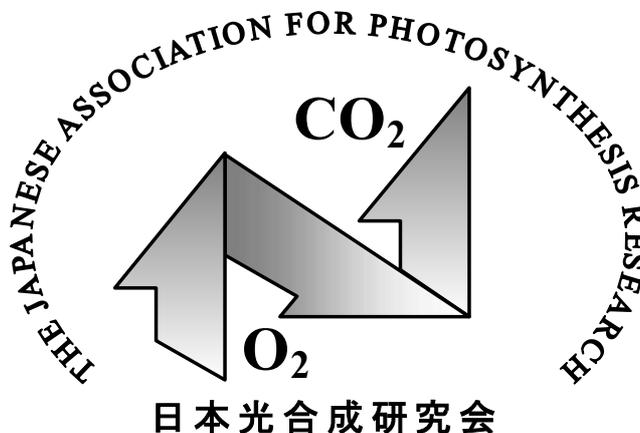


日本光合成研究会 会報

第 42 号 2005 年 4 月



NEWS LETTER No. 42 April 2005

THE JAPANESE ASSOCIATION FOR PHOTOSYNTHESIS RESEARCH

巻頭言 ごあいさつ：「役に立つ楽しい研究会」にしましょう	伊藤 繁	1
公開講演会案内 「光合成研究入門：地球の未来を語ろう！」		2
トピックス 光化学系 II PsbP タンパク質の立体構造と機能	伊福健太郎	4
解説 パルス変調クロロフィル蛍光測定におけるデータの解釈	園池公毅	7
追悼文 藤田善彦先生とラン藻の光合成 - ラボから海のフィールドへ -	村上明男	13
報告記事		
ワークショップ報告 「in vivo ではかる光合成：何ができるか？体験しよう：講義と実習」	伊藤 繁、杉浦花菜	15
Japanese-Finnish Seminar 2004 と The 7th Nordic Photosynthesis Congress に参加して	明石欣也	16
集会案内		19
新刊図書		20
事務局からのお知らせ		21
日本光合成研究会会員入会申込書		22
日本光合成研究会会則		23
幹事会名簿		25

賛助会員広告

巻頭言

ごあいさつ：「役に立つ楽しい研究会」にしましょう

日本光合成研究会会長 伊藤 繁
名古屋大学 理学研究科物質理学専攻（物理）

はじめに

光合成研究会の会長を本年より2年間ひきうけさせていただきます。これまでの役員の方々のご努力下、本会も講演会、ワークショップ、出版と確実な歩みを進めてきました。新たに加わられた幹事の方々、会員の皆様のご協力で、これからも「役に立つ楽しい研究会」を目指して、活動をすすめていきたいと思っております。どうぞご意見お願いいたします。

本年は、毎年恒例の講演会と総会を5月28（土）、29日（日）に名古屋大学に新設の「野依記念国際交流会館」にて行い、秋には、野外実習を含むワークショップを神奈川大学にて開催する予定です。講演会では、多分野に及ぶ光合成研究の基礎と先端を、学生諸君や新たにこの分野に参入される方々にもわかるような形で提供するという企画となりました。我々が日頃から感じています単一の研究室だけではカバーできない理解が得られたらとおもいます。ポスター展示も受け付けます。是非御参加ください。

ついでに

当地名古屋では愛知万博を開催中です。「環境」をうたうこの催しをついでにご覧になれるのも一興かとおもいます。私自身も、この一環として、北極圏の植物の光合成測定、植物の日本への移送、万博会場での植物展示（4月24日まで）に関わり、本文も万博瀬戸会場にて書いております。見方によれば環境破壊ともなる社会的活動に関わる事の意味、是非などを、しっかり論ずるのも研究会の意義かも知れません。（写真は1月かけて船便でおくられた小さな植物たちと氷で冷やされた展示ベースと）



新しいことはじめませんか？

研究も、様々な側面で新情報が出され、激しく動き、何かが見え始めてきているようです。本研究会で知識を寄せ合い、ふわっと広げて、新しいアイデアや交流、企画、出版などを触媒できればいいですね。皆様自身に役に立つ研究会となるように、是非、ワークショップや講演会、出版などのアイデアの提案、実行、情報の提供にご協力ください。

「とても忙しい、そのとおりですが、お互いに手伝いあって、新しいことはじめませんか？」

公開講演会「光合成研究入門：地球の未来を語ろう！」

2005年5月28日(土) 13:00 – 29日(日) 13:00

名古屋大学 野依記念国際交流館（地下鉄名城線名大前駅下車2番出口）

5月28日(土) 13:00

- 13:00 ごあいさつ 伊藤 繁（名大・物理・日本光合成研究会）
第5回日本光合成研究会公開講演会にあたって 高橋裕一郎（岡山大・理）
- 13:10 アンテナ色素系のつくり方 司会 藤田祐一（名大・農）
三室 守（京大・地球環境学堂・人環） 「アンテナ系の設計は難しい！」
田中 亮一（北大・低温研） 「最後の一つ？：クロロフィル合成に関わる遺伝子群の同定」
原田 二郎（立命館大学・COE 推進機構）「バクテリオクロロフィル生合成系研究の現状と課題」
- 14:45 – 15:20 休憩とポスターセッション：機器展示
- 15:20 光エネルギー変換系研究の新展開 司会 高橋裕一郎（岡山大・理）
沈 建仁（岡山大・理/科学技術振興機構さきがけ）「光化学系 II の立体構造に基づく機能解明」
坂本 亘（岡山大・資生研） 「光合成の環境適応とタンパク質分解系の重要性」
中井 正人（大阪大・蛋白質研究所）
「活性中心の生合成：鉄硫黄クラスターはどこからやってくる？」
- 17:00 – 17:20 機器展示の案内など
- 17:20 – 17:50 休憩とポスターセッション
- 17:50 – 18:20 日本光合成研究会 総会
- 18:20 – 20:30 懇親会

5月29日(日) 8:55

- 8:55 光合成の代謝系 司会 寺島一郎（阪大・理）
上野 修（農業生物資源研） 「C4 および C3-C4 中間光合成：葉の構造と機能の多様性」
三宅 親弘（地球環境産業技術研究機構(RITE)） 「CO₂ 同化による光合成電子伝達の制御」
半場 祐子（京都工繊大・生物資源フィールド科学教育研究センター）
「葉内部の二酸化炭素拡散にアクアポリンが果たす役割」
- 10:30 – 11:00 休憩とポスターセッション
- 11:00 光合成と環境・生態・応用 司会 大政謙治（東大・農）
長谷川 利弘・小林和彦（農業環境技術研・東大）
「光合成とイネ収量-大気 CO₂ 増加実験による検証」
小池 孝良（北大・北方生物圏フィールド科学センター）
「高 CO₂ 環境で、樹木の光合成生産は増えるのか？—小型FACEを利用した落葉樹の個葉レベルの光合成応答—」
富澤 健一（地球環境産業技術研究機構） 「地球温暖化対策としての光合成能力強化」
- 12:35 総合討論
- 13:00 閉会

主催・連絡先：日本光合成研究会（〒464-8602 名古屋市千種区不老町 名古屋大学理学部物理教室 光生体エネルギー研究室内） <http://photosyn.phys.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>, tel/fax 052-789-2883
e-mail :photosyn@bio.phys.nagoya-u.ac.jp

参加を希望される方は

e-mail: photosyn@bio.phys.nagoya-u.ac.jp または *fax: 052-789-2883* 日本光合成研究会宛
で以下の書式で申し込んでください。

5月20日までにお願ひいたします。

申し込み票

名前：

所属：

簡単な分野：

連絡先住所：

電話、e-mail address：

ポスター希望：(研究室1枚程度でお願いします)： 有り 無し

懇親会参加：(職員 @3000, 学生 @2000程度を予定)： 有り 無し

宿泊は'05愛知万博のためやや難しくなるかもしれませんので、早めに各自確保しておいてください。

現在学内にある宿もあります。若手、経済状態優先で先着順に受け付けます。御連絡ください。

TOPICS

光化学系 II PsbP タンパク質の立体構造と機能

伊福 健太郎 (京都大学大学院生命科学研究所)

光化学系 II 複合体(PSII)の研究の歴史は非常に長く、私が主な研究対象としてきている PsbP タンパク質 (別名: Oxygen-Evolving Complex 23-kDa protein:OEC23)も、その発見は1980年代に遡る¹⁾。従って、学生の頃から PsbP を研究していますと言うと、光合成、特に PSII を専門とされている方からは「いまさらどうして?」と聞かれることがしばしばであった。この度、光合成研究会の会報に研究紹介を書かせて頂く機会を頂戴したので、我々の研究グループがこのタンパク質に着目した経緯も含めて、最近の研究成果を簡単にご紹介させて頂く事にした。私の様な若輩の研究の変遷には興味がない方が多いかと思われるが、お付き合い頂ければ幸いである。

PsbP は PSII のチラコイドルーメン側に結合しているタンパク質である。その主な機能は、水分解反応に必須な補欠因子である Ca^{2+} と Cl^- の Mn クラスター近傍への保持であることが、単離 PSII 標品を用いた解析で明らかになっていた¹⁾。当時、京大・農学部の佐藤文彦先生のところでは、0.2M の NaCl 存在下で生育できるタバコ光独立培養細胞が確立されており、そのチラコイド膜における耐塩性機構が解

