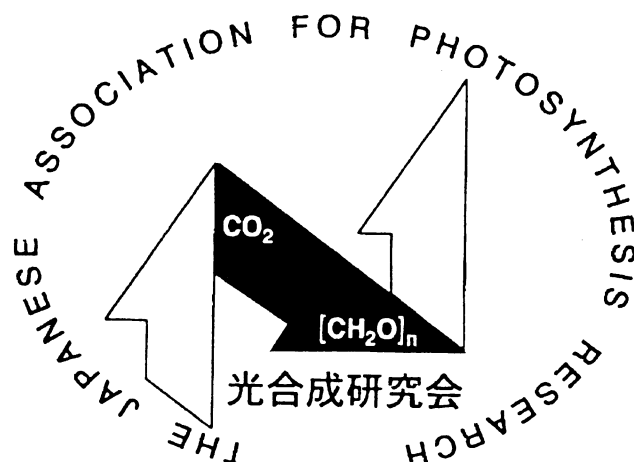


日本光合成研究会 会報

第40号 2004年 7月



NEWS LETTER No. 40 July 2004

THE JAPANESE ASSOCIATION FOR PHOTOSYNTHESIS RESEARCH

日本光合成研究会第4回シンポジウム開催報告	村田 紀夫	．．．．	1
日本光合成研究会第4回シンポジウム参加報告	小島 幸治	．．．．	3
常任幹事会議事録		．．．．	5
幹事会議事録		．．．．	7
Int. Soc. Photosynthesis Research 役員選挙	佐藤 公行	．．．．	10
集会案内		．．．．	11
学会参加記事			
第14回国際光生物学会議	佐藤 華代	．．．．	12
研究紹介			
2%酸素の光合成、今昔物語	牧野 周	．．．．	14
レドックス制御と光合成	小川 健一	．．．．	22
事務局からのお知らせ		．．．．	27
入会申込書		．．．．	28
日本光合成研究会会則		．．．．	29
幹事会名簿		．．．．	31
編集後記		．．．．	33
会員名簿		．．．．	34
賛助会員広告			

日本光合成研究会第4回シンポジウム

「分子生物学者と生化学者の視点から見た光合成」報告

会長 村田紀夫

上記のシンポジウムが2004年6月28日（金）～29日（土）東京工業大学すずかけ台キャンパス大学会館で開催されました。出席者数は147人で、盛会でありました。今回の出席者の特徴は、その多くが学生（56人）、一般（24人）ともに非会員だったということです。このように多くの研究者が光合成研究に高い関心を持っていることは大変に喜ばしいことですし、光合成研究及び光合成研究会の将来に大きな希望を持つことができました。

本シンポジウムでは、久堀徹（東工大）・福澤秀哉（京大）両先生により、光合成研究を広く勉強するために企画されました。演者の先生方にはシンポジウムの目的をよくご理解いただき、内容をわかりやすく解説していただきました。また、参加者による討論が活発に行われ、光合成研究のより深い理解を得ることができました。

最後に、講演を引き受けて下さった先生方、企画を担当して下さいった幹事の先生方、並びに会場の準備と運営を引き受けて下さった久堀研、福澤研、高宮研の研究者の方々に厚くお礼を申し上げます。

プログラム

5月28日

13：20-13：30 開会の辞

久堀徹（東工大・資源化学）

13：30-14：30 光エネルギーの受容分子の構築

増田建（東工大・院・生命理工）

「植物のテトラピロール生合成系の制御 ―5-アミノレブリン酸から金属配位酵素に至るまで―」

藤田祐一（名古屋大・院・生命農学）

「クロロフィルの生合成系の多様性とその進化的視点」

14：30-16：00 ポスターセッション

16：00-17：30 分子遺伝学を利用した光合成機能の解析

田茂井政宏（近畿大・農）

「ラン藻の遺伝子破壊株を用いた、レドックス制御系を介さないカルビンサイクル調節系の解析」

皆川純（北大・低温研）

「クラミドモナスを用いた、光合成集光アンテナ構成の光環境応答に関する解析」

望月伸悦（京都大・院・理学）

「アラビドプシス突然変異体を用いた、テトラピロール／非テトラピロール系プロスタチドシグナル伝達経路の解析」

17：30- 総会

18：00-20：00 懇親会

5月29日

10：00-12：00 環境順化と遺伝子発現制御

鈴木石根（基生研）

「ラン藻の二成分情報伝達系と環境応答」

日原由香子（埼玉大・理）

「ラン藻の転写因子と環境応答」

田中寛（東京大・分生研）

「ラン藻のシグマ因子/窒素同化遺伝子の発現調節機構」

加藤浩（三重大・生命科学研究支援センター）

「陸生ラン藻の乾燥応答遺伝子の発現解析」

13：00-14：00 光合成反応中心複合体の分子構築

高橋裕一郎（岡山大学・理）

「光化学系Ⅰ複合体の構造とダイナミクス」

西山佳孝（愛媛大・無細胞生命科学センター）

「光化学系Ⅱ複合体の損傷と修復のダイナミクス」

14：30-16：00 新しい電子伝達回路

小川健一（岡山県生物科学総研）

「Water-Water cycle と Ascorbate-Glutathione cycle：ATP 生産と電子の貯金箱としての意義」

「Ferredoxin, thioredoxin からみた光合成系の進化」

鹿内利治（九州大・院・農）

「光化学系Ⅰサイクリック電子伝達の生理機能」

16:00-16:10 閉会の辞

研究会会長 村田紀夫（基礎生物学研究所）

日本光合成研究会第4回シンポジウム

「分子生物学者と生化学者の視点から見た光合成」参加報告

小島 幸治（埼玉大学・理工学研究科）

5月28日、29日の二日間、東京工業大学のすずかけ台キャンパス内の大学会館にてシンポジウムが行われました。緑に囲まれた静かなところにキャンパスが位置し、高層で工場のような建物ならび外観がきれいで印象的でした。二日ともに天候に恵まれ、外は暑さを感じましたが、会場内は冷房が頑張りすぎたせいでしょうか上着を羽織る方が大勢見受けられました。

5つの分野から、計14名の先生方の講演並びにポスターでの発表も16題と多数の演題がありました。各講演内容の半分以上に丁寧な序論がもうけてあり、それぞれの研究分野の歴史的背景から最近の知見までという構成となっていました。無知識な私でも内容に入り込むことができ、大変わかりやすく、とても勉強になりました。内容は興味深くても、難解で理解できなかったものもありましたが、参考になるものが多く、今後、これらの分野の理解を深めるのに大変役立つものになったと思います。充実した2日間を過ごすことができましたと思います。

初日は、「光エネルギーの受容分子の構築」と「分子遺伝学を利用した光合成機能の解析」でクロロフィル合成系の制御機構、光環境に適応するために採用している様々な調節機構についての話題でした。これらの分野については、この講演ではじめて聞くことになりました。クロロフィル分子の複雑な構造とその生合成経路の過程が印象的でした。分子の構造は漠然とした感じしか印象を持っていませんでしたが、実際、生合成経路も複雑で様々な合成酵素などに触媒され、制御されてあの複雑な分子が構築されることを理解しました。植物は、光受容物質を作るために結構な労力を費やしているもの

