

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23380060

研究課題名(和文) セレン含有タンパク質生合成に関わるセレン特異的化學変換機構の解明

研究課題名(英文) Mechanism of selenium-specific chemical transformation in selenoprotein biosynthesis

研究代表者

三原 久明 (Mihara, Hisaaki)

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：30324693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,600,000円

研究成果の概要(和文)：セレンタンパク質の生合成において、細胞内で生成する活性型セレンの化学形態を明らかにし、セレノリン酸シンターゼに特異的に転移されセレノリン酸に変換される反応の詳細を解析した。さらに、無機セレン(亜セレン酸、セレン酸)からセレンタンパク質に至るセレン転移・供給経路についても焦点を当て、関与する酵素群の同定およびそれらの構造機能の詳細を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study was conducted to clarify active selenium species that is formed in selenoprotein biosynthesis. We analyzed the detailed reaction of specific transfer of the active selenium species to selenophosphate synthetase. In addition, we focused on the selenium transfer pathway from inorganic selenium, selenite and selenate, to selenoproteins. Enzymes involved in the selenium transfer pathway have been identified, and their structure and function have been characterized.

研究分野：応用微生物学・酵素学

キーワード：セレン セレンタンパク質

1. 研究開始当初の背景

生物にとってカルコゲン(酸素、硫黄、セレン)は反応性が高い毒物となり得るが、長い進化の過程でその反応性を巧みに利用し生命活動を維持してきた。この内セレンは最も毒性が高いため生体には微量にしか存在しない。しかし、重篤な欠乏症(克山病)では死亡率が高く、セレンタンパク質を合成できないマウスは胎生致死になることも知られる。生命活動を支えるセレンの大半は、セレンタンパク質としてその機能を発現すると考えられている。セレンタンパク質のセレノシステイン残基の生成においては、翻訳後修飾あるいは遊離のセレノシステインが直接取り込まれるのではない。本研究代表者らが解析してきたセレノシステインリアーゼ(SCL)を含む一連のセレン特異的な酵素群による化学変換を受けて、セリル-tRNA からセレノシステイル-tRNA が生成し(下図左)、共翻訳的にタンパク質に取り込まれる(下図右)。この取り込みにおいては、特殊な翻訳因子群が介在し、UGA コドン(通常はストップコドン)がセレノシステインとして特異的にデコードされる。これまでに、セレンタンパク質生合成因子の同定が精力的に行われ、近年では、複数種のタンパク質が tRNA を含んだ超複合体を形成することでセレン選択的変換およびユニークな翻訳イベントが起こると考えられている。本研究代表者らもセレノシステイル-tRNA に至る一連の反応を触媒する酵素群の立体構造と反応機構を明らかにし、共翻訳的挿入過程に関わる新規因子も明らかにしてきた (*J Biol Chem* 275, 6195; *J Biol Chem* 275, 23769; *J Biochem* 131, 679; *Proc Natl Acad Sci* 99, 6697; *J Biochem* 143, 467 など)。本研究代表者らによる細菌型および哺乳類型セレノシステインリアーゼの構造機能解析の他には、化学的見地からの詳細な反応解析および構造生物学的解析は遅れており、下図に示す基本モデル以外に、セレンを選択的に活性化しセレンタンパク質へと導く化学変換の詳細な機構のほとんどは明らかにされていない。

2. 研究の目的

必須微量元素であるセレンは、同族の硫黄、酸素と生体内で厳密に区別され、特定のタンパク質(セレンタンパク質と総称)の特定の位置にセレノシステイン残基の形で機能発現に必須の要素として取り込まれ、種々の重要な生理的役割を果たしている。セレンの量を遙かに上回る硫黄豊富な生体内環境下で、様々な因子が構造と機能に基づいた緻密な選択的反応を遂行することにより、セレンが特異的に転移・代謝され、セレンタンパク質の生合成を恙なく進行させていると考えられる。本研究の目的は、セレン代謝とセレンタンパク質の生合成に関与するタンパク質・酵素群が成し遂げる厳密にセレン特異的な化学変換とその際のタンパク質や RNA の

