

2019.11.20

台風 21 号による集中豪雨での千葉県における河川氾濫について

地政学的異文化研究所
鈴木 誠二

始めに、

先の台風 15 号では、予想された雨が千葉県では心配されたほどでもなく、むしろ、強風による被害が大きかった。台風 19 号では、再び東日本に多大の被害をもたらしてもものの、これはむしろ東北地方や、日本各地での水害が発生と、千葉県ではさほど注目されなかった。しかしながら、引き続き東日本に接近した、台風 21 号崩れの前線が、台風 22 号に影響され、千葉県に集中豪雨が発生し、このため、県名の多数の河川で、思わぬ氾濫を招いた。

こうしたことから、先にわれわれが開発した河川の洪水の可能性探るプログラムを、この実際の雨量をもとに検証を試みた。

検証した河川は、このたびの集中豪雨で氾濫が起きたと報告のあった中で、比較的被害の大きくなる可能性を持つ、次のような主だった河川である。

小櫃川	77.0	Km, 267 平方 K m ²
養老川	73.4	245
小糸川	65.3	142
夷隅川	65.0	299
一宮川	30.3	203
加茂川	22.5	82

の各河川である。

いずれも流域長の長いものであり、このため、河口付近での降雨が終わっても、蒸留に降った雨が、時間差をもって、下流に流入してくるので、注意が必要な河川である。

氾濫予測の手法

氾濫予測の手法については、既に、既報に報告したとおりである。これは、国土交通省の指針に従い、これを簡単な計算プログラムで、アメダスのデータから河川に流入してくる水量を計算し、その一方で、氾濫の起きそうな場所の河川の構造から、水を排水できる量を求め、流入量と排水量を時間的にみて行き、前者が後者よりも過剰であるときに、洪水が起きるとしている。従って、堤防が決壊するような場合には、別の議論が必要となる。(図 1 参照)

1.1 河川の流量

集中豪雨が発生した場合の雨水の河川への流入量を河川の流量(河川流量)とする。

河川流量の求め方については、国土交通省の資料¹⁾に非常に分かり易く説明されている。図 2 に記されている様に、河川の流量は、

1. 降雨量(時間分布、地域分布)
 2. 地形(流域の大きさ、勾配、傾斜面長さ)
 3. 森林(土壌の厚さ、土壌の状態)
 4. 基岩(風化の度合い)
 5. 土地利用(被覆状態)
 6. 河川(長さ、勾配、河床の状態) 等
- などによって決まる。

降雨量については、アメダスのデータが気象庁から、10 分ごとの降雨量が発表されている²⁾ので、ここでは、これをもとに、水量の変化を 10 分ごとに求めることとする

また地形が問題となるのは、夫々の地域における雨の保水能力が違うということである。また、その雨水がどのような速度で表面を流れ、特定地点までどれだけの時間で到達するかも考慮するので、こうした取り扱いに耐えうる地域分布とする必要がある。そこで、河川の流域をもとめ、これを地形、ならびに、アメダスの測定点を加味して、分水嶺に従い、地域の分けを実施する。

以上のようなことを参考にして、各地域での降雨とこれが注目点名で到達する時間を考慮して、河川に流れ込む水の流入量を 10 毎に計算する。

1.2 水の流失量

特定地点での放水量は、河川の状況を図 3 のごとくとする。

堤防の幅、高さから、ならびに、豪雨時の川の流れの速さから、10 分間での放水量 $Me(i)$ ト /10min を求める。

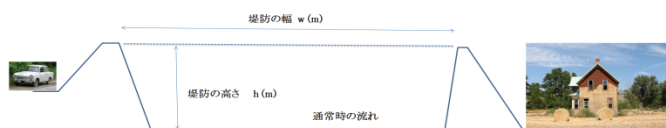


図 3 河川敷と堤防の構造



図 1 洪水予測の手順

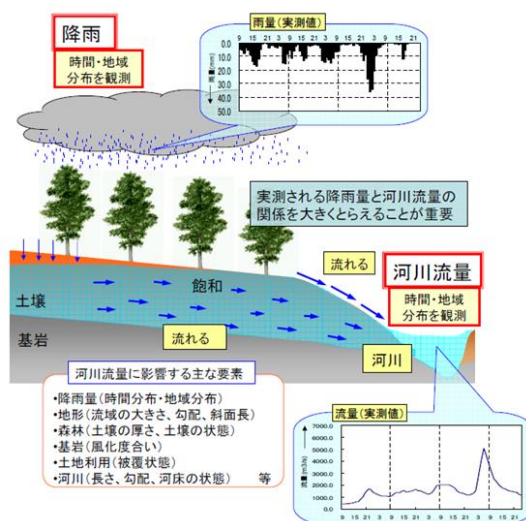


図 2 国土交通省の指針

こうした数値は、現場に行かなければ、詳しい数値は得られないが、ここでは、当面、

グーグルの地図を元に、川幅、河川敷の広さを求め、また、その河川の写真から、土手の高さ、川の流れから、河川敷まで高さを推定した。これらのデータについては、今後は現場での実測を元とすることを進めてゆく必要がある。

1.3 氾濫の可能性

降雨による河川の氾濫の可能性は、注目地点での降雨による河川への流入量と、その地点での川の構造によって決まる排水量との比較から知ることが出来る。現状では、川の水位の変化を測定し、これを元に、避難指示を発しているが、上流で降った雨が、いつ、下流での水位を上昇させるかの配慮がなされて折らず、このため、この避難指示の警告が、被害の発生する時期と一致していないことが多く、これがもとで、住民の避難実施の遅れに繋がっている。

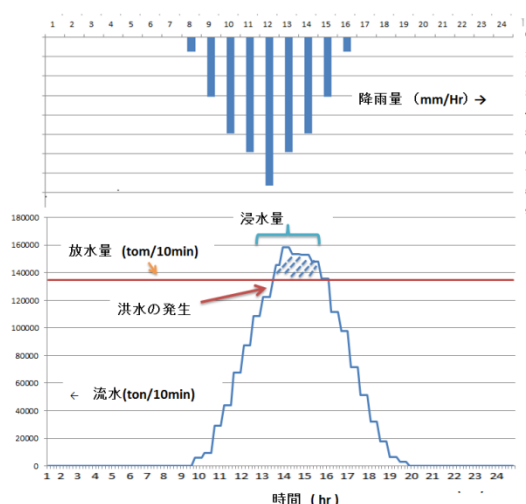


図 4 河川の洪水発生状況検討結果

かを予測することができる。

洪水が起こると予測されても、過剰の流入量がそれほどでなければ、誤差により、降水が発生しない場合もありうるが、その量が余りにも課題であれば、時間的な誤差は多少変えられるにしても、これに備える時間を持つことが出来るし、その対策も実施できる。

