



Title	窒素・酸素を含む有機化合物の熱処理による強磁性発現
Author(s)	荒木, 久; 魯, 永培; 吉野, 勝美
Citation	電気材料技術雑誌. 1992, 1, p. 27-34
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/81543">https://hdl.handle.net/11094/81543</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

# 窒素・酸素を含む有機化合物の熱処理による強磁性発現

荒木 久、魯 永培、吉野 勝美

大阪大学 工学部電子工学科  
〒565 吹田市山田丘 2-1

Ferromagnetic Behavior of Pyrolyzed Organic Compounds Containing Nitrogen and Oxygen  
Hisashi Araki, Young Bae Roh and Katsumi Yoshino  
Department of Electronics, Faculty of Engineering, Osaka University  
2-1 Yamada-Oka, Suita, Osaka 565

Organic magneto-active material containing nitrogen and oxygen was found in the products prepared by pyrolysis of guanine (G) or the mixture of 2,4,6-triphenoxy-1,3,5-triazine (TPTA) and o,m,p-phenylenediamine (PDA), benzoguanamine (BG) or melamine (M). The content of magneto-active components was largest in the samples pyrolyzed at a relatively low temperature 600~700°C. Magnetization-magnetic field curves in those components exhibited hysteresis at room temperature, confirming an inclusion of ferromagnetic components. The largest value of saturation magnetization (2.3 emu · G/g) has been obtained in the sample of pyrolyzed G. Fraction of ferromagnetic spin in those components, however, is relatively low compared to that of paramagnetic or ferrimagnetic spin. The origin of ferromagnetism in those molecular structures is tentatively interpreted in terms of parallel spin orientation of nitrogen or oxygen radicals.

キーワード：有機磁性体、磁化曲線、飽和磁化、電子スピン共鳴、磁化率、熱処理有機化合物

## 1. はじめに

従来、磁石となる材料としては遷移金属元素や希土類元素を含む無機物質に限られてきた。原子に局在するd電子やf電子のスピンの磁気モーメントがこれらの物質の磁性の担い手とみなされる。所が、ここ数年の間に有機物質においても強磁性的挙動を示したという報告が相次いでおり、有機磁性材料が俄に注目を浴びるようになった。この有機化合物の場合には、その磁性の担い手はC、H、N、Oを主要元素とする分子或は高分子であるという特徴がある。本来有機化合物は閉殻電子構造を持ち、磁氣的に不活性な反磁性を示すものが殆どであるが、反応中間体であるラジカルと称する磁気活性物質の存在も僅かながら認められてきた。例えば、スピンラベルやスピンプローブ用

子のキャリアの供給源として働くパウリ常磁性ラジカル等である。しかしながら、これらのラジカルの大半は二重項と称する電子状態を持ち、磁性的にはキュウリー則に従う常磁性体である。

有機物質を強磁性材料として機能させるためには、分子全体として磁気モーメントを持たせることが必要であるが、それには構成単位である有機分子中にまず安定な有機ラジカルを作り出し、更にそのラジカルの電子スピンと隣の有機分子中のラジカルの電子スピンとの間に強磁性的スピン秩序が保てるように交換相互作用させなければならない。

このような有機磁性体を実現する方法としては、強磁性的スピン秩序を持った有機分子・高分子を設計し、化学的に合成しようとする正統的な方法と、それとは逆に、Ovchinnikovの例のように、有機化合物の熱処理、重合等によって、強引とも

思える手段でともかく強磁性物質を得ようとする方法がある。

後者の例としては、Ovchinnikovのポリ-BIPO<sup>(1)</sup>や熱処理PAN<sup>(2)</sup>及びTorranceらのトリアミノベンゼンポリマーのヨウ素付加体<sup>(3)</sup>などにおける強磁性の観測がある。更に、大谷らのCOPNA（縮合多環多核芳香族）樹脂、<sup>(4)</sup>溝上らのアダマンタン熱CVD生成物、<sup>(5)</sup>村田らの活性炭担持熱処理ポリ塩化ビニルや活性炭担持熱処理PAN<sup>(6)</sup>等がそれぞれ強磁性の挙動を示すと報告されている。しかしながら、これらの作成条件は、必ずしもまだ確立されていないので、生成物中での磁石感应部分の含有率は低く、また概して再現性は良くない。従ってこの種の材料の入念な物性測定はまだ殆ど手がつけられていない。

筆者らは最近いくつかの含窒素・酸素有機化合物を熱処理する事により、強磁性の挙動を示す物質を再現性よく得ることに成功した。<sup>(7)-(12)</sup>本小文では、それら化合物の単独または混合物の熱処理生成物の磁性について、筆者らが行ってきた研究を述べる。

