

木曽川の局所洗掘箇所における発生要因の分析

ESTIMATION OF GENERATING FACTORS FOR LOCAL SCOURING AT KISOGAWA RIVER

栗原 太郎¹・浅野 和広²・菊池 秀之³・高橋 伸次⁴・黒田 直樹⁵
Taro KURIHARA, Kazuhiro ASANO, Hideyuki KIKUCHI, Shinji TAKAHASHI,
and Naoki KURODA

- ¹非会員 工修 外務省 国際協力局 開発協力総括課 (〒100-8919千代田区霞が関2-2-1)
(元国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所調査課 (〒500-8801岐阜県岐阜市忠節町5-1))
²正会員 工学 国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所 (〒500-8801岐阜県岐阜市忠節町5-1)
³非会員 工学 国土交通省中部地方整備局河川部 (〒460-8514名古屋市中区三の丸2丁目5番1号)
(元国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所調査課 (〒500-8801岐阜県岐阜市忠節町5-1))
⁴非会員 工学 国土交通省中部地方整備局木曽川上流河川事務所調査課 (〒500-8801岐阜県岐阜市忠節町5-1)
⁵正会員 工修 株式会社建設技術研究所 中部支社河川部 (〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦1-5-13)

Near 37km of Kisogawa River, local scouring is advancing and the depth has reached about 20m at the maximum. Advance of partial scouring worries about the influence on a river management side. However, the mechanism of partial scouring is unknown.

In this Study, since it contributes to planning of the measure against local scouring, we investigated of local scouring near 37 km of Kisogawa River. We present the situation of investigation examination as the first report. Based on the result of investigation, we presumed the generating factor of following three local scouring. ①Advance of river-bed degradation ②Exposure and exfoliation of a layer of clay ③Physiographic factor

Key Words : local scouring, river management, generating factor, river-bed degradation layer of clay, physiographic factor

1. はじめに

中部地方の濃尾平野を流れる木曽川は、図-1に示すように流域面積5,275km²、幹川流路延長229kmを有する日本有数の大河川である。この木曽川において、これまではなかった規模の局所洗掘が進行しつつある。この局所洗掘は、セグメント2-2の区間に複数発生しており、特に、約37km地点に位置する局所洗掘箇所の洗掘深さは図-2に示すように20m程度に達している。この局所洗掘は、平成9年以降に急激に顕在化した事象である。

局所洗掘の進行により、治水面、河川管理面等への影響が懸念される。具体的には、治水面としては、橋脚や護岸の基礎への影響や偏流の発生による河岸の安全度低下が考えられる。環境面としては、局所洗掘箇所における流水の停滞に伴う貧酸素化と水生生物への影響等が懸念される。一方、木曽川の局所洗掘はメカニズム等の実態がよく分かっていない。

