プラスチックコンパウンディング UDC 678.023:667.773

着色を中心として

Plastics compounding

Chiefly coloring

両 角 栄 一*
MOROZUMI Eiichi

1. はじめに

“プラスチックの着色という広範囲な問題をまとめてひと口に論ずることは仲々困難なことであるので本稿では、きわめて常識的な諸問題をより実際の観点に立って概説したいと思う。“プラスチックの着色”に関する研究論文や総説は、戦前のフェノール、尿素メラミン樹脂で代表される熱硬化性樹脂が主流であった時代に比べて、大戦後、塩ビ、ポリエチレン、ポリスチレン樹脂などで代表される熱可塑性樹脂の登場、さらには特に近年ポリプロピレン、ABS、ポリカーボネート、ポリアセタール、ポリエステルなどその種類が増大し応用分野が専門化されかつ広範囲になるにおよび爆発的に多くなりつつある。そしてこれらの学門のあるいは理論的な解明も20年という実際の経験から導びかれた新しい数々の情報と相まって着実にその歴史を築きつつあり、今日立派に一つの産業の形態を整えるに至った。しかしながらプラスチックが何分にも急激に膨張したために、工業的視野あるいは商業的視野におけるヒズミ、欠陥、犠牲、懸案となって放置されている諸問題は非常に多く、近い将来流通システムなど問題の解明を中心として続けることが必要である。

2. プラスチック加工（プラスチックプロセス）

プラスチックの着色を含めて、加工という仕事が存在、日本のみならず、米国などにおいてもどのような体系で行なわれているかということを説明する前に、まずもって痛感されることはこの業界の歴史が若いだけに、専門用語や概念のまとまりが欠陥しているということである。当事者である専門業界においてすら技術用語の統一は等閑視されており、それぞれ原料樹脂を一本の縦糸

として考えた場合、樹脂メーカー、プラスチックコンパウンダー、プラスチックモルダーという原料から、最終製品の仕上げに至る過程において、この分野の一貫した専門用語、技術用語はあいまいで、正しい認識、正確な定義共通な用語が無く、それぞれの立場での表現、通念と実際の内容、実体とが必ずしも一致したものではなく、またその上職場的慣用語、スラング、日本でしか通用しないような日本の英語などが加わってくると、ますます混乱してしまうので、まず概略的にこれらの問題をW. Krisch¹⁾らの見解を取り入れて説明して行きたい。前述のようにプラスチック産業は大体次のような3つの区分で成立っている。すなわち、

①原料樹脂の製造 → ②樹脂のコンパウンディング → ③樹脂の形態加工

である。また本稿ではこれら3つの区分に従事するものをそれぞれ便宜上

①樹脂メーカー→②プラスチックコンパウンダー→③プラスチックモルダーと呼ぶことにする。

“プラスチックの着色”は②を主体とした②→③の、プラスチックとコンパウンディングの間にまたがる問題であって②→③の工程をプラスチック加工（プラスチックプロセスと呼ぶ）W. Krischによれば②の工程を性質加工と呼びこれは加工を受けた場合、材料としての品質的变化を受けるような加工面をさし、ゲル、混練、溶融などをこの種類に入れている。③の形態加工（形体加工）（シェーププロセス）ここではモルディング（成型）と呼ぶこととする）というのは、dieからのextrusion, injection, molding, pelletizing, 糸やフィルム巻取りというような形状の交換だけを与える加工を称し工程の前後において材質的变化のないものという概念である。

3. プラスチックコンパウンダー (Plastic Compounders)

プラスチックコンパウンダーという用語は外国では繁

昭 40. 3. 1 受理

* 大日本インキ化学工業(株)化成品技術開発部
東京都千代田区神田錦町 3-3

用されるが適当な日本語は見当らない。このコンパウンダーからくるコンパウンディングは大体混合と同類であると考えて戴いて、プラスチックコンパウンディングというのは、樹脂の製造時あるいは、製造後に know-how あるいは特定のあらかじめ決められた配合に従い、着色剤、紫外線吸収剤、防燃剤、滑剤、安定剤、帯電防止剤、架橋剤、発泡剤、酸化防止剤、フィラー、ゴム質、などを添加したり、あるいは異質樹脂や、共重合体、あるいは MI、分子量など恒数の異なった同属樹脂を混合して商品化すると同時に、その性能、品質の向上を計るために採られる手段であって“プラスチックの着色”というのはこのプラスチックコンパウンディングの構成要素の一部ということができる。

4. プラスチック産業とコンパウンディングの流通システム

日本の石油化学工業は 39 年度、2000 億以上という生産実績で川崎の日本石油化学で昭和 32 年に、その生ぶ声をあげて以来 8 年間に驚異の進歩を遂げた。このうち

表-1 39 年度世界各国のエチレンの生産能力
(単位 万トン) 表-2 39 年度エチレンの消費実績
(単位 千トン)

国	生産能力 (万トン)	国	消費実績 (千トン)
米	400	ポリエチレン	343
日	78	ポリスチレン	35
西	75	エチレンオキシド	56
英	56	アセトアルデヒド	78
伊	30	その他	22
仏	18	合 計	534

