

## 腐食と劣化(4) 合成樹脂材料の劣化

石川 浩 クボタシーアイ(株)開発部 正会員  
富岡 芳弘 クボタシーアイ(株)開発部

キーワード：樹脂管(Plastic Pipes), 劣化(Degradation), 塩化ビニル管(U PVC Pipes), 耐熱塩化ビニル管(C PVC Pipes), ポリエチレン管(Polyethylene Pipes), ポリブテン管(Polybutene Pipes)

合成樹脂を材料とする製品は加工性、軽量性、耐食性、電気絶縁性などの利点から、建築設備分野でも広く使用されている。これら樹脂製品の一例として合成樹脂管があり、硬質塩化ビニル管、耐熱性硬質塩化ビニル管、ポリエチレン管、架橋ポリエチレン管、ポリブテン管がある。

一方、これら樹脂は種々の要因で劣化する。代表的な要因として熱、紫外線、化学薬品、応力などがあり、これらの劣化の特徴を知ることが重要である。

また、合成樹脂の劣化を進めない方法としては添加剤や、成形、施工法があり、これらを理解することも重要である。これらの点に留意し、正しい材料選択と使用を心がけていただきたい。

### はじめに

合成樹脂を材料とする製品は、化学的、電氣的に安定しており金属材料のような腐食による劣化は起こりにくい。しかし、雨どい(樋)の変色やぜい(脆)化、熱水管の変形や破損にみられるように紫外線や熱、一部の化学物質が材料固有の性能を低下させる原因となる。

本報では主に配管材料として用いられる樹脂管を中心に劣化を促進する要因とメカニズムを解説するとともに、その対策について述べる。

### 1. 建築設備に使用される主な合成樹脂

建築設備にはいろいろな合成樹脂が使用されている。例えば、各種樹脂管、雨どい、給排気用ダクト、照明カバー、電線の被覆材など多種多様であり、また、樹脂サッシや樹脂サイディングなども普及が見込まれ、今後ますます拡大すると考えられる。本稿ではこれらの中で、主に樹脂管を取り上げ、その劣化について触れることにする。ここで、JISに規定されている代表的な樹脂管を表-1に示す。

樹脂管の用途は広いが、熱硬化性樹脂を除き樹脂別に分類すると硬質塩化ビニル(PVC)、耐熱性硬質塩化ビニル

(CPVC)、ポリエチレン(PE)、架橋ポリエチレン(PEX)、ポリブテン(PB)の5種類に大別される。図-1にその分子構造式を示す。

合成樹脂は、一般に以下の長所を有する。

- 1) さびや電食性がない。赤さび・青さびの発生などによる水質汚濁がない。
- 2) 有害物質の溶出がなく衛生的である。
- 3) 摩擦抵抗係数が小さく、スケールが付きにくい。
- 4) 施工性がよい。

また、短所としては下記が挙げられる。

- 1) クリープ現象がある。
- 2) 熱膨張係数(線膨張係数)が大きい。
- 3) 使用圧力、温度条件に制約がある。
- 4) 熱や紫外線により劣化する。

今回取り挙げる5種類の樹脂管について、その区分別を表-2にまとめた。以下、個々の樹脂について概説する。

#### 1.1 ポリ塩化ビニル(PVC)管

ポリ塩化ビニル(PVC)は代表的な汎用樹脂である。分子構造はビニル基に塩素が一つついた基本単位が重合したもので、非晶性樹脂である。ほかの汎用樹脂に比べ引張強度が高い。使用限界温度は60℃であり、低温ではもろくなり、ぜい性破壊する可能性がある。自己消火性を示すが、燃焼時、刺激性ガスを出す。耐薬品性は良好で、酸、アルカリにもよく耐え、特に塩素、塩化物に対しても非常に安定している。ただ、シクロヘキサノン、ニトロベンゼン、テトラヒドロフランなどには溶解する。

