

縄文・弥生・古墳時代の土木技術
—土質工学からみた古代土木技術—

国際航業（株） 正 員 新居忠彦

Ancient construction-technology
in Cordmarked and Yayoi Kohun era

by Tadahiko Nii

概 要

大阪にある、仁徳陵、応神陵、履中陵、河内大塚古墳の全長300メートルを越す超巨大古墳について、この様な超巨大古墳を構築する為に必要な長年月と膨大な作業員。しかも超巨大古墳で4基、全長100メートルを越すものは数十基にも及び築造を可能ならしめた社会経済的構造を支えた技術。その中心的技術である土器製作技術、この技術の核心部分である土質工学的知識として可塑性の「のび」と「腰」。コンシステンシー限界の、液性限界、塑性限界、収縮限界などについて述べた。縄文時代の大阪としての「森ノ宮遺跡」及び弥生時代の大阪平野の稲作農業、土器製作に必要な窯の技術と金属製作。金属製作による農機具の鉄製化と、灌漑と稲作農業の発展が、超巨大古墳築造可能な経済の基礎作りになる事について述べた。

（古墳、弥生、縄文、土器、土質工学）

1、まえがき

石器時代に続く縄文・弥生時代は、その名の示すように、その時代が後世に残した最大の遺産は、土器である。縄文時代の最も古い土器は世界最古のものとも言われている。この土器の作陶技術を見るに、まず判ることは、土質工学に於ける液性限界と塑性限界範囲内で、粘土を成形する必要がある。このことは、作陶作業に於いて必然的に土質工学的知識が蓄積され、ここに古代土木技術の発展が芽生える。縄文晩期から弥生時代にかけ、稲作が始まり、農耕にともなう、耕具や灌漑の為に技術が発展するが、弥生時代の土器は縄文時代と明確に異なり、薄手で高温焼成されたものになった。これは轆轤による成形と、焼成の為に窯の発展によるものである。轆轤成形に於いては、粘土のコンシステンシーの知識が必要になる。また、窯の知識は、銅・鉄の鑄造技術の発展を促せ、現在発掘された金属類を分析した結果からも判るように、当時の成分分析能力は相当高度の技術を有していたと考えられる。これらの粘土を中心にした、古代土木技術の集積、開花が古墳時代の世界最大の仁徳・応神陵古墳築造へと発展した。この超巨大古墳が集中する大阪の古墳時代、古墳築造を可能ならしめた作陶技術に必要な土質工学、この土質工学的視点から縄文・弥生時代をながめる。

2、大阪の古墳時代

鬱蒼と繁る木々に覆われた仁徳陵古墳を覗けば、誰しもその雄大さに驚きの念を禁じ得ない。この古墳の全長は486メートルもあり、このような全長300メートルを越す超巨大古墳が、大阪府下には応神陵古墳（全長417メートル）、履中陵古墳（全長365メートル）、河内大塚古墳（全長325メートル）と4基もある。これらの超巨大古墳の特徴は、平面形状から前方後円墳と言われ築造された時代は4世紀から6世紀の古墳時代のうち、中期の5世紀頃と言われている。つまり魏志倭人伝の耶馬台国時代（3世紀）に続く、倭の五王、讃、珍、済興、武の時代で、中国大陆と盛んに交流が行われていた時代である。

この巨大な古墳を数多く築造した大阪は、相当巨大な経済基盤があったことがうかがえられる。仁徳陵古

墳については、株式会社大林組が非常に詳しく研究し「復元と構想 歴史から未来へ」監修者 加藤秀俊、川添登、小松左京 東京書籍株式会社として出版している。この書物から、仁徳陵古墳について引用する。

対象面積	368,000平方米
外堀掘削	139,000立方米
内堀掘削	599,000立方米
客土	742,000立方米
葺石	5,365,000個
埴輪	15,000個

古代と同様の工法で築造した場合、工期15年8カ月（現代工法2年6カ月）

従事する作業員6,807,000人（現代工法29,000人）、総工費796億円（現代工法20億円）と試算され、現地でこれらの土工に従事したものは1日最大2,000人と推定している。

