

# ため池の耐震性能照査結果に影響 を与える要因の分析



株式会社ユニオン

○ 堀 朱実  
吉村 伸一





# 目次



---

1. はじめに
2. 耐震性能照査結果の整理
3. 分析方法
4. 分析結果
5. おわりに





# 1. はじめに

## ため池数と分布

全 国

約153,941箇所

R3.12,農水省



約54,610箇所

R3.7,農水省

岐阜県

2,234箇所

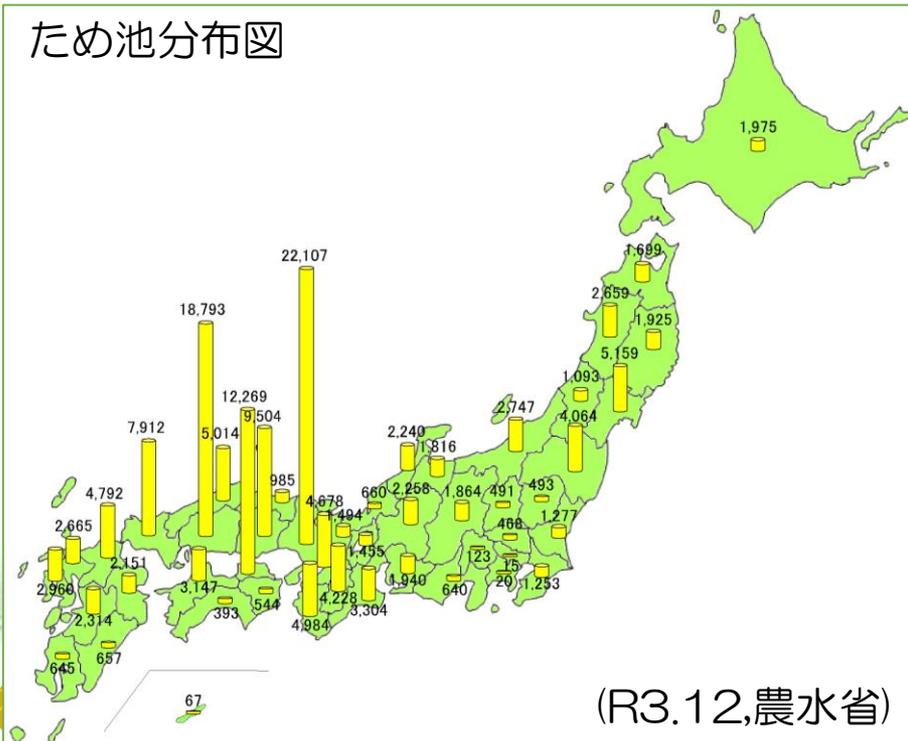
R4.3,岐阜県



1,349箇所

R4.3,岐阜県

ため池分布図



## 防災重点農業用ため池の選定基準

決壊した場合の浸水区域に家屋や公共施設等が存在し、人的被害を与えるおそれのあるため池(R2.10,農水省)





