

# 信濃川長岡地区河道計画の効果検証

Evaluation of the water channel plan in Nagaoka city area of the Shinano River

土屋進<sup>1</sup>・本間勝一<sup>2</sup>・安部友則<sup>3</sup>・高島和夫<sup>4</sup>・福岡捷二<sup>5</sup>

Susumu TSUCHIYA, Katsuichi HONMA, Tomonori ABE, Kazuo TAKASHIMA and Shoji FUKUOKA

<sup>1</sup>フェロー会員 (財)リバーフロント整備センター 専務理事 (〒102-0075 千代田区三番町 3-8)

<sup>2</sup>(社)北陸建設弘済会 企画広報部長 (〒950-0197 新潟県中蒲原郡亀田町亀田工業団地 2-3-4)

<sup>3</sup>正会員 工修 建設省北陸地方建設局 信濃川工事事務所長 (〒940-0098 長岡市信濃 1-5-30)

<sup>4</sup>正会員 建設省北陸地方建設局河川計画課 建設専門官 (〒951-8505 新潟市白山浦 1-425-2)

<sup>5</sup>フェロー会員 Ph.D. 工博 広島大学教授 工学部第四類 (建設系) (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

Nagaoka city area in an alluvial fan is dangerous in flood control, because the Shinano River flows fast, meanders and attacks the area. Safety of levees is a serious problem. After the alignment of low water channel was examined in a hydraulic model experiment as well as a training levee, a low water revetment has been executed the work since 1975. About 25 years have passed, the site observation results were compared with the hydraulic model experiment results about changes of a riverbed and reduction of flow attacking effect. The effect of training levee, which is main concern of this planning, is evaluated by numerical simulation.

**Key Words** : *alluvial fan, rapids, meandering, low water channel fixation, alignment of low water channel, composite section, training levee*

## 1. はじめに

信濃川は流域面積 11,900km<sup>2</sup>, 流路延長 367km の我が国有数の大河川である。信濃川長岡地区は大河津分水路上流 15.5K より上流 22.5K までの区間をいい、長岡市の市街地を貫流している治水上最も重要な区間の一つである。この地区は、山間部を流下した信濃川が平野部にでたところである。河床勾配は急で、勾配変化点にあたるため河道の蛇行が著しく、堤防間幅、低水路幅とも縦断的に変化し砂礫堆や深掘れ部を形成している。また、積雪寒冷地特有の継続時間の長い融雪出水が特徴的である。

このため、河状は著しく荒廃し、多くの水衝部が存在し、護岸等の河川構造物の損傷も著しい。これら治水上の危険性に対処するため低水路の固定を基本とした河道計画を策定すべく、低水路法線形、施工法・順序について水理模型実験により検討を行った<sup>1),2)</sup>。これに基づき、昭和 50 年頃から本格的に工事に着手した。着手 10 年経過後の対策工について、現地河道状況の変化と模型実験結果から比較検討さ

れた<sup>3)</sup>。その後、さらに 13 年経過し、対策工の効果も着実に現れてきているようにみえる。

本論文では、低水路の河道計画、河床変動、水衝部の解消等について、現地河道での観測結果と水理模型実験結果を対比して考察する。特に、本河道計画の特徴である導流堤の効果について、現地観測結果と比較し、さらに流れの数値解析を行うことによって評価を試みている。

## 2. 長岡地区の河道計画

### (1) 河道特性

信濃川長岡地区は、新潟平野の扇頂部に位置している区間で、堤防法線は湾曲が著しく、特に、18.25K の長生橋付近において大きく曲がっている。河床の縦断勾配は、図-1 のとおりで 17.5K 地点で急変しており上流 1/650, 下流 1/1,200 とその差は大きい。

