

# 透明プラスチックフィルムの通気性, 透湿性 および紫外線透過性の測定値

松井悦造 西郷英昭

Plastic Films, Their Permeabilities to Gases and  
Water Vapor, and Transmittance of Ultraviolet Rays

Etsuzo Matsui Hideaki Saigo

## (A) The permeabilities to gases

An apparatus was constructed in the authors' laboratory, using the figure of Shuman<sup>1)</sup> as a basis. And permeabilities P were calculated with formula 1, proposed by Takeda<sup>2)</sup>.

(Fig. 1) (Table 1)

$$P = \frac{dp_b}{dt} \cdot \frac{V}{S} \cdot \frac{l}{76} \cdot \frac{T_0}{T} \cdot \frac{1}{p_a} \left( \frac{\text{cc. cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec. cmHg}} = \frac{\text{cc}}{\text{cm. sec. cmHg}} \right) \dots\dots\dots(1)$$

- V : Volume of Vacuum space in the apparatus (cc)
- T<sub>0</sub>, T : Absolute temperatures at 0°C and in the room
- p<sub>a</sub>, p<sub>b</sub> : Pressure of outside and inside
- l : Thickness of sample (cm)
- S : Permeable test area (cm<sup>2</sup>)

In table 1, polyethylene and polypropylene are shown at high values of gases permeabilities.

## (B) Water vapor permeabilities

The estimations were carried out with the method, indicated by Japan Industrial Standard Testing Materials (JIS Z0208).

The water vapor of 40°C and 90%RH transmit through unit area of the test film and is caught by CaCl<sub>2</sub> in the cup.

(Fig. 2)

The increase in the weight of CaCl<sub>2</sub> is estimated every 24 hrs. The permeability to water vapor is expressed with the unit of (g/m<sup>2</sup>/24hrs).

(Table 2)

The laminated films (constructed with two or more plies of different materials) extend to improved properties, as shown in Table 3.

(1) A. C. Shuman (General Food Corp.), Ind. Eng. Chem., 16, 58 (1944)

(2) B. Takeda 武田文七, 高分子実験学講座4, 275頁

### (C) Ultraviolet ray—transmittance.

Apparatus: Hitachi universal spectrophotometer, model EPD-U. Wave length accepted: 220-380  $m\mu$ .

(Fig. 3~9)

The wave lengths—percent UV transmittance relation curves in Fig. 3-9 indicate thus;

(1) Polyvinyl alcohol, polyethylene, polypropylene, cellophane, polymonochlorotrifluoro ethylene, etc. have high percent UV transmittances throughout all range of UV wave lengths.

(2) Some of commercial plastic films, when treated with solvents, improve their UV transmittances.

(3) The ray of wave length 360  $m\mu$  is chemically active, and the ray of 260  $m\mu$  is germicidal. They may be mentionable for the purpose of food preservation.

### 実験の目的

各種透明プラスチックフィルムのガス透過速度、水蒸気透過量および紫外線透過率を測定したので、ここに報告する。わが国では外国の文献を引用するのが多く、これらを実際に測定したことは少ない。ただ一つの政府の研究機関が通気性について詳しく試験しているのがあるに過ぎない有様である。また紫外線の透過については今までにそろったデータがほとんどない。

食品包装を目的とするプラスチックフィルムを使用するとき、あらかじめこれらの特性を数量的に知っておくことは必要であると思う。

例えば、ポリエチレンは通気性が大、透湿性は小である。従って生鮮果実をこれの袋に密封保存しておくと、果実の呼吸（酸素を吸収、炭酸ガスを排出）のためのガスが流通することができ、しかも水分の蒸発を防ぎうるので、はなはだ都合である。

また一旦殺菌処理した食品を密封包装した場合、酸素の透過の極めて少ない材質を用いると残存バクテリアの繁殖をある程度押えることができるため、食品の長期保存が可能になる。

