渡良瀬遊水地の洪水調節機能とその課題の考察

CONSIDERATIONS OF THE FLOOD CONTROL FUNCTIONS OF THE WATARASE RETARDING BASIN

松本敬司¹・中井隆亮²・福岡捷二³・須見徹太郎⁴ Takashi MATSUMOTO, Takaaki NAKAI, Shoji FUKUOKA and Tetsutaro SUMI

 ¹学生会員 中央大学大学院 理工学研究科 土木工学専攻 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)
²正会員 東京都建設局河川部計画課 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿2-8-1)
³フェロー Ph.D 工博 中央大学研究開発機構 教授 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27)
⁴正会員 国土交通省関東地方整備局 利根川上流河川事務所 所長 (〒349-1198 埼玉県久喜市栗橋北2-19-1)

The Watarase retarding basin which is located in the lower Watarase River has an important role on the flood control in the Tone River. The design flood discharge of a period of about 30 years hereafter in the Tone River is 14,000m³/s at the Kurihashi of the Tone River.

In this paper, the flood control functions of the Watarase retarding basin are investigated by the flood flow analysis when the peak flood discharge under various discharge hydrographs is about 14,000m³/s at the Kurihashi in the Tone River. It is shown from the calculation that the Watarase retarding basin reduces peak flood discharge and delays the peak occurrence time at the Kurihashi by storing flood discharge flowing back to the Watarase River from the Tone River. Furthermore, some remarks are given for the enhancement of flood control functions of the Watarase retarding basin.

Key Words : flood flow, Watarase retarding basin, design flood discharges, overflow levee, flood control functions

1. 序論

利根川は日本最大の流域面積(16,840km²)を有し,首都 圏を貫流するため¹⁾,堤防決壊により大規模氾濫が生じ るとその被害は計り知れない.人命や資産を洪水被害か ら守ることを目的に、利根川水系には上流域に点在する ダム群,渡良瀬川下流部に位置する渡良瀬遊水地,鬼怒 川合流部の上下流に位置する田中・菅生・稲戸井から成 る河道沿い調節池群など多くの洪水調節施設が設けられ てきた.その一つである渡良瀬遊水地は,渡良瀬川,思 川,巴波川の3河川より合流する洪水流量を調節し,利 根川栗橋地点より下流,すなわち図-1に示すように,江 戸川への分派流量と分派点より下流の利根川の洪水流量 を低減する.このように,渡良瀬遊水地は利根川水系の 治水上,極めて重要な施設であり,その機能を十分発揮 するよう管理することが求められている.

渡良瀬遊水地の越流堤の位置や構造の諸元は,昭和30 年代に調節池への流入を堰の公式²⁾によって評価した一 次元洪水流解析から決定されている³⁾.海外においては, 横越流堰の越流量を算定する式4を用いて, 遊水地の貯 留による下流下道の水位低下量を検討している⁵.しか し、堰の公式は横越流の特性を考慮していないため、そ の精度に課題を有しているの.一方で、岡村・福岡らつは、 洪水時の河道内で密に測られた水位時系列データを用い, 河道と遊水地内の水の流れを一体的に解く非定常平面二 次元洪水流解析から、横流入の式を介さずに単一遊水地 への流入流量ハイドログラフを精度良く算定できること を示している.この高精度解析法を用いて3つの調節池 を持つ渡良瀬遊水地の洪水調節機能を再評価する必要が ある.中井・福岡^{8)、9}らは、実績洪水における現況の渡 良瀬遊水地の洪水調節効果について検討し、河川の縦断 的な洪水位時系列データを用いた非定常平面二次元洪水 流解析法が各調節池の実績調節量を適切に算定できるこ とを示している.しかし,現況の渡良瀬遊水地が整備計 画以上の超過洪水に対して洪水調節機能を発揮し得るか については、検討課題として残されてきた.

