

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：34315

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24658086

研究課題名(和文) CIGS太陽電池材料の微生物合成

研究課題名(英文) Bacterial synthesis of materials applicable to CIGS solar cells

研究代表者

三原 久明 (Mihara, Hisaaki)

立命館大学・生命科学部・准教授

研究者番号：30324693

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：300 mM 以上の亜セレン酸を含む固形培地上で生育可能な *Cellulomonas* sp. D3a, D3b, *Enterobacter* sp. D2b, G3a, *Pseudomonas* sp. B2a, F2a, F3b, G2a を得た。*E. coli* 培養上清を用いた銀ナノ粒子形成に対する種々の影響を調べ、フマル酸の代謝物が銀ナノ粒子形成に関わっていることが示唆された。外膜ポーリン様タンパク質である OmpC がセレンナノ粒子生成における粒径の制御において重要な役割を果たす可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：Several strains (*Cellulomonas* sp. D3a, D3b, *Enterobacter* sp. D2b, G3a, *Pseudomonas* sp. B2a, F2a, F3b, G2a) were isolated as selenite-tolerant bacteria, which grew on a solid medium containing more than 300 mM selenite. Study on the Ag nanoparticles formation using a culture supernatant of *E. coli* suggests that a metabolite of fumarate may be participated in the formation of Ag nano particle. An outer membrane porin-like protein, OmpC from *Enterobacter* sp. may play an important role in the regulation of the size of Se particles.

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農芸化学・応用微生物学

キーワード：セレン粒子 微生物 太陽電池材料

1. 研究開始当初の背景

次世代エネルギーとして太陽光発電に注目が集まっている。従来の太陽電池は、エネルギー変換効率(光エネルギーを電気に変換する効率)の高いシリコンバルク(塊)を使うバルク型シリコン方式が主流であったが、昨今はシリコン使用量の少ない薄膜シリコン方式を採用する太陽電池メーカーが増加している。これは高純度シリコンの作製に大量の電力を消費するので価格面での競争力を高めるためである。

このような情勢下、シリコンを使わない非シリコン系の $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})\text{Se}_2$ (以下 CIGS) 太陽電池に大きな期待が寄せられている。CIGS 薄膜は銅(Copper)、インジウム(Indium)、ガリウム(Gallium)、セレン(Selenium)の4元素からなり、 CuInSe_2 と CuGaSe_2 との混晶である。CIGS 薄膜太陽電池はシリコン系太陽電池に匹敵するエネルギー変換効率 20.3% を達成している。また、シリコンを使わず、かつ薄膜であるため、材料の使用量も少なく済む。材料となる4元素はいずれも危機的な供給不足に陥る不安が少なく、価格も安定しているため、次世代太陽電池として極めて有望である。しかしながら、CIGS 薄膜の製造は、減圧高温下で材料となる4元素を気化して反応させる「蒸着」という手法が用いられるため、大量のエネルギーを消費するという問題点がある。

本研究者は、セレン酸および亜セレン酸を還元する能力の高い *Bacillus* 属、*Providencia* 属、*Pseudomonas* 属、*Pantoea* 属等の種々の細菌を自然界より単離し、それらのセレン酸・亜セレン酸還元能の分子メカニズムについて研究を進めている。これまでに、*Bacillus* sp. NTP-1 株が、好気的条件下で 5 mM 亜セレン酸を含む培地 1 L から 300 mg ものセレンをナノ粒子として回収する能力を示すことを見出し、本菌の亜セレン酸還元酵素の諸性質を明らかにしている。

微生物によりセレン化銅、セレン化インジウム、セレン化ガリウムのいずれかが合成出来れば、CIGS 薄膜合成において最もエネルギーを消費する工程である蒸着の短縮化に繋がり、我が国の太陽電池産業の一層の国際競争力の強化に繋がることになる。

また、ナノサイズの金属結晶は量子ドットにより発光することが知られており、セレン化カドミウムやテルル化カドミウムが生体分子タグや特定分子の標識材料として使用されている。本研究により合成されるセレン化銅、セレン化インジウム、セレン化ガリウムの機能については未知であるが、新規ナノ材料として応用されることが予想される。

