

谷底平野を流下する河道の洪水災害と適切な河幅に関する研究
 STUDY ON FLOOD DISASTERS AND APPROPRIATE RIVER WIDTHS
 IN VALLEY PLAINS

土木工学専攻 18号 久保 雄生
 Yuuki KUBO

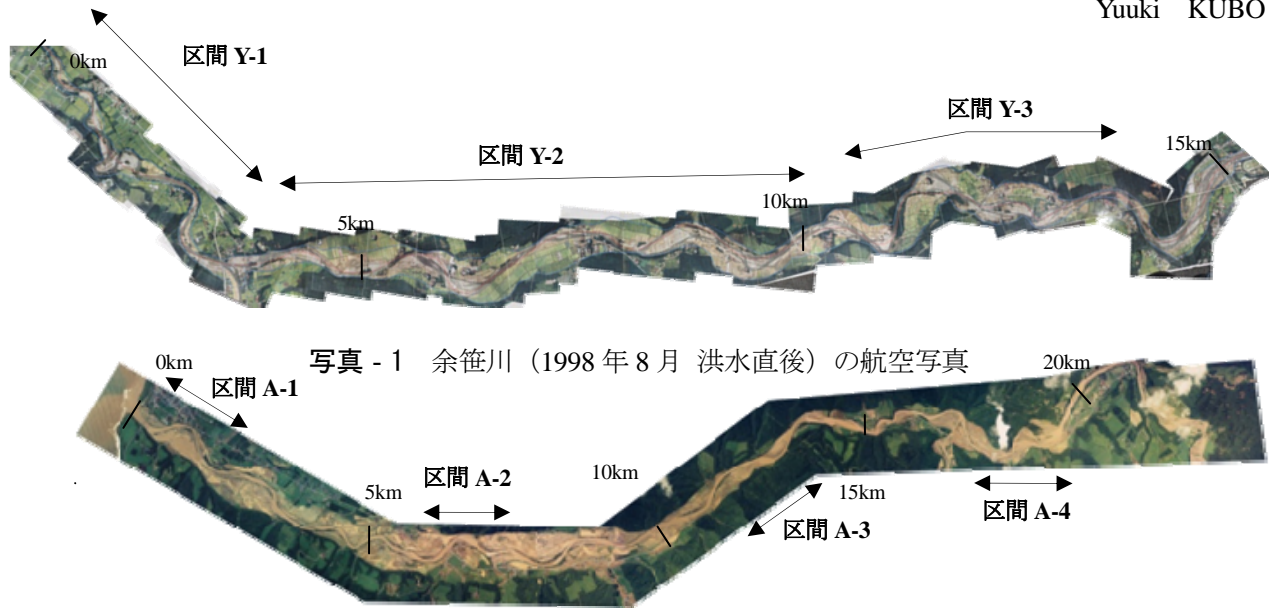


写真-2 厚別川 (2003年8月洪水直後)の航空写真

1. 序論

近年、大規模な豪雨が頻発するようになり、中小河川での洪水被害の発生が増加している。特に、山地や段丘に囲まれ谷幅の狭い谷底平野を流下する中小河川では、大規模な豪雨の発生により氾濫流が谷底平野全体に広がって流下し、大きな被害をもたらしている。栃木県東北部に位置する余笹川 (写真-1)、北海道日高地方の厚別川 (写真-2) は谷底平野を流下する中小河川である。余笹川 1998 年洪水 (写真-3)、厚別川 2003 年洪水は河道の流下能力を大きく超える洪水流量であったため、河道側岸の侵食や、氾濫流によって谷底平野の農地内に新しい流路が形成されるなど、洪水前後で河幅や断面形が大きく変化した。両河川では被災後に大規模な災害復旧工事が行われ、50年に1回程度の洪水流量に対応した河道に改修された。しかし、余笹川では栃木県の経年的な河道状況のモニタリング調査¹⁾により、災害復旧工事後の完成直後に比べ河床の洗掘 (写真-4) や土砂の堆積 (写真-5) などが見られるようになった。また、中小河川は未改修河川が多く、水位や流量などの観測資料なども少ないため、洪水に対する適切な河幅や水深などの議論はされていない。本研究は余笹川、厚別川を対象とし、洪水前・洪水直後・災害復旧工事後の河幅と水深を検討すること