平均河床高の経年変化を見ると昭和 40 ~ 50 年代は低下の傾向を示していたが、近年はほぼ安定して

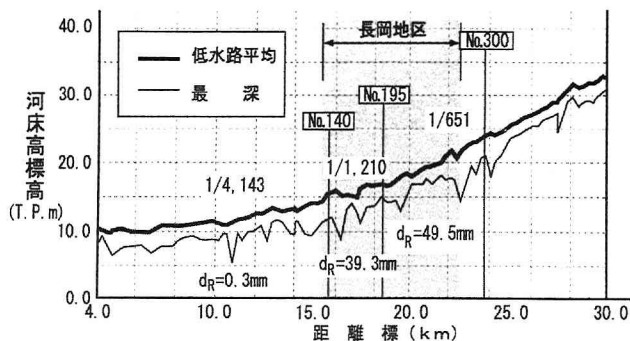


図-1 信濃川縦断面図 (H.4)



写真-1 水梨地区被災状況 (S.36.6洪水)

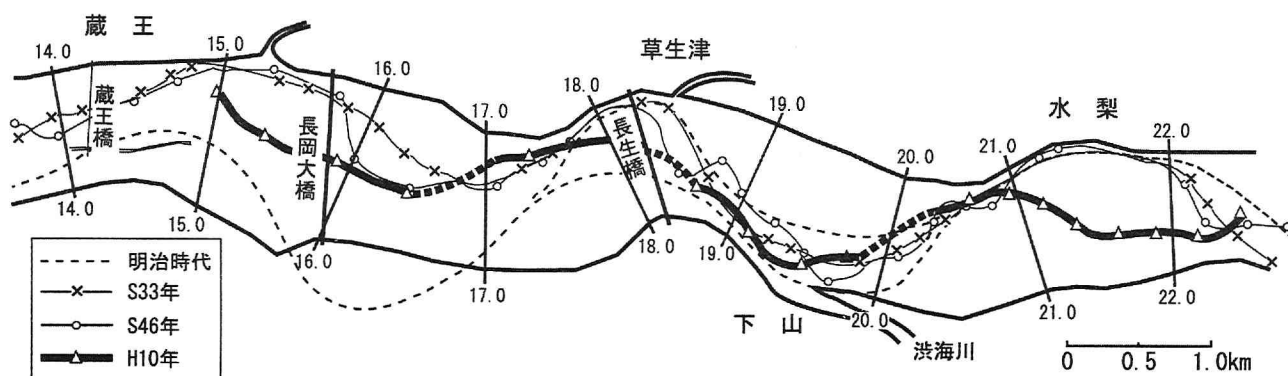


図-2 長岡地区平面図・最深河床変遷図

いるようである。堤間幅は最大で 1,000m, 最小で 800m となっており, 低水路幅は 250 ~ 450m である。河床は, 平均粒径は 40 ~ 50mm 程度のレキからなり, 12.0K より下流では 0.1 ~ 0.5mm の砂となっている。セグメント区分はセグメント 2-1 の砂利河道に分類され, 交互砂州と複列砂州の中間的な領域となっている。本地区の水衝位置は図-2のとおり, ほぼ固定されており, 右岸 21.5K 付近の水梨地区, 左岸 19.5K 付近の渋海川合流点, 右岸 18.0K 付近の草生津地区及び右岸 15.0K 付近の蔵王地区が激しい水衝部となっている。

昭和 36 年 6 月洪水では, 水梨地区の堤防が欠壊し長岡市中心部が危険な状態となった。(写真-1)

## (2) 水理特性

洪水の発生は台風の影響による前線活動によって局所的な豪雨をもたらす場合や梅雨末期の豪雨による場合が多いが, 特徴的な点は 4 月から 5 月の融雪出水があげられる。洪水波形をみると本川と支川魚野川のピーク流量が同時に合流することは稀であり, そのため洪水は長時間継続し, 時としてはピークがいくつも表れた洪水波形となる。

長岡観測所の平均年最大流量は, 約 4,000m<sup>3</sup>/s (S53 ~ H10) であり, これに対し融雪期の平均年最大流量は 2,400m<sup>3</sup>/s に達するとともに継続時間が 1 ヶ月にも及ぶ場合がある。特に, 融雪期の流出量は年間総流出量の 30 ~ 50 % を占めている。

