

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H02112

研究課題名（和文）好熱菌における分岐鎖構造ポリアミンの作用機序

研究課題名（英文）Functional mechanisms of branched chain polyamines in thermophiles

研究代表者

藤原 伸介 (Fujiwara, Shinsuke)

関西学院大学・生命環境学部・教授

研究者番号：90263219

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：超好熱菌は分岐鎖ポリアミン（Branched chain polyamine: BCPA）を有する。細胞内ではBCPAは染色体DNAと細胞膜画分に存在し、特に定常期細胞で著量認められた。BCPAを合成できない超好熱菌変異株では、冷却ストレスの繰り返しで死滅したことから、環境中では、生存への関与が指摘された。また変異株ではヒドロゲナーゼ遺伝子をはじめいくつかの遺伝子で発現が抑制され、その制御は転写後に行われていることが示された。またBCPAの物性に注目し、固定化ビーズを作成したところ、BCPA磁気ビーズは効率的に核酸を回収した。またBCPA固定化金粒子はグラム陽性菌に顕著な抗菌性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超好熱菌は、生命の起源に最も近い現存生物と考えられている。超好熱菌のみが有する分岐鎖ポリアミンの機能解明は、生命誕生の仕組みを考える上でも意義深い。本研究はThermococcus kodakarensisを用い、分岐鎖ポリアミンを合成できない変異株を構築し、野生株と比較することで、本分子が温度変化の激しい環境で生き残るために必須の成分であることを明らかにした。また、分岐鎖ポリアミンは、核酸への親和性が高く、その固定化磁気ビーズは核酸回収に利用でき、グラム陽性菌に抗菌性を示すとともに枯草菌胞子の発芽も抑制した。極度な塩基性と特殊な構造を持つ分岐鎖ポリアミンには様々な利用性があることが示された。

研究成果の概要（英文）：Hyperthermophiles possess branched-chain polyamines (BCPAs). In this study, the biological role of BCPA was analyzed using Thermococcus kodakarensis. In the cytoplasm of T. kodakarensis, BCPA is detected in chromosomal DNA and the membrane fraction, particularly in stationary-phase cells. BCPA appears to be crucial for survival under environmental stress, as BCPA-deficient mutants did not survive repeated cooling stress. The expression of several genes, including the hydrogenase gene *hyhL*, was repressed in the mutant strain, indicating that *hyhL* expression is regulated at the post-transcriptional level. The highly positive charge properties of BCPA were also investigated, and BCPA-immobilized micro- and nano-beads were constructed. BCPA magnetic micro-beads efficiently recovered nucleic acids, and BCPA-immobilized gold nanoparticles exhibited significant antibacterial activity against Gram-positive bacteria.

研究分野：微生物学

キーワード：アーキア ポリアミン 超好熱菌

1. 研究開始当初の背景

80 以上で生育する高度好熱菌(超好熱菌)には通常のポリアミンに加え、4 価以上の長鎖ポリアミン(LCPA)、分岐鎖構造をもつ分岐鎖ポリアミン(BCPA)が存在する。BCPA は特殊なアミノプロピル基転移酵素(BpsA)によってスペルミジン(SPD)から作られる^{1,2)}。BCPA には DNA を高度に凝集させる効果がある^{3,4)}。自然界の熱水環境は、必ずしも富栄養な環境ではなく、温度変化も激しい。超好熱菌細胞は子孫を残すために、このような環境で無駄な生育を抑え、適応進化してきた。BCPA が結合することで染色体は凝集し、遺伝子発現は抑制されたと思われる。BCPA の結合した A 型 DNA 二本鎖は開鎖状態になりにくく、複製、転写も抑えられたと推察される。BCPA が外れると、局所的に B 型構造への変換がなされ、核酸関連タンパク質が結合すると想像できる。超好熱菌の BCPA にはアセチル体(AcBCPA)が存在する⁵⁾。AcBCPA は核酸との親和性が低下し、DNA から解離することで、B 型 DNA への転移が起こると予想される。このアセチル化酵素は特定されていない。超好熱菌 *T. kodakarensis* の BCPA 合成酵素遺伝子を欠いた変異株は、高温(90 以上)での生育が悪く、鞭毛を形成しない⁶⁾。実際、鞭毛遺伝子の発現は BCPA に依存して起こる。またヒドロゲナーゼ HyhL もこの変異株では発現しない。つまり BCPA はゲノム DNA の全体構造に影響を与えながら、特異的な遺伝子には作用し、遺伝子の発現制御を行っていると推察される。超好熱菌には BCPA を持たないものがある。これらは BCPA にかわってノルスペルミンを有し、一部はさらに長鎖ポリアミン(LCPA)を持つ。LCPA は窒素の部位で折れ曲がることで、BCPA とほぼ同じ大きさの三角錐構造をとることができるが、B 型 DNA 構造を A 型構造に変換しない。LCPA の前駆物質となるノルスペルミンの合成経路は未解明であり、この酵素は特定されていない。LCPA も BCPA も超好熱菌に特有な分子だが、BCPA は LCPA よりも核酸に対する親和性が高く、構造的な特殊性から細胞膜への作用も考えられる。SPD を用いた carbon quantum dots (CQD) は細菌の表層に働きかけ、抗菌性を示す⁷⁾。BCPA の特殊な構造を残しながら固定化したビーズは高い核酸吸着性や細菌に対する抗菌性がみられても不思議ではない。

