

平成15年台風10号による北海道厚別川の 洪水氾濫とその再現計算

FLOOD AND FLOOD SIMULATION IN THE APPETSU RIVER BASIN,
HOKKAIDO, DURING THE TYPHOON NO.10(2003)

長谷川 善彦¹・清水 康行²
Yoshihiko HASEGAWA and, Yasuyuki SHIMIZU

¹学生員 北海道大学大学院工学研究科修士課程 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

²正会員 工博 北海道大学大学院工学研究科助教授 (〒060 札幌市北区北13条西8丁目)

Typhoon No.10 approached Hokkaido on August 9th, 2003. Because of incompleting embankment protection, floods, bank erosions, large amount of sediments, and driftwoods occurred especially in the Appetsu River of Hidaka area. In this study, flood and deposition on the flood plain were reproduced by numerical calculation and their features were discovered. The steady flow calculation was conducted by selecting the peak discharge of this flood event. While, the unsteady calculation was simulated by the calculated hydrograph. The calculation of sediment transport was carried out by the transport equation of suspended load. The sediments were provided from the upstream end of the calculation region. The calculation for water flow, bed load and suspended load, and bed change of flood region were done in a generalized coordinate system. As a result, the characteristics of the flood during typhoon No.10 at the Appetsu River was clarified.

Key Words : flood, investigation, unsteady flow calculation, sediment transport

1. はじめに

2003年8月9日に北海道に上陸した台風10号は、例年にならない雨量を記録し、日高地方に大きな被害をもたらした。特に厚別川では、堤防工事が十分でなかったこともあり、農地への氾濫、および大量の流木や土砂の堆積が発生した。厚別川河口部の流量と日高観測所における時間雨量のグラフを図-1に示す。厚別川河口部の流量は、ウォンサらの計算による推定値である。厚別川の流域図、本研究の解析箇所（河口部から4km）を図-2に示す。本研究の目的は、台風10号により厚別川河口部で起こった洪水流、農地への土砂堆積が実際どのようなになっていたのかを考察することである。そのために、流れと土砂堆積の数値計算を行うことにした。はじめに洪水時のピーク流量を一定流量として計算を行い、ピーク時には流れがどのようなになっていたのかを再現した。次に、実際のハイドログラフを用いて非定常の計算を行い、洪水流がどのようなになっていたのかを再現した。また、上流端から土砂を供給し、浮遊砂の輸送方程式、および浮上・沈降の式を用いて農地の土砂堆積を再現した。

