

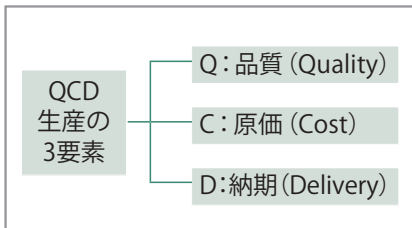
1-1. 生産技術概要

生産技術は生産プロセスのムダを排除し、最適なプロセスを作り上げるための技術である。生産技術の基礎を知ることによって、顧客に対しムダのない最適なシステムを提案することができるようになる。本節では、生産技術を理解するための基礎知識と用語の解説を行う。

生産技術とは

生産技術とは、製品を生産するプロセスにかかわる技術のことである。製品技術・製造技術といったことばと比較するとわかりやすい。製品技術・製造技術は、より良い製品を作るためにいかに製品を設計するか、どのような材料を使用するか、どのように加工し組み立てるかといった製品単体に着目した技術である。これに対し、生産技術はよりよい生産プロセスを生み出すための技術である。

それでは、よりよい生産プロセスとはいかなるものであろうか。製造業では、QCD管理が重要であるといわれる。Q (Quality:品質)、C (Cost:コスト)、D (Delivery:納期)の管理のことである。よりよい生産プロセスとは、このQCDがバランスよく管理された最適なプロセスのことである。従って、生産技術とはQCDが最適化された最善のプロセスを生み出すための技術であるといえる。中でも特にコスト削減に注目して生産技術ということばが使用されることが多い。



生産技術と生産管理

JISの定義によると、生産管理とは「定められたQCD (Quality, Cost, Delivery) または、人・物・金・情報を駆使し、需要予測・生産計画・生産実施・生産統制を行う手続きや活動」である。

一般的にもものづくりの生産プロセスは、商品企画設計⇒生産立ち上げ⇒製造・加工⇒検査・出荷となるが、生産管理はこれらの全プロセスにおけるQCD最適化のための管理といえる。生産技術はこの生産管理のために用いられる技術であるといえる。

なお、このプロセスの中でも、製造・加工⇒検査・出荷という部分に着目した管理手法は工程管理といわれる。

生産技術の目的

生産技術は、QCDに着目した最適な生産プロセスを生み出すための技術であるが、中でもムダ・ムリ・ムラ(3ム)や7つのムダを排除することが重要であるといわれる。7つのムダは、トヨタ生産方式で提唱されているものであり、①つくりすぎのムダ、②手持ちのムダ、③運搬のムダ、④加工そのもののムダ、⑤在庫のムダ、⑥動作のムダ、⑦不良をつくるムダである。いかにしてこのムダを発見し、

解決するかが生産技術の根幹である。

コストの構造

コスト削減を行うためには、まずコストの構成要素を知る必要がある。まず、会社の利益(営業利益)は、売上から製造原価と営業費(販管費)を減じたものである。

生産技術が対象とするコストは、製造原価の部分である。製造原価はさらに、製造直接費、製造間接費に分かれ、それぞれさらに材料費、労務費、経費に分けることができる。いかにこれらコストを削減するかが生産技術の課題である。

利益(営業利益) = 売上 - 製造原価 - 営業費(販管費)

利益(営業利益) = 売上 - 製造原価 - 営業費(販管費)			
製造原価	製造直接費	材料費	原料費、買入部品費など
		労務費	直接作業賃金
		経費	外注加工費、特許権使用料など
	製造間接費	材料費	燃料費、消耗品費、消耗工具費など
		労務費	間接作業賃金、事務員賃金など
		経費	減価償却費、水道光熱費、賃貸料など

図1: 製造原価の構造

トヨタ生産方式とは

「異常が発生したら機械がただちに停止して、不良品を造らない」という考え方(自動化)と、各工程が必要なものを、流れるように停滞なく生産する考え方(ジャスト・イン・タイム)の2つの考え方を柱として確立された生産方式。

<自動化>

- <自動化>とは、通常の加工が完了したら、機械が安全に停止することと、万一、品質、設備に異常が起こった場合、機械が自ら異常を検知して止まり、不良品の発生を未然に防止することである。それにより、後工程には、良品だけが送られる。
- 加工完了時に、自動で止まるのと、異常があれば機械が止まって<アンドオン(異常表示盤)>で知らせるので、作業者は安心してほかの機械で仕事ができ、また、異常の原因追求と再発防止も容易である。その為、作業者が多くの機械を受け持つことができるため、生産性も上がり、異常を改善し続けることで、工程能力も向上する。

