

# 機能紙的開發

主講者：蘇裕昌博士  
中興大學 森林系 教授

# 一、緒言

## ■ 紙張的最主要的三大機能

■ 紀錄、保存、傳播資訊：文化用紙  
(write)

■ 包裝、保護物體：工業用紙  
(wrap)

■ 擦拭並吸收液體：家庭用紙

■ (wipe ; water absorption ; waste)

# 一、緒言

■ 近年來社會需求多元化，人們求新求變中對紙的機能要求也增加

- 天然材料製成之化學纖維（如縲縈）、石化纖維（如尼龍等）之開發，使紙張又具備了衣物材料（wear）之機能
- 成為藝術工藝材料之感性機能（wits ; craft）的材料
- 或是具有如防水、耐燃、導電等特殊機能（work ; functionality）

因而紙的機能應該有 6 W，即書寫記錄、包裝、家庭用途、藝術材料及特殊機能

# 一、緒言

■ 紙是以纖維素纖維為母體，精巧地將其薄層化

■ 以相同素材經簡單加工

■ 如 Tissue 柔軟、吸液性高

■ 如 Paper board 剛直、適合製盒加工

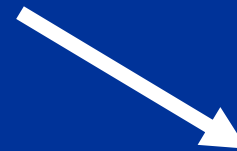
# 一、緒言

## ■ 紙的特性

- 表面親水性、吸濕性
- 層狀、且表面高孔隙度
- 表面自由能



與其他材料  
親和性高



- 與銅纖維有相若的楊氏係數
- 挺度高
- 且容易彎折加工

## 二、機能紙的定義

■ 機能加工的目的：充分發揮原有機能  
拓展其他機能

■ 機能紙加工的領域

■ 天然纖維素纖維

- 一般紙品種、品質改善、應用的擴大
- 內添、塗布、含浸加工、貼合、層積

■ 天然纖維素纖維以外

- 與其他有機、無機金屬纖維材料混合抄製
- 與其他材料的紙狀化、複合化

## 二、機能紙的定義

### 機能紙的定義

- 機能紙的定義，狹義的說是指除了紙張之功能外，另具有其他新的機能及作用。但廣義的可以將其定義為具有超出以往紙之特性及功能之紙稱之為機能紙，即能滿足某種應用之要求稱之為機能性。
- 將不同的纖維如植物纖維、合成纖維利用抄紙機抄製成紙或不織布之織法製成具有特殊機能之紙張，或單獨使用合成纖維、合成紙漿或混合木漿等原料，配合不同材料特性加以修飾或加工，由其所投入之材料或性能設計，賦予紙張各種不同之機能及用途。

## 二、機能紙的定義

- 機能紙主要是由主體纖維及纖維結合劑所組成，
  - 主體纖維一般可分為木漿、天然纖維、合成纖維、金屬纖維及無機纖維等，不同材料具不同的特殊機能，依材料特性並活用過去的經驗進行機能賦與。
- 其中，合成纖維或無機纖維在抄紙過程本身並沒有鍵結力，需藉助接合劑或經熔融處理來黏著纖維。
- 常用的接合劑可分為固態接合劑及液態接合劑二種。



## 二、機能紙的定義

■ 固態接合劑如合成纖維紙漿（**Synthetic Pulp**），合成纖維微纖體（**Synthetic Fibrics**）、聚烯醇（**PVA**）纖維及複合纖維等。

■ 而液態結合劑則可分為分散樹脂乳液及橡膠乳液

■ 樹脂分散乳液為聚烯類聚合物或共聚物，包括丙烯酸、醋酸乙烯、丙烯、乙基丙烯酸等。

■ 橡膠乳液為丁二烯與聚烯類的聚合物的共聚物如苯乙烯／丁間二烯乳膠（**SBR**）、乳膠（**Latex**）、丙烯酸乳膠（**Acrylic Latex**）等。

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1-1 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能	特性	市售機能紙名稱	使用纖維
力 學 特 性	高彈性	高彈性紙	芳香族聚醯胺纖維
	高強度	高強度紙	聚乙烯纖維
	耐衝擊性	FRP 補強紙	玻璃纖維/炭素纖維/硼纖維
	內部補強性	工程紙	合成纖維
	耐摩耗性	驅(制)動材/研磨原紙	芳香族聚醯胺纖維/各種無機纖維

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1.-2 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能特性	市售機能紙名稱	使用纖維
熱特性	耐熱紙	全芳香聚醯胺纖維・各種無機纖維
	保溫性/斷熱性/感熱性	聚丙烯纖維・植物纖維後加工
	熱成性型	聚烯烴系熱可塑性纖維
非燃燒性	難燃性	含氟/含氮纖維・ 全芳香族聚醯胺纖維
	不燃性	無機纖維

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1-3 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能特性	特性	市售機能紙名稱	使用纖維
電機/電子特性	絕緣性	絕緣性	植物纖維/全芳香族聚醯胺纖維
	導電性	導電性/靜電除去紙 電磁波封除紙	碳素纖維/金屬纖維 導電加工纖維
磁氣特性	磁氣記錄性	磁氣記錄紙	植物纖維/合纖後加工
光學特性	螢光特性	蓄光型螢光紙	螢光纖維及二次加工
	磷光特性	磷光紙	植物纖維紙及二次加工
	感光性	紫外線檢測紙	植物纖維紙及二次加工

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1-4. 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能特性	市售機能紙名稱	使用纖維
音響遮蔽性	遮音制振紙	鉛纖維/無機纖維
振動特性	喇叭用紙	碳素纖維/細菌纖維素
耐藥品性	鹼性電池絕緣紙	聚酯纖維/氟樹脂纖維/無機纖維
高溫耐藥品性	熔融鹽發電機用絕緣紙	碳纖維
防銹性	防銹紙	氣化性防銹劑加工

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1.5 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能	特 性	市售機能紙名稱	使用纖維
過 濾 性	多孔性	濾紙(氣體/液體用)	植物纖維/玻璃纖維無機纖維
	離子交換性	離子交換紙/ 分析用過濾器用紙	植物纖維/合纖
	粒徑限制	氣體滅菌紙	植物纖維/合纖
	油水分離能	油水分離紙	親水/疏水纖維的組合

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1.-6 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能	特性	市售機能紙名稱	使用纖維
保水性	保水性/凝結水防止性	生鮮食品鮮度保持紙	植物纖維
對水特性	水溶性 防水紙/撥水性	水溶性紙 防水紙/撥水紙	CMC 纖維/水溶性高分子 極細纖維/積層加工/撥水劑加工
耐油特性	耐油性 吸油性	耐油性 吸油性	耐油紙 吸油紙 CMC/PVA 加工 聚烯烴系合成纖維

## 二、機能紙的定義

### 依機能性分類

表 1-7 依機能性分類之主要市售機能紙<sup>(4)</sup>

機能特性	特性	市售機能紙名稱	使用纖維
生物 化學 特性	長效釋藥性	貼劑原紙	植物纖維/合成纖維
	生體適合性	人工皮膚/止血材 創傷被覆材	合成纖維/海藻酸纖維 幾丁酸纖維
	生理檢查能	臨床化學檢查紙 遺傳基因工學用檢查紙	植物纖維/加工纖維
	抗菌性・殺菌性	黃色葡萄球菌紙 大腸菌之抗菌性紙	Fe-ascobate 酸加工
	消臭性	消臭殺菌紙	Fe-phthalocyanine 誘導體加工
	防蟲性	有害昆蟲之防護紙	防蟲劑加纖維

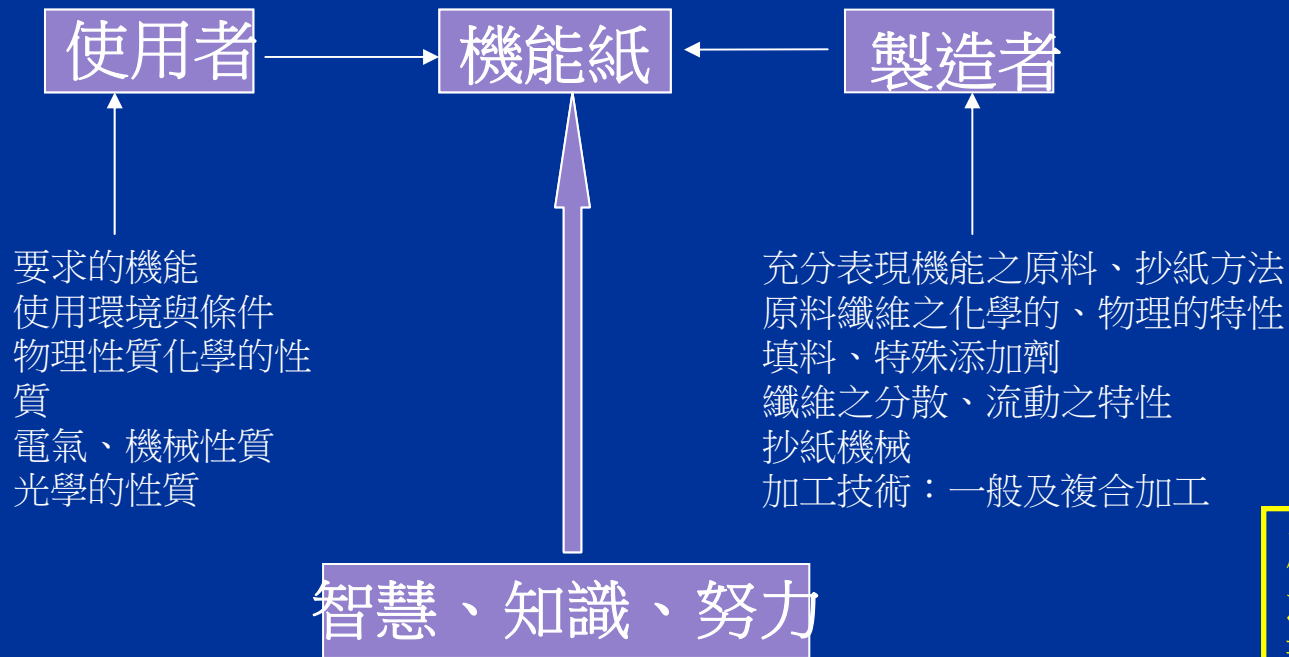


# 三、機能紙張的機能性的賦與

## (一)、機能性的賦與的方法

- 製備機能紙必須首先由使用者提出需求機能、使用條件、及所需求機能紙之各種物理化學性質等。
- 再由製造者以知識、經驗及努力儘量配合選擇能滿足機能性的原料，利用材料的物理、化學或形狀的特性、加以特殊填料添加。
- 再以特殊抄紙機械、或加工、複合技術如塗布、含浸、貼合、層積等加工製程製成具有所需求機能性之機能紙（圖 1）。

# 三、機能紙張的機能性的賦與



產品的安全性  
清潔生產  
環保衛生法規  
材料的再生性  
成本節能

圖 1. 新機能紙材料的製備之方向

# 三、機能紙張的機能性的賦與

■ 要賦與紙張特殊機能，必須先充分了解紙的形態特性及構成特性。

紙張除了物理、化學性質以外尚具有下述等特性

- |             |             |
|-------------|-------------|
| (1) 平面性。    | (2) 薄膜性。    |
| (3) 多孔性。    | (4) 具高表面積。  |
| (5) 纖維的集合體。 | (6) 易配合性。   |
| (7) 重覆回收使用。 | (8) 容易多次加工。 |

# 三、機能紙張的機能性的賦與

表 2 機能紙機能賦與之方法<sup>(3), (5)</sup>

## 纖維本身之機能

纖維之組成構造：	天然、合成、金屬、無機、其他
纖維之形態：	粗、細、異形斷面、捲縮、其他
纖維之表面性：	親水、疏水、微細構造、吸著性、官能基 生體親和性、帶電性、其他

## 二次展開物（紙）之機能

孔隙度：	大小、個數、形態、分布
混合纖維之構造及性能：	親水、疏水、荷電之比
構造物本身之強度：	補強材

## 利用加工賦與機能

含浸、塗工、貼合、立體化組合或層積而產生之機能

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 賦與紙張機能的主要的方法

1. 利用纖維材料本身之特性。
2. 紙張本身之特性。
3. 加工後賦與成品某種特性。
4. 複合材料加工等。

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 1. 纖維本身的的機能

- 纖維本身可以因其組成、形態、表面特性的不同而具有各種的特殊機能。
- 纖維的組成，依其來源可以分為天然纖維、合成纖維、金屬纖維與無機纖維等，各有不同之化學組成及結構及特性。
- 纖維的形態可以分為粗丹尼、細丹尼、異形斷面與中空等。
- 各種材料纖維的表面特性、可分為親水性、疏水性、微細構造、吸著性、帶電性與生物體親和性等性質。

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 2. 紙張本身的機能

- 紙是一種由纖維所構成的三次元展開，纖維中有大量的孔隙故必具有氣孔，此特性均依材料而異，各種材料及紙張的依特性可尋求所需求之機能。
- 加上混合纖維的特性、構造物、及強度等特性，即形成所需求了紙本身的機能。
  - 如利用其透氣性可製備空氣可透過但菌體不能透過的滅菌紙，或是可交換濕熱之熱交換介質等。

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 3. 加工後的機能

- 紙亦可以經由浸漬、塗佈、貼合、層積化等加工方式，來改變紙的形狀和特性，使其具有特殊機能，
- 另外亦可添加高填料或其他填加物而賦與特殊機能如表3。
- 表中顯示配合高配比填料之紙，賦與紙張機能及可以檢討之項目，如紙張導電性、絕緣性、難燃性、透明性、感光性、磁性記錄性、耐水性、撥水性、消臭性、粘著性及接著性等進行紙的機能性賦與



# 三、機能紙張的機能性的賦與

## ■ 添加高填料或其他填加物而賦與特殊機能

### 3-1 因添加特殊填料所產生的機能

#### 1. 電子、電磁氣性的機能

磁性（硬磁性、軟磁性）、導電性、絕緣性、電磁波遮蔽性

#### 2. 機械性的機能

潤滑性、可撓性、硬(軟)性、耐摩擦性、多孔性、耐壓／耐衝擊性、落下強度特性、可切斷／可破斷性

#### 3. 對熱性機能

耐熱性、斷熱性、傳熱性、熱收縮性、降熱性、熱轉移性

#### 4. 化學性的機能

反應性、觸媒性、吸著性、耐腐蝕性、離子化性、共溶性、接合／融著性

#### 5. 光學性的機能

透光性、電-光變換性、應力-光變換性、螢光發光性、勵起發光性  
光反射性、熱-光變換性

#### 6. 生物性的機能

酵素反應性、生物拒否性、生物成長性、選擇透析機能、生體適合性、生物反應性

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 3-2 適用製品形態

粉體類似體、纖維類似體、粒狀體多孔性軟質體、多孔性硬質體、  
緻密性軟質體、緻密性硬質體、構造化成形體、異種基材複合體、  
厚板（單體、複合）、薄葉（單體、複合）

## 3-3 利用領域之技術性要求要件

燒結／燒成適性、成形加工適性、高純度化、精密加工適性、  
接合／接著／融合、大型／小型、孔徑控制、表面處理、成膜性、  
單一化（複合化）、多孔／緻密化、透明／不透明化、  
反應（促進、控制）、分別固定溶出（促進、制御）、  
以往技術關係（置換、共存、新型）

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## ■ 4. 複合材料加工

- 將纖維與其他材料（有機材料、無機材料、金屬材料）複合、或與新素材配合製備複合材料圖 2，使紙製品具有特殊之機能。
- 圖中顯示各種材料複合後可能賦與之機能，以紙為基質配合其他複合材料有機材料、無機材料、金屬材料等加工後可能賦與新機能之機能紙。

# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 4. 複合材料加工

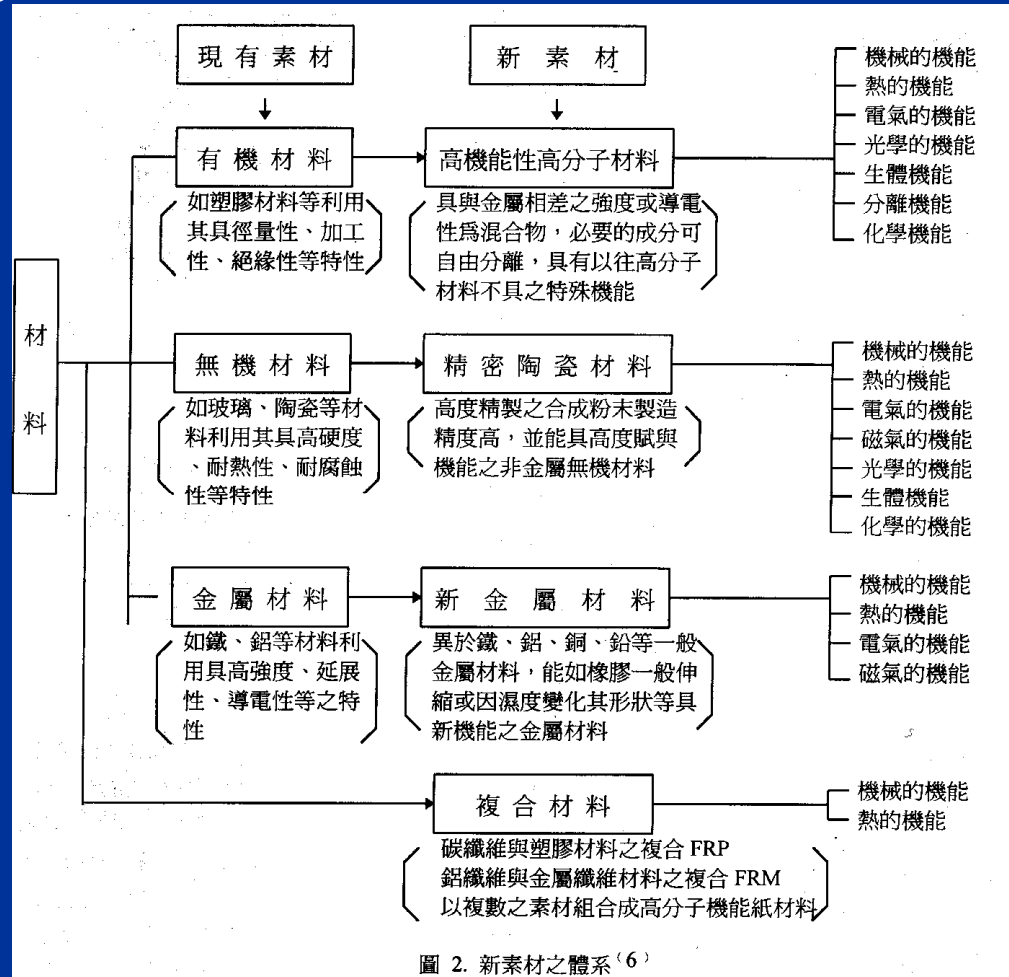
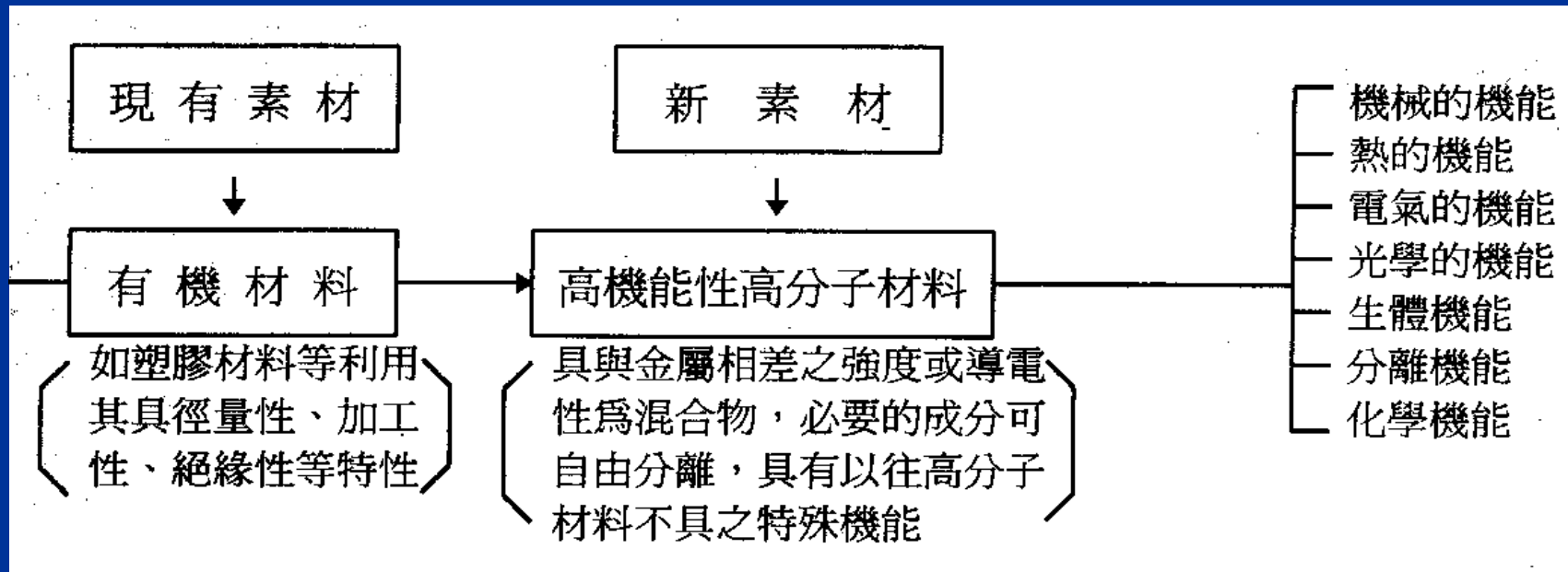


圖 2. 新素材之體系 (6)

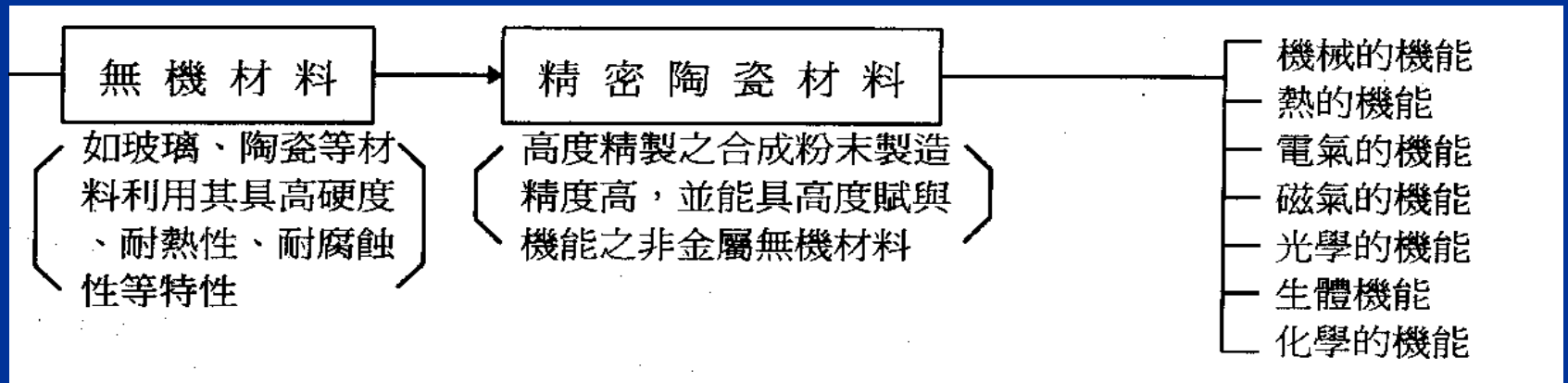
# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 4. 複合材料加工



# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 4. 複合材料加工



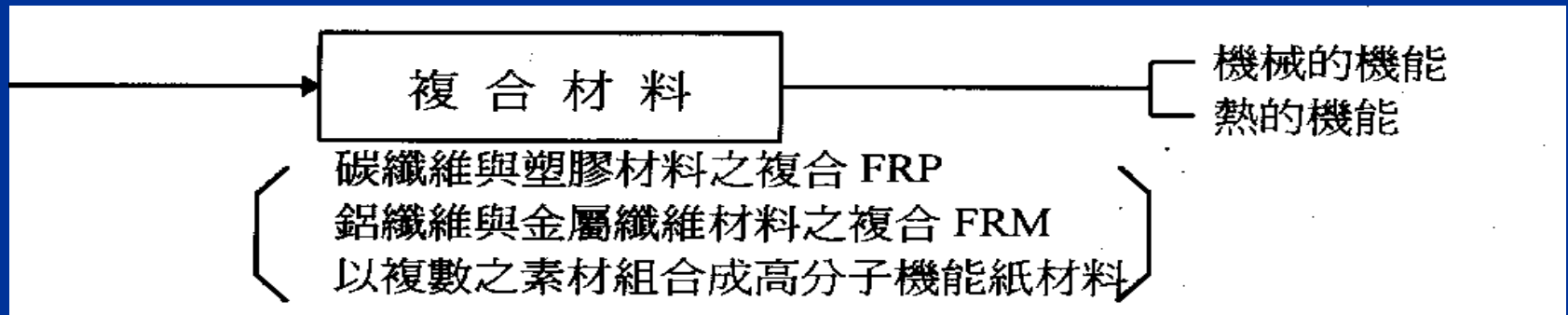
# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 4. 複合材料加工



# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 4. 複合材料加工




FRP : Fiber Reinforced Plastic (纖維強化塑膠)

FRM : Fiber Reinforced Metal (纖維強化金屬)



# 三、機能紙張的機能性的賦與

## 5. 各種機能的結合

 依產品特性需求，將各種不同機能之紙張加以結合成組合不同機能之紙張其他材料，而得到具有組合性機能的紙品。

 高鐵車票

## (二)、紙張機能性賦與之流程

■以上述方法賦與紙張機能性時，應對應造紙製程、及選擇賦與之部位、及賦與機能之方式才可。

造紙工程可大分為四個步驟

- (1). 纖維的選擇、紙料調整工程。
- (2). 紙料在水中均一分散、抄造、濕紙匹成形工程。
- (3). 乾燥工程。
- (4). 後加工工程。

## (二)、紙張機能性賦與之流程

- 材料本身之機能化在一般的加工流程中，首先須改慮選擇具何種機能之纖維，此動作影響最終產品機能性賦與的最大。
- 其次再將纖維均一分散後選擇形成纖維間結合的結合劑，
- 決定纖維配向的抄紙設備或抄紙技術，或變化濕紙至乾紙工程中間之表面特性加工。
- 在最後加工後再行變更形狀或將產品組合以期能發揮機能性至最大。

## (二)、紙張機能性賦與之流程

以上述方法賦與紙張機能性時，應對應造紙製程、及選擇賦與之部位、及賦與機能之方式才可。造紙工程可大分為

- (1). 纖維的選擇、紙料調整工程。
- (2). 紙料在水中均一分散、抄造、濕紙匹成形工程。
- (3). 乾燥工程。
- (4). 後加工工程四個步驟。

## (二)、紙張機能性賦與之流程

■ 近年來，可說一般機能化工程之重點均轉往複合材料，一種材料之缺點由另一種材料來補強、或強化兩者材料之優點，

■ 複合化之手法在造紙工程中有

- (1). 纖維的選擇，在紙料調整作業中混合以複數的纖維、填充劑、或上膠劑，必要時更添加紙力增強劑、剝離劑、甚至他化學藥劑等。
- (2). 在第2個階段中與上述單項材料之做法無甚大差異。
- (3). 在濕紙至乾紙之工程中以抄合之方式進行複合。
- (4). 塗佈、含浸、層積、著色等加工。

## (二)、紙張機能性賦與之流程

■ 如此一來

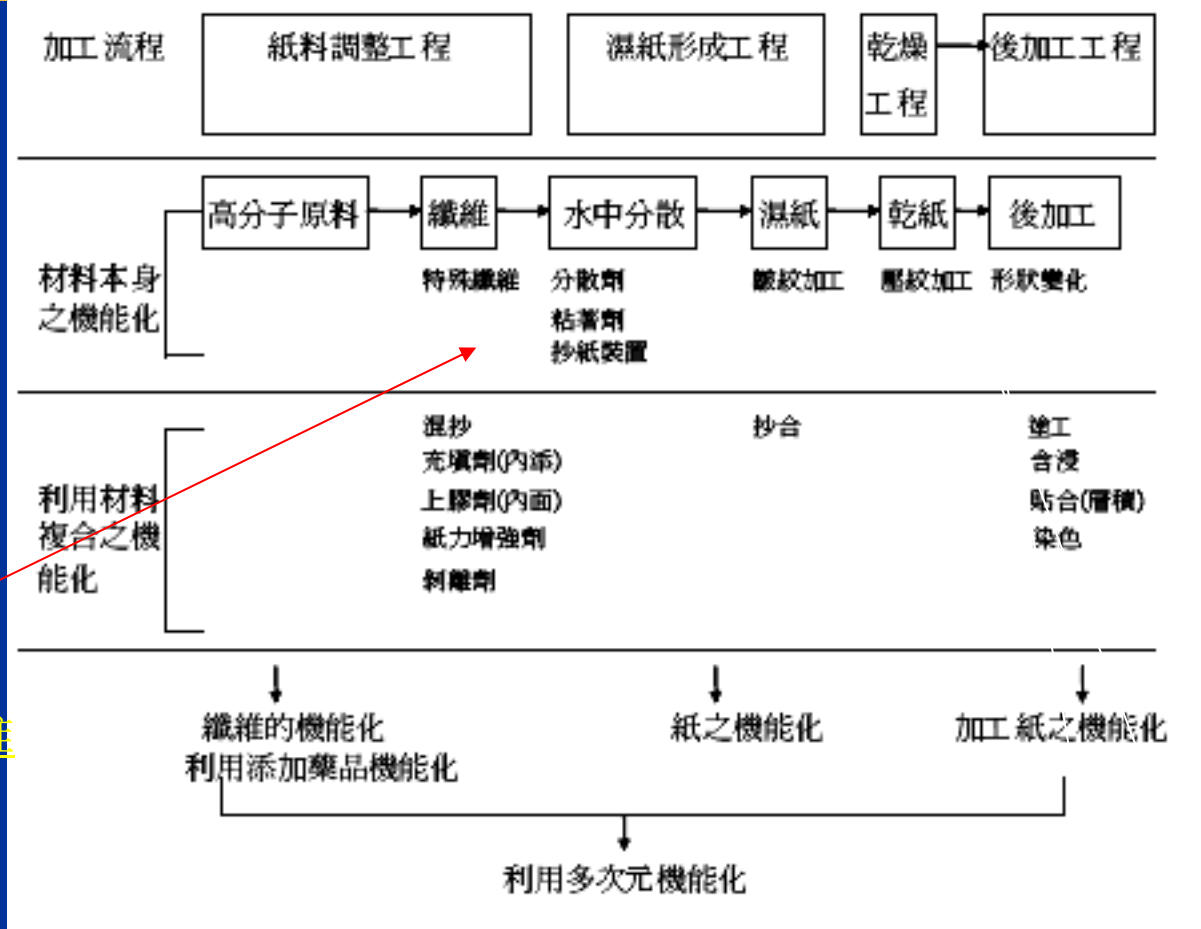
■ 在造紙工程中之機能賦與在(1)、(2)工程中進行構成紙纖維的機能化，或與纖維共存之添加藥品的機能化。

■ (3) 與(4)工程段則進行素材的機能化、及加工紙的機能紙作業。

■ 以上之總結可歸納圖示於圖 3

■ 在那一工程中進行那種機能賦與最適合呢，其答案應為「依目的、加工難易、經濟性等而有所不同的選擇」。

# 三、紙張機能性的賦與



(1)、(2)工程中進行構成紙纖維的機能化

(3) 與(4)工程段則進行素材的機能化、及加工紙的機能紙作業。

# 三、紙張機能性的賦與

## 5. 各種機能的結合

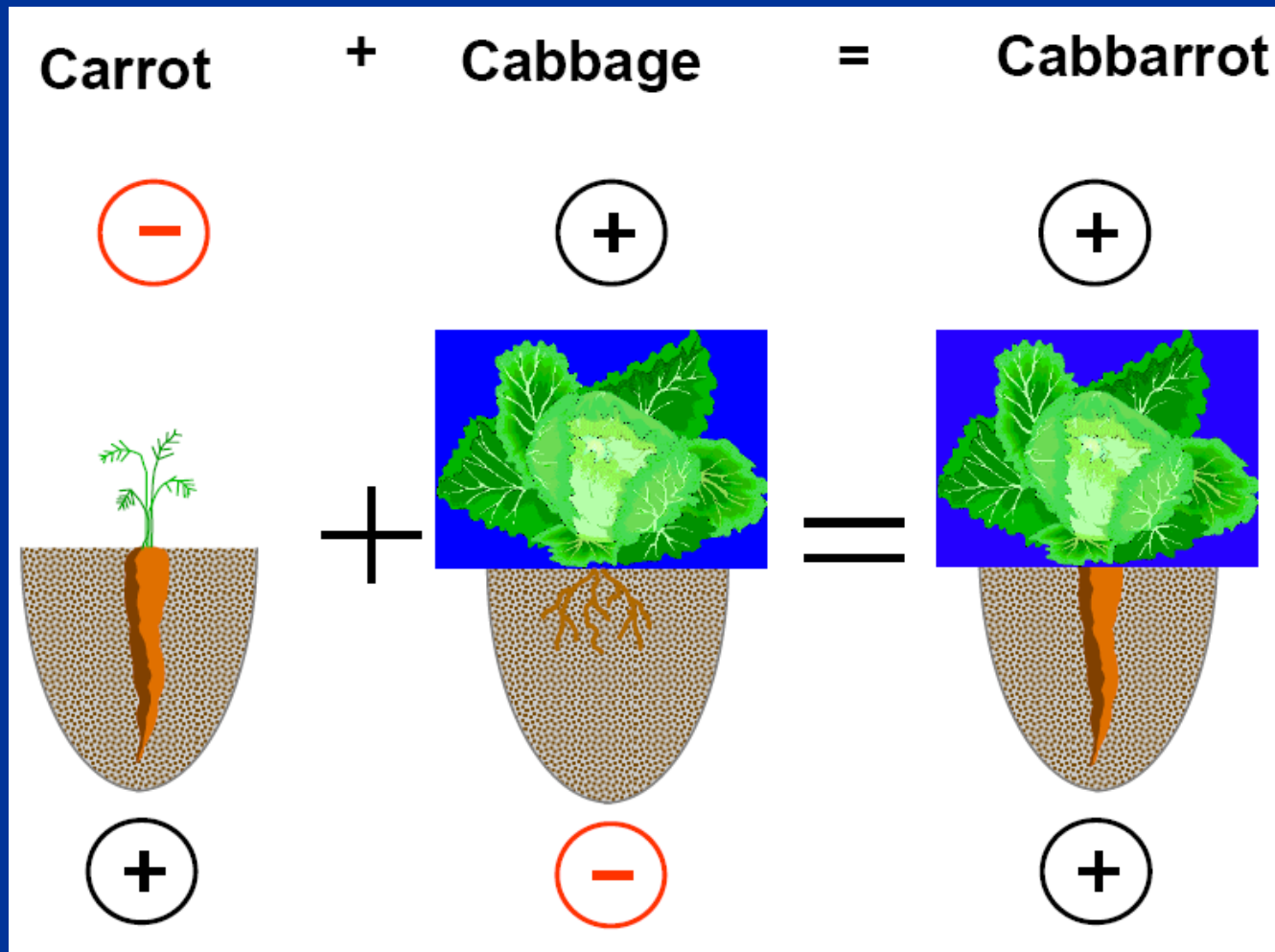
-  依產品特性需求，將各種不同機能之紙予以結合成組合不同機能之紙張或其他材料而得到具有組合性機能的紙品。



# 機能加工

- 單就原料之本質而言，機能性之高分子材料，可以製成機能性之纖維或合成紙漿，而使用機能性纖維所抄造成之紙張，同時具有也纖維原料之化學特性與物理性質
- 例如以具備高限氧指數之難燃芳香族聚醯胺高分子可以紡成難燃纖維，亦可進一步抄成難燃之紙張，
- 如此之機能性來源對於電氣絕緣性、導電性、耐溫性、抗化學性、吸水性、... 等等，均可以應用相同之推演，而賦予紙張種種之機能性。

# Hybrid System Design



## 機能加工

### 另外紙張之性能亦可受到纖維原料之幾何形態之影響

- 例如纖維之長短與長度分布可以影響紙張之力學強度
- 纖維之細度可以影響紙張之剛性
- 纖維之細度分布可以影響紙張在空氣過濾時之過濾效率與過濾阻力
- 中空之纖維可賦予紙張保溫性
- 異形斷面之纖維在外觀上可呈現特殊之光澤

