

肱川の氾濫の可能性

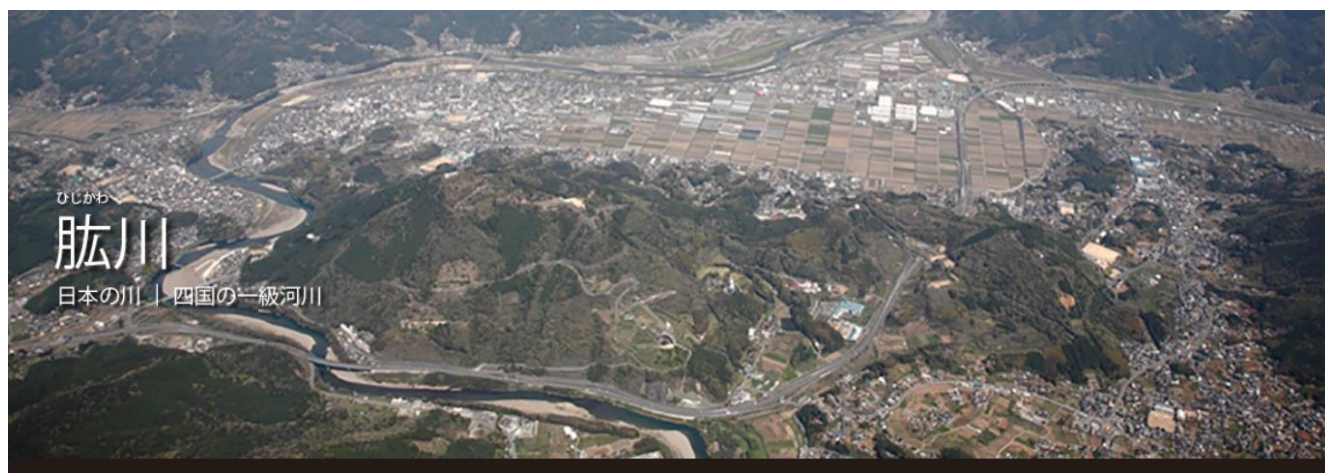
地政学的異文化研究所

鈴木 誠二

肱川は、愛媛県の西南部に位置し、その源を愛媛県西予市の鳥坂峠（標高 460m）に発し、途中、四国山地の 1,000m を越す標高部を源流とする小田川、船戸川など数多くの支川を合わせながら大洲盆地を貫流して、伊予灘に注いでいる愛媛県一の大河川。

肱川は、その名が示すように中流部において“ひじ”のように大きく曲がっており、幹川流路延長 103km に対して、源流から河口までの直線距離はわずか 18km しかない。

流域面積の割には支川が多いこと（流域面積 1,210km² は全国 55 位に対して支川数 474 河川は全国 5 位）も特徴の 1 つ。



（国土交通省のデータより）

はじめに

肱川は、先にも述べたように中流部において“ひじ”のように大きく曲がっており、幹川流路延長 103km に対して、源流から河口までの直線距離はわずか 18km しかない。肱川の総延長がほどほどなのに対し、流域面積が広いのは、集中豪雨と氾濫の時間的ずれが大きくな

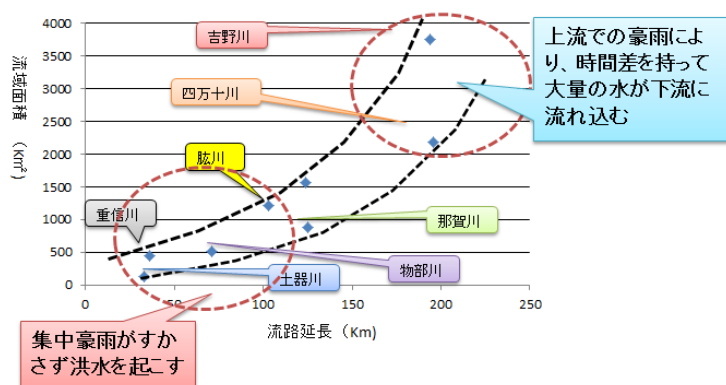


図1 幹流延長と流域面積

ることが予想される。また、ダムはいくつか建設されているが、いずれも、設置されている場所の状況に差があり、その貯水機能が十分に発揮されているかどうか、よく考察する必要がある。

図-1 に四国の各一級河川の幹流総延長と流域面積の関係を示した。同じ降雨量でも流域面積の大きな川には大量の水が流れ込み、また、河川の長さが長い場合には、下流まで流れて来るのに時間差のあることは明白だ。従って、幹流延長が長く、流域面積の大きな河川は、予想を超えて氾濫することが考えられる。が、短い場合には短時間で氾濫を起こしやすい。言うまでもなく、どの程度の雨で、どのように時間をかけて流れてくるのかは、現場での観察を丁寧にし、データをよく整理していかななくてはならない。

ここでは、こうした流域面積の大きな流路を持つ河川の場合に、集中豪雨の影響がどの程度で現れてくるのか、そして、ダムの貯水容量は十分であるのかなど、先に我々の開発した河川の流量予測のプログラムをもちいて、2018年の7月に発生した水害事故での洪水の検証を試みた。

その結果、今回の検証では、肱川に設置されているダムの機能が、洪水対策として、非常に重要な役割を果たしていることが分った。ただし、其れでも、中流の五郎辺りでは、川幅が狭く、また、土手も高さも十分でなく、河川の氾濫の危険性が指摘された。本プログラムでは、河口付近での氾濫を避けるためにダムの運用を行うと、上流で氾濫の危険性が発生する可能性があることが証明された。上流での豪雨がどこで発生しているのか、そして、ダムの設計、場所、貯水容量など、現場での観察と運用を速やかに行うようにして頂きたい。

以下、2018年の7月6日から7日にかけての集中豪雨時の肱川での河川の流量計算をした結果を議論した。

この集中豪雨時に発令された洪水警戒警報は、右の通りであった。

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ろうか？

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。

7月	
6日時点	①「今後、大雨が降る」という天気予報 (N=262)
6日夜 (22時)	②「野村ダムの放流(洪水調節)を開始した」という情報 (N=257)
7日早朝 (2時)	③「西予市に大雨・洪水警報が発令された」という情報 (N=252)
7日朝 (5時10分)	④「野村地区に避難指示が発令された」という情報 (N=252)
7日朝 (5時15分)	⑤「野村ダムの放流警報が発令された」という情報 (N=255)
7日朝 (6時20分)	⑥「野村ダムの洪水時の操作を開始した」という情報 (N=255)
	⑦「最大雨量を観測した」という情報 (N=254)

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。



河口から肱川を望む

肱川の場合には、幹流延長が比較的短く、その反面、

大きな支流があり流域もかなり広がっている。さらに、アメダスの降雨量の観測にしても、それぞれの流域に沿って、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。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、肱川の流域区分を流域分けした。その結果が、図 1-1 である。

