

# 連載

## プラスチック材料の各動特性の 試験法と評価結果 〈21〉

安田 武夫\*

### 8. プラスチックの鑑別法

本連載ではプラスチックの各種試験法について述べてきた。すでに述べてきたように各種試験法は材料により方法が異なる場合が多い。したがって、現在取り扱っている材料を識別することは重要な作業となる。本稿では各種プラスチックの鑑別法について述べてみたい。

さて、今日使用されている高分子材料は、

- ① 天然高分子（またはその変性品）：天然ゴム，繊維（絹，綿，麻等），タンパク質，セルロース等
- ② 合成高分子：プラスチック（熱可塑性樹脂，熱硬化性樹脂），合成ゴム，合成繊維，吸水性高分子，導電性高分子等

に大別することができる。

未知の高分子材料を鑑別するに当たって、多くの試料が高分子化合物だけでなく、多種類の有機成分（可塑性剤，難燃剤，酸化防止剤，紫外線吸収剤，滑剤，帯電防止剤，染料等）や無機成分（ガラス繊維，炭素繊維，各種無機充填材，無機顔料等）を含む複合材料になっていることを忘れてはならない。

さらに、高分子化合物自体も、

- ① ポリエチレンのように単一のモノマーの重合体であっても、分子量，分子量分布，分岐等の構造の異なるポリマーの混合物
- ② 複数のモノマーが共重合（ランダム，ブロック，グラフトなど）体
- ③ 複数の高分子化合物のブレンド（ポリマーアロイ）

と、複雑な構成となっていることも忘れてはならない<sup>1)</sup>。

\*Takeo YASUDA, 安田ポリマーリサーチ研究所 所長  
〒168-0082 東京都杉並区久我山 4-24-7

本稿の目的は、未知の試料（プラスチック材料，成形品）がどのような種類であるかを識別（同定）する方法を紹介するものである。

#### 8-1. プラスチックの識別

現在使用されているプラスチックは、マトリックスとなる高分子化合物に副資材（補強材，その他各種添加剤）が加えられた複雑な構成のものが多い。したがって、プラスチックの識別を正確に行うには、機器分析を利用しなくては、困難な場合が多い。