平成25年5月に策定された利根川水系利根川・江戸川 河川整備計画¹⁰において、八斗島地点から江戸川分派点 までの区間では、14,000m³/s程度の流量を安全に流下さ



表-1 各調節池の諸元

名称	面積(km ²)	容量(万m ³)
第一調節池	15.0	11710
第二調節池	5.0	3560
第三調節池	2.8	1910
	22.8	17180



せるものとしている.計画高水流量時には,渡良瀬川から利根川栗橋地点への合流量がゼロとなるよう,渡良瀬 遊水地で流量調節される計画となっている¹⁾.

本論文では、利根川栗橋地点で流量が14,000m³/s(整備 計画流量相当)になるよう洪水波形を引き伸ばした超過 洪水に対する渡良瀬遊水地の洪水調節効果の検討を行う とともに、今後、渡良瀬遊水地の洪水調節機能をより発 揮させるためにはどうすべきであるかを検討する.

2. 渡良瀬遊水地の概要

渡良瀬遊水地(図-2)は、埼玉県・茨城県・栃木県・群 馬県の4県にまたがって位置している.表-1に各調節池 の諸元を示す.3調節池を合わせると面積は22.8km²、総 容量は1億7180万m³である.遊水地内は広大なヨシ原を 有しており、また、スポーツ施設やゴルフ場などレクリ エーションに利用できる施設も整備されている.第一調 節池内には、洪水調節・水道用水の安定供給等を目的と した谷中湖(渡良瀬貯水池)がある.3調節池には、河道と 調節池を隔てる囲繞堤に設けられた越流堤から洪水の流 入が起こる.図-3に各越流堤の天端形状を示す.ここで、 Y.P.とは江戸川工事基準面である.第一調節池には渡良 瀬川の上流側と下流側の2箇所に越流堤があり,残り2つ の調節池は各々1箇所ずつ越流堤がある.また,第一上 流越流堤以外の3つの越流堤には,下流の整備状況に配 慮し,流量規模の小さい洪水についても流量調節効果が 発揮できるよう,越流堤天端の一部分をさらに約1.0~ 1.3m低くした切欠が設けられている.

3. 検討方法·検討区間·検討洪水

中井・福岡ら⁸は,渡良瀬遊水地を含む河道において, 観測水面形の時間変化を用いた非定常平面二次元洪水流 解析法を適用し,実績洪水時の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精度良く説明でき る洪水流解析モデルを提案している.本検討では,河道 や調節池の地形,粗度係数などは中井らの洪水流モデル の値を用いることとする.

検討区間は図-2に示す.検討洪水は以下のものを用いる.利根川水系利根川・江戸川河川整備計画¹⁰では,利 根川水系の既往洪水の中から利根川八斗島地点の実績降 雨と実績流量との関係から,流量規模が特に大きな8パ ターンの洪水が抽出されている¹¹⁾.それを基に作成され



た整備計画規模の流量ハイドログラフを渡良瀬川藤岡地 点,思川乙女地点,巴波川中里地点は引き伸ばさずに上 流端流量として与えた.利根川本川については,栗橋地 点の最大流量が14,000m³%に近づくよう,埼玉大橋地点 の流量ハイドログラフの引き伸ばし率を変えながら試行 計算を行い求めた流量ハイドログラフを与えた.**表**-2は, 各洪水における埼玉大橋地点の流量ハイドログラフの引 き伸ばし率である.なお,流量ハイドログラフは流量の みを引き伸ばしており,洪水継続時間は引き伸ばす前と 同様である.与える流量ハイドログラフは図-4に示す通 りで,本論文は全8パターンの洪水の中から,特徴的な6 パターンについて示すこととする.下流端の境界条件は, 利根川123.5km地点の整備計画河道断面の水位-流量関係 式を与える.

