

医療・食品用途を指向した 機械解繊フィブロインナノファイバー 複合材料の開発



京都工芸繊維大学 繊維学系

准教授 岡久 陽子

絹フィブロインの利用

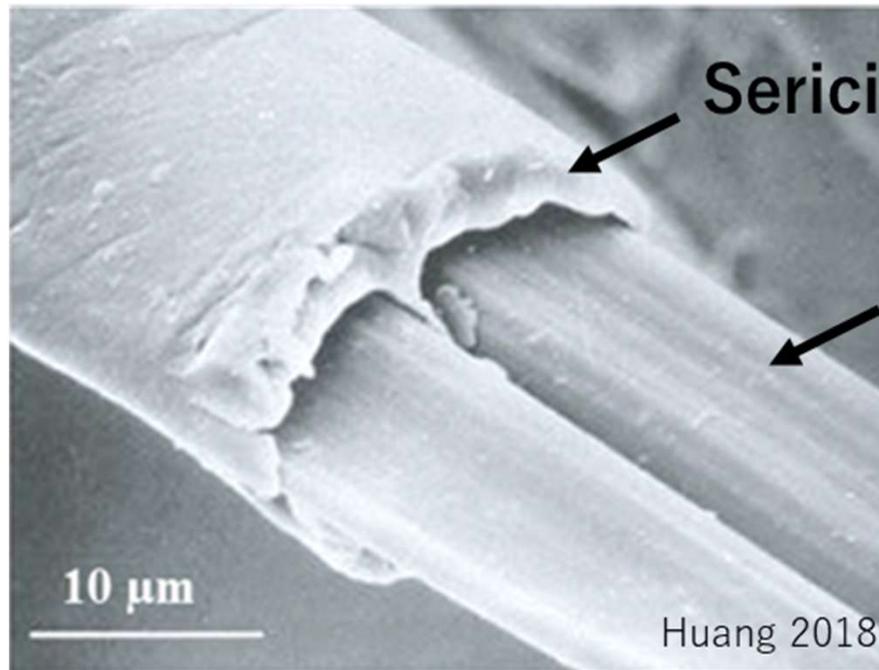


Fibrous protein produced by silkworm.
- Mulberry silkworm *Bombyx mori*



Textile
Cosmetics
Biomedical materials...

