

Jordan Petraにおけるフラッシュフラッドについて



京都大学防災研究所 角 哲也

- 発生日時: 現地時間2018年11月9日午後1時ごろ
- 降雨継続時間50分程度
- 降雨量16mm程度 (GSMaP (JAXA) より推定)
- 日本人観光客47人 (添乗員2名含む) を含む3700人が避難

• ヨルダンの一般的な情報

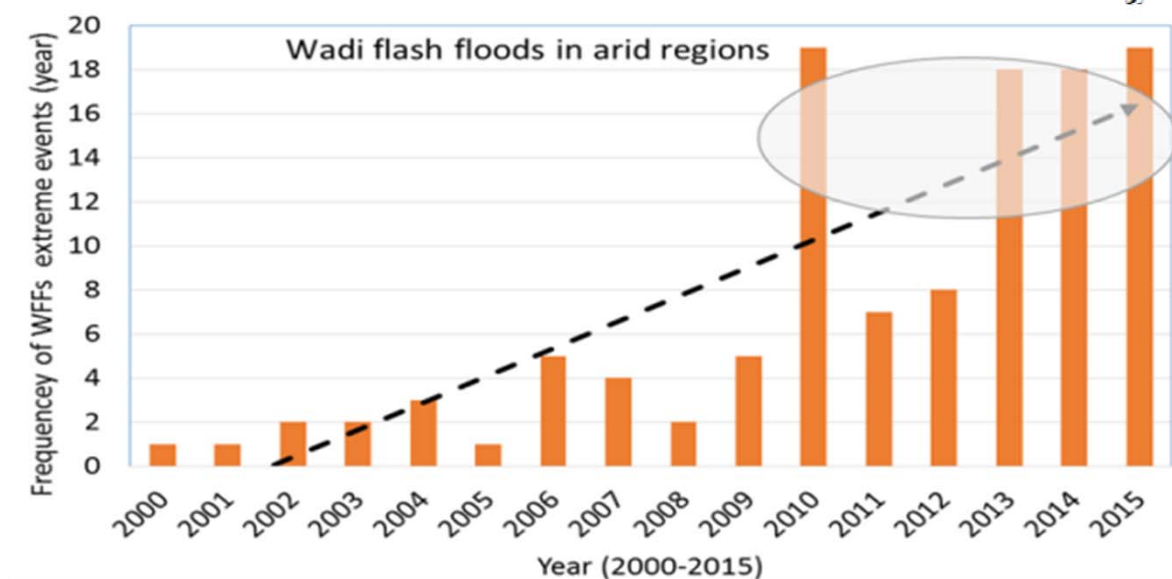
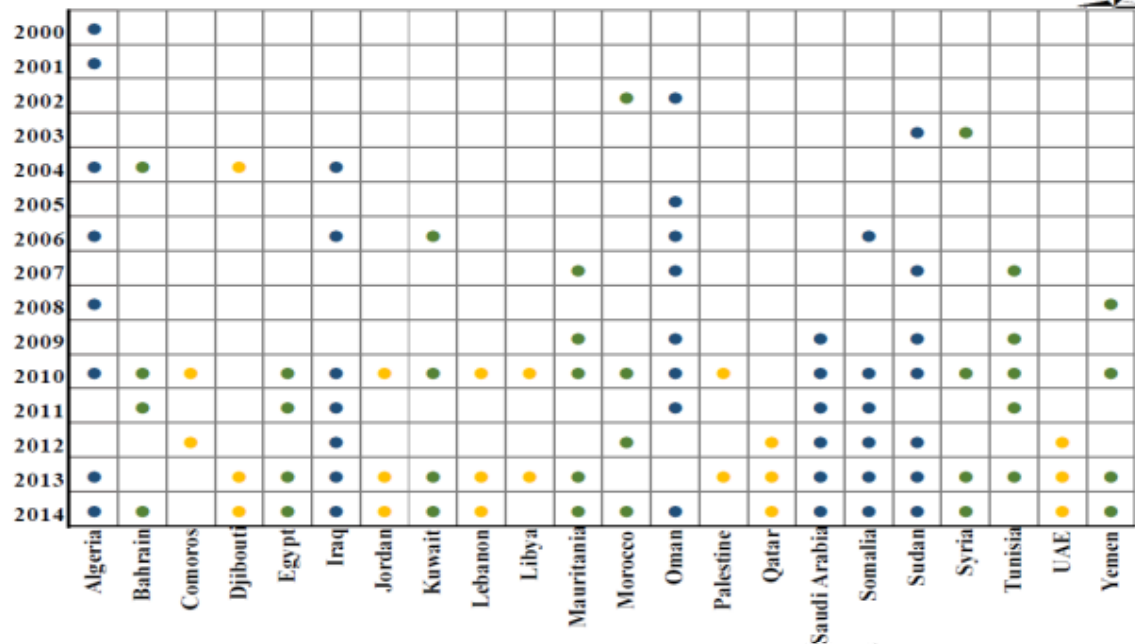
- 国土の90%が砂漠
- 年間降水量は35mm (砂漠地域) から800mm (北部高原)
- これまでにも洪水が発生
 - 1935年 ヨルダン川洪水
 - 1963年 **Siq (Petra) 洪水**
(フランス人観光客20名以上死亡)
- 今年の洪水 (2018年)
 - 10/25 (後述), 11/9 など複数回の洪水がヨルダンで発生
 - ヨルダンだけではなく、クウェートやシリアなど、中東各地で洪水発生

(参考: その他の洪水)

- 1966年 Ma'an 洪水 (95名死亡)
Ma'ein 洪水 (259名死亡)
- 1987年 Zarqa 洪水 (9名死亡)
- 1991年 Ma'an, Tafeleh and Karak 洪水 (8名死亡)
- 1994年 Ramtha 洪水 (9名死亡)
- 2006年 Ma'an and Yutum 洪水 (6名死亡)
- 2010年 Aqaba 洪水 (3名死亡)
- 2012年 Aqaba 洪水 (2名死亡)

アラブ諸国でのフラッシュフラッド発生状況

- アラブ諸国では、フラッシュフラッドが毎年のように発生
- 特に、2010年以降は増加傾向



なぜ、乾燥地域で洪水被害が発生するのか？

- ✓ 乾燥地域のワジ(涸れ川)は、平常時には表流水がない状態
- ✓ 総降雨量が10~15mm程度以上の降雨は、地下浸透せず、ほとんどが表面流出
- ✓ ワジの近傍には、地下水を利用する都市や農地が立地し、下流域では洪水被害が発生
- ✓ 人口増加による居住地域の拡大のために、下流域が新たに開発され、洪水リスクがさらに増大



サウジアラビアにおける被災事例

ペトラ遺跡と洪水対策

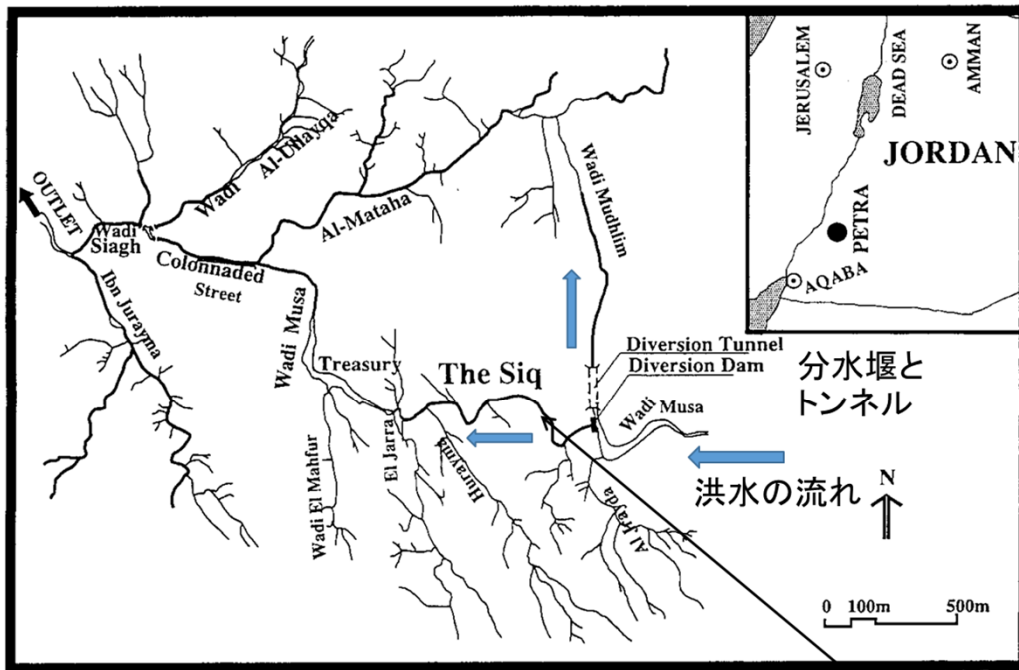


FIG. 1. General Layout of Petra Watershed in Jordan

(Radwan A. Al-Weshah, 1999)

