

光合成原核生物を用いた光合成研究の最新動向 ISPP2009参加報告

東京大学・大学院総合文化研究科

成川 礼*

1. はじめに

2009年8月9日から8月14日まで、カナダのモントリオールにて、13th International Symposium on Phototrophic Prokaryotes (ISPP) が開催された。この国際会議は原核光合成生物の研究者が一同に会し、あらゆる分野についての発表、討論を行う場として、三年に一回行われる。2つのキーノート、21のプレナリーレクチャー、84の口頭発表、138のポスター発表より構成され、計250近くの発表があった。前回、前々回と比べると発表数が若干減少していた。全ての研究発表について紹介することはできないので、技術、生物材料、進化、生態、応用などの観点で、私の印象に残ったトピックを紹介したい。

技術面では、次世代シーケンサーの活用が目立った。新規ゲノム配列の決定だけでなく、メタゲノム、トランスクリプトーム、メタトランスクリプトームなどにも活用されていた。それに伴うように、環境中でのメタ解析や異種間コミュニケーションなどの解析も目を引いた。ゲノム/ポストゲノム時代から、また一段研究のフェーズが移り変わり、ゲノム生態学と代表種の詳細解析との両輪で大きな研究の流れが形成されるのではないかと感じた。

2. 光合成細菌

光合成細菌を用いた研究では、D. Bryantらが近年見つけた新規の光合成細菌 *Candidatus Chloracidobacterium thermophilum* の解析に興味を持った。この生物は、アシドバクテリア門で初めて見つかった光合成細菌であり、5番目の光合成細菌の発見となる。光捕集系であるFMOやクロロゾームの解析では、それぞれ緑色硫黄細菌と似ているものの、特有の分光特性や色素組成であることが報告された。また、ゲノム/メタゲノム/メタトランスクリプトーム

解析も行っていた。全く新規の生物の解析は、これまでの前提を覆す可能性や新たな研究分野の創出につながる可能性があり、先行きが期待される。また、K. Reddingらによる*Heliobacteria*の蛍光収率の変化の解析も興味深かった。酸素発生型光合成で見られるコーツキー効果とは異なった特性を持ち、このような現象はcyclicな電子伝達の存在を期待させ、今後の研究展開が待たれる。生理学的解析としては、C. Bauerらによる*Rhodobacter*におけるテトラピロール合成系の制御機構の解析、特に光・レドックスセンサーの解析が興味深かった。AppAの青色光感知機構に関する解析、PpsRがヘミンセンサーとして機能する可能性、RegBがキノンの結合とシステインを介して、それぞれ独立にレドックスを感知するなど、非常に刺激的な発表であった。

3. シアノバクテリア

シアノバクテリアを用いた研究では、W. Hessらが精力的に行っている、non-coding RNAやantisense RNAの解析が目を引いた。タイリングアレイや次世代シーケンサーを用いて、網羅的に新規のRNAを見だし、実験的に検証していた。強光に応答するnon-coding RNAやファージ感染に応答するnon-coding RNAなどを同定していた。今回の発表は*Synechocystis*や*Prochlorococcus*を用いた研究だったが、今後多様なシアノバクテリアでRNA遺伝子の研究が進むと、普遍性と多様性に関して知見が深まると感じた。ゲノム/ポストゲノム解析としては、A. Grossmanらによる好熱性*Synechococcus*の解析とL. Shermanらによる*Cyanothece*の解析が興味深かった。A. Grossmanらは、Yellowstoneの温泉から単離された二種の窒素固定シアノバクテリア*Synechococcus*のゲノムを解読した。二つの種は非常に近縁ながら、大きな遺伝子領域において遺伝子配置

* 連絡先 E-mail: narikawa@bio.c.u-tokyo.ac.jp

が保存されておらず、ゲノム進化を考える上で興味深い。また、温泉マッド中での遺伝子発現を解析し、窒素固定遺伝子が夜に発現するなど、メタな環境中での転写動態を調べていた。L. Shermanらは6種の窒素固定を行う*Cyanothece*のゲノム解析とそれらの比較ゲノムを行っていた。非常に近縁でありながら、フィコビリソームのアンテナタンパク質フィコエリスリンの有無に違いがあった。また、細胞分裂、窒素固定、光合成、グリコーゲン代謝などに関して、転写、タンパク質、代謝レベルでの概日リズムを測定しており、システム生物学としての基盤データが蓄積されつつあると感じた。

私自身は、シアノバクテリアの光受容や光捕集に関心があるため、D. Kirilovsky らによる非光化学的消光に関わるカロテノイド結合光受容体OCPと関連タンパク質FRPの解析や R. Alvey や W. Schluchter らによるフィコビリソームタンパク質の生化学的解析は非常に興味深かった。後者の解析では、大腸菌内で色素合成系、リアーゼ、異性化酵素と色素結合タンパク質とを共発現することで、様々な種類のカラフルな色素タンパク質を大腸菌の中で合成していた。これにより、新規リアーゼの機能や、酵素や色素の特異性に関する知見が蓄積された。今回は一つの色素タンパク質を作製する系だったが、今後さらに系を組み合わせることで、フィコビリソームアセンブリーの詳細な機構解明、最終的には、大腸菌内でのフィコビリソーム合成も可能になるのでは、と期待させる内容だった。

