中華民國第55屆中小學科學展覽會
作品說明書

國小組　生活與應用科學科

佳作

080802

黏葉大討讚

學校名稱：新北市新莊區中信國民小學

作者：	指導老師：
小六 郭修涵 小六 褚思芸 小六 江世鎰 小六 蔡加恩	張如伶

關鍵詞：膠、榕樹葉、紙

摘要

許多環保製紙是利用回收材料再生新製用紙或利用當地特產等長纖維植物製紙。但常見的花、草和樹葉卻因纖維短而無法製紙。是以本研究一改以往必須挑選合適植物製紙之限，開發可黏合容易取得的短纖維植物製紙技術，使更多植物可做為製紙之原物料，達成不需砍一棵樹，不需紙張，不需化學物質也能自己造紙的目標。如此更具有綠色環保與永續的概念。

本研究採實驗研究，首先選出五種含膠植物（蘆薈、白木耳、馬鈴薯、蓮藕、海帶），短纖維植物以學校常見的榕樹葉子當對象，研究榕樹葉子跟何種含膠植物組合可以製出可用紙張。研究結果發現：用 40g 海帶+5g 水藻+10g 榕樹葉，使用陰乾或吹乾的方式，即可製出可反覆折、可書寫、可列印之類似影印紙效果的紙張。

壹、研究動機

自然老師上完了「植物世界」後，教我們用花草和樹葉加上回收紙，製作手工紙，我們驚嘆：這些手工紙不僅好看，還可以保住樹木的性命！我們就想，如果大家用的紙都可以不用砍樹就製造出來，真是活「樹」無數啊！於是我們一頭栽進「無樹造紙」的研究。查閱歷年跟製紙有關的科展作品，發現這類的研究有許多，除了加廢紙製作，還有許多是利用不同植物或植物部位等製紙，更有利用當地特有農產品製紙的研究。不過我們覺得這樣還不夠，各校常見的植物，容易取得，如果可以都拿來製紙，對學生來說，製紙就更方便了。可是小花、小草和樹葉，因為纖維短，不加廢紙或乾強劑、濕強劑等，製出的作品會碎裂無法使用。不怕困難的我們打算朝這艱難的部分前進，研究如何用這些短纖維製成紙張，所以我們絞盡腦汁、苦苦思索。

終於，「啊！蘆薈裡面黏黏的，可以試試用它黏住短纖維來製紙嗎？」看到教室外那盆蘆薈，我們突然想到，用植物的黏液或膠質，不知可不可以把打碎的短纖維黏合成一張紙？於是我們開始了研究：只加植物和植物膠的情況下製造出可用的紙張。

貳、研究目的

一、了解含膠植物的成分及其製出紙張的特性。

二、透過實驗找出可以製成紙張的含膠植物及樹葉和含膠植物的最佳比例。

三、探討不同製紙及取紙的方式對製成紙張的影響。

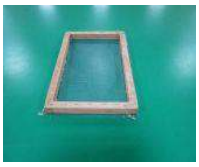
四、找出最適合製紙的含膠植物，依最佳比例，合適的製紙及取紙方式製造可反覆折、可書寫、可列印之類似影印紙效果的紙張。

