

### 3. 刈谷田川河道における洪水の挙動

#### 3.1 刈谷田川の洪水氾濫被害

刈谷田川は、新潟県が管理する一級河川であり、上流端の刈谷田ダムから下流端の信濃川合流点までの延長距離約 50km、流域面積 239.8km<sup>2</sup>となっている。刈谷田川の諸元については表 3-1 にまとめて示す。図 3-1 には刈谷田川の流域図を示している。今回、ほぼ同時に水害が発生し

流域面積	239.8km <sup>2</sup>
基本高水流量	1700m <sup>3</sup> /s
計画高水流量	1550m <sup>3</sup> /s
降雨確率	1/100
法指定区間延長	52.789km

た五十嵐川と流域が接している。刈谷田川は上流から栃尾市、見附市、中之島町を流れており、今回の水害では上流部の栃尾市では土砂災害が発生し、中流部の見附市および下流部の中之島町では堤防からの越水とそれにともなう破堤による洪水氾濫が発生した。刈谷田川の河川計画上の基準点はこれまで稚児清水川との合流点の下部としていたが、この水害を受けて見附（信濃川合流点から上流 17.5km）に移動した。図 3-2 には洪水氾濫による冠水域を水色で示す。赤い×で示した箇所が破堤点である。刈谷田川の洪水氾濫は五十嵐川に比べて数多くの破堤点、広い冠水域を有していることが特徴である。刈谷川の氾濫による冠水域は長岡市の猿橋川の氾濫による冠水域とつながり一体化している。破堤点は刈谷田川本川としては 4 箇所であるが、支川の稚児清水川との合流点付近や下流の中之島川との交差点付近でも氾濫が生じており、8 箇所の破堤となっている。刈谷田川の破堤点 4 点の詳細および破堤による人・家屋への被害に関する情報を表 3-2 表 3-3 にまとめて示す。図 3-3 は刈谷田川の流量配分に関する新潟県の計画および今回の水害の破堤点を示す。最も下流の破堤点が中之島町の破堤点である。その上流側にも 3 点の破堤点があり、上流での流量の低減にも係わらず中之島での破堤が生じたことが特徴的である。

表 3-2 刈谷田川破堤点の状況

破堤点	破堤距離(m)	破堤時間(概略)	越水・その他
中之島町中之島	50	12時52分	12時10分過ぎ越水
見附市明晶町	40	14時25分	13時前後越水
見附市河野町	70	12時前後	11時越水
見附市宮之原町	30	11時前後	10時越水か

写真3-1～3-9 には刈谷田川の災害発生時の当時の被災状況および土木学会調査団が踏査した時点での被災地の様子を示している。写真3-1～3-3は最も激しく破堤した中之島町破堤点の越水開始時から仮復旧中の7月19日までの推移を示している。越水が先行し、その後で破堤が急激に進行したと思われる。越水後、落ち堀りが堤防背後地に形成されている。破堤の強い勢いで近隣住宅が激しく損壊し、破堤点直背後の妙栄寺が消失している。

写真3-4～3-9は中之島よりも上流の氾濫原および刈谷田川との合流点近くの稚児清水川の堤防底部の写真である。流出した土砂と堤防におけるパイピング現象の痕跡が窺われる。猿橋川の氾濫原では冠水状態が長期間継続し、農作物に大きな被害が生じた。

表 3-3 刈谷田川破堤による被害

死亡者	
中之島町	3名
栃尾市	1名
家屋被害	
全壊	10戸
半壊	16戸
床上	1,231戸
床下	1,092戸
アパート	
床上	36棟
床下	9棟
事務所	
床上	153
床下	13



図 3-1 7.13 水害 刈谷田川・五十嵐川流域図(猿橋川含む)

