

セルロース合成酵素サブユニット D(AxCeSD)の立体構造解析

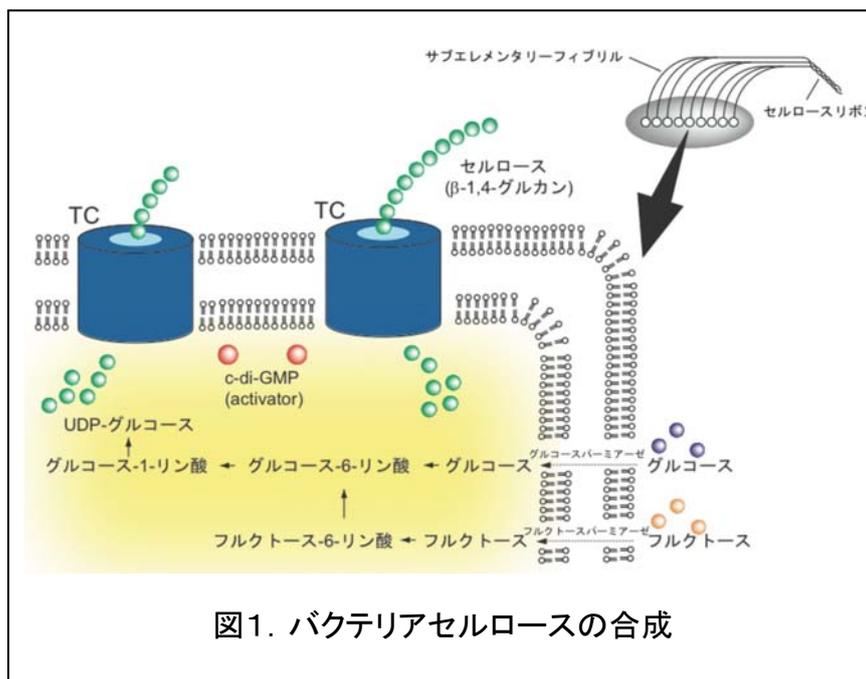
北海道大学大学院先端生命科学研究院

生命科学院

X線構造生物学的研究室

藤原孝彰(博士1年), 姚閔, 田中勲

セルロースは地球上で最も多く存在する多糖であり、植物をはじめとする様々な生物によって合成される。セルロース産生生物の細胞膜上には、巨大なセルロース合成酵素複合体



(ターミナルコンプレックス: TC)が存在する(図1)。セルロース産生細菌の一種である *Acetobacter xylinum* (酢酸菌) の TC には、少なくとも AxCeSA (cellulose synthase subunit A), B, C, D の4種類のタンパク質が含まれており、セルロースの合成と合成されたセルロースの排出は、これらのタンパク質が協調的にはたらくことで行われる。酢酸菌によって合成された複数本のセルロースが集まって形成される繊維状の物質は、高強度、高純度、高保水性などの性質を有するため、これまでに血管接合材料、音響振動板、表示デバイスなど、幅広い分野にわたって産業利用が展開されている。酢酸菌由来 TC の立体構造を解析し、セルロース産生の仕組みを構造生物学的観点から理解することは、酢酸菌由来繊維性セルロースの更なる産業利用の拡大を図る上で重要である。

本研究では、分子の“かたち”とその分子の“はたらき”の間にある関係を探るための方法である X 線結晶構造解析により、酢酸菌由来 TC の構成成分である AxCeSD の立体構造を明らかにし、AxCeSD が合成されたセルロースの排出に参与する可能性を見いだした。本研究は、*Proc. Natl. Acad. Sci.* 誌に論文が発表された他、その論文が *Nature Chemical Biology* 誌に紹介された。

AxCeSD の全体構造

機能性 AxCeSD は、4 つの二量体で“八量体円筒構造”を形成する（図 2）。この八量体は、円筒の底面の中心を通る軸の周りに 90°回転しても、元の形とほぼ一致する。つまり、各二量体は 4 回回転軸で関係づけられている。特徴的なのは、二量体 AxCeSD は、4 回回転軸に水平な方向から約 50°傾いて重なった位置関係にあり、隣接する二量体間には、円筒の側面にらせん状の溝が存在することである（図 2 左）。また、AxCeSD 単量体の N 末端は円筒の内側に、C 末端は外側に向いている（図 2 右）。