參、研究設備及器材

一、

榕樹葉	蘆薈	木耳	馬鈴薯	蓮藕	海帶	花豆

二、器具：報紙、刷子、手套、灑水器、雙面膠、熨斗、吹風機、美工刀、透明塑膠套、電子秤、塑膠盆、盛裝容器、抹布、支撐棒。

名稱	果汁機	抄網（絹網）	抄網（框）	抄網（洗衣袋網目）	抄網（紗窗網目）
相片					

三、書寫度試畫工具：

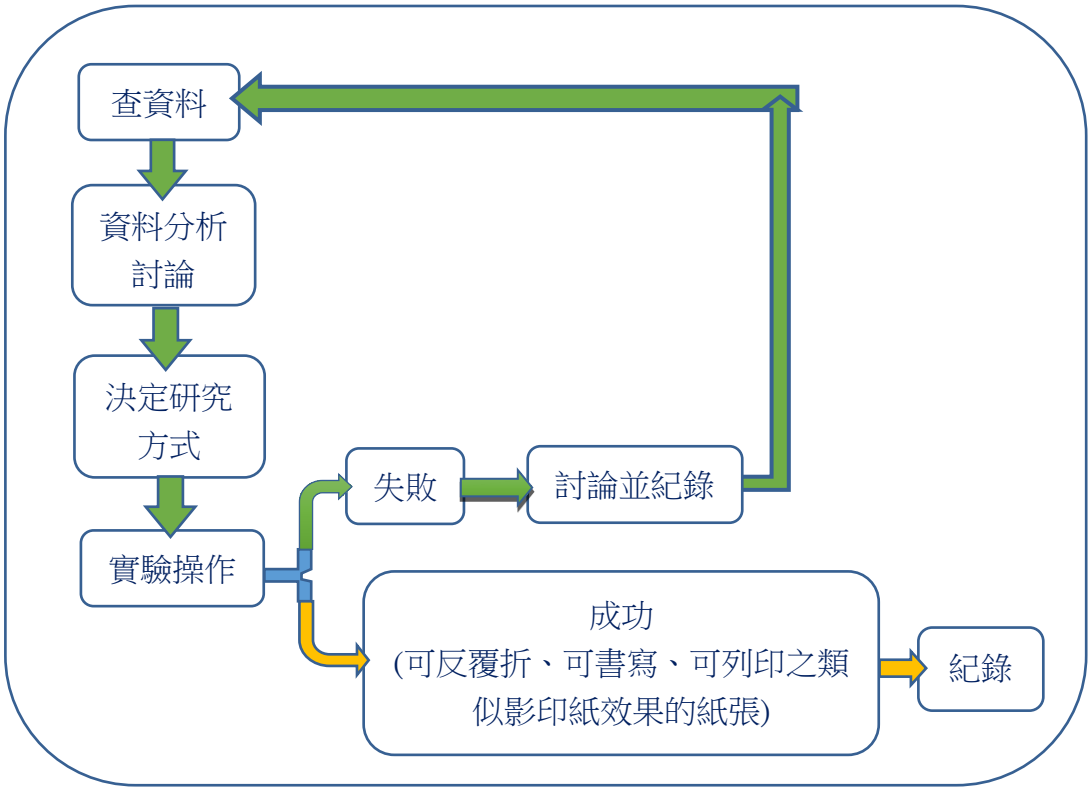
名稱	鉛筆	原子筆 0.38mm	油性蠟筆	彩色筆	粗頭奇異筆
相片					

四、水藻：

魚缸中的水藻	學校積水花台的水藻

肆、研究過程與方法

一、研究方法



二、歷屆科展探討　（文獻參考 一、二、三）

屆/組/科	科展作品名稱	相關研究方式及目的
全國第 53 屆 高職組 農業及生物科技	龍"鳳""橙"祥~以鳳梨皮及柳橙果皮製作可裁式調味紙取代傳統速食麵調味包之可行性研究	以不同果皮為原料進行製紙之可行性研究，找出最適化水果皮紙製造流程及條件。將速食麵調味料加入水果皮紙漿，製成創新水果皮調味紙。
全國第 53 屆 國中組 生活與應用科學	「纖」入為「紙」-多種纖維質廢棄物之造紙效能與品質研究	用廢棄物造紙。測試各種纖維質廢棄物的解纖濃度及紙張品質，設計出標準化紙張製作流程。測試改變濕重、改變攪打時間、絹框網目、膠結液的添加對紙張品質的影響。探討漂白效果。測試混合不同材質的造紙效果，開發最佳品質紙張。
全國第 53 屆 國小組 化學	〝紙〞要你動手做	探討不同的材質所造出再生紙的纖維大小、厚薄度關係、及染色的效果，還有加入鋁、醋媒染劑後，再生紙的染色效果。
全國第 52 屆 國小組 化學	神奇的糯米紙	發現在使用的原料中，糯米因黏性佳，所以效果最好。在製作上容易有糯米紙成品表面不均勻的情形。實驗發現，吸水後糯米紙的黏性很強，可以黏起至少 4.3g 的物體。

全國第 50 屆 國中組 生活與應用科學	食紙大動~校園垃圾達人秀	用木棉花自製再生紙。 1.木棉花花瓣製紙作法：把木棉花花瓣加水攪碎，再將碎紙泡入木棉花辦漿裡，打成醬糊後就可以抄起來了。 2.木棉花花蕊渣做法：直接把木棉花花蕊渣打成泥，就可直接抄起來。
全國第 50 屆 國小組 生活與應用科學	環保蛋殼紙	以蛋殼的碳酸鈣為造紙主要原料，先將蛋殼清理、敲碎成粉後，把它用跟石頭造紙時一樣的三明治造紙法，用外面上下兩層膜把蛋殼粉夾住做出來的，之後進行書寫、防水等測試。
全國第 48 屆 國小組 生活與應用科學	點「殼」成紙~菱角殼製漿造紙可行性之研究	研究主要成分為菱角殼，包括進行修正造紙技術，改善紙張性質，發揚黑元寶。
全國第 45 屆 國小組 生活與應用科學	欲研又紙	不同功能性的再生紙，找出最佳處理紙模型方式，配合添加物（玉米粉、 太白粉、海草、石花凍、吉利丁），產生各類再生紙。
全國第 43 屆 國小組 生活與應用科學	「朽木」可雕！化「廢紙」為神奇	製作再生紙、特殊材料造紙，針對在生紙做一些實驗，選出最佳再生紙及防水塗料組合，還針對竹筍殼造紙不同製程研究。
嘉義市第 32 屆 國小組 生活與應用科學	「花」現奇蹟—運用小花蔓澤蘭製作手工紙暨其多元應用	小花蔓澤蘭在手工造紙上的可行性研究，造紙上的聚合物之選擇（黏著劑：木薯粉、吉利丁＞太白粉＞糯米粉＞在來粉＞玉米粉＞中筋麵粉），及其與聚合物、紙漿混合之最佳比例。
全國第 31 屆 國小組 應用科學	再愛我一次—廢紙的告白	推廣廢紙回收及環保觀念並了解造紙過程，然後實際操作。 1. 利用廢紙做紙，將廢紙絞碎了用果汁機攪拌，再使用抄網。 2.使用漂白劑：漂白水、明礬、醋、蘇打、洗衣粉、麵粉、太白粉、不加溶劑。 比較用不同種類廢紙製成紙張的差異，利用課本、報紙、作業簿、廣告單製成再生紙。
全國第 30 屆 國小組 應用科學	奇妙的造紙方法	用自己的方法製造既簡單又方便的紙—用各種材料製紙（報紙、廣告紙、牛皮紙、瓦楞紙、電腦紙），並互相比較品質的優劣。

