

# 地先の安全度の活用について ～”まちづくり治水”の視点から～

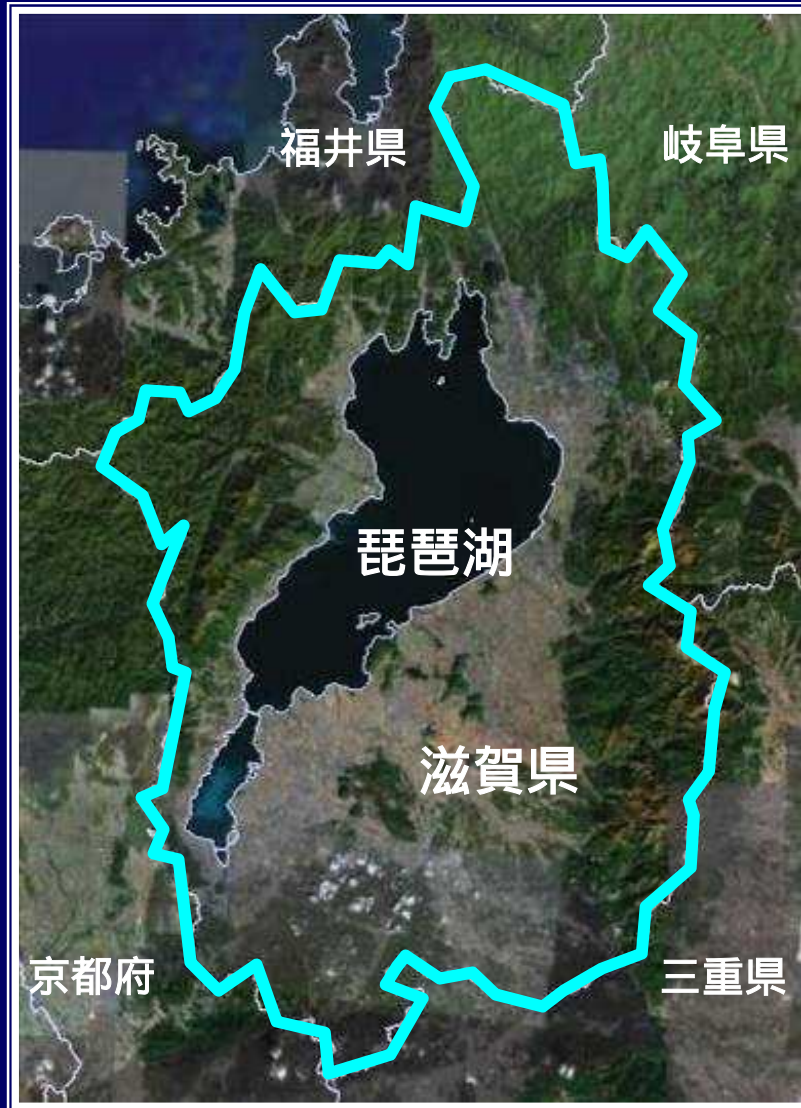
平成26年(2014年)10月14日(火)

滋賀県 土木交通部 流域政策局  
流域治水政策室

# 本日の内容

1. 地先の安全度
  - まちづくり治水のための基礎情報
2. 地先の安全度の計量化に至るまでのプロセス
3. 地先の安全度の評価結果
4. 地先の安全度の安定更新に向けた取り組み
5. まちづくり治水への活用
  - 建築行政・都市計画行政との関わり
6. 地先の安全度による建築規制等の法的課題

# 滋賀県の概要



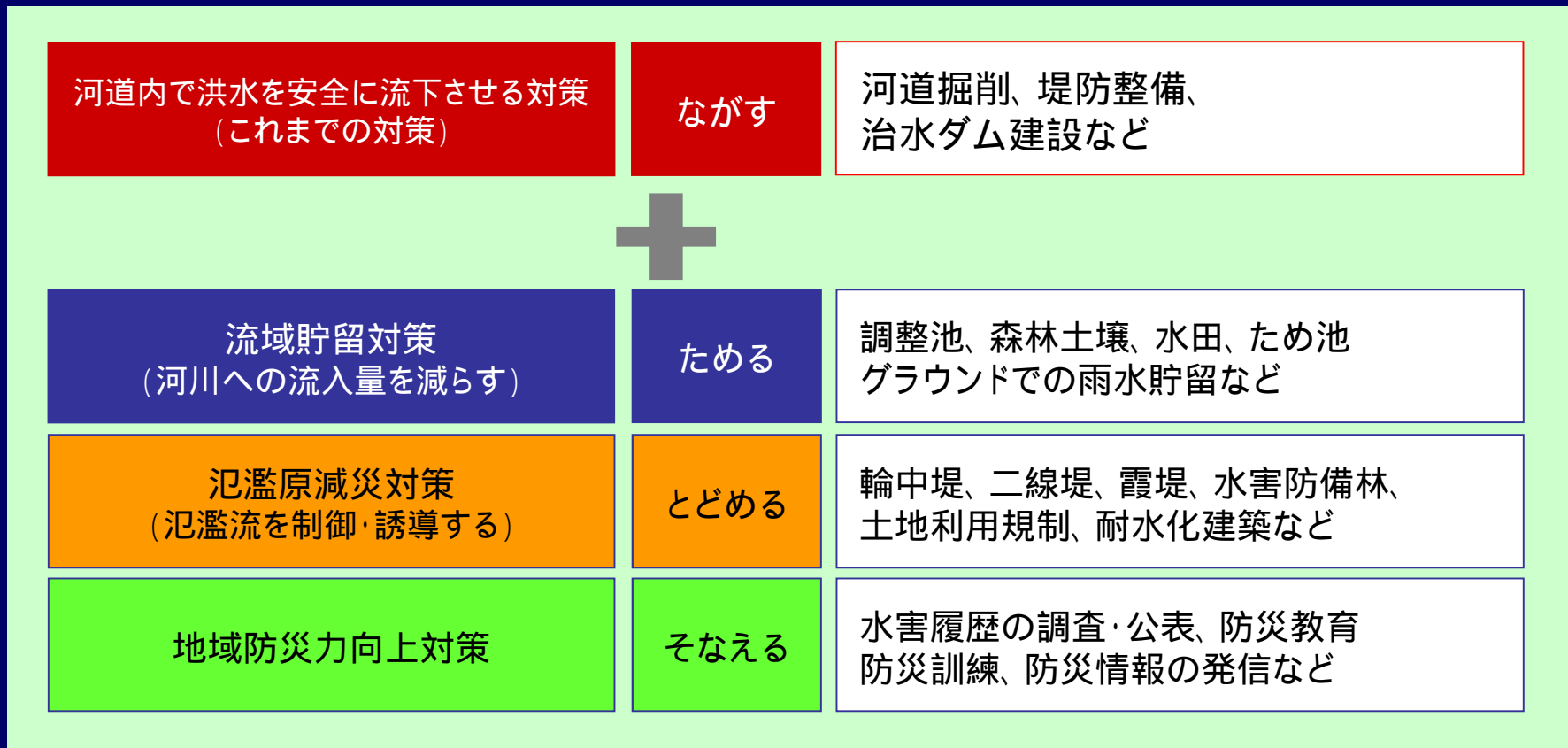
滋賀県の面積 3,848km<sup>2</sup>  
 うち琵琶湖面積 674km<sup>2</sup>  
 (滋賀県面積の約1/6)  
 琵琶湖貯水量 275億m<sup>3</sup>  
 琵琶湖流入一級河川 118本  
 琵琶湖流出一級河川 1本

地形特性: 山に囲まれ、雨のほとんどは琵琶湖に流れる  
 社会特性: 農地等での開発が進み、人口が増えている

# 滋賀県が進める「流域治水」

～ 地域性を考慮した総合的な治水対策の展開～

目的	<p>どのような洪水にあっても、<u>人命が失われることを避ける(最優先)</u>          床上浸水などの生活再建が困難となる被害を避ける</p>
手段	<p><b>【地先の安全度マップ】</b>を基礎情報に、川の中の対策(堤外地対策)だけでなく、「ためる」「とどめる」「そなえる」対策(堤内地での対策)を総合的に実施する。</p>



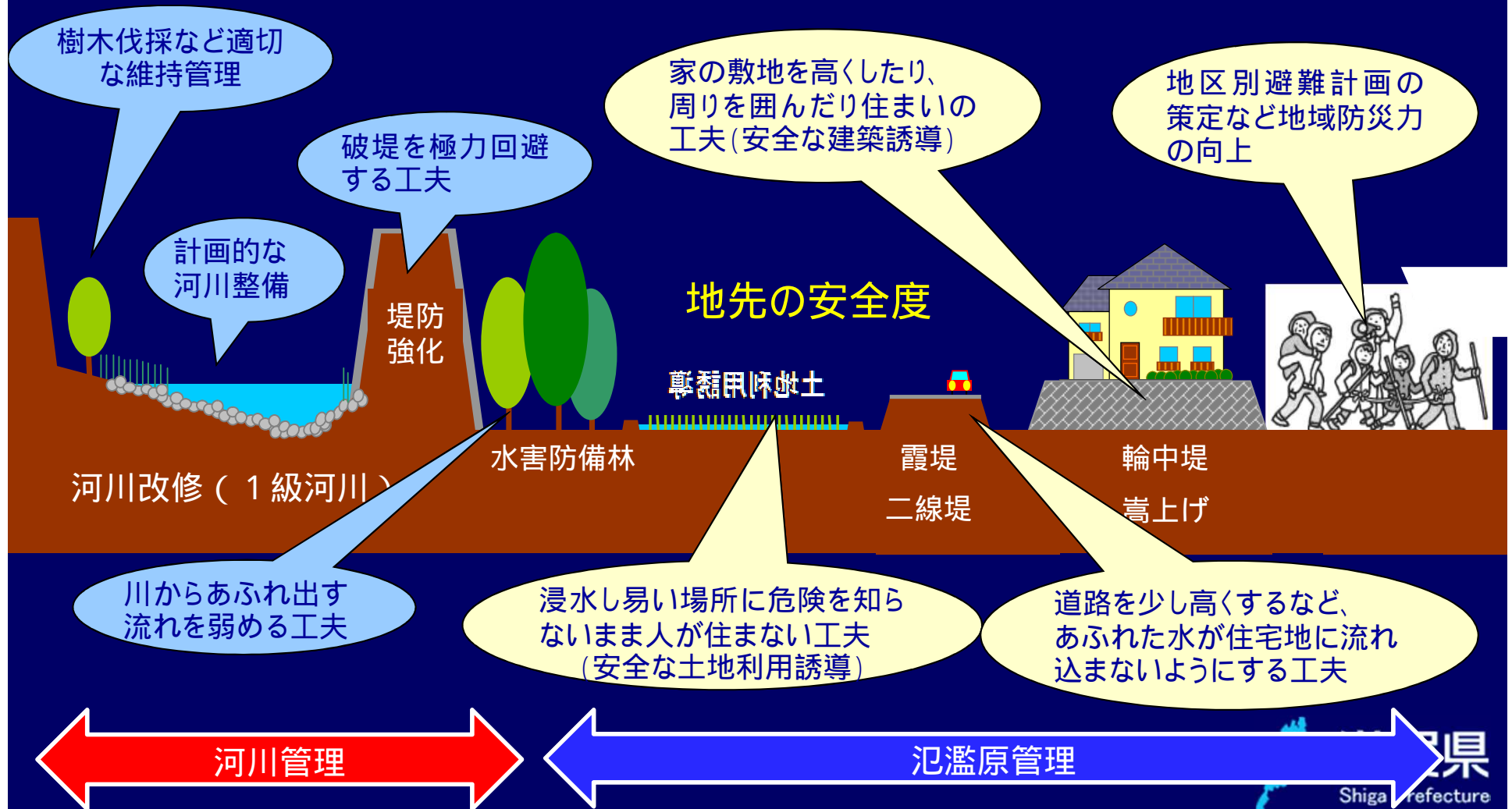
# 滋賀の流域治水政策の概念図

河川管理と氾濫原管理

洪水を川の中に閉じこめる  
政策(川の中の対策)



はん濫しても人命を守り甚大な被害を  
減らす政策(川の外対策)



