

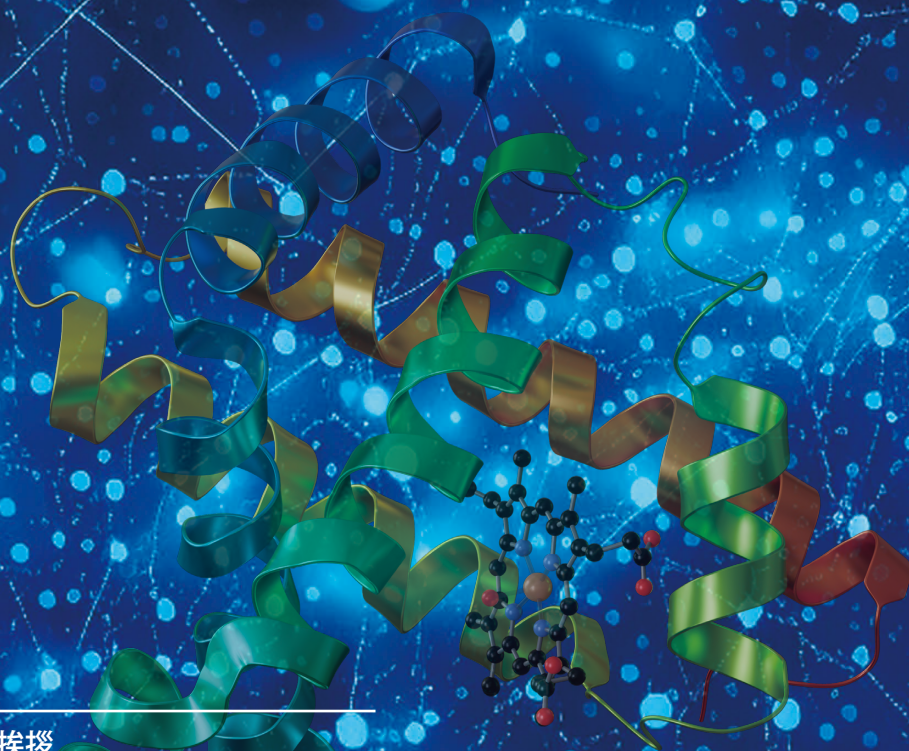
文部科学省科学研究費助成事業 学術変革領域研究(A)

生体反応の集積・予知・創出を基盤としたシステム生物合成科学

～予知生合成科学～

NEWS LETTER

No.1
March 2023



CONTENTS

- P. 1 領域代表の挨拶
- P. 2 キックオフミーティング
- P. 2 札幌生合成国際シンポジウム
- P. 3 第1回若手シンポジウム & 公開特別講演会
- P. 4 日本放線菌学会福井大会
- P. 4 第1回公開シンポジウム
- P. 5 講演旅行記(東京大学大学院薬学系研究科 牛丸理一郎)
- P. 7 お知らせ(今後の予定)

領域代表の挨拶

2022年度科研費学術変革領域研究(A)として「生体反応の集積・予知・創出を基盤としたシステム生物合成科学」(領域略称名:予知生合成科学)が採択されました(2022-26年度)。

本研究領域では、天然有機化合物は「探す」もの、という天然物化学分野で半世紀以上続いてきた既成概念から脱却し、天然有機化合物は「創り出す」もの、とする根本的な変革を先導していきます。微生物や植物の進化の歴史が刻み込まれた生物活性天然有機化合物の設計図、すなわち生合成遺伝子は、近年容易に入手可能になりました。これらの膨大な遺伝子資源は実験科学だけでは十分に有効活用することができません。この設計図には、天然有機化合物(完成品)を作り上げるための前駆物質(材料)と生合成反応(作業工程)の情報が、数千から数十万に及ぶ核酸塩基ACGTの組み合わせで暗号化され生合成遺伝子として書き込まれています。この生合成遺伝子を配列情報として捉えて情報処理するアプローチで、天然有機化合物の構造を手早く正確に予測できないでしょうか?また、生合成遺伝子を合理的にデザイン



