

「平成30年7月豪雨による地盤災害緊急調査報告」

# ため池の被災事例から見た 減災機能と維持管理

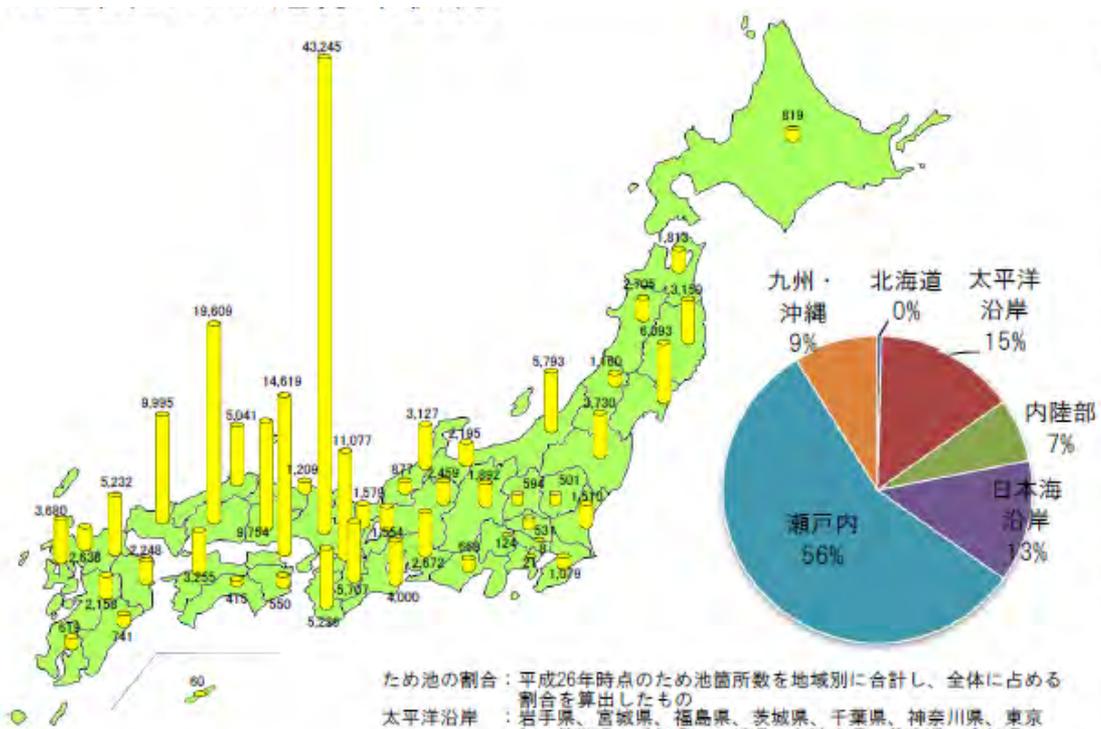
茨城大学 農学部  
毛利栄征

# 本日の話題

1. ため池の現状
2. 被災形態と被災の概要
3. 被災事例
4. ため池の豪雨対策と減災機能の発揮

# ため池とは

○ 全国にため池は約20万か所あり、降水量が少なく、大きな河川に恵まれない西日本を中心に分布。都道府県営事業の対象となる受益面積が2ha以上のため池は、全国に約6万か所。総数は19万7千か所。



1	兵庫	43,245	25	熊本	2,158
2	広島	19,609	26	長野	1,892
3	香川	14,619	27	青森	1,813
4	大阪	11,077	28	京都	1,579
5	山口	9,995	29	滋賀	1,554
6	岡山	9,754	30	茨城	1,510
7	宮城	6,093	31	鳥取	1,209
8	新潟	5,793	32	山形	1,160
9	奈良	5,707	33	千葉	1,079
10	和歌山	5,236	34	福井	877
11	福岡	5,232	35	北海道	819
12	島根	5,041	36	宮崎	741
13	三重	4,000	37	静岡	668
14	福島	3,730	38	鹿児島	619
15	長崎	3,680	39	群馬	594
16	愛媛	3,255	40	徳島	550
17	岩手	3,150	41	埼玉	531
18	石川	3,127	42	栃木	501
19	秋田	2,705	43	高知	415
20	愛知	2,672	44	山梨	124
21	佐賀	2,638	45	沖縄	60
22	岐阜	2,459	46	神奈川	21
23	大分	2,248	47	東京	8
24	富山	2,195			197,742

ため池分布図  
(平成26年3月)

ため池の割合：平成26年時点のため池箇所数を地域別に合計し、全体に占める割合を算出したもの  
 太平洋沿岸：岩手県、宮城県、福島県、茨城県、千葉県、神奈川県、東京都、静岡県、愛知県、三重県、和歌山県、徳島県、高知県  
 内陸部：栃木県、群馬県、埼玉県、長野県、山梨県、岐阜県、滋賀県、奈良県  
 日本海沿岸：青森県、秋田県、山形県、新潟県、富山県、石川県、福井県、京都府、鳥取県、島根県  
 瀬戸内：大阪府、兵庫県、岡山県、広島県、山口県、香川県、愛媛県

(防災課調べ 平成26年3月)

# 全国のため池の概要

1. 貯水容量が**1,000m<sup>3</sup>**以上のため池、**10万箇所**（総数は20万箇所）
2. **江戸時代以前**に築造されたため池が**全体の70%**
3. 古いため池は人力施工、堤体土質選定、品質・性能が不明
4. 経年的な老朽化が進行（堤体断面、強度、漏水）
5. 整備が必要なため池は**2万個**。（**防災重点ため池11,362箇所**）
6. 維持管理が十分でない場合がある
7. 堤高が**5mから10m**の中規模のため池は**全体の50%**
8. 昭和28年からH21年度までに、**約1万3千のため池を改修**
9. 1979年から7年間に改修されたため池の**43%**は**100年以上経過した池**
10. 耐震設計がなされているため池は全体の**4%**

4

経過年数	個数	割合
50年以内	78	26.5
51 - 100	51	17.3
101 - 150	27	9.2
151 - 200	39	13.3
201 - 300	39	13.3

経過年数	個数	割合
301 - 400	17	5.8
401 - 600	5	1.7
601 - 800	1	0.3
801以上	1	0.3
不明	36	12.2

