



ため池の設計洪水量の求め方

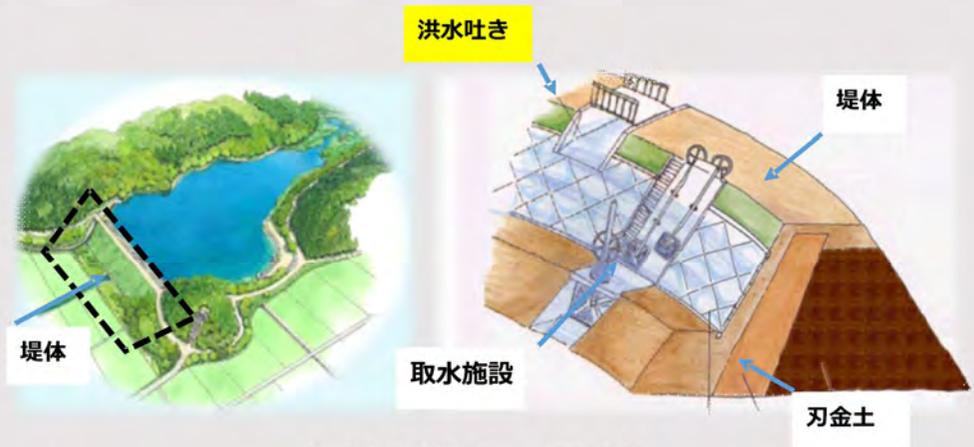


福岡県農村森林整備課

洪水吐きの重要性

- 洪水吐きは、設計洪水流量以下の流水を安全に流下させ、貯水の異常な上昇を防止する構造とする。
(ため池設計指針)
- 古いため池の洪水吐きは、経験値によりその大きさなどが造られている。
- このため、近年の豪雨により、洪水吐きの能力不足や破損が原因で、洪水吐き周辺の崩壊や堤体越流を引き起こしている。
また、流木の流入などにより洪水吐きが閉塞されるなど、構造上の原因により被災を受けた事例もある。
- 今年度からスタートした劣化状況評価時に、堤体の危険性を諮るうえで重要な洪水吐きの断面チェックを行うこととしている。
- その基礎として、農業用ため池の設計洪水量について理解したうえで、評価を行うことは極めて重要なことである。

「堤体」は、農業用水を貯めるために谷を土で堰き止めたもの。
「取水施設」は、貯水した水を農業に利用するために下流へ流すもの
洪水吐き（余水吐き）は、降雨時にため池に貯める以上の水が流入したときに、下流へ排出するためのものです。



ため池管理マニュアルより



○近年の被災した洪水吐き

ため池の設計洪水流量は、次のうち最も大きな流量の1.2 倍

- ① 200 年確率洪水流量
- ② 既往最大洪水流量
- ③ 観測結果から推定される最大洪水流量

- ①：確率的に200年に1回起こると推定される200年確率洪水流量・・・（A項流量）
- ②：ため池地点で観測された最大洪水量、あるいは過去の洪水痕跡から推定される既往最大流量のうち、いずれか大きい方とする。・・・（B項流量）
- ③：気象水象条件の類似する近傍流域における水象、若しくは気象の観測結果から推定される最大洪水流量・・・（C項流量）

■設計洪水流量は、設計上考慮される最大の洪水流量で、ため池は、洪水の堤体越流に対する安全性を考慮して、**20%の余裕を見込む。**

■ため池に用水路等からの流入がある場合には、流入量も考慮する。

■池敷の他に流域をもたない皿池のような場合は、貯水池内の雨水及び流入水路等からの流入水を設計洪水量とする。

■気象・水象記録の状態から200年確率洪水流量を算定することが、理論上不適当な場合には、100年確率洪水流量の1.2倍をもって200年確率洪水流量とすることができる。

