

広がるUFOポリマーの応用展開

UFO開発研究所 木村 次雄、犬飼 宏、栢森 聡、河合 道弘

1 はじめに

UFOという言葉は本プロジェクトを推進するグループの名称で Uniform Functional Oligomerの頭文字を採ったものである。その想いはラジカル重合をベースにした高温塊状連続重合を利用し高効率で環境に優しいプロセスから資源や環境問題の解決に有用な低分子量で高機能(分子量分布や共重合組成分布が狭く、性能に悪影響を与える不純物が少ない)のポリマーをできるだけ安価に提供することである。

2001年に弊社名古屋工場内に商用プラントを完成させ、「ARUFON」の名で本格的な生産と開発活動を開始している。そして対象とするお客様は国内は勿論のこと、韓国・台湾など東南アジア諸国にまで及んでいる。

本技術や製品については、すでに東亜合成研究年報(TREND)の既報^{1)~5)}や本号及び学会等の場で発表している。ここでは多岐に渡るUFOポリマーの応用のうち顧客から高い評価を受け、採用に至っている例を中心に最近の開発トピックスも含めて紹介する。

2 UFO技術について

2.1 SGO技術

UFO技術はJohn Polymer社(米国ウイスコンシン州、JP社)が世界で初めて工業化に成功したSGO(Solid Grade Oligomer)技術をベースにしている。元々、Dr. Hamielec(McMaster Univ. Canada)のThermal and Chemical-Initiated Co-polymerization of St/AA at High Temperatures and Conversions in a Continuous Stirred Tank Reactorの研究に端を発している。JP社がこれを工業化し、St/AA系の分散剤や各種グラフィックアーツ用の添加剤、ステレン・アクリル系のハイブリッド及び粉体塗料用の樹脂として全世界の市場に提供している。

2.2 SGOからUFO技術と製品へ

SGOは元来、高温の反応場と連続操作により多量の開始剤や連鎖移動剤を使用することなく低分子量のポリマーを高効率で生産出来ることに特長がある。我々はJP社から技術導入し、その詳細について開示を受けた時点で本技術が新しい製品群や応用分野、さらには革新的技術に発展させ得る可能性を秘めていることに気がついた。

UFO = SGO+LGO+ +

LGO:液状のオリゴマー

:SGO技術の延長上に開発する技術や製品

:SGO技術を革新させた次世代技術と製品

を基本的な開発コンセプトとして掲げ、技術や製品の開発に努めてきた。こうして開発した技術や製品のうち、世の中に具体的な製品としてその価値を問う段階に達したものを以下に紹介する次第である。

尚、社内の関連する部署でもその利用を進めており、建材分野では主としてLGOとその誘導体を無溶剤型製品「アクリエ」⁶⁾及び「タフクイック」に、またエマルションに関連するグループではUFOプロセスから直接得られるマクロモノマーを反応性高分子乳化剤として利用することを強力に推し進めている。

3 シーリング材

建築用シーリング材とは、サイディング材や金属カーテンウォールの隙間に充填し、水密・気密にするとともに、美観を保つ目的で使用される弾性ポリマーである。高層ビルやプレハブ建築の普及に伴い多数のシーリング材が開発され、適正に合わせて使用されている。

近年、省資源、抄エネルギーなどの観点から耐久性向上が求められ、また、環境への配慮も必要とされている。建築関係では建築基準法の改正、住宅品質確保促進法、建設工事資材再資源化法等により、住宅の品質と性能を向上しようとする取り組みが行われている。

当社でも耐候性の良いシーリング材用ポリマーの研究に取り組み、シーリング材に適したグレードを開発した。すべて低ガラス転移温度の液状ポリマーである。シーリング材のベースポリマーには、水酸基を含有したUH-2000やUH-2130が好適であり、可塑剤は低粘度の無官能アクリルポリマーであるUP-1000やUP-1110が好適である。

以下、用途毎にグレードを説明する。

3.1 ベースポリマー

「UHシリーズ」をベースポリマーとするシーリング材は二成分型シーリング材となり、既存のシーリング材と比較して最も大きな特徴は、耐候性が抜群に良いことである。図3-1、3-2に促進耐候性試験の結果を示す。これは、UFOポリマーが耐候性に悪影響を及ぼす連鎖移動剤や重合開始剤を使用しないピュアなポリマーであることに起因している。

UHシリーズの中でもUH-2130は、高耐候性塗料の構成

成分としてシクロヘキシル基を含有しており、更なる高耐候性を発現している。

第二の特徴として臭気の少ない点が挙げられる。これは、UFOポリマーがメタルカブタン系重合連鎖移動剤や残存重合触媒、揮発性の有機溶剤を含まないことに起因すると考えている。

