

光合成ユビキティ

Photosynthesis Ubiquity News Letter



No. 3 Dec. 2024

目次

- P2 (1) ご挨拶
領域代表 栗栖 源嗣
- P3 (2) 公募班ご紹介
- P11 (3) シンポジウム EMA2024 ~日本フィンランド二国間セミナー~
B01 京都大学理学研究科 鹿内 利治
- P14 (4) 日本植物学会第 88 回大会
学術変革領域 (A) 「光合成ユビキティ」共催シンポジウム
地球を緑で覆った光合成生物の世界制覇戦略~あるものでなんとかする進化の裏話
A03 北海道大学低温科学研究所 田中 亮一
- P17 (5) 2nd Asia Oceania International Congress on Photosynthesis
第 2 回アジア・オセアニア国際光合成会議
B01 京都大学理学研究科 鹿内 利治
- P18 (6) シリーズ 私が学生だった頃
A03 北海道大学低温科学研究所 高林 厚史
- P24 (7) 連載 光合成研究事始 (三)
A04 早稲田大学 教育・総合科学学術院 園池 公毅
- P28 (8) 光合成ユビキティ 2024 下半期 活動記録

ご挨拶

年初に能登の地震と羽田空港での航空機事故があり、例年になく暗い幕開けとなった 2024 年でしたが、残すところ後少しとなりました。「師走」というだけあって、光合成ユビキティの領域メンバーの皆様も大変忙しくされていることと思います。

領域のニューズレター第 3 号も、面白い記事が盛りだくさんです。9 月に神戸で第 2 回アジア・オセアニア国際光合成会議が開催されました。領域会議に準ずる位置付けとさせていただいたためほとんどの班員の方が参加・発表されて、活発な研究交流が行われました。学会をお世話頂いた実行委員長の沈さん、事務局の鹿内さん、伊福さん、それに実行委員会のメンバーの皆さんに改めてお礼申し上げます。学会会場で開催されたクローズドの領域総括班会議で、アドバイザーの先生から『「期待しています」とコメントするフェーズは過ぎたので、眼に見える成果で評価できるようご準備ください』と時機を得たコメントを頂きました。5 年計画の 2 年目ですので、ごもっともなご指摘だと思います。また、文部科学省からは「フォローアップ報告書」の提出を求められました。領域発足時に頂いた「審査結果の所見」「留意事項」に対し、我々の領域でどう対応したかを報告する書類です。所見では「計算機科学の結果と実験科学の結果を即時に相互参照し互いを発展させるまたとない機会であり、これを生かした研究が発展するよう領域代表が強いリーダーシップを発揮することを望む。」と記載されていました。私はこの報告書で、「今後は一定の強制力をもって情報共有基盤の利用を促進していきます」と書かせて頂きました。皆さん、ご協力よろしく申し上げます。

さて、本号では前号の日米二国間セミナーの報告に続き、日本フィンランド二国間セミナーの歴史について鹿内さんが解説してくださっています。第 1 回が 2004 年に開催され、その後も継続的に開催された歴史ある本セミナーですが、残念ながら私自身は参加したことがありません。フィンランドは日本から一番近いヨーロッパの国であり、構造生物の親しい友人もいるので「いつか行きたい」と思っていました（今も）。今年、退職された Eva-Mari Aro 先生が現役のうちに行きたかったのに、それが叶わず非常に残念です。鹿内さんの写真にある Aro さんの笑顔が素敵です。続く高林さんの「私が学生だった頃」の冒頭にあるラクダに乗った高林少年の満面の笑顔。この写真をとられたご両親の愛情を感じる写真ですね。高林さんも（私と同じく？）野原や田んぼに囲まれて育ったとは！

植物学会で開催された領域共催シンポジウムに関する田中亮一さんの記事もあります。シンポジウムのタイトルにある「あるものでなんとかする進化」は、やはり丸山さん作でしたか。そのセンスに「あっぱれ！」ですね。園池さんの「連載企画 光合成研究事始（その三）」。私も別刷の依頼が来たことのある世代です。PDF で送ったり bioRxiv でプレプリントを共有する時代に育った若い人には、別刷を（お金を払って）配っていたとは想像できないでしょうね。関連してラボの PI の頭を悩ませるのが、論文のオープンアクセス代金の高騰です。Journal によっては 100 万円近い金額になっています。世界中の人に別刷を送ると考えたら安いのでしょうか？いつも「根拠となる数字」と強く指摘してくる事務部の人も、「オープンアクセス代です」といって高額な請求書を廻しても不思議には思わない様なので、これで良いのでしょうかねえ。

これから寒い日が続き、年末年始は雪の降る地方もあるそうです。

北国の植物のように寒さに負けないように頑張ってください！

領域代表 栗栖源嗣

WELCOME !

公募班のご紹介

2024年6月から20の公募班が加わり、より活動がパワーアップしております！
それぞれのグループを簡単にご紹介させていただきます。

公募班の皆様、お忙しい中をアンケートにご協力いただきありがとうございました。

B01 藤田班（名古屋大学・藤田祐一、山本治樹）	
研究グループの特色	暗所でも従属栄養的に良好に生育できるシアノバクテリア <i>Leptolyngbya boryana</i> を活用した研究を展開します。
ユビキティで取り組むこと	暗所でのクロロフィル生合成ができない変異株を使って、暗所培養により黄化した細胞とその光依存的緑化過程を調べます。
期待していること	クロロフィルが極めて少ない細胞やカロテノイドを欠く細胞の光化学系の構造や機能について共同研究ができればと期待しています。
今後の抱負	シアノバクテリア <i>Leptolyngbya boryana</i> を光合成の新しいモデル生物にできればと考えています。

B01 鹿内班（京都大学・鹿内利治、竹中瑞樹、東遥香）	
研究グループの特色	遺伝学を基盤とした、光合成電子伝達のチラコイドルーメンの酸性化を介した制御についての研究。
ユビキティで取り組むこと	シトクロム b6f 複合体のチラコイドルーメンの酸性化を介した活性抑制の最適化の構造的なメカニズムとその生理機能の解明。
期待していること	領域代表と連携し、特に大きな複合体の構造の最適化がもたらす調節の生理機能を解明したい。さまざまな変異体を作成し、その生理機能を解析することで、領域に貢献したい。
今後の抱負	チラコイドルーメンの酸性化を介した光合成調節のネットワークの解明に貢献したい。

B01 浅井班（中央大学・浅井智広、熊本大学・小澄 大輔、立命館大学・稲垣 知実）	
研究グループの特色	光合成細菌の光合成を，生化学や構造生物学と時間分解分光学を融合させた手法で研究しています。
ユビキティで取り組むこと	緑色硫黄細菌で発見された新規な光合成現象である嫌気的な非光化学的消光機構の生理的な存在意義の解明を目指します。
期待していること	酸素発生型と酸素非発生型の光合成における非光化学的消光機構の情報を提供し合うことで，その普遍性や進化過程の理解に繋がりたいと思っています。
今後の抱負	まずは，非光化学的消光が抑制している「嫌気的な光阻害現象」の存在を実証します！

B01 嶋川班（神戸大学・嶋川 銀河、三宅 親弘、関西学院大学・松田 祐介）	
研究グループの特色	生きている光合成を精密解析しています。
ユビキティで取り組むこと	酸素発生と二酸化炭素固定の同時解析を通して未知の光合成反応を解き明かすことに挑みます。
期待していること	ユビキティにふさわしい極限環境に生息する光合成生物を扱われている方と連携できたら幸いです。
今後の抱負	領域に貢献できるよう最善を尽くしてまいります。

B01 伊福班（京都大学・伊福健太郎、神戸大学・秋本 誠志）	
研究グループの特色	非モデル藻類の形質転換法やゲノム編集系の開発実績がある伊福と超高速分光測定の第一人者である秋本がタッグを組んだグループです。
ユビキティで取り組むこと	ゲノム情報と立体構造情報を活用し、紅色進化系統藻類における集光タンパク質の進化と機能の解明に取り組みます。
期待していること	計算科学や構造生物学のグループとの連携、および、様々な藻類を扱うグループとの連携を期待します。
今後の抱負	紅色進化系統の二次共生藻類に関しては、まだまだ日本の研究者は少ないですが本領域で新しい発見をしたいと思っています。

