

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 9 月 5 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350399

研究課題名(和文) 塩類風化に伴う岩屑の生産速度と岩盤壁面の形状変化

研究課題名(英文) Rates of debris production and morphological change in rock walls due to salt weathering

研究代表者

小口 千明 (OGUCHI, Chiaki T.)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：20312803

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：石材や岩盤などの壁面劣化に関与する風化機構の解明と、削剥部分の形態の定量化、岩屑生産量の定量把握を目的として研究を行った。凝灰岩体を掘削した素掘りの吉見百穴坑道跡では、入り口から奥に向かい、風化削剥量の増加、湿度低下に伴う岩屑生産量の増加、主要な析出塩は石膏、などが判明した。また、「乾燥化指数」を考案し、塩類風化程度、塩溶液の供給量、および乾燥化度の関係を定量化した。ベルギーのオーバル修道院でも吉見百穴と同様の調査を行った。また、風化箇所面積と深さを、TLSとSfM-MVSの計測データよりDEMを作成して削剥体積を求めたところ、3年の研究期間中で数ミリ以上の変化が検出された。

研究成果の概要(英文)：Deterioration of building stone and rock walls due to salt weathering were studied.

Main study areas are Yoshimi Hyaku Ana archaeological site, central Japan, and Orval Abbey in southern Belgium. The TLS and SfM-MVS measurements were carried out to obtain the exfoliated position and volume, although precise accuracy evaluation are necessary. By using these rapid measurement, rock-wall recession of several millimeters or more was detected during the 3-year research period. Seasonal changes of debris production were also observed. The "drying index" were proposed and quantified the relation between salt weathering degree, saline solution supply and dryness degree.

研究分野：岩石風化論、地形材料学、自然地理学、地盤工学、石造文化財科学

キーワード：塩類風化 岩屑 温湿度環境 吉見百穴 石造文化財 TLS SfM-MVS

## 1. 研究開始当初の背景

岩石の風化と劣化の研究は、自然環境のみならず人文・社会環境とも深く関連する。近年、日本においても城址の石積みや石窟岩壁の劣化、旧坑道の壁面や天井などの崩落などと関連し、石材やその周辺材料(地圏材料)の風化・劣化の研究が、建築物の保全や防災の観点から進められている。

地形学分野では、岩屑生産の速度を決定する風化速度と侵食速度との兼ね合いが重要課題と考えられてきた。風化速度が侵食速度よりも大きければ、風化生成物は除去されずにその場に残留され、堆積地形が発達するが、逆の場合には風化生成物は除去され、岩盤が露出して侵食地形が形成される。ただし両者の関係は時間とともに変化し、岩屑が蓄積した後に、大雨によって一気に除去されるような場合もある。このような変化は土砂災害の原因となるため、風化速度と侵食速度、およびその時間変化の定量的な評価が重要である。

岩石の風化の地形学的重要性は認識されてきたが、風化は多様なプロセスで構成され、それらが複合して作用するために、風化を岩屑生産や地形変化にまで関連づけて詳細に検討した研究は少なかった。Matsukura et al. (1994)、Aoki & Matsukura (2007)などの一連の研究は、砂岩からなる宮崎の海岸の橋脚を対象に、海水飛沫をともなうスレーキングなどの風化機構と、橋脚の断面の形状変化を定量的かつ速度論的に明らかにした好例であるが、風化物質は頻繁に波の作用によって除去されるため、岩屑生産量までは調査されていない。

一方、石造の建築文化をもつ欧米では、地理学や地形学の研究者が考古学や建築学の研究者と連携をとりながら、石材およびその周辺材料(地圏材料)の劣化の研究を行ってきた(たとえば、Snehlage et al., 1989; Littmann et al., 1993)。これらの研究の多くは定量的でないという問題があるが、日本ではこのような取り組みもまだ少ない。最近、城址の石積みや石窟の岩壁の劣化、および旧坑道の崩落などと関連して、岩質の違いによる劣化状況の違いを調査することの重要性がようやく認識されはじめた(たとえば、菊地・初田, 2005; 正垣ほか, 2013)。また、地場産業の復興に石材を用いる試みが各地で行われるようになり(たとえば栃木県宇都宮市の大谷石)、関連の基礎研究も重要になっている。

