

一級河川の氾濫予測北陸編 第 68 報

信濃川の氾濫の可能性

地政学的異文化研究所

鈴木 誠二

国土交通省の資料によれば、信濃川が次のように紹介されている。

越後平野を潤す日本最長の美しき大河－信濃川－

信濃川は、長野・新潟県境で「千曲川」から「信濃川」と名を変え新潟県に入り、中津川、清津川及び谷川岳に源を発する魚野川と合流して越後平野を潤しつつ、大河津分水路ならびに関屋分水路を分派して日本海に注ぐ一級河川。流路延長は水系全体で 367km と日本で最も長い川です。水系全体の流域面積は新潟県の面積とほぼ等しい 11,900km² で、利根川、石狩川に次いで第 3 位となっている。



さらに、新潟を流れるこの川については、

水の都新潟のシンボル－信濃川－

信濃川の水源は、長野県、山梨県、埼玉県の県境にある甲武信ヶ岳（標高 2,475m）です。「千曲川」という名で長野県内を流れ、新潟県に入ると「信濃川」と名前を変え、越後平野をうるおし日本海へと注いでいる。水源から河口までは延長 367km。日本一の大河。流域には約 295 万人の人々が暮らしており、河口部には本州日本海側最大の政令市、新潟市がある。信濃川下流とは、大河津分水路分派点から河口までの延長約 60km の区間であり、下流域には約 140 万人の人々が暮らしている。

とある。その信濃川は、長野県を流れる間は千曲川と呼ばれ、川中島で知られるこの川は、甲斐の甲武信ヶ岳を水源として流れ下る川で、その途中、長野県の中央部の流れる犀川と合流している。その千曲川については、次のような記述がなされている。

悠久の大河―千曲川―

千曲川は、長野県、埼玉県、山梨県の3県の境にある甲武信ヶ岳（こぶしががたけ）にその源を発し、佐久、上田の2つの盆地を経て長野市のある善光寺平にて最大の支川犀川と合流する。長野市の東縁を流下すると、治水の難所である立ヶ花狭窄部を抜け飯山盆地を貫流後、新潟県境に至り信濃川と名を変える。途中の支川を合流させると流域面積 7,163km²、流路延長 214km の日本最長河川である信濃川の長野県内部分をいう。



(国土交通省のデータより)

はじめに

信濃川の概要は前述のごとくであるが、この川の総延長が長く、また、流域面積が広いのは、たとえ、降雨量が少なくても中・下流部では集中豪雨の影響を受け易い。しかも、流路延長が長いという事は、下流域での氾濫が豪雨のあった時と時間的ずれの大き

くなることが予想される。信濃川の場合には、図-1 に示したように、流域総延

長が長く、かつ又、流域面積が大きい河川として知られており、降雨量の値に比べると、総雨量が大きくなり、氾濫を起こしやすい。また、信濃川全体では支流が沢山あり、本流は長野県が埼玉県・山梨県との間の県境を源流とする川であるが、これに、北アルプスか

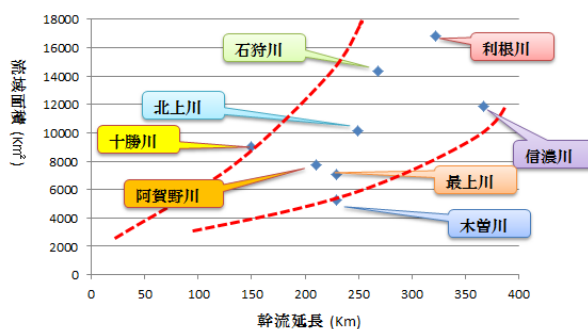


図1 幹流延長と流域面積の大きな一級河川

がどのように起こるのかは不確かな点があるので、基本的には、下流域では、上流の氾濫がないものとして検討している。上流での降雨の状態をいち早く把握し、氾濫のおこる数時間前に認知できるのであれば、その被害も大いに削減できるのではないか。

非常に長い流長のある河川の氾濫の可能性の予測については、これまで流域を二つに分けて検討してきたが、信濃川の場合には、これでは全体を検討するには必ずしも十分とは言えず、そこでプログラムの変更し、犀川、千曲川、そして、信濃川に分けて流量を求め、これらを結合して、全体の氾濫の危険性を検証した。

以下、2019年の10月12日から13日、そして、14日にかけての台風19号に伴う集中豪雨時の信濃川での河川の流量計算をした結果を示す。

この集中豪雨時に発令された洪水警戒警報は、次の通りであった。



台風19号による信濃川の氾濫

台風19号 信濃川 洪水警戒警報 (国土交通省北陸地方整備局)

千曲川洪水予報	発表日時	発表内容
氾濫発生情報 (中野市立ヶ花水位観測所)	10月13日 03時25分	詳細はこちら
氾濫発生情報(小布施町山王島)	10月13日 02時58分	詳細はこちら
氾濫発生情報 (須坂市北相之島及び小布施町飯田)	10月13日 02時03分	詳細はこちら
氾濫発生情報(長野市穂保)	10月13日 01時15分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (中野市立ヶ花水位観測所)	10月12日 23時55分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (中野市立ヶ花水位観測所)	10月12日 23時40分	詳細はこちら
氾濫発生情報(長野市篠ノ井小森)	10月12日 22時40分	詳細はこちら

氾濫発生情報(千曲市雨宮)	10月12日 22時10分	詳細はこちら
氾濫発生情報(長野市篠ノ井横田)	10月12日 20時50分	詳細はこちら
氾濫発生情報(上田市国分)	10月12日 20時35分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (千曲市杭瀬下水位観測所)	10月12日 18時40分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (上田市生田水位観測所)	10月12日 13時40分	詳細はこちら
犀川(下流)洪水予報	発表日時	発表内容
現在ありません。		

などなど。

しかし、このような発表に対し、これを得た住民は、どのような反応を示したのであるか？ 最近では、注意の内容は、「命を守るように、行動してください」などと、なっている。地域の指定はあるものの、その地域のどこの地点の危険度が高いのかも知らされていない。これでは深刻さに欠け、まったく、当たり前のこのような警報に国民がどのような思いでこれを受け止めているのか、疑問でならない。

1. 入力データの作成

1-1 川の流域区分け

われわれのプログラムでは、入力にアメダスのデータを使用する。このデータをより現場に近い形で、よりの確に利用する為に、アメダスの測定点の地理、ならびに、流域の状況（分水嶺の位置、ダムの有無・目的、とその能力、支流の合流の状況）を詳しく知る必要がある。信濃川は流延長が非常に長く、また、流域も極めて広がっている。さらに、アメダスの降雨量の観測にしても、それぞれの支流流域にそって、沢山の場所で観測されており、河川の流量計算もかなり複雑になっている。とりわけ、別途報告した天竜川や北上川の場合のように河川の両側が別々の高い山脈を背景としている時には、右岸地域と左岸地域では、山の地形、並びに、

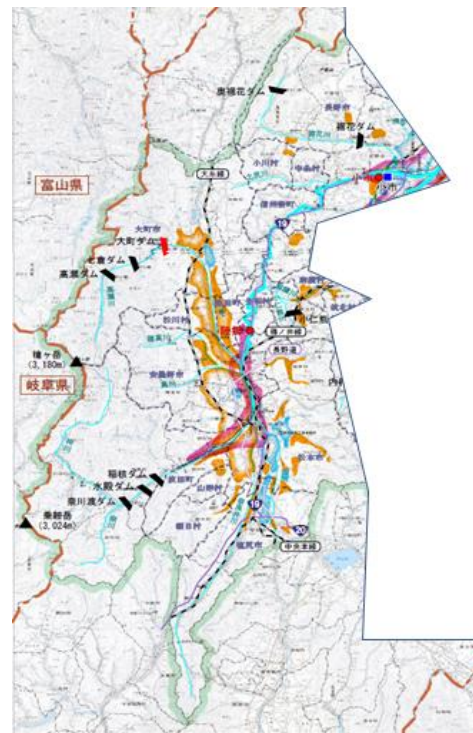


図-3 犀川の流域図

斜面の向きが全く異なるので、雨の降り方が違う。信濃川の場合には河川の総延長が長いこともあり、アメダスの測定箇所が非常に豊富である。従って、そのデータをできるだけたくさん利用することが出来るし、また、なくてはならない。さらには、先にも述べたように、河川は南から北に向かって流れているのと同時に、雨雲は南から北に流れている。したがって、降雨の時間が長時間の場合には、川の流れとともに増水の危険性をうむ。すなわち、豪雨になっても比較的長時間にわたり雨が降る可能性がある。さらには、洪水対策としてのダムが設置されており、このようなことに配慮して、今回、信濃川の流域を三つに分けて、本プログラムを適用し、上流の降雨、川の流れが、下流側の流域に考慮されるように、これらのプログラムを連結し、その運用を改善した。信濃川の流長が非常にながいうえに、重要な支流がいくつかあるのが、この支流の配置と分水嶺、並びに、ダムの位置に従って、この流れを分割し、流量を検討することにした。そのひとつは、犀川に関する流域であり、次がこの犀川と合流して流れる千曲川、そして、最後に日本海に流出する信濃川である。

犀川は、北アルプスの東側斜面に降雨した雨を集めて流れる、梓川、そして、高瀬川が合流している。そのほか、乗鞍岳や甲斐駒ヶ岳の山麓に属する地域の雨を集めて流れる奈良井川がこの流域に含まれている。これらは、松本、並びに陸郷の上流で合流し、犀川となっている。そして、長野の南部で千曲川と合流する。

第二の流域は千曲川と言われる領域である。この川の水源地は、長野県、山梨県、そして、埼玉県に分かれる地点、甲斐甲武信ヶ岳である。八ヶ岳の北斜面と浅間山の南斜面、並びに、菅平を下り、犀川と合流したあと、長野地域に流入してくる。そして、長野県と新潟県の県境まで

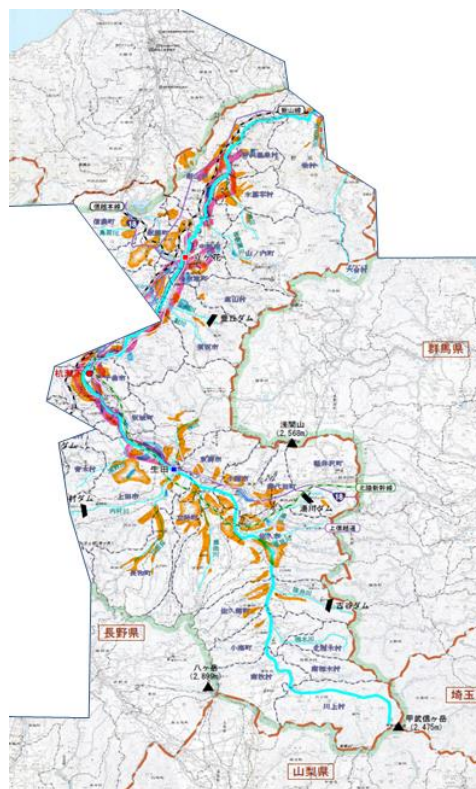


図4 千曲川の流域



図5 信濃川の流域

が、千曲川である。流長さが長く、しかも、犀川と合流し、人口の多い長野市に流れ込んで来るのは、全く、氾濫に対する危険性を孕んだ河川であるといえる。これを如何に管理・監督するかという問題は、昔からの課題である。

第三の流域は、信濃川の下流と言われる、新潟県地区である。この流域では千曲川の流れに、大きな支流の魚野川が合流している。しかも、ここには、洪水対策用の三国川ダムが有り、洪水対策としての役割が期待される。そして、大河津では、日本海に流れ込む放水路が設置されている。流れの一部は、ここから関谷放水路をとおり、新潟市から日本海に流れ込んでいるとこの放水路ではないかと思われる。この放水路にも多くの支流が流れ込んでおり、従って、大河原放水路が重要な役割を果たしている。

