

# アメダスのデータをもとに河川の水位を予測する(第1報)

## 円山川の場合

地勢学的異文化研究所

鈴木 誠二

はじめに

国土省は、豪雨による河川の氾濫について、河川の各所に設置した水位観測所のデータをもとに、氾濫予測をして来た。しかしながら、氾濫時には、水位の上昇を確認してから洪水警報、避難勧告などを発していたのでは十分な氾濫対策を取ることはできない。

一方、気象庁は、各地の豪雨の状況をアメダスで測定している。これにより、その地域に降った雨の量がわかり、これが河川に流れ込んでくる。どの程度の水量になるかがわかれば、河川の増水の程度を知ることができる。この河川の増水の程度から、河川の水位がどのようになるかが予測出来るなら、河川の氾濫を予測できることになる。

先に我々は、アメダスのデータをもとに、国土省が開発した「貯留関数法」という手法を利用して、全国の河川について、豪雨時における河川の水量を計算し、河川の特定地域の流量の経時的变化を求め、河川の構造から氾濫の起こる可能性を検証してきた。

この度、国土省のご厚意により、過去の河川の水位について、その実績データをご教示頂き、実際の流量の変化の状況がどのようなものであったのかの検証することが出来るようになった。

そこで、アメダスのデータから得られた、特定地域の水量を、その地点の水位で表すことにより、実際の水位の実績と比較し、氾濫の起きる可能性を水位から予測できるかどうかを、過去の河川の氾濫時のデータから検証した。

この結果、豪雨時の水量の変化の状況から、河川の構造の精度などにより多少の時間的なずれはあるにしても、水位の変化を予測する事が十分可能である事がわかった。

但し、河川の水量については、ダムの貯水、放水の手法、また、氾濫が起きた後の河川の流の変化については、不確定要素があり、問題はあるにしても、豪雨による河川の増水については、水量の変化と水位の変化は非常によく整合しているが、水量が減少する時の水位の下がり方については、氾濫した水の戻りなどの不確定要素があり、必ずしもアメダスのデータの通りには、下がらないようだ。この件については、さらに検討が必要だが、氾濫の予測については、最初の増水がどのように起きるのが問題であり、ここでは、これ以上の議論はしていない。

## 1. 河川の構造と水位

河川の水量は、河川の断面積と流速から求める事ができる。

$$Q = S \times v$$

ここで、  
**Q**：流量  
**S**：河川の断面積  
**V**：流速

である。水量が  $q$  である時の水面の高さを  $h$  とし、水面が土手の高さのどこまで上昇しているかを見る。

河川の構造は、主として河川の部分と河川敷とからなるが、これらをそれぞれ独立した台形面の部分と考える。複雑な構造をした場合も考えられるが、それはいくつかの台形が積み重なったものと考えれば良い。

この台形での水面の高さと水量の関係を求める。



図1 河川の構造

河川の構造を図1のように考えた時に、水面の高さは、式(2)と(3)のようになり、この  $h$  についての二次方程式を解くことにより、水量が  $q$  の時の水面の高さを求める事ができる。ただし、河川敷まで水面が上がった時には、河川の部分を流れる水量を減ずる必要がある。

この様にして、水量から、水面の高さを求める事ができるので、水面の上昇を予測する事ができるようになる。

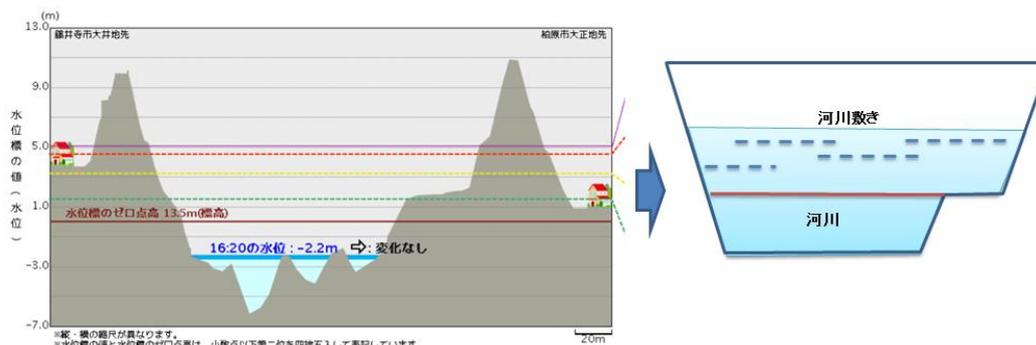


図2 河川敷での水位の求め方

河川敷の場合の取り扱いは、河川の構造を河川と河川敷に分けてこの台形の積み重ねとすれば良い。河川敷の時に  $h$  がマイナスならば、河川敷まで水面が上がって来ないことを意味する。 $h$  がプラスであれば、水面が河川敷まで上がって来ている。

この様にして、河川と河川敷、あるいは、幾つかの台形部分にわけて、水量と水面の高さをもとめ、そのあと、スタート時の水面の高さ、あるいは、平常時の水面の高さを加味して、実際の水位の高さを水位計の高さで表現するようにする。

