

透明・低熱膨張のフレキシブルシート 材料を極めて安価に製造

京都大学 生存圏研究所
教授 矢野 浩之

技術の概要とその新規性

植物繊維をリグニン除去後、乾燥させることなく疎水変性すると、透明樹脂との複合化で簡単に低線熱膨張の透明複合材料を製造できる。本技術によれば、透明かつ低熱膨張のフレキシブル材料を極めて安価に製造でき、有機EL照明や有機太陽電池等の電子デバイスの透明基板に用いることができれば、電子デバイスの製造コストを大きく低減できる。

技術の背景

我が国のフラットパネルディスプレイや太陽電池は熾烈な国際的価格競争に巻き込まれ、今や韓国や台湾の後塵を拝している



国際競争力のある次世代技術の早期開発が必要

- ・有機太陽電池、有機ELディスプレイ、有機EL照明



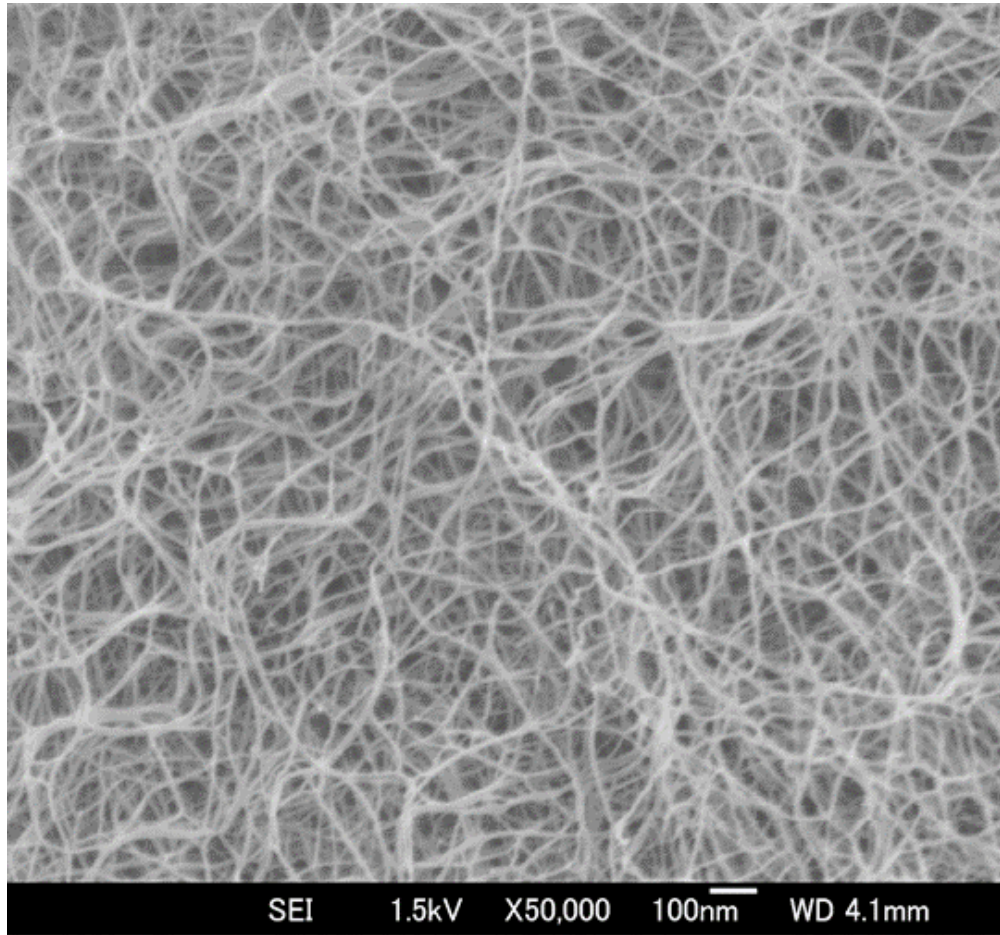
価格競争力のある革新的技術の開発

- ・プリントドエレクトロニクス、Roll to Roll技術

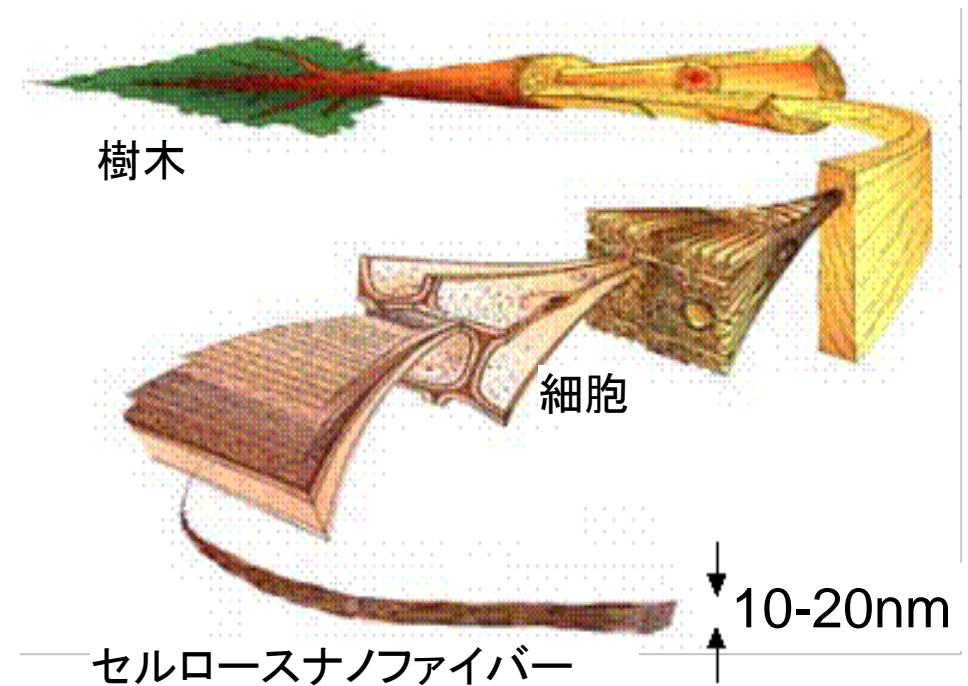


透明基板：透明、低線熱膨張、フレキシブル等の特徴を持つ
低コスト樹脂材料の開発が必須

セルロースナノファイバー



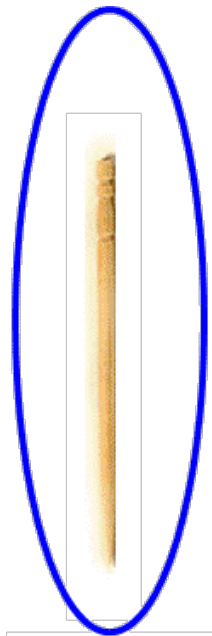
木材細胞壁中のCNF



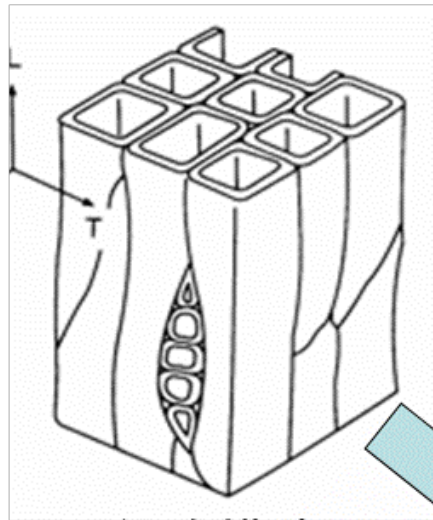
(J. Harringtonを改変)