動態を原子レベルで詳細に明らかにすることにより、セレンの微量必須元素としての機能発現制御の分子基盤を築き上げるところにある。本研究では、細胞内で生成する活性型セレンの化学形態を明らかにし、それがセレノリン酸シンターゼに特異的に転移されセレノリン酸に変換される反応の詳細を解明する。これに伴い、活性型セレンの転移に関与する未知因子を同定し、その構造機能を明らかにする。さらに、未だ不明な点が多く残る無機セレン(亜セレン酸、セレン酸)からセレンタンパク質に至るセレン転移・供給経路についても焦点を当て、関与する酵素群の同定およびそれらの構造機能の詳細を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) セレンタンパク質生合成におけるセレノリン酸合成酵素への基質供給体の解析

微生物の中には、毒性の高いセレンオキシアニオン(セレン酸・亜セレン酸)を還元し、菌体外にセレン粒子もしくはジメチルセレニドとして排出するものが存在する。*Pseudomonas* 属細菌はこれらセレン排出機構を持つ一方で、必要量のセレンをセレンタンパク質中に取り込む機構も有する。高濃度セレン地帯の土壌から単離された *Pseudomonas* sp. F2a 株は、高い亜セレン酸耐性を有し、また、水環境中で安定に存在するセレン酸を好気条件下で元素状セレンに還元することが出来る。そのため、本株にはセレン排出ならびに取り込みに関わる一連の機構が存在すると推定される。

セレノリン酸合成酵素はセレニド (Se^{2-}) と ATP を基質としてセレノリン酸を生成する。セレノリン酸はその後、セレノシステイン合成酵素に受け渡され、セレノシステイル-tRNA^{sec} に変換されることがわかっている。一方、菌体内におけるセレニドの供給源については未だ不明な点が多い。現在、グルタチオン、チオレドキシン、グルタレドキシン等の還元分子がセレニドの供給に関与していると考えられている。そこで、*Pseudomonas* sp. F2a 株由来セレノリン酸合成酵素のカイネティクス、また大腸菌欠損株を用いた *in vivo* 試験による基質供給源の同定を行った。

(2) *Cellulomonas* sp. D3a のカルコゲンオキシアニオン還元機構

第 16 族に属するセレン (Se) とテルル (Te) は、その半導性から先端産業分野では欠かせない元素である。しかし、それぞれのオキシアニオン(亜セレン酸・セレン酸・亜テルル酸・テルル酸)は有毒性があり、工場排水や土壌への流出により環境汚染の要因の 1 つとなっている。これまでに Se オキシアニオンを元素状 Se に還元する酵素はいくつか報告されているが、その反応機構については明らかにされていない。さらに、亜テルル酸還元に関わる酵素はいくつか報告されている一方で、嫌気下でのテルル酸の還元は

Escherichia coli の変異株を用いた解析からモリブデンの関与が示唆されているのみで、その還元酵素や代謝機能については未だ報告がない。本研究では、高濃度セレン地帯の土壌から単離された *Cellulomonas* sp. D3a 株のユニークなカルコゲンオキシアニオン還元能に注目し、その還元特性を明らかにすることを目的とした。そのために、トランスポゾンを用いたランダム変異導入によりテルル酸還元能が低下した変異株 (IN1 株) を選抜し、諸性質の解析を行った。さらに、本菌株の全ゲノム配列を次世代シーケンサー (Illumina) により解読し、得られた遺伝子情報を基にバイオインフォマティクス解析を行うことで、IN1 株のカルコゲンオキシアニオン還元酵素の特定を試みた。

