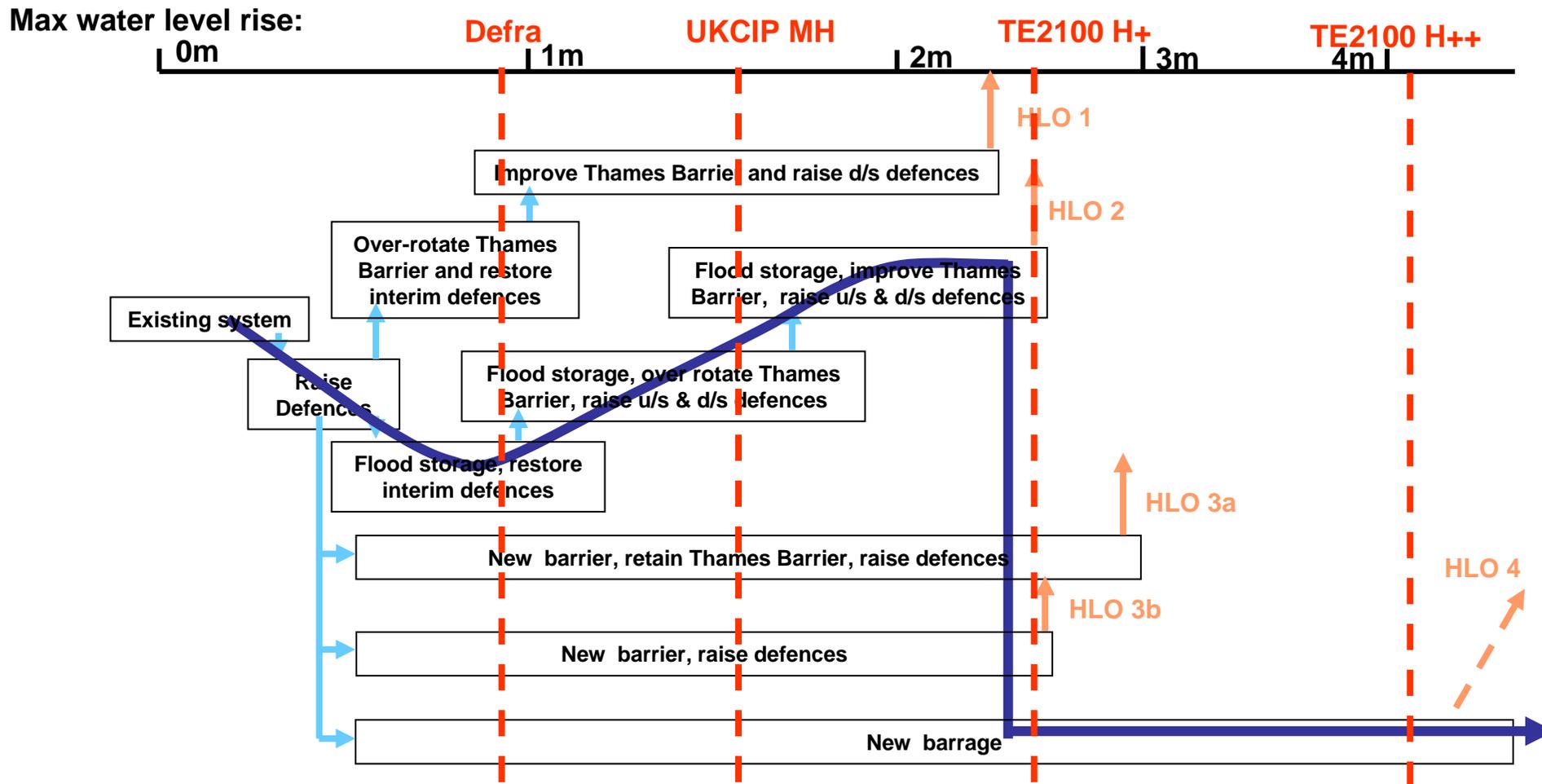


水害リスク軽減対策に関する 新たな評価手法の導入

テムズ川の洪水管理（TE2100）における適応策の考え方

TE2100での気候変動への適応策は、伝統的工学手法、氾濫原で貯留、新しいバリア、新しい堰の4つのオプションがある。シナリオを決めて対策を検討する方法ではなく、現在の施設改良で防御できるレベルを分析するフレキシブルな方法をとり、段階的に対応する。

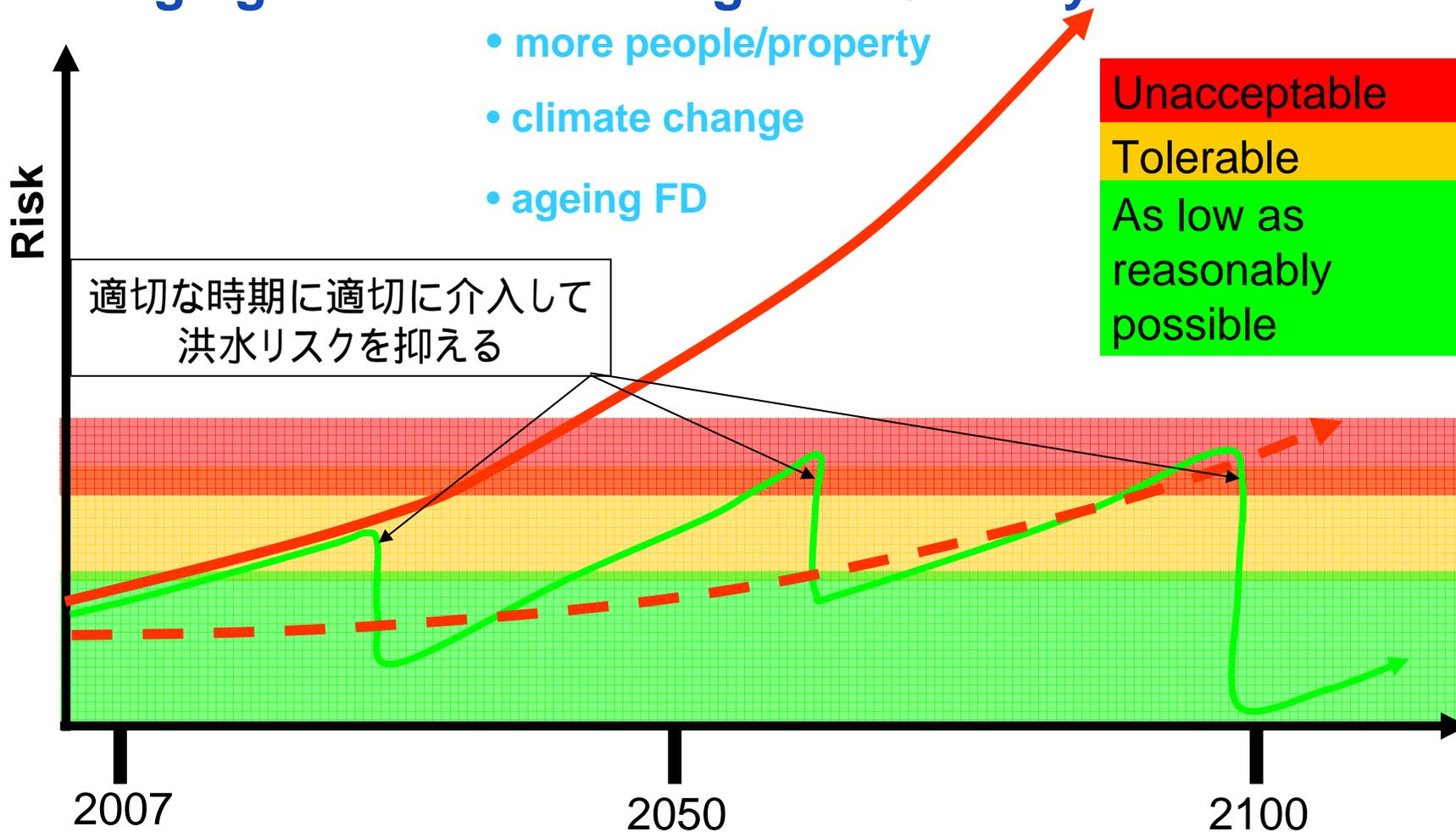


The final plan may be a combination of approaches

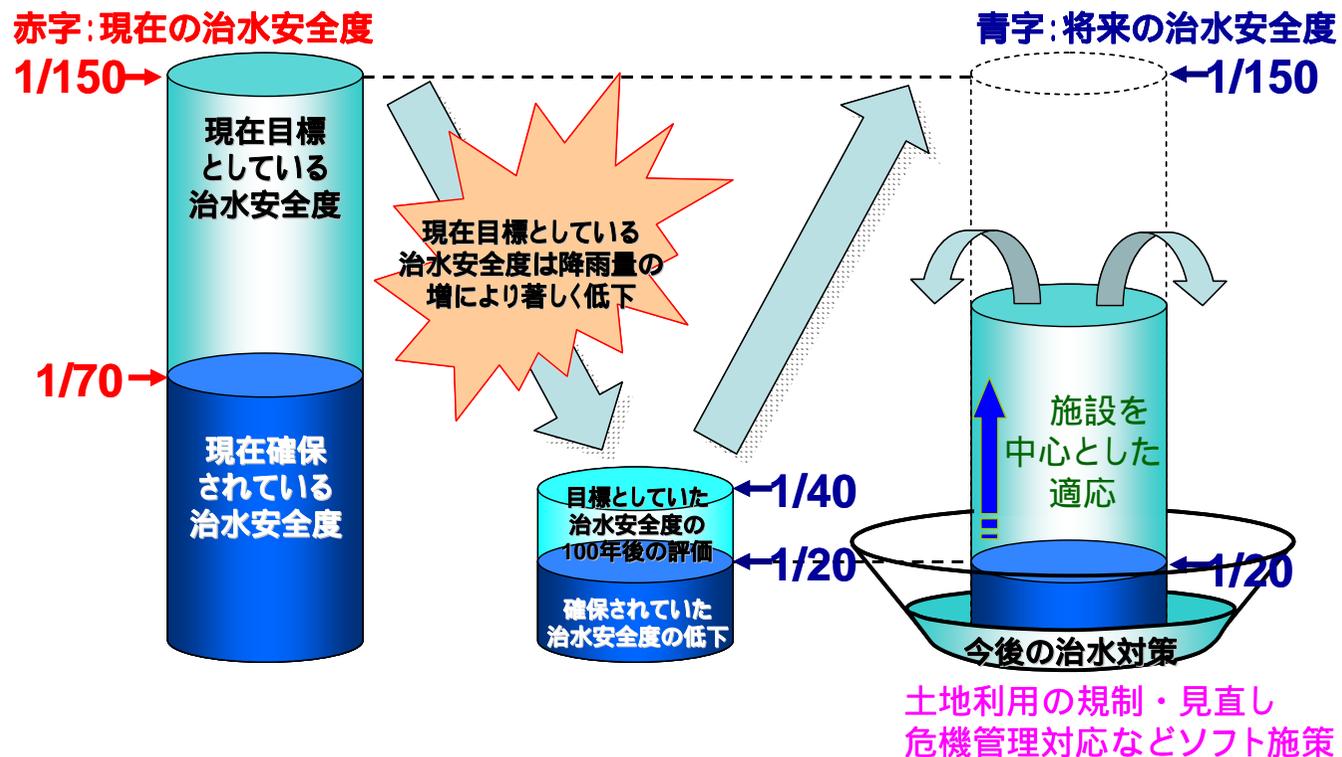
アダプティブなリスク管理 テムズ川の洪水管理 (TE2100)

