色 材 協 会 誌

第31卷 第2号 昭和33年2月

報 文

塗 料 の 作 業 性 と 流 動 特 性

667.612.62 : 532.135

Brushability and Rheological Properties of Paint.

南 誠 佑*, 斎 藤 治 一*, 仁 井 澄 人*, 戸 田 次 郎*
MINAMI Masasuké, SAITO Ziiti, Nii Sumito, TODA Ziro

作業性の良否は塗料の品位決定上の重大な要素の一つであり、作業性の定量的な表現が要望されているにもかかわらず、その解決は極めて困難である。即ち作業性を決定する要素としては塗料の流動特性^{(1)~(10)}、ハケの運行にともなう塗膜からの溶剤の蒸発速度、それによつて生ずる塗料の粘度変化などであり、これらの相関関係^{(11)~(18)}、⁽¹⁶⁾、⁽¹⁷⁾の究明はまことに複雑である。しかしながら一方試験機類においても、塗装時の高せん断速度には及ばないまでも、可成りの広範囲のせん断速度が得られる粘度計が製作されレオロジー上の解釈も可能となつたので、まづ塗料の流動特性と作業性に関して何等かの結論を見出し得るかどうかにつ

いて実験を行うこととした。

実験方法としては Precision-Interchemical rotational Viscometer (以下グリーン形回転粘度計という)を中心としてその他各種粘度計を用いて、一般に使用されている 16 種類の塗料についてそれらの流動曲線を調べ、また塑性粘度、降伏値、チキソトロピー解離恒数、流出秒時、流展速度などを測定した。また一方塗装実験によつて作業性の難易を判定し、作業性の良否を決定すべき流動特性値を推定した。

測 定 結 果

1. グリーン形回転粘度計による実測値……第1表に示す。

f ……………降伏値 (ダイン/㎠²)

M ……………チキソトロピー解離恒数

第 1 表

温 度 ℃			60		100		200		300		400		M	ス ン ブ リ No.
			43.74		72.9		145.8		218.7		291.6			
			U	f	U	f	U	f	U	f	U	f		
20	塗 料													
	ボ イ ル 油 No. 1			低 粘 度 の た め			測 定 不 能							0 1
	" 2						0.85 0							
	" 3						10.23 0							
25														
	" 1			低 粘 度 の た め			測 定 不 能							0 1
	" 2													
	" 3						8.63 0							

* 日本塗料検査協会
(昭 32. 12. 19 受理)

温度 ℃	 塗 料	60		100		200		300		400		M	ス ン ブ リ No.
		43.74		72.9		145.8		218.7		291.6			
		U	f	U	f	U	f	U	f	U	f		
20	スパーワニス No. 1					5.85	0						0
	" 2					2.96	0						0
	" 3					1.59	0						0
25	" 1					4.95	0						1
	" 2					2.64	0						0
	" 3					1.37	0						0
20	オイルプライマー A	5.64	100.2	4.91	100.2	3.78	178.3	3.69	226.4	3.17	234.4	1.63	1
	" B	8.8	152.3	7.15	184.3	6.28	246.4	4.85	280.5	4.44	280.5	1.26	1
25	" A	4.19	78.1	3.71	78.1	2.84	122.2	2.51	146.2	2.25	180.3	1.26	1
	" B	6.05	120.2	5.04	136.2	4.12	176.3	3.41	200.4	3.09	220.4	1.33	1
20	油エナメル黄 A	8.52	26	8.45	26	7.75	26	7.12	52	6.49	92	1.01	1
	" B	43.18	54.6	42.23	109	37.57	163	33.36	273	30.18	327	6.71	2
25	" A	7.22	30	6.46	30	5.95	30	5.6	30	5.36	30	1.93	2
	" B	27.14	32.7	25.6	32.7	24.2	54.6	21.6	311	20.08	327	0.26	1
20	フタル酸樹脂エナメル白 A	5.09	6	5.05	6	4.7	6	4.41	6	4.1	6	0.5	1
	" B	10.28	14	10.1	14	9.66	14	9.31	14	8.87	14	0.63	1
25	" A	3.19	6	3.11	6	2.93	6	2.77	6	2.65	6	0.26	1
	" B	7.84	24	7.76	24	7.33	34	6.78	34	6.59	34	0.62	1
20	ラッカーエナメル白 A			8.11	0					7.54	0		1
	" B			17.35	0					15.8	0		1
	" C	57.47	0	51.13	0	40.19	0	ワイゼン	ベルグ効果のため測定不能				2
25	ラッカーエナメル白 A			7.11	0					6.84	0		1
	" B			13.47	0					12.41	0		1
	" C	35.98	0	33.65	0	29.55	0	ワイゼン	ベルグ効果のため測定不能				2
20	ゴールドサイズ A					1.87	0						1
	" B					1.54	0						1
25	" A					1.5	0						1
	" B					1.22	0						1
20	ステレンエマルション白	10.12	404	6.75	490	5.02	541	3.96	595	3.44	644	2.5	2
	" (85) : 水 (15) " (75) : 水 (25)	2.06 低粘度	64 のため	1.6 測定不能	68	1.24	80	1.07	87	0.88	106	0.52	2
25	ステレンエマルション白	8.81	360	6	490	4.35	513	3.51	590	3.1	606	2.38	1
	" (85) : 水 (15) " (75) : 水 (25)	1.72 低粘度	62 のため	1.44 測定不能	76	1.0	94	0.92	94	0.81	100	0.63	1
20	クリヤーラッカー			17.77	0					12.8	0		2
	" (60) : シンナー (40) " (100) : シンナー (100)			1.61 低粘度	0					1.54	0		0
25	クリヤーラッカー			14.9	0					11.6	0		2
	" (60) : シンナー (40) " (100) : シンナー (100)			1.14 低粘度	0					1.14	0		0
20	醋酸ビニルエマルション白	25.11	1203	16.49	1311	9.82	1584	8.25	1694	6.26	1912	9.62	2
	" (85) : 水 (15) " (75) : 水 (25)	2.75 低粘度	80 のため	1.99 測定不能	118	1.58	152	1.33	170	1.17	190	0.59	1

