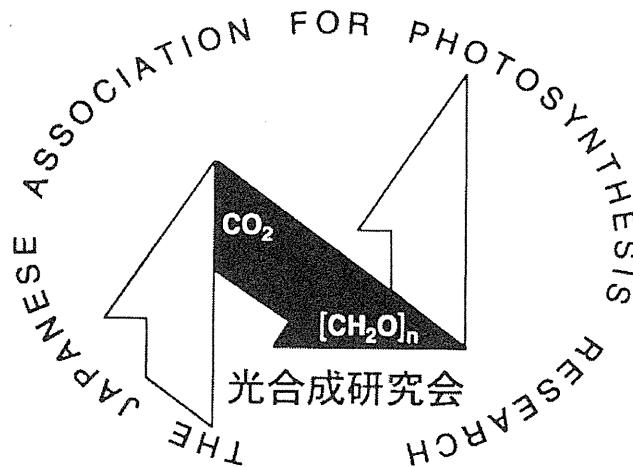


光合成研究会 会報

第26号 1999年 8月



NEWS LETTER No. 26 August 1999
THE JAPANESE ASSOCIATION FOR PHOTOSYNTHESIS RESEARCH

1999-2000年会長選挙結果		
理化学研究所	井上 賴直 1
会長挨拶		
東京工業大学	高宮 建一郎 2
集会案内	 3
日米情報交換セミナー		
基礎生物学研究所	村田 紀夫 4
Richard Cogdell 教授講演会報告		
日本医科大学	高市 真一 5
1999年光合成の生化学的側面に関するゴードン会議に参加して		
農業生物資源研究所	水澤 直樹 6
「1999年光合成に関するゴードン・リサーチ・コンファレンス」見聞記		
明治大学	楠 正美 11
寄稿「葉緑体の起源と進化」		
北海道大学	田中 歩 16
編集後記	 23

会長選挙報告

光合成研究会 1999、2000 年度会長選挙は、今年 3 月発行の第 25 号会報の裏表紙を利用して行われました。投票の集まりが極端に悪く、締め切りを 4 月末迄延長し、幹事の口コミも活用した結果、33 票の有効投票を頂きました。幹事立ち会いの上で開票したところ下記の結果となり、高宮建一郎氏に次期会長をお願いすることが決定されましたので、ここに御報告させて頂きます。

記

○有効投票数 33 票

○4 票以上獲得者：3 名

高宮 建一郎	6 票
浅田 浩二	5 票
伊藤 繁	4 票

○2 票以下獲得者：13 名

小川 晃男、岡山 繁樹、櫻井 英博、佐藤 和彦、佐藤 公行
篠崎 一雄、杉山 達夫、檜山 哲夫、牧野 周、三室 守
村田 紀夫、山本 泰、和田 敬四郎（50 音順）

1997, 1998 年度会長

井上 賴直

ご挨拶

選挙の結果を受けて、1999～2000年の光合成研究会の会長を務めさせていただくことになりました。ご協力のほどお願い申しあげます。

幹事には、池上 勇氏（帝京大）、太田 啓之氏（東工大）、小野 高明氏（理研）、田中 歩氏（北大）、寺島 一郎氏（阪大）にお願い致しました。小野氏と寺島氏は前会期から引き続いての幹事です。また、小野氏には光生物学協会委員を兼ねていただいております。

井上前会長の期は、会報での誌上討論に糸口が開かれ、いくつかの熱心な討論が行われました。今期も引き続きこの企画を進めるつもりですので、活発な討論をお願い致します。また、学会・シンポジウム参加記および、予定集会のお知らせなどもこれまで通り掲載するつもりであります。

さらに今期は、幹事諸氏と協議の結果、前述の事業やシンポジウムの他に、光合成研究会として「光合成（の）事典」をつくってみようということになりました。もちろんこの会としては大変大がかりな企画であるのはわかっておりましますし、今期だけでは終了できない可能性があることも承知しております。

確かにこれまで光合成を専門に研究してきた研究者は、この種の事典を特に必要としなかったのでしょうか、光合成の周辺の研究者および、さらに広範囲の理学、農学、工学、薬学、医学関係の研究者・教育者・学生にとっては案外貴重であり、かつ重宝するのではないかと思われます。幸い日本は光合成研究者の層が厚く、この研究会にも多数所属しておられますので、ご協力をいただけるのに最適だと考えられます。日本で作るとしたら（世界にはこの事典は無いようですが）、その母体はこの研究会をおいて他にはありません。項目の原案などは幹事会あるいは拡大幹事会などで作りますが、そのチェックなどは適当な段階で、会員の皆様に行っていただくことを考えております。その他、今の段階では思いつかない事で会員の皆様のご援助を必要とする事が出てくるかと思いますので、その時はよろしくお願い申しあげます。なお、出版社とのタイアップが必要ですが、現在ある出版社と話が進んでおります。事典作製の進捗状況は会報その他を通して適宜お知らせいたします。

最後になりましたが、前会長井上頼直氏ならびに幹事諸氏の、会の運営や会報発行のご苦心に心からお礼を申し上げます。

1999-2000年会長
高宮 建一郎（東工大）

集会案内（連絡先）

CO₂-Fixation and Metabolism in Green Plants
Queens College, Oxford, UK, September 12-17, 1999

Biophysical Aspects of Photosynthesis
Kimball Union Academy, Meriden, New Hampshire, USA, Jun 18-23, 2000

6th International Congress of Plant Molecular Biology
Quebec, Canada, June 18-24, 2000(dhagora@microtec.net)

14th International Symposium on Plant Lipids
Cardiff, United Kingdom, July 23-28, 2000(Harwood@Cardiff.ac.uk)

10th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes ISPP2000
Barcelona, Spain, August 26-31, 2000 (ispp@ubxlab.com)

第6回日本光生物学協会講演会

11月12-13日、播磨科学公園都市 兵庫県立先端科学技術支援センター（姫路工業大学・理学部：津田 基之、Tel. 0791-58-0196, Fax. 0791-58-0197）

第12回植物脂質シンポジウム

11月26-27日、岡崎国立共同研究機構 岡崎コンファレンスセンター
(基礎生物学研究所：村田 紀夫、Tel. 0564-55-7600, Fax. 0564-54-4866)

お知らせ

従来の慣例で、本会員の電子メールアドレスは日本光生物学協会に転送されておりますが、そのことを希望しない方は事務局までお知らせ下さい。

平成11年度特定領域研究「植物個体における光合成機能統御の分子基盤」に関する情報はホームページ(<http://www.protein.osaka-u.ac.jp/enzymology/photosyn.html>)に掲載しております。

広報担当 長谷 俊治

日米情報交換セミナーのお知らせ

Information Exchange Seminar on Photoconversion and Photosynthesis: Past, Present and Future Prospects
(Under US-Japan Cooperative Project)