また, 長岡地区の現況流下能力は下流側で 10,000m<sup>3</sup>/s 程度であるが, 上流に行くに従い計画高水流量 11,000m<sup>3</sup>/s を満足している。

## (3) 計画の基本方針及び概要

長岡地区河道計画は, 主として水衝部の解消を目的としており, 基本方針は次のとおりである。

- a) 堤防法線は現状のままとする。
- b) 蛇曲の著しい低水路を整正するため複断面とし, 危険な水衝部の解消と高水敷の利用を可能にする。
- c) 低水路は 2 ~ 3 年に一度の確率で生起する流量 4,000m<sup>3</sup>/s を対象とし, 幅 320m, 水深 4.5 ~ 5m とする。
- d) 低水路法線は, みお筋の経年変化をもとに, 極力河道中心に移動させた案を一次案とし, これをもとに水理模型実験を行い最良案を決定する。

## (4) 水理模型実験

低水路の安定性は, 移動床で水平 1/100, 鉛直 1/70 の歪み縮尺の水理模型を用い実験により確認した。

第一次案による実験の結果, 支川合流点付近での堆積など洪水の疎通に問題が発生したので, 低水路法線を直線化した。これを第二次案として, 長時間通水と不定流実験を行った。その結果, 21.0K 付近の水衝部の移動, 高水敷にのりあげる水の流速等の問題が見られ, 低水路河道の設定がかならずしも満足する状況になかった。そのため, 21.0K 地点の水

