

古墳（関東地方）に関する工学的視点からの考察*

A Study on the Ancient Tomb (in Kanto Area) From the Engineering Viewpoint

田中邦熙**

By Kunihiro TANAKA

要旨：3～7世紀にかけて築かれた我が国の古墳は、全国で15万基以上確認されていて、関東地方に限定しても千葉県で約13,000基、群馬県で約10,000基など大小様々の非常に数多くのものが存在する。最近では発掘調査の成果も蓄積され、古墳研究は著しい進展が認められる。一方古墳築造は大土木工事であるが、古代にこれだけの工事が成されたことに対する（土木）工学的視点からの研究報告は非常に少ない。本報告では文献資料調査と現地踏査により、古墳研究の最新の趨勢をとりまとめた後、①当時の古墳技術に対して現時点で想定されている技術の妥当性などに関する考察 ②古墳の築造企画に対して形状寸法に関する定量的データを用いた解析手法に対する考察 ③石室の築造技術にもとづいた時代区分に関する考察 ④古墳の調査・修復復元などに対する理系研究者の協力領域 などに関してとりまとめた。なお関東地方に限定したのは、古墳にはその地域差があり、またその数が膨大で今回は関東以外の地域まで十分調査することができなかったからである。古墳などの文化財の研究に当り、工学的視点からの調査研究も要望されており、興味深い問題が山積していることが分かった。

1. まえがき

古墳に関する文系研究者たちによる研究成果は目覚しく、数多くの文献図書などが発表されている。^{1)～32)}

2. で示した内容は種々の図書などに記述されていて、考古学分野で共通の認識として成り立っていると考えられる事項をとりまとめたもので、どの著者にオリジナリティがあるかははっきりしないので、引用は明示していない。

本報告では下記事項に関してとりまとめた。

- ① 最近の研究成果による古墳の歴史的付けの概要。
- ② 現在想定されている古墳築造技術に対する考察。
- ③ 古墳の築造企画に対して、形状寸法に関する定量的データを用いた解析手法とその結果に対する考察。
- ④ 石室の築造技術にもとづいた時代区分に対する考察。
- ⑤ 古墳の調査・修復復元などに対する理系研究者の協力領域。

本報告は主として2. において古墳研究成果の概要を示し、3. ～6. で②～⑤の考察結果をとりまとめた。

2. 古墳研究成果における最近の趨勢

(1) 概論

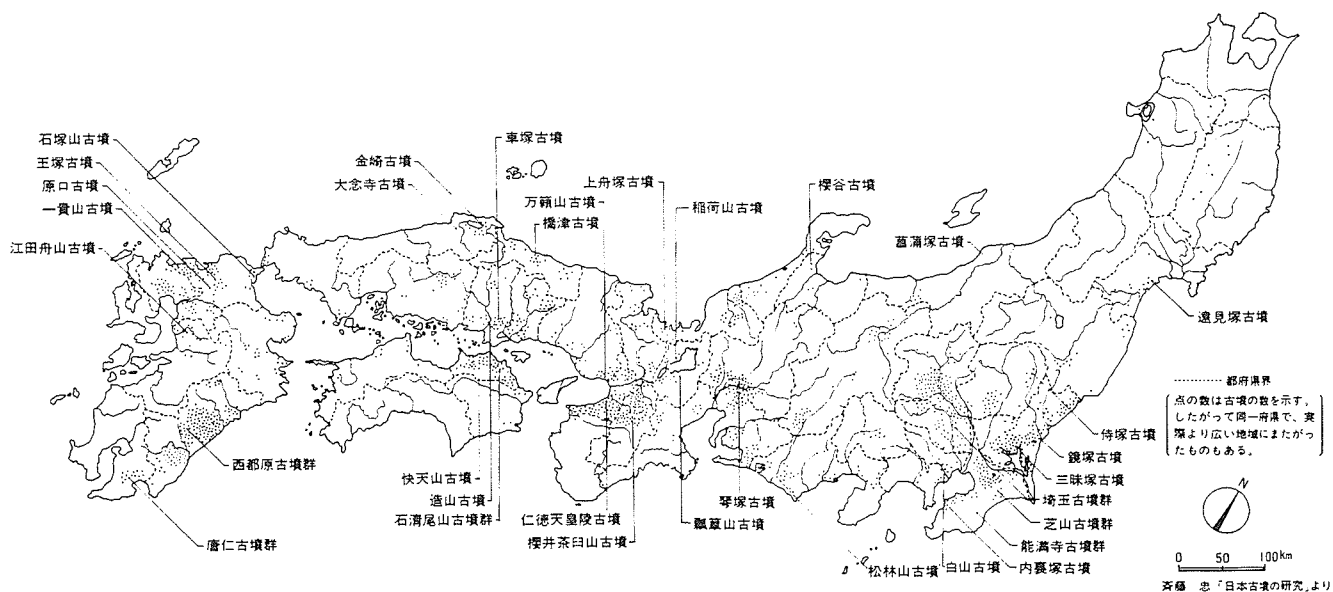
日本の古墳時代は国家としての形態を整えていく時期に当り、その後の日本の歴史を規定することになる律令制古代国家や古代天皇制などの原形が形づくられる重要な時代である。

この時代に関する文献史料は8世紀にまとめられた「古事記」や「日本書紀」などであるが、史料としての価値には疑問が多い。また中国における「魏志倭人伝」などもそのまま史実として認めることはできない。したがって古墳などの考古学的資料（発掘調査結果など）を正しく把握して歴史を科学的に導き出すことが重要である。歴史研究の最重要事項は絶対年代を導き出すことであり、歴史上の諸事項などが編年的に整理確定されることによりそれらの時代背景などが総合的に明らかにされる。この絶対年代の確定に関し、考古学者などは考古学資料相互の前後関係などから相対年代を求め、これらの暦年代の明らかな舶載資料との共存関係や、文献史料から暦年代の明らかな遺跡や遺構との関係などを総合して結論を得ようと努力している。しかしこのような研究には仮説が重要な役割りを果たしていて、研究者たちによりかなり大きな違いがある。ここに「推理と解釈の余地の大きさこそが考古学の醍醐味だ」などと、歴史考古学ファンを喜ばせてくれる現実がある。

*keyword : 古墳変遷、古墳築造技術、築造企画

**正会員 博(工学)

木更津工業高等専門学校 環境都市工学科 教授
(〒292-0041 千葉県木更津市清見台東2-11-1)



図－1 現存する古墳の分布 文献22)より

(2) 現存する古墳

現存する全国古墳の分布状況を図－1に示す。確認されている総数は、横穴墓といって墳丘をもたない古墳時代の墓も含めて15万基以上とも言われ、奈良県・大阪府は言うに及ばず、関東（特に千葉・群馬・埼玉・茨木各県の丘陵端部や河川沿い段丘）、愛知、岡山・香川、福岡および大分各県に群在し、これらの地方には墳墓を築造し、おびただしい数の秀れた副葬品を入手・製作・副葬できるだけの労働力を集約できる経済力を持つ政治的権力が存在したことを示している。

