

流域治水の実現に向けた “粘り強い” 堤防技術の開発

～ 粘り強い堤防から始まる流域治水のネクストステージ ～

河川政策グループ 主任研究員
味方圭哉

JICE 一般財団法人 国土技術研究センター
Japan Institute of Country-ology and Engineering

目次

1.はじめに

2.研究成果Ⅰ
(越水性能について)

3.研究成果Ⅱ
(技術的な事項の整理について)

4.まとめ

1. はじめに

- (1) 背景(雨の降り方が変化、流域治水への転換、越流と決壊の違い)
- (2) 粘り強い河川堤防の位置づけと課題
- (3) 社会実装へのSTEPと研究テーマ

2. 研究成果 I (越水に対する性能について)

3. 研究成果 II (技術的な事項の整理について)

4. まとめ

(1) 雨の降り方が変化

背景

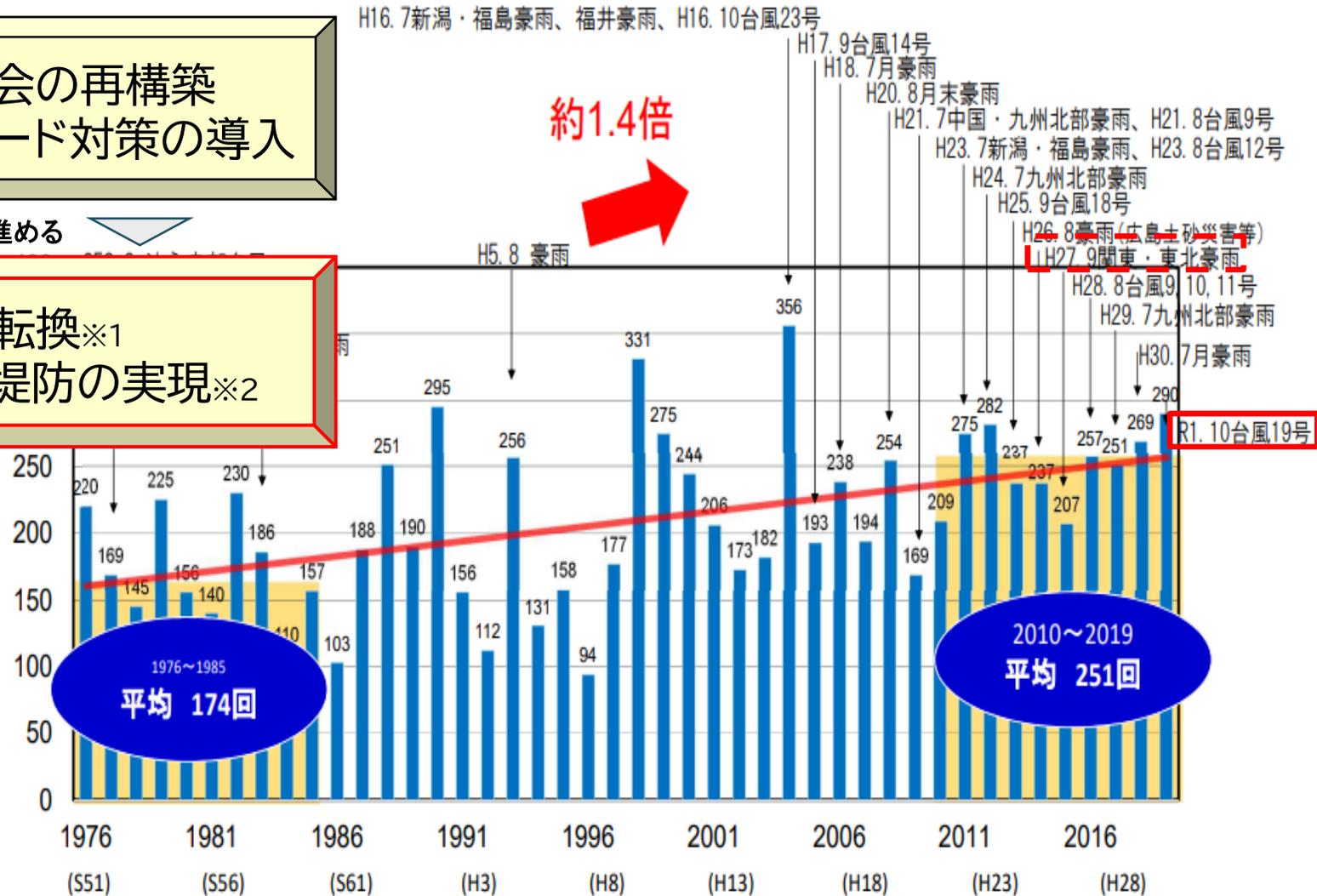
位置づけ

研究テーマ

・水防災意識社会の再構築
・危機管理型ハード対策の導入

一歩進める

・流域治水への転換※1
・粘り強い河川堤防の実現※2



※1 R2.7気候変動を踏まえた水災害対策のありかた答申
※2 R2.8令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書

1時間降水量50mm以上の年間発生回数(アメダス1,000地点あたり)

※気象庁資料より作成
(気象庁が命名した気象現象等を追記)

