

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高級中等學校組 環境學科

團隊合作獎

052607

千金難買藻紙道

-絲藻再生紙的製作與性質分析探討

學校名稱：高雄市立高雄女子高級中學

作者： 高二 陸致云 高二 郭子歆 高二 黃琦涵	指導老師： 陳相翰
---	------------------

關鍵詞：絲藻、造紙、環保

摘要

本研究的主題是絲藻 (*Rhizoclonium sp.*) 再生紙的製作。因製紙原料取材自樹木，導致資源消耗及環境破壞，同時台灣魚塢中的絲藻也對環境及人類生活有許多負面影響，因此以環境保護為目的，我們設計了一系列實驗，以不同組成比例(25%、50%、75%，0%為對照組)與組成材質間的不同攪碎時間(藻漿15秒、30秒、45秒，紙漿30秒、60秒、90秒)為操縱變因，來比較成品於吸水性、吸油性、及可抗張力間的性質差異。最後歸納出低藻含量的再生紙適合作書寫用途，而高含藻量的再生紙具極佳的抗吸水性及抗吸油性，可發展成市面上的包裝紙袋。未來希望能進行更加詳盡的性質測試，嘗試增加紙張的強度，並深入探討其實際應用性。

壹、研究動機





人類因製紙的需求而大量砍伐森林，造成水土保持不佳、調節氣候功能減弱、動植物生態改變等負面影響，另外，許多魚塢都因藻類叢生而影響生物的養殖，於是我們決定進行藻類再生紙的研究。混合藻類所製成的再生紙，不但能減少原料消耗，更能使養殖漁業的經濟利潤提升，進而能達成環境保護的目標，所以本研究便以魚塢中常見的絲藻為原料，製作藻類再生紙並探討其相關性質。

貳、研究目的

- 一、製作不同比例之絲藻與紙漿所製成再生紙的性質
- 二、製作紙漿與絲藻之不同攪碎時間所製成再生紙的性質
- 三、測量再生紙成品之吸水時間、吸油時間、張力值
- 四、絲藻再生紙之應用性發想

參、研究設備及器材

一、實驗設備與器材

JM-620T 電子秤 	絲藻 (約 7kg) 	碎紙機取出的紙屑 (約 1kg) 	MJ-385 果汁機 
微量吸取器	碼表	木框三個	葵花油約 100mL
抹布數條	紗窗網	塑膠盆數個	報紙(鋪桌面用)
燒杯	資料夾數個	水槽濾網	海報夾
砝碼	玻棒		

肆、研究過程與方法

一、文獻整理

(一) 絲藻與漁業

絲藻 (*Rhizoclonium sp.*)，植物界、綠藻植物門、石蓴綱、軟絲藻目、軟絲藻科、黑孢藻屬，常見於淡水或半淡半鹹的養殖池內，長度可達 30 公分的細絲狀。絲藻在養殖池內會與微細藻類相互競爭，若絲藻取得優勢在養殖池內繁衍，則微細藻類將很難生長。絲藻長出會限制養殖魚蝦之運動與成長，若過於茂盛，會因空間不夠或營養鹽不足而死亡，導致池水溶氧量的降低。只能以人工清除或放養草食性魚類來吃絲藻，使用藥物除藻，死亡的藻體還是要清除。因此絲藻對於養殖漁業可說是相當頭痛的問題。

絲藻只要有水的地方，從溝渠至魚塢，它都可以行光合作用，不斷的繁殖。產生的原因是來自於水中生物的排泄物或沒吃完的飼料溶解後產生的亞硝酸，水質營養且含氮量高，加上陽光長時間的照射，水溫升高所引起的。

(二) 再生紙

再生紙是一種以廢紙為原料，經過分選、淨化、打漿、抄造等，十幾道工序生產出來的紙張，其原料的 80% 來源於回收的廢紙，因而被譽為低能耗、輕污染的環保型用紙。廣義而言，將使用過的廢紙加以回收處理，製成再生紙漿，以其取代原木紙漿所產出來的紙類，都可以稱為「再生紙」。美國環保署(EPA)規定，二次纖維含量不得低於 50% 的才能稱為再生紙。我國則尚無國家標準。

造紙行業廢水量大、分佈廣，是一個容易造成嚴重污染的行業，生產 1 噸紙漿需要 100 噸（木漿）至 400 噸（草漿）的水，這些污水大部分要排出，而再生紙在製造過程中可以使廢水排放量減少 50%，可大大減輕污染嚴重性。

(三) 紙張的物理性質

紙張的物理性質與其未來應用性有不少的關係，本小組考量時間因素，挑選三項對於應用性具有考量價值的性質進行實驗，分別是：吸水性、吸油性以及張力。

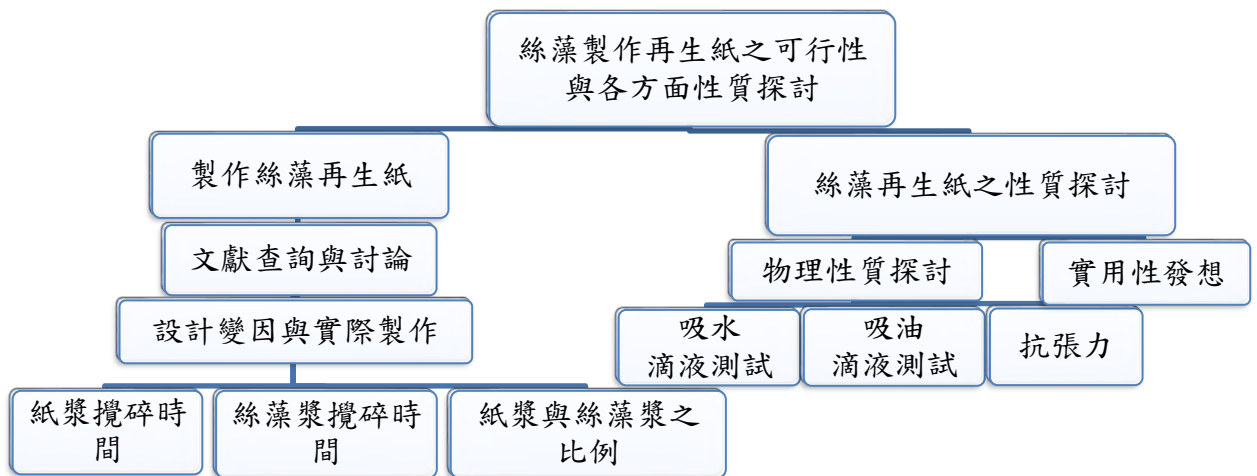
(四) 藻類在紙張的應用

提到藻類和紙張的關係，最多莫過於藻膠在造紙業的應用，然而僅限於部分藻類才有此用途。目前已經有實驗往純藻紙的方向研究，同時也有關於絲藻再生紙的實驗，然而實驗數據依然不足，因此在比對資料後，本小組決定往此方向作更深一步的探究。

二、 研究流程

- (一) 製作絲藻再生紙
 1. 文獻探討與變因設計
 2. 前置作業與抄紙工具準備
 3. 紙漿攪碎時間探討
 4. 絲藻漿攪碎時間探討
 5. 紙漿與絲藻漿之比例探討
- (二) 絲藻再生紙之性質探討
 1. 各項物理性質探討
 - (1) 吸水性測試
 - (2) 吸油性測試
 - (3) 張力測量
 2. 實用性發想

三、 實驗架構圖



四、 實驗步驟

【製作絲藻再生紙之前置作業準備與抄紙步驟】

說明：將絲藻與紙漿混和，製作絲藻再生紙。

(一) 清洗絲藻與含水量測試

1. 清洗絲藻：從魚塭取得絲藻後，先用水洗去樹枝、泥沙與蝦子屍體等等雜質，後用鋁箔紙封好冰進冰箱備用。
2. 含水量測試：取 50 公克絲藻十組，放入烘箱內以 80°C 烘烤至乾燥後秤重，計算潮濕絲藻平均乾重。

(二) 抄紙之前置作業

1.準備抄紙工具：將木框與紗窗網組合釘好如圖，將右圖的框 1mm 處畫上線（圖三）。



圖 1、抄紙木框(下)



圖 2、抄紙木框(上)



圖 3、上框畫線處(局部放大圖)

2.紙漿預備：將秤好重量的乾紙屑用濾網包好，泡入水中靜置軟化約 60 至 90 分鐘，之後取出濾網中的紙屑擠乾備用。

(三) 抄紙步驟

- 1.將紙漿與絲藻漿倒入大塑膠盆內混和均勻。
- 2.將（圖 1）下框浸製塑膠盆裡前後搖晃，使紙漿平均分布在網上，將網上直徑大於 1cm 的氣泡移除。
- 3.在水中將上框蓋在下框上，兩個框一起輕輕拉出水面。
- 4.確認紙漿厚度達標記處並透光觀察，確認厚度均勻一致。若不均勻或未達標記，將紙漿泡回塑膠盆裡，重新攪拌均勻再次抄紙。
- 5.將抄好的紙翻到資料夾上，刮除氣泡擦乾後靜置風乾後取下，即完成再生紙製作。

【製作絲藻再生紙】

說明：將絲藻漿與紙漿混和成藻紙漿抄紙，製作絲藻再生紙。

我們將以下列三項變因做直交表，分別抄出不同條件下的紙，並於之後進行各種物理數據測試，判定一個最佳製作比例。以下設定紙屑與絲藻之平均乾重和皆為 50 公克，總水量皆為 4 公升。

變因一：紙漿與絲藻漿之混和比例

將實驗分成絲藻佔總量 0%、25%、50%、75%四組。

1.0%組：秤 50 公克之紙屑。

2.25%組：秤 37.5 公克之紙屑，與平均乾重 12.5 克之絲藻。

3.50%組：秤 25 公克之紙屑，與平均乾重 25 克之絲藻。

4.75%組：秤 12.5 公克之紙屑，與平均乾重 37.5 克之絲藻。

變因二：紙漿攪碎時間

1.將浸軟的紙屑放入果汁機內，依藻與紙的重量加入定量的水。

2.分別以果汁機的第二速攪碎紙屑 30 秒、60 秒、90 秒。

3. 倒入塑膠盆內，用水將果汁機內的殘渣洗淨，一併倒入塑膠盆內。

變因三：絲藻漿攪碎時間

1. 將絲藻與定量的水倒入果汁機內。
2. 分別以果汁機的第二速攪碎絲藻 30 秒、45 秒、60 秒。
3. 撈除上層的蛋白泡，倒入塑膠盆內。
4. 用水將果汁機內的殘渣洗淨，一併倒入塑膠盆內。

【絲藻再生紙性質測試】

說明：測試成品之吸水性、吸油性及張力，分別比較含有 25%、50%、75% 藻漿之再生紙之性質，並從中歸類出最佳比例。

(一) 吸水性滴液測試

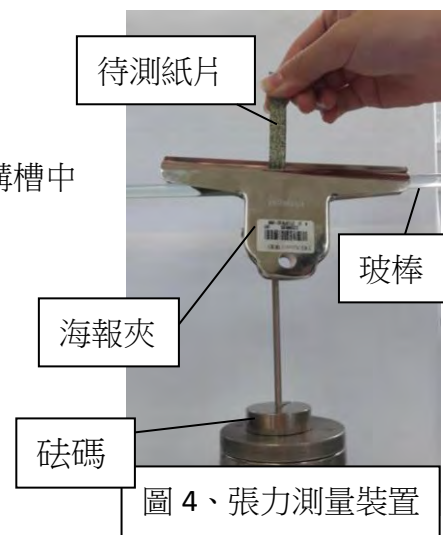
1. 將紙張裁切成 2.5cm*2.5cm 的紙片 32 張（30 張測量用，2 張備用）。
2. 將紙片的光滑面朝上，用微量吸取器吸取 0.1mL 的水，在滴下同時開始計時。
3. 直到紙片上的水滴光澤完全消失時，停止計時並記錄。

(二) 吸油性滴液測試

1. 將紙張裁切成 2.5cm*2.5cm 的紙片 32 張（30 張測量用，2 張備用）。
2. 將紙片的光滑面朝上，用微量吸取器吸取 0.1mL 的沙拉油，在滴下同時開始計時。
3. 直到紙片上的油滴光澤完全消失，或紙片已完全滲滿油，但其光澤尚未完全消失時，停止計時並記錄。

(三) 張力測量

1. 將待測紙張裁切成 1cm*8cm 的紙片 32 張（30 張測量用，2 張備用）。
2. 將待測紙片黏貼於玻棒上，並固定在海報夾的溝槽中（圖 4）。
3. 掛上砝碼直到紙片斷裂。
4. 紀錄紙片斷裂時的砝碼重量並記錄。






伍、研究結果

一、絲藻再生紙之成品製作










(一) 絲藻含水量測試

經過烘箱以 80°C 烘乾約 15 小時後，平均 50g 含水的潮濕絲藻重量約會減少 90%，只剩下 5g 的乾燥絲藻。於是接下來的實驗都是以此比例去換算所需的潮濕絲藻重量。

(二) 純紙漿之再生紙成品

紙漿攪碎秒數	30 秒	60 秒	90 秒
			

(三) 含 25%藻漿之再生紙成品







紙漿攪碎秒數 / 絲藻攪碎秒數	30 秒	60 秒	90 秒
30 秒			
45 秒			
60 秒			

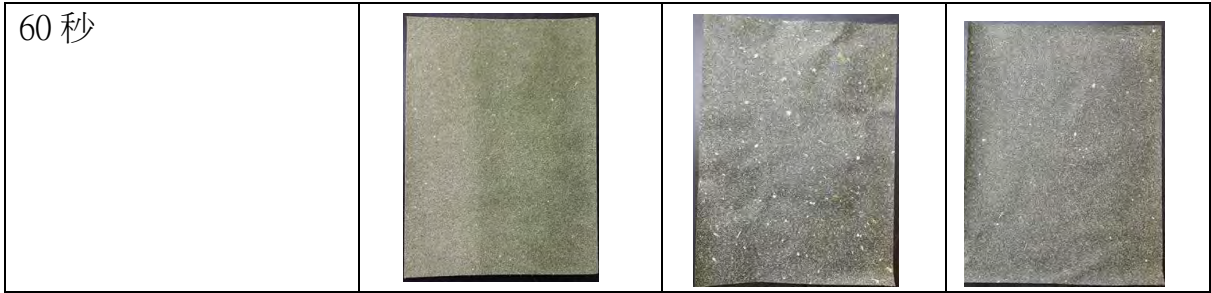
(四) 含 50%藻漿之再生紙成品

紙漿攪碎秒數 / 絲藻攪碎秒數	30 秒	60 秒	90 秒

30 秒			
45 秒			
60 秒			

(五) 含 75%藻漿之再生紙成品

紙漿攪碎秒數 \ 絲藻攪碎秒數	30 秒	60 秒	90 秒
30 秒			
45 秒			



(六) 吸水滴液測試結果

說明：我們分別依據紙漿攪碎時間、藻漿攪碎時間及其混和比例三種變因來比較，並分析再生紙成品的吸水性。以下圖表中各秒數所標示的五個座標點皆為最大值、第三四分位數、中位數、第一四分位數、最小值，以表現所測得之 30 筆數據之離散程度。除純紙漿外，其餘將輪流固定兩變因，調換順序作折線圖並依序比較。

1. 含有 0%藻漿之再生紙（即純紙漿）：由圖 5 可見，紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

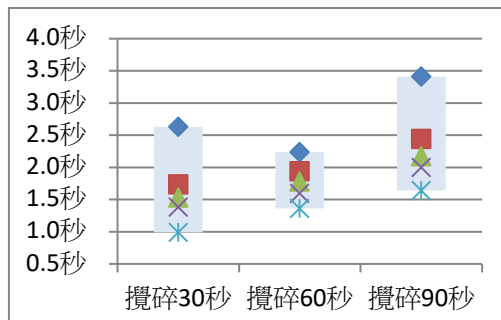


圖 5、0%藻漿再生紙之吸水時間比較

2. 含有 25%藻漿之再生紙：由圖 6 可見，紙 30 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙 90 秒，藻 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