3.2.1 設計洪水流量は、次に示す合理式によって推定する。

$$Q = 1/3.6 \times r_e \times A \times 1.2$$

Q : 洪水ピーク流量 (m³/sec)

r_e : 洪水到達時間内の流域平均有効降雨強度 (mm/hr)

A : 流域面積 (km²)

3.2.2 洪水到達時間内の平均有効降雨強度

洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e は、次の二式を同時に満足する r_e を求める。

$$tp = C \times A^{0.22} \times r_e^{-0.35}$$

$$r_e = f_p \times r$$

tp : 洪水到達時間

C : 流域の土地利用形態に応じて異なる定数

A : 流域面積 (km²)

f_p : ピーク流出係数

r : 200年確率降雨強度 (又は100年確率降雨強度×1.2)

3.2.3 流域の土地利用形態に応じて異なる定数（設計指針P-33）

表- のC の範囲は経験的に予想される値であり、平均値は観測値を整理して得た値です。

流域地形等が複数の異なる状態に区別される場合は、**加重平均により流域全体のCを求める。**

表- 洪水到達時間係数 C の値(角屋:福島)			
地域の地形	Cの値	地域の地形	Cの値
・自然丘陵山地	250～350	・開発直後粗造成宅地、舗装道路 及び水路の密な農地	90～120
・放牧地	190～210		
・ゴルフ場	130～150	・市街地	60～90

3.2.4 ピーク流出係数

ピーク流出係数 f_p は流域表層部の条件により著しく異なり、同一流域でも先行降雨条件によりかなり変化する。参考のため、表- にピーク流出係数の例を示す。流域地形等が複数の異なる状態に区別される場合は、**加重平均により流域全体の f_p を求める。**

従来よりよく用いられるピーク流出係数 f_p			
地域の状態	f_p	地域の状態	f_p
・急しゅんな山地	0.75～0.90	・かんがい中の水田	0.70～0.80
・第三紀層山地	0.70～0.80	・山地河川	0.75～0.85
・起伏のある土地及び樹林地	0.50～0.75	・平地小河川	0.45～0.75
・平らな耕地	0.45～0.60	・流域半ば以上が平地である大河川	0.50～0.75

3.2.5 貯留効果 (設計指針P-35)

