

## 複合領域の総合的発展を支える 固体物性

固体物性研究は合成、構造、物性と基礎研究の三本柱として、高分子科学の研究展開に寄与をしてきた。研究領域の広がった現在では、これら三つの基礎研究部門と他の高分子科学の研究領域は互いに密接に連環しており、機能性高分子、生体高分子、界面物性や高分子工学領域の発展は、固体物性の寄与に負うところが多い。固体物性研究を力学、熱、電気および光の四分野に限って、ここ30年間の発表件数とこれらの研究分野のフラクションの推移を調べてみると、一般的傾向として次の点が明らかとなる。

1970年以降、力学物性が減少し、情報、記録や電子材料に対するニーズの増加に伴って電気および光学物性研究が増加している。1973年の石油ショック以後、一時期力学物性の研究分率が増加している。石油製品を効率よく使用するため、機械的強度の向上や軽量化を研究目標にしたためと考えられる。1970年代前半まで、合成および構造研究とともに高分子科学の研究舞台の主役であった固体物性研究は、現在では、特異的機能や極限物性を旨とする機能性高分子、生体高分子、複合材料などの基礎物性解明で大きな寄与をしている。1979年以降、固体物性に関する発表件数は再び増加しており、電子材料、光情報材料や複合材料の特異的機能の飛躍的向上のために高分子固体の基礎物性の解明が、いかに重要であることを示唆している。固体物性を勉強した学生をぜひほしいという企業が、ここ数年非常に多くなったのも、上記事実を物語っているのかもしれない。

今後、固体物性の解明が期待される研究分野、あるいはそのための解析手法は何であろうか。以下箇条書きしてみる。(1) 薄層表面あるいは超薄膜物性の評価法。従来の固体物性解析法は一般に試料全体のバルクの物性評価を目的としたものが多かった。高分子固体膜に機能性や特異性を賦与する場合、 $\text{\AA}$  から nm 程度の単層あるいは多層薄膜から構成された表面層の改質や分子鎖凝集状態の制御で十分である。特に、表面形態や配向に  $\text{\AA}$  オーダーの制御をすることにより、機能性の精密制御と極限值への到達が可能となろう。ESCA, FTIR-ATR, 光電子分光法の進歩で、高分子

固体表面の分子レベルないしは表面から数 nm 厚までの分子鎖凝集構造解析や化学組成解析は可能となってきたが、mm 厚のマトリックスと共存する  $\text{\AA}$  ~ nm 厚の超薄膜層の物性解明には新しい研究法を確立しなければならない。例えば、粘弾性測定、誘電性測定や示差熱測定でマトリックス試料と表面改質試料との精密な差スペクトルを解析できる手法の確立と装置の試作が待たれる。(2) ブレンドあるいは複合材料における構成素材間の界面物性の解析。薄くかつ大面積に加工しやすい高分子物質の特性を生かし、高分子を連続マトリックスとして使用し、マトリックス中に無機、有機強化材や電子供与体あるいは受容体ドーパントや光吸収あるいは増感色素などの低分子物質を分散させて、力学的、電気的あるいは光学的な機能特性を発揮させようとする複合系材料が数多く報告されている。剛直高分子を屈曲高分子マトリックス中に分子状に分散させた分子複合材料や、上記の機能性複合材料には、構成素材間の相互作用によって生じる  $\text{\AA}$  から nm オーダーの境界領域が存在する。境界領域の分子鎖凝集構造や配向および形態制御が特異機能性の発現に重要な因子となる。小角X線散乱測定に基づきマイクロ相分離状態の境界領域の構造評価法は河合、橋本らにより確立されつつあるが、 $\text{\AA}$  から nm オーダーの境界領域の物性評価法は、現在まったく未確立である。境界領域のマイクロ構造解析と上記(1)で述べた差スペクトルとの組合せによる新しい境界領域の物性評価法の確立が望まれる。(3) 学際研究領域に属する材料の物性評価法の確立。絶縁体から超伝導高分子までの電気、電子材料、光記録材料、光通信材料、特異選択機能膜や生医学材料などは物理、医学、工学などの学問分野にまたがっているので、材料工学という観点から材料物性の解析法を確立する必要がある。例えば、生医学高分子材料を例にとると生化学的あるいは医学的生体適合性から強度や疲労などの力学的生体適合性までの幅広い要請を考慮して、生医学材料の化学組成や高次組織を制御する必要がある。それゆえ、生医学材料の固体物性の解明には医学・化学・物理学・工学などの学問分野の緊密な連携体制を確立する必要があるとともに、これら全学問領域に熟知した研究者を養成することも重要となる。

