

肥後における伝統的河川工法「轡塘」について

On Traditional River Works “KUTSUWA DOMO” in the Edo Period

大本照憲¹・田中佐知²

Terunori OHMOTO, Sachi TANAKA

¹正会員 工博 熊本大学助教授 環境システム工学科 (〒860-8555 熊本県熊本市黒髪二丁目39-1)

²学正員 工修 環境調査技術研究所(株) (〒862-0912 熊本県熊本市錦ヶ丘33-12-101)

In Kumamoto Prefecture, there were many flood protection works called Kutsuwa Domo in the Edo Period. They were commonly employed by Kiyomasa Kato(1562-1611) as a feudal lord in the early Edo era and which entailed the widening a river at the confluence or rushing points to weaken floods. However, most works have not been clarified with actual proofs as to how they play a role in flood protection.

In this paper, Kutsuwa Domo was investigated from a viewpoint of historical river regulation methods. Hydraulic model tests were conducted to a Kutsuwa Domo located at Shimada district in the Hamado river, using a model scale 1/150. In addition, the archives of land use in floodplain effected by Kutsuwa Domo in Midori River basin were investigated to reveal the relationship between flood disasters and land tax. The results showed Kutsuwa Domo was effectively works for floods exceeding the design limit as traditional river works, and the distance from Kutsuwa Domo with overflow type levee in floodplain has a decisive effect on land tax.

Key Words: Traditional River Works, Kutsuwa Domo, Kiyomasa Kato, flood disaster

1. はじめに

肥後熊本では戦国・江戸時代に採用された洪水制御法に轡塘(くつわども)がある¹⁾。轡塘は、加藤清正によって考案されたものとされており、川の一部区間を大きく拡張させ、異常洪水時にはこの拡張部が河道内遊水地としての機能を持つことが予想されている。しかし、その流水制御機能について実証的研究は成されておらず、不明な点が多い。

古文書²³⁾によれば、轡塘は近世における肥後の河川に対して一般的に用いられた洪水制御工法であることが記されており、著名なものとして緑川と御船川の合流部に築堤された桑鶴の轡塘がある。また、『明治以前日本土木史』¹⁾には菊池川沿いの高瀬町(現玉名市)大橋より下流8ヶ所に轡塘があったとされているが、現在は全て撤去されている。比較的保存状態が良いものに浜戸川島田地先の轡塘がある。緑川の支川である浜戸川流域は、江戸時代には下流域で湾曲が甚だしく、勾配が緩慢で、水位が12尺(3.6m)以上に達すると越水や破堤を繰り返す、治水安全度の低い地帯であったことが記されている¹⁾。そのために、文久2年(1862)に兩岸の堤防を堅牢に修築したのであったが、同年の洪水により数十カ所に

おいて破堤を生じた。そのため、当時廻江郷の総庄屋である石坂偵之助および取締役甲斐甚九郎は、治水策を案じ水位10尺(3m)に達すれば越水可能な石造乗越堤を3ヶ所設けたとされている⁴⁵⁾。

上記のように、肥後熊本では江戸時代を通じて轡塘を多用していたことは文献等から推察され、現存する桑鶴の轡塘や島田地先の轡塘は貴重な遺構であり、また轡塘内の遊水地は生物の生息環境として良好な場所ともなっている。肥後の伝統的河川工法である轡塘を、歴史的考察に加えて河川工学的立場から実証的な機能評価を行うことは、今後の河道計画に活かす上でも、また遺構の価値を将来に伝承する上からも重要な事であると考えられる。本研究では、緑川および浜戸川における轡塘の歴史的経緯を調査するとともに、浜戸川島田地先の轡塘を事例として、轡塘の治水機能を検証するために縮尺1/150の水理模型実験を実施し、轡塘による流れおよび流砂の制御機能について検討を行った。さらに、乗越堤からの氾濫水が土地利用に与える影響を明らかにするため、古文書を用いて当時の乗越堤周辺における土地利用形態、土地等級および地租について調査した。

