

# 古代の土木工事技術 ～古墳築造を中心として～

メモ)鉄本 2022.08.03

古墳築造パネルの前では多くの質問が寄せられます。古墳築造の裏付けとなる古代の土木技術をまとめました。

## 1. 施工順序

- ①場所の選定 → ②伐開・除根・地山均し → ③測量(地割・周溝工事) → ④排水工事 → ⑤土工事(掘削、運搬、盛土) → ⑥葺石工事(採取・運搬・施工) → ⑦埴輪工事 → ⑧石室工事
- \* 完成後は埋納儀式へ移行
- \* 本稿では、①～⑤を取上げる。

## 2. 場所の選定

森浩一氏によれば、造営に対する考え方に2つあり、それが場所の選定や築造方法の違いに反映する。

①「百舌鳥御廟山型古墳」; 水田、畑など拓かれた土地・平原を周濠によって明確に占有し、いつまでも古墳として認識させる目的での造営。 Ex. 両宮山古墳など、陵墓は殆どこのタイプ。

②「井辺八幡山型古墳」(和歌山); 普通の山と古墳の区分(境界)が分からない形で造営し、時間の経過と共に自然にとけ込ませる目的での造営。 Ex. 椿井大塚山古墳、備前車塚古墳など

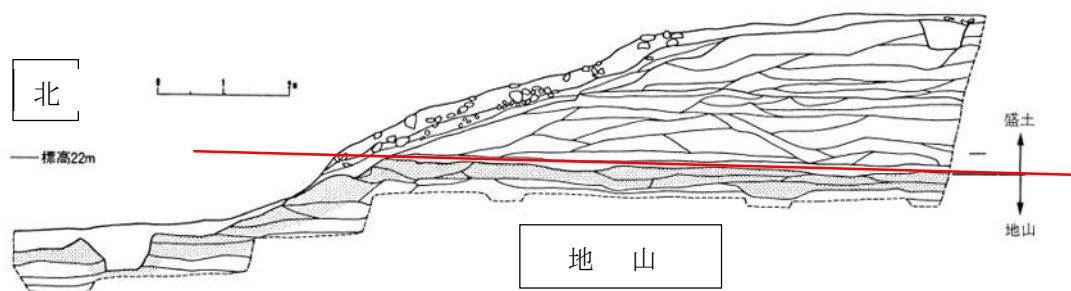
末永雅雄氏は、築造場所の選定について次のように分類している。

①丘陵利用 ②丘尾切断 ③洪積台地上 ④平地利用 ⑤独立丘陵利用

②の例は、桜井茶臼山古墳、行燈山古墳(崇神陵)など。数条派生する丘陵の中央の尾根を選択・築造し、左右に丘陵を配す位置を採る。

## 3. 伐開・除根・地山均し

五色塚古墳の場合、後円部付近が標高23～24mから前方部付近が標高19mと緩やかに北から南に下る台地を利用。下図は、北側に築造された後円部のトレンチ中段断面図である。地山を標高22m程度に均し、下段は全面地山利用、中段の一部も地山を利用していることが判った。



## 4. 測量

### (1)測量術

- ①方位の決定 前漢頃の数学書「周髀算経(しゅうひさんけい)」には、棒の影を使った方法が記述されており、さらに円周率やピタゴラスの定理と同内容のことが書かれている。推測ではあるが、渡来人技術者によってもたらされていることが想像できる。「日本書紀」の斉明天皇4年(658)の条には、「指南車」を造ったという記述(「沙門智諭、造指南車」)がある。

②水平の決定 「日本書紀」の天智天皇10年(671)の条には、「水泉(みずはかり)」の献上があったという記述(「黄書造本實、獻水泉」)。

\*「水泉」とは水準器のこと。

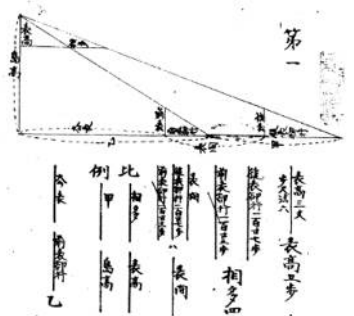
下老子笹川遺跡(富山県)から弥生時代後期の国内最古「木製の水盛り(みずもり)」が出土。

