

新版鉄鋼技術講座

第1卷

製 銑 製 鋼 法

日本鉄鋼協会編

地 人 書 館

21.2
141.1
新版鉄鋼技術講座

第1卷

製 銑 製 鋼 法

日本鉄鋼協会編

地 人 書 館

日本鉄鋼協会編

新版鉄鋼技術講座

- 第1巻 製 鉄 製 鋼 法
- 第2巻 鋼 材 製 造 法
- 第3巻 鋼材の性質と試験
- 第4巻 鋼 材 加 工 法
- 第5巻 鋼铸件・铸铁铸件

第1巻 製鉄製鋼法

昭和51年9月30日 初版第1刷発行
昭和53年4月1日 初版第2刷発行

申合せにより検印省略

編集者 社団法人 日本鉄鋼協会

発行者 株式会社 地人書館

代表者 中田 威夫

発行所

株式会社 **地人書館**

〒112 東京都文京区後楽1-1-10

TEL 03 (815) 4422

振替口座 東京6-1532

(印刷：秀峰美術社，製本：イマキ製本所)

序

日本鉄鋼協会は、昭和34年に、鋼材の利用者を対象に適切な材料の選択と合理的な使用法の解説を目的として、鉄鋼技術講座全5巻を刊行いたし、現在に至っております。本書が刊行された当時のわが国の鉄鋼業の粗鋼生産量は1,663万トン余りで、ようやくフランスの水準になったばかりでしたが、昭和38年には3,400万トンに達し、イギリス、西ドイツを抜き世界第3位に躍進した時代でありました。その後については、ご承知のとおり驚異的な発展をとげ、今日では粗鋼生産量も1億トンを超え、世界の指導的な鉄鋼の生産国となっております。

このような鉄鋼業の発展の途についた時期に、本書が刊行されたことは、鉄鋼業の関係者にはいうまでもなく、関連産業の方々にとっても貴重な参考書として大いに寄与したことと考えております。

ただ、先に述べましたように、その後の鉄鋼技術の発展は目覚ましく、当時の講座の内容はすでに古いものとなり、関係者より内容改訂の強い要望もでてまいりました。このため、各位のご要望に応え、現在、第一線で活躍されている技術者、研究者に新たに執筆を依頼し、内容を改め、ここに新版鉄鋼技術講座として全5巻を刊行するに至りました。

わが国の鉄鋼業には、まだまだ幾多の難題が横たわっており、この解決のためには今後の鉄鋼の生産や鉄鋼材料を使用される方々の協力と努力を持たなければなりません。本書の発刊は、この点でも今後の鉄鋼技術の発展と、鉄鋼に対する新しい認識を広める上で大いに役立つものと確信しております。

本書が鉄鋼業にたずさわる技術者のみならず、鋼材の利用者や専門学校などの教科材料として、貴重な参考書として、広く活用していただき、ひいてはわが国の諸産業の発展を図る一翼となることができれば幸いです。

最後に本講座の刊行にあたり、編集委員長を引受けられた松下東京大学教授をはじめ、編集委員ならびに執筆者の各位のご協力に深く感謝いたします。

昭和51年9月

日本鉄鋼協会々長 小林佐三郎

序

本書は、昭和30年代半ばに刊行された「鉄鋼技術講座」全5巻の新版として、昭和50年代の要請に即応できるよう新たに編集刊行されたものである。この間、鉄鋼に関する科学技術のすばらしい進展は申すまでもないが、同時にわが国の鉄鋼業が世界の社会経済に果たした役割、さらには昭和60年代に向けて果すべき責務について視点を向けねばなるまい。

