

# 各種文物蟲害防治法 之劣化效應與安全性探討

張琳<sup>1</sup>

## 摘要

文物蟲害防治是博物館預防性保存工作重要的一環。化學藥劑往往能迅速、有效地達到預防或防除目的，但藥劑殘留不僅導致文物劣化，也為人員健康及環境保護造成衝擊；因此文物保存界逐漸以低溫、高溫或氣體置換等物理方法取代化學防治法。本文係綜合長久以來國內、外文物保存界就早期化學防治法使用文物燻蒸劑及殺蟲藥劑，以及物理防治法氣體置換造成缺氧等蟲害防除方法，探討這些文物蟲害防治法之利弊以及對文物可能造成之影響。

關鍵詞：文物保存、蟲害防治、殺蟲劑、燻蒸、氣體置換

## 各種蟲害防治法對人員與環境之影響

有害生物防治是博物館預防性文物保存工作重要的一環，其中蟲害防治，由於昆蟲繁殖力強、世代短，更是博物館文物保存的重點工作。擺放忌避劑能有效預防蟲害；施用各種劑型與種類的殺蟲劑或燻蒸劑均能快速殺除蟲害。國立故宮博物院（以下簡稱故宮）早年建置有 27 立方公尺的常壓燻蒸庫一座，大多引用日本文化財專用燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup>，其組成為 86% 溴化甲烷 (CH<sub>3</sub>Br) 及 14% 環氧乙烷 (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O)<sup>2</sup>；

聯合國環境規劃署 (UNEP) 於 1987 年通過之《蒙特婁議定書》(Montreal Protocol)，要求管制破壞臭氧層物質 (ozone depleting substances, 簡稱 ODS)，溴化甲烷自 1995 年起逐年限縮其使用，自 2005 年 1 月 1 日起，已開發國家溴化甲烷消費量即應削減為零，惟檢疫及裝運前處理 (quarantine and pre-shipment, 以下簡稱 QPS) 用途是完全豁免的。此外，經締約方會議核准尚無替代品與替代技術的關鍵用途豁免 (critical use exemption, 簡稱 CUE)，亦可繼續生產與進出口。目前歐盟已經完全禁用溴化甲烷，巴西也規劃停用，部分國

<sup>1</sup> E-mail: linchang@npm.gov.tw

<sup>2</sup> 文化財虫菌害防除薬剤エキボン説明書。液化炭酸株式会社。文化財虫害研究所認定番号第 2 号。

家也轉為使用替代藥劑如碘化甲烷 (methyl iodide)、磷化氫、硫化醯氟等進行土壤與貨物的燻蒸。我國自 1999 年起進口的溴化甲烷已僅用於 QPS 用途，以善盡地球公民保護臭氧層責任 (王慈卿, 2014)。故宮為因應溴化甲烷限用，並謀求更安全無害的蟲害防治方法，亦從 1997 年開始利用小型冷凍櫃低溫處理文物及周邊用材；2003 年將原燻蒸庫改為加熱庫，從事文物保存周邊用材 (如：器物保護箱盒、裝潢木材……等) 之預防性殺蟲作業；2009 年建置走入式冷凍庫，從事圖書、文獻檔案等文物殺蟲作業；2011 年建置「氮氣調溼櫃」，取代自 2006 年起使用的脫氧劑缺氧處理敏感性有機材質文物，避免製造垃圾及降低防治經費，逐步以物理方法取代燻蒸。2015 年開館之故宮南院亦設有冷凍庫、加熱庫、氮氣庫等除蟲設備 (呂釗君, 2018)。

