

中小河川におけるダムの早期放流に関する検討

水文気象研究室 佐藤 猛
指導教官 陸 旻皎

はじめに

平成 16 年 7 月 12 日から 13 日にかけて、梅雨前線の影響により、新潟県中部、福島県西部に大きな豪雨が発生した。この豪雨によって五十嵐川、刈谷田川を中心に新潟県で合計 11 箇所が破堤し、甚大な被害をもたらした。このような洪水の防御を考えるとときには流域内のダムの有無が大きな意味を持つことになる。

そこで本研究では、五十嵐川、刈谷田川について平成 16 年新潟・福島豪雨で洪水防御の観点からダムにどのような効果があったのかを把握し、今後このような洪水が発生する可能性を考慮し、ダムの管理、運用に関して洪水防御方法のひとつである早期放流についてその効果を明らかにすることを目的とする。

流域概要

五十嵐川、刈谷田川は一級河川信濃川の下流域に位置し、流域上流にダムを有する河川である（図 1）。また、下流側は市街地を流下しており土地が低く、ふだんでも排水の悪い地帯が存在する。そのため洪水になると土地の高さよりも河川水位の方が高くなり、ひとたび堤防が決壊すると大きな災害となる危険性が非常に高い流域である。

五十嵐川の流域面積は約 310 km²、流路延長は 38.7 km で、刈谷田川の流域面積は約 240 km²、流路延長が 50.0 km である。

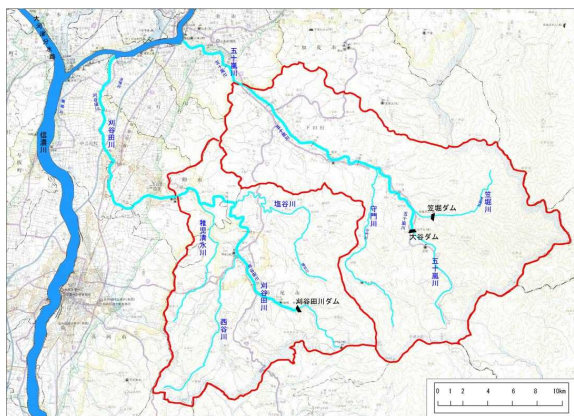


図 1 新潟県土木部河川管理課より
五十嵐川、刈谷田川流域 概要図

流出解析

本研究では、流出解析手法として一般的に河川計画やダム計画でよく用いられている貯留関数法を適用し、財団法人国土技術研究センターの開発した「流出解析シミュレータ」を用いて、流域の上流側から順番に多段型の流出解析を行なった。

貯留関数法は流出現象の非線形性を再現するために、降雨から流出への変換過程に流域貯留と遅滞時間の概念を導入しており、貯留量と流出量の関係は貯留関数式と呼ばれる運動方程式で表わされ、遅滞時間を考慮した連続方程式に基づき貯留量の収支を計算して、貯留関数式より流出量を求めようとするものである。

流域における貯留関数法の基礎方程式は次のとおりである。

$$s = kq^p \quad (1)$$

$$\frac{\partial s}{\partial t} = r_{ave} - q(t + T_L) \quad (2)$$

ここに、 k , p : 貯留関数パラメータ

T_L : 遅れ時間 (hour)

r_{ave} : 流域平均雨量 (mm/h)

q : 流出高 (mm/h)

s : 貯留高 (mm/h)

河道における貯留関数法の基礎方程式は次のとおりである。

$$S = KQ^p - T_L Q \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = Q_{in} - Q(t + T_{LZ}) \quad (2)$$

ここに、 k , p : 貯留関数パラメータ

T_L, T_{LZ} : 河道の遅れ時間 (hour)

Q_{in} : 流入流量 (m³/s)

Q : 流出流量 (m³/s)

S : 見かけの貯留量 (m³/s)