そこで本研究では、特徴のある石造建造物・遺跡の代表としてオーバル修道院(ベルギー)および吉見百穴軍需工場跡坑道(埼玉県吉見町)を取り上げ、岩石物性(鉱物学的、化学的、物理的、力学的性質)と立地環境の違いによる石材・岩盤表面の剥離様式と速度(風化侵食速度)について検討し、壁面の形状が変化する過程を比較考察する。

## 2. 研究の目的

平成 21~23 年度に申請者が代表者として行った科学研究費基盤研究(C)「歴史的人類遺産に使用された石材の物性の研究」では、劣化被害が見られる各地の遺跡から持ち帰った塩を分析し、硫酸塩鉱物が劣化の主要因であることを示した。また、オーバル修道院(ベルギー)と吉見百穴については、大気温と湿度の定時観測と剥落岩屑量の調査を試み、塩類析出量と岩屑生産量との関係と、それらの季節変化を明らかにした。しかし、岩屑の剥落にともなう壁面の形状変化については、研究期間終了後に広い面積の剥離を定性的に視認したのみであるため、風化から形状の変化にいたる一連の過程はまだ解明されていない。

また、風化で生産される岩屑片の詳細もまだ調査が不十分である。予察的な観察によると、吉見百穴では岩壁がプレート状に約 15 mm の厚さで剥離しており、オーバル修道院ではこの厚さは 3~5 mm である。このような壁面からの剥離厚は、岩石物性と環境の相違により異なると推定される。しかし、剥離厚のデータはまだ本格的に収集しておらず、測定の精度の向上も必要である。さらに、同じ遺跡内での場所による違いは未検討であり、風化を規定する岩石の物性(鉱物学的、化学的、物理的、力学的性質)の把握もまだ一部しか行われていない。

そこで本研究では、岩石の剥離および壁面の精度の良い継続的な計測と、岩石物性および環境の把握を吉見百穴とオーバル修道院において行い、風化にともなう岩屑生産量と壁面の後退とを関連づける。この際には、従来判明している塩類風化以外のプロセス、たとえば微生物の影響などにも注意を払う。

また、一般的に、剥離片の厚みが岩石物性や風化環境の影響により決まり、それが壁面の形状と岩屑の生産速度に強く影響を与えていることが考えられるが、たとえば前記した宮崎の海岸の橋脚に関する研究などでは、剥離後の壁面の形状は詳しく把握されたが、剥離した岩片は水で流されてしまうため、調査が困難であった。本研究では剥離片と壁面の両方の形態と岩石の物理・化学・鉱物学的性質を詳細に調査し、風化の機構、岩屑の生産、および岩盤壁面の形状変化と後退速度との関係を定式化する。

## 3. 研究の方法

本研究では、主とする調査対象を、既に塩類による風化現象が報告されている、ベルギーのオーバル修道院と埼玉県の吉見百穴とした。とくに吉見百穴においては、以前の測定サイトとは別に計測ポイントを設けることとした。観光客等による人為的な影響を避けるためである。壁面に設置した固定点(不動点)とゲージ、さらに TLS(Terrestrial Laser Scanning: 地上レーザー測量)および SfM 多視点ステレオ写真測量を用いて、壁面の形状変化を定期的に計測した。

また、それぞれの調査対象における岩石の破碎メカニズムの解明のため、詳細な岩石物性調査と風化実験を行った。また、壁面の微生物についても観察した。具体的な調査内容は以下の通りである。