温度 ℃	 塗 料	60		100		200		300		400		M	ス ブ リ No.
		43.74		72.9		145.8		218.7		291.6			
		U	f	U	f	U	f	U	f	U	f		
25	醋酸ビニルエマルション白 " (85) : 水 (15) " (75) : 水 (25)	21.93 2.54 低粘度	1038 68 のため	15.18 1.83 測定不	1475 88 能	9.75 1.48	1639 124	6.96 1.10	1748 160	5.87 0.99	1912 172	7.83 0.5	2 1
20	堅練白亜鉛ペイント No.1 (100) : ボイル油 (40)	4.62	24	4.05	24	3.48	24	3.33	30	3.12	30	0.82	1
	" No. 2 (")(")	3.63	20	3.16	20	2.89	20	2.66	20	2.62	20	0.39	1
	" No. 3 (")(")	3.96	34	3.54	34	3.16	34	2.88	34	2.58	34	0.55	1
25	" No. 1 (")(")	3.46	30	3.09	30	2.69	30	2.52	30	2.39	30	0.58	1
	" No. 2 (")(")	2.8	22	2.61	26	2.29	26	2.19	26	2.06	26	0.46	1
	" No. 3 (")(")	3.23	24	2.78	32	2.46	32	2.37	32	2.19	32	0.46	1
20	調合白亜鉛ペイント No.1	5.61	44.04	5.13	48.11	4.54	50.1	4.5	46.09	4.18	48.1	0.85	1
	2	11.58	68.14	11.37	68.14	10.86	68.14	10.5	64.1	10.36	60.1	0.74	1
	3	10.39	50.1	9.9	60.12	8.83	60.12	8.48	60.12	8.17	60.1	1.54	1
20	調合白鉛ペイント No.1			5.54	104.2	4.79	104.2	4.52	118.2	4.31	120.2	21.08	1
	2	27.32	289.6	26.49	289.6	24.31	289.6	23.4	278.7	22.1	289.6	3.14	2
	3	27.32	116.2	25.36	116.2	23.98	116.2	23.2	116.2			1.99	1
25	調合白鉛ペイント No.1	5.11	32.0	4.63	32	4.12	36.07	3.91	36.07	3.68	36.07	0.74	1
	2	10.61	60.1	10.58	60.1	10.37	60.1	9.75	60.1	9.56	60.1	0.3	1
	3	8.74	40.08	7.9	40.08	7.86	40.08	7.5	40.08	7.45	40.08	0.03	1
25	調合白鉛ペイント No.1	5.56	94.19	4.88	94.19	4.65	94.19	4.2	90.18	4.1	94.19	0.33	1
	2	26.6	207.6	24.7	207.6	23.8	207.6	22.5	207.6	20.6	207.6	1.36	2
	3	17.8	120	16.5	132.6	15.75	132.2	13.89	128.2	12.1	128.2	1.13	1
20	塩化ビニルエナメル白 (100) : シンナー (45)	1.92	0	1.92	0	1.9	0	1.76		0	1.72	0	1
	(100) : シンナー (55)	1.65	0	1.57	0	1.48	0	1.37		0	137	0	1
25	(100) : シンナー (45)	1.65	0	1.59	0	1.5	0	1.43		0	141	0	1
	(100) : シンナー (55)	1.28	0	1.13	0	1.06	0	1.01		0	0.96	0	1
70	ホットラッカーエナメル白 No.1	1.37	0	1.21	0	1.19	0	1.12	0	1.03	0	—	1
	No.2	1.88	0	1.87	0	1.77	0	1.68	0	1.53	0	—	1
	" No1(100) : シンナー (20) " No2(100) : シンナー (20)	低粘度のため	測定不能										
20	塩化ビニルエマルション白 (85) : 水 (15) " (75) : 水 (25)	低粘度のため	測定不能										
25	" (85) : 水 (25) " (75) : 水 (25)	同上	同上										
20および 25	ラッカーエナメル白A (60) : シンナー (40)		同	上									
	" (100) : シンナー (100)		同	上									
	" B(60) : シンナー (40)		同	上									
	" (100) : シンナー (100)		同	上									
	" C(60) : シンナー (40)		同	上									
	" (100) : シンナー (100)		同	上									