2. 轡塘

轡塘（別名：久津輪塘）の語源は、轡（口輪）をもって暴れ馬を制御するが如く洪水を治めたとの解釈から呼称されたとする説⁴⁾があるものの、その由来は明確では無い。著者等が調べた範囲では、轡塘は鹿子木量平維善による『藤公遺業記』²⁾の説明が最も古く、注釈として「塘を築かずして水川を殺ぐ所なり」の文面が加えられている。真田秀吉は「藤公遺業記」の注釈に基づき『明治以前日本土木史』¹⁾において「轡塘とは霞堤の称にして」と定義し、轡塘は霞堤に類似のものとして扱っている。しかし、後述するように轡塘はその全てが不連続堤の形を取っていないため、轡塘を霞堤と同一視することは適切ではない。また、最近では『河道計画の技術史』⁶⁾（1999）において山本は、清正が明の時代の総理河道職を4度歴任した潘季馴（1521-95）の治水技術（図-1、図-2）を修得し肥後の川に轡塘として適用したのではないかと推論している。

緑川水系における轡塘の位置を図-3に示す。緑川水系だけでも轡塘は10数箇所あり、それぞれの機能や形状を考察した際、明代の堤防システムとの共通点が見られ、この点からも清正が潘季馴の治水技術に関する情報を入手していた可能性は十分に考えられる。森山⁷⁾は、清正が肥後に入国する以前には主計頭として和泉国大鳥郡（現在、大阪府堺市）の代官を務めた実績を持ち、秀吉政権下で海外渡海朱印状の交付が許された唯一の大名であったという事実から、財政強化策として外国貿易を重視したことを実証しているが、その証拠となる文書は現在のところ発見されていない。

3. 河道内における機能

轡塘は、下流への洪水流量の負荷を低減するための河道内遊水地としての機能に加えて、異常洪水時には破堤氾濫を回避するために堤内地に外水を引き入れるための施設として築造されたものと推察された。そのため、浜戸川流域においては最大規模を誇る島田地先の轡塘を選び、その水理学的機能、特に大出水の洪水制御について考察する。検討対象としたのは、低水路の流れと高水敷上の流れとの相互干渉、土砂制御機能および越流時における洪水流の安定性についてである。なお、浜戸川の轡塘が築造された当時の河道平面形状や横断形状に関する資料が存在しないために熊本県の河道計画案に沿って模型水路が作製された。また、浜戸川の河川改修に伴って流積が広がり、乗越堤から越流する際の洪水流量は、100年確率の洪水流量の1.5倍となった。そのため、水理模型実験では轡塘の水理学的機能に対する定性的評価を目的に実施した。

(1) 実験装置および方法

実験水路は、計画河道に基づく縮尺 1/150 の無歪模型として製作した。模型水路の全体像と計測断面の位置を図-4に示す。水路は、長さ 480cm、幅 240cm、縦断勾配 1/850 の台に設置され、低水路は幅 27cm、高さ 2cm の矩形断面で流下方向に逆 S 字の蛇行を示し、形測線 L-1～L-6 の間に高水敷がある。境界条件は、低水路と高水敷の境界に高さ 4cm、幅 3cm の仕切棒を設けて高水敷が浸水しない単断面蛇行、乗越堤を閉め切った複断面蛇行、

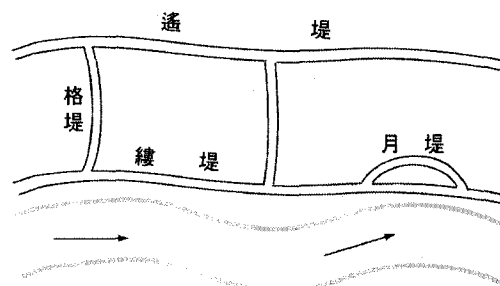
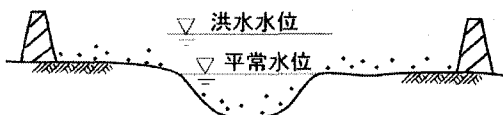


