

洪水との遭遇確率について

建設省四国地方建設局徳島工事事務所 正会員 松尾裕司
 正会員 長尾純二
 正会員 ○野上直樹

1. はじめに

過去に数多くの洪水記録を持つ吉野川は、現在では日本一の洪水流量（24,000m³/s）を有する河川となっている。過去の洪水履歴より幾度となく改定し、吉野川の堤防は逐次補強された。堤防が補強されるにつれ、堤防が絶対的な存在となり洪水への脅威は薄れてきた。また、洪水流量は基本となる計画規模が何十年に一度の洪水規模で決定されているため、身近に危機を感じ得ない。この確率をもっとわかりやすく具体的な数字で表し、計画規模に対してのありがちな誤解を解くため様々な事例で検証していきたい。

2. 計画規模とは

計画規模とは治水施設のあるいは洪水処理計画の安全度を意味する値で、計画高水流量を決定していく上で基準となる数値である。計画規模は、計画降雨の降雨量の超過確率を示し洪水確率とも言い、表一1に示すように河川の重要度に応じて5段階に設定されている。

河川の重要度	計画の規模	備 考
A 級	200年以上	一級河川の主要区間
B 級	100～200年	一級河川の主要区間
C 級	50～100年	一級のその他の区間及び二級河川、（都市河川）
D 級	10～50年	一級のその他の区間及び二級河川、（一般河川）
E 級	10年以下	一級のその他の区間及び二級河川、（一般河川）

表一1 河川の重要度と計画の規模

日本一の洪水流量を持つ吉野川は、計画規模が150分の1に設定されている。この計画規模の設定単位は確率年（リターン・リット）で示しており、150分の1というと150年に1回くる洪水だから自分には無関係だと受け取られやすいがこれは大きな間違いである。洪水は毎年少なからず起こる可能性があり150分の1の場合は「毎年150分の1の確率」であり対象とする期間が人生80年と考えればその期間に洪水と遭遇する確率は水文統計学上必ずしも自分には無関係であるとは言えない。この確率年の考え方をサイコロを用いて検証する。

3. 1／6の洪水確率

（1）対象者を一人とした場合

サイコロは6面体なので、ある目が出る確率は1／6である。そこで、洪水が発生することをサイコロの①の目が出ることとし、80歳を寿命として74歳から79歳の人が6分の1の洪水に遭う確率について説明する。まず、1回目に①の目が出る確率は1／6。2回目に①の目が出る確率は1回目が①以外で2回目に①が出る確率より表一2のようになる。以下、n回目に①の目が出る確率も表一2に示すとおりである。これより各期間に応じた洪水確率はまず1年間では、1回目に①の出る確率より1／6。2年間では、1回目と2回目の①の目が出る確率を合わせたものであるので表一3のように30.6%となり6年間では66.5%である。

・1回目に「1」が出る確率は $\frac{1}{6}$
・2回目に「1」が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{1}{6}$
1回目に「1」以外が出る確率は $\frac{5}{6}$
・2回目に「1」以外が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6}$
・3回目に「1」が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{6}$
1回目に「1」以外が出る確率は $\frac{5}{6}$
2回目に「1」以外が出る確率は $\frac{5}{6}$
・3回目に「1」以外が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6}$
・4回目に「1」が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{6}$
・5回目に「1」が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{6}$
・6回目に「1」が出る確率は $\frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{5}{6} \times \frac{1}{6}$

表一2 振る回数と①の目が出る確率

寿命までの経過年数	1／6の洪水に遭遇する確率
1年間 (7.9才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) = 16.7%
2年間 (7.8才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) + 2回目に「1」が出る確率 (13.9%) = 30.6%
3年間 (7.7才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) + 2回目に「1」が出る確率 (13.9%) + 3回目に「1」が出る確率 (11.9%) = 42.2%
4年間 (7.6才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) + 2回目に「1」が出る確率 (13.9%) + 3回目に「1」が出る確率 (11.9%) + 4回目に「1」が出る確率 (9.9%) = 51.8%
5年間 (7.5才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) + 2回目に「1」が出る確率 (13.9%) + 3回目に「1」が出る確率 (11.9%) + 4回目に「1」が出る確率 (9.9%) + 5回目に「1」が出る確率 (8.0%) = 59.8%
6年間 (7.4才)	1回目に「1」が出る確率 (16.7%) + 2回目に「1」が出る確率 (13.9%) + 3回目に「1」が出る確率 (11.9%) + 4回目に「1」が出る確率 (9.9%) + 5回目に「1」が出る確率 (8.0%) + 6回目に「1」が出る確率 (6.7%) = 66.5%

表一3 各年数ごとの洪水に遭遇する確率

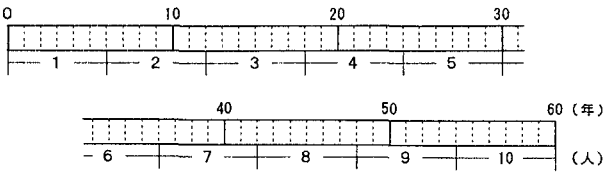
このことから6分の1の洪水確率は6年経ても確率は100%にならない。洪水確率は期間が増えれば増加し、計画年数に達するまで毎年0%ということではないことがわかる。

