円山川立野地点最大水位はどこまであり得るのか

水害の発生が相次いでいますが、円山川は大丈夫でしょうか。「経験したことのない」大雨が降ったときのシュミュレーションしてみましょう。予測の仮定として、「河川の流量は重ね合わせが出来る」で行いました。

データ１　　平成２９年台風１８号

円山川流域雨量

	9月17日							9月18日				
時間	～17	～18	～19	～20	～21	～22	～23	～24	～1	～2	～3	～4	～5
雨量(mm)	2	9	8	17	41	36	20	10	2	1			

これを3時間ずらし	2	9	8	17	41	36	20	10	2	1

(表1)雨量を3時間ずらして重ね合わせた表

時間	～17	～18	～19	～20	～21	～22	～23	～24	～1	～2	～3	～4	～5
雨量(mm)	2	9	8	19	50	44	37	51	38	21	10	2	1
											計	291	

立野地点流量

	9月17日										
時刻	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
流量(m3/s)	0	500	1200	1900	2700	3000	2900	2600	2300	2100	1900

これを3時間ずらし	0	500	1200	1900	2700	3000	2900	2600	2300	2100

(表2)それぞれを3時間ずらして重ね合わせた表

時刻	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7
雨量(mm)	2	9	8	19	50	44	37	51	38	21	10
流量(m3/s)	0	500	1200	1900	3200	4200	4800	5300	5300	5000	4500

(表3)立野水位と立野流量の関係

水位(m)	3.75	5	6.1	7	8	8.3
流量(m3/s)	1400	2200	3000	3700	4580	4850

※台風23号のとき、国土交通省HP資料によると円山川立野地点最大流量は4900m3/s

立野水位と立野流量の関係ですが台風１８号の記録のグラフから数値を読み取ると表４のようになります。

（表４）

水位(m)	3.75	5.0	6.1
流量(m3/s)	1400	2200	3000

流量をI(m3/s)、水位をh(m)とおき、Iとh　の関係を

$I = Ah^k$　（Ａ，ｋは定数）・・・・①

と仮定し、（表４）を使うと

A＝178.6　k＝1.56

これを用いて表３を作っています。

問題は表２のデータです。ここで用いた仮定は、流域の時間ごとの雨量を重ね合わせると流量も重ね合わせたものになるということです。相当荒っぽいですが割と自然な仮定ではありませんか。２倍降れば２倍流れる。

さて、表２のデータは表１のような雨の降り方をすると平成１６年の台風２３号の最高水位を３時間以上上回ると言うことを示しています。

台風１８号のケースでは最大降雨までに３８mmの累加雨量しかないため出水量が少なめとなります。

２０１８年７月豪雨は前半１２０mmほど降り、半日雨が止んでから２５０mmほど降っており、大型台風の時と似た雨の降り方です。さらに、前半の降雨で土中に十分水がしみこんでいるので、後半に降った雨は単純に地表を流れると考えても誤差が小さくなります。

実際の流域降雨量が手に入らないため、流域１０カ所の地点の雨量の平均値を使用しました。７月６日は午前８時までの降水量は殆どなく、１３時に最低水位を記録するまではほぼ前半に降った雨による流水です。

７月６日の７時以降に降った雨量を１時間ずらして重ね合わせます。そのときの予想流水量は、

（実際の水量を１時間ずらして重ね合わせた量）－（前に降った雨による流水量）
となります。
（前に降った雨による流水量）は立野実流量で雨量を殆ど観測しない時間から最低水位観測時までの変化をそのまま、延長して予測します。ここでは指数関数的に減少するとして予測しました。