<ジャスト・イン・タイム>

- 注文を受けたら、なるべく早く生産ラインの先頭に生産指示を出す。
- 組立ラインは、どんな注文がきても造れるように、全ての種類の部品を少しずつ取りそろえておく。
- 組立ラインは、使用した部品を使用した分だけ、その部品を造る工程(前工程)に引き取りに行く。
- 前工程では、全ての種類の部品を少しずつ取りそろえておき、後工程に引取られた分だけ生産する。

トヨタ自動車HPより作成

重要な概念①(生産性と生産効率)

生産性とは、JISの定義によると「投入量に対する産出量との比」であり、生産性＝産出量 (output) / 投入量 (input) の式で表すことができる。よく耳にする労働生産性は、生産量 (生産金額) / 労働量 (従業員数) で表され、どれだけ少ない人で最大の生産量をあげたかを分析する。その他、分母に投入資本を置いて、どれだけ小さな資本で最大の生産量をあげたかを分析したり、分母に原材料使用量を置いて、どれだけ少ない原材料で最大の生産量をあげたかを分析したりする。また、すべての要素を分母に置く全要素生産性ということばも近年用いられている。

効率とは、JISの定義によると「目的のために有効に利用した量と、消費したすべての量とのエネルギー的面での比率」である。従って、生産効率は、製品を生産する際に、投入したすべてのエネルギーのうち、有効に利用されたものがどれだけの割合を示すものである。よって、この値が100%を超えることはない。

生産性と生産効率は似た概念であるが異なるものであり、生産性は高いが生産効率が低いという場合も存在する。例えば、時間あたり非常に多くの製品が生産されているが、中身を分析すると実は不良品の検査や対応にかなりの労力が割かれている、などという場合である。

$$\text{効率} = \frac{\text{出力(有効エネルギー)}}{\text{入力(投入エネルギー)}}$$

$$\text{生産効率} = \frac{\text{出力(入力労働力ロス)}}{\text{入力(労働力)}}$$

重要な概念②(標準時間)

工程管理や作業管理を行う際に、「標準時間」という概念が重要となる。標準時間とは一定の熟練度をもつ「標準的な作業員」が、決められた「標準の作業方法」と設備を用いて決められた「標準の作業条件」のもとで、既定された品質の製品を生産するために、通常の努力を払い一定の仕事をおこなう場合の作業時間に、適切な「余裕時間」を加えたものである。

標準時間を設定することにより、日々の作業時間を標準時間と比較することができる。これにより、標準時間とどの程度乖離があるのかを知り、その原因はなぜかを考え、カイゼンにつなげることが可能となる。

重要な概念③(稼働率と可動率)

稼働率とは、JISの定義によると「人又は機械における就業時間若しくは利用可能時間に対する有効稼働時間との比率」である。1日の作業時間に対して、そのうちの何時間が生産に対して有効な作業時間であるかの比率を表している。ただ、一般的な使用方法として、分母となる1日の作業時間は標準の作業時間(定時)であるとし、繁忙期など定時を超えて作業する場合に「工場の稼働率125%」などと表現する場合もある。

これに対し、可動率は「必要とされるときに設備が使用中又は運転可能である確率」である。故障で停止する時間が

少なければ少なくなるほど可動率100%に近づく。

重要な概念④(設備総合効率)

設備総合効率とは、生産システムに投入した生産設備を効率よく使っているかどうかを表す指標のことである。設備総合効率は、時間稼働率と性能稼働率および良品率を掛け合わせたものである。

設備総合効率を向上させるためには、停止ロス(故障、段取り時間、立ち上げ立ち下げ時間)、性能ロス(空転、チョコ停、速度低下)、不良ロス(不良手直し、修正)をいかに少なくするかがキーポイントとなる。

$$\text{標準時間} = \text{作業時間} + \text{余裕時間} \text{ (または、作業時間} \times (1 + \text{余裕率}) \text{)}$$

作業時間	正味時間	実質的な作業時間
	段取時間	機械の金型の取替えや準備時間など
余裕時間	作業余裕	注油や手入れなど当該作業における不可避の遅れ
	職場余裕	材料待ち、連絡待ちなど管理方式に依存するもの
	用達余裕	手洗い、水飲みなど
	疲れ余裕	疲労にもとづく遅れ

