ポリマーアロイ

加 納 義 久*

1. はじめに

新世紀を向かえ、IT (Information Technology) 関連・環境対応型材料への関心がますます高まっている。そのため、高分子材料に対しても、さらなる高性能・高機能化が求められるようになり、その多様な要求性能を具備させるため、ポリマーアロイ技術の体系化が望まれている。毎年、高分子学会の年次大会や討論会では、ポリマーアロイのセッションが開催されており、最近の研究動向を把握する際に有益である。昨年的高分子討論会では、“ポリマーアロイ-相溶性と相分離構造-”というテーマで、相溶性、相分離構造形成・制御を中心とした基礎から応用までの広範囲の研究発表が行われた(52件)¹⁾。ポリマー材料フォーラムでは、“21世紀の社会を支える高分子材料と技術”を主題とし、ポリマーアロイを利用した研究が多数報告されている²⁾。本年1月には、高分子ABC(アロイ・ブレンド・コンポジット)研究会と中国・高技術新材料領域專家委員会(NAMCC)との共催で、第4回日中高分子ABC科学技術交流セミナーが開催され、中国の研究者との活発な交流が図られている(香港科学技術大学)³⁾。最近、高分子ABC研究会が発刊した『ポリマーABCハンドブック』は、ポリマーアロイの調製、加工、構造と物性、応用、機能、評価法など広範囲の内容が総括的に網羅されており、本分野の研究・技術者への良きバイブルになろう⁴⁾。また、成形加工学会の年次大会でも'高分子構造のセッション'があり、そのほとんどがポリマーアロイに関する発表であった^{5), 6)}。

本稿では、ポリマーアロイをキーワードとして探索した論文や学会発表の中から筆者の独断と偏見で、構造制御(高分子系傾斜構造の創製、ポリマーアロイの構造形成)と応用製品(粘・接着剤、環境調和型ポリマーアロイ)に関する研究報告に焦点を絞って紹介する。

2. ポリマーアロイの構造制御

2.1 傾斜構造

傾斜機能材料という言葉が、1986年に日本で提案された。傾斜機能材料は、表面から裏側にかけて内部組成や微視組織が傾斜分布化していることを特徴としている。この

傾斜機能材料の概念は、金属-セラミックス系として、宇宙往還機(スペースプレーン)の超耐熱複合材料として応用されている。高分子系では、熱応力緩和・生体適合性・電磁気的機能・センサー・化学的機能・粘接着制御材料としての可能性が予想されており、アクリル系ポリマー/フッ素系ポリマーブレンドが傾斜ドメイン構造を形成し、基材レス粘着テープとしての応用が期待されている⁷⁾。近年、ポリマーアロイの傾斜構造の創製とその形成プロセスに関する報告が急増しており、2000年の高分子討論会では7件の発表があった。

折原ら⁸⁾は、ポリマーブレンドの相分離プロセス中に形成される構造を凍結(アニーリング)させることにより、海島・傾斜・ステップ型相分離構造を様々な系で成形している(PET/ポリエチレンオキシド(PEO)・ナイロン6/PEO・ナイロン6/エチレン-ビニルアルコール共重合体(EVOH)・PEO/PP・PEO/PVAc・ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)/ポリエーテルイミド(PEI)・PP/フッ素系ポリマー・PEO/PMMAブレンド)。彼らは、ポリマーブレンドの相分離構造は、海島型→傾斜型→ステップ型へと発展していくと説明している。PEO/PMMAブレンドにおいて、形成される相分離構造のマップが図1に示されている。ここで、縦軸は熱処理時間、横軸は熔融物表面における熱処理温度である。傾斜型相分離構造が形成される時間は、熱処理温度の上昇に伴い短くなっている。

Leeら⁹⁾は、分子量やシロキサン含有量が異なるPMMA/ポリジメチルシロキサン(PDMS)グラフト共重合体

図1 PEO/PMMAブレンドで形成される相分離構造のマップ

* Kano, Yoshihisa
古河電気工業(株) 環境・エネルギー研究所
平塚市東八幡5-1-9 (〒254-0016)
2001.4.17 受理

(PMMA-g-PDMS) を合成し、アクリル系コポリマーやスチレン-アクリロニトリル共重合体 (SAN) とのブレンドで傾斜構造を調製している。図2に PMMA-g-PDMS /アクリルコポリマーブレンドフィルムの断面における SEM 写真を示す。アクリルコポリマーリッチ相に相当するドメインが、フィルム表面に近いほど小さくなっており、傾斜ドメイン構造を形成していることがわかる。他方、PMMA-g-PDMS/SAN ブレンドでは、PMMA-g-PDMS の分子量が増大すると、PMMA-g-PDMS 成分の表面濃縮が促進されることを報告している。上利ら¹⁰⁾は PE/i-PP 傾斜機能ゲルフィルムを調製し、延伸することによる組成や特性の変化を調査している。