超巨大古墳を築造する為に、1日最大2千人もの人が集まったと言うことは、それらの殆どの人々が奴隷であったとしても、その地に経済活動があったことがわかる。つまりそれらの人々は土工や埴輪作陶に従事するため、当然自分達の食物栽培は出来ない。この事実は、これらの2千人にも及ぶ多数の人々の食物を余分に供給できたと言うことが判る。事実、当時の古墳時代の農業は縄文晩期から弥生時代に北九州と近畿地方に大陸から渡来した米作技術は、近畿地方では相当発達していた。弥生時代の米作では常時湿った沖積低湿地で米作が行われていたが、これでは稲穂が実った時期に田圃は乾燥しなければならないので、常時低湿地での収穫は好くない。しかし灌漑技術が発達し、田植え時期には水が豊富にあり、稲穂が実れば田圃の水を抜く灌漑技術が発達し、飛躍的に米作収穫量が増大した。また土壌も地下水位が高く常時湿り、強い還元状態になり、土中に含まれた鉄分が二価の亜酸化鉄化合物となり、土の色は青灰色の軟らかな粘土になり丁度ドブの中の状態に似ていて、グライ土壌といわれ、植物栽培にはそれほど適していないが、田植え時期の水の為にこの低湿地で行っていた。微高地の半乾田は植物栽培に適している、しかし田圃にする為には、灌漑が必要なことは勿論、軟らかな低湿地耕作時で用いていた木製の鋤では駄目で、鉄製の鋤が必要になった。つまり、超巨大古墳をもたらした技術は灌漑技術と製鉄技術である。この製鉄技術が炉、つまり窯で製陶技術につながっている。先に述べた如く、仁徳陵で1万5千個もの円筒埴輪を作っている。前方後円墳には、多数の円筒埴輪が斜面に埋め込まれている。また超巨大古墳のある百舌鳥東方に土師町また古市の近くには土師の里が、今も地名として残っていることから、相当大規模の土器製作集団があった事が判る。また現在の泉北ニュータウンには、泉北古窯跡群があり、古墳時代の土師器から8世紀の須恵器まで土器作りを行い、登り窯に用いる薪（松）が無くなり、次第に瀬戸地方等に分散した。

3、作陶技術に必要な土質工学的知識

本文で述べる土器とは、縄文・弥生・土師器・須恵器迄を言い、その後に現れる陶器との違いは釉が無い事と焼成温度が低い事である。従って、原料は素地土としての粘土のみである。なお、現在の陶磁器の分類を次に示す。

種類	焼成温度（°C）	吸水性	釉の有無	製品例
土器	700～1100	有	無	瓦、植木鉢、土管
セリ器	1100～1300	無	無又は有	耐寒瓦、備前焼、急須、 万古焼
陶器	900～1200	有	有	志野焼、萩焼、衛生陶器
磁器	1200～1500	無	有	有田焼、九谷焼

(「粘土のはなし」白水晴雄、技報堂出版 16頁より) 土器の原料である坯土つまり粘土の液性限界と塑性限界の間で、その可塑性を利用して、出来るだけ水分の少ない状態つまり塑性限界に近い状態で成形する。焼成にさいしては、よく焼け締まることが必要であり、焼成温度の幅も広いことが必要である。成形の為に必要な可塑性とは、餅のような「のび」と形を保つ「腰」が必要であり、しかも轆轤成形では「コンシステンシー」に関する知識が必要となる。粘土に可塑性があり成形性が優れていることは、粘土粒子が微細で、偏平な形をしているためで、粘土粒子の細片の間に水が入り潤滑油の働きをする。焼成により、脱水乾燥し滑りが起こらなくなり、粒子間が接近し結合する。粘土の可塑性の要因は粒子の性質、大きさ、形、それに粒子をとりまく水の性質、状態によるもので、粘土粒子表面の束縛水と自由水の状態によるものと考えられる。しかし、この束縛水の構造はまだよく判っていない。また粘土中に広く含まれる層状粘土鉱物は、カオリン鉱物、雲母粘土鉱物、スメクタイトの三種類で、スメクタイトは水分によって膨潤し、可塑性が著しく大きい粘土鉱物である。このスメクタイトのみでは「腰」が弱すぎて、成形する事が出来ない。

