

ゼロからの最速理解 プラスチック材料化学

博士（工学） 佐々木 健夫 [著]

コロナ社

Whinfield Kwolek Staudinger Hyatt



Baekeland Carothers Ziegler Natta

John Rex Whinfield (1901~1966)	PET 樹脂を開発
Stephanie Kwolek (1923~2014)	ケブラーを開発
Hermann Staudinger (1881~1965)	高分子説を提唱
John Wesley Hyatt (1837~1920)	セルロイドを発明
Leo Hendrik Baekeland (1863~1944)	ベークライトを発明
Wallace Hume Carothers (1896~1937)	ナイロンを発明
Karl Ziegler (1898~1973)	チーグラール触媒を発見
Giulio Natta (1903~1979)	チーグラール・ナッタ触媒を開発

はじめに

われわれの身のまわりにはプラスチックが溢れている。パソコンも文房具も椅子も机も着ているものもバッグもケーブルもプラスチックである。プラスチックによって、われわれの生活はカラフルになり、日用品のデザインもバラエティー豊かなものになった。

プラスチックは高級素材の代用品として生まれ、大量生産によって作られる安い製品の材料というイメージを持たれるまでに普及した。どこを見ても目に入るプラスチックであるが、しかしそのプラスチックがどんなもので、どのようにして作られているのかは化学を勉強していても意外と知らないものである。プラスチックのフィルムや繊維、塗料などはあまりに見慣れすぎて単純なものとしか認識されていないが、じつはさまざまな工夫がなされた複合材料であったりする。軽くてとにかく丈夫で金属の代わりに使われているものや、硬さと柔らかさのバランスを考えて設計されたもの、酸素を通さないように何枚もの素材を貼り合わせたフィルム、光沢と透明性の調整を行ったものなど、すべてのプラスチックを理解するにはサイエンスと工学の広い分野にわたる知識が必要となる。また、これらプラスチックの開発の歴史を見ると、新しい素材を開発するには幸運も必要であったことがわかる。実用化に耐えるポリマーの開発は、偶然に見つけたあるいは幸運に恵まれたという事例が多く、研究者としては励まされる。

一方で、プラスチックの歴史はそれほど古くない。ポリマーがいったいどんなものなのかがわかってから、まだ100年しかたっていないのである。最近では地球環境を護るという観点からプラスチックごみが問題になることが多い。丈夫で劣化しないように工夫されてきたプラスチックがちゃんとした処理や再利用をしないで放棄されれば長期にわたってそのまま残り、環境に悪影響を及ぼ

す。これはプラスチックそのものの問題というより、新しい素材であるプラスチックをどう使うかということに社会がまだ対応できていないために生じているところが大きい。将来的には、生産、使用から廃棄、リサイクルまでを設計し、使用する人々の教育までを考えた社会的なシステムが必要になるであろう。そのためにも、優れた新しいプラスチック素材の開発が必要になる。

本書はそんな背景から、世の中に存在する多くのプラスチックについて、化学的な観点からその歴史や性質をわかりやすくまとめたものである。これまでポリマーについては習っていても、プラスチックが何なのかについてはこれから勉強する、という読者を想定している。ただし、さきほども述べたようにプラスチックの理解には化学だけでなく広い範囲の知識が必要となるので、すべてを本書一冊で説明することはできない。本書を読み終えたあと、それぞれのトピックについて詳しく書かれた本を参照することが必要である。

本書の執筆にあたり、査読、校正をしていただいた中裕美子博士と Le Van Khoa 博士に感謝します。

また、本書の出版についてご尽力いただいたコロナ社に深く感謝いたします。

2021年2月

佐々木健夫

目 次

序章 身のまわりのプラスチック

0.1 よく見かけるプラスチック	1
0.2 プラスチックの見分け方	3
0.3 フィルムの素材	6
0.4 リサイクルマーク	7
0.5 プラスチックと環境負荷	8

