

研究報告**感熱記錄回收紙的再生利用**蘇裕昌^{1,2)} 何振隆¹⁾**摘 要**

感熱記錄紙張於回收再生過程中易產生障礙，其再生處理困難點為抄紙時，紙匹進入乾燥部後，所得紙品，表面易產生低白度及黑色斑點現象，造成再生紙張缺陷，影響紙張品質及應用。本研究係探討感熱記錄紙於再生時產生低白度或黑斑之原因。試驗結果顯示再生處理條件在酸性及高鹼性條件下，尤以酸處理可使所得再生紙提升白度，且白度安定性亦有明顯改善。再生紙漿之醇苯抽出物含量與控制組比較，均有明顯降低(由1.57%降至0.62%)，顯示再生作業時以酸性條件處理，表面塗佈之顯色劑及顏色增感劑已被完全去除，而無色隱性染料裂解產物(酞酸二丁酯dibutyl phthalate)，且其含量與控制組比較減少90%。另外，再生紙之強度性質顯示，在酸性條件處理下所得紙張之抗張強度有些微下降，但耐摺力有提升之現象，破裂強度及綜合強度則沒有明顯變化。醇苯抽出物之GC-MS分析結果顯示市售感熱記錄紙使用三酚甲烷類化合物為無色隱性染料，但經由光氧化或光劣化反應，產生裂解產物dibutyl phthalate；另外，抽出成分也鑑定出顯色劑為4,4'-(1-methyl ethylidene)-phenol (bisphenol A)；顏色增感劑為1-(phenylmethoxy)-naphthalene及直鏈的hexadecanamide等成分。

關鍵詞：感熱記錄紙、顯色劑、顏色增感劑、隱性染料。

蘇裕昌、何振隆。2004。感熱記錄回收紙的再生利用。台灣林業科學19(1):53-61。

Research paper**Thermal Paper Recycling**Yu-Chang Su,^{1,2)} Cheng-Lung Ho¹⁾**【 Summary 】**

The purpose of this study was to resolve the recycling problems associated with thermal paper. When the paper web containing pulp from thermal paper enters the dryer section, low brightness or dark spots will often develop. The cause of the problem is incomplete removal of the coating materials during repulping that leads to color rendering later on. Thus, determining how to remove these substances and improve the brightness and brightness stability of the paper products has become a crucial issue for expanding the proportion of mixed office wastepaper in paper products and extending its range of application. We collected mixed office waste, particularly those containing thermal paper and investigated their treatment conditions during recycling. A gas chromatograph-mass spectrometer (GC-MS) was used to analyze various functional additives

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 Nan-Hai Rd., Taipei 100, Taiwan.

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

2003年8月送審 2003年9月通過 Received August 2003, Accepted September 2003.

in the thermal paper. The results suggested that when in acidic and highly alkaline recycling conditions, the residual coating materials from the wastepaper were markedly reduced compared with the control. The acidic treatment was particularly effective, and produced marked brightness and brightness stability improvement. The color-rendering compounds were absent when in acidic repulping, while dibutyl phthalate (a degradation product of the leuco dye) content was 90% less than that of the control. Thus, the problem of thermal paper recycling can be mitigated by using acidic repulping conditions. Moreover, paper from acidic treatment showed a slight decrease in tensile strength and an increase in tearing strength, while no significance changes were observed in the bursting strength or the total strength index. Among the extractives, GC-MS analyses identified 4,4'-(1-methylethylidene)-phenol (color developer), 1-(phenylmethoxy)-naphthalene and hexadecanamide (color sensitizers), and dibutyl phthalate (a degradation product of the leuco dye).

Key words: thermal paper, color developer, color sensitizer, leuco dye.

Su YC, Ho CL. 2004. Thermal paper recycling. *Taiwan J For Sci* 19(1):53-61.