# 1. はじめに

ため池工事特措法（R2.10月施行・R13.3月失効）

防災重点農業用ため池について

劣化状況評価



必要に応じて  
防災工事

地震・豪雨

耐性評価

岐阜県

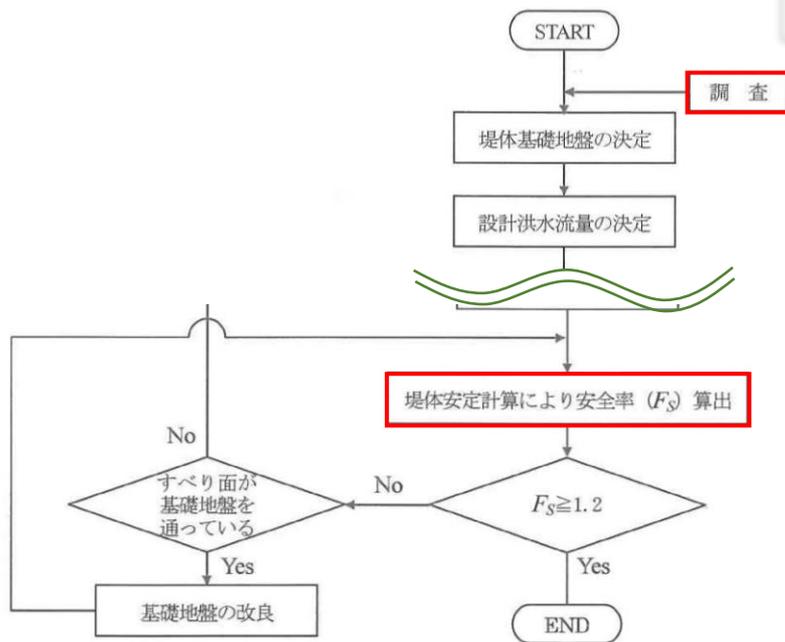
1,349箇所





# 1. はじめに

## ため池の設計手順



土地改良事業設計指針「ため池整備」

地質調査、土質調査

照査結果に影響を与える要因を分析し、特に着目すべき要因や傾向について考察した。

- 安全率は何の値に影響を受けるのか？
- 安全率が必ず1.2以上になる条件があるか？

作業の効率化・品質向上

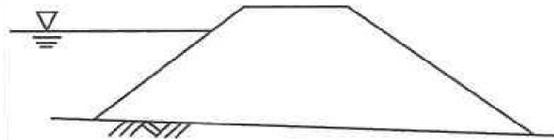
耐震計算



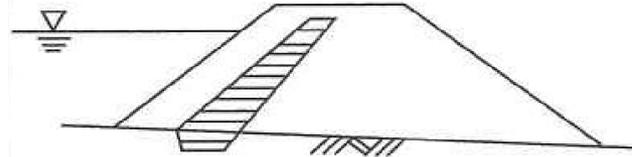


## 2.耐震性能照査結果の整理

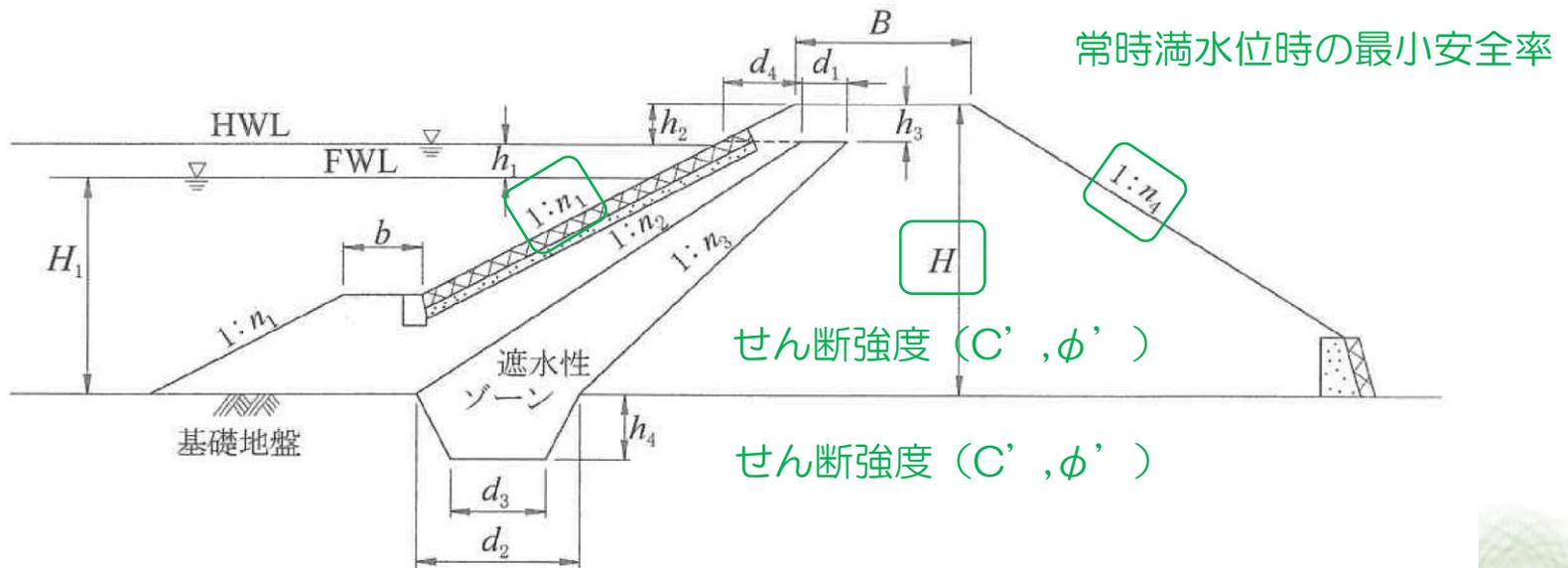
### ため池の型式



均一型：45池



傾斜遮水ゾーン型：20池





## 2.耐震性能照査結果の整理

### 計算方法

$$F_s = \frac{R \times \sum \{C' \times L + (N - U) \tan \phi'\}}{R \times \sum (T)}$$