以下、今回の千葉での集中豪雨の状況を検証する。

この点、われわれのプログラムは、こうして河川の水位の変化を継続的に推定することができ、下流での降雨が終了したと見なされる後にも、水位が上昇し、洪水が発生する可能性のあることを的確に表すことができる。

ちなみに、図 4 は、河川の流域に降った降雨の量の時間的な変化と、これが、河川に流入してくる量の時間的な変化との比較図である。このように、流域が長くなると、上流での降雨が時間差をもって下流に流れ込んでくるので、この状況を把握することが河川洪水の管理については、非常に重要になってくる。この図で、赤い横線の放水量とあるのは、河川の水を排出する能力のことで、これは、河川敷の広さ、堤防の高さから決まる値であるが、この線を流入量が、越えれば、洪水が発生し、その時の時間を見れば、いつ頃越水が起こる

2 河川氾濫の状況

2-1 小櫃川の氾濫

小櫃川への降雨による流量を求めた。地形図から、河川の流域の地域分けを行う。流域は、分水嶺に従って分ければよい。また、アメダスの測定点も考慮する必要がある。そして、流域の区域分けを行い、その地域の面積比を求め、実際に報告されている流域面積から、その区域の面積をもとめる。

アメダスのデータは、上流域 A,B,C では坂畑、下流域 D,E では、木更津の測定値を利用した。各地域からの河川の注目点までの流水時間は、各地域ごとに、平均的な流入時間をもとめた。

河川の注目点での排水量については、写真（図 5）をもとに、河川敷の広さ、堤防の高さ、そして、川幅、河川敷までの高さを求めた。

入力したデータは、表 1 のとおりである。

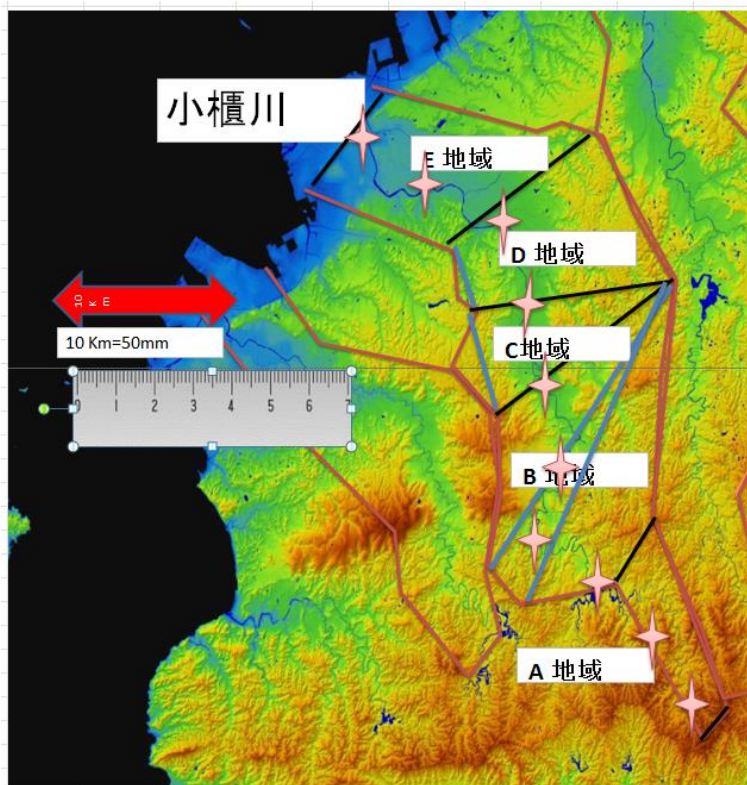


図 5 小櫃川の流域と地域わけ

表 1 小櫃川の流入量計算のための数値

		地域面積比率	流域全面積 (Kmf)	到達時間			
			267	Time			浸透率
A流域	山奥地	0.093704		513.3333			0.5
B流域	中間地	0.320278		408.3333			0.45
C流域	デルタまで	0.133968		233.3333			0.4
D流域	やや高地	0.220937		175			0.3
E流域	低地	0.234261		87.5			0.3

また、注目点での排水量を決めるための川の構造を求めた。

表 2 小櫃川の構造

河川敷までの高さ	0.0	m
河川敷の広さ	140.0	m
堤防の高さ	2.0	m
流速	2.5	m/sec.



