

交流コーナー

「設計力」 — 車載品質を支えるもう一つの力 —

株式会社 ワールドテック 代表取締役 寺倉 修 (F50)

デンソーのパワートレイン系事業部で車載製品の開発設計に30年近く携わりました。(株)ワールドテックを設立し11年。会報ごきそへの広告掲載も5年続けています。ワールドテックの従業員はほぼ全員がデンソーOBで、豊富な経験を活かし製造企業を御支援しています(社員29名、講師など含めると60名)。メカからエレキまで、開発設計から生産まで、モノづくりを面でカバーできることが強みです。中でも特徴は車載製品の開発設計で、ここで取り上げた「設計力」に代表されます。

1. はじめに

私は2009年に「設計力」に関する書籍(日刊工業新聞社)を上梓し、その重要性を世に問うた。当時は「現場力」という言葉はメディアなどで頻繁に取り上げられる一方で、「設計力」という言葉については、ほとんど目にする事はなかった。それからしばらく時が経ち、最近はややこの「設計力」という言葉も徐々に浸透してきた。“市民権”を得たようで心強い。

だが、世間がいう設計力と、私がいうところのそれとは「同床異夢」の感がある。世間が考える設計力は、例えば3D CADやCAEなどのツールが優れることをイメージしたものが多いように思う。一方、私がいう「設計力」は‘お客様からのニーズを、モノという形に具現化出来る情報に置き換える活動、その活動をやりきる力’のことである。

今日、地球からはるか遠くのごく小さな惑星から岩石を持ち帰ることも可能なまでに科学技術は進歩した。もし、人・もの・金を投入し、かつ、時間を十分にかけてくれるものならつれないモノがないほどだ。しかし現実はそのようではない。自動車のモノづくりも、一般に経営資源は必要最小限、限られた時間の中での活動となる。

ところで、国土交通省への自動車のリコール届出数は毎年200～300件で推移している。この現実、進歩した技術があるだけでは(厳密には職場に潜在的に技術があっても)限られた経営資源と時間の下で行われる大量生産品の品質確保には対応しきれないことを示唆している。すなわち、技術は品質確保の必要条件ではあるが、それだけでは十分条件とはなり得ない。その十分条件として「設計力」があり、車載品質確保のためには「設計力」を充実させなければならない。*以下「設計力」は設計力と表現する。

2. 車載品質

車載品質が厳しいのは当然のことである。従って、そこで用いられる設計力はその厳しさにふさわしいものでなければならない。そこで、設計力に入る前に車載品質について触れる。

車は多くの機能から成り立つ。走る、曲がる、止まるの基本機能以外に安全、快適、利便、環境と様々な機能を併せ持っている。例えば、安全では前方の車に接近しすぎると自動的に減速しブレーキがかかるプリクラッシュセーフティシステム、環境ではディーゼルエンジンのコモンレールシステム…。多くの機能を併せ持ち快適安全な移動空間を実現している。しかし、どの機能一つを取上げても一旦故障をする



図1. 車は多くの機能から成り立っている

と人命に直結する可能性が高い。このような人命に関係する故障は‘重致命故障’と呼ばれ、OR（暴走）、FH（火災）などがある。（図1）このような故障は絶対に起こしてはいけない。

ところが車は様々な環境下で使用される。北極圏のような極寒の地、逆に炎熱の砂漠のような酷暑の地、最近では日本も局地的な集中豪雨で道路が冠水し、渡河もどきの環境を経験された方もいるであろう。多様なストレスに曝されるのである。温度・振動は言うまでもなく、湿度・水没・オイル浸漬・塩害・飛石や電氣的ノイズ・EMC（Electro-Magnetic Compatibility）など実に多い。例えばトランスミッション内部に使用される製品では150℃に耐えねばならない場合もある。（図2）例えば使える樹脂材料はと考えると厳しさが分かる。筆者の経験から100℃を越えると、10℃上がるごとに2乗倍から3乗倍で設計は難しくなる。

