

通商産業省産業政策局長賞

- 利益創造に貢献する設計技術力強化の教育システム構築

橋本公一 竹井 潔

(学)産能大学

(論文要旨)

製造業においてコスト低減活動が日常的に盛んである。確かに全社員の知恵や情報を結集し、コスト低減のためのより良い方法を探索することは、利益を確保する一つの有効な手段であることは論を待たない。また、こうしたなかでコスト低減活動の主体も開発設計（以下設計と呼称）段階へ移行しつつある。その理由は明白である。すなわち、コストの70～80%は設計段階で決定されるからであり、製品づくりの上流段階からコスト目標の実現を目指した活動が拡大しているのは必然的なことと言えよう。

しかし、一般にコスト低減活動から獲得した成果も、時間の経過とともに目減りしがちである。また競合他社の追い上げもあり、再度のコスト低減活動を余儀なくされることが多い。そこで、こうしたコスト低減活動の重要性を前提としても、これらの活動と平行して、抜本的な他の方法を研究することも必要になると考えるのである。

もちろん、コスト問題はそれだけでは存在しない。製品の品質や納期などと連関して発生する問題である。そうすると問題を発生させない抜本的な一つの方法として、これらの問題を上流段階で、しかも総合的に取り扱う設計技術者の設計技術力を強化することにより、これらの問題に対処できないかと考えるのである。こうした理由から設計技術力強化の教育の研究に筆者らは取り組み、これらの体系化と検証を積み重ねてきた。本論文で紹介する内容や事例はそのなかの一つの教育プログラムであり、これらの実施背景や進め方、成果の評価を次のようなプロセス（目次）で展開する。

1. まえがき
2. 設計技術力の定義
3. 設計技術力強化に関する教育の実態
4. 設計技術力強化の教育視点
5. 事例の展開
 - 5.1 事前調査
 - 5.2 教育目的と教育体系の策定
 - 5.3 第1フェイズの実施と成果
 - 5.4 第2フェイズの実施と成果
 - 5.5 第3フェイズの実施と成果
6. あとがき
7. 参考文献

1. まえがき

企業利益を確保する一つ的手段として、製造業ではコスト低減活動が盛んである。とくに近年はコストの70～80%が決定される開発設計（以下設計と呼称）段階の活動に重点がおかれる傾向にある。またコスト低減成果も上流段階ということもあり、かなりの成果を創出していると言ってよい。確かに、こうした努力は利益確保のために重要であり、企業にとり不可欠な活動である。

しかし、こうして獲得した成果も製品化するまでの過程において、材料費や労務費は徐々に上昇し、結果的に成果が目減りすることが多い。またこれらの改善製品も市場に投入されれば、競合他社から追い上げもあり、再びコスト低減活動が必要になる。

こうした状況においては、コスト低減を目的とする活動も必要であるが、これだけでは十分ではないと考えるのである。そこで、もう一つの対策として考えられることは、コスト問題の本質に立ち戻った根源的な問題解決である。もちろん、コスト問題は単独に存在するのではなく、製品の品質や納期の問題に連関することは論を待たない。

そこで、これらを考える一つの視点として、次のようなとらえ方ができる。すなわち利益は人によって創出されるものである。換言すれば利益は全社員の技術力の総和により確保される。このとき前述したように上流段階でコストの大半が決定されるならば、上流段階の担当者である設計技術者の設計技術力に着眼し、これを総合的に強化させるという観点である。すなわち日常業務において最初から問題を発生させない仕組みを作るのである。

これまで設計技術力強化の教育は、設計の分野別に実施することが比較的多かった。たとえば固有技術の教育、設計法の教育、標準化の教育、CAD教育というように単独で実施することが多く、明確な目的を設定して体系的にしかも順序だてて実施することが少ないことが散見される。また、この視点からの研究や文献も少ないのが現状である。

本論ではこうした実態に着眼し、一人ひとりの設計技術者の設計技術力強化には、設計に関して体系的に順序だてて教育することが必要との観点に立つ。そして必要な教育の構築法とその展開について事例を通して考察し、合わせて教育成果を報告するものである。

2. 設計技術力の定義

設計技術とは設計現場ではよく使われる言葉であるが、この意味のとらえ方は人により様々である。たとえば機械工学や電子工学における固有の知識というとらえ方もあれば、設計の進め方や設計過程、分析力や創造力、CADの操作力という方法論的、属人的な意