- 全ての植物細胞の基本骨格ナノファイバー
- 1兆トンの蓄積: 持続的再生可能資源

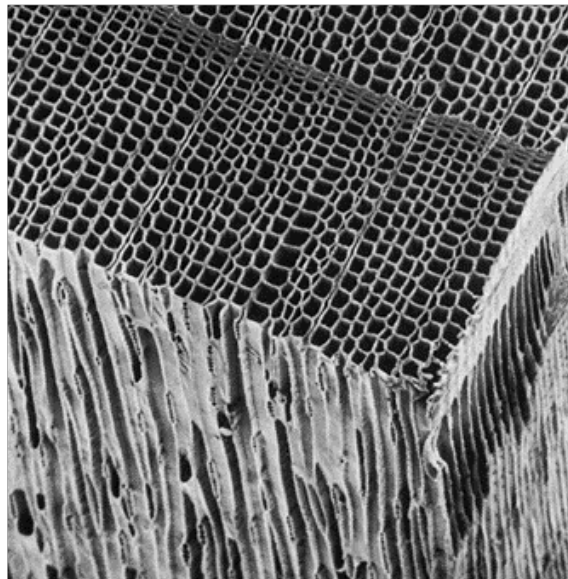
木材の構造



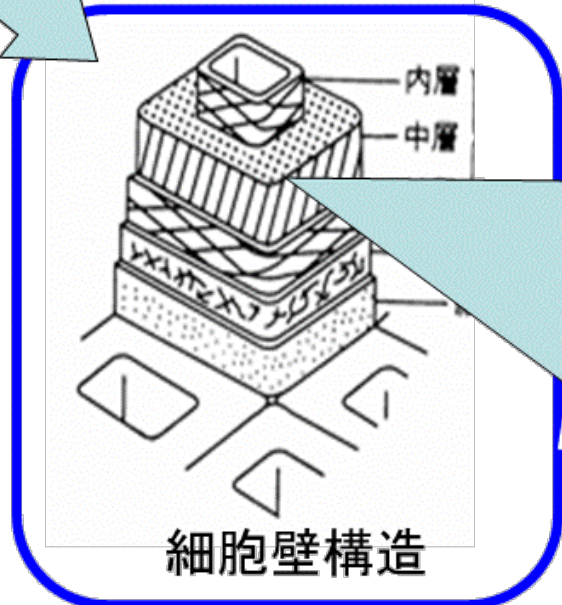
爪楊枝



細胞構造

