技 術 報 文

各種炭酸カルシウム顔料による塗工紙表面の平滑性について (三次元からの一考察)

白石工業株式会社 柴崎 弘二, 藤田 寅雄
石本 一彦, 川崎宗之輔

Evaluating the surface smoothness of coated paper with various calcium carbonates (Three dimensional studies)

*Hiroji Shibazaki, Torao Fujita, Kazuhiko Ishimoto
and Sounosuke Kawasaki*

Shiraishi Kogyo Kaisha, Ltd.

Calcium carbonates, which contribute the improvement of the optical properties and printabilities to paper, are generally used for paper coating pigments as well as kaolin clay.

In this paper, the surface smoothness of coated paper with various calcium carbonates have been evaluated by two instruments.

One is the instrument which measures the value in terms of R_p (printing roughness). The R_p value determined by the optical contact method, represents the surface smoothness of paper in contact with prism surface under the pressure.

The other is the instrument which measures the three dimensional roughness by stylus method.

The results obtained with the two instruments represent that coated paper with cubical calcium carbonate having $11.5 \text{ m}^2/\text{g}$ BET specific surface area showed the highest smoothness among them, including those coated with kaolin clay which was prepared for comparison purpose. R_p value has the positive correlation with the average particle size of calcium carbonate, and the gloss of coated paper.

Keywords: Calcium carbonate, Coated paper, Smoothness, Optical contact ratio, R_p value, Three dimensional roughness, Gloss

1. 緒 言

炭酸カルシウムは、クレーとともに製紙用塗工顔料として塗工紙の白色度、不透明度、平滑性などの光学的性質や印刷インキの受理性および乾燥性などの印刷適性を向上させる特徴をもち、広く大量に使用されている。

塗工紙表面の諸特性は、塗工する炭酸カルシウムの粒子の形状、大きさ、分散状態および塗工量、塗工方法によって大きく異なるが、表面の物理的な凹凸に起因することが多く、従来からも各種の方法で表面の平滑性が測定されている^{1)~12)}。

本報では各種炭酸カルシウムを用いた場合の塗工紙表面の性質を、光学接触率測定装置と触針式三次元粗

さ測定器を用いて測定し、炭酸カルシウムの種類による塗工紙表面の平滑性の差異を検討した。

2. 実 験

2.1 試 料

2.1.1 炭酸カルシウム

本報で用いた炭酸カルシウムと比較に用いたサチンホホワイト、カオリンクレーの顔料物性を表1に示す。試料 No. 1~7 は合成炭酸カルシウムである。試料 No. 1~4 は立方体粒子、試料 No. 5~7 は異方形粒子で、それぞれ BET 比表面積の順に表示している。試料 No. 8 は湿式粉砕重質炭酸カルシウムで、No. 9 は乾式粉砕重質炭酸カルシウムである。

Table 1 Physical properties of calcium carbonates and coating pigments

Sample	Name	Precipitated CaCO ₃							Ground CaCO ₃		Satin White	Kaolin Clay
	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Shape ¹⁾	Cubical	Cubical	Cubical	Cubical	Blocky	Prismatic	Spindle-like	Irregular	Irregular	Needle-like	Platy
	Form ²⁾	S	S	S	P	P	P	P	S	P	S	P
Hunter brightness ³⁾	%	94	98	97	97	96	95	96	93	94	96	82
BET surface area ⁴⁾	m ² /g	25.2	11.5	10.9	7.7	10.7	6.1	5.5	11.0	5.2	14.6	16.7
Av. particle size ⁵⁾	μm	1.85	0.54	0.93	1.20	1.40	1.05	2.50	1.05	1.50	0.56	0.84
Particles under 2 μm ⁵⁾	%	54	95	95	75	71	71	41	85	65	91	83

1) Observation with electron micrograph

2) S: slurry P: powder

3) Blue filter, Kumagai riki kogyo Co., Ltd. type. TC-S

4) N₂ gas adsorption method, Micromeritics model 2200

5) Particle size distribution by light transmission method, Shimadzu corp. CP-50 type

Table 2 Formation of 63% slurry

	Parts by weight
Coating pigment	100
Dispersant *	0.1~3.0
Water	as needed
Total solids	63%

* Alon T-40 (Toa gosei chem. industry Co., Ltd)
Poiz 520 (Kao Corp.)

