

嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會

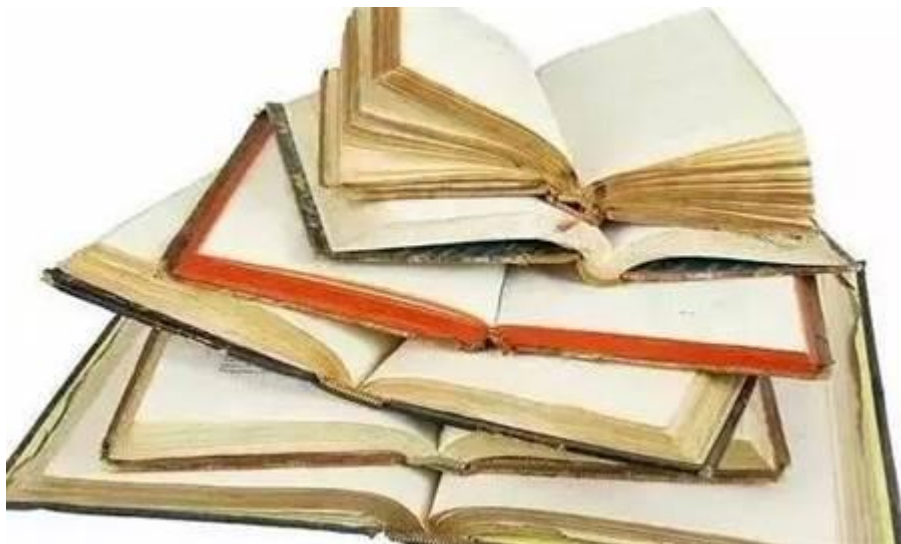
作品說明書

科 別：生活與應用科學科(2) (環保與民生)

組 別：國中

作品名稱：搶救泡水書大作戰

關 鍵 詞：泡水書、蒸發、紙張



編 號：

摘要

有泡水書晾乾處理後紙張皺摺的經驗，想找方法解決這個問題，查了很多資料，想實驗證明是否有效。本實驗主要以溫度、溼度、風速等外在環境因子來探討紙張造成泡水紙張乾燥彎曲的影響因素，進而探究紙張重量和數量造成彎曲數量的差異，並且嘗試用各種不同方法來處理泡水書。實驗證明，當泡水紙張處理時溫度越高、溼度越低、風速越快，雖然會讓泡水紙張乾燥越快，但是相對的紙張的彎曲也就越多；紙張的重量越輕、數量越多，泡水紙張的乾燥後的彎曲就越明顯；冰箱冷凍法可以適度的減少紙張褶皺。本研究認為搶救泡水書的最佳方法為：在泡水紙張上方適度的外加重量，並且在泡水紙張間塞紙吸水，環境加以除溼，可快速乾燥泡水紙張並避免紙張晾乾後彎曲。

壹、研究動機

有一次下雨淹水，課本被水浸泡，我拿到陽台上曬太陽，還拿了電風扇吹課本，原本以為這樣可以快乾，但是發現放乾後的課本呈現皺摺狀態，根本無法閱讀。這個慘痛的經驗，讓我們動念想要研究，改變希望藉由此實驗能獲得改善。之後又在網路上看到的一則新聞，內容報導提到濕掉書本若放在冰箱裡效果會比放在室外來的較好，我們想驗證方法的正確性，也有找到國立高中圖書館處理泡水書的標準流程 SOP，但是該方法成本過於昂貴，甚至希望能找到一個簡便的方法，將幫助往後的浸濕書本更能夠回到原本狀態。

貳、實驗目的

- 一、探討「外在環境」對泡水紙張晾乾後的影響。
- 二、探討「不同晾乾環境」對泡水紙張晾乾後的影響。
- 三、探討不同「紙張重量」在泡水紙張晾乾後的差異。
- 四、探討不同「紙張數量」在泡水紙張晾乾後的差異。
- 五、探討「外加方法」對泡水紙張晾乾後的影響。

參、研究設備及器材

- 一、實驗材料：報紙、道林紙(A4 影印紙)、薄銅版紙(雜誌)、中銅版紙(教科書)、厚銅版紙(校刊)、寶特瓶。
- 二、實驗器具：恆溫箱(圖 1)、除濕機、冰箱。
- 三、觀測工具：電子秤、電子溫溼度計(圖 2)。



(圖 1 恆溫箱)



(圖 2 電子溫溼度計)

肆、文獻探討

經查詢有各種不同泡水書的處理方法：

- 一、曬乾法：將泡水書在日照中曬乾。
- 二、風乾法：將泡水書吹風，讓它吹乾。
- 三、低溫冷藏法：(許晏榕、陳琪雅、解家威，1991)

將泡水書放在冰箱冷藏室，讓它在低溫下緩慢蒸發。

- 四、陰乾法：把泡水書放在陰涼處，自然晾乾即可。

- 五、冰箱冷凍法：(XiaYin，2018)

可以把不小心弄溼的書先把多餘的水份擦乾，放進塑膠袋裡然後放到冰箱冷凍庫裡冰著，放個一天把書拿出來時你會看到書結凍了，接下來把書拿去曬乾解凍，這樣做就能很大程度上的除皺了！

- 六、重壓除皺法：(XiaYin，2018)

把你遭遇水難的書趕緊擦乾，然後拿出紙張一張張的夾在濕書的每一頁之中。並在這本書上弄溼的地方放置重物，重物壓力越大效果更好，接下來只要放著等書乾，你的愛書就會回復原樣，完全不會皺皺的喔。

- 七、真空冷凍乾燥法：(羅鴻文，2009)

將泡水書放入冷凍櫃(數量眾多時可以租用冷凍貨櫃)，再以真空冷凍乾燥機處理，讓冷凍泡水書裡的冰在低壓狀態下直接昇華成氣體，如此一來泡水書可以不用經過吸收液態水而潮濕、膨脹的狀態，書籍比較不容易變形。

伍、研究過程或方法

- 1.探討溫度、濕度、風速、負重對泡水紙晾乾後的影響。
- 2.探討不同紙張材質、不同紙張數量、不同銅版紙厚度的紙張，泡水晾乾後的影響。



研究泡水紙張的最佳處理方法

一、泡水紙張樣本設計的方法：

為了探討泡水紙張在「不同環境」、「不同紙張重量」和「不同紙張張數」，設計了以下的幾種不同泡水紙張的實驗樣本(表 1)：

(表 1 各種不同泡水紙張樣本)