TE2100での気候変動への適応策は、適切な時期に適切に介入して洪水リスクを許容レベルに抑える方針である。

Managing Flood Risk through the Century



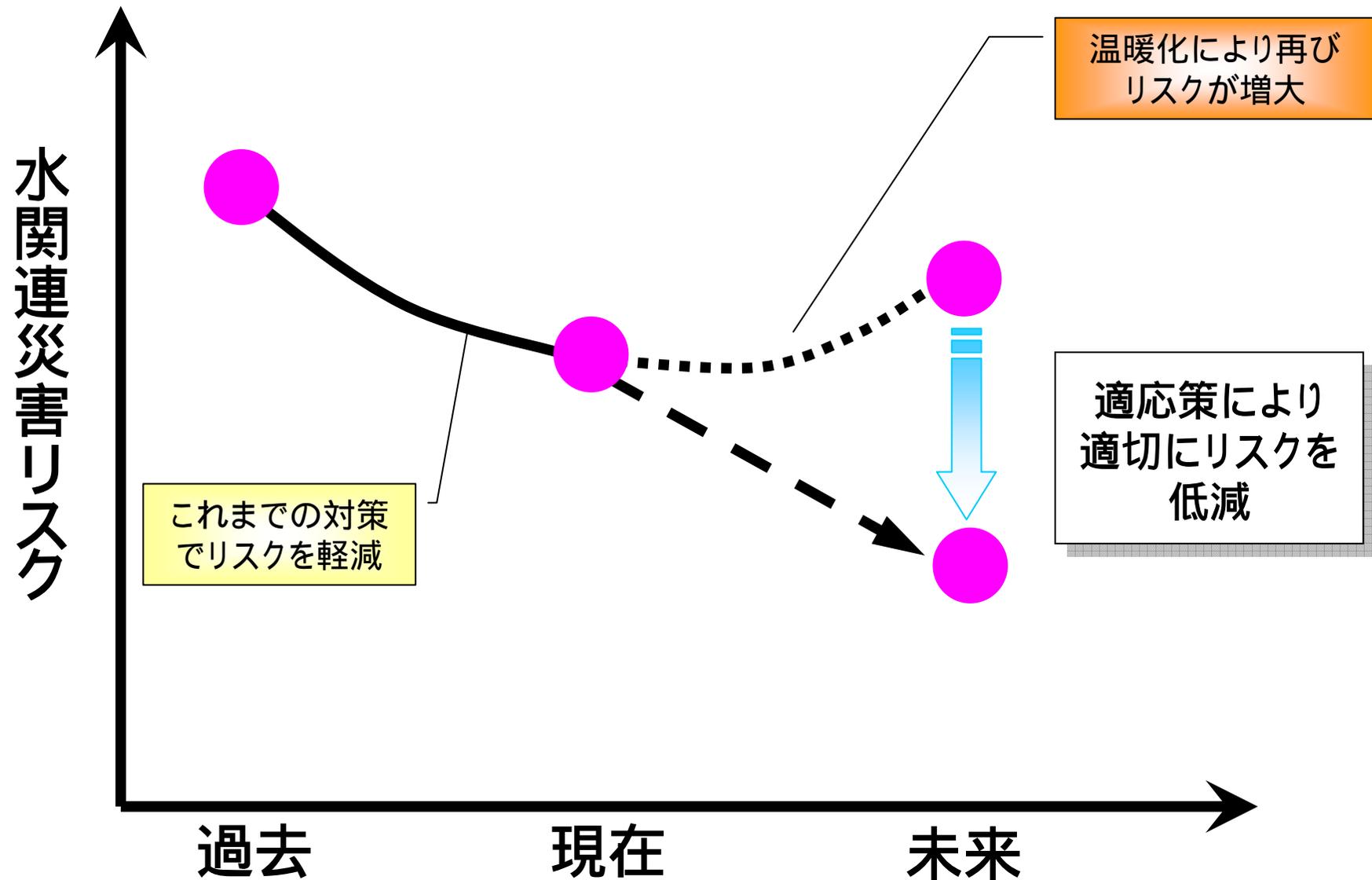
浸水を前提とした社会への転換



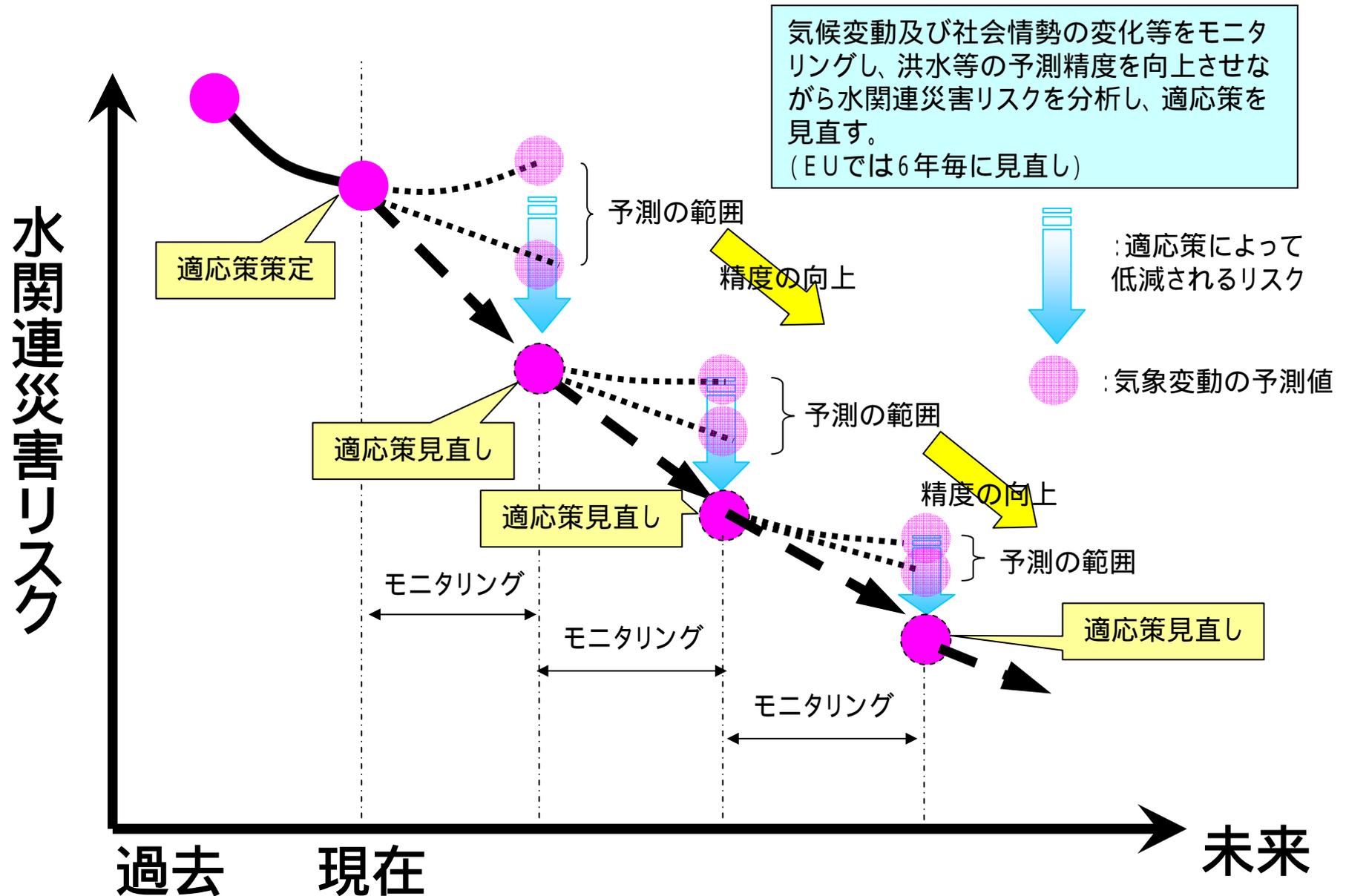
気候変動に伴う降水量の増加により治水の安全度は著しく低下する。治水安全度を確保するには施設を中心とした適応策に加え、土地利用の規制・見直しや危機管理対応など流域におけるソフト対策が不可欠。

『水害リスクと共存する社会』への転換
“Living with Flood Risk”

気候変動によるリスクの増大と適応策



水関連災害リスクへのアダプティブな対応



水関連災害リスクの概念

気候変動により「外力指数」は増加する。施設整備や土地利用の見直し、危機管理対応の強化などの適応策により「防災力指数」を向上させるとともに、その結果として適応策により人的被害など「被害・影響指数」を減少させることにより、「災害リスク」を軽減させることが可能となる。

$$\text{災害リスク} = \frac{\text{外力指数} \times \text{被害・影響指数}}{\text{防災力指数}} \times \text{被災確率}$$

- | | |
|----------|--|
| ・外力指数 | : 自然的外力や場の条件 (気象、水文、地形・地質などと外力規模) |
| ・被害・影響指数 | : 災害に対する社会的脆弱性 (浸水人口、浸水家屋、道路・鉄道・ライフラインへの悪影響など) |
| ・防災力指数 | : 国や自治体、コミュニティの防災への取組み(適応策) (治水施設の整備状況、ハザードマップの整備状況、防災意識など) |

水害リスクの分析

過去の洪水災害のレビュー

- 先人の知恵に学ぶ

外力規模(低・中・高頻度)毎に流出解析と氾濫解析を実施

- 現在の外力
 - 将来の外力(気候変動による影響)
 - 地形等を勘案し、上流部は下流部(氾濫解析対象区間)と安全度を変え、氾濫を許容するなど実状を考慮
- 2ケースで現在の整備状況において実施

流域での氾濫解析結果から氾濫形態を類型毎に区分

氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

- (将来外力による被害・影響想定) - (現在外力による被害・影響想定) = 被害・影響の増加

氾濫形態の類型区分間での被害・影響の違いから守り方を選択

- 氾濫形態の類型区分間の安全度に差をつけるか?

