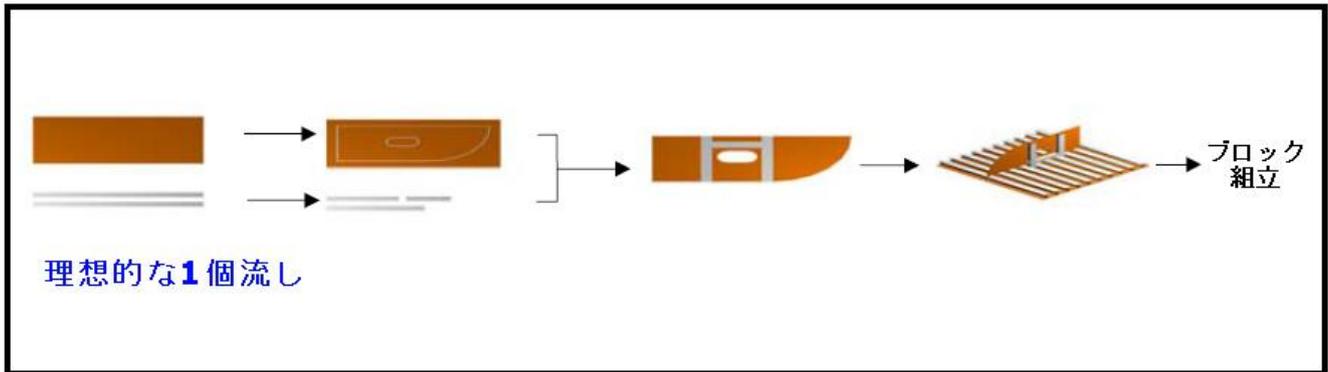
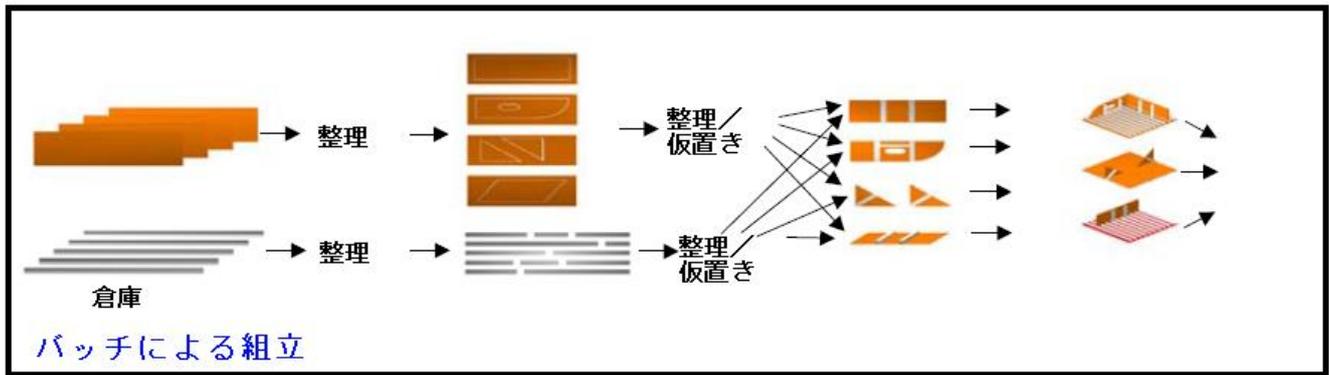


図 11 バッチプロセスと 1 個流しの比較

図 12 は、もう 1 つの例である。左図はこれまでのバッチ切断であり、大きな鋼板から三角形の部材を一度に切断している。しかし実際にその時に必要となる部材数は 6 個でしかない。しかし鋼板を使い切り、そして今後必要となる同一形状部材を 1 回の設定で切断する為に、多くの部材が必要な時期よりも前に切断されてしまっている。これは過剰生産の例であり、無駄の最悪なものである。右図の方は必要となる 6 個の部材のみを切断している。上手く取材することで、最大の部品を取材した余りの範囲で、残りの部品を取材することが可能になる。このように次に必要となる物だけを切断する事で、資材を効率的に利用するのである（訳注：この例は良くない。1 つの組立において、全ての部品が同一素材、同一板厚である可能性は著しく低い。予め同一素材・板厚で設計するのも容易ではない。著者は生産関連の知識が無いのでは？）

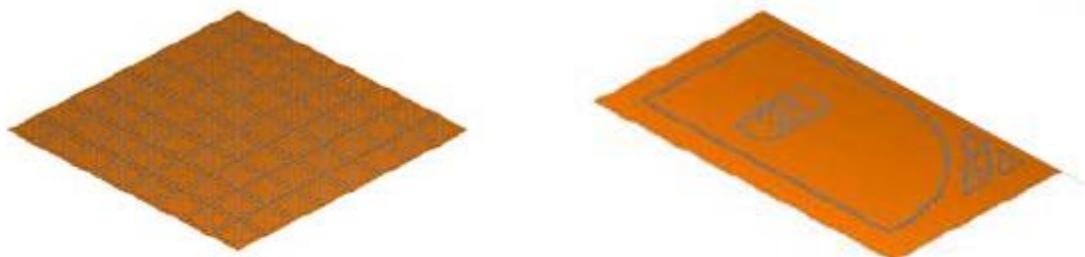
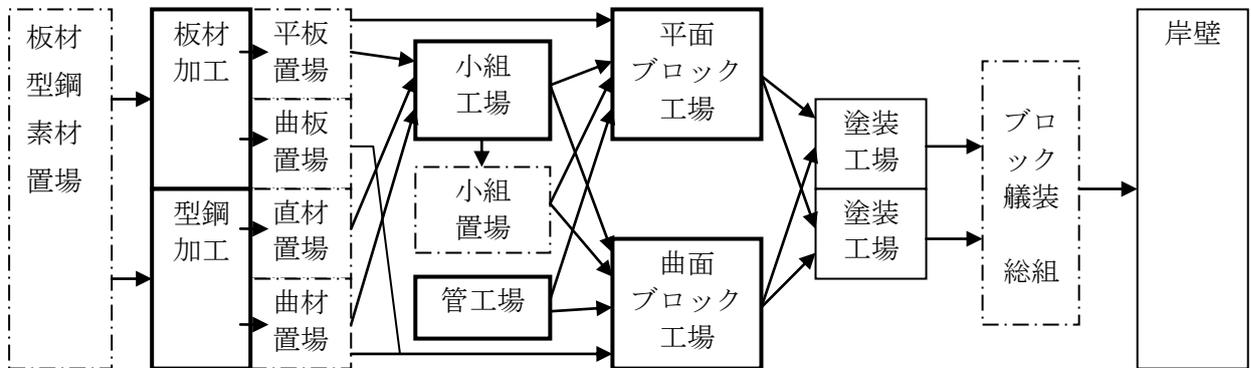


図 12 バッチ切断と必要な部品のみ切断

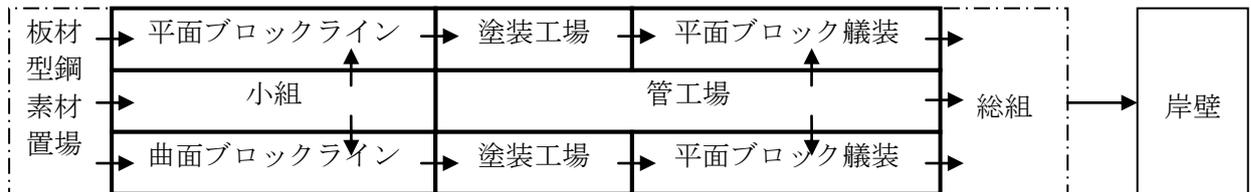
図 13 は造船プロセスを示したものである。図上の既存のアメリカの造船所は、機能 (function) によって組織されている。例えば、板材は平らなものでも曲がっているものでも同じ板材工場で処理され、また型鋼も真っ直ぐなものでも曲がっているものでも同じ型鋼工場で処理されている。どちらも大きなバッチで作業が行われ、出来上がった部品は一時置き場へと運ばれる。そしてその中から小組に使用する部材を探し出し、小組場へと送るのである。