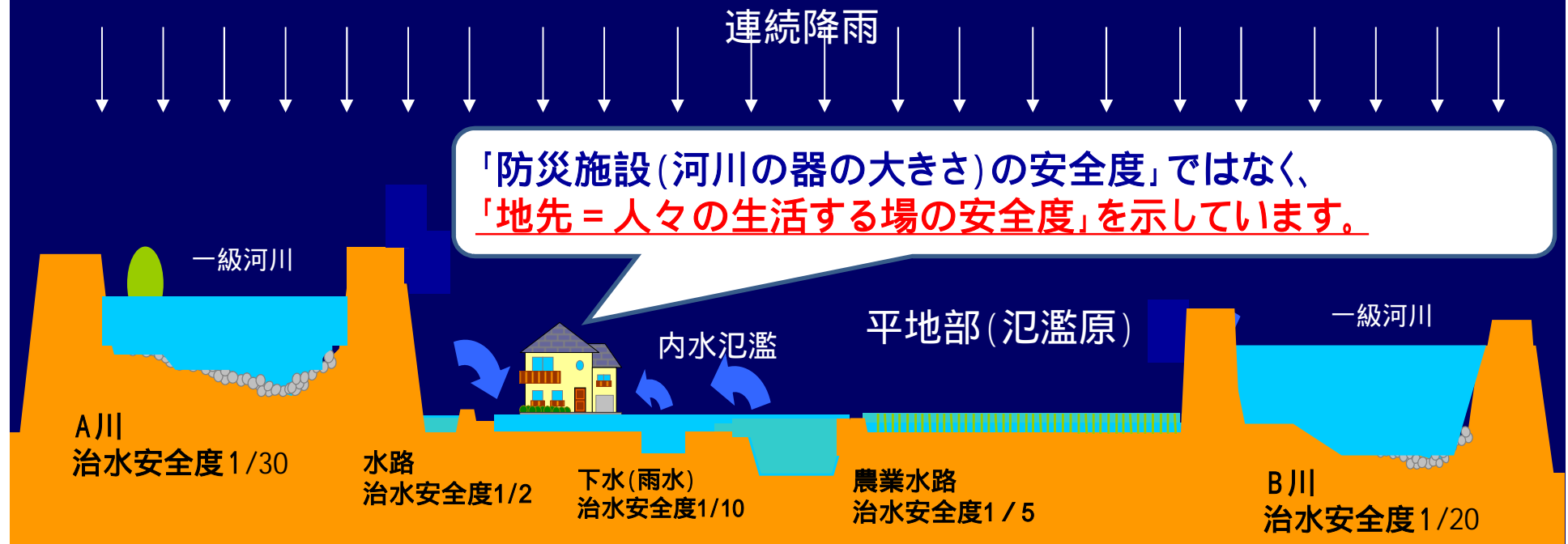
# 1. 地先の安全度

- まちづくり治水のための基礎情報



# 流域治水の基礎情報 「地先の安全度マップ」<sup>6</sup> (全国初。平成24年9月公表)

大河川だけではなく、身近な水路のはん濫なども考慮した浸水想定マップ(10年、100年、200年に一度の雨)



- 浸水想定区域図: 大きな川からのみ氾濫。他は晴天
- 地先の安全度マップ: 大きな川だけではなく、身近な水路も氾濫  
実現象に近い予測が可能となった

## 2. 地先の安全度 計量化に至るまでのプロセス



# 地先の安全度マップの作成フロー

基礎データ収集  
(国・県・市町)



データセット作成  
(モデル用に加工)



解析処理



スムージング  
処理 (補正処理)



調整



# 収集した基礎資料・データの例

- 航空レーザ測量データ(近畿地整LPデータ)
  - 滋賀県全域を概ねカバー(H18測量)
  - 地盤高、河道断面、盛土構造物の諸元の基礎データとして収集
- 数値地図50mメッシュ(国土地理院)
  - 航空レーザ測量成果が無い山地部等における地盤高の補完用に収集
- 国土数値情報土地利用メッシュ(国土地理院)
  - 堤内地における底面粗度係数の基礎データとして収集
- 住宅地図、都市計画図
  - 建物占有率(メッシュに占める建物の面積割合)の基礎データとして収集
  - 県下の主要な普通河川や水路の位置の基礎データとして収集
- 圃場整備区域図、排水整備区域図
  - 小さい水路網(農業排水路・雨水渠等)をモデル化する際の基礎データとして収集

etc...

# 作成したデータセットの例

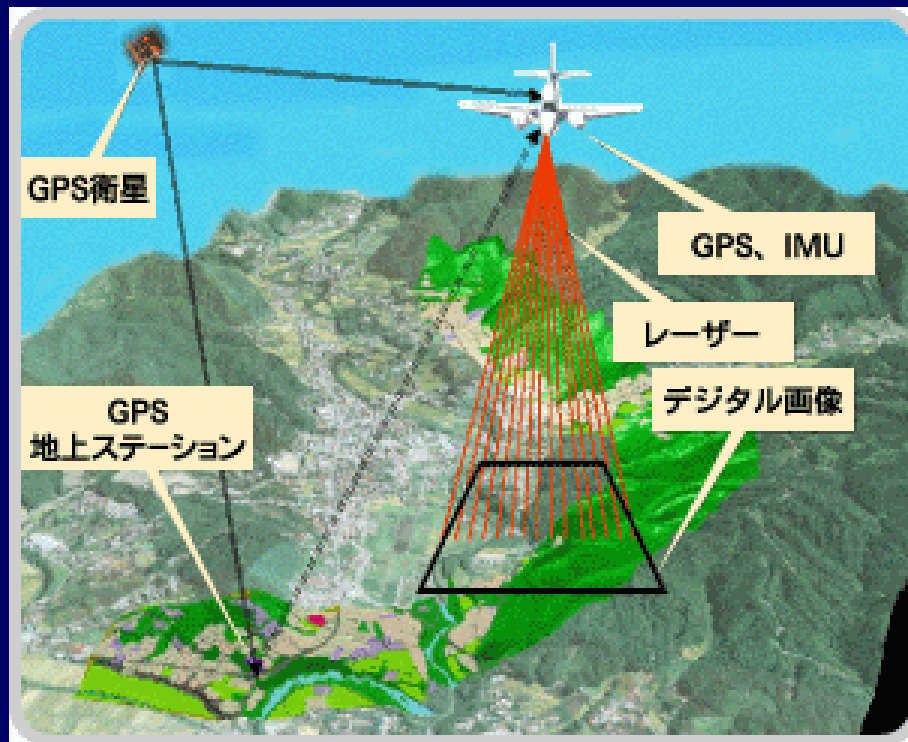
- 外力条件、境界条件
  - ハイエトデータ、ハイドロデータ、下流端水位の設定
- 河道断面
  - 河道の断面特性(水位 - 河積 - 径深の関係、右岸堤防高、河床勾配等)
- 堤内地諸元
  - 堤内地盤高、底面粗度係数、建物占有率の基礎データとして収集
- 水路諸元、盛土諸元
  - 県下の主要な普通河川や水路の諸元(位置、深さ、幅、縦断勾配、流下方向等)
  - 比高差1m以上の連続盛土構造物の諸元(位置、盛土高、開口部諸元等)
- 農業排水諸元、下水道諸元
  - 小さい水路網(農業排水路・雨水渠等)の諸元(排水エリア、排水先、排水能力)

etc...

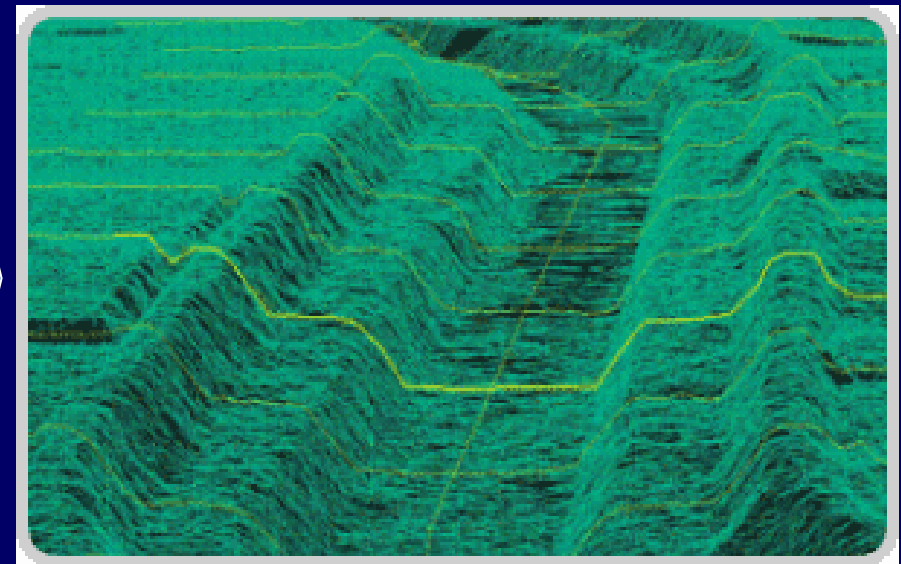
# 河道断面

- ・航空レーザ測量データによる河道横断形状をベースとする
- ・LPデータでは取得できない水面の高さや樹木下の地盤高については、縦断測量データや追加の現地測量等により県で独自に補完

【位置・標高データを取得】



【三次元データから河道横断図を作成】

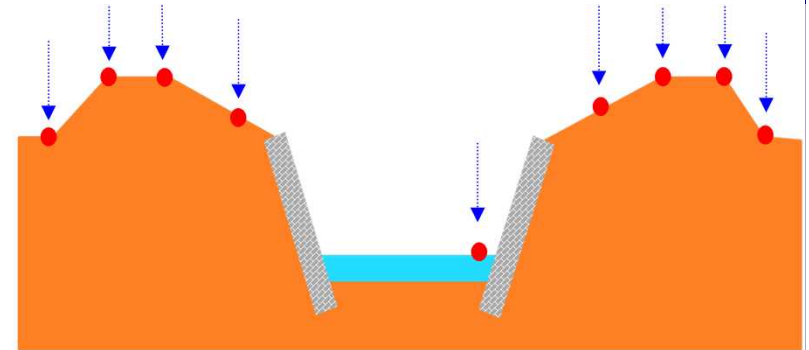
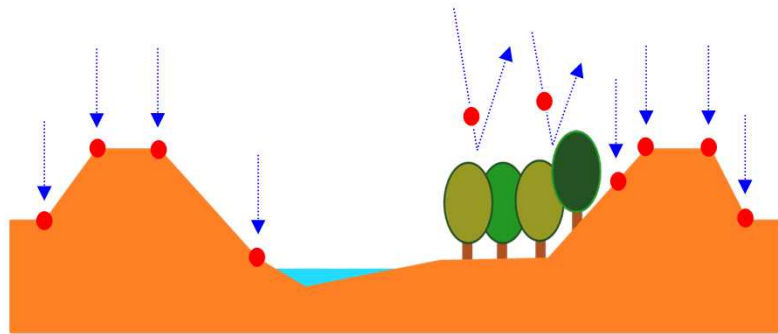


# 河道断面

樹木が繁茂した河道

幅の狭い河道

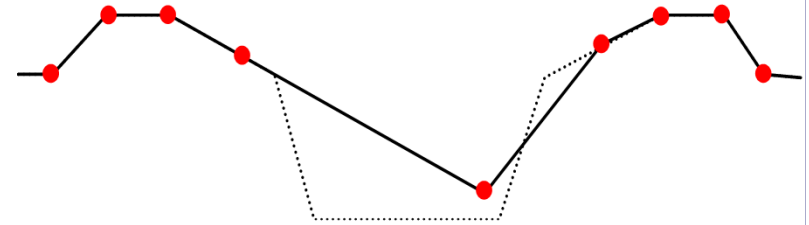
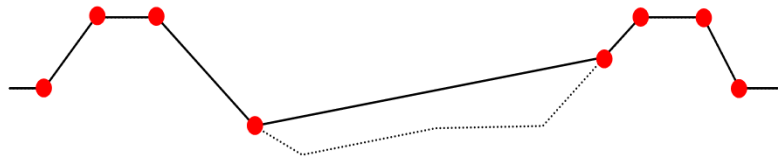
現況



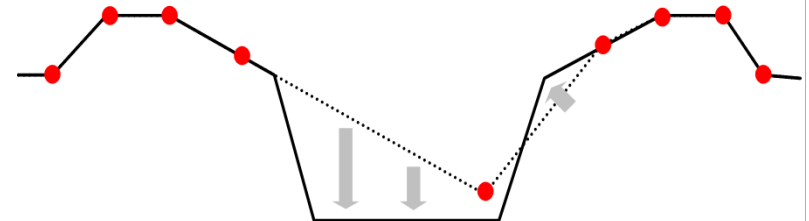
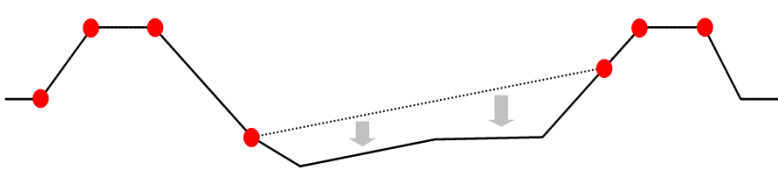
樹林繁茂によりレーザが地表まで届かない