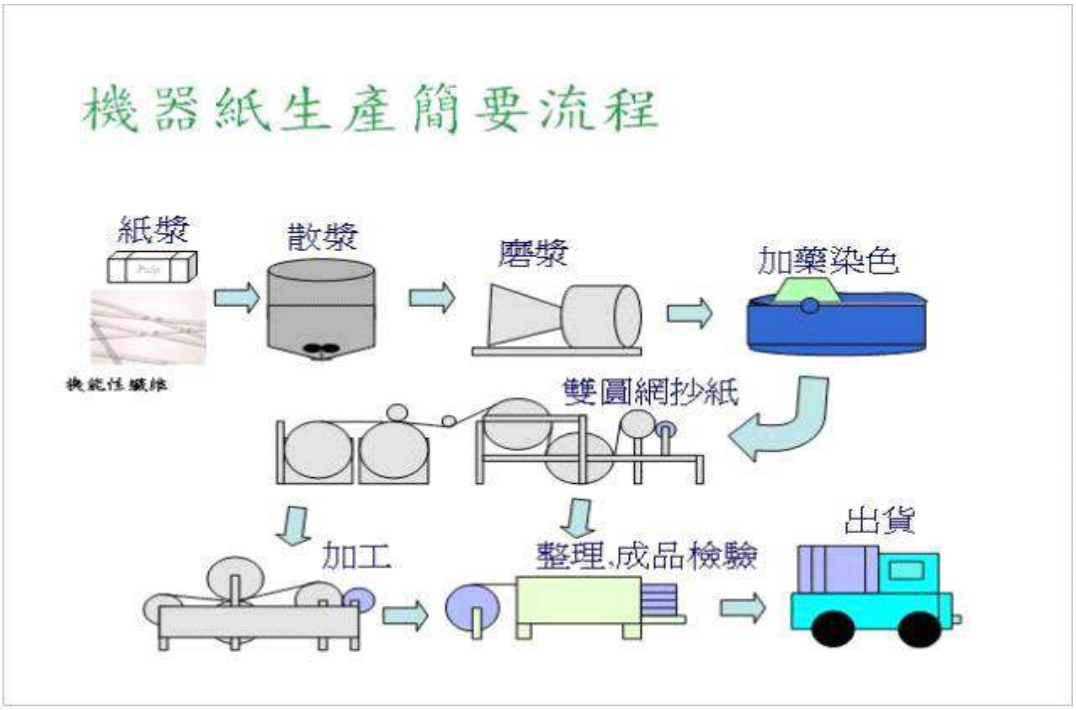
三、現在造紙方式探討

（一）手工造紙

1.廣興紙廠：取材➡分類➡切斷➡蒸煮➡浸泡➡漂洗➡打漿➡抄紙➡壓紙➡烘紙。 （文獻參考 五）

2.樹火紙博物館：原料➡浸泡➡蒸煮➡漂白➡檢料➡打漿➡抄紙➡覆紙➡壓紙➡烘乾。（文獻參考六）

（二）機器造紙



（文獻參考 十）

（三）手工造紙加機器造紙

中興紙廠:散漿➡磨漿➡網部➡壓榨➡乾燥➡上膠➡再次乾燥➡壓光➡捲取➡複捲➡裁切➡包裝。（文獻參考 十二）

四、古代造紙探討（文獻參考 十二）

以桑皮、麻頭、破布、魚網等搗合，溶於水中且浸泡些時日，爾後將水中乳狀原料均允置入廉。	取出竹簾上的乳狀原料平放，並在上面放置平整壓板且重壓濕紙濾水後，『紙』初步成型。	將仍然含水份的成型紙，懸貼於有火爐的牆面，烘乾成紙。
補充解說：1.桑皮:桑樹的樹皮。2.麻頭：碎染短麻。		

五、實驗研究

（一）內容物

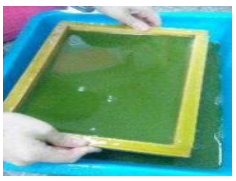
我們上網查到的含膠植物有：愛玉、仙草、海帶、蓮藕、栗子、秋葵、紅豆、山藥、馬鈴薯、蘆薈、黑白木耳、南瓜、木瓜、菇類、海藻、紫菜、蒟蒻等，並從中選出五種便宜又容易買到的含膠植物：蘆薈、白木耳、馬鈴薯、蓮藕、海帶，進行實驗。（文獻參考 二十三、二十四、二十五）

1. 榕樹葉+單一含膠植物

（1）蘆薈（文獻參考 八（六））

成份	相片	分析討論
榕樹葉 20g 蘆薈 10g		結果：粉粉的，一摸就碎。 探討：可能膠不夠，纖維也不夠。 決定：樹葉、蘆薈各加 10g。
榕樹葉 30g 蘆薈 20g		結果：綿綿的、粉粉的，容易碎。 探討：膠跟纖維不夠膠太少。 決定：纖維量增加。提升比例至 1:1。
榕樹葉 50g 蘆薈 50g		結果：軟軟、粉粉的，較成型，易破。 探討：纖維量夠了，但膠太少。 決定：增加膠的量。
榕樹葉 50g 蘆薈 60g		結果：一面光滑，一面粉粉的。不能整片拿下來。 探討：膠不夠。 決定：增加膠，提升樹葉跟蘆薈比例至 1：2。
榕樹葉 50g 蘆薈 100g		結果：兩面粉粉、鬆鬆的，可整張拿下來，仍易破。 探討：蘆薈的皮可能有不同的成分。 決定：蘆薈不去皮做做看。
榕樹葉 50g 蘆薈 100g （不去皮）		結果：一面光滑，品質較堅固，但一折就破。 探討：蘆薈不去皮還是無法成功製紙。 結論：蘆薈目前無法成功製紙。
總探討：1.去皮：比較鬆軟，可以黏，但黏的不夠緊，兩面都粉粉的。 2.不去皮：比較脆，成紙比較緊，兩面差別較大，一面比較粉，一面比較平滑。效果較好。		

（2）白木耳（文獻參考八（二））

成份	相片	分析討論
榕樹葉 30g 白木耳 15g		結果：脆脆的，易碎。抄紙時，水滴不下去，不易均勻抄紙。 探討：膠太濃。 決定：減少膠的量。
榕樹葉 30g 白木耳 6g		結果：水也沒有比較容易滴下去。不易均勻抄紙。 探討：溫度可能有影響。 決定：加熱水試試。
榕樹葉 30g 白木耳 6g （用熱水）	跟上面結果一樣，無法造紙。	結果：結果一樣，沒改善。 探討：可能是濃度仍太高。 決定：大量稀釋試試。
樹葉 30g 白木耳 6g （加大量水）	跟上面結果一樣，無法造紙。	結果：結果一樣，沒改善。 探討：可能是網目太細。 決定：改大網目：1.用洗衣袋改製。2.用紗窗改製。
榕樹葉 30g 白木耳 6g （洗衣袋網目）		結果：難以抄紙，難以成紙。製成的成品，摸起來光滑，不會粉粉的，但易碎。 探討：網子釘得不緊密，導致水從旁邊縫隙流出，釘緊之後，水一樣無法滴下去。 決定：用紗窗改製的抄網。
榕樹葉 30g 白木耳 6g (紗窗網目)	跟上面結果一樣，無法造紙。	結果：吹到快乾就裂成許多小碎塊，碎塊摸起來平平的。輕輕碰不會碎，要用點力才能將它弄碎。 探討：網目洞大，纖維又太少，導致最後失敗。 決定：試了不同方法都沒有成功，所以木耳可能無法造紙。
總探討：1.很黏，需較大網目才能將水滴下，但又留不住纖維。 2.加木耳可能無法造紙。		

