

## 伸張紙的開發及伸張紙在重袋製備上之應用

蘇裕昌\*

### Development of Extensible Paper Manufacturing and It's Application to Heavy Duty Sack

Yu-Chang Su\*

#### Summary

This paper introduced the development of extensible paper making process and application of this paper for heavy duty sack achieving the reduction the paper layer at acceptable characteristics. From the viewpoint of using lower basis weight of the base paper were to minimize the material used and cut the cost. However, the strength of the paper has lowest limitation while usages. Multi-wall kraft paper sacks were often used for heavy duty sack to prevent from impact breakage. Extensible paper is a stretchable paper with high energy absorption properties were made to fit the utilization. The elongation of the extensible paper is much higher than that of the normal kraft paper and the ordinary extensible paper causing much tougher to break by impactation were thus needed to be absorbed because of dropping or thrusting by stretching.

The material for extensible paper is made of 100% soft wood kraft pulp is mostly from the periodic thinned wood, which is recyclable and meet the environmental friendly issues. The characteristics of the extensible paper, and the material saving of multi-wall kraft paper sacks using this extensible paper were also evaluated.

**Key words:** Extensible paper, Paper characteristics, Multi- layer heavy duty paper sack

#### 一、緒言

紙張受到應力時，它的變形情況是如何呢？對許多種紙而言，這是一項非常重要的性質，因為他影響突然受到外力作用的應變。大部分紙的伸長度橫向是大於縱向的，在測試抗張斷裂強度時，也可測得紙樣的伸長率。紙張的伸長性質對紙張上所受的應力有吸收之功能，在紙張的應用上有其相當之重要性，應力-應變曲線下的面積和拉伸紙張到達紙張斷裂點前所能吸收的能量成正比，稱之為抗張能量吸收 (Tensile energy absorption ; TEA) ，在一定的抗張斷裂強度下，增加紙的伸長能力則可增加其抗張能量吸

收 (圖 1) (Scott,1989)。但在某些情況下，降低紙張的抗張強度有利於增加伸長度的增加，有些紙張如紙袋用紙、或高速輪轉印刷用紙等必須承受突來的外力作用狀況下而不致斷裂，例如紙袋突然自高處掉落、或紙在輪轉式印刷機受到突然的加速，都會造成形變 (Deformation) ，此時應力鬆弛必會立刻產生，或者應變累積的負荷力將大於紙的斷裂強度而破裂。這些紙張必須具備有不易破的性質，易破的紙不適合做紙袋、或高速印刷用途，所以必須在製造階段進行處理以提高它的斷裂強度、或伸長率，或提高其抗張能量吸收 (Dennis W.1997) 等。

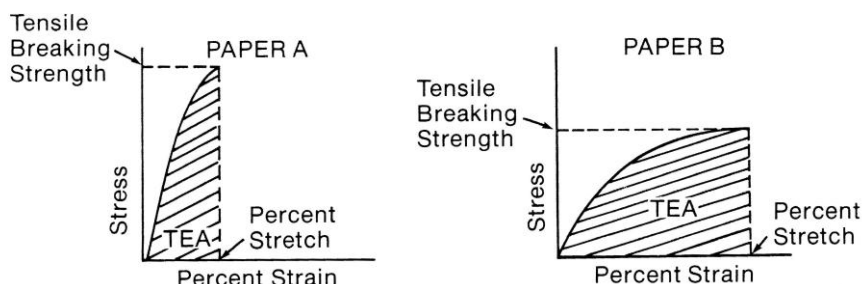


圖 1. 兩種具不同抗張能量吸收、伸長率及抗張強度之紙張(Scott,1989)

