

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23550177

研究課題名(和文)耐塩化酵素を用いた超臨界二酸化炭素中における機能性オリゴ糖合成

研究課題名(英文)Producing of supercritical carbon dioxide-tolerant enzyme based on halo-tolerant enzyme and syntheses of chitin oligosaccharide

研究代表者

八波 利恵 (Yatsunami, Rie)

東京工業大学・生命理工学研究科・助教

研究者番号：90334531

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、高度好塩性古細菌由来の耐塩化酵素ChiN1を超臨界二酸化炭素中における触媒として使用し、環境に負荷のかかる有機溶媒を使用することなく、機能性オリゴ糖を合成することを目的とした。ChiN1の分子表面のリシン残基をアラニン残基あるいはアスパラギン酸に置換した種々の変異体を作製し、超臨界二酸化炭素中における酵素反応を行った。その結果、2つの変異型酵素が、反応中の失活が野生型酵素より抑えられており、効率的に酵素反応が進行していることが明らかとなり、超臨界二酸化炭素耐性酵素の作製が達成できた。

研究成果の概要(英文)：Genome sequencing of extremely halophilic archaeon *Halobacterium salinarum* NRC-1 was completed, and a chitinase-homolog (ChiN1) was found. The gene encoding ChiN1 was expressed in extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. The recombinant ChiN1 was most active at 1.0 M NaCl. Supercritical carbon dioxide (scCO₂) is attracting as an environmentally friendly solvent since CO₂ is an abundant resource. The scCO₂ has been used as a solvent for enzyme-catalyzed organic synthesis. However, many enzymes are unstable in scCO₂. In this study, some ChiN1 mutants with less lysines on its protein surface were prepared and characterized to find a category of enzymes with high tolerance toward CO₂ pressurization. On the basis of the 3D structure model of ChiN1, more solvent-accessible lysines were replaced by alanines. The *Ha. japonica*-produced mutants were prepared and assayed for chitinase activity in scCO₂. Two mutants showed higher activity than wild-type ChiN1 in 10 MPa scCO₂ for 1 h.

研究分野：タンパク質工学

キーワード：耐塩化酵素 超臨界二酸化炭素 オリゴ糖合成

1. 研究開始当初の背景

申請者は、2008年に世界で初めて高度好塩性古細菌 *Halobacterium salinarum* NRC-1 よりキチンを加水分解するキチナーゼ (ChiN1) を見だし、それが高い耐塩性を有することを明らかにした。キチンはエビ、カニなどに含まれ、*N*-アセチル-D-グルコサミンが β -1,4-結合で直鎖状に連なった多糖であり、それを分解する酵素がキチナーゼである。キチンオリゴ糖は近年、抗菌活性・免疫増強活性等、様々な生理活性が報告され、機能性オリゴ糖として医薬品・食品・化粧品などの分野で研究が盛んに行われており、効率的な合成法が熱望されている。現在、オリゴ糖合成法としては、以下の2つの方法が知られている。

◆ 有機化学的合成法: 生成物の選択性は完全ではなく、大量の有機溶媒を使用する。

◆ 糖加水分解酵素による合成法: 数十%の有機溶媒を添加して、糖転移反応を進行させる。生成物の選択性はよいが、収率が低い。

しかし、いずれの方法においても、有機溶媒を使用するため環境への負荷が懸念されている。

そこで本研究では、有機溶媒を用いることなく機能性オリゴ糖を合成することを目的とする。溶媒としては、環境への負荷を低減する溶媒として位置づけられている超臨界二酸化炭素を用い、酵素にはこれまで申請者が研究してきた耐塩化酵素である ChiN1 を用いる。超臨界二酸化炭素中における酵素反応の研究は多少あるものの、収率は低く、実用化には至っていない。その理由は、超臨界二酸化炭素中における酵素の安定性が水や有機溶媒中よりも低く、反応が進行するにつれて失活するためと考えられている。原因としては、以下の2つが挙げられている。