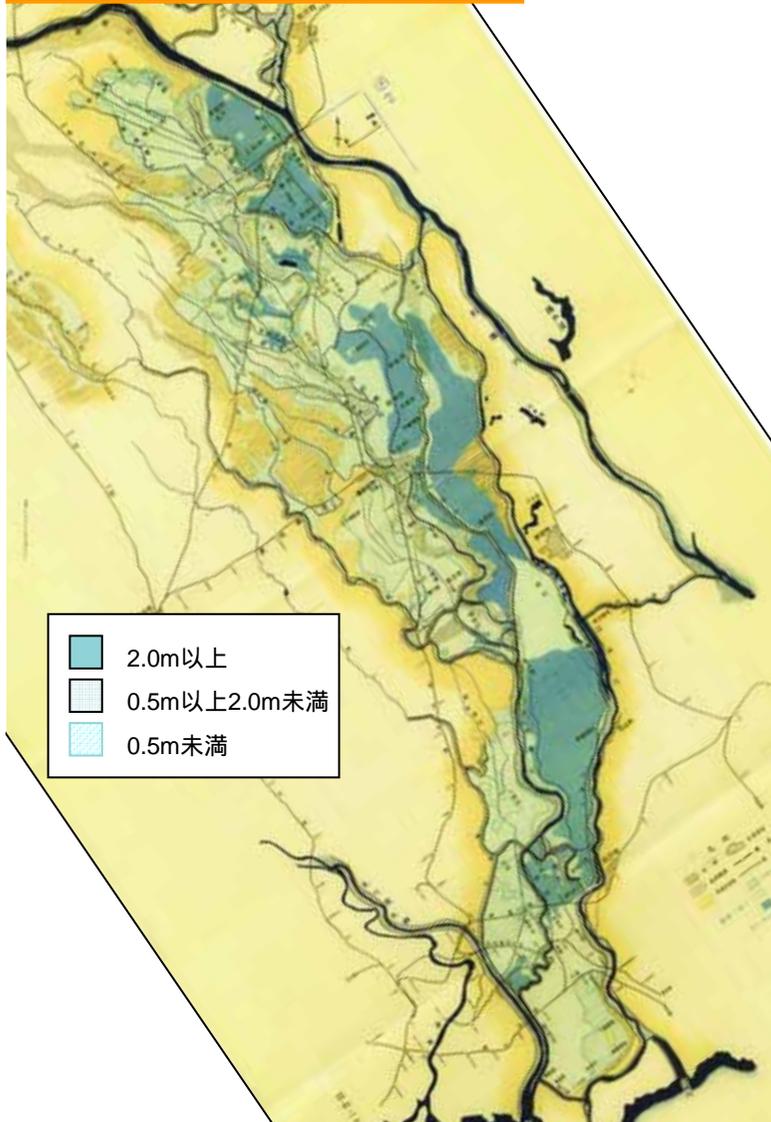
氾濫形態の類型区分毎に適応策の検討

- 将来外力に対して適応策の組み合わせにより、被害・影響を回避・軽減
- (現在の整備状況の被害・影響) - (適応策実施後の被害・影響) = 効果
- 氾濫形態の類型区分内を適応策に応じてさらに地区毎に細区分
- 適応策 <資料6 表(P8)参照> を検討
- 適応策に代替案がある場合は、比較して相対評価を行う

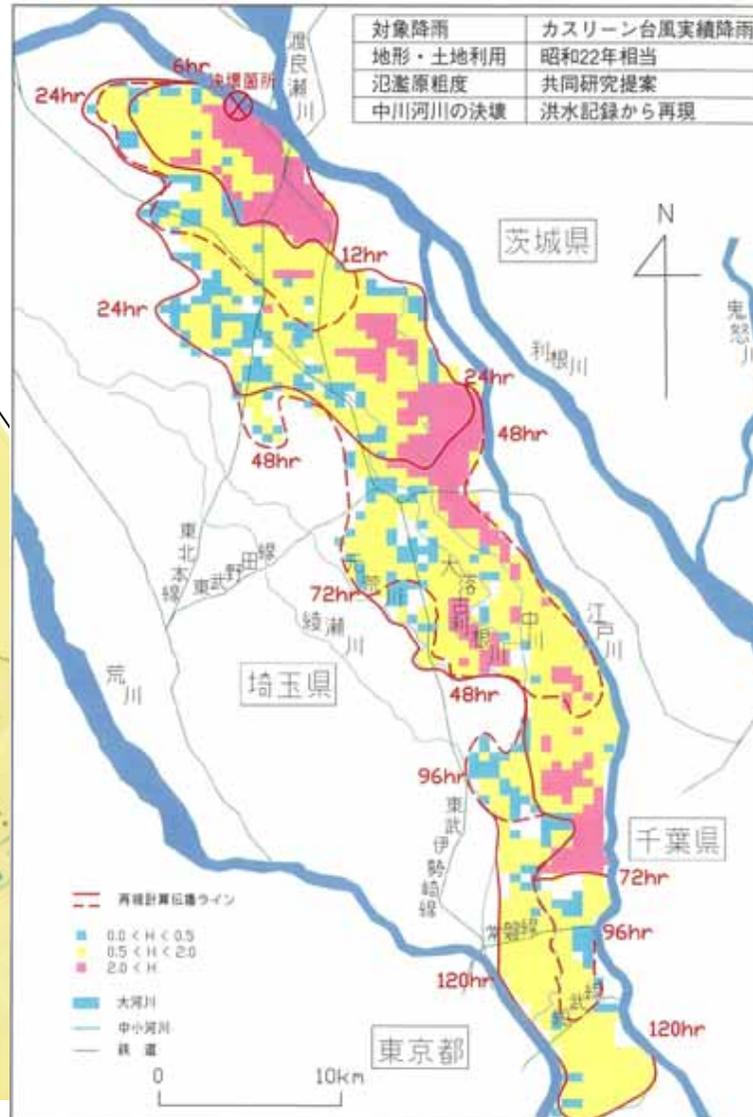
過去の洪水災害のレビュー

昭和22年当時の地形・土地利用状況を当時の地形図等に基づき再現し、はん濫計算結果と浸水実績と比較し検証

カスリーン台風洪水時の浸水記録



カスリーン台風洪水時の再現計算結果



昭和22年当時の地形の再現

- 1) 地盤高
 - ・昭和30年頃の地形図を用いて地盤高を設定
- 2) 線盛土
 - ・昭和30年頃の地形図、治水地形分類図から想定
- 3) 中小河川の河道断面
 - ・昭和30年頃の地形図から、堤防の高さ、水深、川幅を抽出し、治水地形分類図から堤防の高さを確認
- 4) 中小河川、桜堤の決壊
 - ・決壊時間、決壊幅、場所の全て揃うデータについて再現
- 5) 土地利用
 - ・昭和30年頃の地形図から再現
- 6) 家屋密集度
 - ・昭和25年国勢調査の世帯数を基に、昭和22年に撮影した航空写真、地形図を参考に算出

地理調査所，昭和23年12月10日，「昭和22年9月洪水，利根川及荒川の洪水調査報告」，地理調査時報特報より

出典：第5回大規模水害対策に関する専門調査会資料

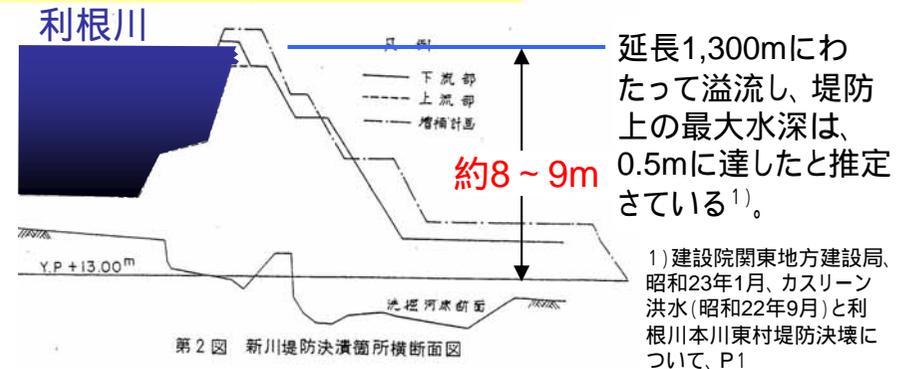
過去の洪水災害のレビュー

- カスリーン台風時の利根川の水位は、地盤から約8~9mもの高さに達した。
- 破堤地点から幸手南方に至る区間で家屋の流出等が集中的に発生。

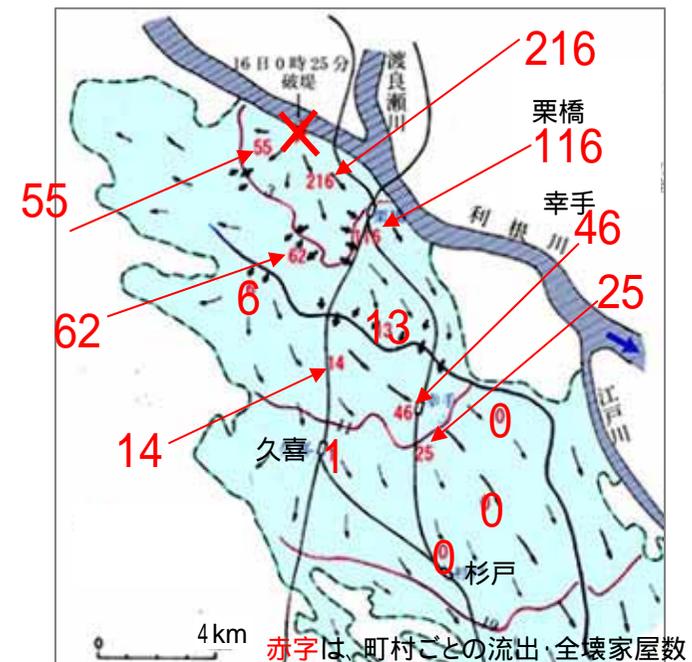


出典：第8回大規模水害対策に関する専門調査会資料

洪水時の水位の高さ



家屋流出・全壊数²⁾



2)防災科学技術研究所、カスリーン台風60年記念企画展、4.利根川の氾濫、(2)氾濫域の拡大 http://www.bosai.go.jp/library/exhibition/exhibition_kathleen_004.html

過去の洪水災害のレビュー



1947年9月16日午前零時20分、北埼玉郡東村（現・大利根町）新川通地先で、濁流に洗われていた利根川右岸堤防が幅約340mにわたり大決壊。堤防を崩した濁流は、埼玉県東部低地を東遷以前の利根川の流れるように流れ下り、東京東部低地（葛飾区、足立区、江戸川各区）までも水没させた。



