

利根川下流部における六大深掘れ原因と 低水路改修の評価

CAUSE OF THE SIX SCOURING PORTIONS AND EVALUATION OF
CORRECTING THE MAIN CHANNEL IN THE LOWER TONE RIVER

福岡捷二¹・池田 隆²・田村浩敏³・豊田 浩⁴・重松 良⁵

Shoji FUKUOKA, Takashi IKEDA, Hirotohi TAMURA,
Hiroshi TOYODA and Ryo SHIGEMATSU

¹フェロー会員 Ph.D 工博 広島大学大学院教授 工学研究科社会環境システム専攻
(〒739-8527 東広島市鏡山1-4-1)

²国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所 所長 (〒287-8510 千葉県佐原市佐原イ4149)

³正会員 博(工) (株)建設技術研究所 (〒103-8430 東京都中央区日本橋本町4-9-11第9中央ビル)

⁴国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所 調査課長 (〒287-8510 千葉県佐原市佐原イ4149)

⁵正会員 修(工) 香川県 (〒760-8570香川県高松市番町4-1-10)

There are six portions of large bed scouring in the Lower Tone River. Since these are located close to the dike, the dike is threatened by the breach during flood. The main channel alignment has been improved by large-scale improvement works which have aimed at increasing discharge capacity.

In this study, the cause of scouring at the six portions is analyzed and the effects of river improvement work for scouring protection are evaluated. The changes of bed form since 1947 were investigated and simulated by the three-dimensional flood flow model. In order to analyze the cause of local scour, it is important to pay attention to the historical changes of river improvement works.

Key Words : Tone River, six scouring portions, river improvement work,
historical changes of river, three-dimensional numerical simulation,
evaluation of river works

1. 序論

利根川下流部では、昭和22年のカスリーン台風による大洪水を契機として、昭和24年に計画流量が、5,500m³に改訂された。それ以降、図-1に示す度重なる大洪水の発生を受け昭和55年に計画流量が8,800m³に改訂されている¹⁾。利根川30~50km区間には、6箇所の大きな深掘れが存在し、洗掘原因の解明と抜本的な対策が求められている。本研究では、利根川下流部の流下能力増強を主目的に、長年にわたり河道改修が行なわれてきたが、この六大深掘れの原因解明と深掘れに与えてきた河道改修の影響評価を通して、低水路改修のあるべき姿を明らかにする。特に、現況河道の水理的検討^{2), 3)}では、現在の治水上の課題の解明が不十分であり、改修による河道の経年的変化に着目した検討が重要であることを明確にするとともに、河川改修の歴史的視点から改修事業を評価し、治水事業の理解と情報提供を行うことが、当該

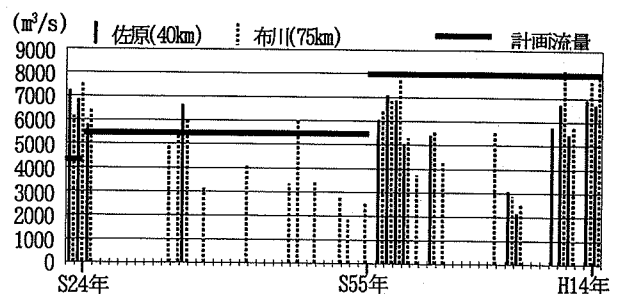


図-1 洪水履歴と計画流量の変遷

河川の環境のあるべき姿に重要な視軸を与えることを示すことも狙いとしている。

2. 深掘れ発生の原因

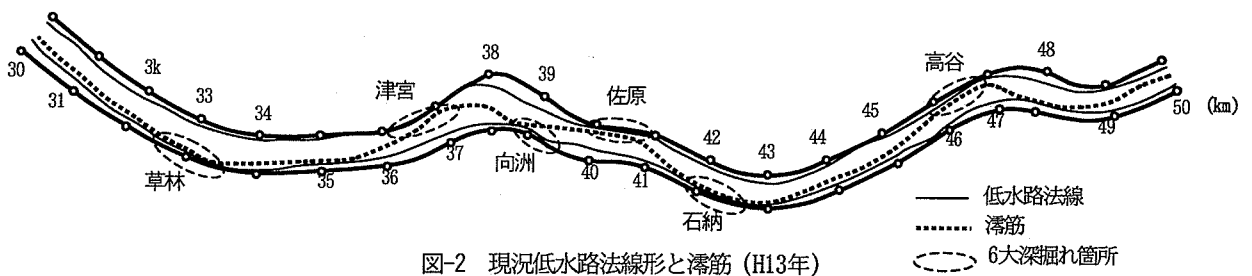


図-2 現況低水路法線形と滯筋 (H13年)

