

圖書、檔案紙質的 酸化危機與除酸處理

夏滄琪 國立嘉義大學林產科學系助理教授

【摘要】紙質文物屬於有機類材質，而自然界的有機物，皆會隨時間之延長而呈現各種的劣化現象；在圖書、檔案類紙質文物之劣化現象中，「酸性紙」特別需要吾人的重視與解決。酸的破壞是圖書館書籍及檔案資料紙質劣化的主要原因，在書籍典藏期間所產生酸的主要來源是製紙過程中添加的松香—明礬（硫酸鋁）上膠劑。對於正逐漸酸化的圖書、文獻之保存方法，係將酸性紙中殘存的硫酸根予以固定或是進行除酸處理。移除紙張中所含的酸，為延緩紙張酸化、增長紙張壽命的重要途徑及方法。目前，紙質除酸的方法有液相除酸和氣相除酸法。液相除酸是使用鹼性水溶液或鹼性有機溶液（如氫氧化鈣溶液、氫氧化鈣—碳酸氫鈣溶液、碳酸氫鎂溶液、緩衝溶液、氫氧化鋇—甲醇溶液、醋酸鎂—甲醇溶液、甲氧基甲基碳酸鎂溶液等）除酸的方法，氣相除酸是使用鹼性氣體（如氨氣、嗎啉、二乙基鋅等）除酸的方法。國內對於館藏圖書文獻之酸化問題亦日漸重視，央圖臺灣分館近日引進德國新式除酸方法，係一種液相非水性系統的脫酸法，為 Wei T'o 法之改良型。

關鍵詞：圖書檔案紙質；脆化；酸化；除酸處理

壹、前言

紙張是中國人的四大發明之一，人類資訊的傳遞、智識與思想的表達等，藉紙張為媒介因而更為便利，流傳也更為久遠。檔案、圖書等紙質文物是人類文明發展歷程中所創造出來，使吾人能瞭解歷史、改變世界的重要工具，亦是人類物質生活與精神生活所不可或缺的寶貴資產。自古以來，檔案、圖書的材質歷經了甲骨、金石、竹

木簡、縑帛、紙張等各類基材之發展歷程，而珍貴的歷史檔案文件、書畫、書籍等文物，大都是以紙質為材料。無論是傳統的手工造紙或是十九世紀中葉以後利用機械大量造紙，由於天然或是人為因素造成紙質檔案文物的老化變質，使得檔案、圖書材料逐漸受損破壞，最終乃至於喪失收藏及使用價值而宣告壽終正寢。為使珍貴的檔案、圖書等紙質文物能長久流傳，並能提供鑑古



知今的功能，對於紙質文物的保存、維護，將是吾輩所責無旁貸且刻不容緩的工作（註 1）。

紙質文物屬於有機類材質，而自然界的有機物，皆會隨時間之延長而呈現各種的劣化現象；在圖書、檔案類紙質文物之劣化現象中，「酸性紙」特別需要吾人的重視與解決。紙張係植物纖維均勻分散於水中，經過抄紙網濾水作用得到平面薄片構造，在除水乾燥處理之後，纖維間相互結合交織而成者。由於紙中之纖維呈現毛細管現象（一般印刷用紙之孔隙率約 40~65%），且製紙用纖維為親水性物質，故在以墨水書寫或用印墨印刷時，墨水溶液會因為毛細管現象而滲入紙層中。早期，歐洲多採用上膠方式以防止墨水暈散、滲透，而後德國 Illig 氏在 1807 年發明以松香—明礬為原料的松香—明礬（硫酸鋁）上膠（Rosin-Alum size），自 1850 年以後的紙皆採用此種上膠處理法。十九世紀之後所製造的紙張多採用松香—明礬抄紙，此種造紙過程中所添加的上膠劑，因硫酸鋁中的鋁易與其他化合物作用，而使得硫酸根（ SO_4^{2-} ）殘留在紙層中，此種離子性的硫酸成分不易揮發，故會隨紙張的乾燥而濃縮，引起強脫水作用而造成紙張中有機成分的變質，以致於此一時期間所生產紙張紙層之纖維呈酸性狀態，即為所謂的「酸性紙」危機。1964 年美國維吉尼亞州立圖書館圖書修補專家 Barrow 氏之研究報告證實了酸性紙為紙張劣化之主因，其曾收集 1425 年至 1900 年歐洲及美國的文化用紙，測定其耐摺強度、破裂強度及紙張的酸鹼值，而由其測定結果顯示，1700 年至 1900 年所製紙張之酸鹼值平均為 4.0~4.9，紙張之耐摺強度隨酸度增加而呈直線下降，只不過經過 100 年，紙張之

