

集成館事業に使われた疎水溝の地形・地質学的考察

著者	大木 公彦, 深港 恭子, 寺尾 美保, 田中 完, 桑波田 武志, 松尾 千歳
雑誌名	鹿児島大学理学部紀要=Reports of the Faculty of Science, Kagoshima University
巻	43
ページ	16-25
別言語のタイトル	Note on topographic and geological viewpoints of a canal used for the industrialized project " Shuseikan-jigyo ", Kagoshima City, Japan
URL	http://hdl.handle.net/10232/00004412

集成館事業に使われた疎水溝の地形・地質学的考察

Note on topographic and geological viewpoints of a canal used for the industrialized project “Shuseikan-jigyo”, Kagoshima City, Japan

大木公彦¹⁾・深港恭子²⁾・寺尾美保³⁾・田中 完⁴⁾・桑波田武志⁴⁾・松尾千歳⁵⁾

ŌKI Kimihiko, FUKAMINATO Kyoko, TERAŌ Miho, TANAKA Kan, KUWAHATA Takeshi and
MATSUO Chitoshi

Abstract: A canal is found from Shimoda-cho, Sekiyoshi to Yoshino-cho, Iso, Kagoshima City. An intake of it was constructed in 1692, the Edo period and reconstructed in 1913 based on the epigraph of monument. Water flowed through the canal was/is used for irrigation of rice field along the canal. At the end of Edo period “Shuseikan-jigyo” project planed by Load Shimazu Nariakira was carried out at Iso area and industries were started. Water flowed through the canal was used for a power of waterwheel in the project. The canal was constructed almost on the surface of welded tuff, the Yoshino pyroclastic flow with an incline of 0.074° from Sekiyoshi to Sanekata areas. The canal is one of the important heritages to know modernization in Japan.

Keywords: Kagoshima City, canal, Shimazu, Shuseikan-jigyo, heritage

まえがき

鹿児島市下田町関吉の取水地から吉野町実方まで、楢木川（下流は稲荷川）左岸に沿って疎水溝が存在し、現在でも灌漑用水として利用されている。関吉の取水地にある建立記念碑の碑文から1692（元禄4）年に作られたと考えられる。1851（嘉永4）年に島津斉彬は集成館事業に着手した。現在の鹿児島市吉野町磯に、事業の中核となった工場群集成館が築かれたが、裏山から導いた水が集成館の動力用水車を動かすために利用されたと報告されている（門，2004；深港，2006）。1857（安政4）年に佐賀藩の千住大之助らによって描かれた「薩州見取絵図」にも溶鉱炉に水を引いた水路や笕が見られ、最近の調査でその水路と考えられる遺構も発見されている（松尾，2004；深港，2006）。

本論では、下田町関吉の取水地から磯へ至る疎水溝の地形・地質学的考察を加え、疎水溝構築の背景にある吉野台地の地形・地質を江戸時代の技術者がどのように理解し、応用したか、その文化的価値に触れながら考察する。

謝辞：鹿児島大学総合研究博物館事務補佐員の是枝智美氏には疎水溝調査の際にご指導をいただいた。また、同博物館技術補佐員の内村公大氏には疎水溝の流速調査にご協力をいただいた。お二人には心より感謝し、お礼を申し上げます。

-
- 1) 鹿児島大学総合研究博物館 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-30
The Kagoshima University Museum, 1-21-30, Korimoto, Kagoshima City 890-0065
 - 2) 薩摩伝承館 〒891-0404 鹿児島県指宿市東方12131-4
Satsuma denshokan, 12131-4, Higashikata, Ibusuki City 891-0404
 - 3) 明治大学大学院文学研究科 〒101-8301 東京都千代田区神田駿河台1-1
University of Meiji Graduate School, 1-1, kanda-surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8301
 - 4) 鹿児島県企画部世界文化遺産課 〒890-8577 鹿児島市鴨池新町10-1
Kagoshima Prefectural Government World Cultural Heritage Division, 10-1, Kamoike-Shinmachi, Kagoshima City 890-8577
 - 5) 尚古集成館 〒892-0871 鹿児島市吉野町9698-1
Shoko Shuseikan: The history museum of the Shimadzu, 9698-1, Yoshino-cho, Kagoshima City 892-0871