研究代表者 葛山 智久
東京大学大学院
農学生命科学研究科教授

することで、思い描いた化合物を自在に創り出せませんか? 2021年夏、AlphaFold2の登場により、配列情報から生合成酵素の立体構造を格段に高い精度で予測できるようになりました。生命情報科学の著しい発展とも相まって、生物合成科学に大きなパラダイムシフトが起きようとしています。多種多様な生合成酵素の機能を的確に予測して、未知の天然有機化合物の構造を予知するとともに、生合成プロセスを自在に改変・拡張し、人工的な物質生産ラインを開拓するアプローチがもうすぐそこまで来ているように思います。本研究領域では、実験系の天然物化学、生物有機化学、有機合成化学、合成生物学、構造生物学、理論系の計算化学、計算生物物理学、生命情報科学、AIなど、幅広い分野にまたがる多様な研究の融合を通してブレイクスルーを起こし、新たな生物合成科学のパラダイムの確立を目指します。生物合成科学の重要性と将来性を見据えた気鋭の若手研究者が集まって切磋琢磨し、斬新なアプローチを融合した先進的な研究を展開する機会を実現していきたいと考えています。実験科学と理論科学の融合研究にご興味のある方、ぜひご参画ください。天然有機化合物は、生体内での作用点やシグナル伝達機構の解明のみならず、創薬への応用の観点からも非常に重要な研究対象です。

領域の概要

フレミングがペニシリンを発見して以来、日本国内からも抗生剤カナマイシン、抗寄生虫薬イベルメクチン、免疫抑制剤FK506に代表される天然有機化合物が発見され、医療に革新をもたらしてきました。これらの天然有機化合物は複雑な構造を持っており、その生合成では、いくつもの生合成酵素が連携し、多段階に及ぶ連続的な反応を精巧に触媒するプロセスで組み立てられます。

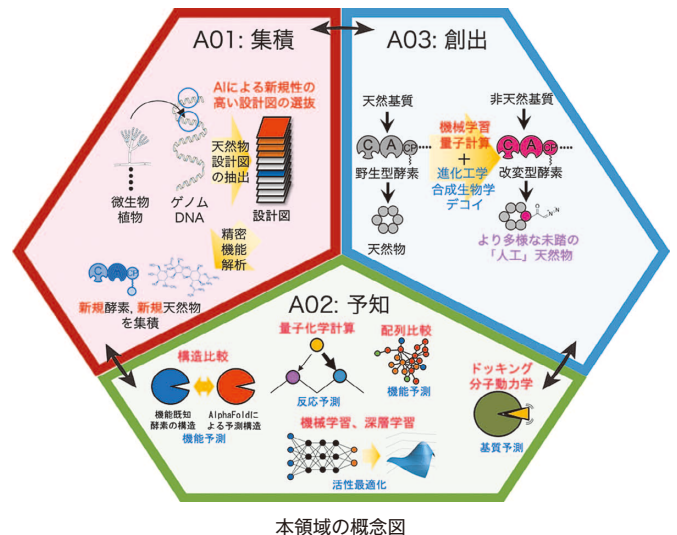
近年ゲノム科学の進展により、天然有機化合物の生合成に関連する遺伝情報が大量に入手可能となりました。一方、遺伝子産物である生合成酵素の構造や反応性・選択性に関しては解析や予測が困難であったため、現時点では、地球上に存在する天然有機化合物の生合成経路の多くが未知のままか、手付かずのまま残されています。したがって、これらの未利用資源を有効活用するためには生物合成科学に大きな変革が必要となります。

