

河川堤防の安全性を 如何に確保していくか —今後数百年を見据えて—

国土交通省水管理・国土保全局治水課
技術調整官 笠井雅広

河川堤防の被災例



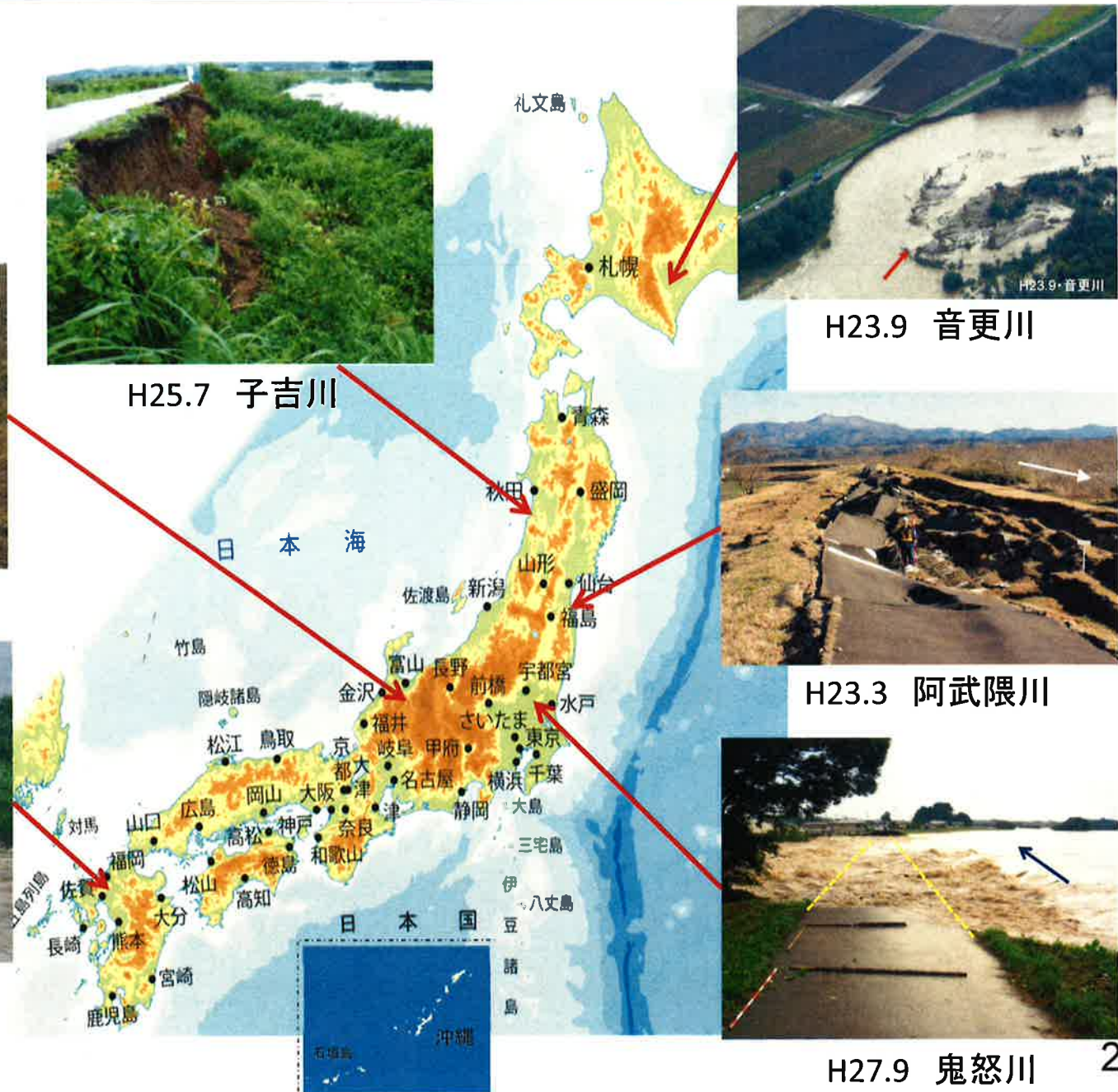
H25.7 梯川



H24.7 矢部川



H25.7 子吉川



H23.9 音更川



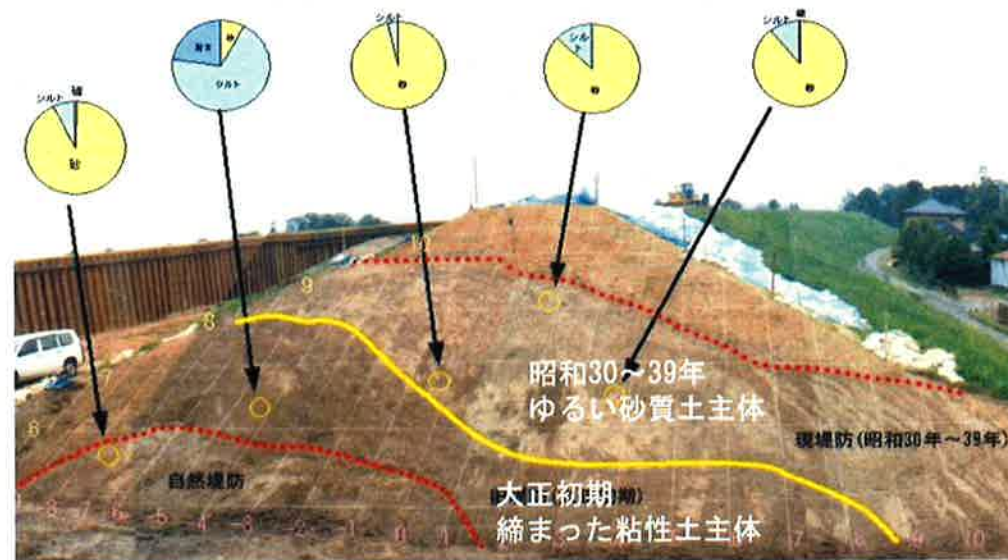
H23.3 阿武隈川



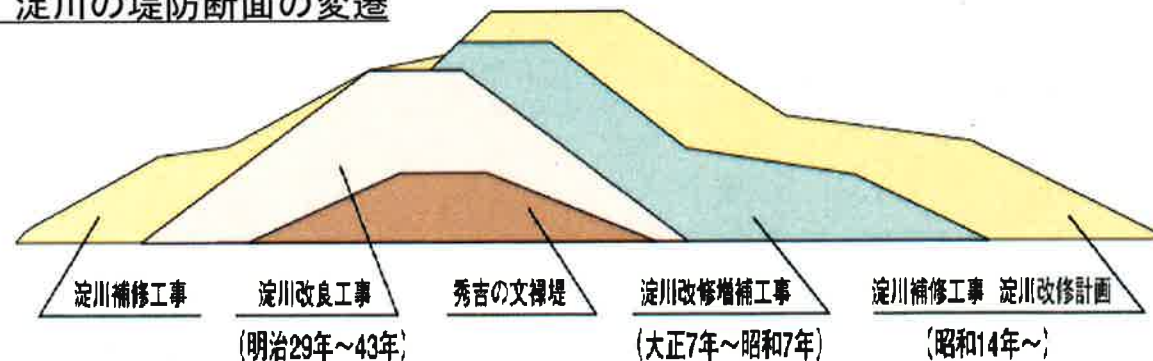