編號	晾乾環境	紙張材質	紙張張數	編號	晾乾環境	紙張材質	紙張張數	編號	晾乾環境	紙張材質	紙張張數
1	60°C 恆溫箱	報紙	10 張	16	冰箱 冷藏	報紙	10 張	31	地下室	報紙	10 張
2	60°C 恆溫箱	報紙	20 張	17	冰箱 冷藏	報紙	20 張	32	地下室	報紙	20 張
3	60°C 恆溫箱	報紙	30 張	18	冰箱 冷藏	報紙	30 張	33	地下室	報紙	30 張
4	60°C 恆溫箱	道林紙	10 張	19	冰箱 冷藏	道林紙	10 張	34	地下室	道林紙	10 張
5	60°C 恆溫箱	道林紙	20 張	20	冰箱 冷藏	道林紙	20 張	35	地下室	道林紙	20 張
6	60°C 恆溫箱	道林紙	30 張	21	冰箱 冷藏	道林紙	30 張	36	地下室	道林紙	30 張
7	60°C 恆溫箱	薄 銅版紙	10 張	22	冰箱 冷藏	薄 銅版紙	10 張	37	地下室	薄 銅版紙	10 張
8	60°C 恆溫箱	薄 銅版紙	20 張	23	冰箱 冷藏	薄 銅版紙	20 張	38	地下室	薄 銅版紙	20 張
9	60°C 恆溫箱	薄 銅版紙	30 張	24	冰箱 冷藏	薄 銅版紙	30 張	39	地下室	薄 銅版紙	30 張
10	60°C 恆溫箱	中 銅版紙	10 張	25	冰箱 冷藏	中 銅版紙	10 張	40	地下室	中 銅版紙	10 張
11	60°C 恆溫箱	中 銅版紙	20 張	26	冰箱 冷藏	中 銅版紙	20 張	41	地下室	中 銅版紙	20 張
12	60°C 恆溫箱	中 銅版紙	30 張	27	冰箱 冷藏	中 銅版紙	30 張	42	地下室	中 銅版紙	30 張
13	60°C 恆溫箱	厚 銅版紙	10 張	28	冰箱 冷藏	厚 銅版紙	10 張	43	地下室	厚 銅版紙	10 張
14	60°C 恆溫箱	厚 銅版紙	20 張	29	冰箱 冷藏	厚 銅版紙	20 張	44	地下室	厚 銅版紙	20 張
15	60°C 恆溫箱	厚 銅版紙	30 張	30	冰箱 冷藏	厚 銅版紙	30 張	45	地下室	厚 銅版紙	30 張

二、製作泡水紙張樣本的方法：

收集各種不同的紙張，包括報紙、道林紙、銅版紙(薄、中和厚)、再分別用裁紙刀切出 18cm×18cm 大小的紙張(圖 3)，一邊再用長尾夾固定，放入塑膠水盆泡水 10 分鐘後(圖 4)，再取出進行實驗。

三、泡水紙張晾乾後彎曲數量的計算：

將紙張一張一張取出，取最彎曲的一面，由兩位實驗者分別計算該面的彎曲的數量，取兩者觀察數值的平均值，為最後實驗的結果。



(圖 3 裁切的紙張樣本)

(圖 5 測量紙張彎曲數量)

四、不同變因對泡水紙張晾乾後影響的實驗設計：

(一)「外在環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

1.環境「溫度」對泡水紙張晾乾後的影響：

想要探討將泡水書放在高溫或日光下曬烤，烘乾後的紙張狀態。實驗方式：將泡水紙張的樣本放到恆溫箱烘烤，恆溫箱溫度設置為 80℃、60℃ 和 40℃，待紙張烤乾後進行結果觀察。

2.環境「濕度」對泡水紙張晾乾後的影響對照。

想要探討讓泡水書在除溼的環境下，晾乾後的紙張狀態。實驗方式：將紙張放在鄰近的兩間房間，一間房間未放置除濕機(平均濕度約為 80%，如圖 6)，一間房間開啟除濕機(平均濕度約為 55%，如圖 7)，待紙張晾乾後進行結果觀察對照。



(圖 6 未放置除濕機房間的相對濕度)

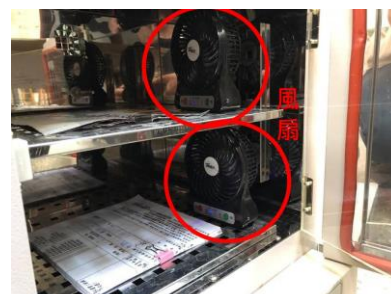


(圖 7 放置除濕機房間的相對濕度)

3.環境「風速」對泡水紙張晾乾後的影響。

想要探討讓泡水書在吹風的環境下，吹乾後的紙張狀態。

實驗方式：將泡水紙張樣本放到恆溫箱烘烤，恆溫箱溫度設置為 40℃，一組未加裝風扇，一組則加裝風扇(圖 8)，待紙張晾乾後進行結果觀察對照。



(圖 8 恆溫箱內加裝風扇)

4.「冷凍法」對泡水紙張晾乾後的影響。

有人建議冰箱冷凍法，將泡水書結凍後再拿去解凍晾乾，能有一定程度上的減少皺褶。

實驗方式：將一組泡水書拿去冰箱冷凍庫進行冷凍(圖 9)，一組泡水書沒有冷凍，之後再放在同一個房間一起晾乾(圖 10)，待紙張晾乾後進行結果觀察對照。



(圖 9 泡水書放冰箱冷凍庫)



(圖 10 泡水書樣本一起放置晾乾)

(二)不同「晾乾環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

將泡水紙張樣本放到(1)恆溫箱 60℃ 烘烤(圖 11)；(2)冰箱冷藏室(圖 12)；(3)地下室(圖 13)，三個地方的溫溼度如表 2，待紙張晾乾後進行結果觀察。



(圖 11 恆溫箱烘烤)



(圖 12 冰箱冷藏室)



(圖 13 地下室)

(表 2 各種環境場所的溫度、濕度)

環境	恆溫箱	冰箱冷藏室	地下室
溫度	60℃	約 4℃	約 23℃
濕度	約 60%	約 50%	約 65%
對應方法	曬乾法	低溫冷藏法	陰乾法

(三)探討不同「紙張重量」在泡水紙張晾乾後的差異。

將不同種類的紙張進行分類，分為較輕、中等、較重三組，其種類和重量如表 3。將不同種類的紙張泡水後進行晾乾，待紙張晾乾後進行觀察，比較不同重量的紙張的狀況差異。

(表 3 三組不同紙張的特性)

紙張重量	較輕	中等	較重
紙張種類(重量)	報紙(1.38 克/張)	道林紙(2.32 克/張)	厚銅版紙(4.85 克/張)
	薄銅版紙(1.42 克/張)	中等厚度銅版紙(2.43 克/張)	

(四)探討不同「紙張數量」在泡水紙張晾乾後的差異。

將不同數量的紙張(10 張、30 張和 50 張)分別泡水後進行晾乾，待紙張晾乾後進行觀察，比較不同數量的紙張的狀況差異。

(五)探討「外加方法」對泡水紙張晾乾後的影響。

1.探討紙張上方「負重」對泡水紙張晾乾後的影響。

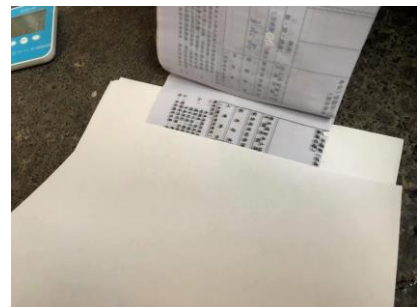
有人建議重壓除皺法，將泡水書上方放置重物，等書晾乾後紙張不會有皺褶，且重物壓力越大效果更好。實驗方式：將泡水紙張樣本放在除溼的房間裡，紙張上方放置書本，再用裝滿水的寶特瓶壓著書本，一組壓 1 瓶寶特瓶(圖 14)，一組壓 6 瓶寶特瓶(圖 15)，待紙張晾乾後進行結果觀察對照。