レーザの間隔に対して断面が小さい

レーザ  
測量

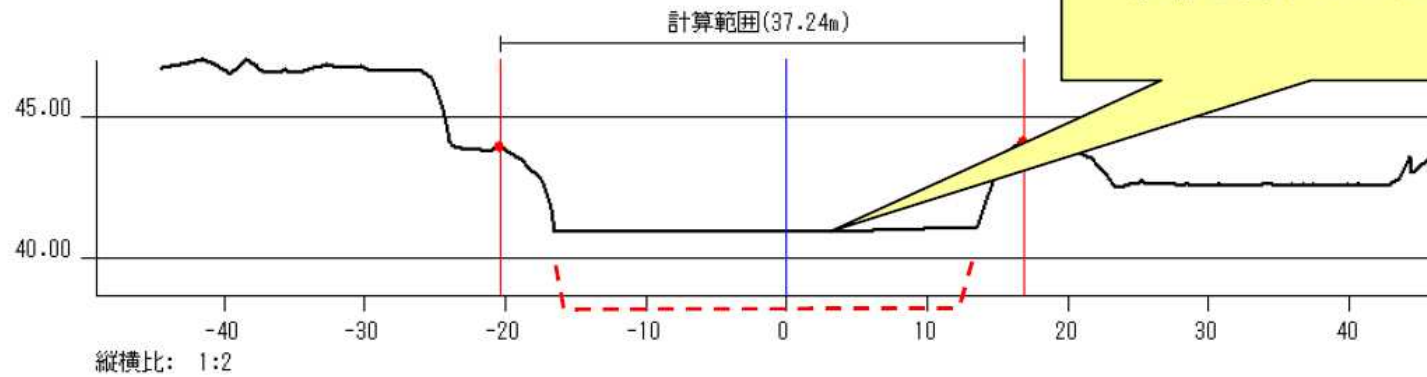


修正後

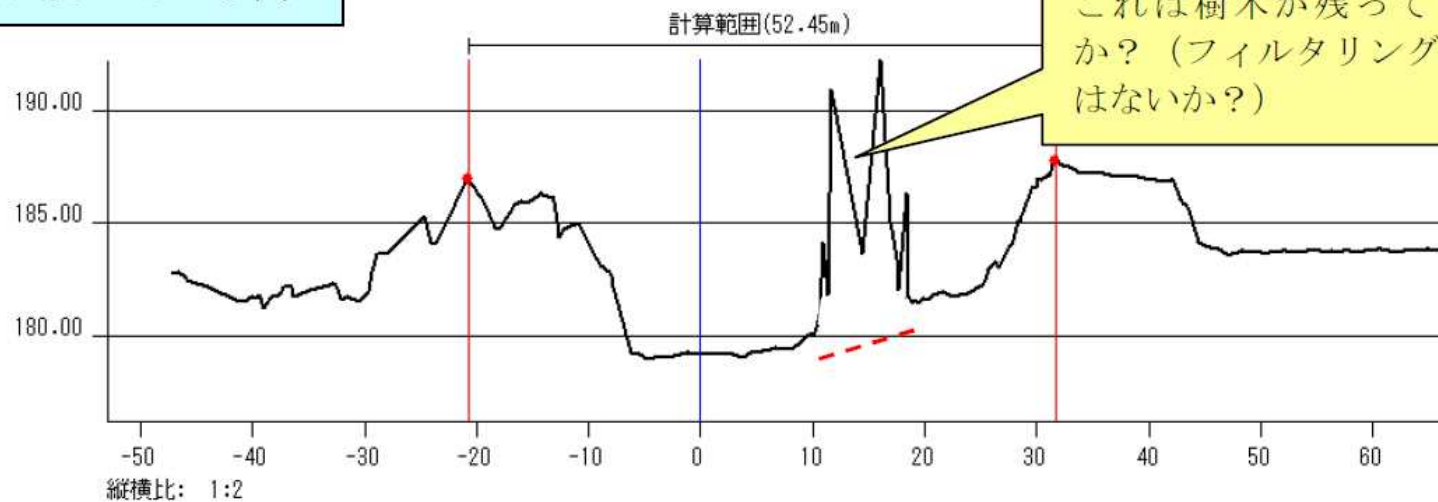


# 河道断面

水面をとらえた例



樹木が残っている例





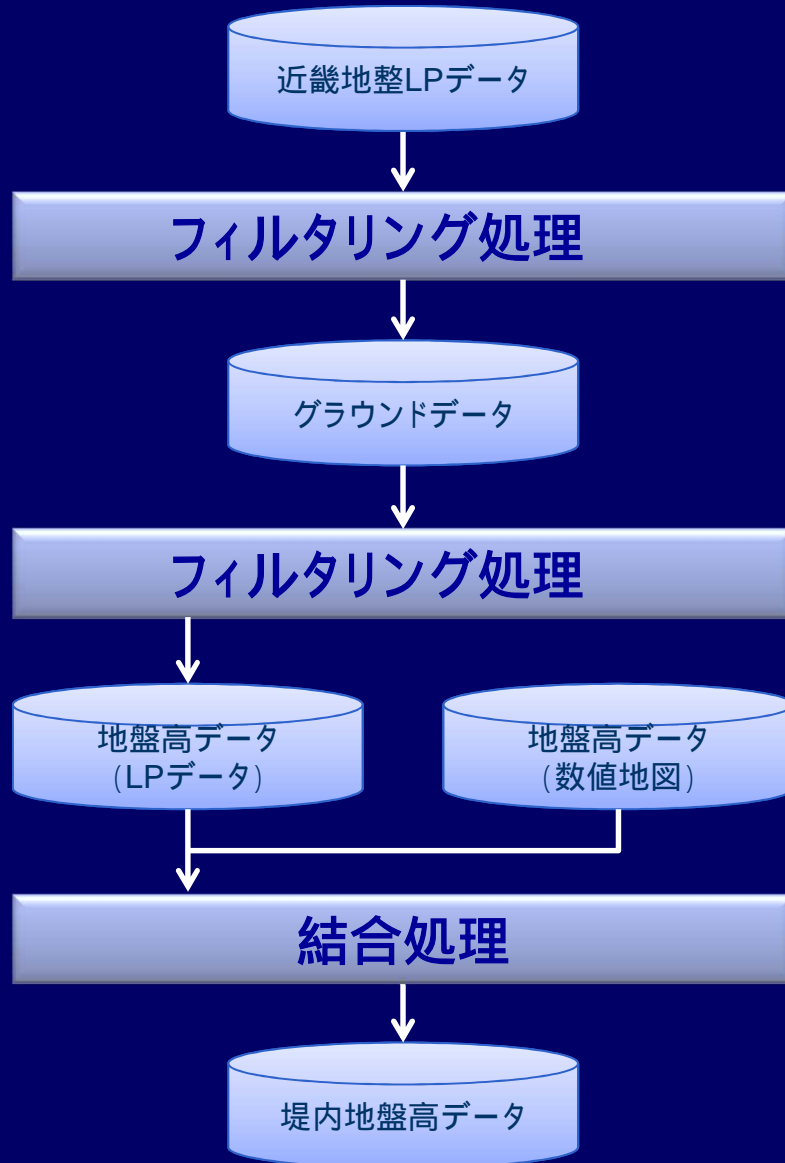
# 河道断面



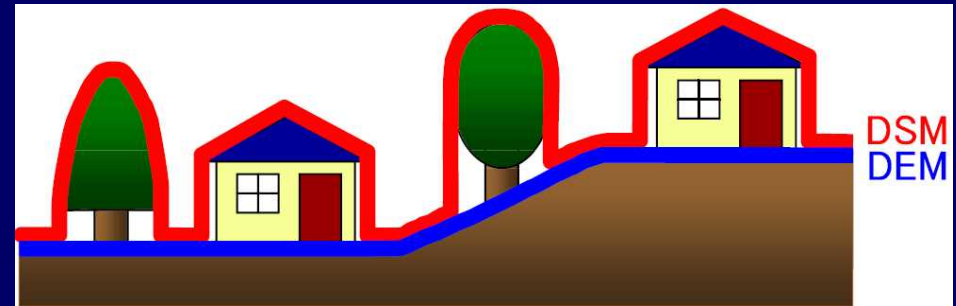
県職員による簡易測量作業の様子



# 堤内地盤高



フィルタリング処理  
樹木や家屋部分を除去し、グラウンドデータ化



フィルタリング処理  
堤防高・主要道路・鉄道等の盛土構造物について  
盛土部分の標高データを削除する

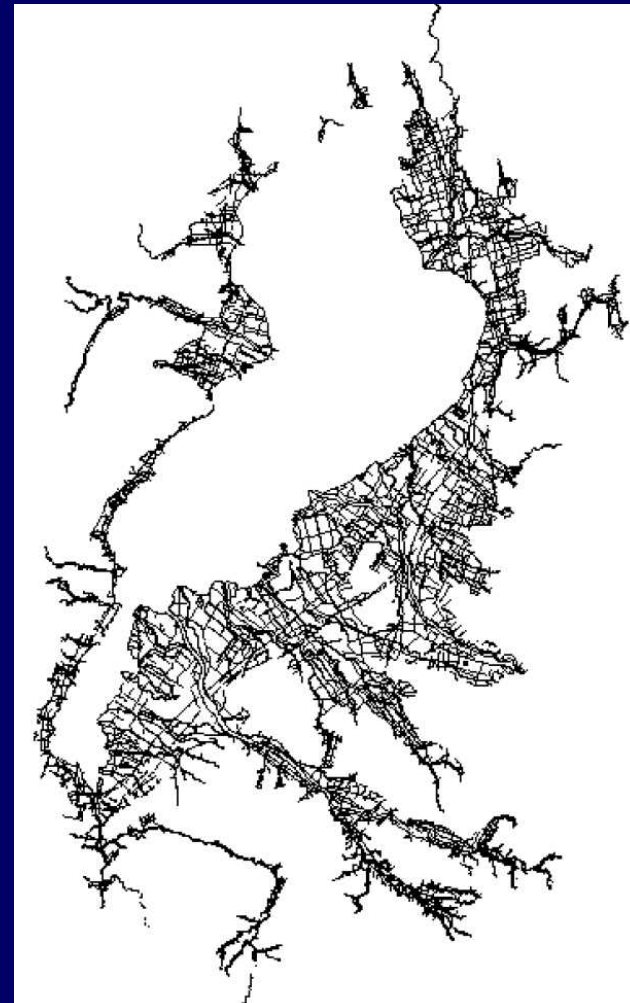
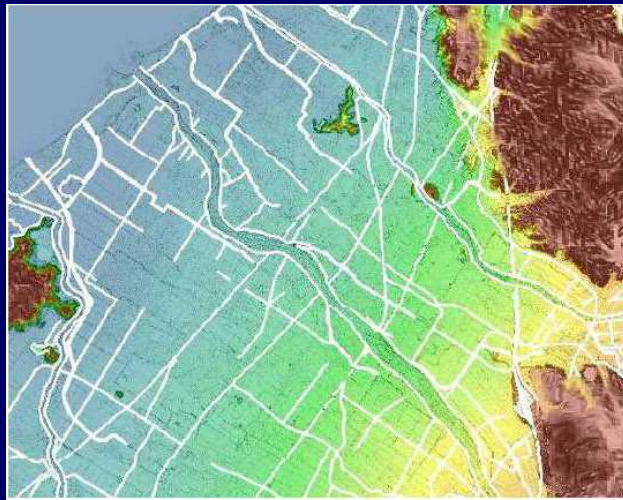
結合処理  
数値地図の標高データとLPデータより作成した  
地盤高データを結合する

# 盛土諸元

盛土高・ライン LPデータより比高差1m以上の盛土ラインを抽出、盛土高を設定

開口部諸元 都市計画図1/2500 での読取り、必要に応じて現地計測を実施

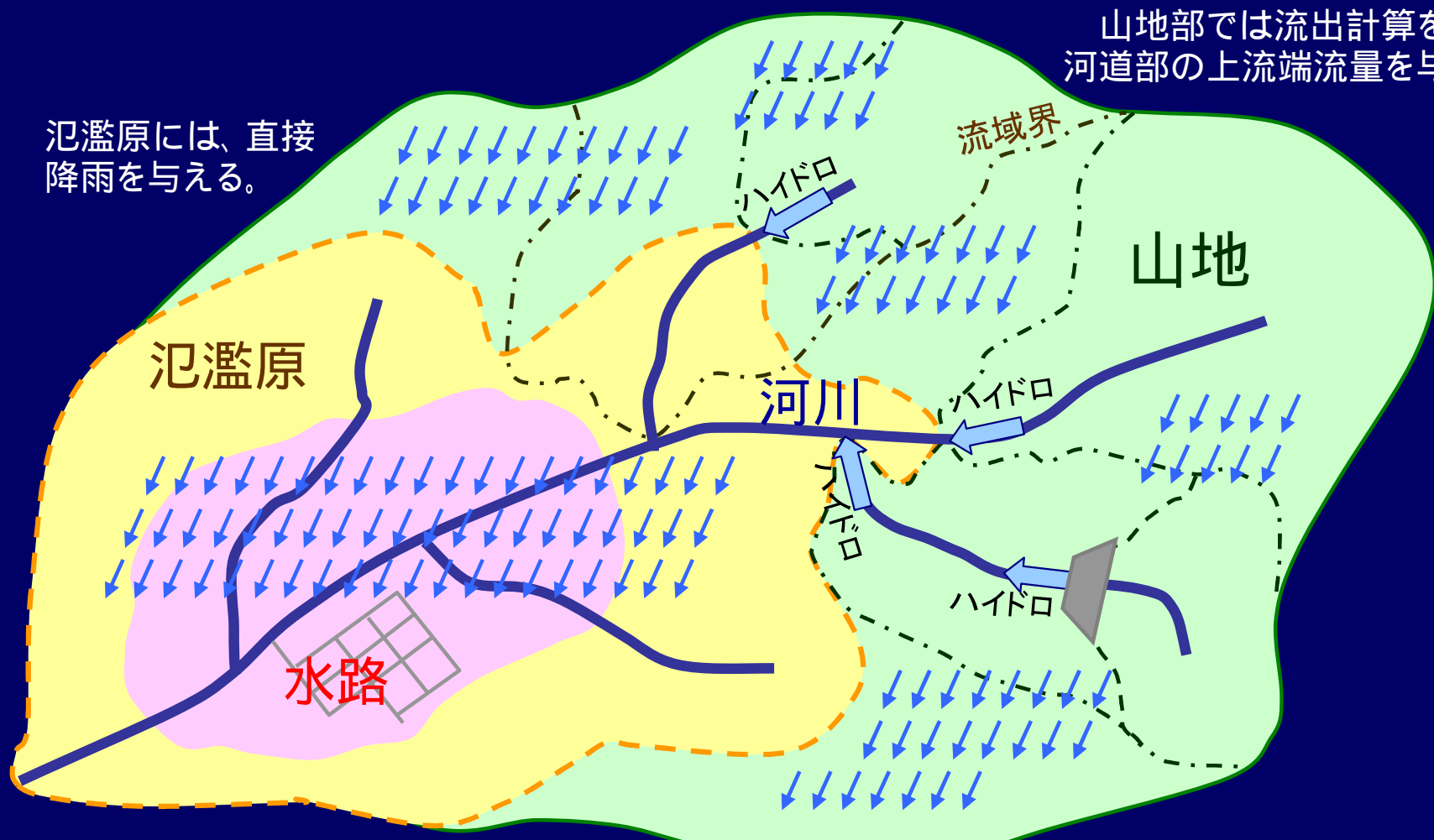
対象盛土構造物 鉄道(JR・新幹線 等) 道路(国道・名神 等) その他(湖岸堤・堤防盛土 等)