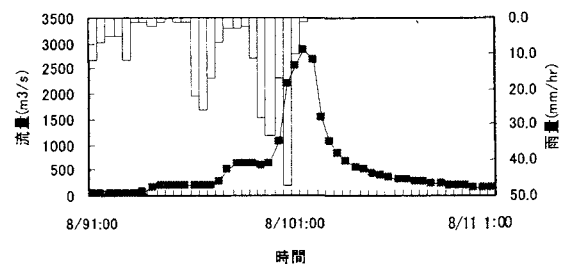


図-1 厚別川河口部の流量と日高観測所における
時間雨量のグラフ

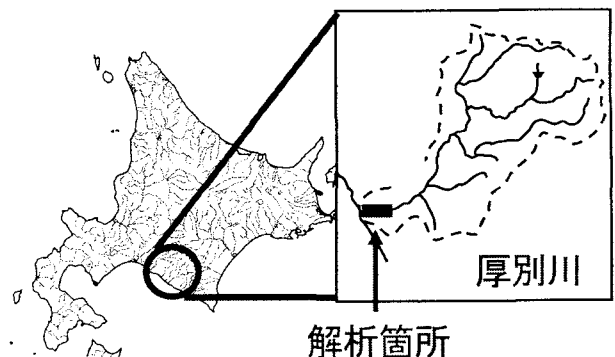


図-2 厚別川の流域図

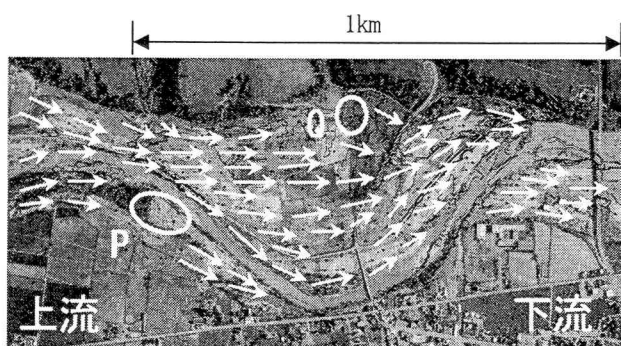


図-3 航空写真より推定された流向



図-4 P地点の写真



図-5 Q地点の写真

2. 現地調査

2003年8月11日に、民家、農地の被害状況、土砂堆積状況、倒木状況の調査を行った。同日航空写真撮影²⁾が行われ、流向や侵食堆積状況の推定が行われた。図-3は河口から約1kmの航空写真より推定された流向である。図-4、図-5に調査で撮影した写真を示す。図-4、図-5はそれぞれ図-3のP地点、Q地点の写真である。図-4では流れによって木が倒され、図-5では流れによって完全に家が破壊されており、外水氾濫の激しさを物語っている。

3. 流れの計算

(1) 基礎式

基礎式は二次元非定常流れの連続式と運動方程式 (ξ , η 方向) を用いる。座標系は一般座標を用いた。詳細は伊藤・清水³⁾に示す。

(2) 計算条件

解析箇所の航空写真を図-6参照に示す。計算格子は流下方向に28分割、横断方向に24分割した(図-7参照)。色のついている範囲は河道を表す。河床のコンターを図-8に示す。初期の水深は等流水深を、流速はマンニングの平均流速を与え、境界条件では上流端で流量を、下流端で水位を与えた。マンニングの粗度係数は、高水敷で0.045、低水路で0.035とし、 Δt は0.01秒とした。

定常計算では上流端の流量は、図-1のハイドログラフより得られたピーク流量 $2883\text{m}^3/\text{s}$ で一定として与えた。下流端の水位は痕跡水位より得られた1.46mで固定した。

非定常計算では上流端の流量に図-1の流量の変化を与えた。計算範囲は流量変化の著しい8月9日 7:00の $73\text{m}^3/\text{s}$ から、8月10日 24:00の $156\text{m}^3/\text{s}$ とした。流量は、初期の流量で計算が定常状態になった1500秒から増加させた。下流端の水位は、最初は等流水深より得られた水位を与え、ピーク流量時に痕跡水位である1.46mとなるように、時間経過とともに直線的に変化させた。

(3) 計算結果

定常計算での計算水位と痕跡水位のグラフを図-9に示す。計算水位、痕跡水位は河道中心のものである。また流速ベクトルを図-10に示す。これらは、計算が定常に達した500秒から1500秒までの結果を時間平均したものである。

非定常計算の流速ベクトルを図-11から図-13までに示す。図-11から図-13までの結果は、それぞれ流量が、8月9日 23:30の $1810\text{m}^3/\text{s}$ 、8月10日 2:00の $2883\text{m}^3/\text{s}$ 、8月10日 24:00の $156\text{m}^3/\text{s}$ の時の結果を示す。

4. 氾濫原における土砂堆積の計算

上流端から平衡浮遊砂濃度となる浮遊砂を供給し、氾濫原での土砂堆積の計算を行った。具体的には上流端を平衡状態(後述の(1)式の左辺と拡散項が0)とした浮遊砂濃度を与えた。低水路も平衡状態とした。流れの計算は非定常で行い、土砂の供給は流量が増加し始めると同時に行った。土砂の輸送は浮遊砂の輸送方程式より行った。高水敷は、初期の段階では浮上量は0としたが、堆積が起これる元の河床高よりも高くなった場合は再び浮上がおこるようにした。河床材料は1mmとした。