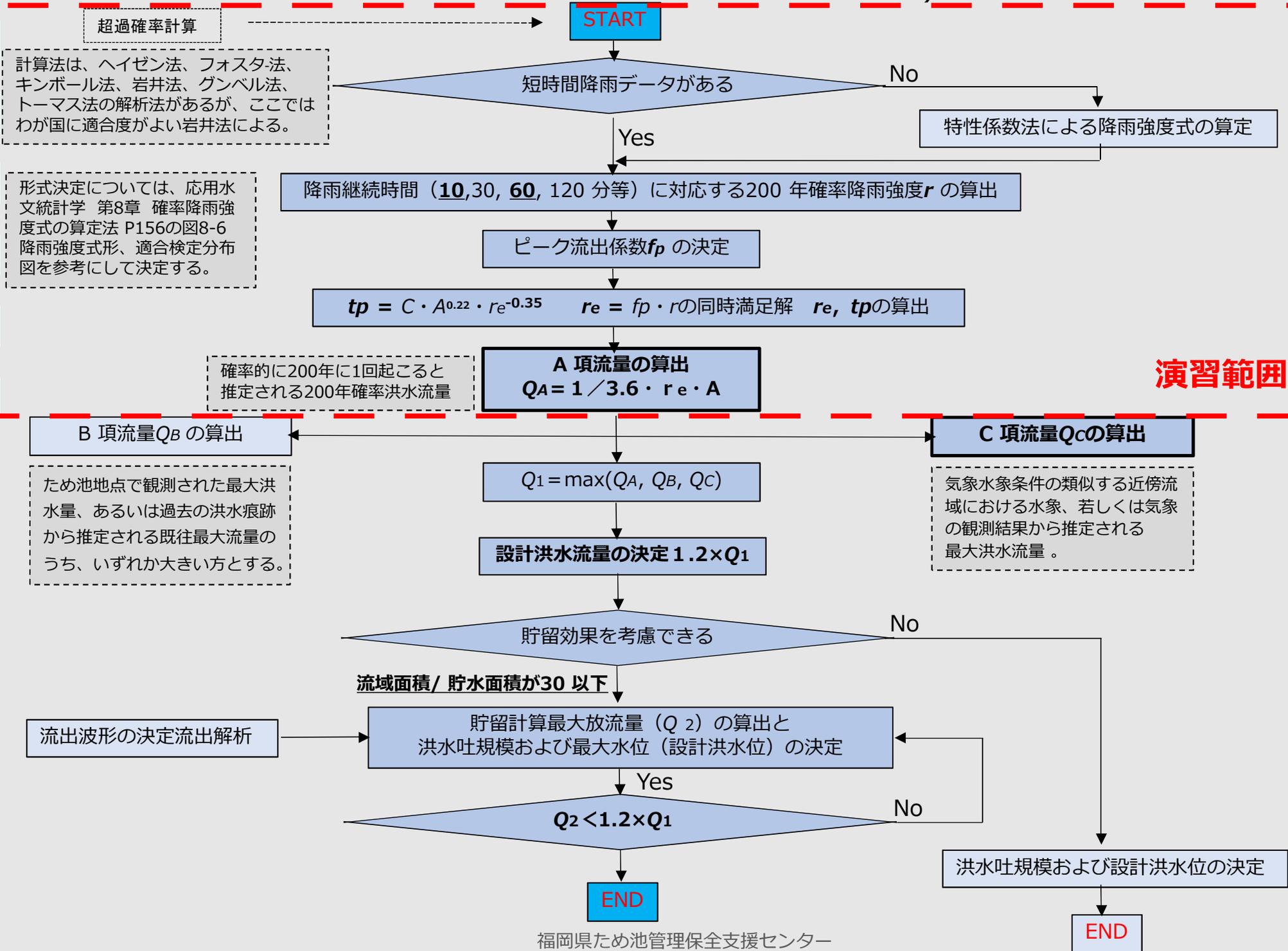
貯留効果は、流域面積、貯水面積等の、ため池の諸元、洪水の特性、想定される被害、下流の状況、現況洪水吐の規模等の条件から総合的に判断し、評価する。

ため池に流入する洪水は、貯水池に流入して貯水位を高めつつ洪水吐を流下することから、貯留効果が生じ、洪水吐を流下する流量ピーク値は流入量のそれよりはいくぶん小さくなり、このときの洪水位は、この効果を考慮しない場合より低くなる。

- **流域面積に比べて貯水面積の大きいため池で**、確実に貯留効果が発揮できるため池は、貯留効果を考慮して設計洪水位を定めてもよい。
- 想定される洪水の状況により、堤体や下流域へ悪影響を及ぼすと考えられる場合はこの限りでない。
- 流域面積に比べて貯水面積が大きいため池とは、**流域面積/貯水面積が30以下**を目安としている。
- 貯留効果算定に当たっての貯留量は常時満水位以上のものに限定されるとともに、**貯留効果により従来の洪水吐流下能力を下回る洪水流出量を定めることはできない。**
- 「貯水面積」とは、常時満水位時面積のことです。

3.2.6 設計洪水流量、設計洪水水位決定の手順

(設計指針P-36)



設計洪水流量の算定（演習）

Q. 福岡農林管内のA市 ため池（流域40.7ha 満水面積3.7ha 貯水量120,000m³）のA項流量は？

①雨量データを整理！！

A項流量：200年に1回起こると推定される確率雨量

最大日降雨量（mm）						最大時間降雨量（mm）						最大10分間降雨量（mm）					
10年	30年	50年	100年	200年	既往最大	10年	30年	50年	100年	200年	既往最大	10年	30年	50年	100年	200年	既往最大
193.4	238.0	258.6	286.7	315.3	307.8	60.6	73.1	78.8	86.7	94.6	96.5	21.2	24.1	25.3	26.9	28.5	23.5