肱川の上流には、野村ダムが、その下流では、黒瀬川と船戸川が合流したあと、肱川に流れ込み、ここで鹿野川ダムで貯水される。これらのダムの運用も、バランスよく貯水量を調整することがなかなか難しいのではと思われる。

更には、おおきな流域面積を持つ支流がいくつにも分かれており、その水源地はかなり広範な領域になっているので、アメダスの測定点のことも考慮して、この肱川の流域を 6 つに区分して、それぞれの地域に見合ったアメダスの測定値を採用することとした。

この川の複雑なところは、A, B Zone と離れたところに水源をも大きな支流が、C Zone を流れていることである。この地域では、独自に大量の降雨がある可能性もあり、この支流だけで氾濫を起こす場合があるものと考えられる。これについても、独自に検討する。

河口附近での河川の流量を検討するほか、注目点 1 は、野村ダム下あたり、注目点 2 は、鹿野川ダム下あたり、注目点 3 は、五郎地点、さらには、注目点 4 として、小田川が肱川に合流する地点辺りとし、支流での氾濫が起こる可能性があるかどうかをみた。

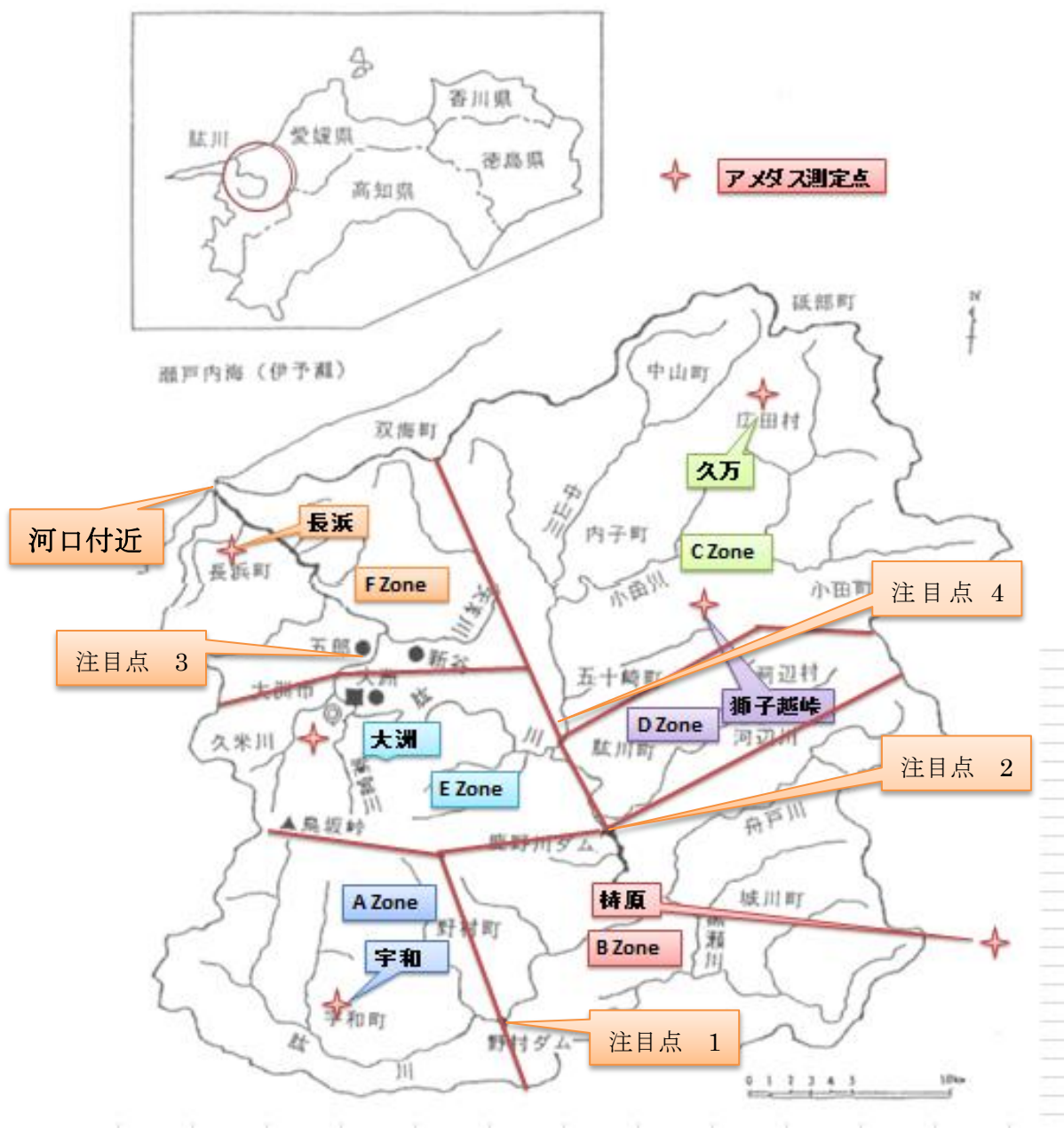


図 1-1 肱川の流域の区域分けとアメダスの観測点

アメダスの測定点

図 1-1 に、肱川流域の各区分に宛てはめたアメダスの測定地を合わせ示めした。

A Zone には、宇和観測地のもの、B Zone には高知県の梶原観測地のもの、C Zone には、久万と中山の観測地があるが、ここでは、より山間の久万の観測地とし、また、D Zone には、獅子越峠のものを、E Zone には、大洲、F Zone には長浜の観測地のデータを採用した。

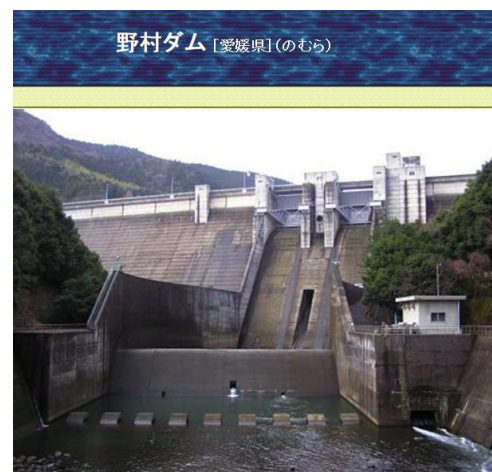
1-2. ダムの諸元

肱川の本流には、野村ダムと鹿野川ダムがある。野村ダムには、A Zone の全ての降雨を貯水できる形になっている。一方、鹿野川ダムは、A, B Zone の降雨を貯水できる。どのようなバランスを取りながら両方の貯水をするかは、降雨の状況により判断しなければならず、また、放流により下流側での氾濫も懸念されるので、その判断基準は非常に難しい。現実には、長年の経験によるしかないかもしれない。近年、温暖化の影響では、過去には経験もしなかったような集中豪雨も起きているので、軽々な判断はできない。そのような意味でも我々の開発したこのプログラムは、非常に貴重な情報を与えてくれるはずである。

