

# トヨタ式 最強のモノづくり

## 「サイマルテニアス・エンジニアリング」



### はじめに

私がトヨタ式のモノづくりを紹介しようとした動機は、自分の体験を通じて先進的な品質マネジメントの方法を、中小企業の皆さんにも広くしてもらいたいと思ったからです。

自分の体験とは次のことです。まず初めて社会人になってから12年余り、いまや世界最大手ともなったトヨタ自動車に勤務しました。トヨタ自動車では、世界に名高い「トヨタ生産方式」を基盤に、もともと品質管理と原価管理についてはパイオニア的な概念を持っていました。私はこの会社で主に多くの海外プロジェクトを担当していたため、ある時期には車両生産工場にて品質管理の仕事をしていました。ここではモノづくりの技術と、品質を造り込むためのマネジメント手法を、どっぷり勉強させられました。

その後、人生の転機としてトヨタを退職して独立開業を目指していましたが、それまでほんのしばらくの間、映像機器メーカーに在籍したことがあります。この会社はグループ会社を含めて千人程度の中堅企業で、高品質の製品で名高い存在でもあり、特に欧州をはじめとする海外市場では強いブランド力を持っていました。初めてその会社の職場を訪れたとき、まず驚いたことは、一つ目に資材倉庫での保管在庫の多さ、そして二つ目は検査員の多さでした。外注品の受入検査では、煌々とする照明の一室の中に何列もの机が並べられて、女子社員が黙々と担当の部品の検査をしていたことです。

トヨタでは無検査受入を原則としていました。そのため「検査は付加価値を生まないムダ」という概念を植えていた自分にとって、いささか衝撃的な光景に映ったのです。この違いはなぜ起こっているのか？ この会社ですぐに気づいたのは、品質マネジメントシステムの違いです。それは、これから紹介するサイマルテニアス・エンジニアリングと言う概念で違いが説明できるわけです。

ほぼ同じ定義で、コンカレント・エンジニアリングという言葉が一般的に使われているようです。ただし本文では、自動車業界で多く使われていた、サイマルテニアス・エンジニアリング（SE：同期技術）の表現で統一しています。

またこれからの紹介は、私の体験した自動車の開発における品質管理のシステムです。自動車産業は裾野が広く、関連する事業組織体も多いこと、また製品の構造も高度で複雑なことから、開発ステージも同様に複雑です。

よってサイマルテニアス・エンジニアリングは、他のあらゆる産業分野での製品開発と品質管理においても適用が可能です。もちろんより単純で簡素な製品の場合は、自動車の様な複雑なステージを踏む必要はないでしょう。ただし、あくまでも品質マネジメントシステムのあり方（組織運営の方法）を見直すことに主眼をおけば、企業規模や経営資源の大小を問わず適用できるため、皆さんの会社でも大いに参考となれば幸いです。

アイエル経営診断事務所

中小企業診断士 板賀 伸行

経営診断ネット：<http://www.manage-assess.net>

## ・サイマルテニアス・エンジニアリング（SE）とは

根本的な違いは、製品の開発から量産導入に至る、プロセスの順序と相互の関係の違いです。トヨタにおいても、その昔は図1に示す「従来型のプロセス体系」をとっていました。この従来型のプロセス体系とは、設計・開発部門が川上のプロセスを担当し、生産準備部門や工場では川下のプロセスを担当するように、割とはっきりと区分されていました。つまり、設計・開発部門では、製品企画、意匠デザイン、設計図面作成、試作およびその評価までの業務プロセスを通して、「設計品質」を確立することが責任です。いったん設計品質が確保され、後工程である工場にも認められると、そこでそのアウトプットの受け渡し（Hand Over）が行われます。後工程の工場では、設計開発で仕様が決まった製品を忠実に実現することが目的として、様々な生産準備活動や「製造品質」の造り込みを行うわけです。

