

0. 序論

— 社会環境と機械技術者の基本的態度 — (Basic attitude of mechanical engineer)

古典的な機械要素設計やそのトラブルシューティングをやっていると、近頃の世の中の声は「何百年も前からある機械技術を対象にしているなんて、まだやることってあるの？時代に合っていないよね。」と陰ではいつも言われている。このことは、技術というものは、基盤技術の上に先端技術が構築され、そのバランスで現実には有用なものとして機能するものであることが理解されていない状況を示すものである。近年、先端技術と基盤技術のバランスが極端に崩れてきているようであるが、それを正しく認識できていないのが現状と思われる。

現在のマスコミや政治家、あるいは、多くの社会の指導的立場にある人には、一旦できた技術は永続的であると信じている人が多いようである。しかし、人に依存した技術は、維持の努力をし、正しく伝承しなくては、人と同じ寿命しか持ちえない。基盤機械技術は長年の経験と実績の上にてできているものであり、その内容は極めて複雑であって、如何にIT技術が進歩しても、IT技術という機械技術にとっては仮想現実の世界のみには移行ができないような部分が多くを占めている。すなわち、基盤機械技術には、熟練技能者の経験に基づく、設計、製造、運用に関するノウハウが技術の中核をなしているものが多くある。そのため、「基盤機械技術は人間に依存したものである」という本性は避けられない。そして何も手が打たれない現状では、この現在の社会の豊かさを支えてきた機械技術の寿命は、すでに高齢化している熟練技術者と同じ寿命しかないのである。

歯車技術は3000年ぐらいい昔からある基盤機械技術である。それであるにも関わらず、今でも常に実用面でトラブルが絶えない。現状はすでに、人が豊かで幸福な生活を過ごすのに支障をきたしている状況に近いようである。

産業革命以後、その技術が飛躍的に進歩し、50年以上も前に世界的に認められた歯車強度計算法もでき、例えば、歯車歯面の耐力についてはヘルツの接触応力が最大となる歯面の箇所が損傷していくことが定説化し機械技術者の常識になっていて、誰も疑うことをしなくなった。定説とされている知識にもその有効範囲がある、すなわち、適用限界があるという当たり前のことが、一般には認識されていない状況になってしまった。この分野の技術者は何も考えなくなり、規格化された計算法に数値を放り込み、数値出力を得るだけが設計作業になってしまった。企業経営者や購買部門は技術の詳細は分からないので、そんな設計でことが済むならば、もっと合理化が可能であろうという考えに当然になってしまう。出来上がった式を計算するだけならば、電子計算機の最もお得意とするところなので、歯車技術には素人であるがコンピュータープログラムに長けたプログラマーが作成したグラフィックやアニメーションが会社経営者や購買部門の人の心を捉え、これが技術だと勘違いするような綺麗なソフトウェアを提供するビジネスが生まれ、法外な値段であるにもかかわらず、このような外部業者が作ったその種のソフトウェアを購入するだけで、自社の技術が向上し、良い製品ができると誤解した。こんなに高価な素晴らしいソフトウェアを買ってあげたのだから、もう試作実験なんぞをしなくても、直ぐに世界最高の製品ができ、開発期間もごく短くなるはずであると。

このようなソフトウェアを進化した紙と鉛筆、単なる設計の道具であると認識して使えるようなレベルの技術者がこれを使うのであれば、分かっていることの集合が複雑であって状況が見え難いものを見える形にしてくれるこれらのソフトウェアの有用性は大きく、本当に役に立つ道具なのであるが、これは導入した企業トップの思惑とは大抵ちょっと違う状況である。

経験のないグリーンエンジニアがこれらソフトウェアを、あたかも宗教的聖典と誤解し、本当の未知のことに対する答えを告げてくれる神の声を聴くように、そのプログラムの有効範囲に対する認識もなく使うのが一般的で、これではろくなことはない。自社になんら技術向上、技術蓄積はできず、製品のトラブルは増えて、クレーム対策費が増加している例も結構ある。クレーム処理に払う金には糸目はつけないが、ものの設計、製造には1円のことにも金を出し渋り、機械装置の信頼性を落としている。トラブルが起こってから必要な金は保険会社が払うが、設計・製造に要する金は自社で払わなければならない経済構造の矛盾がもた

らしている状況である。この例のように、信用を失うことよりも、その場の「1円」が大事な状況も、現在、数多く見られるように感じられる。

アカウントビリティー、エビデンスばかりを重視する現在のマスコミの風潮の影響の問題もある。一番典型的なのが風力発電の分野である。風力発電設備はほとんどの場合、税金等公共の金で買われる。この場合、購入する担当者が最も気にするのは、金が有効に使われ、税の使途に無駄がないことのエビデンスをどう確保できるかである。一番一般的なやり方は、カタログに明示されている性能、仕様が良く、見積価格の低いもの、すなわち、この観点でのコストパフォーマンスの一番良いものに決定することである。エビデンスはすべて揃うし、金の有効利用の点で、文句をつけるのが難しい状況になるからである。

