

令和 2 年 5 月 13 日現在

機関番号：34419

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2019

課題番号：17KK0106

研究課題名（和文）化学的に改変した光合成超分子複合体の励起エネルギー移動・散逸機構の解明

研究課題名（英文）Study on the energy transfer and dissipation in chemically modified photosynthetic supramolecular complexes

研究代表者

佐賀 佳央（Saga, Yoshitaka）

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：60411576

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 6,000,000円

渡航期間： 7ヶ月

研究成果の概要（和文）：光合成アンテナ超分子複合体は光合成機能の効率化のために光エネルギーを集めるとともに過剰なエネルギーは捨てるというインテリジェントな機能を有する。このような機能の理解を目指して、化学的に改変した光合成超分子複合体を構築し、それらの機能を解析するために、オランダのアムステルダム自由大学との国際共同研究を推進した。光合成アンテナ超分子複合体において重要な役割を果たしているクロロフィル類やカロテノイド類を再構成的方法論によって導入し、得られた光合成アンテナ超分子複合体の分光特性や励起エネルギー移動の特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光合成アンテナ超分子複合体の高効率の光捕集・励起エネルギー移動と過剰エネルギーの散逸による光保護機能の両立というインテリジェントな機能の理解は光生命化学の発展に寄与するとともに、人工的な光エネルギー変換システムを開発するうえで有用な情報を与えると考えられる。光合成アンテナ超分子複合体の化学的改変がこのような機能の理解に有用な情報を与えることを示したことが本研究の学術的意義と考える。また、自然界の優れた光エネルギー変換システムである光合成アンテナ超分子複合体の化学的改変は、太陽光エネルギー分野への波及効果もあると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Photosynthetic antenna supramolecular complexes have light-harvesting functions and dissipation of excess energy for efficient photosynthetic functions. Modification of photosynthetic antenna supramolecular complexes provides insight into understanding such photo-functions. From this viewpoint, international collaboration research on photosynthetic antenna supramolecular complexes has been performed. Some chlorophylls and carotenoids, which play important roles in the photo-functions, were reconstituted into photosynthetic antenna supramolecular complexes, and the properties of the supramolecular complexes obtained were analyzed.

研究分野：生体関連化学

キーワード：光合成 エネルギー移動 エネルギー散逸 光捕集

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

1. 研究開始当初の背景

光合成は自然界に存在する高効率の太陽光エネルギー変換システムであり、地球上のエネルギー・物質循環や食物生産などの基盤となっている。このような光合成のメカニズムの理解は、生命科学の重要課題のひとつであるとともに、人工的に太陽光エネルギー変換システムを開発していくうえで良い指針を与えると考えられる。光合成システムは、複数種の機能コンポーネントが緻密に連携することで、高効率の太陽光エネルギー変換を達成している。光合成システムの概略を図1に示す。光合成システムでは、機能性タンパク質が光合成膜で配列し機能的に連携することで励起エネルギー移動、電子移動、物質変換を高効率で行っている。光合成反応の最初の段階では、光合成アンテナとよばれるタンパク質（超分子複合体）が大部分の光エネルギーを吸収し、そのエネルギーを高速かつ高効率で移動させることで反応中心複合体に送り込む。反応中心複合体はそのエネルギーを主に使用して電荷分離を行い、それによって放出された電子を用いて高エネルギー化合物を生成する。光合成反応中心複合体は、ある基質（図1では化合物Aと表記）を酸化することで電子を補充する。

このように光合成初期過程では、光合成アンテナ超分子複合体が光合成機能の効率化のために光エネルギーを集めるという重要な役割を果たしている。その一方で、過剰な光エネルギーに晒された状況では、光障害を避けるために光合成アンテナ超分子複合体は過剰エネルギーを捨てるというインテリジェンスな機能を有する。このような光合成アンテナ超分子複合体の高効率の光捕集・励起エネルギー移動と過剰エネルギーの散逸による光保護機能の理解は光生命化学の発展に寄与する。あわせて、人工的な太陽光エネルギー変換システムの開発するうえで有用な情報を与えうると考えられる。