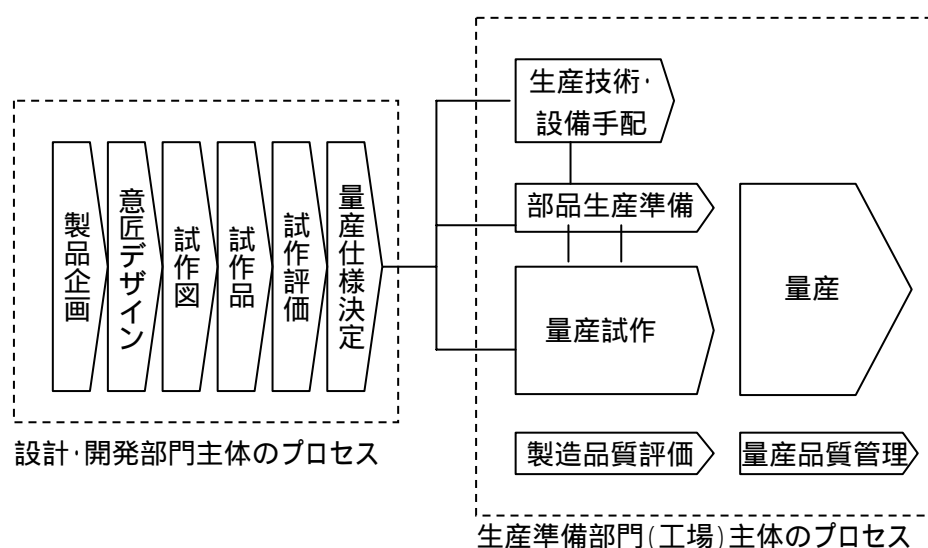


図1 従来型プロセスの体系

しかし、製造品質を担当する工場では、自分たちがいくら努力して知恵をしばっても、いったん設計仕様が決まった後では、得られる品質レベルに限界があると気づき始めます。これを解決するには「源流管理」という考えに基づき、前工程である設計開発段階へ立ち入った活動をするようになってきました。このような活動が徐々に広がってゆき、サイマルテニアス・エンジニアリング（SE）が形成されてきたわけです。現在では「源流管理」という概念が定着し、「設計図面で品質と原価の80%が決定する」と世間でもよく言われるようになりました。

では、革新的な品質マネジメントの運営体制であるSEのプロセス体系を見てみましょう（図2）。最も特徴的なのは、工場の生産準備部門の業務を、設計開発段階へ前倒しして行うことです（フロント・ローディング）。開発の各ステップにおいては、生産に関連する組織も数多く関与するようになります。工場の品質管理部や製造部、生産設備と工法を開発する生産技術部、さらに部品を製造してくれる外注仕入先です。これらの組織が、各々の立場から設計開発の仕様をチェックし、改善要求を出すこととなります。