本書の生い立ちは、当時の日本鉄鋼協会会長塩沢正一先生、伊藤正夫鉄鋼技術講座編集委員長以下関係各位の御努力によるものであり、われわれの大先輩は鉄鋼材料に関する「実地の参考書」の模範を示された。昨年来関係方面の強い要望により稿を改めることとなったが、刊行の趣旨としては全く変わっていない。すなわち、鋼材のユーザーを対象に、適切な材料選択と合理的な使用法を解説することが主目的であり、今日の省資源、省エネルギーの社会要請に応じ、産業関係者に鉄鋼に対する認識を深めるよう努めるとともに、高等工業専門学校あるいは大学のテキストとしても利用できるように配慮されている。

内容構成は、第1～4巻までは旧版の表題と変えていないが、第5巻は鋼铸件・铸铁铸件として現状にふさわしいものとした。第1巻においては、鉄鋼生産体制の全般が把握できることに力点を置き、製鉄の進歩、直接製鉄、平炉から転炉への変遷、連続铸造、鋼の特殊処理などを述べている。第2巻は、鉄鋼が製品化されるプロセスのうち圧延と表面加工、第3巻は、鉄鋼の性質に関する系統的な概念、第4巻はこれらと関連する鋼材の二次加工を中心に解説しており、いずれも高度な理論は避け、理解しやすい内容であることを旨とした。

幸いにして、各専門委員会の主査、編集委員諸氏の絶大なご協力が得られ、さらに第一線の執筆者各位のご努力で刊行企画が順調に進んで発刊にいたったことは、協会の編集担当者、地人書館の関係者ともども喜びにたえない。

昭和51年9月

新版鉄鋼技術講座編集委員長 松下幸雄

新版鉄鋼技術講座編集委員会

編集委員長

東京大学工学部教授 松下幸雄

編集委員

東洋鋼板株式会社常務取締役 安藤卓雄

早稲田大学工学部教授 草川隆次（鋳鋼・鋳鉄専門委主査）

東京大学工学部教授 相馬胤和（製鉄専門委主査）

東京工業大学工学部教授 中村正久（加工・材料専門委主査）

新日本製鉄株式会社 古垣一成（製鋼専門委主査）

金属材料技術研究所 渡辺敏

製鉄専門委員会

日本鋼管株式会社 鏑木俊郎 新日本製鉄株式会社 近藤真一
住友金属工業株式会社 佐藤利雄 川崎製鉄株式会社 春富夫

製鋼専門委員会

大同製鋼株式会社 品川丞 株式会社日本製鋼所 深町喜三郎
日本鋼管株式会社 若林専三

加工材料・専門委員会

新日本製鉄株式会社 赤松泰輔 金属材料技術研究所 荒木透
東洋鋼板株式会社 安藤卓雄 日本鋼管株式会社 大西英明
住友金属工業株式会社 川野和男 石川島播磨重工業株式会社 雑賀喜規
株式会社日本製鋼所 阪部喜代三 川崎製鉄株式会社 藤元克己
新日本製鉄株式会社 細井祐三 株式会社神戸製鋼所 三木修
金属材料技術研究所 渡辺敏

鋳鋼・鋳鉄専門委員会

横浜国立大学工学部教授 沖進 株式会社日本製鋼所 阪部喜代三
前新日本製鉄株式会社
ダイヤ工業株式会社 鳥取友次郎

新版鉄鋼技術講座

第1巻 製鉄製鋼法 目次

第I篇 製 鉄 法

1. 高 炉 製 鉄 法

新日本製鉄株式会社 中 村 直 人

1.1 概 要

1.1.1 人工材料と鉄鋼	1	(A) 資 源	17
(A) 人工材料における鉄鋼の地位	1	(B) 立 地	19
(B) 金属材料中の鉄鋼	1	(C) 労 働 力	20
1.1.2 鉄鋼の歴史と鉄鋼一貫工程	3	(D) 関連産業	21
(A) 鉄鋼の歴史	3	(E) 世界におけるわが国製鉄部門の地位	22
(B) 鉄鋼一貫工程	5		
1.1.3 鉄鋼一貫工程の中での製鉄工程	11	1.1.5 高炉製鉄法の技術的特徴	23
(A) 製鉄工程の設備と物の流れ	11	(A) 高炉法の特徴	23
(B) 製鉄工程の技術的意義	14	(B) 科学的アプローチ	23
1.1.4 今日の製鉄工程発展の諸条件	17	(C) 今後の方向	24