二つのダムの諸元は次の表のとおりである。

表 1 ダムの諸元

ダム名	河川	所在地	目的	千m3	千m3
鹿野川ダム	肱川	大洲市肱川町宇和川598-2	FP	48,200	29,800
(再)		大洲市肱川町宇和川地先	FNP	48,200	36,200
野村ダム	肱川	愛媛県西予市野村町野村	FAW	16,000	12,700



ダムネットより

この二つのダムは、同じ河川にシリーズで設置されており、また、その貯水能力も大きい。

1-2 アメダスのデータ

アメダスのデータは毎時間報告されており、各時間ごと、10分程度で知ることができる。これは、着目点地域で豪雨があった時には、河川が氾濫するまでの時間の余裕が少ないので、非常に重要な情報である。図 1-1 で見たように、肱川流域での降雨を知るには、各地域の中にある、あるいは、その地域と最寄りの観測点のデータを採用する。

今回は、2018 年 7 月 6～7 日のデータを参考とした。これをよく観察すると、肱川の上流地域で、時間的な差はあるが、局地的な豪雨が各所であったことがよくわかる。また、集中豪雨が長い時間継続していたこと、繰り返し発生していたことなど、氾濫対策の取りにくい状況にあったこと、地域により河口までの到達時間が異なるなどにより、繰り返し氾濫の起こる可能性がある。これを正確に予想することは難しいが、本プログラムには、そのような差を考慮すべきということを踏まえ、計算している。より正確な入力データが得られれば、このような議論の心票性が向上してくる。

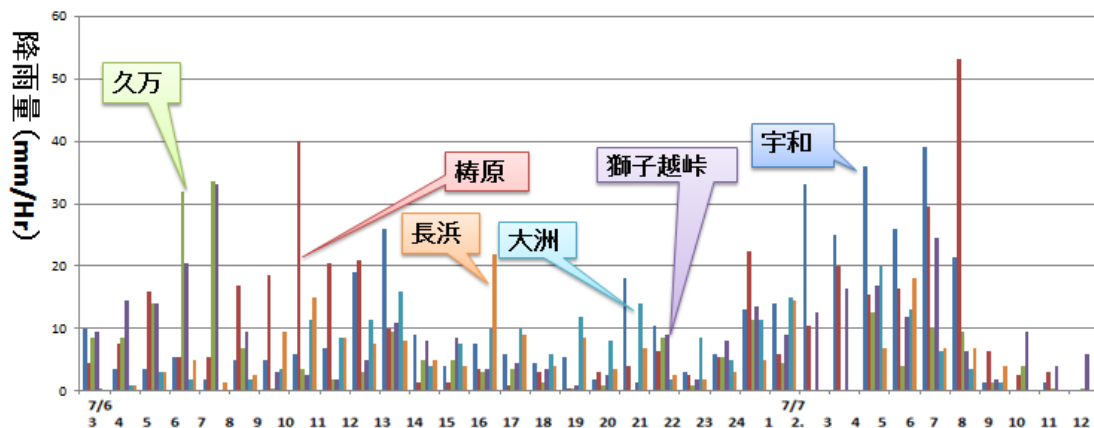


図 1-2 アメダスのデータ

表 3 河口付近での流量計算のための基本データ

S	ratio	1210 Time	Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
A	0.1514	183.24	540	0.5
B	0.1811	219.17	473.33	0.5
C	0.3207	388.09	400	0.5
D	0.0763	92.376	366.67	0.5
E	0.1293	156.51	86.667	0.4
F	0.141	170.61	53.333	0.35
G	0	0	0	0
H	0	0		0.3

表 4 河口付近での肱川の構造

Google を使用		
	river	basin
River width	170	170
height	1	3.4
Flow rate	2.5	2.5
Volume	255000	867000

1-3 ダムの貯水能力

河川の氾濫防止のための貯水池の貯水能力は、有効貯水容量として報告されている。しかしながら、この容量一杯に利用するときには、ダムの管理が降雨量に合わせて合理的に運用されているかどうかによる。集中豪雨を予測しての事前放流とか、放流時間を適切に

定めるとか、がうまく管理されていることが氾濫を防ぐ条件であることを認識する必要がある。こうしたことから、各ダムでの貯水能力に対して、今回の降雨でどの程度貯水されるのかをみた。

表 3 のデータ、ならびに、アメダスのデータを使用して、各ゾーン降雨量もとめ、これから各ダムに流れ込む水量を求め、ダムにどれだけ貯水されるかをみた。

ダムに貯水をしないとどうなるか

ダムに貯水をしないときに、どの Zone に降った雨がどのような形で河口に流れ込むかをみた。表-3、表-4 のデータを使用して計算した流量の内容は次の図の通りであった。

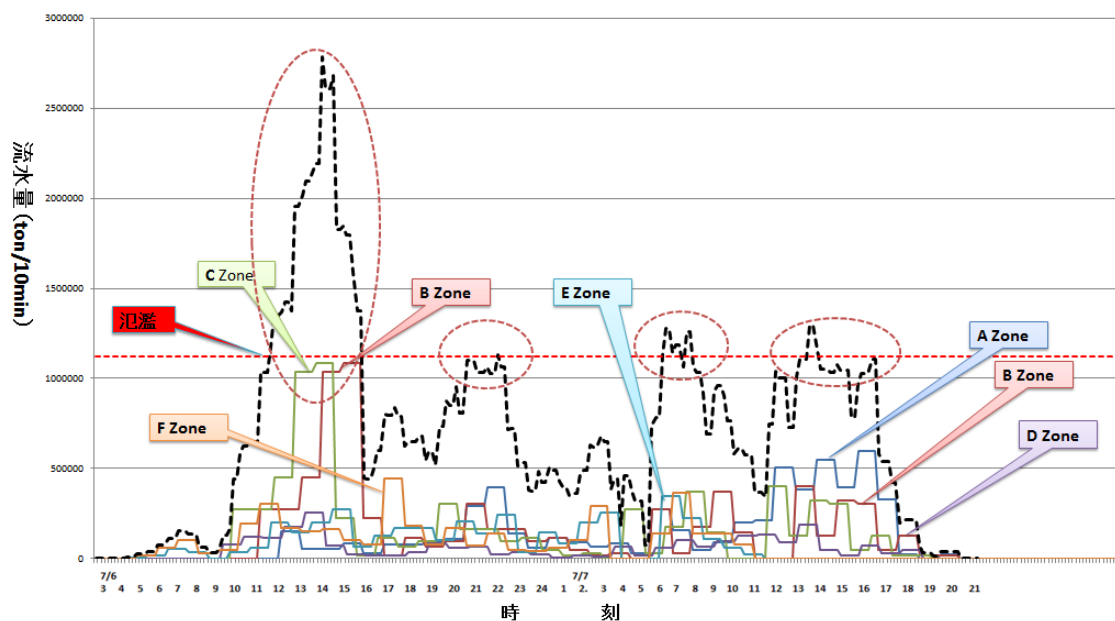


図 1-3 ダムに貯水をしないときの流水の内容

これから、氾濫の危険性が繰り返し起きていることが分る。とりわけ、最初の氾濫は、B,C Zone に集中豪雨した降雨がほとんど同時に河口附近に流入してきていることが分る。ダムが B Zone の降雨を貯蓄できるので、ここにある鹿野川ダムの機能に期待する。最初の氾濫では、B Zone は 11 時ころ増え始めるので、この水を貯水する。鹿野川ダムから河口までは、大体 500 分を要するので、約 8 時間前からダムで貯水すればよい。時間的には 3 時頃から、つまり、ここでは、当初から貯水すればよいことになる。後半の氾濫は、A,B Zone の降雨で有るので、野村ダム、鹿野川ダムの運転を如何にバランスよくするかである。C Zone の降雨にたいしては、ダムが無いので如何ともしがたい状態である。