1章 ポリマーとプラスチック

1.1 ポリマーの発見とプラスチックの利用	11
1.2 ポリマーの特徴, ポリマーの構造と物性	13
1.2.1 ポリマーの重合度, 分子量	16
1.2.2 ポリマーの分子量の測定	19
1.2.3 ポリマーの混合・相分離	20
1.2.4 ポリマーアロイ	21
1.3 プラスチックの特性評価	22
1.3.1 プラスチック素材の耐熱性	22
1.3.2 プラスチックの硬さ	24
1.3.3 プラスチックの強度	25
1.3.4 プラスチックの特性	29
1.3.5 プラスチックの耐衝撃性	30
1.3.6 物性値からプラスチックの特性を読みとる	31
1.4 プラスチックの成形	32
1.4.1 射出成形	32
1.4.2 押出成形	33
1.4.3 プラスチックの延伸	34

1.4.4 押出ブロー成形	35
章末チェック	36
2章 プラスチック材料の誕生	
2.1 生体ポリマーの利用	38
2.2 プラスチック材料の登場	43
2.2.1 セルロイド～半合成プラスチック	43
2.2.2 ベークライト～人工プラスチック	46
2.3 ポリエステルとナイロンの登場	50
章末チェック	54
3章 ポリマーの合成	
3.1 合成ポリマー	55
3.1.1 逐次反応によるポリマーの生成	55
3.1.2 連鎖反応によるポリマーの生成	59
3.2 工業的重合方法	61
章末チェック	63
4章 逐次反応でできるプラスチック材料	
4.1 ポリエステル	64
4.1.1 ポリエチレンテレフタレート	64
4.1.2 ポリトリメチレンテレフタレート	69
4.1.3 ポリブチレンテレフタレート	70
4.1.4 ポリエチレンフタレートとアルキド樹脂	71
4.1.5 ポリエチレンナフタレート	72
4.1.6 ポリブチレンナフタレート	74
4.1.7 不飽和ポリエステル	74
4.2 全芳香族ポリエステル	75
4.2.1 ポリヒドロキシ安息香酸	75
4.2.2 非晶性ポリアリレート	76
4.2.3 液晶ポリマー	77

4.3 天然物を原料とするポリエステル	78
4.4 脂肪族ポリアミド	78
4.4.1 ポリアミド 66	79
4.4.2 ポリアミド 610	81
4.4.3 ポリアミド 46	81
4.4.4 MXD6	82
4.4.5 ポリアミド x	83
4.4.6 ポリアミド 6	83
4.4.7 ポリアミド 11	85
4.4.8 ポリアミド 12	85
4.5 芳香族ポリアミド	86
4.5.1 パラ系アラミド	86
4.5.2 テクノール	87
4.5.3 メタ系アラミド	89
章末チェック	89

5章 連鎖反応でできるプラスチック材料

5.1 ポリエチレン	91
5.1.1 低密度ポリエチレン (高圧法ポリエチレン)	91
5.1.2 高密度ポリエチレン (チーグララー・ナッタ触媒)	94
5.1.3 直鎖状低密度ポリエチレン	97
5.1.4 超高分子量ポリエチレン	98
5.2 ポリプロピレン	99
5.3 均一系シングルサイト触媒で合成されるポリマー	102
5.3.1 メタロセン触媒	102
5.3.2 環状オレフィン共重合体	104
5.4 塩素置換エチレンのポリマー	105
5.4.1 ポリ塩化ビニル	105
5.4.2 ポリ塩化ビニリデン	110
5.5 スチレンのポリマー	111
5.6 アクリル樹脂	117