50% 以上を占めるエチレンの設備能力は表-1 に示す通り米国について既に世界第 2 位にのし上げてきたが、その消費実績は表-2 に示す通りであって、この数字の示す限り華々しい業績をあげつつある日本の石油化学工業は文字通り、プラスチック産業そのものの発展に他ならず、さらにこのプラスチック産業の伸展の等しきを支えてきたものは他ならぬ“色”ゆえの“多才多芸”にあるといっても過言ではない。しかしながら石油化学工業を支えてきたプラスチック産業にして、コンパウンディングを中心としたプロセッシングの流通部門においては、その産業基盤においてまだ不安定な要素が多くあり特に最近におけるナフサセンター、石油化学センターの国際競争力に打ち勝つため大型化、あるいはセンターの増設、塩ビ第 4 次あるいは第 5 次増設計画云々……など華々しい石油化学の増設計画もさることながら、これと表裏となって消費構造をなすプラスチック加工産業の育成には今後大いに関心を持って特にその経済面の強化にあたらねばならぬと思う。

現在日本および米国で行なわれているプラスチック加工の流通システムは、次のような幾多の方法が採られている。ここに示す□内が後述するような諸問題を抱きかかえている着色を主体とするプラスチックコンパウンディングである。

- ① 樹脂メーカー → 成形メーカー
- ② 樹脂メーカー → 着色剤メーカー → 樹脂メーカー → 成形メーカー
- ③ 成形メーカー → 着色剤メーカー → 成形メーカー
- ④ 着色加工専門業者 → 成形メーカー
- ⑤ 成形メーカー
- ⑥ その他。

すなわち①の場合は樹脂メーカーが自分の工場内に着色加工の工場を持ちコンパウンディングを行なう場合であって、比較的ロットの大きくまとまった再注文のある安定した需要のある品種が選ばれており、採算的にも有利なもの、このグループで着色加工されている。

②の場合は、日本においても米国においても最も多く採用されている体系であって、樹脂メーカーは袋詰めにして樹脂をコンパウンダーに送り樹脂メーカーあるいは成形業者の指示による配合に従い顔料、紫外線吸収剤、防炎剤その他の添加剤を加え、要求された色と同じのカラーコンパウンドを作り再び新しい袋に製品を詰めて樹脂メーカーに送り返す。コンパウンダーが樹脂を購入して、それを販売することはなく樹脂メーカーに対する貸賃加工サービスのみを行なう訳である。このようなサービスに対してのコンパウンダーの加工賃は米国では大体 4.5¢/lb (36 円/kg) といわれており、他に顔料や添加剤の原料費を実費として受けとっている。

このように①の例もあるが主な樹脂メーカーは、いずれもこのようなコンパウンダーズを採用している。その理由としてあげられることは

- ④ コンパウンディングの装置の問題
- ⑥ 受注が少量でロットが細かく、その上色合わせなど仕事が煩雑であること。

⑦ 特殊なコンパウンディングたとえばポリエチレン電線グレードのカーボン分散のような高度の技術を要すること。などによっている。米国においてはこれにして得られたカラーコンパウンドはナチュラルに比べて 3¢/lb (24 円/kg) 高く売られるのみであるので加工賃として 1.5¢/lb (2 円/kg) と原材料費、包装費運賃な

どが樹脂メーカーの損失となっている。これに比べ日本においてはコンパウンダーズが大体この分の犠牲を強いられることによって、この種の仕事が流通しているというところに工業としての経済性という観点から一つの問題が有りそうである。

③の流通は成型業者自身が樹脂を購入あるいは選定して樹脂をコンパウンダーに送り委託加工させるケースである。この場合にもコンパウンダーは樹脂の購入も販売も行なわず最終需要家へのコンパウンドサービスのみにとどまる。

④のケースは中小企業に多く、また米国でもかなり多くのコンパウンダーズがこの形態をとっている。すなわちこの場合のコンパウンダーは(粗悪グレード)の原料樹脂、過剰在庫品、着色失敗品、返品材料などを常に市価より非常に安い有利な条件で購入しコンパウンディングして加工業者に販売するといったもので、この場合のコンパウンダーズは詳しい加工知識すなわち原材料のグレード、品質、加工条件など加工業者以上に適確な技術的知識を持つことが必要である。

⑤は成型業者自身でのコンパウンディングであり日本では大企業が着色剤を購入して実施しているケースが多い。

⑥この他にいわゆる、再生屋と称するところの加工業者から出てくるスクラップを集め、これを低品位の材料で再コンパウンドするコンパウンダーズもかなり多く、厳密には④と区別することはむずかしい。

また米国では自家消費のために少量の樹脂を製造しているコンパウンダーズがあるといわれているが最低経済単位に達しないため一社のみ(懸濁重合合法によるポリスチレン 2500 t/年)であるといわれている。

以上述べたコンパウンダーズはもちろん④を除きこのようなサービスのみの仕事に従事しているわけではなく、そのうちのあるコンパウンダーズは着色基材(染料顔料など)と加工着色剤(たとえばカラーコンセントレート、ドライカラー、ピグメントディスパーションなど後述)を成型業者を始めとして着色剤を使用するあらゆる他の樹脂メーカーやコンパウンダーズに対し製造販売している。

