

*****JSME からの依頼の主要部*****

久保 愛三 先生

お世話になっております。日本機械学会、事務局学会誌担当の大黒と申します。

突然の連絡で恐縮ですが、機械学会誌の連載企画について相談があり、連絡させていただきました。

機械学会誌の 2024 年 1 月号から全 12 回の連載で、従来は機械工学の主要な科目であったが、現在ではその講義がなくなる、あるいは講義内容が大きく変わってしまったり縮小されてしまった科目について、科目の持つ歴史的背景や知識の体系・科目履修の重要性あるいはこれからの科目の在り方などについて産学からの提言やコメントを寄稿いただく企画を実施しております。

本企画は「絶滅危惧科目-基盤技術維持のための再考-」と題して、蒸気工学、ねじ、流体機械、化学工学、金属工学、内燃機関、機構学、設計製図、溶接、塑性加工を取り上げます。

本企画の最終回（12 月号）で、歯車についてご執筆をお願いしたいのですが、ご検討いただけないでしょうか。

分量は、2 ページ（約 3,000 字程度）です。

なお、本企画と同趣旨の動きとして、関西経済連合会が提言を出されています。

<https://www.kankeiren.or.jp/material/pdf/110823%20Rikoukei%20jinnzai%20Teigen.pdf>

唐突のお願いで大変恐縮ですが、ご検討のほどよろしく申し上げます。

これを受けての、久保からの歯車関係者への質問内容

*****大学の先生宛の依頼内容*****

私は現在の機械系の授業カリキュラムの状況を全く知りませんので、情報の提供をお願いする次第です。

- ① 現在の機械系におけるカリキュラムの主要部
- ② その中での基盤機械工学の位置づけと実施出来る講義内容（きわめてラフな情報だけで結構です）
- ③ カリキュラム作成時の教育目的・意図、それを実現するためのカリキュラム作成上の難しさ
- ④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

*****企業の方への依頼内容*****

私は現在の産業界のこの方面の状況を全く知りませんので、情報の提供をお願いする次第です。

- ① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化
- ② 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化
- ③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 50 年前からの変化
- ④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

寄せられた情報や意見

出来るだけ原文のままで掲載していますが、投稿者の身元や本文中の会社名などは、起こりうる色々な問題を避けるため、編者が独断で不明にしています。ご了解の程、お願い申し上げます。

*****元大企業 研究・品証； 元大学教員*****

大学の絶滅科目「歯車」?について、企業と大学で教育と技術開発を経験して感じたことを、コメント連絡させていただきます。最近の国立大学法人の内情をよく知りませんので、大学も様変わりしているかもしれません。何処かに参考にしていただける箇所があれば幸いです。よろしくお願い申し上げます。

1. 企業での「歯車」教育取り組み事例

弊社では社内の研修センター（弊社および関連会社のための集合教育施設）での歯車教育は2講座

1) トライボロジー設計技術講座（トライボロジー学会誌トライボロジストで公表済）

	8:00	12:00	13:00	17:00	18:00
第1日目	開講式 トライボロジーの考え方 (トライボロジーの基礎、企業での主要課題解決への取組み方)	すべり軸受設計技術 (流体潤滑メカニズム、すべり軸受の種類と特徴、すべり軸受設計手法、軸系設計手法)		懇親会	自習 (トライボロジーの基礎)
第2日目	すべり軸受設計技術 (すべり軸受動圧発生実験、設計演習：ジャーナル軸受)		歯車・転がり軸受設計技術 (弾性流体潤滑理論、転動面設計、歯車設計、転がり軸受諸元設計、歯車継手設計)	歯車・転がり軸受設計 (設計演習：転動面、歯車、転がり軸受信頼度)	
第3日目	シール設計技術 (シールの種類と特徴、非接触シール設計手法、接触シール設計・選定手法、設計演習：非接触シール、接触シール)		境界潤滑設計技術 (設計手順、焼付き限界マップ、摩擦面温度推定)	境界潤滑設計技術 (設計演習：耐焼付き設計)	
第4日目	境界潤滑設計技術 (焼付き、摩耗限界向上策)	固体潤滑設計技術 (焼付き・摩耗限界、特殊環境対応)	トラブル事例 (社内事例：社内最新開発技術)	閉講式	

狙い：共通基盤技術としての機械要素のトライボロジー技術を考える

時間：講義時間は約50時間（大学の1コマ1.5時間に換算すれば、33コマ相当、2期分相当）で、宿泊施設で夜間は自習・復習

内容：業務に使えるレベル

（大学での講義レベルより高く、実用事例、トラブル対策など、企業活動にそのまま展開できる）

取り上げる機械要素：流体潤滑（すべり軸受、非接触シール）

混合潤滑（歯車、転がり軸受、トラクションドライブ）

境界潤滑（すべりブシュ、摺動面、ピストンリング）

固体接触（摺動面摩耗、固形異物エロージョン摩耗）

歯車の位置づけ：多くの機械要素の一部として、転がり要素（歯車、転がり軸受、トラクションドライブ）として取り扱う。他の機械要素と同時に講義することで、歯車特有の難しさを理解させる。

設計演習：歯車歯面強度設計計算

現状：内容を更新しながら、年1回実施（受講者10～20名/回）

2) 動力伝達システム設計講座

時間：講義時間約30時間

内容：動力伝達システムとして、機械式（歯車、トラクションドライブ）、流体式（油圧、空圧、水圧）、電気式（駆動モーター、制御モーター）

狙い：種々の動力伝達システムを選択肢の一つとして考える。製品の競争力強化、高付加価値化に**最適な方式を選ぶ**

歯車の位置づけ：歯車の使用効果は、他の方式を同じレベルで知ること、初めて理解できる。動力伝達システムを設計するうえで、いわゆる歯車しか使えないことにならないように。

現状：歯車の外注化が進むに伴い、講座の実施は中断中

2. 重機械メーカーでの「歯車」の取り扱い

1) 機械要素としての歯車の位置づけ：歯車は特別な機械要素ではない

重機械メーカーで重要な機械要素は、軸受、歯車、シール、摺動面（ピストンリングライナ）などの順番で、昔から「歯車」を特別な機械要素として扱っていない。変速機のない大型回転機械も多く、軸受の方が重要機械要素でありました。

2) 機械システムの一要素として、他の機械要素と組み合わせてシステム高度化を図っている

重機械メーカーでは、製品（機械システム）開発段階で、どの機械要素が厳しくなるかを常に考え、たまたま歯車が厳しいとなったときに、歯車技術開発が進みます。

すべての機械要素についてあるレベルに達していないと、製品開発ペースに追いつきません。

そのため以前は、**機械要素の研究開発は必要時にやるというより、日々要素技術の進展に対応し、イザというときに、蓄積した技術を使うという進め方をとっています。**

なお、最近では機械要素（歯車も）を自主技術開発のない外注部品として、開発しない傾向が進んでおり、明らかに機械製品高性能化競争のスタートダッシュが切り難い状況が生まれています。

昔は、要素から開発すると他社と競合できる製品にならない。**と思っていましたが、多くの会社がそうなるようになってきたので、要素外注もさほど大きな問題ではなくなってきているようです。**

※重機械メーカーの内作状況（メーカーによって若干異なりますが、概ねはこのような方向かと）

内作を維持： 大型エンジンのピストンシリンダ、大形タービン用すべり軸受、大形船用船尾管軸受、軸、ラビリンスシール、ねじシール、摺動部品

内作から外注傾向：**大形歯車（変速機）、航空機用変速機、油圧シリンダ**

外注に移行済：**小形歯車、トラクションドライブ、歯車継手、弾性継手、大形ボールねじ（送りねじ）、小形船尾管軸受（ゴム軸受）**

もともと外注：**転がり軸受、小形すべり軸受、オイルシール、メカニカルシール、小形ボールねじねじ・ボルトナット、ベルト、（発電機・ダイナモ）、磁気浮上軸受、ピストンリング**

3) 企業の機械製品高度化ニーズが減退しているため、「歯車」高度化ニーズも減退している

かつての高度成長期には、世界と競合し追いつき追い越せの時代では、機械製品の高性能化がセールスポイントでした。変速機の高性能化、大出力化ニーズも高く、技術開発が必要で、必然的に国内の大学にも開発支援要請が出ていました。

現在、世界で機械製品性能向上ニーズが停滞しているため、変速機性能向上ニーズも停滞しています。

過去に歯車研究をし、現在他の専門に転向した多くの大学教員経験者は「歯車技術は飽和した、あまりやることはない」と言いますが、的外れのように感じています。その理由は、何に対して飽和したというのかを考えるとわかります。

その研究者が到達した時代の機械性能目標に対して飽和したことであり、時代が進めば、技術目標が上がり、飽和することはありません。

機械要素の技術は、その応用先である機械製品の性能ターゲットが上がれば、果てしなく向上させねばならないもので、**要素側から飽和したと言うような考え方はできません。**新たな機械環境、製品環境を目指せば、それなりに高度化した機械要素が必要になってきます。

「歯車」「軸受」「ねじ」「シール」などの機械要素技術が現状のままで、機械システム製品が世界トップに抜け出せることはありません。逆に、上記のことに気づき、日常的に要素開発に注力している企業にしか、先行のチャンスは巡ってきません。

4) 大学での「歯車教育」「歯車技術開発」への期待

企業と大学に所属してみても「歯車」の教育を行った経験からすれば、**主要企業は大学での歯車教育には期待していない、科目がなくて当たり前のように思います。**これは今に限ったことではなく、高度成長期でも同様なことでした。企業が歯車開発を必要としていた高度成長期には、大学の「歯車」に関する研究論文が量産されましたが、**その中で大学で「歯車」教育（科目）が行われていたようには感じていませんでした。**従って、**新入社員も「歯車」が専門？などはいませんでしたので、企業では入社後に教育するしかなかったのが実情です。**

5) 私見： 大学での「歯車」の取り扱い

将来必ず機械システムの性能目標値が上がると考えれば、その時期に対処する若手（大学生、高専）に、その時に備えての教育を行うのも本来の大学の使命だと思います。しかし、**歯車が絶滅危惧科目になるということは、大学と産業界で、歯車を活用した機械システムの高性能化の将来ビジョンが共有されていないことが大きな原因のように思います。**

しかし、このようなことは今に限ったことではなく、以前から「科目」として取り扱われたことはなく、機械設計科目の機械要素のごく一部として取り上げられていただけのように思います。

「歯車研究」を行っていた大学では、大学院などでの歯車関係の修士論文テーマに係る学生が当該教員から「特別な歯車講義」を受けていたことはありますが、それは狭い研究室レベルの話で、大学カリキュラムに関係する話にはなっていませんでした。

古い話（昭和40年代）で恐縮ですが、高度成長期で船用タービンとその減速歯車の出力化、大型化が進んでいたころ、自動車ではトヨタのカローラが新発売された頃です。私が在籍していた工学部生産機械工学科では、なんと「歯車」という講義が必修科目でありました。歯車の設計と加工に係ることをひととおり履修しました。特殊な学科だったと思います。これは、歯車工作の研究をされていた和栗先生が、学科設立に大きく関与されていたことに由来するもので、同じ工学部機械系の機械工学科や動力機械工学科には「歯車」に関する科目はありませんでした。

当時（昭和40年前後～）は、歯車3研究者（東北大成瀬先生、東工大中田先生、九大和栗先生）が学士院賞を受賞された時代で、産業界の歯車開発ニーズが強い時代でしたが、工学部の中での「科目」は特に歯車をということにはなかったように思います。修士課程在学中には、機械工学科の機械設計、機構学（歯車機構はいつも期末試験問題になっていたようです）、

潤滑工学（トライボロジー）や流体機械の先生からは、生産機械工学科のかなり歯車に特化したカリキュラムに対して、もっと広く機械や機械要素を知り、歯車しか知らない「歯車屋」にはなるなと、諭されたこともあります。日本には他にも開発して行かねばならない機械製品が多くあるので、いきなり歯車のような小さな機械部品に取り組むのではなく、もっと幅広く研鑽した方が良いというような趣旨でした。納得でした。

機械工学科の「歯車」の認識はそのように冷めたもので、これが多くの大学子学部の普通の歯車認識だったように思います。

機械製品を作る企業で活動してみても、その意味はよく分かりました。「歯車」だけでは、企業内では

あまりにも狭い専門領域であることが分かりました。

6) しかし、企業ではなお主要機械要素としての重要性は失われていない。教育は自前で行う。

世界と競合するためには、工学部卒業生の学力（技術力）が心配。

各企業のレベルで自前の教育が行われています。日本歯車工業会のギヤカレッジですが、大学でこのボリュームで科目として行われたことはありません。大学（学問）から産業界（技術）への移行を具現化した例と思います。

企業やギヤカレッジで歯車の話をしてみてください気になることがあります。演習をしてみるとよくわかります。ギヤカレッジなどのテキストのレベルに、受講者がついてこられていないのではないかと心配です。

歯車を議論する以前の問題として、「歯車はもとより」、「歯車を理解するための基礎科目の勉強不足」なのではないかと思えます。工学部機械系に進学する学生の学力レベルが低いのか、4力をはじめとする基礎科目の習得を甘くしている（単位は取って卒業しているわけですから）のか、**必修科目の習熟を徹底しない安易な大学教育にも、卒業生の技術力低下の原因があるように感じます。**

ある程度の歯車関連の製品や技術がある企業は、「4力」も「歯車」も大学で習得できていないことを前提として自前教育などで対応していると思えます。

これは歯車に限らず軸受なども同じ状況です。

3. 工学部、高専での「科目」

1) 科目の存廃は大学経営の考え方に依存

大学の教育科目の存廃は、大学と産業界が相談して決めるものではなく、大学が産業界の動向を見ながら、自主的に決めて行っている。

「絶滅危惧科目」というような言葉は「大学の価値観」に依存した表現です。

「大学の価値観」特に「工学部 Engineering」は、社会文明の変化に追従する応用科学（人の安寧に貢献するものを工学という）です。人のためになるなどのハードルがない大学の基盤学部「理学 Science」（数学、物理、化学・・・）関連の科目が永遠に（多分）無くならないのとは異なります。

文明社会で「人々の安寧を生み出すことに貢献する、すなわち役に立つ」ことの認識は、時代とともに変遷して行きます。

日本の工学部をイメージすると、役に立つことを判断する対象が、産業界（企業活動）の動向に依存しています。すると大学の規模が限られていると、より産業界のニーズ、すなわち大学の手を借りてでも手にしたい技術が学問（研究テーマ）となり、付帯して教育科目となる。産業界が技術を手にすれば、学問の必要はなくなる。無くなりつつある、すなわち産業界の技術として役に立つようになった教育科目を「絶滅危惧科目」と言っているように感じます。本来の大学の姿（理念）として、社会や環境の変化にも動じない、人類や文明の進展に寄与する基本的な知見や知識を生み出す場と考えると、理系では理学部のような内容を当てはめがちです。しかし、その由来からして日本の工学部は産業界が必要とするものに特化して行かざるを得ないもので、工学部は産業界の実験室の様相を示しています。もちろんそれが悪いということではなく、当然の進め方と思いますが、そう考えると、工学部で教える科目の盛衰が理解できると思えます。

2) 産業構造の変化に対応した「絶滅危惧科目」という表現

工学部の教育科目の動向は、大きな日本の産業構造の変化の影響を受けている。

例えば、かつての機械工学科の花形科目は、基礎科目 4 力学（材料力学（静力学）、機械力学（動力学）、熱力学、流体力学）と**その時代の主産業に関連した応用科目**でした。

（不正確ですが）

昭和 25～40 年頃 石炭採鉱関連（掘削、石炭粉碎、石炭炊きボイラ、蒸気タービン、発電機、歯車やワイヤロープ）、蒸気工学、ねじ、流体機械、化学工学、金属工学、内燃機関、機構学、設計製図、溶接、塑性加工

昭和 35～45 年頃 石油関連（輸入石油依存）（石油専焼ボイラ、蒸気タービン、ガスタービン、発電機）、蒸気工学、流体機械、発電機、原子核工学、化学機械・・・

昭和 45～平成 石炭関連（輸入石炭依存）（石炭炊きボイラ、蒸気タービン、発電機）、ファインメカニクス、ロボット、計算機・・・

令和～ メカトロ、MEMS

さらに現在、機械系で復活や更新、存続を議論すべき科目がある。原子力利用（政治的な意味も含め確実に将来のキー技術）、輸送機械（自動車、船舶、航空機、ロケット）、知能機械（機械制御、メカトロ）、非化石燃料利用、水利用、バイオ、医工・・・いろいろな科目が考えられます。

誰かに仕組まれた温暖化→CO2 削減ビジネスが世界に蔓延した今、そのトレンドをうまく利用して新たな機械製品を生み出して行くために、必要な技術があるような気がしています。CO2 削減が水戸黄門の印籠になってしまったので、そのトレンドの存否を議論しても始まらない、CO2 を言い出した人の勝ち！、トレンドに乗っかるしかないのが、機械産業界の進み方になっています。

現在はその方向で、大学の科目（ひょっとして大学自体）の存廃が決まっていっています。すべては「**大学の価値観、大学が生き残るための仕業**」で生じていることです。そこで、機械学会は「学問」すなわち大学中心で動いていますので、**産業界では思いもつかない「絶滅危惧科目」というような表現が生まれてきたのか**と思います。

3) 「**絶滅危惧科目**」になった理由は、**大学（学問）と産業界（技術）の分担が変わった、とも考えられる**

「絶滅危惧科目」と言われる科目は、産業界で必要が無くなれば、自然に絶滅する。

日本の工学部で消滅して行ったあるいは消滅しつつある科目を次のパターンがある。

（太字は今回、機械学会がリストアップした絶滅危惧科目を下記に分類してみると良いと思います）

1. 学問（研究開発の対象）であるが、産業界のニーズが弱い
2. 学問（研究開発の対象）であるが、大学では産業界のニーズに対応できない
3. 学問（研究開発の対象）であるが、発展的に他の科目に変化
4. 学問（研究開発の対象）ではないが、産業界のニーズで残っていた
5. 学問（研究開発の対象）ではないが、産業界でのニーズもない
6. 学問（研究開発の対象）ではないが、産業界のシーズになる
7. 学問（研究開発の対象）ではないが、産業界のシーズにもならない
- 8.