これらの形状は大多数は円墳であり、その他に方墳・前方後円墳・前方後方墳・双円墳・八角墳など種々のものがある。世界的にみた場合日本の古墳は数が多いこと、形・種類が多様なこと、また濠を廻らすという考えなど独特のものである。特に前方後円墳はユニークなものであるが、その形態の持つ意図など明確にされていない。

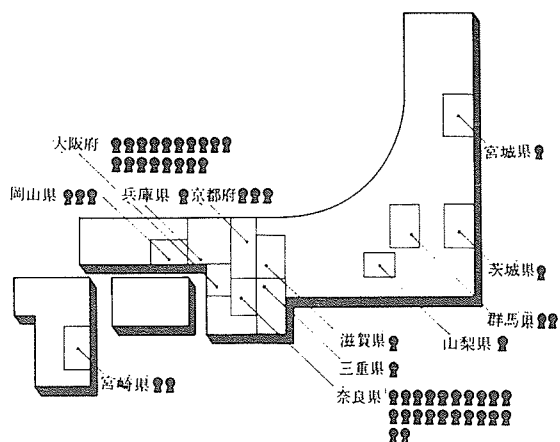
次に規模に関して墳長で規定した場合、160m以上が巨大古墳と言われ、図－2のように全国に56基あるが、奈良県22基、大阪府18基と近畿地方に集中しておりかつ上位3位までは大阪府にある。

ここで学問的な根拠により被葬者がほぼ確実な古墳はわずか20基程度で、全長480mに達する日本最大の方後円墳でさえ、宮内庁により仁徳天皇陵（墓）と指定されているが、実証されていないので天山古墳と呼称されている。本報告では（伝）仁徳天皇陵と呼ぶ。

(3) 古墳の定義と発生および築造の目的

古墳とは一般には土を高く盛った「古代の墓」と定義される。

弥生時代には農耕社会が定着していったが、この時代に貧富の差が生じ権力を蓄えた人物が誕生して、経済的・政治的地位を集中して階級社会を生み出し、さらに祭祀的能力にたけた者が力をつけて政治的組織を確立し



図－2 巨大古墳（墳長160m以上）の分布

文献23)より

た。この首長たちが権力のシンボルとしての古墳を築造するようになったと考えられている。しかし弥生時代の墓は墳丘墓と言われ、古墳とは区別されている。その要件は後藤によると、次の4つの条件を兼ね備えていることとしている。²⁴⁾

- ① 土または石を積み上げた墳丘を持つこと。
- ② 墳丘内部に埋葬施設を持つこと。これは棺・槨および石室とからなる。
- ③ 遺骸には衣服などの身の廻りのもの、武具・工具・日用品など葬送祭祀用品などの副葬品があること。
- ④ 埋葬施設は墳頂から深くない所にあること。

本報告では主として上記①②に関して考察した。

前方後円墳の発生・意図などははっきりしない。方形と円形を接合したような姿は特異である。

その形状は日本独自の墳形と考えられてきたが、最近韓国においても発見されている。

円形部には石室などがあり死者を葬る場所であろうが、方部では祭祀が行なわれたと考えられている。しかし方円の接合部に造り出しが設けられている事例も多く、この部分で埴輪などが多数発掘されることが多いので、この造り出し部が祭祀を行なった場所であろうという考え方もある。

また前方後円などと前後が明らかなような印象を受けるが、その名称は江戸時代に蒲生君平が「山陵志」1808（文化5）年の中で用いたのが始まりといわれ、横から見た形が宮車の形に似ているところからそう呼んだのみで、古墳の前後関係とは無関係とされている。²⁴⁾

(4) 古墳の変遷と時代区分

古墳などの変遷に関して、最近の研究成果からほぼ定説となってきた事項を整理した結果を図-3に示す。

弥生時代に出現した墳丘墳はB.C. 3～2世紀に大阪湾周辺で発生し、方形周溝墓として形を整えつつ、伊勢湾岸を経てA.C. 1世紀頃までには群馬県を中心とする北関東方面まで広がった。

一方(3)で示したような条件を満足する古墳は3世紀後半に北九州～瀬戸内海～近畿地方を中心に出現し、4世紀半ばまでには東北地方中部まで広まった。ただし西日本では前方後円墳が多いのに対し、東日本では前方後方墳が多い。

4世紀初頭は大和政権が成立しつつあった時代であるが、東日本などには独自の勢力が存在していたことを示していると考えられている。

5世紀に入ると前方後円墳が九州から東北地方まで広く分布していて、かつこの時代に古墳の巨大化が急速に行なわれた。このことは大和政権による政治的統合が進められた結果と考えてよいであろう。すなわち古墳築造は大和政権の管理下にあつて、政治権力のシンボルとしての役割を示すものと考えられている。そして古墳の出現は祭祀的社会から政治的社会（政治権力の登場）への変質を示していると言えよう。なお古墳出現期からほぼ1世紀半は竪穴式石室による単独埋葬であったが、4世紀末から5世紀初頭に朝鮮の墓制が北九州に伝えられて以降、古墳が消滅する8世紀初頭まで追葬も可能な横穴式石室および箱式石棺が用いられた。

6世紀に入るとごく一部の支配者層のみが前方後円墳を造りつづけたがその数は激減した。代わって5世紀中葉より地域の有力者たちによる群集墳と言われる小古墳群が盛んに築造されるようになった。現存する古墳の90%以上がこれらであり、大半が円墳である。

そして7世紀に入ると大王（天皇）・豪族・地方首長による方墳が造られ、それらには切石を用いた精巧な横穴式石室が用いられている。8世紀に入ると古墳はほとんど造られなくなり、古墳時代の終焉となる。

古墳時代は図-3に示したように、発生期～前期～中期～後期～終末期の5期に大別されている。

ただし地方によりその区分・特質などはかなり異なる。

(5) 関東地方の古墳

本報告では、古墳の数が多い群馬県と千葉県について説明する。

群馬県では4世紀後半になり、弥生時代からの流れを引き継いだ西毛地域における円墳領域と、新開発地域とも言える県東平野部における前方後円墳・前方後方墳領域の2地域で古墳時代が始まり、特に県東平野部では墳長100m以上の古墳が盛んに造られた。しかし6世紀に入ると全国の動向と同様、多くの群集墳が造られ、6世紀後半には切石による精巧な石室を持つ墳長100m級の前方後円墳も多数造られたが、7世紀初頭には消滅している。ただし少数の方墳と円墳は8世紀初頭まで築造されたがこれも全国の動向と同様終焉した。^{25)～27)}