耐摺強度已下降到零；15 世紀到 17 世紀之紙張強度則相對的較高，劣化程度較低，由此可見酸性紙自然劣化一直在進行著（註 2）。

筆者等曾針對圖書館典藏 1820 年至 1940 年西文期刊之紙張白度及 pH 值進行測定，結果顯示：1850 年以前之紙張白度及 pH 值均較高，而在 1876 年以後，由於造紙過程係採用松香—明礬為上膠劑，因此紙張之 pH 值均在 5 以下，此對往後的紙張保存性將造成不利的影響（註 3）。

據美國 Barrow 氏之研究調查顯示，典藏的圖書紙張在酸性狀態下，劣化速率較快，因此可知，十九世紀以後及二十世紀以前所製造酸性紙質圖書文物之保存問題十分嚴重（註 4）。由圖 1 可知歐、美國家圖書館藏書之脆化嚴重情形。

圖書館館藏書籍的快速劣化，已成為圖書館館員最關心的問題，由於書籍嚴重劣化的數目快速增加，已使書籍無法再外借使用，因此在許多地區，已開始試驗和尋找實際改善保存的方法。酸的破壞是圖書館書籍及檔案資料紙質劣化的主要原因，在書籍典藏期間所產生酸的主要來源是製紙時添加的硫酸鋁，亦包括空氣污染物、紙張纖維的氧化產物和印刷油墨的媒介。

貳、紙張的酸化劣解機制

於圖書館中進行調查，紙張在酸性狀態下，劣化進行較快速。紙張酸化之原因主要係因酸性上膠法被採用之故，其次經時之自然劣化的氧化作用的進行，空氣污染物的硫化物、氧化物或氯化物乃至於微生物新陳代謝作用的進行，上述種種原因皆會導致紙質文物的酸化劣解而破壞。



而導致酸性紙劣化快速之原因，主要為紙中含有硫酸鋁（明礬）之酸性，使纖維素引發酸加水分解所致。在造紙過程中所添加的上膠劑：松香－硫酸鋁，因鋁易與其他化合物作用，而使硫酸根殘留在紙層中，此種離子性硫酸不易揮發，故會隨紙之乾燥而濃縮，引起強脫水作用而引發紙中有機成分之變質。圖 2 為圖書館藏書因酸化而導致一翻即碎嚴重脆化之情形。

紙張為纖維素藉氫鍵結合而形成之薄層（Sheet），當酸加水分解發生時，纖維素之 $\beta-1,4$ 配糖鍵（ $\beta-1,4$ glucosidic bond）遭氫離子切斷，並產生新的還原性及非還原性末端基，且因開環反應使產生低分子化而形成羧基（Carboxyl group）。而當纖維間結合消失時，紙力就會下降。纖維素之酸加水分解，如圖 3 所示（註 5）。

參、紙張之除酸處理法

酸性狀態下製造的紙張，經長時間後或與大氣中的污染物接觸，將使紙張之酸度提高，在此狀態下，一些酸會攻擊纖維壁的碳水化合物組織，且增加鍵結的酸性成分的大量沉積，時間過久則纖維素受酸水解作用而降解。因此，對於逐漸酸化之圖書、文獻之保存方法，係將酸性紙中殘存的硫酸根予以固定或是進行除酸處理。此類圖書之除酸、中和處理法多採用各種中和藥劑如：氫氧化鋇、氫氧化鈣、碳酸鈣、碳酸鎂、醋酸鎂等。1982 年芝加哥 Smith 氏以甲醇鎂加入甲醇，並以氯化