7.13 新潟豪雨洪水災害調査委員会,第1回委員会資料2ページに加筆した。

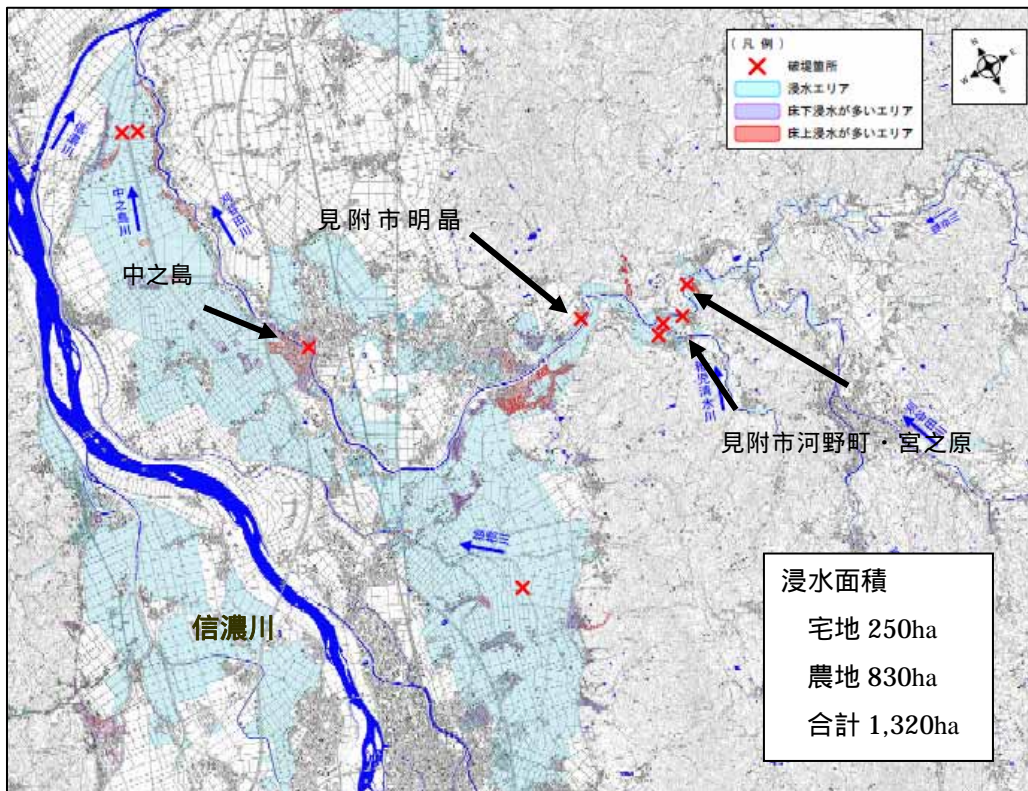


図 3-2 7.13 水害の破堤点と冠水域分布

7.13 新潟豪雨洪水災害調査委員会,第1回委員会資料7ページより抜粋

(図 3-1 と方位がやや異なる)

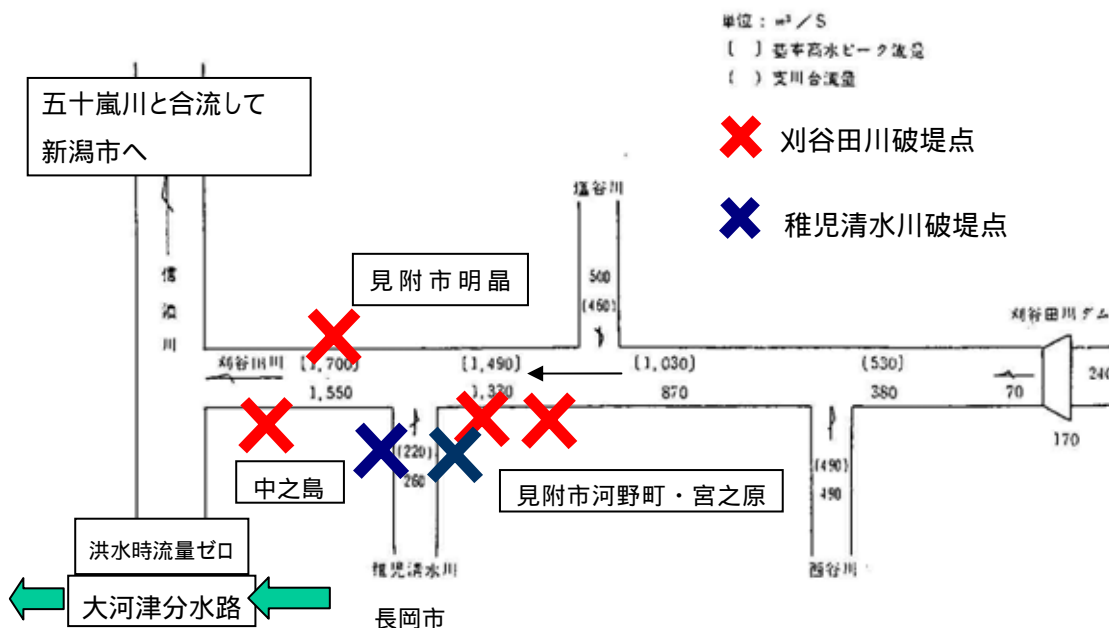


図 3-3 刈谷田川流量配分図と破堤点の位置 (新潟県)