#### 1) 壁面形状の把握と崩落岩屑量

吉見百穴の坑道においては、剥離が生じている壁面に縦横の測線を複数設定し、それらの測線に沿って壁面までの距離(=凹みの深度)を測定した。研究当初の形状を初期値とし、以後、2か月に1度のペースで定期的な調査を行い、凹みの発達を定量的に把握した。また、剥落岩屑量と壁面後退量を定期的に把握できるよう、岩屑収集シートとMEM (Micro Erosion Meter) を設置した。ほとんど観光客が来ない場所であるので、崩落した岩屑は壁面下部に残されている。よって、定期的な調査時にこの岩屑を収集し重量を測定することにより、崩落岩屑重量を定量的に把握した。また、数か月に1度の頻度で、TLSおよびSfM多視点ステレオ写真測量を用いて、形状変化を計測するとともに、3次元データ化し、岩屑崩落が起こった箇所およびその量を記録した。なお、オーバル修道院においては、頻繁には現地に行くことは難しいので、主としてTLSとSfM多視点ステレオ写真測量により、形状把握を行った。

#### 2) 環境計測

オーバル修道院と吉見百穴では、ともに塩類風化が観測される。塩類風化の場合は大気湿度が風化の機構を考える際に重要である。そこで、過去の調査の際に設置した温湿度自動測定センターを点検して再利用するとともに、新たに微小なボタン型のセンターも追加設置して、気温と湿度を継続的に計測した。

#### 3) 岩石物性調査

双方の調査サイトとも、壁面のエコーチップ硬度を測定するとともに、塩類を含む表面変質物と岩石試料を採取して実験室に持ち帰り、XRD分析、SEM観察、および水-岩石反応実験を行った。また、岩石内部の微小間隙の特徴を走査型電子顕微鏡等で観察するとともに、水銀圧入式の装置で得られる間隙径分布の測定も行った。なお、微生物(蘚苔類など)の関与についても、可能な限り記載した。

### 4. 研究成果

#### 1) 壁面形状の把握と崩落岩屑量

吉見百穴における調査対象サイトの概要を図1に示す。図1(b)に示されている、最表面の凹凸は手掘りでの掘削にともなうツルハシの削痕であるが、部分的に剥がれているところがある。剥がれ落ちにより露呈した新たな面は比較的均一な様相を示しているが、最表面の層が残っている箇所の端部では白く表示され、脆弱化が予想される様相を呈している。

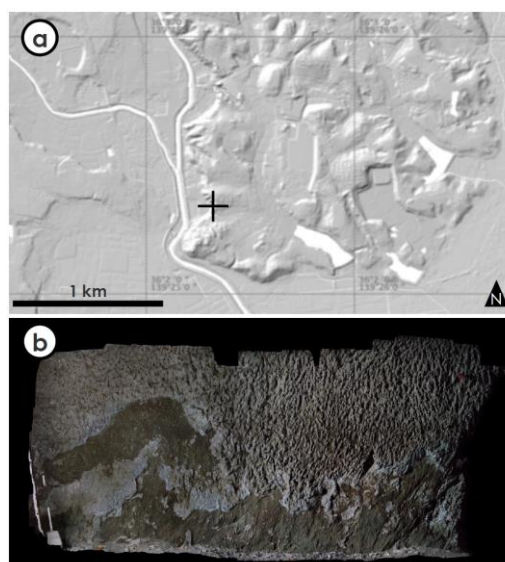


図1 吉見百穴における調査対象壁面の概要 (a)位置(十字が吉見百穴の位置)、(b)多視点写真測量により合成された調査対象壁面のオルソ画像。(Hayakawa et al., 2015)