4. 解析結果

(1) 昭和22年9月型洪水

この洪水は、カスリーン台風による降雨に起因して生じており、利根川八斗島地点(図-1)上流域の3日間の流域 平均雨量は308.6mmに達し、利根川本川や渡良瀬川では



	最大流入量 (m ³ /s)	
名称	昭和22年9月型	昭和23年9月型
第一上流越流堤	1958	2414
第一下流越流堤	3540	4141
第二越流堤	1897	2295
第三越流堤	897	972

表4 最大調節量①

	最大調節量 (容量に占める割合)		
	万m ³ (%)		
名称	昭和22年9月型	昭和23年9月型	
第一調節池	11440 (97.7)	12549 (107.2)	
第二調節池	3422 (96.1)	3788 (106.4)	
第三調節池	1922 (100.6)	2136 (111.8)	

全川で計画高水位を上回り,渡良瀬川合流部直上流の利 根川右岸堤防が最大350mにわたって決壊するなど,利 根川流域に甚大な被害をもたらした.

引き伸ばした洪水は、利根川の埼玉大橋地点において、 18,000m³%に迫る大きなピーク流量(本論文で示す6洪水 の中で最大)となっており、他の流入3河川のピーク発生 時刻が遅れている特徴がある(図-4(a)).図-5(a)に本洪 水の解析流量ハイドログラフを示す.27時間目から古河 地点の流量はマイナスの値となっており、利根川の水位 上昇により渡良瀬川へ遡上する流れ(以下、逆流と呼ぶ こととする)が発生していることが分かる.これは、渡 良瀬川の流量がほとんどないため、埼玉大橋地点が



2,500m³/s程度と小さな流量で逆流が始まったと考えられ る.36時間目より、利根川合流点に一番近い第一下流越 流堤から順に流入を開始している(図-5(b)). 39~40時間 目に利根川のハイドログラフはピークを迎え、古河地点 の逆流量も最大となり、ほぼ同時刻に各越流堤への流入 量は急増している. 埼玉大橋地点と栗橋地点の流量差は 約4,000m3/sとなっており、渡良瀬遊水地は栗橋地点の洪 水流量を大きく低減させていることが分かる.洪水調節 量については,最大値をとる時間は利根川が減水期に 入ってからであり(図-5(c)), 第三調節池のみ治水容量を 若干上回る結果となった(表-4). ここで、治水容量とは 調節池内の水位が計画高水位に達した時の容積使用量で ある. 第一上流越流に着目すると、流入量は一度減少に 転じているものの、その後増加し、47時間目に再びピー クを迎えている(図-5(b)). 一方で, 第一下流越流堤は45 時間目からマイナスの値を示しており、第一調節池から 河道へと水が戻っていることが分かる.また,第一調節 池の調節量は48時間目から減少を続けている(図-5(c)). これは、第一上流越流堤と第一下流越流堤の天端高に約 0.4~1.4mの差がある(図-3(a)(b))ことで、第一上流越流 堤より流入した洪水は、第一調節池内を通り、第一下流 越流堤から河道に戻ったためである.

(2) 昭和23年9月型洪水

洪水はアイオン台風によって起こり,利根川布川地点 (図-1)では昭和22年9月洪水を上回る最大流量となった. 検討区間である渡良瀬川の下流部においては計画高水位 を上回る状況であった.

流量ピークは藤岡地点、埼玉大橋地点、乙女地点の順 に生じており、埼玉大橋地点のピーク流量は17,000m³% を若干上回っている(図-4(b)).まず、埼玉大橋の流量が 6,400m³/s程度になると、利根川から渡良瀬川への逆流が 始まる(図-6(a)).渡良瀬川と思川の流量が増加すると、 一時的に順流に戻るが、利根川の流量が増加することで 再び逆流量を増やしていく、栗橋地点の流量ハイドログ ラフは、渡良瀬川からの合流量の増加に起因し頂点付近 で2山の波形となっており、2山目のピークの方がより 14,000m³/sに近い値である。検討した6洪水の中で、第一 下流、第二越流堤への最大流入量が最も大きな値となっ ている(表-3).ここで、第二越流堤への流入については、 利根川からの逆流水を含む渡良瀬川の背水の影響により 思川の水位が上がることで生じるため、思川からの流量 で流入量は決まってくる.また、最大調節量については、 3調節池ともに6洪水中で最大で、治水容量を大きく上回 る結果となった(**表-4**).

