

Lebanon : ByblosとSidon周辺の地形と石積み城壁の風化

On the Topography and Weathering of Stone Castle Ruins in Byblos and Sidon, Lebanon.

池田 碩*

Hiroshi Ikeda*

1. レバノンの地形・地質と気候環境

地中海に臨むレバノンは面積約1万km²の小さな小国（岐阜県域に相当）である。地形は第三紀の造山帯に当る若い地帯構造を示すため、3000mを越す高山もあり変化に富む。海岸に平行するレバノン山脈は北部が高く、最高峰のクルナトアッサウダKornet es Seouda山は3088mである。レバノン山脈は東側が急斜し西側が緩やかな傾動地塊であり、地中海に流入する河川の侵食が主稜にまで及んでいないため、山頂域には所々に小起伏平坦面を残している。さらに内陸側にもアンティレバノン山脈が平行し、最高峰のヘルモンHermon山は2814mでその東側はシリア砂漠に臨んでいる。

両山脈の間には、ベカー Bekaa平原と称される巨大な構造谷リフトバレーが挟まれている。この構造谷に沿う河川には、北方へ流れるアスシー Assi川、南方へ流れるリタニLitani川とさらに南下するヨルダンJordan川が死海へと流下する。

地中海岸と平行するレバノン山脈は、長さ約165km、幅約15~25kmで、北部が2500~

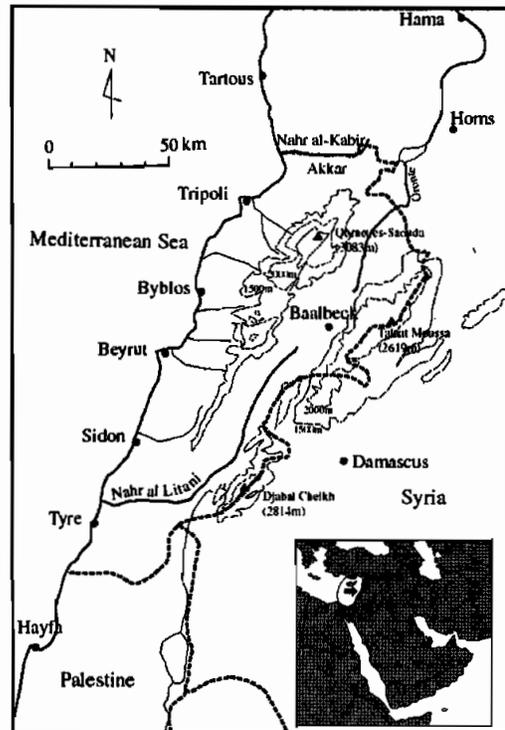


図-1 調査地

Fig-1 Map of the Study Area

3000mと高いが、南部は急速に低下していき、イスラエルに至ると500~700mとなり、ゴラン高原と接している。山脈を構成する岩石は、主として中生代の石灰岩であるが、他に苦灰岩、砂岩、玄武岩も存在する。山中にはカルスト地形が発達、各地に特徴的なドリーネやカレンフェルド群、さらには鍾乳洞が分布する。鍾乳洞のうち最大のものは、北部の山間部に位