## 二、伸張紙的開發及應用趨勢

最早製造稱之伸張紙 (Extensible paper)，這種紙張具有高伸張性 (高伸長率) 紙張的方法，常使用較高濃度的漿料進行精鍊、或增加精鍊的程度，有利於伸長度的增加。除此之外，尚有 (1).提高針葉樹紙漿的配合比。(2).抄紙時的纖維的配向的控制。(3).提高紙匹的水分。等處理的方法以增加紙張的伸長率，但是，這些方法製得伸張紙的伸長率頂多只有 3~5%。另外，也有以刮刀在壓榨輥或乾燥輥上將濕紙起皺製造皺紋紙，增加成紙的伸長率的方法，這些利用紙張乾燥後產生微細的皺紋紙，賦予紙張縱向具有高伸長率，由於纖維沿紙張縱向堆疊而導致橫向伸長率的增大，纖維的堆摺疊可以看成紙張局部基重的增加，因而紙機的方向 (MD) 可得到 10% 以上的伸長率，但橫方向 (CD) 的伸長率不會增加太大。伸張紙的開發方法很多以下簡介幾種來自文獻及專利上的伸張紙製備方法。

(一) 美國 West Virginia Pulp & Paper (目前另設 Clupak 公司)開發以紙張起皺的方式，進行伸張紙的製造以獲得較高的伸長度，並進行商業生產所生產之紙張稱之 Clupak 紙，Clupak 紙張的製造是以濕紙匹通過一組乾燥輥與具伸長性之橡膠輸送帶，利用橡膠帶輸送帶的收縮性，將紙張

堆疊製造具高伸張性之紙張(Clupak,2011)如圖 8 及圖 9。

(二) 瑞典的牛皮紙 Flakt 公司以一般牛皮紙製程開發之伸張紙，使用熱風氣墊式乾燥機(Flakt dryer)，在不使用帆布下使濕紙匹之橫向自由乾燥而收縮，而賦與橫向伸長性，但無法賦與縱橫向之伸長性質如圖 7。

(三) G. Trani and N. Cariolaro 的伸張紙製造方法(G. Trani and N. Cariolaro, 1999)

基本上本法是製造平滑的伸張紙的方法，紙張至少通過一對周速快且具溝槽之硬質輥與周速慢且平坦之軟質輥之捏縫之間，但是硬質輥的周速大於軟質輥的周速，且硬質輥表面的粗糙度(Ra)小於 5。硬質輥溝槽側面的性質如下二相鄰溝槽間的距離 (A). 0.10-40 mm，溝槽寬 (B). 0.02-2 mm，溝槽深度 (C). < 0.1 mm，A/B 比介於 0.12-800，B/C 比介於 1-8。基重 100 g/m<sup>2</sup>、溝槽寬 0.8 mm，二相鄰溝槽間的距離 0.5mm、軟質輥周速為硬質輥的 70%，所製得伸張紙的抗張斷裂伸長率 MD 方向 25%·CD 方向 18% (抗張破斷伸長率 CD 方向/MD 方向比=0.72)，在 MD 方向具複數平行的溝之紙基材(Trani and N. Cariolaro, 1999)。

(四) 將 100% 天然紙漿、含水率 20%~50% 的濕紙匹通過一對由軟硬質輥與軟質輥組成之壓輥，該硬質輥沿著原周方向以一定間隔在輥幅設有溝槽，與硬質輥密着的是輥面平坦的質輥。兩輥的轉速，硬輥較快速軟質輥周速度則以較慢的速度回轉而賦與紙匹收縮性，最少經過 2 次的壓輥賦與該濕紙匹收縮性，再經後續乾燥而製成伸張紙，由本方法所得伸張紙縱橫均具 20% 以上之伸長率。利用收縮性使紙張表面的凹凸平坦化，提供表面印刷或樹脂層積等二次加工性優越的伸張紙(羽藤，2003)。

(五) 以基重 150 g/m<sup>2</sup> 之濕紙匹通過，周速不同之帶溝槽之金屬輥與橡膠鹿之間賦與紙匹的凹凸後，以烘缸乾燥，經處理後基重約為 200 g/m<sup>2</sup>。製成之伸張紙的伸長率為 MD 20%、CD 15%。以此相對的壓紋加工紙：以基重 200 g/m<sup>2</sup> 之濕紙匹通過周速相等帶溝槽之金屬輥與橡膠鹿之間賦與紙匹的凹凸性後，以烘缸乾燥，經處理後基重約為 200 g/m<sup>2</sup>。製成之壓紋加工紙伸長率僅為 MD 2%、CD 6%。因硬質輥與軟質輥的周速差而使紙張在 MD 方向堆疊而賦予 MD 方向的伸長率。相反的，CD 方向的伸長率是由於紙匹沿著具溝槽之硬質輥的溝呈筋狀堆疊時 CD 方向堆疊而產生。上述之現象呈堆疊、筋狀堆疊均被認為局部基重的增加，而有高伸長率(川崎、永井，2003)。