以上述べた流通機構は複雑でこのように一口で論じてしまうことはできぬまでも日本においては加工量、金額共②のコンパウンダーズすなわち顔料メーカーの扱い高が最も多く次いで①、③である。しかし、コンパウンダーズの数の上からでは④の中小企業の専門メーカーが多く、米国でも全く同じである。米国ではおよそ 200 社にのぼるコンパウンダーズが存在するがこのうち 80 社が専業で、このうち本当に有能でよい仕事ができるのは 10

社位で、これらの取り扱い高は一社当り年 100 万\$ (3 億 6 千万円)、~1200 万\$ (43 億) の規模であるといわれている。このようにしてプラスチック産業界に果しているコンパウンダーズの主なサービスは

- ① 少量で煩雑なコンパウンディングの仕事の遂行
- ② 粗悪グレード材料、スクラップの取り扱い
- ③ 小回りのきく迅速な過剰サービス
- ④ 需要家の要求に関する適確な知識

ということになり、日本の場合、これらのサービスがほとんど経済性を伴わぬ犠牲の上に立たされているといつてよいのではないかと思う。

5. 米国におけるコンパウンダーズの方

現在米国におけるコンパウンダーズの利潤はポリエチレン電線グレードの特殊用途向けを筆頭として加工内容種類により 12.0~1.5%の間だと言われているが年々長期的には熱可塑性樹脂の売上利益率が減少の一途をたどりつつあり、特殊コンパウンドにも比較的大きな利益を見込むことができなくなるとすれば、特殊タイプの配合の秘密を保持するということもその理由の一つに加えて将来は樹脂メーカーが一貫生産に進むことが予想され、「長期的には米国におけるカラーコンパウンダーの立場は過剰サービスと煩雑な仕事の代行のみに限定されるであろう」といわれており、樹脂メーカーによるコンパウンダーズの買収獲得が散見されている。

これらの事実はもちろん会社単位の買収合併によるディビジョンカンパニーシステムを常とする米国の企業形態と日本のそれとの違いがあってそのままわが国にあってはまるものではないがしかし、日本もまた前述のような不安な状況下にあつて、プラスチックコンパウンディングという仕事が共々多少異なったふんいきにあるとはいふものの、将来一層収益性を期待し安定化されることが誠に困難であるというこの現実は当事者のみならず、日本のプラスチック産業全般にわたって重要な問題であると思う。

6. プラスチックコンパウンディングの 基本知識とその配属

プラスチックコンパウンディングを着色を中心に論ずる場合その基本となることは

- ① 着色基材とその加工着色剤
- ② 被着色対象(各種とその応用分解)
- ③ 着色方法

である。前述の通り日本のプラスチック工業は表-3 に示すように、品種、生産量とも驚異的發展を遂げ 38 年

表-3 プラスチック生産量推移 (歴年)

品 目	38 年			39 年		
	38 年 生産量	対 前年比	構成 比	38 年 生産量	対前 年比	構成 比
フェノール樹脂	65,065	115.8	6.1	77,821	120	5.7
ユリア樹脂	209,229	117.1	19.4	242,004	177	17.6
メラミン樹脂	27,975	130.0	2.6	33,463	120	2.4
不飽和 ポリエステル	26,123	127.2	2.4	31,894	123	2.3
フタル酸樹脂	39,807	131.0	3.7	49,354	125	3.6
ケイ素樹脂	2,187	122.4	0.2	2,503	114	0.2
メタクリル樹脂	8,241	152.9	0.8	11,241	137	0.8
塩化ビニル樹脂	348,848	114.9	32.7	469,528	135	34.2
ポリビニル ブチラール	495	117.3	—	550	111	—
ポリビニル ホルマール	435	127.6	—	449	115	—
ポリアミド樹脂	2,275	164.7	0.2	3,014	136	0.2
フッ素樹脂	160	133.3	—	253	160	—
ポリカーボネート	—	—	—	3,396	—	0.2
セルロイド生地	5,045	88.4	0.5	3,873	77	0.3
スチロール樹脂	70,873	146.4	6.5	102,391	148	7.5
ポリエチレン	223,377	156.7	21.1	288,570	129	21.0
ポリプロピレン	21,256	850.2	2.0	37,042	176	2.7
アセチルセルロース プラスチック	3,364	115.0	0.3	4,549	136	0.3
アセチル セルロース	6,918	127.6	0.7	7,840	113	0.6
塩化ビニリデン	3,976	122.6	0.4	3,499	87	0.3
合 計	1,065,609	129.1	100.0	1,373,234	129	100.0

出典プラスチック16 No.1 (1965) 39 年は見込み

表-4 主要プラスチックおよび繊維の生産数量

39 年度 (単位万 t)			
塩 び	50	ナイロン	9
ポリエチレン	30	フェノール	8
尿素メラミン	28	ポリエステル	6
スチロール	10	P. V. A.	4

