

令和 6 年 6 月 24 日現在

機関番号：34517

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K04821

研究課題名（和文）歴史的建造物に用いられる凝灰岩の保存状態と水分特性に関する研究

研究課題名（英文）Study on deterioration and moisture properties of tuff stones used in a historical building

研究代表者

宇野 朋子（UNO, Tomoko）

武庫川女子大学・建築学部・准教授

研究者番号：90415620

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）：本研究は、歴史的建造物である「旧甲子園ホテル」の外装材に用いられている2種類の凝灰岩で観察される、状態の異なる劣化の要因とメカニズムの解明を目的とした。研究では、特徴的な劣化の箇所について、それぞれの劣化状況と周辺環境の把握、石材の熱水分物性などの材料物性値の検討、石材内の熱水分同時移動解析による温度と水分状態の解析を行った。その結果、2種類の凝灰岩の含水時と乾燥時の水分移動係数の差が大きいこと、降雨時に高含水となる範囲が異なること、降水時期、降雨後の日射や夜間放射が、石材の劣化を引き起こす凍結や乾湿に影響していること、含水範囲により劣化状態の差が説明できることなどを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、歴史的建造物「旧甲子園ホテル」をフィールドとした研究であり、その外装材に使われる凝灰岩の保存に注目している。同様の凝灰岩は多くの歴史的建造物や文化財にも使われている。ここで観察される劣化の性状を整理し、石材の基本的物性や熱水分特性との関係、劣化の要因とメカニズムが明らかになることで、石材特性や劣化の状況に応じた防水・排水、温度制御、日射・夜間放射の低減などの環境制御が可能となり、劣化予防の対策や維持管理の方法を提示することができる。また、一般に60年程度と考えられている建材用石材の寿命に対して、ここでの成果はオリジナル材料を永く活用するための基礎資料となりうる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to determine the causes and mechanisms of the varied deterioration observed in two types of materials applied on the exterior of a historical building, Koshien Hall. In this study, the extent of deterioration and the surrounding surface areas were investigated. The respective materials' properties such as the thermal moisture of the stones were estimated, and the stones' temperature and moisture levels were simulated by heat and moisture transfer analysis.

The results revealed the following: there is a big difference between the moisture transfer coefficients of the two stones when wet and dry; the area with high moisture content during rainfall differed; the time of rainfall, the amount of solar radiation after rainfall, and the amount of nocturnal radiation affect the freezing and drying that cause deterioration; and the difference in the extent of deterioration can be explained by the range of high moisture content.

研究分野：建築環境工学

キーワード：石材 劣化 水分移動 材料物性 透水性 降雨 凍結 乾湿

### 1. 研究開始当初の背景

歴史的建造物には外装材に石材やレンガなどが用いられているものも多く、石材のなかでも、凝灰岩は柔らかく加工が容易なことから、高い装飾性を表現する材料として用いられてきた。これらの多孔質材料は、吸水性があり、雨水や地下水など水分の影響を受けやすく、それによって劣化が引き起こされることがある。

本課題で対象とする建築「旧甲子園ホテル」(竣工1930年、遠藤新設計)<sup>1)</sup>は近代化産業遺産で、登録有形文化財でもある。その内外装には凝灰岩の日華石(石川県産、図1左)が採用され、また、修復工事の過程で凝灰岩の竜山石(兵庫県産、図1右)に置き換えられた箇所がある。現在、これらの石材には、欠損や剥離などの劣化が進行しているものがあり、劣化の著しいものは、新材に取り換えるなどの対策がなされているが、同じ場所で同様の劣化が生じることもある。このような石材の劣化は文化財である歴史的建造物にとって、オリジナルのモノの喪失となる重大な問題である。また、石材資源には限りがあり、新材の入手が困難となるなか、残っている石材を適切に保存しながら、永く使い続けるための方策が求められる。

