

令和 3 年 5 月 25 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H02129

研究課題名(和文) 微生物におけるランタノイド元素の意義

研究課題名(英文) Importance of lanthanides in microorganisms

研究代表者

谷 明生 (Tani, Akio)

岡山大学・資源植物科学研究所・准教授

研究者番号：00335621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：Methylobacterium属細菌は植物が放出するメタノールを利用して葉上で優占化する共生細菌である。本属細菌はメタノール代謝にカルシウム依存とランタノイド(Ln)依存の二種類のメタノール脱水素酵素(MDH)を利用する。これらのLnに依存した発現制御の機構について検討した。その結果両者を制御する因子を見いだした。またLn依存酵素は多くの微生物ゲノムに存在するため、Ln依存的メタノール資化性細菌の探索も行った。Ln依存的な新種細菌を二種類見だし、その基礎的特徴付けを行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ランタノイドは天然には広く存在するが実験室環境には存在しないため、それに依存する微生物の生育、代謝系の制御の理解は自然界での微生物の振る舞いを理解する上で重要である。本研究ではランタノイドを生育に要求する微生物を新規に見だし、その依存性をゲノムや酵素遺伝子の観点から証明した。またMethylobacterium属細菌についてランタノイドによる代謝酵素遺伝子制御のメカニズムの一端を明らかに出来た。

研究成果の概要(英文)：Methylobacterium species are phytosymbionts utilizing methanol emitted from plants. They utilize two different methanol dehydrogenases (MDHs) that require calcium and lanthanides. We examined the regulation mechanism of Ln-dependent gene expression, and found factors involved in the regulation. On the other hand, Ln-dependent MDH gene is encoded in many bacterial genomes. We found and characterized new Ln-dependent methylotrophs.

研究分野：Microbiology

キーワード：Methylotroph Lanthanides Methanol dehydrogenase

## 1. 研究開始当初の背景

*Methylobacterium* 属細菌は植物が放出するメタノールを利用してその地上部表面で優先するだけでなく、植物の成長を促進する重要な植物共生細菌である。本属細菌においてメタノールは初発酸化酵素であるメタノール脱水素酵素 (MDH) で酸化され、ホルムアルデヒドを生じ、H<sub>4</sub>MPT 経路によってギ酸まで酸化される。ギ酸はさらに二酸化炭素に酸化されエネルギーを得るか、H<sub>4</sub>F 経路を通じてセリン経路で異化される。これら一連のメタノール代謝に関わる酵素・遺伝子については網羅的に解析され、ほぼ全体像が理解されていた。

MDH は *mxoA* にコードされるカルシウム依存酵素であることが知られていたが、モデル菌株 *M. extorquens* AM1 株のゲノムには *mxoA* の他にホモログ遺伝子 *xoxF* があり、この機能は謎であった。*xoxF* 欠失株はメタノールの生育能を失うため重要であることが示唆されていたが、発現レベルが低く、大腸菌等で強制発現させたタンパク質には活性がないことが分かっていた。しかし自然界での植物葉上のメタプロテオミクス解析では本属細菌由来の XoxF が高発現している事が分かっており、このギャップを埋める因子が不明であった。

一方、ランタノイド(Ln)は希土類元素(レアアース)に含まれるが、土壌中には生物が必要とする Mo, Zn や Co と同程度(数十 ppb)含まれており、決して「レア」な元素ではない。工業的には、磁石材料などの物性を微量で大きく変えることから、産業のビタミンと言われるほど重要である。しかし、生物や生体反応に重要な元素であると全く考えられていなかった。岐阜大の研究グループがランタノイド存在下で生育促進される微生物を発見し、その一つが本属細菌であった。各種解析の末、Ln 存在下でメタノール酸化能が高まること、精製した MDH が XoxF であり、精製された XoxF に Ln が含まれることが分かった。さらにオランダのグループは好酸性メタン酸化細菌から XoxF を精製、X 線構造解析により酵素の補欠分子属として Ln が保持されていることを突き止めた。XoxF は Ln 依存の酵素として再発見された。