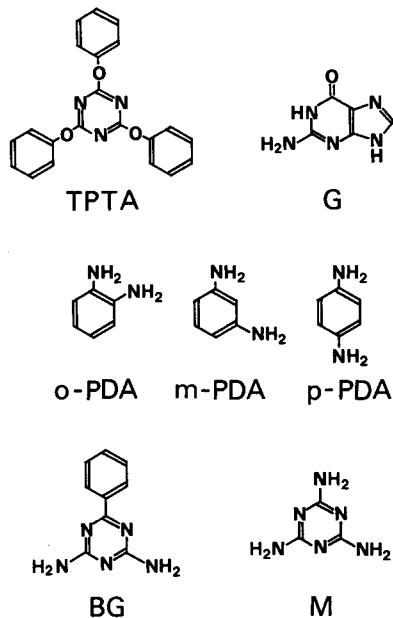


図1 2,4,6-トリフェノキシ-1,3,5-トリアジン(TPTA)、グアニン(G)、フェニレンジアミン(PDA)、ベンゾグアナミン(BG)、メラミン(M)の分子構造

Fig. 1. Molecular structures of 2,4,6-triphenoxy-1,3,5-triazine (TPTA), guanine (G), phenylenediamine (PDA), benzoguanamine (BG) and melamine (M).

## 2. 試料の作成法

原料として用いた含窒素・酸素有機化合物は、2,4,6-トリフェノキシ-1,3,5-トリアジン(TPTA)、フェニレンジアミン(PDA)、ベンゾグアナミン(BG)、メラミン(M)、グアニン(G)等であるが、それらの分子構造を図1に示す。これらの化合物のうち、TPTA、TPTA/PDA、TPTA/BG、TPTA/M、G等の単独または混合物の熱処理生成物からは、磁石感应物質が得られたが、PDA、BG、M等は単独で熱処理してもその様な物質は得られなかった。

熱処理するには、原料物質2.5gを石英ボートに入れAr雰囲気下で400~1100°Cで90分加熱を行った。光沢をもった堅い黒色固形状の熱処理生成物がボート内に残る(原料の30%以下)が、そこから数%以下程度の磁気活性成分が磁石選別によって得られる。これらの生成物は全て溶媒には不溶であった。試料中の不純物として、遷移金属について原子吸光分光分析を行ったが、測定感度(0.5 ppm)内では存在が認められなかった。

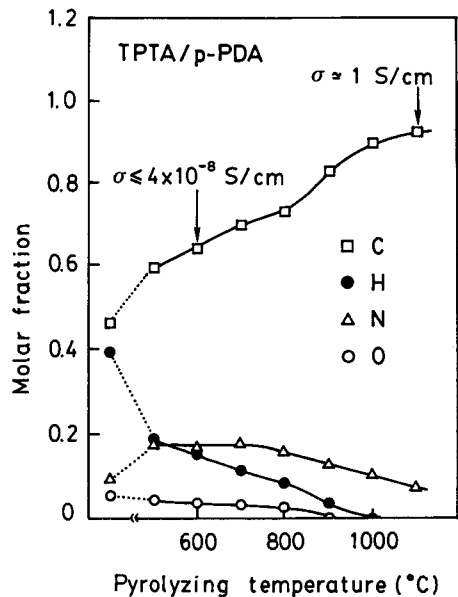


図2 TPTAとPDAの混合物(混合モル比1:1)の熱処理生成物におけるC、H、N、O元素組成の処理温度に対する変化

Fig. 2. The change of molar fraction of elements C, H, N and O in the products prepared by pyrolysis of the mixture of TPTA and PDA (mixture molar ratio 1:1), as a function of the pyrolyzing temperature.

### 3. 各種熱処理生成物の性質

#### < 3. 1 > TPTA/PDA 混合物の熱処理生成物

TPTA と PDA を適当な比率で混合し熱処理した場合、生成物中に含まれる磁気活性成分の割合、生成物の組成、ESR信号等は熱処理温度に強く依存する。磁気活性成分の割合は、600°C程度の比較的低温での処理の場合に、最も多いことがわかった。図2に示すように、生成物組成中のHやOの減少は、500°Cから始まるが、Nの脱離は、700~800°C以上で始まる。これより磁気活性化の起源には、窒素Nの保存と、水素の脱離が大きく寄与していることが推察される。

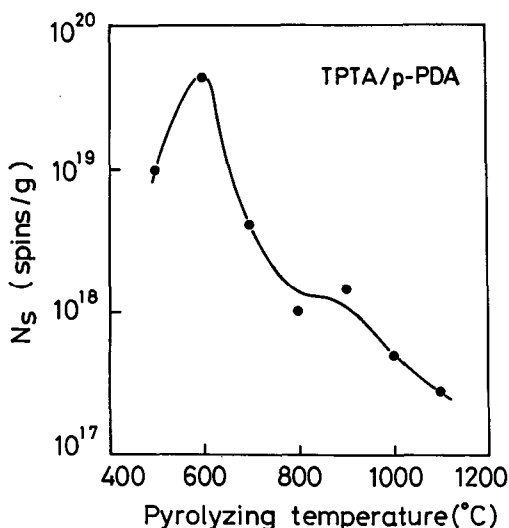


図3 TPTA と p-PDA の混合物(混合モル比1:1)の熱処理生成物のスピン濃度の熱処理温度依存性

Fig. 3. Pyrolyzing temperature dependence of spin concentration in the products prepared by pyrolysis of the mixture of TPTA and p-PDA (mixture molar ratio 1:1).