(3) 昭和24年8月型洪水

鬼怒川上流域に600mmを超える豪雨をもたらしたキ ティ台風に起因して発生した洪水である.渡良瀬川では, 未改修部分からの浸水により,甚大な被害が生じた.

藤岡地点のピーク流量が約4,000m³/sと大きく,また ピークが他の地点に先行して生じている(図-4(c)).35時 間目から逆流が見られる古河地点は,藤岡地点の流量増 に伴い一時的に順流になるものの,利根川の流量が大き くなると再び逆流に転じている(図-7(a)).栗橋地点の流 量ハイドログラフは,頂点付近で2山の波形となるが,2 山目のピーク値は13,500m³/sから減少している.最大調 節量は,第二調節池のみ治水容量内に収まっている(表-6).

(4) 昭和34年8月型洪水

鬼怒川上流域に大雨を降らせた台風による洪水である. 利根川においては、田中・菅生調節池の各越流堤が破壊 されたほか、江戸川分派点の床止めや護岸が流失するな どの被害も報告されている.

埼玉大橋地点のハイドログラフはピークを2つ持つ波 形となっている(図-4(d)). 図-8(a)に示すように、埼玉 大橋地点のハイドログラフが1山目の時は、渡良瀬川か らの合流を利根川が妨げなかったため、栗橋地点は 8.000m³/s程度まで流量が上昇している. その後, 埼玉大 橋地点の流量が11,600m³/sを超える(30時間目)まで、古河 地点の逆流は見られなかった.一方,調節池への流入 (図-8(b))は、13時間目に第二越流堤から、15時間目に第 一下流, 第三越流堤から始まっている. 大流量時におい ては図-3に示す越流堤切欠の影響はないが、中規模洪水 時には流入開始時刻を早めてしまう. だが, この時間帯 は、 栗橋地点下流部の流下能力に十分な余裕があるため、 各調節池に水を取り込まず、渡良瀬川から利根川に流下 させる方が望ましいと考えられる. そのため、このパ ターンの洪水については、調節池へ流入する河道の水位 を決める越流堤の適切な高さについて検討を行う必要が ある.

(5) 昭和57年7月型洪水

この洪水を引き起こした台風は、7月31日~8月3日の4 日間にわたって雨を降らせ、関東西部や北部の山間部に おいては総降水量が300mmを超える値となった. 栗橋地 点において、警戒水位(5.0m)を3.3mも上回り、最大流量 は11,118m³/sを記録した. また、この洪水の時には、渡 良瀬遊水地の第一、第二調節池の調節池化が完了してお

り、実際に洪水調節が行われている.

他の5パターンに比べ、埼玉大橋地点の洪水継続時間 が長く、藤岡地点のピーク流量が約4,600m3/sと大きな値 である(図-4(e)). 図-9(a)より、埼玉大橋地点の流量増 加に伴う逆流が古河地点で生じる. そして, 渡良瀬川へ の逆流により水位が上昇し、下流側の越流堤から順番に 各調節池への流入を始める(図-9(b)). その後, 古河地点 の逆流量は渡良瀬遊水地の洪水調節により減少に転じる が、埼玉大橋地点の流量急増に伴い、再び逆流量を増や している.その間,渡良瀬遊水地は4河川の流量を調節 し続けている. 埼玉大橋地点の流量がピークの時に古河 地点の逆流量も最大となることで、栗橋地点の流量の ピーク発生時刻を遅らせており、その低減流量は約 1,400m³/sとなっている. 栗橋地点の流量が最大となるの は、埼玉大橋地点の流量が減少し、古河地点は順流に転 じてからである.また、第一上流、第三越流堤からの ピーク流入量は検討6洪水の中で最大となっている(表-5). 藤岡地点のピーク流量が6洪水中で最も大きいことも要 因の一つと考えられるが、第一上流、第三越流堤ともに 流入量のピークが生じたのは古河地点の逆流のピークと 同じ28時間目であり、藤岡のピーク到達時刻(25時間目) より遅れていることから,利根川からの逆流による影響 が一番の要因と考えられる.最大調節量については、表 -6に示す値となっている.