# 各業種使用高機能紙

# 各業種使用高機能紙

## (1). 農業及園藝領域(水產、農、林業)

鮮度保持紙袋或紙箱、水果套袋外袋、農業用多用途紙匹、育苗袋、鉢。

## (2). 無機纖維製品領域(礦業領域、玻璃、土石製品)。

蜂巢狀(honeycomb)構造材、化粧材、渦卷型墊片(墊圈；gasket)、防火壁紙、耐熱-抗燃絕緣帶、光觸媒担持無機纖維紙、玻璃纖維紙、碳炭纖維紙。

# 各業種使用高機能紙

## (3). 建築、土木領域

難燃壁紙、防燃性紙、斷熱紙匹、薄片狀加熱器(plane heater fuser)、空氣清淨過濾材、消臭・吸濕紙、殺虫驅虫紙、結露防止紙、防音斷熱防濕紙。

## (4). 食品領域(食品)

滴濾(Drip)吸收領域、吸油領域、耐水耐油性領域、吸水・吸油性瓦楞紙箱，包裝紙箱用紙。

# 各業種使用高機能紙

## (5). 化學領域(石油・碳製品，橡膠製品)

離子交換領域、偽造防止領域、光致變色  
(Photochromic)紙

## (6). 健康・醫療領域(醫藥品)

抗菌紙、醫療用被覆保護領域、防蹣、蚤領域、創傷  
被覆領域

## (7). 金屬領域(鉄鋼，非鉄金屬、金屬製品)

電磁波遮蔽(Shielded)、軟性印刷電路基板 (Flexible  
print)、安全線(紙)，磁性記錄用紙

# 各業種使用高機能紙

## (8). 電機・電子領域(電氣機器・電氣・瓦斯業，情報通信業)

電池隔離紙，CD DISC用保管盒・電氣音響用振動板・印刷配線板，耐熱絕緣領域，固体電解電容器用隔離紙，耐熱絕緣紙・預浸料(prepreg)領域・雲母領域，線圈絕緣紙、變換器用變壓器絕緣紙，難燃性絕緣紙，低誘電佳絕緣紙。

## (9) 運輸領域(海運業・輸送機械・空運業，陸運業・倉庫運送関連業) 離合器(Clutch)板，自動車用濾氣器

## (10) 生活及福祉領域(銀行業・服務業・保險業)

空氣清淨化用過濾、集塵紙、袋式過濾器(Bag filter)、美顏用面膜、馬桶清潔紙、耐水性脫臭紙、電子微波對應領域，感熱性記錄標籤・離型紙，粘着紙



# 各業種使用高機能紙

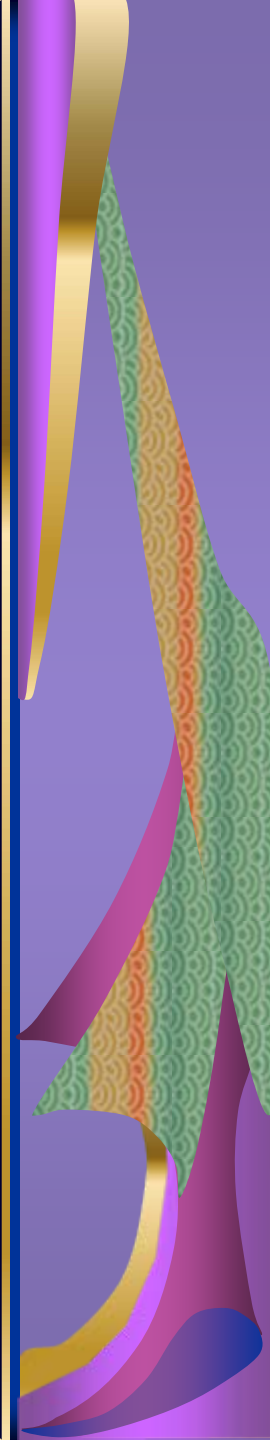
## (11) 環境保全領域

電氣掃除機用集塵袋，紙多用途領域，紙塑(Pulp mold)，可再生用標籤原紙

## (12) 特殊機能領域(機械・精密機械等)

高強度・高彈性率機能紙，耐熱性機能紙  
以上概略的介紹何種業種使用的對應機能紙

# 機能紙應用趨勢



# 機能性包装材料開発の最新動向

株式会社 東レリサーチセンター

# 機能性包装材料の開発最新動向

- 第1章 機能性包装材料の現状と将来動向
- 第2章 氣體阻隔性・保香性包装材料の開発動向
- 第3章 生分解性包装材料の開発動向
- 第4章 因應環境対策之包装材料の開発動向
- 第5章 易開封性・再封性包装材料の開発動向
- 第6章 鮮度保持包装材料の開発動向
- 第7章 紙・瓦楞紙板製包装材料の開発動向
- 第8章 玻璃材質包装材料の開発動向
- 第9章 金属製包装材料の開発動向
- 第10章 耐熱性包装材料の開発動向
- 第11章 容器包装リサイクル法と機能性包装材料

# 第7章 紙・瓦楞紙板製包装材料の開発動向

7・4 強化段ボール箱

7・5 防水段ボール箱…

7・6 断熱段ボール箱…

7・7 鮮度保持段ボール

7・8 緩衝性段ボール

7・9 防蝕段ボール

7・10 バッグインボックス

7・11 凸版印刷の脱アルミ箔紙パック 「EP-PAK・GL」

7・12 紙系包装材料開発の最新動向

# 第10章 耐熱性包装材料の開発動向

10.1 各種包装材料用耐熱樹脂

10.2 電子レンジ用包装材料

10.3 デュアルオーブンブル(dual ovenable)包装材料

10.4 (retort；加圧加熱殺菌装置) 殺菌用包装材料

10.5耐熱性包装材料開発の最新動向

# 高機能紙の新展開

*New Development of High Performance Paper*

監修：小林良生

*Supervisor : Yoshinari Kobayashi*

# 高機能紙の新展開

## 第1編 總論

第1章 緒言—機能紙の範幅とその展開—

小林良生

第2章 オンリーワンとしての機能紙研究会

稲垣 寛

第3章 機能紙商品の種類，市場規模及び寿命

小林良生



# 第1編 總論

## 第1章 緒言—機能紙の範幅とその展開— 小林良生

1. 機能紙のカバーする分野とは
2. 技術から市場へ
3. 形成された機能紙の市場とは
4. 本書の構成と出版されている類書

## 第二章 オンリーワンとしての機能紙研究会 稲垣 寛

1. はじめに
2. 機能紙とその社会的意義
3. 機能紙研究会の歴史と技術の流れ
4. これからの機能紙研究会

## 第3章 機能紙商品の種類，市場規模及び寿命 小林良生

1. 機能紙商品の種類
  - 1.1 機能分類に基づく機能紙
  - 1.2 加工紙から見た紙の分類
2. 機能紙商品の製造企業と市場規模の推定
3. 機能紙の商品寿命
4. 研究開発動向調査

# 第2編 機能紙用原料繊維

第1章 天然繊維の機能化，機能紙化

尾鍋史彦

第2章 最近の機能紙用化合繊

小林良生

第3章 機能性レーヨン

有持正博

第4章 SWP (ポリオレフィン)

庄司昌紀

第5章 製紙用ビニロン繊維

林 英男

第6章 ポリエステル繊維

稲垣健治

第7章 アクリル繊維

小林秀章

第8章 アラミド繊維

小管一彦

# 第2編 機能紙用原料繊維

## 第1章 天然繊維の機能化，機能紙化

尾鍋史彦

1. はじめに
2. 天然繊維の分類
3. 天然繊維各論
4. 新しい天然繊維素材
5. 天然繊維の機能化
6. 天然繊維の機能紙化
7. 天然繊維の先端技術動向
8. 機能紙開発における天然繊維の新たな役割

# 第2編 機能紙用原料繊維

## 第2章 最近の機能紙用化合繊

小林良生

### 1. 機能紙発展史における原料繊維の変遷

### 2. 製紙用繊維としての要件

#### 2.1 繊維長と繊維長分布

#### 2.2 比重の調整

#### 2.3 水の濡れ性

#### 2.4 繊維間結合の形成

### 3. 汎用化合繊からの製紙技術

### 4. 最近の抄紙用機能性化合繊

#### 4.1 再生繊維

##### 4.1.1 レーヨン繊維

##### 4.1.2 リヨセル繊維・

#### 4.2 合成繊維

##### 4.2.1 ポリオレフィン

##### 4.2.2 ビニロン繊維

##### 4.2.3 アクリル系繊維・

##### 4.2.4 ポリアミド繊維

##### 4.2.5 ポリエステル繊維

##### 4.2.6 有機系特殊繊維

#### 4.3 無機繊維

### 5. おわりに

# 第2編 機能紙用原料繊維

## 第5章 製紙用ビニロン繊維 林 英男

1. はじめに
2. 製紙用ビニロンの種類・
3. VPバインダー繊維
4. VP主体繊維
5. VPの用途
  - 5.1 アルカリマンガン電池セパレーター…
  - 5.2 粘着テープ原紙・
  - 5.3 育苗用ポット・
  - 5.4 有価証券紙・
  - 5.5 障子紙・
  - 5.6 床材・壁材のバ・ソッキング
  - 5.7 エア・フィルター・
6. 分析方法
  - 6.1 VPバインダー
  - 6.2 VP主体繊維
7. 機能性VP
  - 7.1 超扁平断面VP主体繊維:VMH
  - 7.2 太繊維剛直VP主体繊維:REC
  - 7.3 ガラス用VPバインダー:SPG
  - 7.4 ソルトフリーVPバインダー:MFH
8. わわりに

# 第2編 機能紙用原料繊維

## 第6章 ポリエステル繊維

稲垣健治

1. 日本でのポリエステル繊維
2. 紙(ペーパー)と湿式不織布の違い
3. 紙と湿式不織布と結合方法の違い
4. 湿式不織布の特徴
5. 湿式不織布用ポリエステル繊維
  - 5.1 レギュラー(主体)繊維
  - 5.2 芯鞘型バインダー繊維
  - 5.3 単一断面型バインダー繊維・
6. ポリエステル繊維を用いた不織布の特徴
  - 6.1 ポリエステル主体繊維の繊維長紙物性
  - 6.2 ハイインター繊維の比率と紙物性
7. エステル原綿開発の方向

## ■ 第7章 アクリル繊維 小林秀章

■ 1. アクリル繊維の特徴

■ 2. 高付加価値繊維…

■ 3. 今後の課題

## 第8章 アラミド繊維

小管一彦

- 1 はじめに
- 2 アラミド繊維の製法
  - 2・1 パラ系アラミド繊維
  - 2・2 メタ系芳香族ポリアミド高分子NOMEX コーネックス
- 3 アラミド繊維の物性値とその特徴
  - 3・1 アラミド繊維の物性値
  - 3・2 アラミド繊維の特徴
    - 3・2・1 ポリマーに起因する特徴
    - 3・2・2 繊維を構成している分子鎖に起因する特徴
4. アラミド繊維に関する抄紙関連特許
5. 用途
  - 5.1 アラミド繊維の各種製品形態
  - 5.2 用途
    - 5.2.1 用途の概要
    - 5.2.2 用途の具体例



# 第 3 編 機能紙の応用と機能性

## 第 1 章 農業・園芸分野

1. 育苗紙 小林良生
2. 鮮度保持紙 …………… 藤原勝義

## 第 2 章 健康・医療分野

1. 抗菌紙…………… 濱 義紹
2. 創傷被覆・保護材…………… 宮里和宏

# 第3編 機能紙の応用と機能性

## 第3章 生活・福祉分野

1. 粘着ラベル……………柴野宮田
2. 文化財修復保存関連用紙……………遠藤恭範
3. 超越紙……………八木 修, 岩宮陽子

## 第4章 電気・電子関連分野

1. 蓄電池デバイス用の機能紙セパレータ ……柿崎芳信
2. プリント配線板……………村山定光
3. 電磁波シールドと吸収…神田和典
4. 電気絶縁組……………矢野晴彦

## 第5章 運輸分野

1. 自動車用フィルタ……濱 義紹
2. 制動摩擦材 渋谷隆夫, 多田 弘

# 第3編 機能紙の応用と機能性

## 第6章 環境保全分野

1. 光触媒機能紙……………田中浩雄
- 2 生分解性プラスチック機能紙……………常盤豊, 楽陸生
- 3 未利用資源を利用した機能紙……………横田博志
  - 3.2 羽毛粉末配合紙・
  - 3.3 卵殻膜粉末配合紙・
  - 3.4 茶殻配合紙・
- 4 機能性フィルター…
  - 4.1 活性炭ペーパーとそれを用いた吸フィルター……………林 敏昭
  - 4.2 ゼオライトペーパーとその応用 ……………浅野 學

# 第7章 特殊機能分野

## 1. 熱的特性

1.1 耐熱性機能紙の応用展開……………黒澤正司

1.2 感熱紙……………島田浩一

## 2 光学的特性

2.1 感光紙……………島田浩一

2.2 フォトクロミック紙……………藤原勝壽

## 3 磁氣的機能

3.1 磁性パルプ紙……………藤原勝義

# 第 1 章 農業 ・ 園芸分野



## 1. 育苗紙 小林良生

1.1 育苗紙とは

1.2 種子シート

1.3 育苗ポット

1.3.1 ペーパーポット及び紙に準じたポリマーからのポット

1.3.2 モールド法ポット

1.3.3 育苗ポットによる栽培例

1.4 組マルチ

1.5 防草紙・除草紙，温床紙及び遮光紙

1.6 育苗紙の今後の展開

## 2. 鮮度保持紙 ……………藤原勝義

2.1 はじめに

2.2 鮮度保持段ボール紙の理論

2.3 鮮度保持段ボール紙の製造法

2.4 鮮度保持段ボール紙の特徴

2.4.1 ガス透過性

2.4.2 貯蔵試験結果

2.5 まとめ

# 第2章健康・医療分野

## ■ 1. 抗菌紙……………濱 義紹

- 1.1 はじめに
- 1.2 微生物の種類と細菌の位置づけについて
- 1.3 微生物の大きさ比較
- 1.4 微生物の毒力
- 1.5 微生物制御の方法
- 1.6 抗菌とはなにか
- 1.7 抗菌剤の種類
- 1.8 抗菌加工の目的と範囲
- 1.9 抗菌製品の安全性と規格
- 1.10 銀系先触媒型抗菌紙
- 1.11 酸化チタン系光触媒型抗菌紙
- 1.12 銀・光触媒と酸化チタン光触媒の棲み分け
- 1.13 ウィルス失活効果の確認と用途拡大
- 1.14 今後の研究開発の方向
- 1.15 おわりに

# 第2章健康・医療分野

- 2 創傷被覆・保護林 ……宮里和宏
  - 2.1 緒言
  - 2.2 試料調製
  - 2.3 試験
    - 2.3.1 溶出性試験
    - 2.3.2 抗菌性能試験
  - 2.4 安全性試験
    - 2.4.1 急性毒性・皮内反応および発熱性物質試験
    - 2.4.2 エンドトキシン試験
    - 2.4.3 復帰突然変異試験
    - 2.4.4 皮下埋植試験，
    - 2.4.5 皮膚感作性試験・
    - 2.4.6 細胞毒性試験・
    - 2.4.7 皮膚一次刺激性試験・
  - 2.5 薬理試験・
  - 2.6 臨床試験・
  - 2.7 考察・
  - 2.8 まとめ…

# 第3章 生活・福祉分野

## 1 粘着ラベル……………柴野宮田

- 1・1 まえがき
- 1・2 粘着ラベルとテープ
- 1・3 粘着ラベルの種類
  - 1・3・1 ラベル基材による分類
  - 1・3・2 粘着特性による分類
  - 1・3・3 用途による分類
  - 1・3・4 ラベルに使われている粘着剤、剥離紙
- 1・4 粘着ラベルのつくり方
- 1・5 粘着ラベルの動向
- 1・6 あとがき

## 2 文化財修復保存関連用紙……………遠藤恭範

- 2・1 はじめに
- 2・2 本紙の補修紙
- 2・3 表具用紙
- 2・4 修復作業紙
- 2・5 保存用紙等
- 2・6 おわりに



# 第3章 生活・福祉分野

## 3 超越紙……………八木 修，岩宮陽子

### 3・1 はじめに

### 3・2 超越紙の作成方法

#### 3・2・1 セルロース繊維の改質方法

#### 3・2・2 ゼル―ゲル法の応用

### 3・3 超越紙の物理特性

### 3・4 応用例

### 3・5 環境との関わり(超越紙は環境との関わりを大切にする)

### 3・6 おわりに

超越紙（ちょうえつし）とは、表面に珪素化合物（アルコキシシラン）を主成分とした薬剤をコーティングした特殊紙の一種である。紙に耐水性や防汚性、耐熱性などガラスに近い性能を付加することができる。

# 第5章 運輸分野

## 1. 自動車用フィルタ.....濱義紹

1・1 はじめに・

### 1・2 自動車用フィルタの種類

1・2・1 エンジン用

1・2・2 トランスミッションオイル用フィルタ

1・2・3 キヤビンフィルタ(車室用)

1・2・4 排気ガス用

1・3 フィルタ素材の棲み分けと素材の変遷

1・4 フィノレタ原紙の作り方の変遷

1・5 薬品処理の違いによるフィルタタイプ

1・6 自動車エンジンの動きとフィルタの今後

1・7 日本国内のフィルタ需要

1・8 世界のフィルタ需要

1・9 おわりに



## 2. 制動摩擦材

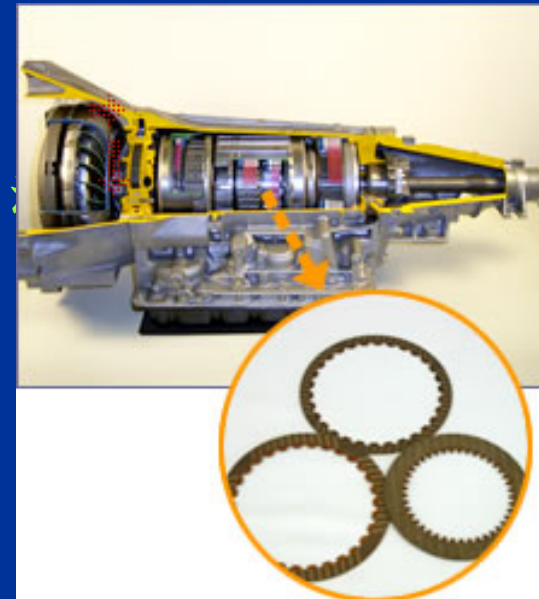
2.1 制動摩擦材の歴史

2.2 ペーパー摩擦材を用いた自動変速機用クラノチ板の製造方法

2.3 ペーパー摩擦材の構造と特徴...

2.4 ペーパー摩擦材の用途...

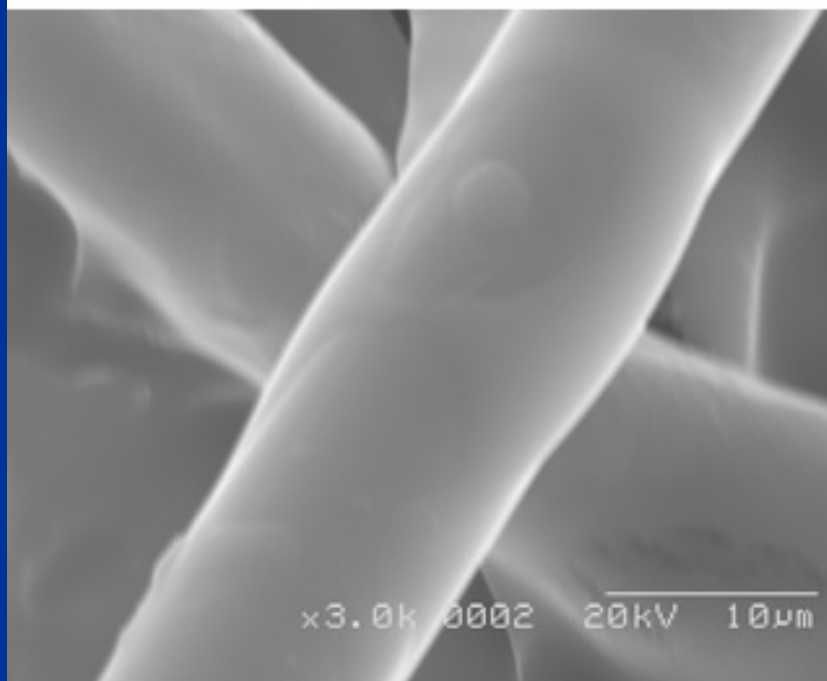
2.5 ペーパー摩擦材の今後...



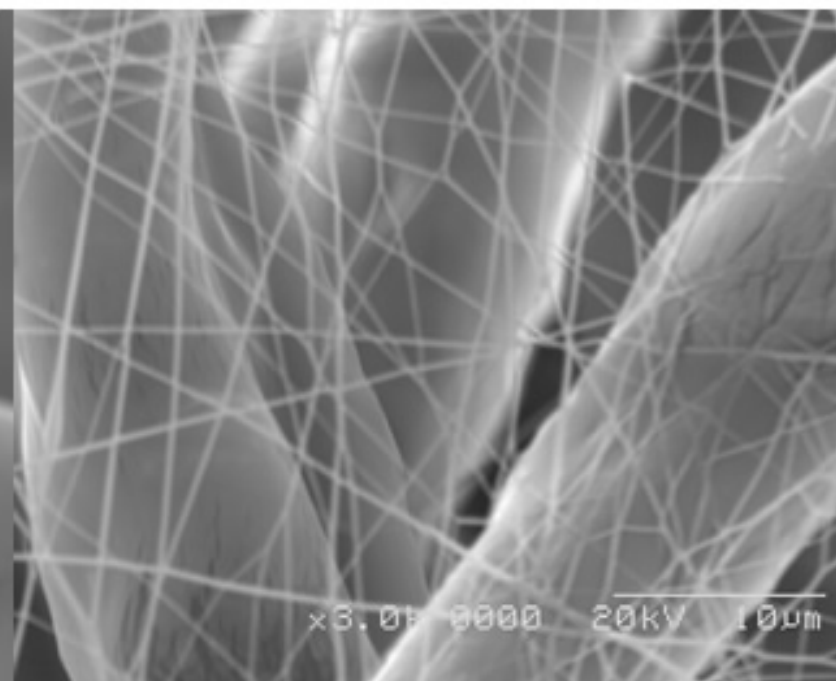


当社一般フィルターメディア

NANOWOVEN



3.0K倍(SEM)



3.0K倍(SEM)



蜘蛛の巣状のナノファイバーの確認ができます。

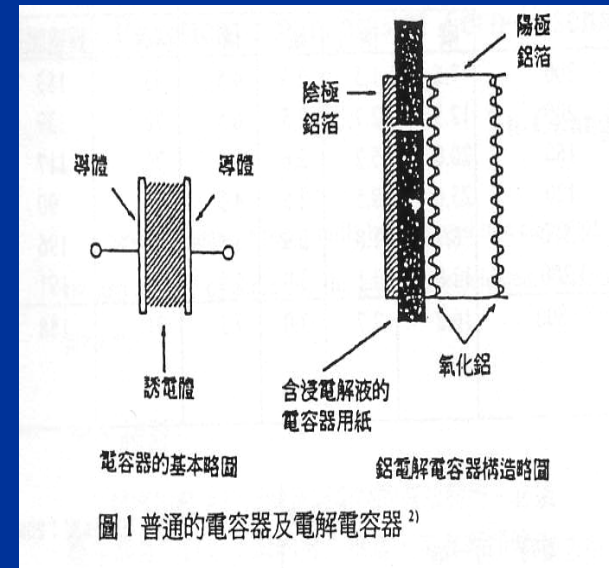
# 第4章 電機・電子関連分野

## 1. 蓄電池デバイス用の機能紙セパレータ ……柿崎芳信

- 1.1 セパレータの機能
- 1.2 蓄電デバイスとセパレータの種類
- 1.3 鉛蓄電池用セパレータ
- 1.4 密閉鉛蓄電池用セパレータ
- 1.5 EDTC用セパレータ
- 1.6 高分子電解質型燃料電池(PEFC)の補強材

## 2 プリント配線板 ……村山定光

- 2.1 はじめに
- 2.2 適用される有機繊維の種類と製法
- 2.3 繊維材料の使用形態と特徴
- 2.4 湿式抄造技術
- 2.5 プリプレクの作製
- 2.6 プリント配線板の特性
- 2.7 今後の展開
- 2.8 プリント配線板関連規格(参考)
- 2.9 おわりに



# 第4章 電機・電子関連分野

## 3 電磁波シールドと吸収…神田和典

- 3.1 電磁波シールドと電波吸収作用について
- 3.2 電磁波の作用
- 3.3 紙の特徴
- 3.4 電磁波シールド
- 3.5 電磁波シールド紙の実際
- 3.6 電磁波吸収体
- 3.7 弱い電波吸収体
- 3.8 結び

## 4 電気絶縁組……………矢野晴彦

- 4.1 電気絶縁紙の種類と用途
  - 4.1.1 通信ケーブル用電気絶縁紙
  - 4.1.2 コンデンサー用電気絶縁組
  - 4.1.3 変圧器用電気絶縁組
  - 4.1.4 電力ケーブル用電気絶縁組
- 4.2 電気絶縁組特性を決める要因

# 第6章 環境保全分野

## 1. 光触媒機能紙.....田中浩雄

1

・1 はじめに

1・2 光触媒の応用分野

1・3 光触媒の原理

1・4 光触媒機能紙

1・5 光触媒機能シート

1・6 ハイブリット化酸化チタン

1・7 光触媒と他材料の複合化による機能の向上

1・8 おわりに

# 第6章 環境保全分野

## 2 生分解性プラスチック機能紙……………常盤豊，楽陸生

2・1 はじめに

2・2 生分解性プラスチックの利点

2・3 生分解性プラスチックの代表例

2・4 分解微生物の分布状況

2・5 環境から分離した微生物によるポリエステル分解

2・6 カルチャーコレクションに保存された微生物によるポリエステル分解

2・7 酵素によるポリエステル分解

2・8 生分解性プラスチック機能紙

2・9 今後の課題



# 第6章 環境保全分野

## 3 未利用資源を利用した機能紙……………横田博志

3・1 はじめに・

### 3・2 羽毛粉末配合紙・

3・2・1 羽毛の構成・

3・2・2 羽毛の粉碎・

3・2・3 羽毛粉末の成分組成・

3・2・4 羽毛粉末配合紙の抄紙…

3・2・5 羽毛粉末配合紙の機能・

### 3・3 卵殻膜粉末配合紙・

3・3・1 卵殻膜の成分組成…

3・3・2 卵殻膜粉末配合紙の用途

### 3・4 茶殻配合紙・

3・4・1 茶殻の成分組成…

3・4・2 茶殻配合紙の機能・

3・4・3 茶殻配合紙の用途・

3・4・4 おわりに…

# 第6章 環境保全分野

## 4 機能性フィルター…

### 4.1 活性炭ペーパーとそれを用いた吸フィルター……林 敏昭

- 4.1.1 はじめに
- 4.1.2 吸着フィルターの形式
- 4.1.3 ハニカム型フィルター
- 4.1.4 プリーツ型フィルター
- 4.1.5 おわりに

### 4.2 ゼオライトペーパーとその応用……浅野 學

- 4.2.1 ゼオライトペーパーとは
- 4.2.2 湿式抄紙法によるゼオライトペーパーの特徴
- 4.2.3 使用ゼオライトの選定
- 4.2.4 ゼオライトハニカム
- 4.2.5 ゼオライトハニカム吸着濃縮装置と特性

# 第7章 特殊機能分野

## 1. 熱的特性

1・1耐熱性機能紙の応用展開……………黒澤正司

- 1・1・1 はじめに
- 1・1・2 無機繊維
- 1・1・3 ハニカムフィルタ

1・1・4 おわりに  
 CARMIX (黒鉛シート、炭素繊維シート、活性炭繊維シート、活性炭シート)



	黒鉛シート	炭素繊維シート	活性炭シート・活性炭繊維シート
製品用途別	<a href="#">家電用</a>	<a href="#">産業用</a>	<a href="#">空調用</a> 、 <a href="#">液体処理用</a> 、 <a href="#">気体処理用</a> <a href="#">自動車用</a>
産業分野別	<a href="#">電気</a>	<a href="#">環境・気体処理</a> <a href="#">エネルギー</a> <a href="#">電気</a>	<a href="#">環境（水処理）</a> 、 <a href="#">環境（気体処理）</a> <a href="#">住宅関連</a>
製品機能別	<a href="#">電気シール性</a>	<a href="#">電気</a>	<a href="#">環境改善</a>
素材機能別	<a href="#">摩擦・摺動シール性</a>	<a href="#">高強度</a> <a href="#">導電性</a>	<a href="#">吸脱着素材</a>

# 第7章 特殊機能分野

1

1・2 感熱紙 …………… ……島田浩—

- 1・2・1 はじめに
- 1・2・2 感熱紙の特長
- 1・2・3 感熱紙の高機能化
- 1・2・4 フルカラー型感熱紙
- 1・2・5 リライタブル感熱記録紙
- 1・2・6 おわりに

## 2 光学的特性

### 2・1 感光紙…………… 島田浩一

2・1・1 はじめに

2・1・2 感光紙の特長

2・1・3 一般的なジアゾ感光紙の発色原理

2・1・4 熱現像タイプ(ポジ)

2・1・5 熱現像タイプ(ネガ)

2・1・6 おわりに

### 2・2 フォトクロミック紙…………… 藤原勝壽

2・1・1 はじめに

2・1・2 フォトクロミック紙の製造法

2・1・3 フォトクロミック紙の特徴

2・1・4 フォトクロミック紙の応用

2・1・5 おわりに

## 3 磁氣的機能

### 3・1 磁性パルプ紙……………藤原勝義

#### 3・1・1 はじめに

3・1・2 マグネタイト内腔充填パルプの調製

3・1・3 フェライト向脛充填パルプの調製

3・1・4 磁性パルプ紙の製造とその磁気特性

3・1・5 磁性パルプ細胞壁細孔の電子顕微鏡観察

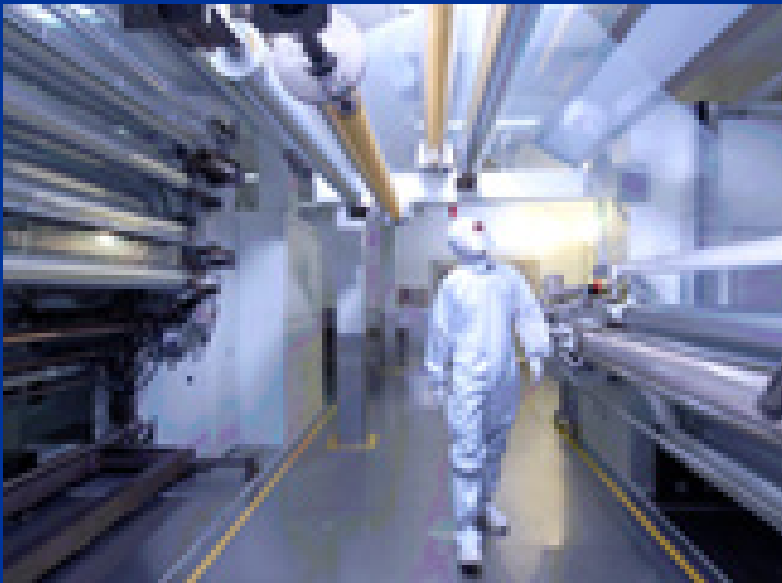
油や水がしみ出しにくい紙

**耐油耐水紙** フッ素系・非フッ素系

<http://www.lintec.co.jp/products/paper/function/food/lineup.html>

# 『 Clean paper 』





 [http://www.lintec.co.jp/products/paper/function/pickup/clean\\_paper.html](http://www.lintec.co.jp/products/paper/function/pickup/clean_paper.html)





# 四、國內機能紙的展望

## 現況及危機

-  十年來，國內紙與紙板的消費量，以及原料紙漿和廢紙漿量都增加了。
-  在2004年，紙及紙板的消費量為445.8萬噸中，廢紙的使用量約400萬噸佔79.0%，原生紙漿的消費量為92.5萬噸佔21.0%。
-  換言之，即國內製漿只佔整個使用漿的4.81%。製造所需之原料木片約為100萬噸來看，製漿原料木片98%需依賴進口。
- 

## 四、國內機能紙的展望

### 現況及危機

- 近年來國內外生態保育觀念深植，森林資源擁有國採伐意願降低，料源之供給也漸不樂觀，常有斷料之虞。
- 廢紙紙漿使用率則在這十年期間維持在75-80%左右，所需之廢紙60%來自國內，其餘40%左右則是仰賴進口補充，利用廢紙做為製漿料源可節省資源和能源，並減少污染。

# 四、國內機能紙的展望

## 現況及危機

由於時代進步與新興科技產業之發展，使得人們之文化型態與生活方式均在演進，昔日機造紙之蓬勃發展，大幅取代傳統手工紙，造成產業之興替。

原料取。技機依，因主業微亦導，都是產式紙場，成本終手之，除本文終手之，高資傳消來多。不投屬將均量品。酬及紙爭應從紙報，殊競爭應從紙資移特，實際應特投外產破及今式業不或求理品之造力業尋備需高製人工不製必值張，手如多生價紙外統略很民加工以傳策路亦附傳不內發紙能來

## 四、國內機能紙的展望

### 現況及危機

- 目前機能紙類的用量，每年僅二萬餘噸，月平均銷量為一千八百餘噸，僅佔國內紙張市場銷售總量1%左右；但由於機能紙應用範圍廣泛，機能性及附加價值高，國內中小型之生產特殊紙之紙廠，應善用學術研究單位之輔助，作妥善之生產規劃，朝向產品轉型之技術開發邁進，方可建立國內特殊紙產業之生存及發展空間。

## 四、國內機能紙的展望

### 未來及轉機

- 紙及造紙工業可分大分成兩大類(1)量產紙。(2)少量多樣之高附加價值產品來討論。

#### (1)量產紙

- 量產紙以平面媒體為主之紙種或汎用紙為中心自原料至產品製程合理化一貫成業，是相當重要的關鍵，成長與否則受(1)政策面及(2)機械設備之影響很大，如機能紙、藝術用紙等可以說訂做為主之紙種，要求產品之機能性或感性等，依賴高密集先進技術、基礎科學及精密儀器的支持才能有所發展。

## 四、國內機能紙的展望

- 量產紙雖可以數量創造利潤，但我國資源短少、能源依賴外國、工資高昂沒有開發之優佳性，必須朝製程合理化成長，並且一定重視後加工技術，追求研製及低成本高品質之產品今後才有與先進國家及開發中國家競爭。

---

# 貳、機能性高分子材料

# 一、原料與機能性高分子材料

---

- 探究、尋找『**物質**』的性質，**活用其特有性質**時才轉換成『**材料**』
    - 一般我們將物質的特有性質稱之為「物質的性質」，而將材料的特性稱之「材料的機能或性能」或單稱「材料的特性」。
  - 「材料的特性」可分為**機能 (function)與性能 (performance)**。
    - (1). 性能，一般是指材料的強度、耐熱性、透明性、耐化學藥品性等，換句話說受到外部刺激如外力、熱、光、電磁氣等物理性的刺激、或化學藥品等化學性的刺激材料所具有的抵抗能力。
    - (2). 機能，則是指防震、熱傳、壓電、分離、吸着等將物質輸入 (input)時，其質與量或是兩者均變化而輸出 (output)的作用。
- 利用『材料』時所具備的特性為機能性高分子材料必要條件。



# 一、原料與機能性高分子材料

- 機能性高分子材料

因此，機能性高分子材料因自外界的熱、光、電、壓力等對材料的刺激有所因應的能力，因此可將其定義為

「材料作業或應用時，具備對應所刺激因子具有選擇性、特異性的因應或動作的機能」。

- 機能性高分子材料是典型的系統材料，例如，電腦的小型化、高速化扮演重要角色的集積電路（IC、LSI、VLSI等），在

• 製造時必須使用具抗性(resist material)的高分子材料。

# 一、原料與機能性高分子材料

---

- 但是光是使用具抗性的高分子材料無法組成成品(電腦)。換句話說，機能性高分子材料是啟動成品(電腦)系統重要關鍵材料之一。
- 機能性高分子材料以高分子化學為重心，並不只限於應用化學工業的材料，可應應用在機械，電機・電子、物理、甚至醫學領域的材料，廣泛的在跨研究領域・跨業界領域上應用。
- 因此，在材料開發時必須由不同領域的研究機關的共同研究、共同開發，才能得到適合機能性的材料。
- 機能性高分子材料的開發研究必須有明確的目的，換句話說由需求面開始啟動。

# 一、原料與機能性高分子材料

---

- 構造型高分子材料的開發屬於嘗試(Sees)型的研究成果中產生。
- 機能性高分子材料開發研究目的較為明確，即因需求(needs)而產生。
- 如此定義機能性高分子的特性，為了開發更高性能、更高機能材料為目標。
- 高分子材料主要研究方向
  - (1). 高分子材料的合成法。
  - (2). 活用合成高分子特性之加工法。
  - (3). 2 種以上高分子素材的混合，生產複合機能性高分子材料之關鍵技術。

## 二、機能性高分子材料的分類

### (1). 依來源分類

天然高分子材料	合成高分子材料
<ul style="list-style-type: none"><li>● 動物性高分子材料 蠶絲，羊毛，皮革等</li><li>● 植物性高分子材料 木材，紙漿，澱粉等</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 熱可塑性高分子材料 PE、PP、PS、PVC、nylon、PS、PU</li><li>● 熱硬化性高分子材料 酚膠樹脂，尿素樹脂等</li></ul>