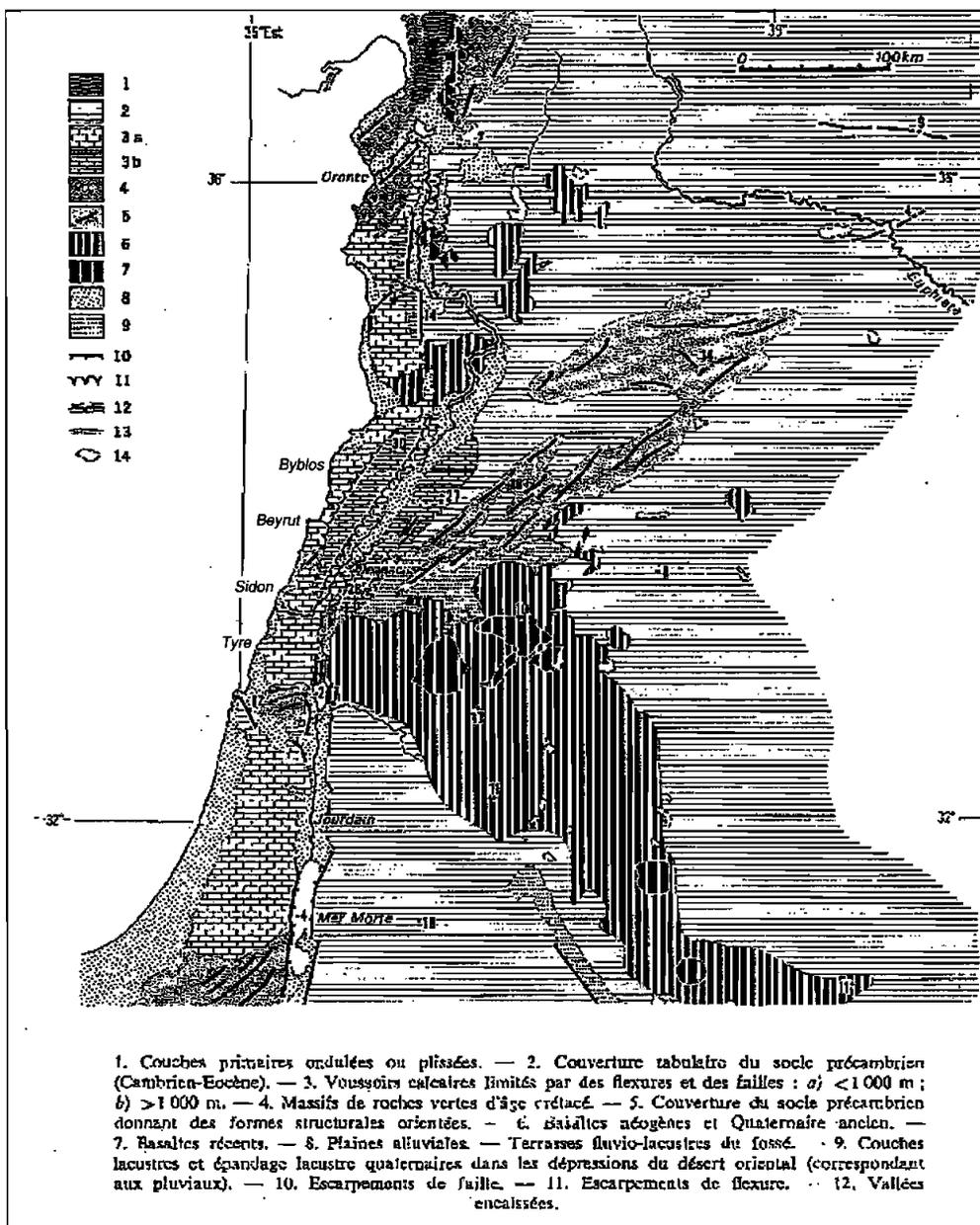


図-2 地質図・注1

Fig-2 Geology Map

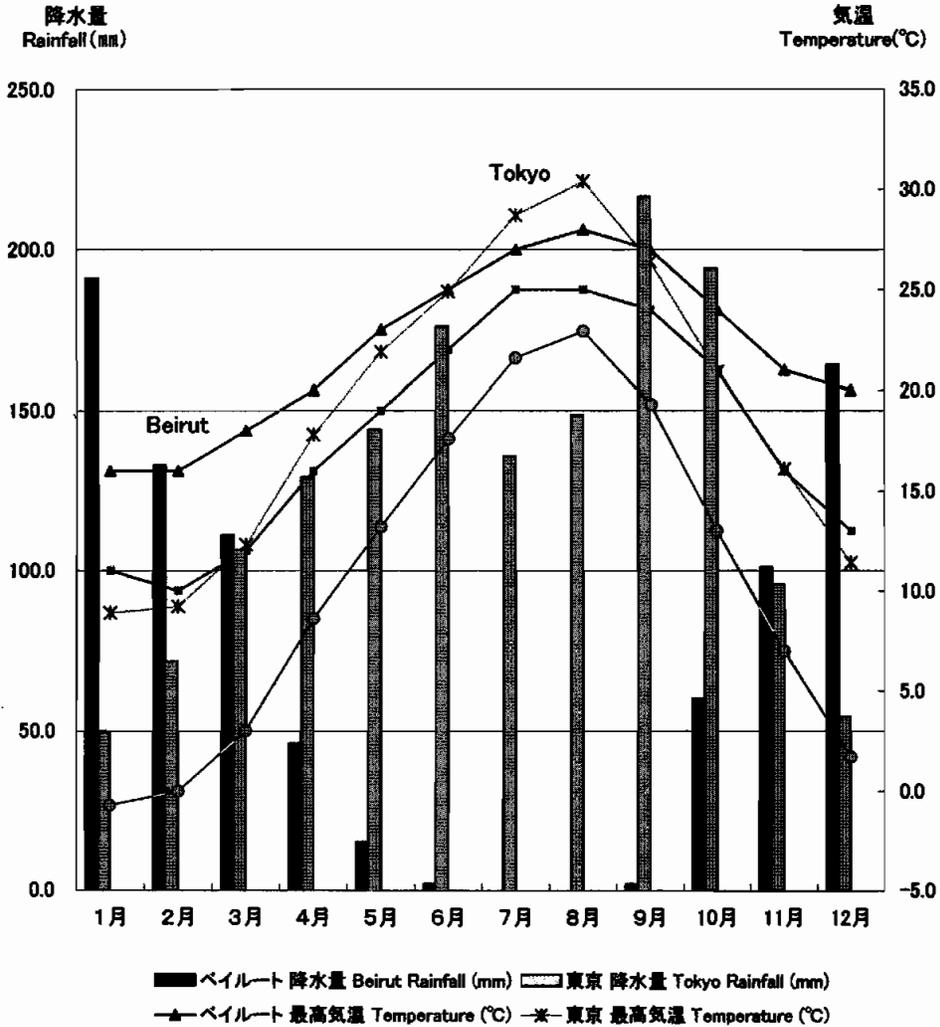


図-3 ベイルートと東京の降水量と気温
Fig-3 Rainfall and Temperature in Beirut and Tokyo

置するジェイタJeita洞で見事な鍾乳石・石筍や洞内河川が見られ観光洞となっている。南部の海岸沿いには小規模なアドルーンAadloun洞があり、その内部や周辺には古代人の住居跡や墓地として利用されていた跡が見られる。

石灰岩山地であるため地下水が豊富であり、夏の乾季でも山麓では湧出水を利用できたことが古代から都市を築けた重要な要因であった。山麓の湧水地から港を中心とする都市間は、水道橋で結ばれていたし、現在もポンプ揚水によって配水されている。

レバノンには、中東唯一の砂漠を持たない国であるが、南北に長く海に臨み高山を有しているため、気候も変化に富む。地中海側は、冬雨・夏乾燥の典型的な地中海性気候であり、農耕にも適している。内陸のベカー平原も降雨量は減ずるが同型で肥沃な農地であるのは、両側の高

い山脈からの雪解水を得られることが大きい。2000～3000mを有するレバノン山脈は高山気候であり、降雪も多いため山上にはスキー場が存在する。このため夏には海水浴、冬はスキーへとヨーロッパからの観光客を引きつけてきた。

かつての山地は、国旗にも描かれているように、杉の巨大な森林に覆われていた。さらに近海には、紫色の染料をとる巻き貝ミューレックスがたくさん取れた。杉と貝を資源として交易を進め、フェニキア文明の中心地として栄えた。しかし現代のレバノン山中には、森林は少なくむしろはげ山裸岩の荒廃山地と化している部分のほうが多い。レバノン杉は、ほんのわずかに鎮守の森的に残されているにすぎないし、近海で取れていた巻き貝も山地側からの養分の補給が無くなり、捕獲できなくなった。ここは文明が緑を食いつぶしたため、衰えたところの代表地域でもある。

2. 調査地ByblosとSidon地域の地形

レバノン山脈にほぼ平行して地中海に臨む海岸には、さらにその沿岸や沖合いに岩礁や小島群が連なっているところが多い。これらの岩礁や小島群が、陸側に近い部分では陸繋島トンボロとなって陸側と連なっているところもある。そのような海岸は海側からの荒い波を防ぎ、天然の良港を築きやすく、しかも島やトンボロと化した島状丘は要塞を構築する最良地を提供している。このため両条件を兼ね備えた地域は、どこも古代から港街や港湾都市が立地してきた。

フェニキア時代に繁栄し、都市国家を築いていたTripoli, Byblos, Beirut, Sidon, Tyreなどの都市は、全てこのような共通条件を備えた場所に位置している。このうち今回調査した「古城」を残すByblosとSidonも典型的な古代の港湾都市である。

世界文化遺産地に指定されているByblosは、地図で示すように、海拔20～30mの島状孤立丘が海岸に接している。この部分が海に向かって突出しており、島状丘域は天然の要塞となっている。紀元前3000年にはすでに城壁を有する港湾都市に成長し、前12世紀頃には周辺の都市と共に地中海全域を制し、フェニキア海洋文化時代を構築していた。

Sidonは、地図で示すように、海岸と沖合いに岩礁と小島群が連なっている。海岸の丘上には要塞としての「陸の城」を築き、海と接する岩礁を利用して「海の城」を構築している。沖合いに連なる小島群は、海からの荒波を防ぐ防波堤の役割を果たしており、まさに天然の良港に恵まれた地形環境を備えた港湾を有している。初期の都市はByblosの商人達により新たに築かれた港街であったが、前2000年頃になると良港を備えたSidonの方が大きく発展し、都市国家を形成していた。

3. 石積み城壁面の風化破壊状況

既にレバノン南部ティールTyreでの調査報告は行った。¹²⁾今回は、首都ベイルートBeirut北方

のビブロスByblosと南部のシドンSidonでの風化の進む石積み城壁面で行った調査の結果を報告する。

城壁の壁面は同時期に同素材（切石）で構築されたものであるが、壁面に生じている風化の状況は一様に進んではいない。しかも風化の進み方には自然界に生じているTafoni化というタイプの風化形状の特徴を有していることがわかった。このためこれまで各地で調査してきた事例との比較のためにも、この地での風化破壊の状態について報告しておくことにした。

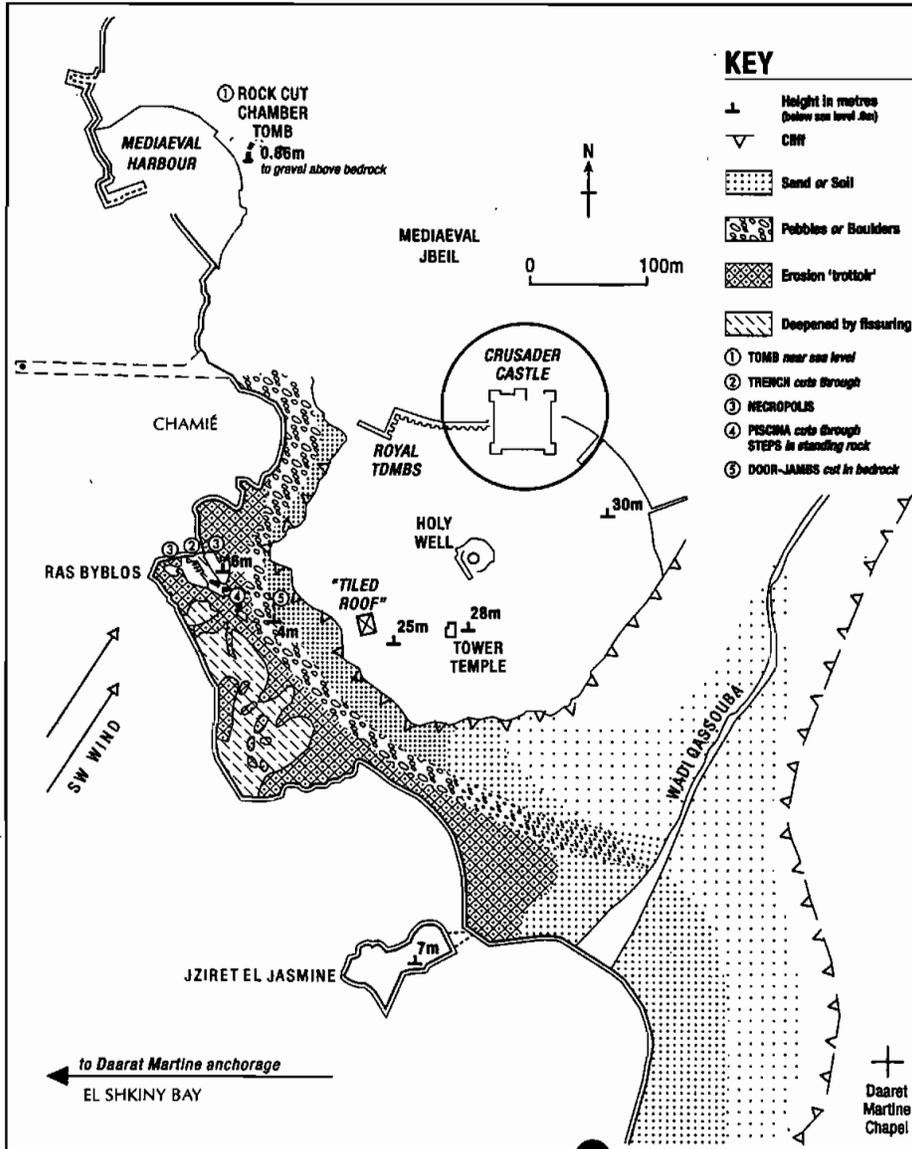


図-4 ビブロス城周辺図・注7

Fig-4 Map of Byblos Castle

①. Byblos城の例

海岸と接している海拔20~30mの島状丘の上部はほぼ全域が天然の要塞として利用され、さらにその北東部には12世紀に十字軍によって構築された3層から成る石積みの城が位置している。そのうち風化破壊が進んでいるのが2層目の東側壁面であったので、この石積み壁面を中心に調査した。

石積み壁面の風化の実態

調査した部分の石積み壁面は、高さ12m・幅18mである。切石の素材は、この地方に産する石灰岩Limstoneを使用している。まず、石積みされている壁面の切石の配列状態と、切石の個数を計測・記録できるように図化した。その結果、切石は15段に積み重ねられており、全切石数は198個であった。次に全切石毎の風化の程度を、切石の表面を目視によりその状態から次のように6段階に区分した。

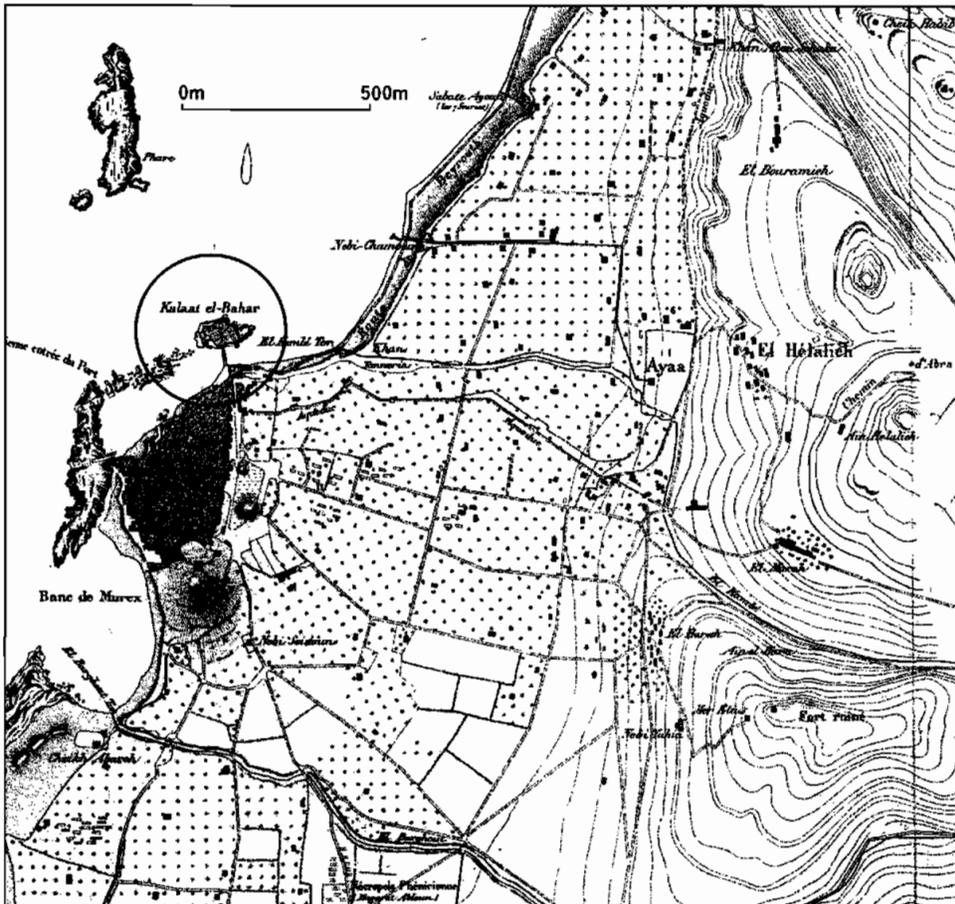


図-5 シドン周辺図 (1892の地形図)

山麓から低地域の土地の状況がわかるように、古い地形図を使用した。

Fig-5 1892 Map of Sidon Showing Topography Before Urbanization

- A・未風化石、補修石
- B・目視では風化色はついていても切石自体は原形に近い段階
- C・一部風化しだした段階
- D・かなり風化が進んで、表面に風化による凹凸が生じてきた段階
- E・著しく風化が進み、表面に10m程の風化穴を生じている段階
- F・風化穴が20m程に深くなりしかも拡大しており、切石全体が空洞化し危険な状態に至っている段階

に区分した。個々の切石にはその規模や使用位置等に差があるため、画一的な計量化はできないが、平均的な状況は判断できると考えた。

調査し図化した結果、石壁面全体では、上方の部分と下方の部分に風化の進んでいないB・C段階の切石が多いのに対し、中央部に風化が進んでいることを示すD・E・F段階の切石が多いことがわかった。

切石全体198個の風化段階毎の個数では、B段階49個、C段階65個、D段階53個、E段階18個、F段階13個であった。風化の進んでいるE・F段階を合わせると31個で全体の16%であるが、その分布・配列状況は中央部を中心にかなり分散していることがわかった。

②. Sidon城の例

Sidonには陸の城と海の城がある。今回調査したのは、海岸と石橋で結ばれている50m程沖合いの海上に位置し、十字軍によって構築された「海の城」の石積み壁面である。風化が進んでいるのは北側と東側の壁面であったが、城内の広場に臨む北側の壁面を中心に調査した。壁面の下端（広場の床面）は海面よりわずか2m位であり、壁面のうち調査した部分は高さ16m・幅10mである。切石の素材は、Byblosと同じくこの地方に産する石灰岩である。

石積み壁面の風化の実態

まず、石積み壁面を構築する切石全個の配列状態と切石の個数を計測・記録できるように図化した。その結果切石は24段に積まれており、全切石数は340個であった。次に切石毎の風化状態をByblos同様にA～Fの6段階に区分した。

調査し図化した結果、A段階5個、B段階63個、C段階82個、D段階68個、E段階55個、F段階67個であった。石壁面全体では上部の部分と下方の部分に風化の進んでいないB・C段階の切石が多いのに対し、風化の進んでいる部分は中央部に位置している。特に中央部のうちでも若干下方にかけて著しく進んでいることがわかった。

特に風化が著しいE・F段階が122個あり、全体の36%にも達している。しかもそれらが中央部の下方に集中していることからすると、いずれ上方を支えることができなくなる可能性が高く、危険な状態に達しつつあることが推測された。

③. ByblosとSidonとの共通点

ByblosとSidonの両地域における切石積み城壁面の風化・破壊状況を調査した。風化状況の判定基準を同一としたので、両城壁面での比較が可能である。両者を比較すると、上方の部分と下方の部分の風化は進んでいないのに対し、その間の中央部分の風化が進んでいることは共通している。しかし風化の程度はSidonの壁面の方が著しく進み、すでに危険な状態に達していることがわかった。その差は、共に海岸に位置しているとはいえ、Byblosの城壁面は海岸より約200m程内陸で標高も30mの島状丘の上に位置しているのに対し、Sidonの城壁面の位置は、海中に築かれた城であり塩分を含む海風の直撃や乾湿の差、すなわち周辺の微気象の差に起因していると考えられる。風化破壊の速度は、最も進んでいるF段階の場合約900年間で20～25cmに達していることから0.20～0.26mm/年ほどであることがわかった。

4. Tafoni状風化の進展 —まとめにかえて—

石材で構築された堅固に見える城壁であっても、年月（時間）の経過に伴って風化は進みいずれは破壊していく。しかし同一時期に、同じ素材で構築された石積み壁面であっても、壁面全体が同じ速度で風化していくとは限らない場合がある。今回調査した石積み壁面に生じていた風化破壊の状況は、その典型的な例である。すなわち風化の進展状況は、壁面の上方の部分と下方の部分の風化作用が遅れているのに対し、その間の中央部が速く進んでいた。速く進んでいる部分では、風化した部分が除去され穴が生じてき、さらに穴が拡大していき、その状況が周辺へと連なっていた。

このような形状となる風化作用は、自然界の岩石に生じる典型的なTafoni風化の状況と一致している。Tafoni状風化がさらに進むと、風化部の穴は奥へ深くなり横へも連続していく。調査地のような人工の石積み壁面の中央部でTafoni化が進めば、ダメージは大きくなり壁面上方の部分を支えきれなくなる。Sidonでの調査結果はすでに危険な状況に達しつつあると推測した。

同様なTafoni化による風化状況に関しては、筆者はインドの石造寺院やアンコールワットの石造寺院等で調査し、同様の結果が出ていることを報告している^{8)~11)}。

今回の調査データが、レバノンの貴重な石造遺跡の保全や保護への基礎資料として活かされることを望む。

注

- 1) P.Birot (1970) : Les regions Naturelles du globe Et Le Bloc Syro Arabique. Masson et Cie, Paris.
- 2) Paul Sanlaville (1977) : Etude Geomorphologique De La Region Littorale Du Liban. Publication De L'Unversite Libanaise.
- 3) Christophe Morhangf (1999) : Etude geomorphologique du littoral de Byblos Resultats de la terrain de 1998. Libanaises BAAL 3, 1998-1999 Pp.261-265
- 4) Honor Frost (2001) : The Necropolis, Trench and Other Ancient Remains; A survey of the Byblian Seafrent. Libanaises BAAL 5.2001 Pp195-217
- 5) Honor Frost (2002) : Byblos : The lost temple the cedars and the sea. Archaeology & History in

Lebanon Issue 15.

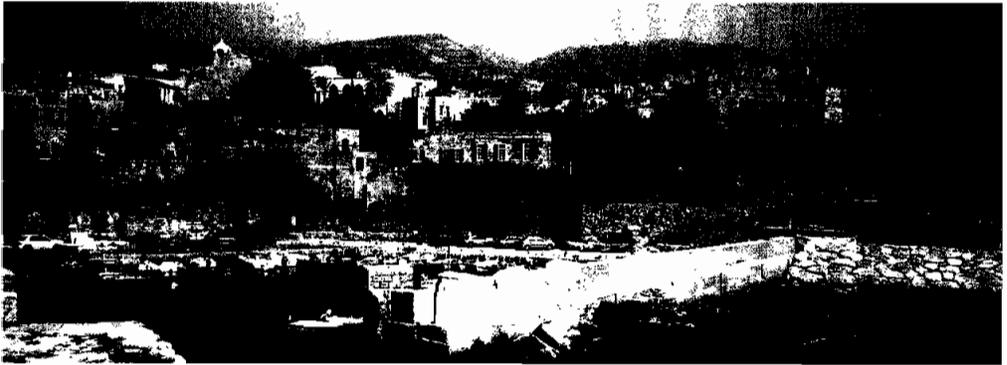
- 6) Christophe Morhange (2003) : The Ancient Harbours of Sidon Archaeology & History in Lebanon Issue 18.
- 7) Georges N. Sabbagh (2002) : La Grande Cassure Africaine Au Liban. Archaeology and History in Lebanon Issue 15.
- 8) 池田 碩 (2002) : インドの石造遺跡寺院に生じているTafoni風化と遺跡の破壊. 奈良大学紀. 第30号.
- 9) 池田 碩 (2004) : 明治維新时期構築旧岩崎弥太郎邸赤レンガ壁面に生じているTafoni状風化. 奈良大学紀要. 第32号.
- 10) 池田 碩 (2005) : Syria Palmira 石造遺跡群の風化状況. 奈良大学紀要. 第33号.
- 11) 池田 碩 (2006) : カンボジア・アンコール石造寺院遺跡の風化破壊. 奈良大学紀要. 第34号.
- 12) 池田 碩 (2006) : LEBANON TIRE周辺の地形と石造遺跡の風化状況. 文部科学省科学研究費2003年特定領域研究 (B)・研究代表者 泉拓良報告書.印刷中.

謝辞

現地では大学院生 (当時) の高瀬啓司君が調査を手伝ってくれた。なお本研究費の一部は、2006年度奈良大学研究助成金を使用させてもらった。

写真A：調査地 全景
pageA Study Area

Byblos

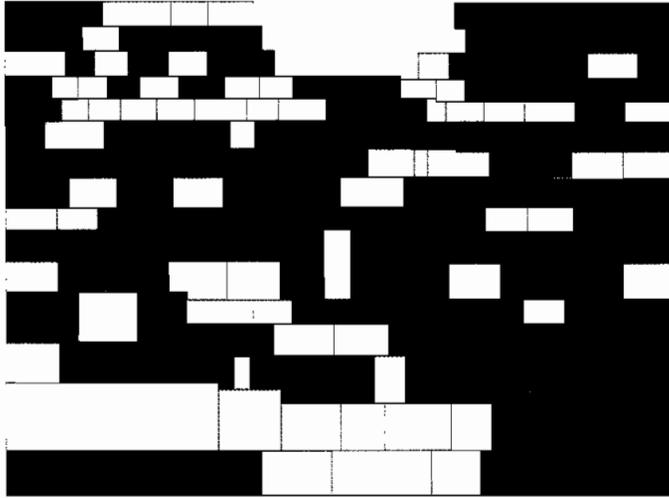


Sidon



写真B-2 調査壁面の風化段階

PageB-2 Damage to a Rock wall due to Tafoni weathering
in Byblos (Castle Wall : Eastern surface)



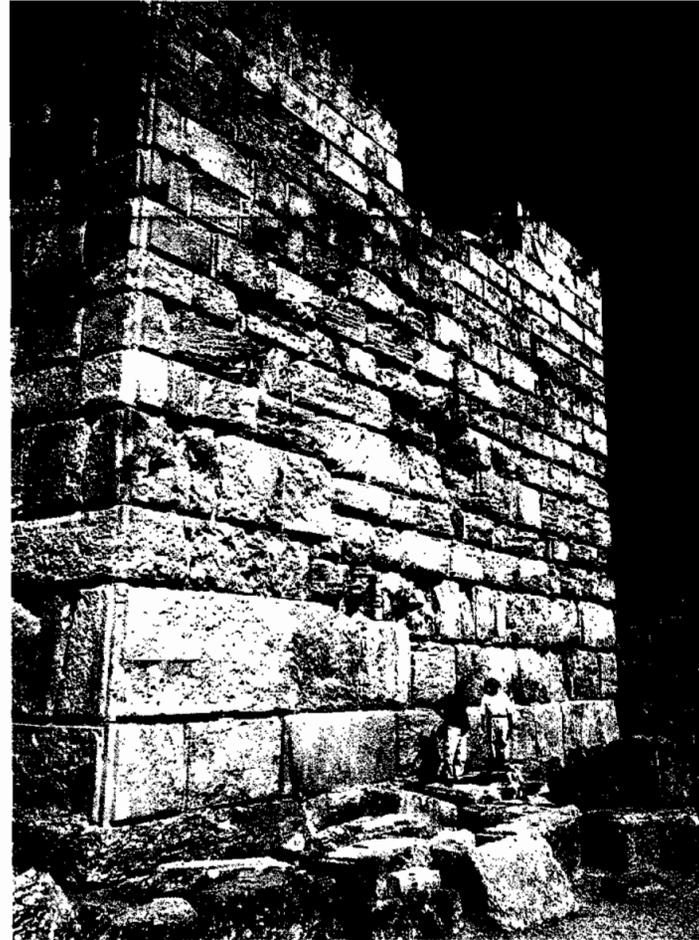
KEY

- A・未風化・補修石(Unweathered・Reconstruct Rock)
- B・原形(Weathered Color Only)
- C・一部風化(Early Weathered Rock)
- D・かなり風化(Middle Weathered Rock)
- E・著しく風化(Deep Weathered Rock)
- F・危険(Danger Weathered Rock)

11.9.2003
H.IKEDA・H.TAKASE

写真B-1 ビブロス城の調査壁面

PageB-1 Rock wall in Byblos castle

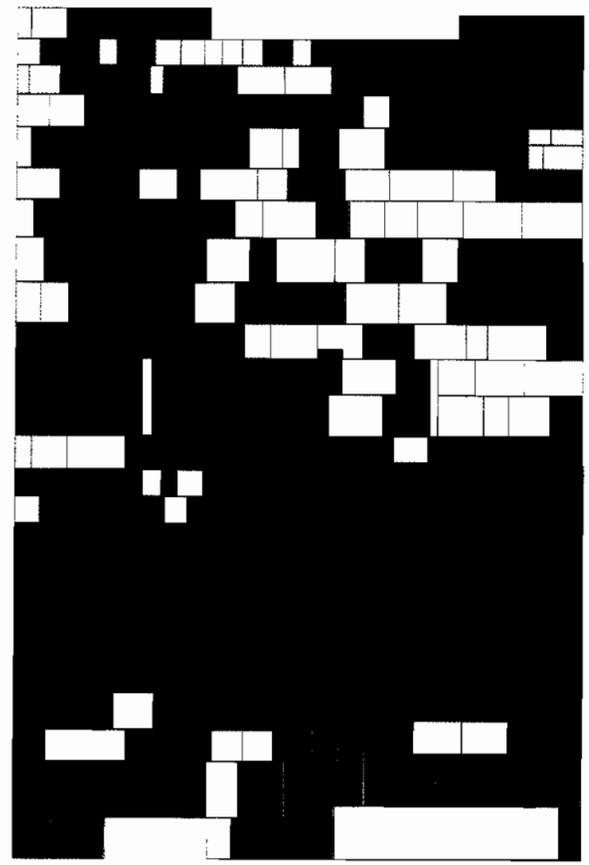


池田：Lebanon：ByblosとSidon周辺の地形と石積み城壁の風化

写真C-1 シドン城の調査壁面
PageC-1 Rock Wall in Sidon Castle

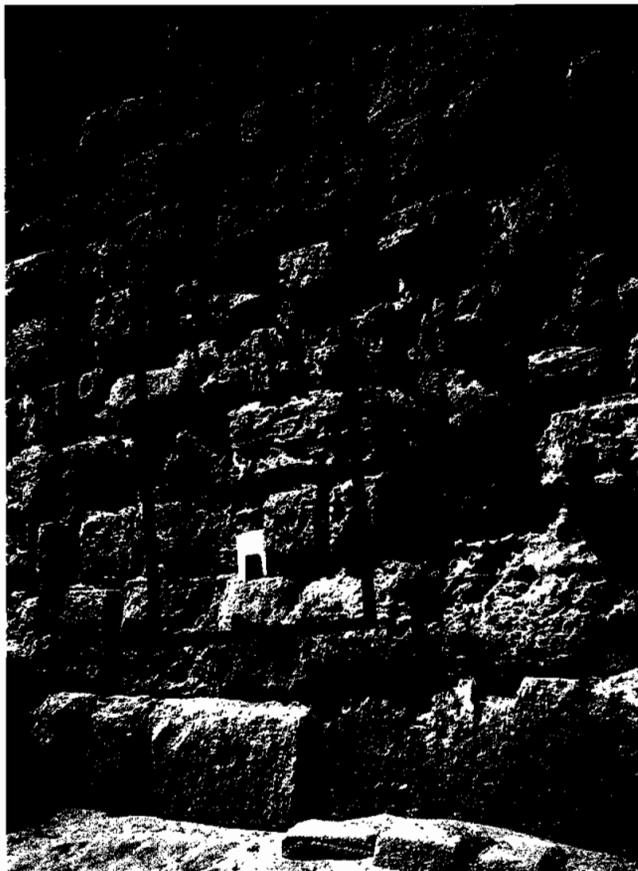


写真C-2 調査壁面の風化段階
PageC-2 Damage to a Rock wall due to Tafoni weathering
in Sidon (Castle Facing the sea)



Key = PageB - 2

写真D 石積石灰岩の風化破壊の状況
PageD Damage to a Limestone Rocks
Green Sketch Book = 9 cm × 16cm



池田：Lebanon：ByblosとSidon周辺の地形と石積み城壁の風化

On the Topography and Weathering of Stone Castle Ruins
in Byblos and Sidon, Lebanon

By Hiroshi Ikeda

Lebanon is a small country of area 10,000km² on the shore of the Mediterranean Sea. Its topography reflects its Cenozoic Tertiary uplifted mountains of young geological structure. There is a chain of mountains over 3000m in elevation that runs parallel to the seashore. The climate is likewise variable. On the Mediterranean Seacoast side, it snows in the winter, and the summers are dry, typical Mediterranean climate. Waters are warm with many swimming beaches, and the soils are suitable for agriculture. However, the Lebanon mountain range has high mountain climate with plentiful snowfalls and many ski slopes. On the eastern Syrian side of the mountain range, there is desert.

The survey reported on here is concerned with old castle ruins in Byblos and Sidon bay shore cities that were built during the era of Phoenician cultural rule. The castles in both areas were well built of local limestone cut stones piled securely layer upon layer. However, observation of their walls, built of the same material at almost the same time, revealed that weathering is proceeding at quite different rates on different parts of the walls. Specifically, weathering of the upper and lower portion of their walls was found to be occurring more slowly than in the central portion. There, deeply weathered stone surfaces with holes here and there were observed. This kind of weathering that occurs in natural rock is called "Tafoni". The walls of the Byblos area castle had 198 stones in 15 layers. Of these stones, 18 stones were weathered through leaving holes, and another 13 were weathered to a dangerous degree, i.e. 31 of 198 or 16% were severely weathered in the middle portion of the wall. In comparison, the old castle in the Sidon area was built on a stone outcrop just offshore. It had 339 stones in 24 layers. Of these stones, 81 in the center were deeply weathered, and another 40 were dangerously weathered, i.e. 121 of 339 or 36% were severely weathered.

The differences between the castle remains in the Byblos and Sidon areas are due to the fact that the one in Byblos is built on a terrace overlooking the sea, while the one in Sidon is built on a stone outcrop surrounded entirely by the sea.

Finally, this survey revealed that the old castle wall in Sidon in particular is Tafoni-weathered to an extremely dangerous degree. It is hoped that the data in this survey may prove to be useful basic information for the protection of rare/valuable old stone relics.