管としては、昭和30年代後半から屋内配管に使用されはじめ、さらに、昭和40年代中ごろには鋼管の内面に塩化ビニル管をライニングした給水用塩化ビニルライニング鋼管が開発され、以後給湯用、排水用へと用途を広げていった。さらに近年、環境問題への感心が高まる中、平成12年に中間層に再生塩化ビニル材料を用い、管の内外面には新材料を用いた建物排水用リサイクル発泡三層管が発売され、平成15年2月の閣議決定でグリーン調達法の指定品目となった。なお、この管は埋設用途の下水道用リサ



表-3 劣化要因と劣化現象・影響

要因	現象	劣化による影響
熱	1) 熱分解による分子切断 2) 架橋化 3) クラック 4) 色相変化	1) 強さや伸びの低下 2) 硬化による強さの低下 3) 応力集中による強さの低下 4) 結晶化の促進 5) 黄変
紫外線	1) 分解による分子切断 2) 架橋化, クラック 3) 色相変化 4) 表面あれ	1) 分子量低下による強度低下 2) 応力集中による強さの低下 3) 黄変 4) チョーキング
薬品	1) 加水分解(アルカリ薬品) 2) 酸化劣化(強酸)の促進 3) ソルベントクラック 4) 色相変化, 表面あれ	1) 分子量低下による強度低下 2) 応力集中による強さの低下 3) 黄変, 白化, 膨潤, 溶解
塩素水	水泡	内面はく離
応力	1) クリープ現象 2) クラックの発生	1) 成形体の伸び 2) 応力集中による強さ, 伸びの低下
水	1) 加水分解 2) クラック 3) 色相変化	1) 分子量低下による強度低下 2) 応力集中による強さの低下 3) 白化
微生物	加水分解	分子量低下による強度低下

により耐ストレスクラック性, クリープ性能, 耐薬品性, 耐塩素水性, 耐熱性が向上する。

管の接続には主に金属継手を用いる。可とう性と適度なコシの強さのため, あらかじめ敷設された CD 管に後から押し込み通管させる“さや管工法”が有名である。

なお, 架橋反応により熱硬化性樹脂的な性質に変わることから, 再加工は困難で, 現在各種リサイクル方法の研究が進められている。主に給水, 給湯管や床暖房配管に使用されている。

### 1.5 ポリブテン(PB)管

分子構造は, ビニル基の側鎖に大きなエチル基を持ち, 立体的にはらせん構造をしている。ポリオレフィン系の結晶性樹脂である。分子量が約 120 万と大きいこと, 特殊の分子構造を持つことにより, 耐熱クリープ特性, 耐ストレスクラック性を示す。柔軟性, 耐熱性, 耐薬品性に優れ, 不凍液や潤滑剤などにも安定している。

接続方法は金属継手と融着継手が使われ, 住宅用給水給

表-4 樹脂管に影響を及ぼす主な劣化要因

要因	PVC	CPVC	PE	PEX	PB
熱					
紫外線					
化学薬品					
応力	クリープ ストレスクラッキング ソルベントクラッキング				
塩素水					
水, 微生物					

注 凡例 : 使用に際して考慮すべき項目  
: 規格にて確認済の項目

表-5 合成樹脂の熱劣化のパターン

主鎖切断型 (気体生成型)	ランダム分離型 解重合型	PE, PEX, PB
主鎖非切断型 (炭化残留物型)	主鎖炭化型 側鎖脱離型	PVC, CPVC

湯配管, 空調用冷温水配管, 温泉引湯用配管, 床暖房配管, 融雪配管などに使用されている。最近では, 給水給湯配管にさや管を使用しないヘッダ方式や分岐工法などのさまざまな工法が採用されている。

