

酒船石が流体素子であった可能性に関する考察

東洋大学大学院 理工学研究科

東洋大学 理工学部

東洋大学 理工学部

村 上 優 依*

窪 田 佳 寛

望 月 修

Consideration about the possibility that the Sakafune-ishi was a fluidics device

*Yui Murakami, The Graduate School of Science and Engineering, Toyo University

Yoshihiro Kubota, Faculty Science and Engineering, Toyo University

Osamu Mochizuki, Faculty of Science and Engineering, Toyo University

*E-mail for correspondence: E-mail:s36b01600150@toyo.jp

1 はじめに

奈良県高市郡明日香村にある小高い丘の中腹に「酒船石」と呼ばれる石造物が存在する (Fig.1)．飛鳥時代に造られたと考えられている不思議な形をした石であり、斉明天皇という人物が関係しているとされている．謎の石として有名であるが、用途については様々な説がある．例えば、朱色の顔料や水銀の材料になる辰砂を取り出す施設であったという説や濁り酒を上のかみに入れて下に流して清酒を得る施設であったという説、またミステリー作家の松本清張は、ペルシャで流行していたゾロアスター教の教徒が儀式に使う麻醉酩酊性のあるハマオ草液を作る施設であったのではないかという説を唱えている¹⁾．石の名前については上記の清酒を得るという説から「酒船石」と名付けられたとされる．しかしこれらの説は決定的なものではなく、実際の用途についてはいまだ解明されていない．そこで我々は、酒船石が作られた時代の背景や周辺の環境、酒船石の溝の形に着目することで酒船石の機能について考察した．

2 時代背景と周辺の石

酒船石が作られたとされる飛鳥時代とは、第三十三代天皇・推古が 592 年に豊浦宮で即位して以後、710 年の平城遷都まで²⁾を指している．第三十七代天皇・斉明が即位した 655 年から平城京遷都までの飛鳥後期では、様々な形の石造物や施設などが多数作られた時期とされ



Fig. 1 Sakafune-ishi photographed by author.

ている．当時の明日香村は政治の中心地となっていた都であり、「飛鳥」と呼ばれた土地であった．655～661 年に在位していた斉明は飛鳥の都で大規模な土木工事を相次いで行った女帝であったということが日本書紀に記されている³⁾．有名な記述の中に「狂人ノ渠 (たぶれごろのみぞ)」⁴⁾という言葉がある．斉明は人員約 3 万余りを動員し香久山と石上山の間に直線距離約 12 km の渠 (運河) を掘らせ、約 7 万人余りを導入し、舟 200 隻を使用して石上山の石を運び、宮の東の山に積んで石垣とするような大工事を敢行したとされている．当時の人々は徒に大勢の功夫を動員したことを誇り、完成した渠を「狂人ノ渠」と呼び批難した．この出来事からも斉明の異常なまでの土木工事に対する関心がみてとれる．

明日香村には斉明が作ったと考えられている遺跡が数多く現存しており、酒船石もこれらの工事の一環として作られたと考えられている。遺跡の中には揚水技術などの唐の最先端技術を取り入れ、様々な仕組みが施されているものがある。実際に現地で撮影した石造物の写真を Fig.2, Fig.3 に示す。Fig.2(a)は須弥山石(しゅみせんせき)、(b)は石人像(せきじんぞう)と呼ばれる石である。須弥山石の内部は空洞で槽のようになっており、水が溜まると下部の穴から水が噴き出すと考えられるような機能を持っている。また石人像は岩に腰かけた老翁と老女の形に彫刻された石であり、それぞれの口元から水が噴き出ると考えられる穴がある。この2つの石が発見された石神遺跡は、仏教会や観貨邏(とから)・蝦夷・多禰嶋(たねのしま)等の遠方から来朝した「化外の民(けがいのたみ)」の服属儀礼が行われたとされる饗宴迎賓施設として有名である⁴⁾。このことからこの石たちは石神遺跡で行われた儀式の中で使われたと考えられる。また石神遺跡の近くにある水落遺跡には、漏刻と呼ばれる水時計が存在する。水槽が階段状に並んでおり、サイフォン管の役割をしているU字型の銅管を通して段々と水を下の水槽へ送る仕組みとなっている。最下段には目盛の付いた箭(や)を浮かべてあり、時間を読み取る仕組みとなっている。