Table 3 Formation of 59% coating color

	Parts by weight
Coating pigment	100
Starch phosphate	3
SBR latex	13
Water	as needed
Total solids	59% *

* No. 1 50.7%

No. 3 56.8%

No. 10 28.6%

Table 4 Typical base paper properties

	Woodfree paper	Synthetic paper
Basis weight g/m ²	83	83
Opacity %	89	94
Brightness %	84	87
Thickness μm	94.5	106.5
Smoothness s.	58	350
75° Gloss %	8	20
Rp μm	7.13	3.20

2.1.2 塗工紙の調製

1) 63%スラリーの調製

コーレス型攪拌機を用い、周速 15 m/s で 20 分間攪拌した。使用した分散剤の種類と添加量を表 2 に示す。

2) 59%コーティングカラーの調製

コーレス型攪拌機を用い、周速 8 m/s で 15 分間攪拌した後 NaOH 水溶液で pH 9.5 に調整し、さらに 5 分間攪拌した。使用したバインダーと添加量を表 3 に示す。

3) 塗工方法

コーティングカラーをロッドコーターを用いて表 4 に示す原紙の片面に 13 g/m² の割合で塗工した。風乾後、20°C、65%RH にて一昼夜調整し、ロール温度 60°C、線圧 60 kgf/cm 3 回通し、通紙速度 20 m/min. でスーパーカレンダー処理を行った。

合成紙を原紙に選んだのは、表 4 に示したように上質紙に比べ平滑であるため、炭酸カルシウムの顔料物性の差異が紙面に現れやすいと判断したからである。また、スーパーカレンダー処理の線圧の条件も 60 kgf/cm と低圧に設定した。

4) 印刷処理

スーパーカレンダー処理紙を印刷試験機（明製作所製 RI-1 型）を用いて東洋インキ製の TKU 70G 紅インキを 0.3 ml/ 使って印刷を行った。

2.2 実験方法

2.2.1 光学接触率測定装置による Rp 値の測定

紙をプリズムの一面に圧着して全反射の臨界角より大きい角度でプリズム側から光を入射する時、光はプリズム面より外にはみ出してから全反射し¹³⁾、その割合は波長に比例する。この時、プリズム面からある波長の距離以内にある紙は光学的に接触しているとみなされ¹⁴⁾、光は透過する。Rp (printing roughness) 値の測定は、まず波長 λ を変えた時に得られる入射光量に対する透過光量の比、すなわち光学接触率 F(λ) の

各々の値を求め、次式で近似した指数関数式に代入して最小二乗法により F₀ と k を求める。

$$F(\lambda) = F_0 + (1 - F_0)(1 - e^{-k\lambda}) \quad \dots\dots(1)$$

F₀ は紙がプリズムに物理的に接触している面積の割合で、k は紙の形状分布に関する定数である。Rp 値は図 1 に示した斜線の部分で次式で表される。

$$Rp = \int_0^\infty \{1 - F(\lambda)\} d\lambda \quad \dots\dots(2)$$

(1)式を(2)に代入すると Rp は

$$Rp = (1 - F_0)/k$$

となるから、先に求めた F₀ と k から Rp 値が得られる。

Fig. 1 Relationship between wave length and optical contact ratio

光学接触率測定装置（東洋精機製作所製 マイクロトポグラフ）は、プリズム側から紙の表面に入射角 45 度の白色光を入射して、その正反射角での 4 波長に分光した光量を検出し Rp 値を得る。Rp 値は μm 単位で表され、その測定条件は (1)波長：0.5, 0.9, 1.3, 1.7

