

光合成ユビキティ

Photosynthesis Ubiquity News Letter



No.1 Dec. 2023

目次

- p2 (1) ご挨拶
領域代表 栗栖源嗣
- p3 (2) 第1回領域会議に参加して
A03 基礎生物学研究所 環境光生物学研究部門 小杉真貴子
- p6 (3) Taiwan-Japan Joint Seminar on Photosynthesis Research 2023 参加報告
A02 岡山大学資源植物科学研究所 小川 由
- P8 (4) 光合成ユビキティ 2023年活動記録
- p11 (5) シリーズ 私が学生だった頃
A05 豊橋技術科学大学 大学院工学院研究科 広瀬 侑
- p14 (6) 連載 光合成研究事始(一)
A04 早稲田大学 教育・総合科学学術院 園池 公毅

ご挨拶

早いもので我々の学術変革領域 A が立ち上がってから 9 ヶ月が過ぎようとしています。皆川さんが領域代表を務められ大成功した新学術領域「新光合成」の後継領域として、実のところ何度かトライした結果、難産の末に生まれた領域研究です。

その間に、科研費システム全体の改革も実施された上にコロナ禍も重なって、申請書の作成やヒアリングに至るまでオンラインで Zoom や Slack を通じて準備する必要がありました。SNS すら使いこなせない私が新しいコミュニケーションツールを自在に使いこなせる訳もなく、申請書や説明動画の準備をしながら自分自身はシニア研究者の仲間入りをしていることを強く自覚した時期でもありました。

本領域は、既存の植物生理学・植物生化学、構造生物学に加えて、情報科学・データ科学の視点を積極的に取り入れた学際融合研究を遂行することを謳っています。

融合研究を進める上で欠くことのできない専門性の高い助言を頂戴するため、植物科学、生物物理学、データ科学の専門家として、長谷俊治先生、高橋裕一郎先生、難波啓一先生、西村いくこ先生、東山哲也先生、中村春木先生の 6 名の先生に、領域アドバイザーと評価委員をお願いしています。

すでに 7 月に開催されたキックオフ会議で、適切なアドバイスと温かい励ましの言葉を頂戴したのは記憶に新しいところです。私の専門である構造生物学に関連した話では、2020 年より前には全く考えられなかった AlphaFold の利用が急速に広がっています。このような新しい手法を自在に活用できる若い研究者を積極的に巻き込んで多くの共同研究が実施されて、常識を覆すようなインパクトのある研究が実施されることを期待しています。

また、研究報告の手法についても大きな変化があります。私のような SNS に馴染めない研究者はキャッチアップすら難しいのですが、bioRxiv に preprint が投稿されると、X (旧 Twitter) でまず話題になり、論文発表前に世界中の研究者が研究成果を共有しているのが当たり前の時代になってきました。植物や藻類が上手に光環境に適応して地球を制覇したのと同じように、(中身の違う例えですが) 研究者も研究環境の変化に対応して効果のある情報発信が求められています。我々の領域研究では、情報発信の心強い助っ人としてコミュニケーションチームユニット OQ の皆さんに加わっていただいています。

世界中のあちこちで戦争が起こる世界秩序変革の時代です。しかし、光合成研究の分野では紛争とは縁のない「学術の変革」を目指し、皆さん一丸となって領域研究に取り組んでいきましょう。5 年間よろしくお願いします。

領域代表 栗栖源嗣

第1回領域会議に参加して

A03 基礎生物学研究所
環境光生物学研究部門
小杉真貴子



記念すべき第1回領域会議に参加した感想文を寄稿するという大役を頂いたのですが、ひとまず簡単に自己紹介からさせていただきます。

● 極地に生息する緑藻を調べています

私は学生時代、地衣類の共生藻が持つ光合成系の乾燥耐性機構について研究していましたが、博士研究員として国立極地研究所に雇われたことをきっかけに南極や北極の光合成生物全般を扱うようになりました。

