

利根川下流部における河道改修 の経緯とその効果

THE PROCESSES AND EFFECTIVENESS OF THE RIVER IMPROVEMENT WORKS
IN THE LOWER TONE RIVER

岩谷直貴¹・福岡捷二²・銭谷秀徳³

Naoki IWAYA, Shoji FUKUOKA and Hidenori ZENIYA

¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

²フェロー Ph.D 工博 研究開発機構教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)

³国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所計画課長 (〒287-8510 千葉県香取市佐原イ4149)

In the Lower Tone River, channel dredging and widening have been conducted for the river improvement works to respond to the flood discharge increase. However, the discharge capacity of the current river channel is still not sufficient even for the present design flood. So, it is required to discuss about the method for the appropriate river improvement works in the Lower Tone River. But, the effects of the past river improvement works on changes in river bed elevation are not sufficiently investigated.

We investigated the process of the river improvement works in the Lower Tone River and clarified how the river improvement works have effects on changes in the river bed elevation by investigating the changes of channel shape and longitudinal distributions of hydraulic quantities. The results demonstrated the sediment deposition disappeared and the large bed scouring occurred and disappeared by the effect of the channel dredging and widening in each area.

Key Words : *the Lower Tone River, river improvement works, channel dredging and widening, flood flow, changes in river channel*

1. はじめに

利根川下流部ではこれまで大規模な洪水の発生に伴って、治水計画が変更され、その度ごとに河道改修のための浚渫・拡幅が行われてきた。また骨材の需要による砂利採取も行われ、縦横断的、平面的に河道が変化し、現在に至っている。大規模改修により、河道の流下能力は向上したが、湾曲部内岸での土砂の堆積や河岸際で深掘れが数多く発生するなどの問題も顕在化してきた。現在においても計画高水流量に対して未だ流下能力は不足しており、さらに気候変化等により、洪水外力の増大が予測されていることから、今後の河道改修のあり方について検討が必要とされている。そのためには、過去の改修工事による河道断面の経年変化がどのような経緯で行われ、その効果はどうであったのかを明らかにし、今後の河川改修につなげることが重要である。

茂呂らは、佐原(40.0km)から河口(0.0km)までを対象に、低水路幅、河積の経年変化と浚渫土砂量の実測データを

用いて、過去に行われた浚渫の効果を検証した¹⁾。また著者らは、昭和56年から昭和58年に発生した5洪水を対象に、布川狭窄部周辺河道(85.5km～66.5km)において、浚渫・拡幅を取り込んだ洪水流・河床変動解析を行い、浚渫・拡幅工事と洪水流による河道断面の変化等を見積もり、昭和56年から昭和58年に行われた改修工事の効果を評価した²⁾。しかし、これらの検討は、利根川下流部における一部の区間または期間の改修工事を対象としており、縦断的かつ経年的な検討にはなり得ていない。

本研究では、これまでの洪水履歴と河道改修を経て、現在の河道断面に変遷してきた経緯を明らかにし、今後の利根川下流河道の改修を行うために必要な基礎資料を得ることを目的とする。

本論文では、まず利根川下流部における河道改修の経緯を示す。次に各代表洪水の水量や河道平面形の経年変化に着目し、河道改修と河道断面変化の間どのような関係があるのか検討する。

