

科學圖書大庫

紙張油墨印刷學

譯者 吳宗嶽

科學圖書大庫

紙張油墨印刷學

譯者 吳宗嶽

徐氏基金會出版

譯者序

印刷工業之發達與否，足以代表一國文化之盛衰，而造紙工業更是衡量一國文明之準繩。

我國春秋時仲由造硯、戰國蒙恬造筆、邢氏造墨、東漢蔡倫造紙、五代馮道發明木版印書、北宋畢昇發明活字版，史證確鑿，堪以自豪。而今墮落人後，急起直追，識者早引為當務之急。

造紙與製墨均為化學工業之一環，而印刷合紙、墨、機器、製版而為綜合運用，以鮮涉及工程原理，故百餘年來祇云印刷術而不云印刷學者以此。近三十年來，歐美學者輩出，利用高深數學、理化原理，對紙張、油墨與印刷之關係，即所謂印刷適性者，多所研究與闡揚，浸假成為獨立科學，使印刷及其相關工業，衝出工藝藩籬，呈現未來發展之新領域。

著者市川家康，以學者身份從事印刷事業多年，為日本印刷學界之翹楚，夙具盛譽。譯者於一九五八至一九六〇年間奉派日本專攻印刷油墨時，相與介識，切磋砥礪，懽若平生。一九六八年春，亞洲印刷會議在台召開，異地重逢，百端感觸。一九六七年譯者受聯合國選拔，赴歐洲英、荷等國考研油墨；一九六九年以還，應聘在美從事油墨研究，聞見所及，深感歐美近數年研究成果，尚不出市川先生著論範疇，乃於公餘之暇，將此書逐譯以饗國人，對我國貧乏之印刷學界，或不無他山之助也。

吳宗嶽 序於美國

自序

紙是中國後漢和帝時（公元 105 年）蔡倫所發明，不久該項技術由薩拉森人傳入歐洲，進而抄造良質紙張，那是十三世紀末葉的事。這時印刷術的產生實有必要，不久哥登堡發明活字版（1445 年），由是書籍印刷成為商品，同時人類的知識生活，進入新的活潑階段，亦即成為大眾傳播的媒介，開始人類文化史上的革命。印刷術發明後，直至現在，使用的機械、設備、工具、手法，逐漸地並且巧妙地配合、進步，確屬事實，可是基本上依然如故，仍停於術的階段，尚未介入科學或工程學的領域。我國設有有關印刷的研究機構，開設講座之大學，不過千葉大學、東京工業大學，及其他寥寥可數之數處而已。

“印刷不過是集龐大經驗而成的一門學問，技術體系迄未能見諸成立”。這一類話，更不幸是出自我們同業口中，聽來令人氣沮。然而放開眼界觀之，按照物理、化學的基礎，或最新技術的處理，而能得到明快解答的素材，就印刷技術全般來看，真是車載斗量。

我本人曾就油墨製造，稍加研究。嘗聽到印刷技術人員批評“油墨商真是騙人的，說句難聽的話，也不知道是用什麼狗皮藥膏調製的。”然而油墨技術在印刷工程學中可算是最進步的一門。其次，我們應該考慮的是在印刷機上如何能產生精良的印刷，這取決於油墨的性質，紙張的性質，印刷機的狀況、溫度、濕度、版面、印刷技術者的能力等。所以同一油墨，送往不同的兩家印刷公司採用時，甲公司評為好油墨，乙公司可能評為壞油墨，這種論斷，往往近於武斷的主觀，存在不可救的暗影。

然而科學可不能憑主觀的紛紜眾見，應該先從影響印刷物品質的無數要因中，找出真正的原因，作客觀的解析。為此須將各種狀況完全記錄出來，進行分析，改正，而後將客觀的知識一一累積起來，實有必要。在現場一次實驗成功，不必驟下結論，因為這可能是偶然的成功，為了防止下一次試驗的可能失敗，不得不慎重反覆從事。

