

四万十川の氾濫の可能性

地政学的異文化研究所

鈴木 誠二

四万十川は、その源を高知県高岡郡津の町の不入山（標高 1,336m）に発し、南に流れ、高岡郡四万十町窪川に置いて流れを西に向け、新戸町対象に置いて梶原川を合流し。四万十市西土佐に置いて再び流れを南に転じ、広見川、目黒川、黒尊川の支流を合わせ、四万十市佐田より中村平野に入り後川及び中筋川を合わせ太平洋に注ぐ、幹川流路延長 196Km、流域面積 2,186K m²の一級河川。



（国土交通省のデータより）

はじめに

川の総延長が長く、また、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ることが予想され、さらには、四万十川の場合には、河川の蛇行が極端に多く、水の流れが長時間かかって河口に流入してくるので、上流での雨量の程度をよく観察する必要がある。また、ダムはいくつか建設されているが、いずれ

も、川の上流にあり、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。

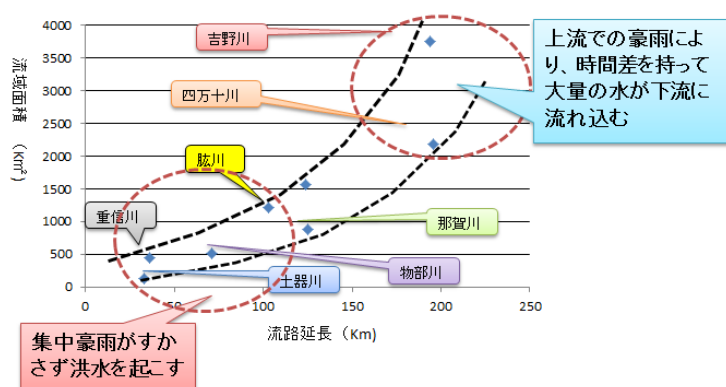


図1 幹流延長と流域面積

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があることは明白だ。従って、幹流延長が長く、流域面積の大きな河川は、時間差をもって氾濫することが考えられる。

ここでは、こうした長い流路を持つ河川の場合に、時間差がどの程度影響してくるのか、そして、ダムの貯水容量は十分であるのか、さらには、これまで、雨水の地下への浸透率が河川の氾濫にどのように効いてくるのかなど、先に我々の開発した、河川の流量予測のプログラムの検証を試みた。

その結果、今回の集中豪雨では、氾濫予測が我々の開発したプログラムの結果と川の水位変化とが非常によい一致を示していることが分った。この事から、河川の水位を見て、洪水の警戒警報を発令しているが、仮にこれが、アメダスのデータから上流から流入する水量を予測できるなら、氾濫の起こる可能性を何時間も早く発令することも可能である。これにより、多大の洪水被害を、より少なくすることができるはずである。

今回の検証では、四万十川に設置されているダムの機能が、あまり期待できないことが分った。ダムの設計、場所、貯水容量など、十分な検討をしてもらいたい。

さらに、今回、上流の山地に降雨した雨水の地中への浸透率の影響について、検討した、その結果、浸透率を上げると水量が大幅に減少し、氾濫の危険性がさがる。しかしながら、水量が多くなる時間的な変化には、変わりなく、この数値を現場の水位の変化に合わせて整合されるなら、氾濫の起こるタイミングを予測するのには、十分に役立つものと思われる。

以下、2018年の7月7日の集中豪雨時の四万十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。

2018/07/08 15:15	氾濫注意情報解除／洪水注意報解除第2号	>
2018/07/08 10:25	氾濫注意情報／洪水注意報（発表）第1号	>
2018/07/07 21:30	氾濫注意情報解除／洪水注意報解除第4号	>
2018/07/07 17:50	氾濫注意情報／洪水注意報（警報解除）第3号	>
2018/07/07 13:35	氾濫警戒情報／洪水警報（発表）第2号	>
2018/07/07 11:10	氾濫注意情報／洪水注意報（発表）第1号	>

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が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。



四万十川下流部(具同、中村)、
支川後川、中筋川と合流

四万十川の場合には、沢山の支流が網の目のごとく流域全体に広がっているばかりでなく、各河川の流れは、蛇行している場所が極めて沢山あり（このことが四万十川が清流となっている原因ではないか・・・?）、上流から、中流、下流にかけて、どこで氾濫が起きてもおかしくない状況である。また、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。このようなことに配慮して、四万十川の場合には、流域区分を大幅に増加させて検討した。流域分けは、図 1-1 のとおりである。