H27.9 鬼怒川

堤防は長大な歴史的構造物

- 堤防は、嵩上げや拡幅等による補強が長期間にわたって繰り返され、現在の姿になっている。
- 堤体材料は現場発生土を主体としてきたが、施工ごとに堤防材料(土質)は様々である。

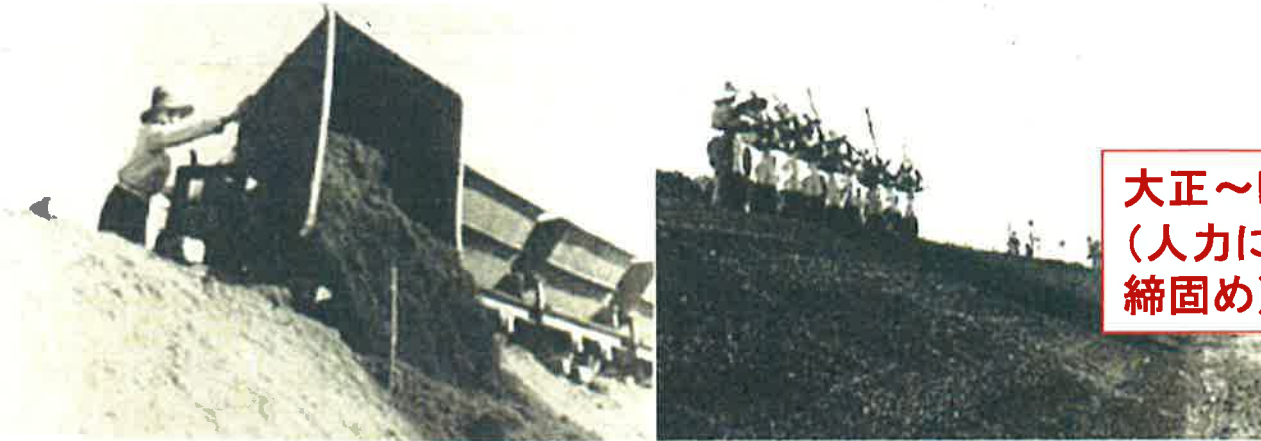


例) 淀川の堤防断面の変遷



時代によって異なる施工方法

堤防の施工方法(盛立て、締め固め方法等)は、その時々時代の技術力や経済力を反映して様々である。



大正～昭和30年代頃
(人力による撒きだしと
締め固め)

