

関西学院大学 研究成果報告

2019年 3月 15日

関西学院大学 学長殿

所属：理工学研究科
職名：博士研究員
氏名：浦上千藍紗

以下のとおり、報告いたします。

研究制度	<input type="checkbox"/> 特別研究期間 <input type="checkbox"/> 自由研究期間 <input type="checkbox"/> 大学共同研究 <input type="checkbox"/> 個人特別研究費 <input checked="" type="checkbox"/> 博士研究員 ※国際共同研究交通費補助については別様式にて作成してください。
研究課題	天然光合成系におけるエネルギーフローに関する実験・理論解析
研究実施場所	関西学院大学神戸三田キャンパス 7号館3階 橋本研究室
研究期間	2018年 4月 1日 ～2019年 3月31日 (12ヶ月)

◆ 研究成果概要 (2,500字程度)

上記研究課題に即して実施したことを具体的に記述してください。

我々が生存している地球上には無尽蔵とも言える量の太陽光エネルギーが、日々降り注いでいる。この光エネルギーを、最も効率よく利用しているシステムの一つとして、光合成生物の持つ、光合成器官があげられる。光合成生物は、環境に適応して高いエネルギー伝達・変換効率を実現している。このような自然界の持つ、構造・機能の叡智を解明し、ボトルネックとなる要因を特定し解決することによって、人工的に太陽光を効率よく利用するシステムの開発を行おうと、近年様々な研究がなされている。

本研究においては、光合成細菌の光捕集タンパク質を基礎とした革新的プラットフォームを開発し、これを用いて光合成色素のカロテノイドクロロフィル間の励起エネルギー移動の実時間計測・コヒーレント分光測定を行うことにより、高効率な人工光合成光捕集アンテナ系の創製を目指している。この鍵を握るのは、分子内電荷移動(ICT)励起状態の発現機構及び、電子・振動構造を解明することであると考え、研究を進めている。

ICT励起状態を発現するカロテノイドを含む光合成生物は、非常に高いエネルギー移動効率を持つことが近年の研究によって分かってきている。このICT状態をうまくマネージすることこそが超高効率アンテナ創出の重要な点である。現在わかっているICT状態を発現するカロテノイドの、構造的な共通点はカルボニル基を持っていることである。本研究においては、このカルボニルカロテノイドを用い、ICT励起状態の発現機構・機能解明を時間分解分光により行っている。

現在当研究室においては、カルボニルカロテノイドの幾何異性体のICT励起状態の分光測定に注力している。異性体それぞれで励起状態特性が異なっており、ICT励起状態の発現も相違点があり、大変興味深い成果が得られている。私は、更なる機能解明のために必要な、可視二次元分光計測システム、およびサブ20フェムト秒ポンプ縮退四波混合分光計測システムの構築を行っている。どちらのシステムについても橋本研究室が保有しているサブ20フェムト秒非同軸光パラメトリック増幅器を用いて構築する。前者のシステムにおいては、カロテノイドの最低励起一重項状態(S_1)状態とICT状態の区別およびカップリング度合いを二次元マップの非対角信号を用いて検証し、後者のシステムでの計測においては、 S_1 およびICT状態の分子振動に関する情報を得る。

