

平成23年度採択プログラム 中間評価調書

博士課程教育リーディングプログラム プログラムの概要 [公表。ただし、項目13については非公表]

機関名	兵庫県立大学	整理番号	F06
1. 全体責任者 (学長)	※共同実施のプログラムの場合は、全ての構成大学の学長について記入し、取りまとめを行っている大学(連合大学院によるもの場合は基幹大学)の学長名に下線を引いてください。 (ふりがな) きよはら まさよし 氏名・職名 清原 正義・兵庫県立大学学長		
2. プログラム責任者	(ふりがな) おおた いさお 氏名・職名 太田 勲・兵庫県立大学副学長(教育・産学連携担当)(平成26年4月1日交替)		
3. プログラム コーディネーター	(ふりがな) みやざわ あつお 氏名・職名 宮澤 淳夫・兵庫県立大学大学院生命理学研究科ピコバイオロジー専攻教授		
4. 類型	F <オンリーワン型>		
5.	プログラム名称	フotonサイエンスが拓く次世代ピコバイオロジー	
	英語名称	Next generation picobiology pioneered by photon sciences	
	副題	タンパク質機能に基づき生命現象の本質を究める学位プログラム	
6. 授与する博士 学位分野・名称	博士(理学)		
7. 主要分科	(① ) (② ) (③ ) ※ 複合領域型は太枠に主要な分科を記入		
	基礎生物学、生物科学、生物分子科学、物理学、情報学		
8. 主要細目	(① 生物物理学 ) (② 構造生物化学 ) (③ 機能生物化学 ) ※ オンリーワン型は太枠に主要な細目を記入		
	細胞生物学、分子生物学、発生生物学、植物分子生物・生理学、形態・構造、生物分子科学		
9. 専攻等名 (主たる専攻等がある場合は下線を引いてください。)	生命理学研究科 ピコバイオロジー専攻、生命理学研究科 生命科学専攻		
10. 共同教育課程を設置している場合の共同実施機関名			
11. 連合大学院として参画している場合の共同実施機関名			
12. 連携先機関名(他の大学等と連携した取組の場合の機関名、研究科専攻等名)	独立行政法人 理化学研究所 放射光科学総合研究センター		

(機関名:兵庫県立大学 類型:オンリーワン型 プログラム名称:フotonサイエンスが拓く次世代ピコバイオロジー)

14. プログラム担当者の構成 計 37 名

外国人の人数	2 人 [ 5.4% ]	女性の人数	1 人 [ 2.7% ]
プログラム実施大学に属する者の割合 [ 48.6 % ]			
プログラム実施大学に属する者	18 人	プログラム実施大学以外に属する者	19 人
そのうち、他大学等を経験したことのある者	18 人	そのうち、大学等以外に属する者	18 人

15. プログラム担当者

※他の大学等と連携した取組(共同実施を含む)の場合:基幹大学に所属するプログラム担当者の割合 [ % ]

