

# 集落内の石垣の氾濫流に対する防禦機能 - 亀岡市河原尻集落を対象として -

林 倫子<sup>1</sup>・和田 一真<sup>2</sup>・石垣 泰輔<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 関西大学 環境都市工学部都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)  
E-mail: mhayashi@kansai-u.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 大日コンサルタント株式会社 (〒500-8384 岐阜県岐阜市藪田南 3-1-21)

<sup>3</sup>正会員 関西大学 環境都市工学部都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35)  
E-mail: ishigaki@kansai-u.ac.jp

近年「減勢治水」の思想に基づき、河川氾濫をある程度許容し河川環境への影響を小さくする伝統的水害対策が再評価されている。本研究では、水害防禦目的で敷地の周囲に石垣・生垣を設置してきたとされる亀岡市河原林町河原尻集落を対象として、(1)ヒアリング調査を通して対象集落の石垣・生垣の実態や過去の水害履歴を明らかにした。(2)隣接道路に対する各敷地の石垣・塀の分布図を作成し、これらの高さの測量調査を行った。(3)作成した分布図を基に地形モデルを作成し、対象集落にて流出、氾濫解析を行い、現存する石垣・塀の洪水防禦機能を検証した。主な成果として、近年の石垣・生垣の減少傾向とその理由を把握でき、石垣・生垣にある程度の水害防禦機能を見込めると結論付けたほか、石垣・生垣の高さが隣接道路の浸水深に対応して設定されている可能性も指摘できた。

**Key Words:** 水害防禦, 石垣, 生垣, 伝承, 氾濫解析

## 1. はじめに

近年「減勢治水」の思想に基づき、河川氾濫をある程度許容し河川環境への影響を小さくする伝統的水害対策が再評価され、河川の制水技術や水防建築の機能を体系化しようとする<sup>1)</sup>、あるいは機能を検証しようとする研究がみられる。これらには石を用いた構造物として景観に表出する技術が多く見られる。

住宅周りに配置された石垣の氾濫流に対する防禦機能は、2通りに大別される。第1に、住宅内への浸水防止の観点で基壇高や敷地の地盤嵩を確保する際に設置されるもので、浸水深が徐々に上昇する貯留型氾濫への防禦機能である。その機能は基壇高や地盤高で測られ、周辺の河川堤防天端高<sup>2)</sup>や過去の被災時の浸水高<sup>3)</sup>、ハザードマップの想定浸水深<sup>4)</sup>との比較で評価されている。第2に、住宅に氾濫流の水勢を受け流す観点で敷地周囲に設置されるもので、氾濫流が流体力を伴って流れる流下型氾濫への防禦機能である。その機能は石垣を巡らした敷地形状、敷地内の配置(入口位置含む)<sup>5)</sup>により評価されている。

本研究もまた、これらの研究と同様の狙いにより、亀岡市河原林町河原尻集落内の住宅敷地周囲に巡らされた、石垣の防禦機能を検証しようとするものである。同集落で歴史的にリスクの高かった流下型氾濫に対する石垣の

効果を定量的に実証するため、隣接道路に対するこれらの石垣の高さと氾濫解析によって得られる浸水深との比較を行う。

なお、同集落内の民家を囲む石垣および石垣上に維持されている生垣(地元では「カキ」と呼ばれる)は、集落内の最も特徴的な景観要素とも評価され、2001年にはその分布調査が行われていた<sup>6)</sup>。さらに、地元自治会発行の『河原林町の歴史』には「集落を構成する住戸は、河川の氾濫時に集落内部を流れる溢水の流入を防ぎ、またその水勢を弱める目的で敷地周囲に低い石垣を築き、その上に生垣を作ってきた」<sup>8)</sup>と記されており、この景観は水害防禦の目的で生まれたことが指摘されている。ただし、同集落においては数十年以上水害が発生しておらず、地元住民の石垣・生垣の水害防禦機能に対する認識が継承されているかは定かではない。また、民地内にあるこれらの石垣・生垣は各戸住民の生活や意識によって撤去、もしくはブロック塀等に変更される可能性があり、前回の景観調査からも20年近くが経過したいま、現在の残存状況を調査しておくことも必要であると考え

る。そこで本研究では、亀岡市河原林町河原尻集落を対象として、ヒアリング調査を通して対象集落の石垣・生垣の実態や過去の水害履歴を明らかにする(3章)。次に、隣接道路に対する各敷地の石垣・塀の分布図を作成し、

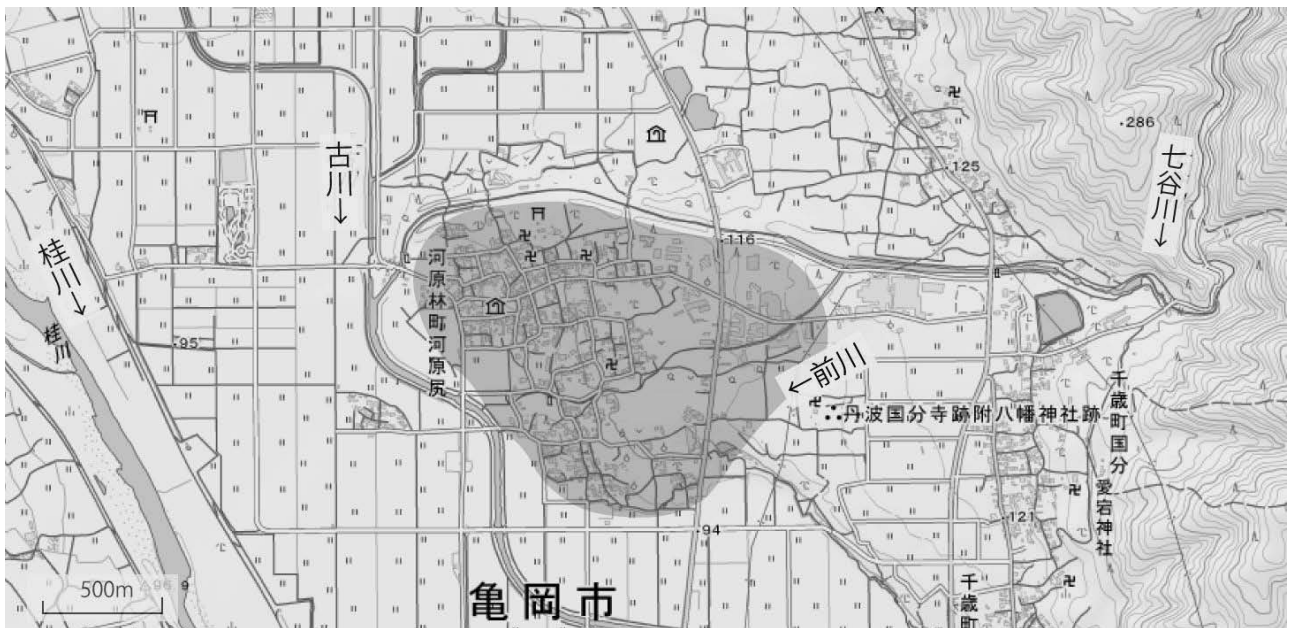


図-1 河原尻集落周辺図（地理院地図を基に筆者作成）

これらの高さの測量調査を行う（4章）。最後に、作成した分布図を基に地形モデルを作成し、対象集落にて流出、氾濫解析を行い、現存する石垣・塀の洪水防禦機能を検証する（5章）。