写真 1 小櫃川の構造

これらの数値を用いて計算した結果を示す。次の図 6 は上記のようにして求めた降雨量の時間変化と、小櫃川に流れ込む水の量、ならびに、その地点での排水量を示した。

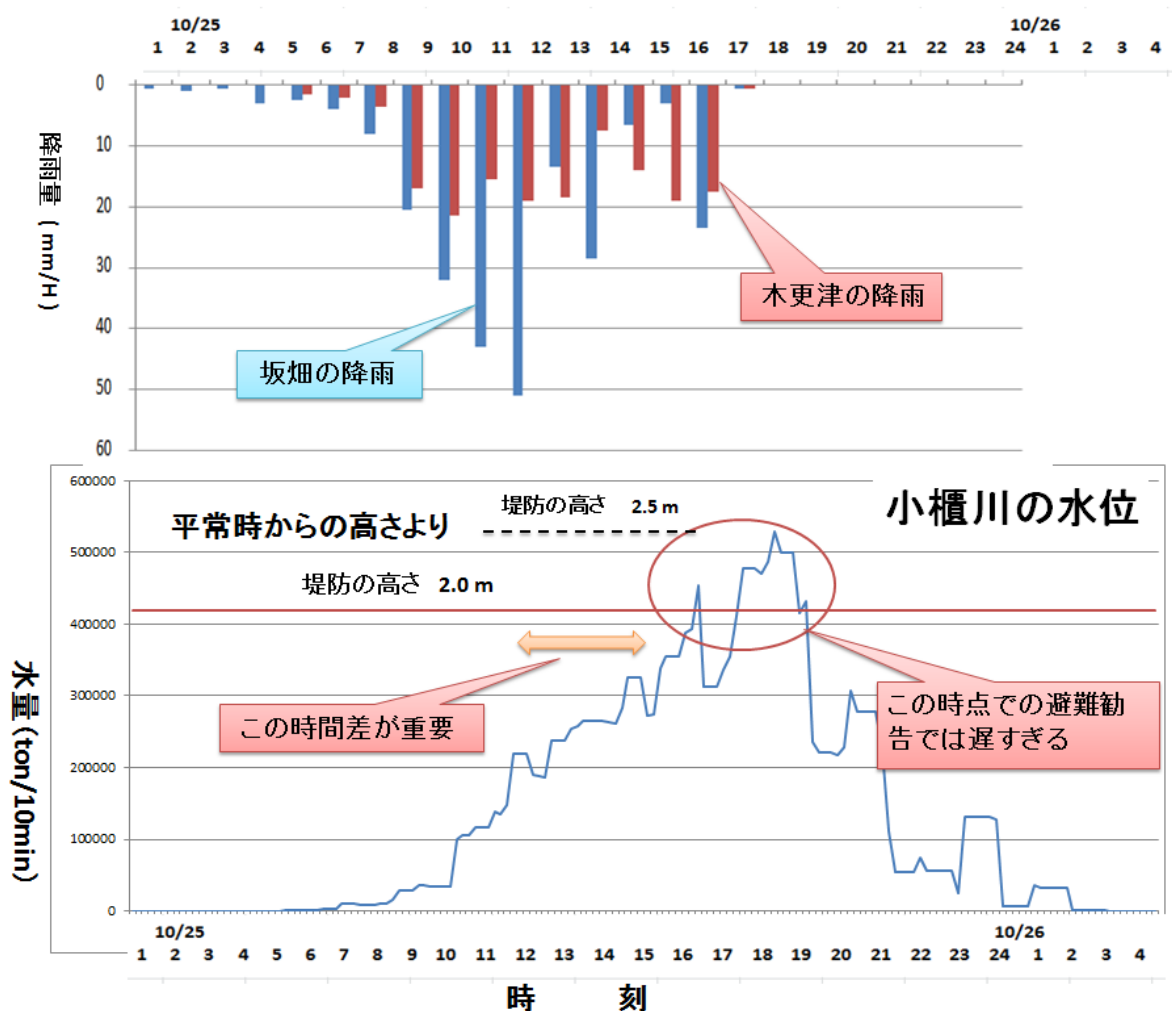


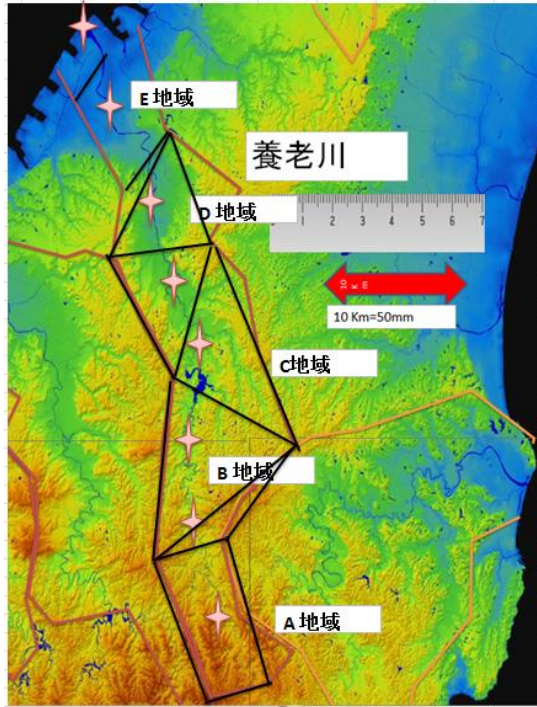
図 6 小櫃川の氾濫の状況

図からわかるように、降雨の水の流入量は、上流域で降った雨が、4 から 5 時間後に、排水量を超えてくる。この時点では、堤防の高さが 2.5 メートル必要である。それ以下では、越水するので、場所により、浸水がおこる。

小櫃川の氾濫はこのようにして起きたものと考えられる。しかしながら、上流での雨量が既に分かっていたので、この氾濫は予測できたはずである。氾濫した地点にもよるが、上流で氾濫を起こせば、下流は、安全かも知れないが、被害が発生することには間違いない。しっかりした監視体制が求められる。

2.2 養老川の氾濫

養老川での降雨による流水流を求めるために、流域を定めて、地域分けを実施する。結果は、次の図のとおりである。



アメダスデータ

- A 坂畑
- B 坂畑
- C 牛久
- D 牛久
- E 千葉



写真 2



写真 3

図 7 養老川の流域と地域わけ

表 4 養老川の流入量計算のための数値

		地域面積比率	流域全面積 (km ²)	到達時間			
			245.9	Time			浸透率
A流域	山奥地	0.2		486.67			0.5
B流域	中間地	0.21		400.00			0.4
C流域	デルタまで	0.31		266.67			0.4
D流域	やや高地	0.19		166.67			0.3
E流域	低地	0.11		100.00			0.3

表 5 養老川の構造

河川の幅	120.0	m
河川敷までの高さ	0.0	m
河川敷の広さ	120.0	m
堤防の高さ	2.0	m
流速	2.5	m/sec.

