

研究報告**彩色噴墨印刷用紙之研製及印刷性質評估**蘇裕昌^{1,2)} 陳鴻財¹⁾ 張雅慈¹⁾**摘 要**

本研究係使用塗佈法以不同之粘著劑(苯乙烯丁二烯乳膠、苯乙烯-順丁烯二酸、水溶性聚脲樹脂、聚乙烯醇)、顏料(二氧化矽, 膠體型合成二氧化矽, 沉澱碳酸鈣, 溼磨碳酸鈣, 白土等)塗佈於紙面上, 改善紙張表面性質, 以製備具高印刷品質(吸墨性佳、發色性佳、高解析度及高印刷色飽和等)、耐水性、耐光性單色、彩色噴墨專用塗佈紙。分析搜集市售十四種噴墨印表紙及自製塗佈型噴墨印表用紙, 經印表機列印, 由印刷後紙張上的色濃度、網點擴散、印刷反差等印刷性質, 顯示自製噴墨印刷紙之配方可媲美市售之高階紙樣, 具有較佳的色濃度值及網點擴散值及印刷反差。無論使用何種粘著劑, 添加表面上膠改善劑後, 其印刷色濃度均會明顯的提升, 紙張列印表面品質亦呈現明顯的舒適感。採用微細粒子二氧化矽作為顏料可研製出高色濃度值, 低網點擴散率, 高印刷反差之噴墨印刷用紙。同時檢討以碳酸鈣或白土來降低塗料之成本, 結果顯示利用50%的沉澱碳酸鈣或濕磨碳酸鈣以取代二氧化矽仍可達到市售紙優等之品質。為增加紙張的表面抗水性質, 可於粘著劑添加交聯助劑的條件下(在顏料中填加1%的硫酸鋁或陽離子性高分子如C-PAM或C-DADMAC), 即可增加印刷後之抗水性, 且不影响其印刷性質。

關鍵詞: 塗佈、塗佈紙、彩色噴墨印刷用紙、印刷性質評估。

蘇裕昌、陳鴻財、張雅慈。2004。彩色噴墨印刷用紙之研製及印刷性質評估。台灣林業科學 19(1):63-77。

Research paper**Preparation of Color Ink-jet Papers and Evaluation of their Printing Quality**Yu-Chang Su,^{1,2)} Horng-Tsai Chen,¹⁾ Ya-Tzu Chang¹⁾**【 Summary 】**

In this study, we used different binders (latexes, SMA, PU, and PVA), and pigments (amorphous silica, colloidal silica, precipitated calcium carbonate [PCC], grounded calcium carbonate [GCC], kaolin, etc.) to coat the surface of base paper and modify the surface properties in an effort to prepare ink-jet papers of high printing performance (good absorbency, good ink hold-out, high resolution, and high printed color intensity), good water resistance, and good

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所木材纖維組, 100台北市南海路53號 Division of Wood Cellulose, Taiwan Forestry Research Institute. 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan.

²⁾ 通訊作者 Corresponding author, e-mail: ycsu@serv.tfri.gov.tw

2003年6月送審 2003年10月通過 Received June 2003, Accepted October 2003.

light-fastness for black-and-white and color printing purposes. We also collected 14 varieties of commercial ink-jet papers and subjected them to analyses and comparisons with the lab-prepared specimens. After printing with a standard printer, the printing quality parameters, such as color density, dot diffusion, contrasts, etc, were individually evaluated. The results indicated that our lab-prepared specimens matched or exceeded the performance of high-grade commercial products. The papers had better rendering of colors, dot diffusion, and print contrasts. Regardless of which binders were used, the addition of the process of surface sizing markedly improved the printed color density, while the printed surfaces provided viewers with a comfortable feeling as well. Minute particle-sized silica can be used to prepare ink-jet papers of high color strength, low dot diffusion, and good print contrasts. We also used calcium carbonate and kaolin to lower the cost of the coating color. Results indicated that 50% replacement of silica with PCC or GCC could achieve performances equivalent to those of superior market products. In order to increase the water resistance of the paper surface, a cross-linking agent was added to the binder or 1% alum or cationic polymers such as C-PAM or C-DADMAC were added all of which improved the post-printing water resistance of the paper without affecting the printing quality.

Key words: coating, coated paper, color ink-jet printing paper, printing evaluation.

Su YC, Chen HT, Chang YT. 2004. Preparation of color ink-jet papers and evaluation of their printing quality. *Taiwan J For Sci* 19(1):63-77.

緒言

由於國內外生態保育觀念深植，森林資源取得不易，一般製漿造紙業投資報酬率不高，以量產為主之紙種已漸不符國內各廠之經營原則，因此發展技術密集製備高附加價值紙張為今後纖維材料利用紙業研究不可缺之課題。近年來資訊用機器不僅被應用於各界，更由於個人電腦的普及，各式各樣的印表機充斥市面，所採用資訊用紙之樣式更是不勝枚舉。噴墨印刷方式之印表機具有機型小、價格低及高印刷品質之優點，因此被推定為目前辦公及平面媒體應用之主流。但以一般紙張印刷字體或圖形時，其印刷之品質如印字濃度、耐水性並不甚理想。雖然有為了提高印字後紙張印刷及畫陰面品質之特種專用紙的開發，但由於其共通性不足，推論採用普通紙進行噴墨印刷為今後之方向，但其紙面品質必須做某些程度的表面處理，才能達到印刷高解析度及影像的需求。

目前噴墨印刷之原理是由高頻振動的音叉接觸圓柱型試管，使試管內之油墨分裂成大小相同間隔均一之小液滴，而將此液滴噴射至紙面印出圖像文字(Carnahan 1975)。噴墨印刷

用紙主要需考慮油墨的發色性與油墨吸收性、印刷後影像之解析度及對印表機之配合度、操作性等，在1980年代起即開始有此類紙張之開發研究。最近由於辦公室自動化與電腦急速的普及，文字印刷媒體之發達及對高印刷品質之噴墨用紙需求，在開發製造及應用層級也有相當程度的進展(Lyne and Aspler 1985, Kojima 1989, Bares and Rennels 1990, Takishita 1995, Iwasa 1996)。