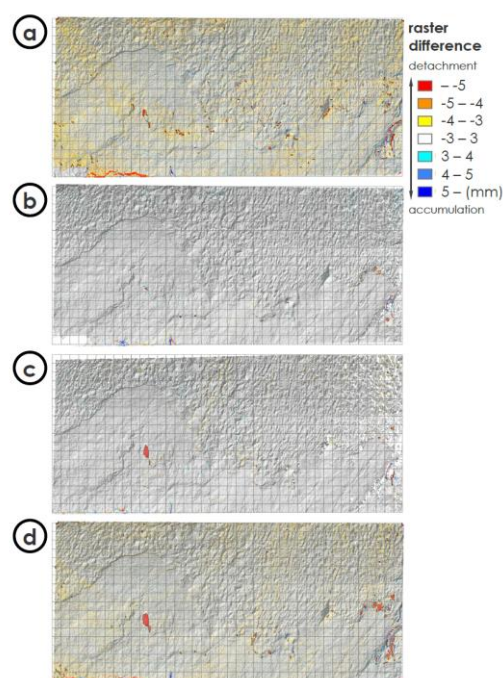


図2 TLS計測データより作成したDEMs差分画像。着色部分は比較的大きな剥落があった箇所を示す (a)2012年12月13日~2014年2月25日 (b)2014年2月25日~2014年9月22日 (c)2014年9月22日~2014年12月14日 (d)全期間(2012年12月13日~2014年12月14日) (Hayakawa et al., 2015)

本調査坑道には、約11年前まで温泉として用いられた風呂跡が存在する。風呂が営業停止し、坑内の環境が乾燥を始めた時から塩類風化が始まったと考え、本調査地の壁面の侵食は11年間の風化・侵食作用の結果であるとみなすことができる。そこで坑道入り口付近から奥方に向かって壁面の侵食の程度が異なる壁面を5地

点(地点 A~E とした) 選び、これらの地点の壁面侵食量を求めた。A, B, C は全て下部が削剥され、ノッチ状のくぼみがみられた。ノッチの上限高さは地点間で差があり、地点 A, B, C の順に高くなっていた。地点 D, E ではノッチはみられなかった。これらの剥離崩落が起こったことで、各地点の総合的な崩落量は図 3 のようになった。

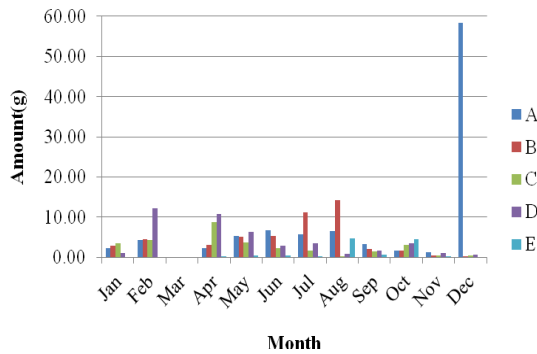


図 3 吉見百穴坑道の測定箇所 A~E における崩落岩屑量。計測期間は 2015 年 1 月~12 月。

## 2) 環境計測

吉見百穴において設置した、ボタン型センサーを用いた温度湿度測定結果は、図 4 のようになった。温度と湿度の双方とも地点間の差異がみられ、温度が高く湿度が低下しやすい箇所ほど、壁面の侵食量が大きい傾向があった。

