

材料選定の手引き

(Part-5 環境特性編)



府中プラ株式会社

材料選定の手引き Part-5「環境特性」編

はじめに

本手引きは、Part-1で「物理的特性」、Part-2で「機械的特性」、Part-3で「熱的、電気的特性」、Part-4で「安全規格、法規制」、Part-5で「環境特性」の視点から、候補材を絞り込んでいく際に必要な物性データの概要、活用法や材料選定の基準についてまとめました。

エンブラ、スーパーエンブラを原料とする成形品やそれが組み込まれた最終製品は長期間にわたって使用されることが一般的です。その間、それを取り巻く環境下において薬品、紫外線に晒されたり、熱や応力がかかることにより初期の物性や性能が低下していきます。製品の設計者はこれらの因子による影響を予め想定しておくことが重要です。Part-5「環境特性」編では、材料選定においてこれまで見てきたPart1～4の特性に続いて、耐候性、耐薬品性について見ていきます。

耐候性

耐候性とは、プラスチック材料が紫外線、湿度、温度変化などの外部環境条件に耐える能力を指します。本手引きでは退色、変色に関する耐候性に絞って説明します。退色や変色は、樹脂内部の化学構造が紫外線などの影響を受けて分解や変化を起こすために生じます。紫外線は樹脂分子中の結合を切断し、フリーラジカルを生成することで、分子鎖が劣化します。また、添加剤や顔料が紫外線や熱で化学変化を起こすことも、色相変化の原因となります。これらの影響は、製品の外観や機能に直接関わるため、材料選定時に耐候性の評価が重要です。プラスチック部品の退色、変色を評価するための代表的な試験方法について以下に概要を説明します。

1. 促進耐候性試験（UV 試験）

紫外線（UV）ランプ、湿度、温度を一定条件で組み合わせ、プラスチック部品の紫外線や高湿環境による劣化を再現的に評価します。

- 測定規格: ASTM G154（蛍光 UV ランプ法）、ISO 4892-3
- 測定方法: サンプルを一定時間照射した後、色差（ ΔE ）や表面状態の変化を測定します。

2. キセノンアーク試験

自然光に近いスペクトルを再現するキセノンアークランプを使用し、太陽光や湿度による退色を評価します。屋外用途のプラスチック部品に適した試験方法です。



- 測定規格: ASTM G155、ISO 4892-2
- 測定方法: サンプルをランプ照射下に一定時間曝露し、色差や表面変化を評価します。

3. 加熱変色試験

高温条件下でプラスチックが変色する挙動を評価します。特に、熱成形プロセスや長期使用における変色リスクを確認するために有効です。

- 測定規格: JIS K7105
- 測定方法: 試験片を特定温度に一定時間さらし、色差や黄変指数 (YI) を測定します。

4. 天然暴露試験

実際の屋外環境で長期間サンプルを曝露し、退色や変色を評価します。自然条件に基づくデータを得るため、実環境での劣化を予測できます。

測定規格: ISO 877

測定方法: サンプルを特定地域に一定期間設置し、劣化の進行を評価します。

耐候変色しやすい樹脂例

1. ABS

ブタジエン成分が紫外線に対して非常に不安定で、酸化分解が進むことで黄変しやすい。

2. PC

分子構造中に芳香環が含まれ、これが紫外線を吸収しやすく、紫外線照射により分子鎖が切断され、黄変や曇りが発生します。

3. PA6、PA66

アミド基が紫外線や酸素に反応しやすく、酸化分解が進むことで変色や脆化が生じます。特に吸湿性も高いため、湿度環境下での変色が顕著です。

4. POM

分子構造中のエーテル結合が紫外線や熱で切断され、分解生成物の変色を引き起こします。

5. PET

分子鎖中のエステル結合が紫外線により加水分解され、酸化生成物の変色を促進します。

耐候変色しにくい樹脂例

1. ASA (アクリルスチレンアクリロニトリル樹脂)

ASA は、一般的な ABS 樹脂に代わる耐候性向上樹脂として開発されました。ゴム成分としてポリブタジエンを含む ABS に対し、ASA ではアクリルゴムを使用しています。このアクリルゴムは、紫外線や酸素に対して非常に安定しており、酸化分解が起こりにくいた



