

Chapter 2

バーレーン王国、バルバル神殿の 保存・活用に関する基礎研究

Preliminary Survey for Conservation of Barbar Temple, Kingdom of Bahrain



バルバル神殿における 文化遺産の保護を目的とした現状調査および環境調査

吹田 浩^{***} 末森 薫^{*} 肥後時尚^{****} サルマン・アルマハーリ^{****}

Survey on Current Conditions and Environment of Barbar Temple

Hiroshi SUITA^{***} Kaoru SUEMORI^{*} Tokihisa HIGO^{****} Salman Almahari^{****}

1 はじめに—活動の経緯—

関西大学国際文化財・文化研究センター（Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture, Kansai University: CHC）は、2015年度よりバーレーン王国にて文化遺産の保存・活用を目的とした調査を開始した。CHCでは、エジプトを中心とする国際的な文化遺産保存研究（本報告書第1章を参照）を進めており、これまで蓄積してきた保存技術を応用し、文化遺産の保存・活用に貢献するために、エジプトと同様に古代の文化遺産を数多く有するバーレーンを調査地に定めた（Fig. 1、Fig. 2）。本格的な調査に先立ち、筆者らは2015年9月にバーレーン王国を訪問し、国内の主要な遺跡を巡るとともに、バーレーン文化省の担当者と同国の遺跡の保全および活用について議論をおこない、バルバル神殿（Barbar Temple）を研究対象とすることとなった¹⁾。そして、2016年2月に、バーレーンの文化省とCHCの間で基本合意書（MOU）を交換し、2016年度、2017年度にバルバル神殿における現地調査を実施した[吹田2017; 安室2017; 鶴田2017]。調査の主要な項目は、以下の通りである：

- 1) 遺跡の現状調査
- 2) 遺跡および周辺環境調査

- 3) 三次元計測によるドキュメンテーション
- 4) 石材の科学分析
- 5) 石材の劣化診断
- 6) 生物劣化とその対策の提案

本報告では、1) 遺跡の現状調査および2) 遺跡および周辺環境調査を報告する。その他については、本チャプターの他の報告を参照されたい。

2 バルバル神殿（Barbar Temple）の概要

バーレーン王国は、33の島からなる群島国であり、最大の島がバーレーン島である（Fig. 2）。古代のバーレーン島には、「ディルムン」と呼ばれる文明が栄えていた。ディルムンは、紀元前3300年頃から紀元前544年にかけての約3000年にわたり、古代メソポタミアの資料に登場する名前である [MacLean and Insoll, 2011: 6f.]。メソポタミアから捉えると、ディルムンは南の楽園のようなイメージを持たれていた場所であったようである。また、ディルムンはメソポタミア地域とインダス地域を結びつけていた交易都市であり、バーレーンの遺跡からは両文明との関係を示す資料が多数出土している。バーレーン島で

1) 2015年9月の訪問については、吹田 2017を参照。

* 関西大学国際文化財・文化研究センター（Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture, Kansai University, Japan）

** 関西大学文学部（Faculty of Letters, Kansai University, Japan）

*** 関西大学大学院文学研究科（Graduate School of Letters, Kansai University, Japan）

**** バレーン王国文化・文化財局（Bahrain Authority of Culture and Antiquities, Bahrain）

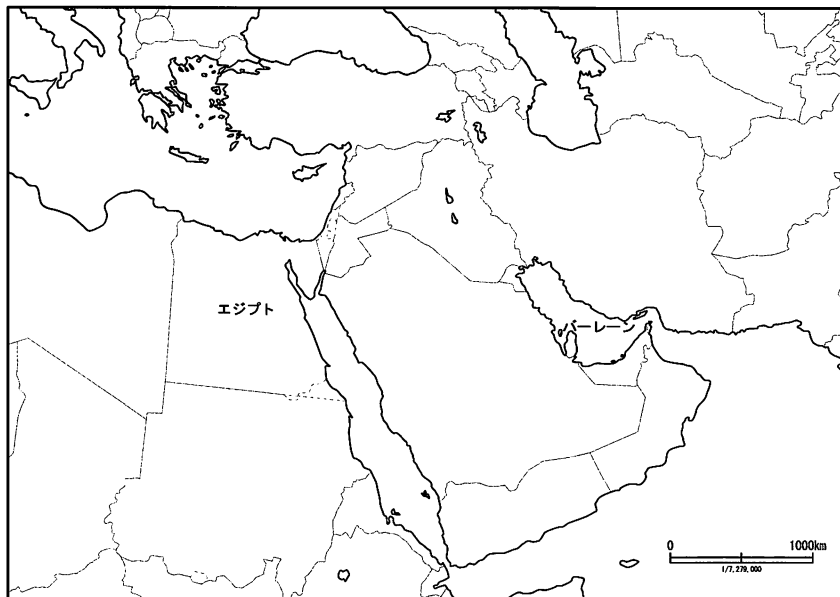


Fig. 1 バーレーンの地理位置

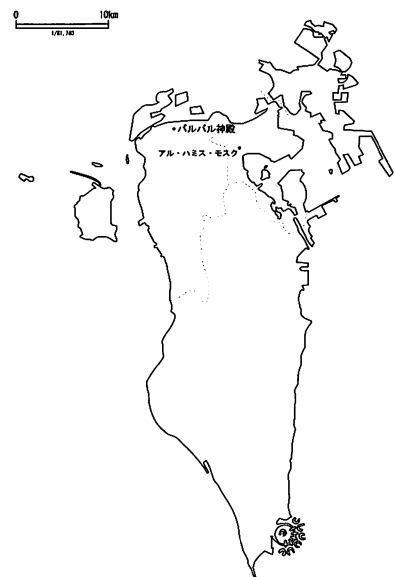


Fig. 2 バルバル神殿の地理位置

は、19世紀末より、デンマークの考古学者を中心とする発掘隊により調査が進められてきたが、20世紀前半にいたるまでに発掘された遺跡の多くは、死者を埋葬した墳丘墓であり、紀元前3000年紀のバーレーンに文明が存在したとする確証は得られていなかった。そのため、当時は、バーレーンが「古代の死者の島 (Ancient Island of the Dead)」であるとする学説も支持されていた [MacLean and Insoll, 2011: 48]²⁾。この学説を覆す決定的な契機となったのが、現在、ユネスコ世界文化遺産に登録されているバーレーン砦 (カラート・ル=バーレーン)³⁾ とバルバル神殿の発見であった。

バルバル神殿は、バーレーン本島に位置する同国最大規模の神殿遺跡である (Fig. 3)。遺跡の建造物群は、Ia期、Ib期、IIa期、IIb、III期の5つの異なる時期に造営され、その起源は紀元前2200年頃に遡るとされる⁴⁾。遺跡中央部には基壇と「供物台」⁵⁾ が設置され、数字の「3」の字に似た供物台の形状から、二柱の神に捧げられた神殿であると考えられている。また、遺跡西側には、メソポタミアの水神エンキの崇拜との関連を示す「水槽」⁶⁾ が現存し、東側には犠牲獣用の囲い地や井戸が残る。バルバル神殿

は、紀元前3000年紀から紀元前2000年紀にかけてのディルムン文明の崇拝や儀礼の様相を現在に伝える遺跡であり、古代バーレーンの歴史を知る上で極めて重要な文化遺産でもある。

バルバル神殿の発掘調査は、1954年にデンマークの考古学者Globによる発見後、1963年まで計8次にわたって実施された。調査では、主神殿とその北東に位置する北東神殿が発掘されたが、調査後に埋め戻された。その後、1970年代、1980年代に主神殿の部分的な再発掘と整備がおこなわれている⁷⁾。1950年代から1960年代にかけての発掘の成果は、2003年の調査報告書の公刊により公表され [Andersen and Højlund 2003]、2004年にはデンマーク隊による補足調査も実施されている [Højlund *et al.* 2005]。

遺跡からは、銅製の牛の頭像や土器、印章、ラピスラズリ製のビーズ、象牙など多数の遺物が出土し、バーレーン国立博物館に収蔵されている。国立博物館には、バルバル神殿の出土遺物の展示と併せて、神殿の概要や発掘時の様子を説明する展示がなされており、神殿の復元モデルも提示されている (Fig. 4)。また、バルバル神殿は、ユネスコ世界文化遺産の暫定リストに登録されており、観光資源としての

2) アラビア半島本土の住民が葬られた場所であったとの解釈が提示されている [後藤 2015: 156]。

3) バーレーン砦については、後藤 2015: 156-162; 文化遺産国際協力コンソーシアム 2012: 32f を参照。

4) バルバル神殿の時代は、大きくはI期、II期、III期の3期に区分される。神殿の造営時期については諸説あるが、本稿ではMortensenの説にしたがう [Mortensen 1986]。

5) 石像が置かれた石製の台であった可能性も指摘されている [Doe 1986]。

6) "Pool" と表現されるが、神話における水神エンキの住処である「アプスー」であるとする説が有力である [後藤 2017: 203; MacLean and Insoll 2011: 53]。

7) 遺跡が整備された正確な時期は不明であるが、遺跡のビジターセンターにある写真から、1983年時点で遺跡周辺の遊歩道が敷設されていたことや、遺跡の斜面の舗装が分かる。また、発掘報告書では「1983年に情報省 (現在の文化省) により修復された」と記述されている [Andersen and Højlund 2003, 21]。

活用も期待される。現在、遺跡の南側には、遺跡のパネル解説や各期の遺構を色別に分類した地図などを掲示する観光客用のビジターセンターが開設されている。

3 バルバル神殿における現状調査

3.1 基礎調査 (2016年11月・2017年3月)

2015年9月に実施した事前調査において、筆者らは観光資源としてのバルバル神殿の整備に伴う遊歩道の敷設や、脆弱な部分の強化といった外観上の大きな変化を実見した。また、風化による石材の劣化や欠損も散見されたことから、まず遺跡の現状を正確に把握することが重要であると判断した。そこで、2016年度の調査では、過去の発掘成果報告書 [Andersen and Højlund 2003] との比較作業に基づく遺跡の悉皆的な現状確認の作業を実施した。報告書には、発掘時の遺構の写真が235点掲載されており、遺跡の経時変化の把握をおこなうことができる。

写真の比較作業は、以下の手順にしたがっておこなった：

- 1) 報告書の各写真とその説明から、写真に記録された範囲を推定する。
- 2) 推定した範囲を基に、過去の写真と現状に共通して確認される箇所 (石材の形状・配置) を複数特定する。
- 3) 特定した箇所と、写真の距離・画角の関係から、撮影地点を特定し、報告書と類似した現状の写真を撮影する。
- 4) 撮影地点を図面上に記録する。
- 5) 撮影した写真と報告書内の写真を比較し、外観上の変化を検証する (Fig. 5)。