フィブロインの構造

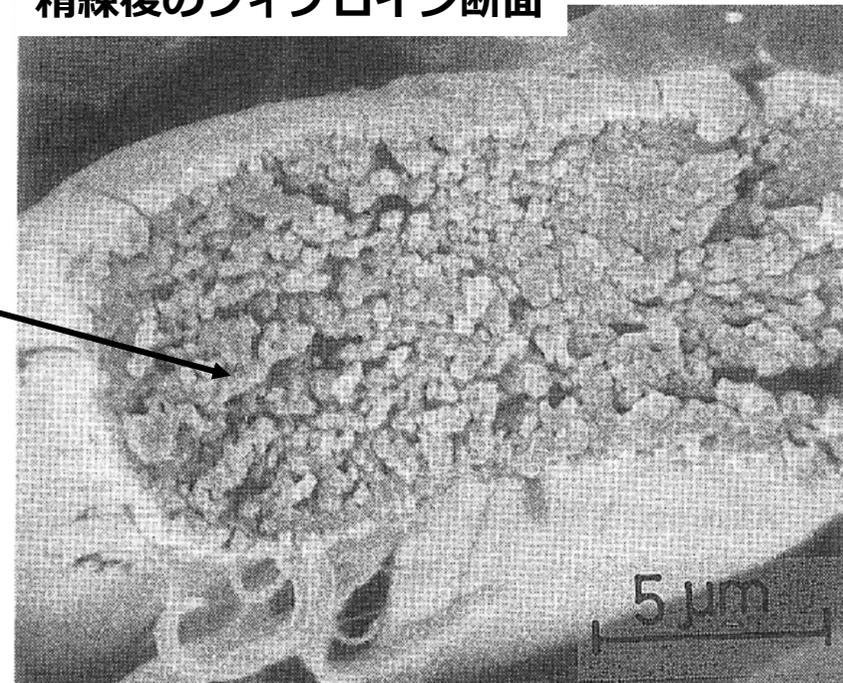


繊維状の結晶性タンパク質である
フィブロインは、膠状タンパク質
のセリシンに取り囲まれている。

Fibroin

~70% fibroin and ~30% sericin

精練後のフィブロイン断面



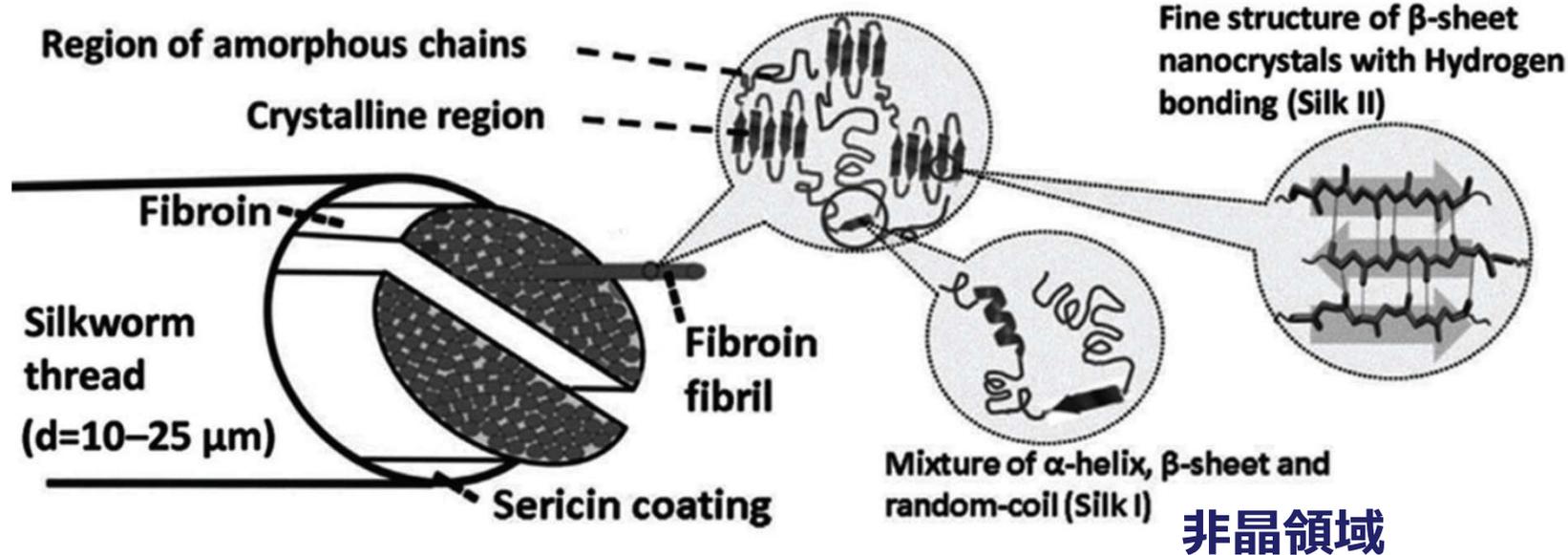
Microfibril (d=15–30 nm)

一本のフィブロインは直径30nm程度の
ナノファイバー（マイクロフィブリル）が
束になっている。

フィブロインの構造

結晶領域

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!



Huang et al., Chem. Soc. Rev., 2018, 47, 6486-6504

天然のフィブロインの結晶化度：40-50 %

β-シート構造 (silk II)

✓ 高弾性・高強度 ✓ 高い耐熱性



溶液化すると...

ランダムコイル/α-ヘリックス構造 (silk I)

新技術の特徴・従来技術との比較

セリシン除去済の

家蚕繭

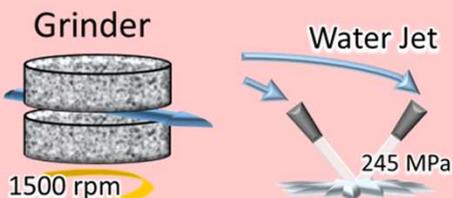


- ① LiBr溶液で溶解
- ② 透析

再生フィブロイン水溶液

×結晶構造が維持できない
→強度の低下

物理解繊処理



FNF水分散液

FNF水分散液

FNF: Fibroin NanoFiber

◎結晶構造を天然のまま維持
→高弾性化されたタンパク質素材

- Y. Okahisa et al. *J Fiber Sci Technol* (2019) 75(4), 29-34
- C. Narita et al. *J Clean Prod* (2019) 234, 200-207
- C. Narita et al. *ACS Omega* (2020) 36(5), 22786-22792
- Y. Okahisa et al. *Mater Today Commun* (2020) 25, 101630
- Y. Okahisa et al. *Int J Biol Macromol* (2021) 191, 1017-1025
- Y. Okahisa et al. *Mater Today Commun* (2021) 29, 102895

