

実績洪水と超過洪水に対する利根川調節池群の洪水調節効果に関する研究

Assessment of flood control by the retarding basins

for the past floods and the excess floods in the Tone river system

土木工学専攻 35号 松本 敬司

Takashi MATSUMOTO

1. はじめに

日本最大の流域面積(16,840km²)を持つ利根川は首都圏を貫流するため、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として、渡良瀬川下流部に位置する渡良瀬遊水地、鬼怒川合流点上下流に位置する田中・菅生・稲戸井から成る河道沿い3調節池群などの洪水調節施設が設けられてきた。渡良瀬遊水地は、渡良瀬川、思川、巴波川の3河川から利根川へと向かう洪水流量を、河道沿い3調節池群は利根川本川と鬼怒川から合流する洪水流量をそれぞれ低減する役割を持っている。また、図-1に示すように、渡良瀬遊水地による洪水調節の影響は、江戸川への分派流量や河道沿い3調節池群へと向かう流量に直接関わってくる。その利根川本川の洪水流量は、鬼怒川合流による流量増加や河道沿い3調節池群の洪水調節による流量低減の影響を受け、利根川下流部に流下して行く。このことから、渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群は利根川水系の治水に、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。これらをより効率的に働かせるためには、各々の洪水調節機構を把握した上で、一体的に考えていく必要がある。

本論文では、まず、平成19年9月に発生した実績洪水を対象として、渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群のそれぞれの洪水調節効果について検討を行う。次に、栗橋地点での最大流量が14,000m³/s(河川整備計画流量相当)になる場合を想定した超過洪水に対する渡良瀬遊水地の洪水調節効果を検証する。

2. 実績洪水に対する利根川調節池群の洪水調節効果

の検討

(1) 調節池への洪水流入を含む洪水流解析

支川からの合流や調節池への流入の影響は水面形の時間変化に現れることが知られている¹⁾。この考え方

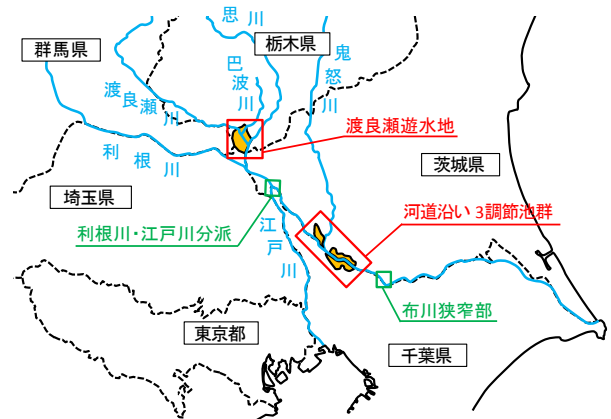


図-1 位置関係

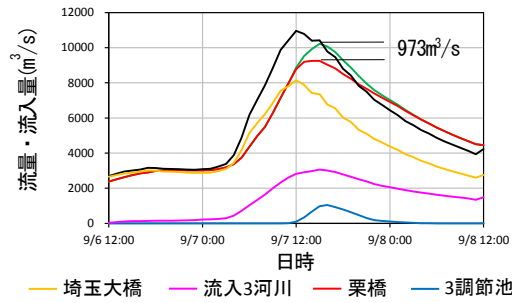


図-2 検討区間 (渡良瀬遊水地)



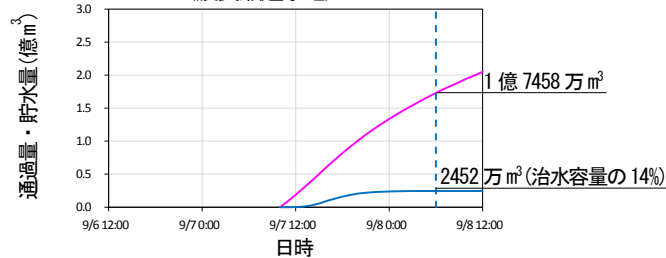
図-3 検討区間 (河道沿い3調節池群)

に基づき、調節池を含む河道において、支川の合流や調節池への流入の影響を受けた観測水面形の時間変化を再現するように粗度係数や樹木群透過係数の値を決定する非定常平面二次元洪水流解析を行うことにより、



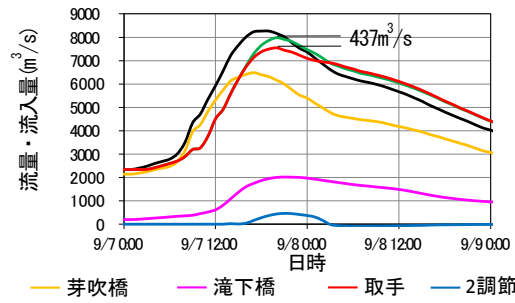
— 埼玉大橋 + 流入3河川 — 栗橋 + 3調節池
 黄色線: 埼玉大橋 (流量) 黒線: 流入3河川 (合計流入量)
 赤線: 栗橋 (流量) 青線: 3調節池 (合計流入量)