メタンやメタノールを利用するグラム陰性のメチロトロフのゲノムには必ず XoxF がコードされるが、MxoA を持たないことも多いことが分かってきた。実際根粒菌である *Bradyrhizobium* 属細菌も XoxF を持ち、Ln 存在下でのみメタノールを利用できる。このことはメチロトロフにとって Ln は重要な元素であり、私たちの実験室環境では Ln が存在しないので、本来の C1 微生物の姿を実験室で再現できていないことを示している。従って、Ln に依存的な C1 微生物を新たに探索することは新たな微生物資源を得る上で重要である。

*Methylobacterium* 属細菌は MxoA と XoxF の二つを持ち、Ln の非存在下でのみ MxoA を発現する。この Ln 依存的遺伝子発現切り替えを Ln スイッチと呼ぶ。Ln の認識、細胞内への取り込み、Ln の存在に応答した遺伝子発現の調節機構はまだ分かっていなかった。XoxF は MxoA と同じくメタノールを酸化する。金属要求性が異なることと、ホルムアルデヒドも酸化するということが XoxF の特徴であるとされていた。しかし XoxF がホルムアルデヒドも酸化すると、H<sub>4</sub>MPT 経路で酸化されるのに比べて NADH が足りずメタノール代謝が完結しない。細胞内でそれがどのように制御されているのかは謎であった。

私たちは *M. aquaticum* 22A 株においてやはり Ln スイッチが存在することをトランスクリプトーム解析で見いだした。本株は AM1 株とは分類学的に遠く、メタノール代謝経路の酵素遺伝子のレパートリーも少し異なる。大きな違いはホルムアルデヒド代謝に H<sub>4</sub>MPT 経路だけでなく、グルタチオン依存の脱水素酵素も持つ事である。この経路を持つ本属細菌は希であり、機能を持っているかどうか不明であった。

## 2. 研究の目的

以上のことから、本研究では Ln の微生物における重要性を明らかにするため、

- (1) 新規 Ln 依存的メタノール資化性細菌の探索
- (2) *M. aquaticum* 22A 株における Ln スイッチのメカニズムとホルムアルデヒド代謝への XoxF の関与
- (3) トランスクリプトームで見いだした新規 Ln 結合タンパク質の Ln スイッチへの関与について研究を行った。

## 3. 研究の方法

(1) メタン・メタノールを単一炭素源とする培地を用い、Ln の存在下で集積培養を行った。メタノール生育の Ln 依存性を確認出来た株について 16S rRNA 遺伝子配列解析により同定した。新種と考えられた細菌について注目し、ゲノム配列の解読、可能なものについては重要な MDH 遺伝子の欠失株の作成、生育の確認、MDH 遺伝子発現を qPCR で定量した。

(2) 22A 株のゲノムには 6 つの MDH 様遺伝子がある。MDH として MxoA と XoxF1 の他に、XoxF1 と相同性の高い pseudogene である XoxF2、Ln 依存エタノール脱水素酵素と相同性の高い ExaF、及び ADH4、ADH6 がある。それぞれの遺伝子のみを残して他を全て欠失させた遺伝子欠失株を作成し、様々なアルコールへの生育を調べた。また 22A 株には二種類のホルムアルデヒド代謝系が存在するので、それぞれに関わる Formaldehyde activating enzyme (Fae)、Hydroxy glutathione

dehydrogenase (Hgd)の遺伝子欠失株を様々な MDH 遺伝子欠失株バックグラウンドで作製し、メタノールやコハク酸での生育を調べることでメタノール・ホルムアルデヒド代謝における各酵素の関与度合を確認した。