噴墨記錄紙最早是採用一般紙的黑白印刷，彩色化後若採用普通紙往往會有滲墨、透印、不鮮明等問題的發生。目前市面上的彩色噴墨用紙有七成是塗佈型，這種紙張的吸墨性佳，高解像力而且印刷鮮明。所採用的粘著劑有很多如苯乙烯丁二烯乳膠、澱粉、聚乙烯醇等，所使用的顏料也包含相當多之種類如二氧化矽、碳酸鈣、白土、二氧化鈦、氫氧化鋁等(Lyne and Aspla 1985, Takahashi et al. 1988, Kojima 1989)。

本研究進行以實驗室上膠輾塗佈方式的彩色噴墨印刷用紙之開發，以不同表面上膠劑如

水溶性聚脲樹脂、聚乙烯醇及澱粉/聚乙烯醇等及矽膠、白土、碳酸鈣顏料，配合表面改善助劑進行紙張表面加工，探討如何以塗佈方式改善紙張的表面性質、吸水性、印刷品質等，以製備高印刷品質的彩色噴墨印刷之用紙，同時評估市售紙及自製噴墨記錄紙的印刷特性。

材料與方法

一、試驗材料

(一)市售彩色噴墨印刷用紙(Color ink-jet printing paper)：採購收集得十四種噴墨印表機專用不同解析度(360~1,440 dpi)之塗佈型彩色噴墨印刷用紙。

(二)自製彩色噴墨印刷用紙

1.原紙(Base paper)：全錄公司影印紙及台灣紙業公司之基重80 g/m²原紙。

2.顏料(Pigment)

(1)沉澱型合成二氧化矽(Silica acid precipitation)：台灣向陽礦業公司之silica A-200及日本德山公司之finsil X-37B[®], finsil X-30[®], finsil X-60[®]。

(2)膠體型合成二氧化矽(Colloidal silica)：Merck。

(3)濕磨型碳酸鈣(Hydrocarb[®])：亦立興業公司。

3.接著劑(Binder)

(1)聚乙烯醇(Polyvinyl alcohol, PVA)：日本試藥工業株式會社，PVA先配製成8%溶液，再行添加。

(2)水溶性聚脲樹脂(Polyurethane, PU)：日本旭電化工業株式會社之聚脲樹脂三種(Hux 380[®], Hux 670[®], Hux 680[®])等。

(3)苯乙烯丁二烯乳膠(SBR latex)：申豐化工公司。

(4)苯乙烯-順丁烯二酸(Styrene maleic acid, SMA)：亦立興業公司。

(5)陽性澱粉(Cationic starch, KATAX-NT)：協泰化工公司。

(6)熱變性澱粉(Starch)：至茂企業公司之CTB-105A2[®]。

(7)表面處理劑：日本旭電化工業株式會社之耐水化劑，DM20A[®]。

(8)塗佈助劑：其他市售之分散劑、流變助劑、消泡劑等。

二、試驗方法

(一)塗料之配製：依一定的各塗料成分之比例先計算出所需用量，以調製成最終固形分15%之塗佈液。調配方法第一階段為顏料分散，先將顏料(二氧化矽、碳酸鈣或白土)及水以均質攪拌機在一定的轉速下分散30 min，使顏料粒子能均勻在水中分散，其次依序加入接著劑(PVA, PU, SMA, starch等)、表面處理劑，並充分分散並攪拌均勻，配製過程中視需求加入少量分散劑、流動助劑及消泡劑。

(二)塗佈加工：以試驗室塗佈機(K control coater)塗佈紙張並控制所需塗佈量後，立即置於130°C之烘箱內預乾40 s後。以實驗室壓光機(30 FC-200E熊谷理化機械工業)在線壓60 kgcm⁻¹, 60°C的條件下進行壓光處理後。之後置於恆溫恆溼控制室內(20°C, 65% RH)調溼24 h以上備用。

(三)塗料配方：試驗塗佈工程主要採用不同之顏料配比，Table 1為幾個配方之例子，另外尚分別改變粘著劑或顏料來進行自製噴墨印表紙之塗佈加工。即採用不同粘著劑並變化無機填料(二氧化矽、碳酸鈣、白土等)進行塗佈級噴墨印刷用紙的研製。原則上顏料與粘著劑的比率為100: 10，再配合部分修飾劑(表面處理劑之添加量以對粘著劑而言)調整成塗佈顏料。

Table 1. Formula of coating pigment¹⁾

	Binder and additives	Ratio ²⁾
I	Polyurethane, cationic starch	100: 10: 2: 0
II	Polyurethane, cationic starch	100: 15: 2: 0
III	PVA, cationic starch	100: 10: 2: 0
IV	PVA, cationic starch, DM20A	100: 10: 2: 0.2
V	Starch, cationic starch	100: 10: 2: 0
VI	Starch, cationic starch, DM20A	100: 10: 2: 0.2
VII	Starch/PVA, cationic starch	100: 10: 2: 0
VIII	Starch/PVA, cationic starch, DM20A	100: 10: 2: 0.2

¹⁾ Pigment: 1. silica and colloid silica; 2. SiO₂/CaCO₃; SiO₂/Clay.

²⁾ Ratio = pigment: binder: cationic starch: minor additives.