図-4 流量・流入量の比較
(渡良瀬遊水地)



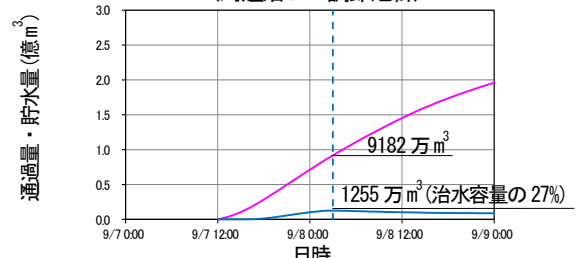
— 流入3河川 — 3調節池 — 調節池貯水量ピーク時刻

図-5 累積通過量・貯水量の比較
(渡良瀬遊水地)



— 芽吹橋 + 滝下橋 — 取手 + 2調節池
 黄色線: 芽吹橋 (流量) 黒線: 取手 + 2調節池 (合計流入量)
 赤線: 滝下橋 (流量) 青線: 2調節池 (合計流入量)

図-6 流量・流入量の比較
(河道沿い3調節池群)



— 鬼怒川 — 2調節池 — 調節池貯水量ピーク時刻

図-7 累積通過量・貯水量の比較
(河道沿い3調節池群)

後述する解析結果を得ている。

(2) 渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群の洪水調節

前述したように、利根川の治水を考えるに当たっては渡良瀬遊水地(図-2)と河道沿い3調節池群(図-3)を一体的に検討する必要がある。そのためには、各々の洪水調節機構を把握することが重要となる。ここでは、平成19年9月の台風9号により発生した洪水を対象として、渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群の洪水調節効果について検討を行う。

まず、渡良瀬遊水地が持つ洪水調節効果について考察する。渡良瀬遊水地は栗橋地点下流の流量を低減する役割を求められていることから、ここでは栗橋地点を中心に検討を行う。図-4は、各地点の流量ハイドログラフと3調節池の合計流入量ハイドログラフを示している。利根川上流部(埼玉大橋栗橋地点)のピーク発生時刻は、渡良瀬遊水地上流部から流入してくる3河川(藤岡地点、乙女地点、中里地点)の合計流量のピーク発生時刻より早い。また、緑色の実線は栗橋地点の流量と3調節池への合計流入量の和を示しており、これは3調節池が無い場合の栗橋地点の流量とみなすことができる。この流量ハイドログラフと栗橋地点の流量ハイドログラフを比較より、3つの調節池の洪水調節により、栗橋地点の流量は最大で約970m³/s低減され、そのハイドログラフの頂点付近は平坦な形となっていることが分か

る。図-5は調節池への流入が始まる時刻を基準(0m³)として、流入3河川の合計流量を積分した値と調節池に貯まった水の積分値(以下、貯水量)を示している。調節池貯水量が最大となった時、調節池に存在する水の量は治水容量(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り、これを100%とする)に対して約14%を占めている。これは3河川の累積流入量に対して約14%と多量の水を調節池内へと貯め込んでいることとなる。

次に河道沿い3調節池群について検討を行うが、本洪水においては、田中調節池への水の流入がなかった点に注意が必要である。各地点の流量ハイドログラフと2調節池の合計流入量ハイドログラフを図-6に示す。流量ピーク発生時刻は、利根川上流部(芽吹橋地点)の方が鬼怒川上流部(滝下橋地点)より早く生じている。また、これら2つのハイドログラフと菅生・稲戸井調節池への合計流入量はハイドログラフを比べると、利根川のみ流量増加では調節池にほとんど水は流入せず、鬼怒川からの合流が重なることにより調節池への流入量が增大していることが分かる。緑色で示すハイドログラフは取手地点の流量と2調節池の合計流入量の和であり、各調節池がなかった場合の取手地点の流量ハイドログラフである。これと赤色で示す取手地点の流量ハイドログラフの差より、2調節池への洪水流入により最大440m³/s

の流量を低減したことが分かる。ここで、取手地点の現況の流下能力が $8,500\text{m}^3/\text{s}$ であることから、黒線で示すように上流部から $8,000\text{m}^3/\text{s}$ を超える流量が流下した洪水に対して、 $440\text{m}^3/\text{s}$ の流量低減は大きな意味を持っている。調節池への流入が始まる時刻を 0m^3 とした流入3河川の合計流量の積分値と調節池貯水量を図-9 に示す。合計貯水量が最大値である $1,255\text{万 m}^3/\text{s}$ に達した9月8日3時において、鬼怒川の累積流量に対して2調節池の貯水量が占める割合は約14%となった。