吉野台地の地形と地質

吉野台地は鹿児島市の北東部に広がる台地で、東～南東縁は始良カルデラ壁に相当する急峻な崖によって鹿児島湾奥部と隔たれている（図1）。北、西、南西縁には、北東の寺山を源とする精木川（下流は稲荷川）が台地を取り囲むように流れている。精木川の右岸の一部も吉野台地と考えてよいが、全体に解析が進み、台地状地形はほとんどみられない。台地面は北東から南西へ緩く傾斜し、やや扇状の地形を呈している（図2）。扇頂に相当する寺山では海拔高度が400mを超え、南西の縁辺部では約150mである。寺山から南西の精木川近くまでの直線距離は約5kmで平均斜度は3°弱である。寺山付近は寺山玄武岩が分布するために北東へ向かって傾斜が増し、逆に南西へ高度が下がるにつれ傾斜は緩くなり、1.5°ほどになる。吉野台地面の比較的水量のある川は、吉野町磯の仙巖園付近に河口を持つ花倉川と磯川があり、カルデラ壁の急峻な崖に滝を作っている。花倉川は寺山を源としているが、地下への浸透のために水量は極めて少ない。台地を取り囲むように流れる精木川は、吉野台地の北方に広がる牟礼ヶ岡、赤崩山系の水を集めて水量が多い。

吉野台地の地質は、鹿児島湾奥部に面した急峻な崖にその重なりを見ることができる（図3）。北東部の大崎鼻、竜ヶ水、三船地域では、急崖の下半部は、約70～50万年前の火山岩類（三船流紋岩、牟礼ヶ岡

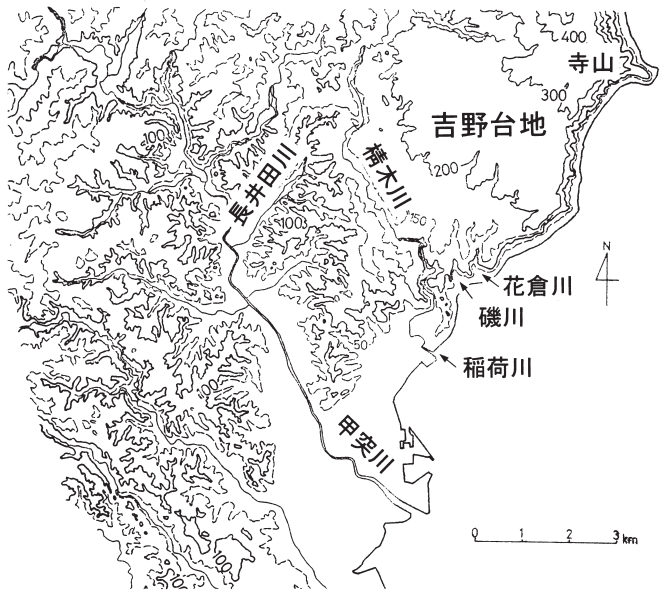


図1. 鹿児島市北部の地形図（大木，1974に加筆）.

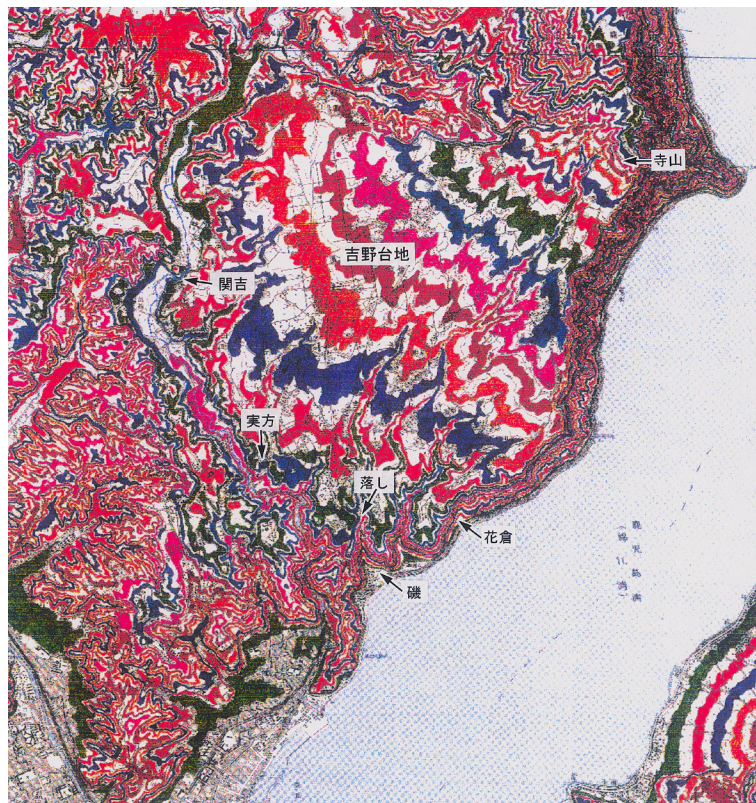


図2. 吉野台地とその周辺域のゼブラマップ（大木，1994a, b, cに加筆；10m間を置いて塗色）.