写真-3 1998年余笹川洪水の様子

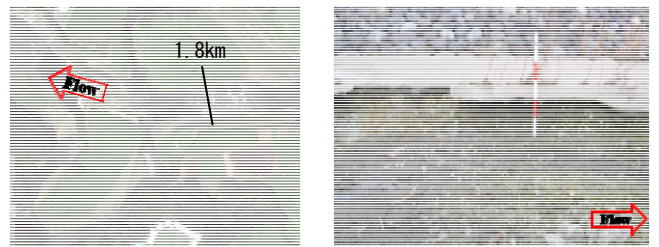


写真-4 2010年余笹川1.8km地点の河道と河床洗掘の状況

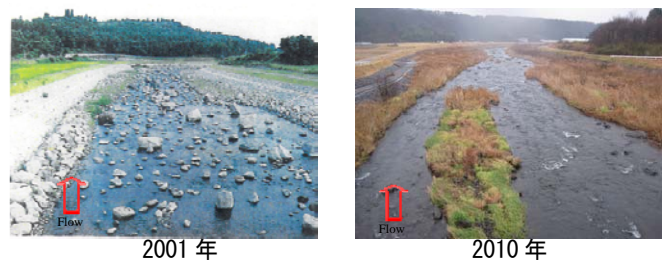


写真-5 余笹川7.7km地点の河道状況の変化

によって、谷底平野を流下する河川の大きな洪水外力による河幅の大きさと適切な改修河幅について考察を行った。

2. 河幅・水深の求め方

本研究は、余笹川的那珂川との合流点 (0km) から約 14.5 km の区間、厚別川の 0km~2km (区間 A-1)・6km~8km (区間 A-2)・12km~14km (区間 A-3)・17km~19km (区間 A-4) を調査対象範囲とした。対象区間の河幅・水深を 100m ごとに以下のようにして求めた。洪水前の河幅については栃木県・北海道が作成した平面写真に示された水面幅と等高線、洪水前の航空写真を参考にして求めた。水深は、不明である。洪水直後の河幅は、左右岸の洪水痕跡高さから算出した。水深は痕跡水位と平均河床高の差から求めた。災害復旧工事後の河幅は、栃木県・北海道の復旧縦横断面形状図と計画水位から算出した。水深は計画水位と計画河床高の差より求めた。図-1~図-4 に洪水前・洪水直後・災害復旧工事後の河幅、水深の縦断方向変化を示す。余笹川、厚別川の災害復旧工事後の堤間幅や河積は、50 年確率流量を想定した構造に改修されている。