こうしたことを考慮して、分水嶺を中心に上流域と下流域を分けて、アメダスの測定点を参考にして流域を区分分割した。その結果が図6, 7, 8である。

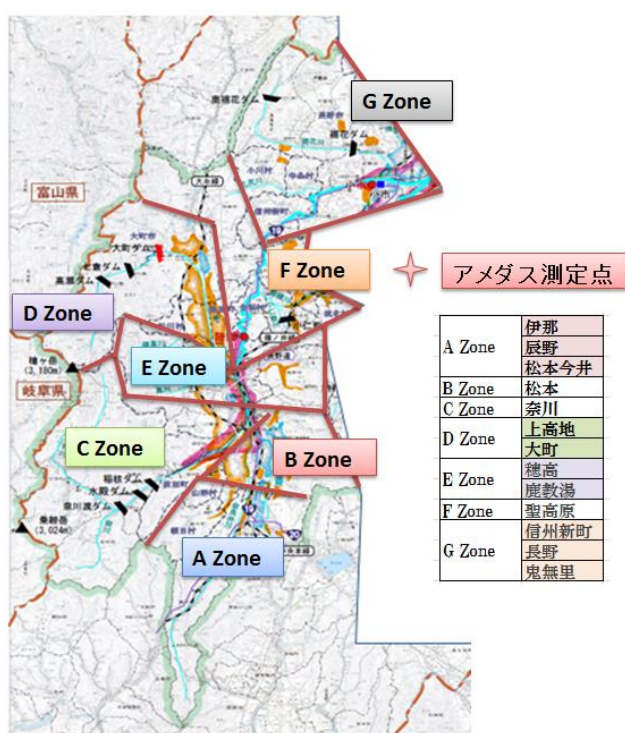


図6 犀川の流域区分図とアメダスの測定点

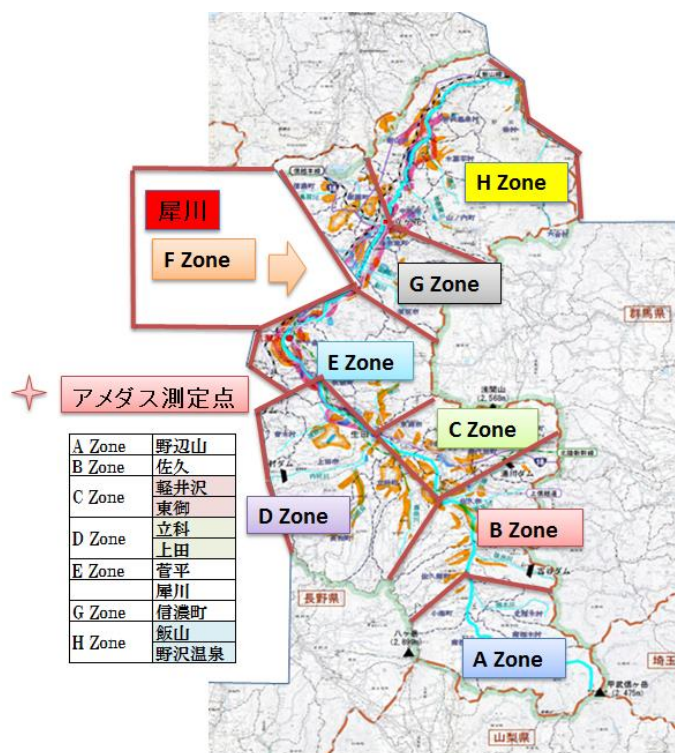


図7 千曲川流域区分図とアメダスの測定点

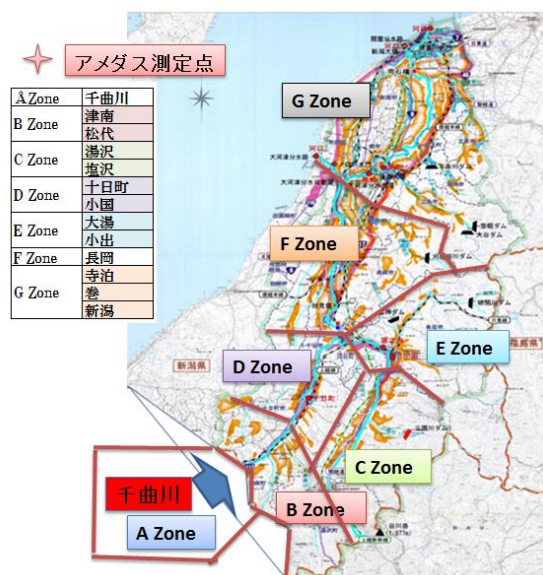


図8 信濃川流域区分図とアメダスの測定点

信濃川については、上記の区分わけした図に基づき、各地域の面積をもとめ、そして、幹流に沿って、各地点の関谷放水路の河口からの幹長さをもとめ、川の流れが河口まで、あるいは、注目点までに至る所要時間を求める。川の延長が長い場合には、流れがどのよ

表-1 各区分ごとの諸元

		面積		関谷河口まで		浸透率
犀川	(%)	(Km ²)		距離 (Km)	時間 (分)	(%)
A	0.028408	203.4837		280	1866.667	0.5
B	0.018816	134.7806		275	1833.333	0.45
C	0.054598	391.0887		285	1900	0.5
D	0.036629	262.372		280	1866.667	0.5
E	0.028914	207.1095		280	1866.667	0.45
F	0.034211	245.0556		255	1700	0.45
G	0.049091	351.6423		230	1533.333	0.45
H						

千曲川							
A	0.047355	339.202		310	2066.667		0.5
B	0.045871	328.5745		280	1866.667		0.5
C	0.030022	215.0488		275	1833.333		0.5
D	0.061057	437.3492		260	1733.333		0.5
E	0.049118	351.8298		240	1600		0.5
F	犀川			210	1400		
G	0.042616	305.2568		215	1433.333		0.45
H	0.079899	572.3173		190	1266.667		0.5

この様に区分分けし、それぞれのゾーンの降雨量を求めるために、その地域の流域面積を求める。具体的には、各地域ごとに面積が明らかにされていれば、これを利用できるが、たいていの場合には、独自に面積を出す必要がある。どの地図を使用するかによるが、ここでは、国交省の整備局が出している、流域図をもとに、これを区分けし、面積比を見求め、そして、流域全体の面積から、各地域の具体的な広さを求める。

信濃川							
A	千曲川						
B	0.055419	396.9651		145	966.6667		0.5
C	0.057897	414.7191		130	866.6667		0.5
D	0.038409	275.1249		130	866.6667		0.5
E	0.053036	379.8987		115	766.6667		0.5
F	0.073057	523.3062		80	533.3333		0.5
G	0.115577	827.8753		40	266.6667		0.45
H							

うな地形を通して流れてくるかにより流れが変わることも予測されるが、ここで必要なのは、流入量と流出量の比較であるので、これについては、流速はあまり重要ではない。ここでは、平均的な流れの速さを、2.5m/秒として計算している。こうして求めた、雨量を求めるための地域的な要素は、。信濃川の場合には、犀川流域、千曲川流域、そして、信濃川流域で表一1 の通りとなった。

ここで、留意すべき点は、千曲川流域の **F Zone** は、犀川からの流入する分であり、これは、別途、その犀川流域での、流水の状況から、この流域でのアメダスのデータをもとに計算する事ができる。地域全体の流量は、この上流域で計算された流量をまとめて利用すれば良い。

同様に、信濃川の流量計算では、**A Zone** が、千曲川から流れ込む流量で、犀川と同様の処置を行う。

また、信濃川は、日本海に二つの分水路を通して流出する。この取り扱いについては、信濃川の検討の所で処理の仕方を詳しく説明する。

アメダスの測定点

図 6,7.8 に、信濃川流域の各区分にあてはめたアメダスの測定地を合わせ示めた。信濃川の流域には、それぞれの大きな支流の流域ごとに、沢山のアメダスの測定点が置かれている。何故、このような配置で測定点が置かれているのかは定かでないが、支流ごとに各測定点が、あるのは、それぞれの支流が独特な地形となっているためではなかろうか。大きな支流ごとに配置されているのは、洪水に対する大変な配慮がなされた結果ではないかと思う。それだけ、過去にこの信濃川が氾濫を起し、膨大な被害を齎していたという事かもしれない。

ダムの状況

犀川には、全体にわたり表一2 に示したような各種のダムが設置されている。国土省から紹介されているダム便覧から、新潟県、並びに、長野県の信濃川流域に設置された洪水対策用のダムとしては、このような状況で有る。

表-2 信濃川流域の洪水対策用ダム

ダム名	河川	所在地	目的	千m3	千m3
奈良井ダム	奈良井川	長野県塩尻市奈良井字表塩水	FNW	8,000	6,400
角間ダム	角間川	長野県下高井郡山ノ内町大字佐野	FNW	2,610	2,360
香坂ダム	香坂川	長野県佐久市大字香坂	F	1,050	870
水上ダム	水上沢川	松本市中川	FNW	276	195
内村ダム	内村川	上田市鹿教湯温泉字アラト沢	FNW	2,000	1,600
澤山池	産川	上田市沢山	FA	1,082	995
豊丘ダム	灰野川	須坂市大字塩野字栃平	FNW	2,580	2,120
大町ダム	高瀬川	大町市平	FNW	33,900	28,900
奥裾花ダム	裾花川	長野市鬼無里	FWP	5,400	3,300
浅川ダム	浅川	長野市真光寺	F	1,100	1,060
裾花ダム	裾花川	長野市大字入山字岩戸南沖4553	FWP	15,000	10,000
金原ダム	金原川	東御市大字和字菖蒲平	FNW	388	277
小仁熊ダム	東条川	東筑摩郡筑北村西条富蔵	FNW	1,930	1,610
北山ダム	宮川	東筑摩郡麻績村北山	FNW	213	186
古谷ダム	抜井川	南佐久郡佐久穂町大日向2161	FN	2,200	1,800
湯川ダム	湯川	北佐久郡御代田町大字豊昇字清水	FN	3,400	2,700
下條川ダム	下條川	新潟県加茂市大字下条字祖坂879	F	1,530	1,100
広神ダム	和田川	魚沼市小平尾	FNP	12,400	10,700
破間川ダム	破間川	魚沼市大白川新田	FNP	15,800	13,300
笠堀ダム	笠堀川	三条市笠堀	FNWP	15,400	13,300
大谷ダム	五十嵐川	三条市大谷	FNW	21,100	17,050
城川ダム	城川	十日町市室野字大開	FNW	297	260
長福寺ダム	木島川	新潟県十日町市中屋敷	FA	193	181
坪山ダム	曾根川	新潟県十日町市坪山	FA	216	196
三国川ダム	三国川	南魚沼市舞台地先	ENWP	27,500	19,800



国の管理



その他の管理

これらのうち、国が管理しているダムは、高瀬川の大町ダムと、三国川の三国川ダムだけである。その他のものは国以外が管理しているということである。大町ダムの有効許容量はそれなりに大きなものであるが、その他のダムについては、容量の小さなものが多く、これがどれだけ有効に働いているかは、疑問である。ここでは、ダムの容量の小さなものは無視し、それなりのものだけを取り扱った。ダムをどのように運転するかについては、各河川の川の流域での降雨の状況をみて、検討した。

2. 信濃川の氾濫の可能性

2.1 犀川の状況

犀川流域のアメダスの観測点は、図6に示した通りであるが、この地点における2019年の台風19が襲来した時の雨量の測定結果は、図9の通りであった。ここでは、各ゾーン全体に繁栄するようにゾーンによっては、二か所、あるいは、三か所の測定データを使用し、

雨量の推定はその平均値をもとに行った。

この様に各ゾーンのアメダスのデータをもとに、この地域での、対照する時間内での雨量を図に示した。

信濃川の上流域では、全体的にどの地点も同じような傾向で豪雨が降っているが強いとあげれば、桧枝岐、館若、そして、田島での降雨が、激しくなっていることに気が付く。これらの地域は大きな支流の水源地であるので、この地域での降雨がどれだけ下流に影響を及ぼすのか、大変気になるところでもある。

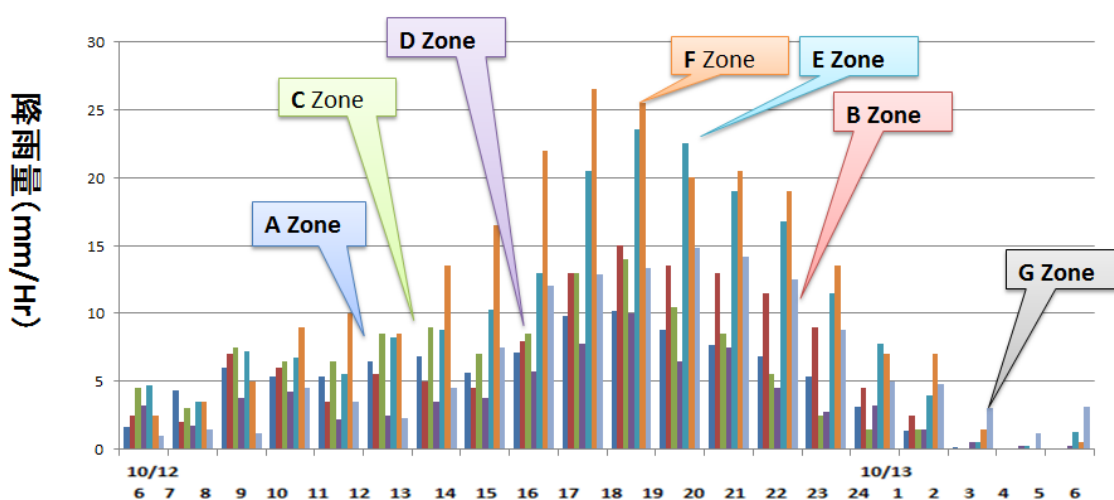


図9 犀川流域のゾーン別雨量

犀川流域でのダムの運用

犀川の流域には、洪水対策用のダムがいくつか設置されている。これらのダムのカバー抱きる流域とその割合、そして、それぞれの有効貯水容量を表-3に示した。今回の豪雨における貯水の状況は図のとおりであった。

表-3 犀川流域の洪水対策用ダム

	ダム名	Zone	カバー	貯水率	ダムまで	所要時間	容量千m3
犀川流域	大町ダム	D	1/2		15	100.0	28,900
	奥裾花ダム	G	1/20		2	13.3	3,300
	裾花ダム	G	2/5	奥裾花の残り	15	100.0	10,000
	小仁熊ダム	F	1/30		1	6.7	1,610
	奈良井ダム	A	2/5		5	33.3	6,400

裾花ダムは、奥裾花ダムの下流にあり、このダムで、貯水できなかった残りの分も貯水することが出来る。

(a) 奈良井ダム

奈良井ダムは、茶臼山を源に松本盆地を北上、梓川と合流して犀川となる奈良井川に設置されたダムである。今回の豪雨で、当初から貯水を 100% した時の状況を図 10 に示した。

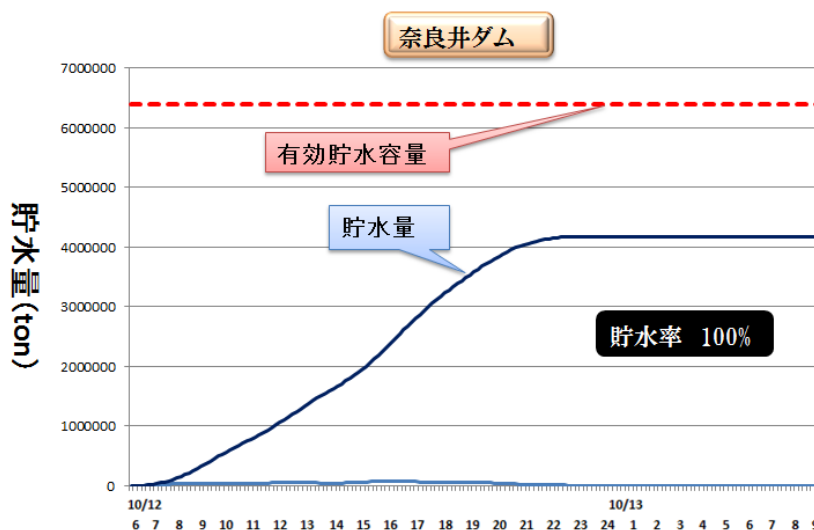
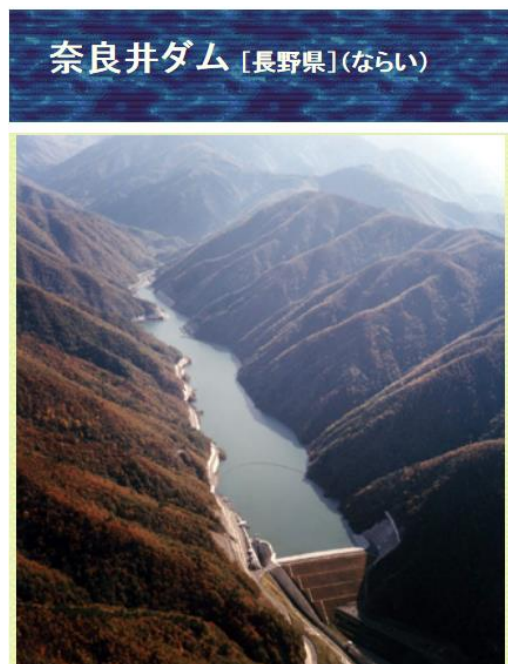