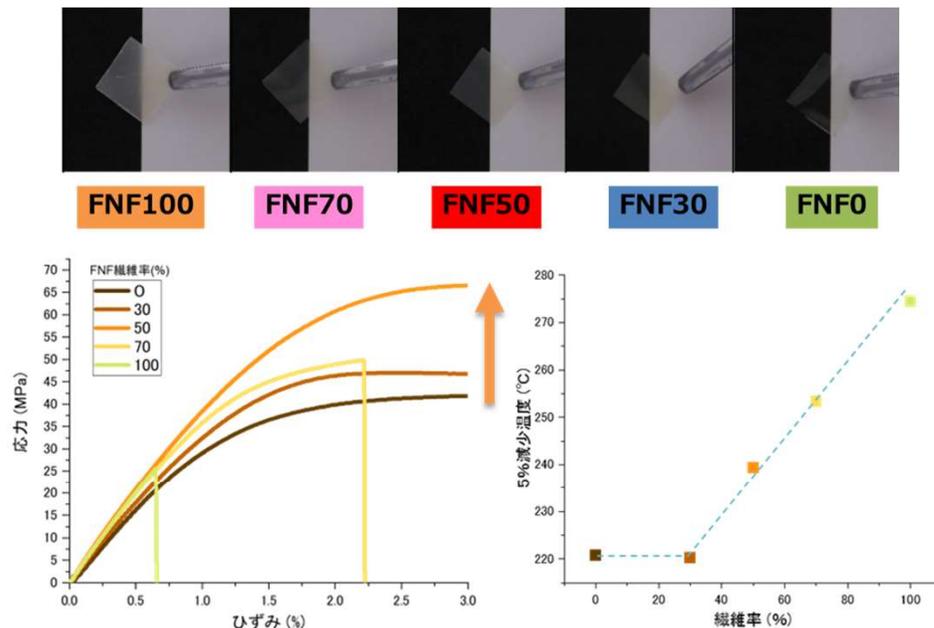
単体での利用

繊維補強材

従来は、フィブロインを補強用材料として加工するために毒性の高い薬品や長時間の透析が必要であったのに対し、本技術では水のみを用いた処理で補強用繊維として利用できる。また、ナノファイバー化および複合化の際に、フィブロインが溶解過程を経ないことから天然繊維の結晶形態を維持しており、複合材料の性能が向上する。

