

2013 年 9 月の出水を対象とした斐伊川及び放水路の流況解析

岡山大学環境生命科学研究科 学生会員 ○原田 健太郎

岡山大学環境生命科学研究科 正会員 吉田 圭介

岡山大学環境生命科学研究科 フェロー会員 前野 詩朗

岡山大学環境生命科学研究科 学生会員 松本 享之

1. はじめに

島根県にある斐伊川は典型的な砂河川であり、その堆積した土砂により全国有数の天井川となっている。そのため度々洪水による氾濫を繰り返してきた。これを契機に、斐伊川水系の抜本的治水対策の一環として、中海・宍道湖への洪水の流入量を減らすため、放水路を建設し、斐伊川から神戸川へ洪水の一部を分流させる斐伊川放水路事業が実施された。放水路は 2013 年 6 月に竣工し、同年 9 月の出水で初めて運用された。近年、河川の流況を解析するために平面二次元モデルが用いられるようになってきている。実河川でも適用できるのか検証するため、本研究では、対象となる 2013 年 9 月 3～4 日の出水時の水位観測所の結果に基づいて斐伊川及び放水路を含む区間で数値解析を行い、洪水及び分流状況の再現を試みた。下流端の水位・流量に関して、解析結果と観測結果を比較し考察した。

2. 2013 年 9 月の出水状況

斐伊川流域では、秋雨前線により 9 月 3 日の朝から 4 日の昼頃までの長期間にわたり雨が降り続け、総雨量が斐伊川流域平均で 147mm を記録した。この雨による出水により、斐伊川上島地点の最大流量は約 1250m³/s となり、今回の出水は、平成 23 年 5 月の出水（斐伊川上島地点の最大流量が約 1240m³/s）と同規模程度であった。平成 25 年 9 月 3～4 日の降雨で斐伊川本川の流量が分流堰地点で約 400m³/s を超えたため、斐伊川放水路へ分流し平成 25 年 6 月の完成後初の斐伊川放水路運用を行った。斐伊川放水路、尾原ダムの運用により、斐伊川本川下流及び宍道湖水位を低減させた。また、斐伊川本川下流の灘分地点（河口から 4.0km）における「はん濫注意水位」の継続時間が 18 時間から 14 時間となり、洪水の継続時間を短縮させた。斐伊川



図-1 斐伊川放水路の分流量

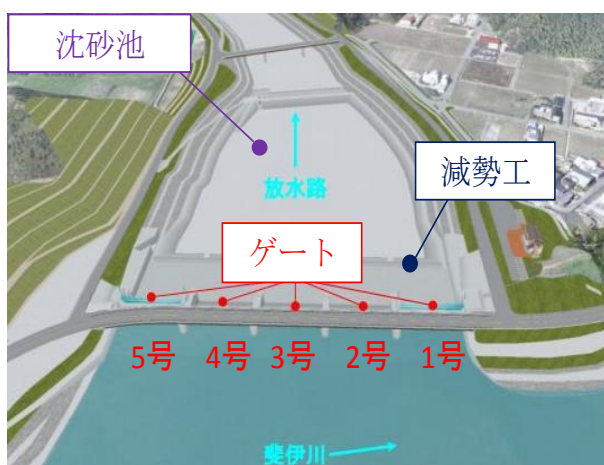


図-2 分流施設の概要

本川上島地点の最大流量約 1250m³/s を、斐伊川放水路へ約 550m³/s 分流した（図-1）。

次に、放水路の分流施設の概要を説明する。分流施設の概要としては、上流側からゲートが 5 門あり、斐伊川本川側から見て右から 1 号、2 号、3 号、4 号、5 号ゲートとなっている。次に堰の後方に減勢工が設置されており、水の勢いを抑制している。そして減勢工のすぐ後方は沈砂池になっており、斐伊川の土砂が放水路及び神戸川へ流入するのを防ぐために土砂を溜める役割を果たしている（図