(3) Ln 存在下で生育した 22A 株のトランスクリプトーム解析で Ln 特異的に発現する遺伝子は XoxF 以外にも多く有り、その中でカルモジュリン様タンパク質に注目していた。そのタンパク質が Ln を結合するところまで発見していたが、遺伝子欠失株はメタノール資化性や Ln 依存性について何のフェノタイプも示さないの機能が分からなかった。Ln 結合タンパク質であることの報告は先を越され Lanmodulin(LanM)と名付けられた。ペリプラズムに局在すると考えられ、Ln 結合によって構造変化する。本研究ではその機能について遺伝学的・生化学的に解析した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 新規 Ln 依存性メタノール資化性細菌の探索

特に植物サンプルから網羅的に微生物を分離し、約 300 株の分離菌から質量分析器を用いた同定法を用いて同じ種と考えられるものを除いた 120 株について Ln 要求性を確認し、Ln 依存性にメタノールを利用できる微生物を 5 株 (*Burkholderia ambifaria*, *Cupriavidus necator*, *Dyadobacter endophyticus*, *Methylobacter mobilis*, *Methylophilus* sp.)得た。

そのうち *Methylophilus* sp. La2-4 は既知の *Methylophilus luteus* と 93.4%の 16S rRNA 遺伝子相同性しかなく、新属細菌であると考えられた。La2-4 株はメタノールの生育には La, Ce, Pr, Nd の 4 つのうちどれかの Ln を要求した。メチルアミンも利用できるがそれには Ln は必要がない。ゲノムを解読した結果、やはり分類学的に新属細菌に属し、MxaF はコードされておらず、XoxF が 5 種類コードされており、qPCR の結果メタノール生育にはそのうちの一つが特異的に利用されていた。本株を *Novimethylophilus kurashikiensis* と名付けた(1)。

*Methylobacter mobilis* と近縁な分離株 La3113 は当該菌株と 98.29%の 16S rRNA 遺伝子相同性を持ち、新種と考えられた。ゲノム配列を決定しフェノタイプも既知の株とは異なることを示し、*Methylobacter oryzae* と名付けた。ゲノム比較で分かったが本属細菌は全て Ln 依存性メチロトロフである(2)。

以前の研究で分離していた *Oharaeibacter diazotrophicus* は新属細菌でメタノール資化性窒素固定菌である。MxaF を持つので Ln 依存メチロトロフではないが XoxF 遺伝子を 4 つ持つ。これらについて遺伝子欠失株の作成及び様々なアルコールへの生育試験、qPCR などそれぞれの XoxF の役割を特定した(3)。

##### (2) *M. aquaticum* 22A 株における Ln スイッチのメカニズムとホルムアルデヒド代謝への XoxF の関与

MxaF, XoxF1 はやはり Ca, Ln 依存の MDH であることをフェノタイプで確認した。XoxF2 はやはり機能が無い pseudogene であることが分かった。AM1 株の場合は同じく XoxF 遺伝子が二つあり、両方が機能するという点で異なっている。ExaF は Ln 依存性エタノール脱水素酵素であることも確認出来た。ADH4, ADH6 はメタノール、エタノールでの生育には関与しなかった。

AM1 株でも同じであるが 22A 株でも *xoxF1* を欠失すると *mxaf* が発現せず、Ln の有無にかかわらず生育しない。MxaF の欠失株は XoxF が機能して Ln 存在下でのみメタノールに生育する。MxaF の発現は XoxF の存在に依存している。 $\Delta xoxF1$  株から自然突然変異でメタノール生育を回復する変異株が得られた。このゲノムを解析したところ MxaF の発現に必要であることが分かっていた二成分系センサーキナーゼである MxbD に変異があることが分かった。そこで  $\Delta mxbD$  を作成し、変異型 *mxbd* を導入したところ生育が回復した。 $\Delta mxbD$  は Ln 存在下でのメタノール生育を示すため XoxF1 は MxbD の制御下にはない。すなわち Ln スイッチによる MxaF の発現は MxbD が活性型の XoxF1 を直接または間接的に感知することによることが分かった。XoxF1 の発現はメタノールに依存せず Ln に依存するため、Ln の感知・取り込み系が重要であることが示唆された。実際、別のグループによって TonB-dependent receptor, ABC transporter の組み合わせが XoxF の発現に必要であることが報告された。Ln に依存した XoxF の発現調節機構はまだ分かっていない。

