

1. 研究領域名：膜超分子モーターの革新的ナノサイエンス

2. 研究期間：平成18年度～平成22年度

3. 領域代表者：野地 博行（大阪大学・産業科学研究所・教授）

#### 4. 領域代表者からの報告

##### (1) 研究領域の目的及び意義

ATP合成酵素やべん毛モーターなど、膜超分子モーターに関する研究は、化学反応やイオン流に伴うダイナミックな構造変化を原子レベルで詳細に議論する先端的なタンパク質科学へと発展した。本研究領域は、自ら革新的なナノテクノロジー技術を開発・活用している若手研究者を集結し、この研究分野をナノバイオの先導的な領域に押し上げることを目指している。この目的を達成するために新たに導入している技術は、マイクロ・ナノ加工技術、1分子3次元計測技術、1分子膜タンパク質可視化技術、超分子構造解析技術、そしてタンパク質の大規模な構造変化とそれに伴う電子状態を計算する先端的分子シミュレーション技術などである。しかし、本研究領域は単に新しい技術を羅列するだけの総花的な研究集団ではない。本研究領域が目指しているものは、緊密に連携して個々の研究の力点を原子レベルでの作動原理の解明に集中させることによって、一点突破的に研究を展開することである。例えば、F1モーターの1分子操作実験の成果を分子シミュレーションで検証し、そこから得られた仮説の当否を再び1分子計測で検討するという、世界的にも前例がない共同研究の新たな創造を行っている。このような取り組みを通して、各研究メンバーが有する世界トップレベルの研究資産を維持・発展させるだけでなく、その成果をもって、膜超分子モーターを21世紀の機能タンパク質研究の代表的なモデルとして用いられるよう、各研究項目間の融合研究を行っている。

##### (2) 研究の進展状況及び成果の概要

本研究領域は、膜超分子モーターの分子メカニズム解明を目指し、若手の第一人者を結集して共同研究クラスターを形成した。まだ実質2年しか経過していないが、本研究領域発足の効果は随所に表れている。本研究領域の一つの中心課題は、1分子計測と計算機科学実験の共同作業による膜超分子モーターの反応メカニズムの解明である。既に量子化学計算や分子動力学計算によって予言されたF1-ATPaseの反応メカニズムに関し、これを1分子計測で検証することに成功している。また、1分子計測で発見されたモーター分子の新しい構造状態の原子構造を明らかにする研究が、分子動力学計算によって進んでいる。一方、革新的なナノ計測技術の開発においても、タンパク質の局所的構造変化を計測する1分子計測技術や、数十個の脂質二重膜を同時に計測できる膜アレイデバイスなどが開発されており、大きな成果を上げている。今後は、これらの知見と技術に基づいた革新的な発見や解明に取り組まなければならない。他にも、べん毛の基部体に存在するFlhIがF1-ATPaseのサブユニットに酷似していることが示された。これは、誰も予想しなかったまったく新しい回転分子モーターの発見（もしくは人為的開発）の可能性を示している。これ以外にもF1-ATPaseの新しい反応中間体や反応制御の新しい機構、べん毛モータータンパク質の自己集合の細胞内イメージング、イオン輸送やタンパク質輸送にかかわるタンパク質の結晶構造解析など、次の新発見につながる成果が次々と生まれている。

#### 5. 審査部会における所見

##### A （現行のまま推進すればよい）

本研究領域では、ATP合成酵素やべん毛装置といった分子モーターについて原子レベルでの作動原理を解明する目的で分子シミュレーションと一分子操作実験とを組み合わせ、新しいナノデバイスの開発やべん毛装置での新しい発見など数多くの成果を上げている。特に生物学以外の化学・物理学・工学の研究者とのディスカッションを推進している点はきわめて有効と考える。また、出口としての新しい実験系の開発も進められており、多数の若手研究者の参加など研究組織もよく練られている。さらに、領域の目的や方向性も明確であり、領域代表者の指導力のもとに研究組織の有機的連携が効率的に運営されている。以上のように、本研究領域は、これまで順調に研究が進んでおり、十分な成果を上げていると評価する。今後は、より多様な研究者を受け入れながら研究組織の有機的連携を発展させることによって、生命現象への理解や本研究領域からの化学・物理学など他分野への大胆な概念の提唱や新しい学問領域を切り開くことを期待する。