そこで、本研究領域「予知生合成科学」では、天然有機化合物に関連する生体反応の集積(A01)、予知(A02)、創出(A03)の3つの研究項目を柱とし、互いに密接に連携し有機的かつ補完的な共同研究を推進します。本研究領域では、合成生物学と有機合成化学という実験系の2つの学問分野を発展的に融合させるとともに、情報科学や計算科学の理論系と連携したアプローチを追求します。

更に、人工知能(AI)を取り入れて、分子を自在に創り出す革新的な生物合成科学を切り拓きます。なお、本研究領域で開発するAIとして、未活用の天然有機化合物の構造や生合成経路を理論的に予知するシステムの開発を目指しています。この予知システムを構築

するためには、帰納的(経験的)な解析手法に加え、分子動力学計算や量子化学計算などの演繹的(理論的)手法が必要不可欠です。既存の方法では解析が困難で未活用資源として眠っているゲノム情報から、この予知システムを駆使して、未知の有益な配列情報を効率的に抽出します。

天然有機化合物の生合成機構を予測・解明するとともに、生物合成と化学合成を融合したプロセスで未踏の天然有機化合物を人工的に生産するアプローチの実現を目指します。



キックオフミーティング

2022年度科研費学術変革領域研究(A)「予知生合成科学」採択の報を受け、計画班メンバーによるキックオフミーティングを行いました。

日時:2022年7月2日 15:00~17:00

場所:東京大学大学院農学生命科学研究科

参加者:研究代表者・計画班(A01-1)

葛山 智久(東京大学大学院農学生命科学研究科教授)

計画班(A01-2)

渡辺 賢二(静岡県立大学薬学部教授)

計画班(A01-3)

丸山 千登勢(福井県立大学生物資源学部准教授)

長谷部 文人(福井県立大学生物資源学部助教)

計画班(A01-4)

淡川 孝義(理化学研究所環境資源研究センターチームリーダー)

牛丸 理一郎(東京大学大学院薬学系研究科助教)

計画班(A02-1)

山崎 真巳(千葉大学大学院薬学研究院教授)

Rai Amit(理化学研究所環境資源科学研究センター研究員)

計画班(A02-2)

内山 真伸(東京大学大学院薬学系研究科教授)

佐藤 玄(山梨大学工学部特任助教)

計画班(A02-3)

寺田 透(東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)

森脇 由隆(東京大学大学院農学生命科学研究科助教)

計画班(A03-1)

大栗 博毅(東京大学大学院理学系研究科教授)

佐竹 真幸(東京大学大学院理学系研究科准教授)

谷藤 涼(東京大学大学院理学系研究科助教)

計画班(A03-2)

脇本 敏幸(北海道大学大学院薬学研究院教授)

松田 研一(北海道大学大学院薬学研究院講師)

計画班(A03-3)

荘司 長三(名古屋大学大学院理学研究科教授)

有安 真也(名古屋大学大学院理学研究科助教)

計画班(A03-4)

勝山 陽平(東京大学大学院農学生命科学研究科准教授)

小笠原 泰志(北海道大学大学院工学研究院准教授)

各計画班の研究内容については領域HPに掲載しています。

以下のQRコードからアクセスしてください。



札幌生合成国際シンポジウム

本領域の共催企画として2022年8月16日(火)に札幌生合成国際シンポジウムを北海道大学薬学部臨床薬学講義室で開催しました。スイスETHのJörn Piel教授に加え、ボン大学のJeroen Dickschat教授、東京大学の淡川孝義准教授、勝山陽平准教授、北海道大学の南篤志准教授、小笠原泰志准教授、松田研一講師が講演を行いました。ハイブリッド形式で実施し、アメリカやシンガポールからの参加者を含む80名近い参加者が出席しました。招待講演者の発表内容はいずれも国際的に最先端のレベルにあり、学術的に重要な知見をもとに活発な議論が行われました。

講演題目

Exploring the hydrazine biosynthetic pathways in bacteria

Kenichi Matsuda (Hokkaido University)

