ADI 材の高サイクル疲労き裂発生・進展寿命分布特性と寿命評価†

越 智 保 雄* 小 方 智 寿**
久保田 祐 信*** 石 井 明*

Initiation and Propagation Life Distributions of Fatigue Cracks
and the Life Evaluation in High Cycle Fatigue of ADI

by

Yasuo OCHI*, Tomohisa OGATA**, Masanobu KUBOTA***
and Akira ISHII*

Rotating bending fatigue tests were carried out on austempered ductile cast iron (ADI) in order to investigate the statistical properties of life distributions of crack initiation and propagation, and also the evaluation of fatigue life.

The results are summarized as follows: (1) The size of crack initiation sites of the material was represented by a Weibull distribution without regarding to the kinds of crack initiation sites such as microshrinkage and graphite grain. The crack initiation life scattered widely, but the scatter became much smaller as soon as the cracks grew. (2) The crack propagation life N_{ac} which was defined as the minimum crack propagation rate showed lower scatter than the crack initiation life. (3) The fatigue life of the material was evaluated well by N_{ac} and the propagation rate after N_{ac} . It was clear that the fatigue life of ductile cast iron was governed by the scatter of N_{ac} .

Key words: Fatigue, Crack initiation, Life distribution, Weibull distribution, Austempered ductile cast iron

1 緒 言

球状黒鉛鑄鉄（以下 DI 材）は高強度、高じん性、優れた鑄造性や耐摩耗性といった多くの特長のために、近年機械構造部材として広く用いられている。^{1)~3)}特に本研究の供試材であるオーステンパ処理球状黒鉛鑄鉄（Austempered Ductile Cast Iron, 以下 ADI）は他の DI 材と比較して高い強度とじん性を有し、DI 材の中でも注目されている材料である。

前報⁶⁾では、ADI 材の詳細な疲労き裂の発生起点の観察をもとに起点形状の定量的評価と分布状況の検討を行い、さらに微小き裂の発生・進展特性に及ぼす影響についても考察した。そこでは ADI 材の起点やき裂の進展挙動に、著者らが今までに行ったフェライト基地とパーライト基地球状黒鉛鑄鉄（FDI, PDI）と異なった特性があることが明らかとされた。DI 材の疲労寿命や疲労強度は、基地組織中に存在する黒鉛や微小引け巣のような鑄造欠陥によって大きなばらつきを有するために、疲労を考慮すべき部材の使用には、供試材に応じたき裂の発生・進展特性を充分把握することが必要である。

そこで本研究では、前報を踏まえて ADI 材の寿命分布の確率特性を検討し、発生初期寿命分布に進展特性を考慮した疲労寿命分布の評価を試みた。これと同時に FDI, PDI の表面き裂の発生・進展特性および破断寿命の分布特性についての統計的な考察^{4)~7)}を参考にし、基地組織とも関連した DI 材の疲労寿命分布特性についても考察した。

2 実 験 方 法

2・1 供試材

供試材はオーステンパ処理球状黒鉛鑄鉄で、化学成分および機械的性質を、比較を行った FDI, PDI 材と共に Table I に示した。オーステンパ処理は、オーステンパ温度 880~900℃、ソルトバス温度 320~380℃で時間はそれぞれ 2 時間という条件で行った。微視組織および黒鉛性状を Fig. 1, Table II に示した。黒鉛性状の測定では、黒鉛粒径が 10 μm 未満の黒鉛は除外した。微視組織は黒鉛と基地組織である針状のオースフェライト組織からなっている。FDI, PDI 材の黒鉛性状と比較すると、黒鉛平均粒径、球状化率に大差はない。

Table I. Chemical compositions and mechanical properties.

	C	Si	Mn	P	S	Mg	Cu	Cr	Mo	σ_B [MPa]	σ_Y [MPa]	δ [%]	HB
ADI	3.76	2.15	0.32	0.019	0.009	0.042	0.62	0.04	0.02	699	954	13.9	273
FDI	3.76	2.21	0.19	0.017	0.016	0.038	—	—	—	260	396	25.1	129
PDI	3.70	2.13	0.34	0.013	0.008	0.038	0.62	0.04	—	476	819	8.0	255

† 原稿受理 平成 9 年 1 月 10 日 Received Jan. 10, 1997

* 正 会 員 電気通信大学機械制御工学科 〒182 調布市調布ヶ丘, Dept. of Mech. & Control Eng., Univ. of Electro Communications, Chofugaoka, Chofu, 182

** 日立金属(株)素材研究所 〒321-43 真岡市鬼怒ヶ丘, Casting Technology Res. Lab., Kinu-ga-oka, Mooka, 321-43

*** 正 会 員 九州大学工学部機械工学科 〒812 福岡市東区箱崎, Dept. of Mech. Sci. and Eng. Kyushu Univ., Higashi-ku, Fukuoka, 812

Fig. 1. Microstructure.