緒言

近年來森林生態保育、抑制地球溫暖化之環境保護及廢棄物處理等相關問題的發生及法令的規定等，促使世界性廢紙利用運動蓬勃發展。美國及瑞典已立法規定某些紙張必須配合相當比率的再生紙才能上市，以防止世界的森林資源過度砍伐而致枯竭。於台灣廢紙回收方面，因缺乏良好的整理分類體系，使回收紙品良莠不齊，難以發揮最佳的再生效果，雖然回收率已逐年提高，但再生應用範圍有限，僅應用於較次級的紙品，同時有不少紙種回收技術困難，常增加現場操作困難及影響再生紙的品質，進而影響廠商處理再生紙的意願。針對上述問題，研擬本試驗計畫，進行高加工度的資訊用紙如感熱記錄紙(thermal paper)等進行回收處理研究，以期使纖維資源極缺乏的國內產業獲得物盡其用的資源利用效率。

感熱記錄紙係利用熱能方式得以記錄之用紙總稱。現今市面上已有種種不同發色機理之感熱記錄紙。一般而言，感熱記錄紙的製備係指無色隱性染料(leuco dye)配合發色及感熱材料：如：酚系顯色劑(color developer)、顏色增感劑(color sensitizer)等，而這些材料再摩碎成粒徑5 μm以下程度之微粒子狀均勻混合，再於原紙(支持體)上塗布，將其乾燥所得之感熱記錄紙(Hiraishi 1990) (Fig. 1)。無色隱性染料主要架構為三酚甲烷類(triphenylmethane)骨

之化合物(Anonymous 1991)。顯色劑主要為融點在90-200°C的酚性化合物，如：bisphenol A (BPA), para-hydroxybenzoic acid benzyl ester (POB)等，而初期的感熱記錄紙為採用BPA與臘類(paraffin)併用之顯色劑，進而演進為使用融點較低之POB，其可大幅度提升發色感度，但對於圖像或文字會有白化現象，形成保存性之缺點。故若將BPA(融點高、感度低)顯色劑與各種增感劑併用，則可改良感熱記錄紙之感度、保存性之缺點，此系統已發展成目前感熱記錄紙主要的材料成分(Kaneko 1991)。顏色增感劑，常採用高級脂肪酸、醯胺(amide)類及低分子有機化合物，可以用來降低染料與顯色劑的溶解溫度，進而提高發色的靈敏度及顯色之深度(Hiraishi 1990, Kaneko 1991)。顏色

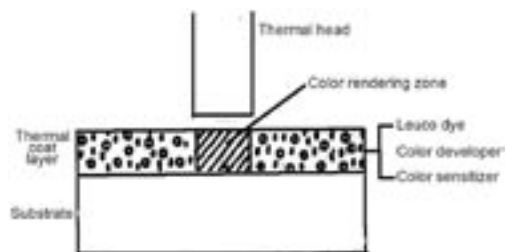


Fig. 1. Illustrative mechanism of color rendering in thermal paper. (Hiraishi 1990)

形成機制為無色隱性染料與顯色劑反應形成黑色，其反應機制如Fig. 2。當發色層接觸到熱源時，無色隱性染料會與顯色劑接觸反應，則會引起分子內發生電子移動，使內酯(lactone)環裂開，形成離子型共振結構，進而顯色，產生色塊或文字，其為一可逆反應(Hongming 1994, Kaneko and Kobayashi 1995)，其形成色塊或文字之後，會因光氧化(photo-oxidation)或光劣化(photodegradation)反應而造成退色(fading)現象(Hiraishi 1990)。

此種紙張於再生時，所產生之問題處為抄紙時，紙匹進入乾燥部後之紙品，表面易產生低白度及黑色斑點(或墨量)之現象，造成再生紙品質之缺陷，影響再生紙之使用(Fig. 3)。究其原因為其原紙上層所塗佈物質或因加熱顯現的色塊或文字，於再生時可能無法完全洗出，致使再生紙表面上產生黑色污點或低白度之現象。本文中擬探討解決此種紙張如何在回收工程中除去此種物質或抑制其變色程度，以改善含感熱記錄紙的辦公室用紙回收使用率及使用之範圍。

材料與方法

一、試驗材料

應用於傳真機、記錄器數字或圖形感熱記錄紙等，本試驗為使用KRONE廠牌出產之感熱記錄紙，經印字後或不印字後，做為試驗材料。



Fig. 2. Reactions of the leuco dye during color rendering. (Hiraishi 1990, Kaneko and Kobayashi 1995).