これまでの保存状況の調査では、旧甲子園ホテルの2種類の凝灰岩には、欠損(図2左)や剥離(図2右)、藻類の繁茂、塩類の析出など、さまざまな劣化が生じていることを明らかにした。とくに欠損と剥離の劣化の状況は、同じ敷地内にありながら、建物における部位や周辺の状況により異なっており<sup>2)</sup>、また、劣化した石材の周辺環境にも特徴がみられた。たとえば、日華石は降雨により濡れる水平面に、表層より十数ミリ程度で欠損する劣化が多くみられ、一方、竜山石はひさしの下での降雨による濡れが少ない面に、表層より数ミリ程度が薄く剥離する劣化がみられた。それぞれ、日華石では含水時の凍結、また、竜山石は乾燥による材料の構造的な変質(塩析出を含む)が劣化の要因として考えられた。いずれの劣化にも、建物における日射や放射の程度、降雨による濡れの時間や程度、周囲の温湿度の変化などの周辺環境の影響があり、それらにより石材が含水や乾燥し、石材内の水分が移動することにより生じる劣化であると推定した。

以上のことから、石材内の温度・水分状態の把握により、石材の劣化メカニズムを明らかにすることで、適切な保存環境の提案や保存処理を行うことができると考え、本研究ではこの点に着目して、劣化の要因を検討することを試みることにした。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、「旧甲子園ホテル」に使用されている2種類の凝灰岩の日華石と竜山石で観察される欠損や剥離といった状態の異なる劣化の要因とメカニズムを明らかにすることである。そのために、熱水分に関する材料物性および石材周辺の環境を把握し、それにより生じる石材内の温度・水分状態を、熱水分同時移動解析によって把握する。対象とする凝灰岩については、熱水分にかかわる物性値はなく、それらの取得も本研究の課題とした。

### 3. 研究の方法

はじめに、劣化状況と周辺環境を把握し、劣化に影響を与えると考えられる環境要素を検討した。さらに、熱水分移動に関係する材料物性値の検討を行い、実環境にそった境界条件を仮定した熱水分同時移動解析による石材内の温度・水分状態や移動の把握を行い、劣化のメカニズムを検討した。

ここでは、旧甲子園ホテルの2種類の凝灰岩の特徴的な劣化がみられる箇所として、日華石の大きく欠損する劣化がみられる3階の屋上テラスの北側階段(以降、屋上テラス)の階段石、竜山石の薄く剥離する劣化がみられる1階南テラスの西側階段(以降、南テラス)の階段石をおもな検討対象として研究を進めた。

#### (1) 劣化状況と周辺環境の把握

日華石と竜山石について、特徴的な劣化がみられる箇所の劣化状況を記録した。建物周辺の気象データの把握のため、気象観測ステーションを設置し、温湿度、降雨量、日射量などを計測した。また、日華石と竜山石について、特徴的な劣化がみられる箇所において石材周りの温湿度を計測し、周辺環境を把握した。

#### (2) 熱水分移動に関係する材料物性値の検討

凝灰岩の劣化メカニズムを明らかにするためには、石材内の温度や水分状態、その移動を把握する必要があり、本研究では熱水分同時移動方程式にもとづく数値解析により検討を試みた。凝灰岩については熱水分移動に関係する材料物性値の文献値は少なく、また石材の種類による差が大きいため、それぞれの石材について基本物性の把握に加えて、熱水分物性値である平衡含水率と水分移動係数を検討し、基礎となる物性値を整理した。また、劣化が降雨による含水とその水分の凍結や乾燥によると推定されるため、液水移動を伴う高含水率の領域での物性値の検討も行った。



図1 研究対象とした石材<sup>2)</sup>  
(左:日華石、右:竜山石)



図2 研究対象箇所の石材の状態<sup>2)</sup>  
(左:日華石、右:竜山石)

### (3) 熱水分移動解析による劣化メカニズムの検討

既往研究で得られている熱水分同時移動解析プログラム<sup>4)</sup>を応用して、日華石と竜山石について、特徴的な劣化がみられる箇所(屋上テラスと南テラス)の環境を境界条件として、熱水分同時移動解析を行い、温度や水分の状態の変化を把握し、劣化メカニズムを検討した。

## 4. 研究成果

### (1) 劣化状況と周辺環境の把握

#### 劣化状況

旧甲子園ホテルの特徴的な劣化の見られる箇所について保存状態を記録した。

**屋上テラスの日華石**：水平面に大きく欠損する劣化がみられた。天空に対して開けた場所にあり天空率が大きいと、夜間放射の影響を受けやすい場所である(図3左)。著しい劣化は冬季に生じたことから、凍結融解による劣化の可能性が高い。



図3 屋上テラス(左)と南テラス(右)