（3）馬鈴薯 （文獻參考十六）

成份	相片	分析討論
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g		結果：碰到會碎掉。 探討：馬鈴薯太少。 決定：加 5g 馬鈴薯。
榕樹葉 30g 馬鈴薯 35g		結果：非常柔軟，有點像衛生紙的觸感，有比較黏成一張紙，輕輕一弄就破。 探討：馬鈴薯仍太少。 決定：再加 5g 馬鈴薯。
榕樹葉 30g 馬鈴薯 40g		結果：碎碎的，像鉛筆屑的大小，無法成紙。 探討：仍不成功。 決定：馬鈴薯可能無法製紙。
總探討：加馬鈴薯製的紙太軟容易破。馬鈴薯可能無法製紙。		

（4）蓮藕 （文獻參考二十）

成份	相片	分析討論
榕樹葉 30g 蓮藕 40g		結果：纖維空隙大，碎碎的、粉粉的，紙取下來，一捏就碎。 探討：用蓮藕做的紙縫隙很大，紙的兩面都粉粉的，很容易碎蓮藕無法用筆來書寫。
總探討：軟軟的，可以成一張紙，但是紙面粉粉的，跟馬鈴薯效果一樣。		

（5）海帶 （文獻參考（八（七））

材料	相片	分析討論
榕樹葉 30g 海帶 30g		結果：可完整取下，平滑、柔軟，折了會破。 探討： 加上海帶，成紙機率較大。 決定： 再加 10g 的海帶。
榕樹葉 30g 海帶 40g		結果：滑滑的，可整張取下，但不夠堅固。 探討：海帶加太多會易碎。
總探討：軟軟的，沒加馬鈴薯那麼軟，但也容易破，有漂亮的青綠色，是目前較成功的一種。		

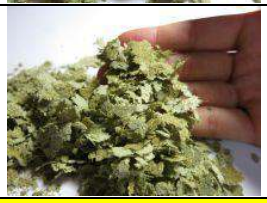
成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
榕樹葉 30g 海帶 30g	△	○	✓	✓	✓
榕樹葉 30g 海帶 40g	△	△	△	✓	✓
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） ○上不了色 ×無法書寫					

2.進階實驗（再查資料）:（文獻參考八（三）（四）（五）、九、十三、十七、十九）

*因前面實驗都不成功，不知是否有什麼重要因素是沒有考慮到的，所以再上網查資料，發現了造紙可用乾強劑和濕強劑增強紙張的強度，而乾強劑和濕強劑中含有半乳糖和甘露糖，且在花豆、海帶、木耳、蘆薈中都有含這類物質。

*資料顯示，澱粉（陽性澱粉）可以讓紙變平滑，而實驗選用的馬鈴薯剛好含有澱粉跟膠質，可是之前實驗並沒有成功。

決定：用花豆試試看。

材料	相片	分析討論
榕樹葉 30g 花豆 20g		結果：有一面平滑，但鬆軟易碎。 探討：花豆太少，不夠黏，葉子太多，太鬆軟。 決定：增加花豆，減少葉子的量，變成 1:1。
榕樹葉 25g 花豆 25g		結果：粉粉的，且更易碎。 探討：花豆的比例提高後，仍無法成紙。 結論： 仍無法成紙，應與比例無關。
總探討：花豆可能不適合直接拿來製紙。		

3.榕樹葉+多種含膠植物

發現：教室外面的花台覆蓋著一層類似紙張的東西。

討論：應該是之前每次實驗後都把多餘的各種紙漿倒在花台，這一層類似紙張的東西應該是不同紙漿結合而成，如果把不同的含膠植物混合在一起，再加上榕樹葉，也許可以成功。

決定：把膠都調成 30g，榕樹葉用 60g。因為如果放兩項以上的材料進果汁機裡，可能會滿出來，造成浪費了；但膠太少的話，效果可能就無法顯現出來。

成份	相片	結果與討論
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 蘆薈 30g		結果：可完整取下，綿綿的像海綿、折了會破，無法寫字。 討論：可能是馬鈴薯加太多，才導致紙張綿綿的像海綿。
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 蘆薈 30g		結果：可完整取下，又厚又硬，有一面粉粉的。 討論：可能是因為加了蘆薈和蓮藕兩種單獨做都會粉粉的，兩種加在一起才導致粉粉的。
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 白木耳 6g		結果：又厚又綿也像海綿，無法成紙，不能寫字。 討論：可能是馬鈴薯加太多，才導致紙綿綿的。紙會後的原因應該是木耳太濃稠，導致小纖維和水無法滴落。
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 白木耳 6g		結果：鬆鬆的一面粉，一面刺中間有許多裂縫。 討論：鬆鬆的是因為蓮藕造成的；刺刺的和會裂開，是因為木耳造成的。
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 海帶 30g		結果：柔軟平滑，紙張較結實、一面有點粗糙。 討論：馬鈴薯和海帶都是使紙柔軟的材料，加在一起而有的效果較好。
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 海帶 30g		結果：可以完整取下，顏色很深。 討論：顏色太深，色筆顏色不明顯，加上蓮藕的效果並不是很好。

成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 蘆薈 30g	×	×	×	△	×
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 蘆薈 30g	△	×	△	△	△
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 白木耳 6g	×	×	×	×	△
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 白木耳 6g	×	×	×	×	✓

榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 海帶 30g	✓	△	✓	✓	✓
榕樹葉 60g 蓮藕 30g 海帶 30g	✓	○	✓	✓	✓
✓完全吸水（可以書寫）　△墨水暈開（筆跡不明顯）　○上不了色　×無法書寫					