μm (2)サンプルタイム: 100 ms (3)印加圧力: 20 kgf/cm^2 (4)測定面積: 1.10cm^2 (5)加圧端子: シリコンラバー 7BN で行った。

2.2.2 触針法による三次元立体図の測定

触針を用いて紙の表面の凹凸を測定し, 三次元立体図を描く三次元粗さ測定器 (小坂研究所製 SE-3AK) により測定した。

走査方向は塗工方向に対して直角になるようにし, その測定条件は JIS¹⁵⁾ に準拠し (1)触針圧力: 0.07 gf (2)触針: 先端曲率半径 $2\mu\text{m}$ ダイヤモンド製 (3)測定面積: $1.5 \times 0.15 \sim 0.40\text{mm}$ で行った。

3. 結果および考察

3.1 Rp 値による塗工紙面の平滑性

塗工原紙として上質紙および合成紙を用いた場合の Rp 値と他の塗工紙物性を表 5 に示す。炭酸カルシウム塗工紙は上質紙, 合成紙とも未カレンダー紙, カレンダー処理紙, 印刷処理紙の順で Rp 値は小さく平滑になっていく。

炭酸カルシウムを粒子の形状によって, 立方体粒子

(No.1~No.4), 異方形粒子 (No.5~No.7), 不定形粒子 (No.8~No.9) に分類して各紙面の Rp 値を比較すると上質紙, 合成紙とも未カレンダー紙, カレンダー処理紙, 印刷処理紙を通して, No.1 を除いた立方体粒子 (No.2~No.4) の Rp 値は小さく平滑である。また, 立方体粒子の中で最も Rp 値が小さい紙面を形成する炭酸カルシウムは試料 No.2¹⁶⁾ で, カオリンクレーより平滑である。

立方体粒子 No.1, 異方形粒子 No.6 と No.7 を合成紙に塗工した未カレンダー紙の Rp 値は各々 3.88, 3.49, $3.87\mu\text{m}$ である。合成紙原紙の Rp 値は $3.20\mu\text{m}$ であるので, この三試料の紙面は原紙より粗くなっている。

立方体粒子の炭酸カルシウム (No.1~No.4) を上質紙に塗工した紙面について, 波長と光学接触率の関係を図 2 に示したが, 試料 No.1 は各紙において光学接触率は低いいため Rp 値は大きい。これは試料 No.1 は BET 比表面積 $25.2\text{m}^2/\text{g}$ で本報で用いた試料の中では最も小さい粒子径からなるが, 二次凝集しているため紙面を粗く形成している。試料 No.2~No.4

Table 5 Rp value and other properties of coated paper

Sample	Name	Precipitated CaCO ₃							Ground CaCO ₃		Satin White	Kaolin Clay
	No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Shape	Cubical	Cubical	Cubical	Cubical	Blocky	Prismatic	Spindle-like	Irregular	Irregular	Needle-like	Platy
Woodfree paper (Rp 7.13 μm)	Uncalendered											
	Rp μm	5.63	2.34	2.83	2.93	3.33	4.25	4.88	4.25	4.24	1.72	2.78
	75° Gloss %	9	31	17	17	12	7	5	17	10	38	29
	Calendered											
	Rp μm	1.55	0.94	1.18	1.16	1.20	1.28	1.57	1.64	1.51	0.50	1.03
	75° Gloss %	37	57	43	43	38	37	21	41	32	69	65
	Brightness %	89.0	91.0	90.0	90.5	90.0	89.5	89.0	89.0	88.5	89.5	86.0
	Opacity %	92.0	93.0	92.5	93.5	93.5	92.5	92.5	91.5	92.0	93.5	92.0
	Smoothness s.	700	830	840	930	860	800	770	840	710	880	1800
	Ink set s.	30	60	240	150	120	180	300	180	480	45	360
	K & N ink %	22.6	27.7	24.5	28.4	28.2	25.2	25.1	16.5	22.9	29.5	7.5
	IGT pick cm/s	105	90	110	90	100	110	130	105	170	20	130
Synthetic paper (Rp 3.20 μm)	Printed											
	Rp μm	1.51	0.82	1.01	0.95	0.94	1.04	1.56	1.08	1.32	0.70	0.95
	75° Gloss %	64	86	84	82	81	73	46	77	72	82	87
	Uncalendered											
	Rp μm	3.88	0.99	1.52	1.70	2.29	3.49	3.87	1.98	2.52	0.68	1.17
	75° Gloss %	11	47	22	24	13	8	5	25	13	52	43
	Calendered											
	Rp μm	0.97	0.50	0.77	0.76	0.95	0.96	1.35	0.99	1.12	0.29	0.54
	Smoothness s.	7800	16200	18000	15200	14000	9300	6500	10800	10100	12000	18200
	75° Gloss %	43	58	44	44	36	34	18	43	31	66	68
	Printed											
	Rp μm	0.84	0.51	0.48	0.59	0.69	0.70	1.29	0.54	0.75	0.46	0.36
	75° Gloss %	79	93	91	90	85	81	52	90	85	93	95