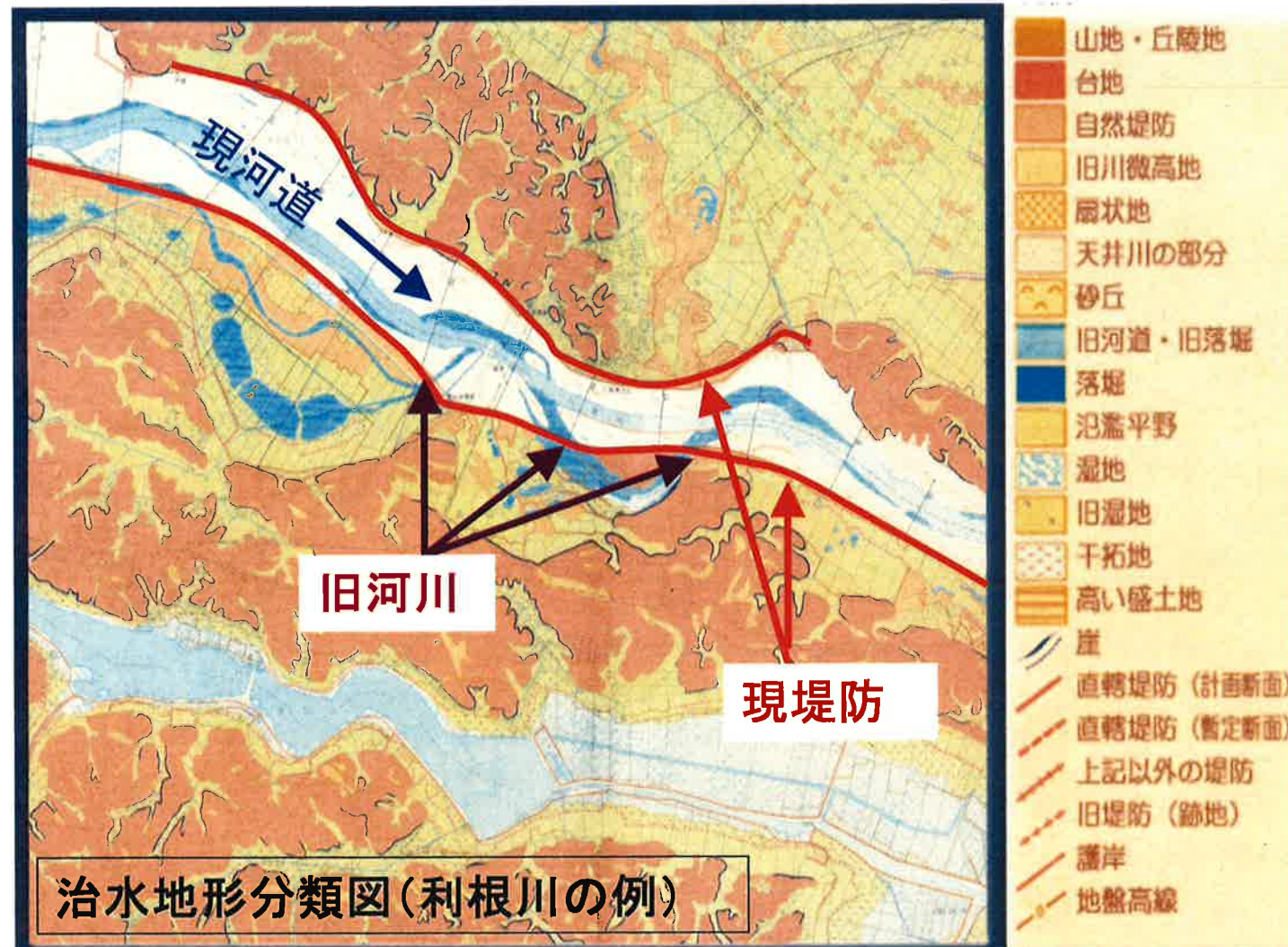
(中島秀雄:「河川堤防技術の変遷」,(一財)国土技術研究センターHPより転載)




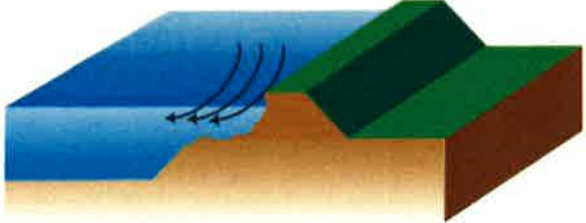
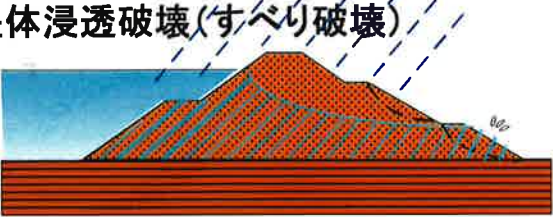
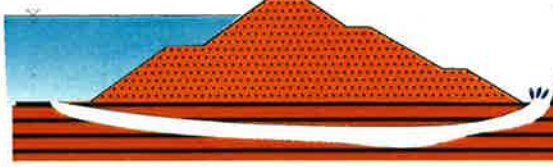
現在の施工方法
(堤防拡幅時の段切りとタイヤ
ローラ締め固め)

堤防の基礎地盤の複雑な構造

○日本の平野の多くは、河川氾濫による土砂堆積で形成された沖積平野。
現堤防は旧河川上に築造されている場合が多く、基礎地盤も複雑。



堤防破壊の主なメカニズム

①越水による破壊	②侵食による破壊	③浸透による決壊
<p>洪水による河川水位の上昇により、堤防を越水し堤防が破壊、決壊</p> 	<p>激しい洪水流により堤防が侵食され、堤防が決壊</p> 	<p>堤体浸透破壊(すべり破壊)と基礎地盤パイピング破壊</p> <p>堤体浸透破壊(すべり破壊)</p>  <p>基礎地盤パイピング破壊</p> 

○長良川(安八)S51.9



○利根川(大越)H13.7



堤防の安全基準

河川管理施設等構造令 第18条第1項

堤防は、護岸、水制その他これらに類する施設と一体として、**計画高水位**（高潮区間にあつては計画高潮位）**以下の水位の流水の通常的作用に対して安全な構造**とするものとする。