二、試驗方法

(一)感熱記錄紙的再生

依據在一般的廢紙洗滌法再生作業條件：50°C，漿濃度8%，散漿30 min後，分別為水，pH 3~12 (Su and Sun 1995)等五種的條件進行再生處理。以0.1 N鹽酸，調整漿液的pH值為3、6時，其添加量對回收紙之重量分別為13.0及7.5 ml/g，使用0.1 N的氫氧化鈉調整漿液pH值為9、12，其添加量對回收紙之重量分別為0.3及3.3 ml/g。處理後，依據CNS11212抄製不同處理再生漿之60 gm²手抄紙，再將手抄紙加速劣化(105°C, 24 h)，以評估再生紙的光學性質，如白度、白度安定性及光學三刺激值(CIE L*、a*、b*)，並於最後評估紙張的物理性質，包括：抗張強度(tensile strength)、破裂強度(bursting strength)、撕裂強度(tearing strength)、耐摺力(folding endurance)、綜合強度指數(total strength index)等(Sekine 1961)。



Fig. 3. Dark spots on the surface of a recycled thermal paper handsheet.

1. 白度測定

使用型號為Minolta spectrophotometer CM-2500d之白度計，並依據CNS1466紙漿、紙及紙板白度試驗法測定。

2. 白度安定性

依據Tappi standard T260m91評估白度安定性指標，即以P.C. number為指標，其值愈小，代表白度安定性愈佳。公式為：P.C. number = 100 [(K/S)_x - (K/S)₀]

(K/S)_x：After aging，(K/S)₀：Before aging

而K₀/S₀ = 1 - R₀/2R₀，K_x/S_x = 1 - R_x/2R_x

R₀、R_x：老化前後於457 nm時紙張反射率

K₀、K_x：老化前後吸收係數(absorption coefficient)

S₀、S_x：老化前後散亂係數(scattering coefficient)

3. 光學三刺激值

使用型號為Minolta spectrophotometer CM-2500d之白度計，測試紙張的CIE的L*、a*、b*值。

4. 紙張物理性質的評估

手抄紙經風乾後置於相對濕度65%，溫度20°C的恆溫恆濕室24 h以上後進行紙張物理性質之測試。

(1) 抗張強度：依CNS1354紙的抗張強度及裂斷長度試驗法測定，並計算抗張強度指數。

(2) 破裂強度：依CNS1353紙及紙板低破裂強度試驗法測定，並計算破裂強度指數。

(3) 撕裂強度：依CNS1355紙之撕裂強度試驗法測定，並計算撕裂強度指數。

(4) 耐摺力測定：依CNS1358紙及紙板耐摺強度試驗法測定。

(5) 綜合強度：斷裂長+比破裂度/10.2+比撕裂度/17.9+耐摺力/665 (Sekine 1961)。

(二) 醇苯萃取各組抽出物的定量

不同處理之各組手抄紙，依據Tappi standard

T207om85，利用醇苯萃取各組抽出物後予以定量，並進行分析。

(三) 抽出物的氣相層析-質譜儀(gas chromatography-mass spectrometry, GC-MS)分析

醇苯萃取各組抽出物後，利用GC-MS分析，所採用質譜儀為Agilent 5973N MSD及以70 eV測定，而GC為Agilent 6890N，分離管(column)係使用HP1 30 M之crosslinked methyl siloxane column (30 m×250 μm×0.30 μm)，注射孔溫度為250°C，最初分析溫度為100°C保持2 min，然後以15°C/min速率上昇到270°C，再保持10 min。使用載體氣體(carrier gas)為氦氣，流量(flow rate)為1 ml/min。

結果與討論

一、酸鹼處理對再生紙白度之影響

感熱記錄紙洗滌再生作業時，在50°C，分別以鹽酸及氫氧化鈉調整散漿時的pH值，分別在pH 3、6、9、12及8%紙漿濃度處理30 min，再洗滌至中性後，將所得紙漿抄製成紙張，測定再生紙白度及光學三刺激值(L*、a*、b*)，結果如Table 1所示，若散漿處理時之pH值為酸(pH 3)或高鹼性(pH 12)時，所得紙張的白度，可由空白組的71.80% ISO分別提升到87.75、81.65% ISO，顯示酸或高鹼性處理可改善再生紙的白度，而pH在6及9之情況下，再生紙之白度幾乎沒有改善。再由光學三刺激值(L*、a*、b*)的比較結果，於酸或高鹼性的條件下，其L*值由90.26分別提升到94.87及93.24，顯示所得再生紙漿有較高的明亮度；代表紅綠軸的a*值，有些微的變大，但幅度很小；代表黃藍軸的b*值則有變小的情形，顯示顏色由黃色轉藍變化。色差值(ΔE)於酸或高鹼性的條件所得之紙張與控制組比較，其ΔE較各組大，顯示出酸或高鹼性處理，色差值變化較大，紙張白度增加。