### (2). 依照組成與結合狀態分類

同質高分子材料	異質高分子材料
<ul style="list-style-type: none"><li>● 由單一單體所聚合高分子化</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 無規聚合物(random polymer)</li><li>● 嵌段聚合物(block polymer)</li><li>● 接枝聚合物(graft polymer)</li></ul> <p>結合的方式不同則性質完全不同</p>

## 二、機能性高分子材料的分類

### (3). 依照構造分類

無定形高分子	結晶性高分子
<ul style="list-style-type: none"><li>● 高分子鏈鎖複雜，且無一定的配列呈固態玻璃狀。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 高分子鏈有一定的配列形成微結晶，高分子由微結晶領域及無定形狀態領域形成構造。</li></ul>

### (4). 依照聚合反應的型式分類

附加聚合反應	縮合反應
<ul style="list-style-type: none"><li>● 游離基或離子進行聚合反應，所形成之高分子鏈的鍵結，的大部分為碳素-碳素鍵結。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 加熱所引起之聚合反應所形成之高分子鏈的鍵結除碳素以外尚含有氮、氧等異原子。</li></ul>

### 三、機能性高分子材料的特性

---

- 機能性高分子材料的魅力在由**分子量與分子量分布**、**分子形狀**、**集合狀態**的不同其下列性質也隨之變化。
  - (1). **粘彈性**…高分子材料的最大特徵之一，為固體材料但兼具液體的性質，換句話說，具有粘性、彈性兩種性質。
  - (2). **低比重**…較金屬材料等比重低為其特色。
  - (3). **加工性**…可利用在較低溫度的加工為其優點，相反的，不耐熱（一般以 300°C 為極限）。
  - (4). **生物可分解性**…天然高分子容易分解，但合成高分子則視構造而異。

# (機能性)包裝材料之要求特性(應用例)

1.衛生性、安全性、食品衛生法 2.抗張強伸度 3.破裂強度 4.撕裂強度 5.耐衝擊性 6.耐針孔性 7.挺度 8.滑溜性 9.抗粘著性(Blocking) 10.帶電防止性(靜電氣防止性) 11.氣體遮斷性 12.透濕度(水蒸氣透過性) 13.耐油性・耐藥品性 14.保香性(香氣保存性)	15.熱封強度 16.低溫熱封性 17.熱粘著性 18.夾雜物封閉性 19.耐壓強度 20.耐水性、吸水性 21.耐寒性 22.耐熱性 23.熱水・熱風收縮率 24.耐候性 25.透明性 26.遮光性 27.開封性 28.易開封性
---	--

[http://www.tcn.zaq.ne.jp/kanno/public\\_html/word.htm](http://www.tcn.zaq.ne.jp/kanno/public_html/word.htm)

---

# 參、纖維材料各論



# 纖維的分類

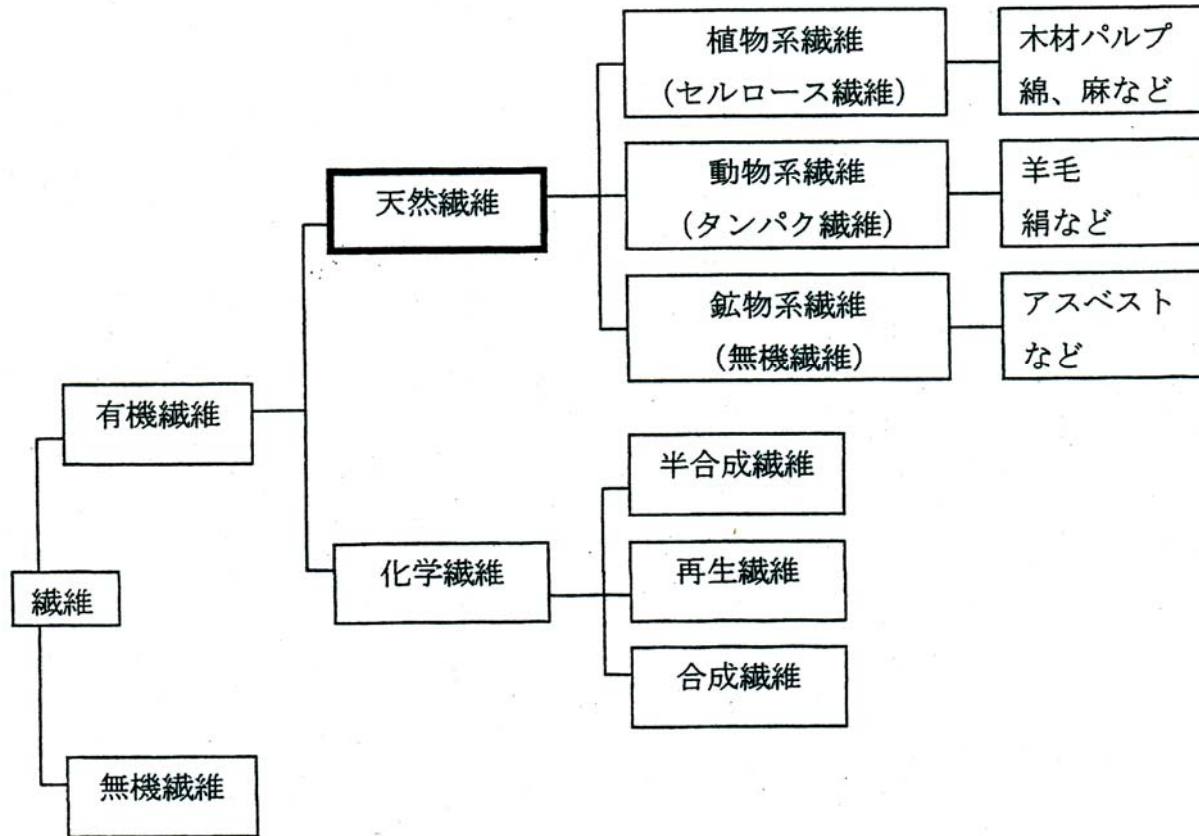


図 1 纖維の分類<sup>2. 4. 8)</sup>

# 主要的纖維素纖維

---

## 纖維素纖維

種毛纖維：棉花、棉絨、木棉

韌皮纖維：亞麻、苧麻、大麻、黃麻

葉脈纖維：馬尼拉麻、劍麻(sisal hemp)、西班牙

莖纖維：蔗桿、稻草、竹

木材纖維：針葉樹纖維、闊葉樹纖維

# 天然纖維(natural fibers)的種類

表 天然纖維(natural fibers)的種類

## 1 纖維素纖維

種毛纖維：棉花、棉絨、木棉

韌皮纖維：亞麻、苧麻、大麻、黃麻

葉脈纖維：馬尼拉麻、劍麻(sisal hemp)、西班牙

莖纖維：蔗桿、稻草、竹

木材纖維：針葉樹纖維、闊葉樹纖維

## 2. 蛋白纖維

獸毛纖維：羊毛、羊絨(開司米亞)、毛海呢(mohair)、羊駝(alpaca)、駱駝毛

絲纖維：絹(家蠶、野蠶)

羽毛纖維：羽毛、鵝絨

## 3. 無機纖維

礦物纖維：石棉(Rock wool)

## (一)、纖維素纖維的種類

---

- 纖維素是構成植物体的主要成分，是地球上存在的有機化合物中蓄積量最多量的物質。
  - 纖維素除了植物纖維素以外，綠藻類的一種 *Tamagobaronia* (*Valonia macrophysa* Kützing) 所生產的纖維素(*Valonia cellulose*)及細菌 *Acetobacter xylinum* 所製造纖維素稱之為細菌纖維素。甚至一種海鞘也生產動物纖維素。

但是，可作為工業的原料的纖維素纖維現在全部依賴植物生產。

- 纖維素纖維中也包括黏膠嫫縈 (Viscose Rayan) 及銅胺嫫縈 (CED Rayan)，這些纖維因其原料來自植物因此也被視為天然纖維素纖維，化學纖維在次節中討論。

# (一)、纖維素纖維的種類

---

在其中作為製紙用纖維以**木材纖維最為壓倒的性的多數**，此外棉纖維、棉絨 (linter) 纖維、竹、蔗渣 (bagasse)、稻草、西班牙草 (espaedro)、構樹、亞麻等均有被廣泛的應用。此等纖維由植物体的部位取，因此各纖維的組織、形態、大小均不同。

代表性的纖維的平均的大小，長寬比等顯示如表。利用這種纖維時，常可見均為活用其形態、及組成的特性研製成品，並決定使用的範圍。

如纖維素純度高的棉絨纖維常用於濾紙的製造，西班牙草纖維具細長且壁厚的細胞構長應用於圖畫用紙，亞麻的纖維長且強韌、容易化能抄製密緻交織之紙張，適合製造鈔票用紙及室內裝潢用紙的製造。

# (一)、纖維素纖維的形態

表 6. 各種纖維的長、寬、及長寬比

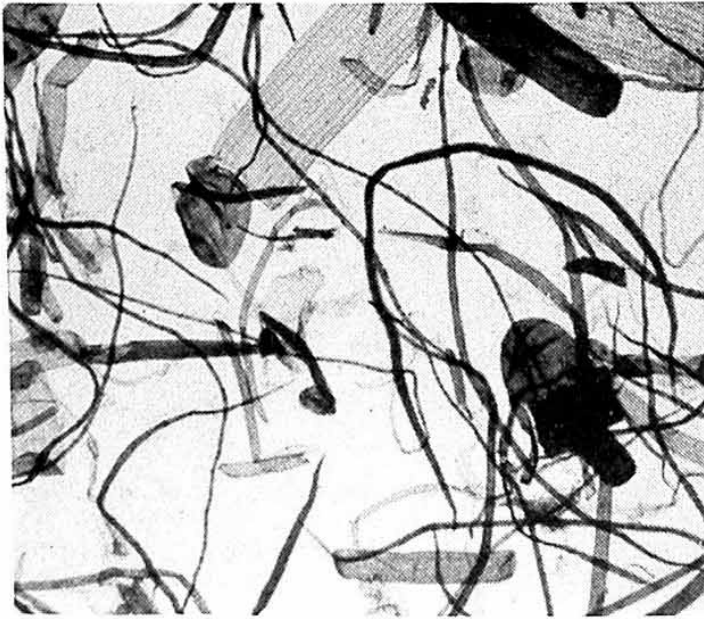
纖維種類	纖維長(mm)	纖維寬度 ( $\mu\text{m}$ )	長寬比
棉絨	10	20	500
亞麻	55	20	2750
構樹皮	8	26	310
西班牙草	1.5	10	150
蔗渣	3.0	30	100
稻草	1.8	14	120
竹	1.8	15	120
針葉樹纖維假導管	4.0	40	100
闊葉樹木纖維	1.0	22	44

代表性的纖維的平均的大小，長寬比等顯示如表。利用這種纖維時，常可見均為活用其形態、及組成的特性研製成品，並決定使用的範圍。

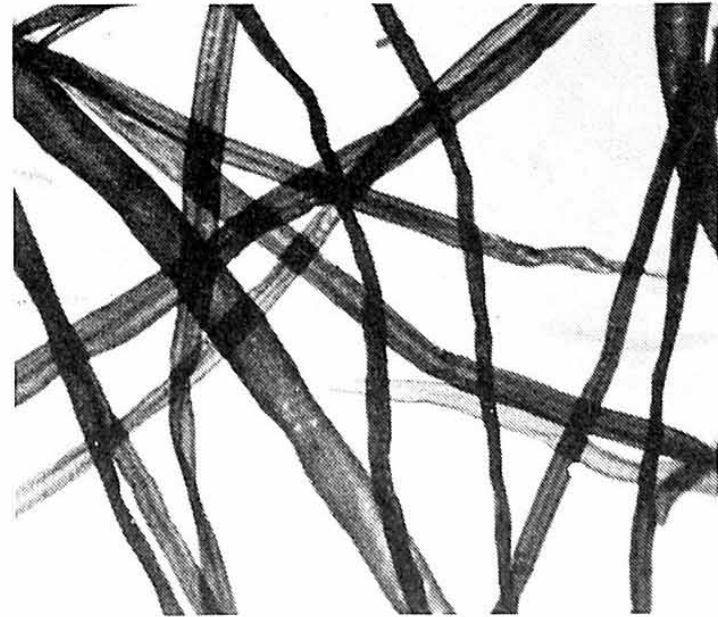
如纖維素純度高的棉絨纖維常用於**濾紙的製造**，西班牙草纖維具細長且壁厚的細胞構長應用於**圖畫用紙**，亞麻的纖維長且強韌、容易化能抄製**密緻交織**之紙張，適合製造**鈔票用紙**及室內裝潢用紙的製造。

# (一)、纖維素纖維的形態

---



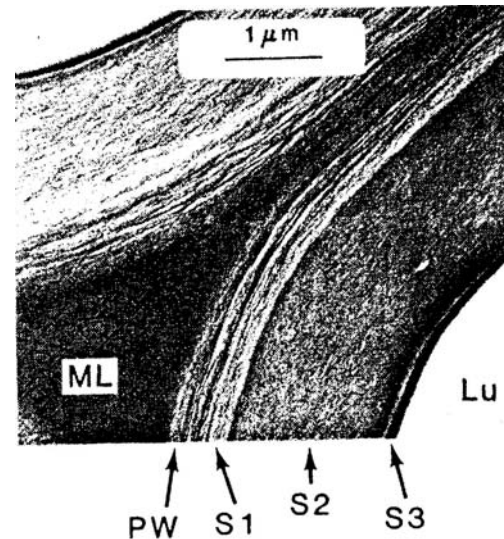
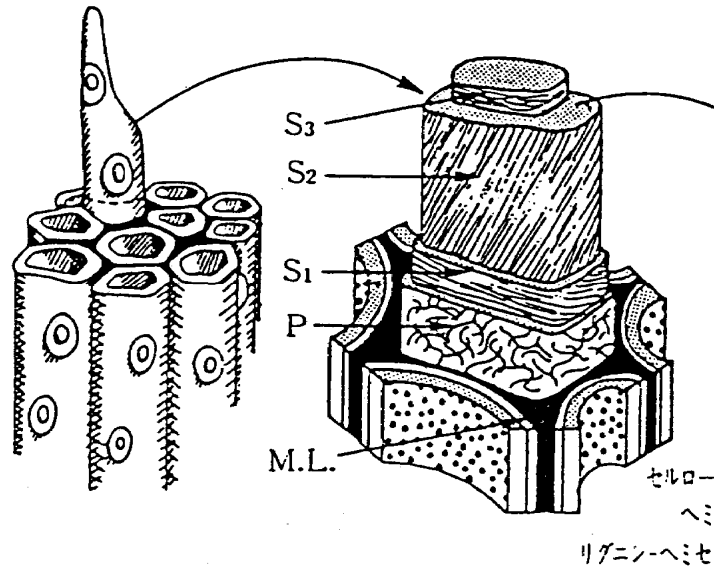
(e) Elephant grass



(f) Monterey pine

# 纖維素纖維的結構及細胞形態

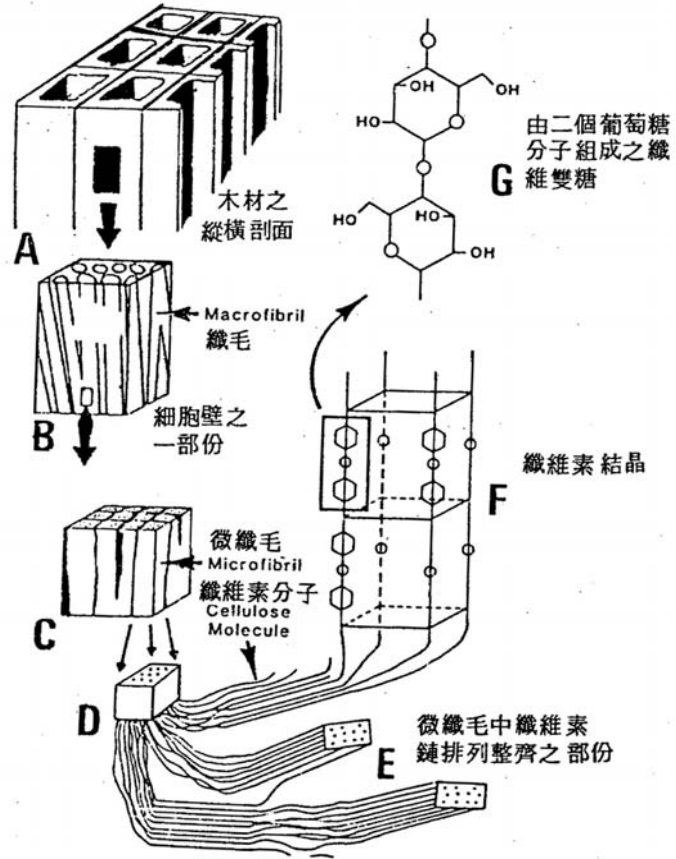
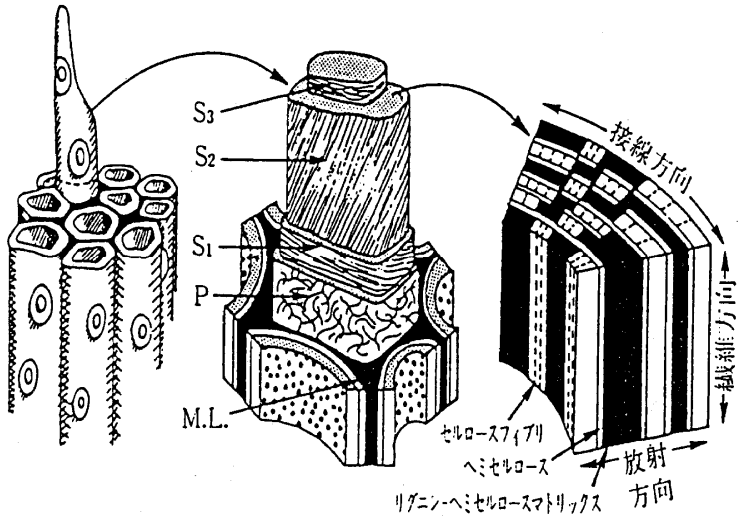
## 二、細胞壁的構造(一)、細胞壁的顯微構造



植物細胞的肥厚細胞壁是其顯微特徵之一，細胞壁包在細胞的最外層使細胞具有一定的形狀。各種植物細胞依樹齡及其功能而有形態及大小之不同，其細胞壁的構造及化學成分也隨之而異。植物纖維細胞是造紙植物纖維之基本細胞。依據細胞壁形成的先後，細胞壁可分成細胞間層 (Intercellular layer)、初生壁 (Primary wall: p)、次生壁 (Secondary wall: s)，次生壁又分成 S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> 三部份

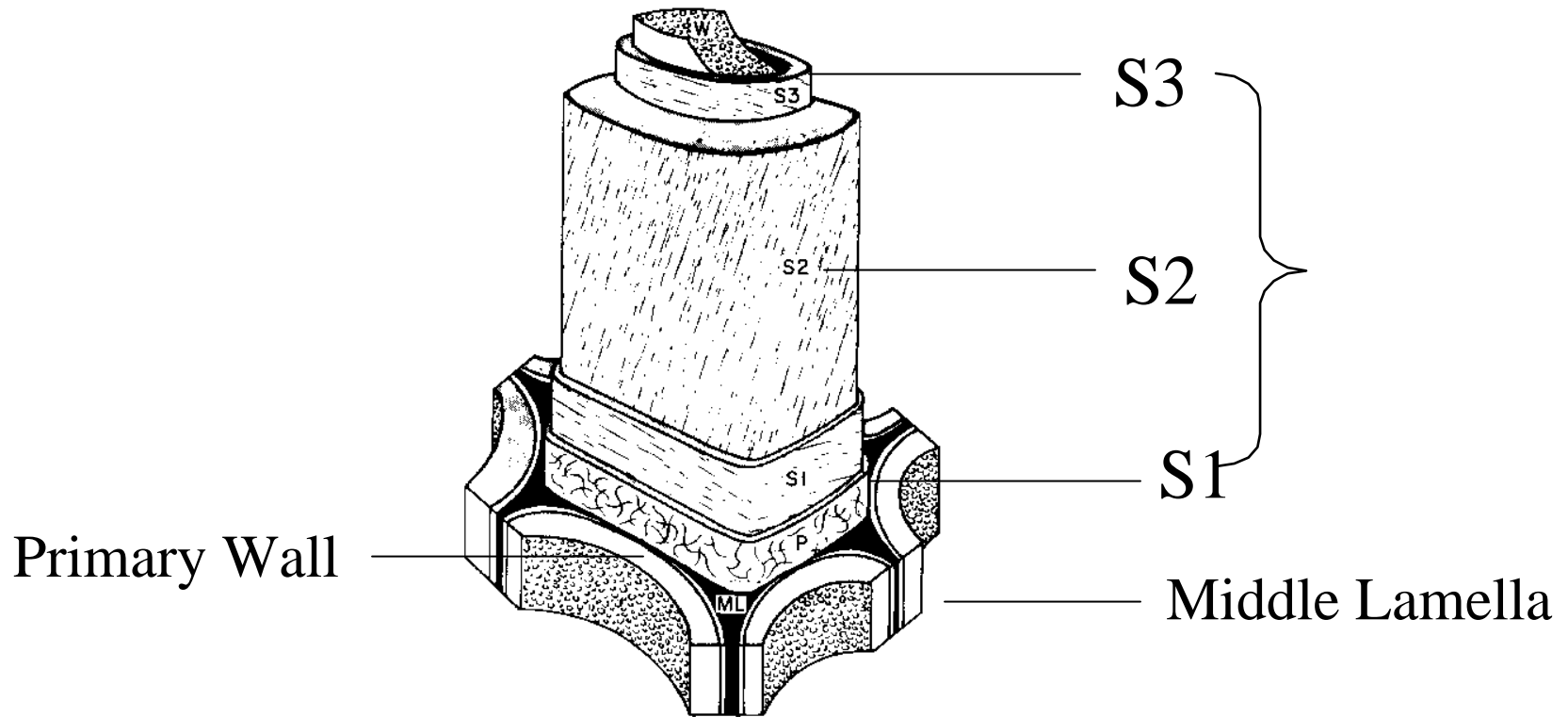


# (一)、細胞壁的顯微構造



# 細胞壁的構造

## (一)、細胞壁的顯微構造



針葉樹假導管橫切面細胞壁構造

# (一)、細胞壁的顯微構造

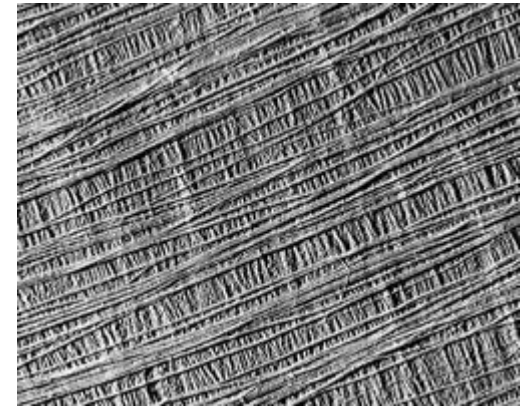
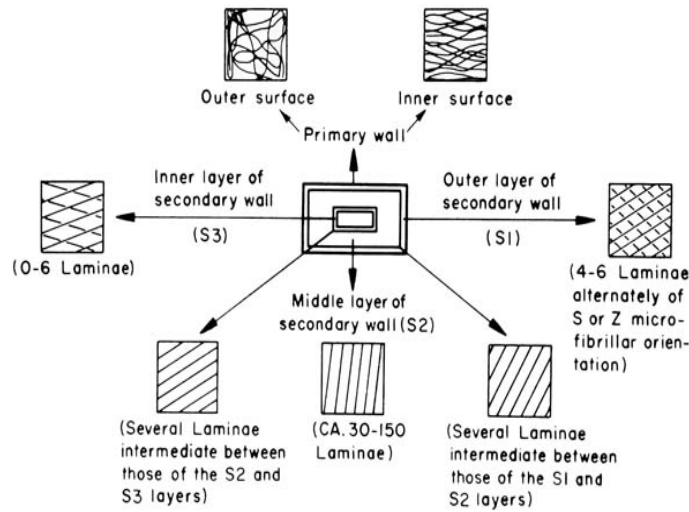
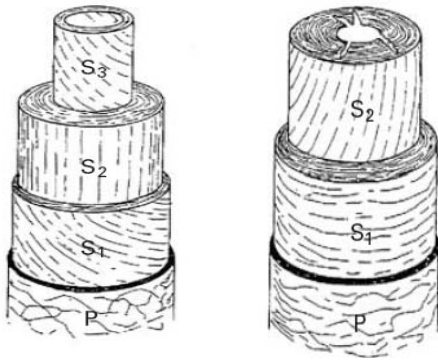


圖 2.木材纖維的構造

A：闊葉樹木纖維 B：針葉樹假導管

圖 3.細胞壁各層纖毛的傾斜角

# 微纖毛的模式圖及概念圖及微纖毛 微細構造之概念圖

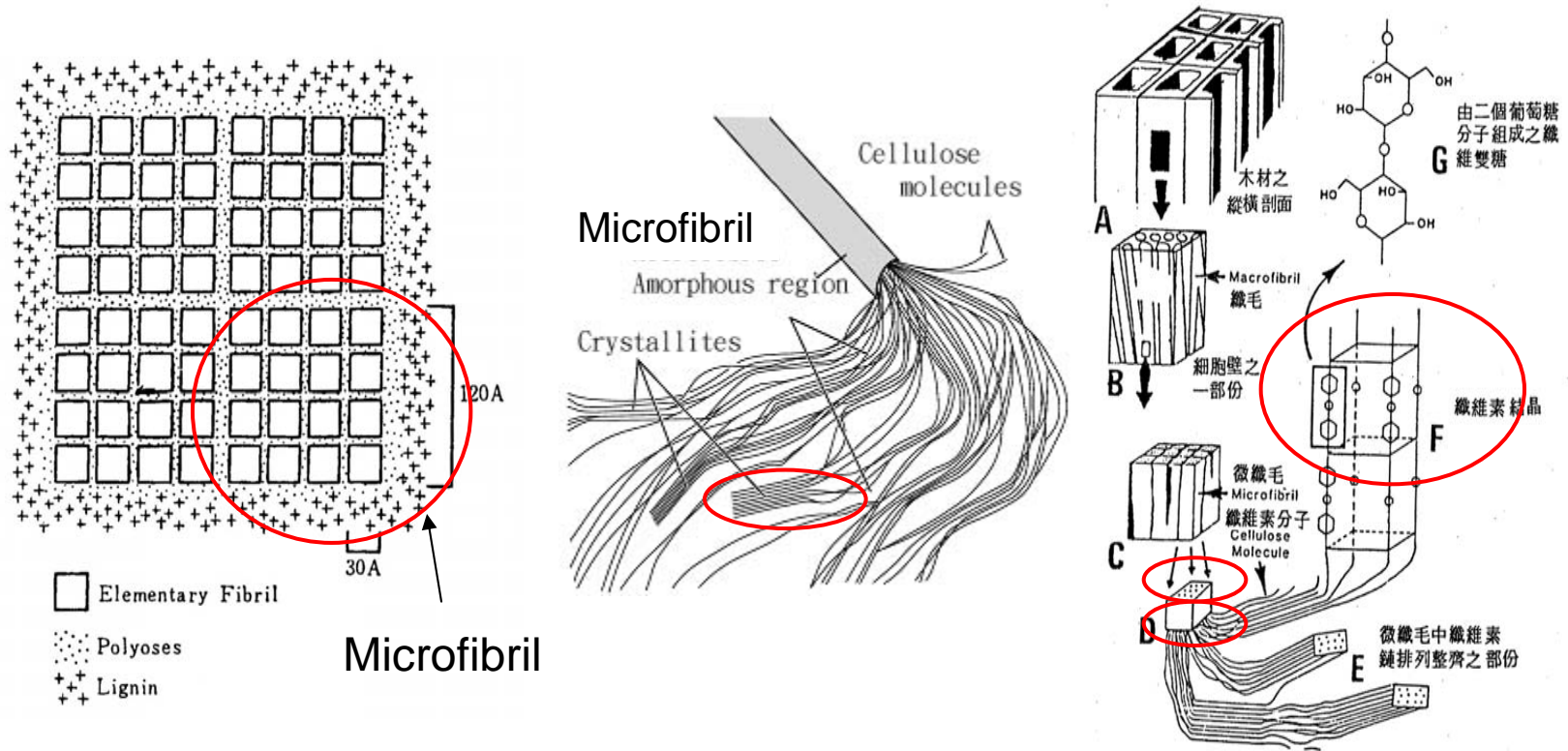


圖11.微纖毛的模式圖及概念圖及微纖毛 (Microfibril) 微細構造之概念圖 (Kellomäki, 1998)

# Structure of unit cell of cellulose

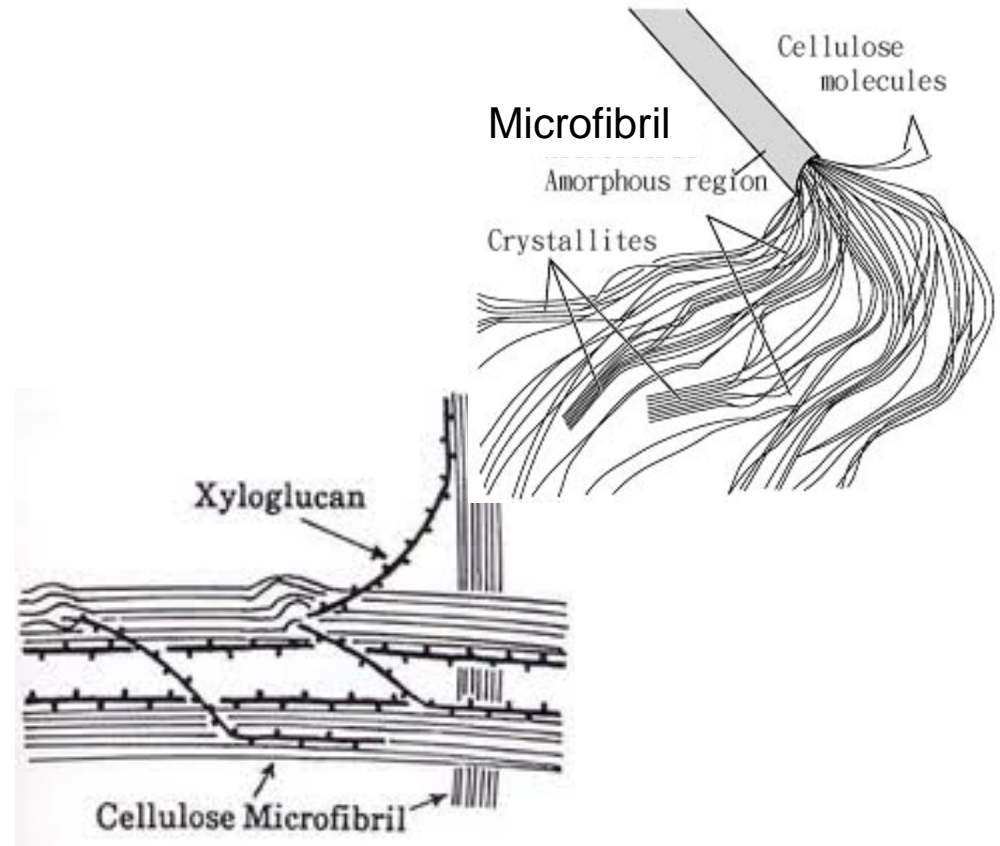
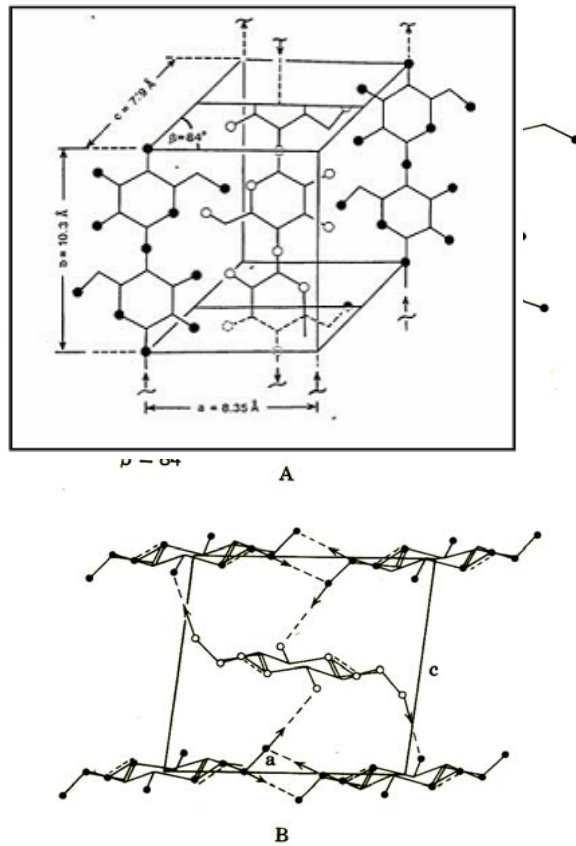
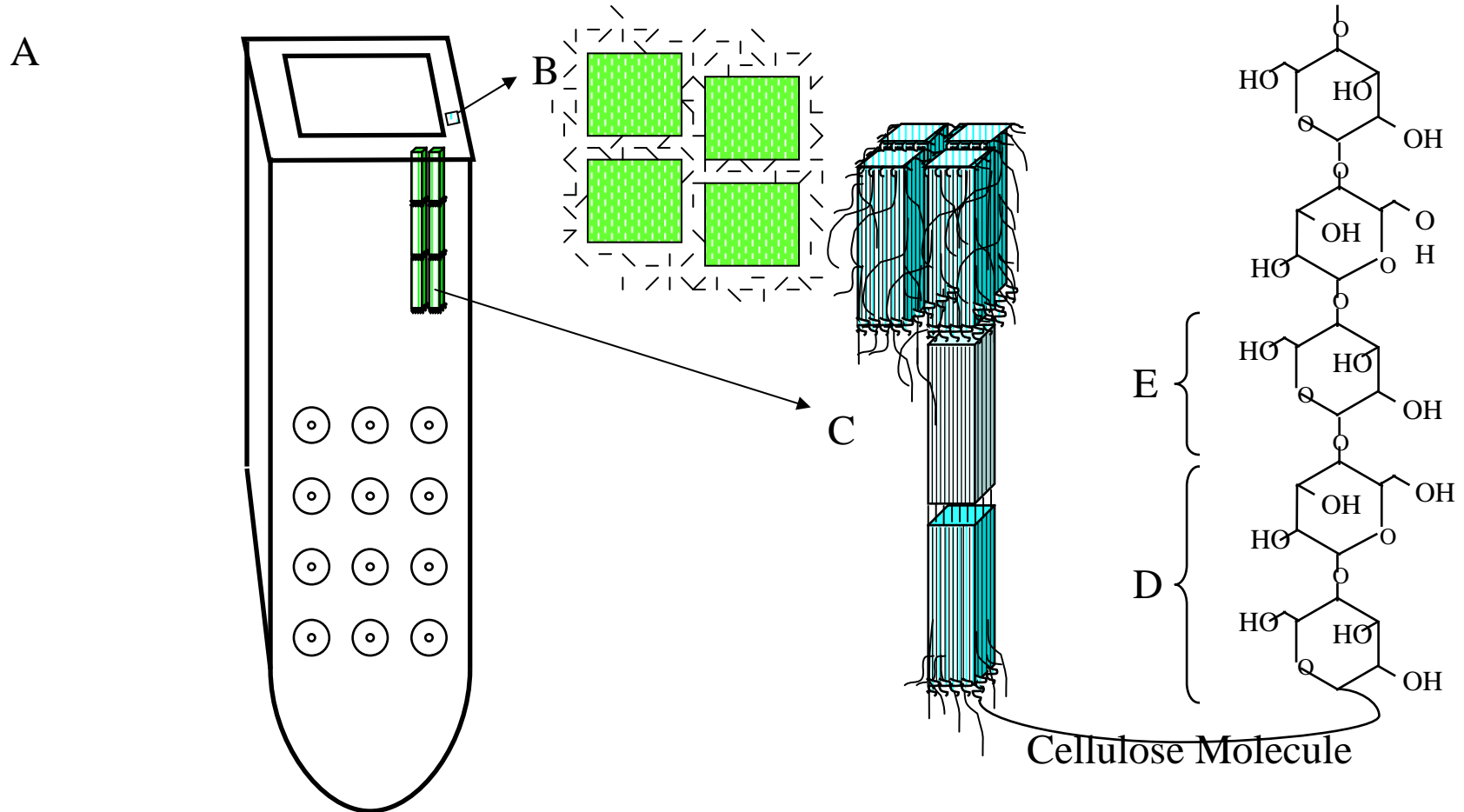
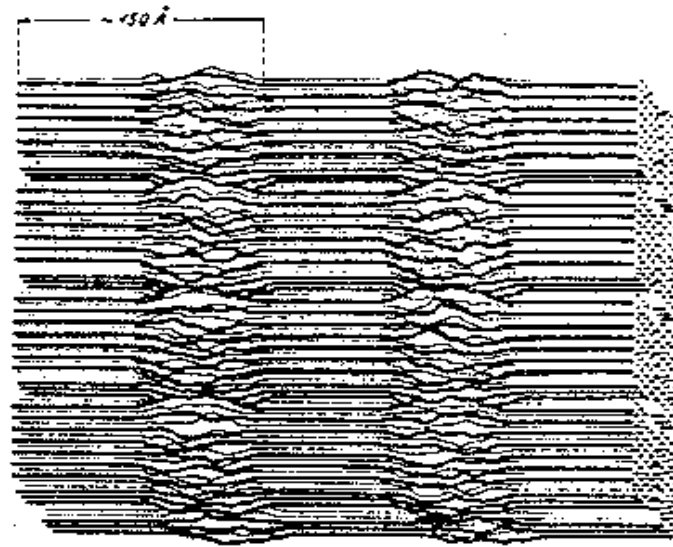


Fig. 23. Hydrogen bonds of Cellulose I (128). A, arrangement of CH<sub>2</sub>OH groups in cellobiose unit; and B, hydrogen bonds in Cellulose I unit cell.