図-1 遙、縷、格、月四堤説明図



遙堤と縷堤がある場合



河川敷に土砂が堆積した後、
縷堤を放棄した場合

図-2 淤難固堤

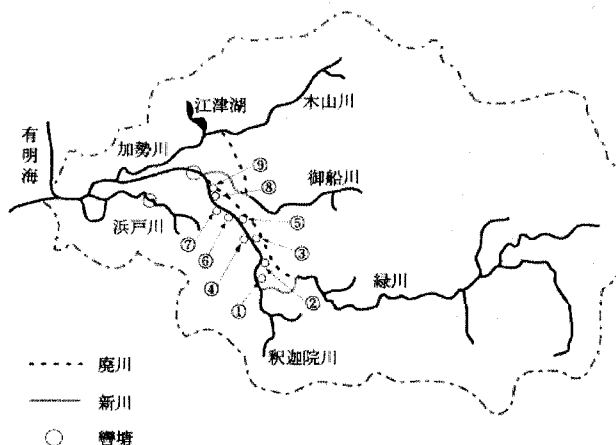


図-3 緑川水系の概略

および乗越堤から越流のある複断面蛇行の3種類である。なお、乗越堤は、右岸側では長さ43cm、高水敷より高さ1.6cm、左岸側では長さ38.5cm、高水敷からの高さ1.6cmに設定した。流量は、浜戸川改修計画に基づく100年確率の洪水流量 $520\text{m}^3/\text{s}$ および超過洪水流量として100年確率の洪水流量の約1.5倍を対象とした。フルド相似則に基づき実験条件表-1は、100年確率の洪水流量の約1.5倍のケースである。また、基準水深の設定は浜戸川が緑川に合流する地点から轡塘の下流端に当る上流11.4kmの間を一次元不等流計算によって求められた水深を参考にした⁸⁾。実験は、各ケースに対応した所定の流量を通水し、下流端の堰によって基準点での水深を設定した後、水深の縦断方向および横断方向の変化量をポイント・ジにより計測、流速測定には二成分電磁流速計を使用し、流速の主流方向成分と横断方向成分、および横断方向成分と鉛直方向成分の同時計測が同一地点で行われた。各測点での流速変動は、サンプリング周波数100Hzで、4096個のデータに関して統計処理を施した。本研究では、轡塘の平面形状が流れに与える影響に着目していることから河床は平坦固定床で、低水路の平面形状は計画河道に沿って単純化が図られている。

(2) 実験結果

座標系は、流下方向にx軸、横断方向にy軸、鉛直上方にz軸とし、低水路中央の底面を原点に取る。計測線は轡塘のある領域を5区分し、低水路中央の流下曲線に対して法線となるように設定している。なお、Case3においては右岸側乗越堤からの越流量が 0.300 l/s であるのに対して、左岸側からの越流量は 0.350 l/s であった。左右岸の越流量の計測結果から判断すれば、高水敷の広さは同程度とすべきであるが、右岸側高水敷が左岸側高水敷に較べて約3倍の広さを持ち、高水敷の広さは越流量に対応していない結果となっている。当時においては、湾曲部の外岸に位置する右岸側の高水敷に対して過大な流量の評価を行ったことが予想される。

次に、低水路中央における水深の縦断方向変化を図-5に示す。基準水深を同一に設定した場合には、Case1の単断面水路とCase2の轡塘を有する複断面水路において水深に顕著な差異は無いことが分かる。定常流においては、轡塘内の高水敷は水位の低下に寄与しないことが分かる。

また、下流端の堰の高さを同一に設定し、乗越堤から越流させたCase3の水深は、Case1およびCase2と類似した流下方向変化を示す。計測線L-3、L-4およびL-5における水深の横断方向変化を、図-6に示す。単一湾曲部の内岸と外岸の水位差は遠心力効果により $B \cdot U^2 / (g \cdot r_c)$ （但し、B:低水路幅、U:断面平均流速、g:重力加速度、 r_c :低水路中心線の曲率半径）により試算され、Case1の単断面湾曲水路に適用すれば約0.7mm程度であり、実測値においても湾曲による顕著な水深の横断方向変化はない。同様にCase2においても水深は、横断方向に大きくは変化しないことが分かる。

表-1 実験条件

	Case 1	Case 2	Case 3
流量 (l/s)	3.0	3.0	3.0
基準水深 (cm)	4.89	4.89	4.52
備考	単断面蛇行	複断面蛇行	複断面蛇行 乗越堤