調査の結果、報告書に掲載された遺構の写真235点のうち、140点の撮影地点を特定し、現状との比較をおこなうための撮影を実施した。撮影位置の特定が困難であった写真の多くは、神殿のIa、Ib期にあたる遺構を撮影したものであり、最下部の地層に位置するため、多くは埋め戻されている。その一方で、IIa-IIb期、III期の遺構には、露出している箇所が多い。

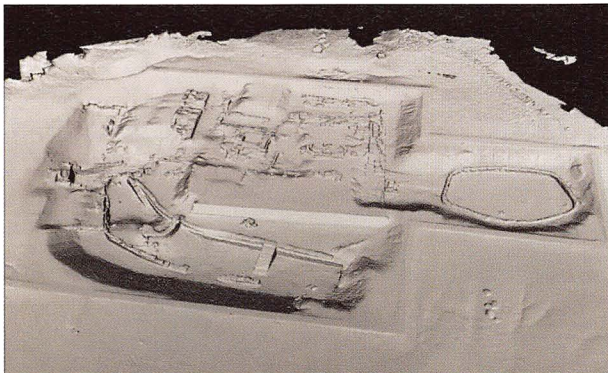


Fig. 3 レーザースキャナで取得したバルバル神殿の三次元点群データ

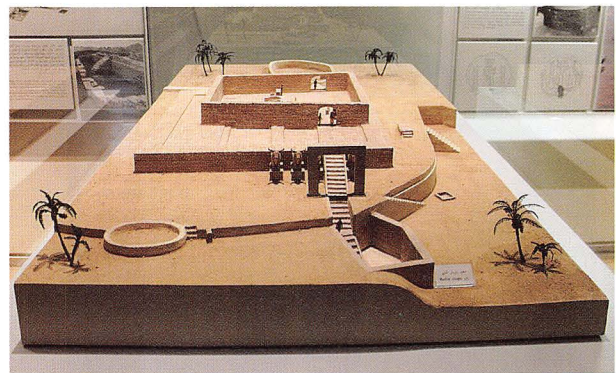


Fig. 4 バルバル神殿の復元モデル (バーレーン国立博物館)

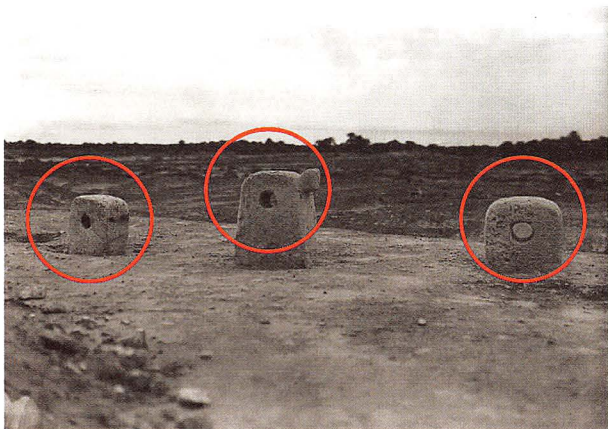


Fig. 5 発掘報告書に掲載された写真との比較照合例
(左：1955年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 99]、右：2017年3月撮影)

発掘時と現在の写真比較をおこなった結果、配置に大きな変化が認められる石材や、欠損が生じている石材があった。例えば、1958年に撮影された写真では、Ⅱ期にL字型の石材は遺跡中央東側に敷き詰められた床材として記録されているが、現在では周囲の石材から独立し、本来の位置の特定が困難な状況にある (Fig. 6)。また、Ⅱ期の構造物に使用された石柱は、1961年に撮影された写真に記録される部分が、現在では大きく欠損していることが確認される (Fig. 7)。

3.2 詳細調査 (2017年12月)

2017年12月の詳細調査では、それまでの調査の結果を受け、詳細な調査を実施する区域として、A、B、C、Dの四区を定めた (Fig. 8)。これらの区域を定めた事由を Table 1 にまとめる。その後、調査関係者で協議した結果、A区、B区を優先的に調査し、C区、D区については進捗状況次第で実施することとした。

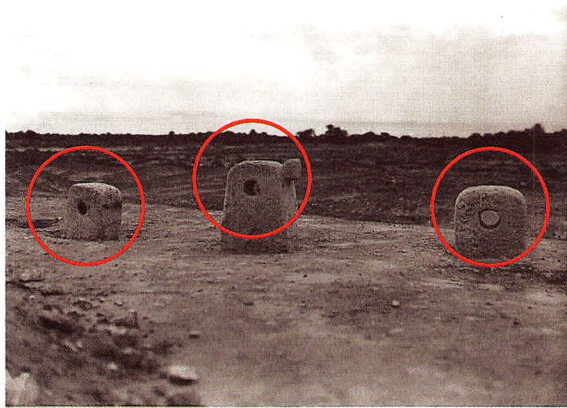


Fig. 6 写真比較照合の例 (Ⅱ期のL字型の敷石)
(左：1958年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 92]、右：2017年3月撮影)



Fig. 7 写真比較照合の例 (Ⅱ期の石柱)
(左：1961年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 139]、右：2017年3月撮影)

Table 1 詳細調査対象区域の特徴

	主な構造物・施設	主な特徴
A区	供物台	神殿中心部の重要施設
B区	水槽	水神崇拝における最重要施設が残る
C区	基壇部から水槽へ続く階段	発掘時との変化が大きい
D区	階段	階段の段数形状が報告書と異なる

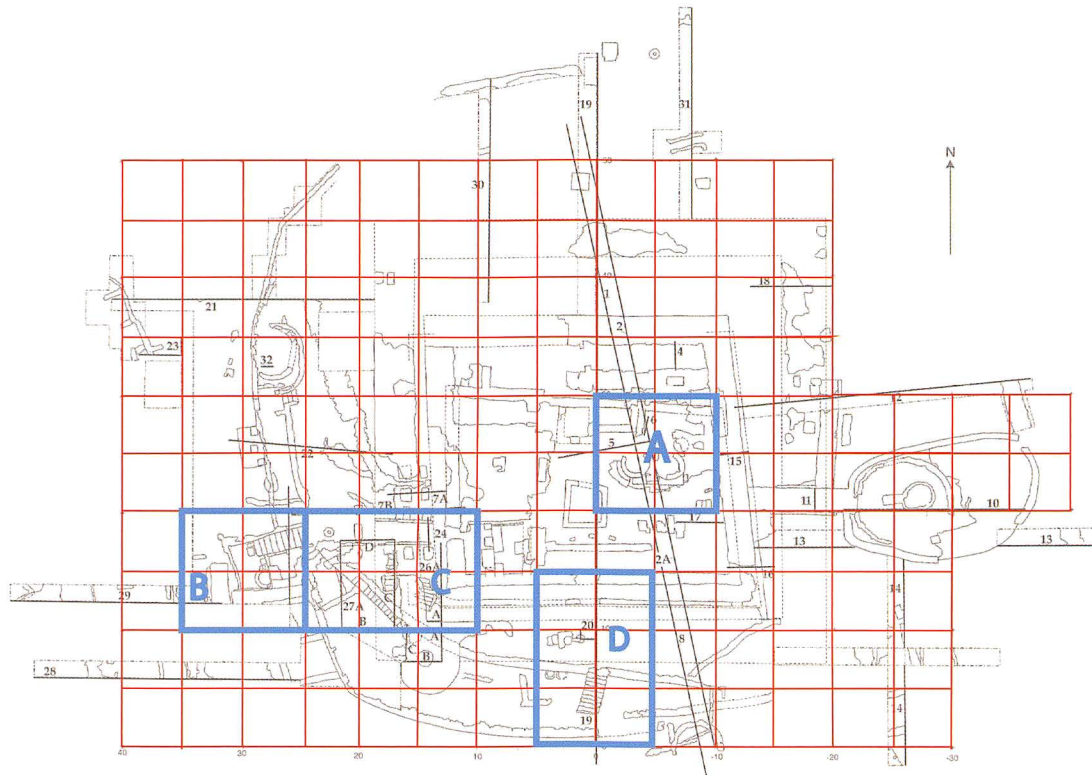


Fig. 8 詳細調査対象区域 (Andersen and Højlund 2003を一部改変)

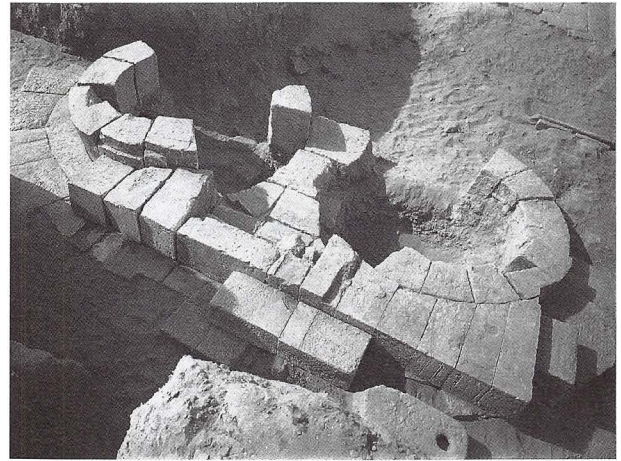


Fig. 9 A区の写真比較照合の例 (II期の供物台) (左：1955年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 95]、右：2017年12月撮影)

1) A区

A区の中央にあり「3」の字型の供物台を比較した結果、発掘調査時と現在では、供物台の石材に変化が見られた (Fig. 9)。特に、供物台の中央部分の石材は現在確認することができず、また、供物台を取り囲む石材にも本来の位置から移動しているものや、欠落が見受けられる。1950年代、60年代の発掘調査では、下部層の発掘をおこなうために、部分的に石材が取り除かれており、これらの変化は石材を再配置した際に生じた可能性も推察される。

2) B区

B区は、重要な儀礼施設である神殿の水槽周辺にあたる。発掘時は、水槽内に湧き水が溜まっており、水をすくい取るための石製容器も設置されていた (Fig. 10)。一方、現在は、水は溜まっておらず、土砂の堆積が見られた。現地の担当者によると、これらの土砂は遺構を保護するために人為的に入れられたものであること、また、石製容器は、近年何者かに盗難されたことが知られる。今回の調査では、土砂に埋もれた箇所の状態を把握するために、土砂を

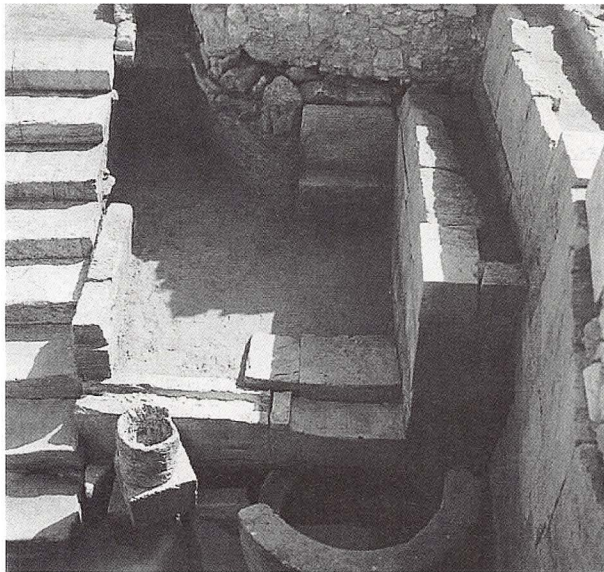


Fig. 10 B区の写真比較照合の例（水槽）
（左：1960年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 152]、右：2017年12月撮影）