め、長期間の屋外暴露でも退色や変色が抑制されます。また、ASA は色差 (ΔE) が低く、安定した外観を保ちやすい特性があります。

2. AES (アクリルエラストマースチレン共重合樹脂)

AES は ASA と同様に、ゴム成分としてアクリルゴムを使用しており、紫外線や酸化に対する耐性が高くなっています。また、AES はスチレンベースのポリマーにアクリルエラストマーをブレンドした構造を持ち、剛性と耐候性をバランスよく備えています。このため、屋外環境でも退色や変色が起こりにくい材料です。

3. PMMA (ポリメチルメタクリレート)

PMMA は、分子構造に紫外線吸収能を持つメタクリレート基を含んでおり、紫外線の影響をほとんど受けません。また、PMMA は化学的に非常に安定した構造を持つため、紫外線や酸化環境下でも分解や変色がほとんど発生しません。さらに、PMMA は光透過性が高い素材でありながら、屋外暴露時にも透明性を維持できる優れた耐候性を持っています。

耐候変色は、樹脂の種類だけでなく、色相、配合成分、加工条件、使用環境に大きく影響されます。特に黒色成形品は変色リスクが少なく、耐候性が求められる用途で実的です。一方で、淡色や透明材料を使用する場合は、耐候処方グレードや添加剤の配合、適切な加工条件の設定が重要です。設計者は、これらの要因を総合的に考慮し、使用環境や用途に最適な材料を選定する必要があります。

耐薬品性

樹脂が薬品により物性が変質・低下する現象には、化学反応によるものと物理的要因によるものの両方が関与します。それぞれのメカニズムを以下に説明します。

1. 化学反応による劣化

薬品と樹脂分子が化学反応を起こし、分子構造が変化することで物性が低下します。

加水分解

樹脂中のエステル基やアミド基などが水分や薬品の影響で加水分解を起こし、分子鎖が切断されます。これにより、樹脂が脆化し、機械的強度や耐久性が低下します。

例: PET、PBT、PC

酸化反応

酸化剤との接触で樹脂の分子鎖が酸化分解し、脆性が進行します。酸化は、熱や光との組



み合わせで進行が加速されることもあります。

例: PE、PP

アルカリ分解

高 pH の薬品が樹脂に作用し、特定の結合（エステル結合やアミド結合）が切断されます。これにより、耐久性が著しく低下します。

例: PA6、PA66、エポキシ樹脂

分子内の官能基の変性

紫外線や化学薬品との反応により、分子内の官能基が変性し、色相変化や物性の劣化が発生します。

2. 物理的要因による劣化

化学反応を伴わず、薬品の物理的作用によって樹脂の物性が変質する現象です。

溶解・膨潤

薬品が樹脂内部に浸透し、分子間のファンデルワールス力が低下することで樹脂が柔軟化したり、体積が膨張します。これにより、寸法変化や機械的強度の低下が発生します。

例: 非晶性樹脂（PC、PMMA）で顕著。

応力腐食割れ（ストレスクラッキング）

外部応力や内部応力がかかっている状態で薬品が浸透すると、応力集中により微細な亀裂が進行します。この現象は特に透明樹脂で顕著に発生します。

例: PC、PS

吸水と寸法変化

樹脂が薬品中の水分を吸収し、分子間に水が入り込むことで膨張や寸法変化が生じます。これにより機械的特性や寸法精度が低下します。

例: PA6、PA66

表面侵食

薬品が樹脂表面を溶解または浸食することで、外観が変化し、表面が粗くなる現象です。透明性が求められる製品では光学特性が損なわれる場合があります。

例: PMMA、PS

樹脂の耐薬品性は、化学構造や分子特性に大きく依存します。極性基を含む樹脂は一般的に極性の高い薬品（酸やアルカリ）に影響を受けやすい一方で、疎水性の樹脂は油や有機溶剤に対して安定性を示します。また、分子構造の結合エネルギーや安定性も耐薬品性に影響を与え、高分子の架橋構造や芳香環の有無によって異なる傾向が見られます。