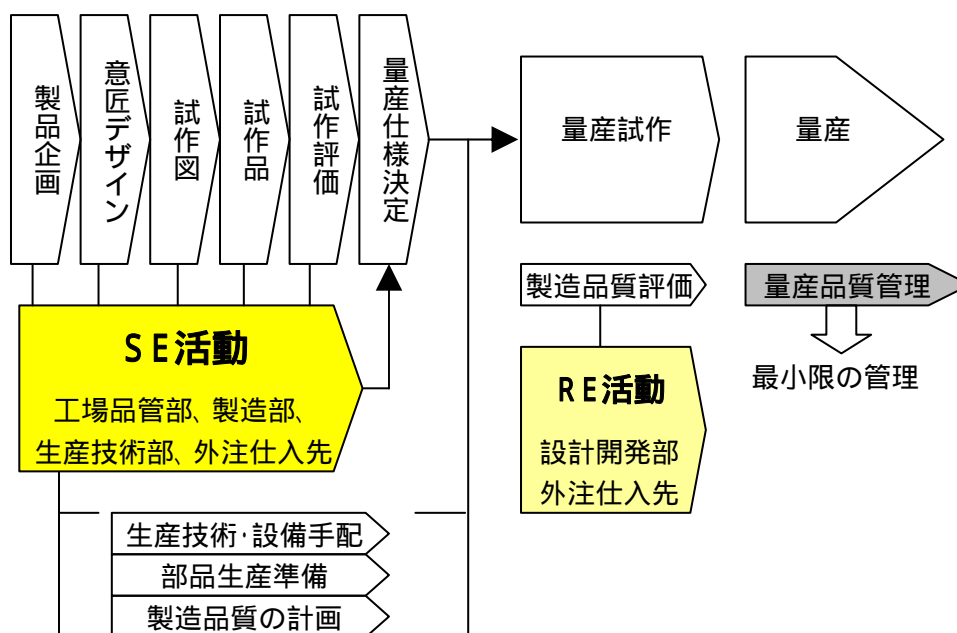


図2 SEのプロセス体系

この段階での主目的は、設計品質を評価して「造りにくさを排除すること」です。製品仕様の見直しにより、造る人が造りやすい仕様にすることが、バラツキのない安定した製造品質を保証することの原則だからです。もう一つの目的は、「原価低減活動」です。設計開発部門には、企画段階で開発目標値に加えて厳しい原価目標が与えられているため、設計開発部門はこの原価目標を達成するために、さまざまな検討（VE活動）を実施します。生産部門も自らの品質目標や製造作業への影響の度合いなどを考慮して、仕様変更による可能な限りのコスト削減策を提案し、総合的な原価低減活動（VE・VA活動）を展開することになります。

このような前段階での十分な活動の結果、製品の仕様がある程度決定した段階では、活動の中心が工場側に移ってきます。すると今度は、設計開発部門も工場に集結して、生産準備部門が主体となる様々な製造品質の評価活動に参加することになります。この時点でも、残存している設計起因問題も数多く摘出される場合が多いため、設計変更による対策を中心に行うこととなります。この活動において、工場に常駐する技術者、特に設計者をRE (Resident Engineer)といい、この人々が中心となって展開されるRE活動は、生産準備段階におけるSEといえます。RE活動にも当然ながら、関連する部門および外注仕入先も参加し、一般的には設計開発段階でのSEよりも、さらに大規模に運営されます。



## ・各開発ステージでの品質活動

SEによる品質活動を、開発の各ステップにおいてどのように実施するか、細分化して見ていきます。以下は自動車の新規モデルの開発ステージを、例にした内容になっています。他の製品については、それぞれを独自の開発ステップに置き換えて、どのような活動をするかを考察していただければよいと思います。

### 1．設計開発ステージ

#### 1-1 製品企画の段階

初期段階では、製品ライフサイクルの分析や、新商品のポジショニングなどの基本的な開発戦略の方向性が示ることにより、商品のコンセプトが決定されます。

さらに製品企画の段階では、実際の製品を実現するために、製品の目標性能、目標品質、目標原価などを決定することを目的としています。そして、製品仕様が可能な限り細分化・具体化されて提示させます。関係する全組織が参画し、自分たちの独自技術や関連組織を含めた現在の要素技術など実現可能な技術水準と対比して、開発目標値と日程計画を決定します。

ここで大事なことは、過去の類似した開発から得られる品質情報も加味することです。この情報源を収集管理する情報システムも整備されていなければなりません。個々の製品の単位でなく、全社的な情報システムが成立していることが必要です。



#### 1-2 意匠デザインの段階

意匠デザインの段階で品質検討の対象となるものは、デザイン線図やモックアップモデルなどがあります。外観品質の評価が中心となりますが、後工程である生産部門による主な着眼点は以下の様な点です。

- ・ 主要な構造部品の合わせ目が、適切な形状になっているか  
(個々の部品の製造バラツキがあっても、それを吸収できる形状か?)
- ・ 各部品の位置・配列が、製造での作業上適切か
- ・ 面形状が生産技術上実現可能か
- ・ 色、表面仕上げなどに特別な生産技術上の制約がないか

意匠デザインは、開発実務の一番先の前段階であり、ここから品質活動が実施されることには大きな意義があります。「意匠デザイナーが好き勝手な意匠にしまして後悔した」という出来事がどの業界でもあるようですが、これでは源流管理が完全とは言えません。もちろん後工程の人々は、意匠デザイナーの意向も尊重し、新しいまたは困難な技術にも挑戦する姿勢も大事です。