此外，使用殺蟲藥劑雖效果顯而易見，但長久以來，其可能對人體及文物造成的危害，亦受到文物保存界的重視。以美國國立美洲印地安博物館 (National Museum of the American Indian, 以下簡稱 NMAI) 藉 2000 年文物搬遷，保存研究人員對新、舊館舍與人員全面追蹤、普查之研究案為例<sup>3</sup>，該館藏品包羅萬象，有獨木舟、圖騰柱、帳篷、木器、牙角器、骨器、編籃、織毯、彩繪皮件、服飾……等。這些源自原住民日常生活的用品與器具，有機材質的文物占有極大的比例，因此在保存維護上尤其困難，施用殺蟲藥劑是最有效且迅速的殺蟲方法，但對於長期與文物接觸的博物館工作人員可能造成累積的傷害卻是未知的。縱使博物館藏品受殺蟲藥劑污染已有許多相關的報導，且相關單位也明訂從業人員的保護設備與持拿步驟等管理策略；但由於文物歸還原住民

為典藏重點政策之一，為確保文物在近百年來所使用的殺蟲藥劑對原住民之健康無虞，該館遂開始針對歷年來的殺蟲紀錄進行普查。從 1918 年到 1984 年的紀錄顯示：萘 (naphthalene)、對二氯苯 (para-dichlorobenzene) 是使用歷史最悠久、應用最為廣泛的化學藥劑，文物與大量的忌避劑包裝在一起，在氣溫稍高或是加溼的情況下，氣味就特別明顯，造成部分工作人員因為接觸文物所散發出藥劑濃烈的氣味後，出現作嘔、頭痛等症狀。所有儲藏在研究單位的人類學藏品都有至少兩次施用磷酸 2,2- 二氯乙烯基二甲基酯 (dichlorvos, Vapona<sup>®</sup>) 的紀錄；1985 年所有在研究中心的藏品均以硫醯氟 (sulfuryl fluoride, Vikane<sup>®</sup>) 覆蓋除蟲處理，另有一些文物在 1986-1989 年間運往研究中心時，就在卡車內直接施用硫醯氟；一些巨型文物 (如圖騰柱等一些巨大文物從戶外入庫典藏前) 無法用冷凍或絕氧法處理的，則仍以 Vikane<sup>®</sup> 殺蟲處理。在 1944-1991 年間有針對特別的文物，施用了許多種殺蟲藥劑的紀錄；直到 2004 閉館前，建築物的隙、裂縫間都還有施用殺蟲劑。即使追查不到使用重金屬殺蟲劑的紀錄，但研究人員仍於 1999-2004 年間從研究中心的一些老舊蒐藏品做了一些試驗，結果證明庫房顯然被重金屬污染。他們懷疑在 1916 年前從北美洲及中美洲取得的一些文物，特別是在 1912 年以前，可能都有用含砷的殺蟲藥劑處理過。同時他們也懷疑 1950 年以前，與一些自然史博物館交換展覽時，藏品就被選擇性地用含重金屬的殺蟲劑處理過。為了顧及在博物館工作人員的健康，以及文物一旦歸還原有者可能影響其健康，除了特殊狀況仍使用化學藥劑除蟲外，自 1988 年開始 NMAI 就以冷凍法為主要的除蟲方法，2003 年更發展用二氧化

<sup>3</sup> <https://americanindian.si.edu/explore/collections/moving/> (瀏覽日期：2019/03/12)

碳處理一些巨型的文物，或是以冷凍處理文物 (Johnson et al., 2005)。

綜合上述，國內、外文物保存界皆已意識到化學方法防治蟲害，對人員健康及環境安全產生長久的負面影響，而研發各種替代方法與防治策略。以下將探討各種文物蟲害防治法對文物的劣化效應。

## 蟲害防治法對文物之劣化效應

### 一、燻蒸

佐野千繪等 (2004) 實驗日本紙經過 Ekibon<sup>®</sup>、EkifumeS<sup>®</sup>、OxifumeNF<sup>®</sup>、Vikane<sup>®</sup>、Ioguard<sup>®</sup>、Bunganon<sup>®</sup> 等燻蒸劑和忌避劑處理後，所有紙張均呈黃化現象，80°C、相對溼度 75% 下加速老化處理 12 週後，一些經過含溴化甲烷及碘甲烷 (methyl iodide) 成份燻蒸的紙張樣本酸度增加，但初始階段酸鹼值並沒有變化。