千葉県は、古代は今の利根川下流域は香取の海あるいは安房の海と呼ばれる広大な海水の入り込む内海であり、利根川は東京湾に流入していた。したがって、古墳時代は地域的にも古東海道入口としての東京湾岸地域、北関東・東北への交通の要所としての内陸地域（利根川・印旛沼・手賀沼周辺）および九十九里沿岸地域の3地域に区分され、独自の発展を遂げた。特に東京湾岸地域は近畿地方の権力の影響を直接大きく受けていて、千葉県内古墳の半数以上が存在する。一方内陸地域および九十九里地域は6世紀以降の古墳が多い。^{22)、28)～32)}

本報告では、全国の古墳の数は膨大でありデータを収積することができていないので、主として群馬・千葉2県を中心とする関東地方のデータを用いて検討した結果をとりまとめた。

(6) 工学的視点からの古墳研究

古墳研究に対する工学的視点からの研究発表は非常に少ないが、地盤工学会では「土と基礎」の1992年1月に「遺跡の技術と保存」に関する特集を組み、文献33)～37)が報告されている。その後地盤工学会が「石造文化財の保存」と題した計14回の講座を組み、「土と基礎」の1996年8月号～1997年9月号に連載された中に古墳に関連して文献38)～40)が収録されている。また西田らによる文献41)も注目される。

全般に地盤工学専攻者をはじめとする理工学的視点からの文化財（古墳）に対する研究発表は少ない。

3. 古墳の築造

(1) 古墳築造技術などに対する推察

本節では古代に古墳築造という大土木工事を行なったことに対して、どのような体制や技術力のもとで成し遂げられたかを現代的解釈から想定されている手法についてとりまとめた。以下に施工工程順に示す。この(1)節は主として文献23)～24)を用いてとりまとめた。

① 労働力

古墳築造は大規模土木工事であり、次のような各種の労働力と管理能力が必要であった。

イ、管理集団—労働力の確保・配分、道具類の供給、

西 暦	AC	200	300	400	500	600	700
出来事	BC300 九州 稲作				538 百濟聖明王 仏像と教典伝える 四天王寺	604 憲法17条 第1回 遺唐使	701 大宝律令完成
古墳時代区分	(弥生時代) BC300~BC200 弥生時代 前期半ば 前期末 壙丘墓 埴輪の粗形 前期末	発生期 BC200~AC10 吉備地方 中期半ば 中国~ 北関東 群馬 (栃木・茨城) ・榑築墳丘墓 全長40m 古墳出現 支配者の墓 丘陵尾根上・台地縁辺の自然地形利用→平坦地の微高地 ・箸墓古墳(大和) (呪術的司祭者)串彌呼? 前方後円墳276m ・浦間茶臼山古墳(岡山) 前方後円墳138m	前期 4C半ば 5C初	中期 九州~東北まで波及 (政治的支配者 大王の墓) 古墳巨大化 + 造り出し・陪塚 群集墳 小古墳群(むらの有力者) 須恵器・馬具	後期 6C初	終末期 大王・豪族・地方首長 方墳・円墳 (八角形墳・大王のみ) 切石を用いた精巧な 横穴式石室 古墳消滅	
古墳の主な 動向	方形周溝墓・方形台状墓 方形溝・土壇・方台部						
埋葬施設の 移りかわり				木炭槨 粘土槨 土槨(長大7~8m) 壁穴式石室(単独埋葬) 朝鮮半島の墓制→(北九州) → 伝達 → (関東地方) 横穴式石室(追葬) 箱式石棺			
関東の古墳	(群馬) 約10,000基 (千葉) 約13,000基	4C後半出現(大型化) (弥生時代より) ◎西毛地域(円墳) ◎県東平野部(前方後円墳・前方後方墳) ・前橋天神山古墳126m ◎東京湾岸地域 千葉県の数以上の古墳 古東海道入口 近畿の影響大 ◎内陸地域(利根川・印旛沼・手賀沼→香取の海) 北関東・東北への交通要所 6C以後の古墳多い ◎九十九里沿岸地域 温暖・黒潮→埴輪文化 大半6C以降1,000基以上			群集墳(9,000基以上) 6C後半 50~60mの前方後円墳多い ・削石による精巧な石室(観音山古墳)100m ・巨石による豪壮な石室(観音塚古墳)100m	7C初頭 前方後円墳消滅 方墳採用・円墳多い	

図一 3 古墳の変遷と時代区分 (作成：田中)

保全などを行なう。

ロ. 技能集団—古墳の設計、場所選定のための地盤工学的知識、測量、天文、施工技術などに関する知識技術をもち技術指導する。

ハ. 工人集団—埋葬施設・副葬品・棺・埴輪・祭祀用具などの製作技術を持ち、墳丘の施工段階に合わせて準備生産し、所定の場所に搬入設置する。

ニ. 労働集団—土砂掘削・運搬・成形など工事全般に対する労働力提供。

② 古墳設計

イ. 首長が生存中に古墳築造を決定する。

ロ. 築造場所の選定

ハ. 整地

ニ. 設計図作成—首長を中心に基本構想が検討され、模型を作成して検討した上でそれを反映した設計図の作成が行なわれた。

ホ. 地割線—設計図に従って後円部の円を描きその中心杭の影と円とを利用して東西方向を割り出す。これに平行な円の直径を引き、その線を前方部へ延長して古墳の主軸線とする。これらの地割線を基準として、全体の平面形を地面に描く。(水田区画技術の応用)

③ 墳丘盛立て

イ. 周濠掘削—古墳の基本形を設定する。

ロ. 墳丘盛立て—周溝掘削土を周辺から内側に勾配を取りながら、すり鉢状に盛立てる。

ハ. 場外盛土材の搬入

ニ. 墳丘築造—互層盛土を意識しながら盛土。

ホ. 成形

④ 石室構築

イ. 石室用石材の切り出し・加工・運搬

ロ. 整形加工—石組みのための現場合わせ加工

ハ. 根石設置

ニ. 石組裏込用粘土を採取し、根石背面に裏込めする。

ホ. 壁石の積み上げ

⑤ 石室天井石の設置

イ. 天井石の石材を搬入後、所定位置に設置する。

ロ. 石室補強や雨漏り防止のため、石室全体を粘土等で覆う。

ハ. 石室上部・側方・搬入路など残された部分に盛土する。

ニ. 成形

⑥ 埴輪設置

イ. 埴輪設置位置を測量して設置する。

ロ. 埴輪搬入

ハ. 埴輪設置—そのまま置く場合と穴を掘って埋め込む場合がある。

⑦ 埋葬後、石室閉塞

イ. 仮設用土橋・斜路を除去し、成形する。

ロ. 石室閉塞用の扉石・閉塞石・封土の準備

ハ. 石室入口閉塞—棺搬入後、入口を閉塞。

(2) 古墳築造技術に対する工学的視点からの考察

(1)で示した施工手順などは土木技術者などの協力も得て、理想化した古墳モデルに対して概念的に想定したものと考えられ、次のような疑問点がある。

現存する巨大古墳を見ると、その規模・均整のとれた美しい形状などから、古代にそれらを完成させる統制力・経済力・技術力などがあつたことを疑う余地はない。ただし、現存する十数万の古墳の大多数は形状なども不均一である。高度な能力を有する企画者のもとで高度の技術を有する集団が最高レベルの古墳築造したケースは非常に少ないと考えられる。大多数は見よう見まね程度で築造されたものであり、そうでないと古墳の数に対して技術者の数が全く不足すると考えられる。すなわち、(1)の考え方は、理想化した古墳モデルに対し、「このような技術があつたはず」と現代的解釈で説明しようとしているところに疑問がある。誰でも容易に物まねできるレベルの技術でも古墳は築造できたと考えたい。これらは次のような点でも理解できる。