(四)噴墨印刷用紙之紙張基本性質評估

將市售及自製之各種噴墨印表紙置於相對溼度65%，溫度20°C的恆溫恆溼控制室內調溼24 h以上，測試其物理強度、光學、表面等各項性質。評估項目如下：1.物理性質包括(1)抗張強度指數、(2)撕裂強度指數、(3)破裂強度指數、(4)耐摺力等。2.表面性質包括(1)表面強度、(2)平滑度、(3)白度、(4)不透明度等。3.其他性質如(1)上膠度、(2)Cobb抗水度、(3)紙張酸鹼度、(4)灰份。

(五)塗佈彩色噴墨紙之印刷性質評估：本試驗採用Canon BJC-7000印表機做為印刷試驗機，進行以下各項性質之評估。

1.色濃度(Color density)

色濃度之測試，將市售及自製之噴墨專用印表紙，於電腦上以Coreldraw 8.0中文版軟體，各列印100, 75, 50, 25%之cyan-magenta-yellow-black (C-M-Y-K)四種色階之滿版色塊，以測色儀(Gretag Macbeth D19C)測得其色濃度值，比較各種紙樣間的印刷差異性。

2.網點擴散(Dot diffusion)

以測色儀(Gretag Macbeth D19C)測定各紙樣(市售及自製紙)，於不同色階下，25, 50, 75%時之網點面積。計算網點擴散率來判定網點擴散的程度。

3.印刷反差(Print contrast)

印刷反差主要是在測試印刷品在暗部的反差，其所代表的意義是在暗部表現層次的的能力。在印刷控制時印刷反差也用來做為油墨是否過量與網點擴張是否過高的一種指標。測量C-M-Y-K各色滿版及75%時之色濃度並依下式計算其印刷反差(Ma 2000)。

$$\% \text{ Print contrast} = (D_s - D_{75}) / D_s \times 100.$$

D_s: 滿版時之色濃度，D₇₅: 75%版時之色濃度；

(六)其他應用性質之評估

1.抗黏著性

將噴墨印表紙置入投影片夾中，施以5 g/cm²壓力之荷重，於溫度25±2°C相對溼度65±5%環境下靜置48 h後，視紙張間是否黏著。

2.印刷後之耐水性

(1)滴水試驗：先測得紙樣C-M-Y-K四色滿版之CIE L*a*b*值，將色塊裁切開來，分別固定於角度為45°之斜板上，以250 mL蒸餾水置於分液漏斗中進行沖滴(注意需蓋過整個色塊)，取下以吸水紙移除多餘水分晾乾，調濕後，測量其滴水前後色濃度之變化並計算其色差。

(2)泡水試驗：先測得紙樣C-M-Y-K四色滿版之CIE L*a*b*值，將色塊裁切開來，分別將整個色塊完全浸入150 mL蒸餾水中(使用250 mL燒杯，以能蓋過整個色塊為原則)，計時5 min，取出晾乾，調濕後，測量其滴水前後色濃度之變

化並計算其色差。

結果與討論

一、市售噴墨印表紙之物理性質

本試驗測試各品牌之噴墨印表紙的物理強度，以做為未來自製噴墨印表紙之參考。檢測一般市售各型噴墨印表紙的物理性質，如Table 2所示各廠牌之市售彩色噴墨印刷用紙之性質。基重有很大的差異，介於75~100 g m^{-2} 之間，縱向引張指數、耐摺力等物理強度亦顯示相當程度之差異，抗張強度介於28.1~51.3 Nm^2g^{-1} 之間，破裂指數介於1.16~3.23 $\text{kpm}^2\text{g}^{-1}$ 之間，撕裂指數介於5.07~7.30 $\text{mNm}^2\text{g}^{-1}$ ，耐摺強度介於14~178次。由以上結果顯示紙張的物理強度並非重要因子，只要到達某一基本條件以上即可應用為彩色噴墨用紙。除此之外，高解析度紙張顯示縱橫之差異較小，顯示有較均勻之特性，此性質應較強度性質更為重要。

二、市售噴墨印表紙之光學及表面性質

在光學及表面性質方面，如Table 3所示，市售彩色噴墨用紙的白度介於82.7~92.4% ISO，及不透明度介於87.6~96.4%均維持在高水

準，其餘各性質(上膠度、平滑度、表面強度、吸水度等)均各有相當差異，如上膠度以C與L試樣顯示二種品牌較低，僅有4至7 s，但I試樣則有54 s，這種差異可能與各廠牌所用墨水的不同而有高幅度的差異。pH值則從酸性至中鹼性皆有，灰分量差距亦相當大，低則從7.6%高到30%，顯示隨廠牌之塗佈配方中的顏料的用量不同而有極大的差別。表面強度同樣有極大的差距，究其主因是採不同原紙、不同黏著劑及不同顏料、不同加工條件、並配合不同印刷印表機及印刷油墨導致不同的表面性質(如平滑度等)，而以等性質調整對油墨或水分的吸收特性。因此表面性質雖是重要因子，但需考慮其他應用或操作變數一一調整，才能發揮高品質的印刷效果。

三、市售噴墨印刷用紙的印刷表現

目前沒有一特定的方法用來評估彩色噴墨印刷用紙的印刷性質，最常用來評估噴墨用紙的方法是評估紙張對油墨的吸收量及吸收速度與網點分析(Kojima 1989, Lee et al. 2001)，用這些方法評估在幾個微秒時油墨的吸收量及吸收速度，即時量得也很難測出其與印刷品質之關係。

Table 2. Physical properties of commercial color ink-jet papers

Sample	Dry B. W. (g m^{-2})	Tensile index (Nm^2g^{-1})	Tearing index ($\text{mNm}^2\text{g}^{-1}$)	Burst index ($\text{Kpam}^2\text{g}^{-1}$)	Folding endurance (D. Folds)	Paper rank
Base paper	75.3	50.4	7.16	7.90	46.5	
A	84.0	58.9	6.63	7.20	178	
B	80.6	39.4	6.60	6.89	25.5	≤ 360 DPI
C	109	29.4	6.27	4.20	14.5	
D	75.8	37.6	6.33	6.66	16.6	
E	75.1	43.4	6.27	6.10	19.0	
F	82.9	51.3	6.26	6.45	58.0	
G	101	47.4	5.80	5.38	81.0	
H	97.5	44.3	5.05	5.13	51.0	
I	100	28.1	5.40	5.70	11.0	
J	82.8	53.6	6.09	6.32	60.0	> 360 DPI
K	75.8	48.8	5.07	5.18	44.5	
L	84.6	36.3	6.28	6.38	12.5	
M	87.0	42.4	7.30	7.85	71.0	
N	100	49.8	5.76	5.53	91.5	