現在已早不是使用鍊金術從鉛中採金的時代，為期待將來的進步，正為

前面所述，慎重的科學的思考態度最爲重要。科學Science本身並非豪華絢爛的東西，而是有一定的目的與方法，用系統的、客觀的態度，對某一問題作認真徹底、孜孜兀兀的研究。然而紙張、油墨、印刷中，包含對象太廣，要以科學的態度，對全盤加以淺解說明，實在相懸過遠。本書的內容，乃係本人在上述印刷關係的環境中，硬是從ABC開始，親自研討，自問自答，將多年來實驗結果，整理彙編而成。從而與一般印刷、造紙技術書籍比較起來，其性格大異，良非得已。對於無限問題的解說，誠非個人力量所可及，其中掛一漏萬，謬誤錯植，必所不免，尚祈惠予指教，以便今後訂正增補，實所感幸。最後本書得以付梓，對懇切援助的印刷局朝陽會諸位，伊藤良彥氏爲首之印刷局研究所印刷適性研究室小組諸君，以及賜以輕妙插圖之土至田定敏氏，謹致衷誠謝意。

市川家康

1968年7月

序 文

我國古文化的遺產百萬塔陀羅尼，從其刊行年代可知為現存於世界上最古老的印刷品，這是約為一千二百年以前所印製的，而印刷術之變為實用，應較此更早，當無疑義。其後哥登堡氏發明活版印刷術，於今亦五百年，而活版術現今尤呈飛躍進展。

按照過去印刷的歷史比較來說，到最近為止，進步並不算快，甚且有春日遲遲的感覺。其中最大原因，似應歸於過份把重點放置在實用技術方面。所謂手藝的嫺熟程度、經驗年數，在世界各地，皆被普遍地重視，因而妨害了新的知識的輸入。科學在印刷中受到重視乃是近年的事。與近代工學密切接合之印刷工程學與印刷照相工程學一類名稱體系，現在方始進入確立的階段。

另一方面，十餘年來使人驚醒的印刷工業的發展，應用分野的擴張，技術的進步，正與印刷之工程學化同時應運而生，自不能謂為毫無關係相聯。印刷技術與科學相結合，始有今日的昌明與燦爛。如今印刷界技術發展正盛，於名於實，均不愧為近代一大工業，可以得到確切證明。

在上述傾向的時代裏，對於有志印刷人員的養成，其必要之處，應為以科學為基礎的教育方法。

“紙張、油墨、印刷學”的刊行，可謂得其時機，也正是一本良好的教材。本書著者市川家康君，原在東京大學專攻應用化學，自入大藏省印刷局迄今廿餘年，其間曾服務於研究所、生產工廠，技術發展之規劃等部門，現任瀧野川工場長。又曾在印刷、製紙學校擔任技術講座講師，熱心教育，深富經驗。本已有“印刷材料”，“印刷適性”等著作，特別以印刷油墨、印刷適性之專家身份發表之研究論文尤多，談到紙張油墨印刷學，可謂深得其人。

過去有關印刷方面的技術書刊，殆皆偏重於實用技術，讀來枯燥無味，易使初學者興趣索然。本書在進入本題前，先給與最低限度的物理、化學知識，以此為基礎而後進行解說，深入淺出，讀來倍感親切。在說明紙張、油

墨後，在印刷一項，敘述油墨如何從印刷機上轉移於紙張的過程；再研討印刷品品質的評價，從理論上詳細地加以解明，使年青人的向學心獲得充分滿足。讀者為從速了解本書，必須具備一些物理、化學與數學的知識；不過倘缺乏這些預備知識，讀此書後，亦能獲得某些概念。