野村ダム、ならびに、鹿野川ダムの運用

河口附近での氾濫を如何に抑えるか、野村ダムの運用と鹿野川ダムの運用をどうすれば

よいのか、を検討した。

氾濫が、非常に長い時間で起こすようであるので、貯水の時間をなるべく長く、そして、抱きただけ効率的に流量が減少するように運転する必要がある。とりわけ、前半の氾濫には、B Zone の降雨が効いているので、鹿野川の貯水が重要である。また、後半の氾濫には、A Zone が聞いているので、できるだけ貯水の時間を長く取るように、貯水率をやや下げる。こうして、両方のダムでの貯水量をさまざまな率で変化させ、最終的には両方のダムの貯水率を 80% にすれば、最初の氾濫は抑える事は出来ないが、それ以後の氾濫は制御できるまでに流量を減少させることができる。この時の両方のダムの貯水の状況を図 1-4、1-5 に、そして、その結果を図 1-6 に示した。

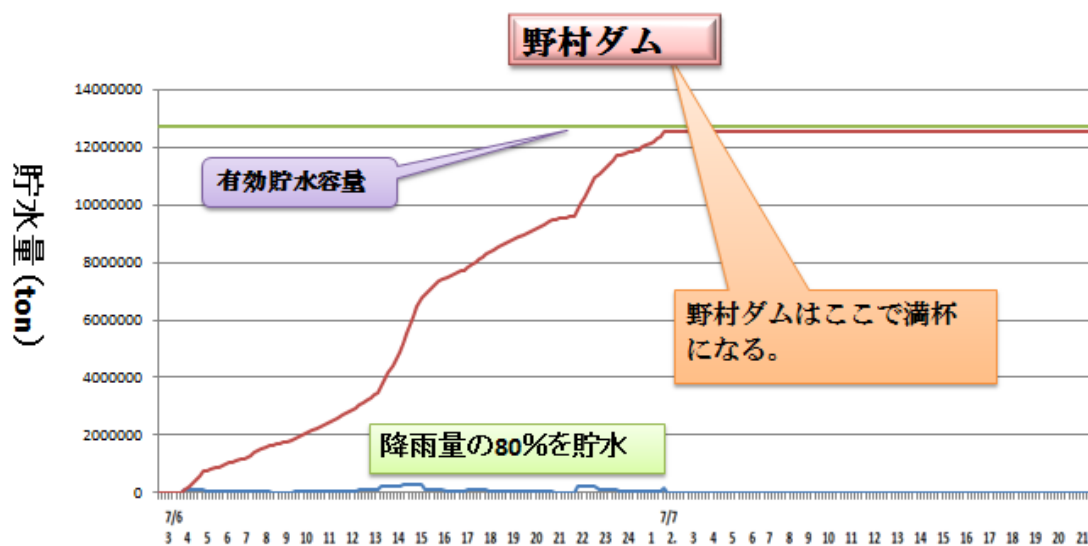


図 1-4 野村ダムの貯水の状況

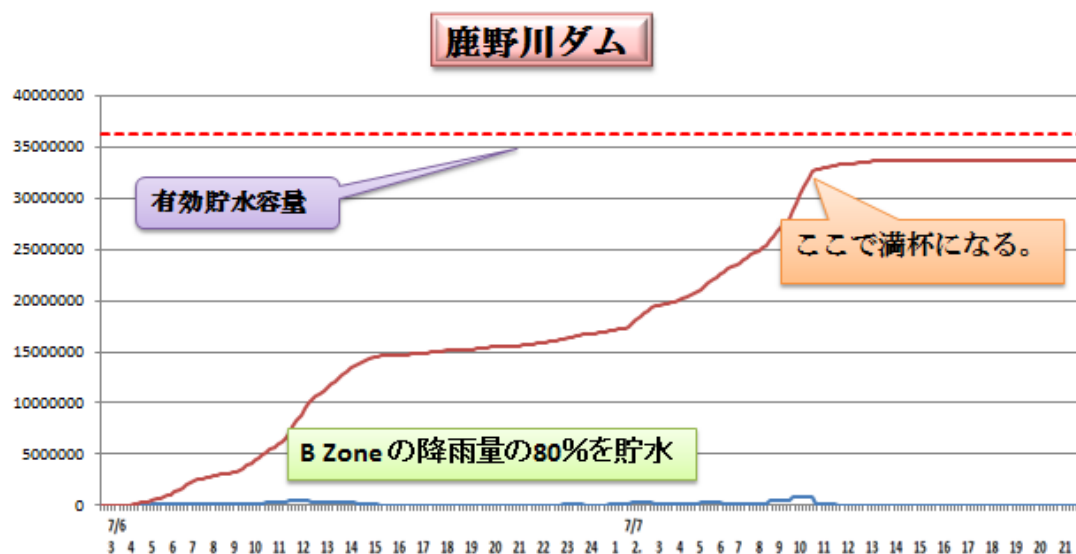


図 1-5 鹿野川ダムの貯水の状況

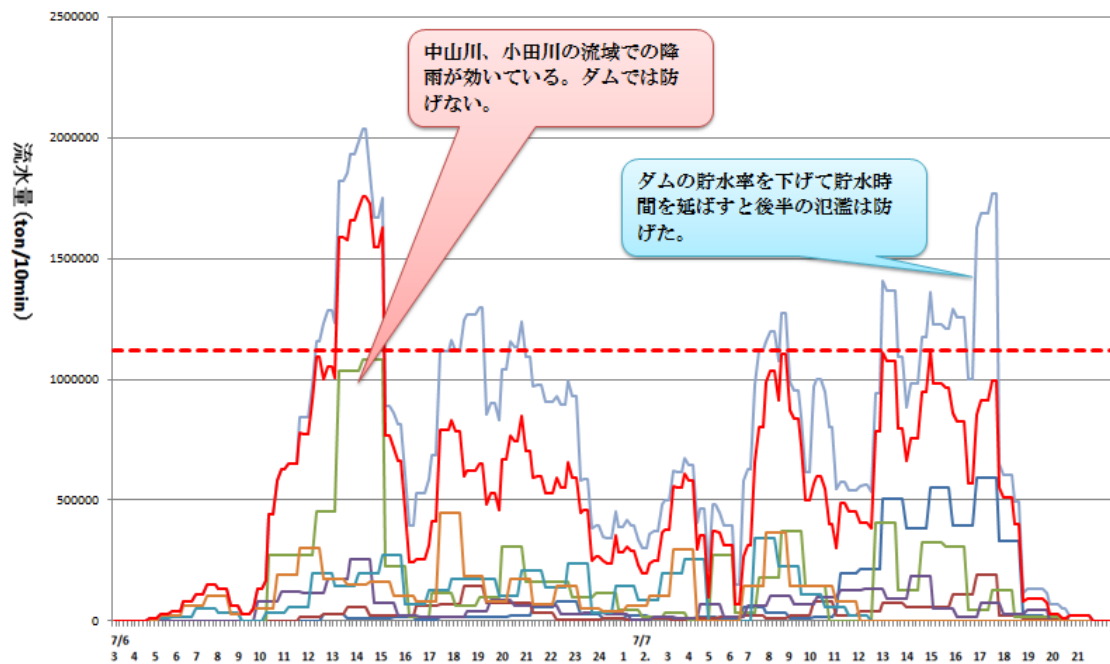


図 1-6 肱川河口附近での流水の状況

ダムの管理次第で、河口附近の氾濫をある程度制御することができるが、最初の氾濫は、小田川流域にダムが無いので、この洪水は、野村ダム、鹿野川ダムで貯水をして防ぐことはできない。

2. 氾濫の可能性

以上みてきたように、肱川の洪水の可能性は、A Zone に降った雨が、野村ダムに、B Zone の雨は鹿野川ダムに貯水するものとし、このような前提のもとに、降雨の状況と、注目点（図 1-1 参照）での流量の変化を経時的に見た。

野村ダム下



グーグルマップより

表-4 野村ダム下での流量計算データ

肱川		野村ダム下				
		Area(Km ²)		Rain(YY/Hr)		