度にはついに 100 万 t を突破, 39 年度には 140 万 t に近い生産量が見込まれている。表-4 は生産数量からみた主要プラスチックおよび繊維への順位表である。顔料による繊維グレードプラスチックの原液着色の場合におけるコンパウンド技術は広意義のプラスチックの中では最高水準のまことに厳しい条件が要求されているが近年益々その品質の真価を発揮して最終製品の用途を広めつつある。

しかし, その種類においては次々と新種属が登場しこれら樹脂の群像と, これらの樹脂がそれぞれの特性を巧みに生かされている応用分野すなわち, 雑貨, 家具, 家庭用品, 建材, 産業資材, 工業部品あるいはフィルムシート, 皮革, 棒パイプ, 電線, 繊維などおよそ考え得る資材源として, 金属, 皮, 木材, ガラス, 陶器, 織物, 紙, 糸, セメントなどあらゆる分野に進出したプラスチックの広範囲な範囲性を考えるとこれらのコンパウンディングもまた複雑多岐にして繊細な配慮と注意深い選択, 高い技術の水準が要求されてくるわけである。

7. プラスチックプロセッシング

表-5 は以上述べてきたプラスチックコンパウンディング→プラスチックモルディングつまりプラスチック

企業上の分類	compounding			→	molding
工程分類 (I)	Premixing	→	kneading	→	shape processing → molding
工程分類 (II)	Dry blending mixing	→	compounding (coloring Dispersion and Distribution)	→	pelletizing (strand cutting hot cutting under water cutting sheet cutting) → Injection Extrusion Compression Vacuum forming
機 械 名	Drum Tumble mixer Ribbon blender Dough mixer Henschel mixer Ball mill Atmizer	→	Extruder ↑ intensive mixer ↓ roll mill kneader	→	crusher pellitizer → Injector Extruder etc.
	a →			→	
	b →			→	

図-1 加工プロセスの概略図

表-5 プラスチックプロセッシング表

組			成		工			程		形状区分	用途			品質要求	
樹脂	脂		助剤	色素	形状	予備工程	主工程	後工程			加工工程	形状	区分	色	品質要求
塩ビ			酸化防止剤	無機顔料	液体	クラッシュ	押出機	クラッシュ	ドライ	カラー	射出成型	フィルム	雑	着色	相加工性
ポリエチレン		紫外線吸収剤		有機顔料	粉末	アトマイザー	単軸型	シートペレター	カラー	コンセント	射出成型	シート	工業部品	着色	機械的性質
尿素		安定剤			ビーズ	ドラムタンブラー	多軸型	コールドカット	(カウランド)	ドコン	射出成型	棒	建築材	隠色	力劣化性
フェノール		可塑剤			フレーク	リボンブレンダー	特殊型	ホットカット	ビグメント	ジスパーズ	射出成型	パイプ	食品用	鮮明	熱劣化性
ポリスチレン		充填剤		染料	ペレット	ヘンジェミキサー	2本ロール	ホットカット	液	体	射出成型	電線	衣料	透過	電気特性
ABS		滑剤			粗粒	ゲートミキサー	3本ロール	乾燥	粉	末	射出成型	繊維	工業資材	耐熱	印刷性
A S		帯電防止剤		特殊効果剤	プロック	ボールミル	ワーナーニダー	ワーナーニダー	ビ	ー	射出成型	ネット		耐候性	異物
メタアクリル		架橋剤				ワーナーニダー	バンパリーニキサー	バンパリーニキサー	フ	レ	射出成型	構造物		ブルームング	
ナイロン		発泡剤				バンパリーニキサー	アトマイザー	アトマイザー	ペ	レ	射出成型	瓶		マイグレーション	
ポリエステル						2本ロール	プラスチックイケーター	プラスチックイケーター	粗	粒	射出成型	容器		クロッキング	
不飽和ポリエステル		分散剤				3本ロール			ブ	ッ	射出成型			耐毒	性
ポリカーボネート		分散剤							ゲ	ッ	射出成型			吸揮	性
塩化ビニリデン		分散剤							シ	ッ	射出成型			揮	性
ポリビニルアルコール		分散剤							ベ	ッ	射出成型			分散	性
四フッ化エチレン		分散剤								ス	射出成型			分取	作業性
フッ素		分散剤									射出成型			色含有量	
ポリプロピレン		分散剤									射出成型				
シリコーン		分散剤									射出成型				
フタル酸		分散剤									射出成型				
ポリアセタール		分散剤									射出成型				
アセチルセルロース		分散剤									射出成型				
酢酸ビニル		分散剤									射出成型				
ポリビニルブチラール		分散剤									射出成型				

セシングという広範囲な研究の対象、配慮すべき点を一覧表にまとめたものである。

7.1 加工プロセスの原則

表-5 からおわかりのようにコンパウンディングは予備、主、後の3工程を得て molding につながるわけであるがこれを一表に要約すると図-1 のようになる。

もちろん本図の加工プロセスは原則であって、これらは

- ①合成樹脂の種類、②同一樹脂にあってはその用途、
- ③着色剤を始めとするコンパウンド材料の種類と量、
- ④各社各様の生産方式 ⑤加工原価

などによって最も簡単な方法が「最終製品に最高の品質を、最も迅速かつ安全、経済的に与えることができるよう」選択され、加工機械の組み合わせが工夫されているわけである。