B01 川上班（理化学研究所・川上恵典、米倉功治、眞木（米倉）さおり、内藤久志 兵庫県立大学・菓子野康浩、熊本大学・小澄大輔）	
研究グループの特色	X線・電線を用いてタンパク質複合体の立体構造解析を行います。
ユビキティで取り組むこと	X線による結晶構造解析や、電子線による単粒子解析・トモグラフィー解析により光合成に関わるタンパク質複合体の立体構造解析とその機能の解明に取り組みます。
期待していること	タンパク質の立体構造解析・解釈が専門ではないグループに対して、それらの支援・連携を行います。
今後の抱負	解析困難な超分子複合体の試料調製法の確立とその構造解析を行い、複雑な光合成タンパク質の機能を解明します。

B01 川合班（埼玉大学・川合 真紀）	
研究グループの特色	全ての生物が様々な細胞内酸化還元反応に用いる電子伝達物質であるNAD(P)(H)類の代謝研究を得意としています。
ユビキティで取り組むこと	多様な光合成生物においてNADP供給系がどのように変化し、最適化されているかを明らかにする研究に取り組みます。
期待していること	NADP代謝の変異系統の光合成の変化、レドックス制御系とのクロストークを専門家と連携して詳細に調べたいです。
今後の抱負	領域内共同研究に積極的に取り組んで、これまで手を付けてこなかった分野にも是非挑戦したいです。

B01 藤井班（大阪公立大学・藤井律子、オフィーヨアンダラ アヤル、大阪大学・関 荘一郎）	
研究グループの特色	カロテノイドの分析、構造同定、分光学的応答の研究が得意です。 蛋白質中と有機溶媒中を比較したりします。
ユビキティで取り組むこと	一部の緑藻に特有のカルボニルカロテノイドが光合成アンテナ内で青緑色光を光合成に利用する分子機構の解明
期待していること	蛋白質分析が綺麗にできるように、技術力向上へのご助力をいただきたいです。
今後の抱負	クライオ電顕等で光合成アンテナに結合する色素の構造を高分解能で明らかにし、機能と繋げていきたいです。

B01 宗景班（関西学院大学・宗景ゆり、高知工科大学・大井崇生）	
研究グループの特色	C4 型光合成植物が進化の過程で獲得した光化学系超複合体制御メカニズムを解き明かす。
ユビキティで取り組むこと	グラナ構造を消失した C4 型維管束鞘細胞の葉緑体において、どのように光化学系 I の光吸収効率を上げているのか解明する。
期待していること	維管束鞘細胞葉緑体の光化学系複合体間の光エネルギー移動や構造の解析。
今後の抱負	被子植物の異なる科で繰り返し獲得された C4 型葉緑体構造の収斂進化の謎を解き明かしたい。

B01 川崎班（東京農業大学・川崎 信治、茨城大学・庄村 康人、東京農業大学・豊島 拓樹）	
研究グループの特色	極限環境を生き抜く光合成微生物を探索し、単離株が持つユニークなストレス防御機構に関する研究を行っています。
ユビキティで取り組むこと	単離した光合成生物が持つユニークな細胞応答の発見とその機能解明を目指します。
期待していること	光合成分野の研究に精通する方々の貴重なご助言に感謝しています。
今後の抱負	1 つでも多くの未知な生命反応の発見と同定を目指します。

B01 増田班（東京大学・増田建、三宅敬太、波多野俊）	
研究グループの特色	光合成色素であるクロロフィル、ヘム、ピリン代謝を中心に研究しています。ドライとウェットの両面から光合成機能について研究しています。
ユビキティで取り組むこと	光合成光捕集系への色素供給を制御する鍵段階である金属配位酵素の分配制御についての研究に取り組みます。
期待していること	タンパク質の構造解析や光合成活性の測定などで連携できればと思います。
今後の抱負	光合成のユビキティ解明に貢献できるように、チャレンジングな研究テーマに挑戦したいと考えています。

B01 木村班 (神戸大学・木村行宏、茨城大学・大友征宇、筑波大学・谷一寿)	
研究グループの特色	多種多様な紅色光合成細菌を取り扱っており、それらの生化学的、物理化学的、構造生物学的解析スキルがあります
ユビキティで取り組むこと	紅色硫黄光合成細菌の光捕集 1 反応中心複合体がカルシウムを利用して極限環境に適応する仕組みを明らかにします
期待していること	超高速分光による計測スキルや異種発現系などのスキルがあるグループとの連携ができれば良いと思います
今後の抱負	堅忍不拔の精神で研究課題に取り組んで参りますので、よろしく願いいたします。

B01 西山班 (埼玉大学・西山 佳孝、神保 晴彦、水産教育・研究機構・湯浅 光貴)	
研究グループの特色	有害赤潮を形成するラフィド藻シャットネラ属の光合成を研究しています。
ユビキティで取り組むこと	シャットネラ属の光合成の強光・高温耐性のメカニズムを解明することを目的としています。
期待していること	藻類に特徴的な特殊な光合成と生存戦略のメカニズム解明に向けて連携したいと思います。
今後の抱負	赤潮藻類の光合成環境適応メカニズムを解明して、赤潮被害の軽減に貢献したいと思います。

B01 滝澤班 (アストロバイオロジーセンター・滝澤謙二)	
研究グループの特色	携帯分光光度計、ドローン、衛星リモートセンシングを利用して、自然環境下での光合成を調査します。
ユビキティで取り組むこと	葉の色と形の多様性により光吸収とエネルギー利用・排熱のバランスが保たれる仕組みを明らかにします。
期待していること	生化学解析、画像解析のための情報交換、技術協力をお願いします。
今後の抱負	頑張ります。

B01 上妻班（京都大学・上妻 馨梨、伊福 健太郎）	
研究グループの特色	すでに多くの研究がなされている葉緑体 ATP 合成酵素の新しい面を明かにしたいと思います。
ユビキティで取り組むこと	葉緑体 ATP 合成酵素の多様性を構造や進化の面から説明することを目指します。
期待していること	構造や進化の専門家と連携するとともに本グループの持つ分光イメージング技術の更なる活用を期待します。
今後の抱負	領域内連携でこれまで挑戦できなかったことにチャレンジしたいです！

B02 秋本班（神戸大学・秋本誠志）	
研究グループの特色	フェムト・ピコ秒の時間分解能で、光合成超分子複合体中で起こるエネルギー移動過程、消光過程を追跡してきました。
ユビキティで取り組むこと	時間分解能に加えてエネルギー分解能を高めることにより、光合成超分子複合体の機能を解析するための基盤を構築します。
期待していること	他グループとの連携によって、様々な光合成生物が様々な地球環境に応答・適応していく機構を解明していきたいと思っています。
今後の抱負	時間-波長の高分解能測定データを得て、光合成超分子複合体中でのエネルギー移動・消光過程を議論していきます。

B02 柴田班（東北大学・柴田 穰、谷口 凜）	
研究グループの特色	独自開発の高感度光学顕微鏡を使って、光合成タンパク質一個の微弱蛍光信号を捉え分光解析できます。
ユビキティで取り組むこと	単一分子の分光解析ができることから、植物や藻類に含まれる希少分子種の光機能解析を行います。
期待していること	分離精製が困難なため通常法では分光解析できない希少分子種について分光研究でその機能解析に貢献したい。
今後の抱負	単一分子分光法を、希少分子種の分光解析のための標準的技術にする。

B02 三野班 (名古屋大学・三野 広幸)	
研究グループの特色	ESR 法を用いた光合成系の構造と機能の解析です。
ユビキティで取り組むこと	パルス EPR の手法を発展させ光化学系 II のマンガングラスターの磁気構造を解析しています。
期待していること	ESR 法はではラジカルや金属、活性酸素種などの定量解析などの基礎的な手法が役に立ちます。ぜひ普段使いの研究へ！！
今後の抱負	今後の光合成分野の発展に貢献できますように、がんばります。

