

3 調節池による洪水調節を含んだ洪水流解析と渡良瀬遊水地の洪水調節機能の評価法に関する研究 Analysis and assessment of flood control effects of Watarase retarding basin

土木工学専攻 26号 中井 隆亮

Takaaki NAKAI

1. 序論

利根川水系渡良瀬川の下流部に位置する渡良瀬遊水地は、流域の洪水流量を3つの調節池に導き、利根川と渡良瀬川の合流点の直下流に位置する栗橋（海から130.4km地点）より下流へ向かう流量を減じる機能を求められている。昨今の地球温暖化等の気候変化による降雨規模・頻度の変化、それによる洪水流量の増大が懸念される中、利根川水系においては、渡良瀬遊水地の洪水調節効果が図-1に示す流下能力の確保が課題となっている利根川下流部と、東京の市街地を下流する江戸川への分派流量の大きさや、その分派率の決め方等に直接影響すると考えられていることから、利根川の治水計画、渡良瀬遊水地の洪水調節機能は特に重要である。昭和34年の遊水地の計画時には、調節池への流入量の算定精度に難がある一次元洪水流解析による検討が行われたこと、さらに、その後一帯で地盤沈下が進行したことや、流量規模の小さい洪水に対する調節効果の向上を狙い越流堤の天端の一部を切り下げる改修が行われたことなどにより、現在の遊水地が本来のあるべき洪水調節機能を有しているかは把握されていない。

本研究は利根川、渡良瀬川、思川、巴波川の実績洪水について、3つの調節池による洪水調節を含む洪水流解析を行い、現況の渡良瀬遊水地の洪水調節効果を再現する。つぎに、それよりも大きな整備計画規模の洪水のハイドログラフに対する渡良瀬遊水地の洪水調節現象について検討し、渡良瀬遊水地の洪水調節機能の評価方法を提案することを目的としている。

2. 3調節池による洪水調節を含む洪水流解析

図-2に示す検討領域は、複数の河川の合流や各調節池への流入があり、樹木群や高茎草本などが河道内に多く繁茂している。その影響を受けた洪水流の観測水面形の時間変化を解とし、それを再現するような粗度係数や樹木群透過係数の値を、実際の地味状態や繁茂状況等に即して決定する非定常平面二次元洪水流解析を行う。この方法は検討区間内の任意地点の流量ハイドログラフを精度よく見積もることができる点に特徴がある¹⁾。縦断的に支川の流入や調節池への流入を繰り返す場においては、その影響を受けた水面形の観測が必要となり、遊水地内の河道では2~3kmの間隔で水位観測がなされている。しかし、河道の両側に越流堤が設置されていることや、越流堤の近傍に河川の合流点があることなどにより、水面形のみでは各越流堤の越流量や合流量の再現性