2. 研究の目的

本研究課題では、蒸着に替わる方法として、微生物のナノ粒子生成能を活用した CIGS 薄膜合成法の開発を目指した。さらに、これに付随する技術として、不用となった廃棄 CIGS

からの微生物による銅、インジウム、ガリウム、セレンの資源回収法を開発することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 金属ナノ粒子合成に有効な微生物の単離同定

インドのパンジャブ地方の高濃度セレン地帯から単離された亜セレン酸還元菌 12 菌株を用いて、亜セレン酸に対する耐性について調べた。単離菌を 0 ~ 500 mM の亜セレン酸を含む TSB 寒天培地で好気・嫌気条件下において培養した。また、*Cellulomonas* sp. D3a、D3b 株については、テルルオキシアニオンに対する還元活性についても調べた。

(2) 微生物による金属ナノ粒子の合成

E. coli BW25113 の培養上清を用いた銀ナノ粒子生成機構を解明するにあたり、銀ナノ粒子を形成しやすい Nitrate 培地と形成しにくい LB 培地 (NaCl なし) を比較し、それぞれ銀ナノ粒子形成に関わる官能基の違いやタンパク質の関与、分子量の大きさを比べた。

また、*E. coli* BW25113 の欠損株である Keio collection 3,884 菌株のうち 1,564 菌株の各培養上清で、銀ナノ粒子を形成するか調べた。

(3) セレンナノ粒子形成に関与する分子の同定

Enterobacter sp. E3b を、亜セレン酸含有培地で培養し、セレン粒子を回収した。回収した粒子結合タンパク質を SDS-PAGE 解析した。回収した粒子を様々な濃度の NaCl、SDS、Tween 20 を用いて洗浄することにより、Se 粒子に弱く結合する非特異的タンパク質の除去を試みた。セレン粒子に特異的に結合すると推定されたタンパク質の N 末端アミノ酸配列を解析した。

4. 研究成果

(1) 金属ナノ粒子合成に有効な微生物の単離同定

Cellulomonas sp. D3a、D3b、*Enterobacter* sp. D2b、G3a、*Pseudomonas* sp. B2a、F2a、F3b、G2a は 300 mM 以上の亜セレン酸濃度でも生育した。*Cellulomonas* sp. D3a、D3b 株は特に亜セレン酸耐性濃度が高く、亜セレン酸を嫌気条件下でのみ還元するという他の菌には見られない特徴を持つことが分かった。種々の濃度の亜セレン酸を含む TSB 液体培地で D3a 株を生育させたところ、亜セレン酸濃度が高くなるにつれて誘導期が長くなるものの、定常期の菌体量は亜セレン酸濃度依存的に増加することが分かった。また、5 mM の亜セレン酸を 24 時間で約 60 % 還元することが分かった。硫酸塩、亜硫酸塩、硝酸塩、亜硝酸塩により亜セレン酸還元活性が阻害されるかを調べた結果、D3a 株の亜セレン酸還元能は亜硫酸塩と亜硝酸塩で完全に阻害された。一方、D3b 株では、亜硫酸塩

で 100%、亜硝酸塩で 50%の阻害が見られた。また、両菌株のテルルオキシアニオンに対する還元活性を調べたところ、両菌株は好気・嫌気両条件下で 5 mM テルル酸を還元したが、5 mM 亜テルル酸については嫌気条件下でのみ還元した。次に、各オキシアニオン還元活性の細胞内局在について調べた。菌体を超音波破碎した後、15,000 rpm で 3 分間遠心分離し、可溶画分と膜画分に得た。各画分に終濃度 25 mM になるよう各オキシアニオンを加え、30°C、24 時間反応させたところ、亜セレン酸還元活性は可溶画分で検出されたが、テルル酸・亜テルル酸還元活性は膜画分で検出された。