4) 「**技術（産業界）**」が「**学問（大学）**」を超えて行くと、その科目の教育と進展は「**技術**」側に移行する。 そして大学では「**技術**」になった科目の代わりに、新たな「**学問**」が入り込んでくる。

「歯車」においては、現象が十分に解明されていなくても、現実には多くの課題が解決されています。過去の研究成果や経験によって、ほとんどの課題が実用上問題ないレベルで解決されてきています。

「工学」的視点で見れば、このことは「学問（大学）」が「技術（産業界）」を追いかけている状況です。

技術が学問を超えると、大学での研究や教育はさほど必要ではなくなります。

産業界が自主的に技術活動できる状況に到達すれば、大学での研究活動要請もなくなり、研究項目から外れて行き、研究者もいなくなり、必然的に科目も消滅してゆきます。ということになったのだと思います。

このように「歯車」に限らず、大学での研究レベル（学問）を企業（技術）レベルを超えたものの教育は「技術側（産業界）」に移行してゆきます。

「学問」が「技術」に追い越された科目は大学でやる必要もなく、科目が消滅して行きました。

移行にあたって、産業界側では各企業の教育能力の有無が問われ、問題が出てくる企業も出ます。

教育できない企業にとっては、何とか大学で教育して欲しいと思いますが、技術が学問を追い越した領域のことは、もう大学ではやりません。

なお、心情的には残してやって欲しいと思いますが、**大学は新たな「学問」に取り組む必要があり**、技術になった科目をなくして行くことは自然なことだと思います。やめることを産業界に相談する必要はなく、もう学問ではないと思えば、自主的に廃止できるのが大学だと思います。

私の経験ですが、実際に修士課程から某重機械メーカーの研究所に就職したときに、「歯車」に関しては、学部や修士課程でやっていたことの方が会社の研究開発の技術レベルより高いのではないかと感じました。学部の講義ノートは、会社での研究活動に使えるレベルでした。

実際、会社からの歯車やトライボロジーの教育は受けないまま、多くの製品の歯車開発に係ってゆきました。

この時代は、未だ「学問（大学）」が「技術（産業界）」を上回っていたとの実感がありました。

6) **機械学会で採り上げた絶滅危惧科目の問題は、個々の科目内容だどころではなく、「機械工学、機械工学科」の在り方の問題ではないか**

「ねじ」や「内燃機関」などを個々に議論しても、その分野専門の人からは見えない力（大学の価値観）で決まっているような話

「歯車」科目の質は、歯車研究をしている大学の方がより高度（産業界で使えるという意味で）でした。

機械工作、機械要素（機械部品）設計、機械製図、機械工作などは徐々に科目から消えて行き、代わりに、電気・電子・情報・応用科学・バイオ、機械システム制御（ロボット）や技術経営などが入ってきたように思います。

機械工学は、何でもありのところですので、機械に必要な新規な内容がどんどん増えてきます。すると、科目を新規に変えて行くに伴い、多くの大学の機械工学科の名称が変わり、今や機械工学科という学科を持つ大学は少数派になってしまいました。

新しい学科名を見ても、その中に機械、ましてや絶滅危惧科目の有無など全く想像できません。**大学の教育可能ボリュームが変わらないとすれば、絶滅危惧科目に代わる「新科目」が入ってきているはずで、そこに「歯車」の居場所はないということだと理解しています。**

7) **しかし、絶滅危惧科目は産業界独自で教育しているので、大学から絶滅しても問題はない**

本メール冒頭の内容の繰り返しですが、某重機械メーカーで、研修所（社内教育）での、トライボロジー、動力伝達システムなどの教育を行ないました。これらは大学でほとんど教えなくなっていた科目だったのと、大学のレベルより企業ないレベルが高いという理由もありました。

「トライボロジー」は機械設計の一部として歯車、軸受、シール、摩擦、摩耗、潤滑（油膜計算）、

「動力伝達システム」は歯車変速機、油空水圧駆動（変速）、電動機駆動（変速）の内容を決め、実行していました。

私の狙いは、「歯車」だけを研究したり技術開発してもダメ、社の機械製品に使うためには、他の要素「軸受」「シール」をしっかりと、研究しておかないと、いざというときに、軸受技術不足で良い製品開発にならない。という点でした。歯車装置のトラブルの半分は軸受という現実を見ようということです。

ただ、歯車は他の機械要素より内容が難しい、逆に言えば**歯車が理解できたら他の機械要素は簡単に理解できる**、ということで、歯車は相当詳しく社内教育していました。歯車のためにも、歯車の周辺技術、競合技術を知ることが、必要ということで、電動機やトラクションドライブ等も考えられるようにということで、進めました。

今思えば、**歯車は多くの機械要素のひとつだが、内容や現象が難解なために、「学問」たり得た（大学で取り扱えた、研究論文も書ける）**もので、時がたち、時間がかかったがやっと、「**歯車技術**」が「**歯車学問**」を超える時期になり、**企業で教育できるようになった（企業でやるしかない）**ように思います。

軸受やシール、ねじなどと同じ運命（さだめ）のものと思っています。

4. 機械学会の「絶滅危惧科目」という言い方に違和感あり

機械学会の誰がリストアップしたのかわかりませんが、面白おかしく「**絶滅危惧科目**」というような、わざわざその技術領域を「**貶める**」ような用語を使うことになったようです。この言い方は、もう要らなくなった技術領域のような印象を与えるだけで、その道の専門技術者の意欲を削ぐだけで、何のメリットも生まれません。

機械学会企画の皆さん（中にはかつて大学生だった企業の人もいると思いますが）の言い方はまったく、**大学人の技術に対する見方、価値観に由来する偏った言い方で、産業界の技術者から見ると違和感があります**。機械学会の価値観はほぼ「**大学**」の価値観なので、仕方がないことかもしれませんが、日本機械学会誌は国内の主要学術誌ですので、国内へのその影響力はまだ残っていると思います。そこで学会誌には、「**絶滅危惧科目**」の定義、なぜそういうのか、その言葉を発する主体は誰なのか、を明らかにしなければ、**機械学会が「絶滅危惧科目」と認定し、その科目や関連技術が不要な技術であるとの、誤ったメッセージになるリスクがあります**。

すなわち、「**大学の学問**」「**産業界の技術**」の在り方、変遷を考えると、全ての技術は、時代の変遷とともに、「**学問**」から「**技術**」移行してゆくもので、**機械学会での連載記事が、大学で教育する必要がなくなった内容は不要な技術であるとの誤解を与えないようにしてほしい**と思います。

大学で教えなくなった理由の多くは、それは技術が高度化し、「**技術**」が「**学問**」を超えた証の部分も多々あります。**機械学会会員には大学人だけではなく、産業界の人の方が多いためですから、その技術が世の中から消えてしまうような印象につながらないような、記事編集になるといいな**と思います。

*****自動車メーカ、設計*****

私自身が入社して 10 数年ですので、50 年前からの変化がわからず、諸先輩方や若手社員から聞き取りをした結果と自分の考えを回答します。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化

重要視されなくなってきたという意見が多いです。

企業としても基盤技術が必要という認識はありますが、そこに十分なリソース（人・モノ・カネ）をかける意識はあまり感じられないです。なるべく効率化して少人数で維持してほしいという印象を受けています。企業と

しては儲けや商品価値につながる技術に注力する必要があることは理解できますが。

② 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化

入社時点では昔と大きな差はないという意見が多いです。

昔も機械系以外の新入社員がいたので、新入社員時点で大きな差があるとは思っていません。

会社全体としての入社人数も減っているので、それに伴って技術力のある社員も減っているのかもしれませんが。

それと、若者全体のイメージとして、機械系の知識よりもパソコンに詳しい人が多いと感じます。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 50 年前からの変化

ここが一番大きな問題で、昔よりも進歩が遅いし、先輩方に追いつけていないと感じます。理由の 1 つとして、加工⇒組立⇒車載して自分で評価して図面に立ち戻るという一連の流れをやらなくなったことだと思います。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と、担当範囲外まで考えなくなるのかもしれませんが。

もう 1 つは、歯車加工に関する仕事も効率化(簡略化)してきたこともあると思います。歯車の計算も自分でやらずにパソコンに入力すれば答えが出るようになっていきますし、生産ラインも考え方を統一して同じようなラインを立ち上げるほうが安くできます。

効率化して浮かせた時間で新しいことにチャレンジすべきなのですが、なかなかうまくいっていない状況です。私自身も諸先輩方が築いてくれた地盤の上で仕事をしているだけなので、自分の考えが浅いなど感じることも多々あります。先輩方もどんどん退職されていますので、技術を伝えていくのが難しい状況です。

久保先生の書かれていた、技術と芸術は本来同じ意味という言葉を感じます。今日の頃です。自分の頭でものを考え、判断できるような人材をしっかりと時間をかけて育成していけたらと思っています。そのために、失敗や無駄を許容して未知のものに挑戦できる組織を目指していきたいです。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

少しでも若者が基盤技術に興味を持ってもらえたらと願っています。

私自身も面白さを伝えていかねばと感じています。

*****大手歯車メーカー マネージャー*****

従来は機械工学の主要な科目であったが、現在ではその講義がなくなる、あるいは講義内容が大きく変わってしまったたり縮小されてしまった科目について、科目の持つ歴史的背景や知識の体系・科目履修の重要性あるいはこれからの科目の在り方などについて産学からの提言やコメント

1. 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化

- ・ 昨今工場の製造技術として重要視しているのは、労働人口減少による自動化技術になります。

自動化=24hr 稼働へのスタートにもなりますので、稼働率の向上としても取組んでいます。

- ・ もちろん IoT に向けた技術も重要視していますが、IoT での情報収集だけではなく、集めた情報を AI を利用して色々な事が出来ないか検討を始めています。

例) 機械稼働率と負荷状況から、AI による最適生産計画の自動立案、部品の自動払出等々

- ・ 社内の加工機を見ると、M/C についてはほぼ歯車系の部品は無くなっておりモータに置き換わっていますが、テーブルの割出の様に重負荷を受ける部位については、まだまだ歯車であったりカップリングが残って

おり、歯車の需要がゼロになることはないと考えています。

歯車加工機もほぼ歯車レスの構造となっておりますが、重荷重加工の機械には残っており M/C 同様にゼロになるとは考えていません。尚、弊社加工機はまだまだ 50 年選手の機械が活躍しており、社内設備では歯車が必須ですが・・・

- ・製品としての歯車については、弊社は創業 85 年となりますが、製品としては基本的には創業時と同じ用途の製品需要があり、多くの製品用途は変わっていません。弊社創業当時もトラック及び建機の車両駆動用歯車であり、大型化・高精度要求に変わって来ていますが、基本的には同様な用途が継続されていますし、まだまだ大型車両の駆動系については、同様な需要が継続すると考えています。
- ・昨今の乗用車は電動化により T/M が不要となり、歯車は 2Speed G/B として残っているものの使用される数と種類は大幅に減少していますが、トラックを始めとして大型車両は電動化のパワートレインが定まっておらず、まだまだ T/M の需要は残っています。

特に日本の車両メーカーは、現行のパワートレインを活かした代替燃料エンジンや水素エンジンにも力を入れており、少なくとも 2030~2035 年までは現状状態が続くと考えています。

- ・従来と異なる需要としては、IoT 及び AI の発展により、電力需要が大幅に増加している事や発展途上国の生活レベルの向上により、紙(トイレットペーパー)の需要が増加する事が予想されている為、発電エンジン用や林業機械車両用の駆動用としての歯車の需要を想定しています。電動化を始めとして世の中の情勢が変わり用途は変わっても、歯車は必要とされると考えています。

2. 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化

- ・大学及び高専卒の状況を確認しましたが、今年入社から 10 年前までに入社したメンバーでは工学部の機械工学科出身でも、まったく授業で歯車を習ったことが無いメンバーが 10%程度いました。又授業で習ったとしても、機構学などの授業の中で、年間数時間の授業しか受けていないとの事です。
- ・10 年前以前のメンバーにも確認しましたが、同じ工学部でも工業大学や産業大学・高専では歯車に関する授業が半年くらいありますが、総合大学の工学部出身者では、上記の 10 年前までのメンバーと同様に、年間数時間の授業しか受けていません。
- ・更に 50 年前のメンバーでも、国立大出身者は歯車の基本的な部分以外に演習等で勉強していましたが、私立の総合大学工学部出身者は、前記と変わらないレベルの授業しか受けていませんでした。
- ・その中で研究室で歯車を学んでいたメンバーは、7・8 年前に入社した 1 名以降は一人もおらず、それ以前も歯車技術の研究というよりも、歯車を使用した機械の研究の中で歯車を設計したレベルがほとんどでした。
(私も同様ですが・・・)
- ・私が入社した 40 年前には、弊社にも 4~5 名は、装置の設計ではなく、歯車の研究者がおりましたが、現在は歯車単体の研究者は、ゼロと言った状況です。
もちろん歯車に関する製造技術の技術者は多くいますが、JGMA-X で取組んだような研究は出来ていません。
これは、弊社が歯車単体よりも ASSY としての販売に力を入れている事も関係していると思います。

3. 入社後の新入社員の歯車についての知識進捗状況の 50 年前からの変化

- ・50 年前は会社の規模も現在ほどではなく、人員が少なかった為、現場の作業員も歯車技術(加工技術を含め)を誰に聞いてもわかりましたが、現在の人員が増えた状況では、各工程が分業となり、現場作業員では歯車全体の加工を通して理解しているメンバーはほとんどいないと思います。
- ・弊社では歯車生産技術課が入社してからも歯車技術に携わる部署となりますが製造的な技術がメインであり、歯車単体は客先図面での生産の為に設計技術については知識進捗があまり出来ていません。
開発部も表面処理/歯面相度相度相度が歯車寿命にどの程度影響を与えるかという様な実験は定期的に行っています。

すが、あくまで装置設計のなかで、客先要求に応える為の実験であり、研究というレベルのものは出来ていないのが実情です。

- ・という事もあり、弊社メンバーが歯車知識を得る為に、大学・高専卒業生は必ず日本歯車工業会のギヤカレッジを受講させて頂いています。その他としては、機械学会のRCに参加させて頂き勉強をさせて頂いております。
 - ・50年前から知識進捗が変化したかという事に関しては、ほぼ50年前くらいから弊社の受注の中心がASSY品となっている為に、歯車単体に関する知識の学びとしては変わっていません。逆にギヤカレッジ開講（九州大学時代も含め）以降の方が、各職場メンバーが製造技術だけでなく広く学べるようになっています。
 - ・ギヤカレッジ開講から時間が経ってしまいましたが、1昨年からギヤカレッジ受講者による現場作業も含め、社内で歯車講習会を開いています。毎年20~30名が受講しており、分業となった事で、自分の作業しかわからないメンバーに歯車とはどういうものであるという事を学んでもらっています。
4. その他、何でも、この際世の中に行ってほしい希望・意見
- ・日常の業務で手一杯という事もあり、歯車単体での技術という事への取組が出来ていないことに危機感を持っています（弊社では、いくつかのギヤボックス製造会社の様に、歯車を進化させる為の取組が出来ていない）。中国の歯車メーカ（ASSYメーカ含む）が台頭してきており、従来までは市場不具合が発生するので実績のある弊社製減速機を使用していたものから、技術的にも安定してきたことを理由に、安価な中国製に切替えられてきている為、コスト勝負ではない技術的・強度的に負けないものを開発・生産したいと考えていますが、いかんせん弊社単独では時間も知識もなく大学や競合他社と共同で日本製が世界に勝てる様なものを取組めないかと思っています。
 - ・最初にも記載しましたが、環境対応＝電動化という報道が多く、実際のトラックメーカや建機メーカが取組んでいる代替燃料や現行パワートレインを維持した車両などが知られていない、もしくは低く見られている事に対して、正確な状況をメディアでも取り上げてくれると良いと思っています。