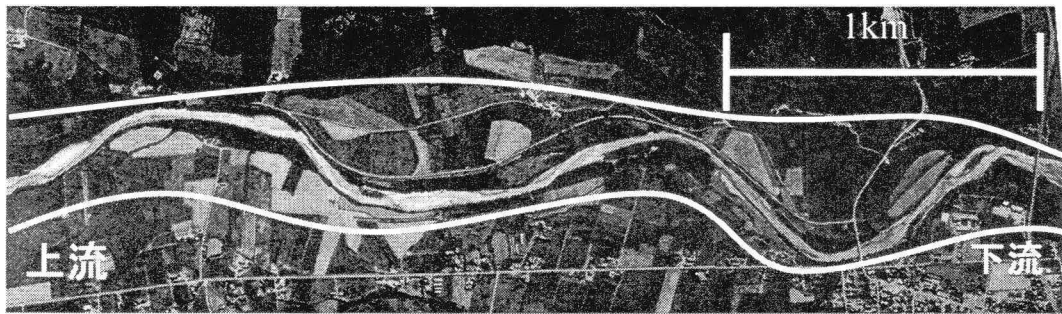


図-6 厚別川の計算範囲

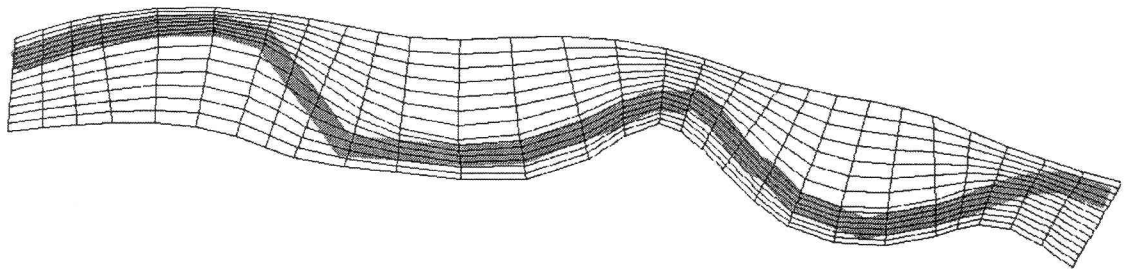


図-7 計算範囲の格子

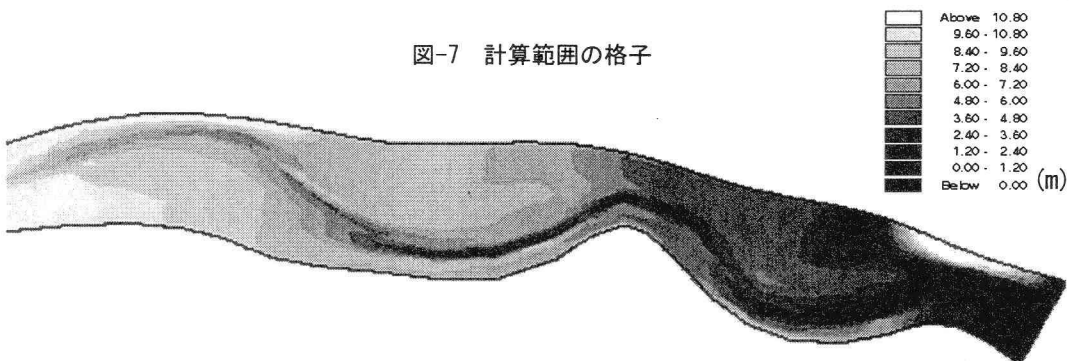


図-8 計算範囲の河床コンター

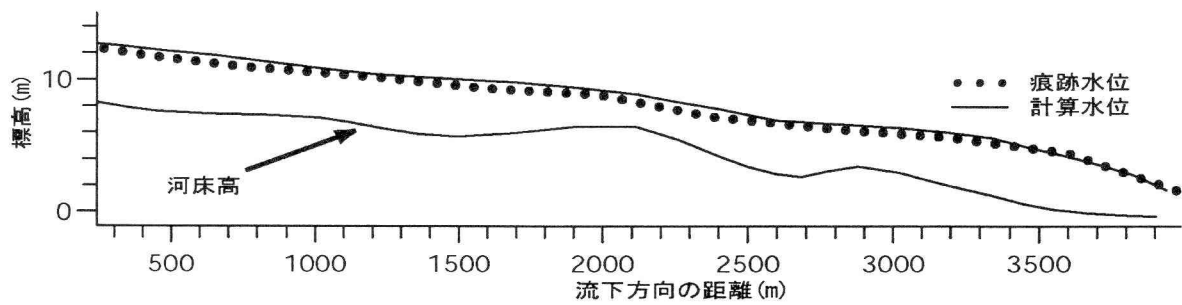


図-9 定常計算での計算水位と痕跡水位のグラフ

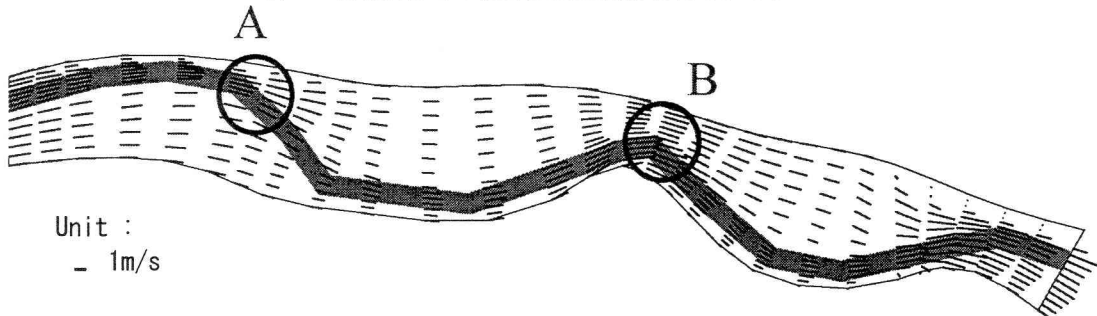


図-10 定常計算での流速ベクトル

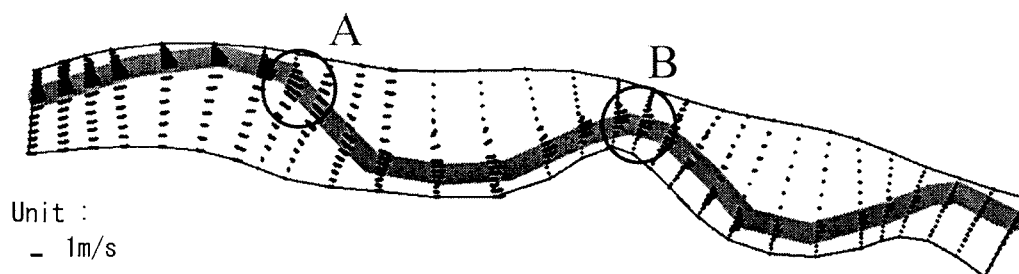


図-11 流量1810m³/sの時の流速ベクトル図

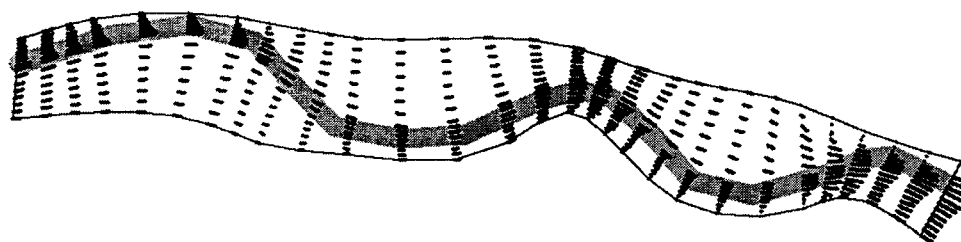


図-12 流量2883m³/sの時の流速ベクトル図

