

包装用フィルムとしてのビニル系合成樹脂

大阪大学工学部 京 極 与 寿 郎

最近包装用材料の分野でのプラスチックの進出は目ざましいものがある。しかしこの面でのプラスチックの利用度を見ると、個々の商品の包装ないしは外箱へ入る前の内装程度であつて、一般的にみて大きい機械的強度を要求されることはなく、むしろ耐水、耐薬品性などの化学的性質、あるいは外観の美しさ、透明度などの要求される分野が主である。この分野は消費者に対する商品の商品価値を直接左右するとも言える重要なものであるが、この点では各種のプラスチックとくにビニル系のものの特性がよく発揮され、フィルムによる包装、成型された容器などとして利用され、商品価値を高めるのに有効性を示している。ここではこれらの中でフィルムとしての利用について取扱う。

フィルム状の包装材料としては従来のセロハンが主体であつたが、近年プラスチックフィルムとくにポリエチレンにその地位をゆずりつつあり、その他のプラスチックフィルムとしては、ポリ塩化ビニル、アセテート、塩素化ゴム、新しいものとしてはサラン、その他特異なものとしてマイラーなどがある。この中で現在量・質ともに他を圧しているのはポリエチレンであり、したがつて以下の取扱いもポリエチレンを主とし、それに他のビニル系フィルムをつけ加えて、さらに各種フィルム材料の組合せや、プラスチックによる塗布、ラミネートなどにもふれることとする。

1. ビニル系プラスチック フィルムの特性

プラスチックフィルムの特性については、別項の青木郁雄氏の綜説中に詳細な比較表があげられているので、ここでは一般的な見地からと透過性の点から考えてみる。ビニル系のプラスチックフィルムが包装材料として賞用されるのは外観の透明性、柔軟性その他の固有の良い性質に加えてヒートシールが可能であることが大きい利点であり、印刷の技術が進歩したこととこの利用拡大に有利に作用している。さらにプラスチック工業の発展にともなつて、フィルム製造技能が進歩し、量産化が進みコストが低くなつたこともこの点に拍車をかけたといえる。最近の高速包装機械の発達によつて包装、ヒートシールが自働化、高速化されたこともみのがせないだろう。

各種のプラスチックフィルムの性質中、とくに包装関係に重要な透過性のみに着目してみると、第1表および第2表のようになる。はつきりとわかることはポリビニルクロライド(サラン)、ポリフロトリフルオ

第1表 プラスチックフィルムのガス透過性(30°C)

	P × 10		
	cc/cm ² /sec/mm/cmHg		
	N ₂	O ₂	CO ₂
ポリビニリデン クロライド	0.0094	0.053	0.29
ポリクロトリフル オロエチレン	0.03	0.10	0.72
マイラーA	0.05	0.22	1.53
ポリビニルフロ ライド	0.40	1.2	10
ポリエチレン (密度0.96)	2.7	10.6	35.2
アセチルセルロース	2.8	7.8	68
ポリスチレン	2.9	11.0	88
ブチルゴム	3.1	13.0	518
ポリエチレン (密度0.922)	19	55	252
エチルセルロース	84	265	2,000

第2表 プラスチックフィルムの水蒸気透過性
(RH90%, 25°C)

	P × 10
	cc/cm ² /mm/sec/cmHg
ポリフロトリフルオロエチレン	0.029
ポリビニリデンクロライド	0.14
ポリエチレン(密度0.954)	1.3
ポリエチレン(密度0.922)	8.0
マイラーA	13
ポリビニルクロライド	15.6
ポリスチレン	120
アセチルセルロース	750
エチルセルロース	1,300

ロエチレン(KelF)がすぐれていることであつて、ポリエチレンは水蒸気に対してはよいが、ガスに対してはあまりよくない。これらの性質は、アルミニウム箔を別とすると、紙、セロハンなどの他の包装材料にくらべて非常にすぐれている点といえる。これから紙、セロハンにプラスチックフィルムをラミネートまたは塗布して、新しい特性を持つたものを作ろうとする試みが生れ