*****大手機械メーカー設計*****

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の50年前からの変化

土木構造物では、石の構造体が鋼やコンクリートとなり、鉄で補強した木杭がコンクリートや鋼管の杭基礎となり、人カクレーンが機械式になったりと、材料や道具の違いはありますが、本質的にローマ時代とそれほど大きな違いはありません。

いまのひとたちには目新しい、一見華やかな技術に目が向きがちですが、既視感のあるものも多くあります。まして、機械技術を50年スパンで見ると、いまのところ、動力伝達機構は歯車がカギであることは、変わっていないと思われま

② 新入社員の歯車についての知識の50年前からの変化

実務に近い応用技術ほど、社会に出てから教えられ／学んで身に着ける傾向にあり、それは、数十年前から変わっていないように思われます。

ただ、ネットに頼り本を読まなくなったことで、知識取得が受動的となり、その内容も皮相的な傾向がみられます。また、便利な道具が容易に入手できるようになったことで、あまり工夫しなくなったようにも思われます。いずれも環境条件によるものですが。

直近では、機械が専門でない新入社員がいることもあり、知識も十分ではありませんが、それを前提に戦力化するようにしています。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の50年前からの変化

ヒト自体は、記録の残っている2500年前からそれほど変わっておらず、その時代の社会環境や文化により、育

ち方や考え方が少し違っているだけと思われる。

いつの時代も「いまどきの若いモノ」と言われますが、意欲があり、そこできちんと導くことができれば、ちゃんと成長します。

学びの環境があるかどうかですが、昨今はかなり限られた業務時間を割り、教育／学習することを求められているため、その戸惑いはみられます。

また、いまはPC やソフトウェアなどの道具が充実してきて、条件を入力すればそれなりのこたえが得られますが、手計算も経験させるなど、前提を理解する機会をつくろうとしています。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

書店の専門書の棚が目に見えて寂しくなっていており、売れないからなのかもしれませんが、日本の衰え（円安）を象徴しているようで、残念でなりません。

50 年で思い出したのですが：

50 年くらいまえに見た TV ドラマで、定年退職した元歯車技師のお爺さんが、歯車の図面を後生大事にしているのを家族が小ばかにし、時代遅れの象徴のように描いていたのを、いまも鮮明に覚えています。ご存知のように、当時は半導体に代表されるエレクトロニクス華やかな頃で、ドラマ制作者は地味に感じたのでしょう。

私の父の実家は土建屋、父は土木系公務員ということもあり、その後、私自身も当時すでに人気のなかった泥臭い土木の世界に入りました。しかしそのことで、地味で泥臭いものが実は繊細で、そういうものに世の中が支えられており、そこをきちんとできることが底力なのだとなりました。

自分のささやかな経験だけを振り返っても、便利なツールを使うにも、背景の理解なくしては越えられなかった（というより大事故を起こしていたであろう）ことがいくつもあります。

歯車の世界に身を置くようになり、視点を変えて考えることがあります。地盤と金属の組織、大気の流れとすべり軸受内の流れ、地震や津波と機械の振動など、一見異なるものも案外共通しており、矛盾していると感じたときは考え方がまちがっていた、ということがよくあります。

*****自動車メーカー 機械要素開発*****

表記件、可能な範囲でご返答させていただきます。50 年前との比較となると、当時の社内情報を把握している者は退職してすでに在籍しておらず、20~30 年前からの変化の情報となってしまうことをご容赦ください。

(①~③については、ひとまとめに前後比較、という形で記載いたします。)

20~30 年前

- ・設計背景：指標/ツール整備が発展途上(絶対値評価というよりは、トレンド評価に近い設計)
- ・製造背景：伝統工芸的な要素あり(代表例：シェービング歯形出し、熱処理ひずみコントロールなど)
 - ⇒ よく知り、よく考え、自ら工夫する必要があった。
 - 結果的に、ノウハウを持つ人材が自然に増える環境だった。
 - 材料、表面改質(ショット)、加工機などの技術開発も社内でも盛んにおこなわれていた。

現在

- ・設計背景：市販/内製含め、多数の設計ツールが整備されてきた。
- ・製造背景：設備進化に伴い、誰でも高品質の加工が可能になってきた。
 - ⇒ 既存のモノを使うだけで、最低限(現状技術レベル)の設計/製造業務が可能な環境に変化した。
 - 結果的に、専門知識を習得する必要がなくなり、使い方だけを習得する人材が増え、ブラックボックス(既存のモノ)の中身を理解し進化させることができる人材が少なくなりつ

つある。

このような状況から、歯車の基礎的な技術進化に対する取り組みも鈍化傾向にある。

④については、単に最近私が個人的に感じるようになった感想となってしまいますが、大学の構図と似ており、産の各社とも基礎技術の進化に対して前向きな技術者は多いものの、こういった研究活動が実施しづらくなっているように感じます。

工業製品の一部として考えた場合、相対的に費用対効果が大きい歯車の基礎技術のネタが少なくなってきたことで、企業内でも基礎研究としての価値(もしくは必要性)を訴求しにくくなっているように感じます。

一方で、人材育成に関しては企業側としても課題視している部分はあるようで、“人材育成を主目的とした技術探索”という大義名分であれば、社内的にも少しは話が通りやすくなるように感じております。

*****大学機械工学科教員*****

① 現在の機械系におけるカリキュラムの主要部

東工大機械系のカリキュラムは、材料力学、流体力学、熱力学、機械力学、設計工学、データサイエンスで構成されている。現カリキュラムが編纂された際の背景的要因・状況として、以下が挙げられる。

(機械系から見ての) 外的要因：

- (1) JABEE 認定の要件取得・シラバスに基づく授業の計画と実施：授業内容と評価方法の明文化。
- (2) 学生の GPA 重視：履修時間に比して高得点が期待できない科目は、敬遠される傾向にあり。
- (3) CAP 制の導入：学生が履修できる単位数が定められ、それを越える多科目を履修することを抑制。
- (4) クォーター制への移行：前・後学期形式に比して、短期間で集中的に授業が行われる。
- (5) 改組による大人数授業体制への移行：40 名強×3 学科がまとまり、120 名強の 1 クラス体制へ移行。

機械系内の要因・経緯：

- (1) 必修授業が一旦廃止された後、再度復活：機械系が学生に履修して貰いたいと考える授業の明確化。
- (2) 科目間の連携強化：学生が、互いに関連する科目の基礎から応用までを支障なく理解できるよう、科目間の歩調を合わせる。
- (3) 基礎的科目と応用的科目のバランス：社会的なニーズに応えるべくカリキュラムに盛り込まれる科目は増える傾向にある。学部授業においては基礎的内容を教えることに普遍的な価値がある一方、時間的な制約の範囲内で基礎から応用までをバランス良く教えることを考える必要がある。学修一貫教育を前提として、学部授業では基礎的科目の充実も図っている。
- (4) プロジェクト授業の充実：それまでに学習した知識を活かし、他者と連携しながら社会問題を解決し新たな価値を創造するための機械システムを創造するための実力を養う。
- (5)

上記を踏まえて、現在の東工大 工学院機械系の教育方針は、以下の様になっています。

*東工大機械系 web ページ

(https://educ.titech.ac.jp/mech/education/mech_undergraduate/curriculum.html) に基づきます。

◆学部 1 年次から 2・3・4 年次（機械系所属後）の学修内容

学部 1 年目： 学士課程へ入学後 1 年目は、**専門分野にかかわらず全学共通の必修科目を中心とした基礎教育を学びます**。理工系人材として必要な共通する基礎教育である「導入・基礎科目」(100 番台科目)により基礎的能力を涵養します。この「導入・基礎科目」(100 番台科目)とは、今後習得を目指す専門分野にかかわらず、本学の学生として必要な知識とマインドを身につけることを目的に設置しています。

学部 2・3 年目：「導入・基礎科目」の学修により所定の要件を満たした学生は、学士課程 2 年目以降の学院・系における専門教育として、それぞれの系が用意する「**基盤科目**」(200 番台科目)及び「**展開科目**」

(300番台科目)の学士課程カリキュラムに沿って科目を履修します。今年度から開始された新カリキュラム(下図参照)では、「データサイエンス・計算力学」のカテゴリや、複数の「PBL」のカテゴリを設けているのが特色です。

学部4年目：「展開科目」(300番台科目)の最終段階には、学士課程の総括として、従前の「学士論文研究」に相当する「学士特定課題研究」を設置し、研究を通じてこれまでに習得した能力を総合的に鍛えます。更に、「学士特定課題研究」を履修することにより芽生えた科学・技術に関する研究への動機づけを強化することを目的として「学士特定課題プロジェクト」を設置し、学生個々の興味・関心に応じて能動的に科学・技術に関連する活動を行う機会を提供します。

科目体系図および標準的履修例

2年次1Q	2年次2Q	2年次3Q	2年次4Q	3年次1Q	3年次2Q	3年次3Q	3年次4Q	4年次1・2Q	4年次3・4Q
機械系リテラシー 工業力学 工業数学基礎 工業数学発展									機械工学基礎
	情報数理基礎	統計データ解析	計算力学基礎		時系列データ解析 有限要素法				データサイエンス・計算力学
材料力学			弾塑性力学		材料強度学(機械)				材料力学
	熱力学			伝熱学			エネルギー変換工学		熱力学
		基礎流体力学	実在流体力学			応用流体力学			流体力学
		機械力学	解析力学基礎(機械)	振動解析学					機械力学
			機械系基礎実験		機械系発展実験				機械工学実験
機械要素・設計に関連する科目	機械製図		機械設計						機械設計学
			機械材料工学	加工学概論	機械工作実習	マイクロ/ナノ加工基礎			材料・加工
	電気・電子工学基礎		計測工学	モデリングと制御					
		ロボット機構学			ロボットの力学と制御				ロボティクス・メカトロニクス
		宇宙工学基礎			宇宙システム工学		宇宙開発工学		宇宙工学
				宇宙システムプロジェクト					
						計算力学・データサイエンスPJ メカノサイエンス実験PJ メカノクリエイティブPJ メカトロデザインPJ			Project Based Learning
				ロボット技術	生体工学基礎 自動車・モビリティ技術 トライボロジーの基礎 人間中心情報学 科学技術者英談英語	機器の設計と図解学 原子核工学概論			複合領域・フロンティア
				研究プロジェクト				学士特定課題研究	学士特定課題プロジェクト

必修科目
 選択必修科目
 OA群
 OB群
 OC群
 選択科目

② その中での基盤機械工学の位置づけと実施出来る講義内容(きわめてラフな情報だけで結構です)

前頁の科目関連図の最右列に青字で記された「科目群」ごとに体系的な授業体制が組まれており、基盤機械工学は2年次の必修科目として盛り込まれている。機械要素・歯車に関しては、「機械設計学」科目群、特に「機械要素」が該当する。2024年度から開始された新カリキュラムにおける、2年次を対象とした「機械要素」の授業には、機械設計の授業に先立って学生に機械要素の種類や概念を紹介することを重視した内容が盛り込まれた。これについては、新カリキュラムへの更新以前に実施されていた「機械要素設計及び機械製図」と「機械要素設計」で教えていた、『機械要素の種類と特徴、設計の基礎の内容について、座学での講義と具体的な機械の分解・組立て・スケッチ・駆動実験等を通して基礎知識を身につける』ことを目的とした科目と位置づけ、再編された経緯がある。

「機械要素」の授業は第2クォーターの木曜日に実施され、午前中は座学、午後は2テーマの実習(自転車の分解・主要部分のスケッチ、および卓上フライス盤キットを組立てながら指示書を作り動作確認を、各3回で入れ替え)という1日かかりの内容となっている。この授業で、学生は頭と手を動かして機械要素の機能や役割の分担、実物の外見や組付け・動作の様子を理解し、その後に続く設計・製図の授業へと進むことになる。歯車については「伝達要素」と題した1回分の座学で教えている。講義内容は運動形態・方向の変換という歯車の役割の説明や種々の形状・名称の紹介から始まり、伝達比やかみあい条件、設計変数に基づくインボリュート歯面の計算方法の紹介、

創成法に基づく歯切り加工とアンダーカットや転位の話，代表的な損傷形態および歯面強度の計算方法を教えている。

③ カリキュラム作成時の教育目的・意図、それを実現するためのカリキュラム作成上の難しさ

機械設計者には基礎から応用・先端に至る知識と経験が求められる一方，大学のカリキュラム編成において教えるべきとされる内容は増加し，クォーター制への移行や改組に伴うクラス編成の大人数化等の要因も含めて，長時間にわたる懇切丁寧な授業の実施は困難となっている。一例を挙げれば，以前の40余名のクラス編成においては企業から講師を招いて設計・製図授業を実施し，10名あまりの教員・TAの指導の下で全学生に1軸ステージの設計・製図を行わせ，授業の後半には講師の勤務先企業の見学会の実施も行われていたが，現在ではそのような授業は行われていない。さらに，上記の「外的要因」に記した「シラバスに基づく評価」や「GPA」等の要因から，学生間の成績評価に明文化された／合理的な理由に基づく差を付けることが求められている。これは「全員がある程度以上に妥当な設計解を示せばよし」を旨とする従来の設計授業の背景思想とは相反するところがあると言える。また，「CAP制」との兼ね合いから，多くの学生が確実に単位を取得できるようにする必要があり，他の科目の進行も考え合わせた上で授業教材を準備する等の工夫を必要とする。現在の授業計画においては，上記の事情を考慮した上で可能な限り最良と考えられる内容を案出する必要がある。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

前段落の冒頭において「機械設計者には，基礎から応用・先端に至る知識と経験が求められる」と書いたが，基礎を知らなければ応用・先端的な開発力を持っていないことは論を俟たない。このため，学部教育においては全学生に基礎的な内容を盤石に身につけさせることが肝要と考えられる。一方，学生の立場からは先端的な知識を学びたいという欲求が強くあり，これを大学院進学後に成就させるのが学修一貫教育の基本的な考え方と言える。しかし，ここ数年の修士学生の動向を見ると，1年次の夏頃から企業のインターンシップが始まりなかなか大学での学習・研究活動に専念できないというのが実情で，何らかの配慮が必要と感じている。

とりあえず以上，参考までに。

*****大手機械メーカー 材料技術 *****

あくまで個人的な見解となりますが、回答をさせていただきます。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の50年前からの変化

- ・歯車は 昔も今も 変わらぬ 動力伝達の重要な機械要素です。
- ・機械メーカーとしては、その製造に関わる素材、熱処理および加工の最適組合せによりユーザの求めるQCDを追求する事が重要と考えています。
- ・この50年で 歯車の製造技術（素材、熱処理、加工）および検査技術は飛躍的に進歩しました。
- ・歯車は軸受とともに機械設備の中で使用されますが、自動車およびロボットで使用される場合、小型 軽量化が求められ ますます強度向上及び長寿命化が求められています。
- ・材料で強度向上をした場合、水素脆性という新しい破損形態も発生することが分かってきました。
これは軸受でも同じですが、潤滑を含めた設備全体での総合評価技術が必要となってきているのかもしれない。

② 新入社員の歯車についての知識の50年前からの変化

- ・歯車について 専門的に学んだ人は別として、今も昔も、新入社員の歯車についての知識は変わらず、ほぼゼロの状態から始まっているのではないのでしょうか？

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の50年前からの変化

- ・ 弊社では、新入社員に対し各事業部で歯車の基礎知識の導入教育を実施していますが、十分とは言えず、実際にはそれぞれの職場における OJT に頼るところが大きいと思われます。
- ・ 現在、インターネットから自力で技術情報を簡単に入手できるようになってきました。これについては、昔と今で大きな差があると思います。ただ、インターネットの情報は誤情報も多く含まれているので注意が必要です。よって、いろいろ経験をされている先輩および諸先生の方々の指導を受ける機会が多くなることが必要と思います。
- ・ 私の場合は、先生の定期的なコンサルを受けさせていただき、個別課題の各種問題に対し的確なアドバイスをいただきました。また 歯車の破損メカニズムおよび各種検査評価方法の最新情報を学ぶことができ非常に有意義でした。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

- ・ 上記の素材、熱処理および加工の製造技術の進歩とは別に、この 20 年、30 年で情報革命（デジタル化＞IoT 技術＞AI 技術）が進みました。また、地球温暖化問題からカーボンニュートラル（CN）達成が必要となり、近い将来、歯車に限らず現在使用されている機械部品全般においてその素材、熱処理および加工方法の大幅な直しが余儀なくされるかもしれません。

これは新入社員に限らないのですが、歯車の専門知識だけでなく、周辺の技術 さらにグローバル的観点（もしかしたら宇宙的な観点）という広い視野も持つ勉強または教育が必要だと思います。今、我々は何をすべきかが問われているのかもしれない。

*****大手機械メーカー 機械設計*****
先生からのご依頼の件、回答させていただきます。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化

会田先生、Schiebel 先生、Kutzbach 先生らの著書から歯車や減速機の技術の変遷を見ると、歯車や減速機はこれからも存在すると思います。但し、その歴史から用途は常に変化しており、私が携わっている歯車・減速機分野も現在そのような状況にあります。

