

平成 2010 年 4 月 28 日現在

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2007～2010

課題番号：19251001

研究課題名 (和文) アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存方法の研究

研究課題名 (英文) Study on the Conservation Method of Bas-relief at Inner Gallery of Bayon Temple, Angkor Site.

研究代表者 沢田 正昭 (SAWADA MASAOKI)

国士舘大学・21世紀アジア学部・教授

研究者番号：20000490

研究代表者の専門分野：文化財科学

科研費の分科・細目：文化財科学

キーワード：カンボジア、バイヨン、鉱物劣化、着生微生物、保存科学

## 1. 研究計画の概要

(1) 全長260mにおよぶ内回廊の浮き彫りの事前記録法は、多様な用途や必要性に対応できる方法でなければならない。たとえば、石材表面の色の情報を取得することで着生生物および劣化の記録を可能にする。

(2) 石材の主要な劣化要因は、植物や微生物の着生、塩類の析出、構造的欠陥、石材の不均質性などに大別できる。劣化を助長する共通した最大要因は水である。水の挙動や分布を解明し、劣化原因との関係を解明し、劣化の抑制や回避を図る方法を究明する。

(3) 基本的な石材の処理は、着生生物のクリーニングと石材の強化、および撥水処理である。バイヨン寺院に特化した保存材料と施工法の開発をめざす。あわせて、現地におけるカンボジア人専門家の育成に取り組む。

## 2. 研究の進捗状況

(1) 浮き彫りの現状記録では、石材表面の着生生物の経時変化を追うことを目的にデジタルカメラによる撮影をおこなっている。

他方、内回廊に残存する屋根の伏図を作成し、人工的に雨を降らせる状況をつくり、屋根部分からの漏水や壁面にしみ出す水の挙動を記録し、石組の隙間や石材の劣化状態、さらには、遺失箇所を調査し、崩壊構造を明確化し、浮き彫り保存に資することとした。

(2) 浮き彫りの箇所については、石材の最

大の劣化要因は、壁面の背後にある基壇から供給される水に関連した塩類風化によることを確認できた。

着生生物に関しては、画像計測システムを新規に開発し、乾季と雨季における着生生物のスペクトル計測を実施した。解析結果からはラン藻類の分布の季節変化を特定することに成功した。また、バイオフィームに対して生育抑制をもつ菌類を分離し、生理学的性質を調べた。その他、石材表面の微生物群集を構成する種の系統学的な位置を明らかにするために16箇所から計784枚の試料を採取し、計測・解析を進めている。

(3) 含水率に対する雨水の影響を排除するため、一部に覆い屋を設置し、毎月1回含水率の測定を行っている。

外回廊の温湿度は内回廊に比べて変動が大きく、また表面に結露しやすい時期は5月と確認した。また、内回廊の浮き彫りは外回廊のそれに比べて劣化が顕著である。その原因として、内回廊の背後にある基壇内部からの水の供給にともなう塩類風化が推測される。これを確認する目的で年間を通じた壁面の含水率測定と表面吸水試験を行っている。

各種の保存材料を用いた150点の暴露用試験体に対する、含水率・針貫入試験・超音波伝播速度・エコーチップ硬度試験・圧縮強度試験などによる評価試験を実施した。これにより、最も優れた保存材料を確定する。

(4) バイヨン寺院浮き彫りに関連した内外の関連遺跡について、研究目的のもとに実

地検分を行っている。今後もこれらの調査事例を増やす一方で、検討資料の類型化、劣化対策等の調査項目の標準化を検討する。

### 3. 現在までの達成度

ほぼ当初計画のとおりに進展している。

(理由)

浮き彫り保存に先立つ記録、劣化のメカニズムの解明、そして、バイヨン寺院に特化した保存材料の暴露試験に関しては予定通りに、順調に進展している。また、浮き彫りを構成する砂岩の劣化に関するメカニズムの解明研究では、着生物の採取、解析を通じて同定しつつある。砂岩に及ぼす影響等については、研究計画に沿って進展している。

なお、浮き彫りの現状記録法のひとつである着生物に対する吸収スペクトル計測の解析からラン藻類の分布の季節変化を特定することに成功したことは、当初計画以上の成果と考えている。なぜなら、このことは着生物の出現を事前に察知したり、その種類を推定できる可能性を示唆しており、予防のための保存対策が期待できるからである。

### 4. 今後の研究の推進方策

(1)着生微生物叢についての解析を更に進め、劣化程度との相関を明らかにすると共に、着生を抑制する可能性についても研究を展開する計画である。

(2)本研究の成果を活用していくシステム構築を検討していきたい。劣化現象と建築材料・建築構造・遺跡所在地との関係、修復技法や保存対策などを主軸にしたガイドラインを作るための基礎資料を整備する。

### 5. 代表的な研究成果

(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 9 件)

Uchida, E., Ito, K., & Shimizu, N.、Provenance of the sandstone used in the construction of the Khmer monuments in Thailand, *Archaeometry*, in press, 2009、有。

Uchida, E., Cunin, O., Shimoda, I., Takubo, Y. and Nakagawa, T.、AMS radiocarbon dating of wood samples from the Angkor monuments, Cambodia., *Radiocarbon*, 第 50 巻第 3 号、437-445, 2008、有。

森本哲郎、池内克史、"Normalized Cut 法を用いた分光情報に基づく色復元、映像情報メディア学会誌、Vol.62, No.9, 1453-21560、2008、有。

Xianshu Li, Hideo Arai, Ichita Shimoda, Hiroshi Kuraishi, and Yoko Katayama、Enumeration of sulfur-oxidizing microorganisms on deteriorating stone of the Angkor monuments, Cambodia、*Microbes and Environments*, Vol. 23, No. 4、293-298、2008、有。

[学会発表] (計 12 件)

Tetsuro Morimoto, Katsushi Ikeuchi、"Multispectral Imaging for Material Analysis in an Outdoor Environment Using Normalized Cuts,"、*IEEE Color and Reflectance in Imaging and Computer Vision Workshop (CRICV 2009)*、2009 年 10 月、Kyoto, Terra.

沢田 正昭、松井敏也、JSA、アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存科学的研究、東アジア文化遺産保存学会、2009 年 10 月 16 日、中国、北京、故宫博物院。

Ji-Dong Gu, Wensheng Lan, and Yoko Katayama、Molecular analysis of fresh and old microbial biofilms on Angkor Wat sandstone、14<sup>th</sup> International Biodeterioration and Biodegradation Symposium、2008 年 10 月 6-11 日、Messina, Italy。

内田悦生・田久保豊・具志堅史一・佐竹渉・中川武 携帯型蛍光 X 線分析装置のアンコール遺跡への応用。ラテライトの分類とバイヨン寺院内回廊の石材劣化。日本文化財科学会 2007、奈良教育大学。