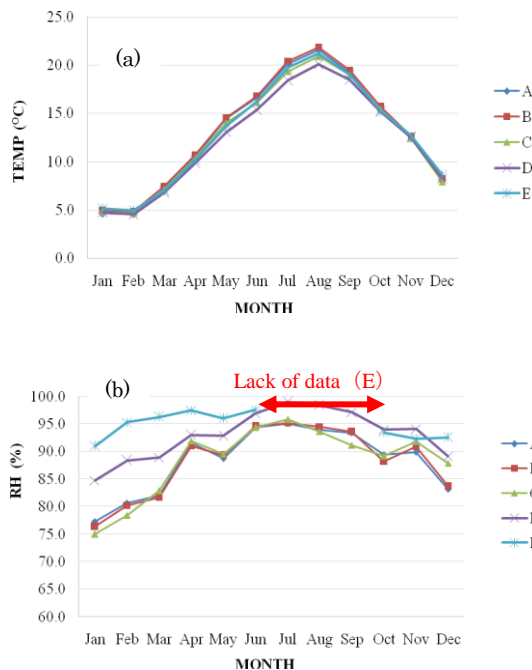


図 4 吉見百穴坑道の測定箇所 A~E における環境測定結果。計測期間は 2015 年 1 月~12 月。(a) 温度 (b) 湿度

オーバル修道院については、風化による崩落量が数ミリメートルないし数センチメートルのオーダーであり、計測精度も含めた検証を慎重に行

わなければならないことが分かった。また、ボタン型センサーを追加設置したものの、紛失が相次ぎ断片的なデータとなっている。以前(2010~2011 年)に計測したデータを参考に、補完作業を行っている。

## 3) 岩石物性調査

表 1 に、吉見百穴における析出塩類の XRD 結果を示す。以前の調査箇所と 100 m 程度しか離れていないが、析出塩類の種類が異なることが分かった。測定箇所 A~E のみならず、坑道奥についても採取し調査したが、場所により変質物の主体は異なり、主に、塩(石膏)による白色変質物、鉄酸化による黄色ないし褐色の変質物、微生物(苔帯類)、黒色および紫色の変質物(バイオマット)として分布していることが判明した。なお、坑道内の空間放射線量についても測定したところ、線量値が坑道外部より高いという結果が得られた。これは、吉見丘陵を浸透した水の影響を受け、放射性物質の濃縮が起こったためと推定される。

表 1 析出塩類の XRD 分析結果

Date	Site-A	Site-B	Site-C	Site-D	Site-E
11-Jan	△	○	△	○	—
24-Feb	○	△	△	△	—
3-April	△	○	△	△	—
11-May	○	○	○	○	—
19-Jun	○	△	△	○	—
24-Jul	○	○	△	○	—
26-Aug	○	△	○	○	—
24-Sep	○	○	○	○	—
9-Oct	○	○	○	○	—
28-Nov	○	○	○	△	—
26-Dec	△	○	○	○	—

Much -- ○ Moderate -- △  
Rare -- ○ Not detected -- —

## 4) まとめ

本課題では、石材や岩盤などの壁面劣化に関与する風化機構の解明と、削剥部分の形態の定量化、岩屑生産量の定量把握を目的として研究を行った。主たる調査地点は、埼玉県吉見町に所在の史跡・吉見百穴の地下軍需工場と、ベルギー国オーバル町に所在の修道院である。

吉見百穴は、凝灰岩体を掘削した素掘りの坑道跡を対象として、坑道入り口付近から奥方に向かい地点 A~E を設定し、1 年超にわたり定期観測を行った。その結果、以下のことが示された。

1) 地点 A, B, C の全てで下部が削剥されノッチ状を示し、そのくみの上限高さは地点 A, B, C の順に高くなっていたが、地点 D, E ではノッチはみられなかった。2) 各地点の含水比には大きな変動はなかったものの、壁面の侵食量が大きい地点ほど地温(気温からの換算値)が上昇し、湿度が低下しやすい環境である。3) 塩類風化によ

て生産される岩屑量は地温が上昇する時期と湿度が低下する時期に多い。4) 岩屑に含まれる主要な析出塩は石膏であり、その析出は夏場に多い。これらの結果より、最高地温  $T_{Wmax}$  と最低湿度  $RH_{min}$  を用いた乾燥化指数  $\alpha = T_{Wmax}/RH_{min}$  を考案し、塩溶液の供給量と乾燥しやすさのバランスに規定されて塩類風化が起きていることを定量化した。また、岩石強度 (UCS) と乾燥化指数  $\alpha$  との比で示されたパラメータ  $\alpha/UCS$  と比例関係をもつこともわかった。

