タンクモデルを用いた水田流域の流出解析と遊水地の検討

日本大学工学部土木工学科　　学生会員　○小桧山　哲
日本大学工学部土木工学科　　正会員　　朝岡　良浩

１．はじめに

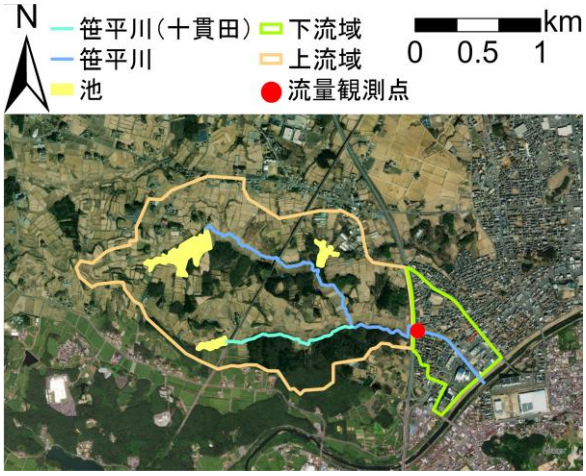
水田は水稲栽培以外にも多面的な機能を有し，代表例として洪水緩和機能がある．洪水緩和機能とは，洪水時に河川のピーク流出量を抑制するため，一時的に降雨を水田に貯留し，時間をかけて徐々に下流へと流すことである．幾つかの自治体では流域治水の一環として田んぼダム事業[1)]の導入が検討されているが，小河川の場合，合流する河川の流量がピークに達する前に水田が満水になると，田んぼダムの効果を期待できないという課題がある．そのため，本研究は水田を遊水地として活用することを検討する．水田にゲートを設置することにより，洪水時には排水路から導水できるタイミングを調整できる利点がある．この際，洪水流量をピークカットするために必要として使用する水田面積を把握する必要がある．以上を踏まえて，本研究は須賀川市の笹平川と対象として，タンクモデルを用いて令和元年東日本台風による笹平川の河川流量を推定した．また，笹平川流域の水田データベースを用いて河川流量をピークカットするために必要な水田面積を算定した．

２．対象地域及びデータセット

対象地域は福島県須賀川市を流れる笹平川流域（図−1）で阿武隈川水系の準用河川である．上流域に水田，農耕地が広がり，下流域は市街地となっている．上流域の面積は2.67km^2，そのうち水田の面積は0.877km^{2}を占める．本研究は笹平川流域の水田を一筆ずつポリゴンとして扱い，各ポリゴンに水田の位置情報や面積を付与した水田データベース[2)]を利用した．流量データは笹平川の上流域末端に設置した面速式流量計の観測値を用いた．この際，流量は流出高に換算した．降雨量は福島県河川流域総合情報システムから須賀川地点の観測値を取得した．

３．タンクモデルを用いた河川流量の推定

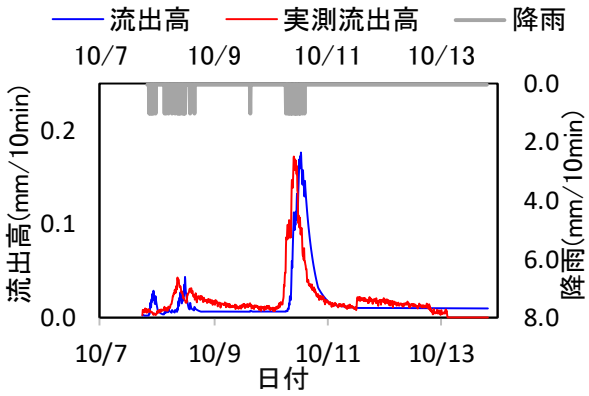
河川流量は辻ら（2012）の3段タンクモデルを用いて推



図−1　対象地域

表−1　使用したタンクモデルのパラメータ

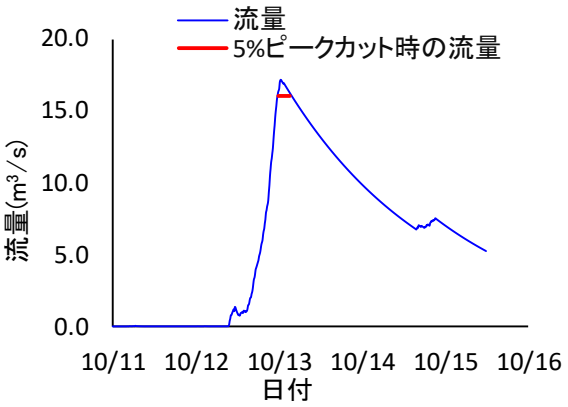
パラメータ	値
上段タンク上部流出孔係数(h^{-1})	0.003
上段タンク中部流出孔係数 (h^{-1})	0.008
上段タンク下部流出孔係数 (h^{-1})	0.012
中段タンク流出孔係数 (h^{-1})	0.0002
下段タンク流出孔係数 (h^{-1})	0.00008
中段タンク最大貯留高 (mm)	300



