



文化遺産国際協力コンソーシアム
令和5年度 国際協力調査

2022年パキスタン洪水 被災文化遺産調査 報告書



文化遺産国際協力コンソーシアム

文化遺産国際協力コンソーシアム 令和5年度国際協力調査

2022年パキスタン洪水 被災文化遺産調査 報告書

例言

1. 本報告書は、文化遺産国際協力コンソーシアムが令和5年度に実施した国際協力調査「2022年パキスタン洪水 被災文化遺産調査」の内容をまとめたものであり、文化遺産国際協力コンソーシアム事業の一環として刊行された。

2. 本書の執筆担当者は以下の通りである（肩書は執筆当時）。

・はじめに

友田 正彦（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局長）

・第I章 調査の目的と概要

前田 康記（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

・第II章 2022年パキスタン洪水の概況

栗林 大輔（国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM） 上席研究員）

前田 康記（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

HOTE Hassan Hara（国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM） リサーチアシスタント）

・第III章 シンド州の文化遺産と保護体制

野口 淳（公立小松大学 次世代考古学研究センター 特任准教授）

・第IV章 被災文化遺産の記録・アセスメント

青木 孝義（名古屋市立大学大学院 芸術工学研究科 教授）

高妻 洋成（国立文化財機構 文化財防災センター センター長）

野口 淳（公立小松大学 次世代考古学研究センター 特任准教授）

前田 康記（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

宮本 慎宏（香川大学 創造工学部創造工学科 准教授）

Abdul Wahid MOHAMED RASMY（国立研究開発法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM） 主任研究員）

・第V章 まとめ

金子 雄太郎（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

藤井 郁乃（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

編集：

文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 前田 康記、金子 雄太郎、五嶋 千雪
藤井 郁乃、三好 孝枝

はじめに

文化遺産国際協力コンソーシアムでは、海外の文化遺産の保護や文化遺産分野での国際連携に関連して、わが国の機関や専門家等が行う様々な形での協力について、その円滑な実施を支援し、また相互間の調整を促進することを通じて効果の最大化を図ることを目的として、各種の活動を行っています。国際協力調査はその柱となる事業の一つで、大きく分けて三つのカテゴリーのうちから、時々の必要性に応じて一つのテーマを選択し、毎年度ごとに1回の現地調査を実施しています。

今年度の調査テーマは、パキスタンで2022年に発生したモンスーンによる集中豪雨とこれに伴う洪水による文化遺産の被災を取り上げることとしました。この自然災害では実に国土の3分の1に及ぶ広大な範囲が浸水したとされ、人的・経済的損失もさることながら、同国が誇る貴重な文化遺産の数々にも甚大な被害が生じました。その一方で、これに対する国際的支援は比較的低調と言わざるを得ない状況が現在まで続いています。コンソーシアムではこれに関して、東南アジア・南アジア分科会における現地関係者からのオンライン報告を含む情報収集を行ってきましたが、その結果を踏まえて、世界遺産を含む多くの文化遺産が所在するとともにインダス川下流域にあって被害程度も著しかったシンド州を対象に、考古学、建築構造学、保存科学、災害リスク管理といった複数分野の専門家からなる現地調査団を結成、派遣することとしました。

今回調査の特筆すべき点としては、単に情報収集や課題分析を行うことにとどまらず、人材の育成や災害に備えた日常的管理体制の改善といった現地側のニーズに即時的に応えることを事前の準備段階から意図していたことが挙げられます。各遺跡を保護管理する担当者を対象に簡単な実地講習を行うとともに、調査から約1か月後には英文のクイックレポートを作成して関係機関に送付しました。これをうけて早速、ドキュメンテーション技術などに関する継続的支援の要請が現地当局から寄せられているところです。

本報告書には、調査の概要や今次災害の概況とともに、現地における文化遺産保護体制や訪問先遺跡の被災態様および保存管理上の課題等について、現地側から提供された情報も含めて調査団員各位に執筆いただいた内容を掲載しました。当該地域の文化遺産に関心を持つ方々はもとより、今後の協力事業の検討などにおいても大いに活用いただけることを期待しています。

最後になりますが、本調査の実施にあたってご協力いただいたコンソーシアム委員や専門家各位、パキスタン連邦政府考古・博物館局ならびにイコモスパキスタン国内委員会、在イスラマバード日本国大使館をはじめとする両国関係機関、とりわけ調査団への職員同行、安全対策面での諸手配や宿舎の提供等、惜しみない便宜を提供いただいたシンド州考古・文化・観光局に対し、この場を借りて心より感謝の意を表したいと思います。

令和6年3月

文化遺産国際協力コンソーシアム事務局長
友田 正彦

目次

I. 調査の目的と概要	5
1. 調査の目的	6
2. 日程	6
3. 実施内容	7
4. 調査メンバー	8
5. 面会者一覧	8
6. 略称一覧	9
II. 2022年パキスタン洪水の概況	11
1. 被害の概要	12
2. 過去の被害および2022年洪水の特徴	14
3. 豪雨・洪水対策	16
4. 文化遺産に対する被害の状況	18
5. 現地組織の活動	19
6. 国際支援	19
III. シンド州の文化遺産と保護体制	23
1. シンド州の文化遺産の種類・特徴	24
2. パキスタンおよびシンド州の文化遺産保護体制	28
IV. 被災文化遺産の記録・アセスメント	33
1. 概要	34
2. ドローンフォトグラメトリー	35
3. 構造的な損傷のアセスメント	46
4. モヘンジョダロ	55
5. コートディージー城	63
6. ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群	69
7. クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群	75
8. ラーニーコート	80
9. マクリ	85
V. まとめ	89
参考文献	93
調査風景	97

I. 調査の目的と概要

I 調査の目的と概要

1. 調査の目的

2022年の6月から10月にかけてパキスタン・イスラム共和国（以下、「パキスタン」という。）で発生したモンスーン豪雨は、同国全土に過去数十年で最悪とされる洪水をもたらし、国土の3分の1が水没したと言われている。多くの人命が失われ、いまだに避難生活を余儀なくされる住民も多いなか、同国が誇る文化遺産にも大きな被害が及んでいるが、その詳細は日本国内であまり共有されていない。文化遺産国際協力コンソーシアム（以下、「コンソーシアム」という。）では、2022年夏から現地の文化遺産被災状況に関する情報収集を開始し、2023年2月の東南アジア・南アジア分科会におけるイコモスパキスタン国内委員会委員長の報告を皮切りに、現地への協力の方法を模索してきた。パキスタン各州の当局ともコンタクトを図り、現地関係者を交え検討した結果、特に洪水被害¹が大きかった地域のひとつであるシンド州における文化遺産の被害状況の調査を行うこととなった。

2. 日程

2023年12月20日～31日（計12日間）

実施日	訪問先	滞在地
12/20	移動日	イスラマバード
12/21	パキスタン政府 考古・博物館局 (DOAM)	イスラマバード
	在パキスタン日本国大使館	
12/22	シンド州考古・文化・観光局	カラチ
12/23	移動日	ラルカナ
12/24	モヘンジョダロ (Moenjodaro)	ラルカナ
12/25	コートディジー城 (Kot Diji Fort)	カイルプル
12/26	ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群 (Mian Noor Muhammad Kalhoro Graveyard)	ナワブシャー
12/27	クッバ・ミール・シャーダート・タルプール廟墓群 (Quba Mir Shahdad Talpur)	サンガール
12/28	ラーニーコート (Ranikot)	ジャムショロ
12/29	マクリ (Makli)	タッター

¹ 洪水による被害は、河川の氾濫、豪雨による水害、降雨による直接的な浸食など多岐にわたるものの、本調査ではそれらの被害を総称する形で、「洪水被害」と表記している。

12/30	マクリ (Makli)	タッター
12/31	移動日	

3. 実施内容

本調査における相手国カウンターパートであるシンド州考古・文化・観光局 (Directorate General of Antiquities & Archaeology, Culture, Tourism, Antiquities & Archives Department, Government of Sindh、以下「シンド州考古局」という。) からの要望に基づき、シンド州内の被災文化遺産の記録およびダメージアセスメント、災害リスク管理計画に関する支援、現地人材へのトレーニングの3点を目的とする調査を実施した。

1. 被災文化遺産の記録・アセスメント

時間および技術的な制約が大きく、詳細な測量等が難しいことから、写真による記録が中心となった。遺跡の全景や高所の記録にはドローンを活用し、帰国後、収集した写真を元に遺跡の3Dデータを作成し、シンド州考古局に提供した。アセスメントは目視を中心とし、構造的および非構造的な被害、材質の劣化、治水・排水状況や洪水リスク等の観点から、被災箇所の被災原因と被害の程度、中長期的に必要な保全措置の特定を試みた。特に構造に関しては、各遺跡の常時微動の計測を基に、それぞれの安定性を評価した。調査の対象には、シンド州考古局から希望のあったインダス川流域の考古遺跡4カ所に加え、同州の世界遺産であるモヘンジョダロおよびタッターのマクリを選定した (詳細はIV章「被災文化遺産の記録・アセスメント」参照)。

2. 災害リスク管理計画に関する支援

文化遺産に関する防災計画の策定支援の要望も寄せられたが、それには長期的な取り組みが必要となる。本調査では、同国およびシンド州における既存の防災の枠組みに関する情報収集を通じて、被災文化遺産の修復・中長期的な保全や災害管理に求められる体制など、将来的な文化遺産防災計画に含めるべき視点について助言を行う方針とした。また、連邦政府考古博物館局や日本国大使館、シンド州考古局との面談において、今後の日本・パキスタン間の協力に関する意見交換を行った。

3. 現地人材へのトレーニング

現地コミュニティによる自然災害時の緊急対応に関するトレーニングの希望があったが、対象や詳細なニーズに関する情報が不十分であり、時間的にも困難であったことから、被災状況の記録やアセスメントの手法を実演形式で紹介した。主にシンド州考古局の遺跡事務所スタッフに対し、ドローンやスマートフォンを利用したフォトグラメトリーの手法や、歴史的建造物に対する常時微動計測の活用方法、材料劣化の診断における着眼点などのレクチャーを実施した。

4. 調査メンバー

・2023年12月20日～31日

野口 淳（公立小松大学 次世代考古学研究センター 特任准教授）

青木 孝義（名古屋市立大学大学院 芸術工学研究科 教授）

高妻 洋成（国立文化財機構 文化財防災センター センター長）

前田 康記（文化遺産国際協力コンソーシアム事務局 アソシエイトフェロー）

・2023年12月22日～31日

宮本 慎宏（香川大学 創造工学部創造工学科 准教授）

・2023年12月20日～29日

Abdul Wahid MOHAMED RASMY（土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター
（ICHARM） 主任研究員）

5. 面会者一覧

面会日	氏名	所属	役職
12/21	Dr. Abdul Azeem		局長
	Dr. Tahir Saeed	パキスタン政府 考古・博物館局（DOAM）	副局長
	Arshad Ullah		副局長補佐
	Muhammad Azeem		考古エンジニア
	和田 充広		特命全権大使
	高根 和正	在パキスタン日本国大使館	参事官
	福田 萌人		二等書記官
12/22	Manzoor Ahmed Kanasro		局長
	Zahida Quadri	シンド州考古・文化・観光局	局長補佐
	Abdul Fatah Shaikh		考古・博物館部門長
12/24	Syed Shakir Ali Shah	シンド州考古・文化・観光局	保存修復部門長（モヘンジョダロ）
12/25	Mr. Tanweer	コートディジー城 現地オフィス シンド州考古・文化・観光局	サイトマネージャー （コートディジー城）
12/26	Mr. Naqash Ali	シンド州考古・文化・観光局	建築士、保存修復士 （クッバ・ミール・シ ャーダード・タルプー ル廟墓群）

12/27	Mr. Zahoor Dahiri	シンド州考古・文化・観光局	保存修復アシスタント (ミアン・ヌール・ム ハンマド・カルホロ廟 墓群)
12/28	Mr. Mohsin Soomro	シンド州考古・文化・観光局	サイトマネージャー (ラーニーコート)
12/29	Mr. Zaheer Jokhio	シンド州考古・文化・観光局	サイトマネージャー (マクリ)
	Mr. Sarfraz Nawaz		保存修復部門長 (マク リ)

6. 略称一覧

略称名	正式名称	和訳
DOAM	Department of Archaeology and Museums	パキスタン政府考古・博物館局
FFC	Federal Flood Commission	連邦政府洪水委員会
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
ICCROM (イクロム)	International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property	文化財の保存及び修復の研究のための国際センター
ICHARM	International Centre for Water Hazard and Risk Management under the auspices of UNESCO	水災害・リスクマネジメント国際センター (ユネスコカテゴリー2センター)
ICOMOS (イコモス)	International Council on Monuments and Sites	国際記念物遺跡会議
NDMA	National Disaster Management Authority	国家防災管理庁
PDNA	Post-Disaster Needs Assessment	災害後ニーズ調査
PMD	Pakistan Meteorological Department	パキスタン気象庁
UNESCO (ユネスコ)	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization	国連教育科学文化機関
UNDP	United Nations Development Programme	国連開発計画
WAPDA	Water and Power Development Authority	パキスタン水利電力公社

II. 2022年パキスタン洪水の概況

II 2022年パキスタン洪水の概況

1. 被害の概要

2021年の世界気候リスク指数(The Global Climate Risk Index 2021)²によると、パキスタンでは、気温の変動、熱帯低気圧による沿岸部の雨量の増加、北部の氷河の融解、海面上昇、砂漠化、干ばつなど、深刻な気候変動のリスク・影響が各地で観測されている。特に熱帯低気圧による豪雨被害は深刻であり、2022年の6月から8月にかけて、同国ではモンスーンによる断続的な豪雨が発生し、8月の月間雨量は1961年以降で最多を記録した。中でもシンド州とバローチースターン州は、平均月間雨量の6倍~7倍を上回る降雨に見舞われ、その結果、河川の氾濫、都市の洪水、鉄砲水など、前例のない規模の災害となった。国家防災管理庁(National Disaster Management Authority: NDMA)によると、この洪水によって約3,300万人が被災、そのうち800万人が避難を余儀なくされ、犠牲者は1,700人以上とされている。また、全土で約78万戸の家屋が倒壊、127万戸以上の家屋が一部損壊し、橋梁の崩壊、送電鉄塔の破損や冠水など、公共インフラにも大きな被害が及んだ。2022年10月時点で被災地と認知された94地区の過半数はバローチースターン州、シンド州、およびカイバル・パフトゥンフワ州であるが、これらの州には国内でも貧困率の高い地域が多く、衛生状況の悪化や避難に伴う健康被害も懸念されている。

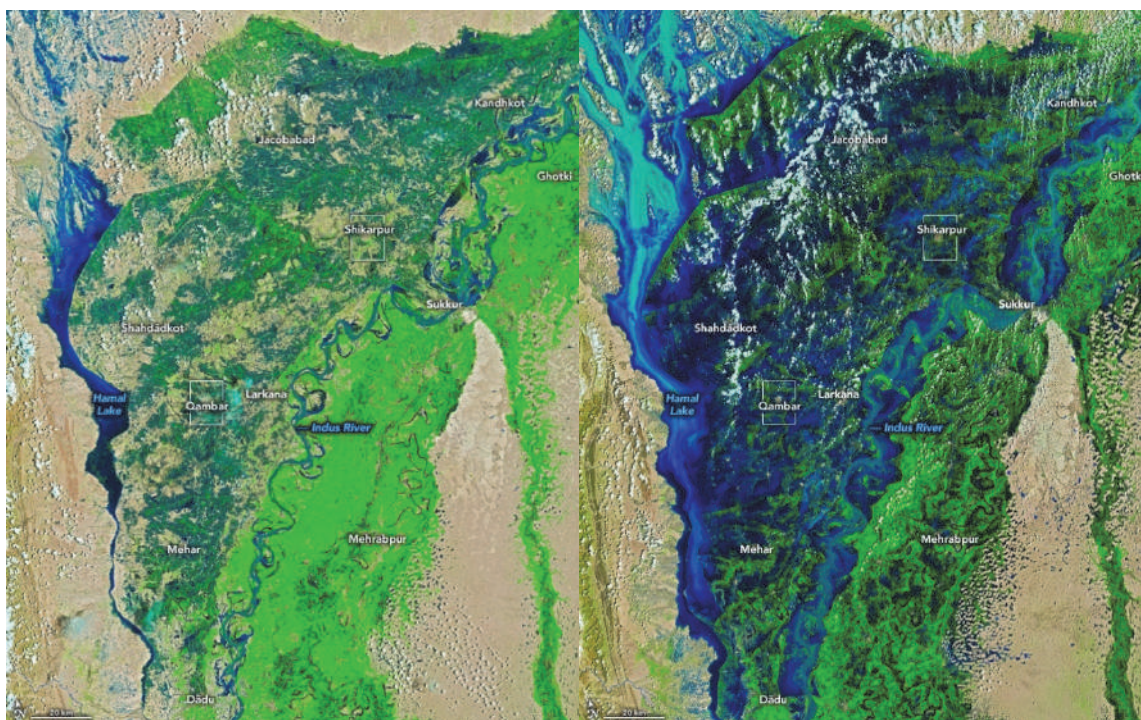


図1 2022年豪雨前後のシンド州衛星画像(左図が豪雨前、右図が豪雨後)。

(<https://earthobservatory.nasa.gov/images/150279/devastating-floods-in-pakistan>)

² 気象変動関連の事象による被害や金銭的成本を考慮し、各国が気候変動にどの程度影響を受けているかを分析・指標化したもの。ドイツの環境NGOであるジャーマンウォッチ(Germanwatch e.V.)が毎年公表している。Eckstein, D., Vera K., and Laura S. (2021). *Global Climate Risk Index 2021*. Germanwatch Briefing Paper.



図2 バローチスターン州クエッタ郊外で被災家屋を調査する住民たち。

(<https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/31/pakistan-floods-photos-videos-maps/>)



図3 シンド州シカルプール県で洪水に見舞われた自宅から、荷物を揚げようとする男性。

(<https://www.washingtonpost.com/world/2022/08/31/pakistan-floods-photos-videos-maps/>)

2. 過去の被害および2022年洪水の特徴

規模

パキスタンで2010年に発生した発生した全国的な洪水では、国土の5分の1が水没した³。夏季モンスーンによる大雨がインダス川とその支流の上流域で発生し、下流域で洪水を引き起こしたため、概して河川性の洪水であった⁴。一方で、2022年の洪水は国土の3分の1を浸水させ、全州に影響を与えた⁵。2022年の洪水は、6月から9月にかけて様々な時期に発生した夏季モンスーン期の豪雨によって引き起こされた。降雨量が最も多かったのは、国の南部と西部のシンド州とバローチースターン州で、8月の降雨量はそれぞれ平年を約726%と約590%上回った⁶。原因は共通しているものの、2022年の洪水がより激甚で広範囲に被害をもたらしたことがわかる。

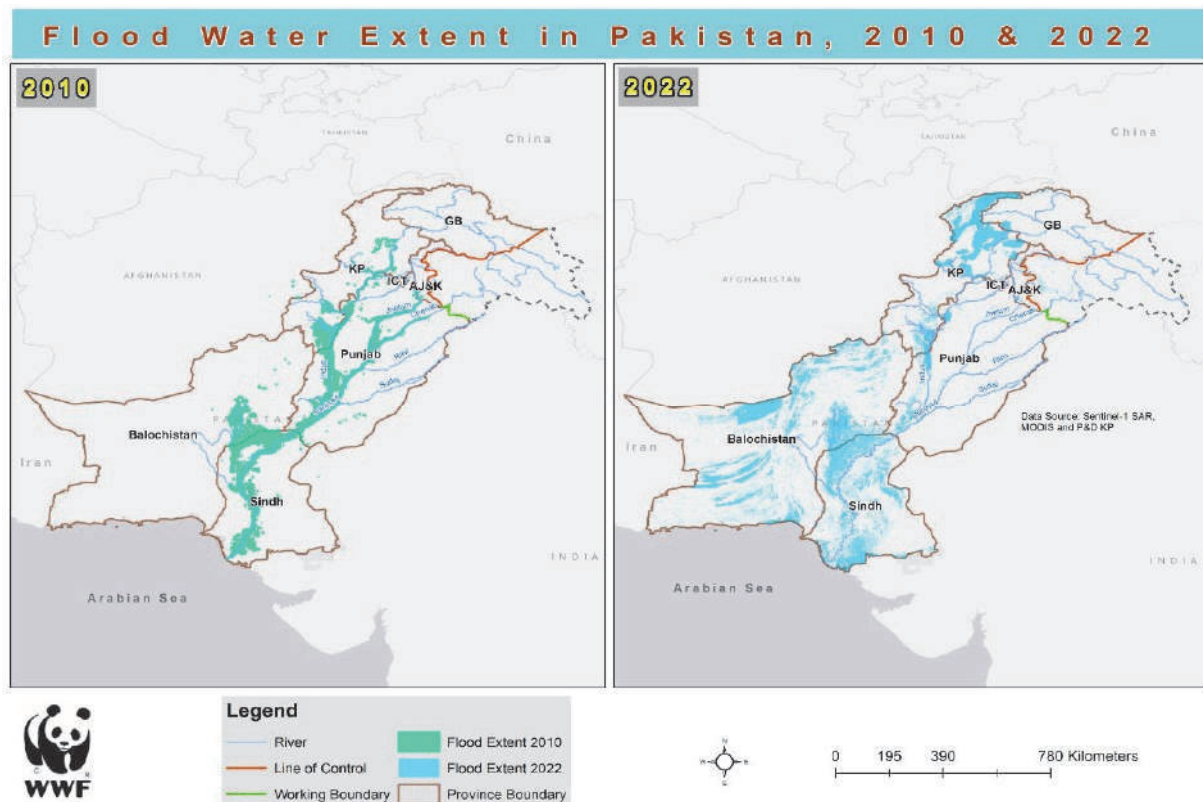


図4 2010年と2022年の洪水の範囲。

(<https://x.com/WWFPak/status/1567027492086480899?s=20>)

³ USAID. (2010). *60 days later Pakistan floods*. United States Government.

⁴ FFC. (2010). *Annual flood report 2010*. Government of Pakistan.

⁵ MPDSI. (2022). *Pakistan floods 2022: Post-Disaster Needs Assessment*. Government of Pakistan.

⁶ PMD. (2022). *Pakistan's monthly climate summary - August, 2022*. Government of Pakistan; Nanditha et al. (2023). The Pakistan flood of August 2022: causes and implications. *Earth's Future* 11(3).