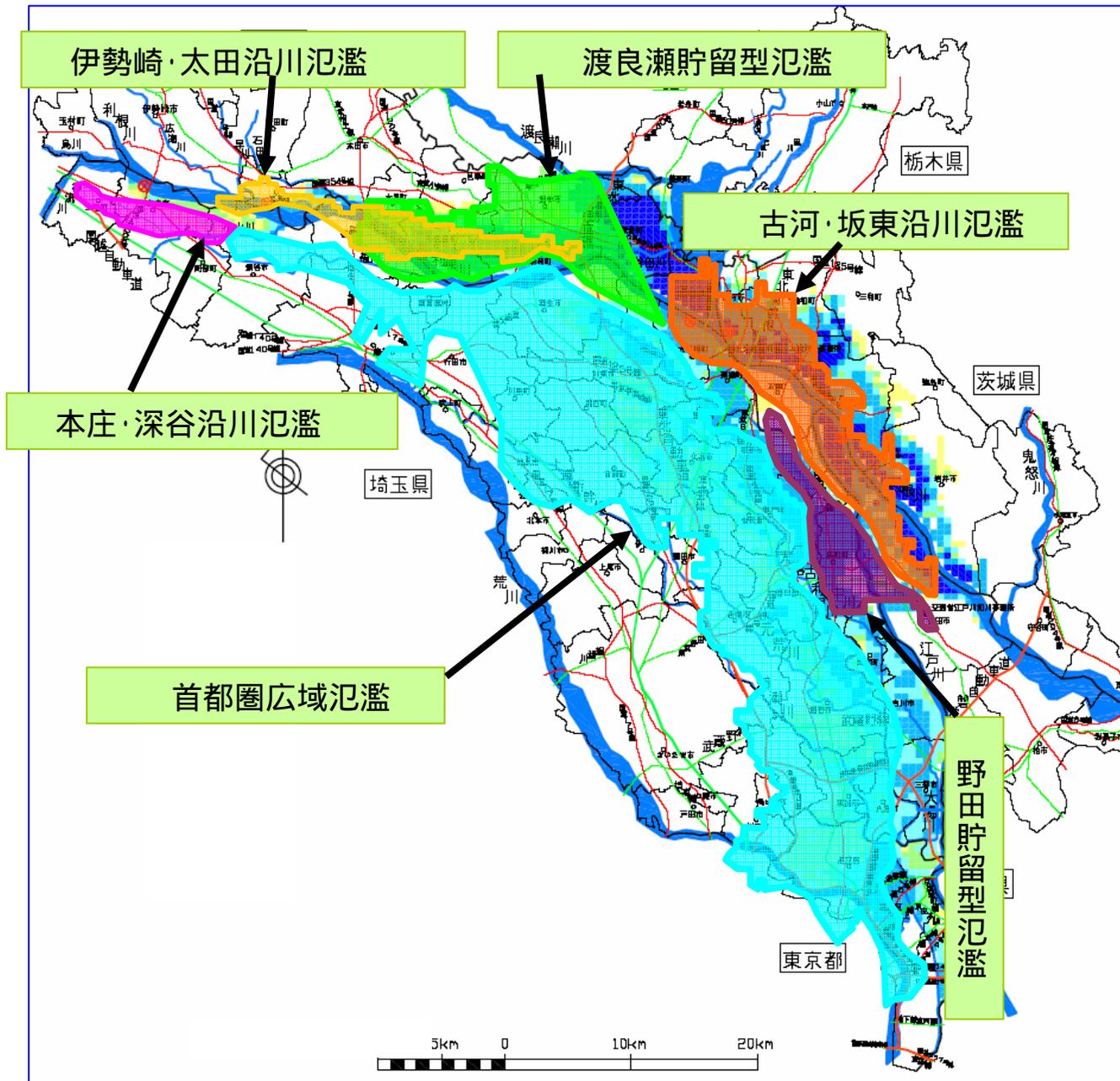
氾濫水は三郷市付近の桜堤により堰き止められ、刻々と水位を増していた。江戸川の堤防を開削し、氾濫水を江戸川に排水することとしたが、作業は難航し、遂に桜堤を決壊。氾濫水が東京中心部に向かう。GHQが爆破作用などで試みたが上手くいかず、最終的には手作業で江戸川の堤防が開削された。

関東の被害状況

| 家屋浸水 (戸) | 家屋流出 倒壊 (戸) | 家屋半壊 (戸) | 死者(人) | 傷者(人) | 田畑の 浸水(ha) |
|-------------|-------------------|-------------|-------|-------|---------------|
| 303,160 | 23,736 | 7,645 | 1,100 | 2,420 | 176,789 |

出典：第5回大規模水害対策に関する専門調査会資料

氾濫解析結果から氾濫形態類型毎に区分



出典:第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料

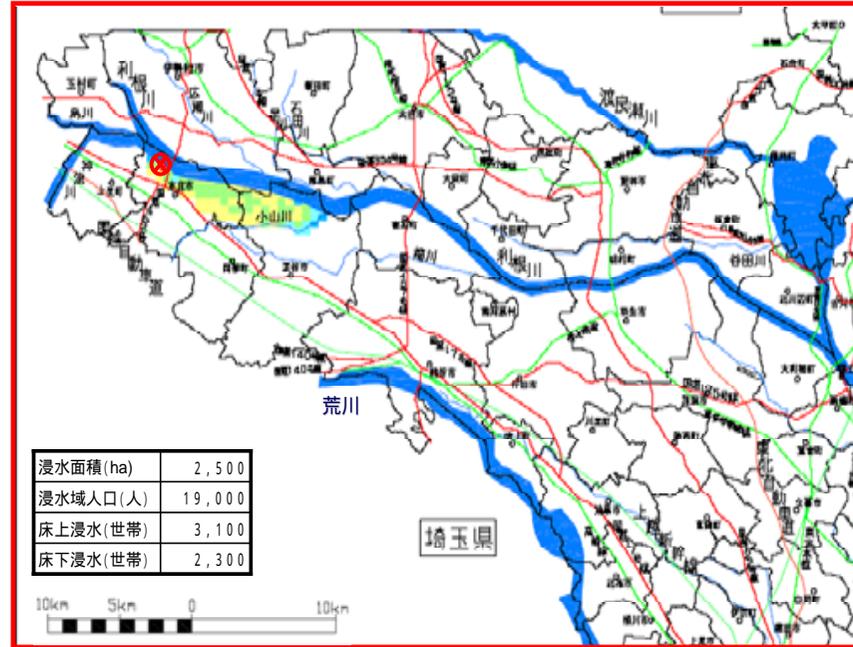
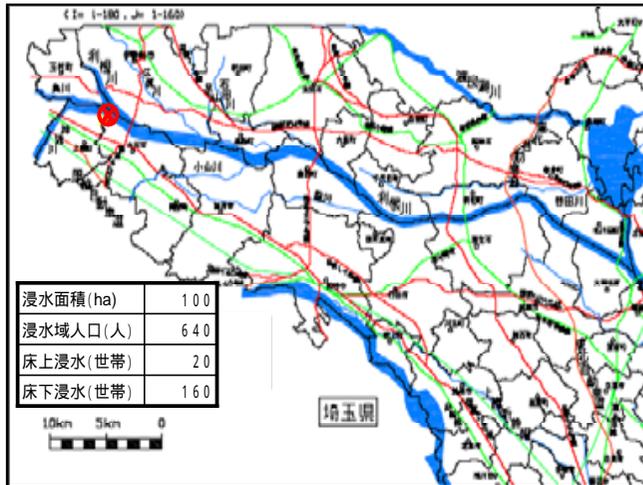
氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

本庄・深谷沿川氾濫：右岸178.0～184.0km

- こやまがわ小山川合流点(深谷市)より上流の区間。
- 河川周辺の地盤高が高く、氾濫量が少ない。

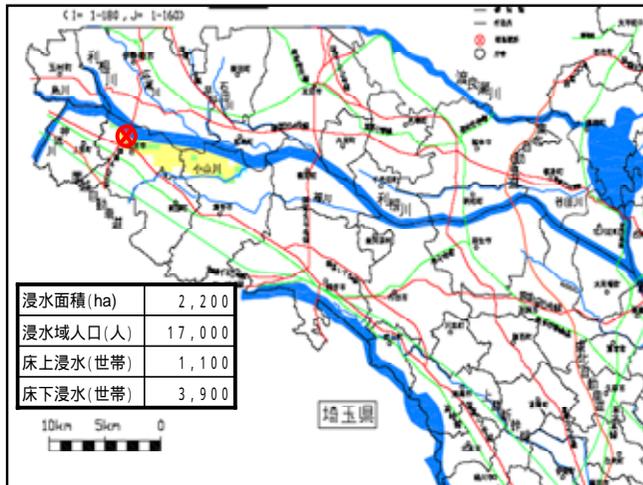
右岸182.5K:本庄市(浸水域人口・浸水面積最大)

右岸184.0K

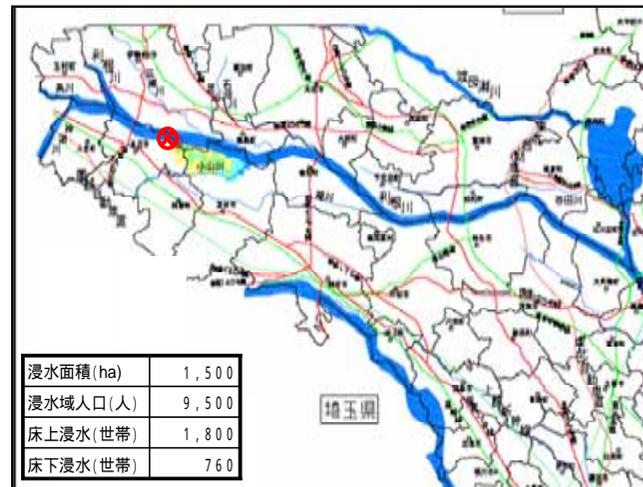


最大氾濫量:5百万m³、最大氾濫流量450m³/s)

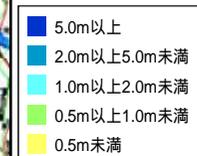
右岸182.0K



右岸178.0K



出典:第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料



氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

首都圏広域氾濫：右岸122.5～172.5km

- 江戸川分派点からこやまがわ小山川合流点付近(深谷市)の区間。
- 明治43年洪水(約170K)、昭和22年カスリーン台風洪水時(約135K)に利根川本川堤防が決壊。
- 数日にわたって氾濫域が拡大、都区部まで洪水流が達する場合がある。

右岸172.5K



右岸157.0K



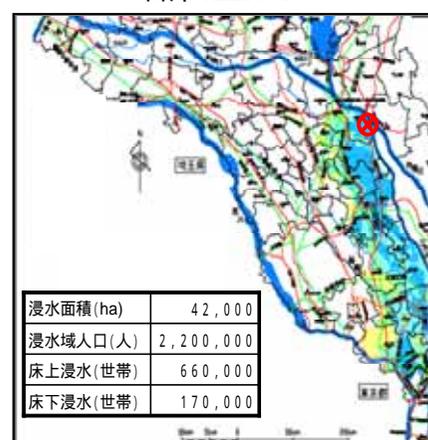
右岸148.5K



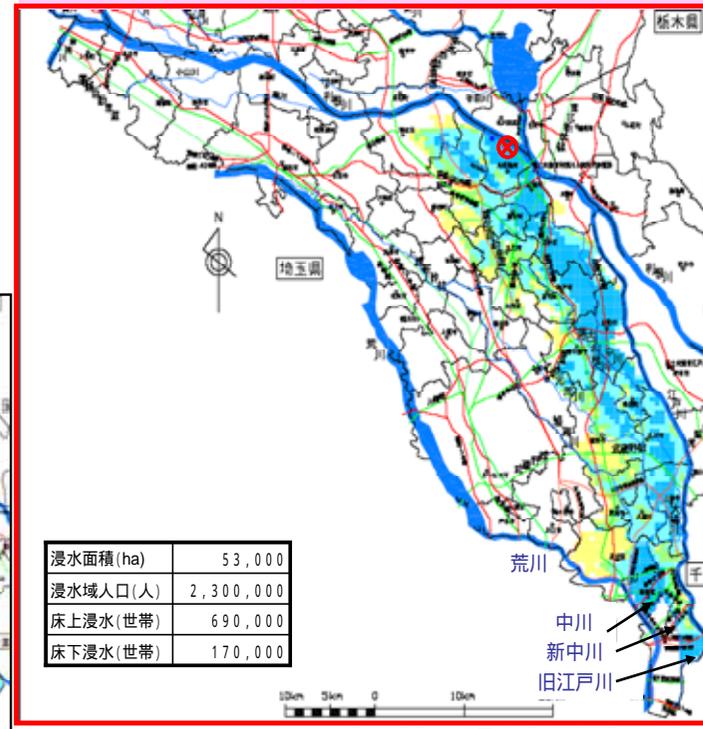
右岸129.0K



右岸122.5K

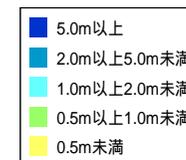


右岸136.0K: 大和町 (浸水域人口最大、決壊実績有り)