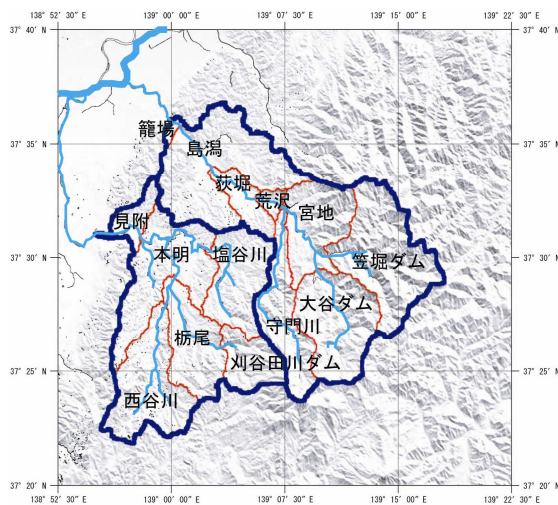


図2 五十嵐川、刈谷田川流域分割図

流域分割

五十嵐川、刈谷田川の流域分割は、ダムの洪水調節効果によって下流に与える影響を調べるため、図2に示すように、五十嵐川流域では8流域に、刈谷田川流域では6流域の各水位観測点を出口とする小流域に分割した。

表1に各小流域の流域面積を示す。

表1 各小流域別流域面積

五十嵐川流域(km ²)		刈谷田川流域(km ²)	
地点名	小流域面積	地点名	小流域面積
籠場	2.1	見附	12.7
島湯	80.7	本明	60.0
萩堀	16.4	塩谷川	42.3
荒沢	4.5	栃尾	39.8
宮地	41.9	西谷川	54.0
守門川	40.0	刈谷田川ダム	24.2
大谷ダム	56.2		
笠堀ダム	70.4		

流域平均雨量

貯留関数法の入力値である流域平均雨量を求めるにあたり、観測点での降雨量つまり地点雨量よりも、そのときに降った空間的特性を考慮した降雨量が必要である。

そこで本研究では、よりもっともらしい雨量の水平分布を得るためにレーダ観測値を用い簡便かつ確実な方法でレーダ雨量を地上観測雨量で補正して用いた。(図3)

用いたレーダ雨量は10分間隔で観測された全国合成レーダーデータで、補正するための地上観測雨量データは気象庁によるAMeDAS観測データ(長岡、栃尾、守門岳、入広瀬、三条、宮寄上)、国土交通省(長岡、見附、萩堀、上条、笠堀、戸倉、黒水)、新潟県(刈谷田川ダム、前山、三条、大谷ダム、

大谷、笠堀ダム、笠堀)の観測 1 時間値を用い、豪雨のあった 2004 年 7 月 12 日 1:00 から 14 日 24:00 の 72 時間分使用した。

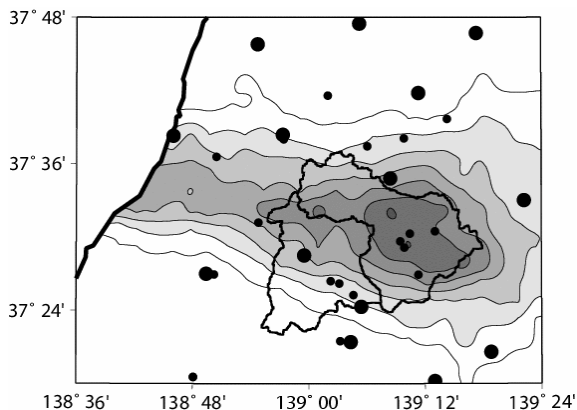


図3 平成 16 年 7 月 13 日 8 時での補正レーダ雨量水平分布

等値線は 10mm/h から 10mm/h 毎に引き、それにあわせて濃淡をつけた。また、図中の黒丸は雨量観測点を示しており、大きい黒丸は気象庁の AMeDAS 観測点を示す。

