

余笹川流域の1998年8月水害の研究

上野鉄男

要 旨

1998年の余笹川の洪水は、調査対象区間の洪水流量が河道の平均的な流下能力の4倍前後と極めて大きかったため、激甚な被害をもたらした。水害に重要な関わりを持つ新流路の形成の問題を水害の実態に基づいて検討した。さらに、水害と土地利用との関係についてそれらの地域性に着目して検討し、土地利用の背景にあるそれぞれの河川区間の自然条件および社会条件について考察を加えた。その結果、水害と土地利用とは密接な関係があり、土地利用は流域の自然条件に支配されていることがわかった。

キーワード：余笹川、洪水災害、超過洪水、現地調査、航空写真

1. 概 説

余笹川は、栃木県の北東部に位置し、一級河川那珂川の支流で、流域面積が343.5km²、幹線流路延長が37.5kmの二級河川である。

1998年8月にこの流域で記録的な豪雨が発生し、余笹川上流の那須観測所で記録された降雨量に関しては、1日最大雨量が640mm/日、連続雨量(約5日)が1,254mmであり、これらは確率1/1,000以上であると言われている。

このため、本研究において調査の対象とした区間(余笹川と黒川の合流点から上流へ向かって各河川で大きな被害が発生した区間)においては、洪水流量が河道の平均的な流下能力の4倍前後という未曾有の洪水が発生し、激甚な被害をもたらされた。水害の特徴としては、谷底平野が火山性の堆積土砂に覆われているため、洪水によって流路幅が大きく拡大(3~5倍)され、堤内地に新流路が形成されて、大きな被害が発生したことが注目される。

このような水害に関して、これまで中川ら(2000)、伊藤ら(2000, 2001)、館ら(2001)および佐藤(2001)によって調査研究がなされた。これらの研究によって、余笹川の水害の実態がある程度明らかになってきたが、新流路の形成原因などについてさらに詳しい検討が必要である。

激甚な被害は洪水流によって堤内地に新流路が形

成された場合に発生しており、さらに新流路の大部分は河道の湾曲部で形成されていた。著者(2003)は、黒川の合流点から上流の余笹川の河道湾曲部における新流路の形成について検討し、河道の湾曲部で湾曲頂点付近の河道幅が小さい場合には堤内地に顕著な新流路が形成され、湾曲頂点付近の河道幅が大きい場合には新流路が形成されないことを明らかにした。さらに、湾曲部河道の河道幅の違いは河川周辺の土地利用と深く関係しており、土地利用のあり方が被害の状況を決定的ことを明らかにした。以下においては、前年に行った上記の研究を前報と称することにする。

本研究においては、上記の結論が黒川の水害に関して適合するかどうかを検討した。さらに、水害と土地利用との関係についてそれらの地域性に着目して検討し、土地利用の背景にあるそれぞれの河川区間の自然条件および社会条件について考察を加えた。

2. 余笹川流域と水害の特徴および研究方法

2.1 余笹川流域の特徴

余笹川は一級河川那珂川の支流で、流域面積が343.5km²、幹線流路延長が37.5kmの二級河川である。一方、余笹川との合流点より上流の那珂川の流域面積は217.3km²であり、余笹川の流域面積は那珂川の流域面積の約1.6倍にもなる。余笹川流域の概要をFig. 1に示す。

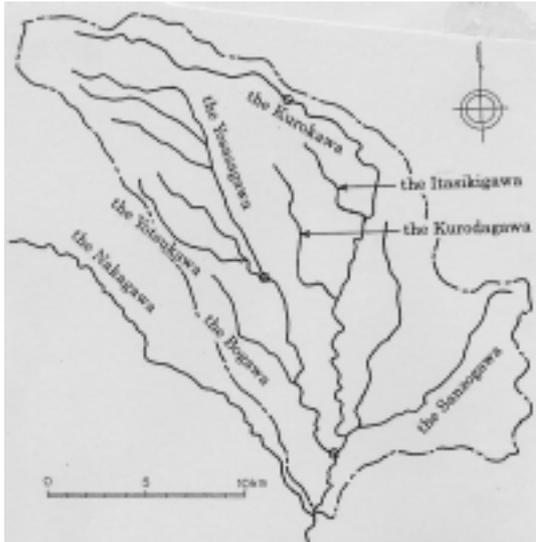


Fig.1 Map of the Yosasagawa River basin

図に見られるように、余笹川流域は余笹川と黒川とに分かれ、さらに黒川流域は黒川と三蔵川とに分かれる。黒川との合流点より上流の余笹川の流域面積は127km²、幹線流路延長が36km、余笹川との合流点より上流の黒川の流域面積は189km²、幹線流路延長が41kmである。さらに、三蔵川との合流点より上流の黒川の流域面積は98km²、幹線流路延長は40kmである。

調査対象区間において、余笹川と黒川との合流点からの河道の累加距離に対する各河川の河道周辺の平地の標高を Fig. 2 に示す。河道周辺の平地の標高は、1/25,000 の地図から求めたものである。

ここで、黒川の河道の累加距離に関しては説明が必要である。というのは、各種の資料において河道の累加距離が異なっているからである。本研究においては、「平成 13 年度 黒川河道安全度調査検討業務委託報告書 平成 14 年 3 月」(株式会社アイ・エヌ・エー、

2002) のうち、「関連資料 (1) 空中写真及び氾濫域図」の「平成 10 年洪水実績区域」の図、あるいは「関連資料 (15) 平成 10 年洪水氾濫図」に記載されている距離を、黒川の累加距離として採用した。この場合の目印となる橋梁、支川の合流点などの累加距離は次のようである。

境橋; 28.8 km, 栃福橋; 25.7 km, 上黒川橋; 25.5 km, 東北自動車道橋梁; 25.1km, 七曲橋 (下黒川橋); 22.5 km, 新幹線橋梁 (最下流); 22.16km, J R 橋梁; 20.35 km, 大昭橋; 19.25km, 豊原橋; 18.4km, 板敷川合流点; 17.2 km, 無名橋; 16.35km, 黒川橋; 15.9km, 弥次郎橋; 15.13 km, 旗針橋; 12.8km, 大塩橋; 11.8km, 黒田川合流点; 11.77km, 新大塩橋; 11.7km, 新豊富橋; 10.0km, 豊富橋; 9.66km, 中野川橋; 8.0km, 黒川橋; 6.3km, 新田橋; 2.6km, 三蔵川合流点; 1.2km, 樋世原橋; 0.4km, 余笹川合流点; 0.0km である。

Fig. 2 をもとにして、河道の深さが場所によってそれほど変わらないことを前提 (実際にそのようになっている) にして、各河川の河道勾配を計算した。余笹川と黒川との合流点からの河道累加距離に対する各河川の河道勾配を Fig. 3 に示す。図から次のことがわかる。余笹川の河道勾配は平均的には上流ほど大きくなり、その値は 0.008~0.012 程度である。棒川合流点 (5.3km 地点) を境にして河道勾配が急激に変化していることが注目される。黒川の河道勾配は 0.005~0.014 程度である。黒川の場合には、8~19km 区間において河道勾配が 0.008 以下で、下流よりも小さくなっていることが注目される。この区間は中野川橋から大昭橋までの区間である。20km より上流の区間においては、河道勾配が相対的に大きくなっており、その値は余笹川の上流側の河道勾配と同程度である。

