

円山川立野地点 大雨時の最高水位の簡易推定法

大量の雨が降ったとき川の水位は、ピークを付けた後次第に下がるが、時間 t のどんな関数で変化すると考えるか。無限大まで積分したときに収束する初等的な関数は

$$\frac{1}{t^r} \quad (r > 1) \dots \textcircled{1} \quad \text{か} \quad e^{kt} \quad (k < 0) \dots \textcircled{2}$$

の形の関数が考えられるが、①は影響が長く残る。たとえば、 $r=1.5$ として1日後の水位に対して100日後でも $1/1000$ もある。3ヶ月後まで影響が残るのは地下水とかは考えられるが、洪水の水位の変化としては考えにくい。従って②の指数関数を考える。②は時間が経過すると急速に影響がなくなりかつ単純な計算が可能である。

円山川の立野地点は円山川の下流部にあり、豊岡市の中心部にあるため、この地点での水位の変化は重要である。この地点の水位のピークは雨のピークから5～6時間程度遅れることが経験上分かっている。上流部に降った雨が集まってこの地点に流れてくるまでそれだけの時間がかかるわけだが、言い換えると1時間強い雨が降っても大して影響はないということである。つまり、1時間に100 mm 上流部に降ったとしてもそれだけで危険な状態になるとは言えない。ある程度の時間継続しないと影響は大きくなる。たとえば、6時間連続の雨量を考えると分かりやすい。(川によって連続時間は変えるべきか)

ここから本題に入る

以降「雨量」とは立野地点上流部の平均雨量である。

6時間連続最大雨量を	M
その前6時間連続雨量を	M_1
更にその前6時間連続雨量を	M_2
.....	

6時間連続最大雨量後3時間の雨量を Q とする。

6時間後に影響が r 倍になるとすると6時間連続最大雨量を記録したとき実質的に次の雨量この6時間で降ったのと同様である。また、最大連続雨量を記録した後に降った雨も流入して水位を上げる。とし、

$$\frac{Q}{2} + M + rM_1 + r^2M_2 + r^3M_3 + \dots$$

これを実効雨量と呼ぼう。Pで表すことにする。立野地点の最高水位をHとすると、HはPで決まると考えられるので

$$H = A \times P^k$$

すなわち

$$H = A \left(\frac{Q}{2} + M + rM_1 + r^2M_2 + r^3M_3 + \dots \right)^k$$

kの値は立野地点流量Rと水位Hの関係を $H = CR^k$ (Cは適切な係数)

として国交省HPの立野地点流量と水位のグラフから求めたものである。

$$A = 0.286 \quad , \quad r = 0.64 \quad , \quad k = 0.62$$

とすると実際の大雨では次のようになる。(単位は雨量は mm、水位や誤差は m)

	M	P	H		
	6時間連続最大雨量	実効雨量	計算上の最高水位	観測された最高水位	誤差
H 2 1 年台風 9 号	114	147.1	6.31	6.26	0.05
H 2 9 年台風 1 8 号	132	140.5	6.14	6.08	0.06
H 3 0 年 7 月 豪雨	103	170.7	6.92	6.96	-0.04
H 3 0 年台風 2 4 号	76	108.3	5.22	5.28	-0.06

H 1 6 年台風 2 3 号の後の円山川改修の前後で水位が大きく変わるが 3 つのデータを示す。

	M	P	H		
	6時間連続最大雨量	実効雨量	計算上の最高水位	観測された最高水位	誤差
伊勢湾台風	124	186.1	7.31	7.42	-0.11
H 2 台風 1 9 号	88	145.0	6.26	7.13	-0.87
H 1 6 台風 2 3 号	146	201.3	7.67	8.29	-0.62

この 3 つの台風については計算値は実際よりかなり小さい。H 2 1 年の台風 9 号での立野地点の水位について国土交通省の HP によると改修前の計算による水位に比べ実際に計測された水位は 8 0 cm も低かった。これは改修により河川断面が大きくなり流下能力が向上したため水位が低下したとある。H 2 の台風 1 9 号についても 8 0 cm ほど小さい計算結果でほぼ一致している。

伊勢湾台風は他のケースより計算値が大きめであるが、上流部での堤防の決壊が多く発生したため実測水位がかなり低く出たということか。1 9 5 9 年とかなり古いので雨量の計測ポイントはどうか。

台風 2 3 号でも上流部での破堤があるが、出石川で破堤が起きたとき、立野地点の水位は既に 8 m 近くであったので上流部での破堤の影響は小さい。ただ立野付近でも破堤があったが、立野地点で最高水位を付けた後で破堤しているのその影響も少ない。あちこちで越水や氾濫が起き水位低下の原因になっている。

台風 2 3 号の例 と 事前の予測について

2 0 0 4 年 1 0 月 1 9 日、2 0 日の立野上流域の雨量の表

1 9 日				2 0 日			
時刻	雨量	時刻	雨量	時刻	雨量	時刻	雨量
1		13	5	1	0	13	17
2		14	4	2	0	14	22
3		15	5	3	0	15	24
4		16	7	4	0	16	28
5		17	6	5	0	17	29
6		18	3	6	1	18	23
7		19	2	7	2	19	20
8		20	1	8	9	20	13
9		21	0	9	5	21	7
10	1	22	0	10	5	22	3
11	3	23	0	11	9	23	2
12	5	24	0	12	10	24	2

6 時間連続最大雨量は 1 4 時から 1 9 時（実際は 1 3 : 0 0 から 1 9 : 0 0 まで）の 1 4 6 mm
それまでの 6 時間連続雨量は後ろから順に

55, 3, 3, 30, 14

また、最大連続 6 時間の後 3 時間に 23mm 降っている。A = 0.286、r = 0.64、k = 0.62 として
最大水位 H は

$$H = A \left(\frac{23}{2} + 146 + 55r + 3r^2 + 3r^3 + 30r^4 + 14r^5 \right)^{0.62} = 7.67$$

ただし、これは 1 0 月 2 0 日 2 2 時までのデータを見て求めている。

1 8時過ぎの時点でそれ以降の3時間の毎時の雨量を順に 15, 10, 5 mm と予測する予測水位は 7.45 m

1 6時過ぎの時点でそれ以降5時間の毎時雨量を 20, 15, 10, 5, 5mm と予測すると予測水位は 6.90m

いずれも雨量を実際より少なく予想しているが1 6時過ぎの時点で少なめの雨の予想をしても相当危険な水位に達すると予想できる。1 6時はまだ、台風が十分接近していないので雨量についてはもっと多めに予想できよう。もう少し早い時点で予想を立てれば雨が最強になる前に避難させることができる。

このような方法である程度大きい川ならどの川でも同じ方法で水位が予想できる。大雨の時、川の水位予報を出すべきではないか。最高水位 A～Bあるいは台風の進路予想のように線で示すようにすれば越水や破堤の前に避難しようと思うはず。