知 能 材 料 試 論

島 村 昭 治*

1. 言 葉 か ら

知能材料(Intelligent Materials)という言葉は筆者が始めて使ったのは、今から7年前であったと思う⁽¹⁾。

「最近の複合材料」と題した解説の終りの章で、これからのCM(複合材料)についてのべ、その終りにもし知能材料が実現したら、その時こそ誇らかに材料革命の時いたると叫んで良いのではないかと結んだ。

その後、折に触れて新材料とくに複合材料の開発動向をのべる時に、きまって知能材料に触れることにしたが、その際の反響は、大体次の2つに分けられた。

(1) 知能材料に関する文献は無いか、

(2) 知能材料について筆者の提示したモデル(あとでのべる)についての批判。

(1)に答えれば、文献が無いから、未来的であるのだし、(2)については、むしろ質問者のアイデアを伺いたいのが筆者の気持である。いずれにせよ、共感を得られなかった。しかし、それは当然のことであって、あれから7年たった現在でも、言い出した本人にさしたる進歩もないし、またこれが知能材料のさきがけになりそうだという物質あるいは材料もきわめて少ない。

今考えると、どうも知能材料という言葉は早く作りすぎた嫌いもある。例えば、複合材料という言葉が、使われるようになったのは、今から20年ぐらい前からであるが、その時は、すでにFRP(繊維強化プラスチック)が、わが国に定着してから10年たっていたし、鉄筋コンクリートは100年、合板工業は120年、タイヤは70年の歴史をそれぞれ有しており、一番おくてスタートしたFRM(繊維強化金属)は、McDanelがW/Cuの複合効果について発表した頃であり⁽²⁾、それらを包みこむ言葉として複合材料は比較的抵抗なく受入れられた。すなわち言葉が根づく下地があったのである。これに對

し、知能材料は“はじめに言葉ありき”で根無し草である。従って、議論の分かれるのは止むを得ない。

それでは、筆者がなぜ知能材料という言葉を作ったかについてのべよう。その頃、複合材料に関する研究の展開の中で、従来、主として進められていた強化複合(FRP, FRM はほとんどこれを指向している)に対して、機能複合の重要性が認識され、その1つの頂点として多機能化ということが重要視されるようになった⁽³⁾。一方、バイオメカニクスの研究も盛んとなり、従来、工学の世界では注目されることの少なかった生体材料の合目的構造がしだいに明らかとなってきた。それらを眺めて筆者は従来の材料の開発でまったく手のつけられていない分野として、外部刺激に応じて特性が適応変化する材料(多くの生体はこの機能があることは周知の通りである)があることに気づき、これを変態材料(Metamorphic Materials, MM)と名付けた⁽¹⁾。同じ頃、当所の自動車安全工学部では、知能自動車(Intelligence Car)の研究が進められていた。これは道路前方の障害物を検知して、必要なハンドルやブレーキの操作を行なう無人自動車で、それまでのように誘導ケーブルに頼らずに、自動車自身が、道路の状況を判断して走行することから、知能自動車と名付けられたのである。従って、筆者もたまたま変態材料のより高度なものとして知能材料を造語した記憶がある。

このように、知能材料は伝統ある本誌にとりあげて頂くには、余りに内容に乏しい。しかし、本来は雑種や混血を意味するハイブリッド(hybrid)が、材料の世界に侵入して、まだ人によっていろいろなイメージで使っているけれども、少なくともFRPの世界ではハイブリッド複合というものが定着し、その他の材料の世界の中にも輪を広げつつある。従って、知能材料もむしろ知能材料とは何かという定義めいた拘束は止めて、不完全な虚像のままでいろいろじり回して行けば、恐らく10年ぐらい後には、1つの実像として浮び上ってくるのではあるまいか、本稿の表題を展望でないことはもちろんとして、入門や序説でもなく試論としたのは、本稿がきっか

* 機械技術研究所材料工学部長

A Concept of Intelligent Materials: Shoji Shimamura
(Mechanical Engineering Laboratory, Sakura-mura,
Ibaraki)