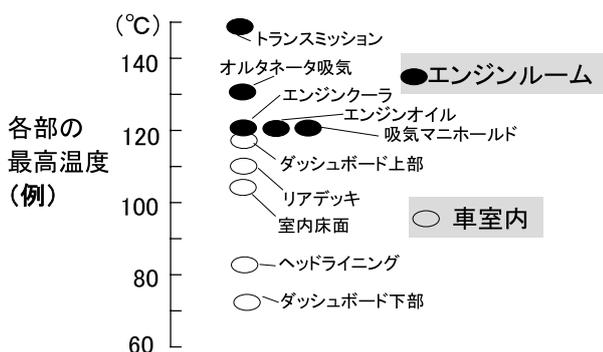


図2. 車載製品の温度環境は厳しい

一方、車は市場で10年経っても半分以上の車が、20年経っても何割かの車はまだ活躍している。当然「20年も経った車だから重致命故障を起こしてもしかたがない」とはならない。従って、設計目標期間は長くなる。例えば12年20万km、16年30万kmなど。人命に関わる故障は絶対に起こしてはいけないのである。

重致命でなくとも例えば「走る」の路上故障に、12年20万kmの時点で累積故障率xxx ppm以下とか16年30万kmの時点でyyy ppm以下というような設計目標値を設定する。この目標値も民生品のレベルよりは一桁低いであろう。

このように高い目標値を掲げて取り組むのだが、品質不具合は起こる。工程内不良、納入先

不良、さらには市場クレームがある。

ところで、市場クレームのような影響の大きな不具合の原因を、設計段階と製造段階に分けると（ここでいう設計とは、図面を後工程に送るまで、製造とは図面を受けとってからの段階）、前述の国土交通省のリコールに関するデータでは、年度によりばらつきがあるが設計段階の原因の件数が製造段階のそれより2倍前後多い。私は仕事の場で問いかける機会がよくあるが設計段階に原因があるとの意思表示が多い。筆者自身の経験を振り返っても同じだ。品質不具合の原因が設計段階に多い現実をどのように考えるべきか。私は、‘設計もモノづくりでは重要な役割を果たしている。それゆえ、不具合となる要素も多く潜んでいる’ と考える。

その重要な役割を果たす設計段階の取り組みについて次に述べる。

3. 設計の役割

まず筆者の設計段階の具体的な経験を紹介する。次にその経験を普遍的な内容に落とし込んでいく。そしてタイトルにある設計力に結びつけていく。

(1) 設計段階の取り組み実際の例

90年代の中頃に車両メーカーのフラッグシップカーのチーフエンジニアから、「ヨーロッパのブランド車は雨が降ってくると自動的にワイパーが動くシステムが搭載されている、自車にも搭載したい」との要望を伺った。

ヨーロッパでは天候は変わりやすく制限速度のない道路もある。このような状況を踏まえ、利便性と安全性の点で市場性があると判断し開発をスタートした。このお客様のニーズを聞く

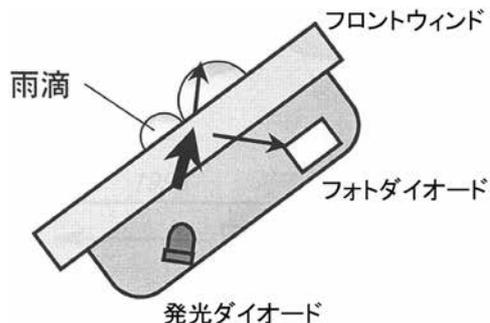


図3. 雨の検出に赤外線反射を使った

ところから設計の仕事が始まる。

まず、雨の検出が大きな課題であった。雨がボンネットにあたる振動を検出するなど様々な手法を考えたが、赤外線の利用する方法を採用した。(図3)に示すが、フロントウィンドに車室内から赤外線を全反射の角度で当てる。フロントウィンドと水の屈折率が近いので、フロントウィンド表面への雨がたくさん付着していると赤外線が透過しやすくなり反射量は少なくなる。雨の付着量が少ないと大部分の赤外線は反射される。この方法を使うと雨がザーザー降っているのか、パラパラ降っているのかなどの状態が検出できる。