図 10 奈良井ダムの貯水の状況

奈良井ダムの場合には、この豪雨の間、この流域に降雨した雨を全量貯水しても、まだゆとりのあり状態であったことが分る。ただし、ダムの運転の場合には、放出をどのようにするかに寄るので、貯水の状況により放水の程度により制御する必要がある。

(b) 大町ダム

このダムは高瀬川の中ほどに設置されたダムであり、上流には、高瀬ダムや七倉ダムがあるが、これらのダムの貯水容量は極めて小さいので、これらをまとめて大町ダムとした。

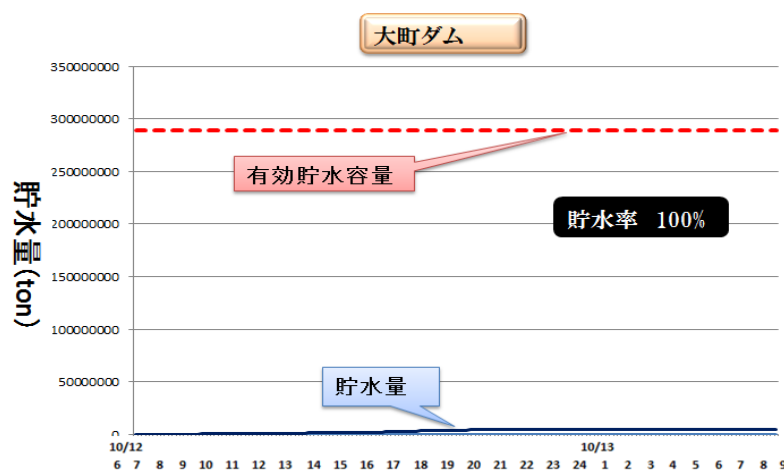


図 11 大町ダムの貯水の状況

大町ダムのカバーする範囲は、このゾーンの 1/2 でかなりの雨量を貯水できることになっているが、その面積が必ずしも大きくはなく、貯水の容量には十分なものがある。

(c) 小仁熊ダム

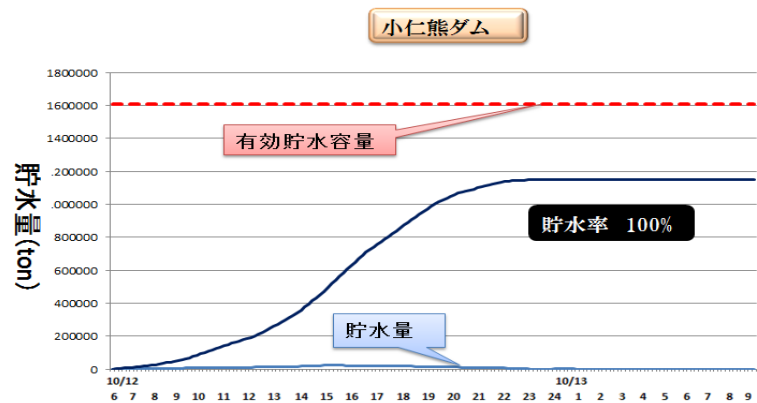


図 12 小仁熊ダムの貯水の状況

小仁熊川は、**長野県**東筑摩郡本城村、坂北村に位置し、その源を大洞山（標高 1315.9 m）に発し、山間部を北西に流下し、坂北村里中地先で別所川に合流する流路延長 3.9km、流域面積 5.2k m²の一級河川であり、ここに設置されたダムが小仁熊ダムである。貯水容量は大きくないが、降雨をカバーする領域もおおきくはなく、まだ余裕があった。

(d) 奥裾花ダム

裾花川（すそばながわ）は、**長野県**長野市を流れる信濃川水系の一級河川で、千曲川に合流するまえに、犀川に注いでいる。その裾花川の上流に設置されたダムが奥裾花ダム。

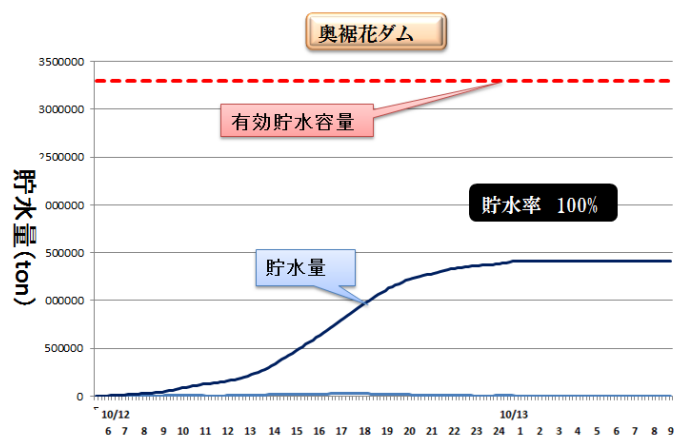


図 13 奥裾花ダムの貯水の状況

ここでの貯水は、かなりの量になっているが、貯水容量については、まだ余裕があった。

(e) 裾花ダム

裾花川の中ほどにあるダムであり、仮に上流の奥裾花ダムの貯水が貯水容量を超えても、このダムで受け入れることができる。今回の豪雨では、奥裾花ダムも良く機能し

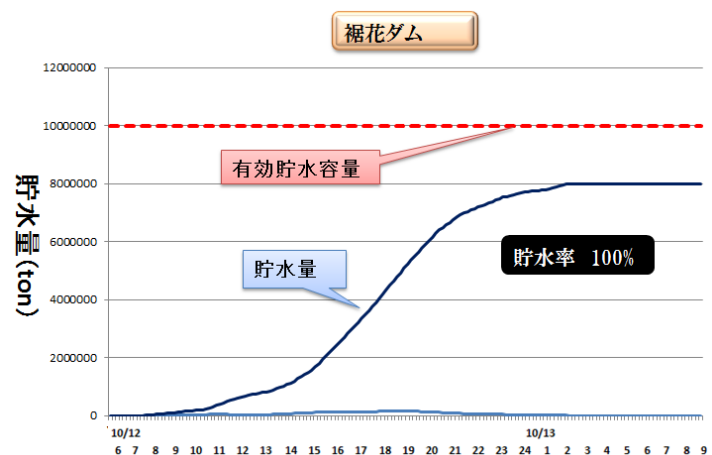
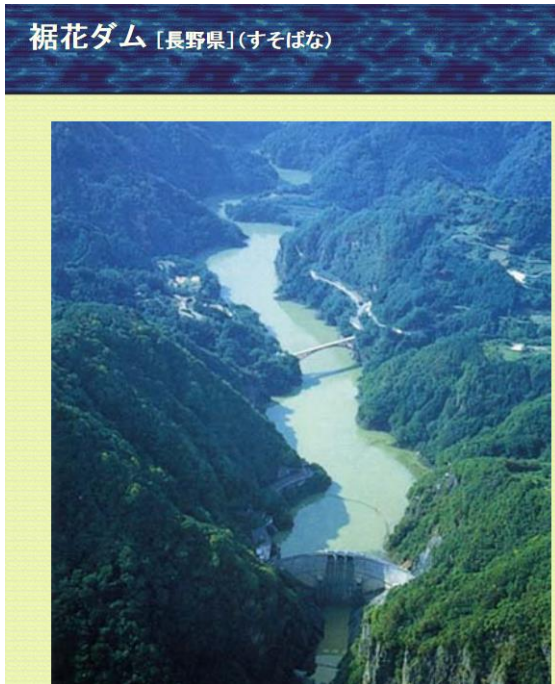


図 14 裾花ダムの貯水の状況

ており、ダムは満杯になっておらず、このダムへの流入は無かった。このダムの貯数量は、満杯の 80% 程度までになっており、どのように貯水管理をする

かが非常に重要である。放水をせずに、豪雨が終了した事は幸いであるが、これには、事前の放流の条件も含まれていると思われるので、ダムの運営には、十分な配慮が必要かと思われる。

以上、今回の豪雨での犀川流域に設置された洪水対策用のダムの状況をみて来たが、どのダムも有効に利用されていれば、とくに問題となることはないと思われた。

2.1.1 梓川と奈良井川との合流点での氾濫の可能性

北アルプス・槍ヶ岳周辺の沢水を集めて上高地を流れ、松本市内で奈良井川と合流して犀川と名を変えるのが梓川。この合流点での流水の状況を検討した。奈良井川にはダムが設置されているので、このダムが機能した時の状況を示した。計算のための河川の構造は Google Map のデータから読み取ったものである。

アルプスの山を背景とした梓川





表4 流量計算のためのデータ

梓川と奈良井川 合流点付近

S	ratio	732.97	Time	Rain(YY/H)	浸透率
A	0.279	204.49	66.667		0.5
B	0.1848	135.46	33.333		0.45
C	0.5362	393.03	100		0.5
D					0.5
E					0.45
F					0.45
G					0.45
H	0	0			0.3

表5 河川の構造データ

Google を使用

	river	basin
River width	90	170
height	1	4
Flow rate	2.5	2.5
Volume	135000	1E+06

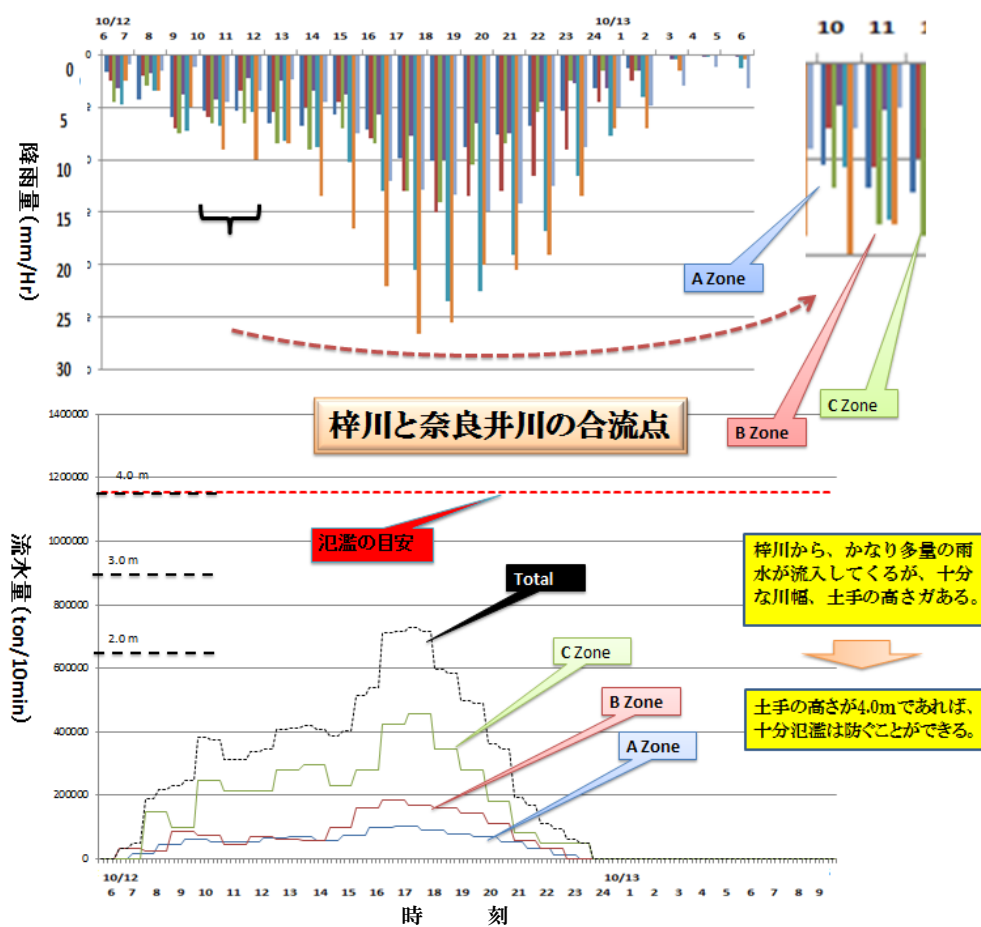


図18 梓川と奈良井川の合流点(犀川)の流量

この地点では、川幅と土手の高さが有効に働いており、今回の豪雨では氾濫を起す危険性はなかったと思われるが実際はどうであったか、よく実情との照合をしてもらいたい。

3.1.2 南陸郷・・・高瀬川と犀川との合流点あたり

高瀬川（たかせがわ）は、飛騨山脈に端を発し、犀川（長野県）犀川に注ぐ信濃川水系の一級河川。飛騨山脈の槍ヶ岳、樺沢岳 樺沢（もみさわ）岳周辺を源流としており、はじめ北流し、東へ向きを変え、箆川、鹿島川を合流したのち、大町市街地の西を通過して北アルプスと大峰高原に挟まれた南北に細長い安曇野の盆地を南流し、安曇野市明科（旧明科町）付近で犀川に注いでいる。この高瀬川が犀川と合流した地点で、犀川の水の流量がどのようになっているかを検証した。この地点におけるアメダスのデータから流量を計算するためのデータ、ならびに、河川の構造は、表 6,7 の通りである。