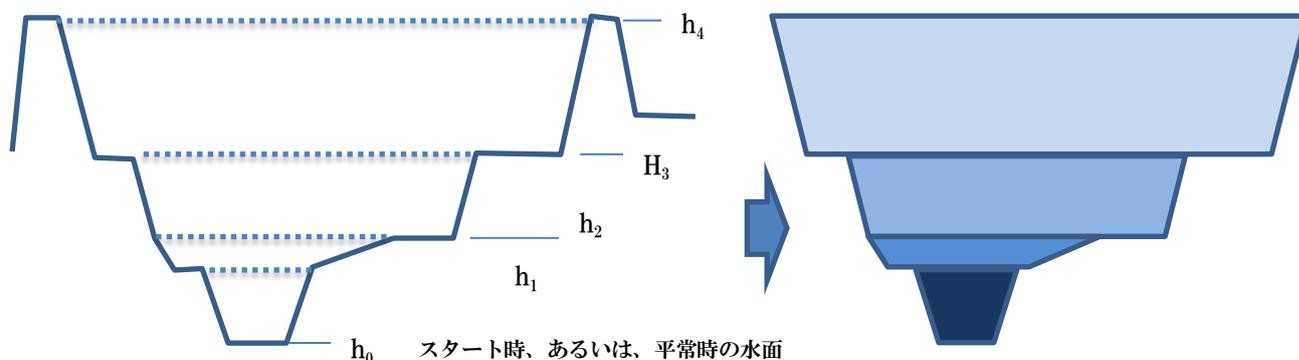


図3 複雑な河川の構造

この全国の各水位測定場所の河川の構造については、国交省の『川の防災情報』<sup>1)</sup> にその地点の川の断面図が紹介されており、増水した時の氾濫の可能性については、水防団の待機水位、氾濫注意水位、避難判断水位、氾濫危険水位が示されているので、これから危険性を知ることができる。

また、各河川の過去の水位の実績については、国交省の、「水文水質データベース」<sup>2)</sup> に

水管理・国土保全局が観測データを公開しているため、これより引用した。このデータベースから、全国の各水位測定所の水位の変化して行く状態を知ることが出来る。

## 2. 河川の流量と水位の変化

今回、近畿地方を流れる河川の流量の変化とその時の水位の実体の整合性をみた。近畿地方整備局が管轄している河川の豪雨時の水量の変化については、我々が別途検討し、報告書にまとめられている。<sup>3)</sup>

この報告書は、2018年7月5日から6日にかけての豪雨の際に、近畿地方整備局の管轄下にある一級河川の氾濫を予測するために、各河川の水位の変化をアメダスのデータから算出したものである。ここでは、これらの河川のうち、水位の上昇が顕著であった河川の円山川について、水位の測定場所に相当する地点での水量の変化と、その水位測定所での水位の実測との整合性を検討した。

### 2.1 円山川での水位の変化

先に円山川が、2018 7.5～6に掛けての豪雨で氾濫を起している可能性を指摘した。円山川の水量の変化は、図4のようにこの川の流域を区分分けし、それぞれの地域にあるアメダスの観測値から、川の流量をもとめた。区域分けについては、各支流の分水嶺、アメダス観測所の有無とその位置、支流との合流状況などを念頭に置いて行い、水量の測定値は、合流点など、川の流れに特徴のある地点とした。

また、水位の測定値は、水量をもとめた地点に近い所の水位の測定所を選択し、その観測地点での実測値を採用した。

円山川の場合には、水量を計算するポイントを府市場、立野、並びに、河口附近としている。これらの地点での水量の変化を、水位計の測定値と比較してみた。

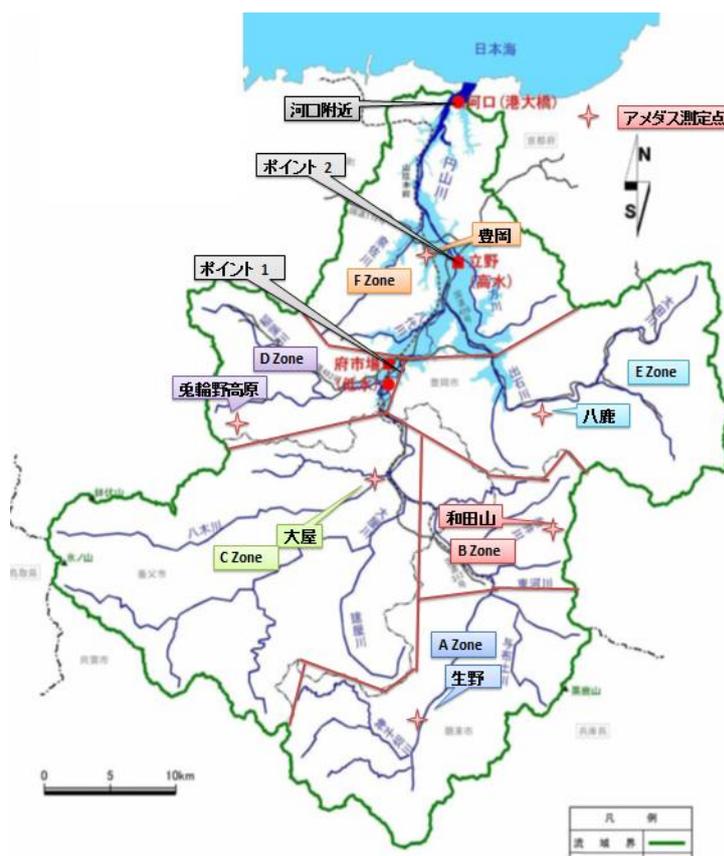


図1 円山川 流域区分わけと観測ポイント

## 水位計の測定値

水量を算出した地点での水位の状況を知る必要がある。水量を求めたこれらの地点に相当する水位測定場所を「水文水質データベース」にある観測所として、特定する必要がある。特定地の場所と、データベースにある水位測定地の場所は、地図上で、出来るだけ近い場所とする。幸い円山川の場合には、府市場、立野が水位の測定値となっているので、これを引用する。河口地点は、水位計の測定地の特定が難しい。しかも、測定場所によっては、河川の構造がかなり異なるので、一概に対応がとれているとは言い難いが、とくに近隣での測定値を決めて、個々での水位の変化を見た。円山川の河口では、城崎としてこの値を引用した。これらの地点での、この豪雨時での水位の変化の状況は表 1 のごとくであった。