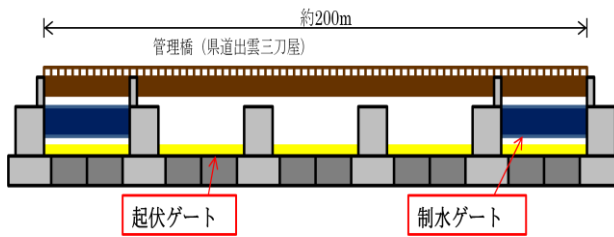


図-3 ゲート正面図

-2). 図-3 は分流施設のゲートを正面から見た図である．分流量を調整するゲートには，起伏ゲートと制水ゲートがあり，実際に，放水路へ分流させるときは，本川流量の状況に応じてゲートを作動させる（ただし，今回の出水で制水ゲートは作動していない）．

3. 解析概要

3.1 数値解析の基礎式

本研究では平面 2 次元浅水方程式を基礎式として数値解析を行う．このモデルは，水平方向の物理量を水深平均して取り扱うものであり，広範囲な領域の流況や洪水氾濫流を再現するモデルとして一般的なものである．この基礎方程式の離散化は有限体積法に基づき行う．時間積分には Euler の陽解法を，空間積分には流束差分離法を，計算格子には非構造格子を用いる．さらに，時間方向の離散化には 2 次精度 Adams-Bashforth 法を採用する．

3.2 解析対象領域

本研究における解析対象領域を図-1 に示す．解析対象河道は，斐伊川は上島地点（斐伊川河口から 18.6km）を上流端，大津地点（斐伊川河口から 12.4km）を下流端とした 6.2km 区間を，放水路は分流点（神戸川河口から 13.1km）を上流端，菅沢橋地点（神戸川河口から 11.8km）を下流端とした 1.3km 区間である．

3.3 解析メッシュの概要

解析メッシュの作成手順について，まず国土地理院の平成 22 年の基盤地図情報数値標高（10m メッシュ）を基に斐伊川本川のメッシュの作成した．河床高に関しては，現在のものが反映されていないため，平成 25 年度の 200m 間隔の定期横断データを基に内挿して，できるだけ現地の地形を再現できる



図-3 解析対象領域

ようにした．次に，放水路については，平成 24 年の放水路平面図を基にメッシュを作成した．河床高に関しては，分流堰から沈砂池までは放水路完成後の横断面図，沈砂池から下流端となる菅沢橋までは平成 18 年度の横断面図を基に，放水路の勾配が 1000 分の 1であることを考慮してメッシュを作成した．格子形状については，放水路に分流堰や減勢工といった複雑な河道形状を有するため，自由度が高くメッシュ生成が容易な非構造格子を適用した．放水路分流堰付近の解析メッシュは，橋脚や分流堰の周辺は構造が複雑なため，流れが不安定になることを避けるためにメッシュ幅を 5m，斐伊川本川や放水路の残りの箇所については，メッシュ幅を 20m とした．

3.4 境界条件

9 月 4 日 0 時から 9 月 5 日 3 時 20 分までを解析時間とし，計算時間:98400 秒，上流端流量は上島観測所，斐伊川の下流端水位は大津観測所，放水路の

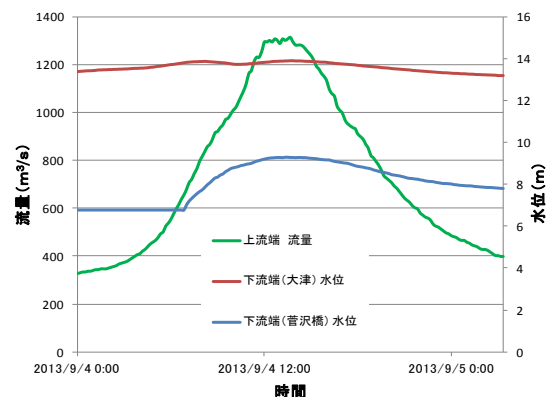


図-5 ハイドログラフ

表-1 堰の操作手順

2013/9/4 5:30	放流量分流開始
2013/9/4 6:50	放水路分流堰倒伏操作開始
2013/9/4 7:50	1号ゲート倒伏完了、2・3号ゲート倒伏開始
2013/9/4 8:50	2・3号ゲート倒伏完了、4・5号ゲート倒伏開始
2013/9/4 9:50	放水路分流堰倒伏完了
2013/9/5 3:20	放水路分流堰起伏操作開始
2013/9/5 4:07	放水路分流堰起伏完了

