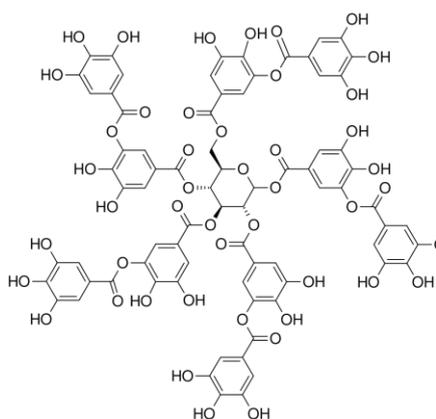


タンニン酸(TA)は植物由来のポリフェノールで多くのユニークな性質を示す。高分子への添加剤として考えると水素結合による架橋剤及び酸化防止剤として有効でありさらに、共役したベンゼン環を有することより UV 吸収剤としても機能し、耐久性の向上が見込まれる。また、TA は、粘膜表面のタンパク質と結合して不溶性の被膜を形成し、粘膜の保護作用、炎症抑制作用を示し、生薬として止瀉などにも用いられる。外観は白色～うすい褐色の粉末で、水、エタノール及びアセトンに極めて溶けやすく、エーテル及びクロロホルムにほとんど溶けない。試薬として 500g が 14,600 円(富士フィルム和光純薬)で市販されている。

Wibowo ら<sup>1)</sup>は PEDOT:PSS/セルロース(CMC)/TA 系で皮膚への密着性の良好(skin-conformal)な導電性フィルムを作製し、皮膚に貼付して顔の動きなどの変化を電氣的に測定するウェアラブルデバイスを提案している。特徴として、繰り返しによる電気抵抗のヒステリシスが小さいこと、負荷に対して応答が直線的に変化すること及び応答速度が速いことである。本コラムでは Wibowo らの報告から TA の添加が PEDOT:PSS の特性に及ぼす効果について紹介する。

(\*) skin-conformal: 皮膚の表面に沿ってぴったりとフィットする、あるいは皮膚の形状に合わせて変形する特性を持つものを指す。

タンニン酸(TA) :



1. TA はセルロース鎖と水素結合を形成して機械的性質及び可塑性を付与する。300%の高い伸びを示し、人間の皮膚と同程度のヤング率(0.206 MPa)を示す(Fig.1 a)。また、PA 添加による電気伝導度の低下は小さい(Fig.1 b)。なお、TAC/PEDOT:PSS は TA/CMC/PEDOT:PSS を意味している。
2. TA は分子内に共役したベンゼン環を持ち、UV 吸収能が高く UV 吸収剤として作用する(Fig.1 c)。
3. *Escherichia coli* (*E. coli*)を用い JIS Z 2801 に従って抗菌試験を行い、Fig.2 に示すような抗菌作用を確認した。

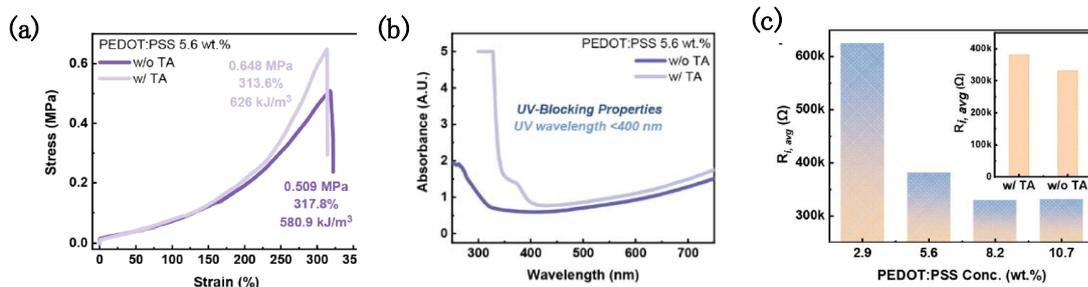


Fig.1. (a,b) tensile curve and absorbance comparison of TAC/PEDOT:PSS and CMC/PEDOT:PSS; and (c) initial resistance of TAC/PEDOT:PSS at different PEDOT:PSS concentrations with an inset showing 5.6 wt % PEDOT:PSS with and without TA addition.

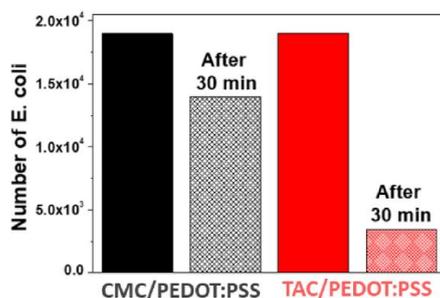


Fig.2 *E. coli* counts for each hybrid film.