このようなコストパフォーマンスが良い製品でなければ市場参入すらできない経済状況が形作られている。技術者の良心に従い良い製品を作ろうとすると、どうしても手抜き商品よりも高くつくので、上の意味でのコストパフォーマンスが悪くなり、市場性がなくなる。面白い社会経済構造である。すなわち、この分野は本質的にまともな機械製品が使われないことがないマーケット領域なのである。どんな似非コストパフォーマンスが良い製品でも稼働に入ってからすぐに壊れることはほとんどないが、例えば、15年以上の寿命があるはずの製品が2、3年経つと壊れ出すことがあるようである。しかし、壊れた時にはこの製品の購入した人たちは元の部署にいないことも多く、元々購入を決定したのは会議体で、エビデンスとしてはまともな決定をしたことになっているので責任の所在は全く不明になる。その結果、現在、作られた風力発電設備の23%程が壊れているのにそれを重大な問題だと取り上げられることがない状況が作られている。市場に出る機械で事故率が23%にもなるのに、まともな機械ですよと胸を張っていられるのは、面白いことである。

エビデンス、エビデンスというマニュアル至上主義的運営は、日本で、学会、大学を含め、至るところを支配し、金と労務の浪費を生んでいる。その害悪は国の活力を失わせるところまできているようである。いくらでも例は挙げられるが、また、多くの方は「私も例を挙げられる」と言われるであろうが、上記のような短期利益至上の経済におけるコストパフォーマンスの正論的議論には勝てないと言うので、みんな口をつぐむ状況が現実である。

今、機械産業に係る世界の現状、機械部品の品質性能を見ていると、近年、材料の冶金学的並びに製造品質、部品の製造各工程の処理前の残留応力状態、形状精度の品質は、じりじりじりじりと低下していつているのが体感される。熱処理をすると材料の欠点がよく見えるのであるが、ある時間断面のみで材料を調べたのでは分からない程度にうまく手抜きがされていつているようである。

なぜ、このような状況になるのかを我々は考えなくてはならない。大手メーカは自分の利益を確保するため、下請けに低価格の納入を強要する。古き良き時代の大企業は下請けを育てることを考えたのであるが、近頃は長期的なことを考えず短期的に自分の利益を上げることしか物事を考えさせないのである。マネーゲームをする人が短期的な業績の向上を求めるためである。ところが、下請けも生きていかねばならないのでバレないように手抜きをして製造コストを下げる努力をするのが人間の本性である。材料についても、会社の購買部署は、規格名が同じでミルシートでも付けさせれば同じ品質の材料が手に入ると思ってグローバル調達をするが、紙に書いたものなどどうにでも書けるし、規定されている検査項目だけでは品質の低下をチェックできないこともあるなど認識されていないようである。マニュアル絶対社会になって、人間がものを自分で正しく見、自分の責任で判断することなどすることすら許されなくなった結果である。

人間が HOMO-SAPIENCE（理性的人間）ではなくなり、HOMO-INSCITUS（無知蒙昧的人間）に退化してきている、あるいは、させられていることを認識することすら許さない社会雰囲気は誰が演出しているのだろうか。

まあちょっと難し過ぎることはさておき、工業の根幹をなす鉄鋼材料についても、国内メーカも外国メーカとの競争に負けないよう製造コストを削減して材料を提供しようとしている。そのためには特に製造過程におけるエネルギーコストの低減が重要と考えられているようである。その結果として、上に述べたような状況になるのは、人間の本性から当然の帰結である。技術者として良い品質、良い性能のものを提供するのだという美学はもはや存在を許されず、法律的に違反がない範囲でできるだけ安いものを提供するの善になったようである。エビデンスが常に言われるマニュアル至上主義的経営で短期的企業利益の確保が絶対必要の点から、これが善と言われて、世界が動くようになってきたのである。日本も悪い坂を転げ落ちだし

ているのかも知れない。これは、日本の産業や機械技術についてのかかなり根本的な問題である。

ギリシャの昔より、科学は森羅万象を綿密に観察することから興っているが、近年は全てシミュレーションで先ず状況を再現し、そして考えるようになってきている。まるで神の声を聞くようにである。しかし、所詮、シミュレーションは仮想現実の世界で、それを作ったコンピュータプログラマーが、分からないところやできないところには適当な仮説をおいてごまかし、ユーザの目に見える結果が出るようにした産物であって、すでに分かっていることを再現しているだけである。もっとも、分かっていることの集合が複雑であって状況が見え難いものを見る形にしてくれる有用性は大きいのが、本当の未知のことを告げてくれる神の声では決してない。

本歯車損傷大全は、世の中の思想や状況がどう変わろうと壊れるものは壊れる物理世界の機械技術の根幹としての歯車に起こる各種損傷を客観的に観察した資料に、今、かなりの確実さでおそらくこのような物理現象の結果であろうと思われる意見を解説として付けて紹介していく。歯車技術に係る人々が歯車損傷に出くわし、自分の目でそれを見て評価しようとするとき、先人にはこのように見てきた人もいますよということを知って、自分の頭で考えて理解し、判断を下して知見を広げていくのが、歴史が証明している人間の知的進化の正しいあり方である。本書がそのための何らかの参考になれば、これに勝る喜びはない。そのような態度が日本の技術立国を支えていくのである。