4. 研究成果

(1) セレンタンパク質生合成におけるセレンノリン酸合成酵素への基質供給体の解析

Pseudomonas sp. F2a セレンノリン酸合成酵素をコードする遺伝子 *selD* を pColdI に組み込み、pColdI_F2a_ *selD* を作製した。これを *E. coli* BL21(DE3) に導入し、発現した His-tag 融合タンパク質を Ni-NTA カラムを用いて精製した。本酵素の活性は好熱菌由来ピルビン酸リン酸ジキナーゼ (PPDK) と乳酸脱水素酵素 (LDH) を用いた共役アッセイ法により測定した。ジチオスレイトール (DTT) を用いて合成したセレニドに対する K_m 値は 15.7 μ M、F2a チオレドキシンを用いた場合は 8.47 μ M となった。また、還元型グルタチオン (GSH) や β -メルカプトエタノールを用いた場合は反応が圧倒的に遅く、測定が困難であった。このことから、DTT やチオレドキシンのような分子内に二つのチオール基を持つ還元分子が効率よくセレンノリン酸合成酵素へ基質を供給していることが明らかとなった。また、*E. coli* のセレンタンパク質であるギ酸脱水素酵素活性を指標としてセレンタンパク質合成に関与する遺伝子の探索を行った。*E. coli* の一遺伝子欠損株コレクションに対するギ酸脱水素酵素活性を評価した結果、*trxA* の欠損株において活性の低下が見られた。*trxA* はチオレドキシンをコードしているため、チオレドキシスがセレンタンパク質生合成に関与している可能性が示唆された。また、グルタチオン合成酵素をコードする *gshB* の欠損株においては活性の低下が見られなかった。以上より、GSH ではなくチオレドキシスがセレンタンパク質合成に関与している可能性が示唆された。

(2) *Cellulomonas* sp. D3a のカルコゲンオキシアニオン還元機構

好気・嫌気両条件下における *Cellulomonas* sp. D3a 株のオキシアニオン還元能を調べた。各オキシアニオン存在下で本菌を培養した結果、本菌は好気・嫌気下においてテルル酸を還元する一方、嫌気下のみにおいて亜セ

レン酸を還元することを見出した。また、亜セレン酸およびテルル酸の還元により生じた元素状 Se・Te の細胞内外の蓄積を走査型電子顕微鏡 (SEM) および透過電子顕微鏡 (TEM) を用いて観察した。その結果、亜セレン酸の還元に伴い菌体表面に Se 粒子とみられる物質が観察された。一方で、テルル酸の還元では、菌体表面には Te 粒子とみられる物質は観察できず、500 nm を超える針状のテルル粒子とみられる物質が細胞を貫く状態で観察された。これまでに、好気下でテルル酸を還元できる細菌はほとんど報告されておらず、本菌が新奇なテルル酸還元系を有することが示唆された。そこで、本菌の持つテルル酸還元に関与するタンパク質を同定するために、テルル酸還元能を指標にしたスクリーニングを行い、テルル酸還元能が低下した変異株 (IN1 株) を得た。本変異株におけるトランスポゾン挿入部位の特定により、変異を受けた遺伝子の同定を試みたが、ゲノム解析の結果ではゲノム上にトランスポゾンの挿入が認められなかった。一方で、バイオインフォマティクス解析により、IN1 株におけるカルコゲンオキシアニオン還元酵素の推定を試みた。得られた IN1 株の全ゲノム配列に対して、BLAST 検索を行った結果、これまでにカルコゲンオキシアニオン還元酵素として報告されている酵素のホモログが複数見出された。一方、これまでにテルル酸還元にはモリブデンの関与が示唆されてきたが、本菌のゲノム上には、モリブデンコファクター生合成系酵素群が存在しなかったことから、本菌がこれまでに報告されていない新奇のテルル酸還元酵素を有することがゲノム解析から支持された。

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 16 件)