ペトラ遺跡に向かう谷

- ナバテア王国(紀元前2世紀ごろ)がペトラ遺跡を造る際に、洪水を迂回させるトンネルを構築
- 1963年の洪水では、大量の土砂が流れてきたために、トンネルの入り口が閉塞されてしまい、ペトラ遺跡に洪水が大量に流れた(最大水深10m)

(Radwan A. Al-Weshah, 1999)



<https://universes.art/en/art-destinations/jordan/petra/bab-as-siq/dam-tunnel/>

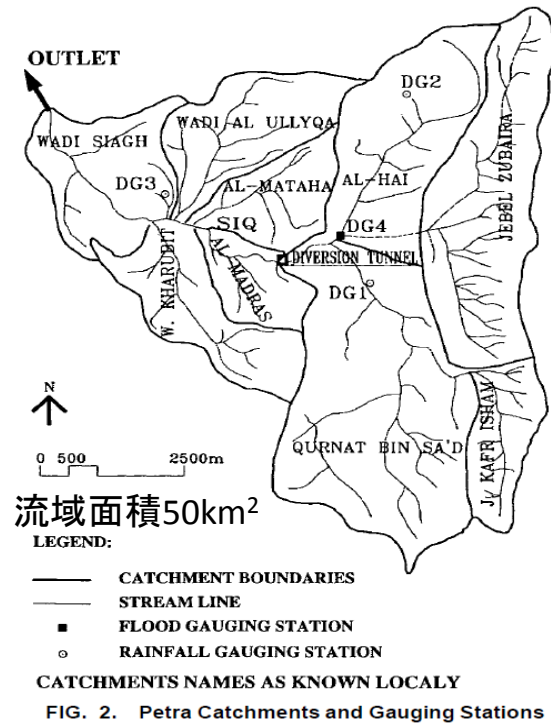


FIG. 2. Petra Catchments and Gauging Stations

10/25-27 の洪水概要

- 10/25-27の死海の洪水では、死者21名(うち子供19名)、負傷者43名、行方不明者21名
- ワジ・ザルカ(アンマンの南西約50km)で発生、Zara Maeen温泉に37人の生徒と7人のスタッフを運ぶ途中で流された
- ヨルダンの首都アンマンでも洪水により交通問題が発生
- 10月26日までの24時間で、アンマン空港は9ミリメートル降雨
- WMOによると、10月のアンマンでの平均総降雨量は6.6mm
- Irbidは16.0 mmとMa'An 10.8 mmを記録
- ヨルダンの気象局(JMD)は10月21日、キプロスから流れ込む低気圧によって、比較的冷たい大気が10月25日の木曜日に国に影響を及ぼすことが予想されると発表していた。
- これにより、ヨルダンの全土で大雨が確認され、アンマンをはじめとする多くの地域で洪水が発生
- その結果、道路は冠水し、首都の通りを渋滞させ、雹の嵐はAjlounの車の窓を壊す大きな雹を発生させた

FLOOD ANALYSIS AND MITIGATION FOR PETRA AREA IN JORDAN

By Radwan A. Al-Weshah¹ and Fouad El-Khoury²

ABSTRACT: Petra is located in the southwest region of Jordan about 200 km south of Amman, between the Dead Sea and the Gulf of Aqaba. Petra was carved in sandstone canyons by the Nabatean over 2,000 years ago. Today the city is a major tourist attraction, its monuments being considered the jewels of Jordan. Floods pose a serious threat to the tourist activities in Petra as well as to the monuments themselves. In this paper, a flood analysis model developed and calibrated for the Petra catchment is described. Using the model, flood flows and volumes are estimated for storm events of various return periods. To alleviate the impact of floods on tourism in Petra, several flood mitigation measures are proposed. The impact of these measures on flood peakflow and volume is evaluated. These include afforestation, terracing, construction of check and storage dams, and various combinations of these measures. The flood simulation model predicts that the measures can reduce flood peakflows and volumes by up to 70%.

- ペトラはヨルダン南西部、アンマンの約200km南、死海とアカバ湾の間に位置する。ペトラは2000年以上前にナバティンによって砂岩峡谷に刻まれた。今日の都市はヨルダンの宝石と見なされる主要な観光名所である。洪水は、ペトラの観光活動や遺跡自体に深刻な脅威をもたらす。本稿では、ペトラ集水域のために開発され較正された洪水解析モデルについて述べる。モデルを使用して、様々なリターンピリオドの降雨について洪水量が推定される。ペトラでの洪水による観光業への影響を緩和するために、いくつかの洪水対策が提案されている。これらの対策が洪水のピーク流量と洪水量に与える影響を評価する。これには、植林、テラス掘り、砂防ダムおよび貯水ダムの建設、およびこれらの対策のさまざまな組み合わせが含まれる。洪水シミュレーションモデルは、洪水のピーク流量と洪水量を70%まで削減可能と予測している。



ワジ流域の持続可能な発展のための気候変動 を考慮したフラッシュフラッド統合管理



京都大学防災研究所 角 哲也

これまでのフラッシュフラッド研究協力の歩み



国際会議

研修・招聘・調査

年月日	調査・検討内容
2010年10月	【第1回JE-HydroNetシンポジウム（京都大学）開催】 ・ナイル川の水管理，フラッシュフラッド対策など包括的な研究アライアンス形成
2012年3月	【第2回JE-HydroNetシンポジウム（カイロドイツ大学）開催】 ・ナイル川の水管理，フラッシュフラッド対策など包括的な課題について研究討議
2014年10月	【水文モデルに関する若手研修会（カイロNWRC）開催】 ・Hydro-BEAM に関する操作演習（合計4日間，参加者30名）
2014年11月	【エジプトのワジへの台形CSGダム適用可能性調査】 ・日本・エジプト両国大ダム会議の技術交流協定締結 ・ワジのフラッシュフラッド対策として台形CSGダムの適用可能性調査 ・エジプト政府水資源灌漑省との協議、技術協力スキームに関する合意
2015年3月	【エジプト政府専門家の招聘及びWSの開催】 ・水資源灌漑省専門家 Dr.Gamal Kotb氏の招聘、CSG浜松海岸堤防視察 ・Flash Floodに関するWS開催
2015年10月	【Flash Floodに関する第1回シンポジウム(1st ISFF)（京都大学）開催】 ・世界防災研究所連合（GADRI）の地域課題として位置づけ ・衛星降雨観測，降雨流出モデル，台形CSGダム適用可能性，リスク評価などを包括的に討議（11ヶ国約100名の参加）
2015年10月	【エジプト政府ダム技術者の受入れ】 ・水資源灌漑省のダム技術者 Dr. Salah Shehata 氏を受け入れ、 ・台形CSGダムに関する研修、施工現場視察(サンルダム、厚幌ダム)
2016年11月	【Flash Floodに関する第2回シンポジウム（2nd ISFF）（TU-Berlin, Egypt）開催】 ・フラッシュフラッド対策に関する包括的な討議（14ヶ国約80名の参加）
2017年12月	【Flash Floodに関する第3回シンポジウム（3rd ISFF）（GU-Tech, Oman）開催】 ・フラッシュフラッド対策に関する包括的な討議
2018年12月	【Flash Floodに関する第4回シンポジウム（4th ISFF）（Casablanca, Morocco）開催】 ・フラッシュフラッド対策に関する包括的な討議