Table II. Characteristics of microstructure.

		ADI	FDI	PDI
Ausferrite area fraction	[%]	100	—	—
Ferrite area fraction	[%]	—	100	12.8
Pearlite area fraction	[%]	—	—	87.2
Graphite grain size	[μm]	31.1	32.3	31.8
Nodularity(area method)	[%]	84.0	84.8	86.8
Graphite area fraction	[%]	12.4	14.1	14.6
Nodule count in a unit area	[1/mm ²]	147	141	174

2・2 疲労試験方法

疲労試験は、小野式回転曲げ疲労試験機（約 3 000cpm）を用い、室温・大気中で行った。試験片は Fig. 2 に示すような寸法・形状で、中央に浅い円周切り込みを導入した。寿命分布の確率的な取扱いでは試験片寸法も重要な要件であるので、前報と重複するが示した。試験中適宜、試験機を停止してレプリカ法によって表面微小き裂を観察した。またレプリカは SEM 観察と合わせて疲労き裂の発生起点の特定のためにも用いた。

Fig. 3 に S-N 曲線を示した。これより、ADI 材の疲労限度は $\sigma_w = 340\text{MPa}$ と推定された。表面き裂の発生・進展特性の比較のために、応力振幅 $\sigma_a = 440\text{MPa}$ （以下、高応力レベル）、 360MPa （低応力レベル）のそれぞれで14本前後の実験を行った。それぞれの応力振幅は 1×10^5 および 5×10^5 の繰返しで破断する応力として定義した。このときの応力振幅 σ_a は破断寿命だけでなく FDI, PDI の σ_a/σ_w の値と近くなるように定めた。疲労限度と実験条件をまとめて Table III に示した。図中の破線および一点鎖線で示した N_i は後述の定義によるき裂発生寿命を表している。

2・3 各寿命の定義

き裂発生寿命 N_i は表面き裂長さが $2a_i = 80 \mu\text{m}$ に達した繰返し数で定義した。破断寿命 N_f は、き裂長さ $2a$ が $3\,000 \mu\text{m}$ を越えると進展が非常に早くなりき裂の追跡

Fig. 2. Shape of specimen.

Fig. 3. S-N curves.

Table III. Fatigue limits and test conditions.

	Fatigue limit [MPa]	High stress level ($N_f = 1 \times 10^5$)		Low stress level ($N_f = 5 \times 10^5$)	
		σ_a [MPa]	σ_a/σ_w	σ_a [MPa]	σ_a/σ_w
ADI	340	440	1.3	360	1.1
FDI	235	320	1.4	260	1.1
PDI	280	380	1.4	300	1.1

が困難となることを考慮して、 $2a = 3\,000 \mu\text{m}$ に達した繰返し数と定義した。き裂進展寿命は、破断寿命から発生寿命を差引いたものではなく、ここではき裂の発生から破断に至る過程を一連の連続した過程としてとらえるために、上と同様に一定の表面き裂長さで定義した。ここでは破断寿命の 50% および 75% にあたる 2 つのき裂進展寿命を定義して、それぞれ N_{p1} , N_{p2} とした。 N_{p1} , N_{p2} の時の表面き裂長さは、 $2a_{p1} = 400 \mu\text{m}$, $2a_{p2} = 1\,000 \mu\text{m}$ である。これらの定義は、前報^{4), 5)}と同様であるのでこちらを参照されたい。

3 実験結果および考察

3・1 き裂発生寿命と起点寸法の関連

ADI 材の初期き裂進展特性について詳細に観察した前報⁶⁾によって、ADI 材の起点には黒鉛と微小引け巣やドロスのような微小鑄造欠陥があることが分かっている。Fig. 4 は起点となった黒鉛、微小欠陥の寸法を破面上の面積の平方根 $\sqrt{\text{area}}$ でワイブル確率紙にプロットしたものである。起点の $\sqrt{\text{area}}$ はほぼ直線上に並んでおり、1

Fig. 4. Weibull plot of size of small defects or spheroidal graphites observed at fracture origin.