4.混合進階實驗

根據以上結果，再用幾種不同的膠依不同比例做混合加上榕樹葉再製紙。

成份	相片	結果與討論
榕樹葉 30g 蓮藕 24g 白木耳 6g		結果：有點粗糙，易鬆散，無法寫字。 討論：因前面加入蓮藕的成品都快要成紙，所以搭配很黏的木耳試做，但沒成功。
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 蘆薈 20g 蓮藕 20g		結果：柔軟，易鬆散，無法寫字。 討論：因為依據以上實驗看來，馬鈴薯和蓮藕都快成功了，而且蘆薈的黏性也較強，所以將以上的材料混合來製紙，但沒成功。
榕樹葉 100g 蓮藕 70g 蘆薈 60g 芋頭 23g 白木耳 17g		結果：粉粉的，一搓就碎，跟加單一的膠或是澱粉時並無太大差別。 討論：蓮藕做出來的紙較柔軟，芋頭、蓮藕和馬鈴薯都含澱粉，而白木耳的黏性很強，所以就決定將這幾種材料加在一起來造紙，但仍沒成功。
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 海帶 30g 蓮藕 30g		結果：一面平滑，一面粗糙。 討論：馬鈴薯、蓮藕和海帶的效果比較好，所以用 1:1:1:1 的比例來做，做出可寫的紙了。
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 海帶 30g 蓮藕 20g		結果：摸起來非常粗糙，不易破。
總探討：1.如果蓮藕用太多，紙張完全吹乾後，紙張會因收縮而分裂開來。 2.如果加了海帶，吹乾紙張時，紙張會自動飄起來。 3.如果把這幾種材料混合起來做成紙，再減少蓮藕的數量也許就能讓紙的品質更佳。		

成分	書寫度

	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
榕樹葉 30g 蓮藕 24g 白木耳 6g	×	×	×	△	△
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 蘆薈 20g 蓮藕 20g	×	×	×	×	△
榕樹葉 100g 蓮藕 70g 蘆薈 60g 芋頭 23g 白木耳 17g	×	×	×	×	×
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 海帶 30g 蓮藕 30g	△	○	×	△	✓
榕樹葉 30g 馬鈴薯 30g 海帶 30g 蓮藕 20g	△	△	✓	△	✓
✓完全吸水（可以書寫）	△墨水暈開（筆跡不明顯）		○上不了色		×無法書寫

5.純含膠植物

因為一直沒有成功做出合適的紙張，我們突然想到，單純只用含膠植物去製作，看看做出來效果是什麼？

成份	相片	結果
蘆薈 100g		脆脆的，像一層薄膜，摸起來滑滑的
海帶 100g		比較不會破，摸起來像玻璃紙。
蓮藕 100g		摸起來像宣紙，但是易碎。

馬鈴薯 100g		摸起來滑滑的，易碎。
木耳 100g	無法取下，只好洗掉	很透明，黏在網上完全無法取下。

成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
蘆薈 100g	×	×	△	✓	△
海帶 100g	✓	✓	✓	✓	✓
馬鈴薯 100g	×	×	△	✓	✓
蓮藕 100g	×	×	×	×	×
木耳 100g	×	×	×	×	×
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） ○上不了色 ×無法書寫					

（二）製作方式改變

1.額外上膠

如果膠是在纖維外面的話，紙也許會較牢固且平滑，於是我們就先將含膠植物 30g 加水打成液體，再把馬鈴薯 30g 榕樹葉 30g 一起攪拌後，將馬鈴薯紙抄起來後直接把製成的液體倒入抄網中均勻分部後把紙吹乾。

選用效果較好的三種含膠植物，分別是海帶、馬鈴薯和蘆薈來進行實驗。

膠	結果	討論
馬鈴薯（澱粉）	粉變得較少。但抄紙時纖維分佈不均，導致吹乾時，紙張收縮，薄的地方就先破裂。	上膠時，會不均勻且會破裂，反而讓紙更碎。無法成紙。
蘆薈膠	紙會變脆。倒入抄網中較容易成紙。抄紙時纖維分佈不均，導致吹乾時，紙張收縮，薄的地方就先破裂。	上膠時，會不均勻且會破裂，反而讓紙更碎。無法成紙。
海帶膠	結果與蘆薈膠相同。	上膠時，會不均勻且會破裂，反而讓紙更碎。無法成紙。
總探討：此法不合用。		

2.熨燙法：（文獻參考一）

根據前面的實驗，發現做出來的紙大部份都鬆鬆的、不緊實，又看到第四十五屆科展「欲研又紙」在要將紙弄乾時，用了熨燙法，做出來的結果紙比較平滑且強韌，這剛好可以解決前面的問題，所以決定試試看。

作法	相片	結果與討論
作法 1 用以前做好，已經吹乾，卻鬆散的紙(蘆薈 30g 馬鈴薯 30g 榕樹葉 60g)，在上面鋪一塊布，再用熨斗燙。		結果：紙變得比較薄，也比先前緊實，但會裂掉，變得比先前脆。 分析：因為上面鋪一塊布，注意不到下面的狀況，導致紙張因折到而裂掉。 討論：多注意底下的狀況。做一份現做的效果可能不一樣。
作法 2 做了一份現做的一打好後先將紙抄起來，吹到半乾，將紙倒扣，上面鋪一塊布，開始用熨斗燙。	發現有一塊紙黏在布上所以沒拍相片。	結果：吹到一半時，將布慢慢掀起，發現有一塊紙黏在布上，而且這塊紙比其它沒黏上來的都乾，紙張破了一個洞後，陸續又開始龜裂，在還沒乾透時，就已裂成一大片一大片。 分析：紙在運燙時會黏住布。 討論：成紙會變更平，但容易龜裂。
總探討：1.不適合直接使用在製紙上，但也許可以合併其他方式使用。 2.高溫會使紙變更脆。		

成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
榕樹葉 60g 馬鈴薯 30g 蘆薈 30g	×	×	×	△	△
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） ○上不了色 ×無法書寫					