であると感じました。二日目の「環境順化と遺伝子発現制御」の講演では、シアノバクテリアの各遺伝子発現のストレス応答は、DNA マイクロアレイを用いた網羅的な解析が行われるようになってから、短い間で遺伝子制御のネットワークの解明が近づいてきているという印象を受けました。また、DNA マイクロアレイの網羅的な解析により、転写因子の標的遺伝子やストレス特異的に誘導される遺伝子が急速な勢いで同定され、これによりストレス条件下における遺伝子産物の重要性、それらの遺伝子産物の機能からストレス環境下における適応機構を理解しました。また、「光合成反応中心複合体の分子構築」のセッションでは、光化学系の複合体がどのようにできて、壊れて、修復されていくのかという内容で、研究の経緯を紹介されていました。その中で、光阻害という現象にとっても興味を持ちました。最後の「新しい電子伝達回路」のセッションは、環状電子伝達の経路や Water-Water cycle、Ascorbate-Glutathione cycle（初耳。）に関する講演でした。これらは、直鎖状の電子伝達経路に付加的な機能として、光化学系の光収量に応じた電子伝達の制御機構に関するためのものであることを理解しました。酸化ストレス適応を学ぶにあたり、この新しい電子伝達回路の役割の重要性を感じました。酸素発生型光合成を行う生物にとって活性酸素種は有害であることを再認識しました。

私は、ポスター発表をさせて頂きました。最近ちょっとしたきっかけで *isiAB* オペロンの解析をするようになりました。鉄欠乏以外のストレスでも遺伝子の発現がみられることから、1つのストレスタンパク質であると仮定し、これら遺伝子破壊株のストレス条件下での表現型を解析しました。私は今までに、シアノバクテリアにおける熱ストレス応答をあきらかにするために、遺伝子の発現制御や遺伝子破壊株の表現型解析を行っていましたが、光合成装置に関する研究をしているグループに属しているのにもかかわらず、光合成の分野の勉強をおろそかにしているところでした。

今回のシンポジウムの参加は、前回のワークショップに引き続き二回目となりました。この会は、学生が気軽に参加でき、光合成生物を実験材料として光合成を研究されている多分野の方々が集まる会で、大変良い企画であると思いました。普段の学会発表とは異なり、今までにない個性的で良い環境が整っていたと感じています。懇親会については、自分の小心さがそうさせたのか、のんびりとじっとしていました。

最後になりましたが、東京工業大学の久堀 徹 先生、会の運営準備をされたスタッフの皆様に感謝致します。

平成16年第2回 日本光合成研究会常任幹事会 議事録

日 時： 平成16年5月28日（金）10:00-11:15

場 所： 東京工業大学すずかけ台キャンパス大学会館集会室2

出席者： 村田紀夫（会長）、伊藤繁（次期会長）、井上和仁、臼田秀明、大政謙次、小俣達男、園池公毅、寺島一郎、久堀徹、福澤秀哉、宮尾（徳富）光恵、田中歩（事務局長）、前忠彦（会計監査）

議事：

1. 前回議事録が確認された。

2. 前回常任幹事会関連報告

（1）会員名簿の電子メールアドレスの充実

電子メールアドレスを登録していない会員の名簿を作成し、これを該当者に送付してアドレスを記入して貰う予定であることが田中事務局長より報告された。なお、電子メールアドレスは研究会内の連絡用であり、公開しないことが確認された。

（2）日本光生物学協会に本会がどのような形で参加するかを次期会長に検討して貰う旨会長より報告された。

3. 会議等報告

（1）第6回大気汚染と地球環境変化に対する植物の反応に関する国際シンポジウム－分子生物学から植物生産および生態系まで－（本会協賛）

2004年10月20日から22日まで、つくば国際会議場およびつくば研究交流センターで開催。予想以上の参加申込があり（事前登録：国外100名、国内150名）、盛会が期待されることが大政幹事より報告された。

（2）日本光生物学協会

若手補助のための基金の設立、出版事業、広報委員会の立ち上げ等、最近の活動について伊藤幹事より報告された。

4. 事務局報告

2003年12月以降の会員数の動向と会費納入状況が田中事務局長から報告された。

（1）5年以上滞納者が2名に減少。連絡先不明の1名については再度連絡を取り、連絡が取れない場合は退会手続きを取ることに、他の1名については自宅に連絡することが確認された。

(2) 繰越金があるが、収支はバランスしていることが報告された。

(3) 賛助会員が減少。賛助会員増加に向け、会費（5万円）の妥当性および何らかのメリットを提供する必要性が討論された。

5. 会計監査

前会計監査より、2003年度の会計事務が適正に行われたことが報告された。

6. 会報

2004年2月末に39号が発行されたこと、本会シンポジウム終了後(7月上旬、40号)、および国際光合成会議終了後(10-11月、41号)に発行予定であることが、園池幹事より報告された。40号に名簿を掲載予定。

7. ホームページ

ホームページ運用開始以来のヒット数が17881に達した旨井上幹事より報告された。会報、後援会案内等、随時内容を更新していく予定。

8. 第4回シンポジウム

シンポジウムの準備状況等が久堀幹事より報告された。事前登録者が120名を越えたこと、そのうち約半分が非会員であること、企業7社が出展し出展料収入が21万円になったこと等が報告された。

9. 第4回ワークショップ「in vivo ではかる光合成」

準備状況について、伊藤幹事から報告された。開催場所は名古屋大学理学部、10月22日以降開催予定。

10. 新幹事の推薦

候補者9名の提案があり幹事会への推薦について検討した。その結果、9名全員を推薦することとした。推薦候補者は以下の通り。

大岡宏造（大阪大学）、小川健一（岡山県生物科学総合研）、佐藤文彦（京都大学）、沈建仁（岡山大）、鈴木祥弘（神奈川大）、南後守（名工大）、原登志彦（北大）、藤田祐一（名大）、牧野周（東北大）

11. その他

(1) 幹事会のあり方の再検討が村田会長より提案された。次年度の検討事項とした。

(2) 本年12月に常任幹事会を開催したい旨、伊藤幹事から要望がなされた。

平成16年 日本光合成研究会幹事会 議事録

日 時： 平成16年5月28日（金）11:30-13:00

場 所： 東京工業大学すずかけ台キャンパス大学会館集会室2

出席者： 村田紀夫（会長）、伊藤繁（次期会長）、井上和仁、臼田秀明、大政謙次、小俣達男、佐藤直樹、嶋田敬三、園池公毅、高橋裕一郎、高宮建一郎、田中歩、寺島一郎、久堀徹、福澤秀哉、前忠彦、宮尾（徳富）光恵、宮地重遠

議事：

1. 会長挨拶

2. 平成16年第1回、第2回常任幹事会の報告

第1回議事録は会報39号で報告済み。第2回議事録は次回会報で報告予定。

3. 報告

1) 次期会長選挙結果

伊藤繁氏が次期会長に当選された旨村田会長より報告された。

2) 会議等報告

◎第11回原核光合成生物シンポジウム（本会共催）

380名（国外160名、国内220名）が参加し盛会であったことが高宮幹事より報告された。多数の本会会員を含む日本人研究者87名から200万円を超える寄付が集まったことが報告され、感謝の意が示された。

◎光合成事典

昨年11月に刊行された旨、高宮幹事より報告された。執筆者200名に1冊ずつ寄贈。研究室の若い人に宣伝してほしいとの要請があった。

◎International Workshop on Green and Heliobacteria（本会後援）

60名が参加し中身が濃いワークショップであった旨、井上幹事より報告された。

◎日本光生物学協会

例会である研究会、アジア光生物学会議の剰余金で設立された基金、キンゼンメダル候補の推薦等、最近の活動状況が伊藤幹事より報告された。次期委員長は本会幹事の三室氏。

◎本会第3回ワークショップ「光合成研究者にもわかる・役立つバイオインフォマティクス」

40 名が参加し成果が大きかった旨、佐藤幹事より報告された。佐藤幹事の異動にともない埼玉大学のホームページは閉鎖したが、東大駒場のホームページからリンクしているとのこと。

◎第 11 回クラミドモナス国際分子細胞生物学会議

2004 年 5 月 11 日から 15 日まで神戸国際会議場で開催され、非常にアクティブな会議であった旨、福澤幹事より報告された。参加者数 160 名（国外 105 名、国内 55 名）。