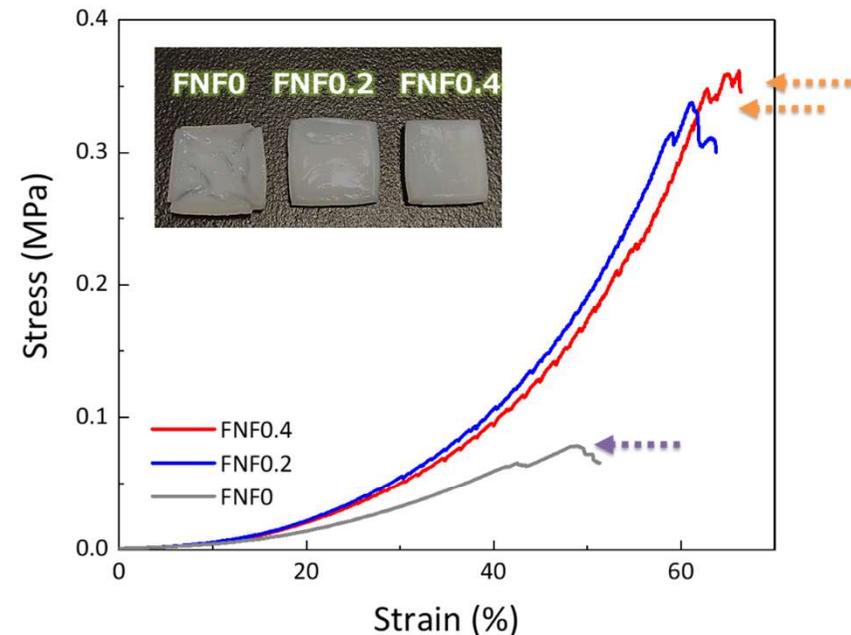
新技術の概要

フィブロンナノファイバー補強 キトサンフィルム



フィブロンナノファイバー率が増加すると、
弾性率・耐熱性が向上

フィブロンナノファイバー補強 キトサンハイドロゲル

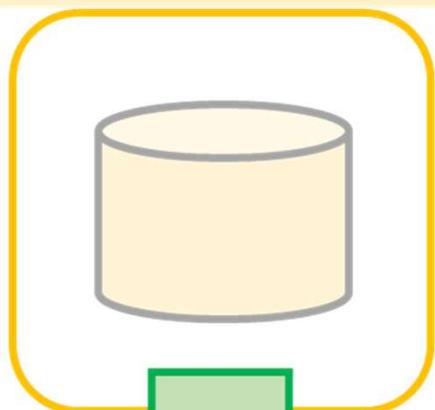


フィブロンナノファイバー補強により、
圧縮強度が向上

水のみを用いた機械解繊により製造したフィブロンナノファイバーは従来のフィブロン材料よりも高強度、高耐熱性を示す。
また、水分散液として得られるため他の親水性高分子と容易に複合化が可能であり、キトサンやゼラチンといった生体材料の補強用繊維として有効である。

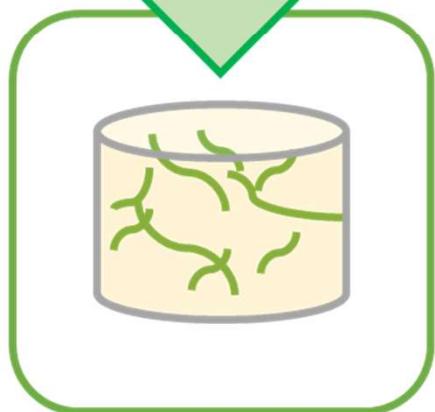
キトサンハイドロゲルの補強

キトサンゲル



- 材料自体に創傷被覆材としての効果がある
- 細胞マトリックスを部分的に模倣
- ×一般的には有毒な化学架橋剤を使用
ex. グルタルアルデヒド
- ×物理架橋では凝集体として得られるため、
構造の制御が難しい

