材料研究開発の2,3の方法

大 森 豊 明*

はじめに

第2次大戦後、わが国は外国の技術を導入し、その技術を駆使することにより経済発展を図ってきたが、1973年秋の第1次オイルショックを契機とし、エネルギー有限という観点から技術開発についても根本的に見直さなければならなくなってきた。1955年ごろより第1次オイルショックの1973年までの年間経済成長率は約10%という高率で発展してきたが、その後の経済成長率は5~6%の安定期を経て、最近3~4%の低成長期に入り、技術開発については、より社会のニーズに応じた技術革新が必要となってきた。

表1は、民間企業がどのような分野に関心を持っているかの調査結果の一例であるが⁽¹⁾、同表から今後の技術革新として“センサ”、“コンピュータ”、“光通信”、“材料”、“ロボット”などが考えられる。筆者の私見では、今から西暦2000年にかけて最も重要な科学技術は“材料科学・技術”、“生命科学”、“情報科学・技術”、“電子技術”、

“バイオ技術”(生命科学と一部重複)“エネルギー技術”であると考えている。これらの科学技術は“材料科学・技術”を中心に発展していくものと考えられるので、“材料科学・技術を制するものは科学・技術を制する”といっても過言ではないと思う。したがって、筆者はこれらの科学・技術の英語、または独語のイニシャルをとったM-LIEBE(ドイツ語のMann Liebe,あるいはman Liebe,いわゆる人間愛)に代表される科学・技術が今後の社会構造まで変革していく科学・技術であると考えている⁽²⁾⁻⁽⁴⁾。

科技庁、通産省などは、種々の新しい技術開発のプロジェクトを推進しているが、これらのプロジェクトには必ずと言ってよいほど材料技術が課題としてあがっている。したがって“材料技術の善し悪しがシステムを制する”と言っても過言ではないであろう。これからの材料としては、高強度の構造材料と高性能の機能材料が必要であり、特に後者の機能材料が今後ますます発展していくものと考えられる。

機能材料(Functional Material)とは⁽⁵⁾⁽⁶⁾

筆者が第1次オイルショックの翌年の1974年に、ある会合で「今後の材料の開発の方向は、材料の機能化にあるので、機能材料という概念が必要になってくるのではないか」と提案したことがある。その時に居合わせたある国立研究所の部長、ある国立大学の教授らが言われるには、“機能素子(Functional Device)”という概念は理解できるし、アメリカなどでもそういう言葉が使用されているので抵抗はないが、機能材料という言葉には若干の抵抗もある。…”という主旨の発言があった。機能材料という言葉に若干の抵抗がある理由をいろいろと聞いたところ、材料にはもともと機能があるので、いまさら機能材料という言葉は

表1 関心のある技術分野.

* OHT 技術士事務所所長

Some Methods of Research and Development of Materials:
Toyoaki Ohmori (OHT Consulting Engineers Office,
Yokohama)

Keywords: functional materials, structural materials, optical-functional materials, composite materials, composite-functional materials

1986年5月22日受理

あまり芳しくないのではないかということであった。

筆者があえて機能材料という言葉を使用したかった理由は、これまでの材料が主として構造材料を中心に発展し、また、その構造材料がわが国の GNP を大きく伸ばしてきたのに対し、これからの材料は知識集約形の付加価値の高い、多機能化を目指した材料が各産業分野で望まれるのではないかと考えていたからである。筆者は、かねてより機能材料という概念は構造材料に対比して用いられる材料の総称で、具体的な定義としては“材料に有用な機能(はたらき)を賦与するために、材料自身の組成、構造、添加剤、製造プロセスなどの改変によって製造された材料”であり、例えば、材料を超微粒、超薄膜などにすることにより新しい機能を生み出すとか、材料にあるエネルギーを与え、その材料から異なるエネルギーを取り出すことによりその材料の新しい機能を創出することができるもので、“付加価値の高い知識集約形の材料”を考えていたのである。