一部取り除いて調査を実施した。堆積していた土砂は湿っており、埋もれていた箇所の石材には塗れ色が確認されたが、露出部分との劣化の進行度合いに差は見られなかった。また、半円形の石材は、土砂の圧によってか、若干移動していた。本区域では、詳細な三次元データとの取得による比較もおこなっている。それらについては、本報告書2-2を参照されたい。

3) C区

C区は、神殿中心部から水槽に続く通廊としての役割を果たしていた区域である。通廊の一部である階段の縁石は倒れ、石材の配置には大きな変化が確認される。また、上面に四角い二つの穴があいた立方体の石材が複数配置されているが、現状ではいくつか土砂に埋もれており、全体像を把握することはできない（本報告書序章 Fig. 9）。特に、立方体の石材の一つには、人などを象ったとされる図像が記されていることが報告されているが、その石材も特定することはできなかった（Fig. 11、Fig. 12） [Andersen and Højlund 2003: 168]。そこで、報告書の写真から図像が記された石材の位置を推定し、図像の現状を確認するために、一時的に土砂を取り除いたところ、図像を確認することができた（Fig. 11）。発掘時の記録と比べ、現在は右側の2つの記号を確認しにくい状態にあり、また、石材の中央には窪みが形成されていた。窪み部分には、非常に粒度の細かい白色の物質が観察されたことから、石材が損傷したのではなく、窪みを埋めていたプラスタなどの当時の後補材が脱落したものではないかと推察し

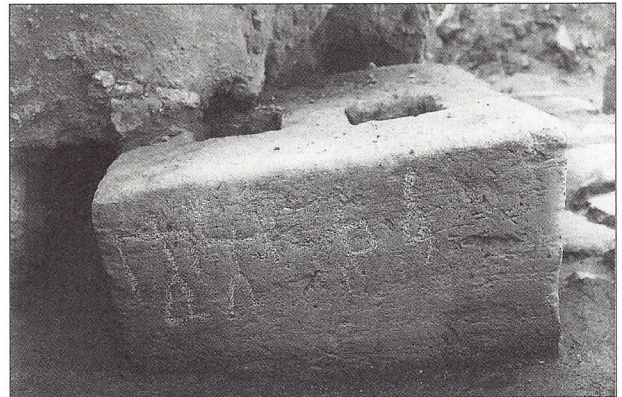


Fig. 11 C区の写真比較照合の例（図像が刻まれた石材）（左：1955年撮影 [Andersen and Højlund 2003: 168]、右：2017年12月撮影）



Fig. 12 石材に刻まれた図像 [Andersen and Højlund 2003: 168]

ている。発掘当時の写真を見る限り、四つの図像の窪み部分も、石材の色よりも明るく看取されることから、図像にも後補材が施されていた可能性がある⁸⁾。

3.3 まとめ

2016年11月および2017年3月に実施した基礎調査では、遺跡の現状を包括的に把握するため発掘報告書の記録写真と現状の照合・比較調査を行った。比較調査の結果、235点中140点の記録写真と現状の照合をおこない、遺跡の経時変化を確認することができた。基礎調査の結果を受け、対象区域を限定して2017年12月に実施した詳細調査では、神殿の重要な施設である供物台の石材が、部分的に取り払われ、石材の配置にも変化があることを確かめた。また、水槽部分に人為的に積まれた土砂を一部取り除いて調査をおこなったところ、発掘当時の状態との外観上は大きな変化は見られないが、一部の石材には移動していたことが確かめられた。そして、水槽へ続く階段の通路部分では、図像が記された石材の位置を特定し、図像の現状を確認することができた。なお、本稿では、二次元の写真による比較により、遺跡の現状を確認したが、三次元のデータを用いることにより、より詳細な照合をおこなうことができる[安室他 2017] (本報告書 2-2 参照)。

4 バーレーン王国、バルバル神殿の環境

4.1 バーレーンの気候

CHCの研究対象であるバルバル神殿は、バーレーン王国の最大規模のバーレーン島の北西部に位置する。バーレーン島は、乾燥気候に属し、国土の大半

が砂漠と石灰岩で覆われているが、海に囲まれているため、年間を通して比較的湿潤な環境である (Table 2)⁹⁾。季節は、高温多湿の夏季 (6月~9月) と比較的温暖な冬季 (12月~3月) の二つに区分されるが、冬季においても月の平均気温は18℃以上ある。夏季にはほとんど雨は降らないが、11月から3月頃にかけてはまとまった雨が降る場合がある。CHCが2017年3月に実施した調査においても、一時的に雨が強く降り、遺跡内の各所に水たまりが形成された (Fig.14)。

4.2 バルバル神殿における環境調査の概要

バルバル神殿の温湿度環境を調査するために、温度・湿度の数値を継続的に記録する機器 (データロガー) を設置した。設置箇所は、遺跡の中心部 (Fig. 14中の A)、遺跡東部にある水槽の隙間 (Fig. 14中の B)、そして遺跡外部の南側にあるビジターセンターの床下 (Fig. 14中の C、Fig. 15) の三カ所である。直射日光が当たらない場所を選定し、遺跡の二カ所 (A、B) のデータロガーについては、通気性を持つ専用のプラスチックケースに入れて設置した (Fig. 15)。設置した機器の名称、測定条件は下記である。



Fig. 13 降雨後のバルバル神殿の様子 (2017年3月撮影)

Table 2 バーレーンの気象データ [バーレーン王国運輸通信省気象局]

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均 *降雨量のみ合計
平均気温 (℃)	18.1	18.6	22.3	27.0	32.0	34.2	35.9	35.8	34.1	30.3	24.9	19.8	27.8
最高気温 (℃)	21.0	21.8	26.0	31.5	36.7	38.3	40.1	40.3	38.2	34.1	27.8	22.7	31.5
最低気温 (℃)	15.3	16.0	19.4	23.6	28.4	30.6	32.6	32.6	30.8	27.1	22.3	17.2	24.7
最高湿度 (%)	88	87	84	81	78	77	80	82	85	86	85	87	83.3
最低湿度 (%)	57	55	47	42	39	39	40	44	44	47	52	56	46.8
降水量 (mm)	9.1	19.4	12.3	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	4.4	78.7

8) 神殿内部のいくつかの石材には、表面に後補材が塗布されていたと考えられる箇所がある。後補材については、2017年12月にサンプルを一部採取し、含有元素等の科学分析を予定している。

9) バーレーン王国 運輸通信省気象局ホームページ (Internet, 10th Feb. 2018, <http://www.bahrainweather.gov.bh/web/guest/climate>)

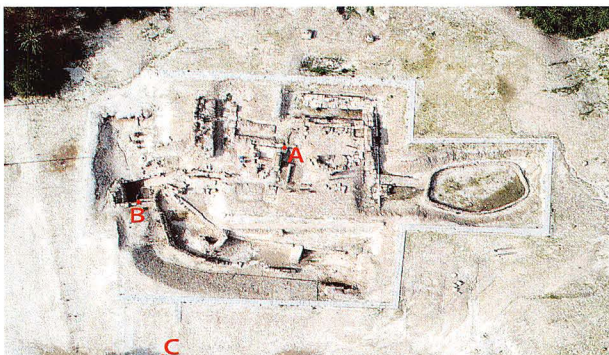


Fig. 14 温湿度データロガー設置地点
航空写真より生成したバルバル神殿の全体画像
(安室喜弘氏提供) にプロットした

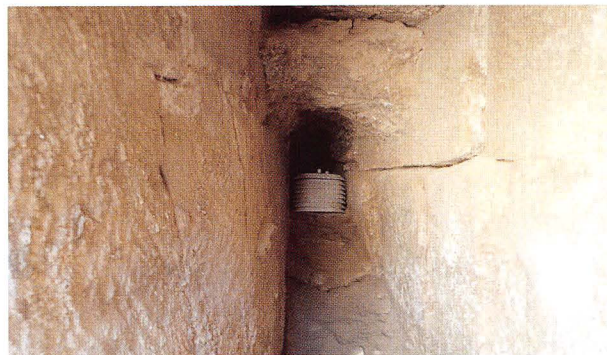


Fig. 15 水槽の隙間に設置した温湿度データロガー
(2017年12月撮影)

[機器] HOBO Pro v2

[測定開始日] 2017年3月27日¹⁰⁾

[データ回収日] 2017年12月24日

[測定間隔] 1回/1時間

4.3 バルバル神殿における環境調査結果

本稿を執筆する時点では、残念ながら通年のデータを取得できていないが、ここでは、2017年3月末から12月に取得したデータを用いて、バルバル神殿の温湿度環境調査の結果を報告する。

(1) 温度環境

温度は、三か所ともに平均気温が30℃近辺であり、温暖な環境にある (Table 3)。遺跡中央部および遺跡外部では7月に最高温度が45.1℃、48.4℃に達しており、また8月は最低温度が三か所ともに30℃を下らず、夏季は灼熱の過酷な環境にあることが理解される。冬季においては、12月に最低温度が10℃台前半まで落ちており、砂漠気候に特有の温暖さの激しい環境下にあることが理解される。Table 2に示したバーレーンの気候を参考にする限り、1月から2月にかけては、さらに温度が低下するものと推測される。

温度の挙動は、遺跡中央部と遺跡外部では日較差が激しく、一日で20℃近く温度の変化がある日もある (Fig. 16)。一方、水槽の隙間は、石材に囲まれた比較的安定な環境にあるため、日較差は小さく、その挙動は比較的緩やかである。ただし、11月末から12月にかけては、その他の二か所と同様の挙動を示している。これは、石材の熱伝導の特性に起因するものと推測する。

(2) 湿度環境

相対湿度の平均は、遺跡中央部が54.2% RH、水槽の隙間が67.3% RH、遺跡外部が57.7% RHであり、乾燥気候にありながら、比較的湿潤な環境にあることが理解される。最高湿度は遺跡中央部および水槽の隙間で85% RH程度、遺跡外部で97.2% RHであり、雨等の影響によってか、非常に湿潤な環境に置かれる場合がある。石材の表面には、カビや地衣類の繁茂が認められることから、日によっては、石材の表面に結露が発生している可能性も考えられる (本報告書 2-5 参照)。他方、遺跡中央部と遺跡外部では、5月から7月にかけて相対湿度が20% RHを下回る、非常に乾燥した環境も置かれる日もある。