### 1-3 試作図面の段階

試作図面においては、詳細な材質、形状、寸法などの品質特性や要求品質が提示されます。それによって、生産の実現のために必要な工法が生産技術部や外注仕入先によって検討できます。また工場の品質管理部でも同様に、試作図面の詳細な検討により、想定される問題を指摘することができます。



これらの部門による品質評価の要素は更に綿密になり、前述の意匠デザインの段階での着眼点に加えて、以下のような点も追加されます。

#### 外観・寸法精度に関する品質

- ・ 個々の構成部品で、組付け基準（精度確保の基準）が確保されているか
- ・ 個々の構成部品の合わせが、目標値どおり達成できそうか
- ・ 表面仕上げの種類や範囲が適切か

#### 生産技術に関する品質

- ・ 新しい工法の適用が可能か / または現存の工法の適用が可能か
- ・ 材料特性が要求品質に対して適切であるか
- ・ 形状や寸法の仕様特性や要求品質が、工程能力上実現可能か

### 1-4 試作品による評価の段階

設計開発部門における試作評価の主目的は、設計品質が開発目標値を達成できたかどうかを検証することです。ここで言う設計品質とは、製品が図面どおりできていた場合に、その製品が有する特性であり、製造での不具合やバラツキが考慮されていないと定義されていることが一般的です。

実際の試作品を用いた評価においては、次のような設計品質の評価が行われます。

- ・ 動的性能が開発目標値を満たしているか
- ・ 強度や耐久性が規格を満たしているか
- ・ 安全性や環境適合性などの法的な要求規格を満たしているか
- ・ 各構成部材の間隙が適切か / 干渉がないか



これらは言い換えれば、「機能品質の評価」であり、現物用いるからこそ可能な「動的な品質評価」が含まれています。工場サイドからも、専門的な経験に基づき、これらの品質評価に立ち会い、また判定基準についての助言を与えることもあります。

しかしこれらの活動は、従来からも設計開発部門が主体で行われてきた品質評価活動であるため、S Eとは切り離して考えるべきでしょう。関係全組織が関与するS E活動の内容は、これまで実施してきた意匠デザインや試作図面の段階での「静的品質の評価」やその対策結果を、現物にて再確認することになります。また現物の試作品を用いるからこそ、新たに抽出できる問題点も数多く発生します。これらの処置方法を再度、設計開発部門と調整することになります。



この段階から既に、工場の品質管理部では量産製品を想定して、製造品質に関わる各種の「品質標準類」の原案を作成することになります。この品質標準類には、後述する最終製品に関するものと構成される部品単位のものがあり、その製品や部品に特有な製造品質規格を示したものです。さらにこの段階で、作成した品質標準書の原案を関係組織に提示することにより、最終製品の品質ゴールを周知し共有します。

## 1-5 設計開発ステージでのSEのポイント

これまでの設計開発ステージにおいて、SEを効果的に進めるための重要なポイントを、いくつか取り上げて説明します。



### 1-5-1 購買先の選定

外注仕入先を含めたSEを展開するには、それ以前に外注先の選定が行われていなければなりません。設計図面ができあがってから、見積をとって選定するのでは、SE活動が成り立ちません。そのためには、外注仕入先の技術能力に関する情報を常に収集し蓄積することが重要です。まったく新規の購買先となる場合は、試作図以前の構想図に要求品質を加える、あるいは経営システムの監査を行うなどして、見積と選定の作業をしておく必要があります。

部品メーカーの専門技術を活用して、設計そのものをアウトソースすることも頻繁に行われます。自社の設計室は社員よりも、外注仕入先の設計者のほうが多いという事態もあり得ます。開発初期段階から、外注仕入先の協力を得られるかが、SE活動成功の鍵といえます。