現在はナンキョクカワノリという、その名の通り南極に生育する緑藻を中心に研究しています。

昨今の解析技術の発展により、これまで研究材料として扱いが難しかった非モデル生物でも最先端の研究ができる可能性が広がりました。

特にクライオ電子顕微鏡の技術は希少な生物試料での構造生物学を大きく進展させると思われます。

地球のあらゆる環境への適応を可能にした光合成メカニズムの総合的理解を目指す「光合成ユビキティ」においては、極域の厳しい環境下での生育を可能にする光合成メカニズムについて明らかにすると共に、新たな研究試料を提供することで貢献したいと考えています。



記念写真撮影前・和気藹々とした雰囲気



参加者全員ピリッと記念写真撮影

●ピリッとしてるけどアットホームな領域会議です

話を戻しますと、領域会議は猛暑になりつつあった2023年7月中旬に大阪大学蛋白質研究所で行われました。

会場は決起会としてのピリッとした空気がありつつも終始アットホームな雰囲気です。

代表者である栗栖先生の挨拶の後、各研究班の研究内容紹介が1時間ずつ行われました。詳細には書けませんが、「光合成ユビキティ」が光合成生物の適応戦略における様々な分子メカニズムについて時空間的な複合理解を目指し、更には進化学的な時間軸まで扱うという壮大なプロジェクトであることが理解できました。



休憩時間もあちこちでディスカッション

●リアル開催で、学生も共同研究のイメージが具体的になったようです



領域代表の栗栖先生です！

1 日目の終わりには立食形式の懇親会も開催され、コロナ禍以前の研究会の雰囲気を久しぶりに味わうことができました。学部や修士の学生さんは対面式の学術会議に参加すること自体がほとんど初めてではなかったかと思えます。

同じ研究室から参加していた学生二人も色々と刺激を受けたようで、自分たちの研究を共同研究によりどのように進めるか考えることができたそうです。

●多様な分野の研究者が参加していて新しい研究の可能性を感じました

様々な研究分野の方達が加わっており、学生の研究拠点内留学などコラボレーションを推進するためのプログラムが用意されていました。

領域会議終了後に設けられた共同研究相談会では、自身の研究においてぼんやりと考えていた研究トピックを相談させていただくことで具体化することができ、大変ありがたかったです。普段は簡単に共同研究に至らないであろう分野の研究者とも気軽に共同研究の話ができることが素晴らしいなと感じました。



懇親会・さらに気軽にディスカッション

● 広報の重要性も実感できました

領域会議では光合成ユビキティのロゴやホームページ、そこに掲載されている紹介動画の作成を担当されているプロの方々のお話も聞くことができ、広報の重要性を実感しました。9月に札幌で行われた植物学会年会の「光合成ユビキティ」共催シンポジウムにも広報のチーム O Q さんが記録を取るために駆けつけてくださり、心強いサポーターという感じがしました。

今後、計画班に加えて公募班の方々が加わり、ますます盛り上がっていくのだろうと思います。私自身も研究協力者として「光合成ユビキティ」の研究成果に貢献できるように頑張ります。

Taiwan-Japan Joint Seminar on Photosynthesis Research 2023 参加報告

A02 岡山大学
資源植物科学研究所
小川 由



会場：国立台湾大学 Life Science Building 講義室

日時：2023年10月16日（月）9:10~14:30

日本植物生理学会と台湾植物学会の合同国際会議 Taiwan-Japan Plant Biology 2023 の日程に合わせ、2023年10月16日に Taiwan-Japan Joint Seminar on Photosynthesis Research 2023 が開催されました。

通常国際学会では若手研究者は数人がショートトーク、という形になることが多いですが、今回は講演者全員が若手で、両国から5人ずつ、一人持ち時間15分で続けて10人話すという新鮮なプログラムでした。講演者には修士の学生から助教の方まで含まれ、男女比は1:1でした。院生期間がほぼコロナ禍と重なってしまった私にとっては、自分と同年代の海外の光合成研究者のトークを直接聞いて、交流するのは初めてでした。これまで参加した光合成の国際学会は重鎮の話を圧倒されながら聞くことがほとんどでしたが、今回は親近感の湧く雰囲気の中で、時々笑いもあるようなセミナーとなりました。それでいて発表内容は充実しており、普段の学会に劣らないものでした。Academic Sinica の Cheng さんは、温泉に棲むシアロバクテリアのゲノムについて、国立台湾大学の Nien さんは異なる光環境に適応したシアロバクテリアの遺伝子発現について、京都大学の 大波さんはサンゴに共棲する緑藻の光適応について、北海道大学の 亀尾さんは集光アンテナの進化について、東京大学の 神保さんは光化学系 II の修復と脂質の関係について、Academic Sinica の Wu さんは葉緑体トランスロコンの進化について、岡山大学の 小川（私）はチラコイド膜の融合因子について、Philippines Los Banos 大学の Uy さんは C_4 植物の変異体について、関西学院大学の 嶋川さんは珪藻の電子伝達について、National Sun Yat-sen 大学の Fu さんは紅藻のクロロフィル蛍光および ECS 解析について、というように様々な興味深い内容の発表が繰り広げられました。