技術的課題の目処がつくと、次は目標値設定である、搭載場所、搭載方法、体格、性能、機能、コストなどを決めていった。

目標値が決まると、次は構想設計、詳細設計を経て試作品を造る。やっと試作品が出来ると次は評価だ。使用環境を踏まえた加速試験などを行うが、特に雨とワイパーの動きの感性の評価が難しかった。雨の降り方を人工的に再現しようと試みたがうまくいかなかった。そこで雨が降る中を走行して評価した。台風が来ると前夜から台風を目指して走った。新潟や北海道で雪質の違いの影響を確認、また、その車両は北米が重要な市場であったので、その地で評価した。

ひたすら取り組み、2年半が経ってやっと後工程へ送る図面が出来た。製品(図4)が市場に出たのは、結局お客様のニーズを受けてから4年が経過していた。



図4. お客様の要望をお聞きしてから量産図面を後工程へ送るまでに2年半が過ぎた

これは車載製品の設計段階の取り組みの一例だが、多くの車載製品のそれは大よそこのようなイメージとなる。次にこの例を一般的な内容に置き換えていく。

(2) 商品仕様を製品仕様置きかえる

先ほどの例を振り返ると、設計段階の最初の仕事はお客様の要望を聞くこと。お客様は何に対価を支払うのかを把握することだ。それはお客様にとって、何をしてくれるのか、どの様にしてくれるのかなどの‘効用’、感じが良いか、美しいかなどの‘満足’が対象となる。

次はその対象をモノという形にするため、お客様の言葉を、造る側の言葉に置き換える。‘Q’、‘C’、‘D’である。Cはプライスではなくコスト、Dはお客様にいつ提供できるかである。Q (Quality) は製品の持つ、機能・性能・信頼性・体格・美しさ …など幅広い概念を表している。これを少しかっこよくいうと、お客様の商品仕様と造る側の製品仕様と表現される。商品仕様は、車両メーカーの需要やうれしさ、システム上必要とする機能や性能などである。一方、製品仕様は商品仕様を定量化し、車両環境、市場環境を考慮し、安全率や余裕度を加味し、モノとして具現化するための表現である。前述の例でみると、商品仕様は、「雨が降ってきた時にワイパーが自動で感性に合うように動くこと」であり、製品仕様は、「雨とワイパーの動きの感性の定量化、更には、搭載場所・搭載方法、体格、耐熱Max.T℃、耐震Max.Bm/sec²、通信方法…」となる。すなわちこの両者の違いは、一言でいうと、商品仕様はお客様にとっての必要条件、製品仕様は十分条件と言うことが出来

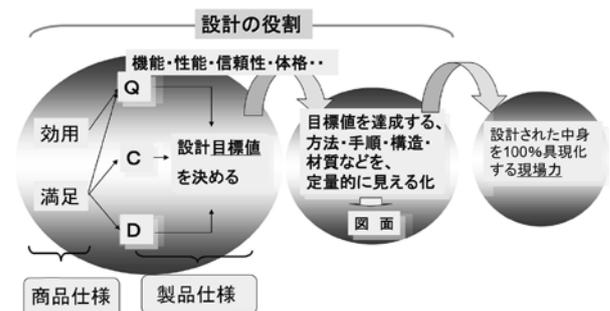


図5. 設計の役割とは設計目標値を定量的に見える化すること

る。この十分条件に置き換えることが非常に難しく、設計段階の最大の課題と言っても過言ではない。設計段階の取り組みは、必要十分条件の設定と実現のための取り組みともいえる。

(3) 設計の役割とは

以上を踏まえると、設計の役割が見えてくる。その役割を(図5)に示す。まず、商品仕様を把握し製品仕様に置き換える。製品仕様は達成すべき目標値を決めることであり設計目標値とも呼ぶ。