2. 研究の目的

- (1) BCPA の局在性解析とストレス下における BCPA の生理的意義
- (2) 被制御遺伝子の特定及び分岐鎖ポリアミンの作用機序
- (3) アセチル化酵素の探索
- (4) LCPA と BCPA の合成酵素の作用機序の比較
- (5) BCPA 固定化ビーズの作成とその利用

3. 研究の方法

- (1) BCPA の局在性解析とストレス化における BCPA の生理的意義

T. kodakarensis KU216 株を 85 で培養し、超音波破碎した後、可溶性画分を細胞質画分として、そこから DNA を回収し染色体 DNA 画分とした。不溶性画分を膜画分としてポリアミン量を分析した。*T. kodakarensis* KU216 株を宿主にし、分岐鎖合成酵素遺伝子を欠損した変異株 DBP1 (*bpsA*) を構築した。さらに長鎖ポリアミン合成酵素遺伝子である *speE* 遺伝子を *Pyrobaculum calidifontis* から取得し、*T. kodakarensis* に移入した変異株 KPS (*bpsA::Pc-*

*speE*を構築した。これらの株を 85 °C で定常期まで培養し、増殖した細胞を、30 分間氷冷し、再び 85 °C で培養した。この作業を繰り返し、固形培地に塗布して生菌数を測定した。また *T. kodakarensis* は海洋性超好熱菌である。そこで *bpsA* 遺伝子を海洋性珪藻 *Thalassiosira pseudonana* に導入し珪藻の被殻形状に与える影響を検証した。

(2) 被制御遺伝子の特定及び分岐鎖ポリアミンの作用機序

DBP1 株の培養細胞から S30 画分を抽出し、T7RNA ポリメラーゼで試験管内合成した *hyhL* 遺伝子の mRNA を用いて試験管内翻訳を行った。その際に BCPA と SPD を添加し、翻訳効率に及ぼす影響を調べた。HyhL タンパク質の検出は抗 HyhL 抗体を使用し、ウエスタンブロット法にて行った。

(3) アセチル化酵素の探索

T. kodakarensis の細胞内から、BCPA とアセチル CoA を基質としてアセチル化された BCPA (AcBCPA) を合成する画分を分取した。さらに各種クロマトグラフィーで酵素の精製と同定を試みた。

(4) LCPA と BCPA の合成酵素の作用機序の比較

LCPA の合成酵素として超好熱菌 *Pyrobaculum calidifontis* の *Pc-SpeE* を用いた。*Pc-SpeE* を組換え体として取得し、結晶化の後、構造解析を行った。*Pc-SpeE* の様々な基質に対する活性を比較し、BCPA 合成酵素 *BpsA* と比較した。

(5) BCPA 固定化ビーズの作成とその利用

ポリアミンは核酸や膜脂質の表面に静電的に作用しやすい。BCPA 及び SPD を固定化したマイクロ粒子、ナノ粒子を作成し、核酸に対する親和性、細菌に対する抗菌活性を比較した。マイクロ粒子は NHS 磁気ビーズを、ナノ粒子として 30nm の NHS 金ナノ粒子を選び、BCPA と SPD を固定化して性質を比較した。抗菌性は *Kocuria rhizophila* (旧学名 *Micrococcus luteus*)、大腸菌 (*Escherichia coli*)、枯草菌 (*Bacillus subtilis*)、枯草菌の孢子、分裂酵母 (*Schizosaccharomyces pombe*) を用いた。