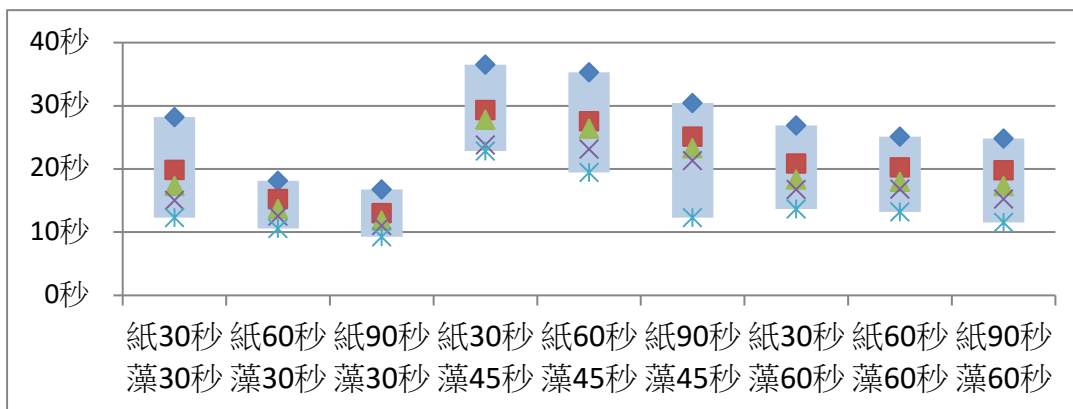
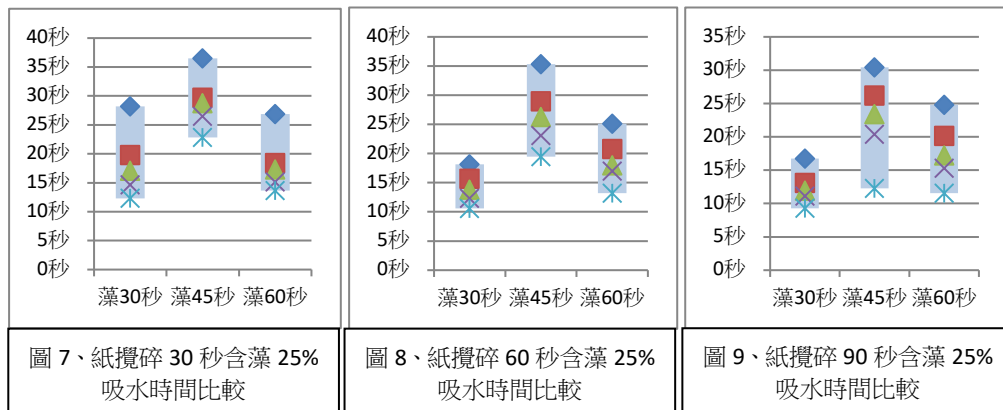


圖 6、25%藻漿再生紙之吸水時間比較

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 7 可見，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，而藻攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品的吸水時間較為接近。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 8 可見，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

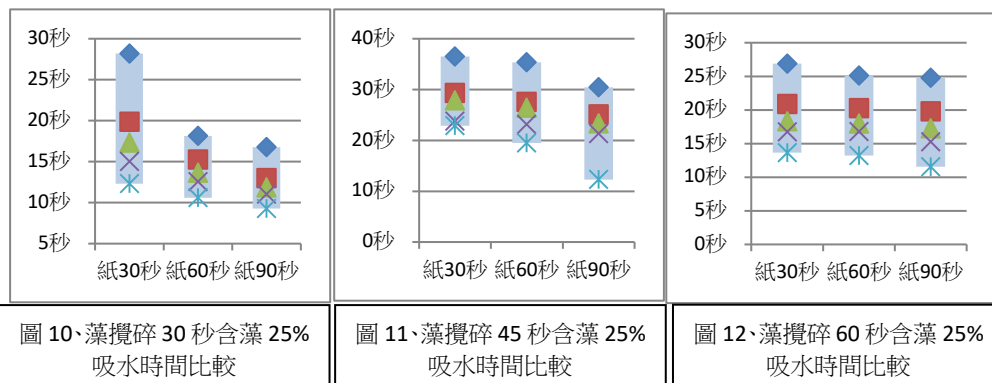
(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 9 可見，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。



(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 10 可見，紙攪碎 30 秒之再生紙成品吸水時間最長，紙攪碎 60 秒與 90 秒之再生紙成品的吸水時間接近。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 11 可見，紙攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品吸水時間接近，紙攪碎 90 秒之再生紙成品吸水時間則略低。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 12 可見三組紙成品吸水時間接近。



3. 含有 50% 藻漿之再生紙：由圖 13 可見紙 90 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙 60 秒，藻 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

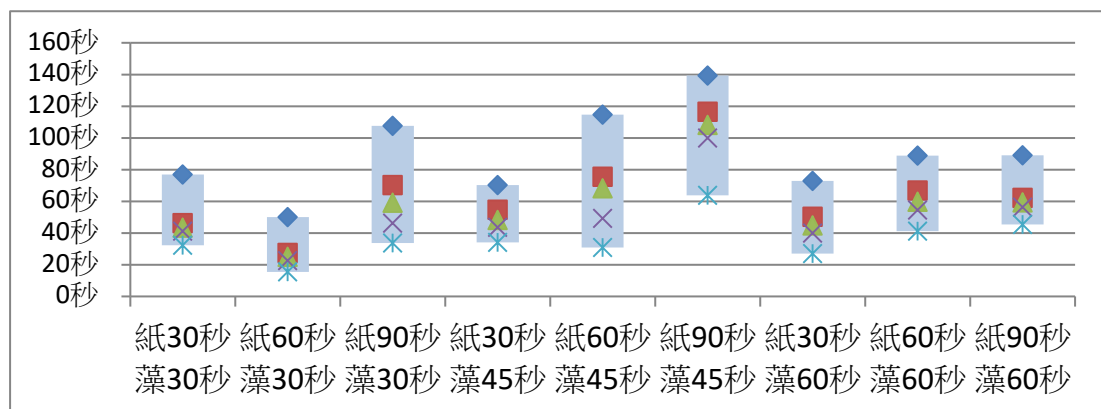


圖 13、50% 藻漿再生紙之吸水時間比較

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 14 可見，雖然數據整體較分散，但藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間平均而言最長，藻攪碎 30 秒與 60 秒之

再生紙成品的吸水時間接近。

(2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 15 可見，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 16 可見，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 60 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

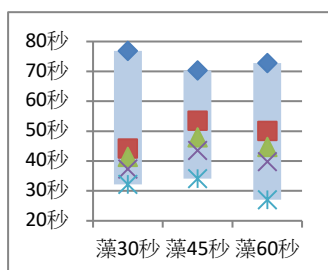


圖 14、紙攪碎 30 秒含藻 50% 吸水時間比較

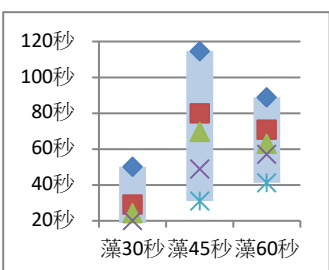


圖 15、紙攪碎 60 秒含藻 50% 吸水時間比較

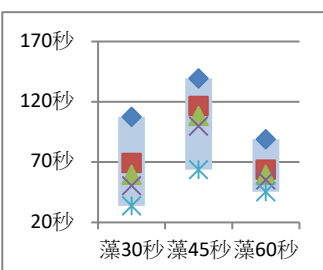


圖 16、紙攪碎 90 秒含藻 50% 吸水時間比較

(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 17 可見，紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 18 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 19 可見紙攪碎 60 秒與 90 秒之再生紙成品的吸水時間接近，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間則略低。

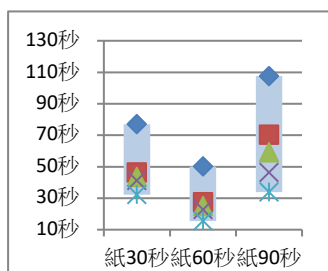


圖 17、藻攪碎 30 秒含藻 50% 吸水時間比較

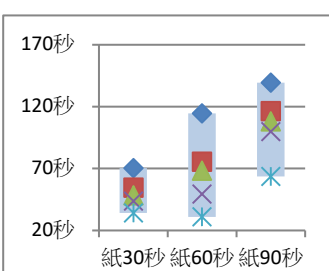


圖 18、藻攪碎 45 秒含藻 50% 吸水時間比較

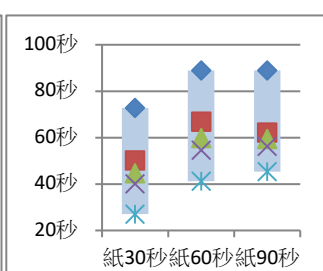


圖 19、藻攪碎 60 秒含藻 50% 吸水時間比較

4.含有 75%藻漿之再生紙：由圖 20 可見紙 90 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙 30 秒，藻 30 秒之再生紙成品與紙 60 秒，藻 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

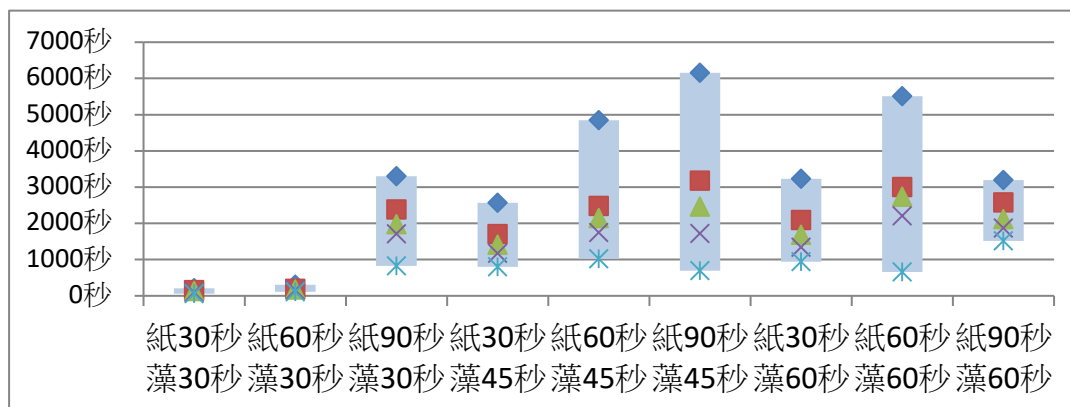
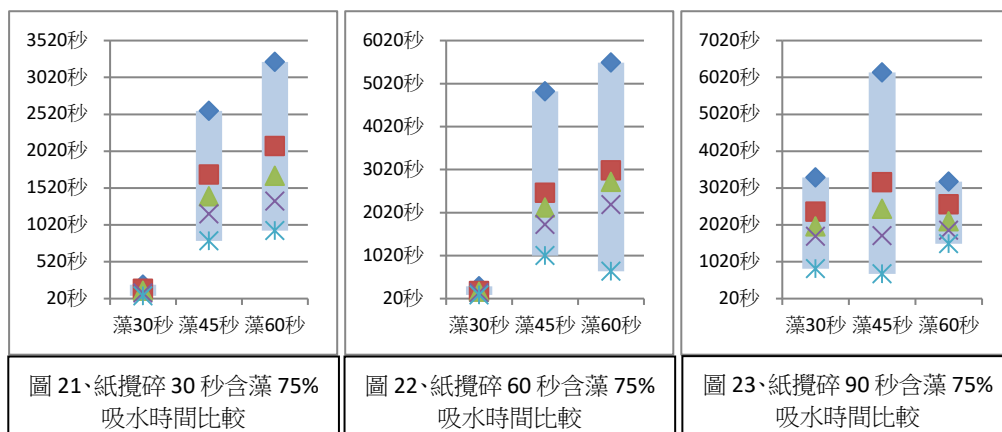


圖 20、75%藻漿再生紙之吸水時間比較

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 21 可見藻攪碎 60 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 22 可見藻攪碎 60 秒之再生紙成品的吸水時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

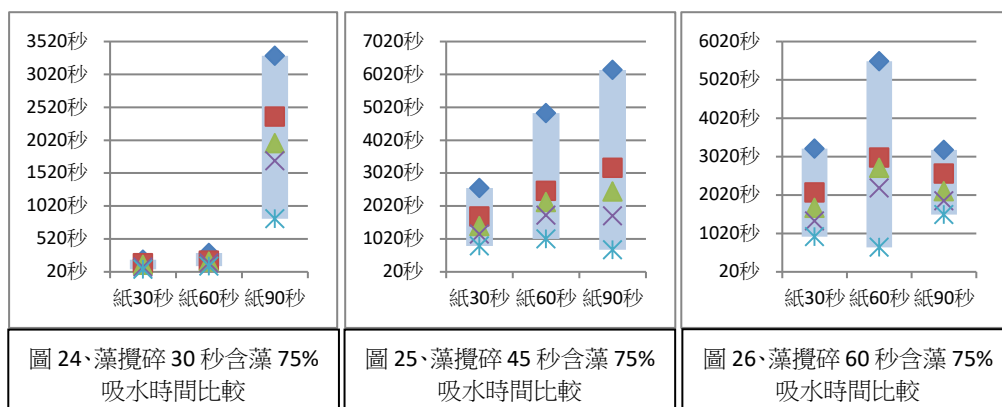
(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 23 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸水時間相較下略高，藻攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品的吸水時間接近。



(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 24 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 25 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸水時間最短。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 26 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸水時間最長，紙攪碎 30 秒與 90 秒之再生紙成品的吸水時間接近。

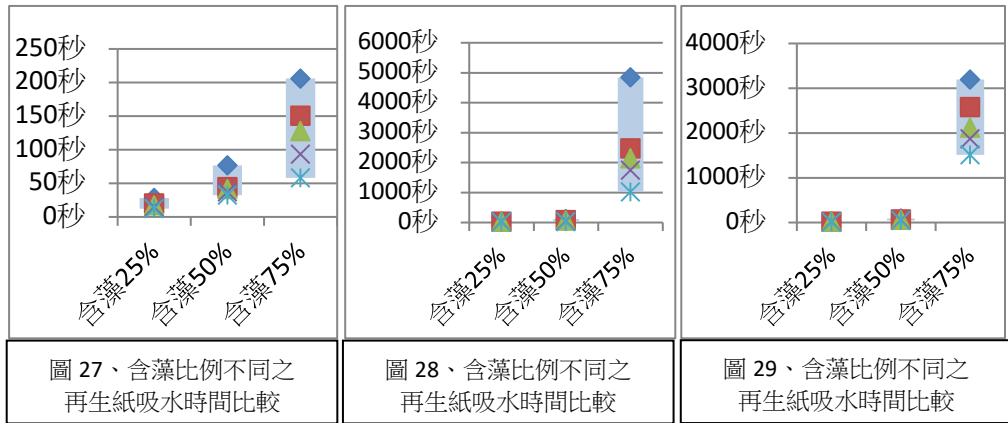


5. 25%、50%、75%再生紙比較：

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒，藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 27 可見含藻量越多的再生紙成品吸水時間則越高。

(2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒，藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 28 可見含藻量越多的再生紙成品吸水時間則越高。

(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 29 可見含藻量越多的再生紙成品吸水時間則越高。



(七) 吸油滴液結果

說明：我們分別依據紙漿攪碎時間、藻漿攪碎時間及其混和比例三種變因來比較，並分析再生紙成品的吸油性。以下圖表中各秒數所標示的五個座標點皆為最大值、第三四分位數、中位數、第一四分位數、最小值，以表現所測得之 30 筆數據之離散程度。除純紙漿外，其餘將輪流固定兩變因，調換順序作折線圖並依序比較。

1. 含有 0%藻漿之再生紙（即純紙漿）：由圖 30 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸油時間最長。

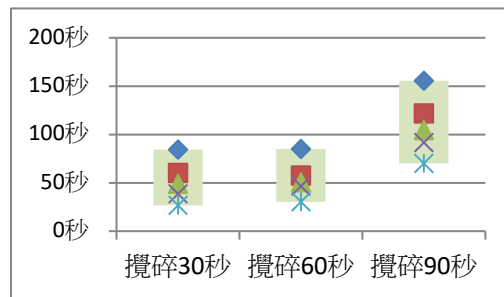


圖 30、0%藻漿再生紙之吸油時間比較

2. 含有 25%藻漿之再生紙：由表 1 可見紙 60 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙 90 秒，藻 60 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

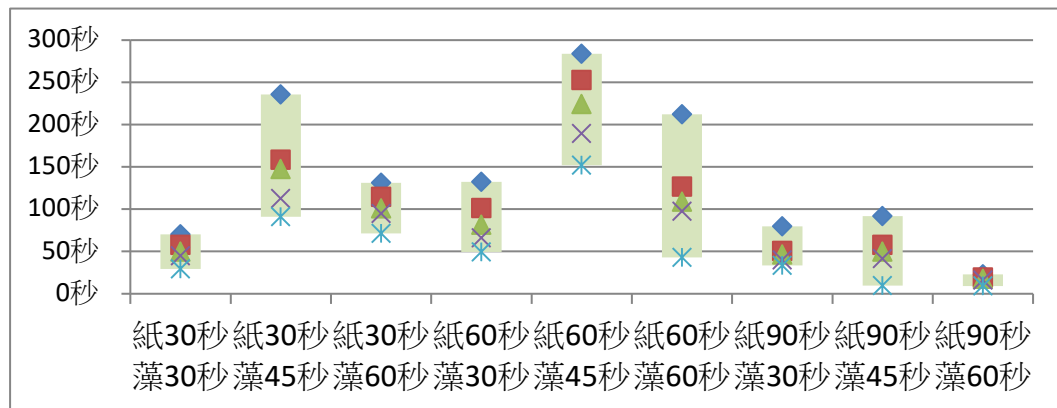


圖 31、25%藻漿再生紙之吸油時間比較

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 32 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

(2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 33 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 34 可見藻攪碎 30 秒與 45 秒之再生紙成品的吸油時間接近且相較下略高，藻攪碎 60 秒之紙成品吸油時間最短。