四万十川の上流は中土佐町から四万十町に流れ込み、仁井田川と合流している。一方、梶原川は、四万川（四万十川ではない。）と合流し、初瀬川ダムを通り、北川と合流した後、津賀ダムに流れ、四万十川と合流している。これが、四万十市で、鬼北町から流れてくる広見川と合流し、目黒川、黒尊川と一緒に、後川と合流したあと、土佐湾に注いでいる。

このように支流がいくつにも分かれており、その水源地が可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、この四万十川の流域を八つに区分して、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。

アメダスの測定点

図 1-1 に、このようなことを加味して、四万十川流域の各区分に宛てはめたアメダスの測

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、支流の合流の状況など）を詳しく知る必要がある。

定地をしめした。

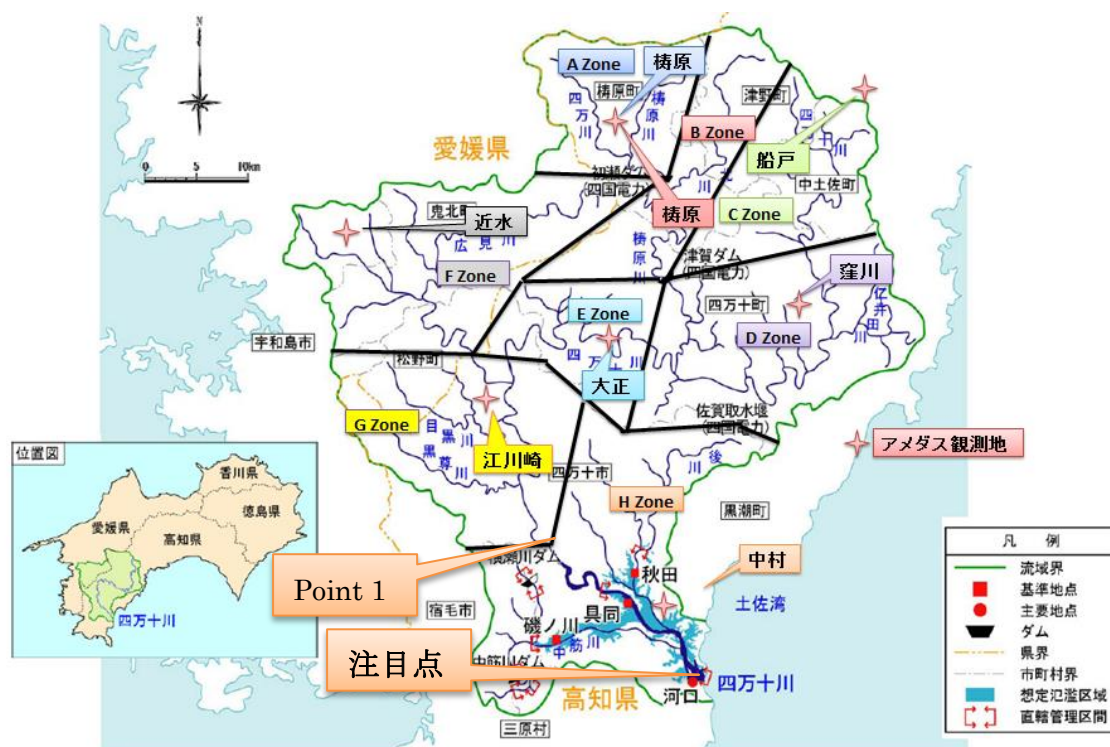


図 1-1 四万十川の流域の区域分けとアメダスの観測点

A,B Zone には、栲原観測地のもの、C Zone には、船津（愛媛）、D Zone には、窪川、E Zone には、大正、F Zone には、近水（愛媛） G Zone には江川崎、そして、H Zone には、中村観測地のデータを採用した。

1-2. ダムの諸元

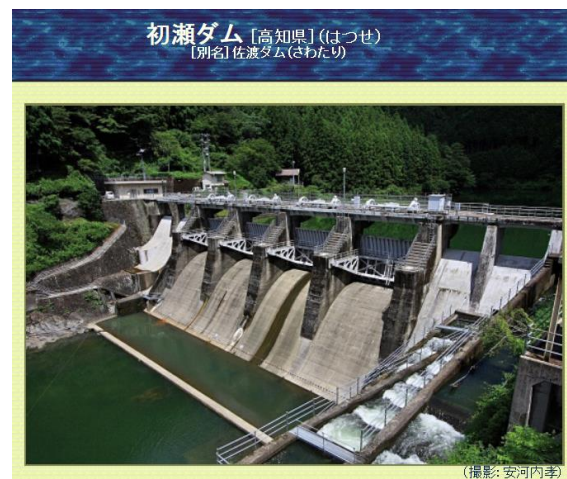
地域分けで注目すべきは、栲原川の初瀬ダムと都賀ダムである。この二つのダムは、電力用に建設されたもので、四国電力のものである。従って、このダムが集中豪雨時対策として国で管理できるかどうかは不明であるが、ここでは、もし、これが利用できるとなればどのようなことになるかを検証した。また、中筋川ダムと横瀬川ダムの場合には、雨水を受け入れる領域が非常に狭いことは、洪水対策としては、不十分であり、まことに残念である。