歯車の損傷名は、歴史的にその外見から決められてきたと思われる。現場の機械技術者の実務的な会話において、状況の相互理解を助けるための専門用語として生まれてきたものである。例えば、「スクラッチング」というのは、歯面に引っ掻き傷がついている状態の総称で、その原因とかには関与しない概念であり、「スコアリング」とは、熱帯のスコール（大雨）のように歯面に縦方向の傷が付く状態を指しているのが大元である。その原因について云々する議論が出てきたのは後世、機械工学の研究が盛んに行われるようになってからである。「ピッチング」とは、歯面に小さな穴凹（ピット）ができる状況を言ったものであり、「スポーリング」とは、歯面がズルッと剥ける状態を言っていたのに過ぎないと思われる。ところが学術的に、摩耗や表面接触疲労の基礎研究とかが進むにつれて、各種損傷につき、その発生原因と損傷進展の状態から分類する学術的な損傷名が与えられるようになっていった。これに伴い外見に依って付けられていた歯車の損傷名と学術的な損傷名との関係が検討され、その生まれの違う両方の名前が共に混在して残るようになってのが現状であると思われる。その結果、損傷用語の定義において、学問的な発生メカニズムから付けられた損傷名と見かけから付けられた損傷名との間にどうしようもない不整合性が存在するようになってしまった。例えば、軽度のスクラッチングのほとんどは潤滑油中の摩耗粉とかの異物のかみ込みで起っているもので、これは「異物のかみ込み」の一形態であるとするのが損傷原因と対策を立てる上からは有効である。しかし、もう少し酷いスクラッチングにおいては歯面の「凝着」、あるいは、「凝着摩耗」が起こっていることが多い。そうするとこれは「スコアリング」と何が違うのかということになるし、「凝着摩耗」と「スカuffing」とはまた何が違うのかといったことにもなる。

もう一つの問題は、損傷の形態は歯車の運転時間の経過に伴い変化していく物理的状況がもたらすものである。例えば、本書の各章節にまとめられている損傷名の大見出しを、運転時間の経過に伴い進展する歯車損傷、そして歯車寿命に至る一過程として捉えたと、その状況は、図0-1のように表現できる。損傷の説明をしようとした時、必然的にその原因と損傷の進展の経緯について述べるべきであろうが、そうすると、ある損傷名についての説明と、その損傷の進展過程の各所に存在する損傷名に関し、本書の他の箇所に書かれている説明との間で多くの内容が重複記述してしまうことになる。しかし、一方には、重複記述はできるだけ避けたいという編集上の強い希望があるので、これを尊重すると、ある損傷について、その原因や進展経緯について理解するにも、本書のあちこちに分けて書かれている多くの他の損傷についての記述を合わせ読まないという理解ができなくなるという問題を生じる。

本質的にこのような状況を回避できない矛盾の中にいる状態であるにもかかわらず、本歯車損傷大全は機械技術者が歯車損傷に出くわした時、その外観から原因究明と対策の立案の助けとなる情報を、過去の経験からある程度与えることができるという希望から編集されている。各々の損傷名のところの説明において、若干の内容的不整合性、あるいは、不備があると思うが、上記のような理由の結果であり、何卒、少し大目に見ていただければ幸いである。

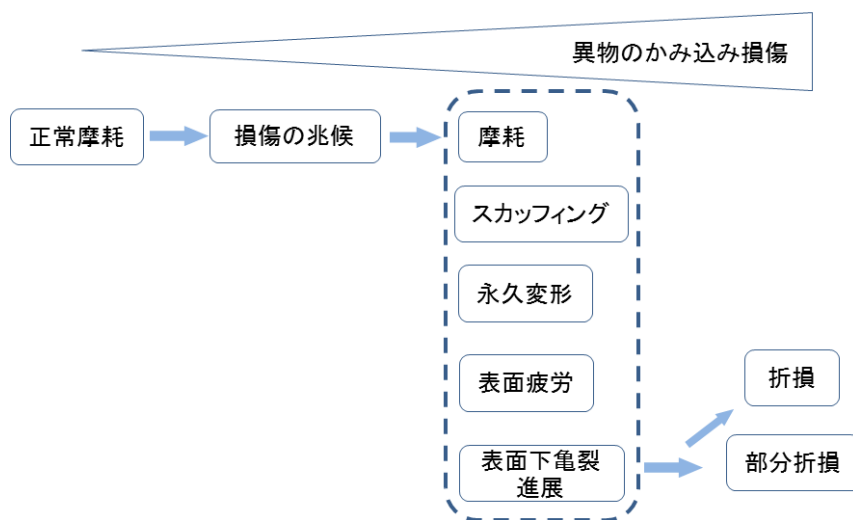


図 0-1 歯車損傷が起こる経緯，損傷名と損傷進展の継時変化