S	ratio	183	Time	Rain(YY/Hr)	浸透率	
A	1	183	67		0.5	
B	0	0	0		0.5	
C	0	0	0		0.5	

表-5 野村ダム下での肱川の構造

Google を使用		
	river	basin
River width	30	30
height	0.5	4.5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	22500	202500

野村ダムの下での河川の流量を計算するための必要なデータは、表-4 で示した通りである。また、河川の構造は、グーグルマップの写真を元に推定した。

この値を用いて、ダムでの貯水量をどのようにすればよいのかをみた。貯水量を 80%、50%、ならびに、さらに減少し 35%としたときの状況を如何に示す。

ダムの貯水量は、有効貯水容量まで貯水できるものとした。80%にすると、ダムが比較的短い時間に満杯となり、後半での氾濫に対して流量を減少させることができない。さらに少なくしてゆくと、50%、35%とするに従い、満杯の時期を遅らせることができる。この様子を図 2-1 に示した。

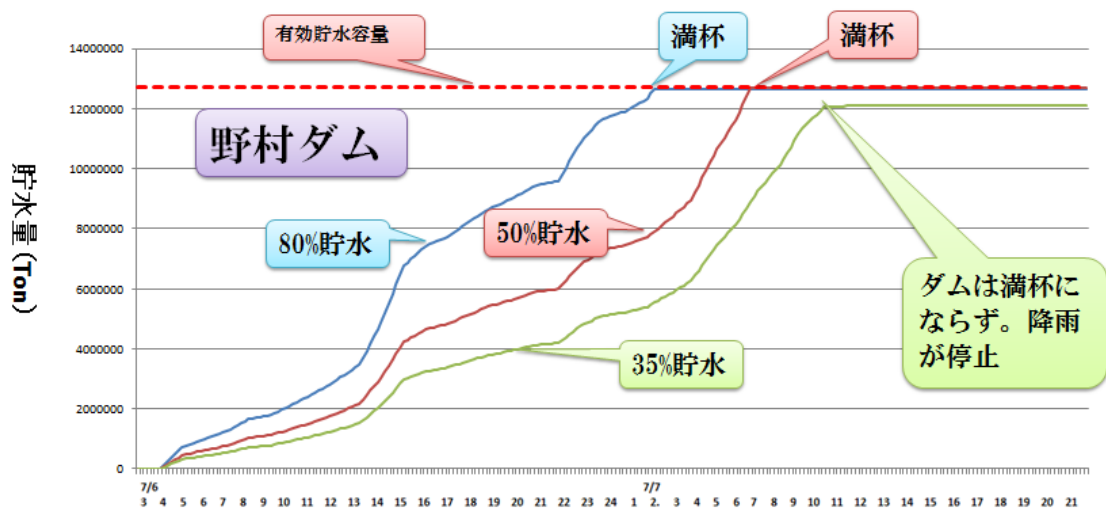


図 2-1 野村ダムでの貯水の状況

このようにダムの貯水量を変えた時に、ダム下での河川の流量がどうなるかを図 2-2 に示した。その結果、80%の貯水をする、直ぐにダムが満杯になり、後半の氾濫時の流水を削減することが出来ない。そこで、貯水率を 50%にすると、大幅に流水の量を削減することが出来るが、しかしながら、後半の氾濫の途中でダムが満杯になり、これ以上の削減をすることが不可能となる。さらに、貯水量を 35%まで削減すると、後半の氾濫時の水量を全体に削減することが出来るが、ここまで来ると、降水量が少なくなるので、ダムの貯水許容量にゆとりが出てくる。実際には、ここで処置している様に降雨量に応じて貯水の量を加減することは難しいので、一定の水量で放水し、残りが貯水されるという形になるが、