(2) 微生物による金属ナノ粒子の合成

以前の研究から、outer membrane c-type cytochromes や NADH 依存性硝酸還元酵素などのタンパク質が銀ナノ粒子の粒径や銀イオンの還元に関与していることが示唆されていた。しかし、本実験において培養上清を熱処理 (95°C, 10 min) または SDS 処理 (終濃度: 1%) しても銀ナノ粒子形成が見られたことから、タンパク質は関与していないことが明らかとなった。また、各培養上清をゲル濾過カラム (PD-10) によって高分子と低分子に分け、各フラクションにおいて銀ナノ粒子形成を調べた。その結果、LB 培地 (NaCl なし) に比べ Nitrate 培地の方が銀ナノ粒子形成しやすいのは、Nitrate 培地の高分子側のフラクションに銀ナノ粒子形成を促進させる物質が存在するためだと考えられた。

E. coli BW25113 の欠損株である Keio collection 3,884 菌株のうち 1,564 菌株の各培養上清で、銀ナノ粒子を形成するか調べた。その結果、コハク酸デヒドロゲナーゼのサブユニット B および C の欠損株において銀ナノ粒子形成が見られなかった。定常期での欠損株の菌体数は野生株よりも少ないことから、菌体数が銀ナノ粒子形成に影響を与えていることが考えられた。また、欠損株の培養時にフマル酸を添加して銀ナノ粒子形成を調べたところ、生成量が増加していた。このことからフマル酸の代謝物が銀ナノ粒子形成に関与していることが示唆された。

(3) セレンナノ粒子形成に関与する分子の同定

Enterobacter sp. E3b を、亜セレン酸含有培地で培養し、セレン粒子を回収した。回収した粒子結合タンパク質を SDS-PAGE 解析した結果、多数のタンパク質バンドが確認された。そこで、回収した粒子を様々な濃度の NaCl、SDS、Tween 20 を用いて洗浄することにより、Se 粒子に弱く結合する非特異的タンパク質の除去を試みた。セレン粒子に特異的に結合すると推定されたタンパク質の N 末端アミノ酸配列を解析した。BLAST による配列データベース検索の結果、それらのタンパク質が flagellin, outer membrane protein A, outer membrane protein C と高

い相同性を持つことがわかった。E3b 株由来のセレンナノ粒子結合タンパク質と相同性の高いタンパク質をコードする遺伝子の大肠菌欠損株 JW0940 ($\Delta ompA$)、JW1908 ($\Delta fliC$)、JW2203 ($\Delta ompC$) からセレンナノ粒子を単離し、DLS を用いて粒径を計測した。その結果、 $\Delta ompC$ 由来セレンナノ粒子において顕著な粒径の変化が見られた。*ompC* 補完株を作製したところ、粒径の回復が見られたことから、外膜ポーリン様タンパク質である *OmpC* がセレンナノ粒子生成における粒径の制御において重要な役割を果たすと考えられた。

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 5 件)

1. 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
2. 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
3. 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. Biotech. Bioch.* **77**, 754-759, 査読有, 10.1271/bbb.120879
4. 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, <http://www.jtnrs.com/sym29/11-No-P-06.pdf>
5. 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

[学会発表](計 39 件)

1. 谷泰史, 木村圭佑, 齋藤茂樹, 三原久明.