3.抹噴膠法（文獻參考一、二十一）

參考石頭製紙和環保蛋殼紙的做法，決定利用這種方式改成適合本研究的方式來製紙。討論後決定榕樹葉 30g 海帶 30g（外加 100g 海帶膠）來試試看。

作法	相片	結果與討論
一.先將 100g 的海帶加 1000g 水攪碎，打到沒有渣渣後，再把打好的海帶膠裝進灑水瓶裡。 二.用榕樹葉 30g 海帶 30g 加水攪碎，倒到塑膠盆，再將海帶紙抄起用吹風機吹到快乾。 三.海帶紙快乾的時候，再淋上海帶膠，將海帶膠在紙上抹均勻，吹乾後就完成了。		結果：紙皺皺、捲捲的。 討論：紙雖可用，但是捲捲的並不平，我們想試著讓紙變平一點。
總探討：不適合直接使用在製紙上，但也許可以合併其他方式使用。		

成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
榕樹葉 30g 海帶 30g （抹噴膠法：有上膠）	△	△	✓	✓	✓
榕樹葉 30g 海帶 30g （抹噴膠法：沒上膠）	△	✓	✓	✓	✓
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） O上不了色 ×無法書寫					

4.抹噴膠法+熨燙法

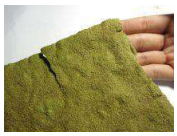
因為只用前面的抹噴膠法製紙，紙會捲曲，所以想試著加上熨燙法讓紙變平。

作法	相片	結果與討論
依照抹噴膠法製作，之後再做熨燙的動作。（3 分鐘效果較好）		結果：可用鉛筆、蠟筆、原子筆、簽字筆、白板筆書寫。紙很平整。 討論：紙變得平滑，比只用抹噴膠法脆一些，又比只用熨燙法牢固一些，是目前效果最好的方式。
總探討：目前效果最好的方式。		

成分	書寫度					相片
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆	
榕樹葉 30g 海帶 30g （抹噴膠法+熨燙法 3 分鐘）	✓	✓	✓	✓	✓	
榕樹葉 30g 海帶 30g （抹噴膠法+熨燙法 5 分鐘）	✓	△	✓	✓	✓	
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） O上不了色 ×無法書寫						

（三）黑心海帶事件（文獻參考二十二）

因為之前我們看到有關黑心海帶的新聞，所以我們根據電視上教授的建議挑選了品質更佳的海帶，再作一次，並將之前的成品拿來比較。

成分	相片	結果	書寫度				
			鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
原先的海帶 （抹噴膠法+熨燙法） 榕樹葉 30g 海帶 30g		紙很平整。	✓	✓	✓	✓	✓
後來的海帶 （抹噴膠法+熨燙法） 榕樹葉 30g 海帶 30g		紙很平整但有顆粒。	✓	✓	✓	✓	✓
原先的海帶 （純含膠植物） 海帶 100g		兩面都很光滑、強韌。	✓	✓	✓	✓	✓
後來的海帶 （純含膠植物） 海帶 100g		比原先做的強韌，表面有顆粒。	△	✓	✓	✓	✓
✓完全吸水（可以書寫 ） △墨水暈開（筆跡不明顯） ○上不了色 ×無法書寫							
結論:比較兩種海帶後，發現品質其實並無太大的差別。							

（四）成功的實驗

意外成功的紙張：有次老師將魚缸中長得太過茂盛的水藻清了些出來，看到我們實驗剩下還沒收的材料，突然心血來潮問我們，不知道這些加在一起會變成什麼？我們玩心大起，把剩餘的海帶及榕樹葉和水藻全放入果汁機攪拌。因為老師沒先將水藻洗過，所以紙漿倒入絹網，發出發出濃厚的腥味，我們將其放置在窗台就不管它了。沒想到乾了之後，做出來的紙，折了不會碎，可以寫字，紙張也較平，沒之前的捲曲，幾乎達到我們的研究目的。

討論：這次跟之前實驗不同的地方主要有二，一是加了水藻，二是放在窗台自己乾，可惜當初是好玩做的，沒量重量。

決定：進行三階段實驗。

第一階段，比較海帶膠用曬乾、陰乾、吹乾三種不同方式結果之差別。

第二階段，利用第一階段結果實驗有水藻與沒加水藻的差別。

第三階段，利用第一、二階段結果，實驗出最是製紙比例。

1.第一階段：比較海帶膠用曬乾、陰乾、吹乾三種不同方式結果之差別。

方式	圖片	結果
吹風機吹乾		1.三種方式製作出來都有皺皺的地方，只有太陽曬乾的顏色變淡。 2.陰乾須放置較久，所以陰乾後有異味。 3.雖然吹乾品質沒有陰乾的效果好，但是吹乾後，會有淡淡的海帶香。
太陽曬乾		
窗台陰乾		
總探討：1.較濃的地方會收縮較多，因而產生縐摺。 2.縐摺是膠太厚的部分收縮較多所造成，與乾的方式應該無關。只要能讓膠均勻，應該就不會有皺褶		

2.第二階段：比較有加水藻及沒有加水藻內容物結果之差別。

根據之前加入的量推測：榕樹葉 10g，海帶 40g，水藻 6g。先依此來做實驗。

成份	圖片	結果
榕樹葉 10g 海帶 40g		1.加了水藻的紙因操紙時未讓膠平均分布，所以有些許皺褶。 2.雖然都可以折，但是沒加水藻的紙較脆，容易破。加了水藻的紙韌性強，不易破，所以可以反覆一直折。
榕樹葉 10g 海帶 40g 水藻 6g		
總探討：1.加水藻可以讓紙強韌不易破。 2.之前實驗的榕樹葉可能都加太多了。		

3.第三階段：實驗出最是製紙比例。

（1）沒有榕樹葉的紙張

成份	相片	結果
海帶 40g+水藻 6g		像純海帶膠做出來的膜，上面佈滿細細的綠褐色點點，可反覆折。
總探討：還是需要榕樹葉，才不會像薄膜。		

（2）海帶多寡比較

成份	相片	結果
海帶 30g+榕樹葉 10g+水藻 6g		最快乾，顏色青綠，一面平滑，比加 40g 海帶的紙稍微粗一些些。
海帶 40g+榕樹葉 10g +水藻 6g		比加 30g 海帶的紙晚一天乾，顏色變綠褐色，但摸起來更平滑一些。
海帶 50g+榕樹葉 10g +水藻 6g		海帶膠厚重，不易乾，顏色最深
總探討：海帶 40g+榕樹葉 10g +水藻 6g 效果最好。		

