



TODAY

光エレクトロニクスと材料開発

日本電信電話株式会社 光エレクトロニクス研究所
 所長 岩崎 裕

昭和60年2月に光ファイバの日本縦貫ルートが完成し、波長1.3 μ m帯を用いた、400Mb/Sの光通信方式の実用化が達成された。光エレクトロニクス技術発展の牽引車的役目を果たした光ファイバ通信技術の発展は、半導体レーザの室温連続発振とその長寿命化の達成及び石英ガラスの超高純度化による光ファイバの低損失化の達成という材料(部品)技術上の2つの大きなブレイクスルーに負っていると言えよう。光応用技術は、光の超高周波性、波長の多様性、あるいはレーザ光の可干渉性等を考えると、光利用のほんの入口にさしかかったところであると言えよう、より光の特長を多様に活かした光応用技術の将来の発展と実用化が大いに期待されているところである。そのためには、新材料あるいは新しい部品が鍵を握っていると言っても過言ではなからう。その早期開発への取り組みが望まれるところであり、また、現在、種々の組織的な取り組みが行われている理由である。

新しい波長領域の開拓については、特に短波長領域の光源に対する期待が大きい青色発光材料、波長変換用非線形材料の高性能化が勢力的に進められている。青色発光では、pn接合形成による高効率発光の期待できるZnSe等II-VI族、GaN等ワイドギャップ化合物半導体の伝導形制御、結晶の高品質化等かなり難しい技術的課題をかかえているものの、徐々に見通しが拓けつつあると言えよう。

光ファイバ材料について言えば、石英系に比べ極低損失達成の可能性をもつフッ化物系ガラスファイバ材料の研究も行われている。

フッ化物ガラスファイバは石英系ガラスファイバに比べ、さらに桁違いの超高純度化技術に加え、材料安定化技術の開発等課題は多いが、光通信における新しい波長領域の開拓とともに長距離無中継を実現する技術の1つとして実現が望まれている。これに付随して、

2.5 μ m領域の光源、光検出用材料も将来問題になるであろう。

将来の光エレクトロニクス用材料として、有機化合物にも大きな注目が集められている。例えば、プラスチック光ファイバ、プラスチック光受動回路等受動部品用材料として開発が進められてきたが、分極処理をした高分子材料による電気光学的変調器の形成、有機非線形材料あるいはPHB等有機物質と光との相互作用を積極的に利用しようとするものへも研究が展開してきている。効率、安定性等いまだ材料的に解決しなければならないことは山積しているけれども、有機物の光非線形(3次)の高速性あるいはPHBの超多重メモリ性等将来の材料の展開によっては波長変換、光スイッチング、光メモリ等の新しい光応用技術に大きな進歩をもたらす大きな可能性が秘められていると言えよう。

光部品の機能の高度化はますます進展し、特に高速化、多機能化にむけては光デバイスと電子デバイスの集積化が不可欠となる。技術的に確立しているSiをベースとした電子集積回路技術を将来の光電子集積回路に有効に持ち込むためにも、III-V化合物半導体をベースとする光素子との融合技術の創出が必須であろう。Si基盤上へのIII-V化合物半導体膜のヘテロエピ成長技術等がこの基盤技術として期待される。併せて、有機金属化合物を用いた化合物半導体膜成長法(MOCVD)等を含め新しい薄膜成長技術、材料加工技術、等の進展により開発の一層の加速がなされるであろう。

以上、光エレクトロニクス応用技術は、単に光ファイバ通信技術にとどまらず多様な発展のポテンシャルをもっており、また、それに大きな期待がかけられている。それには、その基盤となる材料部分のブレイクスルーがキーとなると考えられる。長期的展望に立って材料の探索を進め、新材料の創出につなげて行くことが大切である。

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第26号(Vol.3 No.9)

本書の内容を無断で複写複製転載することを禁じます

発行 1988年12月1日
 編集人 財団法人 金属系材料研究開発センター広報委員会
 発行人 鎌本 潔
 発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
 〒105 東京都港区西新橋1-7-2 虎ノ門高木ビル2F
 T E L (03)592-1282(代) / F A X (03)592-1285



超磁歪材料とその応用

金子秀夫

東海大学工学部金属工学科教授

本稿は、去る10月4日(火)に開催された調査委員会・金属間化合物部会・第4回機能材WGでの講演を要約、再執筆していただいたものです。

1 緒言

磁性体を磁化した場合、その寸法が変化する現象を磁歪という。長さ l の磁性体に磁場 H を加え、 H を次第に大にすると、長さ l の変化 Δl は次第に大になるが、ある H の値で飽和に達する。このときの $\Delta l/l$ を、磁歪定数 λ と定める。従来の磁性体では、 λ の値は 10^{-5} ~ 10^{-6} 程度で、ほぼ熱膨張係数程度に小であった。ところが最近になって、磁歪定数が従来の数千倍も大きい磁性体が見いだされ、これを超磁歪材料と言うようになった。このような巨大な磁歪は、あとで述べるような種々新しい応用を創り出し、新素材の1つとして注目されている。これら超磁歪材料はレアアースを主体とする合金であり、レアメタルの新用途としても有望視されている。

