

令和 5 年 6 月 24 日現在

機関番号：82620

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12202

研究課題名(和文) 従属栄養微生物による硫黄化合物の分解とそれに伴う腐食性ガス生成

研究課題名(英文) Degradation of sulfur compounds by heterotrophic microorganisms and associated formation of corrosive gas emission

研究代表者

片山 葉子 (KATAYAMA, Yoko)

独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・客員研究員

研究者番号：90165415

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：硫化カルボニル(COS)の発生と分解を真菌及び細菌で調べた。土壌から分離された真菌は一般に高いCOS分解活性を示すが、THIF09株、THIF13株、及びこれらの近縁種ではCOSを放出し、COSの動態を理解する上でCOS放出菌の情報は重要であることが明示された。通常は密閉された装飾古墳で採取された剥離片から分離された従属栄養性細菌には高頻度でCOS分解菌が見つかり、古墳環境にもCOS分解菌は広く生息することが示された。SCNase及びCOSaseが発見されたThiobacillus thioparus TH115のゲノムを決定し、硫黄代謝、化学合成等に関わる遺伝子が同定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

COSは成層圏エアロゾルの原因物質のひとつであり、気候変動の予測にCOSの動態情報は欠かせない。COSの放出が確認された真菌は土壌に広く分布するものであり、今後は土壌微生物によるCOS放出も含めた議論が重要であることを明示した。密閉環境から分離された従属栄養性細菌に高頻度でCOS分解と硫化水素の放出が確認され、顔料などへの影響の可能性が考えられる。T. thioparus TH115は硫黄代謝に関する新規酵素が発見された菌株であり、本菌株のゲノム情報は今後の研究において極めて重要な研究ツールとなる。

研究成果の概要(英文)：The microbial emission and degradation of carbonyl sulfide (COS) was studied in fungi and bacteria. Although fungi isolated from soil generally show high COS-degrading activity, strains THIF09 and THIF13 and their relatives released COS, clearly indicating that information on COS-emitting fungi is important for understanding COS dynamics in the environments. A high frequency of COS-degrading bacteria was found in heterotrophic bacteria isolated from detached fragments collected from normally closed decorative tombs, indicating that COS-degrading bacteria are widespread in tombs. The genome of Thiobacillus thioparus strain TH115, in which SCNase and COSase were first discovered, was determined and genes involved in sulfur metabolism and chemolithoautotrophic growth were identified.

研究分野：環境微生物学

キーワード：微生物代謝 真菌類 細菌類 気体状硫黄化合物 硫化カルボニル 微生物劣化

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

対流圏下層に 500 pptv 前後の濃度で含まれる硫化カルボニル(COS)は、気候変動にも影響を与えることが予想される大気微量構成成分のひとつである。また COS は銀をはじめとする重金属に強い腐食性を有し、精密機器や貴金属類、彩色用顔料等への影響も懸念され、既に多くの知見が蓄積されている人為的発生源だけでなく、環境における COS 動態の情報が強く求められている化合物である。微生物による COS の分解に関しては、ppmv オーダーの高濃度 COS に対しても高い分解活性を示す細菌及び真菌が土壌から数多く分離されており、COS 分解活性を有する微生物は土壌環境に広く生息することが明らかとなっている¹⁻⁴⁾。一方、微生物による COS の発生に関しては、チオシアネート(SCN)を基質とするチオシアネート加水分解酵素 (SCNase, EC 3.5.5.8)の関与によるもの⁵⁾、及び生成経路は未だ不明であるが SCN を基質としない、*Mortierella / Umbelopsis* 属の真菌²⁾によるものに限られる。*Mortierella / Umbelopsis* 属の真菌は土壌環境では広く見出される菌であり、大気への COS 放出においてその意義も大きいことが予想される。

2. 研究の目的

本研究では、「微生物による COS の発生」に注目し、以下の 2 項目、(1) SCN を基質とし、すでに素反応として SCNase による COS 発生が知られる *Thiobacillus thioparus* THI115 株のゲノム解析、(2) *Mortierella / Umbelopsis* 属の真菌による COS 発生を、土壌分離株である THIF09 株、THIF13 株、及び既知の *Mortierella / Umbelopsis* 属真菌について確認する。更に、THI115 株から見出された COS 加水分解酵素の反応生成物のひとつである硫化水素(H₂S)も反応性が高く、彩色などへの影響が懸念されることから、(3) 古墳壁画から落下した剥落片より分離された従属栄養性細菌⁶⁾の COS 分解、についても調査を行った。