# ため池の形態分類

立地により谷池と皿池に区分される。

谷池：山間や丘陵地で谷をせき止めて造られたため池

皿池：平地の窪地の周囲に堤防を築いて造られたため池



# ため池を取りまく状況

- ため池近傍にまで住宅地が拡大，ため池の決壊が被害の連鎖の起点になる。
- 兵庫県南部地震では1,222箇所のため池が被害。
- 平成16年の台風23号では，淡路島だけで1,013箇所のため池が被災した。（決壊178カ所）
- 平成23年東日本太平洋沖地震では、3,700箇所のため池が被災、被害額400億円
- 土石流で埋積したため池も多く、流木、土砂を貯留する機能を果たした。
- 土石流の流入による堤体のダメージは、越流などの二次的な作用によるものが主で、直接的な破壊はない。

# ため池の築堤技術

ため池の築造は4世紀に始まったとされており、現在の20万箇所のため池の**大部分は経験的技術**によって築造されている。そのうちでも75%以上が築造後100年以上を経過し、老朽化により改修を必要としている。

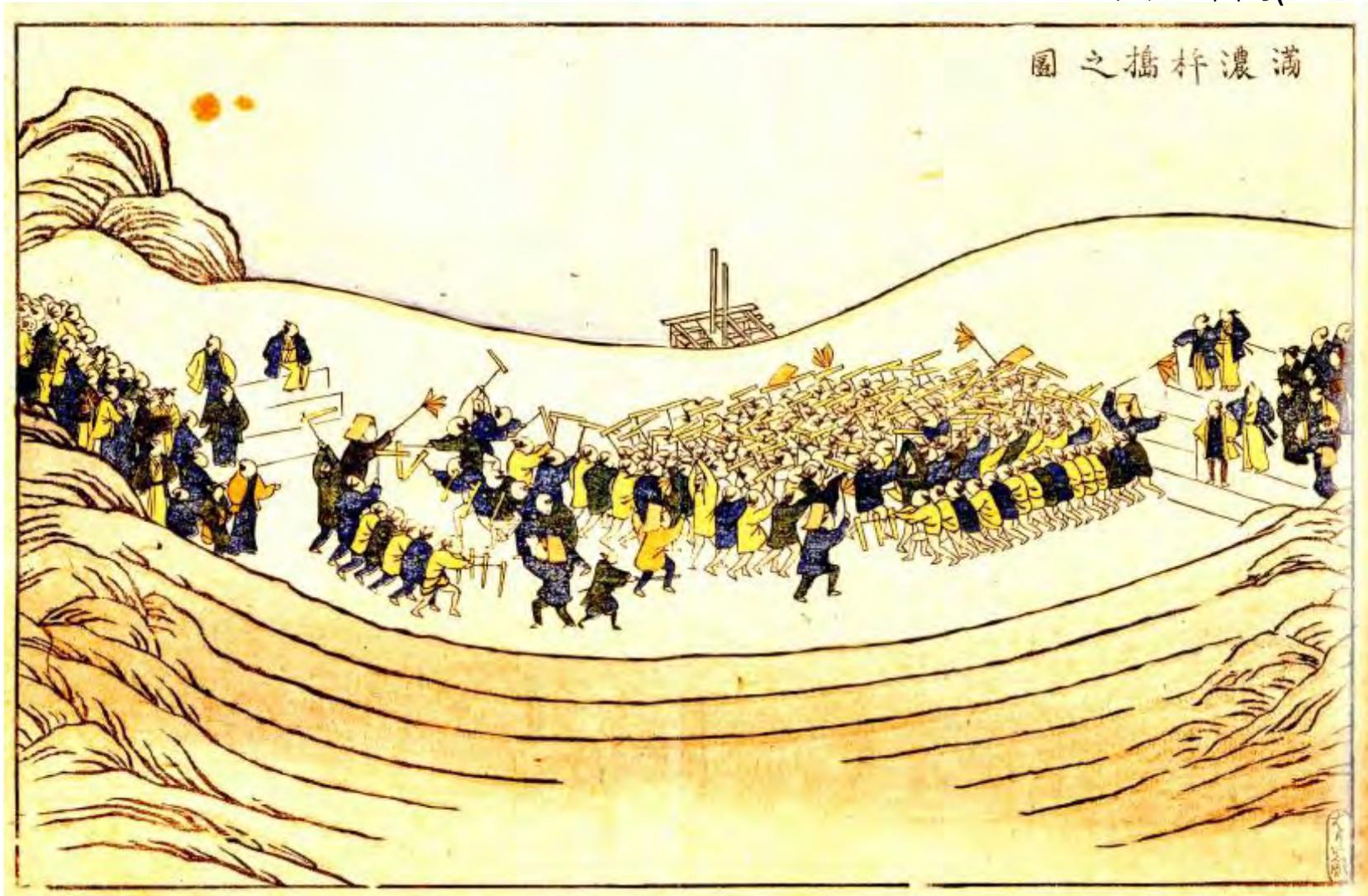
**第1段階（1982年まで）**：経験的な技術によって築造されていた時代である。  
**第2段階（1982年から2000年）**：**1982年の「老朽ため池整備便覧」**が制定され、上流側に傾斜遮水ゾーンを設ける“前刃金型ため池の標準寸法表”が示された。既存のため池の形状を参考に、経験的に定めたものであった。

第1段階のため池に関する記述としては、**1949年の「土堰堤」**がある。  
築堤用土の選定とゾーニングについて記述し、上流部の堤体は遮水性を高めるための用土選定と締固めが重要であるとし、下流側の堤体は浸潤線を下げるために粗なる用土の選定が適当としている。

1982年には老朽ため池整備便覧の制定によって、堤高、堤体土質、基礎地盤に基づく**標準的なため池堤体の断面寸法**が示された。安定した基礎地盤の場合には「**斜面勾配は、一般に上流側2.0～3.0割、下流側は2.0～2.5割と考えるべく、堤高10m以下のときでも1.5割以下ではいけない**」とされ、軟弱地盤の場合には、斜面勾配を緩くし、押さえ盛土を行うことなどが規定されている。耐震性についての記述はない。