Table 3. Optical and surface properties of market ink-jet papers

Sample	Brightness (% ISO)	Opacity (%)	Stockigt sizing degree (s)	Smoothness (s)	pH	Ash (%)	Dennison wax test coated	Cobb.abso. (gm ⁻²) coated
Base paper	84.5	87.6	28.3	28.4	8.5	9.65	18	17.5
A	89.3	90.9	30.5	18.2	7.5	9.52	11	31.6
B	89.7	91.8	11.2	64.7	8.3	19.5	8	34.3
C	86.5	96.4	3.70	207	8.2	30.2	7	91.3
D	82.7	89.9	14.2	48.9	4.9	7.62	10	26.8
E	82.7	94.5	42.7	47.3	6.2	11.1	15	13.5
F	91.7	89.5	38.9	42.5	4.8	12.2	6	28.4
G	90.8	94.3	44.6	56.9	7.9	21.6	8-9	44.3
H	89.6	93.8	9.70	77.0	7.9	24.2	23	52.6
I	92.4	94.4	54.8	79.9	7.7	18.5	5	47.6
J	90.9	88.9	42.2	41.6	4.9	11.4	7	26.2
K	87.7	90.0	20.6	49.6	8.0	19.5	7	35.5
L	89.8	93.8	7.40	66.8	5.4	13.2	6	45.8
M	88.8	92.0	45.6	44.0	7.7	15.5	7	32.2
N	90.8	94.4	45.2	57.4	7.8	22.3	7	44.4

在印刷品質的監控中有幾個與濃度有關的數值如滿版濃度，網點擴散，印刷反差，油墨疊印等用來監測油墨與紙張之間的互動關係。因此在進行噴墨印表用紙的印刷評估上採用前三項做為評估之標準(Ma 2000)。

(一)色濃度分析

市售及自製彩色噴墨印表紙進行青藍色(cyan, C)、洋紅色(magenta, M)、黃色(yellow, Y)及黑色(black, K)四色的色塊印刷，C-M-Y-K四色的色濃度，依印表機不同而有些微的差異。將市售紙測得前50%紙張之色濃度值的平均值，高標準值，全部市售紙之印墨濃度值的平均值為低標準值，並將各紙樣加以分等。一般而言，評估彩色印刷用紙之色濃度值為C, M, K \geq 1.30, Y \geq 0.73，即可符合應用之要求，色濃度值愈高印刷效果愈佳。Table 4中顯示所有市售紙均能通過0.73之基本值，並通過青藍及黑色之基本值1.30，於洋紅則有些紙樣無法通過基本要求。市售紙色濃度四色C-M-Y-K的高標及均標分別依序為1.48, 1.33, 0.99, 1.54及1.62, 1.44, 1.08, 1.67。

(二)網點擴散率評估

Table 5為市售紙之網點擴散的程度，分

別設定網點面積為75, 50, 25%後以印表機列印後，再由儀器測出其印墨面積，由所測出面積除以設定網點面積即可得網點擴散值。C-M-Y-K四色的測定值，因各色墨水不同稍有差異但極為接近，故以四色之平均值表示之。表中顯示市售產品中在不同網點面積設定率下，印刷時各種紙張均顯示在紙面積設定率下網點擴散的情形。低階紙樣(360 dpi以下)除E紙樣外，具有較大的網點擴散率，E紙樣之色濃度表現不佳，但其網點擴散率很小，其主要原因為其有相當低的吸水度，事實上為減少網點擴散而加強吸水性的控制並不是好的方法，如何調整吸水性與網點擴散率才能得到好的印字品質。

(三)印刷反差

Table 6為市售紙的印刷反差。C-M-Y-K各色之印刷反差時，顯示儘有少許部分能超過平均值，顯示其對印刷品的表現層次的能力。E, J, M, N試樣顯示有較佳之印刷反差。

四、實驗室彩色噴墨印刷用紙之研製

(一)粘著劑與表面改善劑對噴墨印表紙表面性質之影響

不同接著劑(starch, PU, PVA, SMA)單獨

使用或配合使用(澱粉/PVA)，在表面改善劑或交聯助劑(DM 20A等)的使用與否，並改變其塗佈顏料純二氧化矽，或配合碳酸鈣或白土所塗

佈出噴墨印刷用紙紙張之表面性質如Table 7所示。平滑度大幅提高至原紙的3-4倍，表面強度則因塗佈而降低。PVA及SMA接著劑的紙樣有

Table 4. Color density of various commercial color ink-jet printing papers

Paper sample	Ranking	Color density			
		Cyan	Magenta	Yellow	Black
A	≤ 360 DPI	1.69	1.39	0.92	1.58
B		1.17	1.13	0.90	1.40
C		1.64	1.40	1.09	1.67
D		1.68	1.40	1.10	1.70
E		1.60	1.46	1.13	1.68
F	> 360 DPI	1.56	1.36	0.94	1.55
G		1.64	1.52	1.03	1.64
H		1.67	1.52	1.12	1.78
I		1.67	1.43	1.03	1.64
J		1.38	1.23	0.94	1.32
K		1.69	1.53	1.11	1.78
L		1.78	1.45	0.96	1.68
M		1.45	1.13	0.94	1.41
N		1.18	1.13	0.75	1.24
Total average		1.48	1.33	0.99	1.54
Upper 50% average		1.62	1.44	1.08	1.67