3. 研究の方法

(1) *T. thioparus* THI115 株のゲノム解析：THI115 株のゲノム配列を明らかにするため、ISOPLANT キットを用いてゲノムを精製した。Illumina GAIIx による 76 bp ペアエンド解析及び Pacbio RSII による解析を行った。両者のデータを用いたハイブリッドアセンブルを SPAdes により行い、21 個の contig 配列 (200 bp 以上) を得た。

(2) *Mortierella / Umbelopsis* 属真菌による COS 発生：菌株保存施設から分譲された既知の *Mortierella* 及び *Umbelopsis* 8 菌株を用いて COS 放出を確認した。菌糸体からの COS の放出は ppb あるいは ppt レベルの低濃度であることが予想されたので、平板培地上に培養した供試株を 5 L ガス捕集袋に入れ、クリーンベンチ内の空気あるいはフィルターを通した純空気で満たし、その気相の適量を液化アルゴン下で濃縮後、GC-FPD に加熱導入し、COS 濃度の定量を行った。試験に用いた真菌株由来の COS 発生以外からの COS の影響を最小とするために、培地にはグルコースを炭素源とする Czapek-Dox 培地を、シャーレはガラス製のものを使用した。培養は 24℃、暗所で行った。

(3) 古墳壁画から落下した剥落片より分離された従属栄養性細菌の COS 分解：閉鎖環境の空気室のモニタリングの一助として、年 2 回の公開時以外は閉鎖されている虎塚古墳 (7 世紀前葉築造、茨城県ひたちなか市) の壁面から落下した微小剥離片より、従属栄養性細菌が分離されている。このうち 22 株について COS 分解の有無を確認した。NB 斜面培地に接種した菌株は 30℃で培養後、シリコ栓をダブルゴム栓に交換し、気相濃度が 100 ppmv となるように COS の標準ガスを添加した。その後、気相の COS を GC-FPD で定

量した。試験開始時に添加した COS が、培養開始後 3 時間以内に 80%以上分解された菌株を COS 分解活性有りとした。

4. 研究成果

(1) *T. thioparus* THI115 株のゲノム解析

DDBJ の DFAST によるアノテーションにより、GC 含量 66.8%、N50 246,458 bp、cds 配列 3143 個、rRNA 3 個、tRNA 48 個が明らかとなった。ANI は *Thiobacillus denitrificans* DSM12475^T 株とは 82.8%、*T. thioparus* DSM505^T 株とは 82.0%であり、2 種間を分ける閾値として知られる 95%を大きく下回り、表現形質から *T. thioparus* と考えられていたが新種の *Thiobacillus* 属細菌であることが示唆された。一方、KEGG パスウェイ解析や COG 解析から、硫黄酸化、脱窒、炭素同化等の本菌株の持つ生理生化学的機能に対応した多くの機能遺伝子の存在が明らかとなった。これらの遺伝子は既知の *Thiobacillus* 属細菌のゲノムにも共通して存在しているものが多いことが確認された。

(2) *Mortierella/Umbelopsis* 属真菌による COS 発生：これまでに調査した限りでは、土壌から分離された真菌のほとんどは COS に対して高い分解活性を示し、中には大型動物の致死濃度とされる 2000~3000 ppmv をはるかに超える濃度の COS を分解する菌株も分離されている。一方、COS を細胞外へ放出する真菌株としては森林土壌から分離された THIF09 株と THIF13 株の 2 株が知られているのみである。これらは共に *Mortierella/Umbelopsis* 属に属している。そこで既知の *Mortierella* 7 株及び *Umbelopsis* 1 株について培養に伴う COS 発生を調べたところ、程度の違いはあるもののすべての菌株において COS の放出が確認された (Table 1)。特に THIF09 株と THIF13 株は試験開始直後からガス捕集袋内の COS 濃度が ppbv オーダーとなり、1 週間後には ppmv オーダーに達した。同様の傾向は *Umbelopsis nana* NBRC 8190 においても見られた (Fig. 1)。*Mortierella* 属及び *Umbelopsis* 属の分類は混乱している部分もあるが、COS 発生に関しては *Mortierella* 属よりも *Umbelopsis* 属の真菌の方がより強力な活性を有する可能性が示された。一方、COS 分解について詳細な解析が進みつつある *Trichoderma harzianum* THIF08 株には、上記の試験方法で調べた限りでは COS の放出は確認されなかった。