7.2 プラスチックプロセシングの概念

冒頭に述べたように、図-1 に基づいてプロセシングを説明するにあたり、用語、概念などについて W. Krisch の興味ある報告があるので——もちろん全面的に賛同し兼ねるものであるけれども——参考にしながら説明してみたい。すなわちプラスチックコンパウンディングというのは混合とニーディングの組合わせであり、その比率はその時の選択条件で決まってくるが混合というのは別々の系にある2種以上の成分を混合し、その中からどの部分を取り出していても成分比が同一であるような状態にする加工を称しニーディングとは被加工対象中にせん断応力を発生させることであり、せん断力によって材料の粒子が永久変位を起こさぬ場合をビューーニーディングと称して理想のケースを考えている。図-2¹⁾ は実際のプロセスにおける混合とニーディングの寄与率を示したものであるがたとえばここでのいうカラリングという用語、コンパウンディングという用語とこれらの使い分けが果して適切であるか問題のあるところである。

図-2 Mixing と Kneading の寄与率

100% 混合は理想のプロセス、最も近いのがドライブレンディングであり、たとえばタンブリングでは材料内

にはほとんどせん断応力は発生しない。そしてこれがニーディングの方に移るに従い、カラリングコンパウンディングの順に並んでおり、「コンパウンディングとは連続または非連続式の混合機械内で被加工材料の全成分あるいは少なくともその主要成分が溶融している状態で混合を行なうものであり、たとえばポリマーと安定剤、可塑剤などの添加剤、あるいは MI の異なった二種のポリマーを溶融混合する場合を指し、分散とはポリマーに添加剤を混合してコンパウンドする同じプロセスではあるが違うところは添加剤の粒子形態がもとの状態とは異なったものになることである」としてカーボンブラックの分散を例にあげている。しかしこのような区分の仕方また用語の定義が必ずしも適切であるとは考えられない。むしろコンパウンディングという概念は一般には広意義なものであり、たとえ狭い意味でのコンパウンディングであるとしても分散と区別して定義するのはどうであろうか。またカラリングという用語はさらにこれらの抽象であり、カラリングという用語を使ってこれらと区別するのはどうであろうか要するに図-2 は、混合とニーディングの寄与率の相対表であって用語にとらわれず現象だけを定性的にとらえるような見方をすることが大切で、この限りにおいては要を得たわかりやすい表である。ついでながら homogenizing (この用語も感心しないが)とはここでは、たとえば、フィルムの三魚目の発生にみられるような軟質 PVC の分散不良やあるいはポリエチレンの微量の異質高分子量の点在をとり除く場合などにインテンシブミキサーや高能率の押出機を使ってきわめて高いせん断力を働かせることであり refring とはさらに高いせん断力を必要とする。たとえば高圧低密度ポリエチレンなどをフィルムにする場合、透明度を高くするために結晶構造の変化によって光学的性質を変換させる手段であるとしている。そしてコンパクトングというのはこの場合、押出機えの材料供給を容易にするなどのためにポリマーのカサ比重を大きくする時に適用されるということである。

7.3 機械設備

予備工程としてのプレミキシングは通常ドライブレンディングと称されてタンブルミキサーあるいはヘンシェル型のハイスピードミキサーが繁用されるが表-5 のようにこの他シンプレックス、リボンブレンダー、ダウミキサー、アトマイザーなどが使用される。これらは比較的長い混合サイクルを必要とする。容量さえ大きければヘンシェル型を用いることは能力過剰ということで不経済という向きもあるがわが国においてはハイスピードミキサー、押出機のコンビネーションは常識となっており、

ヘンシェル型はドラムタンブラーと異なり多少なりともポリマー粒子の熔融、ゲル化が起こりせん断力の発生を供なうゆゑであるとされている。

また、カラリングを主体とするコンパウンディングは表-5の主要工程だけで行なわれることもしばしばでありこのような場合は、インテンシブミキサー、Buss ニーダー、W.P 型ニーダーあるいは単軸、多軸各種の押出機が使用される。図-3¹⁾は押出機の機種であり(4)がBuss のニーダー型である。

インテンシブミキサーは通常完全自動化した連動の加工設備として、ストリップカッター付のロールミルが付属するかあるいはホットカッター式のベレタイザー付押出

機が付属している。

以上述べてきたように、プラスチックプロセッシングには大なり小なりせん断応力の発生を必要とするが、このせん断力を機械の機種によって表わしたのが図-4¹⁾である。縦軸は比エネルギー投入量で普通 $\frac{[kWh]}{kg}$ で表わすことができる。

表-6 無機顔料生産実績

(会計年度) 単位: t

品 目	年 度	37	38	39*1
黄 鉛		7,480	8,496	9,100
紺 青		1,741	2,384	2,500
群 青		663	774	840
モ リ ブ デ ン 赤		901	1,150	1,310
染 色 レ ー キ		621	712	800
ジ ン ク ク ロ メ ー ト		745	847	950
酸化チタン(アナターゼ型)*2		38,441	40,222	43,915
酸化チタン(ルチル型)*2		27,479	33,068	47,728
カ ド ミ ウ ム 顔 料*3		300	300	231*4