B02 山形班 (理化学研究所・山形 敦史、Laura Bracun)	
研究グループの特色	クライオ電子顕微鏡を用いた構造解析が得意です。最近ではクライオ電子線トモグラフィー解析にも挑戦しています。
ユビキティで取り組むこと	クライオ電子顕微鏡を用いた紅色細菌のクロマトフォア小胞の <i>in situ</i> 構造解析に挑戦します。
期待していること	他のグループの研究対象である多様な光合成細菌の <i>in situ</i> 構造解析を進めていきたいです。
今後の抱負	本申請の <i>in situ</i> 構造解析はまだまだ発展途上で難しい技術ですが少しでも進展できるよう頑張ります。

B02 三島班 (東京薬科大学・三島 正規、青山 洋史、武田 光広)	
研究グループの特色	NMR 法、X 線結晶構造解析法を中心に、研究に必要な有機分子の合成もグループ内で行っています。
ユビキティで取り組むこと	光センサータンパク質について、水素 (プロトン) レベルからタンパク質全体における構造変化の伝達まで解明します。
期待していること	構造生物学的研究、タンパク質の物性研究、分子間相互作用の解析、有機合成などでお役に立てると思います。
今後の抱負	光センサータンパク質を中心にタンパク質の動作原理を深く掘り下げ、領域に貢献します。

計画研究から
飛び込み参加！

A07 白井班（長浜バイオ大学・白井剛、大森聡、嶺井 隆平 東京薬科大学・土方敦司、産業技術総合研究所・土屋裕子）	
研究グループの特色	データサイエンスによって光合成の進化の歴史をデータ化し、機械学習による解析を行う。
ユビキティで取り組むこと	光合成複合体の構成要素(タンパク質)の進化系統樹を作成し、祖先型のタンパク質を予測し機械学習で地球環境変動と進化の相関を明らかにする。
期待していること	機械学習のトレーニングデータ(変異実験や構造解析の結果など)を提供してもらい解析結果の実験的検証をお願いする。
今後の抱負	ハブ的役割を期待されていると思うので努力します。

シンポジウム EMA2024 ～日本フィンランド二国間セミナー～

B01 京都大学
鹿内 利治

会場：フィンランド・トゥルク

日時：2024年9月8日（日）～11日（水）

2024年9月8日から11日にかけて、フィンランドのトゥルクにおいて、EMA2024と題したシンポジウムが開催されました。世界的な光合成研究者であるトゥルク大学のEva-Mari Aro教授の実質的な引退を祝うためです。この時期のフィンランドとしては、例外的に暖かい日差しのもと、世界各国から著名な光合成研究者が集まりました。私はトゥルクを何度も訪れましたが、Aro教授が引退されるということで、いつもと少し違った心持の滞在となりました。

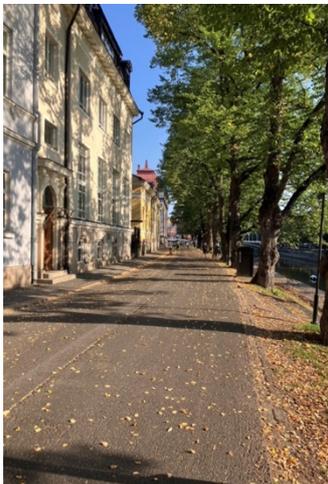


EMA024 フィンランド・トゥルクにて

Aro教授は、世界的な光合成研究のリーダーですが、日本と強いつながりがありました。交流の鍵を握ったのが、日本学術振興会の支援による二国間セミナーです。フィンランドは人口550万の小さな国ですが、Aro教授を中心とした光合成研究が非常に強く、光合成に焦点を絞った二国間セミナーでも、質、量ともにしっかりした議論ができました。



EMA024にて
左から Eva-Mari Aro 教授
筆者、Peter Jahns 教授



トウルクで有名な川沿いの道

個人的な話で恐縮ですが、私は海外留学の経験がなく、フィンランドやスイスとの二国間セミナーを通して、国際的なパイプを得ることができました。EMA2024の会議の際に、Aro教授に、長崎の出島を説明して、私にとってフィンランドは、世界に通じる窓であったと、お礼を述べました。フィンランドは、日本の小さな島だったのねと、笑っておられました。二国間セミナーは、最後のオンラインのもの（2021年）を含めて、9回開催されました。印象に残るものをいくつかご紹介したいと思います。第一回のセミナーは2004年にトウルクで開催されました。

高橋裕一郎先生の書かれた日米二国間の文章でも触られていますが、当時積極的に二国間セミナーを推進されていたのが、基礎生物学研究所におられた村田紀夫先生です。村田先生の案内で、暗くて寒い、晩秋の匂いのするトウルクの街に着きました。Aro教授は、私にとっては神様のような人でしたが、大変気さくに、暖かく迎えていただきました。若造だった私にもすぐに声をかけていただき、緊張がほぐれたことを思い出します。

フィンランドに着いての第一印象は、女性研究者が多いなというものです。実際、フィンランドの女性は、明るく元気な人が多いですが、その一方で、男性は寡黙で、低音でボソボソと話すタイプの人が多い気がします。付き合うと温かい人が多いのですが、とても有意義で楽しい会議で、二つの国の間の深い絆が築かれたと思います。

この時の忘れられない思い出は、トウルクの大聖堂で聴いたモーツァルトのレクイエムです。特別な場所で聴く特別な音楽でした。

今年の春にとっても悲しい知らせがありました。二国間セミナーの当初からのメンバーであった、Jaakko Kangasjärvi 教授がご逝去されたのです。ご冥福をお祈りします。



トウルクの大聖堂で
モーツァルトのレクイエムを聞いた！



Jaakko Kangasjärvi 教授宅で。左手奥から、和田、筆者、島崎。右手奥から、Taina、Esa 夫妻。背中は、高橋、Eevi Rintamäki。敬称略。残りのお二人は、思い出せませんが、樹木の研究者。

写真は、ヘルシンキで開催された第3回の会議のおり、彼のご自宅に招待いただいた時のものです。奥様の Saijaliisa さんも同じ領域の科学者です。残念ながら、ご本人が写っているものがありませんでした。Kangasjärvi 教授は、穏やかで温かい人柄です。彼は、庭にご自慢のヒノキを植えておられ、庭いじりの好きな私と話が合いました。一度、車でガーデニング用品のお店に連れて行ってもらったことがあります。その時私は、フィンランドらしいキャンドルグラスを購入しました。それを見ると、彼のことを思い出します。

ところで写真の右手に座っておられるのが、Esa Tyystjärvi、Taina 夫妻です。Esa さんはキノコに詳しく、彼と一緒に森を歩くとちょっとした度胸さえあれば、様々なキノコを生で口にすることができます。帰国の際、ファルコンチューブに乾燥したポルチーニ茸を入れて持たせてくれました。リゾットにしたら、最高でした。フィンランドはキノコが美味しい国です。

おそらく二国間会議に参加した多くの人の印象に残っているのが、第7回の北極圏イヴァロで行われた会議でしょう。私は色々なものの整理が悪く、この時の写真が出てこないのですが、翌日帰国という深夜に、素晴らしいオーロラを見ることができました。あまり長く書くとお叱りを受けそうなので、この辺でやめておきます。この時、Aro 教授と一緒に金の採掘をしたのですが、その思い出は、確か Photosynthetic Research 誌に書きました。北極圏は一度行けば良いなと思っていましたが、機会があればもう一度訪れてみたいと思っています。

時が経つのは早いもので、Jaako 教授宅の写真に写っている日本人は、みなさんすでに定年退職されています（写真を撮られた池内さんも）。Aro 教授も引退されたということで、寂しい限りです。Aro 教授とは、研究の興味、手法があまりにも近かったため、共同研究の機会には恵まれませんでした。しかし、三報の総説を共同執筆しました。私には、多くを学ぶとても良い機会でした。また、二国間交流などを通して、国際的な環境でどう振る舞うかという大切なことを教わった気がします。2021年のオンラインの会議のあと、「Toshiharu 今度いつフィンランドにくる？」と優しく声をかけていただきました。ようやくコロナも明け、再会を果たせたことは、大きな喜びです。