影響

2010年の洪水では、2,000万人が被災し、約750万人が避難し、経済的損失は推定100億ドルに上った⁷。2022年の洪水では3,300万人が被災し、780万人が避難を余儀なくされた。洪水による経済的損失は約300億ドルと推定されている⁸。

物理的損害

道路や橋などの交通インフラへの洪水被害を総計すると、2010年の洪水では25,088km、2022年の洪水では8,330kmに及ぶ被害が発生した⁹。

社会的損害

2010年の洪水では、1,980人が命を落とし、2,946人が負傷した。破損または損壊した家屋は160万棟にのぼり、全医療施設の5.3%が全壊または半壊の被害を受けた。教育施設10,407棟も被害を受け、農作物200万ヘクタール分の被害が発生した。また120万頭にも上る家畜が失われた¹⁰。

一方で2022年の洪水では、1,739人が命を落とし、12,867人が負傷したと報告されている。破損または損壊した家屋は210万棟にのぼり、全医療施設の13%が部分的損壊、または全壊した。教育施設17,205棟が被災したと推定され、農作物260万ヘクタール分が被害を受け、110万頭にも上る家畜が失われた¹¹。この洪水の結果、約900万人が貧困状態に陥ったと推定されている¹²。



図5 2022年、浸水した町や村（左）、2022年の洪水時に避難する村人（右）。

（左: https://www.jrc.or.jp/international/results/2023/0327_029899.html）

（右: <https://www.unicef.org/press-releases/devastating-floods-pakistan-claim-lives-more-500-children>）

⁷ World Bank. (2010). *Pakistan floods 2010 preliminary damage and needs assessment*; Ali et al. (2011). Perspectives on the 2010 floods in Pakistan. *Strategic Studies*, 31 (1/2), 136-170.

⁸ IOM. (2022). *IOM revised response overview for Pakistan floods*; MPDSI (2022).

⁹ World Bank. (2010); MPDSI. (2022)

¹⁰ World Bank. (2010); Finance Division (2011). *Pakistan economic survey 2010-11*. Government of Pakistan.

¹¹ FAO (2022). *GIEWS special alert no. 351*; MPDSI, 2022; NDMA. (2022). *NDMA floods (2022) SITREP-2022 (Daily SITREP no. 158 dated 18th November, 2022)*. Government of Pakistan.

¹² MPDSI. (2022).



図6 2010年、都市部を襲う洪水（左）、2010年の洪水氾濫時の大規模避難（右）。

（左: <https://www.bbc.com/news/science-environment-10958760>）

（右: <https://www.unhcr.org/news/stories/pakistan-getting-bogged-down>）

3. 豪雨・洪水対策

国家防災管理庁（NDMA）は、2012年から2022年までの10年間の国家防災計画（NDMP）を策定した。この計画は、社会の回復力、被害の軽減、リスクと脆弱性の軽減、政府機関やその他各関係者の役割と責任の明確化といった問題に取り組むことを目的としている。また同計画は、脆弱性とハザードマップの作成についても概説している。2013年には災害リスク軽減策も導入され、複数の災害に対する早期警報システムの構築、国から地方レベルまでの統合的な災害対応能力の開発、災害リスクを認識した開発計画手法の推進、コミュニティ参加とレジリエンス構築の支援が提唱された¹³。その一方で、文化遺産に関して、災害直後の救済や災害後の復旧・復興を行う根拠となる法律・法令や、その方針を定めるガイドライン等は国・州レベルのどちらでも確認できず、国家防災計画にも文化遺産に関する言及はない。

NDMAはまた、リスクマッピングとデータ管理の標準化を目指した「マルチハザード脆弱性リスクアセスメント（MHVRA）実施のための政策ガイドライン」を2016年に発表した。2018年までには、パンジャブ州の5つの県のハザードマップと脆弱性を示す地図帳も作成している。一方で、連邦洪水委員会も、洪水軽減の技術的・構造的対策を扱う10年間の国家洪水防御計画-IVを2015年に開始した。この計画では、氾濫原のマッピングとゾーニングに重点が置かれ、氾濫原における居住地の開発を制限することを目的とした土地利用ゾーニングと河川法の策定も提案されている¹⁴。

国家防災研究所（NIDM）も2010年に設立され、防災に関する研修を実施し、各種政府機関の人材の育成に務めている¹⁵。

¹³ NDMA. (2012). *National disaster management plan*. Government of Pakistan; (2013). *National disaster risk reduction policy*. Government of Pakistan.

¹⁴ FFC. (2015). *National flood protection plan-iv (NFPP-IV)*. Government of Pakistan; NDMA (2016). *NDMA policy guidelines for conduct of multi hazard vulnerability and risk assessment (MHVRA)*. Government of Pakistan.

¹⁵ OCHA. (2010). *National Institute of Disaster Management (NIDM) established – a step towards making Pakistan disaster resilient*.

シンド州では、洪水リスクの軽減と州防災局（PDMA）と灌漑局の機能強化を主な目的として、世界銀行が資金を提供したシンド・レジリエンス・プロジェクト（SRP）が2016年に開始されている。このプロジェクトでは、より良い意思決定のためのリスク識別の強化、強固なリスクファイナンスの仕組みによる財政回復力の強化、堤防などの物理的インフラの向上が行われている¹⁶。その結果、2022年には州の全県を対象とした包括的なマルチハザード・リスクマップと地図帳が作成された¹⁷。さらに、2022年5月には、災害リスク管理能力強化の一環として、「レスキュー1122」緊急対応・救助サービスが、同州にて開始された。このサービスは、洪水時の救助・救援も任務としている¹⁸。

シンド・レジリエンス・プロジェクトの下、シンド州政府灌漑局は、水不足、干ばつ、急激な洪水に対処し、11,000世帯の地域社会の回復力を高めるため、15基の小規模涵養ダムの建設を計画している。ダムは雨水を貯めることができ、集中豪雨による洪水から地域社会を守るのに役立つことが期待される。帯水層の涵養に加え、これらの小規模ダムは、遠隔地のコミュニティや家畜に安全な飲料水を提供し、7,000ヘクタール以上の耕地を灌漑する。洪水堤防の強化という面では、洪水防御堤防の改善を支援する。その結果、推定51万7,000ヘクタールの土地、200万エーカー以上の作付面積、6,500kmの道路、500万人が洪水から守られることになる。このプロジェクトには、灌漑当局の意思決定支援システムの構築などの対策も含まれている¹⁹。

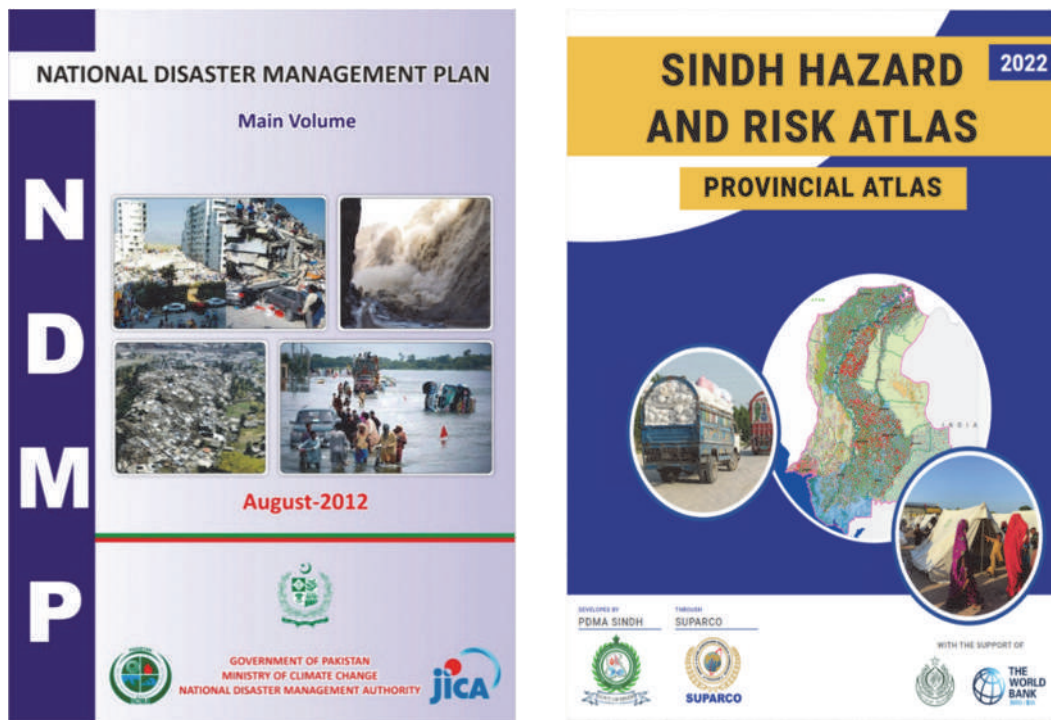


図7 国家災害管理計画（左） | シンド州ハザード・リスクマップ（右）。

(NDMA, 2012; PDMA, 2022)

¹⁶ World Bank. (2016). *Pakistan – Sindh Resilience Project (English)*.

¹⁷ PDMA (2022). *Hazard & Risk Atlases*. Government of Sindh.

¹⁸ SFERP (2023). *Component 3: institutional strengthening for resilience and technical assistance*. Government of Sindh.

¹⁹ Irrigation Department (2020). *Sindh Resilience Project*. Government of Sindh.

4. 文化遺産に対する被害の状況

2022年の10月～12月にかけて、パキスタン連邦政府の企画・開発・特別イニシアティブ省（Ministry of Planning, Development, and Special Initiatives：MPDS）は、アジア開発銀行、欧州連合、国連開発計画（UNDP）、世界銀行の支援の下、「災害後ニーズ調査（Post-Disaster Needs Assessment、以下 PDNA）」を実施した。その報告書²⁰によると、文化遺産を含む文化・芸術分野における被害額は13億パキスタンルピー（610万ドル）と見積もられ、洪水により、国全体で少なくとも149の文化遺産が被害を受けたとされている。一方で、報告書では生活インフラや通信、衛生環境等の社会基盤に対する被害が優先的に取り扱われており、被災文化遺産の具体的な分布や被害状況は公開されていない。2023年2月に文化遺産国際協力コンソーシアムが開催した東南アジア・南アジア分科会に登壇したイコモスパキスタン国内委員会のファウジア・フセイン・クレシ委員長によると、農業用水路や灌漑農地を保護するための堤防から氾濫した水が堤防内に滞留する状況が数か月続き、遺跡等へのアクセスが困難な状況が続いたという。また、仏塔、ヒンドゥー寺院、イスラム王朝の墳墓などの考古遺跡のほか、現役のモスク等の宗教施設の多くが被害に遭った。博物館の多くはラホールやカラチなどの都市にあるため、一部で漏水などの被害はあったものの、洪水による資料等の動産文化財への被害は大きくなかったと認識されている。しかし、多くの避難民が発生した状況により、巡礼などの無形文化遺産にも大きな影響が及んでいることが懸念されている。

断片的な情報にとどまるが、イコモスパキスタンによると、各州における文化遺産の被害状況は下記の通りである。

パンジャーブ州

ハランド砦(Harrand Fort)、ディルロイ・ストゥーパ (Mound Dillu Roy)、ガジ・カーンの墓 (Tomb of Ghazi Khan)、カワージャ・グーラム・ファリード廟墓 (Tomb of Khawaja Ghulam Farid) など複数の遺跡で被害が報告されているが、詳細については不明である。

カイバル・パフトゥンフワ州

スワートのシナシャ・ストゥーパ (Shinasha Stupa) ではメインストゥーパが損傷し、基礎が一部崩れている。アムルクダラ・ストゥーパ (Amlukdara Stupa) では、傾斜面からの侵食により、2番目に大きなストゥーパが崩壊し、亀裂が発生している。アバ・サヒブ・チェナ・ストゥーパ (Aba Sahib Chena Stupa) では、擁壁の崩壊と周囲の土壌の沈下が見られる。シンガルダル・ストゥーパ (Shinghardar Stupa) では、メインストゥーパの石積が一部崩れ、基礎の状態が悪化している。バリコット・バジラ遺跡 (Barikot Bazira Site) では、遺跡の下水道システムの詰まりが原因で周囲の構造に湿気が生じている。ブトカラ-1 遺跡 (Butkara-1 Site) では、奉納用ストゥーパおよび他の構造物に水平および垂直の亀裂が確認されている。メイン・カラムモスク (Main Kalam Mosque) は部分的に損傷し、様々な構造部材に深刻な湿気と沈下が生じている。

シンド州

シャヒード・ベナジラバード (Shaheed Benazirabad) 県、マティアリ (Matiyari) 県、サッカル

²⁰ MPDSI. (2022).

(Sukkur) 県、ジャムショロ (Jamshoro) 県において被害が確認されている。とりわけ、モヘンジョダロ遺跡の敷地は、一時洪水で自宅が浸水した周辺住民によって、仮住まいとして一時的に使用されていた。高台に位置しているマクリでも、雨水の浸入により、壁の崩落や床の沈下などの被害が出た（詳細はIV章「被災文化遺産の記録・アセスメント」参照）。

バローチースターン州

特に、7,000年前に遡るメヘルガル遺跡 (Mehrghar site) が雨により被害を受けている。

5. 現地組織の活動

イコモスパキスタンは、イコモスの国際学術委員会 (International Scientific Committees (ISC)) の1つであり、遺産の国際的な災害管理能力の強化を目標に活動しているイコモス ICORP (International Scientific Committee on Risk Preparedness) と共同で、2023年1月13日にナイジェリアおよびパキスタンの文化遺産に対する洪水被害のアセスメントに関するオンライン会議を実施した。この会議では、緊急時のニーズの確認、災害前の遺産情報の入手、遺産と被害状況の地図作成、詳細調査、洪水後の被害評価に必要な専門家の能力構築などが議論された。両者は被災文化遺産の特定と被害の評価の一環で、地理情報システム (GIS) を用いた洪水地域の遺産のマッピング、ドローンや地域コミュニティを活用した被害のリアルタイム評価などを検討しているが、2023年2月に発生したトルコ地震後の支援にリソースが割かれているため、実施には至っていない。イコモスの活動はボランタリーベースで行われており、政府からの資金援助に限界があるなか、国際機関や海外のスポンサーからの支援が活動原資の多くを占めているのが実情である。また、被災地域と遺跡の数が膨大であるのに対し、対応する各州考古局の専門スタッフは限られているため、正確で詳細なデータの収集が主な課題となっている。委員長のファウジア氏によると、市民社会や地域社会の声を代弁するため、イコモスパキスタンがより積極的な役割を果たす必要があるものの、パキスタンの文化遺産政策の決定において、イコモスパキスタンがあまり関与できないことも課題として認識されている。

6. 国際支援

国連が主導し実施された PDNA では、被災文化遺産の復興と再建に少なくとも 18 億パキスタンルピー (約 850 万ドル) が必要と見積もられており、短期的な対策のみではなく、中長期的な復興支援のアプローチの必要性を訴えている。

表1 災害後ニーズ調査で提案された文化遺産に対する短期的・中期的・長期的対策

期間	概要
短期的対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 詳細なダメージの評価と資金の調達 ・ 災害に脆弱なサイトで必要な安定措置を、適切な機器、材料、訓練された専門家のサポートで実施
中期的対策	<ul style="list-style-type: none"> ・ 遺産管理者が緊急の安定措置と将来的な自然災害に対応するための準備・能力向上

- ・水管理システムや持続可能な建築に対する先住民の知識の活用
- ・無形文化遺産を守るための気候に強い社会づくり
- ・脆弱なサイトに対する洪水保護の枠組みの改善

UNESCO (ユネスコ)

ユネスコはパキスタン政府が実施した PDNA に参加し、文化分野の被害の分析に協力した。結果、2022 年 9 月には世界遺産基金 (World Heritage Fund) から 15 万ドル、文化遺産緊急基金(Heritage Emergency Fund)から 20 万ドルを拠出することを表明した。前者の枠組みでは、自然災害による影響の長期的緩和を含む、被災した世界文化遺産の復興と防災・減災対策の強化が目的に掲げられ、これを原資にモヘンジョダロにおいては、2022 年 10 月 21 日から 28 日まで遺跡の被害状況評価および安定化作業が行われた。後者の文化遺産緊急基金は有形・無形の文化遺産を対象としており、気候変動や自然災害による影響を受けやすい芸術家や職人を支援するため、シンド州、バローチースタン州、カイバル・パフトゥンフワ州におけるニーズ調査が実施されている。これら緊急支援事業はイスラマバード事務所によって統括されている。

JICA

国際協力機構 (JICA) は、2008 年のパンジャーブ州送電網拡充事業や 2020 年のサッカル市における気象レーダー設置計画など、2000 年代からパキスタン各地で上下水道インフラや送電網、道路網の整備、および国内産業の強化に向けた技術協力等を行ってきた²¹。また、2023 年にはタキシラ博物館展示及び保存のための機材整備計画も実施しており、近年は文化遺産に関連する協力案件も見られる。防災に関しては、イスラマバードにおける防災人材育成計画プロジェクト (2015-2022 年) や国家防災計画の更新に向けた技術支援プロジェクト (2022-2025 年) を通じ、災害大国日本の知見を活かした国家レベルでの防災対策支援も展開している。今回の洪水に際しては、前述の PDNA に参画し、防災投資を通じた災害リスク削減の取組みの一例として、インダス川の堤防管理能力の強化に向けた新たな技術協力プロジェクト (パキスタン国 2022 年洪水を踏まえた効果的な堤防管理のための能力向上プロジェクト) を開始した。パキスタンで発生した近年の洪水の気候変動による影響の分析や、堤防の現状調査なども実施し、JICA にとって初の「災害対応技術協力」としてパキスタンの治水対策能力の底上げを図っている。

ICHARM

ユネスコ後援機関である水災害・リスクマネジメント国際センター (ICHARM) は、2006 年 3 月にユネスコのカテゴリーII センターとして、また国立研究開発法人土木研究所の一部として設立された。ICHARM は、1)革新的な研究、2)効果的な能力開発、3)効率的な情報ネットワークングを行っている。

パキスタンとの関係では、ICHARM は以下の活動を実施してきた；

1. ユネスコ資金によるプロジェクト 「パキスタンの洪水警報・管理能力の戦略的強化」

2010 年 7 月下旬から 8 月にかけて、パキスタンは未曾有の大洪水に見舞われ、浸水面積は 16

²¹ 詳細は、<https://www.jica.go.jp/overseas/pakistan/index.html> (2024 年 3 月 11 日閲覧)。

万 km² に及んだ。

ICHARM は、ユネスコからの要請を受け、「パキスタンの洪水警報・管理能力の戦略的強化」と名付けた技術支援をユネスコと契約し、実施した。本プロジェクトは 2 つのフェーズに分けて実施され（フェーズ 1：2012-2014、フェーズ 2：2016-2019）、3 つの目的に沿って進められた（表 2）。

表 2 "パキスタンの洪水警報・管理能力の戦略的強化"プロジェクトの目的と実施内容

目的	実施内容
インダス川流域の大部分を網羅する洪水予測システムの開発	ICHARM はパキスタン気象局（PMD）と協力し、グローバルデータを利用した洪水予測・早期警報システム「インダス-IFAS」を開発した。2019 年 4 月、開発された洪水予測・氾濫モデルがパキスタン政府に正式に引き渡された。
インダス川下流域の氾濫原ハザードマップの作成	ICHARM とパキスタン宇宙高層大気研究委員会（SUPARCO）が共同で実施し、それにより、SUPARCO の GIS 上に RRI モデルによる浸水域を表示することが可能となった。
パキスタン人職員に対する能力開発訓練の実施	ICHARM はパキスタン政府の中・高官を対象としたワークショップ「パキスタンにおける統合洪水リスク管理のための能力開発」を実施した。統合水リスク管理（IWRM）と統合洪水管理に関する上級水管理者 19 名が参加した。また、政策研究大学院大学（GRIPS）および国際協力機構（JICA）と共同で実施している ICHARM の修士課程「防災政策プログラム水災害マネジメントコース」には、パキスタンから 12 名の学生が参加し、修了した。その他、ICHARM はインダス-IFAS の運営に必要な知識や技術を強化するため、多くのワークショップや現地研修を実施した。

2. 社会インフラ総合マネジメントフォーラム

2023 年 6 月 15 日、ICHARM と政策研究大学院大学（GRIPS）は、流域規模での洪水管理や社会インフラ整備のあり方を議論する「社会インフラ総合マネジメントフォーラム」を共催した。同フォーラムは、鈴木博人政策研究大学院大学教授を座長として、政策研究大学院大学会議室で開催され、同時にオンラインストリーミング配信も行われた。当日は 60 名、オンラインでは 136 名、合計 196 名が参加した。

フォーラムの第 2 部は「気候変動と大洪水～パキスタンの大洪水とわが国の流域治水のあり方～」と題され、パキスタン気象局（PMD）ラホール洪水予報課の主任気象予報士による「パキスタンにおける 2022 年洪水の概要と原因」と、シンド州災害管理局のリスク評価の専門家による「パキスタンにおける洪水対策」の二つの基調講演が行われた。気象庁の主任気象予報士は、パキスタンが日本の支援を受けて導入した洪水予測システムの概要を説明し、ICHARM の支援を受けて導入した洪水予測システムのインダス-IFAS が優れた性能を発揮していることを報告した。

III. シンド州の文化遺産と保護体制

Ⅲ シンド州の文化遺産と保護体制

1. シンド州の文化遺産の種類・特徴

シンド州は、連邦共和制のパキスタン・イスラム共和国を構成する州のひとつであり、国土の南西部に位置する。北東にパンジャーブ州、北～西にバローチースターン州、東～南はインドとの国境に接し、南西部はアラビア海に面している（図 8）。2023 年統計によると人口は 5,570 万人でパキスタン第 2 位、州 GDP も第 2 位だが、州都カラチはパキスタン最大の人口と経済規模を誇る第 1 の都市である。



図 8 シンド州の位置（赤点線内） 地図データ ©2024 Google 100 km

シンディー語話者が人口の 6 割以上を占め、ウルドゥー語話者が 2 割程度、他はパシュトー語、パンジャービー語などの話者である。ただしカラチでは、シンディー語話者は人口比で 1 割程度であり、代わってウルドゥー語話者が 4 割を占める。カラチにはヒンドゥー教徒、キリスト教徒、ゾロアスター教徒のコミュニティがあり、ヒンドゥー教徒は州内のいくつもの都市にも小規模なコミュニティを維持しており、400 万人以上が居住しているとされる。

地理的には、州のほぼ中央をインダス川が南北に貫流し、その東西に曲流平野が広がっている。さらに東側はインド国境までタール砂漠が続き、西側はキルタル山地がバローチースターン州との境界をなしている。南端にはアラビア海にそそぐインダス川がデルタを形成し、その東にはインドとの国境をなす汽水性のカッチー大湿原が広がる。

気候的には、インド洋モンスーンの影響下において夏季に降雨があるが、特に内陸部では年間降水量が 150mm 前後と極めて乾燥した気候条件であり、ヒマラヤ、チベットから多量の水を運搬するインダス川に沿った平野部以外は砂漠環境である。このためインダス平野は、過去から現在に至るまで重要な農業生産の拠点であり、かつ人口密集地であった。今日では、最も人口が密集しているのは州都カラチであり、また 20 世紀前半に北部に建設されたサッカル堰から引かれた運河が、インダス平野の東西の乾燥地域の農地化を進めている。

このような地理、文化的環境の下、シンド州には先史時代以降、多数の特徴的な文化遺産が残されており、モヘンジョダロの遺跡群、タッターとマクリの歴史的建造物群の 2 つが、ユネスコ世界遺産に登録されている。