◎第 6 回大気汚染と地球環境変化に対する植物の反応に関する国際シンポジウム—分子生物学から植物生産および生態系まで—（本会協賛）

2004 年 10 月 20 日から 22 日まで、つくば国際会議場およびつくば研究交流センターで開催。予想以上の参加申込があり（事前登録：国外 100 名、国内 150 名）、招待者を含めると 300 名が参加予定であり、盛会が期待されることが大政幹事より報告された。

3) 事務局報告

2003 年以降の会員数の動向と会費納入状況、2003 年度決算について田中事務局長より報告された。

◎一般会員は 2003 年に 304 名から 316 名に増加、賛助会員は 2003 年に 6 社から 5 社に減少、今年はさらに 4 社に減少した。

◎5 年以上会費を滞納している会員が 2 名いるが、近々解決の予定。

◎資料に基づき 2003 年度決算が報告された。

4) 会計監査

前会計監査より、2003 年度の会計事務が適正に行われたことが報告された。

5) 会報

予定通り年 3 回発行している旨、園池幹事より報告された。今年度は 2 月末に 39 号を発行済み、本会シンポジウム終了後（7 月上旬、40 号）、および国際光合成会議終了後（10-11 月、41 号）に発行予定。

6) ホームページ

ホームページ運用開始以来のヒット数が 17881 に達した旨井上幹事より報告された。会報、後援会案内等、随時内容を更新していく予定。

7) 日本光合成研究会についてのアンケート結果

アンケート集計結果について田中事務局長より報告された（会報で紹介済み）。ホームページや会報に関する貴重な意見が多々あげられたこと、光合成に関連する新しいプロジェクトを立ち上げてほしいとの意見があったことが報告された。これに関連して宮地

幹事より本会設立の経緯が紹介され、本会のあり方について討論を行った。また、数年に1回はアンケートが必要であることが村田会長より提案された。

8) 第4回シンポジウム「分子生物学者と生化学者の視点から見た光合成」

シンポジウムの準備状況等が久堀幹事より報告された。事前登録者が120名を越えたこと、そのうち約半分为非会員であること、企業7社が出席し出展料収入が21万円になったこと等が報告された。

9) 第4回ワークショップ「in vivo ではかる光合成」の準備状況について、伊藤幹事から報告された。開催場所は名古屋大学理学部、10月22日以降開催予定。クロロフィル蛍光を含め、基礎的なことを理解してから高度なことを理解して貰うようにしたいとのこと。

5. 新幹事の推薦

常任幹事会が推薦した9名全員が幹事となることが全会一致で承認された。会長が本人の意向をきく。幹事になることの同意を得た後に幹事になる。承認された9名は以下の通り。大岡宏造(大阪大学)、小川健一(岡山県生物科学総合研)、佐藤文彦(京都大学)、沈建仁(岡山大)、鈴木祥弘(神奈川大)、南後守(名工大)、原登志彦(北大)、藤田祐一(名大)、牧野周(東北大)

6. その他

1) 日本光生物学協会への参加方法について

本会以外の参加団体はすべて学会であり、研究会である本会が参加する必要があるのか討論を行った。参加団体は委員を務めなくてはならないこと、年会費を納めなくてはならない等、負担が大きいとの意見が出された。次年度の検討事項とした。

2) 幹事の選出基準について

幹事会のあり方について第2回常任幹事会での討論内容が報告された。

3) 賛助会員について

賛助会員を増やす観点から、何らかのメリットを提供する必要があることが提案され、討論を行った。会報に1/2頁の広告を無料で掲載できるようにすること、本会ホームページに賛助会員のホームページをリンクできるようにすることが了承された。

International Society of Photosynthesis Research 役員選挙

Secretary 佐藤公行

International Society of Photosynthesis Research（国際光合成学会）の会員の方には、お手元に役員選挙の投票用紙が届いていると思います。今年の夏にカナダのモントリオールで開かれる国際光合成会議に参加なさる方は、今後1年間の会員になっていることと思います。忘れずに投票をお願い致します。投票の締切は8月1日必着で、投票用紙の送付先は、

〒700-8530 岡山県岡山市津島中 3-1-1

岡山大学理学部生物学科気付

佐藤公行

です。

集会案内

☆第13回国際光合成会議(PS2004)

表記会議が2004年8月29日から9月3日までモンリオールで行われます。Antenna and Reaction Centers, Electron and Proton Transport, ATPase, Carbon Assimilation and Biosynthesis, Stress, Adaptation and Regulation, Agriculture and Biotechnology, Ecology, Environment and Global Perspectivesなどが主なトピックです。詳しい情報はホームページ <http://www.opus3.com/ps2004/> に掲載されています。なお、本会議に合わせて以下のサテライト会議が予定されています。これに関する詳しい情報につきましても、ホームページをご覧ください。

Photosynthesis and Post-Genomic Era: "From Biophysics to Molecular Biology, a Path in the Research of Photosystem II"

Inorganic Carbon Utilisation by Aquatic Organisms

Photosynthetic Light-Harvesting Systems

Photosynthesis & Genomics of Algae

Cyanobacterial Molecular Biology

☆第6回大気汚染と地球環境変化に対する植物の反応に関する国際シンポジウム－分子生物学から植物生産および生態系まで－（再掲）

6th International Symposium on Plant Responses to Air Pollution and Global Changes: from Molecular Biology to Plant Production and Ecosystem (6th C Symposium)

2004年10月20（水）～22日（金）；つくば国際会議場（EPOCAL）。日本光合成研究会は協賛団体です。

<学会参加記事>

第13回国際光生物学会参加報告

佐藤華代（東京大学・新領域・先端生命）

第13回国際光生物学会は、韓国は済州島にある国際コンベンションセンター(ICC)で6月10日から15日まで開催されました。済州島は、日本の沖縄に当たるリゾート地で、韓国国内からも多くの観光客が訪れているらしく、中にはペア룩姿のカップルも多く見られました。島民は、観光客の対応に慣れており、“アニョハセヨ=こんにちは”、“カムサハムニダ=ありがとう”、“チャル モゴッスムニダ=ごちそうさま”しか韓国語を知らない私でもきちんと食事や移動ができました。現地の人が無知な日本人に対しても温かい対応をしてくれたおかげで、滞在中は存分に楽しむことができたと思います。

ICCは、海を横目に、日光を遮るものが全くない起伏のある坂道を登り切った場所があり、宿泊場所からは30分ほど歩く距離でした。6月でしたが、10分も歩くと汗が流れてくるような暑さでした。私たちは、太陽が出ている時間帯に会場入りするという時は、道中、励ましあう元気もなく、無言でひたすらICCを目指して歩きました。そんな場所と気候のためか、会場までの一本道を歩いている人は少なかったように見えました。

学会の参加者の多くはアジアから来ており、中でも韓国、次いで日本からの参加者が中心となっていました。それでも世界中の様々な国の人が様々な仕事を携えて集まってくる、国際学会に初めて参加する私は大きな刺激を受けました。

シンポジウムは全部で35セッションあり、Carbon Metabolism of Photosynthesis や Phytochrome Structure-Function、Photosynthesis: Regulation and Gene Expression、Signal Transduction in Photomorphogenesis、など光合成生物に関するセッションも多く設けられていました。その中で、大阪大学の高木先生が発表した”Rapid Induction of Actin-Dependent Cytoplasmic Motility Under Control of Phytochrome”では、画像分析器を装着した遠赤外線顕微鏡を用いた *Vallisneria spiralis* の光誘導性細胞質運動に関する紙上では伝わりにくいダイナミックな動画を見ることができました。

私はポスター発表で参加しましたが、発表の時間は朝7:30-8:00が2日間、計1時間のみで、それ以外の時間のほとんどがシンポジウムにとられていました。早朝のせいか、わずかに割かれていたポスタービューイングの時間でさえ、発表者も聞きにくる人も少

