



## 植物バイオマス分解酵素複合体（セルロソーム）の基礎・応用研究



研究者所属・職名：工学部  
生命応用化学科・  
准教授

ふりがな ひらの のぶたか

氏名：平野 展孝

主な採択課題：

- [若手研究\(B\)「セルラーゼ・ヘミラーゼ超分子複合体の無細胞合成と試験管内再構成」\(2010-2011\)](#)
- [挑戦的萌芽研究「植物分解に適した遺伝子組換え嫌気性細菌の作出とバイオリアファイナリーへの利用」\(2014-2016\)](#)
- [基盤研究\(B\)「人工的な代謝酵素複合体（人工メタボロン）の構築と分子設計基盤の確立」\(2016-2018\)](#)

分野：生物機能・バイオプロセス、応用生物化学

キーワード：合成生物学、酵素複合体、植物バイオマス、タンパク質工学、無細胞タンパク質合成

### 課題

- なぜこの研究をおこなったのか？（研究の背景・目的）

バイオマスは、環境中の炭素循環量に対して中立なエネルギー源として注目されている。食糧と競合しない植物バイオマスを原料としたバイオ燃料・化成品製造は、地球温暖化防止に貢献すると期待される。そこで本研究では、植物バイオマスをバイオ燃料や化成品原料の微生物発酵原料（糖質）へ効率よく分解できる植物バイオマス分解酵素複合体（セルロソーム）の基礎・応用研究を行った（図1）。

- 研究するにあたっての苦労や工夫（研究の手法）

研究開始当初、遺伝子組換え大腸菌を用いる一般的なタンパク質生産法では、数十種類の分解酵素と、酵素複合体の核となる骨格タンパク質の生産が困難とされており、分子サイズの大きなセルロソーム複合体の人工合成は、世界的に見ても困難な課題であった。そこで本研究では、試験管内でタンパク質を生産する無細胞タンパク質合成法を用いて、巨大酵素複合体の合成に取り組んだ（図1）。

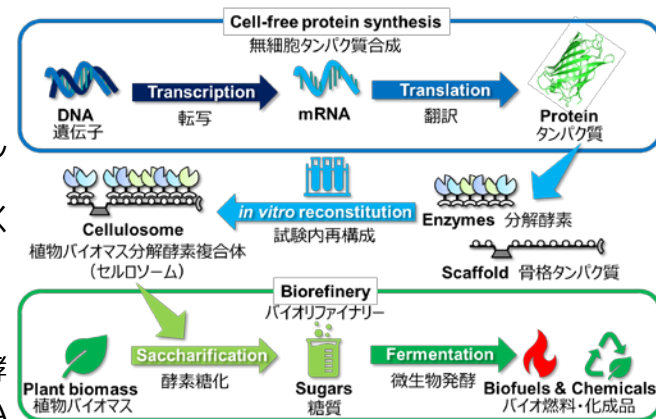


図1 植物バイオマス分解酵素複合体の無細胞合成と試験管内再構成

## 植物バイオマス分解酵素複合体（セルロソーム）の基礎・応用研究

### 研究成果

#### ● どんな成果がでたか？どんな発見があったか？

基礎研究では、セルロソームを構成する糖質分解酵素40種類と骨格タンパク質を、無細胞タンパク質合成法によって生産した後、試験管内において、各酵素比率を精密に調節した状態で様々な酵素組成の巨大酵素複合体を合成することに、世界で初めて成功した(1, 2)。これらの複合体の分解効率を調べた結果、複合体を構成する酵素種の多様性が増すほど、結晶性セルロースと植物バイオマス（稲ワラ）の分解効率が上昇することや、糖質成分が単純な結晶性セルロースの分解と、複雑な植物バイオマスの分解では、分解に最適な酵素種のみならず、最適な複合体構造も異なることを発見した（図2）。

応用研究では、セルロソーム生産性微生物の遺伝子組換えに取り組み、本来セルロソーム中に存在しない植物バイオマス分解酵素を生産するセルロソーム生産性遺伝子組換え微生物を作出した。また、人工的に設計した代謝経路を微生物に導入して医薬品や化成品原料を生産する合成生物学分野への応用として、セルロソームの骨格タンパク質を用いて、ポリフェノールを合成する代謝経路の酵素を複合体化することで、大腸菌でのポリフェノールの合成効率を改善することに成功した。

- 1) *Appl. Environ. Microbiol.* (2015) 81, 4756-4766. Spotlight of the Vol. 81 (14).
- 2) *Sci. Rep.* (2016) 6, 35709.

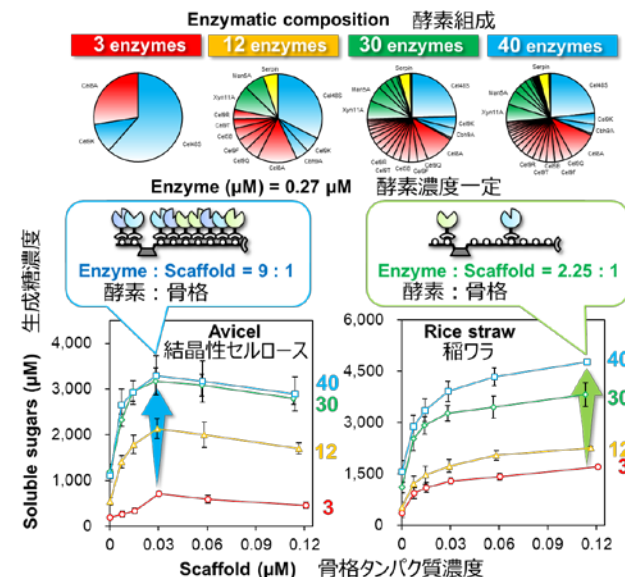


図2 結晶性セルロースと稲ワラ分解に対する酵素種の多様性と複合体構造の影響

### 今後の展望

#### ● 今後の展望・期待される効果

今後、植物バイオマスの効率的分解に必要な最小限な酵素種の組み合わせを検討することで、より少ない酵素種で効率よく分解できるセルロソーム複合体を合成できるようになると期待される。また、合成生物学への応用として、医薬品や化成品原料を合成する代謝経路の酵素を、セルロソーム骨格を用いて複合体化することで、微生物による医薬品や化成品原料の合成効率を改善できると期待される（図3）。

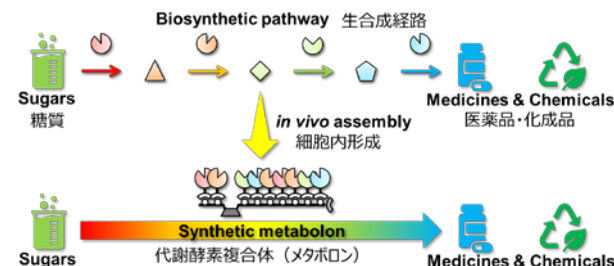


図3 合成生物学への応用