22A 株には二つのホルムアルデヒド代謝系が存在するので、それぞれを欠失させた株(H<sub>4</sub>MPT 経路の *fae1*, *fae2* 及び GSH 経路の *hgd* の欠失株)を作成した。 $\Delta fae1\Delta fae2$  株はメタノールに生育出来ないが、メタノール存在下でのコハク酸では生育する。つまりホルムアルデヒドの解毒が出来ている。 $\Delta fae1\Delta fae2\Delta hgd$  は生育出来ないの、GSH 経路はホルムアルデヒドの分解に関わっているが、単独でメタノール生育を支えることは出来ないことが分かった。

XoxF1 を His-tag タンパク質として 22A 株で発現精製し、メタノールだけでなくホルムアルデヒドも同等に酸化することを確認した。次にメタノール及び Ln 存在下でのコハク酸での生育で、*mxaf* 欠失株由来  $\Delta fae1\Delta fae2\Delta hgd$  は、野生株由来の同じ遺伝子欠失株に比べホルムアルデヒド毒性が低いことを示した。前者はホルムアルデヒド代謝系を欠いているが XoxF によるメタノール酸化で生じるホルムアルデヒドを解毒できている、つまり XoxF がホルムアルデヒドを酸化していることを意味する。野生株由来だと毒性が高く出るのは MxaF が残っており Ln 存在下でもメタノールを酸化しホルムアルデヒドを蓄積してしまうからだと考えられた。つまり XoxF は細胞内でもホルムアルデヒド酸化に関与していることが分かった(4)。

##### (3) トランスクリプトームで見いだした新規 Ln 結合タンパク質の Ln スイッチへの関与

LanM 欠失株についてレポーター株を用いて各種メタノール資化に関与する遺伝子のプロモーター活性を調べたところ XoxF1 や TonB-dependent receptor の発現が下がることが分かった。また電子顕微鏡観察では LanM 欠失株はペリプラズムに Ln の沈着が見られた。LanM 欠失株は Ln に曝されると一旦生菌数が減ることや細胞の凝集が起こる。また MxaF のみ発現する株においては LanM 欠失により生育速度が落ちる。これらのことから LanM はペリプラズムで Ln を結合して Ln 濃度を調節していることが示唆された。mxaF や xoxF の発現レベルには影響があるが必須ではないため Ln スイッチには関与していないことが分かった。

<引用文献>

(1) Lv H, Sahin N, Tani A, Isolation and genomic characterization of *Novimethylophilus kurashikiensis* gen. nov. sp. nov., a new lanthanide-dependent methylotrophic species of *Methylophilaceae*. Environ Microbiol 20, 1204-1223 (2018)

(2) Lv H, Sahin N, Tani A. *Methylotenera oryzae* sp. nov., a lanthanide-dependent methylotrophic bacteria isolated from rice field soil. Int J Syst Evol Microbiol. 70, 2713-2718, 2020

(3) Lv H, Tani A. Genomic characterization of methylotrophy of *Oharaeibacter diazotrophicus* strain SM30T. J Biosci Bioeng 126, 667-675(2018)

(4) Yanpirat P, Nakatsuji Y, Hiraga S, Fujitani Y, Izumi T, Masuda S, Mitsui R, Nakagawa T, Tani A. Lanthanide-dependent methanol and formaldehyde oxidation in *Methylobacterium aquaticum* strain 22A. Microorganisms. 8(6) 822, 2020