ESRから評価したスピン濃度 ( $N_s$ ) を各種熱処理温度に対してプロットすると、図3に示す様に600°Cで極大点が現われる。そこでは  $4 \times 10^{19}$  spins/g というかなりのスピン濃度が実現されている事がわかるが、この温度は磁気活性物を最も多量に与える温度とよく一致している。

PDAには、オルト(o)、メタ(m)、パラ(p)の3つの異性体があるが(図1参照)、この3つの異性体(o-PDA、m-PDA、p-PDA)とTPTAを混合した場合に、それらの600°C熱処理生成物中の

表1 TPTA と o-PDA, m-PDA, p-PDA の混合物の600°C熱処理生成物のスピン濃度

Table1. Spin concentration of the products prepared by pyrolysis of the mixture of TPTA and o-PDA, m-PDA or p-PDA at 600°C.

Sample	$N_s$ (spins/g)
TPTA/o-PDA	$6.7 \times 10^{17}$
TPTA/m-PDA	$1.2 \times 10^{19}$
TPTA/p-PDA	$1.2 \times 10^{18}$

磁気活性成分のスピン濃度を表1に示す。m-PDAとの混合物が最高のスピン濃度を与える事がわかる。また、磁気活性物の量もm-PDA、p-PDAを用いた場合の方が、o-PDAを用いた場合よりも多かった。この様に磁氣的性質には明確な異性体効果が存在する。

磁性体中でのスピンの秩序状態は、磁化率の温度依存性を調べることによってある程度推定できる。上述した3つの異性体生成物の磁気活性化成分について、ESRからそれらの磁化率 ( $x$ ) の評価を行った。これらの磁化率には、反磁性成分

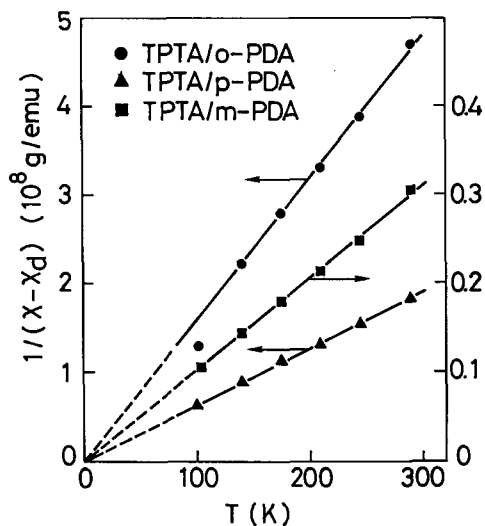


図4 TPTA と o-PDA, m-PDA, p-PDA の混合物における磁化率逆数の温度依存性  $x_d$  は磁化率  $x$  の反磁性成分で、o-PDA, m-PDA, p-PDA の試料の  $x_d$  は  $x$  対  $1-T$  プロットの切片から夫々  $-0.75$ ,  $-8.4$ ,  $-3.0 \times 10^{-9}$  emu/g と決定された

Fig. 4. Temperature dependence of inverse magnetic susceptibility in the mixture of TPTA and o-PDA, m-PDA, or p-PDA at 600°C, in which  $x_d$  denotes diamagnetic components in magnetic susceptibility  $x$  of those samples. The values of  $x_d$  were determined to be  $-0.7$ ,  $-8.4$  or  $-3.0 \times 10^{-9}$  emu/g for the samples of o-PDA, m-PDA or p-PDA.

( $x_d$ )が含まれるが、 $x_d$ の値は、 $x$ の $1/T$ プロットの外挿点から見積ることができる。 $x - x_d$ の逆数を $T$ に対してプロットすると図4に示す様になり、見かけ上これらの試料は全て常磁性体として振舞っているといえる。これらの直線の傾きから、*o*-PDA、*m*-PDA、*p*-PDAの試料における常磁性体粒子のスピ量子数を見積ると、夫々1.4、1.2、1.7となり、 $1 \sim 2$ 程度の低スピン状態であることがわかる。

従ってESRで検出されるスピンの殆どは、この常磁性的なスピンの寄与によるものであり、常温で観測される強磁性的な秩序をもったスピンの占める割合はかなり小さいものと考えられる。