各河川の谷底平野の幅は場所ごとに変化している。余笹川と黒川との合流点からの河道の累加距離に対する各河川の谷底平野の幅を示すと、Fig. 4 のようにな

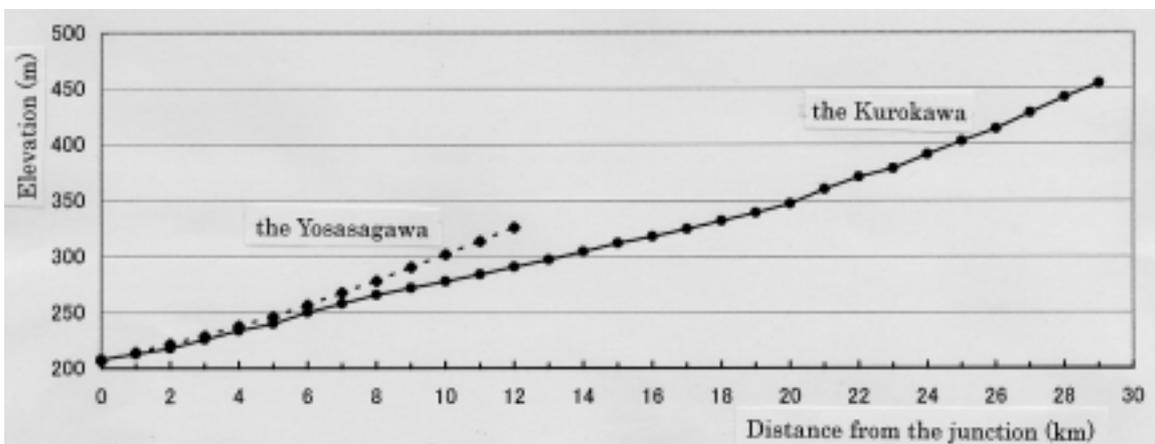


Fig.2 Longitudinal profile of the Yosasagawa River and the Kurokawa River

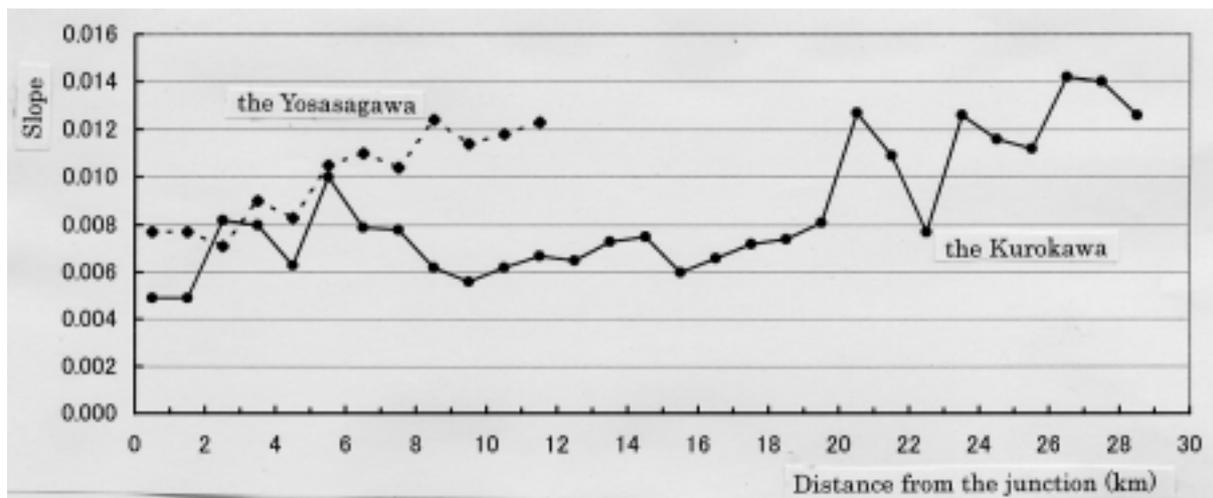


Fig.3 The variation of slope of river channel

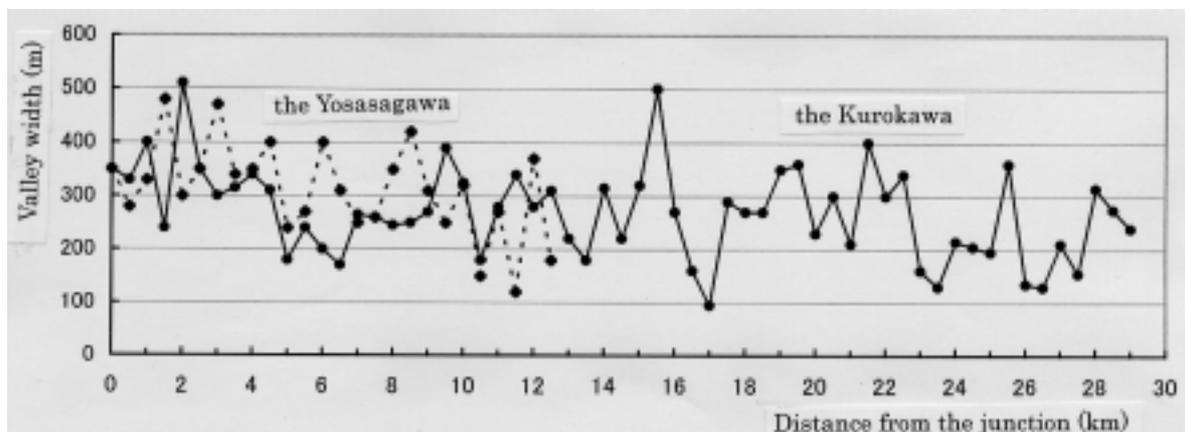


Fig.4 The variation of valley width

る。各地点の谷底平野の幅は、航空写真から読み取ったものである。図から、谷底平野の幅は周期的に変化しており、大局的に見ると各河川の上流側ほど谷底平野の幅が小さくなっていることがわかる。谷底平野の幅の変化の周期は平均的には1.5km程度であるが、両河川とも上流ほど周期が小さくなっている。また、余笹川の6.0km地点よりも下流においては、その周期が一定の値になっていることが注目される。

航空写真から、両河川ともそれらの周期は河道の蛇行の周期とほぼ対応しており、河道の蛇行の周期は谷の蛇行の周期とほぼ対応していることがわかる。このことから、蛇行する河川の洪水流が現在の谷の地形を形成したと考えられる。黒川の場合に、下流部であるにもかかわらず、5.0~6.5km区間で谷底平野の幅が200m前後と極端に小さくなっていることが注目される。Fig. 3から、これに対応する5.5km地点の河道勾配が大きくなっていることがわかる。

上記の事実から、谷底平野の幅と河道勾配とは関連

関係がありそうである。と言うよりもむしろ、谷底平野の幅と谷の勾配との相関が大きいのではないかと考えられる。谷底平野の幅と谷の勾配との関係を、Fig. 5に示す。谷底平野の幅は周期的に変化しているので、点のバラツキは大きいですが、大局的に見ると、両河川とも谷の勾配が大きいほど谷底平野の幅は小さくなることがわかる。谷の勾配が小さい場所では、谷底平野の幅が大きくなっており、洪水の流速も小さいため河川を制御しやすいので、土地利用が進み、集落も形成されやすいと言える。後述するように、今回の洪水では、このような場所が大きな被害を受けた。

白河および大田原の1/50,000の古い地図によって、黒川の河道変遷を検討した。明治42年の地図と平成6年(白河)および平成8年(大田原)とを比較すると、河道には約85年間にほとんど大きな変化がないことがわかった。ただし、例外は大塩橋上流において災害前の12.0~12.4km区間と12.6~12.9km区間で河川改修によって古い蛇行河道が直線化されたことである。

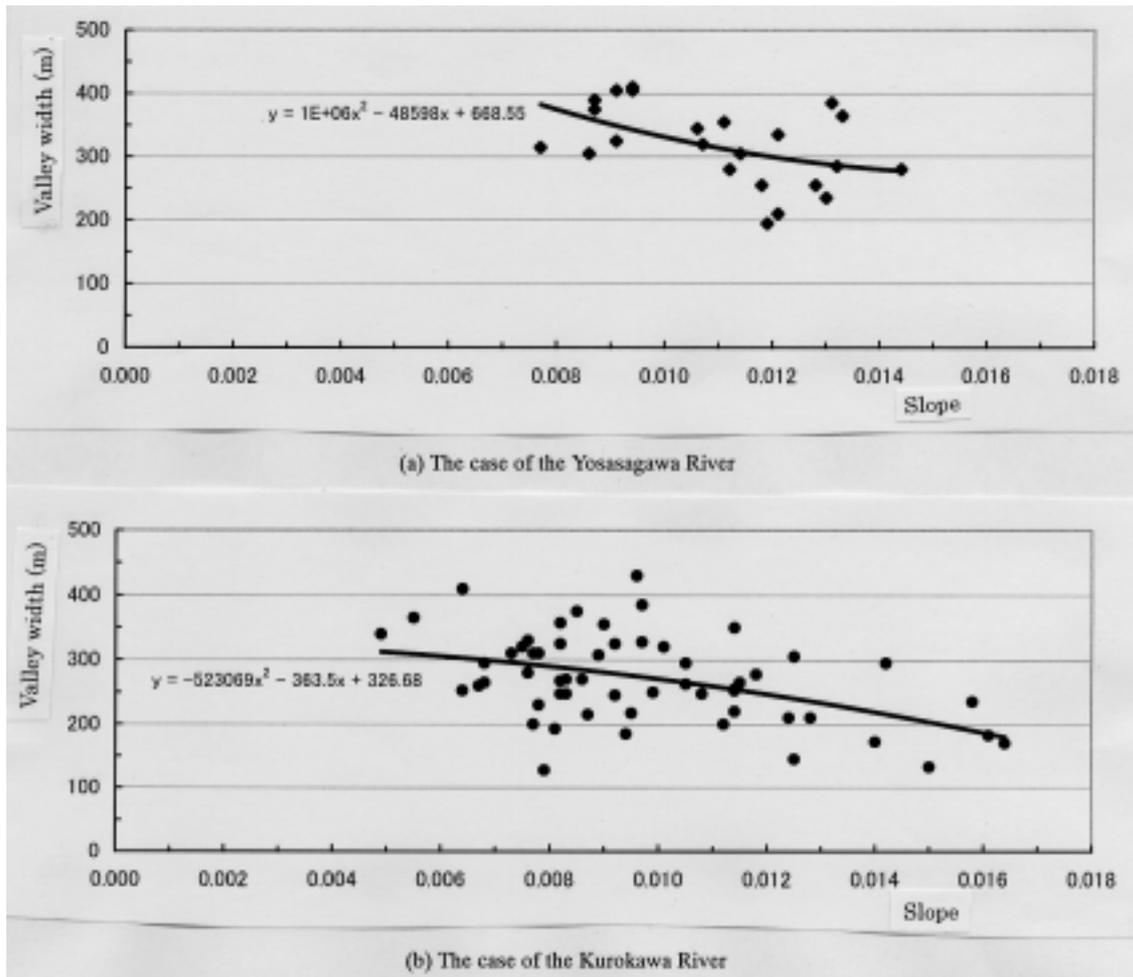


Fig.5 The relation between valley slope and valley width

約 85 年間で最も大きいのは、これらの変化である。
Photo 1 に上記の災害前の河道と明治 42 年の河道位置
 (太い破線で示す) を示す。余笹川の河道変遷に関し
 ては、前報で述べた。これらの事実から、一部の例を
 除くと、災害前の両河川の河道の位置は自然の状態に
 近く、ほとんど人工が加わっていないと考えられる。

2.2 水害の特徴

余笹川上流的那須観測所においては、時間最大雨量
 が 90mm/hr (27 日 1:00~2:00)、1 日最大雨量が 640mm/
 日、連続雨量 (約 5 日) が 1,254mm という記録的な豪
 雨が発生した。降雨分布としては、流域の上流側で大
 きく、余笹川の高津橋と黒川の境橋を結ぶ線より上流
 では時間最大雨量が 80mm/hr 以上、1 日最大雨量が
 500mm/日以上、連続雨量 (約 5 日) が 800mm 以上であ
 った。

「一級河川那珂川水系 余笹川災害復旧事業計画
 書 (一定災)」(栃木県, 1999) によると、上記の降雨

による余笹川における洪水のピーク流量は、四ツ川合
 流点 (12.7km 地点) より上流で 1,340m³/sec、四ツ川
 合流点から棒川合流点までの区間 (5.3~12.7km 区間)
 で 1,720m³/sec、棒川合流点から黒川合流点までの区
 間 (0.0~5.3km 区間) で 1,740m³/sec と推定されてい
 る。一方、「一級河川那珂川水系 黒川災害復旧全体計
 画書」(栃木県, 1999) によると、黒川における洪水の
 ピーク流量は、板敷川合流点 (17.2km 地点) より上流
 で 680m³/sec、黒田川合流点から三蔵川合流点までの
 区間 (1.2~11.8km 区間) で 810m³/sec、三蔵川合流
 点から余笹川合流点までの区間 (0.0~1.2km 区間) で
 1,360m³/sec と推定されている。

災害前の余笹川の河道の平均的な流下能力 (堤防満
 杯流量) は、四ツ川合流点より上流で 270m³/sec、四
 ツ川合流点から棒川合流点までの区間で 400m³/sec、
 棒川合流点から黒川合流点までの区間で同じく 400m³
 /sec となっている。黒川の場合の流下能力は、板敷川
 合流点より上流で 140m³/sec、黒田川合流点から三蔵

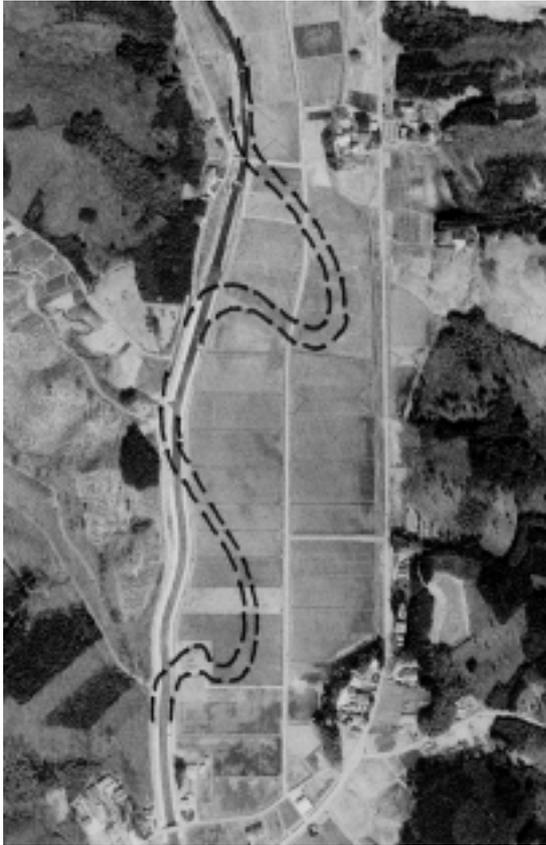


Photo 1 Aerial photograph taken before the flood in upstream area of Ohsio bridge

