油脂及び関連食品用プラスチック 容器の進歩

沖 慶 雄

東洋製罐グループ総合研究所 (横浜市保土谷区岡沢町 22-4)

Recent Development of Containers of Fats, Oils, and Fatty Foods

Yoshio Oki

Corporate Research and Development, Toyo Seikan Group
(22-4, Okazawacho, Hodogaya-ku, Yokohama)

1 ま え が き

昭和 53 年の我が国のプラスチックの総生産量は約 350 万 t に達し、プラスチック包装材としてはその内 110 万 t であり、プラスチックの主要用途分野の中で包装材分野もあなどれない量である。

これほど多くの包装材が用いられていることは、その包装材により包装されている内容物がいかに多量であるかと推定されよう。

特に食品包装においては、用いる包装材料の種類、包装の形態、内容物との相互の関係が複雑であり、商品設計上は包装材料と包装形態の関係が重視されるし、食品の保存性、食品衛生の面からは包装材料と内容物の相互関係が大切である。

今までに、油脂あるいは油脂含有食品中の油脂の変質に関する報告は多い。

しかし、プラスチックによって包装された食品についての報告は少ない。

たとえば食用油については渡辺ら¹⁾、高橋ら²⁾の報告があるが、油脂含有加工食品の保存性についての報告は個々の品種ごとの報告に留まり、すぐに他の同様な食品にでも適用することはできず有益な報告も活用されないときが多い。

ここでは、油脂製品の包装として、プラスチック包装材や関連食品の容器についての最近の進歩、ならびにその方向を解説し、新しい素材の進出の背景を明らかにし、食品包装材として避けられぬ食品衛生上の問題点となる包装材料からの移行物質、油脂食品にとって最も大きな影響を及ぼす水蒸気、酸素の透過性などについて述べてみよう。

2 油脂含有食品用プラスチック包装材

油脂含有食品用の包装材は酸素に対するバリアー性の良い材料でなければならないことは当然であるが、実用面からみて、一体どの程度の透過性をもつものが許容できるかとなると、食品の種類によって一率に決めることに容易ではない。

現在、実用に供されている油脂食品用の包装材料として用いられているプラスチックの種類は酸素の透過性の制約によって必ずしも多くはない。

単体のプラスチックとしてはポリ塩化ビニル (PVC)、ポリ塩化ビニリデン (PVDC) やポリエチレンテレフタレート (PET) などである。

複数のプラスチックを用いた多層成形容器も用いられており、その構成もポリエチレン (PE)/エバール (EV=AL)/ポリプロピレン (PP)、PE/ナイロン/PP、PE/PVDC/PP というように示されており、それぞれのプラスチックをエクスツルーダーで同時に押し出し、一体化してブロー成形する方法によって作られている。