たわけである。

つぎに実用上大きい要素となるコストについてみると

第3表 包装用フィルム諸材料のコスト

	ポンド あたり コスト 弗	ポンド あたり 製造 面積 口" 弗	1000口" あたり コスト 弗
ブラシン漂白 (251b)	0.23	17,240	0,013
〃 耐湿. ヒートシール(281b)	0.43	15,428	0.028
〃 ラミネート	0.28	9,191	0.031
ワックスペーパー パン用(391b)	0.22	11,080	0.020
〃 耐湿 (311b)	0.22	13,935	0.016
セロハン 耐湿ヒートシール (300HST)	0.56	19,500	0.029
〃 〃 (400MST-51)	0.56	21,000	0.027
〃 耐水 (300MSAT)	0.63	19,500	0.032
アセチルセルロース キャスト (1ミル)	0.85	22,000	0.039
エクストロード(1ミル)	0.71	22,000	0.032
マイラー (1ミル)	2.50	20,000	0.125
ポリエチレン (1.5ミル)	0.59	20,000	0.029
サラン (1ミル)	0.95	16,300	0.058
ビニルクロライド キャスト (1ミル)	0.94	21,600	0.043
エフストロード (1ミル)	6.94	21,500	0.044
アルミニウム箔 (0.00035")	0.73	29,200	0.025
(0.0005")	0.169	20,500	0.034
(0.0007")	0.64	14,600	0.044
(0.001")	0.61	10,250	0.059

第3表のようになる。一般にプラスチックフィルムは紙、セロハンに比してコストは高い。この中ポリエチレンがもつとも低く、セロハンに匹敵するコストとなつている。しかしあとでのべるようにポリエチレンのコストは最近ではさらに切下げられて、セロハンより安くなつている。

2. ポリエチレンフィルム

はじめに書いたように各種プラスチックフィルム中、圧倒的に多く用いられているのはポリエチレンである。ポリエチレンの生産は年々おどろくべき勢で上昇し、それにもなつてコストはどんどん切下げられつつある。最近では1ミルのフィルム1000平方インチあたりのコストは0.18ドルにまで下り、セロハンをはるかに追越して来た。この結果セロハンの地位を次第におびやかす、包装用フィルムの首位にのし上つて来ている。

1954年の各国のポリエチレンの用途別使用実績をみると第4表のとおりで、フィルム、瓶、紙の塗布などの面に如何に多くの量が用いられているかがわかる。わが国でのポリエチレンの生産目標と用途別区分をみると第5

第4表 1954年用途別ポリエチレン消費実績

	米		英		日	
	トン	%	トン	%	トン	%
フィルム	31,200	35	5,000	25	900	60
電線	14,300	16	5,000	25	450	30
成型品	13,400	15	4,000	20	150	10
瓶	3,600	4	1,200	6		
パイプ	16,100	18	2,400	12		
紙塗布	10,700	12	2,400	12		
合計	89,300	100	20,000	100	1,500	100

第5表 用途ポリエチレン需要およびその予想量(トン)

年度(昭和)	30	31	32	33	34	35
生産目標	0	0	10,000	15,000	20,000	25,000
フィルム	3,000	4,500	5,500	7,000	8,500	9,500
電線	400	1,000	1,500	2,500	3,500	4,500
成型品	400	1,000	1,520	2,500	3,500	4,500
パイプ	200	500	1,500	3,000	4,000	5,000
輸 出	—	—	—	—	500	1,500
ベレット	—	—	—	—	—	—
合計	4,000	7,000	10,000	15,000	20,000	25,000

表であつて、やはりフィルムは最大の用途である。

ポリエチレンがこのように包装用によく用いられるのは、コストの点もあるがもつとも大きいのは第2表にみる水蒸気透過性の低いことにもとづくものである。その他無害なこと、低温でも柔軟性を失なわぬことなども利点となつている。欠点ともいふべきガス透過性の高いこと(第1表)も、逆にみれば酸素を通すから生植物、魚などを生かしておく点には有利となる。ポリエチレンフィルムのガス透過性は第6表のとおりである。耐油性の

第6表 ポリエチレンフィルムのガス透過性

	透過性(250C) cc/100口"/24br/ミル
N ²	180
O ²	550
H ₂	1,225
フロン12	1,690
H ²	1,960
CO ²	2,900
SO ²	6,200
エチレンオキサイド	29,300
メチルプロマイド	79,100