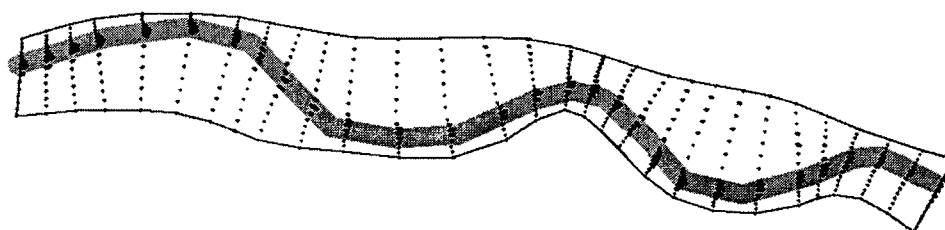


図-13 流量156m³/sの時の流速ベクトル図

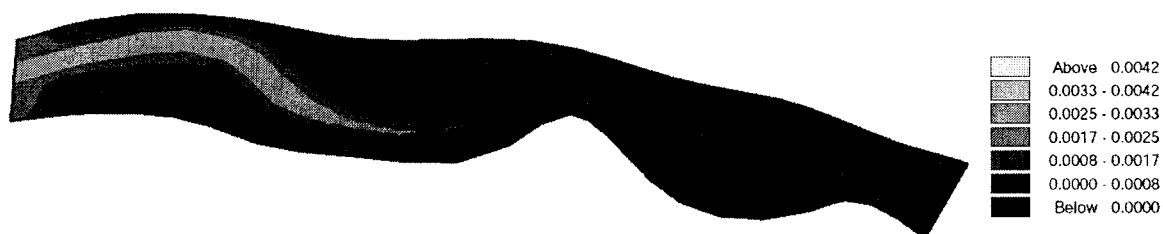


図-14 流量1810m³/sの時の濃度分布

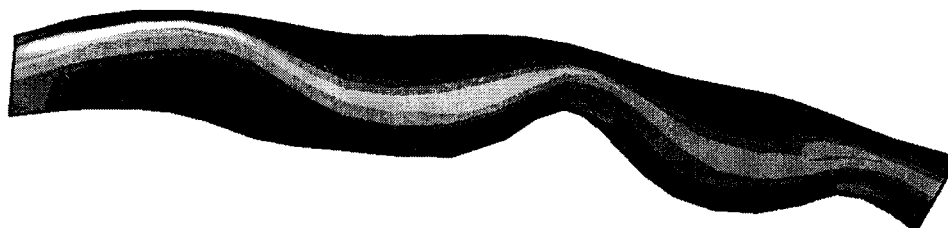


図-15 流量2883m³/sの時の濃度分布

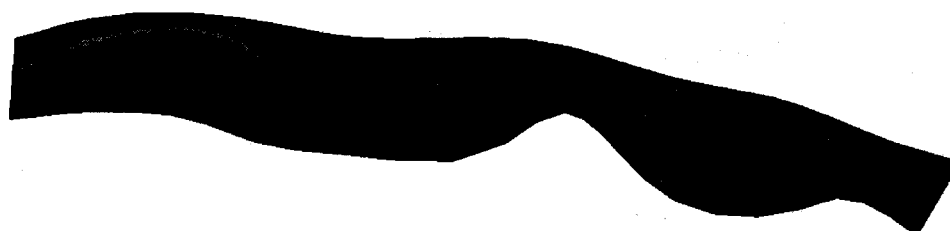


図-16 流量156m³/sの時の濃度分布

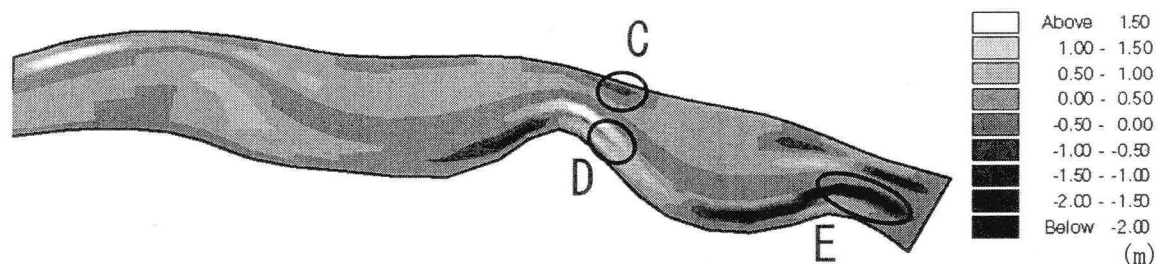


図-17 流量156m³/sの時の河床変動

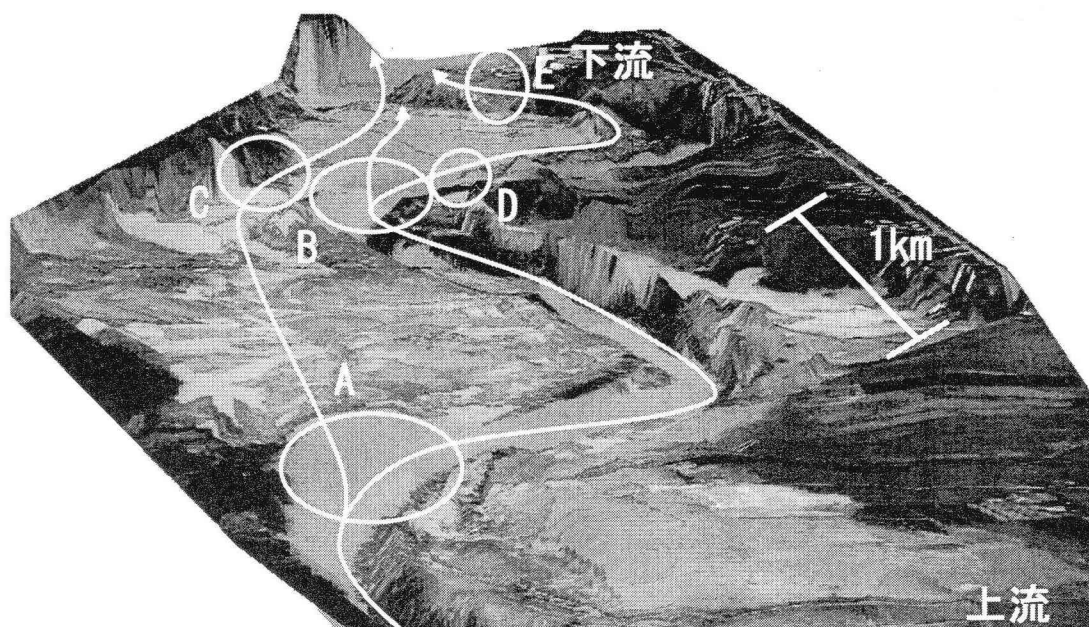


図-18 計算範囲の地形の三次元図

洪水時の浮遊砂の主成分は0.1mm以下の細粒成分であることは容易に推定できる。