【Flash Floodに関する第4回シンポジウム (4th ISFF) (Casablanca, Morocco) 開催12/4-6】

<http://www.isff2018.com/>



HOME ISFF2018 THEMES COMMITTEES IMPORTANT DATES SUBMISSION REGISTRATION PROGRAM EXCURSION VENUE&ACCOMODATION CONTACT



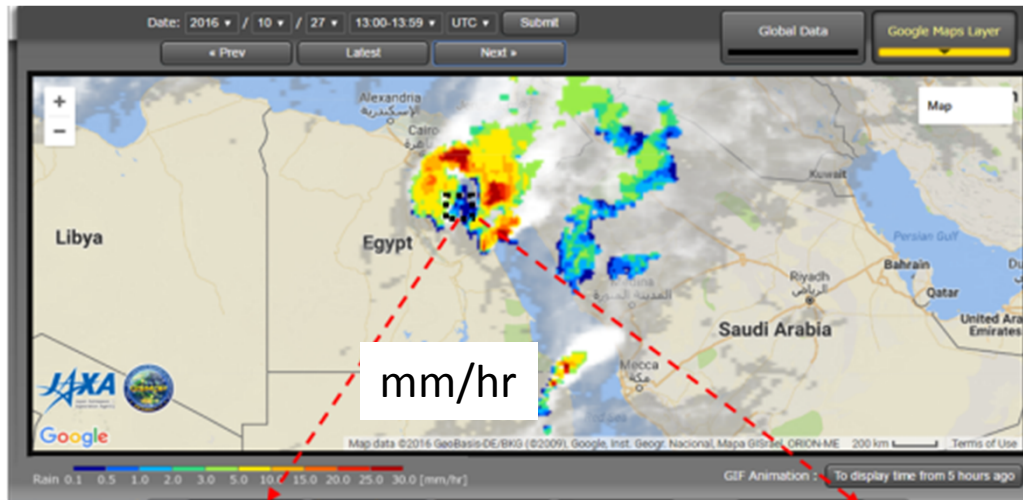
The Fourth International Symposium on Flash Floods in Wadi Systems

ISFF2018

Urban Flood Risk Management: Mitigation and Adaptation Measures in the MENA Region

4 - 6 December 2018, Casablanca, Morocco

第2回フラッシュフラッド国際会議 (2016.25-27) エジプト・エルゴナ



The Second International Symposium on Flash Floods
in Wadi Systems
25 – 27 October 2016

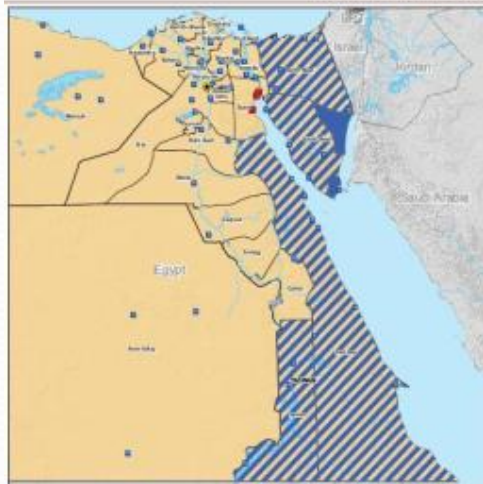


第2回フラッシュフラッド国際会議中に実洪水発生！

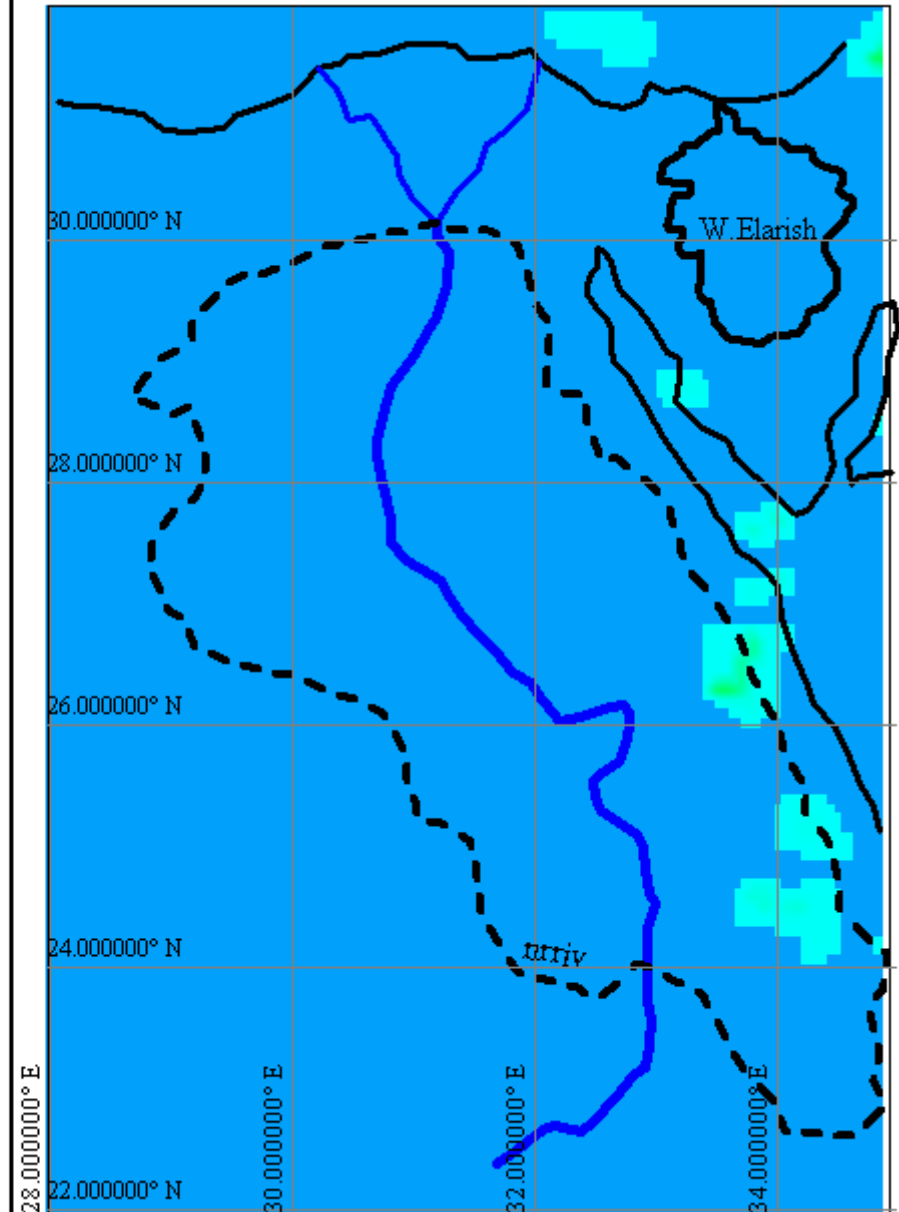
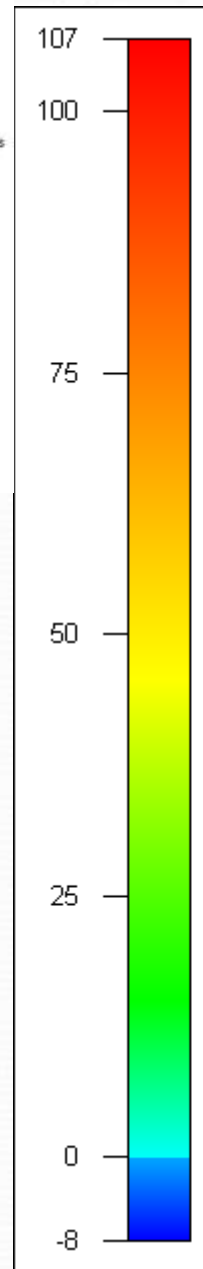