### 1-5-2 外注仕入先と一体となった活動

このように早期に選ばれた外注仕入先は、開発ステージでの各種の品質評価イベント（デザインレビュー：DR）に参加することになります。新製品の機密保持に気をつかい、この段階での外部への情報提示にためらう企業も数多いと思います。しかし機密保持契約を結ぶなどして、可能な限りの参画を仰ぎ、必要不可欠な情報を提示しなければなりません。部品の外注メーカーであれば、造る側の専門家であり、安定した品質を得るための「造りにくさを排除する」提案を、一番よくしてくれるからです。

仕様変更の提案のみならず、原価低減（VE・VA）の検討も非常に重要です。設計者が考えた技術仕様は、造る側の製造条件に必ずしも最適とは言えません。外注仕入先の工法や生産設備に適した仕様にするには、生産性を向上と不良率の低減により、最も効果的な原価低減効果をもたらします。

この様に、品質保証と原価低減を、造る側である外注仕入先や社内の製造部門と協議しながら、設計開発段階での製品仕様を固めていくSE活動は、「デザイン・イン」と呼ばれています。

「後工程はお客様」とよく言われていますが、外注仕入先は自分たちのできないことをしてくれるのですから、いわば「前工程は神様」です。

### 1-5-3 原価低減

外注仕入先との原価低減については今述べたとおりですが、もちろん内製部品についても社内で製造を担当する部門から同様の提案がされます。

注目したいのは、最終製品の品質に責任をもつ部門（工場の品質管理部）からの、過剰な設計品質を見直すことによる原価低減の提案です。特に代替品を用いることにV E提案はとても有効です。例えば、試作品のレビュー中に、ある部位に特別なクリップが使われていたことを発見したため、代替品として安価な汎用品のクリップを使用できること確認し、仕様変更したという事例がありました。工場品質管理部では、過去のモデルで汎用品のクリップを使用しても、品質問題が起きていないことを経験上知っていたわけです。

大事なことは、品質管理と同様に原価低減を推進する体制です。開発ステージでは、設計開発部門だけに原価低減の責任があると思われがちです。原価低減もS Eによる全員参加で推進すること、そのためには設計開発部門のみならず、生産部門である生産技術部、各製造部、品質管理部など全ての部門に、原価低減目標値を与えなければなりません。

### 1-5-4 新技術に対する品質保証

材料技術や生産技術の進歩により、新製品には必ず自社または業界にとっては初めてという、工法や材料が含まれています。新規技術を採用したものについては、品質管理技法の実績もなく、品質問題の発生率も高いといえます。特にこの様な案件については、開発初期段階でS Eによって十分な検討を行い、問題発生予防的処置をとることはとても意義があります。



## 2. 量産試作移行後のステージ

### 2-1 量産試作前の生産準備の段階

生産に必要な設備、金型、治具、検査ゲージなどが、生産技術部、各製造部、および外注仕入先で計画され手配されていきます。それに先だって、最終製品の品質に責任をもつ品質管理部では、最終製品の品質標準を完成させ、また製品を構成する各部品に対しての、要求品質（製造品質）を提示することになります。



品質規格を設定する順序は、あくまで最終完成製品の品質規格が先にありきで、これを達成するために必要な条件が、各部品レベルに細分化され部品の品質規格となるわけです。当たり前のことですが、実際にはなかなかこの理論どおり実施されず、最終製品の品質が達成できない要因になります。この部品レベルへの品質規格の分解は、高度な技法と経験を要する作業です。

生産を担当する各組織が、金型、治具などを手配する前に、これを要求品質として明確にする必要があります。開発ステージで十分なSE活動を行っていれば、関係者間での見解の違いもなくなるわけです。SEとは直接関係はありませんが、自動車工場の品質管理部が作成する代表的な品質標準書（言い換えれば要求品質書）と、その特徴を参考までに以下に示します。

#### 車両検査法（完成製品の品質標準書）

最終検査工程で使用することを目的としたもので、完成製品の品質規格がすべて網羅されています。また品質オペレーションを統括する部門（本社の品質保証部）による、各工場を監査する際の、対象の資料の一つにもなります。