1.2 高炉炉内反応

1.2.1 高炉炉内状況	24	(D) 炉内縦方向の分布	36
(A) 概 要	24	(E) 高炉の生産能力	36
(B) 高炉内各領域の機能	25	1.2.3 固体とガスの変化	37
(C) 高炉内各領域の状況	26	(A) 固体の変化	37
1.2.2 高炉内各領域での現象	26	(B) 熔融物の性状	38
(A) 向 流	26	(C) ガスの変化	38
(B) 熱 交 換	31	(D) 特殊元素の挙動	39
(C) 反 応	33	1.2.4 物質バランス・熱バランス	40

2 目 次

(A) 全体のバランス	40	1.2.5 炉内反応と高炉操業	47
(B) 部分熱バランス	43	(A) 原・燃料条件	47
(C) Rist の操作線図	45	(B) 設備条件	48
(D) 高炉の数学的モデル	45	(C) 操炉条件	48
1.3 原 料			
1.3.1 鉄 鉱 石	48	(E) マンガン鉱石	59
(A) 鉄鉱石の種類と賦存状況	48	1.3.3 ペレット	59
(B) 山元での選鉱処理	53	(A) ペレット法の発達	59
(C) 鉄鉱石の輸送	54	(B) ペレット製造法	61
(D) 鉄鉱石の処理法	55	1.3.4 焼 結 鉱	63
1.3.2 副 原 料	58	(A) 焼結鉱の特長	63
(A) 石 灰 石	58	(B) 焼結機構	64
(B) カンラン岩および蛇紋岩	58	(C) 焼結設備	67
(C) ドロマイト	59	(D) 焼結操業	71
(D) 珪 石	59		
1.4 コ ー ク ス			
1.4.1 原 料 炭	75	(B) 石炭事前処理設備	83
(A) 石炭の生成	75	(C) コークス炉	84
(B) 石炭の成分	75	1.4.4 コークス操業	86
(C) 原料炭の性質	76	(A) 事前処理作業	86
(D) 原料炭の配合	78	(B) コークス炉作業	87
(E) 原料炭の乾留機構	80	(C) コークス処理作業	88
1.4.2 高炉用コークス	81	(D) 副産物回収作業	88
(A) 高炉用コークスの性状	81	1.4.5 新技術開発の動向	88
(B) 灰分, 硫黄	81	(A) 原料炭資源問題に関するプロセ	
(C) 粒 度	82	ス開発技術	88
(D) 強 度	82	(B) 生産性, 省エネルギー, 省力化	
1.4.3 コークス製造設備	83	に関する技術開発	90
(A) コークス製造工程	83		
1.5 高 炉 設 備			
1.5.1 概 要	91	(A) 高炉設備の構成	91

(B) レイアウト	91	(H) 高炉計装設備	102
1.5.2 高炉本体設備	91	1.5.3 付帯設備	103
(A) 概 要	91	(A) 秤量捲揚設備	103
(B) プロフィール	93	(B) 送 風 機	104
(C) 高炉用耐火物	94	(C) 熱 風 炉	104
(D) 送風羽口	96	(D) ガス清浄設備	106
(E) 炉体冷却装置	97	(E) 炉頂ガス圧制御装置	107
(F) 炉頂装入装置	99	(F) 環境集塵設備	107
(G) 鑄床設備	99		
		1.6 高 炉 操 業	
1.6.1 概 要	108	(B) 送風技術	114
1.6.2 原燃料の装入	108	1.6.5 炉頂ガス制御	118
(A) 原燃料の性状	108	1.6.6 休 風	120
(B) 配合計算	110	1.6.7 操業異常と事故	120
(C) 装 入 法	110	(A) 向流の異常	120
(D) 炉内ガス流分布	112	(B) 熱および反応の異常	121
1.6.3 溶融物の抽出	113	(C) 設備事故	121
(A) 炉内の貯鉄滓の管理	113	1.6.8 高炉技術の進歩と今後の方向	122
(B) 出鉄出滓作業	113	(A) 高炉の省エネルギー	122
1.6.4 送 風	114	(B) 今後の技術的課題	122
(A) 生産量の管理	114		