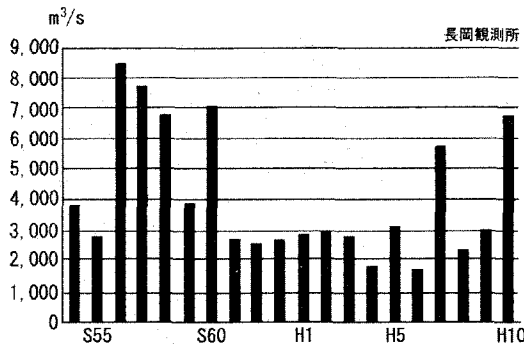


図-3 洪水発生状況

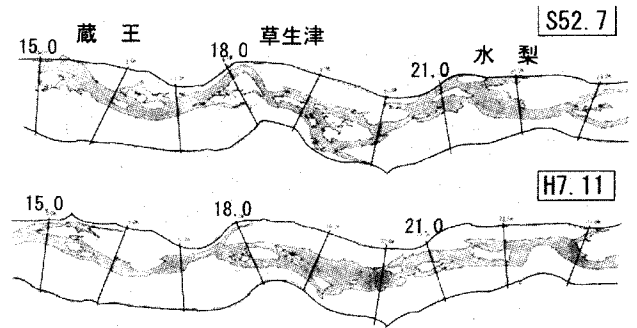


図-4 低水路の形成状況の変化

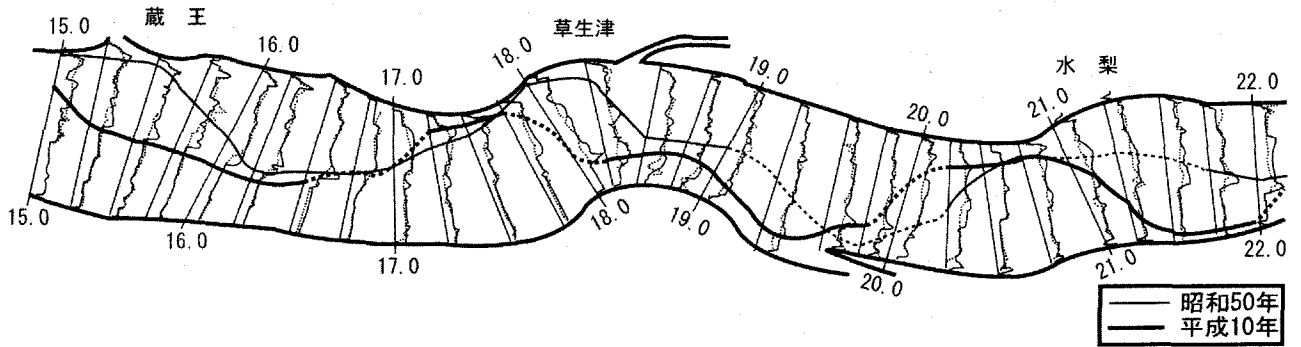


図-5 みお筋と河道横断面形の変化

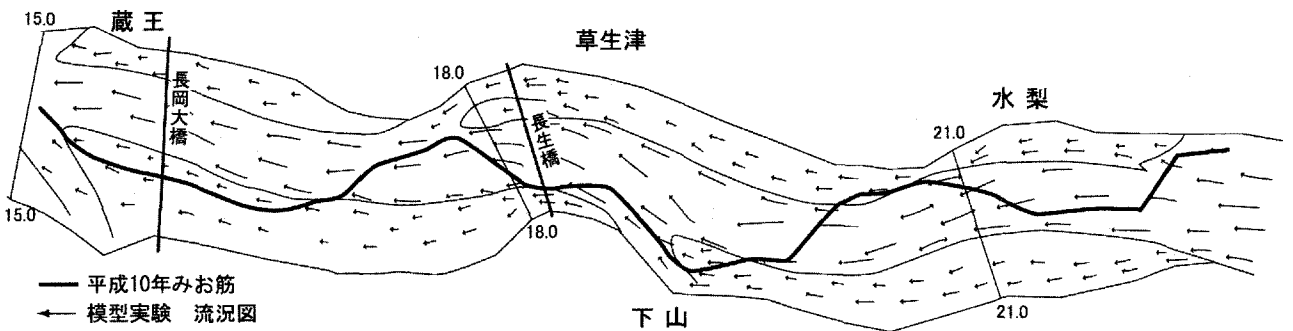


図-6 模型実験と実測の比較

衝部を固定する目的で低水路を400mに拡大し、法線形状を修正して第三次案とした。第三次案により、低水路の流れがスムーズになり、高水敷の荒廃は著しく軽減された。さらに、長時間通水(4,000m<sup>3</sup>/s)においても水衝部におけるバーの移動が小さいことが確認された。第三次案(最終案)では、当時の河道の水衝部を締め切って高水敷を造成することになる。このため、高水敷保護のための護岸、低水路の掘削、高水敷造成及び水衝部締め切りのための導流堤を施工することとした。

当区間は河道内の乱流・蛇行現象が支配的であるため、河道条件をかえると、蛇行の間隔がずれることになり、思いがけない災害を起こすことも考えられる。従って、工事全体の施工順序、水衝部の位置と範囲、水衝部締め切り施工後の影響、施工方法について、模型実験により検討し決定した。

### (5) 対策工の実施

本格的な工事は昭和50年から着手し、平成4年までにその約7割を概成している。

また、対策工及び施工順序は当初計画と大きな違いのない形で進められている。

## 3 対策後の流れと河床変動

### (1) 対策後の洪水発生状況

昭和54年以降の主要洪水のピーク流量の発生状況(図-3)を見ると、計画高水流量11,000m<sup>3</sup>/sに対し、昭和56年、57年、58年と3年連続して、7,000~8,300m<sup>3</sup>/s規模の大洪水が発生している。