氏名	フリガナ	年齢	所属(研究科・専攻等)・職名	現在の専門学位	役割分担 (平成25年度における役割)
(プログラム責任者) 太田 勲	オウダ イサヲ		副学長(教育・産学連携担当)	情報通信工学・工学博士	該当なし(平成26年4月1日追加)
(プログラムコーディネーター) 宮澤 淳夫	ミヤザワ アツヲ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	神経生物学・博士(理学)	運営委員会・財務・庶務作業部会長、構造生物学分野の講義・実習
大隅 隆	オオスミ タカシ		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	生化学・理学博士	運営委員会教務作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習
小倉 尚志	オクラ ナオシ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	生物物理学・理学博士	運営委員会評価作業部会長、構造生物学分野の講義・実習
北川 禎三	キタカワ テイゾウ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・特任教授	構造生物化学・理学博士	メンター、運営委員会評価作業部会員(平成24年4月2日追加)
阪口 雅郎	サカグチ マサヲ		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	細胞生化学・理学博士	運営委員会教務作業部会長、細胞生物学分野の講義・実習
新免 輝男	ニジマン テルヲ		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	植物生理学・理学博士	プログラム責任者(平成26年4月1日交替)
舘野 賢	タテノ マサル		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	生物物理学・博士(理学)	運営委員会教務作業部会員、構造生物学分野の講義・実習
月原 富武	ツキハラ トミタケ		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	蛋白質結晶学・理学博士	運営委員会広報作業部会員、構造生物学分野の講義・実習
西谷 秀男	ニシタニ ヒデオ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	分子生物学・理学博士	運営委員会財務・庶務作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習
八田 公平	ハッタ コウヘイ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	神経発生生物学・理学博士	運営委員会広報作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習
樋口 芳樹	ヒグチ ヨシキ		生命理学研究科・研究科長・ピコバイオロジー専攻・教授	構造生物学・理学博士	運営委員会広報作業部会長、構造生物学分野の講義・実習
水島 恒裕	ミズシマ ツネヒロ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	構造生物学・博士(理学)	運営委員会財務・庶務作業部会員、構造生物学分野の講義・実習
峰雪 芳宣	ミネキヨ シノブ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	植物細胞生物学・理学博士	運営委員会広報作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習
吉川 信也	ヨシカワ シンヤ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・特任教授	生物化学・理学博士	運営委員会評価作業部会員、自己評価委員会委員長、構造生物学分野の講義・実習
吉田 秀郎	ヨシダ ヒデノブ		生命理学研究科・ピコバイオロジー専攻・教授	分子生物学・博士(理学)	運営委員会評価作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習
吉久 徹	ヨシキウ トオル		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	分子生物学・理学博士	運営委員会教務作業部会員、細胞生物学分野の講義・実習(平成25年7月22日追加)
梅園 良彦	ウメノ ヨシヒコ		生命理学研究科・生命科学専攻・教授	発生生物学・(博士)理学	該当なし(平成26年4月1日追加)
石川 哲也	イシカワ テツヤ		(独)理化学研究所・放射光科学総合研究センター・センター長	放射光X線光学・工学博士	理研・播磨研究所の教育研究活動の統括、構造生物学分野の講義・実習
城 宜嗣	シロ ヨシツグ		(独)理化学研究所・放射光科学総合研究センター・副センター長・主任研究員	構造生物科学・工学博士	運営委員会委員、構造生物学分野の講義・実習
宋 昌容	ソン チャンヨン		(独)理化学研究所・放射光科学総合研究センター・独立主幹研究員	コヒーレント回折イメージング・Ph.D.	構造生物学分野の講義・実習
山本 雅貴	ヤマモト マサキ		(独)理化学研究所・放射光科学総合研究センター・基盤研究部長	放射光構造生物学・博士(理学)	構造生物学分野の講義・実習
林 茂生	ハヤシ シゲオ		(独)理化学研究所・発生・再生科学総合研究センター・グループディレクター	発生生物学・理学博士	該当なし(平成26年4月1日追加)
大岩 和弘	オオイワ カズヒロ		(独)情報通信研究機構・未来ITC研究所・所長	生物物理学・理学博士	構造生物学分野の講義・実習
沈 健仁	シン ケンジン		岡山大学大学院・自然科学研究科・教授	構造生物学・理学博士	構造生物学分野の講義・実習
黒木 良太	クロキ リョウタ		(独)日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門・ユニット長	構造生物学・蛋白質科学・薬学博士	構造生物学分野の講義・実習
武田 壮一	タケダ シウイチ		国立循環器病研究センター研究所・心臓生体機能部・室長	構造生物学・博士(理学)	キャリアパス形成のための講義・実習



## リーダーを養成するプログラムの概要、特色、優位性

(広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダー養成の観点から、本プログラムの概要、特色、優位性を記入してください。)

本プログラムでは、当研究科が理研播磨研究所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、高い研究能力と、それに裏付けられた確固たる価値観と俯瞰力をもち、広く産学官各分野で活躍できるリーダーを養成する。

