

国産材を原料とした セルロースナノファイバーの製造実証 -酵素加水分解と機械処理によるナノ化-

セルロースナノファイバーは木材などの植物細胞壁成分であるセルロースを究極までほぐしたもので、透明フィルムやプラスチックの補強材料としての利用など、新たな木材需要を喚起するものと注目され、研究が進んでいます。私たちは、セルロースナノファイバーをアルカリ蒸解によりパルプ化した後、酵素処理と汎用の粉碎機を併用してナノ化する一貫工程を提案します。この方法は環境に低負荷な生産方法で、小規模な施設でもセルロースナノファイバー製造が可能なので、林業・林産業の活性化につながることを期待されます。

● 国産スギからセルロースナノファイバーを産地で製造するための一貫したパルプ化・ナノ化工程の提案

コンパクトで
簡便な方法！

原料供給

- 中山間地域の国産材を利用
- 国産スギ、ヒノキなど



パルプ化

- アルカリ蒸解
- 小規模対応可能
- エネルギー完全自給
- 低環境負荷



ナノ解繊技術

- 酵素と機械粉碎による低エネルギー・低環境負荷型のナノファイバー生産



用途開発

- ヘミセルロースも含む特性を生かした応用
- 森林総研が作ったセルロースナノファイバーを頒布し、広く応用を図る。

頒布



防腐剤などを添加せず、袋に詰めて殺菌した状態で頒布。

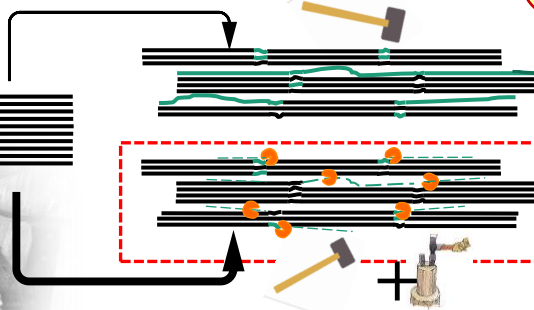
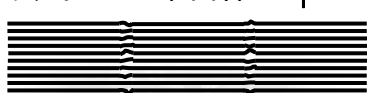
パテントマップ・市場調査等

情報提供

● 酵素処理と機械処理を併用するメリット

酵素の力でセルロースの凝集をほく

パルプ繊維：ナノファイバーの集合体



叩き潰すだけ。パルプ繊維からのナノファイバーのほぐれは少ない

パルプ繊維は機械処理と同時に酵素が働いてナノファイバーへとスムーズにほぐれていく



国立研究開発法人森林総合研究所 (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>)
お問い合わせ先 nanofiber@ffpri.affrc.go.jp

セルロースナノファイバー製造技術実証施設

森林総合研究所では、木質バイオマスをソーダ・アントラキノン蒸解によりパルプ化し、その後、酵素処理と湿式粉碎処理を併用してセルロースナノファイバー(CNF)を製造する技術を開発しました。

この成果を活用するために、平成26年度から林野庁の「木材需要拡大緊急対策事業のうちセルロースナノファイバー製造技術実証事業」において、国産の杉材を用いて、低環境負荷型で小規模な施設でも製造が可能なセルロースナノファイバー製造技術の実証を進めています。

森林総合研究所（つくば市）に建設した実証ベンチプラントでは、生産規模でのプロセスの改良やコスト評価を実施しています。



セルロースナノファイバー製造技術実証施設外観
(つくば市)
最大生産：セルロースナノファイバー乾燥物換算で1kg/day

パルプ化



2L蒸解装置
条件検討用



55L蒸解装置
CNF原料パルプ製造



遠心分離機
ソーダ蒸解で発生する黒液を分離する



フラットスクリーン
パルプ中の未蒸解残渣を除去
パルプの洗浄



蒸解チップ分離機
蒸解チップをパルプ化する



低濃度漂白ミキサー
容量100L パルプを漂白する



フィルタープレス
漂白パルプの洗浄・脱水

ナノ化



前処理反応槽
酵素反応(と超音波の衝撃)によりパルプ繊維をほぐす



セラミックフィルター濃縮機
セルロースナノファイバー液の濃縮や溶媒置換



ビーズミルユニット
処理液中に直径1mmのジルコニアビーズを入れて、互いに衝突させ、繊維をナノ化する



ボールミルユニット
直径約10mmのジルコニアボールを衝突させ、繊維をナノ化する



真空加熱濃縮機
セルロースナノファイバー液の濃縮

セルロースナノファイバー（懸濁液）



国立研究開発法人森林総合研究所 (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>)
お問い合わせ先 nanofiber@ffpri.affrc.go.jp