イ. 4. でも詳述するが、古墳の形状寸法は多様で、規格性があるとは断定し難い。

ロ. 古墳が築造された地域は河岸段丘部や丘陵部の馬の背状に張り出した地形の所が多く、このような地点は眺望が良くかつ土工量も少なくなるので、誰でも選定できる。湧水も一般には少ない。

ハ. 図-4は前橋市における古墳群内の夫々の古墳の向きを示した事例であり、全てバラバラで方向性に関し、日本古来の自然(山岳)崇拝や五行陰陽説または仏教的思想などに関する意識があるとはとても考えられない。これだけ方向性がないと逆にそうする必要が何かあつたのではとも考えられる。

すなわち、3.(1)②に示したような作業を行なうに当り、天文学や測量学を用いる必要はなく、縄などのロープさえあれば、円や直線や平行線などは容易に描けると考えられる。

ニ. 古墳築造時には、例えば仁徳天皇陵では20~30年を要したであろうという推算もあるように、非常に長年月を要す。したがって盛土施工中に豪雨などに会うことも多く、斜面安定のための盛土の締固め、排水勾配・方向なども問題となる。古墳周辺から内側にすり鉢状に盛立てたとすれば湛水することにもなり、現代の土工施工法からも疑問がある。

ホ. 互層盛土が、埼玉古墳群の將軍山古墳やひたちなか市の虎塚古墳などで確認されている。しかし、これらはローム層と黒土層とが層状に盛立てされているのが確認されたというだけで、互層盛土の効果を意識して施工したとは考えられない。すなわち粘性土と砂質土を交互に盛土するのであれば双方の欠点を補う秀れた盛土施工法と言えるが、上述事例を観察したところ、掘削手順上赤色ロームと黒土とがたまたま部分的に互層盛土状になったというだけのことと考えられる。古代に互相盛土の効果を認識して

いたのであれば、古墳盛土高さがより高い多くの事例があるはずである。

4. 古墳の築造企画

(1) 形状寸法に関する定量データを用いた解析

古墳の形状寸法などに関し、上田は前方後円墳のような複雑な形態を有する古墳はその墳形の特徴を示す計測点が数多く存在するので築造企画の変異を研究することが可能であるとして先駆的な業績を上げてきた。すなわち後円部直径を整数6としたとき、古墳各部の長さも整数値をとることを見出し、主軸上における後円部直径と後方部の後部長および前部長の三連比により古墳の形式分類を行った。⁴²⁾ そして古代オリエントに由来する60進法あるいは12進法による影響を想定し、後円部の直径を6単位とする設計が行われた可能性があると延べている。⁴³⁾ そしてこのような方法論に基づいた研究成果を文献⁴⁴⁾ にとりまとめている。これらは小沢による研究成果として文献⁴⁵⁾ ～⁴⁶⁾ などにも発表された。一方沼沢はこの考え方を円墳にも適用して、「円墳に用いられている築造企画は前方後円墳の後円部の築造企画を抜き出して踏襲したものであり、また基本単位は墳丘直径の1/24の長さである」との結論に達したとしている。^{47) ～ 48)} ただし沼沢も述べているように、「地域によりこの築造企画の浸透度は異なっていた」のは、これらの企画に適合しない古墳も数多く存在することからも当然のことと考えられる。

また古墳時代に使用されていたと考えられている長さの単位には、尋・漢尺・晋尺・高麗尺・唐尺などがあり、同じ尺でも23～36cmの差がある²⁴⁾ とされているので、これらの使われた時代や地域を正しく特定して研究していく必要もあろう。

(2) 群馬県・千葉県古墳寸法データを用いた考察

今回文献⁵⁰⁾ に示した「前方後円墳集成—東北・関東編」を用いて、群馬県と千葉県古墳データのうち墳長と後円部高さのデータを整理した結果を図-5、6に示す。

踏査時にも認識されたことであるが、一般に現地は樹木や雑草が繁茂している場合が多く、地形も改変されているので、発掘調査を行ったとしても過去の形状寸法を想定することさえ非常に困難と感じられた。したがって上述図書も空覧が多く、または寸法などが記載されていても、それらの信頼性はどの程度か判断に苦しむ。しかし古墳数は膨大であり、他の資料も同様の問題点があることは避けられないと判断し、当面は上述図書に示された数値を用いて検討を進める。

図-5、6より以下のようなことが読み取れる。

- ① 墳長は群馬・千葉ともに80m程度までが90%以上を占める。群馬では20～70m間に均等に分布しているが、千葉では20～50m間に偏っていて、千葉の方が全体的に小さい。
- ② 後円部高さは墳長が増えるほど漸増し、平均的には

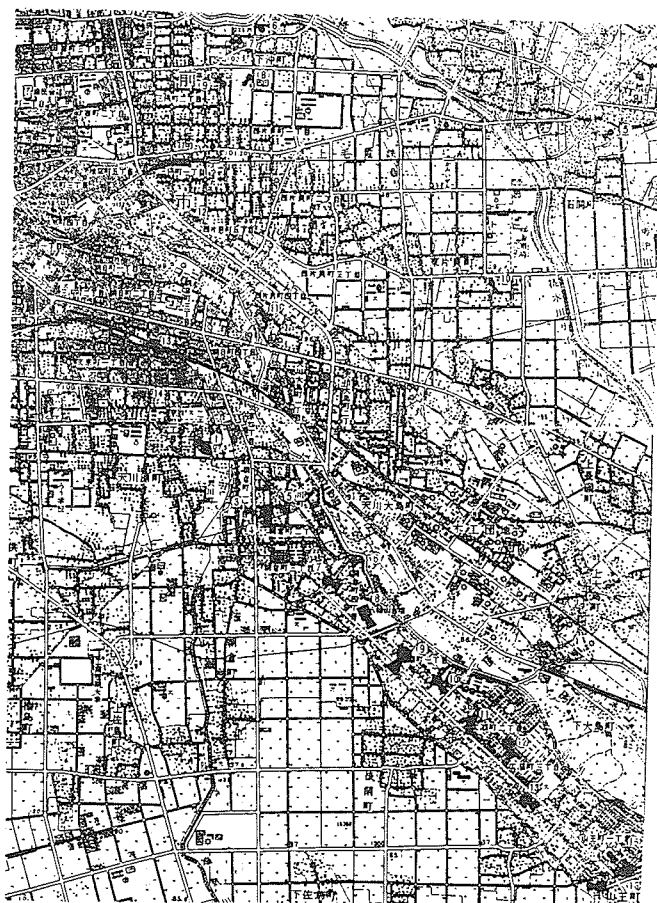


図-4 古墳群の向きを示す事例
(前橋南東部古墳群)