Keywords: intelligent materials, materials design, composite
materials, adaptise change, biomaterials, bamboo

1984年2月27日受理

けとなって、議論が湧きおこることを期待したいからである。

2. 予 測 か ら

(1) 10 年以前は

材料が技術開発のキーテクノロジーとして意識されるようになったのは、十数年以前からで、以来いろいろの技術予測が主としてデルファイ方式により、まとめられ発表されている。表 1⁽⁴⁾および表 2⁽⁵⁾はその初期に位置するもので、発表されてから 10 年余経過しており、当時と現在との意識の差を比べてみると面白い。

表 1 新材料の開発指向(1972-5)。

1.	軽くてしゃ音性がある
2.	電気を伝え、熱を絶縁する(あるいはその逆)
3.	高硬度で脆くない
4.	外場の作用により、可視部の光学特性が大きく変化する
5.	鉄より強く、ゴムより弾性があり、溶接できる
6.	強磁性と強誘電性を合せ有する
7.	金属と熱的・機械的性質の等しい電気絶縁材料

表 2 1944 年に実現期待が $\frac{3}{4}$ である材料技術*。

1.	普通鋼に匹敵する強度、弾性をもつ強化プラスチックの実用化
2.	耐熱性常用(773 K)以上、耐力 980 MPa(100 kgf/mm ²)以上で、機械加工性のよい強化プラスチックの実用化
3.	複合機能材料(複合材料技術により開発され、ときには相矛盾する複数の機能を有する材料)開発の方法論の確立
4.	機械的性質や耐熱性がアルミニウムよりはるかにすぐれ、しかも塑性加工が可能なプラスチック複合材料が実用化される
5.	耐熱プラスチックとホイスカの複合化による 1273 K に耐える高耐熱、高強力材料が実用化される
6.	輸送器材(とくに大型商用航空機)の構造材料の 50% は複合材料が占めるようになる
7.	392 MPa(40 kgf/mm ²)以上の引張強さをもち、熱伝導性のよいプラスチック・ベース複合構造材料の実用化、(海洋開発関係)
8.	電気をつたえ、熱を絶縁する材料の開発
9.	ボディ、シャシ、エンジンなどに最大限にプラスチックを使い、人間 1 人当り 30~50 kg の質量のオール・プラスチック製乗用車ボディの実用化

* 数字は筆者が付した No. で順位ではない。

表 1 は新材料の開発指向というよりもこんな材料はできないのかという多少夢を託したニーズであるが、この中で 1, 2, および 6, は単体(monolithic)の材料では相矛盾する特性の並立を求めたものである。例えば 2, の逆すなわち電気を絶縁し熱を通す材料は天然にはダイヤモンド以外に見当たらないが、最近ではファインセラミックス†(Al₂O₃ など)がこの条件を満たすものとして IC 基板に使われている。3, および 5, も多少前 3 者と似ている

が、3, は現在ファインセラミックスで追求されている所で、部分安定化ジルコニアに曙光が見出されている⁽⁶⁾。5, については、強度というものが弾性率と強い相関のあること、および金属ではエネルギー弾性が、ゴムではエントロピー弾性がそれぞれ支配的であることを考えると、これは不可能に近いような気がする。

さて、単体材料では困難でも複合材料であればかなり達成されるものもある。1, の遮音性は質量則に支配されるので、本質的に軽いものは遮音性が低い。しかし、制振性、吸音性、振動減衰性という点から見ると、複合材料は軽くかつこれらの特性がすぐれているものが少なくない。例えば FRP の振動減衰性は鋼より 1 桁は大きい。2, についても例えば金属とプラスチックの積層板は、沿層方向(edgewise)には電流を通すが、貫層方向(flatwise)には熱を遮るから、2, の要求を完全ではないが満足している。

7, は電気絶縁材料の極限指向である。ここで金属を何にとるかということで評価が分かれるが、もし Al 合金とすれば、7, の要求はほぼ満足されている。例えばポリイミド/アルミナ繊維積層板の引張強さおよび弾性率は Al 合金を上回るものが製造可能であり、耐熱性も繊維方向の弾性率は 523 K(250°C)までほとんど低下しないと考えられる。もちろん電気絶縁性は十分である。金属を鉄とすれば、現在でも 7, は達成しえないが、それにしても 10 年間に複合材料はこのように進歩したのである。