次はこの設計目標値を達成するための活動となる。具体的には、目標値を達成する方法・手順・構造・材質などを定量的に明らかにしていく。その情報を見える化したものが図面である。製造段階では伝えられた情報を100%モノという形に具現化する。もし図面に3年後にある部位が壊れる設計情報が入っていたらどうなるか。3年後に壊れることになる。

従って、図面に間違っただけの情報があつてはならない。間違っただけの情報を限りなく少なくするよう取り組まねばならない。設計力の登場となる。

4. 7つの設計力

(1) 先行開発段階と量産設計段階の設計力

製品の開発ステップを示す。(図6) 先行開発段階のステップは、まずお客様のニーズの把握、次はネック技術の目途付けである。ネック技術とは職場の基盤技術ではすぐに解決できない課題で、オートワイパーの例では、雨のセンシングがこれであった。

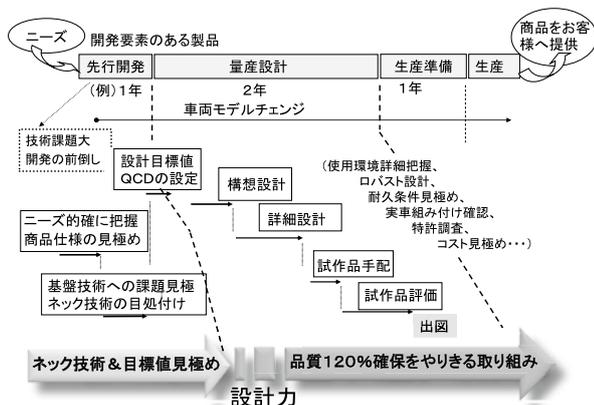


図6. 設計力は、先行開発段階と量産設計段階では異なる

次は設計目標値の設定を行う。設計目標値は、その製品がお客様に受け入れられるか否かに直結する。従って、慎重に決めなければならない。慎重にとは、お客様の要求仕様、既存品の仕様、競合メーカーの仕様を定量的に明らかにすること。且つ、この3つの仕様を対象製品の重要度に応じ 'or' もしくは 'and' で加味しながら決める。難しい作業となる。(機会があればお伝えしたい)

次は量産設計段階となる。構想設計、詳細設計と進み、試作品を造り、評価を行う。評価は初期性能と耐久評価。評価で不具合が出れば詳細設計に立ち回り不具合該当部分の見直しを行う。評価結果が全てOKなら試作図面を量産図面に置き換え後工程に送る。いわゆる出図となる。

しかし、ここでもう一度よく考えねばならないことがある。この量産設計段階の取り組みが例えば1年間とする。その間何に取り組んでいるかということ、設計目標値を達成する活動のみひたすら行っているのである。品質不具合とは設計目標値を満足しないことであり、壊れるというのは現象に過ぎない。設計の仕事を振り返ってほしい。日々何に苦勞し仕事をしているのか。それは、設定した目標値をなんとか100%達成しようとして頑張っているのではないか。逆に、それ以上のことは何もやっていないし、そのような余裕もないはずである。なぜなら、1個でも不具合を出さないことは至難の業だからだ。

以上を踏まえると、先行段階と量産設計段階では必要な設計力が異なる。先行開発段階の設計力は、'ネック技術の目途付け' と '設計目標値の設定' が出来ること。一方、量産設計段階のそれは、'品質120%を達成する取り組み' が出来ることである。言い換えると、'100万個造っても1個も不具合を出さない' 取り組みということである。

実はこの取り組みが技術力の向上につながる。100%を目指してやりきると当然その職場にノウハウが残る。そのノウハウをフィードバックすることで職場の基盤技術が少し上が

