

ヨルダン南部, ワディ・アブ・トレイハ遺跡における 新石器時代ダム遺構の周辺環境

Geoenvironment around the ancient dam at Wadi Abu Tulayha, PPNB archaeological site in the southern Jordan

桂田祐介 (KATSURADA Yusuke)

名古屋大学学生相談総合センター
Center for Student Counseling, Nagoya University

Abstract

Wadi Abu Tulayha is a small settlement site located in the north-west of the Jafr Basin in southern Jordan. This PPNB agro-pastoral outpost was probably derived from the secondary farming society in the west. In order to clarify natural backgrounds for the ancient dams set along the wadi channel at the site, surface drainage and catchment area were estimated by calculating digital elevation model (DEM) and analyzing remotely sensed images. Considering its geological backgrounds, hydrology including underground water in the limestone-based sedimentary rocks may play an important role on the nomadic people's settlement.

はじめに

ヨルダン南部のジャフル盆地北西部に位置するワディ・アブ・トレイハ遺跡は、先土器新石器時代の複合遺跡で、2005年より2008年までの期間に日本の考古学調査隊によって発掘がすすめられた(藤井, 2009)。この遺跡は、約8,500年前の先土器新石器文化Bの小型集落、ワディ(涸れ谷)を横断する形で配された3列の石造ダム群(図1a)、および半露天式貯水槽から成る。この集落は、西方の丘陵地帯の本村からの移牧民による移牧拠点の春营地であったとみなされており、ダムおよび貯水槽は灌漑耕作地を確保する目的で作られたと考えられている(藤井, 2010)。

この遺跡のみならず、周辺には同時代の遺跡が複数見つかり、ワディを横断する小型石積み遺構など、ワディ・アブ・トレイハ遺跡で推察されている貯水・灌漑機能と類似した機能を持つことが示唆されている(藤井, 2010)。こうした発掘によって明らかとなった事柄に対し、ダムや貯水池などの水利施設を機能させる周辺の環境条件については不明確である。本研究では、上記の西アジア新石器文化研究に資する目的で、リモートセンシングおよび地理情報システム(GIS)を使用して、ジャフル盆地北西部の地質と地形について考察を行った。

調査地の概要

ヨルダン川東岸山地の東斜面下方に広がる緩斜面は、緩やかに東傾する石灰岩やリン酸塩岩、チャートの地層から成り、中央ヨルダンペディメントと呼ばれる(Barjous, 1992)。この緩斜面のさらに下方は起伏の少ない平坦地形となり、ジャフル盆地を形成している。北緯30°30'、東経35°58'、海拔高度約1000mの地点に位置するワディ・アブ・トレイハ遺跡は、ジャフル盆地北西部の緩斜面に発達したワディの本流ではなく、支流に位置している。ワディ・アブ・トレイハ遺跡だけでなく、

