

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13701

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2018～2023

課題番号：18KK0273

研究課題名（和文）糖尿病合併症早期マーカープロレニンの病態生化学的意義の解明：日印番共同研究

研究課題名（英文）Understanding of the pathobiochemical significance of prorenin, an early marker of diabetic complications: collaborative work between India, Bangladesh and Japan

研究代表者

海老原 章郎（Ebihara, Akio）

岐阜大学・応用生物科学部・教授

研究者番号：60415099

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、糖尿病合併症早期マーカーであるプロレニンに対する臨床現場即時検査法の開発、糖尿病病態におけるプロレニンの生化学的意義の解明を日印番3カ国共同で目指すものである。プロレニン定量の鍵となる抗原プロレニンを挟み込む抗体ペアを新規に同定し、用いたモノクローナル抗体に対しては分子量が小さくも抗原認識能を保持する組換え単鎖可変抗体断片を生産した。酵素レニン活性に基づくプロレニン測定法を改良した。血圧調節系レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系に関連する2つの遺伝子の非コード領域に存在する遺伝子多型が高血圧ならびに2型糖尿病併発型高血圧に対する高い危険因子となりうることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

見いだした新規抗体ペアと改良した酵素レニン活性に基づくプロレニン測定法を組み合わせ、正確性が裏打ちされ臨床現場で利用可能な感度と特異性をもつPOCTの作成に貢献できる。プロレニンを含む血圧調節系レニン・アンジオテンシン・アルドステロンの生体分子は心血管疾患の発症に関わる。糖尿病や高血圧症、心血管疾患がCOVID-19の重症化の危険因子であるとも報告されている。本研究で実施した集団遺伝学的アプローチによる糖尿病含む多因子遺伝疾患の危険因子探索とプロレニン濃度との相関解析は、プロレニンが関連する疾患の理解、ならびにSDGsのターゲット3.4「非感染性疾患による若年死亡率の減少」の達成につながる。

研究成果の概要（英文）：This study aims to develop a point-of-care testing for prorenin, an early marker of diabetic complications, and to investigate the pathobiochemical significance of prorenin in diabetes pathology through a collaboration between India, Bangladesh and Japan. We identified a new antibody pair that sandwiches the antigen prorenin and produced recombinant single-chain variable fragment that retains antigen recognition capability, even with a small molecular weight. We improved a prorenin measurement method based on renin enzymatic activity. Additionally, we found that non-coding single nucleotide variants of genes involved in renin-angiotensin-aldosterone system, which regulate blood pressure, may be significant risk factors for hypertension and type 2 diabetes-associated hypertension.

研究分野：酵素科学

キーワード：プロレニン 糖尿病 糖尿病合併症 臨床現場即時検査法 SDGs

## 1. 研究開始当初の背景

糖尿病は血中グルコース濃度の上昇状態が長期継続する疾病である。自覚症状が乏しいまま糖尿病が進行し合併症(網膜症や腎症)を併発すると、患者は失明や人工透析を余儀なくされる。糖尿病合併症の早期発見や予見ができれば、悪化の前に効果的な治療法を施すことが可能となり、人々の生活の質の向上と医療費削減が実現できる。糖尿病に関する疫学的研究から、合併症を有す糖尿病患者において血中プロレニン濃度が2~4倍上昇していること(*N. Engl. J. Med.* 1985) 血中プロレニン濃度が高いとその約5年後に微量アルブミン尿や網膜症の発症率が高いこと(*Kidney Int.* 1996; *Diabetologia* 1999)が分かった。これらの研究に基づき、プロレニン(血圧調節酵素レニンの不活性な前駆体)は糖尿病合併症を予見できる早期バイオマーカー(血液検査などで早期診断の指標となる体内物質)と位置づけられた。しかし、「マーカーとして有用だ」という指摘に留まり、血中プロレニン濃度に基づく合併症回避に向けた具体的対策には至っていない。

国際糖尿病連合によると、世界の糖尿病人口は2017年時点で4億2,500万人、30年後には6億2,900万人と推計される。2017年時点の特徴として、成人11人に1人が糖尿病に罹患、成人罹患者の2人に1人が糖尿病との診断を受けていないこと、糖尿病人口の7割以上が20~64歳の生産年齢(働き盛り)であることが挙げられる。今後日本との経済連携が期待される新興国・途上国であるインドとバングラデシュの統計値によれば、検査未受診率が極めて高く、自覚症状がないまま糖尿病合併症を患う可能性が考えられる。合併症が患者に重い生活負担を強いる事を鑑みると、新興国・途上国を含む多くの国の人々が受診可能な糖尿病合併症検査法の確立は急務である。