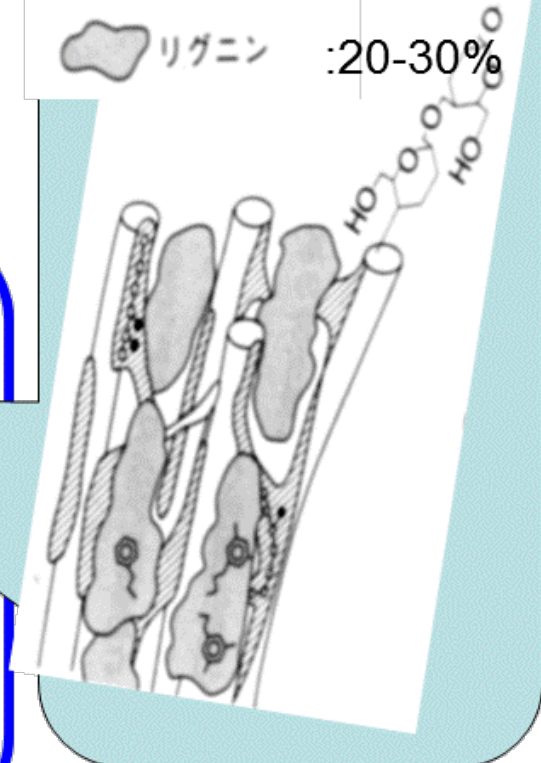


10-50μm



細胞壁構造

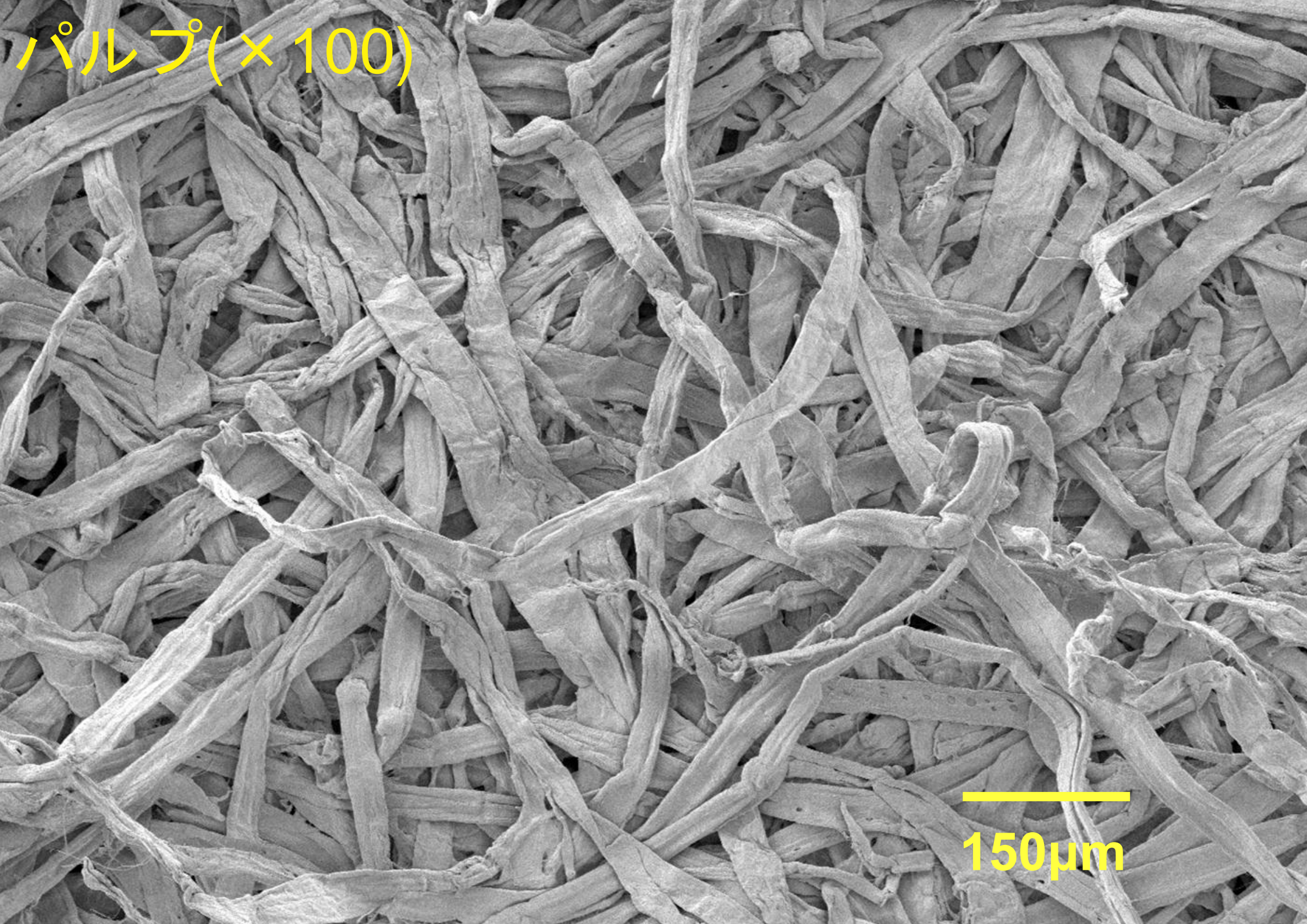
- セルロース ナノファイバー :40-50%
- ヘミセルロース :20-30%
- リグニン :20-30%