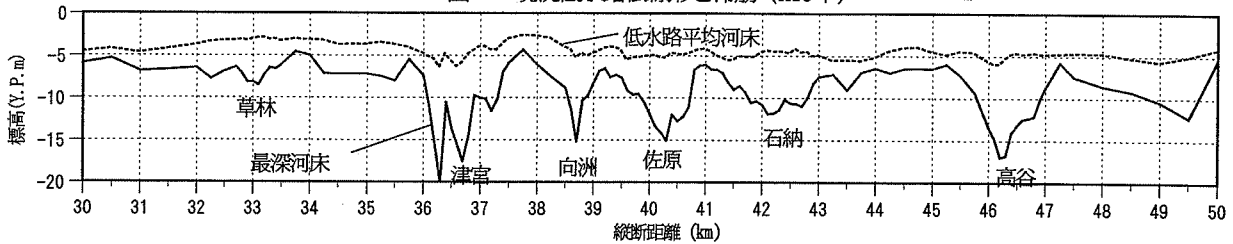
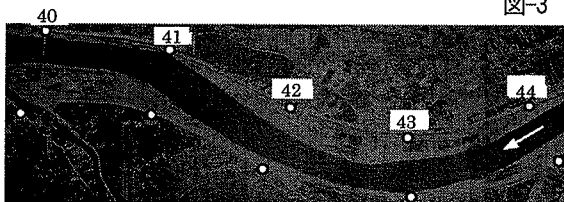
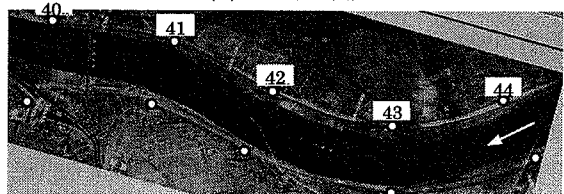


図-3 河床高縦断面図 (H13年)

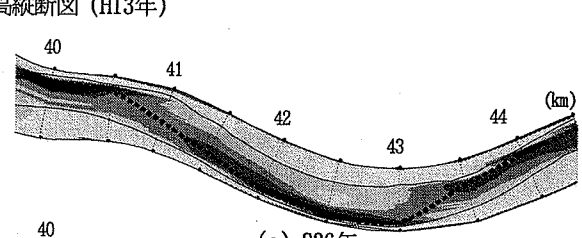


(a) S22年の河道

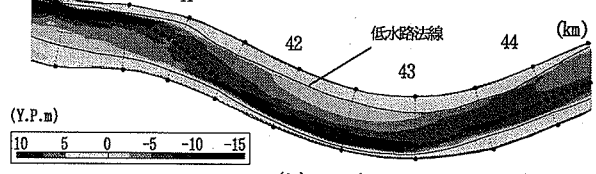


(b) H08年の河道

写真-1 佐原付近の河道の変遷



(a) S36年



(b) H13年

図-4 佐原付近の河床高コンター

利根川30km~50kmには6つの大きな深掘れが存在する。図-2,3はそれぞれ現況の低水路法線と滯筋、河床縦断面を示している。六大深掘れ箇所は平面図に示す位置、上流から高谷、石納、佐原、向洲、津宮、草林の各地先に位置する。高谷、石納、草林の深掘れは湾曲部の外岸に位置しており、向洲は湾曲部内岸寄りの水衝部に位置していることから、洗掘原因がそれぞれ遠心力による二次流と水衝部と概ね推定できる。一方、佐原の深掘れは、40.0km~42.0kmの直線的な区間に存在するにもかかわらず、40.5km付近右岸際に深掘れが生じている。また、津宮の深掘れは、湾曲部外岸側に位置するにもかかわらず、低水路中央付近で深掘れが生じている。ここでは、佐原と津宮の深掘れの原因について検討する。