(六) 將紙匹以楞槽處理形態予備成型，使紙張通過一對由軟硬質輥與軟質輥組成之壓輥，該硬質輥，兩輥的轉速，硬輥較快速軟質輥周速度則以較慢的速度回轉而同時賦與紙匹伸張的性，伸長率縱向 20%、橫向 16% 左右，伸張特性不充分，無法表 2 WAVY- WAVY 伸張紙的一般物性(八代，2004)

對應於要求高伸長率的深壓成型上之應用(日本製紙，特開平 11-509276)。

(七) 日本製紙之 WAVY- WAVY 伸張紙的開發(八代，2004)

義大利 Trani 等人(1999)開發的伸張紙的特徵可將 CD 方向之伸長率提升到 10% 以上，最近日本製紙公司參考 G.Trani 等的伸張紙的概念，導入將 CD 方向伸長率大的伸張紙製造技術導入，進行 WAVY- WAVY 伸張紙的開發與製造，在製造「WAVY- WAVY」伸張紙時是將濕紙匹通過周速快且具溝槽之硬質輥與周速慢且平坦之軟質輥之捏縫之間乾燥而製成紙張。因硬質輥與軟質輥的周速差而使紙張在 MD 方向堆疊而賦予 MD 方向的伸長率。其中，CD 方向的伸長率是由於紙匹沿著具溝槽之硬質輥的溝呈筋狀堆疊時 CD 方向堆疊而產生。上述之現象呈堆疊、筋狀堆疊均被認為局部基重的增加因而有伸張的特性。成型用紙所需求的特性為易成型性及能賦予微細凹凸等，紙張較塑膠有較低的伸長率，在立體成型時常導致裂痕及折痕的產生，做為成型用紙實是極大的缺點。「WAVY- WAVY」因此不但維持紙張的基本性質，再加上 MD 及 CD 兩方向均具 15% 以上的抗張伸長率，在成型時不產生裂痕及折痕能做立體成型之原料，其性質如表 2 及圖 3(八代，2004)。

(八) 以添加化學物質在伸張紙中、或層積高分子材料、或以聚烯烴類樹脂含浸紙張的方法(特開平 6-239334 號公報)、或含浸塑膠以製備型壓成形容器應用之伸張紙張。

紙種	WV100	WV150	WV275	P-WV(印刷用)
基重(g/m <sup>2</sup> )	100	150	275	275
厚度(μm)	230	310	465	380
伸長率(%)	縱	31	31	31
	橫	15	15	15
抗張強度(kN/m)	縱	4.0	4.5	7.9
	橫	4.9	5.0	8.3

(23°C、50% RH)

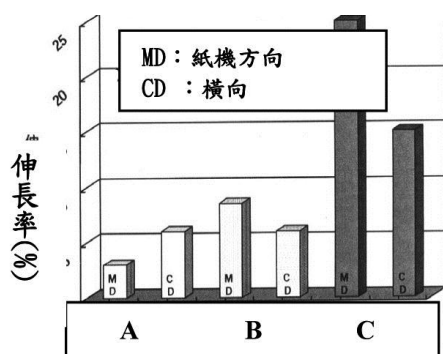


圖 3 WAVY- WAVY 伸張紙與一般袋用紙的伸張性質比較(八代, 2004) A:一般加工原紙; B:一般重袋用牛皮紙; C: WAVY- WAVY 伸張紙