大規模な局所洗掘の事例としては、関東地方の利根川下流における六大深掘れ¹⁾が知られているが、その他の河川における事例はほとんど無いのが現状である。



図-1 木曽川的位置

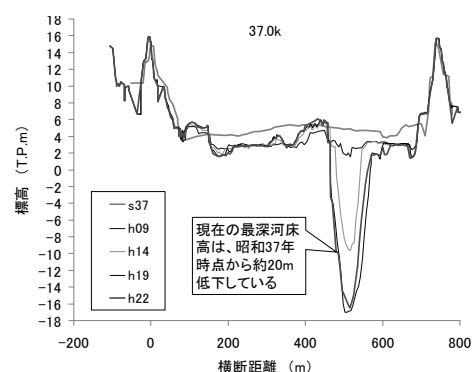


図-2 37km地点の横断形状の経年変化

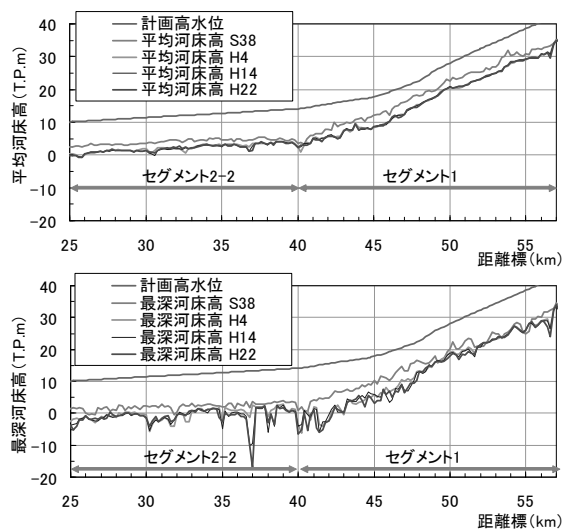


図-3 河床高の経年変化

上記を踏まえ、本報告では、局所洗掘対策の立案に資するために、木曽川の37km付近を中心として、局所洗掘の現状を既往調査及び現地調査により把握し、その発生要因を探ることを目的に、現時点の調査検討の状況を第一報として報告するものである。

2. 木曽川の局所洗掘の現状

(1) 木曽川の河道特性

今回対象とする局所洗掘箇所は約37km地点に位置する。当該地点のセグメント区分は2-2であり、河床材料の代表粒径は0.4mm、河床勾配は1/4,500程度である。

(2) 既往の調査資料による現状の把握

近年急激に発達しつつある局所洗掘の現状を把握するため、既往の調査資料から、縦横断形状の経年変化、近傍のボーリング調査結果等の整理を行った。

a) 横断形状

今回対象とする37km地点の昭和37年以降の横断形状の経年変化を図-2に示す。これより、局所洗掘は平成9年時点ではほとんど認められないこと、その後、平成19年にかけて急激に鉛直方向に拡大していることが分かる。ただし、平成19年から平成22年にかけては鉛直方向にはほとんど進行していないか、むしろ、わずかに上昇傾向にある。横断的な位置関係に着目すると、洗掘は横断距離でおよそ450m～600mの範囲で発生しており、鉛直方向と同様に平成19年以降の横断方向へはほとんど拡大していない。

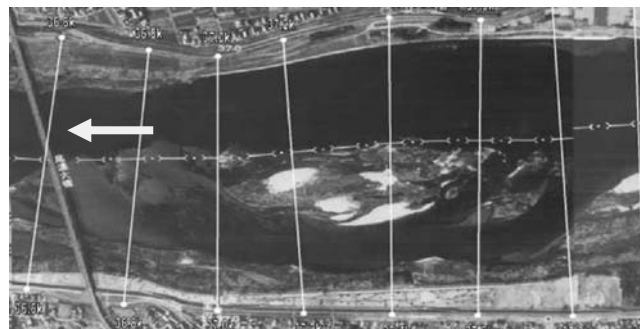
b) 最深・平均河床高

昭和38年から平成22年までの平均河床高と最深河床高の経年変化を図-3に示す。これより、約37km地点直下流の約35kから37kの区間の最深河床高は、平成14年から平成22年にかけて徐々に低下していることが分かる。当該箇所には尾濃大橋が位置しており、局所洗掘の下流に拡大した場合に、橋脚基礎への影響が懸念される。