る。そうすると少しレベルの高い設計が出来ることになる。これを繰り返すと技術力が上がる。筆者の経験では、大手と言われる部品メーカーも1個たりとも不具合を出さない取り組みを愚直に繰り返すことで次第に技術が向上してきたのである。

(2) 7つの設計力

上記の設計力を更に掘り下げる。

良いアウトプットを出すための仕事の流れを考える。順に、仕事の目標が明確であること、仕事の手順が決まっていること、その手順に従って作業をする良い職場環境があること。仕事の手順が決まっており、良い環境があればおのずから良い結果が期待できる。しかし、結果がいつも正しいとは限らないので、正しいかどうかを判断する判断基準が必要となる。更に、結果と判断基準を比較して、検討・議論、審議・決裁する場があれば、間違いのない結果が出てくる。これらが良いアウトプットを得るための前提条件である。

この前提条件に量産設計段階の設計力を当てはめたものが7つの設計力である。(図7)

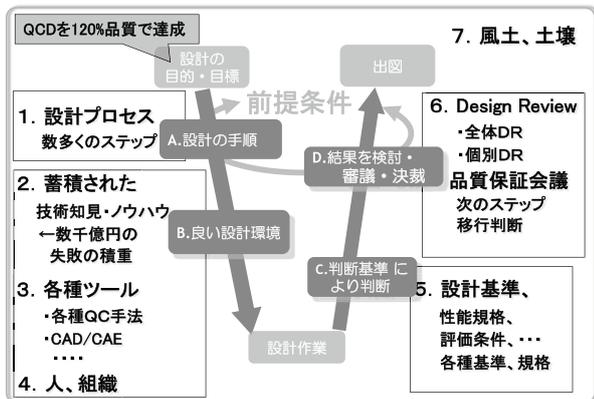


図7. 良い仕事の前提条件から導かれる7つの設計力

設計力を順に考察する。目標は前項(1)より品質120%を達成する取り組みとなる。次に仕事の手順は設計プロセスが対応し、これが第1番目の設計力である。設計プロセスは、お客様のニーズの把握から出図までのステップである。ポイントは、ステップが詳しく決まっており、各ステップの項目、配列順序、実施時期は根拠が明確であることだ。

例を挙げるが、ステップは3つのグループ(G)から構成する。第一Gは図面を出すための骨格となるステップ-構想設計、詳細設計、試作出図、試作品評価など。第二Gは品質レベルを上げるステップ-パラメータ設計、DRBFM、FTA、過去トラ検討、実車環境調査など。第三Gは第一・二G活動の検討抜けを防ぐステップ-デザインレビュー、品質保証会議など。これらを組み合わせるとステップは数十に及ぶこともある。

その多くのステップの必要性を理解し取り組みれば、実施内容が充実する。また、忙しいからとステップを飛ばさないことが大切だ。(詳細は機会があればお伝えしたい)

良い職場環境は第2、3、4番目の設計力が該当する。第2番目の設計力は、蓄積された技術的な知見・ノウハウである。例えば製品の強度を保証するという仕事を考えてみる。それは次のような要素作業に分解できる。

市場ストレスの把握/ストレスに耐える構造の検討/強度計算/材質や構造の詳細決定/試作、試作品の評価/正式図面の作成

これらの要素作業ごとに技術的な知見・ノウハウが必要になってくる。例えば強度計算の作業では、材料・部品のデータ、計算モデルなどの知見やデータが必要だろう。

更に重要なのは失敗や品質不具合から得られた教訓である。その教訓はその企業が創業以来積み上げてきたオリジナルな知見で、数百億円、数千億円もの費用をかけてきたこともある。

しかし、私は仕事から得られた価値ある教訓を今の仕事に活かせず、品質不具合は繰り返し生じる、という意見をよく聞く。製品が異なると故障現象も異なるが、真の原因は同じ場合が多い。いいかえれば、見かけの故障現象が異なるので、過去の経験を今の仕事に結びつけることが出来ない。