Table 5. Degree of dot diffusion of market color ink-jet printing papers

Paper Sample	Paper Rank	Dot diffusion		
		75%	50%	25%
A	≤ 360 DPI	1.27	1.49	1.66
B		1.22	1.35	1.49
C		1.26	1.40	1.47
D		1.25	1.42	1.52
E		1.21	1.42	1.61
F	> 360 DPI	1.25	1.44	1.59
G		1.27	1.51	1.76
H		1.26	1.48	1.68
I		1.27	1.47	1.62
J		1.18	1.31	1.38
K		1.26	1.50	1.67
L		1.25	1.45	1.58
M		1.20	1.37	1.50
N		1.15	1.33	1.53
Total average		1.30	1.58	1.85
Upper 50% average		1.28	1.52	1.71

Table 6. Print contrast of market color ink-jet printing papers

Paper sample	Print contrast			
	Cyan	Magenta	Yellow	Black
A	21.47	21.32	25.56	11.95
B	25.00	24.11	26.44	34.68
C	27.88	27.27	28.04	20.81
D	24.53	25.35	27.78	18.93
E	30.26	36.05	39.05	33.97
F	24.03	23.48	27.96	22.22
G	22.02	23.33	22.55	24.12
H	25.15	26.80	26.36	26.70
I	22.89	19.58	26.00	12.20
J	30.16	35.25	37.63	31.82
K	27.22	25.83	26.36	27.84
L	27.01	24.48	28.42	17.65
M	30.03	30.59	34.17	29.79
N	29.91	30.93	36.33	32.06
Total average	21.38	20.80	24.78	20.76
Upper 50% average	25.71	24.94	27.05	27.81

Table 7. Surface properties of lab-made ink-jet printing papers¹⁾

Coating Pigment ²⁾	Coating binder	Stöckigt sizing degree (s)	Bekk Smoothness (s)	Dennison wax test (No)
A	PU	28.9	93	10
A	PVA+DM20A	28.1	127	9
A	Starch+DM20A	31.4	88	9
A	Starch/PVA+DM20A	30.5	115	10
B	PU+DM20A	42.1	176	8
B	PVA+DM20A	44.9	114	16
B	SMA+DM20A	44.4	151	13
B	Latex+DM20A	36.8	88	9
C	PU+DM20A	40.5	122	8
C	PVA+DM20A	38.6	100	9
C	SMA+DM20A	45.5	121	16
C	Latex+DM20A	35.6	133	12
D	PU+DM20A	27.6	128	20
D	PVA+DM20A	29.0	109	18
D	SMA+DM20A	33.1	161	20
D	Latex+DM20A	27.9	178	20
Base paper	none	28.3	28.4	18

¹⁾ Coating pigment: Binder: Cationic starch: DM20A = 100: 10: 2: 0.2 (by weight).

²⁾ (A) Silica/Colloidal silica = 9: 1; (B) Silica/CaCO₃/Clay = 5: 3: 2; (C) Silica/CaCO₃ = 5: 5; (D) Silica/Clay = 5: 5.

最佳的平滑度，其次為PU，澱粉接著劑者為最低。在表面改善劑添加下，紙張平滑度有明顯改善，不同助劑對不同黏著劑有不同之改善，但添加助劑組上膠度及表面強度則有些微的下降。接著劑配合使用(澱粉/PVA)的紙張平滑度介於兩者之間，顯示可依照需求，製造成本及產品性質可以做適當的調整。

原則上以上之各粘著劑均可適用，只要有適宜的顏料配合。

(二)實驗室製彩色噴墨印表紙之印刷表現

1. 色濃度的評估

Table 8為固定顏料為二氧化矽：膠羽狀二氧化矽 = 9: 1時，以PVA, PU, 澱粉，澱粉/PVA為粘著劑時所得成品印色後色濃度值。以PVA粘著劑則有最高之色濃度值，且顯示各組之色濃度除黃色外均能或接近市售紙的平均值。改變顏料為50%為碳酸鈣/白土，碳酸鈣、白土則其色濃度值有明顯的下降(Table 9)。在PVA為粘著劑的條件下若改變二氧化矽為較細粒徑之X-37B顯示有明顯的色濃度改善效果。在研製100%二氧化矽添加組藍、洋紅、黑色之色濃度能達高標之水準，唯黃色無法達到，假使以碳酸鈣置換則其黃色的色濃度可明顯的提升(Table

Table 8. Color ink-jet printing evaluation by color density of different formulations¹⁾

Coating binder	Color density			
	C	M	Y	K
PVA	1.62	1.27	0.83	1.51
PVA (2DM20A) ²⁾	1.72	1.35	0.86	1.54
PU	1.52	1.21	0.81	1.40
Starch	1.49	1.21	0.84	1.39
Starch (2DM20A)	1.72	1.37	0.87	1.54
Starch/PVA = 1: 1	1.56	1.21	0.87	1.38
Starch/PVA = 1: 1 (2DM20A)	1.68	1.33	0.90	1.50
Total average from market papers	1.48	1.33	0.99	1.54
Average of upper 50% from market papers	1.62	1.44	1.08	1.67

¹⁾ A-200 Silica: Colloidal silica = 9: 1. coating pigment: binder: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

²⁾ Percent on binder.

Table 9. Color ink-jet printing evaluation by color density of different formulations¹⁾

Coating binder	Silica/CaCO ₃ /Clay =				Silica/CaCO ₃ =				Silica/Clay =			
	5: 3: 2				5: 5				5: 5			
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	C	M	Y	K
PVA	1.18	0.95	0.68	1.09	1.27	1.02	0.79	1.15	1.26	1.02	0.74	1.09
PVA (DM20A)	1.35	1.09	0.77	1.25	1.40	1.13	0.83	1.21	1.25	1.01	0.76	1.11
Latex (DM20A)	1.39	1.08	0.80	1.21	1.37	1.04	0.78	1.17	1.28	0.96	0.74	1.06
PU	1.30	0.99	0.72	1.17	1.36	1.02	0.77	1.11	1.27	1.04	0.76	1.10
SMA	1.20	0.91	0.72	1.08	1.25	0.98	0.82	1.07	1.18	0.98	0.79	1.04
SMA (DM20A)	1.26	0.96	0.75	1.13	1.45	1.11	0.87	1.20	1.27	1.00	0.80	1.09
T. Avg. ²⁾	1.48	1.33	0.99	1.54	1.48	1.33	0.99	1.54	1.48	1.33	0.99	1.54
U. Avg. ²⁾	1.62	1.44	1.08	1.67	1.62	1.44	1.08	1.67	1.62	1.44	1.08	1.67

¹⁾ Coating pigment: binder: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

²⁾ T. Avg.: total average from market papers. U. Avg.: average of upper 50% from market papers.

