

工業設計原論—序論

伊 東 精

1. 前 書

Rosenstein, A.Bによれば「設計とは資源の価値を最適化するための方法を、開発する思考過程における系統的な意志の決定」⁽¹⁾であって、そのProcessは、1.まず始めに作りたいものの要求が出され、2.その要求に従って付帯する多くの条件を満たすために調整を行って構想がたてられ、3.その構想に基いて具体的な手順によって最適化の構造と形状が決定され、4.製図で示された方法によって実存させて終る。設計作業は始めから終わりまで思考過程の連続する精神労働と言える。

Encyclopedia Britannicaに付随した標準英語辞典(1959)を引くと、Designには構造をたてる、計画する、製図する等の意味があり、Designという語は英国には余程以前からあったらしく例えば、1877年にUnwinがMachine Designを著した。仏蘭西語Desseinにも同様の意があるが、工業の発達した独乙にそれに当る語がなく⁽²⁾、Entwurf, Plan, AnlageなどのうちMaschinenentwurf(機械設計)のように一般にEntwurfが用いられる。日本ではDesignに対して「意匠法」などの訳語が用いられたことがあるが、いつとはなしに「設計」といわれるようになった。しかしDesignの概念については何れも前記の通りで変りはない。

さて、機械、装置、建物、道路、橋梁、水路、港湾、船舶、車両、航空機、近代都市等々我々に身近かなものは、すべて工学の領域に属する学問を基盤とした知的生産品である。その中身に異る所があっても、設計の基礎的な問題や考え方には自ら共通した哲学、真理、原則と称するものが存在する筈であると認識する。しかし、今までの多くの設計書では設計に直接関係ある性能・強度計算や構造の解説に力点が置かれ、設計に対する基本的な態度や思考法を、総合的な見地から具体的に取扱ったものは殆んど見当らない。筆者はこの認識の上に立って各分野の設計行動を縦割りとして一本化し、設計論ともいふべきものの体系付けができないものかとかねてから考察しているが、今まで殆んど手がつけられていない領域であり、また扱う範囲も極めて広いので、とりあえず序論として所論の一端をここに発表する。

2. 工業設計の基本性格

工業設計で、常に考慮に入れねばならぬ基本問題には、経済性(生産原価の低いこと)、信頼性(部品又は構造物が一定の環境で与えられた使命を達成する確率が100%は期待し得ない。通

常、設計の段階で確保すべきものとされている)、性能、審美性(眼で見た美しさ、均整美、昔は余り問題にされなかったが時勢は変わった)、実用性(扱い易さ、耐久力)等がある。これらの中には相剋する要素があるから、設計者は調整を計って最適設計(Optimum Design)と目せられる妥協点を見い出してまとめる決断に迫られるのが普通である。その何れを最優先させるべき

かは設計の内容によって異り端的に断定し難いが、特別の至上要請のない限り、他の何物よりも信頼性を第一におくべきものとする。新聞報道によると、昭和45年暮某大造船所(特に名を秘す)で工場試運転中の船用蒸気Turbineが爆破粉碎したが、技術者の常識ではとても考えられない異常事故で、信頼性(この場合は安全に運転できること)が強く要請される所以がここにある。設計においても、成功例は人情としてとかく過大に表現され勝ちで、余り設計の役には立たない。成功例よりも寧ろ失敗・故障・事故の範例の方が大いに参考になるが、この種のものには公表を渋る傾向が強く、真相の把握が難かしい。

又、一般に性能と経済性は両立し難いようにとられているが、必ずしもそうとは限らないし、耐久力は生産原価対策のためにその計画耐用年数がある程度ぎせいになっても止むを得ないだろう。審美性は製品価値を高める重要な要素で軽視できなく、由来、設計者には「形の整ったものは性能もよい」という通念があり、これを裏書する事実も少くない。

設計作業は、構想に基いて基本設計、部分設計、細部設計の順で思考が現実の形となって図面上に具現されて行く。設計製図にどの位時間がかかるかは、設計対象物の規模、精粗、新規、改良、模造など多くの因子によ