図−2　タンクモデルで推定した河川流量
（2020 年 10 月）

キーワード　洪水緩和，ピークカット，ハイドログラフ，令和元年東日本台風
連絡先　　〒963-8642　福島県郡山市田村町徳定字中河原１　ＴＥＬ024-956-8732

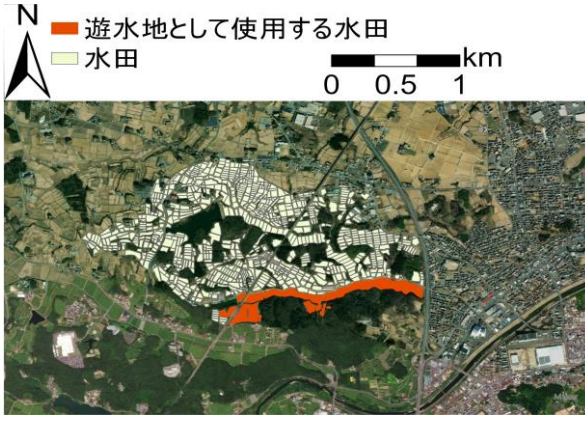
定した．まず，2020年10月7日から13日の降雨による洪水イベント（総雨量47mm、時間最大雨量5mm）を対象として，6種類のタンクモデルのパラメータ調整および再現性を検証した．二乗平均平方根誤差RMSEとピーク流量の相対誤差を用いて推定値の誤差が小さくなるように試行錯誤的にパラメータを決定した(**表−1**)．次に，得られたパラメータを令和元年東日本台風に適用して，河川流量を再現した．最終的に笹平川上流域からのピーク流量を5%カットするための水田面積を水田データベースに基づいて算定した．



図−3 令和元年東日本台風時の流量

４．結果及び考察

タンクモデルを用いて推定した2020年10月の降雨による洪水流量を(**図−2**)に示す．RMSE0.0773mm/hour，ピーク流出高の相対誤差は2%の過少推定となったが，概ね良好な再現性が得られた．次に令和元年東日本台風における河川流量の推定値を(**図−3**)に示す．ハイドログラフよりピーク時の流量は17.2m³/sとなり，5%のピークカットを想定して河川流量が16.3m³/sより多い時間帯（13日0時から3時）の流量を体積に換算すると191110m³となる．この際，水田を掘削して深さ1mの遊水地と仮定すると，約90筆，面積191110m²の水田が必要となる．上流域の末端から上流に向かって水田を遊水地として使用すると仮定した場合，遊水として使用する水田は(**図−4**)となる．



図−4 遊水地に必要な水田
（5%の流量ピークカットする場合）

以上より，洪水緩和のために必要な水田を算定できた．また，本研究で取り組んだ手法は笹平川流域における水田の遊水地化の検討に対して有効といえる．なお，対象とする地域によって流域特性や気象条件，地形や地質が異なるため，他の流域に適用可能とは限らず，十分な検証が必要といえる．

５．まとめ

本研究は，福島県須賀川市を流れる笹平川上流域を対象として流出解析と遊水地の検討を行った．流出解析のため，3段タンクモデルを構築し洪水時の流量を推定した．また，令和元年東日本台風に適用して流量ハイドログラフを作成した．ピーク時の流量を5%抑制するために必要な水田面積を算定した．人口減少に伴い水田の担い手が年々減少し，これに伴い管理を放棄する水田の面積も増加しつつある状況を踏まえると，本研究で用いた手法は放棄水田の遊水地化に有効といる．また，洪水氾濫モデルと組み合わせることにより，田んぼの遊水地化の効果を下流域の浸水域を指標として評価することが可能となる．

謝辞

本研究の一部は須賀川市と日本大学工学部の共同研究の一環として実施した．ここに記して謝意を示す．

参考文献

1) 吉川夏樹・長尾直樹・三沢眞一(2009)：田んぼダム実施流域における洪水緩和機能の評価，農業農村工学会論文集，Vol.261，pp.273-280.

2) 竹田 稔真・朝岡 良浩・佐藤 智明・林 誠二(2020)：2019年台風19号を対象とした須賀川市の田んぼダム事業による浸水軽減効果の解析，土木学会論文集G(環境)， Vol.76， No.5， pp.343-351.

3) 辻 英樹・塩沢 昌・西田和弘 (2012)：台地畑流域における洪水緩和機能の測定と評価，農業農村工学会論文集80(5)，pp.391-399.