セルロースナノファイバー性能評価

森林総合研究所で作製しているセルロースナノファイバーはアスペクト比（幅と長さの比率）が高く、網目状の構造を持っています。この特質をいかした製品開発をすすめるため、様々な方面からの応用開発を推進しています。

プラスチックコンパウンド

スギCNFを1%含むポリプロピレンコンパウンドを作製し、射出成型体が製造できるか試験を実施しました。



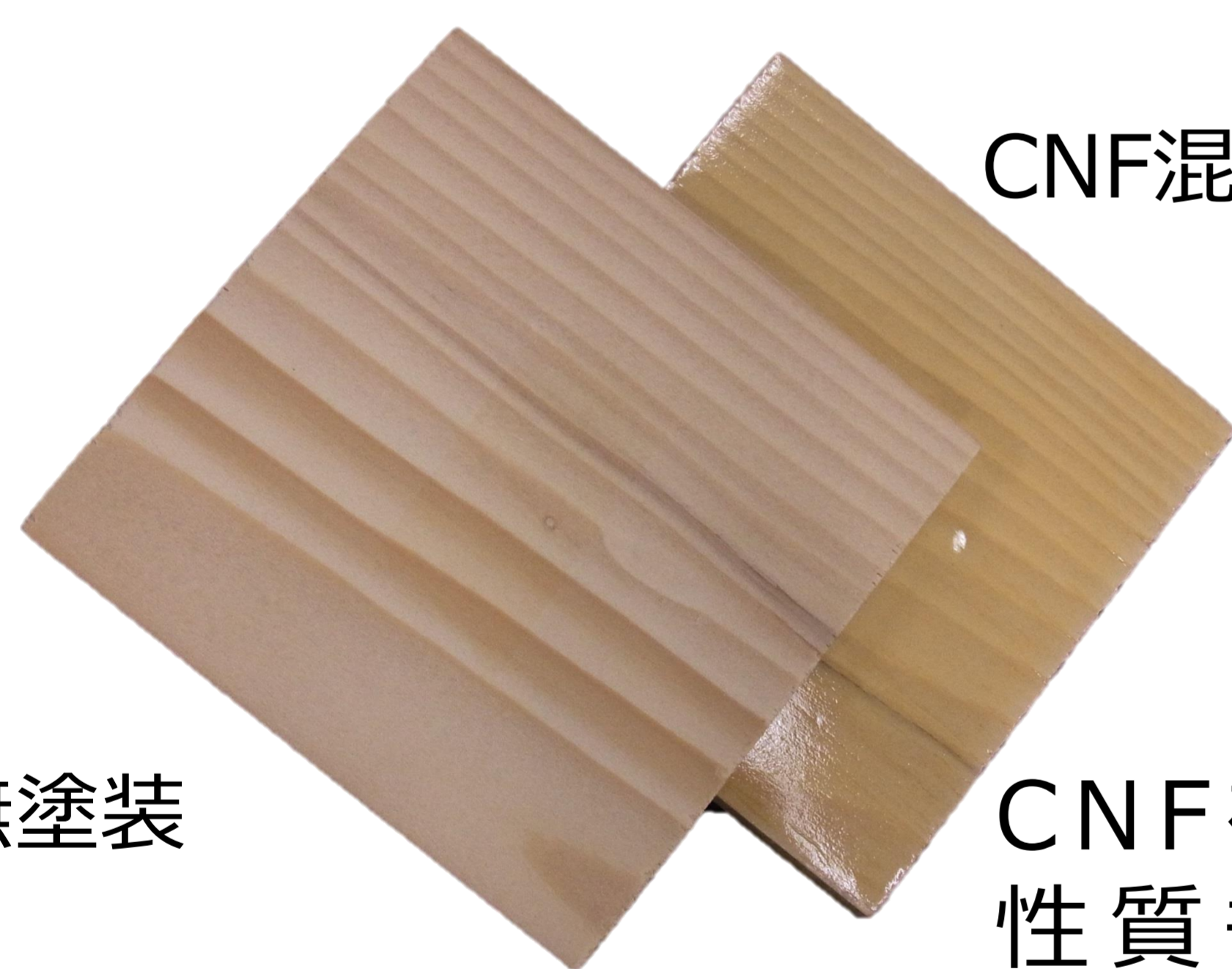
CNF 1% P P コンパウンド



スギCNFを含むコンパウンドは、汎用設備、汎用金型で成型でき、既存の設備で製品化できることが確認されています。

生産性も通常のプラスチックと同様であったことから、加工費用もプラスチックと同等と考えることができ、CNFコンパウンドの性能をさらに明らかにし、差別化するための開発を進めています。