出典: 日工業資料

*1 39 年度は見込み

*2 化学工業統計月報 (39 年)

*3 37, 38 年推定量

*4 39 年化学工業統計月報 1~10 月生産量

カーボンブラック (カラー用) 生産実績

単位: t

37 年	38 年	39 年 (1~10)
2,135	2,093	1,873

出典: 化学工業統計月報

図-3 押出機の形式

図-4 各種機械と比エネルギー投入量の関係図

表-7 有機顔料の分類表

種別	名 称	大分類
1	塩基、酸性染料系 (染付) レーキ顔料	I
2	可難溶性アゾレーキ顔料	II
3	不溶性アゾレーキ顔料	
4	高分子アゾ顔料	
5	アンスラキノ系顔料	III
6	インジゴ系顔料	
7	ペリレン、ペリノン系顔料	
8	オキサジン系顔料	
9	キナクリドン系顔料	
10	フタロシアニン系顔料	IV
11	その他	V

図-5-I III-group の高級顔料の代表的構造例

8. 着色基材と加工着色剤の形態

8.1 着色基材

プラスチックの着色に用いられる基材となるものは
①無機顔料 ②有機顔料 ③染料 ④特殊効果を付与する
ケイ、リン光剤などに大別される。

無機顔料はプラスチックプロセスの様々な過程で
当面する厳しい耐熱条件 (250°C~300°C×20~60 分) を

図-5-II III-group の高級顔料の代表構造例

満足させるため有機顔料に優先して繁用されている。すなわちその代表例としては、カーボン黒、チタン白はもちろんのこと、カドミウムベース顔料、群青、ミネラルバイオレット、コバルトブルーなどが多い。表-6 は、主要無機顔料の生産実績の推移である。

有機顔料については、前述の耐熱性の問題が大きな壁となってフタロシアニン系顔料のみにしぼられていた感じであったが近年、表-7 有機顔料の分類に示すようなⅢグループに属する 7~8 級の堅ロウ度を有するフタロシアニン級の新しい顔料が次々と商品化され、また同時にほとんど絶望的とみられていたⅡのアゾ系グループにおいても CIBA 社のアゾカップリングと縮合反応を併用したいわゆる高分子アゾ顔料 (MW=1500 位) の出現によって、これら新規のタイプの高級顔料がプラスチック、合成繊維の分野に繁用されるようになり、無機顔料と違って一段とプラスチック色彩に華麗さを増すようになってきた。図-5、図-6 はそれぞれこれら比較的新

図-6 高分子アゾ顔料の代表構造例

表-8 主要有機顔料生産量（会計年度）

単位：t		
品 名	38年度	39年度
ブリリアントカーミン 6 B	376	491
〃 3 B	48	58
ブリリアントファーストスカーレット	48	54
レーキレッド C	647	855
〃 4 R	165	198
ウオッチングレッド	229	269
ベンジジンイエロー	715	908
ファーストイエロー 10 G	148	159
フタロシアニングリーン	227	250
〃 ブルー	1,246	1,392
ファーストスカイブルー	469	485
ボルドー 10 B	73	87
ボンマルン	41	40
そ の 他	336	971
合 計	5,229	6,217

化 成 品 工 業 協 会 資 料
39 年度 4/4 半期は生産計画

しい有機顔料の代表的構造例である。

③の染料は、色数が豊富で、媒体中への分布も容易であるが、無機、有機の顔料に比べて明らかに異なった扱いが必要である。染料は媒体中では分子単位の大きさの分散が多く、明度彩度の高いもの、透明度を期待する場合に使用されるがとくに日光堅牢度、色移行の問題があって使用上大きな制限をうけるのが現状である。

しかしながら近年、これら染料も著しく変革し、油解あるいはスピリットタイプから、アセテートあるいはポリエステルなどに使用されている分散染料形に近いものが次第に多くなり堅牢度も著しく向上し、メチルメタアクリレート樹脂による自動車テールランプカバーなどに用いられている。

表-8 は主要有機顔料の 38 年度および 39 年度生産実績である。

8.2 加工着色剤

色のパラメーターすなわち色相、純度、明度、あるいは透明度、着色力、隠ぺい力などの着色基材のもつ性質は粒子の形状固有の結晶形、会合の程度、粒子媒体間のヌレの具合、屈折率、粒度分布の幅などによって支配されているが、最も理想的な分散とは「できるだけ粒度分布の幅が狭く形状のそろった、比較的小さい一次粒子（0.01～0.5 μ ）がバラバラにかつ均一に分布しているもの」であり、プラスチックプロセスングの中の着色という過程は、この理想的分布を与えられたあるいは自分

の選択した機械的加工手段でいかに迅速にかつ容易に経済的に原料樹脂中（ポリマーであろうとモノマーであろうと）に持ち込むかということである。そして、着色剤が顔料であるならば基材としての純顔料そのものを、そのまま媒体と混練して直ちに最終製品化することが理想的な方法といえる。