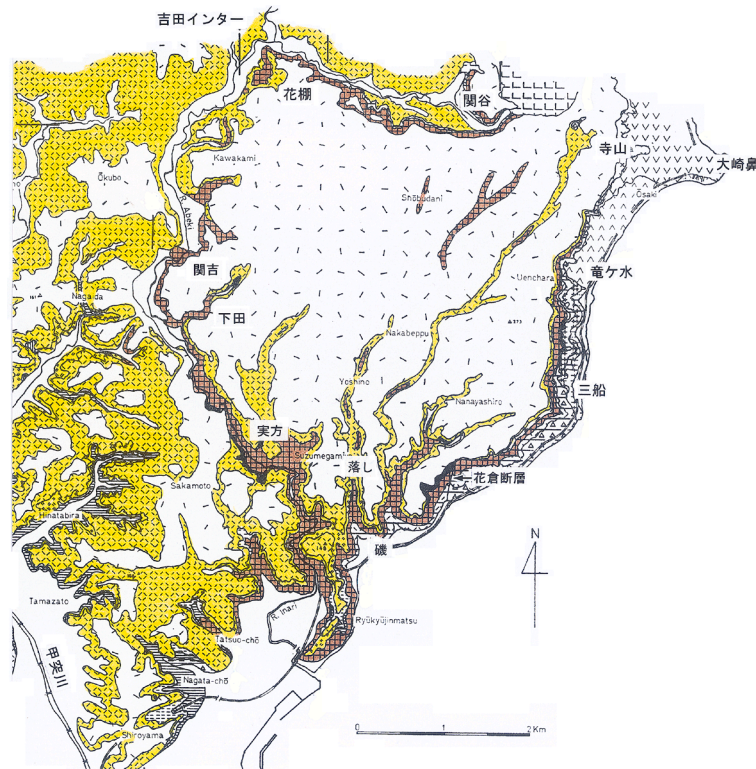


図3. 鹿児島市北部の地質図（大木・早坂，1970に加筆；茶：吉野溶結凝灰岩；橙：入戸火砕流堆積物）

（竜ヶ水）安山岩，大崎鼻デイサイト，平松安山岩，白浜玄武岩；大木・早坂，1970；周藤ほか，2000；大木，2010）から構成され，これらの火山岩を覆って海成層（花倉層・磯火砕流），吉野火砕流（図3に茶色で示す）が重なる。

花倉層は吉野台地東～南東縁の急崖で連続して追うことができ，北部の竜ヶ水付近では海拔170mに露出するが，南へ高度を下げ，三船で花倉層最下部が海水準下になり，磯の鳥越で全層準が海水準下になって見えなくなる。それを不整合に覆う吉野火砕流も同様に南へ高度を下げ，その上面の海拔高度は竜ヶ水で海拔250m，三船で180m，磯で120m，琉球人松付近で60mである。

吉野火砕流は著しく溶結しており，吉野台地東～南東縁の急崖では柱状節理の発達する垂直の崖を形成している（例えば，磯仙巖園の千尋巖と彫られた岩：図4）。吉野台地の平坦面を形作っている地層は，基本的にこの吉野火砕流の溶結凝灰岩（以後，吉野溶結凝灰岩）で，その浸食面を非溶結の入戸火砕流堆積物が覆っている（図3）。入戸火砕流堆積物は南へその厚さを増し，精木川右岸の傾斜地では30mにも達する場所がある。台地の海拔高度250m以上では，入戸火砕流堆積物はほとんど確認できず，谷沿いに露出する程度である。吉野溶結凝灰岩は台地北縁の谷壁に西へ高度を下げながら露出する。台地北西端の花棚では，花倉層を覆って，上面の高度が200m前後である。西縁の下田町では精木川の海拔高度120mの河床から高度160m付近まで露出しているが，周辺の吉野溶結凝灰岩の層厚から判断して精木川河床の地下40m近くまで溶結凝灰岩が存在すると思われる。