(6) 平成10年9月型洪水

台風5号に前線の影響も加わったことにより,関東地 方に大雨をもたらした.それによって発生した洪水は, 栗橋地点においては10,500m³/sを超える流量が観測され ている.この洪水の際には,渡良瀬遊水地の第三調節池 の調節池化も完了している.

埼玉大橋地点の波形は立ち上がりが急で先鋭な形を持ち、18,000m³/sに迫るピーク流量となっている(図-4(f)). 図-10(a)より、藤岡地点、乙女地点の順に流量ピークが 生じ、ほぼ同時刻に各調節池への洪水流入も始まる(図-10(b)).埼玉大橋地点と栗橋地点で流量ピークに達する (2地点の流量差は約3,700m³/s)のとほぼ同時に、古河地点 への逆流量、各越流堤からの流入量も最大となる.その 後は、埼玉大橋地点の流量減少が早かったため、渡良瀬 川から利根川への合流量が増えても、栗橋地点の波形が 若干膨らむ程度の影響しか見られなかった.各調節池の 調節量については、各調節池への流入時間が短かったた め、最大約90%と若干余裕を残す結果となった(表-6).

(7) まとめ

検討した6洪水の比較から得られた知見を以下に示す. なお、本検討で用いた検討洪水は、計画洪水を引き伸ば した結果、渡良瀬川合流点上流において整備計画規模を 超える流量となっていること、検討に用いた越流堤諸元 は利根川下流の整備状況を配慮した現況のものを用いて いることに留意する必要がある.

まず,渡良瀬遊水地の洪水調節効果には,利根川本川 栗橋地点での水位ハイドログラフの影響が大きく,計画 を超える洪水に対して,利根川から渡良瀬川へと大きな 逆流が生じるため,利根川下流部への流量低減効果が認 められた.

計画洪水に対する利根川栗橋地点の流量ハイドログラフは、渡良瀬遊水地の洪水調節により、埼玉大橋地点に比して特に14,000m³/s付近で平坦な波形となる.また、そのハイドログラフの波形への効果の現れ方は利根川の流量規模と継続時間に関係する.調節された波形は2山のピークを有している.1山目は上流側に位置する埼玉大橋地点の流量増加によって生じ、2山目は利根川からの逆流によって渡良瀬遊水地に貯め込まれた水が、利根川の水位低下に伴い、利根川に流下することで生じる.この結果、渡良瀬遊水地は3調節池を使って4河川からの

水を貯めこみ,調節池の使用率が洪水のパターンによっ ては100%を超える場合がある.出水形態に関わらず利 根川の流量がピークを迎えている時間には,3調節池で 流量調節が続き,各調節池の調節量が治水容量一杯に達 するのは利根川が減水期に入ってからとなっている.

洪水流量が第一上流越流堤から第一調節池に流入し, 第一下流越流堤から河道へと戻る現象も6洪水に共通し て見られた.調節池の目的はピーク流量の一部を貯め込 み下流へ向かう流量を減じることであるため,利根川栗 橋地点とその下流部の水位が下がってから調節池の水を 河道へと戻すことが重要となる.また,各調節池への流 入は渡良瀬川と思川の水位が各越流堤の高さを越えると 生じるが,4.(4)のように,現況の越流堤では,利根 川栗橋地点が14,000m³/sよりかなり流量が小さい時でも 各調節池に洪水の流入が起こる.その流入量が多かった 場合,渡良瀬遊水地の洪水調節を必要とする時に調節池 容量に空きがなく,十分な洪水調節を行えないことも考 えられることから,河川から各調節池へと流入を開始す る水位を決める越流堤の適切な高さ等の構造について検 討を行うことが必要である.