### 概要

次世代ピコバイオロジー：生命現象はタンパク質の駆動する化学反応である。タンパク質の機能はそれを構成する原子の位置と化学反応性を、それぞれ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することによって、化学反応として捉える（反応機構を解明する）ことができる。生命現象のメカニズムは、個体レベルの生命現象解析から始まっ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のピコメートルレベル解析によって反応機構を解明する（構造生物学）ことによって、はじめて明らかになる。この全過程をまとめてピコバイオロジーと呼ぶ。また細胞中では、種々のタンパク質が複雑な集合体を形成することによって高次の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解明に不可欠である。21世紀COEとグローバルCOEの2つの拠点事業を通じた、当研究科でのこれらの構造解析法確立への努力の結果、巨大タンパク質の水素原子レベルのX線構造解析法と、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、新たに理研播磨に設置されたX線自由電子レーザー施設(SACLA)は、上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を期待させる。そこで、当研究科では、理研播磨と当研究科の保有する世界的フォトンサイエンス資源を結集して、新たな学問分野「次世代ピコバイオロジー」構築のために、以下の革新的研究を推進する。(1) SPring-8 (理研)、パルス中性子装置 (原研)、赤外分光装置の有機的活用によるピコメートルレベルのタンパク質構造解析、(2)ピコメートルレベルのタンパク質の構造・機能情報にもとづく高次生命機能メカニズムの解明。

本プログラムの目的：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、高度な研究能力と新たな分野を拓く能力を修得させる。さらに、細胞から構造までの幅広い研究を複合的に進める環境で切磋琢磨することにより、優れた洞察力と俯瞰力をもち、かつ周囲の人々の個性と能力を生かすことのできる、リーダーとしての能力が育成される。次世代ピコバイオロジーは生命現象の理解を深めるだけでなく、疾患の機構解明、創薬、タンパク質の設計等の応用分野の発展にも大きく貢献する。したがって、本プログラム修了者が活躍できる分野は、大学・研究機関のみならず、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。そこで産官各分野から広く参画を仰ぎ、キャリアパス形成教育プログラムを設定する。

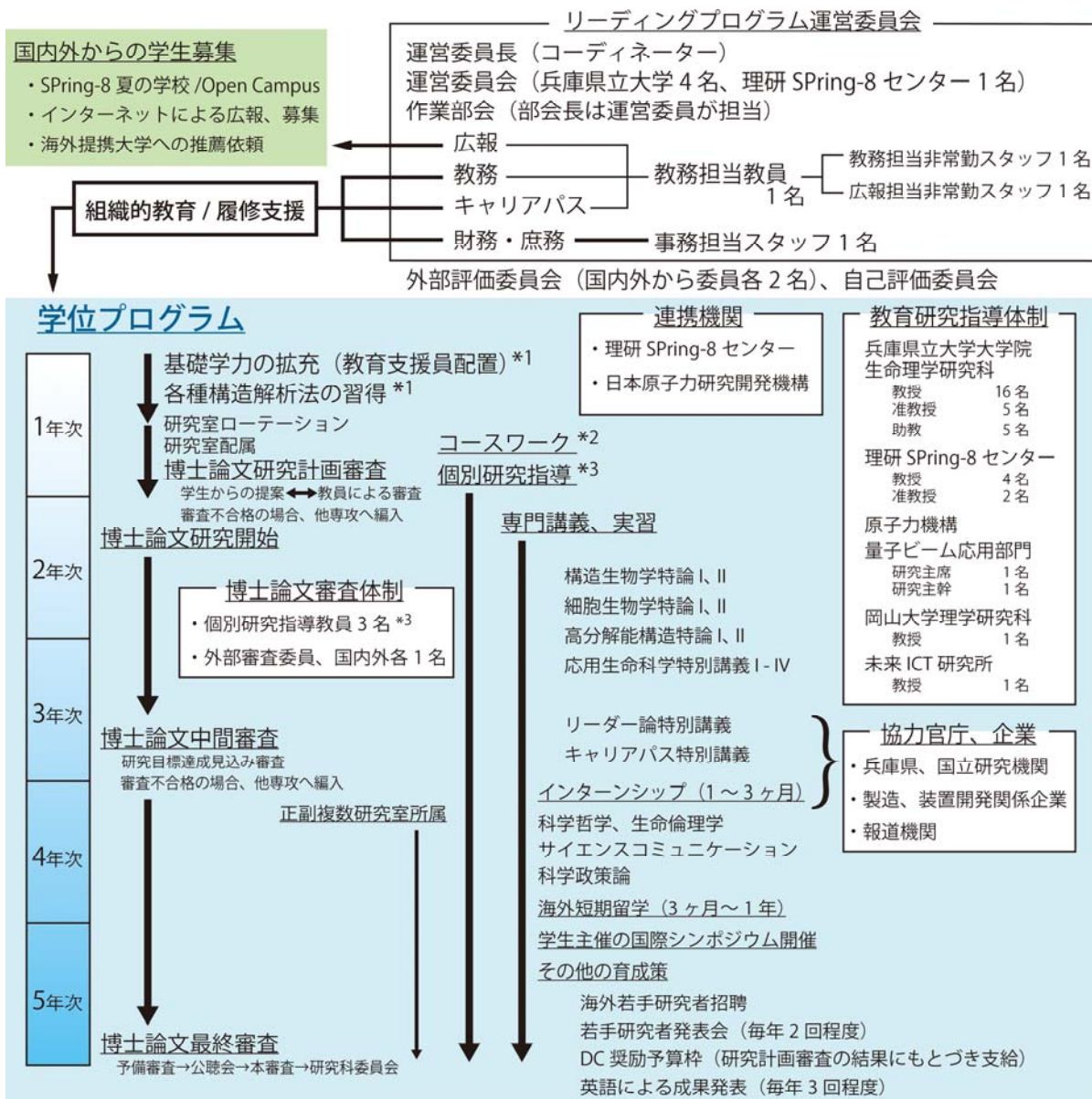
なお、学生には、フォトンサイエンス装置を単なる訪問利用者として利用させるのではなく、国家的プロジェクトによって建設された巨大な実験施設の装置開発と運用の実際を、常に現場に身を置くことによって学ばせる。これにより、研究者としてその技術をより深く理解するだけでなく、今後増加するであろう国家的巨大科学技術プロジェクトの政策企画に中心的な役割を果たす、行政のリーダーとしての能力も涵養される。また、理研と当研究科との緊密な連携により、細胞から構造までの多様な装置利用者（学生、教員）と装置開発者との日常的な交流が実現し、当研究科は装置開発に協力することを通じて、理研の巨大設備の性能向上に貢献できる。SPring-8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、性能向上への不断の努力が欠かせない。装置開発者と利用者が同じ現場で共同作業を行うことは、その観点からきわめて有意義である。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プログラムでこそ可能であり、学生の研究能力を確実に向上させる。