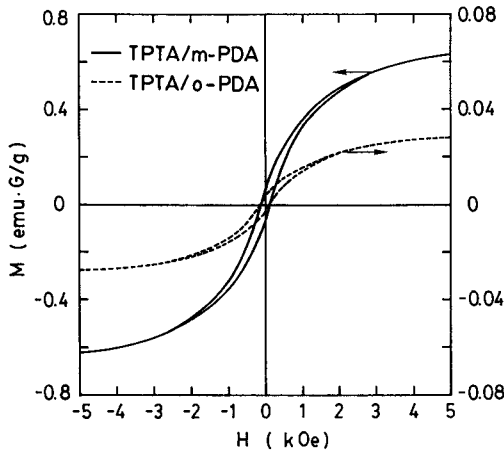


図5 TPTAと*o*-PDA、*m*-PDAの混合物の600°C熱処理生成物の室温での磁化曲線

Fig. 5. Magnetization curve, measured at room temperature, of the products obtained by pyrolysis of the mixture of TPTA and *o*-PDA or *m*-PDA at 600°C.

これらの磁気活性物質の磁化 ( $M-H$ ) 曲線を測定すると、室温でも明瞭なヒステリシスが現われる事が明かとなった。図5はその例である。この図から *m*-PDA の場合に最も大きい磁化が得られ、メタ異性体が一番効果的であることがわかる。 $M-H$  曲線から評価される飽和磁化 ( $M_s$ )、残留磁化 ( $M_r$ )、抗磁力 ( $H_c$ ) の値を表2に纏めて示す。 $\alpha$  鉄の飽和磁化は  $215 \text{ emu} \cdot \text{G/g}$  であるから、TPTA/*m*-PDA の場合に得られた  $0.6 \text{ emu} \cdot \text{G/g}$  なる値は、まだかなり小さいが、活性炭担持熱処理 COPNA 樹脂<sup>(13)</sup>で報告されている値と同程度で

表2 TPTAと*o*-PDA、*m*-PDA、*p*-PDAの600°C熱処理生成物の飽和磁化 $M_s$ 、残留磁化 $M_r$ 、抗磁力 $H_c$ の室温での値

Table2. The values of saturation magnetization  $M_s$ , residual magnetization  $M_r$  and coercive force  $H_c$  measured at room temperature, of the products obtained by pyrolysis of the mixture of TPTA and *o*-PDA, *m*-PDA or *p*-PDA at 600°C.

Sample	$M_s$ ( $\text{emu} \cdot \text{G/g}$ )	$M_r$ ( $\text{emu} \cdot \text{G/g}$ )	$H_c$ (Oe)
TPTA/ <i>o</i> -PDA	$2.7 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-3}$	121
TPTA/ <i>m</i> -PDA	$6.2 \times 10^{-1}$	$6.7 \times 10^{-2}$	125
TPTA/ <i>p</i> -PDA	$5.2 \times 10^{-1}$	$3.7 \times 10^{-2}$	98

ある。強磁性には、窒素ラジカルのスピンの寄与しすると仮定すれば、組成分析値と $M_s$ 値を用いて窒素原子1個当りのスピンの数を見積る事が出来る。実際にこの計算を試みた所、スピンの数はまだ極めて小さく、オルト、メタ、パラ PDA 異性体に対して、夫々 $0.2$ 、 $6$ 、 $5 \cdot 10^{-3} \text{ spins/N atom}$ 程度の値しか得られていない。

熱処理生成物質のC、H、N、O等の組成比は元素分析の測定からわかっているが、それと一致するような分子構造は厳密には決定できていない。置換メラミン型耐熱性高分子の合成反応において、2-フェニル-4, 6-ジフェノキシトリアジン (PDPT: この分子は、TPTA 中の1個のフェノキシをフェニル基で置換したもの) と PDA の混合物を加熱 ( $240^\circ\text{C}$ ) し、フェノールを除去すると軟化点 $280^\circ\text{C}$ をもつ高分子が生成されることが知られている。この反応から類推して、TPTA と PDA の混合物の場合にも、同程度の温度での加熱により、フェノキシを側鎖に持った分子・高分子の生成が唆される。この分子・高分子を $600^\circ\text{C}$ 程度の高温度で加熱すると、トリアジン中の窒素や鎖上の窒素は元の状態で保持されたまま、鎖上のNH基からHが脱離して窒素ラジカルが作られ、生成物の一部には、図6に示す様な構造の分子が含まれるようになるかと推察できる。複数個のラジカルを担持した共役連鎖では、 $\pi$  共役系を通してスピン整列が可能であり、それらの整列の可否は、その構造中でのラジカル同志の相対的な配置関係によって決定される。スピン分極とスピン非局在化の理論的考察によると、図6に示した $\pi$  共役系交互炭化水素分子では、スピンは全て平行配列となり、メタ異性体において最も高スピン状態が得られると期待されるが、これは磁化に関する PDA