この規定の下に、河川の規模（流量）に応じて河川堤防の断面形状（余裕高、天端幅、のり勾配等）の最低基準が定められている。

（いわゆる「**形状規定方式**」）

形状規定方式の背景

構造上の前提

- a. 極めて延長が長い構造物である河川堤防の堤体や基礎地盤の**内部構造が不明**であること
- b. **局所的な安全性の欠落**が全体の安全確保に影響すること

土堤原則の由来

- c. 『堤防が長い歴史の中で順次拡築されてできてきた構造物であり』**盛土により築造し続けることが合理的**であること
- d. 『基礎地盤自体が古い時代の河川的作用によって形成された地盤であり、極めて複雑であること』から、河川堤防が長期にわたる**不均質な沈下**を許容せざるを得ない宿命にあること

安全性に関する照査

前述のa.～d.の基本的な理解の下で、**より安全性を高める手法としての照査**を設計法に取り入れ。(H9～)

堤防に求められる安全に関わる機能を、

①耐浸透機能(浸透に耐える機能)

②耐侵食機能(侵食に耐える機能)

③耐震機能(地震に耐える機能)

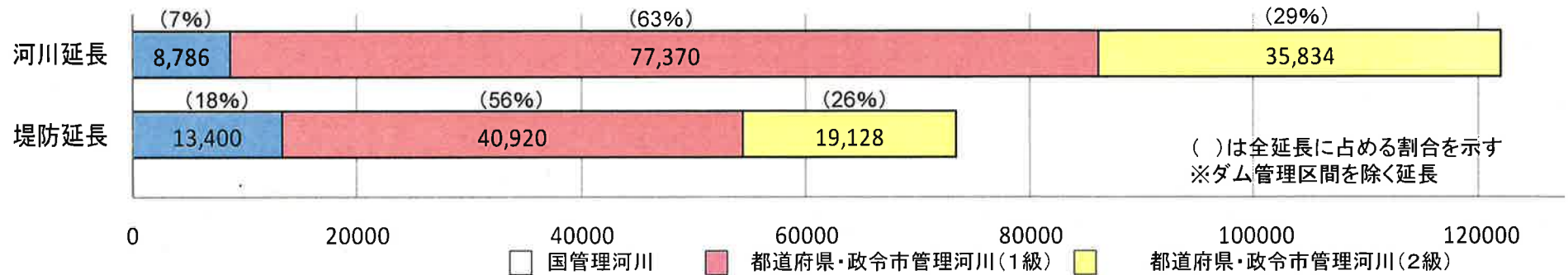
とし、整備箇所に応じて所要の機能を確保するよう堤防を整備、強化



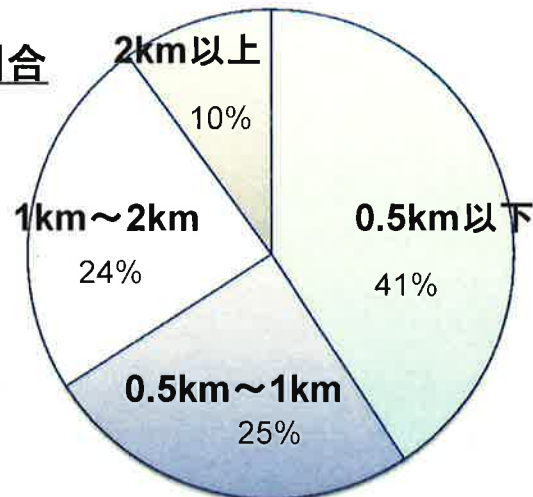
堤防の設計、安全性照査

- それまでの経験的「形状規定方式」の設計に、「機能」の照査を加える設計法を平成9年に導入。
- 平成14年より全国的に「浸透」に対する既設堤防の安全性照査を実施。全国の直轄河川の河川堤防(約1万km)を約1万区間に細分し、各区間を代表する断面に対して、すべり破壊、パイピング破壊に対する安全性を照査。