従って、社内においてこれら用途の変化やその多様性の要求に対して、機械技術や歯車の重要性は変わらず、むしろ高まっていると思います。

これより、これらの変化に対する技術の柔軟性や自由度の高さが非常に重要と判断しております。

② 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化

過去から現在まで大学の歯車研究室出身の新入社員は非常に少ないため、新入社員は歯車の知識を殆ど持ち合わせていないと理解しております。

一方、15 年程前までは歯車の知識が無くても、機械工学の所謂 四力学、機構学、機械要素設計学、金属材料学、機械加工学、測定工学、工学解析学、機械製図学等の機械工学の基礎知識を皆持ち合わせており、当時これらを総動員して減速機関連の研究・開発を進めていたと思います。

現在ではこの様な基礎知識からなる常識がかなり薄れてしまったのが実情と考えます。これは社内外共に同様な傾向ではないかと思えます。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 50 年前からの変化

上記②に関連して、知識の進捗はありませんが解析技術は飛躍的に発展しております。

これより歯車・減速機の知識がなくても何とか研究・開発が進められるのが一般的な状況ではないでしょうか。

一方、当方も個人レベルではありますが社内にて歯車・減速機技術の構築や教育、そして普及の活動を進めており

ます。 当方が学生時代に拝聴した先生の“解析結果に潜む大きなリスク”に関する講演を思い出します。

現在、一般的に歯車や減速機の解析技術の開発が主たるテーマと思われますが、歯車・減速機の基礎知識もなく、解析の基になる理論や理論式導出時の実験結果からの仮説等を理解せず、解析結果のみに着目する傾向が拡大しているように見受けられます。

よって、このような状況下に於いて既存商品のブラッシュアップはできますが、歯車・減速機の知識・技術不足により既存商品によらない新しい商品が創出されないことに当社は危惧しています。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

昨今、種々専門技術を持つ人材をキャリア採用として中途採用する企業が増えている反面、各社の固有技術の構築と発展が更に困難になっているものと考えます。

当方も微力ながら社内はもとより、日本に於いて歯車技術を含めて機械技術をどうしたら残すことができるのか思案しております。 日本機械学会においても、失礼ながら絶滅危惧学科の発展は無理にしても、まずは維持に向けた取り組みをお願いしたく存じます。

*****大手機械メーカー 歯車技術*****

「絶滅危惧科目」につきましては、様々な分野の歴史や現状が解説されており大変興味深く読んでおります。

私は、入社 20 年目なので 50 年という長さで考えることはできていません。また研究部にずっとおりますので、社内の設計部門の技術に関しては疎いところもあります。その範囲でご回答いたします。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 20 年前からの変化

これまでに比べより小型化、高出力化の要求が高まり従来設計の延長では対応しにくい状態になっており、従来設計の一部を変更し、変更した部分だけの評価により可否を決めていくようなやり方の限界が来ているように感じています。

根本的な基礎となる技術は継承されておらず（あるいは昔は要求性能が低く必要なかったのかもしれませんが）、改めて基盤技術の構築や過去の技術の整理に努めているという状態ではないかと思えます。

② 新入社員の歯車についての知識の 20 年前からの変化

歯車に関しては 20 年前と変わっていないように思います。

私自身も入社したころは歯車について理解できていませんでした。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 20 年前からの変化

私は業務として歯車について学ぶ機会がありましたが、設計の方などは決められた手法（社内ツールの使い方）を身に着けるにとどまっているように思います。

誰もがつかえる設計手法、標準などが整えられていくにつれ、根本的な知識は求められなくなってきているのではないかと思えます。

⑤ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

日本歯車工業会のギヤカレッジでは多くのことを学ぶことができました。会社でいろいろな経験をした後だから、学ぶ意味が分かっていたからかもしれませんが、大学の教育でも同じような動機付けができれば、機械系を専攻する方が増えるのではないかと思えます。やはり機械はカッコいいものであり、小さい時には飛行機やロボットにあこがれることが多いと思えます。

今回の絶滅危惧科目をいろいろ読む中で、各科目の歴史を垣間見られたことは良い経験となりました。

なぜ学ぶのか、その科目が何をしてきたのかを俯瞰して理解できることはとても役立つように思います。

*****中機械メーカー設計*****

さて、年齢31の小生で、先生のお役に立てるかは分かりませんがお答えさせて頂こうかと思います。前職での経験も併せて、ご回答させていただきます。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の50年前からの変化

企業風土と上長次第、といったところでしょうか。前職の会社では2015~2022年まで勤めていました。最初の二年半は歯車(ウォーム)、そのあとはカムクラッチを担当していました。仕事上会話する事のあった技術部の部長程度までは、みな機械技術に理解があり(それ故、話が拗れることもありましたが)、技術を延ばすことに前向きではありましたが、過去の不況もあって若手と上長の間の人員があまりおらず(末期のドイツ軍のような)、技術継承が上手く行っていないようでした。

現職(2022年7月~)では、機械技術を磨くことより、商品を立ち上げることが評価される風土のようで、上長で機械技術に精通している方はあまり見ません。特に歯車技術などは専門性が高く、一部の人間は扱えるけれどもその価値が理解されることはほとんどないようです。どちらかという、商品の効率を下げる“邪魔者”で、技術をお金をかけて育てるというよりは、外部から中途採用をたくさん引っ張ってきて、何とかしてもらおうとしているように見えます。おかげさまで、社内の技術というものはほとんど見えず、平歯車すら怪しいといった感じです(社内に設計標準が無いのには驚きました)。

② 新入社員の歯車についての知識の50年前からの変化

これについては私自身、部下を持ったことが無いので詳しいことは分かりません。少なくとも私が新入社員の時は、理学部物理学科出身だったため、歯車に関する知識はほとんどない状態でした。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の50年前からの変化

前職の時は、入社後に技術部へ配属される人へ向けて歯車技術に関する簡単な講義があったりしました。又、歯車技術グループに配属されるにあたって、現場研修を約一年行い、その間に「汎用ホブ盤→ウォームホイール用ホブ盤→ウォーム歯研盤&転造盤」を担当し、現場の人たちとの人脈と歯車加工に関する知識とイメージを付けました。以前はもう少し短かったとも聞きますが、前職は新人への教育は熱心だったのかなと思います。

現職は、新人へどのような教育を行っているのかは分かりません。中途入社へは社内の制度とCADの使い方以外は教育はありませんでした(当然歯車に関して)。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

“日本の歯車技術”ひいては“日本の機械技術”を絶滅危惧種へ追いやったのは何だったのか?についてよく考える必要があると思います。

①~③の内容で、私が前職から転職したことに疑問を持たれるかと思います。これはいくつか理由があり、先ず一つに、機械技術に理解のあった部長は、結局社内政治に敗れて失脚していったという事です。

会社の経営層は商品につながらない限りは技術を評価することは無く、「新商品開発」の錦の御旗を掲げない限りは一切お金を付けてはくれませんでした。ただ、新しい事をやろうとした時必ず多くの失敗をします。しかし会社の経営層はそんなことに理解を示すことはありません。それどころか、無理な納期を要求したため、検証不十分なまま世に出すことにつながったのです。結果不具合が多発、何とか技術の育成をしようとしていた部長は失脚し、誰も新しい事をやろうとする人は居なくなりました。

次にコンサルを入れて素っ頓狂な施策ばかりを行ったという点です。今では若干下火になってきましたが、つい数年前まではEV化が盛んに叫ばれていました。前職では、大黒柱たる商品の売上げが落ちていくことが見込まれていましたが、有効な対策を打てずにいました。そこで新商品の立ち上げに、現有の機器に切り替え機

能を付けた新商品の開発を行う事になりました。

なかなか新製品を出せずにいた折、「顧客の声を開発にダイレクトに伝える」という名のもとに組織改編され、直属の上司は営業出身の人へ、技術的な判断が下せない人が部長職へ着き、実現性や技術価値ではなく、上司に気に入られるか否かによって判断される組織となりました。開発は思うように進まなくなり、まともに動くサンプルを出せなくなっていました。私は部長に嫌われ完全に孤立、一人で開発を行い、思い通りに動かせるサンプルを作成し社内の営業に見せて飛びついてきたところで会社を辞めました。

前職にいて実感したことは、経営層が機械技術を軽んじ、研究開発を軽んじたことで企業の商品開発能力がどんどんと低下していくことでした。手を打とうとした人は疎まれ、失脚し、地獄へ一直線に向かっていくと思ったのです。しかし残念ながら、転職先はそんな企業の未来の姿だったように感じています。

私は“日本の機械技術”を絶滅危惧種にしたのは企業の経営者だと思います。ものづくりをしているにも関わらず、技術者を軽んじ、株主にへつらい、コンサルの話をありがたがっています。この体質が変わらない限りはきっと、必要性があってもどんどん技術は減んでいくでしょう。欧州に差を開けられ、中国が技術者を引き抜き、日本の技術者は新しい事に取り組まなくなります。しかし企業の経営者は自分の考えを改めることなく、引き抜かれた技術者を“裏切り者”と誹り、新しい事に取り組まない技術者を“無能”と切り捨てるでしょう。日本の大学教授がいくら頑張ったところで、財布のひもを握っているのは日本の無能な経営者ですから、現状どうしようもありません。彼らが引退し、病院のチューブにつながった時が体質を変えるチャンスですが、その時にどれほど機械技術が日本に残っているのかは分かりません。

以上、駄文長文失礼いたしました。内容読み返してみましたが“企業人”にあるまじき考えですね。参考になれば幸いです。

*****大手機械メーカー 機械設計*****

お役に立つような内容ではないかもしれませんが、以下、当方の私見です。

⑤ 企業の中での機械技術、歯車の重要性の50年前からの変化

私が入社した時点（30年近く前）でも、歯車はあまり重視されていなかったという印象がありますが、その後も、どんどん重視されなくなっていきました。

トラブルが起きると注目度が上がるものの、その場限りという感じです。

上記には、歯車装置単体ではなかなか大きな利益を生み出しにくいですが、いざトラブルが発生すると大問題・大損失に繋がることがある、ことが、少なからず影響していると思います。

⑥ 新入社員の歯車についての知識の50年前からの変化

私が入社した時点（30年近く前）でも、新入社員で歯車のことを知っている人はほとんどいなかったように思います。

⑦ 入社後の新入社員の歯車についての知識の進歩状況の50年前からの変化

以前は、歯車が専門でなくても、色々な部門（設計、製造、調達）に、ある程度歯車のことを知っている人がいました。

過去に起きたトラブルなどをきっかけに、勉強されたようでした。ただ、今はそういった方を全くと言っていいほど見かけなくなりました。

⑧ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

大型の歯車が必要とされる製品・プラントで、今後成長が予想されるのは風車ぐらいという印象です。

しかし、日本は、風車に関して完全に遅れてしまっており、いまからの参入はかなり厳しいと思われます。大型の歯車が必要とされる新たな製品・プラントをぜひ創出したいと思っています。

*****大学機械科教員*****

① 現在の機械系におけるカリキュラムの主要部

② その中での基盤機械工学の位置づけと実施出来る講義内容（きわめてラフな情報だけで結構です）

①，②まとめてになりますが、

私の大学の機械系では、

専門科目（必修）：力学（材料力学，熱力学，流体力学），振動工学，機械工作法，制御 など

（選択必修）：機械設計学，機構学，伝熱学，材料工学 など

選択必修は、いくつかの科目群から選択するもので、必ずしも全員が修得しない科目です。

となっています。

時代の要請により、SDGs 科目，データサイエンス科目，技術表現法，プロジェクト科目，セミナー科目，インターンシップなどが入ってきていますので，その分従来必修科目であったものが押し出されています。また，従来行われていた力学などの演習は（時間の関係で）無くなっています。

蒸気工学，流体機械，内燃機関，溶接 については，無。

金属工学，塑性加工は，材料工学および加工学の中で一部で講義されている といったところです。

本校では，選択必修ではあっても，機構学，機械設計学は残っており，この中で，「ねじ」「歯車」等は講義しています。歯車に関しては，それぞれ 14 回の講義の中で，機構学で 3 回，機械設計学で 4 回程度話をしているのみです。

今後，機械（要素）設計学は将来にわたっても残ると思われますが，教員にこの分野の専門家が減少していますので，（言葉は悪いですが）表面をなぞるだけの講義となりそうです。また，機械系の全員が受講することはない（必修科目とならない）と思われます。【従来，日本の強みであったところが失われることにあると危惧します】 一方，機構学は，時代の要請により新しい科目が入ってくると，削減対象となると思われます。多くの大学ではすでに無くなっているか，残っていてもロボット機構学などに代わっています。高専の一部でも同様の傾向が見られます。

③ カリキュラム作成時の教育目的・意図、それを実現するためのカリキュラム作成上の難しさ

機械工学の必要なところは抑えつつ，時代（文科省）の要請による新しい科目を導入します。

例）SDGs 科目，データサイエンス科目

今後は，AI 関連科目も予想されますので，代わりに何を減らすのかが議論になります。

製図に関しても十分な時間が取れない（時間外に残って描かせることが許されない）状況です。

本校レベルでは，残念ながら中位以下の学生の学修意欲は芳しくないのが，基礎科目を時間をかけて講義している現状です。また，1－2 年次の専門基礎科目（数学，物理（力学）など）では，学科横断的にいえば聞こえがいいのですが，機械，電気，化学，生命，情報，建築，土木の学生を混ぜたクラスで講義をしていますので，講義内容を簡単にせざるを得ません。

中位以下の学生のレベルにあわせて講義のレベルは年々低下している印象ですが，年寄故の感想かもしれません。

*****元大学機械科教員*****

①②③について：

先生のリクエストにこたえるだけの情報は既に持ち合わせていませんが，拙大学の HP から工学院・機械系の教

育理念、カリキュラムに関する資料を拾いましたので参考までに送ります。

小生も 2000 年以降の何年間か、機械系学科のひとつであった機械科学科の学生約 50 名を相手に「機械設計製図」を担当していたことがあります。

当時、機械系には機械科学科、機械宇宙学科と機械知能システム学科+制御システム工学科があり、設計製図の講義を行っていたのは機械科学科のみと認識しています。

講義は設計製図の演習に重点が置かれる中に機械要素の座学も含めていたので、量は大したことはありませんでした。

今日の学習科目一覧も添付します。ちょうど私が退職したときから機械系の学科区別はなくなり、略 200 名の学生を対象にカリキュラムが構成されています。そして必修科目、選択必修科目、選択科目に分類され、それが 200 番台、300 番台とクラス化されています。

資料を見ると機械設計製図の代わりに「機械要素および機械製図」という科目が存在し必修となっております。内容については小生は知りませんので、今期より新たに参加してくれた松浦先生にその辺の情報を提供してもらえるかと思えます。

以上が小生の知る、拙大学の教育の「ファクト」です。

④ について：

言っていただきたいことについてですが、教育機関関係者の立場からは以下のことかなと思います。

但し、私もすでに研究教育から離れて 8 年近くたっていますので状況はまた変化しているかもしれませんね。

・機械要素系を中心とした教員の採用問題があると思います。どなたもおっしゃることですが、教員採用時の業績至上主義による専門性のミスマッチの問題と同時に、社会のニーズにこたえられる教員（研究者）市場の人材不足があります。乱暴に言うとも、募集をかけても何名かの有名教授のお弟子さんしか応募がない。といった事態が良く起こります。

・対岸の中国と比べれば、日本はハイレベルの絶滅危惧状態であることは明らかですね。

先生のお問い合わせに関しては企業の方々からの積極的な発言が重要と思いますが、私が想像する企業からのクレームは既にご承知の通り、以下のようなことかと思えます：

1) 新人の人材難

- ⇒ 解決策の一つは「寄付講座設置による種（たね）の確保」かな？
年間 2～3 千万×5 年で学生が来てくれるチャンスが相当に高まるでしょう。
- ⇒ 優秀人材発掘の苦勞

2) 付き合える研究者不足（相談なり共同研究なり）

- ⇒ TRAMI が良い例ですが、いざ研究を大学に委託しようにも受け皿が見つからない。
特に TRAMI は経産の補助金が絡むと、途端に研究者に毛嫌いされる。
- ⇒ 複数の共同研究事案があっても、結局ターゲットとなる研究者は同じになってしまう。
- ⇒ 研究を引き受けようにも実務を担える人材が不足。
- ⇒ 実験中心に研究を進めると論文数不足。