Fig. 2 Relationship between wave length and optical contact ratio of coated woodfree paper (▲ Uncalendered paper, ○ Calendered paper, ● Printed paper)

は BET 比表面積 $11.5 \sim 7.7 \text{ m}^2/\text{g}$ の立方体炭酸カルシウムであるが、その中では BET 比表面積 $11.5 \text{ m}^2/\text{g}$ の試料 No. 2 を塗工した紙面は、光学接触率は最も高いため Rp 値は小さく平滑である。これらの詳細については後述する。

上質紙に炭酸カルシウムを塗工した紙面の Rp 値と他の塗工紙物性との相関図を図 3 と図 4 に、また顔料物性との相関図を図 5 と図 6 に示す。表 6 には上質紙および合成紙に炭酸カルシウムを塗工した紙の Rp 値と他の物性との相関係数を示した。

図 3 は Rp 値と空気漏洩式の Bekk 平滑度（旭精工製王研式平滑度試験器）との相関図である。図中 No. 10 のサチンホワイトは炭酸カルシウムに比べ Rp 値は低く平滑であるが、Bekk 平滑度の値は炭酸カルシウムと変わらない値を示した。これはサチンホワイトは針状粒子で塗工時に配向し、多数の凹部を形成して空気が漏洩しやすくなっているためと思われる。これに

ついては、次の三次元立体図の項でも説明する。図中 No. 11 のカオリンクレーは炭酸カルシウムに比べ Bekk 平滑度の値は非常に大きい。これはカオリンクレーの形状は六角板状であり、カレンダー処理によって紙面に平行に配向し Bekk 平滑度試験時に空気が漏洩しにくくなったからであろう。表 6 に示す通り炭酸カルシウムを塗工したカレンダー処理紙の Rp 値と Bekk 平滑度との相関は上質紙においては低い、合成紙に塗工した場合は原紙の透気度が低いので空気が原紙の裏面や原紙層側を漏洩しにくいいため相関が高くなったと思われる。

図 4 は Rp 値と光沢との相関図であるが、両者には負の相関、すなわち光沢が高くなるほど Rp 値は小さく平滑になり特に未カレンダー紙ではその傾向が強い。

Fig. 3 Relationship between Bekk smoothness and Rp value of coated woodfree paper

Fig. 4 Relationship between gloss and Rp value of coated woodfree paper (▲ Uncalendered paper, ○ Calendered paper, ● Printed paper)

Fig. 5 Relationship between average particle size and Rp value of coated woodfree paper
(▲ Uncalendered paper, ○ Calendered paper, ● Printed paper)

Fig. 6 Relationship between BET specific surface area and Rp value of coated woodfree paper
(▲ Uncalendered paper, ○ Calendered paper, ● Printed paper)

Table 6 Correlation coefficient between Rp value and various properties (Coated paper with calcium carbonate)