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Wang L., Hibino A., Suganuma S., Ebihara A., Iwanoto S., Mitsui R., Tani A., Shimada M., Hayakawa T., Nakagawa T.	4. 巻 136
2. 論文標題 Preference for particular lanthanide species and thermal stability of XoxFs in Methylobacterium extorquens strain AM1.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Enzyme and Microbial Technology	6. 最初と最後の頁 109518
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enzmictec.2020.109518	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 Wang L., Suganuma S., Hibino A., Mitsui R., Tani A., Matsumoto T., Ebihara A., Fitriyanto AN, Pertiwinigrum A., Shimada M., Hayakawa T., Nakagawa T.	4. 巻 130
2. 論文標題 Lanthanide-dependent methanol dehydrogenase from the legume symbiotic nitrogen-fixing bacterium Bradyrhizobium diazoefficiens.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Enzyme and Microbial Technology	6. 最初と最後の頁 109371
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.enzmictec.2019.109371	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 Hamba Tola Y, Fujitani Y, Tani A.	4. 巻 83
2. 論文標題 Bacteria with natural chemotaxis towards methanol revealed by chemotaxis fishing technique.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biosci Biotech Biochem	6. 最初と最後の頁 2163-2171
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09168451.2019.1637715.	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 該当する
1. 著者名 Masuda S, Suzuki Y, Fujitani Y, Mitsui R, Nakagawa T, Shintani M, Tani A	4. 巻 3
2. 論文標題 Lanthanide-dependent regulation of methylotrophy in Methylobacterium aquaticum strain 22A.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 mSphere	6. 最初と最後の頁 e00462-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1128/mSphere.00462-17	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 Lv H, Sahin N, Tani A	4. 巻 20
2. 論文標題 Isolation and genomic characterization of <i>Novimethylophilus kurashikiensis</i> gen. nov. sp. nov., a new lanthanide-dependent methylotrophic species of <i>Methylophilaceae</i> .	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environ Microbiol	6. 最初と最後の頁 1204-1223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1462-2920.14062	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 該当する

1. 著者名 Ekimova GA, Fedorov DN, Tani A, Doronina NV, Trotsenko YA.	4. 巻 111
2. 論文標題 Distribution of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase and D-cysteine desulphydrase genes among type species of the genus <i>Methylobacterium</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Antonie Van Leeuwenhoek.	6. 最初と最後の頁 1723-1734
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10482-018-1061-5	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 該当する

1. 著者名 Fujitani Y., Alamgir M.K. Tani A.	4. 巻 126
2. 論文標題 Ergothioneine production using <i>Methylobacterium</i> species, yeast, and fungi.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Biosci Bioeng	6. 最初と最後の頁 715-722
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2018.05.021	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 Lv H, Tani A	4. 巻 126
2. 論文標題 Genomic characterization of methylotrophy of <i>Oharaeibacter diazotrophicus</i> strain SM30T.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J Biosci Bioeng	6. 最初と最後の頁 667-675
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jbiosc.2018.05.023	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 Lv Haoxin, Sahin Nurettin, Tani Akio	4. 巻 20
2. 論文標題 Isolation and genomic characterization of <i>Novimethylophilus kurashikiensis</i> gen. nov. sp. nov., a new lanthanide-dependent methylotrophic species of Methylophilaceae	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Environmental Microbiology	6. 最初と最後の頁 1204 ~ 1223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/1462-2920.14062	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 該当する

1. 著者名 Yanpirat Patcha, Nakatsuji Yukari, Hiraga Shota, Fujitani Yoshiko, Izumi Terumi, Masuda Sachiko, Mitsui Ryoji, Nakagawa Tomoyuki, Tani Akio	4. 巻 8
2. 論文標題 Lanthanide-Dependent Methanol and Formaldehyde Oxidation in <i>Methylobacterium aquaticum</i> Strain 22A	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microorganisms	6. 最初と最後の頁 822 ~ 822
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/microorganisms8060822	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 -

