

新素材の基礎調査・研究レジメ

山中 良子
YAMANAKA Ryoko

人間は身を守る為に又食べ物を得る為に石器を使い、やがて銅器を作り、鉄器に変わり、技術の進歩が鋼に変化した。一方文明の証しのように糸を撚り、針を作り、織り機を使い衣服作り、さまざまな身の回りの物を作り始める。こうした今日に至るまでの素材活用の道程は人類の知と技の発達軌跡とも言える。

世界の各地で産出される素材は絹の交易のシルクロード等に見られるように文明の交流を促し、その発展の元になってきたことは歴史が証明するところである。

近代においては紡績機、織機の発達に蒸気機関の発明が結び付き産業の工業化を推進してきた。第二次世界大戦を期にエレクトロニクスの方で化学合成された素材を基礎材料として製品化する大量生産の時代を迎えた。今日ではコンピューター導入による技術革新のもとで、多品種小ロットで必要なものを必要な時に(just in time system)生産することが可能となった。一方ニーズに応える為の材料科学の進歩はめざましく、複合化されるのみならず物理化学の融合、半導体の出現による原子、分子から考察された金属系・有機系・無機系の高機能な‘新素材’を生み出している。

一方1990年代に入り、地球の温暖化・オゾン層破壊・酸性雨等の環境破壊現象と、天然資源、エネルギーの枯渇が進み、生産現場は‘自然との共生’の概念を持たざるを得ない状況になっている。今後素材は‘リサーチイン’‘デザインイン’に対応する高付加価値性と同時に環境負荷が少ないエコ(Environmentally Conscious)マテリアルであることが期待され、それに応える中で新たな製

品開発と生産企業の創生を促してゆくであろう。

以下は新素材の概要と基礎的な分類調査研究の報告書のレジメである。

新素材の分類 特性と活用例

複合材料系

宇宙、海洋開発が進み、使用する物質に求める機能特性があまりにも大きく又多様になり、単一素材では対応できなくなった。そこで複数の素材特性の極限の可能性を生かし合い、相互の転位のネットワークを内蔵させる複合材料が活用されるようになった。すなわち均質材料(homogeneous material)に対し繊維や粒子状の強化材が母材(matrix)に入った不均質材料(heterogeneous)であり、方向によって性質が大きく異なる異方性材料ともよばれる。

複合材料の定義

- 1 各材料の成分の組成、形状、分布が明確
- 2 相互の化学組成が異なり、材料内で明確に分離される2つ以上の成分からなる
- 3 各成分が材料内で相当量存在し、材料の性質を決定する
- 4 各々の成分の特性を越えた材料特性を持つ
- 5 ミクロ的には不均一であるが、マクロ的には均一な材料

構造特性による分類

- A 繊維強化、積層複合材料
補強繊維束及箔が荷重負担材として大きな強度と高い弾性率をもつ可塑性マトリックスが繊維強化材と結合し均一分布されて高強度、高弾性化し破壊から保護する
- B 分散強化複合材料
マトリックスが荷重負担材、分散材は2～5%程度であくまで二次的役割として熱処理時にその構造を安定させる

マトリックス（強化する母材）の種類

- 1 繊維強化ゴム
- 2 FRP（繊維強化プラスチック）— GFRP（ガラス繊維）、CFRP（炭素繊維）
- 3 FRM（繊維強化金属）
- 4 繊維強化セラミック
- 5 繊維強化コンクリート
- 6 スーパーハイブリット（FRPとFRMの組み合わせ）

補強材の種類

- 1 炭素繊維—石油、石炭からのピッチor再生セルロース、ポリアクリロニトリル（PAN）を原料
炭素素材のメーカー一覧
三菱レイヨン(株) Grafil、パイロフィル
東レ(株) トレカ
日本カーボン(株) カーボロン
東邦ベスロン(株) ベスファイト
住化・ハーキュレス マグナマイト
ミレ(仏) MCF-A
- 2 アラミド繊維（ケブラー DuPon社）
- 3 ほうそ繊維
- 4 炭化けい素繊維（金属マトリックス用）
- 5 アルミナ繊維（アルミニウムマトリックス用）
- 6 ガラス繊維
- 7 金属繊維（ベリリウム、タングステン、ステンレス等の繊維）
- 8 ウイスカ（金属、金属化合物から製造）
- 9 粒子（カーボンブラック、シリカ）