福岡管区地方気象台：昭和21年～令和2年

②降雨強度式を求める！！

確率雨量	確率年	10年	30年	50年	100年	200年
	日雨量	R_N^{24}	193.4 mm	238.0 mm	258.6 mm	286.7 mm
時間雨量	R_N^{60}	60.6 mm	73.1 mm	78.8 mm	86.7 mm	94.6 mm
10分間雨量	R_N^{10}	21.2 mm	24.1 mm	25.3 mm	26.9 mm	28.5 mm
β_N^{10}	$R_N^{10} \times 6 / R_N^{60}$	2.10	1.98	1.93	1.86	1.81
β_N^{60}	$R_N^{60} \times 24 / R_N^{24}$	7.52	7.37	7.31	7.26	7.20
地域係数 (a')	$\sqrt{60} + b$	8.75	9.26	9.52	9.92	10.25
地域係数 (b)	$\sqrt{60} - \beta_N^{10} \sqrt{t} / \beta_N^{10} - 1$	1.00	1.51	1.77	2.17	2.50
特性係数式 β_N	a'	8.75	9.26	9.52	9.92	10.25
	$\sqrt{t} + b$	$\sqrt{t} + 1.00$	$\sqrt{t} + 1.51$	$\sqrt{t} + 1.77$	$\sqrt{t} + 2.17$	$\sqrt{t} + 2.50$
降雨強度式 I_N	$a' \cdot R_N^{60}$	530.25	676.91	750.18	860.06	969.65
	$\sqrt{t} + b$	$\sqrt{t} + 1.00$	$\sqrt{t} + 1.51$	$\sqrt{t} + 1.77$	$\sqrt{t} + 2.17$	$\sqrt{t} + 2.50$

降雨強度式は、角屋式を採用。

設計洪水流量の算定 (演習) 福岡農林管内のA市 ため池 流域40.7ha 満水面積3.7ha 貯水量120,000m³

③洪水到達時間係数を求める！！

洪水到達時間係数 Cの値(角屋:福島)

地域の地形	C	面積 (km ²)	C×面積	入力
・自然丘陵山地	290	0.1450	42.1	14.50
・放牧地、水田	200	0.0000	0.0	0.00
・ゴルフ場	140	0.0000	0.0	0.00
・開発後造成宅地	100	0.2250	22.5	22.50
・市街地・ため池	70	0.0370	2.6	3.70
計		0.4070	67.2	40.70
加重平均値 (c)	C×面積/面積		165	←計算結果

洪水到達時間係数 Cの値(角屋:福島)

・自然丘陵山地	C=	250	～	350
・放牧地	C=	190	～	210
・ゴルフ場	C=	130	～	150
・開発直後粗造成宅地,舗装道路及び水路の密な農地	C=	90	～	110
・市街地	C=	60	～	90

④ピーク流出係数を求める！！

ピーク流出係数 fp

地形の状態	fp	平均値	面積 (km ²)	fp×面積	備考
・急しゅんな山地	0.83	0.74	0.145	0.107	山地等
・三紀層山地	0.75				
・起伏のある土地及び樹林地	0.63				
・平らな耕地	0.53	0.66	0.000	0.000	耕地等
・かんがい中の水田	0.75				
・山地河川	0.80				
・平地小河川	0.60				
・流域半ば以上が平地である大河川	0.63				
・宅地	0.90	0.90	0.225	0.203	宅地等
・市街地・ため池	1.00	1.00	0.037	0.037	池
計			0.407	0.347	
加重平均値(f)	fp×面積/面積		0.85		←計算結果