表 1 ダムの諸元

ダム名	所在	河川名	目的	貯水量 千 m^3	有効貯水 容量 千 m^3
中筋川ダム	宿毛市平田町大字黒川地先	中筋川	FBAWU	12600	12000
横瀬川ダム	宿毛市山奈町山田地先	横瀬川	FNW	7300	7000
津賀ダム	高岡郡四万十町津賀	栲原川	P	19300	14000
初瀬ダム	高岡郡榛原町佐渡	榛原川	P	1454	1121

F 洪水対策用

P 発電用



ダムネットより

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 分程度の遅れ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、四万十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 7 日のデータを参考とした。

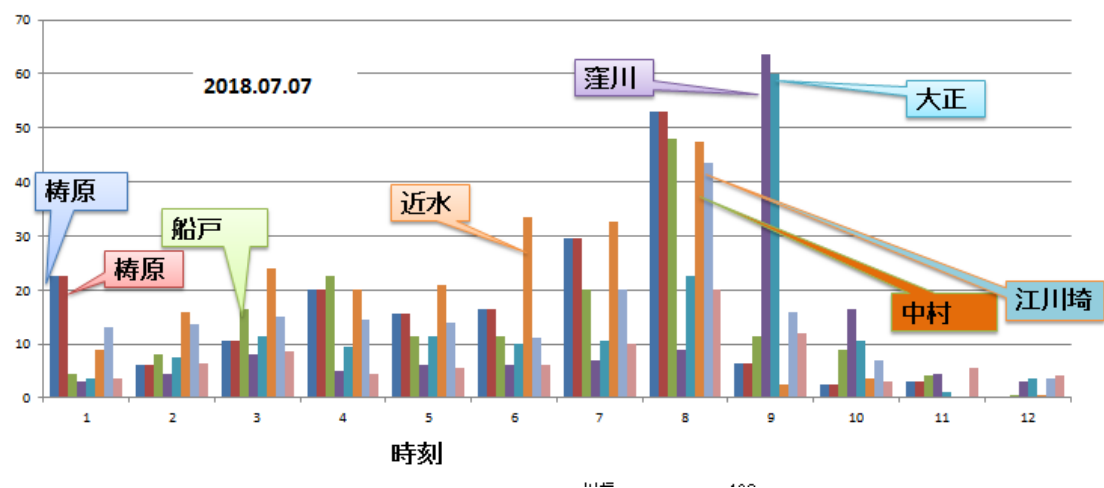


図 1-2 アメダスのデータ

各ゾーンにアメダスのデータを当てはめる。この図からも分かるように、雨の降ったピー

クがどの地域も 7 時から 9 時に集中している。

表 3 流量計算のための基本データ

S	ratio	Area(Km ²)		Rain(Y/Y/Hr)	浸透率
		2180	Time		
A	0.0909	198.18	1113		0.4
B	0.0687	149.71	1080		0.4
C	0.1047	228.3	1080		0.4
D	0.1548	337.52	769		0.4
E	0.0756	164.88	540		0.4
F	0.1704	371.44	580		0.4
G	0.1405	306.21	300		0.35
H	0.1944	423.76	173		0.35

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水量を求め、ダムにどれだけ貯水されるかをみた。

初瀬ダム

初瀬ダムのは、表-1 に示されているように、ここは電力用のダムである、その有効貯水容量のいっぱいまで、貯水できるかどうかは曖昧であるが、ここでは、この容量まで貯水できるものとした。また、貯水できる降雨は、A Zone の全てである。ただし、これをどこまで貯水できるかは、降雨の量のどれだけの割合で貯水できるかによる。これを見たものが、図 1-3 である。