表 1 各ポイントの水位

		府市場	立野	城崎
2018/7/5	9:00	-0.87	0.77	0.78
2018/7/5	10:00	-0.82	0.79	0.74
2018/7/5	11:00	-0.71	0.8	0.73
2018/7/5	12:00	-0.55	0.82	0.75
2018/7/5	13:00	0	0.88	0.72
2018/7/5	14:00	0.4	1.09	0.74
2018/7/5	15:00	0.72	1.32	0.75
2018/7/5	16:00	1.24	1.63	0.8
2018/7/5	17:00	2.22	2.12	0.87
2018/7/5	18:00	3.13	2.68	0.84
2018/7/5	19:00	3.82	3.34	0.91
2018/7/5	20:00	4.27	4.05	0.99
2018/7/5	21:00	4.44	4.58	1.04
2018/7/5	22:00	4.34	4.87	1.13
2018/7/5	23:00	4.05	4.96	1.19
2018/7/5	24:00:00	3.7	4.91	1.19
2018/7/6	1:00	3.29	4.73	1.17
2018/7/6	2:00	2.89	4.48	1.12
2018/7/6	3:00	2.49	4.19	1.05
2018/7/6	4:00	2.12	3.89	1
2018/7/6	5:00	1.82	3.58	0.93
2018/7/6	6:00	1.54	3.29	0.9
2018/7/6	7:00	1.31	3.04	0.86
2018/7/6	8:00	1.11	2.81	0.84
2018/7/6	9:00	0.93	2.59	0.8
2018/7/6	10:00	0.79	2.37	0.74
2018/7/6	11:00	0.73	2.19	0.73
2018/7/6	12:00	0.77	2.06	0.66
2018/7/6	13:00	1.08	2	0.64
2018/7/6	14:00	1.58	2.1	0.64
2018/7/6	15:00	1.64	2.32	0.64
2018/7/6	16:00	1.6	2.45	0.65
2018/7/6	17:00	1.69	2.57	0.7
2018/7/6	18:00	2.27	2.72	0.75
2018/7/6	19:00	3.01	3.02	0.79
2018/7/6	20:00	3.48	3.49	0.87
2018/7/6	21:00	4.09	4	0.95
2018/7/6	22:00	4.52	4.55	1.06
2018/7/6	23:00	4.77	5.05	1.21
2018/7/6	24:00:00	4.99	5.48	1.32

## 府市場辺りでの水位の比較

このようにして、先のアメダスから計算した水量の変化を水位に換算して、表 1 の水位の実測値の変化と比較した。円山川の最も上流にある水量の計算の地点は、府市場である。図 1 から分かるように、この場所は沢山の支流が集まってくる場所で、円山川の広範な水源地に降雨した雨が一同に合流している地点である。ここでの水量の変化は、先に我々の報告書に示されているので、これを引用する。

府市場辺りの水量の変化

今回の集中豪雨の間、アメダスのデータから得られた府市場辺りの水量の変化を図2に示した。流水量が10分当たりの水量であることに注意をして頂きたい。

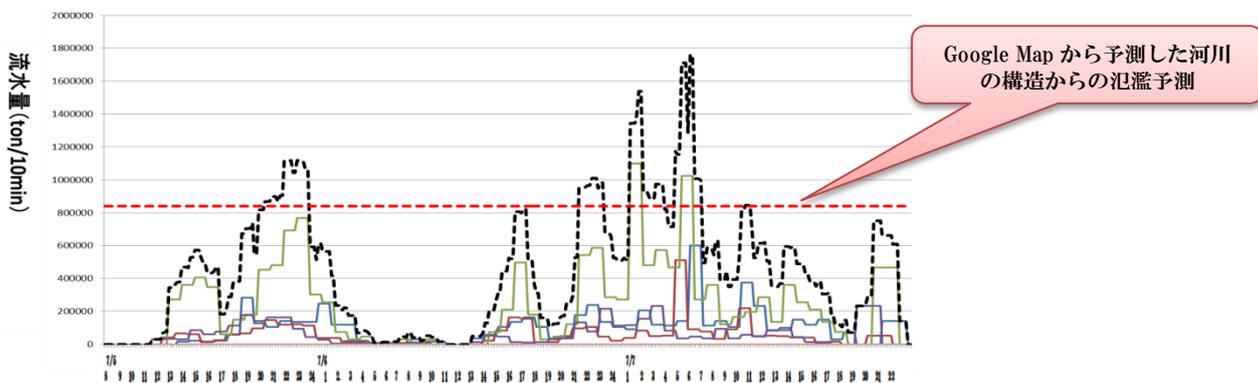
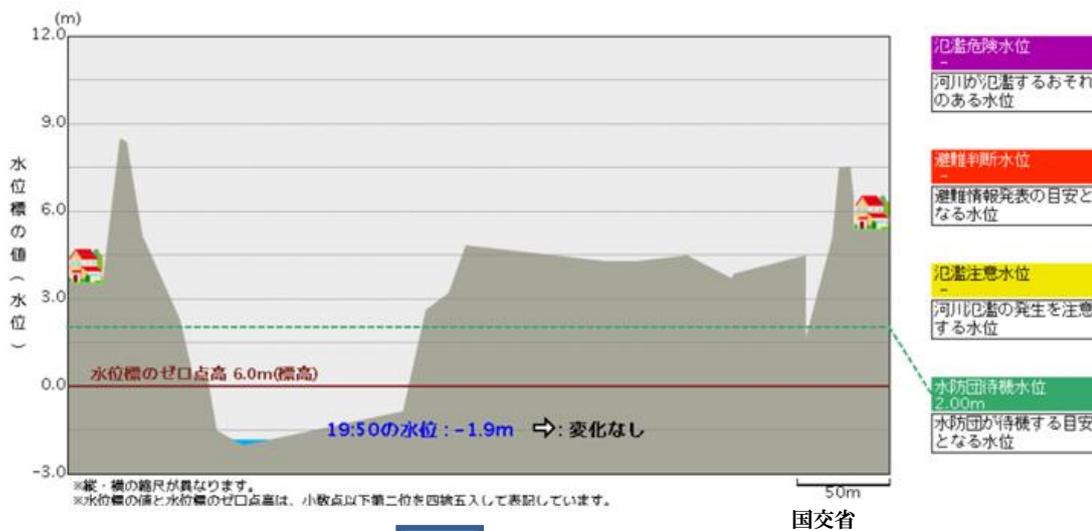