塗装材料

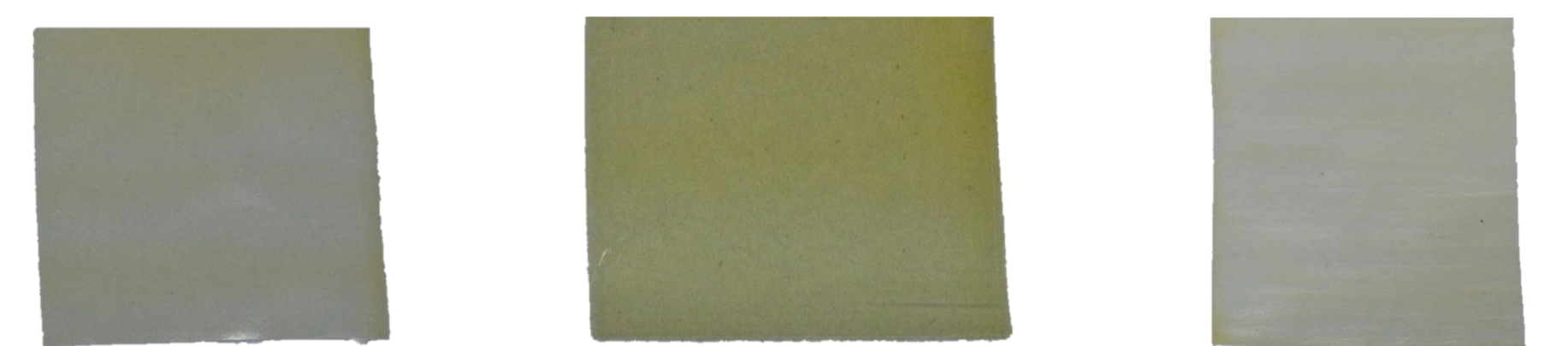


CNF混合塗料

無塗装

CNFを添加することで、塗料の性質も変化します。CNF入り塗料の優位性をさらに明らかにするための研究開発を進めています。

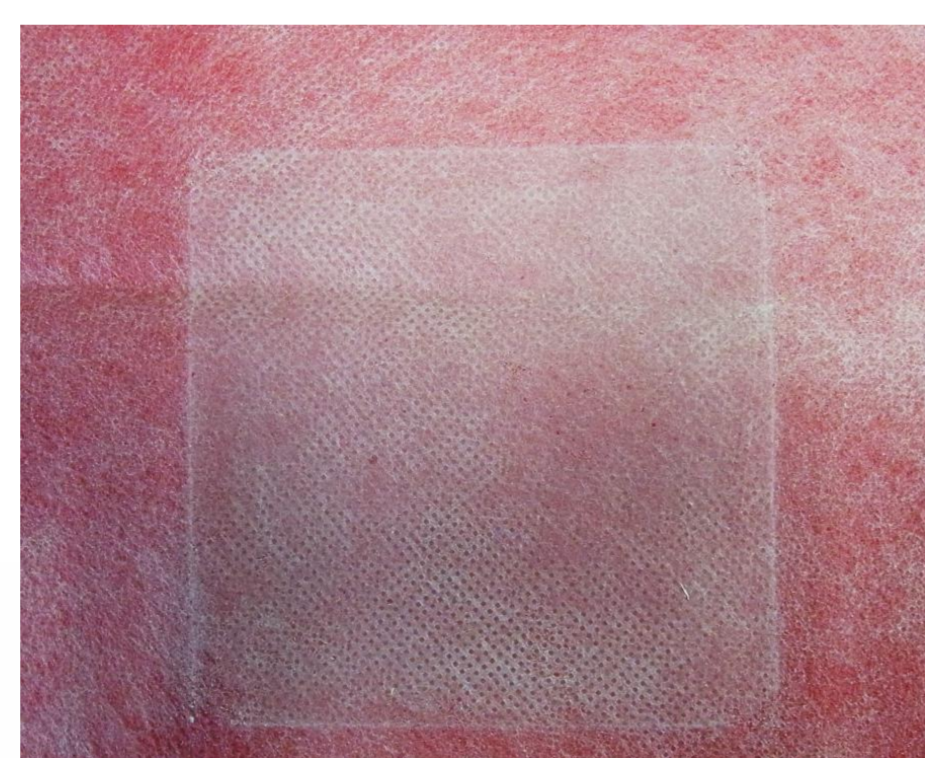
塗膜伸び率強化試験



