

平成30年6月7日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2017

課題番号：16K20986

研究課題名(和文) 菌体内脂肪酸アルデヒド定量法を用いたアルカン生産に特化した大腸菌の創製

研究課題名(英文) Development of E.coli cell for alkane production using a visualizing method of in vivo production of fatty aldehyde

研究代表者

林 勇樹 (Hayashi, Yuuki)

東京大学・大学院総合文化研究科・助教

研究者番号：90444059

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：大腸菌によるアルカン生産を実用化するには、高活性アルカン合成酵素群(AARとAD)の探索、基質供給を増強した代謝系、競合する遺伝子群の破壊が必要である。そこで、様々なラン藻由来のAARとADの活性比較を行い、最も高い活性を示すAARとADを同定した。また、菌体内アルデヒド生成量に応じて発光する大腸菌と化学発光撮影装置を用いて、1000種を超える変異体AARライブラリの細胞内アルカン生成量(AAR活性)をリアルタイムに評価できる系を構築に成功した。本手法により大腸菌ランダム遺伝子破壊株ライブラリから、AARの基質供給を増強し、アルカン生成と競合する遺伝子破壊株の高速スクリーニングが可能となった。

研究成果の概要(英文)：To practical alkane production in E.coli cells, we need to explore alkane synthesis enzymes, AAR and ADO, with higher activity, engineer a pathway to enhance a substrate (acyl-ACP) production and delete genes competing alkane production. At first, we compared catalytic activity of AAR and ADO derived from various cyanobacteria and successfully identified the highest active AAR and ADO. In parallel, we genetically engineered E.coli cells to emit bioluminescence depending on yield of aldehyde production in the cells. Using this engineered cells and a high-sensitive chemi-luminescence imager, we can evaluate amounts of aldehyde production in cells in real-time by monitoring bio-luminescent intensities emitted from over 1000 colonies on agar plate. This method enables high through-put screening to find gene disrupted strains, which enhanced acyl-ACP production, and/or decreased aldehyde consumption in competitive enzyme reaction, among library of strains deleted genes randomly.

研究分野：進化分子工学

キーワード：タンパク質 進化分子工学 バイオエネルギー アルカン合成酵素

1. 研究開始当初の背景

化石燃料の枯渇は、世界規模の問題であり、原油に代わる代替エネルギー資源の開発は喫緊の課題である。藻類の作るアルカンは原油を代替するバイオエネルギーとしてだけでなく、大気中の二酸化炭素を原料としてアルカンを生成するため、地球温暖化を抑制し、カーボンニュートラルなエネルギー資源として注目されている。2010年に藻類のアルカン合成に関わる2つの酵素が同定され、遺伝子工学を用いた様々な生物種でのアルカン生産が可能となった。しかしながら、大腸菌を用いたアルカン生産では、(1)アルカン合成酵素群であるアシル-(アシル-ACP)還元酵素(AAR)、アルデヒド脱ホルミル化酸化酵素(AD)の活性が非常に弱い、(2)アルカンの基質となるアシル-ACPを大量に生成することができない(脂肪酸合成経路の負のフィードバック制御や転写因子による制御)、(3)1段階目の反応で生成されるアルデヒドが内在性の酵素によりアルコールへと変換される、といった問題を抱えている。大腸菌によるアルカンの大量生産を実用化するためには、(1)～(3)の問題解決が必要不可欠である。

2. 研究の目的

大腸菌によるアルカンの大量生産の実用化に向けての問題を解決することで、アルカン生成に特化した大腸菌の創製を目的とする。

3. 研究の方法

大腸菌によるアルカンの大量生産の実用化には以下の問題を解決する必要がある。(1)アルカン合成に関わる2つの酵素(AARとAD)の活性が非常に弱い。(2)アルカン生成の基質となるアシル-ACPは脂肪酸合成経路のフィードバック制御を受けているため、大腸菌内で大量に生成することはできない。(3)アルカン生成の第一段階反応により生成するアルデヒドは、大腸菌の内在性酵素によるアルコール等に変換されるため、基質の全てがアルカンへと変換されない。そこで申請者は、以下の方法により研究を進めた。