Table 1. Emission of COS by fungi

Species	COS evolved (nmol/bag)*
<i>Mortierella alpina</i> NBRC105990	0.57
<i>Mortierella elongata</i> NBRC 8570	0.23
<i>Mortierella elongata</i> NBRC 104547	0.18
<i>Mortierella humillis</i> NBRC 102320	0.10
<i>Mortierella oedorhiza</i> NBRC 112369	0.11
<i>Mortierella sugadairana</i> NBRC 104553	0.14
<i>Mortierella umbellate</i> NBRC 32831	0.29
<i>Umbelopsis nana</i> NBRC 8190	117.53
<i>Mortierella/Umbelopsis</i> sp. strain THIF09	168.30
<i>Mortierella/Umbelopsis</i> sp. strain THIF13	122.45
<i>Trichoderma harzianum</i> strain THIF08	0

* The amounts of COS produced during the experiments is compared to the value at day 7.

Mortierella/Umbelopsis 属の真菌は土壤環境に広く分布し、菌株によっては極めて高い COS 放出活性を持ち合わせることが本研究によって示された。このことから硫黄循環においては、COS を大気から取り込み細胞の代謝系にのせることのできる COS 分解微生物と、逆に大気へ COS を放出する COS 生成微生物の存在が確認された。自然界における COS の動態を明らかにする上で、*Umbelopsis* 属の真菌にみられるような強力な COS 発生メカニズムを解明することは極めて重要であり、土壤環境における生態と共に生化学的解析が必要である。

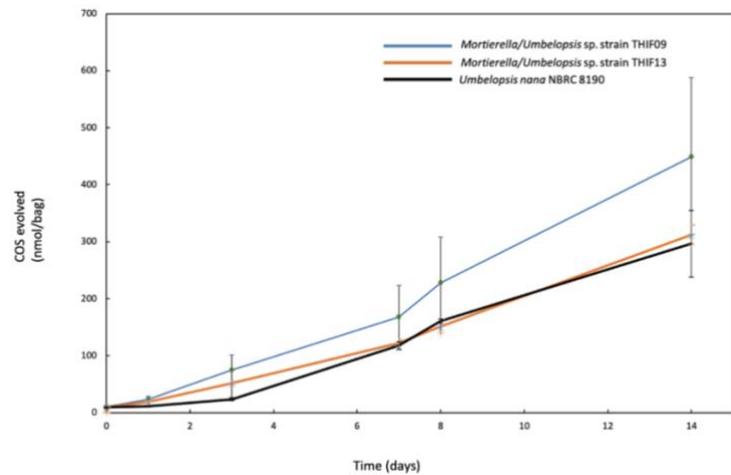


Fig. 1. Production of COS by strains THIF09, THIF13 and NBRC 8190.

(3) 古墳壁面の剥落片から分離された従属栄養性細菌の COS 分解：COS の分解に伴い

発生する H_2S は、*Thiobacillus* などの硫黄酸化細菌ではさらに代謝を受け気相では検出されないことが予想されるが、従属栄養性微生物ではこれが細胞外へ放出される可能性もある。虎塚古墳の剥離片から分離された従属栄養細菌の中で、16S rRNA 遺伝子をターゲットとする系統解析の結果、硫黄代謝に関連する生理活性を有することが知られる *Starkya* 属の 22 株の分離株を対象に、COS の分解能とそれに伴う H_2S の発生が見られるかどうかを調べた。その結果、15 株の分離株に COS の分解活性が確認され、その多くの菌株に H_2S の放出がみられた。大気濃度の COS が分解される場合の H_2S の放出は極めてわずかであることが予想されるが、密閉環境のような空間においては顔料などへの影響の可能性も考慮すべきであると考えられる。

