

博士課程教育リーディングプログラム 平成29年度プログラム実施状況報告書

採択年度	平成23年度		
機関名	兵庫県立大学	全体責任者（学長）	太田 勲
類型	オンリーワン型	プログラム責任者	山崎 徹
整理番号	F06	プログラムコーディネーター	大隅 隆
プログラム名称	フォトンサイエンスが拓く次世代ピコバイオロジー		

<プログラム進捗状況概要>

1. プログラムの目的・大学の改革構想

兵庫県立大学大学院生命理学研究科が理化学研究所放射光科学総合研究センター（RSC）と連携して展開する新学術分野「次世代ピコバイオロジー」構築のための研究活動の一翼を、博士課程学生に主体的に担わせることを通じて、高度な研究能力と深い学識に加え、それらに裏付けられた確固たる価値観と俯瞰力を持ち、広く産学官各分野でグローバルに活躍できるリーダーを養成する。

これまで本研究科では21世紀COEとグローバルCOEの2つの拠点形成事業を通じて、「生命現象はタンパク質の駆動する化学反応である」との理念の下、個体レベルの生命現象解析を起点としてそれを駆動するタンパク質を同定し（細胞生物学）、次いでそれらのタンパク質を結晶構造解析法と振動（赤外、ラマン）分光法によりピコメートルレベルで解析し反応機構を解明する（構造生物学）ことによって、生命現象のメカニズムを解明する研究「ピコバイオロジー」を展開してきた。その結果、巨大タンパク質の水素原子レベルのX線結晶構造解析法と、当研究科が開発した世界最高性能の設備による水溶液中のタンパク質の赤外分光解析法がほぼ確立され、「生命現象を化学反応として捉える」という理想が現実のものになろうとしている。一方、細胞中では種々のタンパク質が結晶化不可能な集合体を形成することによって高次の生理機能を発揮しており、この構造機能解析も生命現象のメカニズムの解明には不可欠である。特に、RSCに新たに設置されたX線自由電子レーザー（SACLA）は、前述の機能性タンパク質集合体の構造解析法を飛躍的に進歩させることが期待される。そこで本研究科は、RSCと連携して「RSC-兵庫県立大学リーディングプログラムセンター」を開設し、両者の保有する世界的フォトンサイエンス研究資源を同センターに結集させて、新たな学術分野「次世代ピコバイオロジー」構築に向けて、以下の革新的研究を推進する。

（1）SPRING-8（RSC）、パルス中性子装置（量子科学技術研究開発機構）、赤外・ラマン分光装置（兵庫県立大学）の融合的・相補的な活用によ

るピコメートルレベルでのタンパク質構造解析。

(2) SACLA (RSC) や極低温電子顕微鏡 (RSC) を利用した、結晶化不可能な機能性タンパク質集合体の構造解析。ピコメートル構造情報を基礎とした高次生命機能の解明。

このような次世代ピコバイオロジーの構築に学生を主体的に参加させ、高度な研究開発技術と、これに併せて新たな学術分野を開拓するために必要な様々な能力を修得させる。こうした新しい教育・研究を専門に実施するため、本研究科に5年一貫制のリーディング大学院「ピコバイオロジー専攻」を新たに設置した。ピコバイオロジー専攻では、細胞機能から生体分子構造までの幅広い研究を複合的に進める環境で学生が切磋琢磨すること、これと同時に科学教養科目（リーダー論特別講義、キャリアパス特別講義、科学哲学、サイエンスコミュニケーションなど）を履修することにより、優れた洞察力と俯瞰力を備え、周囲の人々の個性と能力を活かし、新学術分野を開拓できるリーダーとしての能力を育成する。

新設のリーディング大学院ピコバイオロジー専攻は既存の大学院研究科とは大きく異なり、その目的は基礎科学として生命現象を解明し、その理解を深めるだけでなく、生命科学の基本となるピコバイオロジーを基礎に、「産」・「官」・「学」の社会の様々な分野においてグローバルに活躍できるリーダーを養成することにある。したがって、本リーディングプログラム修了者が活躍できる分野は、大学・研究機関等での基礎研究と共に、疾患の機構解明、創薬、タンパク質の設計等の発展に大きく貢献する応用分野のみならず、官公庁、健康・医療分野、環境分野、教育機関、報道・出版界等、今後ますます増加すると考えられる。こうした幅広い分野での将来の活躍のために、産官各分野から広くプログラム担当者の参画を仰ぎ、大学院教育におけるキャリアパス形成教育プログラムを設定する。