【昭和34年】



【平成5年】



【平成24年】

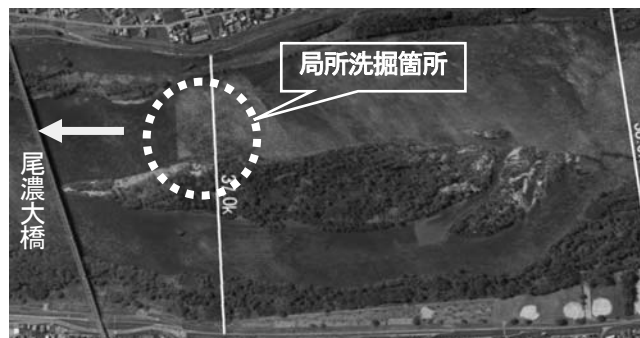


写真-1 垂直写真の経年変化

c) 河床形態

河床形態の変遷を把握するため、昭和34年、平成5年、平成24年の垂直写真を写真-1に示した。これより、約26km地点に位置する馬飼頭首工の完成年は昭和49年であり、昭和34年時点では、当該領域は湛水区間となっていない。また、砂州上には植生は繁茂しておらず、みお筋の水深は浅く、うろこ状の河床形態を呈している。その後、平成5年の時点では現在の局所洗掘河床の左岸側に中州が形成されており、中州上には植生の繁茂が認められる。平成24年時点では、この中州は固定化し、植生の繁茂領域が拡大している。

d) 濃尾平野の地形・地質

濃尾平野は木曽川、長良川、揖斐川の木曽三川が集まって低湿地帯を形成する大規模な平野である。濃尾平野の地形区分の概要は、図-4のように取りまとめられている。これを見ると、局所洗掘が位置する37kmは、図中の赤丸で示した部分で、沖積平野（自然堤防、河岸段丘、砂州）内に位置している。



図-4 濃尾平野の地形面区分²⁾

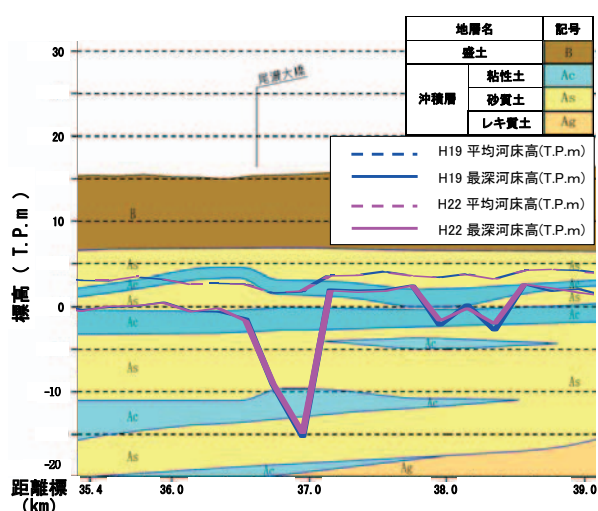


図-5 河道沿いの地質分布

e) 河道沿いの地質分布

木曽川の河道沿いの地質は、既往の堤防詳細点検結果から図-5のように作成されている。図中には、平成22年の平均河床高及び最深河床高を併せて示した。

これより、当該区間の地質は、粘土層と砂層が交互に分布していること、平均河床高は、粘土層の上面に概ね位置していることが分かる。これは、粘土層が、局所洗掘に対する“よろい”のような機能を果たしている可能性があることを示している。

局所洗掘が発生している37km地点は、この粘土層を突き抜けて拡大しているが、上下流の地質分布との差は特に認められない。

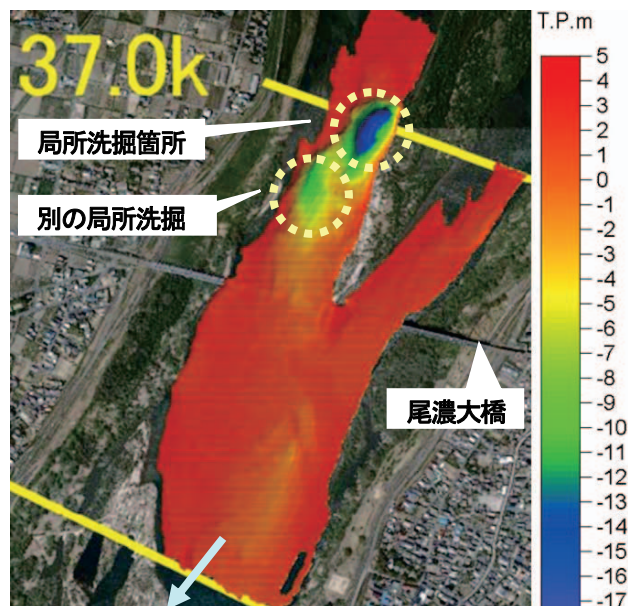


図-6 3D水中測量結果

3. 現地調査による詳細な現状の把握

2. では、既存の調査結果から得られる河道特性の現状を整理したが、写真-1で示したように、局所洗掘箇所は、37km地点よりも50m程度下流に位置しており、ジャストポイントにおける状況が把握できていない。また、局所洗掘箇所における河床材料や地質、DOもこれまでほとんど把握されていない。