# 満濃池の施工状況（杵搗き、突き固め）

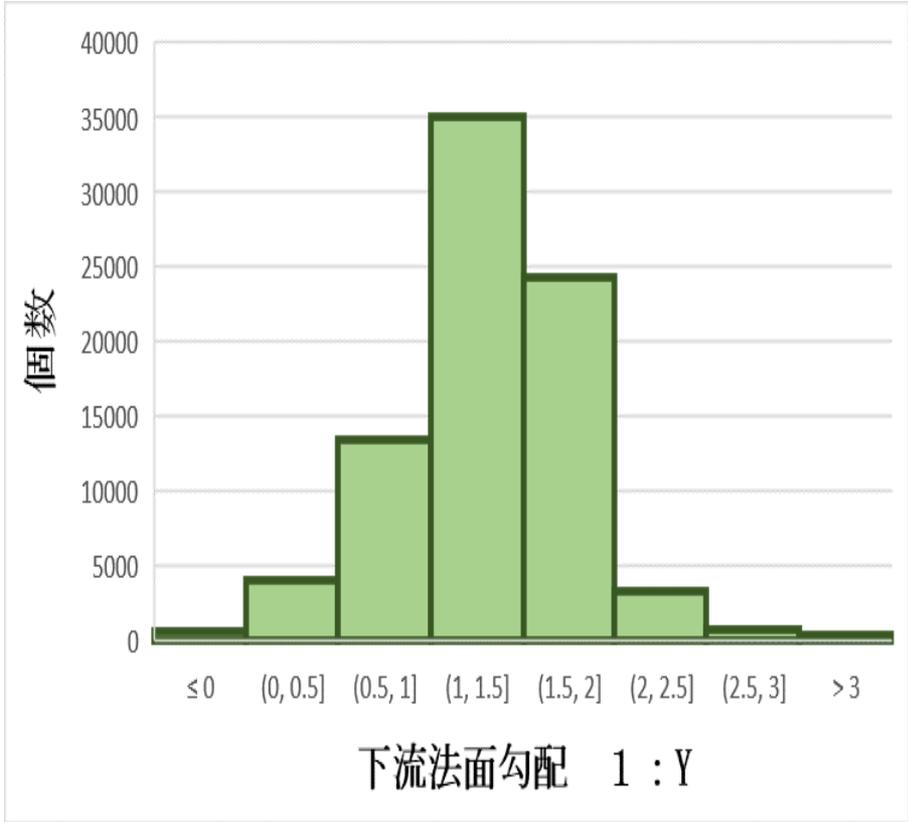
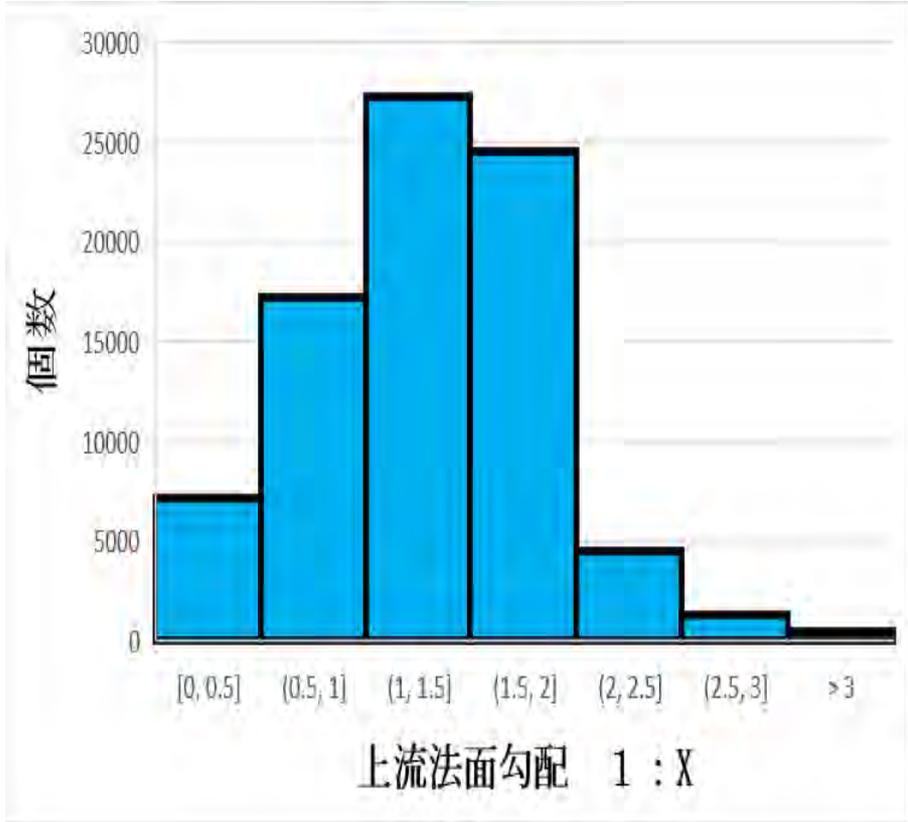
大宝年間(701~704年)



- 土質材料の強度と変形の特徴は、締固めで決まる。  
(密度、締固め度、飽和度、粒度分布)

満濃池誌から引用

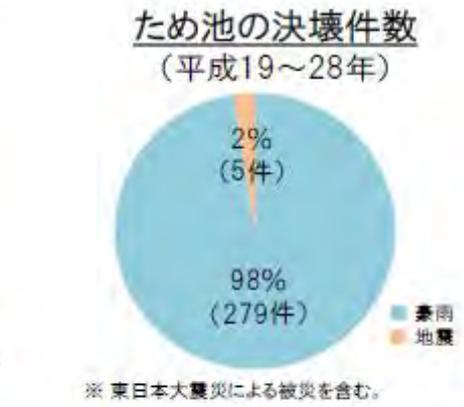
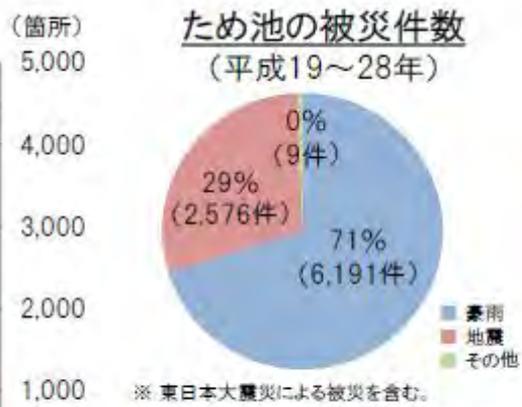
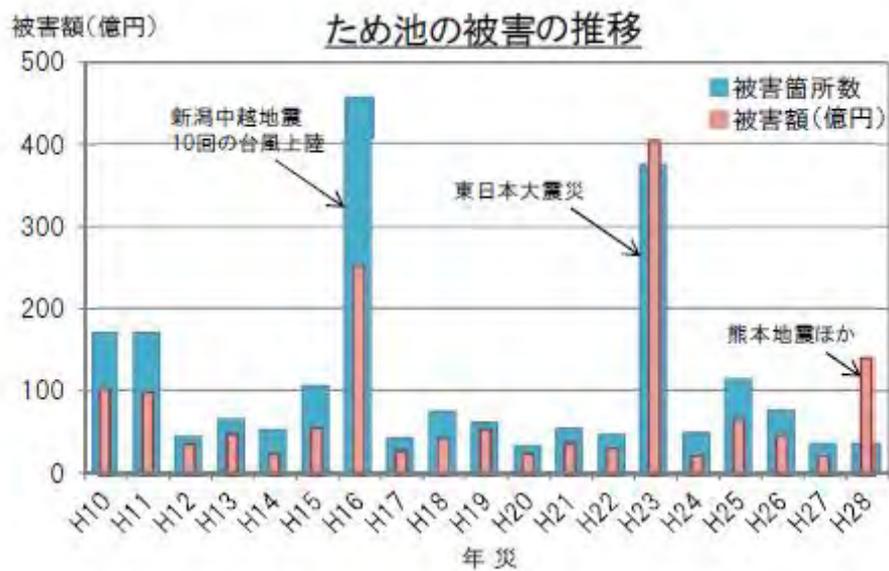
# ため池の法面勾配（データベースから）