再進一步將手抄紙經加速劣化(105°C，24 h)處理，各組白度降低幅度並不大，白度安定性(P.C. number)各組均在1.61以下，尚稱良好，但pH 6、9及對照組之老化後白度均在70% ISO

Table 1. Effects of the waste thermal paper pulp disintegration pH on the brightness, P.C. number, and CIE L*、a*、b* values of handsheets

Treatment	Brightness (%ISO)	P.C. No.	L*	a*	b*	△E
Thermal paper	83.41		92.15	0.63	-2.11	-
Control	71.80	1.61	90.26	0.27	2.8	-
pH 3	87.75	0.86	94.87	0.53	-0.25	5.53
pH 6	71.09	1.53	89.24	0.25	2.93	1.03
pH 9	70.39	1.32	88.81	0.25	2.77	1.45
pH 12	81.65	1.01	93.24	0.54	1.54	3.25

以下，而酸性處理組(pH 3)紙漿，即使老化後白度為83.1% ISO，與市售感熱記錄紙白度相若，且白度安定值也有明顯的改善。上述結果顯示，以簡單酸鹼處理，即可解決感熱記錄紙於再生時紙品表面產生低白度及黑色斑點(或墨暈)之現象，而其中以強酸處理效果最為良好，因其可使再生漿的白度提高及使白度安定性趨於穩定。

二、酸鹼處理再生紙對醇苯抽出成分量的比較
經酸鹼處理所得再生紙再經以醇苯萃取，其萃取出量的變化，結果如Table 2所示，於酸及高鹼性處理後，其醇苯抽出物量分別減少61及47%，顯示施以酸或高鹼性處理，其感熱記錄紙中相當程度之醇苯抽出物被洗出。比較酸及強鹼處理組，其紙漿白度的提升及醇苯抽出物量之減少可推論為影響白度塗佈層之顯色成分已大部被去除，進而導致再生紙的高白度及良好之白度安定性。

Table 2. Effects of the waste thermal paper pulp disintegration pH on the ethanol-benzene extractive content of handsheets

Treatment	Extractive content (%)	Brightness (%ISO)
Thermal paper	1.86	-
Control	1.57 (100) ¹⁾	71.8
pH 3	0.62 (39.39)	87.75
pH 6	1.47 (93.39)	71.09
pH 9	1.40 (88.95)	70.39
pH 12	0.84 (53.37)	81.65

¹⁾ Relative content compared to the control.

三、感熱記錄紙及再生漿醇苯抽出物GC-MS之圖譜

為了解感熱記錄紙上層塗佈物質之變化，故以醇苯萃取紙漿並進行GC-MS分析。Figure 4A為感熱記錄紙未經處理，直接以醇苯萃取的GC-MS圖譜，Fig. 4B~F則分別為水及pH 3、6、9、12等條件下處理後之再生紙醇苯抽出物的GC-MS圖譜。Figure 4A的圖譜中，顯示未經處理感熱記錄紙醇苯抽出物，主要由四種化合物所組成，其分別為dibutyl