図2 円山川 府市場辺りの水量の変化

府市場辺りの川の構造



※縦・横の縮尺が異なります。  
 ※水位標の値と水位標のゼロ点高は、小数点以下第二位を四捨五入して表記しています。

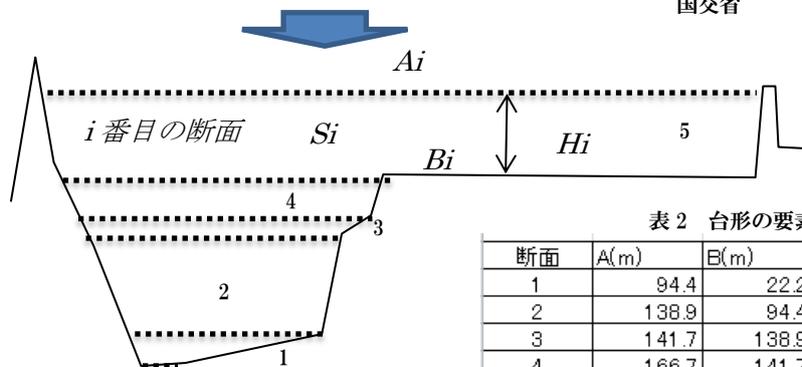


表2 台形の要素

断面	A(m)	B(m)	H(m)	HO (ゼロ点)
1	94.4	22.2	0.7	0
2	138.9	94.4	3.75	0.7
3	141.7	138.9	0.3	4.45
4	166.7	141.7	1.75	4.75
5	383	361	3.4	8.15

図3 円山川 府市場辺りの川の構造

台形の要素を元に、この川の断面図から求めた水位を水位計の読みに換算し、これを実際の水位計の測定値と比較した。こうして得られた水量から推定される水位の一部を表3にまとめた。これらを豪雨の間を通じて、比較したものが図4である。

表3 円山川 府市場辺りの水量から求めた水位と実測値との比較

時間	7月5日	11	12	13	14	15	16	17	18
水位	(m)	0.427823	0.788131	2.690322	3.50466	3.317036	3.190163	2.174617	4.238471
水位計の読	(m)	-0.77218	-0.41187	1.490322	2.30466	2.117036	1.990163	0.974617	3.038471
測定値	(m)	-0.71	-0.55	0	0.4	0.72	1.24	2.22	3.13

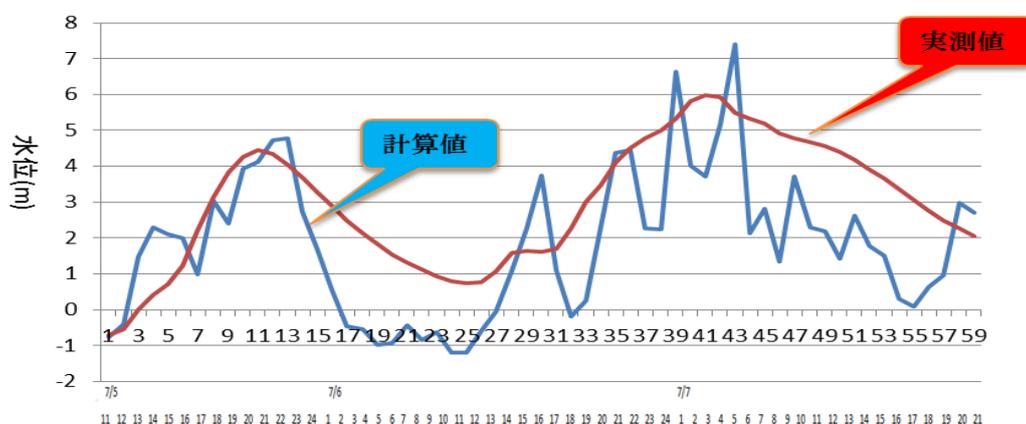


図4 円山川 府市場辺りの水位 計算値と実測との比較

ここで、アメダスのデータから求めた水位は、スタート時の水面の高さを実測値と合わせている。勿論、このことは現場の管理では十分考えられるやり方である。その後の水位の状況を見ると、水位が増加する時間、その程度は非常によく一致していると言えよう。とりわけ、最初のピーク、すなわち豪雨による危険性の認識は、このピークの状況をよく観察することが大事であるが、時間的にはほぼ同時にピークに達している。これは、二度目のピークについても言える。また、ピーク後の水位の低下については、現状よりもかなり早く水位が下がっている。これは、アメダスのデータから降雨の状態を反映しており、水位の増加は、降雨によるところが主と考えている。が、水位の低下については、一度水位がピークに達すると、水位の低下がただ単なる降雨の状況だけでは決まらないことを意味している。ただし、二度目の水位の増加についてはこの影響はあると思われるが、水位の増加は、よくアメダスのデータを反映しているものと思われる。

今後は、こうした現象を認識しながら、アメダスのデータの基づく水位の上昇がどのように実際の水位の変化に反映されているのか注目して、議論して行きたい。

残念ながら、この府市場での河川の構造図からは、水位がどのくらいになった時に、警戒警報が出されるのか、あるいは、避難指示、氾濫警戒水位がどの程度であるのかが示されておらず、我々には、水位の予測だけしかできない。是非、当時の状況の見直し、こう