群馬・千葉とも同程度である。また同じ墳長でも群馬の方が千葉より大きなバラツキを有していて、平均高さに対し群馬では±4.0m、千葉では±2.5m程度である。

③ 墳長80m以上の古墳は群馬では44基、千葉では24基である。墳長Lと後円部高さHとの関係はL=80m付近で折点が認められ、L=80mでは群馬・千葉ともH=8.0m程度であり、L=140mでは群馬・千葉とも11.0m程度である。

④ 後円部の底面直径はほぼ墳長の50～60%である。そして大きな古墳では段築といわれる小段が数段ありまた墳頂には円形の平坦部もある。これらを考慮して、図-5、6に示したLとHを用いて盛土勾配を試算してみると、同じ墳長でもHが大きくバラツキしているため、勾配も大きくバラツクが、1:(2.0～5.0)程度と非常に緩勾配となる。

このように盛土勾配が緩いことは、盛土材の材質が原因なのかあるいは、古墳築造当時は墳高はより高く、勾配もより急であったものが、雨水浸食・風による飛散や盛土の自重圧縮、原地盤の沈下などによって形状寸法が大きく変化したことが影響しているとも考えられる。

(3) 古墳の築造企画に関する考察

古墳は基本的には権威の象徴として築造されたことは間違いないと考えられる。しかし世界の遺跡などをみた

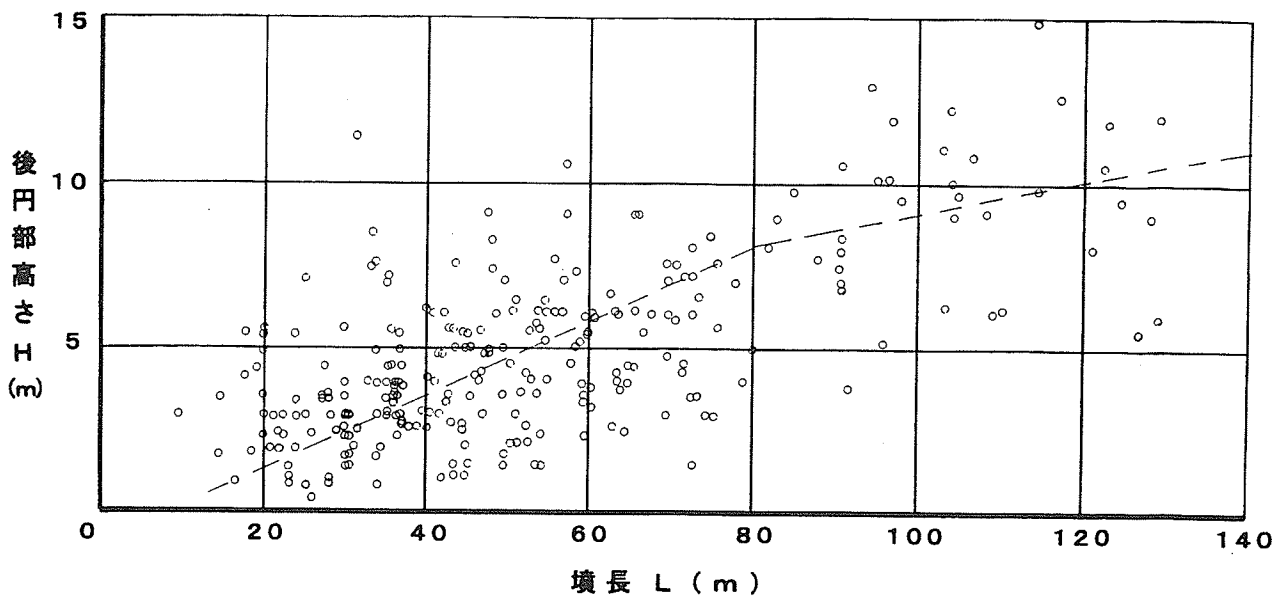


図-5 群馬県に存在する前方後円墳の墳長と後円部高さの分布状況（作成：田中）

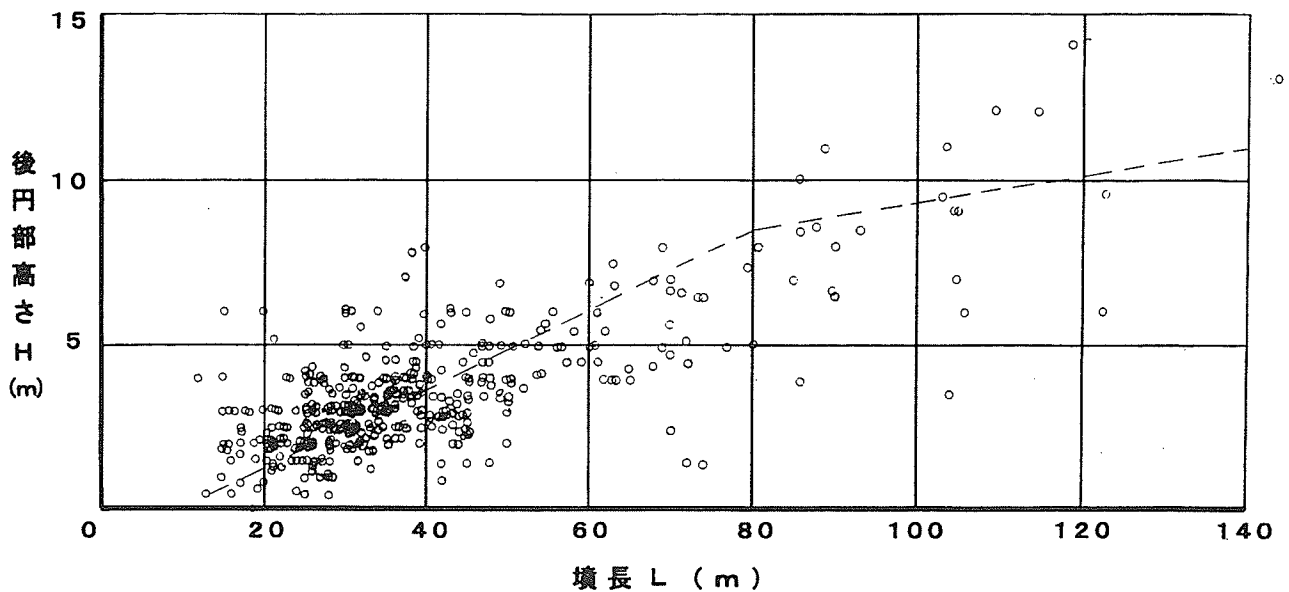


図-6 千葉県に存在する前方後円墳の墳長と後円部高さの分布状況（作成：田中）

場合、平面的な大きさが大きければそれなりに高さが高くなるのが一般的と考えられる。平面的にいくら大きくても、高い山の上から眺めるとかしない限りその雄大さは実感できない。(伝)仁徳天皇陵や神戸の五色塚古墳などに対し、中国などからの使者が船で来訪し海から眺めたとき、水平距離が400～500mあっても高さが20m程度であるから、巨大さなどを印象づけることは少ないと考えられる。巨大古墳は神話に言う、天上の神に対するメッセージのような意図があったのではなかろうか。