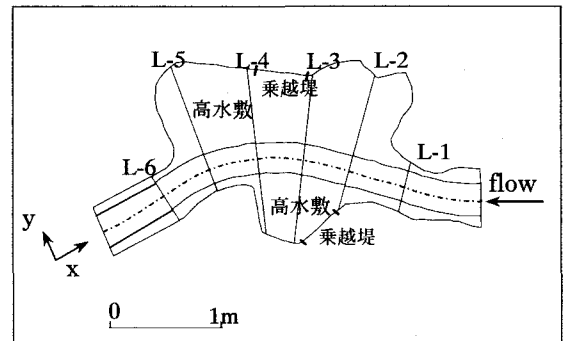


図-4 模型水路概要

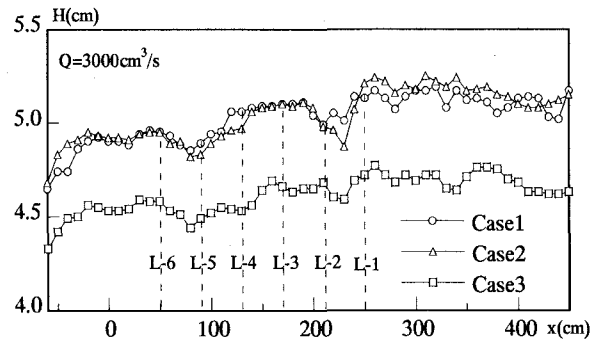


図-5 水深の縦断方向変化

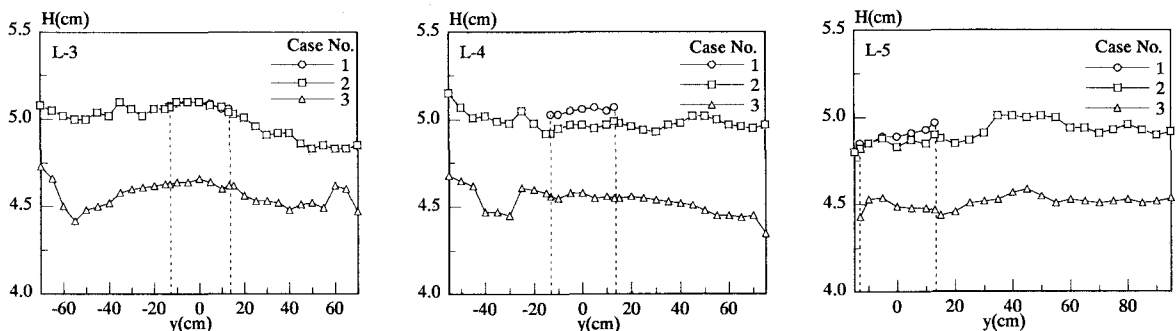


図-6 水深の横断方向変化

しかし、Case3 では水深が計測線 L-3 の左岸高水敷 $y=60\text{cm}$ において 3mm また計測線 L-4 の左岸高水敷 $y=35\text{cm}$ 付近で 1.3mm 程度低下することが認められる。この水位の低下は、高水敷に現れた鉛直方向に軸を持つ渦、即ち水平循環流に伴って生じたことが考えられる。

鉛直方向に積分して得られる平均主流速の横断分布を図-7に示す。高水敷の広い L-2~L-4 の区間では単断面蛇行流 Case1 において主流速が最も大きく、高水敷の影響により低水路における主流速は低下することが認めら