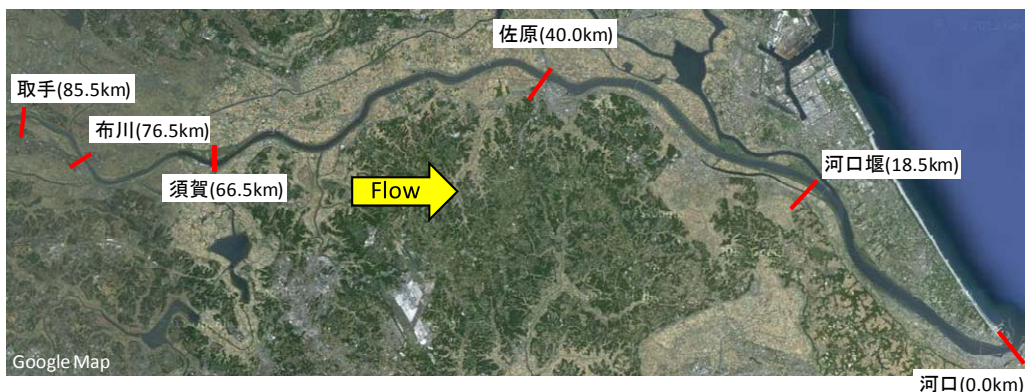


図-1 対象区間³⁾

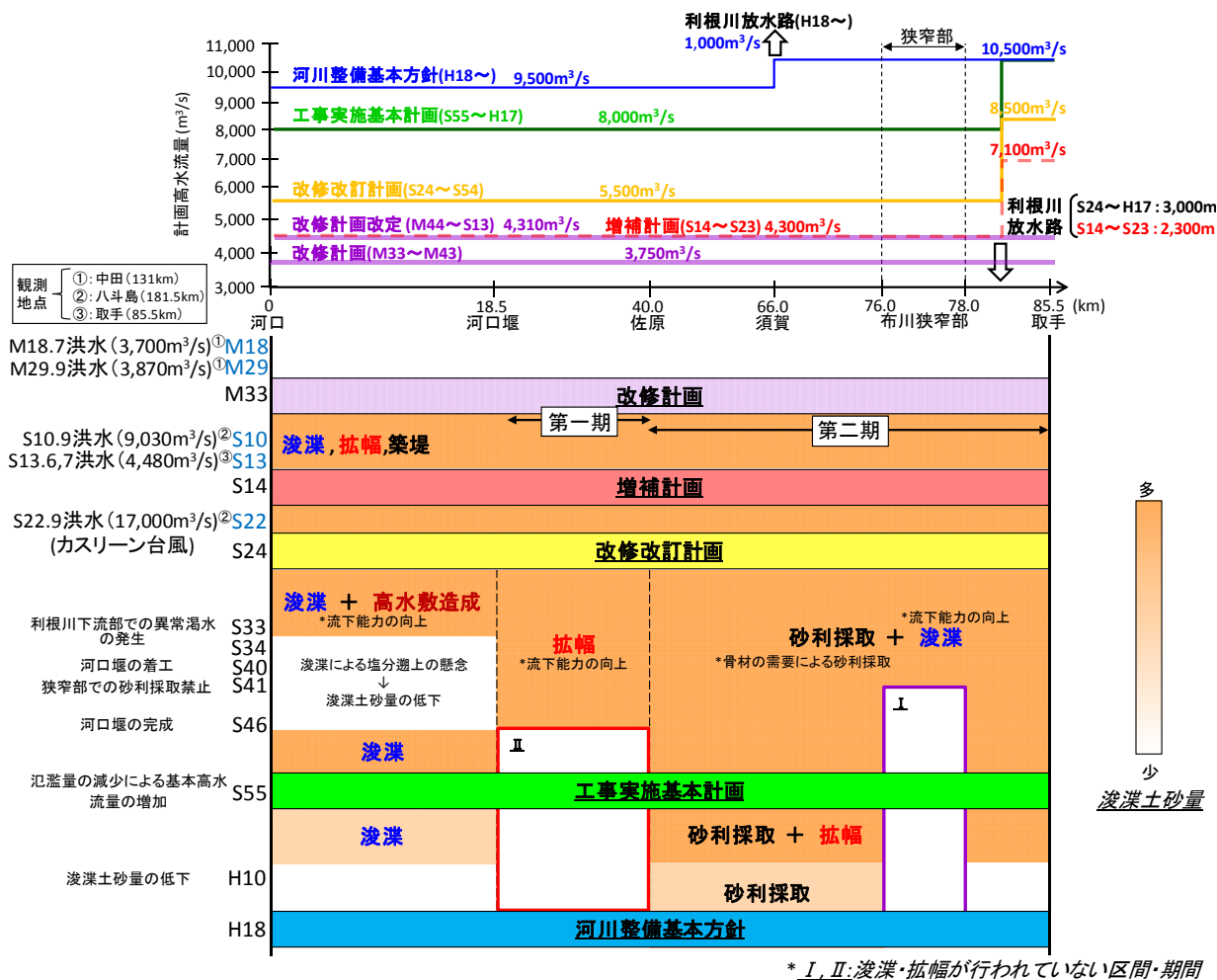


図-2 利根川下流部における治水計画の変遷と改修工事

2. 利根川下流部における河道改修の経緯

図-1は利根川下流部の航空写真を、図-2は利根川下流部の対象区間における明治33年の改修計画から現在の河川整備基本方針までの治水計画とどのような改修工事を行ったのかについて時間・空間における変遷を示す。図-2の作成にあたっては、利根川下流河川事務所の過去の工事資料を詳細に調べ、また3章に示す河床変動等、河川工学的検討に基づき整理し、示したものである。利根川では、明治29年の河川法を契機として、本格的な改修計画が