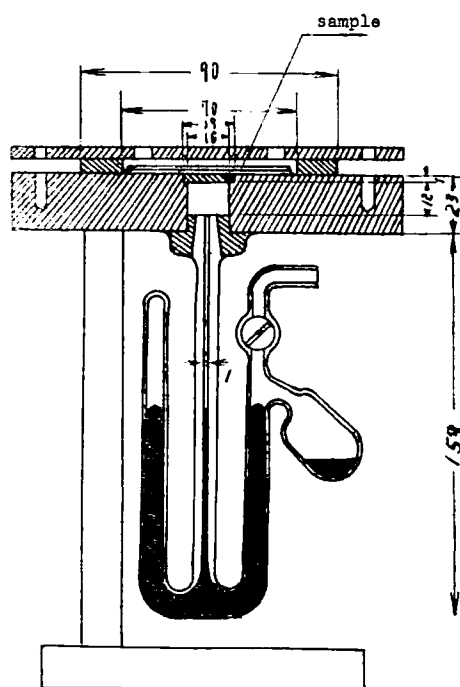
紫外線を通さない透明フィルムで包装すると食品の化学変化による変質が防げる。しかしまた表面殺菌を期待する食品包装には紫外線を通すフィルムが使われねばならないわけである。

### (A) 通気性の測定

当実験室では A. C. Shuman<sup>1)</sup> の方法を基礎にして装置を組立てた。(Fig. 1)

試料のフィルムを直径 9cm の円に切り、装置

Fig. 1 The apparatus for determining gas permeability of plastic films.



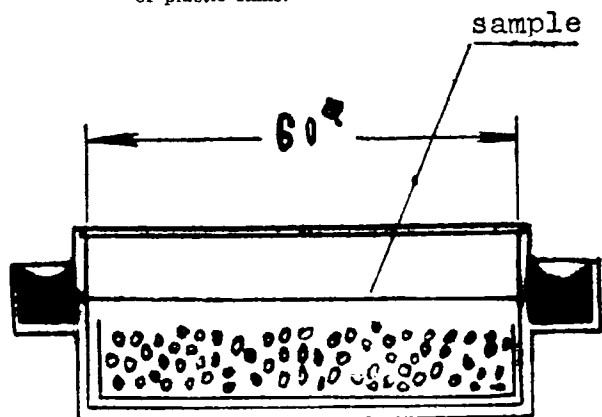
にとりつけ、幅1cmのゴムパッキングをあてる。したがって実際の試験面積は直径7cmの円、すなわち38.465cm<sup>2</sup>になる。すきまのないように締めつけてから、この装置を右に傾けてマンメーターの水銀を水銀溜めに入れ、真空ポンプにつないで真空にする。つぎに装置を元の如く直立させる。

この装置で試料のフィルムの上の側は空気、酸素、窒素あるいは炭酸ガスであって圧力は大気圧である。下の側は真空である。時間の経過とともにフィルムを通して下の真空側へガスがはいって来るのをマンメーターの高さの変化で知る。これを方眼紙へプロットしてカーブを描く。すなわち $\frac{dpb}{dt}$ の曲線であって、普通は直線に現われる。

計算方法は武田文七氏<sup>2)</sup>が示す式1により透過定数Pを求める。

Table 1 にその実測値を列べた。これで判るように、ポリエチレンとポリプロピレンは通気性が

Fig. 2 The cup, used for water vapor permeability of plastic films.



大である。β線を照射してもこの性質は改善されない。その他の樹脂はほぼ同じ程度の通気性である。ポリエステルにアルミニウムを真空蒸着させると通気性が小になる。セロファンは絶対乾燥状態では通気性ははなはだ小であるが、このものは吸湿性が大きいのが欠点である。

#### (B) 透湿性の測定

試料のフィルムを通して来た水蒸気を塩化カルシウムにとらえさせて、そ

Table 1 The permeabilities of plastic films to gases.