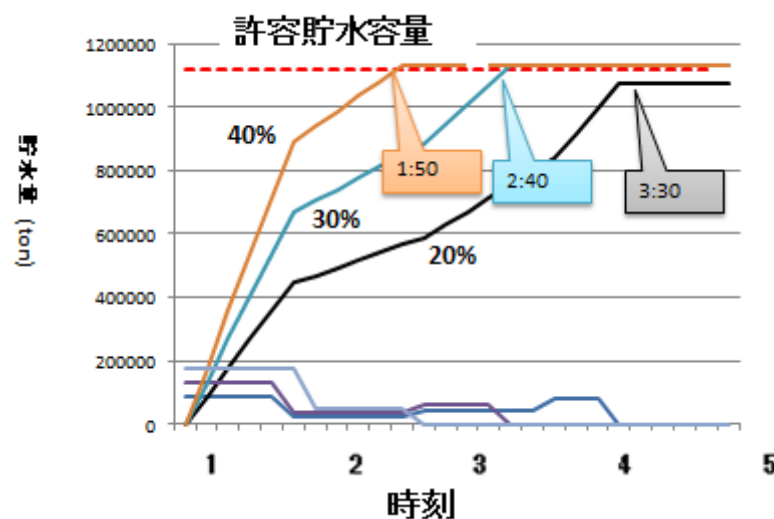


図 1-3 初瀬ダムの貯水状況

アメダスのデータの表示に従うと
1 時間のズレがある

これから、A Zone の降雨の 20%の割合で貯水すると 3 時間 30 分でダムは満杯となり、その後は、放水せざるをえない。40%まで貯水を上げると 1 時間 50 分で満杯になる。これらを適宜、降雨の状況により貯水する必要があるが、ここでは、できるだけ時間を長くして貯水するために、20%の貯水をするものとした。

津賀ダムは、同じく発電用のダムであり、貯水能力がかなり大きい。此处では、B Zone からの流水を受け入れるようにした。貯水容量が満杯になるまで貯水するものとしてその貯水の状況を表したものが、図 1.4 である。

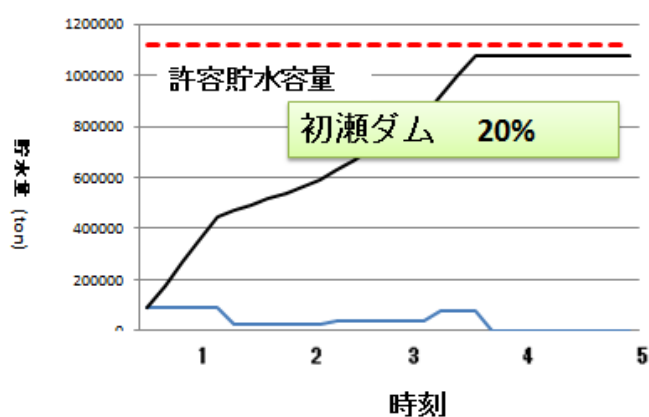


図 1-4 初瀬ダムの貯水運転状況

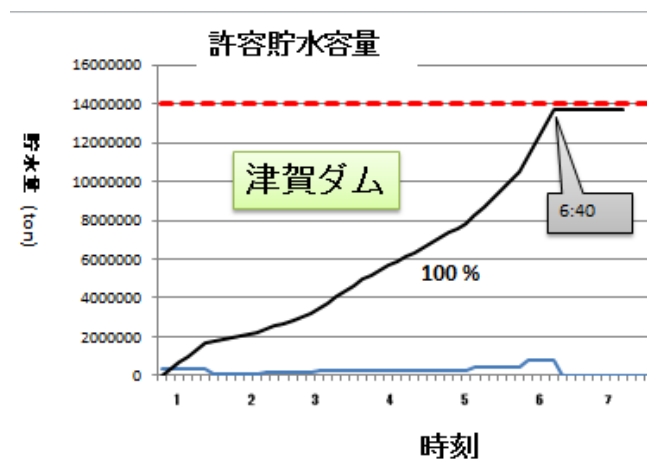


図 1-5 津賀ダムの貯水運転状況

中筋川、横瀬川の場合には、これらは、洪水対策用であるので、目いっぱい活用する事が求められる。これらのダムは H Zone に設置されており、このゾーンの降水量を削減することに役立つが、いずれのダムもここに流れ込む流水の領域が狭く、存分のその能力を発揮しないのではと懸念される。さらには、中筋川は、四万十川の下流にあるもので、四万十川に排水が十分出来るのかどうかも重要な課題である。これらのダムについては、ゾーン全体の 5%が貯水されるものとして、その貯水量のチェックを行った。