川合流点までの区間で $250\text{m}^3/\text{sec}$ 、三蔵川合流点から余笹川合流点までの区間で $360\text{m}^3/\text{sec}$ となっている。

本研究において調査の対象とした区間においては、洪水流量が河道の平均的な流下能力の4倍前後の大きな値になったことが注目される。このような洪水は、余笹川流域の上流から下流までいたる所で大規模な氾濫をひき起こしたであろうと推察される。

余笹川流域においては谷底平野が火山性の堆積土

砂に覆われているため、このような洪水流によって流路幅が大きく拡大され、氾濫流によって堤内地に新流路が形成されて、大きな被害が発生した。

前報では、黒川の合流点から上流の余笹川の河道湾曲部における新流路の形成について検討し、河道の湾曲部で湾曲頂点付近の河道幅が小さい場合には堤内地に顕著な新流路が形成され、湾曲頂点付近の河道幅が大きい場合には新流路が形成されないことを明らかにした。

ここでは、上記の内容をさらに突っ込んで検討する。前報では新流路の形成に関係するのは河道幅であるとして定性的に述べていたが、余笹川の河道周辺の土地利用状況と水害の発生状況を関係づけて検討すると、河道周辺で樹木なども繁っているような場所も含めた河川領域と見なせる範囲の規模が大きい場合には災害が軽微なものになっていることがわかった。このような広い河川領域は、湾曲部などにおいて河道が移動した後にできる低地が利用されずに置かれている場合に形成されると考えられる。航空写真から読み取った余笹川の河川領域の幅の変化を示すと、Fig.6 のようになる。

図においては、河道の湾曲の頂点付近に矢印がつけられている。矢印がない場所は、河道が直線的か、湾曲が緩い場合であり、10.6km 地点より上流では河道の湾曲が緩いので矢印はない。矢印の上のA, B, Cは新流路の形成状況を意味する。すなわち、堤内地に顕著な新流路が形成されて大きな被害が発生した場合をA、堤内地が洗掘されて中程度の被害が発生したが、顕著な新流路の形成がない場合をB、堤内地に新流路が形成されずに被害が小さかった場合をCとして、新流路の形成状況を3段階に分けて示した。

図において、棒川合流点は5.3km 地点にあるが、ここを境にして上下流で土地利用のあり方も水害の発生状況も大きく異なることが注目される。

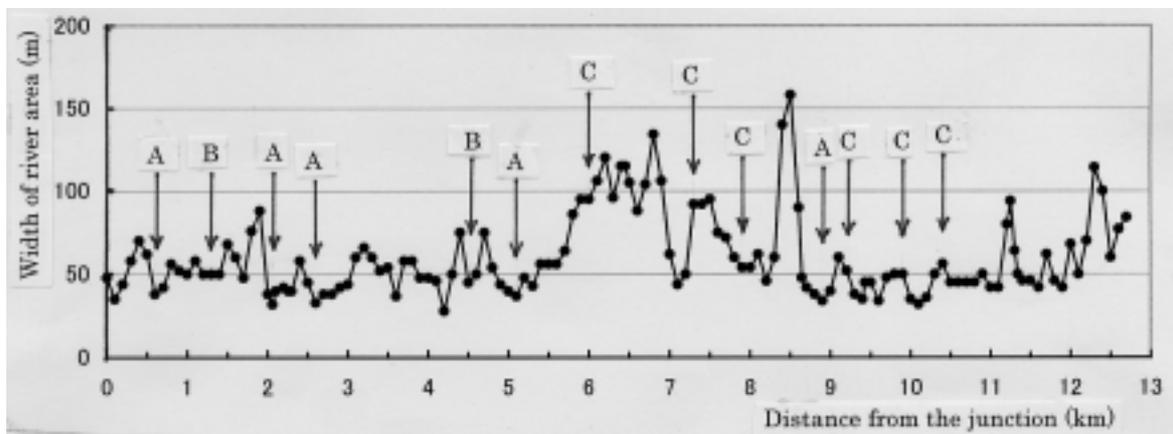


Fig.6 The variation of width of river area in the investigated section of the Yosasagawa River

棒川合流点より下流では、湾曲頂点付近の河川領域の幅がその上下流の河道直線部の河川領域の幅よりも小さくなっている。また、大局的に見ると、河川領域の幅の変化が小さいことがわかる。

一方、棒川合流点より上流では、湾曲頂点付近の河川領域の幅は、その上下流の河道直線部の河川領域の幅よりも大きくなっている場合が多く、そのようでない場合でも、8.9km 地点付近の湾曲部を除くと、湾曲頂点付近の河川領域の幅は50m以上の大きな値になっている。また、河川領域の幅の変化が大きい。

これらの実態は土地利用の状況を表わすものと考えられ、棒川合流点より上流では土地利用が遅れており、棒川合流点より下流では土地利用が進んでいると言える。土地利用に関しては、黒川の場合と合わせて後述する。

図から、湾曲頂点付近の河川領域の幅が50mよりも大きい場合には堤内地に新流路が形成されずに被害が小さく、その幅が40~50m程度の場合には堤内地が洗掘されて中程度の被害が発生したが、顕著な新流路の形成がなく、その幅が40m以下の場合には堤内地に顕著な新流路が形成されて大きな被害が発生したことがわかる。新流路の形成と被害の状況が湾曲頂点付近の河川領域の幅の大、中、小によく対応していると言える。前報で指摘したように、今回の洪水では、湾曲部河川領域内の内岸側の河床が洪水流によって洗掘されて河川の流下能力が増大したから、湾曲頂点付近の河川領域の幅が大きい場合には被害が小さくなったのである。

一方、黒川の場合には上記の余笹川の水害の発生状況と基本的には類似した被害状況が発生したが、相違点もあった。これについては後述することとする。

2.3 研究の方法

本研究においては、余笹川の場合には四ツ川合流点から黒川合流点までの約13km、黒川の場合には境橋(28.8km 地点)付近から余笹川合流点までの約29kmの区間を調査対象範囲とした。これらの区間では谷底平野が広がっており、今回の洪水によって住宅や農地に大きな被害が発生した。Fig.1においては、調査対象範囲の両端に○がつけられている。

現地調査としては、1998年11月8日に予備調査、2001年12月11日から14日までの4日間に詳細な調査、2003年3月6日に補足調査を行った。現地調査においては、各調査地点で災害前後の航空写真と災害関連資料や論文に掲載されている洪水時の写真を参照して、水害の実態と治水対策について検討した。

現地調査後の研究においては、災害前後の航空写真を立体視することによって比較しながら、水害の実態

を詳細に検討した。なお、災害前の航空写真は1996年3月に撮影されたもの、災害後の航空写真は1998年9月10日に撮影されたものである。

また、古い5万分の1の地図を用いて、余笹川の河道変遷について調べた。検討に用いた地図は、「白河」および「大田原」で、明治43年5月(明治42年製版)のものから平成6年あるいは平成8年発行のものまでの間の合計11~13種類であった。

研究の進め方について述べると、まず、前報で明らかにした余笹川の河道湾曲部における新流路の形成の問題について再整理した。この際に、湾曲頂点付近の河川領域の幅と新流路の形成との関係を重視した。このために、災害前の航空写真を立体視して災害前河道の河川領域を確定し、調査範囲の河川領域の幅を100m間隔で読み取った。

次いで、黒川の災害後の航空写真を立体視して河道の側方侵食や新流路の形成状況を把握し、河道湾曲部における新流路の形成に伴う災害が重要であることを明らかにした。

さらに、黒川の26箇所の河道湾曲部で、新流路の形成と被害の状況を先述のA、B、Cの3段階に分けて評価し、それぞれが湾曲頂点付近の河川領域の幅の小(30m以下)、中(30~50m)、大(50m以上)に対応するかどうかを調べた。

最後に、被害の発生状況の地域特性について整理し、その地域特性が土地利用のあり方や土地利用の背景にあるそれぞれの河川区間の自然条件とどのように関係しているかを検討し、それを通じて余笹川と黒川の流域の特徴についても考察を加えた。

なお、黒川の場合には被害の発生状況の地域特性や各河川の河道勾配などの自然条件、さらには交通などの社会条件を考慮して、上流から①境橋付近からJR橋までの区間(20.3~29.0km 区間) ②JR橋から豊富橋までの区間(9.7~20.3km 区間) ③豊富橋から余笹川合流点までの区間(0~9.7km 区間)の3区間に分けて水害実態について述べることにした。

3. 黒川の水害の実態

以下に述べる水害実態に関しては、河道湾曲部における被害の発生状況を重視して記述した。この場合には被害の発生が軽微なものについても説明を加えた。ただし、湾曲が緩い場所については被害が小さいので、多くの場合に記述を省略した。住宅の被害については、住宅が流失した場合について記述し、浸水しただけの場合には記述を省略した。その他、河道湾曲部でない場合でも、新流路が形成されたり、堤内地が侵食されて、大きな被害が発生した場合には説明を加えた。

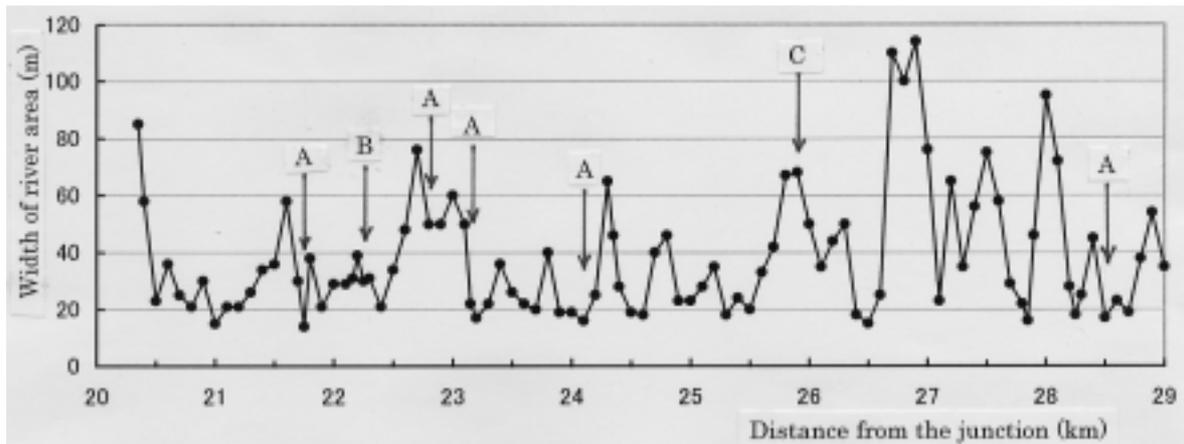


Fig.7 The variation of width of river area in the investigated section (20.3~29.0km) of the Kurokawa River