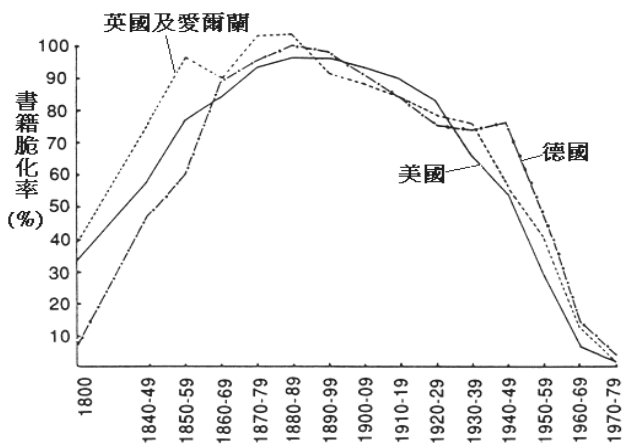


圖 1. 歐美國家圖書館藏書之脆化嚴重情形（註 6）

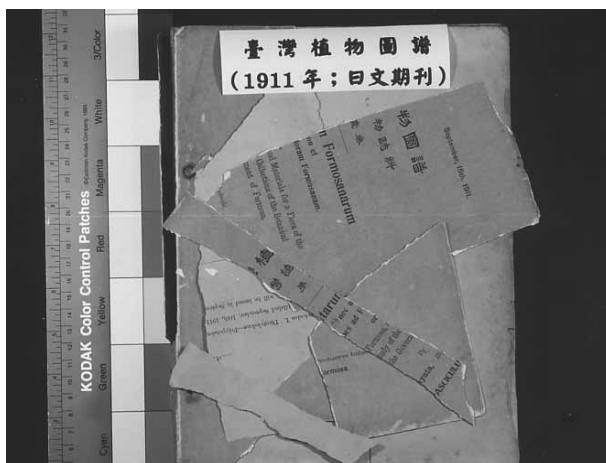


圖 2. 因酸化而導致一翻即碎之圖書館藏書脆化嚴重之情形

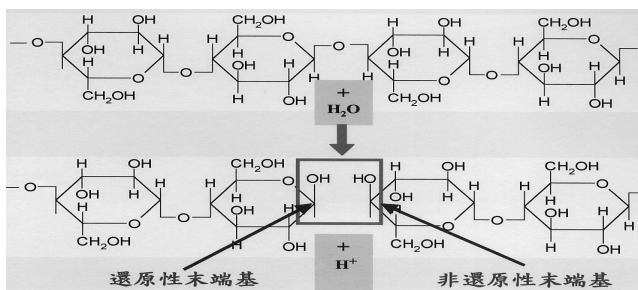


圖 3. 纖維素之酸加水分解



溶劑及二氧化碳氣體混合形成除酸化劑，並取得專利稱之為韋馱法（WeiTo method）；此外，1976年美國國會圖書館研究人員發明之二乙基鋅法（Diethyl Zinc method；D.E.Z.法）亦十分著名（註7）。

John Williams、George Kelly 及 Richard Smith 等人曾對各種除酸處理法進行評估，並提出理想除酸處理法之需求條件如下：（註8）

1. 紙張必須被均一地中性化處理。經處理後紙張之冷水萃取 pH 值應介於 6 與 11 間，更佳者介於 7 至 10 之間，而理想狀態則在 7 至 8 之間。
2. 紙層初期宜採 3% 碳酸鈣處理，使紙層呈現鹼性，因安定之鹼性化學物質可充分穿透紙層，以防止紙張因長期保存而釋出有害的酸性物質。
3. 處理方法必須是對紙張或書籍組成無害，並且不可在紙張中殘留氣味。
4. 處理法必須是柔和的。
5. 處理法必須符合經濟效益，同時所用之材料必須是可以廣泛運用的。
6. 處理迅速，且藥劑穿透書頁之時間必須是適當的。
7. 處理方法必須是安全且對人體無毒性，包括對操作者及閱讀者皆然。
8. 如採用氣體除酸處理，必須是能與纖維素發生反應，而不會再由紙張中溢出者；或者氣體原料在纖維素中產生聚合作用，或為兩種氣體作用產生一種非揮發性之氣體。

移除紙張中所含的酸，為延緩紙張酸化、增長紙張壽命的重要途徑及方法。由前人研究可知，紙張除酸處理方法很多種，歸納之可分為三類：（註9）

1. 水溶液除酸法（Aqueous Deacidification）：為

濕式處理法，主要為水溶液之應用。常用者為水、氫氧化鈣、重碳酸鈣、碳酸鈣、碳酸鎂、重碳酸鎂等。

2. 非水溶液除酸法（Nonaqueous Deacidification）：為乾式處理法，主要採用有機溶劑替代水溶液。常用者有醋酸鎂、氫氧化鋇、甲醇鎂及甲基碳酸鎂等藥劑。韋馱法亦屬於此法。
3. 氣相除酸法（Vapor Phase Deacidification）：以氣相蒸發方式之去酸法。常用者為氨、碳酸環己胺、嗎啉、二乙基鋅等。

肆、紙質文物的除酸處理

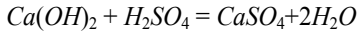
由於酸化紙質文物耐久性差，近年來各國紛紛開展紙質文物的除酸工作，美、英、法、德、加等一些發達國家已經進行了二、三十年。據有關資料介紹，美國國會圖書館 2002 年用於紙質文物除酸預算就達 170 萬美元，並計畫 5 年內完成 100 萬冊圖書和 500 萬頁手稿的除酸任務。

目前，除酸的方法有液相除酸和氣相除酸。液相除酸是使用鹼性水溶液或鹼性有機溶液（如氫氧化鈣溶液、氫氧化鈣—碳酸氫鈣溶液、碳酸氫鎂溶液、緩衝溶液、氫氧化鋇—甲醇溶液、醋酸鎂—甲醇溶液、甲氧基甲基碳酸鎂溶液等）除酸的方法，氣相除酸是使用鹼性氣體（如氨氣、嗎啉、二乙基鋅等）除酸的方法。氣相除酸具有大批量處理的優點，但存在工藝條件要求高，不安全隱患多，投資大等缺點；液相除酸具有工藝簡單、安全可靠、投資小等優點，但不能同時大批量處理。據了解，美國曾採用二乙基鋅氣相除酸，而歐洲的英、法、德等國採用液相除酸。