その後、毎年の融雪出水を除いて大きな洪水が発生していない時期が続いたが、平成10年に6,700m<sup>3</sup>/sの洪水を記録した。

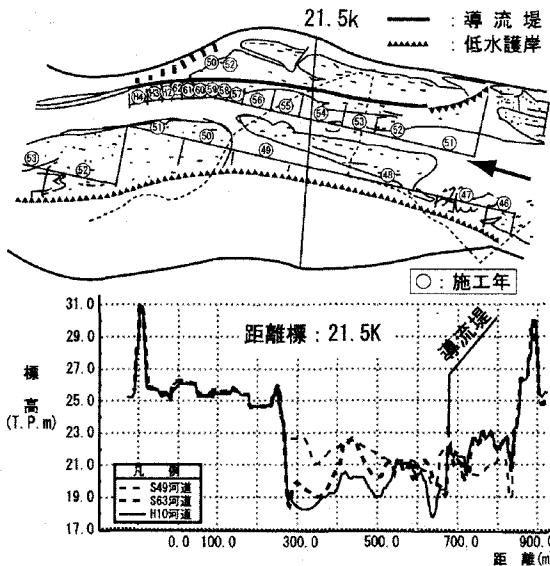


図-7 水梨地区導流堤設置の効果

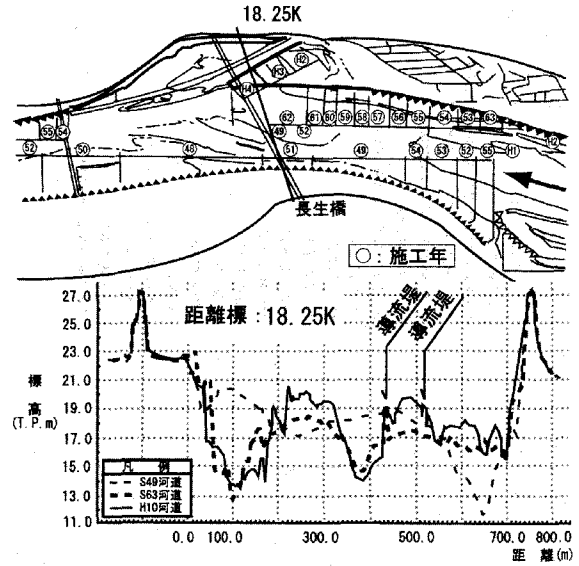


図-8 草生津地区導流堤設置の効果

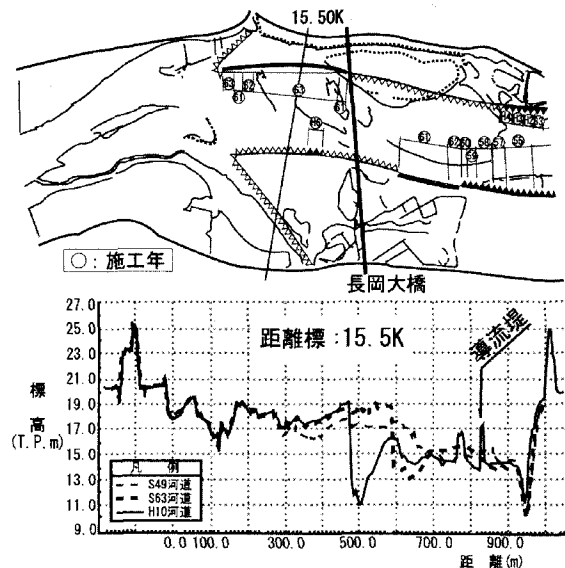


図-9 蔵王地区導流堤設置の効果

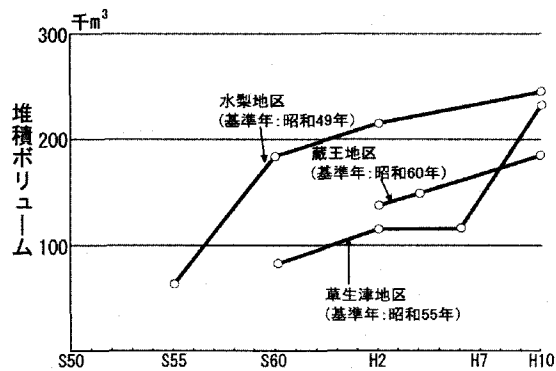


図-10 導流堤背後の土砂堆積量の変化

## (2) 河道の変化

本格的工事着手前（昭和 52 年）と近年（平成 7 年）の低水路の変化の状況を航空写真をもとに作成し、示したのが図-4である。着手前は流路が複雑に蛇行し、大きな砂州も多く、主流が直接堤防に当たっている箇所も見られたが、改修によって、低水路が明確に形成され、水梨、草生津などの顕著な水衝部は解消されている。図-5に、昭和 50 年と平成 10 年のみお筋と河道横断面形の変化を比較して示す。水衝部への水当たりが著しく改善されており、また水衝部の堤脚付近の河床高は上昇し、最深河床の位置が堤防沿いから河道の中心方向に移動する傾向にあることが見てとれる。