さて、表 1 の中でもっとも面白いのは 4, である。これは本稿でいう知能材料の 1 つの姿と言ってよい。

次に表 2 は 1993 年に実現期待が $\frac{3}{4}$ である材料技術で表 1 よりも現実的な予測である。当時から 1993 年までの約 20 年のほぼ $\frac{1}{2}$ を経過した現在、この表の 9 つの項目がどのように達成されたかについて考えてみよう。

(1) 高弾性 CF($\sigma_B=2.45$ GPa(250 kgf/mm²), $E=392$ GPa(40000 kgf/mm²))を用いて、容積繊維含有率 60% の一方向強化 CFRP を作れば、引張強さ 1.372 GPa(140 kgf/mm²), 弾性率 215.6 GPa(22000 kgf/mm²)は達成できるから、表 2 の 1, はクリアした。ただし、これは 1 方向材で、2 方向材では、この 60% ぐらいの値になるから、弾性率は鋼の約 $\frac{1}{2}$ である。

(2) 2, と 5, はマトリックス樹脂の耐熱性に依存するが、現在でも実用最高温度は 533 K(260°C)程度であり、当分達成できないと思う。

(3) 3, は方法論というよりも、複合化による機能の向上は広く利用されている。そもそもこれができるのが複合材料である。

(4) 塑性加工できるプラスチック系複合材料は、短繊維しかもウィスカレベルの極小繊維による強化が必要

† 通産省の当事者の造語で英語ではない。米語で、High-Tech. Ceramics と言うのがこれに相当する。しかし日本語としては定着したようである。

で、一方このような複合材料しかも塑性加工できる熱可塑性マトリックスでは、強さと耐熱性が不十分であり、4. は達成されていない。しかし、可能性はある。

(5) この予測がまとめられた頃は、軍用機でも複合材料の使用は構造質量の1%以下(F14で0.8%)であったが、本年就役予定のAV-8B(フォークランド紛争で活躍したハリア VTOL はこの原型機)では26%となっている。ビジネス機リアファン 2100 では70%も複合材料を使用しており、構造質量比ではないが、最近の大形民間機 747, 767 では全表面積の30%が複合材料である⁽⁷⁾。従って、6. については近づくつあると言える。

(6) 7. は熱伝導性の良いという点を、マトリックスが克服する必要がある。現状のプラスチックではむずかしいが、マトリックスの中に金属粉を入れたり、3次元配向の金属あるいはアルミナ繊維で強化すれば、かなり要求に近づくよう。

(7) 8. については、前にのべた。

(8) 9. の要求は、4人乗りとして200 kgの質量のボデーとなる。この方向でもっとも進んでいるフォードの試作車 Ford LTD '79 が約300 kgであるから⁽⁸⁾、もう一息である。しかし、これは経済性は無視している。ただ、最近静かなブームとなっているスクータ改造の1人乗り超ミニカーは、恐らく50 kg以下のボデー質量となっていると思われるから、9. は達成されつつあると言っていよい。

(2) 最近の予測

最近では21世紀を目前とし、かつ材料技術の重要性がますます認識されて、次世代材料技術の予測はいろいろの機関で行われている。しかし、その多くはここでいう材料の知能化に触れていない。もとよりデルファイ方式のアンケートによる予測では、設問が大きな鍵となるので、回答者よりも設問者側にそもそも材料知能化の意識が低かったのである。

その点で、最近その結果の概要が発表された(社)高分子学会のアンケート調査⁽⁹⁾は、本稿に係りのある幾つかの設問をあげており、評価に値する。目標課題は50あ

表3 高分子科学技術の予測(抜粋*)。

目 標 課 題**	重要度大(%)		¾ 達 成 年	
	中立	企業	中 立	企 業
⑨自己修復能高分子	52	38	>2040	2035
⑩人工筋肉用高分子	34	46	>2040	2025
⑬調質機能高分子	24	12	2000	2000
⑯自己補強性高分子	28	17	>2040	2035
④高分子材料設計システム	55	57	2025	2010