上下流共に法面勾配が2割以下のため池が多い。  
1.5割以下の勾配になると、維持管理のための移動も困難になる。

# 高まる被災リスク

- 近年の自然災害によるため池の被害は、10回にわたる台風の上陸があった平成16年と、東日本大震災があった平成23年で顕著。
- 被災原因の71%は豪雨によるもので、地震によるものは29%となっている。



過去10年間では、豪雨による被災が71%、地震による被災は29%となっている。

年ごとにバラつきはあるが、平均して年間28件程度の決壊が発生している。

## 豪雨によってため池が決壊した事例



平成16年10月の台風による決壊 (兵庫県)



平成25年7月の豪雨による決壊 (山形県)



平成25年7月の豪雨による決壊 (山口県)



平成26年8月の豪雨による決壊 (京都府)

# ため池一斉点検結果

- 平成25年度からの3か年で、約9万6千か所のため池を対象に一斉点検を実施。
- 決壊した場合に住宅等に影響を与えるおそれのある「**防災重点ため池**」は全国に約1万1千か所。
- 詳細調査を実施したもののうち、5割強で耐震不足、4割弱で豪雨対策が必要。

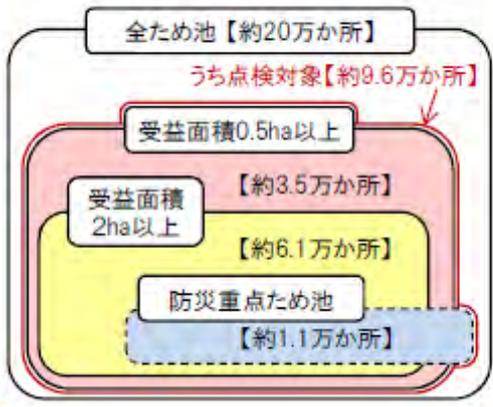
## 一斉点検

### 目的

近年のため池の被災を踏まえ、被災の可能性や被災した場合の影響を確認し、今後の施策の実施に活用。

### 点検内容

資料や目視等による点検、現地調査等から、ため池の構造、周辺環境、下流の状況、利用状況、立地条件などを確認し、優先度が高い判断されたものから、より詳細な調査を実施(防災重点ため池を優先)。



### 調査結果

※「詳細調査等の実施状況」のデータにおける下段( )は平成28年3月時点の数字

#### ■ 一斉点検結果(全国)【平成28年3月末時点】

点検実施ため池	うち防災重点ため池	詳細調査の優先度が高い防災重点ため池
96,074か所	11,318か所	3,391か所

#### ■ 詳細調査等の実施状況(全国)【平成29年3月末時点】

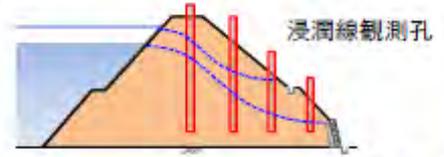
防災重点ため池	廃止	地震に対する詳細調査を実施		
			耐震不足を確認	対策が完了
11,362か所 (11,318か所)	21か所	4,444か所 (3,281か所)	2,434か所 (1,837か所)	295か所
防災重点ため池	廃止	豪雨に対する詳細調査を実施		
			豪雨対策が必要	対策が完了
11,362か所 (11,318か所)	21か所	3,634か所	1,399か所	653か所
防災重点ため池	廃止	ハザードマップ作成		ハザードマップを公表
11,362か所 (11,318か所)	21か所	5,441か所 (4,357か所)	4,030か所 (3,248か所)	

## 今後の対応

- ・災害の発生状況等を踏まえ、住宅等に影響を与えるおそれのあるため池を再度確認の上、新たに「防災重点ため池」に位置付けるなどの対応を都道府県に周知。
- ・詳細調査の優先度が高い「防災重点ため池」を中心に、地方公共団体において追加調査を実施し、対策が必要かどうかを判断。対策が必要な場合、ハードとソフトを組み合わせた防災・減災対策を実施。

### 詳細な調査の例

ため池の構造的安定性を確認するため、ボーリング調査による土質の確認、貯水位の変化に伴う堤体内の水位変化の確認などの調査を行い、安定性があるかを解析等により判断



- ・堤体に観測孔を設置し、水位を把握
- ・堤体の土質を採取し、性質を分析
- ・調査をもとに堤体の安定性を解析 など

# ため池一斉点検を踏まえた詳細調査等の実施状況（平成29年3月 末時点）

## 詳細調査等の内容

「**防災重点ため池**」については、ハード対策の要否を判断するための地震と豪雨に対する詳細調査、**ソフト対策としてのハザードマップ**の作成等を実施することとしている。

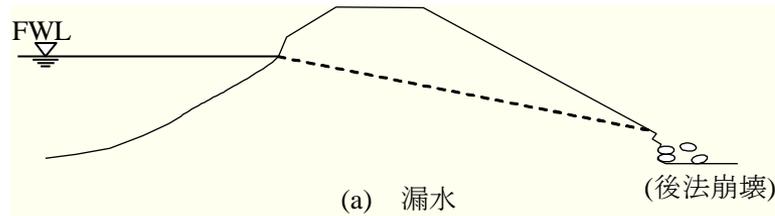
- (1) **地震に対する詳細調査**（耐震調査）：地震発生時にため池が保持すべき耐震性能が確保されているかを、現地調査、地質調査、土質試験、耐震計算等を行い判定する。
- (2) **豪雨に対する詳細調査**：豪雨時にため池が所定の流量を流下させることができる構造となっているか、堤体の高さが所定の余裕高を持っているか、堤体等からの漏水があるかどうか、堤体等のクラックや断面変形があるかなどを、現地調査、流量計算等を行い判定する。
- (3) **ハザードマップの作成・公表**：ハザードマップとは、自然災害による被害を予測し、その被害範囲等を地図化したものです。ため池が決壊しそうになった場合又は決壊した場合に、迅速かつ安全に避難するための参考資料として作成・公表するものです。