故宮為加強控管溴化甲烷之排放，於

1992 年加強改善燻蒸庫解毒設備，筆者同時試驗各種模擬文物基材之樣品經過 Ekibon<sup>®</sup> 正常燻蒸、解毒過程後，靜置於密閉的真空乾燥箱，於 4 年後紙張與金屬即呈現受侵蝕現象，與佐野千繪等述及溴化甲烷燻蒸，並加速老化後會造成酸化的結果一致 (圖 1、2、3、5)。受侵蝕之金屬樣本以掃描式電子顯微鏡 (JEOL JSM IT-100) 觀察表面差異，並以能量色散 X- 射線光譜儀 (Oxford AZtecOneXT EDS System) (圖 4、6、7) 分析成份 (表 1、2、3)。

### 二、氮氣置換對西畫顏料及織品染料的變色效應

無論以高溫、低溫 (Strang, 1992; 張琳, 1996)、缺氧或惰性氣體<sup>4</sup> (inert gas) 置換法處理，皆是利用物理方法取代化學方法，避免化學藥劑殘留，造成文物的侵蝕劣化。然而，缺氧或惰性氣體置換法是否會造成油畫或傳統書畫顏料質變，抑或



圖 1. 左：傳統國畫顏料及紙張以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的實驗組，部分顏料變色、紙張腐蝕、有脆裂現象；右：未經 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸之對照組。(攝影／陳澄波)

<sup>4</sup> 依據「國際純化學暨應用化學聯合會」(International Union of Pure and Applied Chemistry, 簡稱 IUPAC) 金皮書 (gold book) 的化學名詞定義，惰性氣體 (inert gas) 為在特定情況下不具有反應性的氣體。例如常溫下，氮氣與鈍氣 (noble gases) 中包含氦 (He)、氬 (Ar)、氪 (Kr)、氙 (Xe) 與氡 (Rn)，對大多物質不具反應性。http://goldbook.iupac.org/html/I/103027.html (瀏覽日期：2018/03/12)。



圖 2. 左：鍍金以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的實驗組，鍍金樣本光澤度降低；右：未經 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸之對照組。（攝影／陳澄波）

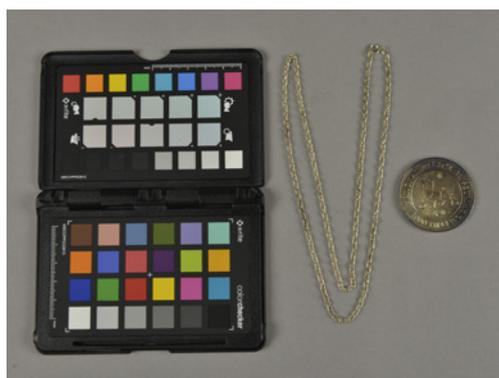
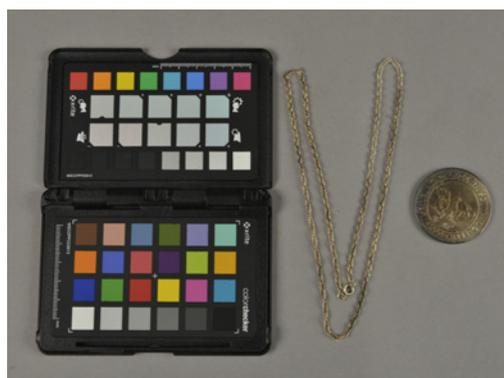


圖 3. 左：鍍銀項鍊及銀幣以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的實驗組樣本變黑；右：未經 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸之對照組。（攝影／陳澄波）