また、学生には大学院在学中、フォトンサイエンス装置を単なる訪問利用者として利用させるのではなく、国家的プロジェクトによって建設された巨大な実験施設の装置開発と運用の実際を、常に現場に身を置くことによって学ばせる。これにより、研究者としてその技術をより深く理解するだけでなく、今後も増加すると推測される国家的巨大科学技術プロジェクトの政策企画に中心的な役割を果たす行政のリーダーとしての能力も涵養される。

さらに、RSCと本研究科との緊密な連携により、細胞から構造までの多様な装置利用者（学生、教員、外部研究者）と装置開発者との日常的な交流が実現し、本研究科は装置開発に協力することを通じて、RSCの保有する巨大装置の性能向上に貢献できる。SPring-8やSACLAなどの巨大装置は、常に海外との厳しい開発競争にさらされており、最先端研究を可能にする性能向上への不断の努力が欠かせない。装置開発者と装置利用者が同じ現場で共同作業を行うことは、その観点から極めて有意義である。さらに、研究の必要性に即応した装置・方法の開発を伴う独創的な実験研究を、学生が体験することができる。このような体験は、本リーディングプログラムでこそ可能であり、学生の研究リーダーとしての能力を確実に向上させる。特に、科学技術に関する国家的プロジェクトの政策企画リーダーが巨大装置の開発や運用の困難さと予想される問題点を熟知していることは、今後も科学技術立国を目指す日本にとって非常に重要である。一方、学生は装置開発を伴う共同研究に参画することにより、画期的な装置開発が独創的な実験研究にとって如何に重要であるかを実感できる。

本プログラム担当教員は、チトクロム酸化酵素や光化学系Ⅱなどの世界を先導する高分解能構造研究をはじめ、ピコバイオロジーの各分野を先導的に推進し、さらに近い将来、生命科学の規範となることが予想される新学術分野「次世代ピコバイオロジー」の構築を目指している。本リーディングプログラムによって、学生は世界的に他の追随を許さない一流の研究環境に身を置き、生命科学の学術的動向において一歩先んじた学術分

野を究めると共に、新たな学術分野の開拓を目の当たりに実体験できる。これほど充実した、生命科学を通じたグローバル・オンリーワン型リーダーの育成環境は、世界的にも他に例を見ない。

2. プログラムの進捗状況

平成29年度の目的は、25年度に新設した「ピコバイオロジー専攻」の学年進行に従い、カリキュラムに沿った講義・実習を、教育内容をより充実させつつ、円滑に実施することであった。特に、第一期生が最終学年となり、二期生以下の学年の研究活動も佳境に入ることから、博士論文研究を遂行し、完成させるための環境整備が重要であった。さらにプログラムの最終年度に当たって、次世代ピコバイオロジー構築に向けての活動の成果を総括することも必要であった。それらの点に鑑み、以下の(1)～(11)の事業を重点的に行った。