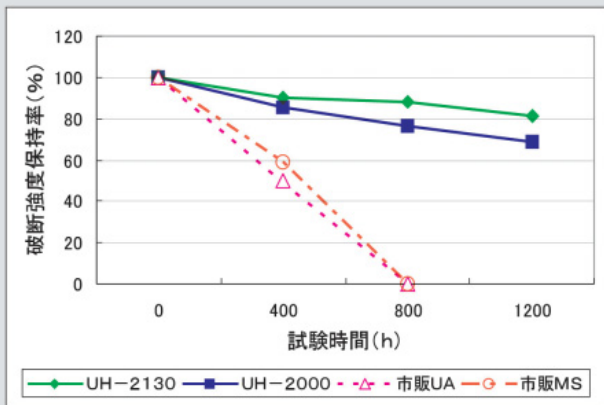


図3-1 メタルウェザー耐候性試験 (強度保持率)
(図中、UAはアクリルウレタン、MSは変成シリコーン)

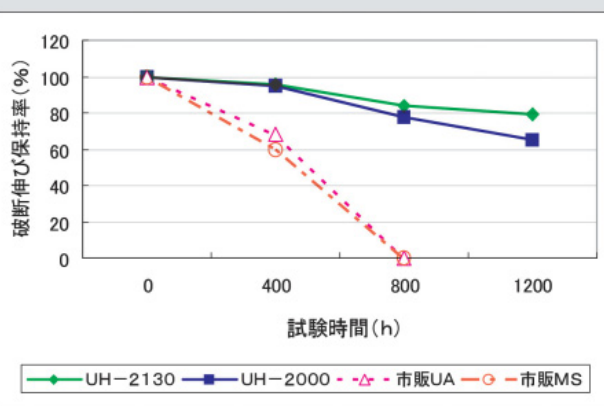


図3-2 メタルウェザー耐候性試験 (伸び保持率)

3.2 可塑剤

シーリング材は粘度を低減し施工性を改善するため、一般に可塑剤を使用している。

「UPシリーズ」は、可塑剤に好適な分子量と粘度を持ったポリマーであり、ブリードしにくく、シーリング材の耐候性や耐汚染性を高めることができる。

また、UFOポリマーには内分泌攪乱作用を疑わせる物質(いわゆる環境ホルモン)を使用していないため、環境にやさしい材料

といえる。

特に、建築用シーリング材として需要が高まっている変成シリコーンシーリング材にUP-1000を使用すると従来にない高耐候性が発現できる。

表3-1には当社で試験した引張り物性と蛍光紫外線(QUV)促進耐候性試験の結果を示す。

従来、可塑剤として使用されているジオクチルフタレート(DOP)と比較して、変成シリコーンとの相溶性や物性は遜色ないレベルであり、DOPでは不可能な高耐候性を発現している。

なお、UP-1000はポリウレタンやアクリルウレタン系のシーリング材の可塑剤としても使用できる。

ただし、UP-1000を一成分型変成シリコーンシーリング材



UH-2000 強度保持率: 81%
伸び保持率: 100%



市販UA 強度保持率: 31%
伸び保持率: 75%



市販MS 強度保持率: 24%
伸び保持率: 37%

写真3-1 沖縄暴露2年の結果

表3-1 変成シリコーンシーリング材の引張り物性と促進耐候性

ベースポリマー	可塑剤	初期値			QUV2000時間後	
		50%モジュラス (MPa)	破断強度 (MPa)	破断伸び度 (%)	保持率 (%)	
					破断強度	破断伸び度
変成シリコーン	UP-1000	0.2	0.9	420	92	98
	UP-1110	0.2	1.0	400	95	96
	DOP	0.2	1.1	440	0	0

に使用した場合に、密着性付与剤として1級アミノシランを共存させると、硬化遅延現象を引き起こす可能性がある。この改善を図ったのがUP-1110であり、一成分変成シリコン用可塑剤として好適である。

写真3-1にシーリング材の沖縄暴露の結果を示す。UFOポリマーの耐候性が明確に示されている。

参考までに写真3-2にはUFOポリマーを使用したシーリング材の写真を示す。



写真3-2 UFOを使用したシーリング材

4 塗料基材

当社では、防食塗料や建築塗料のトップコート用として、弱溶剤可溶のUFOポリマーを開発した。

これらのポリマーの白塗料は通常の配合で調整可能であり、硬化剤も弱溶剤可溶イソシアネートを使用することができる。図4-1に、白塗料にシンナー(LAWS)を加えた時の、塗料固形分とイワタカップ秒数の関係を示す。このUFOポリマーは、市販のローソリッド塗料や強溶剤型ハイソリッド塗料(シンナーはキシレンを使用)より高固形分にする事ができ、ハイソリッド塗料として好適であることがわかる⁶⁾。