## 2. 被災形態と被災の概要

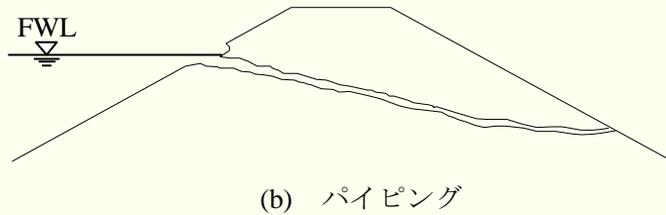
ため池の被害パターン

# 地震や豪雨によるため池の被害パターン

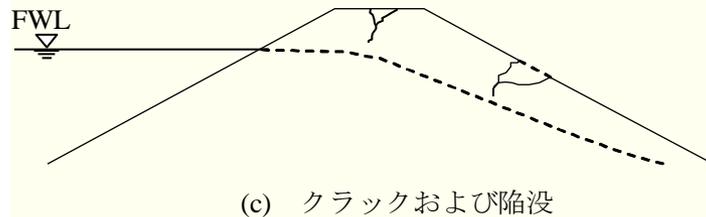
漏水



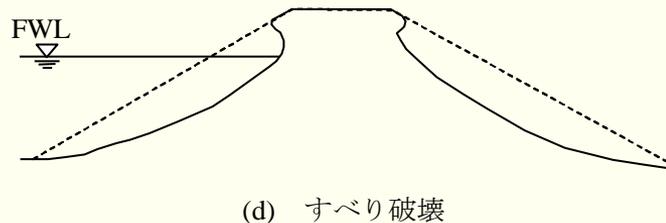
パイピング



亀裂や陥没



斜樋・底樋



- 堤体等からの漏水
- 堤体のクラック及び変形
- 堤体の余裕高不足
- 堤体断面形の変状
- 高い浸潤線位置
- 洪水吐の機能低下又は通水断面不足
- 取水施設の機能低下

# 豪雨による決壊溜池の被災原因別分類

	1985年 山口県 (安中ら,1994)	1990年 岡山県 (藤井ら,1991)	1993 年 山口県	1997 年 山口県	計	率 %
越流	5	5	2	3	15	32
すべり	5	1	2	2	10	21
浸透破壊	13	検討なし	5	4	22	47
計	23	6	9	9		

# 豪雨によるため池災害の事例

## 1. 1985年6月の山口県内のため池の被害

6月下旬の約10日間の梅雨前線豪雨により、県下の600以上のため池が被害を受けた。

### (1) 被害の要因

決壊した26個のため池の現地調査によって決壊のパターンは3つに分類。

- ①堤体内のパイピング孔が拡大し、上流斜面満水位付近から下流斜面先に達する大きな穴が開口し、穴上部の堤体の陥没、越流、決壊となる(13例)。
- ②雨水による堤体法面付近の重量の増加、すべり抵抗の低下などのために、下流側法面にすべり破壊が発生し、越流、決壊となる(5例)。
- ③洪水吐の能力不足のため水位が上昇し、越流、決壊となる(4例)。

### 3. 2004年（平成16年）10月13日 台風23号によるため池被害について

#### (1) 被害の概要

兵庫県は44千個がある日本一の保有県で、その内の23千個が淡路島にある。

（平成16年当時）

ほとんどの堤体は、砂質土を用いた均一型の断面構造で築堤されており、浸食を受けやすい構造である。

- ① 農地・農業用施設は、被害箇所数12千か所・被害額は240億円。
- ② ため池の被害箇所は1,013か所、その内決壊したため池は178か所であった。
- ③ 土砂埋積が408か所あるが、土砂が池敷に堆積したことで下流の被害を防止したといえる。
- ④ 決壊した主なため池の位置は3時間雨量で、160mm以上の降雨があった地域に集中している。

#### ため池の主な被災内容（災害査定対象）

主な被災内容	被災箇所数（重複有り）
決壊	178
前法崩壊	51
後法崩壊	330
余水吐損傷	94
土砂埋没	408
その他	129
計	1,013

阪神・淡路大震災の被害は、被害か所数3千か所・被害額146億円で、ため池の被害箇所は491か所、その内決壊したため池は2か所であった。台風第23号による被害がいかに大きいかかわかる。

## (2) 決壊の原因

- ① 決壊の主な原因は、堤体を越流した水が法面を洗掘し、すべりが発生、堤体が崩壊したと判断できる。（天端の流木や土砂の残留痕跡）
- ② 豪雨による山水に加えて山腹崩壊が発生し、ため池に流入した土砂を含んだ大量の土石流は余水吐から吐ききれずに堤体を越流し、堤体の後法を崩壊させ決壊に至ったと考えられる。
- ③ 淡路島のため池は余水吐の能力が小さく、山腹崩壊による木々が余水吐を閉塞したのも決壊ため池が多かった要因のひとつと考えられる。
- ④ 地元の人からの間取りによると、堤体を水が越流し始めてから決壊に至るまで30-60分間あったとする証言があり、また、堤体から水が越流しても壊れなかった事例や、後法が崩落しているが決壊に至らなかった事例もある。
- ⑤ 淡路島には、ため池等整備事業等で整備したため池が123ヵ所あるが、いずれのため池も流木や土砂の流入はあるが堤体に損傷はない。

# ため池の設計洪水流量「ため池整備」

ため池の設計洪水流量は、次のうち最も大きい流量の 1.2 倍とする。

- 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（以下「A 項流量」という）。
- ② 観測又は洪水痕跡等から推定される 既往最大洪水流量（以下「B 項流量」という）。
- ③ 気象・水象条件の類似する近傍流域における水象又は 気象の観測結果 から推定される最大洪水流量（以下「C 項流量」という）。

○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%の余裕を見込むものとする。

○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流量とする。

○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。

# 九州北部豪雨災害と西日本豪雨災害

## [被災状況]

- 福岡県朝倉市：全ため池数10か所
- 48か所のため池被災
- 決壊：9か所
- 流失：2か所
- 堤体損傷：17か所
- 埋積：11か所
- 水路損傷：9か所