# 統合型水理モデルの概要

- モデル化の範囲
  - 県下の主要なはん濫原をほぼ網羅
- 河道・水路(雨水渠、農業排水路など)
  - 県下の主要な一級河川  
近畿地整提供LPデータから、約240河川の縦横断図を作成  
(既存測量データ, 追加の現地測量等により県で独自に補完)
  - 県下の主要な普通河川(雨水渠、農業排水路等)  
市町河川・下水道担当, 県農村整備課等から資料収集 + 都市計画図・住宅地図から諸元を判読
- 地盤
  - 50mメッシュDEM(地盤高データ)                      近畿地整LPデータから県独自に作成
- 盛土
  - 比高差1m以上の連続盛土を考慮                      近畿地整LPデータから県独自にラインデータを取得
- 計算方法
  - 山地域: 合成合理式
  - 河道域: 次元非定常流解析(水路は等流モデル)
  - 氾濫域: 平面二次元非定常流解析
- 外力
  - 降雨波形(山地域、氾濫域に直接与える)

# 統合型水理モデル



氾濫原には、直接降雨を与える。

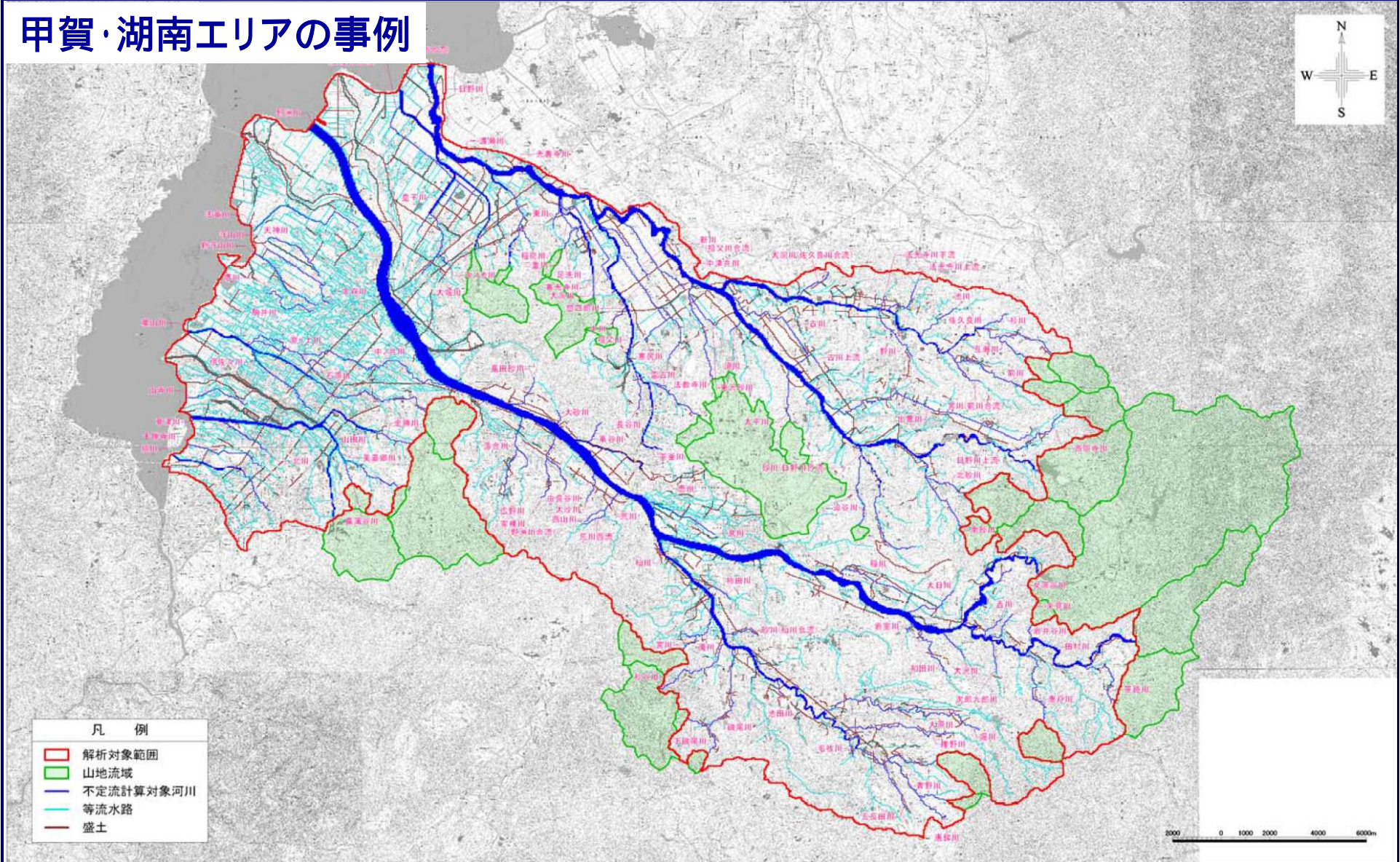
山地部では流出計算を行い、河道部の上流端流量を与える。

小河川・大規模な水路は等流水路として扱う。  
ほ場整備・下水道(雨水)の実施範囲は、流下能力分の降雨を控除し下流部で合算。



# 統合型水理モデル

## 甲賀・湖南エリアの事例



# 流出域(山地部)の水理計算

～ 流出解析(合成合理式)～

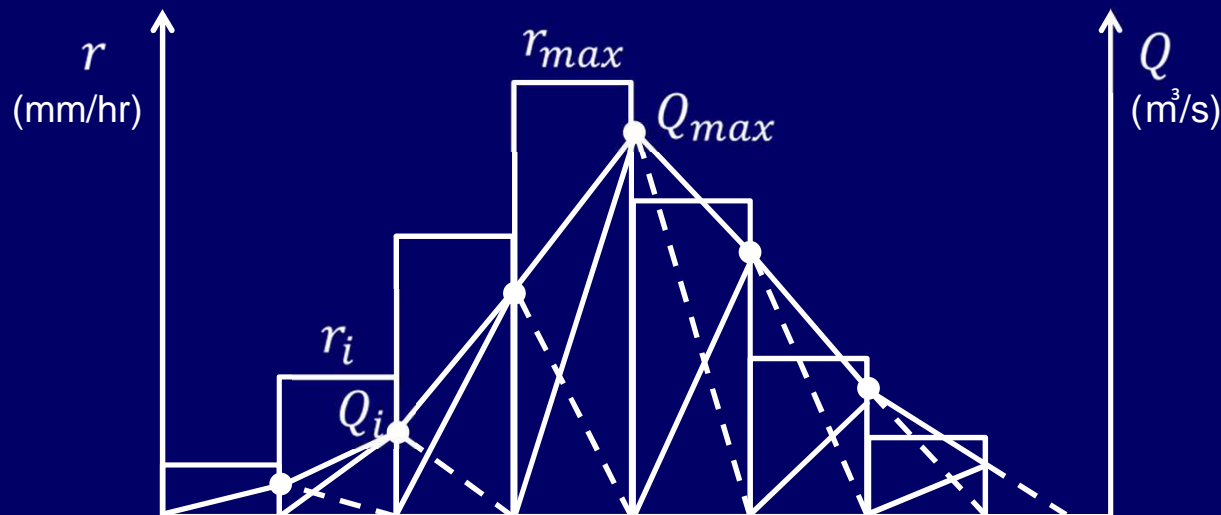
(合理式) 洪水到達時間の降雨強度からピーク流量を算定する

$$Q_t = \frac{1}{3.6} f R_t A$$

$Q_t$ : 時間tにおける流量( $\text{m}^3/\text{s}$ )     $f$ : 流出係数

$R_t$ : 時間tにおける洪水到達時間内雨量強度( $\text{mm}/\text{hr}$ )

$A$ : 流域面積( $\text{km}^2$ )



$$Q_i = \frac{1}{3.6} f r_i A$$

⋮

$$Q_{max} = \frac{1}{3.6} f r_{max} A$$

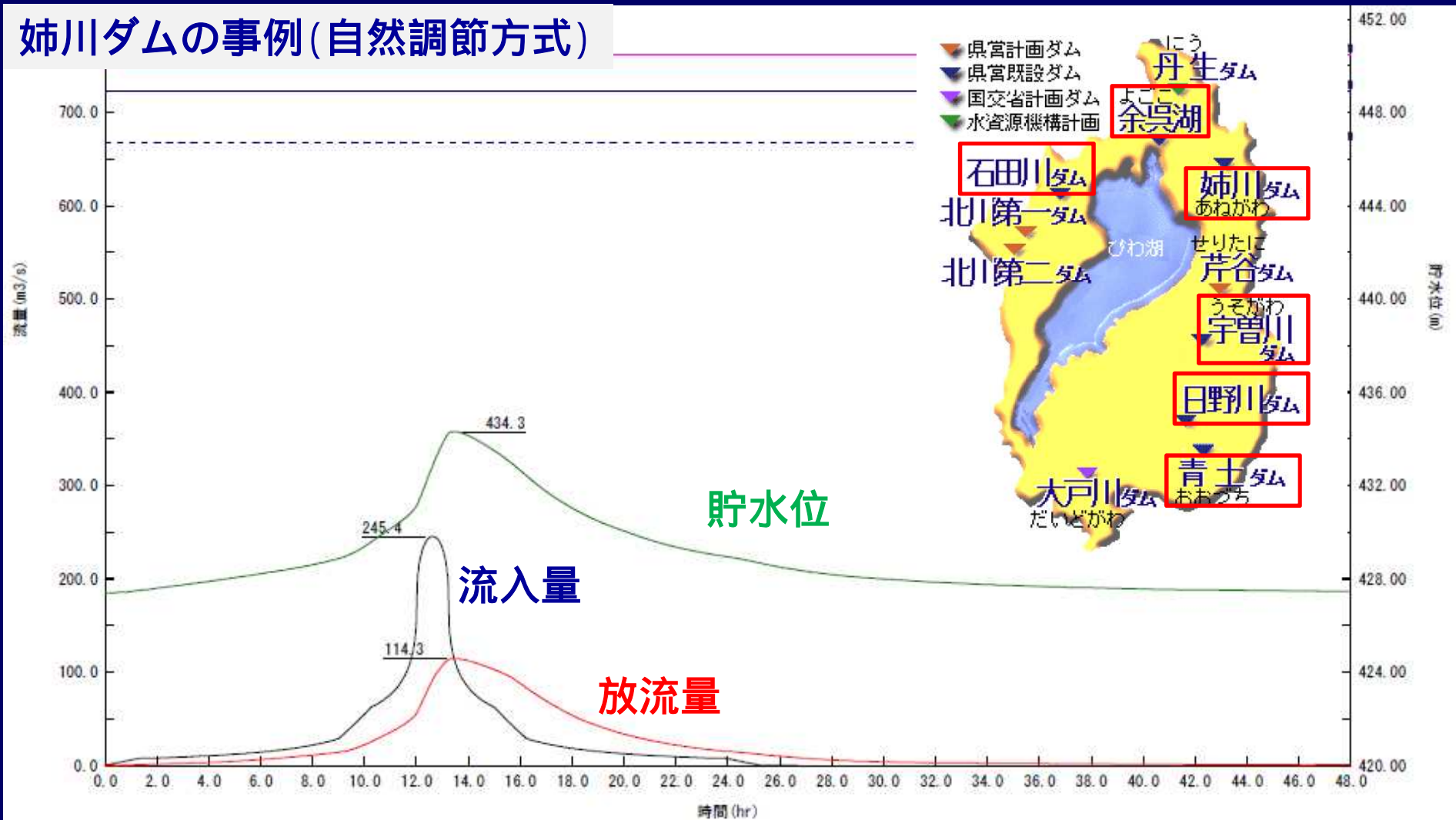


# 流出域(山地部)の水理計算

～洪水調節計算～

治水ダムにおける洪水調節機能をダム操作規則に基づいてモデル化

## 姉川ダムの事例(自然調節方式)





# 河道域(河川)の水理計算

～一次元非定常流解析～

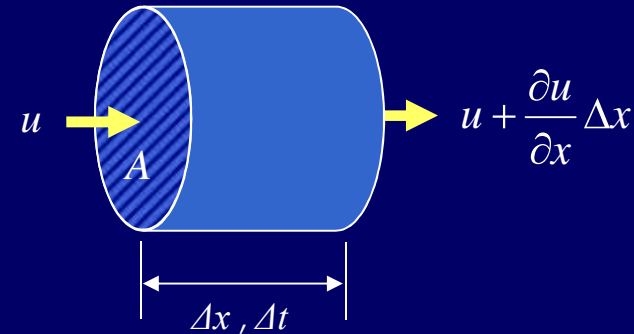
(連続式)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0$$

