

電子産業用 有機材料の分析技術動向 Technological Trends in Analysis of Organic Materials Used in the Electronics Industry

当社茨城研究所 杉谷 初雄 *Hatsuo Sugitani*

電子産業分野では種々の有機材料が使用されており、それらの特性評価や品質管理には最新の分析技術が用いられている。近年、半導体素子の高集積化に伴い、関連する電子産業用有機材料分析技術の向上が求められていることから、特に高度な分析技術が必要と考えられるフォトレジスト、絶縁膜、保護膜および封止材を取り上げ、技術の現状と今後の動向について述べる。有機材料組成の分析には分離、分解、誘導体化などの前処理法と機器分析法が併用されており、今後もこの方法が用いられると考えられる。表面、微小部および不純物分析には各種表面分析法やイオン分析法が幅広く用いられている。

A wide variety of organic materials are used in the electronics industry and new analytical techniques are being applied to their characterization and quality control. Recently, the development of techniques to analyze organic materials used in the electronics industry has accompanied the higher levels of integration of semiconductor devices. This paper describes technological trends in the analysis of photosensitive resists, insulation films, surface-protection films, and molding compounds. Pre-treatment methods, such as separation, decomposition, and making derivatives, can be successfully integrated with instrumental analysis in order to determine the components in organic materials. These surface analysis methods and ion analysis methods are now being widely applied to surface, micro-area, and impurity analyses.

[1] 緒言

有機材料は電子産業分野に幅広く使用されている。それらは、フォトレジスト、絶縁膜、保護膜、封止材、プリント配線板、パッケージケース、塗料、接着剤、溶剤などであり、今後も用途の拡大が期待できる¹⁾。用途の拡大に伴い、有機材料の特性評価、品質管理などの必要性が高まり、関連する分析技術の向上が望まれている。そこで、電子産業の多方面で使用されている有機材料の中から、特に高度な分析技術が必要と考えられるフォトレジスト、絶縁膜、保護膜および封止材を取り上げ、分析技術の現状と今後の動向について述べる。

[2] 組成分析

電子産業用有機材料（フォトレジスト、絶縁膜、保護膜および封止材）の組成、用途を表1に示す²⁾。各材料とも組成が複雑なため、そのまま分析しても組成の細部を明らかにすることは難しい。詳細な組成分析を行うためには高分子、溶剤、各種添加剤などを何らかの方法で分離後、各成分を分析する必要がある。分離方法として最も基本となるのは溶媒分別法であるが³⁾、SEC（サイズ排除クロマトグラフ）法、LC（液体クロマトグラフ）法などの分離法も有効である。分離した成分の分析にはNMR（核磁気共鳴）法、IR（赤外）法、

MS（質量分析）法、GC（ガスクロマトグラフ）法などの機器分析法が用いられる。最近では分離と同定および定量を連続して行える複合分析法（例えばGC-IR法、GC-MS法、LC-NMR法、LC-IR法、LC-MS法）も普及している⁴⁾。また、三次元的に架橋されて溶媒に溶けない試料やモノマ組成

が複雑な高分子に対しては熱分解、加水分解などの前処理が必要である。その他、分離の容易化、分析感度の向上を目的にエステル化、エーテル化、シリル化などの誘導体化も行われる³⁾。このような分析を行うことで、対象試料に関する多くの知見が得られる。例えば、フォトレジストについて例示すれば、使用されている高分子のモノマ組成、分子種、分子量および分子量分布、官能基、シーケンス、末端構造、分枝構造などを明らかにできる。また高分子以外の橋かけ剤、光開始剤、増感剤および各種添加剤についてはその化学構造を明らかにできる。

以下にいくつかの具体例を示す。感光性フィルム中の基本高分子（主にアクリル樹脂）のモノマ組成分析にはGCが用いられる。高分子を溶剤（例えば、四塩化炭素）を用いて分離後、熱分解GC法で分析する。アクリルモノマ混合物のガスクロマトグラムを図1に示す。熱分解して生成するアクリルモノマはピーク位置から分析できる。封止材中の

表1 電子産業用有機材料の組成および用途 電子産業用有機材料の組成は複雑である。

Table 1 Components and applications of organic materials used in the electronics industry.

The components of organic materials used in electronics have complicated structures.