(圖 14 泡水書上方壓 1 瓶寶特瓶) (圖 15 泡水書上方壓 6 瓶寶特瓶)

2.探討泡水紙張「夾紙張」對泡水紙張晾乾後的影響。

有人建議可以在泡水書每一個紙張之間夾紙張吸水，等書晾乾後紙張比較不會有皺褶。實驗方式：將紙張將泡水紙張樣本放在除溼的房間裡，紙張上方壓著書本，書本上方壓 6 瓶寶特瓶(圖 16)，其中一組泡水紙張夾衛生紙(圖 17)，另外一組泡水紙張夾道林紙(圖 18)，待紙張晾乾後進行結果觀察對照。



(圖 16 泡水紙張壓寶特瓶) (圖 17 夾衛生紙的泡水紙張) (圖 18 夾道林紙的泡水紙張)

陸、實驗結果

一、探討「外在環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

(一)環境「溫度」對泡水紙張晾乾後的影響：

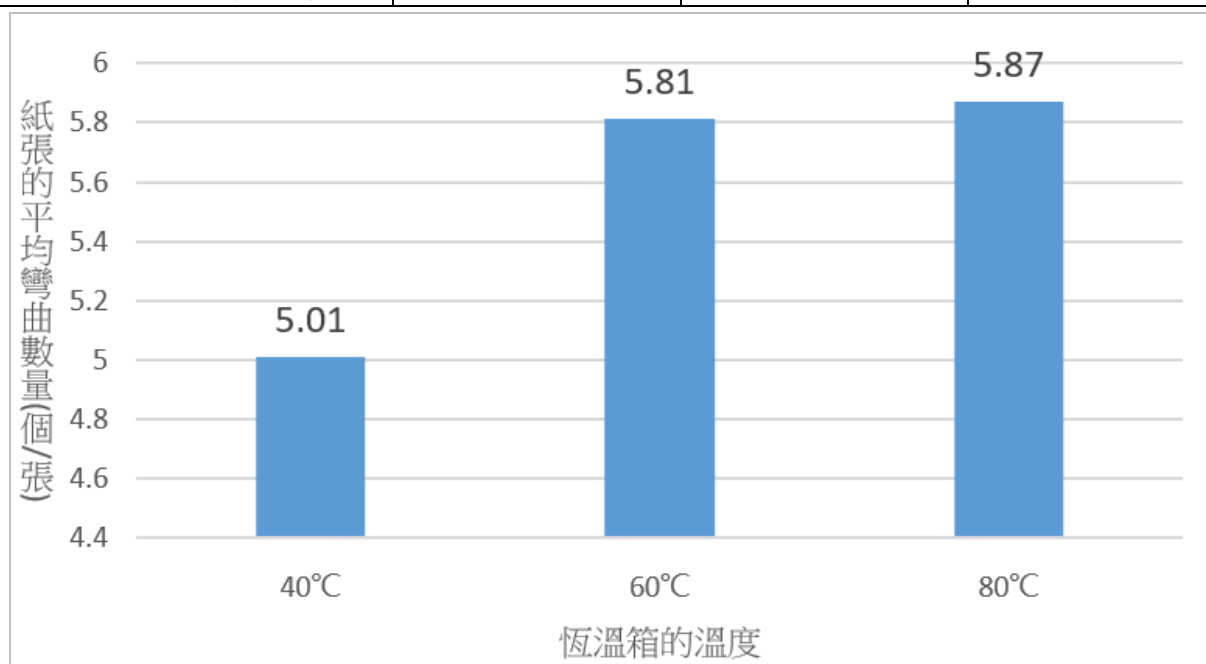
控制變因	操縱變因	應變變因
◆環境的條件 ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆環境溫度	◆紙張的平均彎曲數量(個/張) (註 4)

(註 4：實驗數據為各種實驗樣本的數據平均值)

把各種泡水紙張實驗樣本放入恆溫箱中，待烤乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現紙張的彎曲數量： $80^{\circ}\text{C} > 60^{\circ}\text{C} > 40^{\circ}\text{C}$ (表 4，圖 19)，所以當恆溫箱的溫度越高，泡水紙張晾乾後，紙張的彎曲數量越多。

(表 4 不同恆溫箱溫度與紙張的彎曲數量)

恆溫箱溫度($^{\circ}\text{C}$)	40 $^{\circ}\text{C}$	60 $^{\circ}\text{C}$	80 $^{\circ}\text{C}$
晾乾後紙張的平均彎曲數量(個/張)	5.01	5.81	5.87



(圖 19 恆溫箱溫度與泡水紙張晾乾後的紙張平均彎曲數量)

(二)環境「濕度」對泡水紙張晾乾後的影響：

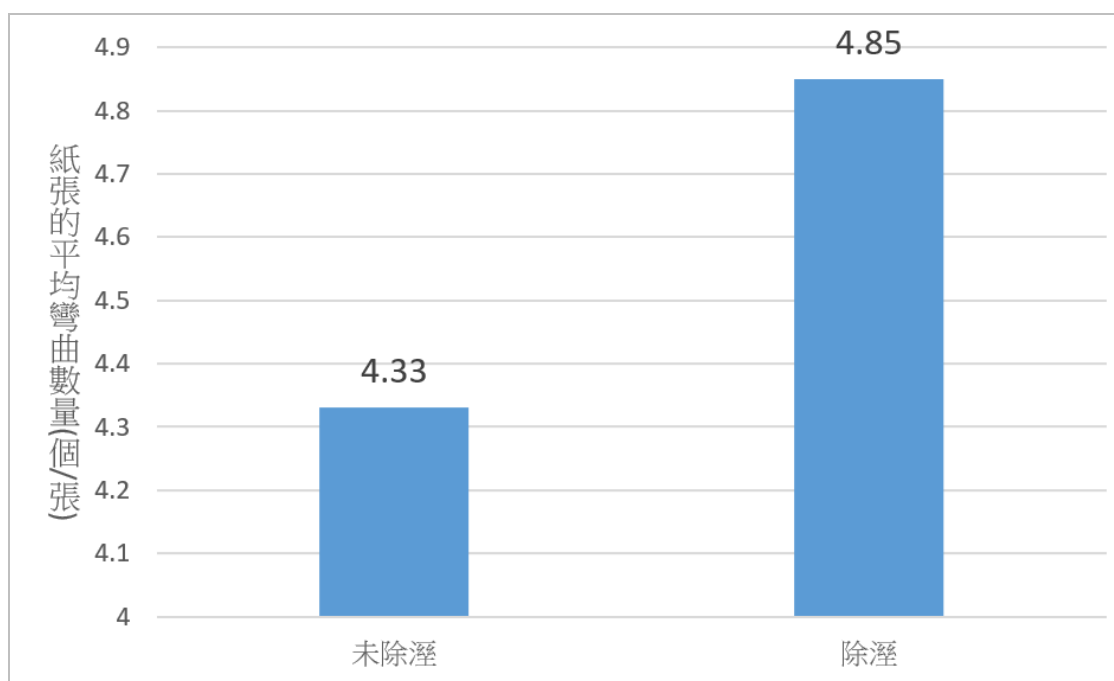
控制變因	操縱變因	應變變因
◆環境溫度、風速(相鄰的房間) ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆環境濕度 (未開除溼機—濕度約 80%、 有開除濕機—濕度約 55%)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張) (註 5)