味でとらえることもある。またこれらを総合した広義のとらえ方もあり多様である。

ちなみに広辞苑では、設計とは「ある目的を具体化する作業」であり、技術とは「物事をたくみに行うわざ。技巧」と説明されている。これらを総合して「設計技術」を工学的に定義すれば「目的や要求仕様をたくみに具現化するわざ、技巧」と表現できる。

この“たくみに具現化する”とは、顧客の要求する品質・価格・納期（Q・C・D）を的確に実現する設計仕様の創出ということであろう。

これらの定義は属人的な要素を排除したものであるが、実際の設計は人（設計技術者）の思考を介在して行なわれる。別言すれば設計技術は設計技術者という属人的な能力を介在させることにより、その有用性が発現可能となり、設計仕様の創出に反映されることになる。こうしたことから、設計者の設計能力すなわち設計技術力を「要求仕様の実現のためのわざ、技巧を巧みに制御する能力」と本論では定義する。〔橋本1994〕

したがって設計技術力を具体的にいえば、設計における顧客要求の正しい把握法、要求仕様の分析法、機械工学や電子工学などの固有の技術、固有技術を有効活用するための設計意図、設計過程、創造性、評価技術、作図法、これらを統合する情報といった設計全般にかかわる技術とこれらを巧みに総合する能力ということになる。

3. 設計技術力強化に関する教育の実態

設計技術力の強化のためには体系的な教育が必要であるが、企業における教育の実態は必ずしも、こうしたことを反映していないことが散見される。筆者らが企業指導を通じて見聞したことによれば、設計技術力強化の教育に関して、次のような問題が見られる。

- ・ 広範囲で総合的な設計判断が必要だが、これに見合った体系的な教育をしていない
- ・ 利益面の見方から設計させる目を養う環境づくりや教育をしてこなかった
- ・ 設計技術者の成長に合わせた一貫的、体系的な教育をしていない
- ・ 業務に見合った教育法が分からない
- ・ 負荷の増大により教育に手が回らない
- ・ 新人教育後は各人の向上心に頼っている その他

確かに設計とは頭の中の知的業務が主体であり、設計の考え方や進め方は設計技術者の思考形式に依存する。したがって能力強化に関する教育問題は単純ではない。また設計技術者自身も業務負荷の増大のために自己の能力開発に関する意識は稀薄であり、これも教育上の課題を不透明にさせている要因と考えられる。

4. 設計技術力強化の教育視点

前述したように設計技術力を強化させる教育は、コスト問題解決のための根源的で本質的な対策として要請されていると言ってよい。また3章で述べた問題からは設計技術力の総合的な強化が必要な企業が多いことが分かる。これらのことから設計技術力強化の教育には単にコスト問題の解決力だけでなく、製品のQCD実現に関する総合的な設計技術力の強化、すなわち設計全般に関する巧みな制御能力の強化が必要であり、筆者らも企業指導を通じてこうしたことを実感している。

また設計技術力強化の教育形態も様々である。たとえば若手、中堅、管理者などの各階層によって、その設計技術力強化の切り口も異なってくるのは当然である。若手クラスは基礎技術力修得と中堅設計技術者へステップアップするための教育、中堅クラスは主査としての技術力や指導力の強化、管理者クラスは高度な技術力のみならず設計部門のマネジメント力の教育が必要とされよう。

5. 事例の展開

事例紹介の企業は、中堅の産業機械メーカーであり、従業員数は約1000名である。本論ではこの企業をA社と呼称する。なお事例では企業名や取り扱い製品が特定あるいは想定できるような表現は割愛あるいは修正した。

A社の教育対象者は25～31才の若手設計技術者21名である。教育の動機は若手設計技術者は日常業務で多忙を極め、しかも目先の業務をこなすだけで精一杯の状況であった。このために自己の設計技術力を強化させる機会がほとんどなく、このままで中堅設計技術者になったとき役割を果たせるか心配であった。また、このことは設計部門としての総合力も発揮できなくなるという危惧があり、早急に対処したいとの指導要請である。