(運動方程式: エネルギー保存則)

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{g} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{n^2 u |u|}{R^{4/3}} = 0$$

└──┬──┘    └──┬──┘    └──┬──┘  
 運動エネルギーの増分    位置エネルギーの増分    摩擦損失



$x$ : 軸方向,  $t$ : 時間,  $g$ : 重力加速度,  
 $A$ : 断面積,  $Q$ : 流量,  $q$ : 横流入(出)量,  
 $u$ : 軸方向の流速,  $H$ : 水深,  $n$ : 粗度係数,  $R$ : 潤辺

(境界条件)

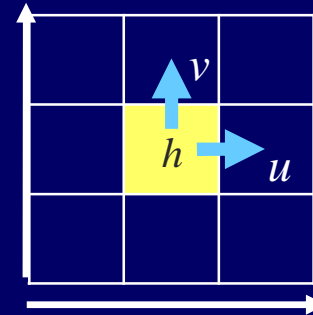
- ・下流端水位 琵琶湖水位 (B.S.L.+0.40m)
- ・上流端(横流入)ハイドロ 流出域からの流出量

# 氾濫域(堤内地)の水理計算

～ 平面二次元非定常流解析 ～

(連続式)

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial uh}{\partial x} + \frac{\partial vh}{\partial y} = 0$$



$u$ : 流速x軸方向,  
 $v$ : 流速y軸方向,  
 $h$ : 水深,  $H$ : 水位,  
 $n$ : 粗度係数,  
 $K$ : 透過係数,

(運動方程式: エネルギー保存則)

$$\frac{\partial uh}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(u^2h) + \frac{\partial}{\partial y}(uvh) = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - \frac{guh \sqrt{u^2 + v^2}}{K^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon \frac{\partial uh}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon \frac{\partial uh}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial vh}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uvh) + \frac{\partial}{\partial y}(v^2h) = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{1/3}} - \frac{gvh \sqrt{u^2 + v^2}}{K^2} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon \frac{\partial vh}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon \frac{\partial vh}{\partial y} \right)$$

運動エネルギーの変化量

位置エネルギーの変化量

摩擦抵抗による  
エネルギー損失

樹林抵抗による  
エネルギー損失

せん断応力による  
エネルギー損失

(動粘性係数)

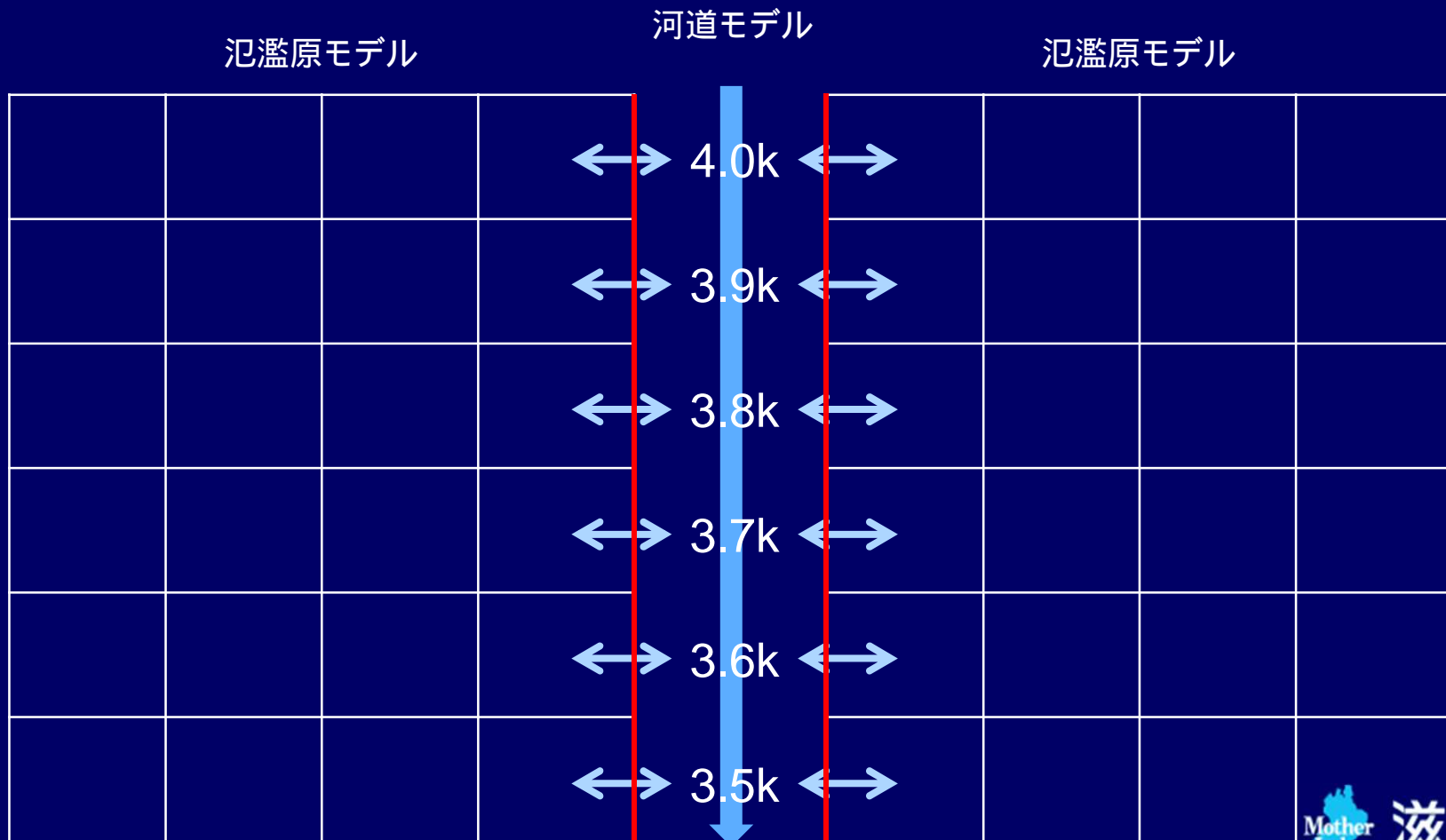
$$\varepsilon = \frac{\kappa}{6} u_* h$$

( $\kappa$ : カルマン係数 (=0.4),  $u_*$ : 摩擦速度)

# 河道域と氾濫域の水量交換

～ 河道モデルと氾濫原モデルの一体化～

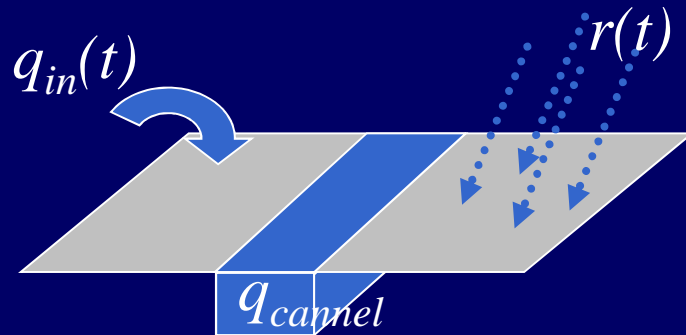
河道モデルの計算断面と氾濫原モデルの計算メッシュの境界に関連付けを行い、両モデル間の氾濫水の受渡しを規定



# 水路網のモデリング

～ 小河川、下水道(雨水渠)、農業排水路 ～

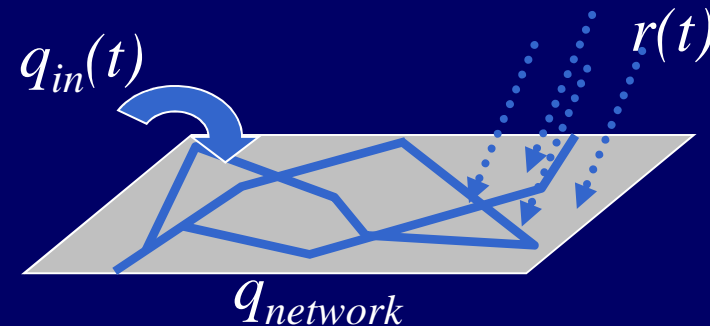
## ■ 大きめの水路(小河川)



$$Q_{in} = A \cdot r(t) + q_{in}(t) - q_{cannel}$$

- 水路の流下能力 $q_{cannel}$ を等流計算で算出し、  
当該メッシュの流入量から除算し、  
下流メッシュへの流出量に加算。
- メッシュ中央に配置し、モデル化

## ■ 小さい水路網(下水道、農業排水路)



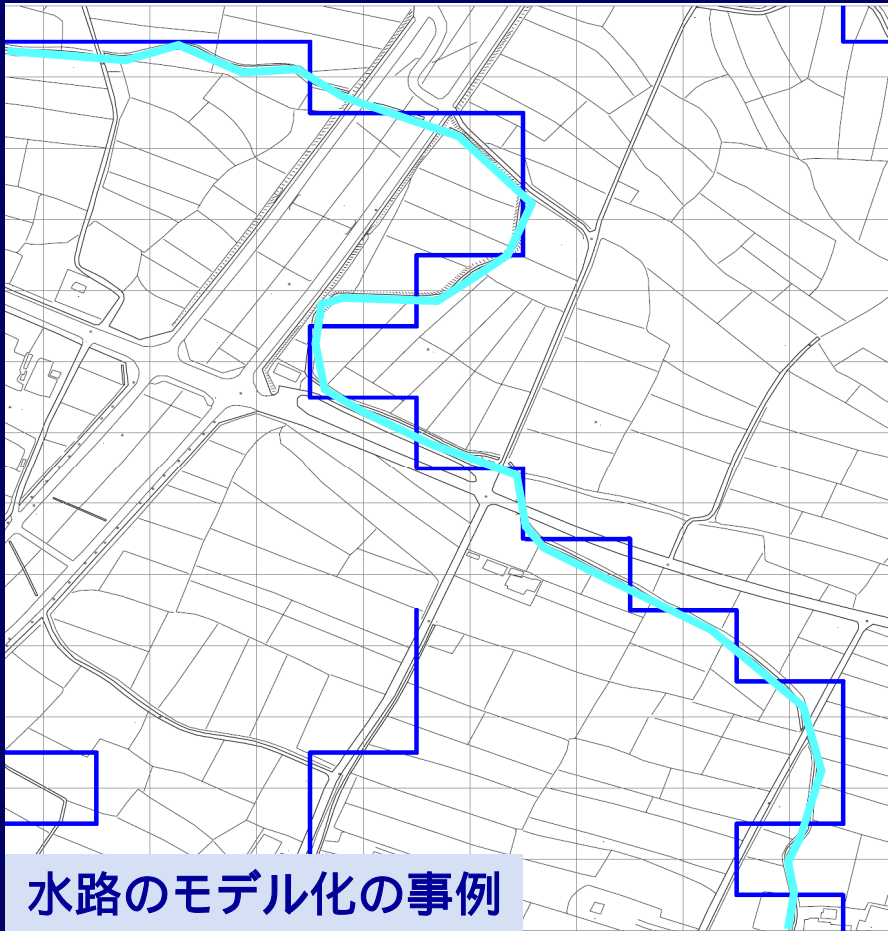
$$Q_{in} = Ar(t) + q_{in}(t) - q_{network}$$

- 水路網(ex.圃場整備エリア)の排水能力 $q_{network}$ を計画書等から抽出し、  
当該メッシュの流入量から除算し、  
下流メッシュへの流出量に加算。
- 排水整備エリアから対象メッシュを選  
定し、モデル化