Development of versatile heterologous expression system for synthesizing fungal natural products

Atsushi Minami (Hokkaido University)

Two novel types of peptide epimerases to introduce D-amino acid residues in the biosynthesis of ribosomally synthesized and post-translationally modified peptides

Yasushi Ogasawara (Hokkaido University)

β -NAD as a building block in natural product biosynthesis

Takayoshi Awakawa (University of Tokyo)

Biosynthesis of secondary metabolites using nitrous acid in actinobacteria

Yohei Katsuyama (University of Tokyo)

Terpene synthases - Mechanistic investigations and applications in the synthesis of non-natural compounds

Jeroen Dickschat (University of Bonn)

New peptide chemistry from exotic and well-known bacteria

Jörn Piel (ETH Zurich)



第1回若手シンポジウム&特別講演会

2022年8月26日(金)に、東京大学薬学部総合研究棟2階講堂において第1回若手シンポジウムを開催しました。本シンポジウムでは、第1部で、計画班を中心とした若手研究発表会を非公開で行い、第2部で、公開シンポジウムとして、「予知生合成科学」の研究領域の説明と特別講演を開催しました。

第1部

原口 尚人(大学院生 東京大学 大栗研究室)

「合成基質群の酵素変換によるサフラマイシン類側鎖の構造多様化」

尾形 勇二(大学院生 静岡県立大学 渡辺研究室)

「シトクロムP450を用いた二量化ジケトピペラジンの創製」

横山 侑弥(大学院生 名古屋大学 荘司研究室)

「共培養非天然基質反応系を指向した、菌体分泌物質を擬似基質として利用するシトクロムP450BM3変異体の開発」

阿部 透(大学院生 新潟大学 佐藤研究室)

「マイコバクテリア由来のZ型プレニル基を還元する新しいタイプの酵素の同定」

川合 誠司(大学院生 東京大学 大西研究室)

「放線菌由来avenalunic acidの生合成研究」

古村 翔(学部生 東北大学 浅井研究室)

「糸状菌フラボノイドの生合成研究」

野口 智弘(ポスドク AIST 斎藤研究室)

「放線菌のメロテルペノイド生合成に見出された新規窒素代謝に関する研究」

秋山 遼太(ポスドク 神戸大 水谷研究室)

「ジャガイモシストセンチュウ孵化促進物質生合成の解析」

肖 宛璐(大学院生 北海道大学 大利研究室)

「Biosynthetic Gene Cluster of linaridin Peptides Contains Epimerase Gene」

坂本 葵(大学院生 東工大学 江口研究室)

「アミノグリコシド系抗生物質の生合成におけるアオキシ化機構に関する研究」

森 貴裕(助教 東京大学 阿部研究室)

「リンコサミド抗菌薬生合成に関わる酵素群の構造機能解析」

趙 凡(大学院生 東京大学 寺田研究室)

「QM/MM法によるC-メチル基転移酵素Fur6の反応機構解析」

第2部

葛山 智久(領域代表・東京大学大学院農学生命科学研究科)

「領域説明」

寺田 透(東京大学大学院農学生命科学研究科)

「経験的アプローチと理論的アプローチによる酵素の機能予測」

中村 祐哉(株式会社 digzyme 取締役 CTO)

「in silico 酵素探索プラットフォーム “digzyme Moonlight” のご紹介」



日本放線菌学会福井大会

■令和4年9月15日 2022年度(第36回)日本放線菌学会大会

開催日時:2022年9月14日(水)、15日(木)、16日(金)

開催場所:福井県国際交流会館(福井県福井市)

2022年度(第36回)日本放線菌学会大会は、福井県国際交流会館を会場に、3年ぶりの対面開催が実現いたしました。久々の対面開催とあり、地方での開催にも関わらず、大学教員や学生、企業からの参加者も含めて200名を数え、盛会に開催されました。