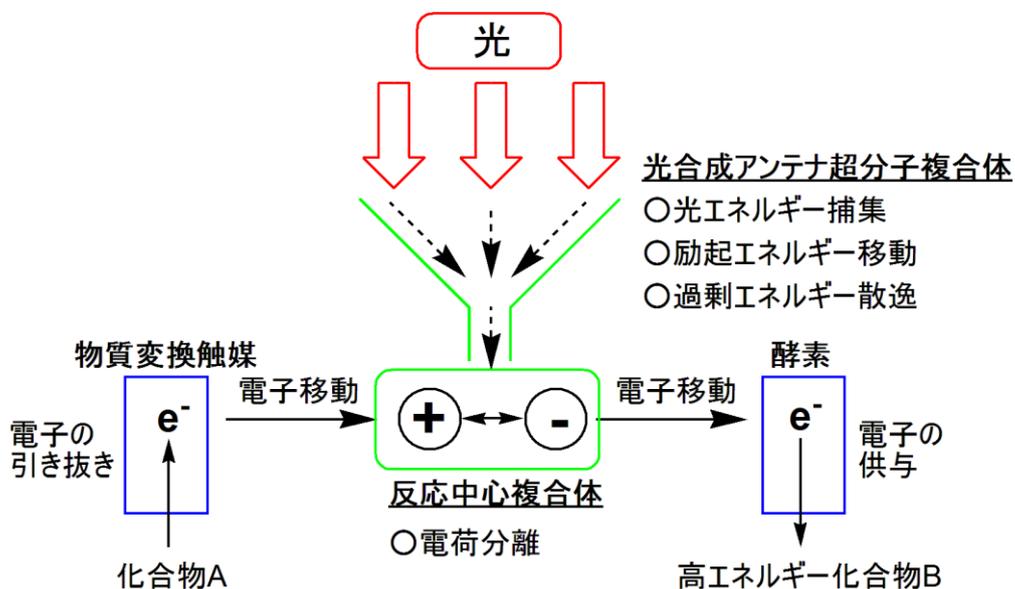


図1. 光合成システムの概略の模式図.

2. 研究の目的

上記のような背景から、光合成初期過程で重要な役割を果たしている光合成アンテナ超分子複合体で両立されている高効率光捕集・励起エネルギー移動と過剰エネルギー散逸機能の理解は重要である。そのためのアプローチのひとつとして、光合成アンテナ超分子複合体を化学的に改変し誘起される機能を解析することが考えられ、本研究者はそのようなアプローチを推進している。本研究課題では、このような本研究者が推進している研究を加速するために、化学的に改変し撰

動を与えた光合成アンテナ超分子複合体を構築し、それらの機能を解析することによって光合成初期過程で重要な機能を理解することを目的とした国際共同研究を推進した。

3. 研究の方法

オランダのアムステルダム自由大学で光合成初期過程に関して顕著な成果を挙げている研究室に滞在し、光合成アンテナ超分子複合体に関する国際共同研究を実施した。光合成アンテナ超分子複合体の機能発現において重要な役割を果たしているクロロフィル類やカロテノイド類を改変するために、光合成生物からクロロフィル類とカロテノイド類を単離精製し、光合成アンテナ超分子複合体との複合化挙動を調べるとともに、得られた光合成アンテナ超分子複合体を生化学的手法で精製し、主に分光学的方法論によって機能解析を行った。

4. 研究成果

光合成生物から単離精製したクロロフィル類とカロテノイド類を光合成アンテナ超分子複合体へ再構成したときの複合化挙動と、得られたアンテナ超分子複合体の光機能を解析した。その結果、光合成アンテナ超分子複合体への色素導入に対する分子種の依存性に関する情報を得ることができた。また、光合成アンテナ超分子複合体に本来存在しない異種クロロフィル色素を新たに導入し、改変した超分子複合体を単離精製することに成功した。それらの色素改変した光合成アンテナ超分子複合体の基本的な分光特性や励起エネルギー移動の特性を解析した。また、光合成アンテナ超分子複合体に導入された色素の比率の分析や、光合成アンテナ超分子複合体に対する色素結合の影響をシミュレーションで解析した。オランダからの帰国後にも、ディスカッションを海外共同研究者と適宜実施しながら光合成アンテナ超分子複合体の解析を進めるとともに、成果発表に関するデータの取りまとめなどを進めた。あわせて、光合成アンテナ超分子複合体のさらなる機能改変に関しても推進した。

光合成アンテナ超分子複合体の化学的改変とそれらの機能解析が、光合成アンテナ超分子複合体の高効率の光捕集・励起エネルギー移動と過剰エネルギーの散逸による光保護機能の両立というインテリジェンス機能の理解に有用な情報を与えることを示したことは本研究の学術的意義と考える。また、本研究で進めた、光合成アンテナ超分子複合体の化学的改変と機能解析で得られた情報は、人工的な太陽光エネルギー変換システムの開発に対しても波及効果もあると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Eduard Elias, Yoshitaka Saga, Nicoletta Liguori, Roberta Croce
2. 発表標題 LHCII with far red absorption: yes we can
3. 学会等名 International Congress on Biophysics of Photosynthesis (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Eduard Elias, Nicoletta Liguori, Yoshitaka Saga, Roberta Croce
2. 発表標題 LHCII with far red absorption: yes we can
3. 学会等名 Dutch Biophysics 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐賀佳央
2. 発表標題 光合成タンパク質の色素変化による光機能制御
3. 学会等名 応用物理学会M&BE分科会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	クローチェ ロベルタ (Croce Roberta)	アムステルダム自由大学・理学部・教授	