写真 3-1 中之島町破堤現場の推移（左：越水直前，中：破堤前越水，右：破堤後）

近隣住民による撮影 7.13, 7.13 新潟豪雨洪水災害調査委員会, 第 1 回委員会資料 52 ページより抜粋



写真 3-2 中之島破堤点の破堤状況（国交省北陸地方整備局撮影 7.13）

7.13 新潟豪雨洪水災害調査委員会, 第 1 回委員会資料 50 ページより抜粋



写真 3-3 中之島破堤点の破堤状況（左：国交省北陸地方整備局，右：新潟県 いずれも 7.14 撮影）

7.13 新潟豪雨洪水災害調査委員会, 第 1 回委員会資料 50 ページより抜粋





写真 3-4 中之島町破堤現場  
土木学会調査団 7.19 撮影



写真 3-5 中之島町破堤現場の落ち堀り  
土木学会調査団 7.19 撮影



写真 3-6 見附市明晶町右岸氾濫原  
土木学会調査団 7.19 撮影



写真 3-7 稚児清水川左岸堤防端部  
土木学会調査団 7.19 撮影



写真 3-8 見附市河野町氾濫原  
土木学会調査団 7.19 撮影



写真 3-9 猿橋川氾濫原  
長岡技術科学大学水害会調査団撮影

### 3.2 刈谷田川の水位・流量の再現計算

刈谷田川は、数多くの破堤点と氾濫域を有している．このため水位・流量の再現計算を行うためには、計算区間に破堤点をすべて含めることが望ましい．しかし、今回、刈谷田川の横断面形状の測量は災害復旧等関連緊急事業区間(信濃川合流点から 6.4km, 図 3-4 緑線)と災害復旧助成事業区間(それより上流の 18.0km, No.132 まで, 図 3-4 赤線)に限定して実施されており、それより上流の栃尾市は含まれていない．一方、水位観測は、図 3-4 の緑の三角の記号で示すように国土交通省および新潟県によって 5 箇所で行われている．このうち、7 月 13 日の出水時に今町(県)と本明(県)では欠測となり、大堰(県)、見附(国)、栃尾(県)の 3 点での水位の時系列が取得されている．これらの時系列データを図 3-5 に示す．図の上段が水位、下段は観測点の河床標高を水位から差し引いて求めた水深の時系列である．今町と本明の観測が欠測となっており、見附、大堰の時系列では増水期の波形の立ち上がりが強くなっていることがわかる．水位計測データが得られた栃尾の水位観測点は先に述べた 2 つの事業区間よりも上流に位置しており、河川の断面形状のデータが取得されていない．以上の事情から、断面測量データと水位観測データの両方が取得されている区間の上流端である見附水位観測点(国)を計算の上流端とし、それよりも下流を計算対象領域とした．

計算に用いた基礎方程式を以下に示す．

$$B \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q^* \quad (3-1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{gn^2 v |v|}{R^{4/3}} - c' \frac{q^* v}{gA} \quad (3-2)$$

式(3-1)、(3-2)はそれぞれ連続式および運動方程式であり、一般的にダイナミックウェーブと言われる計算式である．未知変数である、 $A$ ,  $h$ ,  $Q$ ,  $v$ , はそれぞれ、河道断面積、水深、流量、断面平均流速である． $z^*$ ,  $g$ ,  $n$ ,  $R$ ,  $B$  はそれぞれ河床標高、重力加速度、マンニングの粗度係数、径深、河道の水面での横断面長である．なお、実際の計算においては、 $h$ ,  $v$  が基本的な未知量であり、それらが算出されると、断面形状のデータを用いて  $A$ ,  $Q (= Av)$ ,  $B$ ,  $R$  などの空間分布が時間を追って算出され、計算に用いられる．図 3-6 には中之島町の破堤点近くの刈谷田川の断面の一例を示す．で示した点が実際に測量して取得されたデータを図面上に落としたものである．河道内部だけでなく、堤内地も測量されている．実際の計算では河川の両岸の堤防の天端を越えた水深になっても安定して計算できるように図に示すような十分高い垂直の壁を設けており、堤内地のデータは用いていない．このような断面データは助成区間に約 200m 間隔で取得されている．実際には格子長は一定でなないた