3. 検討方法

対象区間の平面写真・航空写真・横断写真を参考にし、
氾濫形態 I：洪水による洗掘などの被害をほとんど受けていない。

氾濫形態 II：河道側岸や河道外の平地部で洗掘を受けている。

氾濫形態 III：洪水流が谷底平野の幅全体に広がって流れており、河道から離れている地点でも洗掘や浸水被害が出ている。

の 3 形態に分類し、福岡の式 (沖積河川における安定な河道の無次元河幅の式 (1)・無次元水深の式 (2)) を用いて検討を行った²⁾。

$$B/d_r = 4.25 \left(Q/\sqrt{gI d_r^5} \right)^{0.40} \quad (1)$$

$$h/d_r = 0.13 \left(Q/\sqrt{gI d_r^5} \right)^{0.38} \quad (2)$$

B:河幅, h:水深, Q:河道形成流量, I:勾配, dr:河床材料の代表粒径である。

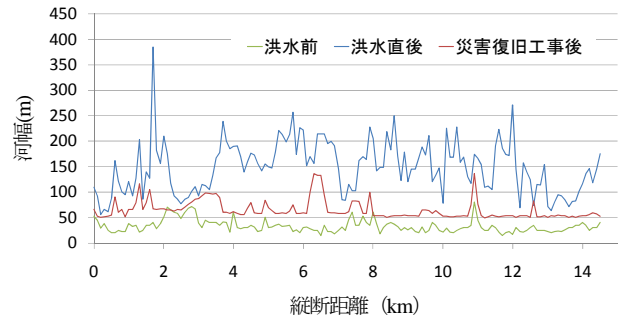


図-1 余笹川の河幅の縦断変化

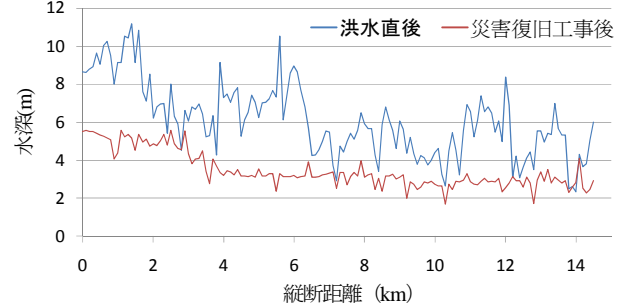


図-2 余笹川の水深の縦断変化

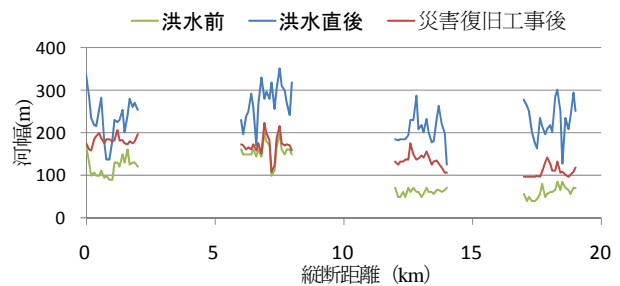


図-3 厚別川の河幅の縦断変化

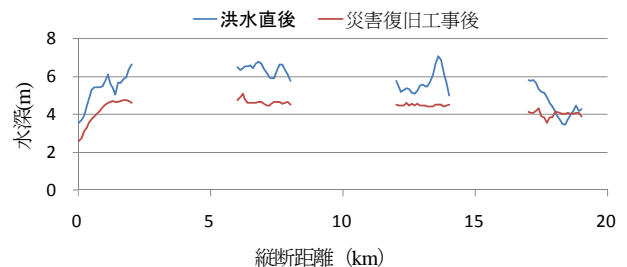


図-4 厚別川の水深の縦断変化

余笹川では、山本¹⁾によって設定されたセグメントごとに対象区間を0km~3.6km (区間Y-1), 3.6km~10.3km (区間Y-2), 10.3km~14.5km (区間Y-3) とし、以下の諸量を用いて検討した。流量は、栃木県が算出した流量である。すなわち、洪水前の流量は不等流計算によって求めた堤防満杯流量であり、洪水直後の流量は1998年8月の実績洪水時の流域内及び近傍の各雨量観測所データを基に貯留関数法によって求めた流量である。災害復旧工事後の流量は計画流量である。詳細は文献3)を参照されたい。代表粒径は河川環境管理財団河川環境総合研究所によって2000年に測られた河床表層の粒度分布の60%粒径 d_{60} とした。洪水直後、災害復旧工事後の勾配には、各断面の異

表-1 余笹川・検討に用いた諸量^{1), 3)}

	区間	流量 (m ³ /s)	代表粒径 (mm)	河床勾配
洪水前	Y-1	1200	100	1/155
	Y-2	400	230	1/120
	Y-3	400	170	1/100
洪水直後	Y-1	2720	100	-
	Y-2	1740	230	-
	Y-3	1720	170	-
災害復旧 工事後	Y-1	1400	100	1/155~1/220
	Y-2	670	230	1/120~1/110
	Y-3	560	170	1/80~1/90

表-2 余笹川の氾濫形態区分

氾濫形態	区間(km)				
	I	0.0-0.5	13.0-13.3		
II	0.6-1.1	1.4-1.6	2.2-3.5	3.9-4.5	7.0-7.5
	9.9-10.0	11.1-11.4	12.2-12.9	13.4-14.3	
III	1.2-2.1	3.6-3.8	4.6-6.9	7.6-11.0	11.5-12.1
	14.4-14.5				

なる横断面形状による流速変化を考慮するためエネルギー勾配(図-5)を求めこれを用いた。洪水前の勾配には、各区間の平均河床勾配を用いた。表-1に用いた諸量を示す。表-2に余笹川の氾濫形態区分を示す。

厚別川では、検討する区間を平面図・横断面図・航空写真から、氾濫形態別に区間を決めて検討を行った。氾濫形態IIは12km~14km(区間A-3)、氾濫形態IIIは0km~2km(区間A-1)・6km~8km(区間A-2)・16km~19km(区間A-4)である。厚別川では余笹川でみられた氾濫形態Iに当てはまる区間は存在しなかった。検討で用いた流量は、北海道が算出した流量である。洪水直後の流量は2003年8月の実績洪水時の流域内及び近傍の各雨量観測所データを基にタンクモデルによって求めた流量である。災害復旧工事後の流量は計画流量である。洪水前の流量は不明であった。代表粒径は、2003年に測られた河床表層の粒度分布の d_{50} とした。勾配は余笹川の検討と同様に、洪水直後・災害復旧工事後には各断面のエネルギー勾配(図-6)を求めこれを用いた。表-3に用いた諸量を示す。

4. 検討結果

両河川で生じた洪水は、河道を一変させる大洪水で、河道形成流量に相当する流量が流れた洪水と考えてよい。余笹川、厚別川の洪水前、洪水直後、災害復旧工事後で色分けした無次元流量と無次元河幅、無次元水深の関係をそれぞれ図-7、図-8に示す。無次元流量の分布位置は、区間ごとに一定の流量、粒径を与えたため、区間ごとにある程度のグループを形成している。

