

奇妙再生紙



學校名稱：東南學校

研究員：鄭宇柏、石瑞君、麥子垣、林沛誼、鍾婉晴

指導老師：賴麗紅老師、蔡萍萍老師、曹佩蓮老師

報告完成日期：2016年6月

摘要

紙是生活常見的材料，很多用品用紙原料製成，我們用紙的數量非常多，同時每天也浪費了不少紙張，隨着環保意識的推行，把廢紙再生是一個很重要的課題。這個實驗主要找出基本的再生紙製作方法，同時嘗試添加不同的物料，希望能測試出再生紙的功能性，並造出近似原生紙的再生紙。這真是一個有趣的實驗研究，學生們都覺得非常有趣。

目錄

第一章 緒論

一.研究動機	P.4
二.研究目的	P.4
三.待答問題	P.4
四.研究設備與器材	P.5
五.文獻探討	P.5
六.研究設計與方法	P.6
七.研究進程	P.6

第二章 研究過程

一.實驗一	P.7
二.實驗二	P.8
三.實驗三	P.9
四.實驗四	P.11
五.實驗五	P.12
六.實驗六	P.16

第三章 研究結論與建議

一.研究結論	P.18
二.研究建議	P.18
三.研究員感想	P.20
參考文獻及網頁	P.21

第一章 緒論

一. 研究動機

紙的用途相當廣泛，舉凡食衣住行皆離不開它，在各種大小的場合中也經常出現它的身影，可以說已成為生活中不可或缺的物品了。我們知道，每一張紙都代表着必須要砍伐大量的樹木，愈用得越多，樹木的數量就會愈少，所以再生紙的發明不但能讓資源重複使用，而且可以更環保。在這個動機下，我們開始了研究。

二. 研究目的

1. 找出再生紙製作方法。
2. 尋找可製成再生紙的廢紙。
3. 探究添加不同比例的白膠漿加進再生紙的分別。
4. 比較不同種類的紙張之功能性。(吸水性和韌性)

三. 待答問題

1. 何種比例的紙漿做出來的紙效果最好？
2. 是不是所有類型的廢紙能造成再生紙？
3. 一定比例的廢紙能抄多少次再生紙？
4. 哪種類型的廢張造出來的再生紙吸水性最強？
5. 哪種類型的廢張造出來的再生紙韌性最強？

四. 研究設備與器材

- 1.手抄再生紙工具：抄紙網、果汁機、碎紙機、塑膠容器、抹布、吸水紙、電子秤、計時器、風筒、砝碼。
- 2.各種不同的廢紙：報紙、圖畫紙、影印紙、廣告紙、抹手紙、毛邊紙、作業簿、雜誌。
- 3.添加入紙漿的物品：白膠漿、乾花、麵粉、糯米粉、生粉。

五. 文獻探討

1. 蔡倫造紙

A. 紙的前身

造紙是中國古代四大發明之一，雖然在蔡倫造紙前，「紙」已經存在，但若不是造價昂貴的蠶絲就是極為粗造的麻纖維，這些都是無法大量生產及廣泛使用的材料。因此在獸骨、龜甲、木簡、竹簡、青銅器上作紀錄不在少數。到春秋戰國時代，紀錄多為竹簡、木簡，一片並不能紀錄多少字，所以需用許多竹片再用皮革條之類串編起來。無論是竹簡或是木簡，讀書人旅行時就必須以車子來載運這些笨重的"古書"，因此到現在我們仍稱一個很有學問的人「學富五車」，就是由此而來。

B. 蔡倫與紙

蔡倫，字敬仲，東漢貴陽縣人。早在蔡倫造紙前，當時婦女將蠶繭煮熟後，放在蓆子上就浸到河水裏去，用棍子搗爛成絲綿，起下絲綿後將簾子曬乾，蠶繭殘餘的纖維就成一片紙。這對蔡倫而言是非常好的啟示，他開始嚐試用就便宜的材料造紙。

他造紙的方法是，將樹皮、破布、廢漁網等原料搗爛成漿狀物，在將漿狀物平鋪在細簾子上，漏去水分後，留在細簾子上的薄片纖維便成為紙張。因為他造出的紙輕盈、廉價、耐久存，為人們所歡迎。由此看來蔡倫並不是一個紙的發明者，但它是紙的改進者，一位偉大的改進者。