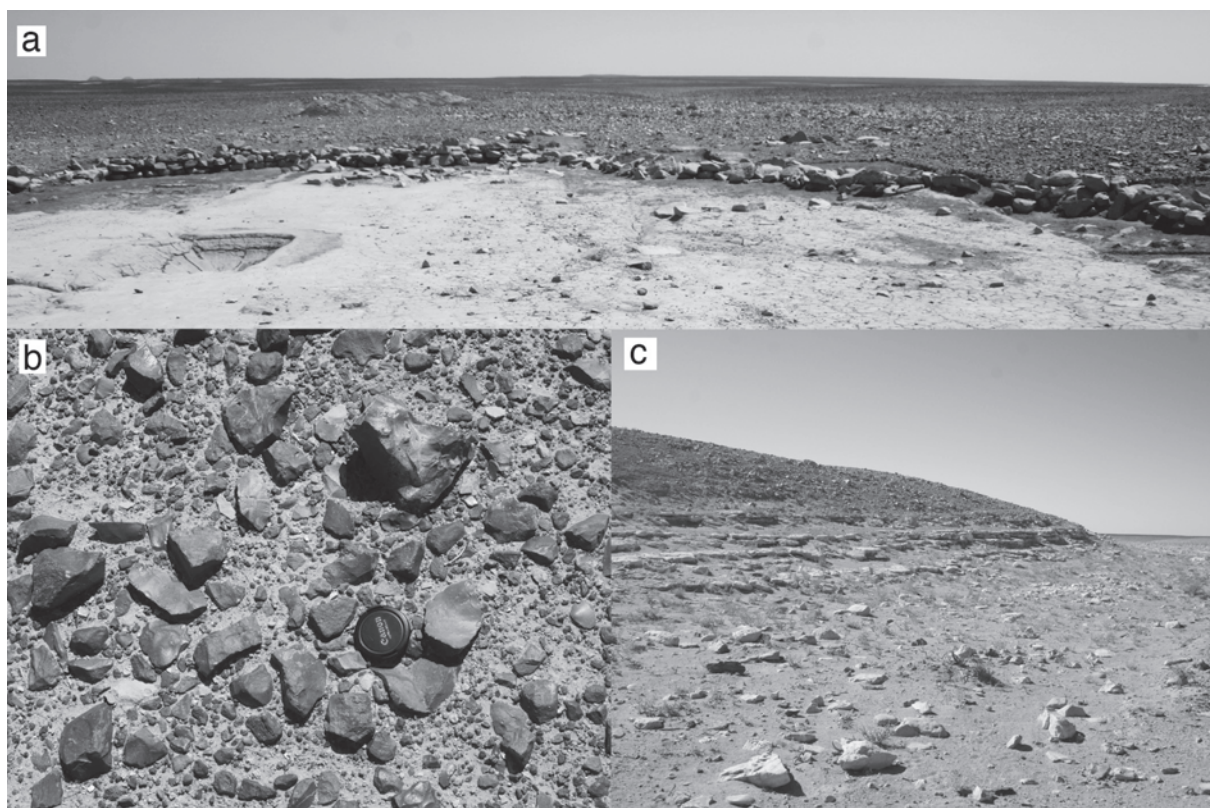
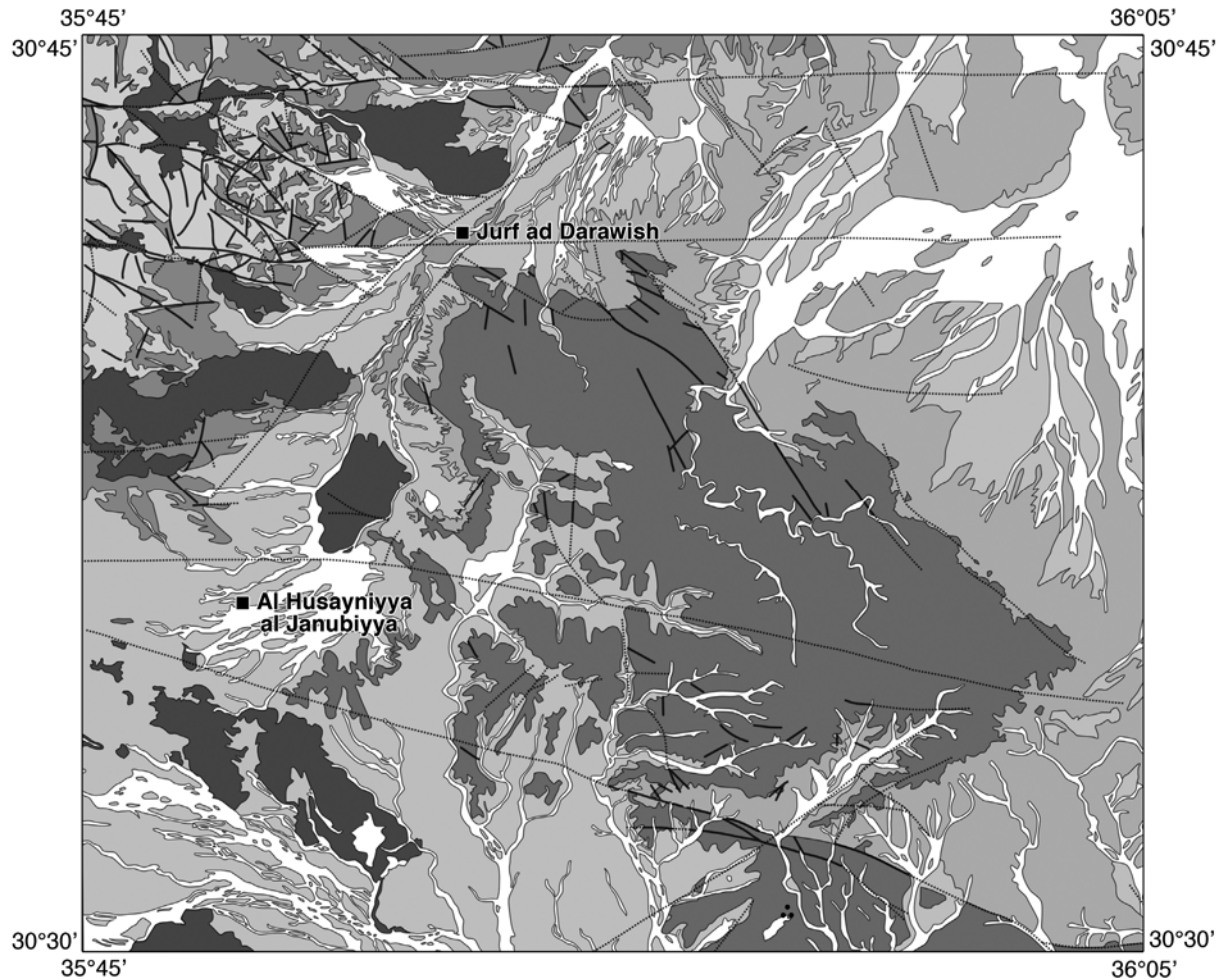