GSMaP Rainfall Data Jan. 18-20, 2010 (mm/hr)

Egypt: Flash floods



- Capitals
- Ports
- Airports
- Rivers
- Most affected areas
- Affected areas
- Lakes
- Regions



Key Questions for Wadi FF

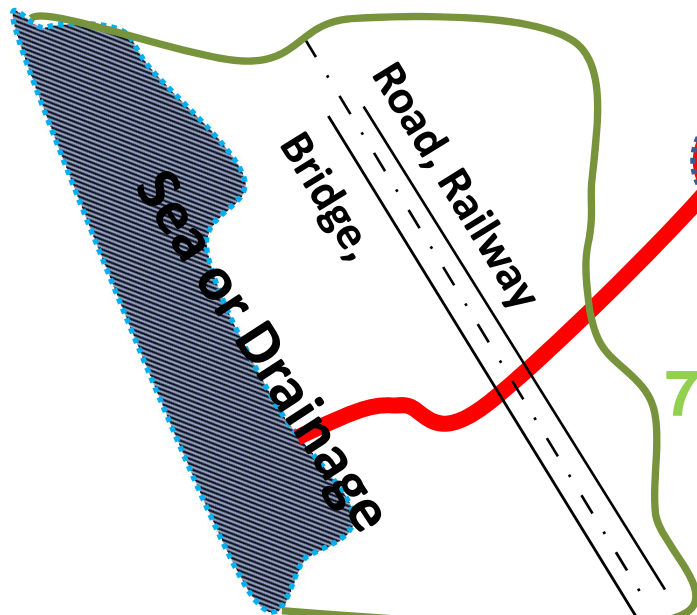
1- Rainfall

- ✦ Rainfall Intensity, Frequency, Duration?
- ✦ Rainfall Monitoring and Past Records
- ✦ Hydrological Modelling for Predication
- ✦ How much Volume, and How Fast?

2- Wadi Catchment

- ✦ Wadi Characteristics and Classifications

3- Groundwater



8- Climate Change

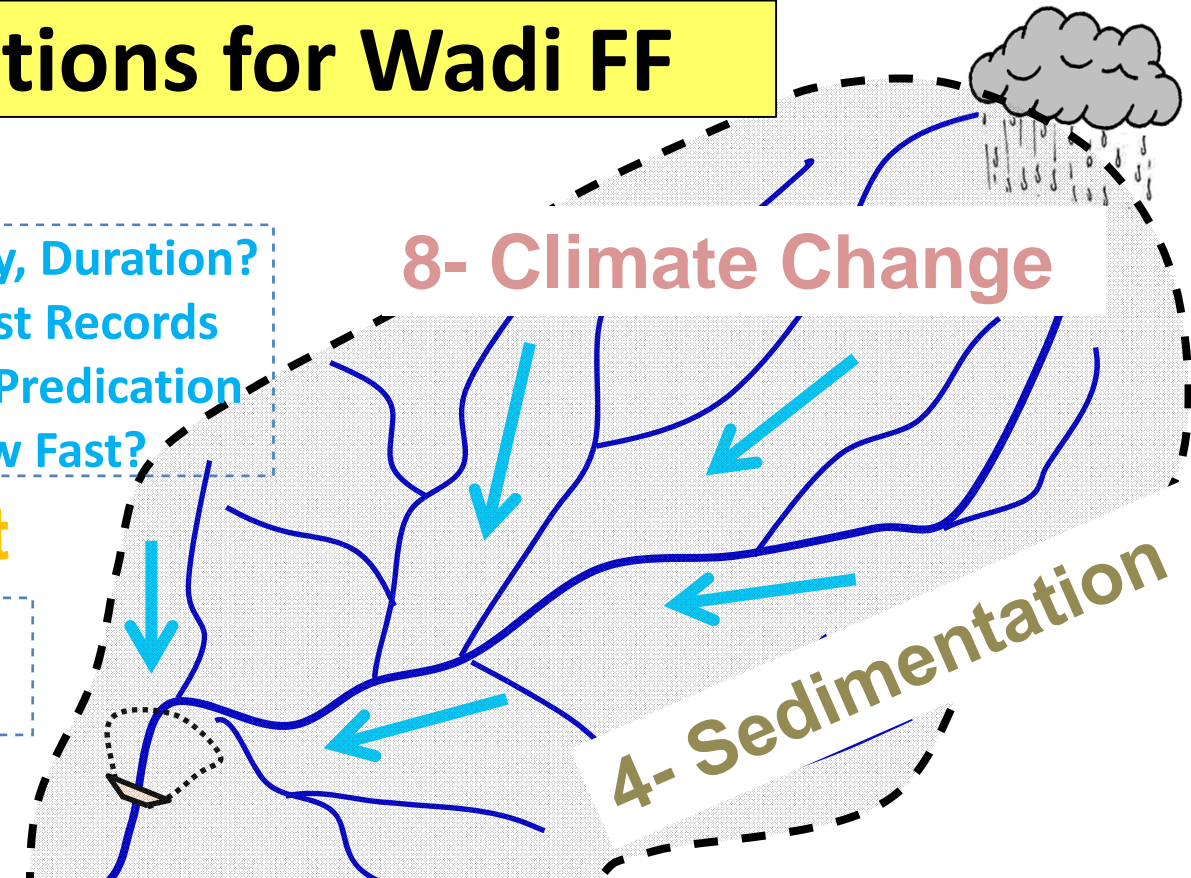
4- Sedimentation

5- Drainage Channel and Target point

6- Hazards, Social & Wadi Ecosystem

7- Land Use Planning

Industrial, Urban, Agricultural, Touristic, Energy, and Development Areas



Wadi Flash Floods Management Strategies

1- Structural Measures

- ✦ Dams (blockage, storage, retention, recharge)
Distributed or Concentrated?
- ✦ Embankments and Artificial Lakes
- ✦ Drainage Channels Improving and Cleaning

3- Water Harvesting

- ✦ Temporally water storage
- ✦ Groundwater Recharge
- ✦ Underground dams
- ✦ Agricultural development