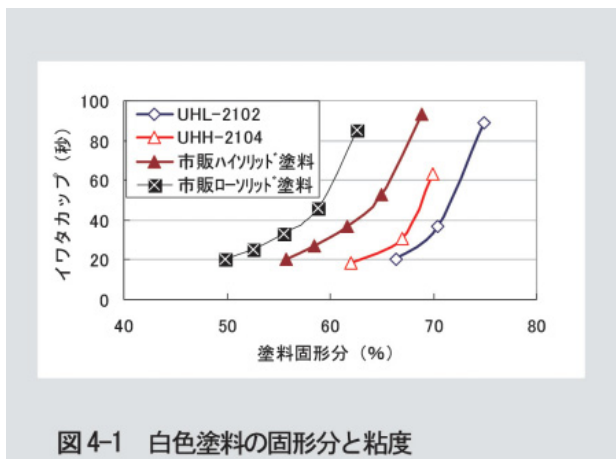
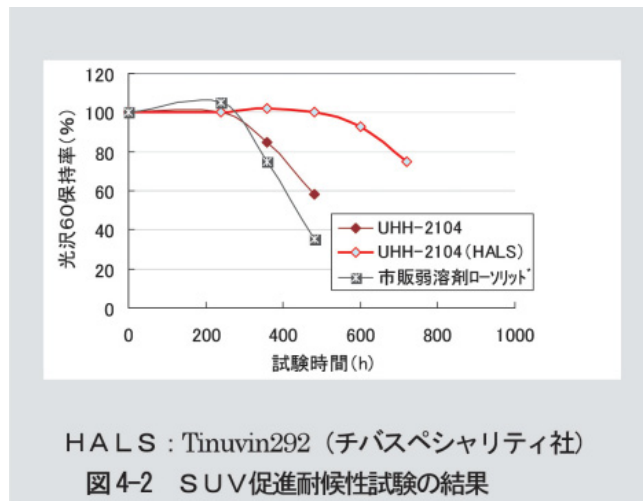


図4-1 白色塗料の固形分と粘度

図4-2にSUVウェザーメーターによる促進耐候性試験の結果を示す。このUFOポリマーの特徴は、ローソリッド(高分子量)

塗料と同等以上の高耐候性を示すことである。これは、UFO技術が副資材を使用しないこと、高耐候性が得られるモノマーを使用していることに起因している。光安定剤(HALS)を添加すれば更なる耐候性向上が達成できる。



HALS : Tinuvin292 (チバスペシャリティ社)

図4-2 SUV促進耐候性試験の結果

参考までにUFOポリマーを使用した塗料と塗膜の写真を写真4-1に示す。



写真4-1 UFOを使用した弱溶剤塗料と塗膜

5 プラスチック添加剤

プラスチック添加剤には、成形性改良剤、安定剤、可塑剤、相溶化剤などの多種多様な添加剤がある。近年、脱ハロゲン、環境ホルモン、リサイクル等の環境問題が重視される中、プラスチック業界では代替材料、新たな添加剤や配合の検討が盛んに行われている。

UFOポリマーは、低コストで優れた耐候性・耐薬品性・安全性を有し、また共重合モノマーを選択することにより、相溶性、Tg、官能基、屈折率等を容易に制御できるため、プラスチック添加剤として様々な設計ができる点に特徴がある。現在、アクリル系高分子添加剤をプラスチック市場に展開すべく開発を進めている。本稿で

は流動性改良剤、反応性改良剤を中心に最新の開発製品を紹介する。

5.1 流動性改良剤

プラスチック成形の薄肉・大型化のニーズに伴い、本来の物性は維持しながら流動性のみ向上させる流動性改良剤が望まれている。

透明ABSはスケルトンブームで市場が急成長し、その後も年々確実に成長している。用途は家電、OA機器、パチンコ部品、雑貨など多岐にわたり、スケルトン用途だけでなく意匠性を高める目的でも各所で使用される。透明ABSの透明性は連続相のMMA比率を高めて屈折率をゴム相の屈折率に合わせることで実現されている。そのため、一般のSt系樹脂で使用されるミネラルオイルや滑剤のような流動性改良剤は相溶性が悪いので、添加量を増やすとHAZE(にごり)がでるといふ欠点があり、透明性を維持しつつさらに耐衝撃性やHDT(Heat Deformation Temperature)を落とさない流動性改良剤が求められている。

UFOポリマーは表5-1に示す3つのグレードを推奨している。比較にEBSA(エチレンビスステアリン酸アミド)を用いた評価結果を以下に紹介する。

表 5-1 透明 ABS/HIPS用流動性改良剤

Grade	Composition	Type	5部添加での結果			
			透明性	流動性	HDT	衝撃性
UP-1021	アクリル	液状	○	100% up	-10 °C	20% Down
XFM-121	アクリル	液状	○	100% up	-7 °C	10% Down
XFM-920	スチレン/アクリル	固体	○	50% up	-2 °C	30% Down
EBSA	エチレンビスステアリン酸アミド*	固体	×	100% up	-7 °C	0% Down