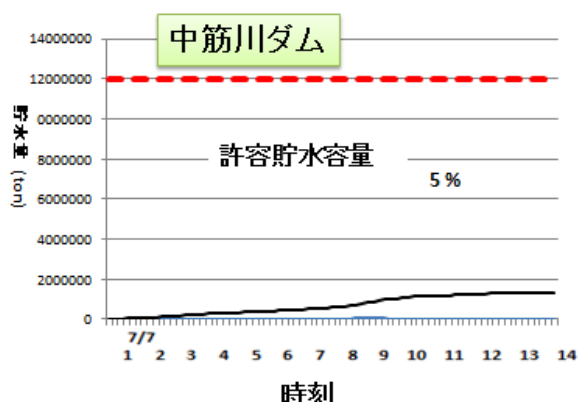


図 1-6 中筋川ダムの貯水運転状況

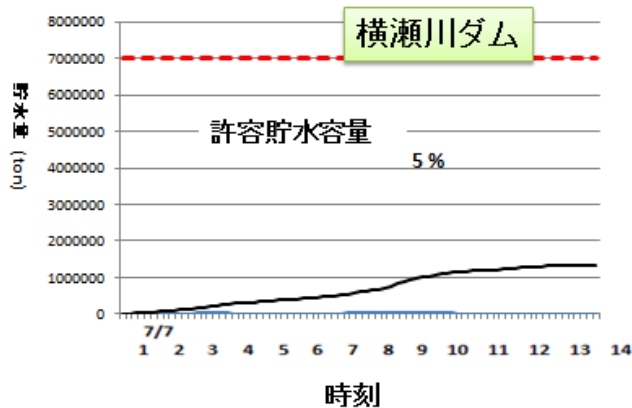


図 1-7 横瀬川ダムの貯水運転状況

2. 氾濫の可能性

以上みてきたように、四万十川の洪水の可能性は、A Zone に降った雨が、初瀬ダムに、B Zone の雨は津賀ダムに、さらには、H Zone の雨の一部が、中筋川ダム、ならびに、長瀬川ダムに貯水されるものとして、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）での流量の経時的に見たものが、次の図である。