図-1 渡良瀬遊水地の位置

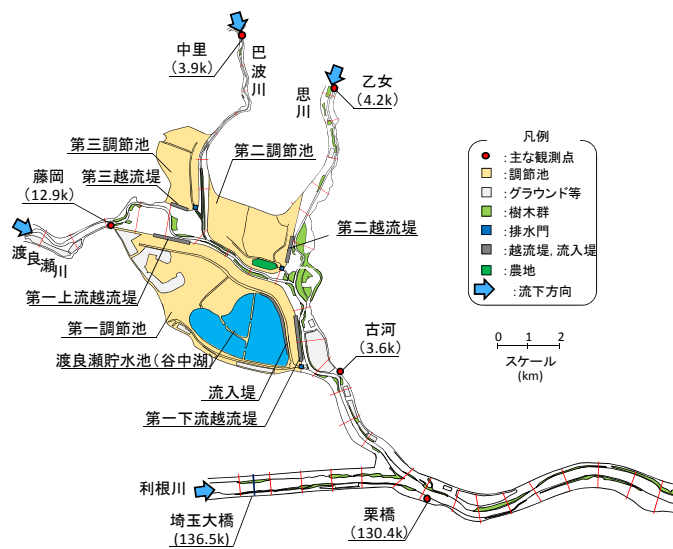


図-2 検討範囲

の検証が難しい。観測水面形・流量と解析結果を比較するだけでなく、越流量の指標となる各調節池内の観測水位等により、越流量の時間変化を追えているかを確認する必要がある。また、調節池内水位ハイドログラフによる解析結果の検証を行うためには、従来から行われてきた調節池の水位-貯水量 (H-V) 関係による水位の算定方法では、水の広がり方の情報に不足がある。調節池内全体を解析範囲とし、水の広がり方に変化を与える微地形や構造物等の情報を十分に取り入れることが調節池内の水位ハイドログラフを再現する上で重要である。この方法をとることで、複数の地点から洪水を調節池内に取り込むことにより池内水位が一樣とならない調節池

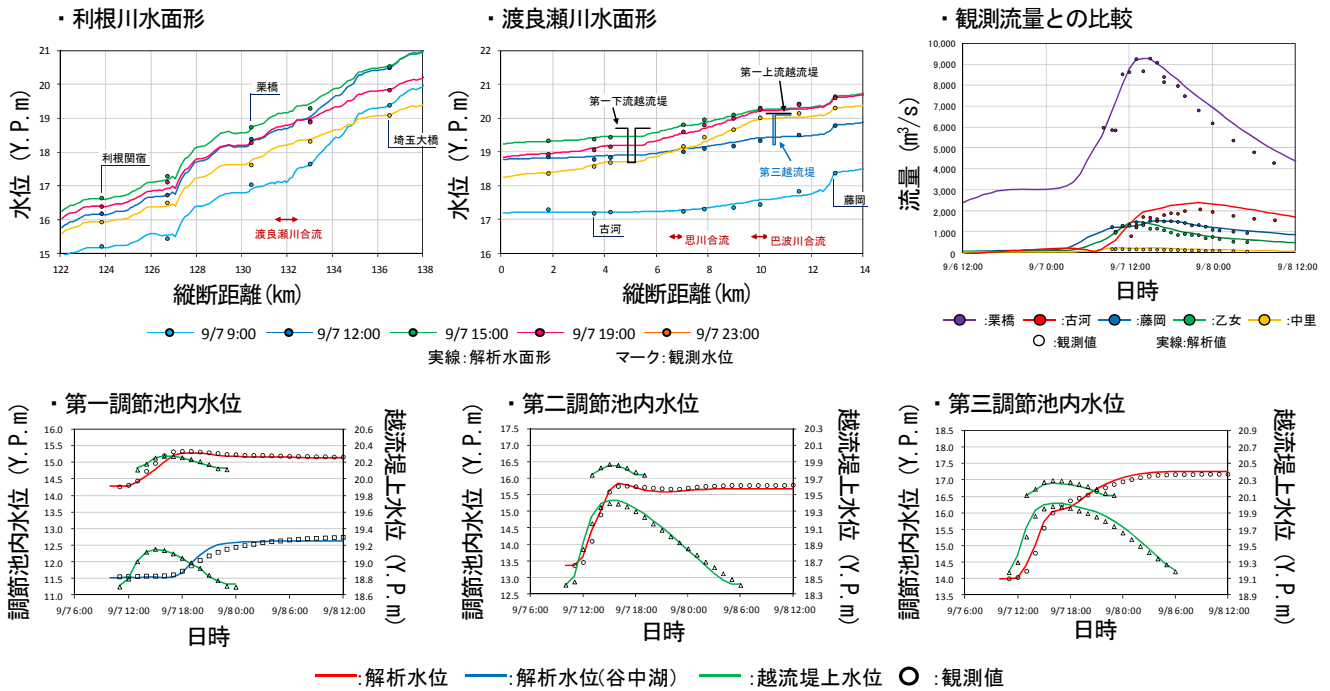


図-3 実洪水に対する解析結果の例(平成19年9月洪水)