大会2日目には、学術変革領域(A)予知生合成科学の共催シンポジウムとして、Inha UniversityのEung-Soo Kim教授を特別講演の講師としてお招きしました。Kim教授には、「P450-driven Isolation of Cryptic Polyene Biosynthetic Gene Cluster in Rare Actinomycetes」と題してご講演いただきました。二次代謝生合成



遺伝子群由来のP450遺伝子を基にgenome miningすることで、新しいタイプのポリエン化合物の同定に成功され、最新の研究成果についてご紹介いただきました。会場では活発な質疑応答が行われました。また学会中のポスター発表にも参加していただき、学生にとっても国際性を養う良い機会となりました。



第1回公開シンポジウム

2023年1月28日(土)に、東京大学農学部において第1回シンポジウムを開催しました。計画班研究代表者11名が発表しました。ハイブリッド形式で行い、参加者は181名(現地54名、リモート127名)を越えました。最新の成果や今後の研究の方向性に関する活発な議論が行われました。

A01-1

葛山 智久(東京大学大学院農学生命科学研究科)

「構造多様性一挙構築型生体反応の集積・予知・創出」

A01-2

渡辺 賢二(静岡県立大学薬学部)

「特異な骨格構造を持つ植物由来ステロイドの生合成メカニズム解明」

A01-3

丸山 千登勢(福井県立大学生物資源学部)

「潜在機能覚醒技術を用いた微生物由来新規ペプチド化合物の開拓」

A01-4

淡川 孝義(理化学研究所環境資源研究センター)

「酵素機能発掘と合成生物学による次世代型物質生産系の構築」

A02-1

山崎 真巳(千葉大学大学院薬学研究院)

「ゲノム-メタボロームに基づく複雑系生合成パスウェイの予測とエンジニアリング」

A02-2

内山 真伸(東京大学大学院薬学系研究科)

「計算科学の利活用による未知生合成経路の解明と未踏天然物の創出」

A02-3

寺田 透(東京大学大学院農学生命科学研究科)

「予測構造に基づく基質・反応特異性予測法の開発」

A03-1

大栗 博毅(東京大学大学院理学系研究科)

「中分子アルカロイド群の化学-酵素ハイブリッド合成」

A03-2

脇本 敏幸(北海道大学大学院薬学研究院)

「新規ペプチド修飾酵素の機能拡張による大環状複雑骨格の創出」

A03-3

荘司 長三(名古屋大学大学院理学研究科)

「酵素を誤作動させる分子による酸化反応の遷移状態設計」

A03-4

勝山 陽平(東京大学大学院農学生命科学研究科)

「反応性の高い置換基を持つアミノ酸を利用したペプチド構造の多様化」



アメリカ講演旅行記

東京大学大学院薬学系研究科 助教 牛丸理一郎

2022年10月に生合成研究についての意見交換と講演のためアメリカに渡航する大変貴重な機会をいただき、10大学を訪問したので、本体験記では特に学術変革A「予知生合成科学」によってサポートをしていただいた前半の3大学への訪問について報告する。

講演の概要

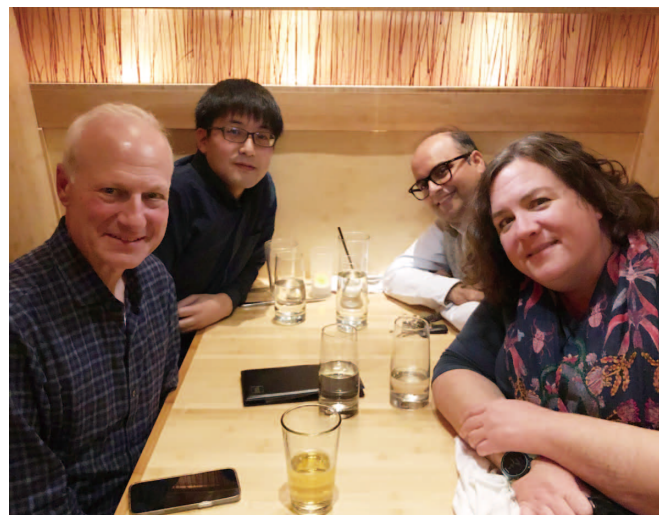
我々は複雑な化学構造を持つ生物活性天然物の生合成研究を展開している。なかでも、天然物に見られる特異な環状骨格の生合成経路と環化反応を担う酵素のメカニズムに最も興味を持っている。過去数年間の研究で、チオフラノース、シクロプロパン、エポキシド、アジリジンなどの環構築を触媒する鉄酵素のラジカル反応メカニズムの詳細を解明した。本講演旅行では、これらの内容について最新の話題を中心に1時間弱の講演を行なった。