図5-1に、添加部数とMFR(Melt Flow Rate)の増加率を示す。UP-1021とXFM-121の各液状グレードは、5部添加で100%のMFR増加を示し、比較のEBSAと同等の結果を示した。XFM-920は7部添加で100%のMFR増加を示している。

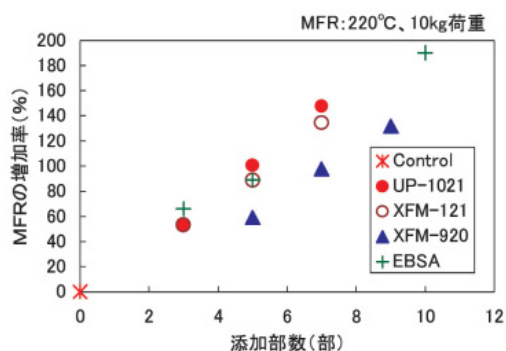


図 5-1 添加部数とMFR増加率の関係

図5-2に各添加剤を添加したときのHAZEを示す。EBSAは50% MFRを増加させた時点で既に濁り始めており、高流動化には適用できない。一方、UFOポリマーではHAZEの上昇は100%のMFR増加まで全くみられない。

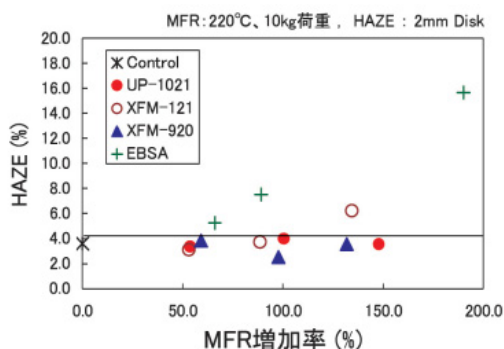


図 5-2 MFR増加率とHAZEの関係

図5-3に衝撃強度への影響を示す。UP-1021、XFM-920は衝撃強度をいくらか落とす。一方、XFM-121は衝撃強度に焦点をあて改良したグレードで、衝撃強度はほとんど低下させずに流動性向上を図ることができる。

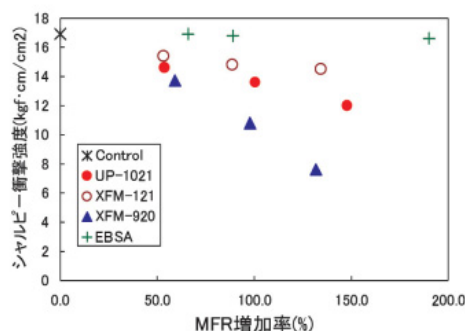


図 5-3 MFR増加率と衝撃強度の関係

図5-4はHDTへの影響を示す。UP-1021、XFM-121の液状グレードはEBSAと同様に100% MFR増加に対しHDTを7~10度低下させてしまうが、XFM-920は3度程度しかHDT低下を起こさないのが特徴である。XFM-920は、HDTを下げずに流動性改良をしたい場合に推奨される。

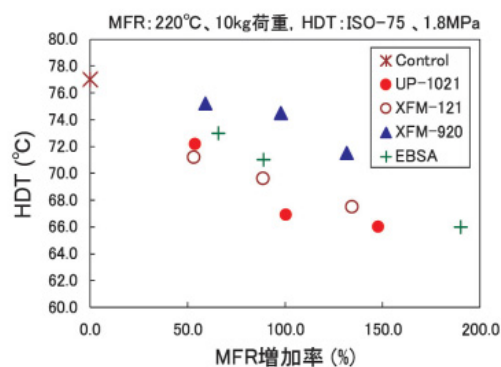


図 5-4 MFR増加率とHDTの関係

5.2 反応性改質剤

XG/UGシリーズはエポキシ基をもったグレードである。XG-4000と4010は、液状のグレードで反応性の可塑剤として熱硬化性樹脂やポリエステル、ポリアミドに対し柔軟性を与えるのに有用である。UG-4030からUG-4100は固体のグレードでポリエステル、ポリアミド、ポリカーボネート末端と反応し樹脂を改質することができる⁷⁾。

表5-3 ARUFON 反応性改質剤

グレード	分子量 Mw	エポキシ価 (mmol/g)	Tg (°C)
XG-4000	3,100	0.7	-61
XG-4010	2,900	1.4	-57
UG-4030	11,000	1.8	52
XG-4040	9,200	2.1	63
XG-4050	9,000	0.7	70
UG-4070	9,700	1.4	58
UG-4100	8,600	1.1	52