(註 5：實驗數據為各種實驗樣本的數據平均值)

把各種泡水紙張實驗樣本放入兩個相鄰的房間，其中一間有開除濕機，另外一間則沒有。恆溫箱中，待晾乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現當房間開啟除溼後，晾乾的泡水紙張彎曲數量較多(表 5，圖 20)。

(表 5 不同環境濕度與紙張的彎曲數量)

環境濕度	未開除濕機 (濕度約為 80%)	有開除濕機 (濕度約為 55%)
晾乾後紙張的彎曲數量(個/張)	4.33	4.85



(圖 20 環境濕度與泡水紙張晾乾後的紙張平均彎曲數量)

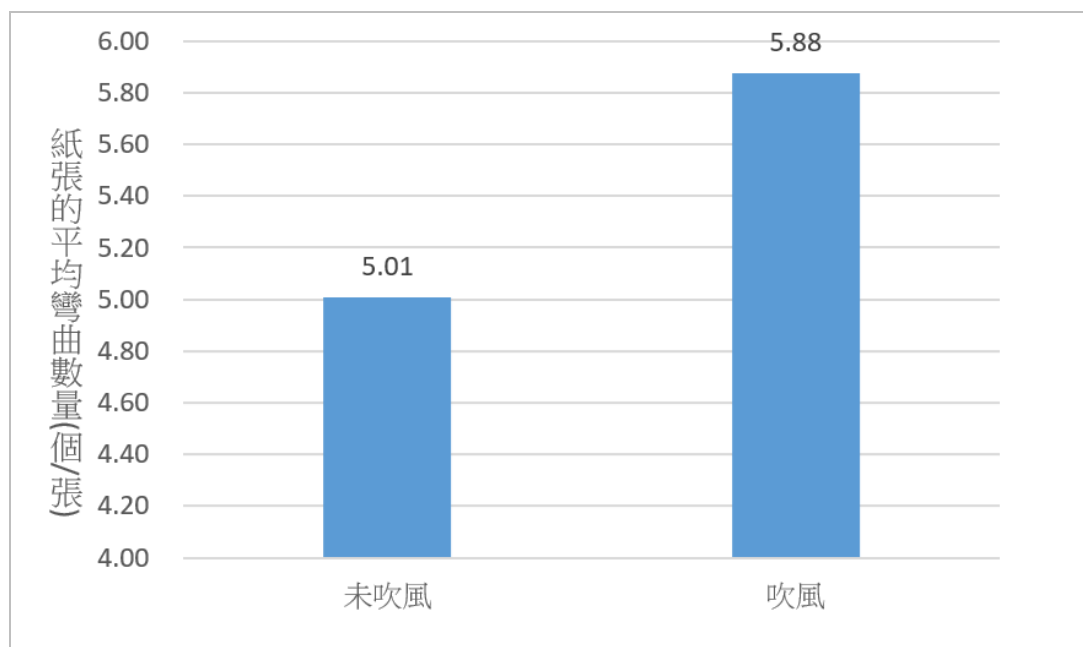
(三)環境「風速」對泡水紙張晾乾後的影響：

控制變因	操縱變因	應變變因
◆環境濕度、溫度(40℃恆溫箱) ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆環境風速 (有吹風、無吹風)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張)

把各種泡水紙張實驗樣本放入 40℃ 恆溫箱內，其中一個恆溫箱內有放置小電風扇，另外一間則沒有，待晾乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現當恆溫箱開啟小電風扇後，晾乾的泡水紙張彎曲數量較多(表 6，圖 21)。

(表 6 不同環境風速與紙張的彎曲數量)

環境風速	未放置小電風扇(未吹風)	有放置小電風扇(有吹風)
晾乾後紙張的彎曲數量(個/張)	5.01	5.88



(圖 21 環境風速與泡水紙張晾乾後的紙張彎曲數量)

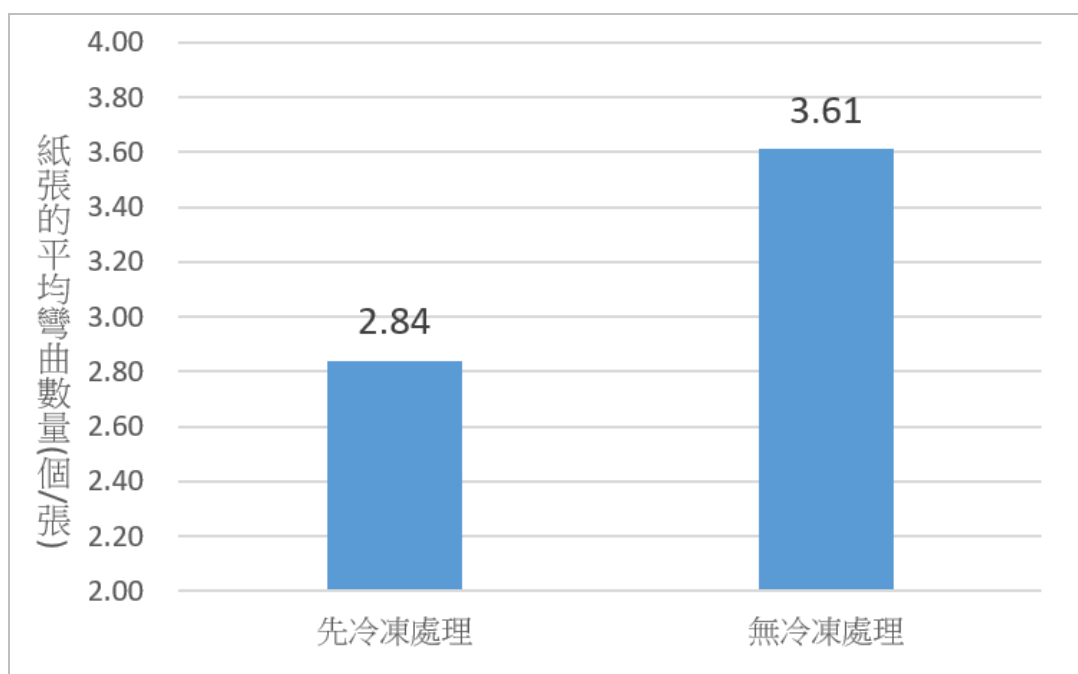
(四)「冷凍法」對泡水紙張晾乾後的影響：

控制變因	操縱變因	應變變因
◆晾乾的環境 ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆是否冷凍 (有先冷凍處理、 無冷凍處理)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張)