ナノファイバー構造

パルプ：木材からリグニン・ヘミセルロースを除去

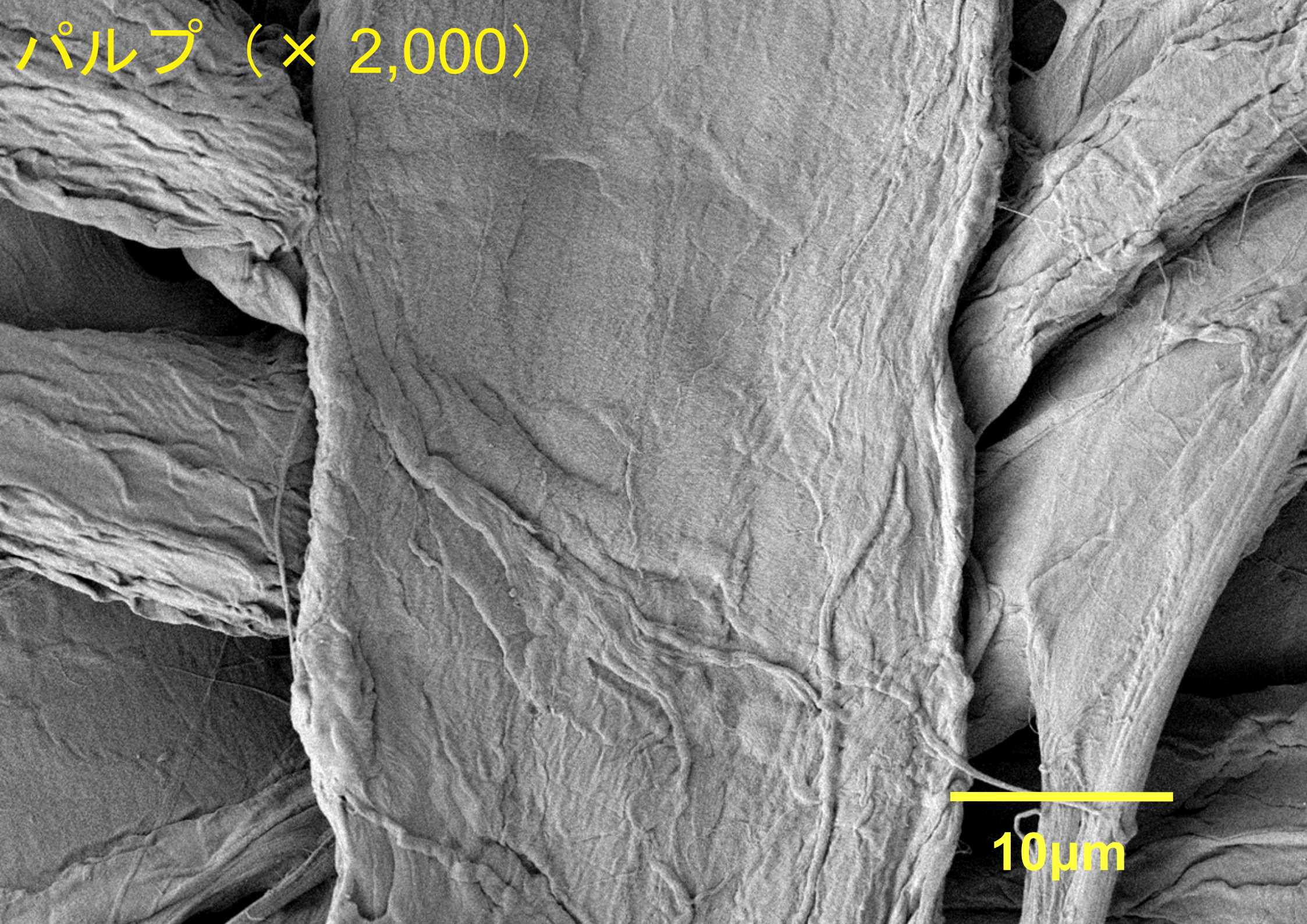




パルプ(×100)