$F_s$  : 安全率

$C'$  : すべり面の材料の粘着力

$\phi'$  : すべり面の材料のせん断抵抗角

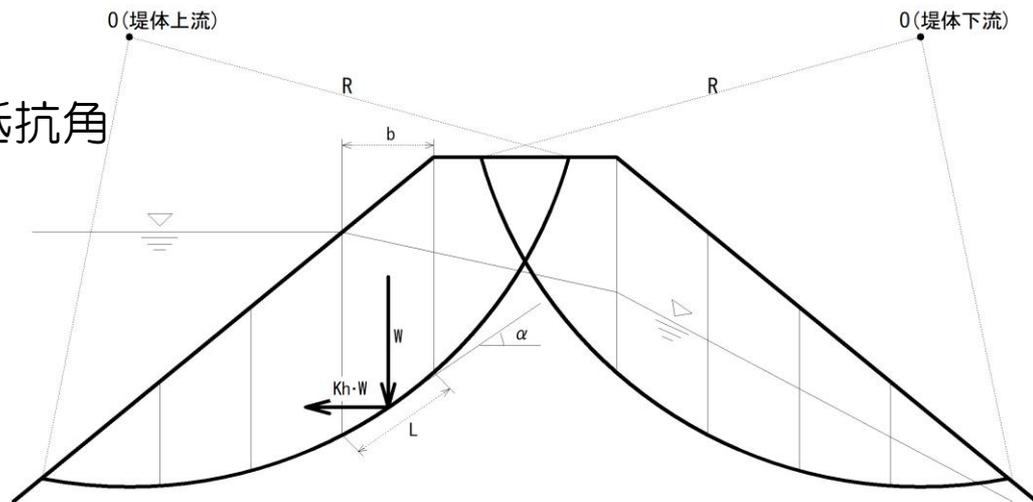
$L$  : すべり面の長さ

$N$  : 各スライスの幅

$T$  : 荷重合力の垂直分力

$U$  : 荷重合力の接線分力

$R$  : 円弧の半径



土地改良事業設計指針「ため池整備」





## 2.耐震性能照査結果の整理

### ため池の諸元

		ため池数：65池			均一型：45池			傾斜遮水ゾーン型：25池		
		最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
堤 高(m)		1.30	14.70	5.29	1.30	14.70	4.89	2.50	9.80	6.19
法勾配(1:n)	上流側	0.30	2.80	1.69	0.50	2.40	1.59	0.30	2.80	1.91
	下流側	0.30	2.50	1.64	0.30	2.50	1.57	1.00	2.10	1.79
堤体盛土部 せん断強度	粘着力C' (kN/m <sup>2</sup> )	0.61	26.60	9.64	0.70	26.60	10.07	0.61	19.00	8.66
	内部摩擦角φ' (°)	22.60	41.90	33.32	22.60	41.90	33.26	23.90	38.45	33.47
堤体基礎部 せん断強度	粘着力C' (kN/m <sup>2</sup> )	0.00	28.40	6.87	0.27	28.40	7.51	0.00	9.34	5.45
	内部摩擦角φ' (°)	27.10	42.00	35.28	27.10	40.00	34.75	29.20	42.00	36.46
最小安全率 Fs	上流側	0.761	3.236	1.604	0.772	3.236	1.695	0.761	2.217	1.402
	下流側	0.590	2.617	1.306	0.590	2.617	1.351	0.641	1.938	1.209





### 3.分析方法

$$\text{相関係数}r = \frac{S_{xy}}{S_x \times S_y} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