4 . 研究成果

(1) BCPA の局在性解析とストレス化における BCPA の生理的意義

細胞内では BCPA は染色体 DNA と細胞膜画分に存在し、特に定常期細胞で著量認められた。BCPA を合成できない変異株 DBP1 では、冷却ストレスの繰り返しで死滅した。一方で KPS 株も、KU216 株に比べて生存率が顕著に低下した。BCPA は細胞膜脂質に結合することで細胞表層構造を安定化していると予想される。また海洋性珪藻 *Thalassiosira pseudonana* に、BCPA 合成酵素遺伝子である *bpsA* を導入したところ、被殻の形状に変化がみられた⁸⁾。これはこの珪藻が持っている長鎖ポリアミンに分岐構造が導入されることで生じた形状変化と考えられる。

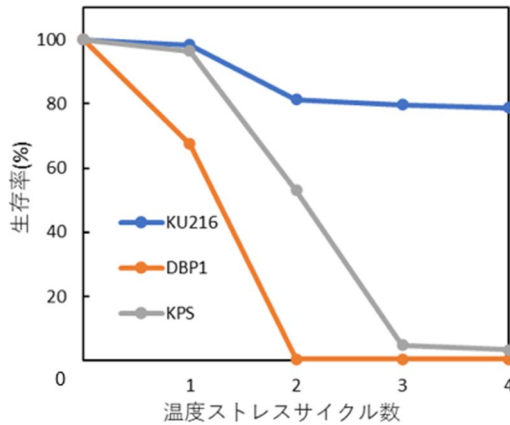


図. 温度ストレスに伴う生菌数変化

BCPA を合成する KU216 株、BCPA を合成できない変異株 DBP1 (*bpsA*)、BCPA の代わりに LCPA を合成する変異株 KPS (*bpsA::Pc-speE*) を 85 で定常期まで培養し、氷冷を 30 分間行い、再び 85 に戻して 30 分間培養した。これを 1 サイクルとし、繰り返し処理後に固形培地でコロニーを形成させ生存率を算出した。

(2) 被制御遺伝子の特定及び分岐鎖ポリアミンの作用機序

hyhL 遺伝子は DBP1 株では mRNA 量が増加しているにも関わらず、HyhL タンパク質が消失していた⁶⁾。このことから BCPA は *hyhL* 遺伝子の翻訳に必須と推察した。この現象を試験管内で再現するために DBP1 株から得た S30 画分を用いて試験管内翻訳を試みた。BCPA の濃度に依存して HyhL タンパク質が発現し、著量の BCPA で HyhL 量は減少した。ただし BCPA に依存しないで発現する他の遺伝子でも同様の結果となり、*hyhL* 遺伝子の発現を特異的に反映していない結果となった。BCPA は転写活性にも影響を及ぼす⁹⁾。アーキアの遺伝子発現は転写と翻訳が共役して起きていることから、*hyhL* 遺伝子の BCPA による制御を試験管内で実現するためには、転写翻訳共役系による検証が必要と思われる。

(3) アセチル化酵素の探索

T. kodakarensis の細胞内から、硫酸分画、イオン交換、ゲル濾過クロマトグラフィーでアセチル化酵素の精製を試みたが、活性の濃縮を伴う精製は達成されなかった。また AcBCPA の脱アセチル化酵素の精製も試みたが、タンパク質同定に十分な純度の精製がなされなかった。これら酵素に関しては疎水法、ヒドロキシアパタイト法など他のクロマトグラフィーによる試みが必要である。

(4) LCPA と BCPA の合成酵素の作用機序の比較

アミノ酸配列に基づいた進化系統樹をみると、超好熱菌 *Pyrobaculum calidifontis* の *Pc-SpeE* 等の直鎖ポリアミンを合成する酵素と *Tk-BpsA* (TK1691) 等の分岐型ポリアミン合成酵素 (アミノプロピル基転移酵素) 群とは明確に異なる枝に位置する。また直鎖ポリアミンを合成する酵素群の中でも、*T. kodakarensis* (TK0147) や大腸菌由来の酵素とも別の枝に位置しており、長直鎖ポリアミン合成酵素と同じ枝に属する。本研究では *P. calidifontis* の *Pc-SpeE* を組換え体として取得した。*Pc-SpeE* はスペルミジンと脱炭酸 S-アデノシルメチオニン (dcSAM) からサーモスペルミンとスペルミンを合成した。またアミノプロピルアグマチンとノルスペルミジンを基質として用いた場合に高い活性が確認された¹⁰⁾。一方でプトレシンに対する親和性は低く、プトレシンは活性部位に安定に結合しないことが構造解析からも示された。これらの特徴は BCPA 合成酵素 *BpsA* がスペルミジンに高い親和性を示し、ピンポン反応でアミノプロピル基の転移を行うプロセスとは異なる²⁾。また *P. calidifontis* の無細胞抽出物を用いた酸化分解により、サーモスペルミンからノルスペルミジンが生成されたが、1,3-ジアミノプロパンは検出されなかつ