10)。

Table 9為各種塗佈配方之差異時，如粘著劑固定以碳酸鈣或白土取代50%二氧化矽時其紙張之色濃度較100%二氧化矽組沒有明顯的下降。雖各種接著劑添加交聯助劑，色濃度值均會增加。若塗佈配方使用Silica/CaCO₃/Clay = 5: 3: 2及Silica/CaCO₃ or Clay = 5: 5作交叉分析，整體上以Silica/CaCO₃ = 5: 5配比之色濃度值較高。Table 6改變二氧化矽，且不添加膠羽狀二氧化矽，色濃度值明顯改善尤其是X-37B，其原因可以推定為X-37B之二氧化矽粒子具有多種形

狀，有助於改善顏料之反射而改善其色濃度。

2. 網點擴散之評估

Table 11為實驗室自製紙的網點擴散值，改變所用之黏著劑固定顏料為二氧化矽：膠羽性二氧化矽=9: 1，純粹以聚脲樹脂、澱粉、聚乙烯醇或熱變性澱粉之單獨接著劑而配合表面改善劑者均顯示較差之結果顯示粘著劑對影響擴散不明顯。Table 12所示為PVA, PU, latex, SMA等粘著劑配合顏料等之網點擴散值能達市售紙的水準。Silica/CaCO₃/Clay = 5: 3: 2。Table 13

Table 10. Color ink-jet printing evaluation by color density of different formulations¹⁾

Paper sample (pigment)	Color density			
	C	M	Y	K
Finsil X-37B	1.85	1.47	0.76	1.85
Finsil X-37B/CaCO ₃ = 1: 1	1.52	1.26	1.26	1.38
Finsil X-37B (2DM20A)	1.83	1.49	0.77	1.79
Finsil X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (2DM20A)	1.53	1.29	1.29	1.40
Total average from market papers	1.48	1.33	0.99	1.54
Average of upper 50% from market papers	1.62	1.44	1.08	1.67

¹⁾ Coating pigment: PVA: Cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

Table 11. Dot diffusion of color ink-jet printing papers using different binders¹⁾

Coating binder	Dot diffusion		
	75%	50%	25%
PVA	1.31	1.78	1.92
PU	1.31	1.78	1.92
Starch	1.31	1.78	2.00
Starch/PVA=1: 1	1.32	1.74	1.84
Total average from market papers	1.30	1.58	1.85
Average of upper 50% from market papers	1.28	1.52	1.71

¹⁾ A-200 Silica: Colloidal silica = 9:1. Coating pigment: PVA: Cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

Table 12. Comparison of dot diffusion of color ink-jet printing papers with different binders

Coating binder	Silica/CaCO ₃ /Clay = 5: 3: 2			Silica/CaCO ₃ =5: 5			Silica/Clay=5: 5		
	75%	50%	25%	75%	50%	25%	75%	50%	25%
PVA	1.27	1.51	1.69	1.29	1.60	1.81	1.29	1.57	1.82
Latex	1.28	1.71	2.05	1.29	1.55	2.07	1.29	1.67	1.99
PU	1.28	1.67	1.98	1.29	1.70	2.01	1.30	1.70	2.02
SMA	1.29	1.69	1.99	1.66	1.31	1.69	1.30	1.59	1.84
T. Avg. ¹⁾	1.30	1.58	1.85	1.30	1.58	1.85	1.30	1.58	1.85
U. Avg. ¹⁾	1.28	1.52	1.71	1.28	1.52	1.71	1.28	1.52	1.71

¹⁾ T. Avg.: total average from market papers. U. Avg.: average of upper 50% from market papers.

為改變不同二氧化矽形態之測試結果，所得網點擴散結果均超過市售紙之高標準。

3. 印刷反差的評估

顏色之深淺反差是彩色印刷中重要之因

素，由測試在暗部的反差，其所代表的意義就是在暗部表現現層次的的能力。多數市售紙之反差性質均未能通過高標準，Tables 14, 15為顯示以不同顏料、不同黏合劑、不同助劑製備下紙張之印刷反差，PVA黏合劑顯示有較佳反差，

Table 13. Dot diffusion of color ink-jet printing papers by using different types of SiO₂ and CaCO₃¹⁾

Coating pigment	Dot diffusion		
	75%	50%	25%
Finsil-X-37B	1.29	1.46	1.40
Finsil-X-37B/CaCO ₃ =1: 1	1.28	1.46	1.44
Finsil-X-37B/pcc=1: 1 (2DM20A)	1.28	1.48	1.44
Finsil-X-37B/CaCO ₃ =1: 1 (2DM20A)	1.28	1.48	1.44
Total average from market papers	1.30	1.58	1.85
Average of upper 50% from market papers	1.28	1.52	1.71

¹⁾ Coating pigment: binder: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

Table 14. Print contrast of color ink-jet printing papers with different types of binders¹⁾

Coating binder	Printing contrast			
	C	M	Y	K
PVA	14.97	13.95	20.00	13.64
PVA (2DM20A)	21.22	19.57	26.14	9.62
PU	9.74	13.01	19.51	11.03
Starch	13.07	11.48	16.67	8.03
Starch (2DM20A)	9.25	11.51	22.22	7.64
Starch/PVA = 1: 1	13.29	13.60	19.54	9.22
Starch/PVA = 1: 1 (2DM20A)	13.37	11.19	20.88	7.95
Total average from market papers	21.38	20.80	24.78	20.76
Average of upper 50% from market papers	25.70	24.94	27.05	27.81