- 4-メチル-5-(β -ヒドロキシエチル)チアゾールキナーゼ ThiM の酵素学的特性の解析. 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) 2014 年 3 月 29 日
2. 大内田竜大, 田島寛隆, 山本紘資, 齋藤茂樹, 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, (2014) 3 月 29 日
3. Equar, Y., Tani, Y., and Mihara, H. Characterization of glycine oxidase involved in the biosynthesis of the thiazole moiety of thiamine in *Pseudomonas putida* KT2440. 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) 2014 年 3 月 29 日
4. 名田イサナ, 田島寛隆, 齋藤茂樹, 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) 2014 年 3 月 29 日
5. 吉岡博史, 石田哲夫, 谷泰史, 三原久明. 大腸菌ジヒドロピリミジンデヒドロゲナーゼの嫌気下での精製と機能解析. 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) 2014 年 3 月 28 日
6. 杉山慧, 鳥本奈々, 谷泰史, 齋藤茂樹, 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) 2014 年 3 月 28 日
7. Tani, Y., Nakamoto, H., Miyake, R., Kawabata, H., Ueda, M., and Mihara, H. D-Lysine catabolic enzymes of *Pseudomonas putida*. Institute for Chemical Research International Symposium 2014, ICR, Kyoto University, (Kyoto), Mar. 10, 2014
8. Tajima, H., Nagano, T., Ouchida, R., Okanishi, K., Kim, K., Masui, R., Kuramitsu, S., Tani, Y., Saito, S., Minemoto, T., Prakash, N. T., and Mihara, H. Identification of Proteins Involved in Bacterial Synthesis of Selenium Particles. Institute for Chemical Research International Symposium 2014, ICR, Kyoto University, (Kyoto), Mar. 10, 2014
9. Mihara, H., Kurihara, T., and Esaki, N. Role of glutathione in the efflux of selenium from cells. 10th International Society for Trace Element Research in Humans, Keio Plaza Hotel (Tokyo), Nov. 20, 2013
10. 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
11. Mihara, H., Tani, Y., Shinno, E., Zhang, W., Saito, S., Kurihara, T., and Esaki, N. Function of the unique multitheme selenoprotein of the metal-reducing bacterium *Geobacter sulfurreducens*. 10th International Symposium on Selenium in Biology and Medicine, Berlin (Germany), September 16, 2013
12. 大内田竜大, 齋藤茂樹, 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) 2013 年 9 月 13 日
13. 谷泰史, 吉田吉孝, 秀瀬涼太, 齋藤茂樹, 中島洋, 渡辺芳人, 石田哲夫, 田中裕介, 堀池喜八郎, 栗原達夫, 江崎信芳, 三原久明. *Escherichia coli* 由来ジヒドロピリミジンデヒドロゲナーゼの nFeS₂ 鉄硫黄クラスターに配位するアミノ酸残基の役割. 第 86 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川) 2013 年 9 月 12 日
14. 永野知哉, 奥田華朱美, 齋藤茂樹, 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与する遺伝子の同定. 第 86 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川) 2013 年 9 月 12 日
15. 上田陽己, 齋藤茂樹, 早川真, 山本将嗣, 谷泰史, 辻昭久, 三原久明. ピニトール蓄積アイスプラントの栽培条件の検討. 第 86 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川) 2013 年 9 月 12 日
16. Equar, Y., Tani, Y., Saito, S., and Mihara, H. Gene cloning and characterization of FAD-dependent oxidoreductase (PP_0612) from *Pseudomonas putida* KT2440 第 86 回日本生化学会大会, パシフィコ横浜(神奈川) 2013 年 9 月 11 日
17. 三原久明. 金属ナノ粒子合成および金属回収に応用可能な細菌. イノベーション・ジャパン 2013, 東京ビッグサイト(東京) 2013 年 8 月 29-30 日
18. 三原久明, 谷泰史, 新野絵梨奈, 齋藤茂樹. 金属還元細菌のヘム含有セレンタンパク質の機能解析. 第 24 回日本微量元素学会学術集会, 関西大学(大阪) 2013 年 6 月 29 日
19. 谷泰史, 新野絵梨奈, 齋藤茂樹, 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の機能解析. 2013 年度酵素補酵素研究会, 立命館大学 BKC (滋賀) 2013 年 6 月 21 日
20. Equar, Y., Tani, Y., Saito, S., and Mihara, H. Gene cloning and characterization of FAD-dependent oxidoreductase (PP_0612) from *Pseudomonas putida* KT2440. 2013 年度酵素補酵素研究会, 立命館大学 BKC (滋賀) 2013 年 6 月 21 日

21. 波北悟, 齋藤茂樹, 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) 2013 年 6 月 21 日

22. 谷泰史, 木村圭介, 齋藤茂樹, 三原久明. 4-メチル-5-(β -ヒドロキシエチル)チアゾールキナーゼの酵素学的特性の解明. 日本ビタミン学会第 65 回大会, 一橋大学一橋講堂 (東京) 2013 年 5 月 17 日

23. 谷泰史, 新野絵梨奈, 齋藤茂樹, 三原久明. 遷移金属元素の化学変換における金属還元細菌 *Geobacter sulfurreducens* のマルチヘムセレンタンパク質の役割. 日本農芸化学会 2013 年度大会, 東北大学川内北キャンパス (宮城) 2013 年 3 月 26 日

24. 齋藤茂樹, 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, 東北大学川内北キャンパス (宮城) 2013 年 3 月 26 日