フィンランド語は、日本語に近いようで、響きもなにか親しみを感じるものがあります。私が知っている、ただ二つのフィンランド語で締めくくります。キートス、トツカイ（もちろん、ありがとう！）。



アートミュージアムの近くのいつもの散歩道

日本植物学会第 88 大会@埼玉・宇都宮
学術変革領域 (A)「光合成ユビキティ」共催シンポジウム
地球を緑で覆った光合成生物の世界制覇戦略～あるものでなんとかする進化の裏話

A03 北海道大学
田中亮一

会場：宇都宮大学・ライトキューブ宇都宮
日時：2024 年 9 月 14 日 (土)・15 日 (日)

宇都宮で行われた日本植物学会において、光合成ユビキティの共催シンポジウムが開催されました。このシンポジウムは、A05 班の丸山さんの発案で企画され、A03 班の田中が丸山さんとともにオーガナイザーを務めました（丸山さんの過去のトークをお聞きの方にとっては、このシンポジウムのタイトルがもちろん丸山さんの発案であることは一目瞭然でしょう）。

目指したのは、学術変革(A)のプロジェクトとして、光合成ユビキティの各班が目指す、光合成生物が地球のさまざまな環境に適応した仕組みとその進化の過程について、とくに植物学の分野の知見をもとに議論することです。



左から筆者・中山先生・小野先生・Tsuji 先生・嶋川先生・伊福先生
皆川先生・丸山先生

光合成ユビキティに参画している研究室から、小野清美さん（A03 班、北大・低温研）、皆川純さん（A03 班、基生研）、伊福健太郎さん（X01 公募班、京大・院・農）、嶋川銀河さん（X01 公募班、神戸大・農）、領域外からは、中山北斗さん（東大・院・理）、児島征司さん（株式会社パナソニック HD）、Jackson M. Tsuji さん（JAMSTEC）が講演されました。

●あるもので何とかする (or したんじゃないかと考えられる) 葉の進化の裏話

最初の演者である中山さんは、進化の過程で葉という器官が形成されていく過程に焦点をあて、ゲノムやトランスクリプトームの解析によって、同一の遺伝子発現ネットワークを構成する遺伝子とそのネットワークを保ったまま、葉という器官を形成するように進化したという仮説を提唱されました。この仮説は、陸上植物の光合成の進化を考えるうえでも、興味深い仮説と思われます。

●寒冷圏の林床を構成するササは2段階の光環境適応機構により常緑を保つ

2番目の演者である小野さんは、北海道のササを材料に、この植物が冬季にどのような光合成応答を示すか、という北海道ならではのユニークな研究を発表されました。

とくに、雪上と雪下での応答の違いが聴衆の興味をひいたようです。

●緑藻系統におけるステート遷移、その意義

3番目の演者である皆川さんは、緑藻 *Ostereococcus tauri* を材料に、この生物が緑色光に応答して、光化学系 II と光化学系 I のアンテナサイズを素早く変化させる仕組み（ステート遷移）を持つという発見を発表されました。緑藻類は多様な光合成色素や光合成関連タンパク質を持つことが知られており、それぞれの色素やタンパク質の生理学的な意義を理解することは、本領域にとって重要なテーマの一つですが、この研究は、ステート遷移という観点から、緑藻の新たな環境応答の仕組みを明らかにしており、本領域の重要な成果と言えます。

●紅色進化系統藻類における集光性色素タンパク質の多様化と機能

4番目の演者である伊福さんは、珪藻をはじめとする二次共生藻類の光化学系に焦点をあて、その多様性を構造解析と系統解析によって明らかにしました。数年前までは珪藻などの二次共生藻類の光化学系についての知見は限られていましたが、この講演を聞くと、これまで予想もしていなかった多様性と進化の様子が明らかになりつつあることが感じられました。

●海洋性珪藻の無機炭素利用戦略～海で光合成するために～

次の演者である、嶋川さんは、珪藻の CO₂ 吸収に関わる葉緑体内部の構造に焦点をあて、珪藻の葉緑体のチラコイド膜を囲む、PyShell というタンパク質の存在を発表されました。このようなタンパク質、およびこのタンパク質がつくる構造は、他の光合成生物では見つかっておらず、革新的な発見であると言えます。この研究は、最近、Cell 誌に発表されたということです。

●原始的葉緑体の成立過程における表層膜構造・機能の進化の解明と応用

6番目の演者である、児島さんは灰色藻における葉緑体外膜タンパク質 CppS/F の発見、および、シアノバクテリアの外膜成分が植物の収量を 50%も増加させる物質の生産につながる、という研究を発表されました。一般的に、基礎研究を実際の農業に応用することは簡単ではありませんが、この研究は光合成の基礎研究と農業をつなぐ画期的な研究であると思われます。

● ***Chloroflexota* phylum member uses a highly novel Type 1 reaction center for anoxygenic phototrophy**

最後の演者である、Tsuji さんは、最近、Nature 誌に発表された、*Chloroflexota* 門の新規光合成細菌について発表をされました。これまでこの系統群に属する光合成細菌はすべて Type II（光化学系 II に類似の構造を持つ）の光化学系を持つことが知られていましたが、Tsuji さんが発見された光合成細菌は Type I（光化学系 I に類似の構造を持つ）ということが明らかにされました。この発見は、これまでの光合成の進化の研究に再考を迫る、驚くべき発見です。

3 時間にわたる本シンポジウムでしたが、どの演者も驚くべき発見、興味深い知見を紹介しており、3 時間があっという間に感じられたシンポジウムでした。参加された方々には光合成研究のダイナミックな進展を感じていただけたのではないかと思います。

2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis (第2回アジア・オセアニア国際光合成会議)

B01 京都大学
理学研究科
鹿内 利治

会場：神戸ファッションマート

日時：2024年9月18日(水)～21日(土)

2024年9月18日～21日、神戸のファッションマートにおいて、第2回アジア・オセアニア国際光合成会議が開かれました。主催は日本光合成学会ですが、我々光合成ユビキティも協賛し、多くの班員が参加し、研究発表を行いました。全体で300名を超える研究者が参加し、そのうち126名は、海外19カ国からの参加者でした。8演題のプレナリー講演、12セッションのシンポジウム及びポスターセッションを通して、光合成研究について、高いレベルの議論が交わされました。欧米においても、同じ年に、同様の会議が開催された中、欧米の7カ国からも参加者があったことは、アジア・オセアニアで行われる質の高い光合成研究に高い関心が寄せられていることの証でしょう。



<光合成ユビキティからの主な参加>

Plenary speaker : A03 皆川純先生

Invited speaker : A01 栗栖源嗣先生

A03 田中亮一先生

A04 吉田啓亮先生

シリーズ 私が学生だった頃

A03 北海道大学
低温科学研究所
高林 厚史

「晴耕雨読の幼少期」

静岡県浜松市の片田舎に生まれ、小学校の放課後には公園や野山で友達と遊び、暗くなると帰宅して本を読む日々であった。自分の子供は1人で遊びに行くこともなく、放課後は学童に通ったことを考えると隔世の感がある。幼い頃から本が好きで、比較的近い図書館で本を借りてはすぐに読み終わってまた次の本を借りに行くのが日常だった。



小学生の時に宮崎県の「こどものくに」でラクダに乗りました。
馬に乗って振り落とされたりと、当時は怖いもの知らずでした。

この頃は野原や田んぼや用水路、沼などで生き物をつかまえては家で飼ったりするのが楽しみで、新しい採取場所を見つけたときの高揚感、クワガタやナマズやミズカマキリを見つけたときの感動は今でもよく覚えている。一方でアシナガバチやスズメバチにはよく襲われ（合わせて10回以上は刺されています…）、他の虫にも咬まれたり、刺されたり、かぶれたり、とひどい目に遭ったことも少なくない。今ではすっかりインドア派になってしまった。（虫嫌いの）自分の子供が生物学よりも物理学や化学が好きなのはその経験の違いもあると思っている。