有機材料	組成	用途
フォトレジスト	(感光性フィルム) ● 基材高分子(アクリル樹脂など) ● 橋かけ剤(多官能アクリレートなど) ● 光開始剤, 増感剤 ● 各種添加剤(安定剤, 可塑剤, 染料など)	産業用印刷記録板の記録パターン形成材
	(レジスト) ● 基材高分子(フェノール樹脂など) ● 溶剤 ● 光開始剤, 増感剤 ● 各種添加剤(安定剤など)	IC, フォトマスク, フレキシブル記録板
絶縁膜 保護膜	● 基材高分子(ポリイミドなど) ● 溶剤 ● 各種添加剤(感光剤など)	層間絶縁膜, パッシベーション膜, α線遮へい膜, バッファコート膜
封止材	● 基材高分子(エポキシ樹脂, シリコン樹脂など) ● 硬化剤, 硬化促進剤 ● 難燃剤 ● 無機系充てん材	トランジスタ, IC, LSIなどの半導体素子の保護封止材

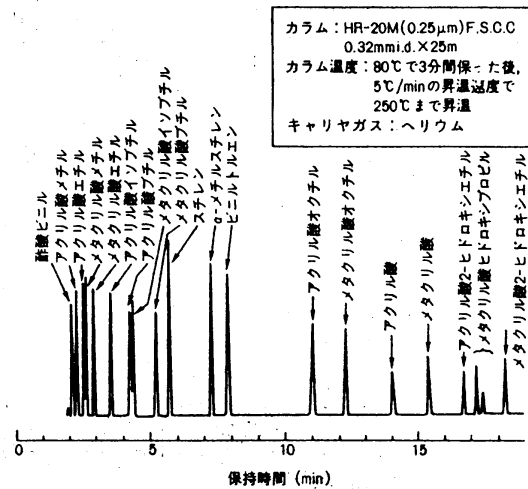


図1 アクリルモノマ混合物のガスクロマトグラム F.S.C.Cを用いる熱分解GC法により, アクリル樹脂のモノマ組成を分析できる。

Fig. 1 Gas chromatogram of a mixture of acrylates and methacrylates. Monomer components of acrylic resins can be analyzed by pyrolysis GC using F. S. C. C.

材高分子の分析にはNMR法, IR法などが用いられるが²⁾, これらの方法で分子種を分析することは難しい。最近, 分子種分析法としてFD(電界脱離)-MS法⁷⁾, およびRPLC(逆相液体クロマトグラフ)法が注目されている⁴⁾。ビスフェノール形エポキシ樹脂のFD-MSスペクトルを図2に示す。複数存在する分子種一つ一つの質量を正確に分析できるため, 分子種分析が容易である。化学構造の類似した化合物が混在し, 分離が困難な場合は2D(二次元)-NMR法⁸⁾の活用が効果的である。ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物(ポリイミド用モノマの一つ)とアニリンの反応生成物の2D-NMRスペクトル(H-Hcosy)を図3に示す。この反応で3種の異性体が生成するため, NMRスペクトルは複雑になる。このような場合, 2D-NMR法を用いればピーク間の相関を解析できるため, 容易に各ピークを同定できる。NMR法は有機化合物の化学構造分析法として有力な方法であり, 分解能の大幅な向上。固体NMR法など新手法の開発⁹⁾によって電子産業用有機材料の組成分析に不可欠なものとなっている。溶剤, 添加剤などの低分子量化合物の分析にはRPLC法・SEC法・NMR法・MS法など多くの分析法が用いられる。例えば, フォトレジストに使用される多官能アクリレート類の分析にはフォトダイオードアレー検出器を接続したRPLC法が用いられる¹⁰⁾。また光開始剤や増感剤はSEC法またはRPLC法で成分を分離後, NMR法やMS法を活用して分析できる。フォトレジスト中の光開始剤の分析例を図4に示す。光開始剤は, 1H-NMRやMSスペクトルからベンゾフェノンであると分析できる。

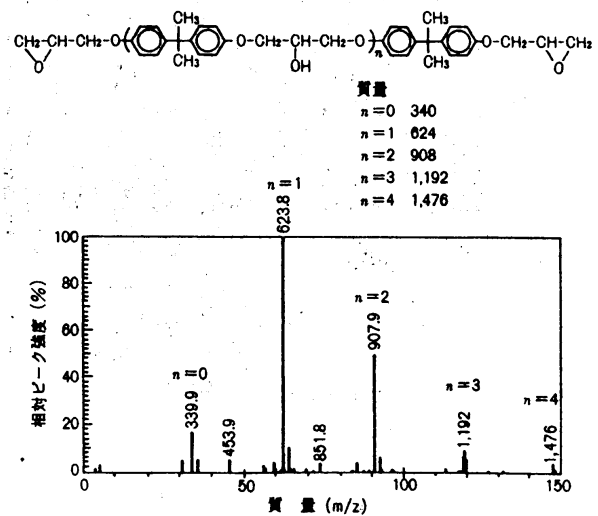


図2 ビスフェノール形エポキシ樹脂のFD-MSスペクトル FD-MS法により, 分子種の混合物を正確に分析できる。

Fig. 2 FD-MS spectrum of bis-phenol epoxy resin. A mixture of molecular species can be accurately analyzed by FD-MS.