## (3) 水理模型実験との比較

模型実験の流況と平成 10 年のみお筋を比較した

ものが図-6である。模型実験の流況は、大筋では平成 10 年の河道の流れを表現できているものと判断できる。細部を見ると異なる部分があるが、これは、対策工進捗等によるものと考えられる。

なお、水理模型実験との比較は、 $9,000\text{m}^3/\text{s}$ 、205 時間通水のケースとした。これは、昭和 50 年代後半の洪水実績より考えても、ほぼ妥当と考えられる。

## 4 導流堤の効果の検証

### (1) 導流堤計画とその構造

導流堤は、水衝部の前面に、縦断的に設置することにより、流路を矯正し、低水路河道を良好な状態に保持するとともに、導流堤背後の流速を低減させ、自然の力を利用して、特に信濃川では、継続時間の長い融雪出水（約  $3,000\text{m}^3/\text{s}$ ）の際に土砂堆積を促して高水敷の造成を図る本計画の骨格となる工種である。

導流堤の構造は、幅 20m の粗朶沈床の上に 2 t 異形ブロックを幅 12m で 3 層積みしたものであり、

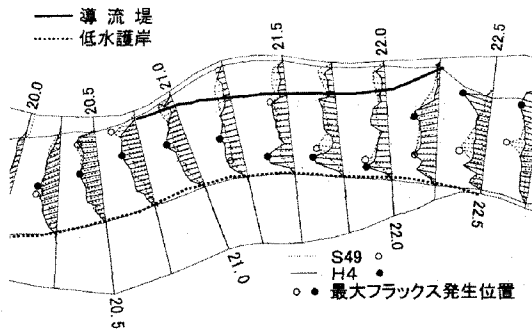


図-11 数値計算結果（水梨地区）

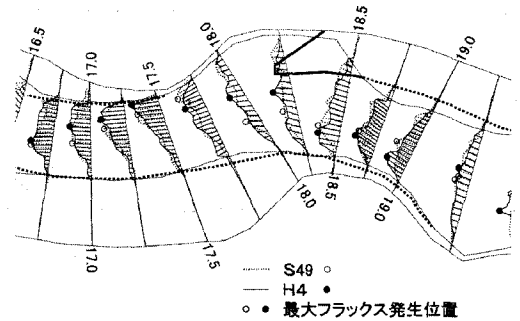


図-12 数値計算結果（草生津地区）

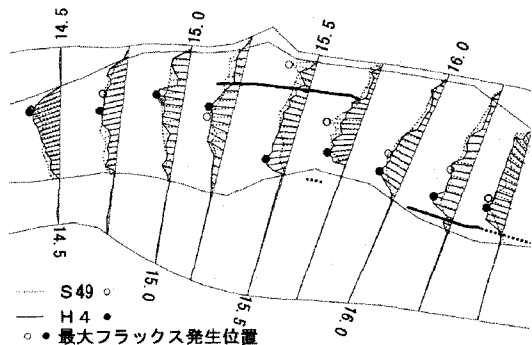


図-13 数値計算結果（蔵王地区）

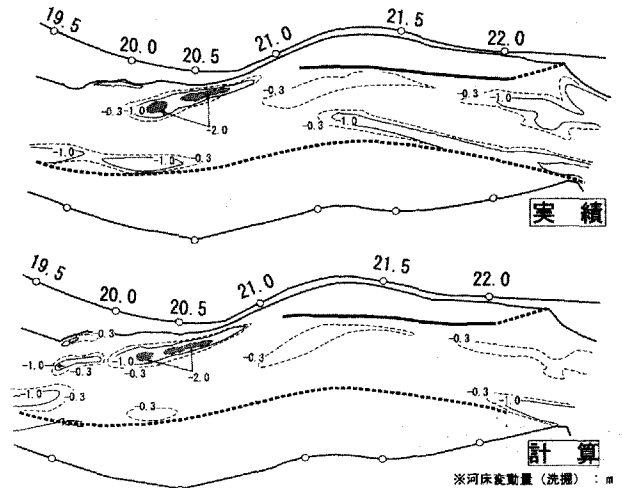


図-14 河床変動量（洗掘）の状況（水梨地区）

その施工高は、計画高水敷高より若干低い高さで、年最大流量発生時の土砂の堆積を期待している。

## (2) 導流堤の効果と土砂堆積

導流堤が設置された区間の状況を以下に示す。

### a) 水梨地区（右岸21.0～22.5K）

左岸側の低水護岸と右岸水衝部の水制の施工後、水梨地区では昭和52年より導流堤に着手したが、図-7に示すとおり、導流堤背後の土砂堆積により高水敷が造成され、現在はその上に樹木が繁茂している。これに伴い、最深河床位置は右岸堤防付近から低水路中央に移動している。

### b) 草生津地区（右岸18.0～18.5K）

左岸低水護岸と長生橋の橋脚の根継ぎを実施し、低水路部を掘削して、流路、流向の変更を行った後、右岸の導流堤を昭和58年度より着手し、平成4年に巻き込みも含め完了している。

