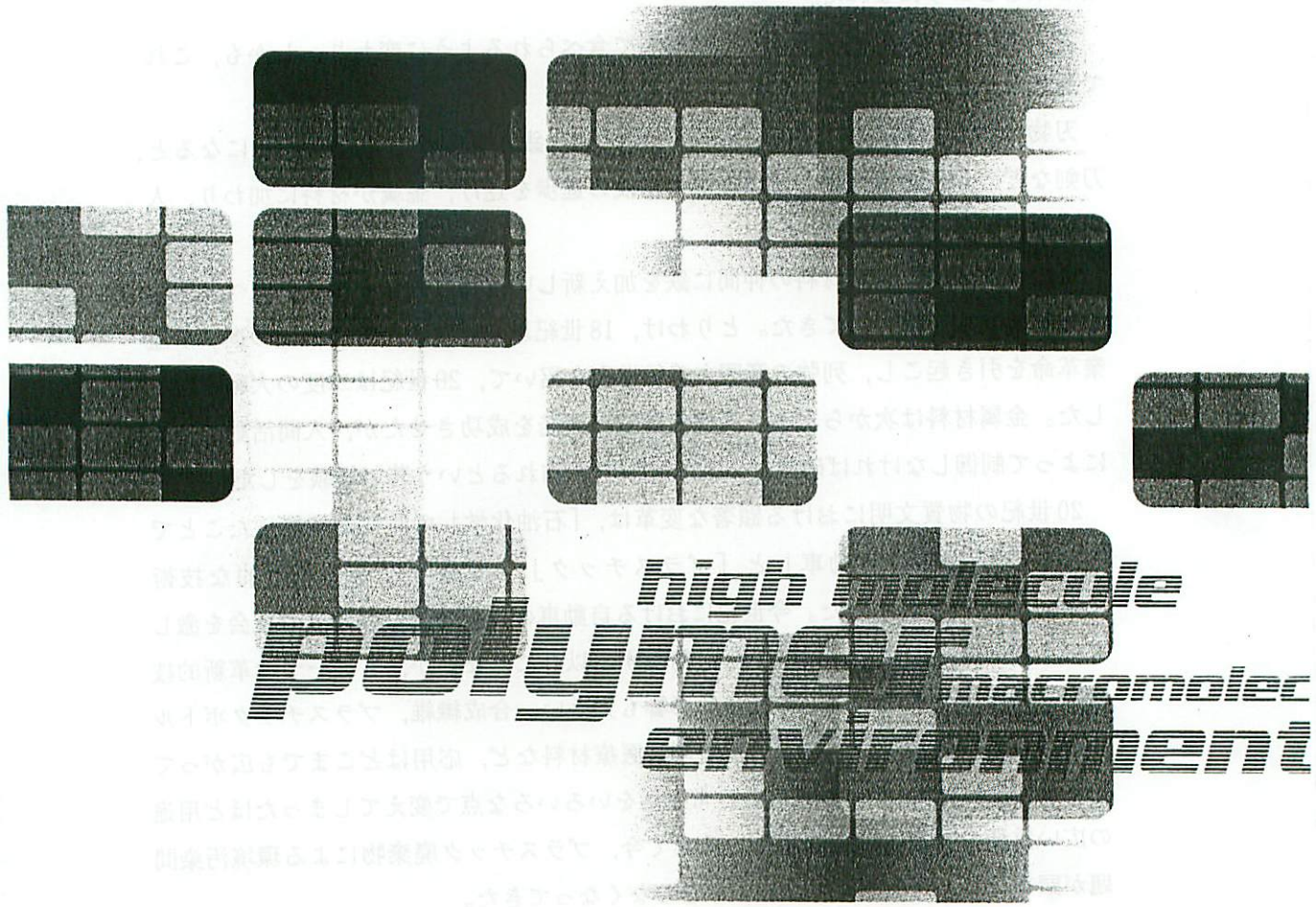
通信教育講座

高分子材料入門

～高分子化学からのアプローチ～

筏　英之



JTEX
職業訓練法人 日本技能教育開発センター

はじめに

人類が最初に使い始めた材料は，土，石，木，草，皮など身の回りの天然物であろう。さらに火の使用でこれらを加工することを学び，人類は一段と豊かな物質生活を楽しむようになれた。

火の使用で肉や野菜を美味しく調理して食べられるように変わり，しかも，これで病気もかなり少なくなったであろう。

刃物の素材は長い間「石」であったが，金，銀，青銅などを使うようになると，刀剣などの兵器や農作業などの領域で格段の進歩を遂げ，金属が材料に加わり，人間生活は大きく変わった。

その後人類は，金属材料の仲間に鉄を加え新しい道具と機械を次から次へと開発して物質文明を拡大してきた。とりわけ，18世紀以来の鉄冶金上の格段の進歩が産業革命を引き起こし，列強の帝国主義的進出を招いて，20世紀は二度の大戦を起こした。金属材料は次から次へと高機能機械の開発を成功させたが，人間活動を理性によって制御しなければ破滅（catastrophe）が訪れるという苦い経験をした。

20世紀の物質文明における顕著な変革は，「石油化学」の時代が始まったことである。ここから「自動車」と「プラスチック」の重要な二つの革新的な技術（innovation）が誕生した。今世紀における自動車の支配的地位の確立で社会を激しく変えてしまったことには，誰しも驚嘆する以外にはないが，もう一つの革新的技術である「プラスチック」の社会的影響も大きい。合成繊維，プラスチックボトルなどの容器，包装用フィルム，接着剤，医療材料など，応用はどこまでも広がっている。「プラスチック」は我々の日常生活をいろいろな点で変えてしまったほど用途の広い重要な材料の地位を得た。そして今，プラスチック廃棄物による環境汚染問題が顕在化し，対策もたてなければならなくなってきた。