個人的に講演者の一人としてですが、私はもう D3 となってしまいましたが、上記のようにコロナ禍で院生生活を過ごしたため、今回が初めての海外学会現地参加、2回目の対面式口頭発表となりました。そのため大変緊張したのですが、発表が10分、質疑応答が5分と、比較的後者が長めだったので、日本・台湾どちらの方からも質問を多くいただき、自分の話を多くの人に聞いていただけた、興味を持っていただけということが実感できて嬉しかったです。

セミナーの後は参加者の間で交流会がありましたが、皆さん発表内容に関して質問し合ったり、一方で

周辺の飲食店に関する話をしたり、と大いに盛り上がりました。今回の交流が将来の何らかの縁に繋がったり、共同研究のきっかけになったりしたらいいな、と思います。

また、交流会の食事ですが、講演者や主催者への記念品、会場への案内、送迎サービスなど、台湾側のホスピタリティに驚かされました。交流会の後には、プログラムにありませんでしたが、最後まで残った日本人参加者を連れてあちらの主催者の方々が自分たちの研究室や国立台湾大学の各施設、そして大学近くの市場を案内して下さいました。是非見習いたいお心遣いと頭が下がりました。そして最後となりますが、本セミナーの日本側の主催者である東京工業大学の吉田啓亮先生と京都大学の今泉滉さんに、セミナーでの講演および本稿の執筆の機会をいただいたことに深く感謝申し上げます。



セミナーでの集合写真。この時作られた Light harvesting のポーズ(?)



セミナー後の研究室案内

セミナープログラム

Program	
08:50–09:10	Registration
09:10–09:15	Opening Remarks (Ming-Yang Ho)
09:15–10:15	Session I Chairperson: Han-Yi Fu
09:15–09:30	Yen-I Cheng (Academia Sinica, Taiwan)
09:30–09:45	Ting-Shuo Nien (National Taiwan Univ., Taiwan)
09:45–10:00	Chieko Onami (Kyoto Univ., Japan)
10:00–10:15	Shinsa Kameo (Hokkaido Univ., Japan)
10:15–10:25	Coffee Break
10:25–11:10	Session II Chairperson: Ko Imaizumi
10:25–10:40	Haruhiko Jimbo (Univ. Tokyo, Japan)
10:40–10:55	Yu-Sian Wu (Academia Sinica, Taiwan)
10:55–11:10	Yu Ogawa (Okayama Univ., Japan)
11:10–11:25	Coffee Break
11:25–12:10	Session III Chairperson: Ming-Yang Ho
11:25–11:40	Lawrence Yves Uy (Univ. Philippines Los Baños, Philippines)
11:40–11:55	Ginga Shimakawa (Kwansei Gakuin Univ., Japan)
11:55–12:10	Han-Yi Fu (National Sun Yat-sen Univ., Taiwan)
12:10–12:25	General Discussion Chairperson: Keisuke Yoshida
12:25–12:30	Closing Remarks (Keisuke Yoshida)
12:30–12:35	Group Photo
12:35–14:30	Lunch & Social Mixer

光合成ユビキティ 2023 年活動記録

活動報告

- 7月19(水)–20日(木) 領域会議 於：大阪大学蛋白質研究所



初の全員集合で最初は緊張してましたが、2日間の集中的な情報交換により、ぐっと距離が縮まりました。

- 9月7日(木) 共催シンポジウム@第87回植物学会北海道大会
「地球上のどこでも光合成を可能にする分子レベルのライフハック」



ユビキティメンバー含む5名の気鋭によるセッション

- 10月10日(火)–13日(金) オンラインポスター発表
日本科学振興協会年次大会 2023 「会いに行ける科学者フェス」

日本科学振興協会 JAAS 年次大会2023

会いに行ける 科学者フェス

2023.10.7-13*

秋葉原UDX
10月7日(土)~10月9日(月・祝) ハイブリッド開催
10月10日(火)~10月13日(金) オンライン開催

<https://meetings.jaas.science>
日本の科学をもっと元気に!