(1)様々なラン藻由来のAAR、ADを用いて、その活性を比較し、最も活性の高いAARを探索する。並行して、高活性AAR、AD変異体取得を目指した進化分子工学的手法の確立を目指す。

(2)アルカン生成の基質となるアシル-ACPの生成を増強した大腸菌遺伝子破壊株の探索を行う。

(3)AARにより生成したアルデヒドを基質として競合する内在性酵素の遺伝子破壊株の作製を行う。

4. 研究成果

(1-1)様々なラン藻由来のAARからの高活性AARの探索

アルカン合成に関わる2つの酵素が同定されから、様々なラン藻からAARの遺伝子が報告されている。そこで、様々なラン藻由来のAARを用いて、大腸菌でADと共発現し、得られるアルカンの生成量を求め、AARの活性を比較した。その結果、*Synechococcus elongatus* PCC 7942(以下、7942AAR)由来のAARが最も高い活性を有することを明らかにした。さらに、7942AARのように海洋性由来のAARは主に炭素数16のアルデヒドを生成するのに対し、*Prochlorococcus marinus* MIT 9313(以下、9313AAR)のように淡水性由来のAARは主に炭素数18のアルデヒドを生成することを明らかにした。このことから、使用するAARを変えることで、目的に応じた炭素数のアルカン生成できる可能性が示唆された(発表論文、)。

(1-2)様々なラン藻由来のADからの高活性ADの探索

AARと同様に、様々な生物種由来のADを用いて、大腸菌でAARと共発現し、得られるアルカンの生成量を求め、その活性を比較した。その結果、最も高い活性を示すADが明らかとなった。本結果は未発表データであり、論文としてまとめたい報告する。

(1-3)主として炭素数18のアルデヒドを生成するAARの高活性変異体の創出

7942AARはアシル-ACPを基質として、主として炭素数18のアルデヒドを生成する。そこで、error-prone PCRを用いて約 10^3 種の変異体AARライブラリを調製した。本研究で構築した発光を指標とした細胞内アルデヒド生成量の評価法(研究成果(2)参照)により、コロニーの状態での発光量の経時変化と積算量を高感度化学発光撮影装置にて計測した。その結果、野生型AARの活性(アルデヒド生成量)を超える変異体AARのコロニーが100種以上得られた(図1参照)。

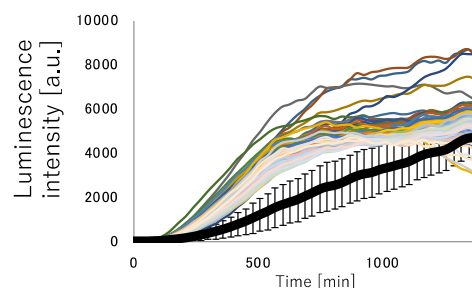


図1 野生型7942AAR(黒い太線)と発光量積算値TOP100の7942AAR変異体を有するコロニーに発光量の経時変化。野生型AARのエラーバーは標準偏差

(1-4)主として炭素数16のアルカン生成に寄与する変異体AARの高活性化

9313AARはアシル-ACPを基質として主として炭素数16のアルデヒドを生成する。そこで同様に 10^3 種の変異体AARライブラリを調製し、発光を用いた細胞内アルデヒド生成量の評価法により、各コロニーの発光の経時変化と積算量を計測した。その結果、野生型