最古の人類の足跡は北部サッカル県、カイルプール県にまたがるローリー丘陵に残されており、丘陵と周辺のスーパースターン州カッチー県のメヘルガル遺跡は、南アジア最古の農耕の証拠が発見された無土器新石器～青銅器時代の遺跡である。新石器時代～銅器時代の遺跡は、主にバローチー州北～東部の丘陵地帯に分布する。インダス平野における農耕社会の痕跡は、南部ジャムショロ県のアムリー遺跡における銅器時代後半の遺跡である。青銅器時代前半を通じて、北部カイルプール県のコートディジー遺跡や、タール砂漠の遺跡群など分布を広げ、青銅器時代後半にモヘンジョダロ、ラカンジョダロ（サッカル県）などの都市遺跡を擁するインダス文明が成立した。

インダス文明は現在のパキスタン主要部～インド北西部・西部にかけて広がり、メソポタミア、ペルシア湾岸、オマーン、中央アジアと交易をするなど一大文明圏を形成したが、紀元前 2200 年以降の北半球全域の気候変動に伴うインド洋モンスーンの弱体化、降水量の減少などを要因として、紀元前 1900 年ころには都市が衰退し、小規模な村落だけが残りとともに人口分布の中心は東のガンジス川流域に移った。文明衰退後の青銅器時代末期～鉄器時代の遺跡は、ラルカナ県ジューカル遺跡などが知られている。



図9 メヘルガル遺跡の航空写真。

(<https://www.thoughtco.com/mehrgarh-pakistan-life-indus-valley-171796>)

古代インドの文献記録等によると、紀元前 6 世紀ころにはインダス平野一帯はシンドゥ・サウヴェーラと呼ばれ、サッカル県アロールまたはローリーに王都があったとされる。その後、紀元前6世紀後半にはハカーマニシュ（アケメネス）朝ペルシアに征服された。紀元前 4 世紀にはアレクサンドロスI世がアフガニスタン方面から侵入しインダス川に沿って南下した。ジャムシヨロ県のセーワーン城（カーフィル・キラー）はアレクサンドロスによって築かれたと言われている。

その後は、マウリヤ朝の勢力下に入り仏教が導入され、ミールプール・ハスやモヘンジョダロなどのストゥーパが築かれた。イスラム勢力の進出までの間、シンドはおもに北インドの勢力圏下にあつて、ヒンドゥー教やジャイナ教の文化遺産が残された。紀元 5 世紀以降は、土着の王朝が成立した。

シンドへのイスラム勢力の進出は7世紀前半の正統カリフ時代に始まり、711年、ウマイヤ朝のムハンマド・イブン・アル-カシムがアラブ・イスラーム勢力最初の総督になると、シンドは、南アジアへのイスラム進出の橋頭保となった。初期のイスラム遺産としては、南部タッター県の港湾都市バンボール、内陸部サッカル県の都市マンスーラなどが著名である。その後、シンドの支配者はアッバース朝に替わる。11世紀にはトルコ系のガズイスラムによりマンスーラは破壊された。



図 10 バンボールの航空写真。

(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Banbhore_site.jpg)

ガズナ朝の侵攻によるアラブ・イスラーム勢力の没落とともに、ソームラ朝（11～14世紀中）、サマー朝（14世紀中～16世紀前）、アルガン朝（16世紀前～中）、タルカン朝（16世紀中～末）が、アフガニスタンや北インドの支配的勢力の影響下に継起した。世界遺産でもあるマクリの廟墓群のうち、古い段階のものはこれらの諸王朝によるものである。16世紀末～18世紀初頭にはムガル朝の直接的な統治下に入る。その後、カルホロ朝（18世紀初～後）、タルプール朝（18世紀後～19世紀中）が、ムガル朝やアフガニスタンのドゥッラーニー朝の宗主権の下で継起した。マクリの廟墓群や、シャヒード・ベナジラバード県のミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟、サンガール県のクッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群、ハイダラバード県のカルホロ、タルプール廟墓をはじめとする、装飾性に富んだ廟墓群、カイルプール県のファイズ・マハル王宮、同県のコー

トディジー城、ジャムショロ県のラーニーコート、ウマルコート県のウマルコート城など、この時期の歴史的建造物が多数残されており、文化遺産として継承されている。

1843年、タルプール朝が英東インド会社軍に敗れると、シンド州は英領インド・ボンベイ総督領に組み込まれた。新たな港湾都市としてカラチが建設され、エンプレス・マーケット、フレール・ホール、カラチ・カントメント鉄道駅などのコロニアル様式の建造物が作られた（図11）。サッカルのサッカル堰、ランズドーン橋などの産業遺産とあわせて、英領期を象徴する文化遺産が州内各地に残されている。

1947年、パキスタンが独立すると、インド側から多数のムスリムが流入した。カラチは最大の都市として首都となった。パキスタン独立の父で独立後の初代パキスタン総督ムハンマド・アリ・ジンナーの旧宅であるカーイデ・アーザム・ハウスは、独立期を象徴する文化遺産であり、現在は博物館として利用されている。1960年にイスラマバードが新たな首都として建設された後も、カラチはパキスタン最大の都市の地位を保ち続けている。



図11 エンプレス・マーケット、カラチ。

(<https://tribune.com.pk/story/972782/where-east-meets-west>)

2. パキスタンおよびシンド州の文化遺産保護体制

独立以前の体制

パキスタンにおける文化遺産への興味関心は、19世紀末～20世紀初頭の英領植民地下での外国人探検家、研究者によりスタートした。1825年にはアジア協会が設立され、1861年には現インドのデリーにインド考古局（Archaeological Survey of India：ASI）が設立された。初代 ASI 局長となった技師・考古学者のアレグザンダー・カニンガム卿は、現パキスタンの範囲を含む英領インド各地の調査を進めた。この時期、1865年にはラホールに現パキスタン最古の博物館（ラホール博物館）が創設された。しかしカニンガムと彼の後任による ASI の活動は、調査と「発見」が主眼であった。1878年に制定された財宝法（Treasure Trove Act）は、発見物の性質、数量または推定される価値と発見地を地域の監督官に報告し、報奨金を支払うことを義務付けるものであった。

文化遺産の保護の法制度は、20世紀初頭に英領インド総督に着任したジョージ・N・カーゾンがその必要性に着目し、1904年に古代記念物保護法（Ancient Monument Preservation Act）を制定した時点にはじまる。同法は、発掘と出土品等の取引の規制、古代記念物の保護の権限を ASI に与えるものであった。またカーゾンにより ASI 局長に任命されたジョン・マーシャルは、ハラッパー、モヘンジョダロを調査してインダス文明を「発見」し、また古代ペルシア、ヘレニズム期からガンダーラ文化期の複合遺跡群タキシラの調査を進め、タキシラ博物館を建設した。マーシャルは自身で調査をするだけでなく、現地の研究者を育成し、調査に派遣した。後任のモーティマー・ウィーラーもこの方針を受け継ぎ、パキスタン、およびインドにおける第1世代の研究者はこの時期に学術的な基盤を得た。

独立後の国レベルの体制

1947年のインド、パキスタンの分離独立に際して、デリーにあった ASI は、そこに所属していた研究者、実務家の大半とともにインドに帰属することになり、蓄積されてきたリソースは、ほとんどがインド側にとどまることになった。一方で、モヘンジョダロ、ハラッパーなどインダス文明の諸遺跡、タキシラをはじめとするガンダーラ文化の諸遺跡は、その地理的位置からパキスタンに帰属することとなった。モヘンジョダロの出土品のうち、神王王胸像はパキスタン、ブロンズ製踊り子像はインドに帰属し、それぞれの国立博物館に収蔵展示されているなど、分離独立時のリソース分割の結果は、いまだに多大な影響を残している。

パキスタン側に帰属することとなった ASI の組織や資産は、分離独立後にパキスタン政府考古・博物館局（Department of Archaeology and Museums：DOAM）に再編成された。DOAM は、モヘンジョダロをはじめとする重要遺跡の保護や調査部門による自前の発掘調査、海外調査隊へのライセンス発給と共同調査などの中心となった。イスラマバードへの首都機能の移転後も、DOAM はカラチにとどまった。また1970年には国立博物館が新設され、モヘンジョダロの出土品をはじめとする多くの文化遺産を収蔵・展示することとなった。1986年にはパキスタン考古学研修・研究所（Pakistan Institute of Archaeological Training and Research：PIATR）が、専門家養成機関としてラホールに設置された。その後、DOAM は2005年にイスラマバードに移転し、現在では情報・放

送・国家遺産省（Ministry of Information, Broadcasting and National Heritage）の部局となっている。

パキスタン独立時には、英領時代の法制の多くが引き継がれたため、文化遺産保護に関しては1904年古代記念物保護法が根拠法であった。その後、1968年に古物法（Antiquities Act）が制定され、1969年には関税法（Custom Act）に、文化遺産の輸出入の制限および禁止に関わる事項が既定された。古物法は1975年に新法に置き換えられた。同法により、保護の対象となる古物が定義され、許可のない発掘や移動、輸出、売買が禁止され、保護対象となる遺跡、建造物、記念物等が登録されることとなり、その執行機関としてDOAMが位置づけられた。また、文化遺産保護に関する基金（National Fund）も設置された。その後、1978年発掘および踏査に関する規則（Excavation and Exprolation Rules）、1979年古物輸出規則（Export of Antiquities Rules）、同年採鉱等に関する不動産文化遺産規則（Immovable Antiquities Rules）などが定められている。

パキスタンは1976年にユネスコの世界遺産条約を批准し、1980年にモヘンジョダロ遺跡群、タフティ-バヒーの仏教遺跡群とサライ-バロールの近隣都市遺跡群（カイバル・パクトゥンクワ州）、タキシラ（パンジャブ州とカイバル・パフトゥンフワ州）の3遺跡が世界遺産に登録された。その後、1981年にラホールの城塞とシャーリマール庭園（パンジャブ州）、タッターとマクリの歴史的建造物群、1996年にロータス城塞が登録され、現在6遺跡が世界遺産となっている。また2024年3月現在、26件の文化遺産、自然遺産が暫定リストに登録されている。

地方における体制、とくに2010年第18次憲法改正後の地方分権政策の影響

1975年古物法体制では、DOAMの下、4州（パンジャブ、シンド、北西辺境、バローチースターン）にそれぞれ考古・博物館局が置かれ、各地の文化遺産の保護、監督を担うこととなっていた。しかしこれらの機関における専門家の数は決して十分ではない。現在、パキスタン国内には考古学を学び、学位を取得できる大学が全国に複数ある。しかし文化財保存科学の専門課程はわずかであり、博物館学や文化遺産学に関する専門課程は無い。このため、文化遺産保護部局の専門家の多くは考古学の出身である。

パキスタンで最初に考古学専攻が設置されたのは、北西辺境州（現カイバル・パクトゥンクワ州）のペシャーワル大学である。研究室を創設したアフマド・ハッサン・ダーニー（A.H.Dani）は、現インド・ビハール州出身のムスリムで、ウィーラーに師事、インド、パキスタンの分離独立後は、東パキスタン（現バングラデシュ）のダッカに移り、1962年にペシャーワル大学の教授となった。その後、ダーニーはイスラマバード大学（1976年にカイーデ・アーザム大学に名称変更）に移り考古学研究室を主宰するとともに、タキシラ・アジア文明研究所（Taxila Institute of Asian Civilization：TIAC）を創設して初代所長を務めた。地域的に、ペシャーワル大学、カイーデ・アーザム大学の出身者にはガンダーラ文化・仏教美術の専門家が多く、タキシラ博物館やペシャーワル博物館を中心に遺跡調査や修復・保護に携わっている。DOAMのスタッフにも両大学の出身者が多く、またペシャーワル大学のあるカイバル・パクトゥンクワ州は他州に比べて専門家の数も多く、博物館も多数整備されている。

現在は、上記2大学の他、ハザラ大学、スワート大学、アブドゥル・ワリ・ハーン大学（以上、カイバル・パフトゥンフワ州）、パンジャブ大学、ラホール教育大学（以上、パンジャブ州）、シャー・アブドゥル・ラティーフ大学、シンド大学（シンド州）等でも考古学専攻課程が設置され

ており、専門教育の高等教育は全国的に整備されつつある。

2010年の第18次憲法改正では、事実上の軍事政権であったペルヴェーズ・ムシャッラフ政権時代の負の遺産を排除すべく、大統領への権限集中を是正するとして広範な地方分権化が進められた。しかし分権の実際を保障する法制度や州政府以下の地方自治体における受け皿の整備が不十分なまま分権化が進んだため、多くの混乱が生じ、しばしば“Devolution”と評されている。

考古学、および文化遺産保護に関しては、それまでDOAMが有していた権限は、連邦直轄地域であるイスラマバード首都圏に限定されるとされ、登録遺跡の調査許可、世界遺産を含む遺跡の保護・管理、さらにペシャーワル、ラホール、カラチの国立博物館をはじめとする博物館の運営や収蔵資料の管理が、すべて各州政府に移管されることになった。しかし予算確保や、専門家を含む職員の人件権について混乱が生じ、モヘンジョダロをはじめとする多くの重要遺跡の保護・管理が支障をきたし、あるいは地方分権化の時点で他州の博物館に収蔵ないし貸与されていた資料の管理・返還問題などで州政府間の調整が困難になるなど、さまざまな問題が噴出した。また世界遺産モヘンジョダロの保存修復計画についても、連邦政府部局であるDOAMが関与できなくなったことにより、ユネスコの信託基金が事実上凍結される事態も生じた。

その後、2015年には、連邦法務省が第18次改正憲法にも関わらず、博物館や遺跡の管理権限は連邦政府およびDOAMにあるとする答申が出された。連邦と州政府間の権限の範囲についてはその後も明確化されていない部分が残るが、DOAMと各州考古局による合同調整委員会も組織され、事態の收拾が図られている。

シンド州における文化遺産保護体制

シンド州は、モヘンジョダロ、マクリなどの著名な文化遺産を有することで、独立後も文化遺産保護の焦点地域のひとつであった。とりわけモヘンジョダロについては、世界遺産登録を目指して1972年にはユネスコにより保護に関するマスタープランが制定され、保護のためのさまざまな取り組みがなされてきた。特に重視されたのは地下水に起因する塩害対策であり、遺跡の外周に長大な排水路が建設され、日本のODAを含めた国際的な援助により地下水の排出ポンプが設置されるなどしてきた。

しかしながら、独立後、長らくDOAMがカラチに置かれていたが州外（分離独立時のインドからの避難民とその子孫を含む）の専門家がほとんどであったこと、州内に考古学専攻を有する大学がなかったことなどを背景に、シンド州における独自の文化遺産保護の体制は決して十分ではなかった。マクリなど中世以降の地域王朝の文化遺産、あるいはカラチ市内の文化遺産について、文化遺産保存のためのシンド信託基金（The Endowment Fund Trust for Preservation of Cultural Heritage of Sindh）など民間組織・資金による保存と修復も進められてきたが、州政府における組織・人員の整備は進まなかった。

このため、2010年憲法改正後の地方分権化の際に、カラチ国立博物館やモヘンジョダロ博物館などの運営が困難に直面する事態も生じたが、その後、州政府によるシンド文化復興の気運や、年間GDP増加率3~6%という経済成長を背景に、シンド州考古局は、州内の登録遺跡の保護、修復・整備と博物館や宿泊施設の設置による文化観光の推進を進めている。

現在、州内には、世界遺産モヘンジョダロとマクリをはじめ、バンボール、ハイデラバード、チ

ヤンフダーロ（シャヒード・ベナジラバード県）、セーワーン（ジャムショロ県）、コートディジー城（カイルプール県）、ウマルコート城（ウマルコート県）などに登録遺跡、文化遺産の保護の拠点が設けられ、博物館の整備も進められている。しかし依然として専門家の数は少なく、特に保存修復と文化遺産マネジメントに関する高度な教育・訓練を受けた専門家の不足が顕著である。

前述の通り、専門家の多くは考古学専攻の出身であり、保存修復等については、ユネスコやイクロムなど国際機関による研修を受けるか、または半ば独学で知識を身につけている状態である。そのような中で 2022 年洪水被害からの復旧とあらたな自然災害への対策が求められている状況であるが、何よりも人材育成が急務である。

IV.被災文化遺産の記録・アセスメント

IV 被災文化遺産の記録・アセスメント

1. 概要

背景

第II章で前述の通り、インダス川下流域に位置するシンド州は、2022年の豪雨・洪水による甚大な被害が記録された地域の1つであり、多くの有形・無形の文化遺産がその影響を受けた。

シンド州内の考古遺跡の管理・保護を所掌しているシンド州考古局は、ユネスコ・イスラマバード事務所の支援の下、2022年の10月21日から28日にかけて緊急ミッションとしてモヘンジョダロおよびマクリに対するダメージアセスメントを実施した。ユネスコの世界遺産基金を原資とし、2023年1月には、アセスメントの結果を受け安定化作業・保全マスタープランの見直しのための後続事業を開始するなど、世界遺産の2遺跡については、予算及び人材不足による制約はあるものの、着実に修復および予防保全のための計画が進められている。一方で、世界遺産以外の遺跡に関しては、現地遺跡関係者やアセスメントのための知見の不足が影響し、その被害状況の詳細が不明のままであった。2022年10月以降、シンド州考古局は同州内の遺跡の視察を行い、特に被災の程度が大きな遺跡として、コートディジー城、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群、クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群、ラーニーコートを特定した。これらの遺跡では、洪水後に壁面や屋根の崩壊などが確認されたことから、その原因を特定し、詳細の被災状況を記録するための調査の依頼がイコモスパキスタンを介してコンソーシアムに寄せられた。対象のほぼ全ての遺跡において、広域の保全計画や防災管理が策定されていないほか、図面等の記録も組織の改組や管理の移管などにより散逸、過去の修復についても詳細が不明と、現状のドキュメンテーションが必要な状況であった。

実施内容

2023年12月24日から同月30日まで、上述の4つの遺跡にモヘンジョダロ、マクリを加えた6ヶ所の遺跡について、その被災状況の記録およびダメージアセスメントを目的とした視察・調査が行われた。本書冒頭で既述の通り、遺跡一ヶ所あたりの滞在時間が半日程度と非常に限られており、詳細な測量を行うことが困難であったことから、写真による記録が中心となった。遺跡の全景や高所の記録にはドローンを活用し、帰国後、収集した写真を元に遺跡の3Dデータを作成して、シンド州考古局に提供した。ダメージアセスメントにおいては、構造的および非構造的な被害、材質の劣化、治水・排水状況や洪水リスク等の観点から、被災箇所、およびその原因と程度を特定し、中長期的に必要な保全措置の考察を試みた。目視による被災状況の確認を中心としつつも、特に構造に関して、各遺跡の常時微動の計測を通じその安定性を評価した。

本調査においては、シンド州による被災遺産1次調査のレポート（Preliminary Damage Assessment Report）および過去に実施された保全状況調査の報告書等が参照された。

2. ドローンフォトグラメトリー

ドローンフォトグラメトリーの利用

ドローンフォトグラメトリーは無人航空機によるリモートセンシングの一種である。小型・軽量のドローンは、最小限の機材で迅速な現場記録を実現するのに有効である。今回は DJI mini 2 と mini 3 を使用した。フォトグラメトリー用の画像は、プログラムフライトによる静止画撮影と、マニュアルフライトによる動画撮影によって取得した。

ある程度の調査範囲をカバーする場合、ドローン操作のアプリである DroneLink によるプログラムフライトは、画像のオーバーラップが一定し安定した運用が可能のため、高い効果を発揮する。飛行コースは、飛行前にウェブマップ上で調整・入力される。ドローンの飛行は衛星測位システム（GNSS）の位置情報により制御される。操作はシンプルで簡単である。小型軽量ドローンの価格はハイエンドモデルよりもリーズナブルである。したがって、この方法は、迅速な緊急時の現場記録に適している。

今回はおもに、被災した建造物等のフル 3D モデルの作成と、建造物周辺の微地形を把握するための広域 3D モデルの作成にドローンフォトグラメトリーを利用した。なお日本のように樹木が繁茂する地域では、樹林下の地形を上空から計測するためには LiDAR スキャンが必須となるが、パキスタンのような乾燥地域では静止画または動画によるドローンフォトグラメトリーが極めて有効である。ドローン用の LiDAR センサーは大型かつ高価であり、それを搭載して運用できるドローンも大型である。このためコスト面だけでなく、海外での使用にあたって輸出入やフライトの許可承認などにおいても困難が少なくない。被災文化遺産の迅速計測においては、小型・軽量ドローンが極めて有効である。

撮影された画像は、Agisoft 社製 3D フォトグラメトリーソフト Metashape (2.1.0) により、アライメント、メッシュ構築、テクスチャ構築を行ない 3D モデル化した。動画はフライト状況に応じて一定のフレーム数ごとにクロップし、同様に解析処理した。データは、同ソフトのネイティブ形式 (.psx および付属ファイル群)、静止画像 (.png または .jpg)、および他の 3D データ編集ソフトでも利用可能な交換形式 (.obj および付属ファイル群) として出力、保存した。

モヘンジョダロ HR 地区の事例

図 12~16 は、モヘンジョダロ HR 地区の 3D モデルにもとづく画像である。地上 30m から撮影した 87 枚の写真が、約 175×100m (1.75ha) をカバーしている (図 12)。飛行時間は 15 分以内である。図 13 はカラーテクスチャモデルの正投影図である。現場の現状がよく表現されている。図 14 は標高段彩図であり、それに陰影起伏 (hill shade) を追加したものが図 15 である。地形がより明瞭になり、地表の水流跡や建造物も確認できる。図 16 は、地表の勾配 (hill slope) を可視化したものである。レンガ壁のような直立した構造物は赤で、平坦な部分は青で表されている。これにより、構造物の輪郭がより鮮明に見える。

