

材料デザイン学 第1回

工業材料と材料デザインの概要

岸田 逸平

2015年10月6日

目次

1	「材料をデザインする」とはどういうことか？	2
1.1	一般的な工業デザイン: ドライバー (ねじまわし) の例	2
1.2	材料のデザイン	3
1.3	講義予告	4
2	工業材料概観	5
2.1	三大材料	5
3	まとめ	6

1 「材料をデザインする」とはどのようなことか？

design: デザイン, 意匠; 図案, 下絵, 素描; 設計図; 模様, ひな型 (pattern).
(リーダーズ英和辞典)

design とは日本語で「設計」となる。設計と云ったら、絵を描いて製品の形を決める、というイメージが強いだろう。形ではなく、材料をデザインする、とはどのようなことだろうか？講義名の「材料デザイン学」というのは「線形代数学」や「微分積分学」といったキッチリした学問体系の名前ではなく、やや緩やかな定義の言葉である。世間一般で「材料デザインとは何ぞや」という定義があるわけではない。本講義は「材料開発の為に重要な何か」を伝えるような内容になる。

本講義では、「材料のデザイン」という言葉は「材料の性質・性能に着目し、工業製品として目的を達成するために最大限の性能を発揮するためのアプローチ」を指すことにする。

諸君は数年後には卒業・あるいは大学院を修了し、社会に出て、研究者・技術者として活躍することになる。その際により効率的な開発を行うための基礎的な知識を紹介していく。その内容は個々の精細な知識ではなく、開発のための手段選択・方法論といったものだ。

1.1 一般的な工業デザイン: ドライバー (ねじまわし) の例

ドライバーがどのような素材で構成されているか、考えてみよう。

部材構成:

- 刃先: 金属。
- つかみ部: ポリマー or 木材。

「なぜこのような構成になっているのか？」この問は重要である。あなたがドライバーを製造する立場にあったとき、どのような構成にするだろうか？前任者が作っていたからと同じ物にするだろうか？それではあなたの仕事の価値がない。

どのようなものであれ、そのような形態になっていることには理由があるものだ。ドライバーの場合にも、単一の素材でできているのではなく2つの素材でできていることには理由がある。ドライバーの各部には要求される性能がある。それを考えるためにドライバーが使用される状況を想像してみよう。

ドライバーの使用される状況:

- _____
- _____

軸部の素材 ねじりによる最大剪断応力は半径の 3 乗に逆比例する。よって半径の小さな軸部は強度と剛性が高い炭素鋼が用いられる。ここに強度の足りない材料を用いると、ねじりによって容易に破損する。

ここに以下のような材料を使うとどうなるだろうか？

- 金属: —
- セラミックス: _____
- プラスチック: _____
- ゴム: _____

つかみ部の素材 つかみ部は手に触れる部分であり、モーメントを伝えるために半径を大きくする必要がある。前述のようにねじりによる最大剪断応力は半径の 3 乗に逆比例するため、ここは強度がそれほど必要ではない。実際にはポリマーや木材がよく使われる。

ここに以下のような材料を使うとどうなるだろうか？

- 金属: _____
- セラミックス: _____
- プラスチック: —
- ゴム: _____

このように工業製品はその性能を最大化するためにデザインされる。

1.2 材料のデザイン

個々の材料に注目していく。ドライバーの軸部には炭素鋼が用いられているが、今使っている炭素鋼より良いものを開発するにはどうしたら良いだろうか？より良い材料を指針を立てて効率よく開発する手順について、本講義では学んでいく。

材料の物性

物性: 物質の示す巨視的性質。電氣的・機械的・光学的・熱的・磁氣的などの性質。(広辞苑)

どのようなものがあるか？思い付くものを挙げてみよう。

- _____
- _____
- _____

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

以下は物性ではないが、材料デザイン上 重要な要素である。

- 希少元素の使用
- コスト

材料の改善 現在の使われている物より良い素材を開発したい。

- 強度を上げれば少ない材料で構成できて軽くなる。どうすれば強度が高い材料を開発できるか？
- 耐食性を上げれば水回りでも使い易くなる。どうすれば耐食性を上げられるだろうか？
- コストを下げることも重要。どうすればコストを下げられるか？

極論すれば、既存の物に対してどれか一つの特性だけでも、わずかにでも上回れば価値がある。

1.3 講義予告

毎回出欠を取る。小レポートの場合もある。

第1回 序論

第2回 特性発現機構とスケール 工業製品に使われる素材の特性について、それぞれの特性がどのスケールの構造で発現するのかを学ぶ。これによって開発のために注目すべきスケールを絞り込むことができる。

第3~6回 機械的特性 構造材料などで特に必要とされる強度・靱性といった機械的特性を改善するための開発指針などについて学ぶ。

第7~11回 電氣的・光学的特性 電気・電子・光学・発光デバイスに必要な電氣的特性を改善するための開発指針などについて学ぶ。

第 12 回 環境にやさしい材料 製品に重元素などの毒性素材が用いられていた場合、その製品は容易に廃棄できなくなる。一般に、環境にかかる負荷が低い方が良い。現在は代替材料がないために使われていても、その開発は非常に有用である。どういう点に注意すれば環境にやさしい材料を開発できるのか、そのポイントを押さえる。

第 13 回 理論・実験・計算による開発 代表的な研究・開発手段である理論・実験・計算の 3 つそれぞれについて概説し、効率的な開発を行うための指針について学ぶ。

第 14 回 まとめ

第 15 回 期末試験

問題提起

- 現在最高強度とされる鋼材よりも強度の高い鋼材を開発するにはどうすべきか？
- 現在最高の超伝導転移温度を持つ材料 (e.g., 銅酸化物高温超伝導体, 138 K) よりも高い温度で超伝導を示す材料を開発するにはどうすべきか？
- 現在よりも価格の安い LED を開発するにはどうすべきか？

明快な解答はない。しかし、指針は立てられる。

2 工業材料概観

2.1 三大材料

現代工業における三大材料: _____, _____, _____。

これらの三大材料のたまかな相対的な性能比較を Table 1 に示す。

表 1 (table20121011a) 三大材料のたまかな相対的な性能比較。具体的な個々の材料はこの表の通りになるとは限らない。

性質	金属	セラミックス	高分子
強度	高	高	低
靱性	高	低	高
熱伝導性	高	中	低
比重	高	中	低
耐食性	低	高	高

例題 ドライバーの構成において、軸部が金属、つかみ部が高分子で作られる理由を表 1 から説明せよ。

3 まとめ

小レポート 身近な工業製品 (シンプルなもの) について、構成部分ごとにどんな材料が使われているか、それはどのような特性が特に重視されるかを考察し、使用において想定される状況と関連付けて述べよ。

たとえば、

- 電球
- 単 3 乾電池
- 電源タップ
- 眼鏡
- 窓ガラス

これら全てについて広く浅く論ぜよ、という意味ではない。何か 1 つを深く掘り下げて議論して欲しい。