2 超磁歪材料発展の経過

超磁歪材料の解説に入る前に、まず従来の磁歪材料の概要を述べ、次いで現在の超磁歪材料の開発された経過に次いで説明しよう。

磁歪現象が見いだされたのは1940年代であって、当時の材料としてはNi、Co等の単体金属であった。これらの磁歪定数は 40×10^{-6} 程度と小であった。

表1 磁歪材料-旧材料 $\lambda (\times 10^{-6})$

金属合金系	Ni	-33
	Co	-62
	Fe	-9
	60%Co 40%Fe	68
	60%Ni 40%Fe	25
フェライト ガーネット 系	87%Fe 13%Al	40
	NiFe ₂ O ₄	-26
	CoFe ₂ O ₄	-110
	Fe ₃ O ₄	40
	Y ₃ Fe ₅ O ₁₂	-2

次いで1950年代にFe-Al合金が開発され、1960年代にはフェライトが用いられたが、磁歪定数の値から見れば著しい進歩はな

かった。参考のため、これら旧磁歪材料の性能を示せば表1のとおりである。

1960年代になると、Tb、Dy等希土類金属の研究が盛んとなり、これらは極低温において巨大な磁歪を示すことがわかってきた。しかしこれらの超磁歪は極低温のみで起こるので、応用につながらずあまり世間の注目を浴びなかった。ところが、1970年代になると、これら超磁歪を室温で発生させるための材料研究が始まり、1980年代になって、希土類とFeとの金属間化合物において成功を納めた。これが超磁歪材料が注目されるようになったきっかけである。

3 超磁歪金属間化合物

以上の経過をたどって、現在ではRFe₂を主体とするラーバス相金属間化合物が超磁歪材料として優れた性能を示すことが明らかになってきた。種々の希土類金属間化合物の磁歪定数を表2に示すが、これよりTb系、Sm系等が優れていることがわかる。若干のRFe₂の磁歪特性を示せば図1のとおりで、この図からもTb系、Sm系が優れている。

ただしTb系とSm系は方向が逆であり、これはデバイスに应用する場合に、伸びと縮みの巧妙な設計利用が可能であることを示している。

次に図1から判断されることは、飽和のために大きな磁場を必要とすることで、これはデバイスに应用する場合の欠点となる。このための改善には、RFe₂

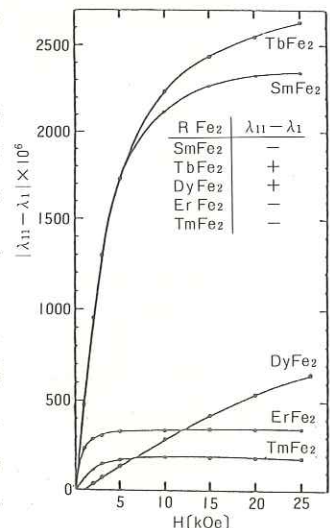


図1 RFe₂系合金の磁歪

系の磁気異方性の正負を巧みに組み合わせた多元系合金によって、異方性定数を下げ、飽和磁場を下げる研究が行われた。その結果を、図2に示す。これにより、1,000 (Oe) と比較的低い磁場で高い飽和磁歪を示す合金が得られることとなった。

4 超磁歪の応用

以上のような超磁歪を示す合金の出現は、その応用面において、従来得られなかったような新しいデバイスを創り出している。即ち高出力トランスデューサー、アクチュエーター、制御デバイス、センサー、超音波通信等に応用が広がっている。目下試作されつつある実用デバイスの例を挙げれば、次のとおりである。

コンピュータープリンター、VTRトラッキング制御、CDオートフォーカス、LDオートフォーカス、ロボット機構、精密加工制御、振動防止デバイス、バイオ技術制御、リニアモーター、超磁歪モーター、カメラ機構、遅延素子、高性能超音波通信、超音波加工、超音波洗滌、無膨張デバイス。

5 設計指針

超磁歪材料の応用の基礎は、電気エネルギー機械エネルギーの変換である。このための基礎的設計指針を示すこととしよう。用いる材料の磁歪特性は図3に示すものとして計算する。計算記号を次のように定める。

- ℓ : 試料の長さ
- N : 外部コイルの全巻数
- I : コイル電流
- S : 歪 $S = \frac{\Delta \ell}{\ell}$
- n : 単位長さの巻数
- H : 外部磁場 $H = nI$

表2 希土類合金系磁歪材料-新材料 $\lambda(\times 10^{-6})$

2-17系	Sm ₂ Fe ₁₇	-63	
	Tb ₂ Fe ₁₇ (構造のまま)	131	
	Tb ₂ Fe ₁₇	-14	
	Dy ₂ Fe ₁₇	-60	
	Ho ₂ Fe ₁₇	-106	
	Er ₂ Fe ₁₇	-55	
	Tm ₂ Fe ₁₇	-29	
	Y ₂ Co ₁₇	80	
	Pr ₂ Co ₁₇	336	
	Tb ₂ Co ₁₇	207	
1-3系	Dy ₂ Co ₁₇	73	
	Er ₂ Co ₁₇	28	
	85wt%Tb-15wt%Fe	539	
	70wt%Tb-30wt%Fe	1590	
	Tb ₂ Ni ₁₇	-4	
	YCo ₃	0.4	
	TbCo ₃	65	
	SmFe ₃	-211	
	TbFe ₃	693	
	DyFe ₃	352	
4-13系	HoFe ₃	57	
	ErFe ₃	-69	
	TmFe ₃	-43	
	Ho ₁ Fe ₁₃	58	
	Er ₁ Fe ₁₃	-36	
	Tm ₁ Fe ₁₃	-25	
	1-2系	YFe ₂	1.7
		SmFe ₂	-1560
		GdFe ₂	39
		TbFe ₂ (結晶)	1753
Tb(NiFe) ₂		1151	
Tb(CoFe) ₂		1487	
TbFe ₂ (アモルファス)		308	
DyFe ₂		433	
DyFe ₂ (アモルファス)		38	
HoFe ₂		80	
ErFe ₂	-299		
TmFe ₂	-123		