貯留関数パラメータ

流域の貯留関数パラメータは各小流域出口地点において、その上流域平均の雨量と流出量データ(笠堀、大谷ダムでは 2004 年 7 月 13 日 0:00 ~ 15 日 24:00 までの 49 時間分、刈谷田川ダムについては 2004 年 7 月 12 日 9:00 ~ 15 日から 2:00 までの 66 時間分)を基に同定した(表 2)。

また、河道の貯留関数パラメータについては河道の平均勾配と流路延長から次式を用いて同定した。

$$T_L = 7.36 \times 10^{-4} \times L / \sqrt{I} \quad [\text{h}]$$

ここに、L: 流路延長 (km)

I: 河床勾配

流量観測を行っていない地点の存在や、データの入手がなかなか困難であったことによって流量データが無い小流域について、本研究では、五十嵐川流域では大谷ダム流域のパラメータを笠堀ダム流域以外の小流域に適用し、刈谷田川流域では刈谷田川ダム流域のパラメータをすべての小流域に適用した。

表 2 各流域のパラメータ

流域	流域の貯留関数			一時流出率
	K	P	TL	F1
笠堀ダム流域	20.073	0.513	0.000	0.936
大谷ダム流域	18.894	0.446	0.700	0.819
刈谷田川流域	21.870	0.403	0.420	0.885

結果と考察

(1) ダムの洪水調節効果

ダムが存在することによる洪水調節効果をダムが存在する場合と、存在しない場合を想定して 2 通りの流出解析を行ない、両者の結果を比較することで検討を行なった。

この検討を行なう際に重要であるダムの洪水調節効果の捉え方として、ダムが存在する場合は各ダム地点から下流への流量をダムからの実績放流量とし、ダムが存在しない場合は各ダム地点から下流への流量をダムへの流入量として扱い、両者の流出解析結果を比較することによってダムの有無による影響評価を行ないダムの洪水調節効果とした。

五十嵐川流域におけるダムの洪水調節効果

図 4 に五十嵐川流域についてダムが存在する場合と存在しない場合の結果を示す。笠堀ダム地点での結果から、ダムありの場合、放流量が 13 日の 10 時ごろから急増している。これは笠堀ダムの操作規則から、貯水位が洪水時満水位になる恐れがあったため水位上昇

を抑えるために放流量を増加させたことによる。この放流量の増加は下流にも影響を与えており、下流域での結果を見ると流量ピークが2つ存在する。笠堀ダムが存在することによってピーク時の流量をおよそ $1000\text{m}^3/\text{s}$ も低減し、下流域に大きな影響を与えている。

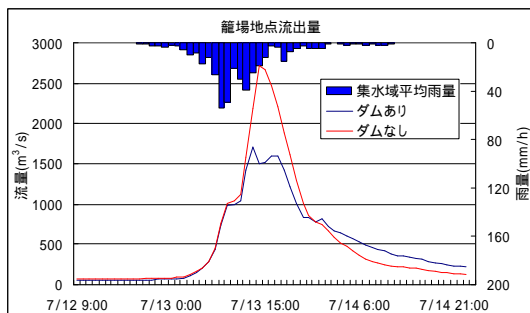
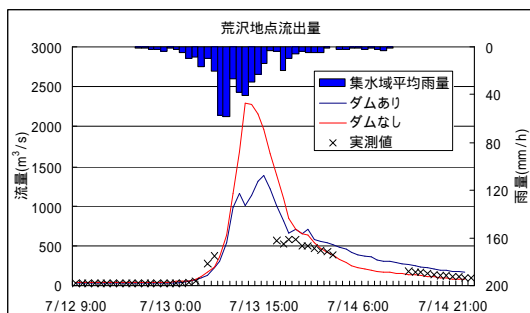
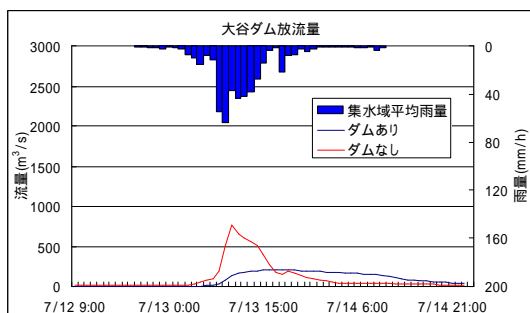
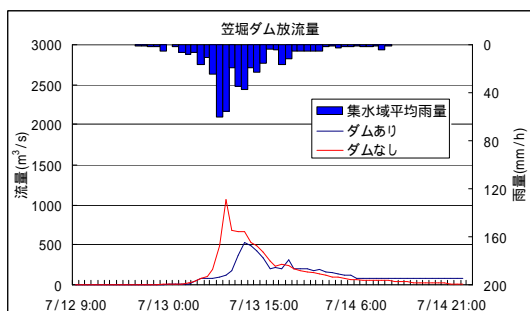