**南テラスの竜山石**：ひさしの下において薄く剥離する劣化がみられ、劣化が拡大していた(図3右)。ひさしのない箇所では剥離はほとんどなかった。劣化箇所はひさしがあることで降雨による濡れが少なく、冬季には直達日射が当たる位置である。乾燥が劣化の一つの要因と考えられる。

#### 敷地の気象環境

旧甲子園ホテルの建つ敷地内に気象観測器(Meter社製 ATOMOS 41)を設置し、気温、相対湿度、降雨量、日射量、風向風速などの基礎データを収集した(図4)。

外気温度は0~35°C、相対湿度はおおむね50~80%である。日平均外気温度が0°Cを下回ることはなく、2020年度冬季(図4左上)には1月に最低気温が0°Cを大きく下回った日があり、2021年度冬季(図4左下)では0°Cを下回る日が12月末から1月にかけて複数回あった。気温が0°Cを下回らない場合でも、屋上テラスのように天空率が大きい場所では、夜間放射により表面温度が外気温より最大4°C程度下がる可能性がある。その影響を考慮すると、ほぼ毎年、屋上テラスの日華石が氷点下となる日があるといえる。

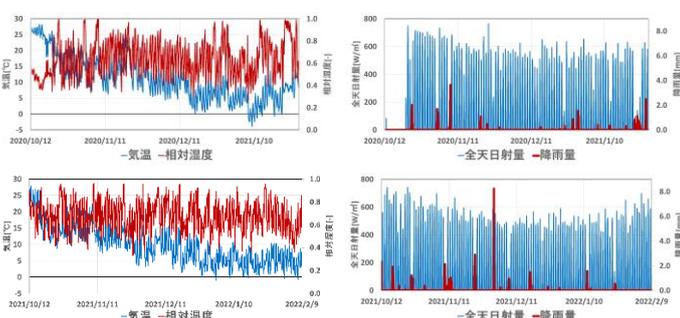


図4 敷地内の気象データ(左:気温と相対湿度、右:全天日射量と降雨量の15分積算値)(上:2020年度、下:2021年度)<sup>5)</sup>

降雨量(15分積算値)と日射量は、石材の含水や乾燥の状態変化に対する影響が大きい。降雨については、2021年度は秋季に少なく12月末から1月にかけて複数回あり、2022年度は秋季に降雨強度の大きな降雨が複数回あり、冬季に少なかった。

#### 特徴的な劣化がみられる箇所の周辺環境

屋上テラスの日華石と南テラスの竜山石について、降雨前後の濡れの状態および日射の変化、石材の表面温度と周囲の温湿度の計測を冬季に行った。降雨後の濡れの状態はタイムラプスカメラで記録し、表面温度は熱電対を用いて計測した。

**屋上テラスの日華石**：降雨時には全体が濡れていた。降雨後には、表面は乾燥していたが、階段石の下端から水が染み出し、石材の一部は長時間濡れた状態にあった。欠損の少ない箇所である階段石の上段には、日射は終日あっていたが、欠損があった箇所では日射の当たる範囲が狭かった。表面温度の計測では、日中に日射のあっている石材(欠損がない)では夜間の温度低下が小さく、その下の段では-2°Cまで低下しており、凍結が起きていたことが確認された(図5上)。

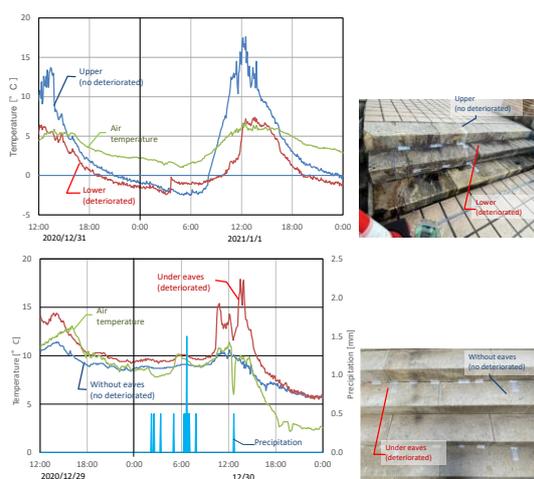


図5 表面温度(上:日華石、下:竜山石)<sup>6)</sup>

**南テラス竜山石**：剥離が著しい箇所はひさしの下にあたる部分であり、降雨量が少ない場合にはほとんど濡れず、降雨量が多くなると濡れた面からの水が表面に沿って流れ込み、ひさし下の石材表面が濡れていく状況を確認した。降雨後に晴れた場合は半日程度で石材表面が乾燥していた。また、剥離が生じている箇所は午後日射があっていたが、剥離の少ない箇所はほとんどの時間が樹木と塀の影になっており、日射のあたる時間はわずかであった。表面温度の計測では、劣化の著しい箇所において、日射の影響とみられる温度上昇があった(図5下)。