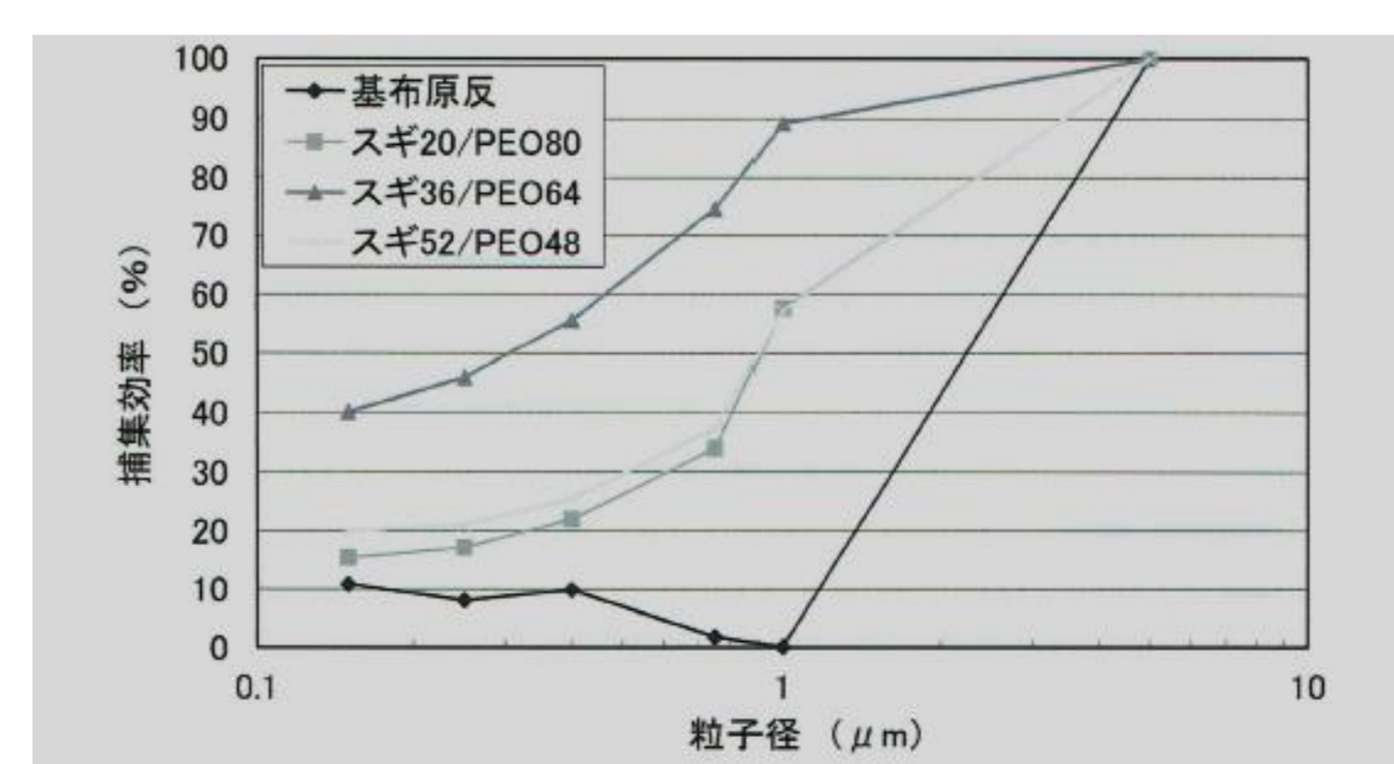
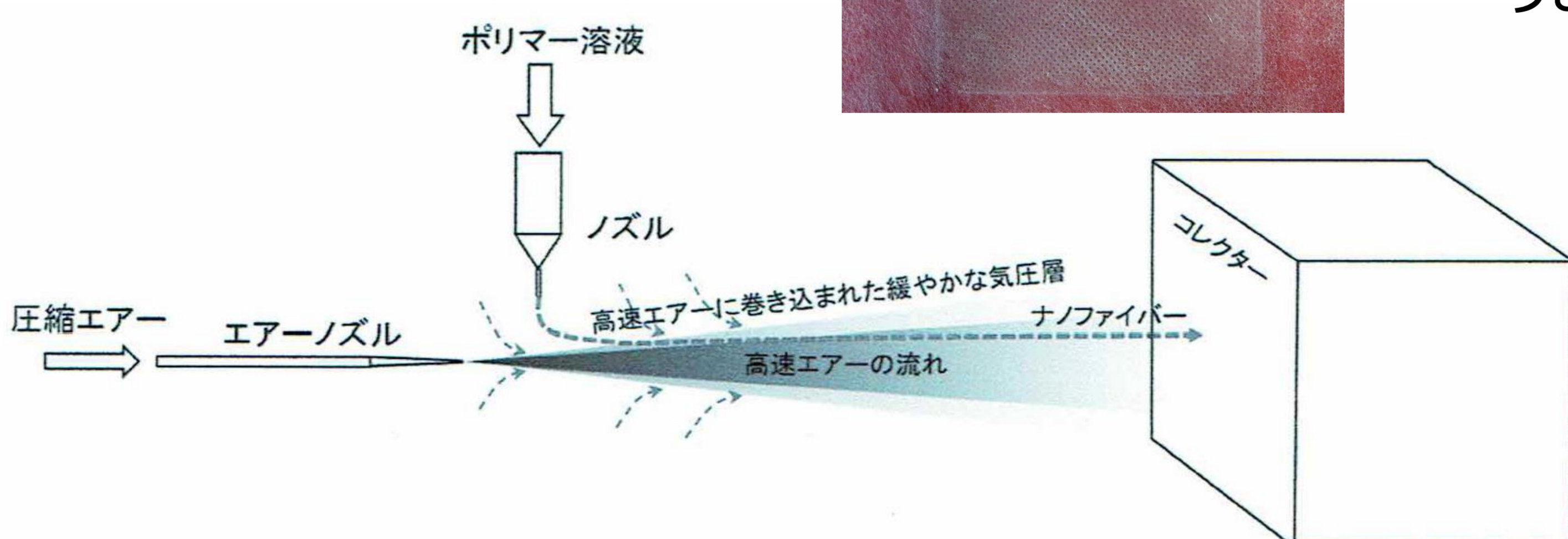
塗料	CNF無		CNF配合塗料 1		CNF配合塗料 2	
	膜厚 μm		60	120	60	120
剥離時 (官能評価)	ワレ	×	△	×	○	○
	弾力性	×	×	×	○△	○
	レベリング性	○	○	○	○	△