本節では、プラスチックの種類の見当をつける簡便

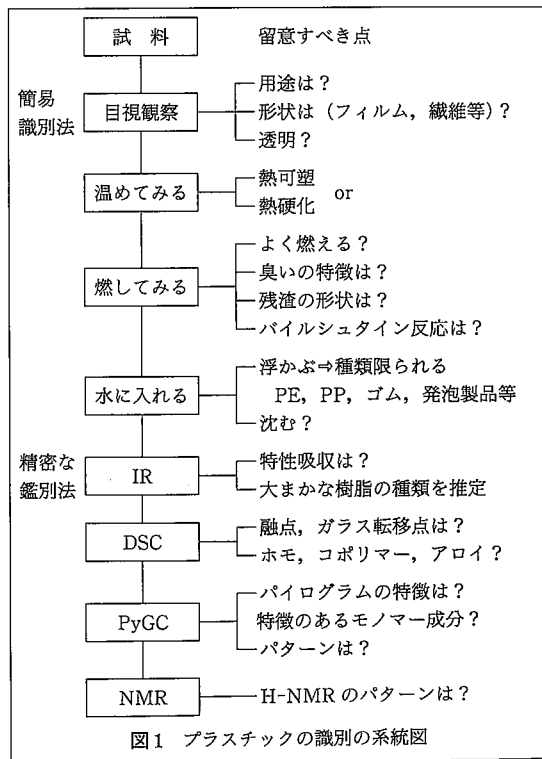


図1 プラスチックの識別の系統図

表1 ポリマーの溶解性

ポリマー	良 溶 剤	貧 溶 剤
ポリエチレン ポリプロピレン	熱トルエン, ジクロロベンゼン	左記以外の大部分の溶剤
ポリメタクリル酸メチル	塩化メチレン, クロロホルム, ジオキサン, MEK, 酢酸エチル	ヘキサン, シクロヘキサン, メタノール
ポリビニルアルコール 塩化ビニル樹脂	水, DMF THF, MEK, シクロヘキサノン, DMF	ヘキサン, クロロホルム, エタノール, THF ヘキサン, ベンゼン, エタノール, アセトン
塩化ビニリデン樹脂	熱 THF, トリクロロエタン, ジクロロベンゼン, ジオキサン	ヘキサン, クロロホルム, エタノール
ポリテトラフルオロエチレン	ペルフルオロケロセン (350°C)	ほかのすべての溶剤
酢酸ビニル樹脂	ベンゼン, トルエン, クロロホルム, MEK, THF, アセトン, メタノール	ヘキサン, 四塩化炭素, エーテル, 水
ポリスチレン	シクロヘキサン, ベンゼン, トルエン, クロロホルム, THF, MEK, 酢酸エチル	ヘキサン, エーテル, アセトン, エタノール, メタノール
ポリエチレンテレフタレート	フェノール, ニトロベンゼン, ヘキサフルオロイソプロパノール	ヘキサン, クロロホルム, MEK, エーテル, エタノール
ポリアミド 6	クロロフェノール, 酢酸	同上
ポリジメチルシロキサン	シクロヘキサン, ベンゼン, クロロホルム, MEK, 酢酸エチル	エタノール, メタノール
酢酸繊維素	クロロホルム, 塩化メチレン, THF, 酢酸エチル	ヘキサン, ベンゼン, メタノール

な方法および分析機器を利用した精密な分析法の概略について紹介する<sup>1)</sup>。

プラスチックの識別を行う際に簡便な方法と機器を用いた精密な鑑別法を組合せた系統図を図1に示す。

### 8-2. 試料の前処理

プラスチックは、ポリマーを単独で使用する例はまれで、前述したように添加剤等の他の材料が使用されていることが多い。したがって、プラスチック試料の前処理によるポリマー成分と副資材との分離は、その種類や形態によってそれぞれ異なる。一般にオリゴマーやけい素樹脂などは液状であるが、他の一般のプラスチック材料は、固体であるので、ポリマー成分と副資材成分との分離は通常溶剤を用いて行う。すなわち、有機溶剤を用いて抽出、溶解、再沈殿、濾過、遠心分離等の処理により各成分を分離する。この場合、プラスチックの溶剤に対する挙動が問題になる。代表的なポリマーの溶剤への溶解性を表1に示す。

熱硬化性樹脂は通常溶剤には溶解しないが、抽出によっては未硬化成分が分取でき、その分析結果から同定が可能である。また、熱可塑性樹脂ではこの抽出操作により抽出液から可塑剤、その他の副資材が分取でき、それらの同定が行える。使用する抽出溶剤により抽出される物質が異なるので溶剤の選択は重要である。

試料が多層フィルムの場合には、溶剤中で加温による剝離や溶解により各構成ポリマーを分離する。

試料中に含まれる水分、揮発分、溶剤等は、加熱により除去する。この場合、試料を乾燥に適した大きさに

に粉碎または裁断して、40~80°Cで短時間に乾燥させる。減圧下で行えばいっそう効果がある。

ガラス繊維等の強化材や無機充填材を含む溶剤不溶の試料の場合には、高温熱分解して有機物を燃焼除去すれば残渣として充填材、強化材のみが得られ、同定は簡単である。

試料の溶液が着色していたり、充填材等を含む場合は、活性炭を加えて染料を吸着し、遠心分離機にかけて重い顔料や充填材等の除去を行う。しかし、分析方法によっては、多少の副資材の混入は、分析結果の判断に左右しない場合もある<sup>2)</sup>。なお、試料がまったく未知の場合には試行錯誤に頼らざるを得ない<sup>2)</sup>。

### 8-3. 簡便な鑑別法

#### 8-3-1. プラスチック製品の用途および外観による鑑別法

識別するプラスチックの大まかな種類は、使われている用途から大体的見当をつけることもできる。そこで、表2に各種の用途に使用されている高分子化合物の種類を示した<sup>1)</sup>。

また、外観により、ある程度プラスチックの分類が可能である。一番わかりやすい方法は、透明性による鑑別である。試料を透かしてみたときに、透明か、半透明か、不透明かによって図2に示すように外観で分類することができる<sup>3)</sup>。この方法の問題点は、プラスチックに色材、充填材等が添加されている場合、適用困難ないし不可能になることである。