それぞれの生物群の解析を見渡すと、傾向としてシアノバクテリアでは光合成の研究が相対的に少なく、逆に光合成細菌では光合成以外の生理学的な解析が少ないように感じた。光合成生物において、光合成とそれ以外の現象は密接に関連しているので、両者の解析がバランスよくなされると良いのでは、と感じた。また、シアノバクテリアの解析としては、*Anabaena*, *Nostoc*を用いた研究が目立った。やはり、ヘテロシスト、ホルモゴニア、アキネートなどへの細胞分化の分子機構に注目が集まるのだろう。*Anabaena*では、E. Flores らによる糸状体形成に関わる遺伝子の解析や C.W. Mullineaux らによる細胞間物質輸送の解析、*Nostoc*では J. Meeks らによるホルモゴニアのマイクロアレイ解析などが個人的には面白かった。一方、光合成細菌では、緑色硫黄細菌を用いた硫黄代謝に関わる解析が目立った。変異株の解析か

ら、プロテオーム、比較ゲノム解析まで見受けられた。

4. 進化・生態

進化という観点では、A.Y. Mulikidjanian らによる光合成進化に関する大胆な仮説が面白かった。比較ゲノム解析から、現存する光合成細菌は、始源的シアノバクテリアから遺伝子水平伝播により光合成装置を獲得したとする仮説や、始源的な光合成は、硫化亜鉛により二酸化炭素をギ酸に光還元する反応だったとする仮説など、正しいかどうかはさておき、今後の研究を活性化させる刺激的な仮説だった。

生態という観点では、F. Partensky らによる、海洋性シアノバクテリア*Synechococcus*と*Prochlorococcus*のゲノム生態学的解析が興味深かった。海洋性シアノバクテリアは海の深度に対して光強度や栄養の勾配により、棲み分けを行い、そのニッチは気候によって変動している。ニッチ毎の生物群で分類し、比較ゲノム解析を行うことで、それぞれのニッチ特異的な遺伝子群を同定していた。その結果、ある生物群において特定のDNA損傷修復系遺伝子の欠失が、ゲノム進化を加速化しているとする仮説を提示していた。多様な種のゲノム情報が蓄積している現状では、生態学的特徴や生理学的特徴に着目した比較ゲノム解析とその検証実験が、今後の研究の流れの一つになるのではないかと感じた。

5. 応用的側面

応用面では、ヒドロゲナーゼやニトロゲナーゼを用いた水素生産がさらに大きな盛り上がりを見せていた。元々水素生産効率の高い生物種を選別し、さらに遺伝子改変により生産性を高めるという戦略が有効だろう。実用まではまだまだ遠いが、このようなプロジェクトにより、基礎研究の積み上げも活性化されるといいと思う。

6. おわりに

私自身は最終日の口頭セッションで、新規光受容体シアノバクテリオクロムAnPixJの分光特性と立体構造に関する発表を行った。シアノバクテリオクロムとしては初めて光受容ドメインの構造決定に成功した。光受容機構解明のための基盤情報となることを期待している。私は生理学的な解析はしておらず、タンパク

質の機能解析を主としている。私の発表の前日にJ. Meeks らが、遺伝子破壊株の解析からAnPixJホモログが*Nostoc*において走光性に関わるという報告を行った。AnPixJはそのドメイン構成から、走光性に関わりと以前から予測していたので、生理学的解析と整合性が合い、私自身の研究においても得るものが多い学会となった。

会議は比較的早い時間に終わるため、連夜美味しいビールやワインを楽しんだ。懇親会は、バスで一時間程移動したメープル農場で行われ、途中からビールが有料なのには面食らったが、飲みや踊れやの楽しい宴会となった。最終日にはおおぶりのロブスターを食し、メープルシロップ関連のお土産を大量に購入し、カナダを後にした。

次回2012年のISPPはポルトガルで開催される。光合成原核生物の研究のさらなる展開を期待しつつ、次回も参加・発表できるよう、研究に邁進したい。

謝辞

光合成細菌のトピックにつきましては、大阪大学の浅井智広さんに助言、協力をいただきました。この場を借りて、感謝申し上げます。

*Received November 9, 2009, Accepted November 10, 2009,
Published December 31, 2009*

Latest Trends in the Photosynthesis Studies Using Phototrophic Prokaryotes

Participating Report on ISPP2009

Rei Narikawa*

Department of Life Sciences (Biology),
Graduate School of Arts and Science, University of Tokyo