ポリマーブレンドで形成される傾斜構造に関するトピックスを紹介したが、上述したように傾斜機能材料の概念は、15 年前に発案されたスペースプレーン用材料の開発がきっかけとなっている。それ以来、ポリマーブレンドの傾斜構造に関する研究報告が急速に増えている現状を考慮すると、今世紀におけるポリマーブレンド系複合材料の技術革新のロードマップが予測できよう。

2.2 ポリマーアロイの構造形成

せん断・伸長流動場におけるポリマーアロイの構造形成の解析は、成形加工（押出成形，射出成形，ブロー成形，発泡成形）におけるプロセスの最適化や実用物性の制御を図る上で重要であり，学術的な研究報告も数多くある。Kim

図2 PMMA-g-PDMS/アクリルコポリマーブレンドフィルムの断面における SEM 写真

図3 SAN/PMMA (40/60) ブレンドの応力光学係数 C の絶対値と伸長応力 σ との関係。図中の矢印は相溶ブレンドの計算値 ($C = -1.2 \times 10^{-9} \text{Pa}^{-1}$) を示している

ら^{11,12)}は、LCST 型相図を有する SAN/PMMA ブレンドについて、伸長流動場での構造形成過程を、伸長流動オートレオメトリー (EFOR; 伸長応力と複屈折の同時測定) と光学顕微鏡 (OM) および透過型電子顕微鏡 (TEM) により検討している。図3に SAN/PMMA (40/60) ブレンドの応力光学係数 C の絶対値と伸長応力 σ との関係を示す。一相領域である 150°C では応力光学則が成立するが、二相領域である 215°C ではスピノーダル分解 (SD) と伸長変形に伴う形態複屈折の影響で応力光学則が成立しないことがわかる。また、彼らは、伸長流動場における構造発展を SD の影響を排除した条件下で観察している。伸長前は共連続構造が観察され、一方、伸長流動場ではジグザグパターン (Chevron texture) が形成され、その大きさが伸長比の増加につれて増大することを報告している。

アモルファス/アモルファス・アモルファス/結晶性ポリマーブレンドの相溶性と相分離機構に関する研究は多いが、結晶性/結晶性ポリマーブレンドの研究はほとんどない。Nishi ら¹³⁾は、ポリブチレンサクシネート (PBSU)/ポリ(塩化ビニリデン-co-塩化ビニル) ブレンド (PVDCVC) (結晶性-結晶性ポリマーブレンド) が融点以上の温度で相溶し、かつそれらの融点差が比較的小さいことを見いだした。彼らは、PBSU/PVDCVC ブレンドを相溶している温度から結晶化温度に過冷却することにより、各成分の結晶化を同時に引き起こすことができることに着目し、偏光顕微鏡 (POM)、原子間力顕微鏡 (AFM)、共焦点レーザー顕微鏡 (CSLM) を用いて結晶化と構造形成挙動を観察した^{14)~16)}。OM や AFM の結果は、PBSU のラメラが PVDCVC 球晶中に浸入し、Interpenetrated Spherulite (IPS) を形成していることを示唆した。図4は 363 K で結晶化した PBSU/PVDCVC (50/50) ブレンドにおける PBSU の浸入パターンである。さらに CSLM によって、PBSU/PVDCVC ブレンドにおける IPS の形態とその形成プロセスをリアルタ

図4 PBSU/PVDCVC (50/50) ブレンドにおける PBSU の浸入パターン。結晶化条件は、363 K で (a) 45 分、(b) 65 分間で行い、(c) および (d) はそれぞれ (a)、(b) の概要図である。図中のバーの長さは $20\mu\text{m}$ である