○：良好 △：少し不良 ×：不良

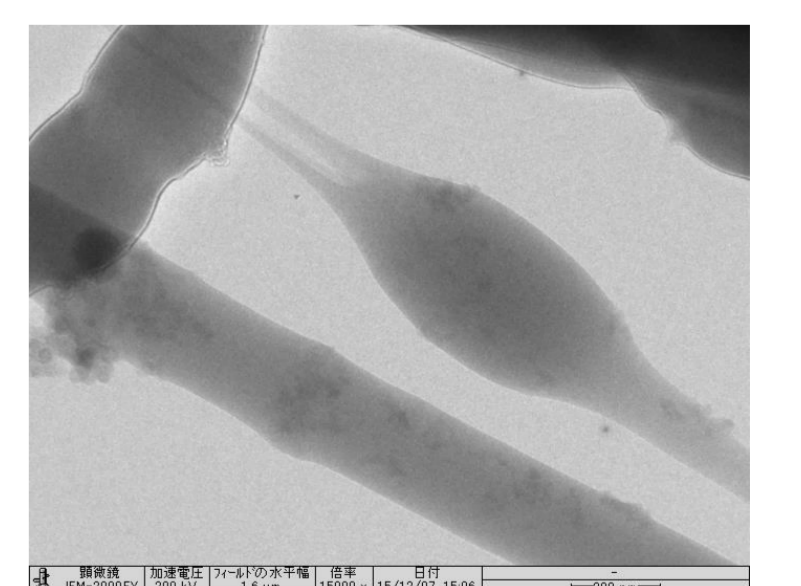
不織布



ゼタ方式またはクロスエアブロースピニング法（CABS法）を用いてセルロースナノファイバー不織布を作製しました。繊維化助剤であるPEOとCNF混合溶液からナノファイバーを作製できることが明らかとなりました。フィルター等への応用開発を推進しています。