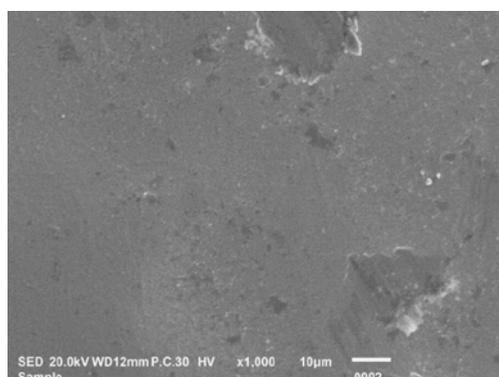
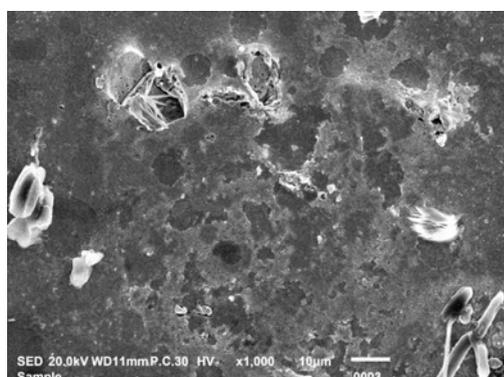


圖 4. 左：以掃描式電子顯微鏡觀察燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的銀幣表面；右：以掃描式電子顯微鏡觀察未以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理之銀幣（對照組）表面。（圖片來源／東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室）



圖 5. 左圖：紅銅（上 2 方片形）及黃銅（下 4 圓條形）以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的實驗組受腐蝕產生藍白色粉末；右圖：未經 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸之紅銅（上 2 方片形）及黃銅（下 4 圓條形）對照組。（攝影／陳澄波）

表 1. 左：以能量色散 X- 射線光譜儀分析燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理後，銀幣表面之元素組成比例。右：以能量色散 X- 射線光譜儀分析未以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理的銀幣（對照組）表面之元素組成比例。

Element	Weight %	Atomic %
Ag	44.18	30.68
Au	44.63	16.97
O	11.18	52.35
Total	100.00	100.00

Element	Weight %	Atomic %
Ag	52.72	67.06
Au	47.28	32.94
Total	100.00	100.00

資料來源：東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室

表 2. 以能量色散 X- 射線光譜儀分析紅銅以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理後，受侵蝕產生的藍白粉末混合樣本之元素組成比例。

Element	Weight %	Atomic %
O	47.98	73.23
Cu	35.24	13.54
P	16.78	13.23
Total	100.00	100.00

資料來源：東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室

表 3. 以能量色散 X- 射線光譜儀分析黃銅以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理後，受侵蝕產生的藍白粉末混合樣本之元素組成比例。

Element	Weight %	Atomic %
O	43.07	69.81
Cu	30.42	12.41
P	16.50	13.81
Zn	10.01	3.97
Total	100.00	100.00

資料來源：東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室

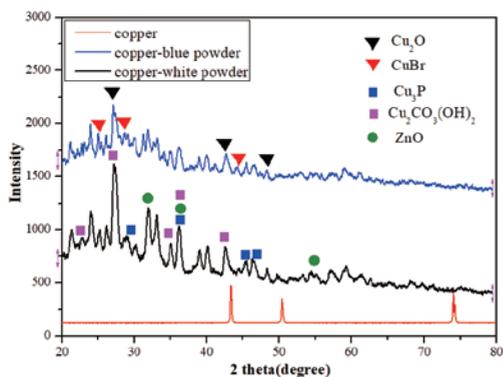


圖 6. 以能量色散 X-射線光譜儀分析紅銅以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理後，受侵蝕產生的藍白粉末混合樣本之元素分析。(圖片來源／東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室)

相對有利於多彩又脆弱文物的保存呢？

早期研究指出，雖然大多數的著色劑在無氧的狀態下都能延長壽命，但少數顏料如赭色（含氧化鐵）及鉛黃（含氧化鉛），在缺氧狀況下較在空氣中，較快導致褪色 (Arney et al., 1979; Kenjo, 1980)。然而，亦有研究 10 種油畫顏料在氮氣缺氧殺蟲處理後，並無顯著變色效應 (Koesler et al., 1993)。Buss and Crews (2000) 就織品染料在充氮／充氬及脫氧劑並用／脫氧劑加入光照因素（螢光燈 320lux，90 天），試驗其變色或褪色效應；結果顯示，脫氧劑對所有染料都無影響，且缺氧會提供大多數染料某種程度的保護，避免變色及褪色；然而其中一種粉紅色螢光染料缺氧處理時連續照光，反較一般空氣變色更顯著，但在黑暗下，則有氧／缺氧的變色效應都無顯著差異，故知在缺氧處理時，應避免光照。Maekawa and Elert (2003) 指出，在缺氧處理過程當中，水份含量的改變可能造成文物損壞；因此充入置換氧氣的氮氣，其相對溼度必須調節得當，而脫氧劑在吸氧反應過程中則會釋放出水份，故要有適當比例的矽膠來吸水。