図1 a. ワディ・アブ・トレイハ遺跡のダム遺構. b. 礫砂漠の表層を覆う角礫チャート. c. ワディと周辺の様子.

ジャフル盆地で見つっている新石器時代のダム遺構は、いずれも現在のワディの河道中心線に対してほぼ垂直に位置している。このことは、当時から現在まで、ワディの流路の位置がほとんど変化していないことを示唆している。

この地域の地質は、ヨルダン中南部に広く分布する白亜紀後期から古第三紀の堆積岩を基盤とする。図2に示すように、西方のフセイニーヤ・アル・ジャヌビーヤ村およびジュルフ・アッ・ダラウィッシュ村付近では、新第三紀以降の火山岩が露出し、その周辺では、基盤を成す堆積岩が第四紀の河成堆積物およびワディの堆積物によって不整合に覆われている。基盤の堆積岩は、おもに海成石灰岩から成り、下位から Amman Silicified Limestone, Al Hisa Phosphorite, Muwaqqar Chalk-Marl, Umm Rijam Chert Limestone の各層が分布する。Amman Silicified Limestone および Umm Rijam Chert Limestone は珪化層を多く狭在し、Al Hisa Phosphorite はリン酸塩化した石灰岩やチャートのノジュールを多産する (Moumani, 1997)。これらのうち、珪化した岩石 (チャート) は完新世中期以降 “フリント” として石器に使用されて来た。ワディ・アブ・トレイハ遺跡は、Umm Rijam Chert Limestone 層に位置しており、ここで発掘された半露天式貯水槽では、不透水層であるチャート層が貯水槽の底面として利用されている (藤井, 2009)。また、調査地一帯は、“ハマダ” と呼ばれるチャートの角礫が表層に薄く堆積した礫砂漠 (図1b) である。

ジャフル盆地は内陸の閉鎖性水域で、蒸発散量が降水量を上回る極めて乾燥した気候条件下にある。ジャフル盆地の長期年平均降水量は 51mm (JICA, 1996) で、年間蒸発量は 3300 ~ 4000mm である (Salameh, 1996)。



LEGEND



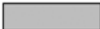








- | | | | |
|---|---|---|-----------------------|
|  | Wadi/Qa' sediments (Holocene) |  | Wadi Abu Tulayha Site |
|  | Fluviatile gravels (Pleistocene) |  | fault |
|  | Wadi Hisa Marl (Pleistocene) |  | fault (inferred) |
|  | Basalt (Pleistocene) | | |
|  | Umm Rijam Chert Limestone (Eocene) | | |
|  | Muwaqqar Chalk-Marl (Late Cretaceous–Paleocene) | | |
|  | Al Hisa Phosphorite (Late Cretaceous) | | |
|  | Amman Silicified Limestone (Late Cretaceous) | | |