氾濫させない → あふれることを前提

流域治水：流域全体で行う総合的かつ多層的な水災害対策

堤防整備等の氾濫をできるだけ防ぐための対策

- 堤防整備、河道掘削や引堤
- ダムや遊水地等の整備
- 雨水幹線や地下貯留施設の整備
- 利水ダム等の洪水調節機能の強化

まず、対策の加速化



加えて

被害対象を減少させるための対策

- より災害リスクの低い地域への居住の誘導
- 水災害リスクの高いエリアにおける建築物構造の工夫

被害の軽減・早期復旧・復興のための対策

- 水災害リスク情報空白地帯の解消
- 中高頻度の外力規模（例えば、1/10, 1/30など）の浸水想定、河川整備完了後などの場合の浸水ハザード情報の提供

「流域治水」の基本的な考え https://www.mlit.go.jp/river/kasen/suisin/pdf/01_kangaekata.pdf

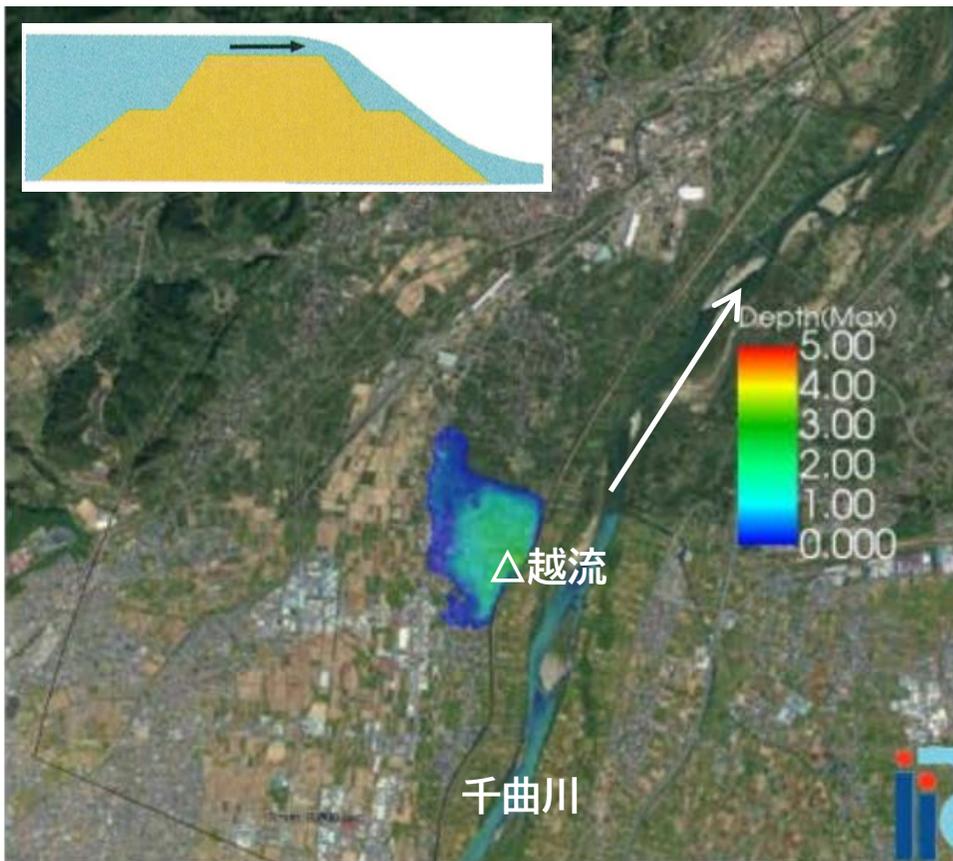
(3) 越流と決壊の違い

背景

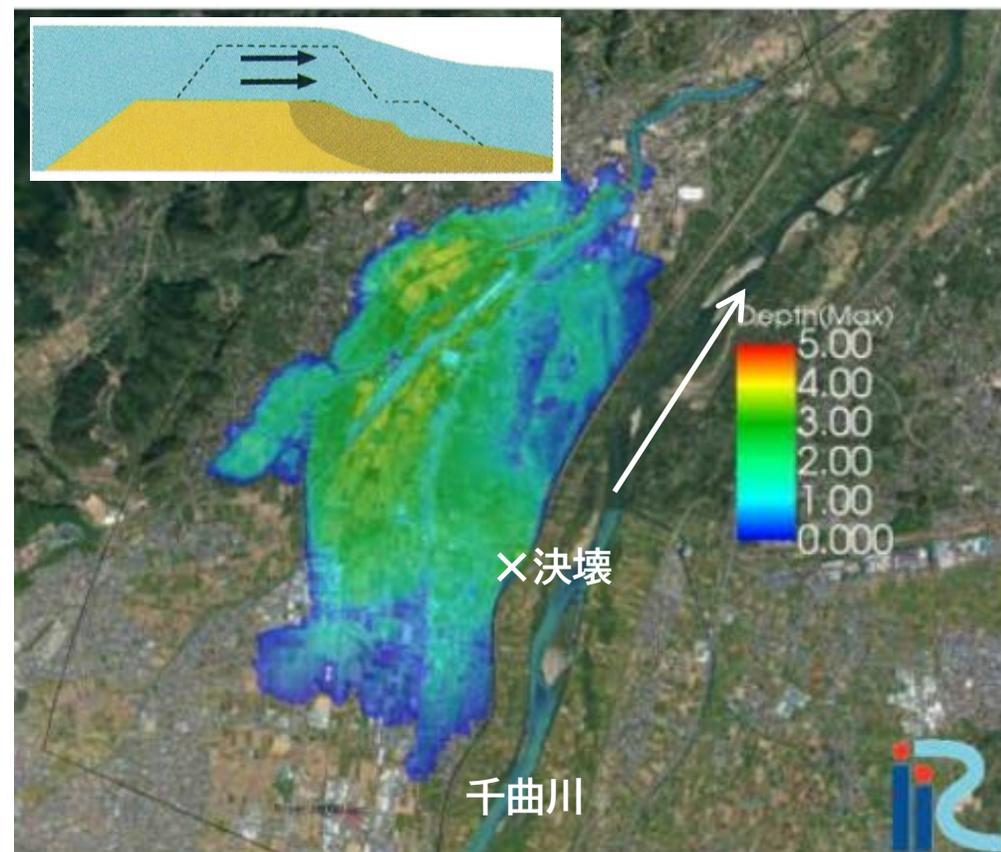
位置づけ

研究テーマ

決壊しなければ、影響範囲は小さい



越流後3時間※1



決壊後2時間※1

※1 R1 令和元年台風19号豪雨災害調査団報告書



【課題※1】

- ・効果に幅や不確実性がある
- ・設計できる段階ではない

※1 R2.8令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書

(5) 社会実装へのSTEPと研究テーマ

背景

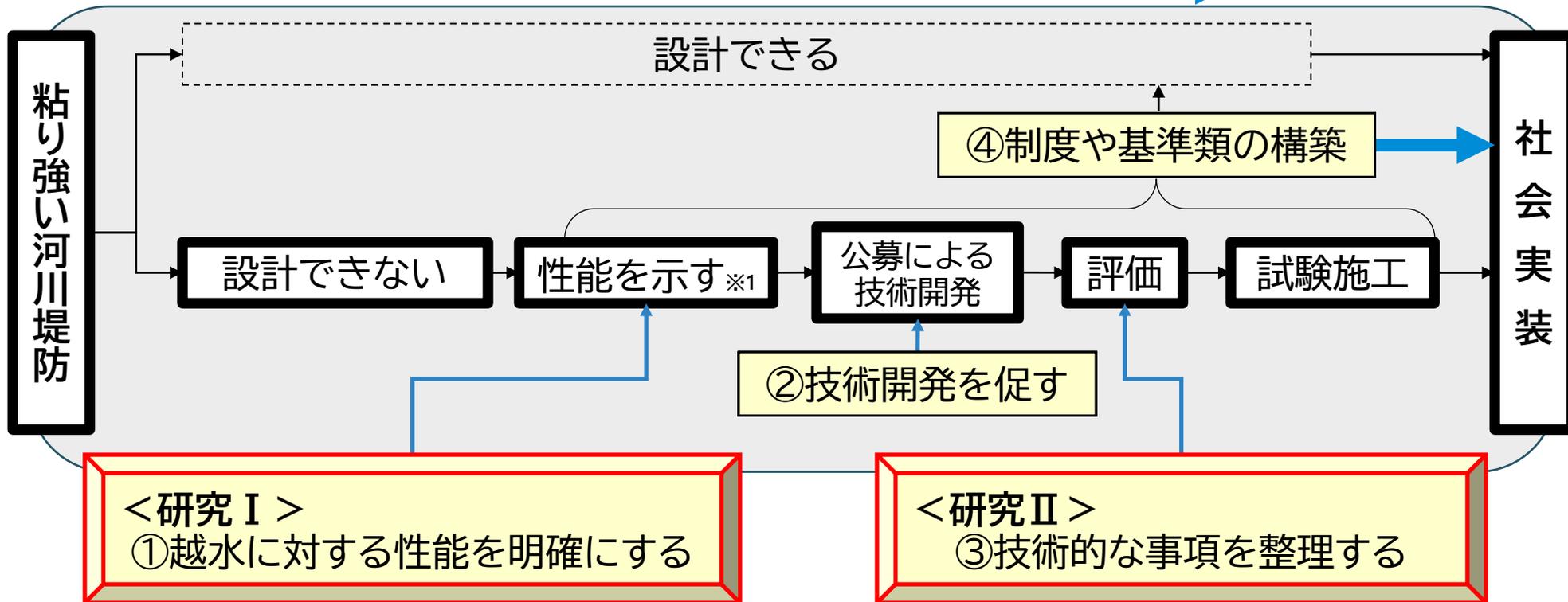
位置づけ

研究テーマ

社会実装へのSTEP

JICEの役割・研究テーマ

国土交通行政を先導・補完



<研究 I>

①越水に対する性能を明確にする

- 性能を示すプロセスを支援するための研究
- ・越水に対して粘り強いとは
- ・越水に対して必要な性能とは
- ・越水により決壊する要因
- ・決壊事例
- ・他の堤防強化対策

<研究 II>

③技術的な事項を整理する

- 応募技術の評価を行うための研究
- ・越水に対する性能
- ・既存の堤防性能を毀損しない
- ・土以外の材料を用いた場合の技術的な事項の整理

※1 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会

1.はじめに

2. 研究成果 I (越水性能について)

- (1) 要求性能
- (2) 性能分析
- (3) 事例整理
- (4) 性能設定(他の構造事例、目指す目標、成果 I の活用)

3. 研究成果 II (技術的な事項の整理について)