Fig. 5. Relation between K_{Imax} and N_i .

つの 2 母数ワイブル分布で表示できることが分かる。これは ADI 材のき裂の発生が、起点が黒鉛であるか微小引け巣であるかということによらず、その大きさによってのみ支配されていることを表している。

そこで、き裂の発生寿命 N_i をき裂長さ $2a = 80 \mu m$ に達した繰返し数で定義して起点寸法との関連を検討したが、 $\sqrt{area}$ と N_i の相関は低く、ADI 材のき裂発生寿命は起点寸法だけでは整理できないことが分かった。このため表面き裂の発生に対する起点が表面に存在する場合、表面直下に存在する場合の影響を考慮して、Fig. 5 に K_{Imax} と $\sqrt{area}$ による整理を試みた結果を示した。 K_{Imax} は、起点部を任意形状のき裂と見なした時のき裂前縁の応力拡大係数の最大値であり、村上らの方法⁹⁾によって求めた。欠陥が表面に接する場合と欠陥が表面から離れた内部に存在する場合に分けて、それぞれ以下の式で得た。

$$K_{Imax} = 0.650\sigma_a\sqrt{\pi\sqrt{area}} \quad (1)$$

$$K_{Imax} = 0.5\sigma_a\sqrt{\pi\sqrt{area}} \quad (2)$$

この場合でも FDI, PDI と比較して高い相関が得られなかった。さらに ADI 材には 2 種類の起点があることを考慮するため、起点が黒鉛であった ADI を○で囲んで表した。しかしながら、起点が黒鉛の場合と微小引け巣の場合で、明確に分離することができない。従って Fig. 4 および Fig. 5 の検討から ADI 材のばらつきが FDI, PDI 材と比較して大きいことを説明することはできず、以下では ADI 材の持つ特性の一つとして取り扱う。

3・2 引張疲労破壊

Fig. 6, Fig. 7 にき裂発生寿命 N_i 、き裂進展寿命 N_{p1} 、 N_{p2} および破断寿命 N_f の各寿命分布をワイブル確率紙

Fig. 6. Fatigue life distribution at high stress level.

Fig. 7. Fatigue life distribution at low stress level.

上に示した。

また、得られたワイブル母数とその他の統計量を Table IV に示した。

き裂発生寿命は、特に低応力側ではばらつきが大きい。結果は 2 または 3 母数のワイブル分布で整理することができた。

どちらのワイブル分布を用いたかは相関係数によって決めたが、360MPa の N_{p1} と 440MPa の N_{p2} を除いては 3 母数で表示した。

き裂の発生から破断に至るまで、き裂長さが増加するに従って各寿命曲線の傾きが大きくなっていく。

すなわち、ばらつきの程度が縮小している。

高応力レベルが低応力レベルに比べてばらつきが小さいことも合わせて、上のような傾向は FDI, PDI と同様である。

4 考 察

4・1 各寿命分布の確率特性

本研究では 1×10^5 、 5×10^5 の平均寿命を目標にし、

Table IV. Weibull parameters and other statistical parameters of each life in ADI.

Life	Stress amplitude [MPa]	Shape parameter α	Scale parameter β	Location parameter γ
N_i	360	0.3878	4.875×10^4	2.450×10^3
	440	0.7972	1.384×10^4	5.500×10^2
N_{p1}	360	1.3891	4.853×10^5	—
	440	3.0689	6.280×10^4	2.327×10^3
N_{p2}	360	1.8389	5.005×10^5	4.663×10^4
	440	5.8059	8.825×10^4	—
N_f	360	1.7343	4.817×10^5	1.163×10^5
	440	2.8747	4.009×10^4	7.010×10^4
	Correlation factor r	Mean life μ	Standard deviation σ	Variation coefficient η
N_i	0.9764	1.794×10^5	5.854×10^5	3.2641
	0.9600	1.627×10^4	1.989×10^4	1.2225
N_{p1}	0.9601	4.429×10^5	3.229×10^5	0.7290
	0.9889	5.846×10^4	1.999×10^4	0.3419
N_{p2}	0.9821	4.912^5	2.507×10^5	0.5103
	0.9513	8.172^4	1.632×10^4	0.1997
N_f	0.9814	5.455^5	2.552×10^5	0.4678
	0.9675	1.058^5	1.349×10^4	0.1275

Fig. 8. Change of variation coefficient η for crack length $2a$.

