

## 人工タンパク質ナノケージ TIP60 をベースとしたスマートバイオインクの開発

(慶大理工<sup>1</sup>・信州大繊維<sup>2</sup>) ○山下 舞佳<sup>1</sup>・川上 了史<sup>1</sup>・新井 亮一<sup>2</sup>・宮本 憲二<sup>1</sup>  
 Development of smart Bio-Ink based on the protein nanocage TIP60 (<sup>1</sup> Keio University, Osaka University, <sup>2</sup>Shinshu University) ○Maika Yamashita,<sup>1</sup> Norifumi kawakami,<sup>1</sup> Arai Ryoichi, Kenji Miyamoto<sup>1</sup>

The solvatochromic dye Nile Red (NR) was encapsulated in the engineered protein nanocage TIP60, which was modified with pyrenyl groups on the interior surface. Cryo-EM revealed that the pyrenyl groups interacted with each other. The solution color became blue suggesting that the NR molecule was surrounded by a polar environment despite the hydrophobized interior surface. The blue color persisted even after application onto paper. Interestingly, when the paper was pre-treated with sodium dodecyl sulfate (SDS), the blue color transitioned to red, likely due to SDS disrupting hydrophobic interactions and altering the local polarity around the NR molecule. Furthermore, reversible color changes were observed upon heating and cooling the paper. These findings indicate that the polar environment provided by the engineered TIP60 nanocage is retained even after application onto paper, and that temperature changes induce partial dissociation and re-association of TIP60. Therefore, NR-loaded TIP60 demonstrates potential as a smart bio-ink capable of responding to temperature changes.

**Keywords :** Protein nanocage; TIP60; Cryo-EM; Nile Red; Solvatochromism

溶媒環境に応答して色が変化するソルバトクロミズムを示す、疎水性色素のナイルレッド(NR)をタンパク質ナノケージ TIP60 に内包させた。内包効率を向上させるため、TIP60 の内部表面をピレニル基で修飾したところ、内包量は増加し、水中での分散も実現した。クライオ電子顕微鏡を用いた解析の結果、ピレニル基が相互作用して NR の結合サイトを形成していることが示された。溶液は青に発色し、TIP60 の内部空間が高極性であることを示した。これをインクとして紙に塗布したところ、そのまま青に発色した。対照的に、タンパク質変性剤を塗布した紙上では赤に変色したことから、紙上でナノケージ構造が維持されていることが示唆された。さらに、紙を加熱・冷却したところ、溶液の色は可逆的に変化した。これは、加熱によるナノケージの崩壊/再構築に応答している可能性があり、“smart” なバイオインクとしての利用可能性を示している。