図-8に示すとおり、支川との合流点のため導流堤はV字状の閉鎖域となり、そこに土砂が堆積している。水衝部は下流に移動しつつあり、近年の出水時にも主流路は河道中央を流下し、右岸側にあった最深河床の位置は河道の中央に移動している。しかし、元の状態に戻ろうと河道中央部には砂州が成長してきている。

### c) 蔵王地区（右岸15.0～16.0K）

昭和61年度から63年度にかけて導流堤を完了し、対岸に大きく発達していた固定砂州を掘削し、流路をきりかえた。その結果、最深河床の位置は相

変わらず堤脚付近にあるものの、河床高は2m以上上昇しており、深掘れが解消しつつある。大局的には、主流路は河道中央に移動しつつある。（図-9）

水梨、草生津、蔵王地区の着手後の導流堤背後の土砂堆積量の経年変化（図-10）をみると、導流堤施工の進捗差はあるものの、昭和50～60年、平成7～10年の土砂堆積の速度が大きい。これは、洪水流の発生と大きな関係があると考えられる。

## (3) 数値計算による検討

平面二次元不定流計算による流れの解析から導流堤の効果を検証した。対策工未着手の昭和49年河道と対策工概成の平成4年度河道の2ケースについて、戦後最大流量 $8,300\text{m}^3/\text{s}$ を流した結果を図-11～13の流量フラックス平面分布図に示す。ここで、流量フラックスとは流速と水深の積によって求められるもので、単位幅流量に相当する。

水梨地区では堤防沿いの流量が約半分に減少し、堤防への水当たりが緩和されている。また、21.0K付近の流量フラックスの最大値の発生位置が堤防付近から河道の中央に移動している。草生津地区では、堤防沿いの流量が3～5割減少し、水衝部が緩和されている。蔵王地区では、堤防沿いの流量が約半分

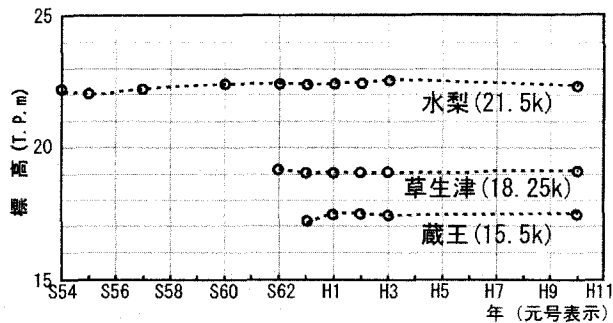


図-15 導流堤の高さの変化

に減少し、低水路の流量が増加するとともに流れが直進する傾向が生じている。

また、洪水が多発した昭和 55～60 年の河床変動について、水梨地区の洗掘量の実績と河床変動計算の結果を図-14 に示す。

実績の洗掘量が大きい箇所は図-11 の最大流量フラックス発生位置とおおむね対応している。また、河床変動計算結果においても、実績と同様の傾向を示すことを確認できた。

