

	シーズ名	光合成に関わる膜タンパク質複合体の調製と構造・機能解析
	氏名・所属・役職	神谷信夫・複合先端研究機構・教授

<概要>

光合成系 II(PSII)は葉緑体のチラコイド膜(脂質2重膜)にあって、太陽光を吸収して水を分解し、地球大気に分子状酸素を放出する総分子量 70 万の膜タンパク質複合体である。大小 17 種類の膜貫通サブユニットが多数のクロロフィルやカロチノイドなどの色素を取り囲み、それらが吸収した太陽光のエネルギーを電荷分離反応中心へ集中させ、そこで発生した電子をプラストキノンへ伝達する反応を支えている。PSII の酸素発生は、2 分子の水から4個の電子を引き抜く反応であり、酸素発生中心(OEC)が、その酸化状態を段階的に変化させる過程と同期している。この OEC は3種類の膜表在性サブユニットにより安定化されている。このように、特性が大きく異なる疎水性と親水性のサブユニットが共存する PSII ではその結晶化に多くの困難を伴うが、我々はこれまで、材料となる好熱性ラン藻(*T. vulcanus*)の培養技術、PSII の抽出と精製技術、結晶化技術を確立し、また大型放射光施設 SPring-8 の利用技術を蓄積して、最近 1.9 Å 分解能の結晶構造を世界に先駆けて解明することに成功した。得られた構造からは、OEC が $Mn_4CaO_5(H_2O)_4$ の化学組成を持つ「歪んだ椅子型」の金属クラスターであることが初めて明らかとなり、これを基礎として PSII の水分解・酸素発生の反応機構に関する議論が世界中で盛んに行われるようになった。しかし一方では、上記の 1.9 Å 分解能の結晶構造では、結晶解析のために結晶に照射する X 線が OEC を還元している可能性が指摘され、現在我々のグループでは、この X 線還元問題を克服するために、多数の結晶を用い、それらに X 線照射量を分散させることにより X 線還元を低減させる技術の開発を進めている。また酸素発生の過程で出現する反応中間体の小さな構造変化を明らかにするためには、さらに高分解能の構造情報が必要とされる。現在我々のグループでは 1.5 Å 分解能を目標に、結晶試料をより一層高品質化する技術の開発も平行して進めている。

<アピールポイント>

PSII の高品質な結晶を調製し、その結晶構造を高分解能で決定する技術では、我々のグループは現在他の追随をゆるさず、文字通り世界のトップにある。

<利用・用途・応用分野>

PSII の OEC の構造は、酸素発生の反応中間体を含めて、人工的な水分解・酸素発生触媒を開発する際のインスピレーションの元となるものであり、PSII の高分解能・低 X 線還元状態の X 線結晶構造解析は、人工光合成の実現を目指す応用・開発研究に極めて有用な情報を提供することができる。

またチラコイド膜から単離した PSII は水溶液条件では不安定性であるが、これを多孔質ガラスに吸着させることにより、その安定性を高めることができる。現在自然界に存在する水分解・酸素発生触媒の中で、PSII はもっとも優れた活性を誇るものであり、PSII と多孔質ガラスの組み合わせにより、長期間の耐久性をもつ人工光合成デバイスを実現できる可能性もある。

<関連する知的財産権>

なし。

<関連するURL>

<http://www.ocarina.osaka-cu.ac.jp>

<他分野に求めるニーズ>

PSII に代表される膜タンパク質では、単離した分子の安定性を高める界面活性剤や安定化剤の出現が望まれている。そのような試薬が開発されれば、PSII の結晶の解析分解能を向上させて、その水分解・酸素発生機構の解明に向けた研究が加速されるばかりでなく、PSII を利用した人工光合成デバイスを実現する可能性も飛躍的に向上させることができる。

キーワード	光合成、光化学系 II、水分解・酸素発生、人工光合成、結晶構造解析
-------	-----------------------------------