將一組泡水紙張實驗樣本放入冰箱冷凍庫內冷凍，另一組則沒有，之後在放在同一個房間晾乾，待晾乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現泡水書有先冷凍處理，晾乾後的彎曲數量較少(表 7，圖 22)。

(表 7 是否冷凍處理與紙張的彎曲數量)

處理方法	有先冷凍處理	無冷凍處理
晾乾後紙張的彎曲數量(個/張)	5.06	5.81



(圖 22 有無冷凍處理與泡水紙張晾乾後的紙張彎曲數量)

二、不同「晾乾環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

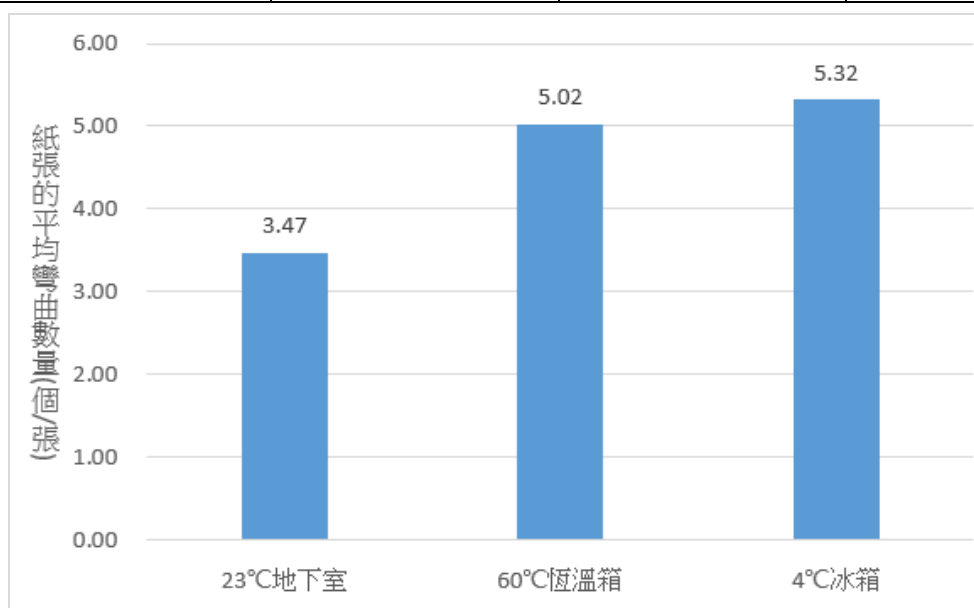
控制變因	操縱變因	應變變因
◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆環境條件 (60°C 恆溫箱、 4°C 的冰箱冷藏室 約 23°C 的地下室)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張) (註 6)

(註 6：實驗數據為各種實驗樣本的數據平均值)

將不同樣本放在約 4°C 的冰箱、60°C 恆溫箱和約 23°C 的地下室，平均各種泡水紙張的實驗樣本，發現泡水紙張晾乾後，不同環境的紙張彎曲數量：4°C 的冰箱冷藏室 > 60°C 恆溫箱 > 約 23°C 的地下室，乾燥所需天數約 23°C 的地下室 > 約 4°C 的冰箱 > 60°C 恆溫箱(表 8、圖 23)，而地下室泡水紙張晾乾後，部分出現紙張沾黏的狀況。

(表 8 不同環境條件與泡水紙張的狀態)

環境	約 23°C 的地下室	60°C 恆溫箱	4°C 的冰箱冷藏室
晾乾後紙張的平均彎曲數量(個/張)	3.47	5.02	5.32
乾燥天數	8 天	1 天	5 天
紙張沾黏狀況	部分有出現	沒有	少數出現



(圖 23 不同環境泡水紙晾乾後的紙張彎曲數量)

三、探討不同「紙張重量」在泡水紙張晾乾後的差異。

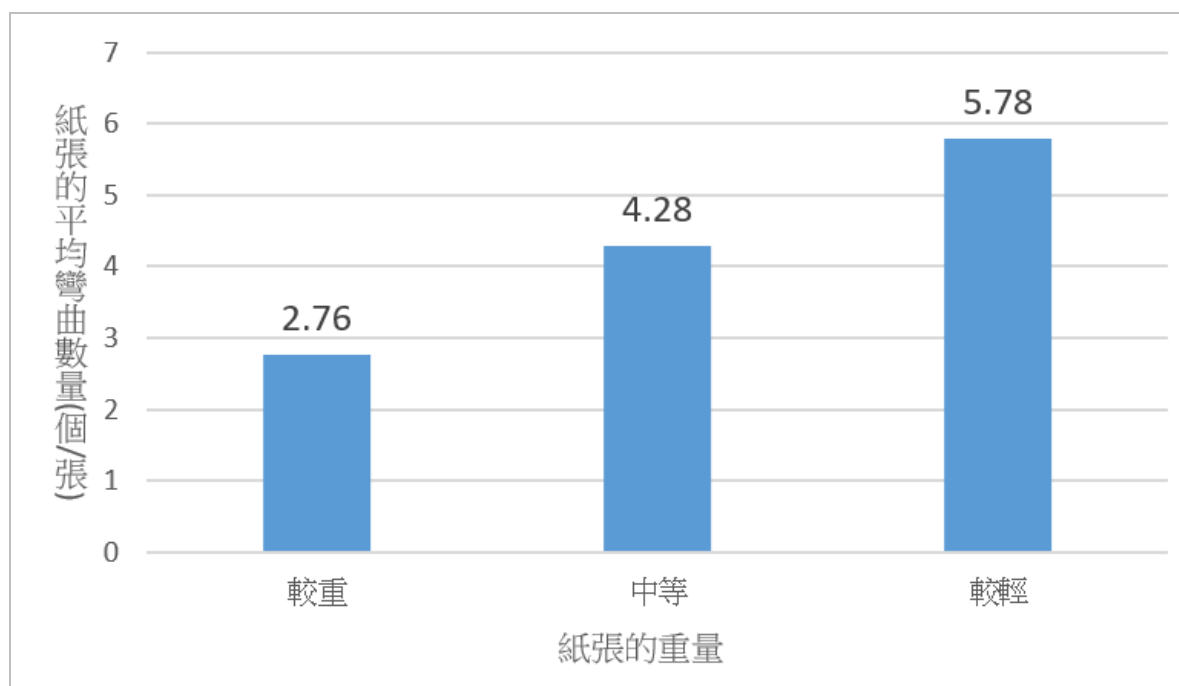
控制變因	操縱變因	應變變因
◆環境條件 ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量	◆紙張的重量 (較輕、中等、較重)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張) (註 7)

(註 7：實驗數據為各種實驗樣本的數據平均值)

