

プラスチック材料の各動特性の 試験法と評価結果 〈5〉

安田 武夫*

2. プラスチックの各種試験法 (続き)

2-3. 物理・化学的性質の試験・評価方法

2-3-3. 透過性

①はじめに

プラスチック材料には、一般にその材料の種類や厚さ等に依じてそれぞれ程度は異なるが、液体(湿気)あるいは気体を通過させる性質がある。このような性質を透過性(permeability)と呼び、またとくに湿気あるいは気体を対象とするときにはそれぞれ透湿性、と気体透過性呼んでいる。

透湿性あるいは気体透過性は、いずれも常温常圧において、一定面積を一定時間内に通過する湿気や気体の重量(g/m²/24h)等をもって表されている¹⁾。

現在プラスチックは各種用途に使用されているが、包装材料分野の使用量は大きなものとなっている。少しデータは古い²⁾が、図1に1995年のプラスチック包装材料の材料別・用途別出荷量を示す³⁾。この図に示される各種プラスチック(包装材料に使用されるプラスチックの大部分)の出荷量は合計すると約350万トンに達し、同年のプラスチックの生産量が約1,400万トン³⁾の1/4となり、大きな市場規模である。このようにプラスチック包装材料は、現在のわれわれの生活には不可欠のものになっている。

プラスチック包装の大きな用途は食品包装分野である。この用途では、品質保存性(バリア性、機械的保護性、安定性)、安全性(食品衛生性を含む)、作業性(機械加工性、印刷性、密封・密着性)等多くの性能が要求される。とくに内容物の脱湿、吸湿を防ぎ、酸素による油脂類の酸化、カビの繁殖を防止するため、各種気体(とくに酸素)の遮断性(バリア性)は重要な

性能で、食品の保存には欠くことができない性能である¹⁾。

透湿性や気体透過性は、包装材料用プラスチックでは非常に重要な性能で、JIS規格等にも規定されている。

②気体透過性の測定法

気体透過性の測定方法は、JIS K 7126(プラスチックフィルム及びシートの気体透過度測定方法)として規定されている⁴⁾。用語として、つぎのものが定義されている。

(1) 気体透過度(GTR)

単位分圧差で単位時間に単位面積の試験片を通過する気体の体積であり、気体が酸素の場合は酸素透過度(O₂GTR)と表す。

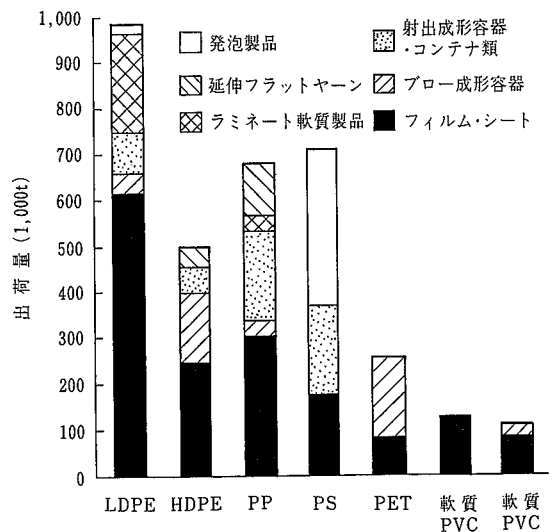


図1 1995年におけるプラスチック包装材料の材料別・用途別出荷量 (日本包装技術協会)

*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 4-27-7

(2) 気体透過係数 (P)

気体透過度に試験片の厚さを乗じて、単位厚さ当たりの透過量に換算したもので、気体が酸素の場合は酸素気体透過係数(PO₂)と表す。測定する試験片はデシケータ内で試験温度と同じ温度で48時間以上乾燥を行う。試験片は材料を代表し、しわ、折り目、ピンホール等の欠点がなく、厚さが均一なものでなければならない。

試験方法は、つぎに示す2種類である。

・A法 (差圧法)

使用する試験装置の仕様範囲内のあらゆる気体の透過度を測定する方法で、試験片によって隔てられた一方(低圧側)を真空に保ち、もう一方(高圧側)に試験気体を導入し、低圧側の圧力の増加によって気体透過度を測定する方法である。気体透過度測定装置の一例を図2に示す。主な装置は、試験片に気体を透過させるための透過セル、透過した気体による圧力変化を検知する圧力検出器、透過セルに気体を供給するための試験気体供給器、セル容積可変器、真空ポンプ等で構成される。

・B法 (等圧法)

この方法は酸素透過度だけを測定する方法で、試験片の一方に酸素を供給し、もう一方に等圧で窒素キャリアガスを導入し、透過した酸素を酸素検知器を用いて測定するものである。酸素透過度測定装置の一例を図3に示す。主な装置は、試験片に酸素を透過させるための透過セル、透過した酸素を検知する酸素検知器、検知した出力電圧と酸素透過度とを対応させるための負荷抵抗器、触媒管、流量計、記録計等である。