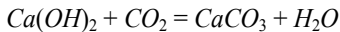
以液相方式進行除酸處理為簡單易行的方



法，液相除酸是採用氫氧化鈣（ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ）溶液，氫氧化鈣溶液除酸的原理如下：



中和後，紙張中的酸被去掉，嚴重酸化的紙張 pH 值可升至 9.5 左右，這是因為紙張中含有少量未被中和的氫氧化鈣所致。除酸後紙張中殘留的氫氧化鈣會與空氣中的二氧化碳反應生成碳酸鈣，使紙張的鹼性降低，pH 值可穩定在 7.0~8.5 之間，反應式如下：



因此，紙張經氫氧化鈣溶液去酸後，剛開始鹼性有短暫偏高，但很快就會穩定在 7.0~8.5 之間，並且沉積在紙張上的碳酸鈣會減緩空氣中酸性氣體的污染。

對於紙張除酸技術的嘗試，首先考慮有機除酸劑（胺或其衍生物），然後採用無機除酸劑（碳酸鈣或鎂）及非水性除酸劑。

書籍之非水性除酸劑處理即是採用除酸劑和有機溶劑組成之非水性溶液，以有機溶劑處理的主要優點是使得整本書的處理具有可行性，因為有機溶劑在廣泛的溫度範圍下為液體，且能互相混合而達到特殊實用性質，而進行含有機溶劑濕紙張之乾燥時；因為溶劑的汽化熱比水低，故而所需熱能量較少。

在另一方面，某些有機溶劑具有毒性且危害人類健康，而某些有機溶劑具易燃的蒸氣，能迅速燃燒和爆炸；某些紙張的染料和印刷油墨，或多或少會被有機溶劑所溶解，脂肪和其他皮革成分亦會被溶解。在長期接觸有機溶劑之下，亦可能造成皮膚炎的問題，因此設計非水性除酸處理時，此等危險必須加以考慮和妥善的安全測定。

Barrow 認為改善此等缺點是可行的，和敘述二種非水性除酸處理的嘗試，首先試使用 2-2-鉍基乙氧基-乙醇（di-glycolamine），可惜因處理紙在加速劣化期間不能維持鹼性；結果失敗，此一失敗的原因是紙中 2-2-鉍基乙氧基-乙醇的揮發溢出或與纖維素產生更進一步的化學反應而造成酸化。其次，嘗試使用溶解在水中的醋酸鎂與三氯乙烯用機械混合之溶液，而其結果必然是不符期望，因醋酸鎂不能溶解在三氯乙烯及水與三氯乙烯，就如同水與油為互不相溶的液體一般。

Langwell 亦探討非水性除酸系統，結論是非水性處理的優點超過水性處理，但明顯的非水性處理應用較少，此歸因於有機溶劑的成本、易燃性、毒性。

有了上述這些背景，吾人認為理想的非水性除酸處理之必要條件如下：

1. 處理能減少有效酸到某一水準。（pH：7.5~9.5 以上）
2. 沉澱在處理紙的除酸或鹼性緩衝劑，需為溫和的無機化學藥品，並確定能與紙和書籍長期共存。
3. 溶劑和除酸劑在處理時，對操作人員及書籍須溫和無害的，且濕書籍之乾燥需迅速、容易。
4. 處理程序需是快速、便宜、和合乎人工或機械應用。

伍、除酸方法理論

以芝加哥除酸法使用的除酸劑和溶劑，來探討此理想非水性除酸處理之必要條件，首先考慮除酸劑，然後探討溶劑系統（註 10）。

許多有機和無機化學藥品是有效的除酸劑，但因此二種化學藥品使用上的限制，而無法廣泛



應用，有機和無機化學藥品的利益是化合成某些金屬有機化合物，這些化合物，部分是有機、部分是無機，金屬有機化合物的一種稱為醇鹽，醇鹽是由醇與許多金屬反應而形成，醇與金屬反應形成其同族的醇鹽，如同水形成氫氧化合物一般，許多醇鹽在其母體的醇和其他有機溶劑中，能溶解到某種程度，醇鹽的一個特性是易與水反應形成氫氧化合物和其母體的醇。

甲醇鎂是一種易與水反應的醇鹽，甲醇鎂的甲醇溶液，在 8% 濃度是安定的，但 8-11% 濃度則不甚安定。

使用甲醇鎂的非水性除酸處理，導入紙中的化學藥品與 17 和 18 世紀生產的穩定紙相同，甲醇鎂與水迅速反應形成氫氧化鎂。氫氧化鎂稱為氧化鎂乳劑將更為合適，自從 1935 年即知能改善酸性紙的穩定性，實際上，Gear 或 Barrow 之水性重碳酸鎂處理與非水性甲醇鎂處理，在紙中產生的化學藥品是沒有差異的，重碳酸鎂、碳酸和氫氧化物在紙中是不安定的，平衡狀態的化合物是藥品和水的混和物，硫酸鎂 ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) 是紙中性化的主要反應生成物，其對紙並無不利的影響。