JAAS
日本科学振興協会

A07班・白井班がオンラインポスター発表しました

●10月13日(金) - 16日(月)
共催セミナー-The Taiwan-Japan Plant Biology 2023 symposium

●11月6日(月) - 8日(水) 協賛

U.S.-Japan Binational Photosynthesis Workshop 2023



●11月16日(木) 共催シンポジウム@第61回日本生物物理学会名古屋大会
「光合成の多様な環境への適応原理」



ユビキティメンバー5名(栗栖、山本、斉藤、白井、広瀬)によるセッションを行いました。

関連プレスリリース 2023年

- 8月23日 「サンゴ共生藻が栄養を放出する新経路を発見
～細胞壁が支える持続可能な強制炭素循環の仕組み～」
A05 丸山真一郎 先生
eLife <https://doi.org/10.7554/eLife.80628>
- 9月1日 「強すぎる光から光合成装置を守る新たな仕組みを発見
～シロイヌナズナの変異体を用いた研究から～」
A04 桶川友季 先生 A02 坂本亘 先生
Plant Physiology (2023・8・23 オンライン版公開)
<https://academic.oup.com/plphys/advance-article-abstract/doi/10.1093/plphys/kiad466/7247417>
- 11月21日 「光合成における光損傷と修復のメカニズム解明
～傷ついたタンパク質を見つけて分解するしくみを明らかに～」
A06 斉藤圭亮 先生 A02 坂本亘 先生
eLife [10.7554/eLife.88822](https://doi.org/10.7554/eLife.88822)

領域内留学 2023年

11月27日 - 12月8日

大阪大学・栗栖研究室 博士後期課程・Philipp Moritz Braun さん→北大低温研



低温研・高林先生に緑藻類の培養法、Clear Native PAGEの方法などの技術を習いました。
北大の研究生徒とも積極的に交流！（きっと、ジンギスカンも食べたに違いない）

シリーズ 私が学生だった頃

A05 豊橋技術科学大学
大学院工学院研究科
広瀬 侑



私が生物学に興味を持ったきっかけを考えると、10代の頃に通っていた静岡県立藤枝東高校の松下保男先生のことを思い出す。

松下先生は私のクラス担任かつ生物学の授業担当で、自身はホタルの研究を専門にされており、生物部の活動を取りまとめて論文を執筆するなど、精力的に活動されていた。生物学の授業でも、ホタルの明滅周期の地域特性や温度依存性について話して下さったことを覚えている。私を含め、生徒達は、松下先生の凄さをよく理解しておらず、「ホタル先生」などと呼んで、囃し立てていたものである。松下先生の研究内容はオンラインで読むことができる (<http://rikuseihotaru.jp/geppou115.pdf>)。研究職に着いた今、改めて読み直してみると、膨大なフィールドデータと明確な理論に緻密に裏打ちされた研究で、高校生のレベルを遥かに超えていると感じる。ある夏、松下先生は、海浜実習という授業の名目で、クラスの全員を御前崎の磯に生物採集に連れて行ってくれた。どのような手段を講じて、これを授業としたのか定かではないが、このようなイベントを開催するのは大変で、生物の多様性を理解させたいという松下先生の熱意があったのは間違いがない。