1. 反応系に生成する炭酸が、残存する水に溶けて系が酸性になるため。
2. 生成する炭酸と酵素の分子表面のアミノ基とでカルバモイル錯体が形成されるため。

そこで本研究計画では、ChiN1 を基盤として、これまでになく超臨界二酸化炭素中においても機能する酵素、“超臨界二酸化

炭素耐性酵素”を作製することで、超臨界二酸化炭素において機能する酵素に関する知見を得るとともに、それをを用いた機能性オリゴ糖の合成を行う。

これまでに、申請者は以下のような予備的な研究成果を得ている。

1. ChiN1 は糖転移活性を有するため、オリゴ糖合成が可能であることを明らかにした。
2. ChiN1 は酸性からアルカリ性領域において、高い安定性を有することを見出した。
3. 分子モデリングにより、ChiN1 は分子表面に多量の酸性アミノ酸を有し、一方で塩基性アミノ酸が極めて少ないことを明らかにした。

以上より、ChiN1 は超臨界二酸化炭素中におけるオリゴ糖合成酵素として、酸性中でも失活することはなく、またカルバモイル錯体形成が極めて抑えられると推察された。すなわち、既に超臨界二酸化炭素中において機能する高いポテンシャルを有していると考えた。

2. 研究の目的

上述の背景をもとに、本研究は ChiN1 を基盤として、“超臨界二酸化炭素耐性 ChiN1”を作製し、これを超臨界二酸化炭素中において用いることで、機能性キチンオリゴ糖合成を行うことを目的とした。研究期間内には以下のことを明らかにすることとした。

1. ChiN1 の超臨界二酸化炭素中における耐性を調べた、ChiN1 にアミノ酸置換を施し、超臨界二酸化炭素耐性 ChiN1 を作成する。作成した ChiN1 の立体構造を解析し、超臨界二酸化炭素中において機能する酵素の特徴を明らかにする。
2. 超臨界二酸化炭素耐性 ChiN1 を用いて、キチンオリゴ糖合成を行う。

3. 研究の方法

まず、ChiN1 のアミノ酸置換箇所となる分子表面の塩基性アミノ酸 (リシン残基) を抽出した。抽出には、申請者が既に作製していた ChiN1 の立体構造モデルを使用した。さらに当該箇所の溶媒露出表面積を計算し、算出した値と立体構造を考慮して、アミノ酸置換箇所を選択した。次に、当該箇所をアラニン

残基あるいはアスパラギン酸に置換した変異体を作製し、酵素化学的性質検討を行った。

4. 研究成果

作製したすべての変異型酵素は、野生型酵素に比べ、耐塩性の向上は認められなかった。次に、変異型酵素および野生型酵素を用いて、有機溶媒に対する耐性を調べた。その結果、いくつかの変異型酵素においてジメチルスルホキシドに対する耐性が向上していることがわかった。さらに、変異型酵素および野生型酵素を用いて、超臨界二酸化炭素中における酵素反応を行った。その結果、野生型酵素は超臨界二酸化炭素中における活性の低下がごく僅かであり、酵素反応が進行することがわかった。すなわち、耐塩性酵素である ChiN1 が既に超臨界二酸化炭素中において機能する高いポテンシャルを有していることが確かめられた。同様に、分子表面にアミノ酸を置換した変異型酵素を用いて、超臨界二酸化炭素中における酵素反応を行ったところ、分子表面のリシン残基をアラニン残基に置換した2つの変異型酵素が、反応中の失活が野生型酵素より抑えられており、効率的に酵素反応が進行していることが明らかとなった。すなわち、耐塩性酵素の分子表面のリシン残基をアラニン残基に置換することで、野生型酵素に比べ超臨界二酸化炭素耐性が向上した超臨界二酸化炭素耐性酵素の作製に成功した。この超臨界二酸化炭素耐性酵素を使用することで機能性オリゴ糖を効率よく合成できる可能性が示唆された。

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7件)

1. Identification of carotenoids from the extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. R. Yatsunami, A. Ando, Y. Yang, S. Takaichi, M. Kohno, Y. Matsumura, H. Ikeda, T. Fukui, K. Nakasone, N. Fujita, M. Sekine, T. Takashina and S. Nakamura, *Frontiers in Microbiology*, 2014, Mar. 5, Article 100, 1-5, doi: 10.3389/fmicb.2014.00100. (査読有)
2. Gene analysis, expression and characterization of an intracellular α -amylase from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. M.

