

令和 4 年 4 月 11 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06925

研究課題名（和文）好熱菌細胞を利用した耐熱化酵素のハイスループット創出

研究課題名（英文）High through-put generation of thermostable enzymes in thermophile cells

研究代表者

鈴木 宏和（SUZUKI, Hirokazu）

鳥取大学・工学研究科・准教授

研究者番号：80462696

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：生物は、生命活動に必要な多様な酵素を生産する。酵素は、反応特異性と立体選択性をもつ優れた触媒として、様々な産業分野において利用することができる。しかし、酵素は概して壊れやすく不安定で、実用化しにくい。そこで本研究では、常温高活性の不安定酵素から常温高活性の耐熱化（安定化）変異酵素を、簡単に創るための基盤技術を研究した。その成果として、変異酵素群の効果的な発生法や、耐熱化変異酵素の簡便な探索法を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、耐熱化酵素群の大規模かつ高速な創出（ハイスループット化）を可能にする。将来的には、耐熱化酵素の創出を半自動化させることも可能かもしれない。耐熱化酵素のハイスループット創出は、有用酵素の耐熱化（安定化）ひいては産業界における実用化を飛躍的に促進させる。従来不可能であった有用酵素の実用化は、新たな有用物質（医薬品や化成品）の生産や新産業創成など様々な波及効果をもたらす。よって本成果は、地域活性化を含む幅広い社会貢献につながるものである。

研究成果の概要（英文）：Organisms produce diverse enzymes for metabolism. Enzymes serve as excellent catalysts that exhibit substrate and steric specificities and can be used in various industrial fields. However, enzymes are generally instable even under temperate conditions where organisms survive, and therefore, numerous enzymes cannot be industrially utilized despite having beneficial catalytic activities. In this study, we developed new platforms to generate thermostable (stable) enzyme variants from instable enzymes. The outcomes include not only efficient approaches to generate random mutant libraries that use thermophilic cells as host but also those to screen thermostable enzyme variants in the libraries.

研究分野：酵素工学

キーワード：好熱菌 ジオバチラス 耐熱化酵素 変異ライブラリ スクリーニング 進化工学 酵素利用

1. 研究開始当初の背景

酵素は、反応特異性と立体選択性をもつ優れた触媒であるが、常温菌由来の酵素は熱変性しやすく不安定で、実用化しにくい。一方、高度(超)好熱菌由来の耐熱性酵素は、熱変性しにくく安定であるが、これらは常温での活性が概して低い。このことから、酵素触媒を常温で利用したい分野(バイオセンサー、医療診断、化成品合成、および環境浄化プロセスなど)では、常温高活性の不安定酵素から常温高活性の耐熱化(安定化)変異酵素を創ることが、しばしば求められる。また高温下での使用が理想とされる有用酵素が、好熱菌からは同定されないことも多く、このような酵素についても耐熱化が求められる。耐熱化変異酵素は、対象酵素のランダム変異ライブラリを選別(スクリーニング)することで得られることがある。しかし、それには膨大な数の酵素標品を調製し、さらには各酵素の耐熱性や活性を詳細に分析しなければならず、その作業は容易ではない。これを背景に求められるのが、常温高活性の不安定酵素から常温高活性の耐熱化変異酵素を簡単に創る技術である。

研究代表者らは、好熱菌(*Geobacillus kaustophilus* HTA426)細胞内で耐熱化変異酵素を発生させる手法を研究してきた。本手法では、まず対象遺伝子を好熱菌に導入し、細胞内の自発的変異を利用しながら変異遺伝子を発生させる。それと同時に、対象遺伝子の発現産物(酵素)の活性に依存した生育選択圧をかけることで、高温培養下でも活性を示す(すなわち耐熱化された)変異酵素を産生する好熱菌細胞を選別する。例えば、抗生物質を分解する酵素の耐熱化変異体は、抗生物質を含む培地中で好熱菌を培養することで取得できた¹⁻⁴。*G. kaustophilus*の幅広い生育温度から、常温から高温にかけての幅広い耐熱性選択圧がかけられる。さらに高変異性株(*G. kaustophilus* MK480)の開発にも成功しており¹、これらの点は*G. kaustophilus*を宿主にする大きな長所である。本手法は、耐熱化変異酵素の創出を自動化できる可能性も秘めており、その発展性は大きい。耐熱化変異酵素の選別が酵素活性に依存するため、適用できる対象酵素が少ないという弱点があった。