河川・堤防延長



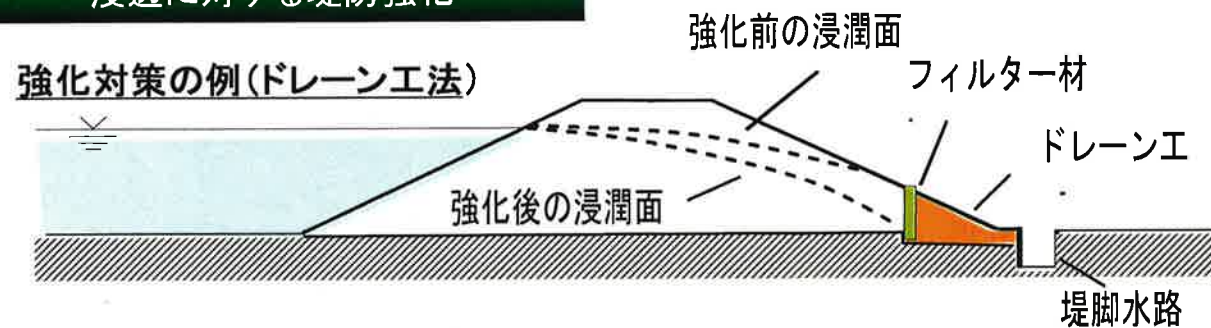
一連区間の区間長割合



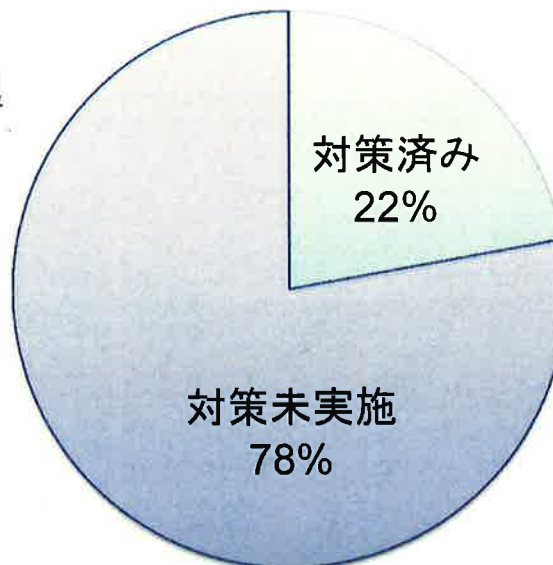
堤防強化対策の現状

- 浸透(すべり破壊、パイピング破壊)に対する安全性の評価結果、背後地の人口や資産等を踏まえ、順次、堤防強化対策を実施。

浸透に対する堤防強化



強化対策の実施状況 (要対策 約4千km)



H27.9末時点

堤防に生じる様々な変状と維持管理



これらのほとんどは直ちに堤防の機能を奪うものではないが、徐々に拡大し、洪水時に破堤する大きな要因となり得る。→日常の維持管理が重要

点検のための堤防除草

堤防の損傷を早期に発見するため、直轄河川では出水期前と台風期の年2回、堤防除草と堤防点検を実施。

除草前



堤防除草



堤防点検



様々な堤防の損傷を発見

動物による穴



亀裂

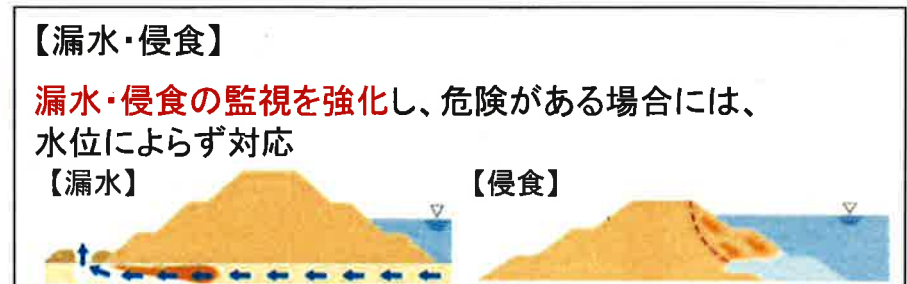
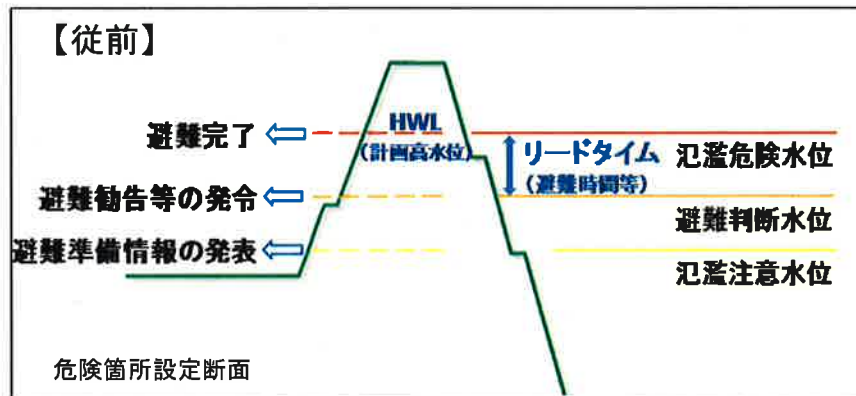