(1) 佐原の深掘れ原因

写真-1(b)は現在の佐原付近の河道平面形である。40.0km~42.0km区間における低水路線形の曲りは小さく、図-10(c)に示す40.5kmの低水路右岸際にみられる大きな深掘れの原因は、平面形からでは明らかでない。写真-1(a)は昭和22年の河道の状況であるが、低水路は41.0km付近において屈曲した線形であり、河岸際への流れの集中と、主流線(滯筋)の曲がりのために遠心力に

起因する二次流が生じ、大きな深掘れとなったと考えられる。

佐原では、流下能力を増強するため、低水路幅が行われてきた結果、S36年からH13年にかけて、当該箇所では低水路線形が直線状に是正され、40km~42kmの低水路平均河床勾配は小さくなっている(図-9)。しかし、図-4(a),(b)より主流線はほとんど変化していない。そのため、現況河道の洪水流況は、局所洗掘を引き起こしていたS36年当時のものと大差がない。これが現在もなお同一箇所に大きな深掘れが存続している理由である。

(2) 津宮の深掘れ原因

図-5は津宮の深掘れが存在する36.3kmの横断河床形状の経年変化を示してしている。当該箇所は湾曲部外岸側に位置するにもかかわらず、低水路中央付近に異常な深掘れが生じ、最深河床高はY.P.-20mにも達している。このような深掘れは36.7km, 36.8kmにおいてもみられる。

図-6は36.7km付近断面における地質分布を示しており、侵食されにくいと考えられる地質Asc及びAcの下に耐侵食性の低い地質Asが存在する。図-5より、S56年までは局所的な洗掘が見られないことから、河床は侵食されにくい層であったと推測されるが、河床掘削と洪水による

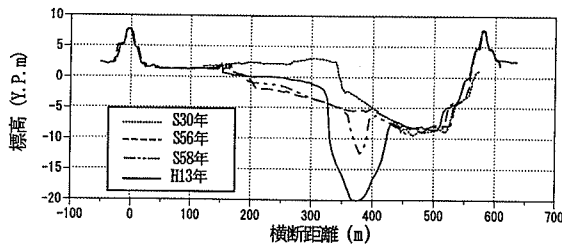


図-5 横断河床形状の経年変化 (津宮36.3km)

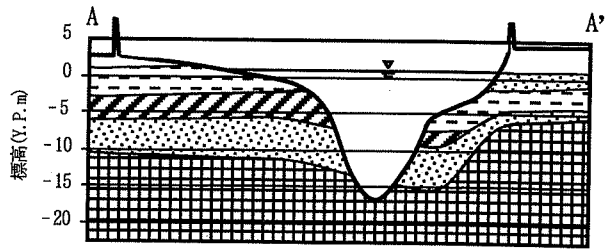


図-6 津宮付近の地質の横断分布 (37km付近)