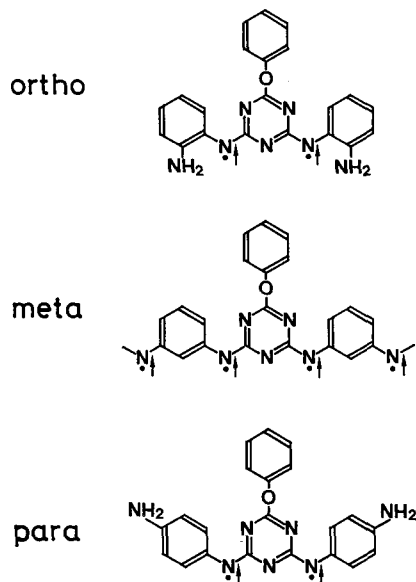


図6 TPTA と o-PDA, m-PDA, p-PDA の熱的反応生成物の分子構造のモデル図

Fig. 6. Models for molecular structure of products obtained by pyrolytic reaction of TPTA and o-PDA or m-PDA or p-PDA.

異性体の実験結果ともよく一致する。

具体的な生成物の分子構造、高次構造は明らかではないが、窒素ラジカルスピンの平行配列した一種のクラスター状のものが、先に述べたような高密度のランダムなスピンの海に島のように存在し、それらは交換相互作用しながら、全体として磁気モーメントを発現しているものと思われる。

### < 3. 2 > TPTA/BG, TPTA/M 混合物及び G の熱処理生成物

上の副表題に示すような含酸素・窒素化合物の多様な組み合わせの場合においても、熱処理により磁気活性物質が得られることが明らかとなった。これらの生成物中の磁気活性成分の割合、生成物の組成、E S R 信号等は、TPTA/PDA の場合と同様、熱処理温度に強く依存する。

例えば、TPTA/BG 熱処理生成物の組成変化は、図7に示す通りであるが、750°C付近までは、C、H、Oの組成変化はTPTA/PDAの場合よりやや緩やかである。500°C以下では、HやOの脱離は起こるが、Nの脱離は起こらない。500~750°Cでは、Nを始めとしてH、C、Oとも組成変化は余り著しくないが、750°C以上では、C以外の他の全ての

元素の強い減少が始まる。一方、生成物中の磁気活性成分は、600~700°Cの熱処理温度で最も多量に見い出されたが、上述した組成変化を照合する

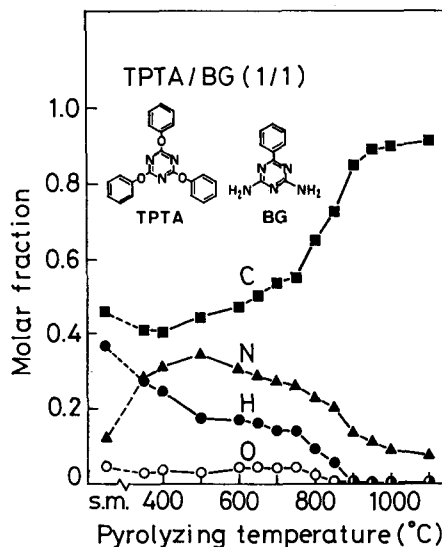


図7 TPTA と BG の混合物(混合モル比1:1)の熱処理生成物におけるC、H、N、O元素組成の処理温度に対する変化

Fig. 7. The change of molar fraction of elements C, H, N and O in the mixture of TPTA and BG (mixture molar ratio 1:1), as a function of the pyrolyzing temperature.

と、強磁性的な振舞いには、やはり窒素Nが大きく寄与しているように思われる。

強磁性体を作成するのに、この熱処理を用いる手法は、生成物の分子構造を決定しにくいのが難点の一つであるが、上述した生成物の組成の値と、その変化の特徴を考慮しながら、ある二三の処理温度で得られる生成物について、それらの分子構造を推論してみる。図8の分子1は、TPTAとBGの熱反応によって生成される耐熱高分子の構造であるが、これは300°C程度かそれ以下の処理温度での生成物において期待される。分子2は、分子1からフェニル基が除去されたものであるが、 $n > 7$ をみたす鎖長の高分子の組成は、350°C処理生成物の組成値とかなり良く一致する。分子3は、分子2中のNH基からHが脱離して、窒素ラジカルが生ずる際に得られる構造であるが、 $n > 3$ をみたす鎖長の高分子の組成は、600°C処理生成物の組成の値と良く一致する。前述した場合と同様な理論的考察から、この分子3の構造内に坦持された