図4 五十嵐川流域での各水位観測点における解析結果

大谷ダム地点の結果から、ダムが存在することによっておよそ $600\text{m}^3/\text{s}$ 低減し、また、放流量が平滑化し、ピークが収まった流量安定時にも一定の放流をしていることが確認できる。これは大谷ダムが自然調節方式であることによって一定の放流しかできなく、洪水調節容量が非常に大きいためダムが満水になる恐れがほとんどないことによる。

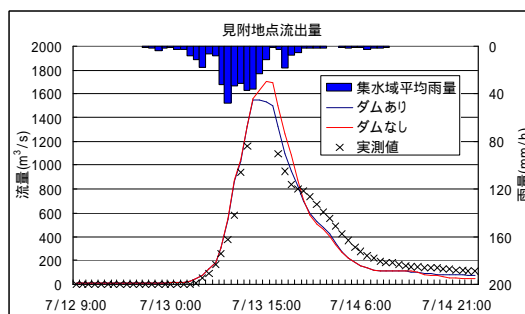
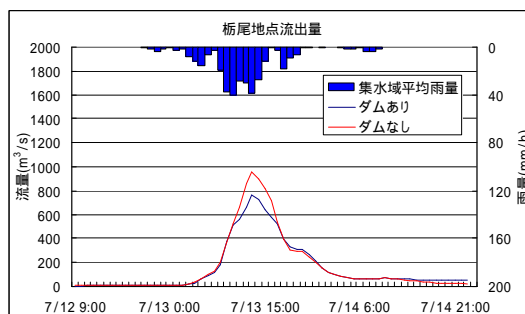
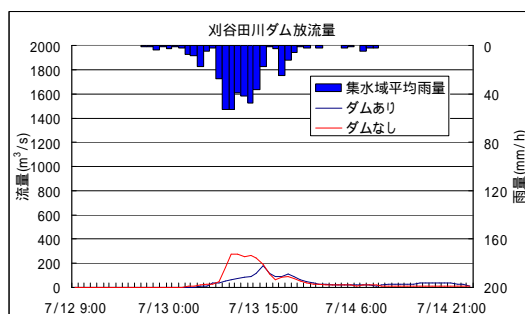


図5 刈谷田川流域での各水位観測点における解析結果

刈谷田川流域におけるダムの洪水調節効果

図5に刈谷田川流域についてダムが存在する場合と存在しない場合の解析結果を示す。刈谷田川ダムでは笠堀ダムや大谷ダムほど

洪水調節容量はなく、また、流入量も少ないため、ダムが存在することによる洪水調節効果も少なく最大でおよそ $200\text{m}^3/\text{s}$ の流量を低減している。また、下流域の結果からダムが存在することによって下流域までその影響は及び、流量を低減していることが確認できる。また、笠堀ダム地点での解析結果と同じようにダムありの場合で、放流量が 13 日の 14 時ごろから増加している。こちらも刈谷田川ダムの操作規則から、洪水時満水位になる恐れがあったため放流量を増加させたことによる。しかし、刈谷田川流域でこの放流量の増加は下流に影響をあまり与えておらず、下流域の結果から確認するのは難しい。