平均實驗樣本的數據平均值，分為較輕紙張、中等紙張和較重紙張三類，當泡水紙張晾乾後進行觀察，不同重量的紙張彎曲數量：較輕紙張 > 中等紙張 > 較重紙張(表 9、圖 24)。

(表 9 不同紙張的重量與泡水紙張的乾燥狀態)

紙張的重量	較重	中等	較輕
晾乾後紙張的平均彎曲數量(個/張)	2.76	4.28	5.78
紙張沾黏狀況	容易出現	少數	不明顯



(圖 24 不同重量的紙張，泡水晾乾後的紙張彎曲數量)

四、探討不同「紙張數量」在泡水紙張晾乾後的差異。

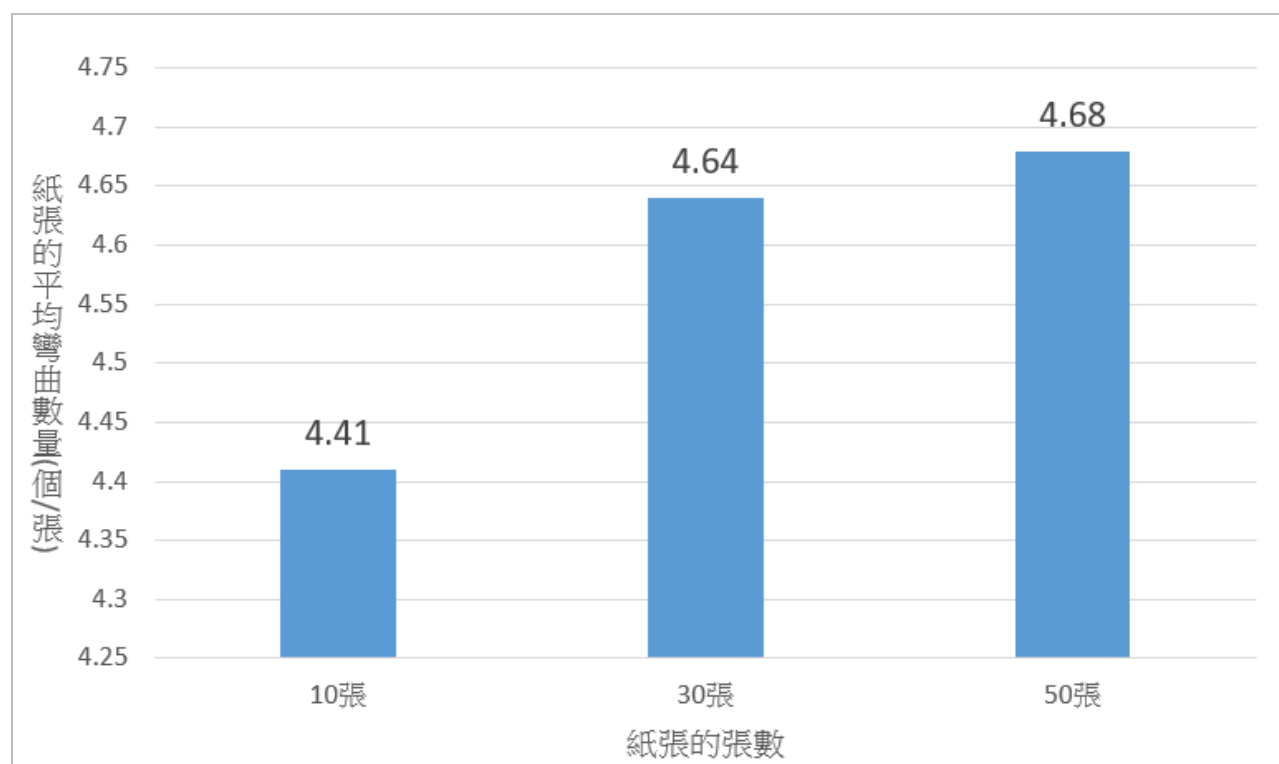
控制變因	操縱變因	應變變因
◆環境條件 ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的重量	◆紙張的數量 (10 張、30 張、50 張)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張) (註 8)

(註 8：實驗數據為各種實驗樣本的數據平均值)

平均實驗樣本的數據平均值，分為紙張 10 張、紙張 30 張和紙張 50 張三類，當泡水紙張晾乾後觀察，不同數量的紙張彎曲數量：紙張 50 張 > 紙張 30 張 > 紙張 10 張(表 10、圖 25)。

(表 10 不同數量的紙張與泡水紙張的乾燥狀態)

紙張數量	10 張	30 張	50 張
晾乾後紙張的平均彎曲數量(個/張)	4.41	4.64	4.68



(圖 25 不同數量的紙張，泡水晾乾後的紙張彎曲數量)

五、探討「外加方法」對泡水紙張晾乾後的影響。

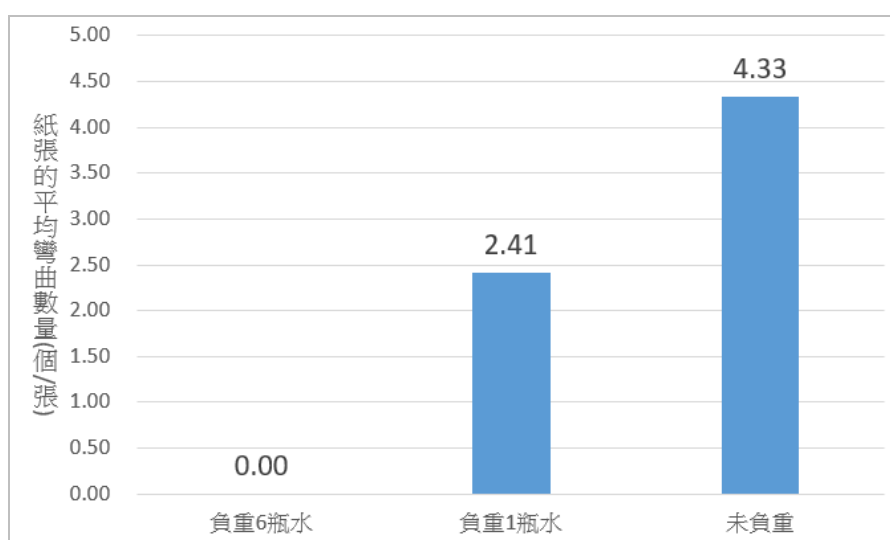
(一) 紙張上方「負重」對泡水紙張晾乾後的影響。

控制變因	操縱變因	應變變因
◆晾乾的環境(除溼的房間) ◆紙張的大小 ◆紙張的種類 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆紙張上方負重的重量 (上方未負重、 負重 1 瓶寶特瓶、 負重 6 瓶寶特瓶)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張)

將泡水紙張實驗樣本放置在除溼的房間，一組上方未負重、一組上方負重 1 瓶寶特瓶，另外一組上方負重 6 瓶寶特瓶，待晾乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現紙張的彎曲數量：上方未負重 > 負重 1 瓶寶特瓶 > 負重 6 瓶寶特瓶(表 11，圖 26)，但是泡水紙張乾燥的時間：負重 6 瓶寶特瓶 > 負重 1 瓶寶特瓶 > 上方未負重，且負重 6 瓶寶特瓶的泡水紙乾燥後有沾黏情況嚴重。