Onodera, R. Yatsunami, W. Tsukimura, T. Fukui, K. Nakasone, T. Takashina and S. Nakamura, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 77, 281-288, 2013. (査読有)

3. Gene expression and characterization of aerotaxis transducer HemAT from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica* TR-1. T. Tadikara, T. Matsubara, Y. Kubota, T. Kosaka, T. Ozawa, W. Tsukimura, R. Yatsunami, T. Fukui, K. Nakasone, T. Takashina and S. Nakamura, *J. Jpn. Soc. Extremophiles*, 12, 29-32, 2013. (査読有)
4. Mutational analysis of a CBM family 5 chitin-binding domain of an alkaline chitinase from *Bacillus* sp. J813. F. Uni, S. Lee, R. Yatsunami, T. Fukui and S. Nakamura, *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 76, 530-535, 2012. (査読有)
5. 高度好塩性古細菌に由来する機能性タンパク質の解析. 八波 利恵, *J. Jpn. Soc. Extremophiles*, 10, 17-22, 2011. (査読有)
6. Mechanism of the thermal inactivation of a MBP-fused heparinase I: Biochemical investigation and kinetic modeling. S. Chen, F. Ye, Y. Chen, Y. Chen, H. Zhao, R. Yatsunami, S. Nakamura, F. Arisaka and X-H. Xing, *Biotechnology and Bioengineering*, 108, 1841-1851, 2011. (査読有)
7. A Calcium-Dependent Xylan-Binding Domain of Alkaline Xylanase from Alkaliphilic *Bacillus* sp. Strain 41M-1. R. Yazawa, J. Takakura, T. Sakata, Ihsanawati, R. Yatsunami, T. Fukui, T. Kumasaka, N. Tanaka and S. Nakamura. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 75, 379-381, 2011. (査読有)

[学会発表] (計40件)

1. 高度好塩性古細菌 *Halobacterium salinarum* NRC-1 株由来 GH ファミリー 18 キチナーゼの性質検討: 分子表面上の酸性アミノ酸およびリシンの役割. 遠山絹華、坂上耕一、張 楊、安 然、八波利恵、高品知典、福居俊昭、中村 聡、第15回極限環境生物学会年会 (2014年11月1-3日)、沖縄。
2. 分子表面に過剰な電荷を導入したアルカリキシラーゼの種々の塩溶液中での挙動. 長尾浩平、三谷俊介、梅本博仁、八波利恵、福居俊昭、中村 聡、第15回極限環境生物学会年会 (2014年11月1-3日)、沖縄。

3. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* 由来組換えグルコアミラーゼの発現、精製および性質検討. 朝日達哉、清原三絵、小野寺雅彦、八波利恵、福居俊昭、仲宗根 薫、高品知典、中村 聡、第15回極限環境生物学会年会 (2014年11月1-3日)、沖縄.
4. 超好熱性細菌 *Thermotoga maritima* 由来キシラナーゼの進化分子工学検討: アルカリ性での比活性が向上した変異型酵素の取得. 舘岡侑輝、Nicole M. Power、月村 亘、八波利恵、福居俊昭、中村 聡、第15回極限環境生物学会年会 (2014年11月1-3日)、沖縄.
5. *Haloarcula japonica* におけるリコペンからバクテリオルベリンに至るC₅₀カロテノイド生合成経路の解析. 楊 影、八波利恵、安藤 藍、三横伸弘、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、高市真一、中村 聡、第15回極限環境生物学会年会 (2014年11月1-3日)、沖縄.
6. 高度好塩性古細菌*Haloarcula japonica* のバクテリオルベリン生合成に関与するc507/c0506/c0505遺伝子クラスター. 八波利恵、楊 影、安藤 藍、三横伸弘、高市真一、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、中村 聡、第28回カロテノイド談話会 (2014年9月4-5日)、金沢.
7. 高度好塩性古細菌*Haloarcula japonica*に由来する2つのフィトエンデサチュラーゼ遺伝子のカロテノイド生合成における役割. 三横伸弘、八波利恵、楊 影、安藤 藍、高市真一、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、中村 聡、第8回バイオ関連化学シンポジウム (2014年9月11-13日)、岡山.
8. 好アルカリ性 *Bacillus* sp. J813 株由来 GHファミリー 18 アルカリキチナーゼのPhe272 にアミノ酸置換を導入した変異型酵素の性質検討. 渡部俊樹、齋藤 圭祐、宇仁 文哉、Leilei Zhu、月村 亘、八波利恵、Ulrich Schwaneberg、福居俊昭、中村 聡、第8回バイオ関連化学シンポジウム (2014年9月11-13日)、岡山.
9. Analysis of three genes for bacterioruberin biosynthesis in extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. R. Yatsunami, Y. Yang, A. Ando, N. Miyoko, S. Takaichi and S. Nakamura, The 17th International Carotenoid Symposium (June 29 - July 4, 2014), Utah.
10. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* 由来 Htr8/HemAT キメラトランスドューサーの生理学的機能解析. 松原惇高、田力鉄平、八波利恵、福居俊昭、中村 聡、酵素工学会第71回講演会 (2014年4月26日)、福岡.
11. *Haloarcula japonica* のC₅₀カロテノイド生合成機構の解析: c507/c0506/c0505遺伝子クラスターの役割. 楊 影、八波利恵、安藤 藍、三横伸弘、高市真一、福居俊昭、中村 聡、日本農芸化学会2014年度大会 (2014年3月27-30日)、川崎.
12. 高度好塩性古細菌のC₅₀カロテノイド生合成機構の解明: 遺伝子破壊株の構築と精製カロテノイド分析. 八波利恵、楊 影、安藤 藍、三横伸弘、高市真一、福居俊昭、中村 聡、日本化学会第94春季年会 (2014年3月27-30日)、名古屋.
13. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* に存在する2つのカロテノイド生合成経路. 八波利恵、安藤 藍、楊 影、高市真一、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、中村 聡、第27回日本カロテノイド研究談話会 (2013年10月19-20日)、三重.
14. Characterization of a haloarchaeal chitinase: Effect of aspartates, glutamates and lysines on its protein surface. K. Toyama, K. Sakagami, Z. Yang, A. Ran, M. Sato, K. Orishimo, Y. Hatori, R. Yatsunami, T. Takashina, T. Fukui, and S. Nakamura. 27th Japanese Chitin & Chitosan Symposium/10th Asia-Pacific Chitin & Chitosan Symposium (October 4-8, 2013), Yonago.
15. 2つのフィトエンデサチュラーゼが関与する*Haloarcula japonica* カロテノイド生合成系. 楊 影、八波利恵、安藤 藍、高市真一、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、中村 聡、第7回バイオ関連化学シンポジウム (2013年9月27-29日)、名古屋.
16. Preparation and characterization of chimeric transducers of Htr8 and HemAT from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. T. Matsubara, T. Tadikara, R. Yatsunami, T. Fukui and S. Nakamura, Enzyme Engineering XXII (September 22-26, 2013), Toyama.
17. *Haloarcula japonica* のゲノム上に見出された2つのフィトエンデサチュラーゼ遺伝子ホモログの解析. 八波利恵、安藤 藍、楊 影、高市真一、河野雅弘、松村有里子、福居俊昭、仲宗根 薫、高品知典、中村 聡、第26回日本Archaea研究会講演会 (2013年7月19-20日)、東京.
18. Characterization of aerotaxis transducers Htr8 and HemAT from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. T. Matsubara