析されていた。その結果、耐塩性の細胞では PsbP がより強固に PSII に結合していることが判明し²⁾、また耐塩性が弱い植物では PSII から PsbP がはずれやすいという予備的な結果も得られていた。そうした時期に佐藤研究室に配属された私が頂いたテーマは、耐塩性が異なる植物由来の組換え PsbP を作成し、その PSII に対する親和性を *in vitro* 再構成実験で比較するというものであった。残念ながら *in vitro* の結果はネガティブで、PsbP 自体に PSII への結合の強弱を左右する要因はなさそうであった³⁾。そこで別のアプローチを考えていた時に、私は PsbP に関して解明すべき点が意外に多い事を改めて感じた。というのは、PSII を研究している多くの研究者は、水分解反応のメカニズムそのものに興味があり、そのため全ての酸素発生型光合成生物に存在する PsbO タンパク質に関する研究が多く、高等植物や緑藻にのみ存在すると考えられていた PsbP はあまり研究されていなかったのである(図1)。私は生理的な観点から研究に入っていたので、むしろ PsbP が高等植物(緑藻)にしかないことが面白いと思った。そこで、博士課程ではこの分子に関してより詳細に

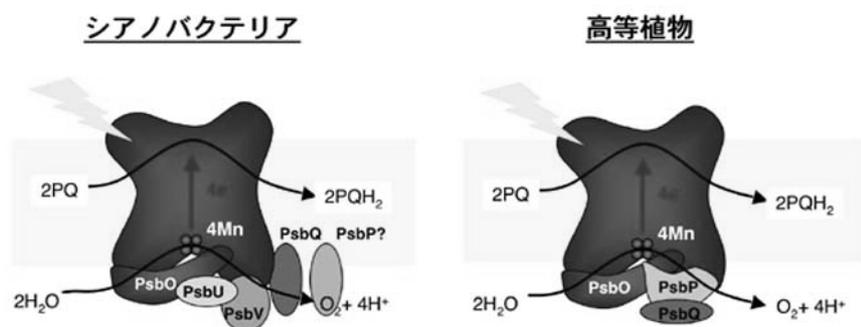


図1 シアノバクテリアと高等植物の光化学系II複合体の簡単な模式図による比較

水分解-酸素発生反応を直接触媒するのは4分子のマンガン原子(Mn)であるが、その周辺には酸素発生系とよばれる膜表在型のタンパク質が存在する。その構成タンパク質はシアノバクテリア(PsbO, PsbU, PsbV, (PsbP), PsbQ)と高等植物(PsbO, PsbP, PsbQ)では異なっている。PsbP, Qに関しては、シアノバクテリアの光化学系IIにもPsbP, Qが存在するとの報告があるが、どこに結合しているかは明らかではない。(文献10より改変)

調べることにした。

まず、手持ちにあった様々な植物に由来する PsbP を利用して、それらの比較から PsbP の N-末端部分が Ca^{2+} と Cl^- の保持活性に重要であることを明らかにした^{4),5)}。さらにその構造解析をめざして結晶化を試み、なんとか構造決定にまで辿り着く事ができた^{6),7)}。この結晶化の成功は、色々な種類の PsbP を持っていたことが鍵となり、構造解析は理研播磨研究所の加藤博章先生と中津亨先生にお助け頂いた。この辺の素人の苦労話は別のところに書かせて頂いたので、これから結晶化をしてみようかな、とお考えの方には参考になるかもしれない⁸⁾。

PsbP の構造は、N 末端側の短い β ストランドで構成される構造 (ドメイン I) と、 β -シート構造の両側を α ヘリックスで挟んだ中央の構造 (ドメイン II) の 2 つのドメイン構造で構成されていた (図 2)。このうちドメイン I では、我々の研究において Ca^{2+} と Cl^- の保持に必須な残基であると判明している N 末端 15 残基が、結晶構造中で全く見えなかった。従ってこの PsbP の N 末端部分は、おそらく PSII と結合して初めてイオン保持に必要な構造をとると考えられた⁹⁾。

一方、分子表面の静電ポテンシャル解析によれば、ドメイン II には植物種間で保存されたアミノ酸残基からなる塩基性のパッチが存在し、その反対側の表面は逆に酸性に荷電していた。こうした特徴はシアノバクテリアの PsbV においても認められた。PsbP と PsbV の、各々の PSII における機能は共通する部分があるため、おそらく両者の PSII との相互作用には似ている部分があることが示唆された。しかし PsbP と似た構造を示すタンパク質は、報告されているシアノバクテリア PSII 結晶構造中には見当たらず、その中から PsbP が派生的に生じたとは考えにくかった。従って、近年、PsbP と弱い配列相同性を示すタンパク質がシアノバクテリアゲノムから見つかった¹⁰⁾のは、私にとって非常に納得がいく話であった。ただし、シアノバクテリアの PsbP ホモログは、PSII 反応に若干関与はしているが、高等植物の PsbP とはかなり性質や役割が異なっていることが遺伝子破壊株の解析結果から明らかとなった¹¹⁾。また、シアノバクテリアの“原核型 PsbP”により近いタンパク質が、高等植物にも PsbP とは別に存在し

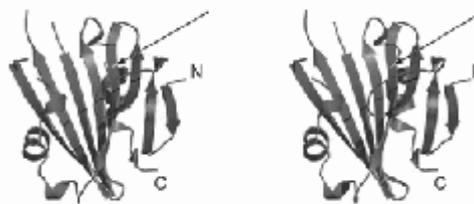


図 2 タバコ由来 PsbP タンパク質の結晶構造のステレオ図。PsbP の構造は N 末端側のドメインと C 末端側のドメインに分けられ、両者の間には矢印で示した位置にプロテアーゼで切断され易いサイトが存在する。

ていることもわかってきた。我々はこれら原核型 PsbP ホモログを“PsbP-like protein”として高等植物や緑藻の真核型 PsbP とは区別して呼んでいる。今後、そうした“PsbP-like protein”がどのように PSII 反応に関わっているのかを解明することが、PsbP の分子進化を考える上で重要であると考えられる。

一方で、新規なタンパク質構造を決定した際には、そのタンパク質と似た構造を示すタンパク質を検索することで、そのタンパク質の機能や類縁関係に関する情報が得られる場合がある。そこで我々も PsbP と似た構造を DALI データベース上で検索した。驚いた事に PsbP の立体構造は、特にドメイン II の部分において Ran-GTPase との結合タンパク質である Mog1p と似ている事が判明した。丁度その頃、高等植物の PSII においても、その反応で中心的な役割を果たす D1 タンパク質の分解-再合成過程に GTP が重要な役割を持つ事が報告され¹²⁾、しかも PSII において PsbP と直接相互作用していると考えられている PsbO タンパク質に GTP が結合し得る事が報告された¹³⁾。これは面白い事が判りそうだと喜んだが、構造が似ているだけで機能を断定するのは無理があり、この点に関しては未だ推測の域を出ていない。

我々が PsbP の構造解析を論文発表した頃 (といっても 1 年前であるが) は、PSII の構造解析が非常にホットであり (今も 0.1 Å 単位で競争されていて非常にホットである。)、シアノバクテリアの PSII 複合体¹⁴⁾⁻¹⁶⁾に加えて高等植物の PsbQ の立体構造解析¹⁷⁾が相次いで報告されていた。我々もなんとか滑り

込み、これでシアノバクテリアと高等植物の PSII を構成するサブユニットのうち、一部の低分子サブユニットを除いた代表的なサブユニットの立体構造情報が、大筋で明らかになったことになる。現在は、より完全な形でのシアノバクテリア PSII の精製と結晶化、及びその更なる分解能の向上、そして高等植物（緑藻）の PSII 立体構造解明が研究の焦点となっていると思われる。私が研究対象としている高等植物を材料にする場合、一つのサブユニットに対し複数のアイソフォームが存在している場合が多いことから、結晶化にはより単純な組成を持つ材料の発見、または人為的な作出が必要となるのではないかと考えている。

現在の私の仕事としては、構造解析の仕事をする一方で、PsbP の生理機能を明らかにすべく RNAi を用いた *psbP* 遺伝子発現抑制植物体の解析を進めている^{18), 19)}。その結果、PsbP の欠損は植物細胞に非常にダイナミックな変化をもたらすことが明らかとなってきた (Ifuku *et al.*, 投稿中)。今後さらなる解析を進め、最終的には PsbP の環境応答や環境適応における役割、ひいては高等植物が PsbP を利用し進化させた理由を総合的に理解できればと考えている。

最後に上記研究でお世話になった全ての人々と、拙い文章をここまで読んで下さった皆様、そして自由に研究する事を許してくれた寛大な上司に深く感謝致します。

- 1) Murata, N., and Miyao, M. (1985) *Trends Biochem. Sci.* **10**: 122-124.
- 2) Murota, K. *et al.* (1994) *Plant Cell Physiol.* **35**: 107-113.
- 3) Ifuku, K. *et al.* (2000) *Plant Physiol.* **122**: 619 (PGR00-31).
- 4) Ifuku, K., and Sato, F. (2001) *Biochim. Biophys. Acta*, **1546**: 196-204.
- 5) Ifuku, K., and Sato, F. (2002) *Plant Cell Physiol.* **43**: 1244-1249.
- 6) Ifuku, K. *et al.* (2003) *Acta Crystallogr.* **D59**: 1462-1463.
- 7) Ifuku, K. *et al.* (2004) *EMBO Rep.*, **5**: 362-367.
- 8) Ifuku, K. (2004) *SPring-8 Information* **9**: 269-274.
- 9) Ifuku, K. *et al.* (2005) *Photosynth. Res.* In press.
- 10) De Las Rivas, J. *et al.* (2004) *Trends in Plant Sci.* **9**: 18-25.
- 11) Thornton, L. E., *et al.* (2004) *Plant Cell* **16**: 2164-2175.
- 12) Spetea, C. *et al.* (1999) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **96**: 6547-6552.
- 13) Spetea, C. *et al.* (2004) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **101**: 1409-1414.
- 14) Zouni, A. *et al.* (2001) *Nature* **409**: 739-743.
- 15) Kamiya, N., and Shen, J-R. (2003) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. **100**: 98-103.
- 16) Ferreira, K. N. *et al.* (2004) *Science* **303**: 1831-1838.
- 17) Calderone, V. *et al.* (2004) *EMBO Rep.*, **4**: 900-905.
- 18) 佐藤文彦、伊福健太郎 (2005) 化学と生物 **43**: 177-183.
- 19) 遠藤剛、伊福健太郎、佐藤文彦 (2005) 応用物理 **74**: 360-364.