こうした問題は3章で述べたように、ほとんどの製造業では共通的な問題として見受けられることであり、筆者らの企業指導でもこうしたテーマが多いのが特徴である。

5.1 事前調査

教育の実施に先立ち、どんな視点から設計技術力を強化させるかを検討するために、図1のプロセスに示すような事前調査を行なった。まずA社の要望や中堅設計技術者としての職能基準を調査した。要望や職能基準は「こうありたい」、「こうなって欲しい」という企業の期待であり、問題とはそれらの期待と現状とのギャップである。ここから設計技

術力を強化させる教育の視点を検討した。そしてこの視点に基づいて教育対象者の現状の設計技術力レベルを事前アンケートという方法で確認をした。なおA社の要望や職能基準、設計の現状の一部を次の(1)～(3)に示し、これらから教育視点策定の経緯を述べる。

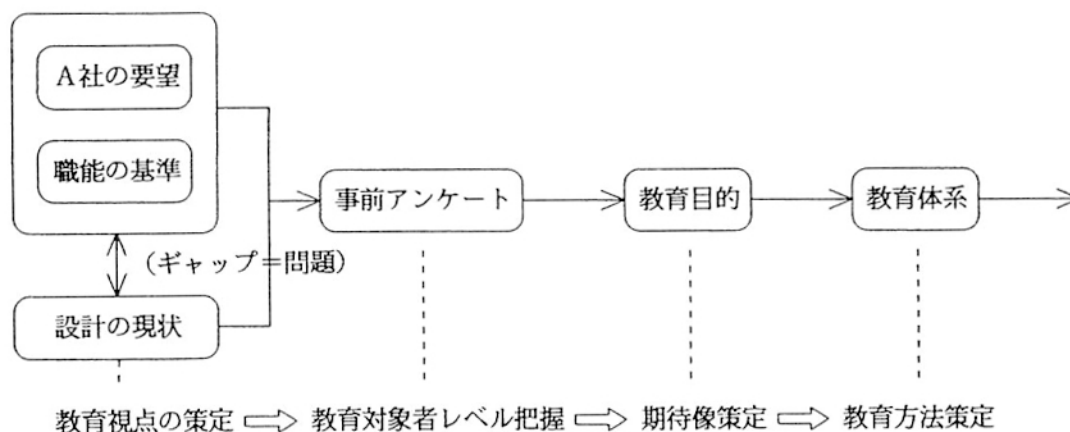


図1 教育視点の策定から教育体系策定までのプロセス

(1) A社の要望事項

- ・設計技術者の基本機能を再確認させたい
- ・物づくりの考え方を身につけさせたい
- ・コストに対する感覚を養いたい
- ・中堅設計技術者の期待水準を実現させる準備をさせたい その他

(2) 中堅設計技術者の職能基準

- ・難易度の高い設計において、ニーズを的確に把握し、顧客を満足させ、利益を確保できる能力をもつ
- ・新技術の動向把握と知識の取得ができる
- ・若手設計技術者への教育と指導ができる
- ・設計業務推進上の問題発掘と対策の立案ができる その他

(3) 設計の現状

- ・出図遅れによる工程の乱れが発生
- ・不具合による図面変更のため設計品質の低下
- ・仕様変更に対応できないために受注できない、できてもコストアップ
- ・製造知識の不足による作りづらい設計になってしまう
- ・アイデアが乏しいために現状から脱皮できない

- ・設計技術者間のコミュニケーションが不足している
 - ・どこにどんな設計情報があるのか分からない
 - ・どこから手を付けてよいのか分からない
- その他

A社の要望は、若手設計技術者に対して設計の基本的姿勢と製品QCDの的確な作り込み方を修得させることである。また、職能基準では中堅設計技術者としての設計力、先見性、設計問題の自律的な問題解決能力などを要請している。

これに対して設計の現状は、出図遅れ、設計品質の低下、コストアップ、アイデアや設計情報の不足といった、まさにここには設計のあるべき姿や製品QCDの作り込み方に対するギャップ、すなわち問題が存在していると言ってよい。さらに、こうした現状では中堅設計技術者としての職能基準を実現するのはかなり困難である。以上のことを言い換えれば、必要な設計技術力全般に関して現状は不足していると考えられるのである。