最大氾濫量: 520百万m³、最大氾濫流量8,700m³/s)

出典: 第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料



注: 中条堤や支川の決壊を考慮していないため、利根川右岸172.5kmの浸水域は都区部まで達していないが、明治43年洪水では、中条堤が決壊し下流域に大規模な洪水は氾濫が生じた。既往の洪水氾濫状況を踏まえ、168.5km～172.5kmの区間は首都圏広域型氾濫に分類した。氾濫域の拡大に影響を及ぼす堤防等の盛土の取扱いには、さらなる検討を行う予定。

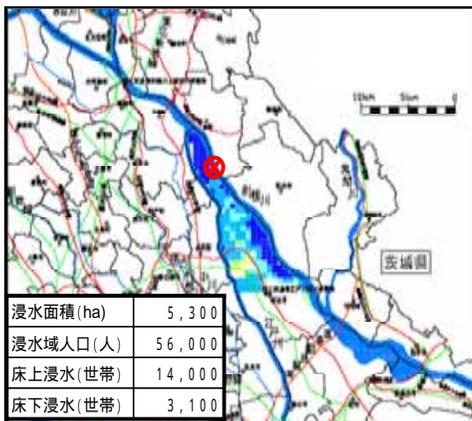
氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

野田貯留型氾濫: 右岸96.5 ~ 118.5km

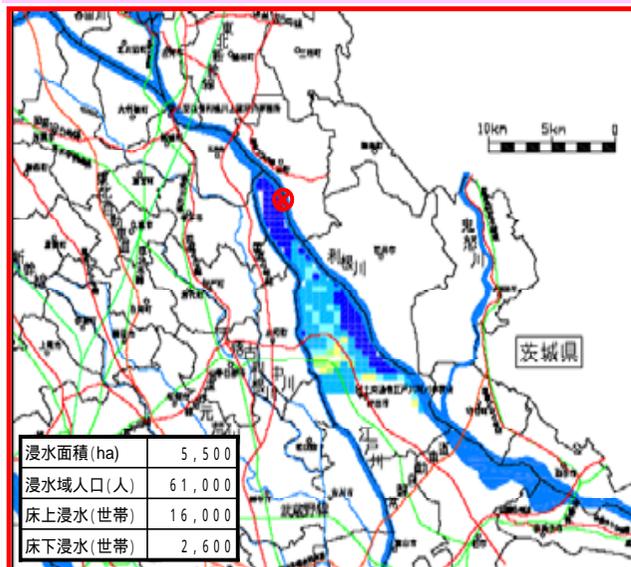
- 渡良瀬川合流点から鬼怒川合流点付近の区間。
しもうさ
- 下総台地と堤防に囲まれ、浸水域が広がらない。
- はん濫水が貯留されるため、5m以上浸水する場合がある。

右岸118.5K: 野田市 (浸水域人口・浸水面積最大)

右岸116.5K

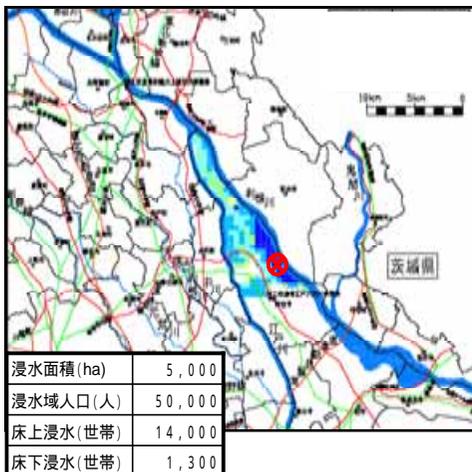


右岸112.0K



最大氾濫量: 200百万m³、最大氾濫流量: 3,100m³/s

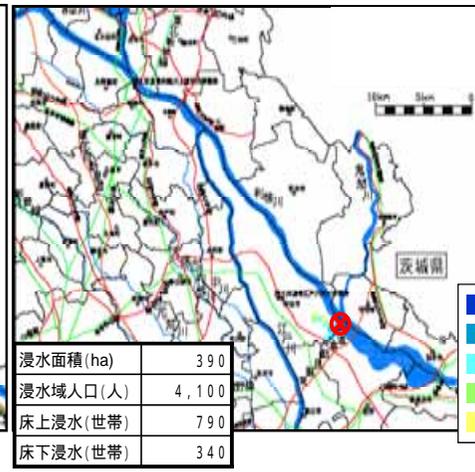
右岸106.0K



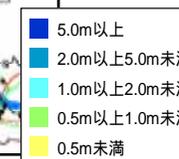
右岸101.0K



右岸96.5K



出典: 第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料



氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

伊勢崎・太田沿川氾濫: 左岸167.0~186.0km

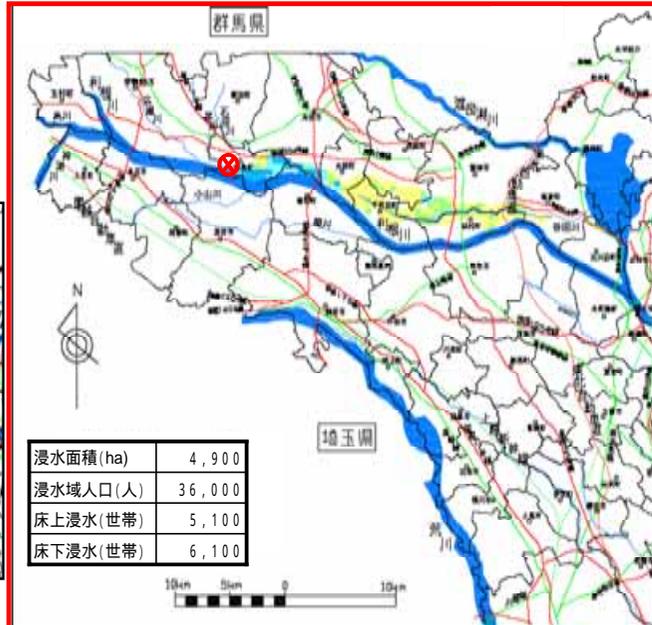
- 石田川合流点付近より上流の区間。
- 河川周辺の地盤高が高く、はん濫量が少ない。

左岸172.5K: 太田市 (浸水域人口・浸水面積最大)

左岸186.0K



左岸183.5K



最大氾濫量: 22百万m³, 最大氾濫流量1,200m³/s

左岸182.5K



左岸176.5K



左岸167.0K



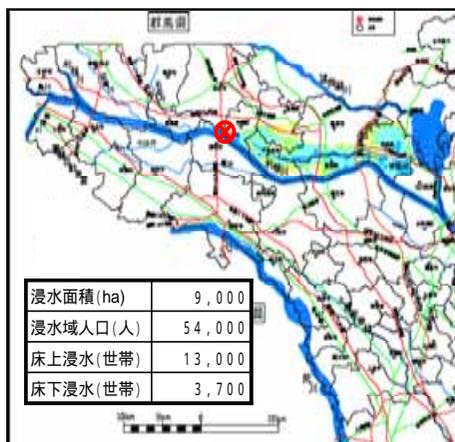
出典: 第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料

氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

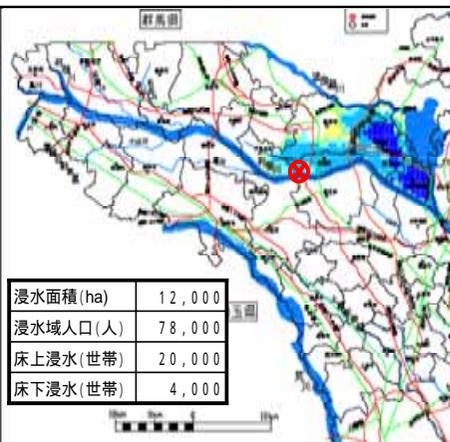
渡良瀬貯留型氾濫: 左岸139.0 ~ 164.0km

- 渡良瀬川合流点から、石田川合流点付近までの区間。
- 渡良瀬川、利根川に挟まれる地域の標高が周辺より低い。
- はん濫水が貯留されるため、3階まで浸水する場合がある。

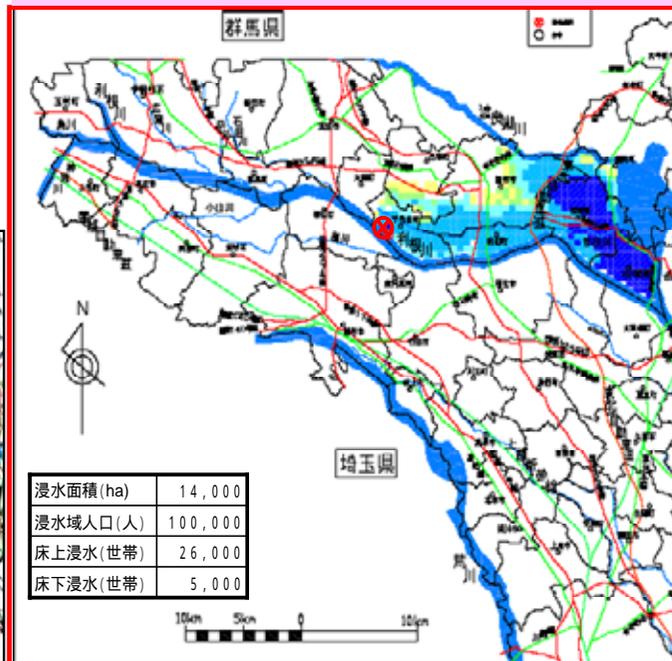
左岸164.0K



左岸151.5K

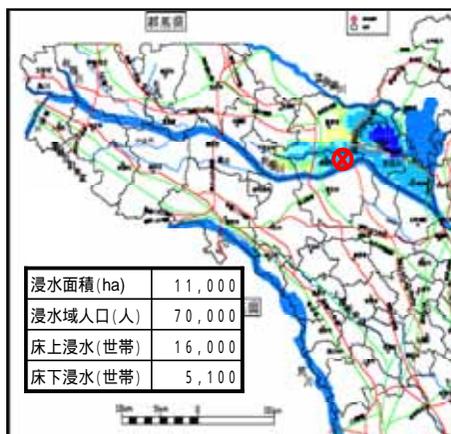


左岸159.5K: 千代田町 (浸水域人口・面積最大)