なく、その時間から会場に訪れている人自体があまりいませんでした。そんな中で数人から貴重なポスターの説明を受けることができました。

私も数人に自分の研究の説明をする機会に恵まれましたが、私の英語力は拙く、かなり聞き苦しい説明だったと思います。それにも関わらず、来てくれた方の話を聞こうとする姿勢が強く感じられ、励まされました。また、仕事に対して意見を頂き、発表してよかったと思うと同時に、帰国後の研究に対するモチベーションも高まりました。

最後に、学会参加に際し AOSP 基金から派遣援助金を受けさせていただいたこと、参加の機会を与えてくださったことに深く感謝します。

<研究紹介>

2%酸素の光合成、今昔物語

牧野 周（東北大学 大学院農学研究科）

2%酸素という条件が、光合成の解析手段として古くから用いられている。しかし、自然界には2%酸素という環境条件は存在しない。あくまで光合成の解析手段として用いられる条件である。事実、この2%酸素という条件の光合成を解析することで、光合成に関連するさまざまな現象が解明されてきた。しかし、その一方でいまだによくわからない2%酸素の光合成でもある。

ここでは、2%酸素という条件で、どのような光合成の現象が解明されてきたのか、また2%酸素での光合成の理解は現在どこまで進んでいるのか、その歴史と現状をまとめた。

2%酸素の光合成は光呼吸を抑制する真の光合成である。

1970年代から80年代中頃にかけて、酸素濃度2%で光合成測定を行うと光呼吸を抑えた真の光合成速度が測定されると考えられていた。まず、そのような解釈に至った歴史について振り返ってみよう。酸素が光合成に与える影響について調べた研究の歴史は古い。1920年ドイツの Warburg は、クロレラを用いて光合成が大気分圧の21%より高い酸素によって阻害され、逆に大気分圧より低い2%酸素では促進される現象を発見した(Warburg 1920)。いわゆる、Warburg 効果である。それから20年後、コムギを材料に McAlister らが高等植物の光合成にも酸素が同様の影響を与えることを観察した(McAlister and Myers 1940)。もちろん、これらの現象は CO_2 の固定酵素である Rubisco によって触媒される carboxylase 活性と oxygenase 活性の間の拮抗反応によるものである。しかし、酸素による光合成への影響の要因については、Rubisco の oxygenase 活性が発見されるまで、さまざまな仮説が発表された。例えば、カルビン回路酵素の不活性化説(Turner et al. 1958)や電子伝達系阻害説(Björkman 1966)などである。そんな中、実際には1943年にすでに日本の植物学会で田宮と藤茂が Warburg 効果の酸素阻害部位が光合成の暗反応にあることを報告し(Tamiya and Hujishige 1949)、Bassham らは CO_2 固定中に酸素存在下でグリコール酸が生成されることを観測し、そのグリコール酸が RuBP の酸化

によって生じている可能性を指摘していた(Bassham and Kirk 1962)。その Bassham の報告から 9 年後の 1971 年、イリノイ大学の Ogren らのグループが、光合成の炭酸固定酵素 Rubisco が酸素によって拮抗的に阻害されることを発見し(Ogren and Bowes 1971)、酸素存在下で RuBP からグリコール酸リン酸が生成されることを見出した(Bowes et al. 1971)。Rubisco の oxygenase 活性の発見である。その翌々年 Tolbert のポストクだった Lorimer らが、マノメータを用いての酸素吸収と $^{18}\text{O}_2$ からのグリコール酸リン酸の生成を証明した(Andrews et al. 1973, Lorimer et al. 1973)。これらの発見によって Warburg 効果が初めて酵素反応による代謝産物のレベルで説明されたわけである。Rubisco の oxygenase に始まる光呼吸経路の詳細やその意義については他を参照されたい(金井 2003 など)。余談ではあるが、その oxygenase 活性の発見をめぐって、Lorimer が Plant Physiology の前編集長(かつて Ogren のグループのポストクであった)Somerville に宛てた抗議文は、当時の状況と Rubisco の oxygenase 活性をめぐる議論を知る意味で興味深い(Lorimer 2001)。

話をもどそう。このように、Rubisco の oxygenase 活性によって光呼吸が生じ、同時に起こる carboxylase 活性による光合成の炭酸固定を拮抗的に阻害していることが明らかとなり、低酸素で促進される光合成、すなわち 2%酸素で測定される光合成は光呼吸を除いた真の光合成である、と解釈されたわけである。その理論に基づいて、日本では、作物学者が中心になって 2%酸素等の低酸素で光呼吸を抑制させるとイネの乾物生産が上がること(Akita and Tanaka 1973)や純同化率が上昇する現象(Fukuyama et al. 1974)などを報告した。当時の日本の作物学者が世界の光合成研究の動向を見ながら質の高い研究を展開していたことを示している。また、2%酸素と 21%酸素での光合成の温度レスポンスを調べ、高温ほど光呼吸レベルがあがり光合成ロスが大きくなり、その現象が Rubisco の carboxylase や oxygenase の酵素的特性で説明されることを見出した論文なども発表された(Key et al. 1977)。

2%酸素の光合成は Pi の再生産によって律速される。

1980 年オーストラリア国立大学の Farquhar らは、光合成の律速モデルを発表した(Farquhar et al. 1980)。当時、Farquhar の大学院生であった von Caemmerer は彼のモデルに従って、光合成の実測解析を行った。Farquhar のモデルによれば、2%酸素でも 21%酸素でも CO_2 濃度を大気レベルからさらに上昇させた時、光合成は RuBP の再生産速度に律速される。したがって、RuBP 再生産の律速領域では、一定速度で Rubisco に供給

される RuBP を基質に、CO₂ 分圧上昇分だけ carboxylase 活性が上がり、結果としては、見かけの光合成速度は CO₂ 濃度の上昇に伴って増加することになる。しかし、実験では 2%酸素の時のみ CO₂ 濃度増加に伴い光合成速度は逆に若干の減少を示したのである (Fig. 1 in von Caemmerer and Farquhar 1981)。Farquhar らは単なる実験誤差によるものと考えたようだが、当時、同じオーストラリア国立大学のポスドクだった Sharkey は 2%酸素の条件でのみ起こるこの奇妙な現象に拘った。1985 年に同大学にポスドクとして留学した寺島さん(阪大)が、「Tom (Sharkey) がなぜそんな小さな誤差に拘るのか理解できない」と Farquhar が口にしていただけだと証言している。

やがて、Sharkey は、この 2%酸素で増加しない光合成(実際は若干の減少を示す光合成)を O₂-insensitive 光合成と名付けて、その条件で観測される光合成関連の代謝産物のプール組成が、単離葉緑体を低 Pi 処理した時に生じる光合成のダウンレギュレーション時のプール組成(Heldt et al. 1978)に極似することを報告した(Sharkey et al. 1986)。そこで、彼らは、2%酸素で大気レベル以上に CO₂ 濃度を上げて光合成が上昇しないのは、光合成が最終産物である糖生産に伴う Pi の再生産(再利用)反応が制御され、それによって光合成全体の反応が抑えられるためである、と推測したのである。この現象はあくまで状況証拠からの推定であり、実験的に証明されたものではない。しかしながら、今日でも CO₂ 飽和条件を含め 2%酸素条件での光合成律速因子である、と理解されている。唯一、直接的な証明としては、細胞質に局在する酵素 FBPase(ショ糖合成の鍵酵素)を 75%以上欠損したフラベリアミュータント(C₃ 型)では 2%酸素(実際は 3%)でより大きく光合成が抑制されることが示されたことであろう(Sharkey et al. 1988)。また、Pi の再生産による光合成のダウンレギュレーションは、後に Heineke らの葉緑体 Pi-translocator のアンチセンスジャガイモ実験によっても確認されている。Heineke らは、アンチセンス植物では、Heldt らの単離葉緑体を用いた結果とまったく同じ現象が葉でも生じることを報告した(Heineke et al. 1994)。1992 年の名古屋での国際光合成会議後のサテライトシンポ(三重県賢島)で Heineke らの報告を受けて、Heldt がまさに自分の単離葉緑体での結果と同じだと興奮気味にコメントしていたことを私は覚えている。