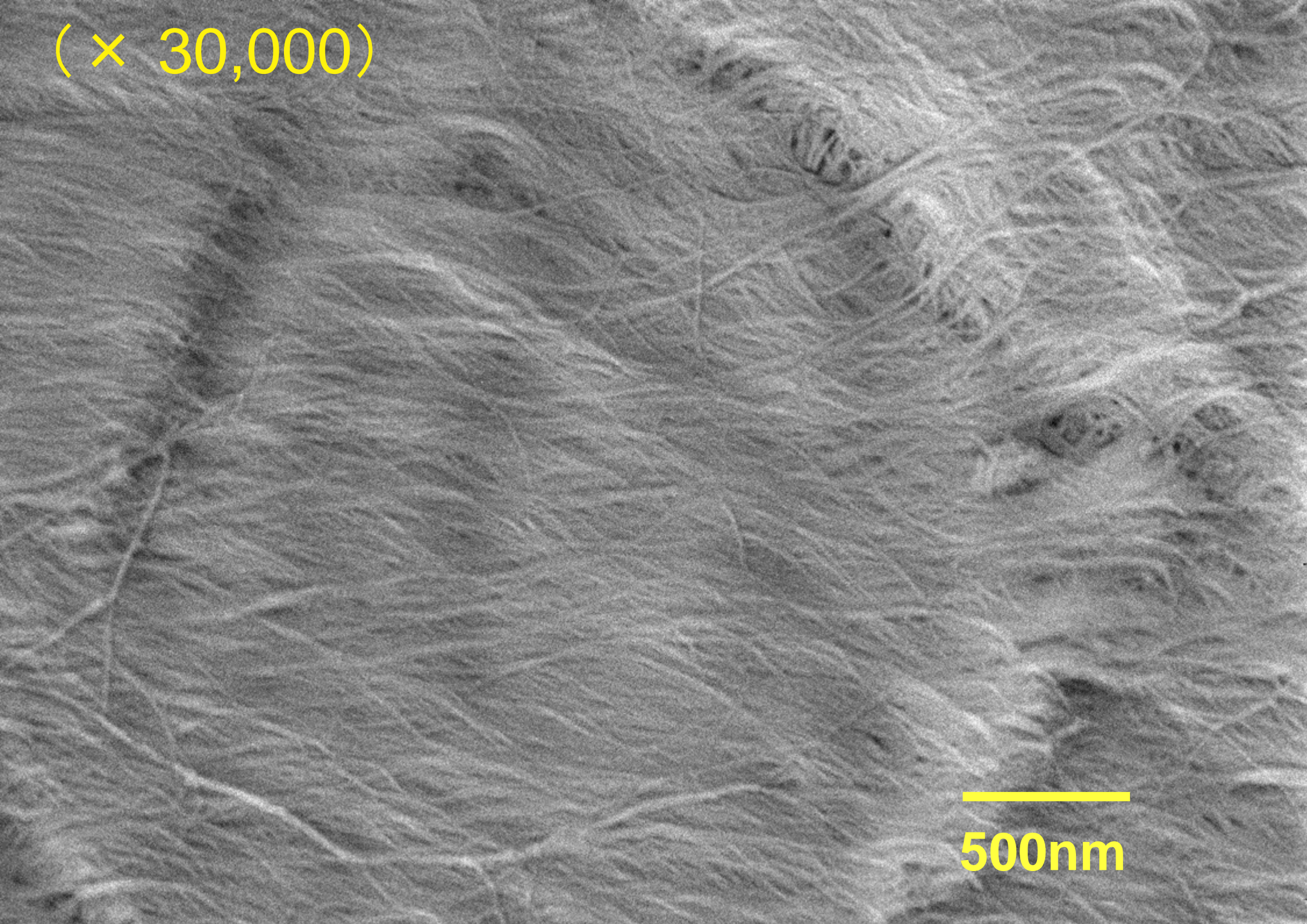
150μm

パルプ (× 2,000)



10μm

($\times 30,000$)

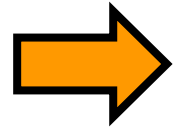


500nm

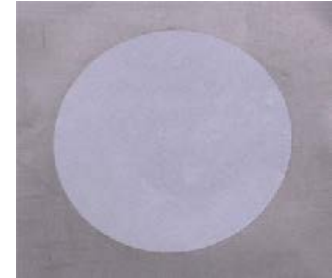
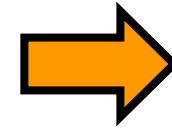
セルロースナノファイバー補強透明樹脂材料の作製



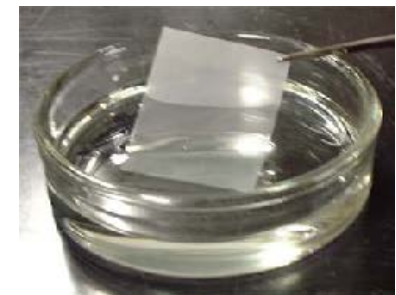
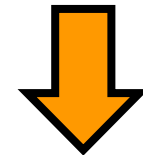
パルプ懸濁液



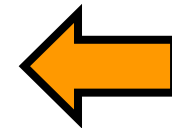
グラインダー等による
ナノフィブリル化



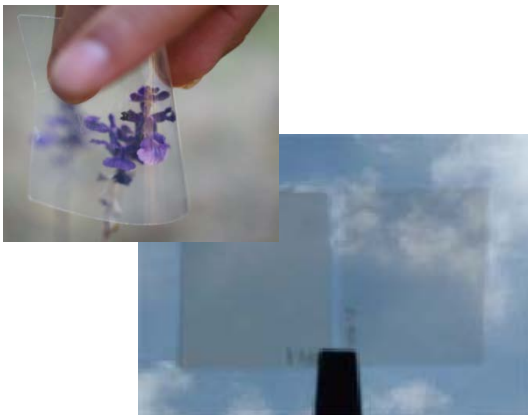
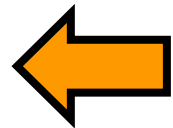
吸引濾過等による製膜