## (2) 熱水分移動に関係する材料物性値の検討

### 平衡含水率と水分移動係数

石材内の温度や水分状態の把握を行うにあたり、熱水分同時移動方程式にもとづく数値解析により検討を行うが、そのためには材料物性値の検討が必要となる。凝灰岩の物性のうち、熱水分に関するものは少なく、また、劣化の状況が降雨による含水とその水分の凍結や乾燥によると推定されるため、液水移動を伴う領域での物性値が必要であった。

日華石と竜山石の熱水分物性値として、基本物性(表1、図6)に加えて、平衡含水率と水分移動係数を実験と数値解析により検討した。平衡含水率は、加圧板法、水銀圧入法、ガス吸着法、デシケータ法により、各領域における含水率の計測を行い、それぞれの結果の差異を確認しながら低含水率から高含水率を網羅した値を得た(図7左)。水分移動係数は、吸水過程の水分移動をガンマ線含水率計測実験によって明らかにした(図7右)。結果より、日華石は大きな孔が多く、飽和時の水分移動係数が大きいこと、竜山石は日華石に比べて空隙が少なく、細かな孔が多く、飽和時の水分移動係数は小さく、乾燥時の水分移動係数が大きい材料であることを示した。

### 凍結劣化を受けた石材の物性変化

日華石と竜山石に対して凍結融解促進試験を行い、凍結融解を繰り返した際の細孔径分布(図8)、水分移動係数などの物性値を整理した。両石材とも、凍結試験を繰り返すごとに、細孔径分布が変化し相対的に大きな孔が増えることで、高含水率域の水分移動係数が大きくなった。また、含水時および凍結時の熱伝導率の物性値も計測・実験により妥当性を検証した。熱物性値に関しては引き続き検討が必要である。

### 力学的性質

日華石と竜山石の乾燥状態および湿潤状態での圧縮強度、引張強度のデータを得た。日華石は竜山石に比べ、自然状態での圧縮強度が1/13、引張強度が1/3.5と、強度が低い。また、日華石では、湿潤した場合の圧縮強度が乾燥時に比べて高い。

### (3) 熱水分移動解析による劣化メカニズムの検討

日華石と竜山石について、特徴的な劣化がみられる箇所の環境条件を境界条件として、日華石と竜山石の物性値を用い、石材の温度と含水率の時間変化を把握する熱水分同時移動モデルを作成し、劣化の要因を検討した。

### 降雨強度の影響

2020年度の気象条件を境界条件として、屋上テラスの環境下にある石材を想定して、熱水分同時移動解析を行った<sup>8,10)</sup>。降雨強度の異なる条件下での解析では、両石材の含水状態の違いが分かり、含水領域と劣化状況に対応があることが示された。

日華石は、降雨時に含水に時間を要するが内部への浸水が多く、乾燥に時間を要し、表面から数センチの位置では高含水状態が続いていた(図9左上)。屋上テラスは放射冷却の影響が大きく、石材内が氷点下に達することもある。降雨後の乾燥に時間がかかり、含水した状態が長く続くことで、低温時に石材内水分が凍結に至ることが予想された。また、石材の細孔径の違いが含水領域と凍結範囲に影響しており、同じ気象条件下においても日華石には凍結が生じ、竜山石には生じない可能性が高い(図9右上)。

降雨強度が小さい条件は、南テラスのひさしの下の降雨による濡れの少ない箇所における結果とみることができる(図9左下・右下)。解析の

表1 物性値<sup>7)</sup>

	日華石	竜山石	
密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	1180	2260	
含水率 [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	毛管飽和	0.467	0.0780
	和		
熱伝導率 [W/mK]	真空飽和	0.485	0.084
	和		
熱伝導率 [W/mK]	乾燥	0.481	2.03
	湿潤	1.14	3.40
湿気伝導率 [kg/msPa]	2.56×10 <sup>-11</sup>	6.76×10 <sup>-12</sup>	