University of Michigan

2日に羽田空港を出発し、ダラスを経由して、同日デトロイトに到着し、大学があるアナーバーに向かった。大学院生としてテキサス大学在学中には、州外の学会に参加したことがなく、アメリカで著名な教授の研究室に訪問し、講演する機会もほとんどなく、3年ぶりにアメリカを訪れ、期待が一段と高った。翌3日にMichigan大学のDavid Sherman研究室を訪問した。午前中は、大学院生や研究員6人と面談した。人工マクロラクトン創出のためのポリケチド合成酵素改変やインドールアルカロイド経路の新酵素についての研究が特に興味深く感じた。また、Sherman研では、生合成研究以外にも天然物や誘導体の生物活性やケミカルバイオロジー研究を担当しているメンバーも多くおり、丁寧に教えていただいた。セミナー室で研究室メンバーとピザを食べ、ようやくSherman教授と対面し、すぐに講演を行なった。Sherman教授だけでなく学生からも多くの質問を頂き、興味を持って聴かれた。

講演後は、Sherman教授と面談を行った。言うまでもなく、Sherman教授は、ポリケチド生合成分野を開拓してきた大御所であるが、最新の研究成果やアメリカの生合成分野の現状などさまざまなことを教えていただき、大変感激した。長年ポリケチド研究をされているが、現在でもポリケチド合成酵素の改変や誘導体の生物活性研究を行っており、マクロライドに対する大変強い熱意を感じた。その後、同世代の博士研究員と面談する機会があった。通常は自身が行なっている研究についてディスカッションをする多いが、その研究員とは将来の生合成研究のあり方や将来どのような研究をすべきかなど若手研究者ならではの話題について議論し、考えや悩みを共有することができ大変貴重な機会になった。その後、Sherman教授、Ashu Tripathi博士、Marcy Balunas博士とアナーバーのダウンタウンに歩いて、夕食に出かけた(図1)。大変多忙な中、時間を割いてくださった先生方に心から感謝する。スケジュールの都合で4日、5日は

アナーバーに残り、講演準備を行なった。



Sherman教授、Tripathi博士、Balunas博士との夕食。

University of Illinois

6日、Illinois大学のあるChampaignに移動した。7日朝、菅研究室(東大)出身の大学院生Dinh Nguyenさんに、ホテルからIllinois大学まで車で送っていただいた。移動中、東京大学時代の思い出やIllinois大学に入学してからの生活の違いなど語っていただいた。ホストをしてくださったvan der Donk教授が所属するInstitute for Genomic BiologyではDoug Mitchell教授、Bill Metcalf教授、Satish Nair教授、Huimin Zhao教授、が在籍しており、ゲノムマイニング、生合成酵素の同定、構造とメカニズム解析、生合成工学など生合成分野を幅広くカバーできる強力なチームを組んでおり、特にRiPPやホスホネート天然物の生合成については圧倒的な成果を残しているように思うが、運良く全員の教授と面談することができ大変感謝している。Illinois大学に到着後はvan der Donk教授にあたたかく迎えてもらい、すぐに講演を行った。