## [豪雨、被災の発生状況]

- 極めて強い豪雨
- 山腹崩壊が集中して発生

## [特徴的な被災]

- ① 流木・土石流の流入
- ② 洪水吐機能の低下
- ③ 貯水位の急上昇
- ④ 堤体越流による決壊

## [被災状況]

- 近畿、中四国、九州、岐阜
- 500か所以上のため池被災
- 決壊：24か所
- 流失：\*\*、堤体損傷：\*\*
- 埋積：\*\*、水路損傷：\*\*

## [豪雨、被災の発生状況]

- 池上流部の池敷崩壊
- 越流の痕跡は少ない
- 堤体から濁った水が漏水
- 降雨強度は九州北部比べて低い
- 継続時間の長い降雨
- 小規模ため池が多い（急こう配法面）

## [特徴的な被災]

- ① 低水位管理時の水位急上昇
- ② パイピングの進行
- ③ 堤体のすべり破壊

## 土質・地盤工学的な面での現象解明と災害の理解

山腹崩壊の発生と予測  
流木・土石流の流下と防御  
堤体の越流抵抗性

堤体の豪雨による軟化とすべり破壊  
堤体のパイピング  
堤体強度と管理方法（法面保護、水位管理）

# 法面の越流実験から得られる斜面の侵食抵抗

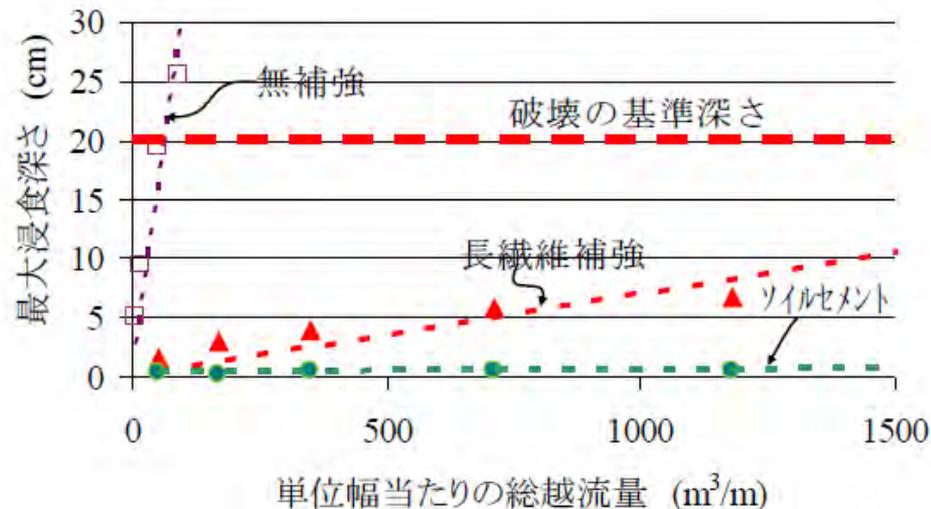


a)越流



b)落下流

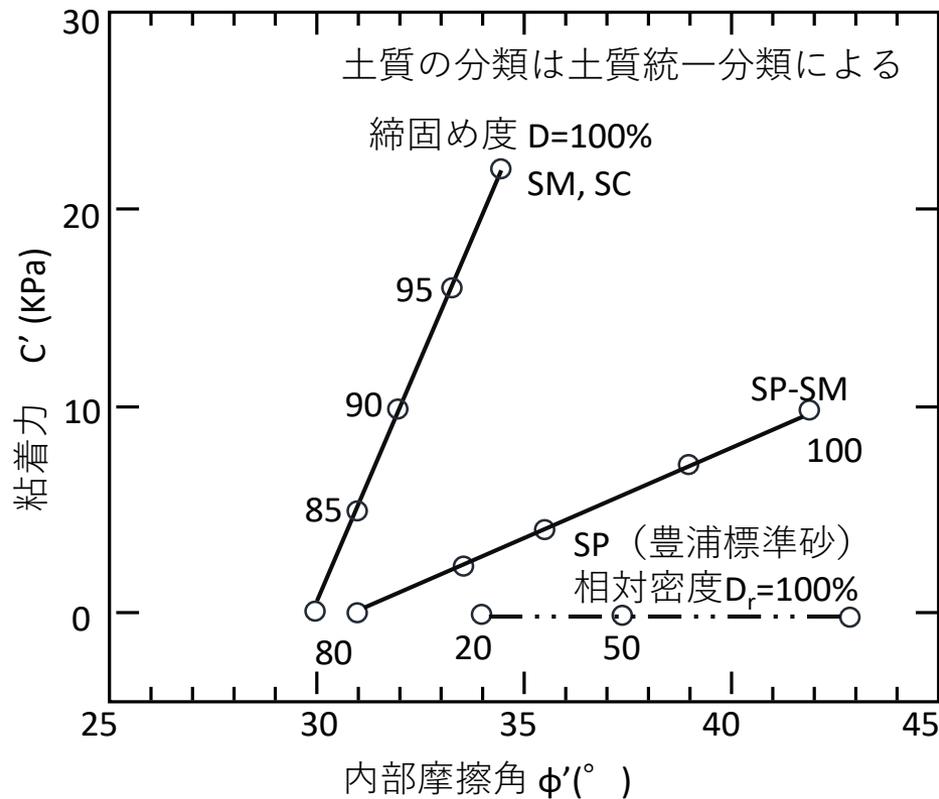
- Case1：無補強（裸地）
- Case2：長繊維補強工法
- Case3：ソイルセメント



斜面の種類	耐侵食係数 $\rho_d$	浸食深さ20cmに達する時間 (hour)
無補強（裸地）	1.00	0.08
長繊維補強工法	69	5.7
ソイルセメント工法	1565	128

侵食抵抗の比較（文献に加筆）

# ため池用土の締固め度と強度



- ①  $D$ 値=80 %ではどの砂でもほぼ同じ強度であり、 $C = 0$ 、 $\phi = 31^{\circ}$
- ②  $D$ 値=90%では細粒分の少ないSP及びSP-SMクラスでは $C = 0$ 、 $\phi = 35^{\circ}$
- ③ 細粒分が多くなるにつれて $C$ は増大し、SMとSCでは、 $C = 0.1(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、 $\phi = 32^{\circ}$
- ④  $D$ 値=100 %にすると砂の種類によって大きく強度は変わり。SPでは $C = 0$ 、 $\phi = 43^{\circ}$
- ⑤ SMとSCでは $C = 0.2(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 、 $\phi = 34^{\circ}$

### 3. ため池の被災事例

# 洪水時のため池周辺の状況

平成21年7月中国・九州北部豪雨災害 (7/19~7/26)