湿度の挙動は、温度と同様に、遺跡中央部と遺跡外部において日較差が激しく、一日で50%から60%の変化が見られる日もある (Fig. 17)。水槽の隙間における湿度の挙動は、その他の二か所に比べて穏やかであるが、夏季には日較差が激しい日が散見される。

4.4 まとめ

以上、バルバル神殿における温湿度環境について、概括した。通年のデータがない不完全なものであるが、バルバル神殿における温度、湿度の挙動および特徴を把握することができた。特に外部に露出した部分では、温湿度ともに日較差が激しく、保存上においては非常に過酷な環境に置かれていることも理解された。過酷な環境に置かれている中で、バルバル神殿の石材は比較的良好に残っており、良質な石材が使用されたことと捉えることもできるが、環境の影響を受け、変容したものも少なくないと考えられる (石材の材質および劣化診断については、本報告書 2-3、2-4 を参照)。特に、発掘後においては急激

10) データロガー自体は2016年11月より設置したが、計測間隔が長かったため、有意なデータを得ることができなかった。

Table 3 バルバル神殿における温湿度環境調査結果 (2017年4月～12月)

		温度 (°C)			相対湿度 (%)		
		A. 遺跡中央部	B. 水槽の隙間	C. 遺跡外部	A. 遺跡中央部	B. 水槽の隙間	C. 遺跡外部
年 4月～12月	平均	31.4	29.1	30.7	54.2	67.3	57.7
	最高	45.1	34.9	48.4	85.8	85.3	97.2
	最低	12.7	14.1	11.2	11.3	36.8	8.9
	年較差	32.4	20.8	37.2	74.5	48.5	88.3
4月	平均	27.5	24.1	26.4	53.3	72.3	58.0
	最高	38.4	26.6	39.5	82.0	85.3	89.3
	最低	18.1	18.1	16.7	17.0	54.9	15.5
	月較差	20.3	8.5	22.9	65.1	30.3	73.8
5月	平均	33.0	28.4	32.5	45.9	68.2	47.7
	最高	41.3	30.2	43.4	73.4	80.5	81.5
	最低	26.0	24.9	24.3	11.3	44.0	10.1
	月較差	15.3	5.3	19.1	62.1	36.5	71.4
6月	平均	34.3	30.8	34.3	47.1	66.7	47.7
	最高	42.2	32.1	44.6	78.5	81.4	88.2
	最低	26.2	25.6	24.4	17.7	48.4	14.7
	月較差	16.1	6.6	20.2	60.8	33.0	73.5
7月	平均	37.6	33.1	37.1	47.1	65.7	48.5
	最高	45.1	34.4	48.4	76.5	75.9	84.4
	最低	30.2	29.5	26.9	11.3	42.7	8.9
	月較差	14.8	4.9	21.5	65.2	33.2	75.5
8月	平均	37.5	34.2	36.9	55.3	70.7	57.5
	最高	43.3	34.9	44.8	77.4	77.3	83.4
	最低	31.9	31.5	30.1	19.4	56.1	19.1
	月較差	11.5	3.5	14.8	58.0	21.3	64.3
9月	平均	34.9	32.9	33.6	58.1	69.0	63.2
	最高	42.9	34.6	43.6	78.5	81.0	97.2
	最低	28.1	28.0	26.3	20.1	42.0	21.1
	月較差	14.8	6.6	17.3	58.4	39.0	76.2
10月	平均	30.9	30.1	29.8	62.3	68.7	67.6
	最高	36.9	33.2	36.3	82.4	83.7	92.9
	最低	24.8	24.4	22.6	19.5	40.2	19.7
	月較差	12.2	8.7	13.7	62.9	43.5	73.3
11月	平均	25.6	25.8	24.5	59.6	63.0	64.8
	最高	34.1	30.0	32.3	80.4	79.4	97.1
	最低	19.1	20.3	18.0	28.0	40.8	32.8
	月較差	15.0	9.7	14.3	52.4	38.6	64.3
12月	平均	18.9	20.3	17.8	61.0	60.2	66.3
	最高	26.2	25.8	25.3	85.8	82.0	93.9
	最低	12.7	14.1	11.2	24.3	36.8	29.2
	月較差	13.5	11.7	14.1	61.5	45.2	64.7

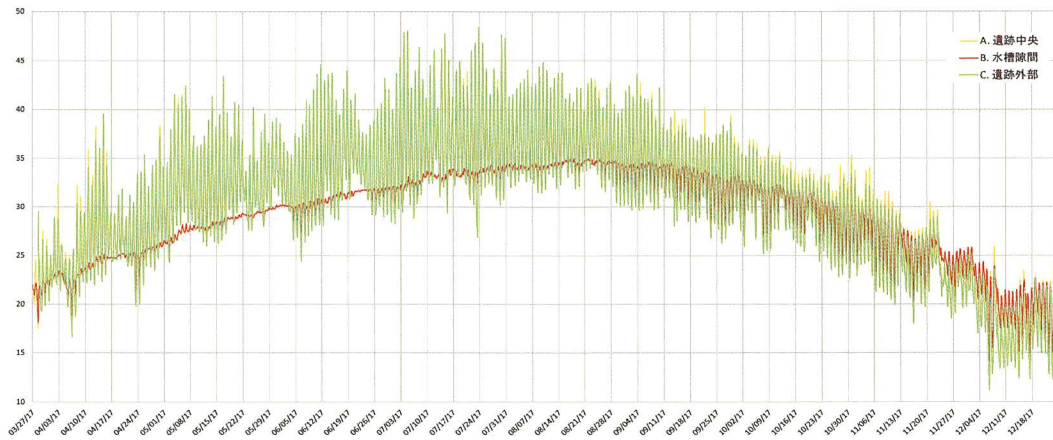


Fig. 16 バルバル神殿における温度 (°C) の挙動 (2017年3月27日~12月24日)

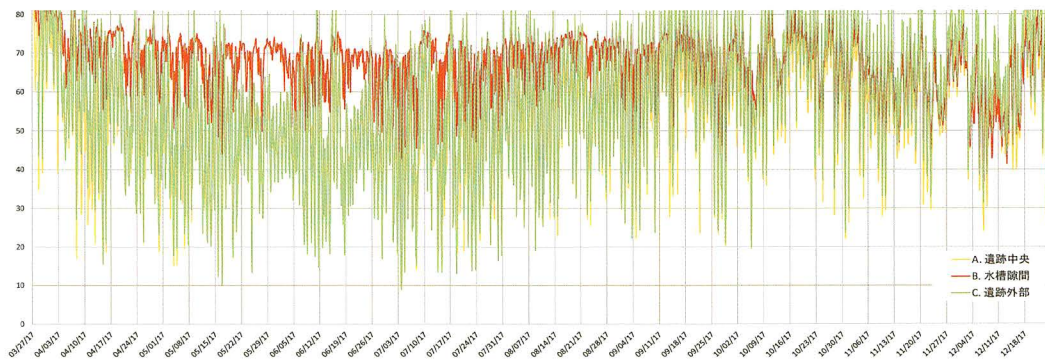


Fig. 17 バルバル神殿における湿度 (%RH) の挙動 (2017年3月27日~12月24日)

な環境の変化が生じるため、脆弱な材質のものなどはその影響を大きく受けたと推察される。先に取り上げたFig.4の石材の欠損や、Fig.9の後補材の脱落なども、発掘後の環境の影響により生じた可能性が考えられよう。

5 おわりに—今後に向けて—

関西大学国際文化財・文化研究センターでは、2015年度から2017年度までバルバル神殿を中心とするバーレーン王国の文化遺産保全のためのプロジェクトを実施してきた。CHCでは、2017年12月に日本とバーレーンの双方で、バルバル神殿における研究成果を報告する場を設けた¹¹⁾。特に、バーレーンの国立博物館で開催した成果報告会では、研究の成果を現地の専門家と共有するとともに、今後のバルバ

ル神殿の保存・活用に向けた議論を深めることができた。今後取り組まなければならない課題も多く提示されたが、CHCは2018年3月でプロジェクトをいったん終了する。今後、バーレーンの文化財に対する本格的な研究と修復の活動に、CHCの研究成果をどのように活用し、発展させてゆくか、次なる計画を早急に立てる必要がある。

参考文献

- Andersen, H. H. and F. Højlund 2003. *The Barbar Temples*, Moesgaard.
- Doe, Brian 1986. "The Barbar Temple: the Masonry," in Al Khalifa, S. Y. and M. Rice, *Bahrain through the ages the Archaeology*, London, pp. 178-185.
- Højlund, F. 2005. "New Excavations at the Barbar

11) 「最終成果報告会 総合文化財学の構築を目指した5年間の軌跡」、関西大学国際文化財・文化研究センター、関西大学梅田キャンパス、2017年12月17日；成果報告会「バーレーン王国・バルバル神殿における関西大学ミッションの研究成果」、バーレーン国立博物館、2017年12月24日。

- Temple, Bahrain,” *Arabian Archaeology and Epigraphy* 16, 105-128.
- MacLean, R. and T. Insoll, 2011. *An Archaeological Guide to Bahrain*, Oxford.
- Mortensen, P. 1986. “The Barbar Temple: its Chronology and Foreign Relations Reconsidered,” in Al Khalifa, S. Y. and M. Rice, *Bahrain through the ages the Archaeology*, London, pp. 178-185.
- 後藤健 2015『メソポタミアとインダスのあいだ——知られざる海洋の古代文明——』、筑摩書房。
- 吹田浩 2017「バーレーン王国、バルバル神殿における文化財保全の研究プロジェクト」、『The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture (関西大学国際文化財・文化研究センター紀要)』、第4巻、1-11。
- 鶴田浩章、中村吉伸、伊藤淳志、肥後時尚、吹田浩 2017「エジプト国イドゥート及びバーレーン国バルバル神殿における岩盤等の補強対策と品質評価」、『The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture (関西大学国際文化財・文化研究センター紀要)』、第4巻、29-38。
- 安室喜弘、頼光拓真、藤里和樹、肥後時尚、吹田浩 2017「写真測量にもとづく文化財の経時的変化の可視化手法——Barbar Templeにおける変容検証の試み——」『The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture (関西大学国際文化財・文化研究センター紀要)』、第4巻、39-47。
- 文化遺産国際協力コンソーシアム 2012『バハレーン王国調査報告書』、東京文化財研究所。

Survey on Current Conditions and Environment of Barbar Temple

Hiroshi SUITA^{*,**} Kaoru SUEMORI^{*} Tokihisa HIGO^{*,***} Salman Almahari^{****}

バルバル神殿における文化遺産の保護を目的とした 現状調査および環境調査

吹田 浩^{*,**} 末森 薫^{*} 肥後時尚^{*,***} サルマン・アルマハーリ^{****}

1 Introduction

Since 2015, the Centre for the Global Study of Cultural Heritage and Culture (CHC) at Kansai University has been in Kingdom of Bahrain carrying out investigations in relation to the preservation of cultural heritages. CHC is proceeding with its international research in cultural heritage preservation centering on Egypt (Please refer to Chapter 1 of this report) and in order to contribute to the preservation of cultural heritages by applying the preservation techniques accumulated thus far, it has chosen to carry out research in Kingdom of Bahrain which, similarly to Egypt, holds a large number of ancient cultural heritage sites. Before this confirmed research, there was a visit to Kingdom of Bahrain in September 2015, where while visiting ancient ruins discussion took place with representatives from Bahrain Authority of Culture and Antiquity, surrounding conservation as well as its application, and it was decided that a target for research was to be Barbar Temple. Then, in February 2016, after a letter of agreement was exchanged between the CHC and Bahrain's Ministry of culture, research activities at Barbar Temple

began in the 2017-2018 academic term. [Suita 2017; Yasumuro 2017; Tsuruta 2017].