2. ブルックフィールド粘度計による実測値……第2表に示す。

第 2 表						
温度 粘度および 降伏値		20°C		25°C		スピ ン ド ル No.
		ボイズ	降伏値	ボイズ	降伏値	
塗料						
ボイル油	No.1	0.46	0	0.45	0	1
	2	8.64	0	0.59	0	1
	3	8.9	0	7.28	0	2
スパーワニス	No.1	5.5	0	4.8	0	2
	2	2.56	0	2.2	0	2
	3	1.26	0	1.01	0	1
調合白亜鉛ペイント	No.1	10.2	1.7	9.8	2.08	3
	2	21.6	2.8	17.6	2.8	4
	3	16.4	2.24	13.2	2.64	4
調合白鉛ペイント	No.1	16.4	4.08	13.6	3.64	4
	2	52.0	8.96	39.2	8.4	5
	3	36.8	5.76	27.2	6.56	5
油エナメル黄	A	10.4	0.1	8	0.08	3
	B	38.0	0.04	26	0.08	4
フタル酸樹脂エナメル白	A	2.82	0.08	2.48	0.08	1
	B	10.8	0.16	8.0	0.16	4
ラッカーエナメル白	A	5.8	0	4.4	0	3
	B	10.8	0	7.6	0	4
	C	33.6	0	32	0	5
オイルプライマー	A	12.4	1.72	12.0	1.84	4
	B	25.6	3.84	18.4	2.88	5
塩化ビニルエマルシオン白		19.2	5.44	16	2.4	5
塩化ビニルエナメル白		23.6	0	17.6	0.04	4
スチレンエマルシオン白		48.0	9.8	44	10.4	6
酢酸ビニルエマルシオン白		96.0	13.2	76	16	6
ゴールドサイズ	A	1.5	0	1.0	0	1
	B	1.26	0	1.06	0	1
クリヤーラッカー		13.6	0	11.2	0	5
〃(60): シンナー(40)		1.0	0	0.72	0	2
〃(100): シンナー(100)		0.54	0	0.44	0	1
ホットラッカーエナメル白 No.1		0.65	0	但し 温度 70°C で測 定値		1
〃(100): シンナー(20)		0.205	0			1
ホットラッカーエナメル白 No.2		0.89	0			1
ホットラッカーエナメル白(100): シンナー(20)		0.295	0			1
堅練白亜鉛ペイント	No.1 (100): ボイル油(40)	5.8	1.24	4.4	1.24	3
	〃No.2 (100): ボイル油(40)	5.2	1.58	4.6	1.54	3

"No.3(100): ボイル油(40)	4.4	1.24	4.0	1.22	3
酢酸ビニルエマルシオン白(75): 水(25)	2.4	0.6	2.0	0.6	3
"(85): 水(15)	6.2	1.68	5.6	1.66	3
ラッカーエナメル白A(60): シンナー(40)	0.32	0	0.28	0	2
"A(100): シンナー(100)	0.2	0	0.184	0	2
"B(60): シンナーシ(40)	0.72	0	0.56	0	2
"B(100): シンナー(100)	0.4	0	0.3	0	2
"C(60): シンナー(40)	0.488	0	0.4	0	2
"C(100): シンナー(100)	0.4	0	0.36	0	2
塩化ビニルエナメル白(100): シンナー(45)	1.65	0	1.525	0	3
"(100): シンナー(55)	1.57	0	1.16	0	3
塩化ビニルエマルシオン白(85): 水(15)	4	2.16	2.4	2.4	4
"(75): 水(25)	1.7	1.1	1.1	1.08	3
スチレンエマルシオン白(85): 水(15)	4.8	1.14	3.2	1.1	3
"(75): 水(25)	1.08	0.204	0.88	0.188	1