グーグルマップより

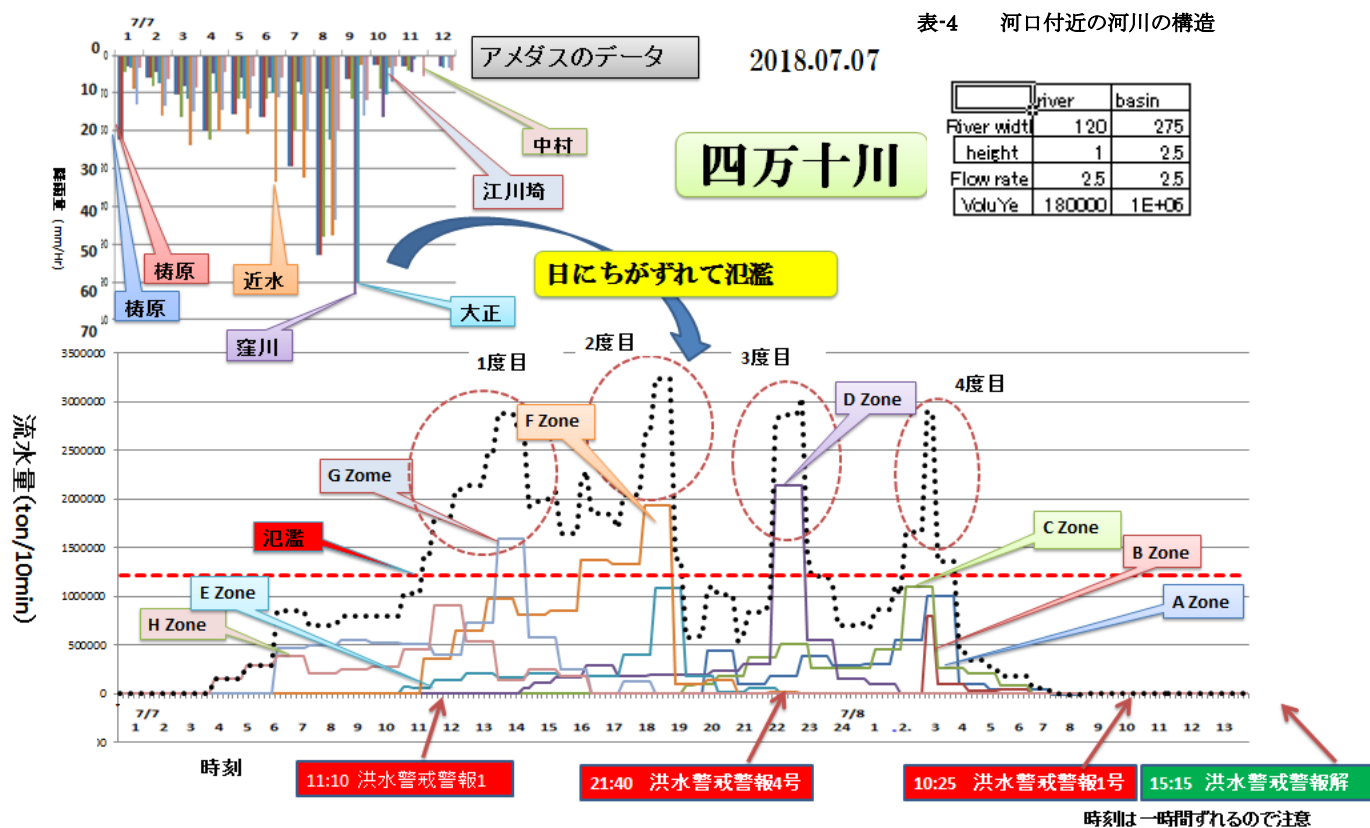


図 2-1 ダムに貯水した場合、河口付近の注目点での氾濫の可能性

流量を計算するための、河川の構造については、グーグルマップより、表-4 の様な数値を読み取り、これをしようした。

四万十川の場合には、きわめて流域が多岐にわたっており、しかも、各支流から四万十川に合流してくる支流の流長もながいので、河口までの到達距離が非常に長い。従って、上流で降雨したものが長時間かかって河口付近に流れ込んでくるので、この図のように、日にちが変わってから氾濫を起こす可能性がある。この図から集中豪雨が起きてから、これが河口付近まで到達するのに相当な時間がかかっていることがわかる。上部での降雨が氾濫を起こす程度を超えるときには、この時間差を最大限に管理運営して利用することが災害を最小限に食い止めるのに役立つのだ。そのための上流での降雨の状況把握、そして、その管理を十分に活かして頂きたい。

因みに、この時の氾濫警戒警報の発令のタイミングと、本方法の氾濫の可能性を予測した警戒警報を図に示した。これからすると、警戒警報は、本プログラムによる結果と非常によく一致しており、このプログラムの結果が、川の水位の状況を元に発令しているものと整合性が高いことがうかがえる。しかし、水位は経時的な変化の現場でのその時点での現象を観察したものに過ぎない。これが、その後どうなるかを表現しているものではない。折角アメダスのデータがありながら、これを生かしていないと言わざるを得ない。少なくとも、流域全体の降雨量を知るだけのデータがあれば、水位がどのように変化をするのかは、予測できるはずである。本方法はその一つにすぎない。非常に前提の多いものであるが、少なくとも、ある程度の予測がこの方法によってできことは明らかだ。

高瀬沈下橋辺りでの氾濫の可能性

四万十川の河口付近での氾濫の可能性をみたが、これは、上流での氾濫の無いことを前提としている。しかしながら、もし、上流で氾濫が起きた場合には、下流での氾濫の可能性は少なくなる。ハザードマップには指摘がないようであるが、四万十川が山間から平野部に流れてきた時に、氾濫の可能性があるのかどうかを高瀬沈下橋付近での河川の構造を元に、検証した。

この近辺での河川の流量計算のためのデータと河川の構造は、表-5、表-6 の通りである。結果を図 2-2 に示した。

表 5 高瀬沈下橋付近の流量計算のための基本データ

S	ratio	Area(Km ²)		Rain(YY/Hr)	浸透率
		1761	Time		
A	0.1128	198.71	940		0.4
B	0.0852	150.11	907		0.4
C	0.13	228.92	907		0.4
D	0.1922	338.44	596		0.4
E	0.0939	165.33	367		0.4
F	0.2115	372.45	407		0.4
G	0.1744	307.04	127		0.35
H	0	0	0		0.35

表 6 高瀬沈下橋付近の河川の構造データ

	river	basin
River width	100	220
height	1.5	2
Flow rate	2.5	2.5
VoluYe	225000	660000