立野予測流量をＩ、立野予測水位をｈとすると、①から

$$h=\left(\frac{\mathrm{I}}{\mathrm{A}}\right)^{\frac{1}{k}}$$

円山川立野地点流量、水位予測

日	時	立野実水位（m）	立野実流量（m3／s）	流域平均雨量(mm)	重ね合わせた流域雨量(mm)	立野予測流量	立野予測水位（m）
7月6日	13	2	527	1.9	8.8	527	2.00
	14	2.1	569	1.1	3.0	569	2.10
	15	2.32	665	3.9	5.0	762	2.53
	16	2.45	724	8.7	12.6	966	2.95
	17	2.57	780	16.8	25.5	1126	3.25
	18	2.72	852	8.8	25.6	1294	3.55
	19	3.02	1003	7.1	15.8	1552	4.00
	20	3.49	1257	18.1	25.2	1989	4.68
	21	4	1555	12.0	30.1	2570	5.52
	22	4.55	1902	11.9	23.9	3240	6.40
	23	5.05	2238	16.5	28.4	3946	7.26
	24	5.48	2543	33.7	50.2	4607	8.02
7月7日	1	5.91	2861	9.6	43.3	5248	8.72
	2	6.45	3279	8.9	18.5	6001	9.50
	3	6.86	3610	4.1	13.0	6765	10.26
	4	6.96	3693	9.2	13.3	7191	10.67
	5	6.81	3569	13.9	23.1	7162	10.64
	6	6.59	3391	8.8	22.7	6871	10.36
	7	6.4	3239	5.2	13.9	6550	10.05
	8	6.24	3114	8.3	13.4	6282	9.78
	9	6.04	2960	7.7	15.9	6010	9.51
	10	5.85	2816	6.6	14.3	5718	9.21
	11	5.71	2711	1.3	7.9	5475	8.96
	12	5.58	2615	2.7	4.0	5281	8.75
	13	5.41	2492	1.3	4.0	5066	8.52
	14	5.22	2357	0.7	2.0	4812	8.25
	15	5	2204	0.1	0.8	4527	7.93

Ｈ１６年の台風２３号の最大流量４９００ｍ３／ｓ、最高水位８ｍ２９cmを遙かに超え、水位は堤防上端を２ｍ近く越えます。こうなると２階建ての家屋は流出します。３階建てでも危険です。

では実際これだけの雨が降ることはあるのかということです。

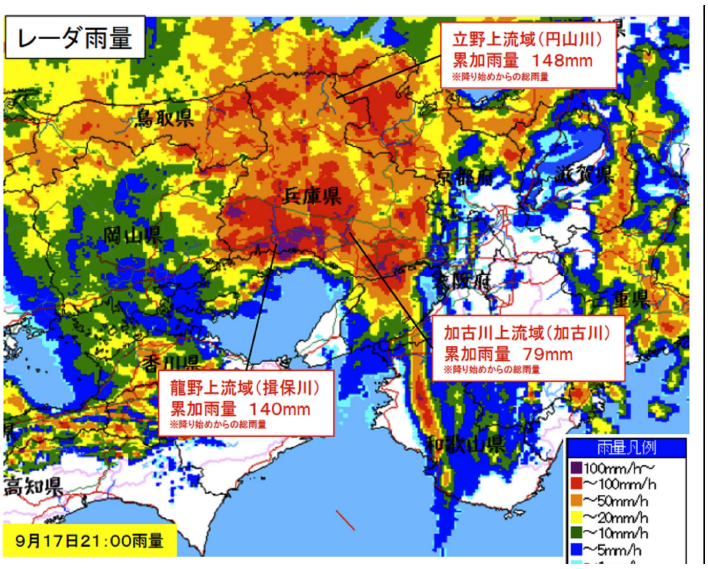
国土交通省の平成２８の最大の洪水の想定は４８時間で５０４㎜。前半１２０㎜、後半４００㎜となるとほぼ想定通りです。

では、実際どんな場合にこの豪雨が想定できるか。

超大型台風が前線を伴って近畿地方を直撃は過去にも有り、その条件だけではそこまでの大雨は降らないようです。ヒントは２つあります。１つはＨ２９年１８号台風もう１つはＨ１６年２３号台風。