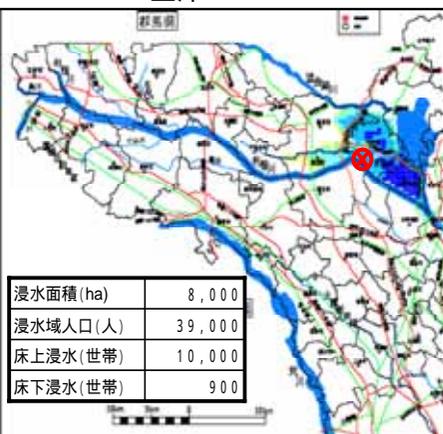


最大氾濫量: 400百万m³、最大氾濫流量8,600m³/s

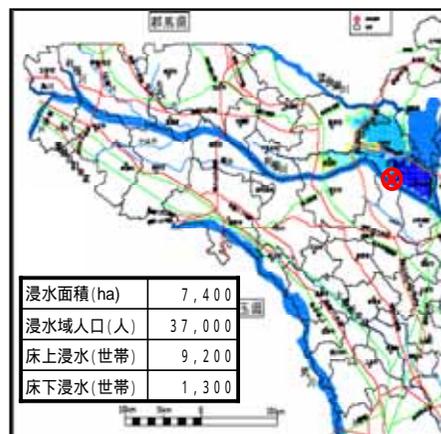
左岸146.0K



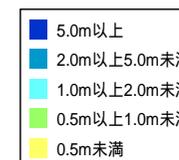
左岸142.0K



左岸139.0K



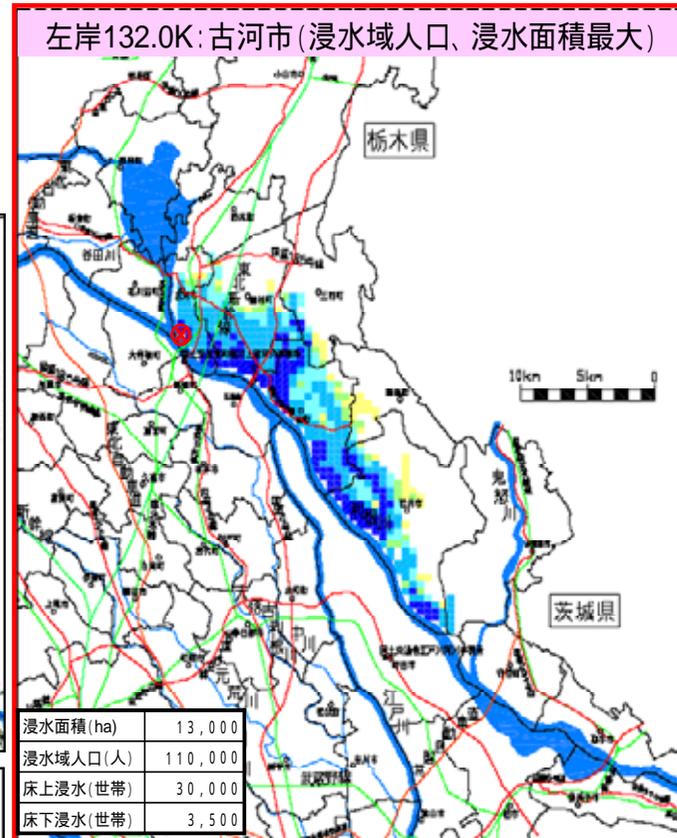
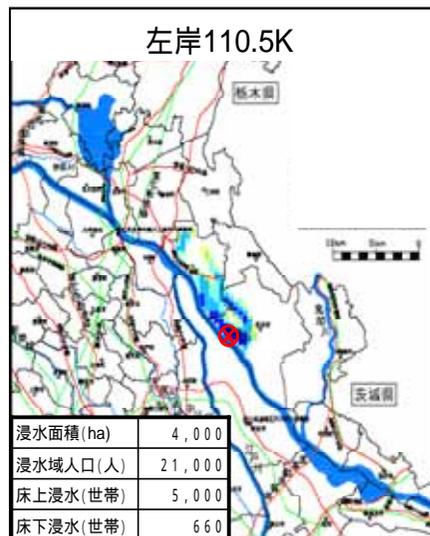
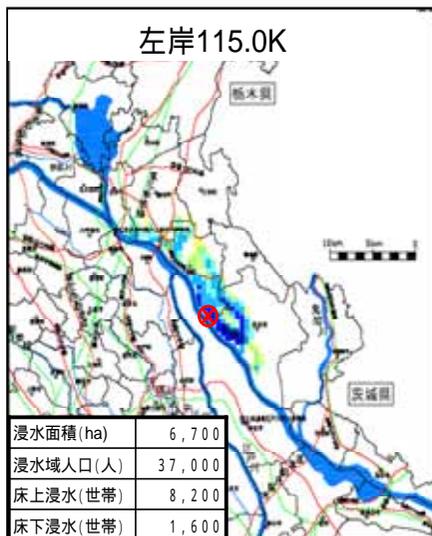
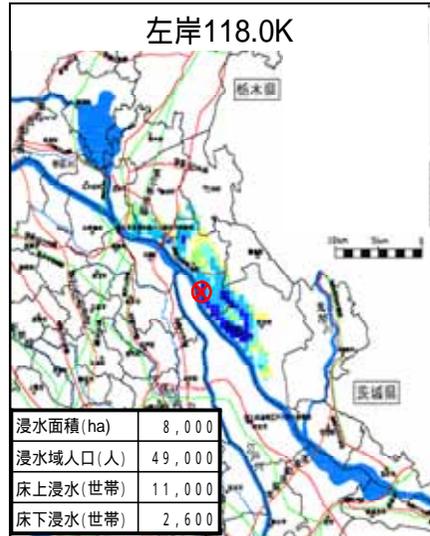
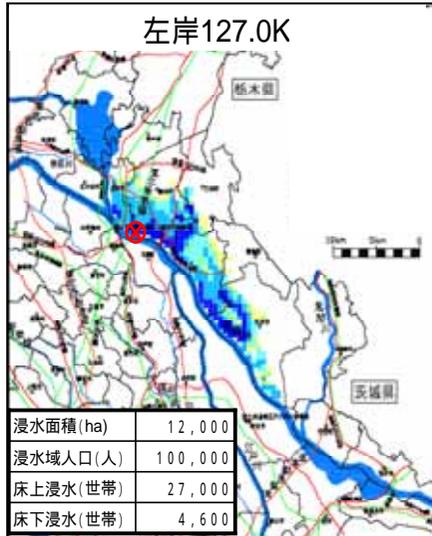
出典: 第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料



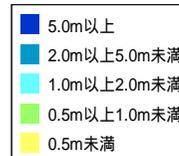
氾濫形態の類型区分毎に被害・影響を算出

古河・坂東沿川氾濫: 左岸96.0 ~ 132.0km

- 渡良瀬川合流点より鬼怒川合流点付近の区間。
- 利根川の左岸側には^{さしまだいち}猿島台地があり、低地は利根川沿いに限られる。
- どこが決壊しても、5m以上浸水する地域が生じる。

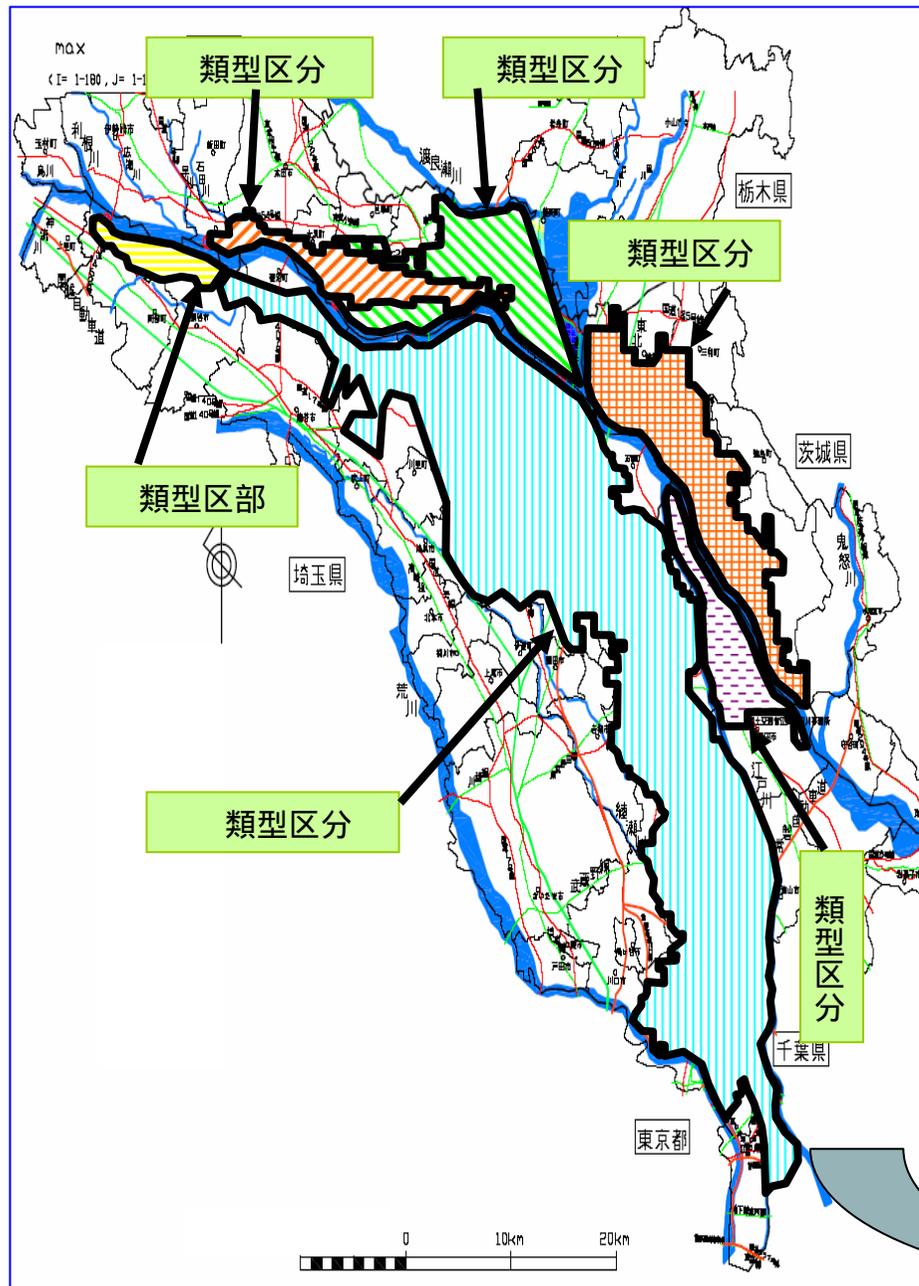


最大氾濫量: 380百万m³
最大氾濫流量: 8,000m³/s)



出典: 第5回大規模
水害対策に関する
専門調査会資料

氾濫形態の類型区分毎に適応策の検討



類型区分内を適応策に応じて
地区毎に細区分

道路や鉄道
の盛土

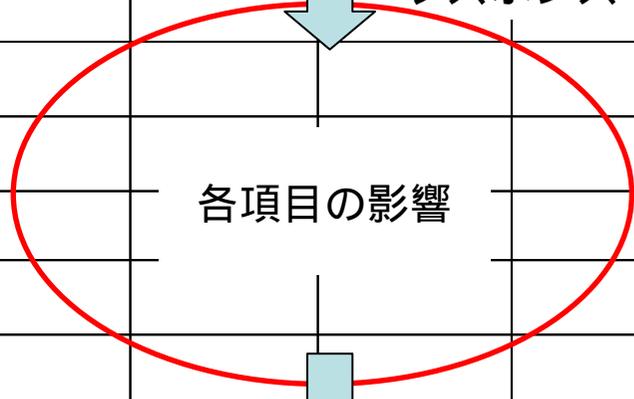
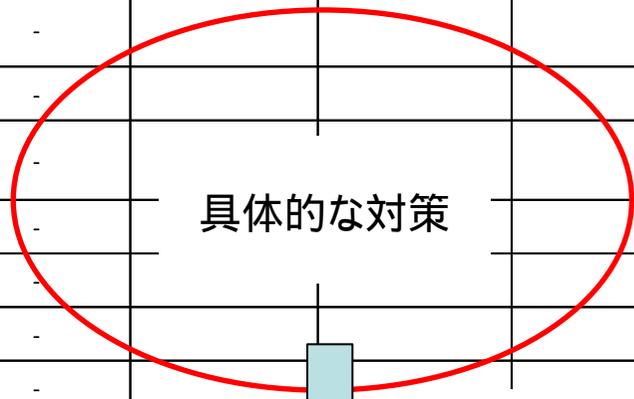
河川