4.まとめ

- ・ 流域治水への転換が堤防設計に与える影響

【あふれることを前提】

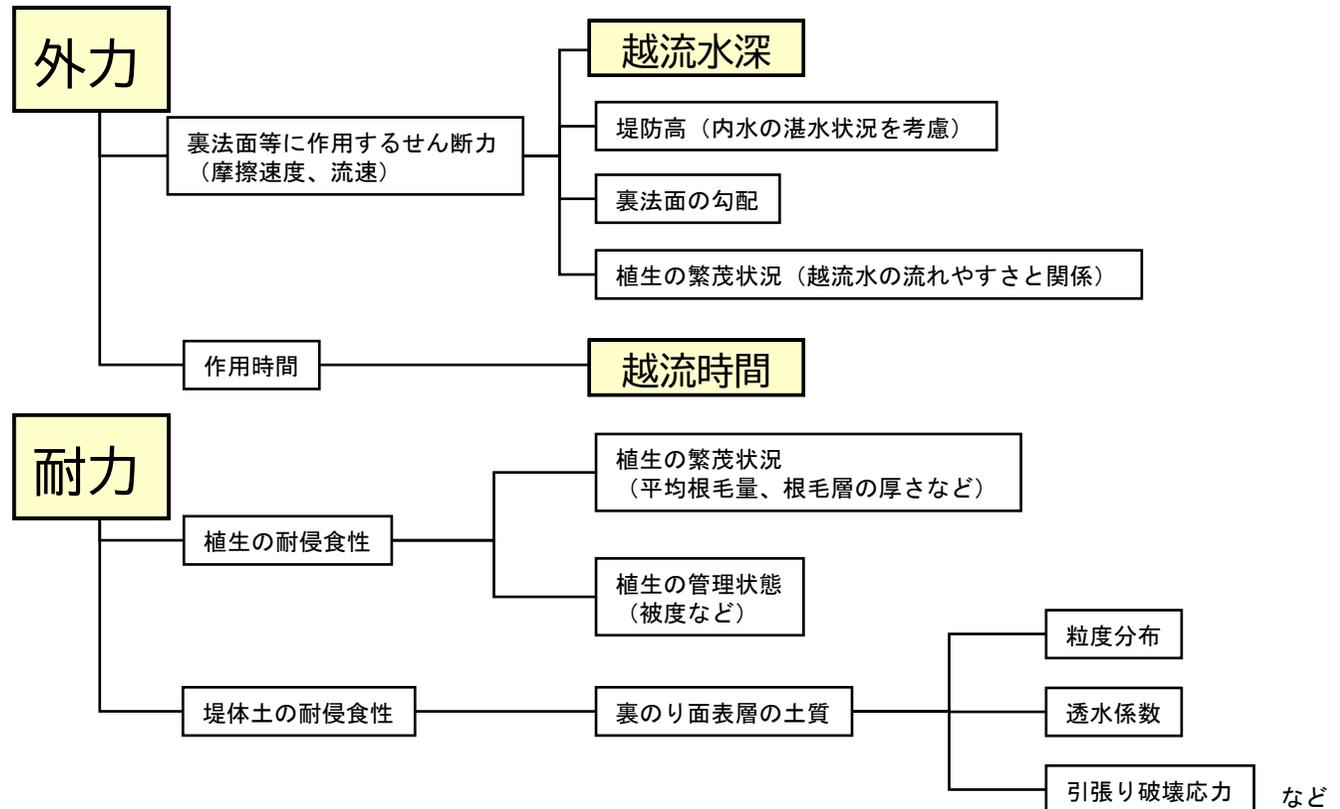
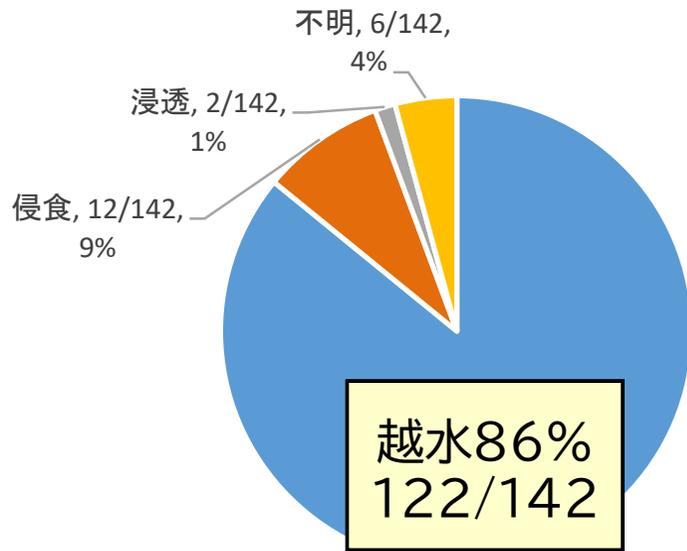
堤防を高くするのではなく“**強化すること**”

- ・ 越水に対して「粘り強い河川堤防」の目的

- ・ 避難のための時間を確保する
- ・ 被害をできるだけ軽減する

- ・堤防決壊の主要因は越水※1
- ・越水時に堤体に働く外力は「越流水深」と「越流時間」※2

※1 R2.8令和元年台風19号の被災を踏まえた河川堤防に関する技術検討会報告書
※2 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会



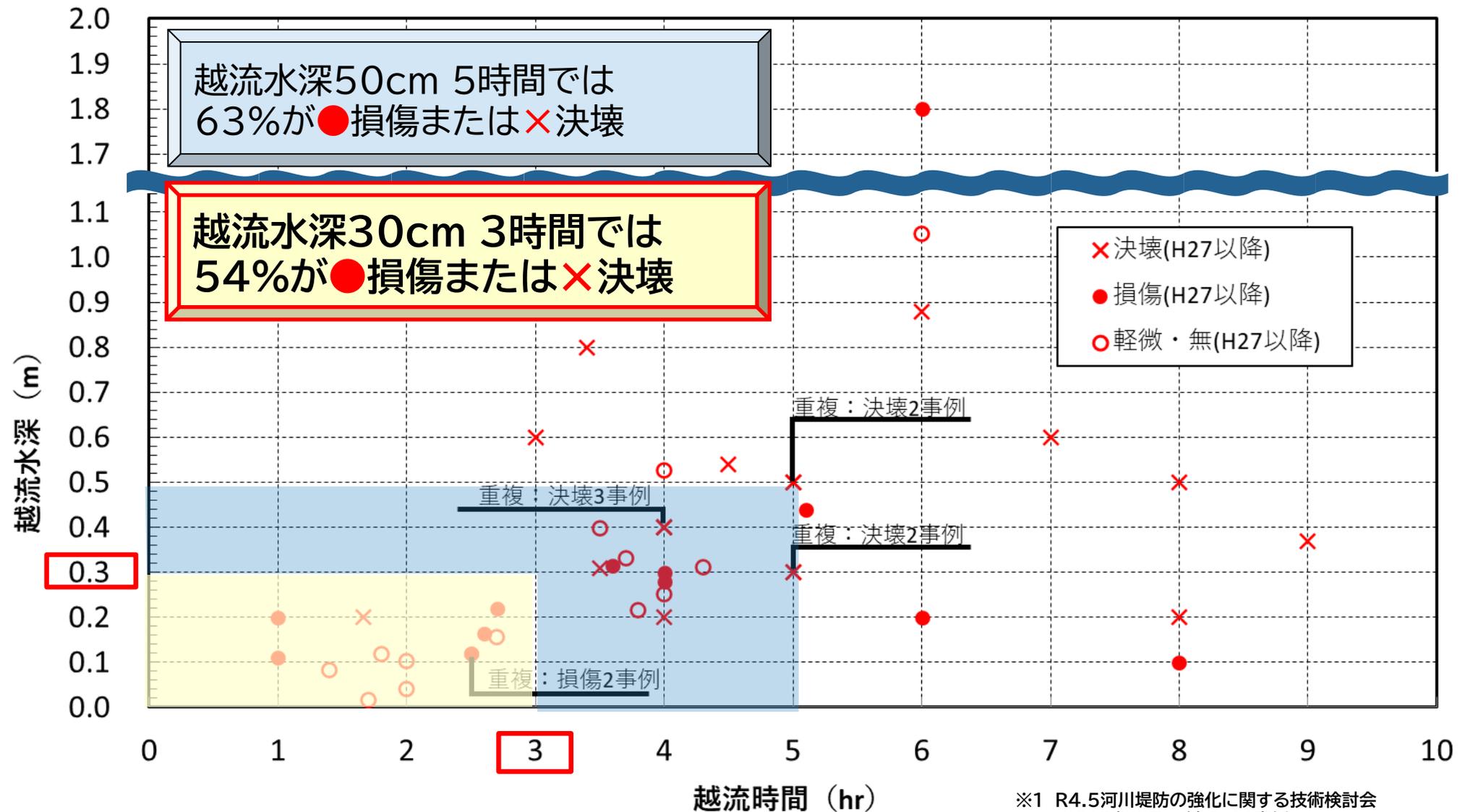
(3) 事例の整理 (損傷・決壊事例)

要求性能

性能分析

事例整理

性能設定



※1 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会
2015(H27以降)の44事例

(3) 事例の整理 (避難時間)