相関係数rの値	相 関
$-1.0 \leq r \leq -0.7$	強い負の相関
$-0.7 \leq r \leq -0.4$	負の相関
$-0.4 \leq r \leq -0.2$	弱い負の相関
$-0.2 \leq r \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq r \leq 0.4$	弱い正の相関
$0.4 \leq r \leq 0.7$	正の相関
$0.7 \leq r \leq 1.0$	強い正の相関

$S_{xy}$  : x,yの共分散

$S_x, S_y$  : x,yの標準偏差

n : データの総数

$x_i, y_i$  : i番目のx,yの値

$\bar{x}, \bar{y}$  : x,yの平均値





# 3.分析方法

ケース	ケース①	ケース②	ケース③
概要	②+③ (65池)	堤体すべりに注目したため池 (33池)	基礎を通るすべりに注目したため池 (32池)
概要図	—		





# 4.分析結果

## ケース①全65池

安全率	堤高	法勾配 (1:n)		堤体盛土部		堤体基礎部	
		上流側	下流側	C'	$\phi'$	C'	$\phi'$
上流側	-0.40	-0.34	-0.29	0.57	-0.02	0.46	-0.01
下流側	-0.47	-0.38	-0.13	0.51	0.02	0.32	0.09

- 堤高が高いほど、安全率は低くなる。
- 堤体盛土部の粘着力C' が高いほど、安全率は高くなる。
- 堤体基礎部の粘着力C' が高いほど、安全率は高くなる。

相関係数rの値	相 関
$-1.0 \leq r \leq -0.7$	強い負の相関
$-0.7 \leq r \leq -0.4$	負の相関
$-0.4 \leq r \leq -0.2$	弱い負の相関
$-0.2 \leq r \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq r \leq 0.4$	弱い正の相関
$0.4 \leq r \leq 0.7$	正の相関
$0.7 \leq r \leq 1.0$	強い正の相関