Concentrated Dam

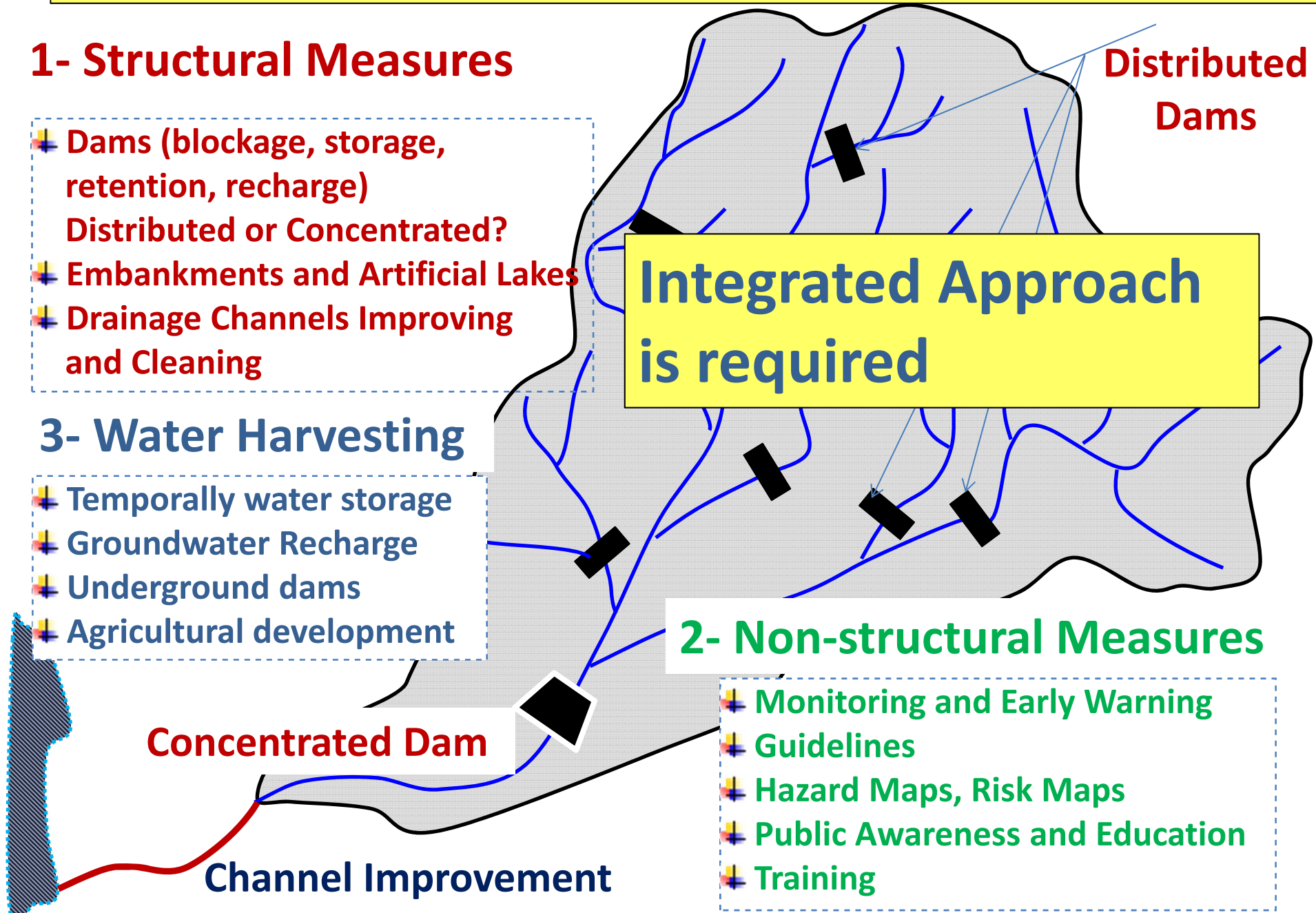
Channel Improvement

Integrated Approach is required

Distributed Dams

2- Non-structural Measures

- ✦ Monitoring and Early Warning
- ✦ Guidelines
- ✦ Hazard Maps, Risk Maps
- ✦ Public Awareness and Education
- ✦ Training



(既往研究成果) エジプト王家の谷におけるフラッシュフラッドのリスク評価

京都大学防災研究所年報 第 60 号 B 平成 29 年
DPRI Annuals, No. 60 B, 2017

Risk Assessment of Flash Floods in the Valley of the Kings, Egypt

Yusuke OGISO⁽¹⁾, Tetsuya SUMI, Sameh KANTOUSH, Mohammed SABER and
Mohammed ABDEL-FATTAH⁽¹⁾

(1) Graduate School of Engineering, Kyoto University

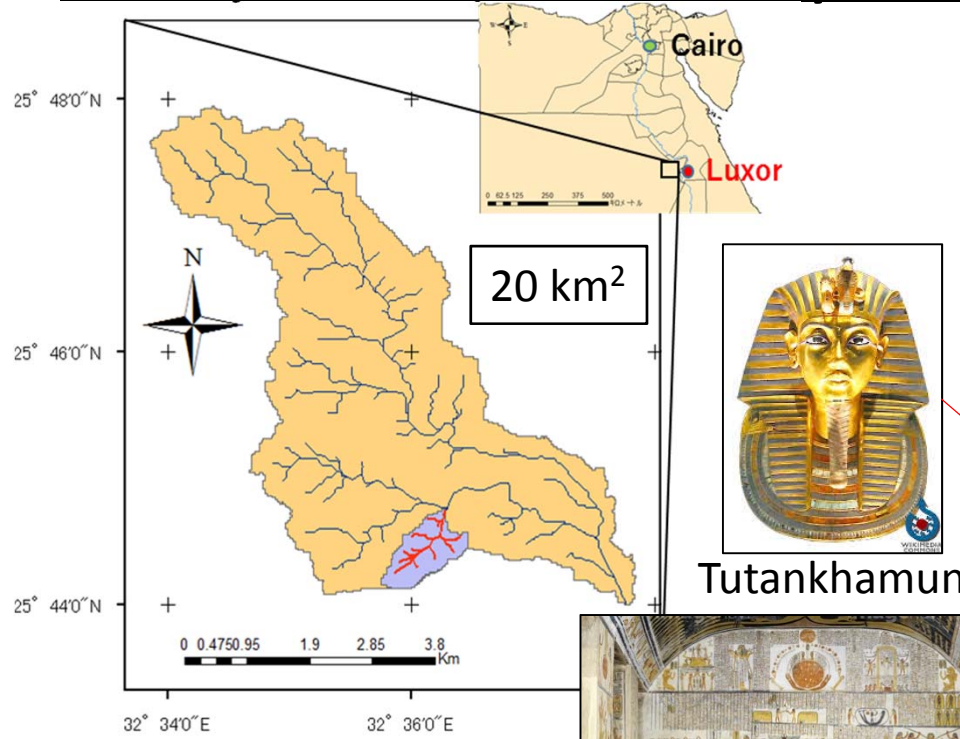
Synopsis

Flash floods unavoidably affect various archaeological sites in Egypt, through increased frequency and severity of extreme events. The Valley of the Kings (KV) is a UNESCO World Heritage site with more than thirty opened tombs. Recently, most of these tombs have been damaged and inundated after 1994 flood. Therefore, KV mitigation strategy has been proposed and implemented with low protection wall surrounding tombs. The present study focuses on the evaluation and risk assessment of the current mitigation measures especially under extreme flood events. Two dimensional hydrodynamic model combined with rainfall runoff modeling by using TELEMAC-2D to simulate the present situation without protection wall and determine the risk of 1994 flood. The results revealed that the current mitigation measures are not efficient. Based on the simulation scenarios, risk of flash floods is assessed, and the more efficient mitigation measurements are proposed.

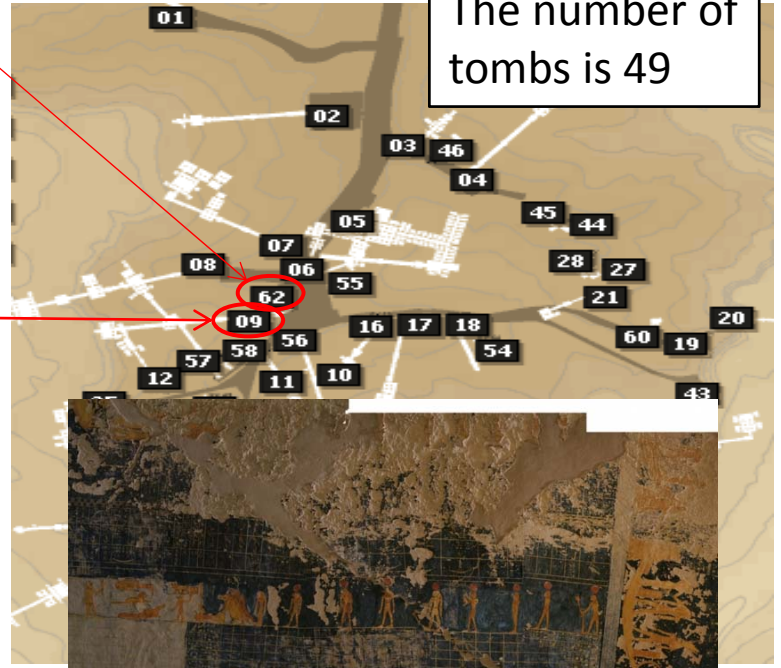
Keywords: Flash floods, The Valley of the Kings, TELEMAC-2D, Mitigation measures