この Sharkey らの一連の報告が発表された 1980 年代後半頃から「2%酸素の光合成＝真の光合成」という議論はされなくなった。私事になるが、1983 年(当時大学院生)、2%酸素で測定した光合成を Rubisco のキネティクスから定量解析した論文を Plant Cell Physiol に投稿した(掲載は翌年、Makino et al. XXX 内容がお粗末なので余り読んで頂きたくない)。審査員の一人はオーストラリア国立大学の博士課程修了直後の John

Evans だった。「2%酸素の光合成は Rubisco に律速されるものではないが、、、云々」とのコメントをもらった。編集実行委員だった浅田先生の配慮で掲載可となったが、Skarkey らの論文が発表される3年前で、当然そのコメントの真意を知るすべもなかった。しかし、その John Evans も Pi-再生産に対する考え方に当時は否定的であったと聞いた。

2%酸素は Water-water cycle (Mehler 反応)を抑制した光合成である。

Water-water cycle は PSI 近傍で発生する活性酸素(Mehler 反応)をおもにアスコルビン酸ペルオキシダーゼ経路で水に変換し解毒化させる代謝で、葉緑体での活性酸素消去経路として知られている(Asada 1999)。この経路解明に大きく貢献した浅田の研究グループはおもに単離チラコイドでこの研究を行っていたため PSI 近傍で生じる Mehler 反応自体は2%酸素で飽和するとの結果を得ていた(活性酸素発生 Km の実測値は0.2から0.8%であった)。しかし、浅田グループの研究員であった三宅はフラボタンパク質を添加したチラコイド膜や生葉を用いて活性酸素発生のキネティクスを調べたところ、その発生速度は単離チラコイドで見積もられた値より10倍ほど高く、さらに酸素飽和濃度点(Kmは8%)も高いことを見出した(Miyake et al. 1998, Miyake and Yokota 2000)。生葉での活性酸素の本当の発生部位はチラコイド膜表面またはストロマ側にあるようである(彼らは現在、フェレドキシンを有力候補の一つに考えている)。彼らはさらに、クロロフィル蛍光とガス交換を同時測定することによって、2%酸素条件では water-water cycle への電子伝達をほとんど抑えた光合成の測定が可能であることを提唱した(Miyake and Yokota 2000)。彼らの解析方法は少々理論的で難解なところもあったのか、2%酸素で water-water cycle は制御されるという考え方を懐疑的に思った研究者も多いようである。実際、私が海外の研究者に尋ねたところ首を傾げる人もいた。三宅さんは「私の話はまだまだ市民権を得ていない。」と笑っていた。さっそく、私も自分流のやり方で追試を試してみた。2%酸素条件でも Pi の再生産の制御がかからない Rubisco のアンチセンスイネ(Rubisco 量だけが特異的に減少しているので、測定される光合成は常に Rubisco によって律速される)を使って、CO₂ 飽和の条件(150 Pa CO₂)で酸素濃度だけを21%、2%と切りかえる実験を行った(残念ながら未発表)。その結果、21%から2%へ酸素濃度を切りかえると CO₂ の同化速度はまったく変化しないのに(CO₂ 飽和条件であるので oxygenase 活性による光呼吸はほとんど生じていない)、PSII の量子収率だけが10~20%ほど必ず低下したのである。三宅らの指摘どおり、Water-water cycle へ流れる分だけの

量子収率低下が見られた、と考えられる。

私たちは、この三宅理論にしたがって、2%酸素光合成解析を組み合わせ、光合成の光誘導過程では water-water cycle がまずチラコイド膜に ΔpH を形成し、それが光合成のスタータとなっていることを明らかにした(Makino et al. 2002)。また、海外のグループでも 2%酸素では water-water cycle への電子伝達を制御した場合の光合成と捉えて解析を進めている例も出てきている(例えば、Clarke and Johnson 2001)。このように、やがては、2%酸素条件は water-water cycle を抑えた光合成であることが、一般的な解析手段として用いられる時代が来る、と確信している。しかし、実際は次に述べる PSI での循環的電子伝達の駆動に関連して、問題は単純ではないかも知れない。

2%酸素では循環的 PSI 電子伝達系が駆動する。

Water-water cycle は PSII での水分解に始まり、PSI 近傍での活性酸素発生、フェレドキシンより受け取った電子によりアスコルビン酸ペルオキシダーゼが活性酸素を水に変換するので、結果としてチラコイド膜に ΔpH を形成する(Asada 1999)。したがって、2%酸素で water-water cycle を抑制すれば、 ΔpH の指標となる NPQ(クロロフィル蛍光解析で測定される non-photochemical quenching)は低下することが予想される。しかし、実際は必ず 2%酸素で NPQ は上昇する。それに着眼した三宅さんのアイディアで私たちは 2%酸素では循環的 PSI 電子伝達系(PSI cyclic)が駆動していることを見出した(Makino et al. 2002)。PSI cyclic が ΔpH 形成を促進し、NPQ を上昇させているのである。高等植物の PSI cyclic 経路は、NDH 経由か FQR 経由か、またその mediator の実態などはほとんどわかっていなかったが、ごく近年、Shikanai らのグループの優れた研究により、経路の全貌が徐々に明らかになりつつある(Munekage et al. 2002, Munekage et al. 2004)。けれども、生理的機能に関しては謎な部分が多い。高等植物の場合、PS I cyclic は、ATP と NADPH の fine-tuning というよりは、非常に多くの場合、光阻害回避のための NPQ 形成、あるいは光合成始動の ΔpH 形成のために駆動しているようである(Endo et al. 1999, Cornic et al. 2000, Makino et al. 2002, Munekage et al. 2002, Golding and Johnson 2003)。しかし、2%酸素でなぜ PSI cyclic がまわるのか？まわる必要があるのか？私にはまったく理解ができていない。嫌気的な条件(0%酸素)では PSI cyclic が駆動することは他の研究者によっても確認されている(Joët et al. 2002)。私たちは、2%酸素条件での光合成の光誘導過程においては、water-water cycle が ΔpH 形成のスタータとして機能できないので、PSI cyclic が代替駆動することを見出した。それは理解できる。しかし、光合成が定常速度

に達しても、2%酸素では PSI cyclic は常に廻りっぱなしである。しかも、NPQ の上昇割合から推察して、21%酸素で駆動している water-water cycle をしのぐ高速回転である (Makino et al. 2002)。植物は、2%酸素で PSI cyclic を駆動させ、いったい何をやっているのでしょうか？

おわりに。

2%酸素の光合成解析によって、さまざまな光合成の現象が解明されてきた。現在では、2%酸素の光合成は Pi の再生産によって律速された光合成として理解されている。しかし、2%酸素は water-water cycle の電子伝達を抑制し、PSI cyclic に大きく駆動させる。このように電子伝達系に大きな影響を与える 2%酸素であるならば、当然、カルビン回路酵素群への ATP や還元力供給に影響を与えていることが想像される。Sharkey らによって提唱された Pi の再生産制御は、炭素代謝と ATP 生産に関わる Pi の再利用のみから論じられたものである。この事実を考えると、Pi 再生産の制御も再検討が必要であるような気がしてならない。また、2%酸素では必ず PSII の量子収率低下が観測される。低酸素である分、water-water cycle への電子伝達の流れが抑制された、という考えであるが、一方で PSI cyclic は大きく駆動し、 ΔpH を上げている。したがって、その新たな ΔpH 形成による PSII の量子収率低下の可能性も考えなくてはならないのかも知れない。光合成機能の解明に大きく貢献してきた 2%酸素の光合成であるが、新たな謎を生んでいる光合成でもある。世界的に見てこの分野の研究にかつての勢いが感じられない今日この頃、多少の意地もあって 2%酸素の光合成に拘ってみた。