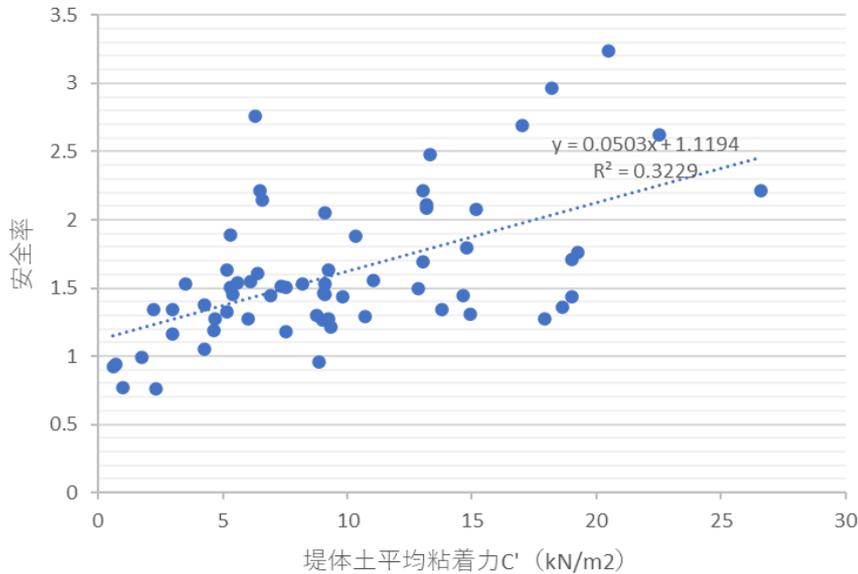
# 4.分析結果

## ケース①全65池

$r=0.57$

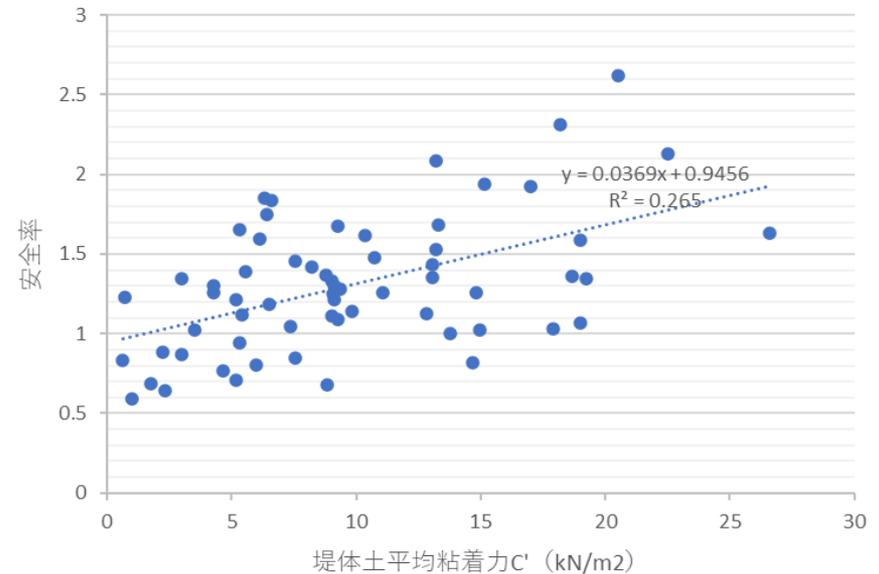
$r=0.51$

上流側安全率—堤体 $c'$  (全体)



● 上流側安全率    ..... 線形 (上流側安全率)

下流側安全率—堤体 $c'$  (全体)



● 下流側安全率    ..... 線形 (下流側安全率)





## 4.分析結果

### ケース②堤体すべりに注目したため池（33池）

安全率	堤高	法勾配（1:n）		堤体盛土部	
		上流側	下流側	C'	$\phi'$
上流側	-0.20	-0.20	-0.25	0.79	-0.09
下流側	-0.38	-0.35	-0.04	0.73	-0.06