3. ストーマー粘度計による実測値……クレプストマー粘度計の回転ハネの代りにポップおよびカップを取り付けたもの⁽¹⁴⁾を用いて測定した。実測値は第3表に示す。

第 3 表					
U……(粘度(ボイズ))			f……降伏値		
塗料	温度 U & f	20°C		25°C	
		U	f	U	f
ボイル油	No.1				
	2				
	3	13.4	0	10.5	0
スパーワニス	No.1				
	2				
	3				
ゴールドサイズ	A				
	B				
調合白亜鉛ペイント	No.1	6.3	72	5.1	69
		214.6	165	12.6	95
		311.3	72	9.2	72
堅練白亜鉛ペイント	No.1(100):	2.9	94	2.3	95
ボイル油(40)	2	"	2.6	73	2.1
	3	"	2.5	135	2.0
調合白鉛ペイント	No.1	6.4	82	5.2	80
		233.5	32	26.7	28
		327.2	71	21.1	71

塗料	20°C		25°C	
	U	f	U	f
油エナメル黄	A 9.3	95	7.5	90
	B 41.5	0	3.6	0
フタル樹脂エナメル白	A 7.3	0	6.1	0
	B 14.3	0	12.2	0
オイルプライマー	A 3.7	188	3.4	165
	B 6.9	212	5.1	259
スチレンエマルシヨン白	6.4	752	5.3	740
" (85): 水(15)				
" (75): 水(25)				
酢酸ビニルエマルシヨン白	測定不能	測定不能		
" (85): 水(15)				
" (75): 水(25)				
塩化ビニルエマルシヨン白	3.1	195	2.6	213
" (85): 水(15)				
" (75): 水(25)				
クリヤーラッカー	16.3	0		
" (60): シンナー(40)				
" (100): シンナー(100)				
ラッカーエナメル 白	A			
	B 21.4	0	18.2	0
ラッカーエナメル白 A (60) シンナー(40)				
" (100): シンナー(100)				
" B (60): シンナー(40)				
" (100): シンナー(100)				
" C (60): シンナー(40)				
" (100): シンナー(100)				
塩化ビニルエナメル白			23.2	
" (100): シンナー(45)				
" (100): シンナー(55)				
ホットラッカーエナメル白 No.1	測定不能	測定不能		
" (100): シンナー(20)	"	"		
" No.2	"	"		
" (100): シンナー(20)	"	"		

4. No. 4 フォードカップによる実測値……第4表に示す。

第 4 表

塗料		流下時間	
		20°C	25°C
		秒	秒
ボイル油	No.1	24.9	23.5
"	2	31.1	29.2
"	3	369.75	315
スパークニス	No.1	260	206.3
"	2	123.6	74

"	3	61.8	52.5
ゴールドサイズ	A	58.1	51.5
"	B	64.3	56.4
油エナメル黄	A	385	255
"	B	1575.5	972.5
堅練白亜鉛ペイント No.1(100):	ボ	81.2	72.5
イル油(40)			
" 2(100): " (40)		64.5	60
" 3(100): " (40)		75.35	68.4
オイルプライマー	A	測定不能	測定不能
	B	"	"
クリヤーラッカー(60): シンナー(40)		42.7	40
" (100): シンナー(100)		22	21.3
ラッカーエナメル白 A (60): シンナー(40)		17.9	17.4
" (100): シンナー(100)		14	13.5
B (60): シンナー(40)		28.2	25.2
(100): シンナー(100)		1.76	16.9
C (60): シンナー(40)		42.7	40
(100): シンナー(100)		22	21.3
塩化ビニルエナメル白		517	474

5. ASTM カップによる実測値……第5表に示す。

第 5 表

塗料	流下時間	20°C		25°C	
		秒	カップ No.	秒	カップ No.
ボイル油 No.2		25.5	2	22.3	2
	3	10.8	4	8.5	4
ゴールドサイズ	A	42.9	2	36.7	2
	B	44.2	2	36.1	2
油エナメル黄	A	181.5	2	164	2
	B	531.9	2	449	2
クリヤーラッカー					
(60): シンナー(40)		33.8	2	28.8	2
(100): シンナー(100)		19.2	2	19	2
ラッカーエナメル白 A					
(60): シンナー(40)		1.71	2	15.9	2
" A (100): シンナー(100)		13.8	2	13.7	2
" B: (60) シンナー(40)		18.8	2	18	2
" " (100): シンナー(100)		15.7	2	14.9	2
" C (60): シンナー(40)		22.5	2	20.7	2
" " (100): シンナー(100)		16.3	2	16	2
塩化ビニルエナメル白					
(100): シンナー(45)		36.8	2	33.2	2
" (100): シンナー(55)		28.6	2	26.7	2

6. レッドウッド粘度計による実測値……第6表に示す。

7. 流動度計による実測値……第7表に示す。

8. ラワチェック粘度計による実測値……第8表に示す。

第 6 表

温度		20°C	
流下時間			
塗料		秒	ボイズ
ボイル油	No.1	175	0.41
"	2	500	1.18
ゴールドサイズ	A	525	1.2
"	B	450	1.05