そこで、こうした問題から解決可能な問題点を洗い出し、これらから設計技術力強化への効果的な教育視点を検討した。そして表1に示すように、はじめに利益創出の判断基準となるコスト知識に関する教育、作りやすい設計とは何かの教育、さらに、これらの知識を取り入れて製品QCDを的確に実現する設計の考え方やプロセスの教育が必要と判断した。また、これらの教育を通して設計技術者間のコミュニケーションと情報の共有化を図るために、グループを編成しコンカレントで教育を実施することにした。さらに獲得した基礎の設計技術力を実際の設計で反映させるノウハウを得るための実践教育、そして本教育の最終的な目的とも言うべき中堅設計技術者へ成長するための準備として、設計技術力強化への自律的な問題解決能力の教育を設定した。

<ul style="list-style-type: none"> ・コスト知識の充足とコスト問題解決法の修得 ・作りやすい設計方法の修得 ・設計の本質と効果的な設計過程、手法の修得 ・コンカレント推進の重要性とコミュニケーションの醸成 ・設計技術力強化への自律的な分析力と解決能力の養成
--

表1 A社の設計技術力強化の教育視点

(4) 事前アンケート

表1の教育視点をもとに、教育対象者の現状の設計技術力レベルの把握と研修カリキュラムの作成のために、図2に示す事前アンケートをとった。事前アンケートは教育視点か

らコスト面、製造面、設計本質面の3つの面から作成し、評価基準は表2のように4段階評価とした。なおこれらは研修後の事後アンケートと比較分析する目的もあり、事前・事後の評価基準と表現を合わせた。事前・事後の分析結果は後述の図4、5、6に示す。

コスト設計力・事前アンケート				
1. 製造コストの求め方を理解していますか	分からない	やや分かる	分かる	十分
2. 担当製品のコストを把握していますか	分からない	やや分かる	分かる	十分
3. コストダウン手法を活用していますか	いない	ややしている	している	十分

図2 事前アンケートの様式（一部）

事前アンケート	事後アンケート
4. 十分、分かる	4. 十分、分かった
3. 分かる	3. 分かった
2. やや分かる	2. やや分かった
1. 分からない	1. 分からなかった

表2 事前・事後アンケートの評価基準と表現法

5. 2 教育目的と教育体系の策定

表1の教育視点に基づき教育目的を表3のように策定し、これらの達成のための教育体系を図3のように策定した。教育体系の構成では教育効果を高めるために、第1～第3フェイズというように3つのフェイズに分割構成した。第1フェイズの基礎の設計技術力強化の教育ではコスト面、生産面、設計本質面の3つの視点からそれぞれ研修を策定した。

- | |
|----------------------------------|
| ①中堅設計技術者へ成長するための基礎の設計技術力を養成・強化する |
| ②設計成果を創出する設計技術の実践的ノウハウを獲得する |
| ③設計技術力強化への自律的な問題解決能力を養成する |
| ④設計技術の共有化と技術者間のコミュニケーションを醸成する |