上記を踏まえ、ここでは、37km付近の局所洗掘箇所により詳細な実態把握のため、以下の調査を実施した。

- ①三次元の測深器を用いた水中測量※
- ②底質粒度組成調査
- ③水温・DO調査
- ④大深度のボーリング調査

※以下、3D水中測量と称す。

(1) 3D水中測量

3. で示した37km付近の局所洗掘箇所の横断形状や縦断形状は定期縦横断測量の結果を用いている。当該区間の定期縦横断測量の実施間隔は約200mであり、地形把握のための解像度には限界がある。これを踏まえ、3D測深器を用いた水中測量を実施した。

3D測深器を用いた水中測量結果から作成した河床高コンターを図-6に示す。図-6を見ると、局所洗掘の上流側の河床勾配は下流側よりも急となっていること、局所洗掘の上流の河床高はほぼ平らな状況となっていることが分かる。また、37km付近の局所洗掘の下流側の右岸寄りには、規模は小さいものの別の局所洗掘が存在し、洗掘深さは10m程度に達している。

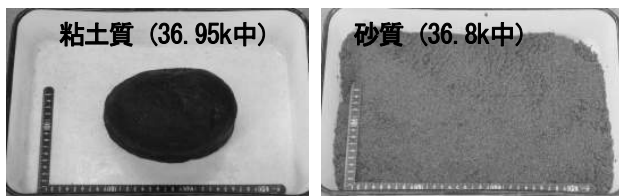


写真-2 採取試料の写真

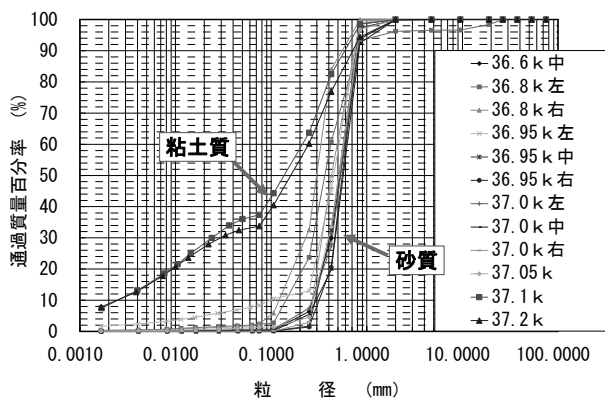


図-7 底質粒度組成調査結果

(2) 底質粒度組成調査

局所洗掘箇所における底質の土質や粒度組成の調査はこれまでほとんど調査が実施されていない。このため、エクマンバージ及び円筒型採泥器を用いた調査を実施した。調査地点は、局所洗掘箇所の底質の平面的な分布を把握するため、36.95kの最深部を中心に12箇所を対象とした。

採取した試料の性状を写真-2に、粒度組成分析の結果を図-7に示す。これより、底質の性状は、粘土質が砂質に2分され、粒径加積曲線の傾向も2つのタイプに分類されることが分かった。なお、写真-2の左側の写真は、36.95k地点の最深部で採取された粘土質であり、形状は球形であった。このことから、この粘土質は、上流の泥質層が剥離したものが流下してきたものである可能性が考えられる。