全ての部材が同一の塗装工場を通過し、そして塗装がボトルネックになる事が多い。

図 13 下側は典型的な日本の造船所の流れであるが、造船所は「生産ライン」によって組織されている。ただ生産ラインと言っても船毎のものではなく、類似した部品によって構成されたファミリー別の生産ラインになっている。この場合では、平面ブロックと曲面ブロックは別々に処理されている。その為、例えば全ての平板、全ての直線型鋼がプロセスレーンで切断され、そして小さいバッチで平面ブロックの組立ラインへと送られている。また塗装工場も平面ブロックと曲面ブロックで、別々に用意されている。艀装も別々の場所で行われ、そして最後に総組で合体するのである。機能的なバッチプロセスの中で、資材が畳み込まれるように移動しており (take convoluted paths)、生産フロープロセスが綺麗で、スムーズに流れていることが判るだろう。



機能別バッチプロセス



製品フロープロセス

図 13 機能別バッチプロセスと製品フロープロセス

図 14 は既存の機能別フローの造船所と、リーン生産を行っている造船所の、配置を比較したものである。製品ファミリー別に作業を行い、その為に別々に塗装工場等の施設を確保すれば、より広い敷地が必要となる筈であるにも関わらず、狭くなっているのである。これは、リーンフローにより、時には価値付与プロセスと同じだけの空間を必要としていた仮置きと移動が不要となり、一時置き場が劇的に減少した為である。

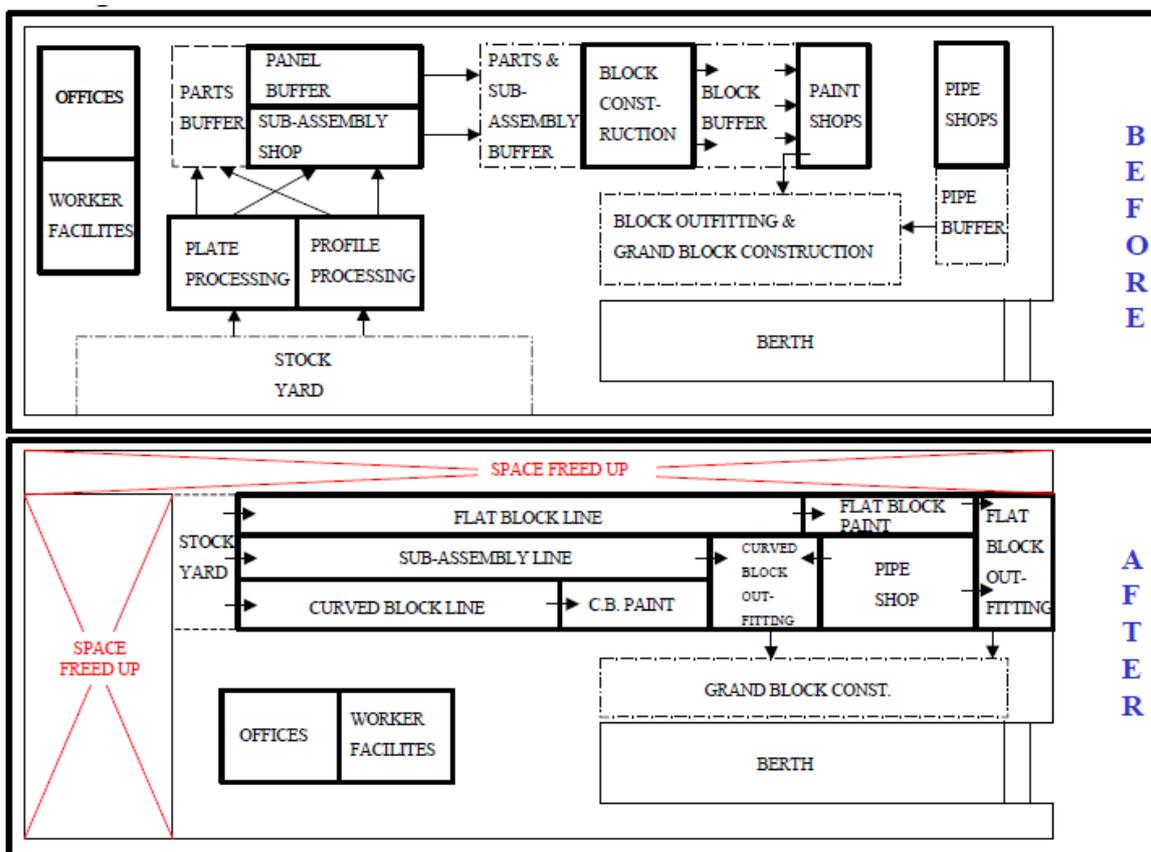


図 14 リーンフローにより解放される空間

造船所を混乱させてでもリーンフローへと移行する理由の最もわかりやすいものは、リーンフローによって倉庫や一時置き場を削減する事で、それを維持する為に必要だったコストを抑える事が可能となるからである。図 15 (次ページ) に、これ以外の、そしてこれよりもより重要な理由を挙げている。中でも最も重要な利点は、後でも説明をするが、品質の改善である。午前中に切断した部品を午後にブロックへと組み立てる事で、現在のような数週間後の組立よりもフィードバックループが短くなり、それによって品質に利点をもたらされる。大きなバッチで仮置きを行うと、多くの品質的問題が隠されてしまい、下流工程で問題のある資材を使用する段になって初めて顕在化することになる。この時点で、既に同様な問題を持つ板材、型鋼、もしくはパイプを大量に生産してしまっているのである。生産性は、資材を繰り返し取り扱う事で発生していた価値を付加しない時間を全て排除することで、改善される。また問題が早期に発見され、直ぐに対処されることにより、数週間後に発見され、その時点で対処するよりも、大幅に工数が削減されることになる。連続した流れを作ることによる最大の利点の一つは、リードタイムを短くする事である。これにより、顧客により短いリードタイムを提示すること、また造船所で同一期間でより多く製造する事が可能となり、それにより売り上げも増大する。そして、価値付加作業の割合が多くなる事で作業者のモラルも向上し、仕事により達成感を持つことになる。

品質	生産性	生産性
作業が次のプロセスへと直接繋がり、間で損傷を受けない	無駄な移動、倉庫、二度手間を最小化する	問題が発見されやすく、またその場で解決される
リードタイム	チームモラル	コスト
供給連鎖 (supply chain) を最短にし、かつ柔軟性を最大にすることで、顧客の要求を満足させる	作業量を、より把握しやすくなる	一時置き場、倉庫のコストを削減

図 15 流れを作ることによる利点

写真1～7（訳注：原文では8とあるが、写真8が見当たらない。また著者は作業工程を知らないのか、良くわからない事を多く書いているので、これ以下の文章は、辻褄が合うように大幅に修正している）は、日本の造船所でのリーンフローの実例を挙げたものである。写真1と2はIHIでの、野書と切断の連続作業である。写真3では、切断されたフラットバーが使用する小組別に分けられている。写真4はラインを移動する曲面ブロックである。作業者は固定された定盤で、移動してくる曲面ブロックに対して、類似した作業を行う。作業者が固定されている為、ブロックが移動してくる前に、作業時間を予め予測する事が可能である。写真5はパイプを小さなバッファで仕分けしたものである。それにしても資材が少ない。写真6はドック脇で行われる総組へと運ばれる艀装済ブロックである。写真7はブロック艀装の為に準備された資材である。必要なもののみが置かれている。



写真1 IHIでの野書作業



写真2 IHIの切断ライン（赤矢印には「1品流し」の注釈）



写真3 小組工場向けにパレットへ仕分けされたフラットバー



写真4 曲面ブロックのコンベアライン



写真5 工場間の仮置き場にある、少量のパイプパレット



写真6 ドック脇の総組場へと運ばれる艀装済ブロック



写真7 ブロック艀装用に準備された資材

## タクト計画：製造システムのテンポ

顧客の要求に合った処理速度で実行される製造プロセスにより資材フローを作り上げるには、製造を行うテンポのような、速度維持機構が必要となる。タクトはドイツ語で拍子の意味であるが、リーン生産においては、タクト時間が生産速度の目標となる。タクト時間は、「利用可能な総生産時間／ある一定時間で顧客が要求する総量」で表される「顧客要求速度 (Customer Demand Rate)」も参照している (図 16 とあるが、わざわざ図にする必要もない内容なので省略)。これから、部品 1 個当たりの時間を割り出される。例えば、1 台の車が 60 秒おきにラインを出て行くとする。タクト時間とは目標であり、そして製品を日程通りに製造する方法とシステム内の資材の流れ方を開発する駆動体となるべきものである。