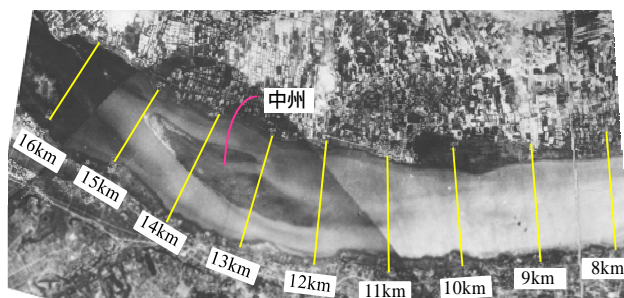


図-3 16km～8km区間の航空写真 (昭和23年)

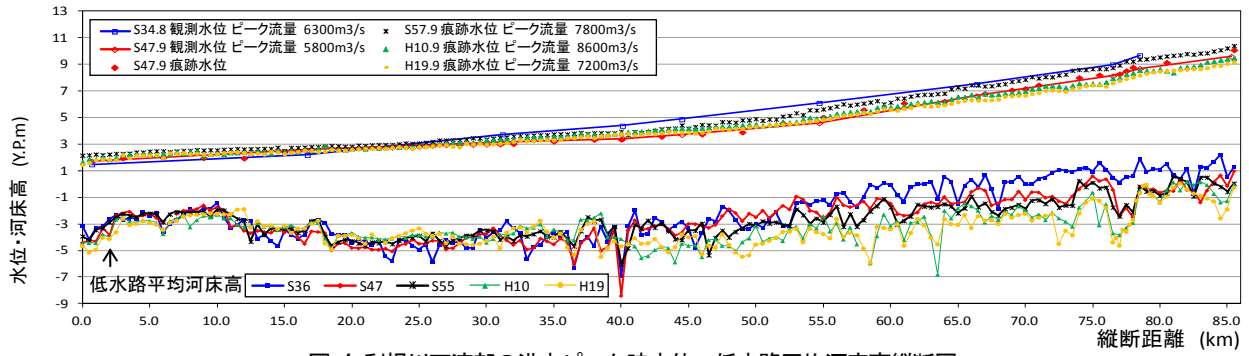


図-4 利根川下流部の洪水ピーク時水位・低水路平均河床高縦断面図

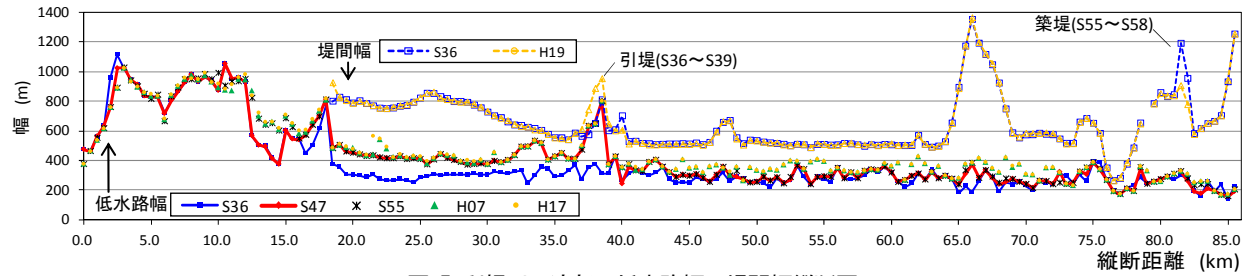


図-5 利根川下流部の低水路幅・堤間幅縦断面図

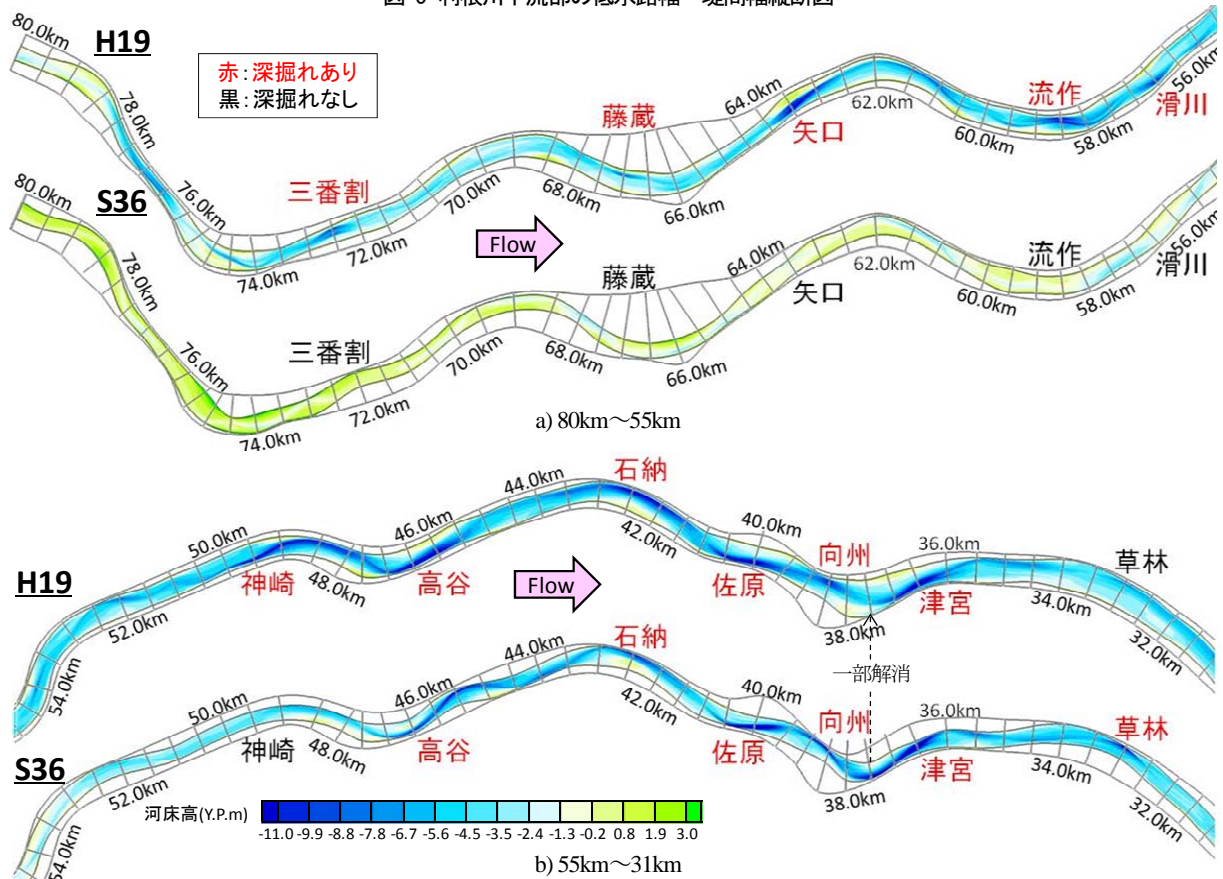


図-6 利根川下流部(80km~31km)における昭和36年と平成19年の河床高コンター

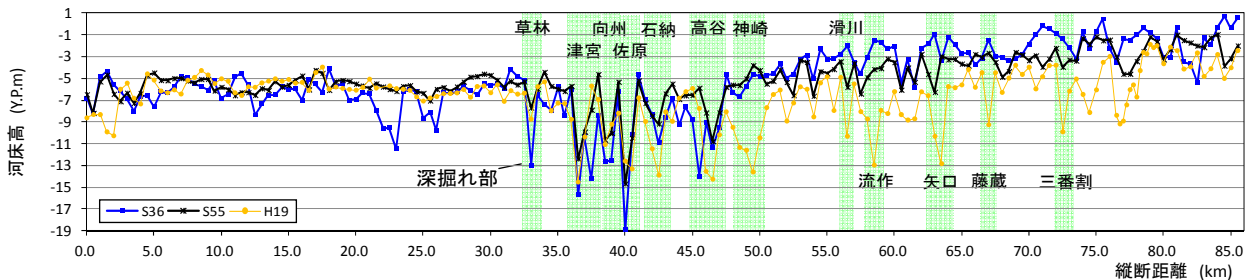


図-7 利根川下流部の最深河床高縦断面図

表-1 利根川下流部における昭和36年と平成19年の平面形状特性の諸元

	S36			H19			深掘れ部
	L	2Amp	bmc	L	2Amp	bmc	
80.0km~69.0km	8830	3040	260	8830	2850	290	三番割(72.5km)
69.0km~62.0km	6500	1330	260	6500	1200	360	藤蔵(67.0km)
66.0km~58.0km	6750	1580	280	6750	1460	350	矢口(63.5km)
62.0km~52.5km	8500	2350	290	8500	2350	360	流作(58.5km) 滑川(56.5km)
47.5km~38.5km	7670	1460	300	7670	1420	370	石納(42.0km) 佐原(40.0km)
43.0km~33.5km	8200	1200	330	8200	1080	440	向州(38.0km) 津宮(37.0km)
38.5km~26.0km	12000	2340	320	12000	2130	450	草林(33.0km)