イムに調査し、PBSU フィブリルがPVDCVCを貫通して成長していることを確認している。

Miyata ら^{17)~19)}はポリマーアロイの相分離構造を定量的に解析するため、フラクタル次元を用いた評価法を提案している。フラクタル次元では、自然界に存在する複雑な形状や現象を幾何学的に取り扱うことができる。彼らは、PMMA と PDMS からなるブロック・グラフト共重合体、および PDMS/ポリスチレン (PSt) ブレンドで形成される相分離構造を、フラクタル次元によって評価している。その結果、ブレンドの相分離構造の分散状態はフラクタル性を持たないが、グラフト共重合体ではその分散状態がフラクタル性を有することを明らかにしている。他方、ブレンド、グラフト共重合体の相分離構造は、形状のフラクタル性を有することが確認された。また、グラフト共重合体中の PDMS 相は、より複雑に入り組んだ表面を有していることを見いだしている。

このように、ポリマーアロイの構造形成については、構造の制御と定量化に関する研究が報告されるようになってきた。今後、成形加工プロセス時におけるポリマーアロイの詳細な相構造が、シミュレーションできるようになろう。

3. ポリマーアロイの応用製品

3.1 相溶性と粘着特性

ゴム系粘着剤は、天然ゴム、ポリイソブレン、SIS などのエラストマーと Tg がエラストマーより高くかつ分子量

の低いオリゴマー（粘着付与剤）とのブレンドで構成されている。それら単独で粘着性は発現しないが、ブレンドすると粘着性が発現する。粘着性発現のメカニズムとして、‘ゴムと粘着付与剤とがセグメントレベルで相溶し、ゴムの絡み合いがほどけてゴム状平坦領域の弾性率が低下するため’と考えられている。そのため、ゴム系粘着剤では、ゴムと粘着付与剤との成分間の相溶性は、粘着性の制御に対して非常に重要なポイントになる。

Akiyama ら²⁰⁾は、SIS/水添テルペン (Picolyte S-115 ; PIC) ブレンドについて、相挙動と粘着物性との関係を検討している。図 5-a に SIS/PIC ブレンドについて、熱処理温度とタック値との関係を示す。SIS/PIC (80/20), (70/30) ブレンドのタック値は、熱処理温度によって変化していないが、(60/40) ブレンドでは、40~120℃ の範囲で熱処理温度に比例して増大している。一方、(50/50), (40/60), (30/70) ブレンドにおいて、40~100℃ の範囲ではほとんどタックを示さないが、120℃ で急激にタック値が増大している。図 5-b に 100, 120℃ で熱処理した SIS/PIC (40/60) ブレンドの tan δ-温度曲線を示す。100℃ で熱処理した (40/60) ブレンドは、Tg に相当する単一のピークを示し、見かけ上相溶していることが示唆される。一方、120℃ で熱処理した (40/60) ブレンドでは、ショルダーピークが観察され、相分離の傾向にあることを示している。これらの結果を踏まえて、彼らは、SIS/PIC ブレンドの相挙動の違いが、タック値に影響を及ぼしていることを報告している。

Fujita ら²¹⁾は、天然ゴム (NR)/各種粘着付与剤 (29 種類) ブレンドの相溶性を相図により整理し、保持力に及ぼす相溶性の影響を検討している。相溶系における保持力は粘着付与剤の配合比の増量に伴ない低下しているが、非相溶系では NR 単独より保持力は増大するものの、その効果は用いる粘着付与剤の種類によって異なっている。ゴム/樹脂ブレンドにおいて、 $G'(\tan \delta_{\min})$; $\tan \delta$ が極小となる温度での貯蔵弾性率と絡み合い点間分子量 (Me) との関係は、相溶系では (1) 式、非相溶系では (2) 式が成立するという。

$$G'(\tan \delta_{\min}) = \nu_2^2 (\rho/Me) RT \tag{1}$$

$$G'(\tan \delta_{\min}) \approx (\rho/Me) RT (1 + 2.5c + 14.1c^2) \tag{2}$$

ここで、 ρ は密度、 R はガス定数、 T は絶対温度で、 ν_2 はゴム相中における高分子の体積分率、 c は樹脂の体積分率を示している。図 6 に示されるように、相溶系ではブレンドの $G'(\tan \delta_{\min})$ が粘着付与剤を配合すると低下しており、式 (1) から計算される実線と良い一致を示している。一方、非相溶系では、式 (2) から計算される実線からはずれているものの、そのはずれ方は系の相分離のしやすさ (NR/Kristalex 1120 > NR/Estergum AAG > NR/Polypale) に依存している。それ故、彼らは、相溶系における保持力はゴム状平坦弾性率と正の相関を示し、非相溶系における保持力は、ゴム状平坦弾性率と相分離構造の程度によって影響されることを指摘している。Tobing ら²²⁾もアクリルエマルション系粘着剤において、粘着付与剤との相溶性（相構造）、動的粘弾性および粘着特性を評価している。