No.	Materials	Thickness (mm)	Gases permeabilities	Kind of gases
			$\frac{cc}{cm \cdot sec \cdot cmHg}$	
11	Cellophane, water vapor-proofed	0.03	$0.024 \times 10^{-11}$	O <sub>2</sub>
62	"	0.052	0.0007	air
24	Polyethylene, low density	0.038	8.38	O <sub>2</sub>
37	" , "	0.03	3.25	air
39	" , "	0.06	3.43	air
41	" , "	0.08	1.95	air
43	" , "	0.1	2.27	air
25	Polyethylene, high density	0.04	3.60	O <sub>2</sub>
28	Polyethylene (low density) β ray irradiated	0.1	1.9	O <sub>2</sub>
23	polypropylene	0.038	3.23	O <sub>2</sub>
48	Polyvinylchloride, unplasticized	0.025	0.02	air
6	polyvinylidenechloride (A)	0.05	0.043	O <sub>2</sub>
1	" (A)	0.05	0.029	air
18	" (B)	0.04	0.023	O <sub>2</sub>
17	Hydrochlorinated rubber	0.02	0.026	O <sub>2</sub>
30	polyester (A)	0.025	0.028	air
31	" (B)	0.025	0.02	air
—	" (vac. deposited of Al)	0.025	0.002	air
3	Polyvinylalcohol	0.025	0.028	air

の重量増加を天秤ではかるのである。日本工業規格、JIS Z 0208、「防湿包装材料の透湿度試験法」による。

Fig. 2 に示す如く、口径6cmのアルミニウム製コップの中へ乾燥した塩化カルシウムを入れ、コップの口に試料のフィルムを張り、その周辺を密封する。このコップを40°C、関係湿度90%の恒温恒湿装置の中に置く。24時間毎にコップを秤量して塩化カルシウムの重量増加をグラフにとり、少なくとも3点が直線になるまで測定を続ける。透湿度の計算方法は式(2)の如くである。

$$\text{透湿度}(\text{g}/\text{m}^2/24\text{hrs}) = \frac{24\text{時間後の試験体(塩化カルシウム)の重量}(\text{g}) - \text{始めの試験体の重量}(\text{g})}{\text{コップの透湿面積}(\text{m}^2)} \quad (2)$$

Table 2 Water Vapor permeabilities of plastic films

No.	Materials	Thickness (mm)	Water vapor permeabilities
			(g/m <sup>2</sup> /24 hrs)
—	Cellophane, plain	—	swelled with water vapor
16	" , moisture-proofed	0.027	21
3	" , moisture-proofed	0.05	95
57	Polyethylene, low density	0.02	24
5	" , "	0.03	16
36	" , "	0.05	8.5
37	" , "	0.08	4.4
38	" , "	0.1	4.3
11	Polyethylene, med. density	0.06	9.1
13	Polyethylene, high density	0.04	5.3
28	Polyethylene, low density, β ray irradiated	0.01	5.5
27	Polypropylene, (A)	0.005	26
29	" (B)	0.036	10
39	" (C)	0.025	14
2	Polyvinylchloride, soft	0.025	36
14	" , hard	0.5	1.2
40	" , non plasticized	0.025	34
—	Polyvinylidene chloride (A)	—	11
4	" (B)	0.045	2.6
7	Cry-c-vac S	0.045	18
6	Hydrochlorinated rubber (A)	0.047	17
15	Polystyrene	0.055	70
5	Polyamide	0.087	106
27	Polyester	0.025	22
—	Polyvilyalcohol		soluble in water

その実測例は Table 2 の如く

である。

これより知り得ることは、セロファンは水蒸気にあえば水分を吸収して膨潤する。適当な塗料を表面に塗布した防湿セロファンでも吸湿性は大きく、合成樹脂のうちで吸湿性の最も小さいのはポリエチレンであり、吸湿性の大きいものはポリアミド(ナイロン)である。

### 積層フィルム

セロファンとポリエチレンとを重ねて積層フィルムとすると互いの欠点が補われて、通気性が小、透湿性も小になることは Table 3 に見られる通りである。しかし絶対に湿気を通さないようにするにはアルミニウム箔が必要である。ポリエステルはポリエチレンを重ねることによって熱接着が可能になる。これがこの積層品の主目的である。

(C) 紫外線透過率の測定

測定機は EPB-U 型日立分光光度計 (ベックマン型). 測定波長は水素放電管を使って, 220 ~ 380 mμ.