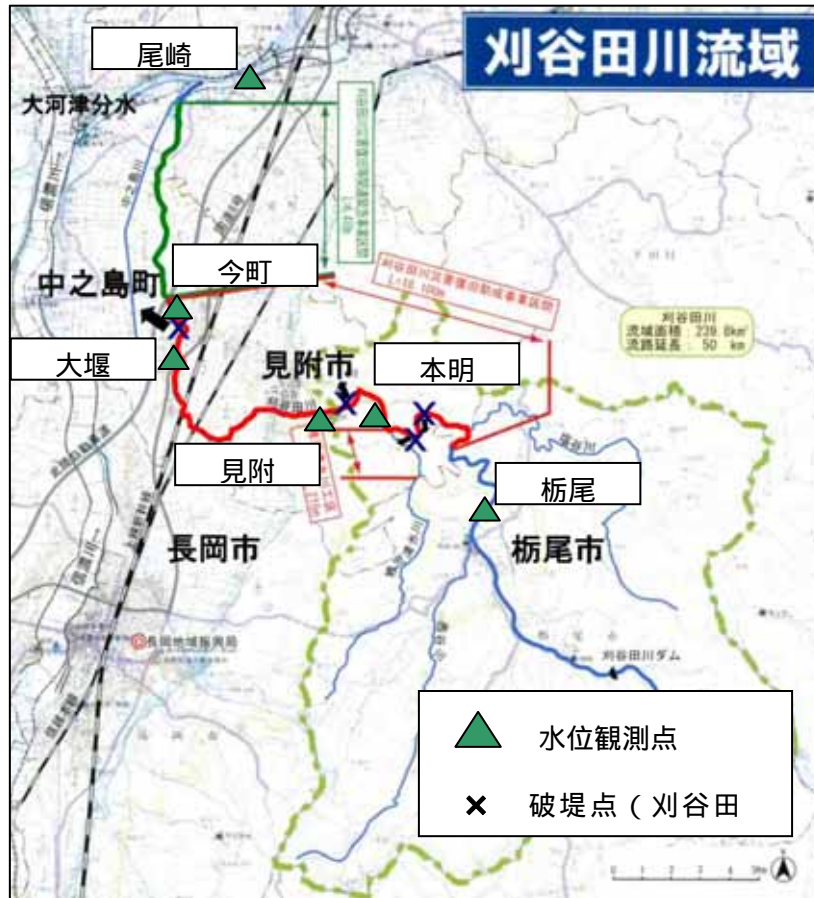


図 3-4 刈谷田川の水位観測点と破堤点の分布

刈谷田川河川災害復旧等関連緊急事業概要・刈谷田川災害復旧助成事業 新潟県土木部 に加筆しました。

め、計算では不等長格子で計算している。また、基礎方程式(3-1),(3-2)には単位長さあたりの河道への流入量(直角方向の横流入,越水による流出量,流入時に正值) $q^*$ が含まれており,支川からの合流や堤防天端からの越水を考慮することが可能となっている。係数  $c'$  は流入の場合運動量補正係数 となり,流出の場合 1- である。 $q^*$ については式(3-3)の本間の横越流式を適用した。この計算区間において最大の破堤点は中之島町の 1 箇所のみであり,横からの流入は考慮していない。

$$q^* = 0.36h_{f1}\sqrt{2gh_{f1}} \quad (3-3)$$

また一般には横越流式は堤内地の水位条件によって式の形が変化するが,その情報が入手されておらず,堤外地の天端上水位 $h_{f1}$ のみを用いて計算した。

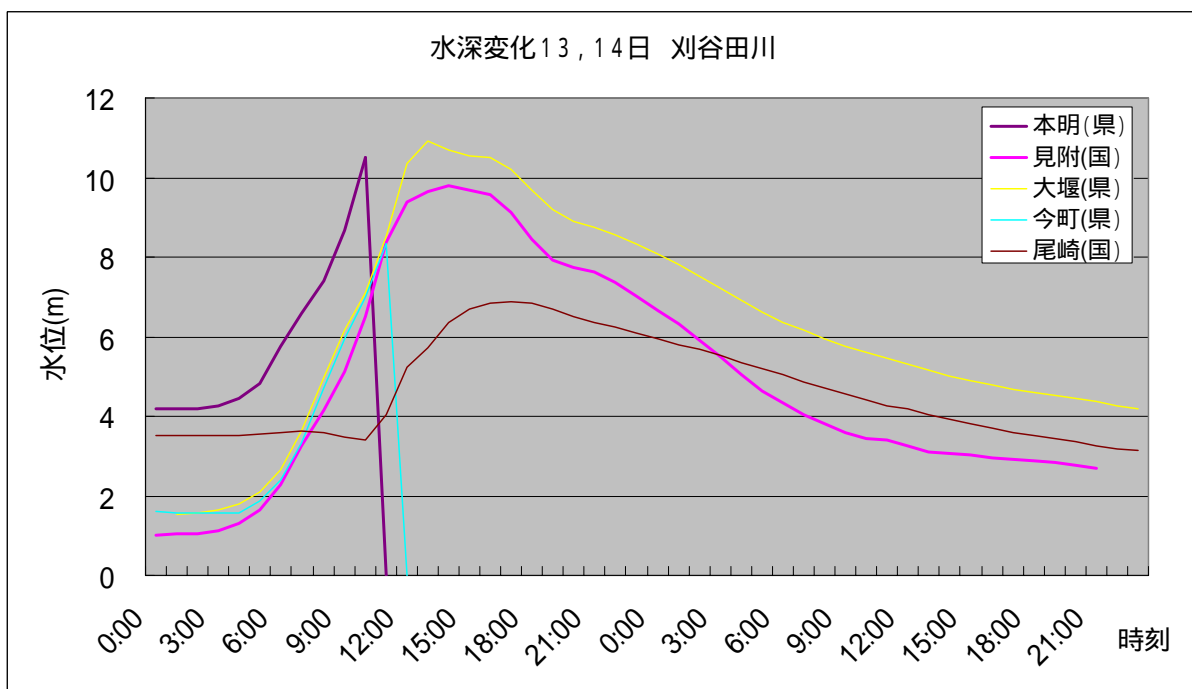
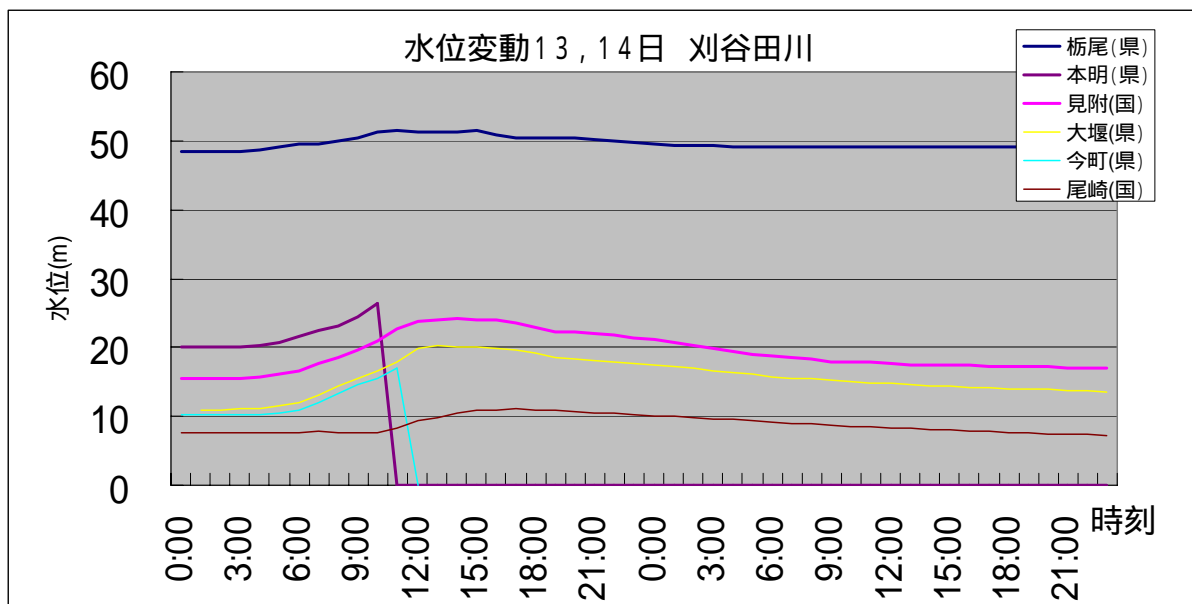