エクスツルーダーをプラスチックの種類の数ほど必要とするが小形機ですむ一方、加工工程は特に増加しないので工程増による加工費は特にかからない。

これらのプラスチック材料のガス透過性を表-1 に示す。また、実用容器としての成形容器の酸素透過性を表-2 に示した。

表-2 の試作品の多層成形容器 A~E は構成材料であるエバール中間層の厚みを変化させて酸素透過性を改良したものである。

このように、酸素の透過性を小さく抑えるように改良されたものであっても、時間の依存性をもっていること

表-1 各種プラスチック材料の透過性

材 料	透 湿 性 ¹⁾		透湿性 ²⁾ g・0.1/ m ² ・d	気体透過性 ¹⁾ (ml・mm/ cm ² ・s・cmHg×10 ¹⁰)		
	温度 (°C)	g・mil/ m ² ・d		N ₂	O ₂	CO ₂
ポリブタジエン	40	680	—	64.5	191	1380
塩 酸 ゴ ム	37	18~225	5.3	0.08	0.25	1.7
ポリエチレン (0.922)	39	28	4.3	20	55	265
塩 化 ビ ニ ル	38	32	22.1	0.4	1.2	10.2
塩ビ-酢ビポリマー	39	37~200	—	6	24	160
塩化ビニリデン	39	1.5~7	1.2	0.01	0.05	0.29
ポリビニルブチラール	20	90	—	2.5	24.9	260
ポリ ア ミ ド	38	126	43.8	0.2	0.38	1.6
ポリエチレンテレフタレート	39	30	9.5	0.05	0.30	1.0
ポリカルボナート	20	31	—	3	20	85
セ ロ フ ァ ン	38	1,870	—	—	—	—
酢酸セルロース	35	160	—	2.8	7.8	87
ポリプロピレン	38	8.7	—	—	—	—
ポリスチレン	39	133	45	3~80	15~250	75~370

(注) 1) E. Baer: Eng. Design for Plastics, p. 682 (1964, Reinhold),
透湿性については各温度, 90~95% RH, 気体は 25~30°C

2) P.W. Morgan: Ind. Eng. Chem., 45, 2296 (1953)—37.8°C,
100% RH

表-2 各種プラスチックボトルの酸素透過量(37°C)

容 器 材 質	酸素透過量	容量(ml)	重量(g)
低密度ポリエチレン	平均 1,200	300	12
高密度ポリエチレン	" 480	200	23
ポリスチレン (H.I.)	" 730	200	18
無延伸ポリプロピレン	" 560	200	11
延伸ポリプロピレン	" 200	300	20
多 層-A	" 110	300	12
多 層-B	" 45	300	12
ポリ塩化ビニル	" 30	450	23
多 層-C	" 21	450	20
ポリ塩化ビニリデン	" 16	280	12
多 層-D	" 7	280	12
多 層-E	" 3	280	12

注: 1. 本表の相互比較は容量・重量を考慮する必要があり, 同条件のものでないものは直接比較できない。

2. 多層A~Eはガスバリアーを変化させた試作品。

3. 酸素透過量の単位は ml/m²・24 h/atm (1 atm の気圧差で 24 h, 1 m² 当たり透過する酸素ガスの体積)。

4. 酸素透過量測定はボトル内側 100% RH (相対湿度 100%) 外側 20% RH (相対湿度 20%) 37°C の条件でガスクロマトグラフ法で測定したもので, 実際の使用条件を考慮した方法である。

には変わりはないので, 長期間の保存によって少しずつ内容品の品質が低下してゆくことを防ぐことはできない。

種々食品に対する事例研究としては高橋らの報告^{12)~16)}がある。また, 最近では射出成形機で予備成形したプリフォームを作り, あとから, 再加熱して, 押し出し方向とそれに直角方向に延伸して成形するいわゆる 2 軸延伸成形法によって PET のブロー成形容器ができ, この

PET 容器が良好な酸素の遮断性をもっているため, 油脂製品の容器として実用化されているが, 食品の保存性に関係しているまとまった報告はなされていない。

しかしながら, 実用化にあたっては容器を使用する側と供給する側とで詳細な研究が行われ, 実用上で最も合理的な特性, コストの面からの解明が行われているのである。

現在, 実用化されているプラスチック容器について, もう少し詳細に実用化されるまでの経緯を追ってみたいと思う。

昭和 48 年ころまで, 油脂ならびに油脂含有食品の望ましいプラスチック容器材料は硬質ポリ塩化ビニルによって代表されていたといっている。

硬質ポリ塩化ビニルは従来の有機スズ系安定剤からカルシウム, 亜鉛の系に改良が進められ, 特性, 衛生面, コスト面から他のプラスチック材料の参入の余地はなかった。その後昭和

48 年 5 月に FDA (Food & Drugs Administration) が米国で市販されている塩化ビニル容器入バーボンウィスキーの中に塩化ビニルモノマー移行が認められるとして暫定的に使用禁止となり, 昭和 49 年 1 月に米国の EPA (Environmental Protection Agency) より塩化ビニルモノマーの発がん性が指摘された。