## 2. 劣化を進める外的要因・メカニズム

JIS プラスチック用語(K 6900)では, 劣化(gradation)は“特性に有害な変化を伴う化学構造の変化”となっている。また老化(ageing)は, “時間の経過の中で材料に生じる不可逆的な化学構造および物理的作用の全体”となっている。具体的には, 劣化は分子の主鎖や側鎖が切断したり架橋することにより性能, 機能, 外観などの特性が低下することであり, 老化は化学構造や分子配向, 結晶化, 応力緩和などの経時的で, 不可逆な変化を意味すると考える。ここでは, 劣化と老化を合わせ, 配管部材としての機能に影響を与える悪い変化を劣化として捉え, 取り扱うことにする。したがって, 金属に対して合成樹脂の特徴であるクリープ現象は, 一般には老化に入ると考えられるが, 今回取り扱うことにする。表-3<sup>1)</sup>に合成樹脂の劣化要因とその現象を示す。また, それぞれの樹脂管に影響を及ぼす主な劣化要因, すなわち, 使用にあたり考慮しなければならない劣化要因について表-4に示すとともに, 以下これらの個々の劣化要因について解説する。

### 2.1 熱

#### (1) 合成樹脂の熱分解

合成樹脂の熱分解反応は多数の素反応からなり複雑であるが, 表-5に示す熱分解パターンに分類できる<sup>2)</sup>。合成樹脂の熱分解は主鎖切断型と主鎖非切断型に分類される。主



図-2 塩化ビニル樹脂の脱塩化水素反応

鎖切断型は主鎖が切断して低分子量化し、最終的に揮発物質になる型である。主鎖非切断型は、分解と同時に、架橋や環境などほかの反応を起こして炭化する型である。次に、主鎖切断型はランダム分解型と解重合型とに分けられる。ランダム分解型はラジカル的に起こる熱分解反応で、主鎖がランダムに切断するものをいい、分解が進むにつれて鎖長が短くなり分子量は低下するが、モノマーあるいは揮発性物質の生成は極めて少ない。この分解は主鎖の結合エネルギーに支配され、エネルギーの大きいものほど熱分解しにくい。PE、PBはこの型に属する。解重合型は、弱い結合のところでは主鎖の切断が起こり、この切断部からモノマーが一つずつ分離脱離するものである。この型の合成樹脂では、分解生成したモノマーは気化して系外に除かれるため、加熱減量があっても、残存プラスチックの重合度はあまり変化しない。したがって、物性低下も比較的小さいという特徴がある。

主鎖非切断型は主鎖炭化型と側鎖脱離型に分類される。この型はある程度主鎖切断は伴うが側鎖の脱離、分解が優先し、架橋、環化その他の反応を起こして分子全体が炭化し不溶化する。PVC、CPVCは側鎖脱離型に属する。

### (2) 塩化ビニル系樹脂の熱劣化

塩化ビニル樹脂は熱安定性が低いため、加工時および製造後の変色や分解を防ぐために安定剤を配合している。樹脂分解は起点になる結合の弱い部分がところどころにあり、そこから脱塩化水素が発生しポリエンが生成するといわれている(図-2参照)。ポリエンは一つおきに二重結合のある構造をしているが、この二重結合が8単位ぐらいになると変色し始め、さらに多くなるにつれて黄色、赤色、褐色、黒色に変化する。

安定剤の作用は生成した塩化水素の中和、結合の弱い塩素に作用して分解の抑制、二重結合に反応してポリエン構造による色を消すなどである。分解、および安定機構については諸説があるが、紙面の都合上ここでは割愛する。

### (3) オレフィン系樹脂の熱劣化

#### a 酸素の存在下での熱分解

ポリマー分子骨格の劣化は表-6<sup>3)</sup>に示すように自動酸化反応によって進行する。熱と酸素の存在下で、酸素分子による水素分子の引抜き反応によって炭化水素ラジカル[R・]が生成する(連鎖開始)。次に、炭化水素ラジカルは酸素と反応し、パーオキシラジカル[ROO・]を生成する。このパーオキシラジカルはほかの炭化水素から水素を

表-6 オレフィン系樹脂の酸化劣化の素反応

開始反応	RH	R・
成長反応	R・ + O <sub>2</sub>	ROO・
	ROO・ + RH	ROOH + R・
	ROOH	RO・ + ・OH
	RO・ + RH	ROH + R・
	HO・ + RH	H <sub>2</sub> O + R・
停止反応	2 R・	R R
	R・ + ROO・	ROOR