漏水



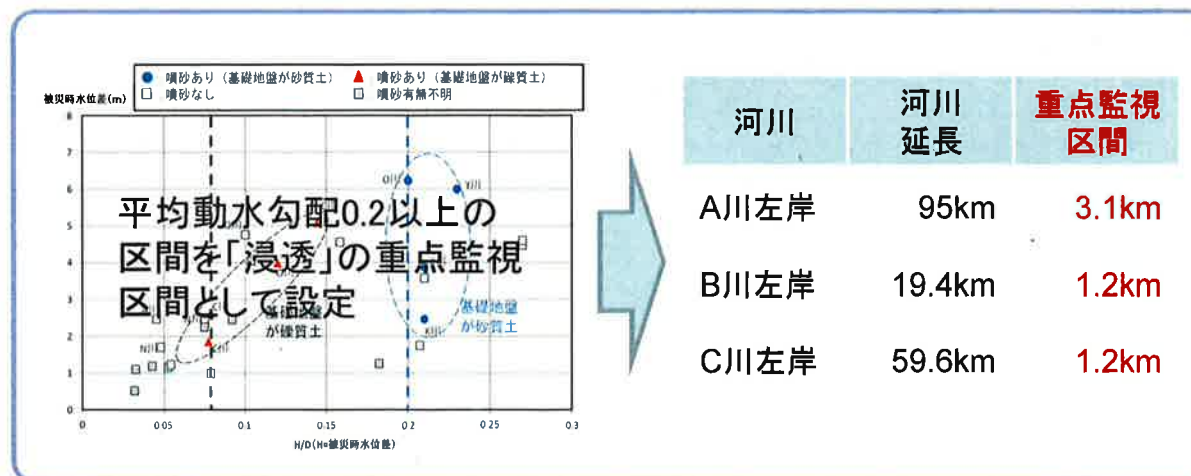
避難勧告等の円滑な発令等に資する情報提供の見直し

- 内閣府「避難勧告等の判断・伝達マニュアル作成ガイドライン(案)」を平成26年4月に改訂 → 避難勧告等の判断基準の見直し
- 上記を受け、国土交通省では、洪水に係る避難勧告等の発令判断の目安を、「越水」、「浸透」、「侵食」に分けて設定（市町村等に十分に周知徹底を図った後、平成27年4月より実施）



浸透・侵食に関する監視体制の強化

- 避難勧告等の**発令判断の目安を「越水」、「浸透」、「侵食」に分けて設定**することとし、「浸透」、「侵食」については、**重点的に監視する区間を定め、確認した変状を市町村長に情報提供**
- 従前の重要水防箇所(堤防形状、被災実績、背後地の状況等より選定)に平均動水勾配を加味し、重点監視区間を設定



変状と判断基準の目安 (法すべりの例)

	発令判断の目安となる変状
避難準備情報	<ul style="list-style-type: none"> • 小段、法尻からの漏水 • 亀裂を伴わない法面の変形、泥濘化
避難勧告	<ul style="list-style-type: none"> • 法面の亀裂、滑りの発生
避難指示	<ul style="list-style-type: none"> • 天端に達する堤体の陥没、すべり

避難準備情報の目安



避難勧告の目安



避難指示の目安



○ 気候変動による外力の増大・頻発化

- ・既に極端な雨の降り方が顕在化(時間雨量50ミリ以上の発生件数が約30年間で約1.4倍)

(将来予測(21世紀末))

- ・大雨による降水量(日降水量)が全国平均で10.3～25.5%増加¹⁾
- ・全国の一級水系において、施設計画の規模を上回る洪水の発生頻度が約1.8～4.4倍に増加²⁾
- ・無降水日の年間日数(日降水量1ミリ未満)が全国平均で1.1～10.7日増加¹⁾