繊維補強



- + フィブロインのナノファイバー (FNF)
- フィブロイン自体の生体適合性+水分散液
→医療用材料向き
- キトサンの繊維補強材としての効果がある

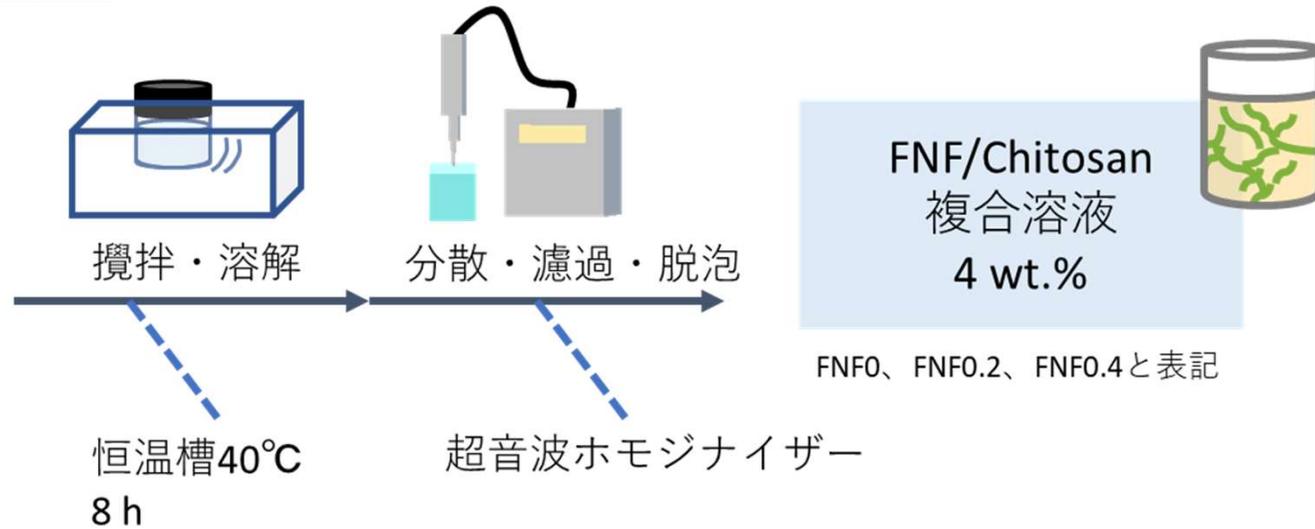
複合ハイドロゲルの調整方法

①複合溶液の調整

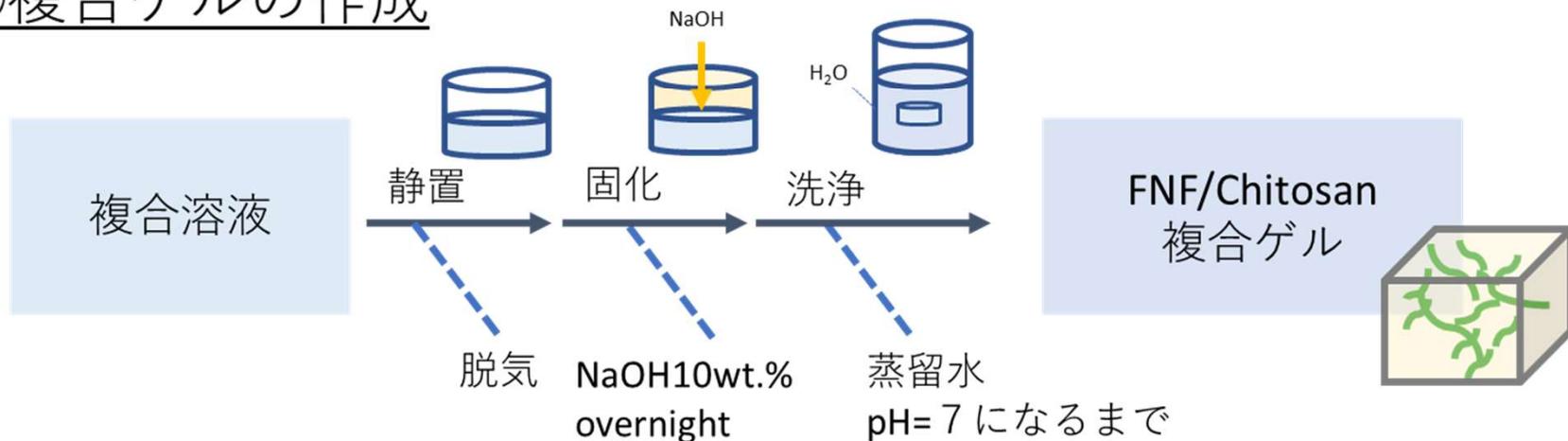
FNF0.2、0.4 wt%を調整

FNF分散液
or
蒸留水100 g

Chitosan 4g
Acetic acid 4g



②複合ゲルの作成

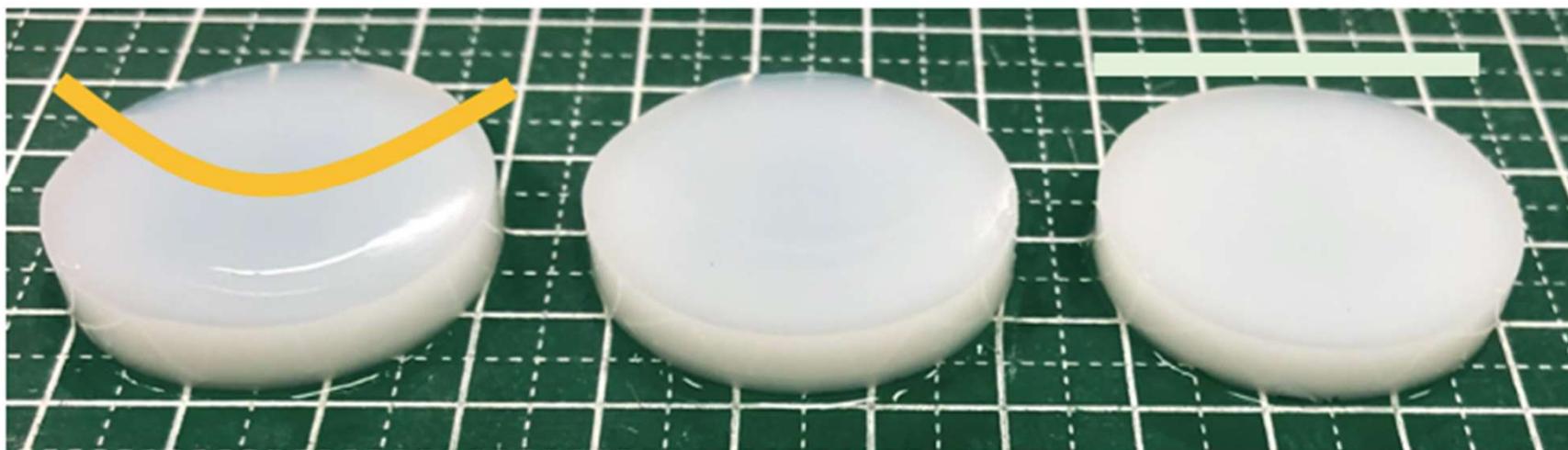