図 19 高瀬川の流れ

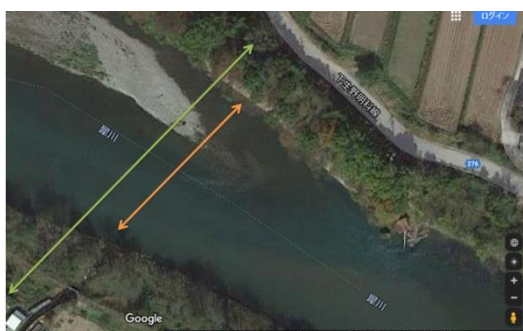


表 6 流量計算のためのデータ

高瀬川と犀川の合流点					
S	ratio	Area(Km ²)	Time	Rain(YY/Hr)	浸透率
A	0.2052	204.49	106.67		0.5
B	0.1359	135.45	73.333		0.45
C	0.3944	393.03	140		0.5
D	0.2646	263.67	106.67		0.5
E					0.45
F					0.45
G					0.45
H					0.3

表 7 河川の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	70	140
height	0.5	2.5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	52500	525000

これらのデータから高瀬川と犀川の合流点での流量を示したものが図 20 である。

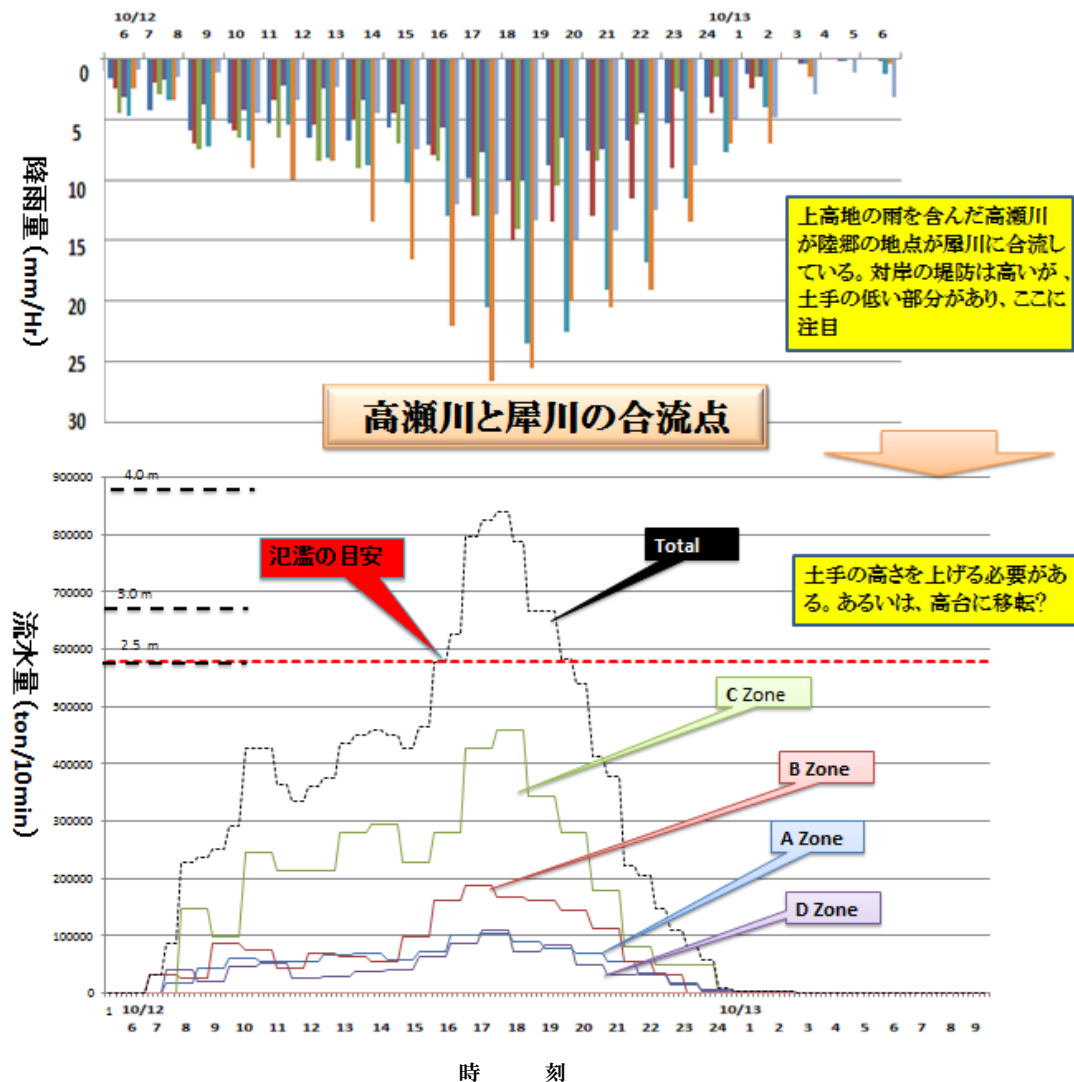


図 20 高瀬川と犀川との合流点での流量構成

この図から明らかなように、この地点では、氾濫の可能性がある。川幅は適度に広いものの、堤防の高さが低くなっているのが問題だ。今回の豪雨では、乗鞍岳山麓の雨が多かったのが効いているようであった。実際の氾濫が起きていれば、実情との整合性を議論して頂きたい。

2.2 千曲川の状況

犀川の流量が高瀬川との合流でかなり多くなっていることが分った。犀川は、長野市内で千曲川と合流する。合流する以前に犀川では、氾濫の可能性を持っており、ここで氾濫が起きていれば、その下流では、水量はへると思われるが、ここでは、犀川での氾濫は無いものとして、合流点での氾濫の可能性を議論した。

犀川が千曲川と合流するとどうなるかを検討するために、千曲川自身の流れの状況を見た。

千曲川流域でのアメダスの状況

千曲川流域でのアメダスの観測点での雨量は、図 21 の通りであった。千曲川流域では、佐久の地域、並びに、軽井沢、菅平での降雨が多くなっている。

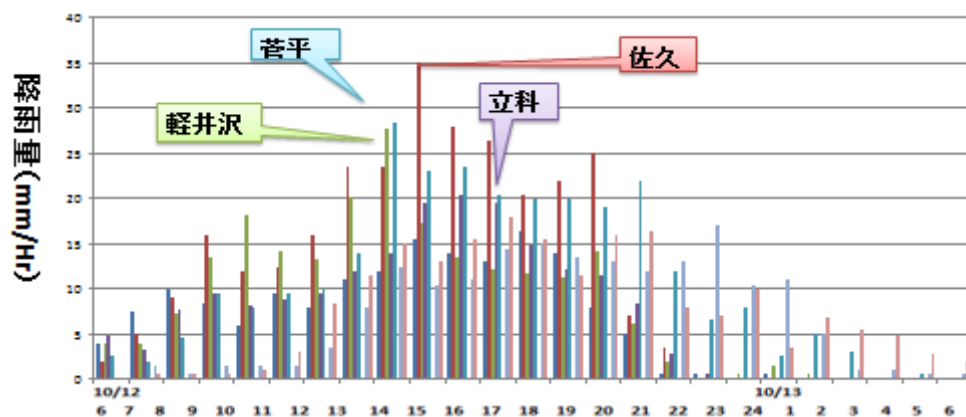


図 21 千曲川流域のアメダスのデータ

千曲川流域でのダム状況

千曲川の流域にも、幾つかの洪水対策用のダムが設置されている。これらのダムの運用について、貯水量の面から検証した。いずれのダムもその貯水能力はそれほど大きくなく、降雨を受け入れる流域もおおきくないので、これらがどのように機能したのかが興味を持たれるところである。この領域に設置されたダム、ならびに、その受け入れ条件は、表 8 の通りである。

表 8 千曲川流域の洪水対策用ダムの諸元

	ダム名	Zone	カバー	貯水率	ダムまで	所要時間	容量千m3
千曲川流域	内村ダム	D'	1/30		1	6.7	1,600
	豊丘ダム	G'	1/30		1	6.7	2,120
	古谷ダム	B'	1/30		2	13.3	1,800
	湯川ダム	B'	1/20		1	6.7	2,700

古屋ダムと湯川ダムは、B'ゾーンに設置されているが、設置されている支流は別々であり、独自の受け入れ流域を有している。これらのダムのうち、唯一豊丘ダムは、千曲川が犀川と合流した後に流入してくる灰野川に設置されたものである。

(a) 古屋ダム

抜井川は長野県の東部に位置し、千曲川の源流に近い右支川で、その源を群馬県境の十石峠（標高 1356m）に発し、西に流下して佐久町の中心部羽黒地先で千曲川に合流する流路延長 17.0km、流域面積 73.2km² の一級河川で、湾曲、蛇行し、平均河床勾配 1／50 の急流河川であり、抜井川沿岸では、昭和 24 年、34 年、49 年と記録的な大洪水に見舞われたとダム便覧に紹介されている。古屋ダムはここに設置された洪水対策用のダムである。

今回の豪雨の間の貯水量の状況は、図 22 のごとくであった。

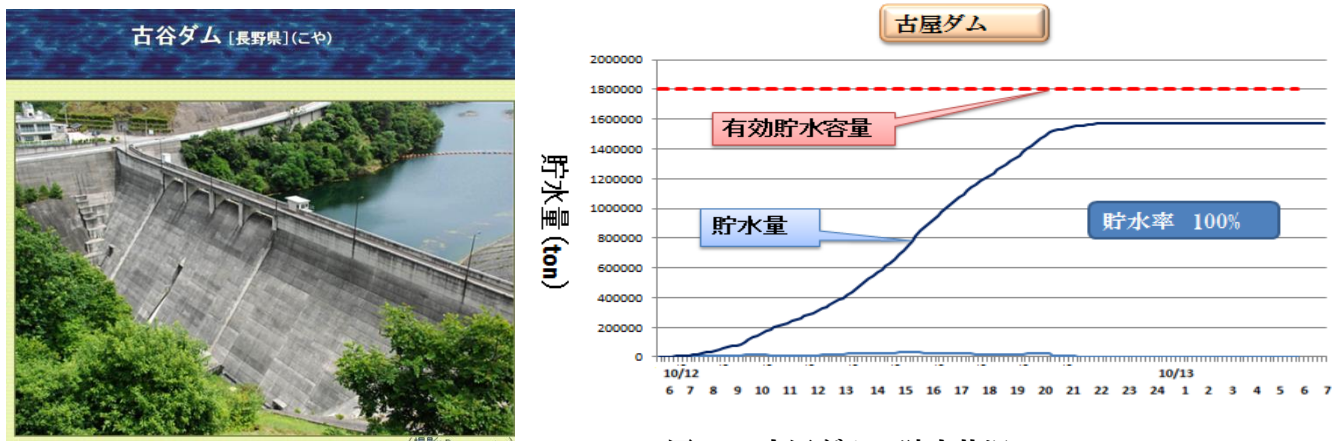


図 22 古屋ダムの貯水状況

かなり、有効貯水容量に近くまで貯水されたが、当初から 100%貯水しても、満杯までは達していなかった。

(b) 湯川ダム

湯川（ゆかわ）は、長野県北佐久郡軽井沢町・御代田町、佐久市を流れる川で、ここに設置された湯河ダムは、堤高 50m、堤頂長 53m の縦長ダムで、縦長としては帝釈川ダムに次いで日本で 2 番目。赤いダムとしても有名。このダムの貯水の状況は図 23 に示した通り。

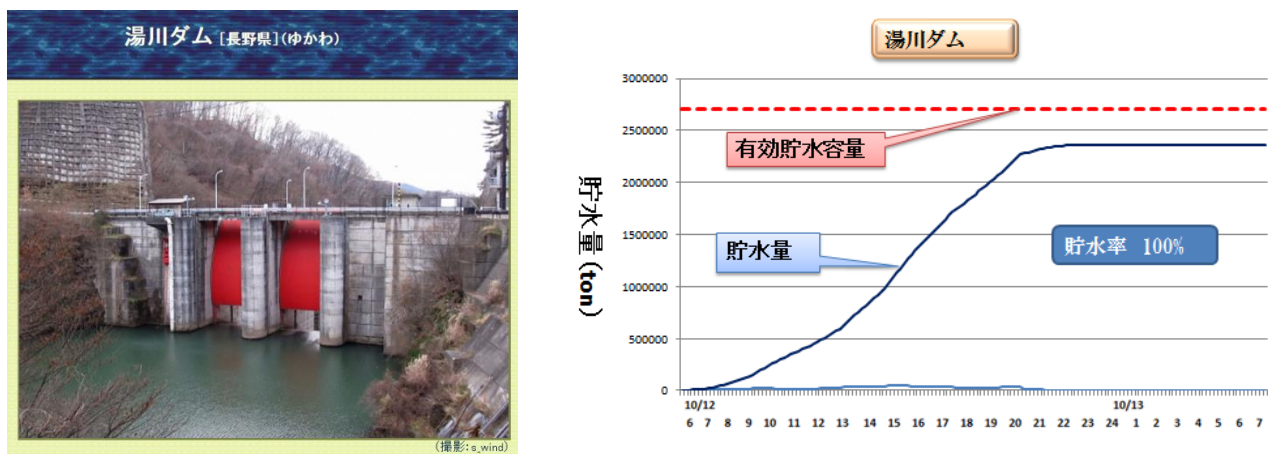


図 23 湯川ダムの貯水状況

(c) 内村ダム

内村川（うちむらがわ）は、長野県上田市を流れる信濃川水系の一級河川。長野県上田市の南西部に位置する保福寺峠・三才山峠・武石峠あたりに源を発し東に流れ、鹿鳴湖（内村ダム湖）を経て上田市御嶽堂で依田川へ合流する。