1. Tani, Y., Kimura, K., and Mihara, H. (2016) Purification and properties of 4-methyl-5-hydroxyethylthiazole kinase from *Escherichia coli*. *Biosci Biotechnol Biochem* **80**, 514-517, 査読有, 10.1080/09168451.2015.1104239
2. Tani, Y., Omatsu, K., Saito, S., Miyake, R., Kawabata, H., Ueda, M., and Mihara, H. (2015) Heterologous expression of L-lysine α -oxidase from *Scomber japonicus* in *Pichia pastoris* and functional characterization of the recombinant enzyme. *J Biochem* **157**, 201-210, 査読有, 10.1093/jb/mvu064
3. Tani, Y., Miyake, R., Yukami, R., Dekishima, Y., China, H., Saito, S., Kawabata, H., and Mihara, H. (2015) Functional expression of L-lysine α -oxidase from *Scomber japonicus* in *Escherichia coli* for one-pot synthesis of L-pipecolic acid from DL-lysine. *Appl Microbiol Biotechnol* **99**, 5045-5054, 査読有, 10.1007/

s00253-014-6308-0

4. Equar, M. Y., Tani, Y., and Mihara, H. (2015) Purification and Properties of Glycine Oxidase from *Pseudomonas putida* KT2440. *J Nutr Sci Vitaminol* **61**, 506-510, 査読有, 10.3177/jnsv.61.506
5. Tani, Y., Yamashita, Y., Saito, S., and Mihara, H. (2014) Effects of sugars and salt on the production of glycosphingolipids in *Mariannaea elegans*. *Trace Nutr. Res.* **31**, 37-44, 査読有,
6. Imai, T., Kurihara, T., Esaki, N., and Mihara, H. (2014) Glutathione contributes to the efflux of selenium from hepatoma cells. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **78**, 1376-1380, 査読有, 10.1080/09168451.2014.918487
7. Hidese, R., Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. (2014) Global identification of genes affecting iron-sulfur cluster biogenesis and iron homeostasis. *J Bacteriol* **196**, 1238-1249, 査読有, 10.1128/JB.01160-13
8. Fukuyama, S., Mihara, H., Miyake, R., Ueda, M., Esaki, N., and Kurihara, T. (2014) Characterization of a thermostable 2,4-diaminopentanoate dehydrogenase from *Fervidobacterium nodosum* Rt17-B1. *J Biosci Bioeng* **117**, 551-556, 査読有, 10.1016/j.jbiosc.2013.11.002
9. Tani, Y., Nakamura, K., Sawa, R., Nishio, M., Saito, S., Ito, M., Itonori, S., and Mihara, H. (2013) Novel Neogala-Series Glycosphingolipids with a Terminal Glucose Residue from the Fungus *Mariannaea elegans*. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **77**, 754-759, 査読有,
10. Saito, S., Yamano, K., Ueda, H., Tani, Y., Hayakawa, M., Tsuji, A., and Mihara, H. (2012) Effects of a supernatant from *Aspergillus oryzae* culture on the regulation of crassulacean acid metabolism (CAM) and pinitol biosynthesis in the common ice plant, *Mesembryanthemum crystallinum* L. *Trace Nutr. Res.* **29**, 51-57, 査読有,
11. Hidese, R., Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. (2012) *Pseudomonas putida* PvdR, a RutR-like transcriptional regulator, represses the dihydropyrimidine dehydrogenase gene in the pyrimidine reductive catabolic pathway. *J. Biochem.* **152**, 341-346, 査読有, 10.1093/jb/mvs079
12. Tamura, T., Sato, K., Komori, K., Imai, T., Kuwahara, M., Okugochi, T., Mihara, H., Esaki, N., and Inagaki, K. (2011) Selenite reduction by the thioredoxin system: kinetics and identification of protein-bound selenide. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* **75**, 1184-1187, 査読有, JST.JSTAGE/bbb/100847 [pii]
13. Omori, T., Honda, A., Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. (2011) Identification of novel mammalian phospholipids containing threonine, aspartate, and glutamate as the base moiety. *J Chromatogr B* **879**, 3296-3302, 査読有, Doi