謝辞

原稿を金井龍二先生(埼玉大名誉教授)に精読して頂いた。Warburg 効果から光呼吸に関わる先駆的研究に対する私の不適格な引用について数多くの指摘を頂き、Warburg(1920)、田宮・藤茂(1949)および Ogren and Bowes (1971)の原論文をしっかりと読む事を勧められた(Warburg の原本はドイツ語でまだほとんど読めていない)。光合成の先駆的な研究について正しいレビューができない者に、若い光合成研究者に対して、80 年代・90 年代の議論をまったく知らないとは非難できるものでない、とお叱りを受けたのであろう。先生からご紹介頂いた文献や逸話から私が感じた点は、いわゆる世紀の大発見の影には、必ず忘れられた優秀な研究者による優れた報告が数多くあり、それらの議論の積み重ね上に初めて世紀の大発見があるという点である。世紀の大発見は決して

優秀な研究者一人によってある日突然成されるものではなく、同時に、世紀の大発見を逃してしまった研究者たちは、それをなし得なかった原因や背景が必ず存在していたことにも気づく。一角千金を狙うような仕事が目に付く昨今、少なくとも光合成に関する分野では、そのような研究から世紀の大発見はないということは、歴史が証明しているのかもしれない。

金井先生からは、原始地球の大気環境(低酸素時代)と光合成生物の出現、その進化を念頭においた考察が欠如している、との意見も頂いた。残念ながらこの点に関してはまったくクリアしていない。大きな宿題となった。

引用文献

- Akita S, Tanaka I (1973) *Proc Crop Sci Soc Jpn* (日作記) 42: 18-23
- Akita S, Miyasaka A (1969) *Proc. Crop Sci Soc Jpn* (日作記) 38: 525-534
- Andrews TJ, Lorimer GH, Tolbert NE (1973) *Biochemistry* 12: 11-18
- Asada K (1999) *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol* 50: 601-639
- Bassham JA, Kirk M (1962) *Biochim Biophys Res Commun* 9: 376-380
- Björkman O (1966) *Physiol Plant* 19: 618-633
- Bowes G, Ogren WL, Hageman RH (1971) *Biochem Biophys Res Commun* 45: 716-722
- Clarke JE, Johnson GN (2001) *Planta* 212: 808-816
- Cornic G, Bukhov NG, Wiese C, Bligny R, Huber U (2000) *Planta* 210: 468-477
- Endo T, Shikanai T, Takahashi A, Asada K, Sato F (1999) *FEBS Lett* 20: 5-8
- Farquhar GD, von Caemmerer S, Berry JA (1980) *Planta* 149: 178-190
- Fukuyama M, Takeda T, Taniyama T (1974) *Proc Crop Sci Soc Jpn* (日作記) 43: 267-273
- Golding AJ, Johnson GN (2003) *Planta* 218: 107-114
- Heineke D, Kruse A, Flüge U-I, Frommer WB, Riesmeier JW, Willmitzer L, Heldt HW (1994) *Planta* 193: 174-180
- Heldt HW, Chon CJ, Lorimer GH (1978) *FEBS Lett* 92: 234-240
- Joët T, Cournac L, Peltier G, Havaux M (2002) *Plant Physiol* 128: 760-769
- Kanai R (2003) *化学と生物* 41: 403-409
- Key AJ, Sampaio EVSB, Corneleus MJ, Bird IF (1977) *J Exp Bot* 28: 525-533
- Lorimer GH (2001) *Plant Physiol* 127: 3
- Lorimer GH, Andrews TJ, Tolbert NE (1973) *Biochemistry* 12: 18-23
- Makino A, Miyake C, Yokota A (2002) *Plant Cell Physiol* 43: 1017-1026
- McAlister ED, Myers J (1940) *Smithson Misc Coll* 99: 6-26

Miyake C, Schreiber U, Hormann H, Sano S, Asada K (1998) *Plant Cell Physiol* 39: 821-829

Miyake C, Yokota A (2000) *Plant Cell Physiol* 41: 335-343

Munekage Y, Hashimoto M, Miyake C, Tomizawa K, Endo T, Tasaka M, Shikanai T (2004) *Nature* 429: 579-582

Munekage Y, Hojo M, Meurer J, Endo T, Tasaka M, Shikanai T (2002) *Cell* 110: 361-371

Ogren WL, Bowes G (1971) *Nature New Biol* 230: 159-160

Sharkey TD, Kobza J, Seemann JR, Brown RH (1988) *Plant Physiol* 86: 667-671

Sharkey TD, Stitt M, Heineke D, Gerhardt R, Raschke K, Heldt HW (1986) *Plant Physiol* 81: 1123-1129

Tamiya H, Hujishige H (1949) *Acta Phytochim* 15: 83-104

Turner JS, Turner JF, Shortman KD, King JE (1958) *Aust J Biol Sci* 11: 336-342

Von Caemmerer S, Farquhar GD (1981) *Planta* 153: 376-387

Warburg O (1920) *Biochem Z* 103: 188-217

<研究紹介>

レドックス制御と光合成

酸素への電子の流れに秘められた生理的な意義を考える

小川健一 (R I B S O k a y a m a 岡山県生物科学総合研究所)

はじめに

酸素発生型の光合成生物の出現により地球の酸素分圧は劇的（推定では1万倍）に上昇した。酸素は生物にとって毒であるが、その毒性の正体は酸素から生じる活性酸素である。好気性生物はその活性酸素を解毒する機構を発達させることで酸素を利用できると最近まで理解されてきた。さらに最近の研究では、好気性生物は酸素ばかりでなく、活性酸素も含めて利用していることが分かってきた。私の研究室では、まさに植物における活性酸素の積極的な利用について研究を行っている。本稿では、植物は光合成で生成させた酸素を如何に巧妙に利用しているのかを考察したい。ここでは私が現在の研究室でこの研究を始めることになった動機も含めて少々エッセイ風に話を進めることにする。

活性酸素消去系酵素のマイクロコンパートメンテーション

高校の教科書にも出てこなかった「活性酸素」という言葉を知ったのは大学2年生のころ、どちらかという植物個体の生理や生態に興味があったころである。京都大学理学部植物園の生態研究施設で「イネの水中芽生え」に関する研究が辻英夫先生の下で行われていた。それまで、酸素は呼吸に必要であるという漠然とした知識しか持っていなかった私にとって、水中（空気中に比べ酸素濃度が低い）で発芽した芽生えが空気中に適応するには、酸素から生じる活性酸素に対する解毒機構が重要であるという話はたいへんショッキングで興味深かった。その後数年間にわたり、私が活性酸素の毒性以外の側面を考えることはなかった。

「活性酸素の効率的な消去」ということに興味を持った私は辻英夫先生の退官時期の前後から、京大・食糧科学研究所の浅田浩二先生にお世話になることになった。ここで、活性酸素消去系酵素が活性酸素の生成場所に精巧に局在していることを見出すことになる(Ogawa et al. 1995)。当時すでに活性酸素消去に関係する酵素は同定され、スーパ