機能性繊維

表1 機能性繊維の分類と機能例・応用例

機能区分	機能	例	応用例
力学的・形態学的高性能物性	高強度/高タフネス/高モジュラス/高弾圧/耐摩耗性/低摩耗性/耐疲労性/軽量超極細/表面超加工性		航空・宇宙分野/省エネルギー分野/高性能物性繊維全般
電気・電子	電気絶縁性/誘電性/導電性/圧電性/焦電性/超電導性/制電性/情報記憶性		絶縁性材料/誘電性材料/電線絶縁/導電性繊維/面状発熱体/高分子圧電体/情報処理/省エネルギー分野
光	耐光性/耐候性/光吸収性/光屈折性/光干渉性/光透過性/有機半導体/フォトクロミズム/情報記憶性/光伝達性/光選択透過性/光電変換性/耐放射線性/放射線吸収性/放射線反射性/電磁波遮蔽性		光ファイバー/光屈折/有機光伝導体/X線吸収・散乱材/放射線防護繊維/省エネルギー分野
音響・振動	吸音性/遮音性/制振性/防振性/吸震性		吸音材/防音材/制振材/防振材
磁気	誘磁性/耐磁性/防磁性/遮磁性/情報記憶性		磁気フィラメント/防磁シート/情報処理/航空・宇宙分野
熱	断熱性/伝熱性/感熱性/焦電性/耐熱性/熱電性/蓄熱性/耐低温性/難燃性/防炎性/サーモクロミズム		断熱材/保温材/保冷材/プラ・サーミスタ/焦電体/サーモクロミック材/省エネルギー分野
分離・吸着	イオン交換性/キレート化/吸着・脱着性/生体適合性/選択分離性/染色性/吸塵性/防塵性/通気性/空中窒素固定能保持性		イオン交換性繊維/キレート性繊維/吸着性繊維/淡水化、廃水処理、ウラン吸着性繊維/医療用(人工腎臓・人工肺・人工血管・手術糸) / 金属イオンの識別/高分子吸着剤/高分子凝集材/省エネルギー分野
親水・親油	高吸水性/はっ水性/吸油性/防水性/吸湿性/透湿性		高吸水性繊維/吸油性繊維/はっ水布/防水服/高分子土壌改良剤
接着	瞬間接着/熱接着性/感圧接着性/コンクリート付着性		接着全般/ホットメルト接着/コンクリート補強材
生体関連	生体内崩壊性/無害・殺菌性/生体吸収性/生体反応性/生体適合性/防菌・防かび性/微生物分解性/バイオテクノロジー適合性/肌添性/快適性/健康性		老人衣料/ベビー衣料/スポーツ着/手術着/医療用/生体模倣技術/バイオインダストリー

境鶴雄 機能繊維市場の全容、シーエムシー、1989、P9

表2 機能性繊維と機能付与工程

	原 料	紡 糸	糸 加 工	布 帛 化	染色・仕上
強 度 ・ 弾 性 率	◎	○	○D		
高 耐 熱	◎	△			
制 電 ・ 導 電	◎B	○	○D		◎
難 燃 ・ 防 炎	◎				◎
紫 外 線 遮 蔽	◎B				◎
イオン交換・分離	○	○	○D		○
防 虫 ・ 防 ダ ニ	○B				◎
抗 菌 ・ 防 臭	◎B				◎
消 臭	◎B				◎
芳 香					◎
透 湿 防 水		◎		○	◎
撥 水 ・ 撥 油					◎
防 汚					◎
吸 水 ・ 吸 汗		◎		○	◎
吸 湿	○				○
保 温 ・ 蓄 熱	◎B				◎
風 合 (新 合 織)	◎	◎	◎	○	○
ス ト レ ッ チ	◎		○	△	○
力 学 等 方 性				◎	