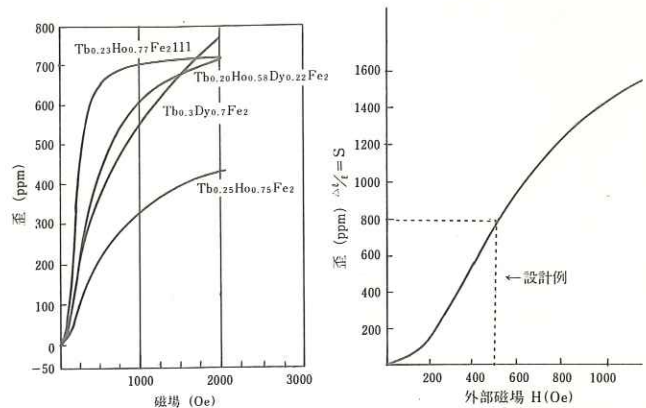


図2 多元系希土類合金の磁歪

図3 標準合金の磁歪特性

B: 磁束密度

図4にHとB、BとS、HとSの関係を示す。ここで注意することは、図4(A)でH=0としてもBは0とならず、ヒステリシスを示すことである。図4(B)で、BとSの関係はヒステリシスを示さないが、図4(C)のように、HとSの関係にはヒステリシスがある。このヒステリシスは偏倚の大きいトランスデューサー等では無視できるが、精密制御のような場合には欠点となる。この対策として、ヒステリシスのない材料の開発が必要であるが、現在のところ、Tb_{0.27}Dy_{0.73}Fe_{1.97}の合金はヒステリシスが極めて小であるとされている。

電気-機械のエネルギー変換は、次の式で示される。

$$S = S_H T + dH$$

$$B = dT + \mu_T H$$

T: 機械的応力

d: S-H変換定数、S-H曲線の傾斜、直線部分を用いるとして定数とする。

μ_T : B-H曲線の第1象限の傾斜

S_H : 応力TによるSの変化分

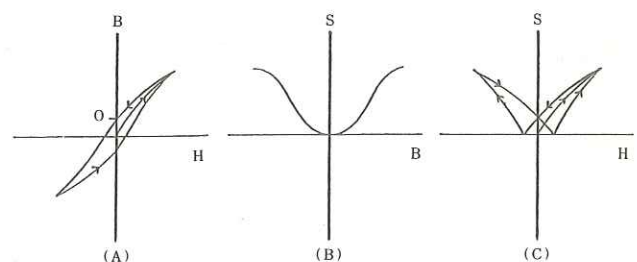


図4 H-B、B-S、H-S曲線

いま簡単にするため無負荷 $T=0$ を考えると、次の式となる。

$$S = dH$$

$$B = \mu_T H$$

μ_T の値は本試料で 9.2 (CGS) となっている。これを (MKS) になおせば、次のようになる。

$$\mu_T = 9.2 \times 4\pi \times 10^{-7} = 1.15 \times 10^{-5} \text{ (MKS)}$$

d の値は図 3 より求めると、次のようになる。

$$d = (0.8 \times 10^3 / 1 \times 10^6) / 500 = 1.6 \times 10^{-6} \text{ (Oe}^{-1}\text{)}$$

これを (MKS) になおすには、 $1 \text{ (Oe)} = 10^3 / 4\pi \text{ (A/m)}$ であるから、

$$d = 2 \times 10^{-8} \text{ (m/A)}$$

いま計算例として、次の条件を定める。計算には (MKS) を用いる。

試料の長さ $l = 5 \text{ (cm)} = 0.05 \text{ (m)}$

試料半径 $r = 3 \text{ (cm)} = 3 \times 10^{-3} \text{ (m)}$

コイル巻数 $N = 1000$

単位長さ当たりの巻数 $n = 1000 / 0.05$

コイル電流 $I = 2 \text{ (A)}$

外部磁場 $H = nI = (1000 / 0.05) \times 2$
 $= 4 \times 10^4 \text{ (A/m)}$

H を (CGS) になおすには、 $1 \text{ (A/m)} = 4\pi / 1000 \text{ (Oe)}$

よって $H = 4 \times 10^4 \times 4\pi / 1000 = 502 \text{ (Oe)}$

図 3 において $H = 502 \text{ (Oe)}$ に相当する S を図から求めれば、 $S \approx 800 \text{ ppm}$ となる。

計算により S を求めると、

$$T = 0 \quad S = dH = (2 \times 10^{-8}) \times (4 \times 10^4) \\ = 800 \times 10^{-6} = 800 \text{ ppm}$$

以上により、実測値と計算値は一致する。

試料の全長 $l = 0.05 \text{ m}$ であるから、試料全体の伸び Δl は、

$$\Delta l = l \times S = 0.05 \times (800 \times 10^{-6}) \text{ (m)} \\ = 0.04 \text{ (mm)}$$