Study area (The valley of the Kings)

Flood Impact on Archeological sites



The number of tombs is 49



Small basin(0.5 km²)
steep topography



Ramesses V & VI

1979 a UNESCO World Heritage site

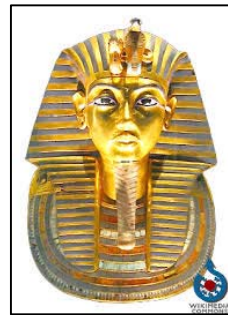
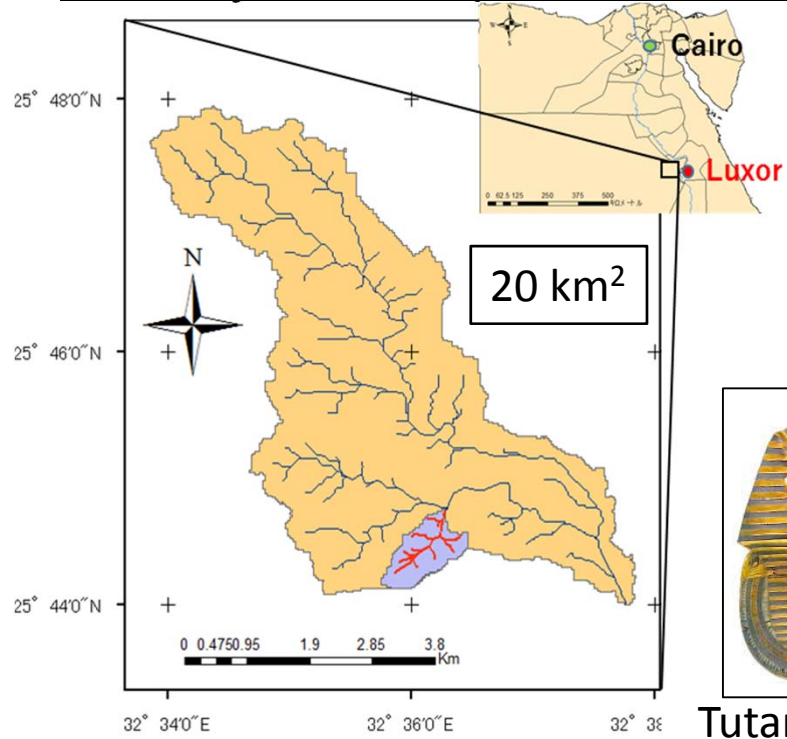
1994 Big storm damaged KV



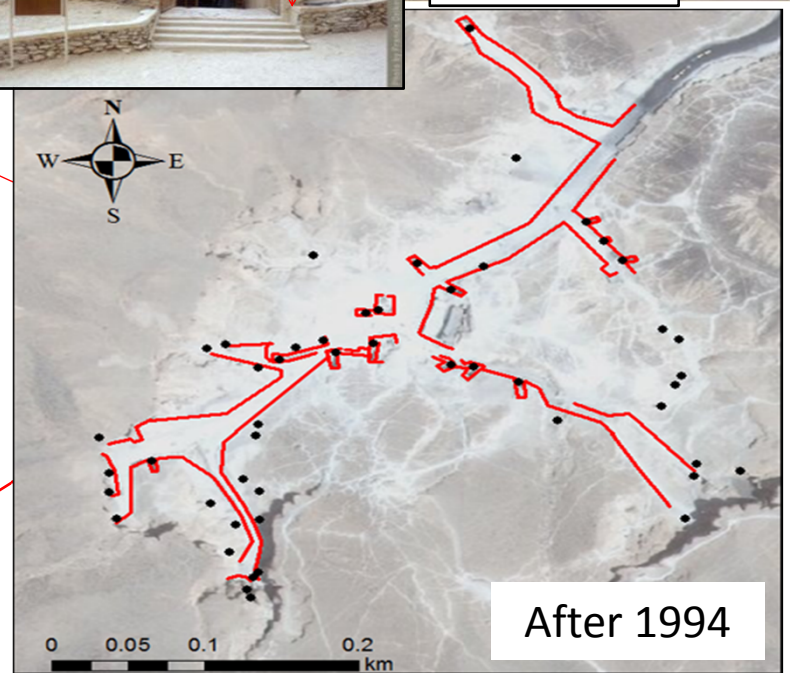
Mitigation strategy is critically needed

Study area (The valley of the Kings)

Flood Impact on Archeological sites



Tutankhamun



Ramesses V & VI

Small basin(0.5 km²)
steep topography

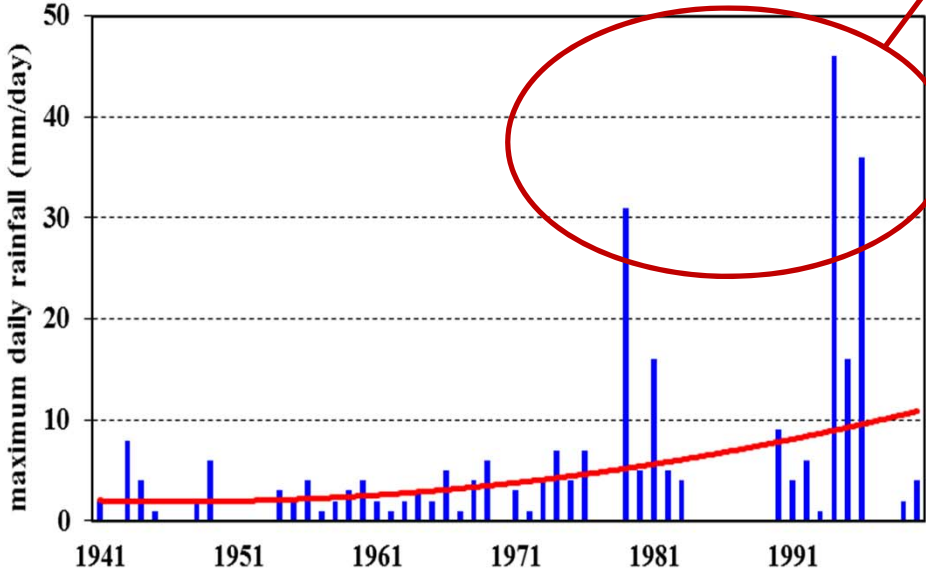
Objectives

- Assess the risk of flood in the Valley of the Kings with the existing protection strategy
- Propose efficient mitigation measures based on future scenarios for extreme rainfall

Rainfall analysis

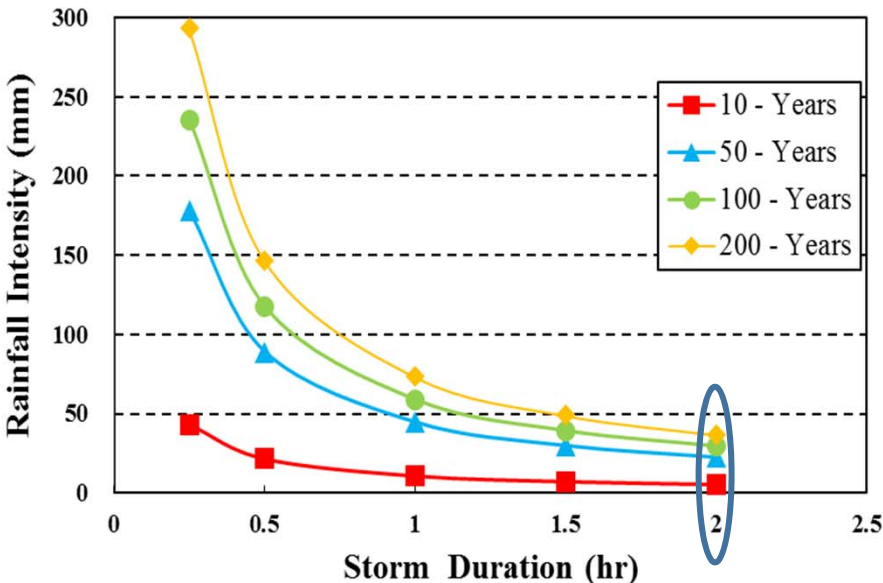
Over 30mm/day occurred three times in the recent 30 years(1971-2010).