タクト／目標時間は、機械の製造速度であるサイクル時間と同じになるとは限らない。例えば、車体がライン上を 60 秒おきに流れてきたとしても、車体の溶接は 45 秒で終わってしまう事がある。熱処理等の、バッチで全て一度に処理される部品の場合、混乱が生じる。1000 個の部品を 1 時間熱処理する場合、後工程では部品 1 個当たり 3.6 秒が利用可能である。もしもタクト時間が部品 1 個当たり 20 秒であれば、タクト時間よりも相当に早くなってしまう。

サイクル時間がタクト時間と同じになることが理想的である。タクト時間に従わないという事は、システム内に無駄が発生すると言う事である。タクト時間よりも早く操業すれば、システムのどこかに在庫が発生させてしまう事になる。逆に遅く操業すれば、操業の加速、残業、在庫の何れかを要求されることになる。

造船でタクト時間を適用する事は、多少とも不明瞭になる。まず第 1 に、造船におけるタスク時間は自動車のタスク時間よりも相当に長くなる。自動車の場合、典型的なラインの移動速度は 60 秒である。一方で船は 6 ヶ月に 1 隻が、もしくはそれ以上長くなってしまふ。6 ヶ月もの長さになってしまふと、生産のテンポとして用いるには難しくなる。

第 2 に、船毎に異なる大きさや複雑さに合わせて、タスク時間を変更しなければならない事である。同様に、同一の船の中でも、かなりな量の独自部品が存在し、それぞれに異なったタスク時間が必要となって来る。

それでも、タスク時間を定義する必要から、造船フローにステージを作らなければならない。これは、船を完成させるまでの全体的な日程に合わせる為に、どのくらいの頻度で個々の部品を完成させる必要があるかを知る必要があるということである。そして理想的

には造船プロセスの全ての部品が造船所内を同じテンポで移動すべきなのである。

船を小さなユニットの集合体として考える事で、タクト時間はより意味を持つようになる。プロセスについて、以下のように考えてみる：

1. まず、船の引渡日程から考え始めてみる。この日程に合わせる為には、進水の頻度をどのくらいにすべきか？ もし 6 ヶ月おきに進水を行うのであれば、全ての構成物をこのタイミングに合わせてジャストインタイムで準備する必要がある

2. 次に、この引渡日程に合わせる為に、個々の部品をいつ完成させるかを明確にする。例えば、1 隻の船は多数のブロックによって構成されており、このブロックは並行に、かつ搭載よりも前に製造しなければならない。その為、ブロックのタクト時間は、船の引渡日程から前倒して定義する事が可能であり、それにより起工日を決定できる。

そしてこの事は、最も競争力のある日本の造船所で、実際に行われている。個々のブロックは、総組に合わせて完成するように日程が組まれており、総組も進水に合わせて日程が組まれている。ブロックの全ての個々の構成物は、ブロックの組立に合わせて、切断、成形、溶接が行われる。図 17 はこれを説明したものである。図の上側は、それぞれが不均等なプロセス時間で日程が組まれており、後工程で必要とする時間に合う中間製品が一つも無い。これではボトルネックを引き起こす事となり、後工程の処理待ちとなる資材が多く発生する。図の下側は、タクト時間で日程が組まれており、全ての部品のプロセスが、同期している。これにより流れ生産が可能となり、前述のようなりソースの最適な使用が可能となる。

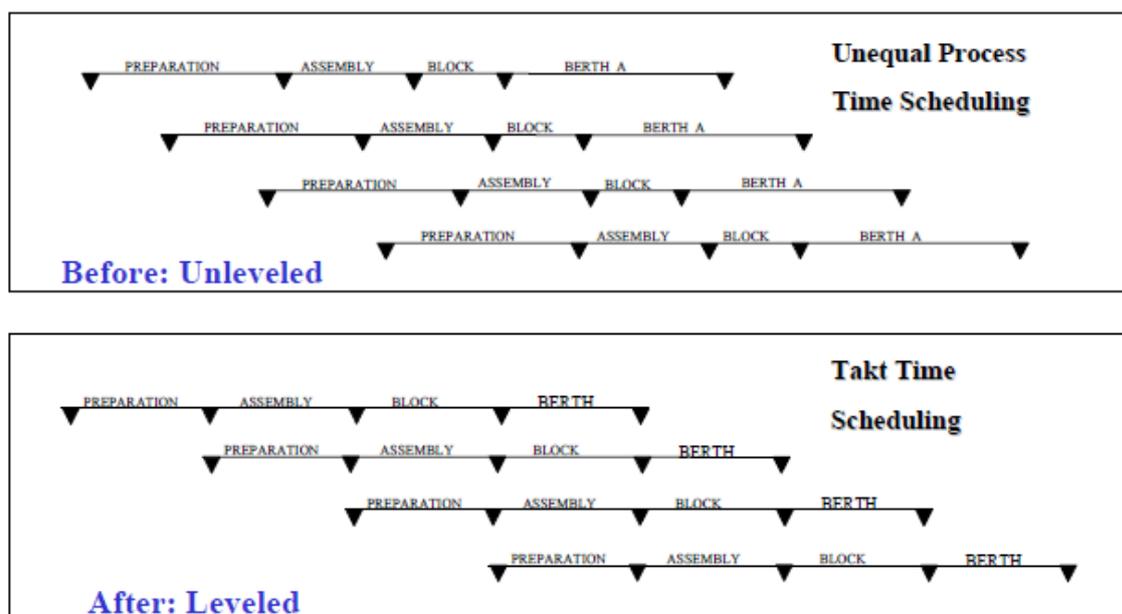


図 17 タクト時間で建造日程全体のバランスを取る

図 18 は、素材からブロックが出来上がるまでに必要なステップを示したものである。タクト時間による計画では、全てのブロックがタクト時間内に設計、製造されるよう日程が組まれていなければならない。写真 9 から 12 は、日本の造船所で、タクト時間で組み立てられている各種のブロックと総組ブロックを示したものである。注目したいのは、写真 10 の曲面ブロックは、ライン上で移動しているのである。移動が行われる時間は決定されているが、これはタクト時間を計算する事で決められており、そしてブロックの設計も、タクト時間に組立が間に合うように行われている。

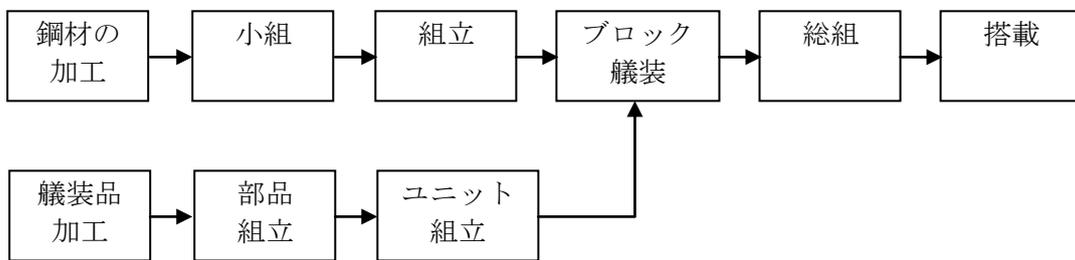


図 18 タクト時間に合わせたブロック製造



写真 10 タクト時間に合ったブロック製造



写真 10 IHI タクト時間に合わせて移動する曲面ブロック



図 11 異なった総組ブロックであってもタクト時間に合わせなければならない

## 引き抜きシステム (Pull System)

1品流しにおいて、工程間に仮置き場を設けない場合、個々の工程は、次工程が欲するものを作っているだけである。これは組立ラインとして美しいものである。次工程にとって最も都合の良いバッチサイズは、可能な限りバッチサイズを小さくしたものであり、そして日程と資材移動において「引き抜きシステム」を用いたものである。例えば、バッチで部品を切断し、溶接へと移動する。大量生産アプローチでは、日程に従って切断と溶接のそれぞれの作業を別々に行っている。しかし事前に予想できなかったことが多く発生し、実際には日程に従う事ができていない。その為、日程に従って切断を行い、出来上がった部品を仮置き場に置いていても、それが溶接で本当に必要なものとなるかどうかはわからないのである。