下流端水位は菅沢橋観測所で得られたデータを使用した。解析に使用したハイドログラフを図-5 に示す斐伊川の粗度係数は 0.033, 放水路の粗度係数は、計画時に設定された 0.025 を用いて解析を行った。

表-2 に詳細な堰の操作手順を示しており、この堰操作を解析プログラムに反映させた。今回は堰の起伏直前である 3 時 20 分までが解析時間となっているため、起伏操作はプログラムに含んでいない。一つのゲートが倒伏するのに要する時間は 60 分で、全てのゲートを同時に倒すのではなく、時間差を利用して倒伏させた。起伏させる際は、同時に起伏させ始め 47 分で起伏が完了した。

4. 解析結果

4.1 大津における流量の解析結果

大津における観測および数値解析の流量の比較図を図-6.1 に示す。流量に関して、概ねグラフの形が一致しており、精度良く再現されている。

4.2 菅沢橋における流量の解析結果

菅沢橋における観測および数値解析の水位・流量の比較図を図-6.2, 図-6.3 に示す。図-6.2 の水位グラフは本来であれば一致するはずであるが、解析結果は観測結果よりも水位が上昇するのが遅くなっていることが見て取れる。これは下流端で計算を始めると同時に上流端で流量を与えているためである。流量に関しては、ピーク流量は解析結果が観測結果よりも約 140m³/s 多くなっている。またピーク流量付近において、解析結果の変動が大きくなっている。この要因として、下流端にある橋脚が影響していると考えられる。図-7 はピーク流量時における放水路下流端付近の水の流れの様子である。矢印は流速ベクトル、VABS は流速の大きさを表している。下流側の橋脚付近ではベクトルが大きく、散