はじめに１８号台風。この台風は四国に上陸して北上していますが、四国に上陸直前の中心気圧は９７５HPaとあまり強くありません。せいぜいいくら降っても１００㎜と予想していましたが、実際は上流域で平均１４８㎜と思わぬ大雨でした。下のレーダー雨量図を見て下さい。このとき、台風の中心は淡路島の少し西にあります。中心から、北に向かって扇形に強い雨域が広がって台風と共に動きます。いつもの台風なら紀伊半島、四国南東部に豪雨をもたらしますが１８号台風ではこの地域にあまり降っていません。まだ気象庁ではこの現象に注目していませんが。私はこれを扇状降水帯と名付けましょう。有名なのは線状降水帯です。通常、台風での大雨は、台風の周囲の風が山脈に当たって降ると言うのが多いです。例えば、紀伊半島を台風が北東方向に横切ると南東斜面に大雨が降るとか、近畿地方を北上すると北東の風で但馬地方に大雨が降るとかです。ですが、扇状降水帯はちょっと違います。どうもレーダーを動かしてみると、雨雲は台風の中心から扇形の外側に向かって動いている。メカミズムは台風の下層部は渦巻き状に風が吹き、中心の近くで激しい上昇気流となって積乱雲をつくり、上層部では中心から扇形外の向かって風が吹き、雨雲はその気流に乗って移動する。こういうメカニズムが発生するといつもはあまり降らないところで豪雨となる。もし、台風の速度が遅ければ大変な大雨になる。

Ｈ２９年台風１８号９月１７日２１：００のレーダー画像国土交通省のＨＰより

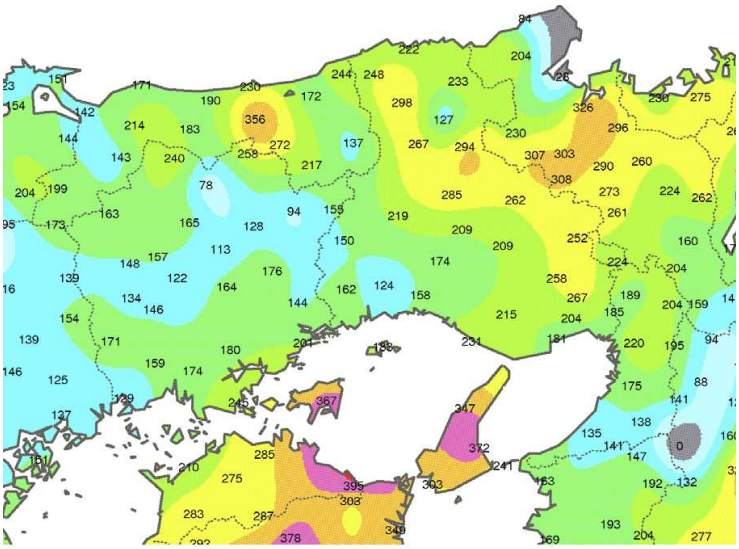


これと同じメカニズムが発生したと考えられるのが台風２３号です。台風２３号は上陸前９５０HPaと強い台風でした。

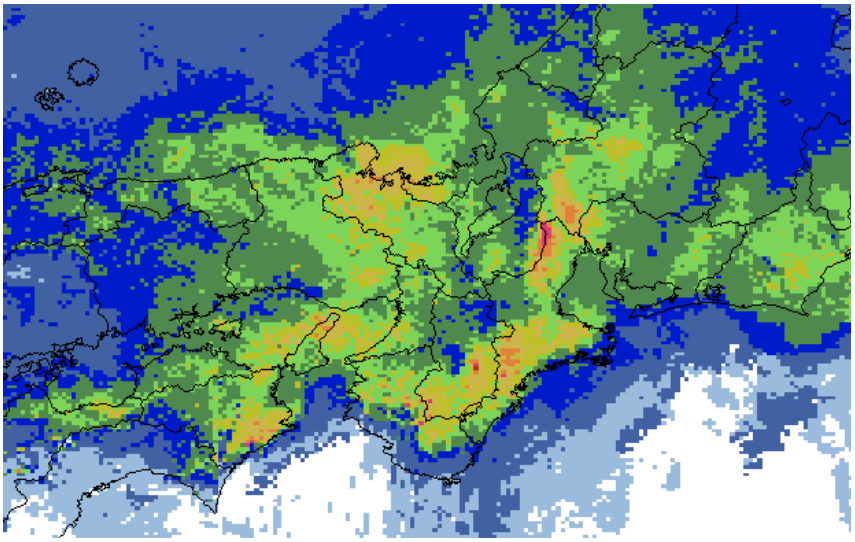
２００４年１０月２０日、雨は円山川上流部では午前中から降り始め１３時以降は全域で豪雨となり、その日の深夜円山川右岸が破堤した。