トヨタ生産システムの父である大野は、アメリカのスーパーマーケットのシステムに似せて、この問題を解決した。このシステムでは、最大数の食料品が棚に置かれており（例えば 50 本のケチャップ）、整理と表示を明確にして顧客が必要とするものを発見可能なようにしておく。一定の間隔で、従業員が在庫をチェックし、消費された分を補充し、50 本へと戻すのである。消費パターンを分析し、棚の中の商品の最大数、最少数が維持されるようにする。これは単純な引き抜きシステムである。棚から持ち出されたビンの本数は、実際に顧客によって購入されることで引き抜かれたものであり、日程に従って押し出されたものでは無いのである。大野は、この見た目にも単純なシステムを製造に適用できないか、と考えた。

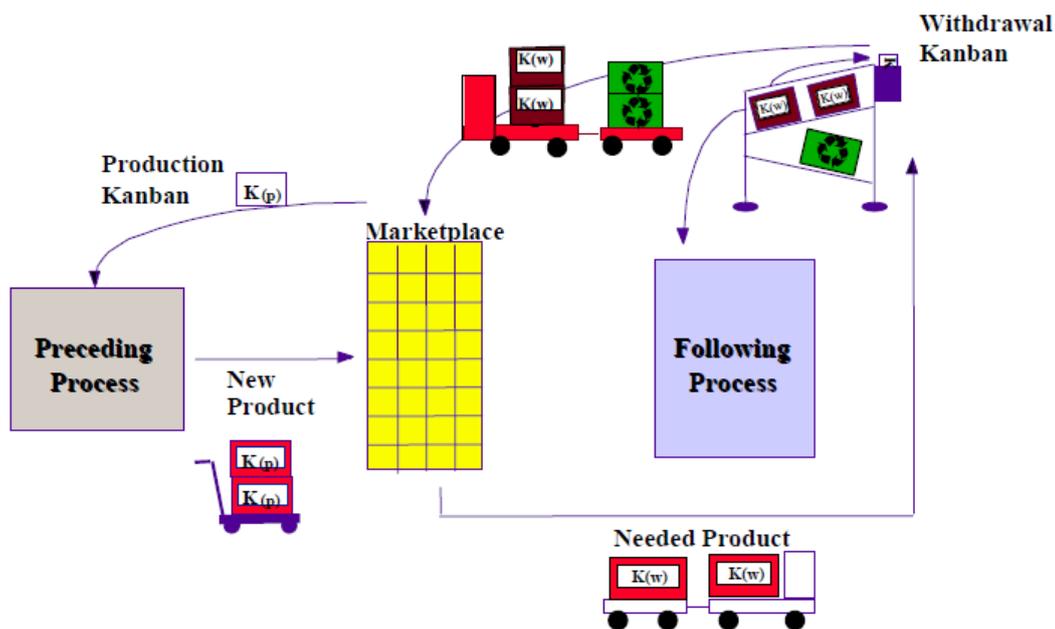


図 19 引き抜きシステムの例 (オリジナル、ただ図が下手糞なので次ページに修正版)

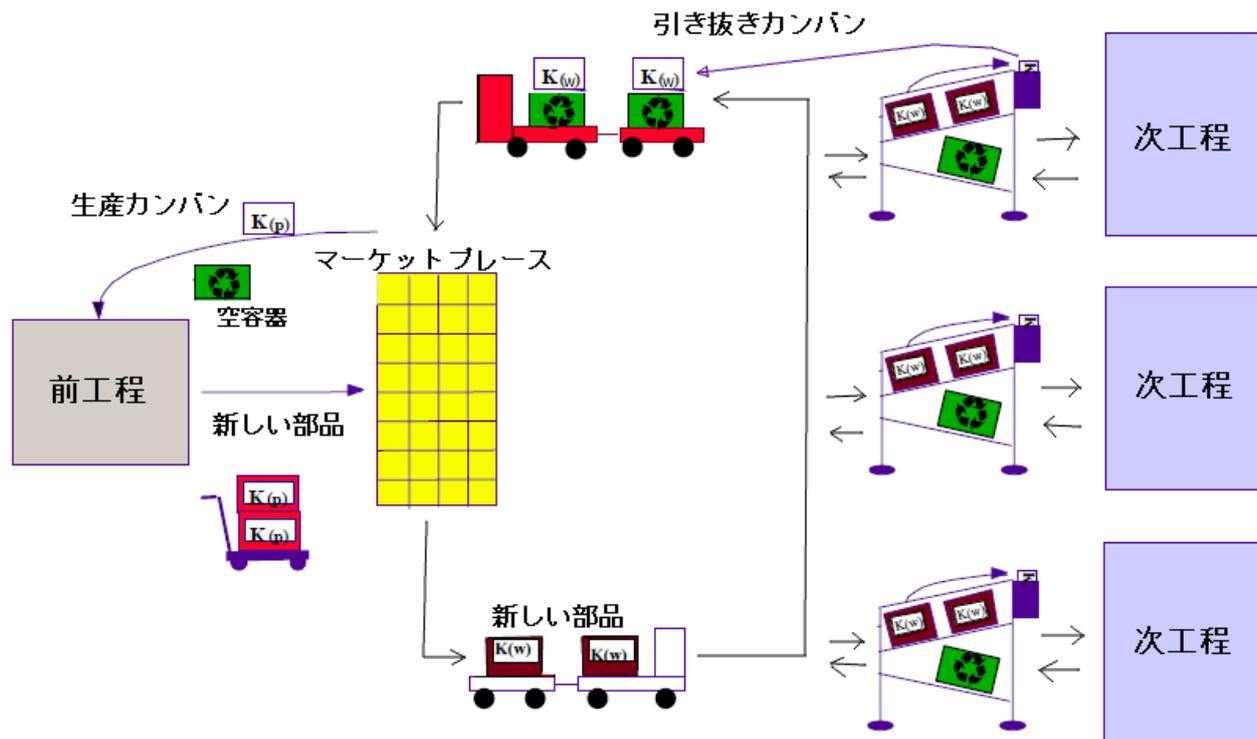


図 19 カンバン方式 (修正版)

図19は、大野が作り上げた自動車の組立工場での典型的な引き抜きシステムを説明したものである。組立作業者は部品容器 (bin) が空になったのを確認すると、カンバンカードをメールボックスへと入れる。これが、部品容器の中の部品が使用され、補充が必要となったという信号となる。部品容器が空になると、フローラックの底へ置かれる。資材運搬者は決められた時間に、決められたルートで、引き抜きカンバンをメールボックスから集め、空容器と一緒にマーケットプレースへと持って行く。

資材運搬者は空容器と、部品の詰まった容器を交換する。部品容器をマーケットプレースから抜き出したことで、資材運搬者はその部品容器に付いていた生産カンバンをメールボックスに入れ、代わりに引き抜きカンバンを補充した部品容器へと取り付ける。こうして生産カンバンがメールボックスに入れられることにより、マーケットプレースから消費された部品を前工程で生産し、補充するように、資材運搬者から前工程へと伝えられたことになるのである。この場合、組立とマーケットプレースと、マーケットプレースと部品製造の、2つのループが存在している。(訳注：ループ上に存在するカンバンの数が固定されている為、部品の作り過ぎが防止されることについての説明が抜けている)

引き抜きシステムの実践には色々な方法がある。図 19 の場合は、カードを用いた手動のシステムで、トヨタで開発された伝統的な手法である。幾つかの会社では電子的なシステムを組んでいる。また、ある造船所では、部品を入れるパレットをカンバンとして使用し、空のパレットが送り返されたら、部品を入れて送り返すようにしている。パレットの大きさにより、プロセス間のバッファが物理的に小さく保たれることになる。こうした引き抜きシステムの基本となるコンセプトはいずれも同じものである。引き抜きシステムでは、下流工程が小さなバッファから引き抜き、上流工程がそれを補充する事で、工程を結び付

けられている。



写真 12 PPG Huntsville（航空機部品メーカー）の中間製品のマーケットプレース



写真 13 同上、非常に単純な引き抜きシステム

写真 12 と 13 は、PPG Industries（航空機部品メーカー）のアラバマ州 Huntsville のガラス製品の生産工場での、非常に単純な引き抜きシステムを示したものである。この工場では、世界中の主要な航空機メーカーで使用される窓ガラスを製造している。様々な形状、板厚、色のガラスがあるが、こうしたガラスはマーケットプレースへと送られ、引き抜きシステムでガラスの切断を行っている。これにより、在庫と切断リードタイムとを大幅に削減する事ができた。写真 12 はマーケットプレースを撮影したものである。写真にあるように、マーケットプレースは顧客別に色分けがなされている。例えば、ボーイング向けのガラスであれば、明るい青色の区画のみを探せば良い。写真 13 はカンバンシステムに関する部分を拡大撮影したものである。10 と書かれたカードがガラスに挟まれているが、ガラスを抜いていく内にこのカードが正面に出てきたら、それが次の 10 枚を仕入れるよう促す切っ掛けとなるのである。何と単純な仕組みだろうか。