引用文献

1. Saito M, T Honna, T Kanagawa, Y Katayama. Microbial degradation of carbonyl sulfide in soils. *Microbes Environ* 17, 32-38, 2002.
2. Masaki Y, R Ozawa, K Kageyama, Y Katayama. Degradation and emission of carbonyl sulfide, an atmospheric trace gas, by fungi isolated from forest soil. *FEMS Microbiol Lett* 363, fnw197, 2016.
3. Ogawa T, H Kato, M Higashide, M Nishimiya, Y Katayama. Degradation of carbonyl sulfide by Actinomycetes and detection of clade D of β -class carbonic anhydrase. *FEMS Microbiol Lett* 363, fnw223, 2016.
4. Kato H, T Ogawa, H Ohta, Y Katayama. Enumeration of chemoorganotrophic carbonyl sulfide (COS)-degrading microorganisms by the most probable number method. *Microbes Environ* 35, ME19139, 2020.
5. Katayama Y, Y Narahara, Y Inoue, F Amano, T Kanagawa, H Kuraishi. A thiocyanate hydrolase of *Thiobacillus thioparus*. A novel enzyme catalyzing the formation of carbonyl sulfide from thiocyanate. *J. Biol. Chem.* 267, 9170-9175, 1992.
6. 松野美由樹、片山葉子、犬塚将英、稲田健一、矢島國雄、佐藤嘉則。虎塚古墳壁面から落下した微小剥落片の微生物叢解析 文化財論叢 V, 809-820, 2023.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ding Xinghua, Lan Wensheng, Li Yiliang, Yan Aixin, Katayama Yoko, Koba Keisuke, Makabe Akiko, Fukushima Keitaro, Yano Midori, Onishi Yuji, Ge Qinya, Gu Ji-Dong	4. 巻 165
2. 論文標題 An internal recycling mechanism between ammonia/ammonium and nitrate driven by ammonia-oxidizing archaea and bacteria (AOA, AOB, and Comammox) and DNRA on Angkor sandstone monuments	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Biodeterioration & Biodegradation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ibiod.2021.105328	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 Aoyagi Tomo, Katayama Yoko, Aizawa Hidenobu, Takasaki Mitsuru, Hori Tomoyuki	4. 巻 55
2. 論文標題 Nitrate-driven trophic association of sulfur-cycling microorganisms in Tsunami-deposited marine sediment revealed by high-sensitivity ¹³ C-bicarbonate probing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Science & Technology	6. 最初と最後の頁 8410 ~ 8421
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.est.0c08191	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 Ihara Hideyuki, Kumagai Ayako, Hori Tomoyuki, Nanba Kenji, Aoyagi Tomo, Takasaki Mitsuru, Katayama Yoko	4. 巻 756
2. 論文標題 Direct comparison of bacterial communities in soils contaminated with different levels of radioactive cesium from the first Fukushima nuclear power plant accident	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Science of The Total Environment	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scitotenv.2020.143844	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 Masaki Yoshihito, Iizuka Ryuka, Kato Hiromi, Kojima Yuka, Ogawa Takahiro, Yoshida Makoto, Matsushita Yasuhiko, Katayama Yoko	4. 巻 36
2. 論文標題 Fungal carbonyl sulfide hydrolase of Trichoderma harzianum strain THIF08 and Its relationship with clade D α -carbonic anhydrases	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microbes and Environments	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1264/jsme2.ME20058	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 Mahmood Mukseet, Taki Shunsuke, Nakai Satoshi, Gotoh Takehiko, Nishijima Wataru, Umehara Akira, Aoyagi Tomo, Sato Yuya, Horii Tomoyuki, Katayama Yoko, Hajdu-Rahkama Reka, Puhakka Jaakko A.	4. 巻 168
2. 論文標題 Increase in sedimentary organic carbon with a change from hypoxic to oxic conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Marine Pollution Bulletin	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.marpolbul.2021.112397	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 Li Jing, Deng Maocheng, Gao Lin, Yen Sufen, Katayama Yoko, Gu Ji-Dong	4. 巻 47
2. 論文標題 The active microbes and biochemical processes contributing to deterioration of Angkor sandstone monuments under the tropical climate in Cambodia-A review	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Cultural Heritage	6. 最初と最後の頁 218 ~ 226
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.culher.2020.10.010	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 該当する