2. 研究の目的

上述した研究過程において代表者は、当該好熱菌について(1)上流遺伝子に由来する酵素が耐熱化すると下流遺伝子に由来する酵素の生産量が変化する、ならびに(2)耐熱性でない酵素の生産に依存して発現が変動する遺伝子がある、ことを見出した。これらの現象を追究すれば、好熱菌内で発生した耐熱化変異酵素を蛍光レポーター分析によって容易に検出できるようになると期待できる。本研究では、耐熱化変異酵素創出のハイスループット化を目指し、好熱菌細胞内で発生した耐熱化変異酵素を、好熱菌の特性を利用した蛍光レポーター分析によって選別する手法の確立を目的とした。

3. 研究の方法

好熱菌内で発生した耐熱化変異酵素を、蛍光レポーターによってスクリーニングする以下3つの手法を設計した(図1)。枯草菌由来の核酸合成酵素(BSPyrF_A)と、先行研究で得た耐熱化変異体(BSPyrF_V)をモデル酵素に利用しながら、各手法の有効性を検証した。

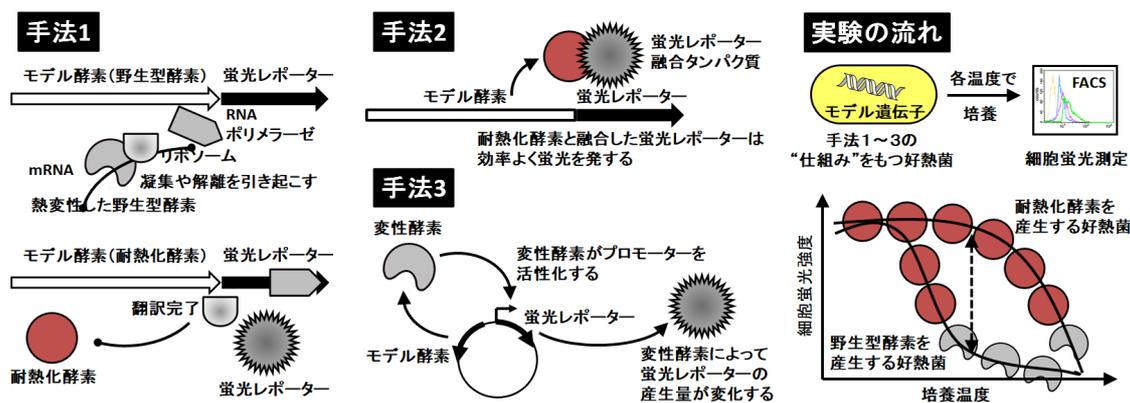


図1 検証実験の流れ

- (1) 蛍光レポーター直列法(手法1): 対象酵素遺伝子を上流に、蛍光レポーター遺伝子を下流に配置し、好熱菌内で生産させる。当該好熱菌は原核生物であるため、mRNA転写中に翻訳も進行する。上流遺伝子からの酵素が翻訳中に熱変性した場合、転写中のmRNAやリボソームを巻き込みながら凝集するため、下流蛍光レポーターの産生が低下すると考えた。上流遺伝子からの酵素が耐熱化すると、細胞蛍光強度が上がることを期待した手法である。
- (2) 蛍光レポーター融合法(手法2): モデル酵素と蛍光レポーターが融合するように各遺伝子

を配置し、好熱菌中で生産させる。対象酵素が熱変性した場合は、蛍光レポーターと共に分解されるため細胞蛍光強度が低くなり、対象酵素が耐熱化した場合は、蛍光レポーターが安定に存在するため、細胞蛍光強度が高くなると考えた。

- (3) 蛍光レポーター変性応答法 (手法 3): これまでの研究で、変性酵素にตอบสนองして生産が変動する好熱菌遺伝子を見出した。それら遺伝子のプロモーター領域と蛍光レポーター遺伝子を連結し、それと共にモデル酵素を好熱菌内で生産させる。プロモーターの特性と対象酵素の耐熱性に応じて、蛍光レポーターの生産が変動することを期待した手法である。