有機溶劑系統

甲醇是所有醇類中分子量最小和最易蒸發者，此為其優點，然而，甲醇卻有許多不受歡迎的性質，如易燃性、毒性和溶解染料的危險。

氯氟碳氫化合物無毒，能與甲醇完全相容，因此若甲醇在混合液的比例降低，則可減少甲醇的危險性，例如，溶液包含 75% 的氯氟碳氫化合物溶劑和 25% 甲醇，則此溶液不會持續燃燒，在一開放容器中，此溶液的蒸氣在適當條件下會著

火，但不會爆炸和能自動熄滅。

芝加哥法的目標在整本書的除酸，因此其要求的條件比單張紙除酸更複雜，對於有效處理而言，壓力槽的使用是重要的，氯氟碳氫化合物溶劑含有少量甲醇，不會影響書大部分的成分，如紙、紙板、棉線、膠帶、牛皮紙或組成油墨的亞麻仁油、桐油和炭黑，對於溶解書成分的困難，可經由液化氣體（有機溶劑的主要成分）的使用而避免之。

整本書除酸時浸漬時間和溶劑的蒸發點為考量重點，浸漬時間需最少，以保護溶解性的塑性物，如焦木素塗佈之封面布的硝化纖維素，其在溶解前需先軟化和膨脹，浸漬後，著色甚少，因液化氣體從整本書快速蒸發，液化氣體溶劑包括甲醇，從紙和封面的纖維和其他成分蒸發，在某些印刷油墨和紙的可溶性染料及在某些裝訂膠合劑之著色劑，皆均勻再沉澱至書或相同的溶解點，如果有任何明顯著色，則是稀少的。

有機溶劑系統的選擇視除酸物質的種類而定，單張紙的除酸處理可藉浸漬、噴塗、刷塗、海綿擦拭等實行之，甲醇溶液用二氯甲烷或較佳之三氯乙烷稀釋，而整本書除酸，需在部分壓力下實行，因此特殊設備是必要的，以供濕潤和乾燥操作之進行，液化冷媒氣體，如氯二氟甲烷或二氯二氟甲烷形成潛溶劑和過程的適當安排，經此種處理後的濕書將能達到適度的乾燥。

陸、除酸方法的發展

甲醇鎂被認為比適當弱鹼鹽及揮發性有機酸較佳的除酸劑（醋酸鎂），雖然如此，甲醇鎂溶解在甲醇的溶液，使用上有所限制，甲醇鎂與紙



吸收之水分迅速反應，產生厚的鎂膠，此膠將妨礙除酸溶液對書的浸漬和阻礙整本書處理時氧化鎂乳劑的沉澱，書經甲醇溶液浸漬會較膨鬆和紙及封面在乾燥時偶而會彎曲，油墨、染料和其他有色物質會被溶解，因為甲醇會轉移著色劑至其蒸發的位置，導致某些封面和紙的著色有問題，關於這些或其他問題，可經由溶劑的選擇和控制處理的條件和時間而解決（註 11）。

1. 對於單張紙加速劣化研究，主要結論如下：
 - (1) 非水性除酸處理能改善酸性紙的穩定性，其效果並不如水性除酸法，甲醇鎂和其反應生成物經由加速熱劣化測試得知，對紙的耐久性是有益的。
 - (2) 除酸循環所需的時間，以程序和設備控制較浸泡之時間短。
 - (3) 成功的非水性除酸處理必要條件，包括 a. 需精確控制能與甲醇鎂反應之水分。b. 酸溶液需徹底濕潤紙張。c. 乾燥能使除酸劑沉澱在整個處理紙張。
2. 整本書除酸時藉除酸溶液的滲透和浸漬壓力，可使溶液達到書的最內部，使用的二種除酸溶液，對增加紙之耐久性是有利的，但在移除水分上，則因資料不足無法決定乾燥或冷凍何者較佳。

大量紙張資料之保存除酸處理

由前人研究歸納出紙張大量除酸處理及強化法，由表 1 中顯示出近年來研究發展紙質文物大量除酸的方法。

紙質圖書文物的除酸法，目前加拿大、法國、德國所使用的是從 Wei T'o Associates 的技術所研

發出的相關產品。而美國的國會圖書館也正在評估 Bookkeeper 法的效果。日本則在商業性服務上可見乾式氮氣環氧乙烷法 (DAE)。除酸處理雖可抑制紙質資料的劣化。但卻無法恢復原有強度。奧地利國家圖書館在進行報紙的除酸處理時也以甲基纖維素 (methyl cellulose) 做強化處理。這是結合了冷凍乾燥法，最近也提出此法之相關改良報告。此外，搭配急速冷凍與冷凍乾燥法可有效處理因災害而受潮的紙質資料，這在日本也有幾個實際操作案例。