蔡倫將此一重大的發明於元興元年(105年)上報朝廷，漢和帝非常稱讚他的才能，並

通令天下採用。後來，蔡倫被封為「龍亭侯」，人們就將他發明的紙稱為「蔡侯紙」。

2.造紙的過程

先造紙漿：將木材、茅草、麻竹或破布等經過篩選後，利用鹼性或酸性化學藥品溶解這些植物纖維之間的填充物，使纖維分離出來。這些纖維再篩洗，以去除太粗的部分，剩下的部分。



經漂白、磨漿再加入染料或填充物，即成合適的紙漿。將調配好的紙漿送到製紙機的鐵網上，形成濕的紙匹，再牽引到壓榨機壓出水分，然後烘乾、塗膠、壓光，即成平整的紙張。最後是裁切和品管，如此就可以包裝出場，成為我們的日常用品。

六. 研究設計與方法

1. 資料研究。
2. 實驗研究及分析。



七.研究進程

1. 2016年1月擬定研究題目。
2. 2016年2月搜集相關資料。
3. 2016年3月-5月進行有關實驗。
4. 2016年6月整理資料及撰寫研究報告。
5. 2016年6月準備匯報。
6. 2016年7月總結匯報。

第二章 研究過程

一. 實驗一:再生紙的製作過程

1.1 概念:為了方便了解再生紙的製作,我們蒐集了各種製造紙張的資料,並找出對我們來說最容易、最可行的方法,嘗試將回收的影印紙進行再製。

1.2 製作流程抄紙方法於下說明。

再生紙的製作流程



二. 實驗二：何種比例的紙漿做出來的紙效果最好？

2.1 實驗過程：

- A. 先把影印紙打碎。
- B. 再把 30g（六張 A4 紙）影印紙放進 1000ml 水中，用水浸 5 分鐘。
- C. 用果汁機將紙碎打 1 分鐘。
- D. 把紙漿放進容器裏，依據測試項目加入水量。
- E. 測試項目有：1000 ml、1500 ml、2000 ml、2500 ml、3000 ml、3500 ml、4000 ml 和 5000ml。
- F. 然後進行抄紙程序。

2.2 結果：

水量 紙漿狀態	1000ml	1500 ml	2000 ml	2500 ml	3000 ml	3500 ml	4000 ml	5000 ml
紙漿	太濃稠	較濃稠	較濃稠	適中	適中	適中	較稀	較稀
顆粒	大顆粒	有顆粒	少數顆粒	少數顆粒	幼細	幼細	無顆粒	無顆粒

2.3 結論：

1. 1000ml、1500 ml、2000 ml 的水，打出來的紙漿都太濃稠了，而且較厚，還殘留有的不少顆粒，表面亦十分粗糙，用來書寫不太流暢。
2. 2500 ml、3000 ml、3500ml 的紙漿看起來較適合，而且摸起來也較沒有顆粒，較接近平時書寫的紙張。
3. 4000ml 和 5000ml 時已經太稀，抄紙十分困難，紙張在過程中難以完整。



三. 實驗三：何種比例的紙漿做出來的紙最適合？

由實驗二我們發現：以 3000ml 及 3500ml 的水，加入六張回收影印紙所製成的紙漿較均勻，因此，我們想試看看，如果用相同的水量，改變紙張的數量，結果否一樣？同時也測試每個比例可以抄多少次紙。

3.1 實驗過程：

1. 我們在 3500ml 中分別加入二、三、四、五、六張 A4 影印紙。
2. 跟實驗二相同，我們會依照相同的步驟進行。
3. 全部用果汁機將紙碎打一分鐘。
4. 用抄紙網從紙漿中撈出四張紙，用報紙吸乾水分。
5. 用吹風機吹乾紙漿，將紙取出並做觀察。

3.2 結果：

【3500ml 的水】

添加紙張 製程張數	二張紙 (10g)	三張紙 (15g)	四張紙 (20g)	五張紙 (25g)	六張紙 (30g)
第一張	太薄，容易破損。(x)	紙薄、尚完整。(✓)	厚度適中，完整。(✓)	厚度適中，完整。(✓)	很厚，完整。(✓)
第二張	太薄，在過程中已損壞。(x)	紙薄、尚完整。(✓)	厚度適中。(✓)	厚度適中。(✓)	有厚度，完整。(✓)
第三張	紙漿太稀，無法抄起。(x)	紙薄、不完整。(x)	太薄，尚完整。(✓)	略薄、尚完整。(✓)	較薄，完整。(✓)