#### 8-3-2. 鉛筆硬度による鑑別法

鉛筆の芯の硬さを利用してプラスチックの種類を分

表2 高分子化合物とその用途<sup>1)</sup>

	合成高分子			天然高分子
	熱可塑性樹脂	熱硬化性樹脂	ゴム	
機 械 材 料	ポリエチレン ポリプロピレン エチレン-酢酸ビニル樹脂 ポリスチレン 塩化ビニル樹脂 ポリメタクリル酸メチル アクリルニトリル-ブタジエン-スチレン共重合体 アクリロニトリル-スチレン共重合体 ポリテトラフルオロエチレン 四ふっ化エチレン-六ふっ化プロピレン共重合体 メタクリル酸メチル-スチレン共重合体 ナイロン6 ナイロン66 半芳香族ナイロン ナイロン11 ナイロン12 ポリカーボネート ポリアセタール ポリブチレンテレフタレート ポリエチレンテレフタレート ポリフェニレンエーテル ポリフェニレンサルファイド ポリアリレート ポリサルホン ポリエーテルサルホン ポリエーテルエーテルケトン 液晶ポリマー ポリアミドイミド ポリエーテルイミド 熱可塑性ポリイミド 等	フェノール樹脂 メラミン樹脂 ユリア樹脂 フラン樹脂 不飽和ポリエステル樹脂 ポリウレタン樹脂 エポキシ樹脂 ポリイミド 等	スチレン-ブタジエンゴム ニトリル-ブタジエンゴム ネオプレンゴム ブチルゴム エチレン-プロピレンゴム ウレタンゴム ふっ素ゴム シリコーンゴム 等	加硫天然ゴム パルプ 紙 木材 木粉 等
電 気 材 料	機械材料のものと同じ 等	ポリイミド ポリアミド・イミド ポリビニルホルマール樹脂 その他 機械材料のものと同じ 等	機械材料のものと同じ	機械材料のものと同じ
建 築 材 料	ポリスチレンフォーム その他 機械材料のものと同じ 等	酢酸ビニル系樹脂 ベンゾグアナミン樹脂 ポリウレタンフォーム その他 機械材料のものと同じ 等	ゴム-アスファルト系材料 アスファルト充填ポリウレタン 塩化ゴム その他 機械材料のものと同じ 等	草木系樹脂 コルク カゼイン (にかわ) その他 機械材料のものと同じ 等
衣 料 ・ 織 維	ナイロン ポリエチレンテレフタレート 酢酸セルロース ポリアクリロニトリル ポリビニルホルマール 帯電防止剤 防水剤 等	接着剤用樹脂	防水処理用ゴム	綿糸 麻糸 絹糸 羊毛 皮革 再生セルロース 等
日 用 品 ・ 包 装	ポリエチレンナフタレート エチレン-酢酸ビニル共重合体ケン化物 脂肪族ポリエステル ポリアクリロニトリル 塩化ビニリデン樹脂 その他 機械材料のものと同じ 等	メラミン樹脂 ユリア樹脂 接着剤用樹脂 塗料用樹脂	機械材料のものと同じ	木材 うるし 天然ゴム カゼイン 変性澱粉 キトサン 等