1. 著者名 Kato Hiromi, Ogawa Takahiro, Ohta Hiroyuki, Katayama Yoko	4. 巻 35
2. 論文標題 Enumeration of chemoorganotrophic carbonyl sulfide (COS)-degrading microorganisms by the most probable number method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microbes & Environments.	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1264/jsme2.ME19139	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 Meng Han, Zhang Xiaofeng, Katayama Yoko, Ge Qinya, Gu Ji-Dong	4. 巻 149
2. 論文標題 Microbial diversity and composition of the Preah Vihear temple in Cambodia by high-throughput sequencing based on genomic DNA and RNA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Biodeterioration & Biodegradation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ibiod.2020.104936	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 Liu Xiaobo, Koestler Robert J, Warscheid Thomas, Katayama Yoko, Gu Ji-Dong	4. 巻 3
2. 論文標題 Microbial deterioration and sustainable conservation of stone monuments and buildings	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nature Sustainability	6. 最初と最後の頁 991-1004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41893-020-00602-5	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 Ding Xinghua, Lan Wenshen, Wu Jiapeng, Hong Yiguo, Li Yiliang, Ge Qingya, Urzi Clara, Katayama Yoko, Gu Ji-Dong	4. 巻 104
2. 論文標題 Microbiome and nitrate removal processes by microorganisms on the ancient Preah Vihear temple of Cambodia revealed by metagenomics and N-15 isotope analyses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Microbiology and Biotechnology	6. 最初と最後の頁 9823-9837
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00253-020-10886-4	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 Qian Youfen, Gan Tongzhou, Zada Sahib, Katayama Yoko, Gu Ji-Dong	4. 巻 174
2. 論文標題 De-calcification as an important mechanism in (bio)deterioration of sandstone of Angkor monuments in Cambodia	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Biodeterioration and Biodegradation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ibiod.2022.105470	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 Ding Xinghua, Lan Wensheng, Yan Aixin, Li Yiliang, Katayama Yoko, Gu Ji-Dong	4. 巻 302
2. 論文標題 Microbiome characteristics and the key biochemical reactions identified on stone world cultural heritage under different climate conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Management	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jenvman.2021.114041	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 Guo Yong, Ihara Hideyuki, Aoyagi Tomo, Hori Tomoyuki, Katayama Yoko	4. 巻 11
2. 論文標題 Draft genome sequences of <i>Sulfurovum</i> spp. TSL1 and TSL6, two sulfur-oxidizing bacteria isolated from marine sediment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Microbiology Resource Announcements	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1128/MRA.00922-21	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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 飯塚瑠翔、吉田誠、梅澤究、大津巖生、片山葉子
2. 発表標題 褐色腐朽菌 <i>Gloeophyllum trabeum</i> における気体状硫化カルボニル代謝経路の調査
3. 学会等名 日本木材保存協会 第38回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯塚瑠翔、吉田誠、服部祥平、片山葉子、大津巖生、David Hibbett
2. 発表標題 真菌類のCOS分解に関する生理学および進化系統学的観点からの新たな知見
3. 学会等名 第73回日本木材学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 河崎衣美、片山葉子、松井敏也、結城雅則、川本真由美
2. 発表標題 劣化した焼成煉瓦における微生物調査
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松野美由樹、片山葉子、犬塚将英、稲田健一、矢島國雄、佐藤嘉則
2. 発表標題 虎塚古墳の壁画剥落片に形成された独特な微生物叢
3. 学会等名 日本文化財科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯塚瑠翔、小坂優介、正木啓仁、吉田誠、片山葉子、大津巖生
2. 発表標題 糸状菌の硫黄代謝におけるガス状硫化カルボニルを介した代謝系に関する研究
3. 学会等名 第37回日本木材保存協会年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯塚瑠翔、正木啓仁、小嶋由香、吉田誠、片山葉子、大津巖生
2. 発表標題 糸状菌における気体状硫化カルボニルを基質とする硫黄獲得経路に関する研究
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯塚瑠翔、小坂優介、吉田誠、片山葉子、大津巖生
2. 発表標題 木材腐朽菌による硫化カルボニル分解挙動の調査
3. 学会等名 日本木材保存協会第36回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松野美由樹、片山葉子、犬塚将英、稲田健一、矢島國雄、佐藤嘉則
2. 発表標題 虎塚古墳の壁画剥落片から分離された微生物の群集構造解析
3. 学会等名 日本文化財化学会第37回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Gu Ji-Dong, Katayama Yoko	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 367
3. 書名 Microorganisms in the deterioration and preservation of cultural heritage	

1. 著者名 佐々木一哉、片山葉子、松田千夏、土器屋由紀子（共編著）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 成山堂書店	5. 総ページ数 252
3. 書名 富士山測候所のはなしー日本ー高いところにある研究施設	

〔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
研究分担者	佐藤 嘉則 (SATO Yoshinori) (50466645)	独立行政法人国立文化財機構東京文化財研究所・保存科学研究センター・室長 (82620)	

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