ところが、私はそのような高尚な目的を微塵も理解せず、大ぶりで美味しいウニを沢山見つけるという目標に全力を注いでいた。高校時代は文系科目を中心に興味を持たず、吹奏楽に熱中していたこともあり、成績は急降下、さて、進学先をどうしたものかと思っていた。北と南なら北に行きたいと思い、文系科目が不要で最も北にある有力な大学、ということで北海道大学を受験した。北海道大学といえば、クラーク博士！農学部でしょ！バイオテクノロジーでしょ！といった調子で、当時の農学部は現在ほどホームページの内容が詳しくなかったこともあるが、イメージ先行で受験先の学部も決めてしまった。その後、応用研究よりも基礎研究が好きで理学部へ行くべきだったことや、蜘蛛が苦手というメンタルが農業には不適であることなど、数々の選択ミスが明らかになるのだが、後先考えない高校生の勢いとは恐ろしいものである。

北海道大学農学部にギリギリで滑り込んでからは、週3日吹奏楽部の活動、週4日は居酒屋でアルバイトという、泳ぎ続けて眠らないマグロのような生活をしていたところ、あっという間に4年生になった。手に職をつけようということで、教職課程で理科の教員免許を取り、母校の教育実習に行ってみたが、さっぱり面白くない。どうも自分は人に物事を教えるというのに向いていない、ということをごとき自覚した。かといって、人の言われたことに従ってきちんと手順通りやるということも、あまり性に合っていない。物忘れが多く、傘や財布をよく紛失していたので、官公庁や企業勤めも向いていなさそうである。

大学の授業は面白いと思うのだが、部活とバイトを過密スケジュールで過ごしていたこともあり、座学で最後まで意識を保っていられたことなど数えるほどである。必修科目も再々テストをしてもらい、ようやく単位を頂くという体たらくであった。

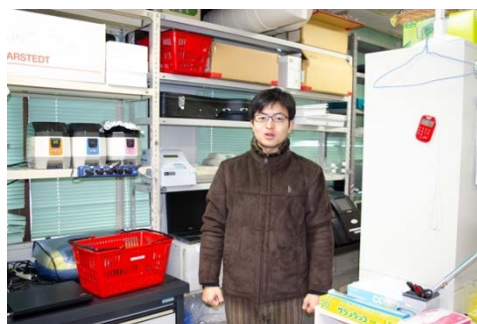
一方で、手を動かすのは好きで、居酒屋でのアルバイトで料理を一生懸命作ったり、農学部の学生実習で様々な研究室のテーマに関する実験に熱心に取り組んだ。私が所属していた農学部の生物機能化学科は3年生の研究室の配属をくじ引きで決めていて、私は波多野隆介先生の土壌学研究室に配属された。取り組んだ卒業研究テーマは土壌からの温室効果ガス放出のモニタリングである。畑に出向いて、土に箱を被せて温室効果ガスの濃度変化を調べ、そこから面積あたりのガス放出速度を見積もるというテーマであった。土壌という研究の重要性和奥深さ、フィールドワークの大変さ、北の大地の雄大さ等を身にしみて感じた。当時の土壌学研究室では波多野先生がフィールド研究の重要性を説かれていて、「キレイな実験室のデータ」よりも「バラツキの大きなフィールドのデータ」が重要であるという点を皆が認識していた。

ところが、当時の私は量子化学や光化学に興味があり、理学部の授業に潜り込んでいたこともあり、もっと「科学とは芸術であり、美しくなければならない」という偏見を持っていて、バラツキの大きなデータは嫌だ！と考えていた。光合成に関連した研究をすれば、生き物を相手にしつつ、美しい研究ができるのではないかと思い、修士課程の進学先としていくつかの研究室を巡っていた。

その過程で東京大学大学院総合文化研究科の池内昌彦先生の研究室があること知った。当時学部3年生だった私は、半ば飛び入りに近い形で研究室の見学に押しかけたところ、夜の7時から2時間近く、紙と鉛筆で自分の研究を楽しそうに語ってくだった。

研究内容の詳細まではよくわからなかったのだが、先生がこんなに楽しそうに話す研究ならば、きっと面白い研究に違いないと思って進学した。

最初に取り組んだのは、シアノバクテリアの光受容タンパク質の精製実験である。低温室にこもって作業をするのに、北海道時代に使用していた厚手のコートが大いに役に立った。池内研究室は、高価な機械や特殊な技術を使うスタイルではなく、アイデアと粘り強さと人脈を駆使して乗り越えるという（徒手空拳）スタイルだったように思う。もしかすると、なかなかチャレンジングな環境だったのかもしれないが、指導教員が楽しそうにやっていると、学生は大変だと気付かずに楽しくやれるものである。