表3 教育目的の策定

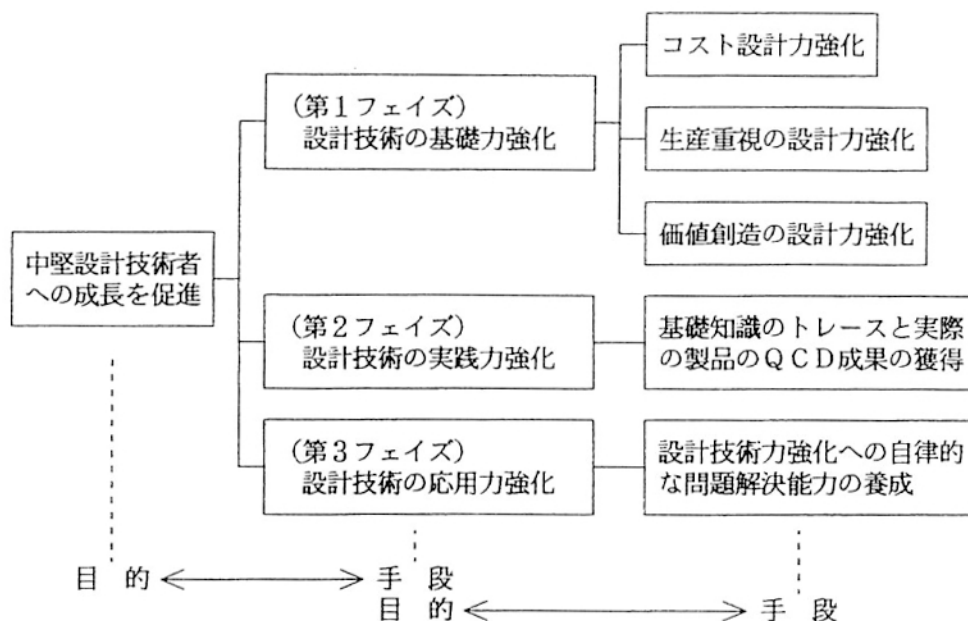


図3 教育体系の策定

5. 3 第1フェーズの実施と成果

(1) コスト設計力強化の研修

図3の教育体系に基づいて、はじめにコスト設計力強化の研修を実施した。このカリキュラムは事前調査の分析結果に基づいて表4に示す構成とした。研修では企業内の実際の製品を事例にしてコストの基礎知識を修得、またこれらの情報やデータをを用いて利益計画からコスト決定のプロセスや手法の修得、および関連する技術を合わせて教育した。研修後のコスト設計技術力の強化レベル確認のために、事後アンケートをとり、事前アンケートと比較をするために図4のようにレーダーチャートにまとめた。ここから研修結果を考察する。

図4から分かることは、「コストの基本知識」については、研修前のほとんど分からない状態である約1.4ポイントから、約2.6ポイントまで向上しており、コストの知識レベルはかなり改善されていることが分かる。またこれは「コスト意識の向上」や「担当製品のコスト把握」のポイント向上にも影響を与えていると考えられる。

「コスト情報の明確化」についても約1ポイントの向上を示しており、いままでコスト情報が不足のまま設計していたと思われる。こうしたことはコスト目標未達の要因になると言えよう。「コストダウンの手法の活用」も約0.9ポイント向上しており、科学的な原価企画ツールやコスト低減ツールを使う必要性の認識ができつつあると考えられる。

- 利益確保と設計技術力の関係
- コストの未達要因とは
- コストの基礎知識の修得
- 利益計画とコスト目標の設定法
- コスト目標達成の視点と手法
- 事例研究

表4 コスト設計力強化のカリキュラム

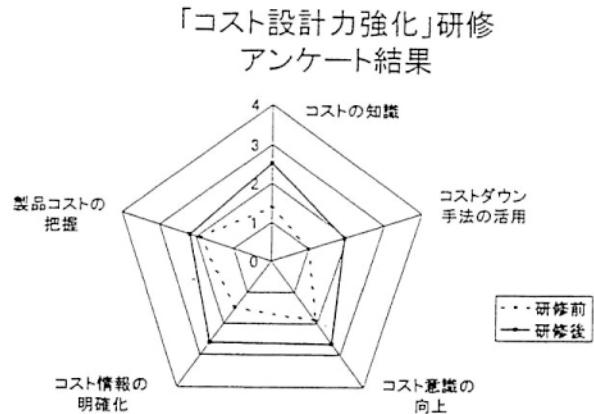


図4 研修の理解度評価

(2) 生産重視の設計力強化の研修

カリキュラム概要は表5の通りである。A社では前述したように作りやすい設計が強く要求されている。すなわち加工・組立ての容易性やそのコストは設計により決まるとの視点から、作りやすい設計とは何かについて先行のコスト教育の成果を取り入れた研修を実施した。実際の設計事例をもとに研修を進め、事例製品の直接労務費67%を低減した。

事前と事後アンケートの分析結果は図5に示す通りである。ここからは「工程分析手法の活用」の理解度が約1.3ポイント向上しており、他の評価項目と比較して向上レベルが特徴的である。このことは設計した製品の製造工程が科学的に可視化されることであり、他の評価項目によい影響を与えるものである。他項目は平均約0.5ポイント向上しており、ほとんど分かったに近いポイントである。またバランスよく強化されていることが分かる。