低いこと、表面に光沢のないことなども欠点の一つである。

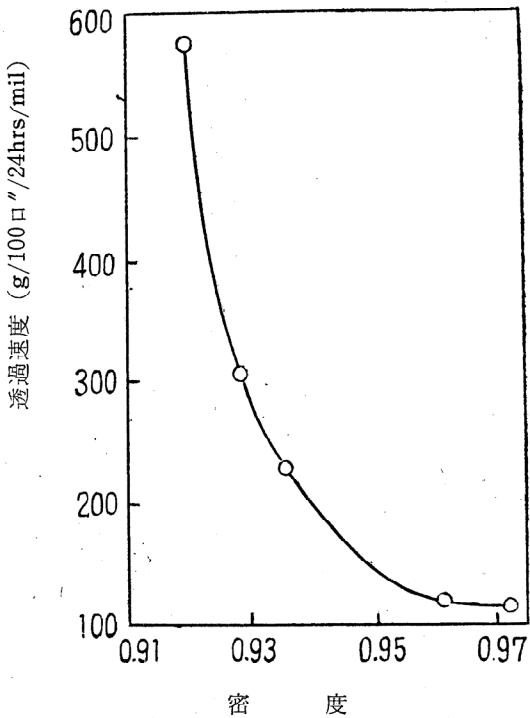
ポリエチレンは従来酸素を触媒とするICI法によつて製造されて来た。ところが最近周知のように金属アルキルを触媒とするチーグラ法、酸化のクロムを主体とする触媒を用いるフィリップス法あるいはモリブデン触媒を用いるスタンダード法など低温、低圧による方法が

工業化され、ポリエチレンの品種にも多様性を加えて来た。ICI法ポリエチレンと新しい各種の方法によるポリエチレンとの差異は、後者が高密度、高結晶度、高強度である点にある。これらの製品の間の主な性質の差異は第7表にみるとおりであるが、密度によつて透過性が

第7表 各種ポリエチレンの比較

代表的商品名	ICI法 Bakelite OYNH	チーグラー法 Super Oylan	フィリップス法 Marlex 50
密度	~0.92	~0.94	~0.96
結晶度	65	85	95
比硬度	1	3	4
軟化点°F	220	255	260
抗張力lbs/口"	2000	3500	~5500
伸度%	500	100	20

どう変るかを示したのが第1回である。一般的にみて高



第1図 ポリエチレンのベンゼン蒸気透過速度と密度の関係

密度ポリエチレンの方が性質はよい。低圧法の製品が本格的に量産化されるようになると、ポリエチレンフィルムにさらに新しい分野が開けて来ることと思う。

ポリエチレンの性質の改善の一つの方法として、最近スチレン、アクリロニトリルなどをグラフトさせることが試みられている。試験的な実験結果の域を出ないが、Brookhaven National Laboratory での結果をみると第8表のとおりであつて、ある程度効果あることがみとめられる。有機溶剤蒸気に対する透過性なアクリロニトリルグラフトでは改善されるが、スチレングラフトでは逆

第8表 グラフトによるポリエチレンの透過性の変化

スチレングラフト%	P × 10 ⁹ (cc/cm ² /mm/sec/cmHg)	
	N ²	CO ²
0	2.00	28.0
4.8	1.50	22.5
13.4	1.35	18.0
20.9	0.92	14.9
34.4	0.97	15.8
41.3	1.05	20.2
ポリスチレン	0.29	8.8
アクリロユトリルグラフト%		
0	2.00	28.0
1.8	1.73	25.4
4.1	1.57	19.7
9.3	1.26	17.1
20.8	1.06	13.6
31.3	0.71	9.7

に低下するようである。

またポリエチレンをγ線照射して性質を改良する試みが実際化されて来ているが、フィルムの場合は照射によりヒートシール性が低下したりする副作用があり、問題は少し別となる。しかし包装後γ線で消毒をするというような場合、17^rレントゲン程度までだと透過性を害うことはないが、10⁸となると悪影響があらわれる。大体消毒には10⁸レントゲン以上になることは少ないからこの点では心配はないようである。

ポリエチレンフィルムの特性的の一つとして低温で柔軟性を保持するということがあるが、折り曲げによる透過性の上昇をみると第9表のようであつて、この条件では

第9表 ポリエチレンフィルムの折り曲げによる透過性の上昇 (-50°C, HI) 折り曲げによる上昇

折り曲げ時間(分)	1ミルフィルム	2ミルフィルム
0	0	0
5	0.26	0.10
10	0.28	0.13
15	0.36	0.17
20	0.48	0.27

紙やセロハンはもちろん他のプラスチックフィルムでも非常に性質が悪くなるのに対して、良い性質を保持し得ることがわかる。

3. サランフィルム

サランと呼ばれるのは塩化ビニリデンを主体とし、塩化ビニルを共重合させたもので、まだ広く使用されるころまでは行っていないが、別項で紹介されているマイラーとともに、特殊な性質によつて将来重要性が高まつ