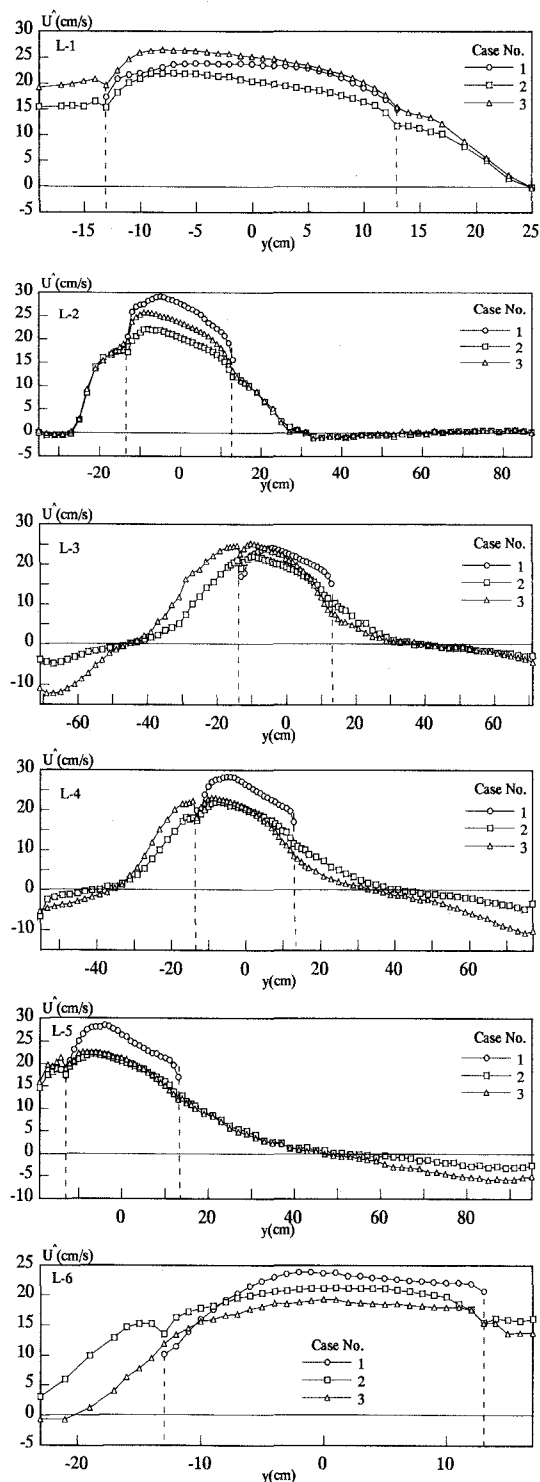


図-7 主流速の横断分布

れる。また、乗越堤からの越流に伴って水位が低下している。Case2、Case3における水深 $z=1.0\text{cm}$ 、 $z=3.0\text{cm}$ での平面流況を図-8、図-9に示す。両図からも全般的に、低水路における主流速および高水敷の逆流速は Case3 が Case2 に較べて大きくなり、高水敷上の水平循環流が強まり、流れは安定していることが分かる。即ち、主流部が乗越堤に短絡化することは無く、乗越堤から越流する流れは逆流の形態で堤内地に導かれることが分かる。さらに、主流速は低水路近傍の高水敷上および低水路においては左岸側が右岸側に較べて大きくなる傾向を持つ。これは、計測線 L-1~L-4 の間で高水敷より上層の流れが低水路上で短絡化したことによるものであり、Case3 において乗越堤からの越流量が右岸側に較べて左岸側で大きくなることも対応している。また、左岸側の高水敷と低水路の境界付近で主流速の顕著な低下が見られ、これは左岸側低水路護岸に沿った上昇流の発生に影響されたことによるものと考えられる。

次に、洪水時における高水敷の沈降性浮遊物質の捕捉効果を定性的に明らかにするために流砂実験を行った。実験は、Case2 および Case3 の水理条件において平均浮遊物質濃度 100mg/l 、給砂量 300mg/s に設定した中央粒径 $d_{50}=0.94\text{mm}$ の珪砂を上流端より1時間継続して投入し

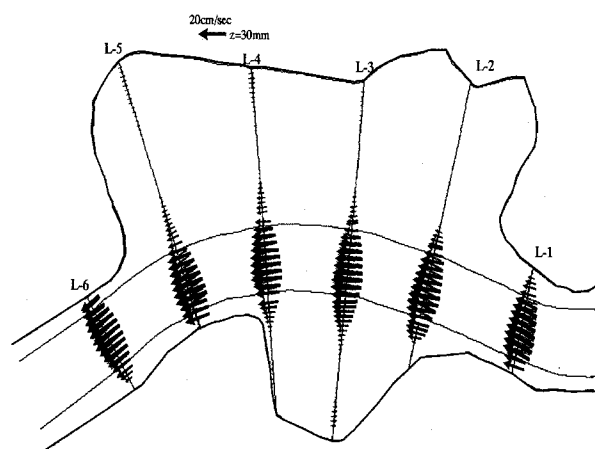


図-8 平面流況 Case 2
($z=3.0\text{ cm}$)

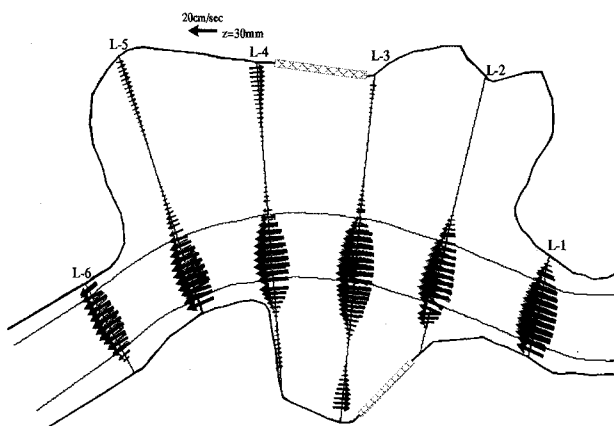


図-9 平面流況 Case 3
($z=3.0\text{ cm}$)

