

# 應用 $\gamma$ -射線於水損霉害書籍的滅菌處理及評估

文·攝影／夏滄琪 國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系副教授、羅鴻文 研究典藏組

國立台灣文學館基於維護紙質文物、延續文化之任務，首開國內博物館水損文物處理先例，探討以 $\gamma$ -射線進行檔案文物之滅菌處理法之可行性。

## 一、前言

國立台灣文學館於民國97年自國立台中一中搶救受水損書籍約4,000冊，由於當時紙張已因浸水受潮而滋生黴菌，當下立即將書籍置入零下20°C冷凍櫃冷凍暫存，以防止紙質纖維被分解腐爛，而造成珍貴史料無法彌補的損失。本批水損書籍之後經過兩年的乾燥處理，至99年底已全數乾燥完畢，且將4,000冊書目造冊完成。然而，因霉害書籍上的黴菌孢子仍具有活性，極易擴散至庫房環境且將危害館員之健康，遂於99年底委託「行政院原子能委員會核能研究所」進行 $\gamma$ -射線（Gamma ray）照射滅菌處理，並由「國立嘉義大學林產科學暨家具工程學系」執行滅菌評估。此案例所處理數量之龐大與複雜，可謂開國內博物館處理水損文物之首例，期能紀錄此次可貴的經驗，提供未來類似案件之參考。



圖1 97年國立台中一中書籍水損現場。（攝影／羅鴻文）

## 二、 $\gamma$ -射線（Gamma ray）滅菌原理

為保護典藏管理人員之健康，避免入藏處理時受到真菌類的感染，在進行入藏作業前，擬採取快速且有效的 $\gamma$ 射線照射方式，以滅除水損書籍上滋生嚴重之黴菌微生物。 $\gamma$ -射線係波長界於 $10^{-11} \sim 10^{-14}$  M之電磁波。 $\gamma$ -射線得自於放射性元素之原子核分裂，諸如工業上最常被採用之鈾60或是銻137。由於其高能量，使得 $\gamma$ -射線具有很強的穿透力，意味著此種射線可誘發被照射材質內部之改變，會使生物體引起生物效應（Biological effect）而受傷害或致死。如果劑量應用適當，則當 $\gamma$ -射線與活細胞接觸時，將促使DNA分子受損及細胞的死亡。由於具有殺蟲、殺菌之特性， $\gamma$ -射線常被應用於醫療消毒用途、製藥及食品工業上。以相當低的劑量，如0.5~1kGy（Gy：放射線吸收量之單位，

1Gy=1 J/kg=100 rad）即可達到滅蟲效果，然而微生物，特別是真菌類對於 $\gamma$ -射線具有相當的抵抗力；甚至於在同屬內，不同種之黴菌對於輻射之敏感度亦有所差異。微環境中之溫度、相對濕度、氧氣水準及初始之孢子濃度皆會影響殺菌之成效。輻射消毒亦稱之為冷殺菌或冷消毒（Cold sterilization），主要是由於 $\gamma$ -射線處理古文物時幾乎不會有任何

可感知的溫度提升，因此不會導致溫度的破壞效應。並且鈾60 $\gamma$ -射線不會像毒氣消毒有殘留的問題，加以此法操作簡單而沒有破壞環境的顧慮，故而可取代毒氣消毒法。自1960年代初期Belyakova採用 $\gamma$ -射線進行典藏文物之維修處理起，核能輻射之應用，已由軍事、農業、工業等用途拓展至文化領域。近來，以輻射進行藝術品或檔案文物之修護處理，日益受到文物維修專家們的重視與興趣。對於紙質文物而言，輻射處理對於畫作紙質材料上的蟲、菌係為間接破壞之方式（破壞蟲類之消化器官使無法進食而死亡，或破壞蟲、菌之基因使其逐漸死亡）而滅除之，以達文物維護目的；然而過度的輻射處理卻可能造成紙張纖維變黃、脆化等直接破壞，故應謹慎、妥善地運用之。基於維護文物、延續文化是吾人責無旁貸之任務，以 $\gamma$ -射線進行檔案文物之滅菌處理法將有相當的實用價值，因此，本文係探討以鈾60 $\gamma$ -射線照射進行霉害書籍滅菌處理之可行性。