Rowe (2004) 研究以缺氧法處理傳統的普魯士藍配方所染的棉布及絲織品 3 週

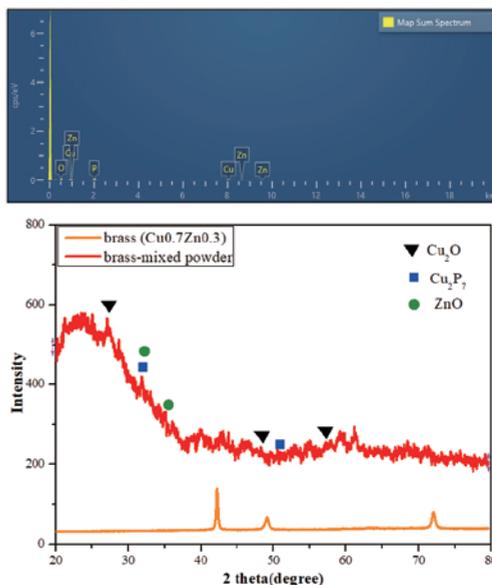


圖 7. 以能量色散 X-射線光譜儀分析黃銅以燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 處理後，受侵蝕產生的藍白粉末混合樣本之元素分析。(圖片來源／東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室)

後，顯示會造成染料本身化學變化而變色；雖然現代的普魯士藍染料當接觸空氣後會恢復，但已降解的織品上原始的染料則不保證可以恢復如常；故建議以普魯士藍染色的織品，勿在缺氧狀況下長期保存或展示。

Korenberg (2008) 試驗水彩顏料黃（鉻黃、雌黃、雄黃）、紅（深茜紅）、藍色系（普魯士藍、安特衛普藍）在缺氧處理後的褪色現象，結果顯示，低氧處理鉻黃及雄黃並不會造成褪色效應，但深茜紅及雌黃則在缺氧下較在一般空氣中不易褪色；然而，缺氧處理兩種藍色系的顏料都會造成褪色，尤其安特衛普藍較普魯士藍褪色更嚴重。

Beltran (2009) 比較數種傳統膠彩、水彩顏料及織品染料，同樣在鹵素燈 1.75 千萬 lux-hours 光照下，大部分樣本缺氧處理較在空氣中更不易褪色；但螢光黃、淡暗橙色、取自黃木犀草染羊毛的淺綠色天然染料以及取自膠蟲染絲的紅色天然染料，

則在缺氧處理下較在空氣中均略易褪色。Gervais et al. (2014) 探討普魯士藍在缺氧狀態下的褪色機制發現，在空氣中，普魯士藍變色主要取決於基材的敏感性，若基材對光和空氣的敏感性越高，則普魯士藍經由氧化還原過程越易造成褪色；而在缺氧狀態下，普魯士藍會被「敏感化」，光照下加強變色。Lerwill et al. (2015) 以微量褪色計 (micro-fadometer) 測試 16 類有機顏料、4 類無機顏料，及 19、20 世紀普魯士藍樣本發現，除了普魯士藍和普魯士綠之外，沒有顏料在缺氧狀態下比在空氣中更差，亦即缺氧有利許多顏料的保存。含有普魯士藍的紙質藝術品，建議儲存在 5% 氧氣中低氧展示，或可保護這種材料，同時減少光線對水彩其他包括有機顏料和紙質支撐材料的損害，這也呼應 Arney et al. (1979) 建議顏料保存環境中保留 0.2% 的氧氣 (1% 空氣)，可以達到在無氧環境下至少 90% 的效益，不僅低氧狀態較易維持，費用也相對較低。

