

論文内容の要旨

博士論文題目 Spectroscopic and structural characteristics of a dual-light sensor protein, PYP-phytochrome related protein

2つの光センサーを有する PYP-フィトクロム関連タンパク質の分光学的及び構造学的特性

氏名 SUM JIA SIANG

(論文内容の要旨)

本論文では PYP-フィトクロム関連タンパク質(Ppr)という、異なる二つの発色団を持つ新規な光センサー蛋白質において、その分光学的性質と、光受容に伴う高次構造変化の解析を行い、多波長入力による複雑な光センサー蛋白質の挙動を評価しまとめている。

第一章では、Ppr に含まれる二つの発色団ドメインである PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメインそれぞれの機能や構造、光化学反応の説明がされ、Ppr の特異性と新規性が説明されている。二つの異なる発色団を持つ光受容センサーの複雑な光反応とその高次構造変化の関連性に着目し分光学的手法と構造生物的手法を組み合わせ解析していくことを説明している。

第二章では、Ppr の光反応について分光学的な手法で解析をしている。二つの発色団を持つ効果を検証する目的で PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメインそれぞれの発色団だけをもつ Ppr を調整し、二つの発色団を持つ Ppr と吸収スペクトル、青色光、赤色光に対する光反応を比較している。その中で、両発色団の光反応を誘起する青色光において、PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメイン単独では見られない光反応がみられ、二つの発色団を持つドメインを有する場合のみ見られる状態が見いだされた。発色団を二つもち相互に依存することで初めて生まれる効果で光受容センサーの反応として新規の知見である。

第三章では、第二章でみられた光反応における二つの発色団の相互依存性と高次構造変化の関係を光反応の継時変化の X 線小角散乱測定から解析している。第二章でみた青色光、赤色光に対しての光反応に対してその高次構造変化を評価している。その結果、発色団を二つ含むもののみ青色光照射でのみ高次構造変化が見いだされた。その構造変化は青色光の照射時間によって初期で増大し、後期では再び減少するという複雑な挙動を示すことを明らかにした。

第四章では上記の結果から PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメイン両者の光反応とその相互依存によって生まれる高次構造変化をまとめ、青色光、赤色光照射における光反応と青色光照射時の高次構造変化のモデルを提唱し、生体内での機能を考察している。

(論文審査結果の要旨)

生体光センサー蛋白質は生物が環境に適応するために様々な形で利用されている。近年ではその光応答を利用した optogenetics などの新しい学術分野に精力的に活用されている。SUM JIA SIANG 氏は PYP-フィトクロム関連タンパク質(Ppr)という、異なる二つの発色団を持つ新規な光センサー蛋白質において、その分光学的性質と、光受容に伴う高次構造変化の解析を行い、多波長入力による複雑な光センサー蛋白質の挙動を評価しまとめている。

第一章では、光センサータンパク質に関する背景と、Ppr に含まれる二つの発色団ドメインである PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメインそれぞれの機能や構造、光化学反応の説明がされ、この二つのドメインを持つ Ppr の特異性と新規性が説明されている。二つの異なる発色団を持つ光受容センサーの複雑な光反応とその高次構造変化の関連性、特に二つの発色団を含む各タンパク質ドメイン間の相互依存性に着目し分光学的手法と構造生物的手法を組み合わせて解析していくことを説明している。

第二章では、Ppr の光反応について分光学的な手法で解析をしている。二つの発色団を持つ効果を検証する目的で PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメインそれぞれの発色団だけをもつ Ppr を調製し、二つの発色団を持つ Ppr と吸収スペクトル、青色光、赤色光に対する光反応を比較している。その中で、両発色団の光反応を誘起する青色光において、PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメイン単独では見られない光反応がみられ、二つの発色団を持つドメインを有する場合のみ見られる状態が見いだされた。発色団を二つもち相互に依存することで初めて生まれる効果で光受容センサーの反応として新規の知見である。

第三章では、第二章でみられた光反応における二つの発色団の相互依存性と高次構造変化の関係を光反応の継時変化の X 線小角散乱測定から解析している。第二章でみた青色光、赤色光に対しての光反応に対してその高次構造変化を評価している。その結果、発色団を二つ含むもののみ青色光照射でのみ高次構造変化が見いだされた。その構造変化は青色光の照射時間によって初期で増大し、後期では再び減少するという複雑な挙動を示すことを明らかにした。この反応は青色光に対する PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメインの反応性の違いと、両者の相互依存によって生み出されていることが示されている。散乱曲線から求めた分子概形から、PYP ドメインの変化を提唱している。

第四章では上記の結果から PYP ドメイン、Bacteriophytochrome ドメイン両者の光反応とその相互依存によって生まれる高次構造変化をまとめ、青色光、赤色光照射における光反応と青色光照射時の高次構造変化のモデルを提唱し、生体内での機能を考察している。

以上のように、本論文では二つの発色団を含む光センサーの光反応と高次構造変化の関係を初めて明らかにし、二つの発色団を同時にもつことによる新たな物性を示した。複雑な光反応とそれに伴う高次構造変化を初めて明らかにした本論文は学術的に価値がある。よって、審査委員一同は本論文が博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認めた。