への越流量の算定や、調節池内から河道への戻り流量が生じる大きな規模の洪水の流量算定の精度を保つ効果もある。

上記の留意点を考慮して行った解析結果の一例を図-3に示す。検討対象とした平成19年9月洪水の利根川と渡良瀬川の観測水面形、検討範囲の5地点で観測された流量ハイドログラフ、調節池内の微地形により水位の上昇率が途中で変化する各調節池内の水位、各越流堤上で観測された越流水位を、解析結果はよく説明している。

3. 異なる出水形態をもつ3つの実績洪水に対する渡良瀬遊水地による洪水調節

検討対象とした実洪水は、平成13年9月、平成14年7月、平成19年9月に発生した3洪水とした。遊水地に流入する3河川の流量の合算値と、利根川の埼玉大橋地点の流量ハイドログラフの比較を図-4に示す。平成13年洪水は洪水継続時間の非常に長い洪水である。平成14年洪水は、渡良瀬遊水地に直接流入する3河川の流量規模が大きく、流量ピークの時刻も利根川に比べて早く生じている。平成19年洪水は利根川の流量規模が大きく、流量ピーク時刻も早く生じている。3洪水の利根川の栗橋地点のピーク流量は8100~9300m³/sであり、調節後の流量規模に大きな差はない。図-5に示す渡良瀬川から利根川への合流量は、渡良瀬遊水地の洪水調節により、それぞれの洪水時に遊水地へ流入した流量のピーク値に比べて減じている。また、利根川の減水期まで時間遅れを持たせて利根川への合流量を増加させている。平成13年洪水の利根川の水位が高い時間帯には利根川への合流量をほぼ一定に保っている。平成14年洪水では、利根川の水位の上昇と共に渡良瀬川から利根川への合流量を少し減らしている。図-6の調節池の貯水量ハイドログラフ