- T. Tadikara, R. Yatsunami, T. Fukui and S. Nakamura, 2013 Halophiles Conference (June 23-27, 2013), Connecticut.
19. Characterization of *crtI* homologs and antioxidant capacity of carotenoids from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. R. Yatsunami, A. Ando, Y. Yang, S. Takaichi, M. Kohno, Y. Matsubara, T. Fukui, K. Nakasone, N. Fujita, M. Sekine, T. Takashina and S. Nakamura, 2013 Halophiles Conference (June 23-27, 2013), Connecticut.
 20. *Haloarcula japonica* 由来フィトエンデサチユラーゼ遺伝子ホモログの役割とカロテノイド種の抗酸化活性. 八波利恵, 安藤藍, 楊影, 高市真一, 河野雅弘, 松村有里子, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 高品知典, 中村 聡, 2013年農芸化学学会年会 (2013年3月24-28日), 仙台.
 21. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* 由来 α -アミラーゼファミリー酵素 MalA による分岐グルカン形成. 小野寺雅彦, 八波利恵, 月村 亘, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 高品知典, 中村 聡, 2013年農芸化学学会年会 (2013年3月24-28日), 仙台.
 22. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* 由来 *crtI* 遺伝子ホモログの解析とカロテノイド種の抗酸化活性. 安藤 藍, 八波利恵, 高市真一, 河野雅弘, 松村有里子, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 藤田信之, 関根光雄, 高品知典, 中村 聡, 極限環境生物学会2012年度 (第13回) 年会 (2012年12月1-2日), 東京.
 23. Analysis of carotenoids in *Haloarcula japonica* and characterization of *Ha. japonica crtI* homologs. A. Ando, R. Yatsunami, S. Takaichi, T. Fukui, K. Nakasone, N. Fujita, M. Sekine, T. Takashina and S. Nakamura, The First International Symposium on Biofunctional Chemistry (ISBC2012)(December, 28-30, 2012), Tokyo.
 24. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* のゲノム上に見いだされた走気性トランスデューサー遺伝子ホモログ *htr8* および *hemAT* の機能解析. 田力鉄平, 松原惇高, 久保田芳弘, 小坂貴幸, 小澤孝俊, 八波利恵・福居俊昭, 中村 聡, 第6回バイオ関連化学シンポジウム (2012年、9月6-8日), 札幌.
 25. GH ファミリー 18 アルカリキチナーゼの進化分子工学検討: ハイスループットスクリーニング系の確立と変異型酵素の性質検討. 齋藤圭祐, 宇仁文哉, Leilei Zhu, 八波利恵, 福居俊昭, Ulrich Schwaneberg, 中村 聡, 第25回キチン・キトサンシンポジウム (2012年7月12-13日), 札幌.
 26. 好アルカリ性細菌由来キチナーゼの進化分子工学検討: 比活性が向上した変異型酵素の取得と解析. 齋藤圭祐, 宇仁文哉, Leilei Zhu, 八波利恵, Ulrich Schwaneberg・福居俊昭, 中村 聡, 第110回触媒討論会 (2012年9月24-26日), 福岡.
 27. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* のカロテノイド分析および *brp* および *crtI* 遺伝子ホモログの同定. 八波利恵, 安藤藍, 高市真一, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 藤田信之, 関根光雄, 高品知典, 中村 聡, 第25回Archae研究会 (2012年7月20-21日), 西宮.
 28. Transglycosylation activity of intracellular starch-active enzyme MalA from extremely halophilic archaeon *Haloarcula japonica*. M. Onodera, R. Yatsunami, T. Fukui, K. Nakasone, N. Fujita, M. Sekine, T. Takashina and Satoshi Nakamura, The 12th Japan-China-Korea Joint Symposium on Enzyme Engineering, PII-16 (May, 30, 2012) Kanazawa.
 29. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* のゲノム上に見出されたフィトエンデヒドロゲナーゼ遺伝子ホモログの解析. 安藤藍, 八波利恵, 高市真一, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 藤田光雄, 高品知典, 中村 聡, 日本農芸化学学会2012年度大会 (2012年、3月22-25日), 京都.
 30. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* が菌体内に生産する新規デンプン関連酵素 MalA の反応解析. 小野寺雅彦, 八波利恵, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 藤田信之, 関根光雄, 高品知典, 中村 聡, 極限環境生物学会第12回年会 (2011年11月27-28日), 長崎.
 31. *Haloarcula japonica* のゲノム上に見出された *brp* および *crtI* 遺伝子ホモログの役割. 八波利恵, 安藤 藍, 高市真一, 福居俊昭, 仲宗根 薫, 藤田信之, 関根光雄, 高品知典, 中村 聡, 極限環境生物学会第12回年会 (2011年11月27-28日), 長崎.
 32. キチン・キトサン結合能を有する一本鎖抗体のスクリーニング. 齋藤圭祐, 太田俊也, 宇仁文哉, 八波利恵, 福居俊昭, 中村 聡, 日本農芸化学学会関東支部 2011 年度大会 (2011年10月15日), 群馬.
 33. 分子表面に過剰の荷電アミノ酸を導入した好アルカリ性 *Bacillus* sp. 41M-1 株由来