また、好奇心を純粋な原動力に、大金をかけずに基礎研究に取り組んだ経験は私にとって財産であり、これは、池内研究室の卒業生の多くがアカデミアで活躍している理由の1つかもしれない。

昼前に研究室に行き、午後にはサッカーをして、夜まで実験をして、同じ学科の同級生と深夜まで飲んで帰ることも多かった。話す内容は雑談がほとんどであったが、話が尽きると、自然と研究や人生について話をするが多かった。自分の取り組んでいる研究内容を理解してくれ、ざっくばらんに何でも話することができる友人を持つことができたというのは幸せであった。



私が研究を始めた当時は、ゲノムが解読されたシアノバクテリアをいわゆる「モデル生物」として集中的に研究するという流れが主流であった。私は光応答が種間で大きく異なることに着目して研究を進め、次第に、実験室ではなくフィールドに存在するシアノバクテリアを研究してみたいと思うようになった。このような志向は土壌学研究室で経験したフィールド研究が間違いなく影響している。

池内研究室での博士課程を卒業後、東京大学新領域創成科学研究科の服部正平先生にお世話になって次世代シーケンサーの研究に取り組み始め、その後、豊橋技術科学大学の榊佳之先生、菊池洋先生、浴俊彦先生との縁があり、現所属で学生を指導する立場につくことができた。

現在では、光受容体の研究に加え、光合成アンテナの研究、ゲノム解析、菌叢解析、企業との共同研究など幅広いテーマを進めている。振り返ってみると、私の人生というのは、何か大きな方針があったわけでもなく、その時々面白そうなことにあまり深く考えずに取り組んで、選択ミスをしてはそれを修正し、その場面ですることを精一杯やってきた、つまり、行き当たりばったり、というのが実態である。

おそらく、これからもそのように過ごしていくのだろうと思う。実は昨年、松下保男先生や波多野隆介先生からお元気ですかという連絡を20年越しに頂いた。自分が学生だった頃の振る舞いを思い返すと、穴があったら入りたい気分になりながら、反省の意味を含めて本文を執筆させていただいた。

この度、光合成の多様性に腰を据えて研究をさせていただける機会を与えてくださった栗栖源嗣先生に感謝すると共に、これまでの日本の光合成研究を支えてきた先生方に敬意を表する。

連載企画 光合成研究事始（その一）

A04 早稲田大学
教育・総合科学学術院
園池 公毅



●卒業研究を始める

もう40年以上前のことになりますが、光合成の初期反応を中心に研究をしていた加藤栄先生の研究室（以下、加藤研）で卒業研究を始めたのが、光合成の研究を始めるきっかけでした。東大の駒場キャンパスにあった加藤研でそのまま大学院に進み、光合成は、その後今に至るまでの研究のテーマです。加藤先生の講義は、論理的に「落ち」をつけながら進めるようなところがあって、この話の結論はどうなるだろうと予想しながら聞くのが楽しみで、それが加藤研での卒研を選んだ一つの理由でした。昔から暗記が苦手だったものにとっては、論理的に解析していくことが可能であるという光合成研究の印象は極めて魅力的でしたし、その印象は今でもそれほど間違っていなかったと思っています。英語の学術論文を数人で読む演習も、加藤先生に教わりました。その際に、今でも覚えているのは、その論文のリファレンスを見ると、Kato, S.の論文がいくつも引用されていて、「格好いいな」と思ったことと、“determine”という言葉が出てきて、「決心する」と訳したら、「ここでは『測定する』という意味です」と教えられたことです。“今どきの学生”の英語力が情けないのは、今に始まったことではなさそうです。