國內對於館藏圖書文獻之酸化問題亦日漸重視，央圖臺灣分館近日引入德國新式除酸方法，所採購之除酸設備系統之除酸方法為 Battelle 法，係一種採用矽油 (Silicone oil) 之液相非含水性系統脫酸法，歐洲 Battelle 公司與德國萊比錫國家圖書館以及瑞士國家圖書館等單位所採用，係為 Wei T'o 法之改良型。實際之大量除酸處理如圖 4 所示。

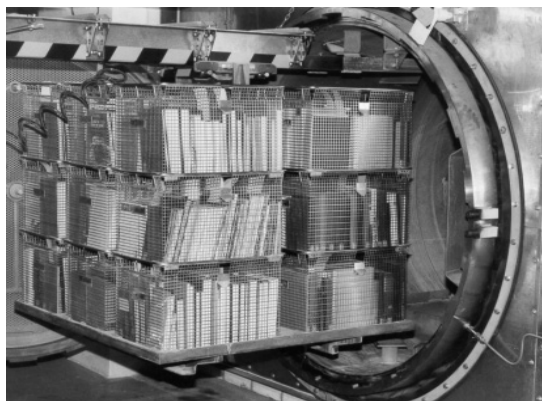


圖 4. 德國 Battelle 法進行酸化書籍大量除酸處理實況



表 1. 紙質文物大量除酸法之發展概況

技術	處理方式 / 作用劑		使用或發展單位
除酸法	氣態	二乙基鋅 (Dienthyl zinc, DEZ)	美國國會圖書館 Akzo Chemical Inc. (1990-1993)
		濕式氨氣環氧乙烷法 (Wet ammonia, Ethylene oxide; WAE) 乾式氨氣環氧乙烷法 (Dry ammonia, Ethylene oxide; DAE)	書籍維護協會 (Book Preservation Associates, BPA) 東京農工大學、日本 filling 公司 (1997)
	非水性溶劑	甲氧基鎂 (Methoxy-magnesium) 碳酸二甲酯 (methylcarbonate) 氟氯碳化物+甲醇 (Freon+Methanol) 氟氯碳化物+乙醇 (Freon+Ethanol) 碳酸鎂+氧化鈦 (Magnesium carbonate+Titanium) 己二矽氧烷 (Hexadisiloxan)	加拿大檔案局 (Wei T'o Associates ; 1981) 法國國立圖書館 (Sable 1986) Papersave: Battelle Institute Metjod (1993) ZfB 公司 (Leipzig)
		丁氧基鎂化合物 (氟氯碳化物) Magnesium-butoxytriglycolate (Freon)	FMC Corporation (1988)
		氧化鎂 (氟氯碳化物) Magnesium oxide (0.4µm)(Freon)	Bookkeeper III(1988) Preservation Technologies Inc.
	固態	紙中的碳酸鈣，高相對濕度 (Calcium Carbonate in Paper, High RH)	乾式除酸法 (1995) 美國國家專利 (US Patent)
	除酸強化法	水溶性/冷凍乾燥法	硼酸鹽+甲基纖維素 (Borate buffer+Methyl cellulose)
水溶性		氫化鎂 (Megnesium hydrogen) 碳酸鹽+羧甲基酸 (Carbonate+Carboxymethylc)	Niedersachsisches Staatsarchiv Bruckerburg (FRG 1990)
水溶性/層間剝離		氫氧化鈣/紙層間剝離處理 (Calcium hydroxide/ Paper splitting)	德國圖書館 (Leipzig 1980)

本表係整理自 1989 年 Gerhard Banik 的 Mass deacidification & restrengthening techniques for library or archival holdings (2000 修訂版) (註 12)

柒、結論

酸性抄紙法是造成目前紙張文物酸化最主要

因素之一，為挽救世界各地因酸化問題而陷於腐朽、潰散狀態的歷史文物，除了除酸處理之外，其根本之道，便是無酸紙張 (Acid-free paper)



的發展與使用，藉以保存珍貴的紙質類文物。

隨著造紙趨勢之中性化，相信書籍文物之劣化會較以前減輕；但問題在於十九世紀末起，迄近年來以酸性紙製做之圖書、文獻，其已劣化之紙質應如何處理，則為急待面對之問題。而對於尚未劣化之圖書資料，其保存與維護更是重要。為防患紙質文物之酸化於未然，應即針對尚未發生酸化之酸性紙張進行中性化之除酸處理，以延緩紙張酸性劣化之進行。

