

# 博士課程教育リーディングプログラム 平成27年度プログラム実施状況報告書

採択年度	平成23年度		
申請大学名	兵庫県立大学	申請大学長名	清原正義
申請類型	オンリーワン型	プログラム責任者名	太田 勲
整理番号	F06	プログラムコーディネーター名	大隅 隆
プログラム名	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を備えた上で、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るようとしている。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（日本原子力研究開発機構）、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、これと同時に非専門基礎科目（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、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步先んじた学術

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27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。また第一期生と第二期生がそれぞれ3年次、2年次となることから、博士論文研究を遂行するための研究環境の整備・充実も重要であった。さらに前年度以来、プログラムの趣旨を教員やプログラム学生に周知徹底すること、最近の予想以上の研究の進歩を受けて、「次世代ピコバイオロジー」の理念を発展的に再検討することなどが課題であったが、27年度はそれを具体化するための方策に特に力を入れることが重要であった。それらの点に鑑み、以下の(1)～(9)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センターや日本原子力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。また、内容をより充実させるために必要な備品を補充した。
- (2) 学年進行に伴い、従来通り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、27年度配当科目を開講した。新規開校科目は以下の通りであり、特記する以外はすべて英語で行われた。専門科目：応用生命科学(工学)。非専門基礎科目(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、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27年度末までに、一期生の全員と二期生の多く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。さらに海外留学の一環として、アメリカサンノゼ州立大学に、語学研修と現地企業人との交流を目的として日本人学生1名を1か月間にわたって派遣した。これは初年度から継続しているもので、学生の満足度は非常に高い。さらに、28年2月から6か月間の予定で一期生のうち1名が英国オックスフォード大学に研究留学中である。このほか、学生の英語能力の維持・向上を目的として、ネイティブの教師による英会話レッスンを開始した。
- (3) 一期生は26年度より博士論文研究を継続中であり、3年次生6名が年度末に博士論文研究中間審査を受け、全員が合格と判定された。新たに二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。また三期生も、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50万円を配属先研究室に措置した。
- (4) 一期生のうち、3年次編入の2名の学生が博士論文研究最終審査に合格し、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。このうち日本人学生1名は教育改革のリーダーを目指しており、いったん中学校の非常勤教員の職を得て今後の進路を慎重に考えるとのことである。他の1名はマレーシアからの留学生であり、本国に帰国して企業への就職を目指す。将来は自ら起業したいとのことである。
- (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50万円を上限として支給した。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。さらに履修や生活の指導に当たるため、メンターとキャリアパスアドバイザー(いずれも特任教授)を雇用し、学生と定期および随時に面談を行った。また教務担当准教授が26年9月末で退職したため、これに代えて教務担当派遣事務職員(生命科学系修士修了者)を新たに雇用したが、

この職員も27年12月に退職したため、別の派遣事務職員を雇用した。

- (6) 卒業要件の一つとして、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。27年度は、二期生が中心となり、マレーシアのプトラ大学から数名の研究者と14名の学生が参加して、本学に隣接した施設で合同シンポジウムを開催した。主題として「科学とビジネス」を取り上げ、国内外から講師を招いて充実した議論が行われた。
- (7) 27年度の入学者は、1年次への4月入学者1名、10月入学者（外国人）1名、および2年次への転専攻者1名であった。志願者が少ない状況を改善するため、入試案内ポスターの制作と配布、ホームページの刷新と迅速な更新、「次世代ピコバイオロジー」に関する解説漫画（日英両版）の制作、6件の国内学会への出展、日本化学会発行の大学院案内冊子への広告掲載などを行った。また本学からの内部進学希望者向けに、詳細な入試説明会を4月に開催した。日本人学生向けには8月に1次募集入試、2月に2次募集入試を行った。また3回にわたって外国人志願者の出身国（7月末バングラデシュ、8月初めマレーシア、10月中国）で入試を実施した。その結果、28年度入学者として計8名が合格した。うち3名は外国人（マレーシア2名、中国1名）であり、別の1名は他学（大阪大学理学研究科修士課程）からの3年次編入学者である。なお、7月にバングラデシュで行った入試の合格者は27年度10月入学者である。このように、入学者の確保については一定の成果があった。
- (8) 教員・学生の間で一体感を持ってリーディングプログラムを推進するために、努力を傾注した。まず、5月にリトリートを開催し、教員、学生の間で「次世代ピコバイオロジー」の概念を共有すること、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、講演や個々の学生による研究・活動報告を行った。また研究科全体として次世代ピコバイオロジーを推進するため、定期的な研究発表会を行うこととし、11月に第1回の発表会を開催した。さらにプログラム学生相互、および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、定期的なランチタイムミーティングを開始した（年度内に7回開催）。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「ピコレポート」を、毎月初めにメールで配信している。
- (9) 26年度に整備した体制に基づき、平成27年3月14, 15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、プログラム学生の指導教員全員と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外部評価が行われた。さらに、3月13日には、外国人外部評価委員とプログラム学生によるテーマ討論会を開いた。平成27年4月末日現在、正式な評価報告書の提出を待っているところであるが、口頭では学生の英語による発表、討論能力などについて高く評価された。また、学生間の連帯感の醸成とリーダーを目指す意欲の共有を目的として、27年3月中旬に学生のみによる自己評価会を開催し、活発な意見交換を行った。