*****大手機械メーカー開発*****

私は入社して 25 年なので、その範囲でお答えします。

また、弊社の研究部という限られた目線での意見です。

私なりによ～～～考えましたが、ちょっと久保先生のご期待と違うかもしれません（その方がよいのかも）。

① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 25 年前からの変化

機械技術につきまして、CAD やシミュレーションやパソコンが広まり大きく変化しましたが、本質は変わらないように思います。

昔の人が今の人に比べて優れていたわけでも劣っていたわけでもないように思います（尊敬はしてます）。

歯車の重要性につきまして、弊社はグローバル化を遂げ主要製品の生産台数は 100 万台から 2,000 万台に増えました。

そういった意味で、重要性はますます上がっているといえます。

② 新入社員の歯車についての知識の 25 年前からの変化

それほど変わっていないように思います。

私も大学の講義で久保先生に歯車を習っておきながら、入社時はモジュール???でした。

新入社員は歯車を知らなくて普通と思います。

そして、今の私のチームは別ですが、そもそも会社が歯車の知識をあまり問わないです。

他社の歯車関係者も言っていました、歯車は例えば基礎円とか知らなくてもそこそこできてしまうようです（先生方ごめんなさい）。

③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 25 年前からの変化

すみませんが、こちらもそれほど変わっていないように思います。

そもそも会社として、歯車に関する知識の要求値はそれほど変わっていないように思います。

④ その他、なんでも

勝手な想像ですが、1980～2000 年くらいに大学および自動車メーカーで歯車技術が進歩し、その後は成熟期に入ったと思います。

次は弊社のようなメーカーに広まるべきでしたが、うまくいかなかったようです。

歯車はあまり知らなくてもそこそこできてしまう（ごめんなさい）わりに、全く教科書通りにいきません。

また、難しい歯車技術を用いても、例えば負荷容量でいうと 20%増しくらいが限界です。

なので技術の重要性を認識できず、気合と根性で進めてきたが、ここ 2024 年にきてじわじわと問題が出てきたか。

自動車業界では「100 年に 1 度の変革期」と言われてます。

しかしながら、①②③で述べたように私の周りにはあまり変わっていないように思います。

会社から見る景色は昔と変わりませんし、車は 17 年乗ってますが支障ありません。

変革期と成熟期を間違えたらうまくいなくて当然です。

成熟期において必要だったのは、技術を整理して維持してさらに広めること。

今の学会に維持という視点はないように思います。

遅れながら、私は現在の会社の中でやるべきをがんばってるつもりです。

*****中機械メーカー設計*****

弊社が歯車の製造販売を主に行っている会社ではない関係から、下記の①②③は回答を控えます。

>① 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化

- ② 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化
- ③ 入社後の新入社員の歯車についての知識進歩状況の 50 年前からの変化

ご質問の④について意見というか思っていることを書きます。

- ④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

○歯車の加工について

昔と比較して、歯車の加工は NC 化しています。

ボタンを押せば歯車が加工できるので、加工原理も理解できないまま加工しているのが実情ではないでしょうか。何か問題が発生した時に何をどう対処して良いのかが分からないと思います。

○歯車の測定について

昔は歯形/歯すじ/ピッチ/を測定していれば、基本的な歯車の性能は管理できていました。

しかし現在は、歯車単品の性能だけではなく、歯車対としての性能を強く要求されています。

測るべきポイントを明確にして、管理すべき重要なポイントを明らかにする技術が必要ではないかと思っています。

○歯車の評価について

歯車の評価は、昔は単純なうるさい（騒音）や壊れる（強度）の評価だけで十分でした。

しかし現在は、もっと繊細な人の感性に訴えるような機能を要求する領域に入っているのではないのでしょうか。人の感性と歯車工学を融合する歯車感性工学のような学問が必要ではないかと思っています。

*****大学機械科教員*****

教育機関の委員各位：

① 現在の機械系におけるカリキュラムの主要部

本学機械系においては、機械工学全般+ロボット工学、情報工学、他分野の基礎知識、となっています。

② その中での基盤機械工学の位置づけと実施出来る講義内容（きわめてラフな情報だけで結構です）

【四力制御、計測工学】

それぞれを専門とする教員が、まだ何とか在籍していて、1年間かけて基礎～応用まで座学で教えています。

これらは何とか食いついて維持している、という状況です。

以前は演習科目もあったのですが、これから述べる他分野&情報系の必修科目が入ってきて、代わりに消えました。

【設計製図】

私が教えています。必修科目です。

以前は1年間かけて教えていたのですが、他分野&情報系科目の必修科目が入ってきて、半年間に減りました。

私の研究室の学生はともかく、他研究室の学生が卒研修論の道具作りのために持ってくる図面の出来栄は、推して知るべし（尺度の情報すら入っていない）、です。

【機械要素】

これも私が教えています。

半年間しか無い上に、他分野&情報系の必修科目が入ってきた影響により、選択科目となりました。

ネジ1回、軸受1回、歯車2回分の授業時間しかありません。

【機械加工，材料工学，伝熱工学】

それぞれを専門とする教員が教えていますが，半年間しかありません。

また，やはり他分野&情報系の必修科目が入ってきた影響で，ほとんどが選択科目となっています。

【工作法実習】

大学の人件費削減のために技術職員の新規採用を原則はしないこととなり，実習が出来なくなって，座学となりました。

機械系教員は強く反対したのですが，理解してもらえず，受け入れられませんでした。

かろうじて必修科目となっておりますが，選択科目となる（下手したら消える）のは時間の問題でしょう。

③ カリキュラム作成時の教育目的・意図、それを実現するためのカリキュラム作成上の難しさ

本学の機械系教員は古くからの機械工学系科目の教育を重視しています。

座学は何とか維持できているのですが，文科省＝大学上層部からの

- ・俯瞰的に考えられる人材の育成（他分野教育）
- ・情報教育の強化

に押し込まれて，実習や演習の時間が削られてしまっています。

前述した技術職員の削減も，上記二項目の影響があるかもしれません。

また，他分野&情報教育等の必修科目が初年次に入ってくるので，専門科目への着手が遅くなってしまっています。

例えば，4力制御の基礎が2年後期，応用が3年前期となっており，機械工学の基礎的知識が不足している状態で，それ以外の専門科目を並行して学習することになるので，教育に支障を来しています。

また，修得単位数の上限の都合で，多くの専門科目が選択科目となってしまっています。

なお，鳴り物入りの他分野&情報教育ですが，はっきり申し上げて，さわりだけ，器用貧乏も良いところ，です。

④ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい希望・意見

現在，九州と北海道に巨大な半導体工場が建設されて話題になっていますが，本来ならば必要無かったことなのは？ これまでの半導体産業を保護せずに放置する＝潰すから，こうなっているのでしょうか。

我が国の科学技術政策や工業政策は「ああんりたい，こうしたい」だけはご立派ですが，それを成すために何を基盤（原資）とするかの観点が抜けていると思います。つまり，自分の足元を見ていません。その行き当たりばったりぶりが，結局は大学教育に押し付けられているような気がしてなりません。

これから，機械産業，特に機械要素も，半導体産業と同じ行く末を辿るかもしれませんね。

しかし，そうなったら復活することは難しいと思います。

その頃には，大学教育の場から専門家がなくなっているでしょうし。

海外からの技術の移植でごまかしますか？（実はひょっとしたら，今建設中の半導体産業も？）

*****中機械メーカー設計*****

私のような者が返信して良いものか悩みましたが，ご参考になるならと思い，回答させていただきます。

メールの文面では誤解がある可能性があると思い，具体名を挙げての文章としますので，もしご参考いただける場合には脚色をお願い致します。また，自分の社会人生活は短いので，50年前の比較が難しいことをご容赦願います。

現在，派遣社員として大機械メーカーへ勤務し，特殊用途ギヤボックスの設計に従事している身として

① 民間用製品は常にコストとの闘いであり，中でもこの分野は投資回収に数年を要すると言われていますが，

- ・開発フェーズから量産まで変わらず、不具合対応(製品の図面要求からの逸脱、寸法逸脱のみならず、マーキングの仕様や外観目視を含む)の対応に異常な程時間を要する
- ・不具合を減らすために設計変更を行う事がある
- ・不具合を減らすために治具を検討し、当初想定していなかった追加投資が増える等の背景がある中で、
- ・ハウジングは元より、ほとんどの部品が購入品(サプライヤ依存)
- ・歯車に関して、工程ごとに外注している(サプライヤ依存)

そのため、「上流企業として兎に角解決を急かす」が、「結果的にコストアップに繋がっている」ので、「結局本当の原因が何だったが、次にどうすれば本当に解決するのか分からず、サプライヤへの本対策指示が遅れてしまう」という状況に自分には見受けられます。そのため長い間苦しい時間が続くのではないかと。というのも、大企業になればなるほど部門が分かれ、「生産技術の所掌」「品証の所掌」という会話が行われるのは避けられないとしても、図面を書く技術者として上流工程、下流工程に対して配慮する(出来る)技術者を育てる事が難しいように感じています。

② 新入社員への歯車教育として、

それなりの権威ある人がいれば、基礎的なことは大企業であれば、ある程度行われているのではないのでしょうか。 ※派遣に対してはそのようなプログラムはありません。中小企業では、個の力がより顕著になるので、どちらかというと言職者の言うことが浸透しがち(合っていようが間違っていようが)かと感じます。

また、投資も少ないので、机上の空論になりがちで、測定データ等により判断するか否かは周りの人次第になりがち。

③入社後の教育

大企業では現場に張り付いて、何か分かるまで観察することが難しい環境が多い(会議体が多いので時間が少ない)ように思います。一方で、中小企業は現場との距離が近いですが、成長出来る環境を整えるのが難しいケースが多い(設備面や知識面)ように感じます。

④歯車が機械要素の1つとして認識されがちですが、そのような意識では学びや技術力向上の機会損失と個人的には思います。些細な事でも、やっつけ仕事にせず、丁寧に向き合えば多くの事を学べると思います。

また、日本における歯車界は裾野が広く、ネットワークが充実しているとはなかなか言えないですが、それでも、社内外をうまく活用すれば様々なアプローチをして問題解決する事が可能になると思います。

*****歯車コンサル・ソフトウェア開発*****

歯車ソフトウェアを売っている立場から感じていることを申し上げます。

歯車設計者の技術が低下している事例

- (1) 展示会は過去、毎年出展していましたが、コロナの4~5年前頃からお客さんとのやり取りの質が落ちてしまっていて当方の得るものがなくなっていたのでコロナの機会に展示会の出店は止めました。以前は、図面を持ってこられての相談もありましたが、そのようなことも無くなってしまいました。これは、今まで中核となっていた人達が定年退職されたことによって、技術の伝承が停止してしまっただけではないかと思っています。図面を描くにしても昔の図面をCADで綺麗にするだけの作業のようです。
- (2) 歯車の図面を入手すると古い図面はしっかりしたものが多くですが、年度の新しい図面は、漏れがあったり間違っていたりする図面が結構多いです。
- (3) ある自動車メーカーに納品しているバックミラーメーカーの話ですが、「ウォーム×ヘリカルギヤ」で音が出て困ることがありました。図面を見て計算してみると、かみ合い率が1未満でした。その図面は7回も図面変更しているのですが歯車設計の知識がないので根本が分らず、手直しばかりしている図面になっていま

した（昔のことではありません）。

- (4) 次に、ある自動車メーカーの最近の話です。低回転速度でNVが大きいので困っているということがありました。Webでソフトウェアの説明や解析結果を提出して説明しても話が通じません。仕方ないので、このようにすればNVは低下するという実数計算の書類まで作成しなければなりません。「上げ膳据え膳」までしないと何もできない状況となっています。なお、Y, N, H, M社ではありません。
- (5) 大学でも歯車（機械要素）を勉強しなくなってきたようですから、この傾向は益々酷くなると思われま
- (6) 他の方の例でも歯車のコンサルまでしないといけないことが増えてきています。
- (7) 歯車工具メーカーでさえも当方に頼ってきます。
- (8) 設計しないといけない場合、本人が設計しないで外注に丸投げしている傾向が強いです。

上記、(1)～(8)の例から、歯車を設計する人の質はかなり低下していると言わざるを得ません。また、一方で、良く勉強されている人も居られますが、非常に稀なことです。ソフトウェアを使って計算すれば答えが出るため、設計者は勉強しなくなっています。でも、これが本当に良いのかどうか・・・です。しかし、歯車の基礎を学んでソフトウェアを正しく使い、まともな設計ができるようにお手伝いできているとすれば、その功罪を考えれば功が勝っているとは思っています。

まとめ

- 1 技術レベルが低下しているのは歯車の世界だけでなく日本全体のことであって、楽をしてお金儲けさえできれば良いという風潮なので“頭の良い人”は、泥臭い地味な機械設計の業界には流れないと思われま
- 2 ということで解決策は無く、成るようにはか成りませんが、以下の「小学生の将来の夢」のアンケートで「研究者」が5位になったことは日本の将来を考えると嬉しいニュースです。

<https://www.kuraray.co.jp/news/2024/240403>

株式会社クラレが2024年春に小学校に入学する子どもとその親を対象にアンケートを実施し、「将来就きたい職業」「就かせたい職業」を調査しました。男女を合わせた将来就きたい職業は、1位「ケーキ屋・パン屋」、2位「警察官」、3位「スポーツ選手」が、昨年

からトップ3をキープしました。男女ともにポイントを伸ばした「研究者」と、女の子の人気を集めた「保育士」が今年新たにトップ10に入りました。一方で、近年人気を伸ばしてきた「ユーチューバー」は、今年順位を落として14位でした。男女別に見ると、男の子の将来就きたい職業は、「スポーツ選手」が「警察官」を抜き4年ぶりにトップに返り咲きました。スポーツ選手に次いでポイントの伸びが大きかった「研究者」は、過去最高に並ぶ5位に順位を上げました。年々人気が高まっている「ゲームクリエイター」は、初めて10位に入りました。女の子の将来就きたい職業は、調査開始以来26年連続で「ケーキ屋・パン屋」が1位となりました。2位「芸能人・歌手・モデル」は、昨年

*****大学機械科教員*****

③に関する内容を以下に書かせていただきます。

学部教育では機械の基礎教育が重要となるため、省略できる科目はあまりないです。一方で、新しいツールとか技術が出てきて、企業ではそれを使っているとなると、それらについても大学で教えるべきという面もある。でも、学生に教えることができる科目数には限界があるので、両方を十分に教えることはできない、という点がジレンマとなっています。

拙大学機械工学では、どちらかというと以前からの基礎科目を重視した教育を継続しています。配当科目は昔からほぼ変わらないと思います。

今回の企画で取り上げられる、「蒸気工学、ねじ、流体機械、化学工学、金属工学、内燃機関、機構学、設計製図、溶接、塑性加工、歯車」のうち、私が教育に関係している範囲について以下に書かせていただきます。

・ 歯車

3 回生前期に設計工学 1 という科目を担当しています。機械要素についての講義です。うち講義 3 回分は動力伝達要素（歯車・ベルト・チェーン）の話をしております。歯車の機能、長短所、インボリュート歯車の特徴などの説明をしています。30 年前と比較しての違いは、歯車に関する数式を教えていない点かと思います。一部の他大学では、現在では歯車を教えていないという話も聞きますので、拙大学はまだ維持しているほうかと思います。

・ ねじ

締結ねじと送りねじ（ボールねじなど）も含めて、同上の設計工学 1 という科目で講義 3 回分で教えています。

・ 機構学

3 回生後期に設計工学 2 という科目で、節、対偶、リンク機構の話を講義 5 回分で教えています。

・ 設計製図

一部の他大学の機械系では、設計演習をやめた、製作実習をやめた、という声もちらほらとおききします。一方で、まだまだドラフターで設計演習をされている大学もあります。拙大学は演習科目は基盤科目として守っているほうの大学かと思います。

機械設計演習 1（製図を中心とする科目）は、昔から変更はありません。企業の方に非常勤講師になっていただいています。

>> 1. 現在の機械系におけるカリキュラムの主要部

についてですが、拙大学の機械の学部科目を以下に記します。教養科目にあたる基礎的な数学・物理の科目は記載を省略しています。

■必修または選択必修科目

◎特に履修することを要望する科目

・ 2 回生前期

○計算機数学

◎計測学

◎エレクトロニクス入門

◎電磁気学続論

◎振動・波動論

◎材料力学 1

◎熱力学 1

◎機械設計製作

■機械製作実習

・ 2 回生後期

◎工業数学 F1

◎力学続論

◎材料力学 2

◎熱力学 2

◎流体力学 1

・ 3 回生前期

◎工業数学 F2

- 機械システム工学実験 1
- 機械システム工学実験 2
- 機械システム工学実験 3
- ◎制御工学 1
- ◎応用電磁気学
- ◎工業力学 A
- ◎材料基礎学 1
- ◎統計熱力学
- ◎流体力学 2
- 設計工学 1
- 機械設計演習 1

・ 3 回生後期

- 工業数学 F3
- 機械システム工学実験 1
- 機械システム工学実験 2
- 機械システム工学実験 3
- 制御工学 2
- 量子物理学 1
- ◎振動工学
- ◎連続体力学
- ◎伝熱工学
- 生体機械工学
- 生産工学
- 設計工学 2
- 機械設計演習 2
- インターンシップ
- ◎機械システム学セミナー

・ 4 回生前期

- 知能システム工学
- 量子物理学 2
- 固体物性学
- 材料強度学
- エネルギー変換工学
- マイクロ材料の加工・評価の基礎
- マイクロ加工学
- 精密加工学
- 品質管理
- 工学倫理

>> 2. その中での基盤機械工学の位置づけと実施出来る講義内容

拙大学機械工学では、機械工学の分野の基盤科目の重要性はいまも昔と変わらないと考えていますので、基盤機械工学科目（■や◎の科目）の位置づけに変化はありません。

一方で、30年前には無かった、生体機械工学やマイクロ系科目などが新しく入っています。これらは、機械工学の基盤科目ではないですが、周辺科目として取り込んでいます。そのようなことを専門とする教員が以前よりも増えているということもあります。