昭和 52 年 2 月に厚生省告示第 17 号として塩化ビニルモノマーが材質中に 1 ppm 以上存在するものの食品容器・包装として使用することが禁止された。

現在の塩化ビニル容器はすべてこの規準が守られているが, 食品衛生を重んずる食品業界の多くは丁度そのころ開発の進んでいた多層成形容器へと変更して行った。

多層成形容器のほかにも, 酸素透過性の小さい材料としてニトリル樹脂 (AN 樹脂), PET などがあった。

AN 樹脂は昭和 52 年に米国において, 二酸化炭素入り飲料用の耐圧容器として用いられていたが, 塩化ビニルと同じく, アクリロニトリルモノマーの発がん性の疑いということで FDA より使用が禁止され大きく市場より後退することとなった。

この問題については, AN 樹脂の代表的メーカーである米国のモンサント・ケミカル社と FDA との間で係争中であり, 現在に至るも黒白を見ていない。

このような状況を経て, 硬質 PVC 容器に代替するプラスチック容器としては PET 及び前述の多層プラスチック成形容器がクローズ・アップし, 実際にこの 2 種類とも, 多く市場に出回っている。

多層プラスチック成形容器について, もう少しその出現と背景について述べてみよう。

多層成形容器の開発は昭和 47 年にさかのぼる。耐酸素遮断性の良いプラスチック材料で、その成形容器が柔軟であって、内容品をスクイズして押し出せる特性を出せるものは PVDC 容器しかなかった。

PVC も柔軟な性質を持たせるために可塑剤を入れると、油脂により可塑剤の移行抽出があるばかりでなく、大切な酸素遮断性が著しく悪くなり、油脂用の食品容器として実用にならなくなる。

従って、比較的高価な PVDC 容器より安価で少なくとも酸素透過性が同等か、それ以上のものの開発に望まれていた。

多層プラスチック成形容器はこの目的のために開発され、実際に塩化ビニルモノマー問題が持ち上がる前の昭和 47 年よりマヨネーズ用容器、昭和 48 年にはケチャップ用として実用化されていたのである。

このように、食品用容器として機能面から、食品衛生面からの諸特性が実証済みであったところに、PVC 容器の残留塩化ビニルモノマー問題が発生したため、この多層プラスチック容器が柔軟性のある容器中心であったのを、硬質 PVC 容器に代替できる硬質の多層成形容器の開発が求められた。

この開発は比較的容易であった。従来の柔軟容器は柔軟性を持たせるために、構成している材料をすべて柔軟性のある材料を用いていたのに対し、剛性のある材料に変更すること、すなわち低密度 PE を PP にすることで硬質の多層プラスチック容器はできる。

しかしながら、PVC 容器のような透明性を望むべくもなく、その後開発の進められた PET 容器に対して外観上からは一歩ゆずらなければならない。しかし、安価であり、保存性において優れているという点で多層成形容器は現在でもなお、他の競合プラスチック容器に対して優位にある。

PET 容器が急速な追い上げを見せてはいるが将来のエネルギーコストの上昇を考えるとときにはコストの安いプラスチックを構成材料としている多層成形容器の方が優勢という見方をすることもできる。

また、最近のプラスチック加工技術の進歩の中で延伸成形技術が無視する訳にはゆかない。

プラスチックの軟化点近傍の温度で一次元、二次元の延伸をすると、透明性が増し、強度が増加し、ガス透過性が小さくなって特性が向上することは知られていたが、この方法を容器のブロー成形技術に応用されたのはごく最近^{22)~23)}のことである。

今まで述べた多層プラスチックの成形容器の構成は写真-1 によって知ることができる。

2 種類のプラスチックを積層した 2 種 2 層、容器の内外面が同種のプラスチックで、中間層としてバリアー性に優れた EVAL, NYLON, PVDC などを用いた 2 種 3 層、さらに内外面を異種のプラスチックを用いた 3 種 4 層などが実用化されている。