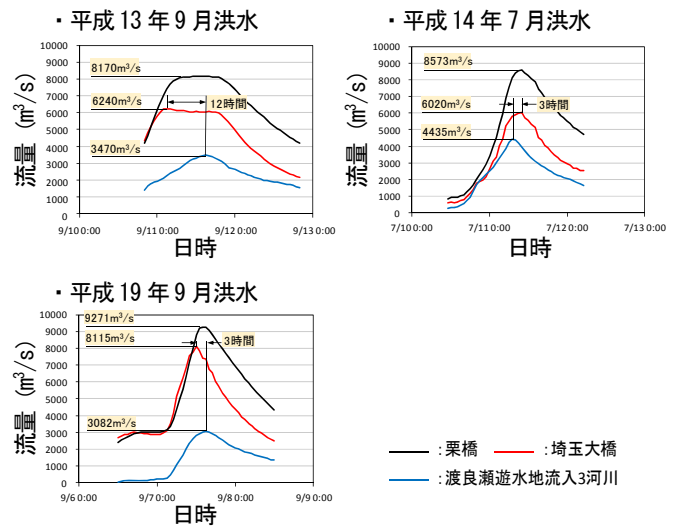


図-4 遊水地流入流量と利根川本川流量の比較

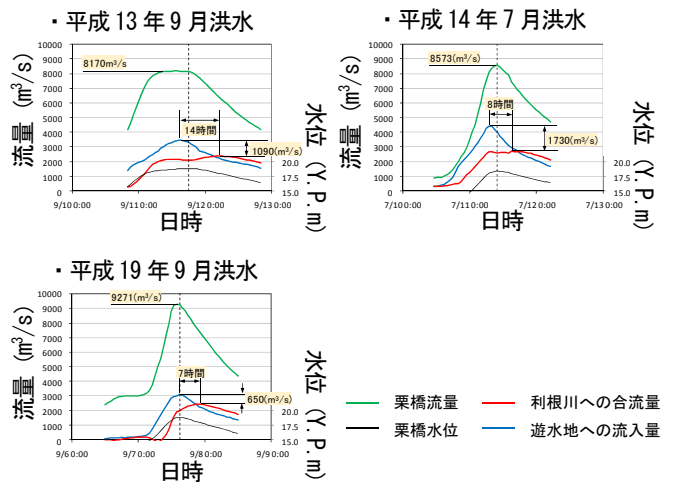


図-5 遊水地流入流量と利根川への合流量の比較

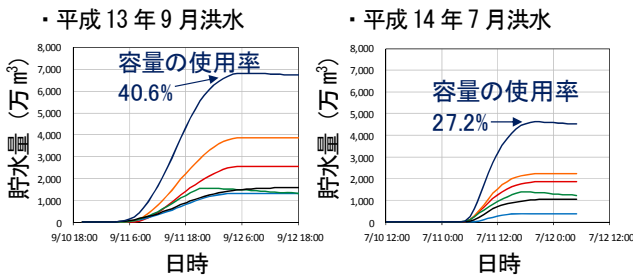


図-6 各洪水の調節池貯水量

表-1 各洪水の最大越流量一覧

	平成13年9月	平成14年7月	平成19年9月
第一下流越流堤	232.5	170.4	256.9
第一上流越流堤	487.6	605.7	284.4
第二越流堤	357.7	418.0	254.4
第三越流堤	250.8	396.8	252.4

(単位: m^3/s)

より、貯水量が最大となったのは太いヒドログラフをもつ平成13年洪水で、3調節池で最大7000万 m^3 程の水を貯留した。平成19年洪水が一番少なく、2500万 m^3 の水を調節池の中に取り込んでいる。

利根川のピーク流量の差が小さい割に、図-7に示すように利根川本川の各洪水のピーク水位の縦断形と高さが大きく異なり、栗橋での水位条件に支配されて各洪水の渡良瀬川のピーク水面形の勾配が変化している。その結果、各調節池の調節状況が異なっている。遊水地に流入する3河川の流量規模が最も大きい平成14年洪水は、遊水地下流部に位置する第一下流越流堤以外で越流量が3洪水中最大値を示すのに対し、第一下流越流堤の越流量最大値は、利根川の流量規模が最も大きい平成19年洪水時に発生している(表-1)。このように調節池への流入流量は栗橋の水位と遊水地へ流入する河川の流量に規定されることが分かる。

同一洪水について渡良瀬川上流部にある草木ダムの洪水調節状況と比較すると、ダムが治水容量に対して最大で9割近い使用率となっているのに対し、渡良瀬遊水地では6割程度の使用率となっている(表-2)。渡良瀬遊水地の治水容量は、草木ダムに比べて8.6倍あることから、広い面積を活かして余裕をもった洪水調節を行っていることがわかる。

4. 大きな洪水に対する渡良瀬遊水地の洪水調節機能の評価—昭和22年9月型洪水の例—

現在検討中の利根川河川整備計画では、渡良瀬遊水地に求められる機能として各河川の洪水のヒドログラフの組み合わせに対し、渡良瀬川合流後の利根川栗橋地点

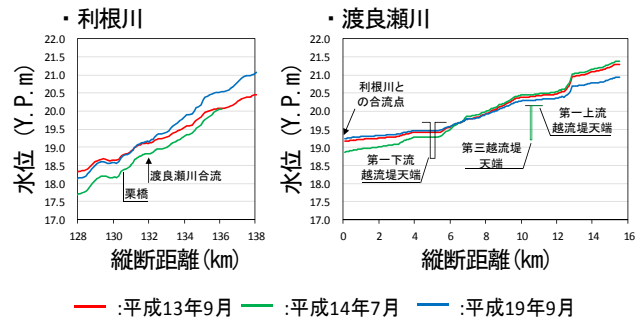


図-7 各洪水のピーク水位縦断形の比較

表-2 草木ダムの洪水調節状況との比較

	渡良瀬遊水地				治水容量に占める割合(%)	草木ダム		
	第一調節池	第二調節池	第三調節池	合計		最大貯水量(万 m^3)	うち治水容量(万 m^3)	治水容量に占める割合(%)
平成13年9月	3857	1563	1553	6972	40.6	4816	1766	88.3
平成14年7月	2229	1055	1387	4672	27.2	4221	1171	58.6
平成19年9月	1092	644	717	2452	14.3	4492	1442	72.1