##### 静的品質項目

- ・ 各部位の建て付け品質（間隙・段差などの寸法規格）
- ・ 代表的な外観品質限度（部品レベルで発見できる欠陥は除く）

##### 動的品質項目

- ・ 各種の動力性能値
- ・ ノイズ、バイブレーションなどの官能的基準
- ・ 各部位の操作加重

#### 部品検査法（購入部品の品質標準書）

製品を構成する部品単位の品質標準書であり、検査管理項目が詳細に規定されています。記述される項目には以下のものがあります。

- ・ 検査項目（図による測定基準や測定ポイントの表示を含む）
- ・ 規格値（公差を含む）
- ・ 規格値を含まない場合（動的試験項目など）は、他の技術標準への参照情報
- ・ 抜き取り頻度
- ・ 検査に用いる機器や道具

部品検査法の中で、部品の製造者（外注仕入先）で作成し、使用者（車両工場）がその内容を検証する、承認検査法と呼ばれるものも多く存在します。品番や型式が異なっても、一定の品質規格を適用する部品には、よくこの方法が用いられます。専用の仕様となって特別な品質規格が要求される場合は、それに先立ち要求品質が提示されることになります。



この部品単位の品質標準書には、付加的な役割として、「品質を造り込むための手順」も盛り込まれることが重要です。例えば、プラスチック成形部品の場合、金型の構造によって製品の寸法調整が可能かどうか決まるようなケースもあります。この場合、後の品質評価において、寸法調整の必要となりそうな部位を予測し、金型のPL（パーティングライ）のとりかたを予め指示しておくこととなります。このような情報は、部品検査法で検査項目を図示する際に、同時に表現しておきます。

SEにおけるこれらの品質標準書の位置づけは、単に量産における検査基準としてではなく、生産準備段階での「要求品質」として用いられることです。最初に作成された品質標準書は、あくまで原案であり、それ以降の量産試作段階で見直しを加えられ、量産開始時には正式版として発行され、量産時の品質検査基準としても使われることになるのです。

生産準備から量産以降が主体になる工場には、「製造品質を設計する」という業務が大きな位置づけを占めることとなります。一般に設計開発部門で作成した設計図面で定義されているのは、開発目標値からくる要求事項を満足する条件としての設計品質です。別の言い方では、製品がその条件さえ満たしていれば、必然的に得られる機能や性能だけが定められているわけです。

製造品質を含めたすべての要求事項を設計図に織り込むことも不可能ではないでしょうが、実際は最終製品の品質に責任を持つ工場（品質管理部）が、図面に描かれていない製品仕様を決定するのです。外観品質規格などは、その対象となる代表的なものでしょう。寸法規格でも機能的に影響するものは、設計図面に明記されているでしょうが、2つ以上の部品を組み立てたときに発生する隙・段差などの規格も明らかにすることは製造品質の範疇です。この場合、最終製品での目標値、それを満たすための各部品での目標値、および現実の製造工程から得られる工程能力指数（Cpk）などの、総合的な調査と分析により、妥当な品質規格が設定されるわけです。これらの作業は「製造品質を設計する」ことであり、実際の製造現場を熟知し、完成品の品質に責任を持つ部門がすべきであり、その部門しかできないことなのです。

すべての品質特性を設計者が図面に記述できれば理想かもしれませんが、量産品の管理は工場の別の人となるという組織体制はよくあることです。これでは責任の所在が不明確で、問題発生時には他人のせいにするにもなります。SEは責任の所在の明確化のみならず、ある業務プロセスを、最適な人が最適な時に担当する体制も実現してくれます。



## 2-2 量産試作での品質評価の段階

この段階では、業務遂行の中心がはっきりと工場の現場にあり、製造品質と残存している設計品質に対して現物確認によって評価と対策が行われます。ここで用いる現物とは、正規金型および正規生産工程で作られたもので、前述の試作品とは異なります。いわゆる量産工程をシュミレーションした形の品質評価であり、この成果が量産の品質に直結してくるわけです。

SE活動も最高潮に達することになり、工場現場にはたくさんの関係者が集まってきます。設計開発の技術者、および外注仕入先である部品メーカーの技術者が一時的に常駐して、品質管理部を中心とした工場の各部門とスクラムを組んで活動します。