(2) ダムの早期放流による効果

早期放流を検討するにあたり、ダムの貯水量を可能な限り放流した場合を想定して検討を行なった。可能な限りとはダム内の水をすべて放流し終わったとして、ほとんど水がない状態での効果を求めた。笠堀ダムでは普段の洪水調節容量は 870万 m^3 であるのに対し、早期放流を行なうことによって 1330万 m^3 の洪水調節容量とし、刈谷田川ダムでは 325万 m^3 の洪水調節容量を 415万 m^3 とし流出解析を行ない早期放流の効果求めた。放流量の操作については実際のダム操作規則に基づいて放流を行なったとした。

五十嵐川流域における早期放流の効果

五十嵐川について早期放流を行なった場合を想定して流出計算を行なった結果を図 6 に示す。

笠堀ダム地点での結果から、早期放流を行っていない実績の放流量に対して早期放流を行なった放流量が大幅に低減されているこ

とが確認できる。その効果は最大でおよそ $400\text{m}^3/\text{s}$ の流量を低減している。また、早期放流を行っていない実績の放流では、貯水位が洪水時満水位になる恐れがあったため放流量を増加させているが、早期放流を行なったことで容量が増加し貯水位が洪水時満水位になる危険はなく、放流量がほぼ一定であることも確認できる。この放流量がほぼ一定であることによって下流域での結果から 2 つ目のピークがなくなっていることが確認できる。

刈谷田川流域における早期放流の効果

刈谷田川について早期放流を行なった場合の解析結果を図 7 に示す。

刈谷田川ダム地点での結果から、早期放流を行った場合、貯水位が洪水時満水位になる危険がなく放流量がほぼ一定であった。しかし、笠堀ダムほどの大きな効果ではなく最大でおよそ $100\text{m}^3/\text{s}$ 程度の流量を低減している。下流域での結果からは、早期放流を行なった効果がわずかに確認できる。その程度は早期放流を行なわなかった場合と比較して、最大でおよそ $100\text{m}^3/\text{s}$ の流量を低減していることとなっている。これは刈谷田川ダムに流入してくる流入量があまり多くなく、その流入量を考慮したダムの容量となっているためであると考えられる。

まとめ

本研究では、洪水防御の観点から五十嵐川、刈谷田川についてダムが存在する場合と、存在しない場合の 2 通りの流出解析を行ないダムが存在することによる洪水調節効果の検討と、早期放流を行なった場合ダムの洪水調節効果がどの程度変化するのか検討を行なった。得られた結果を図 6、図 7 以降に示す。