成分	書寫度				
	鉛筆	原子筆	蠟筆	彩色筆	奇異筆
海帶 30g+榕樹葉 10g+水藻 6g	✓	✓	✓	✓	✓
海帶 40g+榕樹葉 10g +水藻 6g	✓	✓	✓	✓	✓
海帶 50g+榕樹葉 10g +水藻 6g	×	✓	✓	✓	✓
✓完全吸水（可以書寫） △墨水暈開（筆跡不明顯） ○上不了色 ×無法書寫					

成分	耐折度
海帶 30g+榕樹葉 10g+水藻 6g	A
海帶 40g+榕樹葉 10g +水藻 6g	A
海帶 50g+榕樹葉 10g +水藻 6g	C
A 反覆折兩次不破 B 反覆折兩次破掉 C 反覆折一次破掉 D 一折就破	

列印效果	書寫效果

伍、研究結果與討論

一、製成紙張結果與討論

（一）不同植物的特性不同，取膠方式也不同：

1.木耳不用泡軟（因為泡水體積和重量就會變很大，所以不用泡水），加入少許的水打成汁。

2.蓮藕要切塊再加水打成汁。

3.海帶不能清洗，要直接加水打成汁。

4.蘆薈不削皮，要切塊打成汁。

5.馬鈴薯是切塊打成汁。

（二）各含膠質物製成紙張特性：

含膠植物	結果討論
馬鈴薯	馬鈴薯製成的紙，軟軟的，可以成一張紙，不能進行書寫因為太軟而容易破。
蘆薈	蘆薈去皮時做起來比較鬆軟，黏的不夠緊，會粉粉的；不去皮時比較脆，成紙比較緊，兩面差別較大，一面較粉，一面較平滑, 製成的紙張，硬硬的，脆脆的，容易碎，所以會裂成一塊塊，所以製紙時，要連皮一起加進去效果較好。
蓮藕	蓮藕製成的紙很柔軟，纖維的空隙很大，可以成一張紙，但是紙面粉粉的，跟馬鈴薯效果一樣。
海帶（原先的）	海帶軟軟的，但沒馬鈴薯那麼軟，也容易破，有一點點粉，還有漂亮的青綠色。
木耳	木耳製成的紙張硬度較強比較容易碎裂成一塊一塊，黏著性強，需較大網目才能將水滴下，很難做出紙張。

（三）在進階實驗中，花豆能做出的成品表面質感很光滑、舒服，但都太鬆軟，不夠黏。

（四）不同的膠做的紙要用不同的取紙方式，蘆薈和木耳做出來的紙要用鑷子來取下，馬鈴薯和蓮藕要從抄網的背面刮來取紙，而海帶做的紙吹乾後可以自己飄起來。

（五）將榕樹葉分別加入不同的植物膠製成紙，結果用蓮藕、海帶、蘆薈及馬鈴薯製成的紙張都能成形：

1.蓮藕製成的紙非常軟，纖維的空隙大，碎碎的、粉粉的，紙取下來，一捏就碎。

2.海帶的紙最成功，不僅強韌而且也能寫字及塗鴉。

3.蘆薈的也還蠻堅固的，但是易破碎。

4.馬鈴薯製成的紙最薄而且很柔軟。

5.木耳完全無法製作 ，吹乾後會完全黏在抄網上，無法完整取下，全都碎成粉末。

（六）後半部的實驗，我們將各種類的膠（海帶+蓮藕+蘆薈+馬鈴薯+木耳—海帶 30g 馬鈴薯 30g 榕樹葉 60g）加上榕樹葉製成終極版綜合紙，並根據前面的實驗結果來判斷要將哪幾種植物膠混和在一起製成紙，但沒有造出成功的紙張。

（七）由實驗結果發現，用海帶製成的紙張適合書寫。

二、製紙方式結果與討論

（一）額外上膠法：不是易破就是易脆，無法成功製紙。

（二）熨燙法：可以讓紙平滑，但是一折就會破裂。

（三）抹噴膠法：吹乾後是可以完成的，但會捲起來。

（四）抹噴膠法+熨燙法：成果介於熨燙法和抹噴膠法間，最能成紙。

由上面的實驗可見抹噴膠法+熨燙法是可以成功，最能成紙，而且紙的品質很好。而額外上膠法、抹噴膠法和熨燙法並不適合單獨用在我們的實驗中。運用抹噴膠法+熨燙法做海帶紙製成的紙張最強韌而且用我們的試畫用筆試，發現全能夠書寫，而且紙也可以彎曲，只是完全壓摺仍會破。

三、成功的實驗結果與討論

（一）目前實驗的最好品質紙張是：海帶 40g+榕樹葉 10g +水藻 6g，陰乾或吹乾方式。

（二）高溫會讓紙變脆，吹乾用電風扇或吹風機低溫吹較宜。

（三）抄紙若能讓膠跟纖維平均分布，紙張較平整，否則膠濃的地方收縮較多，會產生皺摺。

（四）實驗還發現：加入水藻後所製的紙漿，在抄紙時會一直有熱氣，有時甚至會有燙到的感覺，一直到紙抄好拿去陰乾時，都還在冒熱氣。

陸、結論

一、加上不同含膠植物製出的紙特性不同。

加蘆薈製紙要連皮一起加進去效果較好。加木耳難度高且難成紙。馬鈴薯與蓮藕製出紙質柔軟，但是黏性不夠容易粉碎。海帶製成的紙，沒加上馬鈴薯與蓮藕製成的紙那麼軟，但較不會碎掉。加花豆製成的紙質感好，但是黏性不夠容易粉碎。