図-7より、最深部の底質の代表粒径は0.5mm程度の砂分であり、洪水時に容易に流出すると考えられる。

(3) 水温・DO調査

37km付近の局所洗掘は最大で20m程度に達することから、特に水温が高くなる夏期に河床付近で貧酸素塊が発生し、魚類等の生物に影響を与えることが想定される。しかし、実態はこれまで明らかになっていないことから、春期及び夏期に、水温とDO調査を実施した。調査地点は、(2)で述べた底質粒度組成調査と同じ地点とし、各地点で表層、中層、底層の3層とした。

夏期の調査結果は図-8に示したとおりであり、DOは、局所洗掘箇所より下流では、中層・下層の値が相対的に1mg/L程度小さいことを確認した。

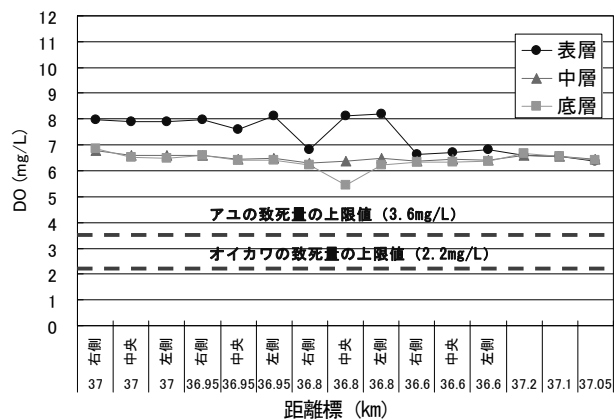


図-8 水温・DO調査結果

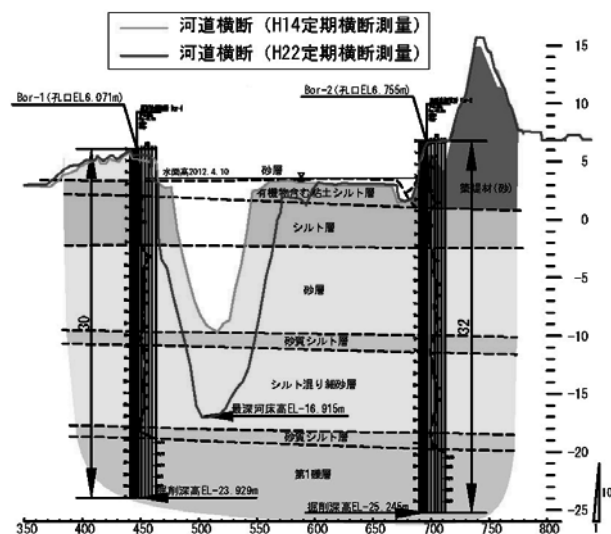


図-9 地質と横断形状の重ね合わせ図

この理由として、局所洗掘箇所では水温差に起因する成層の形成が推察されるが、DOは底層でも約5.5mg/Lであり、魚類の中でDO低下に対する耐性が低いアユ（致死量約3.6mg/L）やオイカワ（同約2.2mg/L）³⁾よりも高く、魚類への影響はないと考えられる。

(4) 大深度のボーリング調査

37km付近の局所洗掘箇所のジャストポイントでの地質の鉛直分布はこれまで明らかになっていないことから、局所洗掘箇所の左右岸の2箇所を対象にボーリング調査を実施した。鉛直範囲は、局所洗掘の更なる拡大の可能性を把握するため、硬い地層である礫層が出現する高さまでを対象とした。

大深度のボーリング調査結果から、37km付近の横断形状と地質の鉛直分布を重ね合わせて整理した結果を図-9に示す。これより、地層は左右岸で連続し、平成14年から平成19年にかけてシルト・粘土の地層で侵食が一旦止まっていることが分かる。その後、シルト・粘土がなくなると砂部分の急激な侵食が進行している。