シーズ名

配位高分子からなる固体触媒の調製と高機能化

氏名・所属・役職

田部博康・複合先端研究機構・特任講師

<概要>

金属錯体のポリマーである配位高分子からなる固体触媒の開発を進めています。配位高分子の一種であるプルシアンブルー型錯体は、古くから顔料として用いられてきた安定、無毒な化合物であり、粉末もしくは微結晶として水中で容易に合成できます。我々は最近、プルシアンブルー型錯体が残留農薬の主成分である有機リン化合物を分解する固体触媒となることを報告しました(*Catal. Sci. Technol.* **2018**, 8, 4747)。現在、触媒粒子の成型、有機リン化合物以外の化合物の分解、吸着と分解を組み合わせた高機能性除去剤の実現に向け、研究を進めています。

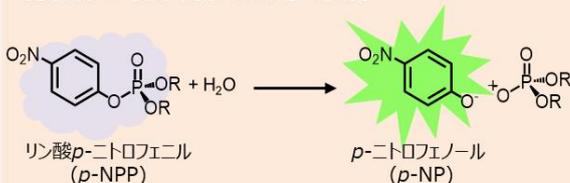
<アピールポイント>

プルシアンブルー型錯体 (シアノ架橋配位高分子)



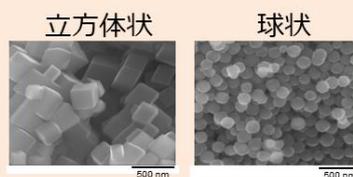
組成式： $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{H}_2\text{O})_2]_{4/3}[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]$
常温、常圧、水中で、粉末もしくは微結晶として生成
 $\text{Fe}^{\text{III}}/\text{Fe}^{\text{II}}$ を任意の金属イオンに置換可能
古くから色素(顔料)として利用
海外では食品添加物としても利用されており、安全性が高い

有機リン化合物の加水分解



反応後に触媒の回収・再利用が可能

粒子の成型



触媒粒子の成型が容易
集合化により高密度充填

<利用・用途・応用分野>

- 有機化合物(残留農薬や汚泥)の吸着と分解
- 有害ガスの捕捉と分解
- 有害物質を原料とした有用物質生産(人工光合成反応など)

<関連する知的財産権>

1. 特願 2019-035332「多孔質構造体」
2. 特願 2017-165594「有機リン化合物分解触媒」
3. 日本国特許 6456029 号「多角体-標的分子複合体の製造方法、多角体-標的分子複合体、タンパク質及び核酸」

<関連するURL>

<http://www.a-chem.eng.osaka-cu.ac.jp/yamadablab/>

<他分野に求めるニーズ>

- ペースト、分散液、フィルタなどを用いた、従来と異なる反応系での利用
- 触媒粒子の高分散化による、表面積増大と反応効率向上
- ゼオライト等の無機担体、カーボン等の有機担体と触媒の複合化
- 大スケールでの触媒調製と活性試験 ...について、産業界に期待しています。

キーワード

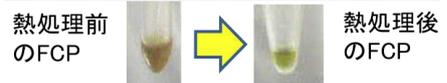
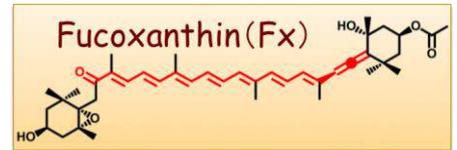
多孔質・吸着剤・除去剤・配位高分子・有機-金属構造体・残留農薬・固体触媒・