粘着剤は、被着体と接触することにより粘着性が発現す

図 5 a) SIS/PIC ブレンドにおける熱処理温度と J. Dow ボールタックとの関係、b) 100, 120℃ で熱処理された SIS/PIC (40/60) ブレンドの tan δ-温度曲線

るため、界面解析は粘着機構を考察する上で重要である。河辺ら²³⁾は、ポリイソブチレン-ポリアクリル酸ブチル界面における相互拡散を、ATR-FTIR法により解析している。界面における相互拡散は、レプテーション挙動を支持しているという。彼らは、ATR-FTIR法は、粘着剤中における粘着付与剤の拡散挙動の解析に有効であることを報告している。

今後、粘着剤において、ポリマーブレンドの相図の考え方に基づいた研究が増え、新規粘着剤の分子設計に相図が利用されることを期待したい。さらに、粘着剤の粘着性を粘弾性や界面挙動、相溶性などを考慮してシミュレーションできるようになれば、粘着のメカニズムが物理化学的に解明される日も近いのではないかと。

3.2 電子部品実装用粘・接着剤

半導体製造工程の簡略化や信頼性を向上させるため、半導体の製造工程では様々な粘着テープが使用されている。とりわけ、ウエハのバックグラインドやダイシングなどの工程で使われる粘着テープには、それぞれの工程時にはウエハの保護・保持のため強粘着、および工程終了後には容

易に剥離できることが必要になる。そのような特性を保有する粘着剤として、紫外線 (UV) 照射により粘着特性が劇的に低下する UV 硬化型粘着剤 (アクリル系ポリマー/UV 硬化型オリゴマーブレンド) が開発されている。Ozawa ら²⁴⁾は、UV 硬化型粘着剤における粘着特性の低減化のメカニズムについて、動的粘弾性の観点から考察している。図 7 に UV 照射前後における貯蔵弾性率 E' 、力学的損失正接 $\tan \delta$ の温度依存性を示す。室温付近における E' は、UV 照射により粘着性が発現する 10^5 Pa から粘着性が消失する 10^9 Pa へと大きく増加している。また、UV 照射によって $\tan \delta$ 値は低下し、 $\tan \delta$ -温度曲線も高温側にシフトしている。UV を照射することにより、架橋構造が形成され、それにとまう弾性率の増加が、粘着性の消失に影響していると判断している。また、 $\tan \delta$ が UV 照射によって激減していることから、解結合過程における粘着剤の変形仕事も UV 照射によって低下しているものと推測している。町屋ら²⁵⁾は、この UV 硬化型粘着剤が、フレキシブル回路

図 6 NR 系粘着剤における $G'(\tan \delta_{\min})$
a) 相溶系; ○) NR/Clearon K-4090 ブレンド, △) NR/Superester A-75 ブレンド, □) NR/ESCOREZ 5320 ブレンド
—— (1) 式による計算値
b) 相分離系; ■) NR/Kristalex 1120 ブレンド, ▲) NR/Estergum AAG ブレンド, ●) NR/Polypale ブレンド
—— (2) 式による計算値, (1) 式による計算値

図 7 UV 硬化型粘着剤における a) 貯蔵弾性率 E' および b) 力学的損失正接 $\tan \delta$ の温度依存性 (測定周波数; 1 Hz). 図中には UV 照射条件並びに UV 照射前後での 180° 剥離力 (P.A.) とブローブタック (P.T.) 値が記載されている (●) UV 照射前, (▼) UV 照射後

図 8 スタックド CSP の構造

基板 (FRC) のキャリアテープとしても応用できることを報告している。UV 硬化技術とポリマーアロイを利用した応用実例として興味深く、UV 硬化過程における相構造形成のダイナミックス解析などにより、粘着力低減化のメカニズムが解明されることを期待したい。