2. 高炉によらない製鉄法

川崎製鉄株式会社 岡部俠児・浜田尚夫

	2.1 概 要	
2.1.1 歴史的経過	124	(B) 製鉄のルート
2.1.2 製鉄法の分類	124	(C) 還元鉄の用途
(A) 分 類	124	2.1.3 現 状
	2.2 還 元 の 基 礎	
2.2.1 還元反応	126	(A) 還元反応の基本式

4 目 次

(B) 反応機構	128	(C) 還元ガス流量と生産性	132
(C) 還元速度	129	(D) 多 段 化	133
2.2.2 還元操作	131	2.2.3 所要熱量	133
(A) 還元炉の形式	131	(A) 還元ガス製造	133
(B) 操 作 線	132	(B) 所要熱量	134
2.3 各 論			
2.3.1 レトルト法	136	(E) Purofer 法	141
(A) 特 徴	136	2.3.4 流動層法	142
(B) Hôganäs 法	237	(A) 流動層の性質	142
(C) HyL 法	137	(B) 流動層還元プロセス	142
2.3.2 ロータリーキルン法	137	(C) H-Iron 法	142
(A) 特 徴	137	(D) HIB 法	143
(B) SL-RN 法	137	(E) FIOR 法	143
(C) ダストの処理	138	2.3.5 電気製鉄法	143
2.3.3 シャフト炉法	139	(A) 特 徴	143
(A) 特 徴	139	(B) 炉と操業	144
(B) Wiberg 法	139	(C) 現 状	144
(C) Midrex 法	140	2.3.6 原子力を利用した直接製鉄	145
(D) Armco 法	141		

第Ⅱ篇 フェロアロイ製造

日本鋼管株式会社 長 沢 四 郎

1.1 フェロアロイの種類, 規格および生産

1.1.1 種類, 規格	147	(A) 生産の状況	147
1.1.2 生 産	147	(B) 原料および電力	150

1.2 製 造 法

1.2.1 製造法の分類	151	1.2.3 テルミット法	152
1.2.2 電気炉法	151	1.2.4 高 炉 法	153

1.3 電気炉による製造設備

1.3.1 電気炉の種類	153	(C) 電極およびホルダー	155
1.3.2 設備概要	153	(D) 電極昇降調整および押下げ装置	157
(A) 炉定数	153	(E) 密閉炉とガス回路	157
(B) 炉用変圧機および2次導体	155	(F) 公害防止設備	158

1.4 製造の化学および製造工程

1.4.1 製造の化学	159	1.4.3 原料の事前処理	161
1.4.2 製造工程	160		

1.5 各種のフェロアロイ

1.5.1 マンガン系フェロアロイ	161	1.5.5 その他のフェロアロイおよび 添加剤	170
(A) 高炭素フェロマンガンおよびス ピーゲル	161	(A) フェロモリブデンおよびモリブ デン添加剤	170
(B) シリコマンガン	163	(B) フェロバナジウムおよびフェロ ニオブ	170
(C) 中・低炭素フェロマンガン	163	(C) フェロタングステンおよびタン グステン系添加剤	171
(D) 金属マンガン	164	(D) フェロチタンおよびフェロボロ ン	171
1.5.2 クロム系フェロアロイ	164	(E) フェロフォスフォル	171
(A) 高炭素フェロクロム	164	(F) シルコン系アロイ	171
(B) シリコクロム	166	(G) カルシウムシリコンおよびアル カリ土類系製品	171
(C) 低炭素フェロクロム	167	(H) 窒素含有アロイ	171
(D) 金属クロム	168	(I) 発熱アロイ	172
1.5.3 シリコン系フェロアロイ	168	(J) ブリケットアロイ	172
(A) フェロシリコン	168		
(B) 金属シリコン	169		
1.5.4 ニッケル系フェロアロイ	169		
(A) 高炭素フェロニッケルおよび粗 ニッケル	169		
(B) 低炭素フェロニッケル	170		