スギCNF/PEO不織布が捕集する粒子径



スギCNF/PEO (52/48)不織布繊維

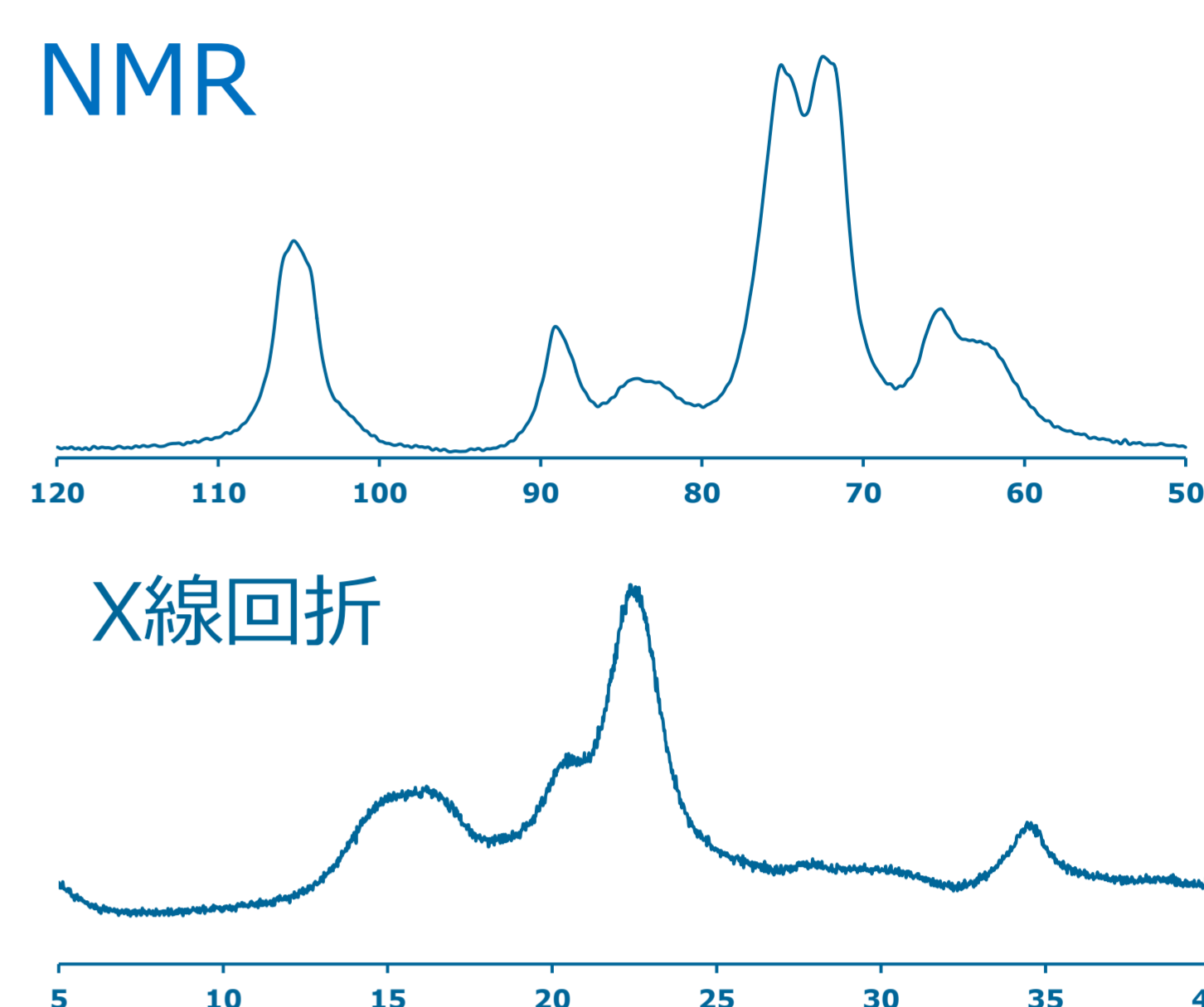
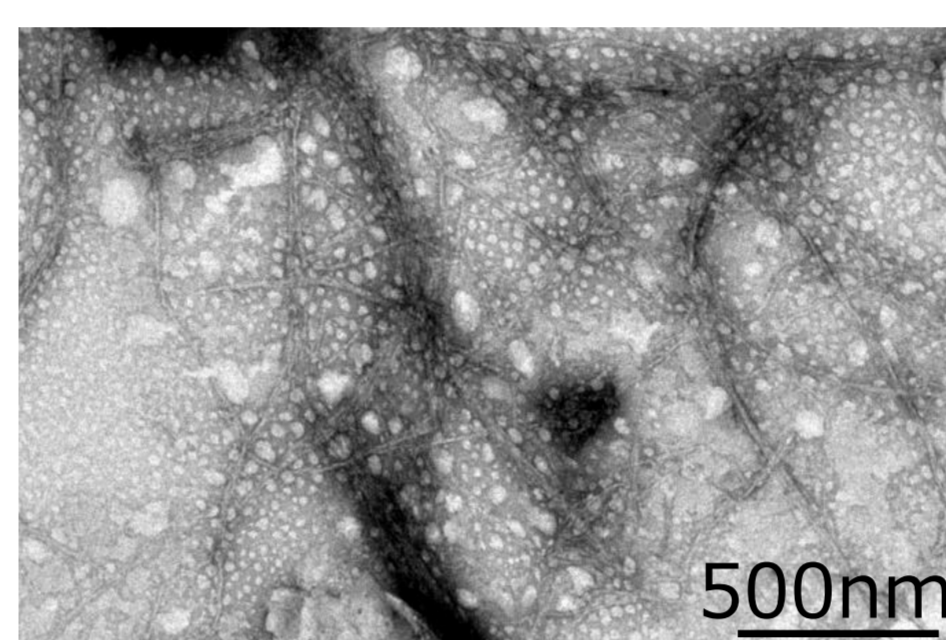
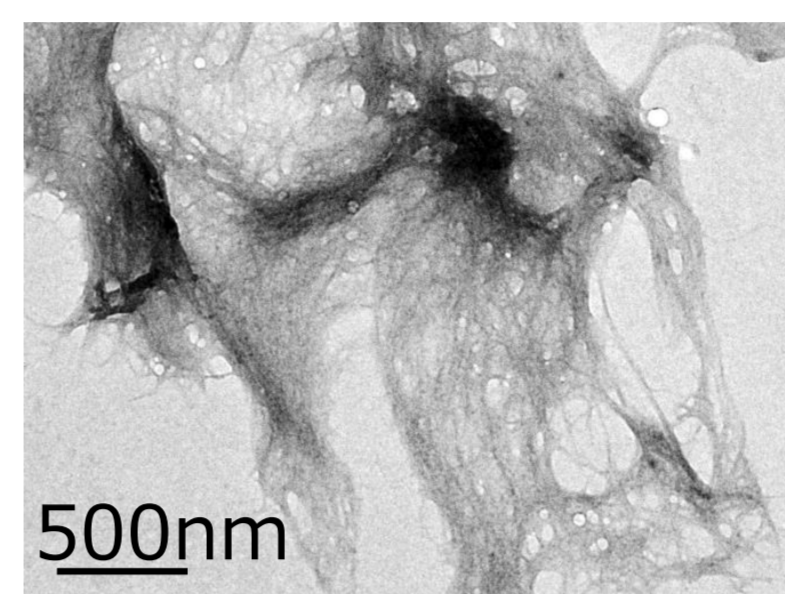