図2: 標準時間の構成

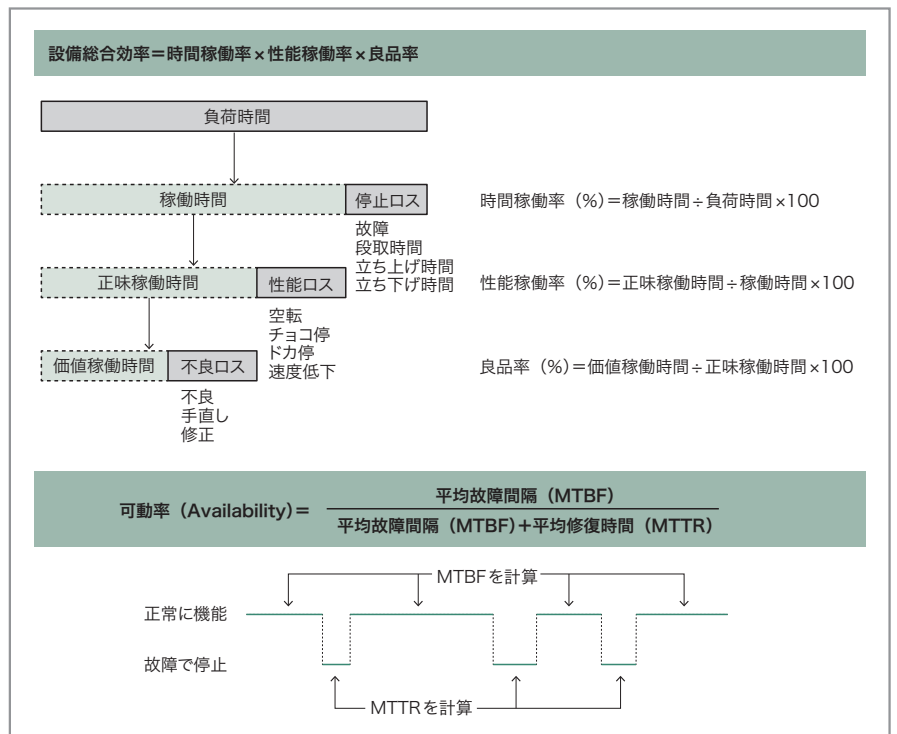


図3: 稼働率と可動率

⑤ カイゼンのためのヒント

カイゼンを行う際のヒントになる原則として、3SとECRS (日本語の頭文字をとってナナトヤとも呼ばれる)がある。

3S	simplification	簡素化
	standardization	標準化
	specification	専門家

ECRS	Eliminate (排除)	ナクス
	Combine (結合)	ナガラ
	Rearrange (並び替え)	トリカエ
	Simplify (簡素化)	ヤサシク

1-2. 生産技術概要

生産技術は生産プロセスのムダを排除し、最適なプロセスを作り上げるための技術である。生産技術の基礎を知ることによって、顧客に対しムダのない最適なシステムを提案することができるようになる。本節では、IEの基本である工程分析のやり方と費用対効果に関し解説を行う。

IE (Industrial Engineering)

IEとは生産工学と呼ばれるものであり、米国IE協会は、「IEとは、人・モノ・設備の総合されたシステムの設計・改善・確立に関するもので、そのシステムから得られる結果を明確にし、予測し、かつ評価するために、工学的な解析・設計の原理や方法とともに、数学・物理学・社会科学の専門知識と技術とを利用する」としている。

生産管理を行う上で、どのように現在の生産システムを分析し、どのように改善するかを学問的アプローチから考察するものである。工程分析、動作研究、稼働分析、時間研究などが代表的なIEの研究対象である。ここでは、生産システムの現状分析を行う基礎となる工程分析に関して紹介する。