Nov. 14-17, 1999
Okazaki Conference center

日米科学技術協力事業「光合成による太陽エネルギーの転換：光転換と光合成」は、この20年間に渡り、情報交換セミナー、研究者派遣、グループ共同研究などを通じて、研究推進とともに日米の研究者の交流を深めるのに多大な功績を残してきましたが、2000年1月に終結することになりました。この機会に、これまでの活動を振り返るとともに、特に、将来の展望を語り合うため、上記のセミナーが企画されています。光合成研究者の積極的な参加と発表をお願いいたします。特に、本事業でアメリカとの共同研究を行なったり、日米光合成セミナーに参加された先生方にはぜひに参加と発表をお願いいたします。旅費は支給される予定と聞いています。尚、ポスター発表の申込み切りは8月31日ですが、多少の遅れは認められると思います。登録等に関する情報については以下を見て下さい。

<http://zeus1.ims.ac.jp/~iwata/photo-photo>

問い合わせ先：村田 紀夫
〒 444-8585
岡崎市明大寺町西郷中 38
基礎生物学研究所
Tel: 0564-55-7600
Fax: 0564-54-4866
E-mail: murata@nibb.ac.jp

Richard J. Cogdell 教授 講演会 報告

日本医科大学・生物 高市 真一

イギリス、グラスゴー大学の G. Davies 学長が外務省の招きで来日したさい、R. J. Cogdell 教授夫妻と R. M. De La Rue 教授 (optoelectronics) も同伴して来日しました。グラスゴー大学とは、古くはニッカウキスキーの創設者、竹鶴政孝が学んだり、最近は吉富製薬が神経科学の寄付講座をつくるなどの関係があります。光合成関係では Cogdell さんと関西学院大学・小山さんとの共同研究、高市の留学などがあります。来日を機会に光合成研究会の後援で二つの講演をしていただきました。

日時：1999年2月20日（土）14-17時

場所：日本医科大学新丸子校舎

演題：

1) The Use of Purple Bacteria to Study Photosynthesis

紅色光合成細菌を用いた光合成研究

学生・院生向きに光合成研究において紅色光合成細菌を用いる有利さを解説

2) The Structural Basis of Light-Harvesting in Purple Bacteria

紅色光合成細菌における集光作用の構造化学的基礎

専門家向けの詳しい講演で、1995年に彼らが初めて発表した光捕集色素タンパク複合体の三次元結晶構造の解析はさらに進められ、その後の解像度の進展、物理化学的性質、構造生物学などを含む最新の情報が講演された。

遠くは筑波からの方も含め30名近くの方が聞きに来られました。その後、関西学院大学でも同じ講演が行われました。

当初は3人の講演会が東京大学で予定されていましたが、学長のみ外務省などへ表敬訪問することに変更されたため、ご夫妻は久々の休日を楽しめたようでした。お二人は好奇心旺盛を見てまわられましたが、恵比寿ガーデンプレイスタワーではエレベーターから足下が見えるため Cogdell さんのみ上がるのを断り、高所恐怖症という意外な一面を知りました。

1999年光合成の生化学的側面に関するゴードン会議に参加して

農業生物資源研究所 光合成研究室 水澤 直樹

水澤さん、ゴードン会議の印象記を書いてみませんか？と高宮先生から依頼を受けて、初めてのゴードン会議参加記念に書くのもよいかなと思いつつも、うーん、困ったどうしようと気持ちが揺れました。と申しますのも私の出席したゴードン会議は“生化学側面に関する”といいながらも“生物物理学側面に関する”研究が多く、生物畠で育った私では全体の情報をバランスよく皆様にお伝えできないと思ったからです。ただ、Mn クラスターの構造解析等については楠先生が執筆下さるということで少し気が楽になり、原稿をお引き受けすることにいたしました次第です。

1999年の光合成の生化学側面に関するゴードン会議は例年より2ヶ月程早く6月13日から18日にわたりニューハンプシャー州のニューイングランド大学で開催されました。私、実は日本を出発する前に長袖にするか半袖にするかで数日悩み、結局半々で準備していましたのですが、長袖で十分快適に過ごせました。会場の冷房が効きすぎて半袖だとむしろつらい感じでした。本会議はもう一つ別のシリーズのゴードン会議（太陽系の起源）と並行して開催されたため、登録とポスター展示(Simon Hall)と招待講演(Science Building Theater)は少し離れた会場でおこなわれました。そのため両会場を毎日徒歩で行き来することになりましたが、つくばで車通勤の筆者にとっては日頃の運動不足解消になりました。一日のスケジュールは午前8時45分からのセッションに始まり、夕食後のセッション、セッション後はビールが入っての討論と私にとっては結構ハードでした。ただ、朝と夜のセッションの間には長い自由時間が設けられていて、ポスターをゆっくり見たり、散歩したり、スポーツしたりと各自思い思いに過ごすことができました。ちなみに私は10ドルで園池先生（東大）と一緒にインストラクター付きのカヤックに挑戦してきました（総勢5人）。全くカヤック未経験の二人でしたが十分楽しむことが出来ました。ただ、その日に限って時々スコールのような雨に襲われ、これには参りましたが。

さて、肝心の会議の内容です。本年のChairはGolbeck (Pennsylvania State Univ.)、Vice ChairはBrudvig (Yale Univ.)で、参加総数136人でした。そのうち日本からは佐藤公行先生（岡山大）、前述の園池公毅先生及び筆者ら（楠、水澤）の計4名が参加しました。23の招待講演と96のポスター発表があり、セッションは、Reaction Center I（ポスター18題）、Cytochromes (12)、Reaction Center II (13)、Oxygen Evolution (27)、Biogenesis, Assembly and Turnover (12)、Antenna (12)、及び ATPase (1) の7つに分けておこなわれました。

Reaction Center IIのセッション（招待講演）では、まずKrauß (Freie Universität

Berlin) が 3.5 Å 分解能の光化学系 II (系 II) の構造解析結果を報告し、次に Redding (Univ. Alabama) が P700 や A_o のリガンド候補のアミノ酸残基を置換した部位特異変異株についてその性質を詳細に報告しました。今回私が初めて耳にしたのは、その次の Chitnis (Iowa State Univ.) の *Synechocystis* のフィロキノン合成系遺伝子 *men A* 及び *men B* を欠失させた変異株についての講演でした (後で調べたら、既に国際光合成会議で発表があった)。以前より *in vitro* では、伊藤繁先生 (岡崎・基生研) のグループが系 II 粒子のフィロキノンを有機溶媒で抽出後、種々のキノンで A₁ 部位を再構成する仕事をやっておられます。彼らは、有機溶媒の影響のない *in vivo* でそれを試みようとした。興味深いことに、この変異株ではフィロキノンを完全に欠いているにも関わらず、依然として EPR スペクトルで A₁⁻ の光蓄積が観察されるそうです。このことは細胞内の他のキノン (例えば PQ-9) がフィロキノンの代わりに A₁ 部位に結合していることを意味します。まさに *in vivo* において *in vitro* での現象が再現されているようです。