4. 研究成果

当初に設計した3つのスクリーニング法について、以下の知見を得た。加えて、細胞内自発変異に依存せずに好熱菌ライブラリを構築するシステムと、好熱菌中に産生された耐熱化変異酵素をタグもしくは継代培養によって選別する手法も開発した。研究成果の全容を図2に示す。

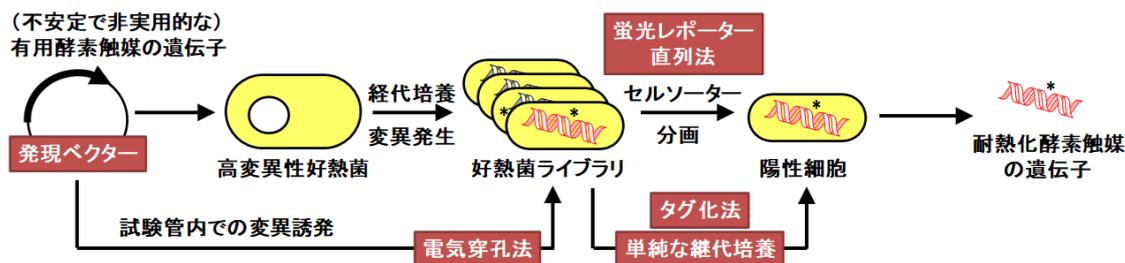


図2 本研究で可能になったこと (主な成果を四角で囲ってある)

- (1) 蛍光レポーター直列法 (好熱菌宿主): BSpyrF_A と BSpyrF_V の遺伝子下流に蛍光タンパク質 (Venus) 遺伝子を配置したレポータープラスミドを構築した。得られたプラスミドを好熱菌 (*G. kaustophilus* MK242) に導入し、50 ~ 65 °C で培養した。それらの細胞蛍光強度を測定したところ、より低温で培養するほど蛍光強度が高く、より高温で培養するほど蛍光強度が低くなることを見出した。試験管内において Venus は 70 °C でも長時間安定であったことから、この差は Venus の生産効率を反映したと考えられる。上流遺伝子の相違、すなわち BSpyrF_A と BSpyrF_V の耐熱性の相違と 細胞蛍光強度の間に相関性は見られなかったが、その理由として BSpyrF 遺伝子内にリボソーム結合配列がある可能性を考えた。リボソーム結合配列があると、上流遺伝子からの連続した翻訳に加え、*venus* 直上からも翻訳が進行する。後者の翻訳は、上流遺伝子の発現産物の影響を受けないため、細胞蛍光強度の差異を小さくしてしまう。そこで BSpyrF 遺伝子の終止コドン直上に、開始コドン的人為的に挿入してみた。この場合、*venus* 直上からの翻訳は当該開始コドンから始まり、蛍光レポーターとはフレームがずれた短いペプチドが合成される。このような発現カセットをもつプラスミドを好熱菌に導入し、細胞蛍光強度を測定したところ、全体的に蛍光値は低くなった。よって *venus* 直上からの翻訳も進行しており、人為的な開始コドン挿入は、その抑制に有効であったと考えられる。ただし本解析においても、BSpyrF_A 産生株と BSpyrF_V 産生株の細胞蛍光強度に差異は見られなかった。
- (2) 蛍光レポーター直列法 (大腸菌宿主): 好熱菌を宿主とした蛍光レポーター直列法により耐熱性を識別できなかった理由として、BSpyrF_A と BSpyrF_V が 50 °C 以上で同様に変性する (もしくはフォールディングが同程度に不効率である) 可能性を考えた。そこで大腸菌を宿主とした蛍光レポーター直列法を検証するために、BSpyrF_A と BSpyrF_V の遺伝子下流に蛍光タンパク質 (sfGFP) 遺伝子を配置し、得られたプラスミドを大腸菌に導入した。37 °C で培養した後、細胞蛍光強度を測定したところ、上流に BSpyrF_V 遺伝子を配置した方が、BSpyrF_A 遺伝子を配置された場合よりも、細胞蛍光が高くなった。本結果は、蛍光レポーター直列法は耐熱化変異酵素のスクリーニングに有効である可能性を示す。重要なことは宿主の選択で、対象酵素の耐熱性が高い場合には好熱菌を宿主とし、耐熱性が低い場合には大腸菌を宿主とすると良いと結論した。
- (3) 蛍光レポーター融合法: BSpyrF_A もしくは BSpyrF_V が Venus と融合タンパク質として産生されるような遺伝子を配置し、得られたプラスミドを好熱菌 (*G. kaustophilus* MK242) に導入した。50 ~ 65 °C で培養し、細胞蛍光強度を測定したが、細胞蛍光強度に差異は見られなかった。この結果から、蛍光レポーター融合法は耐熱性を識別に利用しにくいことが明らかとなった。
- (4) 蛍光レポーター変性応答法: BSpyrF_A と BSpyrF_V を産生する *G. kaustophilus* MK242 の RNA シークエンス (RNAseq) から、BSpyrF_A 産生株において発現が誘導もしくは抑制されている遺伝子群を見出した。それらのプロモーター領域と *venus* 遺伝子を連結したレポーターカセットを MK242 株の染色体に導入した。得られたレポーター株の Venus シグナルは、変性タンパク質の有無に関わらず弱く、プロモーターの挙動は把握できなかった。プラスミド