(表 11 不同負重的紙張與泡水紙張的乾燥狀態)

泡水紙上方負重	負重 6 瓶寶特瓶	負重 1 瓶寶特瓶	上方未負重
晾乾後紙張的彎曲數量(個/張)	0.00	2.41	4.33
乾燥時間(天)	約 25 天	約 5 天	約 2 天
紙張沾黏狀況	明顯	不明顯	很少



(圖 26 不同負重的紙張，泡水紙張晾乾紙張彎曲的數量)

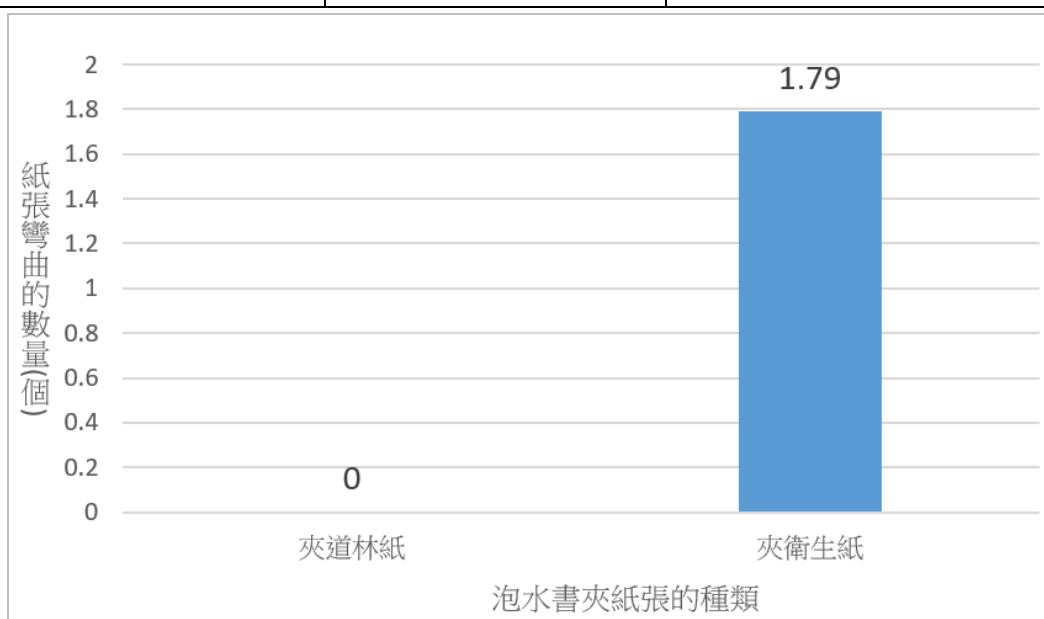
(二) 泡水書「夾紙張」對泡水紙張晾乾後的影響。

控制變因	操縱變因	應變變因
◆晾乾的環境(除溼的房間) ◆紙張上方負重的重量 (6 瓶寶特瓶) ◆紙張的大小 ◆紙張的數量 ◆紙張的重量	◆夾紙張種類 (道林紙、衛生紙)	◆紙張的平均彎曲數量(個/張)

將泡水紙張實驗樣本放置在除溼的房間，一組為薄銅板紙，另外一組為道林紙，上方皆負重 6 瓶寶特瓶，紙張也皆夾衛生紙。待晾乾後去計算紙張的彎曲數量。我們發現薄銅板紙的彎曲數量為 2.10 個/張，道林紙的彎曲數量為 1.47 個/張。(表 12，圖 27)，兩組的紙張彎曲數量是各組實驗中最少的。

(表 12 夾不同紙張種類與泡水紙張的乾燥狀態)

夾紙張種類	道林紙	衛生紙
晾乾後紙張的彎曲數量(個/張)	0	1.79
乾燥時間(天)	約 4 天	約 2 天



(圖 27 夾不同紙張種類與泡水紙張乾燥後的彎曲狀態)

柒、討論

一、探討「外在環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

(一)環境「溫度」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，泡水紙張烤乾後的彎曲數量：80℃恆溫箱>60℃恆溫箱>40℃恆溫箱。

當恆溫箱的溫度越高，泡水紙張晾乾後，紙張的彎曲數量越多。這是因為溫度高使因為泡水書纖維的水分迅速蒸發，雖然讓泡水紙張快速乾燥，但是也使得吸水膨脹後的纖維來不及恢復原狀，讓烤乾的紙張十分彎曲。

實驗證明曬乾法雖然可以讓泡水紙張快速乾燥，但是也讓乾燥的紙張十分彎曲。

(二)環境「濕度」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，泡水紙張晾乾後的彎曲數量：有開除濕機>未開除溼機，也就是當環境溼度越低，泡水紙張晾乾後，紙張的彎曲數量越多。這是因為溼度低使因為泡水書纖維的水分迅速蒸發，雖然讓泡水紙張快速乾燥，但是也使得吸水膨脹後的纖維來不及恢復原狀，讓烤乾的紙張十分彎曲。

(三)環境「風速」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，泡水紙張烤乾後的彎曲數量：有吹風扇>未吹風扇，也就是當環境風速越快，泡水紙張晾乾後，紙張的彎曲數量越多。這是因為風速快使因為泡水書纖維的水分迅速吹乾而彎曲，且吹風會造成氣流擾動，來吹動紙張造成彎曲。

實驗證明風乾法雖然可以讓泡水紙張快速乾燥，但是也讓乾燥的紙張十分彎曲。

(四)「冷凍法」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，泡水紙張晾乾後的彎曲數量：無冷凍處理>有先冷凍處理，也就是當泡水書有先放進去冰箱冷凍庫後，解凍晾乾的紙張彎曲數量會比較少。我們推論這是因為當泡水紙張內的水分凝固後，會膨脹撐直紙張，讓紙張彎曲數量較少。

實驗證明「冰箱冷凍法」有些許效果可以減少紙張彎曲，但是紙張仍有彎曲情況。

二、不同「晾乾環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，60°C 恆溫箱的乾燥天數最短，但是卻也因為泡水書纖維的水分迅速蒸發，使得吸水膨脹後的纖維來不及恢復原狀，讓烤乾的紙張十分彎曲，實驗證明「曬乾法」雖然讓紙張迅速乾燥，但是紙張彎曲明顯；冰箱雖然溫度低，但是因為冰箱有除溼功能，使其溼度僅有 50%(圖 28)，加上內部循環風扇的氣流，讓紙張彎曲數量在三種環境最多，實驗證明「低溫冷藏法」雖然讓紙張低溫乾燥，但是低濕度和循環風扇氣流讓紙張彎曲明顯；在地下室的泡水紙張晾乾後，其彎曲數量在三種環境最少，證明「自然陰乾法」有其效用，不過也因為所需乾燥時間最長，紙張部份出現了沾黏狀況(圖 29)，實驗證明「四、陰乾法」雖然讓晾乾紙張彎曲數量減少，不過需乾燥時間太長，紙張出現了沾黏狀況。