ベルギーのオーバル修道院も、主として塩類風化によりその壁面が風化し、剥落している。吉見百穴と同様、風化箇所空間的分布および風化に伴う剥落の速度は、温湿度環境に影響していることが示された。その風化箇所の面積と深さを、TLSとSfM-MVSにより測定し、得られたデータから点群とデジタル標高を含むDEMを作成して削剥体積を求めた。その結果、精度検証が必要とされるものの、3年の研究期間中においてもわずかな変化を検出することができた。

石造建造物や遺跡に関しては、文化財の保全の観点から多くの検討が為されてはいる。しかし、地形学の知見や手法を導入して岩屑の生産や壁面の形状変化を検討し、保全のためのアセスメントに有効利用する手順の体系化はほとんど行われていない。本研究により、地形学の知見を生かした文化財のアセスメントが可能になれば、地理学の広い学術分野への寄与と、史跡や遺産の保存と修復に対する社会的な貢献が期待できる。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 15 件)

- 1) Hayakawa, Y.S., Yoshida, H., Dragut, L., Oguchi, T. (in press): Automated extraction of hummocks in debris avalanche deposits using DEMs: A case study at Mt. Gassan, northwest Japan. *Zeitschrift für Geomorphologie*. (doi:10.1127/zfg\_suppl/2017/0361)
- 2) 青木 久 (印刷中): 波食棚の形成をもたらす海食崖の後退プロセス—砂岩塊からなる石垣を利用したアプローチ. *地学雑誌*.
- 3) Oguchi, T., Hayakawa, Y., Oguchi, C.T. (in press): Quaternary fluvial environments and paleohydrology in Syria. In: Enzel, Y, Bar-Yosef, O. (eds.) *Quaternary of the Levant: Environments, Climate Change, and Humans*, Cambridge University Press.
- 4) Udagedara, D.T., Oguchi, C.T., Gunatilake, J.K. (2017): Evaluation of geomechanical and geochemical properties in weathered metamorphic rocks in tropical environment: a case study from Samanlawewa hydropower project, Sri Lanka, *Geosciences Journal*, 21 (3), 441–452. (doi: 10.1007/s12303-016-0060-7)
- 5) Hayakawa, Y.S., Kusumoto, S., Matta, N. (2017): Seismic and inter-seismic ground surface deformations of Muroto mud volcano (central Japan): A laser scanning approach. *Progress in Earth and Planetary Science*, 4 (1), 3. (doi:10.1186/s40645-016-0116-3)
- 6) Kondo, Y., Miki, T., Kurohama, T., Hayakawa, Y.S., Kataoka, K., Oguchi, T. (2016): Concurrent and sustainable development of a local-scale digital heritage inventory through action research at Bat, Oman. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 6 (2), 195-212. (doi:10.1108/JCHMSD-01-2016-0005)
- 7) 早川裕式・小口 高 (2016): 地形学における地上レーザ測定の活用. *地学雑誌*, 125 (3), 299-324. (doi:10.5026/jgeography.125.299)
- 8) Rajib, M., Kobayashi, T., Oguchi, C.T. and Sasaki, T. (2016): Oxidation of Solid Phase and Ionic Strength Effect to the Cesium Adsorption on Pumice Tuff. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 4, 64-73. (doi: 10.4236/gep.2016.42008)
- 9) Hayakawa, Y. S., Oguchi, C. T., Ariga, N. and Aoki, H. (2015): Spatial Distribution of Changes in Rockwall Surface at Yoshimi-Hyakuana Cave, Central Japan, Revealed by Repeated Terrestrial Laser Scanning. *Procedia Earth and Planetary Science*, 15, pp. 619 – 626. (doi: 10.1016/j.proeps.2015.08.114)
- 10) Rajib, M., Oguchi, C.T., Sasaki, T. and Kobayashi, T. (2015): Strontium dissolution effect on the adsorption experiment with rhyolitic pumice tuff. *Geochemical Journal*, Vol. 49, No. 5, pp. 539-548. (doi:10.2343/geochemj.2.0383)
- 11) Udagedara, D. T., Oguchi, C. T. and Gunatilake, A. A. J. K. (2015): Combination of chemical indices and physical properties in the assessment of weathering grades of sillimanite-garnet gneiss in tropical environment. *Bull. Eng. Geol. Environ.* (doi: 10.1007/s10064-016-0878-2)
- 12) Hayakawa, Y.S., Oguchi, T., Saito, H., Kobayashi, A., Baker, V.R., Pelletier, J.D., McGuire, L.A., Komatsu, G., Goto, K. (2015): Geomorphic imprints of repeated tsunami waves in a coastal valley in northeastern Japan. *Geomorphology*, 242, 3-10. (doi:10.1016/j.geomorph.2015.02.034)
- 14) 八反地 剛, 松四雄騎, 北村裕規, 小口千明, 八戸昭一, 松崎浩之 (2014): 宇宙線生成核種と物質収支法を用いた花崗岩山地の化学的風化速度の推定: 北アルプス芦間川流域の事例. *地形*, 35, 147-164.
- 15) Kontani, R., Sudo, H., Yamaguchi, Y., Hayakawa, Y.S., Odaka, T. (2014): An archaeological survey in the vicinity of Kültepe, Kayseri Province, Turkey. In: Atici, L., Kulakoğlu, F., Barjamovic, G., Fairbairn, A. (eds.) *Current Research at Kültepe-Kanesh: An interdisciplinary and integrative approach to trade networks, internationalism, and identity*. *Journal of Cuneiform Studies Supplemental Series*, 4, Lockwood Press, 95-106.