綜合以上研究，顯示缺氧處理須注意處理過程中相對溼度及光的因素導致不可預期的變色或褪色效應。因此在設計以下缺氧處理對傳統國畫的變色效應實驗時，便應注意缺氧處理過程中，相對溼度、溫度及避免光照等因素之控制。

### 三、氮氣置換氧氣法對傳統國畫顏料的變色效應

2011 年故宮氮氣調溼櫃建置之初，即以 4 種植物性顏料——花青、藤黃、洋紅、胭脂，及 4 種礦物性顏料——朱標、赭石、石青、石綠等，共 8 種傳統國畫顏料，有、無加膠礬畫於無酸卡紙上，以及氮氣處理 14 天 (氧氣濃度約 0.03%，溫度  $22 \pm 1^\circ\text{C}$ ，相對溼度 52-55%)，對照組為相同環境溫溼度條件下未經氮氣處理者，所有色卡樣本均以包畫軸之藍色包袱包裹置入 24 小時恆溫恆溼的書畫庫房櫃內；爾後每半年以分光測色計 (KONICA MINOLTA CM-700d) 量測其色差。單變量檢定氮氣處理與對照組無顯著差異 ( $P=0.702>0.05$ )；在有無膠礬無顯著差異 ( $P=0.607>0.05$ )；植物性顏料與礦物性顏料有顯著差異 ( $P=0.023<0.05$ )。結果顯示，實驗的 8 種傳統國畫顏料，未受有無加膠礬、是否經氮氣處理而產生變色效應，但植物性顏料較礦物性顏料會隨時間增加而產生變化 (表 4)。再以重複測量 (Repeated Measures Design) 中 Greenhouse-Geisser 檢定法，做為受試者內效應項檢定分別分析這 8 種傳統國畫顏料在 7 年的檢測期間是否隨時間增加而有變異，及在有無膠礬及是否氮氣處理下，隨時間而有變異 (表

表 4. 受試者間效應項的單變量檢定時間、有無膠礬及是否氮氣處理因子對各種傳統國畫顏料之變色效應

來源	F	顯著性
有無膠礬	.272	.607
是否氮氣處理	.150	.702
是否為植物顏料	5.937	.023
有無膠礬 * 是否氮氣處理	.147	.705
有無膠礬 * 是否為植物顏料	.055	.817
是否氮氣處理 * 是否為植物顏料	.210	.651
有無膠礬 * 是否氮氣處理 * 是否為植物顏料	.470	.499

資料來源：本研究統計分析

表 5. Greenhouse-Geisser 檢定法，做為受試者內效應項檢定時間因子與有無膠礬及是否氮氣處理對各種傳統國畫顏料之變色效應

顏料	時間		時間 * 有無膠礬		時間		時間 * 是否氮氣處理	
	F	顯著性	F	顯著性	F	顯著性	F	顯著性
花青	1.574	.331	1.416	.354	1.138	.406	.470	.653
藤黃	1.856	.277	1.463	.337	1.663	.318	1.104	.409
洋紅	8.468	.057	.451	.630	8.518	.059	.465	.619
胭脂	6.415	.105	1.205	.389	8.870	.069	2.431	.240
赭石	.416	.623	.604	.546	.478	.620	.998	.438
朱標	3.112	.171	1.446	.342	2.891	.207	1.202	.390
石青	2.915	.200	2.094	.265	1.931	.269	.712	.532
石綠	2.077	.281	1.095	.407	1.969	.267	.934	.457

資料來源：本研究統計分析

5)？並以受試者間效應項檢定有無膠礬及是否氮氣處理分別對各種傳統國畫顏料之變色效應（表 6）。結果顯示，無論是受試者內效應項或受試者間效應項檢定，都與前述單變量檢定結果一致，亦即在有無膠礬及是否氮氣處理下，隨著時間增加，各種傳統國畫顏料變色效應均不顯著<sup>5</sup>。