最終的な材料選定では、その成形部品に接触する可能性がある薬品をひとつずつ確認する必要があることは言うまでもありませんが、材料検討の初期段階では各樹脂の耐薬品性のおおまかな傾向から候補材をあげることをお勧めします。あくまで参考、目安程度となりますが、下記表、コメントを参照下さい。

<主要樹脂の耐薬品性>

	弱酸	強酸	弱アルカリ	強アルカリ	有機溶剤
PEEK	○	○～△	○	○～△	○
PES	○	○～△	○	○～△	○
PEI	○	○～△	○	○～△	△
PSU	○	○～△	○	○～△	△
PPS	○	○	○	○	○
PA6	△	△～×	○	△～×	○
PA66	△	△～×	○	△～×	○
PC	△	△～×	○	△～×	△～×
変性PPE	○	○～△	○	○～△	△～×
PBT	△	△～×	○	△～×	△～×
POM	○	△～×	○	△～×	△
ABS	○	△～×	○	△～×	△～×
ASA	△	○～△	○	○～△	△

PEEK

- 酸: 優れた耐性を示し、強酸でも性能を維持。分子構造が強固で酸による加水分解や分解が起きにくい。
- アルカリ: 高耐性を持つが、長時間高濃度の強アルカリでは影響が出る可能性。ケトン基の安定性が寄与。
- 油: ほとんど影響を受けず、優れた耐性を示す。疎水性のため油との相互作用が少ない。
- 有機溶剤: 強溶剤でも溶解せず、化学的安定性が高い。ベンゼン環が分子構造を安定化。

PES

- 酸: 弱酸に強いが、強酸には分解のリスクがある。スルホン基が酸に弱い性質を持つ。
- アルカリ: 弱アルカリに耐性あり。強アルカリでは分子内結合が影響を受けやすい。
- 油: 高耐性を持つ。分子構造が疎水性を強める。
- 有機溶剤: 一般的な溶剤には耐えるが、強溶剤では一部膨潤が生じる場合あり。



PEI

- 酸: 強酸に対して劣化する可能性。イミド基がプロトン化されやすい。
- アルカリ: 弱アルカリに耐性あり。強アルカリは劣化のリスクが高い。
- 油: 高い耐性を示す。分子内の芳香環構造が安定性を高める。
- 有機溶剤: 耐性は良好。極性溶媒にはわずかに影響を受ける可能性あり。

PSU

- 酸: 弱酸に耐性があるが、強酸には劣化の可能性がある。スルホン基が弱点。
- アルカリ: 強アルカリでは分解の可能性があり、長期使用は推奨されない。
- 油: 優れた耐性を示し、物性に影響がほとんど出ない。
- 有機溶剤: 高耐性だが、アセトンやメタノールには若干の膨潤が起きる場合あり。

PPS (ポリフェニレンサルファイド)

- 酸: 強酸にも耐性があり、ほとんど劣化しない。硫黄原子が安定化を助ける。
- アルカリ: 弱アルカリ、強アルカリにも耐性があり、幅広い用途に対応。
- 油: 高い耐油性を持ち、影響はほぼ皆無。
- 有機溶剤: ほぼ全ての溶剤に耐えるが、高温環境では膨潤の可能性。

PA6

- 酸: 弱酸に耐性あり。強酸では加水分解の可能性が高い。
- アルカリ: 強アルカリに弱く、分子鎖の劣化が発生。アミド結合が攻撃されやすい。
- 油: 耐性は良好で、長期使用でも物性は安定。
- 有機溶剤: 極性溶媒では膨潤が発生する可能性がある。