系 II に関する Oxygen Evolution 及び Reaction Center II のセッションについては、私は、自分の以前の研究テーマでもあったチトクロム b559 と Mn クラスターの再構成 (酸素発生の光活性化) についてのみ触れたいと思います。この両者については古くから多くの研究がなされてきましたが、最近では日本では一時期に比べると下火傾向です (光化学系そのものの研究者数が減っている?)。私も正直なところ、もうこういう分野ははやらないのかなと悲観ぎみだったのですが、こちらではまだまだ非常に活発に研究されていて、励まされる思いがいたしました。

チトクロム (Cyt)b559 は系 II 反応中心を構成するために必須のタンパク質ですが、主要電子伝達経路に関わらないため、その生理機能が不明でありました。近年 *in vitro* の研究から、Cytb559 は系 II の強光ストレスからの防御に関わっているのではないかと考えられるようになってきました。本会議では、*in vivo* で本説を証明しようという動きがみられました。いずれもポスター発表ですが、まず Nixon (Imperial College of Science) は、*Chlamydomonas* においてヘムのリガンドであるヒスチジンをメチオニンやチロシンに置換すると、系 II のアセンブリが起こりにくくなり、たとえアセンブリしたとしてもその系 II は著しく光阻害をうけやすいことを示しました。また、Styring (Univ. Lund) のグループは、*Chlamydomonas* の表在性 23 kDa タンパク質を欠失した変異株を用いた実験により、系 II の酸化側光阻害が Y_D と Cytb559 の系 II 反応中心への電子供与反応により抑えられる可能性を示唆しました。また、Cytb559 の電子供与部位については Rutherford (SBE, DBCM) らによる興味深い報告がありました。Mn クラスターを除去した BBY 膜では、低温下でのカロチノイドの光還元と Cytb559 の光酸化がカップルするそうです。すなわち、Mn クラスターが機能しない条件では、Cytb559 はカロチノイドを介して P680 に電子を渡すと考えられます。

Mn クラスターの再構成で注目されたのは、Oxygen Evolution のセッションにおける Dismukes (Princeton Univ.) の共同研究者 Ananyev のデータを中心とした講演でした。

彼らは、従来の NH₂OH や Tris よりも穏和に Mn クラスターを除去できる試薬 N,N,N,N'-tetrapropionato1,3-di(aminomethyl)benzene (TPDBA) を合成し、これを用いることで 100% 系 II に Mn クラスターを再構成することに成功したそうです。また、彼らは自作の高感度（従来の 10 万倍の感度）の酸素電極を用いて光活性化過程を解析し、その過程で形成される中間体のモデルを提唱するとともに、その中間体の形成に Ca²⁺ が関与している可能性を示唆しました。Ca²⁺ の光活性化に対する効果については、Burnap (Purdue Univ.) らも Mn クラスター近傍の Ca²⁺ 結合推定部位をつぶした変異株を作製、解析し、その結果を詳細に報告していました（ポスター発表）。またこれもポスターですが、Barber (Imperial College) らは CP43 タンパク質を欠いた CP47-reaction center complex で約 30% 系 II 反応中心に Mn クラスターを再構成することについて成功したと報告していました。この報告が確かであれば、この標品を用いて Mn クラスターの形成過程の解析が飛躍的に進む可能性があると思います。

Cytochrome のセッションは、私も思い入れの深い分野なので頑張って講演を聞こうと思ったのですが、時差に負けてしまって（眠ってしまったってこと？）ついていけませんでした、残念。また、Cytb559 についてチトクロムの大家の Cramer (Purdue Univ.) と話をするのを楽しみにしていたのですが、彼は超多忙のため今回は欠席とのことで残念でした。ただ Cramer のポスドクの Zhang がかわりに興味深いポスター発表をしていました。Cytb6/f 複合体にクロロフィル a が結合していることが近年報告されていますが、彼らは、この度新たに β - カロチンも 1 Cytb6/f 複合体につき約 1 分子結合していることを見出したそうです。その生理意義については今のところよくわかっておらず、今後の研究に期待がもたれます。

Biogenesis、Assembly and Turnover のセッションは、私が参加したセッションですが、他のセッションに比べると発表数が少なく今ひとつ盛り上がりにかけたような気がしました。この分野で一時期最も華やかだった光照射下における D1 タンパク質の分解に関する研究はすっかり息をひそめた感があります（この分野関連のひとが参加しなかったということかもしれません）。私は D1 タンパク質の切断に対するタンパク質リン酸化の効果についてポスター発表したのですが、それは、ほとんど D1 タンパク質分解関連で唯一のポスターでした。ポスターを見に来てくださった方々はとてもおもしろいと言って下さったのですが、参加者にその道の専門家が少ないという点では少し不満が残ってしまいました。その代わりに今回注目を集めていたのは光化学系の超分子複合体のアセンブリーに関わる新規タンパク質の報告でした。Westhoff (Heinrich-Heine-Univ.) のグループはクロロフィル蛍光を指標にした選抜法により、系 II 活性のない *Arabidopsis* の変異株をいくつか得ているそうです。今回の講演ではそのうち核コードの hcf 136 を欠失した変異株がとりあげられました。この変異株は個々の系 II 構成タンパク質の合成は正常におこるにも関わらず、アセンブリ能を欠いているために系 II 複合体が構成できず系 II 活性をもたないという興味深い性質を示します。アセンブリされな

かった各タンパク質は寿命が短く即座に分解されてしまうためにそれらの安定な蓄積は観察できないそうです。同定された見かけの分子量 37 kDa の HCF136 タンパク質は、まさに光化学系II複合体を形成する場“ストロマチラコイド”の内腔側の膜表面に局在すること、HCF136 タンパク質のさらなる機能解明が期待されます。また、系IIのアセンブリに関わる因子については、Bryant (Penn State Univ.) が講演をおこないました。彼らは、*Synechocystis*において rubredoxin 様タンパク質を欠失させた変異株では、系IIの反応中心は正常に構成されるのに対し鉄硫黄センターが特異的に形成出来なくなることから、このタンパク質が鉄硫黄センターのアセンブリに関わる可能性を示唆しました。

一般に超分子複合体のアセンブリに失敗したサブユニットタンパク質は、不安定で分解されやすいといわれます。Wollman (IBPC) は、こうしたタンパク質分解に Clp プロテアーゼが関わることを *Chlamydomonas* を用いて間接的ではありますが非常に明快に示し注目を集めました。Cytb6/f 複合体の構成タンパク質である Rieske 鉄硫黄タンパク質を欠失した変異株では、その残りの Cytb6/f 複合体は不安定で分解されやすく、その蓄積量が減少します。しかし、Clp プロテアーゼのサブユニットのひとつ Clp P を 1/4 程度に減らした変異株では、Rieske 鉄硫黄タンパク質を欠失させても Cytb6/f 複合体の蓄積が十分起こるそうです。また、ATP 合成複合体の CFo を欠失した変異株では、光阻害を受けやすいのか（詳しくは不明）弱光に 48 時間さらすだけで系 II の構成コアタンパク質が選択的に減少してしまうそうです。しかしこの場合も Clp P を減少させた変異株では、コアタンパク質の減少が起こらないことが示されました。すなわち、正常にアセンブリーできない Cytb6/f 複合体や光酸化ストレスで修飾を受けた系II複合体の構成タンパク質は、Clp プロテアーゼで分解されると考えられます。