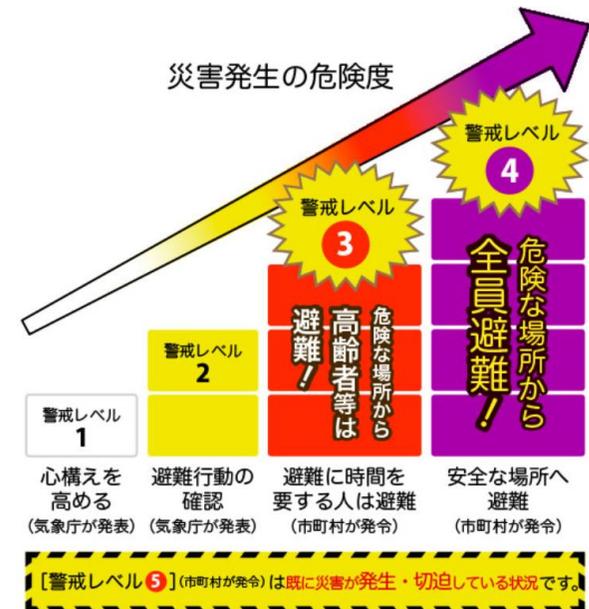
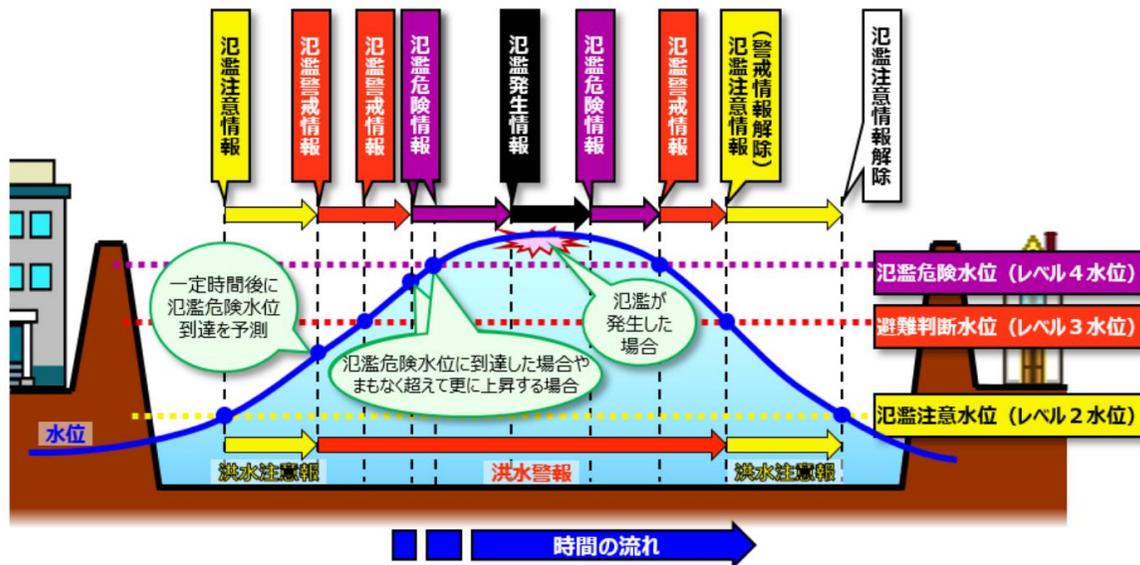
要求性能

性能分析

事例整理

性能設定

警戒レベル4: 氾濫危険水位
いつ氾濫してもおかしくない状態



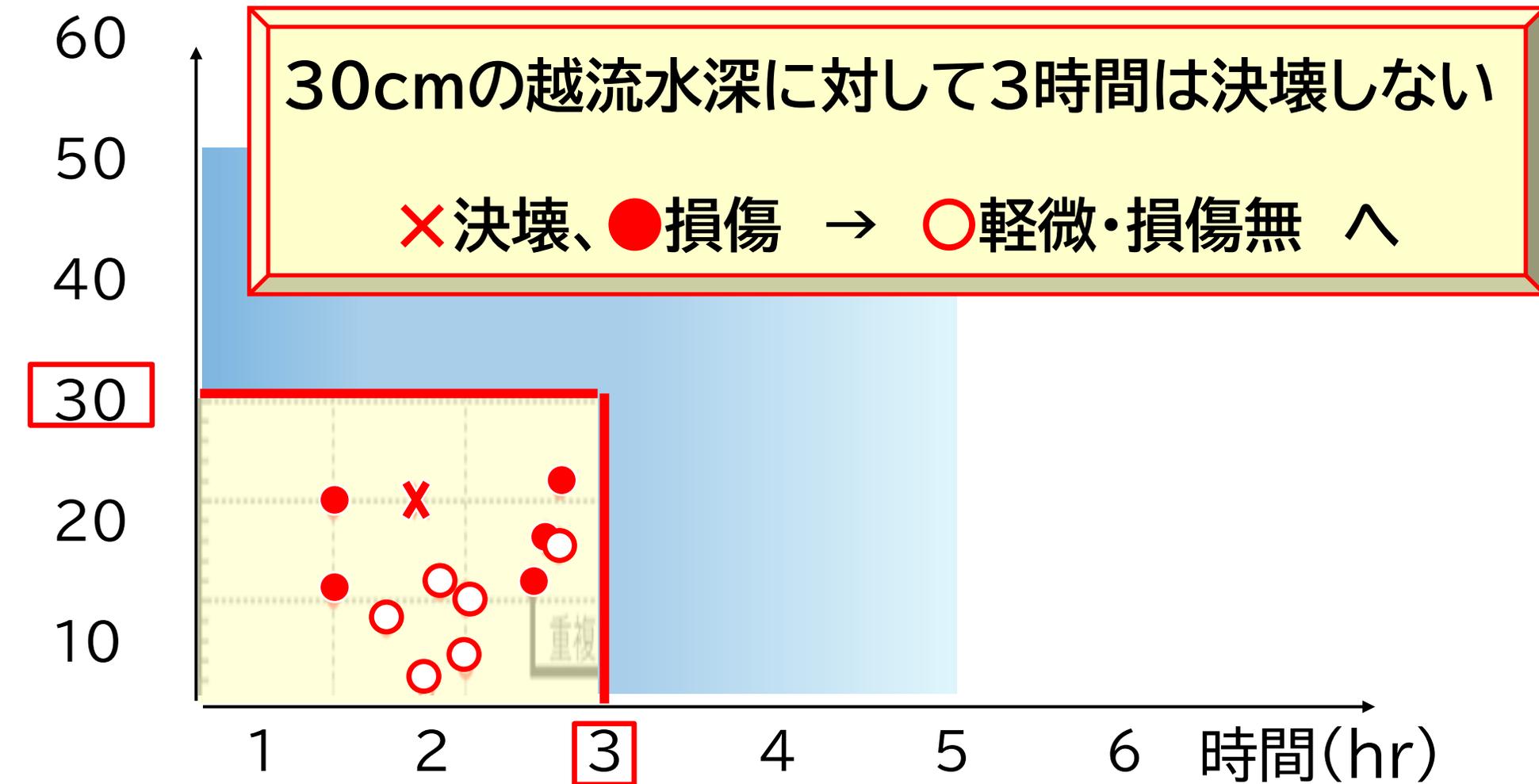
情報発表後2～3時間以内に災害発生 又は 避難が困難※1

※1 内閣府「避難情報に関するガイドライン(令和3年5月)」

※2 レベル4は氾濫危険水位到達相当であり、この水位は、天端越流までの間に避難するためのリードタイムを想定して設定されているものである。このリードタイムに加え、さらに越水後も決壊しにくくなるよう越水に対する性能を付加することで、決壊までの時間が伸び、より避難時間の確保に寄与する。

(4) 越水に対する性能の設定

越流水深(cm)



