

## 真実を見極める



工学博士 古川 明 徳  
九州大学大学院工学研究院 教授

### 1. 人類文明の持続的発展は工学の探究から

人類文明の起源として四大文明が挙げられるように、文明はまず水を征服することから始まった。人類文明は、人類にとって快適な環境や役立つものを得るために、新たな知識や技術の発見・創造を積み重ねて発展してきた。そして現代よりわずか数百年遡ること西暦1831年にファラデーが電磁誘導の法則を発見し、発電機や電動機が登場して以来、「電気」を動力として使うようになり、燃料として高エネルギー密度を有する石炭、更には石油の発見により人類文明の飛躍的発展を遂げた。その発展のベースには「工学」といった系統的な学問体系が無い時代から、人々は英知を出して様々な技術を考案してきた。これを能率的にかつ短期間に展開させ、そして革新的な発展をもたらす学問が「工学」であったと考える。したがって、「工学」は人類文明の発展に貢献すべき学問である。「理学」は真理を探究する学問であり、地球そして宇宙空間における様々な「謎」を解き明かすことであって、人類文明への直接的な関与は「工学」の分野へ引き継がれている。それゆえ、「工学・工業」に身を置く筆者らは「人類文明との関わり」を考えること無くして教育・研究は存在し得ないことを肝に銘じておきたい。昨今、筆者らの教育研究が、先端・萌芽・融合の名の下に、あまりに「理学」に走り過ぎてはいないであろうか。研究での突っ走りはまだいい。いつか人類文明に役立つ真理・技術に変身するかもしれない。しかし教育ではそうはいかない。「工学」と言いながら本当に「人類文明」を意識した教育がなされているであろうか。

電気系の工学教育では送電・変電・配電等の重電関係の科目が無くなり、電力会社に職を求める学生が減ったという。そこで電力業界の事業基盤を支える電気工学分野の教育研究を支援するために「パワーアカデミー」が設立され<sup>1)</sup>、「産」主導で「学」との連携構築が図られつつある。機械工学の分野でもそういった危機が訪れる時が来そうである。「工学を教える大学人」は、教育の裏に「人類文明」があることを心して欲しい。筆者が研究者として身を置く「ターボ機械」の分野について考えると、「流体機械」の講義科目をもつ大学も激減し、流体機械を中心に据えて研究を行っている40歳以下の大学人も数えるほどになった<sup>2)</sup>。これを打開し、流体機械の教育・研究を支援する「ターボアカデミー」の設置は大歓迎である。

### 2. 工業製品と工学の探究

人間工学の研究分野で「人の動きを考えて設計された椅子にもかかわらず、実際に使ってみると座り心地が悪い」という話を聞く。筆者が考える、製品に求められる工学的キーワードは「高性能（良効率で所定の仕様を満足）」、「コンパクト」, 「長寿命」, 「低コスト」そして「安全・高信頼」である。しかし、工学の粋を極めた製品が必ずしも常にヒット商品に結び付くものではないこともよく知られている。人は感性を持ち「美」を求めている。ゆえに機能だけを追求したのでは製品は売れない。製品開発の「ニーズ」がどこにあり、その製品がどのように使われるのかをしっかりと把握しておく必要がある。ここで書いた「美」とは、「ユニバーサルデザイン」や

「感性工学」として論じられている「人が使用する」ことが意識されているかを指している。

「ユニバーサルデザイン」とは「誰もが利用可能なデザインにする」ことで「使い方が簡単で、うっかりミスにつながることはない」、そして、「使う上で自由度が高く、身体への負担にもならない」ように配慮した設計をいう。したがって製品設計者は機能を十分熟知し、使用する側が想定外の運転操作を行っても安全なようにしておく必要がある。省資源・省エネが浸透してきている今日、使用する側はその製品ニーズの経時的変化に合わせて「あるものは使え」の精神で、当初とは外れた範囲・用途でも使えると勝手に判断してしまうことが考えられる。一方「感性工学」とは、「製品に付けられる形容詞を意識して設計する」ことをいい、「若者向きの自動車」や「派手な家」などがそれに当たる。それゆえ、「使い易い」、「安全な」、「人に優しい」といった形容詞が使用する側から自然と付けられる製品設計を行いたいものである。大学の授業で学生に同じ仕様を与えて流体機械やエンジンの設計製図をさせても、その寸法や構造は異なったものが提出される。実際に製作そして運転試験をするわけではないのでどちらが良いとは断定できないが、出来上がった図面を見て「使い勝手の良さ」や「スマートさ」を感じさせるのは、やはり日頃から「センスの良さ」を示す学生である。その意味で、製品設計にも個人個人の「センスの良さ」が出るものと心して、日頃より「感性」と「広範囲な配慮精神」を養っておきたい。ここに、「工学」の奥深さ（まだ理論立て出来ていない）が存在する。

### 3. 工学の発展と工業製品の進化

地球上に生物が生存して以来、数々の進化を遂げ「人類」が存在するに到っている。そして人類文明の発展を思慮なく甘受してきた今日、「化石燃料の枯渇」と「地球の温暖化」問題を抱え、工業製品としての「普通乗用車」は「内燃機関」から「モータ」へと駆動機構の大変換を迎え、巨大な電子電気部品の塊と化しつつある。とは申せ、解決すべき技術的課題も多く、一速単にと言うわけには行かないのが現状である。日本機械学会では創立110周年を記して「技術ロードマップ」を作成し<sup>3)</sup>、乗用車用ガソリンエンジンの熱効率が現在の35%が、現状よりもっと強い外的インパクトを受けてより加速的な向上をもたらし、2040年には40%になるであろうと将来展望している。