複合ハイドロゲル

FNFO

FNFO.2

FNFO.4



湾曲



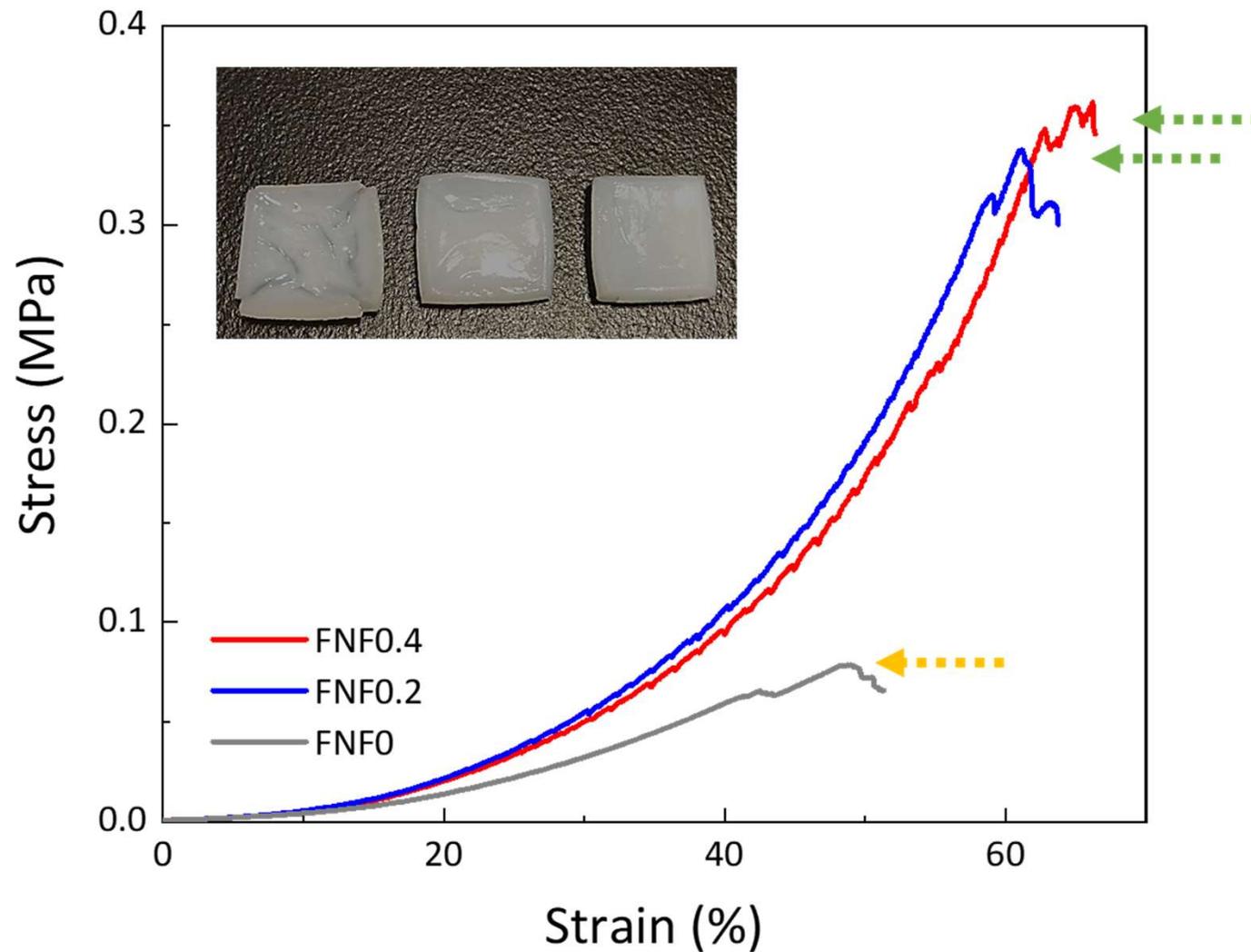
平坦

ゲル作成時の形態安定性が向上

複合ハイドロゲルの圧縮強度

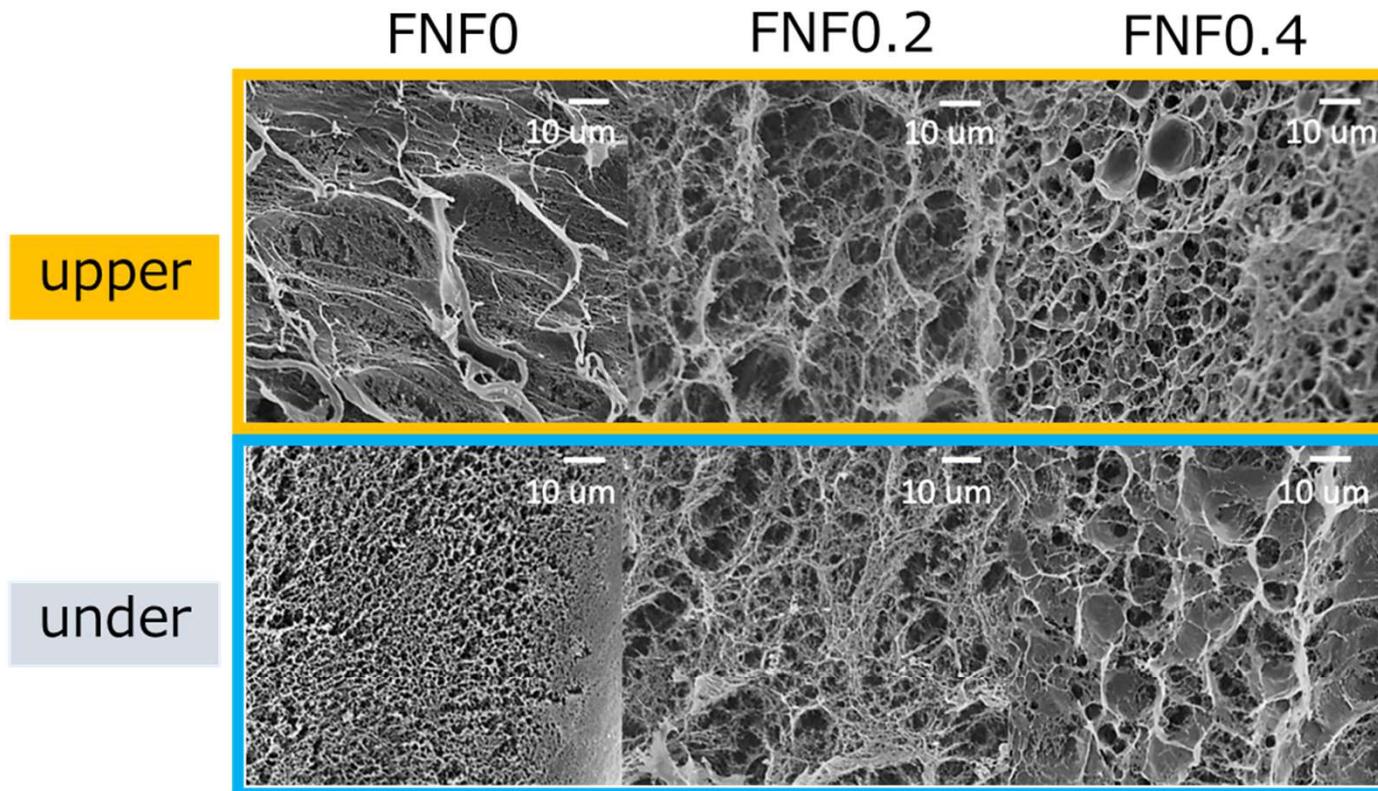
サンプルサイズ：1 cm×1 cm 圧縮速度 0.05 mm/s, 40N

力学的強度の向上



複合ハイドロゲルの内部構造

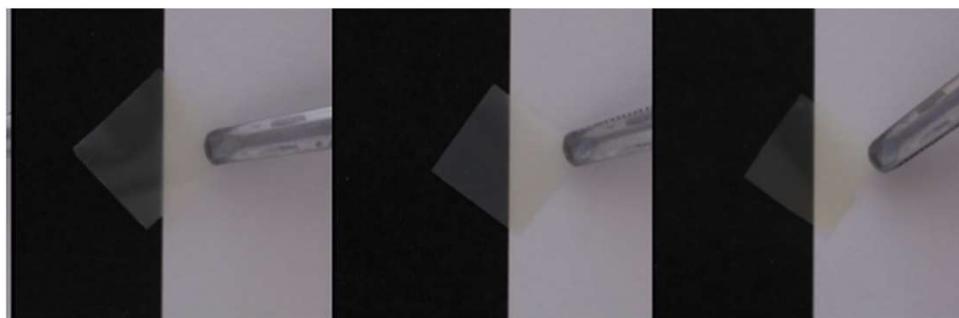
液体窒素で凍結後、凍結乾燥, Au蒸着(7 mA, 180 s)