地全体の地盤を嵩上げた箇所は見当たらなかった。河原尻が北東から南西まで高低差約8mの扇状地上にあるため、七谷川の氾濫時にも水は貯留されず、石垣やカキには水勢を受け流す機能が期待されていたためと考えられる。

## 2. 対象地概要

亀岡盆地内の東部に位置する河原尻集落は、同盆地中心を流れる桂川の氾濫を避けるため、同川扇状地の段丘上に立地する集落である（図-1）。しかし桂川支川の七谷川扇状地上に位置するため、『亀岡市史』<sup>9)</sup>によると、七谷川の氾濫に古くから苦しんでおり、その対策として七谷川の河道の固定や堤防の改修を行ってきた結果、同川天井川化が進行したという。結果、現在の河原尻集落は、北側を天井川化した七谷川の堤防で囲まれたような状態になっている。なお、明治末年の水害後に七谷川は町事業で改修されており、集落内には七谷川の分水路で旧流路とも言われる前川の流路も見られる。

次章で詳述するヒアリング調査より把握された、集落の成り立ちに関する地域内伝承にも、この水害の影響が確認できる。明治期以前には日吉神社よりも東側に多くの住宅が建てられていたが、七谷川が氾濫する度に集落外や集落西側に移住する者が徐々に出てきたという（回答者 53、62、66、68、105、128）。集落所有の田が集落の西側に広がっていたことも、利便性の高い集落の西側への移住を推進することとなったという（回答者 105）。

先述のように、同集落内の民家、もしくはかつて民家であったものが転用されたと考えられる農地は、石垣やカキにより囲まれている。ただしこれらの敷地には、敷

## 3. 河原尻集落の水害履歴・経験・伝承

### (1) ヒアリング調査概要

河原尻地区内において、敷地と道路との境界に石垣、生垣及び塀があることが公道上より確認できる住宅を調査対象とした個別ヒアリング調査を、2019年11月から12月の間に計9日間行った。対象戸数114軒（2019年12月時点）のうち53軒（回答率46.5%）から回答を得た（図-2）。質問項目は、自宅の石垣・生垣及び塀を設置した時期とその経緯、過去の水害について（氾濫流の向き、浸水状況、破堤箇所）を基本としたが、その他にも集落内の石垣・生垣以外の水害防禦、石垣・生垣の減少傾向などの自由回答が得られた。

### (2) 過去の水害に関する伝承（表-1）

ヒアリング調査により、以下の4つの水害に関する経験談および伝承が得られた。このうち詳細不明な1969～1967（昭和44～45）年の水害を除く3つの水害では、七谷川または前川からの氾濫流が集落内の道路を勢いよく流れていたことが聞き取れた。このため、これらはいずれも流下型氾濫であったと推察される。

表-1 現在の河原尻住民の水害に関する伝承・経験（筆者らによる個別ヒアリング調査結果より）

| 年代            | 伝承／経験 | 内容   | 回答者                           |
|---------------|-------|--|-------------------------------|
| a) 明治 40 年    | 伝承    | 七谷川の土手が決壊し、家の北側の道路を水が流れた                             | 44                            |
|               |       | 最近の水害がない、水害があったのは明治頃ではないか                            | 56, 76, 86, 115               |
|               |       | 明治末期から大正にかけて水害あり、現在の広田工業の辺りが当時は林になっており、そこから氾濫流が押し寄せた | 58                            |
|               |       | 現在の理研ビタミン工場の北側の堤防が切れた<br>明治以降は七谷川の堤防は切れたことがない        | 84, 102, 105, 128             |
|               |       | 決壊箇所付近の住宅や土蔵が流された                                    | 72, 84, 102, 128              |
| b) 昭和 14～15 年 | 伝承    | 現在の広田工業株式会社の辺りから氾濫流が押し寄せた                            | 83                            |
| c) 昭和 28 年    | 伝承    | 昭和 30 年頃に大きな水害があった                                   | 47, 134                       |
|               | 経験    | 昭和 28 年に分水路（前川）が詰まり床下まで浸水した                          | 39                            |
|               |       | 家は浸からなかったが集落西側の田畑は水浸しになった                            | 53                            |
|               |       | 昭和 20 年代の水害時には石垣の下から水が出てきた                           | 104                           |
|               |       | 分水路（前川）が溢れて道路が川ようになった                                | 4                             |
|               |       | 昭和 30 年頃に水害があったが被害は特になかった                            | 24                            |
| d) 昭和 44～45 年 | 経験    | 伏流水が敷地内から吹き出てきた                                      | 80                            |
| その他           | 経験    | 水害時に七谷川が満水になり、集落内から伏流水が吹き出てくる<br>ことが度々あった            | 79, 80, 84, 104, 105          |
|               |       | 知る限り水害はない  | 38, 43, 60, 89, 113, 114, 125 |



図-2 ヒアリング調査において回答が得られたお宅（亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成）

a) 明治末頃（明治 40 年）の水害（図-3）

『河原林町の歴史』<sup>8)</sup>によると、河原尻では明治時代に多くの水害が発生したという（表-2）。ただしヒアリング調査ではこれらすべてが史実としてすべて伝わっているわけではなく、明治末頃の七谷川決壊に関する伝承回答が得られた。時期や内容を考慮すると、おそらく 1907（明治 40）年のものであろうと推察される。決壊箇所が現在の理研ビタミン株式会社工場の北側にあたる部分

表-2 明治期に河原尻で発生した水害（『河原林町の歴史』<sup>8)</sup> p. 386 を元に作成）

| 和暦    | 西暦   | 被害状況                                |
|-------|------|-------------------------------------|
| 明治元   | 1868 | 七谷川堤防決壊、浸水は全村に及ぶ                    |
| 明治 6  | 1873 | 七谷川堤防決壊、浸水は全村に及ぶ                    |
| 明治 22 | 1889 | 土砂に埋没した人家 8、浸水反別 100 町歩以上、浸水 15 日間  |
| 明治 27 | 1894 | 七谷川堤防決壊、全村浸水                        |
| 明治 29 | 1896 | 古川堤防決壊、浸水 13 日間、床上浸水 40 戸、床下浸水 90 戸 |
| 明治 34 | 1901 | 全村浸水、浸水 10 日間                       |
| 明治 40 | 1907 | 七谷川堤防決壊、住家損壊 11、浸水家屋 150 戸          |
| 明治 43 | 1910 | 浸水反別 100 町歩以上、堤防切れの所はなし             |