を用いても検証したが、RNAseqの結果とは矛盾する結果が得られた。その理由としては、Venusが高温下では成熟しにくく、変性タンパク質として蓄積してしまうためと考察した。ところが、発現が相違する遺伝子群を詳細に見直したところ、BSpyrF_A生産株ではエネルギー生産に関与する遺伝子が高発現していることを見出した。これは非耐熱性酵素の生産が好熱菌にエネルギー負荷を与えることを暗示する。実際に生育効率を調べたところ、BSpyrF_Vを産生する好熱菌は、BSpyrF_Aを産生する好熱菌よりも生育が速かった。つまり、耐熱性酵素は好熱菌ライブラリを培養するだけで濃縮できる可能性が新たに発見された⁵。

- (5) 好熱菌ライブラリの構築法: *G. kaustophilus*は自発的変異(自然発生的なDNA変異)能が高いことを見出した⁶。さらに*G. kaustophilus*では、転位因子の転位も活発であることを見出した⁷。よって*G. kaustophilus*は、変異発生宿主として優れた好熱菌といえる。ただし、好熱菌内では不本意な変異も発生しうることから、好熱菌内の自発変異に依存せずに、好熱菌を宿主としたランダム変異ライブラリを構築できるよう、プラスミドを電気穿孔法で効率よく導入できる好熱菌株を開発した。様々な条件を検討し、さらには制限修飾系の遺伝子を破壊することで、高効率でプラスミドを導入できる好熱菌(*G. thermodenitrificans* K1041)の形質転換システムを確立した。本好熱菌の生物学的諸性質も解析し、その利用における生物学的基盤も構築した。さらに本株中で対象酵素を高生産するためのベクター系の開発にも成功した⁸。これにより、好熱菌ライブラリを構築する新たなシステムが確立された。

本研究では、簡便に耐熱化変異酵素をスクリーニングする新手法の確立を目的とした。検証したスクリーニング法のうち、蛍光レポーター直列法は実践的と期待できる。さらに蛍光レポーター変性応答法の検証からは、耐熱化変異酵素は好熱菌ライブラリを培養するだけで濃縮できる可能性も示唆された。これらの手法は、耐熱化酵素のハイスループット創出に貢献すると期待できる。