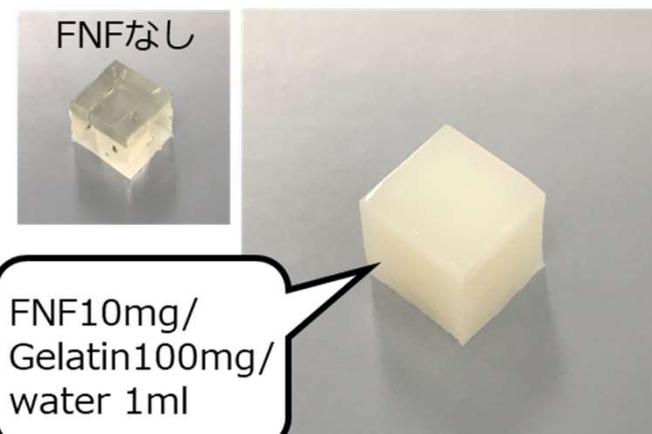
内部構造を均一化、ポアサイズを広げた

想定される用途

- ✓ 創傷被覆材等の医療用ゲル・フィルム
- ✓ 食品、化粧品用フィルム・ゲル
- ✓ 3次元構造を有する細胞培養足場材料



フィブロイン/キトサン複合フィルム



フィブロイン/ゼラチン複合ゲル

ぜひ、ご協力ください

✓ 生体への影響について

- 創傷被覆材としての効果の程度
- 可食性フィルムとしての可能性
- 細胞毒性 etc...

→ 生体細胞を用いた試験

(抗菌性試験はできましたが、細胞を用いた試験は当研究室で実施できず…)

ご検討をお願いいたします。

発明の名称:

フィブロインナノファイバ複合材料の製造方法、
フィブロインナノファイバ複合ゲル
およびフィブロインナノファイバ含有フィルム

- 出願番号: 特願2022-070737
- 出願人: 国立大学法人京都工芸繊維大学
- 発明者: 岡久 陽子、安永 悠乃、柴田 真歩

お問い合わせ先

京都工芸繊維大学

産学公連携推進センター 知的財産戦略室

(研究推進・産学連携課 知的財産係)

tel. 075-724-7039 / fax. 075-724-7030

e-mail chizai@kit.ac.jp

<https://www.liaison.kit.ac.jp/index.php>