第四張	支離破碎，不 完整。(x)	紙薄、不完 整。(x)	太薄、有點不 完整。(x)	太薄、完整。 (✓)	較薄，完整。 (✓)
-----	------------------	----------------	------------------	---------------	---------------

3.3 結論：

1. 在同樣水量（3500ml）的情形之下，加入二張、三張，所打出來的紙漿太稀，抄紙過程中會容易損壞；用六張 A4 紙，所打出來的紙漿較濃，雖然能造成紙張，比較厚，不太像平時書寫的紙。
2. 我們發現 3500ml 的水加入四、五張 A4 紙，紙漿做出來的紙不僅厚薄適中，紙質也較平均。
3. 在 3500ml 五張 A4 影印紙所做出來的再生紙中，抄第一和第二張紙的紙質最好，而且每抄一次，下次的抄紙張會更薄，當抄第三至四次已經不能造成完整的再生紙。
4. 我們認為以 3500ml 的水加入五張 A4 回收影印紙所做出來的再生紙最適合，不用加入六張，因為效果更理想，又不會浪費多餘的紙張。



四. 實驗四:尋找可製成再生紙的廢紙。

根據以上的實驗，我們以五張 A4 紙加入 3500ml 製作不同種類的再生紙，雖然已找到比例，我們還想尋找哪些常見的廢紙，用來造成不同的再生紙會有甚麼分別？

4.1 實驗過程：

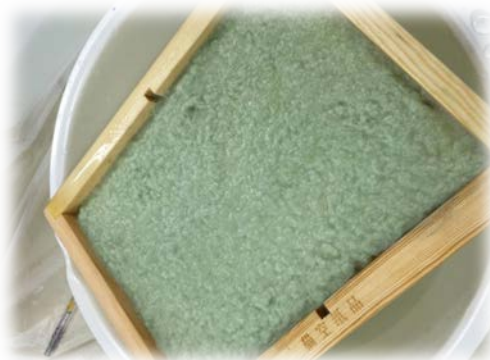
1. 用 25g(五張 A4 紙)加入 3500ml 的水的比例製作再生紙。
2. 每種廢紙放進 1000ml 水中，用水浸 5 分鐘。
3. 把將這些碎紙用水果機打 1 分鐘。
4. 用抄紙網取出再生紙，用報紙吸走多餘的水分。
5. 用吹風機吹乾紙漿並做觀察。

4.2 結果：

	1.報紙	2.圖畫紙	3.影印紙	4.雜誌紙	5.作業簿	6.毛邊紙	7.抹手紙	8.紙皮
再生紙的顏色	灰黑	白	白 有碳粉	淡綠	淡綠	淺綠 帶綠點	白	棕
再生紙的表面	完整 平滑 幼細	完整 平滑	完整 平滑	完整 較粗糙	完整 粗糙	完整 粗糙	完整 粗糙	完整 粗糙

4.3 結論：

1. 我們所選的廢紙都能做成再生紙。
2. 再生紙的顏色都比原來的廢紙顏色淡了許多。
3. 由廢紙造成的再生紙由於未經高壓的處理，表面雖然平整，但卻不太光滑。



五. 實驗五:比較不同種類的紙張之功能性。(吸水性和韌性)