のピーク流量を14000 m^3/s 以下にするものとしている。調節池と越流堤の諸元が現在の形で存在するものとして、渡良瀬遊水地に求められる機能が発揮されたときの、洪水のヒドログラフがどのようなものであり、そのとき遊水地がどのように調節機能を示したのかという観点から検討し、遊水地の洪水調節機能を評価する。検討対象とした洪水は、利根川流域において特徴の異なる昭和22年9月、昭和57年7月、昭和57年9月の洪水である。それら洪水の実績降雨状況を基に、各河川の上流端に与える流量ヒドログラフを得ている。

ここでは、昭和22年9月型洪水の例を示す。この洪水は利根川の埼玉大橋地点で17000 m^3/s という非常に大きなピーク流量を有する(図-8)。遊水地に直接流入する3河川の流量ピークの生起時刻が、利根川本川の洪水に比べて遅れる点で特徴的である。渡良瀬川合流前後の利根川の流量、渡良瀬川から利根川への合流量のヒドログラフを図-9に示す。利根川の流量ヒドログラフがピークを迎える際に、利根川から渡良瀬川への逆流が生じており、その間渡良瀬遊水地は利根川本川を含む4河川の流量を調節し続けている。図-10に示すように各調節池の貯水量がいずれも100%を超えた時には、利根川本川が減水期に入り渡良瀬川から利根川への合流が生じている。栗橋地点の流量ヒドログラフはそれに応じて頂点近傍で2山の波形となるが、2山目の流量は14000 m^3/s には到達せず、流量が減少していく。この洪水に対して渡良瀬遊水地は4河川の流量を調節しながら、時間遅れをもって利根川へのピーク合流量を生じさせている。そのような洪水調節の結果、利根川の渡良瀬川合流前後で流量ヒドログラフが非常に扁平な形状に変化している。これは鉄道において列車の遅延により列車同士の間隔が詰まった際に、各列車の乗車率の平均化と団子運転の解消を狙い、後続列車の駅発車時間を意図的に遅らせ、遅延の拡大を防止する運転整理手法に似た現象である。

しかし、図-11に黒の実線で示す利根川、渡良瀬川の

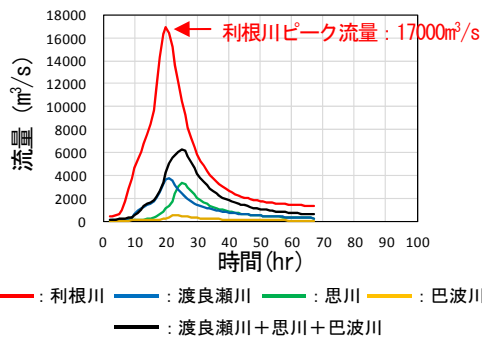


図-8 与えた流量ハイドログラフ(昭和22年9月型)

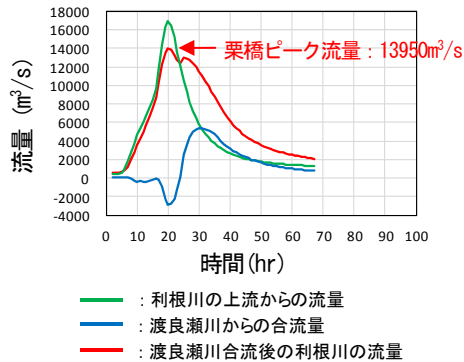


図-9 利根川本川の流量と遊水地から利根川への合流量(昭和22年9月型)

ピーク水面形を見ると、青の実線で示す堤防天端高や計画高水位を超える水位となっており、これを計画高水位以下に保たなければならない。大きな洪水に対する遊水地の洪水調節機能を活かし、かつ河道内の植生等による抵抗を減らす方策をとることで、図-11の破線で示す程度まで河道内のピーク水位を低減することができる。このとき流量ハイドログラフは、図-12に示すようにほとんど変化しない。