このダムサイトに、菅子の言葉の記念碑がある。「天地一陰一易」(てんちいつけんいちいなり)で、「自然は決して動かずにいるものでなく、ある場合には険しい勢いをなすものであり危険である。時には平易な姿を示し、多くの易をもたらすものである。」という意味。河川は異常時と平常時の現象を繰り返し起こす、油断するなと諭しているらしい。（ダム便覧より）

このダムの貯水の状況は、図 24 の通りであった。

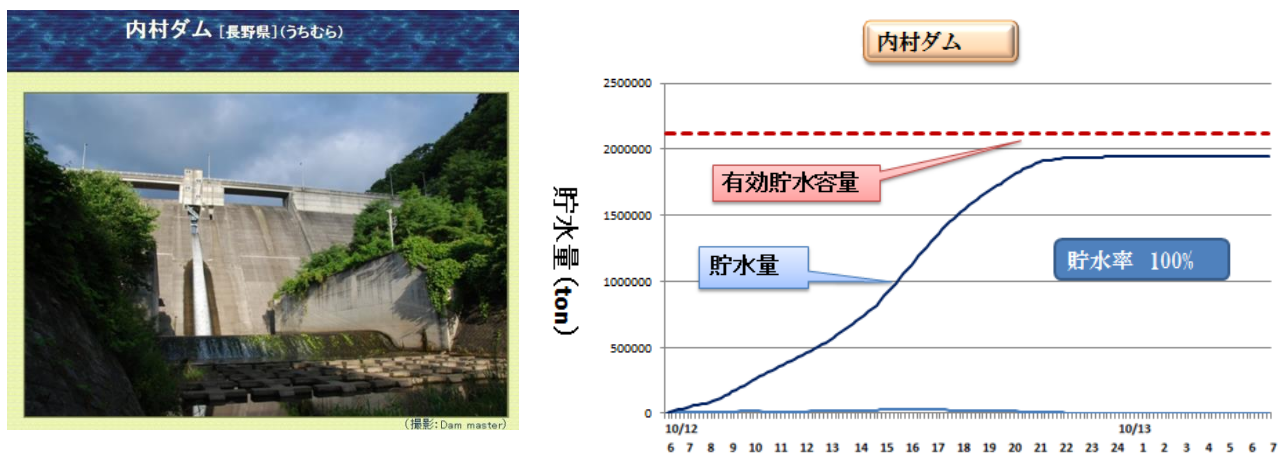


図 24 内村ダムの貯水状況

有効貯水容量の間近まで貯水しているが、満杯まであと僅かに残っていた。

(d) 豊丘ダム

豊丘ダムは、須坂市、信濃川水系百々川（どどがわ）の支流、灰野川に建設された、高さ 81 メートルのダムで、洪水調節、周辺地域への上水道用水供給を目的としたダムである。

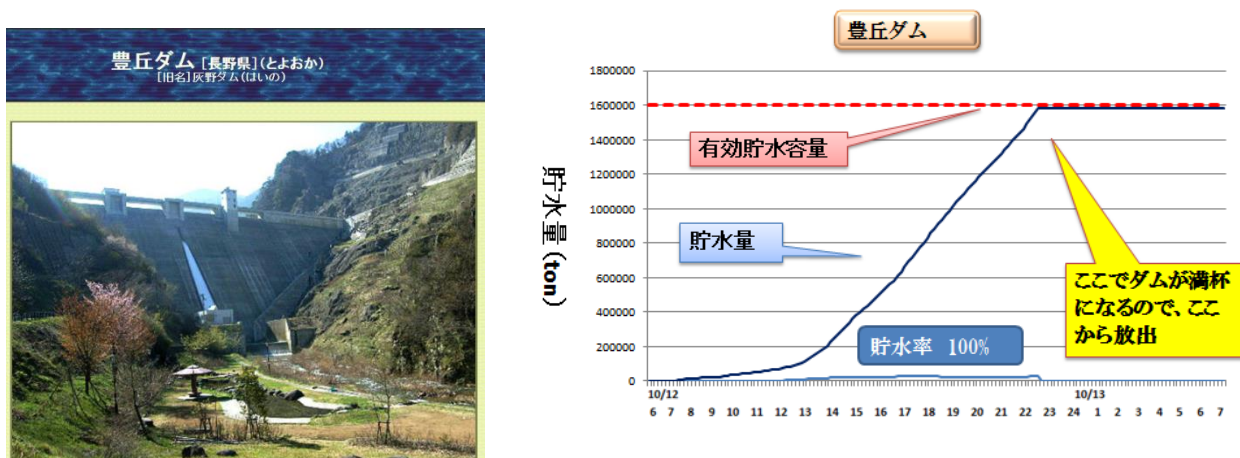


図 25 豊丘ダムの貯水状況

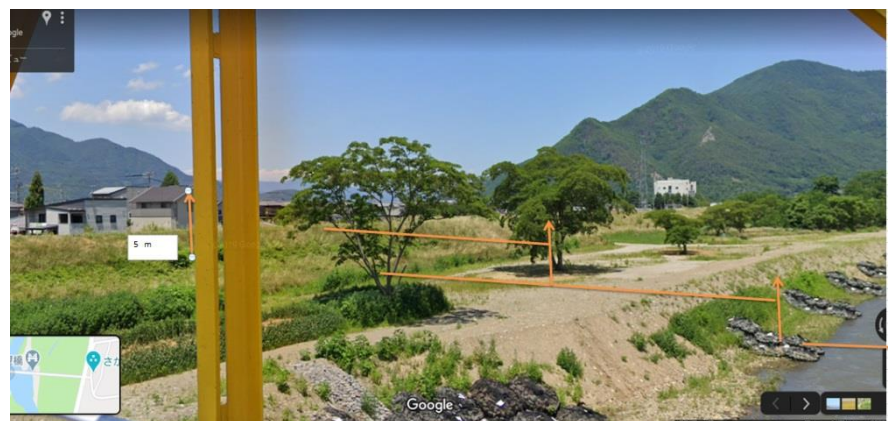
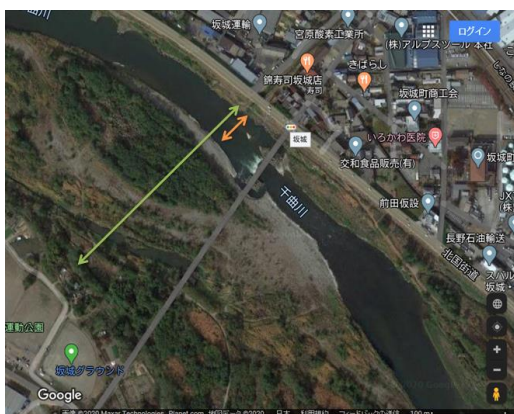
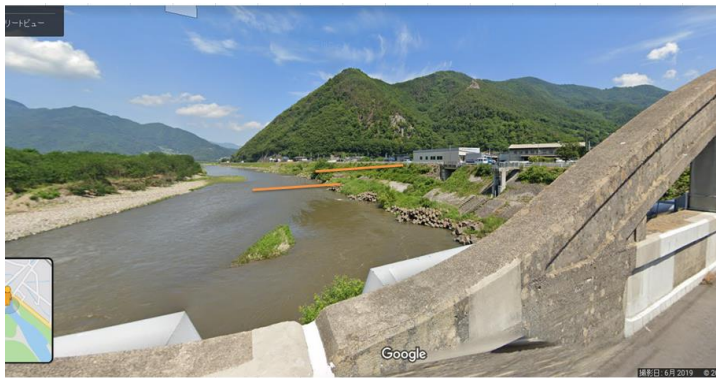
今回の豪雨では、豊丘ダムは、貯水率を 100%で実施して行くと、22 時頃に満杯になっている。ダムをどのように運転するかは、詳細については不明だが、ここでは便宜上、ダムが満杯になったら、その後は放水するものとして処理をした。従ってここからこの地域の雨は信濃川に流入する。

以上のようなダムの運転管理をしているものとして、千曲川の流量計算をした。

2.2.1 坂城町辺りでの千曲川の氾濫の可能性

千曲川の源流地域(甲斐・甲武信ヶ岳)でのかなりの雨があったが、これが千曲川にどのような増水を成したか、八ヶ岳北面の斜面にもたらした豪雨の雨量を合わせて流れている坂城町あたりでの状況をみた。

このあたりの河川の状況は以下のとおりである。 (Google Map より)



これらの現場の状況から河川の構造を推定した。流量計算のために用いたデータは、表 9,10 の通りであった。

これらのデータをもとに計算した坂城町辺りでの千曲川の流れの状況は、図 26 の通りであった。

表9 流量計算のためのデータ

千曲川 坂城町附近					
S	ratio	Area(Km ²)	Time	Rein(YY/Hr)	浸透率
A	0.257	340.9	488.7		0.5
B	0.249	330.2	268.7		0.5
C	0.183	218.1	233.3		0.4
D	0.331	439.5	133.3		0.3
E					0.4
F					0.35
G					0
H					0.3

表10 河川の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	50	300
height	3	3
Flow rate	2.5	2.5
Volume	225000	1E+06

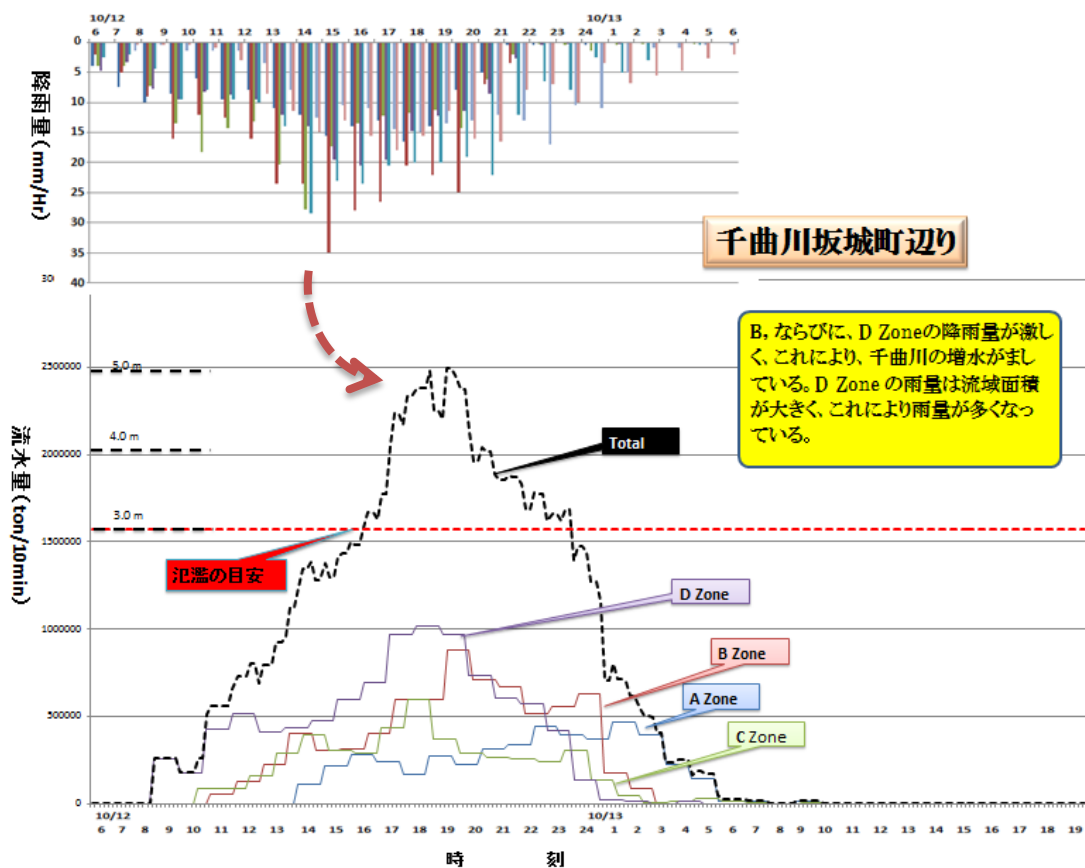


図26 千曲川の流れの状況 坂城町辺り

この図から、増水は、主として、B, D Zone の雨量によっている事が分る。D Zone の降雨量は時間別の数値は決して高くはないが、流域面積が広がっており、結果的には多量の雨量となっている。ここは坂城町に近いゾーンであるので、氾濫の起こる時間までの猶予が無いことに注意すべきである。この地域での増水の状況は、長野に近い地域での現象であるので、河川の増水管理には十分な注意が必要かと思われる。

2.2.2 千曲川と犀川の合流する地点

千曲川は、長野市の上流で、北アルプスでの降雨が集まった犀川と合流する。犀川の

状況については、先に述べたとおりであるが、これが千曲川と合流した場合にどうなるかを検証した。流量を計算した地点は、立ヶ花の上流、およそ 10 km^2 の地点とした。

犀川の流量は、既に計算されているので、犀川自身を一つのゾーンとしてとりあつかう。アメダスのデータは、千曲川の流域の観測点のデータを採用した。この地域のアメダスの測定点は、既に図-7 で説明した通りで、ここでの今回の豪雨での状況を図 21 にしめた。

これからもわかるように、千曲川の上流地区でかなりの雨となっている。合流点での流量計算に用いられたデータ、並びに、河川の構造は、表 11,12 の通りである。



表 11 流量計算のためのデータ

千曲川 犀川との合流点						
S	ratio	Area(Km ²)		Rain(Y/Y/Hr)	浸透率	
		1680.3	Time			
A	0.2029	340.88	666.67			0.5
B	0.1965	330.2	466.67			0.5
C	0.1286	216.11	433.33			0.4
D	0.2616	439.52	333.33			0.3
E	0.2104	353.57	200			0.4
F			20			0.35
G						0
H						0.3

表 12 河川の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	100	270
height	0.5	7.5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	75000	3E+06