ーオキシドジスムターゼ (SOD) に関する研究も精力的に行われていたので、周囲にはそれらの酵素のミクロな局在を決定するという課題は残り少ない問題としか思えなかったかもしれない。しかし、その課題は現在の私の研究にとって重要な位置を占める。免疫電顕法を改良して決定した葉緑体型 CuZn-SOD の局在は、その SOD が可溶性であるにも関わらず、スーパーオキシドの生成部位である P S I の分布と一致していた。つまり、スーパーオキシドはその SOD が溶液中に均一に存在すると仮定した場合よりも極めて効果的に過酸化水素と水へと不均化されている。この SOD をアンチセンス法で抑制したタバコは光に弱くなるが、そのタバコの葉緑体に外来の Mn-SOD を過剰発現させてもその表現型は回復しなかった。このことから、SOD のミクロな局在はスーパーオキシドの効率的な不均化に必要不可欠であると考えられた。

一方、細胞質型 CuZn-SOD についても面白いことが分かった。「細胞質型」というのは「葉緑体外」という意味であったが、まさかアポプラスト (細胞外) に存在する SOD だとは思わなかったのである (Ogawa et al. 1996, 1997)。この SOD はリグニン合成に必要な過酸化水素を供給するという機能があることが分かったが、スーパーオキシドはアポプラストなどの pH の低い場所では自己不均化が早く SOD は必要の無いように思われた。しかし、実際には過酸化水素の生成は SOD を阻害すると抑制されることから、その不均化反応には SOD が必須であることが分かり、同時に生体にはスーパーオキシドをトラップするような分子が多量に存在することが理解できた。つまり、SOD はスーパーオキシドの生成部位に局在してはじめて機能するのである。

活性酸素生成と個体の死

ここで疑問が生じる。植物は活性酸素を巧みに利用できるシステムを持っているのに、葉緑体で生じた活性酸素は単に消去されるだけなのか？このような疑問のおかげで、さらに活性酸素が植物の成長を制御すること (Ogawa and Iwabuchi 2001)、その制御にはグルタチオンが関わること (Henmi et al. 2001, Ogawa et al. 2001) などを見出すことになった。葉緑体内での活性酸素の生成の意義についての疑問は、三宅さんの発見で説明されたように思えた：モノデヒドロアスコルビン酸レダクターゼのようなフララビン酵素が P S I から酸素への電子の流れを促進し、その最大速度は光合成の電子伝達速度に匹敵するというものである (Miyake et al. 1998) (この電子の流れは、過剰な電子を捨てるという意味では重要であると考えられ、後述する水-水回路の提唱へつながった)。しかし、研究を進めるに従い、当初の疑問はますます強くなっていった。

植物で生成する過酸化水素はアスコルビン酸—グルタチオン回路で消去されるとされ、ストレスなどによってその生成速度が消去能力を超えると個体は死に至ると考えられている。しかし、グルタチオン合成の抑制はむしろストレスによる植物の老化を遅延させ、個体の死も抑制するという結果を得た (Yanagida, M. and Ogawa, K, unpublished). 確かにグルタチオン合成の抑制によって細胞内の活性酸素量および脂質過酸化物は上昇することが確かめられた(Yanagida et al. 2004)ので、グルタチオンが活性酸素消去に寄与していることは確かである。つまり、このことが意味するのは、ストレス時の活性酸素の定常濃度は細胞を死に至らしめるには十分なレベルではないということである。同時に、アスコルビン酸—グルタチオン回路は単なる活性酸素消去のためだけに存在しておらず、むしろ植物の積極的な老化・死に機能するということである。この現象を意義付けるように、私達はグルタチオンが植物の花成に関わることを見出した (Ogawa et al. 2001, 2004, Yanagida et al. 2004). 以上をまとめて考えると、植物は子孫を残すためにストレスを感知しストレスが過剰となる前に、グルタチオンに関わる生殖成長のスイッチをONにしているのだと理解できる。葉緑体でのSODのミクロコンパートメンテーションの意義は当初、活性酸素の効率的消去にあり、生じる活性酸素は過剰電子の逃げ場と考えられたが、研究の進展に伴い、P S I から酸素へ流れる電子の量に応じて植物は個体の生存戦略上重要な決定をくだしているというさらに積極的な面が明らかになってきた。

特別な輸送のメカニズムは明らかにされていないが、グルタチオンは還元型では葉緑体膜を通過しにくく、酸化型が通過しやすい。アスコルビン酸—グルタチオン回路の回転がストレスによるP S I での活性酸素生成で速められることで酸化型グルタチオンの生成も増す。このことでグルタチオンは葉緑体外へ移動し、核への情報伝達に関わるというストーリーが現在の私達の仮説である。今後、この仮説を裏付ける因子の単離は重要な課題である。その手がかりとしてグルタチオンの結合タンパク質は興味深い (Ito et al. 2003)

水—水回路とATP生産

P S I 近傍にはSODばかりでなく、アスコルビン酸ペルオキシダーゼ (APX) も存在し生じた過酸化水素を効果的に消去できることから、P S I から酸素分子への電子の流れが生じて、生じる活性酸素は効果的に水へと解毒できる。つまり、P S I I で水から引き抜かれた電子はP S I で再び酸素を還元し水になるのである。これが浅田

先生が提唱したいわゆる「水-水回路」である(Asada 1999). その回路のストレス回避における意義については現時点でも議論されているところである. 一方, 上記のような意義とは別にこの回路が光合成開始時の $\Delta p H$ の生成と A T P 合成にあることを牧野さんと三宅さんが見出した (Makino et al. 2004). この発見は, 現在の私たちの研究にとって非常に興味深いものであった.

カルビン回路はチオレドキシシンによってレドックス制御(酵素のシステイン残基の酸化還元状態の制御)されていることが知られているが, 我々は, チオレドキシシンや D T T では活性化されず, グルタチオンによってのみ活性化されるカルビン回路酵素アルドラーゼを同定したからである (Matsumoto et al. 2005). この酵素は p H 7 では活性が低く, 還元型グルタチオンで活性が抑制される. 一方, p H 8 では構造変化を伴って 10 分以上かけて活性されるが, 還元型グルタチオンはその活性化を 20 倍以上短縮する. これとは別に, グルタチオン合成のキーステップを触媒する酵素, γ -グルタミルシステインシンセターゼ (γ -E C S) は還元状態で A T P ase 活性をもち, この酵素の変異体 *cad2-1* は野生株の 2 倍の A T P 量を示す一方, 集光装置に欠損のある *ch 1* 変異体は野生型に比べ 3 分の 1 の A T P 量を示し, *cad2-1* 変異体と同様にグルタチオン量の減少と前駆体のシステインの蓄積が認められた (Ogawa et al. 2004). つまり光合成による A T P の供給が γ -E C S の活性を律速しているのである. これらの私達の話は, 牧野さんたちの発見とぴったりとつじつまが合う: 水-水回路によって作られた A T P および $\Delta p H$ はグルタチオン合成を介してアルドラーゼの活性を ON にするのに機能すると考えられるのである.

おわりに

P S I からの酸素へ電子の流れには, 上述以外にも意義はあるかもしれない. しかし, その意義を考える上でグルタチオンは重要な位置を占めるように思われる. 硫酸イオンの還元活性から考えると硫黄同化速度は最大でも二酸化炭素固定速度の 1 割程度であるが, 1 分子の γ -グルタミルシステインの合成に何分子の A T P の浪費が必要かを明らかにできれば, 光合成の定常状態においても P S I から酸素へ電子が流れる生理的意義が新たに見出されるかもしれない. *cad2-1* 変異体の表現型から考えて, 少なくとも γ -E C S の活性が半分になるだけで細胞内の A T P 量が 2 倍になる程度の浪費であり, 単純計算はできないが, 炭素固定に利用する A T P 量を考えれば, その浪費量は膨大である.