【 首都圏広域氾濫】

類型区分においても、道路や
鉄道の線盛土、河川などにより
さらに細かいブロックに分け、
それぞれで防御計画を立案

氾濫形態の類型区分毎に適応策の評価

| 外力規模毎 | | 類型区分 | (内訳) | | | 記載事項等 |
|----------|-----------|--------------------------------|------|-----|-----|--|
| | | | A地区 | B地区 | C地区 | |
| 適応策 | 予防 施設 | 具体的方策 (河川) | - | | | 治水施設(信頼性の確保、既存施設の徹底活用・長寿命化、新規施設の整備)、治水施設のオペレーション(ダム操作の高度化) |
| | | 具体的方策 (流域) | - | | | 貯留施設、浸透施設、輪中堤、二線堤、排水施設、氾濫流制御、防災ステーション、広域ネットワーク、避難施設・ルート、総合土砂管理 |
| | 予防 非施設 | 具体的方策 (河川) | - | | | 訓練、ハザードマップ、水防資機材の提供 |
| | | 具体的方策 (流域) | - | | | 撤退(パイアアウト)、住まい方(コンパクトシティ・レイクタウン、ピロティ構造・宅地嵩上げ)、防災教育、建築規制・緩和(床高の規制)、土地利用規制(災害危険区域) |
| | 情報提供 | 具体的方策 (河川) | - | | | 河川情報、気象情報、水防活動 |
| | | 具体的方策 (流域) | - | | | 氾濫情報、避難情報、気象情報、TEC-FORCE |
| | 復旧・復興 | 具体的方策 (河川) | - | | | 被災した治水施設の復旧 |
| | | 具体的方策 (流域) | - | | | ゴミ処理、衛生、被災施設の復旧 |
| リスク要素の分析 | 人的被害 | 浸水人口 被災要援護者 犠牲者 など | | | | |
| | 物的被害 | 浸水家屋(床上) 浸水家屋(床下) 被害額 など | | | | |
| | 機能障害 | 道路 鉄道 ライフライン など | | | | |
| | 環境への影響 | | | | | |
| | その他 | 文化遺産 人の健康(衛生) など | | | | |
| 他河川との整合 | | | | | | |
| 不確実性 | | | | | | |
| 付記事項 | | | | | | |
| コスト | | | | | | |



・外力規模(低頻度、中頻度、高頻度)毎に作成
 ・適応策が複数あれば別に整理して比較
 ・各項目の影響、留意事項等を総合的に評価

氾濫による被害の想定項目（リスク要素）

定性的な被害想定項目(案)

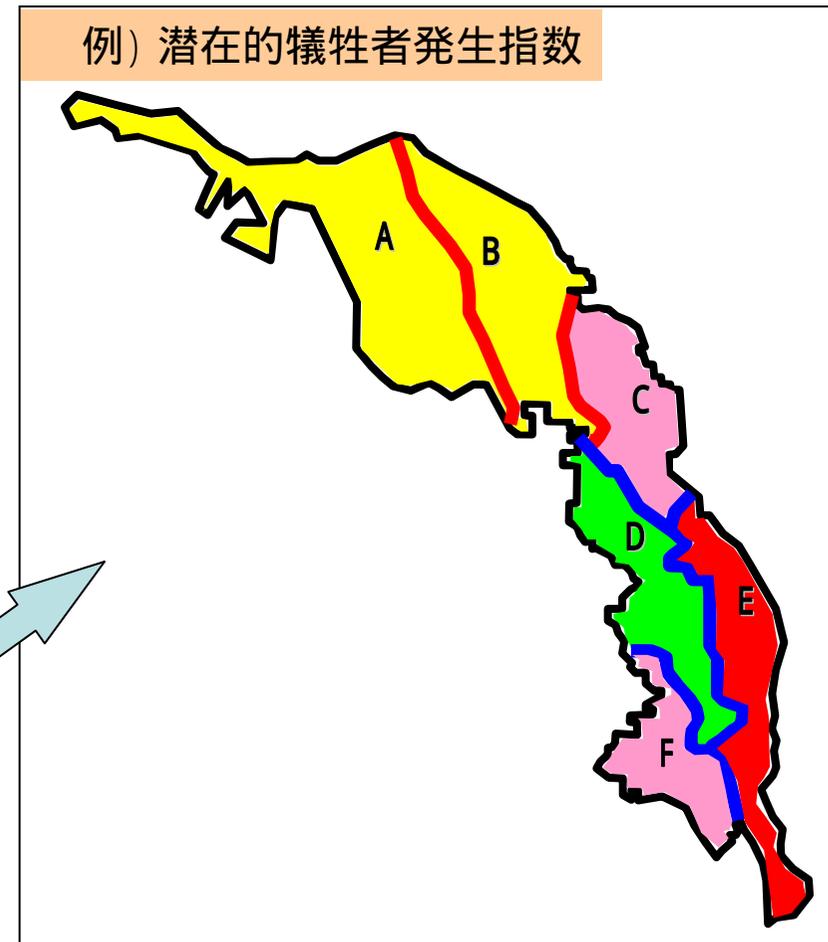
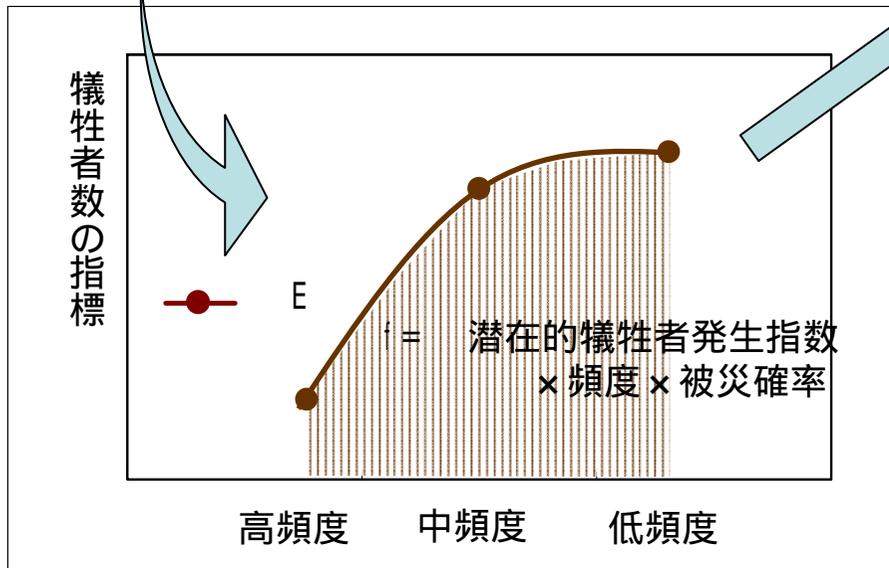
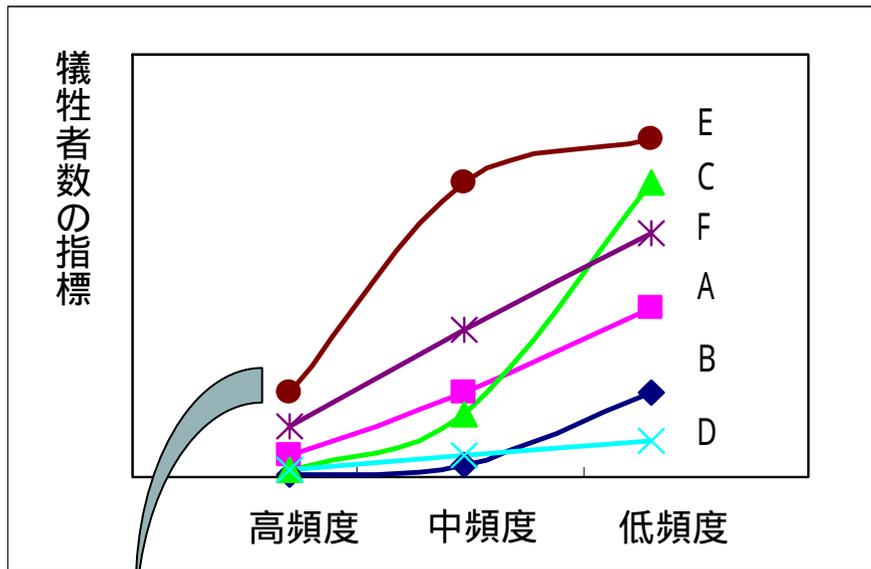
- 人的被害
 - 地下空間の浸水被害
- 物的被害
 - 防災拠点施設の浸水被害
 - 災害拠点病院等の浸水被害
 - 経済中枢施設の浸水被害
 - 美術館、文化施設等の浸水被害
- 情報喪失被害
 - 企業、官公庁のデータセンター等の浸水被害影響
 - 住民基本台帳等の浸水被害影響
- 行政活動（応急対応活動、一般行政）の機能低下
 - 施設浸水による機能低下
 - ライフライン支障による機能低下
 - 交通支障による機能低下
 - 情報不足・途絶による応急対策活動の支障
- 医療・福祉施設等の機能低下
 - 施設浸水による機能低下
 - ライフライン支障による機能低下
 - 交通支障による機能低下
- ライフライン支障による影響
 - ライフライン相互依存性による影響
- 環境被害
 - 有害物質・危険物質の流出被害
- 経済被害
 - 本社機能の支障に伴う損失
 - 金融中枢機能の支障に伴う損失
 - サプライチェーンの寸断（情報通信・交通支障等）に伴う損失
 - 情報（インターネット）寸断に伴う損失

（内閣府大規模水害に関する専門調査会資料より河川局作成）

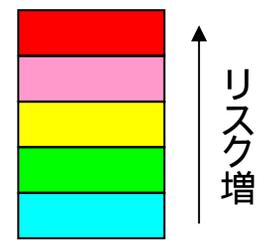
定量的な被害想定項目(案)

- 人的被害
 - 死者数
 - 孤立者数
 - 内、社会福祉施設入居者数
 - 内、入院患者数
 - 緊急避難対象者数
 - 内、社会福祉施設入居者数
 - 内、入院患者数
 - 避難所生活者数
- 物的被害
 - 浸水家屋数
 - ライフライン施設被害（電力、通信、都市ガス、上水道、下水道）
 - 交通施設被害（道路、鉄道、地下鉄、港湾）
 - 水害廃棄物の発生量
 - 浸水車両台数
- 生活支障
 - ライフライン施設被害による供給支障人口（電力、通信、都市ガス、上水道、下水道）
 - 交通施設被害による影響人口（道路、鉄道、地下鉄）
- 経済被害
 - < 直接被害 >
 - 建物被害額（住宅、事業所）
 - 資産被害額（家財、償却資産、在庫資産）
 - ライフライン施設被害額（電力、通信、都市ガス、上水道、下水道）
 - 交通施設被害額（道路、鉄道、地下鉄、港湾）
 - 公共土木施設等の被害額
 - < 間接被害 >
 - 人流・物流寸断の影響額
 - 経済被害の波及（被災地域内、被災地域外、国外）