3.1 境橋付近からJR橋までの区間

先に余笹川の水害の発生状況について検討したが、河川領域の幅と河道の湾曲が水害の発生に重要な意味を持つことがわかった。水害実態に関して述べる前に、黒川の境橋付近からJR橋までの区間(20.3~29.0km区間)の河川領域の幅の変化をFig.7に示す。図においては、余笹川の場合と同様に河道の湾曲の頂点付近に矢印がつけられている。矢印がない場所は、河道が直線的か、湾曲が緩い場合である。矢印の上のA, B, Cは、先と同様に河道湾曲部における新流路の形成と被害の状況を表わす。図から、この区間においては河川領域の幅の変化が大きいのことがわかる。

また、湾曲頂点付近の河川領域の幅がその上下流の河道直線部の河川領域の幅よりも小さくなっている場合が4ケース、大きくなっている場合が3ケースである。河道湾曲部における水害の発生状況については、Aが5ケース、Bが1ケース、Cが1ケースである。

1) 29.0km 付近

右岸側の住宅が浸水、左岸側の住宅が流失した。ここでは、河道は直線的である。

2) 境橋下流の右湾曲区間 (28.3~28.8km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅(17m)が極端に小さくなっていた。農地の洗掘は堤内地深くまで及び、その境界は旧流路であった。

以下においては、河道湾曲部をショートカットする流れによる被害状況を、先述のA, B, Cの3段階に分けて評価することとした。

この区間の災害の状況をAと評価した。

この区間周辺の災害の状況をPhoto 2に示す。写真は実長の1/10,000に縮尺されており、写真においては災害前の河道の位置が太い実線で示されている。流れ

は紙面の上方から下方に向かっている。以下の災害に関する写真の説明は、同様である。

3) 26.4~27.5km 区間

Fig.7に見られるように、ここは黒川で河川領域の幅(100~110m)が最大であり、河川の制御が困難な場所であるようである。河道勾配は0.014(1/70)程度であり、調査区間で最も河道勾配が大きい。ここでは、旧河道を含む河川領域を洪水が流下し、堤内地や河道側方の侵食も進み、広い農地が河原に変えられた。この区間内の谷底平地には住宅はない。この区間周辺の災害の状況をPhoto 3に示す。

4) 栢福橋上流の右湾曲区間 (25.7~26.1km 区間)

ここでは、河道の屈曲がきつかったが、河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅(68m)が大きかったので、湾曲部内岸側の堤内地の被害は小さかった。

上記の災害の状況をCと評価した。



Photo 2 Aerial photograph taken after the flood in downstream area of Sakai bridge



Photo 3 Aerial photograph taken after the flood around 26.4 ~ 27.5km section

5) 上黒川橋 (25.5km) 付近

小さい湾曲の外岸側で、黒川地区の集落内の住宅が流失した。

6) 東北自動車道橋梁下流の左湾曲区間 (24.0~24.3km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって左岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (16m) が極端に小さくなっていた。

上記の災害の状況をAと評価した。

7) 新幹線橋梁上流の右湾曲区間 (23.1~23.3km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (22m) が極端に小さくなっていた。この区間周辺の災害の状況を Photo 4 に示す。

上記の災害の状況をAと評価した。

8) 新幹線橋梁上流から新幹線中間橋梁までの右湾曲区間 (22.6~23.0km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (50~60m) が大きかったが、河川領域内に樹木が繁っていたために洪水の流下を阻害したものと考えられる。河川領域内の樹木は洪水後も残っていた。この区間周辺の災害の状況は Photo 4 に示されている。

上記の災害の状況をAと評価した。

9) 新幹線中間橋梁から下流橋梁までの左湾曲区間 (22.1~22.4km 区間)

ここでは、河道湾曲部をショートカットする氾濫流によって左岸側堤内地がかなり洗掘されたが、顕著な



Photo 4 Aerial photograph taken after the flood around the New Tohoku Line bridge

新流路は形成されなかった。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅 (31m) はそれほど小さくなかった。この区間周辺の災害の状況は Photo 4 に示されている。

上記の災害の状況をBと評価した。

10) 新幹線橋梁下流の左湾曲区間 (21.6~21.8km 区間)

この河道湾曲部の規模は小さい。河道湾曲部をショートカットする流れによって左岸側堤内地に小規模ではあるが、顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (14m) が極端に小さくなっていた。

上記の災害の状況をAと評価した。

11) J R橋上流の直線的河道区間 (20.5~21.0km 区間)

河川領域の幅 (20~30m) が小さくなっていたために、河道の側方侵食が進んだ。

3.2 J R橋から豊富橋までの区間

黒川の J R橋から豊富橋までの区間 (9.7~20.3km 区間) の河川領域の幅の変化を Fig. 8 に示す。図から、この区間においては河川領域の幅の変化が相対的に小さいことがわかる。

また、湾曲頂点付近の河川領域の幅がその上下流の河道直線部の河川領域の幅よりも小さくなっている場合が5ケース、大きくなっている場合が5ケースである。河道湾曲部における水害の発生状況については、Aが5ケース、Bが5ケース、Cはなかった。

1) J R橋下流の河川領域の幅が大きい区間 (19.8~20.3km 区間)

Fig. 8 に見られるように、ここは河川領域の幅 (80~100m) が大きく、河川の制御が困難な場所であるようである。河道勾配が 20.5km 地点の 0.013 (1/80) か

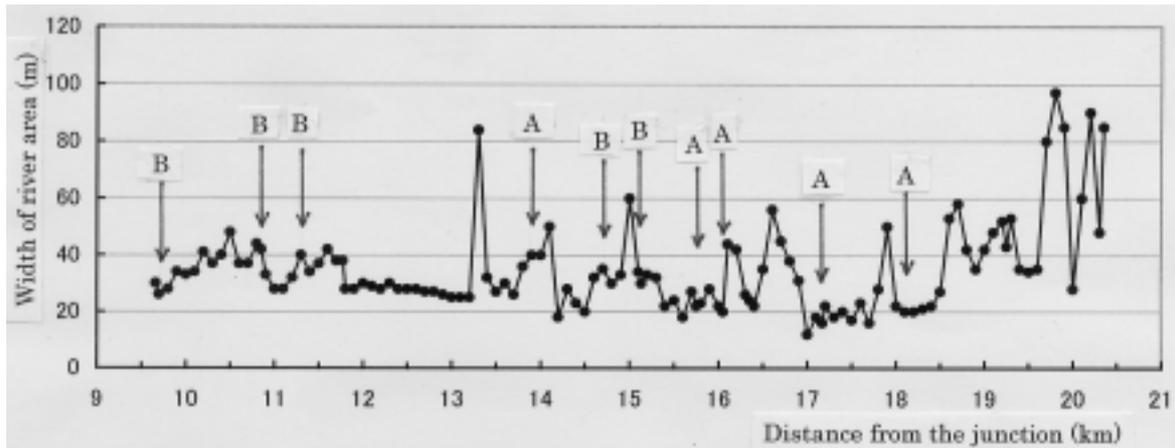


Fig.8 The variation of width of river area in the investigated section (9.7 ~ 20.3km) of the Kurokawa River

ら 19.5 km 地点 0.008 (1/120) へと急激に小さくなる変化点に当る。ここでは、河道周辺の農地の整備が遅れていたが、洪水がそのような農地を広く侵食して広い河原ができた。この区間周辺の災害の状況を **Photo 5** に示す。

2) 大昭橋上下流区間 (18.9~19.3km 区間)

この周辺では、農地の被害は大きくないが、洪水の氾濫によって左岸側の水原地区の集落内の住宅 (19.0km 地点および 19.3km 地点) が流失した。ここでは河道は緩やかに左へ湾曲している。18.8km 付近と 19.0~19.2km 区間の河川領域内に樹木が繁っていたために洪水の流下を阻害し、大量の洪水を氾濫させたと考えられる。河川領域内の樹木は洪水後も残っていた。

3) 豊原橋下流の右湾曲区間 (18.0~18.4km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地に大小幾筋もの新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (20m) が極端に小さくなっていた。

上記の災害の状況を A と評価した。

4) 成沢地区の左湾曲区間 (17.0~17.3km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって左岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (16m) が極端に小さくなっていた。

上記の災害の状況を A と評価した。

5) 無名橋下流の右湾曲区間 (15.9~16.2km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (20m) が極端に小さくなっていた。この区間周辺の災害の状況を **Photo 6** の上方に示す。

上記の災害の状況を A と評価した。

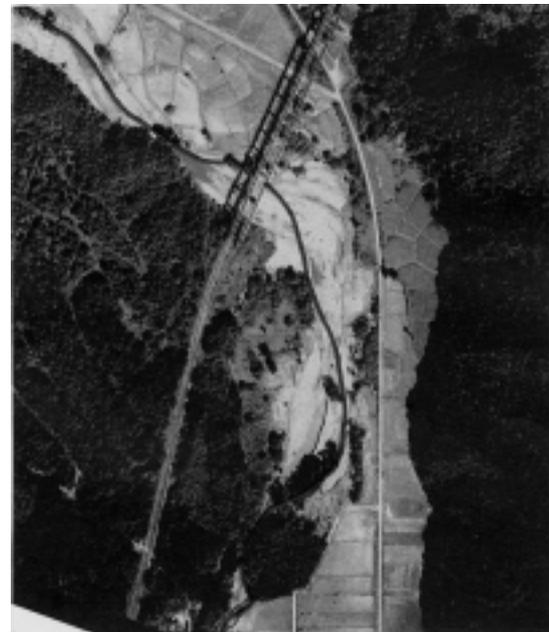


Photo 5 Aerial photograph taken after the flood in downstream area of JR line bridge

6) 黒川橋下流の左湾曲区間 (15.5~15.9km 区間)

河道湾曲部をショートカットする流れによって左岸側堤内地に顕著な新流路が形成された。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (22m) が極端に小さくなっていた。この区間周辺の災害の状況は **Photo 6** に示されている。

上記の災害の状況を A と評価した。

なお、ここで形成された新流路を流下した流れが、**Photo 6** の中ほどに見られるように、15.4~15.6km 区間の右岸側の農地を侵食してかなりの被害を与えた。

7) 弥次郎橋付近の右湾曲区間 (14.9~15.3km 区間)

ここでは、河道湾曲部をショートカットする氾濫流

によって右岸側堤内地がかなり洗掘されたが、顕著な新流路の形成には至らなかった。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅（34m）はそれほど小さくなかった。この区間周辺の災害の状況は **Photo 6** の下方に示されている。