1) 越水で決壊しない堤防の例

要求性能

性能分析

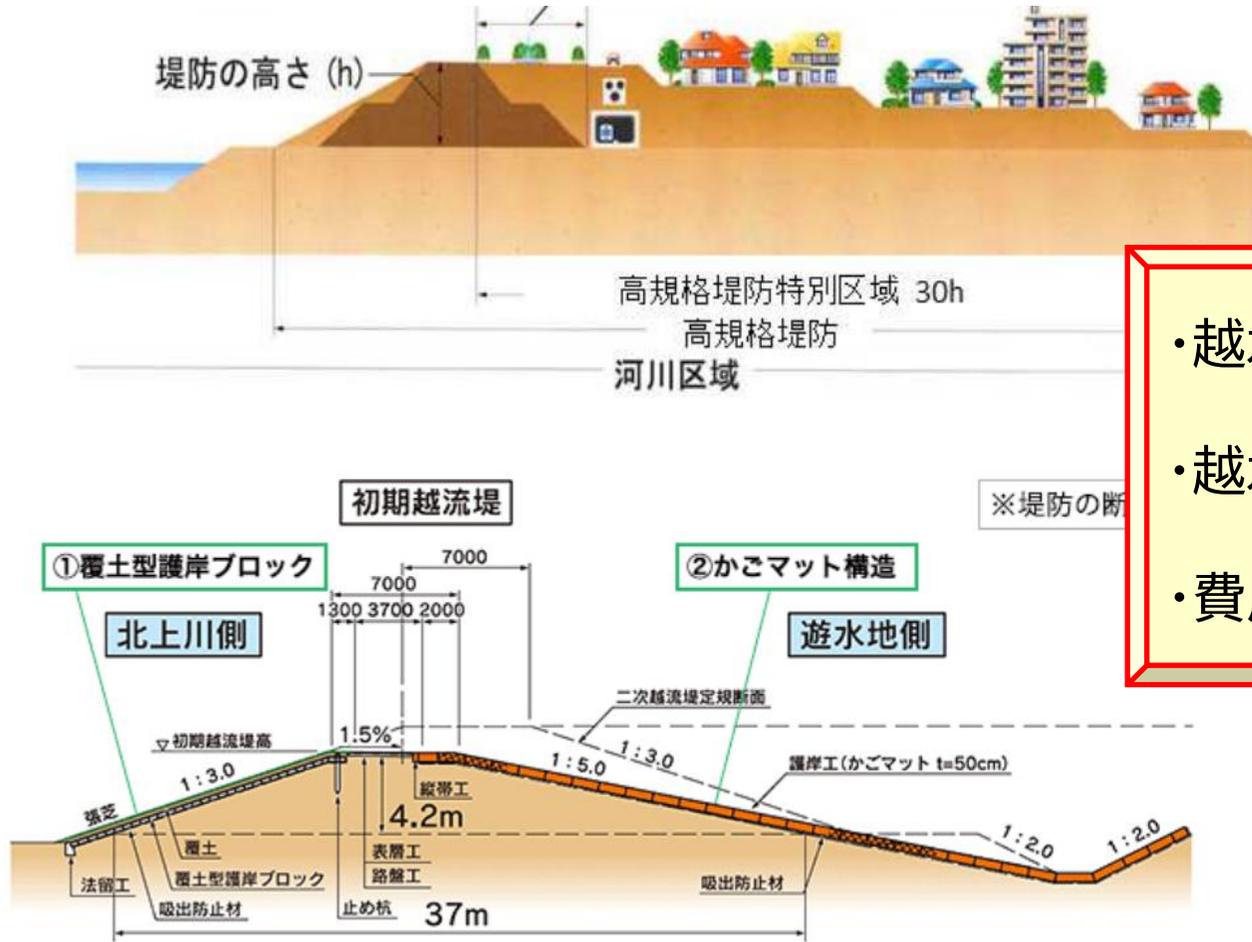
事例整理

性能設定

構造事例

目標

活用



- 越水に対し決壊しない
- 越水に対し設計できる堤防
- 費用と時間は大きい

・高規格堤防(1987～ 河川) 遊水池や洪水調節地の越流堤

2) 越水ですぐには決壊しない堤防の例

要求性能

性能分析

事例整理

性能設定

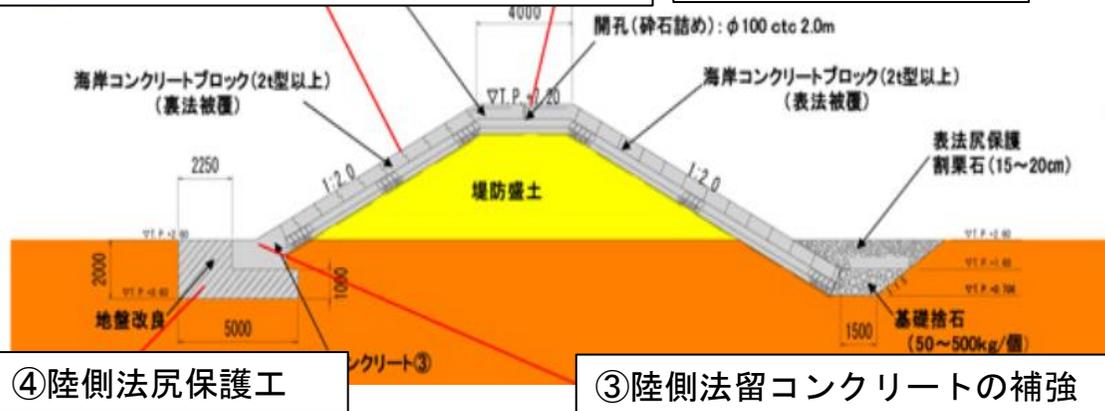
構造事例

目標

活用

①陸側の法面被覆ブロックの補強・工夫

②天端被覆工の補強



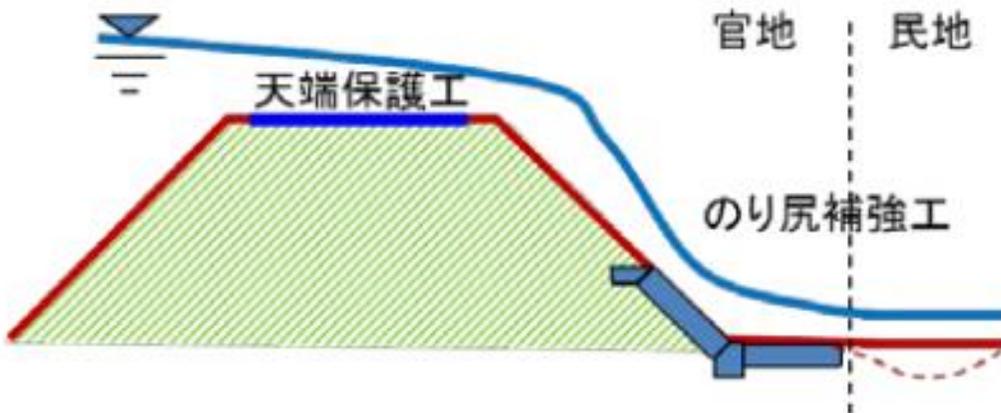
④陸側法尻保護工

③陸側法留コンクリートの補強

・すぐには決壊しない弱部を保護することで、想定を超えた外力が作用しても、構造物が壊れるまでの時間を少しでも延ばす【構造上の工夫】

・外力を設定して設計されたものではなく、効果に幅がある。

・費用と時間は小さい



・アーマレビー、フロンティア堤防(1988~2003 河川)

・粘り強い構造の海岸堤防(2011~ 海岸) 粘り強い構造の堤防(危機管理型ハード対策2015~ 河川)