根據以上的實驗，我們得出八張不同種類的再生紙，我們除了用觀察方法去比較紙張外，我們還想找出它們之間的吸水性和韌性分別，所以進行兩個實驗測試樣本。

5.1 比較樣本的吸水性

利用紙張的毛細現象測試其吸水性，在同段時間內，水上升愈高，代表吸水性愈佳。

5.1.1 實驗過程：

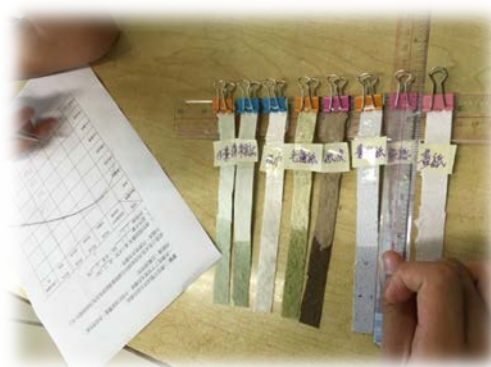
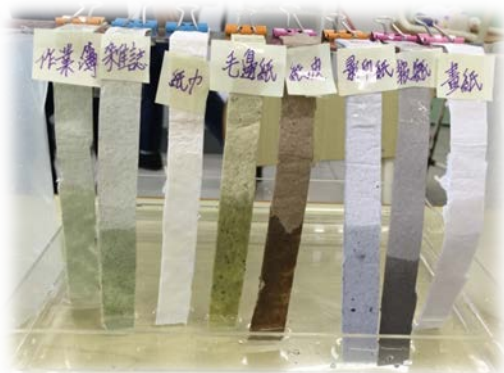
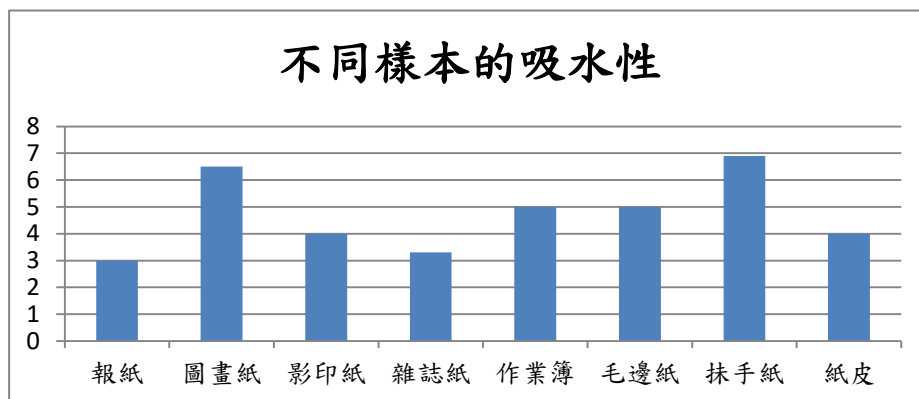
1. 把測試的樣本裁剪成寬 1.5cm，長 14cm。
2. 盆內放置 500ml 的水，水高 2cm。
3. 把測試樣本夾在直尺上，放置盆內 5 分鐘。
4. 取出樣本量度水位的高度，並減去水高(2cm)，得出樣本吸水的高度。

5.1.2 結果：

不同樣本的吸水性

	1.報紙	2.圖畫紙	3.影印紙	4.雜誌紙	5.作業簿	6.毛邊紙	7.抹手紙	8.紙皮
再生紙吸水性	3cm	6.5cm	4cm	3.3cm	5cm	5cm	6.9cm	4cm

統計圖：



5.1.3 結論：

八種樣本中，以抹手紙吸水性最強，其次是圖畫紙，其它樣本都差不多，最差吸水性是報紙，我們想大概是有油墨的原因，另外雜誌的吸水性也很弱，我們猜是因為有塑膜的原因。

5.2 比較樣本的韌性

利用砝碼重量向下拉力測試不同樣本的紙條能承受的平行張力，不斷加砝碼，直至紙條斷裂為止，能懸掛的砝碼愈多，就表示樣本的強度愈大，韌性愈強。

5.2.1 實驗過程：

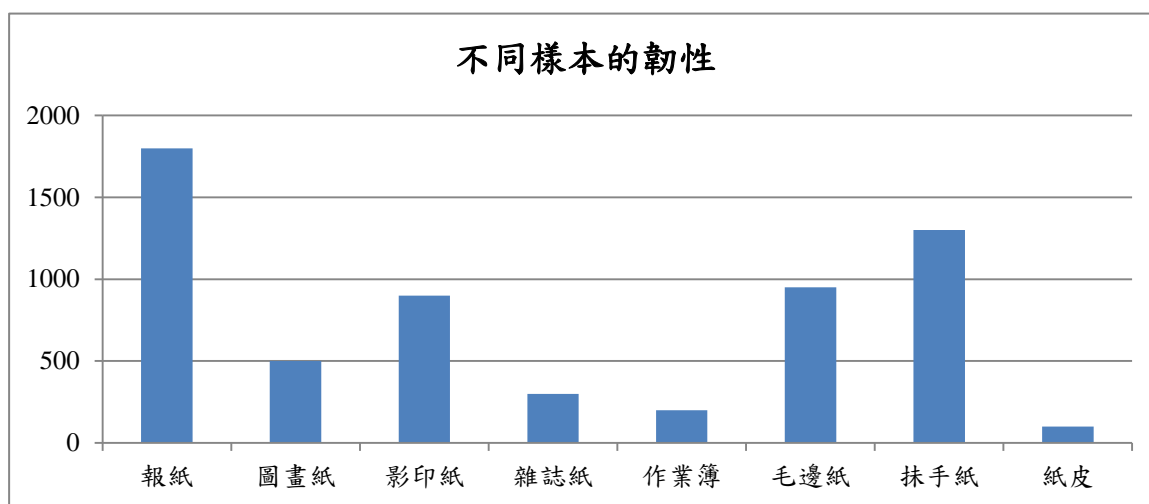
1. 把測試的樣本裁剪成寬 1cm，長 20cm。
2. 將紙條的兩端，摺出 2cm，用膠紙把兩端貼在「S」鉤上。
3. 緩慢地放進砝碼，直至紙條斷裂為止。