図5-5は、PETにXG-4020、4030、4040をそれぞれ添加し270℃でプラストミル混練を行った時のトルクの増加率を示す。およそ2分の混練り時間で、無添加と比べて3~6倍のトルクを示した。これはエポキシ基がPET末端と反応し鎖伸長し溶融粘度を増大させたと考えられる。ポリエステルは溶融張力が低く押出成形し難いという欠点を有しているが、UGを添加し溶融張力を調整することで押出成形性を大幅に改善できる。図5-6に2軸押出成形機からのストランドの状態を示す。

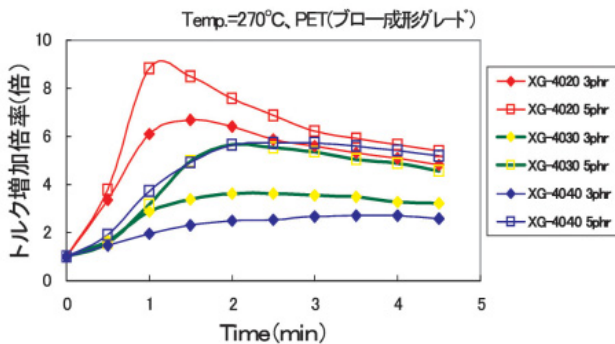


図5-5 PET 溶融粘度の改質

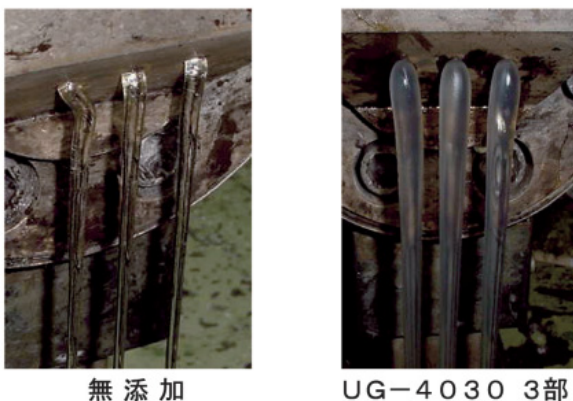


図5-6 PET 溶融張力の改質 (270°C)

無添加の場合、結晶性ポリマーであるPET270で低粘度、低溶融張力でストランド形状が保てない状態となるが、UG-4030を3部添加すると写真のように太いしっかりとしたストランドが引ける状態に改善される。

このように、XG/UGグレードのエポキシ基は反応性が高くベース樹脂末端と短時間で反応し改質することができる。また、押出成形性の改良を含め下記の改質効果も認められており、その応用開発を進めている。

- 押出成形性の改良
- 鎖伸長による強度アップ(リサイクルPET等)
- 相溶化剤としての機能(ゴム、WAXの分散等)
- シート・フィルムでの折曲白化防止
- PET、PBT結晶化速度の向上

5.3 その他

UFOポリマーのプラスチック添加剤への展開では、本稿で紹介した流動性改良剤、反応性改質剤以外にも、可塑剤や分散剤などの開発も行っている。これらについては東亜合成研究年報TREND第5号⁴⁾で既に紹介しているので参照されたい。

6 水性薬剤

6.1 長鎖エステル基含有樹脂

高温下にラジカル重合を行うUFO技術では、重合と同時に各種のアルコール類をエステルとして効率よく導入することができる。特にカルボキシル基と長鎖エステル基を含有するポリマーは、一般的に高価な市販の長鎖(メタ)アクリレートを他のモノマーと同時に共重合する方法により導入することもできるが、比較的安価な長鎖アルコール類を重合溶剤の役割も兼ねて使用することで、1段で合成することができる⁸⁾。

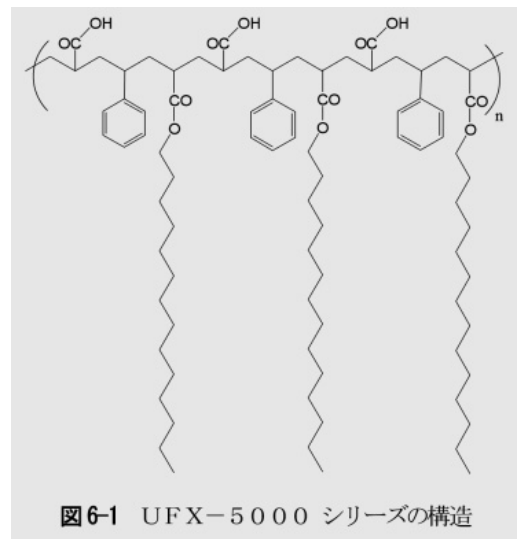


図6-1 UFX-5000 シリーズの構造

我々は、このようにして合成した樹脂をUFX-5000シリーズとして、まず従来からセールスしているスチレンアクリル系樹脂を基本骨格として、長鎖エステル基を導入したポリマーの市場打診を開始した(表6-1)。