図-3 1907（明治 40）年の水害に関する伝承（亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成）

であったこと（回答者 84、102、105、128）、決壊箇所付近の土蔵が日吉神社の辺りまで流されたこと（回答者 72、84、102、128）、集落内の道路上を氾濫流が流れたことなどが伝承として伝わっていた。

b) 昭和 14～15 年の水害

1939～1940（昭和 14～15）年頃にも、現在の広田工業株式会社的位置から氾濫流が押し寄せてきたという（回答者 83）。回答者宅と同会社の位置関係から推察するに、七谷川と前川との合流点付近からの氾濫に起因した水害であったと考えられる。

c) 昭和 28 年の水害（図-4）

昭和 28 年には、前川の排水不良による氾濫で水害が発生したという（回答者 39）。この水害の経験者が 5 軒（回答者 4、24、39、53、103）、被伝承者は 2 軒（回答者 47、134）あったものの、氾濫箇所に関する情報は得られなかった。

d) 昭和 44～45 年頃の水害（図-5）

1969～1970（昭和 44～45）年頃の大雨時に七谷川の水位が上昇し、川の伏流水が住宅の敷地内からも噴出するという（回答者 80）。その他、発生年は不明であるが、集落内のあらゆる場所から水が度々噴出したことが目撃されている（回答者 79、80、84、104、105）。

(3) 水害防禦に関する伝承（表-3）

a) 集落内の土堤

本研究で着目する敷地周囲の石垣・生垣とは異なるが、水害防禦のために設置されたといわれる土堤を、集落内に複数確認した。

まず、敷地内に高さ 120cm ほどの土堤をもつお宅が 1 軒確認された（回答者 33、図-6）。敷地境界のうち前川に近い方向に土堤があり、その外側道路沿いに高さ 30cm ほどの石垣がある（写真-1）。同宅住民によると、水害に備えてこの堤防を絶対に潰してはいけないと先代から言い伝えられているという。同宅の周辺道路には、水害時に前川から溢れた水が流れてくるという証言もあり（回答者 4）、氾濫流の住居への直撃を防ぐために築かれたものではないかと考えられる。

その他、集落東側の畑の中にも目視で高さ最大 100cm 程度の土堤が 2 箇所に分かれて確認された（写真-2）。この畑の所有者の一人から、この土堤が水害防禦目的で造られたものであるという伝承も得られた。これらは現在の工場用地の南北に分かれているが（図-7）、前川からの氾濫流の集落内への流入を防ぐため、かつては集落の東側を囲うよう連続していた可能性も考えられる。

今回の調査で把握できた土堤はこれら 2 つのみであっ

たが、かつて、より多くの土堤が当地に存在していた可能性も否定できない。



図-4 1955（昭和 30）年頃の水害（亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成）



図-5 1969～1970（昭和 44～45）年の水害（亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成）

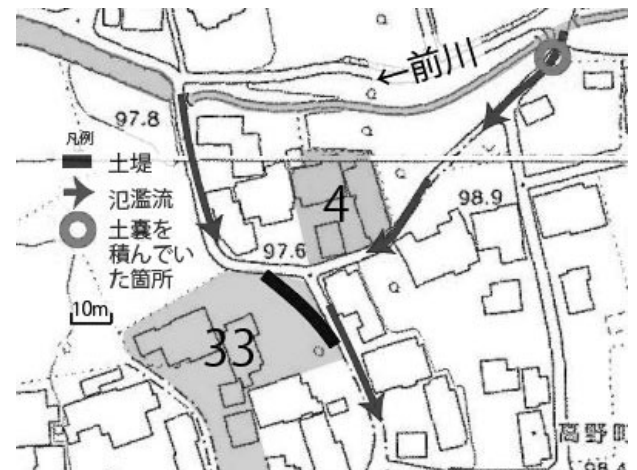


図-6 回答者 33 宅内の土堤と、回答者 4 が土壌を積んだ箇所（亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成）

表-3 水害防禦に関する回答

| 項目        | 伝承／経験 | 発言内容                          | 発言者            |
|-----------|-------|-------------------------------|----------------|
| a) 集落内の土堤 | 伝承    | 敷地内に土堤があり、それを潰してはいけないと言われている  | 33             |
| b) 石垣・生垣  | 伝承    | 明治期の水害があったことから家の北側に石垣を設置した    | 44             |
|           |       | 石垣・生垣には水害防禦の役割があるという話を聞いた事がある | 1, 53, 86, 134 |
| c) 土壌積み   | 経験    | 水害時に道路に土壌を積んで水が流れてくるのを防いでいた   | 4, 66          |
| その他       | 伝承    | 石垣は平坦でない敷地を均す目的で設置された         | 58, 105        |



写真-1 回答者33宅内の土堤（道路側から11月21日撮影）



図-7 畑の中に現存する土堤  
(亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成)

#### b) 石垣・生垣

先述のように、集落内の各敷地を囲む石垣・生垣は水害防禦の目的で設置されたとされている。ヒアリング調査の結果、石垣・生垣の設置目的が水害防禦にある、と聞いたことがあると回答したのは5軒であった（回答者1、44、53、86、134）。

また、河原尻集落の生垣（「カキ」）には、複数種の植物が高密度で生い茂っている（写真-3）ものと、観賞用に単一または限られた種類の植物が規則的に植えられたものがある。水害防禦の効果が期待できるのは前者で、その根本の土盛り部分にも氾濫流の侵入防止効果がある。植栽部分には氾濫流の防止効果はないが、スクリーニング機能は期待できる。