3. 超過洪水に対する現況の渡良瀬遊水地の洪水調節効果

(1) 検討方法・検討区間・検討洪水

前章では、実績洪水を対象に、渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群が果たした洪水調節について示した。ただ、地球温暖化に伴う気候変動の影響を受け、大雨の発生頻度増加や洪水流量の増加が懸念されていることから、より大きな洪水外力に対しても各調節池が十分な洪水調節効果を発揮し得るかについて検討を行う必要がある。河道沿い3調節池群に関しては、平成21年に稲戸井調節池の越流堤・囲繞堤が概成しており、3つの調節池としての運用がなされていないことから、ここでは渡良瀬遊水地について考察する。

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では、栗橋地点の最大流量を渡良瀬遊水地の洪水調節により $14,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度に抑えることとされている。ここでは、河道・調節池の地形、粗度係数などの値は実績洪水時と変わらないものとし、栗橋地点で $14,000\text{m}^3/\text{s}$ となる場合を想定した洪水ハイドログラフに対し、渡良瀬遊水地がどのような応答を示すかを検討する。

検討に用いる各河川の洪水流量ハイドログラフは以下のものとする。上述の河川整備計画において、利根川水系の既往洪水での利根川八斗島地点の実績降雨と実績流量の関係を整理し、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。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、藤岡地点、乙女地点、中里地点にはそれぞれの河川の上流端流量として与え、利根川については栗橋地点で $14,000\text{m}^3/\text{s}$ となるよう埼玉大橋地点で流量ハイドログラフを引き伸ばしたものを与えた。図-8 に本論文で例として挙げ

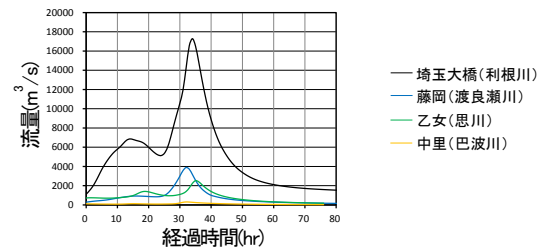
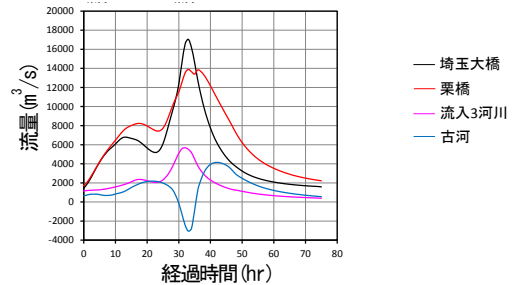
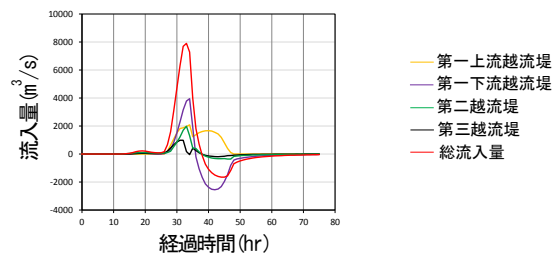