つぎの手順に従って測定する。

・A法 (差圧法)

試験片を透過セルに装着し、空気漏れが生じないよ

うに均一な圧力で固定する。

初めに低圧側、つぎに高圧側を排気する(排気時間は、試験片の種類、状態調節の方法により異なるので要注意)。低圧側の排気を止め、真空に保つ。

試験気体を高圧側に約1気圧導入する。このときの高圧側の圧力(P_u)を記録する。低圧側の圧力が上昇し始め、透過が確認される。透過曲線を描き、透過が定常状態を示す直線部分が確認されるまで測定を続ける。

透過曲線の直線部分の傾きから(d_p/d_t)を求める。気体透過度は、以下の式で計算される。

$$GTR = \frac{V_c}{R \times T \times P_u \times A} \times \frac{d_p}{d_t}$$

ここに、GTR：気体透過度 (mol/m²·Pa)

V_c：低圧側容積 (l)

T：試験温度

P_u：供給気体の差圧 (Pa)

A：透過面積 (m²)

d_p/d_t：単位時間(s)における低圧側の圧力変化 (Pa)

R：8.31×10³(l·Pa/K·mol)

気体透過係数は、以下の式で算出される。

$$P = GTR \times d$$

ここに、P：気体透過係数 (mol·m/m²·Pa)

GTR：気体透過度 (mol/m²·Pa)

d：試験片の厚さ (m)

・B法 (等圧法)

試験片を透過セルに取り付ける。

上部および下部のセルから空気を追い出すために、窒素ガスで十分な時間置換する。

キャリアガスの流れを酸素検知器の系に切換え、ベースラインが安定したところで電圧を確認する。

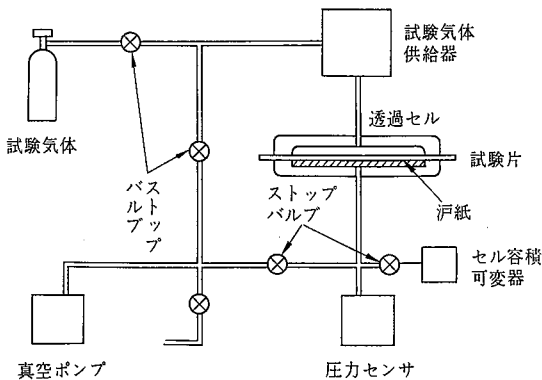


図2 気体透過度測定装置(差圧法)の一例

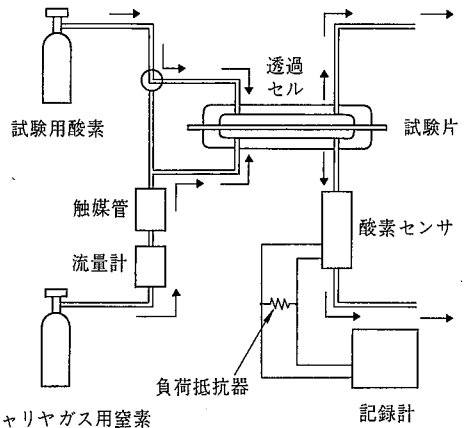


図3 酸素透過度測定装置(差圧法)の一例

(E_0 : ベースライン電圧)

ベースラインが安定したら、上部透過セルに酸素が流れるように切り換える。酸素導入後、ゆっくりと電圧が増加してゆく。透過が定常状態に達し、電圧が安定するまで測定を続ける。

酸素透過度は、以下の式で算出される。

$$O_2GTR = \frac{(E_e - E_0) \times Q}{A \times R}$$

ここに、 O_2GTR : 酸素透過度 ($\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{Pa}$)

E_e : 測定電圧 (V)

E_0 : ベースライン電圧 (V)

Q : 校正定数

A : 透過面積 (m^2)

R : 負荷抵抗値 (Ω)

酸素透過係数は、以下の式で計算される。

$$PO_2 = O_2GTR \times d$$

ここに、 PO_2 : 酸素透過係数 ($\text{mol} \cdot \text{m}/\text{m}^2 \cdot \text{Pa}$)

O_2GTR : 酸素透過度 ($\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{Pa}$)

d : 試験片の厚さ (m)

③水蒸気透過度の測定法

水蒸気透過度の測定方法は、JIS K 7129 (プラスチックフィルムおよびシートの水蒸気透過度測定方法) として規定されている⁹⁾。用語として、つぎのものを定義している。

・水蒸気透過度 (WVTR)