表3 主なプラスチックの基本的な性質<sup>1)</sup>

名 称	略号	タイプ	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	T <sub>m</sub> (°C)	T <sub>g</sub> (°C)
ポリエチレン	PE	結晶, 熱可塑	0.918~0.965	105~135	-125, -30
エチレン-酢酸ビニル	EVA	結晶~非晶, 熱可塑	0.91~0.95		
エチレン-アクリル酸エチル	EEA	結晶, 熱可塑			
エチレン-アクリル酸	EAA	結晶, 熱可塑			
アイオノマー		結晶, 熱可塑			
ポリプロピレン	PP	結晶, 熱可塑	0.90~0.915	160	-10
ポリスチレン	PS	非晶, 熱可塑	1.05		100
アクリロニトリル-スチレン共重合体	AS	非晶, 熱可塑	1.07~1.10		
アクリロニトリル-ブタジエン-スチレン共重合体	ABS	非晶, 熱可塑	1.01~1.15		
メタクリル酸メチル-スチレン共重合体	MS	非晶, 熱可塑	1.12~1.16		
メタクリル酸メチル-ブタジエン-スチレン共重合体	MBS	非晶, 熱可塑			
塩化ビニル樹脂	PVC	実質非晶, 熱可塑	1.4		
塩化ビニル-酢酸ビニル		非晶, 熱可塑		327	
塩化ビニル-エチレン		非晶, 熱可塑			
塩化ビニリデン樹脂	PVDC	結晶, 熱可塑	1.865		81
ポリテトラフルオロエチレン	PTFE	結晶, 非熱可塑	2.14~2.20		-113, 127
酢酸ビニル樹脂	PVAC	非晶, 熱可塑	1.18~1.20		28
ポリビニルアルコール	PVA	結晶, 熱可塑	1.21~1.31		85
ポリビニルホルマール		熱可塑	1.2~1.4		
エチレン-ビニルアルコール共重合体	EVOH	非晶, 熱可塑	1.2~1.4		
ポリメタクリル酸メチル	PMMA	非晶, 熱可塑	1.17~1.20		105
ポリアクリロニトリル	PAN	非晶, 熱可塑	1.22		90
ポリ-P-ビニルフェノール	PVP	非晶, 熱硬化			
不飽和ポリエステル樹脂	UP	熱硬化			
ジアリルフタレート樹脂	DAP	熱硬化			
ポリウレタン	PUR	熱可塑・熱硬化			
フェノール樹脂	PF	熱硬化			
クレゾール樹脂	CF	熱硬化			
ユリア樹脂	UF	熱硬化			
メラミン樹脂	MF	熱硬化			
ベンゾグアナミン樹脂		熱硬化			
エポキシ樹脂	EP	熱硬化			
ポリアミド	PA	結晶, 熱可塑			
ポリアミド 6			1.14	210~225	48
ポリアミド 66			1.14	255~265	65
ポリアミド 46			1.18	290	79
ポリアミド 11			1.05	175~185	
ポリアミド 12				170~180	
ポリアミド MXD 6				236	75
ポリアセタール (ポリオキシメチレン)	POM	結晶, 熱可塑	1.14~1.42		
ホモポリマー				179	-50
コポリマー				165	-60
ポリフェニレンオキサイド	PPE	非晶, 熱可塑	1.06		210
変性ポリフェニレンオキサイド	m-PPE	非晶, 熱可塑			
ポリカーボネート	PC	非晶, 熱可塑	1.2	225~235	140~150
ポリエチレンテレフタレート	PET	結晶, 熱可塑		256~265	69~81
ポリブチレンテレフタレート	PBT	結晶, 熱可塑	1.38~1.39	224~230	
シリコン樹脂 (ポリジメチルシロキサン)	SI	熱可塑・熱硬化			-123
ポリピロメリットイミド	PI	直鎖, 非熱可塑			410
ポリアミドイミド	PAI	非晶, 熱可塑・熱硬化	1.40		
ポリエーテルイミド	PEI	非晶, 熱可塑	1.27		280~290
ポリサルホン	PSF	非晶, 熱可塑	1.24		217
ポリエーテルサルホン	PES	非晶, 熱可塑			190
ポリアリレート	PAR	非晶, 熱可塑	1.21		193
液晶ポリマー	LCP	結晶, 熱可塑			
ポリフェニレンサルファイド	PPS	結晶, 熱可塑	1.43	280	85
ポリエーテルエーテルケトン	PEEK	結晶, 熱可塑	1.3	334	143
硝酸セルロース	CN	熱可塑			
酢酸セルロース	CA	熱可塑	1.23~1.34		157, 105
エチルセルロース	EC	熱可塑	1.09~1.17		-57

(注) 略号: 慣用名を中心に示した。

密度, T<sub>m</sub>, T<sub>g</sub>: 測定法, 銘柄でも異なるため一応の目安である。

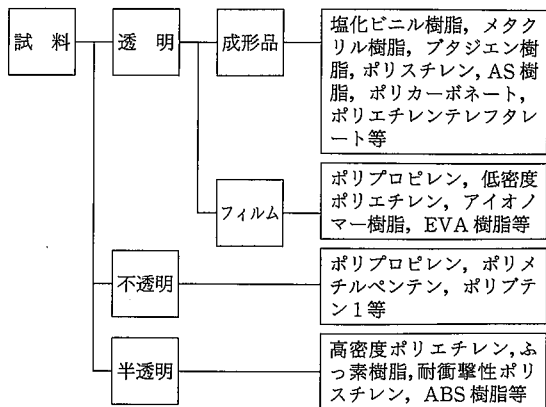


図2 透明プラスチックの用途と形態<sup>1)</sup>

類でできる。JIS K 5400 規定の「塗膜の引っかかり値試験用鉛筆」を使用し、プラスチックの表面に傷がつくか否かを調べる方法で、図3に鑑別系統図を示す<sup>4)</sup>。