The main items of the survey are as follows:

1. Survey on the current condition of the archeological site.
2. Survey on the surroundings and the environment of the archeological site.
3. 3D documentation
4. Scientific analysis of the stone structure.
5. Examination of the deterioration of the stone structure.
6. Bio-degradation and potential counter-measures.

This report will include, 1) Surveys on the current condition of the archaeological site, 2) Report on the archaeological site as well as the surrounding environment.

For further details, please refer to other reports on this chapter.

2 Overview of Barbar Temple

Kingdom of Bahrain is an archipelago consisting of 33 islands, the biggest being Bahrain island (Fig 2). On this island in ancient times there

* Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture, Kansai University, Japan (関西大学国際文化財・文化研究センター)

** Faculty of Letters, Kansai University, Japan (関西大学文学部)

*** Graduate School of Letters, Kansai University, Japan (関西大学大学院文学研究科)

**** Bahrain Authority of Culture and Antiquities. Bahra in (バーレーン王国文化・文化財局)

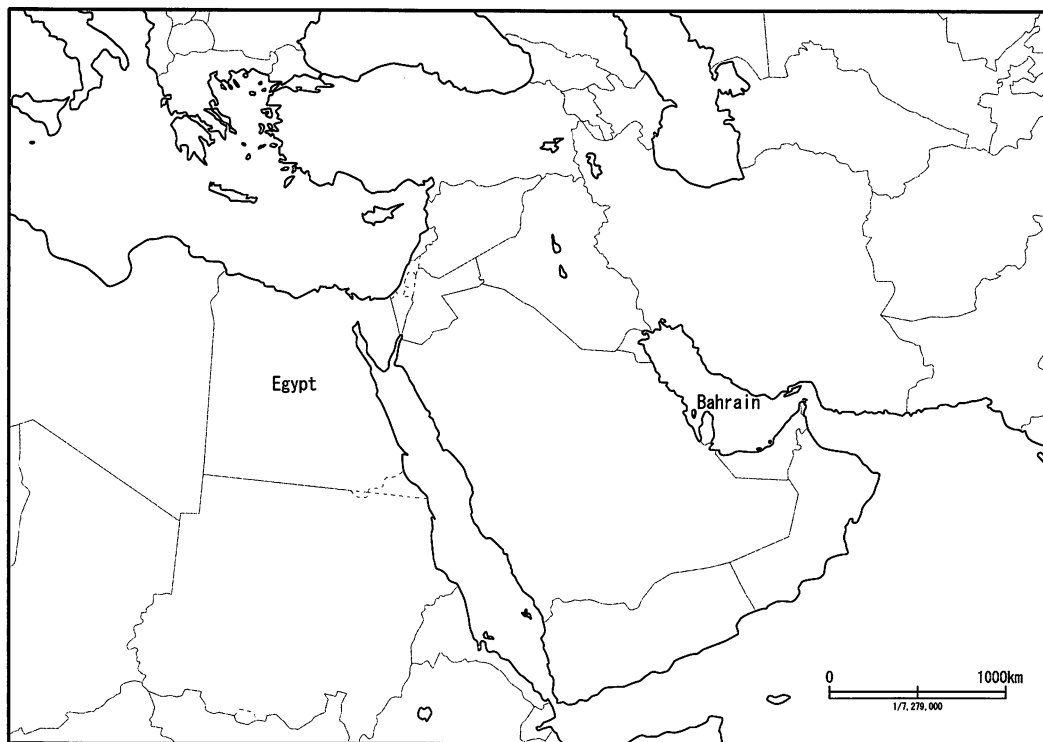


Fig. 1 Geographical location of Bahrain

was a prosperous civilization called Dilmun. The name of Dilmun appeared for around 3000 years from 3300 B.C.E. to 544 B.C.E. in ancient Mesopotamian documents [Maclean and Insoll, 2011: 6f]. References from Mesopotamian documents call it a paradise in the south. Dilmun was also a city that tied together the Mesopotamian region and the Indus region through trade, with many excavations of ancient Dilmun ruins unearthing materials related to both civilizations. On the island of Bahrain, since the end of the 19th century, investigations had been conducted by Danish led excavations teams, but until the mid-20th century many of the ruins excavated were burial mounds, with no confirmation that any civilization existed in 3000 B.C.E Bahrain. Therefore, at this time, there was a theory on Bahrain that supported this, named the Ancient Island of the Dead` [Maclean and Insoll, 2011:48] . This theory was overturned after the discovery of the Qal`at al-Bahrain which is currently registered as world cultural heritage sites and Barbar Temple,

Barbar Temple is the largest archaeological site on the main island of Bahrain (Fig. 3). The structures of the ruins were built during 5

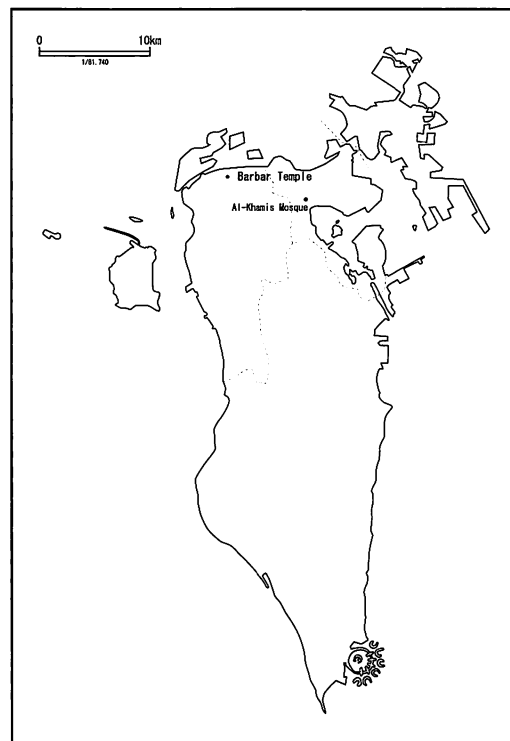


Fig. 2 Location of Barbar Temple

periods, Ia, Ib, IIa, IIB, III, whose origins date back to around 2200 B.C.E. . In the central part of the archaeological ruins, the altar and the foundations of the structure can be found. From the shape of the altar which is similar to the shape of the

number "3", suggesting that the temple is thought to be dedicated to the two gods. Also, on the west side of the archaeological site a 'pool' indicating a relationship with the worship of Mesopotamia's Water God Enki exists, as well as the remains of an enclosure for sacrificial beasts on the east side.

Barbar Temple existed from the third millennium B.C.E. up until the second millennium B.C.E. and teaches us the worship and ritualistic aspects of the Dilmun civilization. Furthermore, as well as teaching us about the history of ancient Bahrain, it is also an important cultural heritage site.

Excavation of Barbar temple was conducted by the Danish archaeologist Glob in 1954, and a total of 8 surveys were carried out up until 1963. Although the surveys excavated the main temple and the north-east temple, they were backfilled again after the investigation. Thereafter, partial re-discovery and maintenance of the main temple was done in the 1970's and 1980's. Results of excavations in the 1950s and 1960s were officially published in a 2003 survey report [Andersen and Højlund 2003], a supplementary survey in 2004 by a Danish team was also published [Højlund et al. 2005].

Items and relics lifted from the archaeological sites such as a copper bull's head, potteries, stamps, lapis lazuli beads, ivory etc. were excavated and are now stored in the Bahrain National Museum. Alongside excavated items from Barbar Temple, exhibitions on the overview of the temple and explanations of its archaeological excavations are also present, as well as a full model

reconstruction of the temple (Fig. 4). In addition, Barbar Temple has been registered in the tentative list of UNESCO World Cultural Heritage and is expected to be used as a tourist attraction. Currently, there is a visitor center on the south side of the ruins for use of tourists which hold information on the ruins, as well as color coded maps which categorize the remains of the site by time period.

3 Survey on the Current Condition of Barbar Temple

3.1 Preliminary Survey (November, 2016 and March, 2017)

In a preliminary survey conducted in September 2015, it was observed that there were large changes caused by the development of Barbar temple as a tourist attraction, such as the creation of walkways and the reinforcement efforts of vulnerable areas. In addition to this, due to deterioration and damage of the stones caused by weathering being found, it was decided that it was important to accurately understand the current condition of the site. Thereupon, in our survey in 2016, work was carried out a survey identifying the current condition of the site based on comparison work with the past excavation report [Andersen and Højlund 2003]. In the aforementioned report, 235 photographs of the site at the time of excavation were published, making it possible to observe the changes that had occurred in the passing years. Comparison work of the photographs was undertaken according to the following procedure:

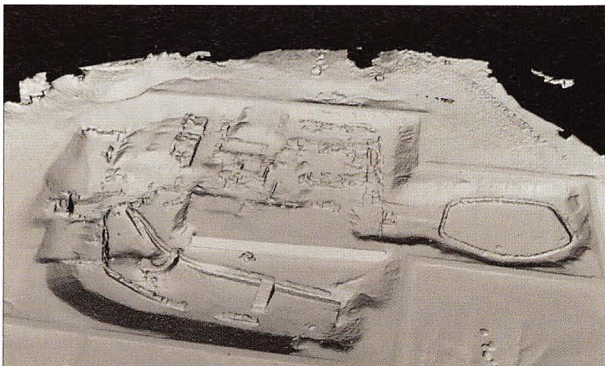


Fig. 3 3D model of Barbar Temple created by gathering points cloud data acquired by laser scanner

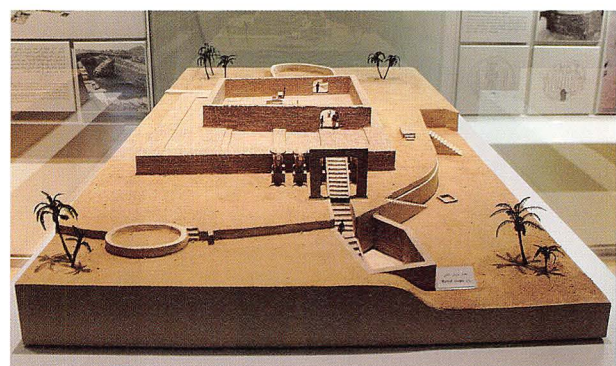


Fig. 4 Reconstructed model of Barbar Temple (Bahrain National Museum)

- 1) From each photograph in the report and its descriptions, approximate the position recorded in the photographs.
- 2) Based on the approximated position, identify multiple points (the arrangements and appearance of the building stone) that are commonly observed in past photographs and the current condition.
- 3) From the designated point and from the relationship of the distance and range in the photographs, designate a location to take resembling photographs for the comparative analysis.
- 4) Record the locations on the map.
- 5) Compare the photographs taken with the photographs within the previous report, examine the change of appearance (Fig. 5).