た。実験結果を図-10 に示す。浮遊物質の大半は低水路を通して流下し、全給砂量 1080g に対して高水敷に堆積した浮遊物質の割合は Case2 で約 4%、Case3 で約 5.5% であった。乗越堤からの越流が無い場合には、左岸高水敷の堆積浮遊物質量は右岸高水敷の堆積浮遊物質量に比べて若干大きくなり、区間 L3~L4 で最も大きく、単位面積当たりの堆積浮遊物質量は区間 L4~L5 で大きくなる。また、越流の有る Case3 では、右岸高水敷の堆積浮遊物質量は左岸高水敷のそれより大きく、堆積浮遊物質量は右岸高水敷では区間 L4~L6 に、左岸高水敷では区間 L3~L4 に集中していることが分かる。浮遊物質の捕捉に関して、右岸高水敷の広さは越流がある場合には浮遊物質の捕捉効果を高め、越流が無い場合には大きな役割を演じないことが分かる。

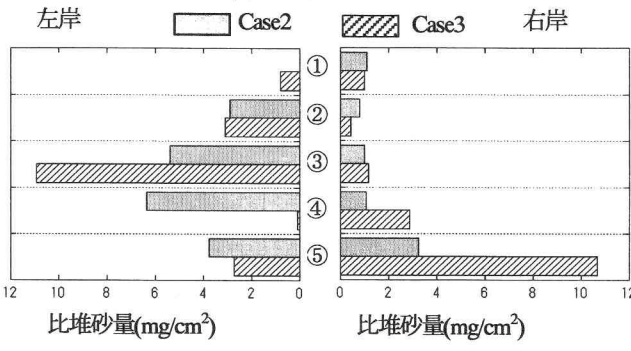


図-10 高水敷上の比堆砂量

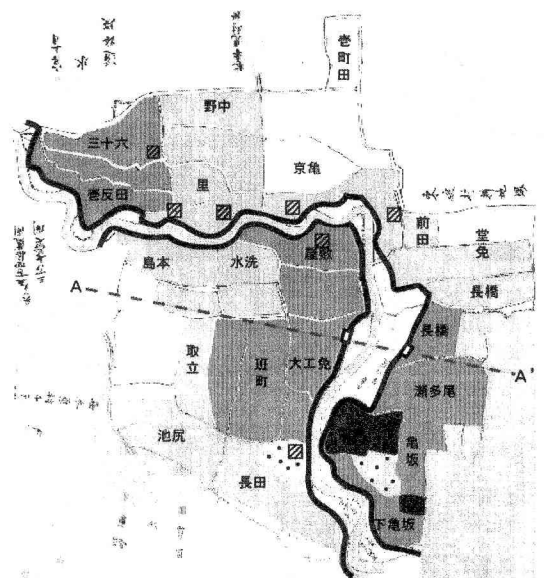
4. 堤内地における機能

(1) 島田地先の轡塘

洪水時に氾濫原となる島田、六田地先の土地利用形態を調査した。島田・六田地域に居住する城南町の役場職員及び郷土史家に対する聞き取り調査の結果、乗越堤は昭和 37 年に旧建設省による直轄改修の対象となるまでは機能していたことが示唆された。

そこで、氾濫地域の特徴を明らかにするために島田・六田地域の土地利用形態⁹⁾を、水田、畑地、宅地の3項目で分類し、図-11の地租改正地引絵図¹⁰⁾上に表示した。土地等級別の色分けは1~2等級をA、3~4等級をB、5~6等級をC、7~8等級をD、9~11等級をEに区分した。宅地は計画平面図¹¹⁾によれば1.0m以上高い箇所位置している。次に、図-11において両岸の乗越堤上を通過する東西方向に測線A-A'を設定し、乗越堤からの距離と土地の等級との関係を図-12に示す。図より、乗越堤付近で地租の最も低い地域が分布しており、距離が遠ざかるに従い、地租が上昇している。また、両岸の乗越堤から等距離400m付近で等級を比較すると、2等級の差がある。このことから、右岸側に比べて左岸側の方が作物の収穫高は低い傾向にあることが推測できる。この差は水理模型実験の結果より、右岸に比べて左岸の方が越流量が大きいこととも対応し、水害の程度が土地等級に大きく影響していることが示唆される。また、轡