写真-2 は 2 種 3 層のスクイズボトルであり、写真-3 は 3 種 4 層の食用油用硬質ボトルである。

また、食用油用の大形ハンドルボトルも多層ボトルとして製造され実用化されている (写真 4)。

また、写真-5、写真-6 で示したのは延伸成形したポリエステル容器で、それぞれ、しょう油、サラダドレッシング用として市販されている。

この容器は透明さが良いことと、容器につやがあるためガラスびんのような感じを与え用途によっては応用の範囲は広がるだろうと推定されている。

もともと、この容器は二酸化炭素のバリアー性が高くかつ耐圧強度も大きいので、米国、欧州ではコーラ類の炭酸飲料用大形ボトル (1.5 l, 2 l) として大量に用いられている容器である。比較的大形容器においてますますその特性を発揮する。最近では 20 l という大形容器も試作されている。20 l の容器重量は 350 g と少ない。

これは丁度コーラの 200 ml 入りガラスびんよりも軽いので実際には、ガラスびんに比べて容器重量はほぼ 1/10~1/13 ということになる。

これらのような、油脂食品用プラスチック容器が開発されてきた背景には、どのようなガスバリアー性をもつ材料であれば、その食品の保存性と対応して考えることができるかということから酸素ガスのプラスチック容器からの透過と、油脂の低酸素濃度での酸化の研究が容器開発の基礎となっていることはいまでもない。

この面からの考察ならびに、食品容器として無視する

写真-1

写真-2

写真-3

写真-4

写真-5

写真-6

訳にはゆかないプラスチック容器からの油脂中への溶出に関する研究について最近の報告に目を向けてみたいと思う。プラスチック容器からの移行物質はとりもなおさず、プラスチックの添加剤であるし、この添加剤の我々の健康に及ぼす食品衛生上の影響など、より安全性の高い材料を使うこ

との研究も大切である。

3 酸素ガス透過と食品の保存性

油脂食品が極くわずかの酸化によって品質を著しく損なうことは広く知られていることである。

Frankel²⁷⁾らは酸素吸収量と過酸化価(POV)とが酸化の初期段階では直線関係にあると認めており Boland²⁸⁾らは同じく酸化の初期において酸化反応速度は酸素分圧に関係しないことを見だし、さらに、一般の包装系のような酸素の制限ふんい気では酸素は低酸素分圧であり、このような状態下での酸化を調べることも大切なことになってくる。Marcus ら^{29),30)}は脂肪酸エマルジョンをモデルとして酸化速度の酸素分圧依存性を調べたところ、低酸素分圧下では酸素の拡散速度の影響が支配的であることを指摘している。

小松ら³¹⁾はこれらの研究を参考にして油脂食品モデルとして、リノール酸エチルを用い、酸素吸収挙動と初期酸化指標として POV の変化を調べ、種々の酸素透過性を示すプラスチックフィルムで包装し、保存したときの POV の変化を測定して長期保存のためには酸素透過性は少なくとも $30 \text{ ml}/(\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm})$ 以下で、できうるならば 10 ml 以下が好ましいことを示している。

また、この気体透過性はプラスチックにあっては温度、湿度に大きく依存し、そのため食品の保存条件によ

って大きく影響を受けることもまた明白である。

それに加えて、包装材料であるプラスチックの面より透過してきた酸素が内容物の中に拡散してゆくことによって内容物も酸化が進行する。

静置した状況にあっては内容物とプラスチックの接触面の酸化が著しく、その部分だけを取ると、酸素透過性からは想像できないような大きな極部的酸化がある。

内容物が移動する場合にはそのような極部的酸化はなく、内容物全体の POV が増加する傾向を示す、保存のためには、酸素透過性の小さいプラスチック包装材を選択することは重要なことではあるが、保存状態は、静置であり、内容物が余り動かない状態が望ましい。