窒素や酸素のラジカルスピンは、やはり平行配列になると期待される。従ってこの分子3の構造は、強磁性を示す実験結果を説明するのに適している。

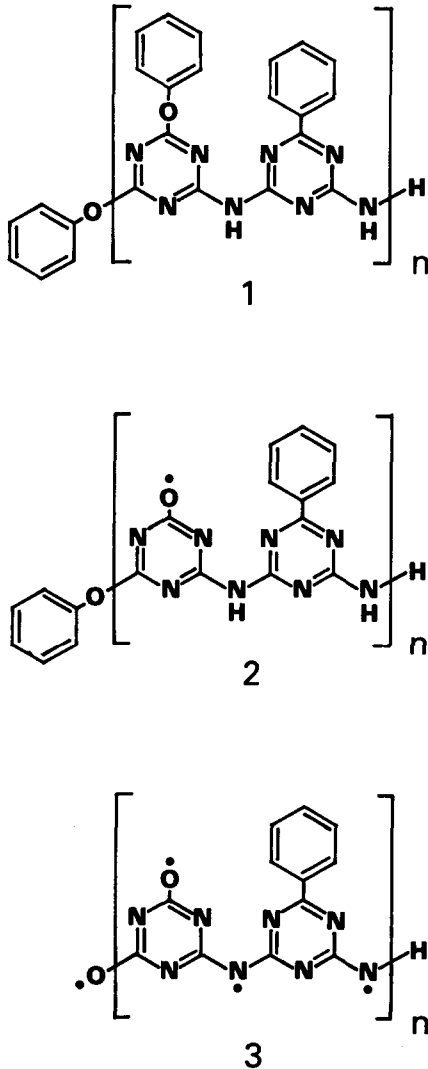


図8 TPTAとBGの熱処理温度  
(1)233~300°C、(2)350°C、(3)600°Cでの熱的  
反応生成物の分子構造のモデル図

Fig. 8. Models for molecular structure of the products obtained by pyrolytic reaction of TPTA and BG at (1) 233~300°C, (2) 350°C and (3) 600°C.

TPTA/BG (混合モル比1/1)の熱処理生成物のスピンドウは、図9に示すように処理温度に強く依存するが、700°Cでは $10^{20}$ spins/gにも達しようと

する高いスピンドウが実現される。この様なスピンドウの変化は、前述した分子モデル構造と対応

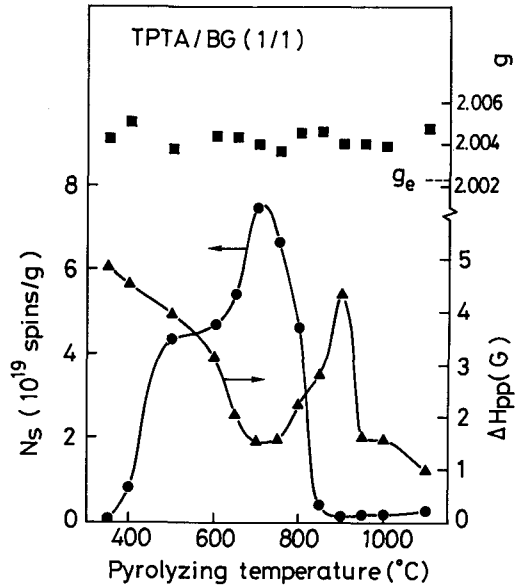


図9 TPTAとBGの混合物(混合モル比1:1)の熱処理生成物のスピンドウの熱処理温度依存性 (ESR信号の最大傾斜幅 $\Delta H_{pp}$ やg因数の変化も同図に示す)

Fig. 9. Pyrolyzing temperature dependence of spin concentration in the products prepared by pyrolysis of the mixture of TPTA and BG (mixture molar ratio 1:1), with those of the peak-to-peak linewidth  $\Delta H_{pp}$  and g factor in the ESR line.

させることによって次の様に解釈することができる。350°C付近から現われる低いスピンドウは、分子2の酸素ラジカルスピンドウ、500~600°Cと700°Cで生ずる高いスピンドウは、窒素と酸素のラジカルスピンドウからの寄与と推察される。また、750°C以上におけるスピンドウの強い減衰はこれらのラジカルの熱的な消滅によって引き起こされると考えられる。

600°C処理によって得られる磁気活性物質について、磁化率の逆数の温度依存性を図10に示す。TPTA/BG試料の特性は単純にキュリー則に従う。つまり、この試料の磁化率には、反磁性成分は含まれていない。この特性から常磁性スピンドウの量子数を見積ると1.2という低い値が得られ、この常磁性部分は、低スピンドウ状態の分子の集まりであるとみなすことが出来る。この試料の強磁性発現の源は、高スピンドウ状態をもつ分子からなるクラスターであると推察される。TPTA/MやGの試料