所定の温度および湿度の条件で単位時間に単位面積の試験片を通過する水蒸気量。また、標準試験片として、水蒸気透過度が既知の試験片を準備する。

試験片の状態調節は、原則として、試験前に前述した JIS K 7100 の標準状態調節 2 級において 88 時間以上行う。試験片は材料を代表し、しわ、折り目、ピンホール等の欠点がなく、厚さが均一なものでなければならない。試験方法は、つぎに示す 2 種類である。

・A 法 (感湿センサ法)

試験片の片側を水蒸気飽和状態とし、反対側を所定の相対湿度とする。試験片を透過した水蒸気量による湿度変化を低湿度側に設置した感湿センサで検出し電気信号に変換する。一定の相対湿度幅の水蒸気透過時間を測定し、その水蒸気量透過速度の定常状態を確認後その数値から水蒸気透過度を算出する方法である。その試験装置の一例を図 4 に示す。主な装置は、試験片上・下に高湿度側と低湿度側の二つの測定セルをもつ透過セル、透過した水蒸気を相対湿度として検出する感湿センサ、乾燥空気を供給するためのポンプと乾燥筒、貯水器等によって構成される。

・B 法 (赤外センサ法)

透過セルは、試験片によって乾燥空気室と、調湿室に隔てられている。乾燥空気室と試験片面は、乾燥空気流にさらされており、試験片を通して通過してくる水蒸気はこの乾燥空气中に混ざり、赤外センサまで運ばれる。

このセンサを用いて水蒸気によって吸収される赤外エネルギーの割合を測定し電気信号として取り出し、これによって水蒸気透過度を算出する方法である。その試験装置の一例を図 5 に示す。主な装置は、試験片に水蒸気を透過させるための透過セル、透過した水蒸気を選ぶためのポンプ、透過した水蒸気量を検出する赤外センサ、流量計、乾燥筒等により構成される。

試験条件は、つぎの中から選ぶ。

- 1) 試験温度 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度差 $(90 \pm 2)\%RH$
- 2) 試験温度 $40 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度差 $(90 \pm 2)\%RH$
- 3) 試験温度 $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度差 $(75 \pm 2)\%RH$

つぎの手順に従って、標準試験片と試験片の水蒸気透過度を測定する。

・A 法 (感湿センサ法)