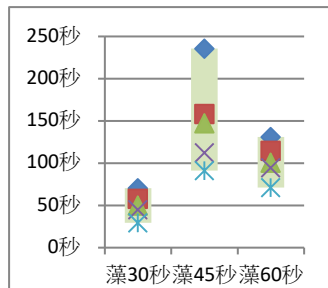


圖 32、紙攪碎 30 秒含藻 25% 吸油時間比較

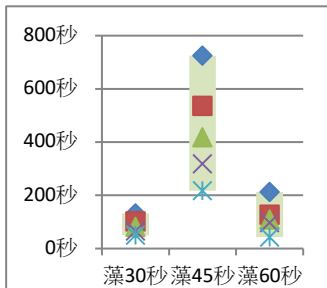


圖 33、紙攪碎 60 秒含藻 25% 吸油時間比較

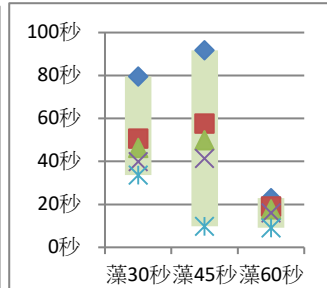


圖 34、紙攪碎 90 秒含藻 25% 吸油時間比較

(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 35 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒與 90 秒之再生紙成品的吸油時間接近。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 36 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 37 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

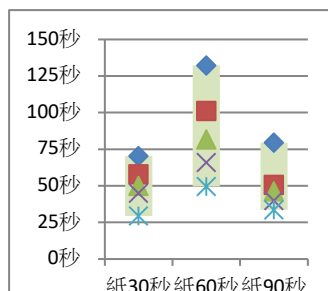


圖 35、藻攪碎 30 秒含藻 25% 吸油時間比較

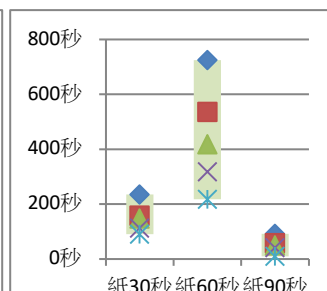


圖 36、藻攪碎 45 秒含藻 25% 吸油時間比較

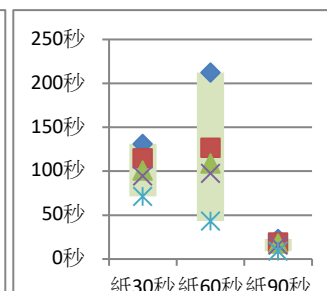


圖 37、藻攪碎 60 秒含藻 25% 吸油時間比較

3. 含有 50% 藻漿之再生紙：由圖 38 可見紙 90 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙 60 秒，藻 60 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

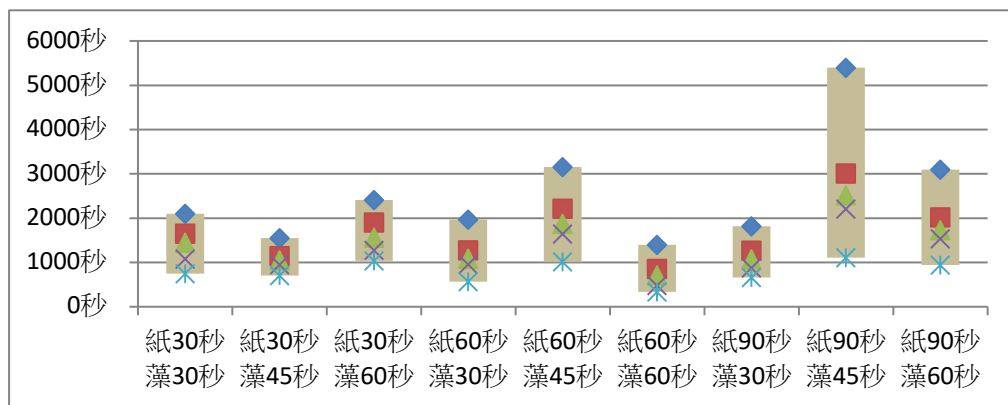
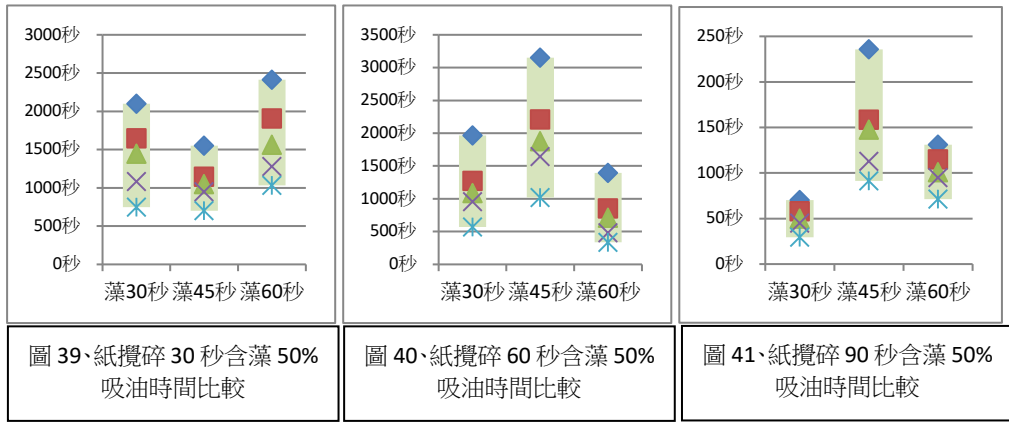
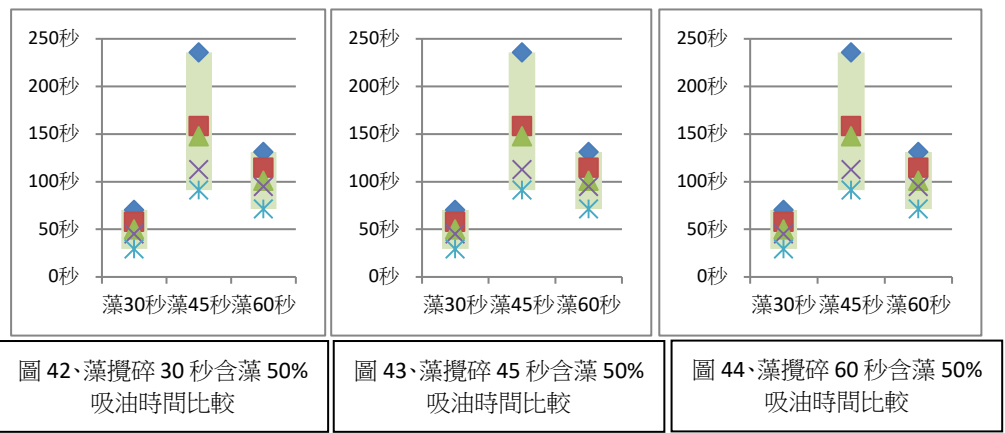


圖 38、50% 藻漿再生紙之吸油時間比較

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 39 可見藻攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 40 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 41 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。



- (4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 42 可見紙攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 43 可見紙攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 44 可見紙攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。



4. 含有 75% 藻漿之再生紙：由圖 45 可見紙 60 秒，藻 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長；紙 30 秒，藻 30 秒與紙 30 秒，藻 30 秒之再生紙成品吸油時間最短。

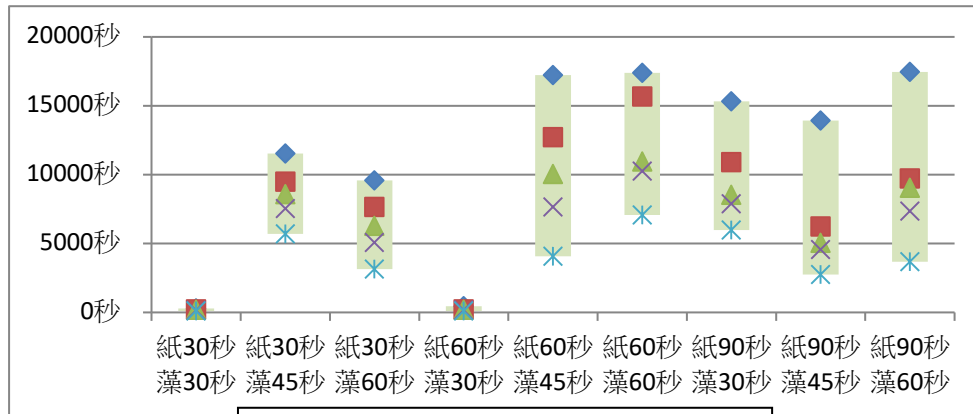


圖 45、75%藻漿再生紙之吸油時間比較

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 46 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最長，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 47 可見藻攪碎 45 秒與 60 秒之再生紙成品的吸油時間接近，但攪碎 60 秒的吸油時間相較下略高，藻攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 48 可見藻攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品的吸油時間接近，但攪碎 30 秒的吸油時間相較下略高，藻攪碎 45 秒之再生紙成品的吸油時間最短。

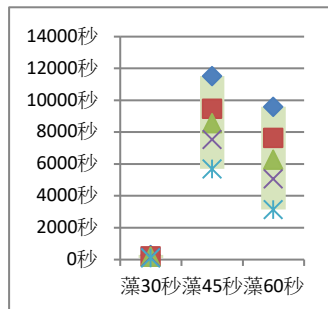


圖 46、紙攪碎 30 秒含藻 75% 吸油時間比較

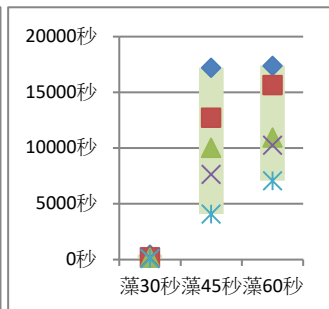


圖 47、紙攪碎 60 秒含藻 75% 吸油時間比較

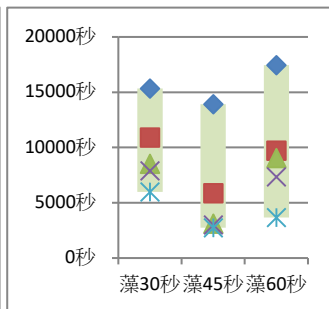
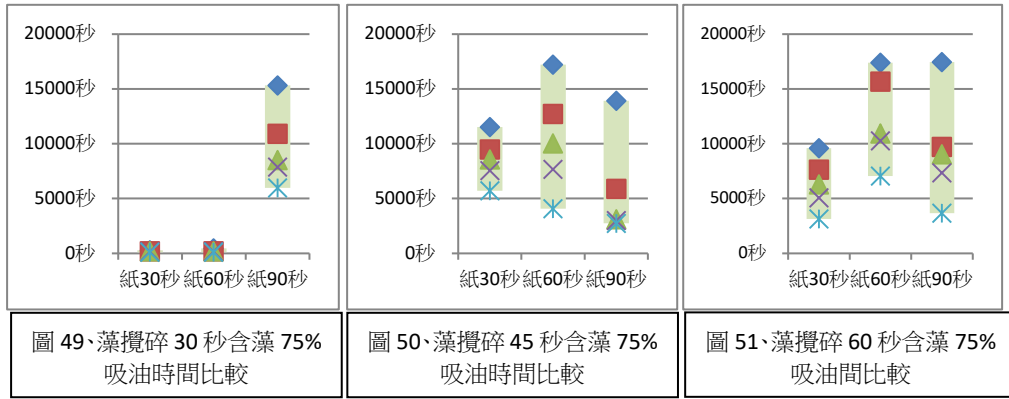


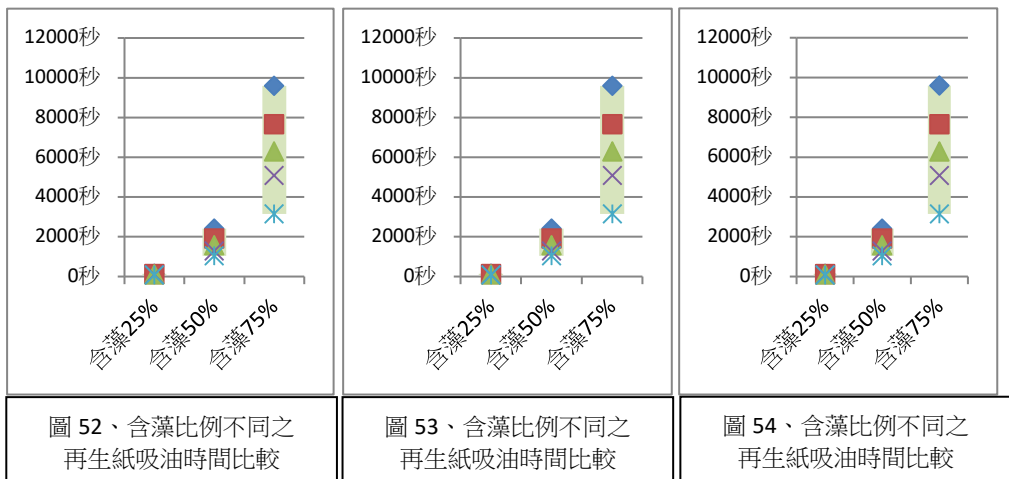
圖 48、紙攪碎 90 秒含藻 75% 吸油時間比較

- (4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 49 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒與 60 秒之紙成品的吸油時間接近且較低。
- (5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 50 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 90 秒之再生紙成品的吸油時間最短。
- (6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 51 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品的吸油時間最長，紙攪碎 30 秒之再生紙成品的吸油時間最短。



5. 25%、50%、75%再生紙比較：

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 52 可見含藻量越多的再生紙成品吸油時間則越高。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 53 可見含藻量越多的再生紙成品吸油時間則越高。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 54 可見含藻量越多的再生紙成品吸油時間則越高。



(八) 張力測試結果

說明：我們分別依據紙漿攪碎時間、藻漿攪碎時間及其混和比例三種變因來比較，並分析再生紙成品的張力。以下圖表中各秒數所標示的五個座標點皆為最大值、第三四分位數、中位數、第一四分位數、最小值，以表現所測得之 30 筆數據之離散程度。除純紙漿外，其餘將輪流固定兩變因，調換順序作折線圖並依序比較。

1. 含有 0%藻漿之再生紙（即純紙漿）：由圖 55 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品可承受張力最大。

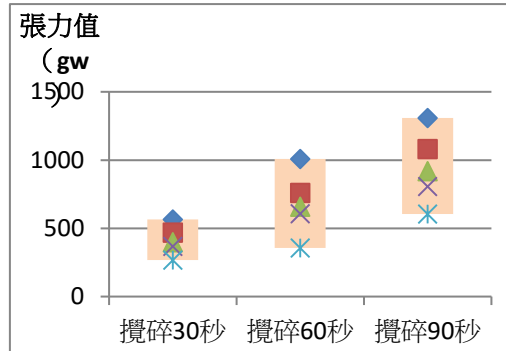


圖 55、0%藻漿再生紙可承受張力比較

2.含有 25%藻漿之再生紙：由圖 56 可見紙 60 秒，藻 60 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙 90 秒，藻 45 秒之再生紙成品可承受張力最小。

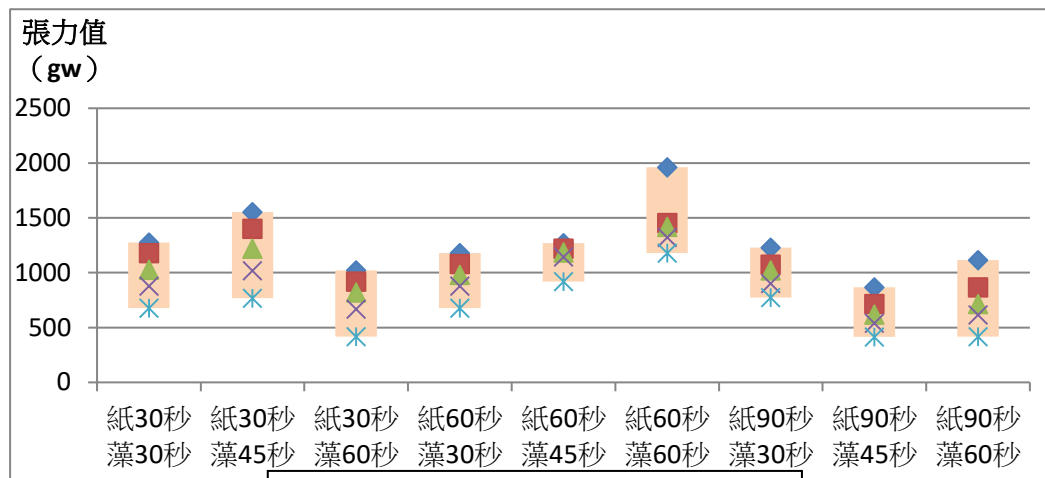


圖 56、25%藻漿再生紙可承受張力比較

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 57 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品可承受張力最大，藻攪碎 60 秒之再生紙成品可承受張力最小。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 58 可見藻攪碎 60 秒之再生紙成品可承受張力最大，藻攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最小。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 59 可見藻攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最大，藻攪碎 45 秒之再生紙成品可承受張力最小。