て来るものと予想されている。

さきに書いたポリエチレンの欠点は、そのままサランの利点であつて、ポリエチレンを用い得ぬようなところにはサランが非常によい特性を示す。つまりガス透過性がいちぢるしく低く（第1表）耐油性が大きい。これらのことからポリエチレンとサランをコートないしはラミネートすることにより、両者の特性をそなえたすぐれたフィルムを作ることが出来る。ヒートシール性があまりよくないこと、粘着性があつて高速包装機にかけにくいことなどが欠点の一つである。

サランは透過性の点ではもつとすぐれたフィルムである（第1、2表）。水蒸気透過性であると塩化ビニリデンと塩化ビニルの割合で第10表のように差が出て来る。

第10表 塩化ビニリデン—塩化ビニル共重合物フィルムの水蒸気透過性

共重合物組成(%)		透 過 性 g/m ² /24hr(0.001")
塩化ビニル	塩化ビニリデン	
100	0	88.3
90	10	10.8
85	15	67.7
50	50	21.0
40	60	14.6
34	66	11.8
20	80	5.8
8	92	6.4

塩化ビニリデンのみのときはこの点では最高となるが、軟化点が高すぎるので一般には塩化ビニル10~15%程度の共重合物となつている。

まだコストは高いが強度が大きいのでうすいフィルムにすることが出来、この点はある程度カバーされる。耐熱性も相当よくサランの袋中に肉を入れてそのままで熱をかけて料理出来るといわれる。透明度もよく、低温でも柔軟性を保持し、包装用としてはすぐれた性質をかねそなえている。

このサランフィルムの特殊な使用方法として Cryovae 法とよばれるものがある。これは方向性を持つたフィルムを作り、それが円周方向になるようにしてチューブを作つて、その中に肉などを入れて熱すると長さはそのまま内周方向だけが収縮して、中の品物に密着した完全な包装が出来るといふやり方であつて、skin tight method とよばれている。

4. その他のプラスチックフィルム

今日一般に“ビニル”とよばれているポリ塩化ビニルのフィルムは、ヒートシールが容易で、接着も出来、便利なものではあるが、可塑剤を加えねばならず、その可

塑剤の表面への浮きなどの点から、臭気、毒性その他に特別の考慮のいる場合には用いられない。

ポリビニルアルコールフィルムは水溶性であるために、農薬その他の毒性のある物質を一定量包装してそのまま、水に溶かして使用出来るというような便利な用途がある。フィルムとして強度を持たせ、包装時の取扱いに耐えるものとするにかなり問題があつたようであるが、Renflo Chem. Co. から1.5ミルのフィルムが“In-Sac-Iside”という商品名で出ているという。

5. プラスチックフィルムによる塗布またはラミネート

今まで書いて来たようにプラスチックフィルムは包装用として種々の特色を持つているが、やはりそれぞれやむを得ぬ欠点がある。これをたがいに相補うように組合せればさらに性質のよいものの出来ることは当然期待される場所である。たとえばポリエチレンとサランとを組合せると、ポリエチレンのガス透過性がサランにより改善され、またサランのみではヒートシール性の悪いのがポリエチレンの面で改善される。その他ポリエチレンでは強度の不足するときに、クラフト紙とポリエチレンと組合せるなど種々のことが考えられる。以下ポリエチレンとサランについて塗布あるいはラミネートの実例をみて行く。

紙の加工：プラスチック加工紙の代表的なものはポリエチレン加工セロハンであろう。これについては別項に詳しい紹介があるはずであるが、ポリエチレンの水蒸気透過性、セロハンのガス透過性の点の長所が組合せられて、強度的にもすぐれた材料となる。セロハンに印刷してその上にポリエチレン加工すれば印刷が非常に安定になるという利点も生じる。ポリエチレン加工により、セロハン、紙などで欠点となる低温で用い得ぬこと、折れ曲げに弱いことなどの点が解決され、冷凍食品の包装についても有力な材料である。しかしポリエチレンの欠点である耐油性の低いことは、これをサランでおきかえたサラン加工紙によつて解決された。サラン加工紙は耐油および水蒸気、ガス透過性の点ですぐれた材料として期待出来る。しかしヒートシール性を与える点ではポリエチレン加工に一步をゆずるといえる。プラスチック加工紙の性質の一例は第11表のとおりである。新しい牛乳容器として登場して来たテトラパックはポリエチレン加工したボード紙で、ポリエチレンは耐水性とヒートシール性を与え、紙は日光をさえぎり、強度を与え、パイプ状としてヒートシールしながら連続的に正四面体に包装して行くので極めて合理的に作業が出来、牛乳に対し