5.6.1	ポリメチルメタクリレート	117
5.6.2	メタクリル酸メチル・スチレン共重合体	119
5.7	ニトリル基を持つビニルポリマー	121
5.7.1	ポリアクリロニトリル	121
5.7.2	アクリロニトリル・スチレン共重合体	123
5.7.3	ABS 樹脂	124
5.7.4	シアノアクリレート	126
5.8	フッ素樹脂	128
5.8.1	ポリテトラフルオロエチレン	128
5.8.2	テフロン繊維	130
5.9	ポリ酢酸ビニル系ポリマー	131
5.10	アセタール化ポリビニルアルコール	136
5.11	ピロリドン置換エチレンのポリマー	138
5.12	オレフィンと二酸化硫黄との共重合ポリマー	139
	章末チェック	142
6	ポリウレタンとエポキシ，メラミン樹脂	
6.1	ウレタン樹脂	145
6.2	エポキシ樹脂	155
6.2.1	エポキシドの反応	155
6.2.2	エポキシ樹脂	156
6.2.3	エポキシ樹脂塗料の電着塗装	159
6.2.4	ファイバー強化エポキシ樹脂	160
6.3	メラミン樹脂	162
	章末チェック	166
7	エンジニアリングプラスチック	
7.1	ポリカーボネート	168
7.2	ポリオキシメチレン	171
7.3	ポリエーテルエーテルケトン	174

7.4 ポリイミド	176
7.5 ポリスルホン	181
7.6 ポリフェニレンサルファイド	183
7.7 変性ポリフェニレンエーテル	185
章末チェック	186
8章 エラストマー	
8.1 熱硬化性エラストマー	188
8.1.1 天然ゴムの歴史	188
8.1.2 天然ゴム (NR) とイソプレンゴム (IR)	191
8.1.3 ブタジエンゴム (BR)	196
8.1.4 クロロプレンゴム (CR)	197
8.1.5 スチレン・ブタジエンゴム (SBR)	198
8.1.6 ニトリルゴム (NBR)	199
8.1.7 ブチルゴム (IIR)	200
8.1.8 エチレン・プロピレンゴム (EPDM)	201
8.1.9 フッ素ゴム	203
8.1.10 ゴムを複合して作られる高耐久性製品	204
8.2 熱可塑性エラストマー	206
8.3 シリコン系エラストマー	213
8.3.1 シリコン	213
8.3.2 シリコンゴム	215
章末チェック	216
付 録	
A.1 プラスチックの商品名	218
A.2 プラスチックの略号	229
参 考 文 献	233
索 引	243

序章

身のまわりのプラスチック

われわれの身のまわりにはたくさんのプラスチック製品がある。そして、プラスチックといっても、よく見るといろいろと異なった素材があることがわかる。どのようなプラスチックがどのような用途に使われているのか、そしてそのプラスチックが選ばれて使用されているのはどのような理由からか、化学を学んでもなかなか答えられないものである。また、それらの材質がいったい何なのかを見た目だけで判断することは難しい。プラスチックは成形や添加剤によって透明度や色、硬さ、しなやかさ、燃えやすさなどを変えられるからである。さらに、いわゆるプラスチック製品だけでなく、布やペンキ、ゴムなどもプラスチックの仲間である。これらについて、まずは整理してみよう。

0.1 よく見かけるプラスチック

プラスチック製品には、その素材がどのようなプラスチックでできているのが記載されていることがある。そしてそれらを意識して見てみると、よく見かけるプラスチック（表 0.1）はだいたい決まったものであることがわかる。

表 0.1 よく見かけるプラスチック

種類	特徴	用途
低密度ポリエチレン	柔らかい。水に浮く。	タッパーの蓋、透明なポリ袋、食品ラップ、牛乳などの紙パックの内張り、など。
高密度ポリエチレン	白く濁っている。硬い。	カサカサ音がする半透明のポリ袋、レジ袋、バケツ、洗面器、シャンプーやリンスの容器、灯油タンク、パイプ、コンテナ、網、など。

