

材料技術における 最近の話題 (I)



研究部材料グループ 工学博士 山 縣 裕

1. はじめに

英国の童謡、マザーグースの歌集の中に次の一節がある。

London Bridge is broken down,

Broken down, broken down,

London Bridge is broken down,

My fair lady.

Build it up with wood and clay,

Wood and clay will wash away,

Build it up with bricks and mortar,

Bricks and mortar will not stay,

Build it up with iron and steel,

Iron and steel will bend and bow,

Build it up with silver and gold,

Silver and gold will be stolen away,

Set a man to watch all night,

Suppose the man should fall asleep,

Give him a pipe to smoke all night,

Smoke all night, smoke all night,

Give him a pipe to smoke all night,

My fair lady.

これは、日本でも有名な「ロンドン橋が落ちた」の歌で、少年時代に口づされた方も多いであろう。歌をねたにした無粋な話をお許し願えれば、歌の中で、落ちた橋に対し、橋の素材の選択方法とその結果として起こり得る問題の予知対策、今

風に言えば、橋の故障解析とFMEAを歌っている。ある構造物ないしは機構を組み合せ、当初の目的を達成するため、いかなる素材を選べば良いか、という問題は人類が地上に現れて以来の命題であろう。

ところで、最近では材料技術が技術開発のキーテクノロジーとして意識されている。本特集では、材料技術の最近の話題を何回か連載する予定であるが、材料技術とはいっていいどういうものを言うのか、具体的なイメージを持っておられない方も多いと考えられるのでこのあたりの解説から始めたいたい。

2. 材料技術における2つの側面

材料技術とは、一言で言ってしまえば、材料にかかわる技術全てであるが、今、我々が特に着目すべき側面として、次の2つが重要ではないだろうか。

その一つは、技術革新の核としての機能材料、新素材の目ざましい進歩であり、もう一つは、付加価値をいかに素材に与えるかという製造会社としての材料の運用利用技術である。

表1は現在、先端技術と言われているものの一覧表である。表中の内容については、日常、新聞雑誌で話題になっているものでもあり、2・3目にされた方も多いであろう。この内、材料工学以

大分類	具 体 的 実 例
材料工学	新金属、ニューセラミックス、有機材料とそれらの複合材料、(アモルファス合金、形状記憶合金、超電導材料、新半導体合金、セラミックエンジン、機能性高分子)
エレクトロニクス	OA用FA用新コンピューター、画像処理パターン認識、光通信、光コンピューター、ビデオディスク、薄型テレビ、新型ファクシミリ、レーザー計測、レーザー加工
センサー技術	物理センサー(光センサとしてのアモルファスSi, Se やホトダイオード、圧力センサ、磁気センサ)化学センサー(ガスセンサーとしての酸素センサ、湿度センサ、イオンセンサ、バイオセンサー)
エネルギー	各新型原子炉、ウラン濃縮、再処理、核融合、MHD発電、地熱発電、太陽光発電、燃料電池、水素エネルギー、石炭処理、海洋エネルギー、バイオマス
ライフサイエンス	遺伝子工学、細胞融合、バイオリアクター、インターフェロン、レーザー医療、人工臓器、人工血液、ソフト農薬、新加工食品
産業用ロボットとFA	Factory Automationとロボット(自動溶接、ロボットによる電子部品組付、テレビ回路基板組立、ロボット搬送システム、部品のマシニングと自動車組立、汎用板金加工)
その他	宇宙産業(スペースシャトル、スペースコロニー、次世代ロケット)と新海洋産業(海中通信、マンガン團塊、海水ウラン回収、海洋微生物など)

表1 先端技術一覧表

外の分野は全て第1の材料工学の発達に依存していることは、良く知られている。

表2は、材料の機能的側面から見た新素材の一覧表である。先端技術で要求される材料は、小型で特殊な機能性を有するものが多い。これら一般の新素材は我々、輸送機メーカーにも大きなインパクトを与えることは明確で、素材メーカーの売り込みを待つだけでなく、自動車メーカー自らも大きなウエイトを置いて研究開発に取り組んでいる。これは、これら新素材が、既存商品ばかりではなく、次の商品の中核技術と成り得るからである。