の場合は、直線の外挿と横軸との切片は負である。従って、これらの試料はフェリ磁性（または反強磁性）的な部分を持っていると考えられる。

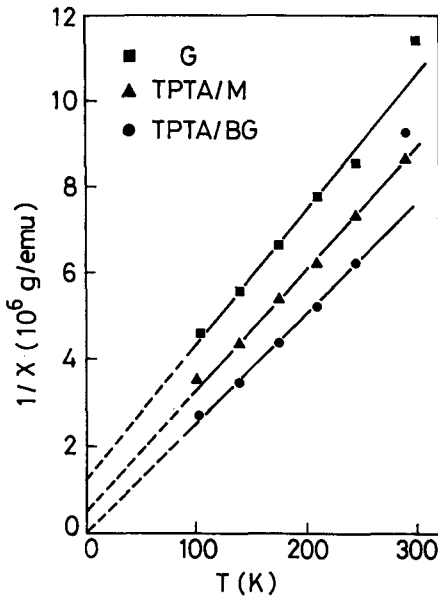


図10 G, TPTA, と M の混合物、TPTA と BG の混合物(混合モル比1:1)の600°C熱処理生成物における磁化率逆数の温度依存性

Fig. 10. Temperature dependence of inverse magnetic susceptibility in the products obtained by pyrolysis of G and the mixture of TPTA and M or BG (mixture molar ratio 1:1) at 600°C.

600°C処理で得られた磁気活性物質に対する磁化曲線の室温での側定例を図11に示す。これらの特性は、明瞭なヒステリシスを描いており、これらの試料は全体として磁気モーメントを持っていることを立証している。この図はまた、TPTA/BGとTPTA/Mの試料の規格化磁化曲線(M/M<sub>s</sub>-H)の形状が、同一であることを示しているが、前述の分子モデル構造から推定して、両者の分子中でのスピンの配置は全く同一であるとみなされるから当然の帰結である。

磁化特性から評価される磁化に関するパラメータの例を表3に示す。現在の所、飽和磁化に関する限り、グアニンの熱処理物質から最も高い2.3 emu・G/gという値が得られたことを指摘しておく必要がある。また表3には、スピン濃度の値も併記しておく。

表3 TPTA と BG, M の混合物や G の熱処理生成物の飽和磁化M<sub>s</sub>、残留磁化M<sub>r</sub>、抗磁力H<sub>c</sub>の室温における値

Table3. The values of saturation magnetization M<sub>s</sub>, residual magnetization M<sub>r</sub> and coercive force H<sub>c</sub> measured at room temperature, of the products obtained by pyrolysis of the mixture of TPTA and BG or M and G.

Sample	N <sub>s</sub> (spins/g)	M <sub>s</sub> (emu・G/g)	M <sub>r</sub> (emu・G/g)	H <sub>c</sub> (Oe)
TPTA/BG	5.2・10 <sup>19</sup>	0.87	0.069	124
TPTA/M	5.6・10 <sup>19</sup>	0.30	0.044	200
G	4.3・10 <sup>19</sup>	2.25	0.42	110

以上述べてきた様に、TPTA/BG、TPTA/M、G等の熱処理生成物中の磁気活性部分に占める強磁性スピンの割合は、TPTA/PDAの場合と同様に、常磁性スピンに比してかなり小さいとみなさざるをえない。

E S R測定から得られるg因数や最大傾斜幅(ΔH<sub>pp</sub>)等の性質については触れていないが、3.1と3.2で言及した試料の室温における測定値は、g ≃ 2、ΔH<sub>pp</sub> = 3~5 Oe程度であることを記しておく。

#### 4. おわりに

新しい機能を持つ有機化合物を作り出すには、正攻法としての有機合成の手法と経験が力を発揮することは今更申すまでもない。しかし筆者らは、熱処理という比較的簡単で便宜的な手法によっても、意外な新しい展開が訪れてくることを本研究を通して体験することが出来た。

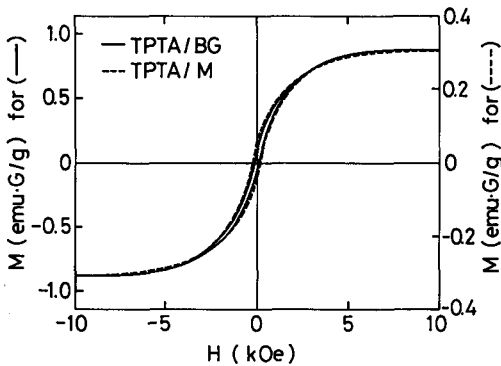


図11 TPTA と BG, M の混合物の600°C熱処理生成物における磁化曲線

Fig. 11. Magnetization curves, measured at room temperature, of the products obtained by pyrolysis of the mixture of TPTA and BG or M at 600°C.