始まり、明治 33 年に第一期改修工事(20km~40km) , 明治 44 年に第二期改修工事(40km~85.5km)が着手され、縦断的な浚渫・拡幅・築堤工事により現在の河道の原型となった。

昭和22年9月のカスリーン台風洪水により、昭和14年の増補計画は見直され、昭和24年の改修改訂計画から昭和55年の工事実施基本計画では、布川狭窄部(76.5km)より下流において、引堤による流下能力の確保が困難であったため、布川狭窄部上流部の利根川放水路の建設と菅生・稲戸井・田中の3調節池により、計画高水流量の増加分を補うよう計画が進められた。その上で、昭和24年の改修改訂計画では、40km~18.5km区間において、低水路の拡幅が行われた。18.5kmより下流では低水路幅が当時約1200mと広く、図-3に示すように中州ができるほど土砂堆積が顕著であったことから、堆積した箇所において浚渫が行われ、その土砂を用いて高水敷を造成した¹⁾。また、昭和33,34年では、塩分遡上の懸念による浚渫工事の縮小をきっかけに、昭和46年に河口堰(18.5km)が設置され、河口堰下流にて浚渫が再開された⁴⁾。40kmより上流では、河道改修のための浚渫や骨材の需要による砂利採取が行われてきた。しかし、昭和41年以降、布川狭窄部では、河床高が当時の計画河床高よりも下回ったために、狭窄部での浚渫・砂利採取は行われていない(紫枠)。その後、昭和55年の工事実施基本計画では、利根川上流部の氾濫量の減少により、基本高水流量が増大し、利根川下流部では、各区間において計画高水流量が増加した。そのため、平成10年頃まで、40km上流部では、拡幅が縦断的に行われ、引き続き砂利採取も行われてきた。40km下流部では、堤防の安全上、拡幅は行われず(赤枠)、18.5km下流部において一部浚渫が施された。

平成18年の河川整備基本方針では、従来の位置での利根川放水路の建設は地域社会に与える影響が甚大であることから、計画を見直し、布川狭窄部下流へと移動させることになった⁵⁾。そのため、利根川放水路分派地点の上下流部において、それぞれの計画高水流量は10,500m³/sと9,500m³/sに増加した。現況の河道は、利根川河口部の流下能力が小さく、流下能力は6,000 m³/s 弱程度であり¹⁾、流下能力の増加は無堤部の築堤や導流堤撤去及び河道浚渫により対応する予定である。