* 筆者による。

** ○は課題のNo.で順位ではない。

るが、その中で本稿に係りのあるものは次の5つである(表3)。この中の⑯は“たとえば、重いものを持つと腕の筋肉が強化されたり、長く使う指にペンだこができたりするように、負荷がかかるとその程度や時間に応じてその部分を自ら強化することのできる高分子材料が発明される”ことであって、まさに筆者のいう知能材料の1つの姿⁽¹⁰⁾である。

以上、最近十数年の材料技術の予測を見ると、外場(外部刺激)の変化に特性が適応変化する材料についての意識はおぼろげながらあったが、目立った展開はしていない。しかし、ごく最近になって多少強められてきたとすることができる。

3. 材料発達史から

(1) 石器から合成まで

「人間が目的意識を持って物質を見た時、物質は材料は転化する」という筆者の材料観から見れば、材料の歴史は、中石器時代すなわち今から約10000年以前にさかのぼることができる。この時期すなわち人間が天然の石ころを加工して刃物を作った頃からの材料の世代はおよそ次の3つに分けることができる⁽¹¹⁾。

第1世代：天然材料(石や木など)の形だけを変えて使用することが特徴である。約10000年以前にさかのぼる。

第2世代：天然の物質から有用成分を抽出して成形加工することを特徴とする。もっとも古いものは焼物で、約9000年の歴史がある。最初のセラミックスエージはこの時期である。金属もこの世代で、通説に従えば銅が2000 B.C.、鉄が1000 B.C.にそれぞれ始まる。

第3世代：ここで始めて人間は天然にない材料を合成して作った。その光栄は1907年にフェノール樹脂(ベークライト)を工業化した英国人 Bakeland に与えられる。

さて、この第1～第3世代の材料はいずれも現代文明を構築しているので、これがいわゆるコンピュータの第1～5世代とちがう所である(コンピュータではすでに第1, 2世代のそれは博物館にしかない)。すなわち、第2世代の材料が現代文明の骨組を作り、第3世代の材料がそれを肉付けしていると言えよう。第1世代の材料は第2世代を補完している。今、ファインセラミックスの発展から、第2の石器時代と言われているが、そもそもセラミックスは第1世代の材料、すなわち石器ではなく、第2世代のそれである。そして今もてはやされているファインセラミックスは第3世代すなわち人間が作り出したものと言えよう。すなわちセラミックスが第2世代

を超えて第3世代化(2.5世代的なものもあるが)したことがすばらしいのであって、第2の石器時代という表現は当たらないように思う。

(2) 単体(モノリシック)と複合

第1～第3世代の材料は、人間の知恵がそれらの材料の出現にどのように係ったか、とくに天然材料の水準からどのように向上したかによる区分である。しかし、材料の発展史にはもう1つの切り口がある。それは、単体(monolithic)と複合である。もちろん第1～3世代のいずれにも単体と複合があり、複合の歴史は古代エジプトにまでさかのぼれるのであるが⁽¹²⁾、ここでは現代の複合材料の柱の1つ FRP(繊維強化プラスチック)が実用化された1940年代の前半からの歴史を考えることにする。

“複合材料とは、何等かの方法により2つ以上の素材(単体)を合体し、あるいは2つ以上の相を形成させてえられるもので、もとの素材よりすぐれた特性を有するものをいう”という定義⁽¹²⁾において、すぐれたとは何かが問題であるが、例えば強度特性をとりあげた時、より強く強いというような特性そのものの向上もさることながら、任意の特性分布を与えらるということが、単体材料と比べた時の大きな利点である。一例をあげると、内圧を受ける薄肉円筒で、その応力分布に適合した“円周方向の強さが軸方向の2倍”というようなものを単体の材料では作りえないが、フィラメントフィンディング成形のFRP円筒では容易である⁽¹³⁾。