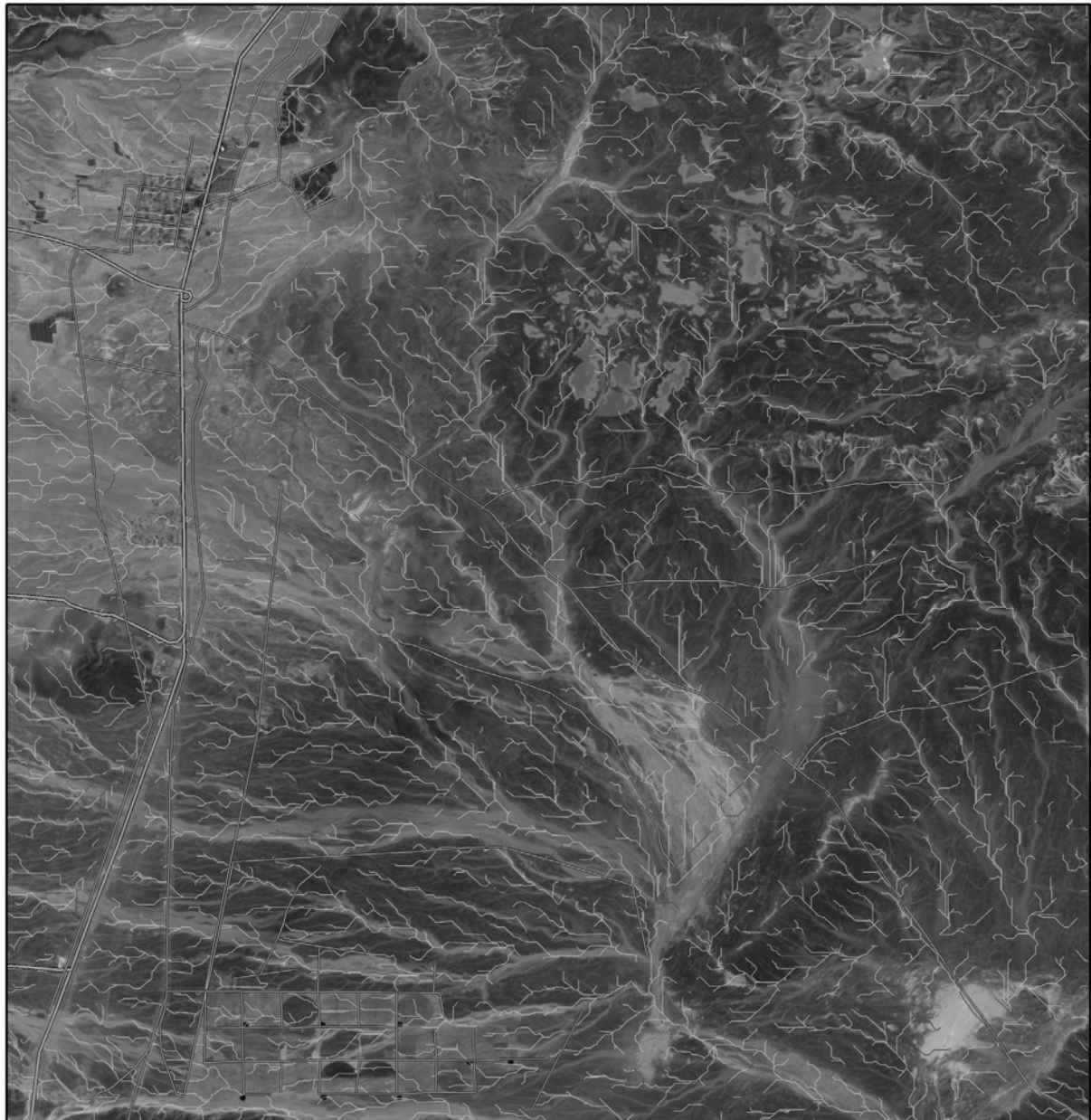
図2 調査地周辺の地質図。

The geology of al Husayniyya al Janubiyya (Jurf ed Darawish) area, map sheet no. 3121-II 及び The geology of wadi al Bahiya area, map sheet no. 3251-III を一部改変。






地形解析の手法

通常の水文計算では、数値標高モデル (DEM) から流向を計算し、累積流量を見積もって集水域を決定する。ここでは、ASTER GDEM のデジタル高度データを用いた。まず、高度データをスムージングして閉鎖した凹地のピクセルを消去し、次に1つのピクセルについて周辺の8ピクセルに対する流下方向 (落水線) を計算した。さらに、落水線方向への累積流量を求め、遺跡の集水域を計算した。