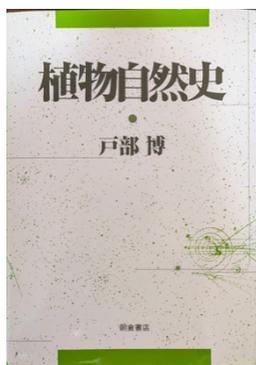
SF や科学エッセイをよく読んでいたが、特にアシモフの「空想自然科学入門」シリーズは気に入っていた。自然科学全般への好奇心を持つ中で、幼少時の体験もあってか、特に興味を持ったのは生物進化であった。大学生の頃にはドーキンスの「利己的な遺伝子」がベストセラーだったが、自分はむしろガールドの「ダーウィン以来」や今西錦司先生の「生物の世界」にはまっていた。振り返ると、子供の頃から身近な生物に触れた体験から生物の多様性に魅了されていた影響は大きかった。

「学生時代」

地元の小学校から静岡大学の附属中学へと進み、さらに地元の進学校の浜松北高へと進学した。中学での内申点は良くなかったが、当時は内申点の比重が軽かったことが幸いした。しかし、成績に苦勞しなかった中学までと異なり、高校では数学や理科が全く分からなくなり成績が落ち込んだ。一浪で京都大学農学部に進学できたのは、読書のおかげで国語や英語や社会が安定していたこと、駿台予備校で理科（物理と化学）が伸びたおかげである。高校時代の進路指導で文系学部への進学を勧められたのは最もではあったが、自然科学に加えて環境問題への興味もあり、農学部を選んだ。

大学では学問が楽しくなり、当時の京大生としては例外的に (!) よく出席し、よく学んでいた。GPAのない時代でもあったので、成績はさほど気にせず、興味のある講義を幅広く無節操に受講していた。伊藤公雄先生のジェンダー論、新宮一成先生の世界精神分析学、中西輝政先生の国際政治学は特に印象に残っている。

また、曖昧な記憶ではあるが、戸部博先生（現京都府立植物園園長）の植物自然史の講義を受けていたらしい。突如として記憶が蘇ったのは、昨年の植物学会における戸部先生のご講演を拝聴していた時である。先生の声や口調に懐かしいものを感じ、はっと思いだしたのは、我ながら不思議な体験だった。自分は緑藻から陸上植物への進化にずっと興味を持ってきたが、今になって考えればそのきっかけは戸部先生の講義としか思えない。なんとなれば、戸部先生のご著作の「植物自然史」は確かに自室にあったのである。植物学会では主催者側として苦勞したが、そのおかげで戸部先生に久しぶりにご挨拶し、先生に在りし日の講義の感謝をお伝えできたことは幸運であった。



緑藻から植物への進化に興味を持った発端はおそらく戸部先生の講義だったと思われます。

振り返ると自由な校風の学校ばかりであり、気づかずそれに影響されているのだろう。高校時代の囲碁部の雰囲気もそれに拍車をかけたと思われる。同門で3学年上の伊福健太郎さん（現京都大学教授）にはよく研究室での振る舞いを窺われたものである。

なお、田中歩先生（現北大名誉教授）の研究室に助教として就任する際には、自分（伊福さん）が苦勞して指導してきたので大丈夫だろうとお墨付きをいただいた。その心労を思うと感謝しきりである。

「実験下手」

3回生の学生実習では、名前順で自動的に二人組のペアが決められ、二人一組で課題に取り組む形式であった。ペアが誰かは重要であったが、私は幸運にも優秀な実験パートナーに恵まれた。たしか東京の下町生まれの彼女は、実験が下手な私には重要な実験を任せられないと適切に判断し、重要な実験は彼女自身が行い、私はそのサポート役として忠実に指示に従うことになった。実験はしなくていいからレポートを書き上げておくようにとの指示を受けたことも一度や二度ではない。彼女が私の実験の下手さに呆れたことは間違いない。しかし、怒ることもなく、適性を見極め、的確に指示を出す実習ペアの優秀さに

は、今振り返っても感心する。

平日の実習を終えた後、毎週末（日曜日の午前中が彼女の締め切りであった）レポートを仕上げ、その実習ペアの彼女に Fax で送っていたのはいい思い出である。レポートは彼女から彼女の友達へと送られ、さらに彼女の友達の友達へと広がったと聞く。念のために書くと、私自身はそれを全く気にしなかった。ある先生は、私のレポートを起点にその文章がどのように変わっていったのか、その変遷をたどると、クラスの人間関係を系統樹として表せるとまで述べられた。周囲からは「封建体制」や「主従関係」などと評されたが、私は当時から感謝している。

当然のことながら研究室に入ってもすぐに実験が上手くなることはなかった。『こんなに実験が下手なやつを見たことがない』と恩師の遠藤剛先生をあきれさせたほどである。私の転機となったのは、博士課程の時に、あの佐藤公行先生の研究室ご出身のポスドクの方が来てくださったことである。これは望外の僥倖であった。生化学を基礎の基礎から教えていただいたことで、一つ一つのステップの意味を理解し、それを確実にこなすことの重要性を知り、実験の再現性や信頼性が見違えるように高まったのである。一つ下の学年の加藤裕介さん（現摂南大学准教授）もそのポスドクの先生のお弟子さんの一人である。今では Native-PAGE などのマニアックな実験を得意とする人という印象を持たれる人も少なくないと思われるが、その資質は後天的に獲得したものであり、今は日々の実験に苦勞する人も諦めないでほしい。

「研究室での日々」

自分の学年に加えて 1 つ上の学年と一つ下の学年のメンバーとは特に仲が良く、一緒にご飯を食べたり、遊びに行ったり、研究の話をしたり、と楽しい日々を過ごした。名前を挙げればきりが無いが、特に一学年上の土反伸和さん（現神戸薬科大学教授）には公私ともにお世話になった。「1 日研究を休めば 1 日世界のトップ研究者に後れを取る」とは彼の口癖であり、真摯に研究に取り組んでいたのをよく覚えている。

恩師の遠藤剛先生には大変にお世話になった。なお、遠藤先生の研究テーマを選んだのは、自分の同期が全員遠藤先生のテーマを避けたからであり、消去法である。佐藤文彦教授（当時）や矢崎一史助教授（当時）の巧みな話術に加え、同級生が遠藤先生の光合成電子伝達の制御という研究テーマを難しく感じたことも一因であろう。運命の偶然と言う他ない。先生から教わったことは個々の実験技術というよりは、研究の取り組み方や考え方であり、また学生を粘り強く励まし見守る姿勢であった。研究室では先生の庇護のもと主体的に研究に取り組むことができた日々は、何よりの修行であった。先生の研究グループでは自由闊達な議論が行われておりその議論から学ぶことは多かった。先生は浅田浩二先生の研究室で助手をされていたこともあり、その文化を大事にされていたのだらうと、折にふれて感じていた。先生から浅田先生のエピソードをよく聞いていたので、浅田先生との共同研究はいい思い出である。なお、遠藤先生には気分転換に釣りに連れて行っていただくこともあった。残念ながら不器用な自分は全く上達しなかった…。

「研究」

私は PSI 循環的電子伝達経路に機能する NDH-like 複合体 (NDH) の精製に取り組んでいたが、D2 の秋になっても成果を出せず、研究テーマを変えることにした。当時は知られていなかったが、実は植物の NDH は PSI との超複合体として存在する。NDH の精製時に PSI のコンタミ (!) に悩んでいた当時の私には精製できるはずもなかったのである。その時期には先生方も火中の栗を拾うことはしたくなかったのか、私の考えた挑戦的な研究テーマを自由にやらせていただいた。私では D2 からの 3 年計画と言って意気揚々であったが、周囲から奇異に見られていたことは想像に難くない (なお、当時の京大の生命科学院では博士課程の 3 年間で学位を取れない人はそれほどめずらしくなかった)。

