ダブル塗工における塗料設計*

—アンダー塗工層とダブル塗工紙の印刷光沢について—

住化エイビーエス・ラテックス株式会社 ラテックス研究所 ○服部芳彦, 山崎健一

Designing of Coating Color for Double Coating

—Under-Coating and Printgloss of Double-coated Paper—

Yoshihiko Hattori and Kenichi Yamazaki

Latex Research Center, SUMIKA A & L INC.

服部芳彦

Under-coating and its effect on the printability of double-coated paper were studied. Five under-coated papers which were designed to have different coating structures were prepared and coated with same top-color. The printabilities such as inkset and printgloss of these double-coated papers were evaluated. The structures of under-coatings were analyzed and relation between the structure of under-coating and the printability of double-coated paper was discussed.

Keywords : double-coating, under-coating, inkset, printgloss, surface roughness, pore structure

1. はじめに

凹凸を有する原紙表面を一度アンダー塗工層で平滑化した後トップ塗工を行うダブル塗工は、シングル塗工に比べ平滑性や光沢にすぐれるという利点があり、従来よりアート紙や板紙分野で広く用いられてきた¹⁾。最近ではA₂レベルのコート紙分野でも品質改良の目的からダブル塗工されるケースが増えてきており^{2),3)}、新設される塗工設備でダブル塗工に対応できるものが増えている⁴⁾。

一方、一般にドライ強度や耐ブリスター性といった物性を除くほとんどの印刷適性は塗工紙表面の状態に依存すると考えられることから、ダブル塗工において

は通常アンダー塗料はコストを考慮した安価な塗料設計になっている。そしてこのアンダー塗工層の上に印刷適性を重視した比較的高価なトップ塗料が塗工されている^{5),6)}。

しかしながら我々は最近の実験でしばしばアンダーの塗工層の種類により、同じトップ塗料を塗工しても最終のダブル塗工紙の印刷適性、特にインキセットや印刷光沢がかなり変化するということを経験するようになった。そこでダブル塗工紙の印刷適性へのアンダー塗工層の影響について、詳しく調べることにした。

2. 実験

炭カルの種類やバインダーレベルを変えた5種類のアンダー塗料を用い5種類のアンダー塗工紙を作成した。これに同一配合のトップ塗料を塗工し5種類のダ

*平成9年度年次大会講演(講演No.B1-13)

ブル塗工紙を作成した。得られたダブル塗工紙について RI 印刷機にてインキセット、印刷光沢等の印刷適性を評価した。

一方、アンダー塗工紙については三次元表面粗さ測定、細孔分析を行い、さらに AA-GWR によりアンダー塗工紙に対するトップ塗料の脱水速度の測定を行った。これらの結果からアンダー塗工層がダブル塗工紙印刷適性に与える影響について考察を行った。

2.1 塗工紙の作成

表 1 に示した塗料配合でアンダー塗料を調整した。用いた 3 種類の炭カル（表 2）は塗工層構造を大きく変えられるように粒径が大きく異なる物を選んだ。これらの塗料を MLC コーター⁷⁾にて上質塗工原紙（64.5 g/m²）に塗工し、アンダー塗工紙 I_U～V_Uを作成した。得られたアンダー塗工紙にトップ塗料（表 3）を塗工し、カレンダー処理、ダブル塗工紙 I_D～V_Dを作成した。塗工条件等については表 4 に示す。

表 1 アンダー塗工用塗料処方

	アンダー塗料				
	I _U	II _U	III _U	IV _U	V _U
炭カル A	部 100				
炭カル B		100	100	100	60
炭カル C					40
酸化デンプン	8	8	8	4	8
ラテックス	6	6	3	6	6
固形分 %	62	62	62	65	62

ラテックス：弊社 SO 用ラテックス

表 2 炭酸カルシウムの種類

	比表面積 m ² /g	平均粒径 μm	備 考
炭カル A	3.34	2.59	重質炭カル (乾式粉碎)
炭カル B	6.91	1.15	重質炭カル (湿式粉碎)
炭カル C	11.89	0.61	軽 質 炭カル

マイクロトラック X-100 にて測定（レーザー回折・散乱法）

表 3 トップ塗工用塗料処方

	トップ塗料
NO.1 カオリン	部 70
炭カル B	30
酸化デンプン	4
ラテックス	10
固形分 %	65

表 4 塗工条件等

	アンダー 塗 工	トップ 塗 工
塗工方法	ブレード	ワイヤー ロッド
塗工量 g/m ²	8	8
塗工速度 m/min	35	55
熱風温度 °C	210	210
熱風速度 m/sec	28	28
乾燥時間 sec	5	5
カレンダー kg/cm	ナシ	60