在庫の何が悪いのか？

悪いわけではない。在庫はリーンシステムにおいても、2つの工程間のバッファーと言う重要な役割を持っている。1品流しが事実上不可能な以上、管理された小さなバッファとして在庫を持ち、引き抜かれると補充を行うという方法が次善の策となる。予め最大値と最小値とを設定しておく、在庫がその間に収まるように管理されなければならない。また、在庫量を明示しておく必要がある。

図 20 は、在庫に関する生産上の問題点を、船に対する水面下に隠れた岩として例えたものである。問題点は存在するものの、目には見えない。例えば切断作業が日程から遅れていたとしても、時間が経過して在庫が空になるまで、組立工程には影響が出てこない。在庫がある為に、切断作業での問題点が現れないのである。問題から解決までのループが長くなると、問題が発覚するまで、問題が通り抜けてしまうのである。

在庫によって発生し得る問題点には、以下のようなものがある：

- ・在庫を監視、追跡、移動する必要がある（人、計算機）
- ・部品が紛失するリスク
- ・荷崩れなどで部品が損傷するリスク
- ・在庫を保管する場所が必要
- ・設計変更等があった場合、変更前に生産された在庫を廃棄・改修する必要が出てくる
- ・売上が落ちた場合、在庫が不要となる

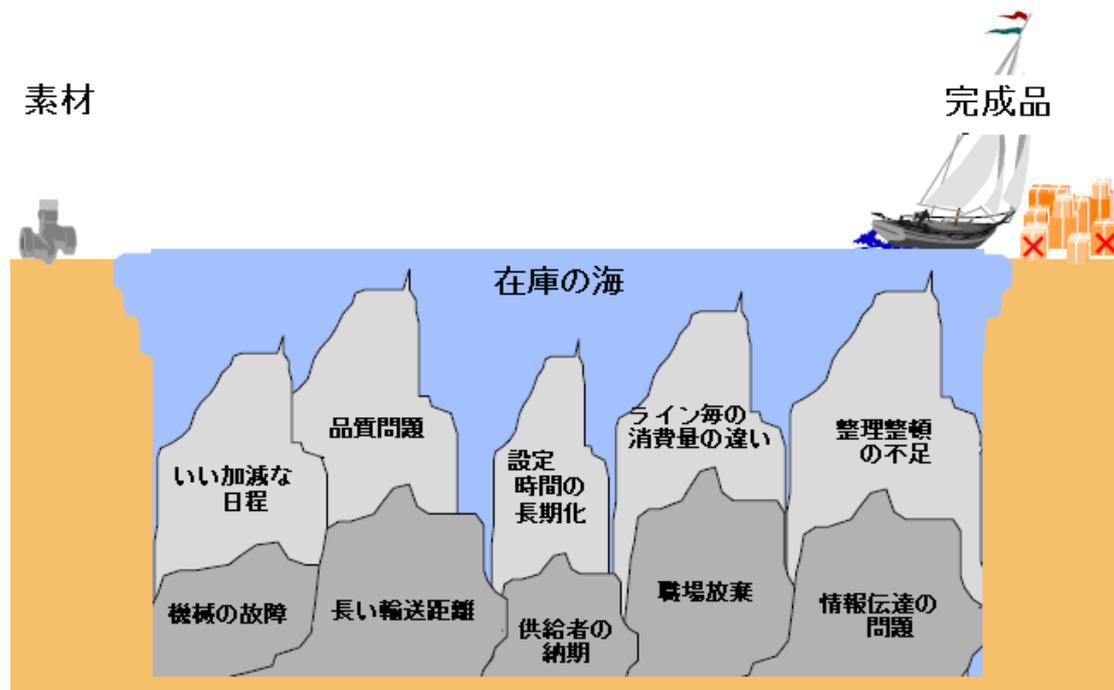


図 20 在庫に隠された無駄

#### 高速切替と平準化による混合生産

バッチ生産モードで考えると、個々の部品別に規模の経営を達成しようとするようになる。部品の切替えは、その間生産が中断されてしまう事から、無駄であると見られるのである。そして大きなバッチで A を生産した後に、切替えて B を生産する事が、論理的な正解となる。その結果、バッチが大きくなり、この大きなバッチに関するシステムの非効率性を考慮しなければならなくなるのである。

リーン生産では、バッチサイズを小さくし、顧客（本来の意味の顧客もしくは後工程）が必要とするものを生産しなければならない。本当の 1 個流しでは、顧客が指定する生産順序（例えば、A,A,A,B,A,B,B,A,A…）そのまま製造することが可能である。しかし、この指定順序通りに生産しようとする、並びが不規則である為、部品の製造も不規則に行わなければならない。製品 A は、3つのバッチ（A,A,A と A、そして A,A）で製造する事になるが、それぞれのバッチでの生産数が 1~3 個と不規則であり、それら全ての場合に対応可能なだけの部品を在庫として準備しておかなければならない。また、9 個とも A が続く場合もあり得る為、在庫を多く持たなければならない。部品の取扱をスムーズにし、また上流工程に対してより均一な生産命令を出すためには、日程を平準化した方が良

い。9個のロットの内、Aが6個、Bが3個であることから、例えばAAB,AAB,AABという一定の生産順序とすることもできる。このように、異なった製品を均等に分散させた順序で製造する事で、顧客の需要を均し、複数の製品を同時生産することは、平準化した混合生産と呼ばれている。

図 21 は、リソースをより一定に消費する為の、残業生産による平準化を示したものである（図は的外れなものだったので省略）。この平準化された混合生産による利点は、以下の通りである：

- ・売れ残りリスクの低減
- ・品質向上
- ・床面積の節約
- ・上流工程への要求がスムーズになる
- ・生産環境の管理・監視が容易に

作業フローの平準化には、色々な手法が存在しており、環境により適合性が異なっている：

- ・臨時従業員の利用
- ・多能工化
- ・綿密な計画
  - ・プロセス時間の標準化
  - ・設計の標準化
  - ・造船所内でのプロセスのバランスを取る
- ・タクト時間による計画

組み込まれた品質（トヨタ生産方式のオリジナルでは「自働化」）

造船業界では、ここ最近、品質を重視している。組み込まれた品質は、品質検査やそれに伴う修正作業を行うよりも、より効率的で低コストである。精度管理は造船用語の一つで、統計学を主体とし、作業を一発で実行する助けとなる問題解決ツールである。これを実施するには、リーン製造へと大きく飛躍しなければならない。在庫の量を非常に低く抑えていると、品質問題が発生した際に対応不可能である。前工程で問題が発生すると、たちまち後工程が停止してしまう事になる。

品質の問題は、作業が直列に繋がっている場合に、掛け算されてしまう。直列した不確実性 (unreliability) の問題を、図 22 に示す。4つの、それぞれでは比較的高い信頼性 (85%

～90%)にある作業が、直列に繋がる事で、全体としては低い信頼性(62%)に下がってしまうのである。

(訳注: 下図では個々の信頼性が高いものと低いものを、それぞれ自動化機器と手動とで説明しているのだが、これだと「自動化の方が手動よりも勝る」というこの説明とは関係の無いイメージを与えかねない。直列による信頼性の低下という事象を単純に説明するには、どちらも手動だが担当する職人の能力により信頼性が異なっている、としなければ、説明する対象のピントがぼやけてしまう。本当に資料の作り方が下手糞だ)