しかし、幸運にもその時に始めた 2 つのプロジェクト、1) バイオインフォマティクスを利用した NDH のサブユニットの同定と 2) C4 光合成における NDH の重要性についての研究、が実を結び、期待通りの形でまとめることができた。この博士課程の 2 つの研究プロジェクトについては、「コンピューターを用いた解析」、および、「進化・多様性」への私の強い興味が、研究テーマと相互作用した結果、個性的な研究になったと自負しており、自信作である。

前者については説明が必要だろう。私は両親に任天堂やソニーのゲーム機を買ってもらえなかった。しかし、教育上良いと判断された結果、(当時としては比較的めずらしいことに) PC は買ってもらえて PC ゲーム (特にアクション R P G や歴史 S L G が好きでした) やちょっとしたプログラミングに親しんでいた。それが功を奏したのである。本当に何が幸いするのか分からないものである。

なお、田中歩先生には、助教として採用していただいた際に「博士研究が人生で最高の研究になる研究者はめずらしくない。高林君はそうならないように」とのお言葉をいただいております、今の研究が私の最高傑作になるようにと日々言い聞かせている。

「ここまで振り返っての雑感と謝辞」

このような機会をいただいて私の学生時代を振り返ったことで、学習したこと、経験・体験したことが、その後の研究の展開に影響したことを再認識した。また院生時代の研究や繋がりがどれほど重要なものかを改めて実感した。この学術変革という枠組みは、研究室を超えた繋がりを作るうえで素晴らしいものであり、当研究室の教員も院生も大きな恩恵を受けている。この「繋がり」という点においてもこの枠組みに入れていただいたことにはとても感謝している。

最後になりますが、個々に名前を挙げることはできないが、これまで同じ研究室でともに時間を過ごした先生方、先輩、同級生、後輩、また学生さんたち、共同研究してくれた先生方、また学会等で交流してくれた方々には、この場を借りて、感謝申し上げます。

「実験上達のための 7 つのアドバイス」

最後に学生や若手研究者の皆さんへの一言をとのご要望をいただきました。とてもアドバイスをお送りできるような人生を送っているとは思えませんが、かといって断るほど偉いとは思えません…。そこで、この文章から私自身が学んだ実験上達のアイデアを共有させていただくことで、アドバイスに代えさせていただきたいと思います。

私たちの研究室には様々な大学から様々なバックグラウンドの院生が来てくれるため、4 月には自分が中心に「学生実習」を行っています。面白いことに、教える立場になると、実験が上手な院生さんと苦手な院生さんの違いも出てきました。そして、自分よりも実験が下手な院生は本当にいないことも…。そこで学んだことも含めて、ここでは実験がましになるためのアドバイスを伝えたいと思います。

まず、実験下手には理由があり、例えば、1) プロトコルの各手順の意味が分かっていない、2) プロトコルの操作に慣れていない、3) 始める前の準備が不十分である、4) 正確に量り取ることができていない、5) 適切に混ぜることができていない、6) 集中力が長続きしない、7) 失敗した際にその理由や改善策を考えたり調べたりせず、安易に考えて、同じ失敗を繰り返すなどの理由があるようです。自分の場合、これらの遠因には、（絵画や工作や料理などの）モノづくりが嫌いであり、その経験が少ないこともあったと思われます。

ここからはそれを踏まえて改善のために有効な手段についてアドバイスをお送りします。

1. 実験ノート

まず、実験を教えてもらう際の実験ノートの取り方は非常に重要です。自分の経験から言えるのは、教えてもらったときには全員成功した実験でも、その次に自分だけで実験を成功させるのは非常に難しいということです。そして、それができかどうかは実験ノートにかかっています。一般論として、半年後、1 年後の自分が見て再現可能な実験ノートを書くことは非常に難しいことです。ぜひ先輩方のノートを見せていただいてそのスキルを学んでほしいと思います。また、許可が得られれば（スマホで）写真や動画を撮ることも積極的に利用してほしいと思います。教えてもらった後には、その日のうちに一つ一つのステップについて確認し、不明な点があればすぐに聞いて、もしくは調べて、その内容も追記することが望ましいのではないのでしょうか。

2. 論文の「手法」からプロトコルを作るのは至難の業（でも余裕があればチャレンジしてほしい）

一般論として、論文の「手法」を読んで新しい実験系を組み立てるのは至難の業です。例えば、「混ぜる」という操作について考えてみてください。どうやって（ピペッティング？ボルテックス？転倒混和？）、どのくらい混ぜればいいのでしょうか？料理を「適当」に作って美味しく作れるのは経験を積んだ人だけでしょう。料理に置いて「適当」という言葉の意味や許容限度は人によって全く異なりますよね。自分が適当に料理したら、とても食べられない味になります…。実験も同じです。

実験が下手な人は、より丁寧なプロトコルを探した方がいいと思います。できれば、複数のプロトコルを探して手順や説明を比べた方がいいでしょう。そして、何よりも実験が上手な人に相談してほしいと思います。もし、ある実験に関して研究室内に適切な相談相手がなくても、学術変革の領域内にはきっといるのではないのでしょうか？

私たちの研究室では、新しい実験系を構築するのは、研究員や教員であることが多いのです。ただ、私自身は論文からのプロトコル作りに取り組んだ経験がとても勉強になったため、できればトライして、しかも成功してほしいと願っています。

3. 前日のリハーサル

新しい実験や久しぶりの実験など、自信が持てない実験を行う前日には全てのステップについて1つ1つ実験台の前で具体的にイメージし、1) 理解不足の点がないかどうか、2) 試薬や機器などが準備できているかどうか、などを確認することはとても大事なことです。これは自分がポスドクの人から学んだ、最も大事なことのひとつです。実験が下手な人はおそらく、何かしらの見落としがあるのではないのでしょうか？実験が下手な人がトラブルに対してとっさに適切に対処できるわけもなく、事前に減らせるトラブルは減らした方がいいのは間違いないです。

4. コントロールの重要性

また、ポジコンとネガコンをできる限り各ステップに用意することはとても重要です。個人的な経験から言えるのは、失敗の際に先生や先輩に意見を求めても、（下手な人の失敗の）理由が分かることは少なく、見当はずれな仮説に基づいて失敗を繰り返すことになるということです。それよりもポジコンとネガコンを用意して、どのステップで失敗したのかを絞り込むことが重要です。

5. 観察力（違和感に気づく能力）と立ち止まる勇気

実験をしていて何か変だなと感じることがあれば、手を止めて立ち止まり考えたり相談したりする「勇気」を持つことは必要です。大丈夫だろうと「とりあえず」進めてしまうのが下手な人のサガではあるのですが…。また、実験の際には常にサンプルの状態に気を配ることで、この「違和感」を覚える確率を上げることができます。見ていると、実験に上手な人はサンプルの状態の違いに気づくのも早いようです。

6. 実験時間の見積もりと修正、そして実験を止められるステップの確認

さらに、実験にかかる時間を事前に見積もるとともに、実際にかかった時間を実験ノートに記載しておくのも重要です。予想よりも実験が長引くと、焦りも疲れもあり、下手な人の実験の失敗の確率は飛躍的に高まります。下手な人は集中力が長続きしない傾向にあるからである。同時に、どのステップであれば、サンプルを保存できるのか、実験を止めておけるのか、なども事前に調べておくべきですし、予想外に長引くようであれば、いったん実験を中止し、休息を取ったり、次の日に回したりすることも検討した方がいいと思います。

7. 先達の重要性

最後に、同じ実験で失敗が続くときには、上手な人をお願いして、つきっきりで見てもらってほしいと思います。研究室内でその実験に習熟した人がいないときには、別の研究室の人に助けを求めた方がいいことが多いのではないのでしょうか。幸いなことに、この「学術変革」領域内には様々な分野のプロフェッショナルがいますから、ぜひその縁を活用してほしいと願っています。