した指示が事前にできたかどうかを確認して頂きたい。

### 立野辺りでの水位の比較

府市場の下流の立野辺りでの水位を見た。ここは、円山川の源流である大屋川に出石川が合流し、降雨の状況により水量が大幅に増加する地点である。

今回の集中豪雨の間、アメダスのデータから得られた立野辺りの水量の変化を図5に示した。

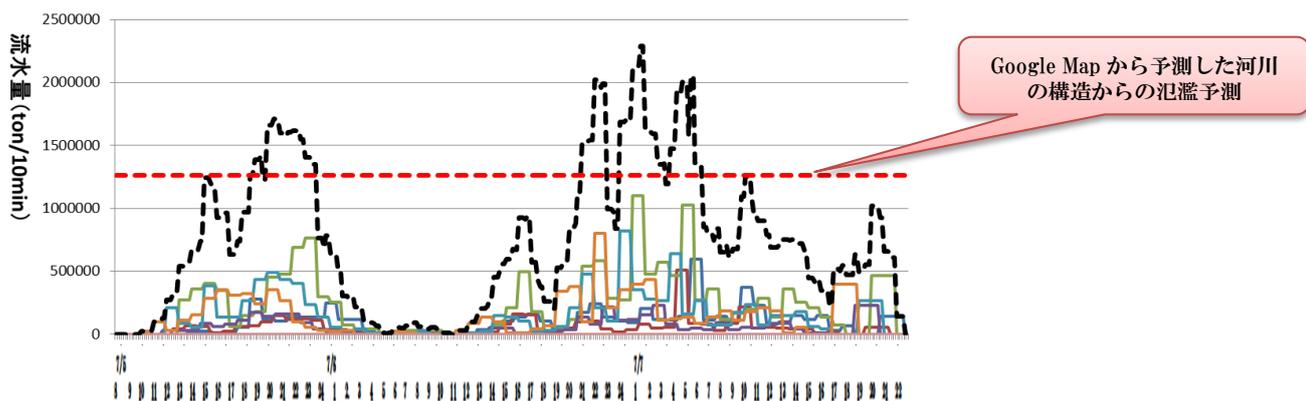


図5 立野辺りの水量の変化

立野辺りの川の構造は、次の通りである。

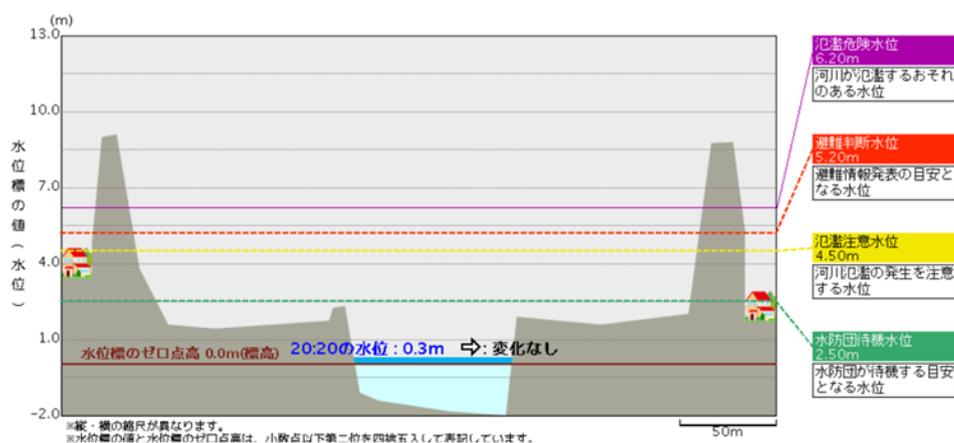


図6 立野辺りの川の構造

この河川の構造については、先の府市場の場合と同じ手法で、図6のように断面を模式化した。

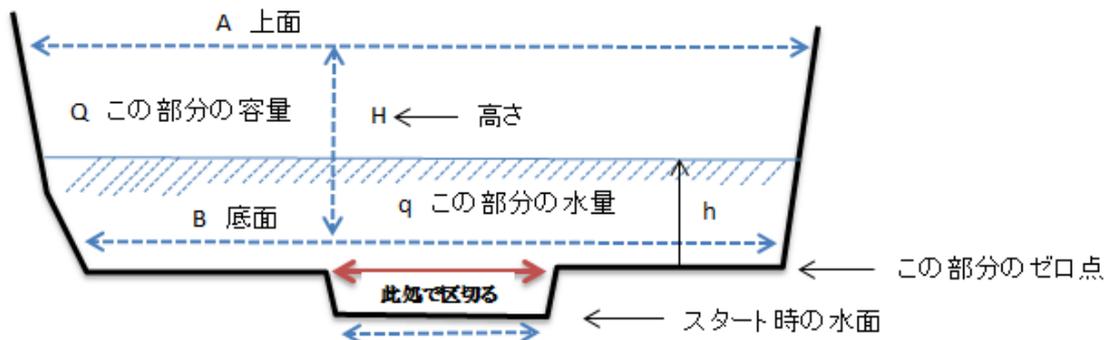


図7 立野辺りの川の構造の模式図

表4 台形の要素

断面	A(m)	B(m)	H(m)	H0(ゼロ点)
1	82.6	78.3	1.7	0
2	295.7	260	7.7	1.7

この台形の要素を元に、この川の断面図から求めた水位を水位計の読みに換算し、これを実際の水位計の測定値と比較した。こうして得られた水量から推定される水位の一部表5にまとめた。これらを豪雨の間を通じて、比較したものが図8である。

表5 円山川 立野辺りの水量から求めた水位と実測値との比較

水位	時刻	8	9	10	11	12	13	14	15	16
計算値	(m)	0.789026	0.986786	1.532312	2.157059	2.425184	3.709526	3.079022	2.415129	3.161406
観測値	(m)	0.79	0.77	0.79	0.8	0.82	0.88	1.09	1.32	1.63