図 1 に、筆者の私見ではあるが、構造材料と機能材料の関係の一例を示す⁽⁵⁾⁽⁶⁾。もちろん、上記のような考え方とは別に、材料をパッシブなものとかアクティブなものに分け、前者を構造材料、後者を機能材料と考えることもできる。この場合、構造材料と機能材料の中間に位置づけられる材料も存在する。例えば、現在使用されている磁器製の碍子を一般のエポキシ樹脂より耐候性、耐トラッキング性に優れた環状脂肪族のエポキシ樹脂で製作した場合、その材料を構造材料と呼ぶにはいささか抵抗を感じるので、このような材料を準機能材料と考えることもできる。

次に、材料自身必ず 1 つ以上の機能を有しており、材料そのものも多機能化の方向に進められて

いくので、現時点では構造材料と考えられていたものが 5~6 年後には機能材料になりうることも考えられる。また、その逆に現時点では機能材料であると考えられていた材料が、5~6 年後にはそのような機能を材料が有するのは当たり前であると考えられ、単なる構造材料と考えられることもありうるのではなかろうか。

このように、同一の材料の定義が時代とともに若干変わりうる可能性もあると考えられる。

また、Functional Material は筆者が名付けた和製英語であり、オーソライズされた英語でないことを注記しておく。

シーズおよびニーズからみた機能材料

機能材料を大きく分けると、有機系機能材料、無機系機能材料および金属系機能材料になるが、それぞれの機能材料のシーズ開発には原子・分子の配列の制御、さらには材料を薄膜化、微小化、繊維化、気孔化、無孔化、複合化などの形態にすることによって、例えば、電磁機能に顕著な特性が生じるとか、あるいは光学機能に顕著な特性が生じる場合がある⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

このようなことから、機能材料のシーズ開発には、材料の形態を種々変えることによって光学、電磁、音響、熱、分解、吸収、力学、輸送、担体、化学、生体などの機能に新しい機能を付加することも可能となってくる。例えば、強磁性体のマグネタイトを微小化していくと常磁性体に変えることができ、その微小化させたマグネタイトの粒子に界面活性剤の有機薄膜を付加し、シリコン油中にコロイド状に分散させると磁性流体が製作可能となる。この磁性流体は、その特殊な機能を利用することにより、センサ、表示装置などへの新しい応用が考えられる。また、有機高分子を薄膜化していくことにより、物質の分離に使用されるフィルタ材料やセンサ材料への応用が考えられ、すでにその一部は実用化されつつあるのが現状である。

次に、材料の形態を変えるのではなく材料にある種のエネルギーを与え、別のエネルギーを取り出すいわゆるエネルギー変換による機能材料の開発の方向性がある。例えば、材料に熱エネルギーを加え、その材料から赤外線エネルギーを放射させることが可能となる場合には、材料にとって新しい機能が生じることになる。その一例として、過去に工業技術院が推進していたムーンライト計

図 1 機能材料と構造材料の関係の例。

画の中の先導的・基盤的技術としての遠赤外線放射セラミックスの研究がある。このように、材料に種々の物理エネルギーを加えることによって、材料の機能化を図ることが可能となってくる。

表 2 に無機系機能材料の形態による機能の向上の一例を⁽⁷⁾⁽⁸⁾、表 3 に無機系機能材料のエネルギー変換による機能の向上の一例を示す⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