た。これらの結果から、サーモスペルミンは主にアルギニンからアグマチン、アミノプロピリアグマチン、スペルミジンを経て生成されることが示唆された。ノルスペルミジンは未知のポリアミンオキシダーゼ/デヒドロゲナーゼによりサーモスペルミンから生成され、次いで *Pc-SpeE* によりノルスペルミンが合成されていると考えられる。*T. kodakarensis* も *P. calidifontis* もアグマチンを生育に要求する。アグマチンはアルギニンの脱炭酸で合成されるが¹¹⁾、これらアーキアの脱炭酸酵素と同じくピルポイル型のアルギニン脱炭酸酵素が、真核微生物の麹菌 (*Aspergillus oryzae*) でも確認された¹²⁾。

(5) BCPA 固定化ビーズの作成とその利用

BCPA 磁気ビーズは核酸に対する親和性が高く、DNA を効率的に回収した。回収された DNA はヌクレオチドで遊離することも示された。核酸合成酵素の反応におけるポリアミンの影響を比べると、BCPA の方がより低濃度で阻害効果が見られた。これは親和性の違いに起因すると考えられる。また 30nm の NHS 金ナノ粒子を用いて作成した Au-BCPA と Au-SPD 粒子を用いて抗菌性を調べたところ、*K. rhizophila*、*E. coli*、*B. subtilis* に対して生育抑制活性を示した。特にグラム陽性菌である *K. rhizophila*、*B. subtilis* に対する抗菌性は高かった。また *B. subtilis* 胞子を用いた検証では発芽の抑制がみられた。その一方で、分裂酵母 (*S. pombe*) の生育抑制はみられなかった。酵母はキチン質の細胞壁を有しており、BCPA に対する感受性が低いことが考えられる。

引用文献

- 1) Okada, K. et al., J. Bacteriol. 196, 1866 (2014)
- 2) Hidese, R. et al., FEBS J. 284, 3684 (2017)
- 3) Muramatsu, A. et al., J. Chem. Phys. 145, 235103 (2016)
- 4) Nishio, T. et al., Chem. Phys. Chem. 19, 2299 (2018)
- 5) Hidese, R. et al., Biosci. Biotechnol. Biochem. 81, 1845 (2017)
- 6) Fukuda, W. et al., Amino Acids, 52, 287 (2020)
- 7) Li, Y. J. et al., Adv. Healthc Mater. 5, 2545 (2016)
- 8) Shimokawa, G. et al., Appl. Environ. Microbiol. 88, (2022)
- 9) Yamori, T. et al., Amino Acids 52, (2020)
- 10) Fukuda, W. et al., Catalysts 12, 567, 1-13 (2022)
- 11) Fukuda, W. et al., FEMS Microbiol. Lett., 287, 113 (2008)
- 12) Murakami, Y. et al., Appl. Environ. Microbiol. (2024) in press