【参考】 古代中国の「測量の教科書」

- ・紀元前300～200年 漢代; 「山海経(せんがいきょう)」、「周礼(しゅうらい)」、  
「周脾算経」=天文数学書
- ・三国時代前後の書物; 「九章算術(きゅうしょうさんじゅつ)」=面積、分数、体積、比例、直角三角形の計算(=ピタゴラスの定理に当たる)、  
「海島算経(かいとうさんけい)」=海中の島までの距離や島の高さを求める計算方法が書かれている。同書は、魏の時代の山東省出身の数学者劉徽(りゅうき)の著作。



右図は「海島算経」の一部。陸上の2ヶ所に日時計を置き日時計の高さと日時計間の距離から、沖合の島の高さと島までの距離を求める問題と計算方法が書かれている。



上図は、下老子笹川遺跡出土の「水盛り」(水準器)  
左図は10世紀の水盛り(水準器);

出典は国立国会図書館デジタルコレクションより  
「春日権現験記 第1軸」 竹林殿の普請風景

## (2)設計原理

①度量衡(尺度) 尺度は時代と国によって異なる。列举すると次のようになる。

- ・殷代の1尺=17cm
- ・春秋戦国～漢代の1尺=約23cm
- ・魏晋南北朝時代の1尺=約25cm

\*「歩(ぶ)」は左右1歩の2歩分を単位として1歩(ぶ)という。1歩=6尺

森浩一氏は、山東地方で尺度が併存していることを紹介。

- 〔 高麗尺=35cm ——> 土地を測る場合
- 〔 唐尺=30cm ——> 器物を測る場合

【参考】 国内の度量衡は大宝律令によって制定された。(701年)

唐大尺=29.4cm 高麗尺=35.6cm 小尺=24.5cm

藤原京・平城京では、地割に高麗尺、建物設計に唐大尺が使われている。

【参考】「記紀」記述の長さの単位; 「咫(あた)」=尺と同じで、手のひらの下端から中指の先端までの長さ。「束(つか)」=指4本分の幅。「尋(ひろ)」=両手を広げた長さ。

②築造規格 前方後円墳の場合、次のような築造規格が採られている。

・墳丘の大きさと形状；後円部径＝1として、円墳部頂点と方墳部頂点の距離と後円部径の比率が1対1.5となるように設計する。

方墳部頂点を要とした前方部の開き角度を48度＋48度とする。

Ex. 仲津山古墳(仲姫命)、上石津ミサンザイ古墳(履中陵)、造山古墳、ニサンザイ古墳など  
大仙古墳の場合は1対1.75と「胴長」、誉田山古墳は1対1.25と「寸胴」。

・斜面角度と高さの決定；角度定木の利用（1/2直角、2/3直角、1/3直角）

＝二等辺直角形の定木で1/2直角を作り、2等辺部分の長さを変えることにより、  
1/3直角、2/3直角を得ることができる。

斜面の安全勾配；【国交省の参考値】 高さ＝1とする。

・盛土が5m以下の場合＝1対1.5 ～ 1対1.8

・盛土が5m以上10mまでの場合＝1対1.8 ～ 1対2.0

Ex. 履中陵の場合、崩れない範囲で出来るだけ斜面を急にする線として、1対2.25～  
1対2.4 の範囲が採られている。

③設計図「方格法」 後漢の張衡(78a.d.～139a.d.)の創始

・8分割した方眼(格)に図形を描く → タテ(墳丘中心線)・ヨコ(くびれ部)設計基準線を決める

・方格布、方格盤(37cm×37cm)を利用

④墳丘の高大化による設計原理の変化

高大化の背景には、大陸・半島の影響、横穴式石室の構造的特徴(高い天井など)への対応、墳丘規模の小形化に対して高さを強調するという価値観の変化などがある。

・5C末以降、墳丘長重視から墳丘高重視へ

墳丘の傾斜角度は40度前後の急傾斜となる。(古墳時代中期までは20度前後)