最後謹對著者市川君之辛勞，表示敬意；同時向努力紙張、印刷關係的教育資料出版的朝陽會，謹致謝意。

大藏省印刷局製造部長

小林榮一

1968年7月

目次

譯者序	
自序	
序文	
寫在本文之前	1
第一編 紙張	7
第一章 紙的素材與性質	7
紙漿的種類	7
纖維的構造	8
纖維素	9
半纖維素的分布	10
叩解的意義	10
第二章 流動學	12
何謂粘彈性	12
彈性變形	13
粘性流動	14
馬克斯威爾模型 Maxwell model	15
所謂緩和現象	16
福克特模型 Voight model	17
聖維南模型 St. Venant model	19
賓漢流動 Bingham's flow	19
多要素模型	20
紙張的流動學	23
第三章 壓縮性與彈力性	23
紙張空隙率之影響	23
與造紙條件有何關係	23

	紙的實例.....	33
第四章	紙張平滑性	36
	各種紙張與平滑性.....	36
	平滑性的測定.....	37
第五章	油墨的受容性	39
	各種紙張與油墨的受容性.....	39
	空隙率.....	40
	哈根拔·包也賽猶爾(Hagenbach Poiseuille)定律.....	41
	毛細管現象.....	41
	路加斯·瓦洗般Rukas & Washburn 公式.....	41
	奧爾生·辟爾Olsson & Pihl公式.....	43
	由透射光之強度測定油之浸透.....	44
	從印刷品反射率測定油墨浸透.....	45
	油墨之浸透速度.....	46
	剛印刷後的油墨浸透.....	48
	塗被紙的油墨吸收.....	49
	塗被紙油墨吸收的機械作用.....	49
	各種紙張與油墨吸收.....	52
	紙之毛細管分布與油墨浸透.....	52
	紙之毛細管分布.....	53
	從反射率測定氣孔量分布.....	54
第六章	紙張之表面強度	58
	表面強度的意義.....	58
	表面強度的分布.....	58
第七章	紙張的吸濕性	61
	纖維與紙的吸濕.....	61
	紙漿的影響.....	61
	叩解等之影響.....	62
	紙的吸濕速度.....	62
	紙張的脫濕吸濕與 Hysteresis.....	63
	紙張的 Hysteresis 與規線.....	64
	紙的縱橫.....	65
問題		67

第二編 油墨	71
第一章 油墨的流動學	71
油墨流動學的現狀	71
第二章 油墨的流動型式	72
牛頓流動	72
膨脹	72
擬塑性流動	73
塑性流動	73
第三章 油墨流動性的測定與測定器	75
毛細管粘度計	75
迴轉粘度計	76
板得 Band 粘度計	86
傾斜板粘度計	87
第四章 觸變性	90
觸變性意義	90
觸變性起因	90
數學的處理(1)	92
數學的處理(2)	94
觸變性之測定	98
觸變性的電氣測定	98
第五章 油墨流動性與媒質及顏料	102
第六章 界面活性劑與油墨流動性	105
第七章 墨絲	109
墨絲的意義	109
墨絲的測定	110
墨絲的長度	112
第八章 粘着度 Tack	114
粘着度的意義	114
史蒂芬定律	114
高速印刷之油墨分裂	114
粘着度的理論(1) 空洞說	115
粘着度的理論(2) 粘彈性說	116

粘着度的理論(3) 中間說	119
粘着度的測定裝置	120
問題	123
第三編 印刷	125
第一章 油墨的轉移	126
印刷機上油墨的功能	126
油墨轉移測定的意義	127
油墨轉移的測定	127
油墨轉移量曲線	129
油墨轉移率曲線	129
油墨轉移方程式	129
油墨被覆抵抗	132
油墨被覆關數之意義	136
油墨流動性與油墨轉移	137
印刷壓力之影響	142
印刷速度之影響	142
印刷機的構造與油墨轉移	143
被印刷面之性質與油墨轉移	143
版材之性質、形狀與油墨轉移	145
溫度濕度之影響	146
橡皮布墨輥與油墨轉移	146
墨輥之脫墨	147
平版印刷與油墨轉移	148
照相凹版印刷與油墨轉移	152
以運動論說明油墨轉移	153
空洞之發生與油墨轉移	158
油墨轉移的動力學說明	160
第二章 墨霧	161
墨霧的發生	161
發生墨霧的各種條件	162
第三章 疊印Trapping	166
疊印的意義	166