従って、品質不具合未然防止の取り組みで大切なことは、過去の失敗経験を今の仕事に活かす工夫がポイントだ。忙しい設計者が使いやすく、理解しやすい仕組み、過去トラ集、キーワード検索、FMEA辞書など工夫のしどころである。

第3番目の設計力は、各種のツールである。各種のQC手法、CAD、CAE（応力・熱・流れ・磁気解析…）、更にはバーチャル試作など。これらのツールを場面に応じて使いこなすことは、検討抜けをなくす活動としてなくてはならないものである。

ただ、品質管理手法だけでも40種類ほどある。この場面にはどの手法が適しているか判断できることが大切だ。判断してから会得してもなんともかなる。

第4番目の設計力は‘人と組織’である。ここでは人について述べる。設計を担当する人は技術者ではなく設計者でなければならない。設計者は技術的な検討が出来ること。検討結果を研究報告書にまとめ、また社外で発表する機会があれば積極的に取り組む。特許を出すことも基本的な業務だ。

しかし、これだけでは不十分である。設計者には更に二つの役割がある。一つは、社内組織間の調整力であり、もう一つは、顧客へのプレゼンテーション力である。

まず、組織間の調整力について述べる。例えば樹脂部品1個の図面でも、静的強度・温度と強度・吸水と強度・熱劣化と強度・クリープ変形…、成形では型割り・樹脂湯まわり・ウエルド位置・公差は成形可能か…、組み付けしやすいか、金型費は許容できるかなど多くの知見を踏まえる。つまり、設計以外に品質、生産技術、生産、調達、企画など関係する全ての部門の総智・総力が注ぎ込まれて図面となる。このことは、図面は設計者がかくのではなく、図面は「全社でかく」ということを示している。それゆえに、質の高い図面を出し続けるには、関係部門のベクトルが合っていることが大切であり、その実現には組織間を調整できるリーダーが必要になる。設計段階でのリーダーはその時点で製品を一番よく知っている設計部署が担当する。従って、設計者には組織間の調整力が求められる。

次に顧客となる企業へのプレゼンテーション力について述べる。顧客から仕事の発注を頂くから設計の仕事がある。設計者は顧客の技術者から信頼を得なければならない。なぜなら、どの

サプライヤと付き合うかは、技術部に所属する設計者がおおむね決定するからだ。顧客の技術者が、あの技術者は信頼できないと判断すると、その企業は信頼できないということになり次の製品は受注できない。

信頼を得るポイントは2つ。まず、顧客技術者が満足する技術報告書を作成すること。そして分かりやすく説明することだ。

顧客が満足する報告書とは、技術課題や顧客からの宿題に対し、理論的な説明と試験実験での検証を組み合わせたもの、分かりやすく簡潔にまとめられているものである。これを分かりやすく説明する。この2つが揃ってプレゼンテーション力があるといえる。その向上には、より良くしようとの思いを持ち続けて取り組むことが大切だ。

以上の4番目までの設計力が機能すると、相応しい設計結果を得ることが出来るはずだ。次に、その結果に問題がないか判断する基準が必要となる。判断基準が第5番目の設計力だ。判断基準は大きく2分類できる。内容に関する判断基準と実施項目に抜けがないかの基準である。前者は更に3つに分かれる。1つ目は製品固有の技術で、製品別設計基準書、標準図面、試験研究報告書…などがある。2つ目は製品間の共通技術で、材料選定基準・加工基準、耐久評価基準・試作品精査基準…。3つ目は過去の失敗からの教訓で、過去トラ、キーワード集、FMEA辞書…。後者の実施項目に抜けがないかは各チェックシート（実車環境・DR・品保会議・出図…）がある。

ここまでくると次は、設計結果が判断基準を満足しているかを検討・議論、さらには審議・決裁することになる。第6番目の設計力だ。検討・議論とは、技術的な内容を参加者が対等な立場で意見をぶつけ合う場である。デザインレビュー（DR）が代表的な仕組みである。一方、審議・決裁は職制が職権をもってOK、NGを判断する場である。内容に問題があればやり直しを命じ、問題がなければ次のステップへの移行を決する。検討・議論と審議・決裁はしっかりと区別することが大切だ。