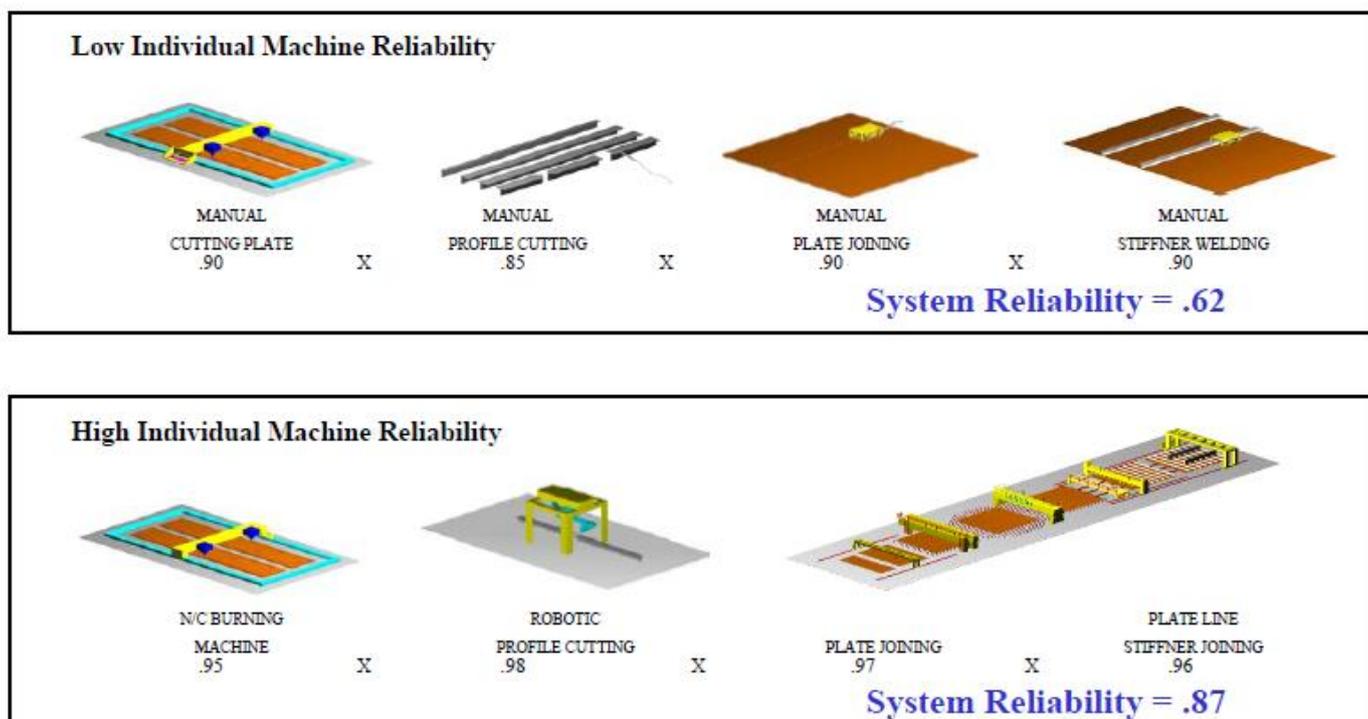


図 22 直列した不確実性により生じる管理不能状態 (No Control、対応する日本語が無い)

品質の組み込みを行う際に重要となるのは、ただ、正しい部品を次工程へと送る事だけである。偶々問題が発生し、そしてそれが直ぐに解決できない場合には、下流工程を止めてしまえば良い。その為には、助けが要ることを素早く合図する手段が必要となる。工程を止める事で、不具合品の下流工程への流出を防ぐのである。「不具合防止 (Error-proofing、トヨタ生産方式用語だと「バカヨケ」) 機構は、エラーの発生を防いでくれる (誤った部品を挿入すると機械が自動的に停止する、等)。

トヨタは、自動化されたプロセスにおいて有名なアンドンシステムを作っている。「アンドンシステム」とは、単純に問題が発生した時に合図を出すというものである。アンドン

とは合図の事である。自動ラインの場合には、機械はセンサーを内蔵しており、異常を発見すると合図を出す（光や音等）。一般には、黄色が問題発生の場合、赤はライン停止が必要な重大な問題発生の場合となっている。人による作業の場合には、ボタンを押すか、紐を引くことで合図を出す。合図をわかりやすく表示する為、直ぐに人が集まり対策を行う。合図システムだけで、品質に劣る製造が行われては意味が無い為、品質を維持する為の様々な道具も準備されている（品質チェック、エラー防止、等）。生産を停止し、問題を合図するのは、問題を明確にし、解決を可能にする為である。その為、問題解決の支援や、絶え間ない改善を行う文化が無いと、意味を成さない。

既存のシステムでは、作業者は機械に縛りつけられ、機械のサイクルが終わるまで待たなければならず、これにより作業者の利用可能な時間を無駄にしていた。そこで機械に問題が発生したら自動停止し、作業者に対して警告する機能を付加する事で、機械から作業者を解放し、価値付加作業へと振り向けるのである。

図 24 は、この人と機械の分離について示したものである。人と機械を分離した例として、自動仮付溶接機がある（automatic tak welding とあるが、そのままでは意味不明。tak -> tack だと仮付溶接になるが、自動仮付溶接機って何だ？ tak -> takt で自動タクト溶接？一般常識的にはグラビティ溶接やラインウェルダなのだろうけど）。この分離は、アンドンシステムによって可能となっている。問題を検出し作業者に警告を出す機能により、作業者は機械を常時監視する必要から解放されるのである。

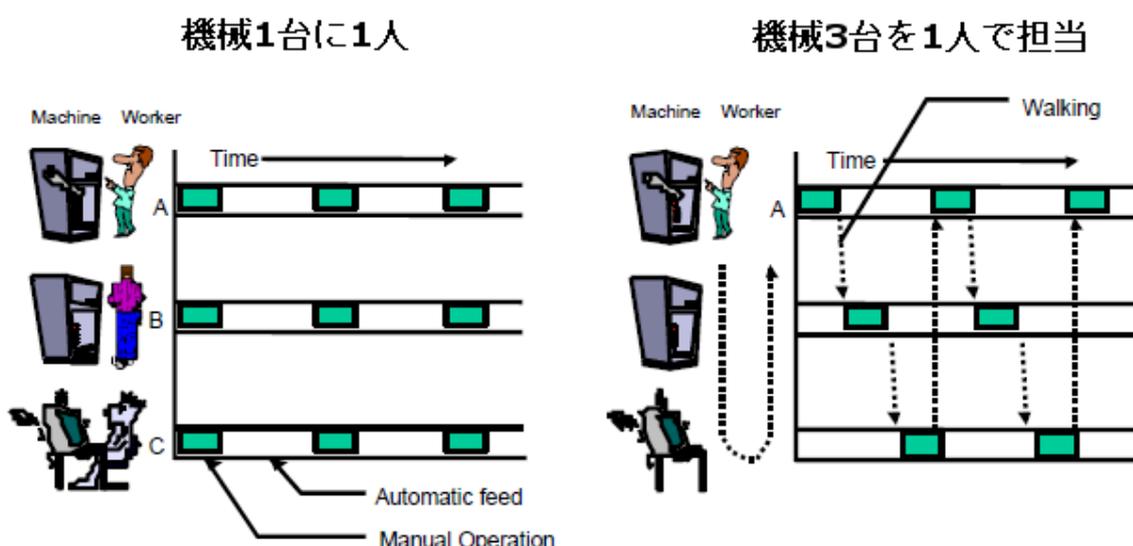


写真 14 から 17 は、日本の造船所で用いられている様々な視覚的プロセス管理である。写真 14 はアンドンシステムの一つで、作業者に溶接がいつ完了するかを知らせる機能により、作業者はその間に次の溶接に使用する部材を準備することが可能となっている。写真 15 では、船毎に使用するパレットの色を変えている事を示している。写真 16 では、作業の進捗状況を示すグラフや表を掲示している（作業終了後、直ぐに張り出される）。写真 17 は目標数に対して、どれだけ生産したかを示したボードである。これらは全て視覚的管理のツールである。



写真 14 典型的なアンドンと状況表示  
(訳注：このライトはアンドンの用途とは違うのでは?)