## 2. 研究の目的

本研究では、糖尿病合併症の早期マーカーである血中プロレニンに着目し、日本、インド、バングラデシュ3カ国共同で、プロレニンに対する臨床現場即時検査法(Point-of-care testing; POCT)を開発し、糖尿病病態におけるプロレニンの生化学的な意義を解明する。

## 3. 研究の方法

### (1) プロレニン POCT 開発

POCT の代表格であるイムノクロマト法に着目し、ヒト絨毛性ゴナドトロピン(hCG)を検出対象とし金コロイド標識抗体を用いたイムノクロマト法の感度比較に関する論文(*Colloids Surf B Biointerfaces* 2017)を参考に、イムノクロマト法の実施条件を検討した。

血圧調節酵素レニンの不活性前駆体プロレニンは、活性型酵素レニンと比べ余分なポリペプチド鎖(プロセグメント)が付いていて、不活性状態を保つ。当初構築したPOCTの検出感度向上を目指し、情報学的解析に基づきレニン本体を認識する新たな抗体の設計・作成、および抗原としてプロレニンを挟み込む自作抗体の組合せ検証(プロセグメントならびにレニン本体に対する複数抗体を用いた組合せ実験)を行った。特に、プロセグメントに対する自作モノクローナル抗体2種類のプロレニン結合性を抗体活性化直接プロレニン測定法(*Biosci Biotechnol Biochem* 1999)で評価し、その後、結合性を確認したモノクローナル抗体1種類に対する全アミノ酸配列をタンパク質 De novo シーケンシングで取得した。得られた配列情報に基づき、抗原認識に必要な最小単位である重鎖の可変領域と軽鎖の可変領域のみを繋いで作製された単鎖可変抗体断片を設計した。分泌型タンパク質発現系を用いて、同抗体断片を組換えタンパク質として生産する条件を検討した。

開発するPOCTの正確性および妥当性を確認するために、異なる手法による定量値と比較することが重要であると我々は考えている。プロレニン定量法の一つである抗体活性化直接プロレニン測定法(上記)では、酵素レニンの特異的酵素反応に着目し定量を行っているが、その測定法には基質アンジオテンシノーゲンが必要である。そこで、我々が確立した大腸菌を用いた組換えヒトレニン基質(組換えヒツジアンジオテンシノーゲン)の生産法[Yamashita et al. *BMC Biotechnol* (2016) 16: 33]の改良を目的とし、高い費用対効果で生産できる大腸菌培養用の培地組成を検討した。さらに、ヒトレニンに対しヒツジアンジオテンシノーゲンが極めて高い反応効率を示すという従来知見を再検証するため、インド工科大学グワハティ校との国際共同研究を通して生化学実験(ウェット実験)とコンピューター計算(ドライ実験)の両面から解析した。

抗原抗体反応を含むタンパク質間相互作用への洞察を得る一環として、タンパク質構造予測人工知能ツール AlphaFold2 を用いた解析をバングラデシュのダッカ大学との国際共同研究で実施した。具体的には、AlphaFold2 を活用し、プロレニンをリガンドとする受容体であるプロレニン受容体の立体構造モデルを独自に構築し、アミノ酸配列の進化的保存度を手がかりに同モデルを検証(ドライ実験) 得られた三次元立体構造上の特徴から先行研究(ウェット実験)の知見を再評価した。

## (2) 糖尿病患者の病態と遺伝子多型 (SNP) との関連解析

血圧調節系レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系 (RAAS) の構成タンパク質に対する遺伝的変異が、異なる民族集団において高血圧および 2 型糖尿病の発症危険性と関連している。本研究は、バングラデシュ・ダッカ大学との国際共同研究にて、バングラデシュ人を対象に、RAAS に関係する 2 つの遺伝子、レニン遺伝子とプロレニン受容体遺伝子の非コード領域における SNP と高血圧 (HTN) および 2 型糖尿病 (T2D) との関連を解析した。解析対象は合計 911 名で、299 名は健康な対照者、169 名は HTN、288 名は T2D、155 名は T2D と HTN の両方に罹患していた。各血液サンプルに対する生化学試験に加えて、サンプル中の白血球 DNA を用い、各遺伝子の SNP をリアルタイム PCR 法にて調べた。