AARの活性(アルデヒド生成量)を超える変異体AARのコロニー100種以上得られた(図2参照)。

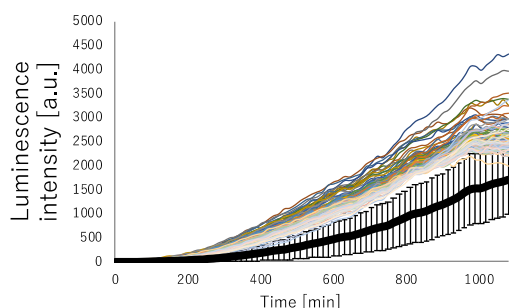


図2 野生型9313AAR(黒い太線)と発光量積算値TOP100の9313AAR変異体を有するコロニーに発光量の経時変化。野生型AARのエラーバーは標準偏差

(1-5) ギ酸の呈色反応を利用したADの活性の迅速評価法の構築

ADの酵素活性を迅速に測定するためには、AARとADを共発現した大腸菌培養液から、細胞破碎、抽出、GC-MSによる定量といった多段階プロセスにより多くの時間と労力を要する。そこで、申請者はADによるアルカン生成の副産物であるギ酸に着目した。AARとADを共発現した大腸菌培養液上清を用いて市販の呈色試薬によるギ酸の検出を試みた。しかしながら、野生型と低活性AD変異体とのアルカン生成量の有意な差を検出することができなかった。ギ酸の生成量が本試薬の検出限度以下、あるいは、大腸菌由来の因子による阻害により検出できなかったと思われる。ギ酸の検出反応を増幅させる新たな工夫が必要であることが示唆された。

(2) アルカン生産を増強する遺伝子破壊株の探索に必要な細胞内アルデヒド生成量のハイスループット検出法の構築

アルカン生成の基質となるアシル-ACPの生成は、脂肪酸合成経路においてフィードバック制御や転写因子による制御を受けているため、菌体内で大量に生成することはできない。そこで、大腸菌のランダム遺伝子破壊株ライブラリを作成し、そこからアシル-ACPの高生産を可能にする大腸菌遺伝子破壊株の網羅的探索を目指した。申請者は、大腸菌内でAARにより生成されたアルデヒドの量に応じて発光する大腸菌の開発を進めてきた。本評価法を用いて、寒天培地上のコロニーの発光をX線フィルムで検出していた。しかし、(a)コロニーとX線フィルムに距離があり、露光像に広がりが出る、(b)X線フィルムのダイナミックレンジが狭い、(c)発光の積算量しか測定できない、といった問題があり、一度に評価できる検体数に限りがあった。そこで、高感度化学発光撮影装置を導入することで、コロニーの状態、数 10^3 個もの変異体AARを有するコロニーの発光(変異体AARの活性)をリアルタイムで同時に計測、評価することが可能となった。実際、コロニーの状態、約 10^3 種の変異体AARのアルデヒド生成量を一晚で評価した結果(図

3)、発光量積算値TOP100の変異体AARを有する各コロニーの発光量経時変化は、いずれも野生型AARの発光量を有意に超えるものを選択することができた(図1、図2参照)。本検出法は、コロニーの発光を外部からモニターするだけで(非侵襲的手法)、 10^3 種を超える多検体の細胞内アルデヒド生成量をリアルタイム、かつ同時に検出・評価できる革新的手法である。本手法の確立により、トランスポゾンを用いた大規模な大腸菌ランダム遺伝子破壊株ライブラリから、高発光コロニー(アルデヒド生産増強株)の探索を飛躍的に加速できるようになった。(図3、論文執筆中)

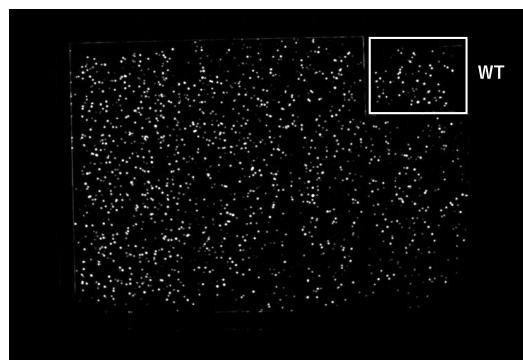


図3 野生型7942AAR(白色枠内)とその変異体AARのコロニーの発光の様子。各コロニーは変異体AARにより生成されるアルデヒド量に応じた発光量を示す。

(3) アルカン生成と競合する内在性酵素の遺伝子破壊株の創出

大腸菌のアシル-ACPを基質としてAARがアルデヒドを生成し、ADがこれを基質としてアルカンを生成する。しかし、アルデヒドを基質とする内在性酵素の競合反応により、得られるアルカンの量は減少する。そこで、現在、アルデヒドの還元に関わる遺伝子群の破壊を破壊することで、確実にアルカンの生成を増大させることを目指した。現在、長鎖アルデヒドを基質とする遺伝子の多重破壊株の創出を鋭意進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

Hisashi Kudo, Ryota Nawa, Yuuki Hayashi,

Comparison of aldehyde-producing activities of cyanobacterial acyl-(acyl carrier protein) reductases.