# 假導管的顯微構造



# Models of Cellulose Morphology



b

## (四)、纖維素纖維的電特性

---

- 纖維素本身為中性、不具有解離基、非離子性的絕緣體，利用此性質做為電容器的絕緣紙。
- 但是，木材紙漿中含有葡萄糖醛酸木聚醣(glucoronoxylan)，製漿、漂白作業時纖維素被氧化，生成微量的羧基。
- 因此，在表面上測量電導度時，其電壓隨電流增加增加，但隨時間的增加減小，相對溫度的增加，增加電流對電容器用紙施以103 V/cm的電壓則有 $7 \times 10^{-5}$  mA左右的的電流被測出。
- 紙漿在水中則纖維發生膨潤，表面的纖毛部分成鬆弛，其一端突出於水中而與膠體粒子一樣的產生界面動電現象，纖維素纖維的表面顯示負的荷電。一般木材紙漿纖維的表面 (Zeta) 電位為  $-20 \sim 30$  mV。



## (四)、纖維素纖維的電特性 導電性瓦楞紙箱

在輸送途中由於振動、摩擦等原因，瓦楞紙箱可能會產生靜電，為了解決此問題，常在易受靜電影響之電子製品的包裝上使用導電性瓦楞紙箱。

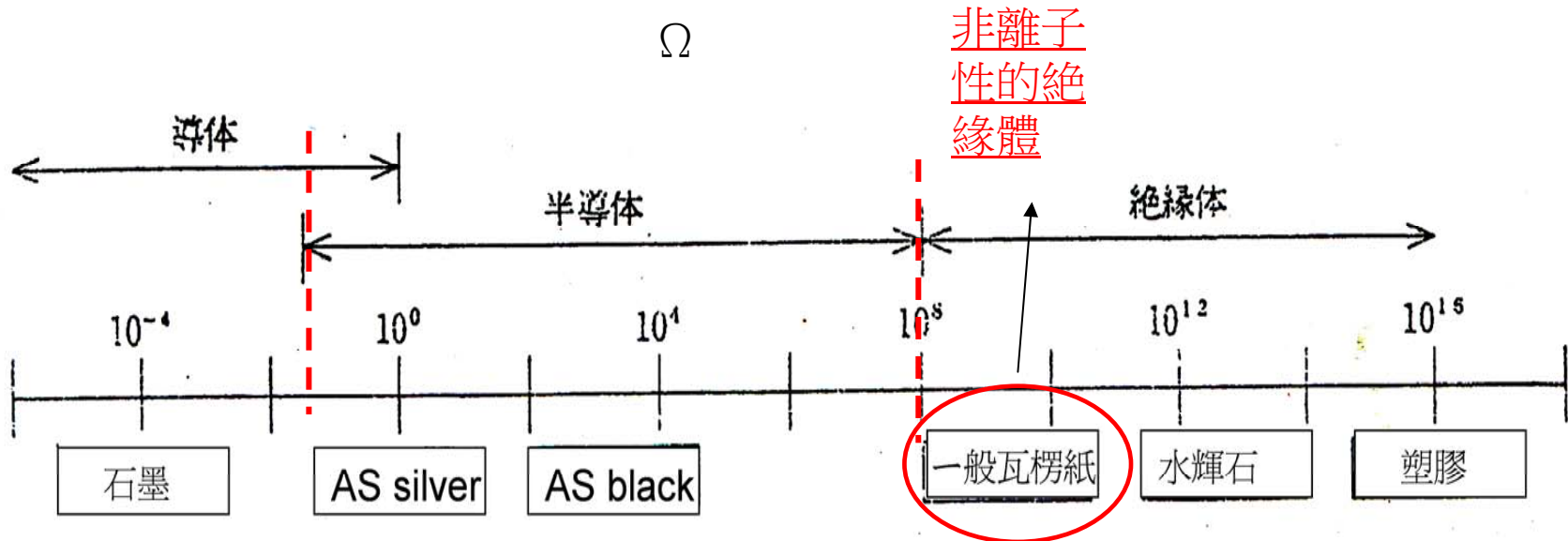
此種紙箱之製備之方法為製備紙箱內側之原紙的表面上或塗布碳素、或以鋁箔積層加工，或在瓦楞紙箱之內側使用與碳纖維混抄之裱面紙板所製備之不易產生靜電之瓦楞紙箱(圖)。



導電性瓦楞紙箱

# (四)、纖維素纖維的電特性

## 導電性瓦楞紙箱



\*AS black：瓦楞紙版表面塗佈導電性塗料。表面電阻值= $10^3 \sim 10^5 \Omega$

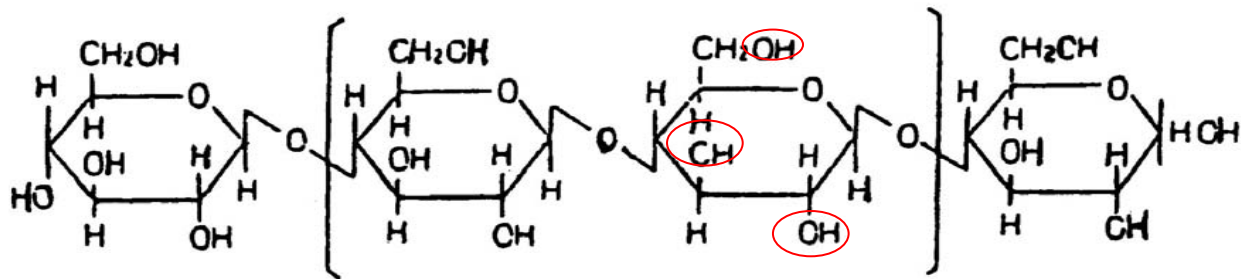
\*AS silver：瓦楞紙版表面貼合鋁箔產品。表面電阻值= $10^{-1} \sim 10^1 \Omega$

圖19 導電性瓦楞紙 (木村，1997)\*

## (五)、纖維素纖維的化學的性質

纖維素為葡萄糖及基以  $\beta$ -1,4 結合形成的的長直鏈構造，與多價醇基本上具有相同的化學反應性。主要的結合為糖苷結合，因此纖維素即使在鹽酸、硫酸等稀礦酸下加熱則容易進行酸加水分解反應，引起纖維素的解聚重合。

- 每個葡萄糖基單位有 3 個醇性氫氧基，經過酯化反應、或醚化反應可以分別形成各種纖維素衍生物。



## (五)、纖維素纖維的化學的性質

---

- 另外，與碱或胺反應可行成附加化合物。
- 纖維素為親水性遇碱溶液則進行強膨潤、不溶於水、或碱溶液，纖維素僅溶解於如銅氨溶液之強碱性錯塩溶液等溶劑。

## (六)、纖維素的附加反應 (addition reaction) 生成物

---

纖維素I (或天然纖維素) 浸漬於強碱或強酸之水溶液時，在某一定濃度範圍內纖維素會吸取鹽基或酸而成一種纖維素之附加化合物。

一般而言，附加化合物不安定，易受水洗作用而分離、或其他作用與鹽基或酸解離而使纖維素再生，此種再生之纖維素之構造（結晶構造）與原來者不同，稱之再生纖維素 (Regenerated cellulose)。

纖維素之附加化合物可分：

- 1.碱附加生成物，
- 2.氨 (ammonia) 附加化合物，
- 3.胺 (amine) 附加生成物，
- 4.第四銨鹽基附加生成物
- 5.酸附加附加生成物。

# 1. 鹼性纖維素 (alkali cellulose ; soda cellulose)

---

- 纖維素性纖維以12% ~ 18% 溶解之鹼液處理，即形成鹼性纖維素。
- 此種鹼纖維素經水洗或酸處理，除去鹼後形成與原來性質不同之纖維素具有與原有纖維素不同之結晶構造。此鹼附加反應若將纖維素浸漬於18% NaOH 溶液引起膨潤作用的操作。
- 由於處理條件的不同產生之鹼纖維素亦與一般之鹼纖維素有不同結晶構造亦有所不同。
- 此種再生纖維素帶光澤，而且增強纖維的抗張力又容易染色，此種處理稱為絲光處理 (mercerization)。

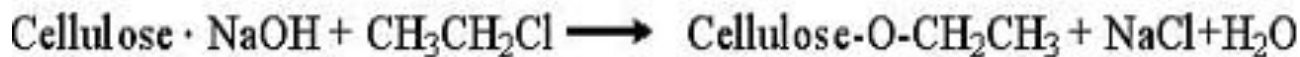
# 1. 碱性纖維素 (alkali cellulose ; soda cellulose)

- 表7 為不同碱纖維素之性質比較。

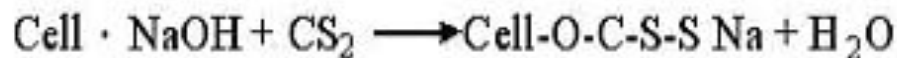
纖維素種類	化學式	比重
Soda cellulose I	$C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH \cdot 3H_2O$	1.51
Soda cellulose II	$C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH \cdot H_2O$	1.50
Soda cellulose III	$C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH \cdot 2H_2O$	1.51
Soda cellulose IV	$C_6H_{10}O_5 \cdot 0.3NaOH \cdot H_2O$	—
Soda cellulose V	$C_6H_{10}O_5 \cdot NaOH \cdot 4.5\sim 5H_2O$	1.41~1.46

# 磺原酸鈉纖維素

碱纖維素(Sdoa cellulose)與鹵化烴基〔CH<sub>3</sub>Cl (alkyl)〕、或烯氧化物 (alkylene oxide) 會形成纖維素酯 (cellulose ether)，與二硫化碳 (CS<sub>2</sub>) 作用生成磺原酸鈉纖維素，此種物質溶於碱液中形成溶解紙漿 (Viscose)，故碱纖維素為溶解紙漿之第一個中間生成物。



alkylene oxide





## 4. 銅胺、銅乙二胺纖維素

---

- 氫氧化銅的氨水溶液即銅胺溶液 (copper-ammonia solution)，此種液體與纖維素作用產生銅銨纖維素。銅乙二胺 (copper ethyl diamine) 與銅之錯化合物很相近，與纖維素作用時亦生成纖維素銅乙二胺附加物。
- 以上二種銅錯化合物溶液能迅速溶解纖維素，一般用於測定纖維素之黏度時溶解纖維素之用，以前亦用此法所得纖維素作為纖維絲(人造絲)之生產。

## (七)、纖維素的衍生物

---

### (七)、纖維素的衍生物

#### 1、纖維素酯 (cellulose ester)

(1)、硝酸纖維素 (nitrocellulose ; cellulose nitrate)

(2)、醋酸纖維素 (cellulose acetate ; acetye cellulose)

(3)、纖維素磺原酸鈉 (cellulose sodium xanthate ;  
cellulose sodium xanthogenate)

## (七)、纖維素的衍生物

---

### 2、纖維素醚(Cellulose ethers)類衍生物

(1). 甲基纖維素 (methyl cellulose)

(2). 乙基纖維素 (ethyl-cellulose ; EC) ; Cell-O-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>

(3). 羧甲基纖維素 (carboxymethyl cellulose ; CMC ; Cell-O-CH<sub>2</sub>COOH)

# 纖維素纖維的化學加工

---

## (1) 化學性加工手法

接枝(grafting)、架橋、化學鍵結的形成等。

纖維素纖維為對象最主要的化學性的加工手法段可以說是架橋反應。

架橋的目的主要是提升紙張的濕潤強度，或改善其力學的強度、耐水性、吸水性等。

架橋的目的可以大分為(I)離子鍵的形成。(II)共價鍵的形成等兩大類。

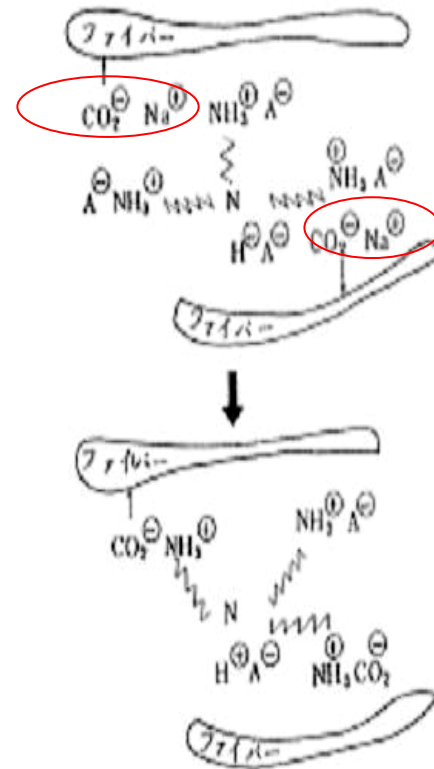
。

# 纖維素纖維的化學加工

化學性加工手法--離子鍵的形成

纖維素纖維約含有  $1\sim 10$   $\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$  左右的陰電性基。

以纖維素纖維所形成的紙匹使用如**聚乙炔亞胺** (Polyethyleneimine ; PEI)帶有正電荷的電解質處理則會有離子鍵的形成。



第 22 - 1 圖 負荷電纖維 (CMC) をセルロース・ウェブ中に導入

# 纖維素纖維的化學加工

---

## 纖維素的荷電量很低

因此使用帶負荷電性很強的物質如羧甲基纖維素(CMC)與纖維素混合使其提升負荷電性。

離子鍵的強弱，隨高負荷電纖維添加的比例與高分子電解質的種類而異。

# 纖維素纖維的化學加工

第 22 - 1 表 イオン結合生成の場合の湿潤強度<sup>1)</sup>

素 材	坪 量 g/m <sup>2</sup>	湿潤処理	引張り強さKN/m		湿潤強度 (残存率) %
			乾 燥	湿 潤	
未晒クラフト紙	290	なし	14.7	0.42	2.9
“	290	PEI	15.1	1.27	8.4
未晒クラフト紙 +5%CMC 纖維	290	PEI	15.3	2.54	16.6

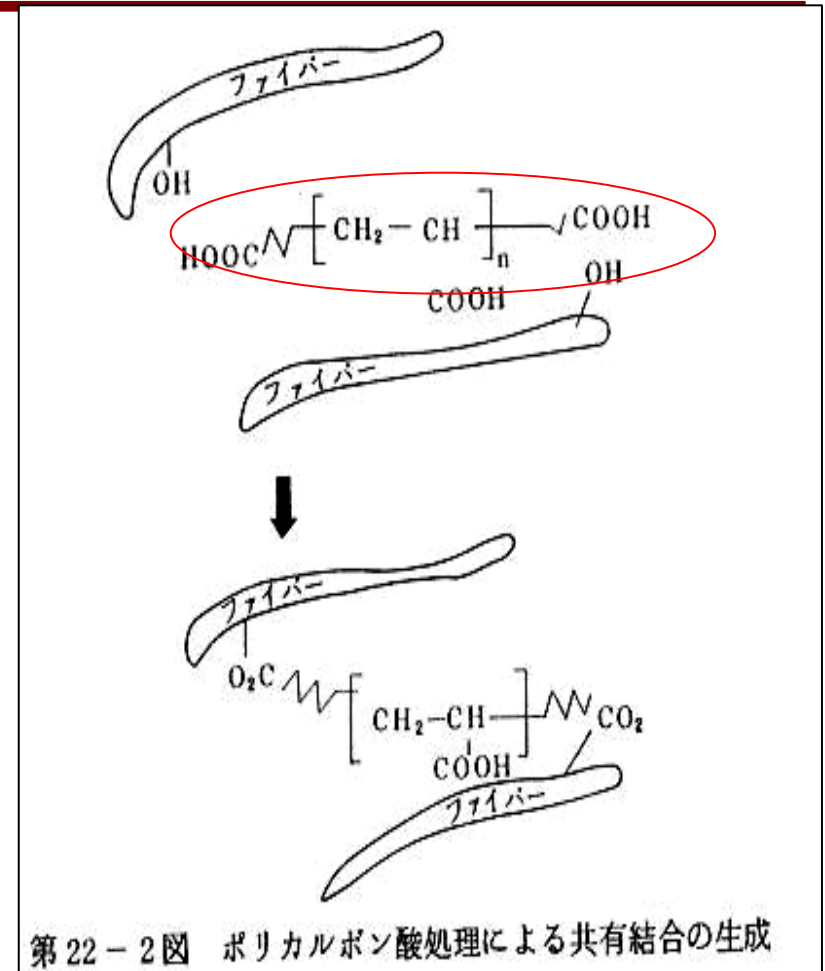
由於離子結合(離子鍵)生成，使含有CMC其濕潤強度約有6倍的成長(表)

# 纖維素纖維的化學加工

## 化學性加工手法--共價鍵的形成

### 1 酯鍵結的形成

纖維素中的醇性羥基與羧基反應則形成酯鍵結。纖維素以適當的聚丙烯酸(polyacrylic acid)在適當的條件下處理則形成具共價鍵的網狀結合(如右圖)。





# 纖維素纖維的化學加工

第 22 - 2 表 共有結合生成の場合の湿潤強度<sup>1)</sup>

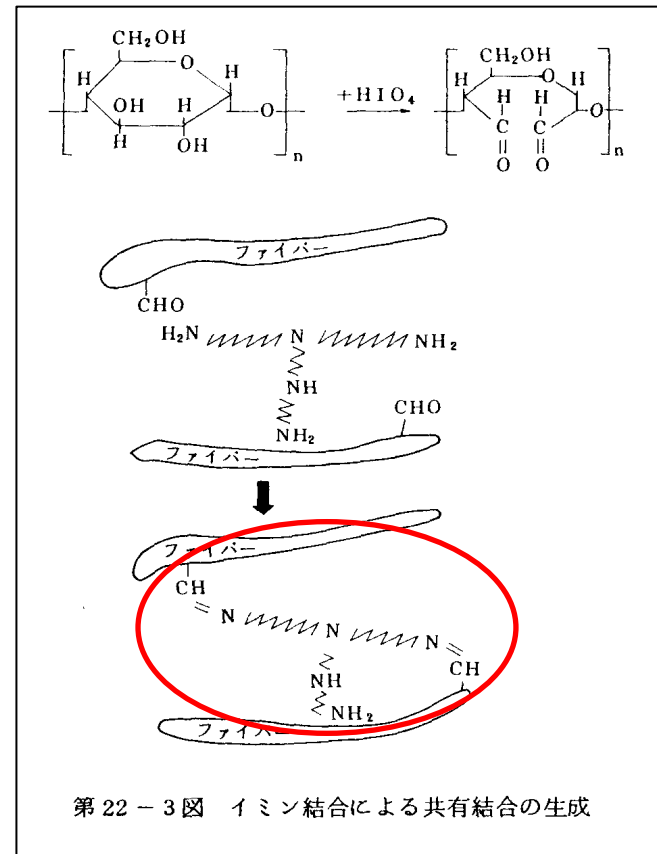
素 材	坪 量 g/m <sup>2</sup>	湿 潤 処 理	熱 処 理 時 間 分/170℃	引 張 り 強 さ kN/m		湿 潤 強 度 (残存率) %
				乾 燥	湿 潤	
未晒クラフト紙	150	なし	無し	6.52	0.30	4.6
"	"	"	20	6.47	1.40	21.6
"	"	ポリアクリ ル酸	20	7.36	3.30	44.8
"	"	ジチオグリ コール酸	20	4.83	2.34	48.4
"	"	ジチオプロ ピオン酸	20	5.00	2.46	49.2
"	"	ジチオブチ リル酸	20	5.00	2.34	46.8

# 紙張的加工

## 化學性加工手法-- 2 亞胺結合的形成

纖維素分子具兩個相鄰的氫氧基進行選擇性氧化反應生成醛基。

此醛基與聚胺  
(Polyamine) 反應則因形成網  
狀結構的亞胺(imine)結合(第  
22-3圖)。



# 紙張的加工

第 22 - 3 表 イミン結合（共有）の場合の湿潤強度<sup>1)</sup>

素 材	坪 量 g/m <sup>2</sup>	湿潤処理	引張り強さ KN/m		湿 潤 強 度 (残存率) %
			乾 燥	湿 潤	
未 晒 クラフト紙 }	290	な し	14.4	0.42	2.9
	"	PEI	13.3	2.01	15.1
酸化未晒 クラフト紙 }	"	な し	9.6	3.85	40.1
	"	PEI	11.4	6.00	52.6

# 化學纖維或人造纖維(man-made fibers)的種類

---

## 1. 再生纖維素纖維(regenerated cellulosic fibers)

### (1). 再生纖維素纖維

黏膠(Viscose)：縲縲(Rayon)、高強度黏膠纖維  
(Polynosic) 銅胺法: cupra、直接法: tencel (2). 再生蛋  
白質纖維：乳酪素纖維

## 2. 半合成纖維

醋酸纖維素纖維 (Acetate、diacetate、triacetate)

promix(共聚丙烯腈和酪蛋白質接枝纖維)

# 3. 合成纖維(synthetic fibers)

---

## (1). 聚醯胺纖維

- a. 尼龍(脂肪族聚醯胺) 6、66、其他
- b. 全芳香族聚醯胺 (Aramid fiber ; Aromatic polyamide fiber)
  - (i). 對位(para-)型: PPTA ,
  - (ii). 鄰位(meta)型: PMPIA

## (2). 聚酯(Polyester)纖維

- a. 聚對苯二甲酸乙二醇酯 (Polyethylene terephthalate ; PET)纖維
- b. 全芳香族具芳酯(Polyarylate)

## (3). 丙烯酸 (acrylic) 纖維

- a. 聚丙烯腈(Polyacrylonitrile ; PAN)纖維
- b. 丙烯酸類纖維(PAN- 氯化乙烯共聚物纖維)

# 3. 合成纖維(synthetic fibers)

---

## (4). 聚烯烴(Polyolefin)纖維

- a. 聚乙烯纖維
- b. 超高分子量聚乙烯纖維
- c. 聚丙烯纖維

## (5). 聚乙烯醇 (Polyvinyl alcohol, PVA)纖維

## (6). 聚氯乙烯類 (Polyvinyl chloride、PVC) 纖維

- a. 聚氯乙烯纖維
- b. 聚偏二氯乙烯 ( Polyvinylidene chloride、PVDC ) 纖維
- c. Polychlal纖維(PVC-PVA接枝纖維)

### 3. 合成纖維(synthetic fibers)

---

- (7). 聚氨基酯 (polyurethane) 纖維 : 氨綸 (spandex)
- (8). 聚甲醛 (polyoxymethylene) 纖維
- (9). 聚四氟乙烯 (polytetrafluoroethylene, PTFE) 纖維
- (10). 苯甲酸酯纖維(聚亞烴基對苯甲酸酯polyalkylene para-oxybenzoate)纖維
- (11). 複數環高分子高強度 / 高彈性率纖維
  - a. PBZ纖維
    - (i) PBT(poly(p- phenylenebenzobisazole)纖維
    - (ii) PBO(poly(p- phenylenebenzobisoxazole)纖維
  - b. 聚醯亞胺 (polyimide)纖維

# 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明

表 10 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明

名稱	主要化學纖維的製法簡略說明
黏膠 Viscose	由黏膠法製造之以再生纖維素為主要原料製成的纖維。其平均聚合度為400以上結晶度高的纖維，纖維的斷面若為均一的圓形者稱之高強度黏膠纖維（Polynosic）。
醋酸纖維素 Cellulose acetate	銅胺製造之再生纖維素為主成分之纖維。酯化度 45.0 以上的醋酸纖維素所製成之纖維。酯化度59.50% 以上的形成之纖維也稱之三醋酸纖維素（triacetate）纖維。
Promix	由含有蛋白質高分子所形成之纖維。蛋白質含量30%~60%、其他成分為乙烯類單體。 $(-\text{CH}_2\text{CHR}-)$ 。
尼龍 Nylon	單量體相互的結合部分主要為聚醯胺結合 $(-\text{CO}\cdot\text{NH}-)$ 之長鏈狀合成高分子所形成纖維。
Vinylon	以聚乙烯醇為基本構成單位 $(-\text{CH}_2\cdot\text{CHOH}-)$ 重量百分比為65% 以上，為含長鏈狀合成高分子所形成之纖維。



# 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明

表 10 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明

名稱	主要化學纖維的製法簡略說明
聚氯乙炔 PVC	以氯化乙炔單體 ( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CHCl}-$ ) 為主要成分形成之長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
聚偏二氯乙炔 PolyVinylidene chloride	以含有聚偏二氯乙炔單位 ( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CCl}_2-$ ) 形成之聚合物為主要成分形成之重量百分比65以上%之長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
聚酯 Polyester	單量體相互結合部分主要為酯結合 ( $-\text{CO} \cdot \text{O}-$ ) 之長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
腈綸(壓克力) Polyacrylnitrile	丙烯腈為構成單位 ( $-\text{CH} \cdot \text{CHCN}-$ ) 長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
腈綸類(壓克力類) Polyacrylnitrile	丙烯腈為構成單位重量百分比で40~50%未滿含む長鏈狀合成高分子所形成之纖維。

# 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明

表 10 各種主要化學纖維的定義及製法簡略說明	
名稱	主要化學纖維的製法簡略說明
腈綸類(壓克力類) Polyacrylnitrile	丙烯腈為構成單位重量百分比で40~50%未滿含 $\text{CH}_2$ 長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
聚乙烯 Polyethylene	以乙烯 ( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CH}_2-$ ) 為主要構成單位長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
聚丙烯 Polypropylene	以丙烯 ( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CHCH}_3-$ ) 為主要構成單位長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
聚氨酯 Poly urethane	單體相互結合部分或基本基材聚合合體相互的結合部分主要為氨基(urethane)結合 ( $-\text{O} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}-$ ) 之長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
Polyclarial	以氯化乙烯 ( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CHCl}-$ ) 為構成單位單位其重量百分比為35%~65%，其他成分主要為含乙烯醇( $-\text{CH}_2 \cdot \text{CHOH}-$ ) 單位之長鏈狀合成高分子所形成之纖維。
PolyBenzoate	以亞烴基對苯甲酸酯 (polyalkylene para-oxybenzoate) 為構成單位 ( $-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}(\text{CH}_2)_m-$ ) 為主成分所形成之具有醚結合 ( $-\text{O}-$ ) 與酯結合 ( $-\text{CO} \cdot \text{O}-$ ) 交互出現長鏈狀合成高分子所形成之纖維。

◎ : Benzene ring

# 泛用高分子化合物之代表例

表 泛用高分子化合物之代表例

高分子	單體	主要用途
附加縮合類		
1. Polyethylene	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	成形物、薄膜
2. Polypropylene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	成形物、薄膜、纖維
3. Polystyrene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Ar}$	成形物
4. Polyvinyl Chloride	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$	成形物、薄膜、纖維
5. Polyacrylonitrile	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$	纖維
6. Polyvinyl acetate	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{O}-(\text{CO})\text{CH}_3$	接着用、纖維用處理劑
7. Poly( Methyl Acrylate)	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{O})-\text{OCH}_3$	塗料、織物、皮革加工
8. Poly(Methyl Methacrylate)	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}(\text{O})-\text{OCH}_3$	成形物

# 泛用高分子化合物之代表例

表 泛用高分子化合物之代表例

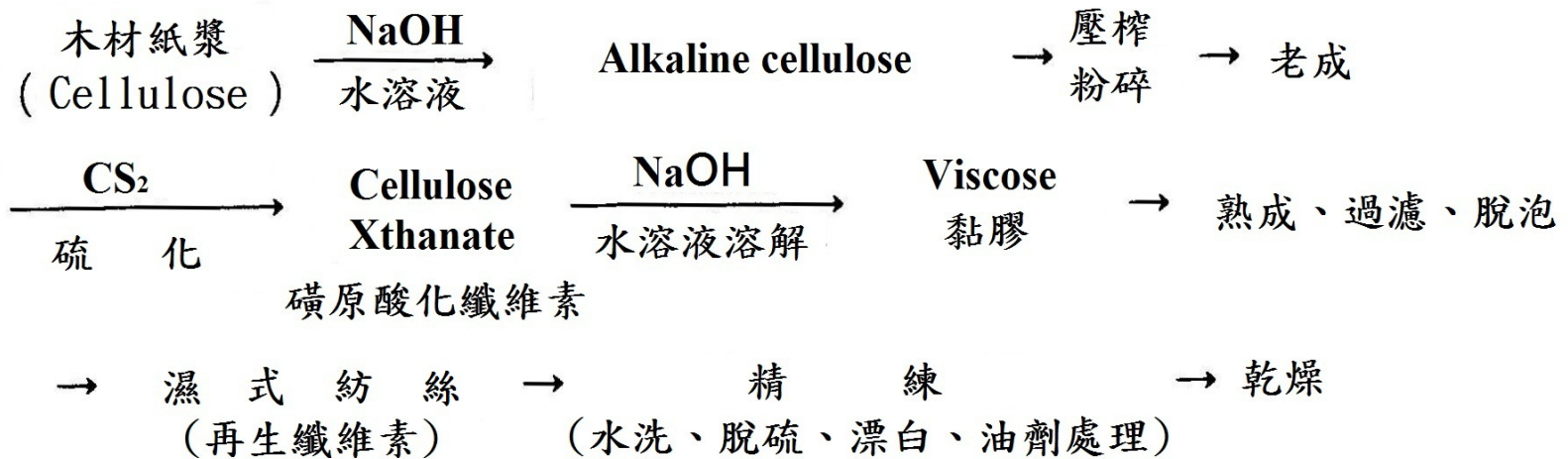
高分子	單體	主要用途
9. Polyvinylidene Chloride	$\text{CH}_2=\text{CCl}_2$	氯化乙烯共聚合體- 纖維、薄膜
10. Polytetrafluoroethylene	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$	成形物 橡膠、成形物
11. Polybutadiene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$	橡膠
12. Polychloroprene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{Cl})=\text{CH}_2$	橡膠
13. Polyisoprene	$\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$	橡膠
14. Polyisobutylene	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2$	成形物
15. Polyoxymethylene	$\text{H}-\text{C}(\text{O})-\text{H}$	
縮聚合(Polycondensation)		
16. nylon 66	$\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$ $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$	成形物、纖維 成形物
17. nylon 11	$\text{NH}_2(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$ $\text{HO}(\text{CH}_2)_2\text{OH}$	纖維、薄膜

---

# 主要化學纖維的合成法

# Viscose Rayon

# 黏膠縲縲



# CED Rayon 銅乙二胺縲縈

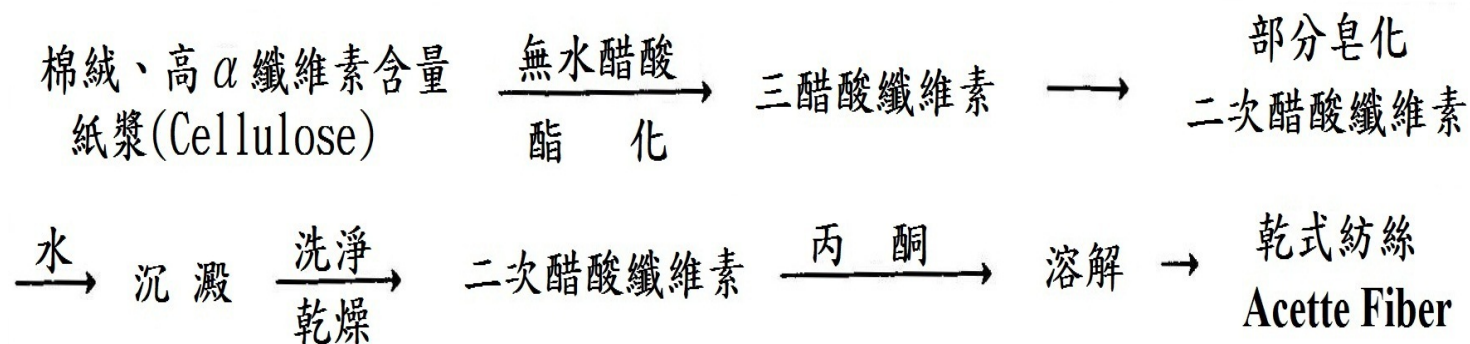
---

棉絨、高 $\alpha$ -纖維素含量紙漿  
(Cellulose)  $\xrightarrow[\text{溶液}]{\text{銅乙二胺溶液}}$  溶解  $\rightarrow$  濕式紡絲

稀 硫 酸  
 $\xrightarrow{\text{去除銅、氨}}$  再生纖維素纖維

# Cellulose Acetate

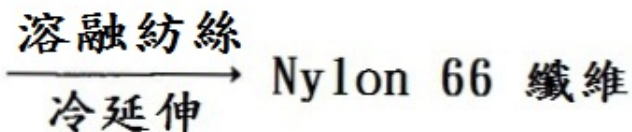
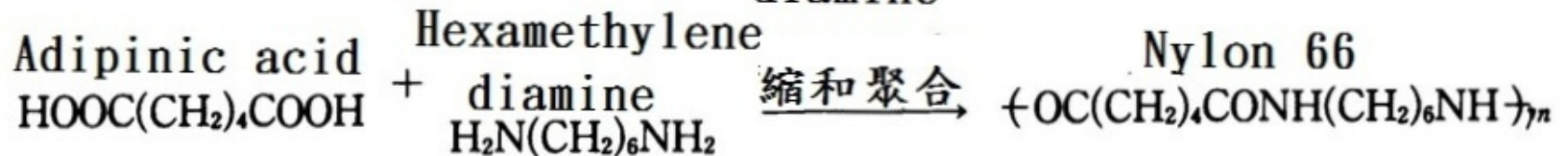
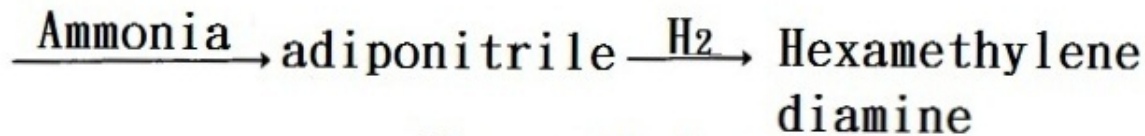
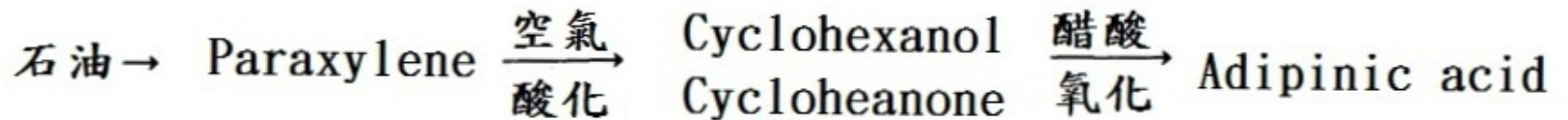
---