セルロースナノファイバー性能評価・安全性試験

森林総合研究所で作製しているセルロースナノファイバー（CNF）は、酵素と機械処理によりほぐされたものなので、表面修飾がなく、特有の粘性を持ち、ヘミセルロースを含みます。このCNFは植物が作ったままの繊維に近いものです。

● 生産されたセルロースナノファイバーの特徴

- ・ 分子量15-20万程度、ゼータ電位-10mV程度
- ・ 結晶性は未処理と変わらない
- ・ 繊維幅：3nm~0.5 μ m；長さ：0.5~数 μ m
- ・ 枝分かれ、絡み合いが多い
- ・ 薄く拡がりやすい
- ・ ヘミセルロースを含む



森林総合研究所で作製しているセルロースナノファイバーの安全性について、各種の安全性試験を実施しています。

ナノマテリアルの安全性については、製造時にも確認が欠かせません。

遺伝毒性試験を含め、スギパルプ由来CNFが安全であることを確認するための各種毒性試験、刺激性試験を実施しています。



➤ 皮膚一次刺激性試験

濃度 1 及び 5 w t % の検体をウサギ 3 匹の無傷及び有傷皮膚に 2 4 時間開放適用し、ISO 10993-10 Biological evaluation of medical devices-Part10(2010)に従って求めた刺激性インデックスによる評価を行い、各濃度の検体がともに「無刺激性」の範疇に入る評価結果を得ています。

➤ Ames (エームズ試験)