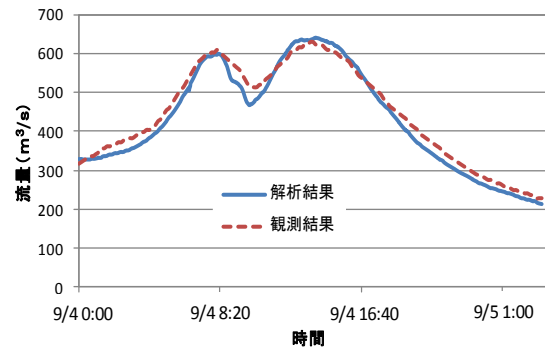


図-6.1 大津における洪水流量

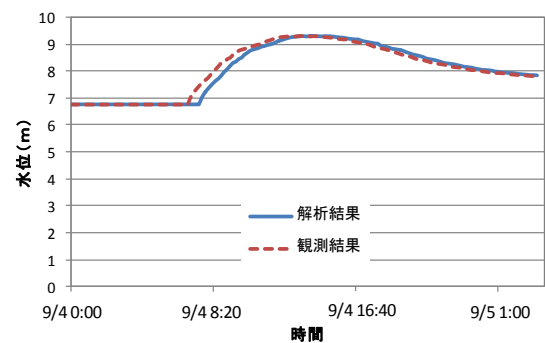


図-6.2 菅沢橋における洪水水位

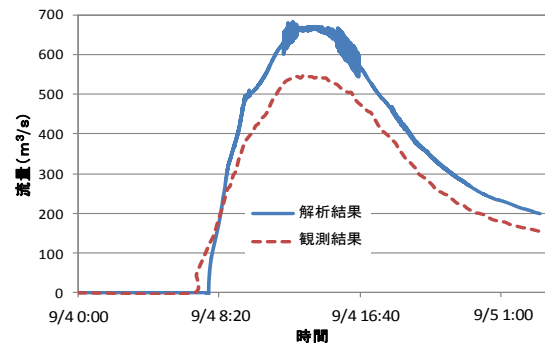


図-6.3 菅沢橋における洪水流量

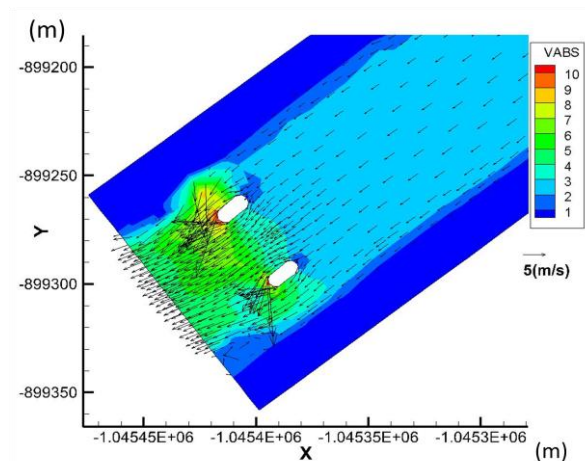


図-7 ピーク流量時の放水路下流端付近

乱している様子が分かる。次に、図-8 は全ゲート開放時の水の流れの様子である。H は水深を表している。放水路全体で水が定常状態になっており、堰の上を均等に水が流れていることが分かる。沈砂池の前で一部、水の流れが渦を巻くように乱れているのが見て取れる。これは堰の橋脚によるものと考えられる。

4.3 上流端と下流端の流量の比較

大津と菅沢橋の流量を足し合わせたものを解析結果、観測結果それぞれ計算し、上流端の上島の流量と比較した（図-8）。下流端（大津+菅沢橋）流量の解析結果と上流端流量を比較すると、若干のタイムラグが発生しているが、観測結果よりも解析結果の方が明らかに流量保存できていることが分かる。よって全体的に見ると、今回の解析は精度の良いものである。観測結果の流量が一致しない要因として考えられるのは、観測方法に誤差が生じやすい浮子を用いていることが挙げられる。

5. 結論

本研究では、平面二次元モデルを用いた数値解析を行い、現地の洪水の再現を試みた。解析結果と実際に現地で観測された結果を比較検討し、考察した。以下に、本研究により得られた結果を示す。

- ・大津における流量については、概ね精度良く再現する
- ・菅沢橋における流量については、解析結果と観測結果の流量の差が大きくなったので、精度の良い解析とは言い難い。またピーク流量付近で値の変動が大きくなっている。4章2節の結果から、下流端の境界条件を橋脚よりも前にして解析を行う。放水路の解析メッシュに関してはより現地に近いものに改良する必要がある。

平面二次元モデルを用いた放水路への分流を含む流況解析は、概ね精度良くできたと言える。しかし今回の解析で明らかとなった問題点がいくつかあるため以下に挙げる。

- ・放水路で流れが不安定なところがあるので、解析メッシュをより現地に近いものに改良する。
- ・放水路で与える粗度係数による解析結果の検討が

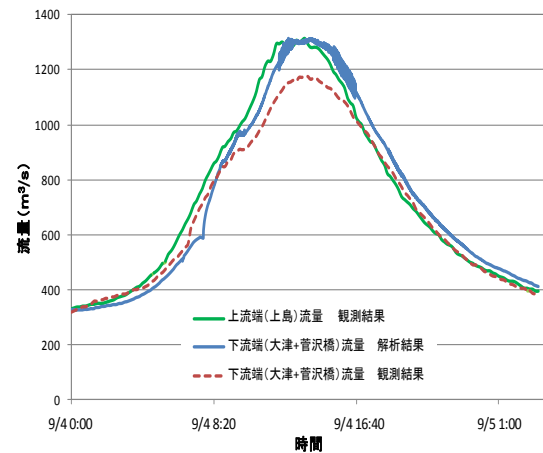


図-8 上流端と下流端(大津+菅沢橋)の流量の比較

不十分であった。

- ・放水路への出水後、沈砂池に大量の堆砂があったので、河床変動解析を行う必要がある。

今後の解析精度の向上を目指すためには、放水路の解析モデルについて原因の把握と改善を重点的に行うことが必須である。

参考文献

- 1) 国土交通省出雲河川事務所：斐伊川 彩りの水、2012
- 2) 国土交通省出雲河川事務所：斐伊川放水路事業、2008
- 3) 国土交通省出雲河川事務所：斐伊川水系河川整備計画（国管理区間）の概要、2012