表6-1 UFX-5000シリーズの物性

銘柄名	分子量 Mw	AV (mg-KOH/g-resin)	T _g -DSC (°C)	軟化点 (°C)	長鎖種
UFX-5000	4,500	215	65	125	C14
UFX-5010	15,000	170	70	130	C14
UFX-5022	14,000	235	75	135	C20

これらの樹脂のアルカリ水溶液は、長鎖エステル基を含有することにより、図6-2に示すように類似のスチレンアクリル樹脂に比べ水溶液粘度が極めて低い。

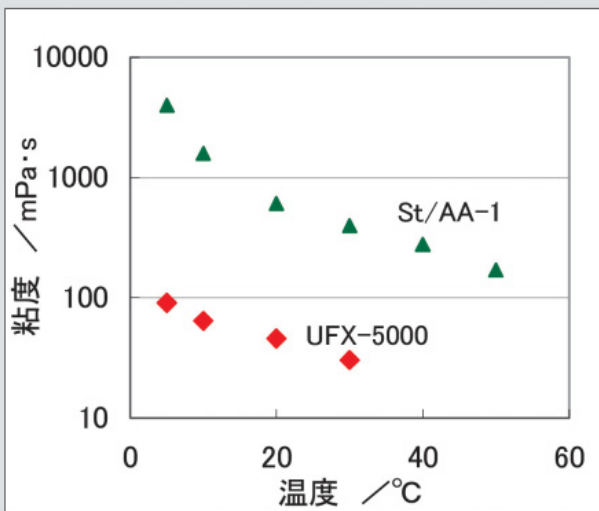


図6-2 アンモニア水溶液(NV=30%)の温度と粘度(St/AA-1; Mw=4900, AV=215)

更に表6-2に示す様にカーボンなど有機顔料の分散性に優れており、分散粘度も低いという特徴がある。これは疎水性の長鎖アルキル基側鎖がカーボンへ吸着し、親水性のカルボキシル基が水相へ分配して安定化することによりもたらされたものと推測される。

表6-2 カーボン顔料分散性

評価項目	UFX-5000	St/AA-1
分散粘度(mPa·s)	8.0	分散不良 (高粘度)
分散pH	8.3	
分散粒径(nm)	127	
60° 光沢(光沢フィルム)	81.1	—

カーボン: デグサ製FW18(粒径15nm)。顔料濃度12.5%、分散剤5%添加。

更にUFX-5000シリーズのアンモニア水溶液を塗装した塗膜は市販のスチレンアクリル樹脂の場合に比べて、高い耐水性を示した(表6-3)。

表6-3 塗膜の耐水性

銘柄名	乾燥温度				水接触角 30秒⇒90秒
	60°C	80°C	100°C	120°C	
UFX-5000	溶解	△	○	○	82⇒80(差2)
UFX-5010	白化	○	○	○	85⇒83(差2)
UFX-5022	溶解	△	○△	○	80⇒78(差2)
St/AA-2	成膜不良	成膜不良	30分剥れ	6hr白化	75⇒68(差7)

St/AA-2; Mw=12,500, AV=213, T_g(DSC)=73°Cの樹脂アンモニア水溶液をアルミ板へ塗装。10分乾燥、膜厚10μm耐水スポットテストは室温×24hrにて判定。水接触角は100°C×10分乾燥した膜にて測定。

これは、写真6-1、6-2に示すようにUFX-5000シリーズのアンモニア水溶液を塗布すると高T_g樹脂にもかかわらず成膜性が優れており、室温で良好な成膜状態が得られることがひとつの要因と考えられる。長鎖エステル基量を多く含有するとこの傾向は強まり、DSC測定時の変曲点が不明瞭になってくることから、おそらく長鎖エステル基同士のインタラクションに起因するものと考えられる。但し、所詮は低分子量の樹脂なので、樹脂単独での成膜は脆く注意が必要である。また粉末X線回折(XRD)分析により塗膜の結晶性を調べたが、顕著な結晶性は認められなかった。

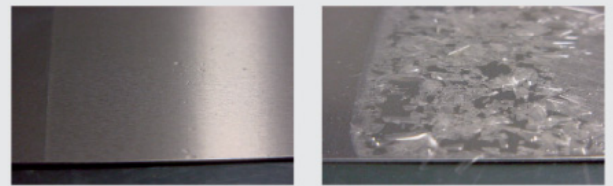


写真6-1 UFX-5010の塗膜 写真6-2 St/AA-2の塗膜

これらの長鎖エステル基含有樹脂は、カーボンやワックスなどの分散剤や、成膜性の良いアルカリ可溶性樹脂、紙に耐水性を付与する表面サイズ剤、塗料添加剤などに有用と考えられる。