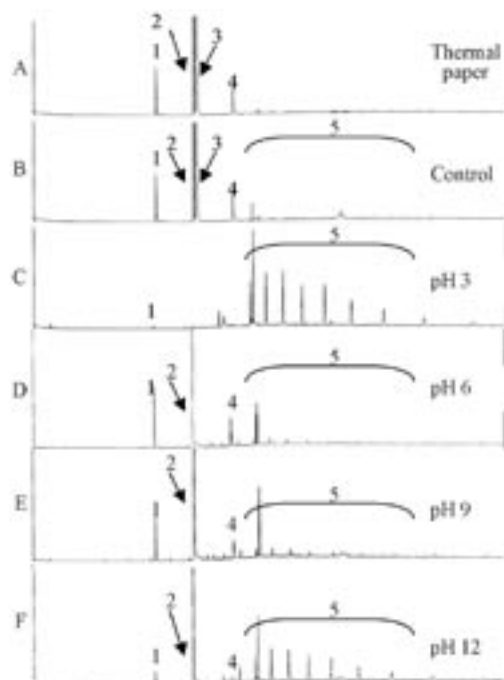


Fig. 4. GC graphs of ethanol-benzene extractives from the coating layer of thermal paper.

phthalate, 1-(phenylmethoxy)-naphthalene, 4,4'-(1-methylethylidene)-phenol, hexadecanamide 等，各化合物的基本性質及所鑑定的構造如 Table 3及Fig. 5。

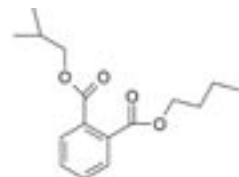
化合物1於GC-MS之滯留時間(retention time)為13.06 min; m/z:278(0.6%)，149(100)，41(6.5)，76(6.4)，104(6.0)，經與標品比對確定為酞酸二丁酯(dibutyl phthalate)(C₁₆H₂₂O₄)，推論此化合物為無色隱性染料經裂解後成為酞酐(phthalic anhydride)類產物之一(Caine et al.

2001)。另外於試驗中，我們曾企圖利用多種萃取方式(如：醇苯、氯仿、丙酮等)，其萃取物以GC-MS分析，均無法測得無色隱性染料存在，只可測得dibutyl phthalate，此試驗結果與Caine等人於2001年所發表之報告相似。

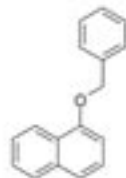
化合物2於GC-MS之滯留時間為14.33 min; m/z:234(28%)，91(100)，65(8.5)，115(7.4)，經確定為1-苯甲氧基萘(1-(phenylmethoxy)-naphthalene)(C₁₇H₁₄O)，而推論此化合物為增感劑成分，其主要功用為感熱紙塗佈與顯色劑併

Table 3. Compounds in the ethanol-benzene extractives of thermal paper identified by capillary gas chromatograph-mass spectrometry

Peak	Retention time (min)	Molecular formula	Molecular weight	Compound ID	Identification
1	13.06	C ₁₆ H ₂₂ O ₄	278	dibutyl phthalate	Leuco dye
2	14.33	C ₁₇ H ₁₄ O	234	1-(phenylmethoxy)-naphthalene	Color sensitizer
3	14.39	C ₁₅ H ₂₆ O ₂	228	4,4'-(1-methylethylidene)-phenol	Color developer
4	15.6	C ₁₆ H ₃₃ NO	255	hexadecanamide	Color sensitizer
5	>16.0	C _n H _{2n+2} (n>18)		long alkyl chain	



I. Dibutyl phthalate



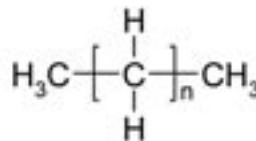
II. 1-(Phenylmethoxy)-naphthalene



III. 4,4'-(1-Methylethylidene)-phenol(BPA)



IV. Hexadecanamide



V. Long alkyl chain

Fig. 5. Structure of compounds identified in ethanol-benzene extractives of thermal paper by capillary gas chromatography-mass spectrometry.

用時，可改善感熱記錄紙之感度及保存性缺點 (Kaneko and Kobayashi 1995)。

化合物3於GC-MS之滯留時間為14.39 min; m/z:228(25%)，213(100)，91(8.2)，99(8.1)，119(19)，經確定為雙酚A(4,4'-(1-methyl ethylidene)-phenol)(C₁₅H₂₆O₂)(bisphenol A)，此化合物常用於做為與無色隱性染料熱熔融反應的顯色劑，此類顯色劑因其對水的溶解變化，不會在塗料上著色，融點低，無昇華性等優點，且與無色隱性塗料之間相溶性佳，因此常被用來做為感熱記錄紙的顯色劑(Kaneko and Kobayashi 1995)。