As a result of the survey, 140 shooting locations were chosen from the 235 photographs of the site published in the report, with photographs

being taken to compare with the current condition. Most of the photographs which proved difficult in specifying the position to photograph were the Ia and Ib photographs of the temple, since they are located in the bottom stratum they are mostly backfilled. On the other hand, there are many exposed parts in the IIa-IIb and III remains. The results of the comparison from the present photographs to those from the time of excavations were the identification that there are large changes in the arrangement of the building stones and that damage had arisen on certain building stones. For example, although in the photographs taken in 1958, an L-shaped stone is recorded as the floor covering the east side of the ruins in the II period, today it has now become independent from the surrounding stones causing it to be difficult to identify the original position (Fig. 6). Furthermore, it can be confirmed that the main pillar used in the architectural structure of the II period, is largely missing in the part recorded in the photograph

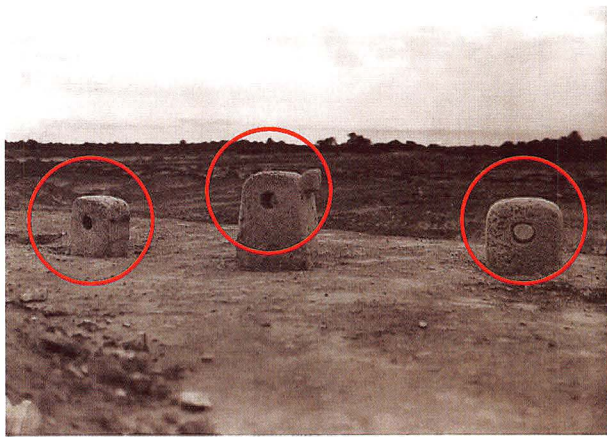


Fig. 5 Comparison to the photograph published in the excavation report.
(Left: Photographed in 1955 [Andersen and Højlund 2003: 99], Right: March 2017)



Fig. 6 Example from the photographic comparison (L-shaped paving stones in II period)
(Left: Photographed in 1958 [Andersen and Højlund 2003: 92], Right: March 2017)

taken in 1961 (Fig. 7).

3.2 Detailed Survey (December, 2017)

In the detailed survey of December 2017, we used the results of previous surveys and established 4 sections of A, B, C and D as areas to carry out the detailed survey (Fig. 8). The reasons

as to why these areas were chosen are established in Table 1. Afterwards, the results of a discussion amongst the survey members concluded for areas A and B to be chosen as preferred sites to survey, while the investigation of sites C and D would be dependent on the progress of the previous surveys.



Fig. 7 Example from the photographic comparison(stone pillar from II period)(Left: Photographed in 1961 [Andersen and Højlund 2003: 139] , Right: March 2017)

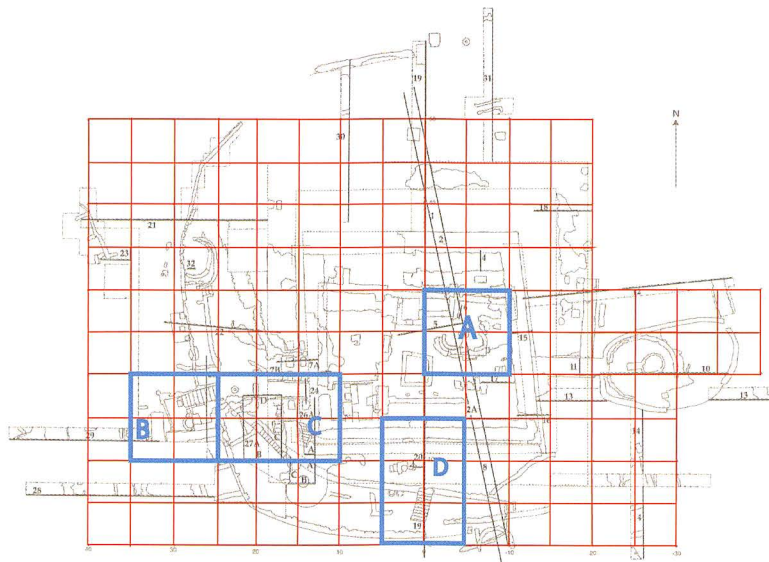


Fig. 8 The target areas of the detailed survey (The map was created by modified partially the original map of Andersen and Højlund 2003)

Table 1 Features of the target areas

	Primary Structure / Facilities	Main Features
Area A	Altar	Important facility in the Temple centre
Area B	Temple Pool	The remains of the most important facility for the worship of the water god
Area C	Corridor stairs leading to Temple Pool	Large change from time of excavation
Area D	Stairs	The number and shape of the stairs differ to that in the report

1) Area A

The results of the comparison on the number "3" shaped altar in the center of area A, were that changes were observed in the stone of the altar at the time of excavation to presently (Fig.9). Moreover, we were unable to identify the main central part of the stone in its current condition and there were also stones surrounding the altar that had either moved or were missing. In the excavation survey of the 1950s and 1960s, the stones were partially removed in order to excavate the lower layer, therefore it is possible that these changes might have occurred during the rearranging of the stones.

2) Area B

Area B is around the pool of the temple which is an important ceremonial facility. At the time of excavation, spring water collected in the pool and a stone container for use of scooping was also present (Fig. 10). However, there is no longer any spring water that used to collect whilst an accumulation of sediment can be seen. According to local representatives, the sediment was placed there in order to preserve the remains, we were also told that the stone container had been stolen by someone in recent years. In this survey, in order to understand the state of the part buried by the sediment, a part of this sediment was removed and the survey conducted. The placed sediment was moist and the color of wetness was confirmed on the stone of the part where it was buried, however there was no difference in the degree of degradation compared with exposed parts. In addition, the semicircular stone was slightly moved due to the pressure of the sediment. In this area, comparison was also made through acquisition of detailed three dimensional data. For this data, please refer to Chapter 2-2 in this report.

3) Area C

Area C is the area which was the corridor leading from the center of the temple to the temple pool. The curbstones of the stairs which were part of the corridor had collapsed and we could identify large changes in the positioning of the building

stones. Also, although there exists multiple cubic stones with two rectangular holes on the top side, presently, some are buried in sediment and it is impossible to understand the overall perspective (refer Fig. 8 of Introduction of this report). Also, it was described that an image of a person or the like was inscribed on one of the cubic stones, however this stone could not be identified (Fig. 11 and Fig 12) [Andersen and Højlund 2003: 168]. Therefore, in order to check the present condition of the ink image, we estimated the position of the rock from the picture from the report, where we were able to find the image by temporarily setting aside the sediment (Right of Fig. 11). Comparing to the records from the time of excavation, it is currently difficult to identify the two symbols on the right side, there was also a dent formed in the center of the stone. Since a very fine white powdery material was observed in the dented area, it was theorized that the stone was not damaged, but the black component material at the time, such as a plaster that perhaps filled the dent had instead, dropped out. As far as the photographs from the time of excavation shows, it was noticed that the dented parts of the four images were brighter than the color of the stone material, therefore there could have been a possibility that a supplementary material was applied to the images also .

3.3 Conclusion

In the preliminary survey carried out in November 2016 and March 2017, in order to comprehensively understand the current conditions of the site, we conducted a comparative survey with the recorded photographs from the past excavation report. The results of this comparative survey was that from the 235 photographs, we were able to compare the current condition with 140 of these, meaning we were able to observe it's change over the passing years. In the detailed survey conducted in December 2017 with the target area chosen from the results of the preliminary survey, we could observe that the main stone of the altar, an important facility of the temple, was partially removed and alterations to the arrangement of the stones had occurred. Also, from the survey that we carried out on the temple

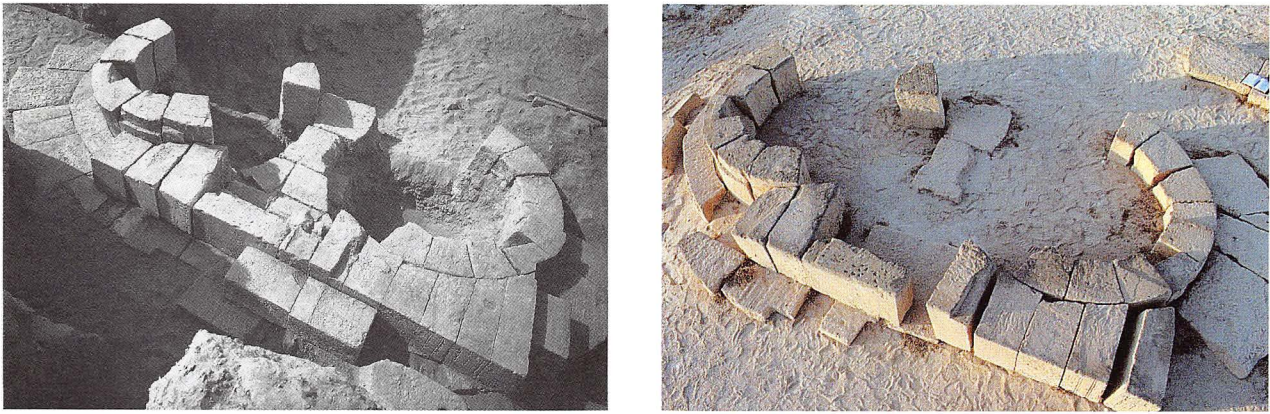


Fig. 9 Example of the photographic comparison of Area A (Altar from II period)
(Left: Shot in 1955 [Andersen and Højlund 2003: 95], Right: Shot in December 2017)