*****大学機械科教員*****

「軸受」は先生のキーワードにはありませんが、ご参考までに書かせていただきます。

「設計工学 1」におきまして、転がり軸受 2 コマ分+すべり軸受 2 コマ分 で授業を行っています。

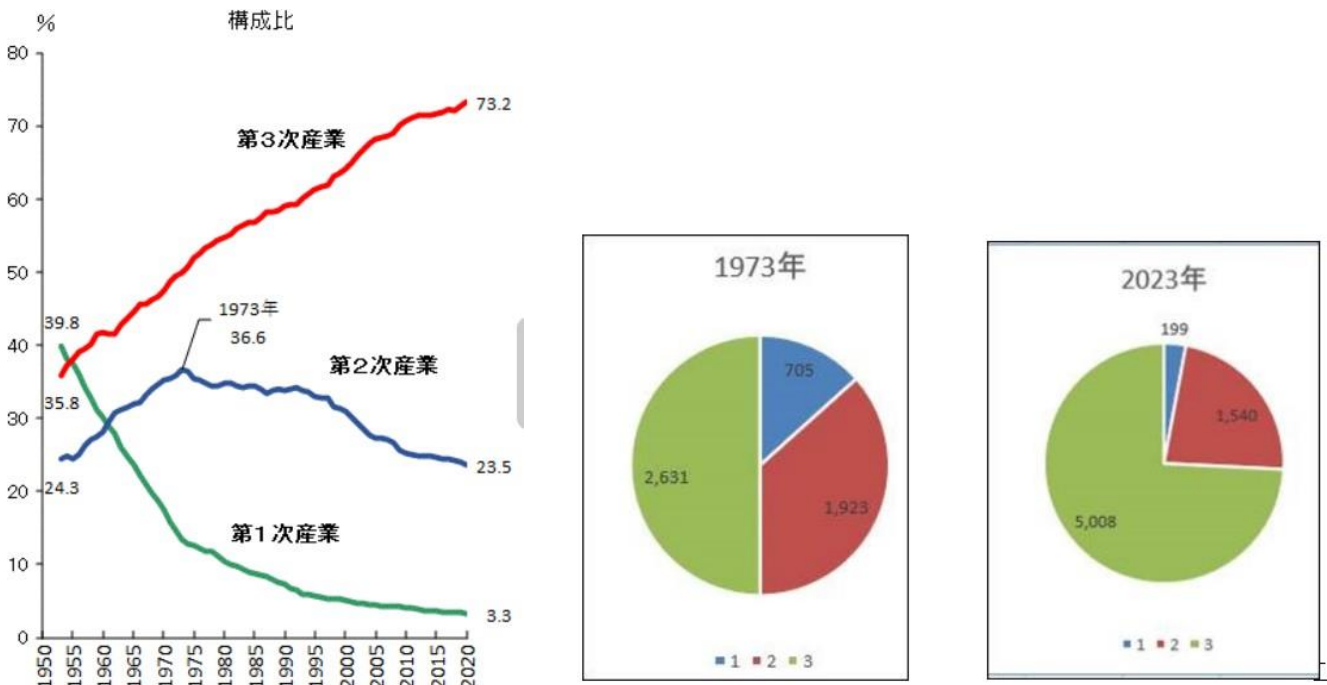
また、「トライボロジー全般」に関しましては、修士の「メカ機能デバイス工学」にて 7 コマ分の時間をもらって講義しています。

なお、私が以前勤めていた大学の時も基礎科目はかなり重点的に行っていました、「歯車」や「軸受」は「機械設計法 1 (15 コマ : 2 年生後期)」「機械設計法 2 (15 コマ : 3 年生前期)」「機械設計法演習 (15 コマ : 3 年生後期)」の流れの中で比較的時間を採って教えていましたので、それほど昔より減ったという印象はありませんでした。

ただトライボロジーも、全国的に教員そのものが減っていますので、全く教えていない大学も多数あるかと思えます。昔もあったと思うのですが、その数が多くなったのではないかという意味です。

*****大手機械メーカー設計・試験・マネジメント*****

義務教育小学校での理科教育時間が往時の 2/3 に減少云々と書きましたが、第二次産業従事者が一番理科を使うと思って、国民の就業者の内の第二次産業従事者数の変遷を調べてみました。下記にその変遷グラフを貼付します。往時'70 年代のそれに較べて最近は約 2/3 (=32%=23.5/73.2) で その数値が恐ろしくシンクロナイズしている事が見て取れる気がしました。



ここから邪推すると「義務教育は、国民のニーズに応えるものであるべきでとして 教育内容の時間配分も 就業人口比率に応じた授業時間配分化するものでなければならない」と称し、目の前の現状(数値)是認の迎合教育でこれを繰り返しているのではと。そうならば私見ですが 現在の人数構成以上に国力の衰退を加速するのではいかと思

います。

国富のためには この二次産業従事者を増やす（＝二次産業従事者の働く産業の増加）を国策として講ずべきで、そのためにはむしろ理科教育強化/科学するスタンス・素養の強化がむしろ必須かと思う次第です。補足ご参考まで。

御質問⑥『新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化』がらみの感想です。

これも先生のご質問に対し、視点ずれて恐縮ですがその後色々思う中 直観的に歯車に限らず、また設計部署についてではありますけれども漠然とながらも次の様な事を企業設計第一線の中堅若手を見ていて思い至って来ました。機械学会へのご投稿云々関係なく記させていただきます。

具体的な内容は、以前にもお送りしたものと重複しますが、切り口をちょっと変えてのメールです。その危機感とはズバリ、ブラックボックス化への慣れ(慣れ過ぎ)です。その理由は大きく以下の【1】【2】【3】かと思います。

【1】学校を出て入社して当面は、就職先で行っている業務は千差万別。従って その企業なりの過去経験を知る事や、そしてそこで普通に使用されている計算式そのものに慣れて 早急にそこそこのアウトプットを出すことが求められます。なのでいきおいオペレーションの習得に重点を置かざる得ずまたそれで構わないと思います。しかし 50 年前であれば 入社 2 年 3 年経つ中次の様な OJT があったと思います。

曰く『学卒は作業者では無いのだから、〇〇の意味は分かっているのだろうな。それに照らして今回の設計の狙いはどう言う事か?』と言った様な OJT です。その様な OJT 質問に対し答えをはぐらかしたり、進歩が見られないと『設計適正なし』として、転属になって行った様に思います。何せ当時は基本的に設計部署の人数はゼロシリングで、毎年新人が配属されたら、その同じ数の若手、中堅やベテランの設計者は設計から他部署に異動となるシステムでしたから。

それが近年ここ 20~30 年は変わって来ています。将来の少子化による労働力の早期払底への懸念と過重労働回避の意味もあってか厳格なゼロシリングが無くなり又それに沿って若手への上記の様な OJT や下問も少なくなって行った様に思います。

従って人に依ってはと言うか、かなりの割合で新入社員当時のままのオペレーションを専らとして 年月が経った中堅や管理職層が生まれ出して来る可能性を懸念します。50 年前目線で言えば技術者として成長した 10 年選手、20 年選手と言った技術者では無く、作業者（ワーカー）的に年季・体験を重ねた現場熟練者的な側面の強い技術中堅、初任管理職層の出現です。

こうなって来ると もはや昔目線でのまともな技術者 OJT 教育を行う 第一線上司や先輩格者層が全滅/消滅したのと同じです。つまり顕在化していなかったかつての社内技術者教育が自然崩壊し出しただけの様な（片手落ちの）負のスパイラル（ワーカー・オペレータの様な技術者の再生産・・・）は始まっているのを感じます。

こう言った企業内状況以外に残る理由は次の 2 つ

【2】身の回りの技術の急速な高度化&広範な複雑化――スマホひとつとっても、その様々な機能とそれを実現している技術の一次、二次、三次と言った技術掘り下げとして行っては果てしないので、いきおいそこはブラックボックスとして差し置いて、複雑多彩な機能の使いこなしの方に軸足が移る事つまり高度作業（高度ワーカー）化

が常態化している世相。

【3】もうひとつのブラックボックス化への慣れ(慣れ過ぎ)の加速要因は、もしかしたら技術マインドの変化(劣化)があるのも懸念します。それは義務教育段階でのその様な素養教育段階での教育の劣化です。『現象を見る/知る。⇒そこで止まらずに⇒その理屈を考える/知る』と言った科学する事への素養教育の時間に質の劣化です。

以前にも見て頂いたかもしれませんが、

①小学校の理科の授業数は往時の約2/3程度。

②高校生で物理Iを履修している高校生の割合に至っては、往時はほぼ全員だったのが今は3分の一程度に。

つまり好奇心いっぱいの小学校で潤沢な理科教育を受けていない人達が、大学生となり卒業して義務教育小学校の教諭として絶対時間の短くなった理科の授業をするのかと思うと少し寒い気がします。

そして理科教育全般の時間減少の背景は、理科系に就く人が減ったからと言うものがある様ですが、その減った理由が、下記の様に白物家電や電気電子分野の物がいち早く苛烈な国際競争に晒された結果、粉砕完敗したために、製造業での就労人数を抱えきれなくなった成り行きとしての結果であれば、そして教育行政そのものがもはや結果/成り行き是認の政策であればまさに教科書に載る様な理念なき国家の凋落そのものの事例を見るが如き思いです。

1. 我国産業の現状—特徴は？(政府資料から)—共通の危機感を持ちたいですね。

2019年版 ものづくり白書
(平成30年度 ものづくり基盤技術の振興施策)
「概要」

令和元年6月

経済産業省 厚生労働省 文部科学省



経済産業省



厚生労働省



文部科学省

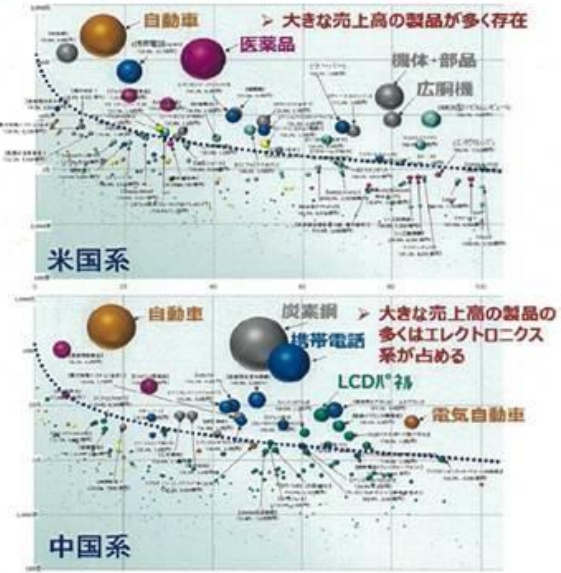
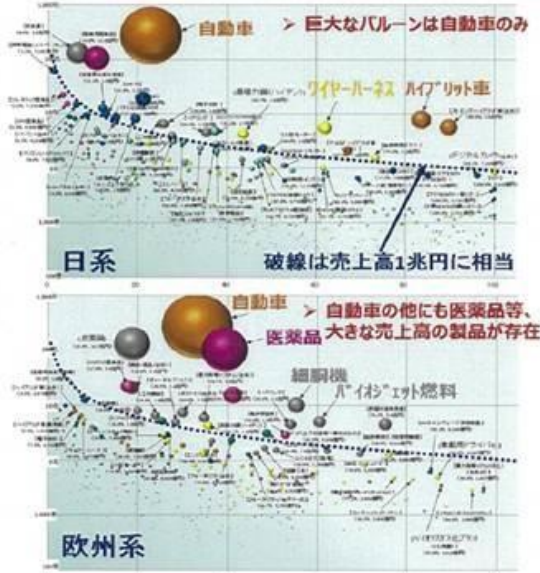
1. 我国産業の現状('16年)——特徴は？(政府資料から)

(1) 産業：国際市場における各国企業のポジション比較

- 日本企業は素材など高シェア製品が多い(シェア60%以上が256製品)が、売上高が巨大なのは自動車のみ。

バブル数比較	日系	米国系	欧州系	中国系
売上高1兆円以上	23 (1)	30 (8)	20 (1)	27 (1)
シェア60%以上	256 (0)	123 (14)	46 (1)	61 (1)

注1 ()内はIT関係、但し図には含まれない。
注2 調査対象の製品(モノ)総数は1214



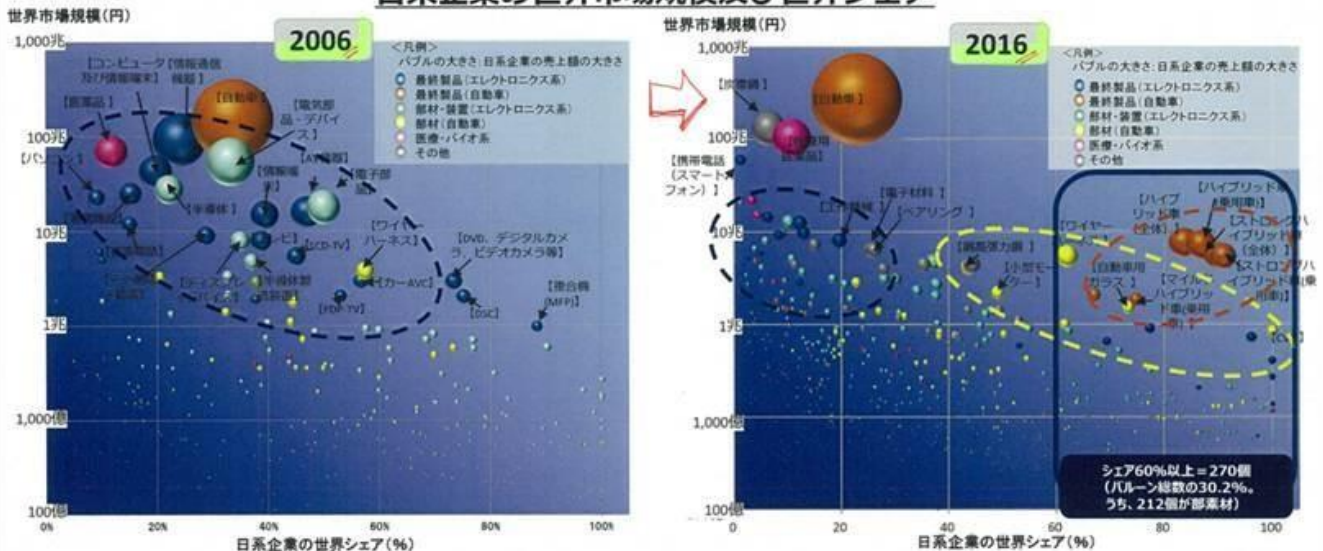
(出典) 日系企業のモノとITサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, 2017年6月8日公開

1. 我国産業の現状——特徴は従来から？ '06vs'16対比

第2章 第2節 世界の中での我が国製造業の立ち位置と海外企業の取組 2-1. 各国比較から見る我が国製造業の状況

- 我が国の市場規模及び世界シェアを見ると、**エレクトロニクス系の最終製品は売上額、シェアともに低下している一方で、自動車及び部素材については売上額、シェアともに上昇。**
- 我が国は**部素材**において高いシェアを占める傾向にある。

日系企業の世界市場規模及び世界シェア

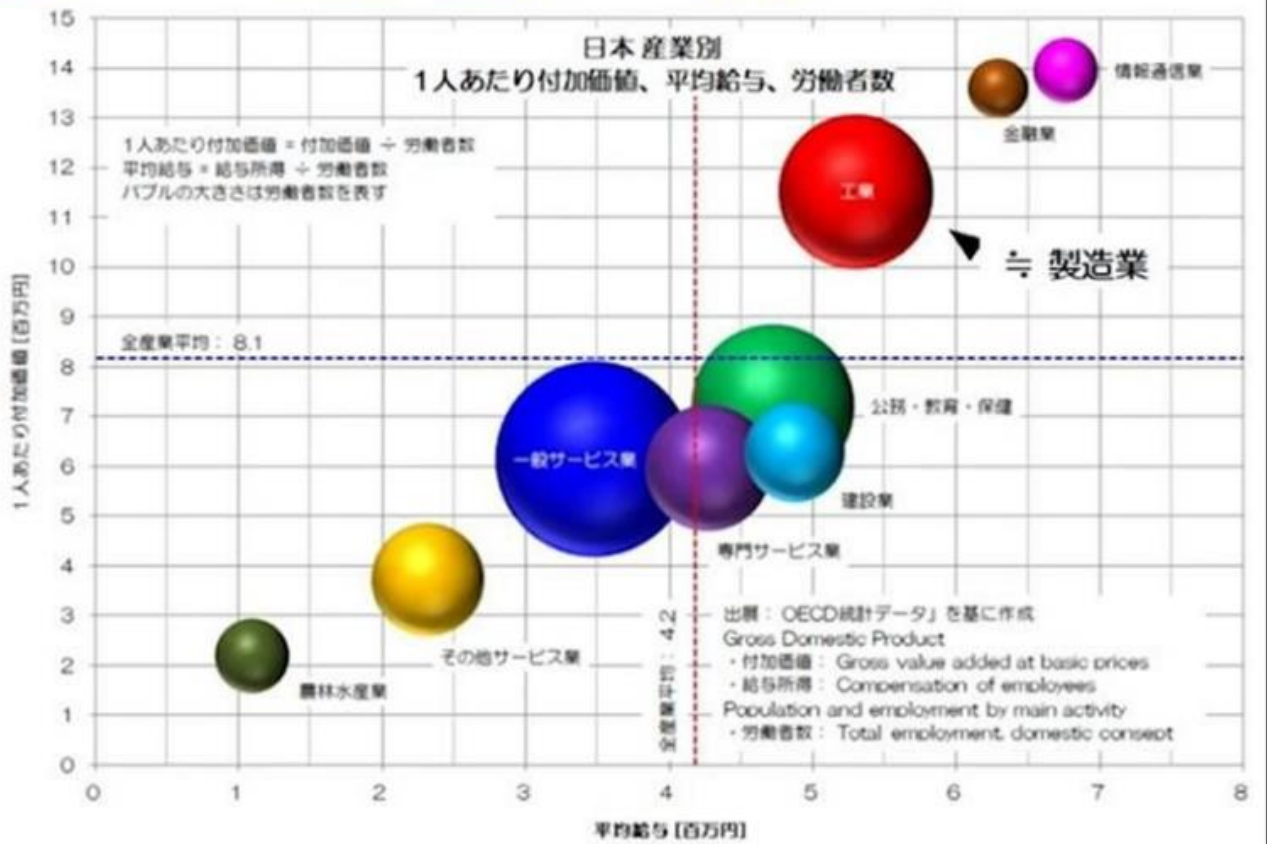


出所: 新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成19年度技術戦略の科学的な立案を推進するための分野別研究リソースと、国際市場競争力のベンチマーク及び特定産業分野への応用に関する調査」 / 「平成29年度日系企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」