¹⁾ A-200 Silica: Colloidal silica = 9: 1. Coating pigment: binder: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

Table 15. Print contrast of color ink-jet printing papers with different binders

Coating binder	Silica/CaCO ₃ /Clay = 5: 3: 2				Silica/CaCO ₃ = 5: 5				Silica/Clay = 5: 5			
	C	M	Y	K	C	M	Y	K	C	M	Y	K
	PVA	15.3	14.9	21.1	12.2	9.20	6.00	27.3	8.40	4.80	8.00	15.8
Latex	12.7	11.0	18.3	6.50	7.30	10.3	15.1	9.00	10.3	9.70	9.90	4.80
PU	11.1	15.2	15.3	13.5	7.20	10.7	22.4	7.90	7.90	7.80	11.7	7.80
SMA	8.40	4.30	11.1	9.90	8.90	6.30	8.90	9.20	11.1	12.6	15.0	8.90
T. Avg ¹⁾	21.4	20.8	24.8	20.8	21.4	20.8	24.8	20.8	21.4	20.8	24.8	20.8
U. Avg ¹⁾	25.7	24.9	27.1	27.8	25.7	24.9	27.1	27.8	25.7	24.9	27.1	27.8

¹⁾ T. Avg.: total average from market papers. U. Avg.: average of upper 50% from market papers.

在助劑存在下則更有改善效果。碳酸鈣、白土等的添加組反差更呈下降的趨勢。Table 16為改變二氧化矽的粒徑及形態並去除小粒子之膠羽狀之二氧化矽而改善了反差。甚至在50%沉澱碳酸鈣取代二氧化矽的應用其反差效果仍可達到市售的高標準。在表面助劑DM20A的添加組更顯示高度的印刷反差效果。

五、其他性質的評估

(一)滴水試驗

滴水試驗是模擬印刷後之噴墨印表紙遭水濕後顏色脫落的情形。市售噴墨印表紙滴水試驗之結果，除了A, B兩組外，其餘紙樣之色差值皆小於3，顯示A, B試樣為非防水級，而其餘為防水產品。檢討前述有較佳印刷性質的配

方即採用PVA做為粘著劑，並以二氧化矽為顏料之配方進行滴水測試。在沒有添加交聯助劑DM20A之配方中顯示紙樣未防水但添加交聯助劑後則帶有防水性，但其防水性不若市售紙張 (Table 17)。Table 18則顯示添加1%硫酸鋁做為固色劑或陽性高分子C-PAM, C-DADMAC則紙張帶有防水性質。

(二)泡水試驗

泡水試驗是將紙樣上C-M-Y-K四色塊分別浸入蒸餾水中，5 min後取出晾乾，測其前後顏色的變化色差(ΔE)。一般防水級的噴墨印刷紙之標準為紅(M)、藍(C)色差值 ≤ 5 ，而黃(Y)、黑色(K)之色差值 ≤ 10 ，用以測出噴墨印表紙之印刷耐水性。市售噴墨印表紙泡水試驗之結果，除了A, B兩組外，其餘紙樣皆具有良好之

Table 16. Print contrast of color ink-jet printing papers using different types of SiO₂ and CaCO₃¹⁾

Coating pigment	Printing contrast			
	C	M	Y	K
Finsil-X-37B	36.17	29.93	34.21	25.56
Finsil-X-37B/CaCO ₃ = 1: 1	14.65	17.32	27.59	20.98
Finsil-X-37B (2DM20A)	41.08	28.86	32.91	32.07
Finsil-X-37B/pcc=1: 1 (2DM20A)	25.87	16.00	27.06	17.86
Finsil-X-37B (2DM20A+500ppmOBA)	39.78	28.38	32.47	29.12
Total average from market papers	21.38	20.80	24.78	20.76
Average of upper 50% from market papers	25.70	24.94	27.05	27.81

¹⁾ Coating pigment: PVA: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

Table 17. ΔE of printed color of ink-jet paper after water dropping

Coating pigment ¹⁾	ΔE			
	C	M	Y	K
Finsil-X-37B	43.50	10.40	15.70	18.20
Finsil-X-37B/CaCO ₃ = 1: 1	40.20	10.60	15.90	8.70
Finsil-X-37B/pcc = 1: 1 (2DM20A) ²⁾	3.11	1.92	2.13	1.54
Finsil-X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (2DM20A)	3.53	5.43	3.64	5.50
Finsil-X-37B/pcc = 1: 1 (10DM20A)	0.82	2.31	0.73	0.51
Finsil-X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (10DM20A)	0.84	1.30	2.30	0.72
Total average from market papers	1.81	2.19	1.57	0.93
Average of upper 50% from market papers	0.50	0.98	0.94	0.46

¹⁾ Coating pigment: PVA: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

²⁾ Percent on binder.

Table 18. ΔE of printed color block of ink-jet paper with alum or cationic polymer in pigment after water dropping

Paper sample ¹⁾	ΔE			
	C	M	Y	K
100% X-37B (1%Alum) ²⁾	0.99	2.07	1.05	0.53
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%Alum)	0.76	2.07	1.45	0.08
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%C-PAM)	0.42	1.69	3.30	0.64
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (5%C-PAM)	0.44	1.62	1.05	0.24
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%DADMAC)	0.73	1.95	1.33	0.27
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (5%DADMAC)	0.64	1.53	0.76	0.24
Total average from market papers	1.81	2.19	1.57	0.93
Average of upper 50% from market papers	0.50	0.98	0.94	0.46

¹⁾ Coating pigment: binder: cationic starch: DM20A = 100: 10: 2: 0.2 (by weight).

²⁾ Percent on binder.