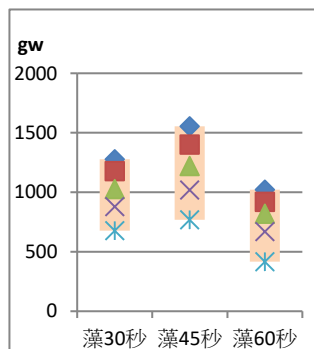


圖 57、紙攪碎 30 秒含藻 25% 可承受張力比較

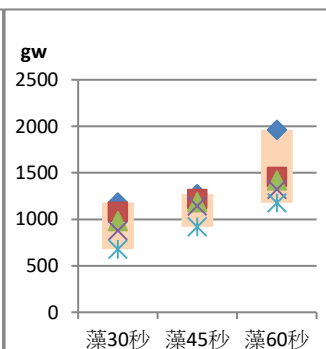


圖 58、紙攪碎 60 秒含藻 25% 可承受張力比較

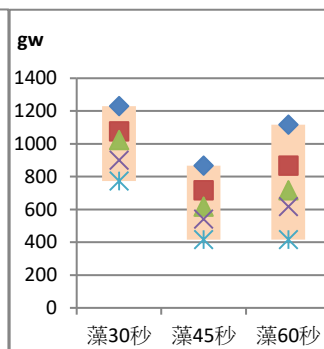


圖 59、紙攪碎 90 秒含藻 25% 可承受張力比較

(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 60 可見三組再生紙成品可承受張力值接近。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 61 可見紙攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙攪碎 90 秒之再生紙成品可承受張力最小。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 62 可見紙攪碎 60 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最小。

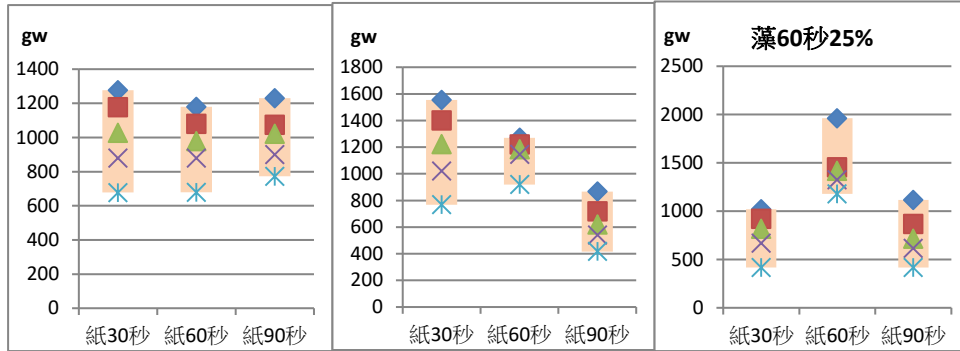


圖 60、藻攪碎 30 秒含藻 25% 吸水時間比較
 圖 61、藻攪碎 45 秒含藻 25% 吸水時間比較
 圖 62、藻攪碎 60 秒含藻 25% 吸水時間比較

3. 含有 50% 藻漿之再生紙：由圖 63 可見各組數據間差異較小，但可看出紙 30 秒，藻 30 秒之再生紙成品可承受張力相較下略大，紙 90 秒，藻 60 秒之再生紙成品可承受張力最小。

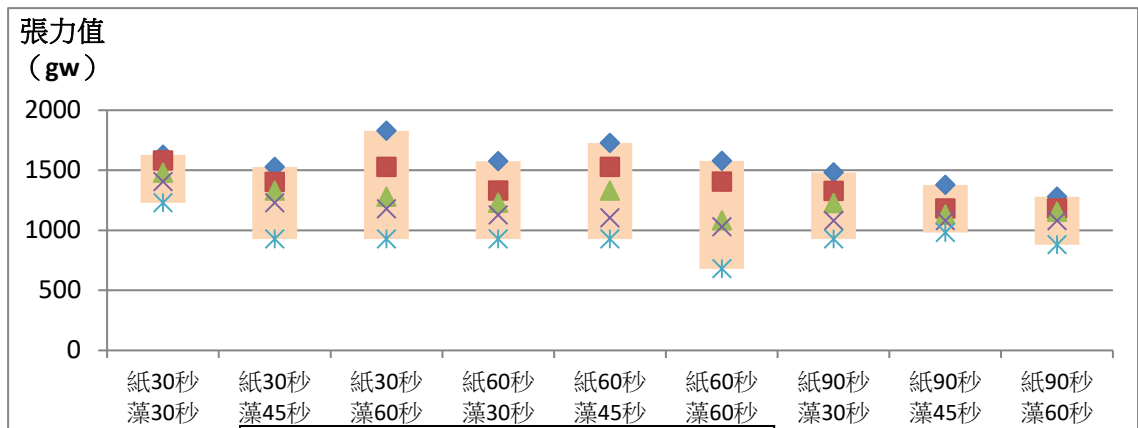
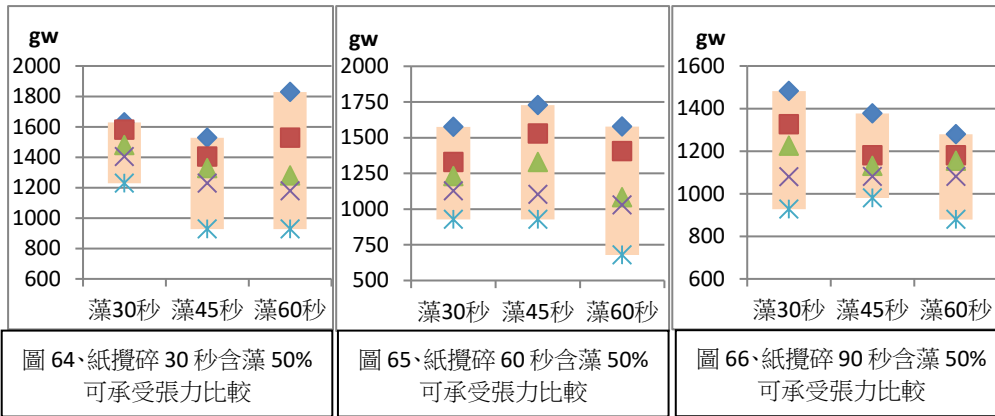


圖 63、50% 藻漿再生紙可承受張力比較

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 64 可見藻攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最大，藻攪碎 45 秒與 60 秒之紙成品的可承受張力接近且略低。

(2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 65 可見三組再生紙成品張力值接近。

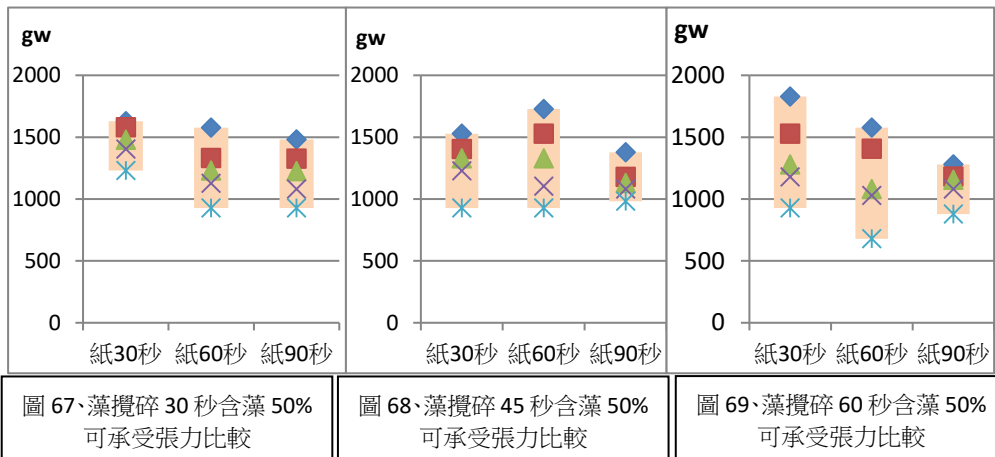
(3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 66 可見三組再生紙成品可承受張力接近，但藻攪碎 45 秒與 60 秒之再生紙成品的可承受張力相較下略低。



(4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 67 可見紙攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙攪碎 60 秒與 90 秒之紙成品可承受張力相較下略小。

(5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 68 可見三組再生紙成品張力值接近。

(6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 69 可見紙攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙攪碎 60 秒與 90 秒之紙成品可承受張力接近且略小。



4. 含有 75% 藻漿之再生紙：由表 1 可見各組數據間差異較小，但可看出紙 30 秒，藻 30 秒與紙 60 秒，藻 30 秒之再生紙成品可承受張力相較下較小

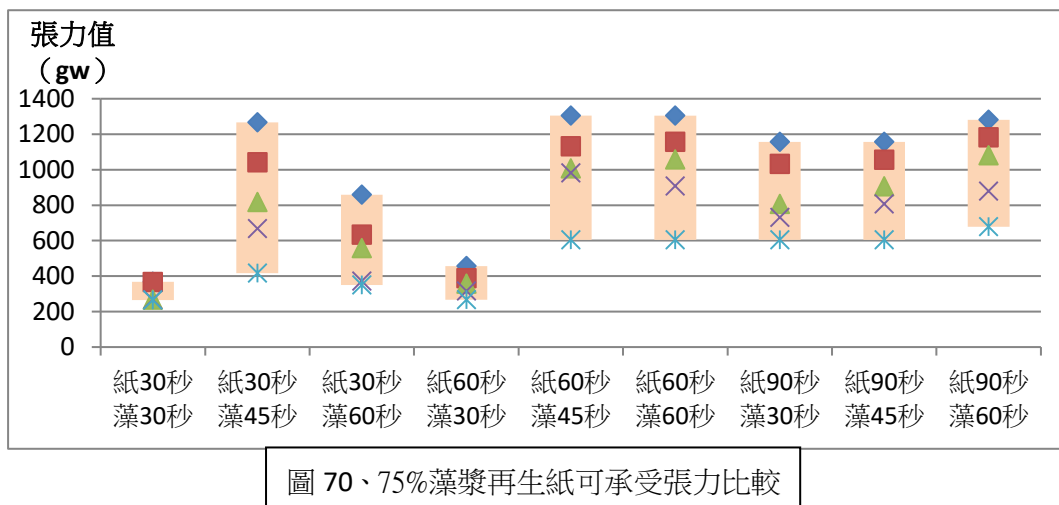
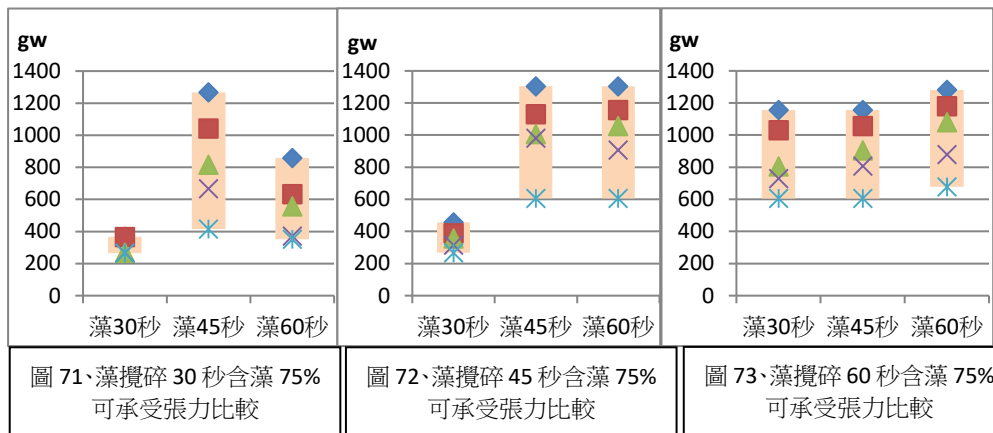


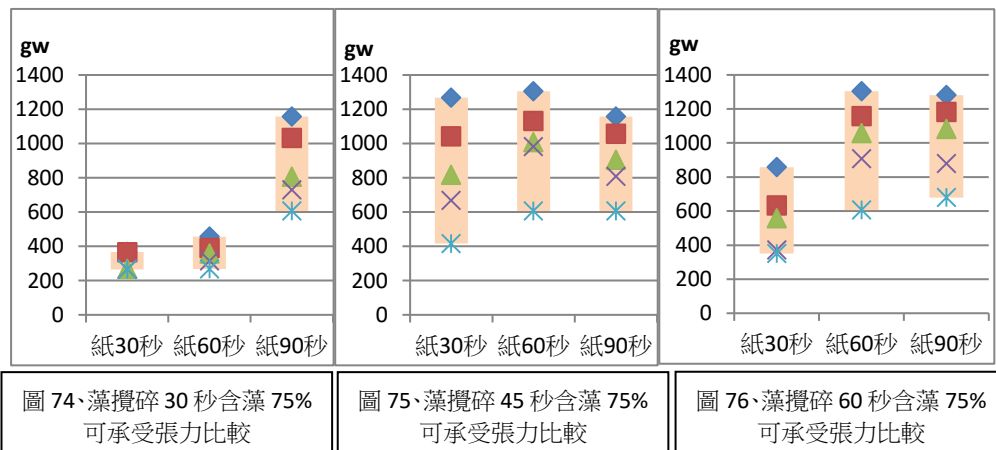
圖 70、75%藻漿再生紙可承受張力比較

(1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒：由圖 71 可見藻攪碎 45 秒之再生紙成品可承受張力最大，藻攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最小。

- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒：由圖 72 可見藻攪碎 45 秒與 60 秒之再生紙成品可承受張力接近，而藻攪碎 30 秒之再生紙成品可承受張力最小。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒：由圖 73 可見三組紙成品可承受張力接近。



- (4) 固定藻漿攪碎時間 30 秒：由圖 74 可見紙攪碎 90 秒之再生紙成品可承受張力最大，紙攪碎 30 秒與 60 秒之再生紙成品可承受張力接近。
- (5) 固定藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 75 三組再生紙成品可承受張力接近。
- (6) 固定藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 76 可見紙攪碎 60 秒與 90 秒之再生紙成品可承受張力接近，紙攪碎 30 秒之紙成品可承受張力相較下較低。



5. 25%、50%、75%再生紙比較：

- (1) 固定紙漿攪碎時間 30 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 77 可見含藻漿 50%之再生紙可承受的張力值最大。
- (2) 固定紙漿攪碎時間 60 秒，藻漿攪碎時間 45 秒：由圖 78 可見含藻漿 50%之再生紙可承受的張力值最大。
- (3) 固定紙漿攪碎時間 90 秒，藻漿攪碎時間 60 秒：由圖 79 可見含藻漿 50%之再生紙可承受的張力值最大。

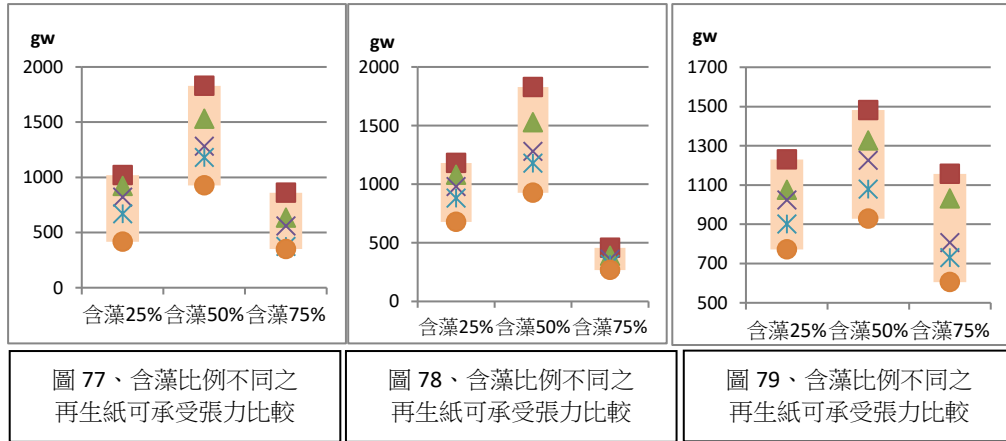


圖 77、含藻比例不同之再生紙可承受張力比較

圖 78、含藻比例不同之再生紙可承受張力比較

圖 79、含藻比例不同之再生紙可承受張力比較

陸、討論

一、藻紙外觀描述：

整體而言，再生紙成品摸起來以含紙漿量較多的 25% 成品最為柔軟，其撕裂後的斷口具明顯毛邊，至含 75% 藻漿之成品時觸感轉硬，且表面更為光滑，由稍加彎折後出現的斷裂面可得知其質地較脆；再生紙之顏色則隨含藻量越多而越顯墨綠，且含量越多，越能觀察到被攪碎的綠色藻絲。

二、紙屑與絲藻攪碎時間的變因選擇：

紙屑的纖維比絲藻較大，需要比較長的攪碎時間。經過測試，我們決定將絲藻的攪碎時間以 15 秒為間隔，紙漿的攪碎時間 30 秒為間隔，做出攪碎程度不同的藻紙漿來比較再生紙性質。

三、藻紙的應用性：

由實驗結果整理後可得知，含藻量 75% 的再生紙具有最佳之抗吸油性及抗吸水性。由於成品的顏色皆偏深，作書寫用途並不合適。考量到使用酒精洗去葉綠素的同時，可能會同時造成絲藻的纖維被破壞，我們並沒有將洗去葉綠素加入實驗設計內。綜合上述特性我們想到，出外購物時超市使用的手提紙袋或塑膠袋，也許可以用絲藻再生紙製成的紙袋取代。而其藻漿的高含量即代表能節省更多紙漿的耗量，也因此達到我們想促進環保的實驗目的。