酸素の透過性と油脂食品の保存性を合わせて考えるに、プラスチック包装材にあっては、できるだけ小さな酸素透過性の材料が望ましいのは当然であるが、一方、その材料の湿度、温度依存性が少ないことが望ましいことである。

例えば、多くの食品においては、包装材の内面、すなわち、食品に接する面にあっては湿度は $100\% \text{ RH}$ と考えることが常識である一方、外面はその食品の保存条件によっても変化するが $60 \sim 90\% \text{ RH}$ となる場合もあると考えねばならない。

また、茂木^{32),33)}は油脂の酸化と包装材料物性ならびに保存条件の関係として、食品の被酸化部分はおそらく、表面に近い部分に限られているものと考えられる。

そして、このことはプラスチック材料の紫外線の透過とも密接に関係しているとみられる。

多くの場合、酸化の初期反応はラジカル反応であり、紫外線による酸素の三重項状態が充分な反応エネルギーをもって酸化反応を進めると考えてよいと思われる。

このような油脂の保存性に影響を及ぼす諸因子を互いに考慮しつつ、経済上の制約をも含めてその商品に最適な容器材料を選択し、容器デザインをし、流通経路に乗せるかということが大切なことになってくる。

表-3 リノール酸エチルのフレキシブル包装品及び無包装での POV の保存中の変化

実験に用いたフレキシブル包装材料の構成、厚みと酸素ガス透過度。

Code	Composition (Thickness, μ)	Oxygen trans- mission* ($\text{ml}/\text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{atm}$)	Storage condition
A	B.O. Polyester (12) -Polyethylene (50)	193	40°C, 90% RH
B	B.O. Nylon 6 (15) -Polyethylene (50)	131	40°C, 65% RH
C	P.V.D.C. coated B. O. Polyester (>20) -Poly. (50)	30	40°C, 90% RH
D	B.O. Polyester (12) -Al foil (7)-Poly. (50)	<0.05	40°C, 90% RH

* Isostatic-GC method at 40°C. In-package: <5% R.H.

4 包装材料よりの移行物質

プラスチック包装材料にあっては、食品衛生法の立場より、容器包装より食品への移行物質が少なければ少ないほど好ましいものであり、さらにその移行物質が化学的に安定であり、生化学的にも活性が低く、いわゆる毒性が低いものであって、動物試験などによって実証されているものほど安全な容器といえる。

また、この毒性は容器の紫外線の透過性、気体の透過性などの変化による内容品の変敗ともからんでくるので、実用商品による毒性試験は行われ難い。したがって、容器からの移行物質の毒性は純然たる化学的な抽出によって得られた抽出物の毒性試験として行われ、内容品との対比によって毒性を論ずることはできない。油脂をプラスチック容器に充てんした場合にどのような物質が移行するかを検討する前に、どの位の量が移行するかを知ることが、容器の安全性のための一つの目安となる。

現実には、食品衛生法でも油脂及び油脂含有食品については *n*-ヘプタン抽出での蒸発残留物が 30 ppm 以下でなければならないと規定している。

プラスチック容器と食用油脂が接触したとき、長期の保存中にどのようなことが起こると予想されるかを考えてみると、プラスチック容器からはプラスチックの添加剤やプラスチックの低分子量成分が、油脂相からはプラスチックへの油の溶解、拡散が起こる。

内藤の報告³⁴⁾では図-1 のように PE に綿実油を接触させた時の綿実油の PE 中への拡散を油の濃度こう配として測定しており時間の経過と共に拡散してゆく状況がわかるが、実際には PE 単体で包装することはほとんどないのでこれよりはずっと拡散速度は遅いものである。

図-1 PE 中への油の拡散

油脂食品用に用いられる PET 容器からの触媒金属の溶出試験については黒田³⁵⁾が紹介してしており表-4 に示したように非常に低い溶出である。

このプラスチックからの溶出についての研究で特筆されるのは Figge³⁶⁾らの報告であり、表-5 はその 1 例であるにすぎない。

Figge らの研究は新しい包装材料を使用しようとする際、それが法律に適合するかを決めるには次の間に充分に答えるものかどうかによって評価されねばならない。

(I): モノマー、プラスチック加工助剤、またはその二次分解物が食品中にどの位移行するか?