6.2 水性可塑剤

昨今、エマルション型の塗料や接着剤などの分野で、ゼロVOCが求められている。それらの分野で広く用いられてきたジブチルフタレート(DBP)に代表されるフタル酸エステルを中心とした可塑剤がVOC規制の指定物質となり、更に環境ホルモン物質として問題視されている。

UFO技術では、極低分子量のポリマーを容易に合成することができ、その中でカルボキシル基を有する低T_g・低分子量の液状ポリマーUCX-3510を、DBPなどの代替可能な安全で環境に配慮した可塑剤として市場打診を開始した(表6-4)。

表6-4 水性可塑剤の物性

銘柄名	分子量 Mw	AV (mgKOH/g)	粘度 mPa·s/25°C
UCX-3510	2,000	63	5,000

この樹脂はアンモニア水などのアルカリで簡単に水分散するので、それを酢酸ビニルエマルジョン、アクリルエマルジョンなどのアニオン型のエマルジョン等へ添加しておくことで、成膜助剂的に機能するとともに成膜後は樹脂を可塑化し、DBPIに比べて高分子量且つアクリル系なので、長期にわたって揮発せず光による分解も少ないので塗膜の可塑性を維持できるという特徴を有する。

図6-3に可塑剤を120分間加熱した際に残っている可塑剤量を計量した結果を示した。通常の使用環境はもっと低温と予想されるが、UCX-3510が断然揮発しにくいことがわかる。

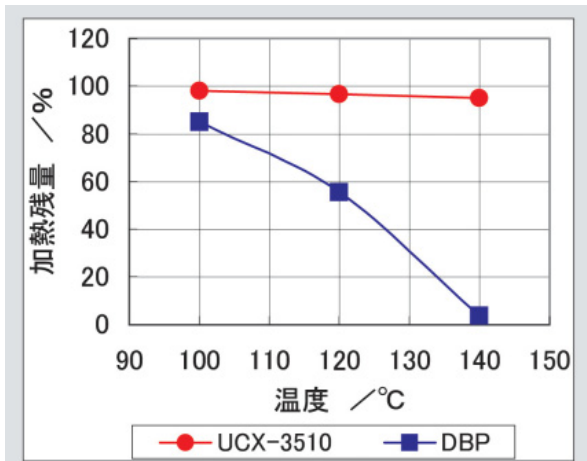


図6-3 UCX-3510とDBPの加熱残量の違い (120分)

表6-5に、アクリルエマルジョン (Em) にUCX-3510を添加していった場合の鉛筆硬度と耐水スポットテストの結果を示す。添加量が増えるとともに硬度は低下していくが、耐水性ではある程度の量で最適値を有する結果となった。良好な相溶性により成膜状態が改善したためと考えられる。

表6-5 UCX-3510添加による硬度と耐水性

UCX-3510 添加量PHR	鉛筆硬度	耐水スポット 2hr
0	2H	○
5	2H	○
10	2H	◎
20	H	◎
30	H	◎
50	HB	○'
75	3B	○'

Em: ノンスチレン系アクリルEm、T_g(計算)=53°C
塗装: 約10μm、ガラス版、予備乾燥+100°C1分

また、デュロメータ硬度による可塑性を評価したところ、表面タック感は少ないがかなり柔らかいフィルムが得られた (図6-4)。

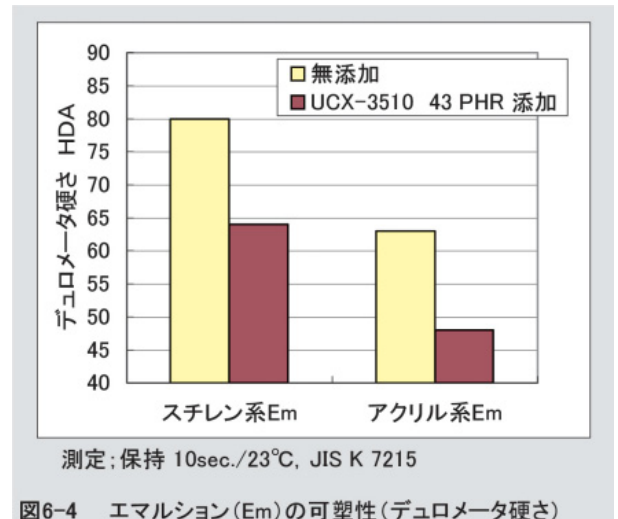


図6-4 エマルジョン (Em) の可塑性 (デュロメータ硬さ)

図6-5は成膜温度の低下効果に関するデータである。成膜助剤としてよく知られるテキサノールに比べやや多めに使用する必要もあるかも知れないが、成膜助剂的な機能も発揮していることがわかる。