硬質のプラスチック試料の場合には、試料を叩いたときの音の高低によっても鑑別できる。もちろん、フ

表4 主な水に浮く高分子化合物

分類	名称	略号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	備考
プラスチック類 (無充填)	ポリエチレン(高圧法)	LDPE	0.92~0.93	
	ポリエチレン(低圧法)	HDPE	0.94~0.97	
	ポリプロピレン	PP	0.90~0.91	
プラスチック類 (発泡)	ポリスチレン フォーム		0.02~0.2	発泡度により変化する
	ポリエチレン フォーム		0.06~0.5	
	ポリウレタン フォーム		0.02~0.55	
	塩化ビニル樹脂 フォーム		0.08~0.4	
	等			
ゴム類	天然ゴム スチレン-ブタジエンゴム ポリブタジエンゴム ポリイソプレン ブチルゴム 等	SBR	0.93 0.36~2.00 0.96~2.00 0.96~2.00 0.91	充填材の種類・組成により変化する

表5 燃焼時の臭い・状況による鑑別

高分子化合物	臭い	燃焼状況
フェノール樹脂 フェノール-クレゾール樹脂 ユリア樹脂 メラミン樹脂	フェノール臭とホルマリン臭(有毒)がする。 ホルマリン臭(有毒)がする。 ホルマリン臭(有毒)と魚臭がする。	炎をあげて燃焼せず、形もくずれない。
塩化ビニル樹脂およびその共重合体 塩化ビニル-酢酸ビニル共重合体	HClの刺激性の臭いがする。 HClの刺激性の臭いがする。酢酸ビニルが10%以上含まれると酢酸臭がする。	ポリ塩化ビニル・ポリ塩化ビニリデンは、炎の中では燃焼するが、出すと消える。共重合体も、塩化ビニルの組成が多いと同じ挙動を示す。黒煙を発生する。
塩化ビニリデン樹脂	HClの刺激性の臭いがする。	
ポリメタクリレートおよびその共重合体	メタクリレートの臭いがする。	
セルロース 酢酸セルロース ナイロン	白い紙を燃したときの臭いがする。 酢酸臭がする。 草を燃したときの青臭い臭いがする。 髪の毛を燃したような臭いがする。	黄色い炎を示す。 黄色がかった緑色の炎を示す。 青い炎を示す。
ポリアクリロニトリル	シアン臭(有害)、魚の腐った臭いがする。	

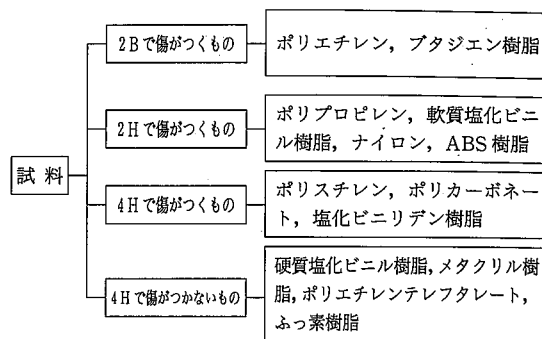


図3 鉛筆硬度によるプラスチックの鑑別系統図

ィルム状のものにはこの方法は適用できない。

### 8-3-3. 密度(比重)による識別法

試料が、充填材を含まない高分子化合物を主成分としてできている場合には、試料の密度も重要な情報を提供してくれる。表3に主なプラスチックの基本的性質を示す。また、表4に主な水に浮く高分子化合物を示す。すなわち、プラスチックが水に浮かぶ場合、その製品が発泡製品でなければ、樹脂の種類はポリオレフィンか、ゴムの一部とごく限られたものになるため、容易に推定することができる。さらに、比重の異なった一定の水溶液(例:15%食塩水;比重:1.15)を水と合わせて使用すれば、より多くの試料の鑑別ができる。

### 8-3-4. 加熱、燃焼等による識別法

一端を封じた細いガラス管を用意し、その中に細かくしたプラスチックを入れ、ガスバーナや電気炉などでガラス管の底部をゆっくり加熱して状態の変化を観察する。または、試料の小片をバーナやガスライターで火を点けて、燃焼の状態を観察したり、臭気を嗅いでみる。プラスチックを加熱した場合、樹脂は溶融・分