化合物4於GC-MS之滯留時間為15.60 min; m/z:255(3.2%)，59(100)，28(40)，43(23)，72(44)，經確定為十六烷基醯胺(hexadecanamide)(C₁₆H₃₃NO)。此醯胺化合物因可以降低熱呈色溫度，常被應用為製造感熱記錄紙的顏色增感劑，目前也有許多新開發出的產品應用(Kaneko and Kobayashi 1995)。

而比較各種處理圖譜(Fig. 4B~F)，上述四種主成分均有發現，但我們觀察到滯留時間為16 min後有些吸收峰會出現，而這些吸收峰為感熱記錄紙未經處理(Fig. 4A)所沒有的，將這些吸收峰鑑定性後，確定為長烷類之化合物，如：octadecane(C₁₈H₃₈)、eicosane(C₂₀H₄₂)、tetradecosane(C₂₄H₅₀)、pentatriacontane(C₃₅H₇₂)、hexatriacontane(C₃₆H₇₄)等，推論此類化合物應為熱感應紙上層塗佈物質經酸鹼處理後所裂解之長

烷類產物。

再將上述各種pH值處理時之醇苯抽出物中之化合物予以定量，其結果如Table 4所示：

1.無色隱性染料裂解產物：dibutyl phthalate，使用酸(pH 3)處理後含量最少，與控制組相較減少約90%；而強鹼(pH 12)處理，則含量降低約69%；若為pH 6、9各別處理，則含量分別降低2及5%，故顯示若以酸(pH 3)處理，則dibutyl phthalate會有90%被洗出。

2.增感劑：1-(phenylmethoxy)-naphthalene，使用酸(pH 3)處理後，增感劑完全被洗出；而強鹼(pH 12)處理，則含量降低約65%；若為pH 6、9各別處理，則含量只降低5及9%，故顯示若以酸(pH 3)處理，則增感劑完全被洗出。

3.顯色劑：4,4'-(1-methyl ethylidene)-phenol (bisphenol A)，各種pH處理後，顯色劑均完全被洗出。

4.醯胺化合物：hexadecanamide，使用酸(pH 3)處理後，醯胺化合物完全被洗出；而強鹼(pH 12)處理，則含量降低約78%；若為pH 6處理，則含量於並無降低，若pH 9處理，則含量降低60%，故顯示若使用酸(pH 3)處理，可將醯胺化合物完全被洗出。

5.長烷類化合物：不同pH值處理後所得長烷類

Table 4. Effects of the waste thermal paper pulp disintegration pH on the residual compound contents of recycled handsheets

Treatment	Compound ¹⁾				
	1	2	3	4	5
Thermal paper	0.047	1.32	0.464	0.031	-
Control	0.047 (100)	1.316 (100)	0.160 (100)	0.027 (100)	0.024
pH 3	0.005 (10.6) ²⁾	N.D. ³⁾	N.D.	N.D.	0.615
pH 6	0.046 (97.9)	1.256 (95.44)	N.D.	0.027 (100)	0.100
pH 9	0.035 (74.5)	1.209 (91.87)	N.D.	0.011 (40.74)	0.145
pH 12	0.015 (31.9)	0.470 (35.71)	N.D.	0.006 (22.22)	0.349

¹⁾ Compounds 1~5 are the same as those in Fig. 5.

²⁾ Relative content compared to the control.

³⁾ N.D., not determined.

Table 5. Effects of the waste thermal paper pulp disintegration pH on the strength properties of handsheets

Treatment	Tensile index (N · m/g)	Tear index (mN · m ² /g)	Brust index (kpa · m ² /g)	Folding endurance (double folds)	Strength index ¹⁾
Thermal paper	47.2	5.33	2.69	62	10.6
Control	46.3	6.92	2.83	19	11.5
pH 3	43.6	7.99	2.68	22	11.7
pH 6	46.5	6.86	2.79	19	11.5
pH 9	44.6	6.98	2.76	18	11.3
pH 12	43.9	7.56	2.74	21	11.6

¹⁾ Strength index = Breaking length + Brush factor / 10.2 + Tear factor / 17.9 + Folding endurance / 665.