There are no observational data



Histogram of measured maximum daily rainfall at Luxor Airport (1941-2000)

the intensity of storms has an increasing tendency



IDF curves at different return period predicted

Return Periods	1994 storm	50 year	100 year	200 year
Rainfall intensity	16mm/h	22mm/h	30mm/h	40mm/h

Reference

Ghanem, A and Elgamal, M, (2010). Protection of the Valley of the Queens from Flash Flood.

Runoff analysis

KV

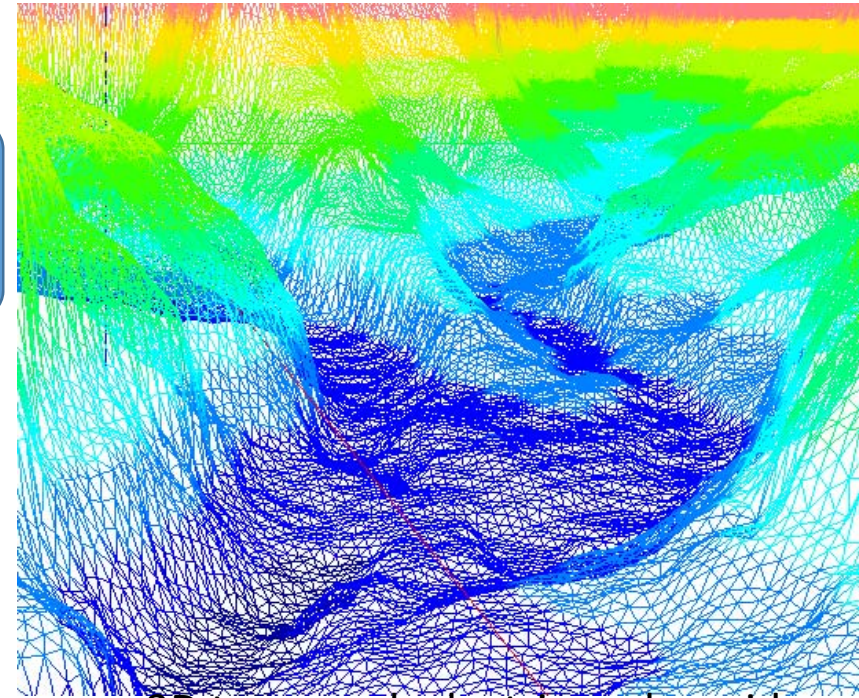
Small basin
Discontinuous flow
Possible to use Shallow Water Equations

Inefficient drainage function

To reproduce details of flow path

TELEMAC-2D (Developer is EDF)

- based on 2D model adopting a finite-element scheme based on triangular elements over the non-structured grids
- to simulate the dynamics of flow in a water-body via the solution of Shallow Water Equations



3D topography by triangular grid

Continuity

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \vec{u}\vec{v}(h) + h \cdot \text{div}(\vec{u}) = S_h \quad (1)$$

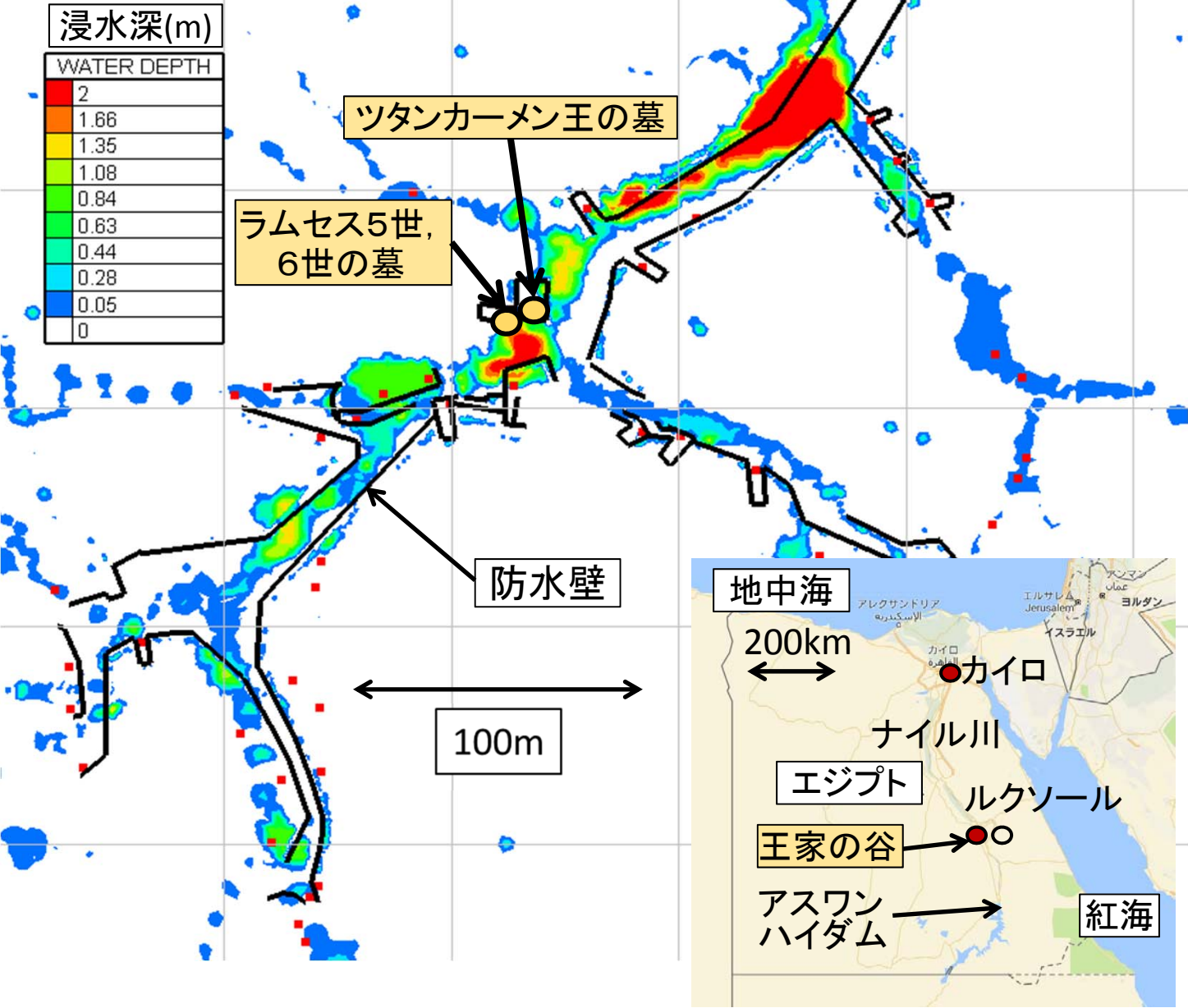
x-momentum

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \vec{u}\vec{v}(h) = -g \frac{\partial Z}{\partial x} + S_x + \frac{1}{h} \text{div}(h v_t \vec{v} u) \quad (2)$$