このように単体と比べて特性が分布する材料言換えれば設計できる材料を第4世代の材料と名付け、複合材料をその代表としたのが、筆者の前論である⁽¹¹⁾。しかし、この第4世代は、前述の第1～3世代の区分とは、次元が異なり、空間座標に対してその特性を適応変化しうる所が特長である。すなわち、第1～3世代の材料のいずれも複合化しうるように、第4世代の材料は第1～3世代のいずれからでも作りうるのである。従って、混乱

をさけるためには、別の呼び方、例えば新世代材料(Neo Materials)とすべきかも知れないが、ここでは第4世代と呼ぶことにする。図1は、第1～3世代の材料が第4世代の材料に展開して行く所を示したものである。なお、図においてFRMの実用化はスペースシャトル「コロンビア」に採用されたB/AIのパイプに始まるとしている。

(3) 時間と共に変化する材料

第4世代の材料を、第1～3世代の単体材料と異なり、特性が空間的に適応変化することで特徴づけると、もう1つ別の変化の可能性がある。それは時間と共に適応変化することである。ここでいう時間とは、単なる経過時間ではなく、外部刺激あるいは外部環境の変化を時間のスケールで示したものである。従って、時間の代りに環境時間と言うこともできる。このように環境時間に対して特性が適応変化する材料を、第5世代の材料と名づけた⁽¹¹⁾。第5世代の材料は、第2, 3世代の材料から作るべきものであり、かつ第4世代の特徴(特性の空間分布性)も一般に保有することになる。図1には第5世代の材料と第1～4世代のそれとの関係も示してある。この第5世代の材料の特徴を、主として強度的見地からやや具体的にのべると次のごとくなる。

(1) 環境に応じて必要な硬化軟化が行なわれる(非可逆的变化)。

(2) 硬くも軟かくもなる(可逆的变化)。

(3) 損傷を回復できる(治癒機能)。

(4) 損傷の程度により材料自身の外観が形態変化を伴うことなく変化する(損傷報知機能)。

これらはすべて材料自身が、外部環境の変化を検知して、それにもっとも合目的に適応変化することを要求するもので、このような特性を持たせることを材料の知能化と呼ぶ。従って知能材料とは、“外部刺激に対し適応変化しうる能力を有する材料”である。

4. 知能化へのアプローチ

2.の予測および3.の材料発展史の両面から見て、材料の知能化ということが、21世紀へ向けた材料のR/Dにおける困難ではあるが魅力のある第1の課題であることが分かった。そこで、この遠い道程をどのように進むべきか考えてみよう。

(1) 竹に学ぶ

強さを分布させるという第4世代の材料、例えば複合材料の特長は、すでに天然材料では、より合目的に具現されている。周知のごとく曲げ応力は部材の外側において最大であり、中立軸において零である。従って、中実の金属丸棒では、中央付近の材料は遊んでいることにな

図1 材料の世代的発展。

る。丸棒をパイプに代えるのが解決策であるが、それでも内周付近の材料は余分の強さを有している。しかし、曲げ荷重が主として加わる竹では、強さを支える維管束という繊維状の組織が外側ほど密に分布している。図2はその分布が等比級数的であるとし、数列の比を1.15、列数を15とした時のモデル維管束の分布を描いたものであるが、竹の断面と良く合っている⁽¹³⁾。またこのようなモデル維管束が、同じ断面に均一分布した時に比べると、図2の分布の場合には約2.2倍の強さを有する⁽¹⁴⁾。このように強さを外部負荷条件に応じて最適分布させることは、竹だけでなく、木でもあるいは生体の骨や筋肉でも具現されている。また、複合材料は必ずしも容易ではないが、竹のような強度分布のパイプを作ることはできる。すなわち、これが複合材料を第4世代の“設計できる”材料とするゆえんである。

図2 竹の維管束分布モデル。

(2) 人工のたこを作る

さて、まず3.(3)の(1)をとり上げてみよう。怠け者は別として、多くの人間は幾つかのたこ(肝臓)を有している。すなわち、ペンだこ、ばちだこ、すわりだこ...であって、これらは、いずれも集中かつ継続して荷重を受ける皮膚の部分が硬化して、損傷を防ぐ機能であって、3.(3)の(3)の機能とも言える。