更には最近の下記政府資料を見ての感想ですが

1. 我国産業の現状--その前に、製造業の立ち位置について認識共有しましょう。

製造業(≒工業)は、平均給与も生産性も高く、労働者数も多い稼ぎ頭の産業



製造業は付加価値が高いので、これの就業人口が減ると言う事は人口減少以上に GDP の低下/国際発言力の低下を招くものと思います。国としての理念としてこの第 I 象限の強化増大策強化による豊かな社会の実現が必要だと思うのですが・・・。閑話休題。

そして、このブラックボックス化への慣れ(慣れ過ぎ)の線状で、シミュレーションに過度に依存した設計体質が定着して来だしているのもひとつの危機として感じて居ます。

設計のガンつけはイメージ(スローガンみたいなレベル)あとは、次々生まれ来る シミュレーション ソフトを駆使しての設計としての考え主導ではなく、シミュレーション結果主導の まるでシミュレーション占いに導かれた如き結果トレース的な設計。設計体質そのものの変容を感じるものです。実はこの初期の目付/見通しを自分の頭で考えない事が 結果として更なる凋落を招く気がします。

それは失敗学の畑村洋太郎先生の著書『技術大国幻想の終わり』に示されている様に感じます。

曰く『世界を見て回ってわかったのは、経済成長著しい新興国は、日本以上に自分の頭で考えて努力してきたということです。一方その間、私たち日本人は、自らを「技術大国」と位置づけて、その上にずっとあぐらをかき続けてきたのではないかと、そして自分の頭で考えて努力するというのを忘れていたのではないかと。』

私は 2011 年の東日本大震災による福島第 1 原発の事故後、政府の事故調査委員会の委員長を務めました。その活動の中で驚いたのは、原子炉の中の状況を示す数値が解析プログラムによってそれぞれ異なるので、事故当時なに

が起こっていたかをきちんと把握できなかったことです。ちなみにこうした解析プログラムはすべてアメリカが開発したもので、日本が自前で開発したものは一つもありませんでした。

それはつまり、日本の原発は、自分の頭の中に事故のモデルすら持っていない人たちによって運営されていたことを意味します。

実は、日本が自分たちより下に見ている韓国は、自前で開発した解析プログラムを持っています。・・・(中略) 中国の原発にも、やはり自前で開発した解析プログラムがあります。』

先の大戦中の中国は、世界中から最良のものを買ったりして使えばよいた的な発想であり、世界中から一目低く見られていたのに対し、日本は先日お送りした京大数理研究所の記事に有った様に大戦後半の厳しい状況に在っても基礎からも自らキッチリ考えて対処するマインドに満ちていてそれが戦後のスプリングボードとして機能して高度成長をもたらした。それが今や日本と大陸とでそのマインドが何か逆転したのを感じもします。

話を戻せば、その傾向の上でのシミュレーションで計算させる事が設計業務だと思い、各シミュレーションプログラムのオペレーションが設計そのものだと思う風潮に 実は自分自身危機を感じて居たのだと 上記を書いている中 納得できてきました。

—以上—

昨日の当方メールの補足です。

① 昨日のメール主旨は、無いものねだりかもしれませんが、刻々社会情勢が過去との様相を変えると共にドラスチックに変貌する中、日本の5年10年先そして20年先・・・。将来どんな産業構図でどの様な立ち位置で世界の中のスタンスを確保して国家安全&興隆を期するのかを定めて それに沿った施策としてどこを重点的に力を入れて行くのかをブレークダウンしていかないと、苦しいなあと言う感じヒシヒシですね。

現況は、かつての成長を望み成長の目途もまだ見え易い時と違いジリ貧スパイラルに入ってきているのは誰の目にも見て必至なので、このジリ貧の現状是認でこれに合わせての モグラたたきよろしく後追いで対処をして行くと縮小ジリ貧を加速して行くだけの様に感じてなりません・・・。この様なこと小職が書かずとも皆さん分かっていながら何にどう手を打つかが確定できないのだとも承知しておりますが・・・。

② 昔はよかった風には言えませんが、これもご存知の通りですが

戦中には実は戦後復興も視野に 産業/工業復興を果たすべく各都道府県に工業専門学校と、これは軍医のためではありますけれども医専は1校以上設置の理系重点策で学校を新設 これが戦後の旧二期校の工学部とか地方工業大学とかの母体になる訳ですよ。

戦後は戦後で講和条約以降の s30 年頃からは更に所得倍増経済復興/成長の方針の下、戦中の施策での工業系のものだけではまだ不足として s40 前後からは各新制大学には必ず工学部設置との方針で新制大学にも陸続として工学部を新設、旧帝大の中でも一部は工業系学部を増設。そして各都道府県には5年制高等工業専門学校を新設・・・。と上り調子の工学興隆がありその線上での義務教育での理系導入教育の活発化があったのだと思います。

次の文科省の次の HP 120 年史にも そこら辺の消息が明記されていました。

https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/others/detail/1318277.htm 抜粋を下記に貼付します。

高等学校職業教育課程の充実と多様化

高等学校の工業教育については、昭和三十年前後からの科学技術の振興、三十年の経済自立五年計画、三十五年の国民所得倍増計画などにに基づき、中堅産業人養成の観点から拡充され、特に、機械・電気・工業・化学・建築・土木等の学科の新・増設が国の財政的援助を伴って積極的に進められた。

農業教育については、農業近代化を目指した三十六年の「農業基本法」の制定を契機として、新たに実験・実習に必要な施設・設備が充実された。さらに三十九年度からは、農業自営者の養成・確保のため、自営者養成農業高等学校拡充整備補助金が支出された。また水産教育については、技術革新の観点から大型実習船などの建造費及び「共同実習所」の施設・設備について補助金が支出された。

中央教育審議会は、四十一年十月「後期中等教育の拡充整備について」答申し、その中で、生徒の適性・能力・進路に対応するとともに、職種の特分化と新しい分野の人材需要とに即応するよう教育内容の多様化を図ることの必要を述べた。これに基づき、理科教育及び産業教育審議会は、四十二年の八月と十月、四十三年の十一月と三次にわたって「高等学校における職業教育等の多様化について」答申した。

職業教育の多様化のための一七の新しい学科及び理数科が新たに登場し、これらの学科は、地域社会の必要に応じて逐次設置されていった。その後、更に情報技術科や情報処理科が設けられた。またこれより先三十九年度から、準備看護養成のための衛生看護科が設けられるなど、約二五〇種類もの様々な学科が設置を見た。

高等教育機関における産業教育

昭和三十二年の新長期経済計画に関連して、同年度から理工学系学生八、〇〇〇人の増募計画が実施され、三十五年度までにその計画目標数をほぼ達成した。次いで前述のように、三十五年の国民所得倍増計画において、倍増計画期間内におよそ一七万人の科学技術者が不足することが見込まれるに及び、文部省では、三十六年度を初年度とする理工学系学生一六六、〇〇〇人の増募計画を立て、七年計画で達成することとしたが、更に早急に増員を図るため、計画に修正を加え、第一期増募計画として三十六年度から三十九年度までの四年間に二万人の増募を行うこととした。この計画は更に一年短縮され、三年間で完遂された。一方、戦後の急激な出生増により、大学入学志願者は、四十三年度をピークに増大することが予測され、その大学志願者急増対策の一環として、特に理工学系を重点に学生の増募、学部・学科の新設等が逐年実施された。

教育そのものも、いつの間にか物の事象を観察して本質を考察する場である理科も下記の様に理系離れがだいぶ来ているみたいです。下記文中にも記しましたが工学部に来る学生はまだ物理は習っていると思いますがそこまでの小学校等の教員の物理的素養が？になってきている可能性を懸念します。——cf。下記に添付のメール文面を参照下さい。

----- Forwarded message -----

今回のメールは、〇〇先生には先刻ご承知の事と存知ますが、義務教育からの理科教育の時間数の変遷についてです。それがらみで 僭越ながらその事を裏打ちする様な情報を思い出しました。

情報を提供/共有できれば思いここに 2 点 冊子抜粋や論文 pdf を添付すると共に 当該箇所の抜粋を以下に貼付致します

まずは たまたま読んだブルーバックスの最終章の記述には大変驚きました。



大和は2度沈むのか

最後に、日本の最大の強みが失われつつあるという話をしておきたいと思います。

いま、世界の国々は科学教育に真剣に取り組みはじめています。米国では、日本を意識して国家プロジェクトとして理科教育に注力していて、英国でも数学教育が重視され、中国では「科教兴国」（科学技術と教育によって国を興す）が宣言されました。韓国、台湾、シンガポール、インドでも理科教育重視を打ち出し、IT先進国をめざすことが国民的目標となってきました。

この間、日本は何をしていたでしょうか。なんと、理科教育の時間を大幅に減らしてきたのです。高校理科の履修率の変化を見ると、衝撃的です。文部科学省は50年ほど前から、高校理科の授業時間を減らしはじめました。それから約20年後3分の1に減り、約25年後には7分の1にまで減少してしまっただけです。このことは、これからの日本のものづくりに、ポディーブローのよう効いてくると思われまます。

すでに現在、日本の技術系の大学生の数は、中国よりも一桁少なくなっています。今後のことを考えれば、ものづくりに関してはもはや絶望的な差がついたと言わざるをえません。

ノーベル賞受賞者も日本は70歳以上の高齢者ばかりで、それも30〜40年前の研究成果が認められたものがほとんどですから、このままでは日本人のノーベル賞受賞者がいなくなると懸念されていますが、ものづくりの世界の状況も、きわめて深刻なのです。

日本刀から大和へと、脈々と流れるものづくりの伝統が、この国の最大の武器であることはみてきたとおりです。これをむざむざと失うことは、戦艦大和を無為に沈めてしまったのと同じ過ちをもう一度繰り返すことといえます。なんとか復元するために、教育の問題だけはリアリテイのない人間にまかせておくべきではないと思います。

上記の、理科時間激減がちょっと大げさ過ぎると信じられなかったのが、ネットでエビデンス的なものはないかと検索しそうしたら次の様なものもヒットしました。

いよいよ以って 肌寒い思いがする次第です。

表1 小・中学校の授業時数に占める理科の変遷

1. 小学校の変遷

	1～6学年の全教科 (授業時数)	うち理科 (授業時数)	構成比(%)	変化率(%)
昭和16年(1941)	5600	315	5.6	—
昭和22年(1947)	5355-5495	525-595	9.8-10.8	+77.8
昭和33年(1958)	5612	628	11.2	+12.1
昭和43年(1968)	5612	628	11.2	0.0
昭和52年(1977)	5262	558	10.6	-11.1
平成元年(1989)	5262	420	8.0	-17.8
平成14年(2002)	4949	350	7.1	-16.7
平成20年(2008)	5227	405	7.7	15.7

3. 理科教育の弱体化と産業界へのインパクト

しかし、1977年以降の改訂からは理科教育の比重が落ち始め、大学入試の質の変化もあって理科の科目を履修する高校生の数が著しく減り始め、日本の理科教育は大きなダメージを受けた(図1及び2を参照)。さらに1980年代以降の教育改革の流れの中で、学校教育の総授業時間数の大幅な削減が進行し、理科の授業時数も大きく減少した(表1参照)。この動向には大学入試科目の減少傾向、

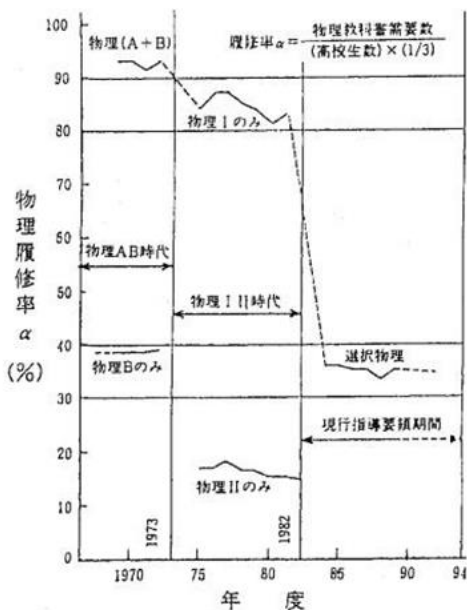


図1 物理履修率の変遷
(出典) 『物理教育』第38巻4号(1990)

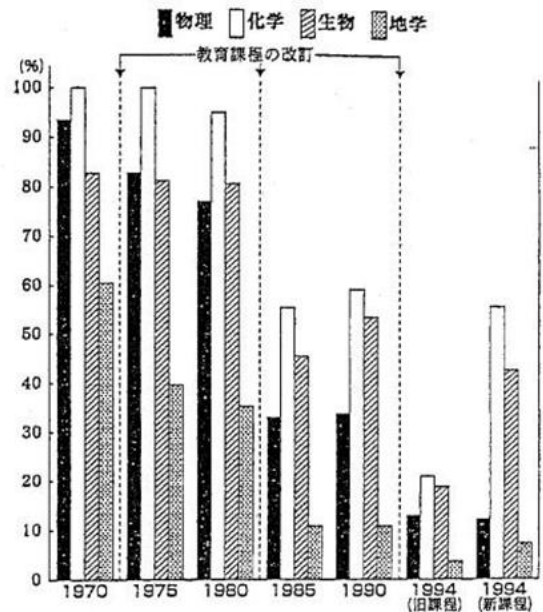


図2 高等学校理科の履修率の変化
(出典) 国立教育研究所調べ(1995年)

もっとも、工学部に来る様な学生は、この数少ない物理をそこそこ学んだ学生諸君だとは思いますが それまでに彼らに 理科を教えていた小学校の先生の中にはその教え子たちに対して、まともな物理素養を教えるのに非常に不得手な教諭の方もおられ それでも何某かは教えなければならないので いきおいカンや感覚で教えている教員も意外と多いのではと

感じました。

かつてはほとんどの高校生は男女問わず物理 I は学んでいたのに対し、ここまで少数派になって来てしまっは質

そのものの変化を懸念します。物理なんて学びたいなんて思う奴は『おたく』だよなあ。変な奴ら・・・。

と言った雰囲気も高校では流れているのではと。また、『最近の学生は 受験産業の弊害なのか 物理を暗記物教科として覚えている様で、一見物理の成績抜群に見える学生でも いざ現実現象に臨むとそれが全く物理現象として 結びつかない学生が散見され驚く・・・。』と先生が仰っていた事とも 一脈通じるかとも感じました。

-以上-

【追伸】

この様な、小（中高）の理科教育をネットで調べ出したもう一つの背景。

なぜこの様なものを調べていたかと言うと、実は偉業所で再雇用者が教員となって構内で 小学校 5 年生を招科教室は 簡単な実験を交えての理科教室をしています。

理科教室の内容は歯車、油圧、トルク等からひとつを 予め小学校側で選んでもらっての身体を使う実験を交えての理科

歯車を教えるにあたって、『歯車って、テコがつながっているのと同じなんだよ・・・。』と思った時に『テコの原理、やじろべ』とかは 何年生のカリキュラム力なのか？

教諭よりも先に教えることになってしまっは、授業に迷惑がかかるかもしれないと思いネットで調べていくなか実はもうとっくに 小学生のカリキュラムからこれ等が 少なくともキーワードとしては消えていそうにも感じたのでそれが又 信じられなくて色々ネットを漁ってみた事がありました。