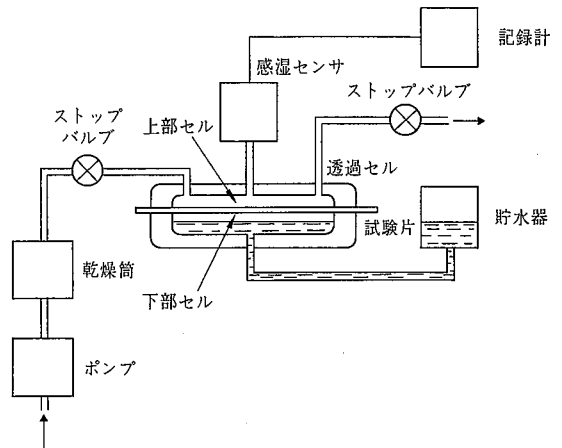


図 4 感湿センサ法による水蒸気透過度測定装置の一例

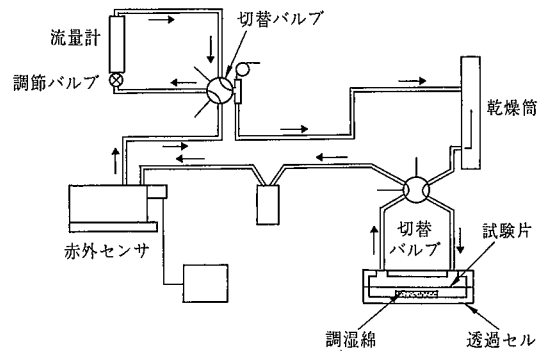


図 5 赤外センサ法による水蒸気透過度測定装置の一例

表1 各種ポリマーの酸素・炭酸ガス透過性²¹⁰⁾

種類	厚さ (μm)	(単位: $\text{cc}/\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h}/\text{atm}$)			
		酸素透過度		炭酸ガス透過度	
		25°C	35°C	25°C	30°C
エチレン-ビニルアルコール コポリマー (エチレン 56%)	15	0.2	0.5	1.1	
アクリロニトリルコポリマー (アクリロニトリル 70%)	25	12	20	25	
ビニリデンクロライドコポリマー	25	16		13	
ナイロン 6	20	85	140	450	
ナイロン 66	25	77	140	140	
ナイロン 11	25	520		2,300	
ナイロン 12	25	1,100		3,200	
ポリエチレンテレフタレート (二軸延伸)	12	64	165	175	820
ポリエチレンテレフタレート	25	43		430	
ポリエステル (PETG)	50	50		150	
ポリアリレート(テレフタル酸 -ビスフェノール A)	30	86		660	
ポリウレタン	25	2,700		14,000	
ポリ塩化ビニル (無可塑)	25	125		760	
ポリ塩化ビニル(可塑剤30%)	50	1,820		120,000	
ポリアセタール	50	97			
ポリメチルメタクリレート	50	150			
ポリカーボネート	50	1,800		10,100	
ポリスチレン	25	8,100		37,000	45,000
ポリクロロトリフロロエチレン	25	26		180	
ポリテトラフロロエチレン	25	17,600		48,000	
ポリふっ化ビニル	50	260			
ポリふっ化ビニリデン	50	26			
ポリイミド	25	390		620	
ポリブタジエン	50	29,900			179,000
ポリエチレン (密度 0.92)	50	3,900	7,200	16,500	450,000
ポリエチレン (密度 0.955)	25	2,900		7,600	9,400
ポリプロピレン	20	8,100		37,000	
ポリ 4 メチルペンテン-1	50	32,000		95,000	
アイオノマー	25	7,700			
ポリエステルエラストマー	50		17,000		65,000
ブチルゴム	50	16,900			67,000
ABS 樹脂	50	960			
ポリスルホン	25	3,500		14,000	
三酢酸セルロース	25	2,300		12,600	
エチルセルロース	25	35,000		80,000	
酢酸ブチルセルロース	50	6,900			
ポリジメチルシロキサン	50	130,000			
シリコンゴム	50	720,000		3,700,000	

測定条件: 25°Cまたは 30, 35°C, ドライ

備考: 下部セルは飽和水蒸気で相対湿度 100%RH に保たれているので、相対湿度差を 90%RH (75%RH) とするためには上部セルの設定湿度を 10%RH (25% RH) に設定する。下部セルに一定量の蒸留水を封入する。標準試験片または試験片を上部セルと下部セルの間に挿入する。上部セル内の湿度は、乾燥空気を用い

て 10%RH 以下の相対湿度とし、測定を開始する。

試験片を透過した水蒸気による相対湿度の増加が感湿センサにより検出され、水蒸気量の増加に伴う単位湿度幅の所要時間が $\pm 5\%$ 以内の一定値になるまで測定を繰り返す。

水蒸気透過度は、以下の式で算出される。

$$WVTR = \frac{S \times C}{T} \times F$$

ここに、 $WVTR$: 試験片の水蒸気透過度

$[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})]$

S : 標準試験片の水蒸気透過度 $[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})]$

C : 標準試験片の単位相対湿度幅の所要時間 (s)

T : 試験片の単位相対湿度幅の所要時間 (s)

F : 標準試験片の透過面積/試験片の透過面積

・B法 (赤外センサ法)

乾燥空気を抜いて、試験装置のゼロレベル電圧を測定する。相対湿度を保持できる飽和水溶液(相対湿度の値により指定されている)を作製し、調湿綿とともに下部セル内に置く。標準試験片または試験片を正しい位置に取り付け、両セルを合わせる。透過セルを固定し、測定装置内に混入した湿った空気を排除する。所定流量の乾燥空気を用いて、赤外センサからの出力電圧が $\pm 5\%$ で定常状態に示すまで測定を続ける。

水蒸気透過度は以下の式で算出される。

$$WVTR = \frac{S \times (E_s - E_0)}{E_R - E_0} \times F$$

ここに、 $WVTR$: 試験片の水蒸気透過度

$[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})]$

E_0 : 乾燥空気による試験装置のゼロレベル電圧 (V)

E_R : 標準試験片の定常状態の電圧 (V)

S : 標準試験片の水蒸気透過度

$[\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})]$

E_s : 試験片の定常状態の電圧 (V)

F : 標準試験片の透過面積/試験片の透過面積 (m^2)

④各種プラスチックの気体透過度と水蒸気透過度

表2 液晶高分子フィルムの気体透過性

フィルム		P	D	S
HBA/HNA	30/40 O ₂	31.4	2.8	11.4
	58/42	50.3	5.2	9.8
	73/27	58.5	7.3	8.0
	80/20	69.3	7.0	9.9
		165	0.81	217
PPT-100		60	0.62	99
PET		8,250		
HBA/HNA	30/70 N ₂	1.9		
	58/42	4.4		
	73/27	5.3		
	80/20	8.3		
		1,275		
PET				
HBA/HNA	30/70 CO ₂	40.5	0.5	88
	58/42	77.3	0.9	84
	73/27	104	1.2	89
	80/20	164	0.9	190
		32,300	16	1,970
PET				

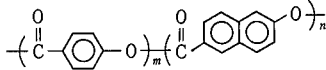
P=D・S

P: 透過係数; 10⁻¹⁶・m³(STP)・m/(m²・s・MPa)