第 7 表

流展時間(秒)		流展時間(秒)					
流展直径(μ)							
塗料		4	5	6	8	9	10
フタル酸樹脂エナメル白		0.8		7	34		
"	A						
"	B	1.6		9	101		
油エナメル 黄	A	2.4		13	162		
"	B	4.1		21	250		
ゴールドサイズ	A	0.3		1.5	17.5		128
"	B	0.4		2.5	19.8		137
堅練白亜鉛ペイント No.1				8.8	106		
1(100)+ボイル油(40)							
" No.2(100) "(40)				10.3	157		
" No.3(100) "(40)				6	97		
スパーワニス No.1				8.5	61		500
"	2			5.2	32		194
"	3			3.4	20		86
ボイル油 No.1				0.6	65		92
"	2			1.0	96		68
"	3			14.0	79		415
調合白亜鉛ペイント				8	38	380	
No.1	0.8			10	156		
"	2	1.4		9	99		
"	3	0.9		8			
調合白鉛ペイント No.1	1						
"	2	5.2	300				
"	3	3	246				

第 8 表

温度		20°C		25°C	
粘度					
塗料		ボイズ	ボイズ	ボイズ	ボイズ
ボイル油	No.1	0.81	0.65		
"	2	1.09	0.89		
"	3	13.1	9.7		
スパーワニス	No.1	8.47	6.7		
"	2	3.8	3.1		
"	3	1.9	1.6		
ゴールドサイズ	A	1.8	1.4		
"	B	2.1	1.6		

クリヤーラッカー		15.3	12.3
" (60): シンナー(40)		1.5	1.3
" (100): シンナー(100)		0.7	0.6

9. ヘブラー粘度計による実測値……第9表に示す。

第 9 表

測定温度		20°C	25°C	球 No.
粘度		ボイズ	ボイズ	
塗料				
ボイル油	No.1	0.485	0.411	B
"	2	0.671	0.547	B
"	3	9.37	7.09	D
スパーワニス	No.1	4.59	3.75	D
"	2	2.36	1.81	D
"	3	1.17	1.01	B
ゴールドサイズ	A	1.39	1.03	D
"	B	1.22	0.981	C
クリヤーラッカー		10.72	8.31	D
" (60): シンナー(40)		1.168	0.943	B
" (100): シンナー(100)		0.586	0.493	B

10. モビロメーターによる実測値……第10表に示す。

第 10 表

温度		20°C	25°C
落下時間		秒	秒
塗料			
スチレンエマルジョン白(85):			
シンナー(15)		11.3	9.9
" (75): シンナー(25)		4.6	4.2
酢酸ビニルエマルジョン白(85):			
シンナー(15)		8.8	8.4
" (75): シンナー(25)		3.9	3.6
塩化ビニルエマルジョン白(85):			
シンナー(15)		5.2	4.4
" (75): シンナー(25)		3.4	3.2
ラッカーエナメル白A(60):			
シンナー(40)		3.2	3.0
" (100): シンナー(100)		2.6	2.6
B(60): シンナー(40)		3.8	3.6
" (100): シンナー(100)		3.0	2.9
C(60): シンナー(40)		4.4	4.0
" (100): シンナー(100)		3.0	2.9
塩化ビニルエナメル白(100):			
シンナー(45)		9.5	8.0
" (100): シンナー(55)		6.9	6.4

11. アワ粘度計による実測値……第11表に示す。

第 11 表

塗 料		温 度	
		20℃	20℃
		ポイズ	ポイズ
ボ イ ル 油 No.1		0.85	1.00
〃	2	1.00	1.25
〃	3	測定不能	測定不能
ス パ ー ワ ニ ス No.1		〃	〃
〃	2	3.70	4.0
〃	3	1.65	2.0
ゴ ー ル ド サ イ ズ A		1.65	2.0
〃	B	〃	2.0
ク リ ャ ー ラ ッ カ ー		測定不能	測定不能
〃 (60): シンナー(40)		1.5	1.65
〃 (100): シンナー(100)		0.65	0.85

塗 装 実 験

1. 吹付け塗りの実験

ホットラッカー白については岩田式 B-3, BV 式, ϕ 1.5 mm スプレーガンを用いて圧力 50 ポンド, 距離 15~20 cm, 塗料温度 70°C で, その他の試料については岩田 S-3, ϕ 1.3 mm スプレーガンを用いて圧力 40 ポンド, 距離 15~20 cm で吹付けし, その際の実際の作業の良否を判定した。

被塗物はホットラッカーエナメル白と塩化ビニルエナメル白に対しては軟鋼板(25×25 cm)を, その他の試料に対してはガラス板(16×12 cm)を用いた。結果は第 12 表に示す。