	乾式.....	166
	濕式.....	167
	疊印的數量表示.....	168
	疊印的理論.....	169
第四章	剝紙	171
	剝紙現象及其理論.....	171
	印刷速度與剝紙.....	175
	油墨的流動性與剝紙.....	176
	油墨的厚度與剝紙.....	176
	溫度與剝紙.....	176
	紙張性質與剝紙.....	178
	版材、襯紙與剝紙.....	178
	印刷壓力與剝紙.....	181
	版筒的曲度與剝紙.....	181
第五章	油墨之附着	184
	附着結合力的種類.....	184
	油墨與紙張附着.....	186
	塑膠膜金屬箔等之油墨附着.....	187
	油墨之濡濕.....	189
第六章	油墨之浸透	191
	油墨吸收關數.....	191
	油墨之固定化.....	192
第七章	水平 Leveling	193
第八章	油墨的乾燥	194
	油墨的氧化重合.....	194
	乾燥劑的功能.....	196
	給與顏料的乾燥影響.....	196
	溫度與油墨的乾燥.....	197
	濕度與油墨的乾燥.....	197
	紙的氫值與油墨乾燥.....	198
	濕水的影響.....	199
	補給乾燥劑 Feeder dries.....	199
	胺類與乾燥.....	200

蒸發乾燥	200
第九章 白堊化	204
第十章 油墨的透映	205
第十一章 背面映着	206
第十二章 理想油墨的研討	207
乾燥與固着	207
印刷品加熱之當否	207
加熱固着的研究	208
吹放蒸汽	209
紫外線的應用	209
微波乾燥	210
用藥品使起反應	210
油墨勻薄印刷	210
觸變性的効用	211
降低附着能力	212
低粘度成分之過濾	212
水分散型油墨	213
第十三章 墨輥與橡皮布	214
耐油性與持久性	214
油墨之附着與分離情形	218
硬度與彈力性	219
完成的精度	220
最近的傾向	221
問題	224
第四編 印刷品品質	231
第一章 何謂印刷品品質	231
第二章 色	232
第三章 光澤	235
第四章 印刷品的濃度	237
定義	237
庫貝卡 Kubelka 公式	237
印刷品的印刷濃度	239

油墨的透明度.....	240
油墨的被覆力.....	242
第五章 油墨皮膚的均一.....	244
第六章 色調複製Tone Reproduction	248
墨來·戴維斯Murray & Davis公式.....	248
育爾·尼爾遜Yule & Nilson 公式.....	249
內部反射的計算.....	251
色彩複製.....	253
第七章 對比.....	255
貝克Bekk的版面.....	255
油墨與對比.....	255
第八章 各種印刷適性試驗機.....	257
美國GATF剝紙試驗機.....	257
瓦德隆Waldron試驗機.....	258
荷蘭印刷研究所IGT型試驗機.....	258
哈庫勒斯Hercules型試驗機	259
瑞典印刷研究所型試驗機	260
德國FOGRA型試驗機	260
來比錫印刷研究所型試驗機	260
日本印刷局研究所型試驗機	262
校樣機及其他	262
照相凹版印刷適性試驗機	263
印刷適性試驗機可信賴否	263
第九章 印刷品評價.....	266
印刷適性指數	266
統計學之借助	268
問題.....	272
問題解答.....	274
索引.....	287