引き抜き、ヒドロパーオキシド[R・ROOH]を生成する。ヒドロパーオキシドは、高温下で分解してパーオキシラジカル、オキシラジカル[RO・]を生成し、さらに、パーオキシラジカルや炭化水素ラジカルの発生を誘発する。

一方、この段階でのオキシラジカル自身の分解によって分子切断も起こる。停止反応はラジカル同士が反応して分解は停止するが、この段階で架橋反応も起こる。以上のように、分子切断や架橋が発生することにより、成形品がぜい化したり、表面に微細なクラックが発生する。

#### b 酸素の存在していない状態での熱分解

酸素の存在しない系では、熱分解は緩やかに起こる。また、長時間高温にさらされると無酸素でも高分子化、架橋化などによりゲル化が起こる。実際の射出成形や押出成形など、プラスチックを融解して成形する場合、熔融温度領域では微量の酸素は存在するが、通常酸素存在下に比較すれば熱酸化劣化のスピードは遅い。熱分解は温度と時間が関係するので、熔融状態での温度と滞留時間によって熱分解が進行する可能性がある。

### (4) 使用時の熱劣化

熱劣化は成形品の機械的強さ、熱的性質、寸法などの変化と熱酸化劣化の進行による物性の低下の二つが挙げられる。

非晶性ポリマーでは、ガラス転移温度に近い温度で熱劣化すると、自由体積があるため、分子セグメントは運動して熱力学的に安定した状態、つまりエントロピーの大きいランダムコイルの状態に向かって再配列する。この結果、密度の増加、引張強さの増大と引張伸びの低下、衝撃強さの低下、荷重たわみ温度の上昇、寸法の収縮などの現象を起こす。

一方、結晶性樹脂の熱劣化による物性変化は、非晶性樹脂の場合より大きい。つまり、結晶性樹脂では熱劣化によって球晶サイズの増大、結晶化度の増加などにより、物性が変化する。熱酸化劣化は、熱と酸素の作用によって製品の表面から劣化が進行する。この場合の劣化は先に述べた自動酸化によって進行するが、成形加工するときの樹脂

表-7 紫外線エネルギー

波長 [ nm ]	エネルギー [ kJ/mol ]	波長 [ nm ]	エネルギー [ kJ/mol ]
200	599	320	373
250	477	330	360
300	398	340	352
310	385	350	343

表-8 結合のエネルギー

結 合	結合エネルギー [ kJ/mol ]
C = C	607
C - C (aromatic)	519
C - C (aliphatic)	335
C - Cl	327

表-9 合成樹脂を劣化させる波長

材 料	波長 nm ]
PVC	320
PE	300

温度に比較すると、使用段階での温度は低いので酸化劣化の進行は遅い。酸素と接する表面で徐々に分解が進行して、表面から分子切断による分子量の低下や架橋化が起こり、表面層がぜい化したり微細なクラックが発生する。この状態で応力が負荷されるとクラックは成長し、クラックに応力が集中し、衝撃強さや引張伸びは著しく低下する。

## 2.2 紫 外 線

光は、波長に応じてエネルギーを持っている。地上に届く太陽光には、紫外線、可視光線、赤外線が含まれているが、この中で紫外線は波長が短く大きなエネルギーを持っていて合成樹脂を劣化させる。紫外線が持つ波長別のエネルギーを表-7<sup>4)</sup>に示す。この中で地上に達する紫外線は290 nm以上であり、エネルギーは約398 kJ/mol以下である。一方、プラスチックの原子間の結合エネルギーは、C-Cが335 kJ/mol、C-Clが327 kJ/mol〔表-8<sup>4)</sup>〕と398 kJ/molより小さいので、表-9<sup>4)</sup>に示すように、最も劣化を受ける波長が含まれている。紫外線劣化を受けた排水管の状況を写真-1に示す。