さらに疲労限度に対する応力振幅も供試材間でできるだけ一致するように配慮したが、實際上それらを厳密に一致させることは困難である。また、ばらつきの程度にはすでに述べたように応力振幅依存性が見られるので、供試材間で比較を行う場合には注意が必要である。

このような場合の各寿命のばらつきは、変動係数 $\eta = \sigma/\mu$ の比較が目安となる。そこで Fig. 8 には Table IV から得た η の変化を示した。 N_i に対応する η が最も大きい；すなわち、き裂の発生はき裂ごとのばらつきが大きい。そして、き裂が成長するに従って η は小さくなっていくが、 N_i から N_{p1} の間にばらつきが大幅に減少しており、 N_{p1} 以降は減少も緩やかである。従って、ADI の寿命を評価するためには、 N_{p1} に至るまでのき裂の進展を詳細に観察しなければならない。

η には応力振幅依存性が見られ、高応力側の方が小さい。また供試材間の比較では、FDI が他の 2 材料に比べて大きい η を示した。

ADI 材のき裂の進展は、比較的長く成長したき裂にも合体が進展初期と同じように生じていることが特徴的であった。⁶⁾

また、FDI, PDI 材においては表面き裂の進展はその経路、分岐などに微視組織の影響が強く現れているために、早く発生したき裂が早く破断に至るとは限らない傾向が観察された。^{4), 5)}

そこで ADI 材についても各々のき裂について、発生から各進展段階を経て破断に至るまでの繰返し数の順位相関係数 Z の変化を、き裂長さ $2a$ に対応して Fig. 9 に示した。順位相関係数 Z は、発生寿命 N_i に寿命の短い順に 1 から順番を付け、次に破断寿命 N_f の寿命の短い順に番号を付け、それらの順番の相関を見たもので、この値が 1 に近いほど、すなわち順位相関が高いほど早く発生したき裂が早く破断のき裂長さに到達することを表している。

低応力側ではき裂の短い段階で相関係数 Z は 1 に近づいているが、高応力側では $2a = 1000 \mu\text{m}$ 程度まで相関が悪いという違いがあるものの、両方の応力レベルでき裂発生寿命と破断寿命との順位相関係数は非常に低い値を

示している。すなわち、発生から破断までの過程で費やされる繰返し数は、すべてのき裂で様なものではないことが分かり、き裂が発生した順番に破断に至る確率は非常に低いといえる。低応力側と高応力側の Z の変化の違いは、高応力では多数のき裂が発生し、き裂の合体がより頻繁に起こることが原因と考えられる。なお、このようなことは FDI, PDI についてもいえる。

Fig. 10 にき裂進展速度 da/dN とき裂半長 a の関係を示した。低応力側の da/dN は初期の大きなばらつき以降は速やかに収束しているのに対して、高応力側では破断に至るまでばらつきが大きいことが分かる。このことは上述の Z が破断直前まで 1 に近づかないことに対応している。

4・2 初期き裂長さからの寿命評価

以上のことから、ADI 材のき裂の発生を定量的に捉えることが困難で、その上き裂発生寿命の分布が破断寿命の分布にはそのまま結びついていないことが明らかとなった。従って ADI 材の寿命評価を簡便に行うためには、き裂発生寿命に代わる基準が必要である。Fig. 10 に示したき裂進展曲線では、高応力レベルの場合、 da/dN は増減を繰返しながらかき裂半長の増加に伴って全体として増加している。低応力レベルでは da/dN は一度減少し、その後増加、収束している。従ってこの極小値以降の進展寿命は、き裂進展速度とき裂長さの関係から簡単に求

Fig. 9. Change of correlation coefficient Z for crack length $2a$.

Fig. 10. Difference in crack propagation behavior between two stress levels.

Fig. 11. Weibull plots of N_{ac} and N_f .