- 堤体盛土部の粘着力C' が高いほど、安全率は高くなる。

相関係数rの値	相 関
$-1.0 \leq r \leq -0.7$	強い負の相関
$-0.7 \leq r \leq -0.4$	負の相関
$-0.4 \leq r \leq -0.2$	弱い負の相関
$-0.2 \leq r \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq r \leq 0.4$	弱い正の相関
$0.4 \leq r \leq 0.7$	正の相関
$0.7 \leq r \leq 1.0$	強い正の相関



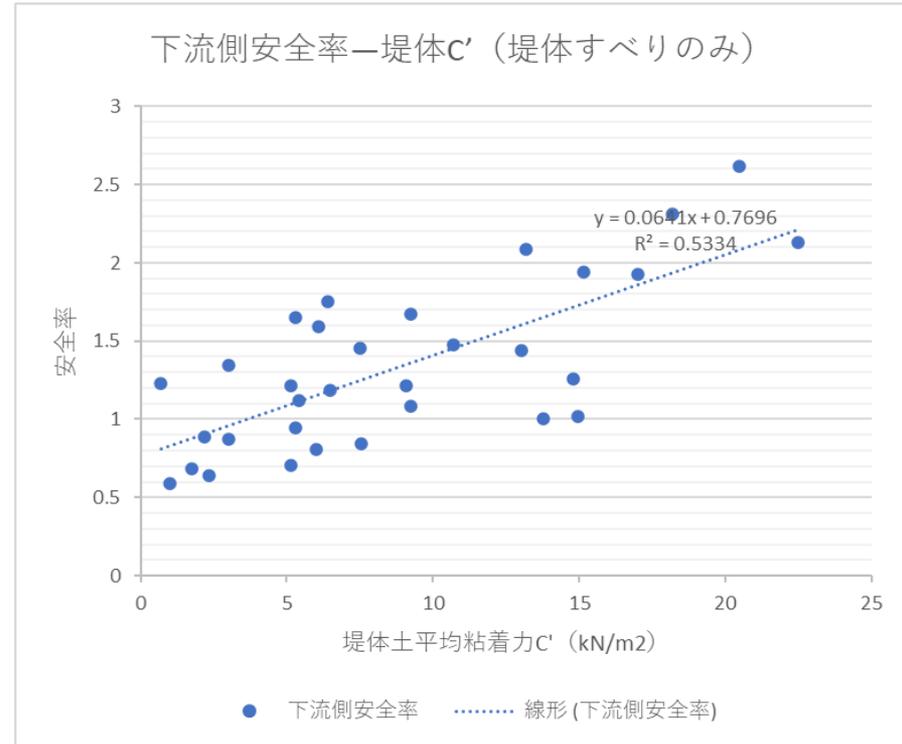
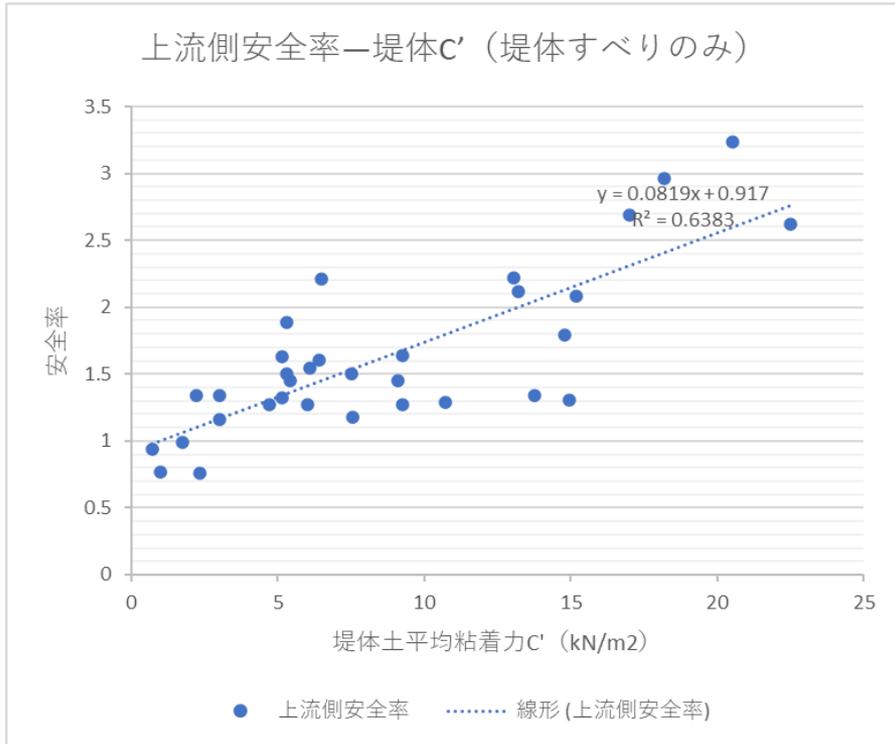