この様な、材料が技術革新の中核となった例として、恐らく20世紀後半の最大の発見は半導体技

大分類	具 体 例
エレクトロニクス材料	合金半導体、化合物半導体、ジョゼフソン素子、超導電導材料、コンデンサー用セラミックス、圧電素子、有機金属材料、IC基板材料、3次元回路素子
磁性材料	新磁性合金、アモルファス磁性材料、ソフトフェライト、磁気ヘッド材料、磁性流体、珪素鋼板、ボンド磁石、磁気記録材料、磁気バブルメモリ材料
光エレクトロニクス材料	発光ダイオード、レーザダイオード、エレクトロクロミック材料、液晶、光ファイバー材料、レーザ発振材料、光変調素子、光導電材料、螢光体材料、受光素子
センサー材料	薄膜磁気センサ材、アモルファス合金、ホール素子、PTC、サーモフェライト、圧電素子用半導体、ホトトランジスター、ガスセンサー用半導体と固体電解質、イオンセンサ材、バイオセンサ材
エネルギー関連材料	太陽電池用アモルファス金属、燃料電池材、水素貯蔵合金、原子炉、核融合炉用材料、ウラン分離材料、ガスタービン用超耐熱合金、超電導エネルギー貯蔵材、耐火合金
機械関連材料	形状記憶合金、超塑性材料、新耐食材料、極低温材料、超耐熱性ファイバー、超硬工具材料、軸受合金
プラスチック材料	プラスチック光ファイバー、吸水分離膜、ポリカーボネート樹脂、光・熱硬化性樹脂、フォトレジスト、ウラン回収樹脂、スーパー繊維、合成紙、有機超電材料
セラミック材料	エンジン部品用セラミックス、ターピンブレード用セラミックス、透明圧電セラミックス、アルミナ・ジルコニア・マグネシア等のニューセラミックス、ガスセンサー用セラミックス、切削加工カラス
新金属材料	アモルファス合金、形状記憶合金、超強力材、一方向凝固合金、表面合金、繊維強化合金、磁性流体としての超微粉、超塑性合金、超微粒子、半導体合金
生体材料(ライフサイエンス)	人工血管、コラーゲン薄膜、可食性フィルム、人工赤血球、人体用合金材料、歯用材料、人工臓器、その接合材、X線やγ線の検出材料、磁気誘導抗癌剤

表2 機能材料・新素材の一覧表

術であろう。地上で2番目に多い、電気伝導性の悪いSiと言う元素に、適度に合金化して構成した素子が、同等な性能を有する真空管、すなわち数個の電極がガラス中に真空封入された電球の様なもの、に取って換わり、その後、この分野の技術革新が爆発的に生じ、コンピューター技術を飛躍的に発展させたことは公知である。この様に半導体技術ほどではないにしても、人類がかつて手にしなかった様な機械機能を具現化するためのキーテクノロジーとして材料技術が今、着目されている。

第2に材料技術において着目すべきもう一つの

側面は既存材料、もしくは、その若干改良された材料に対する高度に組織化された利用、運用方法にかかるものである。例えばヤマハ本社は、鉄鋼材料、軽合金、樹脂材料等の大部分を材料メーカーから購入している。そして、大部分の製造会社と同様、材料の付加価値を高め商品として売っているのであるが、高度に組織化された運用方法とは、機械を安く購入するとか品質の優れた商品を出すため信頼出来るメーカーの材料を使うといったレベルではない。

3. 材料技術における第2の側面

図1に商品として市場に出るまでの原材料の流れを模式的に示した。ここで太線で示した材料の

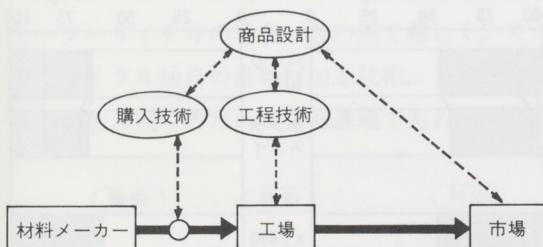


図1 素材が商品になるまでの材料の流れとそれをコントロールする技術

流れをコントロールする材料技術上の3つの制御技術が丸で囲んで示してある。ここで、1つは商品設計技術に附隨する材料技術である。これは市場ニーズを満たす設計をする上で、性能、コスト上、最適の材料を選定する役割りを行う。2番目は、工程技術である。これは要求機能を満たしつつ製造方法として最適な材料および工程を選定する。3番目に購入技術である。これは、素材および素形材を最も安く購入し原価低減を図ることにある。

これらの技術の内、2においては償却の済んだ現有設備による最も加工し易い材料および形状を選定すること。3においては、できるだけ同じ材料をコストの安いメーカーから大量に買うことが、