工程分析

工程分析とは、材料が製品になるまでの工程を分析することである。

1. 工程分析の目的

製品の流れを明確にすることにより、改善点を発見することである。

2. 工程分析の手法

一般的に、工程図記号を使って図表化し、各工程の作業内容、使用機械、治工具、所要時間、運搬距離などを調査、記録する。

3. 工程図記号

工程図記号はJIS Z8206に規定されている(図1参照)。基本的には工程を次の4つに分類し、フロー図を作成する。

● 加工

原料、材料、部品または、製品の形状、性質に変化を与える過程

● 運搬

原料、材料、部品または、製品の位置に変化を与える過程

● 検査

原料、材料、部品または、製品の量や品質を検査し、ロットの合格、不合格、または、個品の良・不良を判定する過程

● 停滞

原料、材料、部品または、製品が、計画に反して滞っている、または、計画により蓄えられている状態

上記4工程のうち、付加価値を生み出しているのは「加工」工程のみである。

4. 工程分析のやり方

① 工程分析の目的を決める

まず「工程分析」の具体的な目的を決める。

例えば、工程全体の工数をへらす、運搬を見直すなど。

② 工程分析の対象を決める

問題点のある製品または作業員を選ぶ。例えば、生産量の多い製品、工数が多い製品や作業員など。

③ 工程を4種類に分類しフローを作成。工程を、「加工」「運搬」「検査」「停滞」に分類し、工程図記号を使用して工程の内容をわかりやすくする。

④ 時間、距離などを調査して記入。

⑤ カイゼン点を把握する。

※記入に関しては、「工場管理」2017年1月号掲載の図2簡易フォーマット参照。

5. カイゼンのポイント

付加価値を生み出しているのは「加工」工程であるので、それ以外の工程の割合をいかに減らすかがポイントとなる。

要素	記号名称	記号	読み方	内容
加工	加工	○	まる	原料、材料、部品、製品の形状、性質に変化を与える過程。唯一、価値を高める工程。
運搬	運搬	○	こまる	原料、材料、部品、製品の位置を変化させる過程を表す。□を用いることもある。
停滞	貯蔵	▽	三角形	原料、材料、部品、製品を計画により貯えている過程。
	滞留	◇	ディー	原料、材料、部品、製品を計画とは異なり滞っている状態。
検査	数量検査	□	四角形	原料、材料、部品、製品の量または個数を計って、その結果を基準と比較して差異を知る過程。
	品質検査	◇	ダイヤ	原料、材料、部品、製品の品質特性を試験し、その結果を基準と比較してロット、個品の良・不良を判定する過程。

図1: 工程図記号と記入例

〈製品工程分析での簡易フォーマット〉

工程の説明	距離(m)	時間(秒)	工程記号				備考	工程順に
			加工	運搬	停滞	検査		
寸法検査		3	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬 (検査場へ)	25	30	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3時間	○	⇒	▽	◇		
作業台まで運搬	10	15	○	⇒	▽	◇		
検査 (マーキング)		3	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬 (倉庫へ)	25	30	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3日	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬 (作業台へ)	10	15	○	⇒	▽	◇		
梱包作業		5	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬 (受入へ=外注出し)	15	25	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		3時間	○	⇒	▽	◇		
リフトで運搬 (車へ)	20	40	○	⇒	▽	◇		
加工 (WJ加工)		8	○	⇒	▽	◇		
リフトで運搬 (受入へ)	20	40	○	⇒	▽	◇		
仮置き		2時間	○	⇒	▽	◇		
台車で運搬 (NC班へ)	35	60	○	⇒	▽	◇		
仕掛品置き場		1日	○	⇒	▽	◇		
加工設備まで運搬	15	30	○	⇒	▽	◇		
			○	⇒	▽	◇	受入検査は現地で実施	

※工場管理 2017年1月号「解説 IEの手法 1.工程分析」より作成

図2: 簡易フォーマット例

費用対効果分析

費用対効果とは、かけた費用に対して、どのくらい効果があるかをいう。コストパフォーマンスといわれることもある。

費用対効果を算出する場合には、一般的に費用便益分析法が使用される。費用・便益分析法は、製造ラインに対して、費用をかける場合とかけない場合のそれぞれについて、一定期間の便益額、費用額を計算し、費用と便益の価格を比較することにより分析、評価を行う方法である。

1. 一定の期間とは

一定の期間とは、例えば設備を購入する場合は、その費用を何年で回収したいかという期間となる。固定資産には減価償却期間（法定耐用年数）が設けられており、会計処理上はこの減価償却期間に応じ毎年減価償却がなされることとなるので、これを費用回収の期間と置くことが一般的である。もちろん、便宜上さらに短い期間を設定し費用効果を計算しても問題はない。

なお、減価償却期間は法律で定まっており、同じような設備でも何を製造する設備かで変動するため都度確認が必要である。

2. 便益額とは

便益額は、費用をかけたことによる効果の総額であり、費用をかけることにより増えた利益と節約できた費用の総和となる。

効果には、金額で表すことが容易な定量的な効果と、金額で表すことが難しい定性的な効果がある。

定量的な効果としては、生産数の増加による利益の増加、工数削減による人件費の減少などが挙げられる。

定性的な効果としては、従業員の満足度の向上や安全性の向上などが挙げられる。

通常費用対効果の算出では、定量的な効果が主に用いられるが、定性的な効果も何らかの方法で金額に換算し利用することも可能である。

定量的効果 (例)	生産数増加 人件費削減 省スペース 省エネ
定性的効果 (例)	社員満足度向上 顧客満足度向上 品質向上 重労働軽減 危険作業代替 熟練作業代替

3. 費用額とは

費用額を考える場合、設備を購入するのであればその購入額が考えられる。また、そのために他の設備や環境に改造を行うのであれば、これも費用となる。

忘れてはならないのは、設備を入れたことにより増加するランニングコストである。例えば、保守メンテナンスのコストや、増加する電気量、スペースが余計必要となるのであればその賃料も計算するべきであろう。