第Ⅲ篇 製 鋼 法

1. 製 鋼 法

1.1 純酸素上吹転炉法

日本鋼管株式会社 三 好 俊 吉

1.1.1 純酸素上吹転炉法の発展過程	173	(D) 溶銑の予備処理	189
(A) 純酸素上吹転炉法の発展	173	1.1.4 操 業	191
(B) 純酸素上吹転炉法の発展理由	175	(A) 純酸素上吹転炉の操業	191
1.1.2 設 備	176	(B) 炉内反応	197
(A) 概 要	176	(C) 純酸素上吹転炉の熱計算, 物質 精算	203
(B) レイアウト	177	1.1.5 特殊な上吹転炉法	205
(C) 原料設備	178	(A) LD-AC 法	205
(D) 転炉設備	181	(B) 純酸素上吹転炉における燃料の 添加操業	205
(F) 酸素製造設備	185	(C) 合金剤添加吹錬	209
(G) 転炉用耐火物	185	1.1.6 最近の転炉の技術展望	210
1.1.3 原料および溶銑の予備処理	186	(A) 転炉設備の大型化, 機械化	210
(A) 主 原 料	186	(B) 操業の自動化	213
(B) 副 原 料	188		
(C) 合金鉄, 脱酸剤	189		

1.2 電 炉 製 鋼 法

株式会社日本製鋼所 前 田 健 次

1.2.1 製鋼用電気炉の発達過程	215	(A) 概 要	226
(A) 概 要	215	(B) 炉 体	226
(B) 電気炉の種類と発達過程	215	(C) 炉用変圧機	228
1.2.2 原料と主要資材	218	(D) 電極ホルダーと昇降機構	229
(A) 主 原 料	218	(E) 材料装入方式	230
(B) 溶剤と加炭剤	220	(F) 集塵装置	230
(C) 電 極	221	(G) 将来の電気炉	231
(D) 耐火材料	222	1.2.4 操 業	232
1.2.3 設 備	226	(A) 概 要	232

(B) 補修作業	233	(A) 生産性の向上	244
(C) 原料装入作業	233	(B) 耐火物と電極への問題	244
(D) 溶解期作業	234	(C) 原料の問題	245
(E) 酸化精錬作業	235	(D) 補助燃料	245
(F) 除滓作業	237	(E) 炉外精錬	246
(G) 還元期作業	238	(F) 機械化と省力化	246
(H) 出鋼作業	243	(G) 環境の問題	246
(I) 総 括	243	(H) コンピューターコントロール	246
1.2.5 最近の動向と将来の展望	244		

1.3 その他の製鋼法

日本鋼管株式会社 宮 下 芳 雄

1.3.1 概 要	248	(A) ベッセマー法	255
1.3.2 平炉製鋼法	250	(B) トーマス法	256
(A) 酸性平炉法	252	1.3.4 カルド法, ローター法	257
(B) 塩基性平炉法	253	1.3.5 新底吹転炉法	259
1.3.3 底吹転炉法	254	1.3.6 連続製鋼法	261

2. 造塊法, 連鑄法

2.1 造 塊 法 法

新日本製鉄株式会社 古 垣 一 成

2.1.1 概 要	262	2.1.4 鋼塊の性状と欠陥	266
2.1.2 造塊設備	263	(A) 鋼塊の特性	266
(A) 取 鍋	263	(B) 鋼塊の欠陥	272
(B) 鑄 型	264	2.1.5 最近の技術展望	274
(C) 鑄型準備	265	(A) 造塊作業の機械化, 省力化	274
2.1.3 注入作業	265	(B) 鋼塊の大型化	274
(A) 上注と下注	265	(C) 鋼塊品質の改善	274
(B) 注入温度と注入速度	265		