従来よりよく用いられるピーク流出係数 fp

地形の状態	fp	地形の状態	fp
・急しゅんな山地	0.75 ～ 0.90	・かんがい中の水田	0.70 ～ 0.80
・三紀層山地	0.70 ～ 0.80	・山地河川	0.75 ～ 0.85
・起伏のある土地及び樹林地	0.50 ～ 0.75	・平地小河川	0.45 ～ 0.75
・平らな耕地	0.45 ～ 0.60	・流域半ば以上が平地である大河川	0.50 ～ 0.75

設計洪水流量の算定 (演習) 福岡農林管内のA市 ため池 流域40.7ha 満水面積3.7ha 貯水量120,000m³)

⑤洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e を求める

洪水到達時間内の平均有効降雨強度 r_e は、次の二式を同時に満足する r_e を求める。

$$\text{① } t_p = C \times A^{0.22} \times r_e^{-0.35} = 165 \times 0.407^{0.22} \times r_e^{-0.35} = 165 \times 0.407^{0.22} \times (0.85 \times r)^{-0.35}$$

$$\text{② } r_e = f_p \times r = 0.85 \times r$$

降雨強度式は、

$$I_N = \frac{a' \times Rn^{60}}{\sqrt{t + b}} = \frac{969.65}{\sqrt{t + 2.5}}$$

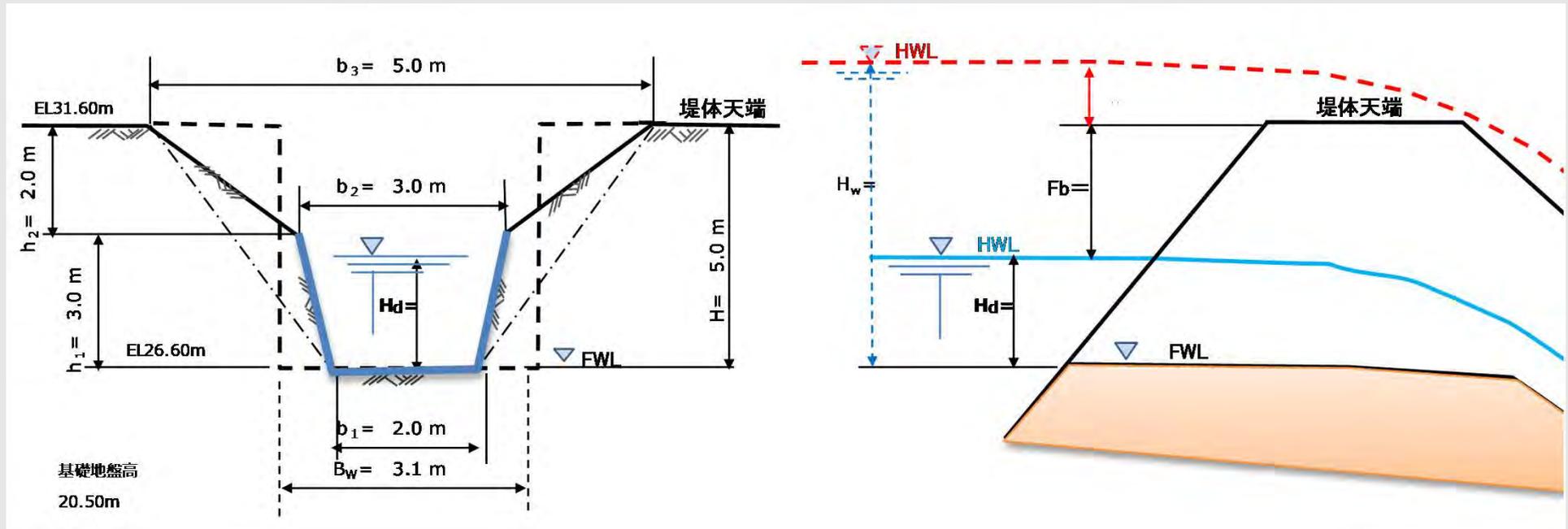
10年				30年				50年				100年				200年				
角屋・福島式		特性係数法		角屋・福島式		特性係数法		角屋・福島式		特性係数法		角屋・福島式		特性係数法		角屋・福島式		特性係数法		
Rt	t p	t p	Rt	Rt	t p	t p	Rt	Rt	t p	t p	Rt	Rt	t p	t p	Rt	Rt	Rt	t p	t p	Rt
60.6	34.1	34.1	77.6	73.1	31.9	31.9	94.6	78.8	31.1	31.1	102.2	86.7	30.1	30.1	112.4	94.6	29.2	29.2	122.7	
77.6	31.2	31.2	80.6	94.6	29.2	29.2	98.0	102.2	28.4	28.4	105.7	112.4	27.4	27.4	116.2	122.7	26.6	26.6	126.7	
80.6	30.8	30.8	81.0	98.0	28.8	28.8	98.5	105.7	28.0	28.0	106.3	116.2	27.1	27.1	116.7	126.7	26.3	26.3	127.2	
81.0	30.8	30.8		98.5	28.7	28.7		106.3	28.0	28.0		116.7	27.1	27.1		127.2	26.3	26.3		