一方，精木川右岸の，台地北縁の関谷から吉田イ



図4. 鹿児島市吉野町磯の仙巖園内に千尋巖と彫られた吉野溶結凝灰岩。

ンター、西縁の下田町までは吉野溶結凝灰岩がまったく露出せず、入戸火砕流堆積物のみが崖に露出している（図3）。下田町以南では、下田三文字の精木川から西へ約300mほど離れた谷の崖に吉野溶結凝灰岩が露出しているが、その最上部の高度は約100mで、精木川左岸の吉野台地に分布する吉野溶結凝灰岩の最上部より約60mほど低い。大木（1969, MS）は、下田三文字の東西断面を示し、精木川沿いに断層を推定して西側が落ちていることを指摘した（図5）。大木（1969, MS）は吉野溶結凝灰岩の厚さを50mほどに見積もっているが、大木・早坂（1970）は80mと報告している。さらに南の市街地に近い稲荷町、鼓川町でも吉野溶結凝灰岩の最上部の高度は約100mで、精木川以西ではほとんど水平に分布し、吉野台地のように南へ傾いていない。この吉野溶結凝灰岩の分布状況から、下田町以南における精木川（稲荷川）に沿って北北西―南南東の直線的な断層（以後、稲荷川断層）が存在していることは明らかである。この稲荷川断層の北北西への延長線上に相当する伊敷団地の北東縁は痩せ尾根になっており、その谷部に露出する約3万年前に噴出した入戸火砕流堆積物中には、断層と同じ方向のクラスティックダイク（図6）が存在する。このことは、断層が3万年前以降にも動いたことを示している。北北西―南南東の方向は甲突川の方角に一致し、甲突川と下田町の間には、入戸火砕流堆積物中に同方向のクラスティックダイク（図7）、断層（図8；大木未公表資料）が認められる。

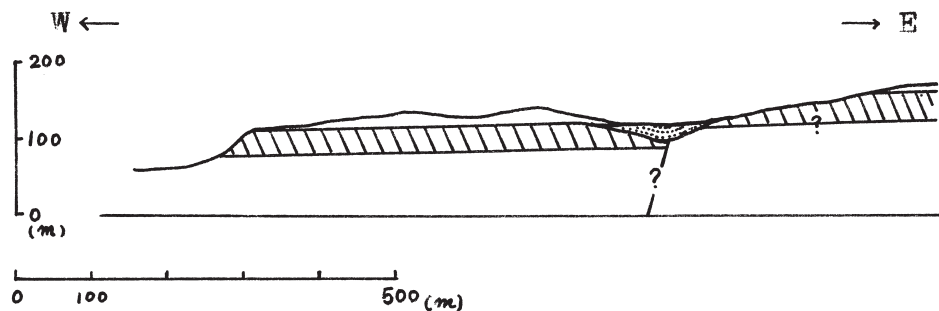


図5. 精木川沿いに推定される断層の概念図（大木，1969, MS）.

吉野台地北西縁の吉田インターから下田町までの精木川は、一部に北北西―南南東に折れ曲がるが、北東―南西の方向性を持っている。この方向は大木の指摘した長井田断層に一致するが、断層の性格、履歴は加久藤火砕流以後であること以外はわからない（活断層研究会 編，1980）。この地域の精木川以西には吉野溶結凝灰岩がまったく露出していないことから、断層に起因する地形と考えられる。

大木・早坂（1970）は、花倉において、花倉層、吉野溶結凝灰岩を切る断層（以後、花倉断層）を報告し、その走向を南北としている。その後、大木（未公表資料）は地形地質の検討を行い、吉野町早馬、実方の大明丘団地内に露出する吉野溶結凝灰岩の分布高度に南落ちの段差を生じさせている断層を花倉断層の延長部と考え、断層の走向を西北西―東南東と再定義した。

吉野台地の疎水溝

鹿児島市北部に位置する吉野台地の南西縁に、精木川に沿って構築された疎水溝は、下田町関吉の取水地から吉野町磯の花倉川の滝近くまで続いている（深港，2006）。全長は、一部が宅地開発や崩壊で失われているために正確な距離はわからないが、地元在住の文化財保護審議員であった西元 肇氏が1991年から2002年の間に疎水溝の調査を行い、作成した地図（深港，2006）によると、その距離は約6,800mである（図9）。鹿児島県立図書館（1994）が刊行した「江夏十郎関係文書」には下田村ヨリ磯迄（省略）壱里二十三町之間とあり、この距離が正しいとするならば6,510mになる。

1) 鹿児島市下田町関吉の疎水取水口

疎水の取水口がある下田町関吉には、洪水後に改修された1913（大正3）年の遺構と近年の改修による



図6. 伊敷団地北西部の入戸火砕流堆積物中のクラスティックダイク.