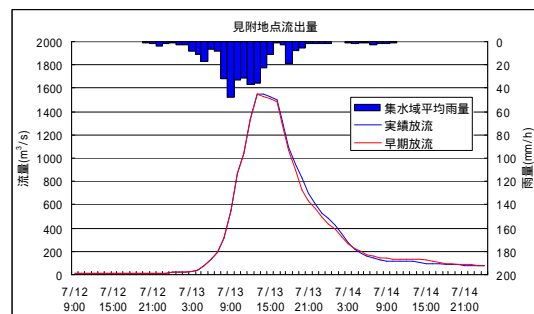
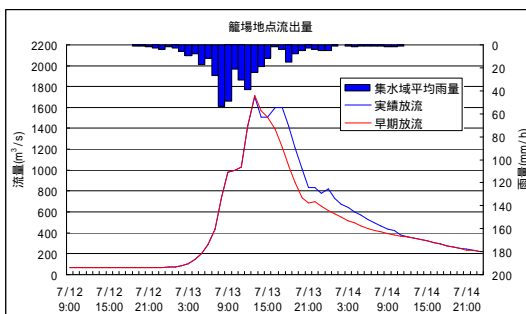
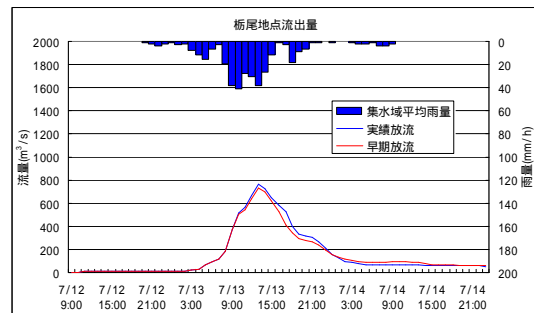
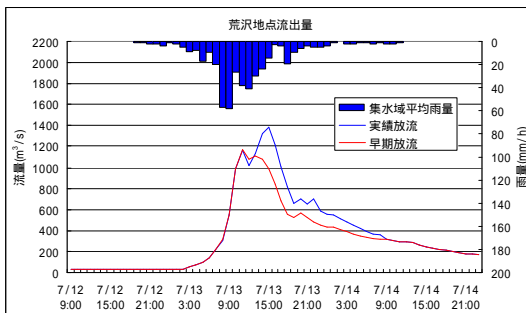
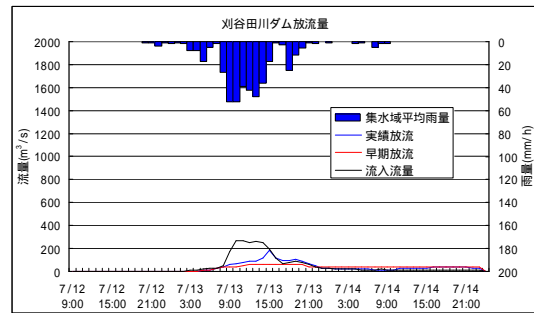
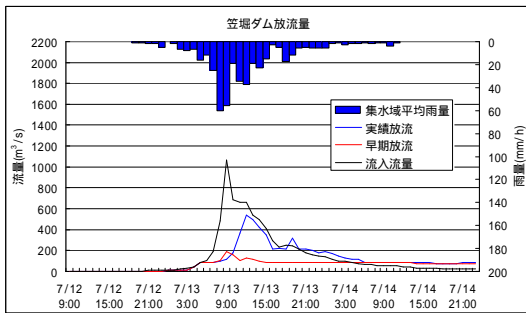


図6 五十嵐川流域での各水位観測点における早期放流の解析結果

図7 刈谷田川流域での各水位観測点における早期放流の解析結果

- ダムが存在することによって洪水ピーク時の流量低減化が確認された。その程度は五十嵐川流域笠堀ダム地点で最大およそ $1000\text{m}^3/\text{s}$ 、大谷ダム地点で最大およそ $600\text{m}^3/\text{s}$ 、刈谷田川流域ダム地点で最大およそ $200\text{m}^3/\text{s}$ の流量を低減し、流域内でダム流域の占める面積の割合が大きい、五十嵐川流域でより顕著に現れた。また、五十嵐川流域、刈谷田川流域で程度の差はあるものの下流域でもその効果を確認できることから、流域全体の流量を低減していることを確認できた。

- 早期放流を行なうことによって笠堀ダム地点では最大でおよそ $400\text{m}^3/\text{s}$ 、刈谷田川ダム地点では最大でおよそ $100\text{m}^3/\text{s}$ の流量を低減することができ、ダムが満水になることはなく洪水調節効果を洪水が終わるまで維持し続けた。こちらもダム流域の占める面積の割合が大きい、五十嵐川流域でより顕著に現れた。
- ダムの早期放流は、流域内におけるダム流域の占める面積の割合と、ダムの洪水調節容量に大きく左右されるものの洪水防御の有効な手段であることを確認できた。