5.2.2 結果

不同樣本的韌性

	1.報紙	2.圖畫紙	3.影印紙	4.雜誌紙	5.作業簿	6.毛邊紙	7.抹手紙	8.紙皮
再生紙韌性	1800g	500g	900g	300g	200g	950g	1300g	100g

統計圖：



5.2.3 結論：

八種樣本中，以報紙的韌性最強，其次就是抹手紙，韌性最弱的是紙皮，只放進 100g 的砝碼便斷了，由此可知雖同為紙張，但各樣本成份並不相同而韌性有所分別。



六. 實驗六：找出添加物的比例。

由很多網上資料得知，會在造紙過程中加入添加物，一般添加物為白膠漿，但要加多少才適合呢？我們就以不同比例的白膠漿加入紙漿中，並以滴水測試樣本的毛細現象有何分別。

6.1 實驗過程：

1. 在 3500 cc 五張 A4 影印紙的紙漿中，將白膠分別以 10g、20g、30g、40g 及 50g 的比例加入。
2. 依實驗一的方式進行再生紙的製作。
3. 用吸管把水滴進不同的樣本中。
4. 1 分鐘後進行比較和觀察。

6.2 結果：



6.3 結論：

1. 添加 10g、20g 和 30g 的白膠所做出來的再生紙，可以觀察到水的面積較大，即說明毛細現象較明顯。
2. 添加 40g 和 50g 的白膠所做出來的再生紙，毛細現象較弱，當水滴進去時，水在紙表面停留很久才滲透進去，水的面積亦較小。
3. 由於紙漿中含有白膠漿，紙張要用更多的報紙吸乾水分，用自然風乾也需較長時間。
4. 白膠漿在冷水中較不容易溶解，我們要不斷的攪拌，比較費時費力。