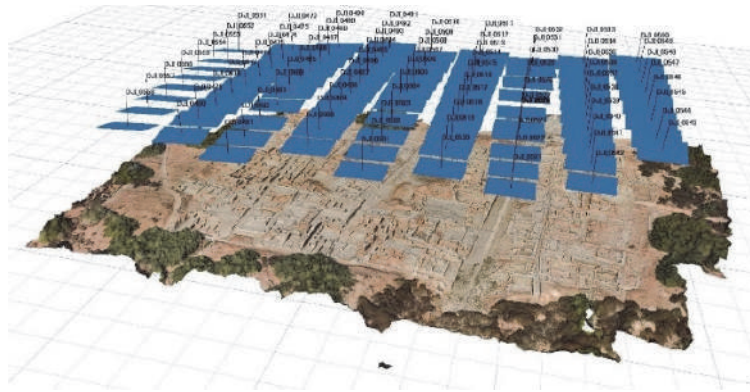


図 12 モヘンジョダロ-HR エリアの写真素材をアライメントした結果。



図 13 カラーテクスチャモデルの正投影図。

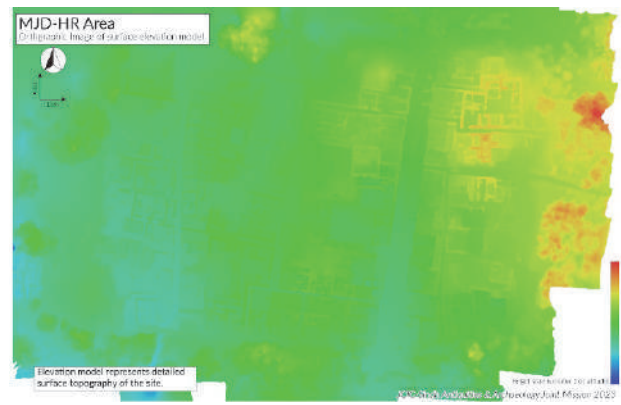


図 14 ステップカラー化した DEM。

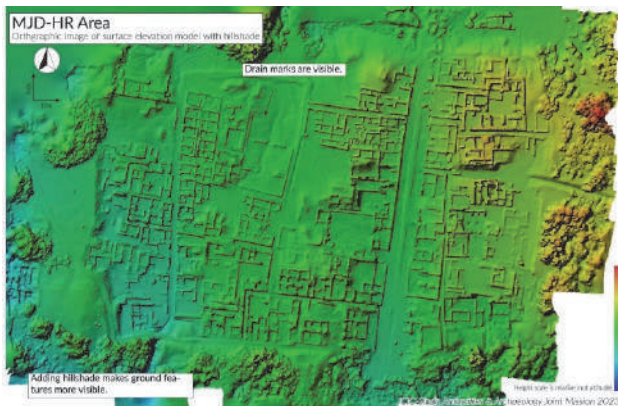


図 15 図 14 に陰影起伏を追加したもの。

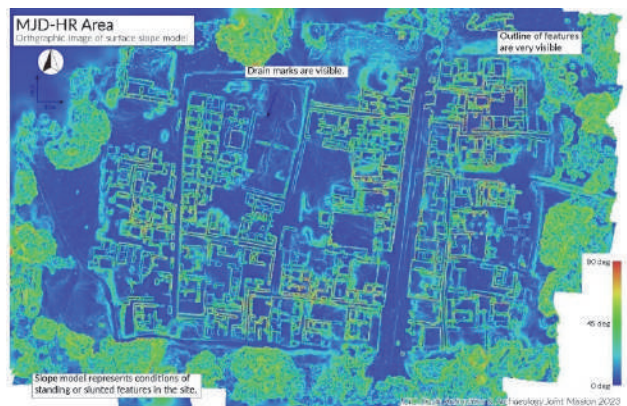


図 16 地表の勾配を可視化したもの。

今回は被災から 1 年以上が経過した時点での計測となったが、その間、目立った降水もなく、また植生被覆もない環境下で、かつ遺跡範囲内において被災痕跡の全面的な清掃除去が行なわれていなかったことから、被災当時の表流水の流痕と推測される微細形状を記録することができた。

HR 地区では、標高がもっとも低い南縁西寄り（図 14 左下側の水色の範囲）に、遺跡外への表流水の排水施設が設置されている。現地責任者によると、2022 年に最も降水量が多かった期間には、ここに向かって表流水が集中し、流向に直交する向きのレンガ積構造物が大きな被害を受けたと言う。今回の計測で記録された痕跡と整合的である。

なお、これらの異なる出力画像は個別に計測されたものではなく、すべて単一の計測記録データに基づいている。つまり、最小限のフィールド記録により、複数の結果が得られるということに注

目してほしい。また、常時微動解析や、被災状況の観察結果の位置を記録する基盤データとしても利用できる。

ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓の事例

図 17 は、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群の中心的な複合施設におけるドローンフォトグラメトリーの結果である。建物の計測記録の場合、GNSS による位置・姿勢の制御が十分得られないため、効果的な運用には手動飛行が必須となる。ドローンがターゲットの建物に近づくと、建物が衛星信号を遮断し、位置情報の精度が著しく低下するからである。フォトグラメトリーのための良好なアライメントのための十分なオーバーラップを確保するために、動画記録を選択した。しかし、プログラム飛行よりも軌道が不安定になる。(図 18)。3 つの異なるビデオ映像から 1,252 フレームが切り出され、平面で約 14.5m 四方、高さで 15m をカバーしている。総飛行時間は約 15 分である。

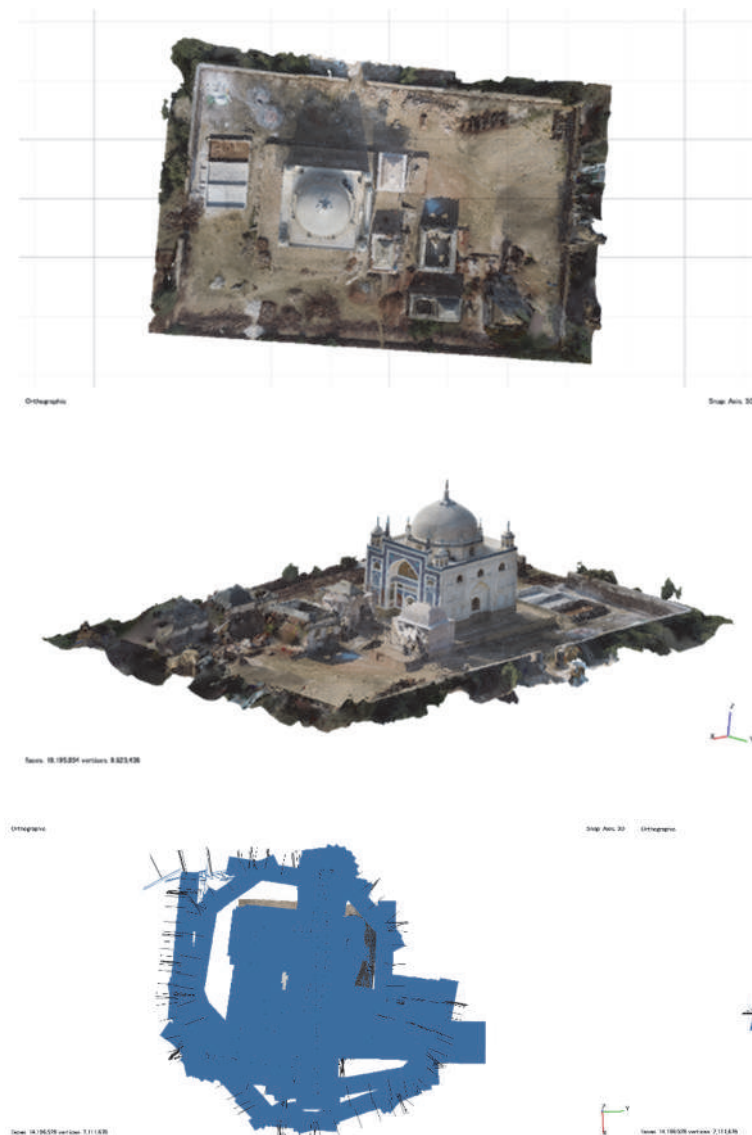


図 17 ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群の主要な複合施設におけるドローンフォトグラメトリーの結果。

図 18 動画記録時のドローンの軌道。

図 19 は、東西南北方向と上面からの正射投影画像である。カラーテクスチャモデルは構造と外観を良好に再現している。これは、遺跡・建物の現状を知るための最良の資料であると同時に、建築・構造解析、保存・修復作業など複数の記録（例えば、サンプリング位置の記録、保存作業、復元部材の設置など）のプラットフォームとなりうる。



図 19 東西南北方向と上面からの正射投影画像。

また、これらの廟墓群の中心的な複合施設のドキュメンテーションに加え、廟墓群から東側の低地（三日月湖の痕跡）の地形を把握するために、約350×200m（7ha）の範囲を、プログラムフライトによる170枚の画像により3Dモデル化した。図20はカラーオルソ図である。画像右端中央付近に廟墓群があり、周囲の廟墓、レンガ積の墓、および民家や道路、家畜囲いなどが鮮明に可視化されている。図21は同じ範囲を南側から斜め俯瞰した図である。ほぼ平坦な地形の中に、廟墓群が立ち並ぶ様子を把握できる。図22は同範囲の標高段彩+陰影図、図23は勾配図である。廟墓群が周囲よりわずかに高い微高地上にあり、その北東～東にかけての凹地に表流水の流痕と推測される微細形状が捉えられる。

2022年水害の際、中核をなす廟墓群は集中的な降雨によりダメージを受けたとされるが、一方で廟墓群を取り囲むレンガ積の墓は半年以上に及んだ湛水により劣化し崩壊が進んでいる。今後、排水計画の策定と対策工が必要となると考えられるが、ドローンフォトグラメトリーにより取得される3Dモデルは、その際の重要な情報基盤となるだろう。



図 20
ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓周辺カラーオルソ図。



図 21
図 20 範囲の斜め俯瞰図。

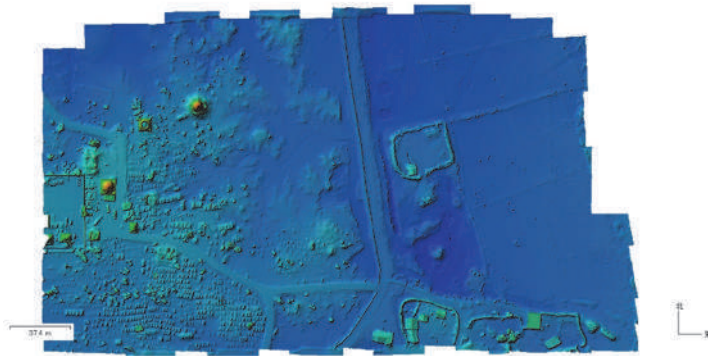


図 22
図 20 範囲の標高段彩+陰影図。

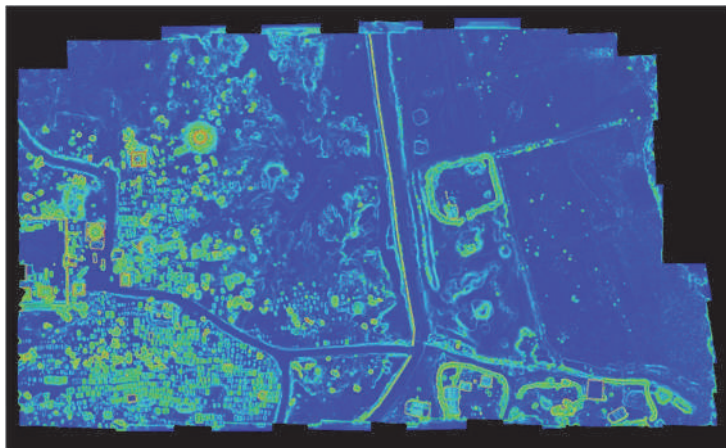


図 23
図 20 範囲の地表勾配図。

クツバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓と周辺地形の事例

廟墓から北東～東を流れる農業用水路付近が特に標高が低いと推測し地形を把握するために、約400×300m (12ha) の範囲を、プログラムフライトによる281枚の画像により3Dモデル化した。図24はカラーオルソ図である。画面中央付近、道路のすぐ西隣にクツバ・ミール・シャーダード・

タルプールとその息子の廟墓があり、周囲に多数のレンガ積みの墓が分布している様子が見て取れる。

図 25 は同じ範囲の標高段彩+陰影図である。タルプール廟墓の辺りがわずかに高く、他は低平な土地であることがわかる。ここでは顕著な流痕は捉えられなかったが、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群周辺と同様、排水計画の策定と対策工の実施の際に利用可能な情報基盤となる。

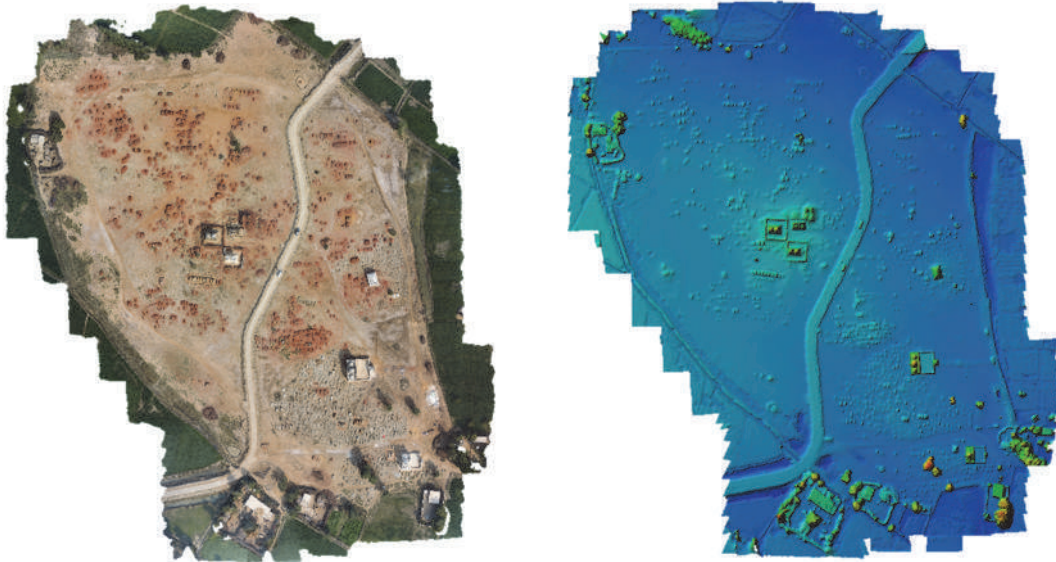


図 24 (左) クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓周辺カラーオルソ図。

図 25 (右) 図 24 範囲の標高段彩+陰影図。

ラーニーコートの事例

2022 年水害により被害の大きかった南側城壁、同城門付近と、サン門周辺についてドローンフォトグラメトリーを実施した。南側城壁では、常時微動計測を行った範囲を中心に約 250×100m (2.5ha) の範囲を、マニュアルフライトによる約 2 分 30 秒の 4K 画質動画からクロップした 368 枚の画像により 3D モデル化した。図 26 は、南側城壁の標高段彩+陰影図である。狭い尾根上に築かれた城壁の状態、高低差と、基盤となる地形の状況が可視化されている。

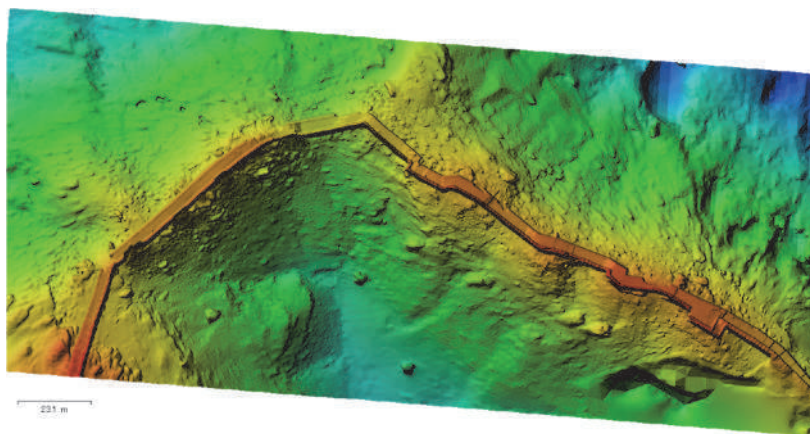


図 26 ラーニーコート南側城壁標高段彩+陰影図。

また、ほぼ破壊されてしまった南側城壁城門を中心に約 220×150m (3.3ha) の範囲を、マニュアルフライトによる約5分の4K画質動画からクロップした275枚の画像により3Dモデル化した(図27)。狭い尾根に挟まれた峠状の地形に築かれた門が、水流の集中により完全に破壊された箇所であるが、同じような被害を防ぐためには単純に再建するだけでなく、降水量に応じた水流とそれへの対策工の効果をシミュレートし、適切な対応を図るべきである。

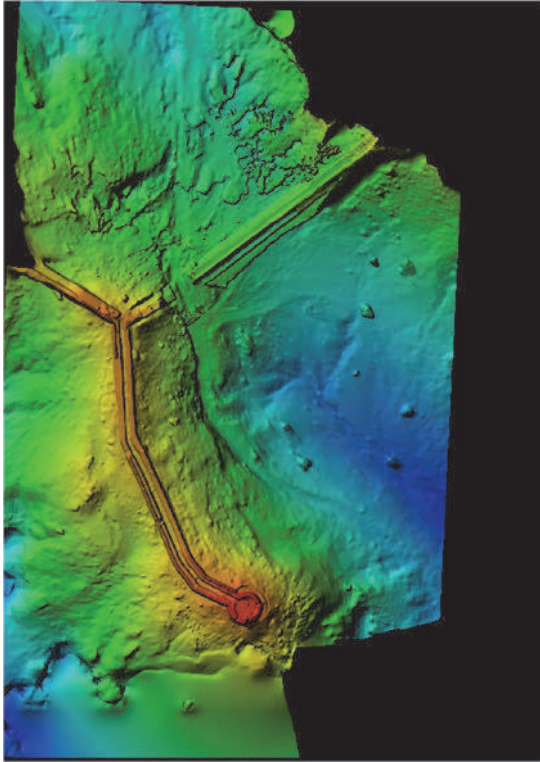


図27
南側城壁門付近標高段彩+陰影図。

ラーニーコート、インダス平野からの入り口にあたるサン門は、キルタル山地から流れ出すワジ(涸れ川)の地形を利用したもので、V字型の谷がインダス平野に続く山麓の扇状地に接する付近に設けられている。ここは2022年水害に限らず、毎年、雨季明けに季節的な水流が見られると同時に、城門の外(東側)に多量の土砂が堆積する場所である(図28、29)。標高段彩+陰影図(図30)では、地形の高低差と谷形状が明瞭化されるだけでなく、基盤となる地層の傾斜方向や角度も視認できる。表流水だけでなく、斜面崩壊等の地盤災害への対策のための情報基盤となり得る。

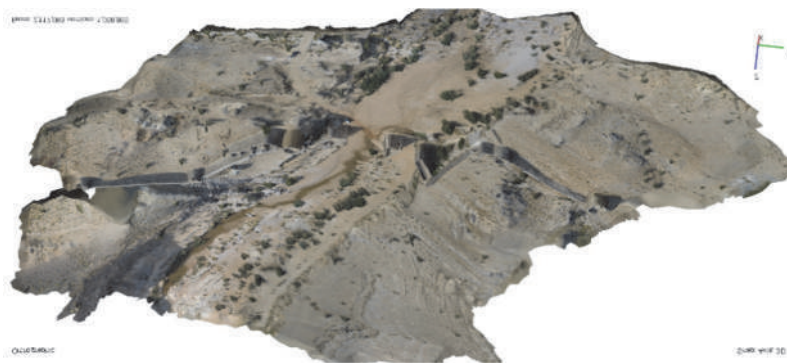


図28
サン門斜め俯瞰図(東から)。

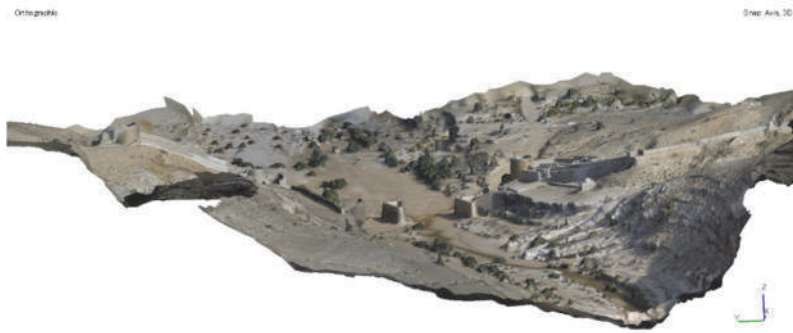


図 29
サン門斜め俯瞰図（西から）。

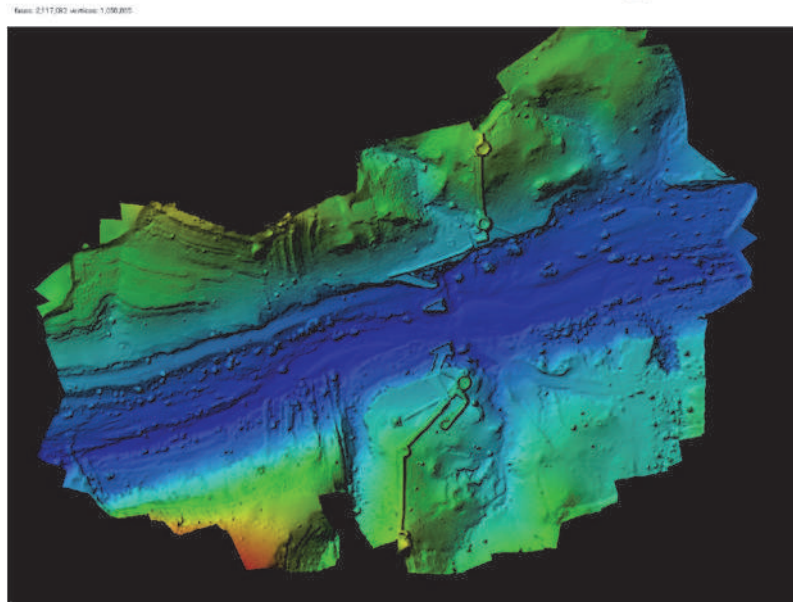


図 30
サン門周辺標高段彩+陰影図。

マクリの事例

ここでは地形ではなく建造物の計測事例を示す。図 31～33 はアルガン朝の墓域のうちアミール・ムハンマド・ヤール廟墓の上面・西面・北面のカラーテクスチャー正射投影図である。ドームが完全に失われており見通しが効くため、マニュアルフライトにより内外を連続的に動画撮影したものから、878 枚の画像をクロップした。建造物の傾きや歪み、はらみが可視化されるので、修復や保全のための情報基盤となる。



図 31
マクリ、アミール・ムハンマド・ヤール廟墓上面。



図 32 マクリ、アミール・ムハンマド・ヤール廟墓西面。



図 33 マクリ、アミール・ムハンマド・ヤール廟墓北面。

図 34～36 は、同じくアルガン朝墓域のうちシェイク・ジヨ廟墓の上面・南面・東面のカラーテクスチャー正射投影図である。元来、ドーム屋根のない構造であるが、約 10m の高さがあり内外の見通しが効かない上に電波が遮蔽される危険性もあったため、内部と外部をそれぞれ動画撮影した。