[学会発表] (計 13 件)

- 1) Oguchi, C.T., Shinozuka, K. (2017): Reduction effect of surface temperature of baked bricks with different pore shapes during absorption-evaporation test. EGU2017 (European Geoscience Union 2017 meeting), Vienna, Austria. 23 Apr – 28 Apr 2017. (発表日: 2017. 4. 27.)
- 2) Oguchi, C.T., Shogaki, T., Nakagawara, Y., Fujii, Y. (2017): Chemical and mineralogical properties of backfilling soils of Yokosuka Dry Dock, Kanagawa, Japan. JpGU-AGU 2017. Makuhari Messe, Chiba, Japan. 20 – 25 May 2017. (発表日: 2017. 5. 21.)
- 3) Ariga, N., Aoki, H., Oguchi, C.T., Hayakawa, Y.S. (2017): Quantitative relationships between salt-weathering of tuff and microclimatic environments, in the Yoshimi Hyaku-Ana historic site, Japan. JpGU-AGU 2017. Makuhari Messe, Chiba, Japan. 20 – 25 May 2017. (発表日: 2017. 5. 21.)
- 4) Sharma, S.T., Oguchi, C.T., Ariga, N., Aoki, H., Hayakawa, Y.S. (2017): Influence of micro climatic conditions on salt weatherin. JpGU-AGU 2017. Makuhari Messe, Chiba, Japan. 20 – 25 May 2017. (発表日: 2017. 5. 21.)
- 5) Hayakawa, Y.S., Oguchi, C.T., Thomachot-Schneider, C., Vázquez, P., Gibeaux, G (2017): Close-range remote sensing for monitoring the weathering in wall surfaces of a historical building at Orval Abbey, Belgium. JpGU-AGU 2017. Makuhari Messe, Chiba, Japan. 20 – 25 May 2017. (発表日: 2017. 5. 22.)
- 6) Oguchi, C. T., Kodama, S., Rajib M. and Udagedara, D. T. (2016): Salt efflorescence due to water-rock interaction on the surface of tuff cave in the Yoshimi-Hyakuana Historic Site, central Japan, Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU General Assembly 2016, 17 – 22 April, Vienna, Austria. (発表日: 2016. 4. 20.)
- 7) Hayakawa, Y.S., Oguchi, C.T., Aoki, H. and Ariga, N. (2016): Detection and spatial pattern analysis of wall surface modification by weathering in Yoshimi-Hyakuana cave using terrestrial laser scanning. Abstracts, Japan Geoscience Union International Meeting 2016, HTT08-P08. Makuhari-Messe, Chiba, Japan. 20 – 25 May 2017. (発表日: 2016. 5. 22.)
- 8) Hayakawa, Y. S., Oguchi, C. T., Ariga, N. and Aoki, H. (2015): Measurement of changes in wall surface morphology in Yoshimi-Hyakuana cave by terrestrial laser scanning. Japan Geosciences Union Meeting 2015. Makuhari Messe, Chiba, 24 May – 28 May 2015. (発表日: 2015. 5. 26.)