上記の災害の状況をBと評価した。

8) 弥次郎橋下流の左湾曲区間（14.6～14.9km 区間）

ここでは、河道湾曲部をショートカットする氾濫流によって左岸側堤内地がかなり洗掘されたが、顕著な新流路の形成には至らなかった。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅（30m）はそれほど小さくなかった。

上記の災害の状況をBと評価した。

9) 14.4～14.9km 区間の左湾曲部

ここでは、河道湾曲部の外岸側へ直進しようとする流れが、14.5～14.7km 区間の外岸側の農地を侵食して規模の小さい新流路を形成して、かなりの被害を与えた。

10) 14.1～14.3km 区間

ここでは、河道の湾曲は緩く、河道は直線的であるが、河道の側方の侵食と左岸側への氾濫流によって、堤内地がかなり侵食された。14.2km 付近と 14.0～14.1km 区間の河川領域内に樹木が繁っていたために洪水の流下を阻害し、洪水を氾濫させたと考えられる。河川領域内の樹木は洪水後も残っていた。

11) 13.6～14.0km 区間の右湾曲部

河道湾曲部をショートカットする流れによって右岸側堤内地は広く洗掘されて新流路が部分的に形成され、大量の洪水が流下した。ここでは、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅（40m）が比較的大きかったが、河川領域内に樹木が繁っていたために洪水の流下を阻害して大きな被害が発生したのと考えられる。河川領域内の樹木は洪水後も残っていた。この区間周辺の災害の状況を **Photo 7** に示す。

上記の災害の状況をAと評価した。

12) 旗鉾橋上下流区間（12.6～13.4km 区間）

この区間では、河道の湾曲は緩く、河道は直線に近いが、区間の上流側では河道が大きく側方侵食されて流路の位置が変わり、下流側では顕著な新流路が形成された。この区間周辺の災害の状況を **Photo 8** に示す。この区間の河道は最近改修されており、河川領域内に樹木はなく、**Fig. 8** に見られるように、改修部の河川領域の幅（25～28m）が小さくなっていることが注目される。ただし、この区間の最上流部には、**Photo 8** の上方に見られるように、左岸側に広い樹林地がある。

Fig. 8 において、13.3km 地点で河川領域の幅が極端に大きくなっているのはこのためであり、樹林地の境界は旧河道であったと考えられる。上記の区間下流側で形成された新流路（**Photo 8** の下方に見られる）に関



Photo 6 Aerial photograph taken after the flood around the Kurokawa bridge and Yajiro bridge



Photo 7 Aerial photograph taken after the flood around 13.6～14.0km section

しては、その上流側の流入部分が先に **Photo 1** に示した明治42年の河道とほぼ一致することが注目される。前報で指摘したように、黒川においても新流路の形成が旧河道の存在と深く関わっていることが注目される。



Photo 8 Aerial photograph taken after the flood around Hatahoko bridge

13) 新大塩橋下流の左湾曲区間 (11.4~11.7km 区間)

ここでは、河道湾曲部をショートカットする氾濫流によって左岸側堤内地が少し洗掘されたが、新流路は形成されなかった。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅 (40m 程度) は比較的大きく、湾曲は緩かった。

14) 新大塩橋下流の右湾曲区間 (11.0~11.5km 区間)

この区間の右岸側の湾曲内岸の堤内地の中ほどにかなり広い範囲の樹林地があり、河道湾曲部をショートカットする流れによって堤内地が洗掘されることを防いだため、堤内地が側方侵食されたが、新流路は形成されなかった。河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (32m) が比較的小さかったが、上記の樹林地の効果と、

この場所では農地の整備が遅れていて、湾曲部の内岸側堤内地の地盤高が河道周辺で低くなっており、その部分を洪水が侵食して河道の流下能力が増したため、堤内地を流れる流量が減少して被害が小さくなったと考えられる。

上記の災害の状況を B と評価した。

なお、この区間における被害の状況は堤内地が広く洗掘されたり、新流路が形成されたりする状況とは異なるが、堤内地が側方侵食されてかなりの被害が発生したため、B と評価した。以下においても、河道湾曲部において同様の側方侵食によってかなりの被害が発生した場合を、B と評価することとする。

15) 10.7~11.0km 区間の左湾曲部

ここでは、河道湾曲部をショートカットする氾濫流によって左岸側堤内地がかなり洗掘されたが、顕著な新流路の形成には至らなかった。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅 (42m) は比較的大きかった。

上記の災害の状況を B と評価した。

16) 豊富橋上下流の右湾曲区間 (9.3~10.0km 区間)

河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅 (26m) が小さかったが、この区間の右岸側の湾曲内岸の堤内地を豊富橋から北東方向に向かう道路があり、この道路が周辺の農地よりも高く、河道湾曲部をショートカットする流れの勢いを小さくしたために、堤内地に新流路は形成されなかった。右岸側の湾曲内岸の堤内地が側方侵食されただけであった。

上記の災害の状況を B と評価した。

3.3 豊富橋から余笹川合流点までの区間

黒川の豊富橋から余笹川合流点までの区間 (0~9.7km 区間) の河川領域の幅の変化を Fig. 9 に示す。図から、この区間においては河川領域の幅の大きい区間が 4 箇所あることがわかる。

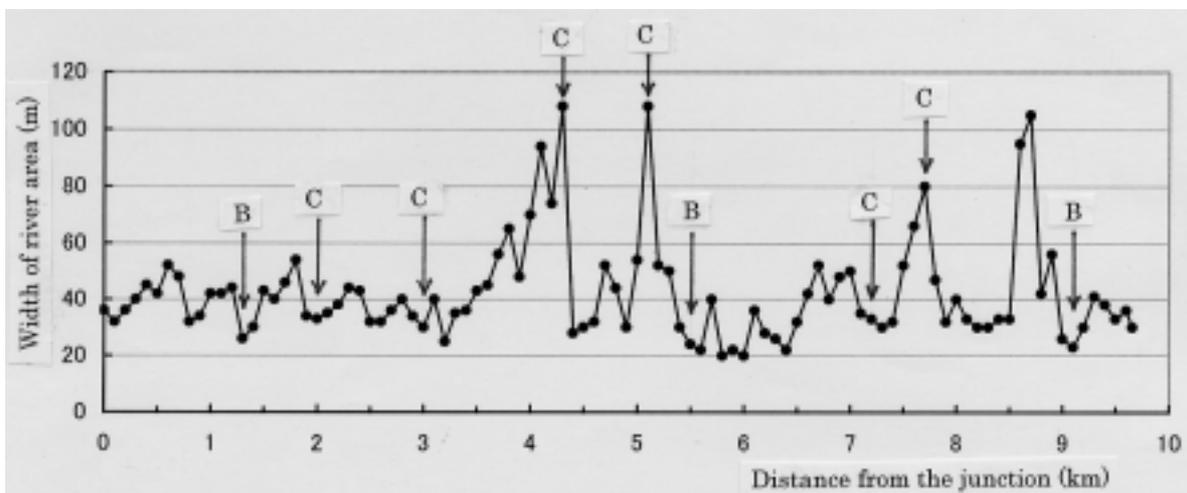


Fig.9 The variation of width of river area in the investigated section (0.0~9.7km) of the Kurokawa River

また、湾曲頂点付近の河川領域の幅がその上下流の河道直線部の河川領域の幅よりも小さくなっている場合が6ケース、大きくくなっている場合が3ケースである。河道湾曲部における水害の発生状況については、Aはなく、Bが3ケース、Cが6ケースである。

1) 豊富橋下流の左湾曲区間 (8.9～9.3km 区間)

この場所では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(23m)が小さい。周辺の農地はある程度整備されていたが、湾曲部の内岸側堤内地で河道に沿う帯状の農地は整備が遅れており、その地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が侵食して河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地が側方侵食されたが、新流路は形成されなかった。

上記の災害の状況をBと評価した。

2) 中野川橋上流の左湾曲区間 (8.0～8.6km 区間)

この区間では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(30m)が比較的小さくなっていたが、河道の湾曲が緩かったために農地の洗掘もなく、被害が小さくなった。

3) 中野川橋下流の右湾曲区間 (7.4～7.9km 区間)

ここでは、河道の屈曲がきつかったが、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(80m)が大きかったので、湾曲部内岸側の堤内地の被害は小さかった。この区間周辺の災害の状況を **Photo 9** に示す。

上記の災害の状況をCと評価した。

4) 中野川橋下流の左湾曲区間 (6.7～7.4km 区間)

この区間では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(33m)が相対的に小さい。周辺の農地の整備が遅れており、湾曲部の内岸側堤内地の河道に沿う帯状の農地は地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が流下して河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、新流路は形成されず、堤内地が僅かに側方侵食されただけであった。この区間周辺の災害の状況は **Photo 9** の下方に示されている。

上記の災害の状況をCと評価した。

5) 黒川橋下流の左湾曲区間 (5.3～5.7km 区間)

この区間では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(24m)がかなり小さくなっていた。また、周辺の農地の整備が遅れており、湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地は地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が侵食して河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地が側方侵食されたが、新流路は形成されなかった。

上記の災害の状況をBと評価した。

6) 4.8～5.3km 区間の右湾曲部

この区間では、河道の屈曲がきつかったが、河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅(108m)が大きかったため、湾曲部内岸側の堤内地の被害は小さかった。

上記の災害の状況をCと評価した。



Photo 9 Aerial photograph taken before the flood in downstream area of Nakanogawa bridge

7) 4.1～4.5km 区間の左湾曲部

ここでは、河道の屈曲がきつかったが、河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅(108m)が大きかったため、湾曲部内岸側の堤内地の河道沿いの農地が僅かに侵食されたが、被害は小さかった。

上記の災害の状況をCと評価した。

8) 3.1～3.4km 区間の左湾曲部

ここでは、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(25m)がかなり小さくなっていたが、河道の湾曲が緩かった。また、農地の整備が遅れており、湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地は地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が侵食して流下したが、被害は小さかった。

9) 新田橋上流の右湾曲区間 (2.7～3.1km 区間)

この区間では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(30m)が比較的小さくなっていた。また、周辺の農地の整備が遅れており、湾曲部の内岸側堤内地の河道に沿う帯状の農地は地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が流下して河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地が僅かに侵食されたが、被害は小さかった。

上記の災害の状況をCと評価した。

10) 三蔵川合流点上流の左湾曲区間 (1.5～2.3km 区間)

この湾曲は規模が大きい。河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(33～35m)が比較的小さかった。周辺の農地はある程度整備されていたが、湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地は整備が遅れており、その地盤高

が低くなっていた。その部分を洪水が流下して河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地が僅かに侵食されただけであった。この区間周辺の災害の状況を **Photo 10** に示す。

上記の災害の状況を C と評価した。

11) 三蔵川合流点上下流の右湾曲区間 (1.0~1.4km 区間)

ここでは、河道の湾曲がきつくと、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅 (26m) が小さかった。農地はある程度整備されていたが、湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地は整備が遅れており、その地盤高が低くなっていた。その部分のかなりの範囲を洪水が侵食した。これにより、河道周辺の流下能力が増したため、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地が側方侵食されたが、河道湾曲部をショートカットするような新流路は形成されず、被害がそれほど大きくならなかった。この区間周辺の災害の状況は上述の **Photo 10** の下方に示されている。