樹脂含浸



樹脂硬化

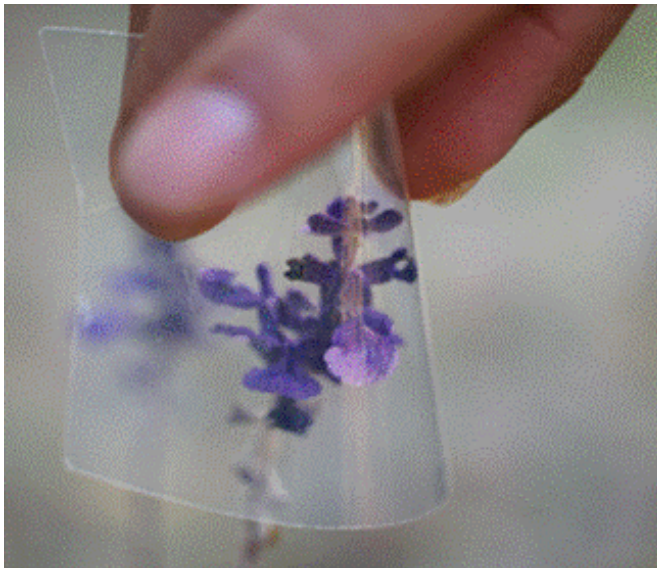
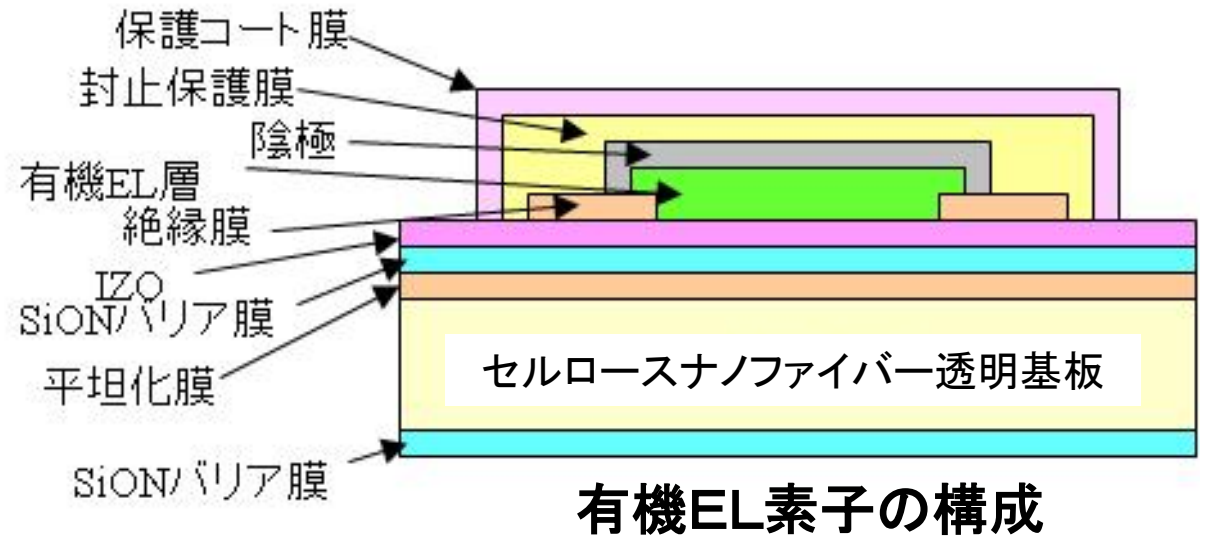


透明複合材料

繊維含有率: 20-90 wt%

セルロースナノファイバー複合透明樹脂

- 直径が可視光波長より細かい
- 屈折率が近い樹脂との複合化で低線熱膨張透明材料に
- 有機EL照明・有機薄膜太陽電池のフレキシブル基板

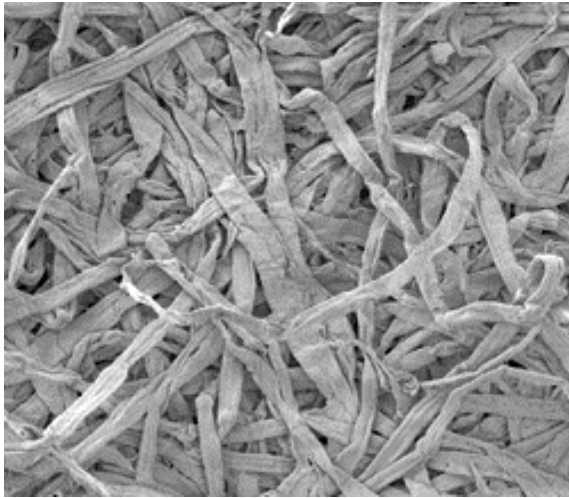


セルロースナノファイバー強化透明シート (矢野ら、2005)

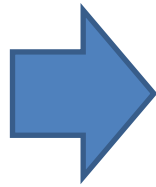


セルロースナノファイバー透明基板上で発光させた有機EL素子 (矢野ら、2007)