めることができると考えられる。そこで、 da/dN の極小値を示す際のき裂長さ $2a_c$ を調べたところ、ADI 材の場合、平均 $215 \mu\text{m}$ であった。FDI, PDI についても調べたところ、それぞれ $2a_c = 205, 171 \mu\text{m}$ であったので、ここでき裂長さが $200 \mu\text{m}$ に達した時の寿命を N_{ac} と定義する。このときの寿命分布を求めて、ワイブル確率紙上で整理すると Fig. 11 のようになる。

Fig. 10 および Fig. 11 から分かるように、 $2a = 200 \mu\text{m}$ に達しない時点では da/dN のばらつきは非常に大きかったものの、 $2a = 200 \mu\text{m}$ の寿命は 1 つのワイブル分布で表すことが可能である。

$2a_c = 200 \mu\text{m}$ までに、き裂進展速度が大きく増減しだんだんと極小値に近づいていく原因は、各種き裂開口やき裂の進展モードの変化など幾つか考えることができるが、 N_{ac} はこれらの複雑な影響を全て包含して 1 つの分布で表されるために、非常に利便性がよい。

一方 Fig. 10 の da/dN - a 関係から、 $2a = 200 \mu\text{m}$ 以上のき裂に対して応力の影響を考慮してき裂長さを $\Delta\sigma_a\sqrt{\pi a}$ で再整理した結果が Fig. 12 である。このデータを一本の直線で回帰して、 $2a = 200 \mu\text{m} \sim 3000 \mu\text{m}$ の ADI 材のき裂伝ば則を得た。以上から、ADI 材の破断寿命は $2a = 200 \mu\text{m}$ までの寿命 N_{ac} と以降の伝ば則で表すことができる。 N_{ac} の分布を基にして、それぞれのき裂に対して $2a = 200 \mu\text{m} \sim 3000 \mu\text{m}$ の繰返し数をき裂伝ば則から求め、破断寿命を推定した結果を Fig. 13 に示した。Fig. 13 では、 N_{ac} に早く到達したき裂は早く破断寿命に達し、遅く N_{ac} になったき裂は破断寿命も遅くなるために、予測寿命に幅がある。高応力レベルでは実験値よりもばらつきが大きくなったが、よく一致しているといえる範囲である。低応力レベルでは、さらによく実験値と推定値は一致している。従って、この寿命評価は実験結果をよく表していると言える。

同様の推定を FDI, PDI についても行った結果も、Fig. 13 に示した。

いずれの DI 材も推定した破断寿命は実験のばらつき範囲とよく一致しており、この破断寿命推定法が各種 DI 材に対して有効であることが分かる。またこの結果は、DI 材の破断寿命のばらつきが $2a = 100 \mu\text{m}$ にき裂が成長するまでの寿命のばらつきで支配されていることも示し

Fig. 12. A recurrent line of crack propagation behavior.

ており、DI 材の微小き裂の発生と発生直後の進展をよく理解する必要があるといえる。

5 結 言

高強度、高じん性で各種機械構造用部材として有用視されているオーステンパ処理球状黒鉛鑄鉄 ADI を用いて、回転曲げによる高サイクル疲労試験を実施した。

表面微小き裂の発生・進展挙動および発生から進展、破断に至る各寿命を統計的に検討した結果をまとめて、以下に示した。

(1) ADI の疲労き裂発生起点である微小引け巣あるいはドロスのような微小鑄造欠陥と黒鉛について、それらの大きさは種類に関係なく 1 つのワイブル分布で表されたが、き裂発生寿命と起点寸法の関係には大きなばらつきがあった。

(2) き裂発生、進展、破断の各寿命分布をワイブル分布で整理すると、き裂発生寿命はばらつきの程度が非常に大きい。

ばらつきはき裂進展の初期に急激に小さくなった。

(3) ADI 材および FDI, PDI 材の微小き裂は、発生した順に破断に至る確率は極めて低いものであった。

(4) da/dN - a 関係の極小値に対応するき裂長さ $2a$ は、供試材の基地によらず約 $200 \mu\text{m}$ であった。

このときの寿命 N_{ac} は 1 つのワイブル分布で表すこと

Fig. 13. Prediction of fatigue lives of ADI, PDI and FDI.

ができ, き裂発生寿命に比べるとばらつきが非常に少ない。

(5) ADI 材の破断寿命は N_{ac} と以降の伝ばで表すことができ, この方法によって推定した破断寿命は実験値とよく一致した。FDI, PDI 材でも同様の推定は実験のばらつきをよく表しており, DI 材の破断寿命のばらつきが $2a = 200 \mu\text{m}$ までのばらつきで支配されていることを明らかにした。

(平成 8 年 11 月 26 日 日本材料学会第 23 回疲労シンポジウムにて講演)

参 考 文 献

- 1) 高橋良治, 熱処理, **22**, 294, (1982).
- 2) 小林俊郎, 山本浩喜, 鋳物, **59**, 573 (1983).
- 3) 矢野 満, “鋳造材料の強度評価と材料力学の入門基礎

(球状黒鉛鋳鉄を中心として)”, 日本機械学会講習会教材, p.15 (1981).