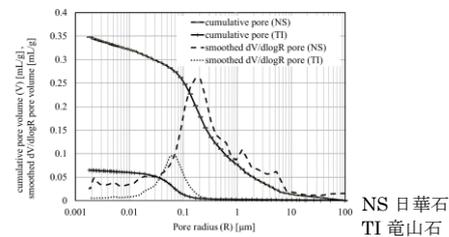


図6 細孔径分布<sup>8)</sup>

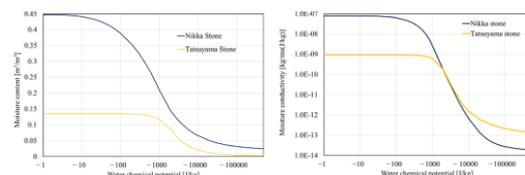


図7 平衡含水率(左)と水分移動係数(右)<sup>8)</sup>

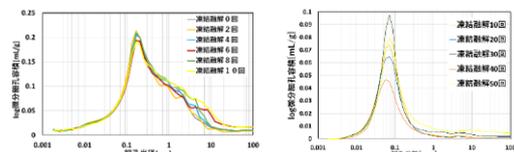


図8 凍結融解試験による細孔径分布の変化(左:日華石 右:竜山石)<sup>9)</sup>

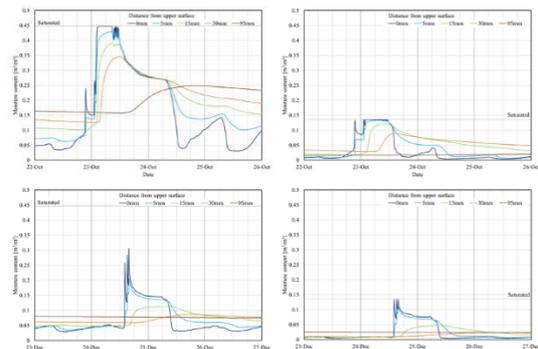


図9 降雨前後の含水率(上:強い雨、下:弱い雨)(左:日華石 右:竜山石)<sup>8)</sup>

結果、竜山石は日華石に比べて乾燥した状態（低含水率時）でも表面からの含水が早く、かつ含水後の表面の乾燥が早いこと、表面からの蒸発は外気の相対湿度よりも日射などの変化の影響が大きく、乾湿繰返しが生じていることが分かった。乾湿の繰返しが盛んな位置は、竜山石の表面が薄く剥離する箇所と一致しており、竜山石で見られる剥離は乾湿に伴うものである可能性が高い。

#### 凍結を考慮した解析：気象条件

2020年度と2021年度の気象データ（図4）を境界条件として、屋上テラスの環境下の日華石を想定して、凍結を考慮した熱水分同時移動解析を行った。石材内で凍結の発生頻度について、秋季と冬季の降雨量の影響を検討した。

解析期間における凍結回数は2020年度の9回に比べ、2020年度は12回と多かった<sup>5)</sup>。これは、2021年度が秋季に雨が多いことにより、石材内に水分が多く蓄積した結果であり、長期間の石材内の水分状態が凍結による劣化に影響するといえる。

#### 凍結を考慮した解析：透水性

保存処理などで石材の透水性が変化した場合の影響を検討するため、石材の透水性（水分移動係数）をパラメーターとして凍結の状況を解析した。石材の透水性が低い条件においては、内部に水分が蓄積される状況が長時間続くことから、氷点下となる場合に含水率が高い状況となり、凍結が生じやすくなる可能性を示した。

気象条件と透水性の条件を合わせると、秋季に雨が多い条件において材料の水分移動係数が小さい場合には、冬季の凍結のリスクが高まる可能性がある。

#### 劣化の要因とメカニズム

日華石、竜山石ともに、材料内での温度と水分状態の違いが劣化の状態の差に影響している。

**屋上テラスの日華石：**日華石は飽和含水率が大きく、乾燥が遅く、降雨により含水した状況では、降雨後も長く含水した状態が続く。降雨後の石材の含水率が高い状態で、気温低下と放射冷却により石材表面から数センチの範囲が氷点下となり、その場所に結氷が集中することで劣化につながったといえる。とくに秋季に降雨量が多く、冬季の温度低下が大きい場合に、凍結のリスクが高くなる。屋上テラスの環境では、数年に一度はこのような劣化が起こる気象条件であり、繰返し起こることで大きな欠損が生じる。