グーグルマップより

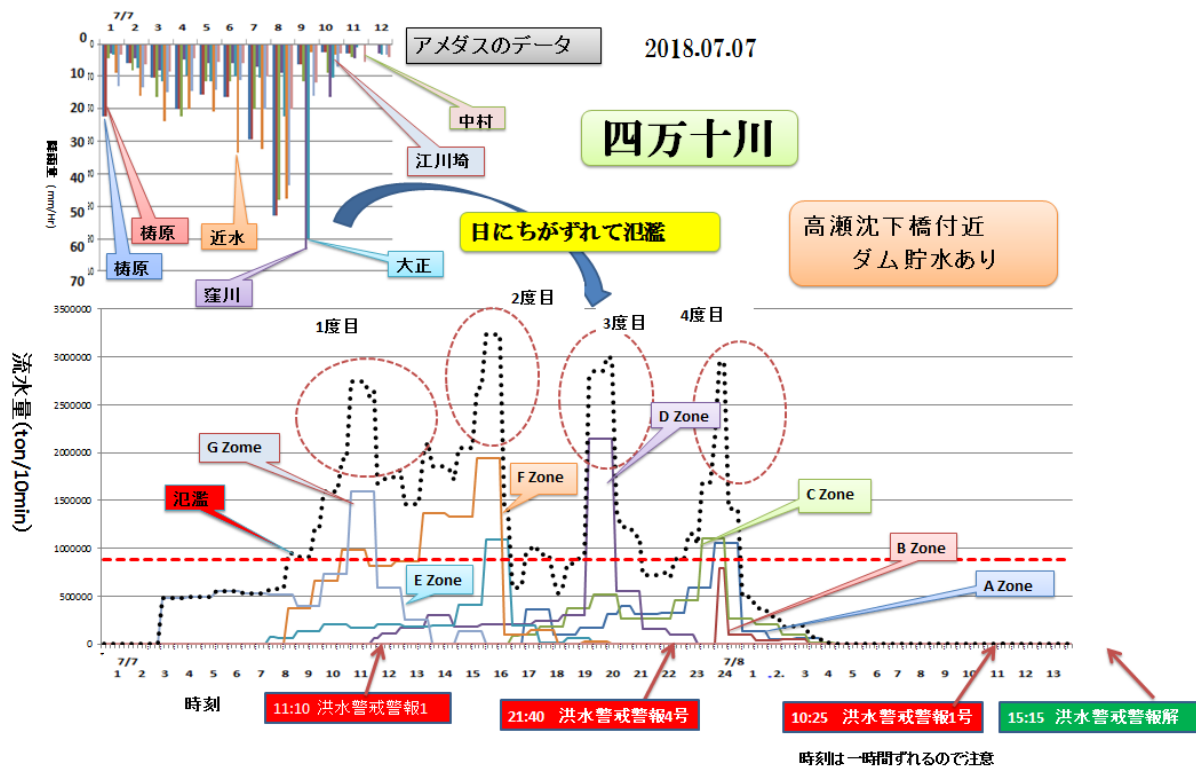


図 2-2 ダムに貯水した場合、高瀬沈下橋付近の注目点での氾濫の可能性

この図から、やはり、この地点で氾濫の可能性があり、警戒警報の発令が遅くなっているが、氾濫までの時間差があるので、災害対策を十分にとって頂きたい。

3 浸透率を変えた場合

これまで、降雨した雨の地中への浸透率を、山地では、40%、ならびに、平野部では、30%と仮定して河川の流量計算をしてきた。この浸透率については、国土交通省の報告があるが、豪雨時には、既にかんりの雨が降っている、あるいは、瞬間的に降雨が多くなっている、既に地中への浸透率は、飽和状態にあるとした。(国土交通省の測定結果を参照。)ただし、これは、山地の状態、ならびに、山地の地質にもより、必ずしも一定とすることが、適当であるかどうかは疑問が残るところである。各ゾーンの地質により変えるべき数値であるが、それにはこうしたことを念頭に置いた調査が必要となるので、なかなか正確な数値は得られない。そこで、ここで、この浸透率が変わるとどうなるかを検証した。ここで、浸透率を