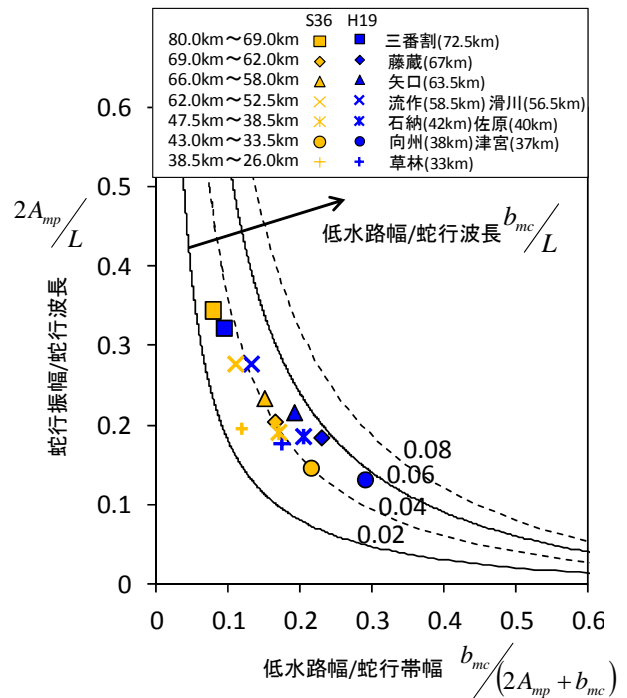


図-8 無次元平面形状の関係⁵⁾

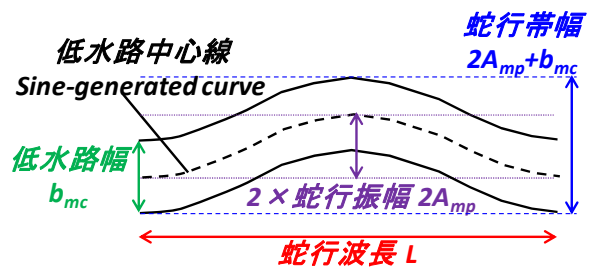


図-9 平面形状パラメータの定義

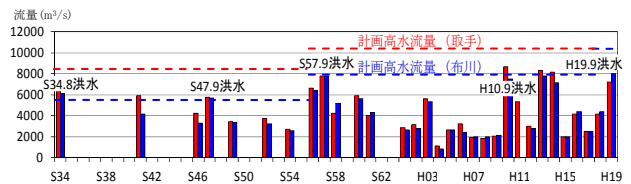


図-10 年最大流量

3. 河道改修と河道変化の関係

図-4, 5, 6, 7は、それぞれ対象洪水のピーク時水位・低水路平均河床高縦断面図、低水路幅・堤間幅縦断面図、利根川下流部の低水路拡幅前の昭和36年と拡幅後の平成19年の