連載企画 光合成研究事始（その三）

A04 早稲田大学
教育・総合科学学術院
園池 公毅



論文の執筆と投稿

前回は、初めての投稿論文を書く直前に、研究室にワープロが導入されたところまででした。とにもかくにも、このワープロで論文原稿を書いて加藤栄先生に提出しました。タイミング的に、研究室で最初のワープロ論文原稿だったと思います。ただし、Introduction、Results、Discussion をまとめても確か A4 ダブルスペースで 4 ページぐらいの長さのものでした。加藤先生の感想は、「確かに必要な要素はそろっているけれど・・・」というものでした。今思えば、研究の目的に沿って実験をして、その結果をならべて解釈しただけの原稿でした。さすがに、自分の研究に直接必要な勉強はしていましたが、「議論をふくらませる」ためには幅広い知識と複数の視点が必要です。修士論文をまとめるのと並行して投稿論文の原稿も書いたと思うのですが、まあ、自分では勉強していると思っていても、所詮は修士学生の小さな世界の中での話だったということでしょう。結局、論文が投稿できたのは博士課程に進学した 1985 年の 7 月になってからでした。投稿先は Archives of Biochemistry and Biophysics でした。

投稿と言っても、当時のやり取りはすべて郵便です。また、紙媒体なので、レフェリーの分も含めて原稿のコピーを 4 部送る必要があります、それらが出版社から各レフェリーに転送されることとなります。7 月 10 日に発送すると、まず、原稿受け取りの葉書が 10 日ほどで帰ってきます。つまり、航空便でも、出版社に原稿が届くだけで片道 5 日かかっている勘定になります。そこから待つこと約 2 か月、9 月 9 日に、Revise の通知が来ました。

この時は 3 人のレフェリーからコメントが返ってきていて、最初の一人

ARCHIVES OF BIOCHEMISTRY AND BIOPHYSICS		
The enclosed manuscript has been submitted for publication in Archives of Biochemistry and Biophysics. Your evaluation of the manuscript would be greatly appreciated. Please return regular papers with your evaluation within two weeks of receipt, and short communications within 1 week of receipt. If you do not have the time to review this manuscript would you please ask one of your colleagues to do so. PLEASE SIGN AND RETURN THIS FORM, RETAINING THE BLUE COPY FOR YOUR FILES.		
Please note that manuscripts should contain new information of general interest and that papers that represent minor advances in specialized areas cannot be published in this journal, even though they may be otherwise acceptable.		
Ms. No.: J0505-Co041	Referee No.: I	Date: 08/01/85
Manuscript by: Kinbake Sonoyake and SAKAE (ATCI)		
Title:	Isolation of an intrinsic antenna chlorophyll a-protein from the photosystem I reaction center complex of the thermophilic cyanobacterium <i>Synechococcus</i> sp	
Comments:	(Use additional pages if necessary, on ordinary paper.) This is an excellent paper. The authors have clearly demonstrated the existence of a distinct chlorophyll protein complex in photosystem I. The work is of very high quality and the result is of great value. I have made a few corrections of style on the text.	
Comments:	(Use additional pages if necessary, on ordinary paper.) This is a well written paper describing a carefully conducted research study on PSI. My only criticism is: why didn't the authors try an oxidized mines reduced spectrum to see P700. Maybe the acceptor was lost, but they could still see P700?	
Comments:	(Use additional pages if necessary, on ordinary paper.) This manuscript presents results on photosystem I and the identity of a new chlorophyll a-protein complex from the reaction center complex. This work is potentially very significant because it shows that the so-called CPI fraction actually contains two chlorophyll a-containing peptides. The authors speculate as to the function of their new complex i.e. an antenna function, but there is no direct proof for this assignment. There are several other problems with this work, and these are discussed in more detail below: 1. The yield of CP60 is so low that one can question whether it is really a component of photosystem I or a preparation artifact. Clearly, this work would be more convincing if the yield of CP60 were greater, but I realize there is not much that can be done on this problem. 2. The conclusions that CP60 does not contain P700 is not firm. It is conceivable the treatment necessary to separate CP60 inactivates P700. Have the authors shown that treatment of their starting fraction, CPI-e, with 2% SDS and 2% MET for 1 hr has no effect on P700? This would strengthen their argument that there is no P700 in CP60.	
XXXXXXXXXX	Although I have these reservation, I believe this is an important work and that after revision, the manuscript should be publishable.	

最初の論文に対するレフェリーコメント

はほぼ褒めているだけ、次の一人は褒めつつも、P700 を光化学的に定量するだけでなく、化学的にも定量してはどうかと提案しています。三番目のレフェリーは、新しいクロロフィルタンパク質の収量をもっと上げられないのか、またその単離条件が厳しいために活性が失われているだけではないか、という2点を指摘しつつ、最後にリジェクトされないように気を使ったとみられる文を付け加えています。これらのレフェリーが誰かは見当が付きませんが、三人とも非常に好意的だったのが印象的でした。ちなみに当時は、細かい点は原稿のコピーに直接記入して返送するので、レフェリーレポート自体は比較的短いものになっています。

論文の出版とその後

次は、レフェリーコメントを受けて論文を改訂することになります。実はこれはあつという間にできました。2番目のレフェリーの指摘した新しいクロロフィルタンパク質のP700の化学的定量は、非常にもったいな指摘なのですぐ行いましたが、P700をフェリシアン化カリウムで酸化しようとする、おそらくは処理によって安定性が低下した集光性クロロフィルの退色が起こってしまい、技術的に難しいことがすぐにわかりました。また、3番目のレフェリーの指摘した収量のさらなる改善は、レフェリー自身が言うように、条件をいろいろ振った上で実験をしているので、実際には困難です。最後のコメントについては、同じ処理を受けながらサブユニット組成が変化していない試料で活性を測定した結果、活性は保たれていたことから、その結果を原稿に追記して、3日後には改訂稿を出版社に送付しました。すると今度は2週間ちょっとでAcceptの返事がきました。9月28日のことで、最初の投稿から約2か月半でした。

現在の電子投稿であれば、すぐに校正刷りが送られてくるところですが、当時は、印刷原稿から活字を拾って校正刷りを作ることになります。従って、実際に校正刷りが到着したのは、論文受理の約1か月半後の11月7日でした。ここからさらに印刷製本の作業が入り、東大の図書館に論文が掲載された号の雑誌が届いたのは、翌年の3月7日でした。論文の受理から約5か月というのは、当時としては普通だったのではないのでしょうか。

さて、雑誌が図書館に届く前に、実は、別刷り請求が来て論文が既に出版されたことを知りました。当時は、大学などの研究機関の図書館が雑誌を購入することによ



て出版が維持されるのが、学術雑誌のビジネスモデルでした。その場合、所属の大学や研究機関の図書館が当該雑誌を購読していない場合は、著者に別刷り請求の葉書を送ると、著者が別刷り（いわゆる雑誌の当該論文だけの部分の抜き刷りです）を郵送することにより論文を読めるようにするシステムになっていました。

僕の最初の論文に対する別刷り請求は 2 月 10 日に来ましたから、日本の図書館に雑誌が到着する 1 か月前には論文の出版情報が広がっていたのでしょう。別刷り請求は、世界各国から葉書で来ますから、日本では見慣れない切手が多く、そのようなものは切り取って集めておきました。おそらく、そのように切手を集める人は世界中にいたようで、記念切手と思われるきれいな切手をわざわざ組み合わせて貼って別刷り請求を送ってくれる人もいました。別刷り自体の到着は、図書館に雑誌が来るのよりさらに遅く、3 月 24 日だったので、それまでに来た請求に対してまとめて 20 部ほどを発送しました。わざわざ航空便で葉書を送ってまで自分の論文を読みたいという人が大勢いるという事実は、駆け出しの研究者にとって励みになることでした。