サルモネラ菌、大腸菌を使用して遺伝子突然変異誘発性を調べる毒性試験です。陰性が確認されました。

➤ 染色体異常試験

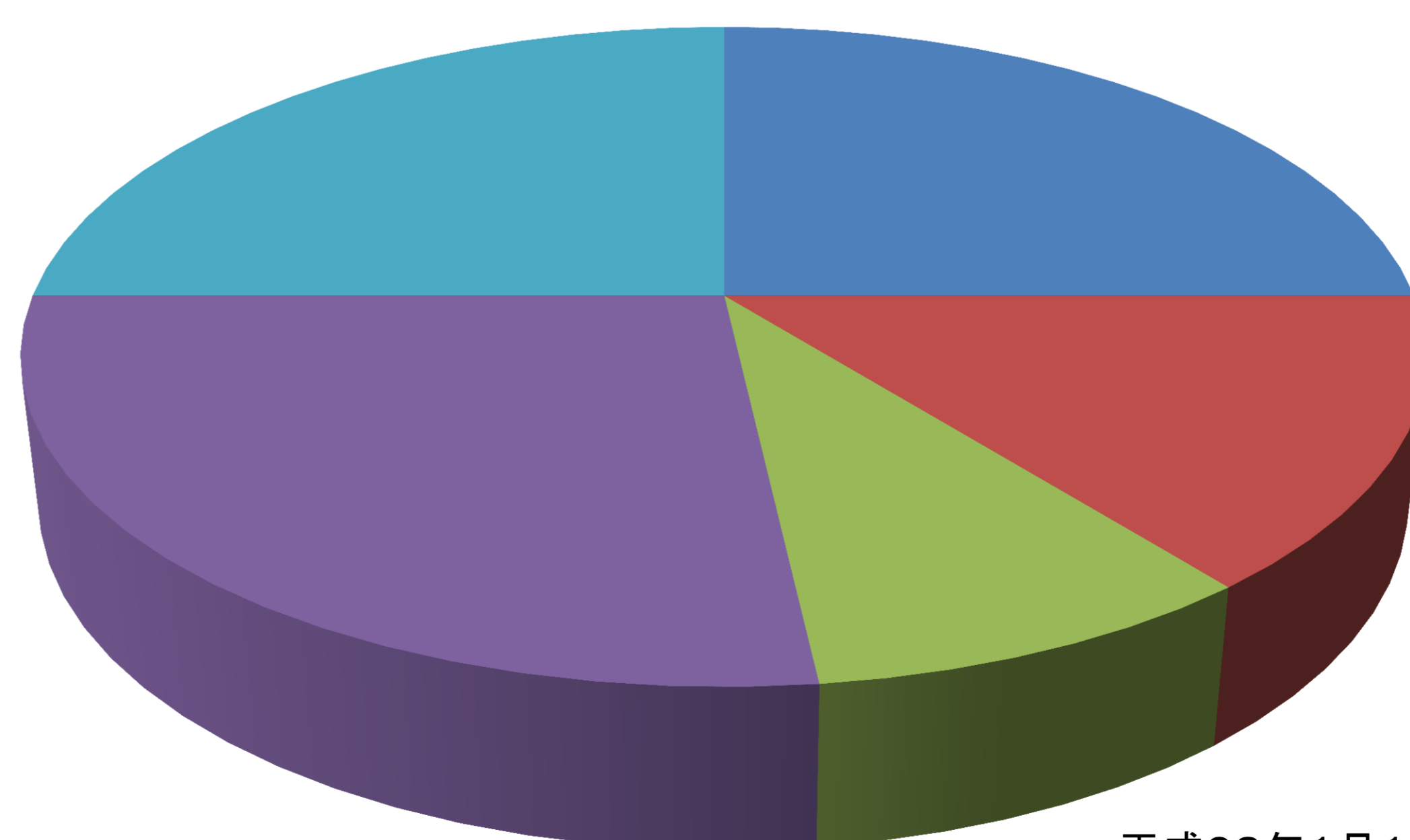
哺乳類培養細胞（チャイニーズ・ハムスター胚由来繊維芽細胞）を用いて、染色体異常誘発性を調べる毒性試験です。構造異常、数的異常（倍数体）のいずれも陰性と判定されています。

➤ マウスを用いた急性経口毒性試験

セルロースナノファイバーを2000, 1000, 300及び50 mg/kgの用量となるようにした検体を雌雄マウスに経口投与し、14日間の観察を行いました。観察期間中に異常及び死亡例は認められず、マウスを用いる経口投与において、検体のLD50値は雌雄ともに2000 mg/kgを超えるものと評価されました。

森林総合研究所で作製しているセルロースナノファイバーの利用用途開発を進めるため、頒布事業を実施しています。

試験製造中のセルロースナノファイバーを無償で頒布中です（平成28年2月末日まで）。森林総合研究所ホームページに掲載されており、お問い合わせをいただいています。



平成28年1月14日現在



国立研究開発法人森林総合研究所 (<http://www.ffpri.affrc.go.jp/>)
お問い合わせ先 nanofiber@ffpri.affrc.go.jp