低平地流域の河道網における洪水時の水理解析

安田　浩保

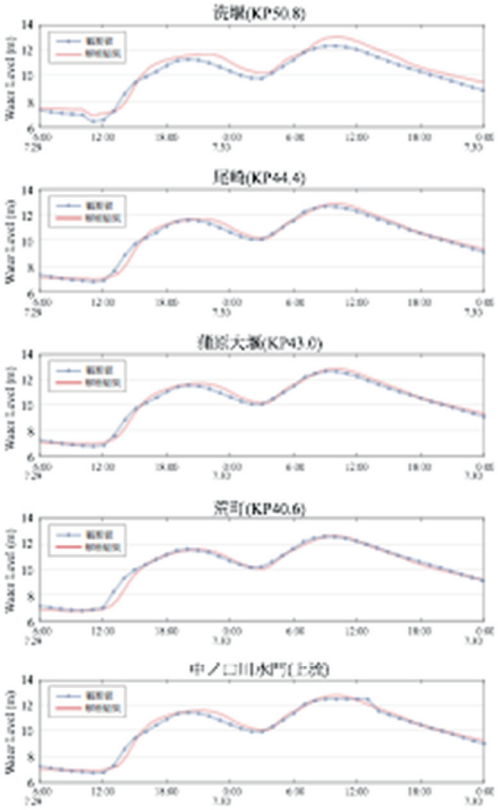
1　目的

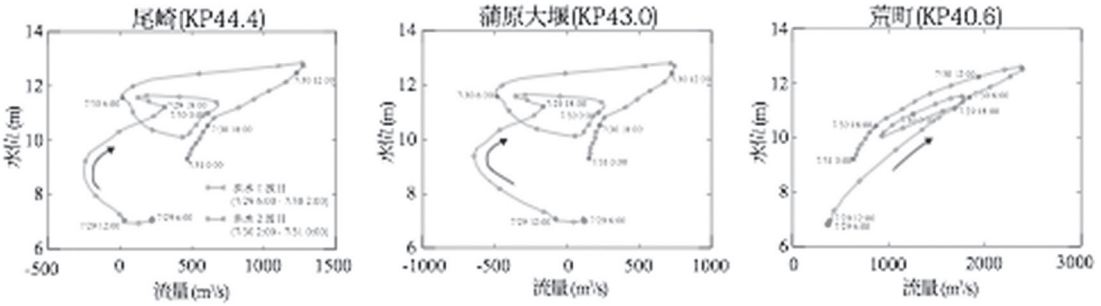
本研究では，信濃川下流域の河道網における洪水時の水理解析を実施した．信濃川下流域は水害に対して脆弱な低平地であるとともに，わずか5kmほどの短区間に4河川の分合流が連続する複雑な河道網を形成している．近年，この地域では2004年の7. 13水害や2011年7月の新潟・福島豪雨といった大規模洪水が発生した．後者の大規模洪水時においては，信濃川本川では大規模な被害は免れたものの計画高水位を超える水位に達し，非常に危険な状態になった．この洪水では本川と支川の相互作用の影響が特に顕著で, 支川である五十嵐川の合流により信濃川本川に逆流を誘発する特徴的な水理現象が観測され，低平地における河道網では河川間の相互作用の影響が極めて大きいことが露見し，水理学的な問題と河川管理上の問題が明らかとなった.

本研究ではまず，この洪水の再現計算を行い，観測結果のみからでは直接的に把握が困難となる流量の時間変化や水位と流量の関係性について考察し，信濃川下流域の河道網が有する水理特性の把握を試みた.

2　河道網を一体に扱う水理解析の方法

本研究では，矩形格子に基づく解析手法を導入し，河道網を各河川ごとに分割することなく，一体的な計算領域とした．矩形格子を用いる利点は，幾何形状の表現が柔軟で，細密な格子を用いることでいかなる形状表現をも可能となることや，歪曲の大きい一般座標の格子がもたらす打切り誤差と無縁である点が挙げられる．著者らはこの方法と類似の方法により，分合流部の水理の把握が可能であることを示している．また，この手法では河道内と氾濫原を一体的に解析可能な手法であることから，河道と氾濫原の水理量の授受が可能となり，河道と氾濫原も一体的に扱える．欠点としては，境界適合のための細分化により，他の格子構成と比べ，計算格子が増加量が多い点が挙げられる.





3 得られた成果

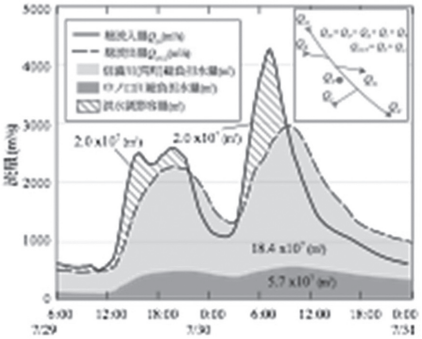
⑴　解析結果の妥当性

水位観測点における水位の解析結果と観測値を右図に示した．洗堰の水位は最大で1m程度の相違があるものの，それ以外の水位観測点では水位の最大値とその出現時間は概ね一致しており，本解析手法は妥当であると判断できる．また，図に各時間の縦断的な水位の解析結果と観測結果を示している．7月29日13：00前後での水位上昇期においては五十嵐川合流付近の水面形の凸型が再現され．河川の相互作用が解析されていることがわかる．また，水位上昇期には時間的なずれが見られるものの，洪水期間で一貫して水位は良好に一致している．

⑵　洪水時の水理の考察

前節において実測値との多少の相違はみられるものの,流況の特徴は的確に把握されていたと判断し，本節では数値解析により得られた水理量に基づき信濃川下流域河道網の水理特性を考察する．

まず，河川の流量推定に広く用いられるH－Q曲線がどのような応答を示すのか調べた．解析結果から作成した水位観測点3箇所の水位と流量の関係を上図に示した．その結果，一般的なH－Q曲線は荒町に見られるような反時計回りでH－Qループを描くものの，逆流が生ずる箇所である尾崎と蒲原大堰では時計回りのループが生じる．また，同一の水位に対して，流量の取り得る幅が広いことも明らかとなった．このような性質は複数の河川の相互作用により等流からの乖離が強い低平地河道網の特徴であるといえる．1価関数型の一般的なH－Q曲線式の作成は困難なうえ，有効に機能しないことは明らかである．



つぎに，このような河道網の特徴が洪水の流下特性に与える影響について考察する．図に洪水時の信濃川河道網への総流入量を実線，中ノ口川水門と荒町を通過する総流出量を点線で示した．この図より総流入量は河道網を通過後にピークを減衰させ流量の時間変化率を鈍化させながら流出したことがわかる．これは遊水地の効果といえ，図–11に赤斜線で示した洪水の第一波と青斜線の第二波時の貯水量は，どちらも$2.0\times10^7 m^3$にも及び，刈谷田川の設置されている遊水地の容量$0.2\times10^7 m^3$に比べ，その規模は10倍に及ぶことが明らかになった．仮に流入量がそのままの形状を維持し河道網から流出した場合，総流出を構成している信濃川の荒町地点と中ノ口川で流量ピーク時にさらに$1500 m^3/s$の流量の負担を 強いられることを意味しており，その効果は極めて大きい．この貯水量は洪水調節機能といえ，観測された逆流は結果として河道網より下流側の水位の低減効果を担っているといえる．