D: 拡散係数; 10⁻¹⁴・m²/s

S: 溶解度係数; 10⁻²・m(STP)/m³・MPa

液晶高分子,ヘキストセラニーズ社「VECTRA」



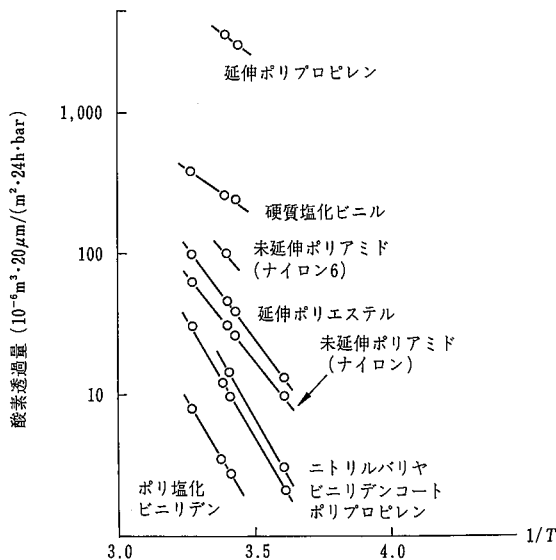
(xHBA/yHNA)系コポリマー

(仲川,高分子,46(3),144(1997))

表3 各種ポリマーの水蒸気透過度²¹⁰⁾

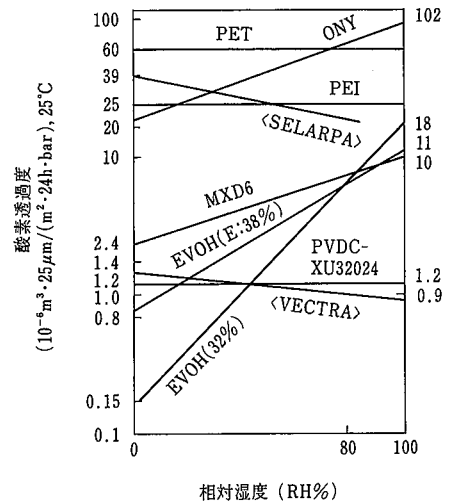
種類	水蒸気透過度 (g/m ² ・24h)
ポリビニルアルコール	1,100
エチレン-ビニルアルコールコポリマー (エチレン56%)	38
ポリアクリロニトリル (結晶化)	5.5
アクリロニトリルコポリマー (アクリロニトリル70%)	19
ビニリデンクロライドコポリマー	0.5
ナイロン6	47
ナイロン6, 10	22
ポリエチレンテレフタレート (二軸延伸)	5
ポリエチレンテレフタレート	8
ポリエステル (テレフタル酸・シクロヘキサングリコール重縮合体)	26
ポリ塩化ビニル (無可塑)	7
ポリアセタール	47
ABS樹脂	33
ポリメチルメタクリレート	41
ポリカーボネート	44
ポリスチレン	30
ポリクロロトリフロロエチレン	1.6
ポリテトラフロロエチレン	1.2
ポリイミド	84
ポリブタジエン	58
ポリエチレン (密度0.92)	2.7
ポリエチレン (密度0.955)	0.5
ポリプロピレン	1.6
ポリ4メチルペンテン-1	47
シリコンエラストマー	820

測定条件: 25°C, 90%RH, 厚さ 25 μm



(Packaging Encyclopedia, p.72(1987))

図6 各種フィルムの酸素透過量と温度



0%RHと100%RHの値の間に直線を引き、酸素透過度の湿度依存性をわかりやすく示した。

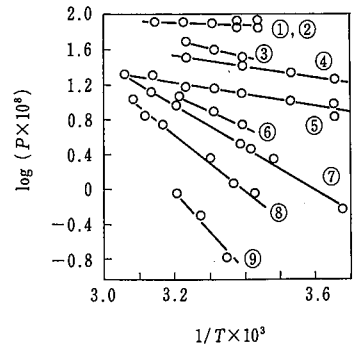
図7 気体透過性の湿度依存性。各種ガスバリア性ポリマーの0%RHと100%RHにおける酸素透過度