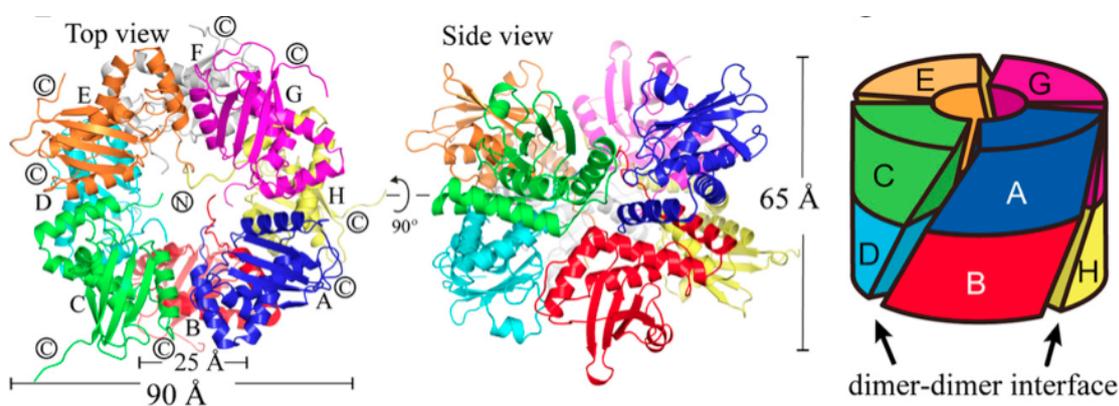


図 2. AxCeSD の八量体円筒構造とモデル図

AxCeSD-セロペンタオース複合体の立体構造

円筒状 AxCeSD の内側は、各単量体の N 末端の数残基によって 4 カ所の空間に仕切られており、いずれの箇所でもセロペンタオース (CPT) の結合が確認された（図 3 右）。このことから、AxCeSD の内側に形成された 4 カ所の空間は、合成されたセルロースの通過孔であり、AxCeSD がセルロースの排出に参与することが示唆される。また、CPT は隣接する二量体の境界に沿うように結合する

ため（図3左）、それぞれのCPTはお互いに円筒方向、すなわちセルロースの排出方向に対してねじれの位置に存在する（図3中央）。AxCeSDは、セルロースの排出に関わるだけでなく、菌体外に排出されたセルロースが集まることと関係があるのかもしれない。

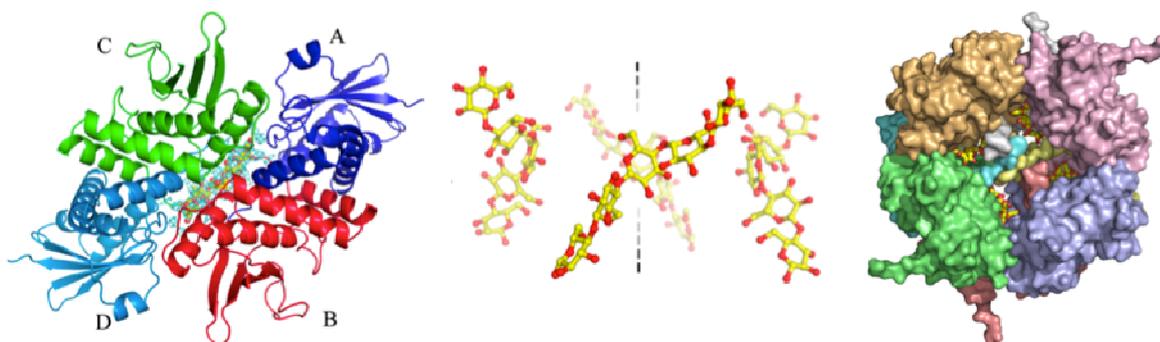


図3.AxCeSD セロペンタオース複合体の立体構造

Reference

- [1].Structure of bacterial cellulose synthase subunit D octamer with four inner passageways. Song-Qing Hu, Yong-Gui Gao, Kenji Tajima, Naoki Sunagawa, Yong Zhou, Shin Kawano, Takaaki Fujiwara, Takanori Yoda, Daisuke Shimura, Yasuharu Satoh, Masanabu Munekata, Isao Tanaka and Min Yao
Proc. Natl. Acad. Sci., **107**(42), 17957-61 (2010)
- [2].Cellulose squeezes through. A.Endler, C. Sanchez-Rodriguez S. Persson.
Nature Chemical Biology, **6**(12), 883-884 (2010)