

「資源循環・エネルギーミニマム型システム技術」
平成10年度採択研究代表者

馬越 淳

(農業生物資源研究所生物工学部 室長)

「エネルギーミニマム型高分子形成システム技術の開発」

1. 研究実施の概要

生物はエネルギーを極めて有効に用いてその構成成分である高分子の製造を行っている。本研究では、生物が作る天然高分子の構造形成メカニズムを解明し、これをもとに、たんぱく質、セルロース等の低エネルギー型の合成方法の探索、精密分子配列制御法の検討などを行うことにより、エネルギーミニマム型の機能性分子生産システム技術の基礎を構築することを目的とする。

2. 研究実施内容

今年度は低エネルギー高分子形成の解明のため、生物、特にカイコの紡糸方法の解明を主体とし、タンパク質繊維のエネルギーミニマム型高次構造形成機構を一部分について解明した。

カイコ、チョウ、ミツバチ、アリ、カワゲラなどの昆虫やクモなどの生物が作る糸（バイオスピニング）は、絹繊維として数々の優れた性能を備えている。その性能は生物が糸を作るメカニズムに特徴がある。生物が作る糸の紡糸方法は合成高分子の紡糸方法とは異なり合成繊維の色々な紡糸方法を総合的に兼ね備え、先端的なバイオスピニングでタンパク質分子を精密に配列制御し繊維を作り出している。先端な生物の紡糸方法を解明するために、モデル材料としてカイコを用い、カイコ体内にある絹糸腺からタンパク質の精密分子配列制御機構を検討した。

バイオスピニングのモデルとしてカイコを実験材料を用いた。桑を食べる家蚕の5齢期と熟蚕または紡糸中の蚕を用い、カイコ体内の絹糸腺から液状絹を取り出し、成長段階における金属イオンの変化を調べ、熟蚕体内の液状絹の粘度などを測定し、液状絹の液晶の形成、ゲル-ゾル転移機構や総合紡糸を検討した。

本年度明らかにしたことは

- 1) カイコの糸を形成する機構は合成高分子の紡糸方法とは異なり、合成繊維の色々な紡糸方法を兼ね備え、先端な方法でフィブロイン分子を精密に配列制御して繊維を作り出している。カイコの体内に絹糸腺という絹タンパク質を合成する一対の器官があり、合成繊維の合成装置と紡糸タンクに相当する。

- 2) 絹糸腺は後部絹糸腺、中部絹糸腺、前部絹糸腺の3つの器官があり、それぞれ特有のタンパク質を合成する。後部絹糸腺は絹糸の原料になるタンパク質、フィブロインを合成し、フィブロインの濃度は12%、ゲル状で、分子形態はランダムコイルである。中部絹糸腺は3種類のセリシンを合成し、中部絹糸腺後区、中区、前区に分かれ、セリシンI、II、IIIを作る(傾斜紡糸)。中部絹糸腺内のフィブロインの濃度は30%で、ゲル状であり、通常液状絹と呼ばれる。分子形態はランダムコイルであるが、 α 型構造の結晶を多く含んでいる水溶液である。液状絹は液状絹フィブロインの外側が液状絹セリシンで覆れた複合構造である。前部絹糸腺はゲル状の液状絹をゾル状に転移し、フィブロイン分子を流れやすくし、分子を配向させる役割である(流動配向)。中部絹糸腺から液状絹が多量に前部絹糸腺に移動するのは、蚕が営繭する前に水分などを排泄する直前である。その後、蚕が紡糸するために液状絹は紡糸管へ移動する。
- 3) 蚕の紡糸は従来言われてきた単なる剪断力による機械的な変性や蚕の口から糸を吐き出して繭を作っているのではなく、カイコの真上にある紡糸口から蚕自身の力で糸を引き出している(自力紡糸)。
- 4) 紡糸方法の一番の特徴は、合成の紡糸方法と異なり、カイコの場合ノズルが移動し、糸が固定である。また、紡糸中のカイコの前部絹糸腺は水に溶けるライオトロピックの液晶状態である。
- 5) 蚕が繭を作るときに、水分を蒸発させる乾式紡糸でことにより、糸を捲縮する(捲縮紡糸)。そのとき水分が蒸発するのに伴い、糸には多くの孔が残る(多孔質紡糸)。
- 6) 蚕体内には2本の絹糸腺があり、そのなかに液状絹があり、フィブロインの周りをセリシンで覆われているゲル状になっている。絹糸腺前方に共通管があり、2本の液状絹が合流する(複合紡糸)。

3. 主な研究成果の発表(論文発表)

なし