3) 既往の堤防強化との違い

要求性能

性能分析

事例整理

性能設定

構造事例

目標

活用

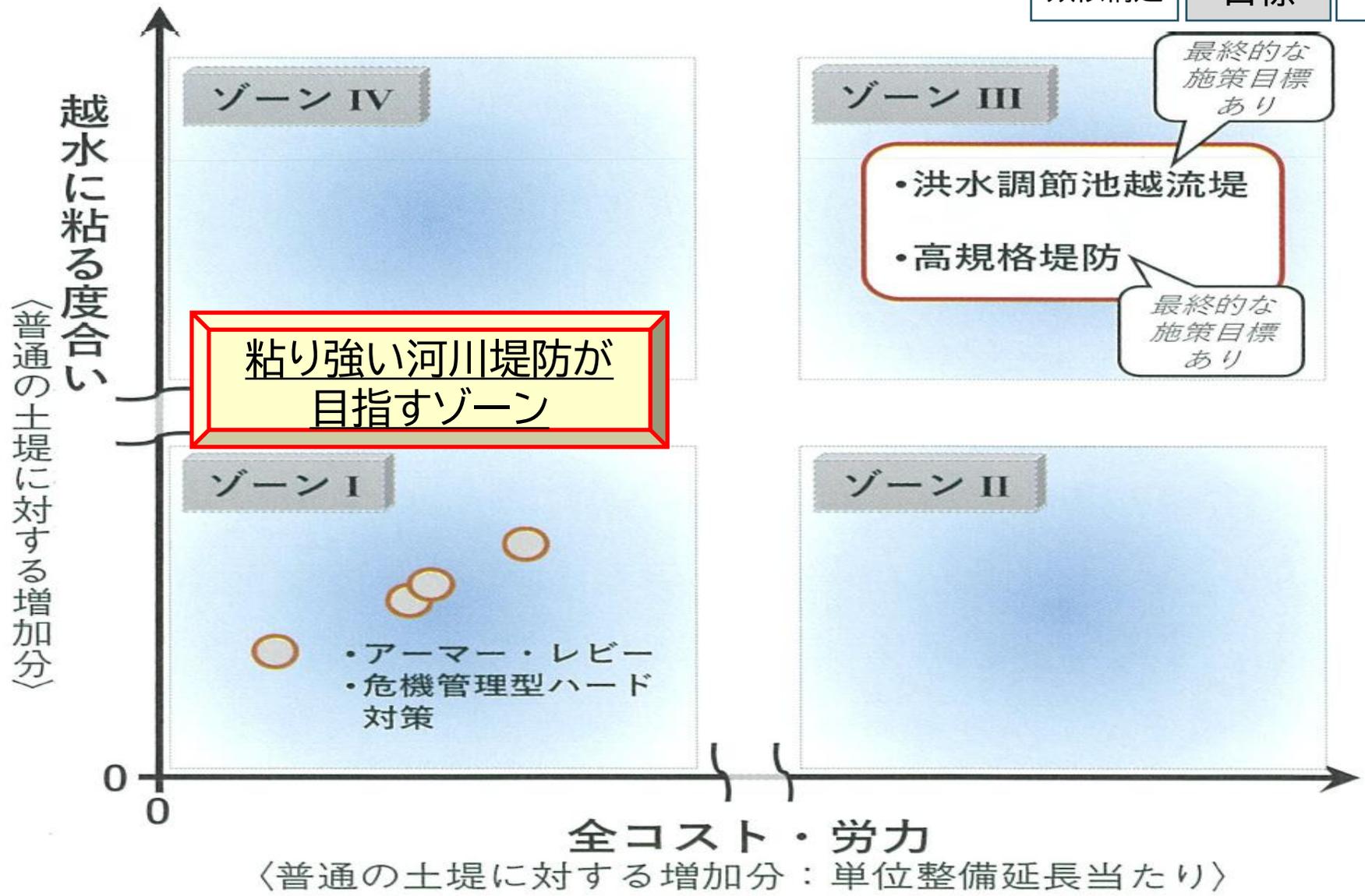
比較的安価に、避難時間は決壊しない、設計できる河川堤防

構造の種類	越水性能	越水機能	越水に対する効果	費用、時間
<ul style="list-style-type: none"> 高規格堤防 遊水池の越流堤 	有 (個別の設計外力に対応)	同左	決壊しない	大
<ul style="list-style-type: none"> 粘り強い河川堤防 	有 (30cmの越流水深に対し3時間※1)	同左	すぐには決壊しない。 (一定の避難時間を有する)	中～小
<ul style="list-style-type: none"> アーマービー、フロンティア堤防 危機管理ハード対策 粘り強い海岸堤防 	なし ※2	有	すぐには決壊しない (効果に幅がある)	中～小
<ul style="list-style-type: none"> 一般的な土堤 	なし	なし	なし (極めて脆弱)	小

※1:一つの条件下において行われた実験結果に基づく

※2:定量的な外力を定めない構造上の工夫

4) 粘り強い河川堤防が目指すゾーン



5) 研究成果 I の活用

要求性能

性能分析

事例整理

性能設定

類似構造

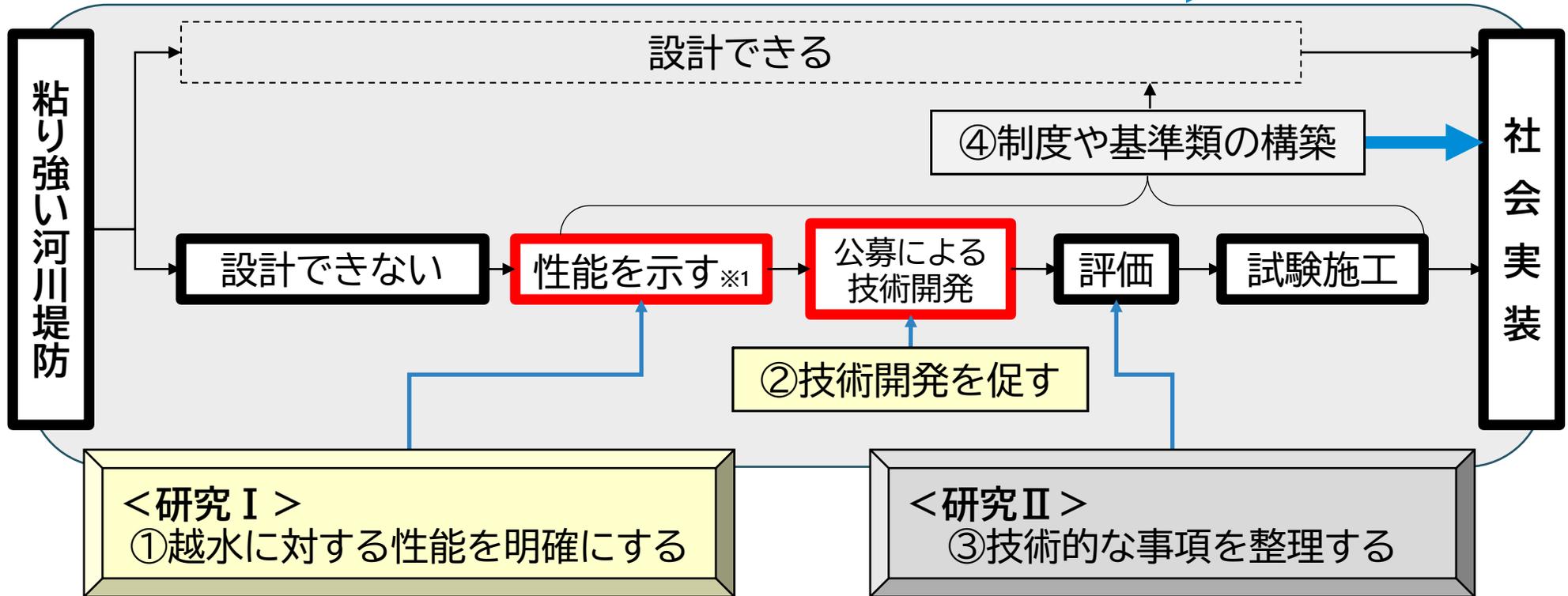
目標

活用

社会実装へのSTEP



国土交通行政を先導・補完



- ・堤防天端より上の外力を設定したことは大きな意味を持つ
- ・技術検討会において性能が示された。そのプロセスを支援
- ・性能を示すことで、公募による技術開発が進められる

※1 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会

1.はじめに

2. 研究テーマ I (越水に対する性能について)

3. 研究成果 II (技術的な事項の整理について)

(1)「粘り強い河川堤防」の性能

(2)構造の種類と性能の評価方法

(3)既存の堤防性能、土であることで満たしてきた事項

(4)自立型における整理の例、研究成果の活用

4.まとめ

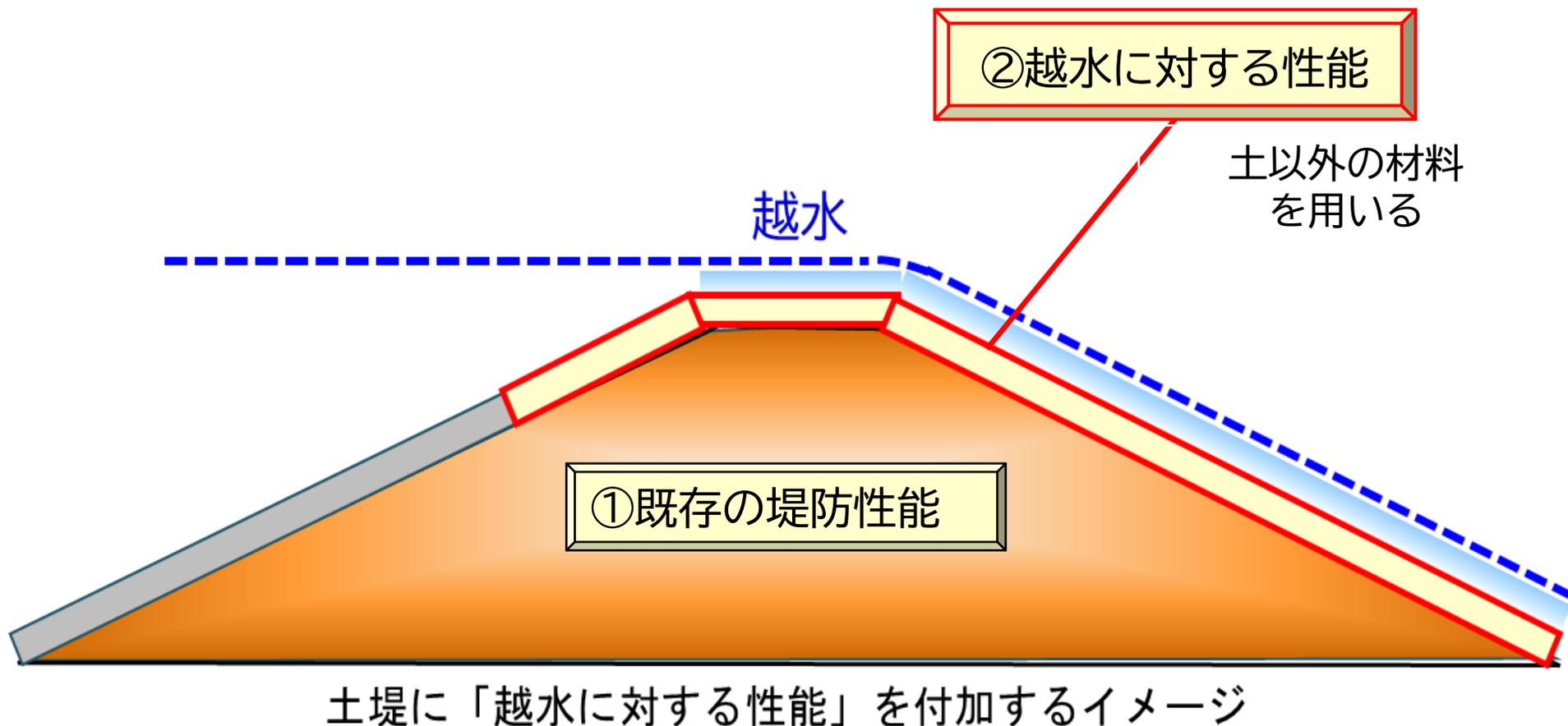
(1) 粘り強い河川堤防が有する性能

性能

評価方法

土堤の例

結果事例



(2) 性能の評価、確認方法

性能

評価方法

土堤の例

結果事例

構造	表面被覆型(コンクリートブロックの例)	自立型(コンクリート擁壁の例)	その他構造
概念図			
①既存の堤防性能	<ul style="list-style-type: none"> ・統一的な設計方法あり ・材料は土。土であることで満たす機能あり <div style="border: 2px solid black; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>土堤に基づき評価</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> ・統一的な設計方法なし ・材料が土ではない <div style="border: 2px solid red; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>評価を行うための指標が必要</p> </div>	?
②越水に対する性能	<div style="border: 2px solid black; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <p>統一的な設計方法あり</p> <p>統一的な設計方法なし</p> <p>主に実験結果により評価</p> </div>		