近年、携帯電話やパソコンの小型化に伴い、半導体実装分野では、実装密度を高めた新規パッケージの開発が進められている。例えば、BGA (Ball Grid Array), CSP (Chip Size Package), およびそれらのスタックドタイプのパッケージ (図 8) では、ダイボンディング用粘接着フィルム²⁶⁾が用いられている。当初はペーストタイプの接着剤が使用されていたが、はみだし汚染性が大きな問題となり、フィルム状ダイボンディング材が開発されたという背景がある。フィルム状ダイボンディング材は、低弾性率の高分子と高耐熱エポキシ樹脂とのポリマーアロイである。そのため、a) 室温ではタックが小さく取り扱いが良好、b) 加熱時には弾性率が急激に低下して優れた流動性を示し、配線段差の埋め込み性に優れる、c) 硬化後は、広い温度範囲で低弾性率を維持し、チップと基板との熱膨張係数の差による反りの発生を制御する応力緩和性を示す、d) 高温領域でも弾性率の低下は小さく、耐熱性に優れる、などの特徴を有している。他方、藤田ら²⁷⁾は BGA 型パッケージ組立用 IPN 型接着フィルムを開発している。一般に電子部品用途では、接着性や耐熱性、耐候性に優れるエポキシ系接着剤が用いられているが、小型パッケージに対しては、部品の破損を防ぐため、応力緩和性が必要になる。彼らは、エポキシ系接着剤に応力緩和性を有するアクリル系接着剤を複合化 (IPN) することに着目した。UV 硬化型アクリルモノマーと熱硬化型エポキシモノマーとの混合物について、UV 照射してアクリル成分のみを硬化させ、その後加熱硬化させることにより、アクリル/エポキシ s-IPN (sequential IPN) が調製されている。したがって、アクリル/エポキシ s-IPN では、高分子量化に伴う相分離と架橋が同時に進行するため、形成される IPN 構造は各成分間の相溶状態によって左右される。彼らは、適度な相分離状態で 2 成分がそれぞれドメインを形成しつつ、かつドメイン間が IPN によりネットワークを形成する場合に、所望の応力緩和性と耐熱性を保持できると考えている。図 9 にアクリル/エポキシ s-IPN における剥離強度と $\tan\delta$ の温度依存性を示す。剥離強度の最大値がアクリル/エポキシ (70/30) で得られている。アクリル/エポキシ (50/50), (60/40) 組成物では、エポキシ相に相当する T_g がシフトしており、部分相溶系を示唆している。一方、(70/30) では T_g のシフトはもはや観察されておらず、この相構造形成が剥離強度の上昇に寄与していると考えている。最終的に彼らは、この (70/30) 組成物は BGA 組立用途への応用が可能と主張している。今後、IPN 形成過程における相分離構造形成過程が、直接観察やレーザー散乱などにより検討されることを期待したい。

このように電子部品の実装には多種の粘・接着剤が使用されており、その技術にはポリマーアロイの概念が上手く利用されていることがわかる。

3.3 環境調和型ポリマーアロイ

昨年的高分子 12 月号では、特集“地球を守る高分子”が

組まれ、高分子科学の観点から地球環境対策がレビューされた²⁸⁾。ここでは、環境調和型ポリマーアロイをキーワードに、興味深い研究実例を紹介する。

ポリ乳酸 (PLA), ポリカプロラクトン (PCL), ポリブチレンサクシネート (PBSU) などの脂肪族ポリエステルは、優れた生分解性を示すことが知られているが、それら単独では実用化が難しい。実用的な特性を得るためにはポリマーブレンドが有効であるが、これらのポリマーはお互いに非相溶である。Kasemura ら²⁹⁾は、PLA と PCL とのブロック共重合体を合成し、相容化剤として PLA と PCL あるいは PBSU とのポリマーブレンドに应用することを試みている。PLA/PCL ブレンドは、相容化剤を添加することによりマイクロ分散させることができ、その表面には低表面自由エネルギー成分である PLA セグメントが優先的に表面偏析することを報告している。また生分解速度は、製膜方法や相容化剤の有無によって異なると述べている。彼らは、PLA/PBSU モノフィラメントを作製し、複屈折や機械的強度を評価している (図 10)。複屈折は PBSU 重量分率の増大につれて単調に増加しており、PLA および PBSU は共に延伸によって配向していることが分かる。また、引張強度はブレンド比率によらずほぼ一定値 (4 g/d) となり、汎用の繊維ファイバーと同等である。最終的に彼らは、PLA/PBSU ファイバーは、フィッシングネットなどの工業材料として適用できることを指摘している。