解 説

パルス変調クロロフィル蛍光測定におけるデータの解釈

園池公毅 (東京大学・新領域)

1. はじめに

昨年まで4年間にわたり光合成研究会の常任幹事として会報の編集を担当し、さまざまな方に原稿の執筆をお願いしてきました。ところが因果応報というべきでしょうか、今度は、編集を引き継いで頂いた筑波大学の野口さんから、パルス変調クロロフィル蛍光について解説した記事を書いて欲しい、との依頼がありました。まさか、自分がやめた途端、会報への協力を拒むわけにもいきませんから、お引受けはしましたが、どのように書くのかについては考え込まざるを得ませんでした。蛍光とは何か、パルス変調とは何か、から説明するのでは、ページ数がいくらあっても足りません。また、機器測定というものは、自分で機械を動かしてみないとわからない点というのが常にあり、測定方法を文章で表すことによる限界もあるでしょう。考えた末、本稿の目的を、「パルス変調クロロフィル蛍光のデータの載った論文を読んだ時に、そのデータを解釈するのを手助けする」ことに置くことにしました。従って、測定の原理は最小限にとどめ、測定の方法についてもほとんど触れません。そのような部分については、また、書く折りもあるかも知れませんが、僕のホームページの中の

<http://www.biol.s.u-tokyo.ac.jp/users/sonoike/keikou.htm>

にある程度は説明してありますので、そちらをご覧ください。また、本稿の後半のパラメーターの説明の部分はこのホームページ上の説明とかなり重なっていることを申し添えます。また、今回はレファレンスをつけることができませんでした。

前置きの最後にもう一点だけ。クロロフィル蛍光に関しては、高等植物と、単細胞藻類およびシアノバクテリアとの間には大きな違いがあり、データの解釈も異なります。本稿では、これもスペースの関係から材料を高等植物の場合に限ることにします。

2. 蛍光の最小値 F_0 と F_0'

測定の原理は書かない、とは言ったものの、何もしないでは始められません。以下の2つが最低限の知識です。

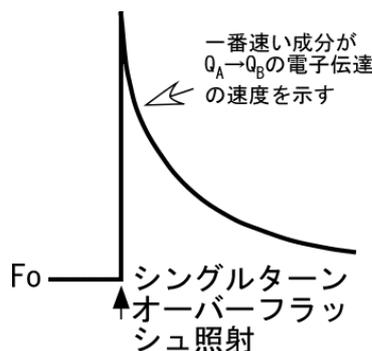
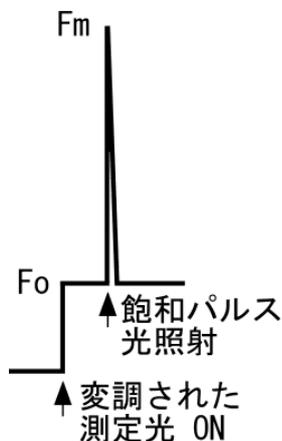
- (1) 蛍光の強さは励起光の強さに比例し、蛍光収率がその比例関係を定める
- (2) 励起光のエネルギー = (蛍光 + 熱 + 光合成) のエネルギー

この2つのことから言えるのは、一定の光(励起光)をあてている時に、熱になるエネルギーや光合成で使われるエネルギーが増えれば、蛍光になるエネルギーは減る、つまり、蛍光収率は下がる、ということです。具体的には、光化学的要因(系IIの Q_A が還元されている時、つまり光合成反応が進行しない時に蛍光が高くなり、逆に酸化されている時は蛍光が低くなる)と非光化学的要因(エネルギーを熱として放散するシステムが働くと蛍光は低くなり、熱放散システムが働かないと蛍光は高くなる)に分けて考えることができます。暗所に充分おいた葉では、 Q_A は完全に酸化されていますから蛍光は低く、この値を F_0 といいます。この F_0 は、クロロフィル量などによって変化するため、これだけを定量的に評価する例は多くありません。しかし、高温などのストレス条件下や、光合成関連の変異株などでは、 F_0 が高くなることがよくあり、光合成関連変異体のスクリーニングの際などには、 F_0 を指標にする例があります。高温ストレスによる F_0 上昇のメカニズムとしては姫路工大の佐藤和彦さんのグループなどによって暗所における Q_A の還元などが提唱されています。一方で、 Q_A が完全に酸化されている条件でも、直前の光照射によって熱放散のシステムが働いていれば、それによって蛍光収率が減少しますから、励起光をきった直後などには蛍光レベルが F_0 よりさらに低下する場合があります。このレベルを F_0' と呼びます。 F_0' 自体はさほど意味のあるパラメーターではあり

ませんが、後述する非光化学消光 q_N の算出などに必要になります。

3. 蛍光の最大値 F_m と F_v/F_m

暗所に置いた葉に光合成が飽和するような強さのパルス光をあてると、蛍光の上昇が見られます。この飽和パルス照射時の蛍光の最大値を F_m と呼びます。ここでも、短いパルスの間では非光化学的要因は変化しないと考えられますから、蛍光の変化は光化学的要因、つまり Q_A の還元によって起こります。パルス変調による測定の場合は、原理的には変調された測定光以外の光による蛍光は検出されませんから、ここで見られる蛍光の上昇は、蛍光の収率の上昇を反映しています。 F_m 自体は何かの指標として使われることはあまりありませんが、 F_o と組み合わせることにより、 $(F_m - F_o)/F_m = F_v/F_m$ という形で、光化学系 II の最大量子収率を示すパラメーターを計算することができます。このパラメーターは、他の多くのパラメーターと異なり、原理的に光化学系 II の量子収率と定量的・直線的な関係があります。健康な植物では 0.80-0.83 程度となり、量子収率の低下に伴って直線的に減少しますので、もっとも使いやすいパラメーターといってもよいでしょう。しかし一つだけ注意しておくべきなのは、 F_v/F_m は光化学系 II の電荷分離だけに依存する、という点です。その他の b_6/f 複合体や光化学系 I の活性の低下は反映しませんし、光化学系 II の反応でも、初期電荷分離と直接関係のない反応の変化は検出できない可能性があります。例えば、暗所においた葉緑体に DCMU を加えれば、光化学系 II も全体の光合成も完

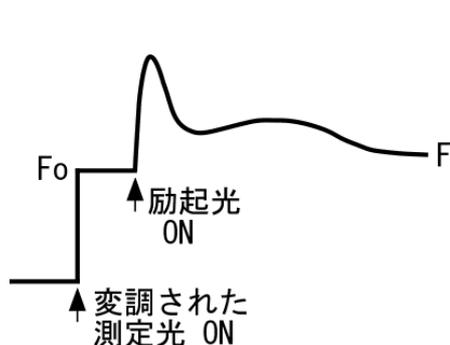


全に阻害されますが、そこに飽和パルス光をあてれば Q_A までは電子が流れますから、 F_v/F_m はそこそこ高い値が得られます。 F_v/F_m が高いからといって光化学系 II が健全である、とは言えないのです。より広い範囲の光合成反応の変化が知りたい場合は、後述するパラメーター ϕ_{II} を見るべきでしょう。 F_v/F_m は光化学系 II が全体として阻害される、といった場合には有効なパラメーターで光阻害の程度の評価などによく使われますが、光化学系 II の特定の箇所に阻害が起こる場合には、それについての情報が得られない場合があります。

一方で、飽和パルス照射後の F_m からの蛍光の減衰は、 Q_A の暗所での再酸化を反映します。 F_o の状態でシングルターンオーバーのフラッシュを照射すれば、その減衰曲線の一番早い成分は Q_A から Q_B への電子伝達速度を表します。この速度は通常サブミリ秒のオーダーなので、100 kHz のパルス変調と適当な A/D 変換の組み合わせにより、簡単に測定が可能です。以前は、 Q_A から Q_B への電子伝達速度の測定には、閃光分光光度計が必要でしたが、今は非常に楽になりました。なお、蛍光強度の減衰は通常 3 成分の和として近似でき、二番目の成分は Q_A とマンガンクラスター間の電荷再結合に、一番遅い成分は不活性な系 II にそれぞれ由来するとされていますが、実際に測定してみると遅い 2 つの成分の寄与はさほど大きくないこともあって、遅い成分の測定から何かを結論することは難しいように思います。