急傾斜を可能にした技術的背景には墳丘構築法の変化がある。

Ex. 与楽鐘子(ようらくかんす)塚古墳(奈良県)；直径28mの円墳 高さ9m “長高指数”＝32

市尾墓山古墳(奈良県)；墳丘長66m 後円部径39m 高さ10, 75m “長高指数”＝27.6

・高大化に対応した技術；版築に近い技術(土囊・土塊積み技術の向上)＋敷粗朶・敷葉工法

\*“長高指数”とは 墳丘高÷墳丘長(径)×100の計算で求めた数値 20以上が高大化

(3)方位設定・地割

①方位設定法

・「周礼」による測定法；日の出、日の入りの影が同一円周上に交わる点を結び東西線とする。

この線を二等分して円の中心を結んだ線を南北とする。

・「周脾算経」による測定法；冬至の日の6時、18時の北極星の位置から測定する。

②地割技術

・「九章算術」の応用；「勾股弦(こうこげん)の理法」(ピタゴラスの定理のこと)を利用

\*古代中国の測量技法が倭国の古墳築造に適用された痕跡は現在のところないが、6C頃には暦や天文書が伝わり、大宝律令(701年)には、大学寮で「九章算術」、「周脾算経」の使用が規定されている。

## 5. 排水工事

掘削工事を行う際には、雨水と地下水への対策が必要となり、排水路の確保が必要となる。

①雨水対策； 雨水及び周辺からの流水が盛土に浸透すると掘削・盛土作業の妨げとなる。

その防止のために、a.山留め(矢板)、b.排水施設を設けることになる。

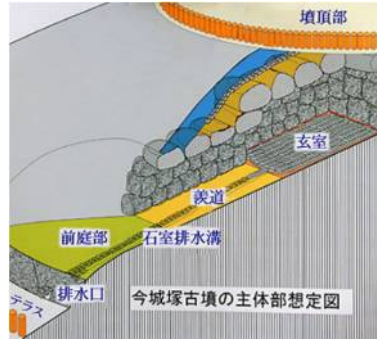
後者については、今城塚古墳(高槻市)、物集女車塚古墳(京都・向日市)などで見ることができる。

右の写真は、物集女車塚古墳の墳丘外に向けられた排水溝。



下の2つの模式図と写真は、今城塚古墳のもの。

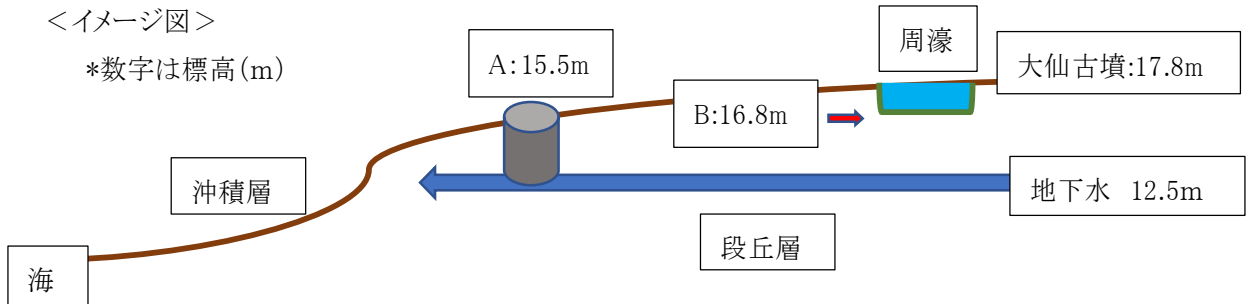
出典は、今城塚古墳第7次調査報告(平成15年)。



②地下水対策； 地下水位が掘削深度より深い場合は、排水施設は必要がないが、逆の場合大量の湧水が想定される。その場合は、大規模の排水施設が必要となる。堺市内の地下水位については、古墳時代の水位を測ることが出来ないが、奈良時代以降に掘られた井戸の存在から水位を推測することができる。

<イメージ図>

\*数字は標高(m)



・A; 向泉寺の関伽井跡(堺区 榎元町) = 標高15.5m

→ 井戸の深さを3mと仮定すると水位は標高12.5m

・仁徳天皇陵古墳の拝所前付近 = 標高17.8m

→ B; 周濠の深さ1mと仮定すると掘削堀の底部の標高16.8m

⇒ 仮定が成り立つなら、仁徳天皇陵古墳の場合、地下水対策の必要性は少なく、樋の谷が雨水対策としての排水溝の役目を成したと考えられる。(“樋”という名称も排水溝を連想させる。)