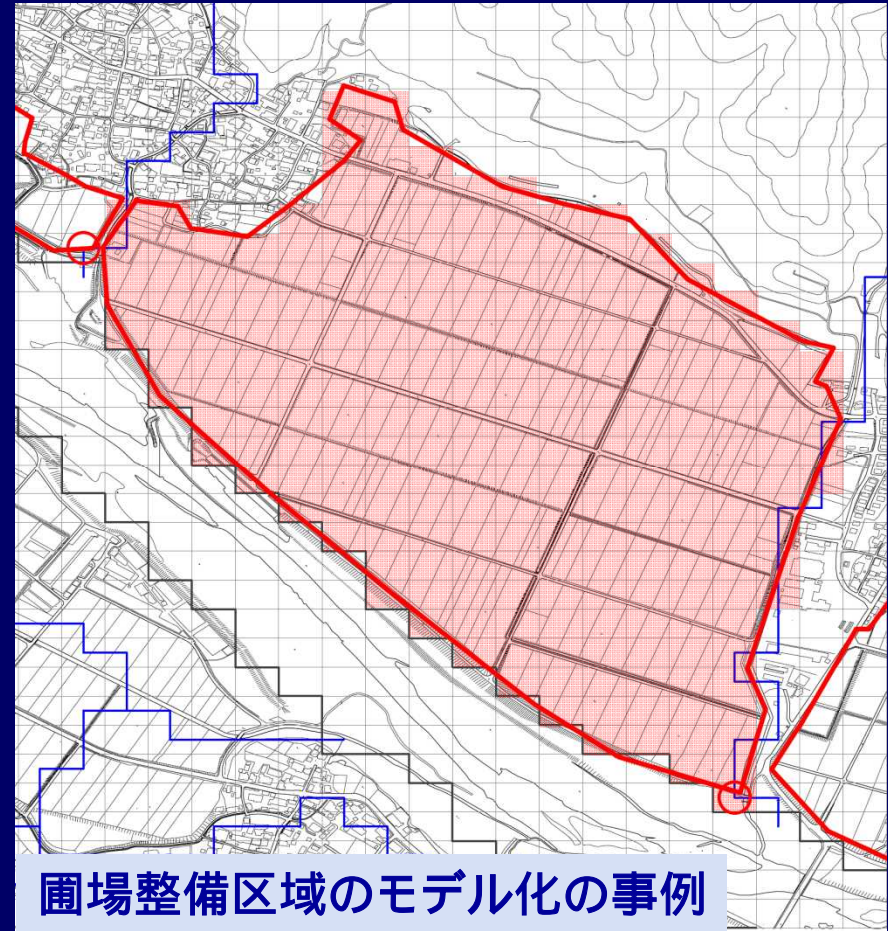
# 水路網のモデリング

～ 小河川、下水道(雨水)、農業用排水路 ～

## ■ 大きめの水路



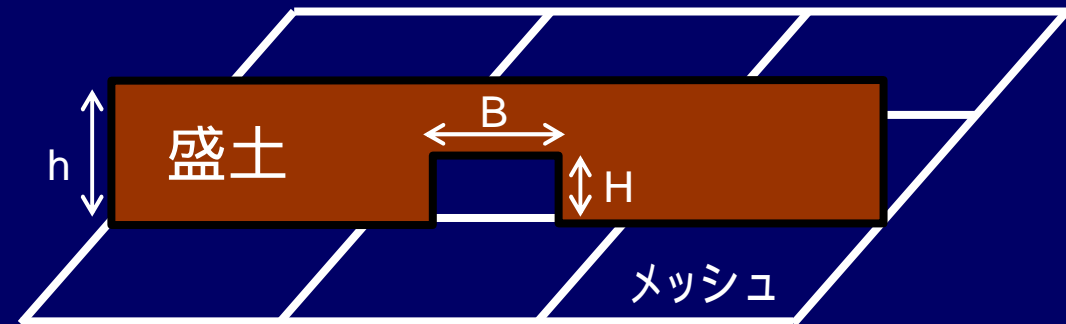
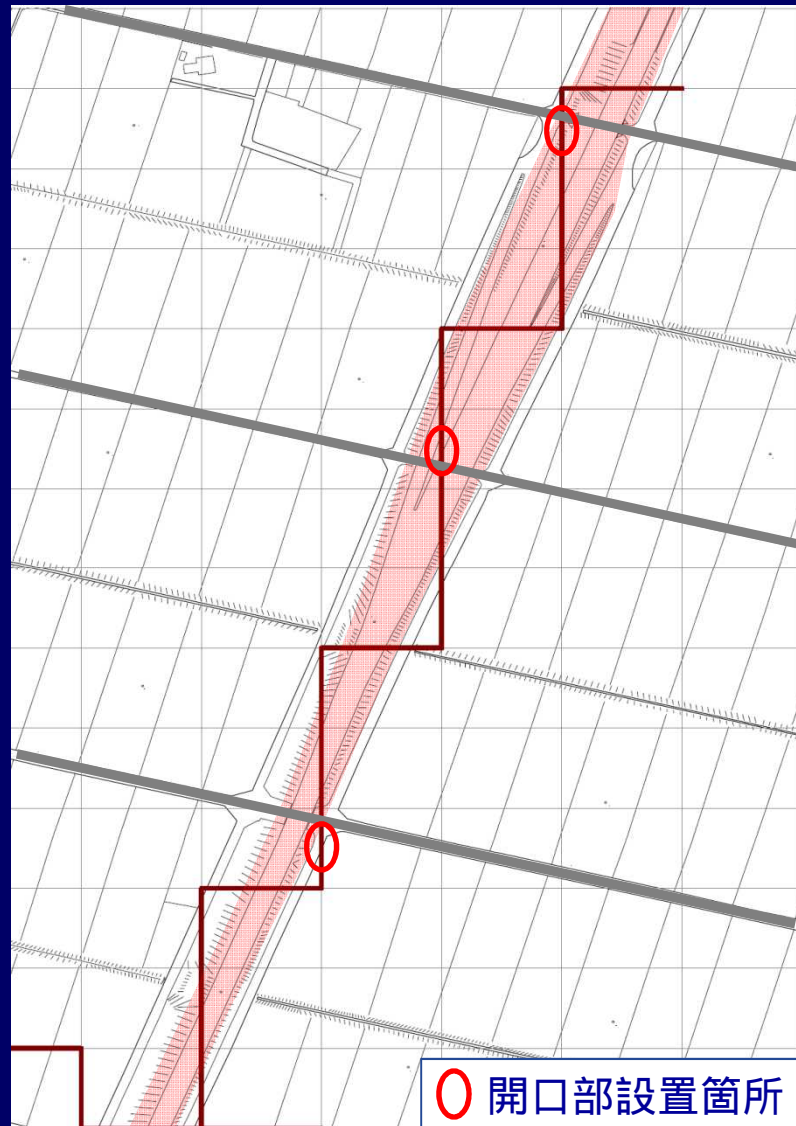
## ■ 小さい水路ネットワーク





# 盛土構造物のモデリング

～ 道路盛土、鉄道盛土、堤防盛土～



- ・メッシュ辺上に配置し、モデル化
- ・盛土高 $h$ はLPデータを元に設定
- ・開口部の諸元(幅 $B$ ・高さ $H$ )については都計図(1/2,500)からの判読を基本とし、必要に応じて現地計測を実施

# 破堤条件

～ 氾濫解析に用いる4つの破堤条件～

## 1. スライドダウン破堤

- 計算水位がH.W.L.に達する前に破堤させる(スライドダウン)
- 浸水想定区域図作成時に基本断面形状がない堤防に対して適用される。

## 2. H.W.L.破堤(あるいは、堤防天端高 - 余裕高)

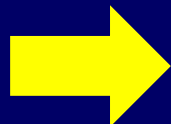
- 計算水位がH.W.L.に達したと同時に破堤させる。
- 浸水想定区域図作成時に基本断面形状がある堤防に対して適用される。

## 3. 越水破堤

- 計算水位が堤防天端に達したと同時に破堤させる。
- 全国的な統計によると、破堤要因の75%が越水。ただし、河川管理の義務的責任範囲外の事象を検討することになる。
- 破堤氾濫時の流体力が最も大きくなる。

## 4. 無破堤(越水のみ)

- 計算水位が堤防天端を超えても破堤させない。(越水分のみ氾濫原に伝播)
- 洪水継続時間の短い中小河川では、越水しても破堤しなかった事例も多数報告されている。

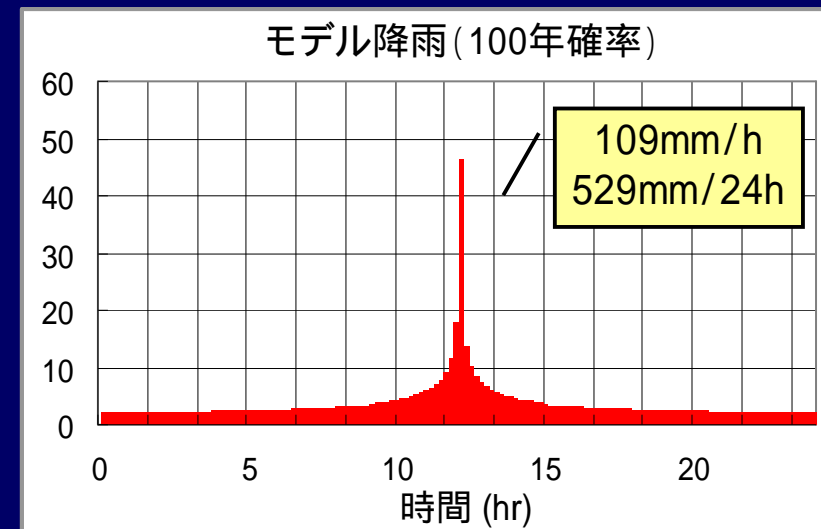
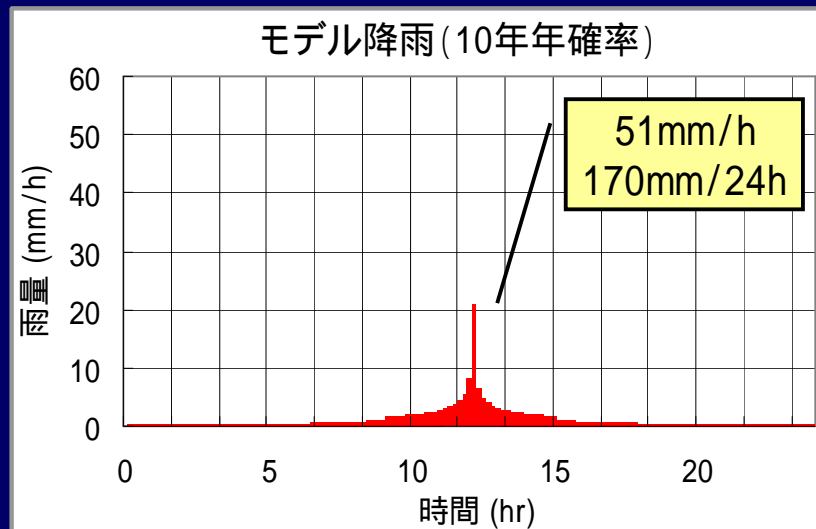


2.3.4.の3ケースの結果を重ね合わせて評価



# 「地先の安全度」を計量化する評価外力

- 超過洪水を含む複数の外力(降雨)を対象
  - 1/10, 1/50, 1/100, 1/200, 1/500, 1/1000
  - 滋賀県降雨強度式を用いた中央集中型降雨(降雨継続時間24時間)を全域に一様に与える。



# 統合型水理モデルの特性

～ (一級河川の) 浸水想定区域図との違い～

## 1. 複数の河川の同時はん濫を対象

- 浸水想定区域図は、指定河川からのはん濫のみ考慮。実際には、指定河川のみが危険な状態になるのではなく、降雨の状況によって、複数の河川が同時に危険な状態になることも想定される。
- 統合型水理モデルは、圏域(流域 + 氾濫域)全体に一樣に降雨があった場合に、**圏域内の複数の河川からどのように氾濫するのかを同時に表現。**

## 2. 内水はん濫を考慮

- 浸水想定区域図は、指定河川からのはん濫のみ考慮。実際には、指定河川がはん濫する前に、農業排水路、普通河川や小規模な一級河川などのはん濫が先に生じること想定される。
- 統合型水理モデルは、**農業排水路、下水道(雨水)、小規模な一級河川からのはん濫現象も同時に考慮**しています。

# 統合型水理モデルの特性

～ (一級河川の) 浸水想定区域図との違い～

## 3. 破堤シナリオ

### (「地先の安全度」の評価の場合)

- 破堤パターン(3パターン)を一様に与えて水理解析し、それらを重ね合わせる。
  - どの河川・どの区間の堤防も、“H.W.L.破堤(堤防天端一堤防余裕高で破堤)”すると仮定
  - どの河川・どの区間の堤防も、“越水破堤”すると仮定
  - どの河川・どの区間の堤防も、“無破堤”と仮定