表-3 厚別川・検討に用いた諸量⁴⁾

	区間	氾濫形態	流量 (m ³ /s)	代表粒径 (mm)
洪水直後	A-1	III	2884	1.2
	A-2	III	2683	1.2
	A-3	II	1589	0.1
	A-4	III	1589	0.1
災害復旧 工事後	A-1	III	2000	1.2
	A-2	III	1800	1.2
	A-3	II	1300	0.1
	A-4	III	1000	0.1

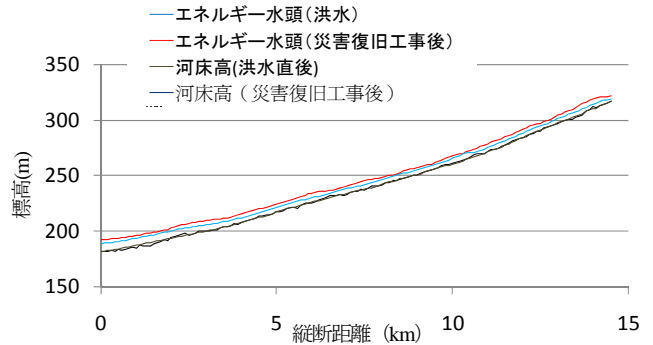


図-5 余笹川におけるエネルギー水頭の縦断

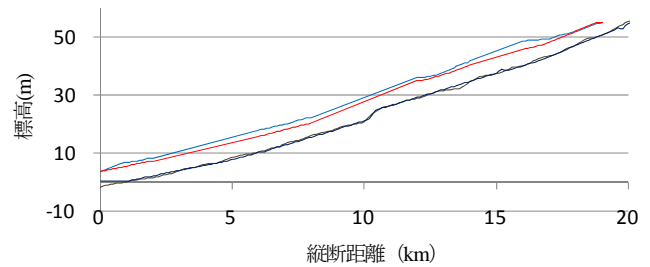


図-6 厚別川におけるエネルギー水頭の縦断

- 氾濫形態 I 洪水前
- △ 氾濫形態 II 洪水前
- 氾濫形態 III 洪水前
- 氾濫形態 I 洪水直後
- △ 氾濫形態 II 洪水直後
- 氾濫形態 III 洪水直後
- 氾濫形態 I 災害復旧後
- △ 氾濫形態 II 災害復旧後
- 氾濫形態 III 災害復旧後

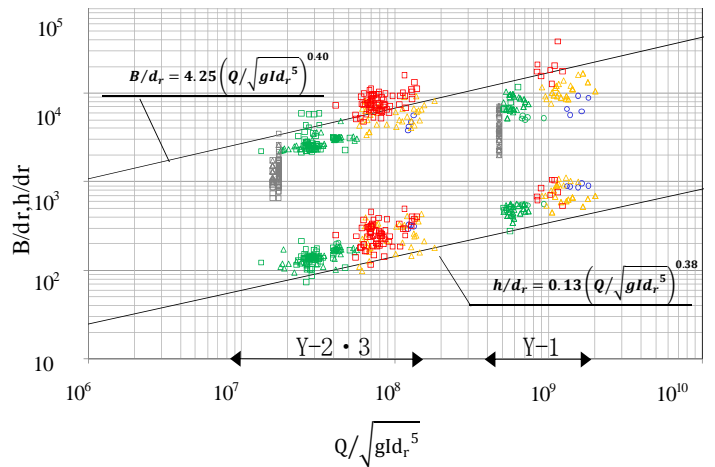


図-7 余笹川の無次元流量・河幅・水深の関係

また、そのグループ中の分布位置は、各地点の勾配によって異なっている。洪水前の河道の無次元河幅は変化するが、無次元流量は勾配を各区間の平均河床勾配とし、河床材料を一定としたため、各区間で一定値となっている。洪水直後の無次元河幅の分布は、氾濫形態Ⅲの分布位置が一番大きく、その下に氾濫形態Ⅱ・氾濫形態Ⅰの順に分布している。洪水直後の無次元水深の分布位置は無次元河幅の分布状況と比較すると明瞭ではない。理由は、氾濫流の水深の算定が困難なためである。災害復旧工事後の無次元河幅・水深の分布は、被災形態と分布位置の違いは見られなかったが、洪水直後の氾濫形態Ⅱの分布位置に近いところに分布している。