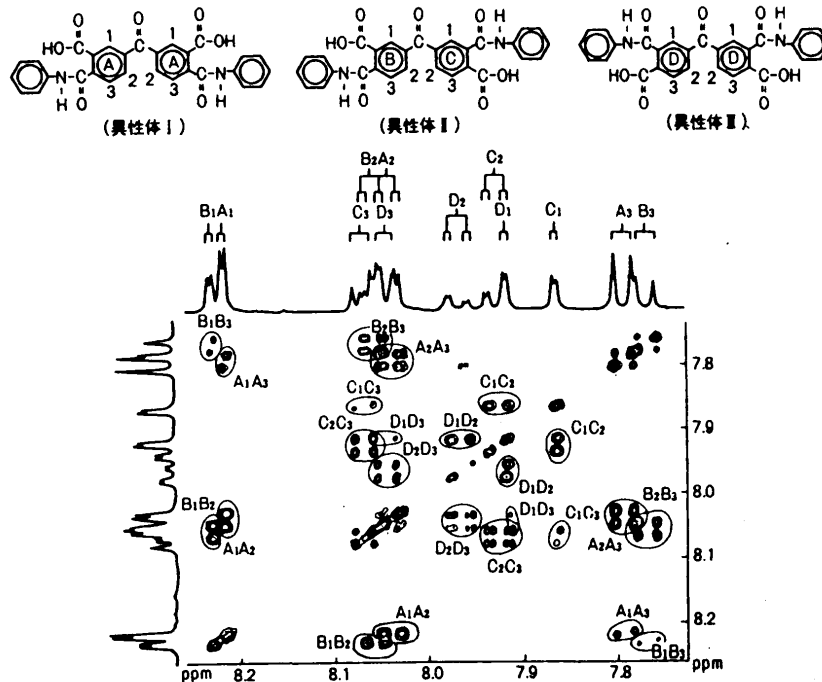
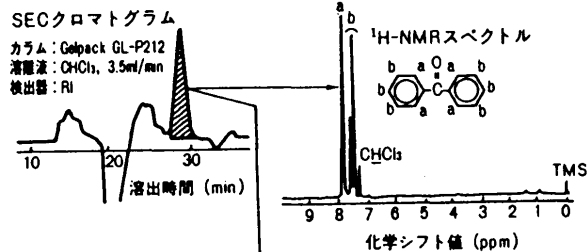


図3 ベンゾフェノンテトラカルボン酸二無水物とアニリンの反応生成物の2D(二次元)-NMRスペクトル(H-H cosy, 400MHz) 2D-NMR法は、複雑なNMRスペクトルの解析に有効活用できる。

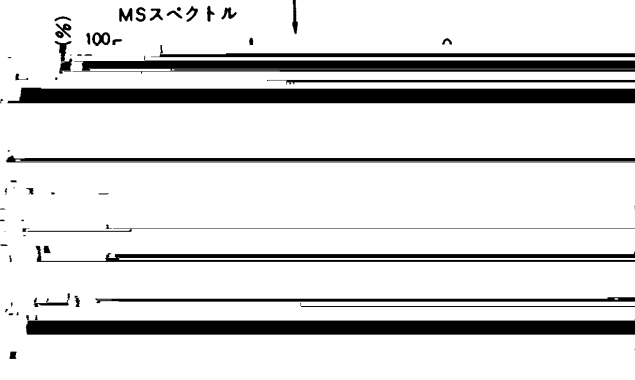
Fig. 3 2D-NMR spectrum of reaction products of benzophenone tetracarboxylic dianhydride with aniline (H-H cosy, 400 MHz).

2D-NMR can be successfully applied to analysis of a complicated NMR spectrum.