ポスターでは、新規の葉緑体局在性プロテアーゼの Spp A プロテアーゼと Hho A プロテアーゼに関する Sokolenko (Botanisches Institut der LMU) の報告が興味深く思われました。Spp A プロテアーゼは見かけの分子量 75 kDa のタンパク質で、LHCII の分解に関わるのではないかということです。Hho A プロテアーゼは、見かけの分子量 34 kDa のチラコイド内腔に存在するタンパク質とのことです。その機能はまだよくわからぬようです。というのも Hho A プロテアーゼを欠いた変異株でも生理的条件で野生株と同様に生育可能であるからです。また園池先生が、低温感受性植物キュウリの葉において低温下で系II特異的におこる光阻害の解析と光化学系の量比変動に関わる pmg A を欠失させた変異株の光合成特性の解析についてポスター発表して注目を集めていたことを申し添えておきます。

以上会議で私が印象に残った発表をざっと紹介させていただきました。ゴードン会議は発表要旨等印刷物を残さない方針ですので本原稿はメモ書き、記憶および園池先生からいただいた情報（どうも有り難うございます）をたよりに書いたものです。もしかしたら間違えて理解している箇所が多々あるかもしれませんがそこはどうかご了承ください。

さい。来年 2000 年は、生物物理学的な側面に関する光合成ゴードン会議が 6 月 18 日から 23 日にかけて Kimball Union Academy で開催される予定です。今回は日本勢は 4 人とひどく寂しかったので、次は多くの日本人、特に若い人々の参加を呼びかけたいと思います。この時期は航空運賃も安め（往復 10 万円足らず）なのでおすすめです。申し込み方法その他については、ゴードン会議のホームページ (<http://www.grc.uri.edu/>) を参照ください。

「1999年光合成に関するゴードン・リサーチ・コンファレンス」見聞記

明治大学理工学部 楠 正美

水澤さんの印象記を受けて、光化学系II酸素発生系研究の“最前線”がどうだったかを知りたい会員のために、それを多少とも補完する形で見聞記を書く羽目になったが、そのつもりで参加してきたわけではないので、不完全なものにならざるを得なかったことをご容赦願いたい。

第一の関連するセッション4(Type II Reaction Center: Structure and Function)では、ミネソタ大のB. A. Barryの司会で、H. Witt (Proton Release and Oxygen Evolution in Isolated PS II Complexes in Solution and in Crystalized State)、R. Bittle (EPR studies of Photosystem II Single Crystals) 及び R. Debus (Involvement of His₁₉₀ in H⁺ Release) の講演があった。特に、マックス・フォルマー研究所のH. Wittは、昨年のブタペスト光合成国際会議で、*Synechococcus elongatus* のPSII複合体結晶による最初のX線回折像を発表し、大きな反響を呼んだ。そのため招待講演者となった訳だが、今回の講演内容は、結晶サイズが0.5 mmから1 mmに大きくなったこと、分解能が6 Åから5 Åに上がったことを述べるに留め、その結晶試料を用いて測ったプロトン放出と酸素発生の閃光数依存性の議論に終始した感がある。Wittは、結晶試料を用いることで、酸素発生の化学量論値、1/40₂/Q⁻、が溶液内での0.87から0.97に改善されること、プロトン放出パターンのpH依存性が従来報告されているどの溶液内試料のパターンとも著しく異なるという興味深い結果を報告した。このように、PSII単結晶の分光学的研究が、現在各地で精力的に続けられていると推測されるが、今回、ベルリン工科大のR. Bittleは、PSII単結晶のEPR分光研究について講演し、pulsed EPR法による補因子間距離の精密測定 (P₆₈₀⁺-Q_A⁻間距離: 27.4 ± 0.5 Å; Y_b^{ox}-Q_A⁻間距離: 34 ± 1 Å、“³P₆₈₀”のENDORスペクトル、ラジカル対のOut-of-phase ESEEMスペクトル、Y_b^{ox}のW-band EPRスペクトル等を報告した。カリフォルニア大リバサイド校のR.J. Debusは、D1-His₁₉₀、Tyr-Y_b及びGlu₁₈₉のpKa値を、それぞれ7.5、10.3、6.25と評価して、Znタンパク質であるCarbonic Anhydraseとのアナロジーから、His₁₉₀がプロトン放出に深く関与していることを示唆した。

第2の関連するセッション5(Environment and Assembly of the Mn Cluster in Photosystem II)では、ミシガン大のC. Yocumが、司会者として、33 kDマンガン安定化タンパク質(MSP)のPSIIへの再構成実験について解説し、PSII当たり約2個のMSPが“natively unfolded”な構造をとって結合するというモデルを提唱した後、ルイジアナ州立大学のT. M. Bricker (The Mn Stabilizing Protein and Cluster Assembly)が、GME-Modified MSPを用いた同様の再構成実験について講演したが、特に印象に残った結

論は覚えていない。二番手の講演者は、お馴染みプリンストン大の C. G. Dismukes (Inorganic Mutants of the Water Oxidation Complex)であったが、これについては水澤さんが紹介されているので、ここでは割愛する。上述の Yocum のモデルは、例えば理科大の榎並教授らの説 (1 MSP / 1 PSII) と対立していると聞いていたが、J. Barber がディスカッションセッションのときに示した 16 Å 分解能の低温電子顕微鏡写真 (*Synechococcus elongatus* PSII 複合体のダイマーをハンギング・ドロップ法とキャピラリー拡散法で結晶化) によれば、33 kDa(PsbO)、12 kDa(PsbU)、および cyt.c-550 (PsbV) の 3 つのサブユニットが、D1/D2 ダイマーの中央に、D1 と D2 のおよそ半分を覆うようにして、非対称なダブルピークの山を形成しているので、この分解能では決着がつかないようである。(素人の筆者には、ルーメン側に突き出たこのダブルピークが、spinach PSII の 23 kDa と 33 kDa のサブユニットの作るものと非常によく似ている (TIBS 24-FEBRUARY, pp.43-45, 1999) ことから、1 MSP / 1 PSII の説に歩があるようと思えるのだが。。)