- 4) 越智保雄, 石井 明, 佐々木茂美, 小西康哉, 日本機械学会論文集, **A-57**, 1488 (1991).
- 5) 越智保雄, 石井 明, 佐々木茂美, 小西康哉, 日本機械学会論文集, **A-58**, 353 (1992).
- 6) 越智保雄, 石井 明, 佐々木茂美, 小方智寿, 小西康哉, 日本材料学会第 7 回破壊力学シンポジウム講演論文集, p.31 (1993).
- 7) 越智保雄, 石井 明, 佐々木茂美, 小西康哉, 日本機械学会論文集, **A-58**, 965 (1992).
- 8) 村上敬宜, 児玉昭太郎, 小沼静代, 日本機械学会論文集, **A-54**, 688 (1988).

書 評

“建設材料の科学 —材料は生きている—”

須藤 一 (著)

(1997 年、内田老鶴圃、A5 判、278 ページ、定価 5000 円)

本書は, その主題にもあるように「建設材料」を「科学的」な側面から捉えたものである。表紙には, 平成 7 年 1 月 17 日午前 5 時 46 分 51.9 秒に発生した兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災で被害の象徴のように取り扱われ, 建設分野のみならず, もの造りに携わる者にとっては忘れることのできない, また忘れてはならないビルツ橋の挿絵がある。

本書で対象となっている「建設材料」は多岐にわたっており, 岩石・鉱物材料, 鉄鋼材料, セメント・コンクリート材料, アスファルト材料, 木材・木質材料, ガラス材料, 高分子材料が含まれている。これらは従来から使用されている材料であり, その性能は実績からはある程度確認されている場合もある。しかし, もともと複数の物質から構成される材料なのであって, 複雑な組成により不明な点も多く, 物質化学的な側面へのさらなる研究が必要とされている。これに対して本書では, まず原子レベルでの物質構造の基本から記述し, 続いて鋼材の変態, コンクリートの水和反応, 高分子材料の基本構造などについて説明してある。さらに, 超硬合金, 繊維強化コンクリート, 高分子材料への充填剤・添加剤をはじめ, 界面活性剤, 塗料・吹付材, 接着剤, 遮音・防音材料, 免震材料といった, よりマクロなレベルでの材料の複合化についても言及してある。

すなわち, 「科学的」に捉えるとは, 各種材料がどのように構成されているかを分解・分析・解析・抽出することを意味し, 「建設材料」とは, ここではそれらの材料を加工し, 複合化して組み立てた結果得られるシステムを表している。そして, 副題にある「材料は生きている」とは, 各種材料を分解し, また一方では複合化することによって, 必要な性能を発揮すべく物性を変化させられる可能性, およびその必要性を表現しているものと思われる。なお, 著者は, これら 2 つのハードウェア的側面のほかに, 具現化した物体をどのように取り扱うかというソフトウェアの側面をあわせて, 工学が成り立つと述べている。

本書に目を通す場合, まずは各人の専門分野から初めてもよいし, 興味のある別の分野に飛び込んでもよい。なぜなら, 本書は材料システムを対象としているからである。実際, 「界面」や「接着」に関する記述は, 現在ではどの分野でも興味の対象となるであろう。また, たとえば従来セメント・コンクリートの章に割り当てられることの多いアルカリ骨材反応に関する記述が, 「コンクリートに有害な鉱物」として岩石・鉱物材料の基本事項の章に記述されていることも面白い。

以上のように本書は, 各方面における専門技術者, 研究者が力を合わせて開発に取り組む必要性を基本理念とし, その場合の基礎的な知識を与えてくれる。一方, 材料の初心者に対しても, 各種材料がどのような組成・特性を持ち, それらがどのように組み合わせられ利用されるかという一連の流れを, 盛り込まれた各種材料をそれぞれ例として学習することができる。本書のページ数では多方面にわたる解説は十分でなく, もちろん著者もこのことは承知で思い切った省略をせざるをえなかったと思われるが, 要点が抽出された平易な記述のためどんどん読み進められ, 更なるステップアップのきっかけになろう。

(京都大学大学院工学研究科 服部 篤史)