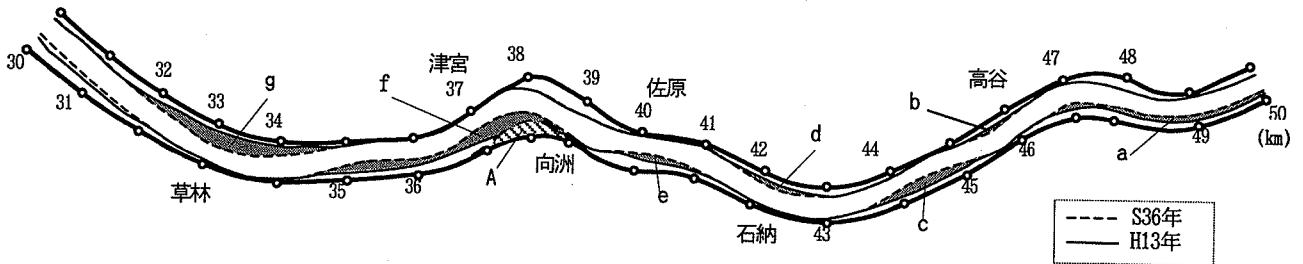


図-7 S36年とH13年の低水路法線

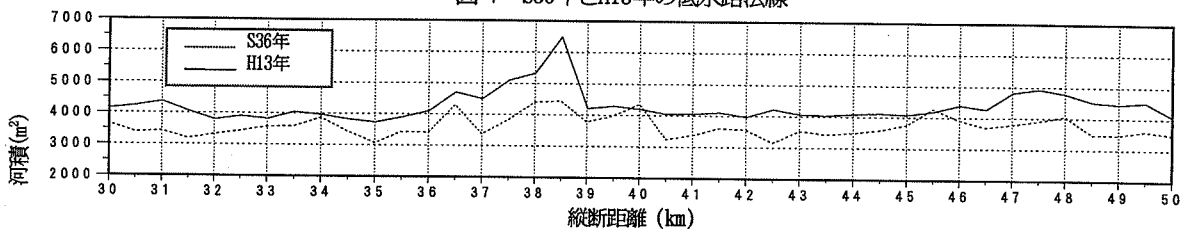


図-8 S36年とH13年の河積の縦断図 (0.5kmピッチ)

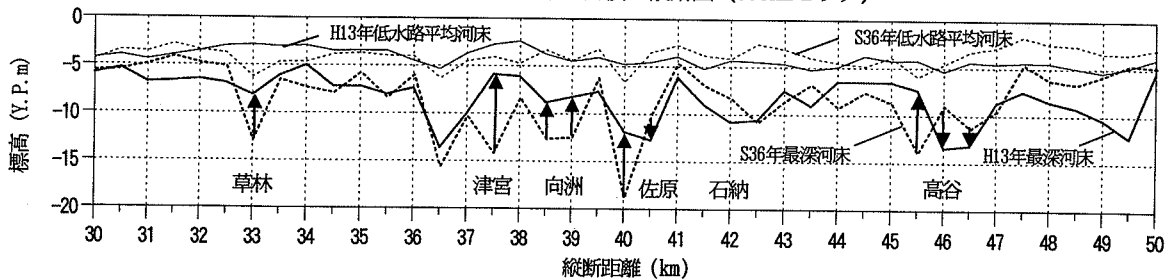


図-9 S36年とH13年の河床高縦断図 (0.5kmピッチ)

表-1 改修工事

	区間	内容	実施時期
A	37.0~39.0km左岸	引堤	S35~S37年
a	47.0~50.0km左岸	低水路拡幅	S55~S61年 H01~H03年
b	45.0~46.5km右岸	低水路拡幅	S36~S40年 H01~H03年
c	43.5~45.0km左岸	低水路拡幅	S36~S40年 H01~H03年
d	41.5~43.0km右岸	低水路拡幅	H01~H07年
e	40.0~40.5km左岸	低水路拡幅	S51~S55年
f	34.5~39.0km左岸	低水路拡幅	S40~S45年
g	32.0~34.5km右岸	低水路拡幅	S36~S47年

洗掘作用により、低水路中央付近の侵食されにくい層が洗掘され、S58年には耐侵食性の低い砂質土層に達し、その後、洪水の度に洗掘が進行し、大規模な局所洗掘になったものと考えられる。江戸川16.5kmにおいて同様のメカニズムによって局所洗掘が生じていることが山本⁴⁾によって指摘されている。以上のことから、津宮の深掘れ原因は、河道改修により露出した砂質土層が原因と考えられる。

3. 河道改修の評価

河床横断測量データを経年的に分析するとともに、S36年河道とH13年河道における三次元洪水流況から、河道改修の局所洗掘への影響について評価する。

洪水流況解析には、静水圧分布を仮定した平面一般座標系三次元モデルを採用し、鉛直方向には σ 座標系を用いている⁵⁾。解析対象区間は六大深掘れを含む30km~50kmとし、S36年河道とH13年河道を対象に、近年の大きな洪水であるH13年9月洪水のピーク流量 $6,700\text{m}^3/\text{s}$ 流下時の流況を検討する。

図-7は、S36年とH13年の河道法線形を示している。図中の灰色あるいは斜線で示された箇所が改修が実施された。その内容、時期は表-1に示されている。S36年からH13年にかけて、全般的に深掘れが解消している。図-8は、河床が平坦化した箇所や滞筋位置が変化した箇所を除き、計画高水位以下の断面積で表した河積が、河道改