筆者が研究対象とする流体機械について考える。流体

機械は「容積形」と「ターボ形」に大別され、「ターボ形」はPapinの考案（1687）に始まり19世紀になって漸く実用域に達した。今日では、我が国の総発電量の95%以上が蒸気タービンやガスタービン、そして水車や風車などのターボ機械を介して作られ、発電された電力の約60%（確かな数字ではないことを断っておく）がポンプや圧縮機などのターボ機械により消費されている。ターボ機械は、その経済性と信頼性から、宇宙産業から民生産業に至る幅広い分野で用いられている。このようにターボ機械は文明の発展に深い関わりを持って進化してきている。先達技術者の力により、今日におけるターボ機械の限界技術（技術の限界ではない）値として、ポンプの昇圧ではロケット用液体水素用で1段270気圧、圧縮機では石油増産用再注入用で800気圧、そして真空ポンプ真空度についてはターボ型分子ポンプで $10^{-12}$ 気圧が示されている<sup>4)</sup>。このような数値を聞くと、流体機械は、一見、成熟した装置と思われるかもしれない。しかし、その用途が多様で広範囲であるがゆえに、流体機械、とくにターボ機械の設計技術は未来永劫、引継がれ、そして進化させなくてはならない。すなわち、文明の発展に応じたターボ機械の開発（極限化・軽環境負荷化・知能化の新技术）が求められ、研究課題も尽きることはないと思う。そのため、設計者とともに技術者・研究者の養成が大切となる。究極は、先に述べた工学的キーワードの達成とともに、全流量域で高効率・失速フリーなターボ機械を開発することである。

### 4. 工学に立脚した新製品開発

電子計算機の発達と数値解析技法の開発から、ターボ機械内部流れが細かく再現できるようになってきた。低比速度翼車ではまだ再現不十分なところも見受けられるが、高比速度形翼車における再現精度は高く、翼端渦挙動、翼面上の3次元はく離生成、部分流量域での3次元逆流構造等は翼負荷との関係から十分議論できる段階に達したように思っている。したがって、次の段階では、その結果をいかに翼車設計に反映させるかである。

ターボ機械の作動原理は、回転する翼車内を通過する流体に回転と逆または同方向の旋回成分を与えることでエネルギーの授受（Eulerの理論ヘッド）を行うことである。したがって、流体の流下方向、その横方向に3次元的に圧力勾配が生じる。加えて流体は粘性を持つため回転翼車流路壁面上の流体は低相対速度となる。低速の流体は主流が作り出す3次元圧力分布に耐え切れずに、主流とは異なって圧力勾配の方向へ即の二次流れを構成

する。この二次流れによる低速流体の翼車流路内への蓄積・滞留・逆流が翼車性能低下をもたらす。それゆえに、ターボ機械での二次流れの構成が不可避であるならば、「いかに低速の流体域を狭くし、そして速やかに翼車流路外に流下させるか」が鍵と考える。

21世紀に入って「低炭素社会の実現」に向けた様々な取り組みがなされている。筆者も長年、低落差水力利用水車の開発を手掛けてきた<sup>5)</sup>。そこで筆者は、タービンの高性能化とともに簡易構造・低コスト化に高い関心を持ち、他者による風力や水力における高性能タービンの開発公表にも注意を払ってきた。そこには様々な種類のタービンが提案されている。そしてそれらは原理的には確かにタービンとして機能し、そのアイデアには敬意を払うものばかりである。しかし流体力学的にその原理を見直したとき、抗力（摩擦力）を用いたアイデアも数多くあり、なかには本当に想定した通りの高性能化が図られるのであろうかと思わせるものもある。そしてそのようなタービンこそアイデアのユニークさが受けて、その開発研究に高額の研究助成がなされたり、賞を受けたりしている。これからますます、再生可能エネルギーの有効利用に対する要求が高まり、それに呼応して開発普及への予算が注ぎ込まれるであろう。その予算に群がって数多くの開発提案がなされることが予想される。審査に当たられる方々には、その提案書に記載されたアイデアの機能だけでなく、本当に有効利用に結び付く提案かを慎重に見極めて戴きたい。

## 5. あとがき

我が国が技術立国として持続的発展を遂げるには、「新技術の開発」とともに「社会ニーズに応じた既存システムの複合化」が大切である。そして我が国の人口増加が望めない限りグローバル（国際）化は避けて通れない。本誌巻頭言の執筆依頼を受けたことを機に、依頼者の意向は省みず、日頃感じていることを書かせて頂いた。極めて概論的な記述で、「では、今、何をすればよいのか」という問いに対して、本稿において具体的提言を示すまでには到っていないことをお断りする。目先の課題解決も大切であるが、それに捉われることなく、将来を見据えて「真実を見極める」努力を切に望むものである。

## 参考文献

- 1) <http://www.power-academy.jp/>
- 2) 黒川淳一, 「近未来への提言」に寄せて, ターボ機械, 36-7, (2008), 385.
- 3) 創立110周年記念事業委員会編, JSME技術ロードマップ, 日本機械学会誌, 110-1067, (2007), 付録.
- 4) [http://turbo-so.jp/turbo\\_descript/turbo\\_for\\_kids01.htm](http://turbo-so.jp/turbo_descript/turbo_for_kids01.htm)
- 5) 松下大介, 他4名, 流入ノズル付きダリウス形水車の性能に及ぼす側壁隙間とランナ翼枚数の影響, ターボ機械, 37-4, (2009), 237.