遺構が知られていた。今回、鹿児島県企画部世界文化遺産課の調査で、元禄四年と彫られた建立記念碑の近くに、その当時の取水口の一部と考えられる遺構の存在が明らかになった。1692（元禄4）年の遺構も含めて、関吉の疎水の取水口の平面図を図10に示す。関吉における精木川の川幅は、1692年の遺構付近で約25m、1913年の遺構付近で16m、それらの間の最も狭い場所で12mである。

1692年に作られたと考えられる遺構の近くの建立記念碑の表には、「元禄四年 奉勸請水天為井平安訪也 六月吉日開之」とあり、裏には「代官 木場清兵衛 野田吉左衛門」と彫られている（図11）。その後の洪水等で大部分は破壊され、全容はわからないが、両岸の溶結凝灰岩に垂直の溝や鑿痕が認められる（図12、13）。溶結凝灰岩に刻まれた右岸と左岸の溝の水平距離は12.5mである。

1913（大正3）年に改修された遺構の近くには「改修之紀 工事費千圓 大正二年四月十四日起工 同年六月六日竣工（人名略）」と彫られている。現在の疎水の取水口は1913年に改修されたと考えられる。取水口のすぐ下流の河床は、溶結凝灰岩の石材が敷き詰められている（図14）。

2) 疎水溝の傾斜角度（溝床勾配）

関吉の左岸から取り入れられた疎水は、精木川左岸に広がる棚田の灌漑用水として使われている。精木川の河床勾配が疎水溝の勾配に比べて急なため、両者の高低差は南ほど大きくなり、実方付近では20mを超える。実方から雀ヶ宮落しに至る疎水溝は、1969年の大明丘団地造成にともなう整備、1993年8月の集中豪雨によって大きく損なわれたが、地元在住の文化財保護審議員であった西元 肇氏が作成した地図には部分的に遺構の跡が記録されている（深港、2006）。疎水溝の調査は深港（2006）に引き継がれ、西元氏が確認した疎水溝の一部は崩壊して失われていたものの、新たに疎水溝の遺構も発見された。

下田町関吉の取水口の海拔高度は、国土地理院1/5,000国土基本図、（株）パスコに委託した調査結果によると132mと考えてよく、疎水溝が確認された、尚古集成館に近い吉野町雀ヶ宮落しでは124mである。この間、わずかに8mほどの高度差しか認められない。しかし、雀ヶ宮落しから南へ直線距離で375mほど離れた疎水のトンネル入口付近では海拔高度が120mと4m下がり、トンネルの出口から150mほど離れた花倉川の滝の上の疎水溝は海拔高度が100mまで下がっている。ちなみにトンネルの入口から花倉川の滝の上までの直線距離は約400mである。

取水口のある下田町関吉から疎水溝が利用されている実方までの疎水溝の距離は約3,470m、実方の海



図7. 伊敷ニュータウン入口の城山層、妻屋・入戸火砕流堆積物中のクラスティックダイク.



図8. 伊敷団地登り口の入戸火砕流堆積物に認められる断層.



図9. 吉野台地の疎水溝の流路（赤色；国土地理院1/25,000地形図に加筆）.