#### 4. 小さいヒステリシスと速い応答速度

Fig.3 の TA 無添加の(b)と TA を添加した(a)の stress-strain 曲線の比較より、TA 添加系の(b)の方がヒステリシスの程度が小さいことが分かる。なお、図中の HD および GF はそれぞれヒステリシスの程度(Degree of Hysteresis)及び応答の程度(Gauge Factor)を表している。なお、Gauge Factor とはひずみゲージの電気抵抗変化率と、そのひずみゲージに加わった軸方向のひずみとの比率のことである。(c)には 30%の延伸を繰り返した場合の電気抵抗の変化を示したが、600 回繰り返しても応答に変化は認められない。

Fig.3 の(d)には 20g の荷重をかけた場合の応答速度を示した。380ms-350ms と速い答速度を示した。

以上の結果をまとめると、TAC/PEDOT:PSS は高い延伸性(313%)、良好な応答性(GF  $\approx$  2.18)、小さい電氣的ヒステリシス(DH  $\approx$  4.86% at 100% and 6.71% at 150%),早い応答性及び機械的延伸下での優れた耐久性を有しておりウェアブルセンサーとして有用であることが分かる。報告では TAC/PEDOT:PSS を指、腕、足、喉などに貼付してそれぞれの部位の変化を電気抵抗の変化率から計測している。

なお、Hwang ら<sup>2)</sup>は TA の添加により PEDOT:PSS フィルムの熱安定性が向上することを報告している。結果を Fig.4 に示した。TA がフィルム表面にブリードして表面を被覆することにより水の侵入を防止するためと説明されている。

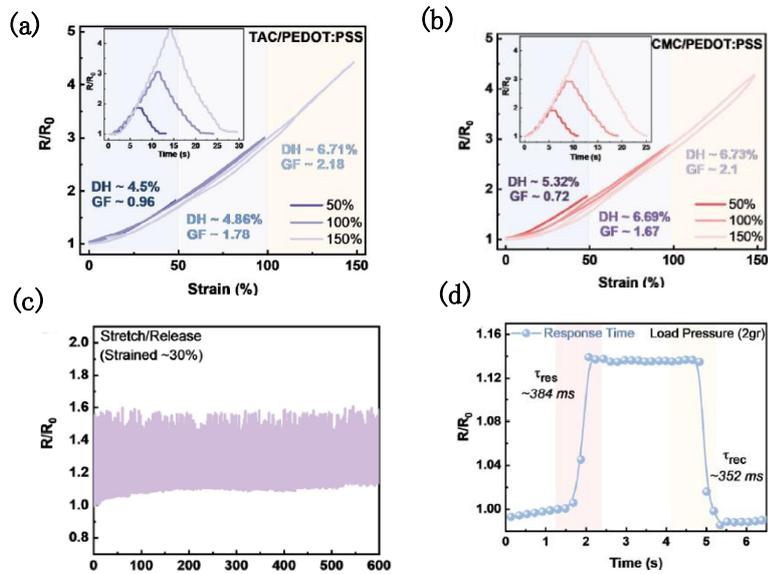


Fig.3 (a,b) Electrical hysteresis and staircase strain of TA-treated and untreated CMC/PEDOT:PSS at 50%, 100%, and 150% strain. (c) Durability test at 30% strain over 600 cycles. (d) Load sensitivity and response time of the conductive hybrid film under pressures ranging from 2–20 g.

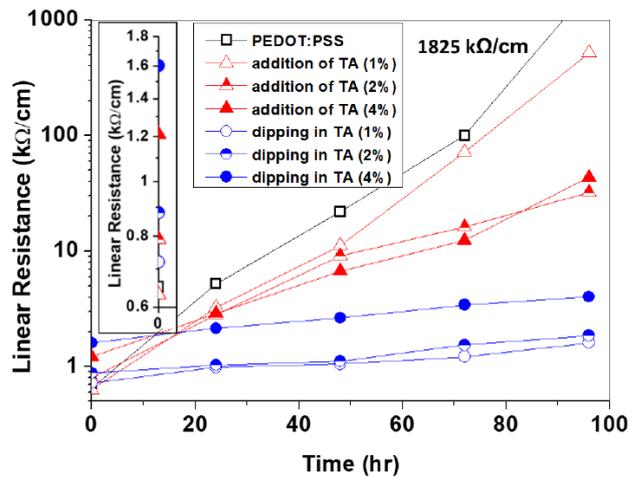


Fig.4 Linear resistance of PEDOT:PSS films as a function of incubation time at 150°C. The illustrates the initial resistances of the films before incubation. 1825 kΩ/cm is the linear resistance PEDOT:PSS after 96 h incubation.

## 文 献

- <sup>1)</sup> A. F. Wibowo et al., Tannic Acid-Enhanced Cellulose/PEDOT:PSS Films Exhibiting Low Electrical Hysteresis, UV Blocking, and Antibacterial Properties for Wearable Sensing, *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2025, **13**, 12523
- <sup>2)</sup> I.-S. Hwang et al., Post-Treatment of Tannic Acid for Thermally Stable PEDOT:PSS Film, *Polymers* 2022, **14**, 4908

以上

HP のトップページへ:<https://www5d.biglobe.ne.jp/~hightech/>