

3.5.5 生体物性グループ

中期計画期間全体

目 標

生体の知的機能素過程を担う生体超分子をバイオ・ナノ情報素子として利用する技術基盤を作る。生体超分子の本来の機能を保った状態で、これを単一分子レベルで直視・機能計測・操作する技術を開発、これを利用した生体超分子の機能解明を目指す。また、生体超分子及び解明されたアルゴリズムを利用したバイオナノ素子の構築を目指す。

目標を達成するための内容と方法

タンパク質モーターが研究対象である。その分子素過程を機能状態のまま単一分子レベルで直接高感度・高精度計測する技術の開発と高精度化（pN, nm, ms 分解能）を目指す。単一分子計測に構造解析や速度論解析を加えて機能原理を明らかにする。

特 徴

独自の材料選択、単一分子計測・再構成実験系などの解析手法の開発による世界のトップレベルの成果。当該分野の研究全般に影響を与える新たな知見として評価。キャッチ取縮を初めとして、その素過程を再構築する技術の開発に世界で初めて成功、分子機構の解明の突破口を開いた。計測手法として新規に合成した蛍光プローブの他の研究分野における高い有用性確認。世界的に試料供給を行う。基板配向吸着技術はマイクロ・ナノマシン本体、動力源としてのタンパク質モーターの利用可能性を示してきた。

今年度の計画及び報告

今年度の計画

- (1) 単一分子計測技術の開発と応用に関する研究：光フィードバックを搭載した微小力測定装置の探針に微小ビーズを付着させて高精度化を図る。これによるキネシンや植物ミオシンを測定対象とした生物実体測定を継続。偏光検出型 TIRF ではダイニン分子を対象に構造変化を測定。
- (2) ダイニンの運動機構に関する研究：光ピンセット装置の時間分解能を現在の 3 倍まで向上、ダイニンの測定が可能となるように改良する。これを用いて幾つかの亜種に関して力学測定を行う。電子顕微鏡で明らかになった構造変化に対応した力学パラメータの変化を単一分子計測等を用いて明らかにしていく。
- (3) 平滑筋張力維持機構に関する研究：キャッチ機構の本体であるアクチン-ミオシン結合の力学特性を単一分子レベルで計測する。
- (4) 植物ミオシンの運動機構に関する研究：TIRF システムを用いて、植物ミオシンのステップ状変位が生じる機構に関する知見として ATPase と力学反応の共役を明らかにする。
- (5) 生体分子素子構築の基盤技術に関する研究：3 次元的に構築する微小構造を用いて、タンパク質モーターを利用したバイオ素子の構築を継続。タンパク質モーターによる情報処理装置のプロトタイプ作成を目指す（姫路工業大学及びナノ機構グループとの共同研究）。

今年度の成果

- (1) 単一分子計測技術の開発と応用：光フィードバックを搭載した微小力測定装置の探針部分に微小なビーズを付けることによって、位置フィードバックの安定性を増すことに成功し、測定精度の高度化が実現した。蛍光分子-分子の位置を高い精度（nm）で決定できるシステムを偏光検出型超低背景光蛍光顕微鏡システムに付加して高度化に成功した。
- (2) 光ピンセット装置の時間分解能を従来に比べて更に向上させた。これによってダイニン亜種を用いた生物実体を用いた力学測定を推進した。
- (3) 平滑筋張力維持機構：キャッチ機構の本体である超分子間相互作用に必須な構成要素をすべて同定することに成功した。要素間の情報通信アルゴリズムの解析を開始した。また、蛍光性高分子を用いることで、超分子の反応状態を決定することができた。
- (4) 植物ミオシンの運動機構：高感度検出器を装備した TIRF システムによってミオシンの運動機構についての新たな知見を得た。
- (5) 生体分子素子構築の基盤技術：新たな基板表面加工法を開発し、ダイニンによる運動を高い効率で制御可能にした。



光フィードバックを搭載した微小力測定装置の概念図。探針の先端に微小なビーズをつけることによって、位置のフィードバックを安定化させた。右図は、生物材料を用いた実体計測の様子。