### 特色、優位性

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、極めて重要である。このような新しいタイプの人材の育成は、本プログラムでこそ可能である。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いかにか重要であるかを実感できる。これも本プログラムでこそ可能である。一方、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をはじめとする世界を先導する高分解能の構造研究を推進し、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問分野を究めるとともに、新たな分野の開拓を実体験できる。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リーダーの育成環境は、世界的にも他に例を見ない。

### 学位プログラムの概念図

(優秀な学生を俯瞰力と独創力を備え広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーとして養成する観点から、コースワークや研究室ローテーションなどから研究指導、学位授与に至るプロセスや、産学官等の連携による実践性、国際性ある研究訓練やキャリアパス支援、国内外の優秀な学生を獲得し切磋琢磨させる仕組み、質保証システムなどについて、学位プログラムの全体像と特徴が分かるようにイメージ図を書いてください。なお、共同実施機関及び連携先機関があるものについては、それらも含めて記入してください。)



\*1 1年次前期の講義時間割表

	月	火	水	木	金
1時限		ピコバイオ ロジー-数学	ピコバイオ ロジー-物理	ピコバイオ ロジー-化学	研究室 ガイダンス
2時限	構造解析 基礎 I	構造解析 基礎 II	構造解析 基礎 III	構造解析 基礎 IV	構造解析 基礎 V
3時限	構造解析装置実習 (SPring-8) 第 1 週 - 第 3 週				
	構造解析装置実習 (SACLA) 第 4 週 - 第 6 週				
	構造解析装置実習 (振動分光) 第 7 週 - 第 9 週				
4時限	構造解析装置実習 (電子顕微鏡) 第 10 週 - 第 12 週				
	構造解析装置実習 (電子計算機) 第 13 週 - 第 15 週				

※ 構造解析装置実習 (中性子線回折) は集中講義として行う。

1年次後期の講義時間割表

	月	火	水	木	金
1時限		構造生物学 基礎 I、II	細胞生物学 基礎 I、II	高分解能 構造基礎 I、II	
2時限					
3時限	研究室ローテーション (10月)				
4時限	博士論文計画準備 (11月-3月)				