	シーズ名	光エネルギー変換および物質変換機能をもつ人工光合成デバイスの開発
	氏名・所属・役職	南後 守・複合先端研究機構・特任教授
<p><概要></p> <p>植物、光合成細菌などの光合成膜では、膜タンパク質複合体が生体色素分子を積み木のごとく階層的組織体を構成し、高効率な光エネルギー変換機能をもつタンパク質・色素複合体の自己組織化膜を構築している(1-4)。最近、この光合成膜の光エネルギー変換系の構造とその機能との関係についてはナノレベルで明らかになってきており、社会的要請の強い光合成での光電変換システムを有効利用したデバイスの開発が可能となっている。我々は、光エネルギー変換機能をもつタンパク質・色素複合体を基板上に組織化し、基板上で高効率な光電変換と物質変換機能をもつタンパク質・色素複合体の構築とそれらの機能をもつデバイス開発を行っている(3-4)。</p> <p>これらの研究の進展により、光エネルギー変換機能をもつタンパク質・色素複合体の構造と機能との関係について明らかになり、また、社会的に要請の強い光エネルギー変換機能をもつ人工光合成システムの構築が期待できる。</p> <p>最近の主な著書(企画・編集・執筆)</p> <p>1)化学同人出版「光合成のエネルギー変換と物質変換：人工光合成をめざして」2015年</p> <p>2)M. Nango, M. Sugiura ed., “Photosynthesis and artificial photosynthesis research”, <i>Res Chem Intermed</i>, 40, 9, Springer (2014).</p> <p>3) 日本化学会編 化学同人出版CSJカレントレビュー No. 15 「次世代の水素エネルギー開発」2013年</p> <p>4) 日本化学会編化学同人出版 CSJカレントレビュー No. 2 「人工光合成と太陽電池」 2010年</p> <p><アピールポイント></p> <p>光合成膜などでのエネルギー変換機能をもつタンパク質・色素複合体の構造と機能との関係について明らかになり、社会的に要請の強い光エネルギー変換機能をもつ人工光合成システムの構築が期待できる。</p> <p><利用・用途・応用分野> 人工光合成と色素太陽電池ならびに次世代の水素エネルギーなどの開発</p> <p><関連する知的財産権></p> <p>(1) 名称：人工タンパク質複合体及びその利用 出願日：平成17年 9月 2日 出願番号：特願2005-255526</p> <p>(2) 名称：クロロフィル誘導体およびその金属錯体及び当該化合物を触媒として用いた有機化合物の酸化方法 出願番号：特願2004-165762 発行日：平成16年6月3日</p> <p>(3) 名称：リン脂質誘導体及び遺伝子導入キャリア 出願番号：特願2004-60428 発行日：平成16年2月27日</p> <p>(4) 名称：電荷物質を輸送するための組成物 国際公開番号：WO99/43752 発行日：平成14年10月15日</p> <p><関連するURL> http://www.ocarina.osaka-cu.ac.jp/profile/mamoru_nango_e.html</p> <p><他分野に求めるニーズ> 医工学ならびに応用物理関連の分子デバイス、センサーの開発</p>		
キーワード	電子と生命、光合成、光電変換、物質変換、デバイス化	

	シーズ名	光合成集光性色素の生体及び人工系における新規機能と構造の解明
	氏名・所属・役職	藤井 律子・複合先端研究機構・准教授

<概要>

太陽光の利用には、集光メカニズムが重要です。緑色植物は太陽光の最もエネルギーの大きい緑色光をあまり効率よく利用できません。しかし水深5m以下では緑色の弱い光しか得られないため、海洋性光合成生物には、緑色光を効率よく光合成に利用する集光性アンテナタンパク質を持つものがあります。我々は、こういった特殊な海洋性光合成アンテナタンパク質に結合するカロテノイド、クロロフィルといった光合成色素の構造と集光機能を解明しようとしています。私は、褐藻類の光合成アンテナFCPに結合するフコキサンチンが、ゆでると不可逆的に遊離することに着目し、FCP内においてフコキサンチンが集積している構造が集光に重要であると着想しました。これよりフコキサンチンの集積で緑色光の集光を再現しようとしています。フコキサンチンは多孔質シリカに吸着させることにより画期的に耐久性が得られます。この吸着を制御することにより、フコキサンチンの集積に依存する電子励起状態の変化を観測する事が出来ました。