●光化学系 I と光化学系 II

それはさておき、無事に研究室が決まって加藤先生に研究テーマの相談に行くと、「系 I と系 II とどちらがよい？」と聞かれました。今では高校でも習う光化学系 I と光化学系 II に、I、II の順番を付けたのは Lous Nico Marie Duysens で、僕が生まれた 1961 年のことです。光合成の電子伝達は系 II から始まるのになぜ順番が逆になっているのかとよく聞かれるのですが、当時は Z スキームの概念が確立していたわけではありません。発見の順番だと書かれている本もありますが、光化学系の本体が明らかになったのはもう少し後の話です。シトクロム *f* を酸化する反応系を I、還元する反応系を II という形で同時に定義されました。では、Duysens 自身は、どうしてそのように決めたのかと思って、光合成研究の歴史に詳しい Govindjee さんに聞いたところ、「その時の実験の順番だったんじゃないの」という言い方をしていました。

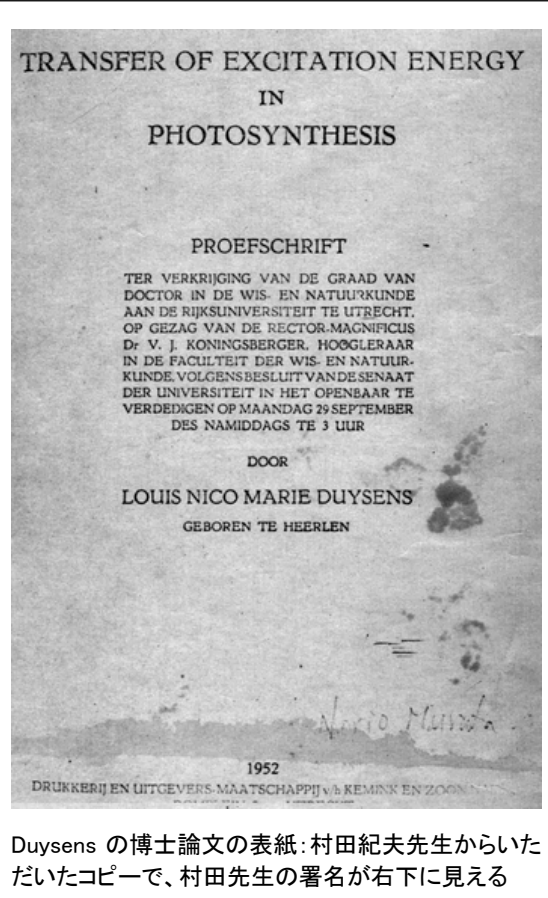
要は偶然の産物のようです。Duysens は 1950 年代に主流だった藻類の細胞などをそのまま使って分光学的に光合成に関わる成分を調べる研究を先導していた人で、1952 年に書いた博士論文は、世界中の光合成研究者がコピーして読んだと言われています。このような研究から 2 つの光化学系の存在が想定されていましたが、その実体を調べることはすぐにはできませんでした。

● 生化学的な研究の進展

1960 年ごろになって、細胞を破碎して可溶性タンパク質を単離して、光合成における役割を調べる生化学的な手法が発展しました。光合成の電子伝達に関わるタンパク質には電子をやり取りするために金属を含むものが多く、鉄の場合なら赤褐色、銅の場合なら青色に見えますから、カラムクロマトグラフィーで精製する場合にも、肉眼で見に行くことができました。加藤先生が発見したプラストシアニンもきれいな青色で、「発見当時近く

の研究室で銅を含むラッカーゼという酵素の研究をしていたので、色を見た瞬間に銅タンパク質だとわかった」とおっしゃっていました。いずれにしても、このころに生化学的な研究の対象になっていたのは、プラストシアニンやシトクロム *c* といった、小型の水溶性タンパク質の場合がほとんどでした。

ところが、1970 年代になると、界面活性剤によって膜タンパク質複合体を可溶化して生化学的に扱うことが一般的になりました。光化学系 I も光化学系 II も、数百の色素と数十のサブユニットからなる巨大な複合体ですが、それを、光合成の初期反応を担うチラコイド膜から温和な界面活性剤で可溶化して行くことが可能になった時代に、ちょうど光合成の研究を始めることになったのでした。