図 3-5 観測点で計測された水位（上段）および水深（下段）の時系列

計算の境界条件としては，計算領域上流端の見附の水位および下流端の信濃川との合流部よりもやや下流の水位観測点（尾崎（国））での水位の時系列を与えた．初期条件としては各計測点での初期の水位を計算点に対して内挿して与えた．計算時間は平成 16 年 7 月 13 日午前零時から 48 時間とした．ただし，計算に先立って与えた水深および流速値（ゼロ値）は計算開始の午前零時の河川の状態とは異なる．このため，計算開始時間（零時）よりも



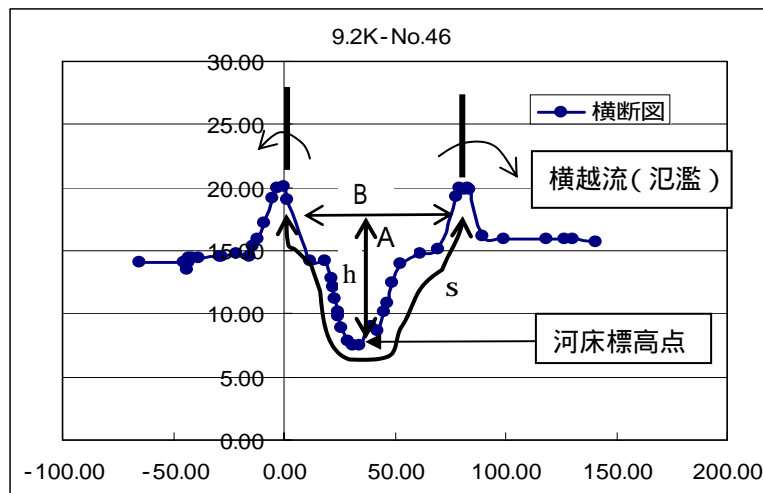


図 3-6 中之島町破堤点の刈谷田川断面情報（例）

水深  $h$  が決まると  $B, S, A$  が求まり、ついで径深  $R$  が計算される。

刈谷田川では 149 断面計測されている

数時間前から上下流端の水位を一定として定常状態の流速および水位を算出して初期条件とした。この初期条件は定常であるため、計算結果は不等流計算に相当する。図 3-7 は刈谷田川の縦断面図である。河床・兩岸堤防の標高および破堤点と水位観測点の位置を示している。上流部では河床勾配が急であるが、見附より下流ではかなり緩勾配となっており、平均的な河床勾配は  $1/1000$  よりやや急という程度であることがわかる。

以上の条件を用いて時間間隔  $dt$  を 1 秒として陽解法によって時間発展を計算した。計算結果の妥当性を検証するものとして計算領域内に含まれている大堰での水位観測結果を用いた。なお、計算条件として流速や流量について仮定を与えておらず、水位の計算結果が実測に一致した場合、そのときに計算された流量が実河道を流れたことになる。上流端で流量の時系列を与えて計算を行う方法もあるが、刈谷田川では水位 流量曲線が与えられていないため、その方法を用いなかった。

図 3-8 および 3-9 にはそれぞれ水位上昇時（7 月 13 日零時から正午まで）の水位の縦断面図および大堰水位観測点における水位の時系列について計算結果と実測を示している。縦断面図では、河床の変動（大堰水位観測点の上流側）に応じた水位変動が生じており、水深が深くなる破堤直前でも生じているが、下流側では変動は消えていることがわかる。計算区間は 20km に満たない程度であり、時間間隔が 3 時間となっているため、水位上昇量が全計算区間でほぼ同様に近く、位相差はあまり明瞭ではない。図 3-9 には、下流端の尾崎と上流端の見附の水位時系列も比較のため示している。実測と計算では洪水の流入からピークにかけてよい一致を示している。ピークを超えてから計算結果は実測よりも小さくなっている。この原因は明確ではないが、河道への流れ込みについては計算では上流端の見附