		Bekk	75° Gloss	Av. size	2 μm ≥	BET
Woodfree paper	Uncalendered	—	-0.773	0.746	-0.798	0.344
	Calendered	-0.580	-0.731	0.669	-0.625	0.125
	Printed	—	-0.908	0.890	-0.856	0.227
Synthetic paper	Uncalendered	—	-0.855	0.797	-0.887	0.174
	Calendered	-0.817	-0.941	0.862	-0.828	-0.225
	Printed	—	-0.980	0.939	-0.929	-0.099

印刷処理紙の Rp 値はカレンダー処理紙に比べ若干小さくなるが、光沢は急激に高くなっている。これは印刷インキ中のビヒクルによる影響と思われる。表 6 からわかるように、上質紙と合成紙の各紙の相関係数を比べた場合、合成紙の方が高い。これは前述したように合成紙の方が上質紙に比べ平滑であるため、合成紙に塗工した方が炭酸カルシウムの顔料物性の差異が紙面に現れやすいためである。

図 5 は Rp 値と粒度分析による平均粒子径との相関図である。両者には正の相関、すなわち平均粒子径が小さくなるほど Rp 値も小さく平滑となった。また上質紙に比べ合成紙の方が相関は高い。また、表 6 から Rp 値と 2 μm ≥ の粒度との相関は負で、2 μm ≥ の微

細な粒子が多くなるほど Rp 値は小さく平滑になる。

次に Rp 値と塗工顔料物性のうち窒素ガス吸着法による BET 比表面積との相関図を図 6 に示した。いずれの紙面においても立方体粒子の試料 No. 1 が他試料より離れた所に位置している。BET 比表面積は一次粒子の大きさを測定しており、試料 No. 1 は 25.2 m²/g で一次粒子径は最も小さいが、物理的または化学的結合によって二次凝集しており、その状態で塗工されているため Rp 値は大きく平滑でない値を示し、この現象が生じた。

本報で用いた立方体炭酸カルシウム (No. 1 ~ No. 4) の粒度分布曲線を図 7 に示した。これはコーティングカラー調製前のスラリーの測定値であるが、前述した

Fig. 7 Particle size distribution curve

ように立方体粒子の試料 No. 1 は二次凝集しているため、粒度分析による $2\mu\text{m} \geq$ の粒度は 54% しかなく、平均粒子径も $1.85\mu\text{m}$ を示し、大きな粒子として測定されている。Rp 値の測定で最も平滑であった立方体粒子の試料 No. 2 は BET 比表面積は $11.5\text{m}^2/\text{g}$ で試料 No. 1 より一次粒子は大きい、分散しやすいため図 7 の粒度分布曲線をみても $2\mu\text{m} \geq$ の粒度は 95% で平均粒子径は $0.54\mu\text{m}$ と最も小さく粒度も揃っていることがわかる。試料 No. 3 と No. 4 は各々 BET 比表面積は 10.9 と $7.7\text{m}^2/\text{g}$ の立方体炭酸カルシウムであるが、No. 1 と No. 2 との中間に位置していることがわかる。

光学接触率測定装置により Rp 値を測定する際、プリズムと接触している紙面の状態の写真を撮影することができる。その一部を写真 1 に示した。写真の黒い部分は、紙がプリズムに物理的に接触している部分で、その面積が多いほど Rp 値は小さい。原紙の上質紙の写真からは、繊維の一部がプリズムに接触している状態が観察されるが、その面積は少ない。上質紙に塗工した立方体粒子試料 No. 1 と No. 2 の未カレンダー紙の写真を比較すると、試料 No. 1 は黒い部分が少なく Rp 値も $1.55\mu\text{m}$ と大きい、試料 No. 2 は黒い部分が多く Rp 値も $0.94\mu\text{m}$ と小さく平滑である。