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shimakawa Ginga, Katayama Shota, Tsuji Yoshinori, Yoneda Kohei, Fukuda Wakao, Fujiwara Shinsuke, Matsuda Yusuke	4. 巻 88
2. 論文標題 Immobilization of a Broad Range of Polypeptides on the Frustule of the Diatom <i>Thalassiosira pseudonana</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied and Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/aem.01153-22	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 Fukuda Wakao, Osaki Mamoru, Yasuda Yusuke, Hidese Ryota, Higuchi Tsunehiko, Umezawa Naoki, Fujiwara Shinsuke, Mizohata Eiichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Substrate Specificity of an Aminopropyltransferase and the Biosynthesis Pathway of Polyamines in the Hyperthermophilic Crenarchaeon <i>Pyrobaculum calidifontis</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 567-567
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal12050567	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 Juma Kevin Maafu, Takita Teisuke, Yamagata Masaya, Ishitani Mika, Hayashi Kaichi, Kojima Kenji, Suzuki Koichiro, Ando Yuri, Fukuda Wakao, Fujiwara Shinsuke, Nakura Yukiko, Yanagihara Itaru, Yasukawa Kiyoshi	4. 巻 49
2. 論文標題 Modified <i>uvrY</i> by N-terminal hexahistidine tag addition enhances efficiency of recombinase polymerase amplification to detect SARS-CoV-2 DNA	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Molecular Biology Reports	6. 最初と最後の頁 2847-2856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11033-021-07098-y	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 Juma Kevin Maafu, Inoue Eisuke, Asada Kengo, Fukuda Wakao, Morimoto Kenta, Yamagata Masaya, Takita Teisuke, Kojima Kenji, Suzuki Koichiro, Nakura Yukiko, Yanagihara Itaru, Fujiwara Shinsuke, Yasukawa Kiyoshi	4. 巻 135
2. 論文標題 Recombinase polymerase amplification using novel thermostable strand-displacing DNA polymerases from <i>Aeribacillus pallidus</i> and <i>Geobacillus zalihae</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	6. 最初と最後の頁 282-290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2023.01.009	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 Murakami Yui, Ikuta Soichiro, Fukuda Wakao, Akasaka Naoki, Maruyama Jun-ichi, Shinma Shuichi, Fukusaki Eiichiro, Fujiwara Shinsuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Identification and enzymatic properties of arginine decarboxylase from <i>Aspergillus oryzae</i>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Applied and Environmental Microbiology	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) 10.1128/aem.00294-24	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 Juma Kevin Maafu, Murakami Yuto, Morimoto Kenta, Takita Teisuke, Kojima Kenji, Suzuki Koichiro, Yanagihara Itaru, Ikuta Soichiro, Fujiwara Shinsuke, Yasukawa Kiyoshi	4. 巻 -
2. 論文標題 Achieving unprecedented stability in lyophilized recombinase polymerase amplification with thermostable pyruvate kinase from <i>Thermotoga maritima</i>	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Bioscience and Bioengineering	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) 10.1016/j.jbiosc.2024.04.003	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 -