4. F の変化

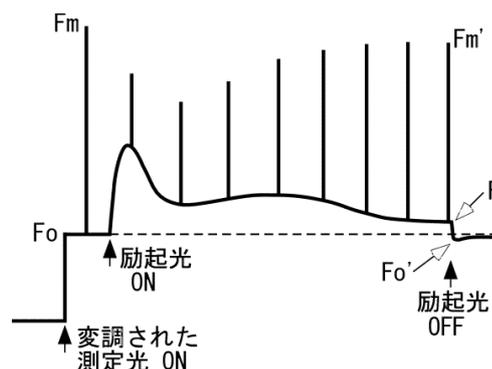
暗順応させて蛍光が F_o レベルにある植物の葉に、



連続した励起光をあてると、 Q_A の酸化還元とキサントフィルサイクルなどの熱放散系によるエネルギー放散の誘導によって、蛍光強度は複雑な変化を示し、最終的に一定の値に落ち着きます。この課程を蛍光の誘導期現象といい、その蛍光の収率変化はコークー効果と呼ばれています。その間の蛍光レベル、もしくは最終的に定常状態になった時の蛍光レベルを F (もしくは F_s) と表記します。蛍光レベル F 自体は、光化学的要因と非光化学的要因の両方の影響を受けるので、定量的に扱われることはほとんどありませんが、変異体のスクリーニングなどにおいては、 F の変化で変異のたいの推量を行なうことがあります。例えば、光化学系 I の変異株では、系 II からの電子の引き抜きが遅くなるので、励起光によって上昇した F がそのまま高い値に維持されるという表現型を示すことが多いようです。また、アメリカの Niyogi のグループや九州大学の鹿内先生のグループは、熱放散の誘導が起こらない変異株を F の最終レベルを指標に多数単離されています。前者は F に対する光化学的要因の影響に注目したもの、後者は F に対する非光化学的要因の影響に注目したものとと言えるでしょう。

5. F_m' の変化

上記のように連続した励起光をあてているうちに、飽和パルス光を例えば 20 秒間隔ほどで照射すると、飽和パルス光によって Q_A は完全に還元されますから、蛍光収率はその間だけ上昇します。この時のピークの値を F_m' といいます。この場合、励起光の強度にもよりますが、 Q_A は完全に還元されても熱放散系の誘導による蛍光収率の減少 (非光化学消光) は起こりますから、 F_m' は F_m に比べると小さくなります。つまり、 F_m' は蛍光の収率に影響を与える 2 つの



因子のうち、非光化学消光の影響だけを受けることになり、 F_m' の値をつないだ線の変化は、非光化学消光の変化をしめすことになります。

非光化学消光は、強光下において光エネルギーを積極的に熱に変換することによる蛍光収率の低下を示します。具体的には、1) チラコイド膜のプロトン濃度勾配ができたときのキサントフィルサイクルなどによる過剰エネルギー消去、2) アンテナ複合体の反応中心間の移動 (ステート変化) による蛍光収率の減少、3) 光化学系 II の光障害による蛍光収率の減少が主なもので、高等植物においては、プロトン濃度勾配の項が比較的大きいとされます。プロトンの濃度勾配は、励起光を消すと、ATPase を通したプロトンの流出で数十秒の時間スケールで解消しますし、ステート変化は 10 分程度で起こる現象です。また、光障害の修復は通常数十分の時間スケールでおきますから、これらの 3 つの要因は、励起光を消した後も飽和パルス光をあて続け、 F_m' の再上昇を観察すれば区別することができます。この 3 つの成分を分けて定量化する方法も、Quick and Stitt など複数のグループにより提案されていますが、ここでは詳細は省略致します。

6. 非光化学消光 q_N と NPQ

上述のように、蛍光の誘導期現象は、光化学反応的要因と非光化学反応的要因にわけて考えることができますから、それぞれを、定量化して解析することができます。光化学反応的要因と非光化学的要因は蛍光収率の変化として観察されますが、蛍光収率の絶対値だけでは、試料中のクロロフィル濃度などによって変化してしまうので、他の試料と比較できません。そこで、相対値の形をとることにします。

まず、非光化学的要因を考えてみましょう。蛍光の収率は、 Q_A の酸化還元に依存して、値が F_m から F_o まで変化しますが、ある一定の励起光があたっていると、エネルギーを熱に変える収率が暗所における収率より高くなりますので、蛍光の値は、 Q_A が完全に還元しているときは、 F_m から F_m' へ、完全に酸化しているときは、 F_o から F_o' へ低下します。

また、 F_m と F_o の差である F_v は F_v' へと低下します。そこで、ある励起光照射によって、どれだけ蛍光収率が低下するかを qN という以下のようなパラメーターを使って表します。

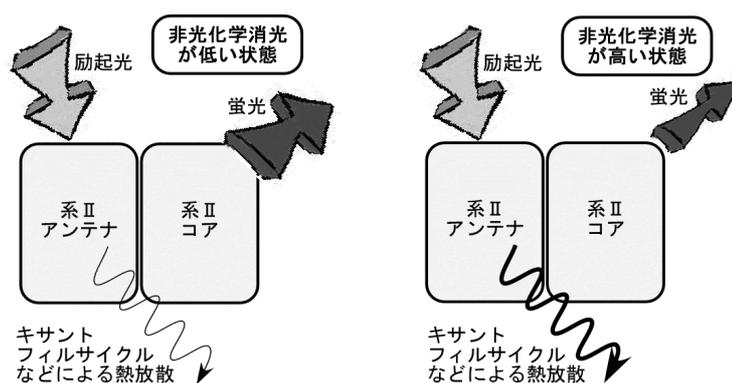
$$qN = 1 - (F_m' \cdot F_o) / (F_m \cdot F_o) = 1 - F_v' / F_v$$

この qN は非光化学消光 (non-photochemical quenching) と呼ばれます。消光 (quenching) とは蛍光収率が減少することで、この場合は、熱になる反応が大きいために消光のパラメーターが大きくなるように、1 から引き算をしています。暗所では、 $F_v' = F_v$ ですから qN は 0 になります。一方、消光が最大限になって $F_m' = F_o'$ ($F_v' = 0$) となる時、 qN は 1 になります。つまり、 qN は熱になる反応の大きさに依存して、0 から 1 の値を取ります。単に消光を定量化するだけなら $1 - F_m' / F_m$ でも $1 - F_o' / F_o$ でもよいのですが、その場合、 F_m' や F_o' は 0 にはならないので、 qN は 1 までは大きくなりません。 F_v を使うと (実際に実現するかどうかは別として) 理論的には F_v' が 0 になりうる (qN が 1 になりうる) ので、このようなパラメーターにしているのでしょう。

qN のかわりに NPQ というパラメーターを非光化学消光の指標として用いる場合もあります。 qN は、その計算式の中に、 F_o' を含むために、きちんと計算しようとするとう励起光を一旦消して測定を行なう必要があり、連続的な測定ができません。そこで、

$$NPQ = (F_m - F_m') / F_m'$$

というパラメーターが考案されました。これならば、最初に暗所で F_m を測っておけば、あとは、連続的に F_m' を測定していだけで、パラメーターを計算できます。また、このパラメーターは、どれだけ F_m が励起光によって消光されて F_m' になったかを、相対的に示すものですから、直感的にも理解しやすい



と思います。このパラメーターは、なぜか、分母が F_m ではなく F_m' になっているので、1 以上の値を取ることもあります。それでは、 qN と NPQ の違いは何でしょうか。 qN も NPQ も厳密な理論的バックグラウンドがあるものではなく、経験的なものです。従って、実用的に使いやすい方を使えばよい、と考えて構いません。一般に、弱光領域では、 qN の方が大きく変化しますので、弱光領域での非光化学消光の変化を敏感に捉えたいときは qN がお勧めです。一方、 qN は強光領域では飽和してしまうので、強光領域も含めた広い領域の変化を捉えたいときは NPQ の方がよいでしょう。また、非光化学消光の原因となるキサントフィルの脱エポキシ化の程度や、非光化学消光を起こす物質の濃度、非光化学消光の反応速度などとの相関も、 NPQ の方が高いようです。キサントフィルサイクルや非光化学消光との定量的な関連づけを行ないたいときは NPQ の方がお勧めでしょう。

7. 光化学消光 qP

ついで、光化学反応的要因を考えてみましょう。ある一定の励起光があたっているときは、非光化学消光によって蛍光の収率は変化し、 Q_A が完全酸化および完全還元の時値は、 F_o' および F_m' になります。励起光のもとでの定常状態になったときの蛍光を F とすれば、この時の Q_A の酸化還元状態に応じて F は F_o' と F_m' の間の値を取るはずで。そこで、 F_o' と F_m' の差を 1 として F を標準化した値を qP とすると

$$qP = (F_m' - F) / (F_m' - F_o')$$

となります。当然ですが、 Q_A が完全に還元されたときは $F = F_m'$ となりますから、 qP は 0 に、完全に酸

化されたときは、 $F = F_o'$ となりますから、 qP は1となります。つまり、 qP は、 Q_A の酸化還元状態に応じて0から1の値を取るパラメーターで、光化学消光(photochemical quenching)と呼ばれます。この場合は、 Q_A が酸化されているほど、エネルギーは光合成に使われて蛍光強度は小さくなりますから、消光を示すパラメーターは大きくなることとなります。ただし、 qP は厳密な理論的裏付けがあるわけではなく、経験的なパラメーターであり、 Q_A の酸化還元状態と完全に直線関係があると保証されているわけではないことに注意してください。特に、非光化学消光が大きいときには、 Q_A の酸化還元状態は、 qP の値から予想されるより酸化的であることが多いようです。

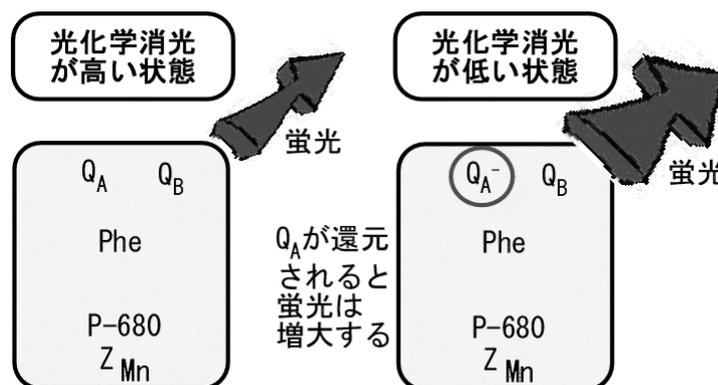
このようにして、蛍光収率の時間変化を2つのパラメーター、光化学消光と非光化学消光で説明することにより、蛍光の誘導期現象のあいだに、どのような光合成系の変化が起こっているかを解析することができます。