25. 波北悟, 齋藤茂樹, 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, 東北大学川内北キャンパス (宮城) 2013 年 3 月 25 日

26. 山下泰典, 谷泰史, 澤良太, 齋藤茂樹, 三原久明. 糸状菌におけるフィトセラミド型中性スフィンゴ糖脂質の生合成経路の解析. 日本農芸化学会 2013 年度大会, 東北大学川内北キャンパス (宮城) 2013 年 3 月 25 日

27. 三宅良磨, 出来島康方, 由上亮一, 谷泰史, 三原久明, 川端潤. dl-Lysine を原料とした one-pot での L-pipecolic acid 合成方法の開発. 日本農芸化学会 2013 年度大会, 東北大学川内北キャンパス (宮城) 2013 年 3 月 25 日

28. 木村圭介, 谷泰史, 齋藤茂樹, 三原久明. 4-メチル-5-(β -ヒドロキシエチル)チアゾールキナーゼの精製と酵素の諸性質. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡), 2012 年 12 月 16 日

29. 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), 2012 年 12 月 16 日

30. 谷泰史, 中許昆照, 齋藤茂樹, 川端潤, 上田誠, 三原久明. *Pseudomonas putida* 由来フラビン含有色素依存性 D-リジンデヒドロゲナーゼの解析. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡), 2012 年 12 月 15 日

31. 永野知哉, 加藤元嗣, 齋藤茂樹, 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),

2012 年 12 月 15 日

32. 山際恭平, 岡林拓弥, 谷泰史, 齋藤茂樹, 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), 2012 年 12 月 15 日

33. 吉田吉孝, 秀瀬涼太, 谷泰史, 齋藤茂樹, 栗原達夫, 江崎信芳, 三原久明. *Escherichia coli* 由来ジヒドロピリミジンデヒドロゲナーゼにおける鉄硫黄クラスターの機構解析. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡), 2012 年 12 月 15 日

34. 新野絵梨奈, 谷泰史, 齋藤茂樹, 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の解析. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡), 2012 年 12 月 15 日

35. 由上亮一, 谷泰史, 大松晃一郎, 齋藤茂樹, 川端潤, 上田誠, 三原久明. マサバ由来 L-リジン β -オキシダーゼの大腸菌発現系構築と精製酵素の諸性質. 第 85 回日本生化学会大会, 福岡国際会議場 (福岡), 2012 年 12 月 15 日

36. 谷泰史, 吉田吉孝, 秀瀬涼太, 齋藤茂樹, 栗原達夫, 江崎信芳, 三原久明. *Escherichia coli* 由来のフラビン・鉄硫黄クラスター含有ジヒドロピリミジンデヒドロゲナーゼ. 2012 年度酵素補酵素研究会, 名古屋大学 (愛知) 2012 年 7 月 27 日

37. 三原久明, 中許昆照, 谷泰史, 齋藤茂樹, 川端潤, 上田誠. *Pseudomonas putida* のフラビン含有色素依存性 D-リジンデヒドロゲナーゼ. 日本ビタミン学会第 64 回大会, 長良川国際会議場 (岐阜) 2012 年 6 月 23 日

38. 齋藤茂樹, 山野孝太郎, 谷泰史, 早川真, 辻昭久, 三原久明. 糸状菌分泌物がアイズプラントのピニトール生合成遺伝子の発現に与える影響. 第 29 回日本微量栄養学会学術集会, 京都リサーチパーク (京都) 2012 年 6 月 2 日

39. 谷泰史, 中村香里, 澤良太, 西尾匡, 齋藤茂樹, 伊藤将弘, 糸乗前, 三原久明. 子囊菌類 *Mariannaea elegans* 由来の新奇スフィンゴ糖脂質の構造解析. 第 59 回日本生化学会近畿支部例会, 京都大学宇治キャンパス (京都) 2012 年 5 月 19 日

〔図書〕(計 1 件)

1. 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・准教授

研究者番号：30324693

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

峯元 高志 (MINEMOTO TAKASHI)

立命館大学・理工学部・准教授

研究者番号：80373091

斎藤 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・研究員

研究者番号：30589908

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・研究員

研究者番号：90583295