

# 絶滅 危惧科目

—— 基盤技術維持のための再考 ——

👉 第12回(最終回)

## 歯車事情

我が国の産業を支える基盤技術の維持に向けて、  
講義内容が縮小された科目の重要性と位置づけを再考・提言する

### 近年の歯車設計について

この50年で歯車設計の環境は電腦ソフト化し、歯車の基礎や加工原理も理解されないまま、ボタンを押せば答えが出て、加工機もNC化されて熟練技術をあまり必要としなくなった。そのため、問題が発生した時にはどう対処して良いのかが分からない状態が発生する。ある老練歯車コンサルタントの話では、「以前は、図面を持ってこられての相談もあったが、最近はそのようなこともなくなった。今まで中核となっていた人たちが定年退職され、技術の伝承が停止してしまったことがこの原因ではないかと訝られる。図面も昔の図面をCADで綺麗にするだけの作業になった例が多い。古い図面はしっかりしたものが多いが、新しい図面は、漏れがあったり間違っていたりするものが結構多く、基本的設計ミスも修正されず新図面が作成されるのも一般的である。設計を外注に丸投げしている傾向も強いようで、外注先が上げ膳据え膳までしないと何もできない状況になっていることもある」。

しかし、このような状況に対する人材の育成が必要であると考えている教育関係者の割合は、全体としてはそれ程大きくない。時代(文科省、マスコミ)の要請による新しい科目(例:SDGs科目、AI関連科目、データサイエンス科目etc.)の方がより重要と考える人が多く、歯車や機構学などの講義が弱体化しているところが多い。大学や高専の多くは、製図や実習等実技に関しても十分な時間が取れない上、大学の施設管理が厳しくなって時間外に残って図面を描かせることも許されない状況である。実験や機械製作などの実技が、財政面と安全対策の点から進められないことがあり、また、教員を募集しようとしても人材不足の上、教員採用時の論文業績至上主義による必要教育内容とのミスマッチの問題が良く起こる。講義のレベルも中位以下の学生にあわせる必要から、年々低下してきている。昔は書店の専門書の棚に歯車や機構学の本が多くあったが、近年は専門書の棚が寂しくなり、自学自習もできない。日本の衰えを象徴しているようである。

### 効率アップの裏で技術力の低下も

振り返って今から50年以上昔の京大機械科を思い出すと、優秀な学生は麻雀ばかりしていて大学にはほとんど出ず、卒業した。したがって、就職した時点では、基盤機械技術の知識はそれほど深くなってはいたはずがなく、今の新卒者とあまり変わらないと推察できる。しかし、彼らが実業界で一流の機械技術者に育っていったことを考えると、就職後の各々の職場での環境、そこでの教育、自己研鑽が功をなしたものと断ぜざるを得ない。当時の会社には、歯車を良く知る先輩が身近にいて、ほぼ白紙の状態で入社した新人でも比較的短期間で一通りの歯車に関する知識を得ることができ、難しい技術課題に直面しても、社内のオーソリティがしっかり指導した。また、すぐ隣の工場で自分が設計した歯車装置が生産されるという環境は、抽象的になりがちな技術の世界を現実世界に繋ぎとめるのに非常に重要であった。しかし、図面担当、加工担当、組立担当、評価担当…のように仕事を細分化して効率アップを狙うようになり、担当範囲外は考えなくなった。また、日本の経済成長とともに安価な海外製品を調達する流れが加速し、内製していた歯車装置の多くが海外からの調達品に変わった。購入仕様書作成は設計者の仕事であるが、歯車の製造現場を見たこともない設計者に満足な仕様書の書ける訳がなく、結局、何十年も前から代々受け継がれている過去実績から、一步も踏み出せないことになる。海外調達を含め、自社製造から購入品へ方針転換を図ったところから、生産現場は衰退し、生産技術が失われる。生産技術の裏付けのない設計図や仕様書はかえって有害になる恐れがあるが、それを自覚できない技術者が育ってゆく。いったん内製から外部調達に方針が切り替わると、人材補給、設備投資がストップし、生産技術を中心に技術力が急速に低下し、これを復活させることは投資面(人・もの・金)で非常に難しい。