その結果、この地点での千曲川の流量は、図 27 のごとくなった

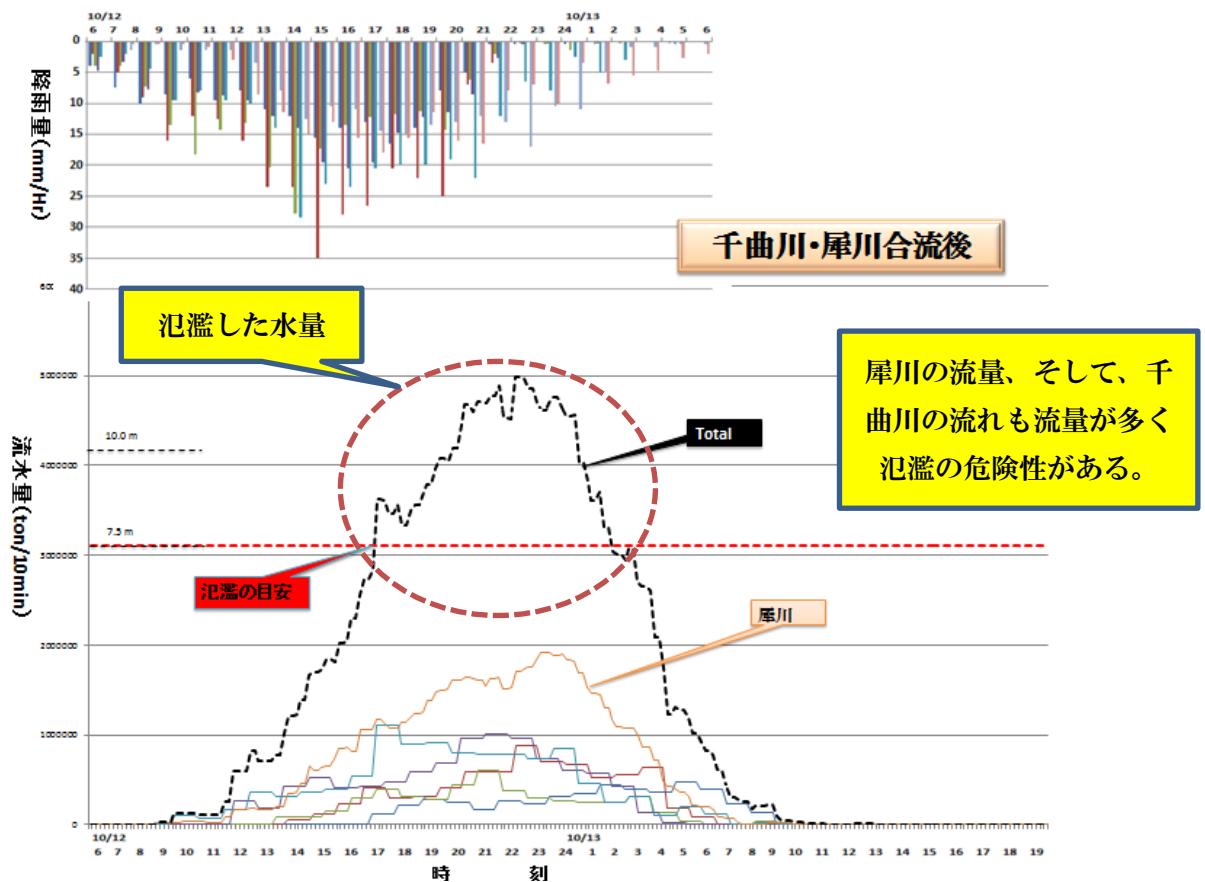


図 27 犀川と合流した千曲川の流量

この図からも分かるように、犀川の流れがかなり多いが、千曲川自身の流れも流量が多くなっている。両方の川の増水が同時に起きている形になっており、犀川流域の降雨とともに、千曲川自身の流域の降雨についても十分な注意が必要であることが伺える。

図 27 では、犀川と合流した千曲川が洪水を起こすことが分った。そこで、もし、この増水したものが、実際に氾濫を起したらどうなるのか、これを検証した。

氾濫は、土手が決壊すれば、堤防の高さまで氾濫を防ぐことはできないが、ここでは、既存の土手は決壊しないこととし、土手を超えて、川が平野に流れ込むと仮定した。したがって、図 27 の土手の高さを基準としている氾濫の目安を超えたものが、溢れることとなる。この数量の時間的変化を見たものが図 28、図 29 である。

千曲川の氾濫がこのように発生すると、川の流れが、図 29 のようになるが、これは、氾濫により図 27 が図 30 のように変化することを表している。さらに、土手をあふれ出た水は、図 31 のようになる。

ちなみにこの溢れた水の量を計算すると、

61,000 千 t の水量となり、これは、1 m の洪水が、61K m²の広さで発生することと



図 28 土手を溢れた水の状況

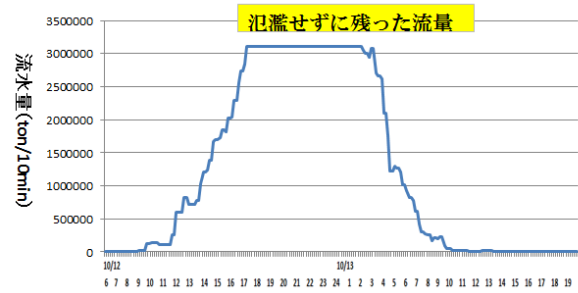


図 29 千曲川の流れの変化

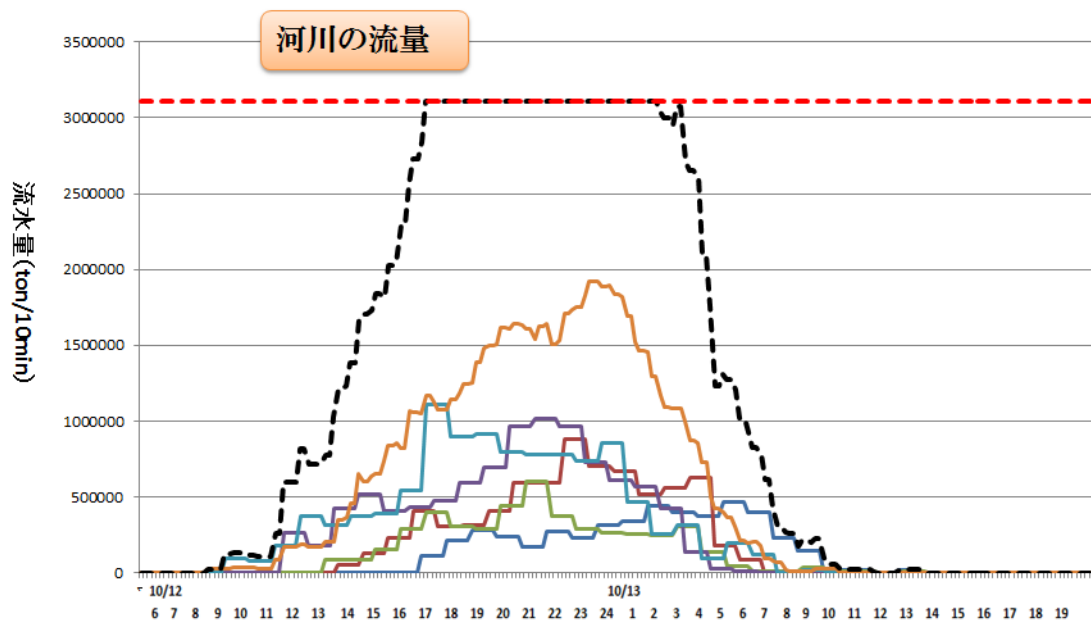


図 30 千曲川の流れの変化

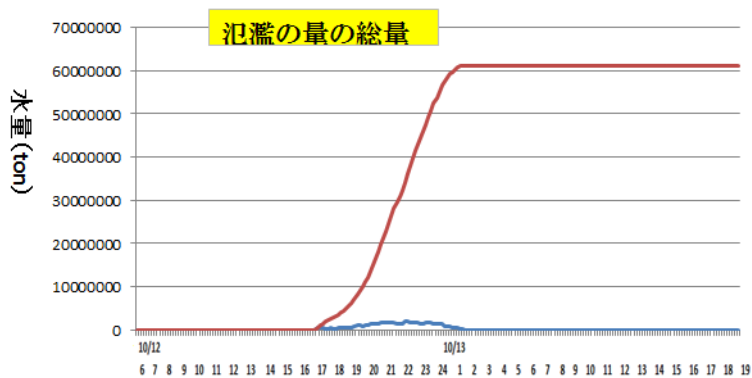


図 31 千曲川の土手を溢れた水の量

状況をみた。

なった。

現実には、どの程度の範囲で氾濫が起きたのか、その面積と、高さを確認する必要がある。

以上のように、犀川と

千曲川の合流により氾濫が発生するので、この地点から下の千曲川の領域での計算では、氾濫した水量を減じて、千曲川の流れの

2.2.2 長野県から新潟県への流れ

犀川と合流し、長野地区には氾濫を起すほどの流量であることが確認されたが、その千曲川は、長野地区、並びに、野沢地区の降雨したものを含めて、流れが長野県から新潟県に入ると信濃川と名前が変わる。犀川と合流により氾濫を起すものと考えられるが、その氾濫によりどの程度、千曲川の流れが減少しているかは、是非、確認してみたい。

そこで、ここでは、氾濫が起こったこととした場合の、信濃川の流量がどのようになるかを検証した。

観察点を両県の県境をこえた津南市で考察した。ここでの河川の状況を Google Map からの写真から判断し、河川の構造のデータを求めた。



長野・新潟県の県境周辺状況 (Google Map)

これらの写真からこのあたりの河川の構造を決めた。推量計算のためのデータは表 13,14 の通りである。この様にしてこの地点では上流地域で氾濫した水量を、全体の流量から

削減して求め、この近辺での流量を図 32 に示した。ここでの氾濫はこの地域での氾濫を意味している。

表 13 流量計算のためのデータ

千曲川 県境附近						
S	ratio	Area(Km ²)	Time	Rain(YY/Hr)	浸透率	
A	0.1349	340.88	1033.4		0.5	
B	0.1307	330.2	833.37		0.5	
C	0.0855	216.11	800.03		0.4	
D	0.1739	439.52	700.03		0.3	
E	0.1399	353.57	566.7		0.4	
F		0	366		0.35	
G	0.1074	271.27	400.03		0	
H	0.2276	575.15	233.37		0.3	

表 14 河川の構造データ

Google を使用		
	river	basin
River width	90	120
height	0.5	14
Flow rate	2.5	2.5
Volume	67500	3E+06

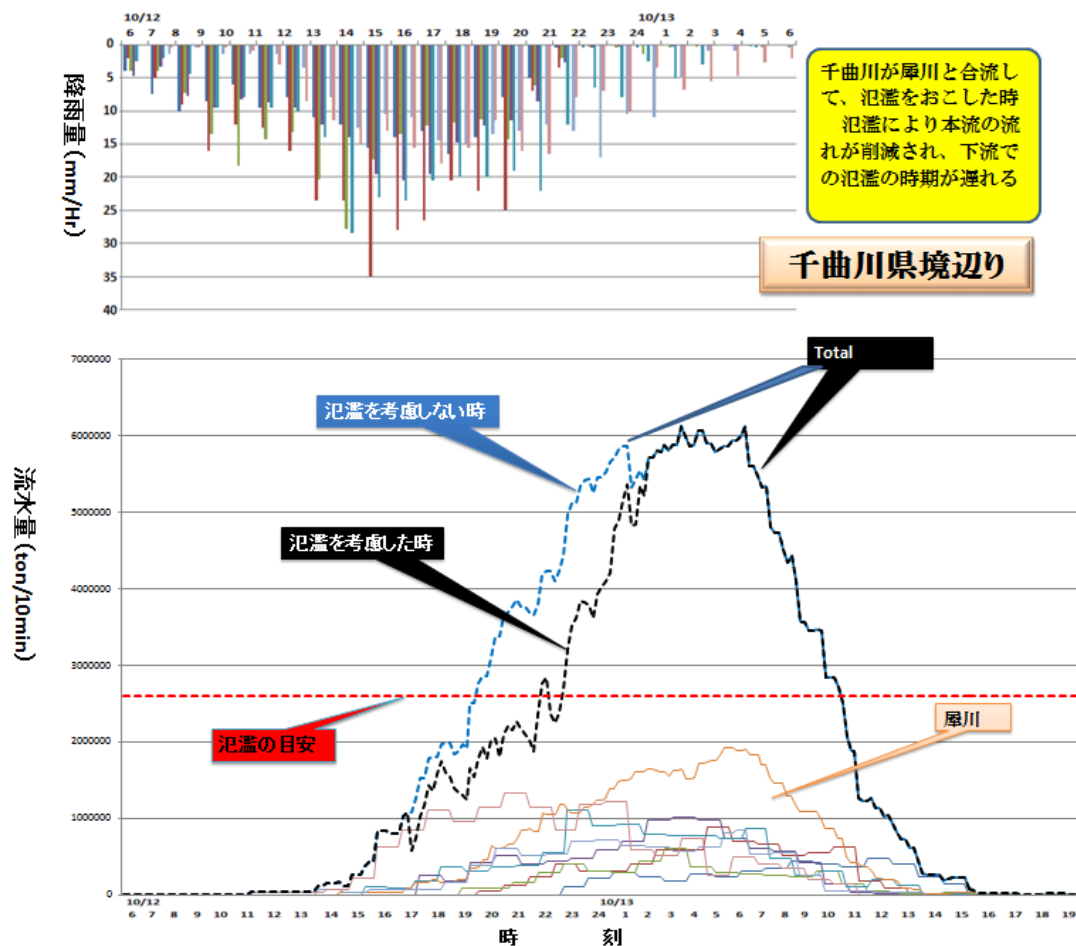


図 32 千曲川の県境での流量 上流での氾濫の有無を考慮

この図から、千曲川が犀川と合流し、この地点で氾濫が起こった場合、県境辺りでは、

水量が氾濫した分だけ減少する。その結果、この地域での氾濫の起こる時間が後にずれる事が分る。今回の場合には、上流で氾濫が無ければ、19 時前後に土手を超えることが予測されるが、これが、23 時ころまでずれる事が示されている。実際には、この考え方のほうが現実には即しているように思われる。当時の記録を見ると 以下のような状況であっ