また,3洪水については,渡良瀬遊水地の全調節池の 最大調節量が治水容量を上回る結果となったことから, 越流堤の構造変更で対応出来ない場合には,調節池容量 拡大のために池内掘削も考えていかねばならない.

本検討により,計画規模を超える洪水に対しても,渡 良瀬遊水地は利根川栗橋地点の最大流量を減じるなど有 効に機能することが明らかとなった.一方で,利根川及 び3支川の流量ハイドログラフの波形によっては,現況 の越流堤構造や調節池容量では不十分となる可能性も示 した.渡良瀬遊水地の機能は渡良瀬川合流点上下流の河 道整備等河川全体の状況の中で変化するものである. 今 後,渡良瀬遊水地の洪水調節機能をより発揮させるため には,河道整備状況等を踏まえた上で,それぞれの段階 における最適な越流堤諸元や洪水調節容量の検討を進め る必要がある.

5. 結論

本研究により得られた主要な結論を以下に示す.

- 現況の越流堤諸元を用い、利根川栗橋地点の流量が 14,000 m³/sとなる計画規模を超過するハイドログラ フを用いた洪水流解析を実施した。その結果、渡良 瀬遊水地は利根川から渡良瀬川に流入する流量を各 調節池へと取り込むことで、利根川栗橋地点の洪水 流量を低減し、また、昭和57年7月型洪水のように 利根川の洪水継続時間が長いパターンではピーク生 起時刻も遅らせることを示した。
- 2) 渡良瀬遊水地の洪水調節機能をより発揮させるためには、渡良瀬川合流部上下流の利根川の河道整備状況等に応じて、各調節池の越流堤の構造変更や、場合によっては池内掘削による容量拡大を検討していくことが重要である.

参考文献

- 1) 国土交通省河川局:利根川水系河川整備基本方針, 2006.
- 本間仁:低溢流堰堤の流量係数,土木学会誌,第26巻,6号, pp.635-645,9号,pp.849-862,1940.
- 3)利根川百年史編集委員会:利根川百年史,建設省関東地 方建設局, 1987.
- 4) Hager, W.H. : Lateral outflow over side weirs, *J. Hydr aulic Engineering*, ASCE, Vol.113, No.4, pp.491-504, 1987.
- 5) Ji, U., Kim, S., Yoon, B., and Kim, S. : Analytical and Experimental Investigation of a Side-Weir Detention Ba sin in Flood-Level Reduction in the Main Channel, *J. I rrigation and Drainage Engineering*, ASCE, Vol.139, No.8, pp.663-671, 2013.
- 6) 秋山壽一郎,重枝未玲,大庭康平:直線河道における 破堤氾濫流の横越流特性と流量式の改善,水工学論文 集,第55巻,pp.901-906,2011.
- 7) 福岡捷二, 昆敏之, 岡村誠司: 鶴見川多目的遊水地の洪水節 効果の評価-河道の水面形の時間変化を考慮した非定常平面 二次元解析法の適用-, 土木学会論文集 B, Vol.63, No.3, pp.238-248, 2007.
- 8) 中井隆亮,須藤純一,福岡捷二:渡良瀬遊水地の洪水調節に 関する検討-平成19年9月洪水を例として-,第66回年次 学術講演会公演概要集,pp.243-244,2011.
- 9)中井隆亮,須藤純一,福岡捷二:実績3洪水を対象とした渡 良瀬遊水地による洪水調節効果の検討,第39回土木学会関 東支部技術研究発表会講演概要集,Ⅱ-67,2011.
- 10) 国土交通省関東地方整備局:利根川水系利根川・江戸川河 川整備計画【大臣管理区間】,2013.
- 11) 国土交通省関東地方整備局: 八ッ場ダム建設事業の検証係 る検討 報告書, 2011.

(2013.9.30受付)