図 37 は南面を点群表示したものである。ポイントサイズを調整すると内外の構造を透過して可視化することができる。



図 34 シェイク・ジヨ廟墓上面。



図 35 シェイク・ジヨ廟墓南面。



図 36 シェイク・ジヨ廟墓東面。

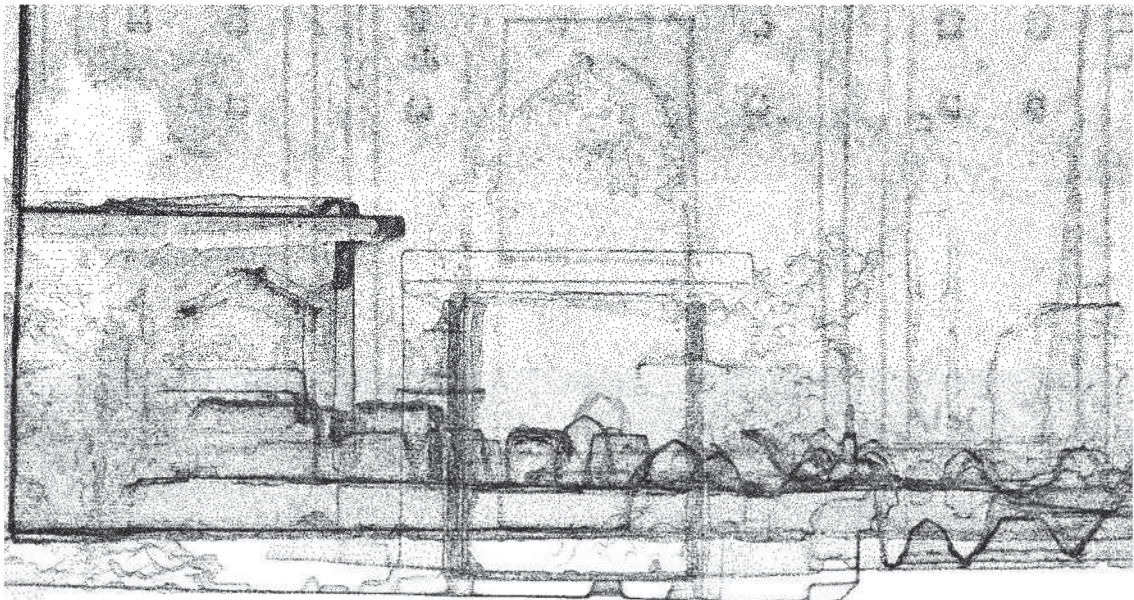


図 37 シェイク・ジヨ廟墓（点群表示）。

ドローンフォトグラメトリーによる迅速な 3D 計測の可能性

今回の調査では 1 カ所当たりの滞在時間が短く、かつ調査・記録に従事する人員も限られていたが、ドローンフォトグラメトリーを導入したことにより、各地点で広域の地形計測から、建造物等の 3D モデル作成までを行なうことができた。

地形計測については、従来の地上での計測では、2~10ha の範囲を 5~10 分程度の現地観測で図化することは全く不可能であった。地上型レーザー/LiDAR スキャナーを使用する場合でも、計測範囲や見通しの関係で複数回の据え替えと計測が必須となるため、やはり 5~10 分という短時間での観測では不足である。

ドローンフォトグラメトリーも、5~10 分程度というのはあくまで現地での撮影時間だけであり、図化処理を経て成果物を得るためにはさらに時間が必要となる。しかし現地活動時間が限られている中で、計測・記録に割く時間を極小にとどめることができることは、観察やサンプル採取等、その他の作業時間や人員の確保ができる点で極めて有効である。また、カラーオルソ図から標高段彩、勾配図等、一回の計測から複数の出力を得られることも効率化に寄与する。位置座標やサイズ、角度などについて正確な情報を保持しているため、試料採取や各種計測位置の記録、保全や修復、防災対策等、様々な目的に対応する情報基盤となる。なおこれらの成果は、Sketchfab や 3DDB Viewer のようなプラットフォームを利用することで、公開・共有も可能になる。

十分な作業時間や人員を確保することが困難な場合も少なくないと想定される被災文化遺産の応急記録に、この手法が極めて有効であることは言うまでもないだろう。

3. 構造的な損傷のアセスメント

計測目的

建物の振動特性を把握するための基礎データを得ることを目的として、常時微動計測を実施した。計測結果から建物の基本的な振動特性である固有振動数や振動モードを把握する。固有振動数は建物の剛性と相関があり、また振動モードは建物の揺れやすい箇所が特定できるため、計測結果から建物の振動の特徴を把握するとともに、今後の修理において特に注意すべき部位を検討するための重要な情報となる。なお、これらの計測結果は、地震以外の暴風や豪雨などの外的要因や経年劣化による部分的な損傷が建物の安定性に及ぼす影響を検討する上でも有効である。

計測方法

常時微動とは、振動源から伝搬された原因が特定できない入力による建物の微小振動である。常時微動の時刻歴波形を計測し解析することにより、建物の振動特性を評価できる。常時微動計測は非破壊で実建物のデータが得られるという利点がある。計測には図 38 に示す携帯型高感度振動計（SPC52）、センサーとしてサーボ型速度計（VSE-15D）5 台を用いた。ノートパソコンに接続された SPC52 に 5 台の VSE-15D をそれぞれ接続した。各建物において設置位置や方向を変えて数パターンの同時計測を行った。



図 38 計測機器（左：携帯型高感度振動計 | 右：サーボ型速度計）。

各ケースともサンプリング周波数 100Hz として 300 秒間のデータが 2 個以上記録されるまで計測を行った。計測した記録をローカット 0.1Hz（モヘンジョダロのみ 1Hz）、ハイカット 20Hz（モヘンジョダロのみ 50Hz）でフィルター処理を行った後、40.96 秒間（4096 データ）ずつ分割し、50%（2048 データ）ずつオーバーラップさせて各ケース数十個のデータセットを作成した。得られた各記録に高速フーリエ（FFT）変換を行ってフーリエ振幅スペクトルを計算し、ハニング・ウィンドウによる平滑化処理を 50 回施した後、アンサンブル平均を行った。地盤面に対する建物内の各計測点のフーリエスペクトル比から固有振動数や振動モードを推定した。

計測結果（モヘンジョダロ）

対象構造物は図 39 に示す HR エリアの遺構であり、通路を挟んで北側の煉瓦壁は損傷が小さく、南側の煉瓦壁は損傷が大きい。各ケースにおける速度計の設置位置を図 40 に示す。Ch1 を地盤面に設置し、Ch2 と Ch4 を損傷が大きい南側の煉瓦壁、Ch6 を損傷が小さい北側の煉瓦壁にそれぞれ設置し、CASE1 と CASE2 で南北方向、CASE3 で東西方向をそれぞれ計測した。

フーリエスペクトル比を計測ケース別に図 41 に示す。南北方向では損傷が大きい南側の煉瓦壁は 22Hz 付近、損傷が小さい北側の煉瓦壁は 10Hz 付近にそれぞれピークが見られ、東西方向では明瞭なピークは確認されなかった。損傷が小さい北側の煉瓦壁の方がピーク振動数は小さくなったが、これは CASE1 の Ch6 のセンサーを置いた煉瓦壁の端部に直交する煉瓦壁が存在しておらず、損傷の大小ではなく、煉瓦壁の支持条件が影響したためと考えられる。以上より、煉瓦壁の安定性は損傷の大小だけではなく、その壁に直交して支持する煉瓦壁の存在が重要である。



図 39 対象建物（モヘンジョダロ）（左：東から | 右：北から）。



図 40 計測位置（モヘンジョダロ）（左：CASE1,2 | 右：CASE3）。

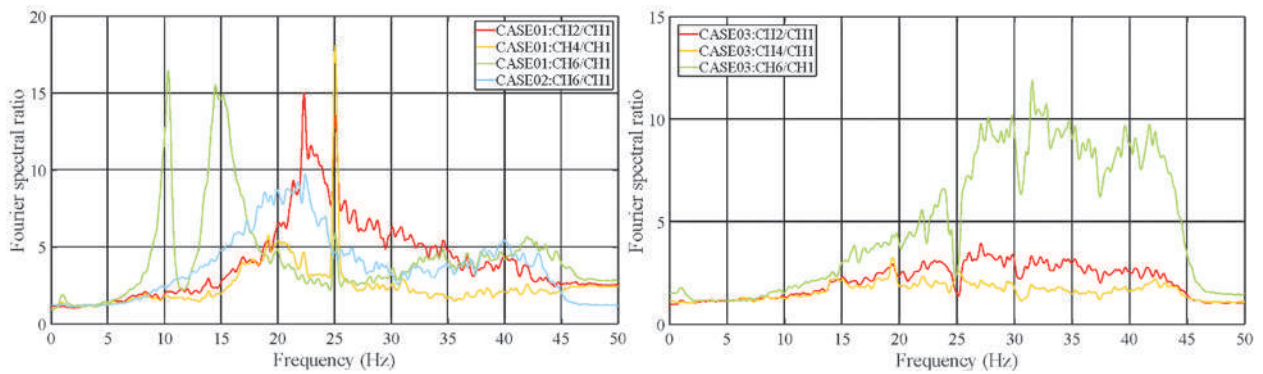


図 41 計測結果 (モヘンジョダロ) (左: CASE1,2 | 右: CASE3)。

計測結果 (コートディジー城)

対象構造物は図 42 に示す頂上エリアの城壁であり、同様の構造形式で東側の煉瓦壁は損傷が小さく、西側の煉瓦壁は損傷が大きい。各ケースにおける速度計の設置位置を図 43 に示す。Ch1 を地盤面に設置し、Ch2 と Ch4 を損傷が大きい西側の煉瓦壁、Ch3 と Ch6 を損傷が小さい東側の煉瓦壁にそれぞれ設置し、CASE1 で南北方向、CASE2 で東西方向をそれぞれ計測した。

フーリエスペクトル比を計測ケース別に図 44 に示す。南北方向ではどちらの煉瓦壁も 8.3Hz 付近に共通のピークが見られ、一体となって振動している様子が確認できるが、振幅は損傷が大きい西側の煉瓦壁の方が大きい。東西方向では損傷が小さい東側の煉瓦壁では 10Hz 付近に共通のピークが見られ、一体となって振動している様子が確認できるが、損傷が大きい西側の煉瓦壁では共通のピークは確認できなかった。これは損傷により Ch4 を設置した煉瓦壁の縁が切れていることが影響したためと考えられる。以上より、城壁のような連続している煉瓦壁では、損傷により縁が切れると安定性を失ってしまうため、その対策が重要となる。



図 42 対象建物 (コートディジー城) (左: 西側-損傷大 | 右: 東側-損傷小)。

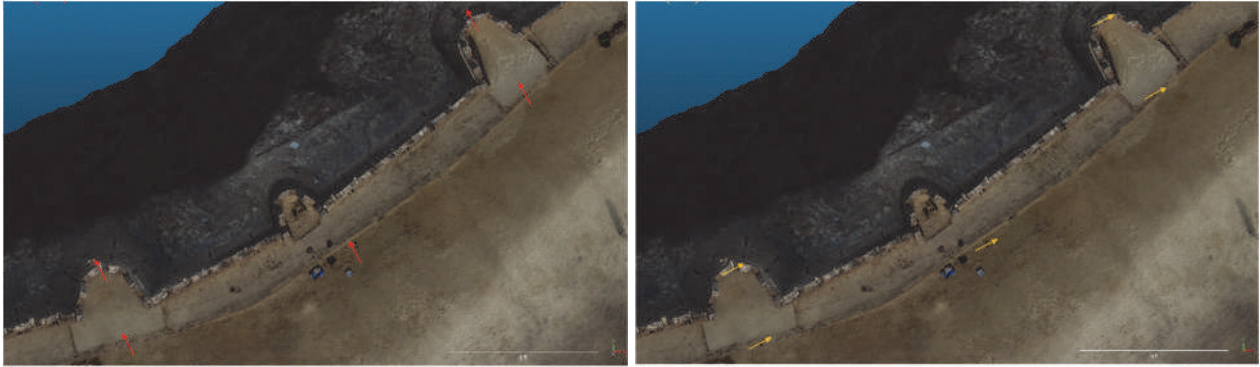


図 43 計測位置（コートディジー城）（左：CASE1 | 右：CASE2）。

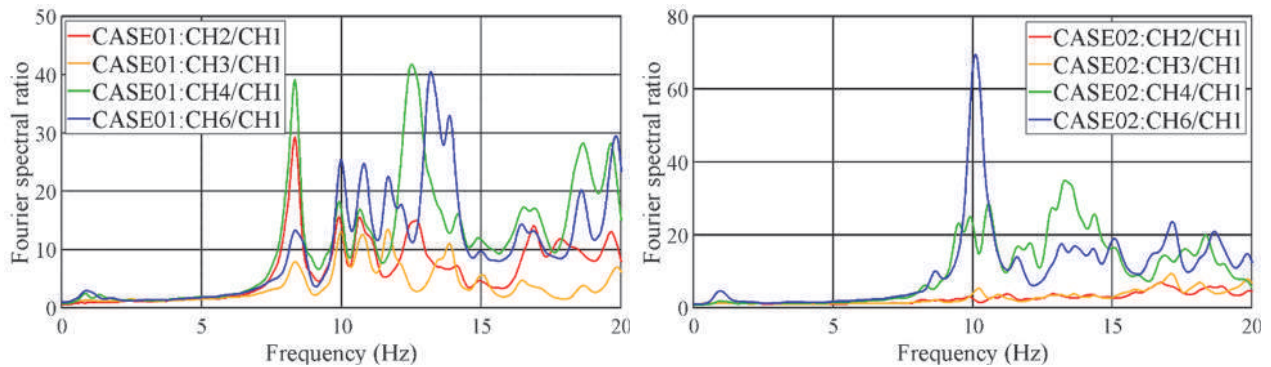


図 44 計測結果（コートディジー城）（左：CASE1 | 右：CASE2）。

計測結果（ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群）

対象構造物は図 45 に示すミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群のドーム状の建物であり、外壁は修復済であるが、内部はひび割れが残っている状態である。各ケースにおける速度計の設置位置を図 46 に示す。Ch1 を地盤面に設置し、Ch2, 3, 4, 6 を屋上階の四辺の中央にそれぞれ設置し、CASE1 で南北方向、CASE2 で東西方向をそれぞれ計測した。

フーリエスペクトル比を計測ケース別に図 47 に示す。南北方向、東西方向ともに 4.9Hz と 10Hz 付近にそれぞれピークが見られ、前者が壁の面内方向の固有振動数、後者が壁の面外方向の固有振動数と推察される。通常、面内方向に比べて面外方向の壁の方が固有振動数は小さくなるが、この建物では大小関係が逆になっている。これはドーム部分のアーチ効果によって面外方向の振動が拘束されていることが影響したためと考えられる。以上より、屋上がドーム状になっている建物の壁の安定性は、ドーム部分の損傷が及ぼす影響が大きい。



図 45 対象建物（ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群）（左：外観 | 右：内観）。



図 46 計測位置（ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群）（左：CASE1 | 右：CASE2）。

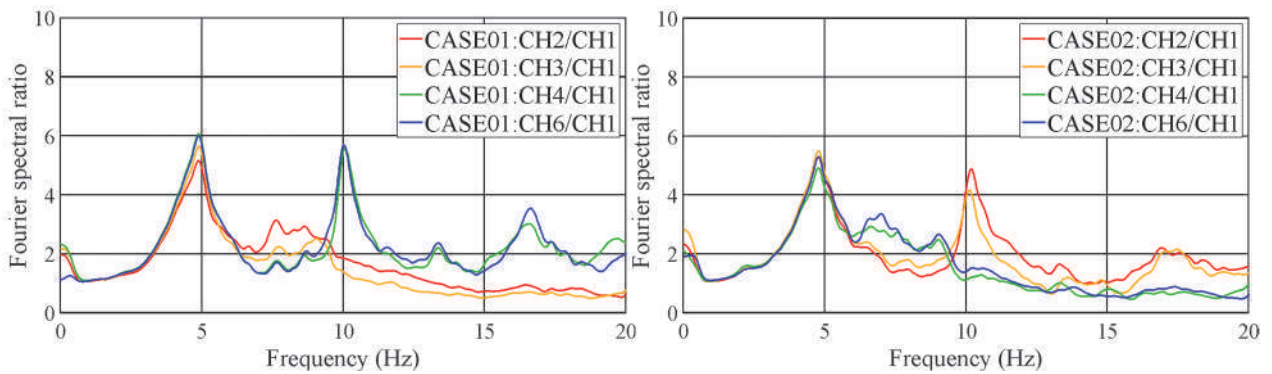


図 47 計測結果（ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群）（左：CASE1 | 右：CASE2）。

計測結果（クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群）

対象構造物は図 48 に示すクッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群の 8 本柱を有するドーム状の建物であり、同様の構造形式で東側の石造構造物は損傷が大きく、西側の石造構造物は損傷が小さい。各ケースにおける速度計の設置位置を図 49 に示す。損傷の大きい東側の石造構造物では、Ch1 と Ch2 を地盤面に設置し、Ch 3, 4, 6 を屋上の隅角部の対角位置にそれぞれ設置し、CASE1 で南北方向、CASE2 で東西方向をそれぞれ計測した。同様の計測を損傷の小さい西側の石造構造物においても実施し、CASE3 で南北方向、CASE4 で東西方向をそれぞれ計測した。

フーリエスペクトル比を計測ケース別に図 50 に示す。南北方向、東西方向ともに損傷が大きい損傷の大きい東側の石造構造物では 4.9Hz 付近、損傷の小さい西側の石造構造物では 5.9Hz 付近にそれぞれピークが見られる。損傷が小さい西側の石造構造物の方がピーク振動数は大きくなり、柱部分に大きな損傷が見られなかったことより、ドーム部が欠損して建物の一体性が失われたことが影響したと考えられる。以上より、屋上がドーム状になっている石造構造物の安定性は、ドーム部分の損傷が及ぼす影響が大きい。



図 48 対象建物（クッバの墓）。



図 49 計測位置（クッバの墓）（左：CASE1,2 | 右：CASE3,4）。

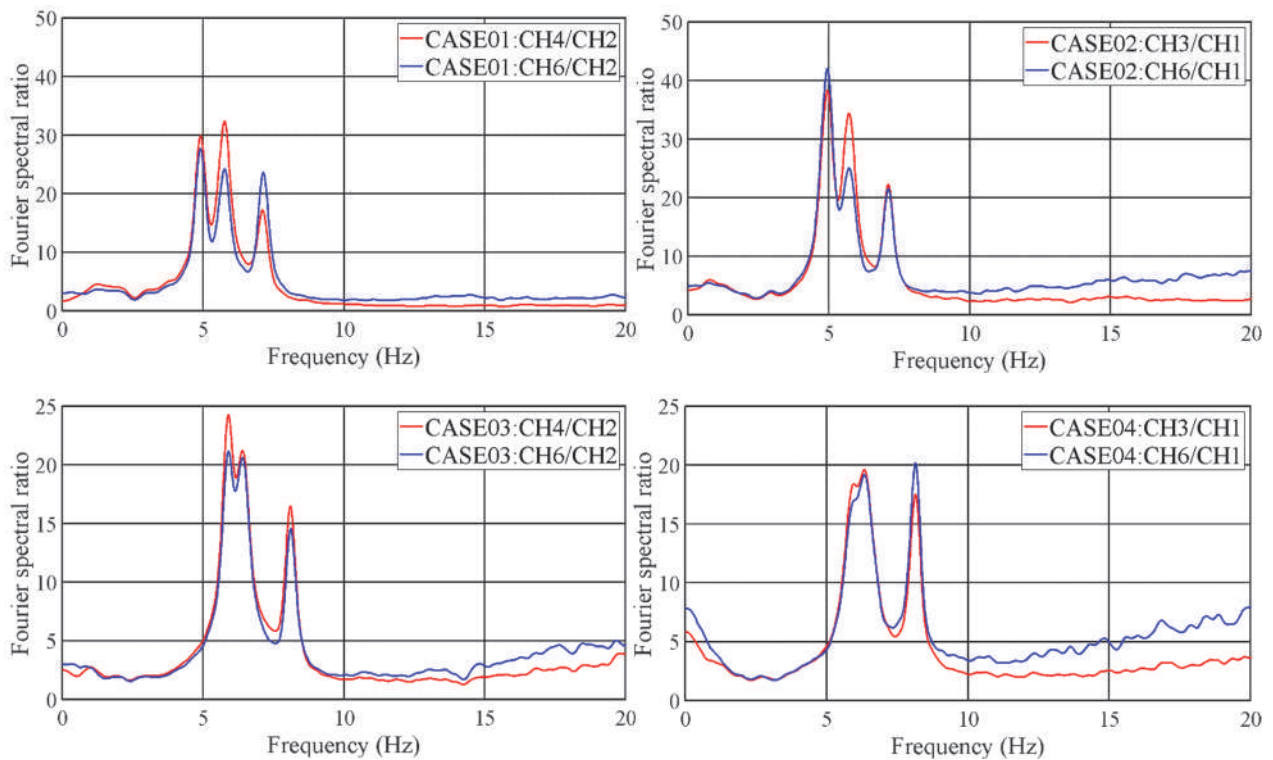


図 50 計測位置 (クッバの墓)。

(左上 : CASE1 | 右上 : CASE2 | 左下 : CASE3 | 右下 : CASE4)

計測結果 (ラーニーコート)

対象構造物は図 51 に示す城壁の一部であり、同様の構造形式で東側の石積壁は後世の修復によって漆喰仕上げが施されており、西側の石積壁はオリジナルの状態である。速度計の設置位置を図 52 に示す。Ch1 を地盤面に設置し、Ch2 を修復後の東側の石積壁、Ch3 と Ch4 をオリジナルの西側の石積壁にそれぞれ設置し、南北方向を計測した。

フーリエスペクトル比を図 53 に示す。修復後の東側の石積壁では 14Hz 付近、オリジナルの石積壁では 11Hz 付近に共通のピークが見られる。修復後の石積壁の方がピーク振動数は大きい、オリジナルの石積壁とは別々に振動している様子が確認でき、城壁としての一体性が失われていることが影響していると考えられる。以上より、城壁のような連続している石積壁は、場所によって工法が異なると一体性を失ってしまうため、修復に用いる工法を統一することが重要である。



図 51 対象建物 (ラーニーコート)。

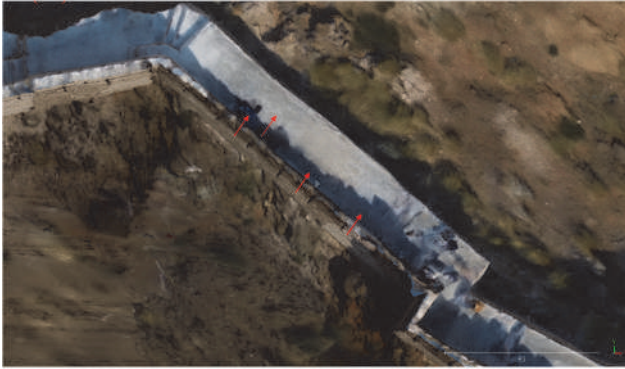


図 52 計測位置（ラーニーコート）。

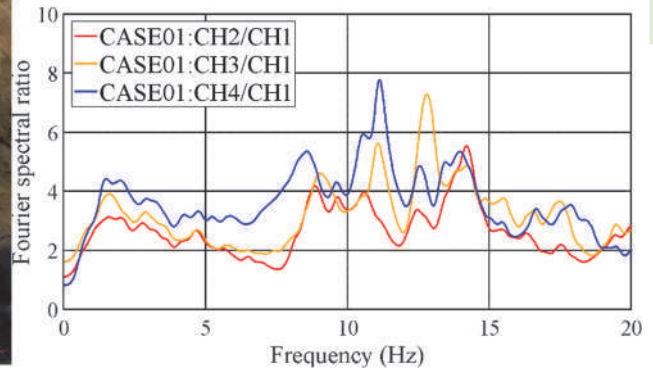


図 53 計測結果（ラーニーコート）。

計測結果（マクリ）

対象構造物は図 54 に示すマクリの石造建物であり、ドーム部分は欠損、一部の壁は崩落している。各ケースにおける速度計の設置位置を図 55 に示す。Ch1 を地盤面に設置し、Ch 2, 3, 4, 6 を屋上の隅角部の対角位置にそれぞれ設置し、CASE1 で南北方向、CASE2 で東西方向をそれぞれ計測した。