さて、酸素発生に分類されたポスターは 28 件、全体の約 30% を占めたが、本題のマンガンクラスターの分光学的構造解析に関するものは、その内 10 件であった。それらのディスカッションリーダーは、ニュージーランド・オタゴ大の J. Eaton Rye が務めた。分光学的手段のなかでも、特に蛍光 XAFS(X-ray Absorption Fine Structure) 法と EPR (Electron Paramagnetic Resonance)・ENDOR (Electron Nuclear Double Resonance)・ESEEM (Electron Spin Echo Envelope Modulation) 分光法が、原子レベルにおける極めて重要な情報を提供してきたが、これまで、必ずしも一致したデータ、あるいは合意に達した解釈が得られず、水分解酵素系マンガンクラスターは難攻不落の牙城であるという印象をこの分野の研究者に与えているようである。しかし、今回のゴードン会議で、2 つの、ある意味では大きな進展が見られた。その 1 つは、マンガンクラスターの周期的 S- 状態変化において 4 個のマンガンイオンの価数変化とそれらの配位子の顕著な変化 (ラジカル生成等) をプローブする蛍光 XAFS 法の新しい実験に関するものである。X 線 Mn K- 吸収端スペクトルの周期的 S- 状態変化の観測に、筆者ら日本のグループが世界で初めて成功したのは、1992 年春のことであるが、その結果は、すべての S- 状態遷移 ($S_0 \rightarrow S_1$, $S_1 \rightarrow S_2$, $S_2 \rightarrow S_3$) において K- 吸収端が 0.7-1.0 eV だけ上方シフトするというものであり、Klein-Sauer (“K-S”) グループの結果 ($S_2 \rightarrow S_3$ 遷移では吸収端変化無し) と対立するものであった。K-S グループは、直ちに追試を開始、我々の閃光照射試料に疑義を唱え、 $S_2 \rightarrow S_3$ 遷移における吸収端上方シフトは他に比べて小さいとする独自のデータを得て、この遷移だけはマンガンの酸化が無いと主張していた (Roelofs ら, 1996)。更に、昨年の光合成国際会議において、Hill 賞を貰った J. Messinger を第一著者とする K-S グループが、従来の Mn-K α (2p \rightarrow 1s) 遷移に伴う - 蛍光 X 線を検出する方法に代えて、Cramer らが開発した装置を用いて、Mn-K β (3p \rightarrow 1s) 遷移に伴う - 蛍光 X 線のスペクトルを測定したところ、 $S_2 \rightarrow S_3$ 遷移においてはマンガンの酸化は全く起こっていないこと

を示すデータが得られたとして、K-S グループが意氣軒昂であったことは記憶に新しい。ところが、同じ会議で、H. Dau らのドイツグループが、DESY での実験（従来の方法）で、我々の結果を確認・支持するようなデータを発表していた。今回のゴードン会議でも、両グループが、新しい実験データのポスター発表をしていたが、H. Dau らの結果は昨年と変わらなかったのに対し、J. Messinger らのデータには重大な変更があった。つまり、取り直したデータでは、3 度とも、 $S_2 \rightarrow S_3$ 遷移においても、他の遷移のものの約半分程度であるが、有意なピークシフトが観測されたというものである。彼等は、依然として、これはマンガンの酸化ではなく、配位子の酸化を示す結果であるとして説明していたが…。いずれにしても、どちらかの酸化であるという点で合意が得られたことは、大きな進展であろう。しかし、他方で、今回発表された S_3 - 状態 Mn クラスターの広域 X 線微細構造 (EXAFS) スペクトルに関し、H. Dau らと V. Yachandra らの間に常識では考えられない程大きな違いが露呈したことも事実である。どちらのスペクトルも見かけは極めて良好なのだが…？

もう 1 つの進展は、Mn クラスターの骨格構造について、これまで単行本の表紙を飾ったり、教科書にも採用されてきた a dimer-of-dimer model (“Berkeley モデル” と呼ばれる) の磐石と思われた支持基盤が、内部から崩壊し始めたことである。今回、カリフォルニア大デービス校の R. D. Britt は、“酸素発生系の示す EPR シグナルに関する最近の研究” から、Berkeley モデルを捨てて、一種の trimer-plus-monomer model (2 つのジ・ミュー・オキソ架橋で直線状に連結した 3 つの Mn イオンの真ん中からモノ・ミュー・オキソ架橋を介して第 4 の Mn イオンがぶら下がっているため “ダングラー モデル” と呼ばれる) を提唱し始めた。筆者が、同様の理由から、Berkeley モデルに代わるモデルを模索し始めたのは 1990 年代のことである。当然このダングラー モデルも検討したが、これは、最初に発見された S_2 - 状態マルチラインシグナルすら説明困難な (Mn 錯体磁性の知識に反する) 代物であったことを申し添えておく。

筆者のポスター発表 (“PSII S_1 - 状態の EPR と EXAFS データから推定されるマンガンクラスターの構造とチロシンラジカル Y_i との相互作用状態”) は、チロシン Y_i と Mn クラスター間距離に関し從来あった深刻な対立、即ち、“近在説 (4.5 \AA , 3.5 \AA , 8.7 – 11.6 \AA)” 対 “遠在説 (15 – 20 \AA)”、を解消するために、ブダペスト光合成国際会議で発表した “近在説” の理論を更に発展させたものである。この重要な問題をご存知ない読者も多いかと思はれるので、少々紙面をお借りして説明させていただく。関西学院大の河盛教授の “遠在説” の根拠となった実験データは、 Ca^{2+} -除去試料でトラップした Y_i ラジカルと S_1 - 状態マンガンクラスター間の磁気的双極子間相互作用が Y_i ラジカル磁化の “異常に小さい” 異方的スピニング子緩和項しか与えないという事実である。一方、カリフォルニア大デービス校の R. D. Britt の “近在説” は、 Ca^{2+} -除去処理等により分裂 EPR シグナルを示す試料において、トラップされた Y_i ラジカルと S_2 - 状態 Mn クラスター間の磁気的双極子間相互作用が、シミュレーションの曖昧さを考慮しても、“かなり大きい” という事

実である。これらの事実を矛盾と見て、未知のラジカル“X”の存在を仮定することが行われているが、筆者は、“近在説”に立てば、これらの実験事実は、矛盾どころではなく、むしろ Mn クラスターの構造と電子状態、および Mn クラスターとチロシン残基 Y_z の相互立体配置に関する貴重な情報を与えてくれるものと考えた。この考えの正当さは、Y_z ラジカルと S₁-状態 Mn クラスター間の磁気的双極子間相互作用を、これらのテンソル関数として厳密に計算してみて、直ちに確かめられた。様々な構造と電子状態における計算機実験の結果、上述の“異常に小さい”相互作用を与えるものは、極めて限定された領域にしか分布していないことが明らかとなった。しかし、その確率的に希な構造が D1 タンパク質のルーメン側ポケットに最も良く適合する相互立体配置に対応するものであることも明らかとなったのである。驚くべきことに、筆者が、以前から、EPR シグナルの理論的解析に基づいて提唱していた、一種の trimer-plus-monomer model (これは歪んだダイアモンド構造をしているので、“ダイアモンドモデル”と呼ぶ) が、最も確からしいモデルとして生き残ったことになる。これは、偶然の一一致にしては、出来過ぎであろう。詳しい計算をするまでもなくはっきりしている結論は、4 個の Mn イオンはほぼ平面上に配置していかなければならないということである。この結論に対して、最近 “キュバン(立方体)モデル”を提唱しているプリンストン大の C. G. Dismukes が、“That's too severe restriction !!”と捨てゼリフを残して、ポスターから足速に立ち去った時は、“やれやれ道のりは未だ遠い”と慨嘆したものである。