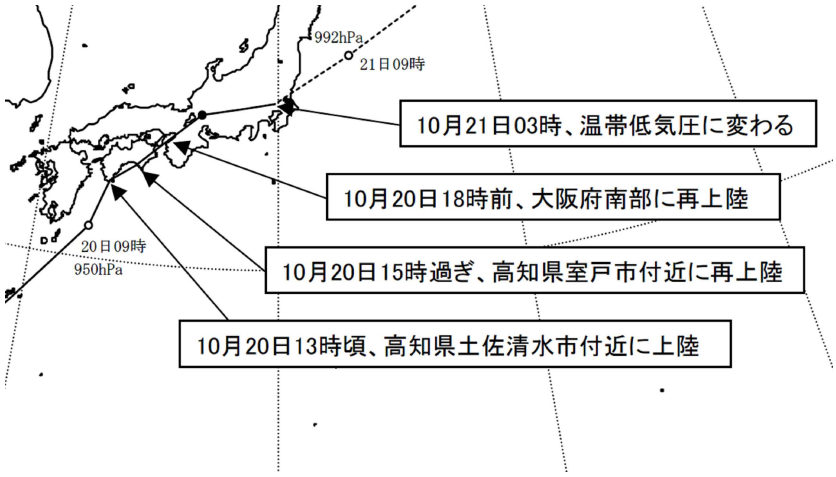
台風２３号の総雨量（気象庁ＨＰ）ただし、この図には問題点がある。豊岡の雨量２３３㎜となっているが豊岡測候所は１０月２０日１８時過ぎに水没したため、１９時以降のデータがない。おそらく他の機関のデータを利用している。八鹿の雨量が１２７㎜となっている。近隣の他の観測地点はすべて時間２０㎜以上の降水を連続４時間以上記録しているが、アメダスデータは八鹿では時間降水１０㎜以上を全く記録していない。他の台風と較べるあり得ない異常なデータであり、信頼性に欠ける。なんらかの事故があったのではないかと思われます。

台風２３号総雨量図



２００４年１０月２０日１６時のレーダー画像と台風２３号の進路図





進路図から１０月２０日１６時には台風の中心は徳島県南部。但馬地方では１３時頃から１９時頃まで１時間２０mmを越える大雨が降り続いた。１６時はその真ん中の時間帯である。中心から北側に幅広く扇形に豪雨域が広がっている

台風２３号は最低気圧９４０HPa、上陸前の中心気圧９５０HPaであるが、歴史上最強の台風と比べて強いとはいえない。過去の例では、上陸直前の中心気圧は第２室戸台風９２５HPa、伊勢湾台風９２９HPa、室戸台風９１２HPa、枕崎台風９１６HPa。第２室戸台風では２００人、他の台風では３０００人以上の死者不明者が出ている。

〇大型で中心気圧が極めて低い台風である。
〇四国付近に上陸してから大阪府付近を通過するとき速度が遅い。
〇四国付近から大阪府付近を通過するとき、北側に向かって強い扇状降水帯が出来ている。

　これらの条件を満たす台風が襲来すると但馬地方で台風２３号を越える大雨になる可能性があると考えられます。その場合、自宅２階避難ではなく、もっと安全な避難場所に避難できるようにしなければ多くの犠牲者が出ます。具体的な方策を早急に検討しなければなりません。危険な台風がどこまで来たとき、各地区の人はそれぞれ何処に避難するのかをあらかじめ決めておく必要があります。実際に避難訓練もして問題点をあぶり出しておかなければいけないでしょう。