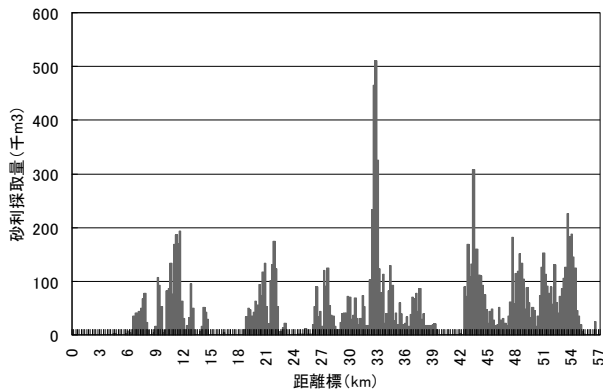


図-10 砂利採取の実績値（昭和40年から平成12年）

なお、局所洗掘箇所最深部は洪積世の砂礫上面に達しており、N値が50以上あることから、これ以上の洗掘の進行はないと推察される。

4. 局所洗掘の発生要因の推定

既往の調査結果及び今回実施した現地調査結果から、37km付近の局所洗掘の現状の詳細な把握を行った。一方、木曽川では、図-3で上述したように、局所洗掘が複数発生しており、木曽川の局所洗掘の事象は37km地点単独のものではなく、木曽川全川に関わる事象と考えられる。また、木曽川は全川の河床低下が進行してきたが、概ね縦断的に平行的な挙動を示していた。しかし、平成以降の状況をみると、局所洗掘が顕在化する状況となった。

図-5において、今回検討対象としているセグメント2-2の区間では、平均河床高が粘土層の上面に概ね位置していることを示した。粘土層は難侵食性であり、これが“よろい”の役割を果たしていると考えられる。このよろいが何らかのきっかけで侵食された場合には、下層の砂層が露出し、洪水のたびに洗掘が進行すると推察される。

上記のことより、本検討では、全川の河床低下が局所洗掘発生を引き金になっていると考え、河床低下の要因として、①砂利採取、②土砂生産領域から河道への土砂供給量の減少、河床低下以外の要因として、③地形的要因を抽出し、それぞれの事項について考察を行った。

(1) 砂利採取

木曽川で砂利採取が実施されていた平成12年までの実績量を図-10に示す。これより、局所洗掘箇所が進行している37km付近で、砂利採取が特に多かったとはいえないものの、過去の砂利採取は木曽川の河床低下の直接的な要因となる可能性が推察される。

(2) 土砂生産領域から河道への土砂供給量の減少

木曽川上流域の山地は土砂生産領域となっており、土砂生産量の減少は、下流の河道への土砂供給量の減少につながると考えられる。

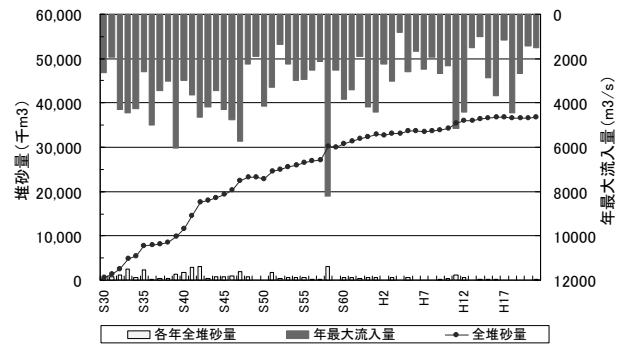


図-11 丸山ダムの実績堆砂量



図-12 37km地点の平面形状

また、土砂生産領域には、発電ダムや砂防ダム等の横断工作物が多数存在し、これらの横断工作物による土砂供給量の減少も考えられる。

土砂生産領域からの土砂供給量を直接的に把握することは困難であるため、間接的な方法として、丸山ダムの実績堆砂量の昭和30年から平成24年までの経年変化を図-11に示した。これより、丸山ダムへの堆砂ペースは、徐々に緩やかになって近年はほぼ横ばいとなっていることが見て取れる。

丸山ダムの総堆砂量は、昭和30年から平成24年にかけて約3,700万 m^3 となっており、下流の河道への供給量が減少していると判断できる。丸山ダム上流域には、多数の発電ダムや砂防ダムが存在するため、図-11に示した丸山ダムの堆砂量は、これらの横断工作物の堆積による影響と、土砂生産領域からの土砂生産量の影響が複合的に作用しているものと推察される。