光化学系の反応中心

光化学系 I の場合、クロロフィルを結合した 2 種類の大型サブユニットのみからなる標品に反応中心クロロフィル P700 の活性があることは、既に高橋裕一郎さんにより示されていました。これに対して、新しい論文では、その内の片方のサブユニットだけを単離すると、クロロフィルが結合した状態でも P700 の活性が失われることを示すことができたので、P700 は、2 つの大型サブユニットの間に存在し、それらが反応中心複合体の最小単位であると結論しました。2 つの大型サブユニットは PsaA と PsaB に相当し、この考え方は基本的にその後の研究でも支持されました。

他方、加藤研究室では、同様な研究を光化学系 II においても行っていました。当時は、クロロフィル結合サブユニットである PsbB および PsbC に D1/D2/シトクロム *b*₅₅₉ タンパク質（PsbA / PsbD / PsbE / PsbF）が結合した複合体が、光化学系 II 活性をもつ最小単位でした。クロロフィルの大部分は、PsbB/PsbC に結合していると考えられていましたから、光化学系 I の PsaB/PsaA 複合体と同様に、PsbB/PsbC 複合体を光化学系 II の活性を保ったまま生化学的に単離しようとする実験が研究室で行われていました。しかし、D1/D2/シトクロム *b*₅₅₉ タンパク質がはずれるのに比例して活性が低下してしまい、PsbB/PsbC のみからなる活性をもつ複合体を単離することはとうとうできませんでした。その時には、実験がうまくいっていないと研究室では考えていたわけですが、実際にはその 2-3 年後に、岡山大学の佐藤公行さんのグループが、D1/D2/シトクロム *b*₅₅₉ タンパク質複合体を活性を保ったまま単離し、実はこれこそが光化学系 II の反応中心の本体であることを明確に示したわけです。

Proc. Natl. Acad. Sci. USA
Vol. 84, pp. 109-112, January 1987
Botany

Isolation of a photosystem II reaction center consisting of D-1 and D-2 polypeptides and cytochrome *b*-559

(oxygenic photosynthesis/charge separation/pheophytin acceptor/pigment-protein complex)

OSAMU NANBA AND KIMIYUKI SATOH*

Department of Biology, Faculty of Science, Okayama University, Okayama 700, Japan

Communicated by George Feher, September 19, 1986

光化学系 II 反応中心単離の論文

今から考えれば、D1/D2/シトクロム b_{559} タンパク質量と活性が比例するという実験結果は、まさに反応中心の本体が何であることを示唆していたわけですが、加藤研では残念ながら佐藤公行さんたちの発表までそのことに気が付きませんでした。アメリカなどでは、植物の D1/D2 が紅色光合成細菌の反応中心サブユニットと相同性を示すことから、比較的早い段階で D1/D2 が反応中心であると考えの人がいたようですが、残念ながら当時の多くの日本の研究室では、分子生物学的な考え方は立ち遅れていました。佐藤公行さんご自身も「タンパク質の相同性から D1/D2 が反応中心であると考えて行った実験ではなかった」とおっしゃっていたと記憶しています。日本の光合成研究が、生化学と分光学が中心のものから分子生物学を基礎に置いた研究にかじを切るのは、村田紀夫さんが代表を務めた重点領域研究「光合成の環境応答の分子機構」が始まる 1992 年以降のことだと思います。(づづく)

光合成ユビキティ 2024 年下半期活動記録

- 9月14日(土)~9月16日(月) 日本植物学会第88回大会@宇都宮
学術変革領域(A)「光合成ユビキティ」共催シンポジウム
~地球を緑で覆った光合成生物の世界制覇戦略~あるものでなんとかする進化の裏話~
- 9月18日(土)~9月21日(月) 神戸
2nd Asia-Oceania International Congress on Photosynthesis
- 10月22日(火)~10月25日(金) 那覇
1st Asia & Pacific Bioinformatics Joint Conference (APBJC2024)

受賞

2024年8月1日 光合成セミナー・三室賞受賞🏆

A03 金 恩哲 先生(皆川研究室)

「タンパク質間相互作用による光合成集光システムの制御機構」

関連プレスリリース 2024年

9月24日 「原始緑藻の光合成制御：ステート遷移の起源は海中の青緑光への適応だった」

A03 皆川純 先生

<https://www.nibb.ac.jp/pressroom/news/2024/09/24.html>

9月27日 「大阪公大などが光合成メカニズムの完全解明に向けて前進、構造解析に成功」

B01 藤井律子 先生、A01 栗栖源嗣 先生

https://www.omu.ac.jp/info/research_news/entry-13496.html (記事掲載)

■マイナビニュース TECH (2024/9/30) 大阪公大などが光合成メカニズムの完全解明に向けて前進

<https://news.mynavi.jp/techplus/article/20240930-3035211/>

■オプトロニクス オンライン (2024/10/1) 公大ら、人工的な光合成アンテナの構造解析に成功

<https://optronics-media.com/news/20241001/94900/>

■AAAS EurekAlert! Quality control in artificial photosynthesis

<https://www.eurekalert.org/news-releases/1061800>

■AlphaGalileo

<https://www.alphagalileo.org/en-gb/Item-Display/ItemId/251182>

■asia RESEARCH NEWS

<https://www.asiaresearchnews.com/content/quality-control-artificial-photosynthesis-validating-natural-antenna-mimicry>

- 10月3日 「海洋性珪藻類が行う高効率 CO₂ 固定を可能にするタンパク質を発見
—ゲノム編集とクライオ電子顕微鏡で解明する葉緑体ピレノイド構造の謎—」
- A01 栗栖源嗣先生、川本晃大先生、B01 嶋川銀河先生、松田祐介先生
<http://www.protein.osaka-u.ac.jp/achievements/20241003/> (記事掲載)
- Cell Diatom pyrenoids are encased in a protein shell that enables efficient CO₂ fixation
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0092867424010316>
- 10月31日 「光合成活性を持つ葉緑体を動物細胞に移植することに成功
—光合成可能な動物細胞作製の突破口を開く—」
- A04 丸山真一郎 先生 A05 園池公毅 先生
<https://www.k.u-tokyo.ac.jp/information/category/press/11214.html>(記事掲載)
- ANN News 東京大学などの研究グループ「葉緑体」動物細胞への移植成功 (2024/10/31)
https://www.youtube.com/watch?v=aOoEB6-_Tio
- 朝日新聞 動物の細胞も光合成できる？ハムスター由来に葉緑体移植、反応を再現 (2024/10/31)
<https://www.asahi.com/sp/articles/ASSBZ339PSBZULBH00HM.html>
- 日本経済新聞(2024/10/31)
東大・理研・東京理科大・早大、光合成活性を持つ葉緑体を動物細胞に移植することに成功
https://www.nikkei.com/article/DGXZRSP681150_R31C24A000000/
- 読売新聞 ハムスターの細胞に「葉緑体」移植成功、動物細胞に光合成機能加える可能性
<https://www.yomiuri.co.jp/science/20241030-OYT1T50143/>
- 毎日新聞 (2024/11/18) ハムスター細胞で光合成反応を確認 葉緑体を移植
<https://mainichi.jp/articles/20241118/ddm/016/040/012000c>
- 11月22日 「冬季の常緑針葉樹の光合成調節に関わるタンパク質を発見」
- A03 田中亮一先生、高林厚史先生、B02 秋本誠志先生
https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/241122_pr2.pdf (記事掲載)
- Journal of Experimental Botany Revisiting the early light-induced protein hypothesis in the sustained thermal dissipation mechanism in yew leaves
<https://academic.oup.com/jxb/advance-article-abstract/doi/10.1093/jxb/erae412/7810948?redirectedFrom=fulltext&login=false>

領域内留学

- 6月26日～ 豊橋技術科学大学・広瀬研究室 中田龍さん, 広瀬侑先生
→B04 班・川本晃大研究室 クライオ電子顕微鏡測定
- 9月24日～ 岡山大学・坂本研究室 Sarah Wanjiru Gachie さん
→A01 班・川本晃大研究室 クライオ電子顕微鏡測定
- 10月7日～ 埼玉大学・西山研究室 黒星 夏華さん, 棚瀬 元貴さん
→A02 班・坂本巨研究室・小澤真一郎研究室、A04 班・桶川友季研究室
BN-PAGE、光合成解析