### 三、伸張紙在重袋用紙上之應用

地球上的資源如石油、煤碳、天然瓦斯、等化石燃料及礦物資源等甚至核能發電原料的鈾金屬是有限的，但如樹木等生質資源則是可以無限的再生。紙是以樹木為主要原料生產取得，但燃燒後所產生之二氧化碳，經過同化作用而可以其他形式再利用，能達到生質資源循環利用。另外，即使被當成垃圾丟棄的紙，也有 60% 的廢紙被回收、再生，紙可以說是對環境溫和之素材。紙的各種用途中使用為合成樹脂、糧食、化學藥品、麵粉、飼料、水泥等包裝上使用之之重包裝用紙袋，這種紙袋一般是以牛皮紙為原料而製備成多層之紙袋，在日本每年之需要量約為

20 億個以上，台灣的產量沒有明確的資料但其數量統計，也是有相當的量。重包裝用紙袋為了達到保持強度、防止破袋所引起之內容物漏洩，常使用重疊多層的牛皮紙製成。近年為了更進一步達到節約成本、及環境對策，而進行重包裝用紙袋用牛皮紙的減層化、及牛皮紙的低基重化等省資源對策。但是以目前使用之牛皮紙，在強度面已經達到可改善之極限，由品質面要進一步接藉達省資源化應該很難。因此要進一步達到省資源化使用，其必要條件是使用更高破裂強度之原紙。

下述的各節主要在介紹日本的日本製紙工廠所開發及上市，作為重袋用原紙所使用新型伸張紙，並比較目前所使用之牛皮紙其落下強度、或穿刺等衝擊所引起之能量以伸長吸收，為了達到不易發生紙袋破壞之特性、或活用新型伸張紙之特性，將重包裝用紙袋更減層化、及原紙之低基重化而達到省資源化。

### 四、製袋用新型伸張紙的製造及特性

#### (一) 原料

使用以永續利用之森林經營方式之森林取得之造林木材，其中以北海道內人工林的間伐材占 90% 左右，所用之紙漿為 100% 天然針葉樹牛皮漿，沒有混合任何合成纖維等，使用後廢紙可回收再用。

#### (二) 紙張性質

一般的重袋用牛皮紙原紙之破裂伸長率，頂多

MD 3%，CD 5 ~ 6% 左右。與此相反的，新型伸張紙能賦予紙張具 MD 15% 以上，CD 10% 左右的伸長特性 (圖 4)。其縱向伸長率為牛皮紙之 6 倍以上、橫向為 1.5 倍左右。抗張試驗將紙樣拉斷所需之能量稱之為抗張能量吸收量，即是以抗強強度(應力)-伸長率(應變)曲線的面積表示之 (圖 5)。抗張能量吸收量愈大，落下等之衝擊所導致之破裂愈不易發生。新型製袋用伸張紙與牛皮紙比較，無論縱橫兩方向之 TEA 面積均顯示抗張能量吸收量均較目前之產品提升更高。

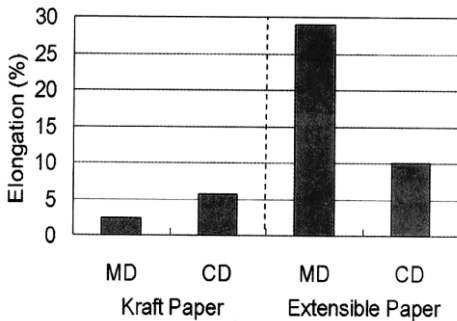


圖 4 新型伸張紙之伸長率 (才高等, 2006)

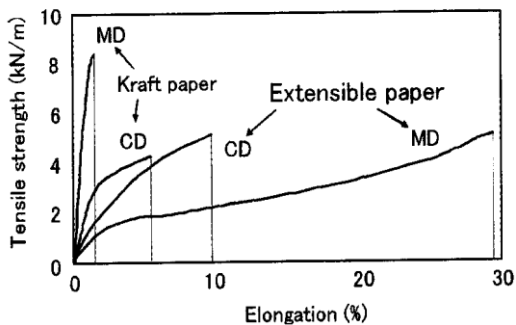


圖 5 新型伸張紙與牛皮紙的抗張能量吸收量比較 (才高等, 2006)