#### c) 氾濫に備えた土嚢積み習慣

水害時に道路上を流れてくる氾濫流を堰き止めるため、大雨時に道路上に土嚢を積んでいたという回答が2軒得

られた（回答者4、66）。回答者4が土嚢を積んだ箇所は、自宅前の道路と前川が出合う箇所（図-6）で、前川の氾濫流を防ぐ目的があったのではないかと考えられる。



写真-2 畑の中に現存する土堤（10月17日撮影）



写真-3 石垣上に生い茂る「カキ」（11月21日撮影）

#### (4) 集落内の石垣・生垣の減少傾向（表-4）

集落内の石垣・生垣は、近年減少傾向にあるという。石垣・生垣が減少した理由として、以下の理由が聞き取れた。

##### a) 自家用車の普及に伴う道路拡幅（図-8）

農村集落であった河原尻には、かつては農業用リアカーが通れる程度の道幅の道路しかなかった。しかし、自家用車の普及に伴い、60年ほど前に道路拡幅が進められ、拡幅道路の隣接地が用地提供された。このため拡幅道路沿道の敷地が有していた石垣・生垣は一度撤去され、新たに石垣・生垣を設置し直した宅地（回答者62、130、134）と、塀に更新した宅地（回答者128、131）があったという。なお、新たに石垣・生垣を設置した場合も、既存のものと全く同じ仕様にしたとは限らない。また、河原尻集落内の道路にはもともと側溝がなかったため、氾濫流や降雨が道路面上を流れていた。しかし道路の拡

表4 集落内の石垣・生垣の減少傾向に関するヒアリング回答

| 項目        | 伝承／経験 | 内容   | 回答者                    |
|-----------|-------|--|------------------------|
| a) 道路拡幅   | 経験    | 60年ほど前に道路が拡幅された                                  | 1,4,62,128,130,131,134 |
|           |       | 道路拡幅に伴い、石垣・塀を新たに設置した                             | 62,130,131,134         |
|           |       | 自動車のための幅員や見通しを確保するため石垣・生垣を削った                    | 15,134                 |
| b) 生垣の手入れ | 経験    | 生垣の手入れが大変なため、コンクリート塀に変更した                        | 18,20                  |
|           |       | その他  |                        |
| その他       | 伝承    | 明治期以前は日吉神社の東に多くの住宅があったが水害が起こる度に集落外や集落の西側に移住していった | 53,62,66,68,105,128    |
|           |       | 田が集落の西側に広がっていることから集落西側に移住する人もいた                  | 105                    |
|           | 経験    | 河原尻集落には集落外から多くの人びとが移住してきているこれは集落内の美しい景観のおかげだと思う  | 53                     |
|           |       | 自然がきれいな集落だと思い、移住してきた                             | 16                     |



図8 拡幅したことが判明した道路の位置  
(亀岡市都市計画地図<sup>10</sup>上に筆者作成)

幅部分には側溝が設けられたため、昔に比べて道路の冠水頻度が減ったとの証言もあった。

その他、道路拡幅はしていないものの、自家用車の通行に必要な見通しを確保する目的から、自主的に石垣・生垣の一部削ったという回答もあった(回答者 15、134)。このように自動車の普及が石垣・生垣に与えた影響は大きかったことが確認される。

#### b) 「カキ」の維持管理の困難

生垣の維持管理に費用と労力がかかるため、石垣・生垣を撤去し塀に替えたというお宅もあった(回答者 18、20)。その背景として、少子高齢化や核家族化に伴う「カキ」の手入れの担い手不足が指摘できる。

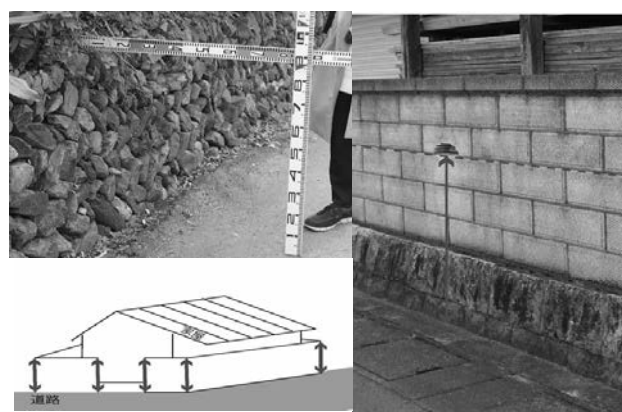


図9 測量調査の様子  
(左上) クロス標尺を用いた高さ測定  
(左下) 高さ測定箇所、(右下) 塀の測定高さ

#### 4. 石垣・生垣の実態把握

既述のように、河原尻集落では道路を流れる氾濫流が敷地内に流入するのを防ぐため、各敷地の道路沿いを石垣・生垣で囲んでいた。よってこれらの水害防禦機能を評価するため、隣接道路に対する各敷地の石垣・塀の分布状況を把握し、それらの隣接道路に対する高さを測定した。現地調査および測量は、2019(令和元)年11月～12月の期間に計9日間行った。高さの測定には長さ1.1mのクロス標尺(図9左上)を用い、隣接道路沿いに設置された石垣、生垣及び塀の両端部分、及び敷地の角にあたる部分の高さを測定し(図9左下)、1敷地内での最小値をその敷地の値として定めた。これは、この高さデータを第5章の水害防禦効果検証に用いるためである。生垣は根本の土盛りの高さを、石垣の上に生垣のある場合はそれらの高さの合計を、塀に穴のある場合はそこまでの高さを測定した(図9右)。

##### (1) 石垣・生垣の分布状況

現地調査の結果得られた、石垣・生垣及び塀の分布図を示す(図10)。これを2001(平成13)年の景観調査<sup>7</sup>で作成された石垣・生垣分布図と比較し、石垣・生垣



図-10 令和元年時点の石垣・生垣分布図  
(亀岡市都市計画地図<sup>10)</sup>上に筆者作成)

の約20年の変化を示したものが図-11である。集落内の石垣・生垣には明らかな減少傾向が読み取れる。集落内で道路拡幅工事が主に行われたのは、2001年以前のことであるため、この変化は住民の住み代わりや石垣・生垣の維持管理が困難に伴う塀への置き換えが原因ではないかと考えられる。

## (2) 石垣・生垣・塀の高さに関する考察

当地区における生垣（「カキ」）が、水害防禦目的と考えられるものと鑑賞目的と考えられるものに大別されること、また石垣・生垣が道路拡幅や維持管理の困難さにより設置しなおされたり、塀に変更されたりして減少傾向にあることは、既に述べた通りである。石垣、生垣、塀、それぞれの高さの分布を図-12に示す。塀の高さの平均値127.1cmは、石垣・生垣の平均値(41.4cm)より80cm以上高かった。つまり水害防禦機能という観点では、一般的に塀の方が優れているという解釈ができる。ただし、生垣を撤去する際に、元の石垣と同じくらいの高さの塀を設置した(回答者20)という例もあったため、従前の石垣・生垣と同様の目隠し機能を満たすよう塀を設置した結果、その高さが、今回計測した生垣根元の土盛り部分までよりも高くなった例が多かったのではないかと考えられる。