河川敷はなく、平常の河川の水位がそのまま、上昇する。堤防の高さを越えると氾濫になる。

これらの数値を用いて計算した結果を示す。次の図 8 は上記のようにして求めた降雨量の時間変化と、養老川に流れ込む水の量、ならびに、その地点での排水量を示した。

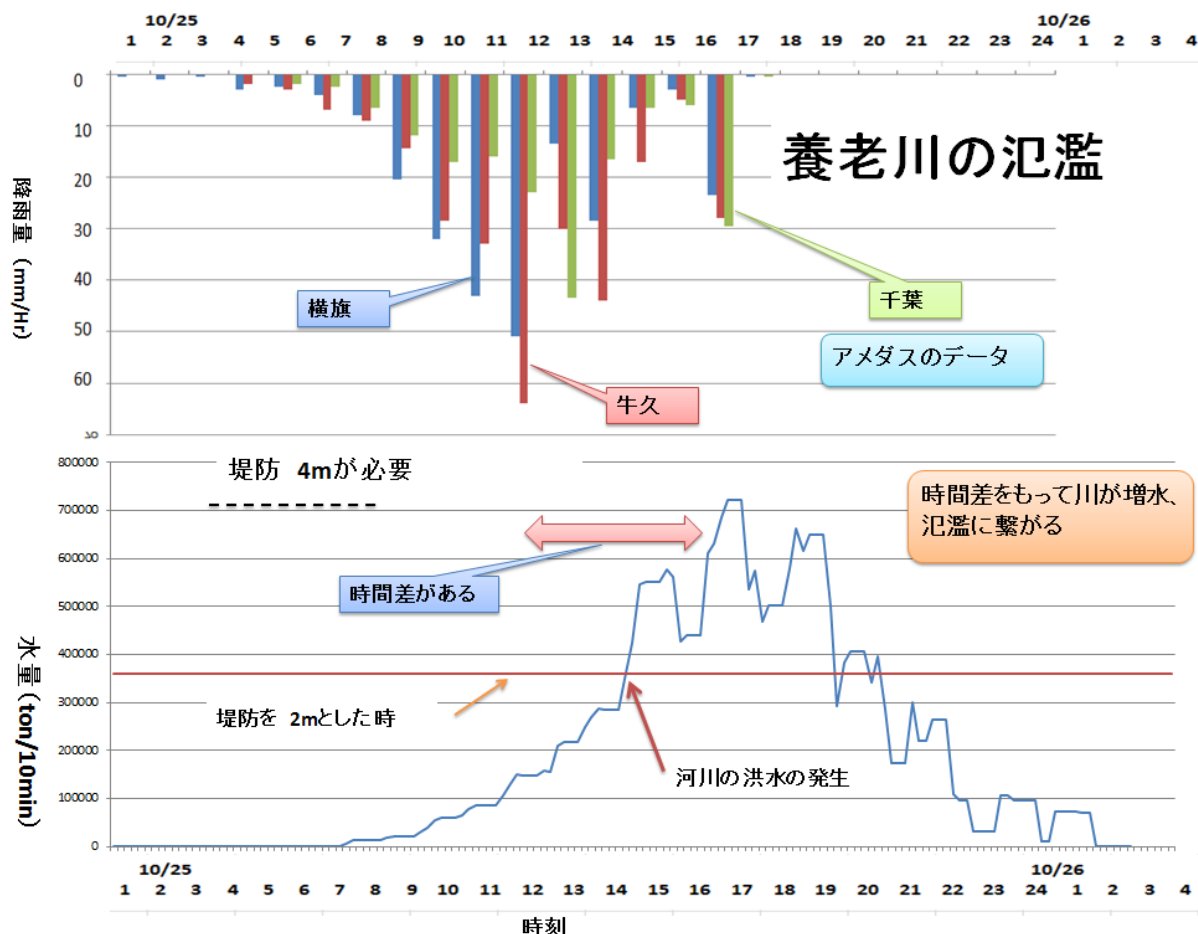


図 8 養老川の氾濫の状況

中流流域の牛久近辺の降雨量が多く、当然のことながら、時間差をもってこれが下流に流れ込んでくる。その量が多く、堤防の高さを大きく超えて、氾濫が起きてしまう。3～5 時間程度の時間差で流れ込んでくるので、アメダスのデータを確認して入れば、2～3 時間程度の余裕を持って、警戒警報、避難指示を出せたはずである。

この図から分かる様に、水位の上昇は急激におこるので、現場で水位を確認して、それから警報を発していたのでは、住民にはその準備に十分な時間的余裕は無いことが良く分かる。

2.3 小糸川の氾濫はこうして起きた

小糸川は、流域面積が 65.3K m²、延長 142 メートルの河川。水源は、南房総の山中にあり、東京湾に注いでいる。この河川の流域を図 9 のごとく区域分けをした。

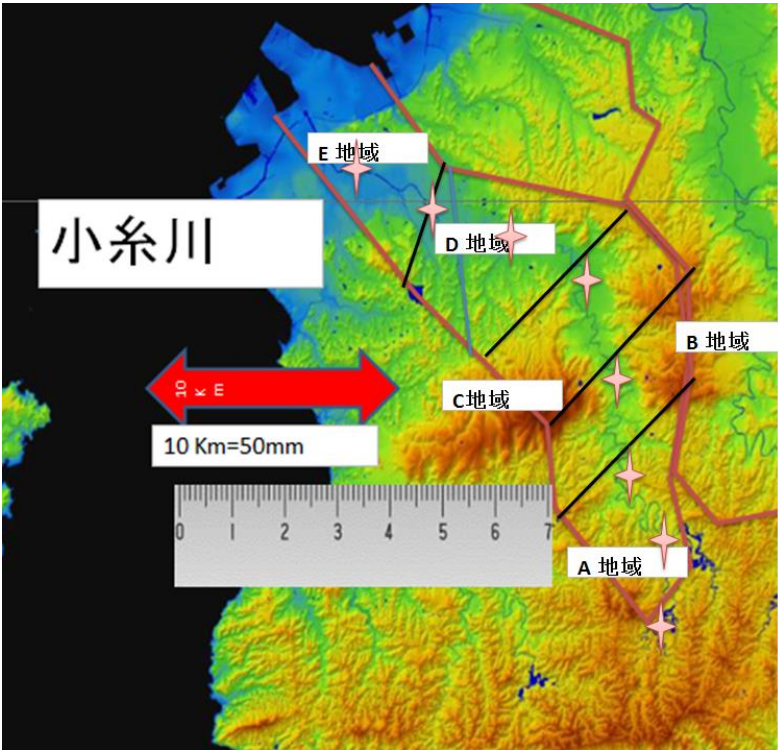


図 9 小糸川の流域と地域わけ

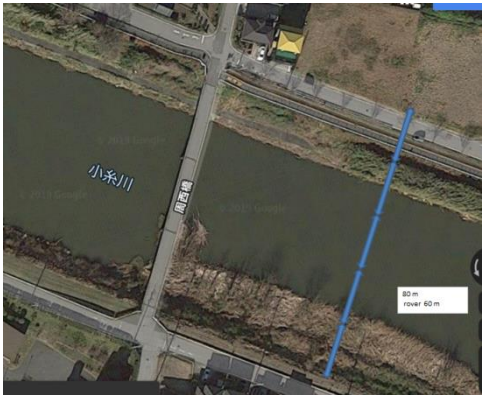


写真 4 小糸川の川幅



写真 5 小糸川の土手例

表 6 小糸川の流入量計算のための数値

		地域面 積比率	流域全面積 (K㎡)	到達時 間 Time	40 Rain(mm/Hr)	浸透率
			142		6.6666667	
A流域	山奥地	0.2		500.00		0.5
B流域	中間地	0.2		366.67		0.45
C流域	デルタまで	0.2		300.00		0.4
D流域	やや高地	0.2		233.33		0.3
E流域	低地	0.2		100.00		0.3