第 12 表

塗 料	室温 °C	相対 湿度 %	作業性
ク リ ャ ー ラ ッ カ ー (60): シンナー(40)	14.4	59	良
" (100): " (100)	"	"	可
ラ ッ カ ー エ ナ メ ル 白 A (60): シンナー(40)	"	"	最不良
" A(100): " (100)	"	"	可 2
" B(60): " (40)	"	"	可 1
" " (100): " (100)	"	"	不良 2
" C(60): " (40)	"	"	不良 1
" " (100): " (100)	"	"	良
ホ ッ ト ラ ッ カ ー エ ナ メ ル 白 No.1(100): シンナー(20)	16	54	可
No.2(100): " (20)	"	"	良
塩 化 ビ ニ ル エ ナ メ ル 白 No.1(100): シンナー(45)	15	47	良
No.2(100): " (55)	"	"	可

2. ハケ塗りの実験

ハケは1寸平ハケ(穂の幅1寸, 長さ4分5厘, 厚サ2分5厘, コマ毛)を用い, 被塗物は軟鋼板(25×25 cm)(ただしエマルジョン塗料ではスレート板)を用いた。結果は第 13 表に示す。

第 13 表

	室温 °C	相対 湿度 %	塗付量 g/m ²	ハケの運 行速度 cm/sec	作業 性
ボ イ ル 油 No.1	19	46	48	22	可
" No.2	"	"	48	22	良
" No.3	"	"	64	18.4	不良
ス パ ー ワ ニ ス No.1	"	"	48	16.6	不良
" No.2	"	"	48	27.2	可
" No.3	"	"	80	30	良
ゴ ー ル ド サ イ ズ A	"	"	40	24	不良
" B	"	"	48	28	可
オ イ ル プ ラ イ マ ー A	17	49	80	12.2	可
" B	"	"	64	16	良
油 エ ナ メ ル 黄 A	"	"	80	16.6	可
" B	"	"	128	8.6	不良
フ タ ル 酸 樹 脂 エ ナ メ ル 白 A	"	"	96	12	良
B	"	"	128	10.4	可
調 合 白 亜 鉛 ペ イ ン ト No.1	14	52	176	12.4	可
" No.2	"	"	224	10	不良
" No.3	"	"	224	8.2	良
調 合 白 鉛 ペ イ ン ト No.1	"	"	112	8.4	良
" No.2	"	"	240	10	不良
" No.3	"	"	192	8.2	可
堅 練 白 亜 鉛 ペ イ ン ト No.1(100): ボイル油(40)	"	"	112	12.4	良
" No.2(100): ボイル油(40)	"	"	96	11.8	不良
" No.3(100): ボイル油(40)	"	"	96	10	可
ス チ レ ン エ マ ル シ ョ ン 白 (85): 水(15)	18	48	192	22	最良
" (75): 水(25)	"	"	124	20	次良
醋 酸 ビ ニ ル エ マ ル シ ョ ン 白 (85): 水(15)	"	"	224	16.6	良
" (75): 水(25)	"	"	144	22	可
塩 化 ビ ニ ル エ マ ル シ ョ ン 白 (85): 水(15)	"	"	192	20	不良 1
" (75): 水(25)	"	"	160	20	不良 2

実験結果に対する考察

1. 塗料の流動特性

グリーン形回転粘度計およびブルックフィールド粘度

計で決定された流動曲線（せん断速度とせん断応力との関係）から塗料はニュートン粘性流動、塑性流動、非ニュートン粘性流動の3形式に区別された。

粘性流動を示すものはボイル油、スパーワニス、ゴールドサイズで流動曲線は原点を通る直線となつて降伏値を示さない。

塑性流動を示すものは調合白亜鉛ペイント、調合白鉛ペイント、堅練白亜鉛ペイント（ボイル油でうすめたもの）、フタル酸樹脂エナメル白、油エナメル黄、オイルプライマー、スチレンエマルジョン白、酢酸ビニルエマルジョン白、塩化ビニルエマルジョン白で値の大小はあるが何れも降伏値を有する。これらは何れもチキソトロピーを示した。せん断速度の増加に伴う粘度の減少の割合はオイルプライマーとエマルジョン系塗料において最大値を示し、調合ペイント系において最小値を示した。一般にはせん断速度の変化による降伏値の変動はないが油エナメル黄、オイルプライマー、エマルジョン系塗料ではせん断速度の増大に伴つて顕著に降伏値の上昇を示した。

非ニュートン粘性流動を示すものはクリヤラッカー、ラッカーエナメル白、塩化ビニルエナメル白、ホットラッカーエナメル白で流動曲線は原点を通つてせん断応力の軸に対して凸であり降伏値を示さない。

第 14 表

温度	粘度計	塗料	粘度計の形式									
			グリーン	ブルー	ストレー	ヘンリー	ラッパ	気泡	モビロ	流動	ASTM	レド
度	度	塗料	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計	粘度計
			計	計	計	計	計	計	計	計	計	計
20°C	度	ボイル油 No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		スパーワニス No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		ゴールドサイズ A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		調合白亜鉛ペイント No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
70°C	度	" 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		調合白鉛ペイント No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		調合白鉛ペイント No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		"	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