Table 19. ΔE of printed color block of ink-jet paper with different coating pigments after immersion in water

Coating pigment ¹⁾	ΔE			
	C	M	Y	K
Finsil X-37B	56.40	14.40	16.20	27.50
Finsil X-37B/CaCO ₃ = 1: 1	44.80	14.00	14.20	18.30
Finsil X-37B/pcc = 1: 1(2DM20A) ²⁾	4.10	5.23	5.77	4.12
Finsil X-37B/CaCO ₃ = 1: 1(2DM20A)	5.81	7.92	5.04	6.42
Finsil X-37B/pcc = 1: 1(10DM20A)	0.82	2.13	1.81	0.73
Finsil X-37B/CaCO ₃ = 1: 1(10DM20A)	0.70	3.92	2.52	1.63
Total average from market papers	5.84	4.05	1.76	1.91
Average of upper 50% from market papers	0.56	1.47	1.01	0.80

¹⁾ Coating pigment: PVA: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

²⁾ Percent on binder.

Table 20. ΔE of printed color block of ink-jet paper with alum or cationic polymers in pigment after immersion in water

Coating pigment ¹⁾	ΔE			
	C	M	Y	K
100% X-37B (1%Alum) ²⁾	0.67	3.10	0.46	0.46
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%Alum)	0.18	6.57	1.40	0.19
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%C-PAM)	0.47	5.19	1.92	0.52
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (5%C-PAM)	0.42	4.33	0.77	0.28
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (1%DADMAC)	0.49	5.72	0.99	0.24
X-37B/CaCO ₃ = 1: 1 (5%DADMAC)	0.62	4.87	0.69	0.27
Total average from market papers	5.84	4.05	1.76	1.91
Average of upper 50% from market papers	0.56	1.47	1.01	0.80

¹⁾ Coating pigment: PVA: cationic starch: DM20A = 100: 10: 2: 1 (by weight).

²⁾ Percent on binder.

Table 21. Color density and print contrast of formulated lab-made inkjet printing paper¹⁾

Property	Sample	Cyan	Magenta	Yellow	Black
Color density	A	1.63	1.52	0.95	1.69
	B	1.42	1.27	0.94	1.38
Print contrast	A	51.59%	55.70%	49.47%	52.98%
	B	40.85%	44.44%	44.68%	39.86%

¹⁾ A: 100% Finsil X-37B; B: Finsil X-37B/CaCO₃ = 5: 5 (alum: 1% on pigment).
Coating pigment: PVA: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

耐水性，色差變化小於5，應添加了耐水化劑。

同上述之配方所製之紙張進行泡水試驗，結果與滴水試驗相符。顯示自製噴墨印表紙之耐水性良好。(Tables 19, 20)。

(三)抗黏著性之評估

抗黏著性之評估主用於評估塗佈層之安定性，視其配方組成是否會發生黏著之現象。實驗結果市售十四種噴墨印表紙皆無黏著現象，自製之配方也全部通過測試。

六、綜合評估

將自製之各種配方進行綜合評估後，發現在Tables 21, 22中之配方A, B具有優良之印刷性質。不論是印刷色濃度、網點擴散、印刷反差均有優於市售高品質噴墨印表紙之表現。B配方係為降低成本以50%碳酸鈣替換純二氧化矽之配方，其各種性質亦達到高品質。且此二配方之其他性質(如防水性、抗黏著性等)也通過測試。

結論

探討以塗佈法評估以不同接著劑、不同填料塗佈原紙研製高品質彩色噴墨用紙。為同時比較市售14種彩色噴墨用紙之紙張性質及印刷性質。印刷性質由滿版色濃度、網點擴散、印刷反差等諸項印刷性質，綜合本試驗之結果如下：

一、確立以色濃度、網點擴散、印刷反差等評估彩色噴墨用紙印刷品質的方法。

二、以PVA為粘著劑在顏料及粘著劑10：1的配比配合細粒之非晶形二氧化矽做為顏料再配合表

Table 22. Dot diffusion of formulated lab-made inkjet printing paper¹⁾

Sample	75%	50%	25%
A	1.08	1.09	1.10
B	1.13	1.18	1.16

¹⁾ A: 100% Finsil X-37B; B: Finsil X-37B/CaCO₃ = 5: 5 (alum: 1% on pigment).
Coating pigment: PVA: cationic starch = 100: 10: 2 (by weight).

面改善劑可以塗製高印刷品質之彩色噴墨用紙。

三、為了節省塗料成分可以用50%碳酸鈣(濕磨碳酸鈣或沉澱碳酸鈣)取代，印畫品質稍有降低但仍維持在高的水準。

四、添加硫酸鋁或陽離子性高分子於顏料中可以改善印刷面之防水性及部分印畫品質。

引用文獻

Carnahan RD. 1975. Ink droplet printing devices. Tappi J 58(7):82-6.

Iwasa S. 1995. Development of plain paper for electrophotographic and full color ink jet printing. Jpn Tappi Annual Meeting Proceedings. p343-51. [in Japanese with English summary].

Iwamuro Y. 1996. Sizing agent for ink jet printing paper "UniQ-Print 8000". Jpn Paper Technology (7):6-9. [in Japanese with English summary].

Kojima Y. 1989. Inkjet paper. Japan Tappi J 43(12):1-13. [in Japanese with English

summary].

Lyne MB, Aspler JS. 1985. Paper for ink jet printing. Tappi J 68(5): 106-10.

Lee YK, An KH. 2001. Surface characteristics and print quality of inkjet-grade papers. Jpn Tappi J. 55(11): 73-8. [in Japanese with English summary].

Ma LY. 2000. Printability--monitoring of the printing quality. Lec Note, Ind Tech Training

Course, Dev Bur, Ministry Econ. Affairs 2000. Taippi, Taiwan. p167-74. [in Chinese].

Takahashi M, Sato T, Ogawa M. 1988. Development of amorphous silica for ink jet printing paper. Jpn Tappi J 42(10):23-32. [in Japanese with English summary].

Varnell DF. 1998. Paper properties that influence ink-jet printing. Pulp Paper Can p37-42. [in Japanese with English summary].