10.1016/J.Jchromb.2011.04.033

14. Kurokawa, S., Takehashi, M., Tanaka, H., Mihara, H., Kurihara, T., Tanaka, S., Hill, K., Burk, R., and Esaki, N. (2011) Mammalian selenocysteine lyase is involved in selenoprotein biosynthesis. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **57**, 298-305, 査読有,
15. Kawamoto, J., Sato, T., Nakasone, K., Kato, C., Mihara, H., Esaki, N., and Kurihara, T. (2011) Favourable effects of eicosapentaenoic acid on the late step of the cell division in a piezophilic bacterium, *Shewanella violacea* DSS12, at high-hydrostatic pressures. *Environ. Microbiol.* **13**, 2293-2298, 査読有, 10.1111/j.1462-2920.2011.02487.x
16. Hidese, R., Mihara, H., and Esaki, N. (2011) Bacterial cysteine desulfurases: versatile key players in biosynthetic pathways of sulfur-containing biofactors. *Appl Microbiol Biotechnol* **91**, 47-61, 査読有, Doi 10.1007/S00253-011-3336-X

〔学会発表〕(計 34 件)

1. 綾田真人, 戸部隆太, 田島寛隆, 三原久明. システインデスルフラゼを用いた CdS ナノ粒子の酵素的合成. 日本農芸化学会関西支部第 493 回講演会, 京都大学楽友会館(京都府), 2016 年 2 月 6 日
2. 梅村晃弘, 戸部隆太, 田島寛隆, 三原久明. *Bacillus* sp. NTP-1 株由来マンガンカタラーゼ様タンパク質の機能解析. 日本農芸化学会 2016 年度大会, 札幌コンベンションセンター(北海道), 2016 年 3 月 29 日
3. Jahan, M. I., Tobe, R., and Mihara, H. Characterization of a novel putative porin of the metal-reducing bacterium *Geobacter sulfurreducens*. Institute for Chemical Research International Symposium 2016, ICR, Kyoto University (Japan), Mar. 7, 2016
4. 西田亮, 安間友香理, 田島寛隆, 斎藤茂樹, 谷泰史, 戸部隆太, 三原久明. 大腸菌一遺伝子欠失株 Keio コレクションを用いたテルル酸還元関連遺伝子の網羅的解析. 第 62 回日本生化学会近畿支部例会, 立命館大学 BKC (滋賀県), 2015 年 5 月 16 日
5. 田島寛隆, 山際恭平, 大内田竜大, 山本紘資, 名田イサナ, 谷泰史, 斎藤茂樹, 峯元高志, Prakash, N. T., 三原久明. インドセレン蓄積地帯の土壌より単離した *Cellulomonas* sp. D3a の亜セレン酸還元特性. 第 26 回日本微量元素学会学術集会, 北海道大学(北海道), 2015 年 7 月 4 日
6. 田島寛隆, 大場杏奈, 大内田竜大, 斎藤茂樹, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. 大腸菌変異株を用いたセレン微粒子生成関連遺伝子の探索. 日本農芸化学会 2015 年度大会, 岡山大学津島キャンパス(岡山県), 2015 年 3 月 27 日
7. 清水敦貴, 波北悟, 戸部隆太, 田村隆, 三原久明. 細菌におけるセレノリン酸合成酵素