図 9 アクリル/エポキシ s-IPN における a) 剥離強度と b) $\tan\delta$ の温度依存性

ワイヤーケーブルから再生されるPVC/PE材料は85000トン/年にもなるが、再生されたこれらPVC/PE材のマテリアルリサイクルは30%にも達しない。その理由として、PVCとPEとを単純にブレンドするだけでは、実用的な物性が得られないことが挙げられる。Nishikawaら³⁰⁾は、PVCとPEとの相溶性を改善するため、高極性ポリマー（ポリアミド、ポリエステル）と低極性ポリマー（無水マレイン酸-エチレン-メタクリレート共重合体(MAH-EEA)、無水マレイン酸をグラフトしたLLDPE(MAH-LLDPE))とから構成される4種類の相容化剤を調製した。図11にPVC/PEブレンド（相容化剤の有無）

における機械的強度を示す。相容化剤（PA-EEA）を10 phr 添加すると、伸びや引張強度が向上していることがわかる。

近年、環境問題（地球温暖化、オゾン層の破壊）やエネルギー資源問題に対処するため、燃料電池の開発が急進展し、とりわけ高分子電解質燃料電池（PEFC）の自動車、自家発電、携帯電話などへの応用が注目されている。その高分子電解質膜として、高プロトン伝導性を有するデュポン製Nafion膜（パーフルオロスルホン酸系フッ素膜）が使用されるとの予想があるが、薄膜化での機械的強度の低下や高温作動性に問題があり改善が望まれている。寺田ら³¹⁾はフッ素系カチオン膜をPTFEフィブリルで補強することにより、引き裂き強度が7倍程度上昇し、クリープ特性も改善できることを報告している。他方、Nafion膜では、作動温度が150~200℃になると、イオン伝導性や機械的特性が低下するという欠点がある。本間ら³²⁾はこの温度域で使用できる高分子電解質膜として、有機-無機ハイブリッドの手法を取り入れている。イオン伝導性成分としてポリエーテル、耐熱性成分としてシリカを選択してハイブリッド膜を合成し、プロトン伝導性供与剤（有機酸、無機固体酸）をドーピングすることにより、高分子固体電解質膜を創製している。得られた膜は250℃程度まで優れた耐熱性を有し、100~160℃におけるプロトン伝導度は $10^{-3} \sim 10^{-2} \text{ S/cm}$ を示すと説明している。

現在、グリーンケミストリー研究が世界規模で進められており、高分子化学の寄与も高まっていく。その際、環境に調和したポリマーアロイ技術の構築が、重要な役割を果たすものと予想する。

参考文献

- 1) 高分子討論会予稿集, 49, 2720-2816 (2000)
- 2) 第9回ポリマー材料フォーラム予稿集 (2000)
- 3) *Proceeding of 4th Japan-China Seminar on Advanced Engineering Plastics, Polymer Alloys and Composites*, 2000
- 4) 高分子学会高分子ABC研究会編, ポリマーABCハンドブック, エヌ・ティー・エス, 2001
- 5) 2000年度プラスチック成形加工学会年次大会予稿集, pp.281-300 (2000)
- 6) 成形加工, 12, 470 (2000)
- 7) 秋山三郎, 加納義久: 高分子, 49, 32 (2000)
- 8) 折原ら: 高分子討論会要旨集, 49, 2757-2766 (2000)
- 9) Lee, Y., 秋葉 勇, 秋山三郎: 高分子討論会予稿集, 49, 2767-2770 (2000)
- 10) 上利泰幸, 高須由紀子, 松生 勝: 高分子学会年次大会予稿集, 49, 458 (2000)
- 11) Kim, Y. H., Okamoto, M., Kotaka, T., Ougizawa, T., Chiba, T. and Inoue, T.: *Polymer*, 41, 4747 (2000)
- 12) Kim, Y. H., Okamoto, M. and Kotaka, T.: *Macromolecules*, 33, 8113 (2000)
- 13) Lee, J-C., Tazawa, H., Ikehara, T. and Nishi, T.: *Polym. J.*, 30, 327 (1998), 30, 780 (1998)
- 14) Ikehara, T. and Nishi, T.: *Polym. J.*, 32, 683 (2000)
- 15) Terada, Y., Ikehara, T. and Nishi, T.: *Polym. J.*,