## 2.3 化学薬品

耐薬品性は、材料の劣化と相の変化が一般的に考えられている。材料の劣化は、機械的強度の変化に顕著にみられる。種々の測定により定量的に把握することができる。これに伴って材料表面にクラックが発生したり、小さなひび割れがみられる(写真-2)。これらの現象は、成形品の残留応力との関連があるとされている。



写真-1 塩化ビニル排水管の紫外線劣化した例

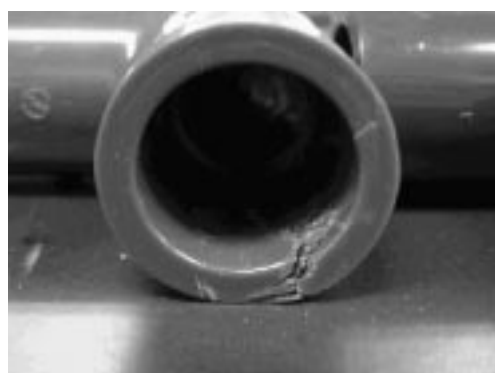


写真-2 クレオソートを部分塗布したCPVC継手

一方、相の変化による物性変化は化学薬品による膨潤、溶解である。このとき影響する因子は、使用される管の材料と対象となる化学薬品との溶解度パラメータ(SP値)の差である。この値が大きく離れていることが相溶性を持たないことの第1の条件である。しかし、架橋ポリエチレンのように、ポリマーが結晶性を示すときは適用できないことや溶剤が水素結合を示したり、極性基を持っていたりすることにより大きく影響されるので、前記条件が満たされたとしてもポリマーが膨潤したり溶解したりすることを予想することは困難である。したがって、ポリマーの評価は実際の各種化学薬品に対し、個別に行う必要がある。

耐薬品性は使用する温度、圧力、共存する薬品などの影響が大きい。樹脂管への影響が懸念される場合は、都度メーカーにご相談されることをお勧めする。

## 2.4 塩素水

日本の水道水には、殺菌用として塩素が添加されている。そのため、各樹脂の耐塩素水性評価が必要である。PE管の項で触れたように、昭和55年ごろPE管で水泡が発生し、さらに水泡状のものがはく(剥)離する現象が発生した(写真-3)。調査の結果、原因として耐候剤として配合していたカーボンブラックが、水泡発生の触媒作用を起こしていることが推定された。ポリオレフィン系樹脂においては、JISやJWWAなどの公的規格に耐塩素水性試験項目

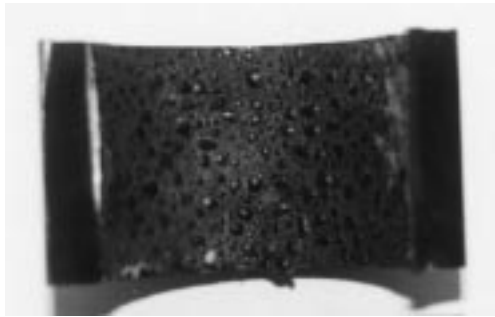


写真-3 塩素水浸漬によるカーボンブラック入りPEの水泡発生

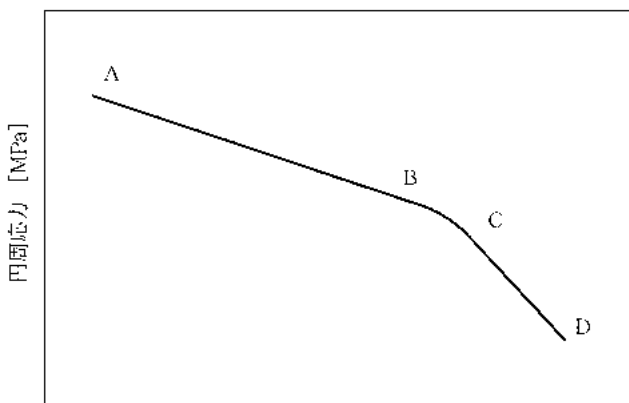


図-3 樹脂管の一般的なクリープ線図

が入っている。

## 2.5 応力

合成樹脂が力を受けて少しずつ伸びる現象をクリープ、力を受けてクラックが入る現象をストレスクラック、また有機溶剤などの環境下で力を受けてクラックが入る現象をソルベントクラックと呼んでいる。以下、これらの現象について述べる。