そこで偶然見つけたものが今回ご紹介したもので これ等を見て あらためて現状を再認識した次第です。

御質問⑧そのほか----

ささいな視点ですが 又 先生からのご質問に対し主旨ずれますけれども歯車設計の第一線にながらく身を置いていて レベルの低い話でお恥ずかしいですが感じて居たことがあるので 参考内容として敢えて書かせて頂きます。

思わぬ技術的なボーナスがあり短期的にはとても良かったのですが 実はその事も大きく歯車技術の進化を一部阻害した様に感じたと言う事です。それは、鋼材の品質向上（清浄度向上）です。そして各鋼材メーカー間である程度の規格化はあっても規格文面以上の実力勝負の競争があったと言う事実です。

言うまでもありませんが 歯車設計のポイントは 次の 3 つ。 特に最後の 2 つはトレードオフの相反する性質のもの。

- ・ 性能
- ・ 耐久性
- ・ そして製造原価

ここのさじ加減が非常に重要。例えば歯車に似た機礎として軸受けを例にすると信頼度と耐久性の関係はワイプルの的に次の表のとおり。

信頼度 %	90	95	96	97	98	99
寿命 L_a, L_{10} 定格寿命	L_5	L_4	L_3	L_2	L_1	
信頼度係数 a_1	1	0.62	0.53	0.44	0.33	0.21

しかし、次の様に製鋼技術の向上が繰り返された結果

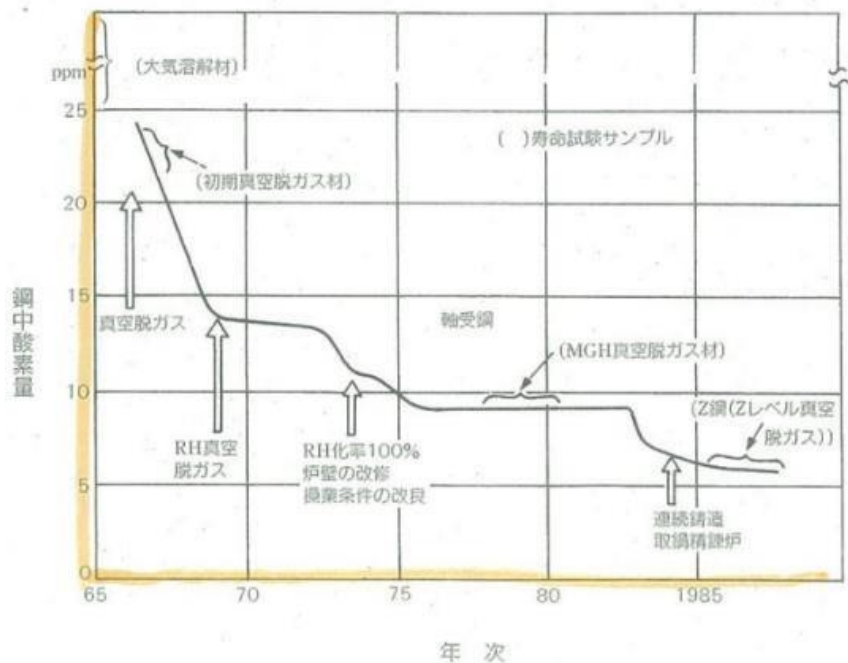
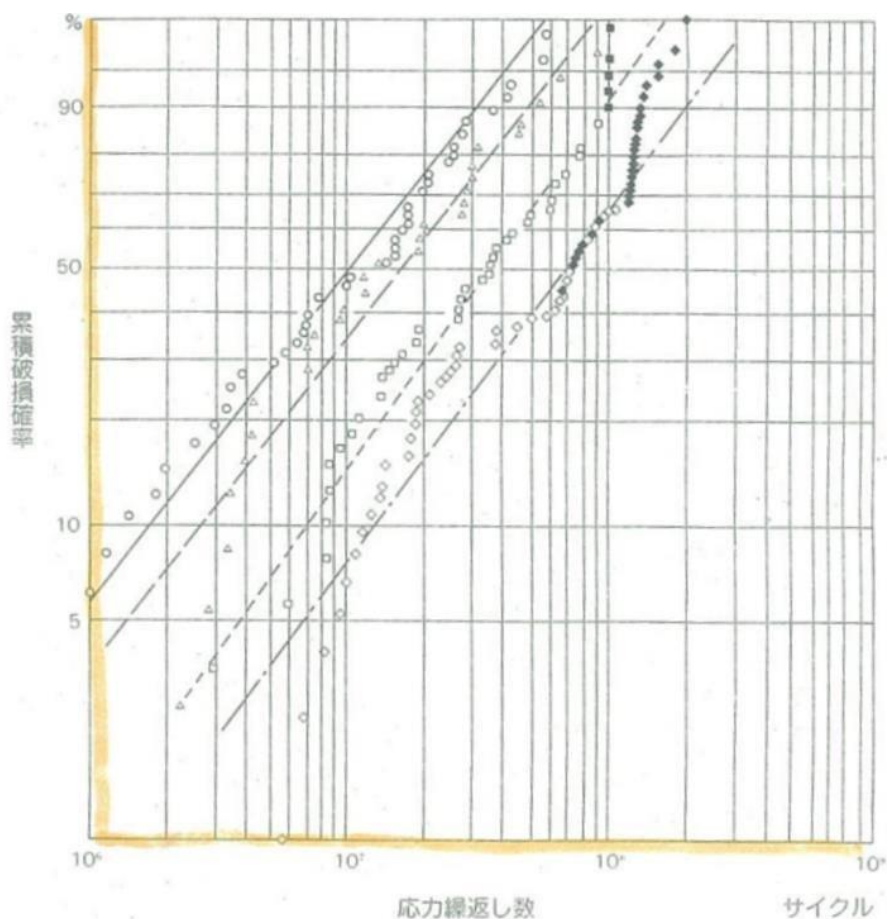


図2 NSK 軸受鋼の鋼中酸素量の推移

歯車の耐久性は 期せずして同じ設計 同じものを使っても歯車装置設計者は自分の技術を進化させる事無く、従来と同じ設計をしたとしても 勝手に寿命が 3~10 倍も伸びてしまう 魔法の様な奇跡の様な事が起きてしまったと言う事です。



要領を得ないメール文面で恐縮ながらご参考迄。

⑤ 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化対象機械についてですが、次の 3 つの理由により重要性の相対的低下がある様に感じます。

(i) 機械の進化により、設計業容が拡大した点。――機械全体の制御、自動化の A I を伴ってのより進化等（純メカ以外の分野の増大）

(ii) 機械要素を構成する基盤技術の進化により、機械そのものが壊れなくなって来た点。逆に言えば 50 年前はまだ機械が壊れていた時代。そして 60 年前は機械は壊れた時代、戦前戦後の『安かろう悪かろう』からの脱皮を図るべく産業界全体が真摯に品質向上に磨きをかけていた時代。60 年前は壊れる時代だったけれどもその要因が多く又多方面にわたっていたためにその改善/対策には多方面の知識と本質を見極める力、世の中の動向/進歩の潮流をアンテナ張っておぼろげながらも次々明らかにされて行く事柄を自分の設計に取り込むチャレンジ精神や胆力・判断力もとても必要であった時代。つまり人的な能力に大きく依存していた時代。それだけにいち早く壊れない高品質/高耐久性のものが作れば、より低騒音低振動なものが作ればそれそのものが商品の圧倒的差別化につながった時代。その様な背景の下、歯車や歯車装置設計はいわゆる入社以来設計一筋 10 年選手の中でも将来を託望される課長一歩手前の有能設計者にとってはいわば必須の素養を見極めるかの花形設計対象。大仰に言えば機械学会のマークが歯車そのものである様に、開発のトップ本部長から各機種部長、課長に至るまで建機設計の主だった責任者全員が歯車に一家言もあり、理解もあり精通していた時代が 40 年くらい前まではあったと感じます。そして 30 年 20 年前くらいからはこれ等諸々の技術が敷衍されもし上記諸々材料・熱処理の技術や品質が向上名実ともに発展途上であった海外製含め物そのものが装置そのものが壊れなくなって来たためにそこでの差別化が相対的に困難になってきているのを感じます。ひたひたと進行するコモディティ化の波です。ここで必要とされるのは単なる設計技術による差別化はもとよりさらに一歩進んだ歯車を含めた装置から見た車体全体やユーザに対するエンジニアリング力勝負の世界への変容であり、それにいち早く気づき取り組めるかどうか大きな分岐点に思います。

繰り返しになりますが 50 年前は鉄鋼材料もまだ粗雑、熱処理技術もその計測技術や制御も含め発展途上、設計技術も歯車の歯先修正やクラウニングの影響考慮と言ったベーシックな面も含め発展途上、恥かしながら市場負荷の把握も・・・それだけに人的な総合分析力・仮定を設定し実行する判断力つまり技術者としての人的な総合力が必要であったので重要性が高かったと思われます。

(iii) そして 50 年弱 歯車技術の向上・進化が著しく、更にこれらを吸収咀嚼して工場の設備投資まで促す存在にと重要性と期待が増す中、それまでは車体設計の中の最重要装置であったものが、もはや車体の一装置と言う存在を超えているとして専門設計部署として独立分離。皮肉なことにこれにより歯車を設計もし苦勞もした車体設計者のポピュレーションの低下と期待に応えての専門性の深化により意外にも車体設計者にとっては理解し難い生産-設計一体となった社内別企業的な仕様連絡を渡す相手的な存在に・・・。

御質問⑥『 新入社員の歯車についての知識の 50 年前からの変化』

・激変です 基本的に知識は僅少。要因は2つ。

(i) 機械系学科卒業者そのものの割合の低下。――

新入社員の機械工学科出身者の比率が 50 年前の 90~95%くらいから、55%程度/約半分程度に低下。弊社特有の状況なのかもしれませんがおそらく少子化を視野に人員の囲い込み（マンパワーのシュリンク防止の見地？）も有ったの事かもしれませんが、50 年前指定校制があった当時の約 8 倍から 10 倍。大野の入社約 40 年強前とに比較でも約 2~2.5 倍の新入社員増です。これもおそらくそれを受けて材料・情報・電気系等の新卒（既卒）入社が増。⇒歯車伝動機系にも機械系卒の新人配属比率は低い傾向。歯車とは無縁だった人達が配属されて来る構図。

(ii) 機械系学科卒業者そのものであっても大学時代歯車に触れていない/学んでいない。――

50 年前でも機械卒者がどこまで理解できていたかは『?』ですが、今は「機構学」もあまり習って居なような感じ。学生時代に機械工作実習でも旋盤止まりが多い。新卒者もおそらく歯車を削った経験のある社員は皆無に等しい・・・?

*****大手機械メーカー設計、マネージメント*****

小生は 1989 年入社のため、50 年というスパンでのお話はできませんが、40 年弱というところで、小生の主観的な回答をさせて頂きたいと思います。

ご参考となれば幸いです。

> ⑤ 企業の中での機械技術、歯車の重要性の 50 年前からの変化

工作機械等、精密駆動が必要とされる分野においては、DD(ダイレクトドライブ) モータが台頭してきており、駆動系の設計も機械設計から電気・制御系設計が重用される傾向があると思われます。ただ、ロボットなどは重量/トルク比の面で DD モータより減速機+サーボモータの方が有利であることから、ハーモニックドライブ等の軽量・高減速比型の歯車装置はまだ需要があると思われます。

一方、一般産業機械用歯車装置については、1990 年代以降、当時の円高も背景にはあると思われますが、安価な海外製品を調達する流れが加速し、弊社では内製化していた歯車装置の多くが海外製を調達する方向に大きく動いた経験があります。

小生が入社した頃は弊社内で歯車を製造していたのが、全国に 7 拠点ありましたが、現在も継続しているのは 3 拠点だけとなり、規模も大幅に縮小しております。

これらは価格競争で負けたという要因以外に、技術・ニーズのトレンドが変わったことも要因となっており、例えば、LNG タンカーの原動機は、積荷である LNG を使って発生させた蒸気で駆動する蒸気タービンが主力でしたが、LNG 価格の高騰を受け、現在は安価な重油でも動くディーゼル機関に変わっており、タービン出力を減速する大型歯車装置は出番が無くなってしまいました。同様にガスタービンを利用した発電設備も、大型化に伴うタービン回転数の低下により、高速減速機のニーズは減少しております。

一旦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てしまいます。これを復活させることは非常に難しく、小生の経験では風車用増速機を内製化する計画が、投資面（人・もの・金）で頓挫したことが挙げられます。（風車の場合は、大型化に伴いギヤレス風車が台頭してきたことも要因に挙げられます）

＞ ⑥ 新入社員の歯車についての知識の50年前からの変化

小生の経験ですが、大学時代に歯車に関する勉強をした新入社員は小生が新入社員であった頃と現在で大きな変化は無いと思います。これは小生が新入社員であった当時も今も、学校でしっかりと歯車の勉強をしてきた学生は非常に少ないと思われます。小生も大学は流体力学の先生に指導いただき卒論を書きました。大学では機構学の授業の一コマで歯車を教わっただけです。(モジュール×歯数がピッチ円直径になる程度でした)

入社後も後輩を見ても殆ど同じ状況です。まだ、高専卒の後輩の方が、歯車については良く知っていた印象があります。

＞ ⑦ 入社後の新入社員の歯車についての知識の進歩状況の50年前からの変化

小生が入社した当時は、社内に歯車を良く知る先輩方が身近におられ、ほぼ白紙の状態で入社したにも関わらず、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ました。難しい技術課題に直面しても、先輩のオーソリティがしっかりと指導してくれました。設計技術と並んで多くを学ばせて頂いたのは生産技術です。すぐ隣の工場で自分が設計した歯車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しっかりと現実世界に繋ぎとめるためには非常に重要なものと思います。

最近では、上述の通り歯車装置を購入品として取り扱うことが多くなり、購入仕様書を作成することが設計者の役割となっているように感じます。歯車の製造現場を見たこともない設計者が、満足な仕様書を書ける訳がなく、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様子にしばしば直面します。

弊社が生産するウォーム減速機などは、市場プレーヤーが減少してきており、事業撤退等により古い減速機と同じものが作れなくなったものが少なからずあります。代替機を弊社が提案するのですが、古い減速機と比較評価する術をお客さんが持ち合わせていない場合が多く、仕様変更に多大な労力が必要となることもしばしばです。

ただ、小生が新人の頃に受けた有形・無形の教育・指導が、現在でも行われているかという点であり、そうした技術者を責めることはできません。上述の通り、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、生産技術が失われます。生産技術の裏付けの無い設計図や仕様書はかえって有害になる恐れがありますが、それを自覚できない技術者が育っていきます。

＞ ⑧ その他、なんでも、この際、世の中に言ってほしい貴希望・御意見

小学校の頃に、世の中の産業は1次産業、2次産業、3次産業に分けることができると習いました。そして、世の中の流れは1→2→3と移行すると言われて、実際その通りになっていると思われます。ただ、当時の教科書には1、2、3の産業構造はピラミッド型に表されており、豊かな食に支えられて物質的な豊かさが生まれ、この土壌の上に文化的な豊かさが実現されると示されていました。現在は土台となる1、2次産業はあって当たり前前の産業となり、労働人口は3次産業に向かっており、先進国における産業のピラミッド構造は、労働人口や資本投下で見ると崩れかかっていると思われます。

これを補うために、より効率の良い食料生産、社会資本生産を、市場経済という競争の下に目指した結果、環境破壊や少子化といった、これまでの「豊かである」というものは非常に脆弱な、砂上の楼閣であるということに突きつけてきたように感じます。

最近、改めて資本論が取り上げられることが多くなってきていると感じます。東京大学准教授の齊藤幸平さんがしばしばメディアに登場されることも一因かと思われますが、行き過ぎた市場経済原理に対して批判的な目を持つことは、これからの世の中を考える上で非常に重要と思われます。

歯車技術が世の注目を浴びないのは、歯車が機械装置の黒子としてしっかりと働いているからであり、大学教育を始め、様々な教育機関が優れた人材を世に輩出してきたことが、小資源国である日本が唯一確保できる人的資源の豊かさを生んでいたと考えます。こうした不可欠の社会資本を、市場経済原理に基づく自由競争に晒しておくこと

は、米国や中国等の強者が、自国中心の考えを強めている現在において、非常に危ういと感じます。少子化により学生数が減少する中、国立大学も授業料を値上げざるを得ないというニュースが最近ありますが、完全に負のスパイラルに陥ったことが明白に示された事例ではないかと考えます。昨日放映された NHK のプロジェクト X では、トットちゃんを通ったトモエ学園が取り上げられており、指導された小林先生は、「教育は子供たちの 20 年後の姿を想像して行うもの」を言われていたことに深く共感しました。人的資源は日本が唯一頼みにできる資源であり、この資源は 20 年という年月の投資が無いとリターンが得られない長期開発案件です。この投資を家庭にのみ求めるのではなく、国家として負担すべきことだと思います。

なにか取り留めのない内容となっしまい、申し訳御座いません。書き出すと止まらなくなりそうですし、内容もおかしな方向へ行きそうなので、この辺で一旦筆を置きます。