Fig. 3 ~ 9 はその波長-透過率曲線である.

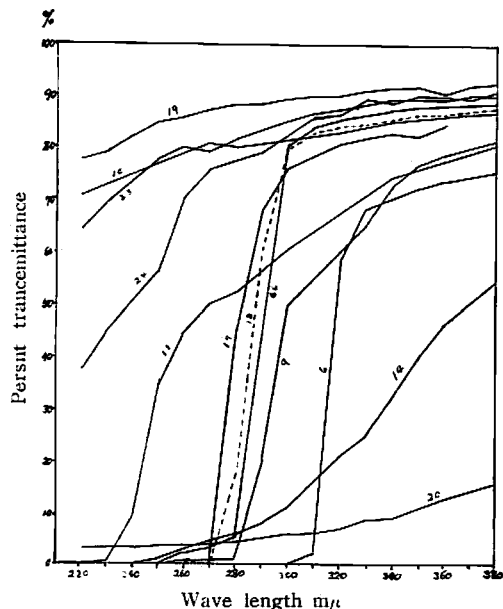
測定結果より見て, (i) 紫外線を全域にわたってよく透過するものは, ポリビニルアルコール, ポリエチレン, ポリプロピレン, セロファン, ポリ塩化3フッ化エチレンなどである.

(ii) 溶剤でフィルムを処理し

Table 3 Gases and water vapor permeabilities of laminated films.

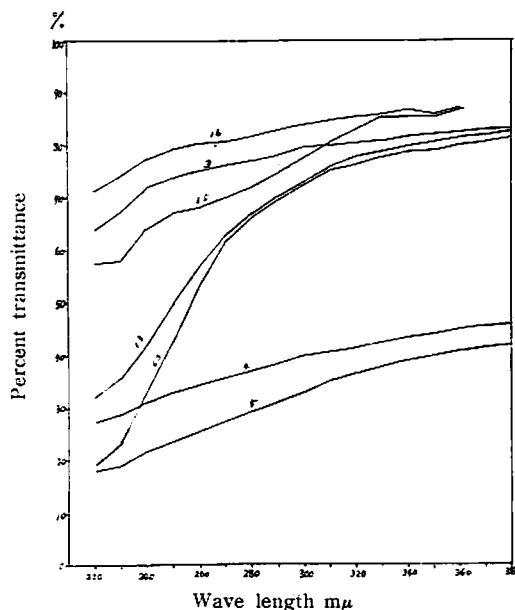
Materials Thickness	Gases permeabilities	Water vapor permeabilities
(mm)	( $\frac{cc}{cm. sec. cmHg}$ )	( $g/m^2/24hrs$ )
Polyethylene 0.058	$0.001 \times 10^{-11}$	9.3
+ Cellophane 0.073	0.003 "	8.25
0.078	0.004 "	6.15
Polyethylene 0.037	0.07 "	17.1
+ Polyester 0.065	0.075 "	5.8
0.06	0.06 "	5.0
Polypropylene + Polyester 0.063	0.045 "	5.6
polyethylene 0.02 + Al foil + Polyester 0.02 + Cellophane 0.025	0.07	0

Fig. 3 UV percent transmission, of various kinds of plastic films.



- (19) Polymonochlorotrifluoro-ethylene 0.1mm
- (10) Polyvinyl alcohol 0.025mm
- (23) Polyvinyl chloride, without plasticizer 0.016mm
- (24) " with plasticizer 0.016mm
- (11) Polyamide (Nylon) 0.055mm
- (17) Polystyrene 0.03mm
- (86) Acetyl cellulose 0.023mm
- (9) Polyvinyl chloride, soft 0.023mm
- (6) Polyester 0.04mm
- (14) Hydrochlorinated rubber 0.025mm
- (20) Polytetrafluoro ethylene 0.03mm

Fig. 4 UV transmission of polyethylene and polypropylene films.