二、加上海帶製紙，紙吹乾時會自己漂起來，取紙最容易。

三、曬太陽可讓海帶膠顏色變透明。高溫會讓紙變脆。製出的紙越晚乾，紙的顏色越深。

四、用 40g 海帶+5g 水藻+10g 榕樹葉，使用陰乾或吹乾的方式，即可製出可反覆折、可書寫、可列印之類似影印紙效果的紙張。

五、海帶：海帶盛產於東北亞，鄰近臺灣，因此有豐富的海帶可進口及運用，目前無短缺的問題。

水藻：絲狀的水藻對於有些魚缸養魚的人來說，是需要清理的植物，在戶外積水處的絲狀水藻，也令許多人欲除之而後快，拿來造紙，讓其有較高利於人的價值。

榕樹葉：榕樹是校園常見植物，學生每天掃落葉，落葉目前最常見的利用是堆肥，若拿來製紙，則可讓其在成為堆肥前多一次利用。

六、製出的紙張用過再放入果汁機，又可以再製出新的紙，就算不再製紙，紙漿可以倒入花台當肥料，也是不錯的再利用。若未來製紙研究可以朝這方面繼續努力，製出成功的紙，那就可以不用再砍樹製紙了。

七、本研究實驗最後製出的紙張雖然已達當初設定的目的（可反覆折、可書寫、可列印），但還未能製出像書本紙張及影印紙那麼好用的紙，水藻的最適種類及最適重量還未實驗，製出的紙顏色深，可以再研究如何讓紙顏色變淡，如何讓紙漿均勻在絹網上以製出厚薄一致平整的紙張也是可以研究的地方，其它短纖維的小花小草還來不及實驗，若榕樹葉換成小花小草也能成功造紙，那本研究黏合短纖維造紙的主題目標就達成了。

八、若後續能研究出第七點的目標紙張，則可設計像現在製紙機械一樣的機械來生產，紙張的品質更好管控，則更利於大眾使用。而加入水藻打成的紙漿所產生的熱氣還未研究，若其產生的熱氣足以發電，則整個製紙過程還可以自己發電來使用，更符合環保行動。

柒、參考資料

一、國立台灣科學教育館 http://www.ntsec.gov.tw/

二、科展群傑廳 http://science.ntsec.edu.tw/

三、嘉義市國民教育輔導團-自然領域（「花」現奇蹟—運用小花蔓澤蘭製作手工紙暨其多元應用）

http://case.cy.edu.tw/knowledge/know_docview.asp?id={783F38D2-AAAC-4F52-B531-1712364D1A5A}&wfid=2826&info=4220012

四、興中紙業股份有限公司 http://www.hcpaper.com.tw/hc_about.aspx

五、廣興紙寮 http://www.taiwanpaper.com.tw/

六、樹火紀念紙博物館 http://www.suhopaper.org.tw/

七、清新蘆薈園 http://www.aloe.url.tw/%E8%98%86%E8%96%88%E7%B0%A1%E4%BB%8B.htm

八、維基百科 http://zh.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:%E9%A6%96%E9%A1%B5

（一）造紙術

（二）銀耳

（三）半乳甘露聚醣

（四）半乳糖

（五）甘露糖

（六）蘆薈

九、百度百科—瓜爾豆膠 http://baike.baidu.com/view/1497396.htm

十、機器造紙簡介

http://www.paperhouse.com.tw/index.php?option=com_content&view=article&id=82:2009-11-29-13-06-43&catid=54:2009-10-23-08-26-26&Itemid=50

十一、抄紙-解釋頁 http://fund.bot.com.tw/z/glossary/glexp_907.djhtm

十二、台灣產業經濟檔案-台灣中興紙業公司-{台灣造紙產業的發展}

http://www.hcpaper.com.tw/hc_paperkm.aspx

十三、洪德安：濕端化學之原理及濕端控制

http://www.twntappi.org.tw/Upload/%E6%BF%95%E7%AB%AF%E5%8C%96%E5%AD%B8%E4%B9%8B%E5%8E%9F%E7%90%86%E5%8F%8A%E6%BF%95%E7%AB%AF%E6%8E%A7%E5%88%B6101-08.pdf

十四、種子 http://163.20.10.10/plant/seed/seed.html

十五、木耳王國 http://www.babyshopping.com.tw/PB.htm

十六、元氣網: 馬鈴薯／有 B 有 C 有纖維 接近全營養

http://health.udn.com/health/story/6037/343614

http://www.canceraway.org.tw/579aday/page.asp?IDno=77

十七、日式紙火鍋-Yahoo 奇摩知識+

https://tw.knowledge.yahoo.com/question/question?qid=1009020609324

十八、嘉義市國民教育輔導團-自然領域（「花」現奇蹟—運用小花蔓澤蘭製作手工紙暨其多元應用）

http://case.cy.edu.tw/knowledge/know_docview.asp?id={783F38D2-AAAC-4F52-B531-1712364D1A5A}&wfid=2826&info=4220012

十九、可再生性原料之利用-臺灣大學化學系

http://www.ch.ntu.edu.tw/~ktliu/pubs/%E6%B0%B8%E7%BA%8C%E5%8C%96%E5%AD%B8%E8%88%87%E7%94%9F%E6%B4%BB（5）-%E5%8F%AF%E5%86%8D%E7%94%9F%E5%8E%9F%E6%96%99.pdf

二十、樂活營養師- 蓮藕

https://www.google.com.tw/search?q=%E8%93%AE%E8%97%95&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=_WcAVZzeGcz78QWz84KwCg

二十一、石頭製紙

http://briian.com/5456/%E7%9F%B3%E9%A0%AD%E9%80%A0%E7%B4%99.html

二十二、黑心海帶

http://udn.com/news/story/7600/785656

二十三、植物性的膠質食物有哪些呢? 120001027(Jenna) 隨意窩

http://blog.xuite.net/l20001027/twblog/138864946-%E6%A4%8D%E7%89%A9%E6%80%A7%E7%9A%84%E8%86%A0%E8%B3%AA%E9%A3%9F%E7%89%A9%E6%9C%89%E5%93%AA%E4%BA%9B%E5%91%A2%3F

二十四、台視文化全球資訊網

http://www.ttvc.com.tw/front/bin/ptdetail.phtml?Part=G0305-3

二十五、郭綜合醫院

http://www.kgh.com.tw/health/21-1013.HTML

【評語】080802

1. 態度大方、表達優異。

2. 以黏葉製造紙張，成本是否比原來紙張成本高，取得材料是否更方便，值得考量。

3. 如何改善紙張的品質使更具實用性，也是未來應該努力的方向。