1)RCPシナリオによる予測
2)SRES A1Bシナリオによる予測

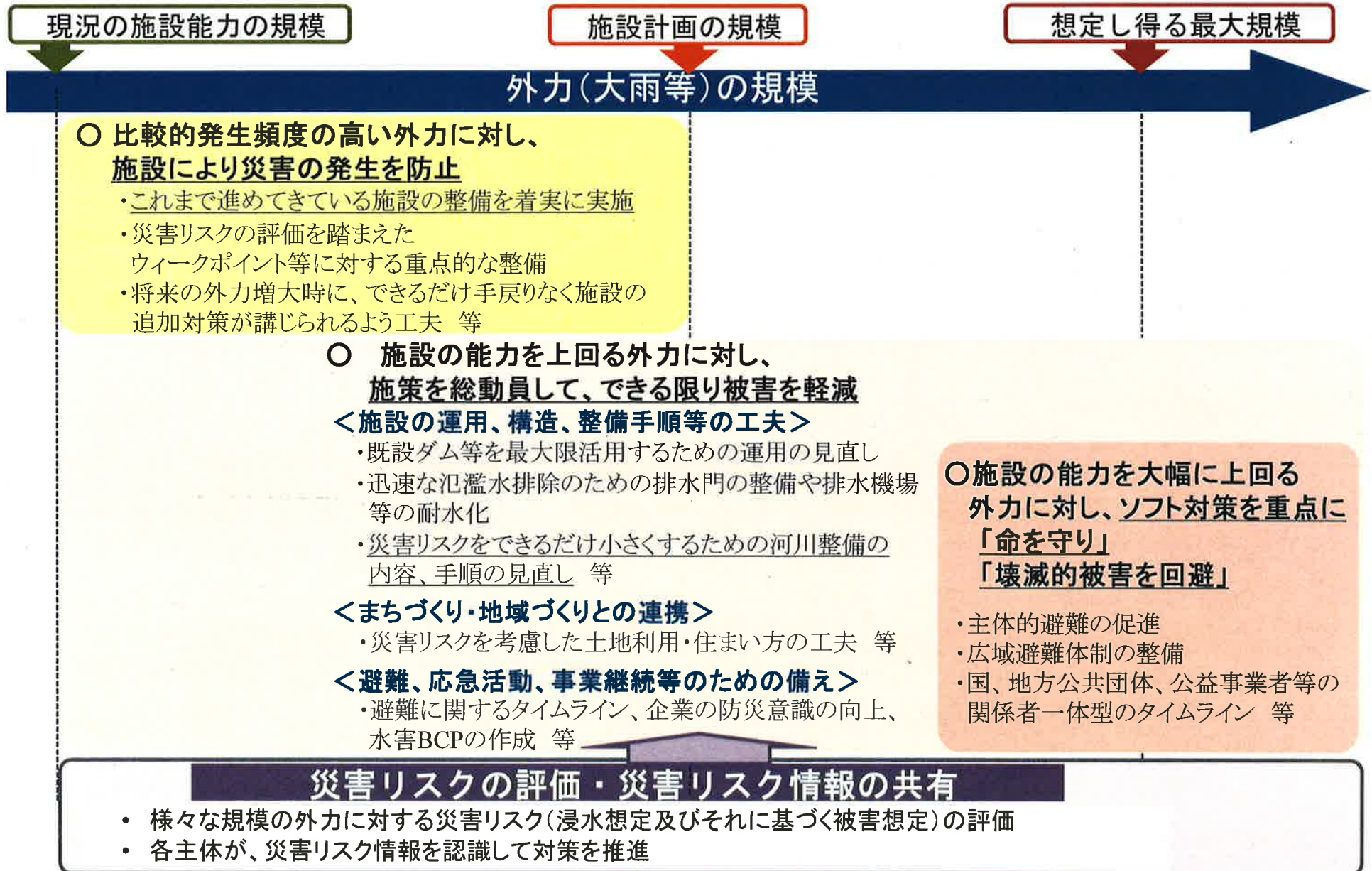
○ 欧米諸国では、既に気候変動適応策を実施

- ・年超過確率1/1,000など低頻度または極端な洪水の浸水想定等の提示(例:EU諸国、アメリカ)
- ・将来の外力増大時にできるだけ手戻りがない施設の設計(例:ドイツ)
- ・将来の外力増大を見込んだ規模での施設の整備(例:オランダ等)

○ 激甚化する水災害に対処し気候変動適応策を早急に推進すべき

- 施設の着実な整備と適切な維持管理により、水害の発生を着実に防止する防災対策を進める
- これに加え、
 - ・外力が増大した場合に、できるだけ手戻りなく施設の追加対策を講じられるように工夫
 - ・施設の能力を上回る外力に対しても減災効果を発揮できるように工夫
- 施設では守りきれない事態を想定し、社会全体が災害リスク情報を共有し、施策を総動員して減災対策に取り組む

水災害分野における気候変動適応策 基本的な考え方



水防災意識社会 再構築ビジョン

関東・東北豪雨を踏まえ、新たに「**水防災意識社会 再構築ビジョン**」として、全ての直轄河川とその沿河市町村（109水系、730市町村）において、平成32年度目途に水防災意識社会を再構築する取組を行う。

<ソフト対策> ・住民が自らリスクを察知し主体的に避難できるよう、より実効性のある「**住民目線のソフト対策**」へ転換し、平成28年出水期までを目途に重点的に実施。

<ハード対策> ・「洪水を安全に流すためのハード対策」に加え、**氾濫が発生した場合にも被害を軽減する「危機管理型ハード対策」**を導入し、平成32年度を目途に実施。

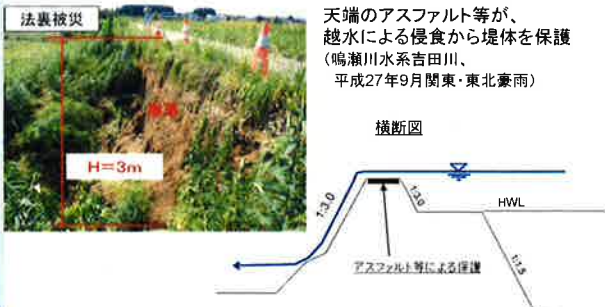
主な対策

各地域において、河川管理者・都道府県・市町村等からなる協議会等を新たに設置して**減災のための目標を共有し、ハード・ソフト対策を一体的・計画的に推進する。**

<危機管理型ハード対策>

- 越水等が発生した場合でも決壊までの時間を少しでも引き延ばすよう**堤防構造を工夫する対策の推進**
いわゆる粘り強い構造の堤防の整備

<被害軽減を図るための堤防構造の工夫(対策例)>



<洪水を安全に流すためのハード対策>

- 優先的に整備が必要な区間において、堤防のかさ上げや浸透対策などを実施

<住民目線のソフト対策>

- 住民等の行動につながる**リスク情報の周知**
 - ・立ち退き避難が必要な家屋倒壊等氾濫想定区域等の公表
 - ・住民のとるべき行動を分かりやすく示したハザードマップへの改良
 - ・不動産関連事業者への説明会の開催
- 事前の行動計画作成、訓練の促進
 - ・タイムラインの策定
- 避難行動のきっかけとなる情報をリアルタイムで提供
 - ・水位計やライブカメラの設置
 - ・スマホ等によるプッシュ型の洪水予報等の提供



※H27.12審議会答申「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について」を受けて策定

家屋倒壊等氾濫想定区域※

※ 家屋の倒壊・流失をもたらすような堤防決壊に伴う激しい氾濫流や河岸侵食が発生することが想定される区域

洪水を安全に流すためのハード対策

平成27年9月関東・東北豪雨を踏まえて設定した、堤防整備・河道掘削等の流下能力向上対策、浸透・パイピング対策、侵食・洗掘対策に関し、優先的に対策が必要な区間約1,200kmについて、平成32年度を目途に、今後概ね5年間で対策を実施。

パイピング、法すべり

↓
漏水対策(浸透含む)

L=約360km(堤防への浸透対策)
L=約330km(パイピング対策)

- ・過去の漏水実績箇所等、浸透により堤防が崩壊するおそれのある箇所
- ・旧河道跡等、パイピングにより堤防が崩壊するおそれのある箇所



鳴瀬川支川吉田川(宮城県)