## 五、新型伸張紙的製造方法

### (一) 伸長特性賦與設備

這種紙的製造方法的重點，是在濕紙匹夾入表面具有像肋骨構造之金屬輥 (其周速:V1)，與同一方向旋轉橡膠輥 (其周速:V2)之間，由於周速差因而在紙張表面引起微細的皺摺(如圖 5、圖 6)。一般兩輥的周速  $V1 > V2$ ，由於橡膠輥使濕紙匹減速，濕紙縱向收縮形成微細之皺摺，而賦與紙張縱向具有伸張性質。同時更由於金屬輥的形狀及壓力，使紙張橫方向也形成皺摺，賦與伸長性，為此種新型伸張紙之最大的特徵。

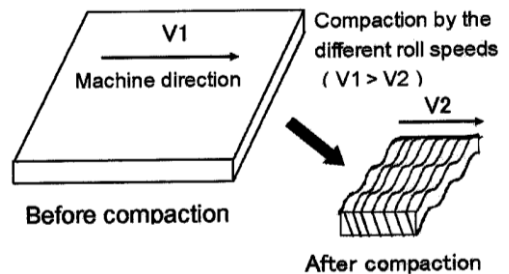


圖 6 新型伸張紙製造時濕紙匹壓延前後的比較 (才高等, 2006)

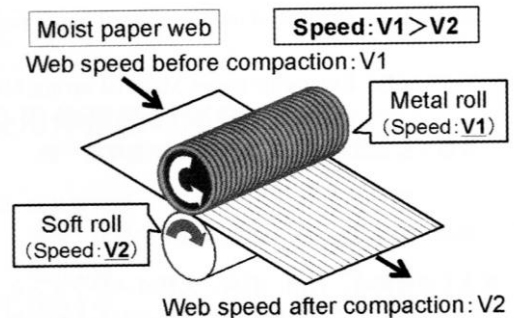
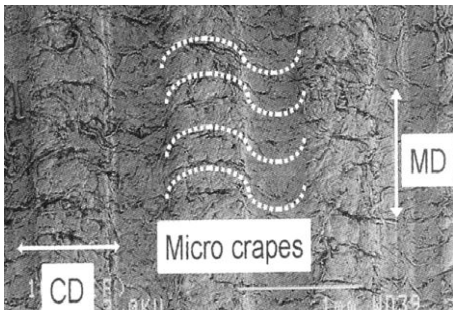


圖 7 新型伸張紙製造時對濕紙匹的壓延 (才高等, 2006)

(二) 新型伸張紙的表面及斷面之觀察

新型伸張紙的表面 (照片 1)，縱向上可以觀察到來自金屬輥之肋骨狀之構造，而橫向上可以觀察到由於縱向收縮所引起之微細皺紋 (Microcreep)。橫剖



照片 1 新型伸張紙的表面

面圖 (照片 2) 由於使用具肋骨狀構造之金屬輥而呈波波狀。使用伸長賦與設備使濕紙收縮時，使金屬輥 (照片上側) 的槽溝方向上纖維集中而賦與橫向之伸長。縱向的剖面 (照片 3) 由於濕紙的收縮，可觀察到所形成細皺紋狀的波浪狀纖維。

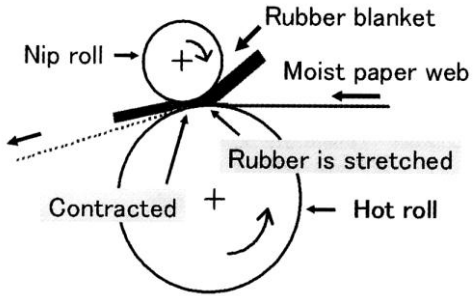
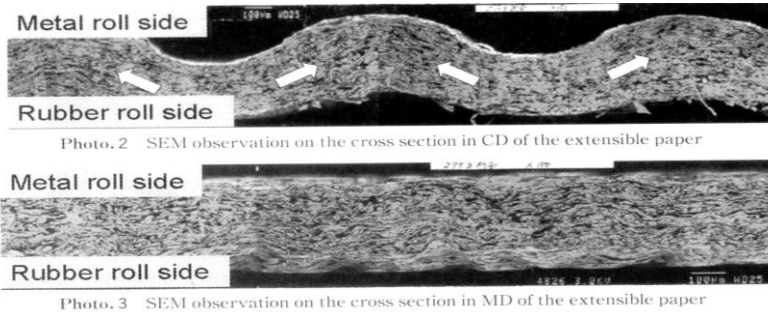