次に磁束密度 B を計算する

$$B = \mu_T H = (1.15 \times 10^{-5}) \times 4 \times 10^4 \text{ (MKS)} \\ = 4.6 \times 10^{-1} \text{ (T)} \text{ (MKS)}$$

(T) を (G) になおせば

$$B = 4.6 \times 10^{-1} \text{ (T)} = 4.6 \text{ (kG)}$$

全磁束 ϕ は、磁束密度に断面積をかけたものである。

$$\text{試料断面積} = \pi r^2 = \pi (3 \times 10^{-3})^2 \text{ (m}^2\text{)}$$

よって全磁束 ϕ は、

$$\phi = (4.6 \times 10^{-1}) \pi (3 \times 10^{-3})^2 = 1.29 \times 10^{-5} \text{ (weber)} \text{ (MKS)}$$

(CGS) になおせば

$$\phi = 1.29 \times 10^{-5} \text{ (weber)} = 1290 \text{ (maxwell)} \text{ (CGS)}$$

欧米燃料電池技術開発動向調査団に参加

(財)大阪科学技術センターの主催により、去る10月16日～10月29日に派遣された表記調査団(団長:児王皓雄氏(財)大阪科学技術センターエネルギー技術対策委員会燃料電池部会運営委員長及び通商産業省工業技術院大阪工業技術試験所無機機能材料部燃料電池研究室長)に当センターの燃料電池担当主任研究員酒井潤一が参加した。参加者数は16名であった。下記4社における討議を行うとともに、ロングビーチ(カリフォルニア)にて10月23日～26日の間に開催された“1988 FUEL CELL SEMINAR”に参加し、MCFC組合が派遣した調査団等とともに調査活動

をした。なお、本セミナーの参加者は約400名(うち日本からの参加者約100名)であった。

<訪問先及び主たる討議結果>

1 SYDKRAFT AB

(スウェーデン)

電気料金が安いとの事情により、FCによる発電よりは、熱利用の方に興味がある。原子力発電事情の変化によっては判断基準変更の可能性あり。

2 KTI BV (Kinetics Tech. Int'l) (オランダ)

リフォーマー(改質器)の技術は、相当進んでおり、北海の天然ガ

スの利用もありうるのでFCシステムの商業化に興味をもっており、プラントとしては、100～500KW級が最も経済的と判断している。

3 ECN (Energy Center of Netherlands) (オランダ)

ECのFCの研究開発計画の中心研究機関としてFCの研究を続けている研究法人。最近ECプロジェクトの再構成が検討されている。

4 CERAMATEC (アメリカ)

米国エネルギー省等の支援のもとにMCFC、SOFC(固体酸化物型燃料電池)の電極用セラミックを開発中。同社のR&Dの2/3は、これら燃料電池等の電気化学分野を対象としている。

運営委員会

「高比強度合金 (Al-Li合金) R&D会社設立準備部会」

第5回部会

日時 11月2日(水) 10:00~12:00

- 1 出資申請経過報告
ヒヤリングの動向、補足資料等を検討。
- 2 今後のスケジュールについて
R&D会社設立に必要とされる事項について検討。

広報委員会

第31回委員会

日時 11月10日(木) 16:00~17:30

- 1 鳥人間コンテスト選手権大会について
主催者の読売テレビに参加の可能性について打診することを予定。
- 2 新企画について
他団体との差別化をテーマにその可能性を検討。

(JRJC NEWS 編集部会)

「巳年生まれ・新素材・21世紀を語る」をテーマとした座談会の開催、第25号刊行結果、第26号原稿内容、第27号編集内容等を検討。

調査委員会

「NS部会」

第4回部会

日時 10月14日(金) 13:30~17:30

- 1 講演「粉末製造技術の現状と問題点」
大同特殊(株) 草加勝司氏
- 2 講演「急冷凝固アルミニウム粉末の二段鍛造法について」
三菱金属(株) 河野 通氏
- 3 今回のような講演は今後も続けるが、各委員は聴講によって示唆あるいは触発されたプロセス

技術課題を次回部会で提案

「レアメタル部会」

第2回レアメタル部会

日時 10月11日(火) 14:00~19:00

場所 東海大学校友会館

- 1 講演「レアメタル研究」
科学技術庁研究開発局
材料開発推進室長 干場静夫氏
- 2 各WG活動状況報告
- 3 部会の調査報告書は、各WGによる各論4編と総括編を1冊にまとめる体裁で、原稿の完成は明年3月末を予定
- 4 各WGは今後とも活動するが、部会は明年2月頃の第3回をもって最終

第5回「高温半導体」WG

日時 10月21日(金) 14:00~17:00

- 1 アンケート調査案の検討
- 2 各担当調査結果の報告討議

第6回「高温半導体」WG

日時 11月4日(金) 13:00~17:00

- 1 アンケート調査計画の討議等
- 2 講演「高温半導体としてのSiC」
シャープ(株) 鈴木 彰氏
- 3 講演「BNの半導体特性」
無機材質研究所 江良 皓氏

第6回「代替材料」WG

日時 10月13日(木) 14:00~17:00

- 1 講演「都市鉱山からのレアメタルのリサイクリング」
東北大学 選鉱研 南條道夫教授
- 2 WG運用に関する討議

「EM調査研究会」

第12回オプトエレクトロニクス材料G

日時 10月20日(木) 14:00~17:30

- 1 講演「太陽電池の現状と今後の市場及び技術動向について」
東京工業大学 小長井誠助教授
- 2 イメージセンサ、EL及び青色LEDに関する調査結果が、それぞれ担当委員から報告され、