Biotechnology for Biofuels 9, 234 (2016), doi:10.1186/s13068-016-0644-5 査読有

新井宗仁、林勇樹、工藤恒

ラン藻由来アルカン合成関連酵素の高活性化と軽油生産性の向上

月刊ファインケミカル 46(2) 19-25 (2017), 査読無

〔学会発表〕(計55件)(その他9件)

(1)(招待講演1)岡芳樹、竹内恒、林勇樹、新井宗仁
「細胞内 GTP 定量センサーの開発」
第4回 KEK-筑波大連携セミナー「生命の機能とカタチ」
2018年3月7日(水)筑波大学(茨城県つくば市)
(2)(招待講演2)岡芳樹、竹内恒、林勇樹、新井宗仁
「細胞内 GTP 定量センサーの開発」
2017年度生命科学系学会合同年次大会(ConBio2017)ワークショップ「多角的解析からみえてくるGTPの新たな機能と人疾患への治療戦略」
2017年12月9日(土)神戸ポートピアホテル(兵庫県神戸市)
(3)(招待講演3)季高駿士、岡芳樹、林勇樹、新井宗仁
「c-Myb-KIX 間相互作用を阻害するペプチドの合理的設計」
第17回日本蛋白質科学会年会ワークショップ「タンパク質科学における理論と実験の協奏」
2017年6月22日(木)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(4)(招待講演4)吉崎慧、末松佑磨、季高駿士、榎原朋子、林勇樹、新井宗仁
「天然変性タンパク質 c-Jun と転写コアクチベータ CBP の KIX ドメインの相互作用」
第17回日本蛋白質科学会年会ワークショップ「天然変性領域及びマルチサブユニット複合体の機能解析」
2017年6月22日(木)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(5)(学会発表1)工藤恒、林勇樹、新井宗仁
「ラン藻由来アシル ACP 還元酵素の変異解析による炭水素合成量の向上」
日本農芸化学会 2018年度大会
2018年3月17日(土)名城大学(愛知県名古屋市)
(6)(学会発表2)和田愛未、林勇樹、新井宗仁
「進化分子工学によるフィチン酸加水分解酵素の低温活性向上」
日本農芸化学会 2018年度大会
2018年3月17日(土)名城大学(愛知県名古屋市)
(7)(学会発表3)岡芳樹、澤田泰平、渡辺尚大、工藤恒、和田愛未、河合秀信、張マリ、林勇樹、新井宗仁
「中性に近い pH で抗体を精製可能な新規アフィニティーカラムの開発」
2017年度生命科学系学会合同年次大会(ConBio2017)
2017年12月9日(土)神戸商工会議所(兵庫県神戸市)
(8)(学会発表4)Hisashi Kudo, Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Improving activity and solubility of

cyanobacterial enzymes for hydrocarbon biosynthesis" (英語)
第55回日本生物物理学会年会
2017年9月19日(火)熊本大学(熊本県熊本市)
(9)(学会発表5)Yoshiki Oka, Taihei Sawada, Takahiro Watanabe, Hisashi Kudo, Manami Wada, Hidenobu Kawai, Mari Chang, Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Rational design of a novel affinity ligand for antibody purification by controlling the pH-sensitive antibody interaction" (英語)
第55回日本生物物理学会年会
2017年9月19日(火)熊本大学(熊本県熊本市)
(10)(学会発表6)Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"In vivo real-time measurement of fatty aldehyde and its application" (英語)
第55回日本生物物理学会年会
2017年9月21日(木)熊本大学(熊本県熊本市)
(11)(学会発表7)Mari Chang, Keigo Shimba, Hisashi Kudo, Hidenobu Kawai, Yoshiki Oka, Manami Wada, Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Interaction between two enzymes essential for cyanobacterial alkane biosynthesis" (英語)
第55回日本生物物理学会年会
2017年9月21日(木)熊本大学(熊本県熊本市)
(12)(学会発表8)Masashi Nomura, Hisashi Kudo, Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Mutational analysis of amino acid residues important for the function of an enzyme for alkane biosynthesis" (英語)
第55回日本生物物理学会年会
2017年9月19日(火)熊本大学(熊本県熊本市)
(13)(学会発表9)Yuuki Hayashi, Junichi Inatomi, Yoshihiro Nomura, Manami Wada, Hisashi Kudo, Hidenobu Kawai, Yoshiki Oka, Yoshito Kawakita, Masaru Yabe, Tasuku Hamaguchi, Aya Takamori, Makoto Miyata, & Munehito Arai
"Structural analysis of the gliding protein Gli349 from Mycoplasma mobile by domain fragmentation"
International Symposium on "Harmonized supramolecular motility machinery and its diversity"
2017年9月13日(水)名古屋大学(愛知県名古屋市)
(14)(学会発表10)林勇樹、新井宗仁
「細胞内酵素活性の可視化によるアシル ACP 還元酵素の進化分子工学」
第69回日本生物工学会大会
2017年9月13日(水)早稲田大学(東京都新宿区)