8. 蛍光パラメーター ϕ_{II} 、ETR とその解釈

先に述べたように、 F_v/F_m は光化学系 I の最大量子収率を示します。これは、暗所で Q_A が完全に酸化されているときの量子収率ですが、ある一定の励起光があたっているときにも、その状態で、系 II の中で Q_A が酸化されているものの量子収率を F_v/F_m' として表すことができます(当然ですが、 Q_A が還元されている系 II は電子伝達ができないので、量子収率は0です)。さて、 qP は上述のように Q_A がどれだけ酸化されているかの割合ですから、 F_v/F_m' に qP をかければ、ある励起光下での実効量子収率が計算できるはずですが。これを ϕ_{II} と呼びます。

$$\begin{aligned} \phi_{II} &= qP \cdot F_v/F_m' \\ &= (F_m' - F)/(F_m' - F_o') \cdot F_v/F_m' \\ &= (F_m' - F)/F_m' \end{aligned}$$

と変形できますから、系 II を通る電子伝達の実効量子収率は、 F_m' と F の2つを測定すれば求まることになります。つまり、一定の励起光をあてておいて蛍光を測定し (F)、ついで、飽和パルスをあてて蛍光を測定すれば (F_m') 実効量子収率が求まります。実際にこの値は、別の方法で求めた電子伝達の量子収率と非常によく相関があることが確かめられています。



ここで、1つ注意しなくてはならないのは、この ϕ_{II} は光化学系 II を通る電子伝達の量子収率ではありませんが、その値は、光化学系 II 以外の要因によっても左右されることです。 F_v'/F_m' は光化学系 II の状態によって決まりますが、 qP は、いわば系 II の下流にどれだけ電子がたまっているかですから、 b_6/f 複合体であれ、光化学系 I であれ、系 II の下流に存在するコンポーネントが機能を失った場合は小さくなり、結果として ϕ_{II} も小さくなります。従って、もし、何らかの条件または処理で、電子伝達の量子収率 ϕ_{II} が減少していたら、その原因が qP にあるのか、 F_v'/F_m' にあるのかを分けて考えてみれば、原因が光化学系 II の下流にあるのか、光化学系 II 自体にあるのかを見極めることができます。もし、 F_v'/F_m' が低下していたときには、さらに F_v/F_m が低下しているかどうかを見て、低下していれば光化学系 II の最大量子収率自体が低下していることになりすし、そうでなければ、励起光をつけたときに何らかの光化学系 II の量子収率を低下させるメカニズムが働いていることとなります。後者であれば、熱になる反応の量子収率は高くなる場合が多いですから、通常、 qN の上昇が観察されます。

以上をまとめると次のようになります。

ϕ_{II} の減少 → 光合成電子伝達の何らかの異常 (系 II に限らないことに注意)

- ↳ qP が減少している場合 → 光化学系 II の下流 (系 I など) に異常
- ↳ F_v'/F_m' が減少している場合 → 光化学系 II 自体に異常
- ↳ F_v/F_m が低下している場合 → 光化学系 II の最大量子収率が低下
- ↳ qN が上昇している場合 → 光化学系 II の熱放散系の上昇

さて、ここで、 ϕ_{II} は電子伝達の量子収率ですから、これに吸収された光の光量子束密度をかければ、電子伝達速度（ETRと略称）が求まるはずですが、照射している光の光量子束密度はすぐに測定できますが、葉に吸収された光の光量子束密度の実測は簡単でないため、蛍光測定機器についているプログラムでは、照射光量子束密度に葉の吸収係数として0.84をかけて吸収された光の光量子束密度とします。実際の葉の吸収係数は植物種によっても葉によっても異なりますから、このようにして求められるETRは便宜的なものであることに注意しなければなりません。さらに、光化学系は光化学系Iと光化学系IIが直列に電子伝達を行いますから、吸収された光のうち、どれだけ光化学系IIに使われるかによって電子伝達速度の見積は違ってきます。一般的に、反応中心あたりのアンテナクロロフィルの数は、光化学系I、系IIともに200前後ですので、光化学系Iと光化学系IIはほぼ1:1に光を吸収すると考え、

$$ETR = \phi_{II} \cdot PAR \cdot 0.84 \cdot 0.5$$

として計算している例が多いようです。ここでPARというのは光合成有効放射 photosynthetically active radiationの略で、クロロフィルが吸収できる範囲の波長の光量子束密度（面積時間あたりの光量子数）です（単位は $\text{mol quanta m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）。

このようにして計算したETRは、必ずしも炭酸固定速度の実測値と一致しません。これは、上記の前提（葉の吸収係数や光化学系間のエネルギー分配比）が正確ではないことにも由来しますが、電子伝達によって作られた還元力のうちに炭酸固定に使われない部分があることも大きな要因です。炭酸固定系の鍵酵素であるRubiscoが、酸素をも基質として使うことによる光呼吸や、電子伝達により酸素が直接還元されて過剰な還元力が消去される浅田回路（water-water cycle）が働くときは、電子伝達速度が炭酸固定速度を上回ることとなります。このような原因による差なのかどうかは、高二酸化炭素濃度、低酸素濃度の雰囲気や光呼吸や浅田回路を抑えてやれば、確かめることができます。

9. パラメーターのチェック

パルス変調を用いたクロロフィル蛍光測定を行なえば、上記のようなパラメーターを使って簡便に光

合成の状態をモニターすることができます。その簡便さにより、それまで光合成測定をしたことのない人にも光合成の測定ができるようになりました。一方で、それに伴って、投稿されてきた論文原稿はもちろん、すでに雑誌に載っている論文でも、おかしなパラメーターの使い方をしている例が見られます。一番多いのは、 ϕ_{II} の低下を光化学系IIの活性低下の証拠として扱う例です。これは、 ϕ_{II} を光化学系IIの実効量子収率と呼ぶことによる混乱でしょう。光化学系Iが阻害されても光化学系IIの実効量子収率が低下することは上に述べたとおりです。他に、論文のqPとFv/Fm'を掛け算しても ϕ_{II} にならない、という例もしばしば見受けられます。これは、単純な思い違いか、計算ミスだと思われそうですが、雑誌に投稿する前に簡単に自分でチェックできる点です。この他、Fv/Fmは励起光に依存しない（というより、励起光をあてない状態で測定する）パラメーターであるのに、Fv/Fmの励起光強度依存性を示していた論文も過去にありました。これは、励起光を変えて様々なパラメーターを測定する際に、Fv/Fmも同時に計算されるので、何も考えずに機械的にグラフを作ったのでしょう。また、逆にqP、qN、 ϕ_{II} といったパラメーターは励起光下で測定するパラメーターですから、励起光の強さが明記されていないと評価することができません。qNに差がないといっても、弱光条件で差がないのか、強光条件で差がないのかでは意味が違ってきます。論文を読む際には（もちろん自分で実験をする際にも）、そのような点に注意する必要があります。

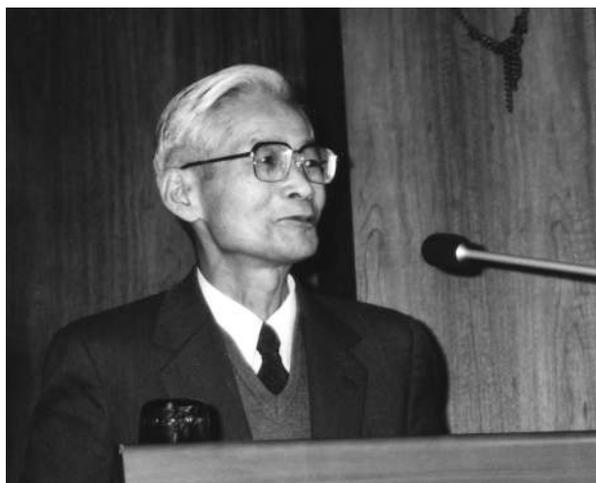
10. おわりに

クロロフィル蛍光測定は、非破壊的な測定なので経時的な測定が可能であるなど、様々な利点を持っています。測定自体も、(いろいろ注意を払わなくてはならない点ではありますが)操作自体は極めてシンプルです。測定機器も、自分で持っていなくても、周りを見回せばどこかにある、と言えるまで普及してきました。論文を読んで自分もやってみようと思った人は是非トライしてみてください。

追悼文

藤田善彦先生とラン藻の光合成 —ラボから海のフィールドへ—

村上明男（神戸大学・内海域環境教育研究センター）



基礎生物学研究所の最終講義（1995年4月11日）にて

岡崎国立共同研究機構（現、自然科学研究機構）基礎生物学研究所名誉教授、及び福井県立大学名誉教授の藤田善彦先生は、本年2月24日にご逝去されました（享年73歳）。1992年に名古屋で開催された国際光合成会議期間中に手術された食道癌は見事に克服されましたが、今回同じ病魔が先生を襲い残念ながら奇跡が再び起こることはありませんでした。謹んで哀悼の意を表します。

藤田先生の東京大学海洋研究所在職後期から基礎生物学研究所の在職期間中、研究室の傍らにいた1人として、先生のこれまでのご功績の一端をご紹介しますことで追悼の辞の代わりとさせていただきます。