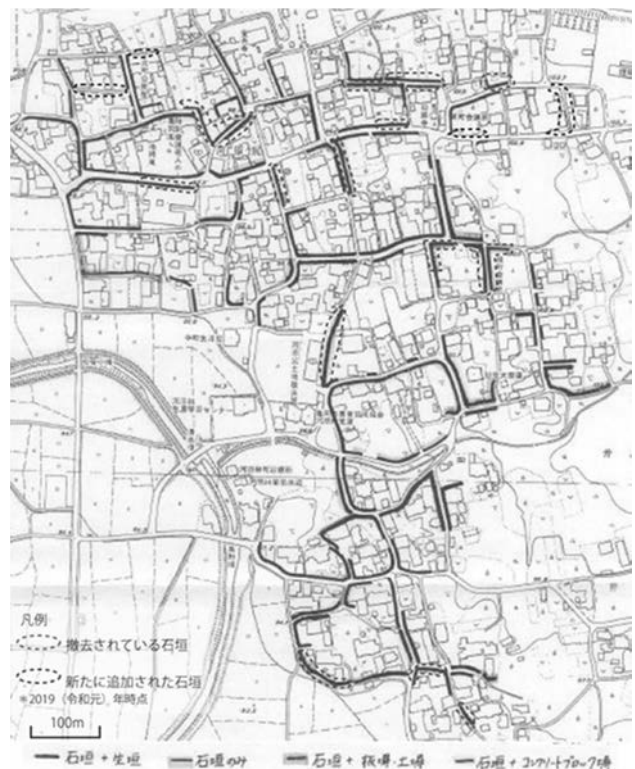


図-11 平成13年時点の石垣・生垣分布図  
(加地ら<sup>7)</sup>作成の石垣分布図上に筆者加筆)

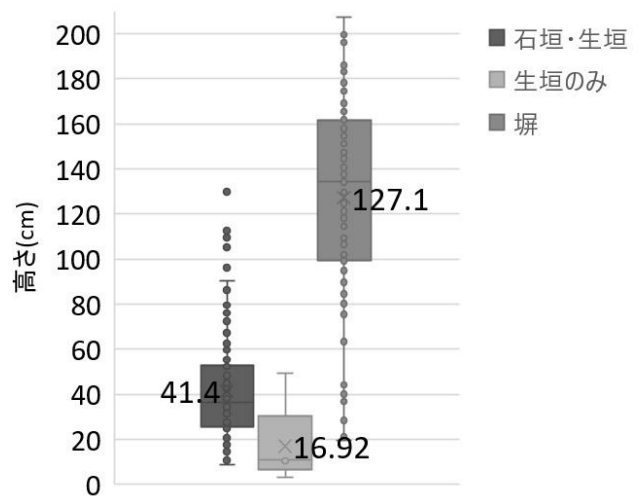


図-12 石垣・生垣・塀の高さ分布図

## 5. 現存する石垣・生垣・塀の水害防禦機能の検証

### (1) 流出解析および氾濫解析

次に、現存する石垣・生垣・塀の水害防禦機能を、InfoWorks ICMを用いた流出解析及び氾濫解析を行い検証する。なお、河原尻集落で過去に発生した水害時と現在とでは道路幅や石垣等の状態、道路側溝の有無、河川堤防の諸元などが異なるため、以下のシミュレーション結果は当地における過去の水害を完全に再現するもので

はない。しかし、明治以降、対象地では大規模な土地造成などが行われてはいないことから、氾濫水の流れる方向などは過去の被害と類似したものとなる可能性が高いことを付記しておく。

InfoWorks ICMにおける2次元地表面氾濫流解析モジュールについて説明する。

InfoWorks ICMの2D計算に用いられている浅水方程式の保存形を式(4.1), (4.2), (4.3)に示す。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = q_1 D \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( hu^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial y} = S_{0,x} - S_{f,x} + q_{1D} u_{1d} \quad (4.2)$$

$$\frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( hv^2 + \frac{gh^2}{2} \right) + \frac{\partial(huv)}{\partial x} = S_{0,y} - S_{f,y} + q_{1D} v_{1d} \quad (4.3)$$

ここで、 $h$  : 水深(m)、 $u$  :  $x$ 方向の流速(m/s)、 $v$  :  $y$ 方向の流速( $\frac{m}{s}$ )、 $S_{0,x}$ 、 $S_{0,y}$  :  $x$ 、 $y$ 方向の摩擦勾配、 $S_{f,x}$ 、 $S_{f,y}$  :  $x$ 、 $y$ 方向の摩擦勾配、 $q_{1D}$  : 単位面積毎のエリアごとのソース流量、 $u_{1d}$  : ソース流量 $q_{1D}$ の $x$ 方向での流速コンポーネント、 $v_{1d}$  : ソース流量 $q_{1D}$ の $y$ 方向での流速コンポーネント、 $g$  : 重力加速度( $m/s^2$ )である。InfoWorks ICMでは乱流の影響はモデル化されず、底部抵抗によるエネルギー損失として考えられ、 Manning値からモデル化されるとみなされる。浅水方程式の保存形は、質量と運動量の基本量を保存するために必要不可欠なもので、このタイプの式では、流量の不連続性や緩慢・急速な変動を表すことができる。浅水方程式の保存形は、1次元の有限体積法の陽解法を使用して離散化される。これを解くために、Godunov数値スキームが使用され、標準のRoe近似Riemann解法を使用してコントロールボリューム境界を通過する数値フラックスを計算する。スキームが陽解法であるため、安定性を得るための反復計算は必要ない。その代わりに、CFL条件を使用して各要素に必要なタイムステップが計算される。CFL条件の式を式(4.4)に示す。

$$c \frac{\Delta x}{\Delta t} \leq 1 \quad (4.4)$$

ここで、 $c$  : 無次元のCourant数である。セルの浸水有無の決定は、水深の閾値(デフォルト値: 0.001m)を基準として使用し、水深が閾値を下回る場合は流速が0に設定される。

## (2) 地形モデルの作成

第4章の現地調査結果を基に、氾濫解析の際に用いる地形モデルを作成する。本研究では、各敷地の道路沿いにある石垣・生垣・塀の、道路を流下する氾濫流に対する防禦機能を検証するため、敷地境界に高さの設定でき

る透水性の壁を立てて、その高さを超えた場合敷地内に氾濫流が入り込むようなモデルを作成する。石垣・生垣(の根元の土盛)・塀の防禦機能を過大評価しないよう、同一敷地内では高さが一律であると仮定し、複数の測定箇所のうち最も低い高さの値をその住宅の石垣・生垣(の根元の土盛)・塀の高さと見做す。