⑥A項流量 (設計洪水流量) を算出！！

$$Q = 1/3.6 \times r_e \times A \times 1.2 = 1/3.6 \times f_p \times r \times A \times 1.2 = 1/3.6 \times 0.85 \times 127.2 \times 0.407 \times 1.2$$

$$= \boxed{} (\text{m}^3/\text{sec})$$

Q2. 現場の洪水吐は、Q1で求めた設計洪水量を流し得る断面となっているか？また、余裕高はどうか？
現場の洪水吐の断面は、下図のように構成されている。



①越流総水頭 (Hd) を求める！！

$$\begin{aligned}
 Hd^{3/2} &= \boxed{} / (1.704 \times 0.82 \times 3.1) \\
 &= \boxed{} / 4.33 = \boxed{} \\
 Hd &= \boxed{} = \boxed{} \text{ m}
 \end{aligned}$$

流量公式 (水路流入型)

$$Hd^{3/2} = \frac{Q}{1.704 \times C \times B}$$

Q : 設計洪水流量 (m³/s)

C : 流入係数 (水路入り口の側壁形状)

全て直角 : 0.82、開いている (漏斗状) : 0.88

B : 水路幅 (等幅とする) ⇒ Bw (m)

Hd : 水深 (越流総水頭) (m)

設計洪水流量の算定 (演習)

福岡農林管内のA市 ため池 流域40.7ha 満水面積3.7ha 貯水量120,000m³)

②現在の余裕高 (Fb) を求める！！

堤体の余裕高は、設計洪水時の貯水が堤頂を越流することがないように十分な高さとしなければならない

現況の余裕高 = 堤体天端標高 - H.W.L

◆ $H.W.L = F.W.L + \text{越流水深}$

現況天端高 31.60 m

H.W.L + = m

現在の余裕高 31.60 - = m

③必要な余裕高 (fb) を求める！！

余裕高

- 波の打上げ高さ $\leq 1.0m$ の場合

余裕高 $Fb (m) = 0.05 \times \text{最高水位} + 1.0 (m)$

- 波の打上げ高さ $> 1.0m$ の場合

余裕高 $Fb (m) = 0.05 \times \text{最高水位} + \text{波の打上げ高} (m)$

◆ 最高水位 = $H.W.L - \text{基礎地盤高} (m)$

◆ $H.W.L = F.W.L + \text{越流水深} (m)$

F.W.L = m

越流水深 = m

基礎地盤高 = m

H.W.L = m

最高水位 = m - m

= m

この場合、波の打ち上げ高さは1.0m以下として、

余裕高 $Fb = 0.05 \times \text{} + 1.0 = \text{} m$

※越流総水頭は、洪水吐の断面以内、また必要余裕高 m に対して、現場は m である。