2.2 連 続 鑄 造

新日本製鉄株式会社 大日方 達 一

2.2.1 連続鑄造の発展過程	275	2.2.2 設 備	280
-----------------	-----	-----------	-----

8 目 次

(A) 取 鍋	281	(B) 多連鑄一連鑄能力	296
(B) タンディッシュ	281	2.2.4 品 質	298
(C) 鑄 型	283	(A) 連鑄適用鋼種	298
(D) スプレー	287	(B) 連鑄材の品質欠陥	300
(E) ロ ー ル	290	2.2.5 今後の方向	309
(F) 切 断 機	292	(A) 自動化, 省力化	309
(G) ダミーパー	293	(B) 特殊連鑄法	312
2.2.3 操 業	295	(C) 将来への展望	313
(A) 鑄造温度	295		

3. 鋼の特殊処理法

大同製鋼株式会社 岸 田 寿 夫

3.1 炉外精錬法

3.1.1 概 要	314	(C) LF 法	328
(A) 炉外精錬法の種類	314	(D) MVOD 法	329
3.1.2 真空脱ガス法	316	(E) VOD 法	326
(A) RH 真空脱ガス法	317	(F) RH-OB 法	331
(B) DH 真空脱ガス法	320	(G) 取鍋精錬法の効果	332
(C) 取鍋脱ガス法	322	3.1.4 AOD 法	332
(D) 真空脱ガス処理による品質レベル	323	(A) AOD 法	333
3.1.3 取鍋精錬法	325	(B) CLU 法	334
(A) ASEA-SKF 法	326	(C) AOD 材の品質	335
(B) VAD 法	328	(D) AOD 法と VOD 法の比較	336
		3.1.5 む す び	337

3.2 特殊溶解法

3.2.1 概 要	338	(B) 設 備	340
(A) 特殊溶解法発展の背景	338	(C) 操 業 法	341
(B) 特殊溶解法の種類	339	(D) 品質的特徴と用途	342
(C) 特殊溶解炉の設置状況	339	3.2.3 真空アーク溶解法	343
(D) 各種特殊溶解炉の特徴と比較	340	(A) 概 要	343
3.2.2 真空誘導溶解法	340	(B) 設 備	344
(A) 概 要	340	(C) 操 業 法	345

(D) 品質的特徴と用途	346	(E) エレクトロスラグ溶解法の最近	
3.2.4 エレクトロスラグ溶解法	347	の進歩と今後の発展	350
(A) 概 要	347	3.2.5 その他の特殊溶解法	353
(B) 設 備	348	(A) プラズマアーク溶解法	353
(C) 操 業 法	349	(B) エレクトロンビーム溶解法	354
(D) 品質的特徴と用途	350	(C) その他の溶解法	355

第 I 編 製 鉄 法

1. 高炉製鉄法

1.1. 概 要

1.1.1. 人工材料と鉄鋼

(A) 人工材料における鉄鋼の地位

人工材料は、今日の文明社会の物質的構成に大きな役割を演じている。住居も、交通運輸機関も、被服も、はては食料、薬品にいたるまで。

しかし、材料別にみると、この十数年の間、鉄鋼の生産量は人工材料の中で常に首位をしめ、近年においては表 1.1.1 にみられるように、セメントの約 1.5 倍、木材の約 4.5 倍、銅の約 120 倍に達し、鉄鋼の重要性が一日瞭然となっている。

【表 1.1.1】 わが国における主要材料の生産量 (1974年)

材 料 トン数 (1,000 t)	鉄 鋼 117,131	銅 996	アルミニウム 1,642	セメント 73,112	板 ガラス 1,591
材 料 トン数 (1,000 t)	プラスチック 6,635	紙 15,646	織 維 2,005	製 材 25,618	合 計 244,375