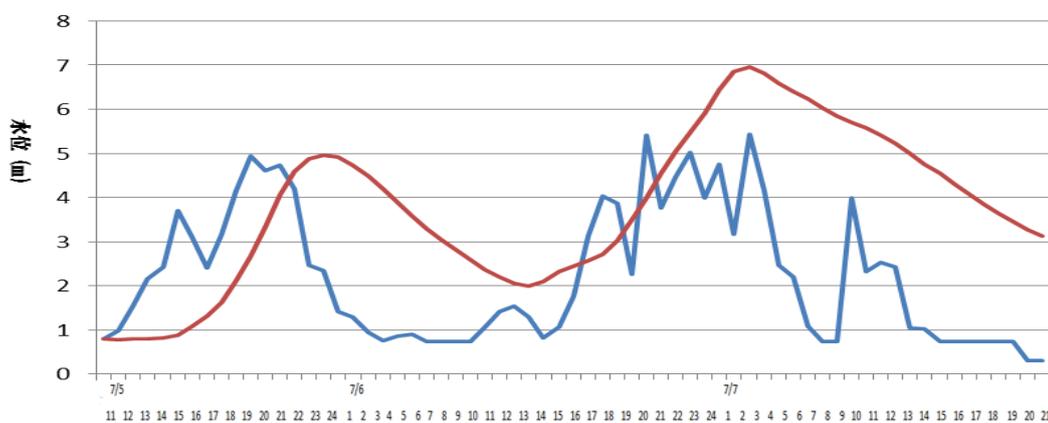


図8 立野辺りの水位 計算値と実測との比較

ここで、アメダスのデータから求めた水位は、スタート時の水面の高さを実測値と合わせ

ている。水量から求められた水位計の計算値と実測値との間には、非常によい整合性が取られていると考えられる。最初のピークが実測値よりやや早めに推移が上昇しているが、危険を予知するには、全く問題ない。二度目のピークは、実測よりやや低くなっているが、これは、最初のピーク後の水位の現象がやや遅くためではないかと思われる。同じような現象が府市場でも見られたが、この計算値の水位と実測値との差は、水位を測定しているその地点の特異的な現象ではないかと思われる。府市場で見られた現象とほとんどおなじであり、 今後は、こうした現象を認識しながら、アメダスのデータの基づく水位の上昇がどのように実際の水位の変化に反映されているのかに注目して議論していきたい。

参考までに、先に我々が氾濫の予測をするために、河川の構造を Google Map から読み取ったが、この時に河川の構造を決めた値で、水位を予測した場合の水位の計算値と実測値との比較を図 9 に示した。

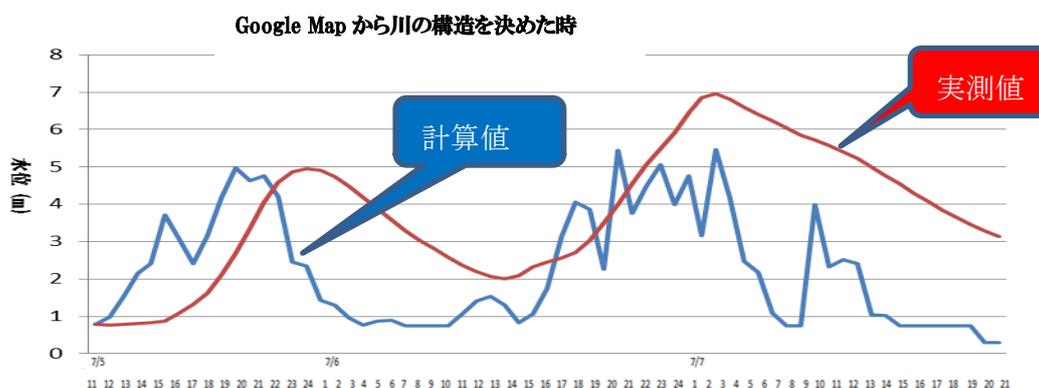


図 9 立野辺りの水位 計算値と実測との比較  
河川の構造を Google Map より求めた時

この図 8 と図 9 との比較から、両者は殆ど変わらないと思われる。立野辺りの河川の構造が比較的単純であるので、Google Map からの読み取りが河川の構造をよく反映していたものと思われる。

#### 氾濫の予測について

立野の水位は、5.2m に達すると、避難判断がなされ、また、6.2m で氾濫警告となる。図 10 にこの水位を示し、水位の経緯を事前の確認することができれば、早めに避難、洪水対策を取ることが出来る。今回の豪雨では、水位の変化をみると、最初のピークで、避難判断をする直前まで水位が上昇し、二度目のピークでは氾濫警告を出すところまで達している。アメダスのデータからの水位の変化についても、全く同じ様な様相を呈している。

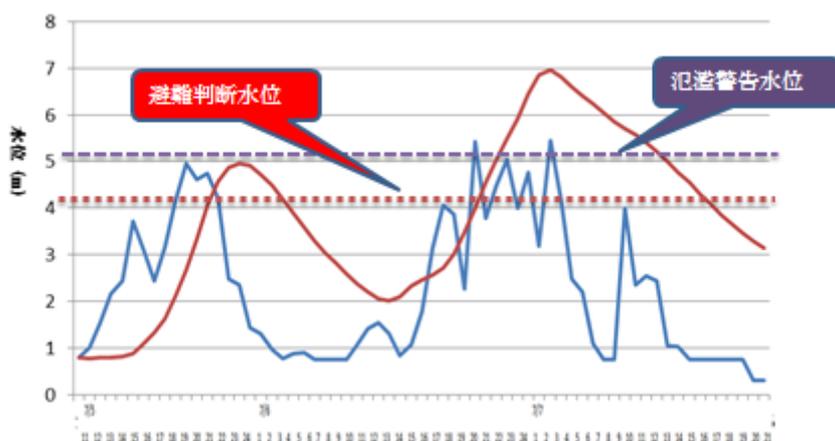


図10 立野辺りの水位の経過と避難判断、氾濫警告の水位

アメダスの場合には、実際の測定値よりも、3時間程度早めにこの危険水位まで達していることになっているが、早めの判断をする方がより安全であると言えるので、このデータは十分信頼できるものと言える。