在除酸處理法之治標，及中性紙生產取代酸性造紙系統之治本，期以雙管齊下解決紙張酸化之問題，庶能減緩紙質文物之劣化速率，而達於延長珍貴文物資產之理想。

附錄：無酸紙之簡易測試方法

一、無酸紙（Acid-free paper）之定義（參照 Dictionary of Paper：TAPPI PRESS 1996）

1. 為一種包裝或保護性紙張，被包裝物（產品）易受紙張包裝材之酸度危害時，所採用之無酸性紙張。
2. 為一種耐久性的記錄用紙，此種紙張不具酸性且可防止過早劣化的發生。

二、酸性紙問題之背景

1. 最早時期歐洲使用鋼筆及墨水作為記錄工具，為防止墨水在紙面滲散、暈開，因此 1807 年 Illig 氏在德國發明以松香—明礬為原料的松香—明礬（Rosin-Alum size）上膠，自 1850 年以後的紙皆採用此法處理。
2. 據 1964 年美國 Barrow 氏之調查，紙張在酸性狀態下，劣化速率較快。而導致酸性紙劣化快速之原因，為造紙過程中所添加的上膠劑：松

香—硫酸鋁，因鋁易與其他化合物作用，而使硫酸根殘留在紙層中，此種離子性硫酸不易揮發，故會隨紙之乾燥而濃縮，引起強脫水作用而引發紙中有機成分之變質。

3. 紙張經過長時間後之崩壞、破爛的原因深受原料本質及其製造方法之影響，尤以酸性造紙是最主要因子，由於酸性造紙系統所抄造紙張之 pH 值約為 4~5 左右故可知酸性紙之問題十分嚴重。為解決酸性紙張的劣化問題，「中性紙」因此而誕生。（目前較常用之中性上膠劑為：AKD—烷基乙烯酮二體、ASA—鏈烯琥珀酸無水物、SAA—硬脂酸無水物等）

三、無酸紙之簡易測試方法

酸、鹼性紙張之檢測方法相當多，茲列舉較簡易之檢測方法，以供參考。

1. pH 值測定：傳統松香上膠紙張之 pH 值約在 4.7~5.5 之範圍內，因此藉由紙張酸鹼度之測定即可初步區分中性紙或酸性紙。（pH 值之測定適宜用以表達紙張之現存酸鹼值，然而欲判定是否為酸性上膠紙張，仍應輔以其他方法同時進行之，以免紙張因生物因素或環境因素等之劣化而導致誤判）
 - (1) 紙張表面 pH 值測定：將待測紙樣置於不具吸水性之塑膠膜上，於紙面上滴上一滴 pH 值為 6.2~7.3 的蒸餾水，將 pH 計之平頭式電極置於水滴中，10 分鐘後讀取 pH 計之讀數，即為紙張表面之 pH 值。此法係以非破壞性方法測定紙張表面 pH 值之試驗法，適用於測定圖書、檔案及其他僅需測定紙張表面 pH 值而非測定整張紙之 pH 值者。（依據 CNS 11397）
 - (2) 紙張酸鹼度測定：取待測紙樣 1g，以剪刀剪



切成碎屑後，以容量 100 cc 之燒杯加入蒸餾水 (pH 值為 6.2~7.3) 70 cc，放置於室溫下 (約 25°C) 60 分鐘後，以玻璃電極 pH 計測定其 pH 值，此即為冷水萃取法。如以等量之紙碎屑放入內裝 70 cc 蒸餾水之三角燒瓶中，放入水浴器中加熱至沸騰，使三角燒瓶內容物保持溫度在 95~100°C 約 60 分鐘，待冷卻至室溫後，依前法測定萃取液之 pH 值。此為熱水萃取法。(依據 CNS 5471)

- (3) pH 值測試筆：以市售之 pH 值測試筆在紙樣上輕畫，依其顏色變化而判斷紙張之含酸情形，如顏色呈現黃色即表示紙張含高度酸性，如呈現綠色則表示含有微酸，而當顏色呈現藍色時則表示紙張不含酸性。此法為一相當簡便之測試方法。(此法之精確性及測試筆之使用期限仍有待進一步瞭解)

2. Raspail 法

將紙樣平放於磁碟或玻璃板上，滴入一滴飽合糖水於紙面上，當液滴濕潤紙樣後，以濾紙吸去多餘的水分，而後於濕潤部位滴入一滴濃硫酸，並以放大鏡仔細觀察，若紙樣呈現紅莓(紫紅)顏色，則顯示松香上膠劑之存在(亦即表示此紙樣為酸性紙)。以此法操作時須注意，顏色隨時間變成棕色，是由於紙品被硫酸燒焦所致，因此應迅速以放大鏡觀察，不宜放置過久再行觀察，以免影響判別。

3. 鋁成分之鑑別

酸性上膠通常使用硫酸鋁作為定著劑，因此可藉本法加以檢測紙張是否含明礬或鋁鹽之成分。檢測方法為：滴入一滴稀釋醋酸於紙張表面，接著加入一滴桑色素 (Morin, $C_{15}H_{10}O_7 \cdot 2H_2O$) 的