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 宮本稚子、藤谷良子、谷 明生
2. 発表標題 <i>Methylobacterium aquaticum</i> 22A株におけるランタノイドスイッチのメカニズム
3. 学会等名 おかやまバイオアクティブ研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野洗介, 原田雄斗, 岩本悟志, 谷明生, 三井亮司, 島田昌也, 早川享志, 中川智行
2. 発表標題 <i>Methylorubrum</i> 属細菌の低栄養環境下におけるランタノイド応答の分子メカニズムの解明
3. 学会等名 日本農芸化学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤谷良子、谷 明生
2. 発表標題 Methylobacterium aquaticum 22A株における Lanmodulinの機能解析
3. 学会等名 日本農芸化学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮本稚子、谷 明生
2. 発表標題 Methylobacterium aquaticum strain 22Aにおけるランタノイドスイッチのメカニズム
3. 学会等名 日本農芸化学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Patcha Yanpirat, Akio Tani
2. 発表標題 Lanthanide-dependent methylotrophic pathway in Methylobacterium aquaticum strain 22A
3. 学会等名 日本農芸化学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下颯太, 吉川友理, 谷 明生 <sup>1</sup> , 中川智行 <sup>2</sup> , 矢野嵩典, 三井亮司
2. 発表標題 植物葉上共生細菌Methylorubrum extorquens AM1のランタノイド依存型メタノールデヒドロゲナーゼアイソザイムのレポーター遺伝子を用いた発現解析
3. 学会等名 日本農芸化学会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Patcha Yanpirat and Akio Tani
2. 発表標題 Multiple formaldehyde oxidation pathways in <i>Methylobacterium aquaticum</i> strain 22A
3. 学会等名 日本微生物生態学会 第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiko Fujitani and Akio Tani
2. 発表標題 Functional analysis of lanthanide inducible protein in <i>Methylobacterium aquaticum</i> 22A
3. 学会等名 日本微生物生態学会 第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuuki Haruna, Junichi Kato, and Akio Tani
2. 発表標題 Molecular mechanism of methylotaxis in <i>Methylobacterium aquaticum</i> strain 22A
3. 学会等名 日本微生物生態学会 第32回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉川友理、北村純一、矢野嵩典、中川智行、谷 明生、三井亮司
2. 発表標題 <i>Methylobacterium extorquens</i> AM1のランタノイド依存型メタノールデヒドロゲナーゼの解析
3. 学会等名 第70回日本生物工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 王 倫, 菅沼宗矢, 日比野歩美, 谷明生, 三井亮司, 海老原章郎, 岩本悟志, 稲垣瑞穂, 島田昌也, 早川享志, 中川智行
2. 発表標題 ランタノイド依存型メタノール脱水素酵素XoxF1の酵素活性と安定性はランタノイド種に依存する
3. 学会等名 農芸化学会中部支部 支部例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阪口由佳, 繁原安美, 王倫, 谷明生, 中野浩平, 稲垣瑞穂, 島田昌也, 早川享志, 中川智行
2. 発表標題 ハウレンソウにおける収穫後のMethylobacterium属細菌の挙動とその成育を制御する微生物の探索
3. 学会等名 美味技術学会 第18回大阪例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Patcha Yanpirat and Akio Tani
2. 発表標題 Formaldehyde oxidation in lanthanide-dependent methylotrophy in Methylobacterium aquaticum strain 22A
3. 学会等名 3rd International Conference on Biologically Active Substances Bioactive Okayama 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshiko Fujitani and Akio Tani
2. 発表標題 Functional analysis of lanthanide inducible proteins of Methylobacterium aquaticum 22A
3. 学会等名 3rd International Conference on Biologically Active Substances Bioactive Okayama 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuuki Haruna and Akio Tani
2. 発表標題 Molecular mechanism of methylotaxis in Methylobacterium aquaticum strain 22A
3. 学会等名 3rd International Conference on Biologically Active Substances Bioactive Okayama 2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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