Duysens の博士論文の表紙：村田紀夫先生からいただいたコピーで、村田先生の署名が右下に見える

●加藤研での実験

当時の加藤研では、光化学系 I の研究は、現在は岡山大学の教授になっている高橋裕一郎さん（当時は博士課程 1 年生）、光化学系 II の研究は、現在は東京薬科大学の名誉教授の山岸明彦さん（当時は助手）、その間のシトクロム b_6f 複合体を含む電子伝達を難波勝さん（当時博士課程 1 年生）がそれぞれ“担当”していました。今となっては記憶ののかなたの（当時はそれなりにまじめに考えたはずの）理由で、光化学系 I を研究テーマに選んだので、高橋さんにガラ



1982年当時の加藤研の人々：北八ヶ岳の東天狗岳に登った時のもので、左が高橋裕一郎さん、後ろが山岸明彦さん、その前が難波勝さん、その右が園池、一番右が出井史子さん

ス器具の洗い方から好熱性のシアノバクテリアの培養、そして電気泳動の仕方などを習うことになりました。さらに言えば、おいしいコーヒーの淹れ方を習ったのも懐かしい思い出です。豆を手動のミルで挽いて、粉の上から「の」の字にお湯を一部だけ注ぎ、2 分ほど待って蒸らしてから残りのお湯を注ぐという高橋さんのシステマティックな説明は、実験の経験に裏打ちされたもののように聞こえました。

加藤研で好熱性のシアノバクテリアが研究材料として使われていたのは、生化学的実験では、タンパク質の安定性が研究の成否を大きく左右するからです。加藤研で別府の温泉から単離された至適成育温度が 58℃と高い好熱性のシアノバクテリアは、そのタンパク質の失活が室温では起きにくいことから、生化学研究にはうってつけの材料でした。

研究室では、この好熱性シアノバクテリアの培養を技術職員の出井史子さんが数十リットル単位でやっていました。好熱性なので、少なくとも生化学的な実験を目的とする限りにおいては他の生物のコンタミの心配はほぼいらないので、滅菌なども行わず、アクアリウムなどに使う水槽を用いて大量培養をしていました。得られた培養液は、連続遠心をしてその細胞を回収します。連続遠心分離機というのは、液体を回転部分に連続的に注入していくと、細胞が遠心分離される一方、その上清が連続的に排出されていく仕組みの遠心機です。当時の大容量の冷却遠心機の最大の遠心管でも容量は 500 ml ぐらいでしたから、培養液が数十リットルになると何十回もの遠心が必要となります。そのような場合に連続遠心機を使うことになるのですが、何事もスケールダウンして実験をする今では、使ったことがある人はほとんどいないかもしれませんね。集めた細胞は、フレンチ・プレスで破碎します。

フレンチ・プレスは、細胞の懸濁液に、梘子の原理で大きな圧力をかけておいて、細い隙間から噴き出させる際に細胞を壊す仕組みの機械です。ちなみに、これを発明した Charles Stacy French は、蛍光光度計で最初に光合成色素のエネルギー移動を解析した人でもあり、微分吸収スペクトルを使って光合成生物の細胞の幅広い吸収がいくつかの少しずつ波長の異なる色素の吸収帯の足しあわせによってできていること（クロロフィルフォームの存在）を示した人でもあります。話を加藤研での実験に戻すと、細胞の破碎により得られたチラコイド膜を、当時一番温和とされたジギトニンという界面活性剤で可溶化してから、ショ糖密度勾配遠心によって光化学系 I と光化学系 II の画分として回収します。ジギトニンは、ジギタリス属の植物体からとれる天然の界面活性剤で、いい値段がする（今調べると 1 g が約 10 万円）上に、試薬のロットによって水溶性などの性質が全く異なるのでなかなか使いにくいものでした。

ちょうど 1970 年代の後半に、イスラエルの Nathan Nelson のグループなどが光化学系 I の活性のある複合体標品を単離して、そのサブユニット組成を発表していたころで、研究室では、高橋さんが好熱性シアノバクテリアを使って、光化学系 I 画分からさらに精製した光化学系 I 複合体標品のサブユニット組成についての論文をまさに僕が研究をスタートした 1982 年に 2 本出したていました。そこで、卒業研究では、系 I 複合体標品に様々な処理を加えて、より少ない構成成分からなる小さな複合体を単離することによって、光化学系 I の本質を明らかにすることにしました。



ジギトニン：25 g の瓶だと一財産

(つづく)