写真 15 職場の目標値と船毎の色表示



写真 16 視覚的管理掲示板



写真 17 目標と状況表示

## 安定した造船所プロセス

大きな在庫バッファという安全装置を持たずに作業するには、非常に安定した、信頼性の高い運営を行わなければならない。標準は、この安定性にとって重要な要素の一つである。ヘンリーフォードは、標準は現時点での最良の手法であるが、経験や学習によって標準は常に更新されるべきだとしている。その為、標準は常に実行されている改善と、密接な関係にある。

安定は現場から始まる。以下の物は安定性へとつながる現場での重要なプロセスである：

- ・標準化された作業
- ・効率的な作業環境
- ・5S
- ・人間工学

標準の一つの形態に、手動作業用の標準化作業プロセスがある。標準化作業シートにより、標準的な作業順序、品質チェック、安全項目、等の情報が示されている。予防保守、装置設計、生産設計といった統制事項の標準は、全て作成しておくべきである。

写真 18 と 19 は、ウェブ板、ロンジ、二重底の組立の標準手法が作成されている日本の造船所を示したものである。手法の標準化により、プロセスは予想可能な物となる。作業時間を計算し、タクト時間としてバランスを取りといった、このガイドの前半で記述した事を実行する為には、標準化が必須である。



写真 18 ウェブとロンジの標準組立手法



写真 19 二重底の標準組立手法

不十分に設定された作業を標準化してしまうと、無駄を標準化する事になる。リーン製造の目標は無駄を排除し、価値付加作業のみを支援する事である。造船所の従業員に付加価値作業を行わせる為、経営管理からの支援も必要となる。造船所従業員を医者として考えてみると良い。外科医が手術道具を探して右往左往しなければならないのは、最悪である。外科医には手術に集中してもらわなければならない。それと同様に、造船所従業員も価値付加作業に集中すべきであり、資材や道具も作業に合わせて準備しておくべきである。写真 20 では、溶接機器を吊り下げ、どこでも溶接が行い易いようになっている。



写真 20 上から吊り下げられた溶接機器

## 5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）

安定性には、上手く構成された現場が必要である。物の場所を明確に標準化することで、標準からの逸脱が明瞭になる為、視覚的管理が可能となる。リーン製造では 5S により、現場は整理整頓されている：

- ・整理（Sort）

道具を順番に並べ、必要な物のみ残し、不要な物は排除する

- ・整頓（Stabilize）

全ての物の場所を決め、そこに配置する

- ・清掃（Shine）

異常やその前兆を検出しやすい環境を作る

・清潔 (Standardize)

前出の 3S を維持、監視する

・躰 (Sustain)

改善を維持し続ける事で、現場を安定なものとする

5S は、それぞれが共に、改善のプロセスを構成している (図 26)。まず、我々は造船所に何があるか、そしてその内の何が毎日の価値付加作業に必要で、何が不要かを考えなければならぬ (図 27)。滅多に使用されないか、使われていない道具に貼られる赤タグは便利な道具である。赤タグが残っている物は、長期保管場所へ移動するか廃棄される。



図 26 5S



図 27 整理

通常使用する道具を絞ったら、今度は資材や道具を識別しやすいように、使用する場所に近い所へ整理して並べておく(図28)。理想的には、道具置き場に常に道具が置かれていない状態(つまり常時使用中)になることである。図29を見て、全ての必要な道具がコンテナの中に戻されているか判別可能だろうか? 図30、31 のようであればだろうか? そして次に作業場所を清掃する。その次は、現在の最適な状態で、標準を作成する。最後に、新しい標準を維持するようにメンテナンスを行ってゆく。このサイクルは、常時改善のプロセス内で繰り返されるのである。

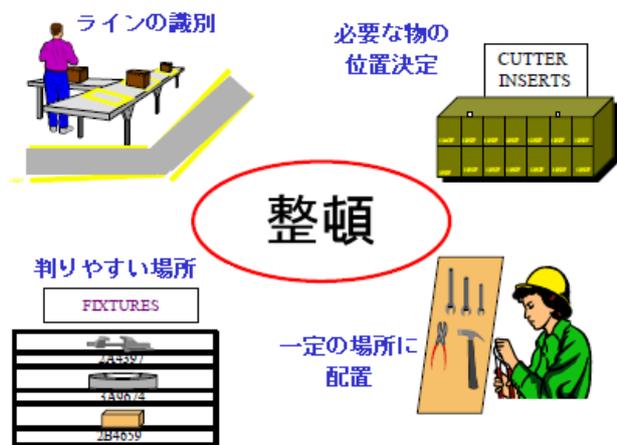


図28 整理



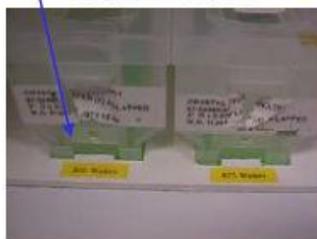
図29 必要な道具が全て揃っているか?



どの道具が出ているか  
一目瞭然



ラベルを張る



ダイシングソーの準備場所

図30、31 5Sの例

写真 21 から 23 にかけては、作業者にわかりやすいようにまとめられた、資材の仕分けの様子である。写真 21 では、異なった寸法・形状の型鋼が取付順に重ねられており、組立時に並べ替えをしなくてもよくなっている。写真 22 は小組済の部材用の標準パレットである。また写真 23 のものは、小型の標準材用の特別なパレットである。写真 24 から 26 は、搭載しやすいように整理された資材である。しかしこれだけ丁寧に配置されていても、常に改良が試みられている。例えば写真 25 を見て、何のワイヤーがどこで使用されるかわかるだろうか？ また作業者が楽に取扱えるようになっているだろうか？ 写真 26 のパイプの量は適正だろうか、過剰だろうか？ またそれぞれどこへ行くのだろうか？



写真 21 加工順序通りに積み重ねられた資材



写真 22 小組済標準パレット



写真 23 小型標準部材用の特別なパレット



写真 24 綺麗に並べられた資材



写真 25 長さ別に切断され並べられたワイヤー



写真 26 IHI のパレット仕分けされたパイプ

柔軟で、有能で、やる気があり、活力のある人々

リーン製造では、人に対する依存度がむしろ大きくなる。在庫が多い時には、どのように作業をおこなうかという標準も無く、現場は汚れ、品質は検査されるものであった。問題は隠されていた。在庫を減らして行くと、この隠されていた問題が表面化し、問題を解決するか、そうでなければ逃げ出すしかなくなった。標準と視覚的管理によって、いつ標準が守られなかったが明らかになり、問題が視覚化された。品質問題で生産が中断されると、誰の目にも問題は明らかになり、解決しなければならなくなった。

こうした問題を毎日、誰が解決すると言うのか？ それは全員である。エンジニア、技能工、品質管理者、供給業者、係長、そして中でも最も重要な作業員本人の、全員が、常に問題を解決し、改善を行わなければならないのである。

そして改善に加えて、5つ目のSである「躰」、恐らく5つの中で最も難しいものであるが、それにより、改善を継続しなければならないのである。図 32 にあるように、躰を行うには、経営側の同意、十分な訓練、改善を日常的なものとする文化、そして全ての作業員の参加が、不可欠である。



図 32 躰

我々が最初に見学した、リーン製造を実施している優秀な会社では、人々が丁寧に扱われているのが明らかだった。当たり前のように解雇されることも無く、自分の仕事に参加し、またやる気を持っていた。使い捨ての労働者ではなく、まるで市民のように扱われていた。経営のトップですら、改善提案を積極的に行っていた。

しかし、最初に我々が見学した時、リーン製造システムは参加を推奨されるものでも、要求されるものでもなかった。標準作業は作業者によって常に改善し続けなければならなかった。品質問題で生産を止めると、大きな責任が生じた。引き抜きシステムは、作業者本人が自分の資材を注文するという事だった。つまり、作業者レベルにも責任所掌が与えられ、作業者が決定責任者になっていたのである。

作業者レベルでは、作業チームを基にした組織構造が、雇用関係に必要となる(?)。作業チームは表面上のものだけではない。リーン製造では、無駄が省かれるほど、人々はより相互関係を増し、互いに依存し合うようになるのである。在庫が小さい場合、仕事を時間通りに終わらなければ、直ぐに下流工程へと影響を及ぼすことになる。タクト時間通りに仕事を行うには、狭い職種の枠を超えた、緊密な援助が必要とされることが多い。作業負荷を平準化するという事は、人々が作業間を移動可能なだけの技能と柔軟性を持つということであり、これには多能工や仕事のローテーションが必要となる。

写真 27 は、作業チームの運営に欠かせない、掲示板である。そこには、目標に向けたチーム全体の実績や、5S 検査表、その他のチーム関連情報などが掲示されている。図 33 はチーム会議の例を示したものだが、このチーム会議は作業場所の隣で行われる。その為、会議の自主性が維持され、話をやりやすく、また会議で出てきたアイデアを直ぐに試す事も可能である。