藤田善彦先生は一貫して酸素発生光合成生物、特にラン藻についてその生育生理、光合成反応機構、環境応答機構などの研究を微生物学の手法でもある人工培養系を駆使して進めて来られました。一方で、東京大学応用微生物研究所での微細藻類のカルチャーコレクションの維持管理や東京大学海洋研究所でのフィールドワークを通して、様々な分類群の海産藻類についても研究対象を広げられました。その中で、陸上植物や培養が容易な緑藻などで得られていた知識が水圏の多様な藻類にはそのまま当てはまらないことがあること、或いは自然環境下では細胞の生理状態が大きく変動することなどを強く意識されていたと思います。1980年頃には、浮遊性の糸状ラン

藻 *Trichodesmium* を静岡県下田沖で採集し、世界に先駆けて人工培養系に持ち込むことに成功されました。このラン藻はヘテロシストをもたず、窒素固定が光合成を行う栄養細胞内で共役して進行する特徴をもっています。また、このラン藻が真正紅藻類と同様の R-フィコエリスリンであることも明らかにされました。最近このラン藻のゲノムが解明され、現在でも海洋生物学の重要課題として研究が進められています。一方当時のラボでの成果として、光化学系 I/光化学系 II の量比がラン藻では等量関係ではなく大きく偏っていること、そしてこの光化学系の量比が生育時の光強度に依存して変わることなど後の研究の課題となる端緒を見いだされていました。

1982 年に基礎生物学研究所にラボを移してからは、光条件による光化学系 I/II 量比の適応機構、すなわちラン藻の“第二の単色光適応”の研究を本格的に開始されました。この研究のそもそもの発端は、1950 年代の終りに Yocum & Blinks と Brody & Emerson が紅藻類で見いだしていたクロロフィル *a* 吸収領域とフィコエリスリン吸収領域の光合成量子収率が培養の光質条件で適応的に変化する現象の謎を解明することでした。この実験においても培養系の創意工夫が成功へ導いたと今更ながら思い直しています。個々の方法論において人並み以上のこだわりはあったものの、多面的な手段と発想を取り入れるのが藤田流の研究スタイルでした。

その後 10 年かけて藤田先生が解明されたことは、1) 第二の単色光適応の実体は、光化学系 I/II 量比の調節であること、2) 光化学系 I 複合体形成のいずれかの段階が調節されること、3) この調節は光以外の様々な要因でも起こること、4) 調節には電子伝達系のレドックスバランスが介在することなどです。さらに、このラン藻の単色光適応は“第一の単色光適応”とは異なり、紅藻、緑藻、陸上植物でも共通に見られ、酸素発生光合成生物に普遍的な調節現象であることを明らかにされました。これらの研究により、Z スキームモデルの見直しが必要となり、またエネルギー変換系の可塑性とホメオスタシスといった概念も提起されました。しかし、この課題について藤田先生が納得される答えは未だ見つかっていません。藤田先生から課せられた宿題はなかなかの難問かもしれません。

最近の *Prochlorococcus* や *Acaryochloris* などの解析により、海洋のラン藻やその光合成系の多様性や広がりはいわゆる我々の想像以上であることも明らかになってきました。まさに先生が構築された藻類の実験生物学を、水圏の生態系における藻類の生理学研究に発展させる時期が来ています。ラボを出て海のフィールドで光合成を見つめる必要性をいち早く見抜いておられた先生の先見の明を今改めて痛感しています。

*ラン藻の“第一の単色光適応”であるフィコビルリン分子種に入れ替わりによる補色適応は色素タンパク質の生合成の調節であることを、藤田先生ご自身が 1950-1960 年代に明らかにされています。

報 告 事 記

ワークショップ報告

「in vivo ではかる光合成：何が出来るか？体験しよう：講義と実習」

名古屋大学理学部 理学館 7階 光生体エネルギー研究室：04/12月 22-23日：内容：入門講義と実験実習（時間分解蛍光、顕微蛍光、PAM, ESR, 熱発光）とまとめを受講生 15名（教員 4, 会社員 1, PD4, 院生 6）と講師 10名（教員 3, 院生 7）でおこないました。使い方がわからないと持ち込みの PAM を使ってみせたり、要求は様々でしたが、日頃つかったことのない装置や実習を各人楽しまれたようです。以下は講師からの報告です。（名大・物理 伊藤 繁）

ワークショップを終えて

「in vivo ではかる光合成」と題し行なわれた今回のワークショップはコンセプトが「何が出来るか？体験しよう」ということで、これに沿った講義と実習が行なわれました。延々と原理が語られるような単なる物理屋さんの講義ではなく（当研究室は、理論や数式が大好きな人種の多く存在する「物理学科」なのです！）、かと言って用意された最適の試料をただただ測るような単なる実習でもなく、持ち込みの試料も広く受け入れ、受講された方の興味や関心を事前にチェックし…と、用意する側にとっては手間もかかるし、初めて見る試料をいきなり測定してどれくらい成果が上がるかも大変不安でありました。しかし実際には、ここで測定したデータを学会発表で使われた方もおられ、最近でも参加者の方から「あの装置を使って測定したい」という申し出があったりと首尾は上々、ワークショップは成功裡に終わることが出来ました。様々な分野の方と交流できたのも、大変よい体験になりました。盛り沢山で、日程的にはやや詰め込みすぎという反省点もありましたが、参加者の熱心さで、どうにか無事に乗り越えることが出来たのだと思います。

最後に、参加者の皆様、本当にお疲れ様でした！

2005. 4. 8. （名大院・理・物質理学・物理 D2 杉浦 花菜）



報 告 事

Japanese-Finnish Seminar 2004 と The 7th Nordic Photosynthesis Congress に参加して

奈良先端大・バイオ 明石 欣也

2004年11月2日から4日まで日本フィンランド2国間セミナーが、続いて11月5日から7日まで北欧光合成会議が、バルト海に面するフィンランドの古都トゥルクにて行なわれた。トゥルクはフィンランド第3の人口を有する都市で、18世紀までフィンランドの首都であったとのことである。バルト海対岸のスウェーデンと歴史的・文化的なつながりの深い、美しい港湾都市である。会場・宿泊場所となったのは、市中心部に位置するTurku大学近くのホテル・カリビアであった。前半の日本フィンランド2国間セミナーは、愛媛大学の西山佳孝博士とTurku大学のEva-Mari Aro博士による素晴らしいオーガナイズにより行われ、JSPSおよびフィンランド・アカデミーによりサポートされた。また後半は北欧光合成会議とジョイントする形で行なわれた。参加者は、日本側から15名、フィンランド側から13名、さらにその他ヨーロッパ諸国から光合成の諸分野を代表する研究者15名が口頭発表し、さらにポスター発表者が北欧諸国からの参加者を中心に40名であった。光合成研究を軸に、活発な議論・歓談が展開され、友好を深めるのに有益な会合であった。以下、各セッションの顔ぶれ(以下の文中で敬称は省略させていただきました)と内容を簡単に記す。最初の3セッ



トゥルク大聖堂

ョンが日本フィンランド2国間セミナー、次の6セッションが北欧光合成会議である。

[Session: Acclimation to environment] 村田(基生研)から、光化学系IIの光損傷のターゲットが酸素発生系であるとする新データが紹介された。またTyystjärvi(トゥルク大)からも、donor-side, acceptor-side photoinhibition 説に対する疑問が呈



Aro博士自宅でのレセプション



トゥルク市庁舎を見学

された。光化学系 I については、そのアセンブリに Ycf4 タンパク質が重要な働きをすること（高橋、岡山大）、光強度による光化学系 I の量的調節に sll1961 タンパク質が関与すること（園池、東京大）が示された。

[Session: Signalling and defence] 紫外線や酸化ストレスなどに対する応答に、RCD1 タンパク質がグローバル・レギュレーターとして関与することが示された（山本、北海道大； Kangasjärvi、ヘルシンキ大）。LHCII のリン酸化を担うキナーゼの同定とチオレドキシンを介する還元シグナルとの関係が報告された（Rintamäki、トゥルク大）。光化学系 II の光損傷と修復の過程を解析した結果、一重項酸素は損傷を誘導するのではなく、修復を阻害すること、特にペプチド鎖伸長反応が最初のターゲットであることが報告された（西山、愛媛大）。葉緑体シグマ因子の一つである SIG5 がストレスにより誘導され、*psbD* オペロン（光化学系 II の D2 タンパク質をコード）の発現を制御していることが明らかになった（田中、東京大）。光化学系 II の複合体が組み立てられていく過程が、パルス・チェース標識とプロテオミクス手法を用いて克明に解析された（Aro、トゥルク大）。私はこのセッションで、乾燥強光ストレスへの応答として、葉緑体 ATP 合成酵素の ϵ サブユニットが量的変動しエネルギー調節を行うという新データを紹介したが、たくさんの質問があつて議論が弾み嬉しいことであつた。

さて、フィンランドといえばサウナである。今回の宿泊地ホテル・カリビヤはサウナと温水プールを併設しており、2階のレストランから大型プールや滑り台やらジャグジーやらが一望できる。会議場からすぐ近くなのでコーヒブレイクの間に一浴びという荒業も可能であつた。また、古都トゥルクはフィンランドの国民的作曲家シベリウス縁の地とのことで、夜ごとクラシックのコンサートが開かれていた。私も参加したが非常に素晴らしかった。

[Session: Lipids, secondary metabolites and development] アフリカ原産のキク科ガーベラは、ヨーロッパでお馴染みの色鮮やかな花々であるが、そのフラボノイド合成系のトランスクリプトーム、メタボローム解析が報告された（Teeri、ヘルシンキ大）。脂質ホスファチジルグリセロールが光化学系の電子伝達に必須であり、光化学系 II の表在性タンパク質がリポタンパク質であることが明らかになった（和田、東京大）。火星探査計画の一端として、低い気圧下でのラン藻の生育が検討された（Lehto、トゥルク大）。