このように明日香村では水を利用した遺跡が多数見つかっている。ここで酒船石の周辺を見てみる。酒船石が現存する丘のすぐ下には亀形石造物と小判形石造物と呼ばれる石槽、そして湧水施設が発見されている。これは組み合わせることで導水施設を構成しているということが明らかとなっている(Fig.3)。亀形石造物については亀の形が天寿国曼荼羅繡帳(てんじゅこくまんだらしゅうちょう)という日本最古の刺繍に描かれた亀に酷似していることから当時は有機質の甲羅の蓋があったと推測されている²⁾。この導水施設と酒船石は配置されている距離や向きなどから関連があった可能性が考えられる。石のある小高い丘は人工的に作られたものであるということが分かっており、さらに石の東40mのやや高い所で酒船石のある場所まで水を引くための土管と石樋が発見されている⁵⁾。また付近では車石と呼ばれる導水用の石が16石発見されている。車石とは車の轍(わだち)の跡のような細長い溝が彫られている石である。このことから酒船石は水を利用する施設であり、導水施設と連動させて使用したのではないかと考えられる。これらの遺跡の配置を考察し図にまとめたものを Fig. 4 に示す。

3 酒船石

現存する酒船石の上面には図に見られるように、人工



(a) Syumisen-seki (b) sekizin-zou

Fig. 2 Stoneworks at Asuka town photographed by author.



Fig. 3 Conduit and Kame-ishi at palace ruin photographed by author.

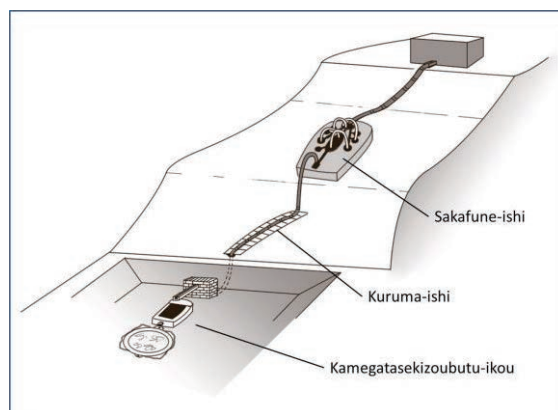


Fig. 4 Imaginary drawing of the relation among the remains at ruin

的に彫られた8本の溝や円形および小判形の凹みがある。また、左右の側面の一部は欠けている。これは楔(くさび)が打ち込まれて人為的に割られたためと考えられる。さらに左右に延びる溝の先には円形の凹みがあったと思われる。これらの凹みと溝で構成された形状に着目すると、流体素子の Flip-Flop 回路のようにみることができる⁶⁾。流体素子とは水や空気などの流体を利用し、電力などを利用せずに流れを制御する素子のことである。本研

究では、酒船石の縮小モデルを作り、それを用いてどのような機能があり、またどのような使い方をしたのかを実験により調べた。

4 実験モデル

4.1 酒船石の縮小モデル

酒船石における流れを考察する為、酒船石モデルを作製した。明日香村で現地調査を行い、酒船石の寸法を計測した。石の全長は約 5.5m, 幅は約 2.3m, 厚みは約 1.0m であった。本モデルの窪みは酒船石の約 1/30 の大きさになるよう作製した。3D CAD を用いて設計し、3D プリンタ (zortrax M200) によって作製した。くさびで割られ失われている部分は削り取られた跡から形を推察し、ほぼ左右対称な形状として設計した。作製したモデルの上面を Fig. 6 に示す。モデル内の一番上の窪みを A とし、ポートを 4 つ設置してそれぞれを A1~A4 とした。また A から繋がる 6 つの円形のすり鉢状部分を上から B, C, D とし、左右をそれぞれ L, R とした。さらに小判状のすり鉢状部分を E としてポートを 2 つ設置し、それぞれ E1, E2 とした。中央部の溝の先端は F とした。また、小判状の窪みから出る円は G とした。これは A の部分を入力ポート, BL~DR をフィードバックポート, F を出力ポート, E を出力の結果を計るためのセンサーとして考え、今回は G の部分は使わない事とした。各ポートを繋ぐためにアクリルの蓋に穴を開けてアクリルパイプを取り付けた。さらに内部を密閉する為、モデルとアクリルの蓋の間にシリコンゴムを挟み、モデル本体と共にボルトで固定した。