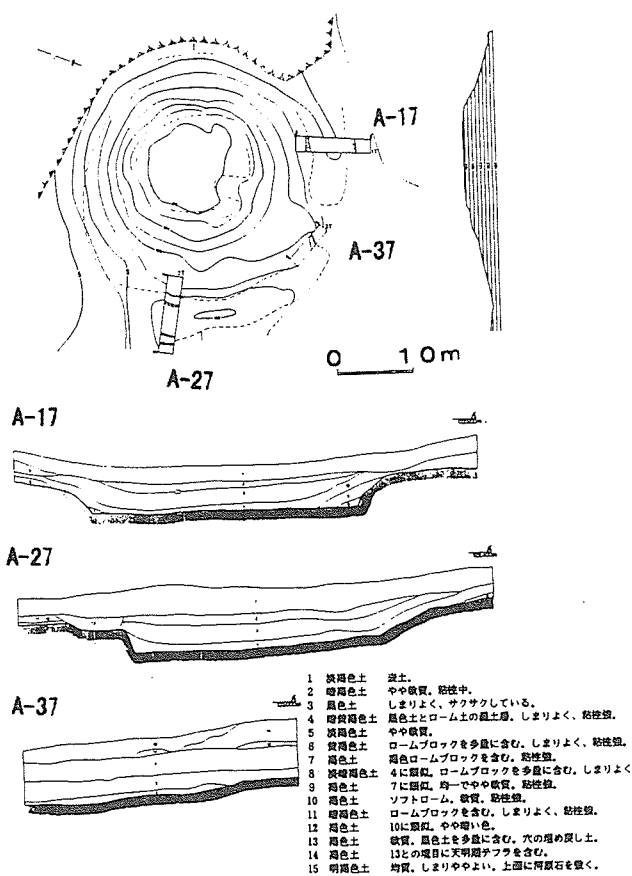
したがって、高さを誇るような高い古墳が実在しないということは、施工上、より高くすることが不可能であったためであろうか。前述の高さが変化する要因を考慮に入れてもさほど増加しないであろう。

今回は西日本における主としてマサ土を用いた古墳に関する形状寸法に関する検討は十分行っていないので結

論的に延べるのは早計であるが、東日本特に関東では関東ロームを主盛土材としていることが、巨大古墳が西日本で多く東日本で少ない原因の一つとも考えられる。

すなわち関東ロームを主盛土材とすれば、安定上いくら緩速施工したとしても盛土法勾配は2割5分程度であろうが、マサ土を用いれば1割8分程度には施工できると考えられ、後円部半径 r を30mとするとその高さ H はロームで12.0m、マサ土で16.7mとなり、一般にロームの方がマサ土より低いと言える。

次に図-5, 6に示したように、同じ墳長に対してその高さは大きくバラツキているが、これらのデータを時代別・地域別などに層分けして検討すれば、 $L-H$ 関係はよりバラツキの少ないリニアな関係が認められるようになることも考えられる。しかしデータを概観した印象ではこのような傾向は期待できそうにない。



図一七 古墳発掘調査結果例
(埼玉県児玉郡・白岩銚子塚) 文献51)

このようにデータが大きくバラツキている原因は、雨水による浸食・風による飛散・盛土および原地盤の沈下が大きく影響していることの一要因であることは間違いない。その証拠の一例を上げれば、発掘調査により明白であるが、高さ1.0m以上もある埴輪が破損しているとはいへ数10cm以上埋もれていることが多いことなどからも古墳の形状寸法は大きく変化していることは否定できない。しかしこれらを定量的に求めることは非常に難しい。

以上のような変状原因を考慮に入れても、高さのバラツキ全てを説明できるとは考えられない。埴輪長のバラツキの大きさも考慮した場合、ごく一部の管理された古墳築造を除いて、一般には古墳築造に関して企画性があったと断定し難いように思われる。

5. 石室に関する考察

(1) 石室の時代区分

石室を造ることは古墳盛土以上に高度な技術が必要であったと考えられる。天井石のような巨大な岩塊を掘り出して遠距離を運搬し現地で収まりよく設置することや、古墳時代中期の自然石から終末期の精巧な切り石を用い

た石積み側壁などかなりの技術力が要求される。

右島は、49) で示した図書などにおいて、上野地域における6世紀以降の横穴式石室に関し、次のように編年時代区分している。

I期(6世紀初頭～前半) 横穴式石室の導入期で石室形態も雑多であり、墳丘と石室との位置関係も不統一である。側壁の積み石も石面が平たい細長い自然石を奥行き控え方向に長尺が収まるよう野面積み状に積み上げている。

II期(6世紀前半～中葉) 石室築造が定着していく時期で、自然石を用い、石材寸法が大型化していく。羨道と玄室の区分も構造的に明確になる。(写真一)

III期(6世紀後半～末期) 加工石材が使用され、煉瓦積み状に石積みされる。また石室も大型化する。

IV期(6世紀末葉～7世紀前半) 巨石巨室構造の横穴式石室の成立期。近畿地方の技術的影響を直接的に受けたと推察されている。自然石を用い寸法はII期より大きい。

V期(7世紀中葉～7世紀末) 硬質の石材を複雑精巧に加工して、切石組み積みしている。(写真二)

以上の時代区分に関して、右島は前方後円墳またはこれに準じる大型古墳を対象にしたもので、同時期の大多数の小型古墳では上述の分類に当てはまらない影響度合の様々なものも多いことも述べている。

(2) 石室時代区分に関する考察

上述(1)の石室の編年時代区分は副葬品なども含めた種々の観点からの考え方も総合して得られた結論であろうと思われるが、石室築造技術に関して次のように考えた方がより合理的と考えられる。

IV期の巨石巨室構造は、I、II期においてすでに天井石や側壁下部の積み石などかなり大きな石材を搬入し石積みする技術レベルに達しており、石材は特に加工しなくても設置場所を考えるだけでIV期レベルの石室築造は可能である。特にIII期の石材加工技術は必要ない。III期はV期の前段階とも考えられ、石目を判断して石材を精巧に加工するなど技術的レベルはかなり高い。なおIII期石積み是中国東北地方の高句麗山城石積み(2～3世紀)や対島金田城朝鮮式山城石積み(665年)と酷似している。しかしV期のような切込み石材を用いる石積みは、近世になっても特殊な場合にしか用いられていない。地震または原地盤・盛土の沈下や雨水浸透による不等沈下などにより石室が崩落したりした経験から、壁面の安定を高めるために考え出された技術であろうか。いずれにしても古代にこれだけの石材加工石積み技術を有していたことは驚異である。