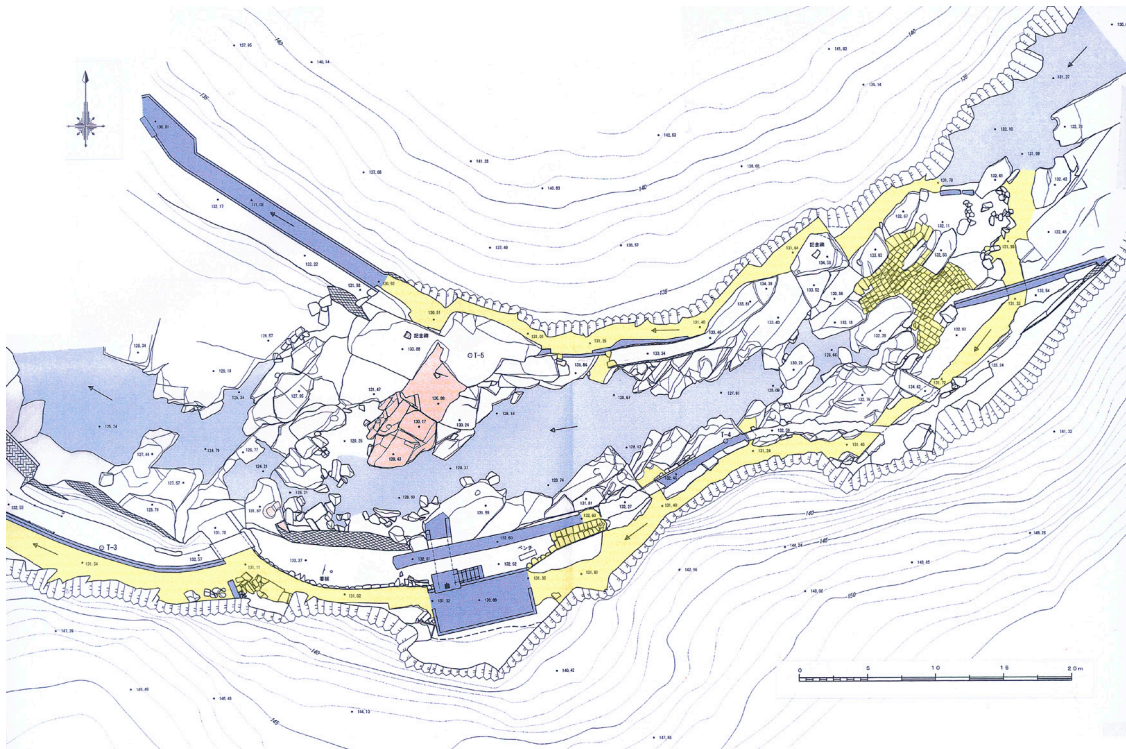


図10. 関吉の疎水の取水口の平面図（茶：1692年の遺構；黄：1913年の遺構；青：近年の改修）.



図11. 元禄四年の建立記念碑.



図12. 関吉の右岸の溶結凝灰岩に刻まれた元禄四年の遺構.



図13. 関吉の左岸の溶結凝灰岩に刻まれた元禄四年の遺構.



図14. 精木川河床に敷かれた溶結凝灰岩の石材；大正二年の遺構.

抜高度が130mなので、その傾斜角 $2/3,470$ は 0.033° になる。また、関吉から吉野町雀ヶ宮落しまでの疎水溝の距離は約5,970mで、その傾斜角 $8/5,970$ は 0.077° である。

関吉の疎水取入れ口から流入した水は、現在では水位が40cmになるようにコントロールされており、その水量は毎秒0.32tほどである。

3) 下田町関吉および疎水溝河床の地質

吉野台地北西部の薩摩吉田インターから下田町へ至る精木川の右岸の地質は入戸火砕流堆積物が露出し、吉野溶結凝灰岩は分布しない。この間で唯一、下田町関吉の精木川右岸に溶結凝灰岩が露出する。兩岸の溶結凝灰岩の上面の高さはほとんど変わらない。関吉の北西方には溶結凝灰岩からなる独立した小山があり、大木（1969 MS）は、その北西側で入戸火砕流堆積物が溶結凝灰岩にアバットして分布していることを報告したが（図15）、その境界部を削って県道25号線が拡幅され、入戸火砕流堆積物の露頭は吹き付けられて今では見ることができない。

関吉から実方までは、稻荷川断層で切られ浸食された吉野溶結凝灰岩の浸食面を削って疎水溝が作られている。これに対し、実方から大明丘団地南半部では、疎水溝の原型が団地造成で失われているが、住人の聞き取り調査（深港，2006）、雀ヶ宮付近の疎水溝と地質の関係から花倉断層で落ちた吉野溶結凝灰岩の上面を掘って疎水溝が作られたと考えられる（図3）。

大明丘団地南東部から精木川左岸の急峻な崖の中腹をいくつかのトンネルを通して吉野町雀ヶ宮へ至る。雀ヶ宮の「お仙どんの鼻」と呼ばれる場所で疎水溝は確認されるが、県道16号線を挟んで、その延長部は雀ヶ宮落しに認められ、磯川の左岸沿いへと続いている。県道16号線の下はトンネルで抜けていると推定される。

雀ヶ宮落しから花倉川の滝の近くまでに複数のトンネルが確認され、入戸火砕流堆積物、いわゆるシラスに穿たれている。トンネルの中は確認していないが、前後の疎水溝の床は溶結凝灰岩である。