四、最佳比例的選擇：

承討論三所提到的手提紙袋，我們以抗吸油性與抗吸水性高者為主要參考標準，可承受張力大者為次要參考標準，來決定各含藻量不同之實驗組的最佳比例。

1. 在含藻 25% 之再生紙成品中：紙攪碎 30 秒，藻攪碎 45 秒的再生紙成品具最高的抗吸水性，雖然抗吸油性較紙攪碎 60 秒，藻攪碎 45 秒的再生紙成品略差，但其平均可承受張力較大。因此我們以紙攪碎 30 秒，藻攪碎 45 秒為含藻 25% 再生紙成品之最佳比例。

2. 在含藻 50% 之再生紙成品中：紙攪碎 90 秒，藻攪碎 45 秒的再生紙成品具有最高的抗吸水性與抗吸油性，其平均可承受張力雖非最大也不算太低。因此我們以紙攪碎 90 秒，藻攪碎 45 秒為含藻 50% 再生紙成品之最佳比例。

3.在含藻 75%之再生紙成品中：紙攪碎 60 秒，藻攪碎 45 秒的再生紙成品具最高的抗吸油性，雖然抗吸水性較紙攪碎 90 秒，藻攪碎 45 秒的再生紙成品略差，但其平均可承受張力略大。因此我們以紙攪碎 60 秒，藻攪碎 45 秒為含藻 75%再生紙成品之最佳比例。

4.由以上各組比較可得知，含藻 75%之再生紙成品的抗吸水性及抗吸油性較含藻量低的 25%組與 50%組明顯較高。藻類本身不會吸水或吸油，因此我們推測 75%較高的原因為含藻量越多，則紙漿纖維越少，因此較抗油抗水。

五、變因中未加入 100%純藻漿的原因：

在製作含藻量 75%之再生紙時，我們觀察到經過抄紙的木框在紙成品取下後，網子上會卡有小小的絲藻屑；另外參考王柏霖、吳祐禎、李采霖等人(2015)也有提到，100%純藻漿的再生紙因藻類纖維太小而無法進行抄紙的動作，因此我們最後並無進行此項實驗操作。

六、紙 30 秒藻 30 秒 75%，及紙 60 秒藻 30 秒 75%的各項數據中，明顯較其餘 75%各組所得數據顯得異常的低：

實驗過程中所需的絲藻皆從相同的魚池中取得，再到實驗室內進行清洗。為避免絲藻在實驗室放太久沒有使用而腐敗，我們使用分批撈出的方式。兩組數據異常的再生紙成品，其中絲藻來源可能混雜了蒺藜草(*Cenchrus echinatus*)的根與莖。由於蒺藜草本身帶刺，容易與絲藻纖維糾結在一起，因此清洗時無法完全去除而混入藻紙漿內，造成紙成品的性質出現異常。

七、抄紙步驟中並未加入黏著劑：

在一般的抄紙過程，通常會加入黏著劑來增加紙張強度。我們想先測試單純由紙漿和藻漿組成之再生紙的性質，而黏著劑可能會影響原成品測出的實驗數據。另一方面，搜尋到的各方文獻並未提到明確的混合比例，所以在有限的實驗時間下，我們決定暫不考慮此項因素。

八、張力測量過程採用的是自製的實驗裝置，而非儀器：

我們製作再生紙的過程中，使用的纖維總量，約可以抄出兩到三張 B5 大的紙。考慮到製作的成本與時間，沒有辦法作出足夠測量儀器所需的樣本數量，因此最後我們自己設計了張力測定的實驗方法。

九、最佳比例之藻類再生紙之抗油性與其他紙張的比較：

取數張 A4 影印紙，重複上述測試吸油性的實驗並記錄結果，可發現 A4 影印紙的抗吸油性約介於 25%到 50%的再生紙之間，顯示我們製作的成品已具有一定的水準。

取市面上的包裝紙袋進行相同實驗以做比對，卻發現油滴完全無法被吸入，經過資料查詢後，發現紙袋表層塗有用以防油的全氟辛酸，其對人體或環境的影響尚無明顯定調，而儘管本實驗製成的再生紙之抗油能力和包裝紙袋有一定差距，但無可懷疑地，其在環保方面，仍具相當的發展性。

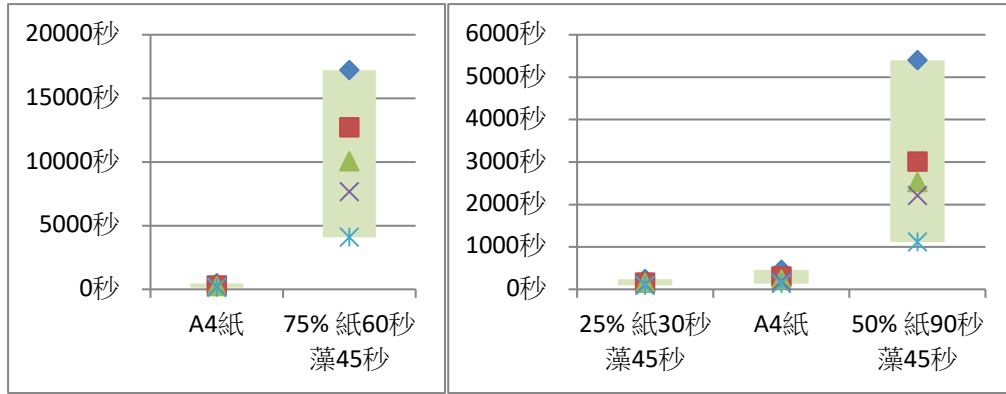


圖 80、75%再生紙與 A4 影印紙之吸油時間比較

圖 81、25%與 50%再生紙與 A4 影印紙之吸油時間比較

柒、結論

- 一、含藻量越少的再生紙成品外觀上顏色較淺，呈淡綠色，且觸感柔軟。含藻越多的再生紙成品顏色最深，接近墨綠，摸起來硬且脆，其表面十分光滑。
- 二、再生紙成品的吸水時間與吸油時間皆以 75%組最高，且 75%成品的吸水時間與吸油時間相較他組具有明顯差異。
- 三、含藻 75%再生紙之平均可承受張力最低，50%紙之平均可承受張力最高。
- 四、含藻 75%之再生紙有應用於市面上手提紙袋的潛力。
- 五、在製成手提紙袋的前提下：
 - 1.含藻 25%之再生紙成品中，紙攪碎 30 秒，藻攪碎 45 秒為最佳比例。
 - 2.含藻 50%之再生紙成品中，紙攪碎 90 秒，藻攪碎 45 秒為最佳比例。
 - 3.含藻 75%之再生紙成品中，紙攪碎 60 秒，藻攪碎 45 秒為最佳比例。

捌、未來展望

- 一、在本研究中，我們只完成了絲藻與紙屑於不同攪碎時間下所製成的再生紙性質差異分析，希望之後能進行更加詳盡的實驗，例如再生紙成品性質的精確測量，或葉綠素的去除……等。
- 二、在實驗中，紙張強度不高推測是因造紙過程中並未加入黏著劑造成，期望未來我們能夠進行關於此項變因的相關分析研究。
- 三、生活應用，根據研究結果，含藻 75%的再生紙成品有取代市面上的包裝紙袋之潛力，希望以後我們可以更深入探討其應用性，並實際製作出成品，或推想其他比例的再生紙可應用之處。

玖、參考文獻及資料

- 1.蔡雅雯。做一張獨家手工紙-蘋果日報副刊。2003/10/27。
- 2.萬鈞。藻類製漿造紙之可行性評估。2014。<http://hdl.handle.net/11296/haxw82>。
- 3.王柏霖、吳祐蘋、李采霖。藻生貴紙——利用絲藻再生紙張達到環保。2015。

- 4.黃淑芳。認識藻類——大自然的奇妙珍寶
<https://www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=1781>。
- 5.台灣海藻資訊網 http://formosa.ntm.gov.tw/seaweeds/c/c1_01.asp。
- 6.程序、紙張種類、規格-國立台灣圖書館。
<https://www.ntl.edu.tw/public/Attachment/610121123433.pdf>。
- 7.再生紙 DIY（做法）主婦聯盟環境保護基金會。
<http://www.huf.org.tw/event/content/1550>。
- 8.行政院農委會水產試驗所全球資訊網。
<https://www.tfrin.gov.tw/ct.asp?xItem=159447&ctNode=1225&mp=1>。
9. MoneyDJ 理財網財經知識庫。
<https://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=71463089-c4c5-4136-bb73-cafa0b8e3000>。

【評語】 052607

1. 本研究利用絲藻再生紙的製作，以不同種類綠藻與紙漿含量比例製作再生紙，最後歸納出不同藻類含量的再生紙強度分析與應用成果，包括書寫用途、吸水或油性等特性。
2. 實驗方法的研究設計，建議以文字更詳細說明，若能彙整總表格說明，將更能提升作品科學品質之呈現。
3. 建議實驗結果之繪圖說明，可提供更詳細之資料，並與過去其他類似實驗比較，強調本研究之創新性。

研究動機

人類因製紙的需求而**大量砍伐森林**，造成水土保持不佳、調節氣候功能減弱、動植物生態改變等負面影響，另外，許多魚塭都因**藻類叢生**而影響生物的養殖，於是我們決定進行藻類再生紙的研究。**混合藻類所製成的再生紙**，不但能減少原料消耗，更能使養殖漁業的經濟利潤提升，進而能達成**環境保護**的目標，所以本研究便以魚塭中常見的**絲藻**為原料，**製作藻類再生紙**並探討其相關性質。

研究目的

- 一、製作**不同比例**之絲藻與紙漿所製成再生紙的性質。
- 二、製作**紙漿與絲藻之不同攪碎時間**所製成再生紙的性質。
- 三、測量再生紙成品之**吸水時間**、**吸油時間**、**張力值**。
- 四、絲藻再生紙之應用性發想。

研究設備與器材

- 本研究之主要材料為**絲藻**(*Rhizoclonium sp.*)，常見於淡水或半淡半鹹的養殖池內。
- 其餘材料包含：**各處室碎紙機之紙屑**、抄紙木框、果汁機、電子秤、微量吸取器、碼表、葵花油、燒杯、海報夾、報紙等。



研究過程及方法

製作絲藻再生紙

清洗絲藻

含水量測試

紙漿預備

抄紙工具準備



混和比例

變因設計

紙漿攪碎時間

絲藻漿攪碎時間

變因 1	比例	0 %	25 %	50 %	75 %
變因 2	紙漿絞碎時間	30 秒	60 秒	90 秒	
	絲藻絞碎時間	30 秒	45 秒	60 秒	

絲藻再生紙製作

測試絲藻再生紙性質

吸水滴液測試

水滴滴下開始計時，至其光澤完全消失停止

吸油滴液測試

油滴滴下開始計時，至其光澤完全消失停止

張力測量

自製測量裝置

比較成品性質

應用性發想

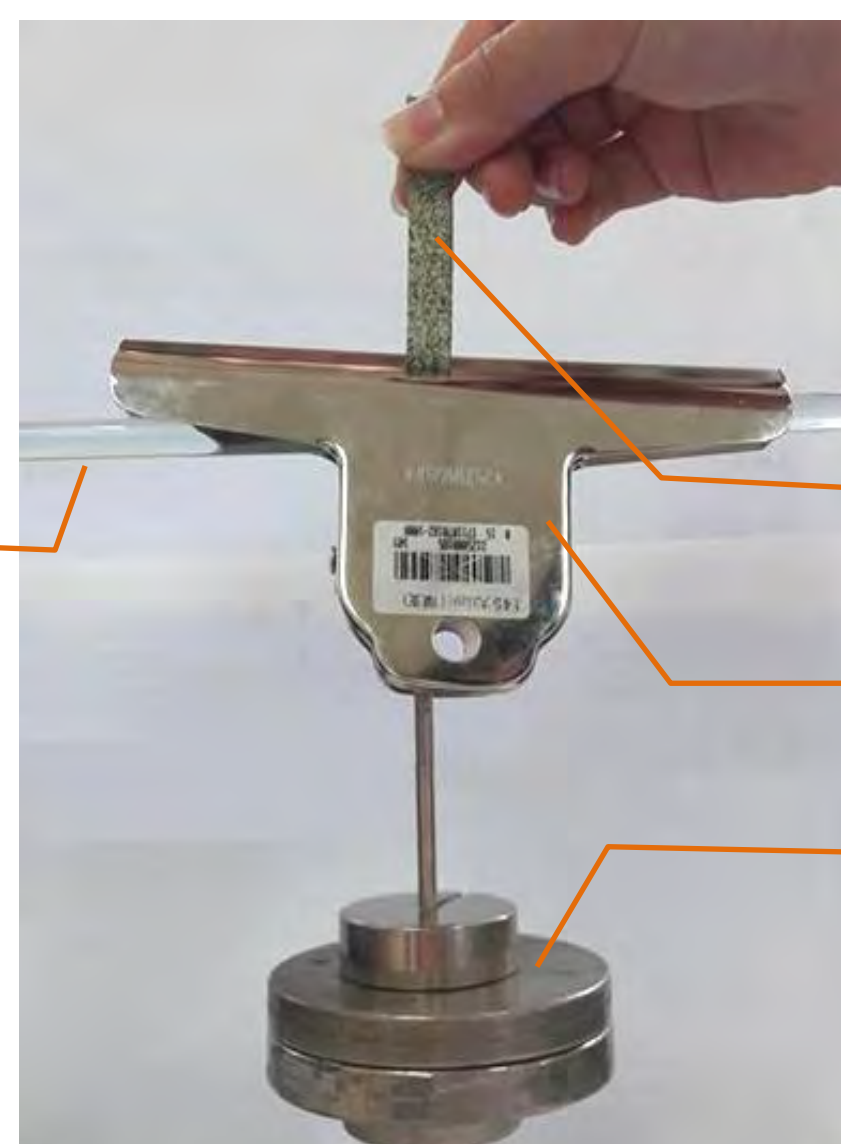
註:考慮到儀器測量所需的成本與時間，作出足夠儀器測量所需的樣本數量具困難度，所以本研究採用自製測量裝置。