したがって、III期とIV期は入れかえるかまたは別系統と考えて同時進行的と理解する方が好ましいと考えられる。

(3) 石室築造法

城石垣が背面の土圧に抵抗するように上部で奥まっているのに対し、石室の側壁は天井石が載り易いように底

面から天井に向かって15～20°程度内側に傾斜している場合が一般的である。地盤工学的には、天井石とその上の盛土荷重および側壁に加わる土圧を支持するためにも、そして何より石積み部の安定のためにも上部ほど開いている方が理に適っていると考えられる。石室内部にいると積み石が崩落してくるような恐怖を感じる。それにもかかわらず古墳石室で上述のような石積みを行っている理由はどこにあるのであろうか。巨大な天井石を不安定な石積み上で横ずらししたりしながら設置しようとする、側壁石積みは容易に移動して崩落したりする。一方側壁内側を石積み天端高さまで土砂で充満しておいて、天井石を横ずらしして設置すればより容易かつ安全に施工できる。重い天井石を不安定な石積みで支持するためには内側に土が詰まっている八の字型の石積みの方が好ましいことも理解できる。内部の土砂は天井石設置後、入口より慎重に掘削除去すればよい。

なお写真-3に示すように小口が10cm以下、奥行きが10～20cmの小さな細長い川原石の中に石面20～30cm程度の玉石を規則正しく配した美しい側壁を持つ古墳が群馬県下で伊勢塚古墳や平地神社古墳・霊符殿古墳など数例認められる。これらを施工するには上述の方法しか考えられない。しかし力学的に1400年以上安定している現実には言葉もない。

6. 古墳の調査・復元などに対する協力領域

(1) 発掘調査

古墳の発掘調査は膨大な数が行われてきた。その報告書は一般に図-7に示すように、測量平面図・トレンチ掘削位置と土層断面図および土層ごとの簡単なコメント、その他発掘された品々に対する詳細な記述等である。ここで我々地盤工学を専攻する者が、今までに述べてきたような古墳の沈下・変形などを解析したりまたは地質・土質的な視点からの検討を行おうとしても、それらに対する定量的データがない場合が大半である。そして土層ごとのコメントも主観的表現のみで定量的客観的データは少なく、他と比較できない。少なくともJISに基づいた土の物理試験や強度などに関する土質試験結果ぐらいは添付してほしい。

(2) 復元に対する考え方

文化財を修復復元するに当り、常に問題になる点は当初の形状寸法をどのように想定し、それに対しどのような現代工法や技術が許容されるかという点である。古墳復元に対しても公園整備事業などの一環として美しく整備されている事例をよく目にする。既述したように古墳は土盛りであり、雨風などにより容易に変状することで、特に高さに関しては当初の様子を推算することは至難なことと考えられるのに対し、どういう根拠で復元されているのか疑問に感じる。

我々地盤工学を専攻する者にとってもいざ検討を依頼されたとしてもどうすればよいか当惑するとは思いますが、少なくとも種々の事項を想定したりして実績を重ねるう

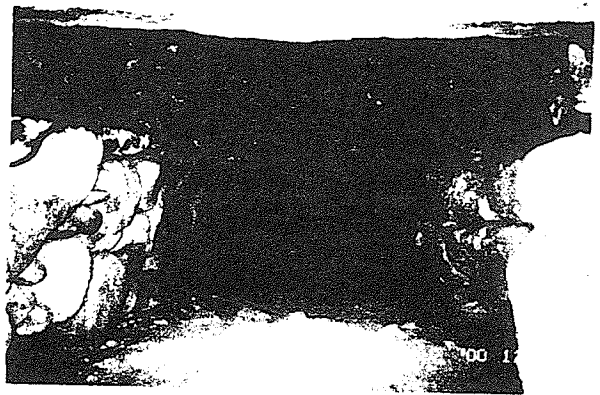


写真-1 II期石室事例（前橋市（総社）二子山古墳）
（撮影：田中 2000.12）

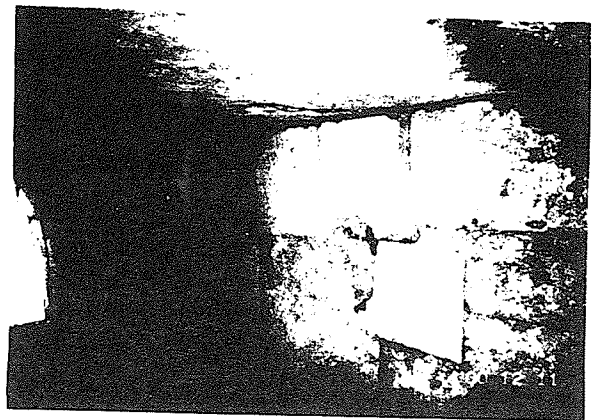


写真-2 V期石室事例（前橋市宝塔山古墳）
（撮影：田中 2000.12）

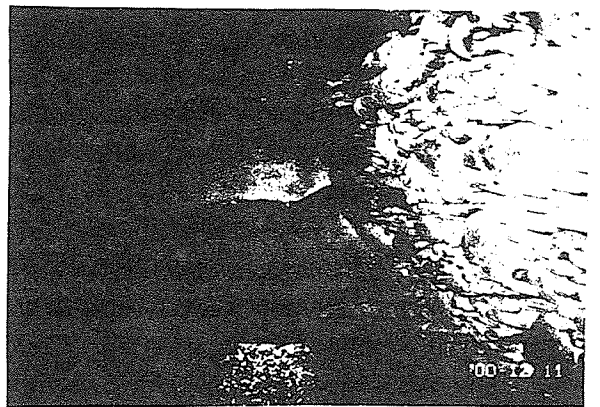


写真-3 細長い小石による側壁を持つ古墳
（藤岡市伊勢塚古墳）（撮影：田中 2000.12）

ちにより合理的な考え方・方法が導き出されることも期待できると信じている。そのためにも(1)で延べたような土質試験などは是非実施してほしい。

7. あとがき

本報告は、古墳に関してできるだけ定量的に工学的視点から検討を加えた結果をとりまとめようと心掛けた。しかし定量的データも乏しく、どうしても推理と独自の解釈にたよるところが多くなってしまった。古墳に興味

を持って勉強を始めてからまだ半年と日が浅く、歴史上の事項に対して大きな間違いをおかしている面も多いと思うが、工学的視点から古墳をみた場合、種々の興味深い疑問点も存在することが理解できた。本報告は古墳研