本研究は、まだ始まって日が浅いので、熱処理生成物の具体的な分子構造、高次構造は、厳密には決定できておらず、また磁気的性質についても曖昧な点が多々残されているが、今後の研究により、新しい発展が見られるものと期待している。本小文が、有機磁性体に関連する研究分野への関心を高める契機となれば幸いである。

## 文 献

- (1) Y. V. Korshak, T. V. Medvedeva, A. A. Ovchinnikov and V. N. Spector: "Organic Polymer Ferromagnet", Nature, 326, 370 (1987)
- (2) A. A. Ovchinnikov and V. N. Spector: "Organic Ferromagnets. New Results", Synth. Met., 27, B615 (1988)
- (3) J. B. Torrance, S. Oostra and A. Nazzari: "A New, Symple Model for Organic Ferromagnetism and the First Organic Ferromagnet", Synth. Met., 9, 709 (1987)
- (4) M. Ota and S. Otani: "Evolution of Ferromagnetism in the Triarylmethane Resin Synthesized under a Magnetic Field", Chem. Lett., 1179 (1989); M. Ota, S. Otani and M. Igarashi: "Evolution of Ferromagnetic Properties by Dehydrogenation of Triarylmethane Resin", Chem. Lett., 1183 (1989); M. Ota, S. Otani, K. Kobayashi and M. Igarashi: "Magnetic Properties of Triarylmethane Resins" Mol. Cryst. Liq. Cryst., 176, 99 (1989)
- (5) K. Kawabata, M. Mizutani, M. Fukuda and S. Mizogami: "Ferromagnetism of Pyrolytic Carbon Under Low-temperature Growth by the CVD Methode", Synth. Met., 33, 399 (1989)
- (6) K. Murata, T. Masuda and H. Ueda: "Formation of Carbon Powders by Pyrolysis of Organic Polymers (Origomers) and Their Magnetic Behaviors. II. Pyrolysis of Polyvinylchloride or Polyacrylonitrile / Activated Carbon", Chem. Express, 5, 601 (1990)
- (7) H. Araki, R. Matsuoka and K. Yoshino: "Novel Magnetic Properties of Pyrolyzed 2,4,6-Triphenoxy-1,3,5-Triazine and Phenylendiamine", Sens. & Mater., 2, 347 (1991)
- (8) H. Araki and K. Yoshino: "Ferromagnetic Behavior of Pyrolyzed O,m,p-phenylenediamine and Triazine Derivatives", Solid State Commun., 79, 443 (1991)
- (9) H. Araki, R. Matsuoka and K. Yoshino: "Ferromagnetic and Ferrimagnetic Behavior of Pyrolyzed Organic Molecules Nitrogen Atoms", 素材物性学雑誌4, 62 (1991)
- (10) H. Araki and K. Yoshino: "Spontaneous Magnetization Phenomena in Pyrolyzed Organic Compounds Containing N Atoms", Japan. J. Appl. Phys., 31, L130 (1992)

- (11) H. Araki and K. Yoshino: "Preparation, Molecular Structures and Novel Magnetic Properties of Organic Ferromagnetic Compound by Pyrolysis of Triphenoxy-triazine and Benzoguanamine", J. Phys.: Condens. Matter., 4, L119-L123 (1992)
- (12) 吉野勝美、荒木 久: "熱処理高分子の導電性と磁性", 大阪大学低温センターだより, 76, 16 (1991)
- (13) K. Murata, T. Masuda and H. Ueda: "Formation of Carbon Powders by Pyrolysis of Organic Polymers (Origomers) and Their Magnetic Behaviors. I. Pyrolysis of Condensed Polynucleararomatic (COPNA) Resin Mixed with Activated Carbon", Chem. Express, 5, 597 (1990)

(1991年12月28日受理)



### 荒 木 久

昭和10年12月12日生。37年3月、大阪府立大学短期大学部電気科卒業。同年4月、阪大工学部 電子工学科文部技官に採用、現在に至る。工学博士。薄膜冷陰極の開発研究、導電性薄膜の作製と物性的研究、有機強磁性体作製と物性的研究に従事。応用物理学会、日本物理学会、電子情報通信学会各会員。



### 魯 永 培

昭和36年7月生。平成3年2月、韓国光云大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程終了。平成4年4月大阪大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程入学予定。主として導電性高分子と有機磁性体に関する研究に従事。日本物理学会会員。



### 吉 野 勝 美

昭和16年12月10日生。39年3月大阪大学工学部電気工学科卒業。44年3月同大学大学院工学研究科博士課程終了。大阪大学工学部電気工学科助手、講師、助教授を経て、63年大阪大学工学部電子工学科教授、現在に至る。工学博士。主に導電性高分子、光機能性高分子、強誘電性液晶等の有機機能性材料に関する研究に従事。59年応用物理学会賞受賞、平成2年大阪科学賞受賞、電気学会、電子情報通信学会、日本物理学会、応用物理学会、高分子学会、レーザー学会各会員。