図10 PLA/PBSUモノフィラメントのa)複屈折, b)引張強度

図11 PVC/PEブレンド（相容化剤の有無）における伸びと引張強度

- 32, 900 (2000)
- 16) Hirano, S., Terada, Y., Ikehara, T. and Nishi, T.: *Proceeding of Japan-China Seminar on Advanced Engineering Plastics, Polymer Alloys and Composites*, 4, 164 (2001)
- 17) Miyata, T., Takagi, T., Higuchi, J. and Urugami, T.: *J. Polym. Sci., Polym. Phys.*, 37, 1545 (1999)
- 18) Miyata, T., Obata, S. and Urugami, T.: *J. Polym. Sci., Polym. Phys.*, 38, 584 (2000)
- 19) 宮田隆志, 浦上 忠: 日本接着学会誌, 36, 279 (2000)
- 20) Akiyama, S., Kobori, Y., Sugisaki, A., Koyama, T. and Akiba, I.: *Polymer*, 41, 4021 (2000)
- 21) Fujita, M., Takemura, A., Ono, H., Kajiyama, M., Hayashi, S. and Mizumachi, H.: *J. Appl. Polym. Sci.*, 75, 1535 (2000)
- 22) Tobing, S. D. and Klein A.: *J. Appl. Polym. Sci.*, 76, 1965 (2000)
- 23) 河辺雅義, 林 圭治, 片山 茂, 日本接着学会誌: 36, 17 (2000), 36, 185 (2000)
- 24) Ozawa, T., Ishiwata, S., Kano, Y. and Kasemura, T.: *J. Adhesion*, 72, 1 (2000)
- 25) 町屋千春, 橋本洋文, 村上正峰: 日本接着学会年次大会講演要旨集, 38, 119 (2000)
- 26) 加藤利彦, 宇留野道生: 成形加工, 12, 246 (2000)
- 27) 藤田泰浩ら: 日本接着学会年次大会講演要旨集, 38, 57 (2000), MES 2000 マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 10, 127 (2000)
- 28) 高分子, 49, 821-845 (2000)
- 29) Kasemura, T., Takahashi, S. and Kuriyama, N.: *Proceeding of Japan-China Seminar on Advanced Engineering Plastics, Polymer Alloys and Composites*, 4, 102 (2001)
- 30) Nishikawa, S., Uenoyama, M., Hayami, H., Kohjiya, S. and Inoue, T.: *Proceeding of Japan-China Seminar on Advanced Engineering Plastics, Polymer Alloys and Composites*, 4, 79 (2001)
- 31) 寺田一郎, 本村 了, 吉武 優: 高分子討論会予稿集, 49, 3491 (2000)
- 32) 本間 格, 中島 仁, 野村茂樹: 高分子討論会予稿集, 49, 3492 (2000)

【関連行事案内】

財団法人金型技術振興財団第11回(平成13年度)応募要領

助成対象のテーマは、下記の項目に該当する範囲の研究・開発のテーマといたします。

- (1) 大学、公的機関における金型・成形に対する基礎研究
- (2) 金型・成形の生産技術に関する開発
- (3) リサイクル技術に関連した金型・成形技術の開発
- (4) 新素材に関連した金型・成形技術の開発

1. 助成の対象

- a) 金型に関する研究・開発に対する助成は、国内の大学、高等専門学校並びにこれに準ずる研究機関で研究開発を行っている研究者
- b) 金型に関する海外との技術交流に対する助成は、
 - イ) 海外の金型に関する技術者育成に対して協力を金を支給する。
 - ロ) 海外の金型に関する技術協会、工業会の発展事業に対して協力を金を支給する。
 - ハ) 金型に関する海外調査、および国際会議などへの参加に対して助成金を支給する。

2. 助成金額と期間

- a) 研究開発に対する助成

金額: 総額 約 2,000 万円 1 件 300 万円以内

- b) 海外との技術交流に対する助成

金額: 総額 約 200 万円 1 件 50 万円以内

- c) 期間 (研究期間平成 14 年 4 月～平成 15 年 3 月末日)

1 年を原則とします。研究計画の都合上継続を必要とする場合は、毎年提出された申請書に基づき選考いたします。

3. 応募方法

当財団所定の申込書に必要事項をご記入のうえ正 1 通、副 1 通 (コピー) を当財団宛ご送付願います。

申込書の用紙はご請求のあり次第お送り致します。

4. 応募締め切り日

平成 13 年 9 月末日

5. 助成金の贈呈

平成 14 年 1 月末日

6. 問い合わせ・送付先

財団法人 金型技術振興財団

〒297-0029 千葉県茂原市高師 970 番地-1

TEL 0475-27-3210

FAX 0475-27-3310