フーリエスペクトル比を計測ケース別に図 56 に示す。Ch2 と Ch3 では 12Hz 付近、Ch4 と Ch6 では 11Hz 付近にそれぞれピークが見られ、東西方向、南北方向共に構面間でピーク振動数が異なる。これはドーム部分が欠損して建物の一体性が失われたことが影響したためと考えられる。以上より、屋上がドーム状になっている石造構造物の安定性は、ドーム部分の損傷が及ぼす影響が大きい。



図 54 対象建物（マクリ）。



図 55 計測位置（マクリ）。

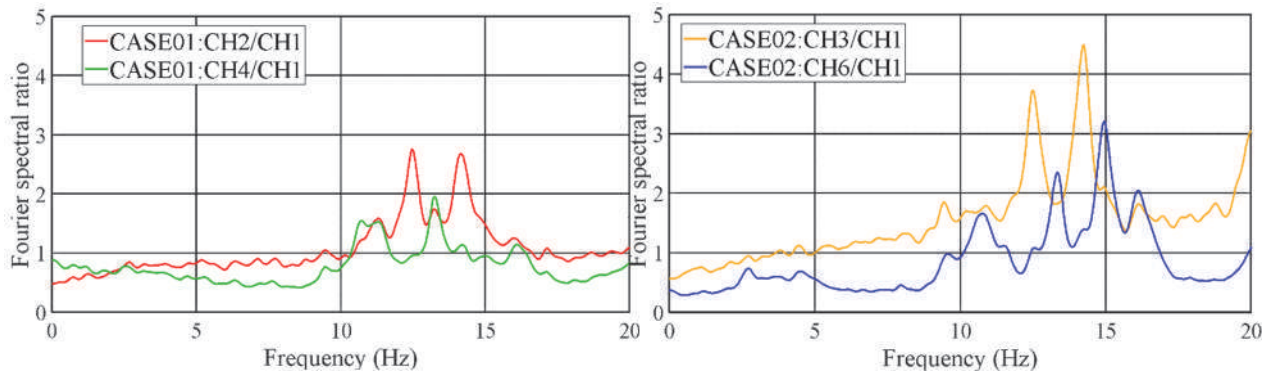


図 56 計測結果 (マクリ) (左 : CASE1 | 右 : CASE2)。

4. モヘンジョダロ



図 57 モヘンジョダロの全景と建造物の位置。

サイトの全体的な状況

モヘンジョダロは、シンド州ラルカナ県、インダス川下流の右岸近くに位置する。洪水から遺跡を守るため、小高い山の上に建設されており、周囲に比べて比較的高い場所にある。同遺跡は、主要な建造物を水害被害から守るために、高度な排水・下水システムを有する円形の排水路に囲まれている。現在に至るまで継続的に新しい排水路が作られるとともに、既存の排水路は定期的に清掃されている。また、建造物から水を迂回させるため、レンガと土で作られた防壁が、建物密集区域内と遺跡の端に設置されている。また、岩の支柱に泥を積み上げた上で、石張りで補強された巨大な内堤と外堤も有しており、遺跡がインダス川の氾濫や浸食からの被害を受けないように整備されている。

被害の原因

地上観測雨量が利用できないため、日降雨データは、NASA が提供する「Integrated Multi-satellitE Retrievals for GPM」(IMERG 衛星降雨データ)を用いた。これによると、モヘンジョダロ付近の 2022 年 8 月の降雨量は 780mm に及ぶ。インダス川は記録的な流量を記録したものの、モヘンジョダロは比較的高所に位置し、堤防に守られていたため、河川の水が直接モヘンジョダロに到達することはなかったと報告されている。一方、50mm/日を超える記録的な大雨が降った（そのうちの 1 日は 160mm 以上）ため、雨滴による浸食、泥やレンガの流失、構造物内部での水の蓄積などにより、遺跡は大きな被害を受けた（図 58）。

具体的な損害は以下の通りである。

- ・ ストウパのドームの防護壁の崩壊・損害
- ・ 壁の崩壊、泥やレンガの流失による空洞や穴の発生

- ・ スロープへの浸食と、スラリー（泥と液体が混ざった懸濁液）による構造物や壁の基礎の脆弱化
- ・ 排水システムが大量の水、砂、シルト、その他の物質で詰まり、敷地内の高さ約 30～60cm まで湛水したことによる損害

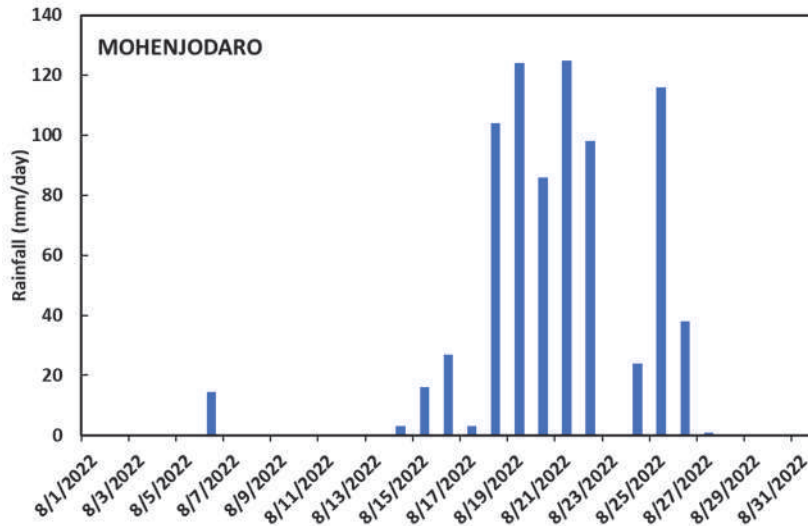


図 58 モヘンジョダロ付近の 2022 年 8 月の降雨強度 (©NASA IMERG 衛星データ)。

洪水前後の状況

モヘンジョダロの長期にわたる劣化の主な原因は、次の 3 つである。

- ・ 表面排水
- ・ 洪水発生以前からあった壁構造の脆弱性
- ・ モルタルやレンガ内部の塩類の結晶化および水分量・湿度の増加

長期的な問題に対処するため、シンド州政府は、脆弱部へのスラリーや泥の充填、構造物の再点検や基礎の増強、河川の氾濫を防ぐための堤防や支柱の建設、古代から残る排水路と新たに建設された排水路の維持管理、新規の排水路建設といった保全策を採用している。また、建造物から水を迂回させるため、煉瓦と土で造られた防壁が建造物区域内と遺跡の端に建設されている。

2022 年 8 月の洪水後、来訪者のために整備された通路の一部が水の流れを妨げていること、一部の通路が遺跡側に傾いているために生じる水流によって遺跡の壁の土台が弱くなっていることが報告されている。また、雨水の壁への流入を最小限に抑えるためのキャッピング（泥の覆い）や保護カバーの吸水容量を超え、水が内部に浸透していった。いくつかの区画内では、床下の埋め戻しに隙間が生じ、窪みが形成された²²。

調査団が現地を訪れた時点では、倒壊した瓦礫やレンガはほぼすべて撤去され、修復・保存作業が進行中であった。

²² Joffroy (2023). *Mohenjodaro UNESCO emergency mission following disastrous rainfall in 2022*.



図 59 左：遺跡の現状。壁は保存修復され、下地には泥と藁が使用されている。
右：崩壊した壁の様子。適切な保存修復が必要とされている。



図 60 S.D.およびHRエリアにおける、主要構造物保護のための新旧排水システム。
一部ではコンクリート経路が設営されている。



図 61 極端な気候・気象条件から遺跡（壁やストゥーパのドームなど）を保護するために、スラリーや泥でキャッピングされている遺跡の様子。

必要な措置

シンド州政府の保存状況に関する報告書によると²³、以下の措置が講じられた。

- ・ 排水溝のゴミや泥の除去
- ・ キャッピングの更新、緩んだレンガの修復、壁の空洞の充填
- ・ 鉄骨支柱の補修工事による傾いた壁の補強と浅い排水溝の建設
- ・ 豪雨後にできた溝の埋め込み

前述のユネスコによる緊急ミッション²⁴では、次のような提案が出された。

- ・ 床の勾配や層の変更によるフローリング工法の見直し
- ・ 水路数の増加と集水面積の拡大を含む排水設計の改善
- ・ 水の排水先の確保と、古代の排水路の再稼働
- ・ 将来的な保全作業を開始するため、排水区域と脆弱な区域を特定する色分け図面の作成
- ・ 東のインダス川と西のダードゥ運河への排水路の特定を含んだ、区域全体の排水計画の作成
- ・ 遺跡の塩類風化対策の改善
- ・ 気候変動による甚大な降雨対策を念頭に置いたマスタープラン（1997年）の改訂
- ・ 復旧作業のための人員増

その他の考慮すべき措置

- ・ 2010年と2022年に観測された集中豪雨に対するキャッピングの強度テスト
- ・ ピーク時の降雨量と排水能力を把握するためのシミュレーション作業・推定作業

²³ GoS. (2023). *State of conservation report: archaeological ruins of Mohen Jo Daro, Larkana, Sindh, Pakistan*. Culture, Tourism, Antiquities & Archaeology Department, Government of Sindh.

²⁴ Joffroy. (2023).

- ・ 敷地内の水を外環排水路に排水するための新規排水路の増設

構造的なダメージ

これまで、同遺跡では降雨に備えて排水路等を整備していたが（図 62）、2022 年洪水では十分にその機能を発揮することができなかった。その原因の一つは、広大な遺跡であるが故に排水設備の維持管理が十分にできていなかったことにある。しかしながら、遺跡全体を俯瞰すると、降雨による激流の排出経路は必ずしも排水路だけではない（図 63）。HR 地区においては、水が溜まりやすく、かつ排水が困難である構造をもつ住居遺構があり、これらの遺構の損傷も大きかった。

材料の腐敗

モヘンジョダロの保存において、これまで問題とされてきたのは塩類析出による遺構の破壊であった。この塩類風化を軽減するために採られてきた方法が、遺構表面を泥で被覆し、塩類の析出を遺構面ではなく泥の部分で生じさせるというものである。今回の水害で問題となったのは、きわめて強い降雨により、キャッピングの構造内において構造物と泥との間の亀裂に大量の水が流入たことで遺構が損壊したとのことであった（図 64）。日本国内においても岡山県総社市の鬼ノ城遺跡で版築壁が崩落するという同様の事例があり、遺構の保存処理方法については両国で共通の課題を有している。

さらに考慮すべき措置

気候変動の影響により、想定以上の降雨量が短時間に発生することは今後も十分に予想されることから、遺跡全体の排水計画を再検討する必要がある。排水計画の策定においては、遺跡の地形を十分に把握した上で、排水時経路のシミュレーション解析等を通じて遺跡に与えるリスクを確認し、それを解消するための方法を検討する必要がある。排水設備については、遺構そのものに介入せざるを得ないことも想定されることから工法には十分な検討を要するが、今後頻発することが予測される豪雨対策としては、短期的な視点から緊急対策を講じる必要がある。

課題としては、オリジナルの遺構を守るための保存処理と強度の降水量に耐えることのできる構造の付与が挙げられる。また、現在遺跡の外壁保護のために設けられているキャッピングも恒久的なものではなく、定期的な交換が必要という維持管理の考え方も徹底されるべきであろう。さらに、キャッピングの方法についても、新たな材料と工法についての研究を続けることによって、耐用年数の長期化とより安定した遺構の保存を目指す必要がある。

2022 年の洪水によりモヘンジョダロで認識された課題は上述の通りであるが、この水害による被害をさらに拡大させている前提として、塩類風化の問題がある。現在でもその対策は十分であるとは言えない（図 65）。塩類風化により遺構が脆弱化しており、ここに強雨が降ることさらなる損壊が生じている状況である。モヘンジョダロでは実験室を設置し、キャッピングに用いる材料試験を継続的に実施している（図 66）。広大な遺跡であるモヘンジョダロの塩類風化は、世界的にも注目されている問題である。一見すると一様に見えるモヘンジョダロの塩類風化は、実際には日照、地下水位、温度、湿度、地形等の様々な要因により、場所によって多様化している（図 67～69）。

ひとつの問題を解決するためには、その問題の原因の調査、対策の検討、保存対策の施工、実施した保存対策の検証が必要であり、当然のことながら、モニタリングを継続していく必要もある。

モヘンジョダロに常設される現地実験室をさらに充実させ、対応できる人材の質的・量的な増加はモヘンジョダロの塩類風化を克服することになり、ひいては、遺跡そのものの水害に対するレジリエンスを高めることにつながる。



図 62 モヘンジョダロ HR 地区に整備されている排水路。2022 年洪水の時にはゴミ等で塞がれていた。



図 63 モヘンジョダロ HR 地区。複雑な起伏があり、排水困難な住居跡も存在している。



図 64 シタデル地区ストウパ上部の養生。指をさしている部分から前面は崩落した部分を修復した場所。



図 65 塩類風化が進行しているレンガ壁。塩類風化は遺跡全体で見られ、対策の検討が必要である。



図 66 水と土壌の調査実験室。修復用のレンガを作るための土の分析等を行っている。



図 67 修復用の焼成レンガ。塩類風化で崩落した部分のレンガを補修用のレンガで置き換える。



図 68 北面の壁の塩類風化の状況。下から 5 段目より下で塩類の析出が認められる。

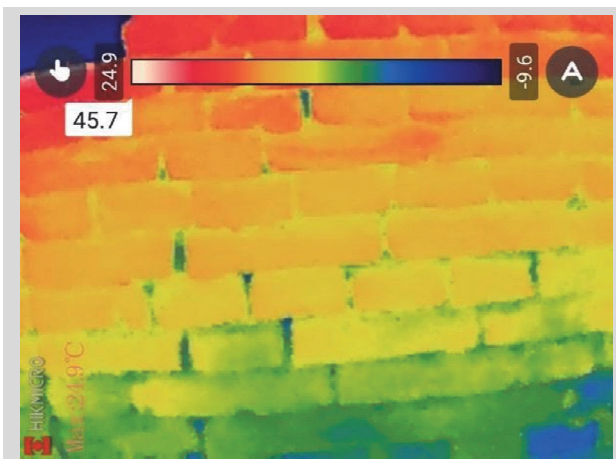


図 69 図 68 の熱画像。塩類が析出している部分は温度が低い傾向にある。水分の蒸発潜熱の影響かは不明。含水比の測定が必要。

5. コートディジー城

サイトの全体的な状況

コートディジー城の砦は、シンド州カイルプール県の南約45kmに位置し、モヘンジョダロとは反対側のローリー丘陵のふもと、インダス川東岸にある。砦からは海拔の低い都市を見下ろすことができる。市街地は低地に位置するため、2022年8月の洪水では約2～3ヶ月間に渡って約1.8m以上の水に浸水した。市の北端と南端の間に一時的な堤防が築かれ、市街地西部に水が向かうことを防ぐため、水が古い小路を重力に沿って東に進むように対処された。水流はこの堤防に沿って排水地点に向かって移動し、最終的にはカイルプール県東部の用水路に流れ着いた。さらに、市街地から1kmほど離れたタルカ病院の外にはポンプが設置され、コートディジー城の西側から排水した²⁵。

被害の原因

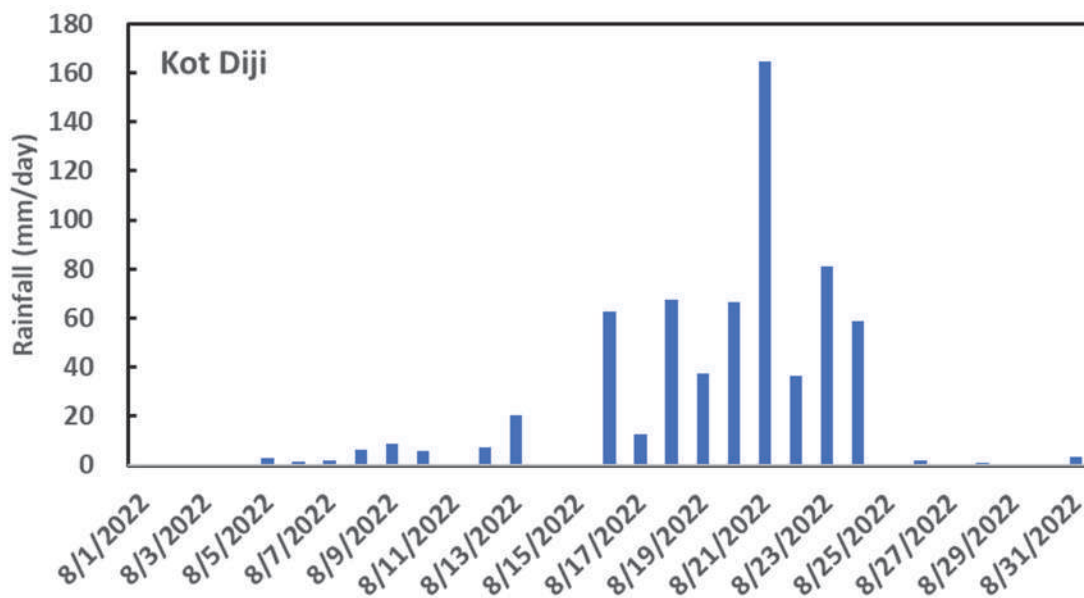


図70 コートディジー城付近の2022年8月の降雨強度（©NASA IMERG 衛星データ）。

IMERG 衛星降雨データによると、コートディジー城の付近では、2022年8月には約650mmの降雨を記録した。また、2022年8月の洪水では、砦の近くの市街地は2～3ヶ月の間に渡って約1.8m以上の浸水が続いたが、砦は大きな洪水の影響を受けなかった。浸水は砦の麓まで達し、砦の入り口では水位が30～60cm程度であったと報告されている。モヘンジョダロと同様、50mm/日を超える記録的な大雨が降り続き（そのうちの1日は160mm以上）、遺跡に甚大な被害を与えた（図70）。

具体的な損害は以下の通りである。

- ・ 内部境界壁の崩壊／損害
- ・ 泥・モルタル・レンガが浸潤・流失したことによる壁や通路・デッキの崩壊および構造物内部の空洞や穴の形成
- ・ スロープの浸食と、泥・モルタルの浸食による構造物や壁の弱体化

²⁵ Mohammand H. K. (2022). *Footprints: Returning to ruined abodes*. DAWM.

洪水前後の状況

コートディジー城の長期的な劣化の主な原因は以下の通りである。

- ・ 経年劣化や従来の自然条件により、壁や構造体に洪水発生前から弱点があったこと
- ・ 表面の水はけの悪さと雨滴による衝撃や飛沫によって生じる石積みの空洞化や接着部のモルタル喪失と、通路に沿った水流による壁面基部の弱体化
- ・ 壁内の水分量／湿度増加



図 71 左は砦の入り口、右は入り口付近の境界壁の状況。



図 72 砦の入り口付近の境界壁の状態。



図 73 被害後の壁や構造物の状況。



図 74 修復作業中の通路やデッキ、壁。



図 75 左：砦の入り口付近の水位。
右：砦の職員が指摘した 2022 年 8 月の洪水時の市街地の水位。



図 76 排水システムの現状。

必要な措置

- ・ 排水溝にたまったがれきや泥水の除去、排水溝の増設
- ・ 緩んだレンガの修復と壁の空洞充填
- ・ 高い垂直の内壁と境界壁へのバットトレス（支え・控え壁）の設置
- ・ 大雨の後に壁やドームにできた溝の埋め込み
- ・ 通路沿い、または最上階に水が流れるようにスロープを維持、または浅い排水路の増設
- ・ 内壁および外壁の水分量／湿度による損害の対処方法の改善
- ・ 将来的な洪水から都市を守るための排水システムと排水ルートの調査と、適切な洪水軽減構造の設計

構造的なダメージ

コートディジー城は城壁に多くの銃眼を有しており、2022 年洪水時にはこの部分がある程度の排水機能を果たしていたと考えられるが、中門に至る坂道においては、最終的に銃眼から流れ出した水は坂道に沿って流れ、結果的に大量の水が激流となって流れ下り、城壁を大きく破壊したと考えられる（図 77）。もっとも、この銃眼は本来排水設備として作られたものではないため、漆喰などの防水施工がされているわけではなく、水害時にはレンガの目地に使用されていた泥土が流れ出し、銃眼そのものが損傷を受けている状況にある（図 78）。

2022 年洪水で崩壊した城壁部分は、創建当初のオリジナルの部分ではなく、ほとんどが 1955 年に実施された修復の部分であるとのことであった。洪水前にはこの修復された城壁にすでに亀裂が発生しており、水害時にまずこの亀裂を起点に下側が崩壊し、次いで上側が崩壊したとのことであった。新たな修復部分はオリジナルのレンガ積みではなく、人頭大の石灰岩礫を泥土ともに固めて壁体となし、その表面に石灰岩ブロックを積み上げて作られている（図 79）。崩壊した城壁部分については、急坂部分でもあることから、オリジナルのレンガ積みでも崩落は免れなかったかもしれない。しかしながら、オリジナルの泥土を目地にしたレンガ積みとモルタルを目地にした石灰岩ブロック積みが共存した場合、構造と材料のアンバランスが強度のアンバランスを生じ、結果的に破壊のリスクを生じることになる。亀裂部分より下側が先に崩壊したことは、亀裂への水の侵入により内部の泥土が洗掘された可能性も考えられる。これまでの修復も含め、コートディジー城ではオリジナルの材料および構造と全く異なる方法で修復が進められているが（図 80）、オリジナルの材料と構造を精査し、可能な限り同じ方法で修復することを考えるべきである。

材料の腐敗

コートディジー城の最上部にあるいくつかの部屋の屋根が崩落しているが（図 81）、多くは屋根部分の防水機能を持っていた漆喰層が壊れたり、失われたりしたことで（図 82）、水が内部に侵入し、崩落へと至ったことが推測される。まずは、元々、防水機能をもった漆喰を再施工する等、降雨対策を検討すべきであろう。建物内部への雨水の浸入は日常的に点検し、必要に応じて小修理を実施することで十分に維持管理ができる。

さらに考慮すべき措置

気候変動による豪雨が今後頻発することも容易に予想されることから、降雨時の遺跡全体における水の動きをシミュレーション解析し、排水を分散させる方法や水流が集中する部分の対策等を検討することで、遺跡全体の排水計画を策定する必要がある。



図 77 2022 年洪水による城壁の崩落部分。



図 78 銃眼の部分。この部分から水が流出したことで排水の機能がある程度果たしたが、同時に損傷を受けている。



図 79 1955 年におこなわれた修復での城壁の構造。人頭大の石灰岩礫と泥土を壁体とし、表面に石灰岩ブロックを積む。



図 80 オリジナルの材料および構造と異なる方法により進められている修復。



図 81 屋根が崩落した浴場。



図 82 図の奥の方の屋根部分の漆喰層が断片化し、防水機能を失っている。

6. ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群

サイトの全体的な状況

シンド州シャヒーード・ベナジラバード県にあるドーラットプールという街から東へ15キロほど進んだ所に位置するミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群は、2022年洪水によって複数の資産が失われた。同廟墓群の所在地は、灌漑地、水田、小さな湖に囲まれている。