図1 自動車駆動用程度の小モジュール浸炭焼入れ歯車の歯面フレーキング損傷

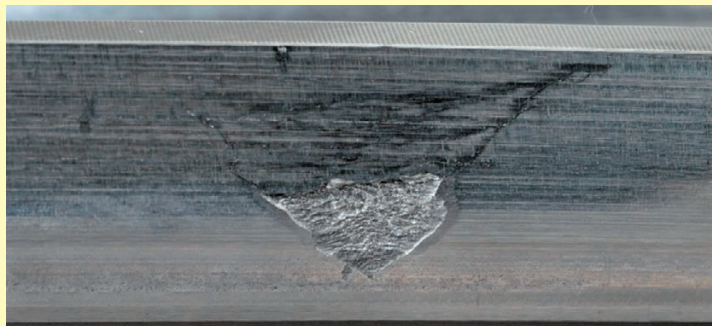


図2 中程度より大きいモジュールの浸炭焼入れ歯車の歯面フレーキング損傷

### 歯車装置の損傷、不具合について

近年の歯車装置には、小形、軽量、大伝達力・大パワー容量、高効率、低振動・低騒音が求められる。これらの性能を良くする技術はすべて、すでに完成した歯車技術の上に立つもので、基礎を識る人材が不足する中では対処が難しい。戦後の日本復興期に鋼材の品質が急激に良くなり、少々強度設計を誤っても事故は起きなかった。このことを設計法の信頼性と誤解し、現有強度設計法の神格化が起こったのかもしれない。例えば歯面の耐久性の検討では、接触面の強さはヘルツ接触応力が支配しているという考えが聖典となっていて、その考えから抜け出て物理現象として現実の損傷を見ることができない。図1・図2は近年の重負荷歯車で頻繁に起こる歯面損傷であるが、この損傷の原因を歯面の接触応力が過大になった結果として処理する歯車技術者が多い。しかし本当の物理現象としては、①歯先エッジが相手歯元歯面を攻撃して溝状の摩耗を生じさせ、②かみ込まれた異物がそこに衝突して微細亀裂を作り、③それら微細亀裂が長い運転を経て進展して最終的な歯面剥離に至る経時的なものが大半で、剥離箇所の接触応力過大が損傷原因ではない。

また歯車の歯には、折れないための韌性と歯面の耐久力が求められるので、通常、浸炭焼入れされる。浸炭は雰囲気中の炭素が歯面から内部に熱拡散することを利用しているため、雰囲気に晒され難い歯幅中央部の歯元には炭素が入り難く、また冷却速度も遅いので、焼入れても硬さがエッジ近く程には上がらない。このような硬さ分布は先に述べたエッジ攻撃による歯面損傷引金となる微細亀裂の発生にも関係するはずであるが、誰もそれを言わない。すでに完成したと信じている歯面強度設計の聖典にそんなことは書いてないからである。

歯車装置の振動や騒音の発生は状況がもっと複雑で、その対策は真摯に物理現象と向き合わねば達成できないものである。また、動力伝達効率の向上に向けての対処も同様である。

### 企業経営から見た歯車技術

企業の経営は利益を上げることが目的である。技術者の育成を含め、歯車技術を維持向上させていくのが非常に投資効率の悪いことは、技術を理解できない経営者でもすぐに気が付く。社長の多くは自分の任期中の業績に興味があるので、外注や外部委託でこの投資効率の悪い分野を切捨てられるのなら、先々の技術空洞化の恐れなどは無視して、経営はこの方向に進む。その意味で“日本の機械技術”を絶滅危惧種にしたのは短期的金勘定しかできない企業の経営者かもしれない。もっとも、企業経営者がこのような態度を取らざるを得ない原因には、グローバルゼーションでサプライチェーンが全世界的に広がり、カタログ内容が同じならば、安いものしか売れなくなった経済構造の変化と、会社が競争に負けて潰れてしまったらどうしようもない現実がある。投機で効率的に金を儲けるのが善、働いて金を儲けるのは非効率で馬鹿、と言う博打打ちの論理が、現在、日本人の頭の大半を支配してきている状況もある。また、日本で若者が機械技術者になりたがらない本当の理由には、機械技術者になって一生貧しく暮らすより、楽をして多くの収入が得られる職業に自分の子供を就かせたいという親心があり、本人もそれを希望するためであろう。

本稿の参考に調査した資料は文献(1)に掲げるので参照されたい。

#### 参考文献

- (1) 歯車事情 調査アンケート, <https://www.rias.or.jp/wp-content/uploads/2024/10/Gear-situation-Survey-Questionnaire.pdf>.

<名誉員>

久保 愛三

◎ (公財) 応用科学研究所 理事長

◎ 専門：機械工学、機械装置、歯車トラブルシューティング