単純に考え最もメリットがある。しかし、これらの立場を追求して行くと、相互間で矛盾が生じて来る。たとえば次の様な問題は、常に生じている。

問題

- ① A社のA新素材を性能上の要求で使いたい（商品設計者）。
- ② メーカーレイアウト上、B社からぜひ購入したいが（購買部）。
- ③ 加工能力が、現有の設備では無いので、加工性の良いC社のC素材を使いたい（生産工場）。



この様な問題に対し、材料技術者は次の様な提案を行なう。但し、全てを網羅しているわけではない。

解答 1

- ②の立場を重視すると、
- ①に対し、B社のB素材でもA社の素材と同等以上の性能が出せることをアドバイスする。または要求機能を要求物性値にかみくだいて、B社でもA社と同等の素材を開発してもらう。
- ③に対し、現有設備でも若干の改造でAおよびB素材に対し加工できるよう、主に加工方法、熱処理方法等のソフト面の支援を行なう。または、長期的展望に立った、A素材のニーズ予測より思い切った新設備の投資を答申する。

または、

解答 2

- ①の立場を重視すると、
- ②に対し、技術開発力では、A社の方が優れているのでメーカーをA社に変更するように提案する。
- ③に対し、解答1と同じ。

または、

解答 3

- ③の立場を重視すると、
- ①に対し、A社へ当社の工場の現有設備

でも可能な材料に A 新素材をマイナーチェンジするよう提案する。または、 C 素材を使用するための C / D 開発を提案する。

②に対し、 C 社の素材の方が、当社の製造上のニーズに合うので、メーカーの変更を提案する。

この様に、解答 1 ~ 3 は、いずれもどの視点に立って行動するかで、全く結論が異なることになる。従って、これらの立場は、相互に充分な情報交換を行ない経営的判断に基づいて方策を選択することが重要である。ここで各セクションの局所的な頑張りすぎのため全社的なメリットを時として失なうことがあるわけで、そこに材料技術という全体的視野の重要性がある。

以上、材料技術において着目すべき 2 つの側面について述べた。我々、材料技術者は、自ら考え出した新素材および新工法を提案するとともに、各セクションの正確な判断に必要な材料技術上の情報収集に努める所存である。

4. 材料技術の最近の課題

次回以降の各論に入る前に、我社の主力商品であるモーターサイクルをめぐる材料技術について概観したい。

モーターサイクルの現在の顕著な 2 つの特徴として①高出力化および軽量化に対する要求が高いこと、また、②多種少量生産が大きな流れとして存在していること、が挙げられるのではないか。図 2 は、 2 サイクルおよび 4 サイクルエンジンの回転速度とリッター馬力の関係を示したものである。標準的なエンジンは図中の太線中に入るとされているが、最近の我社のモデル 4 種はいずれもリッター馬力が 100 以上あり、太線のワク外にある。これは裏がえせば、高強度の材料が多用されていることにもなるわけで、 2 輪車独自の材料の使い方が要求されていることを示している。