最後に、R. D. Britt のポスドク、J. M. Peloquin (ポスター “An ESE-ENDOR Characterization of the Tetramanganese Cluster of PSII”) が、4人の Young Investigator の1人に選ばれ、20分間の受賞講演を行った。主な内容は、S₁-状態の平行分極マルチライインシグナル (“S₁-MLS”) と S₂-状態の g=2 マルチライインシグナル (“S₂-MLS”) に関する cw EPR スペクトル、および ESE-ENDOR スペクトル (すべてパウダー) のキャラクタリゼーションとそれらのシミュレーションである。ワイルドタイプで観測された S₁-MLS は、D170E ミュータントでも、D170H ミュータントでも、マルチラインを消失し、なめらかな 2-3 個の連山様スペクトルに変わると、垂直分極 EPR では、この磁場領域に何も観測されないようである。彼らは、この S₁-MLS の起源を、スピニ S=2、ゼロ磁場分裂定数、D=0.805、E=0.260、の低い励起状態とした。更に、彼らは、S₂-MLS に関する cw EPR と ESE-ENDOR の両方のスペクトルをうまくシミュレートできる唯一の改良されたパラメータが得られたことを強調し、参加者にベストシミュレーションという印象を与えることに成功したようである。しかし、ESE-ENDOR スペクトルの低振動数側は、特にエラーの入りやすい領域であり、独立した追試がなされていない限り、決定版とは言えないのではなかろうか。

今回のゴードン会議では、午後の自由時間を、テニスやマウンテンバイク、さらにはプレジデント池 (日本では湖と言えるほど大きい) での水泳等で、楽しく過ごすことが出来た。夜は夜で、Govindjee さんと同室であったため、ベッドでの会話もはずみと

ても楽しいものであった。彼は、昨年の暮れに胸を開く大手術をしたそうであるが、信じられないほど元気に回復し今回のゴードン会議をエンジョイされていた。筆者が、自分のポスターを彼に説明したときも、きちんと、正確に、しかも速く、小さなノートにメモしながら聞いて頂いたのには、感銘を受けた。彼は、毎朝6時過ぎには起床し、こつそり出かけるので、どこに行かれるのか伺ったところ、エアロビクスジムでリハビリのための体操をしているのだという、来年はインディアナ大学をリタイアする年齢の“大科学者”の強靭な生命力に心から脱帽せざるを得なかった。お別れに、「R. Emerson を知っているか？これは、彼がビーカーやフラスコを傷つけないよう洗うために使っていた鶏の羽根だよ。この間、彼の古い研究室を整理していて、引き出しからたくさん出てきたものだ。」と言って、友達に配っているというその1つを下さった。これは、偉大な光合成研究の開拓者が細心の注意を払って実験していたことを示す思い出の品として、大切に保存したいと思っている。

3年後の2002年に予定されている光合成の生化学的側面に関するゴードン会議のオーガナイザーが、ペン州立大学の Donard A. Bryant に決まったことをお伝えし、見聞記を終えさせていただく。

葉緑体の起源と進化

北海道大学低温科学研究所 田中 歩
京都大学大学院理学研究科 富谷 朗子

(1) 光合成が切り開いた植物の進化

光合成生物の大進化とそれに伴う遺伝子の変化はどのような機構で進行したのであるか。極端に単純化すると、大進化の際起こる遺伝子の変化について次の二つのシナリオが考えられる。第一は、新しい遺伝子の獲得や、既に存在していた遺伝子の機能や発現調節の変化が多くの遺伝子において同時に起こり、徐々に紅藻や緑藻のような大きな分類群が形成された、というものである。すなわち、高次分類群を特徴づけるいくつかの形質が並行的に獲得されたとするもので、「大進化は小進化の積み重ねである」とする考え方である。第二は、ある遺伝子変化が重大な形質の変化を産みだし、それが引き金となって他の遺伝子の変化を引き起こし、高次分類群が形成されたとする考え方である。この考えは、最初の遺伝子の変化によって引き起こされた形質の変化によって、従来とは異なった選択圧を受ける事が前提である。もし、第二のシナリオに沿った進化であれば、その機構の解明は比較的の可能性が高いと思われる。

藻類、植物などの光合成生物は光合成の補助色素系 (Peripheral antenna system) によって大きく分類されている。例えば、紅藻はフィコビリンを、緑藻や陸上植物はクロロフィル b を、褐藻や渦鞭毛藻はそれぞれカロテノイドの一種であるフコキサンチンやペリディニンを持つグループである。これは、単に便宜的な分類の結果ではなく、ほとんど全ての遺伝子による分子系統解析も色素系による光合成生物の高次分類を支持している。すなわち、遺伝子の分子系統樹においてフィコビリンを持った紅藻のクラスターのなかに、フィコビリンを持たない他の生物が入らない、と言うことである。このことは、光合成生物がどのような補助色素系を持つかが、高次分類群の形成にとって最も重要な、そして最初の第一歩であったことを意味している。このことは、植物の持つ色素系とニッチとの密接な関係からも示唆される。

もし、光合成生物にとって、どのような色素系を獲得するかが最も重要なイベントであり、その後の進化が決定されたという仮定にたつと、植物の大進化は第二のシナリオで起こったことになる。すなわち、光合成色素合成系の遺伝子の獲得が高次分類群の形成の引き金となったのである。

(2) 光合成色素合成系の遺伝子の解析による葉緑体の起源と進化の解明

以上の仮定に基づくと、光合成色素合成系の遺伝子を調べることは、光合成生物の進化を解明する最も有効な方法と考えられる。そこで、最近我々のグループで単離されたクロロフィル b 合成遺伝子 (CA0)¹を解析することによって、緑藻や原核緑藻類の系統進化を調べることにした。クロロフィル b 合成酵素は、オキシゲナーゼとデヒドロゲナーゼの両活性をもっており、クロロフィル a を直接クロロフィル b に転換することができる。すなわち、全ての酸素発生型光合成生物はクロロフィル a を持つので、たった一つの遺伝子を獲得するだけで新しい色素 (クロロフィル b) を獲得することができる。このことは、第二のシナリオに基づいた進化の研究にとって CA0 は有効な遺伝子であることを示している。

クロロフィル b を持つ光合成生物として、原核生物に原核緑藻類、真核生物に緑藻・陸上植物が知られている。原核緑藻類がはじめて見つかったときは、これが緑色植物の葉緑体の直接の起源と考えられた。しかし、その後見つかったものも併せて 3 種の原核緑藻とらん藻の遺伝子を解析した結果、原核緑藻は葉緑体の祖先ではなく、しかもまとまったグループを形成せず、らん藻のいくつかの系統から 3 種それぞれが派生することがわかった^{2, 3}。一方、遺伝子解析などから緑藻や紅藻、褐藻など全ての葉緑体は単系統であることも明らかになった。これらのことから、クロロフィル b 合成系は、3 種の原核緑藻と真核の緑色植物の祖先で少なくとも 4 回独立に獲得されたと考えられてきた。また、原核緑藻のクロロフィル b は緑色植物とは違い、LHC ではなく PCB に結合⁴していることもクロロフィル b 合成が独立に獲得された根拠と考えられた。