上記の災害の状況を B と評価した。

4. 黒川の水害の特徴

4.1 水害の概要

まず初めに、住宅の流失が 3 箇所が発生したことが注目される。

次に、河道湾曲部における被害が圧倒的に多かったことが指摘できる。しかも、河道湾曲部をショートカットする流れによる被害がほとんどである。調査区間においては、深刻な被害が 10 箇所、中程度の被害が 9 箇所が発生した。例外として、14.4~14.9km 区間の左湾曲部では、湾曲外岸側へ直進しようとする流れが外岸側の農地を侵食して規模の小さい新流路を形成して、かなりの被害を与えた場合もあった。また、河道湾曲部で形成された新流路を流下した流れが直進して下流の堤内地を侵食してかなりの被害を与えた場合もあった。

一方、湾曲が緩い区間においては、例え河川領域の幅が小さかった場合でも被害が小さかったことが特筆される。

河道が直線に近い場所においても被害の大きい箇所が 3 箇所あった。そこでは河川領域の幅が 20~30m と小さかったり、それがある程度大きい場合でも河川領域内に樹木が繁っていたために洪水の流下を阻害して、河道を側方侵食したり新流路を形成して、かなりの被害を与えた。

また、河川の制御が困難な場所があり、そこでは災害前から河川領域の幅が極端に大きかったが、洪水の流下に伴って、堤内地や河道側方の侵食が進み、さら



Photo 10 Aerial photograph taken after the flood around the junction with the Sanzogawa River

に広い堤内地が河原に変えられた。このような場所は 2 箇所あったが、それらは河道勾配が大きい場所か、河道勾配が大きい値から急激に小さくなる変化点に当たっていた。このような場所は、余笹川においては見られなかった。

堤内地の道路や河川領域内の樹木が、河道湾曲部における被害の発生状況に関与したことが注目される。これらに関しては、後述する。

4.2 河道湾曲部における水害の特徴

ここでは、河道湾曲部をショートカットする流れによる被害について述べる。

前章の検討結果に基づいて、黒川の 26 箇所の河道湾曲部に関して、新流路の形成と被害の状況を先述の A, B, C の 3 段階に分けて評価し、それぞれが湾曲頂点付近の河川領域の幅の小 (30m 以下), 中 (30~50m), 大 (50m 以上) に対応するかどうかを整理した。

その結果、被害の状況の A, B, C が湾曲頂点付近の河川領域の幅の小, 中, 大に対応しないケースが 26 箇所のうちほぼ 1/3 に相当する 9 ケースを数えた。余笹川の場合は、13 ケース全てが対応したのに比べて、異なる特徴を示している。黒川の場合の対応しないケ

ースについて検討すると、それらには地域性と特殊性が含まれていることがわかった。

調査区間を3区間に分けて検討結果を整理すると、次のようになる。

1) 境橋付近からJR橋までの区間

合計7ケースのうち、被害状況Aは河川領域幅が小で4ケース、大で1ケース(対応せず)、Bは河川領域幅が中で1ケース、Cは河川領域幅が大で1ケース発生した。

2) JR橋から豊富橋までの区間

合計10ケースのうち、被害状況Aは河川領域幅が小で4ケース、中で1ケース(対応せず)、Bは河川領域幅が中で4ケース、小で1ケース(対応せず)、Cはなかった。

3) 豊富橋から余笹川合流点までの区間

合計9ケースのうち、被害状況Aは発生せず、Bは河川領域幅が小で3ケース(対応せず)、Cは河川領域幅が大で3ケース、中で3ケース(対応せず)発生した。

以上の結果において注目されることは、豊富橋から余笹川合流点までの区間においては、新流路の形成がなく、さらに被害状況と河川領域幅が対応しないケースが多いことである。しかも、対応しないケースはそれらの全てについて被害が小さくなる方にずれている。その理由は、前章で見てきたように、湾曲部河道周辺の土地利用にあると言える。すなわち、これらの場所では農地の整備が遅れている場合が多く、あるいは周辺の農地はある程度整備されている場合もあるが、その場合でも湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地だけは整備されておらず、どちらの場合にも河道周辺の農地の地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が流下する際に、河川領域幅が小さい場合には地盤高が低い農地を侵食することになる。そうすると、河道周辺の流下能力が大きくなるので、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地全体の被害が軽減される。一方、河川領域幅がある程度大きい場合には地盤高が低い農地を侵食することもなく、洪水の水位が上昇して低位農地上を洪水が流下する段階で、やはり河道周辺の流下能力が大きくなる。この場合には、小さい被害で済むことになる。このような土地利用の方法は、今回のような未曾有の超過洪水に対しては絶妙な防災対策の役割を果たしていると言える。このような実態は、今後の治水対策においても活用されるべきであると考え。なお、余笹川の場合にはこのような理由で被害が小さくなったケースはほとんどなかった。

その他の区間では、河道湾曲部における堤内地の道路や河川領域内の樹木が、被害状況と河川領域幅が対応しない理由になっている。

豊富橋付近の右湾曲区間では、河道湾曲部の河川領域の幅が小さかったが、湾曲内岸の堤内地にあった道路が周辺の農地よりも高く、河道湾曲部をショートカットする流れの勢いを小さくしたために、河道湾曲部における被害が小さくなった。この災害発生状況は、JR橋から豊富橋までの区間での合計10ケースのうち、被害状況Bに関して河川領域幅が小で発生した1ケース(対応せず)に対応する。

以下においては、河川領域内の樹木の問題に関して説明を加えることにする。

新幹線橋梁上流から新幹線中間橋梁までの右湾曲区間(22.6~23.0km区間)では、河道湾曲の頂点付近では河川領域の幅(50~60m)が大きかったが、河川領域内に樹木が繁っていたために、洪水の流下を阻害して堤内地に顕著な新流路が形成された。この災害発生状況は、境橋付近からJR橋までの区間での合計7ケースのうち、被害状況Aに関して河川領域幅が大で発生した1ケース(対応せず)に対応する。

また、13.6~14.0km区間の右湾曲部では、河道湾曲の頂点付近の河川領域の幅(40m)が比較的大きかったが、河川領域内に樹木が繁っていたために、氾濫流によって堤内地は広く洗掘されて新流路が部分的に形成され、大きな被害が発生した。この災害発生状況は、JR橋から豊富橋までの区間での合計10ケースのうち、被害状況Aに関して河川領域幅が中で発生した1ケース(対応せず)に対応する。

河川領域内の樹木が洪水の流下を阻害して被害を大きくすることは常識として納得できることである。しかし、余笹川の場合にはこのような理由で被害が大きくなったケースはなかった。余笹川の場合には、むしろ河川領域内の樹林地は洪水によって洗掘されて、多くの樹木が流出した。

この違いがなぜ起こったのかについて考察すると、それは河道勾配によるものではないかと考えられる。先述のFig.3を調べると、新幹線橋梁上流から新幹線中間橋梁までの右湾曲区間の河道勾配は0.008よりも小さく、その上下流の河道勾配と比較すると極端に小さくなっていることがわかる。また、13.6~14.0km区間の右湾曲部の河道勾配も0.008よりも小さくなっている。さらに、14.1~14.3km区間では湾曲は緩く、河道は直線的であるが、河川領域内に繁っていた樹木が洪水の流下を阻害したため、河道が側方侵食され、氾濫流によって堤内地もかなり侵食された。この区間の河道勾配も0.008よりも小さくなっている。

黒川の場合には、今回の洪水では、河道勾配が小さい場合には河川領域内の樹木は流出しなかったため、それが洪水の流下を阻害して被害を大きくしたと考えられる。実際に、JR橋から下流の河道勾配が0.008

よりも小さくなっている約 10km の区間においては、河川領域内の多くの樹木が災害後も残っていたことが災害前後の航空写真から確認できる。一般的にも、河道勾配がある一定の値よりも小さい区間においては、河川領域内の樹木の管理に注意する必要があると言える。

余笹川の場合には、棒川合流点より上流では、河道勾配が 0.01 よりも大きかったため、河川領域内の樹林地が洪水によって洗掘されて樹木が流出した。また、棒川合流点より下流の協和橋下流側の湾曲部では、湾曲部の河道はある程度広がっていたが、河道の内岸側にはかなり広い面積の密な樹林帯があり、流れの障害になっており、この周辺の河道の流下能力はかなり小さかった。しかし、洪水時に時間の経過と共に河道内の樹木や土砂が流失して、河道の流下流量が増加したため、堤内地がかなり洗掘されたが、顕著な新流路の形成には至らず、大きな被害は発生しなかった。ここでは河道勾配が 0.0077 であった。余笹川の場合には、河道勾配がかなり小さい場合でも河川領域内の樹木が洪水被害を大きくする原因とはならなかった。これには、洪水流量も関係すると考えられる。

以上に述べたことと関連して、改修後の河川について述べると、河川領域内にあった樹木は改修後の河道においては完全に取り除かれている。また、河道湾曲部においては、河道湾曲の頂点付近の河道幅が直線部の河道幅よりも大きくなっている場合が多いことが認められた。以上の事柄は、今回の災害の発生状況から考えて改善点であると評価できる。一方、豊富橋から余笹川合流点までの区間においては、地盤高が低い農地を切り取って河道を拡幅したが、このような場所において一律に河道を拡幅したことに 대해서는、検討が必要である。

5. 水害と土地利用

5.1 問題意識の形成過程

前報においては、余笹川の水害の実態を調べた結果、河道の側方侵食や新流路の形成、それに伴う住宅の流失という痛ましい被害が土地利用のあり方と深く関係しており、本来河川領域とするべきところまで農地として利用するという土地利用のあり方が河道の流下能力を小さいものとし、大きな災害を招いたということが明らかになった。とりわけ、湾曲部河道の河道幅の違いによって新流路の形成状況が変わり、湾曲部の河道幅が小さい場合には氾濫流によって内岸側の堤内地に顕著な新流路が形成されて激甚な被害が発生するという問題は、「土地利用と水害」の関係を象徴的に表わしている。

河道湾曲部においては、中小規模の洪水によって河

道の外岸側が侵食されると同時に河道の内岸側には土砂が堆積する。新たに土砂が堆積して高くなった場所を農地として利用することになるが、その場合には次の洪水によって外岸側が侵食されて、ある程度の河道幅が確保される。さらに、次の洪水で外岸側が侵食されると同時に内岸側には土砂が堆積する。このような繰り返しによって、河道は外岸側へ移動する。ところが、湾曲部の外岸側が河岸段丘にぶつかると、その後の洪水によっても外岸側の侵食はほとんど進まず、内岸側の土砂の堆積だけが進むことになる。したがって、必然的に湾曲の頂点付近の河道幅は減少する方向へと向う。この場合に、内岸側の土砂堆積部をどの程度まで利用するかが河道の流下能力を決定し、今回のような未曾有の洪水が発生する場合の被害の大小を決定することになる。今回の洪水においては、湾曲部の河道幅を極端に狭くするような土地利用がなされていた場合に、大きな被害が発生した。