- へのセレン基質供給系の解析. BMB2015, 神戸国際展示場(兵庫県), 2015年12月2日
8. 波北悟, 戸部隆太, 清水敦貴, 田村隆, 三原久明. セレノリン酸合成酵素の基質供給系の解析. 2015年度酵素補酵素研究会, 福井AOSSA(福井県), 2015年7月10日
9. 松寄佑樹, 杉山慧, 眞本奈々, 戸部隆太, 谷泰史, 三原久明. Geobacter sulfurreducensにおけるマルチヘムセレンタンパク質の機能解析. BMB2015, 神戸国際展示場(兵庫県), 2015年12月3日
10. 田島寛隆, 岡林拓弥, 山際恭平, 山本紘資, 名田イサナ, 斎藤茂樹, 谷泰史, 峯元高志, Prakash, N. T., 三原久明. 高濃度セレン地帯土壌より単離した Cellulomonas sp. D3a の亜セレン酸還元特性. 第4回メタロミクス研究フォーラム, 武蔵野大学, 東京都, 2014年11月7日
11. 田島寛隆, 安間友香理, 西田亮, 斎藤茂樹, 谷泰史, 三原久明. 大腸菌のテルル酸還元関連遺伝子の網羅的探索. 第87回日本生化学会大会, 京都国際会館(京都府), 2014年10月16日
12. 杉山慧, 眞本奈々, 谷泰史, 斎藤茂樹, 田島寛隆, 三原久明. 金属還元細菌 Geobacter sulfurreducens のマルチヘムセレンタンパク質の複合体解析. 日本農芸化学会 2014年度大会, 明治大学生田キャンパス(神奈川県), 2014年3月28日
13. 眞本奈々, 谷泰史, 杉山慧, 斎藤茂樹, 田島寛隆, 三原久明. 金属還元細菌 Geobacter sulfurreducens のマルチヘムセレンタンパク質および関連タンパク質群の解析. 第61回日本生化学会近畿支部例会, 京都産業大学(京都府), 2014年5月17日
14. 眞本奈々, 谷泰史, 杉山慧, 斎藤茂樹, 三原久明. 金属還元細菌 Geobacter sulfurreducens のマルチヘムセレンタンパク質が関与する電子伝達経路の解析. 特殊環境微生物セミナー2014, 名古屋大学(愛知県), 2014年10月1日
15. 大内田竜大, 田島寛隆, 山本紘資, 斎藤茂樹, 谷泰史, 峯元高志, Prakash, N. T., 三原久明. 細菌におけるセレン微粒子生成に関わるタンパク質の同定. 日本農芸化学会 2014年度大会, 明治大学生田キャンパス(神奈川県), 2014年3月29日
16. 名田イサナ, 田島寛隆, 斎藤茂樹, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. Cellulomonas sp. D3a 株におけるテルル酸還元に関わる遺伝子の同定. 日本農芸化学会 2014年度大会, 明治大学生田キャンパス(神奈川県), 2014年3月29日
17. 名田イサナ, 山際恭平, 永野知哉, 田島寛隆, 斎藤茂樹, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. グラム陽性細菌のテルル酸還元に関わる遺伝子の同定. 日本農芸化学会関西支部例会第484回講演会, 京都府立大学(京都府), 2014年5月24日
18. 三原久明, 今井岳志, 栗原達夫, 江崎信芳. 哺乳類細胞における亜セレン酸代謝. 第25回日本微量元素学会, 岡山大学(岡山県), 2014年7月3日
19. Mihara, H., Imai, T., Kurihara, T., and Esaki, N. Delivery of selenium to selenoprotein biosynthesis. The International Selenium Seminar 2014, Busan (Korea), October 17, 2014
20. Esaki, N., Kurokawa, S., Omi, R., Hayashi, H., Miyahara, I., Hirotsu, K., Kurihara, T., and Mihara, H. Physiological role and reaction mechanism of selenocysteine lyase: unique vitamin B6 enzyme acting specifically on selenocysteine. The Fourth International Conference on Cofactor (ICC-04), Parma (Italy), August 27, 2014
21. 波北悟, 斎藤茂樹, 谷泰史, 三原久明. Pseudomonas sp. F2a 由来セレノリン酸合成酵素の解析. 2013年度酵素補酵素研究会, 立命館大学 BKC(滋賀県), 2013年6月21日
22. 波北悟, 斎藤茂樹, 谷泰史, 三原久明. Pseudomonas sp. F2a 株由来セレノリン酸合成酵素の解析. 日本農芸化学会 2013年度大会, 東北大学(宮城県), 2013年3月25日
23. 永野知哉, 奥田華朱美, 斎藤茂樹, 谷泰史, 峯元高志, Prakash, N. T., 三原久明. Bacillus sp. NTP-1 株における亜セレン酸還元に関する遺伝子の同定. 第86回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川県), 2013年9月12日
24. 斎藤茂樹, 岡林拓弥, 加藤元嗣, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. Cellulomonas 属細菌のカルコゲンオキシアニオン還元特性. 日本農芸化学会 2013年度大会, 東北大学(宮城県), 2013年3月26日
25. 大内田竜大, 斎藤茂樹, 山本紘資, 谷泰史, 峯元高志, Prakash, N. T., 三原久明. Cellulomonas sp. D3a 株が生成するセレンナノ粒子表面に結合するタンパク質の解析. 第86回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川県), 2013年9月13日
26. Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. Selenocysteine lyase: Delivering selenium in biosynthetic pathway. The 3rd International Conference on Selenium in the Environmental and Human Health, Hefei (China), Nov. 13, 2013
27. 永野知哉, 斎藤茂樹, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. セレンオキシアニオン還元細菌の単離と特性解析. 日本農芸化学会 2012年度大会, 京都女子大学(京都府), 2012年3月24日
28. 永野知哉, 加藤元嗣, 斎藤茂樹, 谷泰史, Prakash, N. T., 三原久明. トランスポゾン挿入変異を用いたセレン耐性菌のセレンオキシアニオン還元機構の解明. 第85回日本生化学会大会, 福岡国際会議場(福岡県), 2012年12月15日
29. 山際恭平, 岡林拓弥, 谷泰史, 斎藤茂樹, Prakash, N. T., 三原久明. Cellulomonas sp. D3a の亜セレン酸還元能の解析. 第85回日本生化学会大会, 福岡国際会議場(福岡県), 2012