## 結語

綜合以上研究得知，凡以化學方法防治文物害蟲，對於文物保存、人員健康、環境保護都顯現不利的影響。文物燻蒸劑 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸處理有機及無機材質樣本，長時間密閉貯存下，造成紙張焦灼，金屬受侵蝕，因此經過燻蒸處理的文物必須存放在通風的開放環境，較能避免文物受侵蝕。文物保存界大都逐步以其他更安全的化學藥劑或非化學方法取而代之。惟，燻蒸處理為目前防疫處理的主要方法之一，而溴化甲烷具有穿透性強、擴散迅速、作用範圍廣、殺蟲能力強等特性，是國際檢疫燻蒸處理中為最常用之燻蒸劑，廣泛應用於木材、水果、蔬菜、花卉及穀物之防

表 6. 受試者間效應項檢定有無膠礬及是否氮氣處理對各種傳統國畫顏料之變色效應

顏料	有無膠礬		是否氮氣處理	
	F	顯著性	F	顯著性
花青	3.098	.220	.432	.579
藤黃	.192	.704	8.260	.103
洋紅	.004	.956	.250	.667
胭脂	.205	.695	16.746	.055
赭石	1.906	.301	.001	.981
朱標	.027	.885	.131	.752
石青	10.331	.085	.274	.653
石綠	1.122	.401	1.032	.416

資料來源：本研究統計分析

疫處理。由上述結果得知，燻蒸後即使經過正常解毒流程，被燻蒸物仍須維持空氣流通，以利穿透入深層的溴化甲烷得以散逸，方能避免燻蒸劑殘留裝潢木料中或蔬果內，危及我們的健康。

此外，紅銅與黃銅試片在經過 Ekibon<sup>®</sup> 燻蒸處理後，受侵蝕產生的藍白粉末混合樣本經成份分析，與未燻蒸處理的對照組差異是前者含磷化銅，而同時經

<sup>5</sup> 沈明來，2009，資料分析與 SPSS 應用。本次試驗採用 SPSS21 版統計分析。

燻蒸處理的銀幣卻未檢出有磷，磷的來源尚待進一步探討。

氮氣取代氧氣使害蟲在長時間缺氧狀態窒息的殺蟲方法，就西方文物保存專家針對西畫顏料的變色效應，普魯士藍等少數顏料，特別是在對光和空氣的敏感性越高的基材上，會因為溼度、光照等因子產生變異。至於筆者針對 8 種傳統國畫顏料有無膠礬及是否氮氣處理，依據故宮書畫及織品等敏感性脆弱文物入庫前氮氣處理作業程序及貯存方式設計試驗，經過 7 年的追蹤檢測，以單變量與多變量統計分析結果，均顯示並無顯著的變色效應，顯示氮氣處理對書畫、織品等脆弱的文物而言，是相對安全的蟲害防除方法，對於環境的負面效應也更低。惟，低氧處理雖然對於敏感性有機材質、人員與環境無害，但在設計大型氮氣櫃須注意應設有氮氣處

理空間之氧氣濃度監測顯示器，以免人員貿然進入氧濃度不足的環境，造成瞬間缺氧而發生危險。

任何蟲害防治法短時間內或許不易顯現出對文物造成不良影響的後遺症，但長遠地就文物保存、人員健康與環境安全的觀點考量，歷來處理的方法均應詳實記錄，以供後人追蹤其可能造成的效應。

## 誌謝

感謝東吳大學化學系前瞻材料暨電化學實驗室謝伊婷助理教授協助金屬燻蒸處理腐蝕物成份分析，以及登錄保存處同仁協助傳統國畫顏料測試樣張之繪製及色差量測。本文承蒙審查者提供寶貴意見，讓文章更臻完善，特此致謝。