講演後は、van der Donk研究室の4人の学生と昼食に行き、ラジカルSAM酵素の実験の詳細について議論した。実際に実験を行なっている学生ならではの話題であり、どの学生も非常にレベルが高く研究に対する熱意が伝わった。

昼食の後はまずAngad Mehta先生と面談し、生物の共生と進化についてのオリジナリティの高い研究を紹介していただいた。その後、構造解析の専門家であるSatish Nair先生とお会いした。ある酵素について基質複合体の結晶構造が得られない問題を相談させていただいたところ、偶然にも同じファミリーの酵素で同じ問題を抱えているらしく、互いにアイデアを出し合い議論を楽しめた。Huimin Zhao教授とも面談したが、開発した異種発現法やロボットによる自動化装置を使った合成生物学について丁寧に紹介していただいた。次に、ホスホネート天然物を研究しているBill Metcalf先生にお会いした。こ

これまでのご研究について解説していただいたが、ホスホネート経路は非常に多様であり、生物学的意義も大きく、その内容に圧倒された。van der Donk教授とも面談したが、講演についての質問だけではなく、実験の提案などのフィードバックも頂くことができ、研究だけでなく教育にも非常に熱心な先生である印象を受けた。研究については主に、以前Scienceに報告されたthiaglutamate経路についての解説と最新の展開について紹介していただいた。最後に、Doug Mitchell教授とお会いした。Mitchell教授はRiPPについての研究に加え、同大学のJohn Gerlt教授と共同でEnzyme Function Initiative Tools (EFI) やRadicalSAM.orgを開発、運営しているが、毎日のようにそれらのツールを使用させていただき非常に役立っているため、実際に対面することができ感謝を伝えることができた。現在、ラジカルSAM酵素以外の酵素ファミリーについても同様のsequence similarity networkツールの開発を計画しているらしく、今後の生合成研究のためにsequence similarity networkを整備すべき酵素ファミリーをいくつか提案させていただいた。ディスカッションの後、van der Donk教授とのイタリアンレストランでの夕食を楽しむ(図2)、Illinois大学訪問が終わった。



van der Donk教授との夕食。

University of Cornell

8日、Cornell大学のあるChampaignに移動した。9日は日曜日であったが、Cornell大学を訪問する翌日はホストをしていただいたTodd Hyster先生の都合が合わないということで、休日に関わらずIthacaのダウンタウンでの食事に招いていただいた。Hyster先生とは3ヶ月前に東京でお会いしたばかりで、年齢も比較的近いということもあり、すぐに打ち解けて楽しむことができた。自宅でビールを作るのが最近の趣味のようで、動画等を通して独学で学び、試行錯誤しているらしく、研究以外でもバイオエンジニアリングの才能を存分に発揮されていた。

翌9日Cornell大学を訪問した。午前中は、Hyster研究室の学生や研究員の方と面談し、フラビン酵素を用いた光反応の設計や研究方法の詳細について丁寧に教えていただいた。学生との昼食の後、構内を案内してもらったが、紅葉の季節ということもあり、非常に美しいキャンパスだった(図3)。午後はまず、構造解析が専門であるNozomi Ando先生とお会いすることができた。X線結晶構造解析やクライオ電子顕微鏡解析のみならず、X線散乱を用いたタンパク質の揺らぎやアロステリズムの解析法を解説していただき大変興味深かった。次に、Brett Fors先生と対談し、水の存在化でも問題なく進行するカチオン重合反応についての最新の成果を熱い口調で紹介

していただき、研究に対する情熱を感じた。

その後、講演をさせていただいたが、先生方以外にも、熱心に聞いていただいた学生や研究員の方にも多く質問して頂くことができ、興味を持っていただけたようである。特に、Hyster研究室ではラジカル反応を中心に研究していることもあり、化学的な議論をすることができ、大変刺激的だった。