今回の豪雨の場合、先にアメダスのデータをリアルタイムで追跡することにより、この水位の経緯を予測することが可能であることを紹介した。<sup>3)</sup> この報告書では、豪雨の始まりから10時間程度監視した時の水位の変化を見たが、これを実際の水位計から読みとる避難判断、並びに、氾濫警告とどのような関係になるか、を調べた。

そこで、水位計の場所における川の構造をもとに、水位から水量を求めた。その結果、この水位測定場所で避難判断となる水位は、水量が、1,800,000t/10minであり、氾濫警戒水位は、2,250,000t/10minであるこ

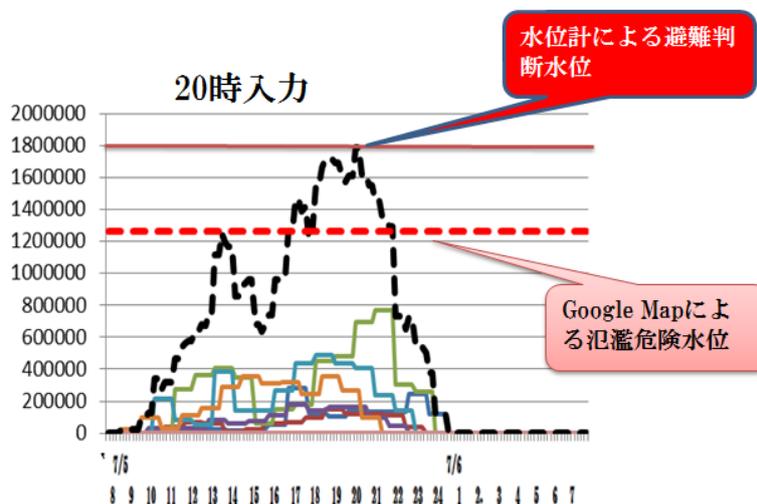


図11 アメダスのデータを20時に入力した時の水量

とがわかった。これを豪雨が始まってから、リアルタイムでアメダスのデータを入植した時、20時での入力をするすると、図11のようになった。これより、この地点では、19時前後に避難判断の水位にまで達していたことがわかった。先に図8で見たように、実際の水位は、このアメダスの計算値より2時間程度遅れて上昇しているのので、実際には、21時には、この水位に達していたものと思われる。従って、20時に避難判断をしていれば、1時間程

度の余裕を持って非難することができたはずである。

このようにリアルタイムでアメダスのデータを入力することにより、事前に、避難判断、並びに、その後の氾濫警戒水位に達すること、そして、その時刻を確認することができる。

### 河口附近 城崎辺りでの水位の比較

河口附近の水位については、水量の計算の時にも適当と思われる地点がなく、川の構造が不確かであったが、水位の測定場所が城崎にあったので、ここでの水位を採用した。

今回の集中豪雨の間、アメダスのデータから得られた河口附近の水量の変化を図 12 に示した。

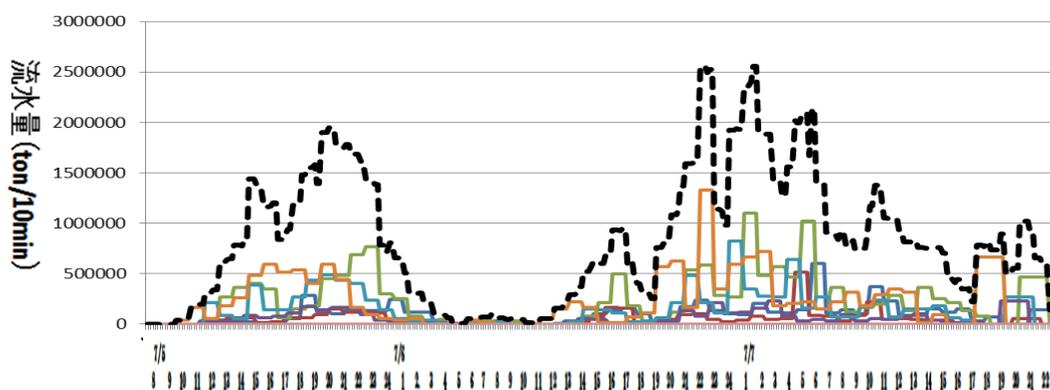


図 12 河口辺りの水量の変化

城崎辺りの川の構造は、次の通りである。

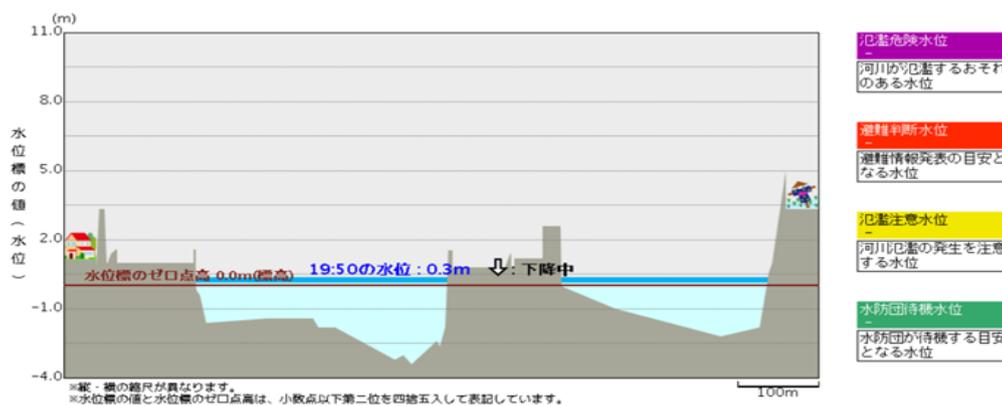


図 13 城崎水位測定所当たりの川の構造

この川の構造から、他の測定場所と同じ手法で、川の幅、並びに、河川敷の構造を求めた。その結果、表 6 のような結果を得た。これまでの Google Map から得たものとかかなりの差があるので、ここでは川の幅を 670m、河川敷の幅を 800m、土手の高さを 2.3m とし、土手