圖 8. Culpak 伸張紙的製造示意圖 (才高等，2006)



照片 2、3 新型伸張紙的橫向的剖面及縱向的 SEM 剖面圖 (才高等，2006)

六、新型伸張紙與傳統伸張紙的比較

重袋用伸張紙之原紙目前市售的主要有 Culpak 紙、與一般牛皮紙等類。目前市售的伸張紙，常使用美國伸張紙 (Culpak)公司開發之伸張紙，利用伸長之橡膠製之毛毯收縮時之復原力使紙匹收縮，賦與紙張縱向的伸長性質，但無法賦與橫向之伸長性質提升太多 (圖 8)(圖 9)。

瑞典的牛皮紙 Flakt 公司以一般牛皮紙製程開發之伸張紙，使用送風式之乾燥機，在不使用帆布下

使濕紙匹之橫向自由乾燥而收縮，而只賦與橫向伸長性，但無法賦與縱橫向之伸長性質如圖 10。

這二種伸張紙與新型伸張紙的伸張性質比較的結果，新型伸張紙之破裂伸長率 (圖 11) 較 Culpak 伸張紙為大，尤其是縱向伸長率。一般 Culpak 伸張紙的縱向伸長率約在 8% 以下，而新型伸張紙則為 15% 以上。橫向伸長率也較牛皮紙之伸長率大，牛皮紙之橫向伸長率約 8% 左右，而新型之伸張紙之則有 10% 左右。

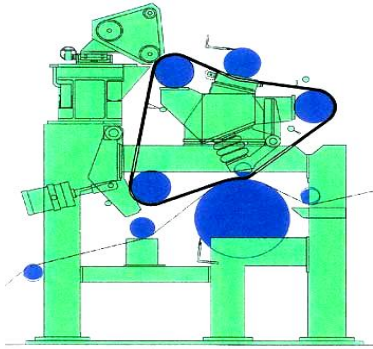


圖 9. Culpak 伸張紙的製造時使用之設備(Clupak Ag, 2011)

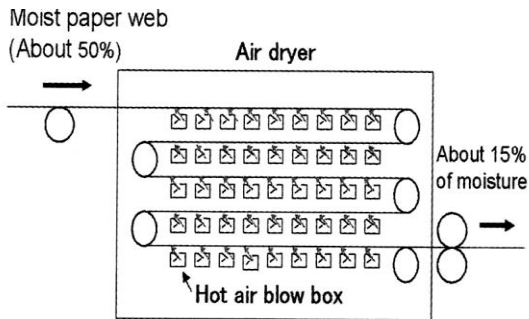


圖 10. Flakt 製造伸張紙之乾燥機示意圖 (才高等, 2006)

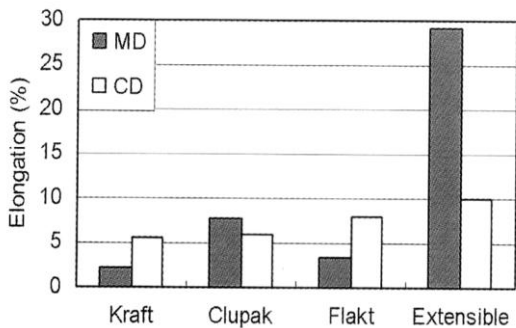


圖 11. 伸張紙之破裂伸長率比較 (才高等, 2006)