筆者は運転の詳しい内容を熟知していないので、ここではこれ以上論議することを控えた。当事者の詳しい知識と経験を尊重したい。

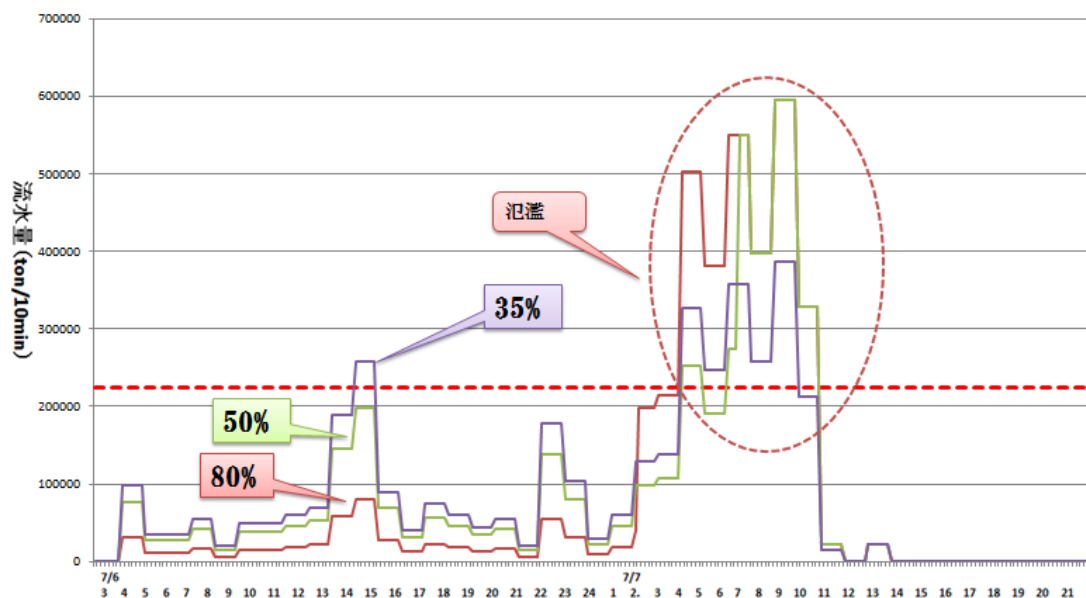


図 2-2 野村ダムでの貯水を変えた時の流水の状況

鹿野川ダムの下あたり

野村ダムでの貯水量を 35 パーセントとすると、前半の氾濫は、危険性があるものの、後半の氾濫の程度を大幅に改善することが出来ることがわかった。従って、その下流では、このような状態で、河川が氾濫するかどうかを見ていくことが必要である。上記の野村ダムでの放水量を考えて、これを鹿野川に流し込んだ時、鹿野川で、どのように貯水すればよいのかを検討した。



鹿野川ダム下あたりの河川の状況



グーグルマップより

この辺りでの状況は写真のとおりである。ここでの河川の流量計算には次の値を採用した。

表-6 鹿野川ダム下あたりでの入力データ

S	ratio	402.41	Time	Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
A	0.4554	183.24	207		0.5
B	0.5446	219.17	140		0.5
C	0	0	0		0.5
D	0	0	0		0.5
E	0	0	0		0.4
F	0	0	0		0.35
G	0	0	0		0
H	0	0	0		0.3
		402.41			

表-7 鹿野川ダム下あたりの河川の構造

Google を使用		
	river	basin
River width	30	50
height	1	5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	45000	375000

但し、ここでは、A Zone からの水量は、野村ダムから放流される分とし、野村ダムか鹿野川ダムまでの、流水の所要時間は、河川の流路から 140 分とした。また、貯水されるのは、B Zone の降雨量の 80%に相当する分とした。この図から、野村ダムからの放流量はあるもののここでは、ほぼ氾濫は制御できる程度に流量が減っていることが確認できる。

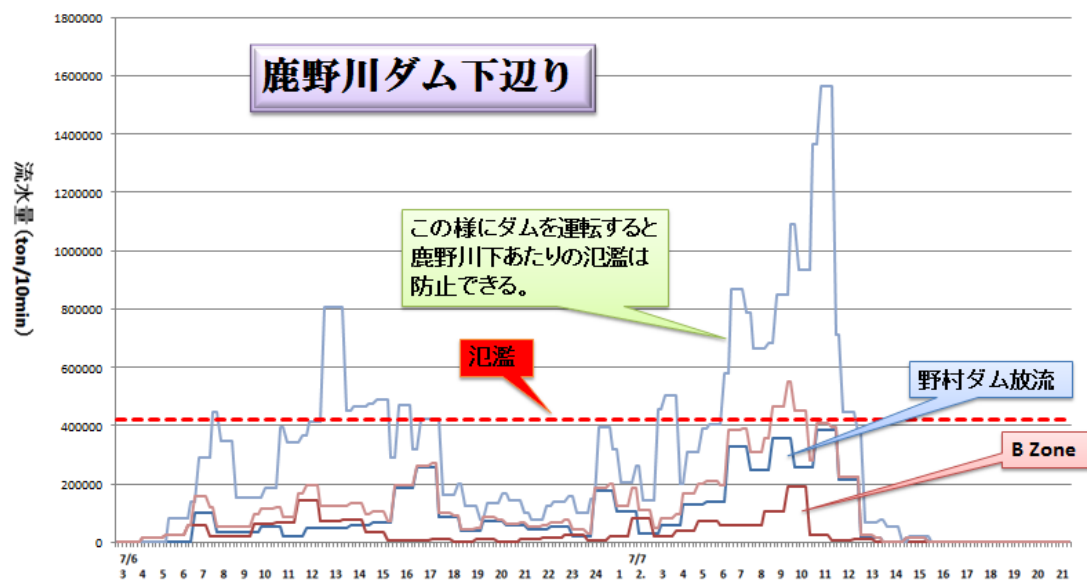
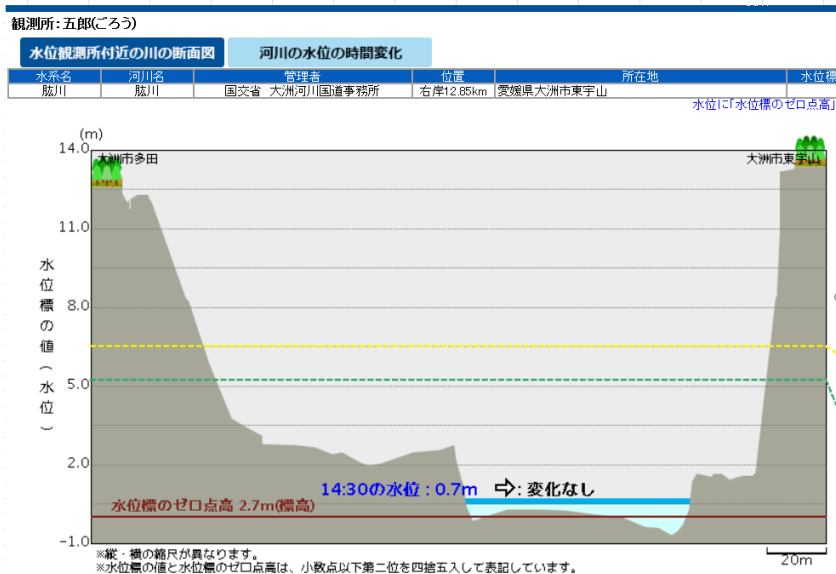


図 2-3 鹿野川ダム下あたりでの河川の流量

下流での少し上流部分 五郎辺り

野村ダム下、ならびに、鹿野川ダム下での河川の流量状況を見たが、これらのダムで対応状況が分かったので、これをもとに下流での氾濫の危険性を考察した。場所は、五郎辺りである。此处には、大量の雨量をもった C Zone の水が流れ込んでくるので、氾濫の危険性はかなり高いものと予測される。