表4 各種ポリマーの水蒸気透過度²¹⁰⁾

種類	厚さ (μm)	水蒸気透過度 (cc/m ² · 24 h/atm)
エチレン-ビニルアルコールコポリマー (エチレン 56%)	15	60~120
エチレン-ビニルアルコール (エチレン 68%)	20	22~45
アクリロニトリルコポリマー (アクリロニトリル 70%)	25	82
ビニリデンクロライドコポリマー	25	3
ナイロン 6 (二軸延伸)	15	250
ナイロン 6	20	220
ナイロン 66	25	60
ナイロン 11	25	8
ナイロン 12	25	1
ポリエチレンテレフタレート (二軸延伸)	12	55
ポリエチレンテレフタレート	30	45
ポリエステル (PETG)	50	30
ポリアリレート (テレフタル酸-ビスフェノール A 重縮合体)	30	47
ポリウレタン	25	850
ポリ塩化ビニル (無可塑)	25	45
ポリ塩化ビニル (可塑剤 30%)	50	40
ポリカーボネート	50	24
ポリスチレン	25	120
ポリクロロトリフロロエチレン	25	1
ポリテトラフロロエチレン	25	5
ポリふっ化ビニル	50	50
ポリイミド	25	96
ポリエチレン (密度 0.92)	25	19
ポリエチレン (密度 0.935)	25	11
ポリエチレン (密度 0.955)	25	5
エチレン・アクリル酸ポリマー (エチレン 92%)	25	30
アイオノマー	25	31
ポリプロピレン	20	15
ポリ 4 メチルペンテン-1	50	55
塩酸ゴム	25	2
ポリサルホン	25	280
ポリエーテルサルフォン	50	230
ポリエーテルエーテルケトン	100	13
ポリフェニルサルファイド	100	3
三酢酸セルロース	25	900
エチルセルロース	25	108
酢酸セルロース	25	760

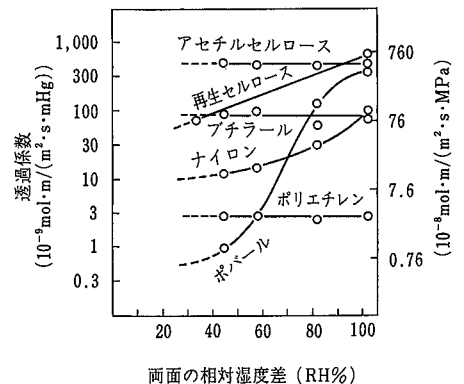
測定条件: 40°C, 90%RH

表1に各種ポリマーの酸素・炭酸ガス透過性の比較を示す⁹⁾。また、表2に高バリア性材料といわれる液晶ポリマーのフィルムの気体透過性をPETと比較したものを示す⁷⁾。また、図6に各種フィルムと酸素透過量と温度の関係、図7に各種ガスバリア性ポリマーの酸素透過量の湿度依存性について示す⁷⁾。



- ①ポリスチレン(無配向)
 - ②ポリスチレン(配向)
 - ③塩ビ-酢ビ共重合物(Vynlite VYNW)
 - ④塩ビ-酢ビ共重合物(Vynlite VYNW)
 - ⑤ポリ塩化ビニル(Geon 10)
 - ⑥ポリエチレン(カレンダー)
 - ⑦ポリエチレン(キャスト)
 - ⑧塩酸ゴム(Plio film)
 - ⑨ポリ塩化ビニルデン(サラン)
- (伊保内, ポリマーフィルムと機能性膜, p.31 技報堂出版(1991))

図8 プラスチックフィルムの透湿度の温度依存性



(長野, 他, ポパール, p.154, 高分子刊行会 (1981))

図9 透湿度係数の相対湿度依存性

つぎに、表3, 4に各種ポリマーの25°C, 90%RHおよび40°C, 90%RHの条件での水蒸気透過度の比較を示す⁹⁾。

また、図8に各種ポリマーの透湿度の温度依存性、図9に各種ポリマーの透湿度係数の相対湿度依存性を示す⁷⁾。これらの図、表から以下のことがいえる。

①酸素・炭酸ガス透過性では、EVOH (エチレン-ビニルアルコールコポリマー (エチレン 56%)) がもつ

表5 各種プラスチックのぬれ角度

ポリマー	接触角 θ (deg)	ポリマー	接触角 θ (deg)
ポリアクリロニトリル	49	ネオプレン	73
ナイロン6	52	シリコンゴム	90
N-メトキシメチルポリアミド	62	ポリクロトリフロロエチレン	72
ポリエチレンテレフタレート	69	ポリテトラフロロエチレン	104
ポリアクリル酸メチル	52	ポリエチレン (密度 0.92)	81
ポリメタクリル酸メチル	62	ポリエチレン (密度 0.955)	73
ポリ塩化ビニル	68	ポリプロピレン	91
ポリ酢酸ビニル	57	ポリスチレン	84
ビニロン	61	二酢酸セルロース	53
フェノール樹脂	63	三酢酸セルロース	67
塩化ゴム	68		