### (1) クリープ

パイプに内圧をかけたとき、円周方向に引張応力が作用する。この負荷を長時間加えておくと短時間でパイプは割れなくても、徐々に塑性変形して遂には破壊する。この現象をクリープ現象といい、通常金属ではみられない現象である。このクリープ現象はパイプ材料の分子量が大きいほど小さく、長期性能が向上する。

プラスチック管の実用的強度を表す最も重要な指標が、クリープ線図によって示されるクリープ性能である。クリープ線図は、プラスチック管の寿命と強度の基準を決定するのに広く利用されている。樹脂管の一般的なクリープ線図を図-3に示す。

この線図の意味を図-3によって説明する。線ABが緩やかな右下がりとなっているのは、クリープによる寸法変化、この場合は径が拡大し、肉厚が減少するため仮に破壊を生じさせる応力が一定であるとしても、時間の経過につ

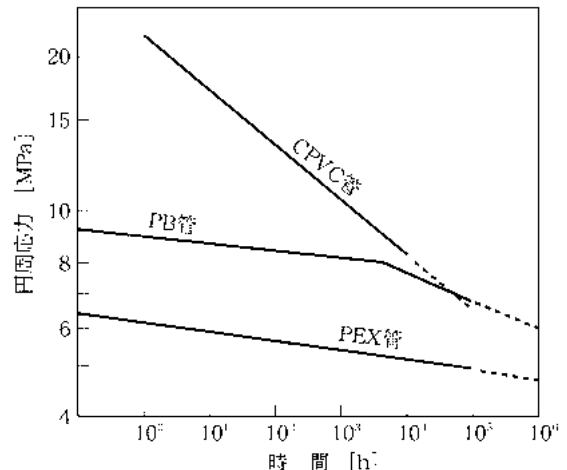


図-4 各樹脂管のクリープ線図(80)

れてその管が耐えられる内圧が徐々に低下することを示している。また、この過程での管の破損形態をみると延性破壊であり、単に管材の強度以上の応力がこの時点で負荷されたことを物語っている。

急こう配である線CDは、この区間では管材の強度が急激に低下することを示している。この段階で破損した管を普通のポリエチレンなどの例でみるとぜい性破壊の様相を呈し、明らかに質的变化すなわち劣化の発生が認められる。経験的には耐衝撃性が著しく低下していることが知られている。

曲線部BCは延性破壊とぜい性破壊の混在する領域である。

このようにクリープ線図は、それぞれの使用温度で内圧によって破損を生じる応力と時間の関係を示すのみでなく、劣化が始まる時間を明らかにするものである。プラスチック管材の寿命はぜい性破壊が始まる時間以前に設定し、設計に用いる応力の基準値は、寿命時間における破壊応力に基づいて決定するのが合理的である。

前記のクリープ線図は配管材が実際に使用されている状況に即したもので、設定した温度において、内圧によって生じる円周応力(hoop stress)とその応力により管が破損するまでの時間の関係を示している。すなわち、設定温度と寿命時間に対して経年変化を考慮した破壊応力を示すものである。なお、縦軸の円周応力値は初期(クリープ進行前)の寸法より算出したものである。各樹脂管のクリープ線図を図-4<sup>5-7)</sup>に示す。

### (2) ストレスクラック

ストレスクラックは、結晶性プラスチックより非晶性プラスチックのほうが発生しやすい傾向がある。この理由は、結晶性プラスチックでは強固な結晶構造になっているため、クラックの発生や成長を抑制することによるものと思われる。