また粘土に腐植や炭化物などの有機物が含まれると、可塑性が大きくなる。これに関連して、粘土を調査し成形する前に「ねかし」を行い、粘土と水をよくなじませ、微生物による有機物の分解等による可塑性の改善を行う。しかしこれら実体の科学的な解明は、まだ行われていない。

以上の粘土の成形時の性状を、個体から液体にかけ、その状態変化を「クッキー状」「チーズ状」「バター状」「スープ状」の各々の含水比を収縮限界、塑性限界、液性限界のコンシステンシー限界で区分出来る。このコンシステンシー限界に依って粘土の性質を分類する事を、Atterbergが行っている。

4、縄文・弥生時代

(1) 縄文時代

”縄文”この命名はエドワード・シルベスター・モースが、わが国で最初の貝塚の学問的発掘及び学術報告書である、「大森貝塚の発掘」で”Cord Marked Pottery”を使った。これを”索文土器”と当初訳し、後に”縄紋”と訳し、さらに”縄文”と簡略化された。

縄文時代は洪積世(更新世)に続く約1万年前からB.C.300年頃までの時代で、早期、前期、中期、後期、晩期に分けられている。洪積世最後の氷河期が終わり、この縄文時代が始まるので、気候は温暖になり大阪湾のそれまで後退していた海岸線が前進し、いわゆる”縄文海進”が始まった。大阪平野では現在の大阪駅付近まで海岸となり、河内の低地は縄文早期から中期まで湾であり、縄文後期は河内潟となり、縄文晩期から弥生時代は河内湖となり淡水化して行った。この地は天然のダムとしての琵琶湖を上流に持つ淀川があり、四季を通じ水量が豊富であり、米作に最適地であった。河内湾と大阪湾を分界する形で、突出している上町台地北端に森ノ宮遺跡がある。この遺跡の真牡蠣層から縄文後期の人骨が発見され、新聞で「大阪市民第1号」と報じられた。

この縄文時代の土器は、東日本でよく発掘されていて、近畿地方ではあまり発掘されていない。

(2) 弥生時代と土器

”弥生式土器”は明治17年3月2日、東京市本郷区向ヶ岡弥生町で有坂、坪井、白井に依って発見された土器について、(「東洋学芸雑誌」明治22年4月25日発行) 蒔田鎭次郎が「東京人類学会雑誌」第11巻第122号”弥生式土器(貝塚土器に似て薄手のもの)発見ニ付テ”で最初に学界で活字をもって公表された。

B.C.300年からA.D.300年に亘って続いた弥生時代は、水田稲作という新しい生産技術を携えた技術集団が、主として中国大陸江南地方から渡来し、北九州から瀬戸内海地方、近畿へと定住し、西日本の人口は急激に増加し、その遺跡の数も増加している。大阪平野では数百ヶ所にも及び、大阪市内でさえ十数ヶ所が確認されている。大阪湾沿岸、淀川流域に沿って内陸部にわたり、また大和川とその支流など、これらの河川の氾濫原による平野やその後背湿地を控えた自然堤上及び微高地に立地している。中央環状線・近畿自

動車道工事に伴う遺跡調査で（瓜生堂遺跡）、土砂に埋もれた遺構が発見され、河川氾濫である水とのすさまじい戦いの跡が遺されている。しかし人々はこの渦（湖）畔・河畔を捨てず、氾濫後再度耕作の鋤を大地に打っている。これは、そこに肥沃な土壌があり、河内がまさに「大阪のメソポタミヤ」であったからである。

また金属器と稲作に象徴される弥生時代は、中国大陸と瀬戸内海、河内潟の交通ルートで盛んに交流していた。従って、瓜破、亀井、巨摩鹿寺の各遺跡で泉貨が弥生時代後期の土器と共に出土している。（泉貨は新の王莽の天鳳元年（14年）から、後漢の光武帝16年（40年）迄の27年間鑄造された貨幣である。）