(圖 28 冰箱內部的溫溼度)



(圖 29 紙張出現沾黏)

三、探討不同「紙張重量」在泡水紙張晾乾後的差異。

經過實驗發現，不同重量的紙張彎曲數量：較輕紙張 > 中等紙張 > 較重紙張，也就是當紙張的重量越重，晾乾後的紙張彎曲數量越少；當紙張的重量越輕，晾乾後的紙張彎曲數量越多。這是因為較厚重的紙張比較不容易變形，較薄的紙張比較容易變形。不過雖然較重的紙張雖然較不會彎曲，但是因為紙張較厚吸水較多，所以當乾燥時就容易產生紙張沾黏的狀況，厚的銅版紙甚至沾黏到像木板一樣硬(圖 30)。



(圖 30 厚的銅版紙沾黏情況嚴重)

四、探討不同「紙張數量」在泡水紙張晾乾後的差異

經過實驗發現，不同數量的紙張彎曲數量：紙張 50 張 > 紙張 30 張 > 紙張 10 張。我們推論這是因為當泡水紙張的數量越多，晾乾時紙張之間的不平整面就越多，彼此互相干擾的情況下，造成紙張彎曲數量增多。一般的書籍都有超過 50 頁紙張，所以當泡水晾乾後，都會有顯著的紙張彎曲形況發生。

五、探討「外加方法」對泡水紙張晾乾後的影響：

(一) 紙張上方「負重」對泡水紙張晾乾後的影響：

經過實驗發現，泡水紙張晾乾後的彎曲數量：上方未負重 > 負重 1 瓶寶特瓶 > 負重 6 瓶寶特瓶，也就是負重的重量越重，泡水紙張晾乾後，紙張的彎曲數量越少。但是當泡水紙張上方負重太重時，因為讓泡水紙張幾乎密閉不透氣，泡水紙張乾燥的時間會非常長，且會使得泡水紙乾燥後有沾黏嚴重的情況(圖 31)。

實驗證明「上方負重法」雖然可以避免紙張彎曲，但是乾燥時間太長造成紙張晾乾後沾黏。



(圖 31 負重的泡水紙張乾燥後沾黏情況嚴重)

(二) 紙張「夾衛生紙」對泡水紙張晾乾後的影響

經過實驗發現，當紙張上方加以負重後，幾乎密閉不透氣，而泡水紙張乾燥的時間會非常長，如果泡水紙張之間也皆夾紙張，讓所夾的紙張產生毛細現象吸水，就可以縮短泡水紙張乾燥的時間，且避免紙張沾黏的情況。只是當所夾的紙張的厚度較薄時，如果我們實驗所夾的衛生紙，雖然吸水性好，但是當輕薄的衛生紙吸水乾燥時彎曲，也連帶使得泡水紙張晾乾後產生彎曲。

所以建議泡水紙張之間夾厚度稍厚、吸水性也較強的道林紙，這樣就可以避免所夾紙張的彎曲。同時也建議房間加開除溼機，可以不用每天換紙，不僅可以節省時間，也可以減少換紙過程中所造成的紙張彎曲。

實驗證明泡水紙張上方負重，中間夾紙張並開除溼機，可以有效晾乾泡水紙張並避免紙張彎曲，是最佳解決泡水書的方法。

捌、結論

一、探討「外在環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

當環境「溫度越高」、「濕度越低」、「風速越大」，則泡紙張晾乾後的彎曲數量的彎曲數量就越多。這是因為當泡水紙張快速乾燥，但是也使得吸水膨脹後的纖維來不及恢復原狀，讓烤乾的紙張十分彎曲。不過經過實驗發現，泡水書先冷凍處理，結冰會膨脹撐直紙張，讓紙張彎曲數量較少。

二、不同「晾乾環境」對泡水紙張晾乾後的影響：

60°C 恆溫箱烤乾泡水書會產生許多褶皺,所以不建議用高溫日曬法烤乾泡水書;放進冰箱冷凍庫雖然有效果,但是放在冷藏室反而效果更糟糕,這是因為冰箱冷藏室有除濕效果和空氣循環的作用；地下室陰乾法可以减少褶皺，但是要注意乾燥時間拉長所造成的紙張沾黏狀況。

三、探討不同「紙張重量」在泡水紙張晾乾後的差異：

因為厚重的紙張不容易變形，所以當紙張的重量越重，晾乾後的紙張曲數量越少。不過也因為厚重的紙張吸水較多，乾燥時間會拉長，乾燥時就容易產生紙張沾黏的狀況。

四、探討不同「紙張數量」在泡水紙張晾乾後的差異：

當泡水紙張的數量越多，晾乾時紙張之間的不平整面就越多，彼此互相干擾的情況下，造成紙張的彎曲數量增多。

五、探討「外加方法」對泡水紙張晾乾後的影響:

紙張上方負重越多，紙張的彎曲數量越少，但是過於重的負荷會讓泡水紙張乾燥的時間拉長且紙張沾黏。因此建議可以在負重後，泡水紙張之間也皆夾紙張，以改善上述情況。

不過需注意鋪的紙張不能是太薄的紙(如衛生紙)，建議用厚度稍厚、吸水性也較強的道林紙，也建議且房間加開除溼機，這樣可以不用每天換紙張。

根據本實驗的研究結果，針對各種泡水書的處理方法優缺點，歸納如下：

方法 評分	方法	優點	缺點
劣  優	低溫冷藏法	低溫乾燥	紙張彎曲仍非常多
	風乾法	乾燥時間短	紙張彎曲非常多
	曬乾法	乾燥時間短	紙張彎曲非常多
	自然陰乾法	紙張彎曲較少	乾燥時間慢，紙張有沾黏
	重壓除皺法	紙張彎曲極少	乾燥時間慢，紙張有沾黏
	冰箱冷凍法	紙張彎曲較少	冷凍庫無法放置大量書籍，紙張仍有彎曲
	 重壓除皺法 +塞紙張+除溼	紙張彎曲極少 乾燥時間短	需細心的塞入紙張，且會浪費許多紙張
	真空冷凍乾燥法	紙張彎曲極少 乾燥時間短	需真空乾燥機，價格昂貴，不易取得

根據本研究實驗發現，《重壓除皺法+塞紙張+除溼》是適合在一般人的處理方式，紙張彎曲極少且乾燥時間短，《真空冷凍乾燥法》則是大型圖書館處理的 SOP 方法，因為需要真空乾燥機，不在本實驗的探討內容。

玖、參考資料及其他

一、簡單 2 招拯救《濕掉變皺的書》，除皺除濕就是這麼容易！ 2014 年 12 月 22 日

<https://www.twgreatdaily.com/cat42/node1764411>

二、許晏榕、陳琪雅、解家威(1991)。泡水書得救了。

中華民國第 32 屆中小學科展覽會作品說明書。

三、羅鴻文(2009)。台中一中水損書籍圖書搶救實錄

台灣文學館通訊，22，69-72。