新型伸張紙的抗張強度比較的結果如圖 12，縱向的抗張強度較牛皮紙或以往之伸張紙略差。相反的，橫向的抗張強度則較高。圖 13 顯示破裂能量的抗張能量吸收量，縱向為一般伸張 (Culpak) 紙的 3 倍以上，橫向為 Flakt 紙的約 1.2 倍，縱向與橫向均

均顯示高值。新型伸張紙之撕裂強度，縱橫兩向均顯示較牛皮紙或以往市售伸張紙的約 1.5 倍左右 (圖 12)，其原因為新型伸張紙之伸長率高而有高撕裂能量吸收量。

以重袋運輸碰撞到邊緣尖銳部分時，紙袋可能破裂，因此必須進行衝擊穿洞強度試驗評估。測定方法是依據 JIS P8134 進行，測量因衝擊始試驗片穿洞所需之功。由於新型伸張紙的高伸長率，而具有抗高突刺能量的吸收之特性，由測定結果，得知新型伸張紙較牛皮紙、或以往市售伸張紙 具有 3 倍以上之高數值 (圖 13)。綜合以上的實驗結果，新型伸張紙與一般市售 Culpak 伸張紙或牛皮紙比較，因具高破裂伸長率、抗張、撕裂、衝擊穿洞等之能量吸收，落下或突刺時較不易破裂。

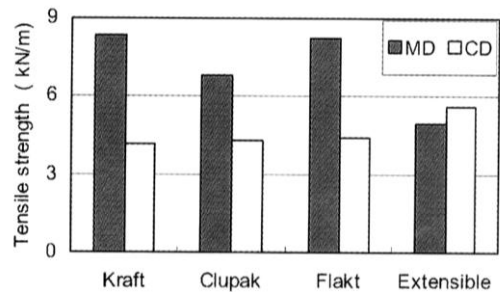


圖 12 伸張紙之抗張強度比較 (才高等, 2006)

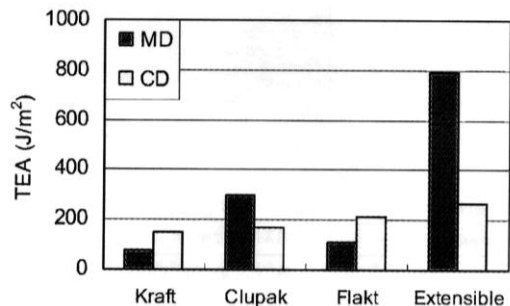


圖 12. 伸張紙之抗張能量吸收量 (才高等, 2006)

## 七、新型伸張紙在重包裝紙袋上之應用

(一) 使用新型伸張紙之重包裝紙袋之構成例

新型伸張紙不易斷裂之故，可以減少重包裝紙袋的層數，使用一般牛皮紙製備之 3 層(84 g/m<sup>2</sup> x 3) 重包裝紙袋，若改用新型伸張紙，在不降低破袋強度的原則下，以 2 層(100 g/m<sup>2</sup> x 2)袋就可達到使用要求，如此一來，即可減少全體原紙的使用量 27%。

### (二) 落下試驗 (JIS Z0217)

為了確認破袋強度而進行落下試驗，試驗方法依據 JIS Z0217，將紙袋內充填砂糖 25 kg，自高度 1.2 m 處進行 10 次水平掉落試驗。結果顯示使用新型伸張紙製造之 2 層紙袋，即使其總重降低 27%，也不會發生如一般牛皮紙 3 層紙袋同樣沒有破袋發生，具相等程度之破袋強度。

### (三) 傾斜試驗

為了確認重袋的堆積崩落之難易度進行傾斜試驗。紙袋內充填砂糖 25 kg 2 包，重疊堆積在台上使其傾斜之，測定發生滑動之角度，試驗結果顯示使用新型伸張紙之重包裝紙袋，較一般牛皮紙之重袋 (MD、CD 分別為 30°、34°)，縱向滑動發生角度大 (MD、CD 分別為 41°、35°)，顯示縱向較不會有滑動的現象。