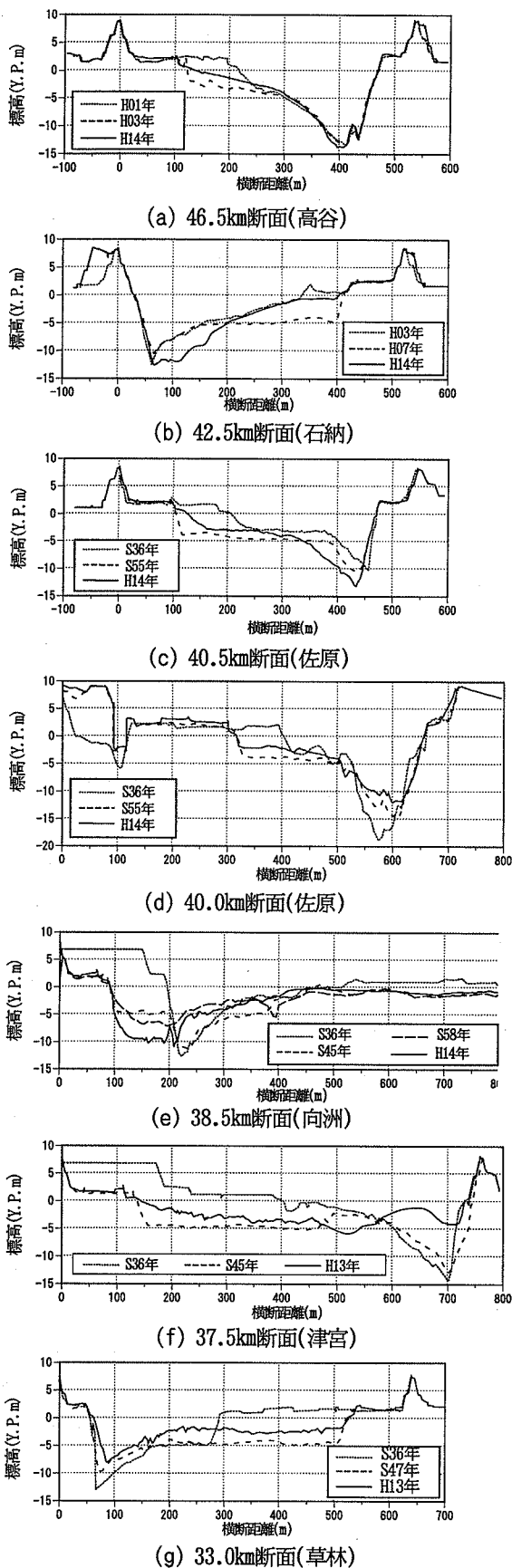


図-10 横断河床形状の経年変化

修により増大していることを示す。図-9に示す最深河床高より、六大深掘れ箇所は全体として埋め戻されている

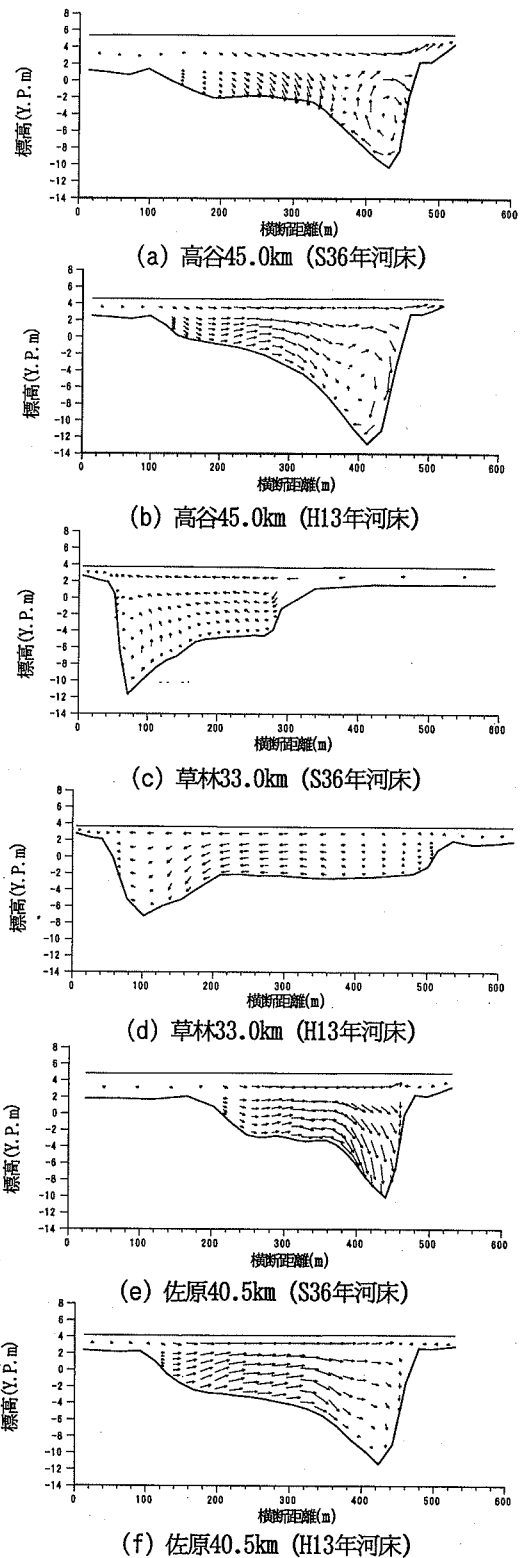


図-11 横断面内流速ベクトル (解析結果)

が、佐原、石納、高谷の一部において洗掘が大きくなっている。

(1) 湾曲部における河道改修の評価

最初に、湾曲した低水路線形を有する深掘れ箇所のうち、今なお、洗掘が進んでいる高谷と石納について検討

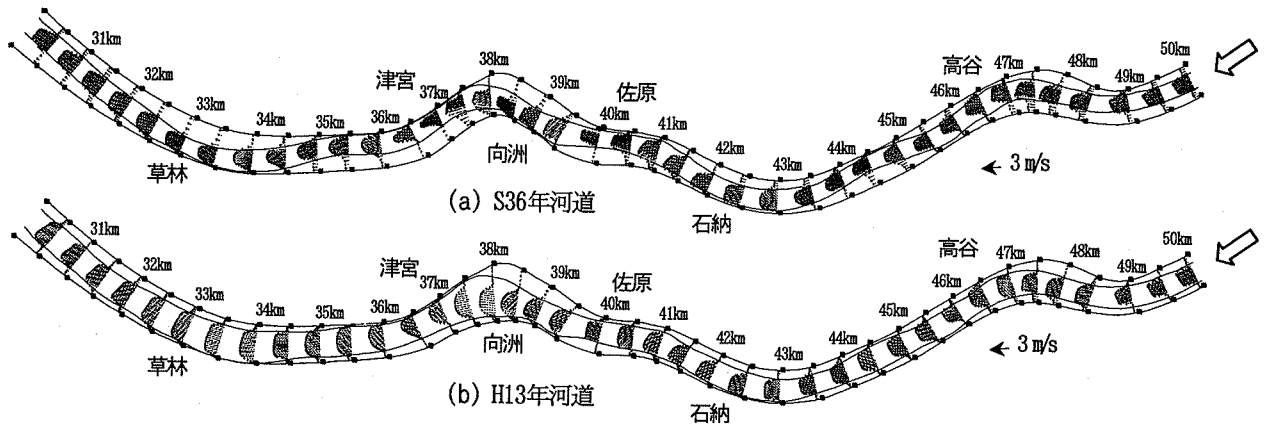


図-12 表面流速ベクトル (解析結果)

する。

高谷(46.5km)では、H01年～H03年に低水路拡幅が実施されている。図-10(a)より、H03年からH14年にかけて、低水路右岸際において洗掘が進行し、低水路内左岸側で掘削箇所の埋め戻しが生じている。

石納では、H01年～H07年に低水路拡幅が実施されている。高谷と同様に、42.5kmでは、H07年からH14年にかけて、低水路左岸際では洗掘が進行し、低水路内右岸側において掘削部分の埋め戻しが生じている。H14年の深掘れ形状は改修前のH03年よりも横断方向に大きくなっている。これは図-7に示すS36年とH13年の低水路線形の違いによるものと考えられる。S36年には43.5km～46.0kmの低水路は緩やかに蛇行していたが、河道改修(表-1 b,c)により直線化された。このことにより、石納の湾曲部深掘れ箇所を流下する洪水流の直進と集中度が増大したためである。