第三章 研究結果與建議

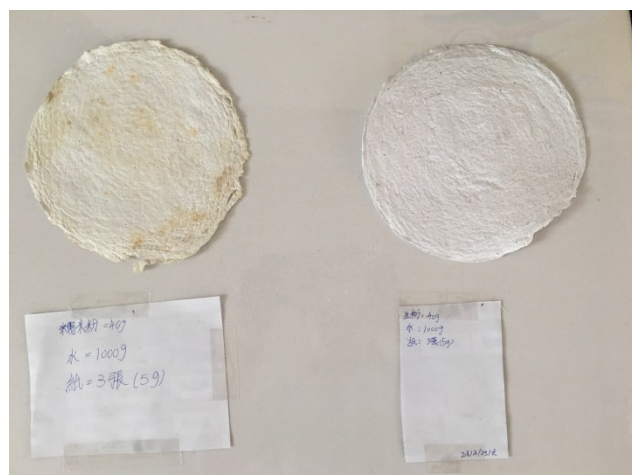
一. 研究結論

- (1) 找出再生紙製作方法:我們認為以 5 張紙加入 3500ml 的水抄紙最合適，而且要製作手抄紙並不困難，要是能有果汁機、抄紙網等工具就能做出美觀的再生紙。
- (2) 尋找可製成再生紙的廢紙:由測試中得知很多廢紙都能成手抄再生紙，只要能控制好紙漿在抄網上的厚度，就能抄出合用的再生紙，另外根據功能性的測試，得知最吸水最好的是抹手紙及韌性最強的是報紙，日後可以因應它們的特性混合不同的廢紙作再生紙。
- (3) 探究添加不同比例的白膠漿加進再生紙的分別:添加愈多的白膠漿使紙張較平滑，比起沒有白膠漿的再生紙，由於白膠漿帶有黏性，故再生紙都較容易製成及在過程中不容易損壞。不過，愈多白膠漿毛細現象愈弱，不適合用來寫書法。
- (4) 一個比例下的抄紙以一至兩次為佳，愈抄得多，就會愈薄。
- (5) 抄網上抄出的紙漿厚度不同，做出來的再生紙用途也不同，如較厚的可以作厚紙板，適中的可以用來書寫，另外太薄的可以做毛邊紙或棉紙。

二. 研究建議

- (1) 選擇實驗的時間:我們實驗的時間剛巧碰上濕度很高的季節，如以環保的角度，應以自然風乾較佳，但因濕氣太重，容易造成紙張發霉，所以我們使用風筒，浪費電力，不太環保，建議在較乾燥的季節進行。
- (2) 抄紙需大量的水，應儘量重覆使用抄紙後剩餘的水，以節約用水。
- (3) 完成了的再生紙須經過較長時間的加壓，然後進行風乾，加壓時要注意均勻，否則會使紙面波折不平。
- (4) 自製再生紙的用途相當廣泛，除了能作為一般的用紙以外，甚至可以做臉譜、紙筆筒、雕塑等等，非實實用。

- (6) 在澳門，小型的抄紙網難於購買，其實可以使用麵粉篩代替，也可以造出獨特的再生紙。
- (7) 我們嘗試在再生紙中加入麵粉、糯米粉、生粉等添加物，可惜很快便發霉發臭，結果全都要丟棄，我們認為它們不太適合用作再生紙的添加物。



研究員感想

石瑞君	<p>我們造紙的時候是用分工合作的方式，大家負責不同的工作。有些人負責抄紙，有些人負責做記錄，有些人負責把再生紙吹乾，每次我們也需要老師的協助完成，因為剛剛完成的紙張實在太容易撕破了。每次我們都要放學後留下來做研究，有時會有點累，有時走的很晚，但還是很多歡樂。在這個實驗的過程中，我學會做任何事也要有耐性，不可以失敗就放棄。這個實驗，我們失敗了很多次，但我們也不斷地努力嘗試，找出失敗的原因，做到成功為止。</p>
鄭宇柏	<p>原來造紙不簡單，我們試過不同的辦法，也試過很多失敗。剛開始的時候，看着哪些碎紙，我覺得不可能成為一張能書寫的紙張，當這些紙漿乾了以後，我驚訝地發現原來很奇妙，居然能成為一張紙，而且有不同的變化，這個研究真好玩!</p>
麥子垣	<p>做紙的過程真不簡單，首先要先量好紙張的重量，然後泡水，接着放入水果機攪拌，再用抄紙網抄起紙、壓平並且風乾，就是一張完整的再生紙了，十分有趣!我的感想是:再造紙非常的環保，因為可以將丟棄的紙張重新再造，變成有用的東西，也很有實用價值。</p>
鍾婉晴	<p>我們由第一張造紙到很多張，我學會了如何製作再生紙，由紙碎到一張完整的紙的完成，我覺得很有成就感。在做研究的過程中，我主要負責記錄和把紙用風筒吹乾，責任很重要，我每次做也小心翼翼。紙張是蔡倫發明的，我覺得很厲害，我也很有本領，原來我也可以研發我喜歡的再生紙。</p>
林沛誼	<p>這次造紙讓我深深明白到團隊合作和要努力才會有成果的道理。其次就是在造紙的時候，一點也不能分心，必須專心致志，例如:在量度水的用量、各種紙張和材料的重量的時候，一多一少都會影響到實驗的準確度，要重新再做。參與這次「小學生動手做研究」的活動，真是讓我學習到許多課本以外的知識，獲益良多。</p>

附錄：文獻參考

1. 中華紙文化—歷史走廊網站

<http://www.cwlee.idv.tw/paper/TIME/time21.htm>

2. 再生紙 DIY

<http://teacher.tzuchi.net/teacher.nsf/c2a8cd58ae96326f482568ea001fe3ed/a2a440a0ee7ec09c48256b91002b059d?OpenDocument>