鬼虎川遺跡（東大阪市）、東奈良遺跡（茨木市）で高度な技術を要する青銅器・鉄器、ガラス器の鑄造工人集団の跡が発見されている。特に鬼虎川遺跡で発見されたものは、わが国では前例の無い高度な鑄鉄技術で、中国大陸と深い関わりがある。鬼虎川・西ノ辻遺跡は弥生時代前期から後期に亘るもので、砥石に転用された銅鐸鑄型の破片が畿内第二様式～第四様式の土器と共に発見されている。また第二様式の壺の口縁部は異常な高温を受け鬆が認められ、これに依って青銅器生産が行われていた事が判る。これらの鑄型から復元された銅鐸は高さ30センチの六区袈裟譚文銅鐸で、鈕の形は外縁付式鈕である。鑄型の石材は徳島県付近産の和泉砂岩で、東奈良遺跡の砂岩製鑄型の凝灰岩質石材と産地が異なっている。原料は中国大陸製の鑄鉄脱炭鋼で、これを加工する鑄造は極めて高度の技術を要するものである。

弥生時代の土器製造の窯の技術が、鑄鉄技術の基盤になり、鉄製の鋤は生産製の低い軟らかなグライ土壌から生産性の高い灌漑用水中心の半乾田へと移行が出来る。グライ土壌は先にも述べたように、土地の生産性は低く、半乾田の場合は季節的な地下水位の上昇・下降によって一時的に還元状態が解かれるか、あるいは地下水がやや低いために部分的に酸化状態の土壌になる、グライ土壌より生産性が高く、営田の中心は用水を引く事に移る。このように次第に排水中心の軟かいグライ土壌の水田から生産性の高い灌漑用水中心の半乾田へ移行することは、水田造成に動員出来る労働力の量と、経営に際しての労働組織の規模に基づくものと考えることが出来る。弥生時代の稲作農業は、大勢としては相当発達した水稻栽培を導入しているが、その技術的基礎をなす農機具は形態的・機能的にかなり分化を遂げていたものの「木と石」という材質にその機能を規定されていたから必然的に農業生産自体の発展が制約されることになった。このことは水田開発において地下水型・中間型水田という、いわば木製農耕具の起耕力が及ぶ範囲で耕地の造成と経営が行われていたことによく示されている。また弥生時代の水稲農業の技術段階としての特色は灌漑・排水の仕方にもうかがえる。水田の営みが水との闘いに集約され、水利と可耕地の広がりからして沖積平野は水稻栽培にとって最も魅力ある舞台である、反面積年の営農の成果が瞬時に消滅するという懸念の付きまとう所でもあった。沖積平野は水と農民が鋭く対決する場で、その制御には最大の関心が払われていた。また治水、灌漑は水稻農業成立の前提をなすから農業集団や地域社会が最優先の課題として先進的な土木技術と可能な限りの労働力を投入して取り組む事業で、その中心となるのが継続型の中核的・拠点集落であった。そして水田の維持、拡大のための絶えざる先進的諸技術の導入、あるいは経営、交易、戦闘、祭祀を通じ地域社会の中核体としての地位を確立し、規模を広げて行った事が推定される。この様な経過を辿り、農業生産性の向上は、超巨大古墳築造が可能な、経済的に豊かな古墳時代へと続いた。

5、まとめ

1970年代以降、急速に進められた国土開発に伴い、膨大な量の土器を始めとする遺物および遺跡が出土発掘されている。これらは今も、毎日のように出土発掘されている。この遺物・遺跡を箇々に追ひ回していたのでは、全く理解する事が出来ない。これらをよく理解するために、一つの筋道を作り、この筋道に沿って理解しようと考え、土器の製作と土質工学に着目し、古墳時代の超巨大古墳築造の社会構造を解明しようとした。何分にも膨大な数に昇る土器について、解明しようとしているので、基礎的な筋道を十二分に構築しなければならないと考えている。今回は序論の前書きと言った程度で、問題提起として書いた。