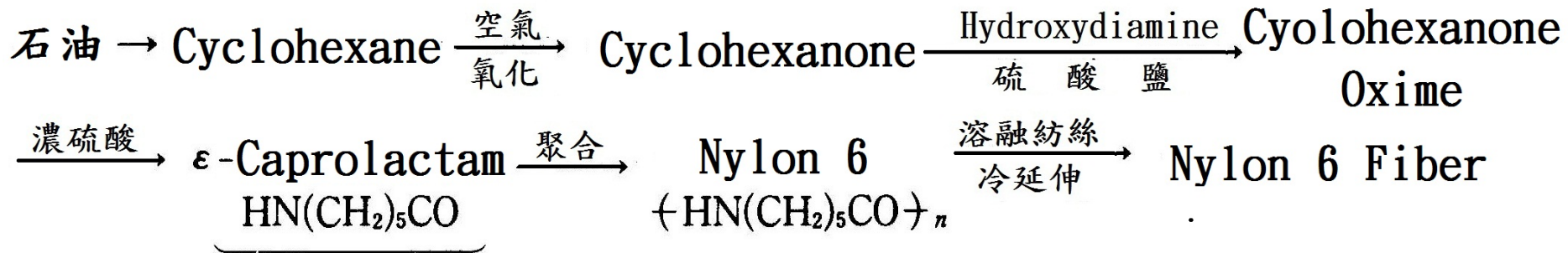
# Nylon 66

---

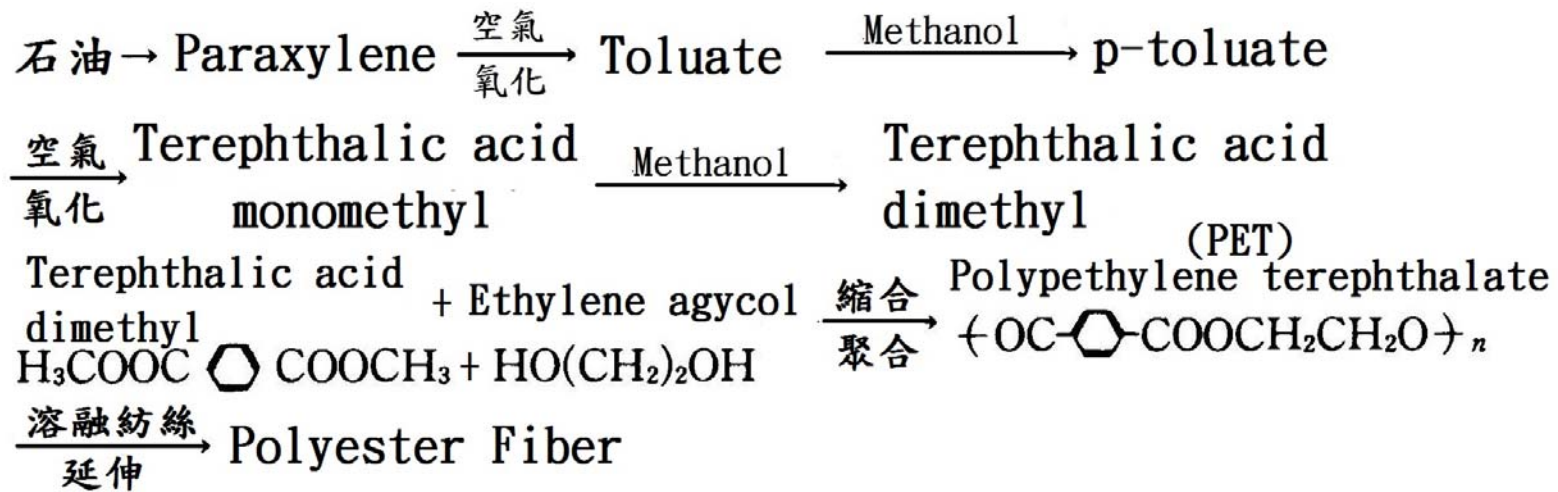


# Nylon 6

---



# Polyester





---

### 三、無機纖維

### 三、無機纖維

表 無機纖維的分類

非晶質纖維	玻璃纖維	玻璃纖維(E, A, C, L, D, S, M)、耐鹼、超耐鹼玻璃纖維、石英纖維、鋁矽纖維(Alumina/silica) 磷酸鈣纖維
	Tyranno Fiber	
多結晶質纖維	碳化矽纖維、鋁纖維、鋯纖維、活性碳纖維、碳纖維 (PAN、Pitch)、氣相法碳素纖維	
單結晶質纖維	碳化矽玻璃晶鬚、氮化矽晶鬚、鋁晶鬚、石墨晶鬚、鈦酸鉀纖維、石膏晶鬚、鎂晶鬚、磷酸鹽纖維、oxysulfonic magnesium 硼酸氫鎂(Magnesium hydroborate)石綿、矽灰石(Wollastonite)	

表 12 顯示各種非晶質纖維的物性，以下分項說明各種此類纖維的特性。

表12 各種非晶質纖維的物性

	石英	E 玻璃	A 玻璃	C 玻璃	L 玻璃	D 玻璃	耐碱	鋁-矽	石棉	磷酸鈣	Tyranno
纖維徑( $\mu\text{m}$ $\phi$ )	1~15	1~15	3~15	0.5~15	3~15	3~15		2~	2~20		8~
比重	2.2	2.54	2.50	2.49	4.30	2.16	2.78	2.6			2.3
抗張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	600	350	280	280	170	246	250	134	~200	100~200	290
彈性率(t/mm <sup>2</sup> )	7	7.4	7	7.0	5.1	5.3	7.5	12	~7	8~9	21
融點(軟化點)(°C)	1660	846	710	749	579	771		1,760	1,200	1400~16	
耐熱溫度(°C)	1150							1,260	600~10	00	>1,300
熱傳導率(Kcal/mhk°)	1.08	0.89	0.81						00		
熱膨脹率( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	0.55	5.0	8.5	7.3		3.1			0.04		3.1
比電阻 ( $\Omega\cdot\text{cm}$ )	$10^{19}$	$10^{14}$	$10^{10}$	$10^{12}$		$10^{12}$		$10^{13}$			$10^8\sim 10^{-1}$
誘電率(1MHz)	3.7	5.8	6.5	6.24	9.49	3.56					
損失(正接)(1MHz)	$9 \times 10^{-4}$	$1 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-3}$	$5 \times 10^{-3}$	$7 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-4}$					
曲折率		1.547	1.52	1.54		1.47					

# 1.非結晶質纖維

---

## (1).玻璃纖維

最代表性的玻璃纖維是 E 級玻璃纖維，另外尚有在 A 級玻璃纖維中加入  $B_2O_3$ ，以提升耐風化性的短纖維用玻璃纖維。

具耐酸性特性的 C 級玻璃纖維、含 37 %  $PbO$ 、具放射線遮蔽能力的 L 級玻璃纖維，具低誘電衰減性應用於電機・電子領域的 D 玻璃纖維，加入  $ZrO_2$  或  $La_2O_3$  等的耐鹼性玻璃纖維等。

耐鹼性玻璃纖維在耐鹼性試驗時直徑減少率較 E 級纖維極小。但抗張強度、與直徑減少率之比顯示有相當大的相對的降低率。



# (1).玻璃纖維

---

- 玻璃纖維的直徑約一般為 $10\ \mu\text{m}$ 左右，抗張彈性率為 $7\sim 8\ \text{t/mm}$ ，在無機纖維中算低的，抗張強度相當高約為 $250\sim 470\ \text{kg/mm}^2$ 。
- 這是因為玻璃纖維的構造之內部具無定形隨機網目構造，相對的其表面的徑度方向呈半配向性，加上壓縮力則構造會隨之傾斜，此構造是被認為玻璃自普通溶融物纖維化時在急速冷卻時所衍生，且玻璃纖維在無機纖維中斷裂伸長度較大者，約為 $3\sim 4\%$ 左右。

# (1).玻璃纖維

---

- 玻璃表面吸附有空氣中水分因此表面覆蓋著-OH 基。此 -OH 基與其他物質結合期間可能形成氫鍵結合。實際上直徑  $10 \mu\text{m}$  左右程度纖維幾乎不會接著。
- 為了活化氫鍵結合，在造紙時容易成形，開發直徑為次微米(sub-micron)，直徑為  $0.5\sim 0.8 \mu\text{m}$  的短纖維，性質極柔軟、即使在沒有膠黏劑的狀況下也可進行抄紙。

# 玻璃纖維的特性

## 玻璃纖維的特徵

---



玻璃纖維有如棉花狀鬆鬆軟軟的「短纖維」（照片左），與細長絲狀的「長纖維」（照片右），分別依其性質被廣泛的應用在各領域上

玻璃纖維的細度為微米(micron)單位。

玻璃纖維絲的直徑約為1000分之1 mm(1 micron)。均為大規模機械化的工廠所生產，可在短時間大量生產。

# 玻璃纖維的特性

造紙工業特種紙生產中常用的無鹼玻璃纖維的物理性質

相對密度	2.55	熱導率	$1.34 \times 10^6 \text{ W/ (m} \cdot \text{K)}$
比熱容	$7.59 \times 10^2 \text{ J / (kg} \cdot \text{K)}$	膨脹係數	$5.0 \times 10^6 / ^\circ\text{C}$
伸長率	3% ~ 5%	耐熱溫度	300°C
抗張強度	$3.11 \sim 3.44 \times 10^9 \text{ N / m}$	折射率	1.548
彈性係數	$6.53 - 7.12 \times 10^{10} \text{ P a}$	介電常數	5~ 6

# 石英纖維

## (2) .石英纖維

石英纖維是將  $\text{SiO}_2$  熔融後使其成型為纖維狀熔融石英纖維，或將玻璃纖維以酸處理，將矽以外的成分溶出後燒結而成之矽纖維。

後者為具有 96% 上的矽成分之多孔質材料。熔融石英玻璃的純度則在 99.5% 或以上，熔融石英纖維的彈性係數雖低，但在長纖維中為具最高抗張強度。熱膨脹係數極小，僅次於碳纖維。

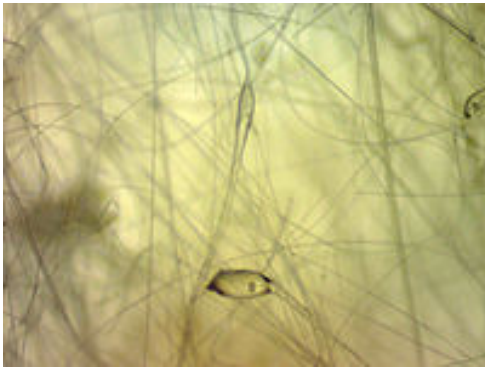
電氣性質超佳，作為印刷電路板的素材料相當優越，使用熔融石英纖維之紙已經被開發。



# 鋁-矽纖維

## (3). 鋁-矽纖維(Alumina Silicate Fiber/ Wool)

鋁-矽纖維是由鋁含量 41~ 56% 的熔融物質使其呈細流化流出利用熔噴或熔紡 (blowing or spinning) 急速冷卻將其纖維化的製品，此時含一部分未纖維化稱之短纖 (short) 的材料。製品中含有不能提供斷熱性能或強度性質之成分，其含量隨製造工廠及製品種類而異。



Alumina-Silica Bulk Fiber Type ASBF



Alumina Silicate Ceramic Fiber

# 鋁-矽纖維

---

## (3). 鋁-矽纖維(Alumino Silicate Fiber/ Wool)

- 此種纖維主要應用為斷熱用途，其耐熱性與鋁含量相關，鋁含量高的纖維可耐熱到 $1400 \sim 1500^{\circ}\text{C}$ ，標準級可耐熱到 $1260^{\circ}\text{C}$ ，添加碱土金屬氧化物製造的纖維耐熱溫度則只有 $1000^{\circ}\text{C}$ 。
- 提高成型產品的耐熱強度必須降低黏著劑的使用量。因此盡可能使用細纖維、或使用無機黏著劑、或配合軟化點低的無機纖維以改善耐熱強度。
- 鋁-矽纖維纖維在 $980^{\circ}\text{C}$ 開始生成莫來石 (Mullite)、從 $1300^{\circ}\text{C}$ 起生成方石英 (cristobalite) 的結晶。但是，自此溫度生成的結晶微細，電顯可觀察表面狀態的變化。
- 化學性質不耐高溫碱、耐酸性優，作為面材防止亞硫酸的結露之使用。

## (4). Tyranno 纖維(碳化矽纖維)

---

- 以聚鈦矽聚碳(polytitanocabosilane) 的前驅體燒結得到的長纖維，連續陶瓷纖維、Si、Ti、C、O。纖維直徑在8  $\mu\text{m}$  以上，抗張強度 2.8- 3.0 GPa 非晶質。
- 此非晶質構造能維持到1300  $^{\circ}\text{C}$ 。密度2.3 ~ 2.4 相對的較低、破斷伸度 在1.4-1.5。
- 耐氧化性較碳纖維、或碳化矽纖維優。為相當高價的纖維，依製造條件其電導度可調節在 $10^8 - 10^{-1}$ 之間。
- 其中某種電導度者能顯則性的吸收特定波長的電磁波而聚光透過性質。而且，纖維表面上形成特殊的構造，能使之賦與成深藍、胭脂色、紅紫色等色彩。



## (4). Tyranno 纖維(碳化矽纖維)

---

添加Tyranno 纖維**增強強度**，可發揮在環境保護領域的一個非常重要的作用，如超高的未來高速交通，節約能源，二氧化碳和氮氧化物減少，淨化廢氣，SiC 纖維在1800°C 下仍維持超高溫優越特性。

SiC 複合材的中間製程材料能因應多樣編織的設計。

一般在氧化條件下 C/C 複合材超過400°C則強度大幅降低。**SiC/SiC 複合材則在1500°C為止物性不會降低。**

與他陶瓷材料不同、具有與金屬構造物的相似破壞機制、耐溫1000°C~1500°C能作為替代「金屬材料」的使用。

# (碳化矽纖維)



チラノ纖維(半導体グレード)の特性

特 性		A	C	D	F	G	H
比 抵 抗	(ohm-cm)	$10^6$	$10^4$	$10^3$	$10^1$	$10^0$	$10^{-1}$
フィラメント径	( $\mu\text{m}$ )		8.5, 11				
フィラメント数	(fil./yarn)		1600,800				
テックス	(g/1000m)		220(8.5 $\mu\text{m}$ ,1600fil./yarn)				
引張強度	(GPa)	3.3	3.3	3.3	3.0	2.8	2.8
引張弾性率	(GPa)	170	170	170	170	180	180
破断伸び	(%)	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.6
密 度	(g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.35	2.35	2.40	2.43	2.43

# (碳化矽纖維)

チラノ纖維(耐熱グレード)の特性

特 性		S	LoxM	ZMI	SA
フィラメント径	( $\mu\text{m}$ )	8.5	11	11	10, 7.5
フィラメント数	(本/束)	1600	800	800	800, 1600
テックス	(g/1000m)	220	200	200	180, 190
引張強度	(GPa)	3.3	3.3	3.4	2.8
引張弾性率	(GPa)	170	187	200	380
破断伸び	(%)	1.9	1.8	1.7	0.7
密度	(g/cm <sup>3</sup> )	2.35	2.48	2.48	3.10
組成	(wt.%)				
	Si	50	55	56	67
	C	30	32	34	31
	O	18	11	9	<1
	Ti	2	2	-	
	Zr	-	-	1	
	Al	-	-	-	<2
熱膨張係数	(10 <sup>-6</sup> /K)	3.1 (室温-500°C)	-	4.0 (室温-1000°C)	4.5 (室温-1000°C)
熱伝導率	(W/m K)	1.0	1.4	2.5	65

## (5) 其他的玻璃質纖維

---

石棉(Rock wool)可以應用在600 °C左右的斷熱、保溫、吸音等用途上。此種纖維係以金屬精鍊的爐渣，特別是高爐礦渣 (slag) 為主要原料，在其中加入矽石、白雲石礦 (dolomite)、石灰岩後在1500 °C左右熔融生成在將其纖維化。纖維徑平均 7  $\mu$ m 左右、長度10~100mm。

維持生體機能性的纖維有磷酸鈣類纖維被開發成功。在氫氧化鈣中加入磷酸氫，調整 Ca/P 摩爾比在0.6 - 1.7之間，在經熔融紡絲得到強度100~200 kg/mm<sup>2</sup> 的纖維。此種纖維能賦予人工關節等植入(implant)材料中其具有韌性與生體親和性的素材。

## 2. 多結晶質纖維

---

多結晶質纖維的代表性產品為前驅體以燒結法製成之鋁纖維、碳化矽纖維、碳纖維等。

最近以氣相法碳纖維較為人重視，各種纖維之物性如表13。

# 多結晶質纖維的物性

表 13. 多結晶質纖維的物性

	PAN 碳	瀝青碳	氣相碳	活性碳	碳化矽	碳化矽	碳化矽	碳化矽
纖維徑( $\mu\text{m}\Phi$ )	6~9	~10	~10	~10	10~15	5	9	20
比重	1.8	2.0	~2		2.55	5.7	3.2	3.9
引張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	280	210	250	30~40	280	35~140	260	210
彈性率(t/mm <sup>2</sup> )	34	38	33	1.~1.4	18	15	25	39
融點(°C)	3650	3650	3650		2690	2650		2040
耐熱溫度(°C)	2760	2760	2760		1300		1,250	
熱傳導率(Kcal/mhk°)					36	1.7	2	
熱膨脹率( $\times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	-1.0	1.7			3.7	7.2	8.8	6.0~6.5
比電阻 ( $\Omega\cdot\text{cm}$ )	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-3}\sim 10^{-5}$	導電性	$>10^{13}$	$10^6$	$>10^{14}$	$>10^{14}$
誘電率(1MHz)					40		4.9	9.6
損失(正接,1MHz)							0.015	0.001

## (1). 碳纖維

---

- 分為以聚丙炔腈 (polyacrylonitrile ; PAN) 為原料與以瀝青 (Pitch) 為原料的碳纖維。
- PAN 類碳纖維是以丙炔腈單體與乙烯(Vinyl)單體的共縮合體紡絲製得，在200~300°C 的空氣下氧化耐熔化處理，接著在不活性氣體中以 800~1100°C 下碳化製造。
- 再經表面上膠處理即得市售碳素纖維。
-

# (1). 碳纖維

---

- PAN 類碳素纖維具下述特徵
  - (1). 高機械強度、彈性率，抗張・耐壓縮兩者均佳。
  - (2). 幾乎不會蠕變疲勞。
  - (3). 耐衝擊性低。(4). 電導度、熱傳導度，比熱等均介於金屬與非金屬的中間位置或接近金屬。
  - (5). 膨脹率極小，約為  $0.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C} \sim -0.7 \sim -1.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 。
  - (6). 低密度、X 線的透過性佳。
  - (7). 熱強酸及氧化性(高溫)環境下弱。空氣中氧化開始溫度約  $350^\circ\text{C}$ 。
- 碳纖維具有芳香族網目構造，纖維毛長度、配向性對抗張強度或電導度性質有大影響。
- 瀝青類碳纖維分為等方性與異方性等兩類。



## (1). 碳纖維

---

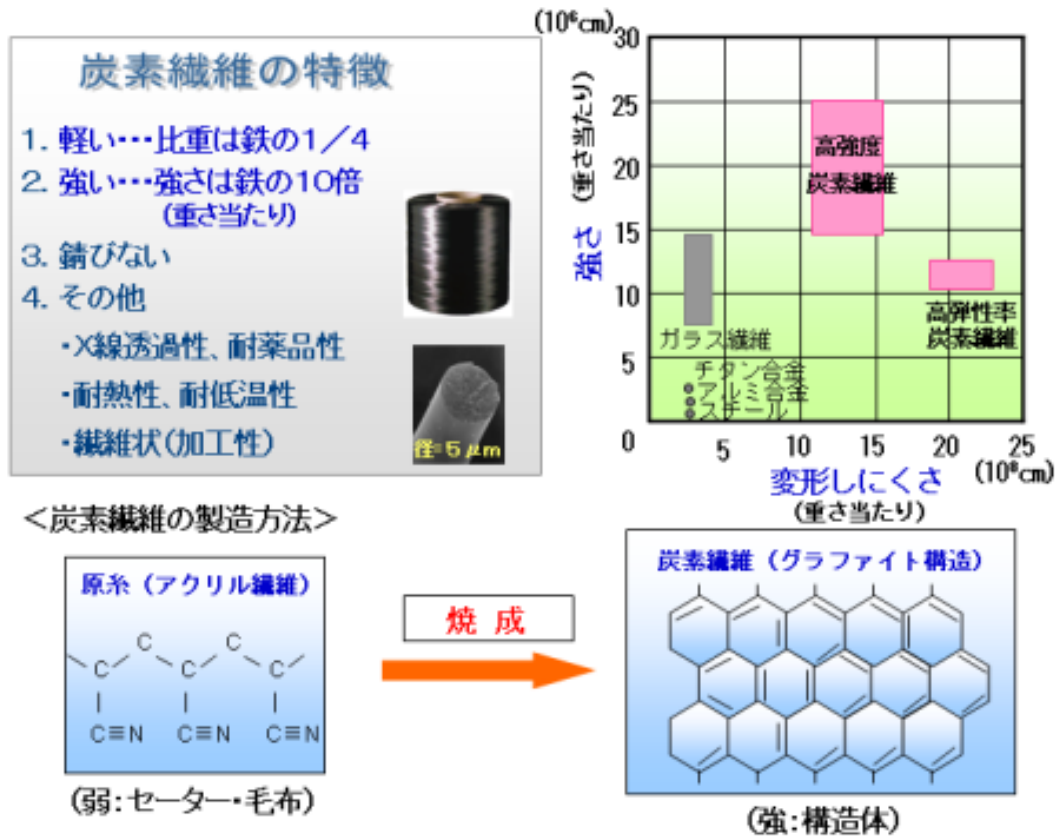
異方性碳纖維是液晶在纖維軸方向配列，最近視常上有高強度、高彈性率之碳纖維。

與此相對的等方性的纖維價格較低，稱之汎用等級碳纖維彈性率高但強度略低，結晶未有排列因此較易折斷。

碳纖維的導電性也是特色之一，導電紙的開發，是因電子的傳導在碳纖維構造中芳香族部分平面內良好，但在此之外則電阻變大抵抗。因此，纖毛呈年輪狀配列之纖維，纖維內的導電率大，重疊纖維間的接觸則電阻大。

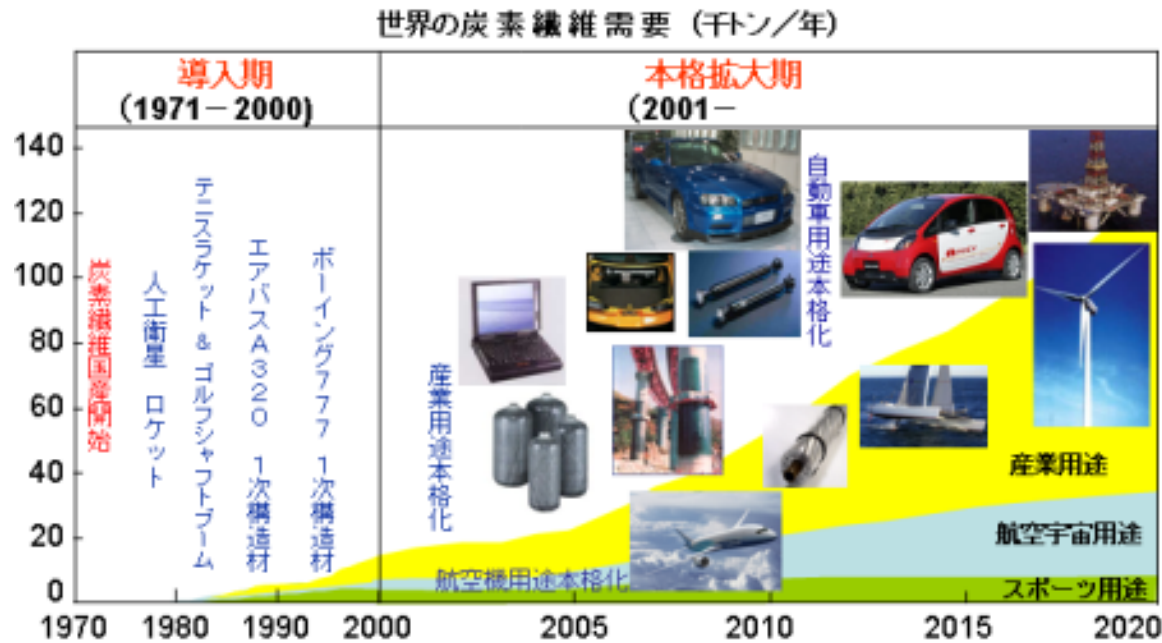
相反的，由網平面中心向放射狀配列的放射構造的瀝青類碳纖維其接觸相對的電阻較小。

# (1). 炭纖維



<http://www8.cao.go.jp/cstp/5minutes/020/index2.html>

# (1). 碳纖維



用途	限定分野	用途拡大	全市場本格拡大
人工衛星	テニスラケット	産業機械	航空機, 自動車, 船舶
釣竿	ゴルフシャフト	圧力容器, 船舶	エネルギー(風力発電, ウラン濃縮, 海底油田)
航空機	航空機 1次構造材	土木建築	産業機械, コンポジット
2次構造材		補修補強	

<http://www8.cao.go.jp/cstp/5minutes/020/index2.html>

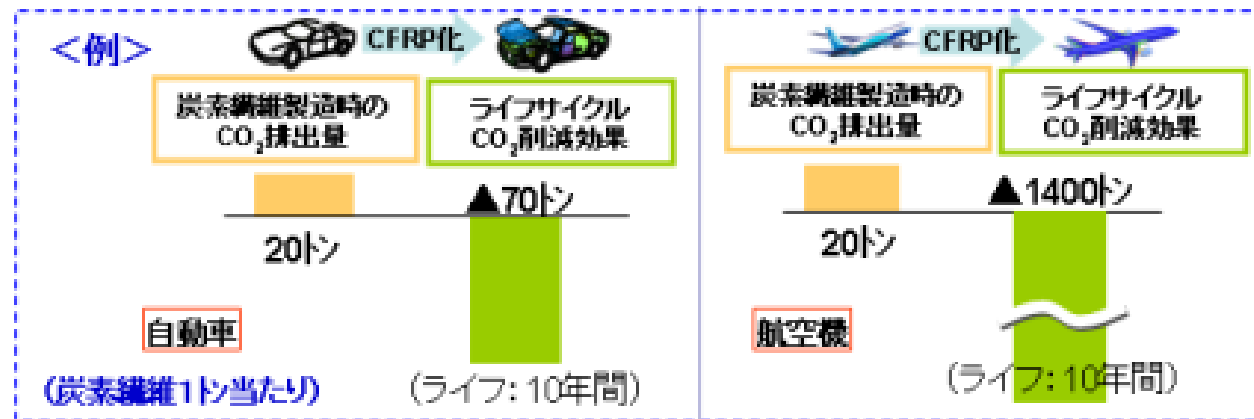
# (1). 碳纖維

“軽くて強い構造素材” = 省資源・省エネルギー

製造時のCO<sub>2</sub>排出量 << 製品寿命に亘る大幅CO<sub>2</sub>削減

(LCA: Life Cycle Assessment)

環境改善素材拡大が地球環境に貢献



	1機当たり炭素繊維 使用量(トン)(重量比%)	1機・1年当たり CO <sub>2</sub> 削減効果(トン)	世界の機数 (将来普及時)	1年当たりの CO <sub>2</sub> 削減量(トン)
自動車	0.1 (10)	0.5	3,700万台(500万円以上)	0.2億
航空機	20 (40)	2,700	15,000機(100席以上)	0.4億
風車	3 (10)	13,000	1万機 (大型5MWクラス)	1.3億

# (1). 碳纖維

## 環境負荷低減

**軽量化**

ボーイング787 MFL

**航空機**

がCFRP(構造重量の50%) 日の丸ジェットもCFRP

**自動車**

欧州軽量化車はCFRP 軽量化車体はCFRP

## グリーンエネルギー製造

**効率化**

羽根断面 CFRP

軽量化剛性により 直径100mを実現

**風車の大型化**

回転翼 CFRP (緑部)

軽量化剛性により 高速回転を実現

**ウラン濃縮回転翼の高速化**

## 代替燃料システム

**バス・トラック**

CFRP製CNGタンク

軽量化剛性により 軽量化タンクを実現

CNGで低CO<sub>2</sub>排出量を実現

## 特殊機能

CFRPで内圧700気圧を実現

軽量化備材として利用

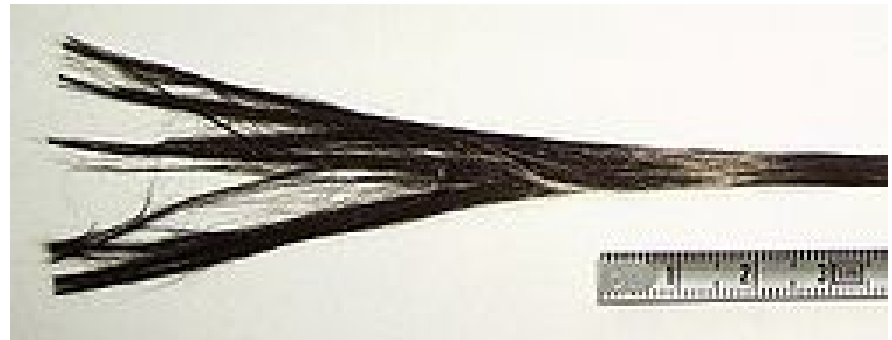
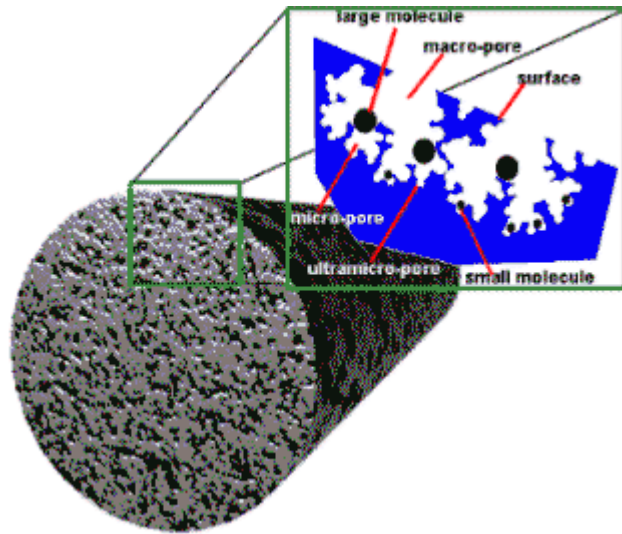
**高圧水素タンク** CFRP **燃料電池** C/C

(CNG: Compressed Natural Gas、圧縮天然ガス)

(CFRP: Carbon Fiber Reinforced Plastics、炭素繊維強化プラスチック)

<http://www8.cao.go.jp/cstp/5minutes/020/index2.html>

# (1). 碳纖維



### (3). 活性碳纖維

---

- 活性碳纖維使使用縲縈、壓克力纖維，或酚類纖維等為原料，經過碳化與活化工程致備。使用高溫會融著的原料時先在 200-300°C 下以酸進行不融化處理，如縲縈、壓克力纖維等在 800-1500°C 下碳化，接著在 800-900°C 進行活化。
- 酚膠纖維在 1100-1200°C 進行 1 段碳化、活化作業。
- 縲縈則使用  $\text{ZnCl}_2$ 、或  $\text{H}_3\text{PO}_4$  為脫水、碳化、活化的觸媒。粉狀活性碳纖維較粒狀者吸著速度快 100-1000 倍，吸著容量高 1.5-10 倍。成型體的通氣抵抗約 1/3 為其特色。

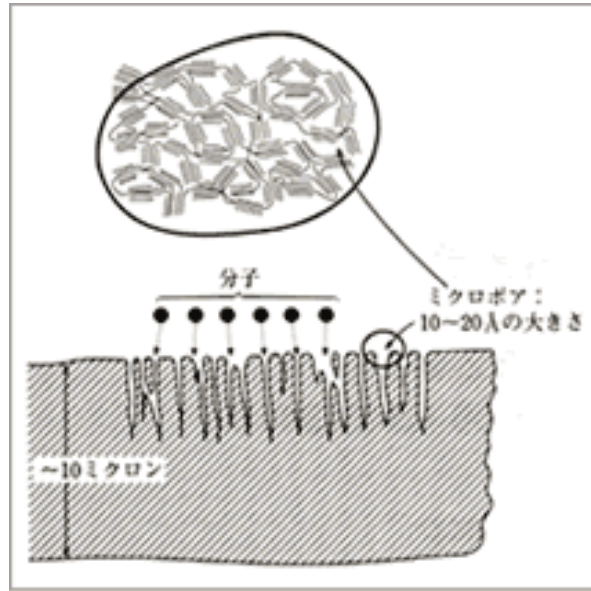
### (3). 活性碳纖維

---

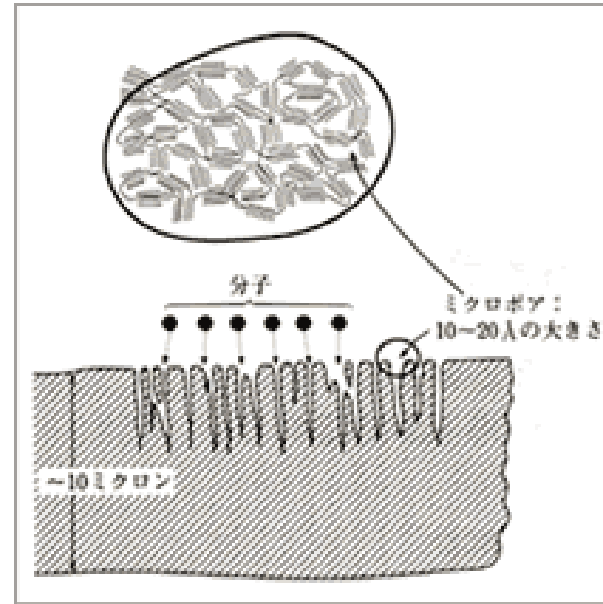
- 酚性類纖維為例，直徑 $10\ \mu\text{m}$ 、由約 $200\ (\times 10^{-8})$ 直徑的微結晶所構成，表14顯示各種等級活性碳纖維的吸著性能。
- 抗張強度隨活化度而異，基重 $2000\ \text{g}/\text{m}^2$ 者為 $35\ \text{kg}/\text{mm}^2$ 。由調整活化條件，可以製備出具吸著分離苯與環己烷的分子篩效果的活性碳纖維。活性碳纖維外觀為黑色，微細纖維會剝離掉出，大部分的用途具使用各種不同的加工。



### (3). 活性炭纖維



【活性炭素纖維の概念図】



【粒状活性炭の概念図】

※参考文献

石崎信男、井上勝也監修：炭素は七変化、研成社、p.103～108（1993）

# 活性炭纖維

---

## ■ 活性炭素纖維とは

活性炭素纖維「KF」、セルロース纖維を原料として製造される纖維状の活性炭です。布の性質と活性炭の性質を持ち合わせています。

そのユニークな特長から、粒状活性炭・球状活性炭につづく第3の活性炭とされています。

■ [http://www.toyobo.co.jp/seihin/ac/filter/material/act\\_carbon\\_fiber/index.htm](http://www.toyobo.co.jp/seihin/ac/filter/material/act_carbon_fiber/index.htm)

# 活性炭纖維

---

## ■ ■ 活性炭素纖維の特長

活性炭素纖維「KF」は、次のような優れた特色をもつ活性炭です。

- 高比表面積(1,000~1,800m<sup>2</sup>/g)で、その孔径は5~100 Åと極めて小さい細孔を有しています。
- 広い範囲の各種ガスを有効に吸着除去します。
- 吸着容量は、通常の粒状活性炭に比べて大きいです。
- 外表面積が大きいため、吸着速度が速い(通常の粒状活性炭の10~100倍程度)ことが特長です。
- 繊維状なので、炭塵の発生が少ないです。
- 布形状のため、取り扱い性に優れ、かつ、柔軟性に優れています。
- 吸脱着を繰り返しても、性能の劣化は僅少です。また脱着時間が通常の粒状活性炭より短くて済みます。

[http://www.toyobo.co.jp/seihin/ac/filter/material/act\\_carbon\\_fiber/index.htm](http://www.toyobo.co.jp/seihin/ac/filter/material/act_carbon_fiber/index.htm)

# 活性碳纖維的吸著性能

表 14. 活性碳纖維的吸著性能

項目 \ 等級		07	10	15	20	25
比表面積	m <sup>2</sup> /g	700	1,000	1,500	2,000	2,500
細孔半徑	A°	7	9	12	16	22
細孔容積	ml/g	0.12	0.22	0.50	0.75	1.20
苯吸著力	Wt%	14	22	45	65	90
碘吸著量	mg/g	750	950	1,550	2,000	2,400
亞甲機藍脫色力	ml/g	0	0	270	340	380
pH 值		7	7	7	7	7
灰分	%	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05
著火溫度	°C	470	470	470	470	470

### 3. 單結晶質纖維

---

單結晶質纖維除了藍寶石纖維 (sapphire fiber) 是採用融體拉伸法製成，其他的纖維均為晶鬚狀的微細纖維，為 **submicron** 直徑的單結晶質，無欠陷的晶鬚可以期待具極高強度，具有長纖維無法使用的射出成型、或壓出成型之複合材料的製造也為可能的優點點。

由製紙的觀點，一般長度在  $200\ \mu\text{m}$  以下的多數纖維，在抄紙時能得到充分纏的繞者很少。

但是只要有是當黏著劑 (binder) 的配合，除了可以使用晶鬚製紙以外，也可以用濕式法製備纖維強化金屬胚 (FRM perform)。

### 3. 單結晶質纖維

---

- 晶鬚的製造法可以大分為氣相法、與液相法兩類。
- 以氣相法製備者以轉位密度低、空洞、內部及表面欠陷少，是完全性高的單結晶，具有較多結晶質纖維多倍的強度，但是，製造成本高。
- 與此相對的，液相法晶鬚，粗纖維者為具有纖維狀的平行裂開的纖維束。因較液相法有較快的生成速度，不但欠陷多、強度或韌性皆較差，但有製造成本低的優勢。
- 表 15 為單結晶質纖維的物性。