- 設計と生産の関係
- 生産コストの発生形態
- 製造工程の科学的な認識
- 作りやすい設計とは
- 工程の機能分析と創造
- 事例研究

表5 生産重視の設計力強化カリキュラム

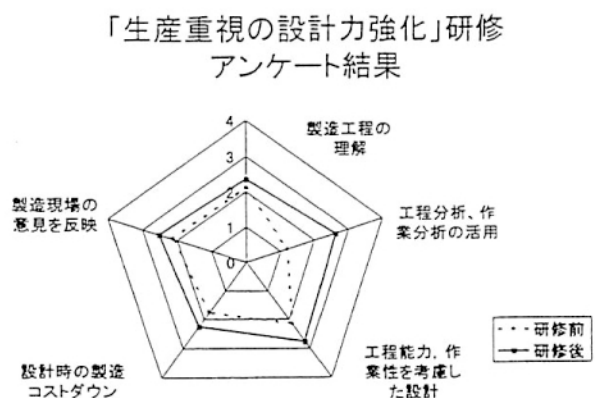


図5 研修の理解度評価

(3) 価値創造の設計力強化の研修

カリキュラムは表6の通りである。研修目的は価値の創出法すなわち製品QCD仕様の最適な作り込み方を理解するために、設計の基本的な考え方とその過程、技法を修得する

ことである。またこれらの修得に必要な情報を共有化するために、コンカレント推進のあり方を理解することである。研修では実際の設計テーマを取り上げ、要求仕様の分析を出発点として科学的な設計過程と技術を修得し、要求仕様を満足する設計案を作成した。また研修過程では先行実施のコスト教育や生産重視教育で得た知識を随所に反映させた。

事前と事後アンケートの分析結果は図6に示す通りである。ここからは設計の基本である価値の意識、すなわち「機能とコストのバランス意識」と「機能面からコスト目標設定」が約0.8ポイント向上しており、それぞれ評点3の分かったに近い結果を示している。その他の評価項目は平均して約0.3ポイント向上と、バランスよく強化されている。

- ・ 価値創造への設計視点とは
- ・ 製品QCDの作り込み方法
- ・ 科学的な設計技術の活用
- ・ コンカレント推進の重要性
- ・ コストと生産知識の活用
- ・ 事例研究

表6 価値創造の設計力強化カリキュラム

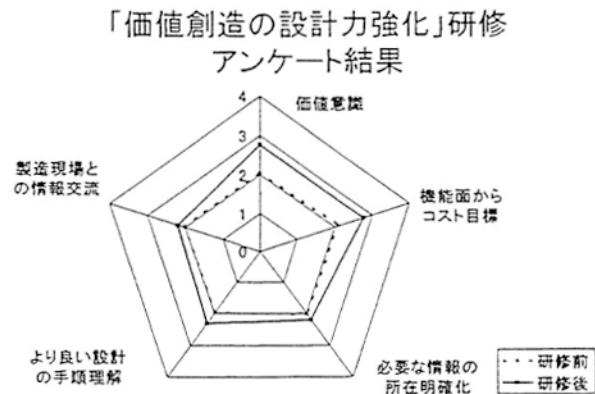


図6 研修の理解度評価

5. 4 第2フェイズの実施と成果

第1フェイズで獲得した基礎の設計技術力を、第2フェイズでは緊急度および重要度の高い実際の設計テーマに適用して、製品QCDに優れた設計仕様を創出する実践的な方法を教育した。修得した設計技術は設計仕様策定法、コスト目標設定法、機能分析、固有技術、創造性、設計案評価法、加工・組立の評価法などである。

研修後のアンケート結果は図7に示すように平均2.72ポイントであり、評点3の分かったにかなり近く、理解度は全般的に良好であると言える。また事例で取り上げた製品の成果としてコスト目標達成や部品数、重量、工程数などの大幅な削減効果を得た。

第2フェイズ・アンケート結果

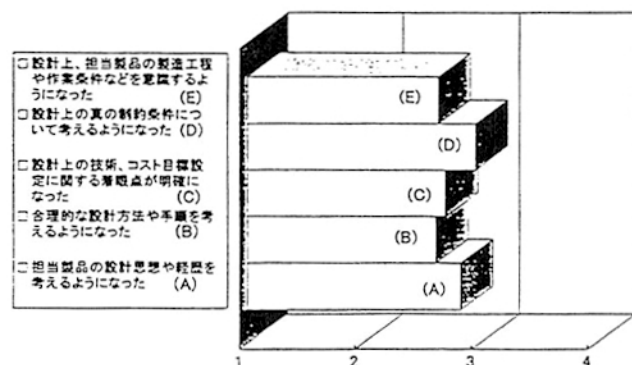


図7 研修の理解度評価

しかし、第2フェイズではこうした成果物だけに注視するのではなく、修得した設計技術を設計過程において的確に活用するノウハウを修得することにある。

5. 5 第3フェイズの実施と成果

第3フェイズでは第1～2フェイズで獲得した知識を総合し、設計技術力強化へ向けて自律的な問題解決能力の養成のために、表7に示すように自己の設計技術力強化の課題を受講者自身で抽出し、自ら解決案を策定し、使えるマニュアルにまとめた。また、これらの活動を通じて設計者間の問題の共有化を図った。