# 4.分析結果

## ケース②堤体すべりに注目したため池（33池）

$r=0.79$

$r=0.73$





## 4.分析結果

ケース③基礎を通るすべりに注目したため池（32池）

安全率	堤高	法勾配（1:n）		堤体盛土部		堤体基礎部	
		上流側	下流側	C'	$\phi'$	C'	$\phi'$
上流側	-0.68	-0.64	-0.34	0.27	0.10	0.45	-0.01
下流側	-0.67	-0.43	-0.28	0.22	0.21	0.32	0.09

- 堤高が高いほど、安全率は低くなる。
- 上流側の法勾配が急になるほど、安全率は低くなる。
- 堤体基礎部の粘着力C'が高いほど、安全率は高くなる。

相関係数rの値	相 関
$-1.0 \leq r \leq -0.7$	強い負の相関
$-0.7 \leq r \leq -0.4$	負の相関
$-0.4 \leq r \leq -0.2$	弱い負の相関
$-0.2 \leq r \leq 0.2$	ほとんど相関がない
$0.2 \leq r \leq 0.4$	弱い正の相関
$0.4 \leq r \leq 0.7$	正の相関
$0.7 \leq r \leq 1.0$	強い正の相関



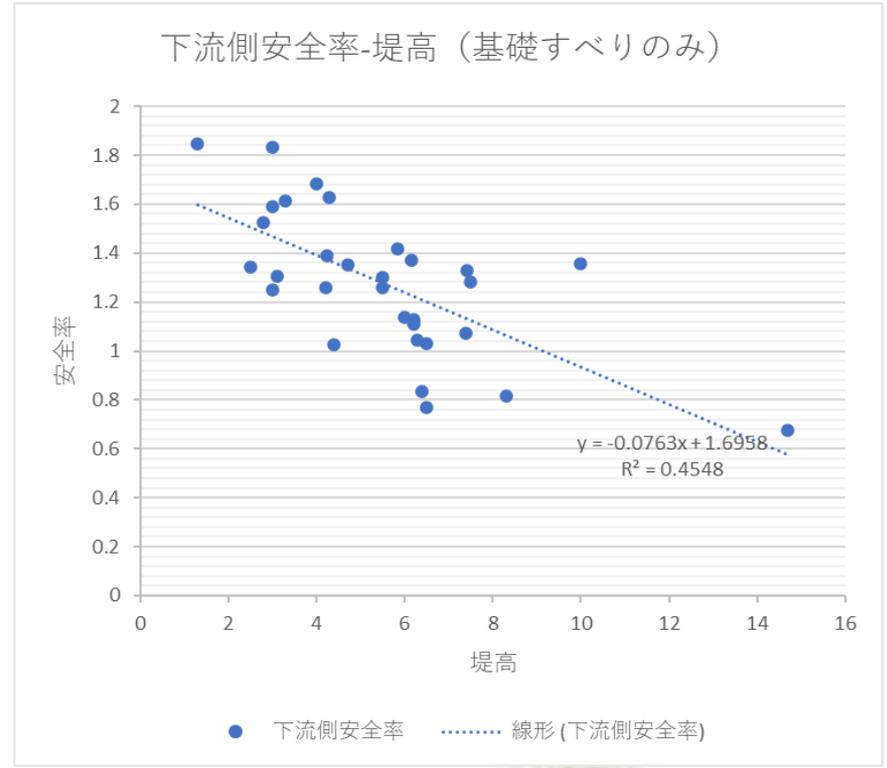
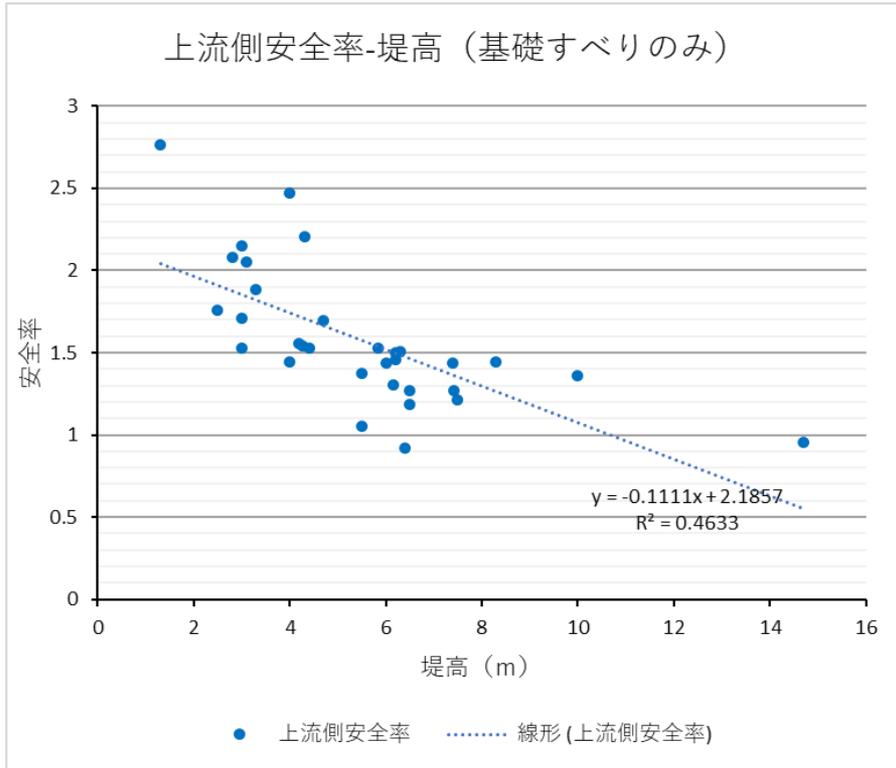


# 4.分析結果

## ケース③基礎を通るすべりに注目したため池（32池）

$r = -0.68$

$r = -0.67$





## 4.分析結果

### ケース①全体（65池）

- 堤高が高いほど、安全率は低くなる。
- 堤体盛土部の粘着力 $C'$ が高いほど、安全率は高くなる。
- 堤体基礎部の粘着力 $C'$ が高いほど、安全率は高くなる。