上記の記述は河道湾曲部における災害の問題を単純化して述べたものであるが、余笹川の典型的な水害の実態は上記の通りである。しかし実際には、河道湾曲部の外岸側が必ずしも河岸段丘にぶつかっていない場合もある。余笹川の調査区間のうちの上流側ではこのような場所があり、黒川の調査区間ではこのような場所が多くなっている。2章において述べたように、明治 42 年から平成 8 年の約 85 年間に両河川の調査区間における河道はほとんど移動していないことがわかった。したがって、河道湾曲部の外岸側が河岸段丘にぶつかっていない場合でも、湾曲部の河道幅を狭くするような土地利用がなされる場合もあるのである。

水害の実態を調べていくうちに、次に気がついたことは災害の発生状況に地域的な共通性、あるいは特徴があるということである。具体的に述べると、余笹川の調査区間においては、2.2 節で述べたように、棒川合流点を境にして上下流で土地利用のあり方も水害の発生状況も大きく異なることがわかった。黒川の調査区間においては、4.2 節で述べたように、下流の豊富橋から余笹川合流点までの区間では、新流路の形成がなく、さらに被害状況と河道湾曲の頂点付近の河川領域幅が対応しないケースが多く、対応しないケースはそれらの全てについて被害が小さくなる方にずれていることがわかった。以上の災害の地域性は、河川周辺の農地の整備状況、すなわち土地利用のあり方に共通性があることを示唆している。さらに、河川領域内の樹木が洪水の流下を阻害して被害を大きくした場所は、河道勾配が小さいという自然条件に共通性があることがわかった。自然条件が一定の範囲の地域を特徴づけるから、災害の地域性にも繋がる。河川領域内の樹木が黒川では問題になったが、余笹川では問題にならな

かったということに関しては、両河川の土地利用のあり方もからんでいる。

以下においては、土地利用と水害の地域性および水害の地域性の背景にある流域の自然条件と社会条件について考察する。

5.2 土地利用と水害の地域性

土地利用と水害の地域性を考察するために、余笹川および黒川の調査区間を被害の発生状況の地域特性や各河川の河道勾配などの自然条件、さらには交通などの社会条件を考慮して区分した。

余笹川の場合には棒川合流点（5.3km 地点）を境にして上下流の2区間に区分した。黒川の場合には、境橋付近からJR橋までの区間（20.3～29.0km 区間）、JR橋から豊富橋までの区間（9.7～20.3km 区間）および豊富橋から余笹川合流点までの区間（0～9.7km 区間）の3区間に区分した。

(1) 土地利用の地域性

農地の整備状況を区間ごとに以下の3段階に分けて評価した。評価は災害前の航空写真を用いて行った。

A：よく整備されている。具体的には、河道周辺の谷底平野の農地が長方形の相対的に大きい区画に規則正しく分けられている。

B：ある程度の整備がなされている。具体的には、農地が部分的に整備されており、区画も小さい場合が多い。河道周辺の農地が整備されていない。

C：整備が遅れている。具体的には、標高差や旧河道などの地形が古いまま残された不規則な区画になっている。

農地の整備状況の評価の結果は次のようである。

余笹川：

① 棒川合流点より下流区間：

A；0.0～1.7km 区間，2.6～4.4km 区間，4.7～5.3km 区間，計4.1km（77.3%），

B；4.4～4.7km 区間，計0.3km（5.7%），

C；1.7～2.6km 区間，計0.9km（17.0%）

② 棒川合流点より上流区間：

A；なし，（0.0%），

B；5.3～6.4km 区間，8.7～9.9km 区間，11.5～12.7km 区間，計3.5km（47.3%），

C；6.4～8.7km 区間，9.9～11.5km 区間，計3.9km（52.7%）

全体：A；計4.1km（32.3%），B；計3.8km（29.9%），

C；計4.8km（37.8%）

黒川：

③ 豊富橋～余笹川合流点区間：

A；なし，（0.0%），

B；0.0～2.1km 区間，3.5～4.8km 区間，5.6～6.1km

区間，8.0～9.7km 区間，計5.6km（57.7%），

C；2.1～3.5km 区間，4.8～5.6km 区間，6.1～8.0km 区間，計4.1km（42.3%）

④ JR橋～豊富橋区間：

A；11.8～14.1km 区間，15.0～15.9km 区間，18.5～19.8km 区間，計4.5km（42.4%），

B；9.7～11.0km 区間，11.5～11.8km 区間，14.1～15.0km 区間，15.9～17.2km 区間，計3.8km（35.8%），

C；11.0～11.5km 区間，17.2～18.5km 区間，19.8～20.3km 区間，計2.3km（21.7%）

⑤ 境橋付近～JR橋区間：

A；21.0～22.1km 区間，24.5～25.1km 区間，26.0～26.3km 区間，計2.0km（23.0%），

B；23.1～24.5km 区間，25.1～26.0km 区間，27.0～28.0km 区間，計3.3km（37.9%），

C；20.3～21.0km 区間，22.1～23.1km 区間，26.3～27.0km 区間，28.0～29.0km 区間，計3.4km（39.1%）

全体：A；計6.5km（22.4%），B；計12.7km（43.8%），

C；計9.8km（33.8%）

以上の評価結果から、土地利用の地域性に関する特徴を整理すると、次のようである。

1) 「評価A：よく整備されている」に関しては、余笹川の棒川合流点より下流区間において割合が高く、地域の約77%を占める。次いで黒川のJR橋～豊富橋区間で約42%を占める。逆に、余笹川の棒川合流点より上流区間および黒川の豊富橋～余笹川合流点区間においては、評価Aの区間はない。

2) 「B：ある程度整備されている」に関しては、評価Aの区間がなかった余笹川の棒川合流点より上流区間（地域の約47%）および黒川の豊富橋～余笹川合流点区間（地域の約58%）において割合が高い。

3) 「C：整備が遅れている」に関しては、余笹川の棒川合流点より上流区間（地域の約53%）において割合が高く、次いで黒川の豊富橋～余笹川合流点区間（地域の約42%）において割合が高い。

4) 以上から、農地の整備が進んでいる順番は、余笹川の棒川合流点より下流区間、次いで黒川のJR橋～豊富橋区間、黒川の境橋付近～JR橋区間と続き、黒川の豊富橋～余笹川合流点区間は農地の整備が遅れているが、農地の整備が最も遅れているのは余笹川の棒川合流点より上流区間であると言える。

5) 余笹川全体と黒川全体を比較する場合には、「評価A：よく整備されている」の割合は余笹川の方が高いが、「C：整備が遅れている」の割合も余笹川の方が高いので、どちらの河川の周辺が農地の整備が進んでいるとは言いがたい。むしろ、上記のように地域を小さく区分して評価する方が適当であると言える。

(2) 水害の地域性

余笹川の13箇所、黒川の26箇所の河道湾曲部に関して、新流路の形成と被害の状況を先述のA、B、Cの3段階に分けて、5つの区間ごとに整理した結果は次のようである。

余笹川：

① 棒川合流点より下流区間：

合計6ケースのうち、被害状況Aは4ケース、Bは2ケース発生し、Cは発生しなかった。

② 棒川合流点より上流区間：

合計7ケースのうち、被害状況Aは1ケース発生し、Bは発生せず、Cは6ケース発生した。

全体：合計13ケースのうち、被害状況Aは5ケース、Bは2ケース、Cは6ケース発生した。

黒川：

③ 豊富橋～余笹川合流点区間：

合計9ケースのうち、被害状況Aは発生せず、Bは3ケース、Cは6ケース発生した。

④ J R橋～豊富橋区間：

合計10ケースのうち、被害状況Aは5ケース、Bは5ケース発生し、Cは発生しなかった。

⑤ 境橋付近～J R橋区間：

合計7ケースのうち、被害状況Aは5ケース、Bは1ケース、Cは1ケース発生した。

全体：合計26ケースのうち、被害状況Aは10ケース、Bは9ケース、Cは7ケース発生した。

以上の評価結果から、河道湾曲部における新流路形成と被害状況の地域性に関する特徴を整理すると、次のようである。

- 被害状況Aのみについて見た場合には、黒川の境橋付近～J R橋区間において最も発生割合が高く、次いで余笹川の棒川合流点より下流区間、黒川のJ R橋～豊富橋区間と続く。一方、余笹川の棒川合流点より上流区間での発生は1ケースのみであり、黒川の豊富橋～余笹川合流点区間においては被害状況Aの発生はない。
- 被害状況Cに関しては、余笹川の棒川合流点より上流区間において最も発生割合が高く、次いで黒川の豊富橋～余笹川合流点区間と続く。一方、黒川の境橋付近～J R橋区間での発生は1ケースのみであり、余笹川の棒川合流点より下流区間および黒川のJ R橋～豊富橋区間においては被害状況Cの発生はない。被害状況Aと被害状況Bを合わせた場合の大きな被害が発生した割合は、この逆の関係になる。
- 以上を総合的に判断すると、大きな被害が発生した順番は、余笹川の棒川合流点より下流区間、次いで黒川のJ R橋～豊富橋区間、黒川の境橋付近～J R橋区間と続き、黒川の豊富橋～余笹川合流点区間お

よび余笹川の棒川合流点より上流区間は大きな被害が発生した割合が小さいと言える。

- 余笹川全体と黒川全体を比較する場合には、被害状況Aおよび被害状況Bの発生ケースは黒川の方が多くなっているが、1箇所における被害の規模は余笹川の方が大きいことが指摘できる。

以上の被害の発生状況に加えて、余笹川の棒川合流点より上流区間においては上流側の湾曲部で形成された新流路を流下した流れが直進して下流側の堤内地に新流路を形成した箇所があったこと、黒川のJ R橋～豊富橋区間においては直線的な河道の区間においても被害が発生した箇所が多かったことを考慮に入れる必要がある。

上記の被害の発生状況を加えた場合にも、今回の洪水による被害の発生状況は余笹川流域の区間ごとの土地利用の実態によく対応していると言える。

5.3 水害の地域性の背景にある流域の条件

(1) 自然的条件

2.1節において、両河川の河道勾配と谷底平野の幅について考察した。これらについて上述の5つの区間ごとに整理した。ここで、河道勾配に関しては、黒川の場合には場所的な変化が大きい区間があるので、区間を代表する河道勾配をどのように採るかが困難であるが、次のようにした。豊富橋～余笹川合流点区間の自然条件を特徴づけるのは2.0～8.0km区間の河道勾配であると考えて、その値を0.0063～0.010と評価した。境橋付近～J R橋区間においては、21.5km地点の河道勾配が小さい値は特殊な場所であると考えて、その値を除いてその区間の河道勾配を0.0109～0.0142と評価した。また、谷底平野の幅は周期的に変化しているため、各1周期のうちの幅の大きい値に注目して、ピークの値を隣どうし結んだ線によって、各区間の谷底平野の幅の大小を評価した。整理した結果は次のようである。