を超える水量を求めて、氾濫の可能性をみた。その結果、図 14 のようになり、水量はかなり多くなり、水位は上昇するが、氾濫の予測値までにはまだ余裕があり、氾濫は避けられるとし、それ以上の議論はしなかった。

表 6 城崎辺りの川の構造

断面	A(m)	B(m)	H(m)	HO(ゼロ点)
川	676	676	0.3	0
河川敷き	805	794	2.3	0.3

水位測定所の予想した河川の構造からの氾濫予測

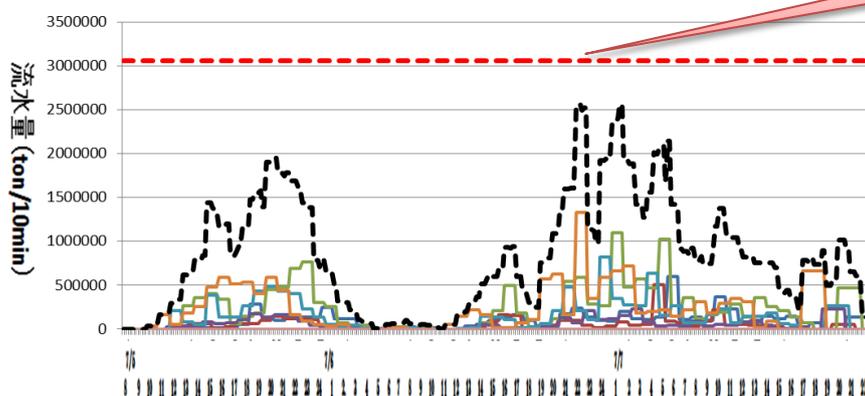


図 14 城崎水位測定所当たりの水量

### 3. 結論

これまで、検討してきたアメダスのデータから河川の水量を求めて、氾濫の危険性を議論してきたが、ここでは、このアメダスのデータと、国土省が実際に測定している河川の水位との整合性を検討した。アメダスのデータから求められた水量と、水位測定場所の川の構造から、その地点の水位の変化を求め、水位計のデータと比較し、国土交通省がきていしている避難判断水位、並びに、氾濫危険水位に達しているかどうかを事前に予測できるかどうかを見た。実際に洪水の起こる可能性の高い、府市場辺り、並びに、立野辺りでの検討では、アメダスのデータから得た水位計の変化は、河川が増水する際には、実際の測定値とかなりよい整合性をしていることが分った。その結果、河川の氾濫予測は、氾濫の起こる 1 時間から 2 時間以前に予測できるものと言える。

但し、水量から計算された水位の変化のうち、河川が増水がおわり、水量が減少して、河川の水位が下がる時には、実測値と計算値との間にずれが生じている。その原因は定かでないが、実際の河川での水位の低下に対しては、アメダスの降雨量の他に測定値の地理的な特徴など、何らかの他の要因が働いているものと思われる。しかしながら、個々で

の議論の対象は河川が増水して行く過程で、水位がどのように上昇し、これが危険を想定して定められた避難判断、そして、氾濫危険の水位にいつごろ達するかが問題であるので、この水位の現象については、今後の問題として、これ以上の議論はしなかった。

おわりに

これまで、毎年繰り返される河川の氾濫による被害を最小限におさえるために、アメダスのデータと水位測定地との結合を考え、氾濫予測をする手立てを追及してきたが、今回、初めて、この両者の実測値を直接結び付けることができた。精度に問題がある所もあるが、現実の氾濫の可能性を議論する上では、全く問題の無いことがわかり、氾濫予測をすることが十分可能であることが分った。

これまでの手法では、これまで予測できなかったことを、想定外の事態として説明してきたが、ここでの手法を適用して行けば、これまで実績のあるデータを用いて、氾濫の予測を刷ることが可能であるので、氾濫の起きた場合の説明に、もはや、「想定外」という言葉を使う事は出来なくなるものとおもわれる。是非とも、これまで、アメダスのデータを使い、氾濫の警告をしてきたこと、あるいは、水位測定をして、氾濫危険の警告を出してきたこと、これらをさらに具体的に、危険予知とその対策を講ずるための情報提供に役立てて頂きたいと考えている。

今後は、この手法による氾濫予測について、他の河川での検証を進めてゆきたい。

謝辞

また、今回、各河川の過去の水位情報の入手に近畿地方整備局の方から多大なるご指導をいただいた。このご指導が無ければ、こうした河川の氾濫予測の検討ができなかった。ここに改めてこのご指導に感謝したい。

(2020.12.24)

参考文献

- 1) 国土交通省 川の防災情報  
[https://www.river.go.jp/kawabou/html/obsrv/4/21013/2101300400019/ipSuiiKobetuCrsSect\\_oi2101300400019\\_tt10.html?fw=0](https://www.river.go.jp/kawabou/html/obsrv/4/21013/2101300400019/ipSuiiKobetuCrsSect_oi2101300400019_tt10.html?fw=0)
- 2) 国土交通省 水文水質データベース  
<http://www1.river.go.jp/>
- 3) 地政学的異文化研究所 私信 「近畿地方の川の氾濫予測」 (2020.11)