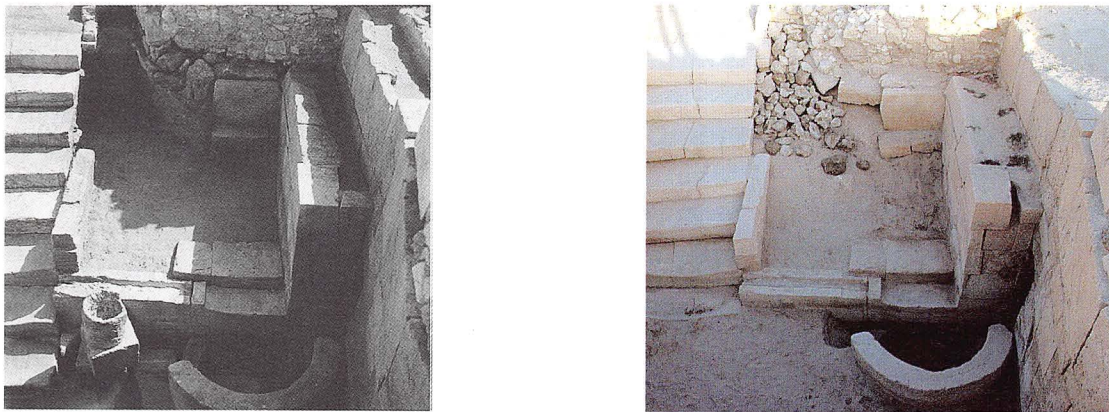


Fig. 10 Example of the photographic comparison of Area B (Pool)
(Left: Photographed in 1960 [Andersen and Højlund 2003: 152], Right: December 2017)

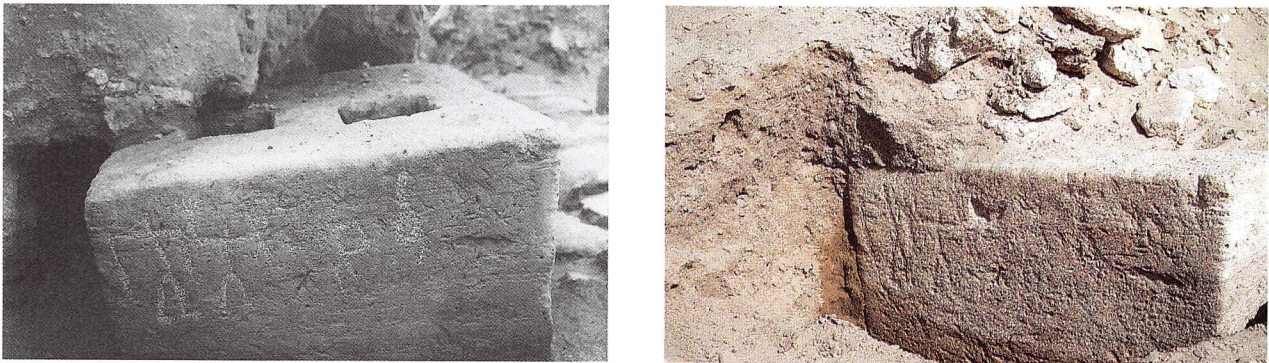


Fig. 11 Example of the photographic comparison of Area C (Stone with the engraved image)
(Left: Photographed in 1955 [Andersen and Højlund 2003: 168], Left: December 2017)

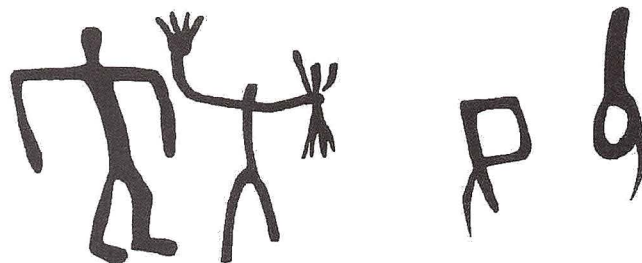


Fig. 12 The imagery engraved on the stone [Andersen and Højlund 2003: 168]

pool by partially removing the artificially inserted sediment, we were able to find that although there were no large changes to the outward condition since the time of excavation, a portion of building stone however, had been moved. Then, we were able to identify the whereabouts and present condition of the stone with the image in the corridor part of the stairs that led to the Temple pool. Furthermore, in this report, although we were able to verify the current condition of the image based on the comparisons from the two dimensional photographs, we would be able to perform detailed comparison through use of the three dimensional data [Yasumuro et al., 2017] (See Chapter 2-2 of this report).

4 Environment of Barbar Temple

4.1 Climate of Bahrain

Barbar Temple which is the target of the CHC’s research, is located on the north western part of the Bahrain island. The Island of Bahrain holds an arid climate, with the majority of the country being covered in desert and limestone, and as a result of being surrounded by the sea, it has a relatively humid climate year round (Table 2). It’s seasons are divided into, a hot and humid summer (June to September) and a relatively mild winter (December to March), however its winter’s monthly temperature still averages above 18° C. Although it rarely rains during its summer, there are occasions when it rains heavily between November and March. Even when the CHC performed its survey in March 2017, it heavily rained at one point, with water accumulating in various parts of the site (Fig 13).

4.2 Summary of the environmental survey on Barbar Temple

In order to investigate the humidity and temperature of Barbar temple, we installed equipment (data loggers) which continuously recorded these levels. The three positions of these devices were, in the center of the site (A of Fig. 14), in a parting in the rock of the Temple pool situated in the eastern part of the site (B of Fig. 14) and under the floor of the Visitor Centre on the southern side outside the site (C of Fig 14., Fig 15). We selected areas that would not be exposed to direct sunlight and with regards to the two locations within the site, they were placed within plastic containers with a breathability functionality (Fig. 15). The name of the installed equipment and the measurement conditions were as follows:

- [Equipment] HOBO Pro v 2
- [Measurement start date] March 27, 2017
- [Data collection date] December 24, 2017
- [Measurement intervals] Once per hour



Fig. 13 Condition of Barbar Temple after rain (Shot in March 2017)

Table 2 Climate data of Bahrain [Meteorological Bureau of the Ministry of Transport and Communications of Bahrain]

Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year Ave. *Rainfall: Year Total
Ave. Temp (°C)	18.1	18.6	22.3	27.0	32.0	34.2	35.9	35.8	34.1	30.3	24.9	19.8	27.8
Max. Temp (°C)	21.0	21.8	26.0	31.5	36.7	38.3	40.1	40.3	38.2	34.1	27.8	22.7	31.5
Min Temp (°C)	15.3	16.0	19.4	23.6	28.4	30.6	32.6	32.6	30.8	27.1	22.3	17.2	24.7
Max. RH (%)	88	87	84	81	78	77	80	82	85	86	85	87	83.3
Min. RH (%)	57	55	47	42	39	39	40	44	44	47	52	56	46.8
Rainfall (mm)	9.1	19.4	12.3	1.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	4.4	78.7

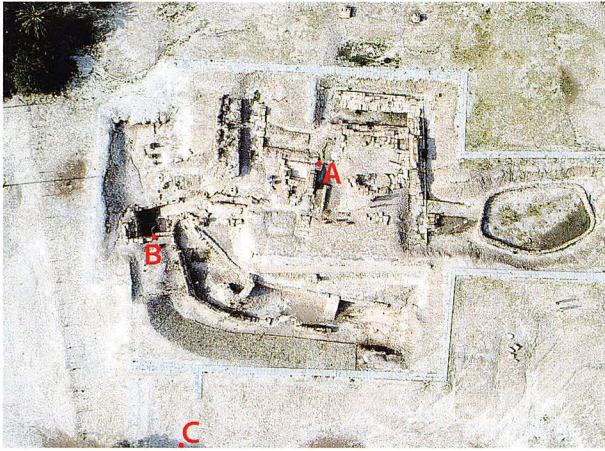


Fig. 14 Set points of the data loggers (plot on the aerial photo)

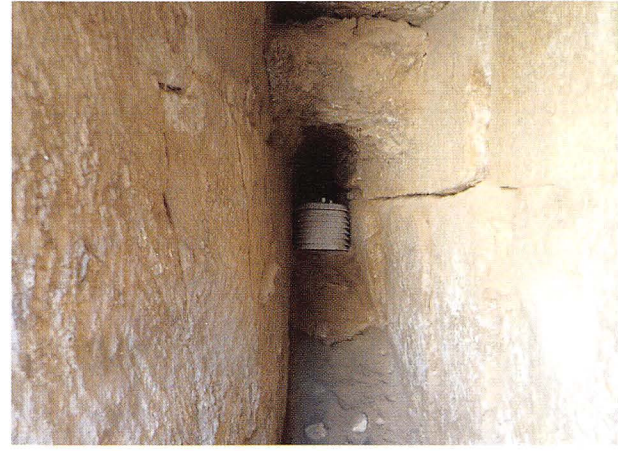


Fig. 15 The data logger installed in a stone parting near the temple pool (Photographed in December 2017)

4.3 Results of the Environmental Survey Conducted at Barbar Temple

Unfortunately we have not been able to acquire the data for the full year at time of writing this report, however we are able to convey the results of the temperature and humidity environmental survey conducted at Barbar Temple with the data acquired from the end of March 2017 to December 2017.

(1) Temperature

The temperature of the three areas recorded were temperate, averaging around 30° C (Table 3). The maximum temperature of the central and outside parts of the site reached 45.1 ° C and 48.4 ° C in July, whilst the lowest temperature in August of all three of the areas did not decline past 30 ° C, showing the sheer scorching summer heat of the environment. In winter, the lowest temperature in December reached around 10-15° C, showing a characteristic of an arid environment with temperate winter temperatures.

With reference to Table 2 on the environment of Bahrain's climate, we are able to see a further decline in temperature from January to February. The changes in temperature are intense, with days where there is a difference close to 20° C within a day outside and in the central part of the site (Fig. 16). Contrastingly, the gap which the equipment is placed in the area of the Temple pool is a relatively stable environment as it is surrounded by stone, with a small temperature change during the day. However, the change in temperature

between November and December is similar to that of the other two locations. We guessed that this could be due to the thermal conduction characteristics of the stone.

(2) Relative Humidity

The average relative humidity of the areas are as follows: 54.2% RH in the central area of the site, 67.3% RH in the opening of the Temple pool area and 57.5% RH in the area outside the site. Although situated in an arid climate, they are in a relatively humid environment. The highest humidity level in the central part of the site was 85% RH and in the rock parting of the Temple pool was recorded at 97.2% RH, this may be caused due to the influence of rain etc. or perhaps it is simply a case of an extremely humid environment. Depending on the day, dew condensation may have occurred on the surface of the stone, due to molds and lichens that have been observed to have grown (Refer to 2 - 5 of this report). Furthermore, from May to July, relative humidity fell to below 20% RH in the central part of the site and outside the site showing there to also be extremely dry days in the area. In the central part of the site and the outside of the site, there are extremely harsh changes in humidity, similar to that of the temperature, with some days recording changes from 50% to 60% (Fig. 17). Although the changes in humidity in the stone opening of the Temple pool are moderate compared to the other two locations, there are occasional days where there are harsh changes during the summer season.