地表面のデータは、国土基盤情報<sup>11)</sup>の5mメッシュの標高図を用いる。なお、第2章にて述べた水害防禦のための土堤2箇所のうち、回答者33の住宅敷地内の土堤の箇所のメッシュデータの標高は、周辺と比較して30~40cm高くなっている(図-13)。現地での目視では120cm程度であったのに対して高さに差異があるものの、防禦効果の過大評価はなく、一定程度再現できていることが確認された。同様に、畑の中の土堤は目視で最大100cm程度の高さがあったのに対し、メッシュデータの標高は地点ごとにまちまちであったが、周辺と比較して最大90~100cm高くなっており(図-14)、防禦効果の過大評価はなく、一定程度再現できていることが確認された。よって、石垣等のような壁等でのモデル化は行わずに氾濫解析を行い、結果を後ほど確認することとする。



図-13 回答者33宅内の土堤部分の5mメッシュ標高データ

## (3) 流出、氾濫解析を行う際の諸条件

### a) 七谷川水域の決定

流出解析の降雨範囲として、七谷川上流の水域を定めた。国土地理院発行の地理院地図の等高線を参考に七谷川上流域の尾根線、谷線を記載し、七谷川と接続する谷線を囲む尾根線の内側を水域とした(図-15)。

### b) 再現する降雨の設定

河原尻集落から最も近く、かつ亀岡盆地内に位置する園部観測所(図-16)において、1976(昭和51)年の観測開始以降で1時間降水量が最大となった降雨は、2018



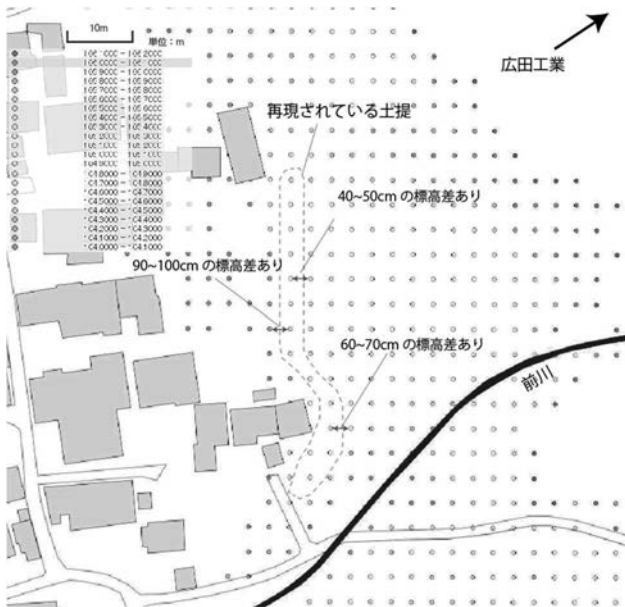


図-14 畑の中の土堤部分の5mメッシュ標高データ

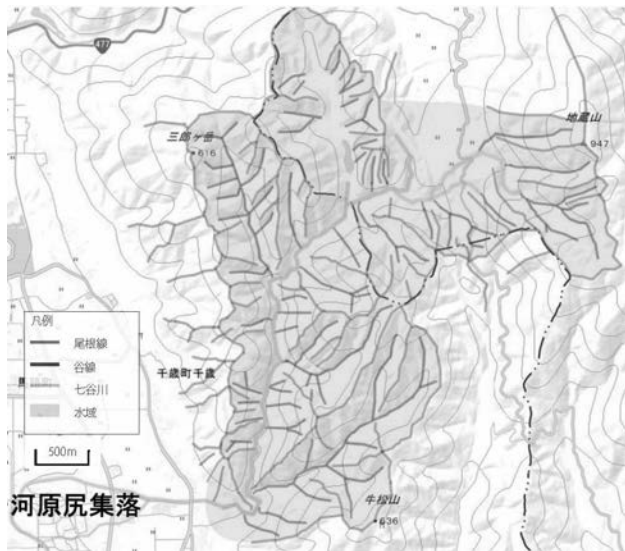


図-15 設定した七谷川水域（地理院地図を基に筆者作成）

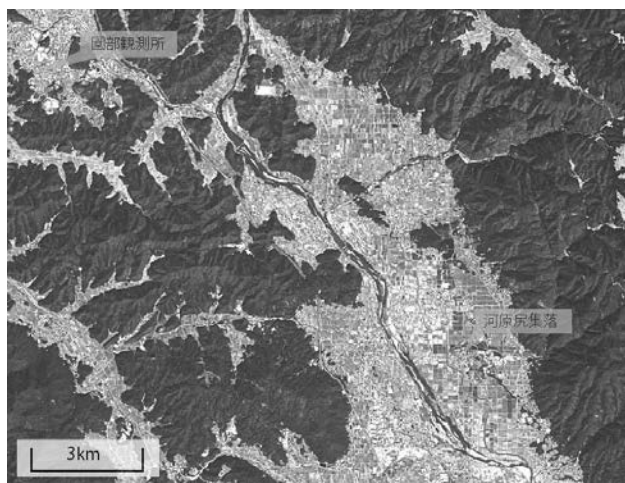


図-16 園部観測所と対象集落との位置関係（地理院地図を基に筆者作成）

（平成 30）年 9 月 4 日台風 21 号で、64.5mm である<sup>12)</sup>。近年、想定を越えた集中豪雨が頻発しているという背景を踏まえ、本研究では、既往最大の降水量より多い 1 時間 70mm の降雨を七谷川の水域に降らせる。

### c) 氾濫量の決定

河川の疎通能力の算出に必要な式を(4.5)、(4.6)に示す。

$$v = \frac{1}{n} R^2 / 3 I^{1/2} \quad (4.5)$$

$$Q = vA \quad (4.6)$$

ここで、 $v$ ：流速( $m/s$ )、 $n$ ：粗度係数( $s$ )、 $R$ ：径深( $m$ )、 $I$ ：河床勾配、 $Q$ ：疎通能力( $\frac{m^3}{s}$ )、 $A$ ：断面積( $\frac{m^2}{s}$ )である。関西大学環境防災水工学研究室が行った七谷川の横断面測量調査（調査地点は図-20 上に示す）によると、七谷川の場合、 $n = 0.03$ 、 $R = 1.56$ 、 $I = 1/77$ 、 $A = 31.25$  であることから疎通能力  $Q = 160(m^3/s)$  となる。

流出解析の結果、図-17 のような結果が得られた。流量が疎通能力を超過している領域が氾濫量となる。

### d) 破堤箇所の設定

本研究では、第 3 章のヒアリング調査にて、昭和 14～15 年頃の水害の氾濫点と目される、七谷川と前川の分水地点の屈曲部付近の堤防を破堤箇所として設定した（図-18）。