y-momentum

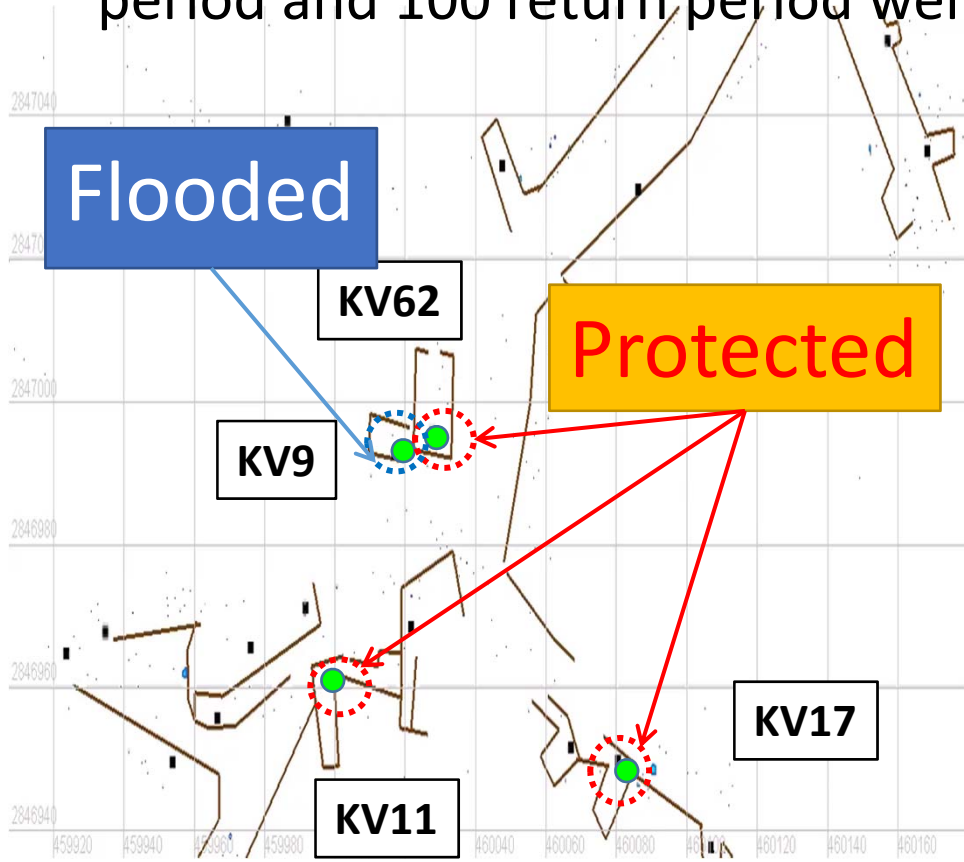
$$\frac{\partial h}{\partial t} + \vec{u}\vec{v}(h) = -g \frac{\partial Z}{\partial y} + S_y + \frac{1}{h} \text{div}(h v_t \vec{v} u) \quad (3)$$

100年確率降雨で「王家の谷」が浸水する可能性のある範囲

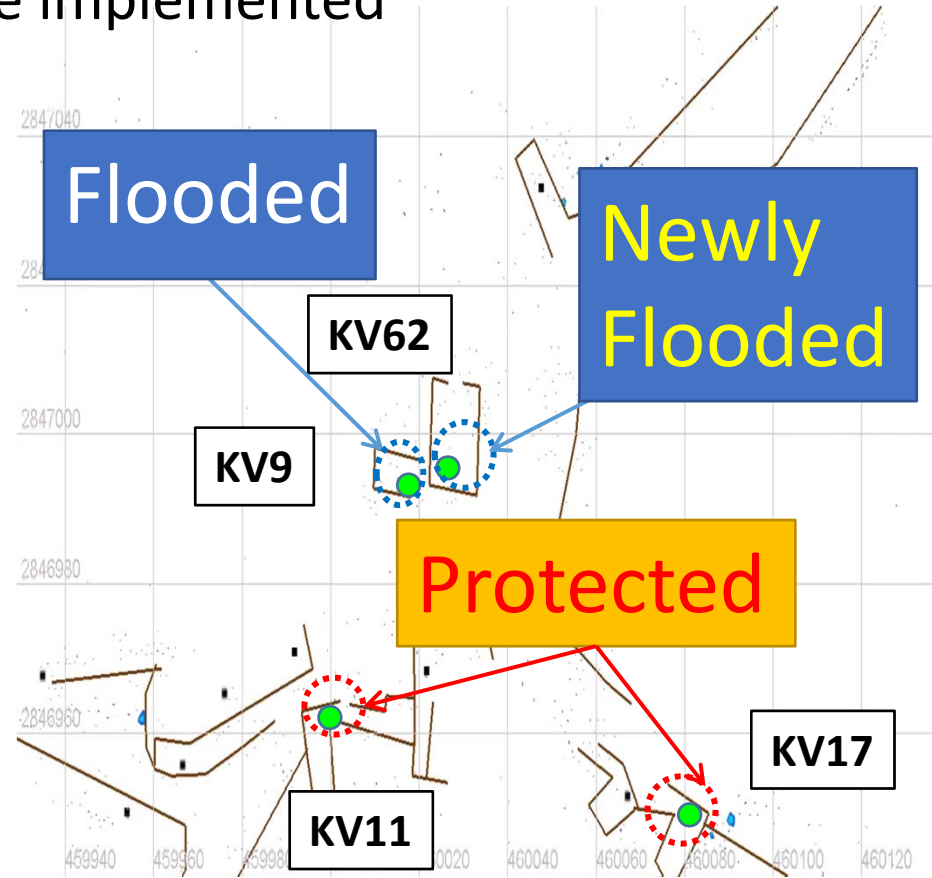


Result (with current protection wall)

The simulations in the of 1994 flood, rainfall of 50-year return period and 100 return period were implemented



Simulation of the 1994 flood



Simulation of the 100-year return period

KV62 and **KV9** were flooded with the rainfall of 100-year return period

(関連記事)

エジプト

関連ニュースは

「王家の谷」豪雨で浸水の恐れ 京大防災研試算

毎日新聞 2017年2月20日 06時45分 (最終更新 2月20日 12時44分)

社会 > 話題 > 速報 >



100年に1回の豪雨で「王家の谷」が浸水する可能性のある範囲

ナイル川中流域で局地的な豪雨が降ると、古代エジプトの歴代ファラオ（王）を祭る墓地群「王家の谷」の多くの遺跡が浸水する。京都大防災研究所の研究グループがこんな試算をまとめた。既存の防水壁では防ぎ切れず、ツタンカーメン王の墓を含む多くの遺跡で、内部の壁画などが被害を受ける恐れがあるという。地球温暖化による異常気象で現地の雨量は増加傾向とされ、グループは防水壁のかさ上げなどの必要性を指摘している。

【写真特集】ツタンカーメンの黄金マスク 接着剤が雑に付いたひげ修復

今後への期待

- 京都大学は2008年からフラッシュフラッドの研究をエジプトやオマーンを中心に推進してきた
- 2015年からは、世界に先駆けてフラッシュフラッドの包括的な研究協力を実施するために国際会議を毎年京都大学のイニシアティブのもとに開催している
- フラッシュフラッドは日本には馴染みが薄い話題であるが、日本の都市河川の鉄砲水(都賀川で幼稚園児が流された)と同様な急激な洪水である
- 地球温暖化の影響もあり、近年、フラッシュフラッドが増加している
- 現実に、日本人の観光客が影響を受けるなど影響が懸念される
- 今後の対策として、日本の洪水対策の経験(降雨観測(衛星、レーダなど)、洪水流出予測(数値モデル)、被害軽減対策(予警報システム、貯留対策(洪水対策ダムなど))などが大きく貢献できる可能性が高い
- そのためには、日本人がこの問題を正しく理解し、研究のみならず、政府をあげて協力を行っていくことが期待される
- いいモデルができれば、中近東・北アフリカの同様な問題をかかえる地域に対する日本からの貢献モデルとなることが期待される