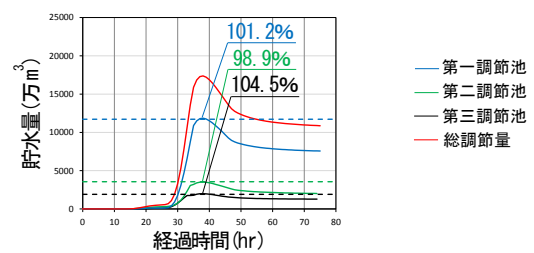
図-8 上流端に与えた流量ハイドログラフ



(a) 流量ハイドログラフ



(b) 流入量ハイドログラフ



(c) 貯水量ハイドログラフ

図-9 昭和34年8月型洪水

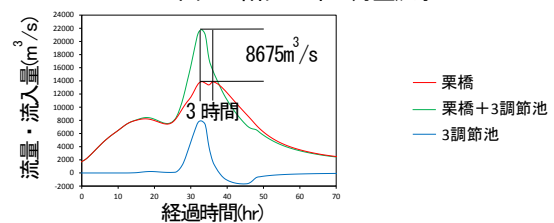


図-10 3調節池の栗橋地点に対する流量低減効果

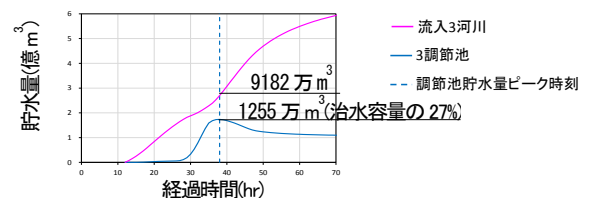


図-11 累積通過量・貯水量の比較

る昭和34年8月型洪水の各河川の上流端流量ハイドログラフを示す。下流端境界条件には、利根関宿地点の現況河道断面の水位-流量関係式を与えている。

(2) 解析結果とその考察

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-8)。図-9(a)に各地点の解析流量ハイドログラフを示す。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 $8,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度まで流量が上昇している。一度流量が減少した後、埼玉大橋地点の流量が $12,300\text{m}^3/\text{s}$ を超える(30時間目)と、古河地点の流量がマイナスに転じており、利根川から渡良瀬川を遡上する流れ(以下、逆流と呼ぶ)が発生することが分かる。利根川の流量ハイドログラフがピークを迎える際に、古河地点の逆流量も最大となっている。また、栗橋地点のハイドログラフは2度目のピーク付近で2山となり、埼玉大橋地点のハイドログラフに比して頂点付近が潰れた形となっている。1山目は上流側の埼玉大橋地点の流量増加により、2山目は利根川からの逆流によって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。一方、図-9(b)に着目すると、調節池への流入が13時間目に第二越流堤から、15時間目に第一下流、第三越流堤から若干起こっている。大流量時には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。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り、各調節池に水を取り込まず、直接利根川へと流下させる方が望ましい。そのため、調節池へ流入する河道水位を決める越流堤の適切な高さを検討する必要がある。また、図-9(b)の第一上流越流堤に着目すると、流入量は一度減少に転じるものの、その後増加して再びピークを迎えている。一方で、第一下流越流堤は36時間目からマイナスの値となっており、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、第一調節池の貯水量は38時間目から減少に転じている(図-9(c))。これらより、第一上流越流堤と第一下流越流堤の天端高に差があることで、第一上流越流堤より流入した洪水が第一調節池内を通り、第一下流越流堤から再び河道へと戻ったことが分かる。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、利根川栗橋地点より下流部の水位が十分に下がってから調節池内の水を河道へ戻すことが重要となる。利根川が減水期になると、図-9(c)に示すように、第一・第三調節池に

おいて治水容量(100%)を超えており、現況の調節池容量では不十分な場合も起こり得るため、容量拡大のための池内掘削も考えていかなければならない。図-10に栗橋地点の流量と調節池への流入量の関係を示す。緑色と赤色のハイドログラフの差から、調節池の洪水調節によって、栗橋地点のピーク流量を約 $8,700\text{m}^3/\text{s}$ 低減していることが分かる。また、図-4に示す実績洪水時の結果と比べると、超過洪水の方が栗橋地点の流量に対する調節池流入量の割合が大きくなっている。図-11は、図-5と同様の関係を示している。調節池貯水量が最大となった時、3調節池は治水容量をいっぱいに使って、3河川からの累積流入量の64%の水を貯め込んでいる。以上から、遊水地は大きな洪水流量に対し、より効果を発揮している。

4. 結論

平成19年9月に発生した実績洪水を対象に、渡良瀬遊水地と河道沿い3調節池群の洪水調節効果の検討を行った。次に、現況河道に対し利根川栗橋地点での最大流量が $14,000\text{m}^3/\text{s}$ となる場合を想定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った。主な結論は以下の通りである。

- 1) 実績洪水において、渡良瀬遊水地の3つの調節池の合計貯水量が最大(治水容量に対する割合：14%)となる時間に、遊水地流入3河川の累積流入量の14%の水を貯水し、上流から流下してくる流量を栗橋地点で最大 $970\text{m}^3/\text{s}$ 低減したことを明らかにした。
- 2) 実績洪水時、菅生・稲戸井調節池の合計貯水量が最大(治水容量に対する割合：27%)となる時間に、渡良瀬遊水地で調節された後の利根川流量に合流する鬼怒川の累積流入量の14%の水を貯水したことで、上流から流下してくる流量を取手地点において最大 $440\text{m}^3/\text{s}$ 低減したことを明らかにした。
- 3) 超過洪水においては、渡良瀬遊水地の3調節池の合計貯水量が最大に達した時間に、流入3河川の累積流入量の64%の水を3調節池に貯水することで、上流から流下してくる流量を栗橋において最大で約 $8,700\text{m}^3/\text{s}$ 低減することを示した。

参考文献

- 1) 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.