

## 自己組織化ペプチド薄膜のプロトン伝導

### Proton conductivity in a thin film of self-assembled peptides

東京工業大学<sup>1</sup> ○(M2)成松拓馬<sup>1</sup>, (D)関貴一<sup>1</sup>, 早水裕平<sup>1</sup>

Tokyo Tech.<sup>1</sup>, °Takuma Narimatsu<sup>1</sup>, Takakazu Seki<sup>1</sup>, Yuhei Hayamizu<sup>1</sup>

E-mail: narimatsu.t.aa@m.titech.ac.jp

#### 1. 背景・目的

プロトン伝導は科学における基本的かつ重要な現象であり、その研究は 200 年以上も続けられている。特に近年では、燃料電池の性能向上のために、スルホン化高分子材料や有機金属構造体、セラミック酸化物などの高プロトン伝導性材料の開発が盛んに行われている。一方で、タンパク質のプロトン伝導に関する研究もなされており、従来の伝導性材料と比べ伝導率は劣るものの、生体適合性の高さから、プロトン・トランジスタなどの生体デバイスへ応用も注目を集めている。実際に、頭足類が有する構造タンパク「リフレクチン」や<sup>[1]</sup>、サメの電気受容感覚である「ロレンチーニ器官」のゼリー<sup>[2]</sup>、イカの「環歯」のプロトン伝導性が報告されており<sup>[3]</sup>、環歯の  $3.5 \text{ mS cm}^{-1}$  のプロトン伝導率は、これまでに報告されている生体分子の最高値である。しかし、タンパク質はすぐれたプロトン伝導性を示す一方で、天然物ゆえの限られた供給源の問題や化学的性質・分子構造の制御が困難であるという問題を有する。これらの問題点は、合成や分子設計が簡便で、化学的性質や分子構造の制御が容易であるペプチドによって補うことができると考えた。本研究では、これらタンパク質に代わる高プロトン伝導性を有するペプチド薄膜を開発することを目的とする。

#### 2. 実験結果

高伝導性を再現するために、キャリアパスが形成され易い周期性の高い分子構造として、ペプチド主鎖が並列する「 $\beta$ -シート」に着目した。アミノ酸配列は、 $\beta$ -シートをつくるペプチドで最も一般的な両親媒性ペプチドを参考にし、PKE、PK、PW の三種のペプチドを合成した。上記のペプチド水溶液をシリコン基板上にキャストして薄膜を作製し、赤外分光法 (FT-IR) および微小角 X 線散乱法 (GISAXS) による構造解析を行った。両者の測定結果から、アミノ酸配列による結晶性の違いが見られ、PKE、PK 薄膜は図 1 のような面外方向に  $\beta$ -シートが積層した層状構造を形成していることが分かった。

また、電気化学インピーダンス法 (EIS) による測定で薄膜の伝導率を算出し、薄膜の結晶性と比較したところ、両者の間に相関関係があることがわかり、高伝導性を再現する上で結晶性の向上が極めて重要であることを明らかにした。結晶性の向上により、最高で  $8.2 \text{ mS cm}^{-1}$  のプロトン伝導率を達成し、生体分子のプロトン伝導率の最高値を更新した。

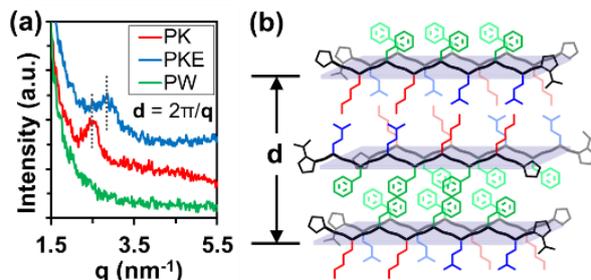


Figure 1. Diffraction peaks (a) and expected molecular structure (b) of peptide thin film.

[1] D. D. Ordinario, *et al. Nat.Chem.*, **2014**, 6, 596–602

[2] Erik. E. Josberger, *et al. Sci. Adv.*, **2016**, 2

[3] A. Pena-Francesch, *et al. Chem.Mater.*, **2018**, 30, 898–905