## 4. 研究成果

### (1) POCT 開発

hCG をモデル分析物としたイムノクロマト法を構築し、0.3 ng/mL の hCG を検出できる条件を見出した。今回新たに作成したレニン本体部分を認識する抗体とプロセグメント部分を認識する抗体の組み合わせにより、抗原プロレニンを挟み込むサンドイッチ ELISA が可能であることを確認した。プロセグメント部分を認識する抗体については、組換え単鎖可変抗体断片として分泌型タンパク質発現系で発現する条件を見だし、精製標品として調製することに成功した (抗体断片の設計には、後掲のタンパク質構造予測人工知能ツール AlphaFold2 による立体構造モデル解析での経験が役立った)。単鎖可変抗体断片は元となる抗体 IgG の抗原認識能 (特異性と親和性) を保持しつつ、IgG と比べ分子量が小さい。そのため、ELISA やイムノクロマト法を含むイムノアッセイ系で用いる固相化抗体を一定面積あたりに高密度に配向させることが可能で、検出感度向上の鍵となりえる。

単鎖可変抗体断片の生産に用いた分泌型タンパク質発現系を用いて、比較的短いペプチド (長さ 32 残基) を生産できることを論文で報告した [Sugihara and Ono et al. *Biosci Biotechnol Biochem* (2023) 87:1029–1035]。本報告はこれまでに報告された同発現系によるペプチド・タンパク質生産例のなかで最小の長さとして位置づけられ、同発現系の拡張性を高めた。

我々は大腸菌を用いた組換えヒトレニン基質 (組換えヒツジアンジオテンシノーゲン) の生産法を確立した [Yamashita et al. *BMC Biotechnol* (2016) 16: 33]。この生産法の改良として、グルコースとラクトースが一定濃度で含まれた混合液を培地中に添加すると、*lac* オペロン制御に基づく自動発現誘導を強化し、生産費用対効果が向上できることを論文で報告した [Tahara et al. *Protein Pept Lett* (2021) 28: 1180–1190]。ヒトレニンに対するヒツジアンジオテンシノーゲンの顕著な高触媒効率について、3 つの生物種の組換えアンジオテンシノーゲンを調製し、ヒトレニンに対する反応速度論的パラメーターを決定・比較した結果、反応性の違いを生む要因がタンパク質部分にあることを特定した。今後、本研究で見出した新規プロレニン結合抗体と我々が構築した組換えヒツジアンジオテンシノーゲンを用いたレニン測定法 [Akther et al. *Heliyon* (2019) 5 :e01409] を組み合わせ、改良した抗体活性化直接プロレニン測定法に基づく POCT の正確性検証と臨床現場で利用可能な感度と特異性をもつ POCT を作る。

タンパク質構造予測人工知能ツール AlphaFold2 を用い、プロレニン受容体の二量体構造モデルを構築し、膵臓がん進展に関与すると予想される特定領域と柔軟な構造を特徴とする天然変性領域から形成される溝が受容体表面に存在することを突き止めた。そしてこの溝が細胞増殖やがん進展に関わる Wnt シグナル関連タンパク質との相互作用部位として機能すると提案する論文を出版した [Ebihara et al. *Hypertens Res* (2023) 46: 959–971]。この論文についてはプレスリリースを日英両方の言語で行い、社会に情報発信した。この人工知能ツールは、プロレニンとモノクローナル抗体との相互作用解析および高特異性抗体設計 (ドライ実験) と道理的分子設計に基づく効果的抗体生産 (ウェット実験の試行回数の削減) につながる潜在性がある。

### (2) 糖尿病患者の病態と SNP との関連解析

最も多いタイプの糖尿病である 2 型糖尿病と関連合併症の進展に関係する候補遺伝子が多数存在し、それらの遺伝子上の SNP が糖尿病発症に強く相関する (*Rev. Diabetic Study* 2012)。本研究では、血圧調節系レニン・アンジオテンシン・アルドステロン系 (RAAS) に関連するレニン遺伝子とプロレニン受容体遺伝子に着目し、それらの遺伝子の非コード領域に存在する複数の SNP が高血圧ならびに 2 型糖尿病併発型高血圧に対する高い危険因子となりうることを見だし、論文として報告した [Akther et al. *Biochem Genet* (2021) 59: 1116–1145]。

プロレニンの病態生化学的意義解明の一環として、RAAS と酸化ストレスとの関連性に関する総説 [Akther et al. *Reviews in Agricultural Science* (2019) 7: 68–83]、ならびに RAAS と糖尿病に関する病態生理学的ならびに遺伝学的な知見 [Nabi and Ebihara. *IntechOpen* (2021)] を出版した。さらに、RAAS 遺伝子 SNP と糖尿病が新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の重症化に与える影響に関する総説を出版した [Nabi et al. *World J Virol* (2023) 12:151–171]。