表0.1 つづき

種類	特徴	用途
ポリプロピレン	ポリエチレンより熱に強い。丈夫。つやがある。半透明。	タッパーの本体、キャップ、トレイ、ゴミ容器、台所用品、おもちゃ、ストロー、など。
軟質ポリ塩化ビニル	柔らかい。燃えにくい。	透明なビニールシート、手袋、電線コード、消しゴム、人工皮革、など。
硬質ポリ塩化ビニル	燃えにくい。	下敷き、水道管、雨どい、など。
ポリスチレン	透明で硬い。傷つきやすい。割れやすい。	文房具、プラモデル、透明なトレイ、発泡スチロール、など。
耐衝撃性ポリスチレン	少し濁っている～不透明。硬くて光沢がある～白い柔軟なフィルム。	家電製品、ヨーグルトの容器、豆腐の容器など。
AS樹脂	透明で硬い。傷つきにくい。	使い捨てライター、扇風機の羽根、冷蔵庫内のトレイ、コーヒードリッパー、ジュース、ピアノの鍵盤、など。
ABS樹脂	不透明。光沢がある。割れにくい。熱に強い。	パソコン、テレビ、ゲーム機、エアコン、家具、旅行用トランク、リコーダーなどの楽器、など。
PET樹脂	透明でしなやか。	ペットボトル、卵のパック、惣菜の容器、飲料カップ、スライスチーズの個別包装、など。
アクリル樹脂 (PMMA)	透明で強い。	眼鏡のレンズ、ハードコンタクトレンズ、水族館の大水槽、飛行機の窓、など。
ポリカーボネート	透明で強い。割れにくい。熱に強い。	CDやDVD、機動隊の盾、フェイスガード、自動車のヘッドライトレンズ、など。
ポリアミド (ナイロン)	丈夫。酸素を通さない。	ファスナー、レトルト食品の袋、自動車部品、釣り糸、結束バンド、など。
ポリオキシメチレン (POM)	白い。硬くて丈夫。	歯車、サッシ戸の車輪、プラスチック製ねじ、など。
ポリウレタン	柔らかい。不透明。スポンジや革のような見た目。	スポンジ、クッション、自動車のシート、合成皮革、塗料、弾性繊維、など。
フェノール樹脂	熱に強い。硬くて丈夫。加熱しても融けない。	やかんの取っ手、鍋の取っ手、アイロンの取っ手、電気製品のつまみ、配電盤ブレーカー、など。
不飽和ポリエステル樹脂	硬い。不透明。つるつるしている。ガラス繊維と複合化されている。	浴槽、浄水槽、ヘルメット、小型船舶の船体、など。

0.2 プラスチックの見分け方

身のまわりのプラスチック製品がどのような素材でできているのかを調べてみよう。分析機器を用いずにプラスチックを見分けるには、いろいろな面を見て総合的に判断する必要がある。使用されているプラスチックは用途によってだいたい決まっているように見えるが、しかしよく見るとそうでないことも多い。ある製品を作るための素材を選ぶとき、プラスチックの性能だけではなく価格で決めている場合もあるので、用途だけから判断することはできない。

・用途で見分ける

基本的には、用途によって使用するプラスチック素材が選ばれる（表0.2）。製品によっては使用されているプラスチックの種類が記載されていることもある。おもなプラスチック素材の略号や商品名は巻末に掲載している。

表0.2 プラスチック製品とその素材

用途	使われているプラスチック
ラップフィルム	低密度ポリエチレン，ポリ塩化ビニリデン
荷物用ラップフィルム (ストレッチフィルム)	エチレン・酢酸ビニル共重合体 (EVA) または L-LDPE
レジ袋やごみ袋	高密度ポリエチレン
荷造りひも	高密度ポリエチレン，ポリプロピレン
惣菜などの容器	PET 樹脂，ポリスチレン 白くてしなやかなものは耐衝撃性ポリスチレン
ストロー	ポリプロピレン
食器類	メラミン樹脂，ユリア樹脂
プラスチックの箸	シンジオタクチックポリスチレン，ガラス繊維強化 PET
ペットボトル	PET 樹脂
ペットボトルのラベルなどの熱収縮フィルム	ポリスチレンフィルム
ペットボトルのキャップ	ポリプロピレンまたはポリエチレン
一般洗剤の容器	ポリプロピレン
アルカリ性洗剤の容器	高密度ポリエチレン