玻棒

待測紙片

海報夾

砝碼



研究結果與討論

含水量測試

經過烘箱以80°C烘乾約12小時後，平均50g含水的潮濕絲藻重量約**減少90%**，只剩下**5g**的乾燥絲藻。故本實驗皆以此比例去換算所需的潮濕絲藻重量。

再生紙成品

含藻0%



含藻25%



含藻50%



含藻75%



紙成品顏色隨含藻量增加而漸深

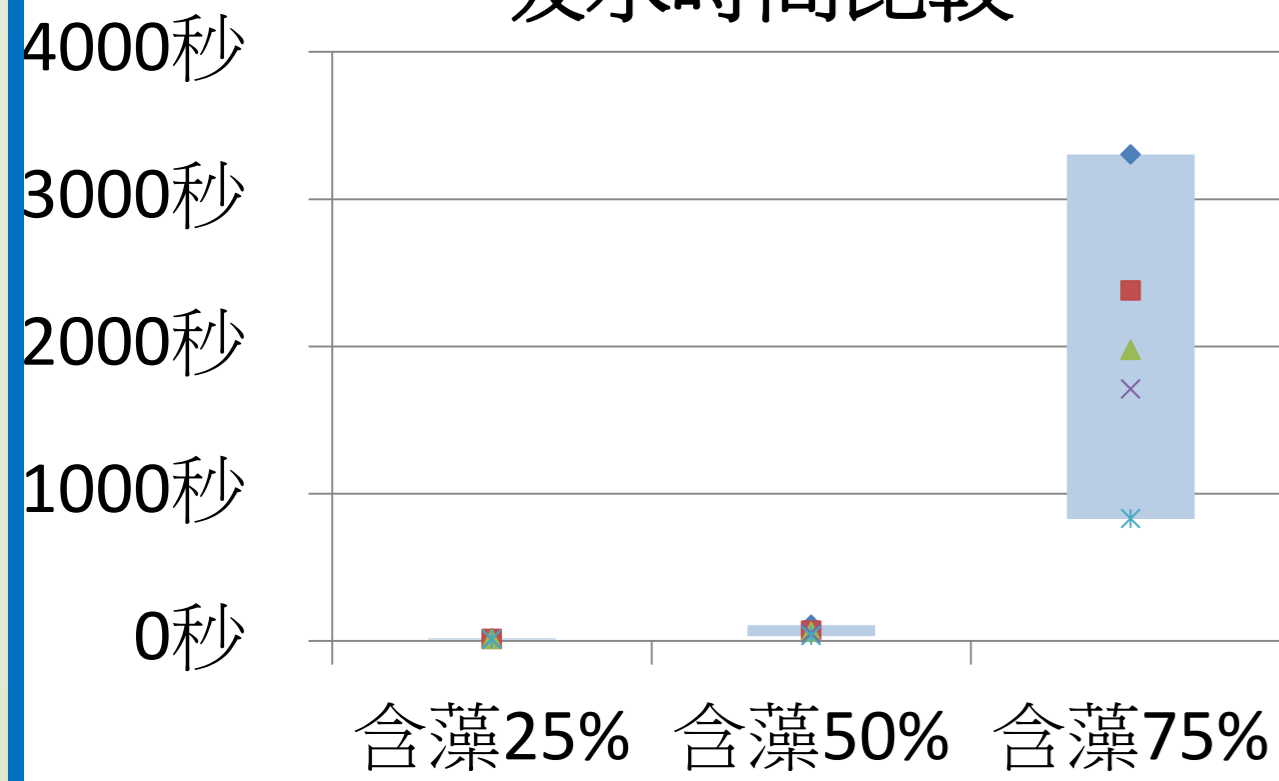
最佳比例選擇

本研究主要著重於**絲藻再生紙**之應用，在製成**易接觸到油污之包裝紙袋**的前提下，我們期望能夠做出**不易吸水、不易吸油、及高張力值**的再生紙成品。

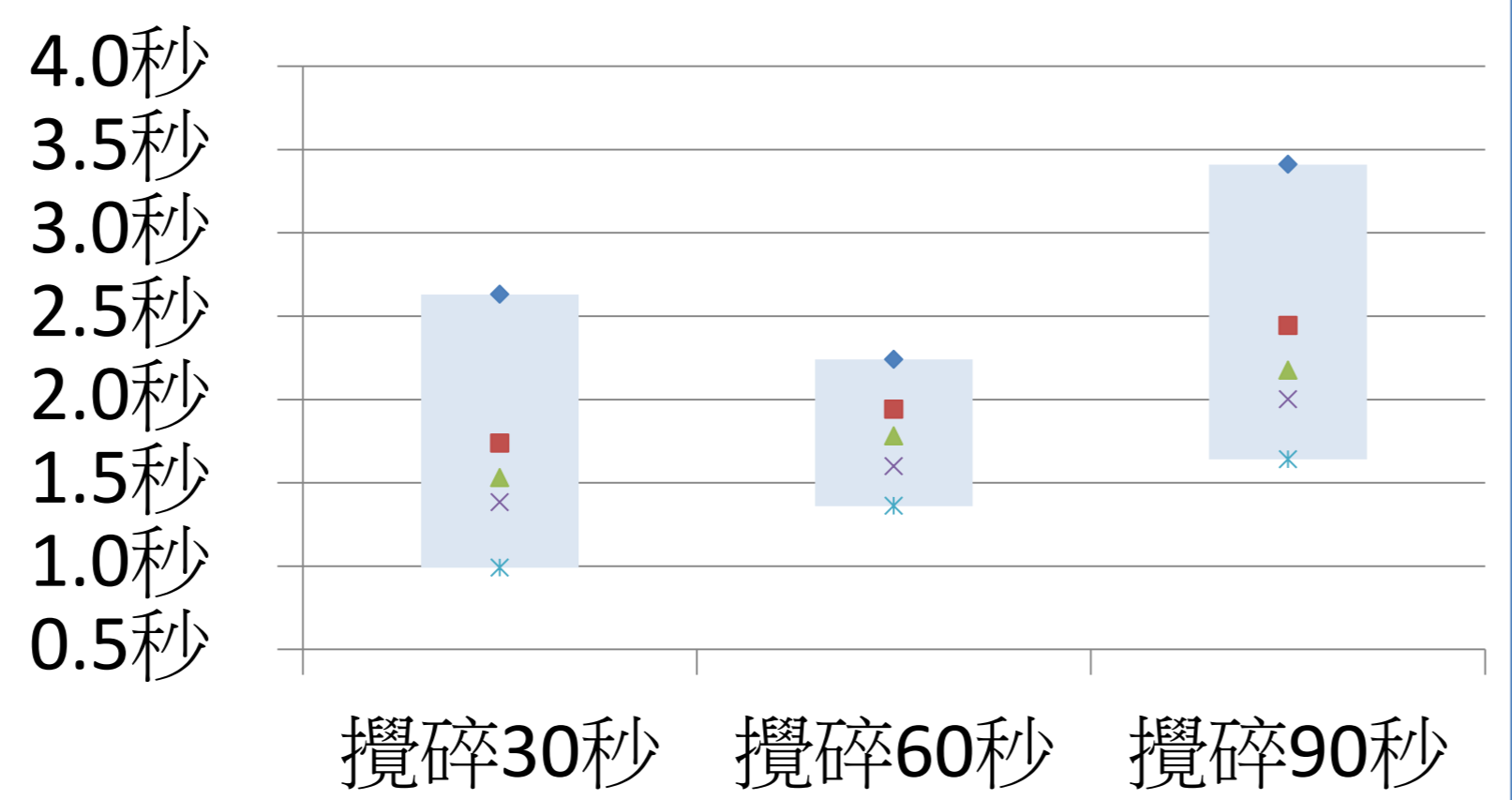
以下定義的「**藻紙最佳比例**」，即為符合上述特性之最佳變因組合。

吸水滴液測試結果

圖一、含藻比例不同之吸水時間比較



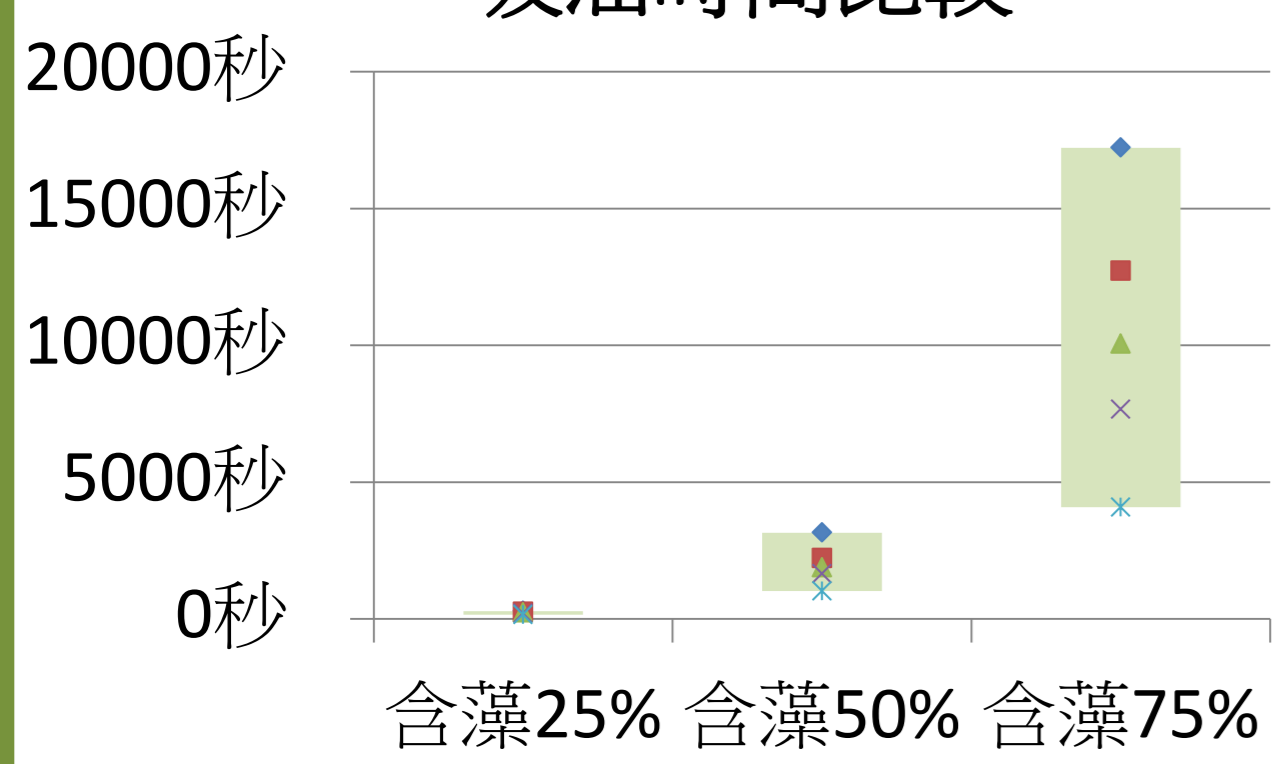
圖二、0%藻漿再生紙之吸水時間比較



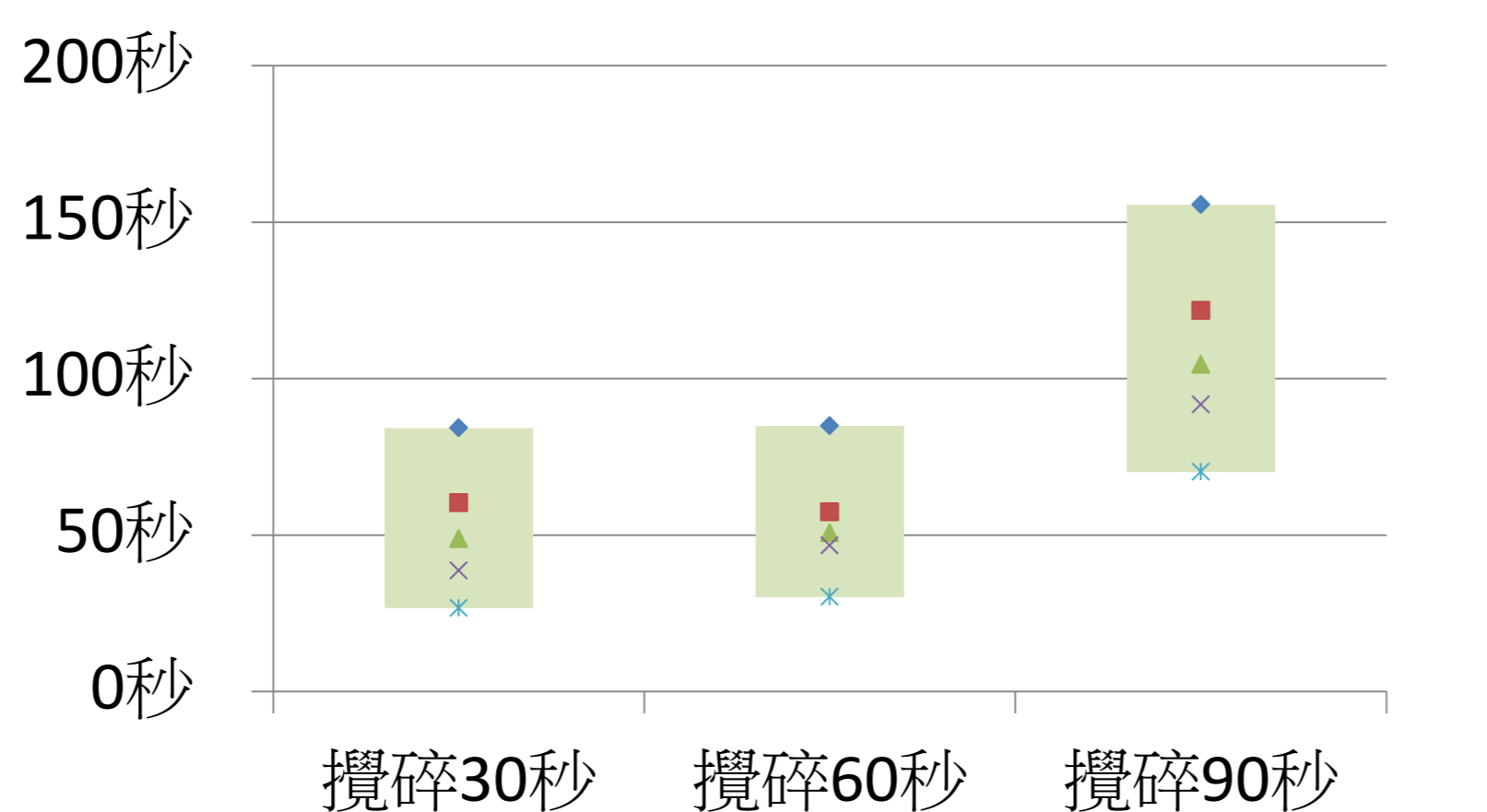
- 1.由圖二可見，紙攪碎90秒之再生紙成品的吸水時間最長。
- 2.由圖三可見，紙攪碎30秒，藻攪碎45秒之25%再生紙成品的吸水時間最長。
- 3.由圖四可見，紙攪碎90秒，藻攪碎45秒之50%再生紙成品的吸水時間最長。
- 4.由圖五可見，紙攪碎90秒，藻攪碎45秒之75%再生紙成品的吸水時間最長。
- 5.綜觀各圖，以圖一(固定紙攪碎90秒，藻攪碎30秒)為例，75%之再生紙成品有最長的吸水時間。

吸油滴液測試結果

圖六、含藻比例不同之吸油時間比較



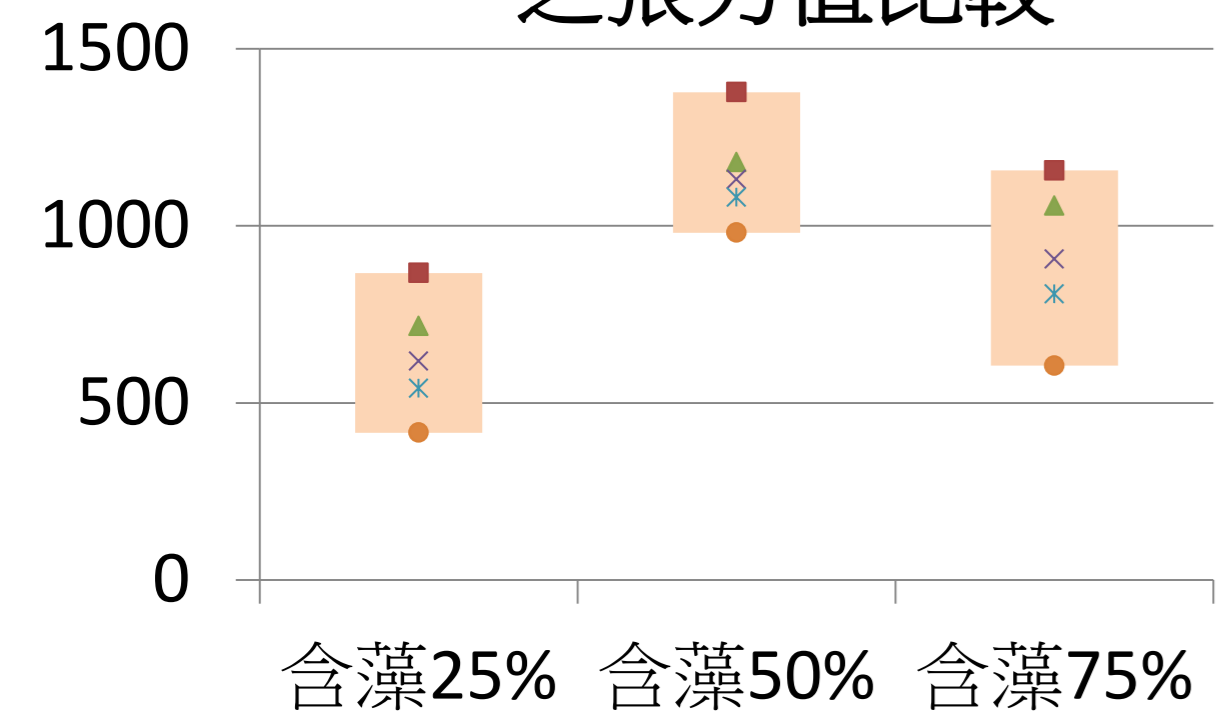
圖七、0%藻漿再生紙之吸油時間比較



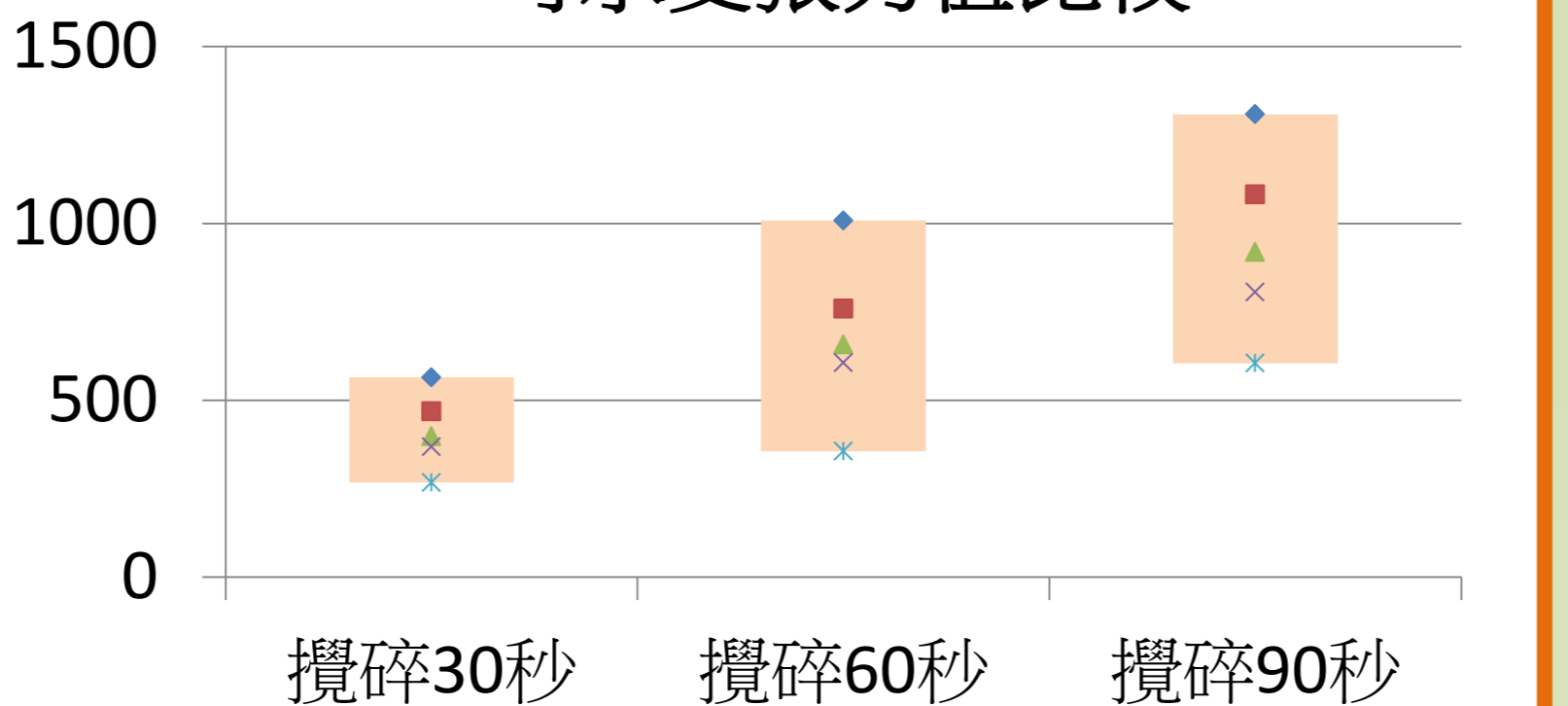
- 1.由圖七可見，紙攪碎90秒之再生紙成品的吸油時間最長。
- 2.由圖八可見，紙攪碎60秒，藻攪碎45秒之再生紙成品的吸油時間最長。
- 3.由圖九可見，紙攪碎90秒，藻攪碎45秒之再生紙成品的吸油時間最長。
- 4.由圖十可見，紙攪碎60秒，藻攪碎45秒之再生紙成品的吸油時間最長。
- 5.綜觀各圖，以圖六(固定紙攪碎60秒，藻攪碎45秒)為例，75%之再生紙成品有最長的吸油時間。