以上、第3フェイズの終了にあたり、表3で示した当初の教育目的の達成度評価のために図8に示すような観点からアンケートをとった。これらによれば平均は2.82ポイントで評点3に近くなり、しかもバラツキは少ないために、今回の教育目的はほぼ満足できたと考えられる。なお教育の終了にあたり、受講者の総合所感の一部を表8に示すが、これらからも教育目的が達成できたと考えており、A社の幹部および管理者も同様の評価である。

第3フェイズ・アンケート結果

<ul style="list-style-type: none"> • 設計納期厳守のための工数査定法 • コスト査定力強化の手引き • 設計情報のJIT検索システム • 主体業務時間を確保する手引き • 固有技術力強化のための必要技術獲得法 • 創造性豊かな設計環境づくり <p style="text-align: right;">その他</p>
--

表7 設計技術力強化の課題

<input type="checkbox"/> 設計する際の必要な設計情報の明確化 (D) <input type="checkbox"/> 自律的な問題解決能力の強化 (C) <input type="checkbox"/> 設計活動を効率よく進める上での実践的ノウハウの獲得 (B) <input type="checkbox"/> 基礎の設計技術力強化ができた (A)

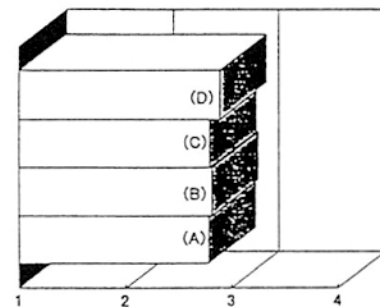


図8 研修の理解度評価

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • 研修前と比較して物事の考え方を順序だてて考えられるようになった • 設計上、悩んだとき何かの糸口を考え出せるようになった • 設計をするとき、機能とコストとのバランスを考えるようになった • 自分が携わった設計が、どのような製造工程で作られるかを考えるようになった • 図面を書くときに作業者にとり、作りやすい物になったかを考える様になった • いままで、漫然とやっていた設計を筋道だてて整理でき、体系づけることができた • コストに対する動機づけや削減の着眼法、作り込み方法が分かったことは、設計技術力の強化であり、今後の設計業務に活用したい • コストダウンの着眼点や後工程にをかけた設計が身につけてきたと実感した • 現在、設計部門で抱えている問題点が明らかになり、問題意識がもてた • 今回の研修を通して学んだ手法を開発期間の短縮の成果につなげたい • 他の設計者の課題に対する考え方や取り組み姿勢を見て、刺激を受けた <p style="text-align: right;">その他</p> |
|---|

表8 教育終了後の総合所感

6. あとがき

設計技術力強化に関する教育視点は企業特性や製品特性、設計環境により様々である。また設計という思考業務に対する教育の評価は、それが終わってからすぐ効果が発現するという性質ではないのが特徴的である。換言すれば直接的なコスト低減活動のように完了したら、コスト成果の測定が直ちに可能という性質ではないのである。

すなわち日常の設計業務を推進する過程で、教育効果が徐々に発現していく性質のものであり、そのために教育終了後の効果測定には継続的なフォローが必要である。

本教育では設計技術力強化の確認方法として、各フェイズごとにアンケートやレーダーチャート、成果物で分析と確認をしてきたが、厳密にはこれらに付加して効果の定量的な研究が必要である。たとえば困難度の高い設計テーマに対する分析力や総合力の向上レベル、出図後の設計変更率、コスト目標達成率、設計問題の自律的な発掘能力とその解決能力などに関する定量的な評価の研究が必要と考えている。

なお事例A社の教育終了後のフォローと評価については現在進行中であり、機会をとらえて報告したい。本論が設計技術者の設計技術力強化の教育の参考になれば幸いである。

7. 参考文献

- (1) 橋本公一：設計問題とVE(3), 日本VE協会会報、No.165(1994.11), pp33～34