Woodfree paper

Sample No. 1

Sample No. 2

Photo 1 Photographs of paper in contact with prism

3.2 三次元立体図による塗工紙面の平滑性

原紙の三次元立体図を図 8 に示した。上質紙の三次元立体図は見づらいが、これは本報での倍率を一定に

Fig. 8 Three dimensional roughness of base paper

Fig. 9 Three dimensional roughness of uncalendered paper coated with No. 2

して比較しやすくしたためである。図8を観察すると上質紙に比べ合成紙の方が平滑で山の高さは低く、谷の深さも浅く、それらの幅は狭いことがわかる。

炭酸カルシウムのうち、Rp 値が最も小さかった立方体粒子の試料 No. 2 を塗工した未カレンダー紙の三次元立体図を図9に示した。図8の原紙に比べると、原紙の谷の部分に炭酸カルシウムが埋まり平滑になっている。また、上質紙に塗工した未カレンダー紙の山の高さや谷の深さは数 μm である。合成紙に塗工した未カレンダー紙は谷が無くなり、ところどころに $2\mu\text{m}$ 位の山が残っている。

上質紙に塗工したカレンダー処理紙の三次元立体図を図10に示す。試料 No. 1~No. 4 は立方体粒子の炭酸カルシウムである。試料 No. 1 は、前述したように

BET 比表面積が $25.2\text{m}^2/\text{g}$ と本報で用いた試料の中では最も小さい粒子であるが、二次凝集を形成しているためその紙面は立方体粒子の中では最も粗い。試料 No. 2 は BET 比表面積が $11.5\text{m}^2/\text{g}$ の炭酸カルシウムで Rp 値は最も小さく平滑な紙面であるが、このことは三次元立体図からもわかる。図9で見られた山はカレンダー処理により低く平らになるが、深さ $2\sim 3\mu\text{m}$ 位の谷がところどころに残っている。試料 No. 3 と No. 4 の紙面の平滑性は、試料 No. 1 と No. 2 の間に位置するのがこの図からわかる。試料 No. 5~No. 7 は異方形粒子の炭酸カルシウム、試料 No. 8 と No. 9 は不定形粒子の炭酸カルシウムであるが、その紙面の三次元立体図を観察するとそれらの表面は粗く、二次粒子からなる立方体粒子の No. 1 の紙面に近い状態で

Photo 2 Scanning electron micrographs of calendered woodfree paper coated with pigment

Fig. 10 Three dimensional roughness of calendered woodfree paper coated with pigment

ある。試料 No. 10 は比較に用いたサチンホワイトであるが三次元立体図からその紙面は平坦であるが、幅 $10\mu\text{m}$ 位の谷が見られる。サチンホワイトは結晶水を多く含むため、スーパーカレンダー処理温度 60°C により結晶水構造の一部が破壊されたものと思われる。この谷の影響で Bekk 平滑度測定時に空気が抜けやすくなるのであろう。試料 No. 11 はカオリンクレーであるがその紙面は立方体炭酸カルシウムの試料 No. 2 より粗くなっているのがわかる。なお、三次元立体図を測定する際、三次元粗さ解析装置（小坂研究所製 SPA-11）によって各紙の中心面平均粗さ（SRa）の値を測定したが、本実験では測定面積が小さいため Rp 値との相関は得られなかった。

上質紙に塗工したカレンダー処理紙の紙面の走査形電子顕微鏡写真を写真 2 に一部示す。炭酸カルシウム試料 No. 1 の紙面は $10\mu\text{m}$ に近い二次粒子がスーパーカレンダー処理によって押しつぶされているが、炭酸カルシウム試料 No. 2 の紙面は均一な粒度の立方体粒子が紙面を形成し平滑になっている。炭酸カルシウム試料 No. 3 の紙面は、大きい粒子と小さい粒子が混在している。試料 No. 10 のサチンホワイトは、針状粒子が塗工方向に紙面に配向しており、試料 No. 11