表0.2 つづき

用途	使われているプラスチック
漂白剤の容器	高密度ポリエチレン
洗濯ばさみ	ポリプロピレン、透明で高価なものはポリカーボネート
カップ麺容器	発泡ポリスチレン
スライスチーズの個別包装 (内袋)	2軸延伸PETフィルムまたは2軸延伸ポリプロピレンフィルム
スライスチーズの外袋 (パッケージ)	ナイロン6 (PA6) フィルムとPETフィルム、ポリエチレンフィルムを重ねた三層構造
マヨネーズ容器	ポリアミドMXD6をエチレン・ポリビニルアルコール共重合体とポリエチレンで挟んだ5層構造フィルム
削り節パックなど食品の パック	ポリアミドMXD6をエチレン・ポリビニルアルコール共重合体とポリプロピレンとポリエチレンで挟んだ5層構造フィルム
文房具や食品などの包装 で、透明度が高く光沢があり、 パリッとしている袋	2軸延伸ポリプロピレン (OPP)
調理器具の取っ手	フェノール樹脂、ナイロン
使い捨てライター	AS樹脂
歯ブラシの柄	AS樹脂
歯ブラシの毛	ナイロン、ポリエステル
プラスチック消しゴム	軟質ポリ塩化ビニル
スティックのり	ポリビニルピロリドン
下敷き	硬質ポリ塩化ビニル
バインダーノート (半透明)	ポリプロピレン
電線コードの被覆	軟質ポリ塩化ビニル
水道管や雨どい	硬質ポリ塩化ビニル
ビニール傘	軟質ポリ塩化ビニル
パソコン本体	ABS樹脂
マウス	ABS樹脂
CDやDVD、Blu-ray Disc	ポリカーボネート
キーボードカバー	熱可塑性ポリウレタンエラストマー
スポーツシューズの靴底	ポリウレタン
サッカーボール	ポリウレタン
ピンポン玉	ABS樹脂
結束バンド	ナイロン66

表0.2 つづき

用途	使われているプラスチック
注射器	ポリプロピレン
大型の水槽	アクリル樹脂 (PMMA)
白いプラスチック製歯車	ポリオキシメチレン (POM)
ベージュ色のプラスチック製歯車	ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)
アルミサッシの車輪	ポリオキシメチレン (POM)

・見た目で見分ける

- ① 無色で透明： アクリル樹脂，ポリスチレン，PET 樹脂，AS 樹脂，ポリ塩化ビニル，ポリカーボネート，ポリアリレート
- ② 半透明で乳白色： ポリエチレン，ポリプロピレン，ポリオキシメチレン
- ③ 不透明： ABS 樹脂，フェノール樹脂

・曲げてみる

- ① 割れる： アクリル樹脂，ポリスチレン，AS 樹脂
- ② 白っぽくなる： 硬質ポリ塩化ビニル，ABS 樹脂
- ③ 柔らかく，曲げてても変わらない： ポリエチレン，ポリプロピレン，軟質ポリ塩化ビニル

・水に浸けてみる

- ① 浮く： ポリエチレン，ポリプロピレン
- ② 沈む： アクリル樹脂，ポリスチレン，AS 樹脂，ポリ塩化ビニル，PET 樹脂，ナイロン，ポリカーボネート，フェノール樹脂

・火をつけてみる

火をつけてみるといろいろなことがわかる。しかし、素材によっては燃やすと毒ガスを発生するものも多いし、いったん火がつくと激しく燃えるものもあるので十分な注意が必要である。