しかしながらこの方法はご存知のように、二次あるいは多次粒子の巨大集合体の解コウと再凝集という誠に困難な作業が伴い一挙に理想に近づくことはむずかしい。そこで、不可避であるところの巨大集合体の“Texture”をできるだけ“soft”にしてあとの解コウ作用をできるだけ軽減しかつ再凝集を防ぐようにして理想的分布に近づけよう。すなわちせめてフロキュレーション（熱可逆的会合状態）におけるような外部からのわずかな力をほどこすことによっても容易に一次粒子にまでほぐれるような弛緩会合の状態にしておきたいということである。

①まず第一の手段として顔料の製造時においてそれぞれの用途に最も適切な性状を具備すべく仕上げるため、様々な化学的あるいは物理的处理手段が施されており、この意味で厳密には化学構造にみられる 100%純顔料はないが、分散解コウの容易な顔料が作られている。

②第二の手段として採られているのが、これらででき上った顔料の巨大集合体の解コウと再凝集防止のために採られる予備分散であり、こうしてでき上ったものが加工着色剤と呼ばれているものである。すなわち顔料（パルプあるいはドライパウダー）を湿潤剤その他の助剤類で再被覆したり、類似ポリマー樹脂エステル、ワックス類、可塑剤、低分子材料など異なった物質を媒体として混練系に働くセン断応力の働きによって顔料粒子を被覆したり、あるいは分布させて、予備分散解コウおよび再凝集防止を行なって置くものである。

これら助剤、あるいは中間媒体はキャリアーとして働き最終目標たる樹脂中への分散が安全かつ迅速に行なわれるよう、お互の界面がよくヌレ合うもの、相溶性のあるもの、あるいは同一媒体そのものが用いられ、でき上りの加工着色剤の形態は粉末、flake、ペレット、ゲル、ペースト、グリース、シロップなど様々である。

8.3 加工着色剤の種類

今日わが国の市場で多見される着色剤は、純顔料粉末を加えるとおおよそ表-9 のように分類できると思う。

③の color concentrate powder の中にはいわゆるスプラ形と称せられる非飛散性の潤性粉末加工顔料が含まれる。

純顔料の大部分および custom color を除きこれらの加工着色剤はすべて標準色と受託生産方式による

表-9 プラスチック着色剤の形態種類

	名 称	形 態, 区 分
①	顔 料	粉末 (純顔料粉末)
②	ドライカラー	粉末 (粉末加工顔料)
③	カラーコンセントレート (マスターカラー)	粉末, ベレットゲル ブロック (塊状) グリースシロップ フレーク
④	カスタム (サービス) カラー (カラードコンパウンド)	粉末, ベレット カスタムカラードモールド ディングベレット (粉末)
⑤	ピグメントディスパージョン	ベレット粉末 (単品顔料 マスターカラー③に類似)

表-10 加工着色剤の標準品と受註品の比率

	形 態 種 類	標 準	サービ
①	ドライカラー	30~40%	70~60%
②	カラーコンセントレート (ゲル, ベースト, シロップ, グリース)	40%	60%
③	カラーコンセントレート 粉末ベレット	50%	50%
④	カスタムカラー	—%	100%
⑤	ピグメントディスパージョン	100	—

custom Service color の2体系に分けられていて、この色合わせ技術とその迅速性が“プラスチックの着色”という仕事の技術上の要めというべきものとなっている。

ここで使用した用語は前述のように職場的繁用語と必ずしも一致するものではないが、この関連業界を一貫して各自が把握している概念に広く国際的にも通じるものと考えてあえて列挙した次第である。表-10 は形態別加工着色剤の日本市場における標準品と受註生産品のおよその比率を示したものである。

ピグメントディスパージョンのような標準色でしかも単品顔料を用いた画一的な加工着色剤は日本では一部の高度な技術を有する樹脂メーカーを含む大企業において製造されあるいは自家使用されるケースが多い。

9. 着色加工法

第7項プラスチックプロセシングの図-1 加工プロセスの概略図でおわかりのように、プラスチックの着色には、決められた方法が存在するものでないことはすでに説明したとおりで、これらの基本となっている原則につ

いて記述してみたい。

9.1 ドライカラリング法

図表の④で示される最も基本的な簡単かつ原始的な方法である。すなわちドライカラーをスクリーンにかけた後、樹脂の粉末、あるいはコンパウンドと再混合後、直ちに成型機にかけて成形する最も経済的な方法であるが、分散性の均一な仕上り、異物の混入、汚染など品質上の犠牲を伴う。普通ドライカラーと称されているものは樹脂を含まず純顔料を固型の湿潤剤で加工したものでその大部分が顔料である。そしてあらかじめ配色、秤量、包装された形態で供給され、これもあらかじめ計量済みの樹脂を混合することによって特定の“色”が出るように配合されておりパッケージカラーと呼ばれている。現在わが国では一袋 200 gr とか 500 gr とかの単位を色によって1単位と称し 50 kg のナチュラル樹脂中にはうり込むことによって、所要の色を得ようになっているのが大部分である。飛散の問題は非常に重要であって、安易な取り扱いが高価な着色剤のロス、色合わせの失敗、などを起こすこのため、成型メーカーによってはタンブラーにディスポザルファイバードラムを使用したり、また特に汚染物質を調整する助剤を着色剤の中に加えたダストレスドライカラーも販売されているが根本的な解決には至っていないようである。