第11表 プラスチック加工紙の性質の一例

材 料	膜の厚さ(ミル)	重 量(lfs)			水蒸気透過性 g/100口"/(24hrs)	耐グリース性	
		ベースの(3,000口"あたり)	コー	ベ			
ポリエチレン	0.5	クラフト紙	8	25	33	2.5~3.5	可
	1.0	"	15	25	40	0.8~1.0	良
	2.0	"	30	25	55	0.6~0.8	優
	0.5	グラシン箔	8	42	50	<0.02	秀
サラ ン	1.0	クラフト	26	25	51	0.20~0.25	優
	2.0	"	39	25	54	0.15~0.20	"

されていることがはつきりとあらわれている。これは第13表に示す耐油性についても同様である。サランのこの性質とマイラーフィルムの強度とを組合せると非常に強くて透過性の点でもすぐれたフィルムが得られる。第14表はサラン加工マイラーフィルムの性質である。
その他： アルミニウム箔にポリエチレン加工したもの、

でも衛生的でビタミン、香気などの増大がない。ポリエチレン加工紙のよい利用例といえよう。

プラスチックの組合せ：前に書いたように、ポリエチレンの欠点は大体サランで補なわれる。ポリエチレンのフィルムをサランで加工すればよいフィルムが得られるだろうということは当然予想される。ここに生れたのがサラン加工ポリエチレンである。第12表は1.5ミル

第12表 サラン加工ポリエチレンフィルムのガス、水蒸気および有機溶剤蒸気透過性

	サラン加工ポリエチレン (ポリエチレン1.5ミル、サラン0.1ミル)	
	未 処 理	サラン加工ポリエチレン (ポリエチレン1.5ミル、サラン0.1ミル)
水蒸気(g/100口"/24hrs)	0.82	0.72
ガス(cc/100口"/24hrs)		
空 気	150.00	0.60
O ²	340.00	1.30
N ²	140.00	3.00
CO ²	900.00	27.00
有機溶剤蒸気(g/100口"/24hrs)		
エタノール	0.67	0.09
クロロホルム	3.51	0.08
レモン油	3.14	0.78

のポリエチレンフィルムにサランを0.1ミルの厚さにコートしたものの例であるが、水蒸気透過性はもともと低いのが大抵そのままであり、ガス、有機蒸気の透過性はポリエチレンのみでは非常に高いのがいちぢるしく改善

第13表 サラン加工ポリエチレンの耐油性

140°F で透過して見えるようになるまでの日数

	未 処 理	サラン加工ポリエチレン (ポリエチレン1.5ミル、サラン0.1ミル)
綿 実 油	3	730
タラ肝油	4	730
鉱 物 油	4	4

第14表 サラン加工マイラーフィルムの性質

マイラー (50gauge)	水 蒸 気 透 過 性		ガ ス 透 過 性		蒸 気 透 過 性	
	g/100口"/24hrs	cc/100口"/24hrs	0 ² 空 気	アルコ ール	レモ ン油	
マイラー (50gauge)	2.48	9.7	2.1	0.44	0.44	
サラン加工マイラー (サランF120)	0.78	0.30	0.03	0.18	0.43	
サラン加工マイラー (サランF242)	0.40	—	—	0.09	—	

あるいはアルミニウム箔—紙—ポリエチレンの3者の組合せは別な意味ですぐれた性質を持ち、湿潤歯磨などには好適の包装材料となつていることはよく知られている。

む す び

以上限られた範囲であつたがプラスチックフィルムの包装材料としての特性とその用途について概観した。結局これから考えられることは、透過性の問題、強度の問題、ヒートシール性の問題、外観、透明度、印刷適性の問題など、すべてのことを単独で解決し得る可能のものはないということであつて、個々にその 特長を生かし、適当な組合せを考えて各用途に合わせて行くことが重要であるという結論に達する。包装の大量、高速、自働化に適應して行く上ではプラスチックフィルムは非常にすぐれた適合性を持つてるといつてよく、今後ますますその利用度は高まつて行くことだろう。