余笹川：

① 棒川合流点より下流区間：

河道勾配;0.0071～0.0090, 谷底平野の幅;350～500m

② 棒川合流点より上流区間：

河道勾配;0.0104～0.0124, 谷底平野の幅;300～400m

黒川：

③ 豊富橋～余笹川合流点区間：

河道勾配;0.0063～0.0100, 谷底平野の幅;250～500m

④ J R橋～豊富橋区間：

河道勾配;0.0060～0.0081, 谷底平野の幅;300～500m

⑤ 境橋付近～J R橋区間：

河道勾配;0.0109～0.0142, 谷底平野の幅;200～400m

以上の評価結果から、各区間の自然条件に関する特

徴を整理すると、次のようである。

- 1) 河道勾配が小さい黒川の J R 橋～豊富橋区間と余笹川の棒川合流点より下流区間は、谷底平野の幅も大きい。
- 2) その他の区間は、河道勾配が大きいほど谷底平野の幅が小さくなっている。
- 3) 黒川の豊富橋～余笹川合流点区間は下流部であるにもかかわらず、河道勾配が比較的大きく、谷底平野の幅が小さくなっていることが注目される。

ここで、黒川の河道勾配について考察する。河道勾配に影響するのは流域の地質、大局的な地形に対する河川の流下方向、河道の蛇行の程度などであると考えられるが、黒川の場合には大局的な地形に対する河川の流下方向が重要であると考えられる。Fig. 1 において、図の左上が那須岳であり、余笹川流域は那須岳の東南側の斜面を流下している。図から、黒川はこの斜面上において一定の区間ごとに流向を変えながら流下していることがわかる。黒川の調査区間では、上流区間は斜面の最急勾配である南東方向に流下するために河道勾配が大きくなる。中流の調査区間では、J R 橋から下流で流向を変え、黒川は斜面を横方向に這うような状態で流れるために、Fig. 3 に見られるように、急激に河道勾配が小さくなったと考えられる。下流の調査区間では、流向を南に変え、斜面を斜めに流下するため河道勾配が比較的大きくなったと考えられる。そして、三蔵川合流点より下流の最下流区間では、中流の調査区間とほぼ同じ方向に流向を変えたために、再び河道勾配が小さくなったと考えられる。

このように見ると、先に 4.2 節において河川領域内の樹木の問題に関して述べた際に、新幹線橋梁上流から新幹線中間橋梁までの右湾曲区間 (22.6～23.0km 区間) の河道勾配が 0.008 よりも小さかった理由も理解できる。すなわち、この近くの 22.2～22.8km 区間で約 600m にわたって黒川の流向が局部的に中流の調査区間と同じ方向であったため、河道勾配が小さくなったと理解される。

以上に述べたような地形的な特徴が黒川の河道勾配に地域的なまとまりを与え、それが以下に述べる社会的条件に影響を及ぼして、さらに水害の地域性を作り出すものになっていると考える。

(2) 社会的条件

上述の 5 つの区間ごとに流域の社会的条件について整理すると、次のようである。

余笹川：

- ① 棒川合流点より下流は黒磯市であり、古くから地域の開発が進んでいた。寺子橋下流の一部 (距離は約 500m であるが、少し丘陵に上ると上下流に通じる) を除いて、谷底平野を河川に沿う方向に道路が

通じている。

- ② 棒川合流点より上流は那須町であり、谷底平野を河川に沿う方向に走る道路は十分に通じていない。上下流の集落に行くには、谷底平野周辺の丘陵地を通して、遠回りして行かなければならない場所が多い。開発の後れた地域と言われてきた。

黒川：

- ③ 豊富橋～余笹川合流点区間に関しては、1/25,000 の地図において 4.3km 地点から中野川橋 (8km 地点) まで、谷底平野を河川に沿う方向に走る道路は記入されていない。この区間の谷底平野には住宅も少なく、区間の中間にある黒川橋 (6.3km 地点) 付近の右岸側に集落があるのみである。道路がない区間は、河道勾配が相対的に大きく、谷底平野の幅が小さくなっている場所に当たっている。
- ④ J R 橋～豊富橋区間には、谷底平野を河川に沿う方向に道路が通じている。鉄道も通っているが、駅は豊原駅一つである。地名も豊原 (豊かな平野の意) となっており、古くから開発されて豊かな農地があったことが窺われる。
- ⑤ 境橋付近～J R 橋区間には、谷底平野を河川に沿う方向に走る道路は十分に整備されていない。25.6～28.0km 区間では、1/25,000 の地図に谷底平野を河川に沿う方向に走る道路は記入されていない。この途中にある 26.4～27.5km 区間は、河川領域の幅 (100～110m) が黒川で最大の区間であり、河川の制御が困難な場所である。

(3) まとめ

以上の考察から、水害と土地利用とは密接な関係があり、土地利用は流域の自然条件に支配されていると言える。河道勾配が小さく、谷底平野の幅が大きい余笹川の棒川合流点より下流区間と黒川の J R 橋～豊富橋区間は、農地もよく整備されて地域の開発が進んでおり、今回の洪水ではこのような場所において大きな被害が発生した。

河道湾曲部においては、河道の移動に伴って内岸側に新たな土地が生まれる。この場合にこの土地をどのように利用するかが洪水による被害の程度を決めると言える。すなわち、河道湾曲部において河川領域を広く取った場合には被害が小さくなった。しかし、黒川の河道勾配が小さい場所においては、河川領域内の樹木を放置しておいた場合には被害が大きくなった。一方、河川領域を狭く取った場合でも、黒川の下流部において見られるように、湾曲部内岸側の土地を低いまままで利用した場合には、被害が小さくなった。

今回のような洪水に対する治水対策を考える上で、以上のような水害実態を考慮することが重要である。

6. 結 語

前報においては、余笹川の水害の実態を調べた結果、河道湾曲部の河道幅の違いによって新流路の形成状況が変わり、湾曲部の河道幅が小さい場合には氾濫流によって内岸側の堤内地に顕著な新流路が形成されて激甚な被害が発生することを明らかにした。

本研究においては、前報で明らかにした余笹川の河道湾曲部における新流路の形成の問題について再整理した上で、前報の結論が黒川の水害に関して適合するかどうかを検討した。すなわち、黒川の26箇所の河道湾曲部で、新流路の形成と被害の状況を先述のA、B、Cの3段階に分けて評価し、それぞれが湾曲頂点付近の河川領域の幅の小(30m以下)、中(30~50m)、大(50m以上)に対応するかどうかを調べた。

その結果、被害の状況が湾曲頂点付近の河川領域の幅の小、中、大に対応しないケースが26箇所のうちほぼ1/3に相当する9ケースを数えた。対応しないケースについて検討すると、それらには地域性と特殊性が含まれていることがわかった。

豊富橋から余笹川合流点までの区間においては、農地の整備が遅れている場合が多く、湾曲部の内岸側堤内地の河道周辺の農地の地盤高が低くなっていた。その部分を洪水が流下する際に、湾曲頂点付近の河川領域幅が小さい場合には地盤高が低い農地を部分的に侵食して、河道周辺の流下能力が大きくなるので、氾濫流の広がり小さくなり、堤内地全体の被害が軽減された。対応しないケースの2/3はこのようなケースであった。その他の区間では、河道湾曲部における堤内地の道路や河川領域内の樹木が、被害状況と河川領域の幅とが対応しない原因になっていた。

さらに、水害と土地利用との関係についてそれらの地域性に着目して検討し、土地利用の背景にあるそれぞれの河川区間の自然条件および社会条件について考察を加えた。その結果、水害と土地利用とは密接な関係があり、土地利用は流域の自然条件に支配されていることがわかった。河道勾配が小さく、谷底平野の幅が大きい余笹川の棒川合流点より下流区間と黒川のJ R橋~豊富橋区間は、農地もよく整備されて地域の開発が進んでおり、今回の洪水ではこのような場所において大きな被害が発生した。

「洪水は自然現象であるが、水害は社会現象である。」と言われるが、これは今回の余笹川流域の水害にぴったりと当てはまっている。今回のような洪水に対する

治水対策はどうあるべきかという問いに対する答えは、社会現象である土地利用などの人間活動のどこに問題があったかという反省から自然に出てくると考える。余笹川流域の水害は、我々に多くのことを教えてくれる。我々はこの水害から謙虚に学ぶ必要がある。

謝 辞

本研究を進めるに当たって、現地調査の際には当時の栃木県余笹川流域河川改修事務所の担当者から、余笹川の重点地区の改修工事について現地で説明をいただいた。また、上記河川改修事務所と那須町より各種の資料の提供をいただいた。末筆ながら深甚の謝意を表します。

参考文献

- アイ・エヌ・エー (2002) : 平成13年度 黒川河道安全度調査検討業務委託報告書
- 伊藤和典・須賀堯三・茂木信祥・池田裕一 (2000) : 平成10年8月末の那須出水による余笹川の流路変化の特性, 水工学論文集, 第44巻, pp. 407-412.
- 伊藤和典・須賀堯三・池田裕一 (2001) : 余笹川にみる低頻度大洪水による横侵食性河道変化の実態とその考察, 水工学論文集, 第45巻, pp. 781-786.
- 上野鉄男 (2003) : 余笹川の1998年8月水害と治水対策について, 京都大学防災研究所年報, 第46号B, pp. 591-612.
- 佐藤照子 (2001) : 1998年8月那珂川水害の被害と土地環境, 主要災害調査第37号 北関東・南東北地方 1998年8月26日~31日豪雨災害調査報告, 防災科学技術研究所, pp. 137-216.
- 舘健一郎・末次忠司・小林裕明・都丸真人 (2001) : 洪水氾濫時の防災樹林帯の効果に関する検討 一余笹川流域を対象として一, 水工学論文集, 第45巻, pp. 913-918.
- 栃木県 (1999) : 一級河川那珂川水系 黒川災害復旧全体計画書.
- 栃木県 (1999) : 一級河川那珂川水系 余笹川災害復旧事業計画書 (一定災), 46pp.
- 中川 一・高橋 保・里深好文 (2000) : 1998年洪水による那珂川水系余笹川の河道変動について, 水工学論文集, 第44巻, pp. 395-400.

Study on the Flood Disaster in the Yosasagawa River Basin in 1998

Tetsuo UENO

Synopsis

Severe flood disasters were occurred in the Yosasagawa River basin due to heavy rainfall on August 27, 1998. The discharge of flood flow was about fore times as large as the average capacity discharge of river channel in the investigated section. In this paper, the cause of some new channels formed by inundation was discussed by investigating the field and aerial photographs taken before and after the flood around the Yosasagawa River. It was cleared that the new channels were formed in the place where curved river channels were narrow extremely and the disaster like this is related with land usage around curved river channels.

Keywords: Yosasagawa River; flood disaster; excess flood; field survey; aerial photographs; land usage