この他にも、同じ褐藻類の光合成アンテナに結合するクロロフィルcという色素の光応答について、またアスタキサンチン蓄積レタス(石川県立大学三沢教授、京都大学伊福助教との共同研究)、深所型緑藻ミル(大阪大学蛋白質研究所栗栖教授との共同研究)の光合成色素結合タンパク質についても研究を行っています。

<アピールポイント>

光合成色素であるカロテノイドは、光合成をする生物が生産する天然色素であり、それを摂取した動物の体内で、様々なホルモンやビタミンを合成する前駆体として利用できる機能性物質です。近年はこれ自体の抗酸化作用が注目され、機能性食品だけでなく、化粧品や医薬品としての開発もされています。私は直接開発してはいませんが、カロテノイドの取り扱いや安定性の向上、物性同定、構造決定(HPLC、NMR、MS といった機器分析)、分離精製方法や分析方法、生産方法に関する知見があり、そういった事に興味も有ります。また、藻類の培養、遺伝子組み換え植物なども扱っています。

<利用・用途・応用分野>

機能性食品、化粧品、培養

<関連する知的財産権>

- 特開 2015-49188 特願 2013-182188 「pH 指示薬」
- 特開 2014-001158 特願 2012-136894「色素結合型タンパク質およびその製造方法」
- 特開 2012-122750 特願 2010-271456「クロロフィル c および/またはキサントフィルを分離精製する方法」
- 特開 2012-058200 特願 2010-204632「色素化合物の定量方法」
- 特開 2011-057649 特願 2009-211721「フコキサンチン-クロロフィルa/c タンパク質の製造方法」

<関連するURL>

- <http://www.ocarina.osaka-cu.ac.jp/>
- <http://recap.osaka-cu.ac.jp/index.html>

<他分野に求めるニーズ>

高分子などに色素を組み込んで色素同士の三次構造の制御するような技術

キーワード	光合成色素、カロテノイド、色素結合型タンパク質、海洋藻類、機器分析、光応答
-------	---------------------------------------

	シーズ名	電動車両・電化船舶設計、エネルギー変換発電技術、プラズマ応用
	氏名・所属・役職	南 繁行・複合先端研究機構・特任教授
<p><概要></p> <p>自動車や船舶は、これまでの内燃機関から新しい環境性能の高い乗り物への変革が、いろいろな意味で必要とされつつあります。専門の電気工学の知見を生かし、その中で、四半世紀にわたり、電動車両、燃料電池船、プラグインハイブリッド船を先駆けて開発してきた経験を生かし、現在、「e-Lab」と呼ぶ、次の[e]で始まる 4 つの柱についての社会貢献を目指した活動をしております。</p> <ul style="list-style-type: none"> ① 電気エネルギー技術(Electric Energy) 電動船、電気自動車開発、自然エネルギーを活用した発電技術 ② 環境技術(Environment) 低排出ガス推進装置の開発など ③ 高齢者福祉(Elderly care) 高性能で普及可能な電動車いすなどの開発 ④ 電気・電子技術に関する e-教育 (Education on Electricity) 電気工学関連の生涯教育・講演、学会活動など <p><アピールポイント></p> <p>長年に亘る、電気工学における高電圧・大電力、プラズマ・放電、宇宙観測搭載機器開発、電動車両・船舶の設計・製作や、その要素部品開発などの知見・実績を生かして、これまで企業との共同研究を各種行い、期待に沿う成果をあげてきたと自負しています。</p> <p>電気工学の基礎的内容から、将来に亘るこの分野の技術展望等に至る学外からのニーズに、今後も積極的に応えていきます</p>		
キーワード	電気自動車、プラグインハイブリッド船、高電圧制御、電磁気工学、プラズマ応用	