MLC-100 使用

塗工原紙：上質塗工原紙（坪量 64.5 g/m²）

2.2 ダブル塗工紙 I_D～V_D の印刷適性評価及び分析

RI 印刷機を用い、ダブル塗工紙のインキセットおよび印刷光沢の評価を行った。インキセットは RI 印刷機にて試料を印刷し、一定時間後にこれを別の紙に転写させ、その濃度を目視にて判定評価した。印刷光沢は、RI 印刷機にて試料に一定量のインキを印刷しその光沢を測定するものであるが、今回はインキ量や印刷回数を変え、3 条件で比較した（表 5）。

また、クロマトスキャナーを用いた分析⁸⁾にて表面ラテックスの UV 吸光度を測定すると共に表面形状解析装置（SAS-2010 明伸工機）にて三次元表面粗さを測定した（表 6、図 1, 2）。

2.3 アンダー塗工紙 I_U～V_U の分析

表面形状解析装置を用いアンダー塗工紙の三次元表面粗さを測定、水銀圧入法細孔分析装置ポアサイザー 9320（島津製作所）を用いアンダー塗工紙の細孔分析

表 5 ダブル塗工紙の印刷適性

No	使用炭酸カルシウム	S/L	インキセット	白紙光沢 %	印刷光沢 %			Δ グロス %		
					条件①	条件②	条件③	条件①	条件②	条件③
I _D	炭カル A	8/6	1.0	68	69	78	81	1	10	13
II _D	炭カル B	8/6	2.5	70	71	78	80	1	8	10
III _D		8/3	2.5	71	72	79	79	1	8	8
IV _D		4/6	3.0	71	73	79	79	2	8	8
V _D	炭カル B/C	8/6	2.0	71	75	82	83	4	11	12

インキセット 5.0 (速)~1.0 (遅)

白紙光沢 75°にて測定 印刷光沢 60°にて測定

印刷光沢印刷条件 RI 印刷機にて印刷

条件① 紅一色印刷 ロールへのインキ供給量 0.3 g

条件② 紅一色印刷 ロールへのインキ供給量 0.6 g

条件③ 紅・藍重色印刷 ロールへのインキ供給量 紅 0.3 g

藍 0.3 g

表 6 ダブル塗工紙 (白紙・印刷後) の表面平滑性
(三次元表面粗さ)

No	使用炭酸カルシウム	S/L	中心線粗さ Ra μm		
			白紙	印 刷	
				条件①	条件③
I _D	炭カル A	8/6	0.65	0.54	0.51
II _D	炭カル B	8/6	0.56	0.52	0.50
III _D		8/3	0.56	0.51	0.51
IV _D		4/6	0.57	0.51	0.49
V _D	炭カル B/C	8/6	0.50	0.51	0.49

図 1 インキセットと UV 吸光度の関係

図 2 白紙塗工紙の表面粗さ (中心線粗さ) と印刷光沢 (条件①) の関係

表 7 アンダー塗工層の構造

No	使用炭酸カルシウム	S/L	中心線粗さ Ra μm	細孔分析		
				平均細孔径 μm	細孔体積 $\times 10^{-2}$ cm^3/g	細孔数比 ※
I _U	炭カル A	8/6	2.45	0.55	2.15	3
II _U	炭カル B	8/6	1.96	0.12	2.93	100
III _U		8/3	1.92	0.11	3.51	128
IV _U		4/6	1.73	0.09	3.14	169
V _U	炭カル B/C	8/6	1.78	0.15	4.21	86

細孔分析 アンダー塗工層に起因する細孔部分 ($0.02 \sim 0.9 \mu\text{m}$) から原紙の細孔部分を差分法にて除き分析した。

※ 細孔数比 細孔深さを一定と仮定, 細孔体積, 平均細孔径より細孔数を計算II_Uを100として他を比例計算した。

図 3 細孔数と UV 吸光度の関係

図 4 細孔数とインキセツトの関係

を実施した (表 7, 図 3, 4)。

更に, AA-GWR 装置 (KALTEC SCIENTIFIC INC.) にて各アンダー塗工紙に対するトップ塗料の脱水速度を測定した (表 8)。

3. 結果及び考察

3.1 ダブル塗工紙の物性

表 5 にダブル塗工紙 I_D ~ V_D のインキセツト, 白紙光沢, 印刷光沢および Δ グロス (印刷光沢 - 白紙光沢) を示した。

白紙光沢は I_D 以外大差ないレベルに仕上がっていた。しかしながらインキセツト, 印刷光沢では I_D ~ V_D の間に大きな差異が生じた。

表 8 トップ塗料のアンダー塗工紙に対する脱水量

No	使用炭酸カルシウム	S/L	AA-GWR 脱水量 g/m^2
			トップ塗料
I _U	炭カル A	8/6	37
II _U	炭カル B	8/6	36
III _U		8/3	39
IV _U		4/6	46
V _U	炭カル B/C	8/6	52