- 9) Hayakawa, Y., Oguchi, C. T., Ariga, N. and Aoki, H. (2015): Spatial distribution of changes in rockwall surface at Yoshimi-Hyakuana cave, central Japan, revealed by repeated terrestrial laser scanning. WMESS2015 (World Multidisciplinary Earth Science Symposium 2015), Prague, Czech Republic, 7 Sep – 11 Sep 2015. (発表日: 2015. 9. 8.)
- 10) Oguchi, C. T., Nishimura, K., Tono, M., Mitamura, T. and Ishikawa, T. (2015): In situ measurement of water content and colour on rammed earth walls. WMESS2015 (World Multidisciplinary Earth Science Symposium 2015), Prague, Czech Republic, 7 Sep – 11 Sep 2015. (発表日: 2015. 9. 10.)
- 11) Oguchi, C. T., Nakayama, T. and Thomachot-Schneider, C. (2015): Possibility of mineral determination by visible spectra - an application of colour measurement -, WMESS2015 (World Multidisciplinary Earth Science Symposium 2015), Prague, Czech Republic, 7 Sep – 11 Sep 2015. (発表日: 2015. 9. 10.)
- 12) Gommeaux, M., Thomachot-Schneider C., Fronteau, G, Eyssautier, S., Mouhoubi, K., Fujimaki, T., Oguchi, C. T. (2014): Salt weathering processes of reconstituted stone used in the Orval Abbey (Belgium). SWBSS2014 (3rd International Conference on Salt Weathering of Buildings and Stone Sculptures) 14 – 16 October 2014. Brussels, Belgium. (発表日: 2014. 10. 15.)
- 13) Song, W., Oguchi, C. T., Waragai, T. (2014): Chemical analysis of black crust on the Angkor sandstone at the Bayon temple, Cambodia, European Geophysical Union General Assembly 2014, Vienna, Austria, 27 April – 02 May, 2014. (発表日: 2014. 5. 1.) <<https://confit.atlas.jp/guide/event/jpgu2014/subject/HGM02-05/class?cryptoId=>>

[図書] (計 1 件)

- 1) Oguchi, C. T. (2015): Understanding Water-Rock Interactions. Research Media. International Innovation. 128p (106-107). 2015. (<http://digimag.internationalinnovation.com/launch.aspx?eid=cbbaaf66-1d9a-40df-bb95-7f1e0f917aaf>)

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者: 小口 千明 (OGUCHI, Chiaki)  
埼玉大学・理工学研究科・准教授  
研究者番号: 20312803
- (2) 研究分担者: 青木 久 (AOKI, Hisashi)  
東京学芸大学・教育学部・准教授  
研究者番号: 30423742
- (3) 研究分担者: 早川 裕 式 (HAYAKAWA, Yuichi)  
東京大学・空間情報科学研究センター・准教授  
研究者番号: 70549443
- (4) 研究協力者: Celine Schneider (SCHNEIDER, Celine)  
GEGENAA, University of Reims Champagne Ardenne, France.
- (5) 研究協力者: Maxime Gommeaux (GOMMEAUX, Maxime)  
GEGENAA, University of Reims Champagne Ardenne, France.
- (6) 研究協力者: 宋 苑瑞 (SONG, Wonsuh)  
法政大学・経済学部・非常勤講師