◎：機能付与に直接関係 ○：機能付与や発現に大きく関係 △：機能発現に関係
 B：主に機能付与剤の添加・混合によるもの D：延伸

東レリサーチセンター、機能性繊維、1995、P3

金属系新素材

ファインスチール、粉末冶金金属、金属間化合物、軽量化サンドイッチ鋼金、アルミハニカム板、金属微粒子、レアメタル、高純度金属、リードフレーム（エレクトロニクス用）クラッド鋼板、高機能性表面金属
 アルミ合金、チタン合金、アモルファス合金、形状記憶・超弾性合金、水素貯蔵合金
 超塑性材料、磁性金属、磁性流体材料、超電導材料、光半導体材料、ディスプレイ材料（プラズマ、蛍光、液晶、発光ダイオード、電場発光）、傾斜機能材料、熱電交換材料
 シリコン、ガリウム・ヒ素

高分子系

吸水性高分子、導電性高分子、液晶高分子、超高分子量ポリエチレン
 ポリプロピレン（PP）、ポリメタクリル酸メチル、ポリブチレンテレフタレート、ポリアセタール、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンエーテル、ポリサルファン、ポリフェニレンサルファイド、ポリアミド、ポリアミドイミド、ポリエーテルエーテルケトン、強化ポリエチレンテレフタレート、ポリマーアロイ
 ふっ素樹脂、ABC樹脂
 形状記憶性繊維、生分解性プラスチック、光学用プラスチック、光機能性分離膜

新合繊

アラミド繊維—液晶紡糸（デュポン社ケブラー、帝人テクノロジー）、超高分子量ポリエチレン繊維—ゲル紡糸（DSM社）、ポリアセタール繊維、ビニロンRM、エンブラ、ポリエステル系液晶ポリマー、ポリアリアート繊維、パン系炭素繊維、ピッチ系炭素繊維、活性炭素繊維

セラミックス系

チタニア、カルシア、アルミナ、シリカ、ジルコニア、酸化鉄、窒化アルミニウム、マシナブルセラミックス、炭素（カーボン、ダイヤモンド）、窒化ケイ素、炭化ケイ素

エコマテリアルの概念

高分子系新素材・新材料メーカー一覧

旭化成工業(株) 精密ろ過膜、限外ろ過膜、ポリアセタール、PA、PP、PMMA、PET、変性PPE、UHMWPE
旭硝子(株) ふっ素樹脂、ポリフェニレン、サルファイド、PC
荒川化学工業(株) 吸水性高分子
宇部興産(株) ポリプロピレン、ポリアミド、ポリイミド
エッチ・アンド・ケー(株) ポリウレタン
王子ゴム化成(株) ゴム（複合材）
鐘淵化学工業(株) ABS、PET、その他
クラレ(株) PMMA、PET、複合材料
呉羽化学工業(株) ふっ素樹脂、PPS
信越化学工業(株) シリコン、ポリエーテルスルホン
住友化学工業(株) 吸水性高分子、液晶ポリマー、ポリアレート、ポリエーテルスルホン、ポリエーテル、エーテルケトン、PP、PMMA、ほか
セントラル硝子(株) ふっ素樹脂
ダイキン工業(株) ふっ素樹脂
ダイセル・ヒュルス(株) ナイロン12、機能性樹脂

バイオテクノロジー系

バイオミメティック（生体模倣技術）
酵素反応をモデル系により化学的に再現
高分子機能をもつイオン、分子を選び反応する生体質の機能を人工的に合成
生体成分の一部と人工材のハイブリット
バイオ高分子（生体の類似又は越える性能、機能の発現）
酵素・補酵素
多糖類
バイオマス（カニ、エビの殻）
フィブロイン（絹）
セルロース
蛋白質（コラーゲン他）