寫在本文之前

本書內容，雖然包括紙張、油墨、印刷和印刷品質四編，並不是站在紙張與油墨製造的立場從事論斷，而是站在使用的立場，也就是印刷工程的立場予以評述。

因此，紙張、油墨在印刷時的作業適性，實為本書的基本論點；以流動性質為始，作各種必要的物性考察，其次在印刷過程中展開綜合性之研討。

現在先從主要印刷技術方式的要點，加以簡單介紹。

最基本的印刷方式，大別為三種，即凸版、平版與凹版。見圖 1。

凸版印刷是活字、線條、網點等居於版面凸出地方，附着以油墨，將紙張覆上，進行印壓，使油墨轉移紙上的一種方法。

見斷面圖片（圖 2）與擴大圖片（圖 3），便可立即瞭解，即字與點的周圍，受到壓力，產生邊際線 Marginal zone。從背面亦能看出壓力的痕跡給人一種強有力的感覺，此為凸版印刷的特點。現在新聞印刷、雜誌印刷等，均為此種印刷方式之大宗。

凸版印刷紙張自新聞紙、模造紙、銅版紙等均能使用，但如平滑度、壓縮性不足時，則有粗糙不勻之感；又加油之吸收不良時，則滿版部份，呈現斑紋。

油墨須在墨輥充分練延後，能具有從活字或版面轉移的必備粘附。粘度在新聞用墨方面為 1~10 poises，雜誌、原色版（彩色版）及其他一般的凸版墨為 10~500 poises，粘着度測定器 inkometer 之值為 1.5~4.0。

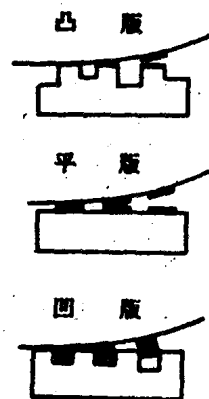


圖 1 三種印刷的基本方式

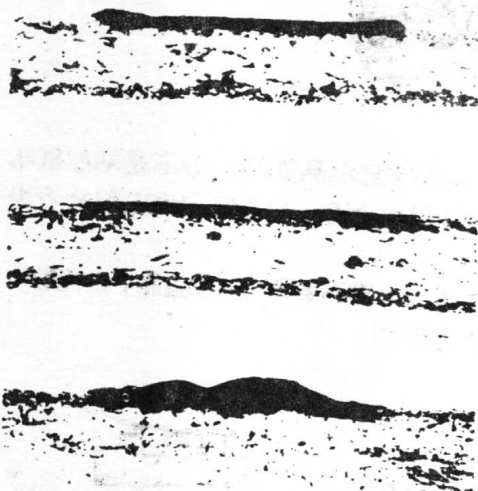


圖2 三種版式印刷品之比較 (放大125倍)

為表示印刷版式的特長，特將印在銅版紙上印刷物之橫切面予以顯微鏡攝影。自上而下為凸版、平版、凹版。

從上圖看出，凸版印刷物畫線的邊緣，油墨皮膜較厚，所謂邊際線 Marginal zone；平版印刷的墨層均勻附着；凹版印刷物的油墨凸出紙面，可以一目了然。

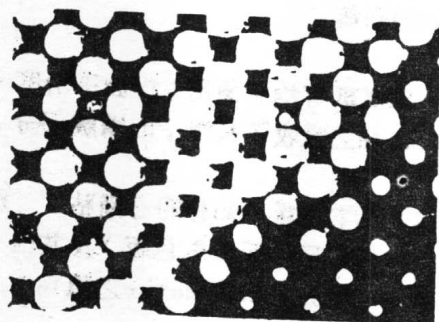


圖3 凸版印刷物 (放大30倍)

平版印刷中，有石版印刷 (Lithographic printing)、平版印刷 (offset printing) 與珂羅版印刷 (Collotype Printing)，其中最主要有力的則為平版印刷 (Offset Printing)。版面係用物理化學的親油性的畫像部，與親水性的非畫像部而製成，乃基於油與水相互反撥的簡單原理而成的印刷方式。用平滑的石版石直接印刷之方式雖仍存在，但版面不能持久，現在皆改用鋅皮版或鋁皮版，於其上磨成精細砂紋，使能保持水分，附着吸收油墨之脂肪性畫像或阿拉伯膠皮膜，水與油墨附着後，一旦轉移至富有彈力的橡皮布上時，便以橡皮布為媒介，轉印於紙上。