表 7 小糸川の構造

河川の幅	80	m
河川敷までの高さ	0	m
河川敷の広さ	80	m
堤防の高さ	2	m
流速	2.5	m/sec

小糸川流域での降雨の状態と河川への雨の流入量の経緯を示した。降雨は、山地は坂畑の雨量、平野部は、木更津の雨量を採用した。

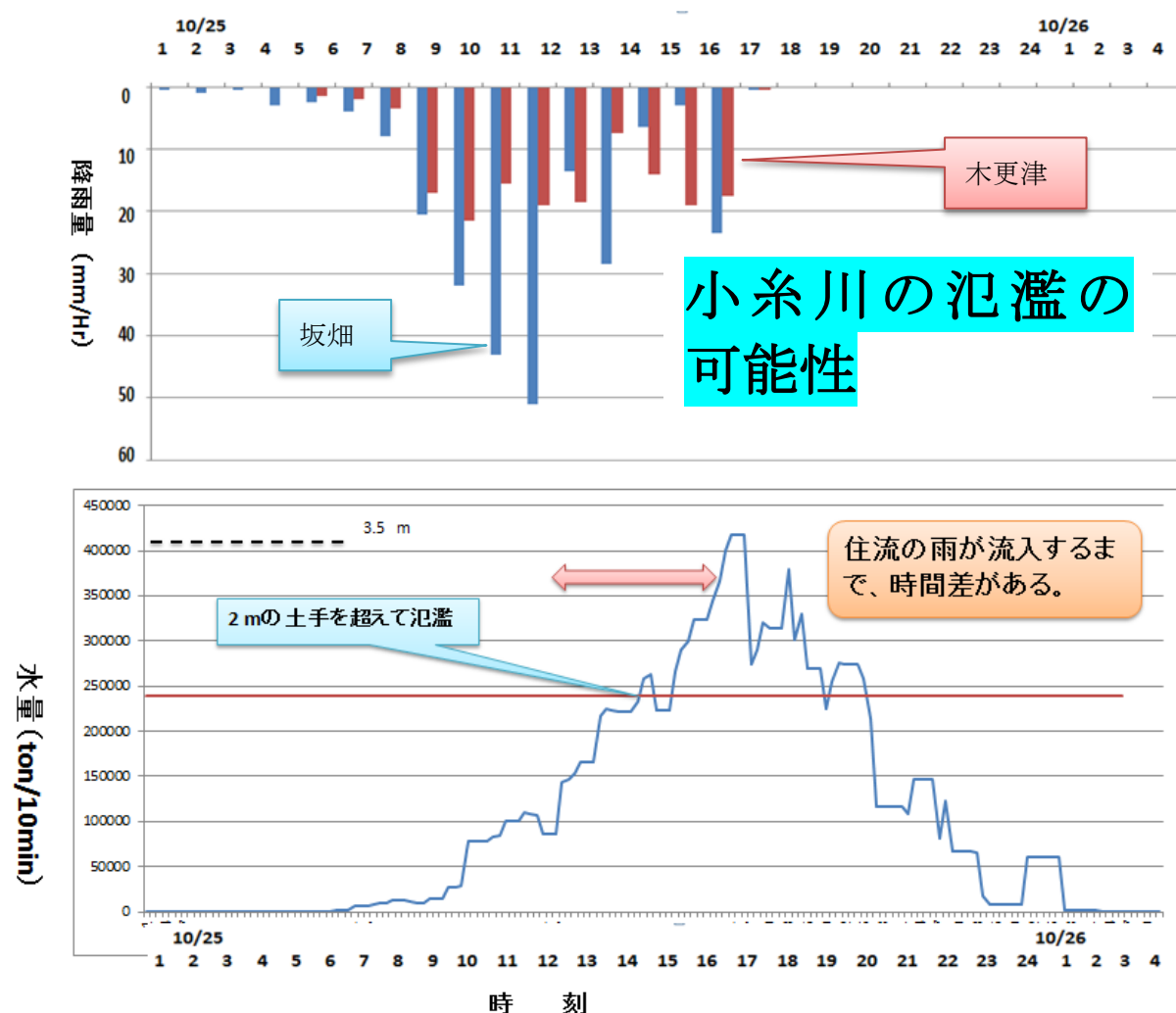


図 10 小糸川の氾濫は、予測できた

図一10 から、上流での降雨の影響が、川下では、2～3 時間後に出てくる。この時間差の間に避難の指示を明確にすることが、氾濫の被害を少なくする。氾濫の起こることを明確な情報として住民に与え、避難を的確に行う必要がある。

2.4 夷隅川

流路長さ 65.0 Km 流域面積 299 Km²

夷隅川（いすみがわ）は、千葉県の房総半島南東部を流れる二級河川である。千葉県最大の流域面積をもつ。清澄山系の東方の勝浦市上植野に源を発し、数多くの溪流をあわせ複雑に蛇行しながら北流した後、大多喜町付近でその流れを東折し、いすみ市岬町和泉で太平洋に注ぐ。全流域面積の約 60%は山地となっている。この河川の流域を図 11 のごとく区域分けをしたが、ここでは、領域が狭いので、一区画として検討した。

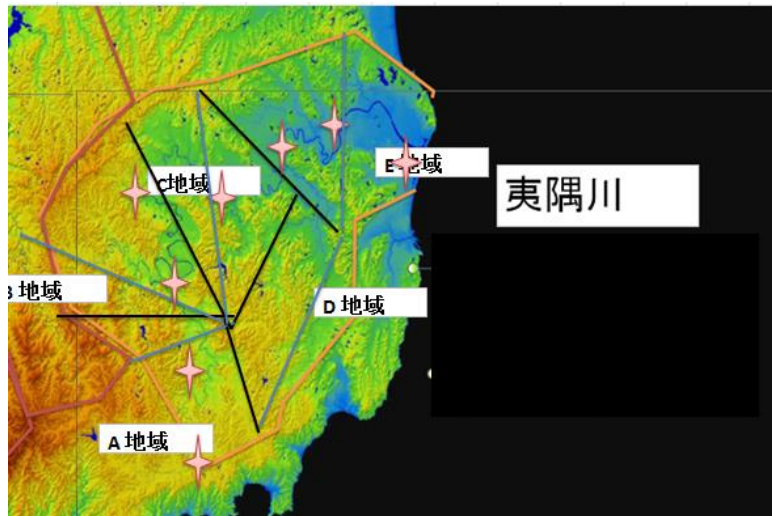


図 11 夷隅川の流域と地域わけ



写真 6 夷隅川の土手例

表 8 夷隅川の流入量計算のための数値

		地域面積比率	流域全面積 (Km ²)	到達時間	v	浸透率
				Time		
A流域	山奥地	1	299.4	43.33333	MIN	0.4
B流域	中間地	0	0	0		0.4
C流域	デルタまで	0	0	0		0.3
D流域	やや高地	0	0	0		0.3
E流域	低地	0	0	0		0.3

表 9 夷隅川の流入量計算のための数値

m	
河川数	53
堤防高さ	0.5
洪水時	2.5
川幅	45
河川数高さ	2.9

夷隅川の氾濫の状況を図 12 に示した。上流地方で発生した集中豪雨が、大きな氾濫を起こす前に、既に、夷隅川は氾濫状態にあったのではないかと。堤防の高さが不十分であったことが明白。雨水を放出する方水路の検討、ダムを設置など、基本的な対策が必要。さらに詳しい結果の調査が求められる。

