

## 5. 高分子の種類と気体透過係数

前章では、気体透過は溶解→拡散→脱着の過程があること、プラスチックはモノマーが多数繋がった高分子からできており、気体は高分子の非晶部分を拡散していくことを説明しました。

ところで、高分子の場合、モノマーの種類を変えることにより様々な高分子を合成することができます。この章では、高分子の種類と気体透過係数について調べてみましょう。

### ・いろいろな高分子の酸素透過係数

図 5-1 は高分子の種類ごとの酸素透過係数を示したものです。この図からも解るように、高分子の種類によって百万倍も酸素透過係数が変わります。この中で、エチレンビニルアルコール共重合体はマヨネーズボトルに使用されており、その厚みは約 10 $\mu$ m です。ポリエチレンでこれと同じだけの酸素バリア性を得るためには、37cm の厚さが必要です。これほど厚いボトルでは、マヨネーズを絞り出すことはできません。このことからエチレンビニルアルコール共重合体は如何に優れたガスバリア性材料であることが理解されます。

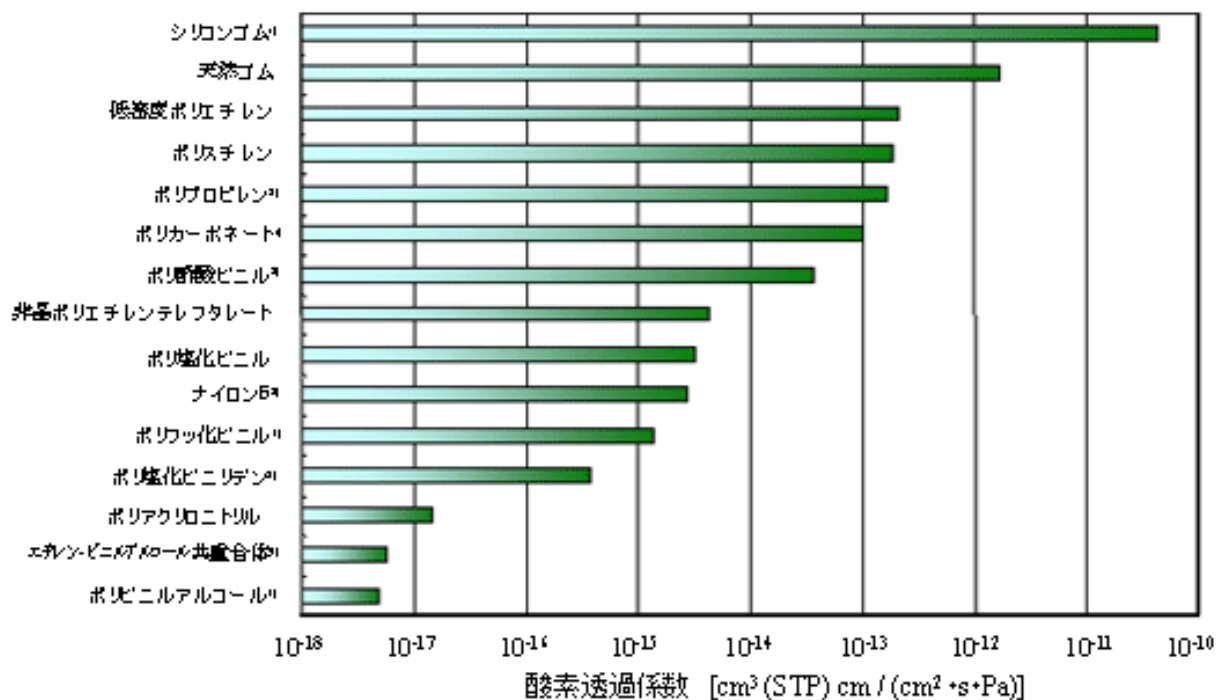


図 5-1 いろいろな高分子の酸素透過係数

- 1) : 25℃(高分子と水) 2) : 30℃ (ポリマーハンドブック) 3) : 23℃ (ポリマーハンドブック)  
4) 20℃ (当社測定値)、無印 : 25℃(ポリマーハンドブック)

### ・高分子の化学構造と酸素透過度


高分子は、化学構造からポリアミド系やポリエステル系などに分類されます。ビニル系高分子もそれらのひとつであり、 $\text{CH}_2=\text{CXY}$ の化学式をもつモノマーから合成されます。ここでXやYには水素(H)、塩素(Cl)、水酸基(OH)、メチル基( $\text{CH}_3$ )、フェニル基()などが入ります。Yが水酸基のものは、直接合成できないので、いったんポリ酢酸ビニルを合成してから、酢酸基を水酸基に変化させます。X、Yの原子または官能基の種類と高分子の名称を表5-1に、また、図5-2にはビニル系高分子の酸素透過係数をまとめておきます。エチレンビニルアルコール共重合体のYがOHまたはHとあるのは、1分子中にランダムにOH基またはH原子があることを意味しています。ここに示した原子または官能基の内、OH基やCN基、F、Cl、は電氣的に中性ではなく、プラスやマイナスに分極しており、極性基といわれます。酸素透過係数を極性基の観点から捉えると、極性基を有するものほど酸素透過度が小さいことが解ります。

表 5-1 ビニル系高分子の種類と官能基

名称	X	Y
低密度ポリエチレン	H	H
ポリスチレン	H	
ポリプロピレン	H	$\text{CH}_3$
ポリ酢酸ビニル	H	$\text{OCOCH}_3$
ポリ塩化ビニル	H	Cl
ポリフッ化ビニル	H	F
ポリアクリロニトリル	H	CN
ポリ塩化ビニリデン	Cl	Cl
エチレンビニルアルコール 共重合体	H	H または OH
ポリビニルアルコール	H	OH