## 5. 粗朶沈床の評価

導流堤の高さの経年変化は図-15 に示すとおりで、設置以降ほとんど変化していない。これは、異形ブロックと河床砂の緩衝緩和と河床砂の吸い出し防止のため設置した粗朶沈床が十分その機能を発揮しているためと考えられる。

信濃川、阿賀野川等では、根固め工や洗掘対策に粗朶沈床を使用しており、信濃川水門直下流では洗掘対策のため、粗朶沈床を施工した(H.元～2)<sup>4)</sup>。図-16 に施工箇所の横断面形の経年変化を示す。施工後は、粗朶沈床により水門直下流の河床の深掘れがおさまっているのがわかる。

粗朶沈床は、生育・生息場の確保、伝統工法の活用等の今日的視点から見ると、自然環境に配慮した有効な工法と評価できる。

## 6. 結論

河床勾配が急で河道が蛇行し、乱流が激しい河川における水衝部の解消のためには、低水路を固定化し、みお筋を安定させることは有効な治水対策の一つである。

長岡地区河道計画では、水理模型実験により低水路法線形を設定し、その低水路を固定するため、主として導流堤による工事を実施した。

工事着手後約 25 年が経過しており、現地観測結

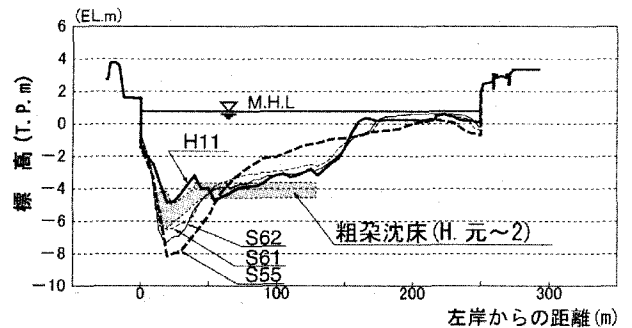


図-16 横断面形の経年変化 (信濃川水門直下流)

果をもとに河道整正効果を把握するとともに、計画に採用された模型実験との比較や数値計算による評価を加え、その効果を検証した。本研究で得られた主な結論は次の通りである。

- (1) 現地観測結果により、洪水時の土砂堆積を期待した導流堤工法は、低水路の固定、水衝部の解消に有効であることが明らかになった。
- (2) 現地観測結果と模型実験結果はおおむね同様な傾向を示しており、模型実験は低水路固定の河道計画の設計に有効な手段となることが確認できた。
- (3) 流れの二次元数値計算より、水衝部の緩和が確認できた。また、流れの集中など解析による基本的な特徴が河床変動とおおむね対応していることが明らかとなった。

水衝部対策としての導流堤の有効性は現地観測により確認できたが、その土砂堆積のメカニズムについてはここでは述べていない。今後は、堆積した土砂の質、時間的変化等詳細について調査し、その機構解明を図るとともに、土砂の挙動を踏まえた河道管理に向けて、引き続き、河道の変化についてモニタリングを行うとともに、解析モデルの構築を進めるつもりである。

## 参考文献

- 1) 須賀堯三, 浜谷武治: 信濃川長岡地区河道計画模型実験報告書(その1) - 計画低水路法線の検討 -, 『河床変動図面集』, 土木研究所資料, 第786号, 1967.
- 2) 須賀堯三, 浜谷武治: 信濃川長岡地区河道計画模型実験報告書(その2) - 施工順の検討 -, 土木研究所資料, 第904号, 1969.
- 3) 斉藤正勝, 岸田弘之, 南雲克彦: 信濃川長岡地区の低水路河道計画と対策工の効果について, 第32回水理講演会論文集, pp.359～364, 1988.
- 4) 北陸地方建設局河川部, 粗朶工法編集委員会: 粗朶工法の施工事例集, 1999.

(2000.10.2受付)