- (1) Hirokazu Suzuki, Jyumpei Kobayashi, Keisuke Wada, Megumi Furukawa, Katsumi Doi. Thermoadaptation-directed enzyme evolution in an error-prone thermophile derived from *Geobacillus kaustophilus* HTA426. *Appl. Environ. Microbiol.* 81, 149 (2015)
- (2) Jyumpei Kobayashi, Misaki Tanabiki, Shohei Doi, Akihiko Kondo, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki. Unique plasmids generated via pUC replicon mutagenesis in an error-prone thermophile derived from *Geobacillus kaustophilus* HTA426. *Appl. Environ. Microbiol.* 81, 7625 (2015)
- (3) Jyumpei Kobayashi, Megumi Furukawa, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki. Thermoadaptation-directed evolution of chloramphenicol acetyltransferase in an error-prone thermophile using improved procedures. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99, 5563 (2015)
- (4) Keisuke Wada, Jyumpei Kobayashi, Megumi Furukawa, Katsumi Doi, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki. A thiostrepton resistance gene and its mutants serve as selectable markers in *Geobacillus kaustophilus* HTA426. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 80, 368 (2016)
- (5) Hirokazu Suzuki, Yuta Okumura, Yui Mikawa, Mao Takata, Shunsuke Yoshimura, Takashi Ohshiro. Transcriptome and growth efficiency comparisons of recombinant thermophiles that produce thermolabile and thermostable proteins: implications for burden-based selection of thermostable proteins. *Extremophiles* 25, 403 (2021)
- (6) Hirokazu Suzuki, Tatsunari Taketani, Jyumpei Kobayashi, Takashi Ohshiro. Antibiotic resistance mutations induced in growing cells of *Bacillus*-related thermophiles. *J. Antibiot.* 71, 382 (2018)
- (7) Hirokazu Suzuki, Tatsunari Taketani, Misaki Tanabiki, Misaki Ohara, Jyumpei Kobayashi, Takashi Ohshiro. Frequent transposition of multiple insertion sequences in *Geobacillus kaustophilus* HTA426. *Front. Microbiol.*, 12, 650461 (2021)
- (8) Ryota Kurashiki, Tatsuki Mizuno, Kurumi Murata, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki. A plasmid vector that directs hyperproduction of recombinant proteins in the thermophiles *Geobacillus* species. *Extremophiles* 24, 147 (2020)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hirokazu Suzuki, Yuta Okumura, Yui Mikawa, Mao Takata, Shunsuke Yoshimura, Takashi Ohshiro	4. 巻 25
2. 論文標題 Transcriptome and growth efficiency comparisons of recombinant thermophiles that produce thermolabile and thermostable proteins: implications for burden-based selection of thermostable proteins	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Extremophiles	6. 最初と最後の頁 403-412
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00792-021-01237-w	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 Ryota Kurashiki, Tatsuki Mizuno, Kurumi Murata, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki	4. 巻 24
2. 論文標題 A plasmid vector that directs hyperproduction of recombinant proteins in the thermophiles Geobacillus species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Extremophiles	6. 最初と最後の頁 147-156
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00792-019-01142-3	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 Hirokazu Suzuki	4. 巻 102
2. 論文標題 Peculiarities and biotechnological potential of environmental adaptation by Geobacillus species	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 10425-10437
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00253-018-9422-6	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 鈴木 宏和	4. 巻 49
2. 論文標題 中等度好熱菌のスキマ研究を模索して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 鳥取大学工学部研究報告	6. 最初と最後の頁 22～32
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
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 Hirokazu Suzuki, Tatsunari Taketani, Misaki Tanabiki, Misaki Ohara, Jyumpei Kobayashi, Takashi Ohshiro	4. 巻 12
2. 論文標題 Frequent transposition of multiple insertion sequences in <i>Geobacillus kaustophilus</i> HTA426	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Microbiology	6. 最初と最後の頁 650461
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmicb.2021.650461	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 Hirokazu Suzuki, Tatsunari Taketani, Jyumpei Kobayashi, Takashi Ohshiro	4. 巻 71