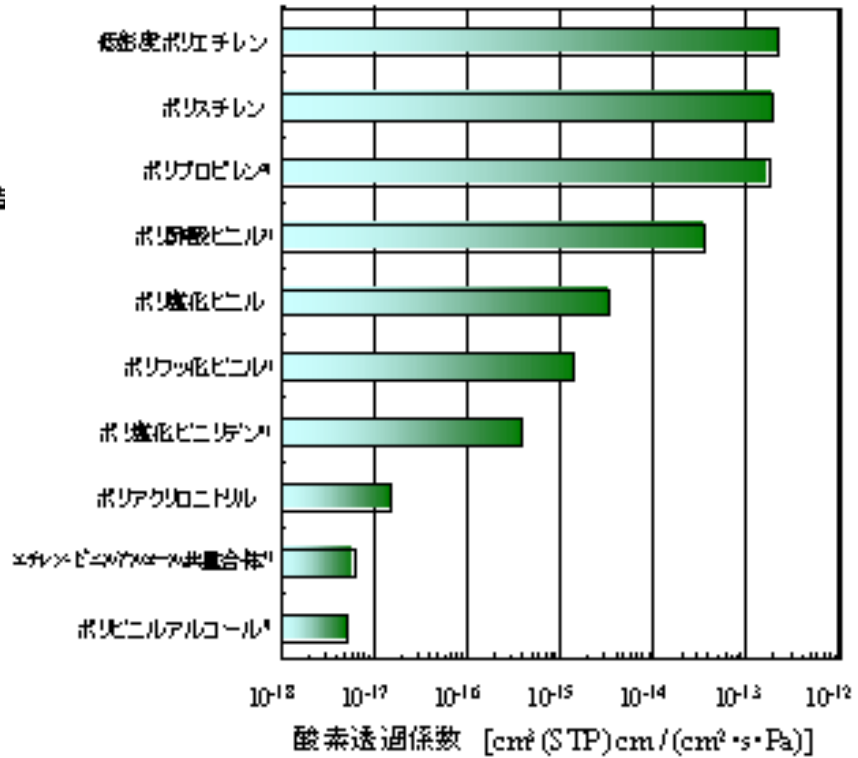
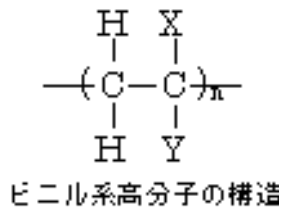
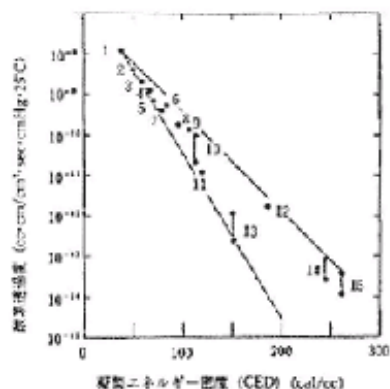


図 5-2 ビニル系高分子の酸素透過度

2) : 30°C (ポリマーハンドブック)、3) : 23°C (ポリマーハンドブック) 4) : 20°C (当社測定値)、無印 : 25°C (ポリマーハンドブック)

### ・凝集エネルギー密度

極性基を持つ高分子では分子内に電荷の偏りがあるので、プラスーマイナス間で引き合っ  
て分子間に働く力が強くなります。分子を引き離すのに必要なエネルギーのことを凝集エ  
ネルギー密度といい、これらの分子の凝集エネルギー密度は高くなります。



- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. テフロン           | 2. ポリイミド/ホロン      |
| 3. ポリエチレン         | 4. ポリプロピレン        |
| 5. エチレン/酢酸ビニル共重合体 | 6. ポリスチレン         |
| 7. ポリオキシメチレン      | 8. ポリスルホン         |
| 9. ポリ酢酸ビニル        | 10. ポリエチレンテレフタレート |
| 11. ポリ塩化ビニル       | 12. ナイロン6         |
| 13. ポリ塩化ビニリデン     | 14. ポリアクリロニトリル    |
| 15. ポリビニルアルコール    |                   |

図 5-3 凝集エネルギー密度と酸素透過係数

図 5-3 は凝集エネルギー密度と酸素透過係数の関係を示したものです。このように、凝集エ  
ネルギー密度が高いものほど、酸素透過係数は小さくなります。これは、分子間力が強い  
ものほど気体分子が高分子鎖を押し広げにくくなり、気体透過性が低下すると理解できま  
す。

ところで、高分子の用途は凝集エネルギー密度によってほぼ決まっています。凝集エネ  
ルギー密度の低いものはゴムとして、中くらいのもがプラスチックとして、凝集エネ  
ルギー密度が高いものは繊維というようにです。図 5-3 中の凝集エネルギー密度の高いポリエ  
ステルやポリアミド、アクリロニトリル、ポリビニルアルコールは何れも繊維として使用さ  
れています。それぞれ、ポリエステル繊維、ナイロン繊維、アクリル繊維、ビニロン繊維  
と言い換えると衣服や工業用に使用されている身近な繊維であることが分かるでしょう。  
ガスバリア性材料と繊維では全く異なる用途ですが、凝集エネルギー密度という点から見  
ると意外な共通点がありました。前章で、ゴム風船の空気が抜ける話をしましたが、ガス  
バリア性に優れたゴム風船が存在しない理由はもうお解りでしょう。

改定日：2021年4月1日