## 6. 土工事(掘削、運搬、盛土) \*ここでは盛土のみ取り上げる。

盛土作業は、①面的敷き詰め方式と②列間盛土方式が存在した。①は弥生時代中期から4C 後半、②は5C 以降に見られる。

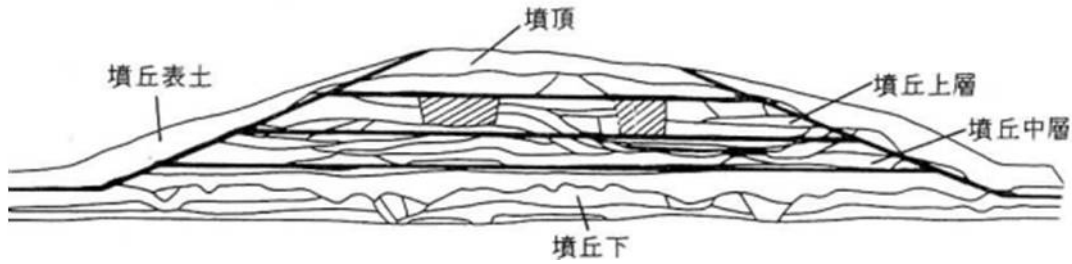
(1)面的敷き詰め方式

周溝掘削土など周辺の土を外側から中心に向かって盛土し徐々に面を重ねる方法。

樋口吉文氏は、「プレート積重工法」と名付け、弥生時代中期の方形周溝墓の墳丘に源流があり、

これが多くの小規模古墳に踏襲されていると論述されている。

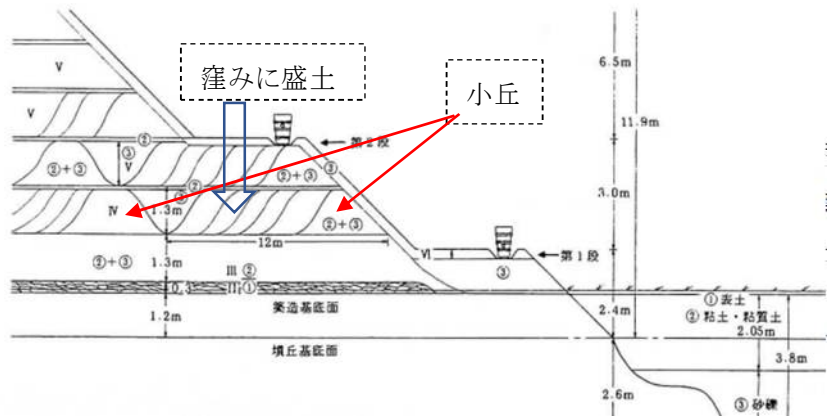
類例としては、五色塚古墳(神戸市)、三国の鼻1号墳(福岡・小郡市)、塚原30号墳(千葉・木更津市)



(2)列間盛土方式

外周に土嚢(小単位の盛土、小丘)を列状に連続して積み、土嚢の列間の窪みに盛土する方法。樋口吉文氏は、「小丘連結工法」と名付け、古墳時代中期以降、古墳立地が平地に移ることから採用された工法であり、これは小丘ごとに分割分業して施工できる方法としている。

- ①列島最初の例; 津堂城山古墳;外堤に適用されたが、墳丘には適用されていない。
- ②類例; 百舌鳥大塚山古墳、茶臼山古墳(大阪市)、三国の鼻1号墳(福岡・小郡市)  
西求女塚古墳(神戸市)、神蔵山古墳(福岡・甘木市)
- ③列間盛土の起源(伽耶); 伽耶地域では石を列状(放射状)に積み重ねる「区画築造」が見られる。(右図は星山洞58号墳)



右図は百舌鳥大塚山古墳築造の概念図。  
 出典:「古墳築造考」に加筆  
 樋口吉文  
 堅田直先生古希記念  
 論文集」に収録 1997

\* 古墳時代中期頃までの土嚢・土塊積み技術による古墳は、単発的な存在で一代限りのものとして「点在」する。これは中央王権と各地有力者との人格的結びつきによるものである。

(3)列島東西間における盛土工法の比較

盛土の手順について、東日本と西日本において異なっており、その境目は日本海側の「越のクニ」と太平洋側の濃尾平野を結んだ線にある。

- ①東日本的工法; 墳丘中心付近から盛土を開始 → 中心部分の盛土(小丘形成) →  
 → 墳丘外縁付近・墳頂まで順次盛土  
 類例; 宝来山古墳(大田区)、森將軍塚古墳(千曲市)など