4.2 接続パターン

A1 を流入ポートとし、F を流出ポートとして E1 と DL, E2 と DR をそれぞれ接続し固定のフィードバックポートとした。そして残りの 7 つのポートの組み合わせを変えることで、今回は 8 パターンのモデルを作製した。これを Fig. 7 に示す。フィードバックを繋ぐ際、接続せず残るポートについては塞ぐことで水が通らないようにした。また、それぞれの流出の様子を比較するため、流出ポート A1 と流出ポート F 以外のすべてを塞いだパターンの実験も行った。これを basis モデルとする。

5 実験方法

A1 から水を一定流量で流入し F から流出させて、流出口下に設置した水車が回転する様子を観察した (Fig. 8)。水車の大きさは全長 40 mm, 奥行き 20 mm とした。酒船石モデルは実際の酒船石と同様に F 側へ 6 度傾けて設置し

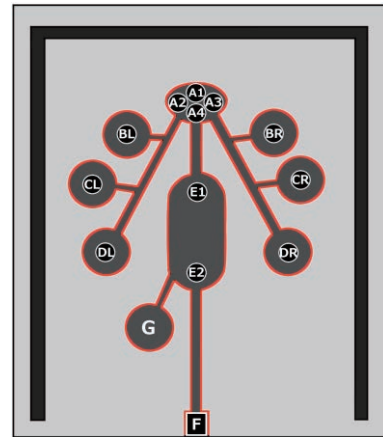


Fig. 6 Miniature model of Sakafune-ishi made by 3D printer.

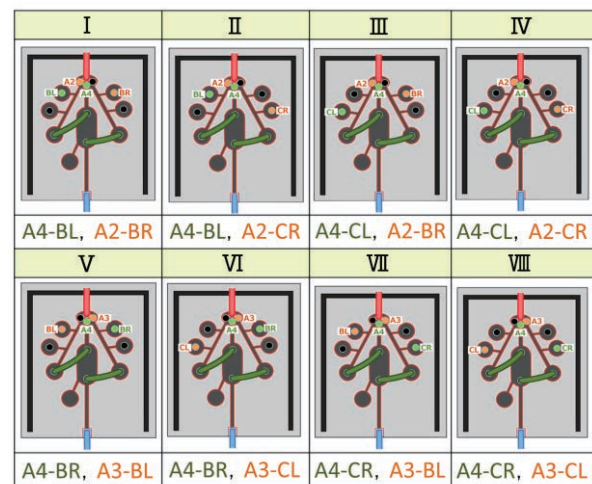


Fig. 7 Variation of connection

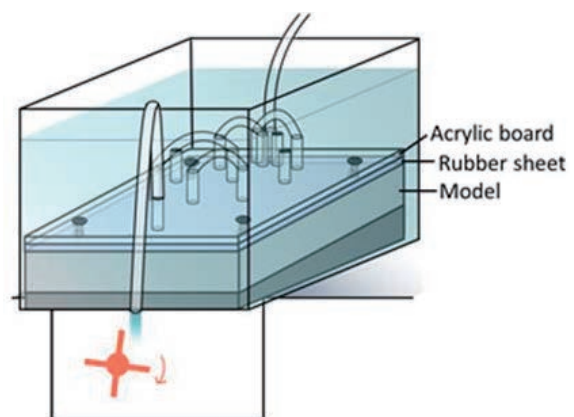


Fig. 8 Experimental setup

た。また、流入口へ水を送るための水槽の水位は常に一定とした。10 秒間の水車の回転数を計測した。また 1 つのモデルにつき 3 回ずつ実験を行った。

6 実験結果と考察

8つのモデルとBasisモデルの水車の回転数の平均値をFig. 9に示す。Basisモデルの回転数は56回であり、それに最も回転数が近いモデルはIIIモデル(56回)であった。回転数が最も少ないものはVIとVIIIモデルで49回、最も多いものはVIIモデルで57回であった。VIIモデルとVIIIモデルをFig. 10に示す。フィードバックポートの接続部を比較すると、VIIモデルはA3-BLが繋がっており、VIIIモデルはA3-CLが繋がっているという点で異なる。またそれ以外はすべて同じ接続となっている。このことからフィードバックの組み合わせを1カ所でも変えると水の流出の様子が大きく変化するということが分かった。