我々はクロロフィル b 合成系の獲得過程を明らかにするため、クロロフィル b を持った生物から CA0 の単離を試みた。原核緑藻類は真核緑色植物とは異なったクロロフィル b 合成系を持っていると考えられていたが、予想に反して原核緑藻からも CA0 を単離することに成功し、原核緑藻も緑色植物も同じクロロフィル b 合成系を持っていることが明らかになった。さらに、これらの遺伝子の分子系統樹を作製したところ、D1 蛋白質と基本的には同じ樹型を示した。このことは、原核緑藻や緑色植物の CA0 は独立に生まれたのではなく、共通な祖先から由来していることを示している。これらの結果から我々は次のことを結論した⁵ (図 1)。

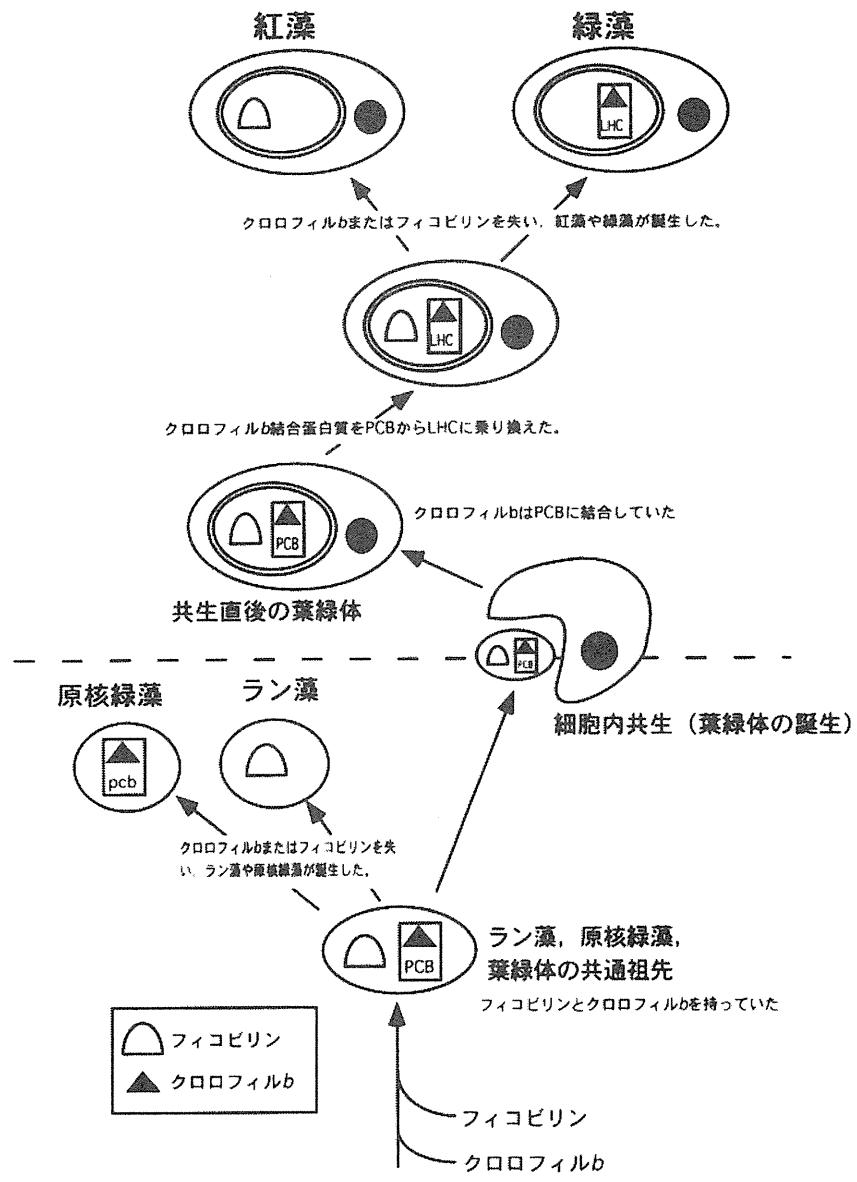


図1 葉緑体の起源と光合成生物の進化

1. 原核緑藻類とラン藻の共通祖先はクロロフィルbとフィコビリンの両方を持っていった。
2. 原核緑藻類とらん藻はクロロフィルbとフィコビリンの片方の色素を失うことで誕生した。
3. 葉緑体の直接の祖先は、今まで考えられていたようなフィコビリンだけを持ったらん藻ではなく、クロロフィルbとフィコビリンを持った原核型光合成生物である。
4. 初期の葉緑体にはクロロフィルbとフィコビリンがあった。
5. 一次共生の紅藻と緑藻は片方の色素を失うことで誕生した。

(3) 問題提起

結果は以上であるが、いくつかの問題点がある。

1. フィコビリンとクロロフィルbを持った光合成生物は現在ほとんど知られていない。

真核型光合成生物も原核型光合成生物もともにクロロフィルbとフィコビリンを持った生物を祖先としているが、現在そのような生物はある種の *Prochlorococcus* (フィコビリソームは持ち合わせていない?) 以外に知られていない。何故だろうか。絶滅した種の方が圧倒的に多いので、当たり前の話なのだろうか。

2. クロロフィルb結合蛋白質はPCBからLHCにのりかえた。

原核緑藻類のクロロフィルb結合蛋白質はLHCではなく、CP43, CP47の属するファミリーのメンバーである。いまのところ原核生物にはらん藻も含めてLHCは見つかっておらず、共生後の真核生物ではじめてLHCが誕生したと考えられている。LHCは膜貫通 α -ヘリックスを3本持つ蛋白質であるが、それと相同性のある α -ヘリックス一本だけの蛋白質(HLIP, high light induced protein)がらん藻や真核光合成生物から見つかっている。また、 α -ヘリックスを4本もったPsbSも真核光合成生物から報告されている。そこで、LHCは図2で示したような過程を経て獲得されたと考えられている⁶。また、LHCは紅藻におけるLHClや褐藻のFCP(Fucoxanthin-chlorophyll a/c-protein complex)などのように、クロロフィルb以外の色素にも用いられている。水溶性周辺集光装置と中心集光装置以外の色素結合蛋白質はほぼ全てLHCファミリーに属すると考えられる。このように、LHCは光合成色素を結合するのに大変優秀な蛋白質と考えられるが、なぜ原核型光合成生物はLHCを利用しなかったのであろうか。また、なぜ真核型光合成生物でPCBからLHCへの乗り換えが必要だったのだろうか。

最初の疑問に関しては、原核生物ではLHCは必要でなかった、または原核生物の翻訳系ではLHCは作れなかった、というどちらかの考えが成り立つ。これに関して我々は分子生物学的アプローチが可能とかんがえており、実験的に証明できるであろう。