討議を実施

第8回超電導材料G

日時 10月18日(火) 14:00~17:30

- 1 講演「Bi系超電導酸化物単結晶の試作と評価」
富永委員
- 2 バルク、薄膜及び厚膜の共通試料を用いて、各委員それぞれの方法でJc(できればTcも)を測定する計画を検討
- 3 超電導材料の用途、材料の種類、形状、技術の現状及び解決すべき課題について、フォーマットを定め、各委員及びこれまで講演をお願いした学識経験者による記入を求めて、これを次回に検討することを予定

「アルミニウム系新材料の高機能化に関する調査部会」

第4回アルミニウム表面ミリオオーダー硬化技術調査WG

日時 10月17日(月) 11:00~16:00

- 1 自動車技術会・新素材部門委員会説明について
塚本幹事が10月27日第4回同委員会会で説明することを決定。
- 2 文献調査について
重要文献を抽出し、詳細な調査・分析を予定。
- 3 可能性調査について
調査試験の実施状況を報告。
- 4 講演「アルミニウムの厚膜表面硬化の可能性について」をテーマに次の4氏の講演を実施
大阪大学溶接工学研究所 中田一博氏
東成エレクトロビーム株式会社 上野 保氏
特殊電極株式会社 東 雅弘氏
東邦金属株式会社 松本裕夫氏

「極限環境委員会」

第3回WG・I

日時 9月14日(水) 13:00~16:00

場所 霞山会館

- 1 超高温、超低温、超高磁場及び超高压の文献調査
- 2 上記の各極限環境の発生法と利用研究の現状について集約をする予定

第4回WG・I

日時 11月1日(火) 13:30~16:00

- 1 前回からの文献調査の継続
- 2 超高温・超低温についてはテーマの絞り込みをする予定
- 3 電磁成形に魅力を感じた
- 4 超高压では発生設備の達成圧力と容積のマップ化を行う予定

第4回WG・III

日時 9月21日(水) 17:00~19:00

- 1 大容量パルス発電機、アモルファスのバルク化手段としての超高速加工、及び、超急冷+凝固について調査を進める予定

「金属間化合物部会」

第4回体系化WG

日時 10月19日(水) 13:30~17:30

- 1 金属間化合物の変形能に関する文献の紹介と討議を実施

第4回耐熱構造材WG

日時 10月24日(月) 13:00~17:30

- 1 新軽量耐熱材料としてのアルミナイド及び超高温耐熱材料としての金属間化合物を調査対象とすることを確認し、それぞれの細目について検討を実施
- 2 委員による学会発表内容の討論、外部の学識経験者による講演等の計画を検討

「単結晶部会」

第4回部会

日時 10月26日(水) 13:30~18:00

- 1 講演「単結晶磁性材料の磁気異

方性」

名古屋大学 松井正顕助教授

- 2 講演「超微粒子の合成、機能及び新製造法」

宇田委員

- 3 講演「フェロ結晶と双晶の観察方法」

芦田委員

- 4 Fe、Ti、Co及びCrに関連する単結晶文献の要点とキーワード出現頻度の紹介と討議

国際委員会

第11回国際委員会

日時 10月12日(水) 14:00~17:30

- 1 英文JRCMパンフレットの、差し込み版製作進捗状況について報告
パンフレット送付先について検討。
- 2 英文JRCM NEWS発行について英文JRCM NEWSの編集方針を再確認。テーマタイトルの項目を決定。年4回発行を決定。

石油生産用部材技術委員会

63年度第2回技術委員会・63年度第3

回専門家部会 合同会議

日時 10月24日(月) 13:00~16:30

場所 NKK 水江教育センター(川崎)

- 1 ループテスター見学
NKKに委託して製作したループテスター耐食性試験設備が9月末完成したので、設備の見学を実施。
- 2 63年度研究進捗状況報告
63年度上期の研究進捗状況を報告。ほぼ予定どおり進捗中で特に問題はない。
- 3 海外調査の実施
11月上旬米国の石油開発会社を対象に腐食性油井環境条件等の調査を実施。

- 4 64年度研究計画について

軽水炉用材料技術委員会

第17回専門家部会

日時 11月15日(火) 14:00~16:20

- 1 文献調査結果の説明と討議
- 2 今後の進め方討議
- 3 昭和64年度から事前確認試験等が始まる研究開発の取り扱いについて意見調整

ミネルバ計画関連

第6回総合WG

日時 10月18日(火) 10:00~13:00

10月21日に実施される、ミネルバ計画推進懇談会に提出予定の資料に基づいて、報告と討議を実施。

株式会社 ライムズ トピックス

(株)ライムズでは秋季学会に次の4件の発表を行った。

日本応用磁気学会第12回学術講演会

- (1)Co-Ni/Crスパッター多層膜の磁気特性
(徳重、宮川)
- (2)イオンアシスト蒸着法による窒素含有Fe膜の磁気異方性
(森、宮川)

日本金属学会第103大会

- (1)DCプラズマCVD法によるTiN成膜
(柴田、石井、小林)
- (2)プラズマ法によるTiN膜合成とそのプラズマ診断
(石井、柴田、小林)