[3] 表面および極小部分分析

電子産業用有機材料の実用特性評価には、実装状態での有機材料の表面や極小部分分析技術が必要である。現在用いられている分析法としては、SEM(走査電子顕微鏡)法、EPMA(電子線極小部分分析)法、FT-IR(フーリエ変換赤外)法、XPS(光電子分光)法などがある。SEM法はレジスト像の観察¹¹⁾、封止材表面の観察¹²⁾などに用いられる。EPMA法は微小部(数十nm径)の元素分析が可能のため、添加剤の分散状態の解析などに用いられる¹³⁾。FT-IR法は薄膜(数nm-数μm)の化学構造分析に用いられる。例えば、10μm以下の膜厚のポリイミド膜の熱硬化過程の分析¹⁴⁾、銅板上のポリイミド膜の化学構造分析¹⁵⁾などが可能である。XPS法は試料最表面部(表面から数nm)の元素組成と元素結合状態分析に用いられる¹⁶⁾。例えば、CF₃(トリフルオロメチル)基を測鎖に持つ含フッ素ポリイミド薄膜のXPS法を用いた分析からは、表面部にCF₃基が偏在することが分かる¹⁷⁾。また、ジシロキサン構造を持つポリイミド薄膜のXPS法を用いた分析からはケイ素-炭素結合の耐熱性が炭素-炭素結合の耐熱性よりも劣ることが分かる。ジシロキサン構造を持つポリイミド薄膜のSi2pXPSスペクトルの熱処理後の変化を図5に示す。ケイ素-炭素間結合が分解し、ケイ素の酸化が進行するとピークは高結合エネルギー側にシフトすることからポリイミド薄膜の熱分解過程を分析できる。



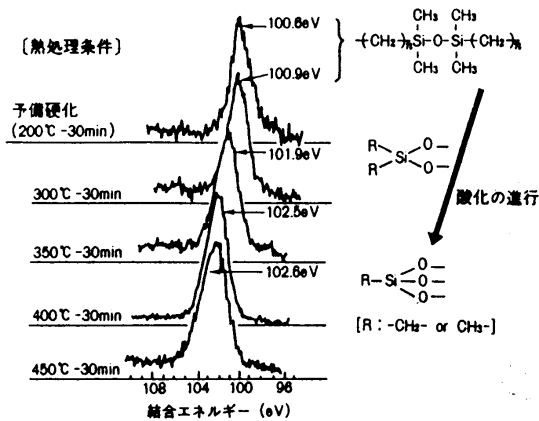


図5 ジシロキサン構造を持つポリイミド薄膜のSi_{2p}XPSスペクトルの熱処理時の変化 ジシロキサン構造を持つポリイミド薄膜の熱処理

〔4〕不純物分析

電子デバイスの耐腐食性や電気特性は、使用される有機材料中のイオン性不純物量に大きく影響されることが知られている。例えば、封止材の成分であるエポキシ樹脂にはエピクロロヒドリンなどの含塩素化合物が使用されることから、残存塩素イオンによる腐食が心配される¹⁸⁾。また封止材中のウランウムやトリウム存在はソフトエラーの原因となる。絶縁膜や保護膜に使用されるポリイミド中の金属イオンは、電気特性を低下させる¹⁹⁾。これらのイオン性不純物や元素は

ppm以下の微量でも問題を起すため、品質管理のためには感度の高い分析技術が必要である。分析法としてはICP-AES(誘導結合プラズマ発光)法²⁰⁾、ICP-MS法²⁰⁾、AA(原子吸光)法²¹⁾、IC(イオンクロマトグラフ)法²²⁾な

どの方法が用いられる。これらの分析法を活用するためには、試料に応じた前処理を行う必要がある²⁾。前処理法と機器分析法を組み合わせることで現在、PPm~PPbの不純物分析が可能であるが、LSIの集積度の高まりにつれて不純物管理濃

度もppb~PPtに移行しており、さらに高感度な分析法の開発が望まれている。不溶性の有機不純物分析には赤外顕微鏡法が用いられる。4~1μm径の不純物のIRスペクトルを測定できるため、混入経路の解明も可能である²³⁾。可溶性の有機不純物分析には組成分析技術がそのまま応用できるが、試料中の量が微量(ppm以下)の場合は分析が難しい。このため、さらに高感度な分析法の開発が望まれる。

〔5〕結言

電子産業用有機材料の分析には、最先端の分析技術が広範囲に用いられている。組成分析では前処理法と機器分析法が併用されており、今後もこの方法が広く用いられると考えられる。表面・微小部および不純物分析では品質管理技術としての分析技術が要求に対応できない場合もあることから、さらに高感度な分析法の開発が望まれる。