②西日本的工法； 墳丘予定地を整地 → 土手状に盛土 → 内側に土手状盛土と同じ高さ  
盛土し平坦化 → 工程を繰り返す



西日本的工法の模式図

この平坦化する方法に次の2通りある。

- i. 水平積み; 土手状盛り内側に出入りするため、土手の一部が開口された「掘割状」になっている。
- ii. 流し込み; 土手状盛土の斜面から流し込むように盛土する。

類例； 五色塚古墳(神戸市)、新宮東山2号墳(竜野市)、小羽山古墳群2・7. 8号墳(福井・清水町)

\* 上記の2つの模式図の出典は、「土木技術の古代史」 青木敬 吉川弘文館 2017

(4)土囊・土塊積みの实例

①蔵塚古墳の土囊積み

蔵塚古墳土囊列平面図



後円部放射状土囊列



土囊列 D



②蔵塚古墳概要；

- ・所在地： 羽曳野市飛鳥
- ・盾形周溝を持つ前方後円墳 墳丘長53.5m 横穴式石室(埋没古墳のため推定)
- ・築造時期： 6世紀中葉
- ・南阪南道路工事の事前調査によって発見(1996)。後世の削平によって埋葬施設などは残って  
 いなかったが、墳丘盛土の調査によって土囊(土塊)を用いた盛土工法の存在が明らかになった。

### ③蔵塚古墳の土嚢積みの類例

- ・六道山古墳(大和郡山市) ・晩田山29号墳(鳥取県淀江町) ・狭山池堤(大阪府)
- ・五郎山古墳(福岡県筑紫野市) 他

\* 出典:調査報告書第24集「蔵塚古墳」大阪府文化財調査研究センター 1998

#### 【参考文献】 ・「土木技術の古代史」青木敬 吉川弘文館 2017

- ・「方格法の渡来と複合形古墳の出現」梶 國男 菊池書館 2009
- ・第4回百舌鳥古墳群講演会記録集「巨大古墳あらわる」より 新納泉氏の講演記録 2015
- ・「継体天皇 二つの陵墓 四つの王宮」西川寿勝 新泉社 2008
- ・「古代日本と朝鮮」座談会形式 司馬遼太郎ほか編 中央公論社 1982
- ・開館記念特別展図録「古代の土木技術」狭山池博物館 2001
- ・日本の古代5「前方後円墳の世紀」森浩一編 中央公論社 1986
- ・「考古学 第3号」より「古墳構築の企画と設計」網干義教 1983
- ・「水土の礎」～大地への刻印～ HP 農業土木歴史研究所 編著
- ・「道が語る日本古代史」近江俊秀 朝日新聞出版 2012
- ・「古代日本と百済」枚方歴史フォーラム 森浩一他 大巧社 2003
- ・調査報告書第24集「蔵塚古墳」大阪府文化財調査研究センター
- ・堺市博物館報第22号「失われた時を求めて―百舌鳥大塚山古墳の調査を回顧して」森浩一 2001
- ・「豎田直先生古希記念論文集」より「古墳築造考」樋口吉文 1997
- ・考古学ジャーナル「百舌鳥大塚山古墳跡の発掘調査概要」樋口吉文・野田芳正 堺市教育委員会 1985
- ・「土木考古学による古墳築造技術の分析試論」青木弘 2010
- ・「下老子笹川遺跡」富山県埋蔵文化財センター 2015
- ・「句股定理による地図作成法の復元:大和三山を例として」木庭 元晴(関西大) 2015
- ・現代技術と古代技術の比較による「仁徳天皇陵の建設」大林組プロジェクトチーム
- ・「前方後円墳の設計原理」新納泉(岡山大学教授)

#### 【参考データ】

- ・「盛土ブロック」; 今城塚古墳前方部のうろこ状土嚢積み  
出典:今城塚古墳 第4次調査報告(H12年)

- ・「日本書紀」に現れる技術者の名称  
「木工(こたくみ)」、「寺工(てらたくみ)」、「水工(みずたくみ)」、「将作大匠(たくみのおおつかさ)」

- ・巨大古墳の後円部墳頂部の固定荷重

大仙古墳の後円部墳頂部は約36mであるので、礫混じりの盛土という条件で計算すると

地盤が受ける固定荷重は1平方メートル当たり約70tとなる。これは一般的な25階建てビルの平均荷重と同等である。(参考:土の単位体積重量は、13~21kN/m<sup>3</sup>)