また、この地域の礫砂漠ではワディ底部は表層のチャートがなく、石灰岩やチョークが露出している（図1c）。そのため、ワディの流路網を衛星画像によって明確に識別することが可能である。ここでは、衛星画像 SpotView Ortho-レベル3（空間解像度20m、2009年10月20日撮影）で確認できるワディの流路網が表層微地形を反映しているものとして、GDEMの計算結果と比較した（図3）。



LEGEND

-  Stream lines calculated from the DEM
-  Stream lines calculated from the DEM (incorrect flow direction)
-  Catchment area for Wadi Abu Tulayha site calculated from the DEM
-  Road
-  Quarry

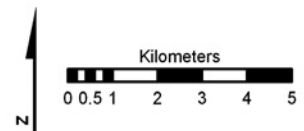
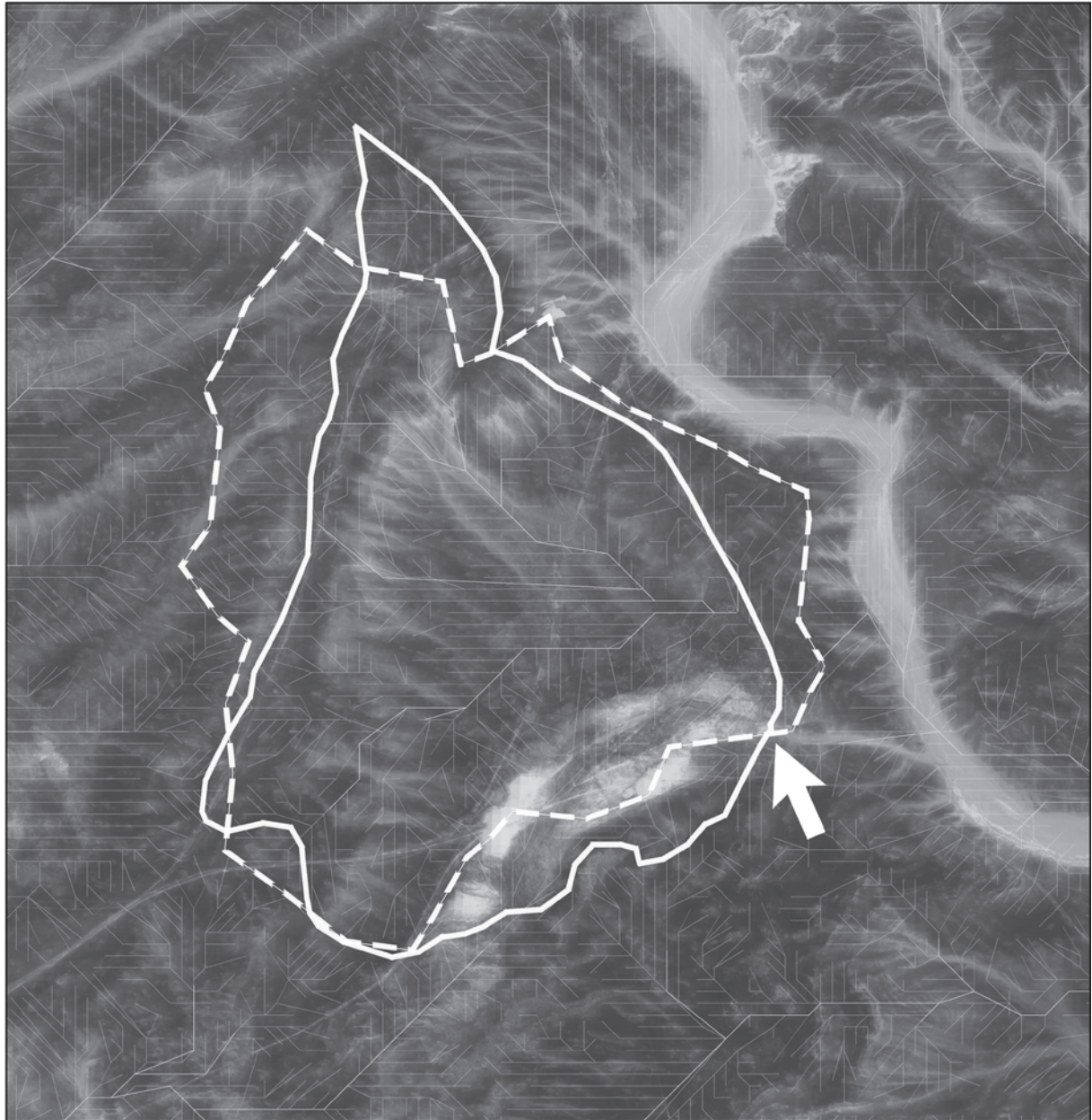