洪水直後の分布を詳細に見ると、河道形成流量に相当する洪水直後の無次元河幅は、氾濫形態Ⅰでは河道が狭く、河幅が小さいため式(1)から最も離れてプロットされ、氾濫形態Ⅱ、Ⅲはほぼ式(1)、式(2)と対応している。氾濫形態別に違いが見られたのは、谷底平野の谷幅や段丘など地形の影響が河道からの氾濫形態に強く働いているためである。氾濫形態Ⅰに位置しているのは、両岸に高い谷や段丘が河道に迫っており、洪水流が横断方向に広がれない狭い地形場に河道が位置している。そのため、氾濫形態Ⅰの無次元河幅は氾濫形態Ⅱ、Ⅲに比べ狭くなっている。氾濫形態Ⅲは、谷幅の広い地形場で、洪水流が谷底平野全体に広がって流れているため河幅が式(1)よりも上側に分布している。氾濫形態Ⅱは堤防や段丘などの存在により氾濫範囲はⅢに比して無次元河幅はやや小さく、氾濫形態Ⅰ・Ⅲの中間地点に分布している。災害復旧工事後の無次元計画流量に対する河道の無次元河幅の分布は、洪水直後の氾濫形態Ⅱの無次元河幅付近にプロットされている。これは、災害復旧工事は、洪水前の河道法線形を基本とし、洪水後に変動した河道をも考慮した河道線形とし、さらには、谷底平野の地形制約を受けて決められたためである。1/50の治水安全度を持つように決められた河幅としては、段丘が河道に迫っている氾濫形態Ⅰの区間を除いては、適切な河幅となっていることが図-1からわかる。ただし、形態Ⅰの区間は、災害を受けづらい河道の構造となっていることが、今回の大流量の経験で明らかになっている。

5. 結論

1998年の余笹川、2004年の厚別川に甚大な被害をも

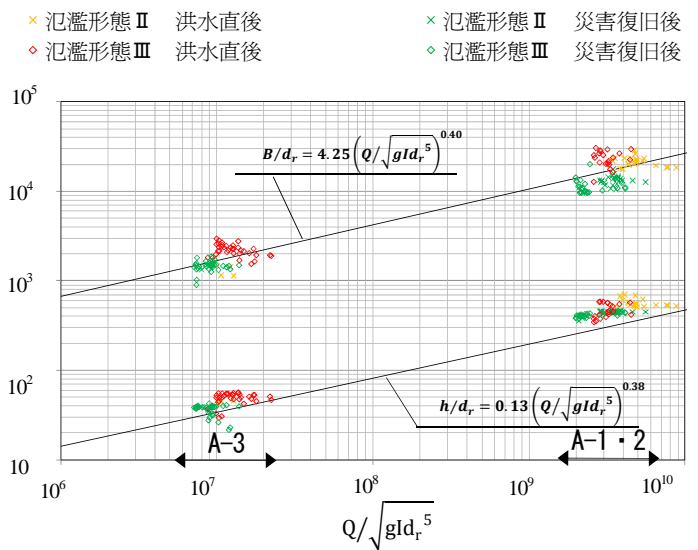


図-8 厚別川の無次元流量・河幅・水深の関係

たらし谷底平野を流下した大洪水を対象に、福岡の河幅・水深の式を用いて谷底平野河川の無次元河幅・無次元水深の検討を行った。福岡の式は、沖積河川における河道形成流量で決まる河幅について論じており、これとの比較の結果、余笹川、厚別川の両洪水は、河道形成流量で作られた河道幅となって流れたことが分かった。谷底平野河川は、縦断的に地形の影響を受け河幅が決まっており、洪水流れは複雑な水面形を呈する。このため、福岡式の適用に当たっては、精度の高い水面形と、河道横断面形の測定値に基づく、エネルギー勾配を用いることが重要であることが明らかになった。その結果、今回の両河川の洪水流量は谷底平野を流れる河川の河道形成流量に相当するものであることが福岡の式の適用によって明らかになった。また、1/50の治水安全度で改修された両河川は、それぞれの無次元河幅、無次元水深と無次元流量の関係から、妥当な改修であることが示された。

参考文献

- 1) (財)河川環境管理財団河川環境総合研究所:大規模災害復旧工事後の河道・環境特性の変化-余笹川の事例-,2009.9
- 2) 福岡捷二:温暖化に対する河川の適応技術のあり方-治水と環境の調和した多自然川づくりの普遍化に向けて,土木学会論文集, F. Vol.66 No.4,pp.471-489,2010.10
- 3) 栃木県:一級河川那珂川水系余笹川災害復旧事業計画書(一定災),1999
- 4) 土木学会水工学委員会調査団:日高水害調査最終報告書,2004.