次に、機能材料の中の気孔化による機能向上の

表 2 無機系機能材料の形態による機能の向上の例。

形態 機能	薄膜化	微小化	繊維化	気孔化	複合化	無孔化	その他
光 学	・選択吸収膜 ・太陽電池	・ガラスビーズ	・光学繊維		・表面析出	・透光体 ・レーザホスト	
電 磁	・透明電極 ・センサ ・磁気バルブ	・磁性粉末		・センサ	・BN コンデンサ ・バリスタ	・熱電子放射材 ・グレース ・単結晶および非結晶質	・コンデンサ
音 響	・超音波素子		・吸音材	・吸音材	・遮音・吸音材		
熱			・断熱材 ・ヒートパイプ	・断熱材 ・ハニカム発熱体	・断熱材 ・セラミックコーティング		
分離吸収	・フィルタ材		・フィルタ材	・フィルタ材			
力 学	・表面硬化材 (PVDF)	・高強度材 ・潤滑材	・強化材		・FRC ・サーメット ・耐摩耗材	・耐摩耗材	・接着材 ・潤滑材
輸送担体					・マイクロカプセル (蓄熱材)		・有害物固化
化 学			・触媒	・触媒 ・イオン交換材 ・電解膜		・グレース	・固体電解質
生 体				・酸素固定 ・人工骨 ・人工歯		・人工骨	・接着材 (圧電利用)

表 3 無機系機能材料のエネルギー変換による機能の向上の例。

入力 出力	機械エネルギー	熱	光	放射線	音	化 学	電 気	磁 気
機 械 エネルギー	・発泡体 ・ブレーキ材						・圧電素子	・磁歪素子
熱		・断熱材 ・伝導体 ・蓄熱体	・選択吸収膜			・発熱材	・発熱体	
光		・赤外線放射体	・蛍光体(レーザ、 蛍光ガラス) ・化学繊維 ・偏光素子 ・透明体 ・反射体 ・ホトクロミック	・線量計 ・シンチレータ	・音響光学素子	・化学発光体	・赤外線放射体 ・蛍光体 ・半導体レーザ	・磁気光学素子
放 射 線				・反射材 ・吸収材 ・減速材				
音					・吸音材			
化 学			・感光性ガラス ・光化学効果			・触媒		
電 気	・圧電素子 ・歪抵抗素子	・固体電解質 ・センサ ・熱発電素子	・電気光学効果 ・光伝導性 ・センサ ・太陽電池	・センサ	・センサ	・センサ ・固体電解質	・遅延素子 ・絶縁材 ・バリスタ ・コンデンサ ・磁気バルブ ・フィルタ ・超電導	・センサ
磁 気	・磁歪素子	・感温フェライト				・センサ		・磁気シールド

例と複合化による機能向上の例を記述する。

表2に記載されている気孔化を例に取り上げると、材料の中に意図的に気孔を設けることによって、図2に示すように種々の機能が生じ⁽⁹⁾、センサ材、フィルタ材、吸音材、断熱材などとして利用できる。

次に、複合化による機能向上の例であるが、図3に複合材料の構成法を⁽¹⁰⁾、図4に複合材料の機能の例を示す⁽¹⁰⁾。図4からわかるように、複合化によっていろいろの機能が生じることになる。

表4に、電気機能を目的とした複合体の機能材料の例を示す⁽¹⁰⁾。複合系機能材料以外に複合系構造材料もあり、それらの例を表5に示す⁽¹⁰⁾。

図2 気孔化の機能。

図3 複合材料の構成法。

以上が複合化による機能の向上の例である。そのほか、微小化による機能の向上、薄膜化による機能の向上などがある。

最近、注目されている光学機能材料についてみると、日本機械工業連合会の光学機能材料分科会のアンケート結果では⁽¹¹⁾、表6に示すシーズが、またニーズについては表7に示すものが、1990年代に向けて開発されている。しかし、一口に光といっても、図5に示すように電波の領域から放射線の領域にまでわたることになり^{(12)~(14)}、広範囲の電磁波であるので、それに対応する光材料も種々雑多である。

図4 複合材料の機能の例。

表4 電気機能を目的とした複合系機能材料の例。

ニーズ	目的	材 質
電気接点	電導性、潤滑性	Ag-黒鉛 Cu-黒鉛など
電気接点	電導性、耐アーク性	Ag-W Ag-CdO Ag-W-CdO AgSi ₃ N ₄ など
キーボード	電流開閉	シリコンゴム-カーボン シリコンゴム-Cu シリコンゴム-Ag など
帯電防止	電 導 性	ゴム-金属など