大日本インキ化学工業(株)

ポリブチレン
田辺化学工業(株) 高性能合成樹脂
チッソ(株) ポリプロピレン
テイジンアモコエンジニアリングプラスチック(株) ポリアレート、ポリサルフォン、ポリアミドイミド
帝人(株) 逆浸透膜、限外ろ過膜、ポリアミド、ポリエチレン、ポリブレン、PBT
帝人化成(株) ポリカーボネイト、PET
デュポン(株) ポリエチレン、ポリアミド、ポリイミド、ポリアセタール、変性PPO、PET、ポリアレート
東芝ケミカル(株) 銅系電磁波シールド塗料、ポリイミド、FRP
東芝シリコン(株) シリコン
東洋紡(株) ポリエチレンテレフタレート
東レ(株) 逆浸透膜、PBT樹脂、ポリアミド、ポリイミド、ポリアミドイミド、ポリフェニレン、サルファイド
東レ・ダウコーニング(株) シリコン
東レ・デュポン(株) ポリエステル、エラストマー、ポリイミド

日本合成化学工業(株)
エチレン-ビニルアルコール共重合体、
吸水性高分子

日本イージープラスチック(株)
PET、PBT、PC、変性PPE、ポリイミ
ド、ポリエーテルイミド、ポリマーア
ロイ

日本触媒(株) 吸水性高分子

日本フェライト(株) 微小中空体、複合材料

日本ポリオレフィン(株)
PP

日本ユニカー(株) シリコーン

バイエルジャパン(株)
PC

日立化成工業(株) ポリアミドイミド、FRP

ポリプラスチック(株)
ポリアミド、液晶ポリマー、PBT、ポ
リフェニレンサルファイド、ポリアセ
タール

三井化学(株) ポリプロピレン、UHMWPE、PP、ポリ
エーテルスルホン、機能性ポリマー、
ポリエーテルエーテルケトン

三井・デュボンフロロケミカル(株)
ふっ素樹脂

三菱エンジニアリングプラステックス(株)
ポリアミド、ポリアミドイミド、PP、
PBT、ポリカーボネート、液晶ポリマー、
ポリブチレン、PET

三菱化学(株) PP、ふっ素樹脂、吸水性高分子

三菱レイヨン(株) PMMA、PBT

ユニチカ(株) 液晶ポリマー、液晶ポリエステル、ポ
リアミド、ポリアレート

参考文献

「ニュー繊維の世界」 本宮達也／著 日刊工業新聞社
「新素材・新材料のすべて 第3版」 工業材料編集部／編 日
刊工業新聞社
「新素材・新材料のすべて 第4版」 ニューマテリアル研究
会／編 日刊工業新聞社
「新繊維材料入門」 宮本武明・本宮達也／著 日刊工業新聞社
「材料テクノロジー 16 ポリマー材料」 堂山昌男・山本良一／
編 東京大学出版会
「材料テクノロジー 17 複合材料」 堂山昌男・山本良一／編
東京大学出版会
「機能性繊維」 株式会社東レリサーチセンター
「スポーツ・レジャー用品材料の新展開」 株式会社東レリサー
チセンター
「機能性繊維の現状と応用展開」 株式会社東レリサーチセン
ター
「微孔性ポリマーとその応用展開」 株式会社東レリサーチセン
ター
「新素材国内編・国外編1987-1988」 株式会社東レリサーチセ
ンター
「アパレル素材企画I ファブリケーション」 繊維産業構造改
善事業協会
「産業用繊維材料ハンドブック」 (社)繊維学会編 日刊工業新
聞社
「繊維便覧」 繊維学会編 日刊工業新聞社
「おもしろいバイオ新素材のはなし」 松永是・本宮達也／著
日刊工業新聞社
「おもしろい繊維のはなし」 繊維学会編 日刊工業新聞社
「繊維学会誌 FIBIR」 1997・7・8 1998・1・2・3