ただし、この細粒成分はほとんどがWash loadとしてその大部分は河口から流出したと考え、河床変動計算の対象粒径は、調査結果⁴⁾による河床材料および氾濫原の堆積土砂の代表粒径である1mmを用いた。氾濫原では、掃流砂による河床変動を取り入れ堆積・洗掘を考慮した。

(1) 基礎式

浮遊砂輸送については、次式の一般座標系における浮遊砂輸送の連続式を用いた。ここで、 $\bar{c}$ は水深平均の浮遊砂濃度、 q_{su} は河床からの浮遊砂の浮上量、 w_f は砂礫の沈降速度、 c_b は河床近辺での浮遊砂濃度、 D_c は拡

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\bar{c}h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{u^\xi \bar{c}h}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{u^\eta \bar{c}h}{J} \right) = \left(\frac{q_{su}}{J} - \frac{w_f c_b}{J} \right) + D_c \quad (1)$$

散項である。浮上量 q_{su} の算定には、板倉・岸の式を用い、砂礫の沈降速度はRubeyの実験式を用いた。

河床変動については次式に示す平面二次元一般座標系における掃流砂・浮遊砂を含む河床変動の連続式を用いた。

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{z_b}{J} \right) + \frac{1}{1-\lambda} \left[\frac{\partial}{\partial \xi} \left(\frac{q^\xi}{J} \right) + \frac{\partial}{\partial \eta} \left(\frac{q^\eta}{J} \right) + \left(\frac{q_{su}}{J} - \frac{w_f c_b}{J} \right) \right] = 0 \quad (2)$$