これらの外部からの常駐技術者をQRE (Quality Resident Engineer) または単にRE と呼び、展開される品質管理活動をRE 活動と呼びます。これらの人たちは、パイロットラインでの製造検討への立ち会い、ならびに造られた量産試作品での品質評価を工場スタッフと共同で行います。

設計開発部門の技術者によるRE では、残存する設計問題と量産試作で判明した設計問題を取り扱い、設計変更による対策を行います。

外注仕入先からのRE の役目は、自社製品についての品質情報の収集とその対策です。ここでのポイントは、外注部品メーカーの人々に、「自分たちの部品がどのように最終製品で使われているか」を理解してもらうことです。現物製品をみて理解してもらうことは、口頭や書類で行う品質改善依頼よりはるかに説得力があり、品質を管理すべきポイントの重要度と優先順を十分に理解してもらえらるわけです。

工場での品質管理体制は、「品質は工程で造る」という原則により、各製造工程内において検査が実施されます。「不良は後工程には流さない」ことを徹底するには、自工程の出来映えは自分でチェックしなければならないためです。つまり工程内検査は製造部の各工程で行われ、最終製品の出荷検査や監査的な評価は統括する品質管理部で行われるわけです。

### 2-3 量産開始以降の段階

このようにして、関係者の共同体制で推進されてきたSE による品質活動が、量産開始によりようやく報われ活動体制も終結することになります。これまでの量産前に実施した品質活動と、これからの量産時におけるそれとを工数上で比較してみると、SE が進歩するにつれて量産前の活動の比重が増してくることになります。例えば、自動車工場の品質管理部での人員配分を見てみると、おおよそ以下の比率になります。



品質管理に携わるスタッフの工数比率（人員配分）

量産開始前まで：量産中 = 8：2

SE を実践できていない組織では、その比率はおそらくこれの逆比になるでしょう。SE の本来の目的は、量産前の品質造り込みに注力して不具合を撲滅し、量産中の管理を最小限に軽くすることにあります。

## ・SEの効果のまとめ

SEは従来のライン型業務体系を抜本的に見直して、源流管理の原則によりアウトプットである製品の品質保証と、それを生み出す業務プロセスの効率を重視したものです。その効果は、.1-5 項の中でも取り上げましたが、あらためてSEによって生まれるメリットをまとめておきます。



### 設計変更の最小化

開発ステージにおいて、できる限りの設計変更と改良を行い、量産試作や量産段階での変更を最小化する。

### 戦略的な原価低減活動の実現

すべての関係者に目標を振り分け、誰もが改善を提案できる体制をつくる。

### 外注仕入先との協力関係・互恵関係の樹立

外注仕入先の参加により、相互の品質問題の抑制とロスの削減をもたらす。

### 開発費の低減と、開発～量産導入までのリードタイムの短縮

最近の動向で目立つものに、従来までは試作評価を行ってきた開発体系を抜本的に変更し、試作レス（正規工程型一発）に挑戦する開発モデルもある。自動車でも小型の低価格普及モデルで採用されている。これはSEによる品質管理体制なくてはあり得ず、本来のSEの目指す姿ともいえる。試作レスまで実現できれば、大幅な開発費用とリードタイムが削減とともに、変化する市場ニーズに素早く反応できるようになる。

### 複数の生産拠点での製品の同時生産立上げ

世界市場を狙った製品の場合、海外でも国内と同じ製品を生産することが考えられる。海外の場合、技術レベルやインフラの違いから、造る側の制約条件が日本よりかなり大きいことが多い。いったん国内で生産した製品を後で海外生産に移す場合は、現地の製造条件により仕様の差異が必然的に発生する。このような場合、複数の生産拠点における製造条件をあらかじめ図面仕様に織り込んでおけば、共通の図面で生産することができ、国内・海外の同時生産立上げも可能となる。SEの拡大版といえるが、デザイン・インを中心とした活動を実施することで、戦略的な市場開拓が可能となる。