從圖2及圖5看來，平版印刷物既沒有明顯的邊際線 (Marginal zone)，背面也沒有壓力的痕跡，乃屬理所當然。更由於從橡皮布表面間接印刷而來，故對於任何粗糙之紙張，油墨皆能均勻附着，是其特長。不過油墨皮膜較薄，比之凸版印刷，顯出不夠雄渾有力。

平印油墨比凸印油墨所需之粘度與粘着力 tack 均大，大體為 100~1000 poises，粘着度 (Inkometer) 值在 9~15 範圍內。更因水與油墨不絕地激烈接觸，故油墨中所含顏料必須不受水或稀酸 (濕水 Fountain Water or Dampening Water) 影響，油墨且不能因水而發生

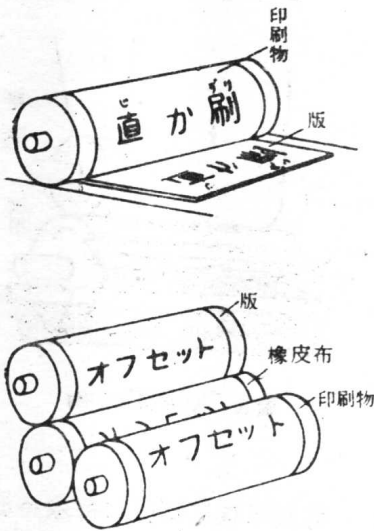


圖4 平版印刷

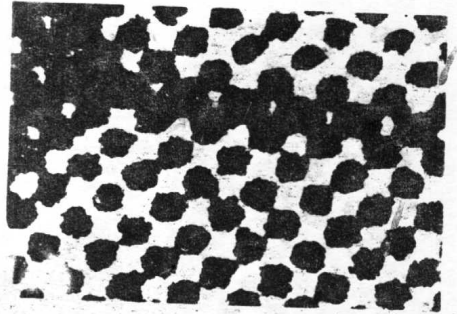


圖5 平版印刷物 (放大30倍)

乳化 (Emulsification) 現象。再者油墨中媒質必須具有充分之粘度與撥水性能。復次平版印刷附着紙面之油墨皮膜甚薄，故需要顏料之着色力大而比例高者，以補救墨膜過薄之缺點。

凹版印刷乃文字與線條、網點在版面凹下處，油墨塗布於版面及凹下處所後，用繒紙、布、輥筒、刀片等將版面之墨拭去，留下凹窪部份的油墨，以此用紙加壓印刷之一種方式。

圖6為雕刻凹版印刷之擴大照片，油膜皮膜厚度達數 10μ ~數 100μ ，以指撫摩，有粗糙凸出感覺。鈔券、股票印刷等多用之，乃為一種最高級印刷。

還有一種凹版印刷，最普通沿用的型式，乃係原稿的濃淡，以不同深度而同樣大小的網點表現之，見圖7。此與其他版式不同而與照片最為近似，有富麗感覺的一種印刷方式。

將照相凹版畫像擴大視之，立即明瞭其特點。文字、線條的邊緣，網點集中之處，有如鋸齒，而具有階調之陰影

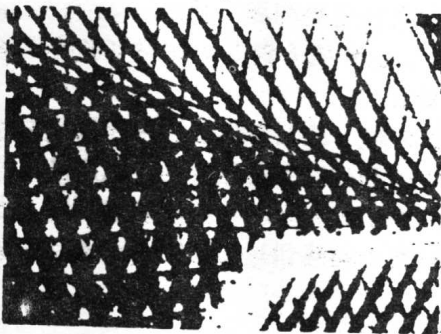


圖6 彫刻凹版印刷物 (放大10倍)