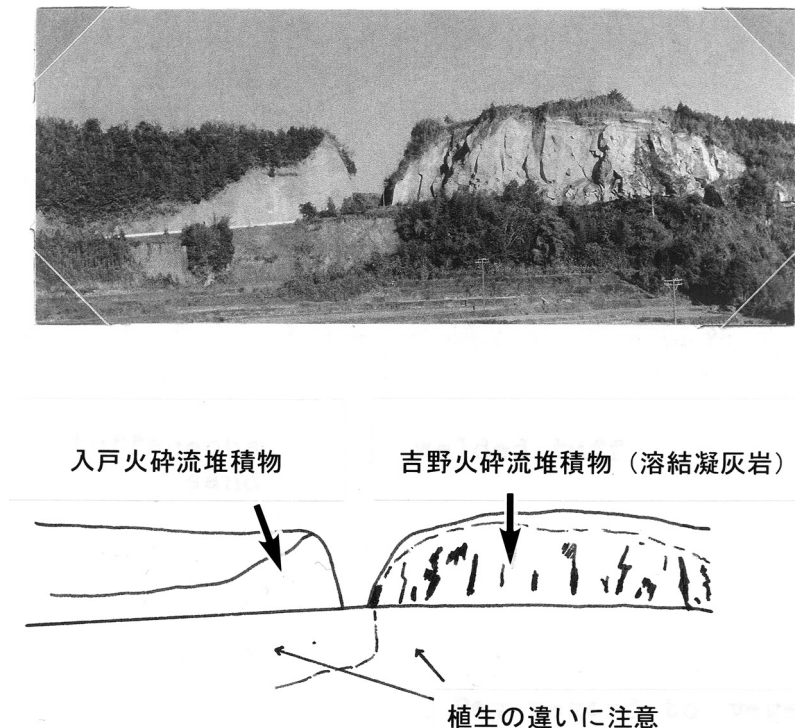


図15. 下田町関吉の吉野溶結凝灰岩と入戸火砕流堆積物との関係を示す写真・図（大木，1969，MS）.

考察とまとめ

鹿児島市下田町関吉の海拔高度（132m）と地質（図3）は、疎水溝の構築に極めて重要である。吉野溶結凝灰岩が形作る吉野台地は北東から南西へ緩く傾斜し、扇状の地形を呈している（図2）。下田町関吉から吉野町磯へ至る精木川左岸の傾斜地は、この扇状地形の外縁部に相当し、外縁部の北北西—南南東の方向は吉野溶結凝灰岩の走向に一致する。このことは下田町関吉から吉野町磯に分布する吉野溶結凝灰岩の上面が海拔130m前後の高さを維持していることを示している。つまり、溶結凝灰岩の上面に疎水溝を構築すれば、 0.076° という極めて緩い勾配で水を流すことができることになる。この勾配は、疎水溝断面ととも、一定の水量を下流へゆっくりと安定供給するためには必須である。

さらに実方を通る花倉断層以南では、吉野溶結凝灰岩の上面は入戸火砕流堆積物に覆われている。入戸火砕流堆積物は流水によって容易に浸食され、打撃にも弱い性質を持っている。このことは吉野溶結凝灰岩と入戸火砕流堆積物との境界部をトンネルで穿てば、疎水溝の床と側面は浸食に強い溶結凝灰岩、トンネル部は容易に掘ることのできる入戸火砕流堆積物になり、工事期間の短縮につながったと考えられる。鹿児島県立図書館（1994）が刊行した「江夏十郎関係文書」には、稲荷川から溶鉱炉まで水を引く計画を立てた際、トンネルを穿てば土または白砂（入戸火砕流堆積物）を掘ることになるので、何の苦もなく掘ることができると書かれている。この記述は、地域の地質を理解していたことを示すものとして興味深い。

溶結凝灰岩の走向方向の北北西端に位置する関吉で、溶結凝灰岩を浸食して精木川が流れているため、洪水によって疎水取水口が壊されることを防ぎ、安定した水量を確保することにつながっている。

これらの事実は、疎水溝を構築した当時の技術者の地形・地質を理解する能力、測量技術が並外れたものであったことを推測させる。疎水溝は、関吉において吉野溶結凝灰岩が深く浸食され、その河床の海拔高度が132mであること、花倉断層で落ちた大明丘団地南半部の平坦面の高度が132mであること、さらにその間の地質が溶結凝灰岩であることを理解せずに、一定の勾配で構築することはできないはずである。団地平坦面の132mという海拔高度は団地造成後の国土地理院1/5,000国土基本図によるため、造成前の吉野溶結凝灰岩の上面の高さは団地平坦面より少し低かった可能性がある。いずれにせよ、大明丘団地

の入口である実方で海拔高度が130mなので、疎水溝の床の高度は130mよりわずかに低かったと考えられる。このことは花倉断層の崖下を流れる、現在の疎水溝からも理解される。