測定温度：20°C

表6 各種プラスチックの表面張力

ポリマー	表面張力 γ_c (dyne/cm)	ポリマー	表面張力 γ_c (dyne/cm)
ナイロン6	42	ポリ四ふっ化エチレン	18.5
ナイロン66	46	ポリ三ふっ化エチレン	22
ポリエチレンテレフタレート	43	ポリふっ化ピリデン	25
ポリメタクリル酸メチル	39	ポリふっ化ビニル	28
ポリ塩化ビニル	39	ポリエチレン (密度 0.92)	32
ポリ塩化ビニリデン	40	ポリエチレン (密度 0.955)	31
ポリビニルアルコール	37	パラフィンワックス	26
エポキシ樹脂	50	ポリプロピレン	31
ポリ塩化三ふっ化エチレン	31	ポリスチレン	33

測定温度：20°C

とも低い(バリア性良好)。これに、アクリロニトリルコポリマー、ビニリデンクロライドコポリマー、ポリふっ化ピリデン等のグループが続く。それらに、ナイロン6,66, PET等のポリエステルやポリアセタールのグループが続き、さらに、PVC, PVF, PMMA等がEVOHがグループが続く。ABS樹脂, ポリオレフィン, PS等の透過性をもっとも大きいグループになる。

また、ガス透過性の非常に低い材料には、液晶ポリマー、ここでは紹介されていないがPEN(ポリエチレンナフタレート)等があり、今後の用途展開が注目される。

②水蒸気透過度(透湿度)は、ポリオレフィン、ビニリデンクロライドコポリマー、PTFE等が非常に小さなグループを形成している。続いてPVC, PET, PC, EVOH等がつぎのランクのグループを形成し、続いて、ナイロン6,66, PS等が透湿度をもっとも大きなグループを形成している。

③概略的には、酸素・炭酸ガス透過性の小さな材料は、透湿度が高く、逆に酸素・炭酸ガス透過性の大きな材料は、透湿度が低い傾向にある。その中で、PET,

が大きい。このため、食品包装資材として使用され、ガスバリア性が必要な場合には、酸素透過性の低い材料との積層品が、市場に供給されている。

⑤結晶性プラスチックは二軸延伸すると強度とともに透過性が小さくなる。そのため、PETの二軸延伸ボトルや各種二軸延伸フィルムが、市場に供給されている。

⑥酸素透過度、透湿度は温度の上昇とともに増加するが材料により温度依存性が大きく異なる。

⑦吸水性の大きな材料は、酸素透過度、透湿度は相対湿度の増加とともに増加する傾向がある。しかし、一部の材料は、相対湿度の増加とともに酸素透過度が減少するものもある。

このように気体透過度、水蒸気透過度は、材料により種々なものがある。とくにプラスチックの重要な用途である食品包装材料等に使用されるような場合、この特性は非常に重要なものである。