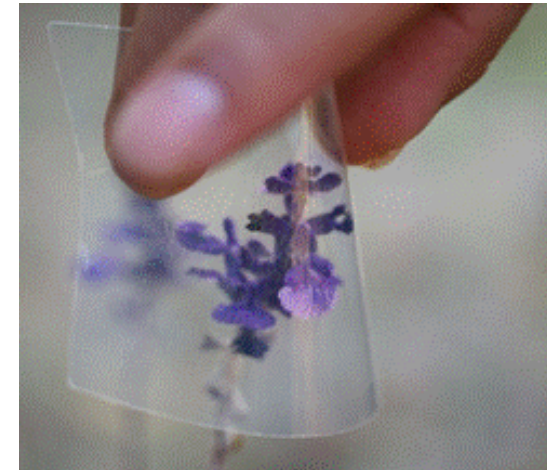
セルロースナノファイバー材料の課題



パルプを解繊



高い保水性

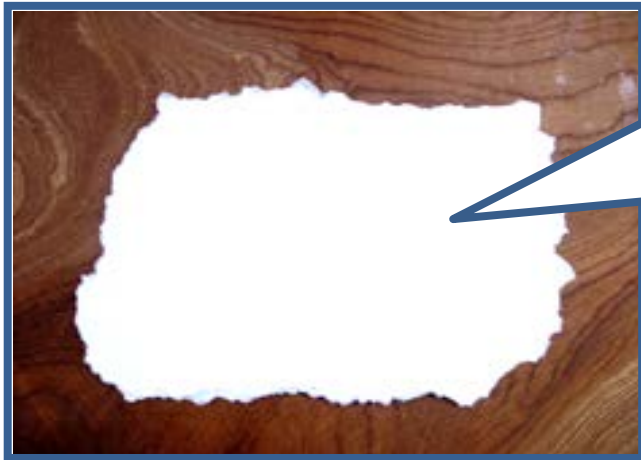


生産性に課題

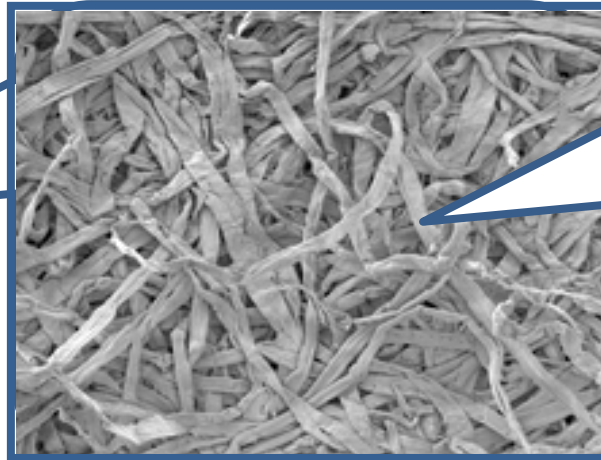
新技術のポイント(1)

紙はパルプの集合体。

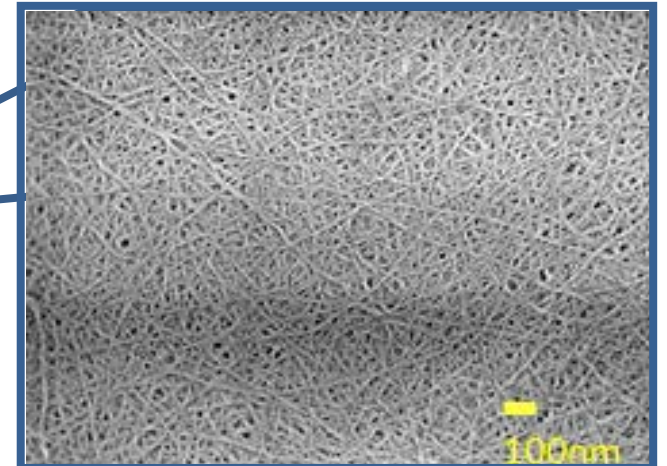
パルプはナノファイバーの集合体。



紙



パルプ



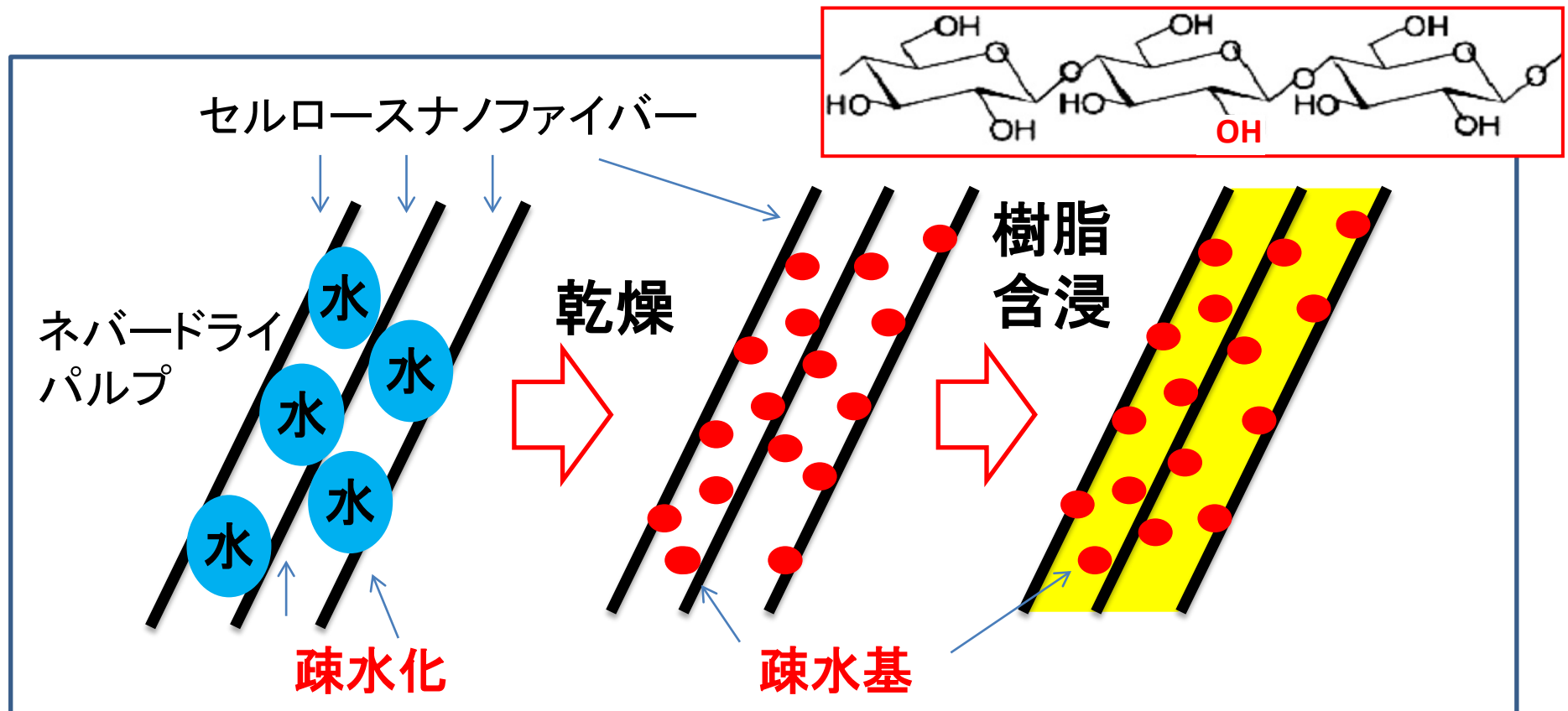
ナノファイバー



パルプ・紙を直接透明化出来たら
効率よく透明・低熱膨張シートを生産できる？

新技術のポイント(2)