(3) 地形的要因

37km付近の平面形状を図-12に示す。これより、中州の存在により平面的な急縮が生じ、局所洗掘箇所へ洪水流が集中することが要因となっている可能性が考えられる。また、右岸側の堤防の平面形状は急縮の状況となっており、これらが要因となっている可能性がある。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

今回の調査検討で得られた結論を以下に示す。

a) 既往の調査資料による現状の把握

縦横断形状の経年変化、主要洪水の発生履歴、近傍のボーリング調査結果等の整理を行い、以下のことを明らかにした。

- ①局所洗掘は平成9年以降に進行し、平成19年までの約10年間で約20mに達した。
- ②居所洗掘は大出水時に大きく進行しているが、平成19年以降は下げ止まっている。
- ③横断方向への拡大も平成19年以降ほとんど認められない。
- ④左岸側には中州が隣接しており、固定化及び樹林化が進行している。
- ⑤近傍地点の地質の鉛直分布は、粘土層と砂層が交互に形成されている。

b) 現地調査による詳細な現状の把握

より詳細な現状把握のため、底質粒度組成調査、水温・DO調査、水中3D測量、大深度のボーリング調査を実施し、以下のことを明らかにした。

- ①最深部の底質の代表粒径は0.5mm程度の砂分であり、洪水時に容易に流出すると推察される。
- ②局所洗掘箇所の周辺は粘土層がほぼ平坦に露出しており、これが局所洗掘を抑制する“よろい”の役割を果たしていると考えられる。
- ③DOは、底層で最低となり夏期に5.5mg/lを示すが、魚類への影響はないと考えられる。
- ④最深部は第一礫層に達しており、さらなる鉛直方向への拡大の可能性は小さいと考えられる。

c) 局所洗掘の発生要因の推定

明らかになった現状を踏まえ、可能性として考えられる局所洗掘の発生要因として、以下の3つの事象を推定した。

- ①砂利採取や上流域からの土砂供給量の減少に伴う河床低下の進行
- ②河床低下による粘土層の露出と剥離による下層の砂分の流出
- ③左岸側の中州による低水路幅の急縮と、洪水時の流

(2) 今後の課題

今回推定した要因は、37km付近以外の箇所においてもさらなる局所洗掘が発生・進行する可能性があることを示唆するものであり、引き続き、調査範囲を広げて検討を進めていく必要がある。

具体的には、以下の調査・検討を予定している。

- ①局所洗掘発生のかきかけと考えられる河床低下要因の推定のための流砂系の土砂収支の把握
- ②全川的な河道特性の詳細な把握による37km以外の局所洗掘箇所の特性の把握
- ③現在明瞭な局所洗掘の発生が認められないセグメント1区間における危険箇所の把握
- ④推定した局所洗掘の発生要因の調査検討
- ⑤局所洗掘箇所の対策の検討

謝辞：国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室 服部室長、土木研究所水環境研究G 河川生態チーム 萱場上席研究員には局所洗掘の調査内容や検討方針について、多大な御助言を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 福岡捷二: 洪水の水理と河道の設計法, 治水と環境の調和した川づくり, 森北出版株式会社, 2005
- 2) 東海三県地盤沈下調査会編: 濃尾平野の地盤沈下と地下水, 名古屋大学出版会, 1985
- 3) 福井県県民生活部: 魚類へい死事故対応手引き
- 4) 国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所: 利根川下流河川維持管理計画, 国土交通大臣管理区間編, 2012.3
- 5) 国土交通省関東地方整備局京浜河川事務所: 多摩川河川維持管理計画, 国土交通大臣管理区間編, 2012.3
- 6) 国土交通省四国地方整備局那賀川河川事務所: 平成18年度国土交通省国土技術研究会説明資料, 平面2次元河床変動解析による那賀川の局所洗掘対策の検討, 2006

(2013.4.4受付)