・被害の大きかった山口県防府市においては7月19日から26日の総雨量が500mmを超え、24時間雨量では275mmを記録。

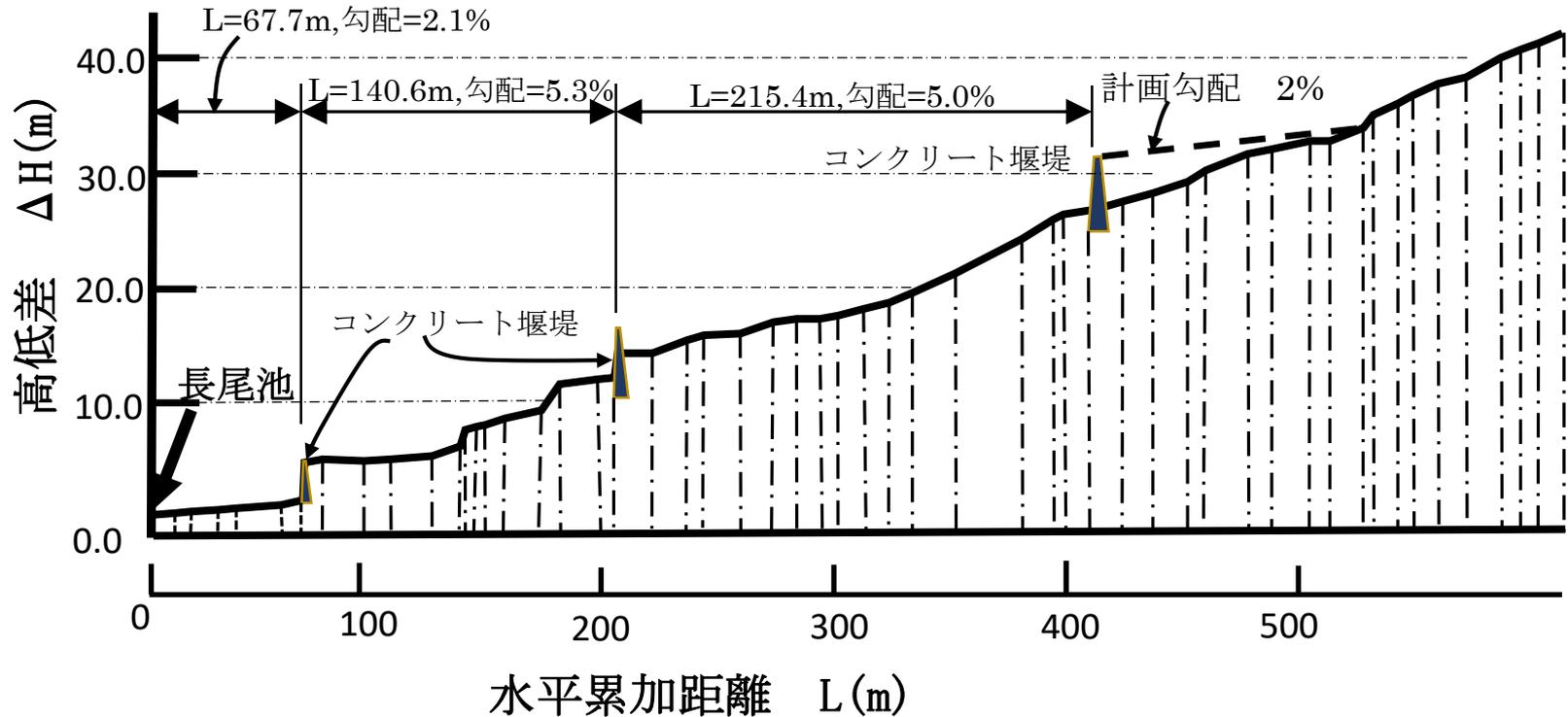


# ため池上流部の斜面崩壊の状況



平成19年山口県豪雨による災害

# 長尾池上流の溪流 1 の地形断面



# 長尾池の堆積土砂の状況



a) 堤体右岸から見た池内の堆砂の状況



b) 洪水吐部の堆砂の状況



c) 砂防堰堤の状況

長尾池への土石流の流入状況

## 4. ため池の豪雨対策と 減災機能の発揮

# ため池の機能と減災対策

灌漑用水の貯留によって発揮される機能

(1) 利水機能

農地への農業用水の安定供給

(2) 洪水調整機能

洪水吐（余水吐）、水路などの施設による、下流地域に対する洪水調整

## 1. 事前放流

降雨前に放流を行い、空き容量を設ける。

## 2. 低水位管理

低水位で管理する方法。その例として

### (1) 洪水吐へのスリット設置

洪水吐の一部にスリットを入れ、スリットの深さに対応した空き容量を設ける。

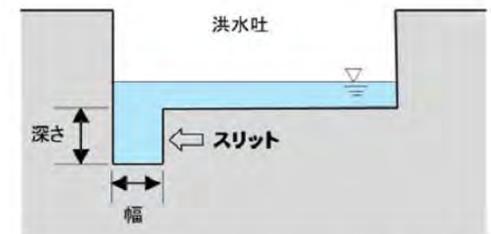


図4. 1：洪水吐スリットイメージ図

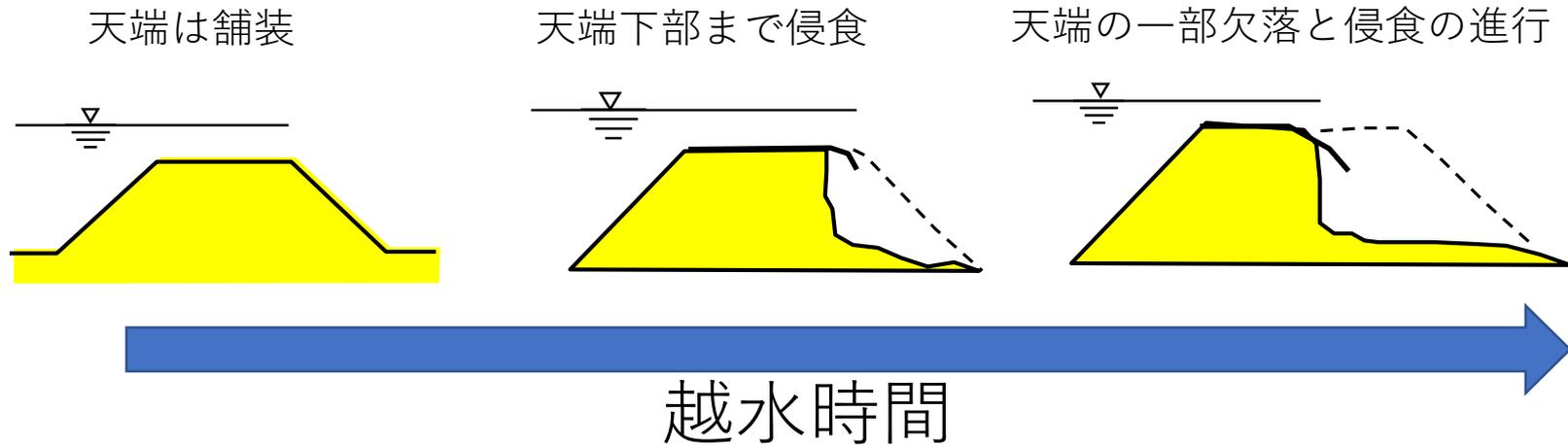
# 川池（兵庫県）の洪水によって崩壊した堤体



1. 上流の井出の口池が決壊し、洪水が川池の堤体上を水深約 1 m で越流。
2. 川池の右岸下流法面は平成 16 年以前に一部補修。
3. 堤体土の密度が高く粘性土を用いている改修部分は、越流侵食に高い抵抗性を発揮。



# 天端舗装をしたため池の破壊過程



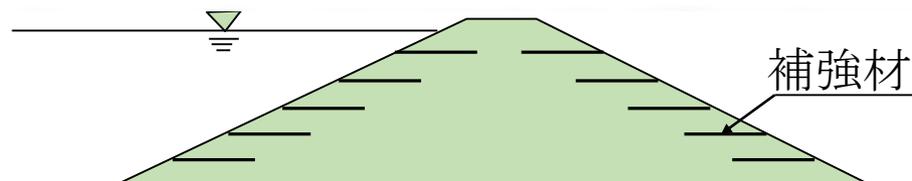
## 壊滅的な決壊を防止する

- 災害発生の早期発見
- 修復しやすい程度の被害
- 避難できる時間の確保

60cmの越流水深  
3時間？の越流に耐える

参表-10.1 ため池における主要な耐震対策工

工 法 名	略 図 (例)	概 要	特 性	備 考
押さえ盛土		盛土の安定を図るために、法面先端の外側に置く低い盛土。	すべり破壊に対する対策工として、用地の制約を受けない場合では最も安価で確実性が高い工法である。	ため池における最も一般的な耐震対策工。
地盤改良		盛土・地盤の強度・安定性を高めるために、地盤に人工的な改良を加える工法。	改良工法には、置換（掘削再盛土）工法、混合処理工法、注入固化工法などがある。押さえ盛土と比較すると高価であり、用地の制約を受けるなど、押さえ盛土が適用できない場合に検討される。	
盛土補強土		盛土・地盤の強度・安定性を高めるために、土以外の補強材を土中に設置する工法。	補強材としては、帯鋼、鉄筋、ジオテキスタイルなどがある。押さえ盛土と比較すると高価であり、用地の制約を受けるなど、押さえ盛土が適用できない場合に検討される。なお、補強材に沿った水みちが発生しないよう注意が必要がある。	
ドレーン		堤体からの浸透水を、安全に堤外へ排水するための施設。	ドレーンには、下流法先ドレーン、水平ドレーン、立上りドレーンなどがある。浸透破壊に対する対策工として、一般的な工法である。	3.3.4 (8) ドレーン参照