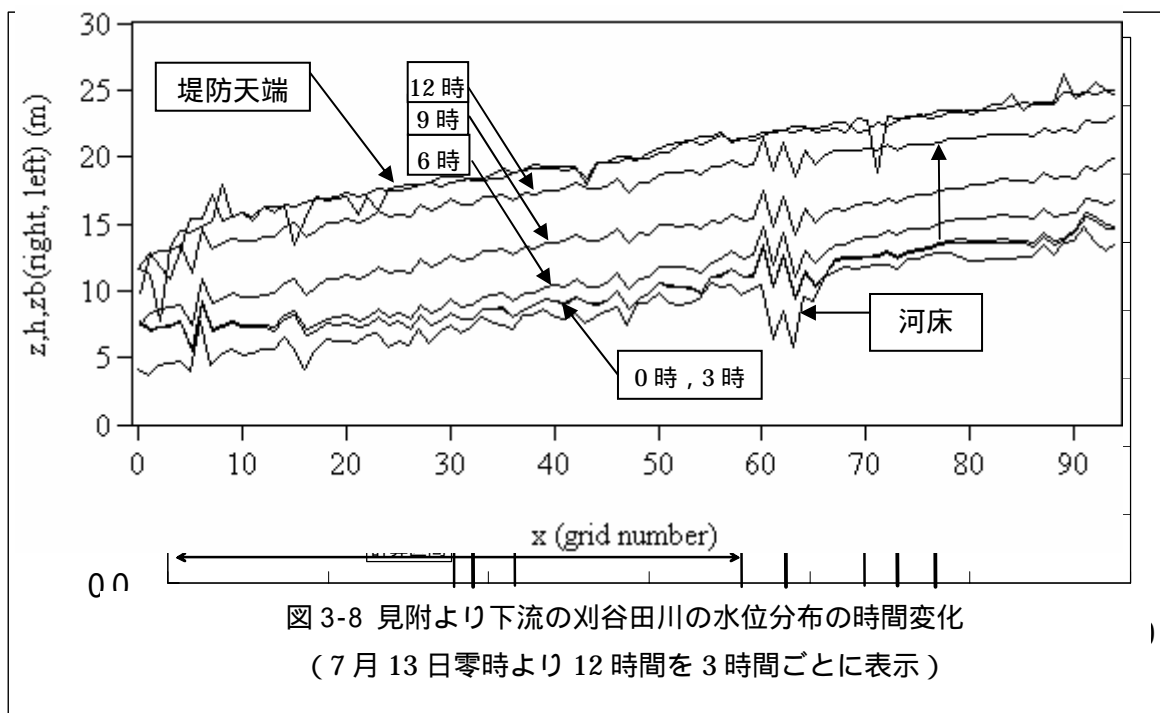


図 3-7 刈谷田川の縦断図

河床標高、両岸堤防高、縦線（細：水位観測点、太：氾濫地点）

のみであるが、実際はポンプによる流入などの河道への流れ込みがあったのではないかとと思われる。計算ではマンニングの粗度係数 $n$ を0.02,0.025,0.03,0.035の4種で行った。 $n$ の変化による水位時系列の差異は明確ではないが、 $n$ の増加とともに若干水位が上昇する傾向にある。一方、流量は $n$ の増加とともに減少した。新潟県の報告では見附から破堤点の中之島町までのピーク流量は $1600\text{m}^3/\text{s}$ となっている。

図 3-10 は新潟県によって計測された刈谷田川の左右岸それぞれの洪水痕跡高の分布と洪水追跡計算によって求めた最高水位の分布( )示す。図 3-6 に示すように計算上、両岸の堤防天端高以上の水位となる場合も発生するが、その場合は、両岸の天端高を最高水位とした。実測結果との一致性は計算の上流から中之島破堤点までは概ね良好であり、変動の傾向も一致している。中之島の破堤点前後からやや実測との差異が認められ、破堤点よりも下流では実測を下回っている。この原因は計算上の破堤点の特定およびその破堤流量の推定が現実とやや異なることによると思われる。

図 3-11 には破堤点よりやや上流の大堰水位観測所での流量の計算値のハイドログラフを示す。水位のピークは、13 時程度であり、概ね破堤時間(12 時 52 分)とは一致している。この計算でのマンニングの粗度係数 $n$ は0.02 程度まで小さくしており、ピーク流量は $1400\text{m}^3/\text{s}$

程度となった。ピーク流量に関して県のデータと差異が生じている。この差異は計算領域として上流の急勾配での区域を含まず、ある程度勾配が緩くなった領域(見附)を上流端として計算したことも一因と思われる。この問題を解決するためには、断面測量データを栃尾の水位点を含む十分上流まで収集すること、あるいは見附の水位観測点で精度よい水位流量曲線を取得することが必要である。また、刈谷田川の川幅および計画流量について「建設省河川砂防技術基準(案)同解説 計画編」第10章の計画高水流量と川幅の関係事例に照らしてみると、川幅に比して流量値がかなり大きい部類に属していることに注意する必要がある。

図 3-12 上下にはそれぞれ、13日正午での河積(A)と川幅(B)の縦断方向分布を示す。河積、川幅は縦断方向に変動しており、大堰水位観測所から破堤点に至る領域(図面の grid number 50 から 55 程度)では狭窄部が生じており、河積、川幅ともに小さな値を取る断面があることがわかる。断面データを参照すると、水深は例えば三条市で水害を生じた五十嵐川に比して深い、川幅 B が 70m 程度とかなり狭い。このため河道が狭窄している影響は河積でも認められるが川幅に顕著に現れている。