また、P S I で生じた活性酸素はシグナル分子として機能する可能性があるが、これまでに見出されてきた活性酸素の関わる現象が、上記に述べた仮説（グルタチオンの関与する制御）で説明可能かどうかは今後の課題であろう。

本研究を支えていただいた多くの先生方、同僚であった皆さん、今の研究室の皆さんに感謝いたします。特に、若い私に研究の場を与えてくださった辻先生、それ以来一貫して面倒を見ていただいた浅田先生にはこの場を借りて深く感謝いたします。

- Asada, K. (1999) *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50: 601–639.
- Ito, H., Iwabuchi, M. and Ogawa, K. (2003) *Plant Cell Physiol.* 44: 655–660.
- Henmi, K., Tsuboi, S., Demura, T., Fukuda, H., Iwabuchi, M. and Ogawa, K. (2001) *Plant Cell Physiol.* 42: 673–676
- Makino, A., Miyake, C. and Yokota, A. (2004) *Plant Cell Physiol.* 43: 1017–1026.
- Matsumoto, M., Ito, H. and Ogawa, K. (2005) *Antioxid. Cell Signal.* in press.
- Miyake, C., Schreiber, U., Hormann, H., Sano, S. and Asada, K. (1998) *Plant Cell Physiol.* 38: 821–829.
- Ogawa, K. and Iwabuchi, M. (2001) *Plant Cell Physiol.* 42: 286–291.
- Ogawa, K., Kanematsu, S., Takabe, K. and Asada, K. (1995) *Plant Cell Physiol.* 36: 565–573.
- Ogawa, K., Kanematsu, S., and Asada, K. (1996) *Plant Cell Physiol.* 37: 790–799.
- Ogawa, K., Kanematsu, S., and Asada, K. (1997) *Plant Cell Physiol.* 38: 1118–1126.
- Ogawa, K., Tasaka, Y., Mino, M., Tanaka, Y. and Iwabuchi, M. (2001) *Plant Cell Physiol.* 42: 524–530.
- Ogawa, K., Hatano-Iwasaki, A., Yanagida, M. and Iwabuchi, M. (2004) *Plant Cell Physiol.* 45: 1–8.
- Yanagida, M., Mino, M., Iwabuchi, M. and Ogawa, K. (2004) *Plant Cell Physiol.* 45: 129–137.

事務局からのお知らせ

日本光合成研究会ホームページについて

日本光合成研究会ホームページの URL は <http://www.nibb.ac.jp/~photosyn/index-j.html> です。入会案内、関連集会、会報などのページが御覧いただけます。本会のホームページへの御要望がございましたら担当幹事または研究会事務局（photosyn@nibb.ac.jp）までお知らせ下さい。

会費納入についてのお願い

光合成研究会の個人年会費は、1996 年までが、¥1,000、1997 年以降は¥1,500 です。賛助会員の年会費は 1 口¥50,000 です。封筒の宛名の下に数字は会費納入済の年度を示してあります。過去に年会費を支払っていない場合には、それ以後の年に納入された会費は未納入分に充てられますのでご了承下さい。なお、何年分かまとめての会費先払いも可能です。

入会案内

本会へ入会を希望される方は、会費（¥1,500/年、個人会員の場合）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、次ページの入会申込用紙にて、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下さい。

日本光合成研究会賛助会員名簿（アイウエオ順）

旭光通商（株）

三洋電機バイオメディカ（株）

（株）ダイヤメディカルサプライ

ナモト貿易（株）

盟和商事（株）

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):

〒444-8585 岡崎市明大寺町西郷中 38

基礎生物学研究所 村田研究室内 日本光合成研究会

Tel: 0564-55-7600

Fax: 0564-54-4866

E-mail: photosyn@nibb.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、登録手続き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。役員の任期は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。幹事の任期は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

(2002 年-2005 年)

浅田 浩二	福山大学工学部
池内 昌彦	東京大学大学院総合文化研究科
池上 勇	帝京大学薬学部
泉井 桂	京都大学大学院生命科学研究科
伊藤 繁	名古屋大学大学院理学系研究科
井上 和仁	神奈川大学理学部
井上 頼直	理化学研究所
臼田 秀明	帝京大学医学部
榎並 勲	東京理科大学理学部
大政 謙次	東京大学大学院農学生命科学研究科
小野 高明	理化学研究所フォトデバイス研究センター
小俣 達男	名古屋大学大学院生命農学研究科
垣谷 俊昭	名古屋大学大学院理学研究科
金井 龍二	埼玉大学 (名誉教授)
櫻井 英博	早稲田大学教育学部
佐藤 和彦	兵庫県立大学大学院生命理科学研究科
佐藤 公行	岡山大学 (名誉教授)
重岡 成	近畿大学農学部
島崎 研一郎	九州大学大学院理学研究院
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
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
都筑 幹夫	東京薬科大学生命科学部

寺島 一郎	大阪大学大学院理学研究科
徳富(宮尾)光恵	農業生物資源研究所光合成研究チーム
豊島 喜則	関西学院大学理工学部
野口 巧	筑波大学物質工学系
長谷 俊治	大阪大学蛋白質研究所
林 秀則	愛媛大学理学部
久堀 徹	東京工業大学資源化学研究所
檜山 哲夫	埼玉大学理学部 (名誉教授)
福澤 秀哉	京都大学大学院生命科学研究科
前 忠彦	東北大学大学院農学研究科
松浦 克美	東京都立大学理学部
三室 守	京都大学大学院地球環境学堂
宮地 重遠	海洋バイオテクノロジー研究所
村田 紀夫	基礎生物学研究所
山本 泰	岡山大学大学院自然科学研究科
山谷 知行	東北大学大学院農学研究科
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
和田 敬四郎	金沢大学理学部

(2003 年-2006 年)

大杉 立	東京大学大学院農学生命科学研究科
佐藤 直樹	東京大学大学院総合文化研究科
彦坂 幸毅	東北大学大学院生命科学研究科

(2004 年-2007 年)

大岡 宏造	大阪大学大学院理学研究科
小川 健一	岡山県生物科学総合研究所
佐藤 文彦	京都大学大学院生命科学研究科
沈 建仁	岡山大学大学院自然科学研究科
南後 守	名古屋工業大学応用化学科
藤田 祐一	名古屋大学大学院生命農学研究科
牧野 周	東北大学大学院農学研究科
鈴木 祥弘	神奈川大学理学部

編集後記

本号では、酸素と光合成についての研究紹介をお二方をお願い致しました。お忙しい中ご執筆頂きありがとうございました。さて、本号から、賛助会員となっている会社の広告を巻末に掲載することに致しました。この件につきましては、幹事会の議事録をご覧下さい。(園池)

日本光合成研究会 2003～2004 年役員

会長 村田紀夫 (基生研)

常任幹事	小俣達男 (名古屋大学)	(会報担当)
常任幹事	園池公毅 (東京大学)	(会報担当)
常任幹事	井上和仁 (神奈川大学)	(ホームページ担当)
常任幹事	伊藤 繁 (名古屋大学)	(日本光生物学協会)
常任幹事	大政 謙次 (東京大学)	(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)
常任幹事	福澤秀哉 (京都大学)	(企画担当)
常任幹事	宮尾光恵 (農資研)	(企画担当)
常任幹事	臼田秀明 (帝京大学)	(企画担当)

事務局 田中 歩 (北海道大学)

会計監査 前 忠彦 (東北大学)

日本光合成研究会 会報 第40号 2004年7月20日発行

日本光合成研究会

基礎生物学研究所 村田研究室内

〒444-8585 岡崎市明大寺町西郷中 38

TEL: 0564-55-7600、FAX: 0564-54-4866

E-mail: photosyn@nibb.ac.jp

<http://www.nibb.ac.jp/~photosyn/index-j.html>

郵便振替口座 加入者名: 光合成研究会

口座番号: 00140-3-73