二番目の疑問は物理化学的な視点からの考察が必要であろう。LHCはいかなる点でPCBより優れているのであろうか。繰り返しになるが、真核生物はLHCを獲得することによって多様な色素系をつくることに成功し、光合成生物の多様化が実現した。LHCを色々な視点から解析することが光合成生物の進化を知る上で重要であろう。

3. 失うことの重要さ

我々の提案した仮説では、色素系の遺伝子を失うことが原核緑藻類とラン藻、緑藻と紅藻などの高次分類群形成への偉大な第一歩であった。同じシナリオが光合成細菌の進化についてもあてはまるかもしれない。現在存在する光合成細菌は二つの型の光化学系を持ち合わせた原始光合成細菌から一方の光化学系を失うことによって生まれた可能性を排除することはできない。進化を考える際、新しい遺伝子の獲得だけでなく、遺伝子を失うシナリオも考慮する必要がある。

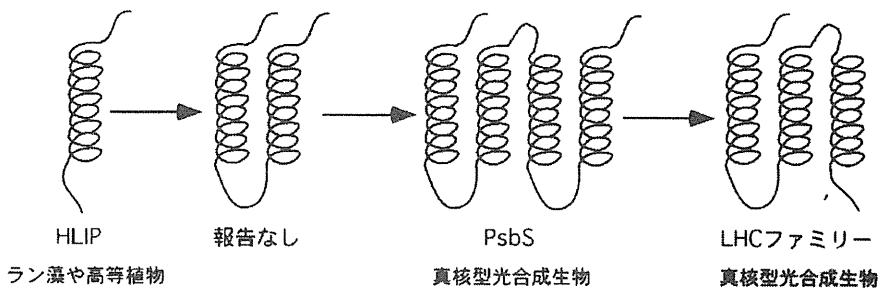


図2 LHCの出現過程 (ref. 6)

光合成細菌の誕生から酸素発生型光合成生物の誕生、葉緑体の出現、2次3次共生に至るまでの生物の大進化が光合成系の解析を通じて明らかにされようとしている。この大進化の機構を解き明かすのは光合成研究者の責任である。我々のシナリオに関する反論や、進化に関するあたらしいシナリオが、この会報で熱く論じられることを期待したい。

引用文献

1. Tanaka, A. et al. Chlorophyll *a* oxygenase (*CAO*) is involved in chlorophyll *b* formation from chlorophyll *a*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. 95, 12719-12723 (1998).
2. Palenik, B. & Haselkorn, R. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes, the chlorophyll *b*-containing prokaryotes. *Nature* 355, 265-267 (1992).
3. Urbach, E., Robertson, D. L. & Chisholm, S. W. Multiple evolutionary origins of prochlorophytes within the cyanobacterial radiation. *Nature* 355, 267-270 (1992).
4. La Roche, J. et al. Independent evolution of the prochlorophyte and green plant chlorophyll *a/b* light-harvesting proteins. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93, 15244-15248 (1996).
5. Tomitani et al. Chlorophyll *b* and phycobilins in the common ancestor of cyanobacteria and chloroplasts *Nature* 400, 159-162 (1999)
6. Green, B. R. & Pichersky, E. Hypothesis for the evolution of three-helix Chl *a/b* and Chl *a/c* light-harvesting antenna proteins from two-helix and four-helix ancestors. *Photosyn. Res.* 39, 149-162 (1994).

★ 光合成研究会の年会費は、1996年までが￥1000、1997年以降は￥1500です。端数の出ない
ようにお送り下さい。また、封筒の宛名の下の数字は会費納入済の年度を示してあります。

光合成研究会賛助会員名簿 (アイウエオ順)	
旭光通商株式会社	
日本たばこ産業株式会社	アグリ事業部
日本たばこ産業株式会社	遺伝育種研究所
盟和商事株式会社	
有限会社	アースサイエンス

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及び応用分野の研究発展を促進し、研究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、年会、シンポジウムの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、登録手続きを経て会員になることが出来る。又、団体、機関は賛助会員になることが出来る。

2. 権利

会員は本会の通信及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出来る。会員は、会長を選挙すること、及び役員に選出されることが出来る。

3. 会費

会員及び賛助会員は所定の年会費を納めなければならない。

第5条 役員

本会の役員として会長及び幹事若干名をおく。会長は選挙により会員から選出する。幹事は会長が委嘱する。役員の任期は選出の翌年から2ヶ年とするが、2期を越えて重任することは出来ない。その他、必要に応じて専門委員をおくことが出来る。

第6条 幹事会

幹事会は会長と幹事をもって構成され、会長がこれを召集し議長となる。幹事会は本会の運営に関する事項を決定する。

第7条 総会

総会は原則として年1回、年会またはシンポジウム開催の際に会長が召集し、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。幹事会は総会においては次の事項を報告し、その承認を受ける。

- 1) 前回の総会以後に幹事会で議決した事項
- 2) 前年度の事業経過及び会計報告
- 3) 当年度及び来年度の事業計画
- 4) 会則の変更
- 5) その他の重要事項

第8条 会計年度

本会の会計年度は1月1日から12月31日までとする。

付則

第1 本会の事務所は会長が幹事会の了承を得て定める。

第2 役員の選出

役員の任期満了の年に会長の選挙を行う。この選挙にあたり、幹事会は若干名の候補者を推薦することが出来る。

第3 現代表幹事及び幹事の任期は、本規定により行われる役員選出の結果発表日までとする。

第4 年会費は個人会員1,500円、賛助会員一口50,000円とする。

第5 この会則は平成9年1月1日から施行する。

編集後記

25号とこの号で井上前会長が述べておられますように、諸般の事情で、会長選挙とそれに引き続く事務局の引き継ぎが例年より半年近く遅れてしまい、会報の発行も遅れてしまいました。原稿依頼は6月から行いましたが、どの方にも急に依頼しましたので執筆期間が短く、大変ご迷惑をおかけしました。しかし、会報の発行をあまり遅らせることは出来ませんので、とにかく、あまり厚くはありませんが、皆様のご協力・ご努力により何とか発行に漕ぎ着けました。

北大の田中氏が葉緑体の起源と進化について、色素および色素結合タンパク質の面から考察と問題提起をされています。ぜひ活発な討論をお願いします。また、これ以外の課題についても問題提起をお願い致します。その他ご意見・ご要望をお寄せください。

(K.T.)

光合成研究会 1999～2000年役員

会長 高宮 建一郎 (東京工業大学・生命理工学部)
幹事 池上 勇 (帝京大学・薬学部)
幹事 太田 啓之 (東京工業大学・生命理工学部)
幹事 (日本光生物学協会の委員を兼任)
小野 高明 (理化学研究所)
幹事 田中 歩 (北海道大学・低温科学研究所)
幹事 寺島 一郎 (大阪大学・大学院理学系研究科)

光合成研究会 会報 第26号 1999年8月23日発行

〒226-8501 横浜市緑区長津田町4259
東京工業大学 生命理工学部 高宮・太田研究室内
光合成研究会 (TEL:045-924-5735, FAX:045-924-5821)
E-mail: ktakamiy@bio.titech.ac.jp
振替貯金口座 00140-3-73029