堤防に求められる基本的な機能

- ・常時の自重による沈下及びすべり破壊等に対する安全性(常時の健全性)
- ・計画高水位(計画高潮位)以下の水位の流水の通常的作用による侵食及び浸透並びに降雨による浸透に対する安全性(耐侵食性能及び対浸透性能)
- ・地震時に対する安全性(耐震性能)
- ・波浪等に対する安全性(波浪等に対する安全性)

設計に反映すべき事項

- ・不同沈下に対する修復の容易性
- ・堤体と基礎地盤との一体性及びなじみ
- ・嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性
- ・損傷した場合の復旧の容易性
- ・基礎地盤及び堤体の構造及び性状にかかる調査精度に起因する不確実性
- ・基礎地盤及び堤体の不均質性に起因する不確実性

その他、設計に当たっては、環境及び景観との調和、構造物の耐久性、維持管理の容易性、施工性、事業実施による地域への影響、経済性及び公衆の利用等を総合的に考慮するものとする。

(3) 土であることで満たしてきた機能

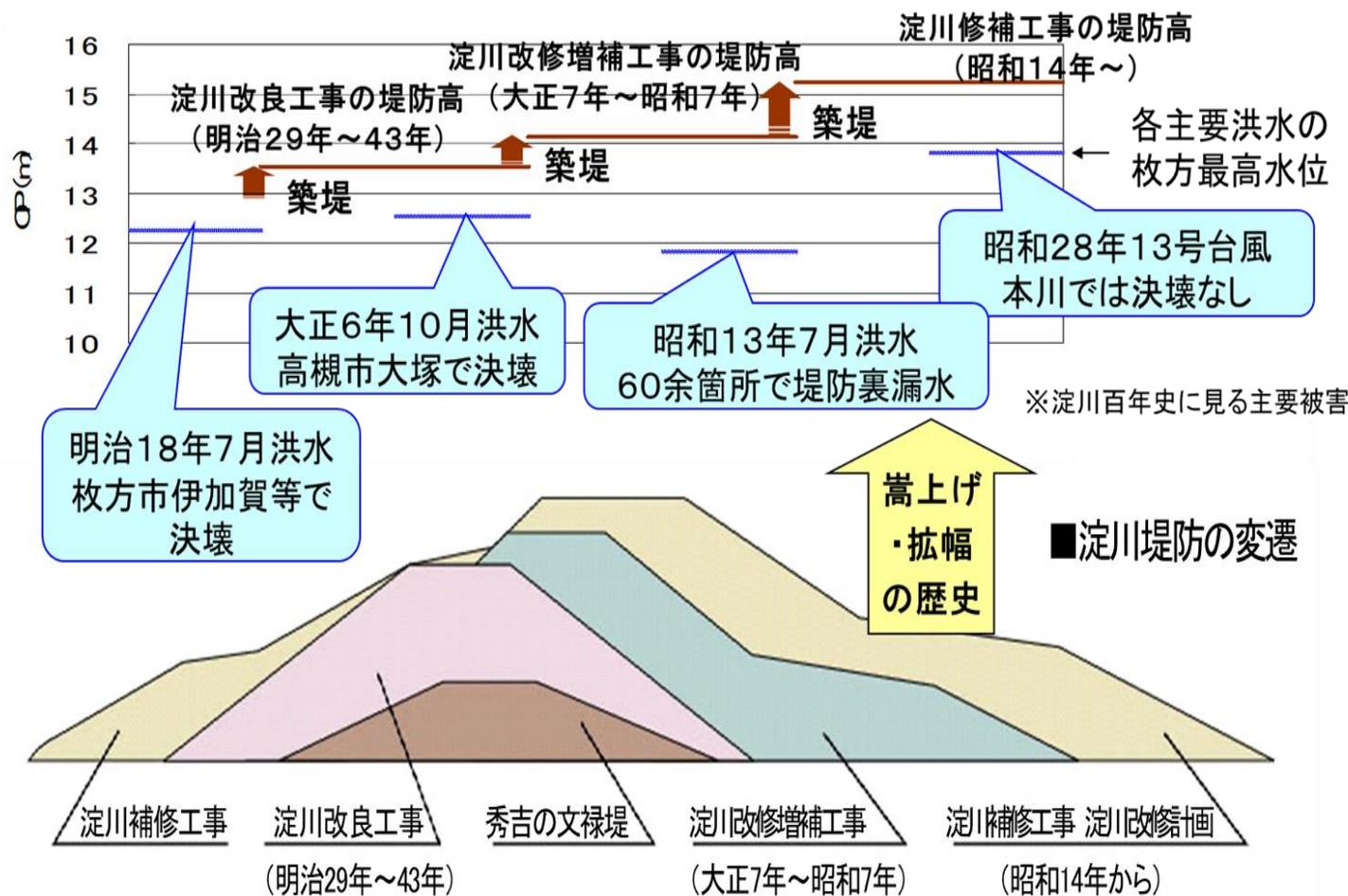
性能

評価方法

反映事項

結果事例

設計に反映すべき事項を満たすために、河川堤防は「土」を使ってきた



- 延長が長い
- 工事費が費用が比較的低廉
- 材料の取得が容易
- 劣化現象が生じにくい
- なじむ(基礎地盤,嵩上げ等)
- 復旧が容易

※淀川百年史に見る主要被害

■淀川堤防の変遷

(4) 自立型における整理の例

性能

評価方法

土堤の例

結果事例

反映すべき事項	土堤の場合	自立型(コンクリート擁壁等を想定)の場合
堤体及び基礎地盤との一体性及びなじみ	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体及び基礎地盤が土 ・境界部に弱部は発生しにくい 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体及び基礎地盤で材料が異なる ・境界部にミズミチ等の弱部が発生 →パイピングを生じさせない構造とする →レインの式によって浸透安全性の検討を行う。
基礎地盤及び堤体の調査精度、不均質性に起因する不確実性	<ul style="list-style-type: none"> ・計画堤防断面が確保されていればこの機能を満たす 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体は設計において十分考慮されている。 ・基礎地盤の調査精度や不均質性に起因する不確実性については、過去の自立式特殊堤の施工実績を踏まえ、レインの式によって浸透安全性の検討を行う。
不同沈下に対する修復の容易性	<ul style="list-style-type: none"> ・目視等で確認 ・盛土等により容易に修復 ・事前に余盛等を行える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体を容易に修復できない →良質な支持層へ支持(沈下量を抑制し高さを確保) →生じうる多少の沈下は適切な間隔の目地で対応。
損傷した場合の復旧の容易性	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土により容易に復旧 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体を容易に復旧できない ・地震に対して「河川構造物の耐震性能照査指針」に準拠して設計を行う。 →地震動が作用した場合でも健全であることや、損傷程度をコントロールするような耐震性能を持たせる。
嵩上げ及び拡幅等の機能増強の容易性	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土により容易に機能増強 	<ul style="list-style-type: none"> ・容易に機能増強ができない(嵩上げ及び拡幅等) →あらかじめ将来の荷重増加を見込んだ設計にする。