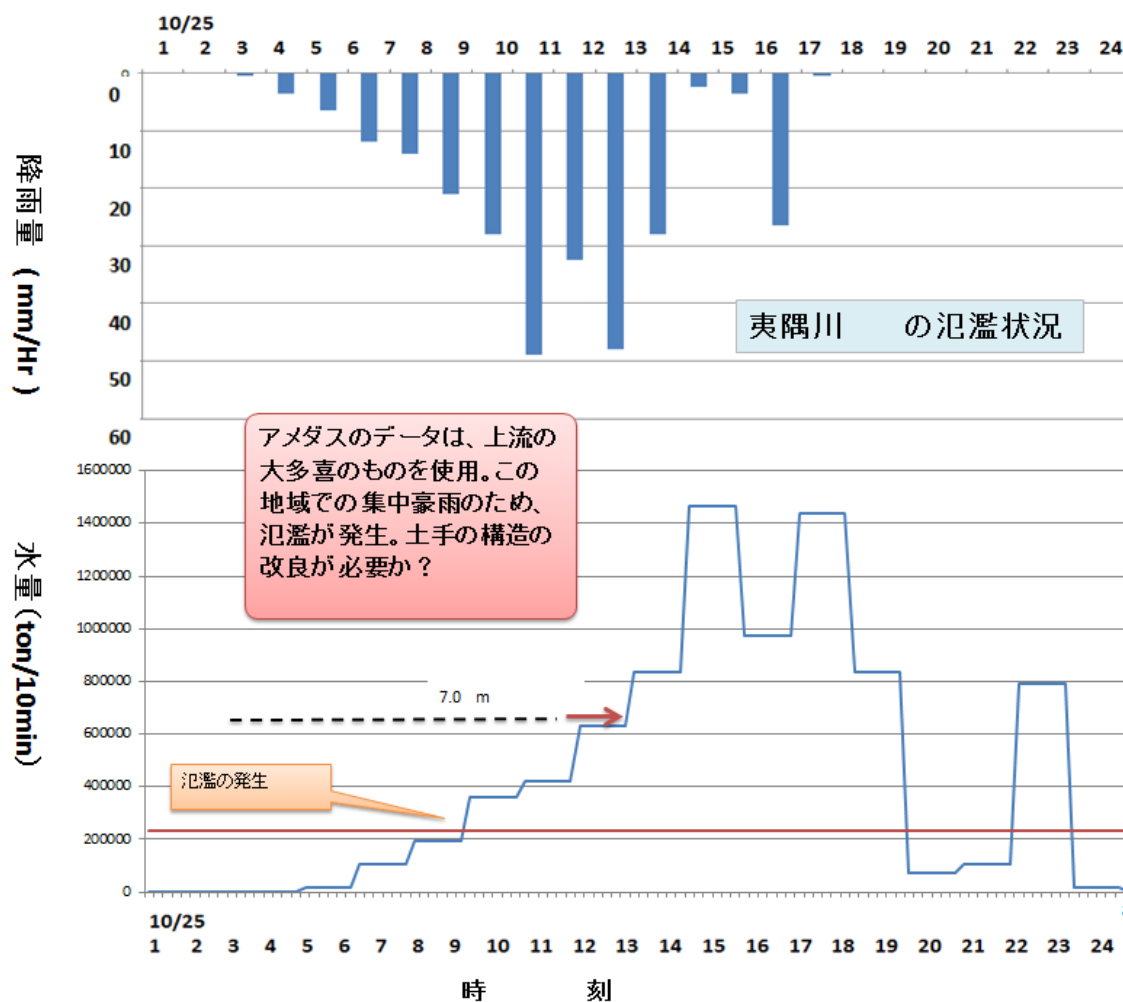


図 12 夷隅川の流域の雨量と川の流量

2.5 一宮川 流路全長 30.3 Km 流域面積 203 Km²

一宮川（いちのみやがわ）は、千葉県の九十九里平野南部を流れる二級河川である。流域は夷隅郡大多喜町、長生郡長柄町、長南町、茂原市、長生村、睦沢町、一宮町の1市6町村にまたがる。千葉県長生郡長南町深沢の山間部の房総丘陵に源を発し、長生村一松の九十九里浜で太平洋に注ぐ。流路は図12の通りであり、これをアメダスの測定点を参考に区域訳をした。

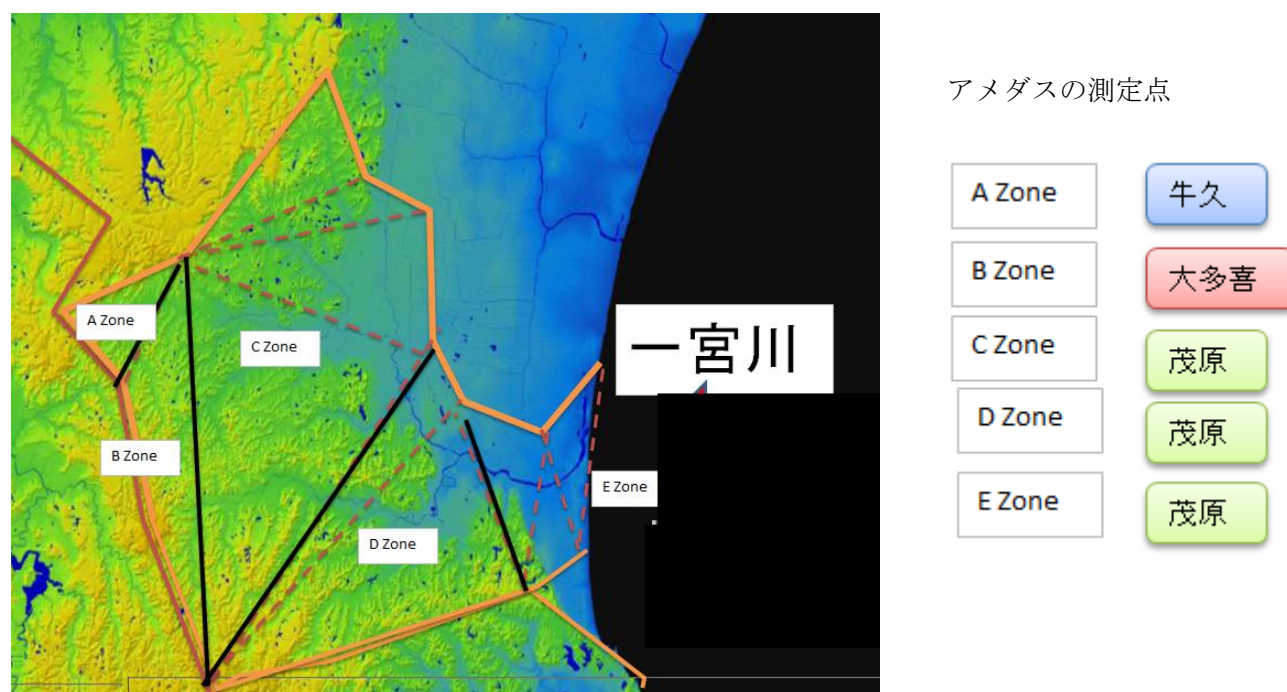
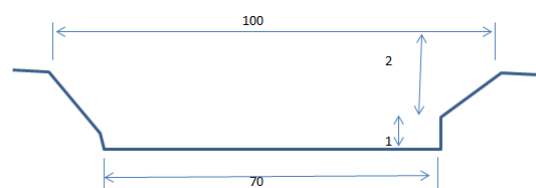