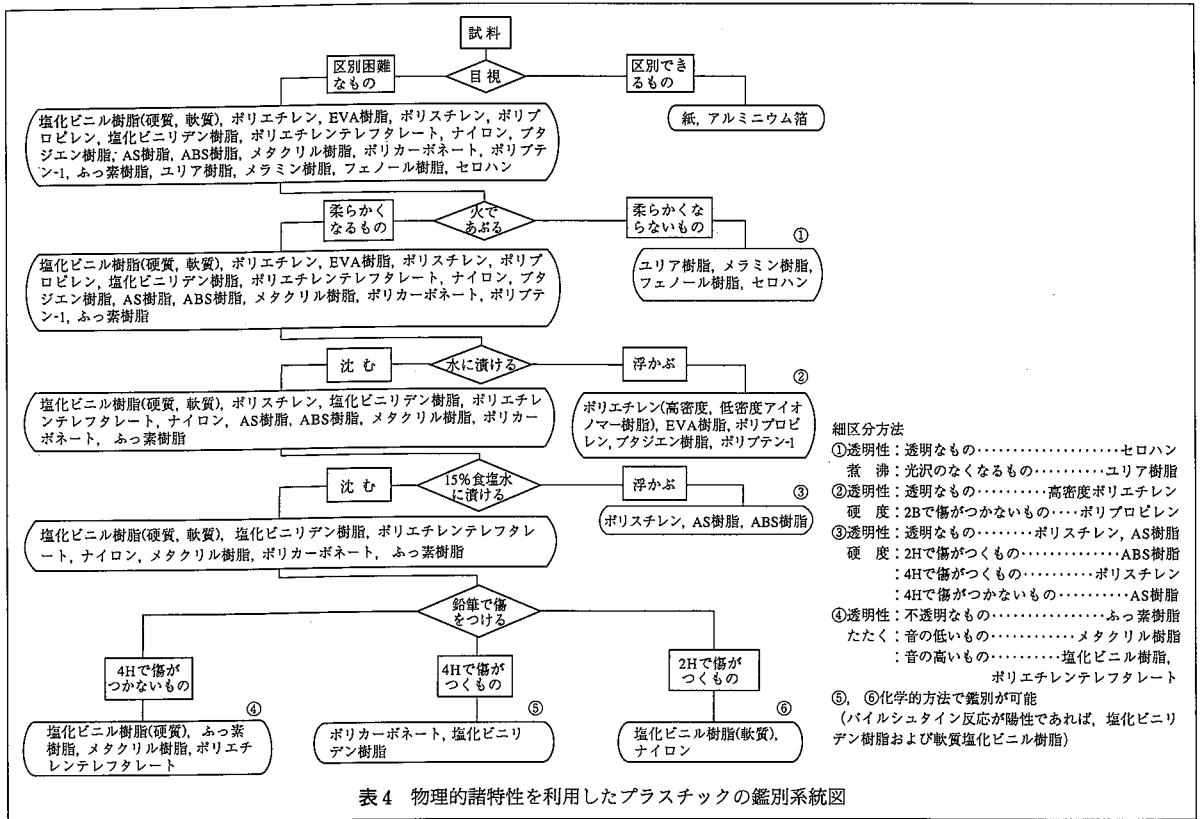


表4 物理的諸特性を利用したプラスチックの鑑別系統図

解を起こす。その観察により、その試料が熱可塑性樹脂か、熱硬化性樹脂かの区別ができる。

また、樹脂の燃焼時に発生する臭気を嗅ぐことにより、高分子化合物の種類を判別できる例を表5に示す<sup>3)</sup>。樹脂の分解ガスは、有毒なものが多いので、臭気を嗅ぐときは、試料の火を消し、くすぶっているうちに、煙を鼻の方へ呼び込むようにするとよい。分解ガスの臭気を嗅ぐ樹脂の識別は、経験に負うことが多いので、確実な判断をするには、標準試料を用意し、未知の試料と同時に、臭気の比較をするのが賢明である。

樹脂の燃焼状態の観察法の一つに、ハロゲン系元素の有無の判定ができるバイルシュタイン反応がある。少量の試料を清浄な銅線の巻いたものに乗せ、バーナの酸化炎に入れたとき緑色を示せば、試料はClやBrを含む樹脂であること(たとえば、PVC, PVDC, ハロゲン系難燃剤を含んでいる等)がわかる。

なお、ふっ素樹脂は、このバイルシュタイン反応は陰性であり、識別できない。

以上の各種試験を利用した各種プラスチックの鑑定系統図を図4に示す<sup>4)</sup>。