# 表 15-1 為單結晶質纖維的物性

	SiC	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> Ti <sub>6</sub> O <sub>13</sub>	CaSO <sub>4</sub>
纖維徑(μmΦ)	0.05~1.5	0.1~1.6	1.0	<1.0	2
纖維長(μm)	5~200	5~200		20~50	60
比重	3.18	3.18		3.5	3.0
抗張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	2100	1400	2100	700	210
彈性率(t/mm <sup>2</sup> )	49	38.5	43.4	28.0	18.2
硬度(Mohs)	9	9		4	2~3
融點(°C)	2700(分)		2040	1371	1450
耐熱溫度(°C)			1,600	1,200	1000
熱膨脹率(x10 <sup>-6</sup> /°C)	4.5	2.5			
比抵抗(Ω.cm)	半導體	絕緣體	絕緣體	3x10 <sup>15</sup>	
誘電率(100KHz)				3.6	
損失(正接,1MHz)					

## 表 15-2 為單結晶質纖維的物性

	Na <sub>2</sub> Ca <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>18</sub>	MgO	Mg <sub>2</sub> B <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MOS*	石綿	矽灰石
纖維徑(μmΦ)	1~5	3~10	~1.0	<1.0	0.03	1~6
纖維長(μm)	50~400	200~3000	10~500	10~100	<5000	20~50
比重			2.91	2.3	2.5	2.9
抗張強度(kg/mm <sup>2</sup> )	260	100~800			56~75	270~410
彈性率(t/mm <sup>2</sup> )	12.4	—				30~53
硬度(Mohs)	~4		5.5		2.5~4	5.5
融點(°C)	740	2,825	1,340		1,550	1,200
耐熱溫度(°C)		1,600	1,000	250~300	550	
熱膨脹率(x10 <sup>-6</sup> /°C)			~6			
比抵抗(Ω.cm)		1x10 <sup>17</sup>	1x10 <sup>12</sup>		5x10 <sup>5</sup>	
誘電率(100KHz)		17~34	—			
損失(正接,1MHz)		4x10 <sup>-7</sup>	—			



# 單結晶質纖維

---

## (1). 碳化矽、氮化矽晶鬚

高強度、高彈性率的耐熱、耐腐蝕性優。市販細晶鬚的強度最高如表15所示。

但是，大直徑晶鬚或具缺陷者強度低，具寬廣分布。

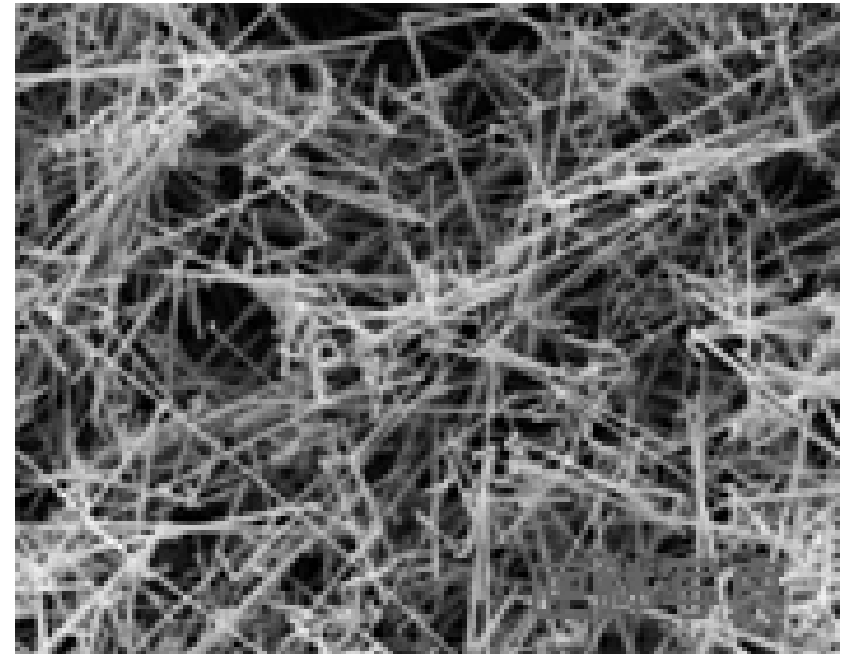
晶鬚強化鋁(纖維強化金屬；FRM)除了強度以外耐熱、耐磨耗、高彈性等特色。

[http://tateho.jp/j/other\\_03.html](http://tateho.jp/j/other_03.html)

# 碳化矽晶鬚

“ウィスカ” (whisker) は “ヒゲ”  
結晶ともよばれ、

- 欠陥の少ない微細な短繊維状結晶で極めて高い強度を有します。
- そのため、**高強度、高弾性率、高硬度で、耐熱性、耐食性に優れており、**
- **セラミックス、金属及びプラスチック複合材の強化材として用いられます。**



[http://tateho.jp/j/other\\_03.html](http://tateho.jp/j/other_03.html)

# 碳化矽晶鬚

特長	用途
<ul style="list-style-type: none"><li>● 複合材料の強化材として用いた場合、高アスペクト比により、機械的特性を向上させる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 切削工具のための硬質セラミック用強化剤 タービン及びジェットエンジン用</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>● 化学的に安定であり、熱伝導性に優れる。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 耐摩耗用途のための硬質セラミック用強化剤。 焼入れ鋼より優れた耐摩耗性を示す。</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>● 不溶出なので、直接食品に接触するフッ素樹脂やセラミック用途に利用可能。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● マイクロウェーブ加熱が可能なセラミックス 調理及び工業用加熱用。</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>● 水に分散し、フッ素樹脂エマルジョンに利用可能。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● プラスチック用強化剤。</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>● 非常に高い誘電率と損失正接を持つ。</li></ul>	

[http://tateho.jp/j/other\\_03.html](http://tateho.jp/j/other_03.html)

# 氮化矽晶鬚



特長	用途
<ul style="list-style-type: none"><li>● 高強度、高硬度であり、耐熱性優れている。</li><li>● 化学的に安定であり、電気絶縁性に優れている。</li><li>● 熱膨張が炭化ケイ素ウイスカの 1/2 である。</li><li>● 金属の溶湯 (A 1 等) に濡れにくく、断熱性を有する。</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>● 金属及びプラスチック複合材の強化剤 絶縁材料の補強剤</li><li>● 遮蔽剤</li></ul>

化学式  $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、結晶  $\alpha$  型

直径 ( $10^{-6}\text{m}$ ) 0.1 ~ 1.6、長さ 5 ~ 200 ( $10^{-6}\text{m}$ )

密度  $3.18 (10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3})$

化学組成 Mg (%) 0.2 (Max)、Ca (%) 0.5 (Max)

Al (%) 0.2 (Max)、Fe (%) 0.1 (Max)

[http://tateho.jp/j/other\\_03.html](http://tateho.jp/j/other_03.html)

# 單結晶質纖維

---

## 鈦酸鉀纖維

以  $K_2O \cdot nTiO_2$  ( $n= 1、2、4、6、8$ ) 所顯示為數種化合物。做為強化用途市售者為  $n=6$  等級，具燧道狀構造。實用性的製造方法為融體法、燒成法、熔融法等。

使用本纖維的強化塑膠

- (1). 微細直徑的晶鬚可以作為手錶的齒輪時或厚度薄的精密零件。
- (2). 低硬度(摩斯硬度4；Mohs hardness) 不會傷及接觸對方之耐摩耗材料。
- (3). 降低成型收縮率及膨脹係數，
- (4) 強化等方性可提升尺寸安定性之零件。

# 單結晶質纖維

---

## 鈦酸鉀纖維

另外，鈦酸鉀纖維為親水性，在水中分散真空過濾後不需添接著劑即可製備紙狀成型體。此種紙張具有高紅外反射率、絕緣性以外，因纖維直徑微細適合製作為薄且緻密的過濾器之材料。

此外，經表面處理等賦與導電性的鈦酸鉀纖維系纖維開發成比電阻抵抗 $10^4$ 、 $1\sim 5$ 、 $10^{-1}$   $\Omega\cdot\text{cm}$  等級的產品。

# 鈦酸鉀纖維

- 6-チタン酸カリウム纖維は、耐摩耗性にも優れ摩擦材料としても検討されている。また、1200℃の高温に耐え、赤外線反射率が高く、熱伝導率が極めて低いので耐火断熱材、絶縁材として優れた性能を有している。
- その他、樹脂、金属等の強化材、隔膜材料、フィルター、触媒担体、センサー材料などに利用されている。

## 【特性】

- 6-チタン酸カリウム纖維はアスペクト比が比較的大きく、化学的に安定で、耐熱性が高く、且つ引張強度も高い。

組成：TiO<sub>2</sub>：84.5%、K<sub>2</sub>O：15.3%

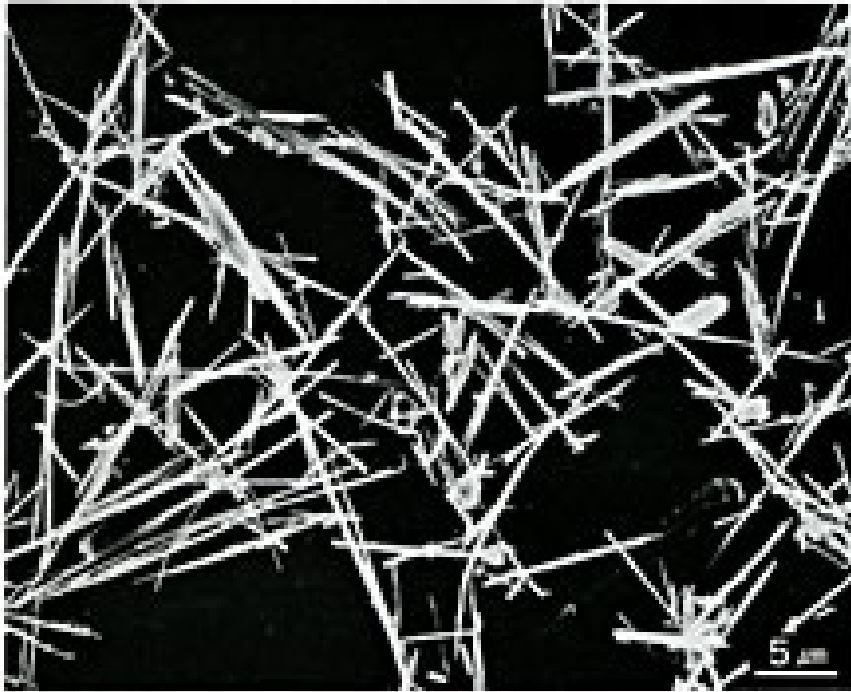
纖維径：0.2～2 μm

纖維長：10～20 μm

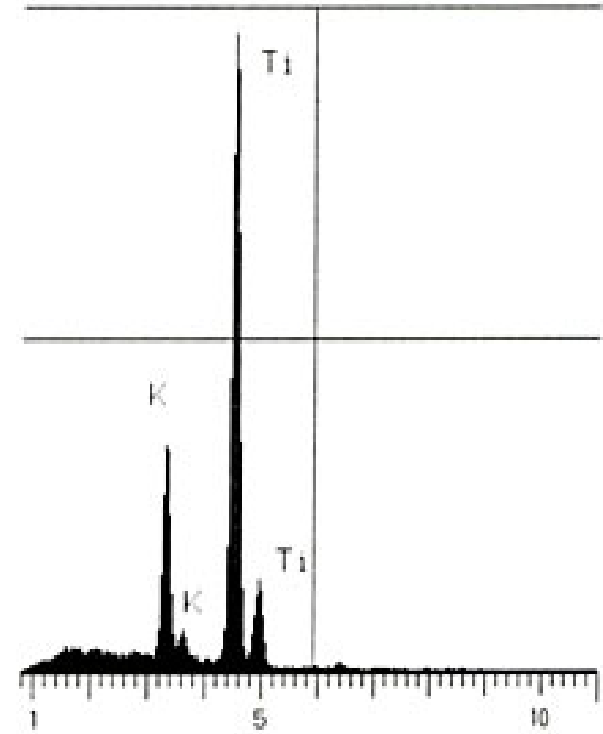
密度：3.3～3.5g/cm<sup>3</sup>

融点：1300-1350 °C

# 鈦酸鉀纖維



二次製電子顯微鏡像



energy dispersive X-ray spectrum



# 自動車などの摩擦材や機能性塗料 に使われているチタン酸塩

---

断熱性、耐熱性、耐薬品性に優れた特徴を持つ大塚化学のチタン酸塩と誘導体は

- 断熱材、耐熱材、耐食材、断熱塗料、
- 熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、エンジニアリングプラスチック、セメント、金属、セラミック等の強化材、摩擦材、導電材など
- に広い用途で使用されています。

# 鈦酸鉀纖維

## 代へ伸びる超々纖維

ティスモが生まれたのが1979年。新しい機能の新商品も加わり、その応用範囲はますます広がっています。次代の自動車、OA機器、情報機器、更には環境対策産業分野へと、その活躍舞台はワールドワイドへと変貌します。

## ティスモとは

「ティスモ」は、 $K_2O \cdot nTiO_2$ で示されるチタン酸カリウム纖維であり、纖維径 $0.2 \sim 0.6\mu m$ 、纖維長 $10 \sim 20\mu m$ の極めて微細な形状を有しています。「ティスモ」は、高強度、高剛性、高アスペクト比といった数々の特長を有しており、プラスチックや金属の補強材、自動車用摩擦材、精密フィルターなど幅広い用途分野で使用されています

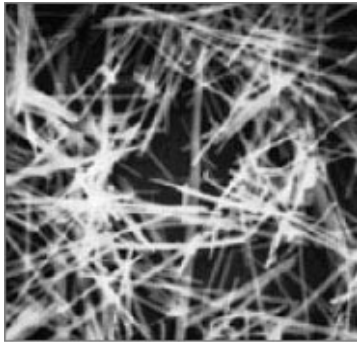
## ティスモの特長

極めて微細な単結晶です。一般的なガラス纖維の数千分の一というサイズです。高強度、高剛性材料です。炭素纖維同等の強度・剛性を有しています。

摩擦材料に最適です。表面硬度はアルミニウム同等であり、かつ優れた摩擦摩耗特性を有します

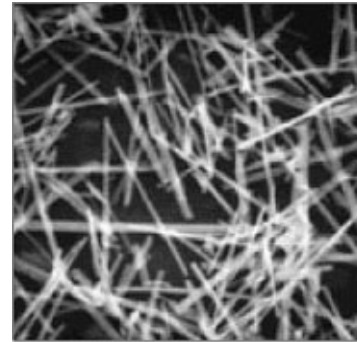
[http://www.otsukac.co.jp/products/chemical/cat\\_titanate/](http://www.otsukac.co.jp/products/chemical/cat_titanate/)

# 鈦酸鉀纖維



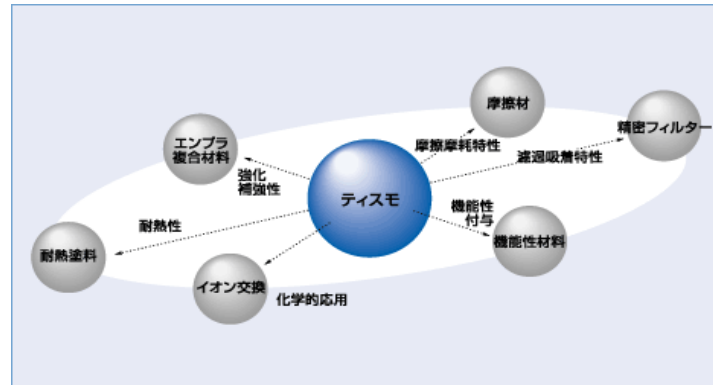
ティスモ D SEM写真

5 $\mu$ m



ティスモ N SEM写真

5 $\mu$ m



[http://www.otsukac.co.jp/products/chemical/cat\\_titanate/](http://www.otsukac.co.jp/products/chemical/cat_titanate/)

# 單結晶質纖維

---

## (3). 石綿

石綿是天然無機微細纖維，代表性石綿(chrysotile)其化學式為  $3 \text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。400°C 以上開始失去結晶水，700°C 時生成苦土橄欖石 (forsterite) 失去抗張強度。

單纖維的直徑極細 ( $200-400 \times 10^{-8}$ )、中空構造。是無機纖維中最具柔軟性，因結晶水的存在其抄紙性佳。

# 單結晶質纖維

---

## (4). 其他的單結晶質無機纖維

幾種單結晶質無機纖維被開發成功應用，如石膏纖維雖有耐水性的問題但是耐熱性優、經濟性的纖維。

矽灰石 (Wollastonite) 纖維使用天然纖維製成，纖維的長寬比小(= 20-40) 之故，作為紙的加工應用稍難。

鎂纖維、硼酸鎂 ( $Mg_2B_2O_5$ ) 纖維為目前開發應用中的纖維。

由濕式抄紙觀點具耐水性及纖維長、纖維直徑為重要的因子，為了滿足上述要求多數單結晶質無機纖維的開發目前進行中。

# 光觸媒紙的開發應用實例

---

# 機能性包装材料の開発最新動向

- 第1章 機能性包装材料の現状と将来動向
- 第2章 氣體阻隔性・保香性包装材料
- 第3章 生分解性包装材料
- 第4章 因應環境対策之包装材料
- 第5章 易開封性・再封性包装材料
- 第6章 鮮度保持包装材料
- 第7章 紙・瓦楞紙板製包装材料
- 第8章 玻璃材質包装材料
- 第9章 金属製包装材料
- 第10章 耐熱性包装材料
- 第11章 容器包装リサイクル法と機能性包装材料

# 光觸媒及光觸媒塗布紙

---



# 緒言

- 近年地球規模有害化學物質的接近身邊或家庭生活日趨嚴重，環境污染的問題相當嚴重已經威脅到人類的生存。焚化爐所發生之戴奧辛類的催畸性、新建材的溶劑或接著劑中所釋出之甲醛等病態住宅症候群（Sick House Syndrome；SHS）、由 SO<sub>x</sub> 或 NO<sub>x</sub> 等大氣中的污染物所導致之呼吸器疾病、香菸產生的二手菸導致肺癌的發生等，各種化學物質對人體的健康有不良的影響。
- 以往對環境污染物質的處理，均採用捕集、濃縮、焚化等熱分解的方式進行，因此必須消耗大量的化石燃料等大量的能源，也因而產生了大量的二氧化碳，不但加快了地球溫暖化，也更招致環境污染。
-

# 光觸媒

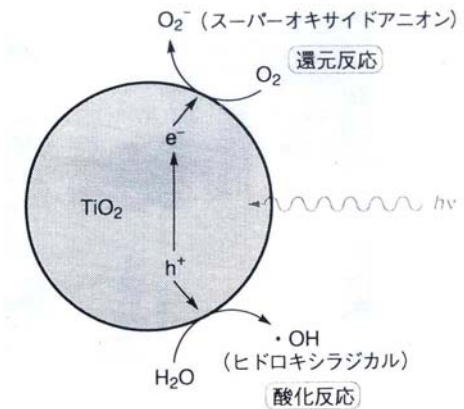
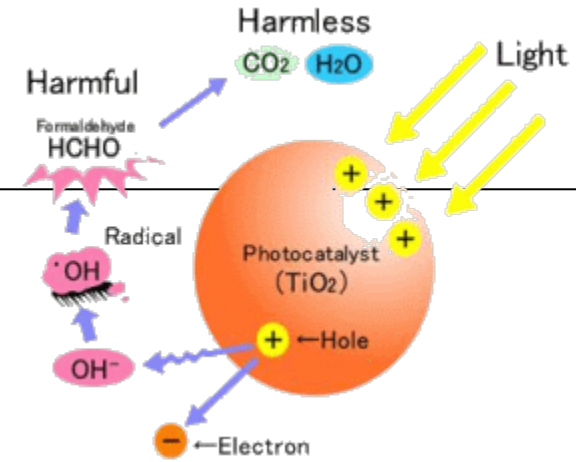
- 所謂光觸媒
  - 就是利用光的能量啟動的觸媒，由於光觸媒吸收的光能而呈勵起狀態，將吸附其上之污染物有機化合物分解。
  
- 最初的光觸媒的機能主要是著眼於室內的環境淨化

# 光觸媒

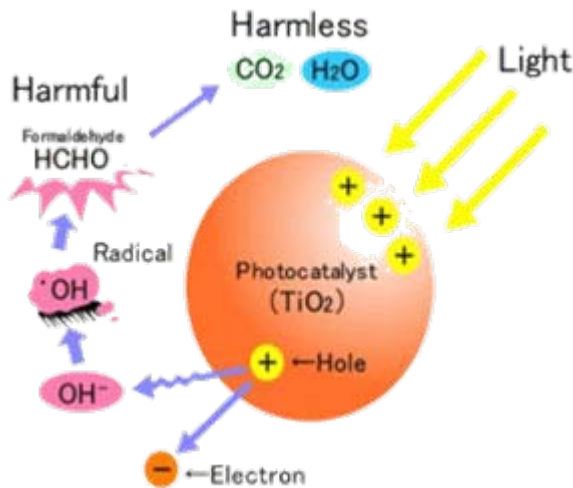
- 做為光觸媒的材料眾多，包括TiO<sub>2</sub>、ZnO、SnO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>等氧化物及CdS、ZnS等硫化物，
- 其中二氧化鈦(Titanium Dioxide, TiO<sub>2</sub>)，因氧化能力強、化學性安定又無毒
- 自1972年發現至今，已成為最近當紅的奈米光觸媒家電、口罩等民生用品的最愛。
- 二氧化鈦是一種半導體，分別具有銳鈦礦(Anatase)、金紅石(Rutile)及板鈦礦(Brookite)三種結晶結構，其中只有銳鈦礦結構具有光觸媒特性。

# 光觸媒

- 二氧化鈦，被為量的太陽光或、日光灯所含之微量的近紫外線所引發(勵起)所生成之帶正電的電孔，電孔所吸吸着水分經氧化反應生成氫氧自由基(Hydroxy radical;  $\cdot\text{OH}$ )，電子將氧氣轉換成superoxide ion ( $\text{O}_2^-$ )活性氧分子。
- 有機物質或有機氣體在二氧化鈦表面與這些活性氧接觸時，便會將電子奪過來，一般的污染物或病源體多半是碳水化合物，這些有機物分子因此反應將碳-氫鍵(C-H)、或碳-碳鍵(C-C)鍵結的切斷，大部份分解變成無害的水及二氧化碳，因此可以達到除污及滅菌的目標(如圖1)。



# 光觸媒反應的原理



- 「光觸媒反應」的原理如圖1所示，藉由紫外光或太陽光的照射，使觸媒表面的電子吸收足夠能量而脫離，而在電子脫離的位置便形成帶正電的電洞，電洞會將附近水分子游離出的氫氧基(-OH)氧化(即奪取其電子)，使其成為活性極大的氫氧自由基(OH radical；)；氫氧自由基一旦遇上有機物質，便會將電子奪回，有機物分子因鍵結的潰散而分崩離析。一般的污染物或病原體多半是碳水化合物，分解後大部份會變成無害的水及二氧化碳，因此可以達到除污及滅菌的目標。

# 光觸媒反應的原理

- 要使二氧化鈦的電子由價電子帶(valence band)躍遷至傳導帶(conduction band)並脫離材料，外來的光源必須提供電子足夠的能量以跨越能隙 (band gap)。
- 光源的能量  $E$  與波長( $\lambda$ );之間具有反比關係：

$$E = h \nu$$

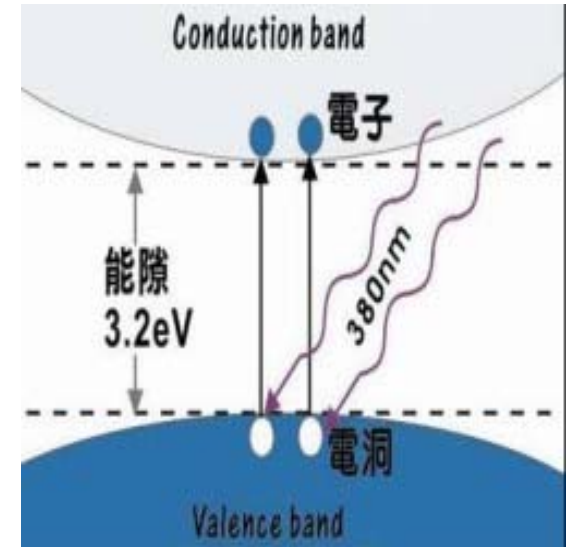
$$\nu = C / \lambda$$

$$E = h C / \lambda$$

其中  $E$ ：能量；

$h$ ：(Planck constant) =  $6.626 \times 10^{-34}$  J.s

$C$ ：光速  $3.0 \times 10^8$  m/s， $\nu$ ：頻率。



二氧化鈦能隙的寬度為  $3.2 \text{ eV} = 5.12 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，對應的波長為  $380 \text{ nm}$ ，正是紫外光波段。換言之，波長超過  $380 \text{ nm}$  (即能量低於  $3.2 \text{ eV}$ ) 的光源是無法使二氧化鈦發揮光觸媒功能的(如圖2)

# 光觸媒反應的原理

- 二氧化鈦能隙的寬度為 $3.2 \text{ eV} = 5.12 \times 10^{-19} \text{ J}$ ，對應的波長為 $380 \text{ nm}$ ，正是紫外光波段。換言之，**波長超過 $380 \text{ nm}$ (即能量低於 $3.2 \text{ eV}$ )的光源是無法使二氧化鈦發揮光觸媒功能的(如圖2)。**
- 為了擴大光觸媒的應用範圍，**日本已成功開發出可見光( $390\sim 780 \text{ nm}$ )適用的光觸媒**；另一方面，應用奈米科技將二氧化鈦製成奈米級顆粒，則可藉由大幅增加表面積與體積的比例，提高光觸媒作用的效率。這些發展預期將帶動更多的光觸媒應用
- ([Http : www.maroshosangyo.jp/m-clean/visible.htm#2](http://www.maroshosangyo.jp/m-clean/visible.htm#2))。

# (一)、光觸媒的主要機能及應用

- 光觸媒材料經紫外線的照射，發揮強氧化的能力，因此，氧化鈦具有將接觸之有機物質進行強力的氧化分解的機能，能做為製備各種環境淨化材料上之應用。
- 活用光觸媒二氧化鈦的自我清潔效果 (Self-cleaning)，可應用在外裝材或玻璃等應用為環境淨化用材料，居住環境內也可應用在浴室等磁磚或空氣清淨機為脫臭除菌或去除揮發性汙染物(VOC)等有害物質的分解為目的。



# 光氧化反應

- 光氧化反應
- 氧化鈦等光觸媒能將空氣中的有機物完全氧化成二氧化碳的現象。
- 經氧化鈦塗布玻璃板塗有藍色色素甲基藍(亞甲藍：methylene blue)經光照射則光照到部分變白(圖3 b)。

光酸化反應：酸化チタンなどの光触媒により、有機・無機化合物が完全酸化される(=デモンストレーション)。メチレンブルーの色が消え、フォトマスクのところだけ残る



# 超親水化現象

- 氧化鈦經光照射則表面變的較親水化，水在其上之接觸角幾乎為零，水呈薄膜狀擴散成一易濕潤的表面。稱之超親水化現象。
- 經氧化鈦塗布的玻璃板與對照組玻璃板經光照射則氧化鈦塗布者上之水呈薄膜狀流下，對照組玻璃板則呈條狀流下(圖3a右)。

超親水化現象：酸化チタン光触媒薄膜に光を照射すると表面が親水化して接触角がほぼゼロになる＝水が薄い膜になって広がる



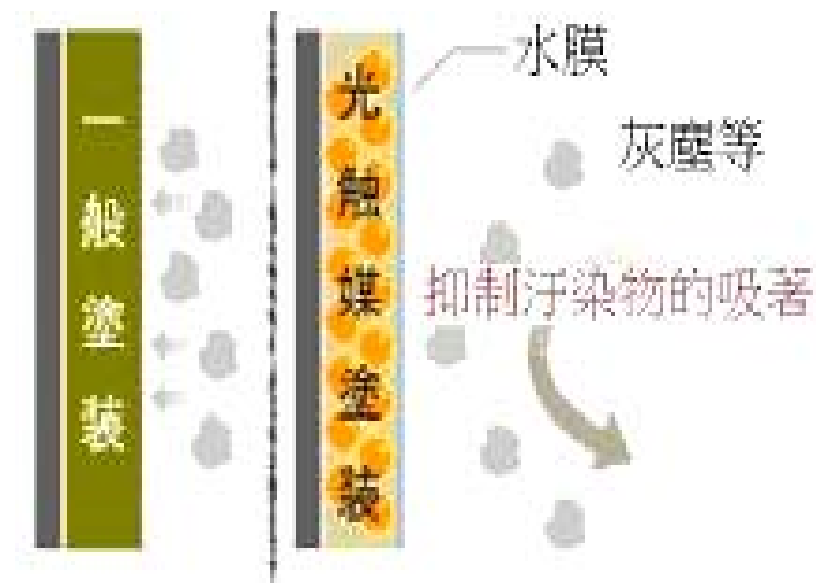
左：酸化チタンコート 右：通常のガラス

図1 光誘起超親水化現象と光酸化反応

## 3.抑制表面靜電發生

### 3.抑制表面靜電發生

- 建築物外壁塗布氧化鈦可抑制表面帶靜電，而達到減少灰塵、沙粒等附著效果(圖3 c)。



# 1. 空氣淨化機能

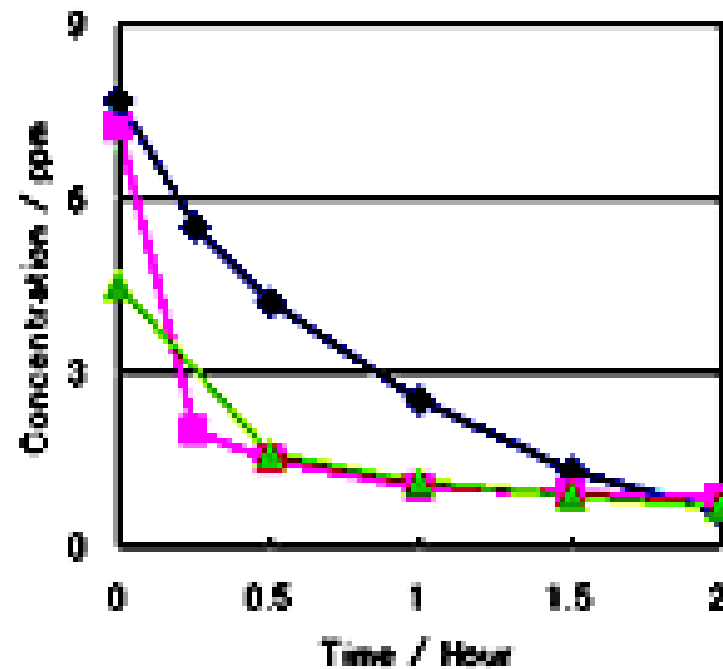
## 1. 空氣淨化機能

- 目前汽機車排氣中所排出含氮氧化物物（ $\text{NO}_x$ ）、含硫氧化物（ $\text{SO}_x$ ）等環境污染物質煙中汙染空氣，可以應用光觸媒將附加在生活周邊環境知擔體上，以將其去除達到大氣淨化的效果。
- 目前的主要使用例：塗布建築物外壁、塗布道路遮音壁、工場排氣設備等。

## 2.除臭機能

### 2.除臭機能

- 生活中存在有各種不同的氣味，其中有些臭氣如**氨氣**、**乙醛**（菸臭）、**硫化氫**（ $H_2S$ ；腐敗蛋臭）、**硫醇**（methylmercaptan; 蒜味臭）等惡臭物質會造成人們健康或感官上之困擾。
- 可以應用光觸媒將**附加在生活周邊**環境之擔體上，以去除臭氣。目前的主要使用例：空氣清淨機、介護用品、壁紙、窗簾等。



CH3SH NH3 HCHO

# 3.水質淨化機能

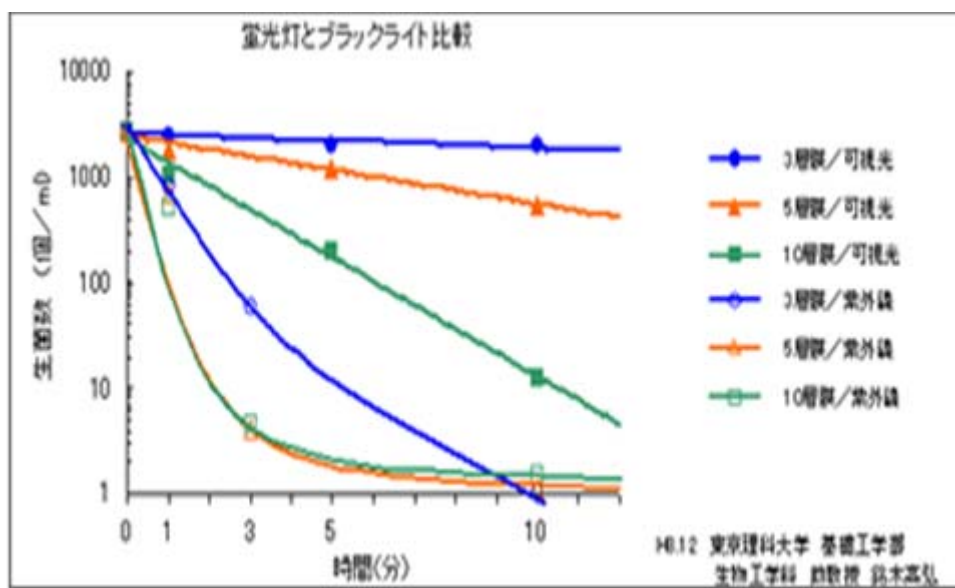
## □ 3.水質淨化機能

- 與空氣同樣是人們不可缺的物質。
- 一般使用的飲用水、農用水，常有機鹵化物的污染如四氯乙烯(tetrachloroethylene)、三氯(鹵)甲烷( $\text{CHCl}_3$ )。
- 以應用光觸媒將其分解去除；目前的主要使用例：淨水器、排水處理等。

# 4. 抗菌機能

## 4. 抗菌機能

- 光觸媒具有強力的分解力，在其表面接觸之細菌殺死其殘骸分解。目前的主要使用例：瓷磚、廚房、廁所用品等。



# 5. 防污機能

## 5. 防污機能

- 一般生活之招的汙染物物被油類成分、砂、塵埃等附着所形成。光觸媒能將附著於其表面的油類成分分解而達到防污。此機制也稱自我清淨(Self cleaning)。
- 目前的主要使用例：建物的外壁、燈罩、窓附的玻璃等。



# 實用化光觸媒

- 北海道大学創成科学研究棟西面玻璃為以二氧化鈦塗布(如圖2)、
- 玻璃表面經常保持清潔的狀態
- 且能隔離可視光・赤外線等。



図2 酸化チタンコーティングガラス 北海道大学創成科学研究棟の西面のガラスは酸化チタンコーティングされている。可視光・赤外線カットにも効果がある

# 實用化光觸媒

- 普通の帳篷素材在室屋外使用則會有污染物附著的現象。
- 但在帳篷素材表面塗布氧化鈦光觸媒、則能經常保持清潔的狀態(圖3)。
- 帳篷材料為PVC, 其中含有可塑劑、異滲染出做為如糊料的作用, 相反的也會因而加速污染的程度。

屋外暴露5か月後の状態



一般用膜材



フッ素コート膜材



酸化チタン膜材

# 實用化光觸媒

- 以二氧化鈦塗布（如圖2）、因光氧化反應將滲出之可塑劑分解，即使長期間在室表面經常保持清潔的狀態。
- 二氧化鈦經光照射則表面變的較親水性化，雨水呈薄膜狀流下將污染物洗掉。
- 如此利用光氧化反應與超親水化現象達到稱之自我清潔(Self cleaning)、的效果。