図3 GDEMをもとにした水文計算によって得られた流水ネットワーク図。ワディ・アップ・トレイハ遺跡に対する集水域および人工物（道路および露天堀鉦山）を明示し、SPOT衛星画像に重ねてある。赤色線は、実際とは著しく異なる流下方向を示す計算流路。



LEGEND

- Stream lines calculated from the DEM
- ○ Catchment area calculated from the DEM
- ▬ Catchment area determined from the remotely sensed image

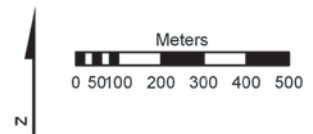


図4 ワディ・アブ・トレイハ遺跡の集水域。
 白色破線がGDEMの計算によるもので、白色実線が衛星画像から判読したもの。QuickBird衛星画像に重ねてある。矢印はダムを表す。

ワディ・アブ・トレイハ遺跡を含む25km²の領域について、別途高解像度（パンクロマティック、0.61–0.72m）の衛星画像QuickBird（2008年6月6日撮影）を用いて、実際の集水域の判読も試みた。表層のチャート角礫の分布の濃淡を強調し、面状表面流の痕跡を抽出して微地形の尾根を特定した（図4）。

結果と考察

GDEM を用いた計算の結果、南東に傾斜する地形全体の流路網の傾向は概ね反映されている。しかし、SPOT 衛星画像と重ねると、図に赤線で示す箇所において GDEM の計算結果と衛星画像による流下方向の差が顕著であり、GDEM による流域計算では、一部で良好な計算結果を得る事が容易ではないことが推察される。赤線部は、道路沿いとワディ底部に集中しているため、(1) 道路等の人工物による表流水の迂回現象、および (2) ワディ底部や網状部の極端な平坦地形、の 2 点が、15m の空間解像度の GDEM では反映されていないことがその要因であると考えられる。

ワディ・アブ・トレイハ遺跡の石積みダムに対する集水域は、GDEM による計算で 157 ヘクタール、QuickBird 画像の判読で 141 ヘクタールであった。Fujii (2007) は、春期の含水率が夏期に比べて高いことを指摘し、ダム遺構の石積みの高さから約 20cm の水位を想定して、このダムは平坦な地形のため 0.5 ~ 1.0 ヘクタールの面積を持つ春営耕作地の維持が可能であったと類推している。実際に、ワディ・アブ・トレイハ遺跡の堆積物からは、食利用植物と見なされるコムギ属、オオムギ属、マメ科、ピスタチオ属の種子が同定されている (那須・丹野, 2007)。

例えば、現在乾燥地で灌漑農業が行われているアラル海周辺では、コムギ栽培に必要な配水量は 1 ヘクタールあたり約 7,000 ~ 7,500m³ と言われている (野村, 1998)。ワディ・アブ・トレイハ遺跡の集水域を上記の計算および判読結果から、ほぼ 150 ヘクタールとして、短期間にまとまった降水イベントがあると仮定すると、10mm の降水量による集水域全体の水量は約 15,000m³、50mm の場合約 75,000m³ になる。ダムとしての機能を評価するには、蒸発散や浸透といった土地条件の詳細情報は不可欠であるものの、Fujii (2007) の予測どおりの湛水面積であれば、まとまった降水があれば石積みダムに一時的にでも湛水していたことが予想される。また、現在当地は年間降水量が約 50mm の乾燥気候であるが、中東地域では完新世に何度か乾燥・湿潤変動があったことが指摘されており、先土器新石器時代後期の 8,200 年前ごろにも比較的湿潤な気候から乾燥化したことが判明している (Rohling & Pälike, 2005)。このことより、ワディ・アブ・トレイハで生活が営まれていた 8,500 年前には最低でも現在よりは降水量が多く、貯水しやすい条件であったとは推測できるが、食利用植物を栽培可能なほどの気候条件であったかどうかについては、推測の域を出ない。

石灰岩質地域は、一般に高い含水率を有する (Ford & Williams, 2007)。衛星画像によるワディ上流部の形態からも伏流水の湧水と見られる形態があることから (図 3)、ジャフル盆地一帯を成す石灰岩質の地層も例外ではなく、集水域において集中する表面流によってのみではなく、伏流水がダムの機能に影響した可能性が考えられる。ジャフル盆地の石灰岩やチョーク層においても、地下水流が表面流と大きく異なる可能性があることは、Rech *et al.* (2007) によって指摘されており、石灰岩質地域における地下排水による水利施設への影響は無視できない。保水性の高い石灰岩質地域における伏流水の恒常的な発生は、ワディ・アブ・トレイハ遺跡のダム程度の規模でも食利用植物の栽培が可能であったことを裏付ける重要な要素である。新石器時代の遊牧文化の形成に寄与した環境条件としては、季節農耕を行うにあたって石灰岩質地域であることがとりわけ重要な要素であったかもしれない。

謝 辞

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (A) (海外学術調査)「移牧先農耕の盛衰と西アジア遊牧文化の起源」(代表：藤井純夫) によって実施している。現地踏査および情報収集には、金沢大学ヨルダン調査隊のほか、国土館大学の調査隊にも多大なる協力をいただいた。

文 献

- Barjous, M.O. (1992) *The geology of the Ash Shawbak area, map sheet no.3151-III*. NRA Bulletin 19, Geological mapping division, Geology directorate, 84p.
- Ford, D., Williams, P. (2007) *Karst hydrogeology and geomorphology*. John Wiley and Sons, 562p.
- Fujii, S. (2007) PPNB Barrage Systems at Wadi Abu Tulayha and Wadi Ruweishid as-Sharqi: A Preliminary Report of the 2006 Spring Field Season of the Jafr Basin Prehistoric Project, Phase 2. *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, **51**, 403-427.
- 藤井純夫 (2009) 新石器時代ヨルダンの移牧春营地：ワディ・アブ・トレイハの第6次調査 (2008)。第16回西アジア発掘調査報告会報告集，日本西アジア考古学会，28-33。
- 藤井純夫 (2010) 新石器時代のダム —ヨルダン南部ジャフル盆地における新石器時代水利構の再踏査 (2009)—。第17回西アジア発掘調査報告会報告集，日本西アジア考古学会，49-53。
- Japan International Cooperation Agency (JICA). (1996) *Water resources study of the Jafr Basin. Main report*. Ministry of Planning in association with Water Authority of Jordan, Amman.
- Moumani, K.A. (1997) *The geology of al Husayniyya al Janubiyya (Jurf ed Darawish) area, map sheet no.3121-II*. NRA Bulletin 38, Geological mapping division, Geology directorate, 70p.
- Moumani, K.A. (2005) *The geology of Wadi al Bahiya area, map sheet no.3251-III*. NRA Bulletin 60, Geological mapping division, Geology directorate, 46p.
- 那須浩郎・丹野研一 (2007) ワディ・アブ・トレイハ遺跡 2006 年夏調査における植物遺体分析。金沢大学ヨルダン調査団 2006 年度調査の研究報告会および 2007 年度調査の準備会議，発表資料集，381-390。
- 野村政修 (1998) シルダリヤ下流域の自然環境保全と灌漑農業 —クズルオルダ州を中心に—。スラヴ研究，**45**，305-318。
- Salameh, E. (1996) *Water quality degradation in Jordan (impacts on environment, economy and future generations resources)*. The Royal Society for the Conservation of Nature, 179p.
- Rech, J.A., Quintero L.A., Wilke P.J., Winer E.R. (2007) The Lower Paleolithic Landscape of 'Ayoum Qedim, al-Jafr Basin, Jordan. *Geoarchaeology*, **22**, 2, 261-275.
- Rohling, E.J., Pälike, H. (2005) Centennial-scale climate cooling with a sudden cold event around 8,200 years ago. *Nature*, **434**, 975-979.

(2010 年 6 月 7 日受付， 8 月 20 日受理)