参考文献

- 1) 榎原：熱硬化性樹脂 7 208(1986)
- 2) 杉谷：外：熱硬化性樹脂 10 44(1989)
- 3) 八嶋、外：THE TRC NEWS, No. 38, 7(1992)
- 4) C. G. Smith, et al. : Anal. Chem., 63, R11(1991)
- 5) 日本分析化学会高分子分析研究懇談会編：高分子分析ハンドブック(1985)
- 6) 平柳：ぶんせき, No. 12, 1008(1989)
- 7) 斎藤、外：分化, 29, 462(1980), 熱硬化性樹脂, 2, 12(1981)
- 8) K. Ute, et al. : Polym. J. 21, 1027(1989)
- 9) 柘植：熱硬化性樹脂, 11, 11(1990)
- 10) 杉谷、外：分化, 41, 29(1992)
- 11) 橋本、外：日立化成テクニカルレポート, No. 18, 23(1992)
- 12) 市村：日立化成テクニカルレポート, No. 18, 7(1992)
- 13) 佐枝：THE TRC NEWS, No. 36, 10(1991)
- 14) B. Tomson, et al. : Macromolecules, 22, 4166(1989)
- 15) 三浦、外：電子情報通信学会論文誌, J71-C, 1510(1988)
- 16) 中山、外：熱硬化性樹脂, 8, 8(1987)
- 17) B. D. Silverman, et al. : J. Polym. Sci. Part A, 26, 1199(1988)

電子産業用ポリアミド酸分析技術

Analysis Techniques for Polyamic - acids used in the Electronics Industry

杉谷初雄・ Hatsuo Sugitani 深澤正人 Masato Fukasawa 内村俊一郎 Shun'ichiro Uchimura

ポリアミドは耐熱性・電気特性・微細加工性などに優れるため・半導体素子の層間絶縁膜・表面保護膜、液晶表示素子の配向膜などとして電子産業分野で幅広く使用されている。これらのポリアミドの特性は、その前駆体であるポリアミド酸の分子量および化学構造の違いで大きく異なることが知られている。しかし、これらを簡便かつ精度よく分析する技術は確立されていない。そこで、その技術確立を目的に分析法を検討した。その結果、分子量分析技術として、リン酸と臭化リチウムを添加したジメチルホルムアミドを溶離液に用いるサイズ排除クロマトグラフ法を開発した。また化学構造分析技術として、前処理法と織器分析法を併用する技術を開発した。これらの開発技術は、ポリアミドイミドなど他の高分子へ幅広く応用できる。

Polyimides are used for various purposes in the electronics industry, including being used in interlayer insulation and surface protection films for semiconductor devices, and surface alignment layers for liquid crystal displays, because of their superior thermal stability, desirable electrical properties, and stability for micromanufacturing. Their properties are controlled by varying their molecular weight and chemical structure of polyamic-acid, which are precursors of polyimides. There have been no techniques, however to easily and accurately analyze them. We have therefore developed easy and accurate analysis technique,

We determined that the molecular weight could be analyzed by size exclusion chromatography using dimethylformamide with LiBr and H₃PO₄ as the eluent. The chemical structure of polyimide can be analyzed by using selected combinations of pre-treatment methods and analytical instruments. These analysis techniques can be widely applied to the analysis of other polymers, e.g. polyamideimide.

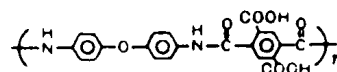
〔1〕 緒 言

電子産業の発展に伴い、関連材料としてのポリアミドの需要も拡大している。ポリアミドは耐熱性、電気特性および微細加工性などに優れるため、半導体素子の層間絶縁膜、表面保護膜¹⁾、液晶表示素子の配向膜などの用途に使用される²⁾。これらのポリアミドの特性は、その前駆体であるPA（ポリアミド酸）の分子量および化学構造の違いで大きく異なる。そのため、PAの分子量および化学構造を明らかにし、ポリアミドの特性を解析することが試みられているが、簡便かつ精度のよい分析技術が確立されていないため、正確な解析が難しい。そこで、PAの分子量および化学構造を簡便かつ精度よく分析する技術の確立を目的に検討を行った。