AA-GWR 脱水量 各アンダー塗工紙に対するトップ塗料の脱水量

インキセットは中粒径の炭カル B をアンダー塗料に用いた塗工紙 II_D ~ IV_D が最も速く、次いで微粒の炭カル C をアンダー塗料に配合した塗工紙 V_D の順で、大粒径の炭カル A をアンダー塗料に用いた塗工紙 I_D は最も遅かった。同一のトップ塗料を用いているにも拘らずこのような差が見られたことについて、バインダーのトップ層表面へのマイグレーションの差が影響していると考え、藤原らの開発したクロマトスキャナーを用いた分析法⁸⁾にてダブル塗工紙 I_D ~ V_D の表面ラテックスの UV 吸光度を測定した。その結果 II_D ~ IV_D → V_D → I_D とインキセットが遅くなるに従って表面の UV 吸光度が高くなっており (図 1)、表面へのバインダーマイグレーションもこの順に大きくなっているようであった。すなわち、アンダー塗工層の状態の違いがトップ塗料のバインダーマイグレーションに影響し、その結果、インキセットに差が現れたのではないかと考えられた。

印刷光沢はインキ量の異なる一色印刷 (条件①、条件②) と重色印刷 (条件③) で評価した。印刷条件により各サンプルの順位に若干の変動が見られたが、全ての条件で塗工紙 V_D の値が最も高かった。インキセットの遅い塗工紙 I_D はインキ量の多い一色印刷 (条件②) や重色印刷 (条件③) では高い値を示した。印刷光沢には、ベースとなる白紙塗工紙の平滑性とその上に印刷されたインキのセットの二つの要因が関係すると思われるが⁹⁾、インキ量の少ない一色印刷 (条件①) では印刷前の白紙塗工紙の平滑性の影響が大きく、インキ量の多い一色印刷 (条件②)、重色印刷 (条件③) ではインキのセットの影響が大きくなったものと考えられる結果であった。

白紙塗工紙の平滑性の影響を確認するため、表面形状解析装置にて印刷前の白紙塗工紙の三次元表面粗さを測定した (表 6)。インキ量の少ない一色印刷 (条件①) において、最も印刷光沢が高かった塗工紙 V_D は明らかに良好な表面粗さ (中心線粗さ) を示し、逆に、印刷光沢が最も低かった塗工紙 I_D の表面粗さは最も劣り、予想を裏付ける結果であった (図 2)。

また、印刷後の表面粗さを同様に測定したところ、インキ量の少ない一色印刷 (条件①) では白紙塗工紙の表面粗さの影響が残り、塗工紙 I_D の表面粗さは劣っていたが、重色印刷 (条件③) では白紙塗工紙の表面粗さの影響が小さくなり、各塗工紙間の差はかなり縮まっていた (表 6)。

尚、バインダーレベルを変えたアンダー塗料を塗工した II_D, III_D, IV_D はインキセットに大きな違いがなく、印刷光沢にも差は見られなかった。炭カル種を変更し

た場合に比べアンダー塗工層の構造等の違いが小さく、ダブル塗工紙では印刷適性に差が生じなかったものと思される。

以上のようにダブル塗工紙のインキセット、印刷光沢はアンダー塗工層の違いより変化することが判った。その原因としては、トップ塗工層のバインダーマイグレーションの状態や白紙塗工紙の表面粗さの違いが考えられた。

3.2 アンダー塗工紙の物性

表 7 にアンダー塗工紙 I_U ~ V_U の三次元表面粗さおよび細孔分析の結果を示した。

アンダー塗工紙の表面粗さは塗工紙 I_U が明らかに劣っており、次いで塗工紙 II_U ~ IV_U、塗工紙 V_U の順となった。アンダー塗工紙との表面粗さがダブル塗工紙の表面粗さ (表 6) に影響し、最終的にダブル塗工紙の印刷光沢にも影響を与えているものと考えられる。