本年度は、サブ20フェムト秒ポンプ縮退四波混合分光計測システム(以後本システムと記述する)の構築を行なった。本システムは橋本研究室の独自の測定系である。昨年度に光学定盤上の位置取りの変更、非同軸パラメトリック増幅器(NOPA)の内部光学系のオーバーフローを行い、本年度より測定の光学系の構築をおこなった。本システムはパラメトリック増幅器(OPA)、NOPAとポンプ縮退四波混合(Pump-DFWM)の三つの部分から構成されており、OPAならびにNOPAではレーザー光の波長変換を行う。OPA及びNOPAは昨年度の変更により、問題なく使用できるようになったので、本システムのもう一つの構成要素、Pump-DFWMの光軸調整が本年度の主たる作業となった。この系で使用する光源のレーザーは1つであるが、これを2つに分け、①NOPAに導入し、NOPAからのビームを更に3つに分けた光路と、②OPAに導入し、得られたレーザーを使う光路がある。前者の3つの光は同時に調整する必要があるため、調整は困難であったが定常的に使用できるレベルまでスキルを向上した。現在は、OPAからの4つ目の光の光路の構築を行っている最中である。これが完成すれば、サブ20フェムト秒ポンプ縮退四波混合分光計測システムは完成する。また、同時にNOPAからの出射したビームの形状を計測する系及び、さらなるパルス圧縮を行うための機器(空間光変調機)の導入を計画している。現在、4つ目のレーザー光としてOPAからのビームを使用しているが、来年度はNOPAをもう一台構築し、更なる装置変更を試みる予定にしている。

前述のシステムの構築と並行して、新規インコヒーレント光源の評価のための光子相関測定装置の構築を行った。本研究において新規インコヒーレント光源は疑似太陽光のことを指す。創生した疑似太陽光の評価に光子相関測定装置を用いる。本装置は完成しており、現状はその性能の確認を行っている。同時に、本装置を用いれば蛍光寿命を測定することができ、今まで橋本研究室においては行っていなかった蛍光寿命の測定も行えるようになった。

[論文]

1. Understanding/Unraveling Carotenoid Excited Singlet States, Hashimoto Hideki, Uragami Chiasa, Yukihiro Nao, Gardiner Alastair, Cogdell Richard, J. R. Soc. Interface **15**:20180026.
2. Unified Analysis of Optical Absorption Spectra of Carotenoids Based on a Stochastic Model, Chiasa Uragami, Keisuke Saito, Masayuki Yoshizawa, Péter Molnár Hideki Hashimoto, Archives of Biochemistry and Biophysics **650**: 49-58.
3. Study of Carotenoid-Solvent Interaction by Simulating the Optical Absorption Spectra, Chiasa Uragami, Keisuke Saito, Péter Molnár, Hideki Hashimoto, Carotenoid Science **22**: 29-41.

[口頭発表]

1. 「カロテノイドのラマン分光測定」(チュートリアル講演)、浦上千藍紗、2018年カロテノイド若手の会、2018年9月14日、熊本大学。
2. 定常吸収スペクトルの理論シミュレーションを用いたカロテノイド-溶媒間相互作用の評価、浦上千藍紗、齊藤圭亮、吉澤雅幸、Péter Molnár、橋本秀樹、第32回カロテノイド研究談話会、2018年9月15~16日、熊本大学。
3. The simulation of steady-state optical absorption spectra on carotenoids, Chiasa Uragami, Keisuke Saito, Masayuki Yoshizawa, Péter Molnár Hideki Hashimoto, 19MICC & ICPAC Langkawi2018, 30th Oct.-2nd Nov. 2018, Malaysia.
4. Vibronic interaction of carotenoid and surrounding solvent molecules as revealed by theoretical simulation of steady-state absorption spectra as well as by ultrafast spectroscopy using sub-20fs laser pulse, Chiasa Uragami, Shota Inoue, Keisuke Saito, Masazumi Fujiwara, Masayuki Yoshizawa, Péter Molnár Hideki Hashimoto, The 25th International SPACC Symposium, 23-25 Nov. 2018, Okinawa.

以上

提出期限：研究期間終了後2ヶ月以内

※個人特別研究費：研究費支給年度終了後2ヶ月以内 博士研究員：期間終了まで

提出先：研究推進社会連携機構(NUC)

※特別研究期間、自由研究期間の報告は所属長、博士研究員は研究科委員長を経て提出してください。

◆研究成果概要は、大学ホームページにて公開します。研究遂行上大学ホームページでの公開に支障がある場合は研究推進社会連携機構までご連絡ください。