屋外暴露5か月後の状態



一般用膜材



フッ素コート膜材

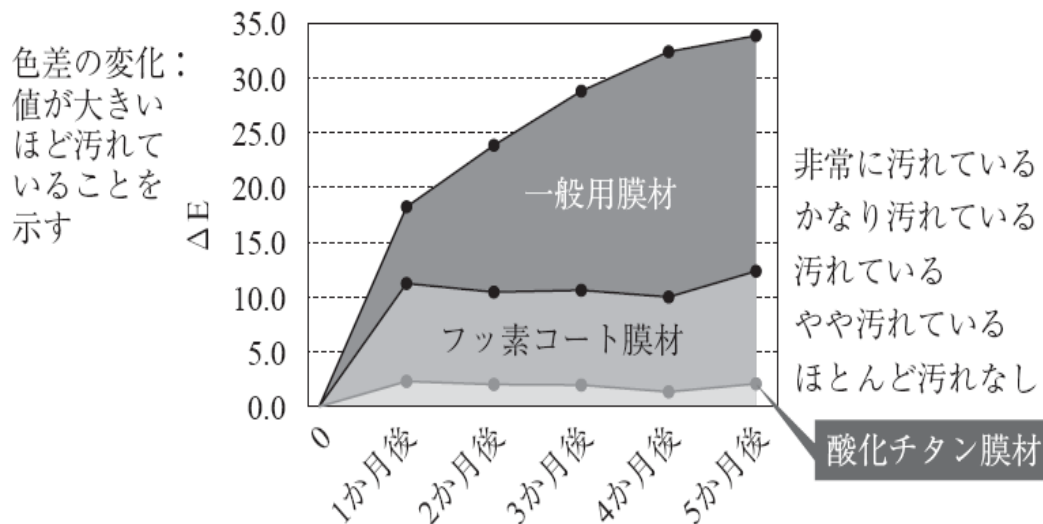


酸化チタン膜材

# 屋外暴露試験

屋外暴露 5か月後の状態  
一般用膜材 フッ素コート膜材  
酸化チタン膜材  
色差の変化: 値が大きいほど汚れていることを示す

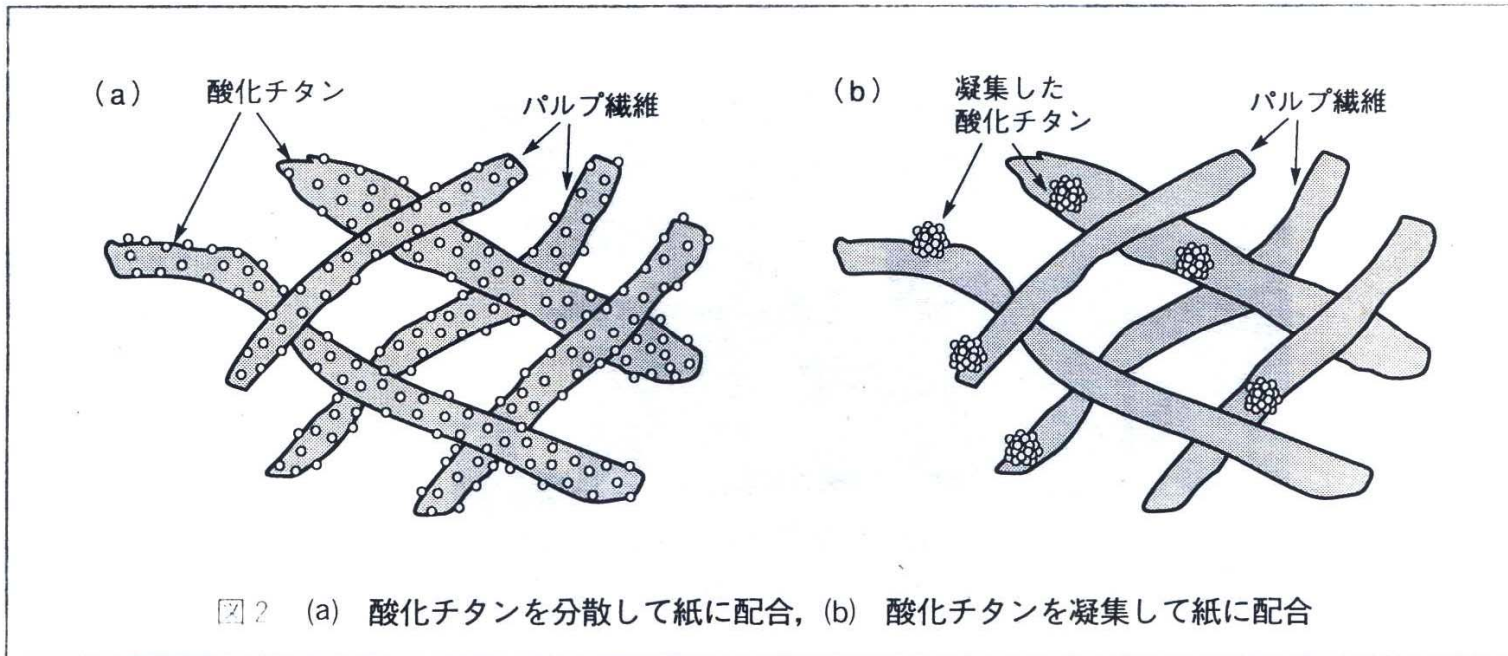
膜材料であるポリ塩化ビニール(PVC)には必ず可塑剤が含まれており、これが表面に染み出すことによって汚れが加速される



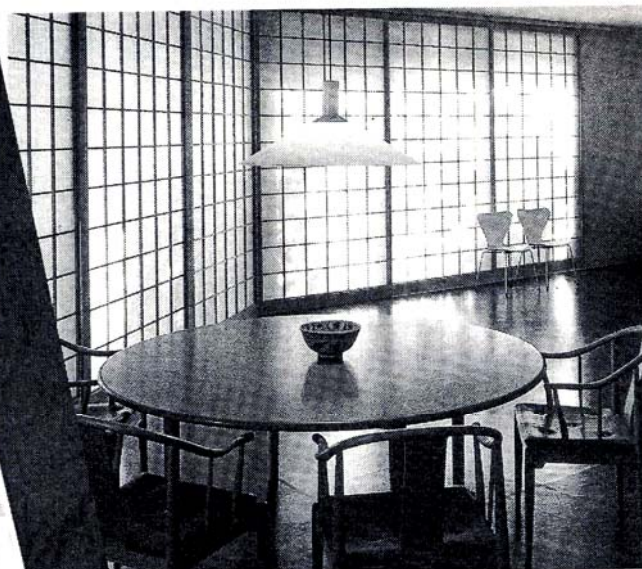
膜材料であるポリ塩化ビニール(PVC)には必ず可塑剤が含まれており、これが表面に染み出すことによって汚れが加速される

図3 酸化チタン光触媒を塗布したテント素材 (太陽工業株式会社 HP <http://www.taiyokogyo.co.jp/futsal/feature.html> より許可を得て転載)

# 光觸媒紙



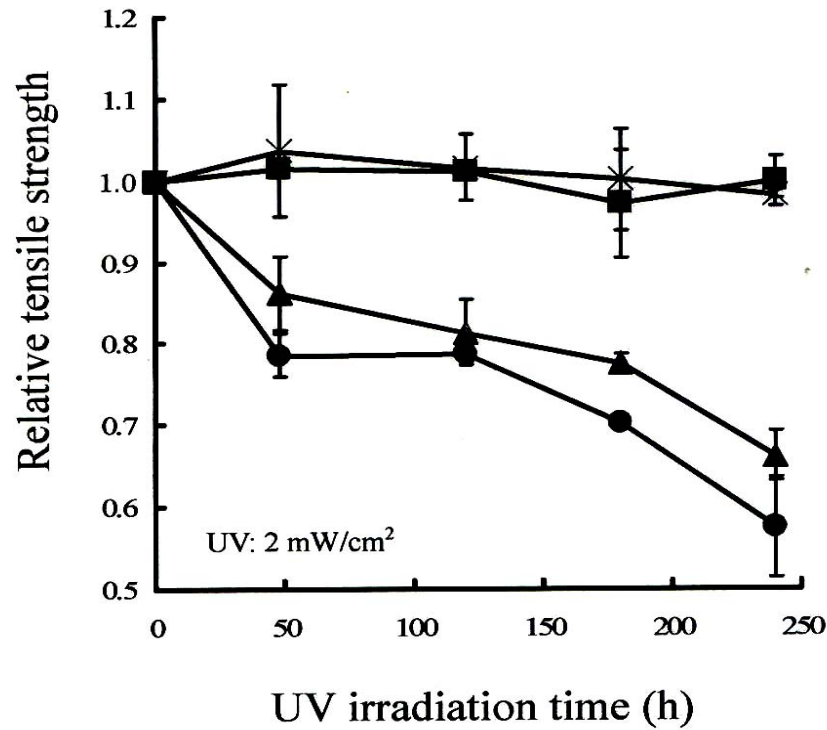
# 光觸媒紙



断熱性・通気性を持ち、やわらかに光を通す障子

写真1 酸化チタン光触媒を使った障子紙とフィルター

# 光触媒紙



(■)ペーパー光触媒、(●)光触媒紙(分散担持)、(▲)光触媒紙(凝集担持)、  
(×)パルプシート、(△)光触媒粉末

## 二、光觸媒紙的開發及應用

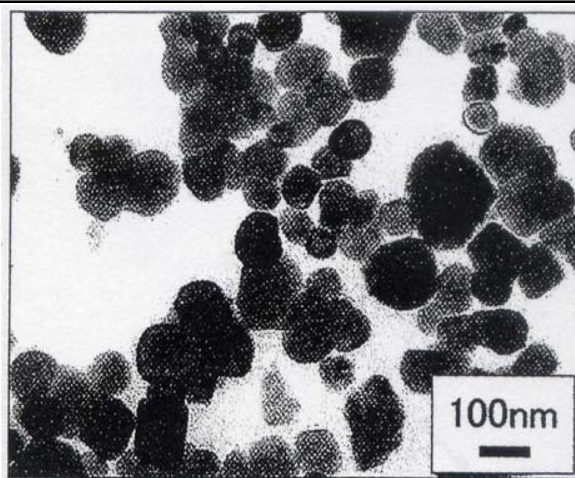
- 日本製紙集團，
- 將一般市售的塗布紙的塗布層使用無機黏著劑與光觸媒使二氧化鈦被覆奈米無機粘著劑之複合體之塗料
- 維持與以往一般紙張有同等印刷適性，但賦與紙製品具有空氣清淨效果或抗菌性光觸媒塗布紙。



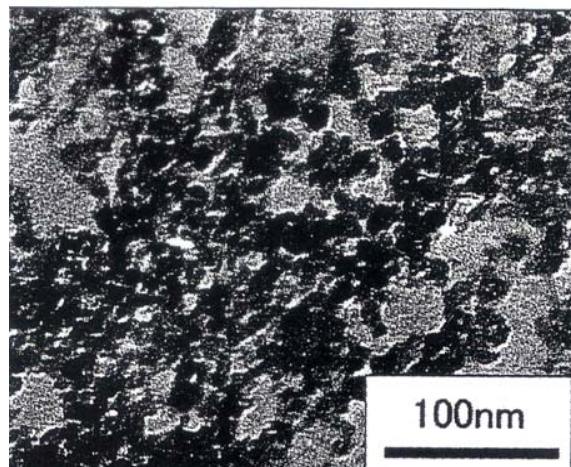
# (一)、光觸媒紙製造技術的重點

- 二氧化鈦本身早就被應用為製紙用的顏料或填料。以往造紙所使用之白色顏料之的氧化鈦與光觸媒用氧化鈦的形狀及表面狀態均同，製紙用的二氧化鈦(照片1-a)主要是為了提升紙張的光學特性，其粒徑約為 200~300nm、比表面積約為10~30 m<sup>2</sup>/g。
- 作為光觸媒用的二氧化鈦為了提升光觸媒效果，其一次超微粒子為直徑粒 (5~30nm)、比表面積相當大 (100~300 m<sup>2</sup>/g)為其特徵 (照片1-b)。

# 光觸媒---二氧化鈦



(a) 紙用的二氧化鈦



(b) 光觸媒用二氧化鈦

照片 1 製紙用及光觸媒用的二氧化鈦的墊子顯微鏡照片

# 光觸媒---二氧化鈦

- 將光觸媒二氧化鈦添加入塗料塗布，在光照射的同時，光觸媒二氧化鈦也會將乳膠澱粉或纖維素等有機成分進行氧化分解，導致用紙張的劣化而有白堊化(chalking)現象的發生。
- 為了抑制白堊化現象的發生及維持將惡臭成分等有害化學物質的分解性，因此採用奈米級 (nano size) 的無機粘著劑將光觸媒二氧化鈦粒子製備成光觸媒奈米複合材 (nano composit) 後，將其添加入調配塗料中以一般的塗布方法進行塗布紙的紙的製備(圖 2)。

# 光觸媒奈米複合材(nano composit) 的製備

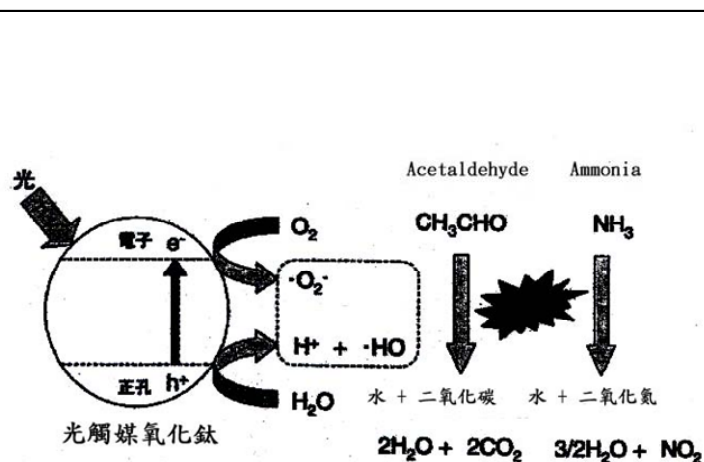


圖 1 光觸媒氧化太對臭氣成分解之分解  
機制

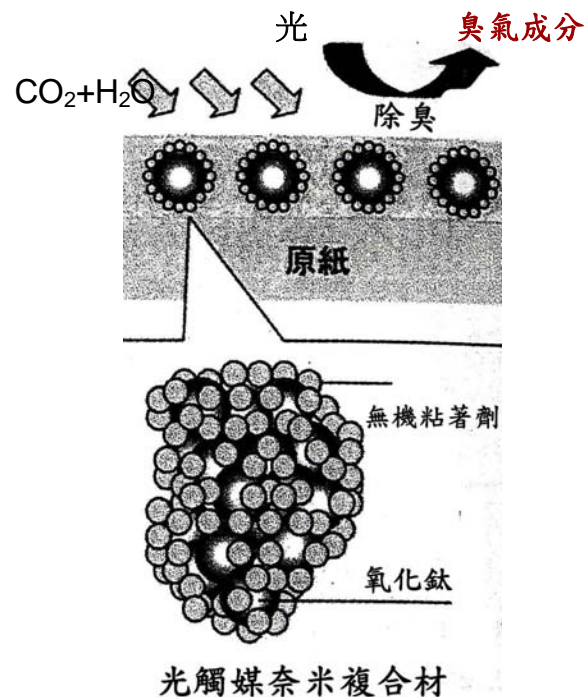


圖 2 維持將惡臭成分的分解性及  
抑制紙張劣化的光觸媒設計

# 光觸媒---二氧化鈦

- 由於所使用的黏著劑為無機粘著劑，光觸媒二氧化鈦粒子不會直接接觸到塗布面的粘著劑等有機成分而達到抑制白堊化(chalking)的發生。
- 另外，有害化學物質可以從無機粘著劑的間隙間，吸著到光觸媒氧化鈦的表面後，藉由光的能量將其氧化分解之。

## (二)、光觸媒紙的機能

### 1. 空氣清淨效果

光觸媒塗布紙除可應用在月曆，海報、型錄、包裝、車內廣告等用途上，並可應用在專門對對家居，辦公室，車內等空氣清淨(消臭機能)用途所開發的「家居型(Life style)環境處理用途紙」。

這種紙張如對二手煙**主成分乙醛(acetal aldehyde)**，Sick house 症候群的原因物質之一的**甲醛**、汗臭、或寵物的臭味的主成分**氨氣**等，可以藉由光觸媒的除臭機制**效機**果將其一一分解去除之。

平光(Matt)光觸媒塗布紙對各種臭氣成分的分解效果，

表1 為將 50 X 50mm 紙樣放入體積 5L 集氣袋(Tetrapack) 中，經過  $0.5 \text{ W/m}^2$  的紫外線 (相當於陰天穿越窗戶的太陽光中紫外線的強度) 照射，評估照射小時與臭氣成分濃度的相關關係。

初始濃度 100 ppm 的乙醛經過16 小時，60 ppm 甲醛，經過 37小時，50 ppm 的氨氣經過 55 小時處理後幾乎完全被分解 (圖3，表1，表2)。

# 光觸媒 A2 塗布紙對臭氣成分的分解

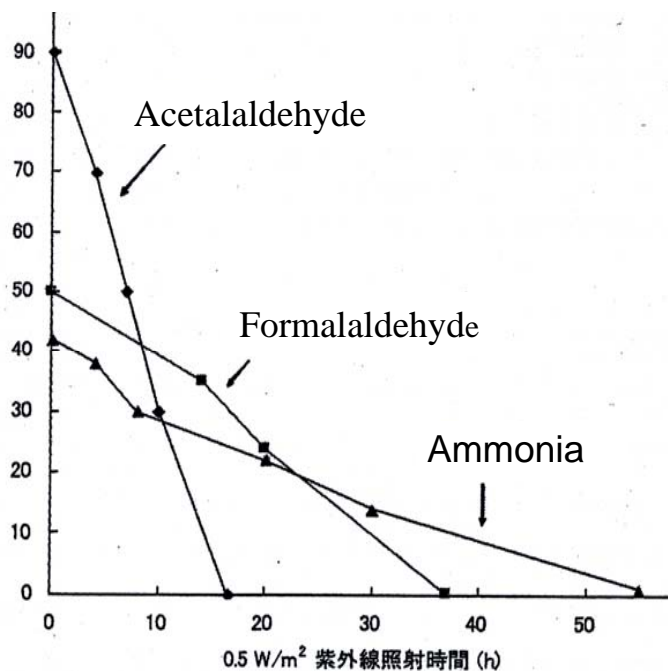


圖 3 光觸媒A2塗布紙對臭氣成分的分解



# 臭氣成分與惡臭物質濃度與臭氣強度的關係

表 1 臭氣成分與惡臭物質濃度與臭氣強度的關係

臭氣濃度	內容	惡臭物質濃度 ppm	
		乙醛	氨氣
1	好不容易才感覺到臭味	0.002	0.1
2	微臭	0.01	0.6
3	很容易的感覺到臭味	0.1	2.3
4	很臭味	1	9.2
5	強烈臭味	10	37

表 2 甲醛濃度對人的影響

濃度	內容
0.3 ~ 0.05	眼睛感覺到刺激性
0.05 ~ 0.13	50% 的人感覺到臭味
0.4 ~ 0.8	30% 的人感覺到輕微不舒服的感覺
0.81 ~ 1.6	幾乎所有的人感覺到眼睛刺激、鼻、喉乾燥
5.0 ~	喉感覺到刺激
15 ~	咳嗽
20 ~	呼吸度身觸感覺到刺激

# 光觸媒紙的空氣清淨效果

- 消臭效果簡單的說明，在 3 坪的方間內以陰天穿過窗戶的太陽光照射條件想定，A2 平光光觸媒塗布紙與市售除臭劑的除臭效果進行比較，初期濃度的 50 ppm 的氨氣經 50 小時後，A2 平光光觸媒塗布紙大約可完全分解氨氣，市售除臭劑紙能約降低到 30 ppm，顯示平光光觸媒塗布紙之除臭效果較為優越(圖4)。
- 除此之外除臭紙的消臭效果的持續性能與除臭劑所吸收的臭氣成分是否飽和有關，吸著量飽和則消臭效果會變無，相對的光觸媒塗布紙由於具有二氧化鈦的光觸媒效果，能將臭氣成分分解其消臭效果為半永久性。

# 光觸媒紙的空氣清淨效果

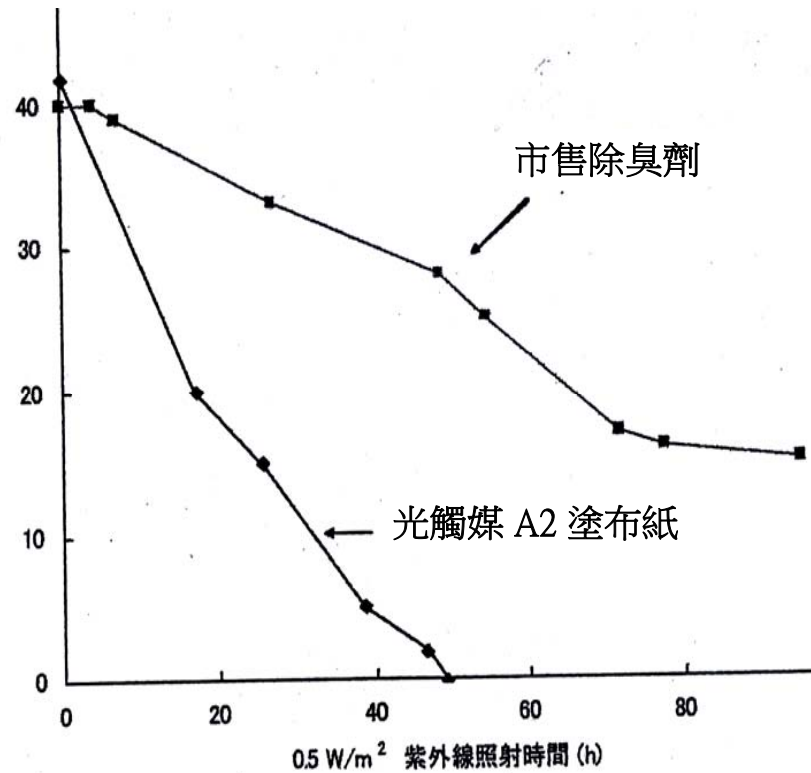


圖 4 光觸媒 A2塗布紙與市售除臭劑對氨氣的去除效果比較

# 光觸媒紙的空氣清淨效果

- 由光觸媒製品技術協議會所指定第三者機關即(株)日本化学纖維工業會擔任光觸媒紙的檢測，所採用的方法氣袋(gas pack)法之光觸媒性能評價試驗法Ⅱb(文獻):
- 將大小 50 X 50 mm 的紙樣試料裝有放入 5L 臭氣(氨氣、乙醛等)的四面體紙袋(Tetrapack)中，以照射強度 10 W/m<sup>2</sup> 的紫外線照射 20 小時後測定臭氣濃度的變化，確認除臭紙的除臭效果及因紫外線照射時的分解效果(表 3)。
-

# 對光觸媒紙的光觸媒效果的測定結果

表 3 日本化學協會對光觸媒紙的光觸媒效果的測定結果

試 樣	紫外線照射強度 (10W/m <sup>2</sup> )	甲醛濃度(ppm)		去除率 (%)
		初期濃度	20 小時後	
光觸媒新聞紙	有	93	0.25以下	>99
	無	93	88	5.4
平光(Matt)光觸媒塗布紙	有	90	0.25以下	>99
	無	90	88	5.4

## 2. 抗菌效果

- 如上述由同樣由第三者機關(株)日本紡績検査協會，進行抗菌製品的抗菌性評估，依據該抗菌加工製造技術協議會的抗菌加工製品的抗菌力評估試驗法Ⅲ光照射フィルム密着法(2003年度版)
- 以照射強度  $10\text{W}/\text{m}^2$  的紫外線照射24小時後測定生菌數的變化的方法進行光觸媒 A2平光(matt)塗布紙的抗菌性的評估，對大腸菌之抗菌活性值為 3.3 (2.0 以上具抗菌效果)。
- 即評估紫外線照射的有無在24小時後其生菌數具有100倍以的差異)，表 4 確認光觸媒 A2平光(matt)塗布紙具有大腸菌的抗菌效果。

## 觸媒A2 平光(Matt)塗布紙的抗菌性測定結果

表 4 日本紡織協會對光觸媒A2 平光(Matt)塗布紙的抗菌性測定結果

菌	試 樣	紫外線照射強度(1W/m <sup>2</sup> )*	生菌數	抗菌活性值 **
大腸菌	光觸媒A2 平光(Matt)塗布紙	無照射 24小時後(C <sub>0</sub> )	5.2 x 10 <sup>6</sup>	3.3
		有照射 24小時後(C <sub>1</sub> )	2.3 x 10 <sup>6</sup>	
	A2 平光(Matt)塗布紙	無照射 24小時後(C <sub>0</sub> )	5.1 x 10 <sup>6</sup>	0.2
		有照射 24小時後(C <sub>1</sub> )	3.1 x 10 <sup>6</sup>	

\* : 陰天穿越窗戶的太陽光中紫外線的照射強度

\*\* : 抗菌活性值 =  $\text{Log}(C_0/C_1)$

\*\*\*: 光觸媒抗菌加工品其抗菌效果之抗菌活性值必須在 2.0以上

### 3. 光觸媒新聞用紙

新聞用紙為了使印色鮮豔或尖銳度(sharp)增加紙張的白度與降低透映(Print though)與透印而添加或塗布各種白色的填料或顏料，光觸媒新聞用紙即是將低基重新聞紙進行顏料微塗作業而使新聞用紙（超低基重新聞用紙）之白度、不透明度較通常使用者有大幅提升的提升(表 5)。

表 5 光觸媒新聞用紙與超低基重新聞用紙的比較

	光觸媒新聞用紙	超低基重新聞用紙
基重(g/m <sup>2</sup> )	54.2	43.1
紙厚(μm)	82	67
密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.66	0.64
ISO白度(%)	79	55
ISO不透明度(%)	93	93



### 3. 光觸媒新聞用紙

- 由於塗布紙作為新聞的平版印印刷時由於塗布層的影響，印墨較難滲入紙層而導致印墨固著性不良的問題發生。
- 印刷時必須使印墨迅速滲入紙層內部但是印墨滲透性太高則可能透過紙張的背面而有透印的現象。
- 換句話說，必須使印墨固著性與印刷透印達到平衡，光觸媒新聞用紙製造時必須考量塗布層與原紙處方而使兩者達到最適化而達到解決印墨固著性的問題。

## 4. 光觸媒 A2 平光塗布紙

- 通常，以平光光觸媒 A2塗布紙進行張頁式印刷時，一般不是使用強制性的熱乾燥方式而是採用氧化聚合型油墨進行油墨的定着，印墨固著性慢時會有乾燥不良與導致**油墨沾粘 (set off)**問題的發生。
- 超微粒子光觸媒二氧化鈦**具有高比表面積大**，所須添加的粘著劑量較一般塗布要高，但是使用一般的粘著劑增加其配比則**可能降低印墨固著性**。因此所使用的粘著劑種類、配合量均必須同時考量**印墨固著性**以達最適化結果。

## 光觸媒A2 平光塗布紙的基本性質

- 平光光觸媒 A2 塗布紙與一般塗布紙具有相若的印刷品質，其基重為104.7~137.0 g/m<sup>2</sup> (A 類)，199.1~348.8 g/m<sup>2</sup>(B 類) (表 6)。

表 6 A2 平光光觸媒塗布紙的基本性質

	A 類			B 類				
	104.7	127.9	157.0	186.1	104.7	104.7	104.7	104.7
基重(g/m <sup>2</sup> )	104.7	127.9	157.0	186.1	104.7	104.7	104.7	104.7
紙厚(μm)	98	127	98	20	98	98	98	98
光澤度(%)	20	20	20	83	20	20	20	20
ISO白度(%)	83	83	83	96	83	83	83	83
ISO不透明度(%)	96	98	98.5	98.3	96	96	96	96

# 光觸媒鏡面塗布紙(Cast Coated paper)

- 5.光觸媒鏡面塗布紙(Cast Coated paper)
- 光觸媒鏡面塗布紙較光觸媒平光塗布紙有高平滑度，塗布層的累積孔隙容積也較小之故，臭氣成分較不易與光觸媒二氧化鈦接觸。
- 因此，調整光觸媒的添加量使其與賦與平光光觸媒塗布紙約具相同之光觸媒效果，其產品的基重為104.7 g/m<sup>2</sup>，127.9 g/m<sup>2</sup>，157.0 g/m<sup>2</sup>。

## 6. 光觸媒面紙盒

- 6.光觸媒面紙盒
- 光觸媒鏡面塗布紙盒用紙板 (Cast Carton)應用在面紙紙盒加工時，在貼盒、裝盒，倘若摩擦係數不適當則有在貼盒工程有重送、阻塞的現象的發生，而有加工適性的問題發生(圖 5)。將光觸媒以奈米級 (nano size) 的無機粘著劑將光觸媒二氧化鈦粒子製備成光觸媒奈米複合材 (nano composit) 後添加在塗布配方中，調整處方光觸媒鏡面塗布紙盒用紙板的摩擦係數與一般鏡面塗布紙約略相同而具良好的加工適性。

# 6. 光觸媒面紙盒

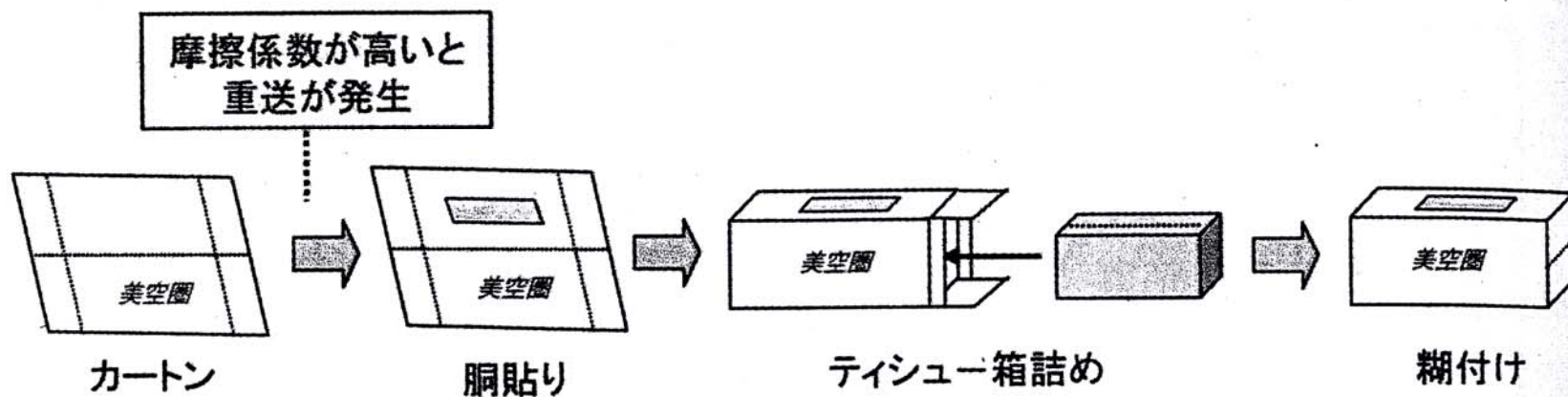
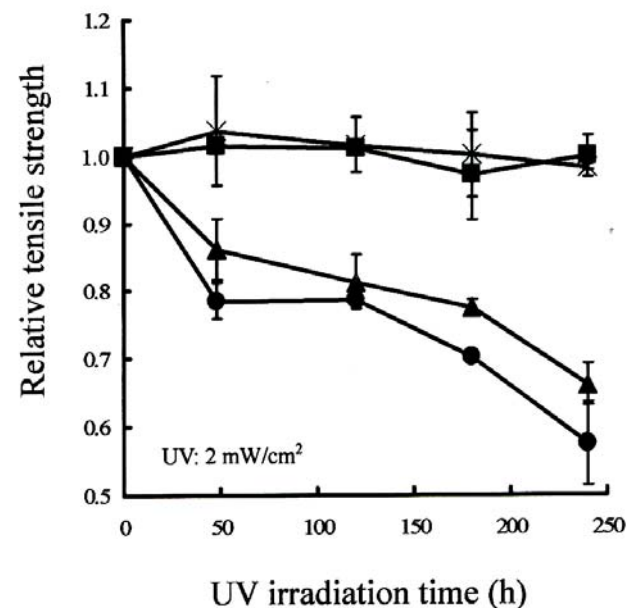


図5 ティッシュ箱の加工工程

## 二、紙-光觸媒(Catalyst Paper)

- 在紙張纖維中添加光觸媒二氧化鈦即以紙張為使用之基材，有機性的紙漿纖維在氧化分解反應的同時也會受到損傷，紙張的強度性質會呈顯著的下降。因此，日九州大學北岡等人(Kitaoka et al., )嘗試使用對游離基安定的基材矽-鋁(Silica-Aluminum)類無機纖維作為基材。



(■)パーパー光觸媒、(●)光觸媒紙(分散担持)、(▲)光觸媒紙(凝集担持)、  
(×)パルプシート、(△)光觸媒粉末

# 光觸媒紙(photocatalyst Paper)

- 在二氧化鈦粉末與無機纖維懸浮液中加入高荷電密度、低分子量的陽離子性凝集劑過剩添加，
- 是使系統內之懸濁物質帶正電
- 再加入低荷電密度、高分子量的陰離子性凝集劑使之形成架橋凝集之雙高分子系統 (Dual polymer system )，
- 最後再混抄紙漿纖維形成得到紙—光觸媒(Catalyst Paper)。



# 紙(狀)-光觸媒 (Paper (like) Catalyast)

- 圖 1 為紙—光觸媒與對照光觸媒紙的電子顯微鏡照片。二氧化鈦粉末與無機纖維(約10%)分別加入紙漿懸浮賦液，將紙中的二氧化鈦量統一。
- 一般光觸媒紙二氧化鈦直接備吸附在紙漿纖維上，紙—光觸媒(P)則經由 X 線元素 mapping 分析確認只紙被吸附在無機纖維上(Kitaoka et al., )。

# 紙-光触媒(Paper Catalyst)

光触媒紙(photocatalyst Paper)

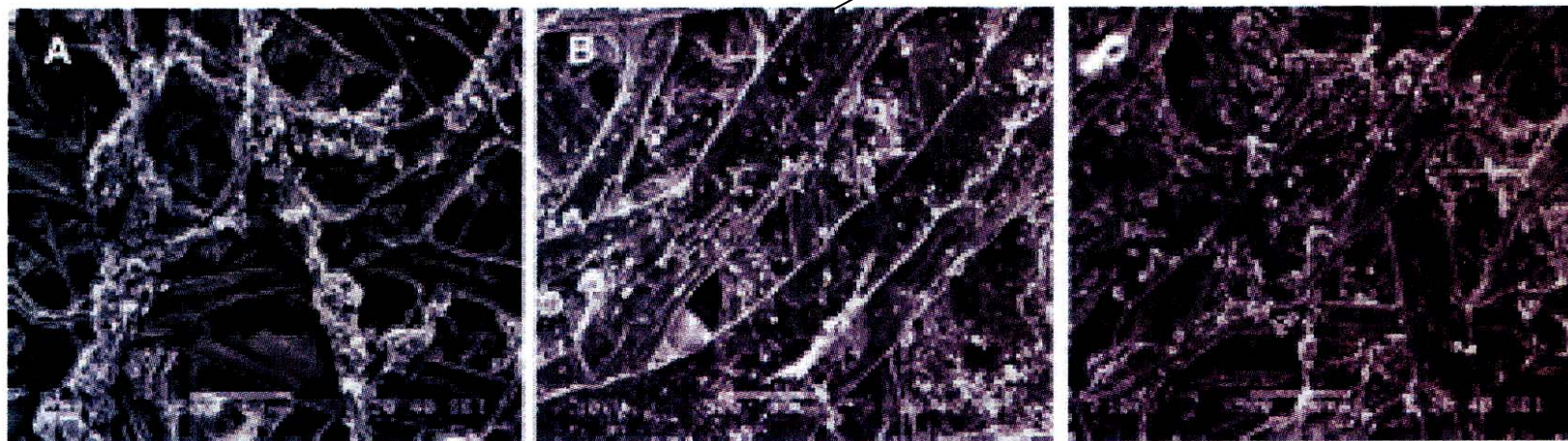


図1 ペーパー光触媒と光触媒紙の SEM 写真

(A)ペーパー光触媒、(B)光触媒紙(分散担持)、(C)光触媒紙(凝集担持) スケールバー：50 $\mu$ m

# 紙-光觸媒(Catalyst Paper)

- 圖 2 中顯示不同的二氧化鈦的光觸媒紙、紙-觸媒與一般紙張藉由UV照射材料強度變化與揮發性有機化合物中的乙醛的分解能。

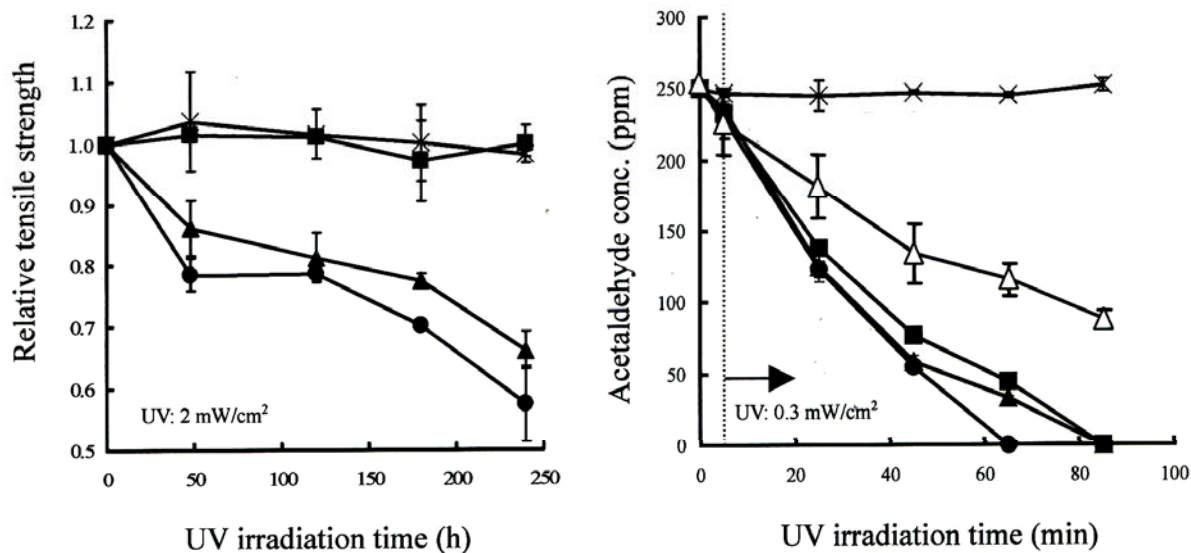


圖 2 ペーパー光觸媒の強度変化とアセトアルデヒド分解能  
(■)ペーパー光觸媒、(●)光觸媒紙(分散担持)、(▲)光觸媒紙(凝集担持)、  
(×)パルプシート、(△)光觸媒粉末