- ① 垂れながら燃える。ロウソクの臭い： ポリエチレン
- ② 燃えやすい。石油のような臭い： ポリプロピレン
- ③ すぐに軟化し多量の黒煙を出して燃える： ポリスチレン

索

引

	【あ】				
アイソタクチック	99	プラスチック	168	ケン化	134
アイゾット衝撃試験	30	エンドキャッピング	172	懸濁重合	62
アイゾット衝撃強さ	31	エントロピー弾性	194	ゴアテックス	131
アクリル系熱可塑性 エラストマー	210	応力-ひずみ曲線	26	降伏点	26
アクリル樹脂	117	オキシラン	155	高密度ポリエチレン	94
アクリル繊維	122	押出成形	33	ゴム弾性	194
アクリロニトリル・スチレン 共重合体	123	押出ブロー成形	36		
アジピン酸	80	オリゴマー	16	【さ】	
アゾジカーボンアミド	133	オルガノクロロシラン	213	酢酸セルロース	45
アルキド樹脂	71	オレフィン系熱可塑性 エラストマー	211	サラン樹脂	110
イソシアネート	57			ザレック	116
イソブレンゴム	195	【か】		シアノアクリレート	126
海鳥構造	20	塊状重合	61	ジイソシアネート	146,150
ウレタン樹脂	145	架橋	16	脂環式ポリイミド	178
液晶ポリマー	76,77	過酸化物架橋剤	133	ジクミルパーオキシaid	133
エステル交換反応	66,169	荷重たわみ温度	23	示差走査型熱量計	22
エチレングリコール	65	ガスバリア性	67	シス体	192
エチレン・酢酸ビニル 共重合体	132	可塑性	44	ジッパー反応	108
エチレン・ビニルアルコール 共重合体	135	カーボンファイバー	122	脂肪族ポリアミド	78
エチレン・プロピレン 共重合体	101	カーボンブラック	195	射出成形	32
エチレン・プロピレンゴム	201	ガラス転移温度	22	重縮合	56
		加硫促進剤	192	収縮フィルム	35
エネルギー弾性	194	カルバミン酸エステル	145	重量平均分子量	17
エパール	135	カラーガス	50	シュバイツァー試薬	41
エポキシ樹脂	156	環状オレフィン共重合体	104	瞬間接着剤	126
エポキシド	155	環状シロキサンオリゴマー	214	樟脳	43
エラストマー	188			シリコーン	213
エルボックス	132	気相重合	63	シリコーンオイル	215
エンジニアリング		グラフト共重合体	21	シリコーンゴム	215
		クリープ現象	28	シングルサイト触媒	102
		グルコース	39	シンジオタクチック	99
		クロロブレンゴム	197	シンジオタクチック ポリスチレン	115
		結晶性ポリマー	15	水素化ニトリルゴム	200
		ケブラー	86	数平均分子量	17
		ゲル浸透クロマトグラフィー			

スチレン	112	ニトロセルロース	41	ブナS	198
スチレン・イソプレン熱可 塑性エラストマー	209	乳重合	62	不飽和ポリエステル	74
スチレン・ブタジエンゴム	198	尿素樹脂	48	ブロー成形	36
スチレン・ブタジエン熱可塑 性エラストマー	207	熱可塑性エラストマー	206	ブロック化イソシアネート	
成形	32	熱可塑性ポリイミド	178	架橋剤	160
脆性材料	26	熱可塑性ポリマー	15	分子量分布	17
生体ポリマー	38	熱硬化性エラストマー	188	ヘキサメチレンジアミン	52
生分解性プラスチック	1078	熱硬化性ポリマー	15	ベクトラン	77
セルロイド	43	伸び	25	ペークライト	46
セロファン	42	ノボラック	46	ベスタミド	85
相分離	20	ノメックス	89	変性ポリフェニレン	
相溶	20	ノルボルネン	104	エーテル	185
ソフトセグメント	151,206			ベンベルグ	42
				芳香族ポリアミド	86
				ホース	204
				ポリアクリル酸メチル	119
				ポリアクリロニトリル	121
				ポリアセタール	171
				ポリアミドイミド	179
				ポリアリーールスルホン	181
				ポリアリレート	76
				ポリイソシアネート	145
				ポリイソブレン	192
				ポリイミド	176
				ポリウレタン	145
				ポリウレタンエラストマー	151
				ポリウレタン繊維	154
				ポリウレタン塗料	152
				ポリエステル	51,64
				ポリエステル系熱可塑性 エラストマー	212
				ポリエチレン	91
				ポリエチレン	
				テレフタレート	65
				ポリエチレン	
				ナフタレート	72
				ポリエチレンフタレート	71
				ポリエーテルエーテル	
				ケトン	174
				ポリエーテルスルホン	181
				ポリ塩化ビニリデン	110
				ポリ塩化ビニル	105