張力測試結果

圖十一、含藻比例不同之張力值比較

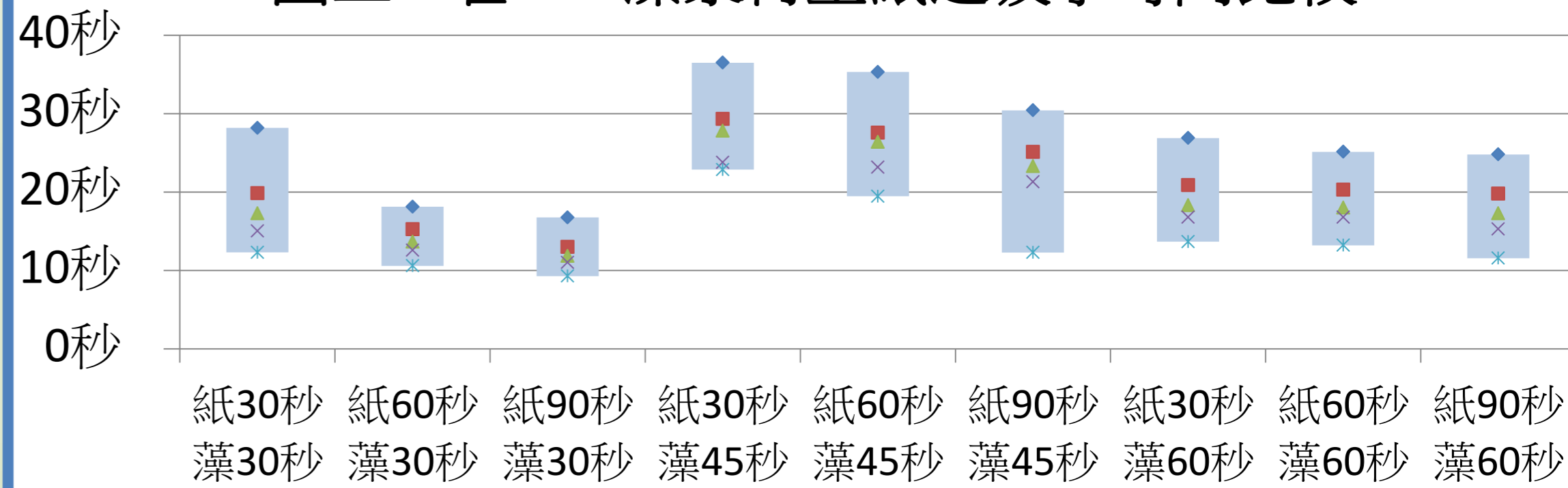


圖十二、0%藻漿再生紙可承受張力值比較

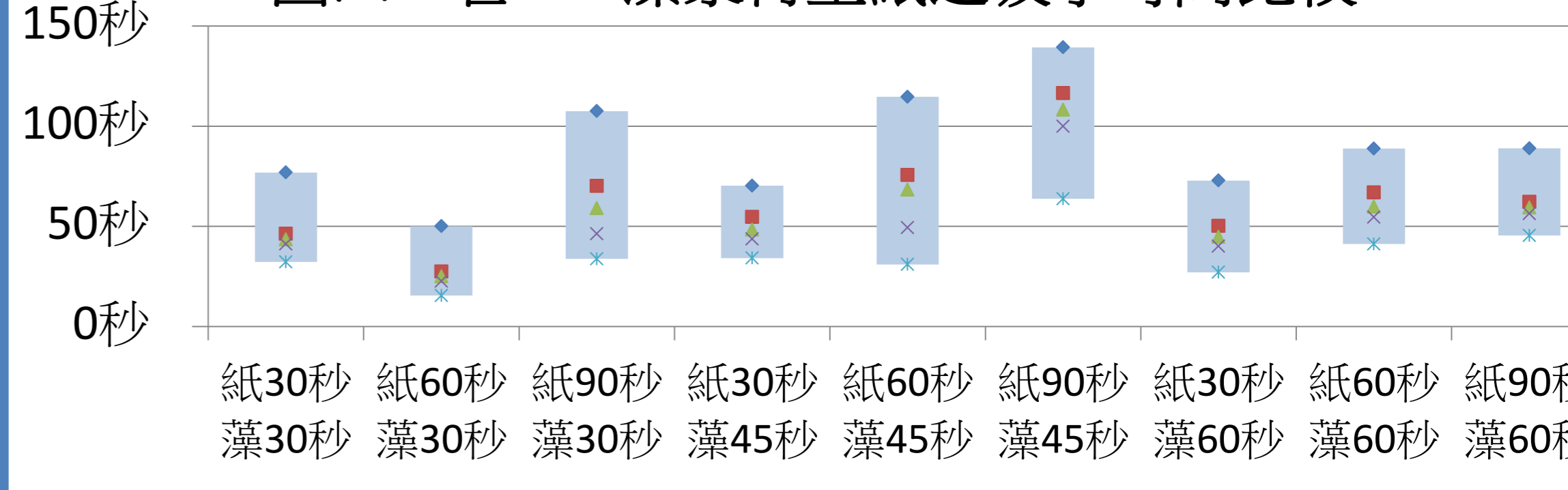


- 1.由圖十二可見，紙攪碎90秒之成品可承受張力最大。
- 2.由圖十三可見，紙攪碎60秒，藻攪碎60秒之再生紙成品可承受張力最大。
- 3.由圖十四可見，各組數據間差異較小，但可看出紙攪碎30秒，藻攪碎30秒之再生紙成品可承受張力相較下略大。
- 4.由75%可抗張力比較圖可見各組數據間差異較小，但可看出紙攪碎30秒，藻攪碎30秒與紙攪碎60秒，藻攪碎30秒之再生紙成品可承受張力相較下較小。
- 5.綜觀各圖，以固定紙攪碎90秒，藻攪碎45秒之不同比例比較圖為例，50%之再生紙成品可承受最大的張力。