以下、刈谷田川の洪水追跡計算の結果を総括する。本計算手法によって刈谷田川の洪水追跡はほぼ妥当なものであると思われる。今回の結果ではピーク流量が 1200 から 1400 $\text{m}^3/\text{s}$ であった。細かい点で実測と計算との差異が認められ、今後実測との比較・検討が望まれる。計算手法上の問題の他に河道の詳細なデータの取得、特に刈谷田川全線の断面情報と基準点での精度よい水位流量曲線の取得を強く望む。また、河道内部の状況やマンシングの粗度係数 $n$ の根拠となるデータの取得が必要である。

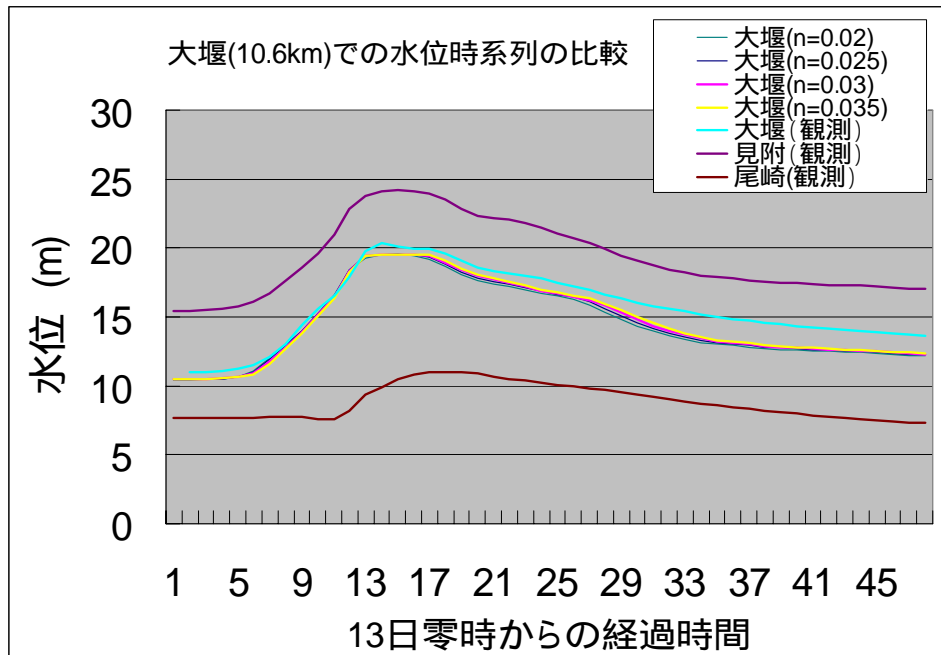


図 3-9 大堰における水位時系列の実測との比較  
(見附, 尾崎の水位観測値含む)