酒精溶液。則含鋁之紙樣將呈現淡黃綠色，並且於紫外光下發出強烈螢光。

4. 滴酸試驗

傳統酸性上膠紙常以白土或高嶺土作為填料，而中性抄紙則使用碳酸鈣作為填料，因此在紙張表面滴上一滴稀鹽酸時，如為中性紙則由於碳酸鈣遇到鹽酸時會生成二氧化碳氣體，因此會在紙面出現氣泡狀(含碳酸鈣越高則起泡現象越明顯)，反之如為添加白土的酸性上膠紙，則與稀鹽酸不會產生反應，由此可簡便地加以判斷是否為酸性紙張。此法應輔以放大鏡迅速進行觀察。

5. 其他方法

其他尚有更進一步檢測是否為酸性上膠紙之試驗法，諸如：灰份測定、電子顯微鏡觀察、加速劣化試驗、白度安定性及耐久性試驗等諸多檢測方法。

【附註】

- 註 1：夏滄琪，〈書籍劣化與修復之研究〉，(碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1991 年)，頁 1。
- 註 2：邱俊雄，〈紙張之劣化與防治〉，《漿與紙月刊》57 期 (1988 年)，頁 6。
- 註 3：黃結財，〈古書調查與維護之研究〉，(碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1992)，頁 19。
- 註 4：夏滄琪，〈書籍劣化與修復之研究〉，(碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1991)，頁 2-3；Buchanan, "The Brittle Book Problem", *The Paper Conservator*, (1987), p.69。
- 註 5：廖美雲，〈酸性紙除酸處理對文物保存之影響〉，(碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1998)，頁 1-11。
- 註 6：Buchanan, "The Brittle Book Problem", *The Paper Conservator*, (1987), p.69。
- 註 7：夏滄琪，〈書籍劣化與修復之研究〉，(碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1991)，頁 2-3；Steven R. Middleton et al., "A Method for De-acidification of



Papers and Books”, *Tappi* 79 (11) (1996), p. 187.

註 8：大江禮三郎，〈資料の劣化と保存対策〉，《木材學會誌》，34 卷 10 號（1988 年），頁 781-787。

註 9：大江禮三郎，〈紙劣化の防止處理法の検討〉，《紙バ技協誌》，42 卷 8 號（1988 年），頁 65-67；夏滄琪，〈書籍劣化與修復之研究〉，（碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1991），頁 9；Steven R. Middleton et al., “A Method for De-acidification of Papers and Books”, *Tappi* 79 (11) (1996), p. 187；黃結財，〈古書調查與維護之研究〉，（碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1992），頁 5-11；廖美雲，〈酸性紙除酸處理對文物保存之影響〉，（碩士論文，國立中興大學森林學研究所，1998），頁 8-9；R. D. Smith, “Paper De-acidification : A Preliminary Report”, *Library Quarterly* 36 (1966), pp. 273-293，

註 10：R. D. Smith, “Paper De-acidification : A Preliminary

Report”, *Library Quarterly* 36 (1966), pp. 273-293.

註 11：夏滄琪譯，〈紙張之保存法—除酸處理〉，《漿與紙月刊》，61 期（1992 年），頁 41-46。

註 12：稻葉政滿，〈紙質文物劣化之主要原因〉，《博物館紙質文物保存修復人才培育研習會》，（2000 年），頁 70-71。

參考文獻

1. 王執昫譯，〈書籍危機與無酸紙張〉，《漿與紙月刊》，52 期（1983 年），頁 28-29。
2. 李貞輝，〈工業用紙及紙板之中性上膠經驗談〉，《漿與紙月刊》，66 期（1997 年），頁 5-29。
8. 楊時榮，《圖書維護學》，（臺北市：南天書局，1991），頁 237-242。
4. Smith, R.D., “New Approaches to Preservation”, *Library Quarterly* 40 (1970), pp. 149-169.

【書訊】

《佛教與社會》出版訊息

美國學者麥爾福·史拜羅著（Melford E. Spiro）、香光書鄉編譯組翻譯的《佛教與社會：一個大傳統並其在緬甸的變遷》（*Buddhism and Society : A Great Tradition and its Burmese Vicissitudes*）一書，將由香光書鄉出版社出版。

本書作者麥爾福·史拜羅於 1961 年在緬甸歷經 14 個月的田野調查，就佛教學、人類學、社會學、心理學等多角度探討佛教在社會生活中所起的重要影響。1998 年，本書中文譯本首次在《香光莊嚴》雜誌刊載，從第五十四期起，前後連載逾八年之久，一直受到佛教學、社會學、人類學、宗教學的學者們關注和期待。

閱讀本書可以對照出原始佛教教理實現於人間時，因人性及時空而產生的變遷。對我們生存的佛教空間，必能更深入體解，也更能掌握。

歡迎助印、請閱本書。意者請洽：安慧學苑 嘉義市文化路 820 號 電話：(05)2325165