現時点では本研究との直接の関連性を認められないが、本研究で導入した定量 PCR 装置を用い、ミトコンドリア遺伝子の多型と自閉症を有する子供の疾患リスクに関する論文を出版することができた [Adiba et al. *Gene Reports* (2024) 35, 101895]。

プロレニンを含む RAAS 生体分子は心血管疾患の発症に関わる。糖尿病や高血圧症、心血管疾患が COVID-19 の重症化の危険因子であるとも報告されている。本研究で作製した単鎖可変抗体断片を活用し POCT 検出感度を向上し、プロレニンが関連する疾患の理解につなげる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Ebihara Akio, Sugihara Daiki, Matsuyama Makoto, Suzuki-Nakagawa Chiharu, Nabi A. H. M. Nurun, Nakagawa Tsutomu, Nishiyama Akira, Suzuki Fumiaki	4. 巻 46
2. 論文標題 Mapping the protein binding site of the (pro)renin receptor using in silico 3D structural analysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Hypertension Research	6. 最初と最後の頁 959 ~ 971
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41440-022-01094-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nurun Nabi A.H.M., Ebihara Akio	4. 巻 -
2. 論文標題 Diabetes and Renin-Angiotensin-Aldosterone System: Pathophysiology and Genetics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IntechOpen (Book: ISBN 978-1-83968-287-2)	6. 最初と最後の頁 21 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5772/intechopen.97518	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Tahara Nariyasu, Tachibana Itaru, Takeo Kazuyo, Yamashita Shinji, Shimada Atsuhiko, Hashimoto Misuzu, Ohno Satoshi, Yokogawa Takashi, Nakagawa Tsutomu, Suzuki Fumiaki, Ebihara Akio	4. 巻 28
2. 論文標題 Boosting Auto-Induction of Recombinant Proteins in Escherichia coli with Glucose and Lactose Additives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Protein & Peptide Letters	6. 最初と最後の頁 1180 ~ 1190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2174/0929866528666210805120715	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Akther Jobaida, Das Ashish, Rahman Md Arifur, Saha Sajoy Kanti, Hosen Md Ismail, Ebihara Akio, Nakagawa Tsutomu, Suzuki Fumiaki, Nabi A. H. M. Nurun	4. 巻 -
2. 論文標題 Non-coding Single Nucleotide Variants of Renin and the (Pro)renin Receptor are Associated with Polygenic Diseases in a Bangladeshi Population	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biochemical Genetics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10528-021-10049-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Akther Jobaida, Nabi A. H. M. Nurun, Ebihara Akio	4. 巻 7
2. 論文標題 Heavy metals as environmental risk factors for cardiovascular diseases: from the perspective of the renin angiotensin aldosterone system and oxidative stress	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Reviews in Agricultural Science	6. 最初と最後の頁 68 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7831/ras.7.0_68	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Sugihara Daiki, Ono Fuka, Sugino Motoki, Suzuki Hiromi, Endo Noriko, Shimada Atsuhiko, Ebihara Akio	4. 巻 87
2. 論文標題 Production of recombinant His-tagged triple-FLAG peptide in <i>Brevibacillus choshinensis</i> and its utilization as an easy-to-remove affinity peptide	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 1029 ~ 1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/bbb/zbad079	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nabi A H M Nurun, Ebihara Akio, Shekhar Hossain Uddin	4. 巻 12
2. 論文標題 Impacts of SARS-CoV-2 on diabetes mellitus: A pre and post pandemic evaluation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 World Journal of Virology	6. 最初と最後の頁 151 ~ 171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5501/wjv.v12.i3.151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Adiba Maisha, Rahman Molie, Akter Hosneara, Rahman Md Mizanur, Uddin Mohammed, Ebihara Akio, Nabi A.H.M.Nurun	4. 巻 35
2. 論文標題 Mutational landscape of mitochondrial cytochrome b and its flanking tRNA genes associated with increased mitochondrial DNA copy number and disease risk in children with autism	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Gene Reports	6. 最初と最後の頁 101895 ~ 101895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.genrep.2024.101895	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Daiki Sugihara, Makoto Matsuyama, Chiharu Suzuki-Nakagawa, A.H.M. Nurun Nabi, Tsutomu Nakagawa, Akira Nishiyama, Fumiaki Suzuki and Akio Ebihara
2. 発表標題 Functional versatility of (pro)renin receptor clarified by structural and evolutionary analyses
3. 学会等名 29th Scientific Meeting of the International Society of Hypertension (ISH2022 Kyoto) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akio Ebihara
2. 発表標題 Mapping the protein binding site of the (pro)renin receptor using in silico 3D structural analysis
3. 学会等名 2nd International Conference cum Workshop on "Recent Trends in Structural Bioinformatics and Computer Aided Drug Design" [ICSB/CADD'2022] (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Akio Ebihara
2. 発表標題 Development of novel assay systems for non-communicable diseases prevention
3. 学会等名 4th International Conference of Biotechnology on Health and Agriculture as a joint conference with Innovation in Plant and Food Sciences, IPFS-ICBHA 2019-GNOBB Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原 大揮、松山 誠、中川 千春、A.H.M. Nurun Nabi、中川 寅、西山 成、鈴木 文昭、海老原 章郎
2. 発表標題 構造未知タンパク質の可視化と分子機能の推定に向けたAlphaFold2を用いたインシリコ構造解析と先行研究結果の併用
3. 学会等名 第49回 生体分子科学討論会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