着実にすそ野が広がる新素材 — 通商産業省報告 —

通商産業省基礎産業局基礎新素材対策室では、今後の新素材関連施策の立案等に資するため、昭和60年度から新素材の企業化状況調査を毎年1回実施しています。

このほど、昭和63年度の調査結果が、報告されましたので、会員及び関係者にとって、興味ある貴重な資料と考え掲載いたします。

昭和63年度新素材企業化状況調査結果

昭和63年11月 通商産業省基礎産業局基礎新素材対策室

近年、化学、鉄鋼、非鉄金属、窯業、さらには、エレクトロニクス、輸送機器等さまざまな分野の企業が、新素材に関連する研究開発を活発に展開しており、徐々にその成果が新素材として実用化されつつある。

高機能高分子材料、新金属及びファイナセラミックス等の新素材は、従来のプラスチック、金属、無機材料といった各種材料のもつ固定的概念からは考えられない高度な機能を有していたり、あるいは、これまでにない構造特性を有しているため、本格的な実用化が進めば、各種産業分野の高度化及び国民生活の向上に大きく寄与するものと期待されている。

通商産業省としては、今後の新素材関連施策の立案等に資するため新素材の企業化状況調査を昭和60年度から毎年1回実施しているが、昭和63年度における調査結果がまとまったので、ここに報告する。

1. 参入企業数及び品目数

(1) 概要

昭和63年度は、新素材に関連した株式会社企業及び各種展示会等に出展した企業453社を対象に、昭和63年7月時点での新素材企業化状況についてのアンケート調査を行った。

この結果、表1、図1及び図2に示すように、453社のうち302社において新素材の開発、生産、販売を手がけている旨の回答があった。また、取り扱い品目数も累計で1,822に上っていた。

アンケート対象企業数は、昭和60年は150社、61年361社、62年402社、そして、昭和63年は453社と年々増やしている。従って、新素材への参入企業数(母数)が昭和60年の93社から63年の302社へと年々増加していることは当然のことともいえる。しかし、単純に参入企業数だけを取り上げ、昭和60年と63年の調査結果を比較すると、企業数及び品目数ともに3倍以上増加している。また、62年の調査結果と比較すると、参入企業数及び取り扱い品目数でそれぞれ1.2倍以上増加しており、この1年間に新素材

関連産業のすそ野が着実に広がってきていることがわかる。一方、いずれの年度においてもアンケート回収率を100%と仮定してアンケート対象企業数に対する参入企業数の割合を求めると、昭和60年の62.0%から63年の66.7%へと増加しており、単純計算に基づく分析結果を裏付けるものとなっている。

(2) 業種別参入状況

業種別参入状況の内訳をみると、企業数の多い業種としては、表2に示すように、化学が67社でトップ、次いで、ガラス・土石の35社、非鉄金属27社、鉄鋼24社、繊維20社となっていた。

また、過去3年間の参入状況の推移をみると、前記5大業種において1.4~3.3倍程度増加しており、着実な拡大傾向にある。一方、パルプ・紙、輸送用機器、電気機器の分野では3倍以上の大幅な伸びがみられるとともに、機械、精密機器、建設等の分野では昭和60年度時点では参入企業がなかったが、そのうち、新たに進出している企業が多くなっていた。

各調査年度の企業数だけをみる限り、過去3年間における特徴として、①素材の加工・組立等を行うユーザー業界における新素材分野への顕著な進出、②素材メーカーにおける新素材分野への参入企業の着実な増加、の2点が挙げられる。

2. 素材別企業化状況

(1) 概要

新素材関連製品に使用されている材料を素材別に分類すると、表3に示すように、

表1 参入企業数及び品目数

	参入企業数	品目数(累計)	アンケート対象企業数
60年8月	93社(62.0%)	556品目	150社
61年8月	186社(51.5%)	940品目	361社
62年4月	250社(62.2%)	1,550品目	402社
63年7月	302社(66.7%)	1,822品目	453社
61年/60年	2.0倍	1.7倍	
62年/61年	1.3倍	1.6倍	
63年/62年	1.2倍	1.2倍	
63年/60年	3.2倍	3.3倍	

(注) ()内はアンケート対象企業数に対する参入企業数のパーセント

高機能無機材料が606品目と全体の33%を占めており、以下高機能高分子材料530品目(29%)、高機能金属材料305品目、複合材料245品目、新素材開発支援原材料等136品目となっていた。

この1年間に高機能高分子材料が1.3倍に伸びたのをはじめ、高機能無機材料、高機能金属材料、複合材料等いずれの材料も増加を示した。また、過去3年間の推移をみると金属材料の3.6倍の増加をはじめとして多くの新規素材が開発されたり、その用途が広がっている。増加した金属材料としては、アモルファス金属、チタン合金、耐熱材料等が、無機材料としては、ICパッケージ、コンデンサー素子、工具材等が、高分子材料としては、スーパーエンジニアリングプラスチック、液晶性樹脂、吸水性樹脂等が挙げられる。

(2) 業種別による素材別企業化状況の推移

化学、ガラス・土石、非鉄金属、鉄鋼、繊維の新素材関連5大業種における同一企業の昭和60年と63年の素材別品目数を比較した結果が表4である。

これによれば、化学及び繊維は高分子分野に、非鉄金属及び鉄鋼は新金属分野というように各業種ともそれぞれの本来事業または既存素材の技術を生かした分野について企業化を進めるとともに、そのほかの新しい分野への展開も積極的に行っていることがうかがえる。特に、化学及び繊維は本来事業の高分子分野を39.6%から47.1%、58.2%から75.1%へとそれぞれ当該分野のシェアの増大を図っている。増加した高分