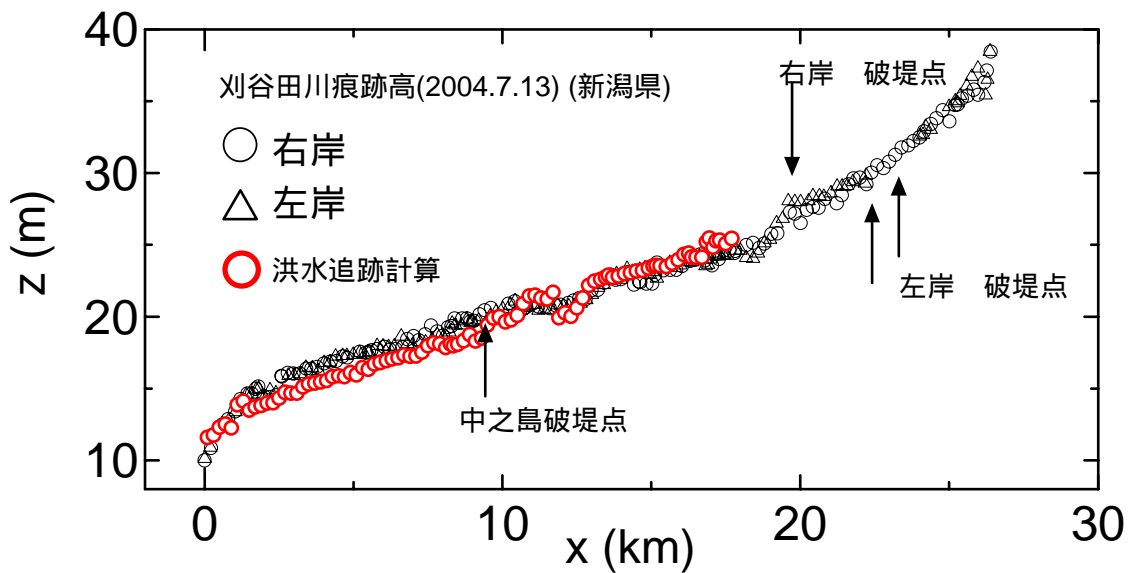


図 3-10 実測と洪水追跡計算による刈谷田川の洪水痕跡高  
計算では最高水位を痕跡高としている。

刈谷田川には多くの破堤点が生じていることや河道断面に狭窄部を有することなど多くの課題が指摘できる。新潟県は刈谷田川について、河道計画上の基準点を変更する(稚児



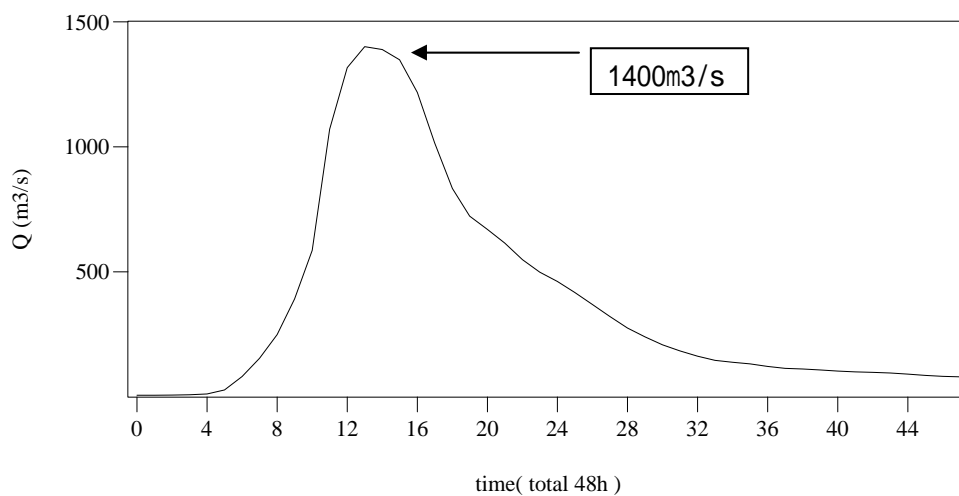


図 3-11 大堰水位観測点付近の流量のハイドログラフ  
中之島町の破堤点のハイドログラフとほぼ同じ

清水川合流点から見附へ) こと, さらに蛇行部の直線化や見附市の水田に遊水機能を持たせるなどの抜本的な河道改修計画をしている. 先にも述べたようにそのような計画を適正に実行するためにも刈谷田川の基礎となる河道情報の整備を望みたい.

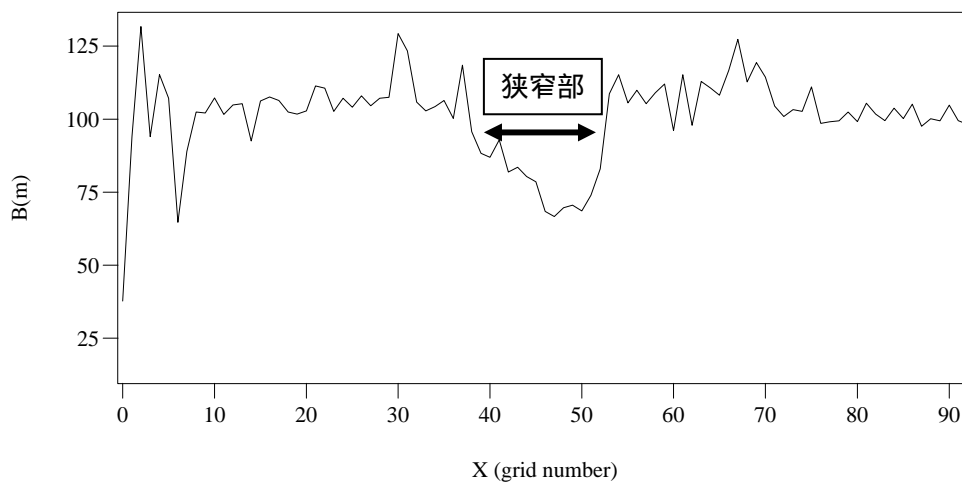
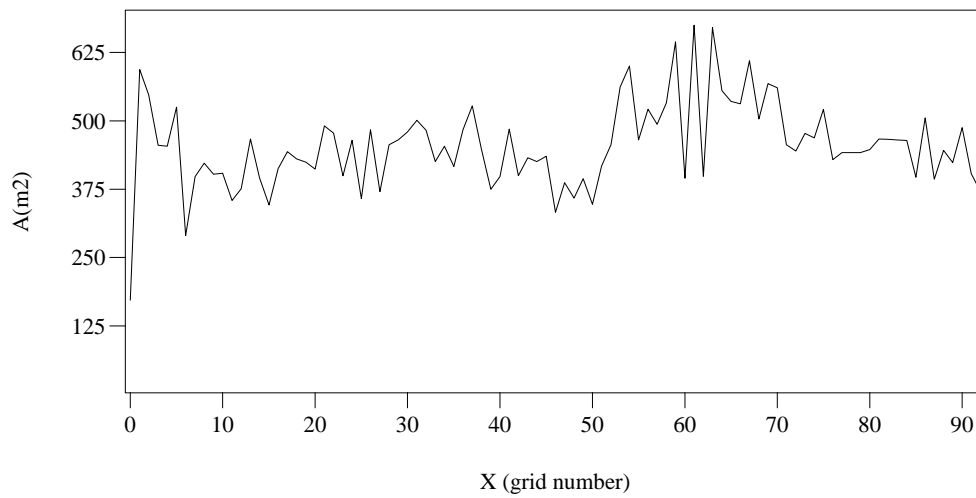


図 3-12 河積 (A) と川幅 (B) の縦断分布 (計算結果)  
13 日正午(破堤の約 50 分前)