(15)(学会発表 11) 工藤恒、名和良太、林勇樹、新井宗仁
「ラン藻由来アルカン合成関連酵素群の機能解析」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 21 日(水)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(16)(学会発表 12) 榎原朋子、林勇樹、工藤恒、河合秀信、岡芳樹、新井宗仁
「天然変性タンパク質 HIV-1 Tat の亜鉛と pH に依存した構造多様性」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 21 日(水)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(17)(学会発表 13) 吉崎慧、末松佑磨、季高駿士、榎原朋子、林勇樹、新井宗仁
「天然変性タンパク質 c-Jun と転写コアクチベータ CBP の KIX ドメインの相互作用」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 21 日(水)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(18)(学会発表 14) 和田愛未、林勇樹、新井宗仁
「進化分子工学によるフィチン酸塩加水分解酵素の活性向上」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 20 日(火)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(19)(学会発表 15) 岡芳樹(ポスター賞受賞)、澤田泰平、渡辺尚大、工藤恒、和田愛未、河合秀信、張マリ、林勇樹、新井宗仁
「合理的設計による新規抗体精製用アフィニティリガンドの開発」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 20 日(火)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(20)(学会発表 16) 張マリ、榛葉啓悟、林勇樹、新井宗仁
「ラン藻でのアルカン合成に必要な 2 つの酵素間の相互作用」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 20 日(火)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(21)(学会発表 17) 季高駿士、岡芳樹、林勇樹、新井宗仁
「c-Myb-KIX 間相互作用を阻害するペプチドの合理的設計」
第 17 回日本蛋白質科学会年会
2017 年 6 月 20 日(火)仙台国際センター(宮城県仙台市)
(22)(学会発表 18) Manami Wada (学生発表賞受賞)、Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"Improving activity of a phytate-hydrolyzing enzyme by directed evolution" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(23)(学会発表 19) Hisashi Kudo (学生発表賞受賞)、Ryota Nawa、Yuuki Hayashi、

Munehito Arai
"Structural and functional analysis of a cyanobacterial enzyme for alkane biosynthesis" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 26 日(土)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(24)(学会発表 20) Yuuki Hayashi、Yoshihiro Nomura, Manami Wada, Tasuku Hamaguchi, Aya Takamori, Masato Miyata, Munehito Arai
"Determination of domain boundaries and analysis of domain structures of the gliding protein Gli349 from Mycoplasma mobile" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 26 日(土)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(25)(学会発表 21) Masashi Nomura, Hisashi Kudo, Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"Alanine scanning mutagenesis reveals functional roles of conserved residues in an enzyme for alkane biosynthesis" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 26 日(土)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(26)(学会発表 22) Takuro Nobe, Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"NMR analysis of structural fluctuation of a highly active mutant of Escherichia coli dihydrofolate reductase" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 26 日(土)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(27)(学会発表 23) Shunji Suetaka, Yoshiki Oka, Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"Rational design of a peptide inhibitor of the c-Myb-KIX interaction" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 26 日(土)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(30)(学会発表 26) Yuma Suematsu (学生発表賞受賞)、Yuji O. Kamatari, Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"Structural dynamics of a cyanobacterial alkane synthase studied by NMR and molecular dynamics simulations" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(31)(学会発表 27) Yoshiki Oka, Taihei Sawada, Takahiro Watanabe, Hisashi Kudo, Manami Wada, Hidenobu Kawai, Mari Chang, Yuuki Hayashi、Munehito Arai
"Rational design of FPA, a ligand for antibody purification" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(32)(学会発表 28) Mari Chang, Keigo Shinba,

Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Search for the binding sites between two enzymes essential for cyanobacterial alkane biosynthesis" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(33)(学会発表 29) Tomoko Kuniyama, Yuuki Hayashi, Hisashi Kudo, Hidenobu Kawai, Yoshiaki Oka, Munehito Arai
"Conformational diversity in the intrinsically disordered HIV-1 Tat protein induced by zinc and pH" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(34)(学会発表 30) Keigo Shimba, Fumitaka Yasugi, Yuuki Hayashi, Munehito Arai
"Alanine scanning mutagenesis of a cyanobacterial alkane synthase" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(35)(学会発表 31) Satoru Yoshizaki, Tomoko Kuniyama, Yuuki Hayashi, and Munehito Arai
"Interaction of the intrinsically disordered c-Jun with the KIX domain of the transcriptional coactivator CBP" (英語)
第 54 回日本生物物理学会年会
2016 年 11 月 25 日(金)つくば国際会議場(茨城県つくば市)
(36)(学会発表 32) 工藤恒、名和良太、林勇樹、渡辺麻衣、池内昌彦、新井宗仁
「ラン藻由来アルカン合成関連酵素を利用したバイオエネルギー生産」
酵素工学研究会 第 76 回講演会
2016 年 10 月 7 日(金) 東京大学(東京都文京区)
(37)(学会発表 33) 林勇樹、新井宗仁
「脂肪酸アシル ACP 還元酵素の in vivo 迅速活性評価法の開発」
第 68 回日本生物工学会年次大会
2016 年 9 月 30 日(金) 富山国際会議場(富山県富山市)
(38)(学会発表 34) Tomoko Kuniyama, Yuuki Hayashi, Hisashi Kudo, Hidenobu Kawai, Yoshiaki Oka, Munehito Arai
"Structural analysis of the intrinsically disordered HIV-1 Tat protein"
ICMRBS2016 (27th International Conference on Magnetic Resonance in Biological Systems)
2016 年 8 月 23 日(火) 京都国際会館(京都府京都市)
(39)(学会発表 35) 林勇樹
「マイコプラズマ滑走タンパク質の構造ダイナミクス解析」
新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」第 4 回全体会議

2016 年 6 月 8 日(水) 長崎大学(長崎県長崎市)
(40)(学会発表 36) Yuuki Hayashi, Yoshihiro Nomura, Manami Wada, Munehito Arai
"Structural analysis of repeat domains in the Gli349 protein"
新学術領域「運動超分子マシナリーが織りなす調和と多様性」第 4 回全体会議
2016 年 6 月 8 日(水) 長崎大学(長崎県長崎市)
(41)(学会発表 37) 和田愛未、野村芳弘、林勇樹、稲富純一、工藤恒、河合秀信、岡芳樹、宮田真人、新井宗仁
「マイコプラズマ Gli349 タンパク質の立体構造解析」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 9 日(木) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)
(42)(学会発表 38) 岡芳樹、澤田泰平、渡辺尚大、林勇樹、新井宗仁
「合理的設計による抗体精製用リガンド FPA の開発」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 8 日(水) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)
(43)(学会発表 39) 張マリ、榛葉啓悟、林勇樹、新井宗仁
「ラン藻でのアルカン合成に必要な 2 つの酵素間の結合部位の探索」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 8 日(水) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)
(44)(学会発表 40) 梶原朋子、林勇樹、工藤恒、河合秀信、岡芳樹、新井宗仁
「天然変性タンパク質 HIV-1 Tat の立体構造解析」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 8 日(水) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)
(45)(学会発表 41) 末松佑磨、鎌足雄司、林勇樹、新井宗仁
「アルカン合成酵素 AD の NMR と分子動力学シミュレーションによるダイナミクス解析」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 8 日(水) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)
(46)(学会発表 42) 工藤恒、名和良太、林勇樹、新井宗仁
「ラン藻由来アルカン合成関連酵素の構造機能解析」
第 16 回日本蛋白質科学会年会
2016 年 6 月 7 日(火) 福岡国際会議場(福岡県福岡市)

6. 研究組織
(1) 研究代表者
林 勇樹 (HAYASHI Yuuki)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号: 90444059