表5 複合系構造材料と複合系機能材料の例。

複合系 構造材料	<ul style="list-style-type: none"> 樹脂注入木材 ガラスクロス入りポリエステル樹脂 ガラスクロス入りエポキシ樹脂 炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 繊維強化金属複合材料 (FRM) など
複合系 機能材料	<ul style="list-style-type: none"> バイメタル 磁性流体 フォトクロミックガラス 加圧導電ゴム ゴム磁石 電波吸収用樹脂フェライト 銀-黒鉛などの電気接点材 オブディカル・ファイバ 帯電防止用カーボンブラック充填樹脂 太陽エネルギー選択吸収膜 (例: Al-Zn-Ni-NiO の四層構造など) 音波吸収用多孔質セラミックスなど

表 6 シーズの光機能別内訳.

	無機系	有機系	金属系他	合 計
光 電 変 換	13	7		20
発 光 透 過	12	0		13
光 伝 送	11	2	1	13
光 導 電	6	6		12
電 気 光 学 効 果	6	4	1	11
エレクトロクロミズム	6	4		10
光触媒・光反応	2	7	1	10
光線形光学効果	3	5	2	10
非線形光学効果	2	7		9
磁気屈折現象	6	0		6
光焦電効果	2	4		6
その他	2	2		4
合 計	9	20	1	30
合 計	80	68	6	154

表 7 ニーズの内訳.

材 料 名	件 数
セ ン サ 材 料	28
レ ー ザ 材 料	17
変 調 材 料	5
伝 送 材 料	17
記録・メモリ材料	21
表 示 材 料	16
非 線 形 材 料	19
太陽光材料	15
レジスト材料	4
その他	34
合 計	176

次に、機能材料開発に伴う諸問題を列举すると、もちろん材料開発全般についていえることであるが、下記のようになる⁽¹⁵⁾⁽¹⁶⁾。

(1) 材料開発に従事している材料研究者、材料技術者は、その分野のことしか知らない人達が概して多い。したがって、その人達をニーズ指向に向ける施策が必要である。

(2) 材料を使う側の人材は、シーズに関する認識不足のため材料相互間のアセスメントができない。

(3) 上記の(1)および(2)より、シーズ、ニーズの両分野にある程度精進できる人を国が積極的に養成し、その人達に材料相互間のアセスメントを行ってもらふ。

(4) シーズ開発の重点指向は、材料の薄膜化、微小化、複合化、気孔化、無孔化、リサイクル化、無公害化、軽量化、低価格化などである。一方、材料の多機能化を推進していくためには、例えば、物理学における「…効果」、「…現象」、

図 5 電磁波と光の波長の関係.

化学における「…反応」などの見直しが必要である。

(5) ニーズの分野別の問題点の抽出を行い、新しいシーズ、ないしは既存のシーズとの結合を検討する必要がある。

以上の問題点のほかに、今後の機能材料は資源問題からも考える必要がある。いずれにしても、機能材料は省資源、省エネルギーのみならず、医療、福祉というような分野にまで大きなインパクトを与えることが予測され、明日の材料産業を担っていくものと考えられる。

文 献

- (1) 科学技術と経済の会. テクノロジー・トランスファ委員会資料, (1983).
- (2) 大森豊明: 機械と工具, 29(1985), 32.
- (3) 大森豊明: 赤外線のはなし, 月刊工業新聞社, (1986), 142.
- (4) 大森豊明: 90年代の光機能材料, 大森豊明編著, 工業調査会, (1986), 33.
- (5) 大森豊明: えんじにあ, 新技術開発センター, (1979), 2.
- (6) 大森豊明: 新技術への機能材料, 大森豊明編著, 工業調査会, (1983), 3.
- (7) 文献(5), p.4.
- (8) 文献(6), p.6.
- (9) 文献(2), p.36.
- (10) 大森豊明: 工業材料, 32(1984), 26.
- (11) 日本機械工業連合会, 光機能材料分科会報告書, (1984).
- (12) 大森豊明: 工業材料, 33(1985), 26.
- (13) 文献(3), p.45.
- (14) 文献(4), p.7.
- (15) 文献(5), p.6.
- (16) 文献(6), p.22.