

ヒアルロン酸含有ハイドロゲルナノファイバーの紡糸技術

福井大学学術研究院工学研究科繊維先端工学講座

藤田 聡 *fujitas@u-fukui.ac.jp



ヒアルロン酸(HA)は細胞外マトリクスの主要成分のひとつである。HAはその高い生体適合性から、ナノファイバー化することで医療材料としての応用が期待される。エレクトロスピンニング法によるHAのナノファイバー化に関しては、有機溶媒の使用、側鎖の修飾、化

学架橋剤の使用など多くの報告があるが、未修飾のHAを直接エレクトロスピンニングすることは困難であった。筆者らのグループは、PEO添加により紡糸性を改善することで、未修飾HA水溶液からエレクトロスピンニング法を通じてナノファイバーを得る手法を開発した。

研究背景

ヒアルロン酸 (HA)



- ・生分解性
- ・生体適合性
- ・ハイドロゲル

強固な相互作用
(紡糸性 低)



エレクトロスピンニング法



ポリマー溶液を高電圧を印加しながら射出し、アースをとったコレクタ上で回収することでナノファイバーを回収する。種々のポリマー溶液に利用可能。

HAのエレクトロスピンニングではこれまで有機溶媒(DMF)の系が知られていたが、これまで水系での紡糸は知られていなかった。

Solution	Concentration	pH
HA/PEO water	HA 1.5% PEO 1.0%	3~8.5

紡糸溶液のレオロジー測定

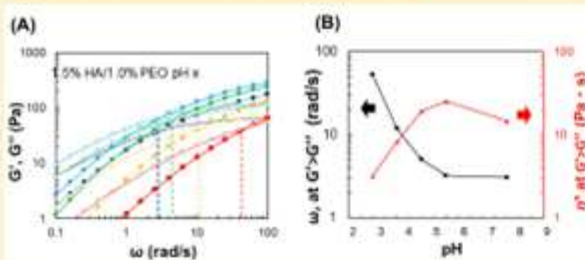


Fig. 1 Viscosity of HA/PEO solutions at various pH levels: (A) Storage modulus (●) and loss modulus (○); (B) Relationship between elastic behavior and complex viscosity of HA/PEO solutions.

HA/PEO水溶液の粘度は溶液pHが下がるにつれ低下。このレオロジー特性は溶液の紡糸性に大きく影響する。

繊維径の測定

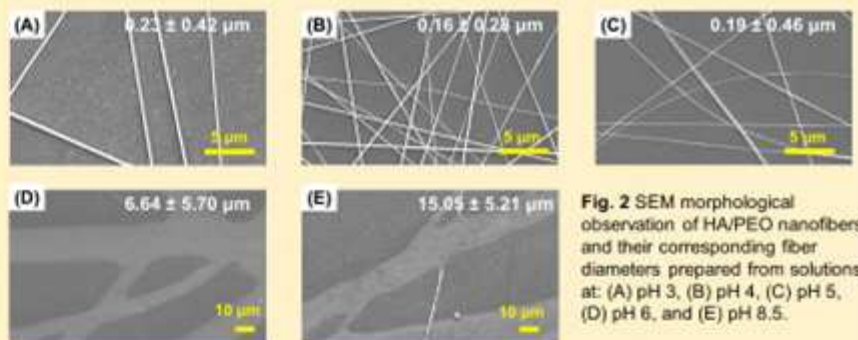


Fig. 2 SEM morphological observation of HA/PEO nanofibers and their corresponding fiber diameters prepared from solutions at: (A) pH 3, (B) pH 4, (C) pH 5, (D) pH 6, and (E) pH 8.5.

中性付近のpHの溶液から紡糸した場合、繊維径は太かった(マイクロメートルサイズ)が、溶液pHを低くした場合、紡糸した繊維の直径は非常に細い(250 nm以下)。紡糸性も向上。

水洗浄によるPEOの除去

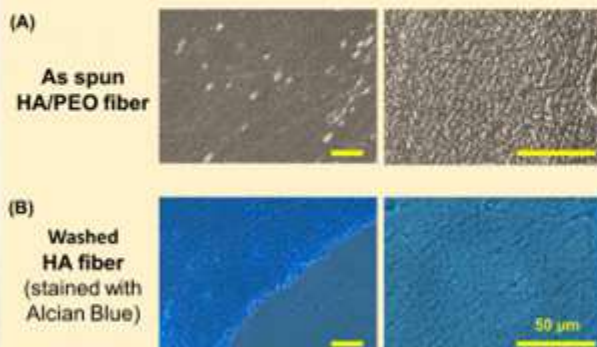


Fig. 3. Optical micrographs of fiber sheet: (A) HA/PEO fiber sheet immediately after spinning; (B) Fiber sheet stained with Alcian blue after PEO removal by water washing.

紡糸後の繊維を水で洗浄することでPEOを除去したところ、HAのみが残留していることをアルシアンブルー染色で確認した。

ハンディエレクトロスピンニング

Fig. 4. HA fiber being sprayed to the skin using a handheld electrospinning device designed by MECC.



ハンディ型エレクトロスピンニング装置(MECC)により、皮膚に直接吹き付けることにも成功した。

研究のポイント

- ・ヒアルロン酸水溶液をエレクトロスピンニング法でナノファイバー化することに成功
- ・化粧パック・創傷被覆材などへ応用可能
- ・他の種々の多糖やタンパク質にも適用可能

【文献】(1) 藤田聡, 田中 翔也, 特願2021-125996 (HAナノファイバー)

- エレクトロスピンニング法については以下の論文等を参照
- (2) Nagakawa Y, Fujita S et al., *RSC Adv.*, 10, 38045 (2020) (PVAハイドロゲル)
 - (3) Fujita S et al., *J. Mater. Chem. B*, 7, 6556 (2019) (アルギン酸)
 - (4) Wakuda Y, Fujita S et al., *Sci. Rep.*, 8, 6248 (2018) (コラーゲン)