現在、工業材料でこのような機能を有するものは無いが、図3はその1つのモデルである。図の(a)において材料は軟質ゴムの中に、A, B 2種類のマイクロカプセルを均一に分散させたものである。A, B にはいずれもそのままでは硬化しない液状物質が充てんされている。従って、全体としてゴム状の挙動を呈し、たこのできない

図3 部分硬化する材料モデル。

時の手足の部位に相当する。次に、この材料に(b)のごとく硬質ポンチを介して荷重が加わったとすると、負荷面に近い材料には大きな圧縮応力が作用するので、その付近のマイクロカプセル A, B は破裂し、内部の液状物質は混合する。もし、A に不飽和ポリエステルモノマーと触媒(例えば過酸化ベンゾイル)、B に同じモノマーと促進剤(例えばナフテン酸コバルト溶液)の混合物をそれぞれ封入しておけば、A, B が混合することにより重合硬化反応を生じて、不飽和ポリエステルのポリマーが生成される。従って(c)のごとき硬化層が形成される。これは言うなれば人工のたこである。

このような材料で、例えば義足のあしの裏を作っておけば、それを装用する人の足くせに応じた硬化層(たこ)ができ、あらかじめ硬質部を設けておくより、はるかに合目的である。しかし、この人工のたこは幾つかの欠点を有する。第1は、硬化層がしだいにすり減ってしまい、人間のたこのように再生しないことである(ペンだこは2週間に1回ぐらい再生する)。第2は、荷重が加わらなくなっても、元に戻らないことである(例えば、1カ月ぐらいペンを使わなければペンだこは消失する)。

すなわち、図3のモデルの再生と可逆性が課題である。

(3) 硬軟変化する材料

3.(3)の(2)であるが、これは前節より難しい。この材料は次の3つの機能を内在していなければならない。

(1)外部刺激(荷重、障害物等)の変化に対するセンサー、(2)硬軟変化しうる機能を有する組織(構造)、(3)硬軟変化を与えるための効果機(effector)。

例えば、材料と言えするための内包化技術はさておいて、表4のような組合せを考えれば、硬軟変化は行なわれる。しかし、生体の軟組織はセンサーも効果機も無くて硬軟に変化する。その原理は、(1)血液の流出入の制御、(2)pH 変化による体液の膨張収縮等(メカノケミカル反応)による。その点で表4は、硬軟変化構造ある

表4 硬軟可逆変化材料のモデル。

種類	センサー	材料の構成	効果機	硬質変化の原理と度合	
				原理	度合
A	感スイツ圧チ	多重同心薄肉円筒(僅かな隙間あり)	電池	電歪現象で多重管を適宜密着させることにより曲げ剛性を変化	相対的曲げ剛性で1~10
B	感スイツ圧チ	薄肉チューブフィルム内に連続セルのフォームを充てん	液圧ポンプ	フォーム中に液を充てん加圧することにより曲げ剛性と座屈強度を変化	見かけの曲げ弾性率で0~500 MPa

いはシステムであって材料ではない。しかし、一方生体軟組織でもそれだけで硬軟変化するのではない。脳、神経、心臓血液系、リンパ系等が支援しているのである。従って、材料の知能化を材料自身にミクロにすべてを内包すべきと考えるのは早計である。

(4) 自分で設計し、自分で作る

天然材料あるいは生体の合目的な強度分布を模擬した材料を複合材料によって作ることは可能である。しかし、この場合は、成形機と金型を必要とする。しかし、天然材料や生体はこれらを必要としないで、自分で合目的に設計し、作っている。トフラーの言葉を借りれば、製造(manufacture)でなく、生造(biofacture)するのである⁽¹⁵⁾。これは人工のたこの所でのべた再生と同じく、材料の中で物質を輸送する必要がある、もっとも克服しにくい課題のように思える。