全面改修		旧堤を掘削・除去した後、新たに盛り立てる工法。	現行基準に合致した仕様に改修できるとともに、対策工を組合せて適用できるため自由度が高く、確実性も高い。しかし、大規模な改修となり、工費も高い。	



帯鋼、鉄筋、ジオテキスタイルによる補強  
 押さえ盛土と比較すると高価  
 補強材に沿った水みちが発生しないよう注意

# 再度災害を受入れられない 施設、地域、・・・では！

- 
- 社会的影響が甚大
  - 山間部の林道などのように復旧が困難な場合

- 1)最新工法を採用して適切な建設コストで
- 2)原形よりも構造的に強化した上で、
- 3)迅速に機能復旧に務める必要がある。

【公共土木施設災害復旧事業費国庫負担法（昭和26年3月31日制定）】第2条

この法律において「災害復旧事業」とは、災害に因って必要を生じた事業で、災害にかかった施設を原形に復旧する（原形に復旧することが不可能な場合において当該施設の従前の効用を復旧するための施設をすることを含む。以下同じ。）ことを目的とするものをいう。

# 今後の流木対策の進め方

流木による被害を減少させるため、砂防事業として以下の流木対策を強力に推進

## 新設砂防堰堤

- 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)における流木対策について、土砂とともに流出する流木等を全て捕捉するために、透過構造を有する施設(例えば、透過型砂防堰堤、流木捕捉工)を原則設置する改訂を行った(平成28年4月)。
- 流木等を確実に捕捉するため、透過構造を有する施設の設置を推進する。

## 既設砂防堰堤

- 既設の不透過型砂防堰堤について、流木の捕捉効果を高めるための改良を行う。特に多量の流木の流出が想定される流域など下流への被害の拡大が懸念される流域において、流木捕捉工の設置を行う等、流木の捕捉効果を高めるための既設堰堤の有効活用を積極的に進める。

流木の捕捉効果が高い透過構造を有する施設



透過型砂防堰堤(熊本県小国町)



流木捕捉工(兵庫県宍粟市)



流木捕捉工(大分県中津市)

# ため池の減災機能強化と維持管理技術

## 山間地から低地までの流域全体の減災対策

→ 山腹崩壊、流木、土石流、洪水 等の現象を流域各所で減災 == > 災害の連鎖を断切る技術・流域管理

ため池では

### [堤体]

堤体構造の最適化（ゾーニング、法面勾配）  
堤体用土の選定と締固め管理  
越流抵抗性の強化（法面被覆,etc）  
天端補強の効果  
部分補強による洪水対策と強化堤体の実現

### [洪水吐 取水施設、水路]

流下能力の強化（土石流、etc）  
流木の侵入対策（網場、透過型スクリーン、etc）  
流木の閉塞防止（流下性能）  
水路の侵食防止対策

### [周辺施設]

池敷周辺斜面等の安全対策  
池周辺道路の排水機能の強化  
アクセスルートของ安全性確保  
避難施設（場所）の確保  
道路や水路等による緊急時の洪水誘導

→ 地域コミュニティーの活動強化

↓ 戦略的な整備計画  
と的確なハード技術の開発が不可欠

ご清聴ありがとうございました