**南テラスの竜山石：**竜山石は低含水率時の水分移動係数が大きく、比較的乾燥が早い。剥離がみられたひさしの下の石材では、降雨時の濡れ時間が短く表面から数ミリまでが含水した状態で、その後日射があたることで急激に乾燥する状況が確認できた。つまり、表面数ミリが、含水と乾燥の繰返しにより脆弱化していった結果、剥離が生じたといえる。脆弱化については、塩類の移動や材料の構造的な変質など、さらなる検討が必要である。

本研究により、石材の構造の違いにより熱水分特性が異なり、それによって劣化の要因とメカニズムの違いを説明することができた。同様の凝灰岩は歴史的建造物の外装材や石造文化財に多く用いられており、より多くの凝灰岩について同様に検討を進めることで、条件に応じた保存対策を提案することが可能となる。

#### 参考文献

- 1) 武庫川女子大学、旧甲子園ホテル 甲子園会館、<https://www.mukogawa-u.ac.jp/~kkcampus/>（参照 2024.05）
- 2) 宇野朋子、旧甲子園ホテルの外装材として使用される凝灰岩の保存に関する研究、埋蔵文化財ニュース、179、pp.4-11、2020。
- 3) T. Uno and K. Noguchi, Investigation of Environmental Factors Influencing the Deterioration of Nikka Stone in Koshien Hall, *Intercultural Understanding*, Vol.5, 2015.
- 4) 伊庭千恵美、鈴木修一、屋根瓦における結露発生に関する検討、日本建築学会環境系論文集、74、639、pp.587-593、2009。
- 5) 伊庭千恵美、大槻友樹、宇野朋子、旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その9 気象条件と透水性の違いが凝灰岩内の凍結性状に与える影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、2024。
- 6) T. Uno, C. Isoi, C. Iba, and K. Yamada, Environmental Factors and Material Characteristics Influencing the Deterioration of the Nikka Stone in the Former Koshien Hotel, *Intercultural Understanding*, Vol.11, 2022.
- 7) K. Yamada, C. Iba, T. Uno, K. Fukui, and D. Ogura, Investigation on deterioration mechanism of tuffstones used as exteriors at the Former Koshien hotel, in: 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB 2020), p.172, 2020.
- 8) C. Iba, K. T. Uno, Yamada, K. Fukui and D. Ogura, Deterioration mechanism and hygrothermal condition of tuff stones used for exteriors at former Koshien Hotel, *Journal of Cultural Heritage*, 61, pp.139-149, 2023.
- 9) 倉橋哲、伊庭千恵美、小椋大輔、宇野朋子、旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その7 凍結融解試験による凝灰岩の熱水分物性値の変化、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、pp.1239-1240、2022。
- 10) 山田皓貴、伊庭千恵美、宇野朋子、福井一真、倉橋哲、小椋大輔、旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その5 凝灰岩内部の熱水分移動の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集、環境工学、pp.593-594、2021。