5. 結論

調節池を含む河道の洪水流解析モデルを構築し、これを用いた解析の留意点を示し、3つの実洪水と整備計画規模の洪水の解析を行い、遊水地の洪水調節効果を検討した。次に、外力としての各河川の流入流量ハイドログラフとそれに対する遊水地の洪水調節効果によって、遊水地の洪水調節機能を評価する方法を提案し、渡良瀬遊水地の機能評価を行った。主な結論は以下のとおりである。

- (1) 構築した解析モデルを用いて3つの実洪水に対し3調節池による洪水調節を含む洪水流解析を行った結果、河道内の観測水面形、流量、調節池内の水位ハイドログラフを十分な精度で説明している。
- (2) 渡良瀬川から利根川への合流量は、利根川本川の水位ハイドログラフと渡良瀬川流域の洪水流量によって規定される。渡良瀬遊水地での洪水調節により、遊水地に流入した洪水流量に比べてピーク値が減少している。また、減水期まで時間を十分に遅らせながら徐々にその量を増やしている。その結果、渡良

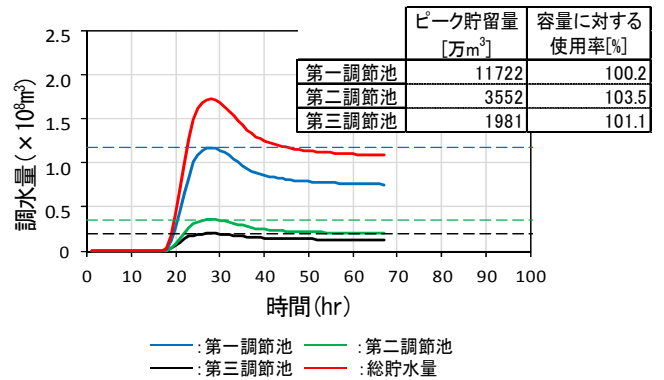


図-10 調節池の貯水量の時間変化(昭和22年9月型)

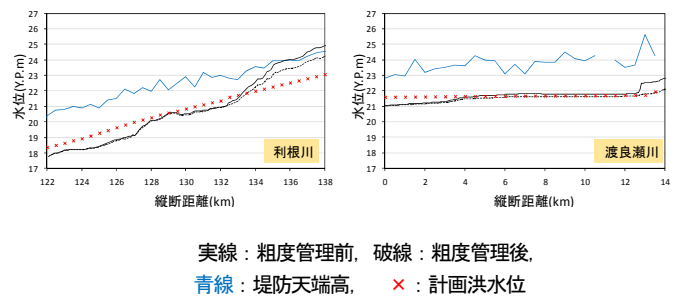


図-11 粗度変更前後の水面形の変化(昭和22年9月型)

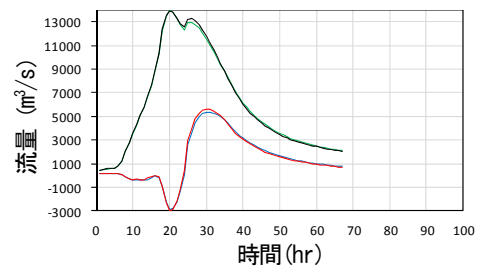


図-12 粗度変更前後の利根川の流量と渡良瀬川の合流量の変化(昭和22年9月型)

瀬川合流後の利根川栗橋地点における流量ハイドログラフは合流前と比べて扁平な形状となる。

- (3) 整備計画規模の洪水に対しても、現況の渡良瀬遊水地はその広い面積・大きな容量全体を使い、利根川本川を含む4河川の流量を調節し、利根川の下流へ向かう流量を減じる機能をもつことを示した。
- (4) 遊水地のもつ大きな流量に対する洪水調節機能を活かし、河道の流速を抑えていた植生等による抵抗を減らすといった粗度管理を行うことで、より効果的に河道内の水位を低減することができる。

参考文献

1) 福岡捷二, 渡邊明英, 關浩太郎, 栗栖大輔, 時岡利和: 河道における洪水流の貯留機能とその評価, 土木学会論文集, No.740/II-64, pp31-44, 2003.