- 圖 12 中顯示不同的二氧化鈦的光觸媒紙、紙-觸媒與一般紙張藉由UV照射材料強度變化與揮發性有機化合物中的乙醛的分解能。
- 不管哪種光觸媒紙在 UV 的照射下均能使乙醛迅速的完全分解，但伴同所的材料強度有顯著的降低。其中，紙--光觸媒則未見強度降低的現象。
- 推論其其理由，紙--光觸媒中大部分的二氧化鈦僅與無機纖維接觸吸附，與紙漿纖維的接觸機會已經壓到最低，利用紙張的多孔質構造使有害氣體物質有效的與光觸媒接觸，而接收氧化分解。

# 紙-光觸媒(Catalyst Paper)

- 不管哪種光觸媒紙在 UV 的照射下均能使乙醛迅速的完全分解，但試伴同的材料強度有顯著的降低。
- 其中，紙—觸媒則未見強度降低的現象。推論其其理由，紙—觸媒中大部分的二氧化鈦僅與無機纖維接觸吸附，與紙漿纖維的接觸機會已經壓到最低，利用紙張的多孔質構造使有害氣體物質有效的與光觸媒接觸，而接收氧化分解。

## 室外集水環境用之紙-光觸媒

- 前述紙光觸媒使用紙漿纖維為基質，因此在室外或含水系統中無法使用。檢討構成及基質的配合比例、使用能將光觸媒粉末大量担持的無機纖維製備無機紙-光觸媒。



圖3 光觸媒粉末とペーパー光觸媒

- 圖3 光觸媒粉末及成型加工的紙-光觸媒的照片。
- 紙—光觸媒的組成紙漿纖維10.0%、無機纖維24.5%、觸媒粉末65.5%、外觀與普通紙完全相同。

# 室外集水環境用之紙-光觸媒

- 將紙漿纖維使以打漿處理帚化纖維、以雙高分子併用僅使用10%紙漿纖維，得到超過90%光觸媒留存。
- 進一步配合鋁溶膠(alumina sol)等的無機黏著劑的併用，再加上燒結處理將紙漿纖維燃燒除去與黏著劑，熱融著現象，
- 製備成具有 (1).紙張構造體的均質性。與 (2).有機物燒結所造成之多孔質構造。(3).燒結後形成具高強度的無機纖維的網狀構造支持體。因而將紙漿纖維除去而得到100%的無機物之紙光觸媒，具有相當的強度，即使在水中也可進行應用於目前光觸媒的各種領域上。

# 100% 無機材料紙-光觸媒





# 室外集水環境用之紙-光觸媒

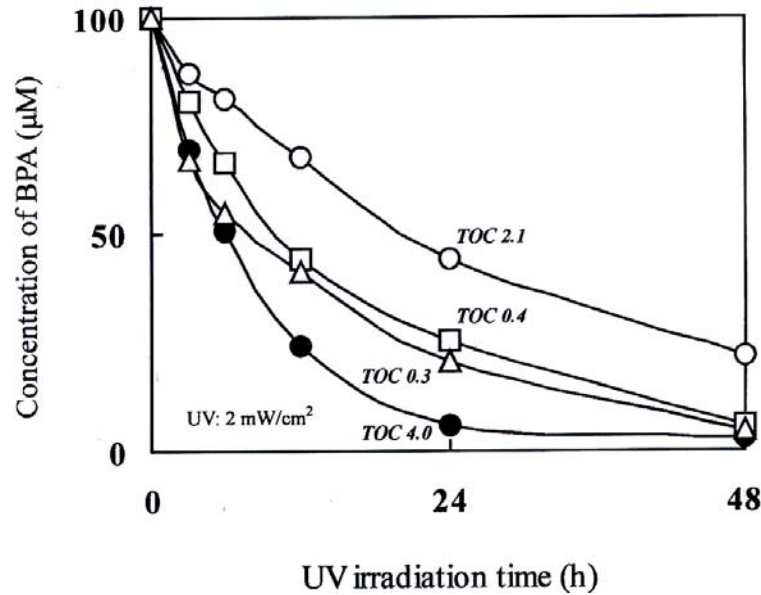


圖 14 紙-光觸媒對在水溶液中環境賀爾蒙物質BisphenolA(BPA)的分解 (Fukahori et al., 2003)

- ：紙-光觸媒      □，△：紙複合光觸媒（氧化鈦：沸石=1：2，2：1）  
●：光觸媒粉末      TOC：來自中間體溶解有機碳素量(ppm)

# Preparation of composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheets and their application on environmental improvement

---

二氧化鈦-沸石複合紙之製備  
及在環境上改善之應用

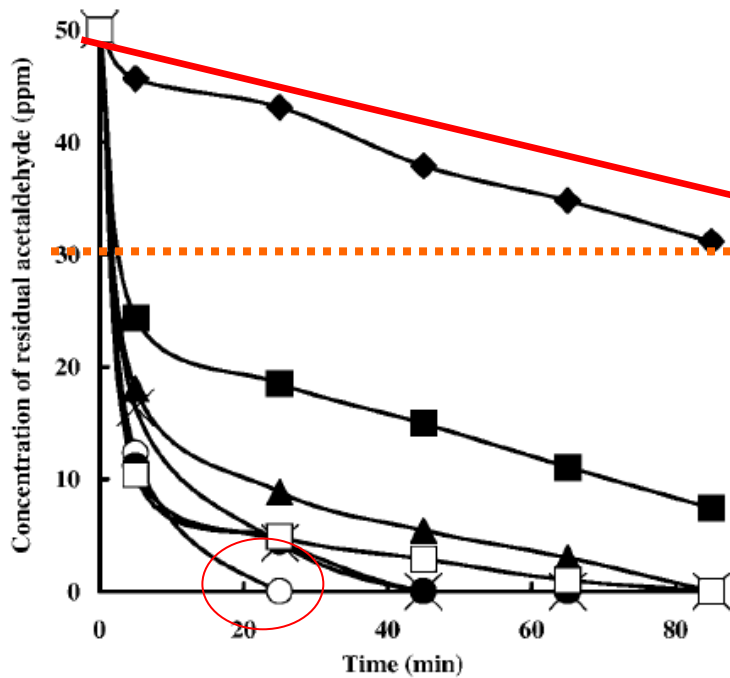
# Background

---

- **Volatile organic compounds (VOC), dealt with in this study, have caused various environmental problems.**
  - **VOCs bring about global warming and induce photochemical smog.**
  - **VOCs are carcinogenic, bad smelt, and degrade housing environment.**
  
- **Various adsorbents have usually been applied for the removal of environmental pollutants.**
  
- **Especially, zeolite, which has a high adsorption capability, has generally been used as a material which removes  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ , and VOC**

# 揮發性有機化合物

- 揮發性有機化合物（Volatile organic compounds, VOC）是造成各種環境問題的主因
- 許多人知道 VOC 是導致全球氣候暖化和引起光化學煙霧（Photochemical smog）的原因，此外 VOC 亦是致癌物質且氣味難聞和降低住屋的環境品質，因此積極的進行本項研究並設法解決這些問題。



光觸媒紙去除乙醛有其極限在80 分鐘的吸附僅能去除40%。

以此添加吸附能力較強的沸石製備二氧化鈦-沸石複合紙之。

Figure 4 Concentration changes of gaseous acetaldehyde in contrast with composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheets irradiated with UV: (◆), TiO<sub>2</sub> sheet; (■), composite sheet/Ti:ZE=2:1; (▲), composite sheet/Ti:ZE=1:1; (×), composite sheet/Ti:ZE=1:2; (○), composite sheet/Ti:ZE=1:4; (●), composite sheet/Ti:ZE=1:8; (□), composite sheet/Ti:ZE=1:12.

# Zeolite,

- Zeolite, which is a hydrated alkali-aluminum silicate,
- has a characteristic three-dimensional structure.

- 方沸石  $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]\cdot\text{H}_2\text{O}$  鋁矽酸鈉
- 鈣沸石  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]\cdot 3\text{H}_2\text{O}$  鈣矽酸鈉



- Artificial zeolites are presently commercially available.
- They have been used in various applications such as **desiccants, molecular sieves, ion exchangers and catalysts** .

# Zeolite sheets

- Zeolite sheets have been reported that **the adsorptivity of the sheet was very high.**
- However, the performance of the zeolite was virtually abolished when it was saturated or when the adsorption equilibrium was reached.
- Furthermore, toxic substances adsorbed by the adsorbent may be desorbed again by a change in the surrounding conditions such as temperature and humidity.

# TiO<sub>2</sub> photocatalysis

- There have been many studies on TiO<sub>2</sub> photocatalysis for the removal of toxic materials from the environment.
- For example, the decomposition of **dioxin, trichloroethylene and VOC** has attracted a great deal of attention.
- In the cases of dilute pollutants at ppm levels, it is very difficult to decompose them completely by TiO<sub>2</sub> photocatalysis alone.
- An effective way of achieving a rapid and efficient decomposition under such dilute conditions should be to prepare a composite zeolite-TiO<sub>2</sub> sheet to concentrate the toxic substances around the TiO<sub>2</sub>.



# 「光觸媒反應」

分解成無害的水及二氧化碳

就會將有機物的分子分解

Harmless

紫外光或太陽光

碰到有機物質

Harmful

CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>O

Light

Formaldehyde  
HCHO

Radical

Photocatalyst  
(TiO<sub>2</sub>)

·OH

OH<sup>-</sup>

+ -Hole

- -Electron

成為活性極大的氫氧自由基

氧化附近水分子游離出的氫氧基

脫離的位置便形成帶正電的電洞

(具氧化性)

觸媒的電子(具還原性)足夠能量脫離

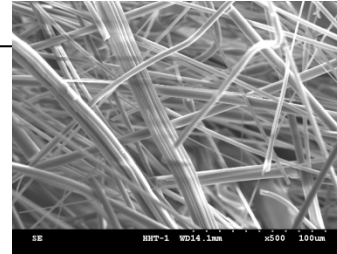
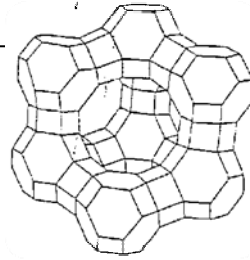
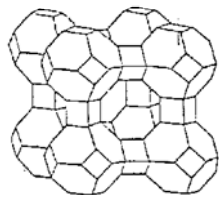
## 達到除污的目標

- In this report,
- The adsorption and photocatalytic decomposition of acetaldehyde gas with sheets prepared under various conditions using a papermaking technique were studied.
- The synergistic effect of irradiating the composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheets with UV irradiation ( $\lambda=365$  nm) on the photocatalytic decomposition of VOC was investigated.
- And the potential application of the composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheet to VOC removal was studied.

- To solve these problems
- Composite sheets of titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) and zeolite having the characteristics of **high adsorptivity** and photo **catalyst** were prepared by a papermaking technique.
- As the harmful materials adsorbed by zeolite can be decomposed by  $\text{TiO}_2$  photocatalyst, the zeolite will be expected to have a durable performance.

利用抄紙技術製備**二氧化鈦-沸石複合紙**應用在環境上改善之

游離度  
265ml



牛皮紙漿

A型沸石 (ZeA) Y型沸石

陶瓷纖維

二氧化鈦

陽離子性聚氯二烯丙基二甲基氯化銨

留存助劑

(Poly diallyldimethylammonium chloride, PolyDADMAC) 0.1%

陰離子性聚丙烯醯胺

(Anionic polyacrylamide, A-PAM) 1.0%

黏著劑

氧化鋁溶膠 (Alumina sol)

Pulp 10%,  
Ceramic fiber 24.5%,  
Zeolite, TiO<sub>2</sub> 0-65.5%.

二氧化鈦溶膠 (TiO<sub>2</sub> sol)

# Preparation of the composite sheets

利用抄紙技術製備 二氧化鈦-沸石複合紙

Pulp slurry was mixed with 0.1% PDADMAC



addition of inorganic suspensions containing ceramic fiber, zeolite, and  $\text{TiO}_2$  and 1.0% A-PAM



Prepare handsheets of  $250 \text{ g/m}^2$



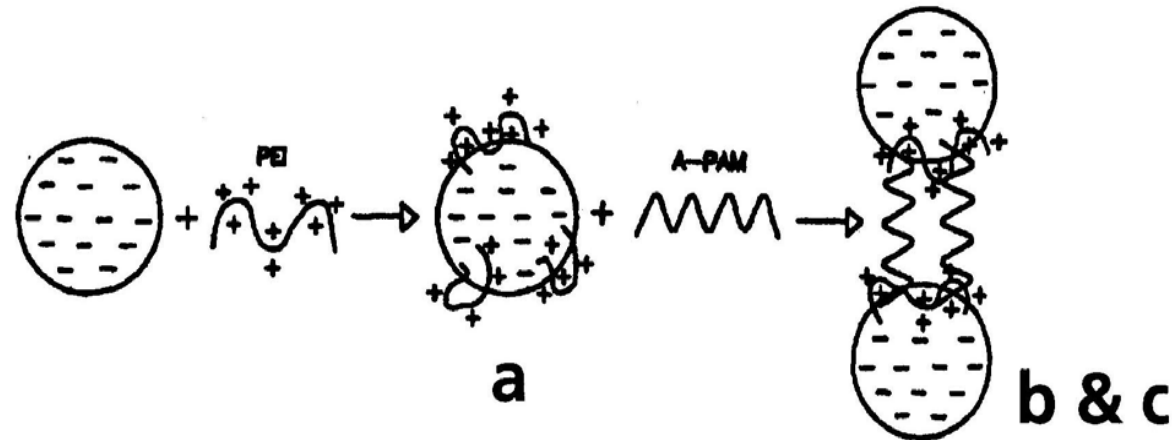
The wet sheets were pressed under 350 kPa for 5 min. and dried in a oven at  $105^\circ\text{C}$  for 30 min.



soaked in the alumina sol, composite sheets were pressed under 350 kPa for 5 min. and were kept in a conditioned chamber ( $20^\circ\text{C}$ , 65%RH) for 24h.

Pulp 10%,  
Ceramic fiber 24.5%,  
Zeolite,  $\text{TiO}_2$  0-65.5%.

# 複合凝聚反應的機制



*Figure 15-18. Model for dual polymer retention aid system. (a) Formation of a cationic patch by a low molecular weight, high charge density cationic polyelectrolyte (PEI in figure). (b) Adsorption of high molecular weight, low charge density anionic polyelectrolyte (A-PAM in the figure) to the positive patch on the particle to form a strong anchoring point. The surrounding negative surface on the particle causes the anionic polymer to extend out into the surrounding water. (c) Attachment of the extended anionic polymer to a positive patch on a second particle forming a strongly anchored bridge between the two particles.*

TABLE I Retention of inorganic materials and proportion of TiO<sub>2</sub> and zeolite in the sheets

Sheet	Retention (%)	Composition of sheets (%)	
		TiO <sub>2</sub>	Zeolite
Zeolite sheet	95.0	0	100
TiO <sub>2</sub> sheet	90.1	100	0
Composite sheet/Ti : ZE = 2 : 1	95.0	67	33
Composite sheet/Ti : ZE = 1 : 1	87.2	50	50
Composite sheet/Ti : ZE = 1 : 2	90.8	33	67
Composite sheet/Ti : ZE = 1 : 4	91.6	20	80
Composite sheet/Ti : ZE = 1 : 8	86.4	11.1	88.9
Composite sheet/Ti : ZE = 1 : 12	90.8	7.7	92.3

(Ti : TiO<sub>2</sub>, ZE : Zeolite).

# **3. Results and discussion**

---



# Adsorption of acetaldehyde onto zeolite sheet

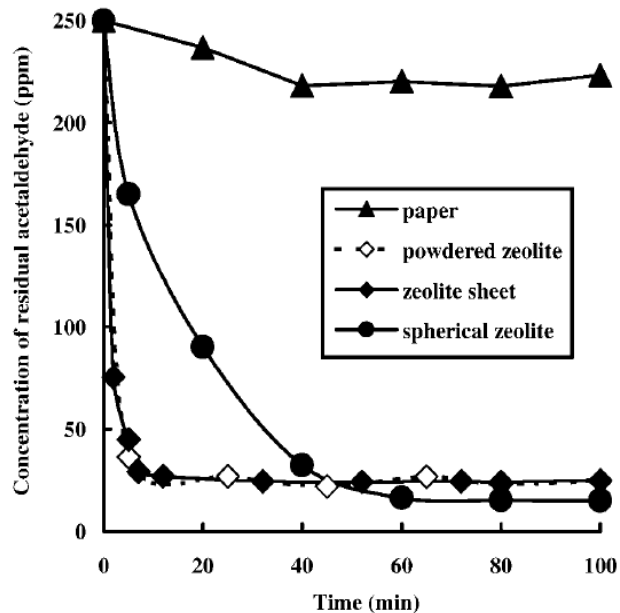


Figure 1 The adsorption of acetaldehyde onto various samples: (▲), paper; (●), spherical zeolite; (◇), powdered zeolite; (◆), zeolite sheet.

- Fig. 1 shows the adsorption of the acetaldehyde on a zeolite sheet, powdered zeolite, spherical zeolite and paper.
- Clearly the adsorption of acetaldehyde was more extensive and took place much more rapidly onto the zeolite sheet and powdered zeolite than onto paper.
- The initial rate of adsorption on the zeolite sheet was superior to that on the commercial spherical zeolite.

# Adsorption and decomposition of acetaldehyde by TiO<sub>2</sub>-zeolite sheet

- The adsorptivity of the zeolite sheet was similar to that of powdered zeolite, which indicates that the function of the zeolite is substantially maintained when it is made into sheets by a papermaking technique.
- However, the adsorption equilibrium of acetaldehyde on zeolite sheets was readily reached about 25 ppm and the adsorptivity of the zeolite sheet then decreased.
- Sheets made of zeolite alone could not therefore remove acetaldehyde completely.

# Adsorption and decomposition of acetaldehyde by $\text{TiO}_2$ -zeolite sheet

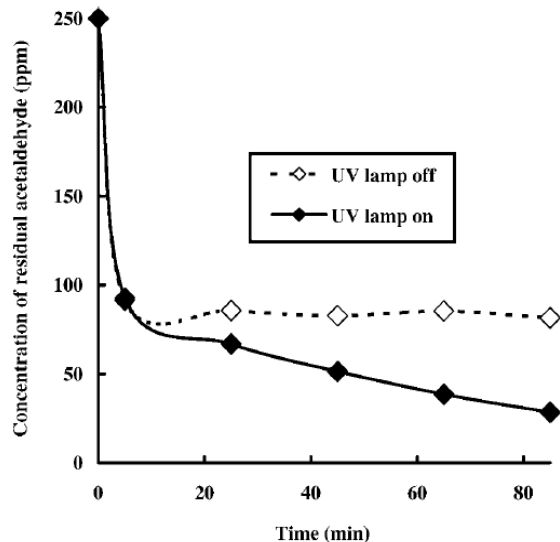


Figure 2 The effect of UV-irradiation on acetaldehyde removal by composite  $\text{TiO}_2$ -zeolite sheets: ( $\diamond$ ), UV lamp off; ( $\blacklozenge$ ), UV lamp on.

- The synergistic effect of the adsorption and photocatalytic decomposition by the composite  $\text{TiO}_2$ -zeolite sheet was expected to provide a solution to the above problem.
- Fig. 2 shows the removal of gaseous acetaldehyde by the composite  $\text{TiO}_2$ -zeolite sheet/ $\text{Ti} : \text{ZE} = 1 : 1$ .
- When the UV lamp was turned off, the concentration of acetaldehyde was decreased by the adsorption of zeolite mainly in the  $\text{TiO}_2$ -zeolite composite sheet, but the composite.
- $\text{TiO}_2$ -zeolite sheet could not remove the acetaldehyde completely. This result was similar to those shown in Fig. 1

# Effect of TiO<sub>2</sub>/zeolite ratio on the degradation of acetaldehyde

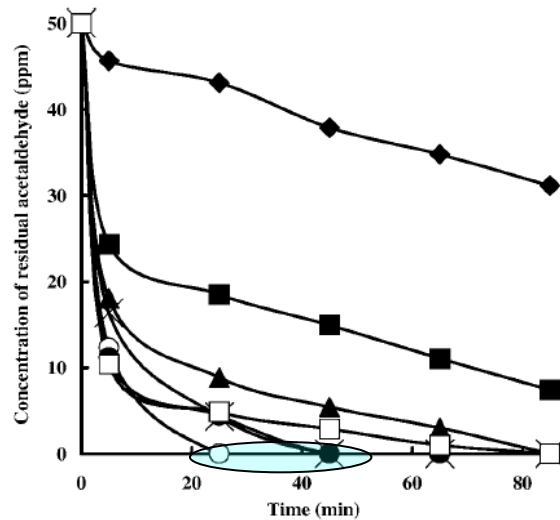


Figure 4 Concentration changes of gaseous acetaldehyde in contrast with composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheets irradiated with UV: (◆), TiO<sub>2</sub> sheet; (■), composite sheet/Ti:ZE=2:1; (▲), composite sheet/Ti:ZE=1:1; (×), composite sheet/Ti:ZE=1:2; (○), composite sheet/Ti:ZE=1:4; (●), composite sheet/Ti:ZE=1:8; (□), composite sheet/Ti:ZE=1:12.

- (◆) 二氧化鈦紙
- (■) 複合紙二氧化鈦：沸石=2：1
- (▲) 複合紙二氧化鈦：沸石=1：1
- (×) 複合紙二氧化鈦：沸石=1：2
- (○) 複合紙二氧化鈦：沸石=1：4
- (●) 複合紙二氧化鈦：沸石=1：8
- (□) 複合紙二氧化鈦：沸石=1：12

TABLE II Apparent velocity of decomposition of acetaldehyde by the sheets with different Ti/ZE ratio

Sheet	$-dc/dt$	
	After 5 minutes	After 25 minutes
TiO <sub>2</sub> sheet	0.87	0.28
Composite sheet/Ti:ZE=2:1	5.13	1.26
Composite sheet/Ti:ZE=1:1	6.39	1.65
Composite sheet/Ti:ZE=1:2	6.60	1.83
Composite sheet/Ti:ZE=1:4	7.54	2.00
Composite sheet/Ti:ZE=1:8	7.76	1.82
Composite sheet/Ti:ZE=1:12	7.92	1.81

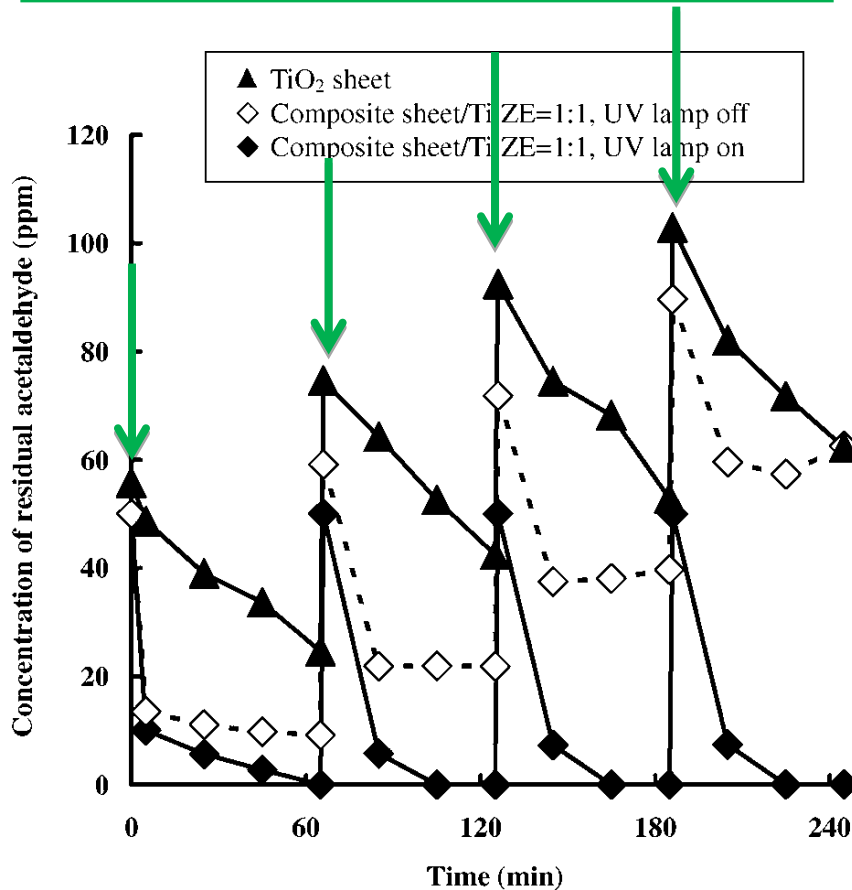
(c: Concentration of acetaldehyde, t: reaction time).

## Effect of TiO<sub>2</sub>/zeolite ratio on the removal and degradation rate of acetaldehyde

- The effect of the TiO<sub>2</sub>/zeolite ratio in the composite sheets on the decrease in acetaldehyde concentration under UV irradiation in order to research the optimum ratios of TiO<sub>2</sub>-zeolite in the composite sheets with the high function for **effective removal of acetaldehyde**.
- The decomposition rate ( $-dc/dt$ , where  $c$  is the concentration of acetaldehyde and  $t$  is the reaction time) of **gaseous acetaldehyde** decomposition by the composite TiO<sub>2</sub>-zeolite sheet

# Permanency of TiO<sub>2</sub>-zelite composite sheet

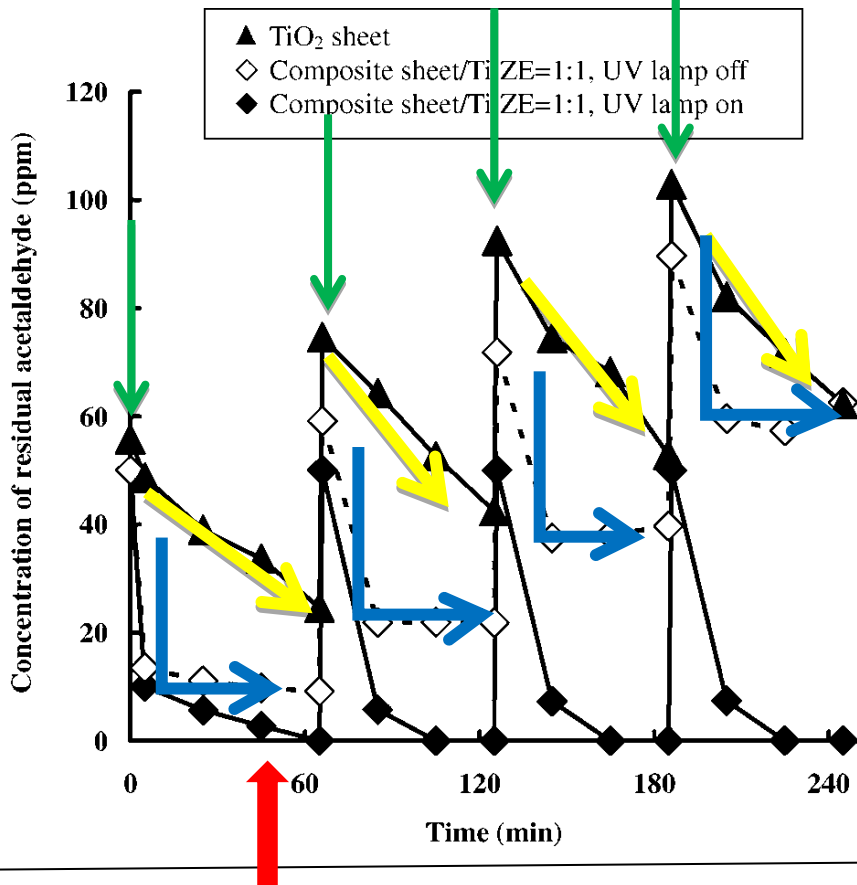
每 60 分鐘注入 50 ppm 的乙醛



- In order to assess whether the composite sheet could repeatedly remove the environmental pollutants
- a test was carried out in which 50 ppm of acetaldehyde was injected every 60 minutes. The results are shown in Fig. 3.

# Permanency of TiO<sub>2</sub>-zolite composite sheet

每 60 分鐘注入 50 ppm 的乙醛



乙醛氣體只接觸到二氧化鈦紙表面，表面分解污染物是有限度的。

在紫外燈照射複合紙的情況下，約 40 分鐘即可完全分解乙醛。

沸石的強力吸附和二氧化鈦的光催化分解的綜合效果可以有效的吸附、分解乙醛。

## Permanency of TiO<sub>2</sub>-zeolite composite sheet

- In the case of the composite sheet irradiated with an UV lamp, the acetaldehyde decomposed completely after about 40 minutes.
- Acetaldehyde could be effectively removed by the combined effect of zeolite adsorptivity and TiO<sub>2</sub> photocatalysis.
- These results indicate that the composite sheet can continuously remove environmental pollutants and can be utilized semi-permanently.



# Conclusion

- 1. 單獨使用沸石或二氧化鈦對於吸附、分解乙醛會達飽和而無法能完全吸附分解乙醛。
- 2. 二氧化鈦-沸石複合紙在紫外光照射下能有效的吸附並分解乙醛。
- 3. 當複合紙持續照射紫外線光的時候，沸石/二氧化鈦=1：4的複合紙的移除率效能比1：12的複合紙更好。
- 4. 當時間為25分鐘時Ti/Ze為1：4的複合紙其對以權的分解速率值為只含二氧化鈦紙的值得7倍以上。
- 5. 二氧化鈦-沸石複合紙可以持續的使用。

- さらに、大気汚染物質である窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の光酸化除去に用いたところ、ゼオライトA型やアルカリ金属酸化物との複合化によって、
- $\text{NO}_x$ の酸化中間体である亜硝酸イオンの光觸媒被毒作用が抑制され、 $\text{NO}_x$ 除去性能の向上も認められた)。

## 4・水素を作るペーパー触媒

- ペーパー触媒は光触媒に限らず、固体粉末であれば何でもペーパー構造化することができる。
- そこで、次世代新エネルギー分野において、近年特に注目を集めている燃料電池発電システムへの應用を検討した。燃料電池は水素と酸素の化学反応により水が生成する過程で電力を生み出すクリーンな発電装置であるが、燃料となる水素ガスは非天然物質であるため、種々の炭化水素から触媒を用いて製造している。

## 4・水素(H<sub>2</sub>)を作るペーパー触媒

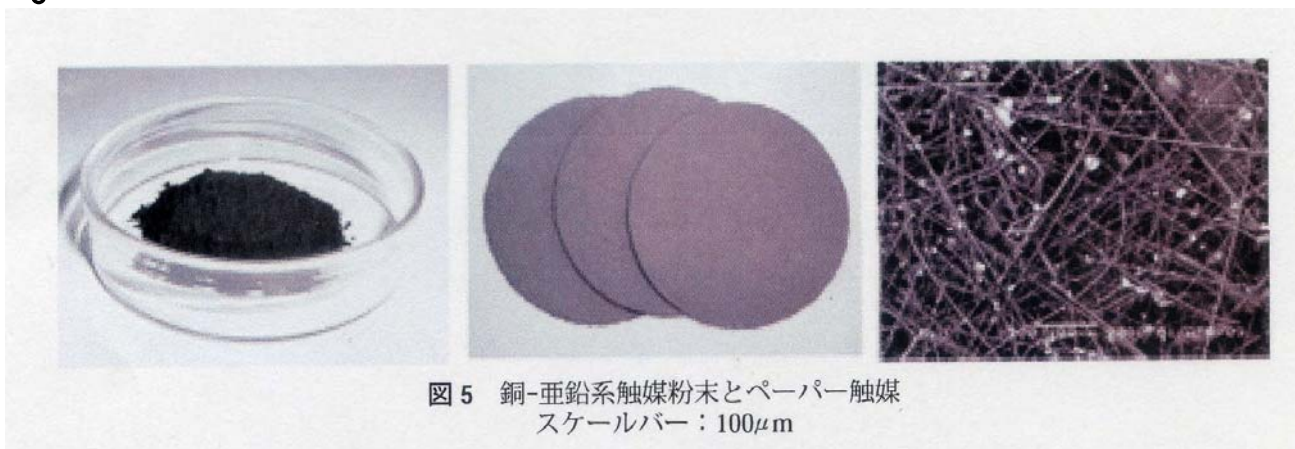
- ペーパー触媒は光触媒に限らず、**固体粉末であれば何でもペーパー構造化することができる。**
- そこで、次世代新エネルギー分野において、近年特に注目を集めている燃料電池発電システムへの應用を検討した。
- **燃料電池は水素と酸素の化学反応により水が生成する過程で電力を生み出すクリーンな発電装置であるが、燃料となる水素ガスは非天然物質であるため、種々の炭化水素から触媒を用いて製造している。**

# ペーパ―觸媒

- そこで、地球の物質循環を考慮に入れ、バイオマス資源やその廃棄物から生産可能なメタノールを、安価な銅-亜鉛系觸媒で改質するメタノール水蒸気改質プロセスにペーパ―觸媒を適用した。

# ペーパー触媒

- 図5に、銅-亜鉛系触媒粉末および成型加工したペーパー触媒の写真と電子顕微鏡写真を示す。銅-亜鉛系触媒は黒色粉末であるため、シートも灰色(無機繊維が白色のため)である。また、その構造は極めて多孔質であり、無機繊維ネットワーク上に触媒粉末が分散把持されている。



# ペーパー触媒

- 圖 6に、ペーパー触媒のメタノール改質性能を示す。實際に触媒作用を持つ銅-亜鉛系触媒が同量であっても、触媒粉末の単独使用よりペーパー触媒の方がメタノール転化率・水素生成員ともに向上し、一酸化炭素濃度は半減した15)。
- 特に、一酸化炭素は燃料電池で用いる白金触媒の強力な触媒毒であることから、改質ガスにおいてもその低減が必要不可欠であり、ペーパー構造化によるこれらの改質性能の向上は非常に興味深い。

# ペーパー触媒

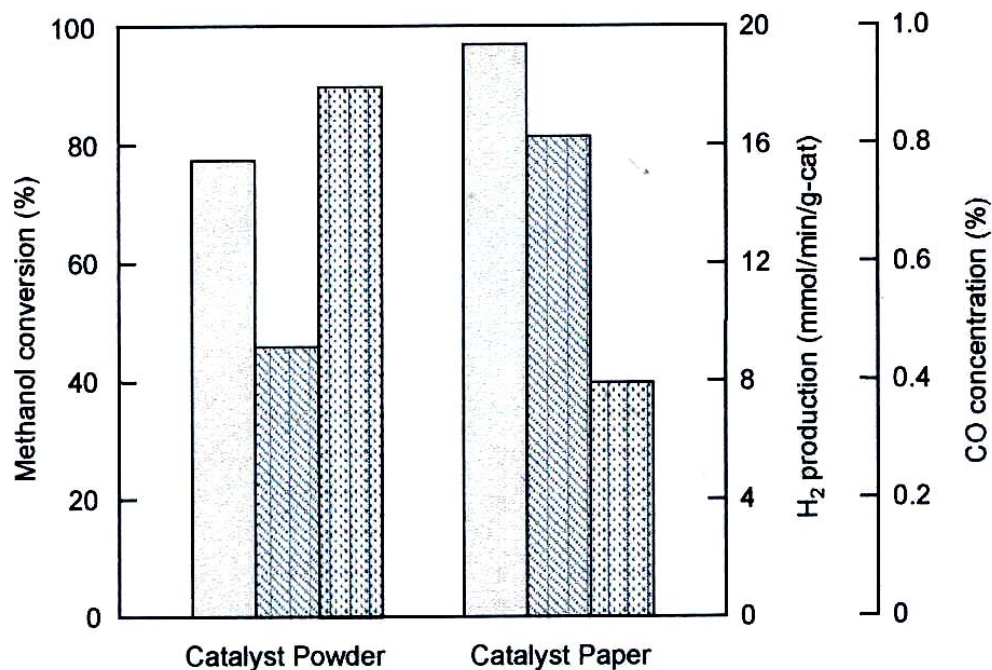


図6 触媒粉末とペーパー触媒のメタノール改質性能  
(左)メタノール転化率、(中)水素生成量、(右)CO濃度



- その原因は明らかでないが、おそらくペーパー構造化によりメタノールや水蒸気などの原料ガス分子の早い輸送が促進され、実際の觸媒反應場として機能する還元銅表面に効率的に物質供給されるためと考えられる。
- また、觸媒反應における熱供給や熱交換にも関与していると推察されることから、今後さらに検討を深める必要がある。