のカオリンクレーも六角板状粒子が紙面に配向し、平滑になっている様子がわかる。

合成紙に塗工したカレンダー処理紙の一部を図 11 に示した。試料 No. 2 は未カレンダー紙の図 9 で見られた $2\mu\text{m}$ 位の山がカレンダー処理によってほとんど無くなっている。試料 No. 10 のサチンホワイトは、上質紙においても見られた幅 $10\mu\text{m}$ 位の谷がある。

試料 No. 2 の印刷処理紙の三次元立体図を図 12 に示した。カレンダー処理紙に比べると、 $1\mu\text{m}$ 位の山が生じている。これは印刷処理時に印刷インキが印刷される瞬間、ゴムローラー上のインキ皮膜の分割により紙に転移される際生じたビヒクルの影響と思われる。

4. ま と め

原紙として上質紙および合成紙を用いて、コート紙配合処方で各種炭酸カルシウムを塗工し、未カレンダー紙、カレンダー処理紙、印刷処理紙を光学接触率測定装置および触針式三次元粗さ測定器を用いて、紙面の平滑性を検討した。

(1) 塗工紙面は未カレンダー紙、カレンダー処理紙、印刷処理紙の順に Rp 値は小さく平滑になっていく。このことは触針式三次元立体図でも視覚的に確認でき

Fig. 11 Three dimensional roughness of calendared synthetic paper coated with pigment

Fig. 12 Three dimensional roughness of printed papers coated with No. 2

た。

(2) 炭酸カルシウムにはいろいろな粒子形状と大きさがあるが、Rp 値を小さく紙面を平滑にするのは立方体の粒子であった。その中でも、二次粒子を形成せず粒度がそろっている BET 比表面積 $11.5 \text{ m}^2/\text{g}$ の炭酸カルシウムは最も平滑で、カオリンクレーより優れていた。

(3) Rp 値と光沢とは負の相関が得られ、Rp 値が小さく平滑になるほど光沢は高くなる。

(4) Rp 値と粒度分析による平均粒子径とは、正の相関が得られ Rp 値が小さくなるほど平均粒子径も小さくなる。二次凝集を形成している試料は Rp 値も大きく粒度分析による平均粒子径も大きい。

(5) 空気漏洩式による Bekk 平滑度は原紙の影響が大きく現れ、Rp 値との相関は合成紙においては高かったが、上質紙では今回の試験では相関は明らかでなかった。

謝 辞

岡山大学工学部の高橋和志氏には三次元立体図の測定に御協力いただき深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) W. C. Bliesner : Tappi, 53(10) 1871 (1970)
- 2) J. R. Parker : Tappi, 54(6) 943 (1971)
- 3) W. H. Trice, W. H. Friend and C. D. Trader : Tappi, 56(12) 151 (1973)
- 4) G. Blokhuis and P. J. Kalff : Tappi, 59(8) 107 (1976)
- 5) S. G. Kapoor and S. M. Wu and S. M. Pandit : Tappi, 61(6) 71 (1978)
- 6) K. E. Bradway : Tappi, 63(11) 95 (1980)
- 7) J. R. Parker : Tappi, 64(12) 56 (1981)
- 8) 村上浩二, 今村力造, 山本辰夫 : 紙パ技協誌, 27(2) 55 (1973)
- 9) 稲本真平, 若林 勇, 細井昭治 : 日本印刷学会論文集, 17(3) 8 (1978)
- 10) 正木栄一 : 紙パ技協誌, 35(5) 5 (1981)
- 11) 伊東良彦 : 紙パ技協誌, 39(1) 82 (1985)
- 12) 桂 徹 : 紙パ技協誌, 39(9) 58 (1985)
- 13) 久保田 広 : 波動光学, 岩波書店, 35 (1971)
- 14) 稲本真平 : 日本印刷学会論文集, 15(4) 87 (1975)
- 15) JIS B 0651 1976
- 16) 柴崎弘二, 枝川節治, 長谷川 久 : 紙パ技協誌, 35(5) 19 (1981)

(受理 : 61. 6. 27)