塘周辺では左右岸に関係なく、水田としての利用が最も多く、畑地面積に比べて水田面積はその約10倍であることが認められた。明治時代に地租として重要な位置を占めていた水田が、氾濫原において機能していた背景には、水理模型実験の結果より分かるように、高水敷上で流砂が捕捉され、比較的濁度の低い越流水が穏やかに堤内地へ流れ込むために、農業被害が激甚なものではなかったことが予想される。聞き取り調査から、「洪水時には、乗越堤からの越流水は緩やかに堤内地へ流れ込んでいた。また、水田に溜まった水に対して、特に排水処理はせず、自然に引くのを待っていた。」という証言があったことから裏付けられる。なお、図-11におけるD・E地区を氾濫常習地帯と仮定すれば、その面積は77ha、宅地の嵩上げから浸水深を1mとして貯留量は約77万m³となる。



	C 地域	D 地域	E 地域
田			
畑			

図-11 島田地先の土地利用

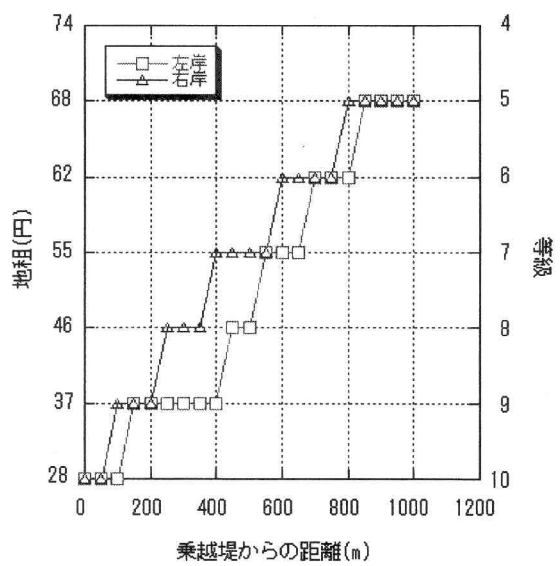


図-12 乗越堤からの距離と地租との関係

(2) 桑鶴の嚮塘

図-13に示す桑鶴の嚮塘は、御船川と緑川との合流点に築造された堤防であり、右岸側の堤防は大名塘とも呼ばれている²⁾。嚮塘で囲まれた河道内の遊水効果を見積もるために、「籐公遺業記」の付図に較べてより詳細な江戸末期の作とされる肥後藩絵図¹⁴⁾、建設省熊本工事事務所所蔵の航空写真および縮尺1/1000の地図を基に算出した遊水地面積は106haであった。堤防高を約3mに見積もれば、貯水容量は318万 m^3 となる。最大貯水量4,600万 m^3 、満水時の水面面積1.81 km^2 、150年確率の洪水に対するピークカット流量650 m^3/s である緑川ダムとの比較から分かるように、嚮塘内の遊水地による洪水流量の低減効果に大きな期待は持てないことが予想される。

肥後藩絵図においては、嚮塘の左岸本堤は連続堤として示されておらず、この一帯は現在の航空写真および現地踏査においても堤防の形跡が見当たらない。

そこで、前節において乗越堤からの距離と土地の等級に高い相関のあることが認められたことから、現存する最古の堤内地の等級⁹⁾および地盤高、宅地の嵩上げ¹³⁾を調査し、桑鶴の嚮塘の機能について検討した。その結果、緑川の合流点左岸側における高水敷の上流部では高水敷に開発された水田の等級は8であり、その周辺の堤内地では等級5~7であることから、顕著な差は見られない。さらに、その下流側の堤内地では等級4~11の範囲で分布している。このことから、嚮塘は、その欠落部から堤内地に洪水が導かれ、超過洪水対策として機能した可能性の高いことが予想される。