PA66

- 酸: PA6 と同様、強酸に弱く、加水分解のリスクがある。
- アルカリ: アミド基の影響で強アルカリに耐えにくい。
- 油: 耐油性が良好で、自動車用途でも使用可能。
- 有機溶剤: 溶剤には PA6 と同様の耐性。

PC

- 酸: 強酸に弱く、分解する可能性。炭酸エステル基が反応を受けやすい。
- アルカリ: 強アルカリに非常に弱い。エステル結合が加水分解を受ける。
- 油: 耐油性は良好だが、長期の油曝露では物性低下の可能性。
- 有機溶剤: 強溶剤には膨潤や割れが発生する場合あり。



変性 PPE (PPE/PS)

- 酸: 弱酸に耐性あり。強酸には割れや劣化のリスク。
- アルカリ: 耐性は中程度で、強アルカリでは分解の可能性。
- 油: 高い耐性を持つ。
- 有機溶剤: 耐性は良好だが、特定の溶媒では膨潤が起きる可能性。

PBT

- 酸: 弱酸には耐性があるが、強酸では加水分解が発生。
- アルカリ: 強アルカリには弱い。エステル基が分解を受ける。
- 油: 耐油性は優れており、長期使用でも安定。
- 有機溶剤: 極性溶媒に影響されやすい。

POM

- 酸: 弱酸に耐性があるが、強酸では分解の可能性がある。
- アルカリ: 強アルカリに非常に弱い。ホルムアルデヒド基が攻撃されやすい。
- 油: 耐油性は高く、長期使用に適している。
- 有機溶剤: 極性溶媒に弱く、膨潤が発生する場合がある。

ABS

- 酸: 弱酸に耐性があるが、強酸で割れが生じる可能性。
- アルカリ: 耐性は中程度。高濃度ではブタジエン部が劣化する。
- 油: 耐油性はあるが、長期間の油曝露で脆化のリスク。
- 有機溶剤: 極性溶媒には膨潤や割れが生じる場合あり。

ASA

- 酸: 弱酸に強いが、強酸には割れの可能性がある。
- アルカリ: 強アルカリに弱く、エステル基が分解を受ける。
- 油: 耐油性が高く、屋外用途にも適する。
- 有機溶剤: 耐溶剤性は ABS より高いが、極性溶媒には注意が必要。

次ページの表-1 は主要樹脂の耐薬品性について、一定荷重下（95、190kgf/cm²）でのそれぞれの薬品処理による外観変化、表-2 は同様に一定荷重下（408kgf/cm²）での外観変化の実験結果です。