圖2 《近代文學に現れたる超人》之菌株採樣。

## 三、材料與方法

### （一）試驗材料

選取《日本文學全史 卷二 上代文學史》（下卷）（佐佐木信綱著，昭和11年，東京堂發行）封面、封底及內頁共9處及《近代文學に現れたる超人》（Leo Berg原著，高橋禎二譯，無

版權頁）封面、封底及內頁共8處，以棉花棒沾取霉害部位之菌株，進行 $\gamma$ -線照射滅菌效果前之培育。（如圖2所示）

### （二）試驗方法

為評估 $\gamma$ -射線照射對霉害水損書籍滅菌效果之評估以無菌棉花棒於《日本文學全史 卷二 上代文學史》（下卷）及《近代文學に現れたる超人》紙張上顯著黴斑部位取樣，分別將兩本取樣用書與其他4,000冊霉害書籍裝入密封的封口袋中，運送至核能所施以12kGy劑量之 $\gamma$ -射線照射。待照射完畢後，將《日本文學全史 卷二 上代文學史》（下卷）及《近代文學に現れたる超人》以棉花棒塗抹原採樣位置之黴菌於馬鈴薯葡萄糖洋菜培養基（Potato dextrose agar, PDA）上，置入25°C之無光照培養箱中進行培養，觀察滅菌效果。



圖3 霉害水損書籍裝箱後於核能所進行 $\gamma$ -射線照射。

## 四、結果與討論

### （一）水損書黴斑之菌株鑑別：

試驗霉害水損書以PDA培養黴菌7日後之滋生狀況如圖4所示，由培養結果呈現「芽枝黴菌屬」（*Cladosporium* sp.）所佔比例最高，而「青黴菌屬」（*Penicillium* sp.）、「彎孢黴菌屬」（*Curvularia* sp.）、「盾殼黴菌屬」（*Coniothyrium* sp.）及「漢氏孢黴菌屬」（*Hansfordia* sp.）皆可在霉害水損書上發現。

### （二）確認滅菌效果：

$\gamma$ -射線照射對水損書黴斑滅菌效果之評估 $\gamma$ -射線照射之滅菌效果如圖5所示，由試驗結果顯

示，對於本試驗霉害紙樣之 $\gamma$ -射線照射劑量為12 kGy時已可充分達於滅菌效果，在此劑量照射時，霉害水損書樣經以PDA 培養基進行培養已無真菌類發育現象。

**(三) 未來修護處理：**

此批水損書籍多有脫頁、破洞、髒污及霉斑等劣化現象，雖已經 $\gamma$ -射線滅菌處理，黴菌暫無擴散之立即危險性，但為長久保存，仍須進行如重新裝幀、除霉斑等修護處理。

**(四) 審慎使用：**

本案選擇以輻射方式滅菌，係考慮水損書籍數量及處理之效率，非通案性皆需採用，因放射線劑量過多亦可能造成紙張纖維之直接破壞，故對此技術使用於重要文物需特別審慎。

**五、參考資料**

林秋安，1989。放射性同位素利用技術。東興文化出版社。第14頁。

陳家杰、林彬、喬昭華、荊淑華、岩素芬、林勝伴，1997。古物保存與修補照射。民俗文物及古蹟生物腐蝕與防治。中華民國微生物學會，第87-95頁。

蘇裕昌、趙國評、陳鴻財、陳家杰，1999a。 $\gamma$ -射線照射對文化用紙光學性質的影響。台灣林業科學14(1)：37-44。

蘇裕昌、趙國評、陳鴻財、陳家杰，1999b。 $\gamma$ -射線照射對紙張物理化學性質的影響。台灣林業科學14(2)：119-130。

Flieder, F., M. Leroy, and F. Fohrer, 1995, Disinfection paper using gamma ray, electron beams and microwaves. 3rd Int. Conference on Biodeterioration of Cultural Properties, pp.174-182.

Tomazello, M.G.G. and F.M.Wiendl, 1995, The applicability of gamma

radiation to the control of fungi in naturally contaminated paper. RESTAURATOR. Vol.16, pp.93-99.