（2）対象者を複数にした場合

さらに、1／6の洪水確率について対象者を一人

ではなく何人かの単位を対象者にしてその中で何の
人が洪水に遭うかという検証をする。まず、サイロ
を10人に6回ずつ振ってもらう。そして一人ずつ図
ー2に示す6分割にマス目を引いたテープに①の目
が出たときに・に印を付け

る。この作業を一人6回ずつ行う。ただし、振った回
数目のところにつけるので左のマス目から1回目、
2回目とする。例えば6回中、2回目と5回目に①
の目が出たら右から2マス目と5マス目に・印を付
ける。10人それぞれこの作業を行い、作成したテー
プ10本を図ー3に示すようにランダムにつなげる。
このテープに、上側から通して1から60まで取り単
位を年とする。



図ー2 10人分をつなげたテープ

①の目が出た箇所をわからないように隠し、サイ
コロを振った以外の人に図ー2と同じ大きさのテ
ープ（6年間分の幅）を好きなところに張っても
らう。10人にテープを貼ってもらい（重複しても可
）、貼ったテープの間に・印があればその人は洪水
に遭遇したとする。表ー3より6分の1の洪水で6
年間に遭遇する確率は66.5%より、この場合6ない
し7人が遭遇する確率になる。

生存年間Nに確率年T以上の事象が起こる確率の
相関表は表ー4のようになる。

確率年T (年)	生 存 期 間 N (年)									
	1	6	10	20	60	80	100	150	200	
6	16.7	66.5	83.8	97.4	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	単 位 %
10	10.0	46.9	65.1	87.8	99.8	99.9	99.9	99.9	99.9	
50	2.0	11.4	18.3	33.2	70.2	80.1	86.7	95.2	99.9	
100	1.0	5.9	9.6	18.2	45.3	55.2	63.4	77.9	86.9	
150	0.7	3.9	6.5	12.5	33.1	41.4	48.8	63.3	73.8	
200	0.5	3.0	4.9	9.5	26.0	33.0	39.4	52.9	63.3	

表ー4 期間と確率年より決定する洪水確率

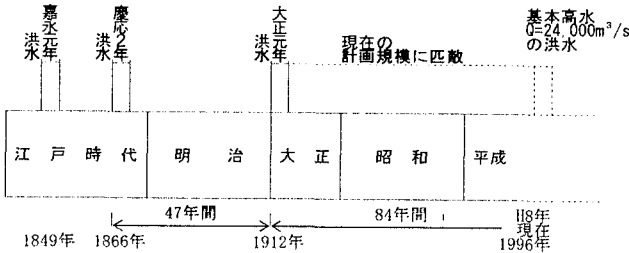
4. 吉野川における洪水確率

表ー4から吉野川の洪水確率について検証してみ
ると20歳の成人が平均寿命80歳までの60年間
生きている間洪水に遭遇する確率は33%あり、0
歳の赤ちゃんでは41%もの確率で洪水に遭遇する
ことがわかる。上で述べてきた水文統計学の理論上

からだけでなく1 / 150の洪水確率は過去の洪水履
歴からみてもかなり発生確率の高いものと言える。

吉野川では慶応2年と大正元年に現在の計画高水
流量を上回るような大洪水が発生し、讃岐山脈から
四国山脈の間が水没している。この2つの大洪水が
生起した間隔は、わずか47年しかなく水文統計学を
上回る確率で実際、洪水が発生している。

慶応2年の大洪水は「寅の水」といわれ、讃岐山
脈の裾野から四国山脈の裾野まで見渡せる限り水面
であったと言われている（図ー3）。



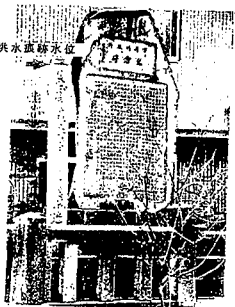
図ー3 吉野川の過去の大洪水の発生履歴

吉野川右岸の徳島市国府町にある蔵珠院には、過
去帳に洪水被害にあった人々に関する記述と「座状
2尺」（前の畑から3m）の高さに当時の洪水の水位
がくっきりと残っている。（写真ー1）

大正元年の大洪水は第一期改修中にやってきて改
修の喜び記念する改修碑の横には当時の洪水痕跡を
示した石柱が建っていて高さは記念碑の土台から約
2.6mもあった。（写真ー2）



写真ー1 洪水痕跡の残る蔵珠院の板橋



写真ー2 吉野川改修記念碑横の洪水痕跡の石柱

5. おわりに

以上の検証から、1 / 150の洪水確率は人の平
均寿命80年では決して無関係な確率ではない。洪
水確率という言葉よりも生きている間に洪水と遭
う確率、すなわち洪水との遭遇確率と言い換えて具
体的に年齢から洪水とどのくらいの確率で遭遇する
かを明示することでいつ起こるか予測できない洪水災
害に備えるとともに河川改修事業にさらなる理解を
得るように努めていかなければならない。