千曲川洪水予報	発表日時	発表内容
氾濫発生情報(長野市穂保)	10月13日 01時15分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (中野市立ヶ花水位観測所)	10月12日 23時55分	詳細はこちら
氾濫危険情報 (中野市立ヶ花水位観測所)	10月12日 23時40分	詳細はこちら

たので、この考え方で良いのだろう。

2.4 信濃川の状況

千曲川の氾濫は、長野市を中心にして、甚大な被害を及ぼした。氾濫の程度が少ないときには、これを考慮せず下流での流量を推定してきたが、今回は、洪水の程度が余りにもひどかったので、この氾濫による河川本体の流量の減少も考慮し、下流での氾濫の可能性を議論していた。信濃川についても、これだけで大きな流れになっているので、より厳密性を考えて、千曲川の氾濫の状況も取り入れて検討した。

信濃川流域でのアメダスの状況

信濃川流域でのアメダスの観測点での雨量は、図 33 の通りであった。信濃川流域では、津南・松代の地域、並びに、湯沢・塩沢での降雨が多くなっている。

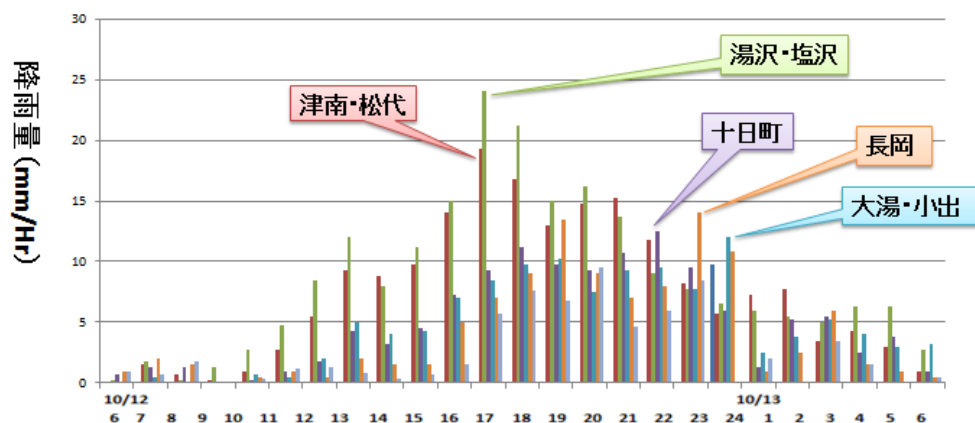


図 33 信濃川流域のアメダスのデータ

信濃川流域でのダム状況

信濃川の流域にも、幾つかの洪水対策用のダムが設置されている。これらのダムの運用について、貯水量の面から検証した。いずれのダムの貯水能力はそれほど大きくなく、降雨を受け入れる流域もおおきくない。これらがどのように機能したのかが興味を持たれるところである。この領域に設置されたダム、ならびに、その受け入れ条件は、表 15 の通りである。

表 15 信濃川流域の洪水対策用ダムの諸元

	ダム名	Zone	カバー	貯水率	ダムまで	所要時間	容量千m3
信濃川流域	下條川ダム	G''	1/30		1	6.7	1,100
	広神ダム	E''	1/20		2	13.3	10,700
	破間川ダム	E''	1/20		2	13.3	13,300
	笠堀ダム	G''	1/30		1	6.7	13,300
	大谷ダム	G''	1/30		1	6.7	17,050
	三国川ダム	C''	1/20		2	13.3	19,800

(Km) (Min.)

	既設ダム(国)
	既設ダム(国以外)

三国川ダムは、信濃川に合流する魚野川の支流である三国川に設置されたものである。広神ダムと破間川ダムは、E''ゾーンに設置されているが、設置されている支流は別々であり、独自の受け入れ流域を有している。下條川ダム、笠堀ダム、そして、大谷ダムのこれらのダムは、関谷排水路に流れ込む支流に設置されている。信濃川の下流域に設置されたダムであり、どのような機能を果たしているのか、きわめて興味深いところでもある。

(a) 三国川ダム

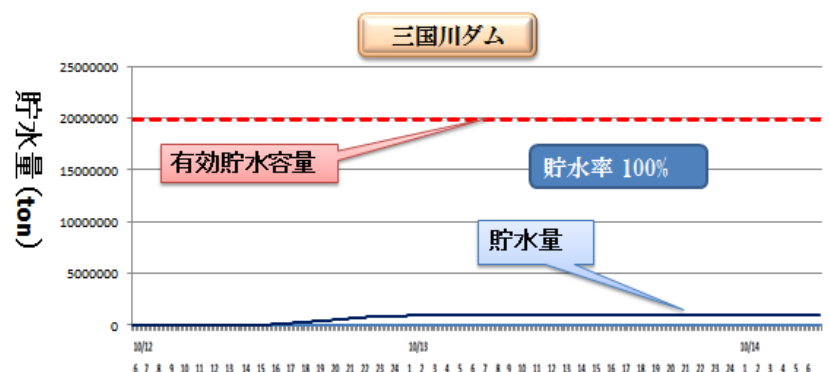


図 34 三国川ダムの貯水量

三国川とは、新潟県南東部にある八海山 (1778m)・越後駒ヶ岳 (2003m、魚沼駒ヶ岳とも呼ぶ)・中ノ岳 (2085m) の越後三山あたりを水源とする川で、魚沼川に合流したあと、信濃川に流入する。この川に洪水対策として設置されたのが、三国川ダムである。洪水対策用である野で許容貯水容量が極めて大きく、今回の豪雨でも、これを 100%貯水しても、まだ、かなりの余裕があった。

(b) 広神ダム

広神ダム(ひろかみダム)は、県営最新ダムで、信濃川水系破間川の支川・和田川に設置されている。

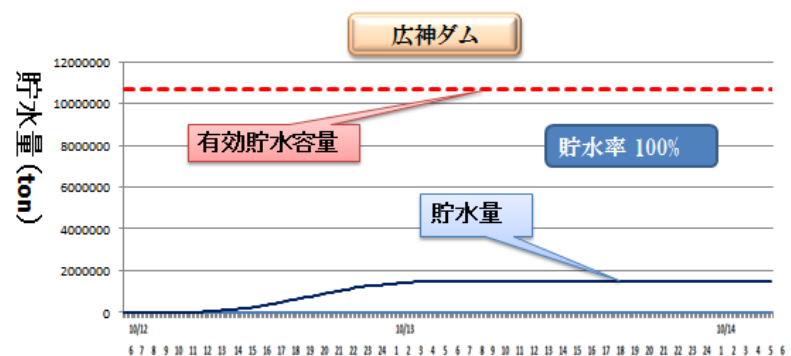


図 35 広神ダムの貯水量

(c) 破間川(あぶるまがわ)ダム

県営一標高が高い位置にあるダムで、魚沼市大白川新田にあり、信濃川水系破間(あだるま)川にある多目的ダム。洪水調節・水道用水や工業用水の確保・発電を目的に建設された。

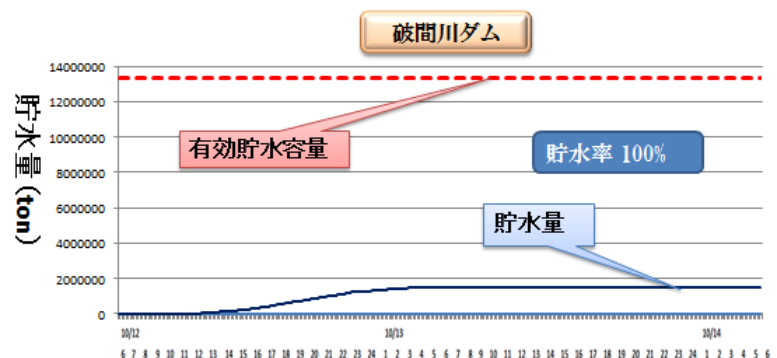


図 36 破間川ダムの貯水量

(d) 下条川ダム

下条川ダムは、下条川の新潟県加茂市大字下条に治水ダムとして建設されたダムで、洪水調節を行い、下条川流域の洪水防御を目的としています。

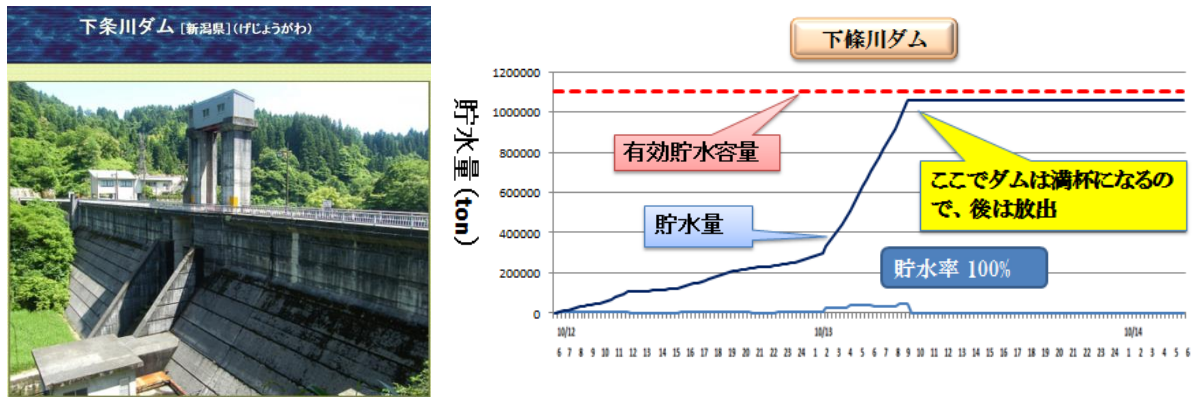


図 37 下条川ダムの貯水量

図 37 から分かるように、このダムは、24 時間後に、ほぼ満杯になる。これ以上は貯水できないということで、この時点から貯水はせず、放水するものとして取り扱った。実際には、最初から一定量の排水を刷るというのが現実的であるように思われるが、どのように運転するかは、現場の意見を是非伺いたい。

(e) 笠堀ダム

笠堀ダム(かさぼりダム)は新潟県三条市、一級河川・信濃川水系笠堀川に建設されたダムである。新潟県が管理する県営ダムで、笠堀川および合流先である五十嵐川の治水と、三条市への利水及び水力発電を目的とした補助多目的ダムである。

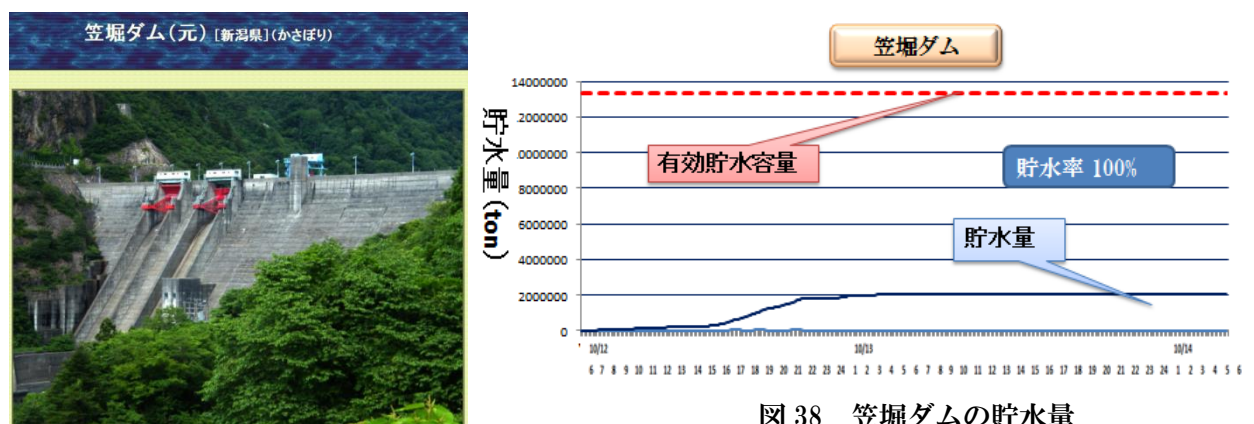


図 38 笠堀ダムの貯水量

(f) 大谷ダム

五十嵐川は、大河津分水路分流点より下流における信濃川水系の主要な支流。大谷ダムは、その五十嵐川の上流に設置されたダムで、隣接する笠堀ダムの容量を補うために、洪水調節・不特定利水・上水道を目的に建設された。

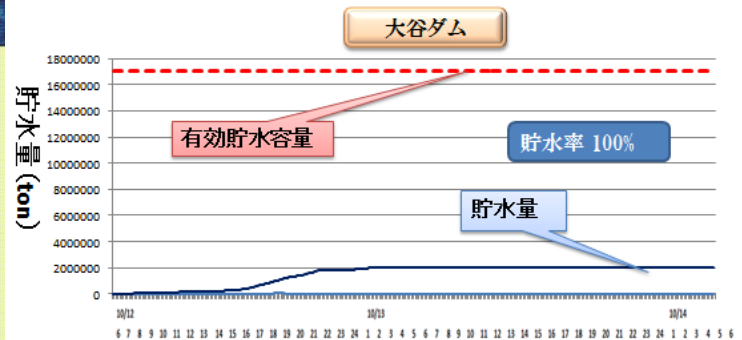


図 39 大谷ダムの貯水量

分水路の取り扱い

信濃川の水量は、大河津から直接日本海に注ぐ水路の他に、関谷分水路、さらには、中ノ口水門で調整されて流出しているものもあるようであるが、ここでは、主として、大河津分水路と関谷分水路に分れて日本海に注ぐとして、氾濫時にはどのような形で信濃川の水が配分されるのかを検討した。

Google Map より読み取ったこれらの分水路の構造は以下の通りである。

大河津分水路





関谷分水路



表 16 大河津放水路の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	300	600
height	3	2

表 17 関谷放水路の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	100	150
height	2	3