被害の原因

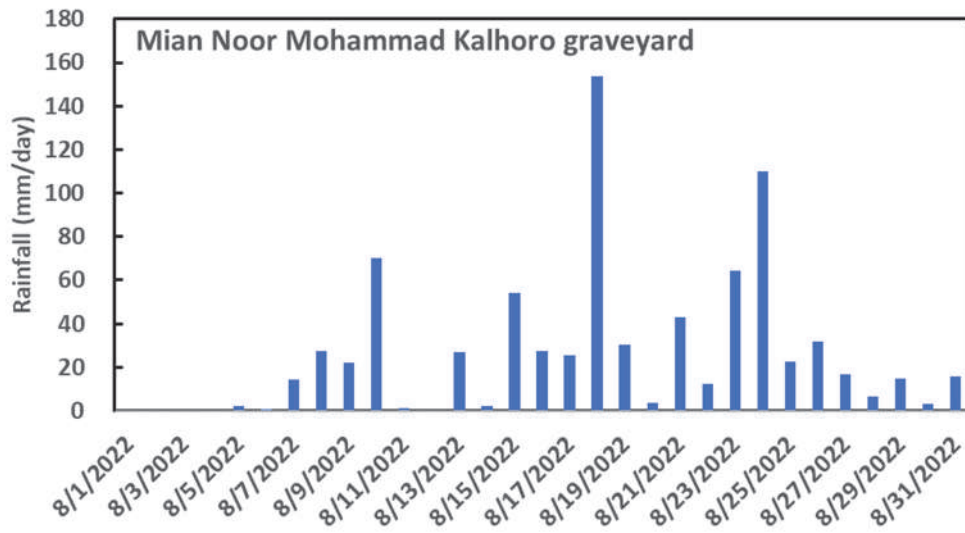


図 83 ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群付近の2022年8月の降雨強度。
(©NASA IMERG 衛星データ)

IMERG 衛星降雨データによると、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群付近では、2022年8月には約800mmの降雨を記録した。他の場所と同様、記録的な豪雨が数日発生し、砦の構造物に甚大な被害を与えた可能性がある（図83）。墓地はインダス川本流から10kmほど離れているため、インダス川の水の影響を直接受けることはなかったと思われる。また、2022年洪水では、外壁で保護された主要な敷地外にある墓地が、2~3ヶ月近くに渡って60cmほど浸水したと報告されている。これは、低地や灌漑田に溜まった余剰水の浸透によるものである。他の遺跡と同様、記録的な大雨が連日降り続いたことで、ドーム型構造物（廟、クッバ）や墓、その他石積みの墓に深刻な被害が及んだ可能性がある。

具体的な被害は以下の通りである。

- ・ 正門とクッバの損害
- ・ 石造墓地構造物の崩壊
- ・ 石灰モルタルやレンガの浸潤・損失による構造物内部の空洞や穴の発生

洪水前後の状況

このサイトの長期的な劣化の主な原因は以下の通りである。

- ・ 門、ドーム、壁が洪水発生以前から劣化しており、脆弱性があったこと
- ・ 激しい雨水の飛散やその他気象条件による、石積みの空洞化、接着モルタルの喪失、壁の脆弱化
- ・ 気象条件によって生じる、構造物を弱体化させる壁内の水分量／湿度の上昇

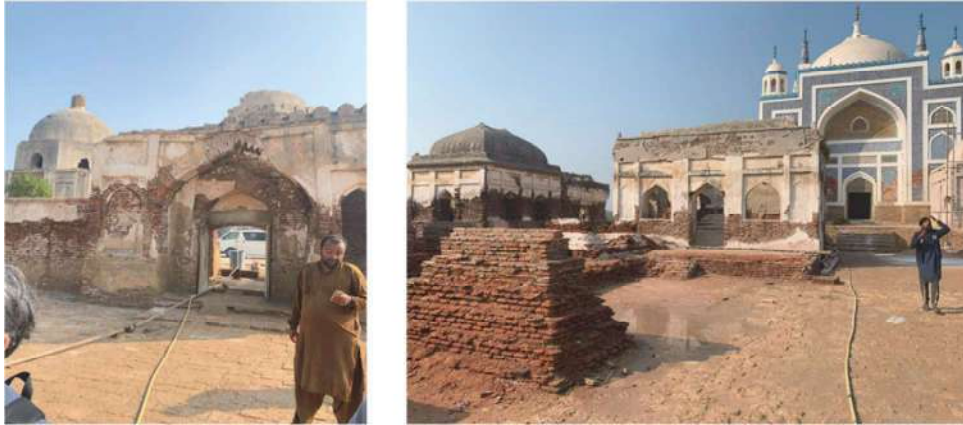


図 84 被災後の壁や構造物の状況。



図 85 メインドームに亀裂が入り、周囲の墓に損害が見られる。



図 86 ドーム型構造物／墳墓の損害状況。

必要な措置

サイトで必要とされる具体策は以下の通りである。

- ・ 緩んだレンガの修復と壁の空洞の充填
- ・ ドーム建造物の修復／保存
- ・ 大雨の後、壁やドームにできた溝の充填
- ・ 敷地内に排水設備がないため、墓地からの排水経路の調査と新しい排水システムの策定
- ・ 水分／湿度からのダメージについて対処方法の改善

構造的なダメージ

壁の構造はレンガ積みで壁体を作り、泥土を塗った上に漆喰仕上げを施す構造となっている（図 91）。一部は直接レンガ積みに漆喰モルタルを盛りつけて、最終的に漆喰仕上げを施している部分もある（図 92）。また、門には装飾として壁画が残っている部分があり、過去の修理において元々あった絵の上に漆喰を塗った上に新たに壁画を描いている部分も認められた。レンガ積みに直接漆喰モルタルが塗りつけられている部分は、残存している壁の上部において残っているが、泥土を塗った部分はほとんどが失われている。

廟の区域内にある建物の屋根は水害時の降雨により崩落しているが、これは強い強度の雨が 1 週間降り続いたことにより、屋根部分に大量の雨水が浸透した結果、屋根の構造を支えきれない重量となり崩落したのではないかと考えられる。廟の基壇の西側の一部が崩落しているのも（図 87）、同様に雨水が浸透したことによるものと推測される。

材料の腐敗

壁本体であるレンガ積みが露出している部分では、塩類の析出が一部認められた。北壁において観察された現象として、南面の崩落が認められるのに対し（図 93）、同じ位置での反対側に相当する北面では塩類の析出が認められた（図 94）。地面は高含水状態にあり、壁には常に水が供給されているが、南面においては日中の日射により表面が急激に乾燥し、夜間に再び湿潤状態になることを繰り返している可能性がある。これに対し、同じ位置の反対側については、常に表面において水分が蒸発することで塩類が濃集し、温湿度が塩の析出条件を満たした時に結晶ができることで塩類風化が生じている可能性がある。

廟区域内に存在するレンガ積みの墓の北面（図 95）の温度分布を熱映像撮影と放射温度計による計測を行ったところ、上部ほど温度が高く、また下部においても日射がある部分の温度が高くなっていた（図 96）。墓の上部は常に乾燥した状態にあるのに対して、下部は湿潤状態にある。下部においては、先述した北壁と同様の劣化現象が生じている可能性がある。廟の区域外にあるレンガ積みの墓についても同様の劣化が進行しているものと考えられる。廟の区域外の方が区域内よりも劣化が進行している理由については、今回の調査で検討するだけの情報を得ることができなかった。

さらに考慮すべき措置

レンガ積みの壁や建造物の劣化についても劣化現象と原因を精確に把握し、それを抑制するため

の基礎的な研究も必要となる。地盤の水と塩類の両者はインダス川流域での遺跡の保存において極めて重要でかつ解決が困難な問題であることは間違いない。この問題に取り組むための組織化および人材育成を積極的に進めていくことは喫緊の課題である。



図 87 石灰岩ブロックで化粧したレンガ積み基壇上に建てられている廟。基壇は一部崩落している。



図 88 廟のエリアの外側に広がるイスラム墓群。レンガ積みの墓以外にも漆喰で塗られた比較的新しい墓もある。



図 89 Google Map による 2022 年洪水後の状況。北壁は壊れていないことが確認される。



図 90 本来、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群の東側は畑地であるが、現在でも水没している。



図 91 壁の基本構造。レンガ積みの壁体に泥土を塗り、その上に漆喰を施している。



図 92 レンガ積みの壁体に直接漆喰モルタルを塗り付けている部分もある。泥土塗りを持つ部分との新旧は不明。



図 93 北壁の南面では部分的にレンガ積みの崩落が認められる。



図 94 北壁の北面（図 93 の反対側）では、塩類風化が認められる。



図 95 レンガ積みの墓。北面の状態は東面、南面、西面に比較して劣化は大きくない。

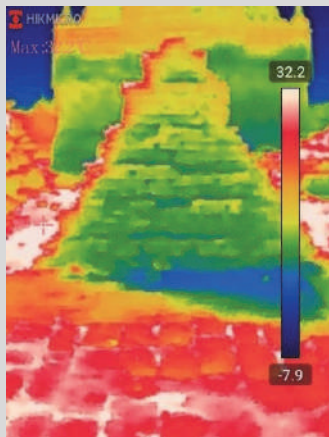


図 96 図 95 のレンガ積みの墓の熱画像。上部ほど温度が高い傾向が認められる。日射と水分量の影響が考えられる。

7. クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群

サイトの全体的な状況

クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群は、シンド州サンガール県シャープル・チャカル市に位置する。小麦などの栽培に使われる灌漑地に囲まれ、近くの灌漑水路が畑に水を供給している。

被害の原因

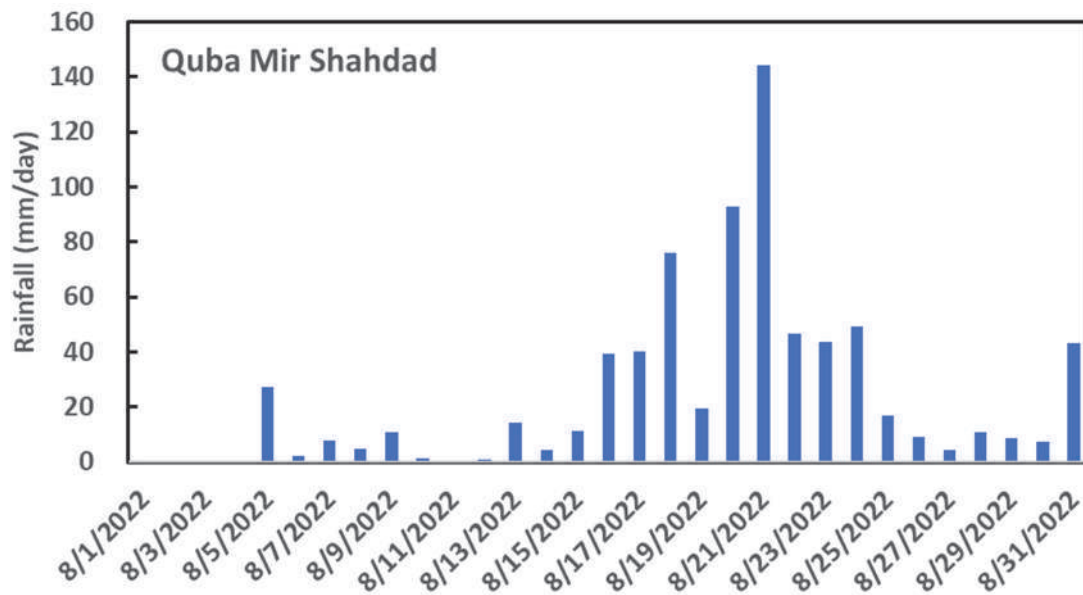


図 97 クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群付近の 2022 年 8 月の降雨強度。
(©NASA IMERG 衛星データ)

MERG 衛星降雨データによると、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群付近と同様に、クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群付近では、2022 年 8 月には 40mm/日を超える雨が数日間発生し（そのうち 1 日は 140mm/日を超える）、建造物や墓地に深刻な被害を与えた（図 97）。しかしながら、この墓地はインダス川本流から 50km ほど離れているため、インダス川の氾濫による直接的な影響は受けていない。また、2022 年 8 月の洪水では、周囲を外壁で保護されている主要な複合施設を除くと、墓地は 2~3 ヶ月間に渡って約 30~60cm 浸水したと報告されている。この洪水は、低地や灌漑された農地に溜まった浸透余剰水によるものである。他の遺跡と同様、記録的な大雨が連日降り続いたことで、ドーム型建造物（クッバ）や墳墓、その他の石積みの墓に深刻な被害が及んだ可能性がある。

具体的な被害は以下の通りである。

- ・ クッバの崩壊や損害
- ・ 石造り墓地建造物の崩壊
- ・ 石灰モルタルやレンガの浸潤・損失による建造物内部の空洞や穴の発生

洪水前後の状況

同廟墓群の長期的な劣化の主な原因は以下の通りである。

- ・ クッバと壁の老朽化による洪水発生以前からの脆弱性
- ・ 激しい雨水の飛沫や強い雨滴の衝撃力、その他の気象条件によって、石積みが空洞化し、接着モルタルが失われたことによる壁の脆弱化
- ・ 激しい雨水の飛散やその他気象条件による石積みの空洞化、接着モルタルの喪失、壁の弱体化



図 98 被災後の壁や構造物の状況。



図 99 外壁の改修や修復工事、湿気による墓の構造物の損害。

必要な措置

サイトで必要とされる具体策は以下の通りである。

- ・ 内壁および外壁の水分量／湿度による損害への対処法の改善
- ・ 緩んだレンガの修復と壁の空洞の充填
- ・ 大雨の後、壁やドームにできた溝の充填
- ・ 敷地内に排水設備がないため、排水経路の調査および墓地からの水を排水する新しい排水システムの策定

構造的なダメージ

廟は2段の基壇をもち、2段目の基壇上に墓を配している。基壇化粧等に用いられている砂岩のうち、下段の基壇化粧下部の塩類風化が著しい。上段の基壇等にも塩類風化が認められるが、下段に比べると軽微である。建物の基礎構造がレンガ積みであり、この構造がある種のキャピラリーバリアの効果を有していることも想像できる。上段基壇周囲に回されている透かし彫りの柵等の欠失部分に修復のために補充された材料としては、オリジナルの砂岩とは異なるレンガが用いられている部分がある。

材料の腐敗

いっぽう、この遺跡一帯には多くの墓が存在しており、その崩壊は著しい（図103）。2022年の洪水で崩壊したものではなく、継続的に破壊が進行しているものの、予算が確保できないことと数がきわめて多いことから修復に至ることができないとのことであった。この周囲の墓の破壊はミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群の周囲にあった墓ときわめて類似している。クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群は微高地にあるものの、農業地帯の中にあり、かなり地下水のレベルは高く、土はかなり高含水状態にある。日常的に塩類風化等が進行しており、これらに対しても劣化現象と劣化原因の究明およびその対象法に対する基礎研究が必要である。

図104の左側の廟においては修理作業が進行していたが、廟内部の墓は南面が著しく塩類風化を生じていた（図105）。これは、南面に廟の入口があり、その部分からの日射と風の影響で水分蒸発が促進されることで生じている可能性が高い。また、北面においても同様に窓があり、風の影響による塩類風化が進行しているものと考えられる。サイトマネージャーも同様の問題意識を持っており、完全に遮蔽することはできないものの、窓を透かし彫りのデザインとすること、南面の入口については遮光することを検討するとのことであった。

さらに考慮すべき措置

過去に修復された南側の廟には接着や補填にオリジナルのものとは異なる材料が用いられており、さらにその施工も精緻なものとはなっていない。修復にオリジナルと異なる材料と方法を用いることについては、真正性およびその効果について十分な議論をおこなう必要がある。安易な修復はその部分が欠点となり、さらなる劣化を進行させることにもつながる。劣化現象と劣化原因に関する調査および修復法に関する基礎研究が必要である。

なお、この地域の気象データは行政区分の問題により、全く参考にならない遠方のデータしか得られないとのことであった。常時、進行する塩類風化の問題等を解決するためには、このサイトに気象観測ステーションを設置するとともに、土壌水分の挙動などについても調査をする必要がある。



図 100 廟の基本構造。2 段の基壇をもつ。基壇化粧、柱、梁およびドームに砂岩を用いている。



図 101 基壇はレンガ積みであることが崩落している部分からわかる。



図 102 修復された 2010 年の水害で崩落した廟。



図 103 周囲に広がるレンガ積みの墓。崩壊が著しい。



図 104 写真右側の廟は 2022 年洪水でドームが崩落したものを修復したもの。



図 105 図 104 左側の廟の中に安置されている墓の下部。塩類風化が著しい。

8. ラーニーコート

サイトの全体的な状況

ラーニーコートは、パキスタン南部、シンド州とバローチスターン州の州境にほぼ南北に位置するキルタル山脈にある広大な要塞群である。全長 35km に及ぶ防御壁は、タルプール王朝の時代に築かれた。要塞の城壁は、山の尾根の 3 つの側面に半円形の堅固な砦が間隔をおいて配置され、北側はより高い丘陵が城壁として機能している。要塞全体は石と石灰で建築されている²⁶。インダス川の支流のひとつは、砦の内側のキルタル山脈を源流とし、サン門を通過後にサンの街でインダス川に合流する。

被害の原因

IMERG 衛星降雨データによると、ラーニーコート付近では、2022 年 8 月に約 640mm の降雨を記録した。他の場所と同様、50mm/日を超える記録的な豪雨が数日発生し、砦の壁や門に甚大な被害が生じた可能性がある（図 106）。また、サン門からの水流が非常に激しく、洪水によって要塞の宿泊施設や居住地区への経路が約 2~3 ヶ月間にわたって妨げられたとも報告されている。

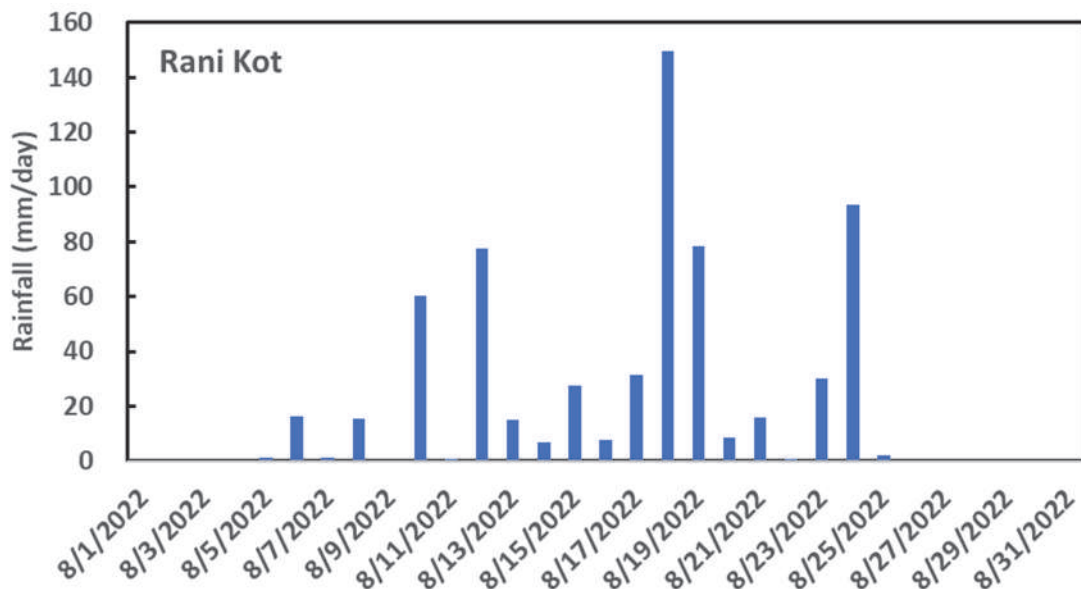


図 106 ラーニーコート付近の 2022 年 8 月の降雨強度（©NASA IMERG 衛星データ）。

具体的な被害は以下の通りである。

- ・ 古い境界壁と最近修復された境界壁の崩壊・損害：壁の構造としては、内側の泥・粘土モルタルの強度が比較的弱い一方、外側の石灰モルタルの強度が強く、使用石材を支えている。過去の気象条件により石灰モルタル保護層に亀裂が生じ、壁の泥芯部に水が侵入し、自重や強い雨滴衝撃力、激しい雨水飛沫により崩壊が発生した。
- ・ 泥やモルタル、石の浸潤・流失による通路やデッキの崩壊、構造物の空洞や穴の発生

²⁶ UNESCO (n.d.) *Rani Kort, Dadu*. (<https://whc.unesco.org/en/tentativelists/1284/> (2024 年 3 月 11 日閲覧))。

- ・ 排水設備が機能しなかったことで、地下室への浸食が発生し、構造物や壁が弱体化
- ・ シャーペレ門の崩壊：表面の水はけが悪いため、デッキに沿って水が流れ続け、尾根の一番低いところにある門に到達。ひび割れを通して壁の芯部まで浸入し、門壁の基礎が弱体化し、崩壊した。

洪水前後の状況

ラーニーコートの子な劣化の原因は以下の通りである。

- ・ 洪水発生以前からの壁や構造の劣化による脆弱性
- ・ 石灰モルタルの保護層のひび割れ、泥と石でできた壁芯への水の浸入
- ・ 表面の水はけが悪く雨水が飛び散るため、石垣やくぼみ、通路に沿って水が流れることによる壁面基部の弱体化



図 107 壁や土台の損害。



図 108 シャーペレ門の崩壊と再建状況。



図 109 正門付近のサン川の流路と、砂袋で支えられた壁基礎の浸食状況。

必要な措置

サイトで必要とされる具体策は以下の通りである。

- ・ 緩んだ岩を積み直し、壁内の空洞を充填することによる保護層の形成
- ・ 大雨の後にできた溝の補填
- ・ 通路に沿って水が流れるような排水溝を整備
- ・ 脆弱箇所の特定制と補修：ラーニーコート的基础壁は浅い上に崖の上に立っているため、豪雨や地滑りに弱いと考えられる。

構造的なダメージ

サイトマネージャーによると、この壁の施工法は現在、市街地で用いられている工法と同じであるとのことであった。市街地においては、メンテナンスを容易に行えるが、ラーニーコートのような山岳地域にある長大な城壁遺跡ではそのメンテナンスは困難なものとなる。崩落の原因は、壁の目地や通路部分の漆喰モルタルに亀裂があり、その部分から流入した雨水が壁の構造を緩めたことによるものと考えられる。

材料の腐敗

城壁周辺において地盤となっている砂岩層を観察すると、板状に割裂しているのを多く見かける(図 115)。ゴビでよく見られるタマリスクなどの植物が生えていることを考えると、土壌中に水分がある程度存在しているものと思われる。内陸性の気候であり、気温の日較差はきわめて大きい。日中と夜間において乾湿の変化が大きい場合、あるいは温度変化が激しい場合、砂岩はどのような応答を示すのかを把握することも重要である。