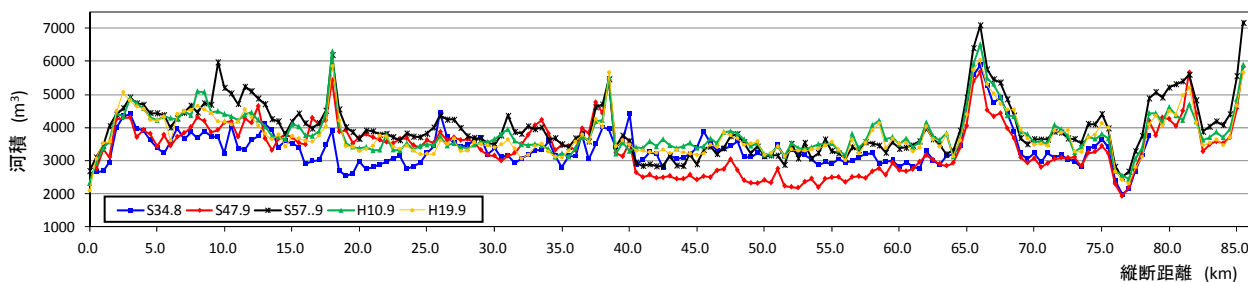


図-11 洪水ピーク時の河積縦断図

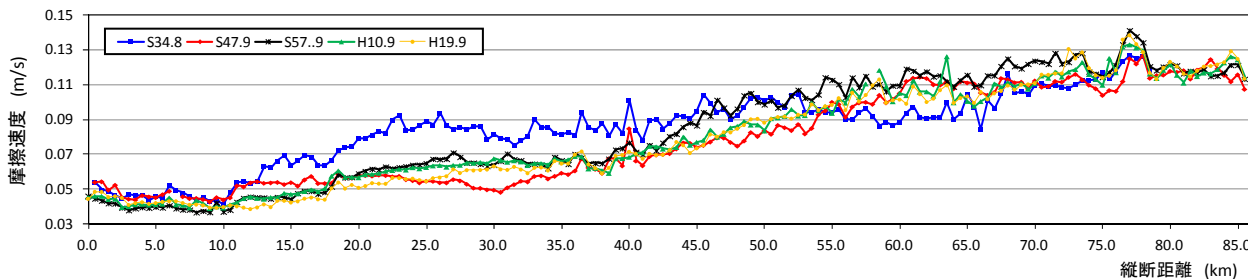


図-12 洪水ピーク時の摩擦速度

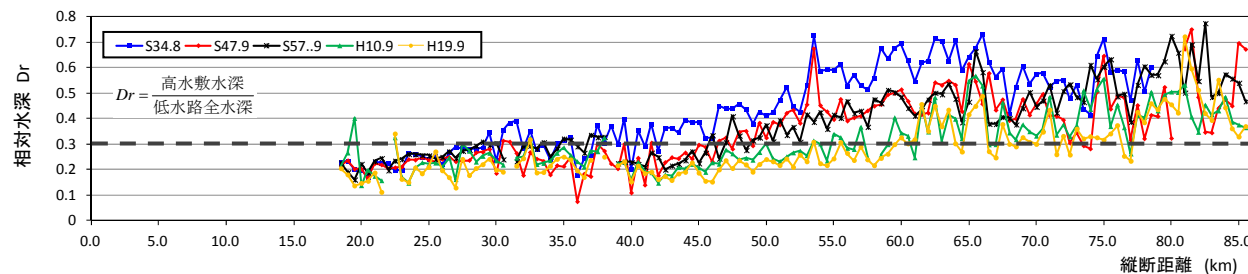


図-13 洪水ピーク時の相対水深 Dr

河床高コンター、最深河床高縦断図を示す。図-6に示す深掘れ部は、洗掘位置が河岸際であり、かつ図-7に示す各年の最深河床高縦断図において、相対的に河床高が低い部分（薄緑色の塗潰し）を指す。経年的な改修工事により、河道の低水路では、平面的、縦横断的に大きな変化が生じている。河道の平面的な変化の大きさについては、図-8に示す岡田ら⁹⁾により河川の蛇行低水路の無次元平面形状を表現した図で示す。この図は蛇行流路の低水路中心線をSine-generated curveで近似できると仮定した上で、図-9に示す低水路の平面形状を表す低水路幅 b_{mc} 、蛇行振幅 A_{mp} 、蛇行波長 L を無次元化し、それぞれの関係を示したものである。縦軸の $2A_{mp}/L$ は蛇行度を表すパラメータであり、横軸の $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ は、値が大きいかほど直線河道に近づくことを表す。曲線は、 b_{mc}/L が各値をとるときの縦軸の $2A_{mp}/L$ と横軸の $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の関係を示す。このことから、縦軸は蛇行度を表し、横軸と曲線は、低水路幅 b_{mc} の影響を表している。表-1は、図-8にプロットした昭和36年と平成19年の平面形状特性の諸元を示す。図-10は、取手(85.5km)・布川(76.5km)の年最大流量を示す。図-10の破線は、各観測所の計画高水流量を記す。対象洪水は、改修工事前後に発生した計画高水流量に匹敵する大規模洪水とした。各洪水は、流量規模が異なるため、同規模程度の昭和34年8月洪水と昭和47年9月洪水の2洪水(6,000 m^3/s 程度)、昭和57年9月洪水、平成10年9月洪水そして平成19年9月洪水の3洪水(8,000 m^3/s 程度)に分け、

500m間隔の横断測量データと痕跡水位・観測水位から求めた河積(図-11)、摩擦速度(図-12)、相対水深 Dr (高水敷水深/低水路全水深)(図-13)を用いて河道改修と河道断面変化の関係について検討する。

昭和36年から昭和55年の間では、40km上流部において浚渫が行われてきたことや、昭和40年代の利根川上流部における砂防やダム等の整備の進行によって土砂供給量が減少した影響⁷⁾により、河床低下が生じている。河床低下の要因については、植生の影響も挙げられるが、利根川下流部では経年的・縦断的に樹木はあまり繁茂しておらず、植生による影響はないと考えている。18.5km～40km区間において低水路の拡幅が行われている(図-4, 5)。そのため、20kmより上流において、昭和47年9月洪水は昭和34年8月洪水に比べ、ピーク時の水位が低い(図-4)。また、図-8の無次元平面形状の関係より、向州(38km)、津宮(37km)、草林(33km)の各蛇行部では、特性値の変化量が大きい。特に、各区間の $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の変化量は $2A_{mp}/L$ の変化量に比べて大きく、低水路の拡幅による影響が表れている。昭和36年から昭和47年の間では、40km上流部に比べ、40km下流部の河床高の変化量は比較的小さい。そのため、平面形状の変化が洗掘深に与える影響は大きいと考えられる。 $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の変化量が大きい向州(38km)、津宮(37km)、草林(33km)の蛇行部では、図-6に示す河床高コンターより、40km下流部では、低水路の平面形状は変化している。このことから、流れ

の直進性が増加したために、向州を除いた津宮の一部・草林では、二次流が弱まり、拡幅後には湾曲部外岸の深掘れが解消したと考えられる。図-11, 12は、各洪水ピーク時の河積と摩擦速度の縦断面図を示す。昭和34年8月洪水時には、20km上下流部において河積の差が生じていた。しかし、その後の18.5km~40km区間の拡幅による河積の増大によって、昭和47年9月洪水時の河積縦断面分布は40kmより下流において、ほぼ一定となった。18.5km下流部において昭和36年以前は、堆積が顕著であったが、河積差の解消によって摩擦速度が縦断的にほぼ同じ値となり、その結果、土砂移動量が縦断的にほぼ一様となったことで、図-4に示すように昭和36年以降では堆積傾向が解消したと考えられる。一方、40kmを境に上下流では、低水路幅の差の拡大により、昭和47年9月洪水時に、河積の変化が増大している。そのため、摩擦速度が40km下流部に比べ、上流部の方が大きくなり、昭和47年以降、18.5km~40km区間では河床上昇が生じたと考えられる(図-4)。