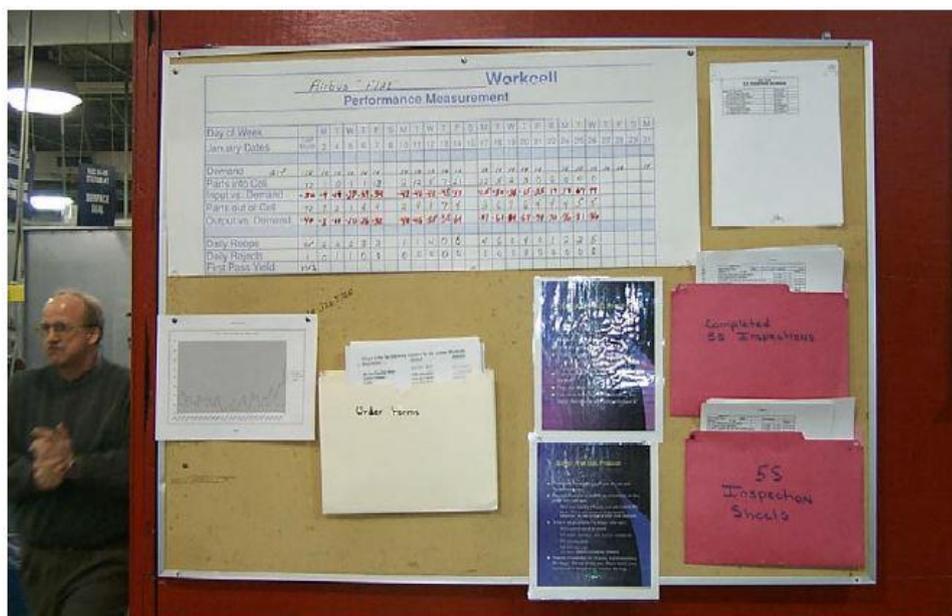


写真 27 作業チームの実績を測る



図 33 作業グループとチームの支援

- ・無駄の排除は従業員からの貢献から始まる。我々は自分たちの作業場所を、定期的に集まり、常に改善活動が行えるようにしておかなければならない。
- ・チームを効率的に機能させるために、チーム全員が一緒になりやすいようにしておかなければならない

## リーンの価値連鎖 (Lean Value Chain)

リーン製造は、造船所内部のプロセスに依存しているだけでなく、供給業者 (suppliers) まで含めて統合されている。究極的には、価値連鎖の提案となる。例えば、鋼材を保管するにはあまりに大きな場所が必要であることから、新しい作業の仕方が必要となった。そしてそれはパイプやその他の資材についても同様である (写真 28、29)。



写真 28 頻りに納品で鋼材在庫を最小化



写真 29 頻りに納品でパイプ在庫を最小化

幾つかの最良な日本の造船所では、鋼材は毎日、時には 1 日に数度、納品されている。またもっと大きなスケールで、ブロックを外注し、造船所の建造日程に合わせて造船所の岸壁までブロックが納品されている。— まさにジャストインタイムである。写真 30 は艀装の終わった船尾部が、ドックへの搭載に合わせて納品されたものである。写真 31 は船橋丸ごとである。



写真 30 船尾部の納品



写真 31 下請けに出された船橋部の納品

どれだけのアメリカの造船所が、遅延により作業が停止するリスクを負いつつも供給業者を信頼して鋼材を毎日納品させているだろうか。どれだけのアメリカの造船所が船橋ブロックを外注業者に出して、ジャストインタイムで納品させているだろうか。外注業者に対してここまで信頼を置くには、余程緊密な関係を持っていなければ、成せないことは明白である。顧客と供給者との間で非常に高い信頼を持ち、建造計画のタイミングや、建造大日程で突然の変更ややり直しが発生した際にどのようにして調整を行うかについて、お互いに十分理解し合っていないならならぬだろう。

## 結論

このガイドは、既存の大量生産手法よりも相当に高い競争力を持つ、多くの異なった企業が持つ、リーン製造のモデルと原理のセットを示したものである。リーン製造は一つの哲学であり、一つの考え方である。その為、個々のツールをつまみ食いすることは不可能である。更に、リーン製造では、経営レベルでの、資材から船を完成させ、引渡を行うまでの価値の流れと言う視点も必要とされる。

このガイドの主な目的は、リーン製造を生産システムとして表現する事であった。世界的なレベルの日本の造船所での例も多く引用している。これらの造船所は元からリーン製造というコース上を走っていたわけではない。実際に、全般的に造船業界はトヨタ生産システムの開発からは隔絶したところにあった。しかし、日本の造船所の最良の実践の中は、それと似通った哲学が存在していた。流れに焦点を置き、標準化手法を用い、品質を組み込み、改善を定常化し、そして柔軟でやる気のある従業員が多く参加していた。アメリカの造船所でリーン製造作業は可能だろうか？ その答えは、多くのアメリカ企業での試みにおける成功例として現れるだろう。また、こうも問いかける事ができる。既存のパラダイムに従い、これを改良するだけで、アメリカの造船所は競争力を高める事が可能だろうか。それは不可能である！

訳者感想：

元の英文が文法を無視した文章が多く、また演劇のセリフのような取り回しもあり、非常に読みづらかった。そしてそれに加えて、「それで、結局何なの？」 というような内容であり、読後の脱力感がこの上なかった。

そもそも、別々に発生し進化した、日本の造船所の生産手法とトヨタ生産方式とを強引に結び付けようとした事が間違いである。単にリーン製造について話をしたいのならば、それぞれをリーン製造のコンセプトまで分解して整理しなければならなかったが、それをしていない（結局、リーン製造について何なのか、整理も説明もされないまま終わってしまった）。

トヨタ生産方式は、現場主導の生産最適化手法である。経営側からの干渉をなるべく排除し、現場に近い部分は現場に責任所掌を持たせ、自己解決させることにより、全体での管理に必要なコストを低減し、かつ効率化をより進めようというものである。その為の方向性としてプロダクト中心主義を採り、製品の流れが滑らかになるように作業を改善して行くのである。カンバン（引き抜きシステム）にしても、アンドンにしても、自動化にしても、それを実現する為の手段に過ぎないのである。そしてこれが、トヨタにおいて最も成功した手法であった、と言うだけの話である。船と比較すると、製造前に設計が完了している事、部品のバラつきが殆ど無い事を考慮すると、生産部門の独立性を高く、委任分野も広くすることが可能となるのである。

造船は、製品のバラつきが自動車と比べて余りにも大きい為、トヨタ生産方式はそのままでは参考にならない。特に、設計が終わらない内から製造が開始されると言う、他の工業製品には見られない特殊な性質を持ち、この為に資材調達や工程管理において、経営からの干渉を自動車よりも多くしなければ、製造が不可能となる。最適化作業においてプロダクト中心主義を採り、また現場に責任所掌を持たせ、製品の流れが滑らかになるように作業を調整、改善して行くという点においては自動車と共通しているが、その度合いは自動車ほどではない。また製品ユニットも、ブロックか、もしくはそれよりも1段低い小組・ユニット艀装くらいが限界であり、自動車のような組み付けられる部品単位での管理は不可能である。そして、この製品ユニット単位で工程管理が必要となるのである。

自動車の製造における製品は、より粒が小さい為に流体に近く、更に必要となる資材や加工プロセス、設備はほぼ共用可能である為、最終組立作業の工程を主に管理する事で、上流工程もリジッドに管理することが可能である。しかし造船の製造における製品は、粒

が大きく形状はバラバラで、また管理ユニット毎に必要な資材も加工プロセスも設備も異なっている為、それぞれ個別に工程管理を行わなければ全体としてスムーズに製品が流れない。

唯一、読んで良かったと思えたのは、造船とは全く関係が無いと思い、これまで調べようともしていなかったトヨタ生産方式を調べる機会を得た事である。おかげで、世間における「トヨタ生産方式」というものが、「カンバン」や「アンドン」、「自動化」や「見える化」に至るまで、表面的なものでしかなかったことが判った。創始者で有る筈の大野耐二が、トヨタ生産方式を部分的にしか把握していないということも判った。最初から計画的に構成されていたものではなく、現場レベルの試行錯誤の結果、出来上がったものがトヨタ生産方式だったのである。なまじ、大野耐二が普及初期に提唱した「カンバン」や「アンドン」、「自動化」や「見える化」といったものが、視覚的で取っ付きやすかっただけに、「トヨタ生産方式」というものが、実際のそれから離れ、独り歩きしてしまう結果に至ったのではないだろうか。