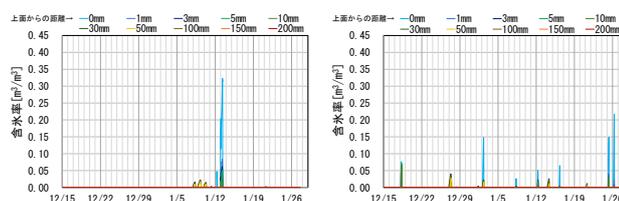


図10 日華石の含水率  
(左：2020年度、右：2021年度)<sup>5)</sup>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Chiemi Iba, Tomoko Uno, Koki Yamada, Kazuma Fukui, Daisuke Ogura	4. 巻 61
2. 論文標題 Deterioration mechanism and hygrothermal condition of tuff stones used for exteriors at former Koshien Hotel	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Cultural Heritage	6. 最初と最後の頁 139-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.culher.2023.03.007	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 Tomoko Uno, Chisato Isoi, Chiemi Iba, Koki Yamada	4. 巻 11
2. 論文標題 Environmental Factors and Material Characteristics Influencing the Deterioration of the Nikka Stone in the Former Koshien Hotel	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Intercultural Understanding	6. 最初と最後の頁 30-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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17件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その6 水分移動特性が凍害性状に与える影響の分析
2. 発表標題 大槻 友樹 / 伊庭 千恵美 / 宇野 朋子 / 倉橋 哲 / 小椋 大輔
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その7 凍結融解試験による凝灰岩の熱水分物性値の変化
2. 発表標題 倉橋 哲 / 伊庭 千恵美 / 小椋 大輔 / 宇野 朋子
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その8 凍結融解による物性値の変化が材料内水分分布に与える影響
2. 発表標題 伊庭 千恵美 / 倉橋 哲 / 宇野 朋子 / 小椋 大輔
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの凝灰岩外装材の水分移動特性が凍害性状に与える影響の分析
2. 発表標題 大槻 友樹 / 伊庭 千恵美 / 宇野 朋子 / 倉橋 哲 / 小椋 大輔
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 レンガ造煙突の脱塩方法に関する基礎的研究 その2) イオンの移流を利用した脱塩
2. 発表標題 木村 藍香 / 安福 勝 / 麓 隆行 / 宇野 朋子 / 伊庭 千恵美
3. 学会等名 日本建築学会大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 レンガ造煙突の脱塩方法に関する基礎的研究 その2) イオンの移流を利用した脱塩
2. 発表標題 木村藍香, 安福勝, 麓隆行, 宇野朋子, 伊庭千恵美
3. 学会等名 第39回日本文化財科学会大会研究発表
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 倉橋哲、伊庭千恵美、山田皓貴、宇野朋子、福井一真、小椋 大輔
2. 発表標題 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その4 凝灰岩の液相水分伝導率の同定
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その5 凝灰岩内部の熱水分移動の検討
2. 発表標題 山田皓貴、伊庭千恵美、宇野朋子、福井一真、倉橋哲、小椋大輔
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その6 凝灰岩の劣化性状と石材物性および微環境の関係
2. 発表標題 磯井千聖、宇野朋子、伊庭千恵美、松下聡
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Uno Tomoko, Chiemi Iba, Abuku Masaru
2. 発表標題 Study on relations between deterioration of tuff stone used as exteriors of a historical building and microenvironment factors
3. 学会等名 Japan Geoscience Union Meeting 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Aika Kimura, Masaru Abuku, Takayuki Fumoto, Tomoko Uno, Chiemi Iba
2. 発表標題 Fundamental study on desalination methods for brick chimneys, Part 1 Desalination by ion diffusion
3. 学会等名 Salt Weathering of Buildings and Stone Sculptures - SWBSS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村藍香, 安福勝, 麓隆行, 宇野朋子, 伊庭千恵美
2. 発表標題 レンガ造煙突の脱塩方法に関する基礎的研究, その1) イオンの拡散を利用した脱塩
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告集 環境系
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村藍香, 安福勝, 麓隆行, 宇野朋子, 伊庭千恵美
2. 発表標題 レンガ造煙突の脱塩方法に関する基礎的研究, その1) イオンの拡散を利用した脱塩
3. 学会等名 日本文化財科学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koki Yamada, Chiemi Iba, Tomoko Uno, Kazuma Fukui, Daisuke Ogura
2. 発表標題 Investigation on the Deterioration Mechanism of Tuff Stones Used for the Exteriors at the Former Koshien Hotel
3. 学会等名 12th Nordic Symposium on Building Physics (NSB2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田皓貴、伊庭千恵美、宇野朋子、福井一真、小椋大輔
2. 発表標題 甲子園会館に用いられる凝灰岩外装材の保存に関する研究 現地環境条件調査と物性値測定による劣化メカニズムの検討
3. 学会等名 第37回文化財科学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田皓貴、伊庭千恵美、宇野朋子、福井一真、小椋大輔
2. 発表標題 旧甲子園ホテルの凝灰岩外装材の熱水分物性値の測定と平衡含水率の測定方法に関する検討
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山田皓貴、伊庭千恵美、宇野朋子、福井一真、小椋大輔
2. 発表標題 凝灰岩の熱伝導率と平衡含水率の測定 旧甲子園ホテルの外装材保存に関する研究 その3
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2020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
研究 分担者	伊庭 千恵美  (IBA Chiemi)  (10462342)	京都大学・工学研究科・准教授    (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	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	安福 勝  (ABUKU Masaru)  (20581739)	近畿大学・建築学部・教授     (34419)	

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