昭和55年から平成10年の間では、40kmより上流部において、改修工事により、河床低下が生じ、低水路幅が広がっている。平成10年以降では、河床高と低水路幅の変化は比較的小さい(図-4, 5)。そのため、40km上流部において平成10年9月洪水のピーク時水位は昭和57年9月洪水より低く、平成19年9月洪水時とほぼ同じとなっている(図-4)。40km上流部の拡幅により、40km上下流部における低水路幅の差が解消され、平成10年9月洪水以降の河積縦断面図は、一部の区間を除き全体的にほぼ一定となっている。そのため、平成10年9月洪水以降の摩擦速度の縦断面分布は以前の洪水時に比べ、縦断的になめらかに分布している。また、低水路の拡幅幅は40km下流より小さいことから、図-8に示す40km上流部における無次元平面形状の特性値の変化量は、藤蔵(67km)の蛇行部を除き、小さい。そのため、平面形の変化による流れ場の変化はほとんどないことが考えられる。しかし、図-7に示す最深河床高縦断面図から40kmより上流では昭和55年以降、深掘れが生じている。この原因は以下のように考えられる。図-13は各洪水ピーク時の相対水深 D_r の縦断面図を示す。ここで、相対水深は、低水路全水深と高水敷水深の比を表す。40kmより上流では、改修工事による河道変化に伴い、相対水深 D_r は経年的に低下している。平成10年9月洪水以降では、 $D_r=0.3$ 付近に分布しており、単断面的流れが支配的となることがわかる⁸⁾。また拡幅により低水路幅/堤間幅の値が大きくなり、河道断面は、より単断面河道に近くなった(図-5)。そのため、高水敷流れの影響が小さくなり、同じ大きさの摩擦速度に対する流砂量は増加し⁹⁾、深掘れが生じたと考えられる。藤蔵(67km)では、深掘れが湾曲部内岸で発生しており、これは、図-8に示す $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の変化量が大きいことから、流れの直進性の増加により洗掘部が変化したと考えられる。

4. 結論

本研究では、利根川下流部における河道改修の経緯を示した。また、各洪水の水理量や河道の平面形の経年変化に着目し、河道改修工事と河道断面変化の関係について検討した。以下に結論を示す。

- 1) 昭和36年から昭和55年では、18.5kmから40km区間の低水路の拡幅の影響により、河積と摩擦速度の縦断面分布が変化した。その結果、18.5km下流部では堆積傾向が解消され、一方、18.5kmから40km区間では、河床上昇が経年的に生じたことを示した。また、向州(38km)、津宮(37km)、草林(33km)の蛇行部では、無次元平面形状の特性値の変化量が大きい。特に $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の変化量が大きいことから、流れの直進性が増加し、二次流が減少した。そのため湾曲部外岸の深掘れが解消したと考えられる。
- 2) 昭和55年以降では、40km上流部において浚渫の影響による河床低下と拡幅により、相対水深が低下し、堤間幅に対する低水路幅の割合が増大した。そのため、高水敷流れの影響が弱まったことから、同じ大きさの摩擦速度に対する流砂量は増加し、深掘れが生じたと考えられる。藤蔵(67km)では、特に $b_{mc}/(2A_{mp}+b_{mc})$ の変化量が大きく、低水路幅を広げたことにより、流れの直進性が増加し、湾曲部内岸で深掘れが生じたことを示した。

参考文献

- 1) 茂呂康治, 風間聡, 福岡捷二: 利根川下流部河道改修の変遷と浚渫の効果, 河川技術論文集, Vol.17, pp.101-106, 2011.
- 2) 岩谷直貴, 茂呂康治, 福岡捷二: 利根川下流部における布川狭窄部周辺河道の経年変化とその解析, 水工学論文集, 第56巻, I_1135-1140, 2012.
- 3) Google: Google Map, <https://maps.google.co.jp/> (参照: 2012/9/30).
- 4) 建設省関東地方整備局: 利根川百年史, 1987.
- 5) 第30回河川整備基本方針検討小委員会資料, 国土交通省, 2005.
- 6) 岡田将治, 福岡捷二: 複断面河道における洪水流特性と流砂量・河床変動の研究, 土木学会論文集, No754/II-66, pp.19-31, 2004.
- 7) 白井勝二, 福岡捷二: 明治以来の利根川改修による河道の変化とその要因の水工学分析, 河川技術論文集, Vol.12, pp.217-222, 2006.
- 8) 福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 森北出版, 2005.

(2012. 9. 30受付)