究の入門とご容赦いただきたい。

最後に筆者に古墳研究という非常に興味深いテーマを紹介し、種々助言指導いただいた前橋市の友人武藤ふみ子氏に謝意を表します。

参考文献

- 1) 白石太一郎：『古墳の誇る古代史』、榊岩波書店、2000.11
- 2) 森浩一：『古墳の発掘』、中央公論社、1975.6
- 3) 大塚初重：『東国の古墳文化』、榊六興出版、1986.6
- 4) 白石太一郎et al.：『東アジアから見た古代の東国一講演集一』、上毛新聞社、1999.3
- 5) 木下正史et al.：『古代史研究最前線一別冊歴史読本61一』、榊新人物往来社、1998.4
- 6) 小林三郎編：『古墳と地方王権』、榊新人物往来社、1992.11
- 7) 佐原真：『魏志倭人伝の考古学』、(財)歴史民俗博物館振興会、2000.2
- 8) 新谷尚紀：『死・墓・霊の信仰民俗史』、(財)歴史民俗博物館振興会、1998.11
- 9) 佐島達雄：『畏れと祈り一群馬の埋蔵文化財一』、上毛新聞社、1997.11
- 10) 全達寿：『日本古代史と朝鮮文化』、榊築摩書房、1979.10
- 11) 井上秀雄：『古代朝鮮』、日本放送出版協会、1978.5
- 12) 野島芳明・エドワード野口：『超古代巨石文明と太陽信仰』、榊日本教文社、1998.1
- 13) 茂在寅男：『古代日本の航海術』、小学館、1983.2
- 14) 柳田敏司・森田悌：『渡来人と仏教信仰』、雄山閣出版、1994.6
- 15) 井上高太郎：『吉備王国の崩壊』、榊新人物往来社、1987.4
- 16) 門脇禎二：『日本海域の古代史』、(財)東京大学出版会、1997.5
- 17) 全浩天：『前方後円墳の源流』、榊未来社、1991.1
- 18) 三橋一夫：『前方後円墳と神社配置』、榊六興出版、1987.12
- 19) 間壁忠彦：『石棺から古墳時代を考える』、榊同朋舎出版、1994.1
- 20) 上田正昭et al.：『壁画古墳の謎』、榊講談社、1972.6
- 21) 玉利勲：『装飾古墳紀行』、榊新潮社、1984.11
- 22) 芝山町立芝山古墳・はにわ博物館編：『総(ふさ)のくにの古墳と埴輪』、芝山町、1999.6
- 23) 森浩一：『巨大古墳』、榊草思社、1999.5
- 24) 大田区立郷土博物館編集：『大田区 古墳ガイドブック』、大田区土木部公園課、2000.2
- 25) 群馬県教育委員会文化財保護課：『群馬県の史跡(古墳編)』、群馬県教育委員会、1995.3
- 26) 群馬県立歴史博物館友会の会：『古墳めぐりハンドブック』、群馬県立歴史博物館、1994.10
- 27) (財)群馬県埋蔵文化財調査事業団編：『群馬県遺跡大事典』、上毛新聞社、1999.2
- 28) 「房総の古墳を歩く」編集委員会編：『房総の古墳を歩く』、芝山町教育委員会・芝山町古墳はにわ博物館、1998.5
- 29) 麻生優・鈴木道之助：『房総の古代史をさぐる』、築地書館(株)、1992.6
- 30) 千葉県教育庁文化課：『房総のあけぼのⅡ一古墳と古代の寺でら一』、千葉県教育委員会、1985.3
- 31) (財)千葉県文化財センター編：『古墳時代(1)』、(財)千葉県文化財センター、1990.2
- 32) (財)千葉県文化財センター編：『古墳時代(2)』、(財)千葉県文化財センター、1992.3
- 33) 山内豊聰：遺跡の技術と保存、土と基礎、40-1、(社)地盤工学会、pp.1~6、1992.1

- 34) 松浦茂樹：古代史の発展と土木技術者、土と基礎、40-1、(社)地盤工学会、pp.7~12、1992.1
- 35) 寒川旭：遺跡の地震跡、土と基礎、40-1、(社)地盤工学会、pp.13~18、1992.1
- 36) 渡辺邦夫：古墳土構造に見る不飽和浸透流制御、土と基礎、40-1、(社)地盤工学会、pp.19~24、1992.1
- 37) 西田一彦et al.：古墳の土質工学的調査と保存の事例、土と基礎、40-1、(社)地盤工学会、pp.33~40、1992.1
- 38) 内田昭人：石造文化財保存のための現地計測技術、土と基礎、44-11、(社)地盤工学会、pp.53~58、1996.11
- 39) 渡辺静夫et al.：遺跡立地環境下での蒸発量計測の必要性とその方法、土と基礎、45-1、(社)地盤工学会、pp.49~54、1997.1
- 40) 内田昭人：日本の石造構造物一古墳と城の石垣を中心として一、土と基礎、45-3、(社)地盤工学会、pp.49~54、1997.3
- 41) 西田一彦・笠井敏光：峯ヶ塚古墳の盛土構造と施工法の推定、土木史研究、No.13、土木学会、1993
- 42) 上田宏範：前方後円墳における築造企画の展開、近畿古文化論、吉川弘文館、1963
- 43) 上田宏範：『前方後円墳』、学生社、1969
- 44) 上田宏範：前方後円墳の築造企画と型式学的研究、考古学ジャーナル、No.150、1978
- 45) 小沢一雅：前方後円墳の築造企画、考古学ジャーナル、No.276、1987
- 46) 小沢一雅：『前方後円墳の数理』、雄山閣出版、1988
- 47) 沼沢豊：円墳築造の企画性、研究連絡誌、No.56号、(財)千葉県文化財センター、2000.3
- 48) 沼沢豊：円墳の規模と序列、研究連絡誌、No.59号、(財)千葉県文化財センター、2000.10
- 49) 右島和夫：『東国古墳時代の研究』、榊学生社、1994.5
- 50) 近藤義郎編：『前方後円墳集成一東北・関東編一』、榊山川出版社、1994.2
- 51) 埼玉県教育委員会：『埼玉県古墳詳細分布調査報告書』、1994.3

その他の参考資料

- 52) 宮川進：『さいたま古墳めぐり』、榊さきたま出版会、1999.4
- 53) 塩野博：『埼玉の遺跡』、榊さきたま出版会、2000.2
- 54) 塙静夫：『諏訪とちぎの古墳』、(有)随想舎、2000.2
- 55) 塙静夫：『とちぎ古代文化の源流をたぐる』、(有)随想舎、1999.4
- 56) 八溝古代文化研究会編：『那珂川と八溝の古代文化を歩く』、(有)随想舎、2000.4
- 57) 大田区立郷土博物館編集：『大昔の大田区』、大田区立郷土博物館、1997.3
- 58) 石野博信編：『全国古墳編年集成』、雄山閣出版、1995.11
- 59) 遠山美都男：『聖徳太子一未完の大王』、日本放送出版協会、1997.12
- 60) 門脇禎二：『吉備の古代史』、日本放送出版協会、1996.2
- 61) 日高正晴：『古代日向の国』、日本放送出版協会、2000.6
- 62) 小林道憲：『古代探究』、日本放送出版協会、1994.2
- 63) 岡田康博：『遙かなる縄文の声』、日本放送出版協会、2000.8