(II): 低分子ポリマーがどれ位食品中に移行するか? と述べ、油脂及び油脂含有食品については、トリアセチン、トリカプリン、混合トリグリセリド、*n*-ヘプタン、

表-4 触媒金属類の溶出試験結果の一例 (単位: ppm)

触媒金属	フィルム	シート	延伸ボトル (試作品)
	95°C × 30 min	60°C × 30 min	60°C × 30 min
Ca	0.030 以下	0.030 以下	0.010 以下
Co	—	—	0.002 以下
Ge	—	—	0.010 以下
Mg	—	0.001 以下	0.010 以下
Mn	0.002 以下	0.001 以下	0.001 以下
P	0.010 以下	0.003 以下	0.003 以下
Sb	0.010 以下	0.010 以下	0.010 以下
Ti	—	—	0.005 以下

パラフィン油、オリブ油、ひまわり油などを油脂モデルとして用いて溶出試験を行い多くの知見を見いだしている。

あとがき

食品容器の開発はあくまで、その容器を必要とする商品の開発にかかっている。

食品をどのような形で市販するかの企画が容器に対するニーズを生むのである。

容器はあくまで内容品である食品との関連において開発や応用が展開するのである。

この意味で容器の進歩とは、その容器が生み出されるまでの周辺分野の研究に依存し、社会環境の問題とも密接に関与する。容器の研究は、あくまで学際的である。

(昭和 54 年 7 月 6 日受理)

文 献

- 1) 渡辺 渉・小林 晃・久米寿昭・川北 紘, 日水誌, **32**, 327 (1966)
- 2) 高橋文男, 内藤泰俊, 合成樹脂, **11**, 600 (1965)
- 3) 小泉千秋, 野中順三九, 日水誌, **25**, 204 (1959)
- 4) 西郷英昭, 松井悦道, 東洋食品工業短大東洋食品 研 報, **1969** (8), 120
- 5) 内藤泰俊, 寺田克彦, 神谷義紀, 高橋文男, 高分子加工, **25**, 82 (1976)
- 6) 山下 太郎, 油化学, **14**, 754 (1965)
- 7) 高橋 勉, 食衛誌, **6**, 550 (1965)
- 8) 岡田安司, 石田欽一, 食品工誌, **15**, 140 (1968)
- 9) 岡田安司, 食品工誌, **18**, 411 (1971)
- 10) 渡辺日出男, 包装技術, **8** (3), 17 (1970)
- 11) 湯木悦二, 和高等, 食品工誌, **19**, 200 (1972)
- 12) 高橋文男, 包装技術, **1** (5), 219 (1963)
- 13) 内藤泰俊, 産工試報告 No. 49, 29 (1966)
- 14) 寺田克彦, 高橋文男, 製品科学研究所報告 No. 59, 1, (1969)
- 15) P.W. Parody, *J. Dairy Tech.*, **18**, 25 (1963)
- 16) 内藤泰俊, 寺田克彦, 神谷義紀, 高橋文男, 製品科学研究所報告, No. 75, 11, (1975)
- 17) *Chem. Week*, Dec, 4 (1974)
- 18) 平田貞夫, 加工技術, **16** (8), 6 (1975)
- 19) 野原繁三, プラスチックス, **26** (12), 8 (1975)
- 20) 平田貞夫, プラスチックス, **27** (8), 49 (1976)
- 21) B.I. Turtle, 2nd Intern. Congress on Food Preservation by Packaging, München, Jnly (1976)
- 22) Modern Plastics International, **6** (2), 34 (1976)
- 23) S. Hirata, A. Kishimoto, *SPE J.*, **25** (11), 29 (1969)
- 24) 杉田康典, 工業材料, **23** (12), 23 (1975)
- 25) 化学工業日報 (昭和 52 年 10 月 11 日号)
- 26) 笹岡作五郎, *Plastics Age*, **22** (9), 65 (1976)
- 27) E.N. Frankel *et al.*, *J. Org. Chem.*, **26**, 4663 (1961)
- 28) J.L. Bolland, G. Gee, *Trans. Faraday Soc.*, **42**, 236, 244 (1946)
- 29) R. Marcus, P.O. Fredrikson, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **46**, 262 (1969)
- 30) *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **45**, 400 (1968)
- 31) 小松克彰, 日本食品工業学会, 第 16 回大会発表 (1969)
- 32) 茂木幸夫, *Bull. of the Japan Soc. Sci. Fish.*, **44** (9), 1047 (1978)
- 33) 茂木幸夫, 日水誌, **44**, 477 (1978)
- 34) 内藤泰俊, 第 21 回高分子研究発表会 (1978)
- 35) 黒田 護, *Plastic Age*, **75**, May (1978)
- 36) K. Figge, C.G. Bruck, *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **66** (8), 253 (1970)
- 37) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **66** (9), 281 (1970)
- 38) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **67** (1), 9 (1971)
- 39) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **67** (2), 47 (1971)
- 40) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **67** (4), 110 (1971)
- 41) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **67** (7), 235 (1971)
- 42) *Deutsche Lebensm. Rundschau*, **67** (8), 265 (1971)