図-11, 12に示すS36年河道とH13年河道における洪水流況の数値解析結果より、高谷、石納においてはS36年、H13年のいずれも外岸側の水位が高くなっており、横断面内流速ベクトルから遠心力に起因する二次流が認められ、湾曲部の洗掘原因が改善されていないことが分かる。

次に、河道改修に伴い、大幅な深掘れの解消がみられた津宮と草林について検討する。

津宮では、S35年～S37年に引堤(A)が実施され、その後、低水路拡幅(f)が実施された。図-10(f)に示す37.5kmでは、S36年に右岸際に存在していた深掘れがこれらの改修後に解消され、河床は横断方向に平坦化されている。

図-10(g)に示す草林(33.0km)では、S36年に存在した左岸際の深掘れは、低水路拡幅後のS47年には埋まり、その後、H13年まで解消されてきている。

図-11(c)より、草林(33.0km)において湾曲部の洗掘原因である遠心力に起因する二次流が確認される。一方、H13年河道の場合には、津宮、草林の横断方向の水位差がS36年河道の場合に比べて小さくなっており、図-11(d)より、H13年河道では二次流は認められず、河道改

修により洗掘原因が改善されていることがわかる。

以上より、高谷や石納では、低水路拡幅により河積は増大している。しかし、低水路線形を改変しても、洗掘原因となる湾曲部の流況が改善されなければ、深掘れは解消されず、浚渫が行われた低水路内岸側には堆積が起こる。特に、石納の上流側の低水路改修は湾曲部へ流下する流れの直進性を増大させ、深掘れを増大させている。一方、津宮や草林の河道改修は、流下能力を増大させ、かつ洗掘原因となる洪水時の流れの構造を改善したために深掘れの軽減に効果を発揮した。

(2)水衝部における河道改修の評価

佐原と向洲の深掘れ箇所について検討する。

図-10(c)に示す佐原(40.5km)では、低水路左岸側拡幅後、S55年～H14年にかけて右岸側の深掘れが進行し、拡幅された低水路の左岸寄り部分に堆積が生じている。一方、図-10(d)に示す40.0kmでは、S36年にY.P.-20m程度に達していた深掘れが、河道改修の後、H14年にはY.P.-12m程度まで洗掘が軽減されている。

向洲では、左岸引堤(A)、その後、低水路の拡幅(f)が実施された。図-10(e)に示すように、S36年に存在していた深掘れは、S58年には解消されているが、拡幅後の新たな低水路左岸は水衝部となり、近年、河岸から横断方向に約100mにわたり、河床が低下している。

図-11(e),(f)に示す40.5kmの洪水流況から、S36年河床の場合、H13年河床の場合ともに右岸に向かい、潜り込む流れがみられる。図-12に示す佐原(40.0km)の表面流速は、S36年河道では右岸際に大きい流速が見られるが、H13年河道では横断方向に一様化されている。

向洲においては、S36年河道の場合に39.5kmに生じる低水路左岸に向かう流れは、H13年河道では解消され、左岸際の流速が小さくなっている。しかし、H13年河道では39.0km付近における表面流速は低水路左岸際で大きく、水衝部となっている。

以上より、佐原40.5kmでは、低水路線形が直線的に是正され、河積は増大したが、滞筋に変化はほとんどなく、

河床付近では水衝部となる流況を示しており、深掘れが解消されていない。一方で、40.0kmでは河道改修により洗掘を生じさせる河岸際へ集中する流れが緩和され、深掘れが解消されてきたと考えられる。向洲の38.5kmでは、低水路の拡幅により河積は増大しているが、H13年河道の場合においても左岸側は水衝部のままであり、近年、河床が低下している。

現在の河川の姿は、これまで行われてきた河川改修の影響を大きく受けている。そのため、以上のような河川改修の効果と課題について評価を行うことは、現在の河川環境の形成過程の理解に有用であることから、当該区間における今後の河川環境はどうあるべきかを考える上での基本的な要件をなすものである。