一方、トップ塗料のバインダーマイグレーションにはアンダー塗工層の細孔構造が大きく影響していると考え、細孔分析を行った。細孔分析では原紙の細孔部分を差分法にて除きアンダー塗工層に起因する細孔 (0.02 ~ 0.9 μm) を求めた。細孔分析の結果から顔料の種類によりアンダー塗工層の構造が大きく異なっている様子がうかがえる。平均細孔径は大粒径の炭カル A を使った塗工紙 I_U が最も大きく、次いで微粒の炭カル C を配合した塗工紙 V_U、中粒径の炭カル B を使った塗工紙 II_U ~ IV_U の順となった。細孔体積は塗工紙 V_U が最も大きく、次いで塗工紙 II_U ~ IV_U、大粒径の炭カル A を使った塗工紙 I_U は最も小さくなった。

各塗工紙の平均細孔深さを一定と仮定すると単位面積当たりの細孔数は、塗工紙 I_U が最も少なく、次いで塗工紙 V_U、塗工紙 II_U ~ IV_U の順となり、大粒径の炭カル A を使った塗工紙 I_U は大きな径の細孔が少数存在し、中粒径の炭カル B を使った塗工紙 II_U ~ IV_U は小さい径の細孔が多数存在、微粒の炭カル C を配合した塗工紙 V_U は両者の間に位置することになる (表 7)。この関係を各ダブル塗工紙の UV 吸光度およびインキセットと比較してみると、アンダー塗工紙の細孔数が少なくなるに従い (平均細孔径が大きくなるに従い)、ダブル塗工紙の UV 吸光度が大きくなっており、インキセットが遅くなっていることがわかる (図 3, 4)。おそらく、アンダー塗工層の細孔数が多いほど、その上にトップ塗料を塗工した時のトップ塗料中のバインダーはアンダー塗工層へ移動しやすくなり、その結果、トップ塗工層表面へのバインダーのマ

イグレーションが減少、インキセツトが速くなったのではないと思われる。

この点を確認するため、トップ塗料のアンダー塗工紙に対する脱水量（アンダー塗工紙のトップ塗料中水分の吸収量）を AA-GWR にて測定した（表 8）。

結果は細孔数が最も多いアンダー塗工紙 II_U～IV_U に比べ、アンダー塗工紙 V_U のトップ塗料中水分の吸収量が多く予想と一致しなかった。AA-GWR は測定精度の関係上、実際のバインダーマイグレーションが起きる塗工～乾燥の時間（数秒）に比べ測定時間（本検討では 30 秒）が著しく長く、その点が影響して予想と一致しなかった可能性がある。

マイグレーションと脱水挙動については更なる検討が必要と思われた。

4. ま と め

(1) ダブル塗工ではアンダー塗工層の状態が、トップ塗工層のインキセツト、印刷光沢等の表面印刷適性に一定の影響を持つ。

(2) 本検討のダブル塗工紙ではインキセツトと表面のラテックス量に相関があり、インキセツトは UV 吸光度が最も大きな I_D（表面ラテックス量が最も多い）が最も遅く、UV 吸光度の最も小さな II_D～IV_D（表面ラテックス量が最も少ない）が最も速かった。

(3) アンダー塗工層の構造、特に細孔数がトップ塗料のバインダーマイグレーションに影響していると思われた。

(4) 微粒の軽質炭カルを配合したアンダー塗料を用いて作成したダブル塗工紙は、種々の印刷条件下で最も高い印刷光沢を示した。

(5) 印刷光沢にはベースとなる塗工紙の平滑性（表面粗さ）とその上に印刷されたインキのセツトの二つの要因が関係すると思われた。インキ量の少ない一色印刷では白紙塗工紙の表面粗さの影響が大きく、インキ量が多い一色印刷および重色印刷をした場合にはインキセツトの影響が大きくなるようであった。

(6) アンダー塗工層の表面粗さがダブル塗工紙の表面粗さに影響しており、印刷条件によっては印刷光沢にも影響が残るようだ。

参 考 文 献

- 1) 島田豊廣：コーティング時報 No.185 (1990)
- 2) 永井弘一，藤平茂夫：紙パルプ技術タイムス，1991 年臨時増刊 45 (1991)
- 3) 山本先雄，若年弘人：紙パルプ技術タイムス，Vol.38 (4) 1 (1995)
- 4) Paper Business Review No.1110 (1997) など
- 5) 森隆資：紙パ技協誌，Vol.45 (9) 24 (1991)
- 6) 石塚克巳：紙パ技協誌，Vol.41 (10) 70 (1987)
- 7) 石川哲雄：紙パ技協誌，Vol.46 (1) 74 (1992)
- 8) 藤原秀樹，加賀千鶴：紙パ技協誌，Vol.42 (11) 16 (1988)
- 9) 鈴木英之，平林哲也，福井照信：第 63 回紙パルプ研究会 (1996)