5. まとめ

本研究では、緑川および浜戸川における嚮塘の機能評価について検討した。その結果、嚮塘内の遊水地は洪水

流量の低減に大きな効果を期待できず、河道からの氾濫水を誘導し、破堤氾濫を回避するための装置であり、超過洪水対策と見なされた。また、浜戸川島田地先の嚮塘を対象にした水理模型実験から、嚮塘の遊水地は越流に伴う本流の不安定化を抑え、安定した水平循環流が形成され、堤内地への沈降性浮遊物質の浸入を阻止する機能を有することが認められた。さらに、浜戸川島田地先の氾濫地域においては、地租は乗越堤からの距離と比例関係にあり、洪水被害の程度と高い相関のあることが認められた。

参考文献

- 1) 土木学会編：『明治以前日本土木史』,pp.164-170, 岩波書店,1936
- 2) 鹿子木量平維善：『籐公遺業記』,1832(『肥後文献叢書第二巻』所収,pp.149-154,隆文館発行,1909)
- 3) 鹿子木量平維善：水理考,(1832-1841)(熊本県立図書館所蔵)
- 4) 森山恒雄：加藤清正の土木と治水(その四),月刊建設,pp.84-88,1991年10月号
- 5) 熊本城址保存会編：加藤清正の土木治水,1936(熊本県立図書館所蔵)
- 6) 山本晃一著：『河道計画の技術史』,pp.26-27, 山海堂,1999
- 7) 森山恒雄：加藤清正のすべて,pp.63-96,三秀舎出版,1993
- 8) 熊本県土木部河川課：浜戸川中小河川改修事業全体計画書,pp.1-57,1993
- 9) 地引検地帳,1885(城南町歴史民族資料館蔵)
- 10) 地租改正地引絵図,1924(城南町歴史民族資料館蔵)
- 11) 緑川南部地区営園場整備事業一般計画平面図,1965(城南町建設課蔵)
- 12) 加藤清正土木事業とりまとめ委員会：加藤清正の川づくり・まちづくり,建設省熊本工事事務所発行,1995
- 13) 建設省熊本工事事務所：緑川水系平面図(1/2,500),1959
- 14) 肥後藩絵図：江戸後期(熊本県立図書館所蔵)

(2003. 4. 11受付)

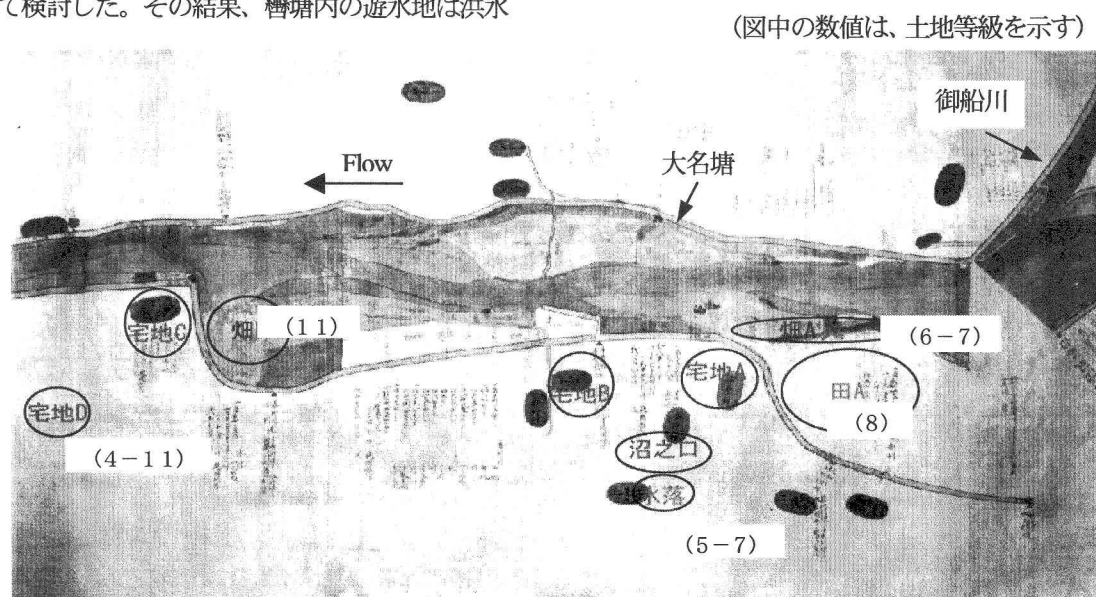


図-13 桑鶴の嚮塘周辺における土地利用態