「プラスチック」は，高分子固体の通称である。「高分子」とは普通の分子とはどのように違うのであろうか？　どうして高分子は重要な材料の地位を得たのであろうか？　このテキストを学び，プラスチックの材料としての特徴を理解しよう。本書は高分子材料の合成，物性，応用についてできるだけやさしく解説し，化学になじみの少ない人にも理解しやすいように努めた。

もくじ

はじめに

==========

1回目学習　高分子とはどのようなものか……1

第1章　プラスチックのはじまり……2
1．1　高分子化学の前史時代　2
1．2　高分子化学のはじまり　3
1．3　ミセル説から巨大分子説へ　5
［ワンポイント］「ミセル」か，それとも「巨大分子」か？　7

第2章　高重合体が生成する条件……8
2．1　二官能性モノマーからの連鎖の生成　8
2．2　sp^3混成軌道　11
2．3　σ結合とπ結合　12
2．4　結合性軌道と反結合性軌道　13
2．5　ラジカル重合　14
［ワンポイント］　重合の速度を支配する因子　18
［ワンポイント］　ラジカル　19
2．6　縮合重合　20
2．7　重付加　21
2．8　イオン重合　22
2．9　高分子合成の主要原料　25
［ワンポイント］　ポリエチレンの合成　28
［ワンポイント］　高重合体とチーグラー-ナッタ触媒重合　28

第3章　分子量の決定……30
3．1　数平均分子量と重量平均分子量　30
3．2　実験による重合度の決定　32
3．3　GPC法による高分子の分子量決定　32
3．4　分子鎖の長さの決まり方　34

3．5　鎖長効果の例　35
［ワンポイント］反応速度定数　36
［ワンポイント］相対粘度と極限粘度　37

第4章　高分子化合物の多様性 ……38
4．1　オリゴマーとポリマー　38
4．2　側鎖配列の多様性 ── 立体規則性　39
4．3　head-to-tail構造とhead-to-head構造　41

第5章　共重合体の合成 ……43
5．1　異種のモノマーの組合わせによる新しい機能の創成　43
5．2　共重合体の合成反応　44
5．3　共重合体の分子構造　45
5．4　接ぎ木構造の共重合体　46

第6章　高分子が造る固体 ……47
6．1　固体構造　47
6．2　結晶部分と非晶部分との混合体　47
6．3　高分子固体の耐衝撃性　49
6．4　高分子固体の相転移　49
6．5　高分子固体の性質を決めている凝縮エネルギー密度　51
6．6　高分子鎖に備わる運動の自由度　52
［ワンポイント］自由体積理論　53
6．7　フィラメントになる高分子　54
［ワンポイント］衝撃強度　58

第7章　高分子の力学的性質 ……59
7．1　高分子の力学的性質　59
7．2　弾性と粘性との両面　60
7．3　電気回路素子と粘弾性表現との対応　60
7．4　クリープと応力緩和　62
7．5　高耐熱性・高強度プラスチックへの戦略　62
［ワンポイント］動的力学物性量と交流電場下での電気物性量の複素数表示　65

第8章　ゴム(弾性体)が示す不思議な物性 ……66
8．1　ゴムの発明　66
8．2　ゴム(エラストマー)分子　67
8．3　エラストマーの弾性 ── エントロピー弾性　69
8．4　加　硫　69
8．5　加硫なしのエラストマー ── ウレタン　70

第9章　高分子反応の応用 ……72
9．1　高分子に反応性を付与する　72
9．2　接着剤に向いている高分子　73
9．3　強力な接着剤を形成するための分子設計　75
9．4　低分子と高分子の中間的分子 ── オリゴマー　77
9．5　プラスチックの改質の一方法 ── ポリマーブレンド　77
9．6　イオン状態の高重合体 ── 高分子電解質　79
9．7　熱硬化性樹脂　81

==========

2回目学習　　高分子はどのような場面で使われているか ……85

第10章　材料としての高分子 ……86
10．1　高分子材料の応用範囲　86
［ワンポイント］ 高分子化学工業の創始者 ── ベークランド　87
10．2　高分子が示す多様な物性　89
10．3　分子設計により合成された高分子　90
10．4　生体関連材料への用途　90
［ワンポイント］ 日本人によって開発された合成高分子化合物　91

第11章　高分子電気材料 ……93
11．1　高分子絶縁体　93
11．2　誘電材料としての高分子　94
11．3　ピエゾ高分子(圧電性高分子)　96
11．4　光学材料としての高分子　97
［ワンポイント］ 金属にも変わる高分子　100

第12章　さまざまな分野で使われる高分子材料……103
12．1　炭素繊維　103
12．2　エンジニアリングプラスチック　104
12．3　金属の強度に勝ったプラスチック　108
12．4　高分子膜　112
［ワンポイント］　どこまで強くなるプラスチック　115

第13章　高分子材料の劣化と安定化……117
13．1　高分子材料の酸化の機構　117
13．2　光酸化劣化　119
13．3　光酸化防止のための対策　120
［ワンポイント］　自動車の塗装　122

第14章　環境に優しい高分子……123
14．1　易分解性高分子　123
14．2　医療用高分子　124
14．3　高分子医薬　126
14．4　高分子治療材　126
14．5　プラスチック廃棄物と処分の問題　129
［ワンポイント］　デンプンとセルロース　133

第15章　高分子の取扱い……135
15．1　高分子化合物の化学分析　135
15．2　高分子を扱う場合に直面する問題　138
15．3　高分子化学工業　139

==========

さらに高分子材料の理解を深めるための参考書　144
あとがき　145
さくいん　147