って異なるが、過去に蓄積された経験資料によって大体の目安があり、また見当がつけられず予定が立たないということでは業務は成り立たない。一般に設計者一人当りの出図量は一日当りA4換算で一枚位と言われており、驚く程時間がかかるものである。別の調査資料を表1、表2に示す。

| 図面の大きさ | A 0 | A 1 | A 2 | A 3 |
|----------|------|------|------|------|
| 非鉄金属, 鉄鋼 | 29.6 | 20.6 | 11.9 | 4.6 |
| 機 械 | 35.0 | 18.3 | 9.1 | 3.5 |
| 土 木, 建 設 | 18.0 | 14.0 | 9.0 | 4.5 |
| 精 密 機 器 | 51.0 | 25.0 | 10.5 | 4.2 |
| 電 気 機 器 | 27.0 | 13.1 | 7.0 | 3.5 |
| 輸 送 機 器 | 54.0 | 27.0 | 14.4 | 11.0 |
| 車 輛, 造 船 | 62.0 | 25.0 | 19.0 | 9.6 |
| 化 学 | 27.8 | 23.0 | 12.0 | 7.0 |
| 平 均 | 38.0 | 22.0 | 11.6 | 6.0 |

表1 製図所要時間標準値⁽³⁾, 時

| 主体業務 | | 付帯業務 | |
|------|-------|----------|-------|
| 見積作成 | 2.8 | 用具・資料探し | 1.8 |
| 設計準備 | 1.3 | 資料調査 | 3.5 |
| 計 算 | 5.8 | 資料整理 | 1.5 |
| 設計製図 | 36.3 | 社外との打合 | 1.0 |
| 検 図 | 2.9 | 設計部内の打合 | 13.6 |
| 図面訂正 | 1.0 | 設計部外との打合 | 1.5 |
| 目録作成 | 1.2 | 書類作成 | 1.7 |
| | | 電 話 | 1.7 |
| | | 出 張 | 1.9 |
| | | 現 場 | 4.1 |
| | | そ の 他 | 11.9 |
| | | 不 明 | 4.5 |
| | 計51.3 | | 計48.7 |
| | 合 計 | 100% | |

表2 設計・製図の一例⁽⁴⁾

表1は日刊工業新聞社が昭和43年に開催した第2回設計能率化展の資料として、260の事業所から集めたEnquêteの回答を集計したものの一部で、これではA4換算2.8時間1枚となり、表2の設計部門のWork Samplingの例では、一日実働8時間として、そのうち設計製図時間は2.1~1.7時間ぐらいとなっている。

設計者は専門の学識のほか、製造、操作の実際面にも明るくなければよい設計はできるものでなく、長い修練の積重ねで自信がついてくるが、一人の設計者が一生に手掛ける設計の対象物は、その人の生活のための職場や個人の能力の制約から必然的に一線が劃される。機械工業に例をとっても、原動機、作業機械、産業機械等のどれにも優れた設計のできる人などある道理がない。その一つに打ちこんでも限りなく奥が深くmasterは極めて困難な状況にある。またどんな熟練者でも手元に一枚の紙片をおかず、唯頭脳のみでは設計行動はとれるものではなく、設計情報というものがなければならない。設計者の必要とする設計情報には、市場の物に対する動向や使用者の評価等の無形情報と、図書、雑誌、報告書、特許書類、型録等の外部資料と技術標準、設計標準、運転取扱説明書類、計算書、失敗記録、性能・検査成績書類、既設計図面、標準図、参考図等の内部資料があげられる。外部技術情報は甚だ多くむやみやたらに収集しても混乱して却って逆効果となり、適度にとどめておく要がある。又新技術、新製品の殆んどすべては必ず特許出願されるものと考えられるから、研究開発で特許情報（世界の年間出願件数約70万件）は国内外の最新技術を提供する重要な技術資料であるばかりでなく、新技術の開発に当っては重複の無駄を排除し、特許の先行性を調査する必要があるから、組織的に分類整理して検索を容易にしておく。設計者が情報を入手するために費やす時間の割合は、勤務時間の1/2に達する⁽⁵⁾。表3は技術情報の利用目的の対比を示す。

