

博士課程教育リーディングプログラム 平成26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科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に、博士課程学生を参加させることを通じて、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。

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・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26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・実習を予定通り行うこと、および25年度の実施状況を踏まえて必要な改善などを行い、教育内容をより充実させることであった。また第一期生が2年次となり、研究室における研究活動が本格化することから、研究環境の整備・充実も重要であった。さらに、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も課題であった。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、25年度に引き続き、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。1年目であった25年度には事前の打合せがやや不足していたことなどが指摘されたため、それらの点を改善し、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、必要な備品を補充した。
- (2) 学年進行に伴い、2年次以降向けの講義を新たに実施した。26年度新規開講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：構造生物学特論I, II、細胞生物学特論I, II、高分解能構造特論I, II、応用生命科学(医学)。非専門基礎科目(科学教養科目)：科学哲学、科学政策論、キャリアパス特別講義(一部は日本語による)。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。また一期生のうち大半の学生がインターンシップを行った。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2名を1か月間にわたって派遣した。これは前年度に引き続くもので、学生はいずれも貴重な経験になったと総括している。
- (3) 一期生が博士論文計画審査に合格し、26年度より博士論文研究を開始した。また二期生も、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、学生の配属先研究室に備品を措置したほか、学生の研究にかかる費用として1名あたり50万円を措置した。
- (4) 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、学生と定期的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。これは、プログラムの事業期間が残り3年余りしかなく、同等の教員を雇用するのは困難と判断したためである。
- (5) 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。26年度は、一期生が中心となり、マレーシアのプトラ大学で同大学と兵庫県立大学との合同コロキウムを開催した。これは、プログラム学生のうち同大学出身の留学生の発案によるものであり、本学学生・教員の他、日本の他大学・研究所からの招待演者、およびプトラ大学側の学生・教員など、70余名の参加者があった。
- (6) 3回にわたって27年度入試を実施した。8月に行った一次募集では受験、合格とも本学出身日本人学生1名のみであった。11月の二次募集では、外国人入試を受験者の本国であるマレーシアで行った。その結果、合格となったが、入学を辞退した。3月実施予定の三次募集では、外国人志願者が1名あり、書面予備審査で合格したが、本審査を受験しなかった。外国人学生の入学または受験辞退の理由は、入学時の納付金など初期費用の負担が困難である、ということであった。一方、本学学生のピコバイオロジー専攻への進学を促すため、12月に入試説明会を開催した。学部4年次に5年一貫制博士課程に進学する決心をするのが難しい、という学生のために、3年次からの編入学および2年次からの転専攻を促すこととし、その審査制度を整えた。さらに大型装置実習の履修を他専攻の学生にも開放し、それを通じてピコバイオロジー専攻への関心を高めさせようとする「体験入学」の制度を整備した。説明会ではこれらの点を特に強調し、その結果、1名の2年次転専攻者と1名の体験入学者が決まった(いずれも27年度)。このほか、高等工業専門学校の専修科卒業生の受け入れを進めるため、学校訪問や資料送付などを行った。また読売新聞大阪本

社版に入試広告を掲載した。

- (7) 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、ここ1～2年間の技術的進歩とそれによる学問的成果を踏まえて、「次世代ピコバイオロジー」を、ピコメートルレベルの構造解析へと向かう方向と、その解析によって得られた情報を生命現象の理解へと再構築していく方向からなる、双方向の学問体系として再定義した。これを踏まえて教員や学生との対話の集まりを重ね、このプログラムの学問的意義と、それを基盤としたリーダー養成という事業目的について共通理解を深めた。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「ピコレポート」を毎月、メールで配信した（現在も継続中）。
- (8) 本プログラムに対する評価を厳正に行うため、評価体制を整備した。まず、国内外各2名の委員からなる外部評価委員会を学長のもとに置き、プログラムの意義や現況について客観的な評価を依頼した。また、プログラム責任者のもとに3名のプログラム担当者からなる自己評価委員会を置き、日常的にプログラムの進捗状況を点検し、必要な提言を行わせることにした。このような体制にもとづき、平成26年3月16, 17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、教員・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。平成26年4末日現在、評価報告書の提出を待っているところである。一方、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、26年3月中旬に学生による年次反省会を開催した。ワールドカフェ形式で活発な議論が交わされた。
- (9) プログラムコーディネーターの交代と事業の進展を受け、本プログラムの意義・目的を改めて周知し、志願者の増加に資するため、プログラムホームページとパンフレットの大幅改訂を行った。また学生募集広告の手段としてポスターを制作した。さらに日本生物物理学会など3つの国内学会に出展し、学生の勧誘など広報活動を行った。