グーグルマップより

河川の構造については、水位計の図2-4が見られるが、すこし微妙な点が見られるので、Google から読み取ったデータを用いた。此处での流量計算のためのデータは、表-8、表-9の通りである。

図 2-4 五郎の水位計の川の構造断面図

表-8 五郎あたりでの入力データ

		Area(Km ²)					
S	ratio	1039.4	Time	Rain(YY/Hr)		浸透率	
A	0.1763	183.24				0.5	
B	0.2109	219.17				0.5	
C	0.3734	388.09	347			0.5	
D	0.0889	92.376	313.67			0.5	
E	0.1506	156.51	33.667			0.4	
F						0.35	
G						0	
H						0.3	
		1039.4					

表-9 五郎あたりの河川の構造

Google を使用		
	river	basin
River width	70	210
height	1	4
Flow rate	2.5	2.5
VoluYe	105000	1E+06

鹿野川ダムの放流分 200分

A,B Zone からの流水は、上述の検討をもとに、野村ダムは 35%, 鹿野川ダムは、80% を貯水量として、残りを放流分として計算した。この様にして計算した結果を図 2-5 に示した。貯水により、氾濫の可能性は、初期の段階ではあるものの、後半の氾濫の可能性は、上手く消されている。

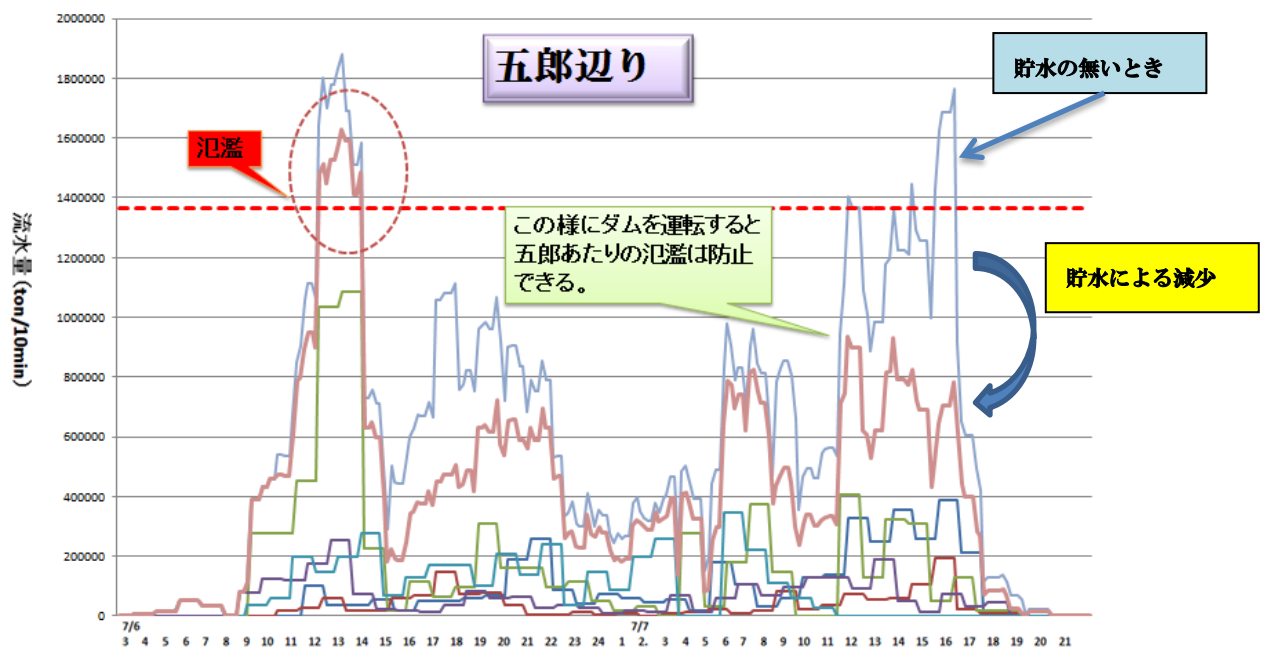


図 2-4 五郎の河川の流量

この様に貯水することにより、五郎附近では前半だけの氾濫が残るが、後半の氾濫は防ぐことが可能。

小田川の流域での氾濫の可能性

以上のように、肱川の本流での氾濫の可能性を見て来たが、地域によって全く状況が異なることが分った。特に下流では、前半の C Zone での豪雨が氾濫を引き起こしている。そこで、小田川について、この支流が肘川に合流する前に氾濫を起こしていないかどうかと検討した



グーグルマップより

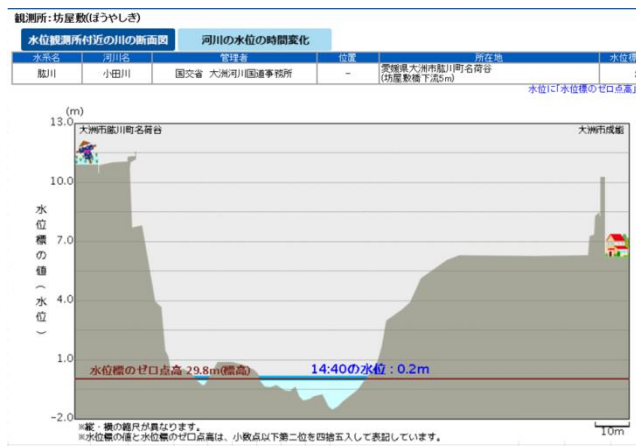


図 2-5 坊屋敷辺りの水位計の川の構造断面図

表-10 坊屋敷あたりでの入力データ

S	ratio	Area(Km ²)	388.1	Time	Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
A	0	0	0	0		0.5
B	0	0	0	0		0.5
C	1	388.1	267			0.5
D	0	0	0	0		0.5
E	0	0	0	0		0.4
F	0	0	0	0		0.35
G	0	0	0	0		0
H	0	0	0	0		0.3
		388.1				

表-11 坊屋敷あたりの河川の構造

Google を使用		
	river	basin
River width	60	70
height	1	5.5
Flow rate	2.5	2.5
Volume	90000	577500

河川の構造については、Google Map から読んだものと、水位計の断面図から読んだものとに大きな差は無かったので、ここでは、水位計から読んだものを用いた。こうした求めた流量の経時変化は図 2-6 の通りであった。