これらの操作は成型メーカーがほとんど行なうがとくに色のパラメーターへの影響として、混合時間、樹脂の種類、加工温度、圧力、スクリュウ回転、成型サイクルなどを注意しなければならない。

ドライカラリング法にはこのように品質という大きな欠陥があるが Customer の要求に合致した品質でありさえするならば理想的な方法といえよう。

すなわち次のエクストルュージョンカラリング法はドライブレンディングの後、エクストルュージョンつまり中間過程のコンパウンディングを行なって顔料分散をより完全なものとして、品質の向上を目的とするものであるが樹脂の熱履歴、作業時間、経費などの点からみれば理想に対しては後向きといえることができる。

9.2 エクストルュージョンカラリング法

この方法は

① カスタムカラーを作る場合のようにドライブレンディング→エクストルュージョン→モールドディングで示される。図-1 の⑥に示される場合。

② あるいはインテンシブミキサーやロールミル、ニーダーなどとの併用によってマスターカラーを作る場合。

③ あるいはまた、マスターカラーとナチュラル樹脂

との階段的希釈など、多角的に用いられる便利な方法である。

いずれの場合にも樹脂と着色剤は熱時融合の形でスクリーンコンパウンドされ押し出しカッティングによってペレット化される。特にこの方法でインテンシブミキサーを用いたものは、あらゆるコンパウンド操作を通じファインディスページョン (1~10 μ 位) の最高品質のものが得られる。

9.3 カラーコンセントレート着色法

エクストルュージョン法と区別されるものではなく、カラーコンセントレートはニーダー、ロールミルを併用したエクストルュダー、インテンシブミキサーなどで作られるが、これらのマスターカラーによる着色法はマスターカラーでナチュラル樹脂の秤量混合→タンブリング→(エクストルュージョン)→モールディング(成型)といった工程を経るのが普通で必要に応じてエクストルュージョンを加える品質はカスタムカラーで得られたものと同じく 1~5 μ 位の間の粒度分布の安定した高品質のものが期待でき、カスタムカラーと異なり在庫費用なども節減され高濃度のマスターカラー (通常は顔料分の平均が 20~60% 位) ほど、加工費はカスタムカラーより安くなる。

以上は主として粉末、ペレット型のものについて PE、や PS, PP, 成型用 MMA 等の樹脂を対象として述べたものであるがグリース、ペーストシロップ、ゲルのようなタイプのマスターカラーは塩ビのようなスラッシ(軟質の)モールディングや不飽和ポリエステル、ポリウレタン樹脂、合成皮革用コーティング樹脂などに用意されているもので、これらのマスターカラーは 3-ロールミルやボールミルのような湿式混練ミルが使用される。

また塩ビや強化ポリエステルのようなペースト形の樹脂に対し粉末タイプのマスターカラーを用いる場合には、sigmablade の混合機や simplex ミキサー、連続式プラスチックケーターなどが用いられる。

本項の最後に表-11 として、Hercules powder 社の「ポリオレフィンの着色技術の選択の概要」というガイド表を付しておく。

10. む す び

以上着色という観点からのプラスチックコンパウンディングの仕事の主として実際の工業的視野というより企業の立場から概説してみた。着色剤の具備すべき諸条件、影響、交互作用等々学問的な興味ある問題、あるい

表-11 ポリオレフィンの着色技術の選択の概要

		Coloring Technique			
		Custom Color	Color concentrate	Pigment dispersion	Dry color
Extrusion	Blow Molding	○	○		○
	Wire Coating		○	○	
	Film			○	
	Monofilament		○	○	○
	Filament-Multifilament		○	○	
	Piper	○	○		
Injection	Housewares				○
	Automobile parts	○	○		
	Electrical Appliance parts	○	○		
	Large parts	○	○		
	Screw injection		○		
Vacuumforming		○	○		
Compression Molding		○			

は技術的な解説は本稿ではあえて触れず他の機会に譲らせて戴いた。

この種の工業が技術的にも、まだ試験およびエラーで時間をかけなければ決らない未解決の分野が多く特にコンパウンディングよりも成形においては金型と成型量、機械的性能、品質、などの相関などコンパウンディング以上に多くの問題をかかえており、その上冒頭に述べたような企業としての経済基盤に不安定要素が大きく、この若い plastic 産業のとくに加工技術と流通システムの問題が、これから将来、確固たるものに安定成長するためには、なお、幾多の変遷と苦難、消長を伴うであろうが、一日も早く、最良の日の訪れを期待し、諸先輩の払われた幾多の精進と啓蒙に厚く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) W. Krisch : Zweite Woche Deutscher Technik 講演会 (1965).
- 2) W. Krisch プラスチック技術研究会講演会 (1963).
- 3) M. Geartner : J. O. C. C. A., 46 No. 1 1~44 (1963).
- 4) Hercules powder's informations : coloring polyolefins (1962).
- 5) IE Simpson : modern plastics Encyclopedia, 417 (1965).
- 6) 両角 : 化学工業 16, No. 2 (1965).