20°C	度	堅練ペイント No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		(100):ボイル油(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 2(100):ボイル油(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" 3(100):ボイル油(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		油エナメル黄 A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		フタル酸樹脂エナメル白 A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		オイルプライマー A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		スチレンエマルジョン白	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (85): 水(15)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (75): 水(25)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		酢酸ビニルエマルジョン白	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (85): 水(15)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (75): 水(25)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		塩化ビニルエマルジョン白	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (85): 水(15)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (75): 水(25)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		クリヤラッカー	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (60):シンナー(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (100):シンナー(100)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
70°C	度	ラッカーエナメル白 A	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" C	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		ラッカーエナメル白 A(60):シンナー(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" A(100):シンナー(100)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B(60):シンナー(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" B(100):シンナー(100)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" C(60):シンナー(40)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" C(100):シンナー(100)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		塩化ビニルエナメル白	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (100):シンナー(45)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (100):シンナー(55)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
70°C	度	ホットラッカーエナメル白 No.1	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (100):シンナー(20)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		ホットラッカーエナメル白 No.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
		" (100):シンナー(20)	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

2. 粘度計の使用範囲

以上の研究に用いた塗料に対する粘度計の使用範囲を、使用可能であつたものは○印で、不可能であつたものは×印で表せば第 14 表の通りとなる。同一の原理に基く粘度計では同種の流動曲線を示す試料に対して、同様な傾向が現われたので、それ等の粘度計は相互に使用が可能であると思われる。異つた形の粘度計の間には相互に関連づけられる資料は得られなかつたが、種々な解析が可能な形の粘度計（例えばグリーン

形回転粘度計)は流動に関する種々の因子が計算出来るので便利である。

3. 作業性と流動特性

作業性の良否は塗装実験によつて判定した。ハケ塗りの際のせん断速度⁽¹⁵⁾はハケを運ぶ速さと、ハケと被塗物の間にはさまれた塗料の平均の厚サから算出し、一方グリーン形回転粘度計によつて得た粘度-せん断速度曲線がそのまま外挿され得るものと仮定して、さきに算出した塗装時のせん断速度に対応する粘度を求め、勾配は次式⁽¹³⁾によつて算出した。

$$\eta = \eta_p e^{sD-1/2}$$

S = 勾配

D = せん断速度

η = せん断速度 D における粘度

η_p = 塗装時のせん断速度 D に対応する粘度

研究結果から見れば作業性の決定要因は粘度または、降伏値、チキソトロピー解離恒数、粘度-せん断速度曲線の勾配などに関係するものと思われる。

第 15, 16 表に作業性の良かったもの、悪かったもののそれぞれの特性を示した。

ハケ塗 (20°C) 第 15 表

塗	料	作業性	塗装時の 粘度 (ポイズ)	降伏値 (ダイン/ cm ²)	チキソト ロビー 解離恒数	勾配	塗装時の せん断速 度(1/秒)
ボイル油	No. 2	良	0.85	0	0	0	4000
"	No. 3	不良	10.23	0	0	0	2700
スパークニス	No. 3	良	1.59	0	0	0	3300
"	No. 1	不良	5.89	0	0	0	3300
ゴールドサイズ	B	良	1.55	0	0	0	5600
"	A	不良	1.87	0	0	0	6000
調合白亜鉛ペイント	No. 3	良	8.2	60	1.54	0.125	340
"	No. 2	不良	9.9	68	0.74	0.075	400
調合白鉛ペイント	No. 1	良	3.2	120	1.08	0.16	1500
"	No. 2	不良	20	290	3.14	0.11	800
堅練白亜鉛ペイント	No. 1(100): ボイル油(40)	良	1.95	30	0.82	0.22	2100
"	No. 2(100): ボイル油(40)	不良	1.6	20	0.39	0.22	2300
オイルプライマー	B	良	1.8	281	1.26	0.37	3200
"	A	不良	1.75	234	1.63	0.30	2000
油エナメル黄	A	良	4.7	92	1.01	0.16	2400
"	B	不良	24	330	6.71	0.225	900
フタル酸樹脂エナメル白	A	良	3.4	6	0.5	0.11	1500
"	B	可	8.6	14	0.63	0.055	1000
スチレンエマルジョン白	(85): 水(15)	最良	0.4	106	0.52	0.425	1800
"	(75): 水(25)	次良	—	—	—	—	2200
醋酸ビニルエマルジョン白	(85): 水(15)	良	0.65	190	0.59	0.44	1100
"	(75): 水(25)	可	—	—	—	—	2200