<表-1>

薬品	応力 (9kgf/cm ²)						応力 (190kgf/cm ²)					
	ポリエーテルサルホン			ポリサルホン	ポリカーボネート	変性PPO	ポリエーテルサルホン			ポリサルホン	ポリカーボネート	変性PPO
	200P	300P	430P	非強化P1700	非強化	非強化	200P	300P	430P	非強化P1700	非強化	非強化
アセトン	R1S	R4S	○	R2S	R1S	○	R1S	R3S	○	R2S	R1S	○
メチルエチルケトン	R1S	R2S	○	R1S	○	R18	R1S	R1S	○	R1S	R5	R20S
シクロヘキサン	R1S	R19S	○	D	D	D	R1S	R5S	○	D	D	D
ベンゼン	C20	○	○	R1S	R4	D	R2	C20	○	R1S	R3	D
トルエン	○	○	○	R1S	R11	D	R6	C20	○	R1S	R3	D
キシレン	○	○	○	R4S	R15	D	○	○	○	R2S	R11	D
トリクロルエチレン	C20	C20	○	D	○	D	R6	R11	○	D	R17	D
1,1,1-トリクロルエタン	○	○	○	R8S	R3	D	○	○	○	R3S	R1	D
四塩化炭素	○	○	○	S L C20	R6S	D	○	○	○	R3	R3S	D
1,2-ジクロルエタン	R1S	R1S	○	D	D	D	R1S	R1S	○	D	D	D
パークロルエチレン	○	○	○	C20	R1S	D	○	○	○	R8	R1S	D
クロロホルム	R1S	R1S	○	D	D	D	R1S	R1S	○	D	D	D
トリクロルトリフロロエタン (フロン)	○	○	○	○	○	D	○	○	○	○	○	D
メタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
エタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
n-ブタノール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C20	C20	○
エチレングリコール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2-エトキシエタノール	C20	S L C20	○	C20	R17	○	C20	C20	○	C20	R10	○
ブロマン1,2-ジオール	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヘプタン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	S L C20	R19
酢酸エチル	R31S	C20	○	R3S	○	○	R17S	R7	○	R1S	R4	○
ジエチルエーテル	C20	S L C20	○	C20	R1	○	C20	C20	○	R7	R1	R15
二硫化炭素	○	○	○	R8S	R1S	D	○	○	○	R5S	R1S	D
ガソリン	○	○	○	○	C20	○	○	○	○	C20	R3	R1
ジーゼルガソリン	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注：○……………試験片が20分間浸漬後も全く変化しなかった
 C20……………20分間浸漬後、クレージングが起こった
 S L C20……………20分間浸漬後、わずかにクレージングが起こった
 R8……………8分間浸漬後、割れた
 R2S……………2分間浸漬後、割れた
 D……………試験片が溶解した

<表-2>

	PEEK	PES (300p)	PSu (ユーズルP1700)	PC (マクロロン6030)	変性PPO (ノリル731)
アセトン	C20	R1S	R1S	R1S	R1
メチル・エチルケトン	S L C20	R1S	R1S	R1S	R33
シクロヘキサン	20	R1S	D	D	D
トルエン	S L C20	R4	R1S	R20S	D
キシレン	20	R10	R1S	R1S	D
トリクロルエチレン	20	R2	D	R2	D
1,1,1-トリクロルエタン	20	C20	R1S	R32S	D
クロロホルム	S L C20	R1S	D	D	D
1,2-ジクロルエタン	20	R1S	D	D	D
エタノール	20	20	C20	C20	20
イソプロピルアルコール	20	C20			
エチルジギョール	20	R1	R1	R2S	R14
酢酸エチル	S L C20	R2	R1S	R1	R7
ガソリン	20	C20	R5	R30S	R10S
濃硫酸	D				
88%リン酸	70Hrs				
50%KOH	2Hrs				

注：20……………20分間変化なし
 S L C20……………20分後、わずかにクレージング
 C20……………20分後、クレージング
 R……………破壊
 D……………溶解
 例えば、R1Sは1秒で、R1は1分で破壊したことを示す

(出典) 表-1,2ともにプラスチック成形基礎講座



樹脂が薬品に侵される理由は、化学反応（加水分解、酸化、アルカリ分解など）と、物理的要因（溶解、膨潤、応力腐食割れなど）が複合的に作用することによります。材料選定の際には、薬品の種類や濃度、使用温度、圧力などの環境条件を詳細に評価し、適切な耐薬品性を持つ樹脂を選ぶことが重要です。また、適切な設計と試験による事前評価が製品の長期信頼性確保につながります。

以上

<本資料のご利用にあたって>

本資料は、射出成形における材料選定の参考情報として提供するものであり、特定の設計や製造条件下での性能や適合性を保証するものではありません。本資料に記載された内容は、作成時点での情報に基づいていますが、その正確性や完全性についていかなる保証も行いません。また、予告なく内容を変更する場合があります。本資料の利用により発生したいかなる損害（直接的、間接的を問わず）についても、弊社は一切の責任を負いかねます。最終的な材料選定や設計に関する判断は、必ずお客様ご自身で行っていただきますようお願いいたします。ご不明点や詳細な技術相談については、弊社担当者までお問い合わせください。