〔2〕 実験方法

（1）モデルPAの合成

DDE（4,4'-ジアニソジフェニルエーテル）とPMDA（ピロメリット酸二無水物）から成るポリアミド酸を常法に従って、DMF（ジメチルホルムアミド）中で合成した。合成したPAの化学構造を以下に示す。



（2）SEC（サイズ排除クロマトグラフ）法

実験に用いた装置は日立製作所製高速液体クロマトグラフ635A形であり、ピークの検出には270nmのUV波長を用いた。なお使用カラムは当社製GelpackGL-S300MD（カラムサイズ：8.0mmX300mm）でこれを2本使用した。溶離液にLiBr（臭化リチウム）およびH₃PO₄（リン酸）を添加したDMFを使用した。分析条件の検討には、試料として（1）項に記載のモデルPAを使用した。

（3）HBr（臭化水素酸）分解

ポリアミド20mgと47% HBr水溶液3mlを耐圧容器に入れ、160℃で10時間加熱してポリアミドを分解した。分解終了後、耐圧容器を冷却し、分解物を分離して分析用試料とした。

（4）機器分析

溶媒抽出やHBr分解などの前処理を行った試料について

当社 茨城研究所

当社山崎工場

NMR (核磁気共鳴) 分析, RPLC (逆相クロマトグラフ) 分札 GC (ガスクロマトグラフ) 分析などの機器分析を行った。

〔3〕結果と考察

(1) 分子量分析技術

PAの分子量分析には, 一般に粘度法が用いられる⁴⁾。しかし, この方法は時間がかかること, 分子量分布が分析できないことなどの欠点があり, 一般性に欠ける。そこで分子量分析法として評価の高いSEC法の適用も試みられているが成功していない。例えば, P. P. NefedovらはDMFを溶離液とするSEC法でPAの分子量分析を行ったが, 精度に欠けることを報告した⁵⁾。この理由をP. P. Nefedovらは, PAがDMF中で電解質として挙動するためと推測した。一方, 曽根らはPAと同様に電解質性を示すPAI(芳香族ポリアミドイミド)の電解質発現機構を解析し, PAIの電解質性は分子中に存在するカルボキシル基の解離が原因であると報告した⁶⁾。そこで筆者らは, PA中のカルボキシル基の解離を抑制すればSEC法がPAの簡便かつ精度の高い分子量分析技術になると考え検討した。はじめにPA中のカルボキシル基がDMF中で解離することを確認した。図1にはポリスチレン(電解質性を示さない高分子の一例)およびモデルPAの濃度と還元粘度 η_{sp}/C の関係(DMF中, 30°C)を示す。モデルPAの η_{sp}/C は溶液濃度の低下に伴って急激に増大する。この現象は電解質に特有なものであり, 電界したカルボキシル基間との反発による見掛け分子量の増大が原因である。そこで, カルボキシル基の解離を抑制する効果があると言われるLiBr⁷⁾およびH₃PO₄をDMFに添加し, その添加効果を検討した。SEC法に使用したカラムの性能は, 分子量の異なる単分散ポリスチレンの混合試料を用いて確認し

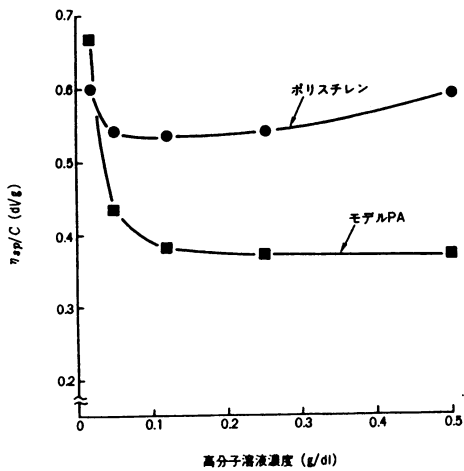


図1 ポリスチレンおよびモデルPAの濃度と η_{sp}/C の関係 (DMF中, 30°C) モデルPAの η_{sp}/C は, 溶液濃度が低下すると急激に増大する。この現象は電解質に特有なものである。

Fig. 1 Relationship between polystyrene and model PA concentration and η_{sp}/C (in DMF, 30°C) The η_{sp}/C of model PA rapidly increase as the PA concentration decrease. This phenomenon is peculiar to electrolytes.