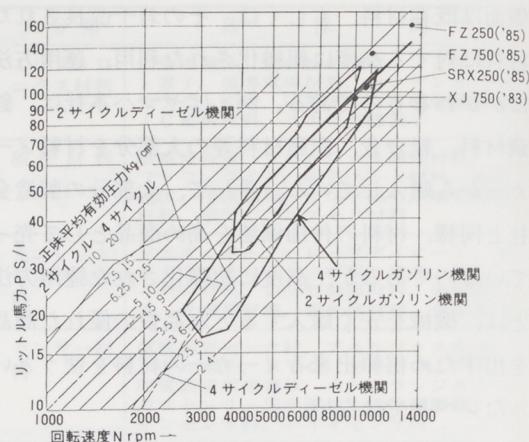


図 2 回転速度とリッター馬力の関係

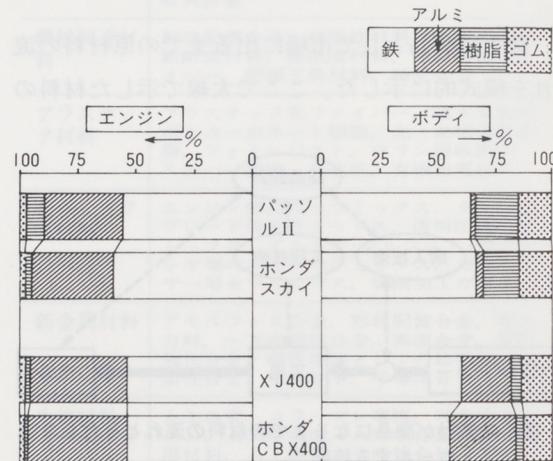


図 3 素材使用割合比較

図 3 は、パッソル II, X J 400 および H 社のスカイ, C B X 400 に使われる素材の重量比を 4 つに大別して示したものである。エンジン、ボディとも鉄鋼材料の使用量は多いが、アルミの使用量も多く、4 輪車においては、アルミ使用量が全体の 4 % 程度であるのに比べ、非常に多く、4 輪車が普通鋼、鋳鉄等の低コスト材を主に使っているのと対照的である。また、アルミ合金においても、以前は航空機等にしか使われていなかった超々ジュラルミンを用いた車体が各社から出されるなど、軽量化競争は過熱気味である。

図 4 は 4 輪車におけるユーザーのニーズの多様化を表わしたものである。2 輪においても同様な

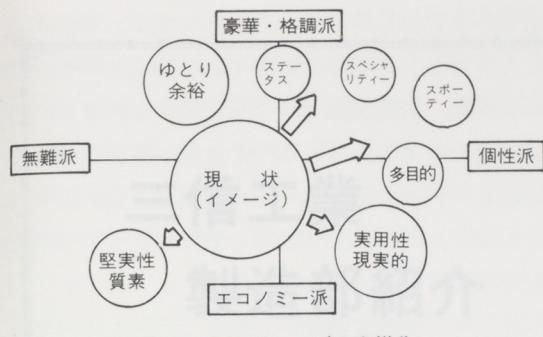


図4 ユーザニーズの多様化

傾向が、あるものと考えられるが、これら各々に対しニーズに答えて行こうとすると必然的に多種少量生産となる。モーターサイクルの場合は、1モデル毎の生産台数が少なく、型、専用機等の償却を通常の4輪車の様に行なおうとするのは難しいと考えられる。例えば、粉末冶金や冷間鍛造等の4輪車において多用されている大量生産技術は、モーターサイクルの場合、数の点で難しく、モーターサイクル独自の素形材加工技術、F Aを考えるのが生き残りのための緊急課題である。

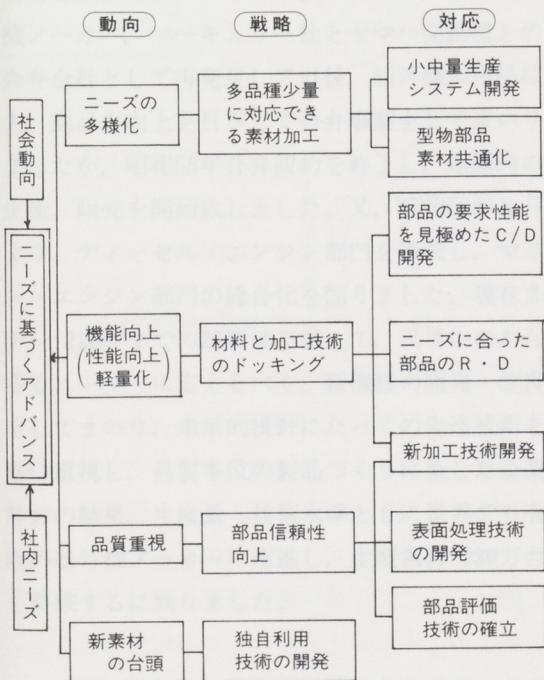


図5 材料技術のアドバンスの方向性

以上の様な点を鑑み、我々は次の様なアドバンスに取組んでいる。(図5)次回以降は、順次この様な動きを取り混ぜ報告したい。

5. おわりに

編集部の方より、最近話題の新材料の分り易い解説を書いてくれないかとの御依頼があった。しかし、各種先端技術および新材料の入門書は、一般の書店にも多く見受けられる。そこで、この様な点についてはそちらの方を参照して戴くことにし、ここでは、新素材、および材料利用技術に取り組む際のバックグラウンドの様なものを書いてみようとした。突っ込みの浅い拙文ではあるが、材料技術と言うものを考える際の参考になれば幸いである。また、我々材料グループとしても、社内外のニーズに答えようと努力しているつもりであるが、至らぬ点も多く、皆様の卒直な御批判および御援助を期待したい。

本文を作製するにあたり、日本金属学会報、内燃機関ハンドブック等を参考にした。これらの著者の方にお礼申し上げる。