Table 3 Deta of Temperature and Relative Humidity at Barbar Temple (April to December 2017)

		Temperature (°C)			Relative Humidity (%)		
		A. Site Center	B. Pool Opening	C. Outside Site	A. Site Center	B. Pool Opening	C. Outside Site
Year Apr. - Dec.	Ave.	31.4	29.1	30.7	54.2	67.3	57.7
	Max.	45.1	34.9	48.4	85.8	85.3	97.2
	Min.	12.7	14.1	11.2	11.3	36.8	8.9
	Range	32.4	20.8	37.2	74.5	48.5	88.3
Apr.	Ave.	27.5	24.1	26.4	53.3	72.3	58.0
	Max.	38.4	26.6	39.5	82.0	85.3	89.3
	Min.	18.1	18.1	16.7	17.0	54.9	15.5
	Range	20.3	8.5	22.9	65.1	30.3	73.8
May.	Ave.	33.0	28.4	32.5	45.9	68.2	47.7
	Max.	41.3	30.2	43.4	73.4	80.5	81.5
	Min.	26.0	24.9	24.3	11.3	44.0	10.1
	Range	15.3	5.3	19.1	62.1	36.5	71.4
Jun.	Ave.	34.3	30.8	34.3	47.1	66.7	47.7
	Max.	42.2	32.1	44.6	78.5	81.4	88.2
	Min.	26.2	25.6	24.4	17.7	48.4	14.7
	Range	16.1	6.6	20.2	60.8	33.0	73.5
Jul.	Ave.	37.6	33.1	37.1	47.1	65.7	48.5
	Max.	45.1	34.4	48.4	76.5	75.9	84.4
	Min.	30.2	29.5	26.9	11.3	42.7	8.9
	Range	14.8	4.9	21.5	65.2	33.2	75.5
Aug.	Ave.	37.5	34.2	36.9	55.3	70.7	57.5
	Max.	43.3	34.9	44.8	77.4	77.3	83.4
	Min.	31.9	31.5	30.1	19.4	56.1	19.1
	Range	11.5	3.5	14.8	58.0	21.3	64.3
Sep.	Ave.	34.9	32.9	33.6	58.1	69.0	63.2
	Max.	42.9	34.6	43.6	78.5	81.0	97.2
	Min.	28.1	28.0	26.3	20.1	42.0	21.1
	Range	14.8	6.6	17.3	58.4	39.0	76.2
Oct.	Ave.	30.9	30.1	29.8	62.3	68.7	67.6
	Max.	36.9	33.2	36.3	82.4	83.7	92.9
	Min.	24.8	24.4	22.6	19.5	40.2	19.7
	Range	12.2	8.7	13.7	62.9	43.5	73.3
Nov.	Ave.	25.6	25.8	24.5	59.6	63.0	64.8
	Max.	34.1	30.0	32.3	80.4	79.4	97.1
	Min.	19.1	20.3	18.0	28.0	40.8	32.8
	Range	15.0	9.7	14.3	52.4	38.6	64.3
Dec.	Ave.	18.9	20.3	17.8	61.0	60.2	66.3
	Max.	26.2	25.8	25.3	85.8	82.0	93.9
	Min.	12.7	14.1	11.2	24.3	36.8	29.2
	Range	13.5	11.7	14.1	61.5	45.2	64.7

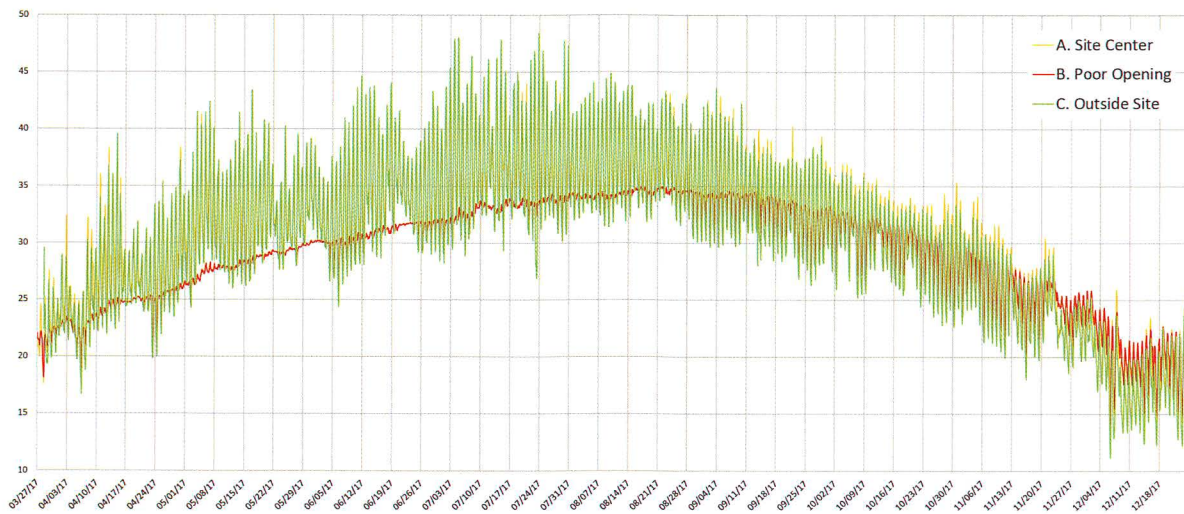


Fig. 16 Temperature changes (°C) in Barbar Temple (March 27 to December 24, 2017)

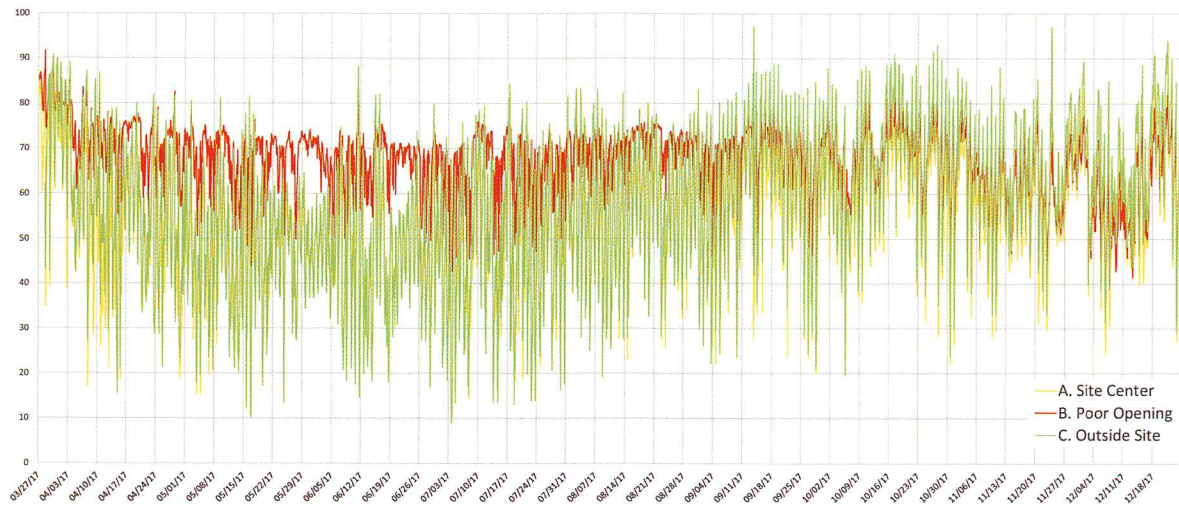


Fig. 17 Humidity changes (%RH) in Barbar Temple (March 27 to December 24, 2017)

4.4 Conclusion

In all, we have summarized the temperature and humidity of the environment at Barbar Temple. Although the data we collected was not complete due to us not being able to acquire the year-round data, we were still able to observe the changes and features of the humidity and temperatures of Barbar Temple. Particularly in the outside exposed areas, we were able to understand the severe changes in the temperature and humidity daily, showing the site to be preserved even in an extremely harsh environment.

Whilst being situated in a harsh environment, the building stones of Barbar Temple are in relatively good shape, leading us to believe that

high-quality stones had been used, however there are still not large amounts that have not been affected due to influence of the harsh environment (For the analysis of the material properties and degradation of the stone, see Chapter 2-3, 2-4 of this report). In particular, due to the rapid changes in the environment after its excavation, it was deduced that fragile materials and the like were hugely affected. There is also a possibility that the damage to the stone of Fig. 4 mentioned earlier and the detachment and loss of the supplementary material of Fig. 8 could also be due to the influence of the changes in environment after its excavation.

5 Conclusion-Towards the Future

The Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture (CHC) of Kansai University has been conducting a project to preserve Barbar Temple of the Kingdom of Bahrain from 2015 to 2017. In December 2017, we conducted events to report the results of the research between Japan and Bahrain on the site. In particular, during the meeting held at the Bahrain National Museum, we were able to share the research results with local experts and deepen discussion for the preservation efforts of Barbar Temple in the future. Although there were many tasks presented that must be engaged with in the future, CHC will temporarily end its operations in March 2018. It will be necessary to make plans on how to utilize and develop the results of the CHC's survey for a full-scale research and restoration operation for the cultural properties of Bahrain in the future.

References

- Andersen, H. H. and F. Højlund 2003. *The Barbar Temples*, Moesgaard.
- Doe, Brian 1986. "The Barbar Temple: the Masonry," in Al Khalifa, S. Y. and M. Rice, *Bahrain through the ages the Archaeology*, London, pp. 178-185.
- Goto T. 2015. *Between Methopotamia and Indas: Unkown ancient Marine Civilization*, Tokyo.
- Højlund, F. 2005. "New Excavations at the Barbar Temple, Bahrain," *Arabian Archaeology and Epigraphy* 16, 105-128.
- Japan Consortium for International Cooperation in Cultural Heritage 2012. *Survey Report on the Protection of Cultural Heritage in Bahrain*.
- MacLean, R. and T. Insoll, 2011. *An Archaeological Guide to Bahrain*, Oxford.
- Mortensen, P. 1986. "The Barbar Temple: its Chronology and Foreign Relations Reconsidered," in Al Khalifa, S. Y. and M. Rice, *Bahrain through the ages the Archaeology*, London, pp. 178-185.
- Suita H. "Reserch Project on Preservation of Cultural Heritage in Barbar Temple, KIngdom of Bahrain," *The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture*, Vol. 4 pp. 1-11.
- Tsuruta H., Y. Nakamura, A. Ito, T. Higo, H. Suita

2017. "The Sterengthening Counter-measure and Quality Estimation of Rock and Stone Work Block in Idout, Egypt and in Barbar Temple, Bahrain," *The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture*, Vol. 4 pp. 29-38.

Yasumuro Y., T. Yorimitsu, K. Fujisato, T. Higo, H. Suita 2017. "Photometric-based Recording of Temporal Changes in Cultural Heritage Conditions: Initial Trial at the Barbar Temple, Bahrain," *The Journal of Center for the Global Study of Cultural Heritage and Culture*, Vol. 4, pp. 39-47.