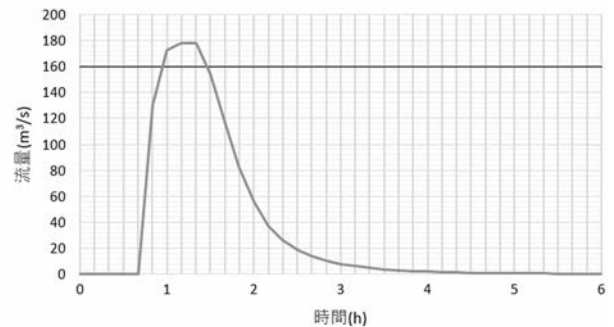


図-17 流出解析により得られた氾濫量



図-18 流出、氾濫解析の諸条件（地理院地図を基に筆者作成）

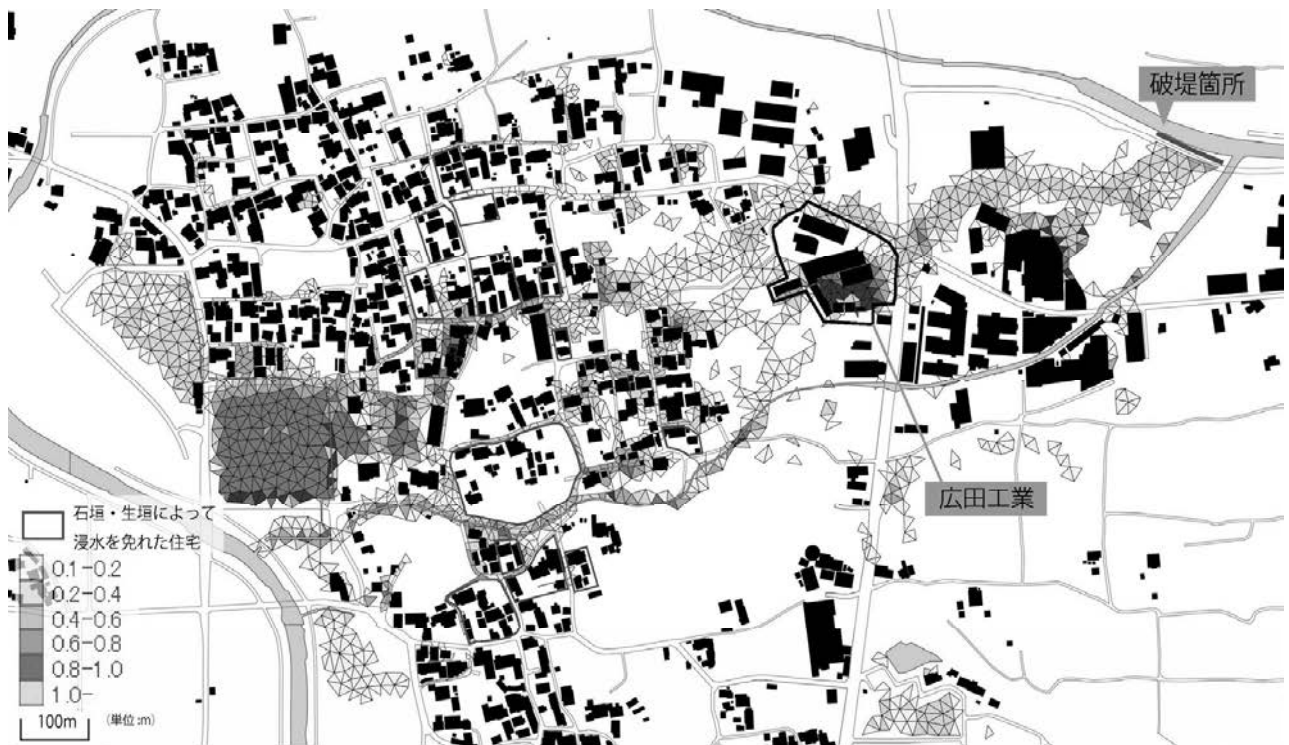


図-19 氾濫解析結果

#### (4) 氾濫解析結果

氾濫解析を行った結果、図-19の結果が得られた。

集落内の状況が当時と完全には同じではないが、現在の広田工業株式会社付近を經由して氾濫流が集落内に広がっているという点は、昭和 14～15 年の水害に関する証言と一致している。氾濫解析結果から氾濫流の流れる方向を読み取り、代表的な氾濫流を図示したものが図-20である。同図より、氾濫流が現在の広田工業株式会社付近で3つに分かれ、集落内を流下していることが分かる。

##### a) 集落内の土堤の水害防禦機能に関する考察

このうち氾濫流3は、畑の中の土堤を南に迂回し、前川と前川沿いの道路を流下している。その一部は前川の道路にも溢れており、昭和 28 年水害時に経験されたという、前川からの氾濫流（図-4）の挙動と一致する。そしてこの前川南側の氾濫流は、回答者 33 の住宅敷地内の土堤部分で留められている。このため、地形モデル上のこの土堤は実際より低めの高さで表現されているものの、氾濫流防禦機能を発揮したと考えてよいのではないかと考えられる。

氾濫流1と氾濫流2は、現在の広田工業株式会社北辺の道路と工場敷地内を通過して、集落に流入している。これらは畑の中の南北の土堤の間を通過しているため、もし工場建設時に土堤の形状が変更されたとすれば、これらの氾濫流2に関して、土堤の形状変更が大きな影響を与えた可能性が指摘できる。

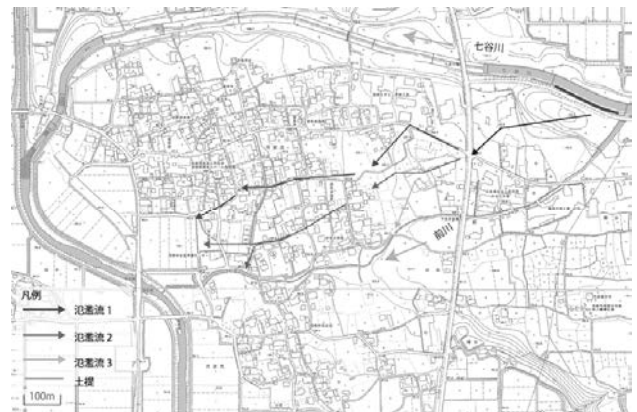


図-20 氾濫解析における氾濫流の向き



図-21 氾濫解析における道路浸水深の傾向

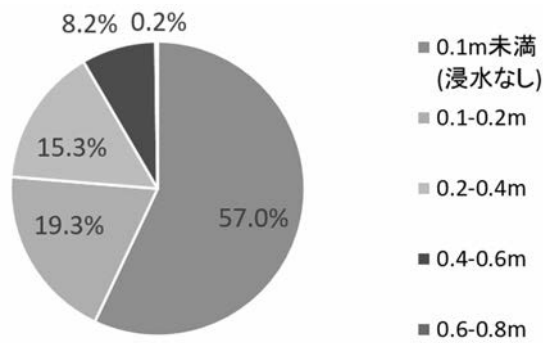


図-22 集落内道路総延長に対する浸水道路の割合

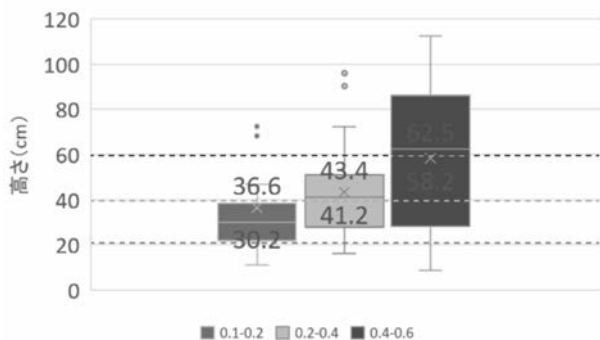


図-23 隣接道路の浸水深ごとの石垣・生垣の高さの分布  
(青字は中央値、黒字は平均値を示す)