山地では、40%・・・・・・>60%

30%・・・・・・>50%

として、流量計算をした。その結果を図3-1に示した。

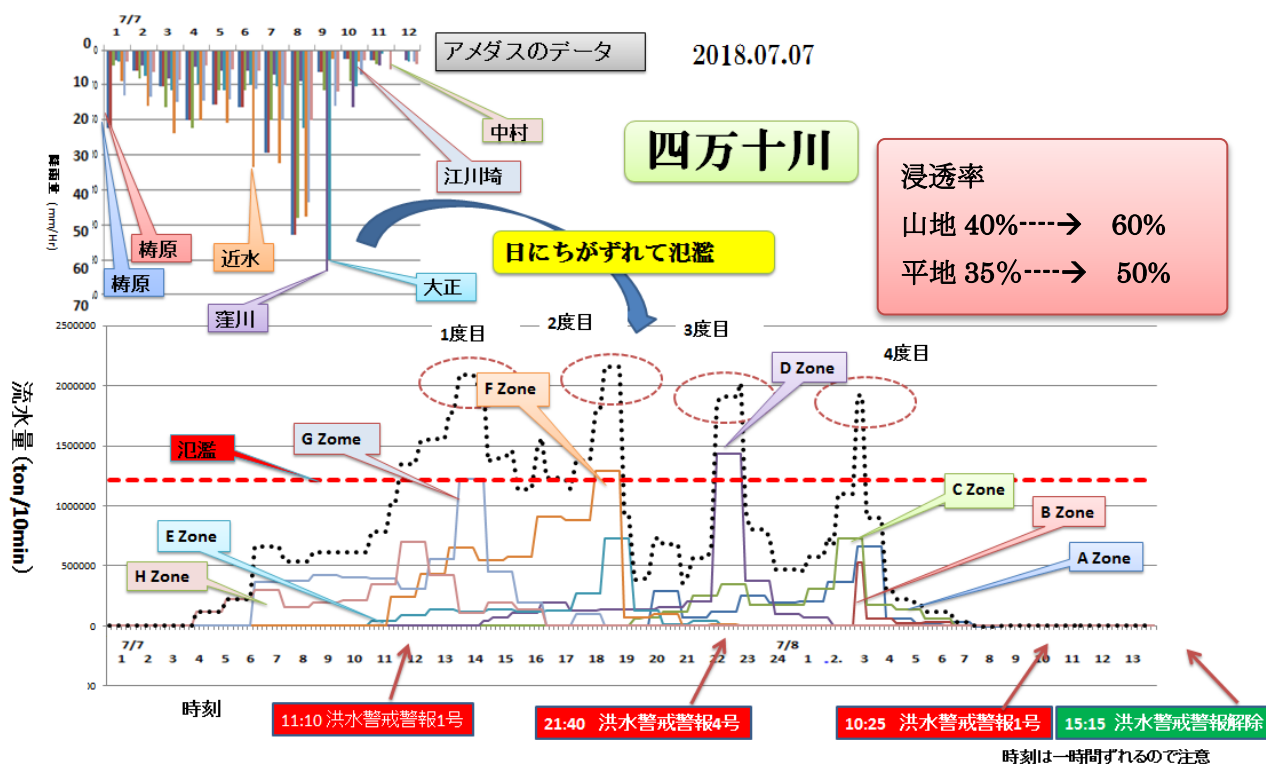


図3-1 河川の流量計算をするための、浸透率のデータを変えた時

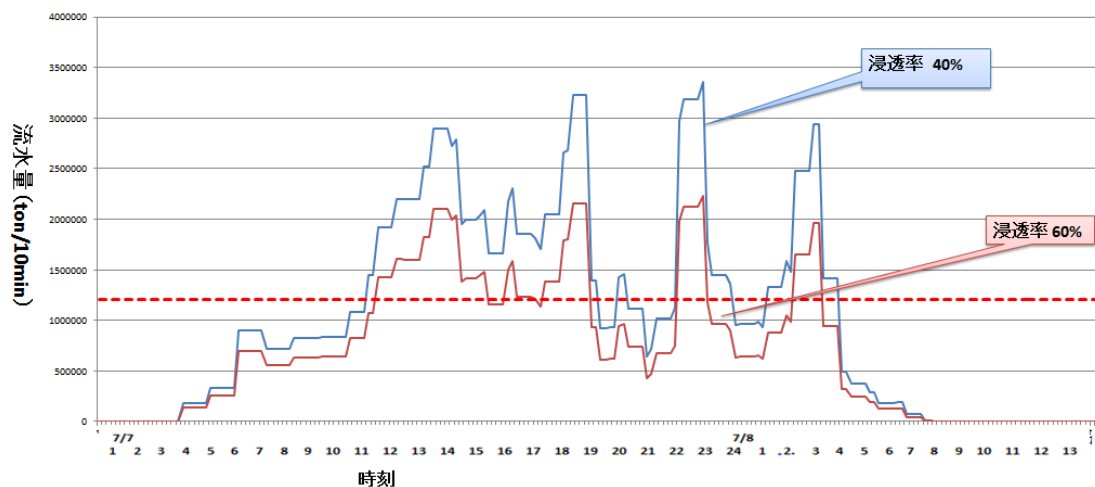


図 3-2 河川の流量計算をするための、浸透率のデータを変えた時 氾濫の起こる可能性

これから、浸透率を変えても、氾濫の程度は多少軽くなるが、氾濫の発生する可能性の時間はあまり変化の無いことが分る。今後の検討課題だ。

おわりに

今回、四万十川の場合、河川の上流に設置されたダムがあまり有効に機能しているとは思われない結果となった。せっかく設置しても、残念なことにそれでも氾濫が起きる可能性がある。それでは、この氾濫での被害を抑える手段はないか。この事例では、氾濫の警戒警報が非常に丁寧に発令されている。しかしながら、氾濫に対する対策は一刻を争うものである。この警戒警報の出されたタイミングと、本プログラムから得られる氾濫予測のタイミングを比較したが、図 2-1 からすれば、多分 3～5 時間程度は早い時間に、かなりの確率で氾濫の起こることを予測できたのでないかと思われる。こうした事例をよく検討して、警戒警報を一刻でも早く発する技術を確立してほしいものである。

(2020. 1.24)

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/shouuinkai/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