(B) 金属材料中の鉄鋼

単体あるいは多少の合金元素を添加した形で、鉄がこれほどまでに多く生産される理由はどこにあるのだろうか。

表 1.1.2 に地殻に含まれている主要元素の存在比を示した。表から明らかなように、鉄は地殻に多量に含まれている元素であって、これは今日、鉄が多量に生産されていることの重要な根拠の一つであるといえる。

また、他の重要な理由の一つとして、優れた性質、材料としての特性があげられる。

黒っぽい色、他の金属に比べてケタはずれに強い引張強さとじん性をもつことが、その主たる特長である。さらに、炭素その他の合金元素を加えることによって、普通鋼材のほか今日では硬い鉄、さびない鉄も生産されている。

ピアノ線などの特殊処理をほどこした鋼は引張強さが 300 kg/mm^2 以上となり、また、大量の炭素を含む铸铁は、铸造性のよさとともに単位体積当たりでも最も安価な金属材料として使用されている。表 1.1.3 に各種人工材料の性質の比較を示す。

2 1. 高炉製鉄法

【表 1.1.2】 地殻を構成する各元素の割合¹⁾

元 素	記号	割合(%)	元 素	記号	割合(%)
酸素	O	46.6	マンガン	Mn	0.10
けい素	Si	27.7	バリウム	Ba	0.10
アルミニウム	Al	8.13	ふっ素	F	0.07
鉄	Fe	5.0	硫黄	S	0.052
カルシウム	Ca	3.63	ストロンチウム	Sr	0.045
ナトリウム	Na	2.83	炭素	C	0.032
カリウム	K	2.59	ジルコニウム	Zr	0.016
マグネシウム	Mg	2.09	塩素	Cl	0.015
チタン	Ti	0.44	バナジウム	V	0.012
りん	P	0.118	ルビジウム	Rb	0.012

鉄鋼のもう一つの特長は加工性のよいことである。鑄造、圧延、鍛造、熱間・冷間の曲げ、絞り加工などによって、針金、棒、板、型鋼のような素材として、あるいは円筒、カ

【表 1.1.3】 各種材料の性質

		人 工 材 料								自然素材	
		金 属 材 料					非 金 属 材 料				
材 料		鋼	鋳鉄	アルミ ニウム	青銅	金	プラス チック	ゴム	コンク リート	石	木材
備 考		普通鋼	おび 鉄	純Al	—	純金	塩 化 ビニル	天然ゴム	普通セ メント	花こ う岩	あか まつ
引張強さ	kg/mm ²	30~80	10~35	7~13	22~32	13.3	1~6	1.5~3.5	0.1~0.2	0.1 ~0.2	9~20
圧縮強さ	kg/mm ²		40 ~120				6~8	7~11	1.5~2.5	1.7	3.5 ~5.5
曲げ強さ			30~68				8~11		0.2~0.8		
硬 さ (ブリネル)		85 ~200	130 ~240	17~27	57~73	25					
衝撃値(シャルピー)	kg・m/cm ²	2~15	0.1 ~1.1				0.03 ~0.08				
弾性係数	kg/mm ²	21 ×10 ³	6~15 ×10 ³	7×10 ³		8.2 ×10 ³	1.6×10 ³	0.2~0.4 ×10 ³	2×10 ³		
最高使用温度	℃	450		200	240		60~ 240※	90	250		250
融 点	℃	1400 ~1500	1145 ~1275	660	1020	1063			700		
比 重		7.8	6.8 ~7.5	2.7	8.8	19.3	1.3~1.4	0.9~1.2	2.3	2.7	0.4 ~0.6
方 向 性		無	無	無	無	無	無	無	無	有	有
展 延 性		有	無	有	無	有	有	無	無	無	無

※は FRP

1) 東京天文台編：理科年表1973年版（丸善）