年 12 月 15 日

30. 大内田 竜大, 齋藤 茂樹, 谷 泰史, 峯元 高志, Prakash, N. T., 三原 久明. Enterobacter sp. E3b におけるセレンナノ粒子生成機構の解析. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡県), 2012 年 12 月 16 日
31. 齋藤 茂樹, 谷 泰史, Prakash, T., 三原 久明. インドパンジャール地方で単離されたセレン酸・亜セレン酸耐性細菌の解析. 第 84 回日本生化学会大会, 国立京都国際会館(京都府), 2011 年 9 月 24 日
32. 今井 岳志, 三原 久明, 栗原 達夫, and 江崎 信芳. 亜セレン酸還元経路に関する研究. 第 84 回日本生化学会大会, 国立京都国際会館 (京都府), 2011 年 9 月 24 日
33. Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. Cysteine Desulfurase and Selenocysteine Lyase: Trafficking of Sulfur and Selenium via Enzyme-bound Persulfide and Selenopersulfide. The Third International Conference on Cofactors, Turku (Finland), July 12, 2011
34. Mihara, H. Structure and Function of Selenocysteine Lyase and Cysteine Desulfurase. 12th International Congress on Amino Acids, Peptides and Proteins, Beijing (China), August 1, 2011

〔図書〕(計 3 件)

1. 三原 久明. (2014) 金属タンパク質. in 地球を救うメタルバイオテクノロジー (山下光雄, and 清和成 eds.), 成山堂, 東京都. pp 207-215
2. Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. (2014) Selenocysteine lyase: Delivering selenium in biosynthetic pathway. in *Selenium in the Environment and Human Health*, CRC Press, London, UK. pp 181
3. Mihara, H., and Esaki, N. (2012) Selenocysteine Lyase: Mechanism, Structure, and Biological Role. in *Selenium: Its Molecular Biology and Role in Human and Health* (Hatfield, D. L., Berry, M. J., and Gladyshev, V. N. eds.), Springer, New York. pp 95-105

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/skbiot/mihara/Top.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

三原 久明 (MIHARA, Hisaaki)
立命館大学・生命科学部・教授
研究者番号 : 30324693

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

谷 泰史 (TANI, Yasushi)
立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・専門研究員
研究者番号 : 90583295

齋藤 茂樹 (SAITO, Shigeki)
立命館大学・立命館グローバル・イノベーション研究機構・専門研究員
研究者番号 : 30589908