#### b) 石垣・生垣・塀の水害防禦機能に関する考察

図-19の氾濫解析結果から、集落内の各道路が氾濫流の流路となっている様子が確認できる。そこで各道路の浸水深の分布を図-21に、浸水深ごとに分類した道路の、集落内道路総延長に対する割合を図-22に示す。集落内の道路総延長に対して90%以上の道路が浸水深0.4m以下で、99%以上の道路が浸水深0.6m以下であることが分かる。河原尻集落における石垣・生垣の高さの平均値が0.412mであったことを踏まえると、現在の集落内の石垣・生垣もある程度の水害防禦機能を見込めそうである。実際図-19に示したように、この石垣・生垣があったために浸水を免れたとみられる住宅が確認されている。

最後に、想定される被害の大きさと石垣・生垣（水害を考慮して高さが決定されたとは考えにくい塀は除く）の高さが対応しているかどうかを検証するため、隣接道路の浸水深別に住宅の石垣・生垣高さを示したものが図-23である。隣接道路の浸水深が大きくなるにしたがって、石垣・生垣の高さの平均値および中央値が大きくなっていることが確認できる。また、浸水深が0.1m～0.2mの道路と0.2m～0.4mの道路に面している石垣・生垣は、高さの平均値・中央値ともに隣接道路の浸水深よりも大きい。浸水深が0.4m～0.6mの道路に面した石垣・生垣は、平均値が道路浸水深を僅かに下回っているものの中央値は浸水深よりも大きくなっている。このことから、あく

まで本研究で想定した氾濫被害に対してであるが、集落内の石垣・生垣の高さは隣接道路の浸水深に対応して設定されている可能性が指摘できる。

## 5. おわりに

### (1) 結論

本研究の成果は以下の通りである。

- ・ヒアリング調査により、明治以降の4つの水害に関する経験談および伝承が得られた。このうち詳細不明な1969～1967（昭和44～45）年の水害を除く3つの水害では、七谷川または前川からの氾濫流が集落内の道路を勢いよく流れていたことが聞き取れた。また、集落内で伝承されている水害防禦の知恵として、土堤や石垣・生垣（「カキ」といった設備、土嚢積みの習慣なども聞き取ることができた。生垣については、水害防禦機能を考慮したものと鑑賞用のものに大別できること、石垣・生垣が自家用車の普及に伴う道路拡張、生垣の維持管理の負担などの理由から、減少傾向にあることが確認できた。
- ・現地調査の結果、2001（平成13）年以降、集落内の石垣・生垣は減少傾向にあることが確認できた。この変化は住民の住み代わりや石垣・生垣の維持管理が困難に伴う塀への置き換えが原因ではないかと考えられる。塀の高さの平均値127.1cmは石垣・生垣の平均値（41.4cm）より80cm以上高く、水害防禦機能という観点では一般的に塀の方が優れていると解釈できた。ただしこれは、従前の石垣・生垣と同様の目隠し機能を満たすよう塀を設置した結果ではないかと考えられる。
- ・昭和14～15年頃の水害の氾濫点と目される部分を破堤点とした氾濫解析の結果、集落内の土堤の水害防禦機能を確認することができた。また、畑の中の土堤が工場建設時に形状が変更されたとすれば、集落内への氾濫水の流入に大きな影響を与えた可能性が指摘できた。また、石垣・生垣があったために浸水を免れたとみられる住宅が確認され、石垣・生垣にもある程度の水害防禦機能を見込めると結論付けた。さらに、集落内の石垣・生垣の高さが隣接道路の浸水深に対応して設定されている可能性も指摘できた。

### (2) 今後の課題

本研究の氾濫解析で設定した氾濫量や破堤点はあくまで一つの想定に過ぎなく、過去に当地で発生した水害被害との関係性についてはより慎重に考察していくことが必要である。また、本研究では生垣のスクリーニング機能については一切考慮しなかったため、今後の課題とし

たい。

- 
- 1) 青木秀史, 畔柳昭雄: 水害常襲地における地域・建築と住民生活に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, pp.2569-2575, 2015
  - 2) 石垣泰輔: 京都周辺の伝統的水害対策とその有用性について, 水利科学 48 巻 1 号, 2004
  - 3) 寺村淳, 島谷幸宏: 筑後川中流域における伝統的治水と屋地盛集落の形成, 景観・デザイン研究講演集 No.14, pp.35-41, 2018
  - 4) 横田憲寛, 青木秀史, 畔柳昭雄: 水害常襲地における建築的減災対策にみる地域特性に関する研究—利根川・荒川・大井川及び信濃川揖斐川・淀川を対象として—, 日本建築学会計画系論文集, 第 81 巻, 第 727 号, pp.1929-1937, 2016
  - 5) 安田尚央, 二井昭佳: 輪中集落における集落の空間構成に関する研究—高須輪中を対象として—, 景観・デザイン研究講演集 No.15, pp.130-135, 2019
  - 6) 服部周平, 二井昭佳: 扇状地散村集落における本家・神社の立地特性—富山県入善町小摺戸地区を対象として—, 土木学会論文集 D1, No.1, pp.35-44, 2012
  - 7) 加地祐子, 岩操慎吾, 永井規男: 亀岡市河原林町河原尻の景観調査, 関西大学卒業論文, 2001
  - 8) 河原林町: 河原林町の歴史, pp.490, 2012
  - 9) 亀岡市編さん委員会: 新修亀岡市史 本文編, 第 1 巻, pp.90-91, 1995
  - 10) 亀岡市: 亀岡市都市計画地図 (2013 測図), No.21, No.31
  - 11) 国土地理院: 国土基盤情報サービス <https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>
  - 12) 気象庁: 過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

(2020. 4. 20 受付)