岐阜大学応用生物科学部 生体分子機能学研究室  
<http://www.abios.gifu-u.ac.jp/sbk/>

researchmap  
<https://researchmap.jp/read0117842>

インド工科大学グワハティ校化学工学科客員教員 (Visiting Professor)  
<https://www.iitg.ac.in/chemeng/faculty.php>

日本学生支援機構 平成30年度帰国外国人留学生短期研究制度報告書「高血圧症および糖尿病を発症したバングラデシュ人に対するレニンおよび(プロ)レニン受容体遺伝子の機能ゲノム科学」  
[https://www.jasso.go.jp/ryugaku/after\\_study\\_j/tanken/report/\\_icsFiles/afieIdfile/2021/04/01/no35\\_tanken\\_gifu\\_j.pdf](https://www.jasso.go.jp/ryugaku/after_study_j/tanken/report/_icsFiles/afieIdfile/2021/04/01/no35_tanken_gifu_j.pdf)

岐阜大学HP：膵臓がんの進展に関与するタンパク質・(プロ)レニン受容体の作用部位をAIで推定  
<https://www.gifu-u.ac.jp/news/research/2022/12/entry09-11944.html>

EurekaAlert!からのニュースリリース  
<https://www.eurekaalert.org/news-releases/973958>

膵臓がんの進展に関与するタンパク質・(プロ)レニン受容体の作用部位をAIで推定～多機能性の鍵となる分子間相互作用の特徴を世界で初めて説明～  
<https://www.ai-japan.go.jp/applications/health-tech/pancreas/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	寺本 好邦  (Teramoto Yoshikuni)  (40415716)	京都大学・農学研究科・准教授   (14301)	
研究 分 担 者	橋本 美涼  (Hashimoto Misuzu)  (80805424)	岐阜大学・応用生物科学部・助教   (13701)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協 力 者	ナビ エイエッチエム ヌルン  (Nabi A.H.M. Nurun)	ダッカ大学・生化学分子生物科学科・教授	
研究 協 力 者	シバプラカーサム センチルクマー ル  (Sivaprakasam Senthilkumar)	インド工科大学グワハティ校・生物科学生物工学科・教授	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ゴヤル アラン (Goyal Arun)	インド工科大学グワハティ校・生物科学生物工学科・教授	
研究協力者	松井 真弓 (Matsui Mayumi)	岐阜大学・連合農学研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	アクター ジョバイダ (Akther Jobaida)	岐阜大学・連合農学研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	小野田 航太 (Onoda Kota)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	カツラ スリカンス (Katla Srikanth)	インド工科大学グワハティ校・生物科学生物工学科・大学院生	
研究協力者	田原 成康 (Tahara Nariyasu)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	永井 聖大 (Nagai Seidai)	岐阜大学・応用生物科学部・学部学生  (13701)	
研究協力者	高坂 誠 (Kousaka Makoto)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	



6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	伊藤 遼太郎  (Ryotaro Ito)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	シン ワイ ロビンソン  (Singh Y. Robinson)	インド工科大学グワハティ校・生物科学生物工学科・大学院生	
研究協力者	杉原 大揮  (Sugihara Daiiki)	岐阜大学・連合農学研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	家城 孝幸  (Ieki Takayuki)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	小野 楓華  (Ono Fuka)	岐阜大学・自然科学技術研究科・大学院生  (13701)	
研究協力者	荻野 泰綺  (Ogino Taiki)	岐阜大学・応用生物科学部・学部学生  (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関

インド	インド工科大学グワハティ校			
バングラデシュ	ダッカ大学			