深港（2006）は、集成館事業が1722（享保7）年に構築された疎水溝を活用した可能性が高いことから、疎水溝が集成館事業の始まる前に裏山を貫いて仙巖園内御殿まで達していたと考えてもよいと報告している。1857（安政4）年に描かれた佐賀藩の千住大之助らの「薩州見取絵図」には溶鉱炉に水を引いた水路や笕を見ることができ（松尾，2004；深港，2006），笕は磯川の右岸から、水路は磯川の左岸から取り入れられている。深港（2006）は、翌1858（安政5）年に書かれた斉彬の書状から、疎水溝によって導かれ磯川へ落とされた水量が少なかったことを指摘し、その水量を増やすために1854～1858年の疎水溝の拡張工事が行われたと報告している。磯川は、集水面積が狭く、河床が吉野溶結凝灰岩であるため、その柱状節理や亀裂から水が地下へ浸透して通常は水量が少ない。また、季節によって水量が著しく増減するために、疎水溝から供給される安定した水が集成館事業には不可欠で、深港（2006）の指摘したように、水量を増やし、安定した水を得るための取り組みが1854～1858年に行われた疎水溝の拡張工事と考えられる。

西元 肇氏の調査による、現在残っている疎水溝の幅と深さが集成館事業の頃とほぼ同じであるならば、下田、実方までの疎水溝の断面積は 1 m^2 以上を保つように造られている。やや傾斜が大きくなる実方以南のお仙どんの鼻では疎水溝の深さが1.5mと深く、断面積が 2 m^2 ほどになっており、この地域での溢水を防ぐ目的であった可能性がある。磯川を過ぎ、落しより下流には、断面積が 0.4 m^2 のトンネル部が記録されており、余分な水は磯川へ流し、笕や導水路によって集成館事業に使われた水車の動力として使われていたと考えられる。

今回、下田町関吉の調査で、元禄四年と彫られた建立記念碑の近くに、その当時の取水口の一部と考えられる堰の遺構の存在が明らかになった。1692（元禄4）年に疎水溝が構築された時点で、吉野町磯まで達していたか否かはわからないが、実方まで達して灌漑用水、あるいは水車の動力として使用されていた可能性がある。勾配が 0.1° にも満たない疎水溝の構築の履歴を明らかにすることは、当時の技術者の地形・地質を理解する能力や測量技術の能力を知るうえで重要である。旧集成館機械工場を含む「九州・山口の近代化産業遺産群」が、2009年1月にユネスコの世界遺産暫定一覧表に記載された。今後、文献等も含め、疎水溝およびその周辺の精度の高い調査が望まれる。

地名の読み方

精木川：あべきがわ；落し：おとし；花倉：けくら；花棚：けだな；実方：さねかた；
関吉：せきよし；早馬：はやま

参考文献

- 門 久義，2004，集成館事業における水車利用について．長谷川雅康 代表：薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究；平成14年度～平成15年度科学研究費補助金（特定領域研究（2））研究成果報告書，56-67.
- 鹿児島県立図書館，1994，江夏十郎関係文書．鹿児島県史料集，33，72pp.
- 活断層研究会 編，1980，日本の活断層 分布図と資料．東京大学出版会，363pp.
- 深港恭子，2006，今に残る集成館事業—生きた疎水溝と役割を終えた疎水溝．寺尾美保 代表：集成館事業と日本の近代化についての市民研究報告書，30-39.
- 松尾千歳，2004，薩摩藩の反射炉について．長谷川雅康 代表：薩摩藩集成館事業における反射炉・建築・水車動力・工作機械・紡績技術の総合的研究；平成14年度～平成15年度科学研究費補助金（特定領域研究（2））研究成果報告書，17-26.
- 大木公彦，1969 MS，鹿児島市北部の地質及び地史．鹿児島大学理学部地学教室卒業論文，68pp.
- 大木公彦，1974，鹿児島市西部地域における第四系の層序．鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学），7，

15-22.

大木公彦, 1994a, 8・6 豪雨災害と鹿児島市の地質. 1993年豪雨災害鹿児島大学調査研究会「1993年鹿児島豪雨災害の総合的調査研究」報告書, 61-73.

大木公彦, 1994b, 鹿児島市の地質と豪雨災害（その1）. 鹿児島県地学会誌, 69, 1-10.

大木公彦, 1994c, 教材（ゼブラマップ?）. 鹿児島県地学会誌, 69, 21-22.

大木公彦, 1988, 宅地造成と地質—鹿児島市を例にして—, 鹿児島県地学会誌, 61, 1-6.

大木公彦, 2010, 鹿児島の鮮新統・第四系. 日本地質学会 編：日本地方地質誌8 九州・沖縄地方, 133-140.

大木公彦・早坂祥三, 1970, 鹿児島市北部地域における第四系の層序. 鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学）, 3, 67-92.

周藤正史・宇都浩三・味喜大介・石原和弘・巽 好幸, 2000, 始良カルデラ周縁部に分布する火山岩の K-Ar 年代測定. 京都大学防災研究所年報, 43 B-1, 15-35.