### ケース②堤体すべりに注目したため池（33池）

- 堤体盛土部の粘着力 $C'$ が高いほど、安全率は高くなる。

### ケース③基礎を通るすべりに注目したため池（32池）

- 堤高が高いほど、安全率は低くなる。
- 上流側の法勾配が急になるほど、安全率は低くなる。
- 堤体基礎部の粘着力 $C'$ が高いほど、安全率は高くなる。



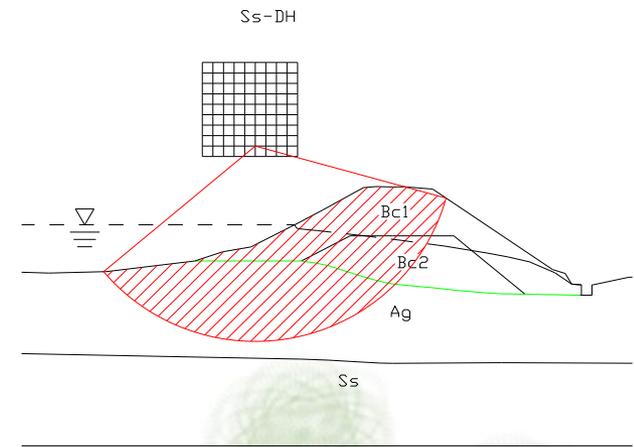
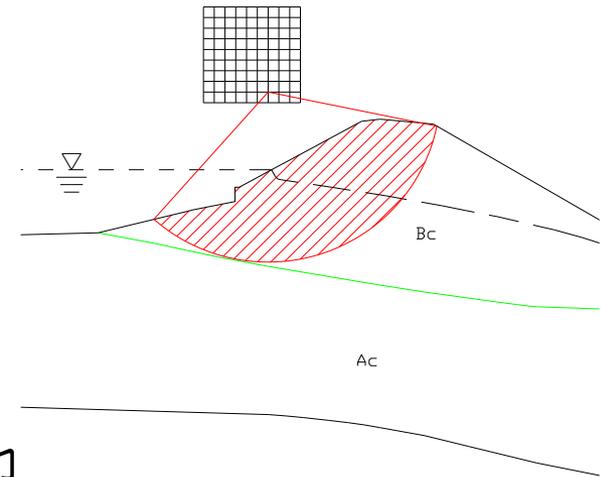


## 5.おわりに

安全率に影響を与える要因

- 堤体すべりに注目したため池  
堤体盛土部の粘着力C
- 基礎を通るすべりに注目したため池  
堤高・上流側の法勾配

絶対的な要因の発見  
には至らなかった

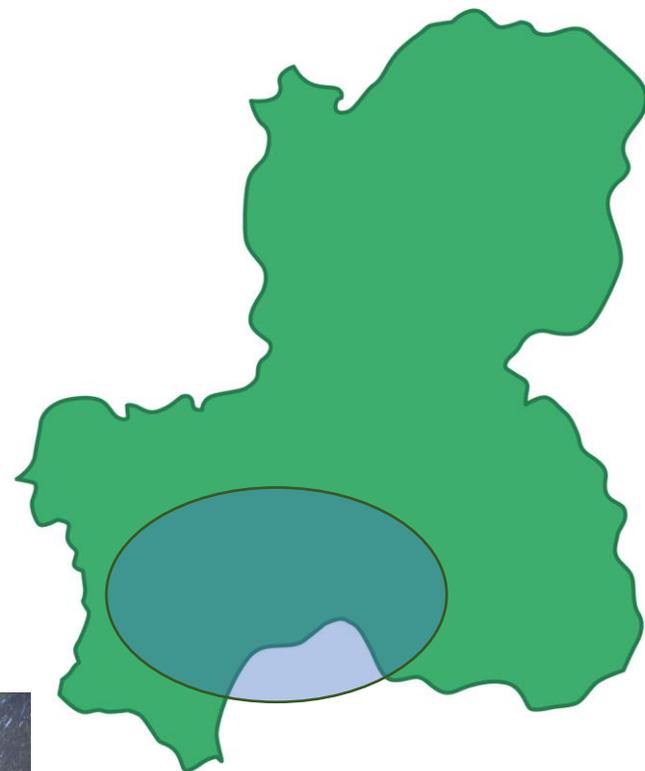




## 5.おわりに

### 今後の課題

- 要因の更なる分析  
地域による特性  
水位（浸潤線）による特性
- 土質試験（三軸圧縮試験）  
の精度向上



水位の低いため池



水位の高いため池