キシラナーゼの性質検討. 三谷俊介、梅本博仁、Junting Wang、八波利恵、福居俊昭、中村 聡、日本農芸化学会関東支部2011年度大会（2011年10月15日）、群馬.

34. キチン質分解酵素の抗真菌活性に及ぼすキチン結合ドメイン付加の効果. 山本公隆、前田聖恵、小泉直也、中峯由香子、崎濱由梨、深沢徹也、八波利恵、福居俊昭、中村聡、日本農芸化学会関東支部2011年度大会（2011年10月15日）、群馬.
35. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* が菌体内に生産するデンブレン関連酵素の性質検討. 小野寺雅彦、八波利恵、福居俊昭、仲宗根 薫、藤田信之、関根光雄、高品知典、中村 聡、第66回酵素工学研究会講演会（2011年9月29日）、東京.
36. 高度好塩性古細菌由来 3-イソプロピルリンゴ酸デヒドロゲナーゼ遺伝子の親株における発現と組換えタンパク質の性質検討. 杉山典子、八波利恵、有坂文雄、福居俊昭、仲宗根 薫、藤田信之、関根光雄、高品知典、中村 聡、第66回酵素工学研究会講演会（2011年9月29日）、東京.
37. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* のカロテノイド分析および *crtI* 遺伝子ホモログの解析. 安藤 藍、八波利恵、高市真一、福居 俊昭、仲宗根 薫、藤田信之、関根光雄、高品知典、中村 聡、第25回カロテノイド研究談話会（2011年、9月13-14日）、筑波.
38. アルカリ酵素との構造比較に基づく GHファミリー 10 超耐熱性キシラナーゼの耐アルカリ性化検討. 月村 亘、渡邊景子、諸熊千尋、高橋秀典、八波利恵、福居俊昭、中村 聡、第5回バイオ関連化学シンポジウム（2011年9月12-14日）、筑波.
39. 高度好塩性古細菌 *Haloarcula japonica* が菌体内に生産するデンブレン関連酵素の糖転移反応. 小野寺雅彦、八波利恵、福居俊昭、仲宗根 薫、藤田信之、関根光雄、高品知典、中村 聡、第5回バイオ関連化学シンポジウム（2011年9月12-14日）、筑波.
40. *Haloarcula japonica* の レチナールおよびバクテリオルベリン生合成に関与する遺伝子の解析: *brp* および *crtI* 遺伝子ホモログの同定. 八波利恵、安藤 藍、高市真一、福居俊昭、仲宗根 薫、藤田信之、関根光雄、高品知典、中村 聡、第5回バイオ関連化学シンポジウム（2011年9月12-14日）、筑波.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]
○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

・招待講演1件

高度好塩性古細菌のカロテノイド生合成に関わる酵素群. 八波利恵、日本農芸化学会関東支部2014年度第2回例会受賞講演・シンポジウム（2014年11月29日）、横浜.

・著書1件

極限環境微生物が合成するカロテノイド: バクテリオルベリン. 八波利恵、生物工学, 90, 738 (2012).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

八波 利恵 (Yatsunami, Rie)

東京工業大学・大学院生命理工学研究科・助教

研究者番号: 90334531

(2) 研究分担者

なし

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号: