【カテゴリーⅠ】

日本建築学会計画系論文集 第79巻 第705号, 2543-2551, 2014年11月
J. Archit. Plann., AIJ, Vol. 79 No. 705, 2543-2551, Nov., 2014

クメール建築の砂岩採石技法に関する考察
QUARRYING TECHNIQUE OF KHMER MONUMENTS SANDSTONE BLOCKS

下 田 一 太*
Ichita SHIMODA

It has been assumed that the origin of the sandstone materials for constructing Angkor monuments derived from the southeast foot of the Kulen mountain. However, pedestrian survey surround this area was restricted due to the existence of land mines. Safetince safety of this area was currently confirmed, a large number of sandstone quarry including the large scale of the sites were newly discovered from the periphery of this region. Because of these findings, we could find the location of the main stone source of the ancient Angkor monuments. In addition to this region, comprehensive research on the quarry sites was conducted in Cambodia, Laos, Thailand, and discussing on the quarrying techniques of the ancient Khmer stonemason. As was known in the past, general quarrying technique, groove curving at the sides of blocks, is commonly observed at wide area, but other methods such as wedge use and long bar methods were confirmed for cutting out the large blocks. Ancient stonemason at the quarry site might be conscious of the final shape and dimension of the stone blocks at the construction site, in particular the stone blocks for the statue had been roughly engraved at the quarry site for weight saving during the transportation.

***Keywords**: Cambodia, Angkor, Kulen Mountain, Construction technique, Stonemasonry*
カンボジア，アンコール，クーレン山，建設技術，石工業

1. はじめに

古代クメール帝国の王都であったアンコール遺跡群には7世紀頃から15世紀にかけての多数の石造・煉瓦造建築が建立された。9世紀以降に主要な建設材料となった灰色～黄褐色砂岩（長石質アレナイト）[注1)]が遺跡群の北東約40kmに位置するクーレン山の周辺から切り出されていたことは，Garnierによって19世紀には早くも報告されていた[1)]。その後も石切場に関して複数の報告があるが，いずれも採石場の痕跡は小規模なものに過ぎず[2-5)]，アンコール遺跡群に築造された寺院や環濠，貯水池の建設に使用された膨大な石材総量に比して，それらの痕跡による産出量は微々たるものでしかなかった。

過去数年にわたり，岩石学を専門とする内田悦生と筆者は古代クメールの採石場の調査を進めてきたが，ようやく最近になって調査地周辺の地雷の有無が確認され安全な踏査が実現したことにより，新たに多数の採石場跡地を記録するに至った。2012年にはそれまでの数次にわたる調査で記録されたクーレン山南東麓の採石場跡地の分布を報告し，加えて採石場からアンコール遺跡群までの石材運搬について，これまで一般的に想定されていたトンレ・サップ湖を経由しシェムリアップ川を遡上する大きく迂回した運搬経路とは異なり，遺跡群へより直線的に連結する約34kmの一続きの水路と土手よりなる運搬経路の痕跡を明らかにした[6)]。さらにアンコール遺跡の建造時期によって，採石地区が漸進的に移動していた事実について，切り出された石材のサイズと帯磁率の変化より明らかにした[6,7)]。確認された採石場跡地が大幅に増え，中には相当量の石材産出が予想される大型の採石場が発見されたことから，アンコール遺跡の主要な採石地がクーレン山南東麓であった確かな証左が得られたものと考えられる。

本稿では，先の論考の後に発見された複数の採石場跡地を含むクーレン山近傍の採石場跡地の他，カンボジア，タイ，ラオスに認められる採石場跡地の包括的な概要を報告し，採石の痕跡から古代クメールの採石技法を考察するものである。採石技法についてはDumarçay やRocksによる論考があり[8-10)]，溝切や楔の利用といった基本的な点については報告されているものの，新たに発見された多くの採石場跡地に認められた痕跡や，発掘調査によってアンコール遺跡群バイヨン寺院から出土した未加工の石材等による知見をふまえ，より詳細な検討を行った。

古代クメール建築の施工技術に関する研究は，一定レベルの蓄積があるとはいうものの，石工事に限っても各工程における技法や使用された工具，それらの技術変遷，そして生産史研究にも連携すべく施工体制の解明等，様々な課題に対して検討の余地を大いに残している。本稿では，古代クメールの石造建築の建設事業において，主要な工程の一つであったはずの石材産出の技術的様相の解明を試み，施工技術にまつわる多様な課題の一端を解消することを目的とするものである。

2. 現存する採石場跡地の概要

アンコール遺跡の主要な砂岩供給地は上述のように，(1)クーレン山の南東麓に分布していると考えてよさそうであるが，その他にもカンボジア国内では，(2)クーレン山中，(3)コー・ケー遺跡群，(4)プレア・ヴィヘア寺院，ラオス国内では，(5)ワット・プー遺跡，タイ国内では，(6)シキウ，(7)バン・クルアットに採石場跡地が確認されている（図1）。以下に各採石場を概観する。

* 筑波大学人間総合科学研究科　助教・博士（建築学）
Assistant Prof., Graduate School of Comprehensive Human Sciences, University of Tsukuba, Dr. Arch.

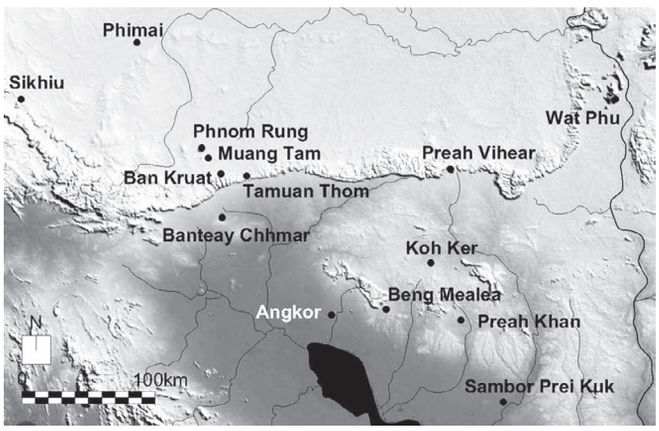

図1　主要なクメール遺跡と採石場の分布図

2.1 クーレン山南東麓の採石場

クーレン山の南東麓，ベン・メアレア寺院の西側地域に，東西約4.5km，南北約2kmにわたり多数の採石場跡地が分布している(図2)。採石場跡地は灰色～黄褐色砂岩が岩盤層をなしている標高90～130mに確認される。採石場の規模は大小さまざまだが，各地区の周辺は厚い堆積土によって岩盤が覆い隠されていることが多く，採石痕はさらに周囲に連続して広がっている可能性も予想される。

最も規模が大きい採石場跡地は図2中の第45地点である(写真1)。図3-1, 2にその中心エリアの平面図と断面図を示す。数層にわたって石材を切り出した露天掘りの採石痕が不整形に広がり，石材を切り出した痕が垂直に近い壁面や階段状の岩盤として残されている。図3-2の断面Bに示す地点は，最も深くまで石材が掘り下げられた箇所で，地上に露出している範囲だけでも11層の石材が4m以上の深さにおよび切り出された痕跡が認められる。岩盤の上面には採石の痕跡が認められないため，上面が当初の露頭であったと見られる。切り出された石材の成はややばらつきがあるが30~50cmである。この採石場全体では約35cmの石材成が平均的である。ただし，同一形状の規格的なブロックを切り出そうとした作業の状況は認められず，岩盤の石質の悪い部分を避けながら，ある程度場当たり的に各部材の形状を定めて切り出していったように看取される。

採石される前に，図3中に示した地区が平坦な岩盤であったとすれば，約2,800㎥分の体積の石材が掘り出されており，後述するように約4割の石材が採石時に失われるとすれば，約1,700㎥の石材がここから産出されたものと概算される。たとえば，切り出された石材の平均サイズが100×60×40cmの大きさであれば，約7,000個の部材がこの採石場から産出されたことになる。加えて，堆積土中にはさらに下層へと掘り下げた痕跡が残されている可能性もある。

図2中の第27，60～70地点は採石の痕跡を残した切り立った岩盤が点在し，その間には切り出し時に排出した剥片や，運搬されずに放棄された石材が多数散乱し，かつては一続きの広大な採石場であった可能性も推測される(写真2)。また同様に，西方の29～35地点も一続きの採石場であったことが推測される。

このように多数の採石場跡地が発見されたことで，この地域がアンコール遺跡の主要な石材供給地であったことが確実視されるものの，これまでに発見された採石地には，アンコール・ワット寺院を構成する大型かつ部材成が均一で，帯磁率がほぼ一定の石材を多数切り出した地域が認められておらず，未確認の大規模な採石地が周囲の土中に

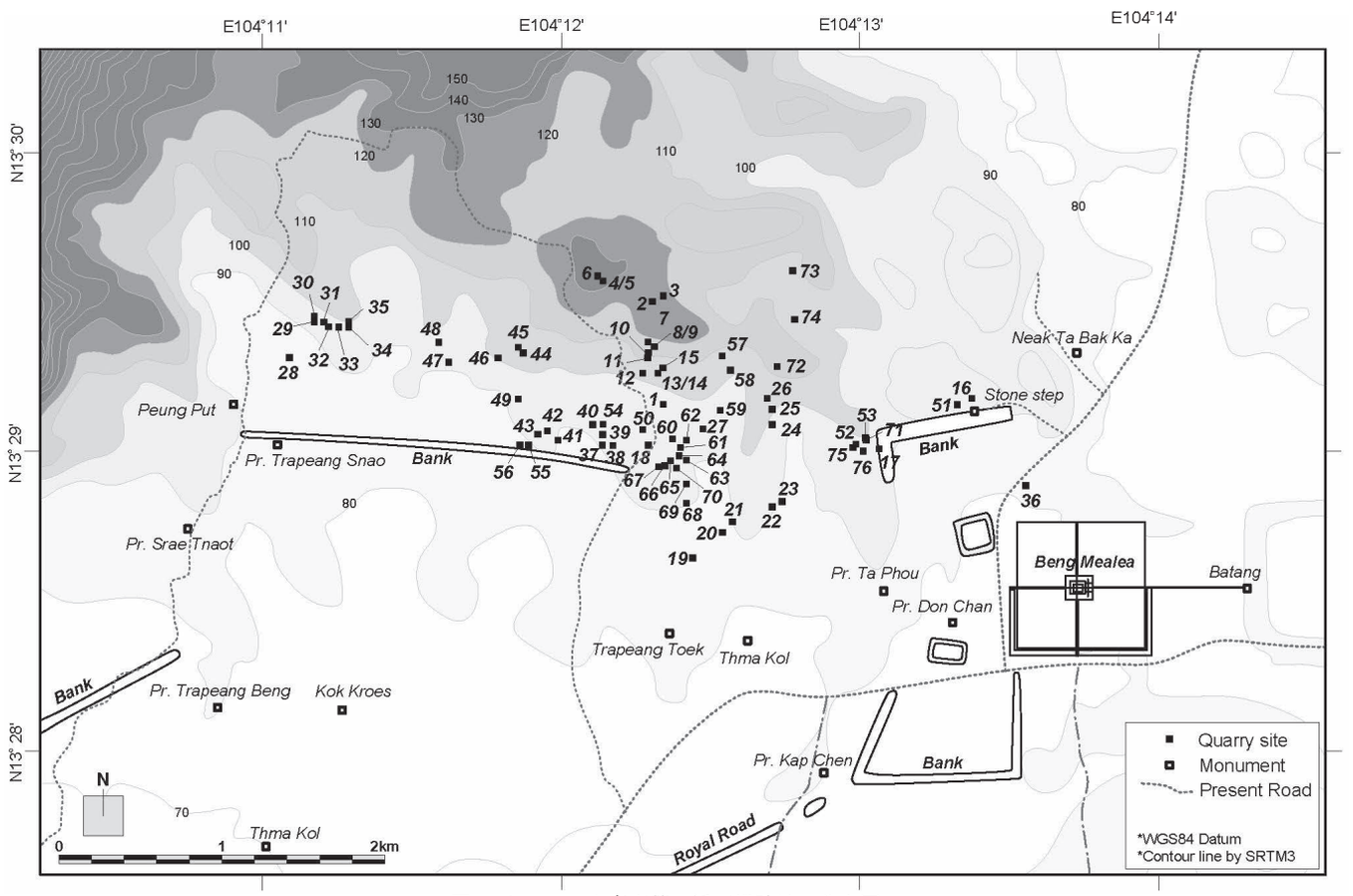

図2　クーレン山南東麓の採石場跡地の分布図

写真1　クーレン山南東麓の採石場 第45地点（中央から南西をみる）

写真2　クーレン山南東麓の採石場　第64地点周辺

埋伏している可能性が高い。規格化された形状の石材を大量に切り出すならば，より統制のとれた採石作業が必要であったはずで，未確認の採石痕には秩序だったものが含まれることが推察される。

2.2 クーレン山中の採石痕

クーレン山中は8世紀末から9世紀にかけてマヘンドラパルバータと呼ばれたアンコール王朝最初期の王都に比定され，複数の煉瓦造祠堂がこれまでに記録されている。こうした煉瓦造祠堂には，扉周りや階段に砂岩材が使用されることが一般的である。段状の堂山型寺院であるPrasat Rong Chen（13/31.843, 104/8.755）付近の岩盤には長材を切り出した採石痕が認められる。痕跡が露出した範囲はわずかであり，周囲は土中に埋もれているため，採石地の全体規模は定かではない。

2.3 コー・ケー遺跡群周辺の採石痕

コー・ケー遺跡群は，10世紀前半にアンコール王朝が一時遷都した土地である。ラハルと呼ばれる貯水池を中心に大小多数の寺院遺構が分布している。この遺跡群の周辺に数か所の採石場跡地が報告されている。Evansは遺跡群全域にて6地区に砂岩の採石痕の記録している他(Evans 2009)，最近の追加調査では遺跡群の南方に位置するPr. Trapeang Svayの南約300mの地点(13/45.860, 104/33.681)に新たな採石痕を確認している[注2)]。

筆者も各地点にて実査を行ったが，遺跡群の北方に位置する，Stung Rongeaと呼ばれる河川の河床にある程度まとまった採石痕を確認した以外は，いずれも極めて小規模な痕跡であり，とうてい寺院建造に十分な石材を供給した主要な採石場であったとは考えられない。特にコー・ケー遺跡群の寺院や彫像，台座は大型の石材が多用されているが，これまでに確認された採石痕はいずれも小さなサイズの石材ばかりで，主力となった採石場の所在については依然定かではない。

2.4 プレア・ヴィヘア寺院周辺の採石痕

カンボジアとタイの国境線をなすダンレック山脈上に位置するプレア・ヴィヘア寺院の周辺には，遺構のすぐ脇からかなり広い範囲にわたって採石痕が広がっている。確認された範囲では露頭の表面から一層のみを切り出した痕跡のみで，クーレン山麓に見られるような複数層にわたって掘り下げる作業は行われていない。周囲の採石痕が残る岩盤と寺院の構成石材は岩石学的に同質であることが確認されており，当然ではあるが付近で採石してすぐさま組積されたものと考えられる。寺院内では岩盤の上に直接切石を積んでいる箇所も多く，また岩盤を削り出して基壇や壁体の一部を形成した遺構もある。

2.5 ワット・プー遺跡周辺の採石痕(N14/50.380, E105/48.682)

ラオス南部のチャンパサックに位置するワット・プー遺跡の南方に採石場跡地が認められる。ワット・プー遺跡は王都アンコールから北東に延びる王道の終着地点である。寺院の参道両側には，王宮と呼ばれる矩形平面の回廊状遺構が配置されており，その南側遺構の南西角に王道は到達する。

この王道の西側，ワット・プー寺院から約1.5km南西に採石場跡地がある。カオ山麓の傾斜地であり，露頭は見られないが，多数の巨礫が散乱しており，それらを分割して石材ブロックとしている。巨礫の上面には階段を彫り込んだ痕跡や，柱穴と考えられる規則的な配置の丸穴，一辺1m程の矩形の彫り込み等が残され，なんらかの施設がここに設置されていたことが推測される。また，王道の北側の窪地には複数

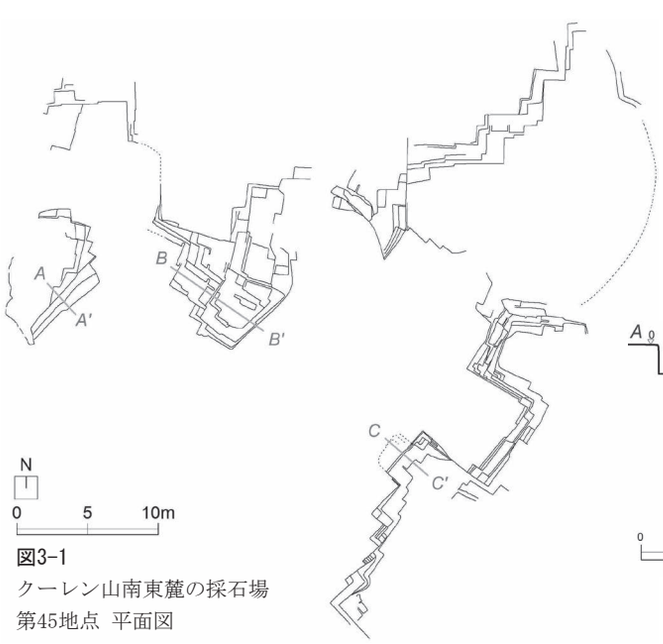

図3-1
クーレン山南東麓の採石場
第45地点 平面図

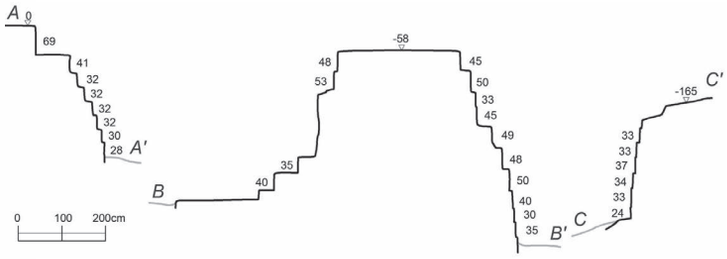

図3-2　左地点 A-A’, B-B’, C-C’ 断面図
数値は切り出された石材各層の成を示す(cm)

の石材が散乱しており，採石地から建設現場までの運搬途中に放置されものと推察される。ワット・プー遺跡の調査を進めているイタリアの調査隊によれば[注3]，さらに大規模な採石場跡地がより南東に位置するというが，これまで筆者は調査を行うに至っていない。

2.6 シキウ採石場跡地（Sikhiu; N14°51.405’/E101°40.568’）

タイの国道2号線（Mitraphab高速道路）のすぐ南側に位置する小丘上に採石跡地がある（写真3）。周囲にも露頭が分布しているものの，採石痕が確認される範囲は狭く，図4中に示される東西24m，南北26mのエリアに限られる。

岩盤上に溝を掘り込み，その後底面を割って採石する方法である。約半数のブロックは既に切り出されているものの（図4中の点線の部材），半数は溝を掘り込んだ段階で作業が放置された。岩盤は甌穴や自然亀裂が走っているが，そうした岩盤の形状に従って採石部材の割り付けがされている。切り出された部材にはかなり大型の長材も含まれている。採石作業の途中で放置された状態で残されており，作業工程を考察する上では重要な痕跡である。この周辺には目立った大型のクメール遺跡は存在せず，供給先となった遺跡は定かではない。

2.7 バン・クルアット採石場跡地(Ban Kruat; N14°21.621’/E103°05.356’)

バン・クルアットの採石場跡地は半ば公園化されており，整備された遊歩道が敷地内に敷設されている。採石痕が遊歩道に沿って点在しており，当地の観光案内の標識によれば約480haに採石場跡地が広がっているとされる。露頭からの採石の他，巨礫を分割して採石したものも多い。また標札によればPrasat Phnom Rungと Prasat Muang Tamの石材供給源であるとされる。それぞれの遺跡までは18km，24kmの距離である。内田らによるタイ，ラオス内に位置するクメール遺構ならびに採石場に関する岩石学的研究によれば[11]，バン・クルアットの石材はPhum Phon，Ban Bu，Ta Muen Thom，Ta Muen Toch，Ta Muen，Bai Baek，Muang Tam，そしてPhnom Rungと同種に分類され，これらの遺構に供給された可能性がある。ただし，現在確認される採石場の規模では，上記遺構のどれ一つに対しても十分な石材供給量には至らない。

3. 採石技法

上述した採石場跡地は，いずれも露天採掘あるいは巨礫を分割する採石方法である。露天採掘の場合，切り出す部材の側面に溝を彫り，最後に底部を割って採石するのが一般的であるが，一部には岩盤の上面や側面に楔を使用している例もある。こうした基本的な採石技法についてはRocksによってその概略が報告されているが[10]，以下では道具の使い方や切り出し方を示す痕跡についてより詳細に整理した。採石場跡地の中でも，主にシキウ，バン・クルアット，クーレン山南東麓の三カ所の事例を紹介しながら，採石技法について考察する。

3.1 鶴嘴（つるはし）による溝切技法

一般的な採石方法は，切り出し予定の部材の周囲2辺か3辺に部材成とほぼ同寸の溝を掘り込んだ後に，岩盤から底面を引きはがして直方体の石材を得るもので，採石場跡地で最も目立った痕跡は，溝を掘り込む鶴嘴によるものである。溝の幅は採石場によって異なるが，狭い所では10cm程度，広い所だと50cm以上もあり，切り出す石材が大きければ溝の幅が広くなる傾向がある。

例えば，シキウでは短辺の長さ65cm，成40~50cmに対して，約30cmの溝が彫り込まれている。つまり岩盤の4割は切り出す際に失われることとなる。バン・クルアットの溝切幅は約20cm，クーレン山南東麓ではばらつきがあるがおおよそ8~15cmの溝切幅であり，部材成は採石地毎に異なるが，40cm程を中心としておよそ30~65cmである。プレア・ヴィヘアでは部材成85cmに対して，溝切幅は35cm程度のものが多いが，特に大型の部材を切り出す場合には溝切幅は60cmに至るものもあり，工人が溝の中に入って作業ができる大きさとなる。

採石地によって切り出された石材のサイズは異なるが，シキウでは部材の短辺長さが65cmで比較的均一である一方（図4），バン・クルアットでは50~70cmとばらつきがあり，またクーレン山南東麓では各所でさらに大きなサイズのばらつきがある。シキウで分かりやすく残されているように，先に部材の短辺長さとなる幅で平行する溝を複数掘り込んでから，各列をさらに分割して長辺の長さを決める切り出し方法は他のサイトでも共通して見られる。シキウでは，長辺の長さは80cmから2m以上のものまで多様である。部材の短辺長さが比較的統一されているのに対して，長辺の長さは同一サイトでもまちまちで，建設現場からの指示に従って数種の部材形状を岩盤の状態によって割り

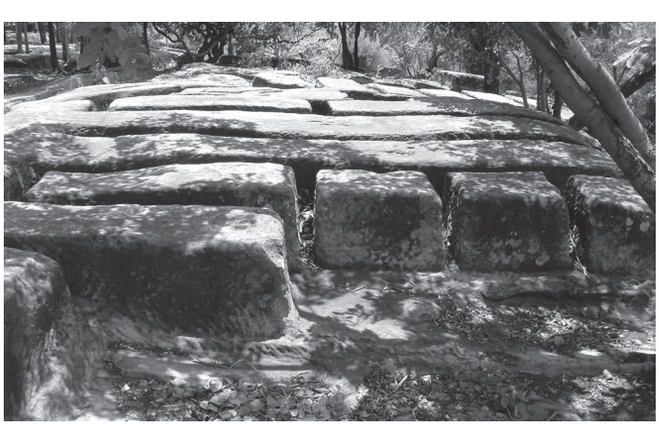

写真3　シキウの採石場跡地

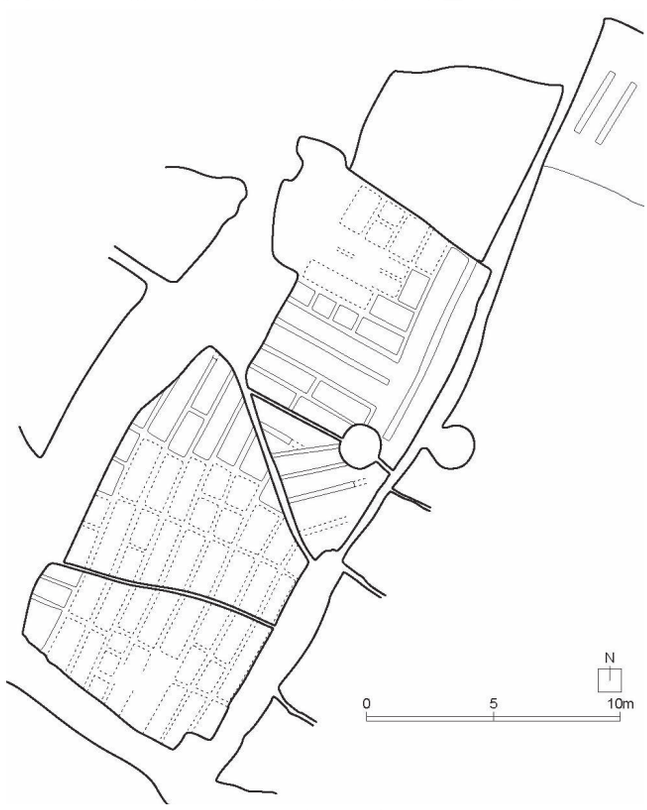

図4　シキウの採石場跡地 平面図

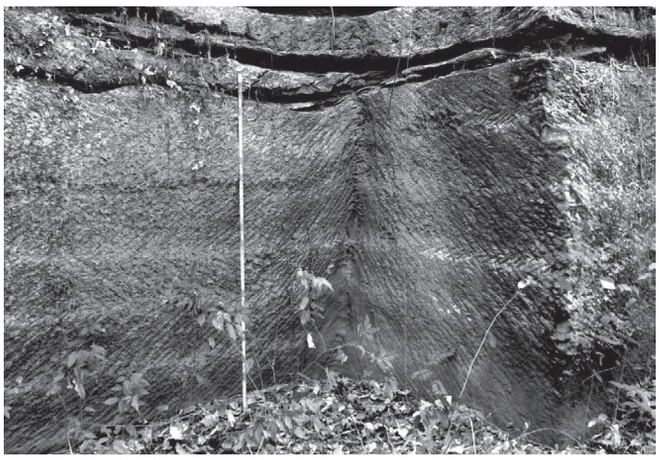

写真4　岩盤壁面に残るはつり痕（クーレン山南東麓）

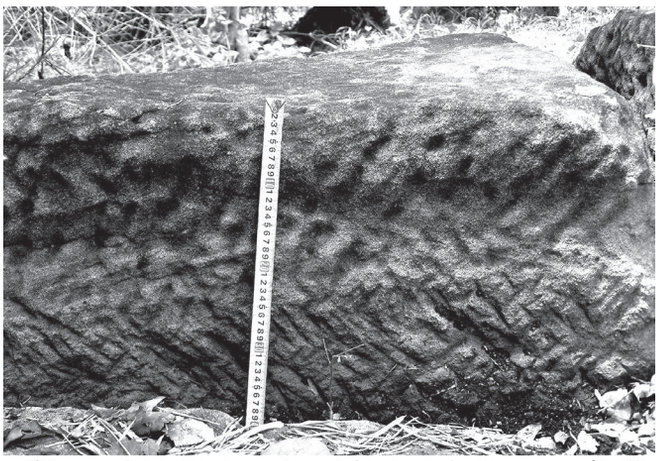

写真5　部材成を数段に分けて彫り下げたはつり痕（クーレン山南東麓）

写真6　巨礫を溝切により分割する痕跡（バン・クルアット）

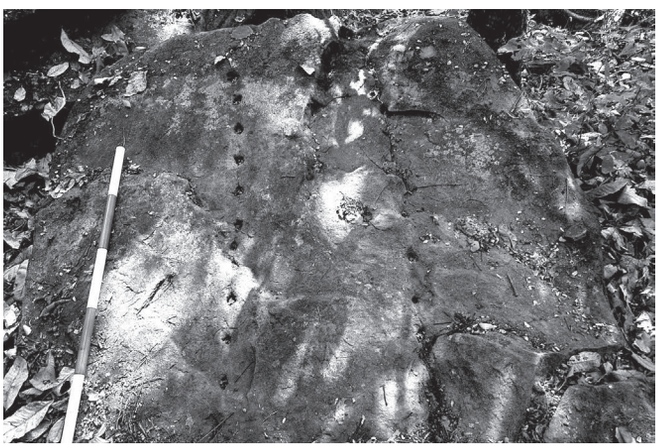

写真7　巨礫を楔により分割するための石穴（ワット・プー）

付けて切り出したものと推察される。

バン・クルアットの露頭には，切り出し部材の割り付け線として，溝切の両端に平行に線を刻んだ痕跡が残されている。異なる割り付けの刻線が交錯している場合もあり，割り付け時の計画変更の経過が看取される。岩盤には大小の甌穴や亀裂が走っていることもあり，こうした条件のもと，石材を最大限に効率よく切り出せるように露頭上面にて割り付けが工夫された経過を示していよう。切り出しのための割り付けをする前には，一般に「口開け」と呼ばれる岩盤上の堆積物を除去する作業行われたことであろう。クーレン山南東麓の採石場には口開け後に岩質の検査をしたものと推察される溝状の試掘痕が各所に認められる。

溝切の掘り込み工具には鶴嘴を利用したようで，溝の両側面には直線か緩やかに弧を描くはつり痕が残される。はつり痕からは，部材成を上から下まで一度に掘り下げて，少しずつ水平に前進していくものや（写真4），最終的な部材成を数層を分けて掘り下げていくものなど，工人による差があったようである（写真5）。はつり痕を精査すると，一度の打撃で鶴嘴の先端は5cm程削り進んだように看取されるものが多い。側面に残るはつり痕の勾配もまたまちまちで，鉛直に近いものから，かなり緩いものまであり，工人によって特徴があったように推察される。

巨礫を分割することで採石するバン・クルアットやその他のサイトにおいても，鶴嘴を用いた溝切りによって分割する方法が一般的であった（写真6）。

3.2 楔による割り技法

岩盤や巨礫の表面に直線状に石穴が穿たれている痕跡が稀に認められる。石穴は円形のものが多く，直径約2.5cm，深さ4～8cmで約10cm間隔で穿たれていることが多いが，一部に長方形の穴も見られる。こうした石穴列は岩盤の上面に穿たれるものと（写真7），岩盤の側面に水平に穿たれるものとがある。これまでに確認された事例は後者の方が多く，上面に残された例は極めて少ない。

石穴列を利用する採石技法には，楔と矢を用いる二種類が推測される。楔は工具の刃先が石穴の底に入り込んで押し割るのに対して，矢では穿たれた矢穴より幅の広い矢を打ち込んで石材を押し割るものである。一般的に楔は軟質石材で，矢は硬質石材で使用される[12]。つまり，楔と矢はその先端が石材内部に直接貫入するか否かで異なり，矢の場合は原則矢穴の底に矢が触れることなく，打ち込み力を側方に与えるものである[13]。これまでに確認された石穴は，劣化して石材表面があまくなり，明瞭な判断が難しいものも少なくないが，石穴の底に小さな窪みが確認されたものや，石穴の口が大きく開き過ぎており，矢による側方への力が効かないことが推測されるものがあることから，楔を利用した採石であったものと推察される。

場所によっては，同一サイズの石穴が規則的に並んでいるだけでなく，大きな石穴の間に１つ２つの小さな楔痕らしき窪みが認められる場合もあり，作業当初からこうした大小の楔を規則的に使用して割り出した場合と，最初に穿った石穴への楔だけでは岩盤が割れず，追加で石穴の間に小さな楔を打ち込んだ場合とがあったものと考えられる。

楔による採石の方が，上述の鶴嘴による溝切り採石よりも作業効率

が高いように想像されるところではあるが，おそらく楔では予定していた面で平滑に割れず，計画的な切り出しが困難であったり，不整形な割れ面を加工する手間がかえってかかる等の理由で避けられたものと推測される。特に，堆積岩である砂岩は水平には割れやすいが層理面に対して鉛直な方向には面的に割れにくく，岩盤上面に石穴列を穿って割り出す方法は不向きであったことだろう。カンボジア国内にある現在稼働している採石現場では，切り出し時に楔を利用する業者があるが，石材の切り出し面が平坦にならないことが少なくなく，再整形に大きな無駄が生じる様子が観察される[註4)]。

このように，過去においては楔による採石は限定された方法であり，事実，溝切りによって採石される中に，一部混在して観察されるにとどまる。おそらく，楔が使用されたのは，すでに水平の節理面に沿って亀裂が走っている箇所を狙って割り出したり，石材の質が悪かったり不整形な部分を除去する際の簡易的な石割りの特殊技法であったものと推察される。ただし，後述するように建設された寺院の側では比較的多くの石穴痕が組積用の石材に認められるため，これまでに確認されていないものの，楔を多く用いた採石場が存在する可能性も窺われる。

3.3 底面を割り出す技法

鶴嘴によって部材周辺に箱型の溝彫りをした後には，岩盤から割って切り出す必要がある。上述のように石穴を穿ち，楔を用いて割り出した事例もあるが，そうした痕跡は限られている。

例えば，箱型の溝に木の長材を差し込み，テコの原理で水平力を与えて割り出す方法が推察されるところだが，これまでに木材を押し当てていたことを示す明瞭な痕跡は認められない。あるいは部材の側面に大型の木材等で打撃を加えて割り出すこともできそうだが，やはりそうした打撃痕もこれまでのところ認められていない。ただし，このような方法で痕跡が残るかどうかは定かではなく，必ずしもこうした採石方法の可能性を否定するものではない。Dumarçayは箱型の溝の最下部に帯状の溝を彫り込んで岩盤から引きはがす方法を指摘しているが[8)]，こうした痕跡はプレア・ヴィヘアのごく一部に認められるだけで，一般的な技法であったようには思われない。

楔を使用していないシキウの採石痕等では，溝の底からやや上の高さで部材の分割面が生じているものが多い他，クーレン山南東麓では，側面に水平の石穴列が穿たれたにもかかわらず，石穴列とは別の線上で破断面が生じているケースも認められ，楔の利用に加えて，別の技法を併用していた可能性も窺われる。

そうした中，クーレン山南東麓では興味深い痕跡が一部に認められる。図2の第61地点（N13/29/0.9, E104/12/23.3）では，長手部材ばかりをまとめて切り出しており，岩盤から割り出した後に運搬されずに放棄された約20材がその場に残されたままとなっている（写真8）。部材のサイズにはばらつきがあるが，部材成は28~33cmであり，短辺長さは50~65cmである程度統一されている。部材の長さは最短で116cm，最長で305cmであり，2mから2.5mのものが多いが大きな差がある。これらの部材を切り出した岩盤の側面には，幅3cm程の偏平な丸穴が水平に約11cm間隔で多数並んで穿たれている。加えて，幅14cm，高さ15~20cm，深さ9cm程の方形の石穴が水平の分割面を跨ぐようにして彫り込まれている（写真9）。こうした痕跡からは，楔に加えて，方形の石穴に木の角棒を斜め上方から差し込み，テコの原理で部材を持ち上げるようにして割り出した様子が推察される（図5）。この地点以外でもクーレン山南東麓の採石場跡地の数か所では，これに類似した方形の彫り込み痕跡が部材の上面に残されている例が複数認められる。それらの穴の多くは斜めに角材を差し込むための形状として，直角に立った低い面と，緩い勾配面とよりなっており，同様の割り出し技法が用いられていたものと考えられる。

同様に，バン・クルアットでも楔と角棒を併用して岩盤から長材を引きはがしたことが推察される痕跡が残されている（図6）。上述のクーレン山南東麓では一材につき二か所に角材が当てられたが，ここでは各部材に対して一か所ずつである。方形の浅い窪みは約15cm角，楔痕は約15cm間隔であり，クーレン山南東麓の痕跡と類似しているが，角棒はより立てて用いたようである。楔を打ち込んだ石穴は深さ約10cm，直径約5cmで規則的に穿たれている。

プレア・ヴィヘア寺院においても，大型の部材を切り出した採石痕ではこうした方形の窪みが残されており，通常のサイズよりも大きな部材を切り出す際には角材をテコの原理で用いる技法は広く用いられ

写真8　採石場に放置された石材（クーレン山南東麓　第61地点）

写真9　長材切り出し時の方形穴と楔穴列の痕跡（第61地点）

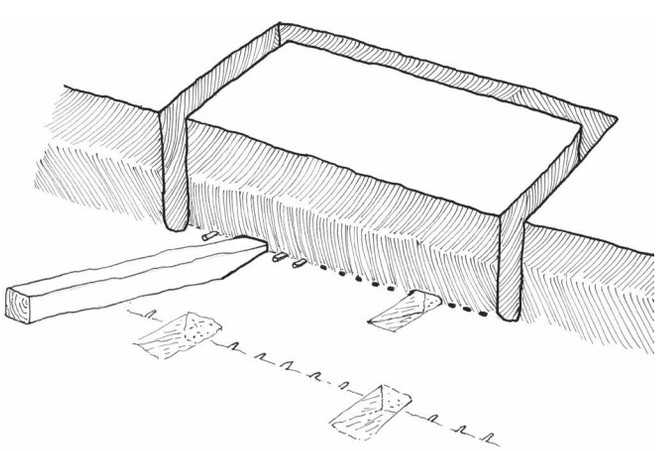

図5　第61地点の痕跡より推測される角棒と楔を利用した採石技法

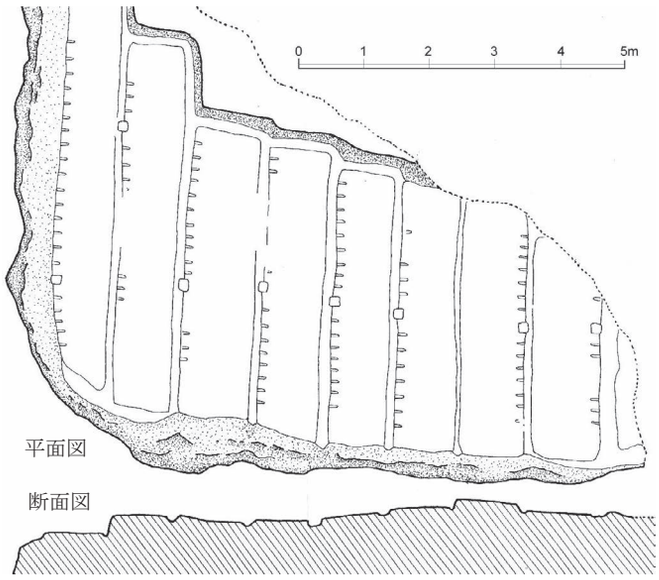

図6　バン・クルアットの採石後の岩盤面に残る方形穴と楔穴列

ていたことが推察される。

いずれにせよ，各採石場跡地を通じて，全般的にあまり統一的・規則的な採石作業が行われていた様子は窺われず，岩盤の亀裂や不純物等を避けながら，場当たり的に作業が進められた採石現場が想像される。アンコール・ワットやベン・メアレア等の複合寺院では大型かつ部材成についてはかなり規格的な形状の砂岩材が大量に使われており，これだけの石材が場当たり的な採石によって供給されたことは考えにくいため，未確認の採石場跡地の存在が窺われるところである。

4. 採石跡地におけるその他の痕跡

以下には採石場跡地に認められる幾つかの特徴的な痕跡や部材について記載する。

4.1 文字・記号

Rocksによれば採石場跡地には二等辺三角形の記号が多数認められるとされ，その事例としてプレア・ヴィヘアの採石場跡地の写真が掲載されているが[10]，筆者による調査ではプレア・ヴィヘアの中でも第一回廊南側の採石場跡地において3箇所に確認されただけで，この二等辺三角形の記号が採石時に一般的に広く使用されたものとは考えにくい（写真10）。また，この記号が刻まれた位置からその意味するところを推測することも難しい。

クーレン山南東麓の採石場跡地では，三カ所に文字あるいは文字列が確認された（写真11）。それらのうちの二カ所では複数の文字が並んでいる。文体より，それらがアンコール時代の刻文であることは確かであるが，遺構に残された碑刻文とは異なる文字も含まれており，文意の解釈には今後のさらなる類例収集，碑文学的な研究が待たれる。

遺構の側でも，扉枠や石碑に刻まれた一般的な碑刻文とは別に，仕上げの整面がされていない石材に，文字や記号が刻まれている例が少なからず認められる。バイヨン寺院の修復工事において基壇を解体した際には，基壇内部側の部材面に多数の文字や記号が残されているのが記録された[14]。そうした痕跡のいくつかは，穿たれた石穴によって一部が削り取られている場合があり，建設現場に運ばれる前のものが少なからず含まれていることが推察される。こうした建設作業に伴う文字の解読は，工事過程や工人あるいは施工集団の別を解明する手掛かりとなる可能性が高く，碑文学にもとづく今後の研究が期待される。

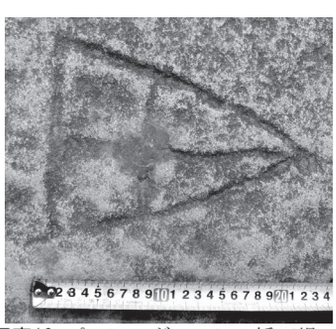

写真10　プレア・ヴィヘアの採石場跡地に残された三角形記号

写真11　切り出し面に刻まれた文字列（クーレン山南東麓に認められた三か所の内の一つで，最も長い文面が刻まれたもの）

4.2 丸彫りの彫刻石材

クーレン山南東麓の第10地点付近には全長177cmの立像を粗彫りした石材が放置されていた（図7）。約18cm長さのほぞを最下部に彫り出し，立像そのものの全高は約159cmである。両腕の部分が前方に突出している。また，頭上にも未加工の突出部が彫り出されており，宝冠か肉髻あるいは宝髻等を彫り出す予定であったものと推測される。

コー・ケー遺跡群北方の採石場では，粗彫段階の獅子像が残されている（写真12）。全高が142cmであり，18cm高さの基台の上に獅子が坐している。全体としてかなり粗い概形がとられた状態に留まるが，それでも各部のヴォリュームが良く表れている。

プレア・ヴィヘアでも参道から約500m西に外れた石切跡地の中に，未完成の獅子像が放置されている。また，丸彫りの彫像とは異なるが，プレア・ヴィヘアに特徴的な三角破風の両端を飾る変則的な形状の部材が，露頭からその輪郭を縁取るようにして溝切して彫り出されてようとしている痕跡も認められ，採石地で最終形状を十分に意識して各石材を切り出していたことが判る。アンコール遺跡では彫像加工の工房に比定されるサイトが近年複数発見され，加工途中の彫像がま

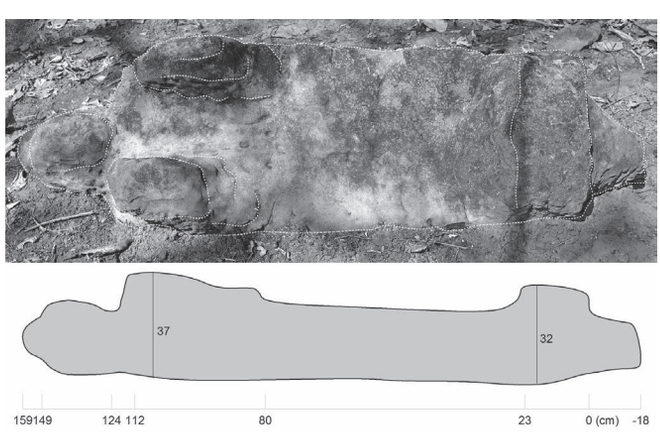

図7　放置された未完成の丸彫り立像（クーレン山南東麓第10地点）

写真12　放置された未完成の獅子像（コー・ケー遺跡採石場）

とまって発見された事例がある[15]。こうしたサイトにおける研究の進展により，建物の建材や彫像の石材加工の工程に関する詳細が明らかになるものと期待されよう。

上述したいくつかの事例からは，いずれも採石場において単純に直方体の石材を切り出すばかりでなく，丸彫り彫像の最終形状を意識して整形していた様子が看取され，部材の最終形状を熟知した職人が採石場に配置されていた様子が推測される。採石場におけるこうした仕事は，建設現場での作業量を軽減するばかりでなく，運搬のための軽量化も意識されていたことであろう。もちろん，運搬時に破損する危険性を考慮して粗彫りの段階にとどめられたようである。

4.3 砥石

採石跡地に放置された切り出し後の石材の中には，平坦な面に鶴嘴や鑿の先端を研いだことが推測される線状の研磨痕が認められる。

4.4 破材

採石痕が残る岩盤の付近には，石材の小片が集積した所が散在しており，岩盤から切り出した後に二次加工として部材外形を整える工房があった様子が推測される。この加工には，鶴嘴ではなく鑿を使用したことであろう。建設現場と採石地は密接な連絡に基づき，建設現場での二次加工の作業を省き，かつ運搬時の軽量化を図る作業が行われたようである。

5. 出土石材にみる採石の痕跡

2010年に実施した，日本国政府アンコール遺跡救済チームによるバイヨン寺院の外回廊南側における発掘調査では，建設工事中に放置されたものと推察される未加工の石材が計20材出土した[14]。バイヨン寺院は12世紀後半に建設工事が開始されるが，これらの石材が出土した土層の解釈から，石材が放置されたのは寺院の建設工事初期であったと考えられる。出土した20材のうち2材はリンテルと基壇部の彫刻が施されたものであった。それ以外の部材は，およそ直方体ではあるものの，いずれも形状が不整形であるため，採石場から建設現場に搬入されたものの，加工されることなくここに放置されたものと推測される。つまり，採石され工事現場に搬入された段階での痕跡を残したままの部材となる。

彫刻部材を除く18材は，いずれも採石時の鶴嘴による溝切の痕跡を部材の側面によく残している。興味深いのは，これら18材のうち5材において楔を使用した石穴列の痕跡が認められることであり，採石場跡地では石穴列が確認されたのが極めて稀であったこととは整合しない。楔の利用は底面の割り出しだけでなく，側面の割り出しにも利用

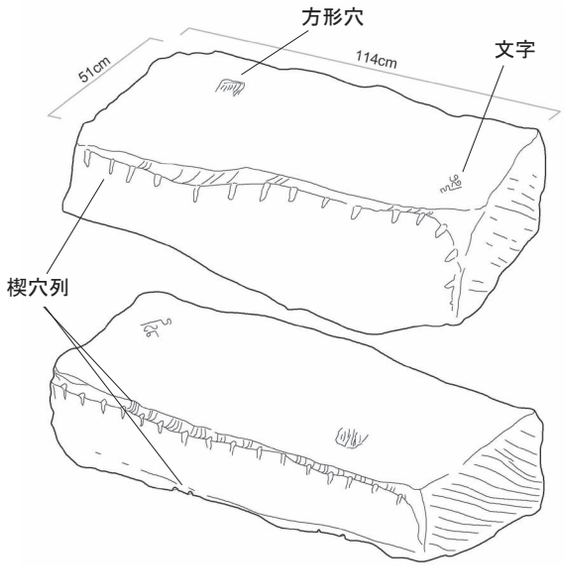

図8　バイヨン寺院より出土した現場未加工の石材（同一部材を反対側よりみる）

されたようで，底面と側面の両方の割り出しに楔を使用した痕跡が残る部材もある（図8）。側面の割り出しにあたっては，岩盤上面に深さ5cm程の浅い溝を彫り込んでから，溝の底に石穴を穿ち，楔を入れた作業が看取される。また，2材では方形の穴が残されており，前述の角棒による割り出しの痕跡と考えられる。

3材には文字が刻まれており，採石場跡地では広大な地域で数例しか認められなかったことに対して過剰な頻度である。その他，7材にはおそらく丸鑿の先端を研いだ細い線状の砥痕が，また4材には皿状に窪んだ砥痕が残され，湾曲した刃を研いだ痕跡とみられる。

こうした発掘調査による出土石材の他にも，特にバイヨン期の遺構では整面されることのない当初は天井裏であった部材に，採石時の鶴嘴痕がそのまま残されているものが多く認められる。つまり，バイヨン期の石積み工事は，もはや厳密な整層積みから乱れつつあったものの，搬入された石材を現場で改めて大きく整形することなく組積するために，採石場において組積時に必要とされた形状を考慮して，ある一定の形状から大きく外れることなく切り出していたことを示唆している。もちろん，それ以前のより精度の高い整層積みであった際には，採石場の切り出し形状はさらに厳密に制御されていたことが推察される。

アンコール王朝後期から晩期にかけては石材が枯渇し供給が不足したために，石材が小型化し，また不規則なサイズになったと指摘されることが多いが，確認された採石場跡地の周辺には切り出されることなく手付かずの良質な岩盤が広く残されており，こうした説が誤りであったことは明らかである。建設作業の徹底した効率化の結果，採石と組積工程が直結する，こうした厳密な整層性を崩した石積み技法を採用したと見るのが正しいように考えられる。

6. まとめ

アンコール遺跡群の石造建築に使用された砂岩材は，クーレン山南東麓より切り出されたものであるとこれまで推測されてきたが，根拠となる採石の痕跡は小規模なものにとどまっていた。最近になりこの地域の地雷の有無が判明し，面的な調査が可能となったこと

で，大小さまざまな採石場が新たに発見され，この地域がアンコール遺跡の主要な石材供給源であることを確かなものと考える十分な証左が得られた。

この地域に加えて，カンボジア，タイ，ラオスにおいてクメール建築の採石場跡地を包括的に調査した結果にもとづき，基本的な採石技法の考察を進めた。これまでにも知られていたように，採石技法は岩盤上面に箱型の溝を彫り，石材を切り出していく方法が一般的であるものの，一部には楔を利用したり，大型部材の切り出しにあたっては角棒を方形の石穴に差し込んでテコの原理で割り出す採石技法が確認された。

採石場の痕跡は，いずれも場当たり的な作業の様子が推測させるものの，建設現場と密接に連携して，最終的に必要となる石材形状を意識して切り出していたものと推察される。特に彫像制作に要する石材では採石場で概形の加工を行い，運搬時の軽量化を図っていた様子が複数の放置された石材から確認された。

バイヨン寺院の発掘調査では，建設現場に搬入されたものの，組積されずに放置された石材が発見された。これらの石材には楔の利用痕や文字・記号が認められ，その頻度は採石場で確認されたものよりも圧倒的に高いものであった。また，アンコール・ワット期の大型複合寺院は，比較的規格化された大型部材が利用されているが，これまでに確認された採石場の中にはそれに見合う石材産出の痕跡は認められていない事実等を鑑みて，記録された採石場跡地の周辺の堆積土中や周辺地区には未確認の採石場が複数残されているものと推察される。

採石技術は様々な地域や時代において普遍的に共通することが推察されるところではあるが，古代クメール王朝の版図内に限らず，周辺地域も含めた時系列に沿った技術変遷を追求することによって，単純な技術であるがゆえに，決定的な技術変化の特異点や技術伝播の様相を捉える可能性を秘めていると考えられよう。さらなる研究の蓄積と対象地の拡張によって，採石および石材加工技術をクメール古代史の解明に寄与すべき視点へと昇華したい。

謝辞

本論考は文部科学省科学研究費助成事業「岩石学的アプローチによるアンコール遺跡を代表とした東南アジアの石造文化財の解明（研究代表者：内田悦生）課題番号23401001」と「クメール古代都市イーシャナプラの都城研究(研究代表者：下田一太)課題番号24686068」による研究成果の一部である。また，バイヨン寺院の発掘調査は「クメール都市空間像の探求ーアンコール・トム中央寺院バイヨンの発掘調査を中心に（研究代表者：山本信夫）課題番号23251017）」によって実施された。調査にあたっては内田悦生・中川武（早稲田大学理工学術院），Ea Darith（カンボジア国政府APSARA機構），佐藤亜聖（(財)元興寺文化財研究所），下田麻里子（早稲田大学嘱託研究員）からのご指導，ご協力をいただきました。記して感謝申し上げます。

参考文献

1) Garnier, F. : Voyage d’exploration en Indochine, Effectué Pendant les Année 1866 et 1868, Paris. 1873
2) Saurin, E. : Quelques Remarques sur le Grès d’Angkor, Bulletin de l’École Française d’Extrême-Orient, Vol. 46, pp. 619-634, 1954
3) Delvert, J. : Recherches sur l’érosion des Grès des Monuments d’Angkor, Bulletin de l’École Française d’Extrême-Orient, Vol. 51, pp. 453-534, 1963
4) Boulbet, J. : Le Phnom Kulen et sa Region, Collection de Texts et Documents sur l’Indochine, IXI, École Française d’Extrême-Orient, 1979
5) Carò, F., Im, S. : Khmer Sandstone Quarries of Kulen Mountain and Koh Ker - A Petrographic and Geochemical Study, Journal of Archaeological Science, Vol.39, pp. 1445-1454, 2012
6) Uchida, E., Shimoda, I. : Quarries and Transportation Routes of Angkor Monuments Sandstone Blocks, Journal of Archaeological Science, Vol.40, pp.1158-1164, 2013
7) Uchida, E., Cunin, O., Shimoda, I., Suda, C., Nakagawa, T. : The Construction Process of the Angkor Monuments Elucidated by the Magnetic Susceptibility of Sandstone, Archaeometry, Vol.45, pp. 221-232, 2003
8) Dumarçay, J. : La Stéréotomie de l’Asie Méridionale du VIIIe au XVIe siécle, Bulletin de l’École Française d’Extrême-Orient, Vol. 63, pp.397-445, 1976
9) Dumarçay, J., Royère, P. : Cambodian Architecture, Eight to Thirteenth Centuries, (Smithies, M., Trans.), Leiden, pp.14-15, 2001
10) Rocks, D. : Ancient Khmer Quarrying of Arkose Sandstone for Monumental Architecture and Sculpture, Proceedings of the Third International Congress on Construction History, pp.1235-1242, 2009
11) Uchida, E., Ito, K., Shimizu, N.: Provenance of the Sandstone Used in the Construction of the Khmer Monuments in Thailand, Archaeometory, Vol.52/4, pp.550-574, 2010
12) 北垣聡一郎：石材加工技術とその用具，古代近畿と物流の考古学，学生社，2003
13) 佐藤亜聖：石材加工技術の交流，寧波と宋風石造文化，東アジア海域叢書，Vol.10，pp. 273-301, 2012
14) Kou, V., Maccarthy, R., Yamamoto, N., Lun, V. : Excavation Survey around the Outside of the Outer Gallery, Report on the Conservation Research of the Bayon, Angkor Thom, Kingdom of Cambodia, Book II, Japanese Government Team for Safeguarding Angkor, pp.230-258, 2011
15) Polkinghorne, M. : Sculpture Workshops of Angkor- Two Recent Excavations in Cambodia, The Asian Arts Society of Australia Review, Vol.21(3), pp. 7-9, 2012
16) Uchida, E., Ogawa, Y., Nakagawa, T. : The Stone Materials of the Angkor Monuments, Cambodia- The Magnetic Susceptibility and the Orientation of the Bedding Plane of the Sandstone, Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology, Vol.93, pp. 411-426, 1998

注

注1) 砂岩は灰色～黄褐色砂岩（長石質アレナイト）が多用されており，主として粒径0.2mm前後の石英，斜長石，カリ長石，黒雲母，白雲母および岩石片から構成される[16]。この砂岩はジュラ紀初期～中期のTerrain Rouge Formationに由来しており（タイではPhu Kradung Formationに対応），カンボジアの東部に多く産出する他，隣国のタイ，ラオス，およびヴェトナムにおいても産出し，カンボジア国内の多くの遺跡はこの砂岩によって構成される。一方，タイでは白色を呈する石英質砂岩が多く産出され，タイ国内のクメール遺跡の多くは石英質砂岩によって構成される。その他，クメール遺跡の一部には緑色砂岩や赤色砂岩が用いられるが，緑色砂岩によるタ・ケオ寺院，赤色砂岩によるバンテアイ・スレイ寺院等，その遺構数は限られている。Delvertによれば緑色砂岩はChikreng州Kompong Kdeiに産出地があるとされる[4]。また赤色砂岩はこれまでにその確実な産出地が確認されたことはないが，クーレン山周辺の地層は灰色～黄褐色砂岩の上層に赤色砂岩層が分布するため，これを手がかりとして赤色砂岩の採石場が今後発見される可能性も期待されよう。

注2）Evans, D.からコー・ケー遺跡群の採石場調査を含む研究報告を私信として受けた。

注3）Italian Archaeologial Mission in Laos (Lerici Foundation)からの報告を受けた。

注4）カンボジア国内では数か所の採石場が認められるが，古代の石切痕が残された地域の付近にあるのは二か所である。一か所はクーレン山南東麓，図2中の第16地点のすぐ東側の地区であり，現在アンコール遺跡群の修復工事用石材の切り出しが行われている。採石の技術は日本国政府アンコール遺跡救済チームにより指導されたもので，身の丈よりやや長い鋼鉄棒により細い溝を彫り，最後に複数の工人が息をあわせて斜めに底面へ鋼鉄棒にて打撃して割り出す方法である。もう一方の採石場は，プレア・ヴィヘア州内にあり，やはり古代の石切の痕跡と推測されるつるはし痕が若干残っているが，痕跡はきわめて限定されるため本稿では紹介していない。現在，この採石場では楔を利用して石材の切り出しを行っている。

（2013年12月31日原稿受理，2014年７月23日採用決定）