この様な分水の構造を前提として、増水した信濃川がどのような分配率で流れて行くのかを考える。前提として、増水時

両方の分水路の水面の高さは、同一とする。

したがって増水時の水位の上昇も同じものとする。

水門の高さの調整は実施しない。

中ノ口水門の水量は考慮入れない。

関谷放水路には、幾つかの支流が合流するが、これは信濃川の幹流の流れの分配には影響しないとする。

など

この様に考えて、両方の放水路の流量の関係をみた。

増水により、水位の上昇がみられた時の両方の放水路の断面図は、図 40 のごとくなる。

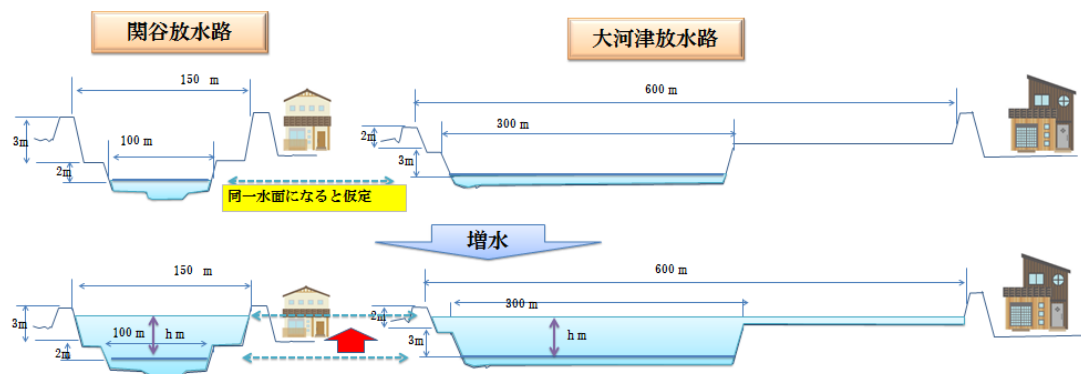


図 40 増水時の両分水路の流量分配

この図から、水位が h m になったときに両水路に流れる流量を見る。

関谷放水路の場合には、

$$w = 100 * 2 + 150 * (h - 2) \dots \dots \dots (1)$$

また、大河津放水路の場合には

$$W = 300 * 3 + 600 * (h - 3) \dots \dots \dots (2)$$

となる。双方の通常の川の水面高さから堤防の高さまでが、ともに 5 m であり、問題としている増水時は、河川敷を超えている、つまり、3 m の水位の上昇はあるものとする、

$W'/(w+W')$ は、0.72~0.77 となる。したがって、ここでは便宜上、この値を 0.75、つまり、全体の水量の 3/4 は、大河津放水路に流れるものとした。

又、千曲川が新潟県に入り、信濃川となった津南地方での流量を計算したところ、既に氾濫をする程度に増水していたので、この地点で洪水が起こり、信濃川の水量は土手の高さまで年、下流に流れ込んでいるとして、下流域での氾濫の可能性を検討した。

こうした状況の下で、信濃川の増水時の流れの状況を考察した。

2.4.1 魚野川合流点での氾濫の可能性

信濃川は、十日町を過ぎ、小千谷で、魚野川と合流する。魚野川は、谷川岳の麓を水源としており、さらには、三国川などいくつかの大きな支流も持っており、この地域に豪雨があれば、かなりの流量になるものと考えられる。三国川ダム、広神ダム、破間川ダムなどの貯水を考えて、小千谷の合流点での水量を推定した。

この地点の河川の構造は次の通りである。





表 18 小千谷附近の信濃川の流量
計算のためのデータ

信濃川・魚野川 合流点					
S	ratio	1474	Time	Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
A			433.33		0.5
B	0.2707	398.83	366.67		0.5
C	0.2828	416.77	266.67		0.4
D	0.1876	276.49	266.67		0.3
E	0.259	381.78	166.67		0.4
F					0.35
G					0
H					0.3

表 19 古千谷附近の信濃川の構造データ

Google を使用		
	river	basin
River width	225	250
height	5	3
Flow rate	2.5	2.5
Volume	2E+06	1E+06

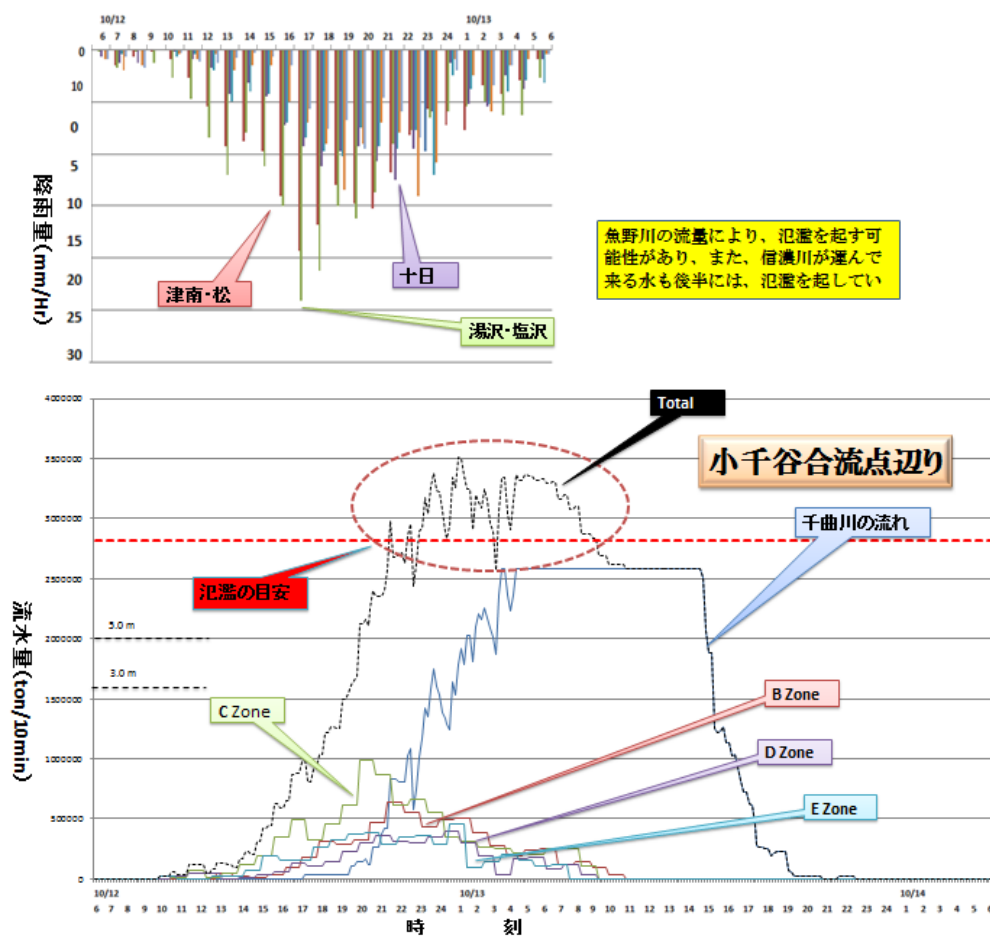


図 41 小千谷辺りでの信濃川の流れ

図 41 から、小千谷辺りでは、新潟県内の地区での降雨で、氾濫のおこる可能性があるとして示されている。しかしながら、これは、現場での河川の構造を詳しく確認すべき段階である。ただし、後半になると、千曲川からの流入する流量も多くなっており、上流での状況の確認を小まめにする必要がある。

2.4.2 大河津分水路の流量

小千谷辺りで、氾濫の起こる可能性が伺えるほどの流量であったが、これがさらに下って、大河津の放水路の分岐点辺りでどうなっているかを検証した。ここでの河川の構造は既に述べたとおりであるが、川幅については、国土省の報告があるのでこれを採用した。また、大河津に流れる流量は、全体の 3/4 程度としている。この様にしてこの場所から大河津の放水路を通して、日本海に流れる水の量を計算した。

河口附近での水量計算のためデータ、ならびに、河川の構造は、表 21 に示した通りである。

表 20 大河津分水路河口附近の流量計算のためのデータ

信濃川 大河津河口附近						
S	ratio	1990	Time	Rain(Y/Y/Hr)		浸透率
A			733.33			0.5
B	0.1995	398.93	666.67			0.5
C	0.2084	416.77	566.67			0.4
D	0.1383	276.49	566.67			0.3
E	0.1909	381.78	466.67			0.4
F	0.263	525.9	233.33			0.35
G	0	0	0			0
H	0	0				0.3

表 21 大河津河口附近の放水路の構造データ

Google を使用		
	river	basin
River width	150	280
height	2	8
Flow rate	2.5	2.5
Volume	450000	3E+06

これを用いて、大河津河口附近での水量計算をした。ここでは、全体の流量の 3/4 が大河津放水路に注がれるものとして、その水量を計算している。図 42 に、仮に関谷放水路に流さなかった時、そして、関谷放水路を併用した時の水量を示した。

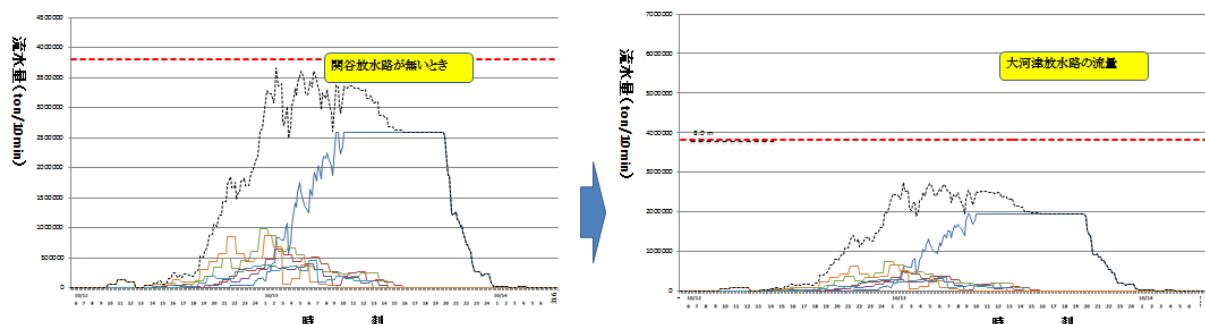


図 42 大河津放水路の流れ

これから、関谷放水路が無くても氾濫は防げるものの、氾濫の有る可能性の水準までかなりきわどいところにある。

2.4.3 関谷放水路の状況

関谷放水路には、大河津放水路と分離した後、幾つかの支流が合流している。分水路いで別れた後に、この水量を受け入れて、どのような流量になるのか問題となるところでもある。その計算のするためにデータ、関谷放水路の河口附近の河川の構造を示したものが、表 22、23 である。

表 22 関谷分水路の河口附近の流量計算のためのデータ

信濃川関谷放水路の河口附近

S	ratio	2831.85	Time	Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
A			1033.3		0.5
B	0.1409	398.932	966.67		0.5
C	0.1472	416.774	866.67		0.4
D	0.0976	276.488	866.67		0.3
E	0.1348	381.781	766.67		0.4
F	0.1857	525.899	533.33		0.35
G	0.2938	831.978	266.67		0
H	0	0			0.3

表 23 関谷分水路の河口附近の放水路の構造データ

	Google を使用	
	river	basin
River width	200	250
height	2	5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	600000	1875000

水量の計算結果は、図 43 のとおりとなった。

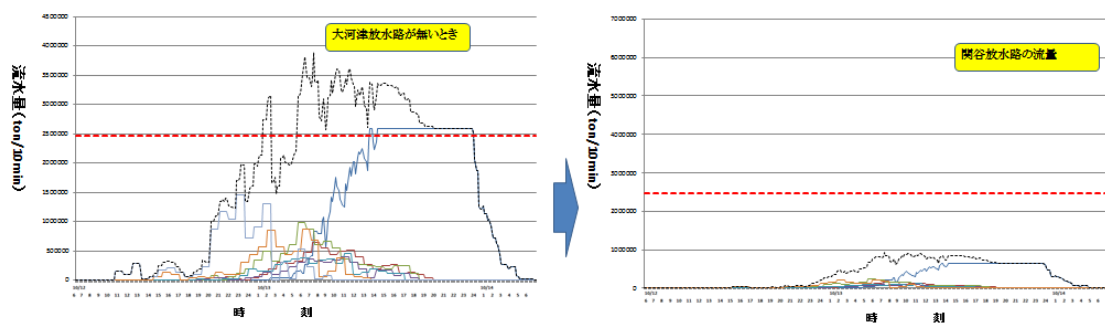


図 43 大河津放水路の流れ

関谷放水路に合流して来る支流の流域での降雨を含むと、関谷放水路だけでは、氾濫をおこす危険性があるが、大河津放水路で流量を下げている結果、その危険性がない事がわかった。

おわりに

今回の豪雨で、甚大な被害を被った長野地区の実体については、詳しくは分っていないが、これらの状況が、我々のプログラムの運用でかなり具体的な氾濫の予測ができたのではないと思われる。

信濃川、千曲川の流量計算では、多数のダムの機能の考察とともに、氾濫を起した場合のあふれ出る水の量、そして、氾濫による下流地域での流量の減衰効果などについても考察できる手法を取り入れた。

また、分水路がある場合の処理についても、新しい手法を取り入れ、その考察を行った。これらについては、事例は殆どないが、今後はさらに精度の高い推量計算ができるような手立てになるものと思われる。関係各位のご意見を伺いたいところだ。

(2020. 6.28)

参考資料

- 1) 鈴木 誠二 私信 集中豪雨時の河川氾濫の予測手段の考察 (2019)

<http://www.catv296.ne.jp/~kentaurus/FLOOD%2001.pdf>

- 2) 鈴木 誠二 私信 河川氾濫の予測手段の検証 (2019.10)

<http://www.catv296.ne.jp/~kentaurus/HANRAN%2001.pdf>

<http://www.catv296.ne.jp/~kentaurus/HANRAN%2002.pdf>

<http://www.catv296.ne.jp/~kentaurus/HANRAN%2003.pdf>

- 3) 資料 国土交通省

https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouin_kai/kihonhoushin/060906/pdf/ref2.pdf

- 4) 国土交通省 気象庁のホームページ

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

- 5) 日本の川

https://www.mlit.go.jp/river/toukei_chousa/kasen/jiten/nihon_kawa/index.html