設計は、Project Teamを編成して尅大な資金を投下し、電子計算機のもとで高度の学問、技術を駆使し、研究

と試行錯誤を繰返して新規性にいどむ最高級なものから、計算らしい計算も殆んどせず、せいぜい規格類ぐらいを用いて労することの少い個人playまで作業内容は千差万別であり、中小企業で設計と称するものの多くは、後者の類とみて誤りなからう。

学問や技術は目覚ましい発達をとげ、新規にくいこむ余地は狭ばめられたが、それでも案外盲点がある。この適例が昭和46年1月15日付の新聞に出ている。学問に余り素養のない人が、2 Cycle Gasoline機関に費用千円たらずの改良を加えて、有害排気的大幅減少、燃料節約、騒音、振動も減ったことが公開試験で実証された。思うに、その道の専門家と言われる学者・技術者は、事実を知りすぎて理論上又は實際上このようにしかならないものと頭から決めてかかっている人が少なくないようであるが、それはあくまでも現在の時点での判断に基く結果であって、完全無欠

| 業務情報 | 学術研究 | 生産技術 | 特許 | 規格 |
|------|------|------|----|----|
| 基礎研究 | 32 | — | 14 | — |
| 開発研究 | 49 | 62 | 69 | 10 |
| 事業企画 | — | 55 | 28 | 10 |
| 操業 | — | 38 | 6 | 18 |

表3 技術情報の利用目的⁽⁶⁾

と断定できないものもあるに違いない。発明の世界では結果のみが物を言い、たとえそれが現在の公知公用の理論・技術に正反対でも、出来上った物が現存品より優れていればよいのであって、理窟は通らない。設計も同様で、本質的に予測の問題であり、事実との対決であってその過程はどうであろうと設計したものの出来栄で勝負がつく宿命を背おっている。

3. 設計の指標

設計に落度があると、その結果は経年中に必ず露呈される。以前、京都府下でDam水門が破壊したが、原因は強度計算に問題があった。設計では既述した基本要件が全部満たされねばならぬこととは言うまでもないが、その遂行に当っては正確を期さなければならない。いささかの錯誤があってもならない。このような関係もあって出図量A4換算一日一枚というような一般の人には信じられない結果となるが、設計製図時間の短縮、効率化に最も深い関心を持ち努力しているのは外ならぬ設計部門自身である。このため高性能の機械を導入して人力を補う方法がとられ出し、自動設計機や自動製図機が一部稼働している⁽⁷⁾、⁽⁸⁾が、一基数千万円以上であって、現状では使用効率の高い自動車、造船、航空機などの業種の大手に限られている。そこで筆者は一策として「編集設計」を提奨したい。編集設計を行うには、図面極力を標準化して普遍性を与えて反復利用を図る。即ち設計の標準化を行うと共に、図番の体系化と図面の検索を容易にする。編集設計は多種小量生産に有効な方法である。

引用資料

- (1) 和田稲苗：日本機械学会誌，624，(昭46-1)，74.
- (2) 小坂狷二：機械設計の要領。(昭41)，1，理工図書(株)。1.
- (3) 森田栄一：機械設計，14-1，(昭45-1)，122.
- (4) (3)の133.
- (5) (1)の75.
- (6) 飯島英雄：機械設計，14-9，(昭45-8)，58.
- (7) 藤野 勉：日本機械学会誌，612，(昭45-1).
- (8) 沖野教郎：機械の研究，22-5，(昭45-5)，56-57.

注. この論考は、筆者がさきに発表した製図論の一部〔中日本自動車短期大学論叢，1，(昭44)〕に対応し、設計製図論に関する筆者の多年にわたる一連の思索・研究であって、漸次詳論の展開を試みる意向である。