4. 例

例えば、新たなシステムを導入する場合に、以下のような便益と費用が考えられるとする。

便益	生産数増加による利益増 100万円/年 工数削減による人件費減 300万円/年 品質向上による廃棄コスト減 100万円/年
費用	システム購入費用一式 2,800万円 保守メンテ費用 80万円/年 増加電気費用 20万円/年

この場合、投資回収期間を7年と置いた場合は、便益3,500万円（(100万+300万+100万）×7年）、費用3,500万（2,800万+（80万+20万）×7年）となり、プラスマイナス0となる。

ということは、7年以上の期間での費用回収を考えている場合は投資に見合うが、7年以下での費用回収を考えている場

合は投資に見合わないということとなる。

システム製作コストの正しい査定

費用対効果の分析は仮定の上になり立つものであり、その基礎となっている金額がぶれると大きく結果が異なってしまう。特にシステムの費用は大きなウェイトを占めることとなる。

1-7営業技術でも触れているが、正しい金額を算出するためには、正確な（妥当性のある）設備査定をする必要がある。

そのためには、製品（ワーク）の生産プロセス（工程設定）設定を正しく行う事と、各工程の要件（目的）を理解し、適正な能力と機構の機器を組合わせた構想で過剰な設備にならないような設備提案をする事が必要となる。

また、生産するために不確定な製造要素がある場合には、実験、検証を行う事が必要である。これらを基本として、

- 機械設備コスト査定
 - 制御機器査定
 - 制御プログラム査定
 - 実験、検証コスト査定
 - 仮設、輸送、本据付コスト査定
 - 立上げトライ コスト査定
 - ロボットティーチングコスト査定
 - 帳票（取扱説明書、検査証など）のコスト査定
 - 生産サポートコスト査定
 - エンジニアリングコスト査定
- を行い、さらに販売管理費と利益を考慮して販売価格を決定する必要がある。

④ IEのさまざまな分析手法

本章で述べた以外に、IEには様々な分析手法が存在する。興味のある方は、下表を参考にさらなる学習を行っていただきたい。

分類	分析方法	分析の狙い			手法の概要
		品質確保	設備効率	人的効率	
時間分析	ストップウォッチ法	○	○	○	ストップウォッチによる作業時間分析
	WS (Work Sampling) 法	○	○	○	ランダムな瞬間観測による状態分析
	WF (Work Factor) 法		○	○	高精度な標準時間設定
	標準時間見積資料法	○	○	○	整備された資料に基づく標準時間設定
	VTR法	○	○	○	設備稼働状況や長時間の作業分析
工程	有効動作分析（作業・動作）	○	○	○	有効作業と無効作業の作業分析
	工程分析	○	○	○	物の加工の流れ分析
	From-Toチャート	○	○	○	工程の相互関係の明確化
効率	流れ分析（流れ線図）	○	○	○	設備配置や工程の合理化
	レイティング法		○	○	作業者の作業速度の評価
稼働分析	バランス・ロス分析	○	○	○	作業時間の不均衡によるロス時間分析
	マンマシンチャート	○	○	○	人と機械の時間的経過の関連性の分析
	設備稼働分析	○	○	○	設備稼働時間の要因分析
	生活分析	○	○	○	作業内容の定量的分析
	チョコ停分析	○	○	○	チョコ停の現象と原因分析
レイアウト	PM分析		○	○	設備ロスの要因分析
	マシン・チャート	○	○	○	自動機の機構相互間の動作時間分析
	PQ分析	○	○	○	製品種類別の生産量の分析
製品	アクティビティ相互関係分析	○	○	○	職場の相互関係（近接性）の分析
	MH（マテハン）分析	○	○	○	運搬、取扱いコストの分析
品質	運搬活性分析	○	○	○	物の移動し易さの分析
	生産性評価の分析		○	○	設計段階での組立加工難易度の分析
物流	QC手法	○	○	○	問題解決手法（主に数値データ）
	新QC手法	○	○	○	問題解決手法（主に言語データ）
技能	工程長（LT）分析			○	製造工程長の内容分析
	流動数分析（曲線）			○	各工程における仕掛数推移の分析
習熟曲線	技能棚卸分析		○	○	技能レベルの把握
	習熟曲線		○	○	未経験者の習熟期間を定める

MONOist記事 福田祐二「実践! IE:方法改善の技術」より (<http://monoist.atmarkit.co.jp/mn/articles/1001/12/news089.html>)