写真-4 CPVC管のソルベントクラック

非晶性プラスチックではガラス転移温度以下の応力下で欠陥部が起点になってクラックが発生すると、クラック先端で応力集中が起こり、クラックが成長して破壊にいたることが多い。特に、温度の高い条件下ではクラックが発生しやすい。クラックが発生するまでの誘導時間を長くしたり、クラックの成長を抑制することによって、材料の耐ストレスクラック性は向上する。また分子量、結晶化度、欠陥部の存在などは、クラック発生誘導時間に影響する。

プラスチックの分子量は、大きいほうがストレスクラックは発生しにくくなる。これは、分子量が大きくなると分子の絡合いが増えるためである。

### (3) ソルベントクラック

応力と環境要因(化学薬品)の作用でクラックが発生する現象をいう。これは、樹脂成形品の中に溶剤などが浸透し、分子は溶剤により動きやすくなり、局部的にひずみが緩和されることによりクラックが発生する現象である。ポリ塩化ビニルを原料とする管(PVC管、CPVC管)では、次の条件が揃った場合に、ソルベントクラックが発生する可能性が高くなる(写真-4)。

- 1) 5 以下の低温(冬期配管時)
- 2) 過大な応力の作用(熱応力、管の偏平・曲げなど)
- 3) 溶剤の存在(接着剤の塗り過ぎ、防腐剤など)

### 2.6 その他

#### (1) 加水分解

今回取り扱っている樹脂管に使用されているPVC、CPVC、PE、PEX、PBでは、実用上問題になる程度の加水分解は発生しないと考えられるが、合成樹脂に発生する一般的な劣化として紹介する。

ポリカーボネート(PC)、ポリブチレンテレフタレート(PBT)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリアクリレート、液晶ポリエステルなどのように、分子骨格にエステル結合を有するポリマーは水によって加水分解を起こす。加水分解は温度が高くなるほど著しくなり、熔融温度領域では微量の水分でも加水分解する。また、アルカリ性物質が存在すると、分解はいっそう促進される。

PC、PBT、PETなどは室温水中や常温・常湿などのも

とではほとんど加水分解しないが、高温水、高温・高湿などでは加水分解するので使用には限界がある。これらの樹脂では、加水分解によって分子量が低下することによる強さの低下と同時に、クラックが発生して応力集中源になることも強さの低下の大きな要因である。

### (2) 微生物

樹脂管に使用されている樹脂は、一般的に微生物による劣化はないと考えられる。

## 3. 劣化を進めない方法と解説

樹脂管の劣化を起こさせない方法として、材料面からは樹脂や添加剤による対策、製品設計、成形、施工の各段階での注意点を整理した。

### 3.1 材料による劣化防止

#### (1) ポリエチレンの開発

ポリエチレン(PE)は昭和25年に第一世代の低密度ポリエチレン(LDPE)や高密度ポリエチレン(HDPE)が開発された。その後、昭和55年に耐き裂性を向上させた第二世代HDPEが開発され、さらに平成元年にクリープ性能を向上させた第三世代HDPEが開発された。この樹脂はPE100と規定され、20 で50年間管が破損しない一定応力値が10.0MPa以上であり、現在「水道配水用ポリエチレン管」に採用されている。このように樹脂の選択により、耐劣化性の向上を図ることができる。

#### (2) 酸化防止剤

酸化防止剤としては、ラジカルを補足し自動酸化の進行を止めるものと、ヒドロパーオキシドを無害なものに分解するものがある。前者を一次酸化防止剤、後者は二次酸化防止剤という。一次酸化防止剤としてはフェノール系やアミン系酸化防止剤(ヒンダードアミン系、芳香族アミン系)が用いられる。二次酸化防止剤としては、リン系と硫黄系酸化防止剤がある。オレフィン系樹脂(PE、PEX、PB)には通常添加している。

#### (3) 紫外線吸収剤、光安定剤、光遮へい(蔽)剤

紫外線による劣化を防止するため紫外線吸収剤、光安定剤が開発されている。紫外線吸収剤は樹脂に有害な紫外線を吸収し熱エネルギーに変換するもので、代表的なものとしてベンゾフェノン系、およびベンゾトリアゾール系がある。