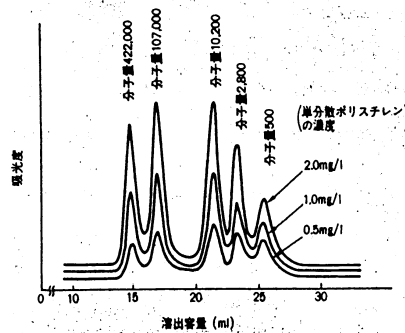


図2 単分散ポリスチレン混合試料のSECクロマトグラム (溶離液: 0.06mol/l LiBrを含むDMF) 単分散ポリスチレンが分子量順に溶出し, サイズ排除による分離が確認できる。

Fig. 2 SEC chromatograms of mono-dispersed polystyrenes (eluent: DMF with 0.06mol/l LiBr) Separation by size exclusion can be confirmed by the elution order of the mono-dispersed polystyrenes.

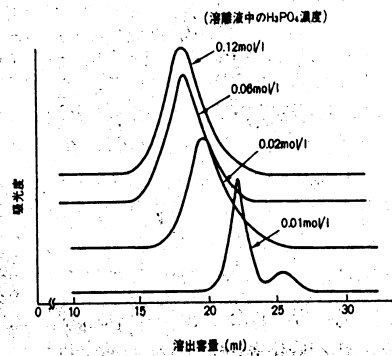


図3 DMF中のH₃PO₄濃度とモデルPAのSECクロマトグラム モデルPAのSECクロマトグラムは, DMF中のH₃PO₄濃度が変化すると流出容量やピーク波形が変化する。

Fig. 3 Relationship between H₃PO₄ concentrations in DMF and model PA SEC chromatograms. Model PA SEC chromatograms have different elution volumes and peak shapes as the H₃PO₄ concentration in DMF is changed.

た。単分散ポリスチレンのSECクロマトグラムを図2に示す。単分散ポリスチレンが分子量順に溶出し, サイズ排除による分離が精度よく行われていることが確認できる。一方, モデルPAの場合はLiBrおよびH₃PO₄を単独にDMFに添加しても精度のよいクロマトグラムは得られなかった。一例としてDMF中のH₃PO₄濃度とモデルPAのSECクロマトグラムの関係を, 図3に示す。H₃PO₄濃度が変化するとモデルPAのSECクロマトグラムの溶出容量およびピーク波形が変化し, 分析精度が低下する。これらの結果はLiBrおよび

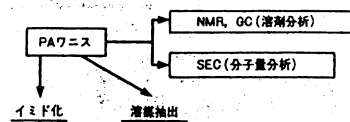
H₃PO₄ を単独使用してもカルボキシル基の解離を完全に抑制できないことを示している。そこで、次に両者の併用について検討した。その結果、LiBr および H₃PO₄ をそれぞれ 0.03 - 0.12 mol / ml の濃度範囲で添加した DMF を溶離液として使用すれば、精度のよい PA の SEC クロマトグラムが得られることがわかった。LiBr および H₃PO₄ の濃度とモデル PA の SEC クロマトグラムの関係を図 4 に示す。SEC クロマトグラムの再現性がよいため、クロマトグラムから算出される数平均分子量 M_n 、重量平均分子量 M_w および分散度 M_w/M_n などの分子量関連値も精度良く求められる。モデル PA のポリスチレン換算分子量は $M_n = 15,000$, $M_w = 40,000$, $M_w/M_n = 2.67$ と判明した。電子産業用として市販されている PA へ本法を適用した結果を図 5 に示す。

sp/C 値の違いが分子量および分子量分布の違いに帰因することがわかる。

(2) 化学構造分析技術

一般に PA の化学構造分析には NMR、IR、GC などの機器分析法が用いられるが、入手した PA ワニスをそのまま分

析しても複雑な化学構造を精度よく分析することはできない³⁾。そこで、溶媒抽出、HBr 分解および各種機器分析法を組み合わせた新しい化学構造分析技術の開発を検討した。開発した分析技術を図 6 に示す。溶剤はワニスの NMR 分析および GC 分析を行えば精度よく分析できる。分子量は前項に記した SEC 法で分析できる。PA の酸およびアミン成分は PA をイミド化後、HBr 分解し、この分解物について NMR 分析を行えば分析できる。一例として HBr 分解前後の市販 PA の ¹H-NMR スペクトルを図 7 に示す。HBr 分解後の芳香環水素のスペクトルは分解前に比べ単純化されるため、分析が容易になる。分析の結果、この市販 PA は DAM (ジアミノジフェニルメタン) と BTDA (ベンゾフェノンテトラカルボン酸) から成ることがわかった。



