

分子科学研究所錯体分子科学研究領域生
体分子機能研究部門の飯田龍也大学院生、

河合文啓特任研究員、飯野亮太教授、千葉

大学の村田武士教授、東京大学の上野博史

助教、皆川慶嘉主任研究員の共同研究グル

ープは、高速・高精度な1分子解析を用い、

回転分子モーターV₁の化学力学エネルギー

変換機構を解明することに成功した。

V₁のエネルギー変換機構は、類縁の回

転分子モーターF₁に比べ理解が遅れてい

た。V₁、F₁は、イオンポンプ、ATP

合成と生体内の役割が異なる。研究により、

機構の違いが役割の違いを反映しているこ

とが示唆された。

具体的には、V₁モーターの回転軸に直

径40ナノメートルの金ナノ粒子を回転運動の可視化

プローブとして取り付け、独自に開発した

対物レンズ型全反射照明暗視野レーザー顕

微鏡を用いて100ピコ秒の時間分解能で回

転運動を1分子解析することができた。1

分子解析の結果、1個のATPの加水分解

に相当する120度の回転が、さらに40度

と80度のより小さな角度(サブステップ)

の回転に分離できることを初めて発見し

た。

また、ATP加水分解が遅い変異体を用

分子研

回転分子モーターV₁の 化学力学エネルギー変換機構解明

験では、本来の回転方向とは逆向きに180
度もしくは140度回転する様子が観察され
た。回転運動中の停止時間の分布を解析す
ることで、40度サブステップ前の停止では
3つ、80サブステップ前の停止では1つ、
合計で4つの時定数が得られ、これらの時
定数がATP加水分解反応の4つの素過程
(ATPの結合、ATPのリン酸結合の開
裂、反応生成物ADPの解離、反応生成物
リン酸の解離)に対応することを明らかに
した。

さらに、1分子解析で得られた結果をX
線結晶構造解析による構造情報と組み合わ
せることで、V₁の化学力学共役機構のモ
デルを提案した。

飯野教授の話「V₁は、ATPの化学エ
ネルギーをイオンの電気化学ポテンシャル
に変換するV-ATPase(ATP加水
分解酵素)の一部です。今後はV-ATP
aseを対象とし、エネルギー変換機構や
効率の理解を進める予定です。V-ATP
aseは、ナノサイズの発電装置とも言え
ます。実際、電気ウナギは似た仕組みを使
って発電しています。研究をさらに発展さ
せることで、将来、体に埋め込めるナノサ
イズの発電装置の開発等につながる可能性
が期待されます」