2-3-4. ぬれ角度

①はじめに

固体を液体に接触させると“ぬれ”の現象が起きる。プラスチックの接着に関する理論には接着剤ポリマー

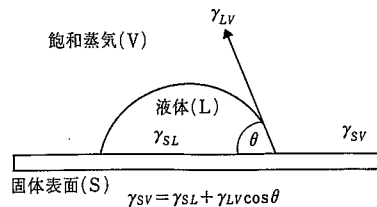


図10 ぬれ角度と表面張力

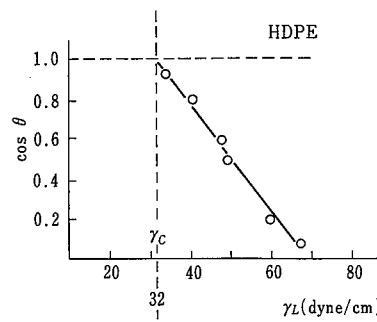


図11 高密度ポリエチレンのぬれ角度と表面張力

PVCは、両者のバランスがよい。

④プラスチック包装材料にもっとも大量に使用されているポリオレフィンでは、透湿度は小さいが、酸素透過性

表7 各種高分子材料の相対的耐放射線性

物 質		照 射 線 量 (rad)				劣 化 の 状 態 * ⁽¹⁾
		10 ⁶	10 ⁷	10 ⁸	10 ⁹	
フイ オリ オレ	ポリエチレン			■		黄色に変色
	架橋ポリエチレン			■		"
	エチレン酢ビ共重合体			■		"
	ポリプロピレン		■	■		黄褐色に変色
ブ ラ ス チ ック	テフロン T F E	■	■			もろくなり,高線量では粉体状になる
	テフロン F E P	■	■			程度は小さいがTFEと同様な傾向になる
	ふっ化ビニリデン		■	■		" 黄褐色に変色
	テフゼル E T F E		■	■		" 黄色に変色
材 料	硬 質 塩 ビ		■	■		茶褐色に変色
	軟 質 塩 ビ		■	■		"
材 料	アクリル樹脂(PMMA)		■	■		強度低下が大きく,長時間放置後亀裂が入る
	ポリエチレンテレフタレート		■	■		高線量で若干黄色くなる
	ポリアミド(ナイロン)		■	■		
	A B S 樹 脂		■	■		
	ポリカーボネート		■	■		黄褐色に変色
	ポリスチレン			■	■	
* ⁽²⁾ ゴ ム 材 料	天 然 ゴ ム		■	■		若干軟くなっていく傾向にある
	E P ゴ ム			■	■	
	S B R			■	■	軟化していく傾向にある
	アチルゴム	■	■			軟化してべとべとになってくる
	ウレタンゴム		■	■		
	ニトリルゴム		■	■		
	塩素化 P E		■	■		
	ハイパロン		■	■		
	クロロブレン		■	■		
	シリコーンゴム		■	■		若干茶色に変色
ふっ素ゴム		■	■			
そ の 他	エポキシ			■	■	
	ポリイミド			■	■	ほとんど変化なし(もともと耐放射性に優れている)
	セルロース	■	■			黄褐色に変色

□ 損傷はなしたはずか(使用上問題なし)
 ▨ 中程度の損傷(大体の用途に使用可)
 ■ 相当ひどい損傷(使用が限定される)

*⁽¹⁾ 状態変化についてとくに記していないものは脆化していく傾向にある。
 *⁽²⁾ ゴム材料は黒色配合なので変色は不明である。
 本表は多くの公表文献および昭和電線電纜(株)のデータのもとで作成したものである。
 実際にはベースポリマーの種類,配合剤によって上表の傾向は大幅変わる可能性がある。

によるプラスチック固体表面の“ぬれ”(wetting)を基底として扱う Zisman の界面化学的平衡論がある。これは液体のある温度での飽和蒸気内で,ある固体表面上に,その液滴が接触角 θ において“ぬれ”の平衡を保つとするものである。ぬれの程度は接着剤や塗料を選択する際の一つの重要な因子で通常接触角の測定により示される。

接触角とは液・固接点から固体の垂直面内に引いた接線がなす角度である。ぬれやすい場合は接触角は鋭

角になり,ぬれにくい場合は鈍角になる⁸⁾⁹⁾。

②各種プラスチックのぬれ角度

表5に,各種プラスチックのぬれ角度を示す。

2-3-5. 表面張力

①はじめに

プラスチックの表面には凝集力,表面張力の小さい低エネルギー表面で,Zismanはこの表面張力とぬれ角の間には直線関係があることを見出し, $\cos \theta = 1$ と交わる点に対応する液体の表面張力を,固体の臨海表

面張力 γ_c (dyne/cm) と名付けた。

②各種プラスチックの表面張力

表 6 に各種プラスチック表面張力 γ_c を示す。この数字は添加物、結晶性等によって変化し、コロナ処理やプラズマ等の表面処理によって表面エネルギーを調整することができる⁹⁾。

2-3-6. 耐放射線性

①はじめに

原子力工業では、ケーブルの被覆材をはじめ、種々の装置に高分子材料が使用されており、プラスチックの耐放射線性が安全上の面からもきわめて重要になっている。また、最近、人工衛星をはじめとする宇宙用材料としてエンプラが注目されている。主査に芳香環をもつ特殊エンプラには優れた耐放射線性を示すものがあり、用途の展開が期待されている。

②各種プラスチックの耐放射線性

表 7 に各種高分子材料の相対的な耐放射線性の比較を示す。

次回からは、各種機械的性質について述べる。

〈参考文献〉

- 1) 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」, p. 244, (株)工業調査会 1996 年, 1 月
- 2) 葛良忠彦, 「PLASTICS AGE ENCYCLOPEDIA <進歩編> 1998」, p. 56, 1997 年 10 月, プラスチックス・エージ
- 3) 通商産業省, 化学工業統計
- 4) JIS K 7126 (プラスチックフィルム及びシートの気体透過度測定方法)
- 5) JIS K 7129 (プラスチックフィルム及びシートの水蒸気透過度測定方法)
- 6) 「プラスチック成形加工データブック」, p. 20 日本塑性加工学会編, 日刊工業新聞社, 昭和 63 年 3 月
- 7) 「プラスチック・データブック」, p. 40, 旭化成アミダス(株)編/「プラスチック」編集部, (株)工業調査会 1999 年 12 月
- 8) 「プラスチック成形加工データブック」, p. 12, 日本塑性加工学会編, 日刊工業新聞社, 昭和 63 年 3 月
- 9) 「実用プラスチック用語辞典」, プラスチックス・エージ, 1989 年 9 月
- 10) 「プラスチック成形加工データブック」 p. 27, 日本塑性加工学会編, 日刊工業新聞社, 昭和 63 年 3 月