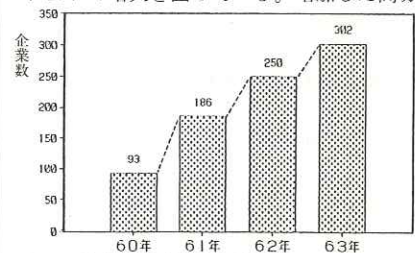


図1 年度別新素材参入企業数

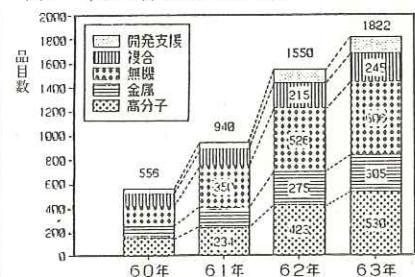


図2 素材別品目数の推移

子系素材として、液晶性樹脂、導電性樹脂、光ディスク基板用樹脂、吸水性樹脂、耐熱性樹脂及び炭素繊維が代表的である。

これとは対比的に、非鉄金属及び鉄鋼では、本来の金属分野のシェアが減少し、他分野のそれを伸ばしている。即ち、非鉄金属は金属の品目数が横ばいであるのに対し、ファインセラミックス等の無機材料部門が16%も増大している。また、鉄鋼は、無機材料及び複合材料の素材別シェアが増大し、対象素材の多様化及び企業の多角化経営が進んでいることがうかがえる。増加した無機系新素材として、電子回路用のセラミックス基板、窒化けい素等の切削工具用材料、石英系の光ファイバー等が挙げられる。

一方、ガラス・土石は、高分子及び複合材料部門への進出はそれほど顕著ではなく、本来事業分野である無機材料に力点を置いていることがわかる。

3. 機能別企業化状況

回答のあった新素材が有している機能を整理した結果が表5である。新素材の場合には、1個の素材であっても複数の機能をもっていることが多いので、表中の数字と品目数とは一致しない。即ち、新素材のもっている機能の累計3,170は、新素材の品目数1,822の約1.7倍となっており、1個の素材が平均して2個の機能をもっていることを示している。

新素材の機能は、表5に示すように、強度及び硬度等の機械的機能が累計1,399と全体の約44%を占め、次いで耐熱性等の熱的機能が19% (606)、以下、電気・電子的機能が15%、化学的・生体的機能が9%等となっていた。

過去3年間の推移をみると、機械的機能、熱的機能、電気・電子的機能、光学的機能が伸びを示している。一方、化学的・生体的機能、磁気的機能及び放射線機能については、相対的に伸び率は低い。

4. 各新素材ごとの保有機能の推移

新素材が保有している機能の材料別内訳を表6及び図5(図3, 4, 6, 7略)に示す。

この結果から、いずれの新素材でも機械的機能を最も重視していることがわかる。特に、無機材料が機械的機能に次いで熱的機能を重視していること、高分子材料が耐熱性の向上を目指した熱的機能に着眼していることが注目される。また、無機材料及び高分子材料は、光電変換現象等を利用した電気・電子的機能及び光選択透過等の光学的機能にも傾注している様子が見られる。これは、今後の情報化社会に対応すべく、その面での研究開発等を行っているものと思われる。一方、金属材料は、元来保有する熱的機能に加え、超電導性等の電気・電子的機能をもつ材料の開発が活発化して

表2 業種別参入状況

	60年8月	63年7月	63年/60年
化学	33	67	2.0
ガラス・土石	12	35	2.9
非鉄金属	11	27	2.5
鉄鋼	15	24	1.4
繊維	7	20	2.9
石油・ゴム製品	5	12	2.4
パルプ・紙	2	9	4.5
(素材メーカー小計)	85	194	2.3
一般機械	0	20	—
電気機器	5	18	3.6
輸送用機器	3	13	4.3
精密機器	0	11	—
建設	0	4	—
(ユーザー小計)	8	66	8.3
その他	0	42	—
合計	93社	302社	3.2

表4 業種別による素材別品目数の推移

業種	調査年月	企業数	素材別品目数					計	
			高分子	無機	金属	複合	原材料		
化学	60.8	15	80 (39.6)	51 (25.2)	6 (2.9)	40 (19.8)	25 (12.5)	202 (100)	
	63.7	15	164 (47.1)	97 (27.9)	16 (4.7)	45 (12.9)	26 (7.3)	348 (100)	
繊維	60.8	7	39 (58.2)	14 (20.9)	3 (4.5)	11 (16.4)	—	67 (100)	
	63.7	7	109 (75.1)	11 (7.6)	2 (2.9)	21 (14.5)	2 (2.9)	145 (100)	
非鉄金属	60.8	11	5 (4.5)	27 (22.8)	51 (43.3)	4 (3.3)	21 (17.4)	2 (1.6)	97 (100)
	63.7	11	14 (12.7)	63 (56.8)	44 (39.6)	18 (16.4)	5 (4.5)	144 (100)	
鉄鋼	60.8	15	1 (0.8)	16 (13.3)	50 (41.7)	8 (6.6)	2 (1.6)	77 (63)	
	63.7	15	3 (2.2)	30 (22.7)	75 (56.8)	16 (12.2)	8 (6.1)	132 (100)	
ガラス・土石	60.8	12	10 (15.6)	38 (59.4)	—	12 (18.8)	4 (6.1)	64 (100)	
	63.7	12	13 (10.9)	73 (61.3)	2 (1.6)	16 (13.4)	15 (11.9)	119 (100)	