【は】

【た】

【な】

ポリオキシメチレン	171	サルファイド	183
ポリオール	145	ポリブタジエン	196
ポリオレフィンスルホン	139	ポリブチレン	
ポリカーボネート	168	テレフタレート	70
ポリ酢酸ビニル	131	ポリブチレン	
ポリシロキサソ	213	ナフタレート	74
ポリスチレン	111	ポリプロピレン	99
ポリスチレン換算分子量	20	ポリマーアロイ	21
ポリスルホン	181	ポリメチルメタクリレート	117
ポリテトラフルオロ エチレン	128		
ポリトリメチレン テレフタレート	69	【ま】	
ポリ乳酸	78	マイクロ相分離	21
ポリヒドロキシ安息香酸	75	マジックカット	35
ポリビニルアルコール	134	メタクリル酸メチル・ スチレン共重合体	119
ポリビニルピロリドン	138	メタ系アラミド	89
ポリビニルブチラール	137	メタロセン触媒	103
ポリフェニルスルホン	181	メチロールメラミン	163
ポリフェニレン		メラミン樹脂	162

【や】

ヤング率	26
有機クロロシラン	213
油性フェノール樹脂	50
ユリア樹脂	48
溶液重合	63

【ら】

ラジカル開始剤	60
ラジカル重合	59
リルサミド	85
リルサン	85
レッペ反応	106
レーヨン	42
連鎖反応	55
ロックウェル硬度	24

【数字】

1 軸延伸	34
2 軸延伸	34

【英字】

MS 樹脂	119
-------	-----

N-ビニルピロリドン	128
OPP	100
PAEK	174
PEEK	174
PET ボトル	67
PMMA	117
TDI	146

U ポリマー	76
--------	----

【ギリシャ文字】

ϵ -カプロラクタム	84
---------------------	----

— 著者略歴 —

1989年 東京理科大学理学部応用化学科卒業
1991年 東京工業大学総合理工学研究科修士課程修了
1994年 東京工業大学総合理工学研究科博士後期課程修了
博士（工学）
1994年 東北大学助手
1996年 大分大学講師
1998年 大分大学助教授
2000年 東京理科大学助教授
2007年 東京理科大学准教授
2010年 東京理科大学教授
現在に至る

ゼロからの最速理解 プラスチック材料化学

How to Start Learning Material Chemistry of Plastic

© Takeo Sasaki 2021

2021年4月22日 初版第1刷発行



検印省略

著者 佐々木 健 夫
発行者 株式会社 コロナ社
代表者 牛来真也
印刷所 壮光舎印刷株式会社
製本所 株式会社 グリーン

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社
CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <https://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06655-5 C3043 Printed in Japan

(柏原)



< 出版者著作権管理機構 委託出版物 >

本書の無断複製は著作権法上での例外を除き禁じられています。複製される場合は、そのつど事前に、出版者著作権管理機構（電話 03-5244-5088, FAX 03-5244-5089, e-mail: info@jcopy.or.jp）の許諾を得てください。

本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。落丁・乱丁はお取替えいたします。