(4) 研究成果Ⅱの活用

性能

評価方法

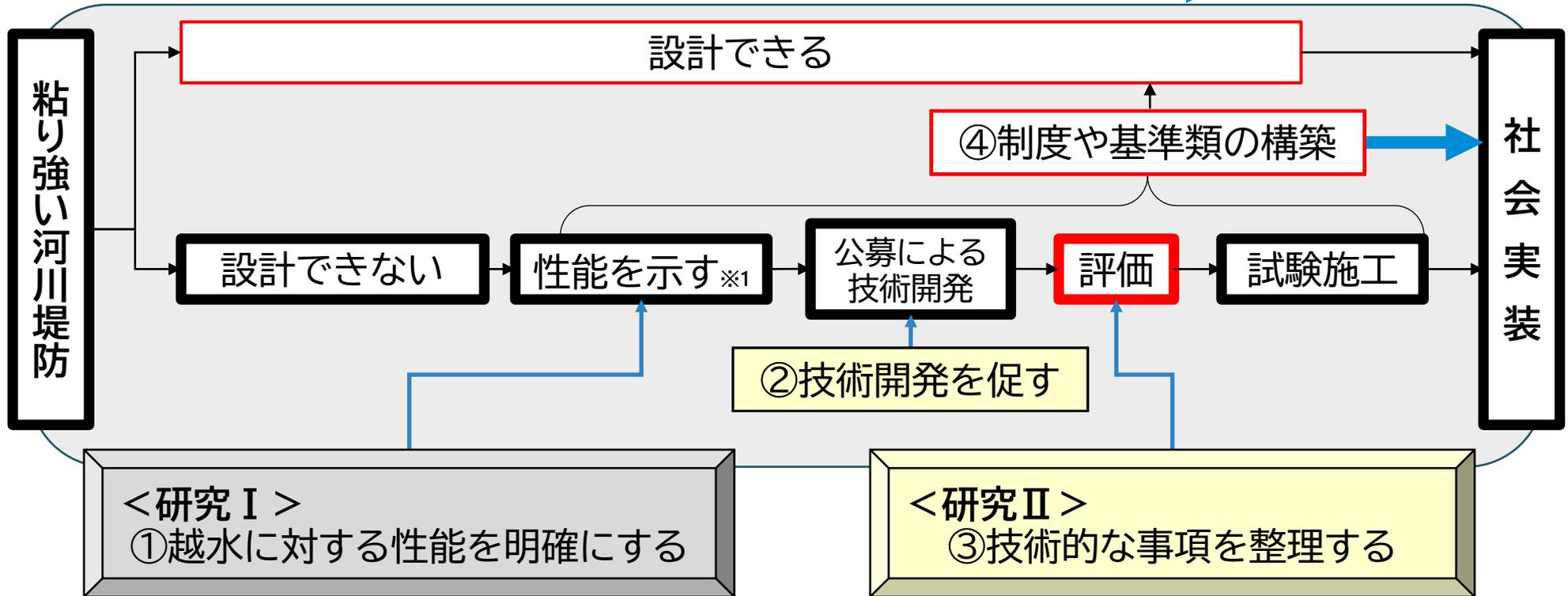
土堤の例

結果事例

活用

社会実装へのSTEP

国土交通行政を先導・補完



- ・自立式特殊堤を例に学識者等と議論
- ・公募により応募された技術の評価に活用
- ・今後、基準類を構築し「設計できる」へ展開する

※1 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会

1.はじめに

2. 研究成果Ⅰ（越水に対する性能について）

3. 研究成果Ⅱ（技術的な事項の整理について）

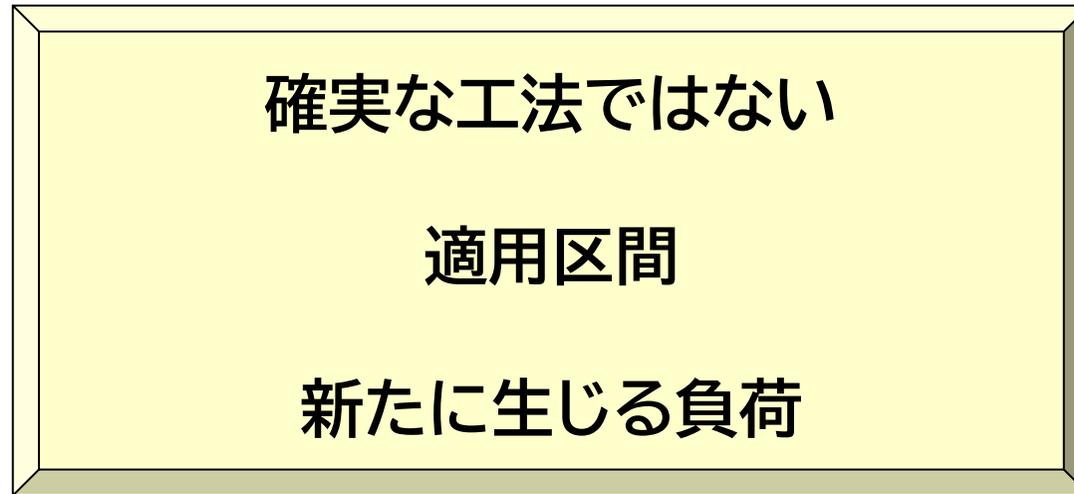
4.まとめ

(1)流域治水のネクストステージ

(2)研究成果の活用

(3)制度や基準類の構築に向けて

流域治水を進める上での「粘り強い河川堤防の」課題

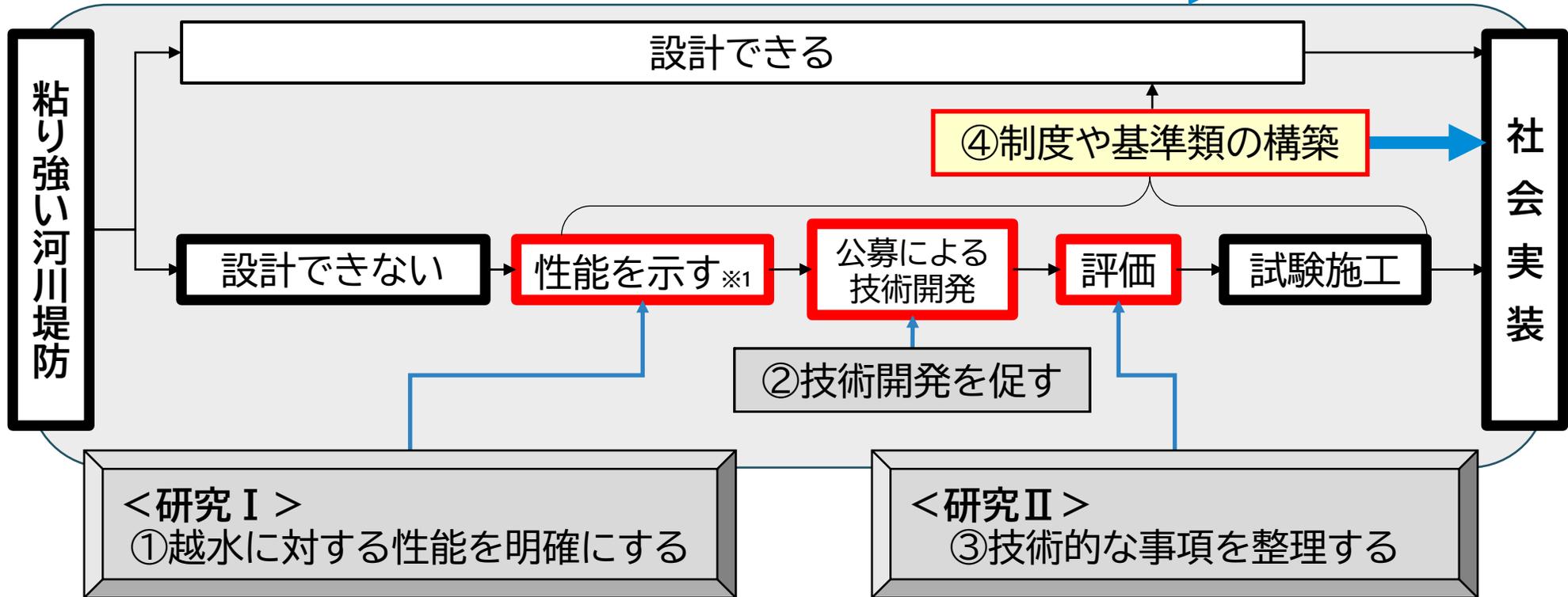


「粘り強い河川堤防」は、

流域治水を次のステージに引き上げる重要な技術

社会実装へのSTEP

国土交通行政を先導・補完



・研究成果 I・II を活用し、技術の公募と評価を進めている。
・今後は④制度や基準類の構築に向け、引き続き研究を継続

※1 R4.5河川堤防の強化に関する技術検討会

「粘り強い河川堤防」をどこで行うかの計画論の整理

河川整備基本方針、河川整備計画等の制度の見直し

温暖化の影響に後れをとらない速やかな整備

技術開発の推進とコストダウン

構造令をはじめとする法令、各種基準類の整備

ご清聴ありがとうございました