一方、光安定剤には紫外線吸収能はなく、紫外線により発生したラジカルを無害化することで樹脂の劣化を防止するものである。代表的な光安定剤としてヒンダードアミン系(HALS)がある。紫外線吸収剤と光安定剤を併用することで、相乗効果がみられる。

光遮へい剤としては、無機充てん(填)材や有機および無機顔料があり、これらをプラスチックに混入すると紫外線

を表面で遮断するために劣化を抑制することができる。これらの物質は、紫外線を吸収することで効果を発揮するため、吸収能が大きいものほどよい。カーボンブラックは最もよい遮へい剤である。

### 3.2 製品設計による劣化防止

雨どいやカラーパイプにみられるように、屋外使用され、耐候性が求められる製品は多い。近年、多層成形技術の向上により、製品表層に耐候性のよい樹脂を組み合わせた製品が開発されている。このように性能とコストを考慮したハイブリッド製品の開発も進められている。

### 3.3 配管・施工による劣化防止

劣化の進行を低減する施工を行うことも重要である。以下にその注意事項を列記する。

- 1) 露出配管：伸縮、熱応力を考慮し、必要に応じ伸縮継手を用いる。直射日光のあたる場合はカバー、覆いをする。
- 2) 架空配管：支持間隔を遵守する。
- 3) 埋設配管：大きな石やコンクリート、枕木が樹脂管にあたらないようにする。有機溶剤などで汚染されているところへの使用は避ける、または保護スリーブを用いる。
- 4) 凍結防止：寒冷地で凍結の危険のある所では、水抜きを設ける。保温カバーや凍結防止ヒーターを巻くなどの対策を講じる。

## おわりに

合成樹脂材料ならびにその製品は数多くの利点を有する反面、種々の劣化要因があることも事実である。上述の各々の事項に留意いただき、正しい材料選択と使用を祈念する次第である。

### 参考文献

- 1) 本間精一：プラスチックの実用強さと耐久性，プラスチック，55 4
- 2) 向井・金城：技術者のための実学高分子(1986)，p.221，講談社
- 3) 大澤善次郎・成澤郁夫：高分子の寿命予測と長期寿命化技術(2002 10)，p.125，エヌ・ティー・エス
- 4) 廣恵章利・本吉正信：成形加工技術者のためのプラスチック物性入門 第3版(2001 4)，p.250，日刊工業新聞社
- 5) クボタ：耐熱性硬質塩化ビニル管 技術資料(1998 10)
- 6) 架橋ポリエチレン管工業会：架橋ポリエチレン管 技術資料(1988 10)，p.11

7) ポリブテンパイプ工業会：ポリブテンパイプ 技術資料(2001 5)，p.10

(2005/6/1 原稿受理)

## Deterioration of Polymer Material

Hiroshi Ishikawa\*

Yoshihiro Tomioka

**Synopsis** The products made from resin material have advantages such as processing, light weight, durability. And there are many products made from the resin material in building equipment field. Plastic pipes are kinds of these products. They include U PVC pipes, C PVC pipes, PE pipes, PE X pipes and PB pipes. On the other hand, these plastics will be deteriorated by the various factors. The factors of the typical degradation are heat, ultraviolet rays, chemicals, stress, and so on. It is important to know the characteristics of these degradations. It is also important to know how to keep away from these degradations, for instance, stabilizers, molding methods and installations.

We would like you to choose proper materials to consider these points.

(Received June 1, 2005)

\* Research & Development Department. KUBOTA C.I. Co., Ltd, Member



石川 浩 いしかわひろし  
昭和33年生まれ/出身地 大阪府/専門 合成樹脂管およびシステムの研究・開発



富岡芳弘 とみおかよしひろ  
昭和38年生まれ/出身地 和歌山県/専門 合成樹脂管材料の研究・開発