2. 論文標題 Antibiotic resistance mutations induced in growing cells of <i>Bacillus</i> -related thermophiles	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Antibiotics	6. 最初と最後の頁 382-389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41429-017-0003-1	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22件(うち招待講演 3件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 吉村 俊祐, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 耐熱性レポータータグの開発を志向した好熱菌LacZの特性評価
3. 学会等名 2020年度 日本農芸化学会 中四国支部第57回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小原 未愛, 田摩 実咲, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 好熱菌転位因子挿入先のゲノムワイド解析
3. 学会等名 2020年度 日本生物工学会 西日本支部大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉村 俊祐, 三河 由依, 高田 真穂, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 エネルギー負荷に基づく好熱菌の耐熱化酵素選択
3. 学会等名 2020年度 日本農芸化学会 中四国支部第58回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小山 幸祐, 三河 由依, 中川 翔太, 倉敷 凌太, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 <i>Geobacillus thermodenitrificans</i> K1041の特性評価
3. 学会等名 2020年度 日本農芸化学会 中四国支部第58回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉敷 凌太, 小山 幸祐, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 <i>Geobacillus</i> 属好熱菌を宿主とした異種タンパク質高生産システム
3. 学会等名 2021年度 日本農芸化学会 年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 倉敷 凌太, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 <i>Geobacillus</i> 属好熱菌を宿主とした異種タンパク質高生産のためのベクター開発
3. 学会等名 2019年度 日本農芸化学会 中四国支部第54回講演会(岡山)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉敷 凌太, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 Geobacillus属細菌における高度遺伝子発現を可能とするプラスミドベクター
3. 学会等名 2019年度 日本生物工学会 年会(岡山)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 倉敷 凌太, 奥村 友太, 坂口 由希菜, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 Geobacillus kaustophilus HTA426で高発現する遺伝子のプロモーター特性
3. 学会等名 2019年度 日本農芸化学会 西日本・中四国支部合同大会(沖縄)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木 宏和, 奥村 友太, 三河 由依, 吉村 俊祐, 高田 真穂, 大城 隆
2. 発表標題 タンパク質の熱変性に好熱菌はどう応答するか
3. 学会等名 2020年度 日本農芸化学会 年会(福岡)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shunsuke Yoshimura, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki
2. 発表標題 Characterization of thermostable α -galactosidase to develop a reporter peptide that functions in Geobacillus species
3. 学会等名 BACELL2020 (Kobe, Japan) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Misaki Ohara, Tatsunari Taketani, Misaki Tanabiki, Jyumpei Kobayashi, Takashi Ohshiro, Hirokazu Suzuki
2. 発表標題 Identification and application of thermophilic insertion sequences functional in <i>Geobacillus kaustophilus</i> HTA426
3. 学会等名 BACELL2020 (Kobe, Japan) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥村友太, 大城隆, 鈴木宏和
2. 発表標題 好熱菌常温発現プロモーターの発現特性解析
3. 学会等名 2018年度 日本生物工学会 西日本支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村 友太, 坂口 由希菜, 倉敷 凌太, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 <i>Geobacillus</i> 属で機能する高発現プロモーターを網羅的転写解析で探索する
3. 学会等名 2018年度 日本生物工学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 宏和
2. 発表標題 好熱菌適応進化学の創生へ
3. 学会等名 日本農芸化学会中四国支部 第28回若手研究者シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹谷達成, 田摩実咲, 大城隆, 鈴木宏和
2. 発表標題 好熱菌転位因子の転位誘発メカニズム
3. 学会等名 2018年度 日本生物工学会 西日本支部講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 宏和, 大谷 千晶, 奥村 友太, 大城 隆
2. 発表標題 タンパク質高生産株を選別する遺伝子直列配置型蛍光レポーター法の提案
3. 学会等名 2018年度 日本生物工学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹谷達成, 田摩 実咲, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 好熱菌Geobacillus kaustophilus HTA426における挿入配列の転位誘導
3. 学会等名 2018年度 日本農芸化学会 年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木 宏和, 清水 万由, 出口 朋也, 大城 隆
2. 発表標題 好熱菌転位因子IS0169の細胞内転位特性の解析
3. 学会等名 2018年度 日本農芸化学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 奥村 友太, 大谷 千晶, 八木 寿梓, 大城 隆, 鈴木 宏和
2. 発表標題 好熱菌細胞内で発生した耐熱化変異酵素を蛍光レポーターで検出する
3. 学会等名 2017年度 日本生物工学会 年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木 宏和, 奥村 友太, 大城 隆
2. 発表標題 タンパク質熱変性に応答する好熱菌遺伝子のRNA-Seq解析
3. 学会等名 2017年度 日本生物工学会 年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木 宏和
2. 発表標題 耐熱化変異酵素を簡便かつ汎用的にスクリーニングする手法の開発
3. 学会等名 長瀬研究助成金 研究成果発表会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木 宏和
2. 発表標題 高変異性好熱菌を利用した耐熱化変異酵素のハイスループット創出
3. 学会等名 第13回 発酵研究所助成研究報告会 (大阪) (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Keisuke Wada, Hirokazu Suzuki	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 366
3. 書名 Physiological and Biotechnological Aspects of Extremophiles	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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