最後は、Hening Lin教授との対面だった。Lin教授はNADが関与するタンパク質翻訳後修飾と生物学の第一人者であり、またタンパク質翻訳後修飾に関わるラジカルSAM酵素でも有名な科学者である。大学院生時代にポリADP-リボースポリメラーゼ(PARP)を研究していたことがあることを伝えると、喜んだ様子でPARPに関する生物学と酵素学について最新の結果を紹介していただいた。最後に、Hyster教授と面談した。独立後、圧倒的にユニークな研究をされインパクトの高い成果をあげているHyster教授だが、今後どのように研究を展開していく予定なのかを教えていただいた。また、我々が同定した酵素にも興味を持っていただき生体触媒としての可能性を議論した。Hyster研究室のメンバーに夕食に連れて行ってもらい、Cornell大学の訪問が終わった。



Hyster研究室のメンバーと。

おわりに

今回の講演旅行では、密度の濃い充実した日々を体験することができ、素晴らしい機会であった。多くの著名な先生方から激励の言葉をいただき、研究に取り組む気持ちを新たにされた次第である。また、将来、生合成分野の発展を担っていく若手研究者と出会い、意見交換したことはかけがえのない経験となった。最後になったが、日々研究の指導をしてくださり、またツアーのアレンジに協力して下さった阿部郁朗先生に心から御礼申し上げたい。また、学術変革A「予知生合成科学」による支援を快諾していただきました領域代表の葛山智久先生と貴重な時間を割いてホストをして下さった先生方に深くお礼申し上げたい。

今後の予定

■ 日本農芸化学会2023年度年会シンポジウム 生合成研究の変革を目指して ～実験科学と計算科学の融合への挑戦～

日時:2023年3月15日(水)16:00~18:30

・生体反応の集積・予知・創出を基盤としたシステム生物合成科学

葛山 智久(東大院応生工)

・補酵素NADを基質とする天然医薬品化合物生合成機構の解明

淡川 孝義(理研 環境資源科学)

・非タンパク性アミノ酸を創出する微生物酵素の巧みな触媒機構の探究

丸山 千登勢(福井県大院生物資源)

・計算化学を基軸とした天然物の生合成研究

佐藤 玄^{1,2}、内山 真伸^{3,4}(¹山梨大院総合、²JST さきがけ、³東大院薬、⁴信大RISM)

・植物二次代謝産物のリサイクル経路を予測する

杉山 龍介^{1,2}、山崎 真巳^{1,3}(¹千葉大院薬、²JST さきがけ、³千葉大PMSC)

・ジアゾ基含有天然物生合成機構の理解と応用

勝山 陽平^{1,2}(¹東大院・農生科・応生工、²微生物イノベ連携機構)

・基質類似分子によるシトクロムP450の反応場制御

荘司 長三(名大院理)

■ 日本薬学会143年会シンポジウム 生合成酵素と創薬化学の新展開

日時:2023年3月28日(火)9:00~11:00

・非リボソームペプチド環化酵素を利用した環状ペプチドの酵素化学合成

脇本 敏幸(北大院薬)

・ヘムタンパク質の補因子置換による人工金属酵素の開発

大洞 光司、林 高史(阪大院工)

・デコイ分子によるP450BM3の生体内変換反応制御

荘司 長三(名大院理)

・鉄酵素が触媒する三員環形成における立体化学制御

牛丸 理一郎(東大院薬)

・Genome mining of unknown unknown natural products

Tang Yi¹、Niwa Kanji²(¹Dept. Chem. Biochem., UCLA、²Dept. Chem. Eng., UCLA)

■ 日独生合成シンポジウム

日時:2023年4月2日(日)~4月3日(月)

会場:京都タワーホテル

■ 第2回公開シンポジウム

日時:2023年6月10日(土)~6月11日(日)

会場:北海道大学薬学部臨床薬学講義室



学術変革領域研究(A)

生体反応の集積・予知・創出を基盤とした
システム生物合成科学