表-5 65℃, 5h 抽出によって抽出された添加した添加剤の重量に対する抽出量の % あるいは ppm

No.	プラスチック 添加剤- ¹⁴ C	厚み μm		オリブ油 +FS	ひまわり +FS	Metha- nol	Diethyl -ether	n- Heptane	パラフィ ン油		
1	高圧法ポリエチレン Ionox-330	153	% s(n) ppm	91.8 1.5(6) 7800	90.0 8.3(6) 7650	88.8 6.1(12) 7550	101.7 3.8(12) 8640	98.0 3.2(6) 8330	93.9 1.9(6) 7980	93.7 1.3(7) 7960	93.9 0.4(6) 7980
2	高圧法ポリエチレン ステアリン酸アミド	240	% s(n) ppm	97.4 3.3(6) 1383	98.5 1.2(6) 1399	94.7 1.5(6) 1345	94.6 3.7(6) 1343	96.5 2.2(6) 1370	106.2 1.8(6) 1508	107.0 1.1(5) 1519	102.3 1.2(6) 1453
3	低圧法ポリエチレン Ionox-330	165	% s(n) ppm	2.60 0.02(6) 281	3.25 0.25(12) 351	2.63 0.04(6) 284	2.74 0.51(6) 296	1.11 0.25(5) 120	7.77 1.06(4) 838	54.7 3.2(34) 5900	8.48 0.41(6) 915
4	低圧法ポリエチレン ステアリン酸アミド	179 244	% s(n) ppm	55.8 7.1(12) 1021	58.5 2.8(12) 1071	46.8 2.5(6) 856	55.1 1.6(6) 1008	50.8 2.5(6) 930	70.2 2.3(6) 1285	88.2 0.011(5) 1614	73.5 3.0(12) 1345
5	PVC Ionox-330	358	% s(n) ppm	0.011 0.006(9) 0.25	0.029 0.031(17) 1.37	0.010 0.016(10) 0.47	0.032 0.014(6) 1.51	0.286 0.040(6) 13.6	4.55 0.08(12) 215	0.016 0.011(12) 0.76	0.045 0.015(10) 2.12

$$S = \pm \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad n: \text{測定数}, x_i: \text{個々の測定値}, \bar{x}: \text{測定値の平均値}$$