図13 一宮川の流域

表10 一宮川の流量計算のためのデータ

		地域面 積比率	流域全面積 (Km ²)	到達時 間	Rain(mm/Hr)	浸透率
S			203	Time		
A流域	山奥地	0.043		147		0.4
B流域	中間地	0.108		140		0.4
C流域	デルタまで	0.509		97		0.35
D流域	やや高地	0.249		93		0.35
E流域	低地	0.091		40		0.35



一宮川の流れ込む雨水の量と川の構造から考えられる流出量との関係から、一宮川の流水の流量の関係を下図に示した。

図 14 一宮川の川の構造

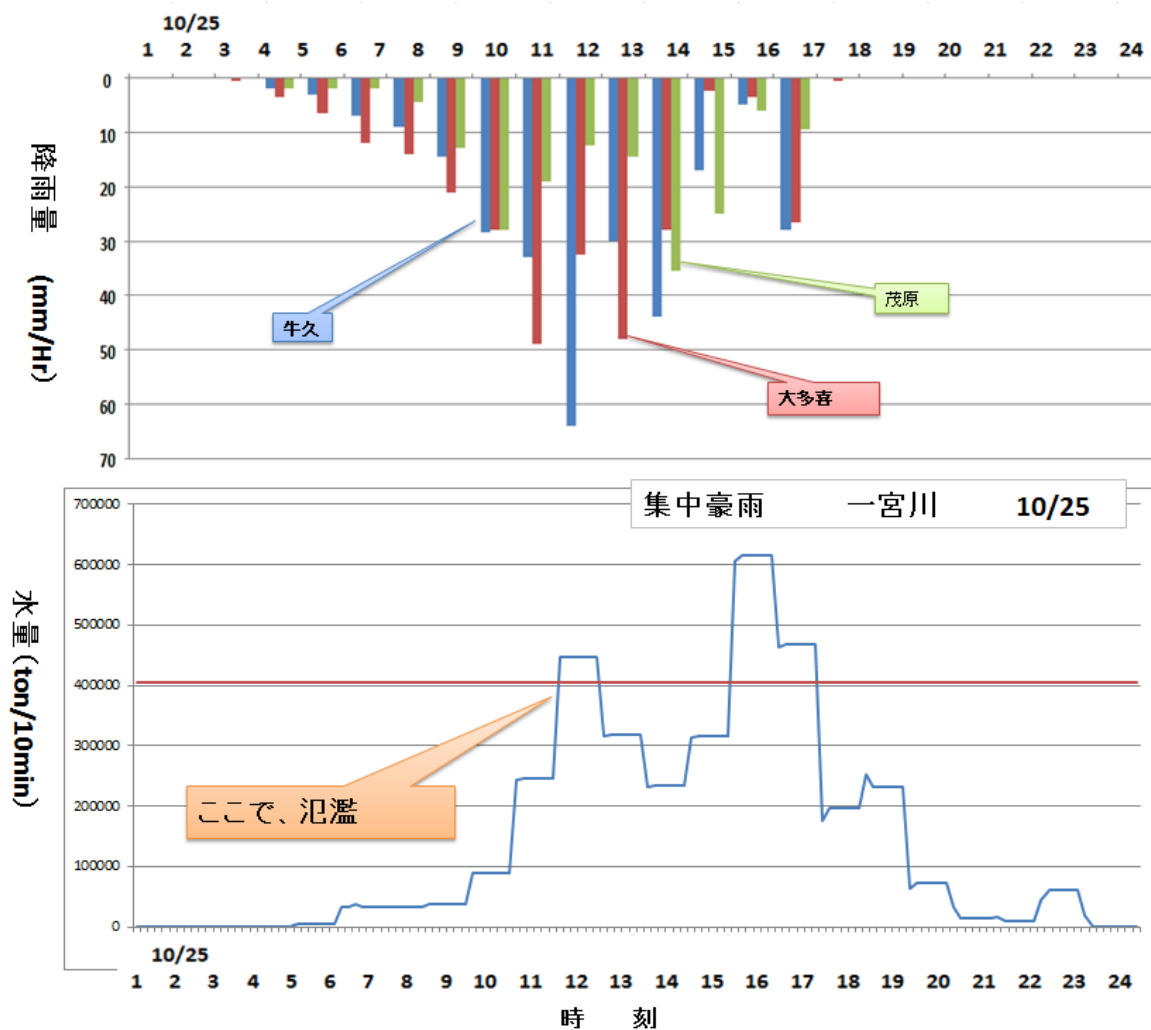


図 14 一宮川の氾濫の状況

この図からもわかるように、一宮川の氾濫は降水との時間差が非常に少ない。従って、氾濫は、当地である茂原地区での降雨が激しかったことによるもので、迅速、かつ、的確な、危険の認識が必要である。ここでは、アメダスデータそのものによる洪水の危険性の周知に工夫が必要であることを示している。