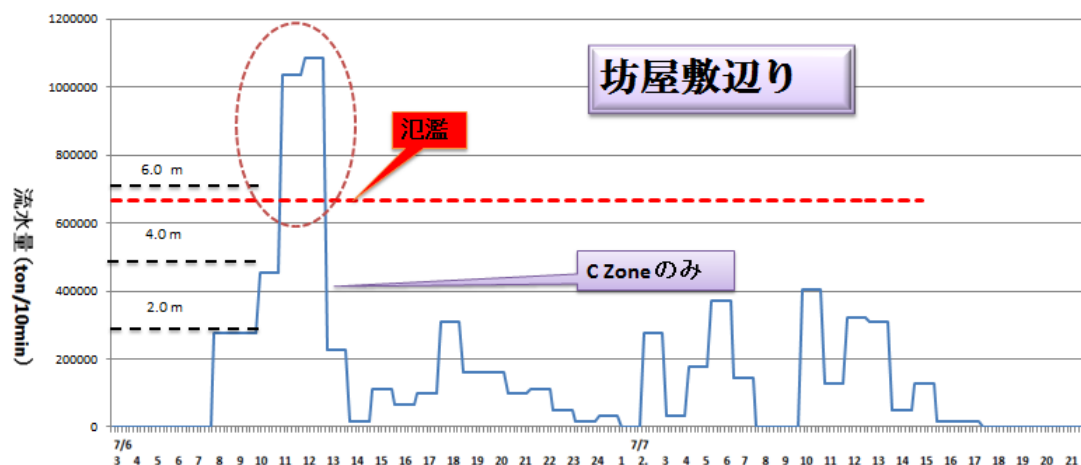


図 2-5 小田川・坊屋敷辺りでの河川の流量

おわりに

以上、肱川の流路の各地での氾濫の起こる可能性を見て来たが、当初、ダム貯水率を野村ダム、ならびに、鹿野川ダムともに、80%の貯水率としたが、野村ダムの場合には、貯水率を35%にした方が、ダム下での氾濫の程度を抑えることが出た。しかしながら、それでも、下流での氾濫の可能性がのこり、ダムの運用が極めて難しい状況にある。その原因について考えられるのは、今回の豪雨では、極めて長いあいだ豪雨が続き、しかも、地域により、その豪雨の時間が異なることである。今回での豪雨の状況と河川での氾濫の可能性の状況をみたものが、図3-1である。

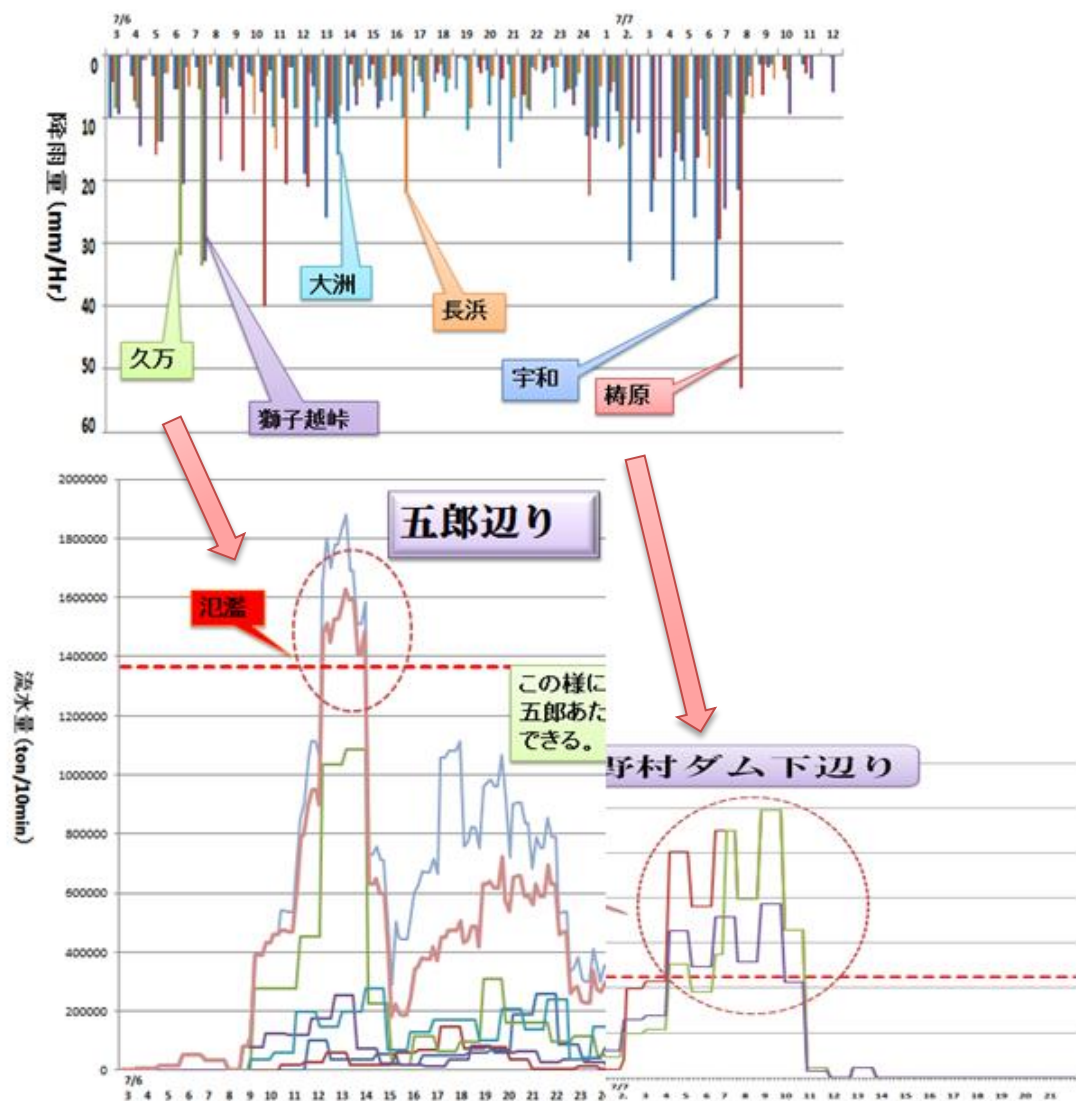


図3-1 集中豪雨と肱川での氾濫

この図からわかるように、前半の氾濫は久万地域での集中豪雨である。下流で氾濫が起きているのに野村ダムでは、目いっぱい放水は出来ない。しかしながら、後半の氾濫は、

宇和地域での集中豪雨による野村ダム下での氾濫であり、これはダムの貯水に限界があるので、放流を迫られる状況。貯水しても直ぐにダムが満杯してしまう。事前放流ができない状況を考えると、今回のような時間的差を持って各地に豪雨をもたらす場合には、ダムの運用は、その調整が非常に難しい。とりわけ、ここでは、ダムの貯水量を降雨にたいしてどの程度の割合ですればよいのかをみているが、現実にはこのようなダムの運用は考えられない。ダムの放水能力を考えながら、ダムの貯水能力に応じて、放水を管理して行くのであるとおもわれるので、ここでの検討結果はあくまでも、氾濫の可能性をみる参考に過ぎないことを断っておく。専門家の更に詳しい分析をお願いしたい。

(2020. 2. 5)

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

本資料の作成に当たっては、国土交通省の資料を始め、様々な情報と適宜使わせて頂いた。この場をかりて、重ねて感謝いたします。