ここで、 z_b は河床の標高、 λ は空隙率、 q^ξ, q^η は ξ, η 方向の単位幅掃流砂量の反変成分である。全流砂量は芦田・道上の式を用いた。詳しくは伊東ら³⁾による。

(2) 計算結果

非定常計算の結果のそれぞれの流量における浮遊砂の濃度分布を図-14から図-16に示した。河床変動量については、非定常計算終了時の流量が156m³/sの時のものを図-17に示した。

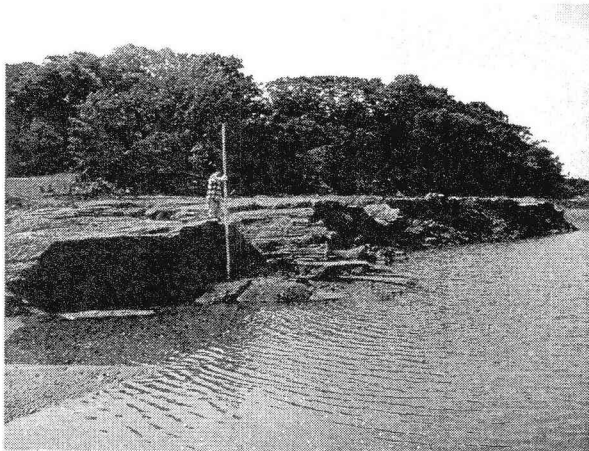


図-19 C地点の現地調査での写真



図-20 D地点の現地調査での写真

5. 考察

図-10によると、定常計算ではA地点から低水路の流れが左岸側に氾濫し、氾濫原を迂回しながら河口まで流れている。B地点でも低水路の流れが左岸側に氾濫し、河口まで流れている。図-11の非定常計算の結果を見ると、流量が $1810\text{m}^3/\text{s}$ の時にA地点・B地点の蛇行部から氾濫し始める様子が表わされている。厚別川河口部は、平水時には蛇行波長が約1kmの単純な蛇行河川を形成している。しかしながら、台風10号での急激な流量の増加（8月9日22:00から8月10日2:00にかけて）により、河道の流れとは別に、A地点・B地点の低水路から氾濫し迂回する流れが形成されて、8の字型の複列河川特有の流れを形成したといえる。図-18は洪水後の標高データと現地の写真を重ねて三次元表示したものである。この図を見ると、A地点・B地点の左岸が侵食されて、氾濫原に水が流出しており、洪水時には矢印のように計算結果と同じような流れが形成されたと言える。図-18におけるC地点、D地点の、現地調査で撮影した写真を図-19、図-20に示す。計算でC地点が洗掘、D地点で土砂が堆積しているのと同じように、現地でも洗掘、堆積が生じていた。

E地点においても、計算、三次元の地形図ともに洗掘が生じており、計算で氾濫原への土砂堆積・洗掘の状況がよく再現できている。

以上、本モデルを使って厚別川の洪水の氾濫流および氾濫原への土砂堆積の状況が部分的ではあるがよく再現できたと言える。本モデルを使えば、堤防や水制を設置した場合の土砂堆積・洗掘の再現もある程度可能と思われる。これにより、今回の台風での土砂の堆積・洗掘がどのようにして防げたかの考察を行うことができ、厚別川の今後の防災対策に重要な役割を果たせるであろう。

参考文献

- 1) ウォンサ・サニット，清水康行，村上泰啓：2003年台風10号による北海道日高地方河川の洪水流出及び土砂動態特性について，水工学論文集，第48巻，2004.
- 2),4) 土木学会水工学委員会：平成15年台風10号北海道豪雨災害調査団報告書，2004
- 3) 伊東祐一郎，清水康行：浮遊砂混在平面2次元一般座標モデルと石狩川模型実験の再現計算によるその検証，水工学論文集，第47巻，2003.

(2004. 9. 30 受付)