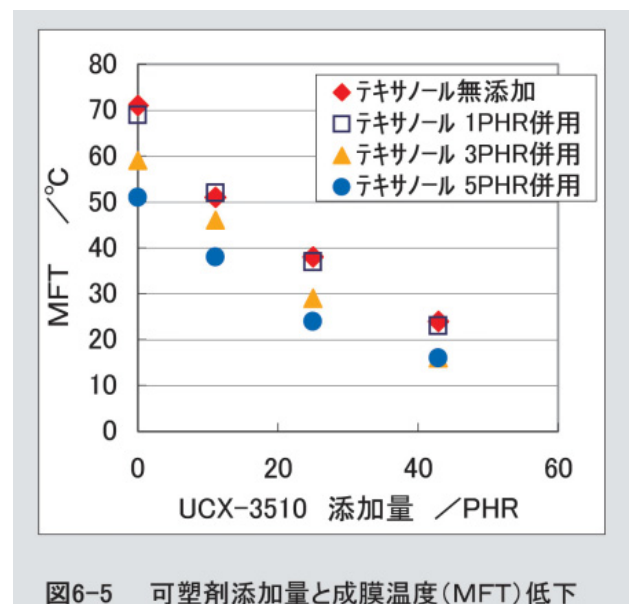


図6-5 可塑剤添加量と成膜温度 (MFT) 低下

エマルジョン型製品の硬さ/柔らかさの調節「添加」という手軽な方法で行なえ、長期に可塑性を維持できる材料としてこのような水性可塑剤はお役に立てるものと期待している。

7 特殊構造の樹脂

7.1 マクロモノマー

UFOプロセスの特殊な重合条件を利用すると、極めて安価に末端に2重結合をもつマクロモノマーが製造できる。従来のマクロモノマーと比較すると圧倒的に安価である点と官能基を自由に導入できる点が特徴である。表7-1に代表グレードを示す。

表 7-1 ARUFON マクロモノマー

グレード	官能基	分子量 Mw	f ¹	酸価 (meq)	Tg (°C)	Polarity	Type
UM-9001	-COOH	2600	0.96	2.4	-28	Low	液状
UM-9030	-COOH	3700	0.94	3.3	56	High	固体
UM-9040	-COOH	5900	0.99	4.6	75	High	固体
XM-9060	non	3500	0.94	-	-60	Low	液状
XM-9070	non	2900	1.00	-	-35	medium	液状
XM-9080	Epoxy	2800	0.8	0.07 (Epoxy)	-50	Low	液状

*1: 高分子鎖一本あたりの末端2重結合数

引用文献

- 1) 栢森聡, 東亜合成研究年報, 3, 42(2000)
- 2) 犬飼宏, 東亜合成研究年報, 4, 29(2001)
- 3) 河合道弘, 東亜合成研究年報, 5, 2(2002)
- 4) 古田円, 東亜合成研究年報, 5, 34(2002)
- 5) 山盛博夫, 東亜合成研究年報, 5, 43(2002)
- 6) 犬飼宏, 工業塗装, 172, 42(2001)
- 7) 一木里江, 古田円, 河合道弘, 第11回ポリマー材料フォーラム講演要旨集, 53(2002)
- 8) USP6, 355, 727

これらのマクロモノマーの用途例としては、カルボン酸を有するUM-9030,UM-9040を反応性乳化剤として用いるエマルジョンがある。マクロモノマーがエマルジョン粒子表面にグラフトエマルジョンの安定性等を改善できる。

7.2 ハイブリッド樹脂

UFOプロセスの高温条件を利用するとアクリルと異種高分子とのハイブリッドグラフトポリマーが安価に合成できる。現在、開発中である。既にラポレベルで製造している例として次ぎのようなハイブリッド樹脂がある。

PP-アクリル樹脂

PE-アクリル樹脂

PBd-アクリル樹脂

他にも様々な樹脂との組み合わせが可能であり、次世代UFOポリマーとして新たな展開が期待される。

8 最後に

UFOポリマー「ARUFON」はそのコスト・パフォーマンスの良さと世の中の資源・環境問題の関心の高まりに支えられ各ユーザーから高い評価をいただいている。

本欄で紹介した用途例の他にも、粘・接着剤の分野では本技術により得られたタッキファイヤーは接着力と保持力のバランスに優れることが確認されている。また先にも触れたがUFOマクロモノマーを反応性高分子乳化剤(RPS:Reactive Polymer Surfactant)として利用して得られるポリマーエマルジョンは数十nmの安定な微粒子を得ることが出来る。またマクロモノマーを介して粒子と結合したCOOHを利用した架橋フィルムは特徴あるフィルム特性を示すことも見出されている。UFOマクロモノマーをグラフトポリマーの原料に使用すれば、これまで機能的には満足出来ても価格的な障壁が大きかった用途を実用化することも可能になる。

このようにUFOポリマーの可塑性とパフォーマンスは高く、今後も「シンプルなプロセスから高機能のポリマーを安価に」を合言葉に皆様のお役に立つポリマーを開発していくつもりである。