〔学会発表〕 計26件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Shinsuke Fujiwara
2. 発表標題 Biological Role of Branched-chain Polyamines in Survival of Hyperthermophiles under Extremal Conditions
3. 学会等名 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kazuha Maekawa, Mamoru Osaki, Sooichiro Ikuta, Wakao Fukuda and Shinsuke Fujiwara
2. 発表標題 Exploring Novel Thermospermine Oxidase in Thermophilic Archaeon <i>Pyrobaculum calidifontis</i> .
3. 学会等名 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Emi Kawamori, Himari Aoki, Tomoki Inoue, Kouhei Yamanaka, Yusuke Hirota, Sadahiro Masuo, Itaru Yanagihara and Shinsuke Fujiwara.
2. 発表標題 Applications of Branched-Chain Polyamine Bound Micro and Nano-Particles: DNA Recovery and Antimicrobial Activity
3. 学会等名 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Riko Satake, Himari Aoki and Shinsuke Fujiwara.
2. 発表標題 Role of branched-chain polyamines in survival of hyperthermophiles under stressed conditions.
3. 学会等名 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前川和葉, 福田青郎, 生田宗一郎, 跡見晴幸, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Pyrobaculum calidifontis</i> におけるノルスペルミン生合成経路の特定.
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第14回年会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Wakao Fukuda, Ryota Hidese and Shinsuke Fujiwara.
2. 発表標題 Enzymatic Characteristics of Aminopropyltransferases in Hyperthermophilic Microorganisms: Comparative Analysis of Branched Chain Polyamine and Norspermine Synthesis.
3. 学会等名 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前川和葉, 福田青郎, 生田宗一郎, 跡見晴幸, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Pyrobaculum calidifontis</i> におけるノルスベルミン生合成経路
3. 学会等名 ポリアミンと核酸の共進化第20回合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木陽菜璃, 生田宗一郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Thermococcus kodakarensis</i> の生育時期依存的な細胞内ポリアミンの変動と 染色体 DNA 構造への影響
3. 学会等名 ポリアミンと核酸の共進化第20回合同シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐竹梨子, 小西正隆, 福田青郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Thermococcus kodakarensis</i> のヒドロゲナーゼ <i>hyhL</i> 遺伝子翻訳における分岐鎖ポリアミンの役割
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第13回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村上優衣, 吉岡美紗, 赤坂直紀, 福田青郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 黄麹菌が持つアルギニン脱炭酸酵素の機能解析
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第13回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 青木陽菜璃, 田中誠仁, 前川和葉, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌の生育時期依存的な細胞内ポリアミンの変動とゲノム DNA 構造への影響
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第13回年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田中誠仁, 福田青郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Thermococcus kodakarensis</i> の生育時期依存的な細胞内ポリアミンの変動
3. 学会等名 極限環境生物学会第23回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上 優衣, 吉岡 美紗, 赤坂 直紀, 福田 青郎, 藤原 伸介.
2. 発表標題 黄麹菌 <i>Aspergillus oryzae</i> が持つアグマチン合成酵素の機能解析
3. 学会等名 第95回日本生化学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上 瑛介, Kevin Maafu Juma, 滝田 禎亮, 保川 清, 柳原 格, 藤原 伸介, 福田 青郎.
2. 発表標題 耐熱性DNAポリメラーゼの鎖置換に関する領域の比較解析
3. 学会等名 第95回日本生化学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田青郎, 尾崎守, 梅澤直樹, 樋口恒彦, 藤原伸介, 溝端栄一.
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Pyrobaculum calidifontis</i> におけるポリアミンの分解と合成
3. 学会等名 日本Archaea研究会第34回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安藤友理, 村上雄人, 福田青郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 耐熱性ヘリカーゼと一本鎖 DNA 結合タンパク質を用いた等温核酸増幅技術の開発
3. 学会等名 日本Archaea研究会第34回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 花野優也, 福田青郎, 藤原伸介.
2. 発表標題 S-layer 様タンパク質が <i>Thermococcus kodakarensis</i> の浸透圧ストレス耐性に与える影響
3. 学会等名 日本Archaea研究会第34回講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 棚倉 有哉, 福田 青郎, 柳原 格, 呉 恒寧, 藤原 伸介.
2. 発表標題 酢酸菌を宿主としたウレアプラズマ由来タンパク質発現の試み
3. 学会等名 第74回生物工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村上 優衣, 吉岡 美紗, 赤坂 直紀, 福田 青郎, 藤原 伸介.
2. 発表標題 Aspergillus oryzae のアルギニン脱炭酸酵素の同定
3. 学会等名 第74回生物工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 尾崎守, 小林正樹, 若森晋之介, 村上慧, 福田青郎, 藤原伸介
2. 発表標題 超好熱菌が有する特殊構造ポリアミンがタンパク質発現に与える影響
3. 学会等名 日本 Archaea 研究会第33回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田青郎, 尾崎守, 溝端米一, 小林正樹, 藤原伸介
2. 発表標題 超好熱菌Pyrobaculum calidifontisのポリアミン生合成経路
3. 学会等名 日本 Archaea 研究会第33回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田萌子, 福田青郎, 藤原伸介
2. 発表標題 超好熱菌由来分岐鎖ポリアミンによるタンパク質の安定化効果
3. 学会等名 日本生物工学会第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣田裕介, 福田青郎, 山内光陽, 増尾貞弘, 岡本裕也, 柳原格, 林翰佳, 藤原 伸介
2. 発表標題 高い正電荷数を有する分岐鎖ポリアミンを用いた抗菌剤の開発
3. 学会等名 日本生物工学会第73回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小西正隆, 尾崎守, 福田青郎, 藤原伸介
2. 発表標題 超好熱菌遺伝子の分岐鎖ポリアミン依存的翻訳機構
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第12回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田青郎, 尾崎守, 溝端栄一, 小林正樹, 藤原伸介
2. 発表標題 超好熱菌 <i>Pyrobaculum calidifontis</i> のポリアミン合成酵素の特性
3. 学会等名 日本ポリアミン学会第12回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinsuke Fujiwara
2. 発表標題 What we learned by culturing hyperthermophilie at low temperature.
3. 学会等名 Astrobiology Center, NINS, Symposium 2021, The frontier research of inside and beyond Solar System, and Heat in the phenomena of life (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 藤原伸介著、伊藤 政博, 鳴海 一成, 道久 則之編	4. 発行年 2023年
2. 出版社 NTS	5. 総ページ数 504
3. 書名 超好熱菌の低温ストレス応答、極限環境微生物の先端科学と社会実装の最前線	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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	福田 青郎 (Fukuda Wakao) (30421283)	関西学院大学・生命環境学部・研究員 (34504)	

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1件

国際研究集会 International Conference on the Biological Roles of Polyamines 2024, 7th Yamada Symposium	開催年 2024年 ~ 2024年
---	----------------------

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
---------	---------