4. 歴史的視点から治水事業を評価し、河川環境のあるべき姿を考える

利根川下流部の流下能力は、いまなお十分ではなく、今後も治水の安全度を向上していかなければならない状況にある。人々は、治水事業の重要性を認識しているものの、洪水被害が減じてきた今日では、治水よりもむしろ日常的な河川の環境の改善に関心が高くなっている。時には、環境改善が優先し、治水事業が停滞するという問題も発生している。

一般に、河川の環境や生態系の保全については、現在の河川の姿を見て、その是非を論ずることが多い。しかし、現在の河川が、どのようにして出来上がってきたのか、特に、治水上の課題をどのように克服しながら今日の河川があるのかについて十分理解し、河川のあるべき姿を考える視点が重要であると考えられる。

そのためには、水工学、河川工学の専門家・技術者は、個々の河川の改修を経年的に調べ、行なわれてきた治水事業を水理的側面から検討、評価し、これをわかりやすい形で説明することが求められる。しかし、治水についても、これまで行なわれてきた事業を評価して、次の河川事業を考えるというよりも、現在の河川の姿を見て起こっている問題を解決するため、次の事業を実施することが多い。しかし、このような方法では、治水上からも、環境上からも狭い視点での問題解決策、事業展開になりがちであり、時には、解釈を誤り、新たな治水問題を引き起こすこともあり得る。

平成9年の河川法の改正によって、河川の計画検討に当たり、計画の初期段階から治水・利水・環境の面から総合的に検討することとなった。即ち、治水・利水・環境への効果及び影響を河道特性、自然環境、社会環境の面から、総合的に評価し計画案を策定することになる。しかし、現在の河道の多くは、治水上の要請から長年にわたり河川改修が行なわれ、作られてきたものである。このため、河川をめぐる環境問題の発生は、河川が本来持つ川らしい環境が損なわれていることに起因している。

利根川下流部の検討例で見られるように、治水事業の各進捗段階での現地データ解析、数値解析などの水理的な評価は、それぞれの段階で行われた治水事業が効果的であったのか、そうでなかったのかについて判断材料を与え、効果的でない場合には、異なった事業の選択が行われる。例えば、流下能力の確保に向けて川幅を広げた場合、結果的に、そこに土砂の堆積が起こる場合には、川幅を広げることの治水上の効果は低いが、環境へのインパクトが大きい。この場合、代わりの河川改修方式をとることになり、その分だけ、現在の河川環境への影響を小さくすることが出来る。

河川事業を検討するときには、治水上の要請を満たしながら、環境へのインパクトを小さくする方策を取ることが必要である。事業計画に当たっては、当該河川区間が、歴史的にどのような災害特性、環境特性を持つかを十分調べておき、環境の変質を最小限にすることを常に念頭に置き治水と環境の調和した河川改修を行なうことが大切である。

5. 結論

本文の主な結論を整理すると以下のとおりである。

- (1) 利根川の六大深掘れの原因を明らかにした。深掘れの原因解明には、現在の河道平面形、横断形のみでなく、河道改修の変遷を踏まえ、検討を行うことが必要な場合がある。佐原・津宮がその例である。
- (2) 流下能力増強を目的として進められてきた河道改修により河積は増大したが、深掘れ箇所には及ぼす改修の効果も、河床データの経年的な分析と三次元流況解析により評価した。
- (3) 治水や河川環境問題は、現在の河川の状況をみて論じられることが多いが、河道改修の変遷を踏まえ、治水と環境のあり方を議論することが大河川においては特に必要であることを利根川下流部を例に示した。

参考文献

- 1) 建設省関東地方建設局：利根川百年史，1987。
- 2) 建設省土木研究所河川部河川研究室：土木研究資料第3267号，利根川下流部洗掘対策模型実験報告書，1994。
- 3) (社)日本河川協会：河川文化，河川文化を語る会講演集〈その七〉，p.41～p.52，2001。
- 4) 山本晃一：沖積河川学-堆積環境の視点から-，山海堂，pp.210～pp.211，1994。
- 5) 渡邊明英，福岡捷二，安竹 悠，川口広司：河道湾曲部における河床変動を抑制する樹木群水制の配置方法，河川技術論文集，Vol.7，pp.285-290，2001。

(2004. 4. 7 受付)