1. 乾燥過程での凝集を防ぐ ➡ ネバードライ状態での表面疎水化
2. 樹脂含浸・パルプ間結合の促進 ➡ パルプの内部・外部フィブリル化



ナノファイバーの凝集を防ぎ、樹脂を注入

樹脂含浸による透明化



樹脂含浸前(紙)

纖維率25%

樹脂含浸後
(透明紙)

透明で低線熱膨張の紙

温度依存性



温度変化とシートの外観
(ガラスに挟み加熱後撮影)

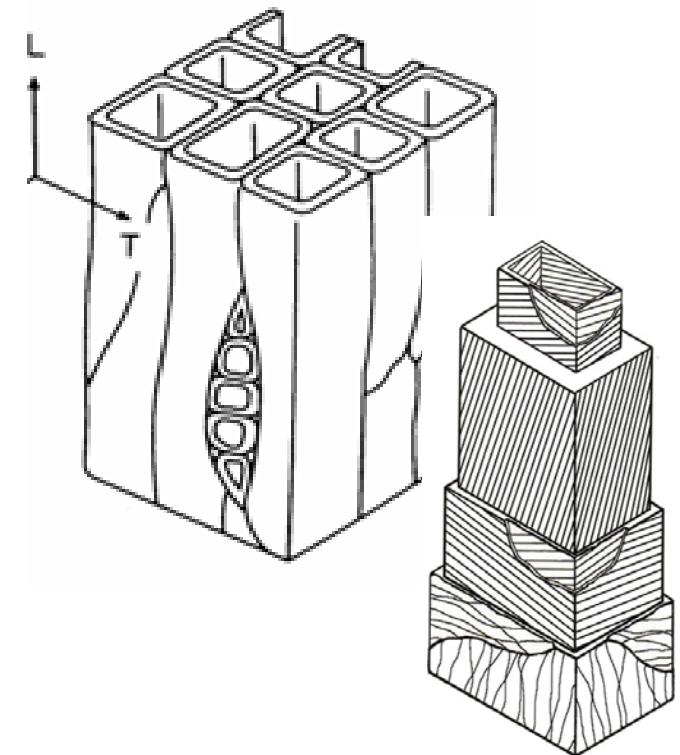
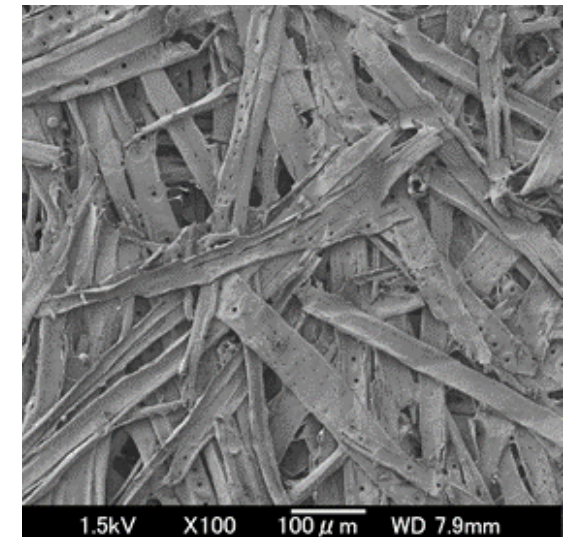
温度が変化しても透明性は保たれる



パルプが樹脂の熱膨張を抑え、樹脂の屈折率が変化しない。

特性比較

	厚さ (μm)	繊維率 (%)	線熱膨張 係数 (ppm/K)	直線 透過率 (%)	全光線 透過率 (%)
未乾燥疎水化パルプ	100	26.0	8.30	54.1	87.8
未乾燥・叩解 疎水化パルプ	60	18.0	11.9	70.0	88.1
乾燥疎水化パルプ	100	26.9	5.29	45.9	87.3
無処理パルプ	100	28.5	3.64	43.7	87.0
セルロース ナノファイバー(参考) ¹⁾	100	35-40	12.1	82.0	90
樹脂(参考) ¹⁾	—	0	213.0	91.0	92
※直線透過率: 600nm, 室温 ※線熱膨張係数 20-150°C					



1) Y. Okahisa, et al., Composite Science and Technology 69(2009) 1958-1961

競合技術との比較

項目	ガラス	既存プラスチック			本技術
		PET	ポリイミド	アラミド	パルプ-樹脂
透明性	○	○	○	○	○
線熱膨張係数	◎	×	△	◎	◎
比重	×	○	○	○	○
柔軟性	×	◎	◎	◎	◎
コスト	○	○	×	×	◎

本技術の特徴：軽量、透明、低線熱膨張、フレキシブル、**低コスト**

想定される用途、課題

- 想定される用途：有機EL照明、有機薄膜太陽電池、電子ペーパー、情報タグ等の透明基板、封止剤、自動車等輸送機用軽量窓、包装容器、他。軽量（密度：1.3-1.5g/cm³）・透明（全光線透過率：85%以上）・低熱膨張（4-20ppm/k）・高熱伝導率（ガラス相当）でフレキシビリティが求められる用途。
- 課題：透明基板に用いるには、表面平滑化、ガスバリア性付与に関する技術開発が不可欠。