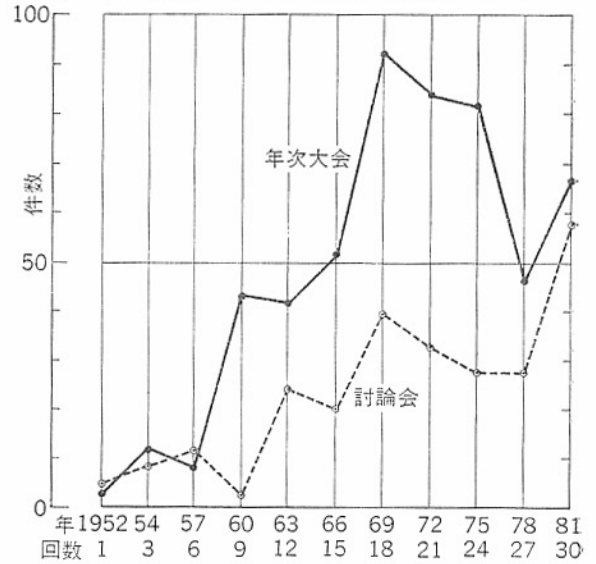
次に固体物性解明の待たれる新規高分子材料について簡単に述べる。新規高分子材料の物性解明は合成や加工研究分野との協力によってはじめて成果をあげる

ことができるものである。(1) 極限物性を有する高分子材料の固体物性. 材料の極限物性を達成するためには超高分子量, 高純度, 高配向度と無欠陥高次組織を実現する必要がある. これらの特性を有する材料が得られると力学, 電気, 光学および熱的な極限物性以外に, 予測しえない新現象が発見されるかもしれない. また Å オーダーのマイクロ相分離構造や配向制御が可能となれば光メモリーおよび記録材や導電性高分子材料の飛躍的機能特性向上が期待できる.(2) 天然高分子と合成天然高分子材料の固体物性. 合成高分子の固体物性の解明はかなり精力的に行なわれ, 高分子科学の進歩に大いに寄与してきた. しかし, 天然高分子の固体物性研究は化学組成や高次構造自身の複雑さのためか数例を除いては, 必ずしも深く行なわれていない. 人間性という観点から材料科学を考えると合成高分子を天然高分子に近づけるという努力が必要であり, 天然高分子の固体物性評価を合成, 構造, 加工研究にフィードバックすることが要求されてくる.(3) エネルギー資源開発に寄与する高分子材料の固体物性. 太陽光集光用 Fresnel レンズのための高分子材料, 地熱エネルギーの有効採取用耐熱, 耐酸性でかつ湯あかの付着しない高分子材料, エネルギー貯蔵システム用高分子材料, 機械-熱エネルギー直接変換機能を有する高分子材料など, われわれの身の回りを眺めても従来の固体物性解析法が十分寄与できる新材料分野が残っている.

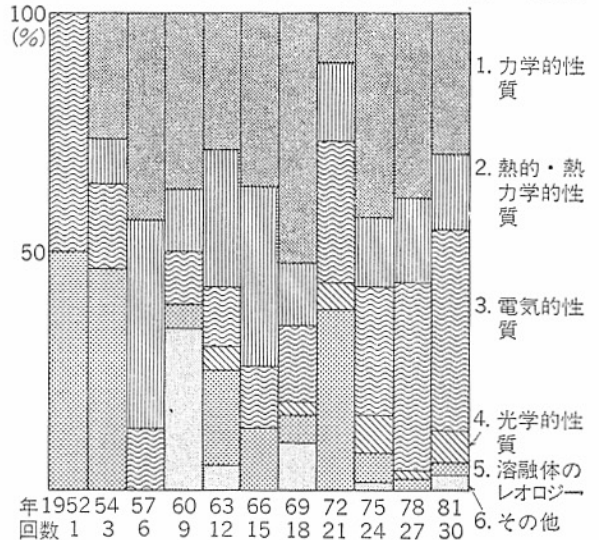
固体物性の測定装置あるいは固体物性解析法などの進歩とともに, 合成, 加工技術の進歩によって生み出される新規特異機能を有する高分子材料の出現に伴い, 工学から医学まで幅広い知識を基礎にして高分子固体物性の解析を緻密に行なうことが必要となってきた. 高分子固体物性の解明には分光学的, 構造論的, 形態学的あるいは分子運動論に基づいたあらゆる研究手法を駆使し, すべての測定結果に満足のいく結論を導き出すべきであり, この物性解明の基本理念は, 学際領域の研究分野の拡大と物性解明の精密化の進んだ現在でもいささかも変わっていないということ, 物性研究者は肝に命じておくべきであろう.

(九州大学工学部・助教授, 専門=高分子固体物性)

固体物性  
第1表-年会・討論会発表件数の推移



第2表-高分子学会年会大会研究内容の推移



第3表-高分子討論会の研究内容の推移