リスクマップ（犠牲者）のイメージ

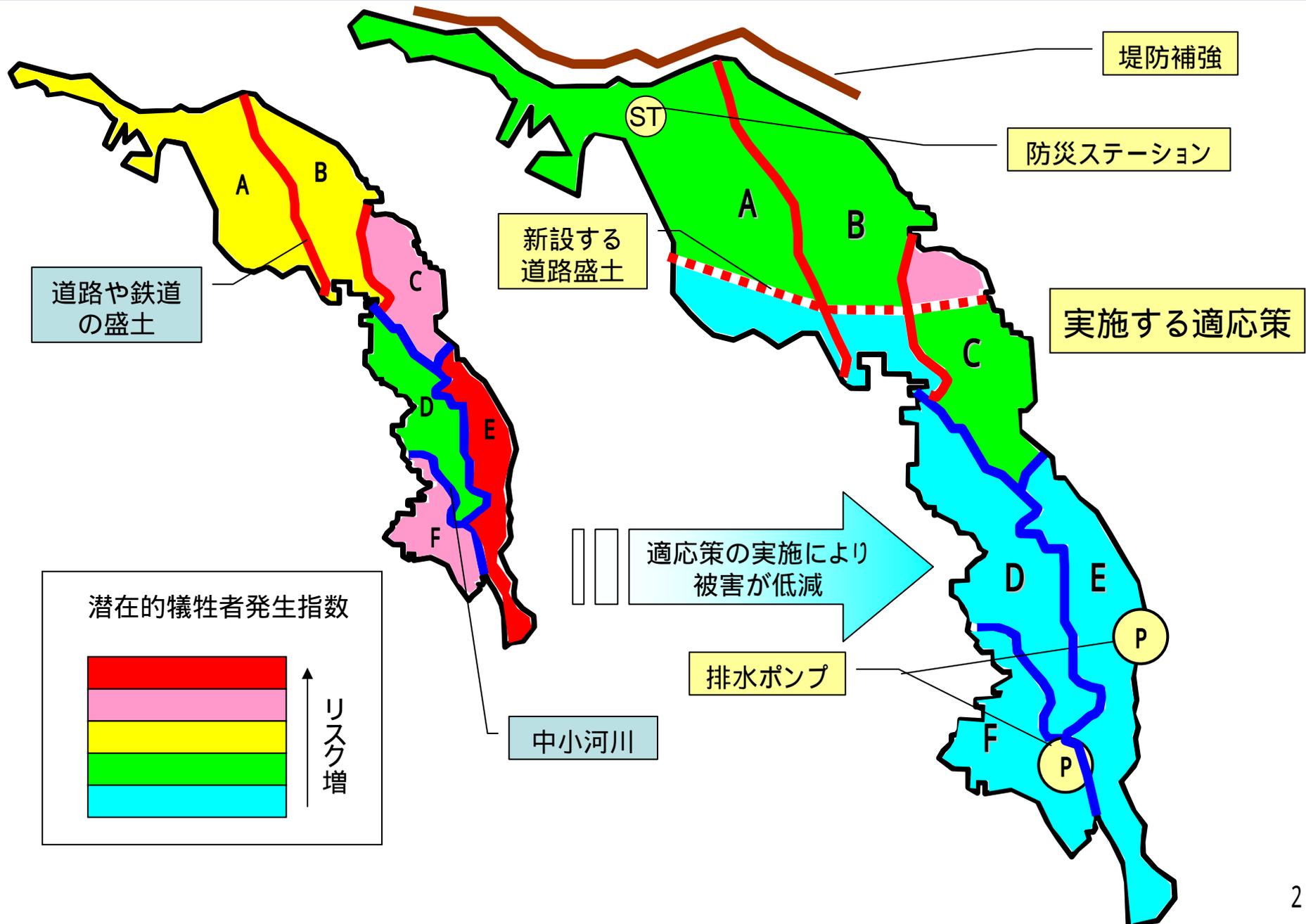


潜在的犠牲者発生指数



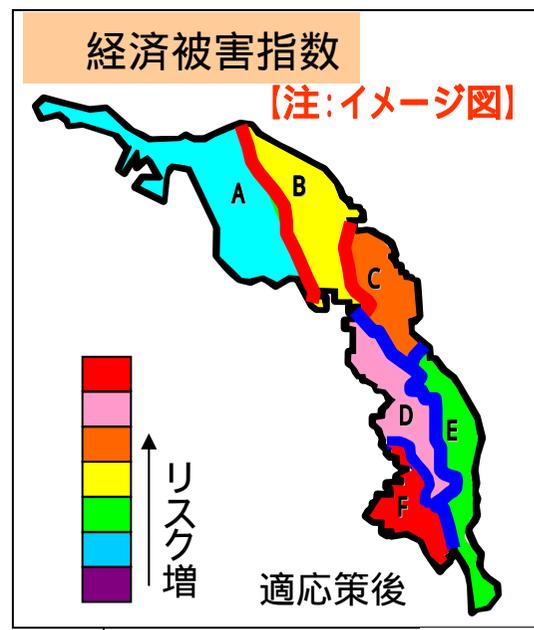
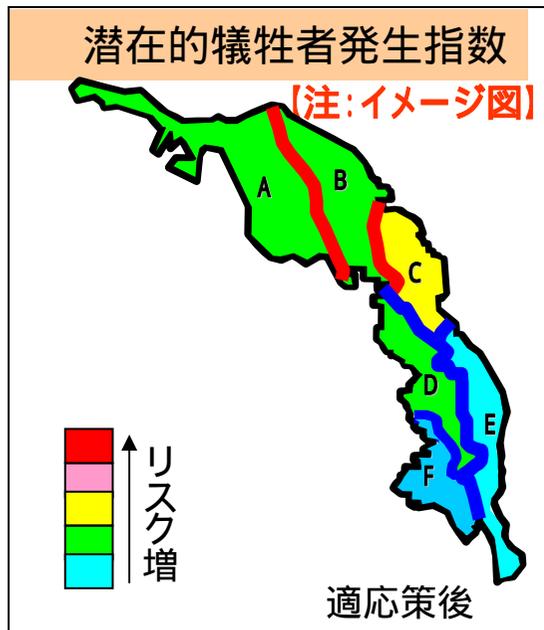
リスクの大きさに応じて
カテゴリー分類

リスクマップ（犠牲者）による適応策の評価イメージ



リスク評価による政策決定のイメージ

目標に対して、評価項目間の関連、トレードオフの検討とともにコストなどを総合的に検討し政策決定



被害・影響指数の例

被害・影響指数 f

- ・潜在的犠牲者発生指数
- ・経済被害指数
- ・行政サービス機能低下指数
- ・浸水家屋指数
- ・環境被害指数
- ・
- ・
- ・

複数の指数による被害・影響の検討が必要

評価項目や適応策などに関する制約条件の下で目的関数の最大化を図る

$$f = f_1 - f_2$$

$$\sum_i i \cdot f_i / C$$

- f_1 : 現況の被害・影響指数
- f_2 : 適応策後の被害・影響指数
- f : 適応策により低減された被害・影響指数
- i : 評価する被害・評価指数ごとの重み係数
- n : 対象とした評価項目数
- C : コスト

渇水における適応策、リスク要素の分析等（イメージ）

| | | 流域全体 | (内訳) | | | 記載事項等 |
|----------|------------|-------|------|-----|-----|---|
| | | | A地域 | B地域 | C地域 | |
| 適応策 | 供給側 | 具体的方策 | | | | ダム・堰・用水路等の整備、既存施設の有効活用（ダム群連携・再編等）、漏水防止対策（老朽化施設の計画的改築） |
| | 需要側 | 具体的方策 | | | | 節水対策（平常時・渇水時）、再利用率の向上（工業・農業用水）、雑用水利用の推進、水の価格設定（適正料金、渇水時の費用負担）、未利用水の転用促進 |
| | 水質面 | 具体的方策 | | | | 取排水システムの再編、高度処理 |
| | 危機管理 | 具体的方策 | | | | 渇水調整、緊急時の機動的な水供給体制の確立（相互融通するための連絡管、水バック、移動式海水淡水化装置等）、備蓄の推進、地下水の一時的利用 |
| リスク要素の分析 | 水道への影響 | | | | | 指標：給水制限率×給水制限日数（渇水影響度）、影響人口 |
| | 工業用水への影響 | | | | | 指標：給水制限率 |
| | 農業用水への影響 | | | | | 指標：渇水影響日数×面積、積雪の減少等に伴う河川流量の減少による需要期への影響 |
| | 飲料水等の水質の悪化 | | | | | 指標：取水口等の水質 |
| | 機能障害 | | | | | 指標：生活環境の悪化、都市機能の低下、工業・農業の生産減少に伴う波及効果 |
| | 環境への影響 | | | | | 指標：生態系・維持流量・親水機能等への影響、地下水の利用増に伴う地盤沈下 |
| 他の流域との整合 | | | | | | |
| 不確実性 | | | | | | |
| 付記事項 | | | | | | |
| コスト | | | | | | |

主な課題

- ・需給バランスの確保のみならず、目標とする利水安全度等の設定が必要
- ・将来の需要予測の際に、流域における社会変化（人口・産業構造等）の把握が困難
- ・関係主体等との多くの調整が必要

渇水による被害の定性的・定量的な想定項目（リスク要素）

定性的な被害想定項目(案)

水道への影響

- ・家庭での食事、洗たく、風呂、水洗トイレ等への影響
- ・飲食業の営業時間への影響・減収

工業用水への影響

- ・操業短縮・操業停止、生産減少
- ・品質等の低下

農業用水への影響

- ・積雪の減少等に伴う河川流量の減少による需要期への影響、田植え時期の変更
- ・農作物の病害虫の発生・成長不良・枯死、生産減少

飲料水等の水質の悪化

- ・植物プランクトンの増加による水質の悪化、異臭味発生
- ・大腸菌等の増加による感染症への影響

機能障害

- ・公衆衛生の低下、生活環境の悪化
- ・都市機能の低下
- ・観光地・保養地のイメージ低下・減収
- ・工業・農業生産減少に伴う波及効果

環境への影響

- ・生態系への配慮
- ・維持流量等への影響
- ・親水機能等への影響
- ・地下水の利用増に伴う地盤沈下

定量的な被害想定項目(案)

水道への影響

- ・給水制限率 × 給水制限日数(渇水影響度)
- ・影響人口

工業用水への影響

- ・給水制限率

農業用水への影響

- ・渇水影響日数 × 面積

飲料水等の水質の悪化

- ・取水口等の水質
(逆に洪水頻発時は、濁水の発生等による水質悪化も懸念)

経済被害(算定困難なものが多い)

< 直接被害 >

- ・家庭の被害額(新たな出費の増加等)
- ・工業・農業の被害額(生産減少額等)
- ・サービス業等の被害額(減収額等)

< 間接被害 >

- ・経済被害の波及(被災地域内・外・国外)