(5) 金属の場合

図 1 において、第 5 世代すなわち材料知能化への実現時期を、金属を考えた第 2 世代材料の方が、高分子を考えた第 3 世代材料よりやや後としたのは、やはり金属の方が困難性が大いと思ったからである。確かに形状記憶合金は、ある形状とそれに復元すべき温度を記憶して可逆変形する点では、知能化への一步と言ってよい。しかし、その機能は単能的で、現在の合金の延長上には、ここでのべたような知能化は期待しにくい。むしろ

生体においては骨と筋肉の組合せによって、広範囲の硬軟変化が具現されているように、金属と高分子を組合せ、金属に大まかな変化を、高分子にきめ細かい変化をさせるというのが、もっとも可能性のある材料知能化ではあるまいか。しかし、いずれにせよ知能材料を構成するのは複合材料であることは間違いない。

文 献

- (1) 島村昭治：機械の研究，**29**(1977)，227.
- (2) D.L.McDanelis, R.W.Jech and J.W.Weeton : Metal Progress, **78**(1960)，118.
- (3) 例えば、島村昭治：機械技術研究所所報，**28**(1974)，20.
- (4) 産業材料調査研究所：新材料技術予測調査結果，(1972)。
- (5) 産業材料調査研究所：技術予測最終累計結果報告書，(1971)。
- (6) 例えば、日経メカニカル(1982・1・18)，53.
- (7) 小野 伝：機械振興，16-6(1983-6)，20.
- (8) 島村昭治：鉄と鋼，**67**(1981)，1460.
- (9) 高分子，**33**(1984)，19.
- (10) 島村昭治，科学朝日，(1981-1)，43.
- (11) 島村昭治：日本機械学会論文集，**48**(1982)，1367.
- (12) 島村昭治：複合材料のはなし，産業図書，(1982)，29.
- (13) 島村昭治：未来を拓く先端材料，工業調査会，(1982)，31.
池上浩三：東工大精研第 8 回シンポジウム講演予稿集，(1982-2-14)，9.
- (14) 池上浩三：私信.
- (15) A.トクラー：第三の波，日本放送出版，(1980)，215.

<新 刊 案 内>

Mechanical Metallurgy principles and applications

M.A.Meyers, K.K.Chamla 著

本書は金属系学部および大学院前期課程における金属材料強度学の講義を念頭に置いて書かれたものであり、4部21章から成っている。

第Ⅰ部は「変形の力学」(約180ページ)であって、弾性(70)、塑性(60)、破壊と破壊じん性(50)の3章が含まれている。第Ⅱ部は「変形の金属学」(170ページ)であって、完全結晶(30)、点状欠陥(15)、線状欠陥(45)、面状欠陥(25)、および転位論と変形の幾何学(55)の5章が含まれている。これら本書の前半は材料強度学の基礎となる事項についての解説である。

第Ⅲ部は本書の中心を成すもので、「強化機構」として7章約200ページが当てられている。すなわち、加工硬化(30)、固溶硬化(20)、析出および分散硬化(35)、繊維強化(複合材料)(30)、マルテンサイト強化(25)、結晶粒強化(20)、その他(加工熱処理、複相鋼、照射損傷など)(40)など、金属材料で認められている

力学的挙動の基本となる強化法について述べられている。

第Ⅳ部は「機械試験」(175ページ)と題し、引張試験(40)、硬度試験(25)、成形性試験(20)、破壊試験(25)、クリーブ試験(30)、疲労試験(45)など金属材料の機構的性質と実際の材料性能との関連について述べられている。

各章ごとに練習問題、参考図書などが書かれ、また各コースに対する項目配分案なども示されている。学生各自が所持するにはやや大部に過ぎるきらいはあるが、巨視的立場と微視的立場のバランスに留意されたテキストとして推奨される。ただし、金属以外の話はほとんど取り上げられていないので、材料強度学の教科書としては、いささかもたたりない感じがする。この点に関しては授業担当者の工夫が必要であろう。

(H.O.)

[15.5×23.5 cm 761頁 1984年 35.95C Prentice Hall, Inc. 発行]