尚、DRは奥が深い。「それまでに行われた設計力の活動結果に対し、限られた時間と場所で行う設計力の活動」が定義だ。(機会あれば伝えたい)

以上、6つの設計力を活用すれば高いレベルのアウトプット(図面)が期待できる。しかし、第7番目の設計力がある、風土・土壤だ。設計力を形式的に取り組んだだけでは効果がでない。形式的とは、例えば設計プロセスの項目をやるのが目的となり、内容が二の次になってしまうことである。重要なのは内容だ。そのためにはやる気のある職場、すなわち風土・土壤が大切となる。

5. まとめ

設計者が入社してからの年月と能力の進展の関係を(図8)に示す。横軸が入社してからの就業年数、縦軸がいわゆる能力の幅を表す。まず担当製品の固有技術を学ぶ。製品固有の技術とは、例えばモータの必要なトルクと回転数など基本機能を達成する技術である。一方、モータは外観や取り付け部など多くの部品から構成されている。鉄鋼材料や非鉄材料、樹脂材料、ゴム材料、半田、接着剤など多くの材料から成り立つ。その材料はプレス、ダイカスト、冷間鍛造、樹脂成形、ゴム成型、表面処理など様々な加工されている。組み付けにはカシメ、溶接、接着などもある。従って、設計者は製品固有の技術だけでなく、幅広い横断的な要素技術(製品間共通技術)を学ぶことになる。

ある担当者が、製品固有の技術はもちろん横断的な要素技術もかなりのレベルを身に付けたとする。では上司は「明日から量産品の設計リー

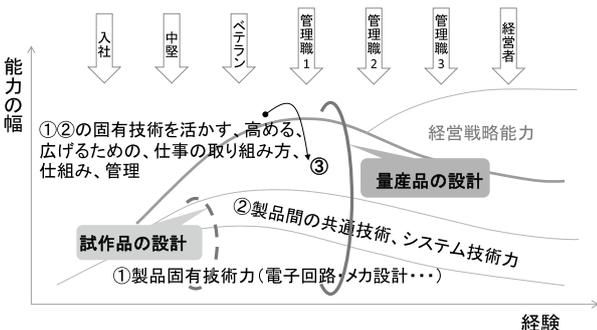


図8. 7つの設計力は技術を活かし、高めるしくみ

ダになってくれ」と言えるか。上司は、7つの設計力を踏まえ、この担当者が技術に加え、仕事の仕組みを理解し実行できる‘設計者’であるかという観点から判断するであろう。

はじめにの項で「進歩した技術があるだけでは限られた経営資源と時間の下で行われる大量生産品の品質確保には対応しきれない・・・技術は品質確保の必要条件ではあるが、それだけでは十分条件とはなり得ない」と述べた。設計力はまさにここ焦点をあてた取り組みである。設計力の本質は、技術を活かし伸ばすための取り組みである。設計者は設計力の向上に日々取り組んでほしい。

世界一を目指して！ 活躍を祈る。

筆者紹介

- 1975年 名古屋工業大学計測工学科 卒業
- 1978年 株式会社 デンソー (当時 日本電装) 入社
- 2005年 株式会社 ワールドテック 創業 現在に至る

著書

- ・「設計力」こそが品質を決める
—デンソー品質を支えるもう一つの力
(日刊工業新聞社 第7刷2016年)
- ・「設計力」を支えるデザインレビューの
実際 (日刊工業新聞社 第2刷2016年)

執筆

- ・‘車載センサーの基礎2010’の総論
(日経BP社 2009年)
- ・‘機械設計’品質を未然に防止する
DRBFMによる設計品質向上
(日刊工業新聞社 2013年)
- その他あり

‘設計力’はワールドテックの登録商標
(商品及び役務の区分 第16類)