[Session: Structure and function of photosynthetic membrane complexes] 光化学系 I 構造が 3.5Å の分解能で紹介され、PSI の進化が議論された（Nelson、テルアビブ大）。光化学系 II の構造が 3.5Å の分解能で紹介され、PSII cyclic 電子伝達が構造学的に考察された（Shen、岡山大）。チラコイド膜のグラナやラメラなど異なる位置における構成タンパク質の組成が詳細に解析され、光化学系修復の場がストロマラメラであることが示唆された（Mamedov、ウプサラ大）。

[Session: Omics in photosynthesis] 近年新たにゲノムが解読された光合成生物の情報が報告され、酵母 two hybrid 解析によるラン藻の遺伝子産物相互作用のネットワークが紹介された（田畑、かずさ DNA 研）。ランソウ NAD(P)H dehydrogenase サブユニット構成とそれらの機能が報告された（Battchikova、トゥルク大）。



会議場にて (左から鹿内、Aro、Nelson 博士ら)

[Session: Three billion years of photosynthesis] クロロフィル *b* 合成酵素 (CAO) の遺伝子をラン藻に導入した実験から、光合成生物の光捕集システムの進化について新説が提唱された (田中、北海道大)。自然環境下における PsbS (光化学系のエネルギー熱消散に關与) 変異体の挙動が検討された (Külheim、ウメア大)。

[Session: Energy conversion in natural and artificial photosynthesis] 人工光合成を目指し光化学系 II の酸素発生系にルテニウム-マンガン錯体が採用され、光に依存したマンガンからルテニウムへの電子移動が観察された (Magnuson、ウブサラ大)。

[Session: Redox regulation and signal transduction] ラン藻の光・レドックスセンサータンパク質の機能が、遺伝子破壊株の解析等から報告された (池内、東京大)。同定されたチラコイド膜局在型 ATP トランスポーターについて、その作用機作が紹介された (Thuswaldner、リンコピン大)。

[Session: Stress, photosynthesis and metabolism] 光化学系 I の循環的電子伝達系 (PSI cyclic) における NAD(P)H dehydrogenase の役割が議論された (Peltier、メディタラネ大)。PSI cyclic に關与する因子が紹介され、その生理学的意義が議論された (鹿内、九州大)。



最終夜のディナーでジョークを交わす村田、van Gorkom 両博士

さて、肝心の夕食会と、夜も充実したものであった。ある晩はアンティークな雰囲気のとウルク市庁舎を見学した後、そのまま市庁舎内のビュッフェで夕食会。次の晩は大型貸切バスに乗り郊外の Aro 博士の自宅に行き、木立と満天の星空に囲まれた邸宅内でディナーであった。話が弾んで、ついつい毎晩のようにバーに梯子してしまうのであった。そんなときにフィンランド研究者が意地悪っぽく勧めてくる、フィンランド独特の人気リキュール Salmiakki (なんとアンモニアが入っている、すごい味) に、驚嘆した日本人研究者も多かったと思う。

【終わりに】 本報告記事の作成に当たって、愛媛大の西山佳孝博士から貴重な参考資料を提供頂きました。また東京大の池内昌彦博士と田中寛博士からたくさんの写真をご提供いただきました。厚く御礼申し上げます。次回の日本フィンランド 2 国間セミナーは、田中歩博士 (北海道大) を中心に構想が練られている段階です。

集会案内

「光合成の色素系と反応中心に関するセミナーXIII」

光合成の光反応に関する内容を主題とするセミナーを、以下のような要領で開催致します。興味のある方はふるってご参加下さい。

日時 2005年6月18日(土)午後1時30分～6月19日(日)午後4時

場所 京都大学大学院人間・環境学研究科 講義室

主題 光合成の光反応に関する内容 - 物理学、化学、生物学を融合した討論

プログラム (予定)

1. 教育プログラム (異なる分野の学生に対する初歩的・教育的内容の講義)
2. ポスター発表・討論
3. 一般講演 (15分を基準とする)

懇親会 6月18日 夜 (京大吉田生協 (予定))

参加費 (予定額) (懇親会費、19日昼の弁当代、お茶代、その他を含む)
一般 5,000円、学生 3,000円

参加申し込み (締切 6月15日 (予定))

三室 守 (mamo-mi@mm1.mbox.media.kyoto-u.ac.jp) または

土屋 徹 (ttsuchiy@bio.mbox.media.kyoto-u.ac.jp) まで

発表申し込み (締切 6月10日 (予定))

追記

昨年までは「光合成細菌の色素系と反応中心に関するセミナー」としていましたが、今年から「細菌」を取り去り、光合成生物全般を対象にして議論を行います。光化学反応の基礎となる色素合成、色素合成とタンパク質合成などの調和なども討論の対象としています。

新刊図書

Chlorophyll a Fluorescence A Signature of Photosynthesis

Series: Advances in Photosynthesis and Respiration, Vol. 19

Papageorgiou, G. C.; Govindjee, (Eds.)

2004, XXXII, 820 p., Hardcover

Springer

ISBN: 1-4020-3217-X

Contents

1. Chlorophyll a Fluorescence: A Bit of Basics and History / 2. Fluorescence of Photosynthetic Pigments in Vitro and in Vivo / 3. Chlorophyll Fluorescence as a Probe of Photosynthetic Productivity / 4. Nuts and Bolts of Excitation Energy Migration and Energy Transfer / 5. Transfer and Trapping of Excitations in Plant Photosystems / 6. System Analysis and Photoelectrochemical Control of Chlorophyll Fluorescence in Terms of Trapping Models of Photosystem II: A Challenging View / 7. Photon Capture, Exciton Migration and Trapping and Fluorescence Emission in Cyanobacteria and Red Algae / 8. Photosystem II: Oxygen Evolution and Chlorophyll a Fluorescence Induced by Multiple Flashes / 9. Fluorescence of Photosystem I / 10. The Relationship between Photosynthetic Electron Transfer and its Regulation / 11. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) Fluorometry and Saturation Pulse Method: An Overview / 12. Analysis of the Chlorophyll a Fluorescence Transient / 13. Light Emission as a Probe of Charge Separation and Recombination in the Photosynthetic Apparatus: Relation of Prompt Fluorescence to Delayed Light Emission and Thermoluminescence / 14. Chlorophyll Fluorescence Imaging of Leaves and Fruits / 15. Using Chlorophyll a Fluorescence Imaging to Monitor Photosynthetic Performance / 16. Remote Sensing of Chlorophyll Fluorescence: Instrumentation and Analysis / 17. Probing the Mechanism of State Transitions in Oxygenic Photosynthesis by Chlorophyll Fluorescence Spectroscopy, Kinetics and Imaging / 18. Non-photochemical Energy Dissipation Determined by Chlorophyll Fluorescence Quenching: Characterization and Function / 19. Excess Light Stress: Multiple Dissipative Processes of Excess Excitation / 20. Using Mutants to Understand Light Stress Acclimation in Plants / 21. Excess Light Stress: Probing Excitation Dissipation Mechanisms through Global Analysis of Time- and Wavelength-Resolved Chlorophyll a Fluorescence / 22. Chlorophyll Fluorescence as a Tool to Monitor Plant Response to the Environment / 23. Plant Responses to Ultraviolet Radiation Stress / 24. Effects of Water Stress on the Photosynthetic Efficiency of Plants / 25. Chlorophyll a Fluorescence as a Probe of Heavy Metal Ion Toxicity in Plants / 26. Water and Solute Transport in Cyanobacteria as Probed by Chlorophyll Fluorescence / 27. Assembly of Light-Harvesting Complexes of Photosystem II and the Role of Chlorophyll b / 28. Light Adaptation and Senescence of the Photosynthetic Apparatus. Changes in Pigment Composition, Chlorophyll Fluorescence Parameters and Photosynthetic Activity / 29. From Leaves to Ecosystems: Using Chlorophyll Fluorescence to Assess Photosynthesis and Plant Function in Ecological Studies / 30. Development and Application of Variable Chlorophyll Fluorescence Techniques in Marine Ecosystems / 31. Plant Productivity of Inland Waters

*** Information ***

事務局からのお知らせ

★ホームページアドレスの変更

ホームページアドレスが以下のとおり変更になりましたのでお知らせいたします。

新アドレス：<http://photosyn.phys.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>

★入会案内

本会へ入会を希望される方は、会費（個人会員年会費：¥1,500、賛助会員年会費：¥50,000）を郵便振替（加入者名：光合成研究会、口座番号：00140-3-730290）にて送金の上、次ページの申し込み用紙、または電子メールにて、氏名、所属、住所、電話番号、ファックス番号、電子メールアドレス、入会希望年を事務局までお知らせください。

記事募集

日本光合成研究会では、会報に掲載する記事を会員の皆様より募集しています。募集する記事の項目は以下の通りです。

- 研究紹介：最近の研究結果の紹介。特に、若手、博士研究員の方々からの投稿を期待しています。
- 集会案内：研究会、セミナー等の案内
- 求人：博士研究員、専門技術員等の募集記事
- 新刊図書：光合成関係、または会員が執筆・編集した新刊図書の紹介
- 新製品：賛助会員が取り扱う光合成関連装置の新製品の紹介
- 掲示版：研究上の質問、実験装置の譲渡など、会員からの様々な情報