7 フィードバックポートと流出ポートの関係

フィードバックポートが出力ポートにどのような影響を与えているのかを調べた。BL, BR, CL, CR, E1, E2の6カ所をフィードバックポート、DL, DR, Fの3カ所を出力ポートとした。フィードバックポートは2カ所を塞いで、他の4ヶ所を解放し組み合わせを変えて9パターンとした。出力ポートは1カ所、2カ所、3カ所から水が出る場合の3種類の組み合わせを変えて7パターンとし、計63パターンのモデルを作製した。実験では解放されている4つのフィードバックポートのうち1カ所を開閉することで、出力ポートから流出される水の変化を確認した。結果、流出の仕方に強い影響が見られたものは11パターンであった。これをFig. 11に示す。出力ポートの色が薄い方を影響があったもの、濃い方を影響がなかったものである。流出速度を調べると影響が出た方の流出速度が遅いことが確認できた。また流出の変化が1カ所で見られた4つ、2カ所で見られたものは5つ、3カ所で見られたものは2つであった。さらに3つの出力ポートを比べるとDLが一番フィードバックポートの影響を受けることが分かった。

8 まとめ

明日香村にある酒船石には、人工的に彫られたような溝がある。これは流体素子のFlip-Flop回路のように見ることができる。本研究では酒船石における水の流れをモデル実験により調べた。結果、フィードバックポートの接続パターンで水の流出の様子が変化することが分かった。また、フィードバックポートの組み合わせにより、出力の仕方が変化することが確認することができた。

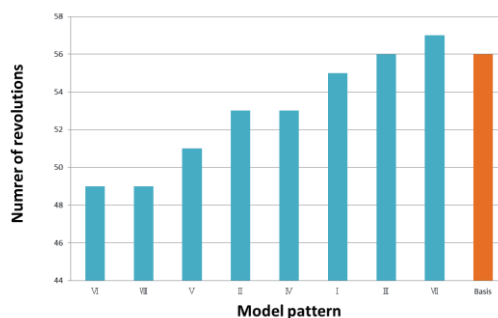


Fig. 9 Comparison of flow rate with different connection pattern

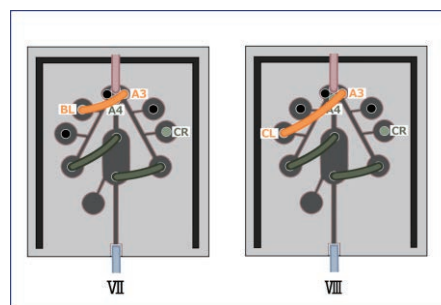


Fig. 10 Slight difference of connection yields a big difference of flow rate.

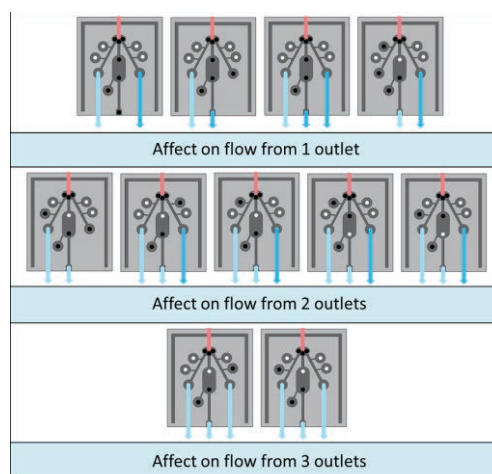


Fig. 11 Feedback characteristics to the outflow at different exit.

引用文献

- 1) 亀田博, 飛鳥の考古学(1998), 学生社, 54-56.
- 2) 和田萃, 安田次男, 幡鎌一弘, 谷山正道, 山上豊: 奈良県の歴史 (2003), 山川出版社, 54-86.
- 3) 坂本勝, 地図とあらすじで読む図説 古事記と日本書紀 (2005), 青春出版社, 112.
- 4) 熊谷公男: 日本の歴史 03 大王から天皇へ (2001), 講談社, 278-297.
- 5) 奈良文化財研究所: 飛鳥資料館 案内(2014), 23-25.
- 6) 野坂 弥蔵: 流体素子の応用について, 島根大学論集 (自然科学) (December 1966), No.16, 27-44.