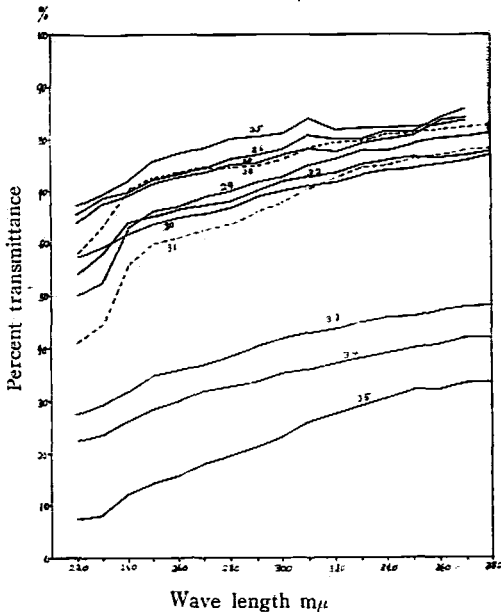


- (16) Polypropylene (A) 0.038mm
- (15) " (B) 0.008mm
- (3) Polyethylene (low density) 0.03mm
- (4) " (med. density) 0.02mm
- (5) " (high density) 0.04mm
- (13) Polyethylene, irradiated with β rays (A) 0.03mm
- (63) " (B) 0.0 mm

て可溶の添加物（可塑剤，安定剤，紫外線吸収剤の類）を除去すると紫外線の透過がいちじるしく大になるもの（例えば塩化ビニル，塩化ビニリデンのエーテルで抽出したもの）があり，またあまり変わらないもの（例えばポリエチレンの如き）もある．〔しかしこれらの添加物は必要があつての存在であることは自明である〕

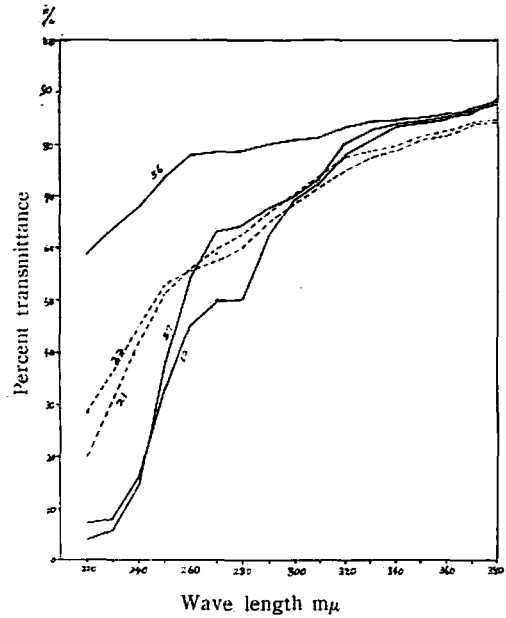
(iii) 波長  $360\text{ m}\mu$  は化学線であつて樹脂の光分解と食品の変質を原因するので，これは防止せねばならない．しかし波長  $260\text{ m}\mu$  は殺菌線であつて滅菌に役立つものである．食品包装用の透明フィルムとしてはこれらのことを考慮に入れておく必要があると思う．

Fig. 5 UV transmission of polyethylene films of various thickness.



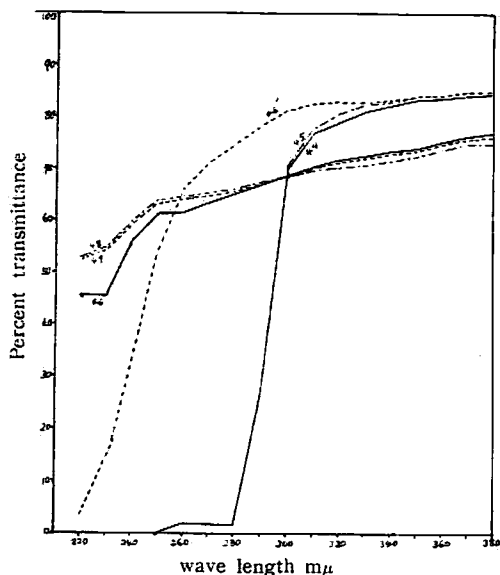
- (25) Polyethylene(low density) 0.02mm
- (26) " " 0.025mm
- (27) " " 0.03mm
- (28) " " 0.04mm
- (29) " " 0.06mm
- (30) " " 0.08mm
- (31) " " 0.09mm
- (32) " " 0.1mm
- (33) " " "
- Polyethylene(med. density)0.02mm
- (34) " " 0.03mm
- (35) Polyethylene(high density)0.1mm