吹付塗 第 16 表

温度	塗	料	作業性	粘度 (ポイズ)	降伏値 (ダイン/cm ²)	チキソト ロビー 解離恒数
20°C	クリヤーラッカー	(60): シンナー(40)	良	1.14	0	0
	"	(100): " (100)	可	0.54	0	
	ラッカーエナメル白 C	(100): シンナー(100)	良	0.4	0	
	"	(60): " (40)	不良	0.48	0	
	塩化ビニルエナメル白	(100): シンナー(55)	良	1.37	0	0
	"	(100): " (45)	可	1.72	0	0
70°C	ホットラッカーエナメル白	No. 2(100): シンナー(20)	良	0.295	0	0
	"	No. 1(100): " (20)	可	0.205	0	

む す び

作業性に関する要因は粘度のみではないが、せん断速度とせん断応力の関係においても、既成の粘度計におけるせん断速度が塗装時のせん断速度よりはるかに低いので、前述の如く外挿してこれを知る必要がある。したがって塗装時のせん断速度と同一のせん断速度下で直接測定可能な粘度計の出現が望ましく、広範囲かつ高せん断速度の得られる回転形粘度計で多数の塗料について流動特性を測定し解析することによつて作業性と流動特性をより関係づけ得ることが望ましい。

本研究に当り絶えず御指導をいただいた東京大学神戸博太郎先生、日本塗料工業会豊田三郎氏、ならびに種々の御援助を得た日本ペイント株式会社小川睦夫、朝妻忠雄、吉田久雄の各氏、東亜ペイント株式会社中辻康城氏に深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) R. Roscoe, Flow Properties of Disperse Systems, Chapter I pp 1-38 Amsterdam: North Holland(1953)
- 2) Henry Green, Industrial Rheology and Rheological Structures, John, Wiley & Sons, New York(1949)
- 3) Henry Green, J. Applied Phys., Vol 13,

- 611(1942)
- 4) Henry Green, Ind. Eng. Chem., Anal Ed., Vol. 14, 576(1942)
- 5) Henry Green, Ruth N. Weltman, Ind. Eng. Chem., Anal Ed., Vol. 15, 201(1943)
- 6) Ruth N. Weltman, J. Applied Phys., Vol. 14 343(1943)
- 7) Henry Green, Ruth N. Weltman, J. Applied Phys., Vol. 15, 414(1944)
- 8) Henry Green, Ruth N. Weltman, Ind. Eng. Chem., Anal Ed., Vol. 18, 167(1946)
- 9) Ruth N. Weltman, Ind. Eng. Chem., Vol. 40 272(1948)
- 10) Ruth N. Weltman, J. Applied Phys., Vol. 18, 933(1947)
- 11) R. V. Williamson, G. D. Patterson, J. K. Hunt, Ind. Eng. Chem., Vol. 27, 1111(1927)
- 12) W. H. Droste, Faben-Ztg., Vol. 37. 719-20. 655-7, 694-5(1932)
- 13) W. K. Asbeck, D. D. Laiderman, M. Van Loo, J. Colloid Sci., Vol. 7, 306(1952)
- 14) 中辻康城, 色材協会誌, 昭和 32 年第 4 号 10 頁
- 15) R. J. Blackinton., Official Digest., Vol. 25 205(1953)
- 16) Earl K. Fisher, J. Colloid Sci., Vol. 5(1950)
- 17) H. L. Aldrich, Paint, Oil Chem. Rev., Vol. 110 No. 2 pp. 8. 30. 31. 34, Jan. 23(1947)

塗料の流動性に関する研究 (第二報) 667.612: 532.135

Studies on the Fluidity of Paints

桑島謙太郎*, 中辻康城*

KUWASIMA Kamatarô

NAKATUZI Yasukuni

懸濁液の分散質濃度の粘度に及ぼす影響という点に注目して濃度範囲を分類するならば、

- (a) 液の粘度が個々の懸濁粒子の流体力学的影響の加成されたものと見なし得る範囲即ち Einstein の式が成立する様な領域
- (b) このような加成性ではもはや説明する事ができず、粒子相互間の力を考慮すべき範囲すなわち Guth and Simha, Mason, Vand 等の式が取扱われている範囲
- (c) さらに濃厚なもので Robinson のいう free liquid, あるいは Mooney のいう crowding eff-

ect を考慮しなければならない様な範囲の三者になると考えられるが¹⁾、われわれの取扱う塗料はその顔料濃度の多様性から考えて、これら総ての範囲にわたるものである。さらにまた使用される顔料粒子の形状粒度分布等の複雑性、ビヒクル成分の複雑性、およびそれら相互間に生じるヌレの問題は塗料懸濁系の性質を一層複雑にしている。かような料系の粘度の顔料濃度依存性に関する研究は極めて少く Green²⁾ 或は Zettlemoyer³⁾ の報文等を知るだけであるが、彼等の提出した粘度式が適用される範囲は非常に限られたものであり、また式中の定数の意味も明瞭ではなかつた。

一方 Mooney が理論的に導いた粘度式⁴⁾は低濃度

* 東亜ペイント株式会社
(昭 32. 11. 24 受理)