記事の掲載を希望される方は、会報編集担当、野口（tnoguchi@ims.tsukuba.ac.jp）まで御連絡下さい。

日本光合成研究会会員入会申込書

平成 年 月 日

日本光合成研究会 御中

私は日本光合成研究会の趣旨に賛同し、平成 年より、会員として入会を申し込みます。

ふりがな

氏名

所属

住所

TEL

FAX

E-mail

※ 会報上にて E-mail address の公開を希望（ します ・ しません ）。

個人会員年会費 1,500 円

賛助会員年会費 50,000 円

（振込予定日：平成 年 月 日）

*複数年分の会費を先払いで振り込むことも可能です。その場合、通信欄に何年度分であるかをお書き下さい。

連絡先（入会申し込みにはなるべく電子メールをご利用下さい）：

〒464-8602 名古屋市千種区不老町

名古屋大学理学部物理教室

光生体エネルギー研内

日本光合成研究会

FAX: 052-789-2883

<http://photosyn.phys.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>

E-mail: photosyn@bio.phys.nagoya-u.ac.jp

郵便振替口座 00140-3-730290

日本光合成研究会会則

第1条 名称

本会は日本光合成研究会（The Japanese Association for Photosynthesis Research）と称する。

第2条 目的

本会は光合成の基礎および応用分野の研究発展を促進し、研究者相互の交流を深めることを目的とする。

第3条 事業

本会は前条の目的を達成するために、シンポジウム開催などの事業を行う。

第4条 会員

1. 定義

本会の目的に賛同する個人は、登録手続を経て会員になることができる。また、団体、機関は、賛助会員になることができる。

2. 権利

会員および賛助会員は、本会の通信および刊行物の配布を受けること、本会の主催する行事に参加することができる。会員は、会長を選挙すること、役員に選出されることことができる。

3. 会費

会員および賛助会員は本会の定めた年会費を納めなければならない。

第5条 組織および運営

1. 役員

本会の運営のため、役員として会長1名、事務局長1名、会計監査1名、常任幹事若干名をおく。役員任期は2年とする。会長、常任幹事は連続して二期を越えて再任されない。事務局長は五期を越えて再任されない。会計監査は再任されない。

2. 幹事

幹事数名をおく。幹事任期は4年とする。幹事の再任は妨げない。

3. 常任幹事会

常任幹事会は会長と常任幹事から構成され、会長がこれを招集し議長となる。常任幹事会は本会の運営に係わる事項を審議し、これを幹事会に提案する。事務局長と会計監査は、オブザーバーとして常任幹事会に出席することができる。

4. 幹事会

幹事会は役員と幹事から構成され、会長がこれを招集し議長となる。幹事会は、常任幹事会が提案した本会の運営に係わる事項等を審議し、これを決定する。

5. 事務局

事務局をおき、事務局長がこれを運営する。事務局は、本会の会計事務および名簿管理を行う。

6. 役員および幹事の選出

会長は会員の直接選挙により会員から選出される。事務局長、会計監査、常任幹事は会長が幹事の中から指名し、委嘱する。幹事は常任幹事会によって推薦され、幹事会で決定される。会員は幹事を常任幹事会に推薦することができる。

第6条 総会

1. 総会は会長が招集し、出席会員をもって構成する。議長は出席会員から選出される。
2. 幹事会は総会において次の事項を報告する。
 - 1) 前回の総会以後に幹事会で議決した事項
 - 2) 前年度の事業経過
 - 3) 当年度および来年度の事業計画
3. 幹事会は総会において次の事項を報告あるいは提案し、承認を受ける。
 - 1) 会計に係わる事項
 - 2) 会則の変更
 - 3) その他の重要事項

第7条 会計

本会の会計年度は1月1日から12月31日までとする。当該年度の経理状況は、総会に報告され、その承認を受ける。経理は、会計監査によって監査される。本会の経費は、会費および寄付金による。

付則

- 第1 年会費は個人会員 1,500 円、賛助会員一口 50,000 円とする。
- 第2 本会則は、平成14年6月1日から施行する。
- 第3 本会則施行後第一期の会長、事務局長、常任幹事にはそれぞれ、第5条に定める規定にかかわらず、平成14年5月31日現在の会長、事務局担当幹事、幹事が再任する。本会則施行後第一期の役員および幹事の任期は、平成14年12月31日までとする。

日本光合成研究会の運営に関する申し合わせ

1. 幹事会：
幹事は光合成及びその関連分野の研究を行うグループの主催者である等、日本の光合成研究の発展に顕著な貢献をしている研究者とする。任期は4年とするが、原則として再任されるものとする。
2. 事務局：
事務局長の任期は2年とするが、本会の運営を円滑に行うため、約5期（10年）を目途に再任されることが望ましい。
3. 次期会長：
会長の引き継ぎを円滑に行うため、次期会長の選挙は任期の1年前に行う。
4. 常任幹事会：
常任幹事会の運営を円滑におこなうため、次期会長は常任幹事となる。

幹事会名簿

浅田浩二	福山大学工学部	都筑幹夫	東京薬科大学生命科学部
池内昌彦	東京大学大学院総合文化研究科	寺島一郎	大阪大学大学院理学研究科
池上 勇	帝京大学薬学部	徳富(宮尾)光恵	農業生物資源研究所 光合成研究チーム
泉井 桂	京都大学大学院生命科学研究科	豊島喜則	関西学院大学理工学部
伊藤 繁	名古屋大学大学院理学系研究科	南後 守	名古屋工業大学応用化学科
井上和仁	神奈川大学理学部	野口 巧	筑波大学大学院数理工学科学研究科
井上頼直	理化学研究所	長谷俊治	大阪大学蛋白質研究所
臼田秀明	帝京大学医学部	林 秀則	愛媛大学理学部
榎並 勲	東京理科大学理学部	原登志彦	北海道大学低温科学研究所
大岡宏造	大阪大学大学院理学研究科	彦坂幸毅	東北大学大学院生命科学研究科
大杉 立	東京大学大学院農学生命科学研究科	久堀 徹	東京工業大学資源化学研究所
大政謙次	東京大学大学院農学生命科学研究科	檜山哲夫	埼玉大学理学部 (名誉教授)
小川健一	岡山県生物科学総合研究所	福澤秀哉	京都大学大学院生命科学研究科
小野高明	理化学研究所フォトダ イミクス研究センター	藤田祐一	名古屋大学大学院生命農学研究科
小俣達男	名古屋大学大学院生命農学研究科	前 忠彦	東北大学大学院農学研究科
垣谷俊昭	名城大学理工学部教養教育/ 総合学術研究科	牧野 周	東北大学大学院農学研究科
金井龍二	埼玉大学 (名誉教授)	松浦克美	東京都立大学理学部
櫻井英博	早稲田大学教育学部	三室 守	京都大学大学院地球環境学学堂
佐藤和彦	兵庫県立大学大学院生命理学研究科	宮地重遠	海洋バイオテクノロジー研究所
佐藤公行	岡山大学 (名誉教授)	村田紀夫	基礎生物学研究所
佐藤直樹	東京大学大学院総合文化研究科	山本 泰	岡山大学大学院自然科学研究科
佐藤文彦	京都大学大学院生命科学研究科	山谷知行	東北大学大学院農学研究科
重岡 成	近畿大学農学部	横田明穂	奈良先端科学技術大学院大学 バイオサイエンス研究科
島崎研一郎	九州大学大学院理学研究院	和田敬四郎	金沢大学理学部
嶋田敬三	東京都立大学理学部		
杉浦昌弘	名古屋市立大学 大学院システム自然科学研究科		
杉田 護	名古屋大学遺伝子実験施設		
杉山達夫	理化学研究所植物科学研究センター		
鈴木祥弘	神奈川大学理学部		
園池公毅	東京大学大学院新領域創成科学研究科		
高橋裕一郎	岡山大学大学院自然科学研究科		
高宮建一郎	東京工業大学大学院生命理工学研究科		
田中 歩	北海道大学低温科学研究所		
沈 建仁	岡山大学大学院自然科学研究科		

編集後記

前任者の園池先生より引き継ぎ、今年より会報編集を担当することになりました。伊藤会長の下、新体制になったのを機に、会報のスタイルも一新してみました。図、写真等を増やして、より読みやすく実用的な会報にしようと心掛けております。ホームページやeメールで迅速に情報を発信できる時代に、会報のあり方も少しずつ変わっていかねばならないと思っています。会報に関する御意見、御要望などがございましたら、tnoguchi@ims.tsukuba.ac.jp までお寄せ下さい。会員の皆様と共に、よりよい会報にしていきたいと考えております。

＜筑波大学 野口 巧＞

日本光合成研究会 2005-2006 年役員

会長 伊藤 繁 (名古屋大学) (日本光生物学協会)

事務局 田中 歩 (北海道大学)

常任幹事 大岡宏造 (大阪大学) (日本光生物学協会)

常任幹事 藤田祐一 (名古屋大学) (会報担当)

常任幹事 野口 巧 (筑波大学) (会報担当)

常任幹事 鈴木祥弘 (神奈川大学) (ホームページ担当)

常任幹事 臼田秀明 (帝京大学) (企画担当)

常任幹事 大政謙次 (東京大学) (企画担当)

常任幹事 高橋裕一郎 (岡山大学) (企画担当)

常任幹事 寺島一郎 (大阪大学) (企画担当)

常任幹事 久堀 徹 (東京工業大学) (企画担当)

庶務 中村洋子 (名古屋大学)

会計監査 池上 勇 (帝京大学)

日本光合成研究会 会報 第42号 2005年4月27日発行

日本光合成研究会

名古屋大学理学部物理教室

光生体エネルギー研内

〒464-8602 名古屋市千種区不老町

FAX: 052-789-2883

E-mail: photosyn@bio.phys.nagoya-u.ac.jp

<http://photosyn.phys.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>

郵便振替口座 加入者名：光合成研究会 口座番号：00140-3-730290