## 參考文獻

- 王慈卿，2014。輸入農產品溴化甲烷檢疫燻蒸處理實務簡介，動植物防檢疫季刊，103 年 7 月，第 265 期。<http://www.coa.gov.tw/ws.php?id=2501510>（瀏覽日期：2017/05/12）。
- 佐野千繪、吉田和成、宮澤淑子、三浦定俊，2004。燻蒸劑・忌避剤などが和紙の酸性度と色彩に及ぼす影響，保存科学，43: 35-42。
- 呂釗君，2018。博物館常用除蟲方法介紹，故宮文物月刊，419: 32-39。
- 沈明來，2009。資料分析與 SPSS 應用，397 頁。臺北：九州出版社。
- 張琳，1996。漫談文物害蟲的低溫處理防治法，故宮文物月刊，164: 76-81。
- Arney, J. S., Jacobs, A. J. and Newman, R., 1979. The influence of oxygen on the fading of organic colorants. *Journal of the American Institute for Conservation*, 18: 108-117.
- Beltran, V., 2009. An examination of anoxic color fading for selected gouaches, watercolors and textiles. *The Book and Paper Group Annual*, 28: 9. Presented at the Book and Paper Group session, AIC 37<sup>th</sup> Annual Meeting, May 20-23, 2009, Los Angeles, CA.
- Buss, J. J. B. and Crews, P. C., 2000. Influence of nitrogen gas and oxygen scavengers on fading and color change in dyed textiles. *Faculty Publications-Textiles, Merchandising and Fashion Design*. Paper 15.
- Gervais, C., Languille, M. A., Reguer, S., Garnier, C. and Gillet, M., 2014. Light and anoxia fading of Prussian blue dyed textiles. *Heritage Science*, 2: 26. (<http://www.heritagescience-journal.com/content/2/1/26>)

- Johnson, J. S., Heald, S. and Chang, L., 2005. Case studies in pesticide identification at the National Museum of the American Indian. Published in the 14<sup>th</sup> Triennial Meeting the Hague Preprint.
- Kenjo, T., 1980. Studies on the long-term conservation of cultural properties: The effects of different concentrations of oxygen on pigments used for cultural properties. *Scientific papers on Japanese Antiques and Art Crafts*, 25: 103-107.
- Koestler, R. J., Parreira, E., Santoro, E. D. and Noble, P., 1993. Visual effects of selected biocides on easel painting materials. *Studies in Conservation*, 38: 265-273.
- Korenberg, C., 2008. The photo-ageing behaviour of selected watercolour paints under anoxic conditions. *The British Museum Technical Research Bulletin*, 2: 49-57.
- Lerwill, W., Townsend, J. H., Thomas, J., Hackney, S., Caspers, C. and Liang, H., 2015. Photochemical colour change for traditional watercolour pigments in low oxygen levels. *Studies in Conservation*, 60(1): 15-32.
- Maekawa, S. and Elert, K., 2003. *The Use of Oxygen-free Environments in the Control of Museum Insect Pests*. The Getty Institute, Los Angeles. California. USA.
- Rowe, S., 2004. The effect of insect fumigation by anoxia on the textiles dyed with Prussian blue. *Studies in Conservation*, 49: 259-270.
- Strang, T. J. K., 1992. A review of published temperatures for the control of pest insects in museums. *Collection Forum*, 8(2): 41-67.

#### 作者簡介

張琳現任國立故宮博物院登錄保存處研究員。

## **Discussion on the Effects and Safety of Pest Control Methods for Conservation of Cultural Property**

Lin Chang\*

### **Abstract**

Pest control is an important part of the effort to conserve cultural property in museums. Insecticides or repellants may provide efficient and effective prevention or control of pests, however chemical residues not only cause deterioration of cultural property, but also impact on human health and the environment. Therefore, conservators have been replacing chemical treatments with physical methods, such as low temperature, high temperature and inert gas. The objectives of this article are to discuss the effects of conventional chemical control methods, using repellants, fumigants, and insecticides, and physical control methods, such as inert gas, to explore their advantages and disadvantages in the conservation of cultural property and their possible impacts on Western colorants and traditional Chinese pigments.

Keywords: conservation of cultural property, pest control, insecticide, fumigation, inert gas

\* Researcher, Department of Registration and Conservation, National Palace Museum;  
E-mail: linchang@npm.gov.tw