- (1) 本プログラムの最大の特徴である大型装置実習を、内容充実のために必要な改善・修正を加えつつ、理化学研究所SPRING-8センターや量子科学技術研究開発機構などとの緊密な連携によって実施した。教員、学生の双方にとって満足度の高い実習が行われた。
- (2) 学年進行に伴い、従来通り毎年開講の1年次向けの基礎講義と2年次以降向けの専門講義を実施するとともに、29年度配当科目を以下の通り開講した。専門科目：応用生命科学(薬学)。科学教養科目：サイエンスコミュニケーション、生命倫理学、リーダー論特別講義。各界のリーダーの素顔に触れる機会としてのリーダー論特別講義では、一部講師の講義が日本語で行われたため、外国人留学生の便宜を図るため同時通訳をつけた。学生の満足度、および教員(特に外部機関所属の非常勤講師)からの学生に対する評価は、いずれも非常に高かった。また29年度末までに、三期生1名と五期生2名を除く全学生がインターンシップを完了した。研修先は研究機関、教育機関、官公庁、企業など多岐にわたっており、いずれも概ね高い評価を得た。さらに一期生1名が英国オックスフォード大学に1か月間、二期生1名が英国MRC研究所に3か月間、三期生1名がドイツ・マックスプランク研究所に計6か月間、それぞれ研究留学を行った。
- (3) 一期生～四期生は博士論文研究を継続中であり、二期生5名が博士論文研究中間審査を受け、合格と判定された。新たに四期生が博士論文計画審査に合格し、博士論文研究を開始した。また五期生も、研究室ローテーションを経て希望する研究室に配属された。これらの状況を踏まえ、学生の研究にかかる費用として1名あたり20万円を配属先研究室に措置した。
- (4) 一期生5名が博士論文研究最終審査に合格し、29年度末に博士(理学;ピコバイオロジー専攻修了)の学位を授与された。また二期生のうち、3年次編入(10月入学)の1名が、29年9月末に同様に学位を授与された。これらの修了生の進路は、大学ポスドク3名、企業2名、学校教員1名である。
- (5) 学生の勉学・研究を支援するため、研究奨励金(月額20万円)を全員に支給した。また、学会参加、インターンシップなど、学生としての活動に必要な旅費を、年間25万円を上限として支給した。旅費の支給に当たっては事前申請により妥当性を個別に点検し、事後報告を義務付けた。なお、この限度額を超えて対外活動を行った学生については、その意義等を十分に吟味したうえで、可能な範囲で旅費の追加補助を行った。さらに履修や生活の指導に当たるため、メンター(特任教授)を雇用し、学生と定期および随時に面談を行った。また教務担当事務職員1名を雇用したほか、英語に堪能な学生相談員1名を雇用し、主として留学生のケアに当たらせた。
- (6) 卒業要件の1つとして、学生が国際会議を主催し、全学生が組織委員として参画することを求めている。29年度は、三期生～五期生が中心となり、外国人2名を含む7名の学外研究者を招き、約90名が参加して、本学に隣接した施設で国際シンポジウムを開催した。主題として“Science & Society: Roles of Basic Science in Drug Discovery”を取り上げ、充実した議論が行われた。同時に行ったポスターセッションには、プログラム学生のみならず学内から多くの参加があり、演題数は約50に達した。

- (7) 29年度の入学者は2名であり、いずれも外国人留学生であった。入試説明会の段階では数名の日本人学生がプログラムに関心を示していたが、3次にわたって募集を行ったにもかかわらず、受験には至らなかった。アンケートの結果によると、プログラム終了後の支援策に関する不安が大きな要因のようである。外国人志願者は5名であったが、予備審査を経て2名が実際に受験し、合格となった。入試は志願者の出身国（中国、バングラデシュ）で実施した。
- (8) プログラム推進への教員・学生の積極的参加を促進するため、5月にリトリートを開催した。教員・学生の一体感を高めること、さらに学年を越えた学生同士のコミュニケーションを図ることなどを主な目的として、教員および修了生による講演や教員・学生合同のラウンドテーブルディスカッションを行った。また学生とプログラムコーディネーターとの意見交換の場として、複数回にわたってランチタイムミーティングを行った。さらに、プログラムについての情報をタイムリーに共有するため、プログラムコーディネーターから全教員に宛て、毎月初めに「ピコレポート」をメールで配信した。
- (9) 30年3月12, 13日の両日、外部評価委員全員の出席のもとに年次報告会を開催し、全プログラム学生から教育・研究進捗状況について英語で報告を行い、また若手教員とピコバイオロジー・生命科学両専攻の学生によるポスターセッションを実施した。これに引き続き教員およびプログラム学生に対する外部委員からのヒアリングがあり、これらの結果をすべて踏まえて評価が行われた。外部委員からは学生の研究実績や英語による発表、討論能力などについて高い評価が得られた。
- (10) プログラムを総括するため、ピコバイオロジーに関する解説書と、広報冊子「ピコタイムズ」の拡大最終版を発行した。前者はピコバイオロジーに関する解説文とピコバイオロジーの最近の研究成果についての総説、およびすべての大型装置実習のテキストからなり、400ページを超える大部となった。また後者は、プログラム担当者や学生・修了生からの寄稿のほか、プログラムの様々な活動記録を網羅したものとした。本プログラム関係者や他のプログラム、さらには関連分野の研究者等に配布し、本プログラムおよびピコバイオロジーのPRに供した。
- (11) プログラム全期間を通じて、本研究科の2つの研究室をRSC内に維持し、教育・研究活動を展開してきたが、RSCとの協議の結果、プログラム終了を受けて、これらの研究室を29年度末をめどに大学キャンパスに移転することとなった。そのため年度内にまず1つの研究室について移転を完了したが、もう1つの研究室は、教育・研究遂行上の都合により年度内の移転が困難であったため30年4月に移転することとなった。