\*2 コースワーク

コース	標準履修科目
高分解能構造解析	高分解能構造基礎 I、II 細胞生物学基礎 I or II 高分解能構造特論 I or II
構造生物学	構造生物学基礎 I、II 細胞生物学基礎 I or II 構造生物学特論 I or II
構造細胞生物学	構造生物学基礎 I or II 細胞生物学基礎 I or II 構造 (or 細胞) 生物学特論 I or II
細胞生物学	細胞生物学基礎 I、II 構造生物学基礎 I or II 細胞生物学特論 I or II

\*3 個別研究指導

博士論文研究の進捗状況を報告し、指導助言を受ける。  
1 学生に対し 3 人の教授 (主査 1 人、副査に細胞、構造生物学の教授各 1 人) が担当する。  
6 ヶ月に 1 回の頻度で行う。

## 「博士課程教育リーディングプログラム」中間評価結果

機関名	兵庫県立大学	整理番号	F06
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		
プログラム責任者	太田 勲	プログラムコーディネーター	大隅 隆

### (評価決定後公表)

#### (総括評価)

一部で計画と同等又はそれ以上の取組もみられるものの、計画を下回る取組であり、本事業の目的を達成するには、助言等を考慮し、一層の努力が必要である。

#### [コメント]

リーダーを養成する学位プログラムの確立については、SPring-8の先端的構造解析施設や、独自のラマン分光装置を本プログラムの教育に充てるとともに、SPring-8への設備の集約など研究環境整備が進み、海外留学、学生が主催する国際シンポジウムなどを通じてオンリーワンを目指す教育・研究が進められ、本プログラムの目的を達成するための環境と組織体制が整備されたものと評価できる。また、「ピコバイオロジー」という概念について、ピコレベルでの構造解析に留めず、細胞機能における化学反応の重要性に鑑み、「ピコレベルの動的挙動情報を基盤としてミクロン以上のレベルの構造・機能の解明へと統合する作業のこと」と再定義した上で、細胞生物学者を取り込んだプログラムとする点も評価できる。蛋白構造のピコレベルの挙動が細胞機能に結びつく可能性のある具体例がいくつか挙げられているが、今後これを更に拡充して再構築された新規なピコバイオロジー概念を具体的に裏付けるための仕組みと推進方法の構築を速やかに進める必要がある。

産学官民参画による修了者のグローバルリーダーとしての成長及び活躍の実現性については、産学官の連携の強化や学術面での成果があがっており、グローバルリーダーを育成するためのシステムが構築されたものと評価できる。しかし、学生の意欲は高いものの、教員と学生が共有できる、世界を牽引するリーダーの具体像が構築できていない点に課題が残る。再定義した「統合ピコバイオロジー」ともいふべき新概念を、具体例を積み上げることによって構築し、学内外にアピールするとともに、本プログラムが目標とするグローバルリーダー像を具体化することが肝要である。

グローバルに活躍するリーダーを養成する指導體制の整備については、教員間の意識共有、学生個人のキャリアパス構築に向けた育成の記録及びそれらの教員間の共有化などが不十分であり、課題は依然としてあるものの、これを解決するための新たな仕組みと推進方法の構築を目指しており期待が持てる。

優秀な学生の獲得については、経済的支援のもと多くの外国人を含む、意欲ある学生が入学している点は評価できるが、入学者数が少ない点が課題である。再定義したピコバイオロジーの新概念への学生の関心を高めるためには、将来のキャリアパスまでを具体化した学内外への積極的なPR活動の充実が求められる。

世界に通用する確かな質保証システムについては、1年次末に博士論文研究計画審査、3年次末に中間審査、5年次に最終審査という3段階のきめ細やかな審査体制が構築されており、今後順調に進むことを期待する。

事業の定着・発展については、オンリーワンとしての高度な装置と施設を有していることから、国際的な認知度を一層向上することに努め、研究成果を通して国際的地位を固めることで、今後の自立型発展に大きく貢献できると考えられる。ピコバイオロジーの新概念の今後の展開が期待される。