### (浸水想定区域図の場合)

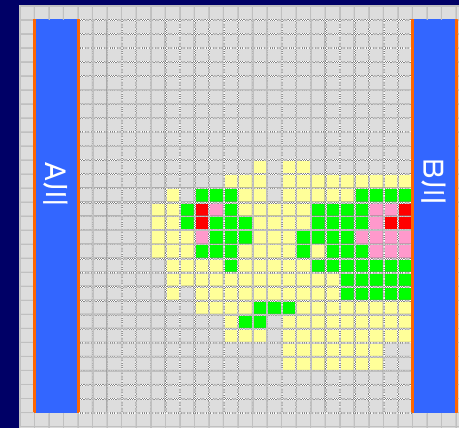
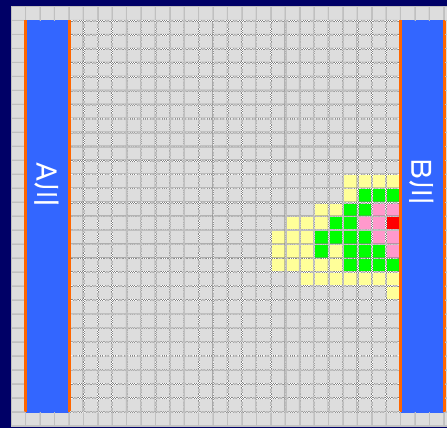
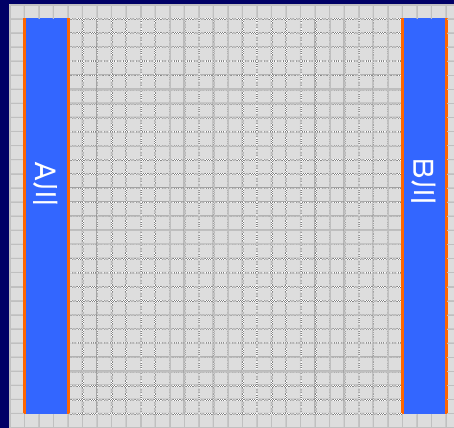
- 破堤想定地点を複数設定(破堤シナリオ)し、破堤シナリオ毎に水理解析し、それらを重ね合わせる。
  - 破堤想定地点ではスライドダウン破堤し、それ以外の区間(上流部)は無破堤と仮定。
  - 破堤箇所は、区間ごとネック箇所や破堤実績、被害が大きくなる箇所から、複数選定する。

# 統合型水理モデルの特性

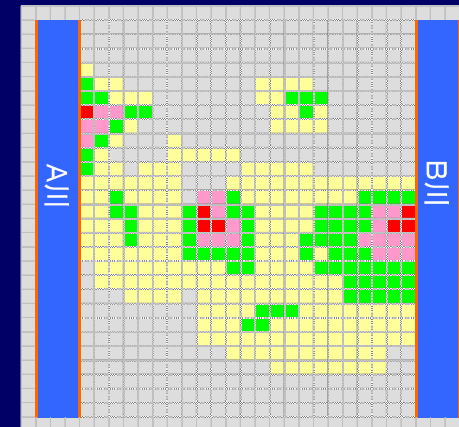
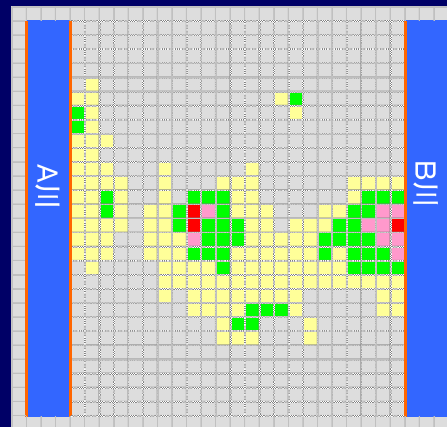
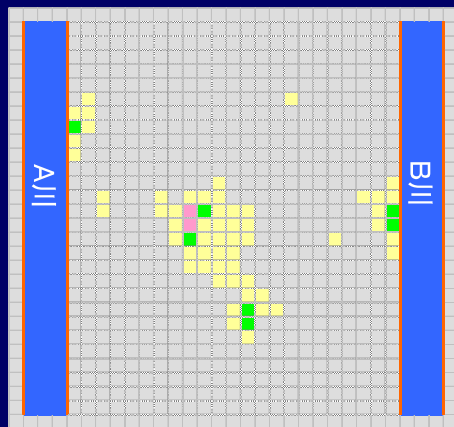
～ 浸水想定区域図作成用、治水経済調査用の水理モデルと比較 ～

時間ステップ1 → 時間ステップ2 → 時間ステップ3

B川浸水想定区域図用  
B川治水経済調査用



統合型水理モデル

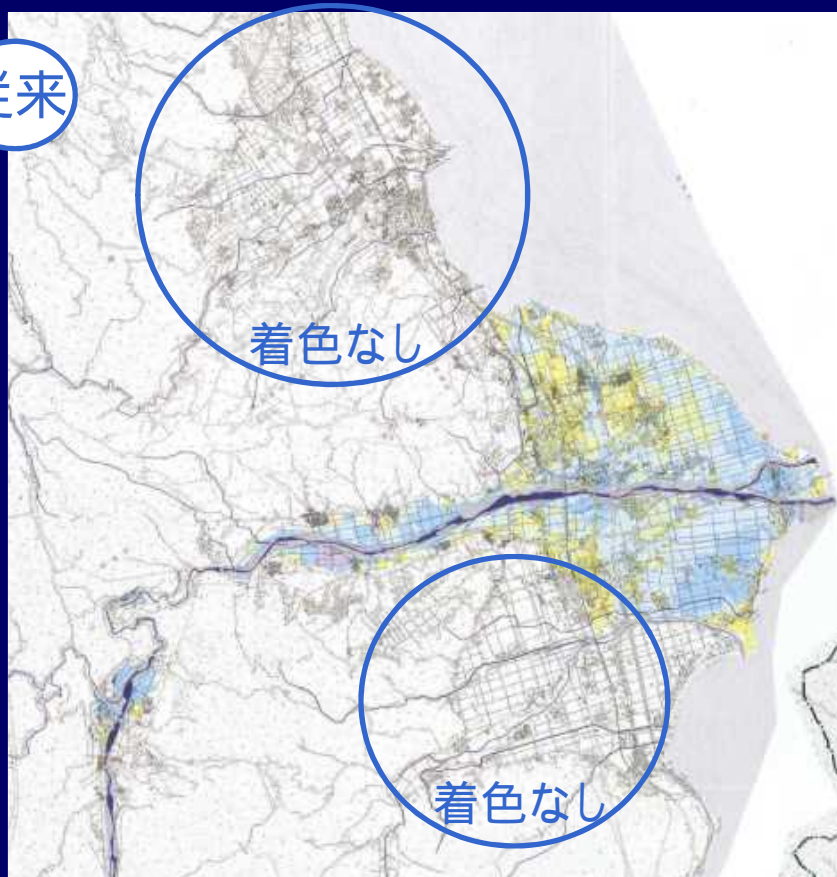


# 統合型水理モデルの特性

～ 大川からのはん濫だけでなく、身近な小川や水路からのはん濫も～

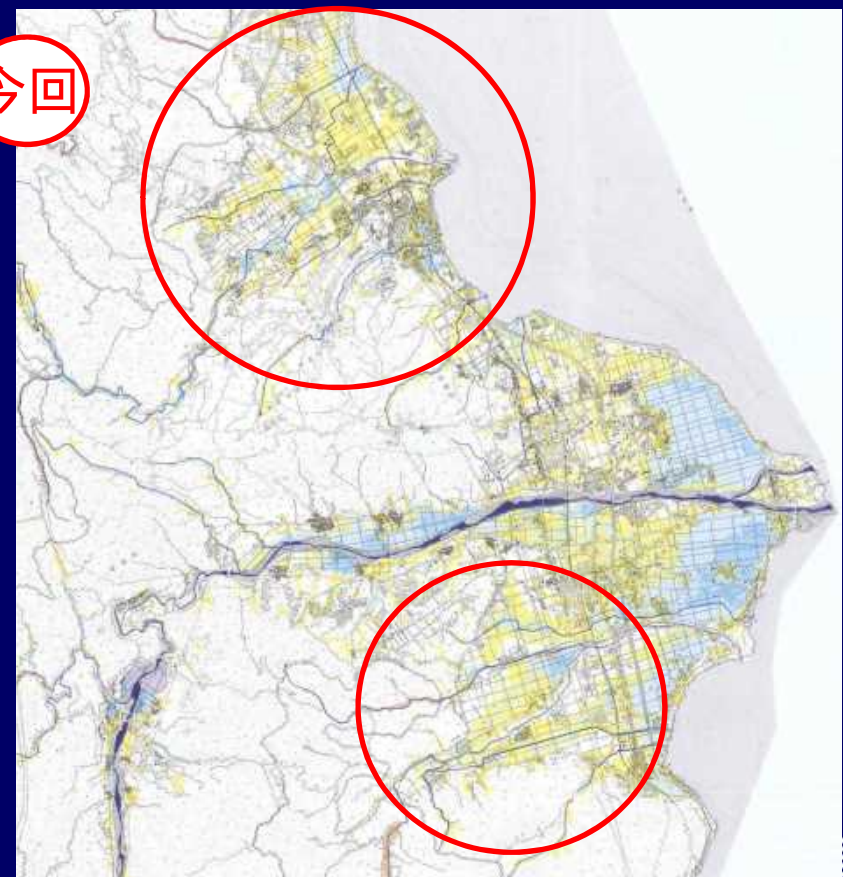
- 従来の浸水想定 - 対象とする大川からのはん濫を検討
- 今回の浸水想定 - 大川だけでなく、小川や主な水路からのはん濫も検討

従来



水防法に基づく浸水想定区域図

今回



滋賀県独自作成 「地先の安全度」マップ Shiga Prefecture



# スモーキング処理(自動)

～ 解析結果を微地形に反映させるための補正処理～

- 「地先の安全度」は財産権の規制に関わる情報
  - － 情報の蓋然性・正確性
  - － 情報の個別性(家屋1棟1棟が対象)
- スモーキング処理(自動処理)のメリット
  - － 作業者の違いによる差異が発生しない(主観が入らない)
  - － 定期的な更新作業(概ね5年に1度)に際して効率的な処理が可能
  - － 膨大なデータの効率的な処理が可能

統合型水理モデル解析結果(50mメッシュ)