### (四) 製袋適性及充填試驗

以實際使用者之應用實例，以粉末纖維素、重物用包裝袋 (內容量 7~12 kg) 進行實機試驗裝填，重袋的構成將 3 層袋減成 2 層。以實機評估製袋加工適性試驗結果未見無操作上之問題。製備伸張紙金屬輾縱溝之故有印刷障礙上之疑慮，但在細字的富瑞凸版 (flexo；又稱彈性版) 印刷適性評估顯示不會有障礙的發生。除此之外，有關紙袋的充填適性可用真空將紙袋吸上、縱向站立裝填沒有不良影響。

## 八、結論

日本製紙旭川工場所製備新型未漂伸張紙，商品

名『Wavy-Wavy』較牛皮紙、或一般的伸張紙有較高的橫向破裂強度伸長率。尤其是較前述兩類紙張的抗張能量吸收高，不易破裂，適合製袋用途，可作為粉體製品如水泥包裝用途，也可利用為角底袋或手提部分的補強材料，由於抗張能量吸收高之故，可能將 3 層袋減成 2 層，更由於減層化，達到纖維原材料減量的目的。也能將使用後的工業廢棄物減量，減少廢棄物處理費用。紙袋表面縱向有皺紋因此紙袋堅不易滑溜，也有有利堆積安定的優點。新型伸張紙具有牛皮紙、或目前市售伸張紙所無法得到之伸張特性，如所得紙張之伸長率大、及抗張破斷能量吸收大等。以這種伸張紙所製紙袋能維持原有破袋強度，但可減少重袋原紙的層數。除此之外，所使用之原材料中主要使用之 100% 天然紙漿都是以間伐材為原料，使用後回收可能對環境溫和之素材。因而新型伸張紙可以說是因應環境問題所開發之伸張紙，今後在各種領域上的應用有擴大的可能。

## 九、參考文獻

1. 八代洵 2004 伸びる紙「ウェイビウェイビ」の紹介。纖維と工業 60(9)：437-438。
2. 才高聖士；羽藤信宏；川崎秀一；佐竹寿巳 2006 省資源化が可能な製袋用伸張紙の開発。紙パ技協誌 60(12)：86-91。
3. 才高聖士；羽藤信宏；川崎秀一；佐竹寿巳 2006 省資源化が可能な製袋用伸張紙の開発。第 73 回紙パルプ研究発表會講演要旨集。東京 Pp.8-11。
4. 川崎秀一、永井共章 2003 紙の伸び付与に関する検討「パルプ繊維の畳込みによる伸びの発現」第 70 回紙パルプ研究発表會講演要旨集。東京 Pp.44-47。
5. 羽藤信弘 2003 日本特開 2003-286696 (P 2003-286696 A) 伸張紙の製造方法、この方法を実行する製造装置及び製造された伸張紙
6. 日本製紙株式会社 特開平 11-509276 伸張紙の



## 伸張紙的開發及伸張紙在重袋製備上之應用

- 製造方法。
7. JIS P8134 JIS·P-8134 板紙の衝撃あなあけ強さ試験方法。
8. JIS Z0217 クラフト紙袋-落下紙験方法。
9. JIS P3412 伸張紙。
10. Clupak Ag 2011 Producing Clupak Extensible Paper With an Extensible Unit. [http://www.clupak.ch/02\\_extensiblepaper/extensible-paper\\_index.html](http://www.clupak.ch/02_extensiblepaper/extensible-paper_index.html)
11. D. W. Cabell. And M.R. Richards; 1998 Extensible paper web and method of forming. US Pat. 6458447.
12. Dennis W.1997 US patent 5694702. (Enhenceing cross-directional stretch and tensile energy absorption during manufacture.)
13. G. Trani; N. Cariolaro. 1999 .Method and appatus for producing extensible paper. Japan pat 3047114 (2003)
14. Tappi standard T494 Tensile breaking properties of paper and paperboard using constant rate of enlongation apparatus.
15. United States Patent 6024832 Method and apparatus for producing extensible paper <http://www.freepatentsonline.com/6024832.html>
- 
- \*蘇裕昌 國立中興大學森林學系教授
- \*Dr. Yu-Chang Su, Professor, Dept. of Forestry, National Chung-Hsing University