() 内は素材別シェア%

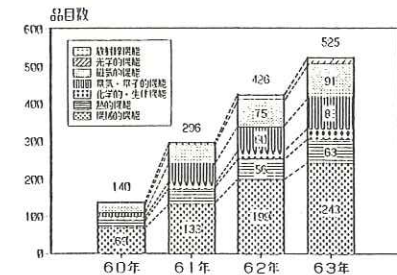


図5 高機能金属材料の機能別品目数の推移

いる様子が見られる。

各材料ごとに、増加の目立つ品目の例を機能別に整理すると以下のとおりである。

- (1) 無機材料 (略)
- (2) 高分子材料 (略)
- (3) 金属材料については、①機械的機能応用品目の代表例として、自動車・航空機材用のアルミニウム合金、チタン合金、②電気・電子的機能の代表例として、発光ダイオード用のガリウム・ヒ素、半導体デバイス用のインジウム・リン、超電導材料用のニオブ・チタン等がある。

5. 新素材部門の売上高及び従業員数

(1) 回答のあった302社のうち、新素材部門にかかる売上高を回答した企業132社につ

表3 素材別分類

	60年8月	61年8月	61年/60年	62年4月	62年/61年	63年7月	63年/62年	63年/60年
高機能無機材料	167 (30.0)	350 (37.2)	2.1	526 (33.9)	1.5	606 (33.3)	1.2	3.5
高機能高分子材料	159 (27.0)	234 (24.9)	1.6	423 (27.3)	1.8	530 (29.1)	1.3	3.2
高機能金属材料	95 (17.1)	166 (17.7)	1.7	275 (17.8)	1.7	305 (16.7)	1.1	3.6
複合材料	100 (18.0)	135 (14.4)	1.4	215 (13.9)	1.6	245 (13.4)	1.1	2.4
新素材開発支援原材料等(注)	44 (7.9)	55 (5.9)	1.3	111 (7.1)	2.0	136 (7.5)	1.2	3.1
計	566(100.0)	940(100.0)	1.7	1550(100.0)	1.6	1822(100.0)	1.2	3.3

(注) そのものが新素材というわけではないが、新素材の加工等の役割で必要となる材料及び加工機械等()内は%

表5 機能別分類

	60年8月	61年8月	61年/60年	62年4月	62年/61年	63年7月	63年/62年	63年/60年
機械的機能	423 (41.1)	772 (42.2)	1.8	1147 (42.8)	1.5	1399 (41.2)	1.2	3.3
熱的機能	205 (20.0)	389 (21.2)	1.9	531 (19.8)	1.4	606 (19.1)	1.1	3.0
電気・電子的機能	147 (14.4)	277 (15.1)	1.9	429 (16.0)	1.5	461 (15.2)	1.1	3.3
化学的・生体的機能	109 (10.7)	165 (9.0)	1.5	228 (8.5)	1.4	276 (8.7)	1.2	2.5
磁気的機能	75 (7.3)	135 (7.4)	1.8	202 (7.5)	1.5	248 (7.8)	1.2	3.3
放射線機能	43 (4.2)	76 (4.1)	1.8	103 (3.9)	1.4	118 (3.7)	1.1	2.7
放射線機能	23 (2.2)	16 (0.9)	0.7	39 (1.5)	2.4	42 (1.3)	1.1	1.8
計	1023(100.0)	1830(100.0)	1.8	2679(100.0)	1.5	3170(100.0)	1.2	3.1

表6 各素材ごとの主な保有機能の推移

素材	年	機械的機能	熱的機能	電気・電子的機能	光学的機能
高機能無機材料	60年	142	82	57	31
	61年	304	182	114	56
	62年	419	244	193	85
	63年	520	249	211	110
	63年/60年	3.7	3.0	3.7	3.5
高機能高分子材料	60年	91	63	29	32
	61年	150	113	46	52
	62年	268	166	91	88
	63年	352	215	114	106
63年/60年	3.9	3.4	3.9	3.3	
高機能金属材料	60年	69	20	11	3
	61年	133	40	48	4
	62年	199	56	60	11
	63年	243	63	83	15
	63年/60年	3.5	3.2	7.5	5.0

新素材部門従業員数

生産部門	18,260人 (53.7%)
営業・企画部門	7,949人 (23.4%)
技術部門	7,765人 (22.9%)
計	33,974人 (100.0%)

いてみると、総売上高27兆376億円のうち、新素材部門は6,592億円であり、その比率は全体の約2.4%を占めていた。このうち、新素材部門の売上高が100億円を超える企業は17社に上っていた。

(2) また、新素材部門に従事する従業員数を回答した企業172社についてみると、全体で約3万4千人が新素材部門に従事しており、これは当該企業全従業員数の4.1%に相当する。このうち、500人以上の従業員を有する企業は15社であった。ちなみに、昭和62年度の調査で回答した企業163社では、約2万2千人の従業員が新素材部門に従事し、このうち10社が500人以上の従業員を有する企業であった。