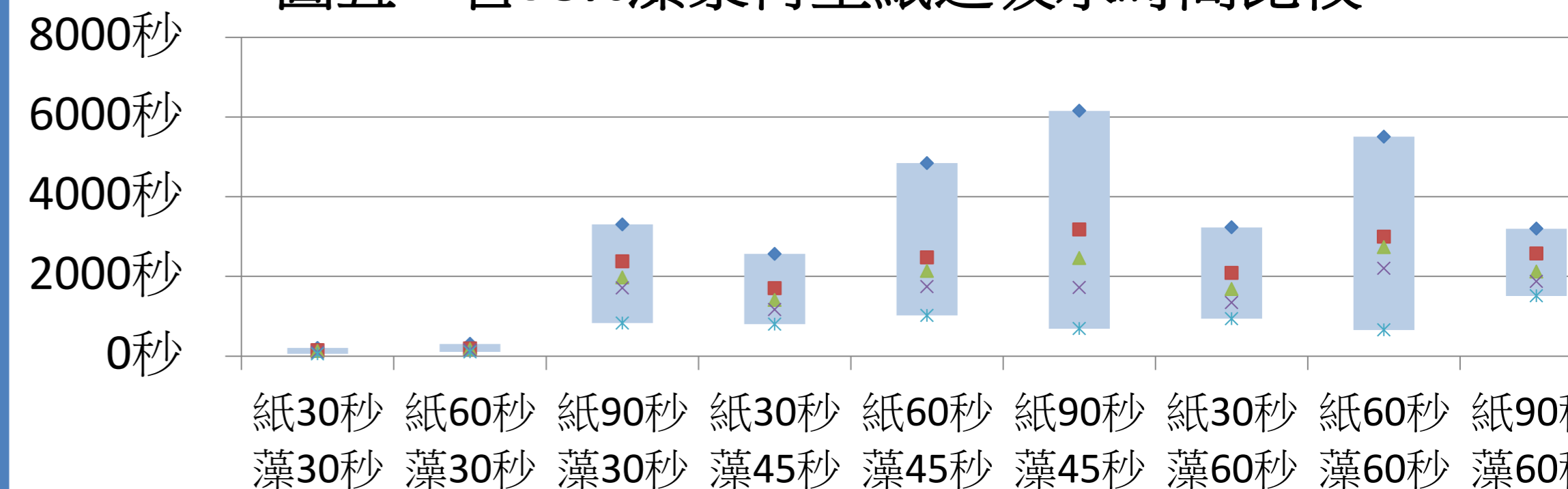
圖三、含25%藻漿再生紙之吸水時間比較



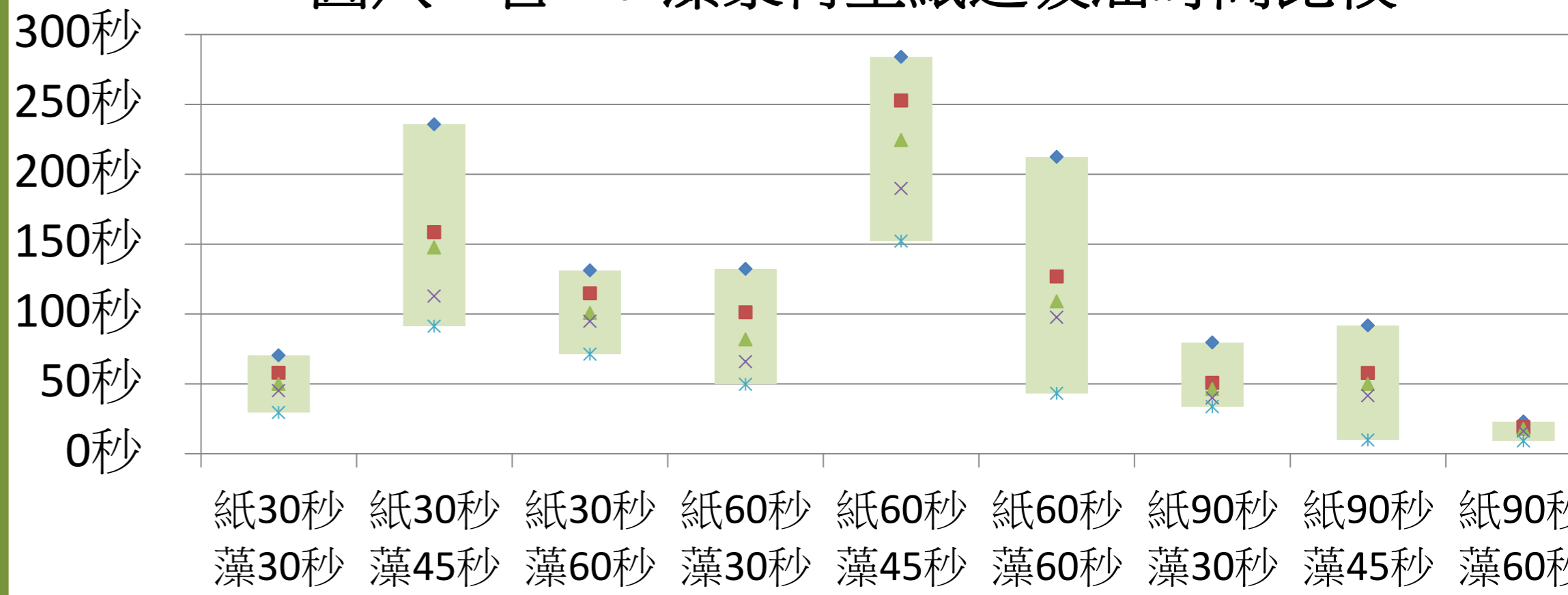
圖四、含50%藻漿再生紙之吸水時間比較



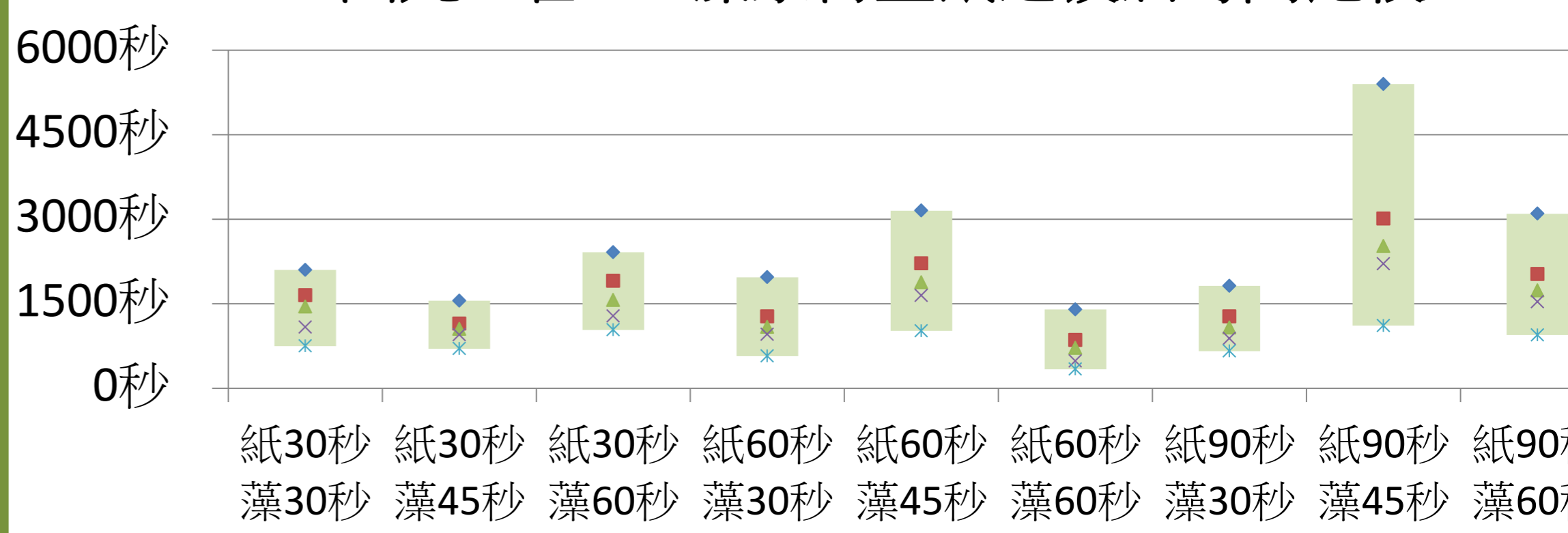
圖五、含75%藻漿再生紙之吸水時間比較



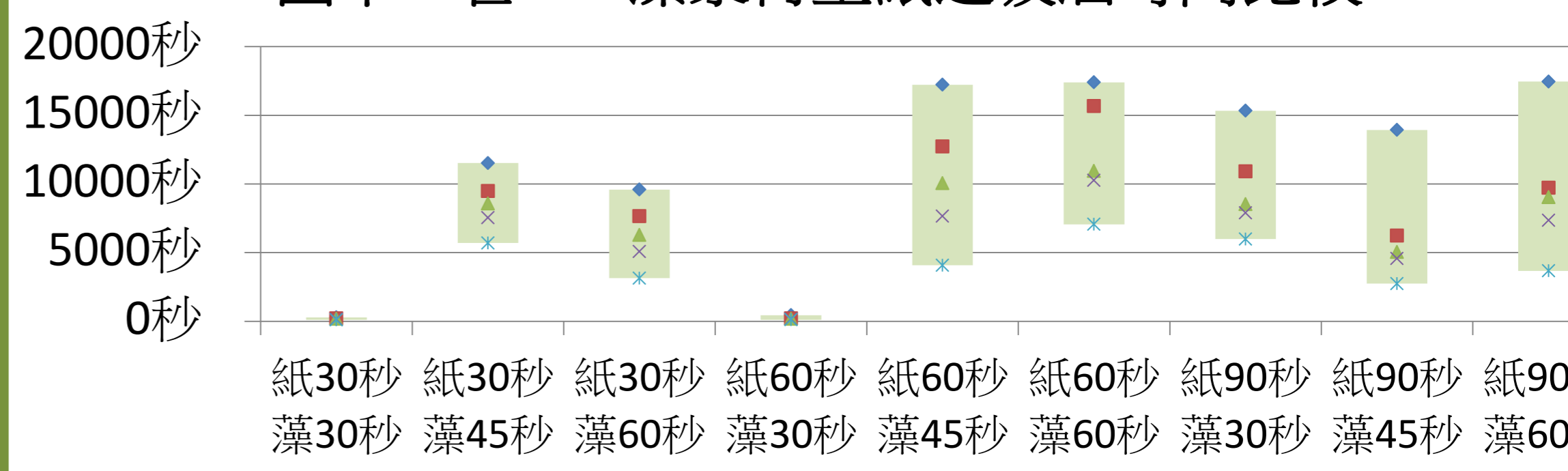
圖八、含25%藻漿再生紙之吸油時間比較



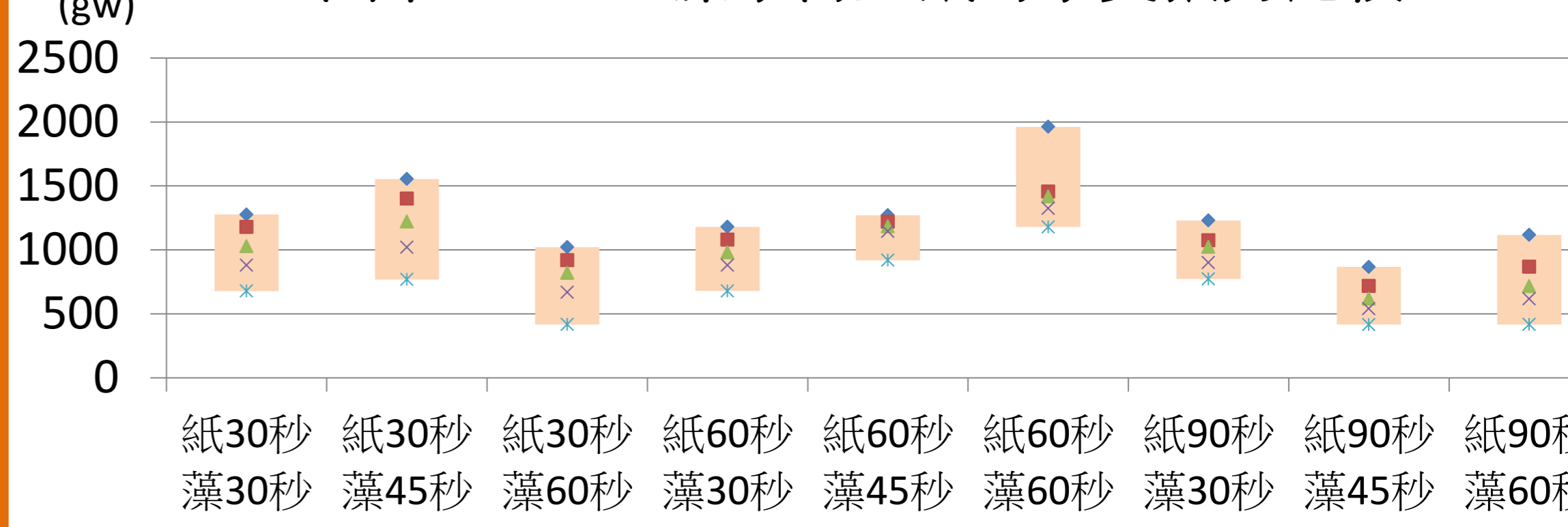
圖九、含50%藻漿再生紙之吸油時間比較



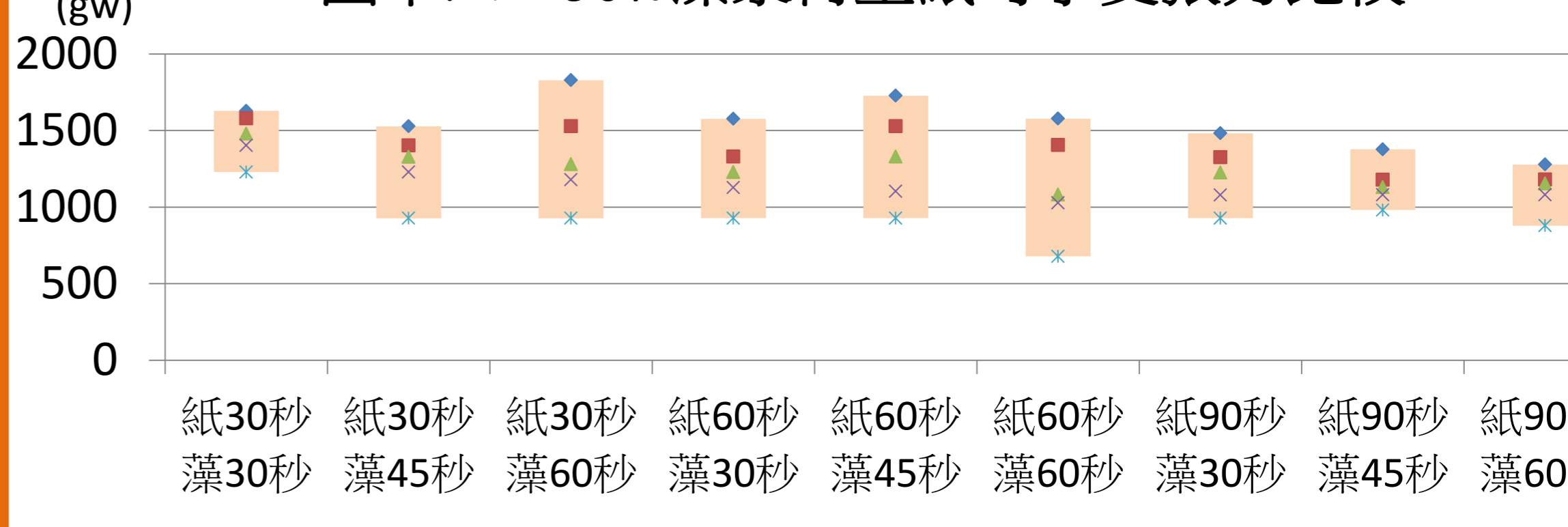
圖十、含75%藻漿再生紙之吸油時間比較



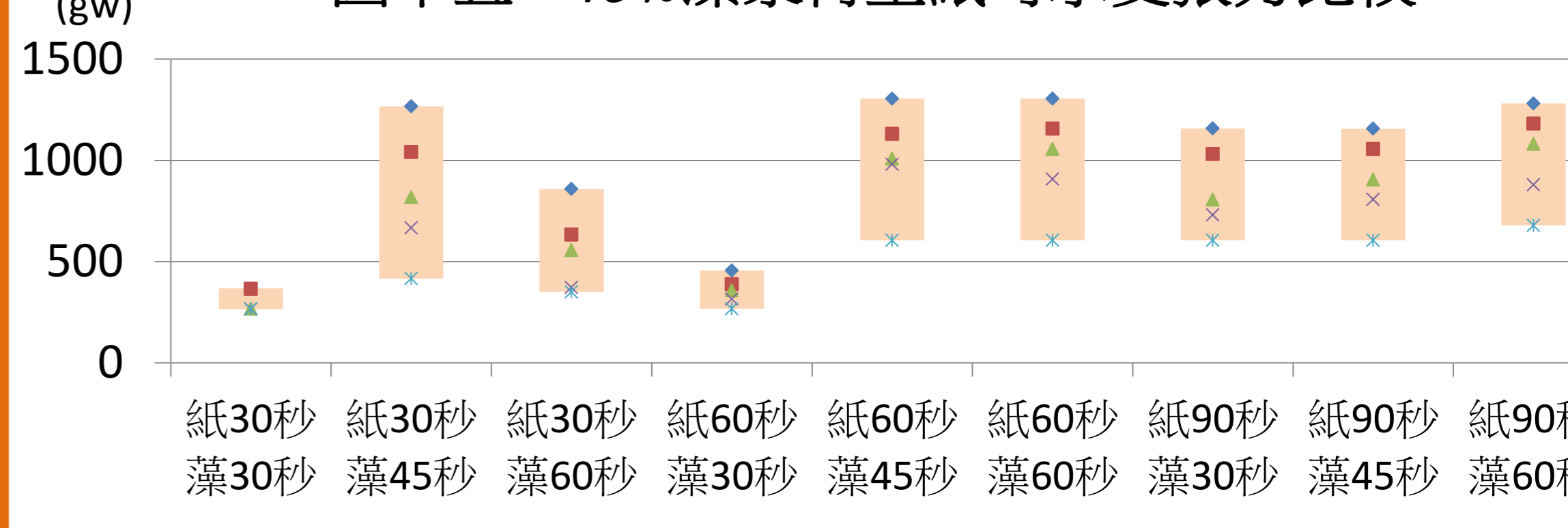
圖十三、25%藻漿再生紙可承受張力比較



圖十四、50%藻漿再生紙可承受張力比較



圖十五、75%藻漿再生紙可承受張力比較



討論

一、最佳比例的選擇：

前述所提到希望製成**易接觸到油污的包裝紙袋**，我們以**抗吸油性與抗吸水性高者為主要參考標準**，可承受**張力大者為次要參考標準**，來決定各含藻量不同之實驗組的最佳比例。

由各組數據比較可得知，**含藻75%**之再生紙成品的**抗吸水性及抗吸油性**較含藻量低的25%組與50%組明顯較高。由於藻類本身相較紙張不易吸水或吸油，我們推測75%品較抗油抗水的原因即為其含藻量較多。

二、變因中未加入100%純藻漿的原因：

在製作**含藻量75%**之再生紙時，可觀察到經過抄紙的木框在紙成品取下後，**網子上卡有小片絲藻屑**。另外我們也查詢到文獻，**100%**純藻漿的再生紙因藻類纖維太小而**無法進行抄紙**，因此我們最後並無進行此項實驗操作。

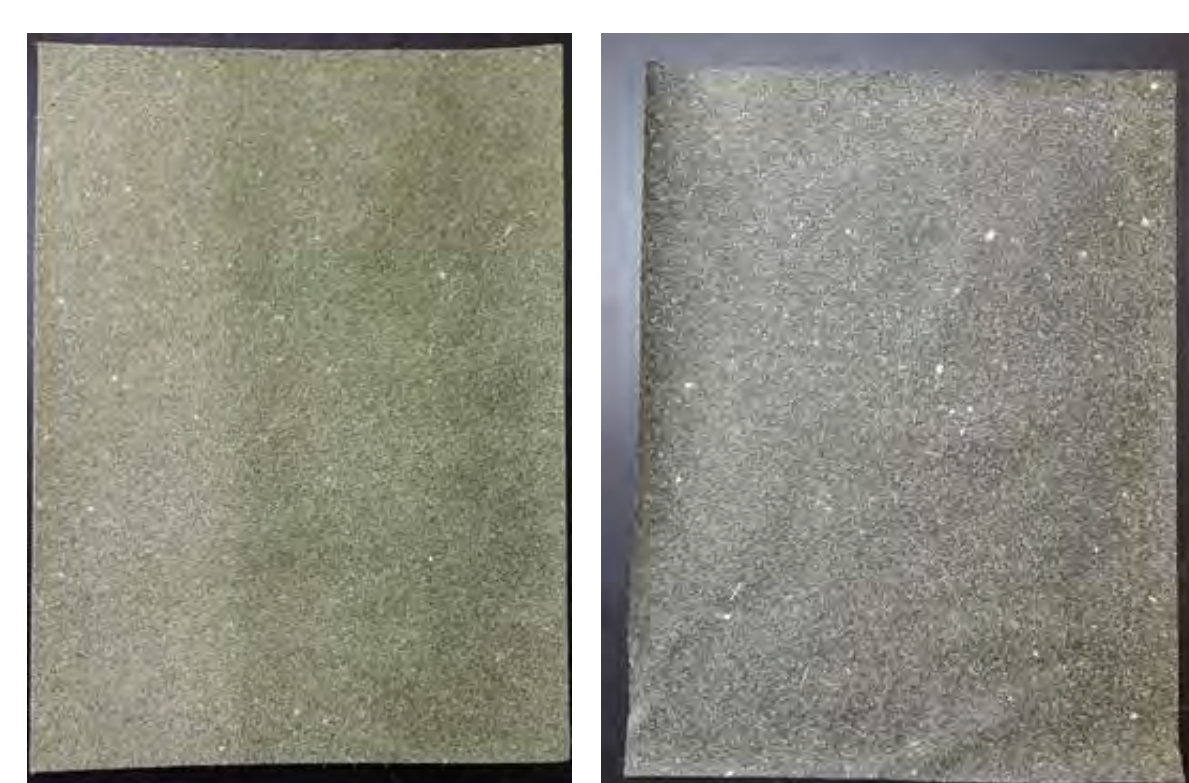
三、實驗中不慎混入的雜質（推測為蒺藜草（*Cenchrus echinatus*）的根與莖），使其中幾組數據出現異常。

四、抄紙步驟中並未加入黏著劑：

本實驗僅測試單純由紙漿和藻漿組成之再生紙的性質，並且在各方參考文獻中並未提到明確紙漿與黏著劑的混合比例，因此我們最終並未加入黏著劑做為變因。

五、最佳比例之藻類再生紙之抗油性與其他紙張的比較：

取影印紙及防油紙袋進行前述吸油滴液測試，可發現影印紙的抗吸油性約介於25%到50%的再生紙之間；包裝紙袋上的油滴卻完全無法吸入。



左圖為數據異常的成品，右圖為正常的成品。異常的紙張顏色明顯較翠綠。

	25%成品	影印紙	50%成品	75%成品
平均吸油時間 (秒)	142	248	2641	10321

結論

一、**含藻量越少**的再生紙**顏色較淺**，呈淡綠色，且觸感**柔軟**。**含藻越多**的再生紙成品顏色越深，接近**墨綠**，摸起來**硬且脆**，且表面十分光滑。

二、再生紙成品的**吸水時間與吸油時間**皆以含藻75%組最高，且75%成品的吸水時間與吸油時間相較25%組、50%組有明顯差異。

三、含藻75%再生紙之平均可承受張力最低，50%再生紙之平均可承受張力最高。

四、含藻75%之再生紙有應用於**易接觸到油污的包裝紙袋**之潛力。

五、在製成包裝紙袋的前提下：

含藻**25%**之再生紙成品中，**紙攪碎30秒**，**藻攪碎45秒**為最佳比例；

含藻**50%**之再生紙成品中，**紙攪碎90秒**，**藻攪碎45秒**為最佳比例；

含藻**75%**之再生紙成品中，**紙攪碎60秒**，**藻攪碎45秒**為最佳比例。

未來展望

一、希望未來能進行更進一步且規模更大的實驗，例如再生紙成品其他性質的測量、葉綠素的去除.....等。

二、實驗中的紙張強度不高推測是因造紙過程中未加入黏著劑造成，期望未來能進行相關的實驗，有了更精確的實驗數據後，能夠做出更接近包裝紙袋的產品。

三、根據研究結果，含藻75%的再生紙成品具替代市面上包裝紙袋之可能，希望以後可以更深入探討其實際應用性，並製作出成品，同時思考其他比例的再生紙可應用之處。

參考資料

1. 蔡雅雯。做一張獨家手工紙-蘋果日報副刊。2003/10/27。

2. 萬鈞。藻類製漿造紙之可行性評估。2014。

<http://hdl.handle.net/11296/haxw82>。

3. 王柏霖、吳祐禎、李采霖。藻生貴紙——利用絲藻再生紙張達到環保。2015。

4. 黃淑芳。認識藻類——大自然的奇妙珍寶

<https://www.ntsec.gov.tw/FileAtt.ashx?id=1781>。

5. 台灣海藻資訊網

http://formosa.ntm.gov.tw/seaweeds/c/c1_01.asp。

6. 程序、紙張種類、規格-國立台灣圖書館。

<https://www.ntl.edu.tw/public/Attachment/610121123433.pdf>。

7. 再生紙DIY (做法) 主婦聯盟環境保護基金會。

<http://www.huf.org.tw/event/content/1550>。

8. 行政院農委會水產試驗所全球資訊網。

<https://www.tfrin.gov.tw/ct.asp?xItem=159447&ctNode=1225&mp=1>。

9. MoneyDJ理財網財經知識庫。

<https://www.moneydj.com/KMDJ/wiki/wikiViewer.aspx?keyid=71463089-c4c5-4136-bb73-cafa0b8e3000>。