さらに考慮すべき措置

以上のことから、ラーニーコートの崩落の原因は壁体内への水の侵入による壁構造の緩みであると考えられるが、長い年月の間の風化を含む経年劣化も考慮しなければならない。人工的な石造構造物の劣化には温度と水分が大きく影響を及ぼす。長大な城壁であるラーニーコートにおける気象を把握するために近隣の気象観測所のデータを援用することは適切ではない。崩落した部分や経年

劣化が認められる部分において温度、湿度、日照、壁体中の水分量等を観測するための気象観測ステーションを設置する必要がある。また、オリジナルの壁に用いられている材料ならびに新たに修復に用いられている材料の温度や水分の変化に対する物性を把握することも必要である。オリジナルの城壁の工法の再検証を含む修復方法の再検討により、真正性に十分に配慮しつつ、城壁のレジリエンスを高めるための修復方法を考案すべきものと思われる。



図 110 城壁の構造。砂岩の平石の積層、ブロック状砂岩の積み上げが認められる。



図 111 通路部分に塗られている漆喰モルタル。ところどころに排水のためのスリットが切られている。



図 112 城壁の崩落状況。崩落した部分からは白色の石灰岩が散在しており、修復した部分であることがわかる。



図 113 石灰岩のみを積み上げて壁体を構築している部分。



図 114 石灰岩等の礫と泥土で壁体を構築し、化粧に石灰岩を用いている部分。



図 115 地盤を構成している砂岩層。板状に割裂している。

9. マクリ

サイトの全体的な状況/被害の原因

シンド州タッター県タッター市近郊に位置する広大な遺跡マクリは、周囲よりも高台にあるため、2022年洪水の際には浸水被害はなかったものの、豪雨によりいくつかの建物が崩落するという被害が生じた。また、二次被害として、降雨後に大量に繁茂した雑草が燃えるという火災が発生した。

構造的なダメージ

マクリでは、レンガ積みを中心とする建造物と石積みを中心とする建造物の2種類を確認した。レンガ積みを中心とする建造物は、現在も信仰の場として地元住民に大切にされており、ある程度のメンテナンスがされている(図116)。建物上部の四隅にある半円形のドームのレンガ積みはドーム構造を形成するために複雑な積み方がされている(図117)。修理担当者によると、レンガ積みで建物を作る場合、レンガの接着は迅速に行う必要があり、そのため石膏が用いられているとのことであった。接着剤としては、石膏と砂を混ぜたものが用いられている。石膏の水に対する溶解度は水100gあたり0.21gと決して高くはないものの、長期間の降雨にさらされると徐々に溶脱し、接着剤としての機能を失うものと考えられる。ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群、クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群およびラーニーコートで確認されたものもこの石膏を原料とした接着剤と同様のものと考えられる。レンガ積みで構築された建物は表面を漆喰モルタルで仕上げている。漆喰モルタルは硬化に長時間を要するが、硬化するとき極めて高い防水性を発揮する。これは硬化後の漆喰の主成分である炭酸カルシウムの水に対する溶解度が水100gあたり0.0013gと極めて小さいことによる。

もうひとつの石積みを中心とする建造物(図118)では、15cm×30cm×40cmの直方体の砂岩の切り石を積み上げることを基本とするが(図119)、壁構造として石膏を硬化層とする層の上に順に破碎した砂岩を充填した層、拳大から人頭大の大きさの砂岩礫の層、破碎した砂岩を充填した層を積層した構造を一つの単位として、この構造を4単位積み上げて壁を形成し、それを砂岩の切り石で覆っているものと考えられる(図120)。2022年洪水の時に、この建物の一部は崩落したが、おそらく積層した壁構造と外側に貼り付けた砂岩の切り石の間の接着力が長期にわたる降雨により失われたことによるのではないかと推測される。

材料の腐敗

長期にわたる強い降雨による被害とその原因については以上であるが、建造物の多くにはその下部において塩類風化が認められる(図121)。この塩類風化は建造物を脆弱化するものであり、2022年洪水のような甚大な降雨がこの脆弱化した建造物を襲った場合、急激な崩壊をもたらす要因の一つとなっている。塩類風化はパキスタン全土の問題であるが、世界共通の課題でもある。

さらに考慮すべき措置

マクリでは現在、様々な手法で修理が実施されており、適切な方法が適用されていないものもあるように感じられる。マクリの世界遺産センターの修理担当者は、オリジナルの構造の重要性を強

く認識しており、単にきれいに修復するのではなく、オリジナルの構造の長所を活かしながら、必要に応じてさらなる補強を入れることを考えていきたいと言っていた。マクリの世界遺産センター内には修理のためのラボが設置されている。ラボでは様々な土を用いた接着剤の配合の研究（図 122）、材料の強度試験（図 123）等に取り組んでいた。石膏を用いたオリジナルの接着剤の成分組成を知りたいとのことで、今回、オリジナルの資料を預かり分析をおこなうこととなった。この他にも、漆喰モルタルの組成、実際の修理に用いるために必要となる強度等、このラボで取り組むべき課題は多い。モヘンジョダロ同様、このラボをさらに充実させ、ここを拠点とした人材育成を図ることは、マクリの修理技術の開発だけではなく、パキスタン全土における修理技術の開発に発展することが大いに期待できる。また、マクリの敷地内には日本が無償供与した気象観測ステーションが設置されており、これらのデータも今後、有効に活用できるようになることを期待する。



図 116 マクリ内にある廟。現在でも地元住民により信仰の場として使用されている。



図 117 レンガ積みを主とする建物のドーム部分のレンガ積み。



図 118 石積みを主とする建造物。2022 年洪水の時の強い降雨で建物が崩落している。



図 119 石積みの構造。



図 120 石積みの建造物の構造。崩落により壁の内部が露出したことで、構造が明らかとなった。



図 121 石積みの建造物の下部において確認される塩類風化。



図 122 石膏を主剤とする接着剤の配合試験。様々な土を使った実験をしている。



図 123 接着剤の強度を測定するための強度試験機。圧縮強度を指標としている。

V. まとめ

V まとめ

本調査では、特に洪水被害が大きかった地域の 1 つであるシンド州に位置する被災文化遺産の状況把握とそれに基づく提言を行った。シンド州考古局からの要望を踏まえ、①被災文化遺産の記録・アセスメント、②災害リスク管理計画に関する支援、③現地人材へのトレーニングの 3 点を実施内容として取り組んだ。以下、上記各項に関する調査団の所見を概括するとともに、今後に向けた課題と協力可能性に関する考察を述べる。

調査の成果と課題

1. 被災文化遺産の記録とアセスメント

記録・アセスメントでは、同州の 2 つの世界遺産を含む 6 つの遺跡（モヘンジョダロ、コートディジー城、ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ廟墓群、クッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群、ラーニーコート、マクリ）を対象に、写真やドローンフォトグラメトリーによるドキュメンテーションや常時微動計測による構造的なダメージアセスメントを行うとともに、各遺跡の現状と将来的な保全措置に関する考察を行った。

調査結果から明らかになったのは、2022 年に起きた豪雨および洪水による被害は、各遺跡における塩類風化や経年劣化、環境・気象条件といった、以前から既に存在していた要因によってより深刻化したということである。気候変動による降水量の増加や洪水被害に対する対策はもちろんのこと、そのような恒常的要因に対応するための構造的安定化などのハード面や、保護・管理計画の策定といったソフト面の対策も含めて、今後具体的な施策が検討されねばならない。また、今回調査した遺跡では、過去の修復に際して、オリジナルとは異なる材料や構法が用いられている箇所もあり、特にコートディジー城やクッバ・ミール・シャーダード・タルプール廟墓群ではそれによって構造の強度が不足した結果、被害が大きくなった可能性が示唆されている。現地の気候や経年変化を加味しない即応的な材料の選択や工法は、修復箇所だけでなく遺跡全体の長期的な保全にとってリスクとなりうる。真正性という観点からも、まずはオリジナルの材料や構造を詳細に把握したうえで、災害リスクや環境・気象条件等に応じて、適切な修復方法をより慎重に選択していく必要がある。加えて、現場における人員不足や関係組織・機関の連携協力の不足なども効果的な文化遺産保護体制の構築にとっての障壁となっており、中長期的に取り組むべき課題である。

2. 災害リスク管理計画に関する支援

本調査を実施した時点で、豪雨とそれに付随する洪水が発生してから既に 1 年半以上が経過していた。このことから、各遺跡の様子は被災直後とは異なっていることに加え、調査で明らかになった状況は、必ずしも 2022 年の災害の影響だけに起因するものではないことに留意する必要がある。また、今回は 10 日間と非常に限られた期間での調査であり、シンド州内の他の遺跡や他州の文化遺産の状況については把握できていないものの、関係者への聞き取りから、国レベルおよび地域レベルの防災管理計画や防災強化政策において文化遺産保護は考慮されておらず、防災を所掌する官庁と文化遺産関係者の連携も十分に行われていないことがわかった。文化遺産が関係する分野間のコ

コミュニケーション不足は、ユネスコによる支援が広く認知されていないことと無関係ではないと思われる。当然ながら、自然災害による被害の規模や範囲は地理的、気候的な条件に大きく左右されるため、今後、国または州レベルでの防災計画等を策定する際には、より多くの地域の被災文化遺産の実状を把握した上で対策に反映することが必要不可欠であるが、その実情に関する情報がそもそも不足している状況である。したがって、本調査における災害リスク管理計画に関する支援は、当報告書内でも取り上げた国内外の組織の取り組みの紹介や入手できた限られた情報に基づく助言と意見交換のみにとどまった。文化遺産防災体制を構築するには、中長期的な取り組みが必要であることは言うまでもない。

3. 現地人材へのトレーニング

これについても、本書冒頭に述べた通り、簡易なドキュメンテーションやアセスメント手法の紹介にとどまった。パキスタン側関係者との協議の中では、遺跡管理スタッフを対象とするデジタル技術に関する研修と、地域コミュニティを対象とする自然災害時の緊急対応（First Aid）に関する研修という二つの支援ニーズが提起された。前者は新技術への関心の高さを、後者は現地コミュニティが遺跡保護に積極的に関与することへの期待を、それぞれ反映したものといえる。このような要望に対して、どのような支援を実施することが適切かについては、入念な調査と検討を要する。例えば、パキスタンでは未だに電力供給が不安定な地域が数多くある上に、同じ立場のスタッフ間でもデジタルリテラシーに大きな差があることから、単に機器供与や短期的な技術研修を実施するだけでは、継続性や長期的な有効性に疑問が残る。また現地コミュニティへの研修については、その対象となる社会に関する十分な理解と関係者間での目標の共有が大前提となることから、現段階では明らかに情報が不足している。

今後の支援の可能性

本調査を通じて明らかになった通り、パキスタンでは防災体制の構築を論じる以前に、文化遺産保護における日常的な管理体制やそれを担う人材のキャパシティがきわめて脆弱であり、ソフト・ハードの両面で国際社会の幅広い支援を必要としている。こうした状況に対し、今後とくに日本が貢献しうる分野として、以下の三つの方向性を提示したい。

1. 人材育成

災害への備えや発生時の対応の大前提として、日常的な管理体制の強化が必要であることは調査結果から明らかである。今回の調査でも実施したような、ドキュメンテーションやアセスメントの手法等を含む、文化遺産のマネジメントに必要な幅広い分野の技術移転と人材育成が求められている。これには長期的な取り組みが必要であり、日本の専門家を継続的に派遣し、現地機関等と文化遺産の保存修復事業等への協働を通じて現地の専門家や若手スタッフの育成を行うことができれば、最も有効であろう。

2. 保存関連施設の充実

世界遺産に登録されているモヘンジョダロとマクリの両遺跡には、保存修復のための実験施設が設けられているが、手動による粒度測定や手書きによる降水量記録など、どちらも設備面が十分というには程遠いように見受けられた。一方で、特にモヘンジョダロで取り組まれている塩類風化への対応は、パキスタン国内のみならず世界的にも関心の高いテーマであり、この問題を解決することは同様の被害に見舞われている国内外の文化遺産の保護を前進させることにつながる可能性を秘めている。このように、モヘンジョダロをはじめとする保存修復関連施設の整備充実は、依然として極めて重要かつ有益なテーマといえ、人材育成との両輪で行うことができれば、塩類風化の研究拠点としてのポテンシャルも大いに秘めている。

3. 文化遺産防災体制の構築

今後、気候変動の一層の進行にともなって自然災害のリスクがさらに高まり、発生する被害が甚大化することも懸念される。このような状況に備える文化遺産防災体制の構築は、災害大国である日本が強みを持つ分野のひとつである。1995年の阪神・淡路大震災以降の災害経験と反省、復旧・復興活動を通じて技術・知見が蓄積されてきており、その体系を活かすべく常設の組織として2020年に文化財防災センターが設立された。同センターは地域防災ネットワーク体制構築を事業の柱として位置付けており、上記のような課題を抱えるパキスタンの現状改善に寄与できる経験やノウハウを有している。また、立命館大学歴史都市防災研究所も、2006年よりユネスコチェアとして「文化遺産と危機管理」国際研修プログラムの開催を通じ、諸外国の文化遺産および防災学分野の専門家を対象とした人材育成を行っている。このような機関による専門家研修の実施は、パキスタンの文化遺産防災体制の構築にも大いに貢献できると考えられる。

文化遺産国際協力コンソーシアムとしての事後対応について

パキスタンに調査団を派遣した約1か月後には、速報として、調査結果を英語でまとめたクイックレポート²⁷を作成し、シンド州考古局をはじめとする現地関係機関に配布した。本災害から1年半が経過し、国際メディアの報道も限定的になりつつあるなか、日本はおろか、パキスタン国内においても未だに文化遺産への被害の実態についての情報が不足している。現地で直接収集した情報が速やかに現地に還元されることで、同国内の被災状況および文化遺産保護の課題がより良く理解され、復旧・復興へ向けた一助となることを期待している。今後は、コンソーシアム東南アジア・南アジア分科会等において調査成果を報告するとともに、当報告書の国内周知を進め、分科会委員ならびに関係機関とともに今後の対応や支援のあり方などを協議していく予定である。

気候変動の影響を受け、災害による文化遺産の毀損リスクは世界的にますます高まっている。コンソーシアムでは、今後も災害による文化遺産の被害が生じた際には、被災した文化遺産の保護・保全に資する連携の推進や、地域の復興に寄与する支援の可能性をわが国の専門家や関係機関とともに探っていきたいと考えている。

²⁷ 現在、クイックレポートはシンド考古局のホームページ上で閲覧可能である。

<https://antiquities.sindhculture.gov.pk/publication/conservation-reports/> (2024年3月11日閲覧)。

参考文献

参考文献

- Ali, A., Sarwar, N. & Sajjad, M. W. (2011). Perspectives on the 2010 floods in Pakistan. *Strategic Studies*, 31 (1/2), 136-170. <https://www.jstor.org/stable/48529350> (2024年3月11日閲覧).
- Eckstein, D., Vera K., and Laura S. (2021). *Global Climate Risk Index 2021*. Germanwatch Briefing Paper. <https://www.germanwatch.org/en/19777> (2024年3月11日閲覧).
- FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations]. (2022). GIEWS special alert no. 351. <https://www.fao.org/3/cc2205en/cc2205en.pdf> (2024年3月11日閲覧).
- FFC [Federal Flood Commission] (2010). *Annual flood report 2010*. Government of Pakistan. [https://mowr.gov.pk/siteimage/misc/files/2010%20annual%20flood%20report%20of%20ffc\(1\).pdf](https://mowr.gov.pk/siteimage/misc/files/2010%20annual%20flood%20report%20of%20ffc(1).pdf) (2024年3月11日閲覧).
- FFC [Federal Flood Commission]. (2015). *National flood protection plan-iv (NFPP-IV)*. Government of Pakistan. <https://ffc.gov.pk/wp-content/uploads/2018/12/National-Flood-Protection-Plan-IV-NFPP-IV-1.pdf> (2024年3月11日閲覧).
- Finance Division. (2011). *Pakistan economic survey 2010-11*. Government of Pakistan. https://www.finance.gov.pk/survey/chapter_11/Highlights.pdf (2024年3月11日閲覧).
- GoS [Government of Sindh]. 2023. State of conservation report: archaeological ruins of Mohen Jo Daro, Larkana, Sindh, Pakistan. Culture, Tourism, Antiquities & Archaeology Department, Government of Sindh. <https://whc.unesco.org/document/198758> (2024年3月11日閲覧).
- IOM [International Organization for Migration UN Migration]. (2022). *IOM revised response overview for Pakistan floods*. <https://pakistan.iom.int/sites/g/files/tmzbd11121/files/documents/IOM%20Pakistan%20-%20Flood%20Flash%20Appeal%20-%20Revised.pdf> (2024年3月11日閲覧).
- Irrigation Department. (2020). *Sindh Resilience Project*. Government of Sindh. <https://srp Irrigation.gos.pk/small-recharged-dams/> (2024年3月11日閲覧).
- Joffroy, T. (2023). Moenjodaro UNESCO Emergency Mission Following Disastrous Rainfall in 2022: 1st Mission Report. CRAterre; UNESCO. <https://hal.science/hal-04111785> (2024年3月11日閲覧).
- Mohammand H. K. (2022). *Footprints: Returning to ruined abodes*. DAWM. <https://www.dawn.com/news/1713187> (2024年3月11日閲覧).
- MPDSI [Ministry of Planning, Development & Special Initiatives]. (2022). *Pakistan floods 2022: Post-Disaster Needs Assessment*. Government of Pakistan. <https://www.undp.org/pakistan/publications/pakistan-floods-2022-post-disaster-needs-assessment-pdna> (2024年3月11日閲覧).

- Nanditha, J. S., Kushwaha, A. P., Singh, R., Malik, I., Solanki, H., Chuphal, D. S., Dangar, S., Mahto, S. S., Vegad, U. and Mishra, V. (2023). The Pakistan flood of August 2022: causes and implications. *Earth's Future* 11(3). DOI: 10.1029/2022EF003230 (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- NDMA [National Disaster Management Authority]. (2012). National disaster management plan. Government of Pakistan. <http://www.ndma.gov.pk/storage/plans/October2020/eUvDKZR0Qa0f2eA966um.pdf> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- NDMA [National Disaster Management Authority]. (2013). *National disaster risk reduction policy*. Government of Pakistan. <http://faolex.fao.org/docs/pdf/pak149676.pdf> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- NDMA [National Disaster Management Authority]. (2016). *NDMA policy guidelines for conduct of multi hazard vulnerability and risk assessment (MHVRA)*. Government of Pakistan. <https://cms.ndma.gov.pk/storage/app/public/publications/October2020/G0wGoQX2IvEqb4Om54kG.pdf> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- NDMA [National Disaster Management Authority]. (2022). *NDMA Monsoon 2022 Daily Situation Report No 158 (Dated 18th Nov, 2022)*. <https://reliefweb.int/report/pakistan/ndma-monsoon-2022-daily-situation-report-no-158-dated-18th-nov-2022> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- OCHA [United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs]. (2010). *National Institute of Disaster Management (NIDM) established – a step towards making Pakistan disaster resilient*. <https://reliefweb.int/report/pakistan/national-institute-disaster-management-nidm-established-step-towards-making-pakistan#:~:text=The%20NIDM%20has%20been%20established,disaster%20management%20in%20the%20country> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- PDMA [Provincial Disaster Management Authority]. (2022). *Hazard & Risk Atlases*. Government of Sindh. <https://pdma.gos.pk/hazard-risk-atlases/> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- PMD [Pakistan Meteorological Department] (2022). *Pakistan's monthly climate summary - August, 2022*. Government of Pakistan. https://cdpc.pmd.gov.pk/Pakistan_Monthly_Climate_Summary_August_2022.pdf (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- SFERP [Sindh Flood Emergency Rehabilitation Project]. (2023). *Component 3: institutional strengthening for resilience and technical assistance*. Government of Sindh. <https://sferp.gos.pk/institutional-strengthening-for-resilience-and-technical-assistant/> (2024 年 3 月 11 日閲覧).

- UNESCO (n.d.) *Rani Kort, Dadu*. <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/1284/> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- USAID (United States Agency for International Development). (2010). *60 days later Pakistan floods*. United States Government. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PDACQ471.pdf (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- World Bank. (2010). *Pakistan floods 2010 preliminary damage and needs assessment*. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/676321468057882381/pdf/582900BR00M2011e0only1910BOX353794B.pdf> (2024 年 3 月 11 日閲覧).
- World Bank. (2016). *Pakistan – Sindh Resilience Project (English)*. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/180721468187768824/pakistan-sindh-resilience-project> (2024 年 3 月 11 日閲覧)

調査風景

調査風景



シンド州考古局

左から、Zahida Quadri (シンド州考古・文化・観光局)、Manzoor Ahmed Kanasro (同上)、青木、ラスミー(Rasmy)、Abdul Fatah Shaikh (シンド州考古・文化・観光局)、野口、高妻、前田。



在パキスタン日本大使館 大使公邸

左から、福田 萌人二等書記官、高根 和正 参事官、ラスミー、野口、和田 充広特命 全権大使、高妻、前田、青木。



イスラマバード博物館

左から、青木、前田、ラスミー、Muhammad Azeem (パキスタン政府考古・博物館局)、高妻、野口。



モヘンジョダロ事務局前でのミーティング。



モヘンジョダロ HR エリアの視察。



モヘンジョダロ、SD エリア ストーパーパ
左から、Zahida Quadri (シンド州考古・文化・観光局)、高妻、野口、Syed Shakir Ali Shah (同上)、ラスミー、前田、宮本、青木。



豪雨による水流によって崩れた、コート
ディジー城の擁壁の視察。



常時微動計測に関するレクチャー。



ミアン・ヌール・ムハンマド・カルホロ
廟墓群の視察。

文化遺産国際協力コンソーシアム 令和5年度 国際協力調査
2022年パキスタン洪水 被災文化遺産調査 報告書
2024（令和6）年3月発行

発行： 文化遺産国際協力コンソーシアム
〒110-8713 東京都台東区上野公園 13-43
国立文化財機構 東京文化財研究所内
Tel: 03-3823-4841 / Fax: 03-3823-4027
<https://www.jcic-heritage.jp/>

編集担当： 前田 康記、金子 雄太郎
五嶋 千雪、藤井 郁乃、三好 孝枝
(文化遺産国際協力コンソーシアム事務局)

JCIC-Heritage FY2023 Research Project
2022 Pakistan Flood: Report on the Damage Assessment of Cultural Heritage in Sindh Province
March 2024

Published by:

Japan Consortium for International Cooperation in Cultural Heritage
Independent Administrative Institution National Institutes for Cultural Heritage,
Tokyo National Research Institute for Cultural Properties
13-43, Uenokoen, Taito-ku, Tokyo 110-8713, Japan
Tel: +81-(0)3-3823-4841 / Fax: +81-(0)3-3823-4027

Edited by:

MAEDA Koki, KANEKO Yutaro, GOSHIMA Chiyuki, FUJII Ikuno, MIYOSHI Takae
(Japan Consortium for International Cooperation in Cultural Heritage)



JCIC-Heritage