化合物含量之順序為：pH 3 > pH 12 > pH 9 > pH 6 > Control，推測其原因為粘著劑成分或表面上膠劑成分，在強酸(pH 3)或強鹼(pH 12)條件下經加水分解溶出之故，此等成分在試驗中不具相關性，因此在本文中將不予討論。

綜合上述，可得知，使用酸(pH 3)處理，可將感熱記錄紙之顯色物質幾近洗出，使其再生紙品呈現高白度及白度安定性佳之性質。

四、酸鹼處理所得再生感熱記錄紙物理性質的比較

酸鹼處理所得再生感熱記錄紙物理性質中，使用酸(pH 3)處理之再生紙品皆較他種處理良好，故以酸鹼處理、水處理之再生紙和市售感熱記錄紙的物理性質比較，結果如Table 5所示，酸(pH 3)處理之紙張抗張強度有些微下降，但耐摺力則提升，破裂強度及綜合強度沒有明顯變化，故與市售感熱記錄紙比較顯示，酸(pH 3)處理對再生紙張之物理性質影響不大，而強鹼(pH 12)處理之再生紙亦有同樣之傾向。

結論

一、檢討在不同酸鹼度的條件下進行感熱記錄紙的再生作業，結果顯示在酸性(pH 3)或強鹼(pH 12)的條件下，可以改善再生紙的白度及白度安定性。比較白度及各處理紙漿之醇苯抽出物量，推論由於在酸性及強鹼的條件下處理感熱記錄紙可將塗佈層的顯色成分部分去除，使

紙張白度提升並促進其白度安定性。

二、各處理紙漿醇苯抽出物的GC-MS分析結果，鑑定出感熱記錄紙中的呈色相關物質為無色隱性染料之裂解物質—dibutyl phthalate，顯色劑為4,4'-(1-methylethylidene)-phenol，顏色增感劑為1-(phenylmethoxy)-naphthalene及長鏈狀之醯胺化合物，如hexadecanamide。測定各種pH值處理後各主要顯色成分的含量顯示在酸性的條件下，有最佳之去除效果。無論在任何pH經再生處理後，紙漿中所有的顯色劑BPA均可完全被去除。在酸性條件下，無色隱性染料裂解物質被去除將近90%，在強鹼下亦有69%的去除。顏色增感劑，雖去除的程度不同，但亦有類似之傾向。此抽出成分減少之結果應為酸性或強鹼處理再生紙張白度改善的主要原因。

三、在酸性pH條件處理之紙漿與中性pH處理所得再生紙漿之物理強度測試結果兩者差異不大。雖在酸性處理下，抗張強度指數有些微的損失，但撕裂強度指數有明顯的改善，而綜合強度指數則無明顯的差異。與市售未使用感熱記錄紙比較，則顯示再生紙之大部分物理性質，可較市售未使用感熱記錄紙為佳，惟耐摺力有些微低下。

謝誌

本研究承蒙行政院農業委員會林業試驗所 91210110010401G2經費之補助，使本試驗得以

順利進行，在此致敬謝忱。

引用文獻

Anonymous. 1991. The manufacture of paper chemicals. Tokyo: Tech Times Co. p 265, 284-7. [in Japanese].

Caine MA, McCabe RW, Wang LC, Brown GR, Hepworth JD. 2001. The influence of singlet oxygen in the fading of carbonless copy paper primary dyes on clays. *Dyes Ppigmnts* 49(3):135-43.

Hiraishi S. 1990. To conserve the figures of thermal paper. *Jpn J Paper Technol* 33(4): 6-11. [in Japanese].

Hongming C. 1994. Thermal record paper. *Pulp Paper*. 16(8):26-32. [in Chinese].

Kaneko Y. 1991. Thermal record paper. *Jpn J Paper Technol* 34(5):104-6. [in Japanese].

Kaneko Y, Kobayashi T. 1995. The information of paper. Tokyo: Paper Times. p 136-54. [in Japanese].

Sekine H. 1961. Strength index for paper. *Jpn Tappi J* 36(6):11-4. [in Japanese].

Su YC, Sun DK. 1995. Studies on the decking of wastepaper (Part I) Establishment of a decking sequence for old newspaper and the characterization and improvement of deinked pulp. *Taiwan J For Sci* 10(3):293-307. [in Chinese with English summary].