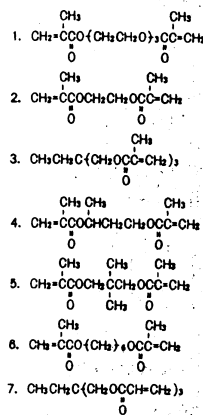
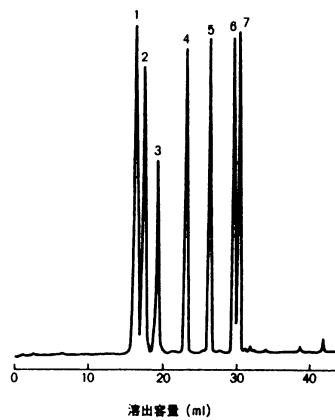


図8 光硬化性モノマの RPLC クロマトグラム [カラム : Intersil ODS ϕ 4.6mm \times 150mm, 溶離液 : アセトニトリル/水 = 30/70 (V/V) \rightarrow アセトニトリル 100 (V), 60分直線グラジエント, 流速 : 1.0ml/min, 検出 : 210nm]

感光性 PA 中の光硬化性モノマは, RPLC で分析できる。

Fig. 8 RPLC chromatogram of photocurable monomers (column: Intersil ODS ϕ 4.6mm \times 150mm, eluent: acetonitrile / water = 30/70 (v/v) \rightarrow acetonitrile 100 (V), 60min linear gradient, flow rate : 1.0ml/min)

Photocurable monomers in photosensitive PA can be analyzed by using RPLC.

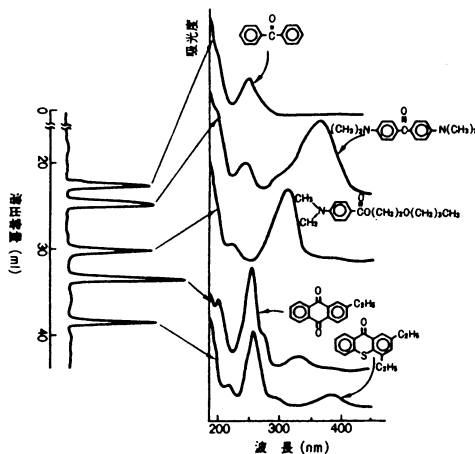


図9 光開始剤および増感剤の RPLC クロマトグラムと UV スペクトル (測定条件 : 図8 と同じ) 感光性 PA 中の光開始剤および増感剤は, RPLC で分析できる。

Fig. 9 RPLC chromatogram and UV spectra of photoinitiators and sensitizers (operating conditions: same as Fig. 8).

Photoinitiators and sensitizers in photosensitive PA can be analyzed by using RPLC.

次に, 近年, 積極的に開発が行われている感光性 PA¹¹⁾ の分析法について検討した。その結果, 感光性 PA に含まれる光硬化性モノマ, 光開始剤および増感剤をフォトダイオード検出器付き RPLC で分析する技術を確認した。代表的な光硬化性モノマ7種の RPLC クロマトグラムを図8に示す。溶出容量およびピーク強度から各成分を同定し, 定量できる。また代表的な光開始剤および増感剤の RPLC クロマトグラムならびに UV スペクトルを図9に示す。フォトダイオード検出器を使用すれば, 分離した各成分ピークの UV スペクトルを測定できるため, 分析精度を向上できる。

[4] 結 言

電子産業用有機材料の一つとして注目され, その用途が拡大しているポリイミドの前駆体であるポリアミド酸の分子量および化学構造を, 簡便かつ精度よく分析できる技術を開発した。開発した技術は, ポリアミドイミドなど他の高分子へ幅広く応用できる。有機材料の高機能化に伴い, キャラクターゼーション技術の向上に対する要望はますます高まっていることから, 今後もこの要望にそって技術開発を進める予定である。

参考文献

- 1) 牧野 : 日立化成テクニカルレポート, No. 7, 7(1986)
- 2) 島村, 外 : 電子材料, No. 11, 38(1991)
- 3) 杉谷, 外 : 熱硬化性樹脂, 10, No. 3, 44(1989)
- 4) C.E. Scroog : J. Polym. Sci., Mac. Rev., 11, 161(1976)
- 5) P.P. Nefedov, et al. : Vysokomol Soedin, Ser. A, 943 (1981)
- 6) 曾根, 外 : 高分子論文集, 45, 895(1988)
- 7) N.D. Hann : J. Polym. Sci., Polym. Ed., 15, 1331(1977)