**謝誌**

本文相關實驗感謝核能所陳家杰博士及林彬老師於輻射照射文物的專業協助，以及平薇玲小姐與黃俊翰先生於黴菌的培養與記錄。

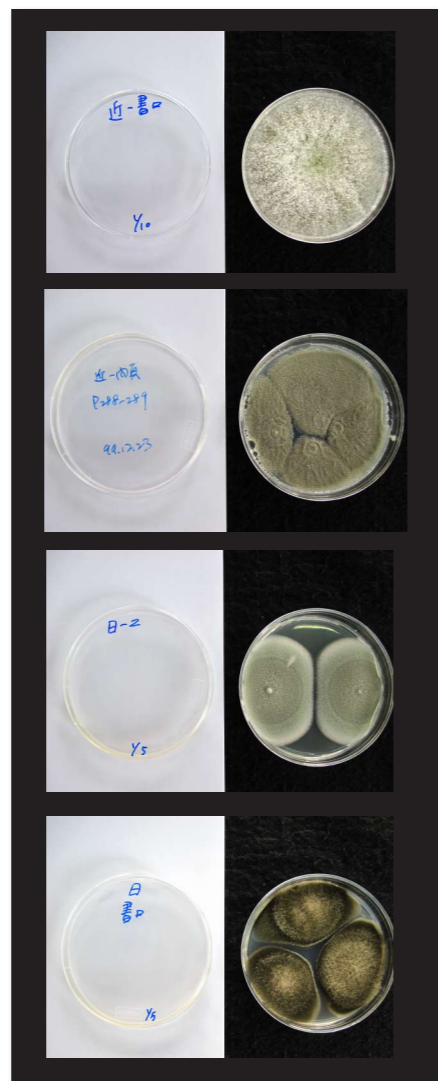


圖4 霉害水損書之PDA培養黴菌7日後滋生型態。

**滅菌前後差異比較**

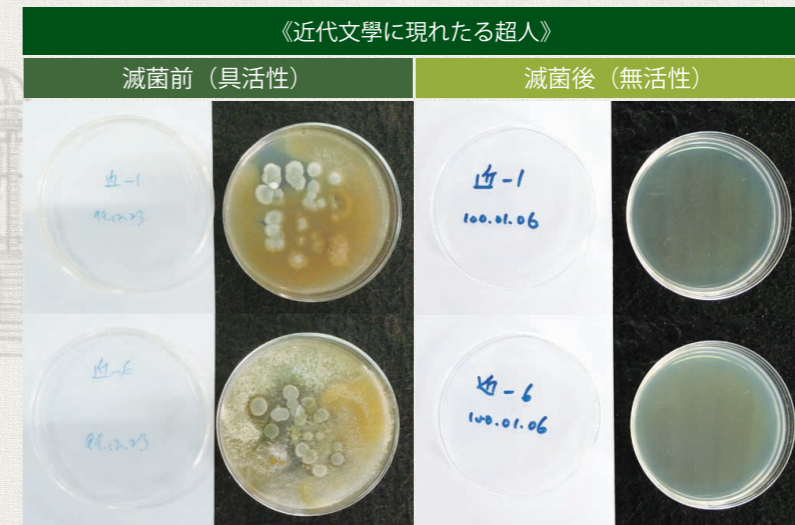
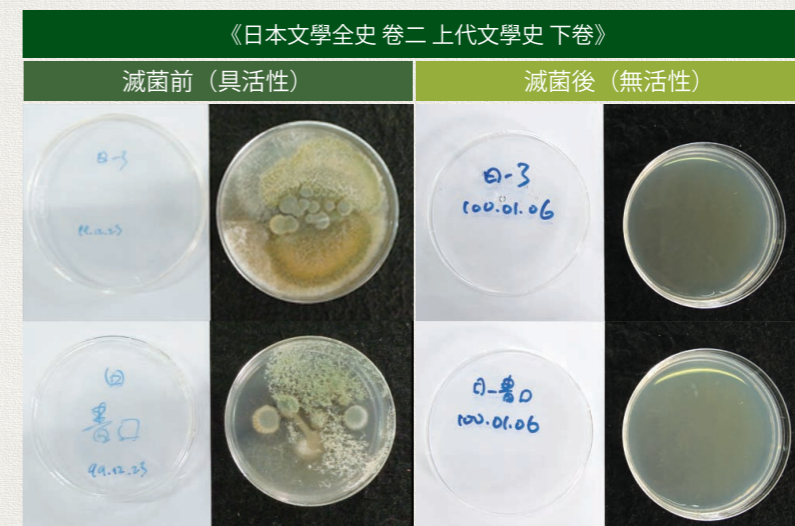


圖5  $\gamma$ -射線照射前後黴菌培養結果比較。