流下能力不足

↓
堤防整備・河道掘削

L=約760km

- ・堤防高が低い等、当面の目標に対して流下能力が不足している箇所
(上下流バランスを確保しながら実施)



利根川支川鬼怒川(茨城県)

水衝・洗掘

↓
侵食・洗掘対策

L=約110km

- ・河床が深掘れしている箇所や水衝部等、河岸侵食・護岸欠損のおそれがある箇所



阿武隈川支川荒川(福島県)

優先的に対策を実施する区間L=約1,200km

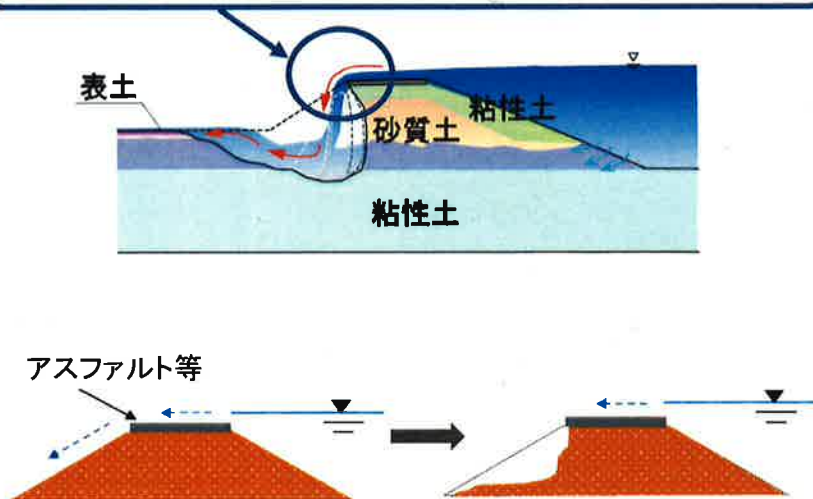
※各対策の延長は重複あり

危機管理型ハード対策

氾濫リスクが高いにも関わらず、当面の間、上下流バランス等の観点から堤防整備に至らない区間など約1,800kmについて、決壊までの時間を少しでも引き延ばすよう、堤防構造を工夫する対策を平成32年度を目途に、今後概ね5年間で実施。

堤防天端の保護

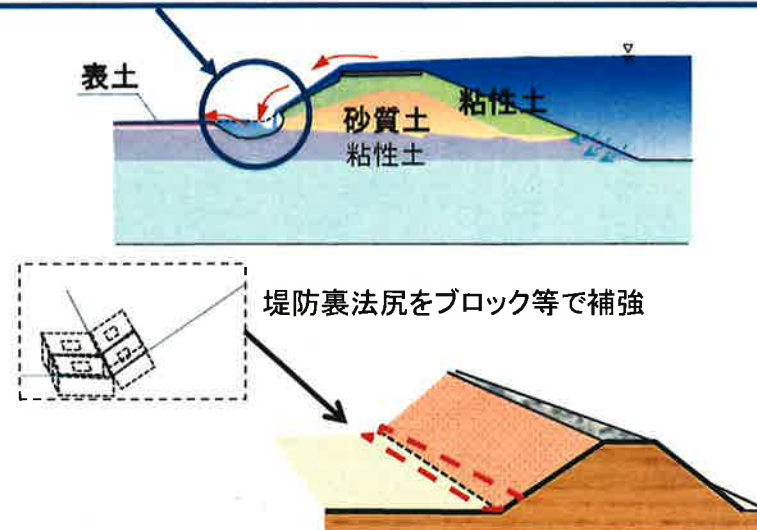
堤防天端をアスファルト等で保護し、堤防への雨水の浸透を抑制するとともに、越水した場合には法肩部の崩壊の進行を遅らせることにより、決壊までの時間を少しでも延ばす



約1,310km

堤防裏法尻の補強

裏法尻をブロック等で補強し、越水した場合には深掘れの進行を遅らせることにより、決壊までの時間を少しでも延ばす



約630km

対策を実施する区間L=約1,800km

※各対策の延長は重複あり

強化工法の設計上の要求

計画高水位以下の水位の流水の通常的作用に対して求められる堤防の安全基準を満たすための設計上の要求は、

- 1) 長期にわたって**材料の劣化がなく**、機能を維持するための**補修が容易**なこと
- 2) **形状規定方式**を堤防の安全基準を満たすための**基本**として踏襲し、**照査を適用**して河川堤防の**安全性を高める**こと
- 3) 侵食、浸透に起因する堤体の破壊が生じず、堤防に**大きな形状の変化**が生じないこと

設計上の要求から見た工法の制約

- **断面拡大工法**(いわゆる腹付けや緩勾配化)が**堤防強化の基本**
- 断面拡大工法以外の堤防強化工法は、盛土構造の表層あるいは浅層の施工により整備可能な、あるいは基礎地盤そのものに施工する工法であり、補修あるいは更新に当たり、**主たる盛土構造を乱すことのない工法**

研究開発の実用化を 効果的・効率的を進めるため

- 堤体の土質条件、基礎地盤の条件、さらに外力の条件をどのように設定するかが重要
- 堤防強化工法の検討は、基本的な断面拡大工法、あるいは材料の置換等を含め、**従来より堤防強化に利用されている工法の増強や工夫、あるいは主たる盛土構造を乱さない小規模な新工法の適用**を中心として進めることが、実用化の観点から効率的であり、経済的