Fig. 6 UV transmission of cellophanes and cellophane-polyethylene laminates.



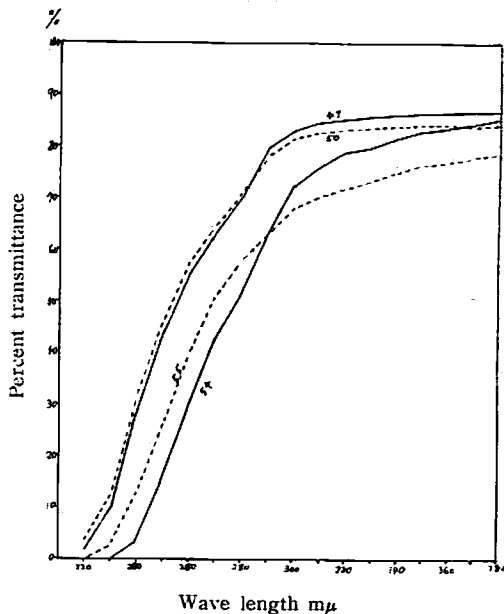
- (56) Plain cellophane 0.025mm
- (57) Moisture-proofed cellophane 0.025mm
- (12) " " 0.02mm
- (21) Polyethylene-cellophane, laminated 0.07mm
- (22) " " 0.08mm

Fig. 7 UV transmission of polyethylene and Polyvinylchloride films treated with solvents and untreated.



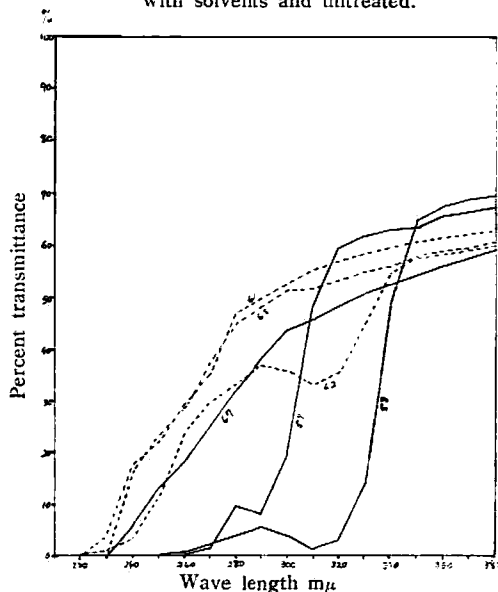
- (46) Polyethylene 0.045mm
- (47) " , treated with ether
- (48) " , treated with heptane
- (44) Non-plasticized polyvinylchloride 0.025mm
- (45) " " , treated with ether
- (46') " " , treated with heptane

Fig. 8 UV transmission of non-plasticized polyvinylchloride films, treated with solvents and untreated.



- (49) Non-plasticized polyvinyl chloride(C) 0.025mm
- (50) " " , treated with ether
- (52) " " (D) 0.03mm
- (53) " " , treated with ether

Fig. 9 UV transmission of heat shrinkable polyvinylidene chloride films treated with solvents and untreated.



- (59) Polyvinylidene chloride (E) 0.045mm
- (61) " , treated with ether
- (58) " (F) 0.04mm
- (62) " , treated with ether
- (67) "Cry-o-vac" (G) 0.043mm
- (68) " , treated with ether