2.6 加茂川 流路全長 2.5 Km 流域面積 82 Km²

千葉県鴨川市西部に源を発し概ね東に流れ、鴨川市貝渚と鴨川市前原の境界から太平洋に注ぐ。流路延長 24.7km。流路は下図に示したとおりである。

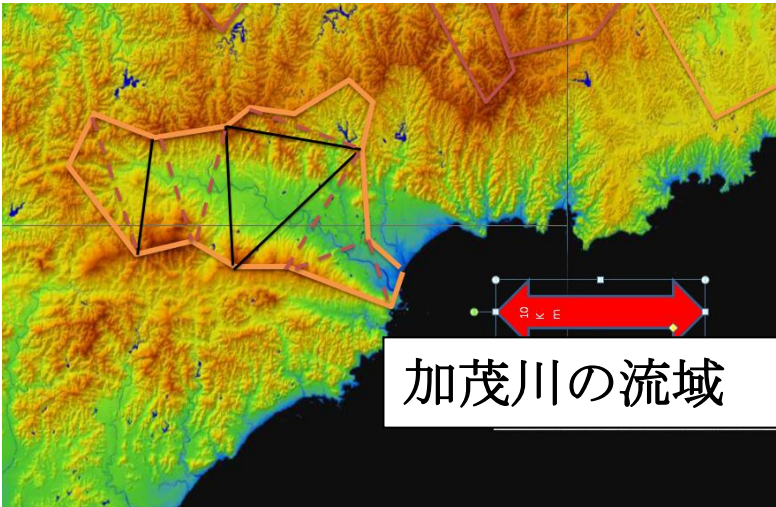


図 15 加茂川の流域

表 11 加茂川の流量計算のためのデータ

		地域面積比率	流域全面積 (Km ²)	到達時間	浸透率		
			82	Time			
A流域	山奥地	0.16881		133.3333			0.4
B流域	中間地	0.248048		113.3333			0.35
C流域	デルタまで	0.081305		86.66667			0.35
D流域	やや高地	0.242536		80			0.3
E流域	低地	0.259302		40			0.3

表 12 加茂川の川の構造

河川敷	35	川幅	35
堤防高さ	2.5	河川敷まで	0
洪水時	2.5		

ここでは、上流域では鋸南、そして、中流以下では、鴨川のアメダスのデータを使用した。

加茂川に流入してくる雨水の量と、加茂川の排出能力を時間的に比較したものが図 16 である。

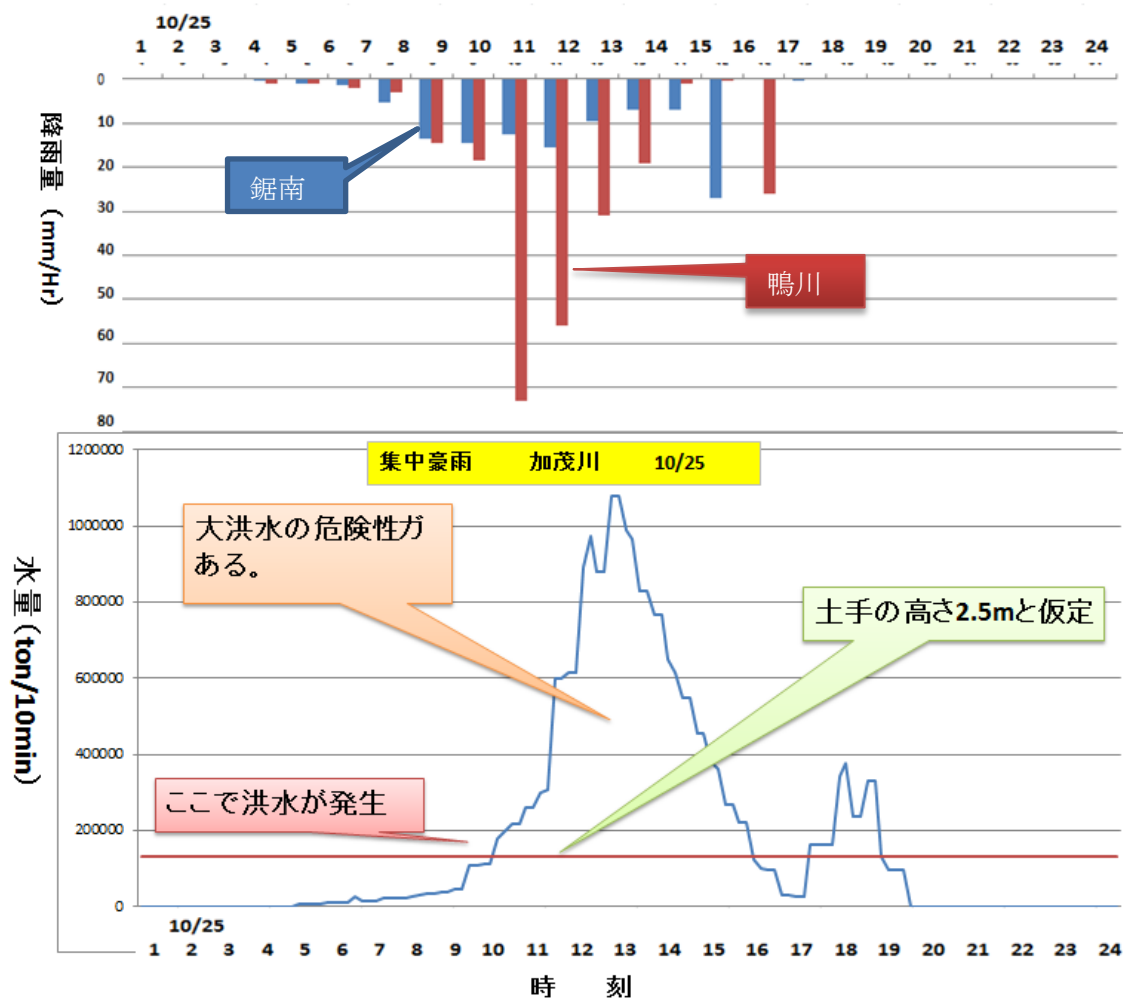


図 16 加茂川の氾濫の状況

加茂川の氾濫の場合には、地元での降雨が原因となっていることが分かる。地元での氾濫は、時間的な余裕が無いので、このような場合には、水位の観察を十分にするとともに、アメダスのデータそのものを予測することがある。天気予報から、風向き、雨雲の状況、そして、雨雲が当たって雨となる地形などにも十分な考慮が必要である。

最後に、今回の集中豪雨では、河川の流域面積が大きい一級河川よりも、県が管理している二級河川での氾濫が多数発生している。一級河川では、過去の水害により、その対策もかなり深刻な問題として対策がとられて来ているが、二級河川の場合には、こうした配慮が欠けているような結果になっている。とりわけ、二級河川の場合には、流路が短いこともあり、当地での雨量が氾濫の原因となり、この場合には、アメダスのデータから洪水を予測しても、実際に氾濫が発生するまでの時間差がかなり短く、非難も十分ではなくなる可能性がある。このようなことから、現実には、水位の観察が正確に行われることが望まれる。

二級河川の場合には、アメダスのデータからの洪水予測が、時間的に厳しいのであるから、アメダスのデータを待たずに、雨雲の様子から、雨量の程度を予測することが非常に重要になってくる。今後は、こうした点を配慮して、このプログラムの活用範囲を広めて行きたい。

(2019.11.19 記)