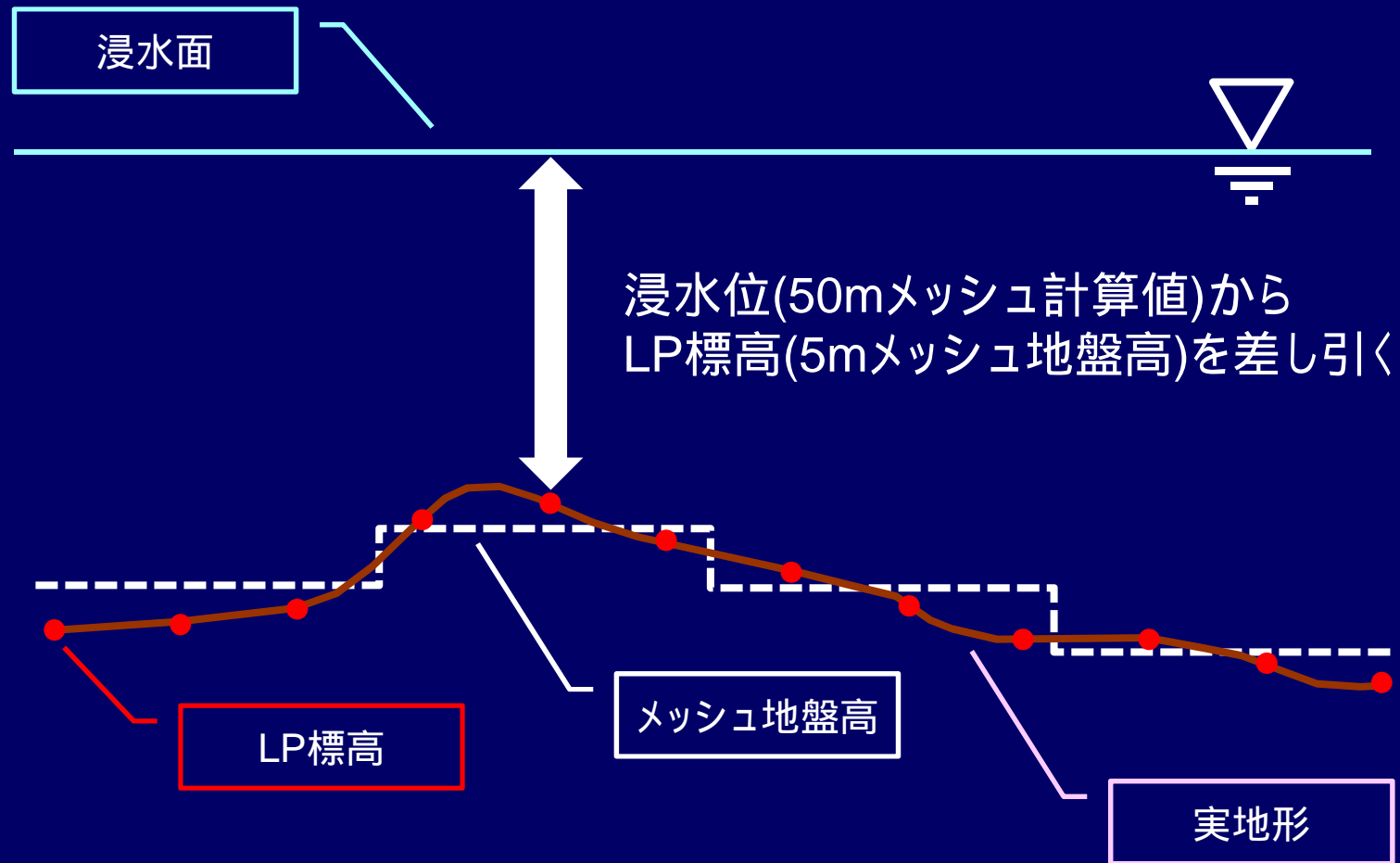


地先の安全度マップ



# 基本的な考え方

～ LP データを利用した微地形の考慮 ～





# 課題と対応

～ 地先の安全度マップ自動作成までの長い道のり～

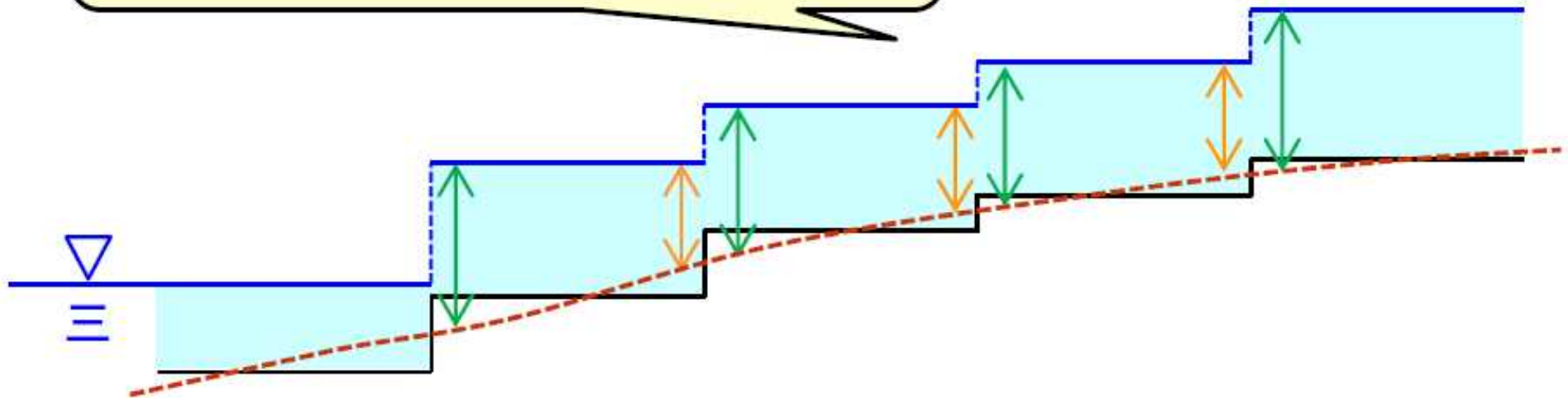
- メッシュ間の水面勾配の取扱い
  - － メッシュの境界部において浸水深が大きく変わり、メッシュ形状に沿って浸水ランクの違いが起こる可能性がある。
- 急勾配地形の地形データの取扱い
  - － 山裾部等の急勾配地形の箇所では、地先の安全度マップとして過度に危険な情報を示す可能性がある。
- 山間部における浸水の取扱い
  - － メッシュの窪みが要因と推測される浸水が、山中に発生している。
- 田畑等での浸水の取扱い
  - － 田畑内で浸水ランクに違いが起こり、違和感が生じている。
- 連続盛土構造物の取扱い
  - － モデル特性(格子構造)が原因で実際の浸水状況と異なる箇所がある。

# 課題と対応

～メッシュ間の水面勾配の取扱い～

(課題)メッシュの形状に沿って、浸水ランクが変わる可能性がある

メッシュの形状にそって浸水ランク  
が変わる可能性がある。

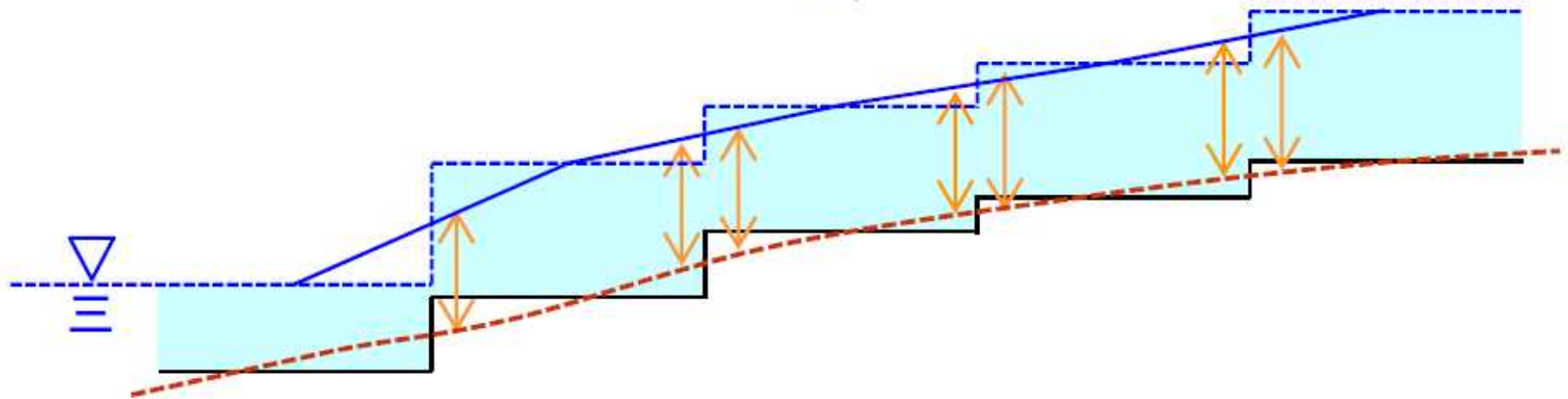


# 課題と対応

～メッシュ間の水面勾配の取扱い～

(対応)メッシュ間の浸水位を直線補間し、実地形に沿った水面勾配を推定

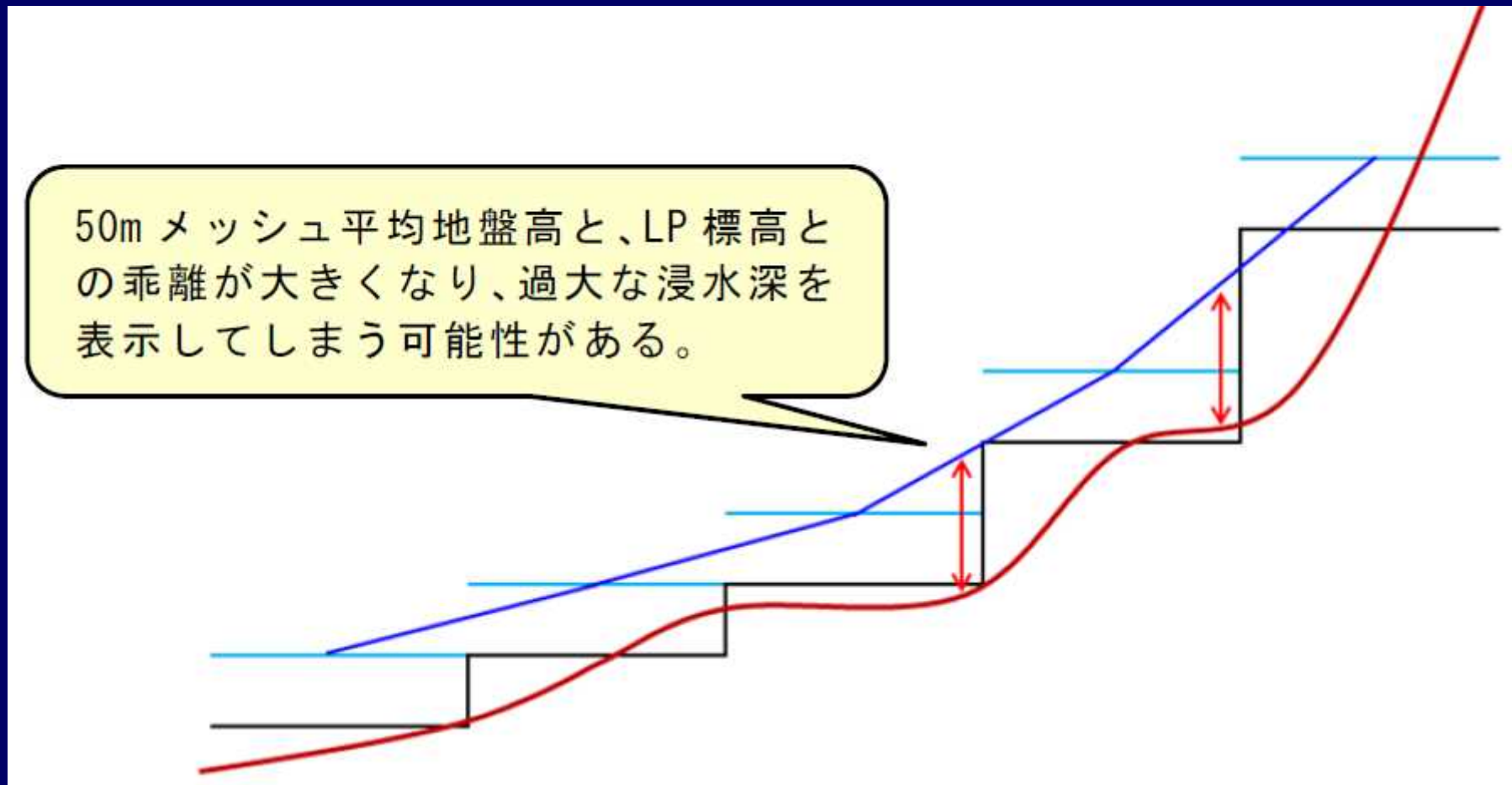
計算メッシュの浸水位より水面形を推定する。



# 課題と対応

～急勾配地形の地形データの取り扱い～

(課題) 山裾部等の急勾配地形では過度に危険な情報を示す可能性がある  
 →実現象としては、湛水することなく地形勾配に沿って流下するものと考えられる

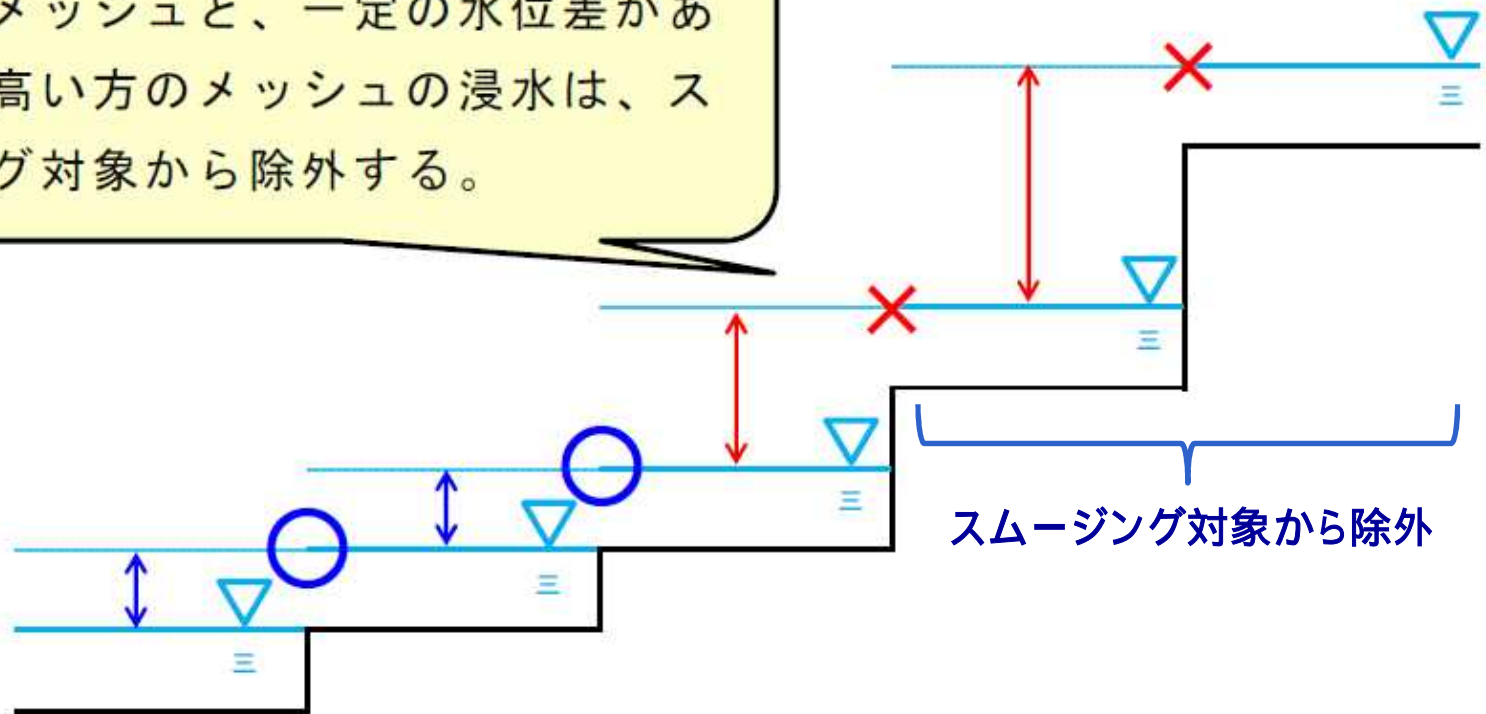


# 課題と対応

～急勾配地形の地形データの取り扱い～

(対応)隣接メッシュ間で一定以上の浸水位差があれば、該当メッシュを除外

隣接するメッシュと、一定の水位差がある場合、高い方のメッシュの浸水は、スムージング対象から除外する。



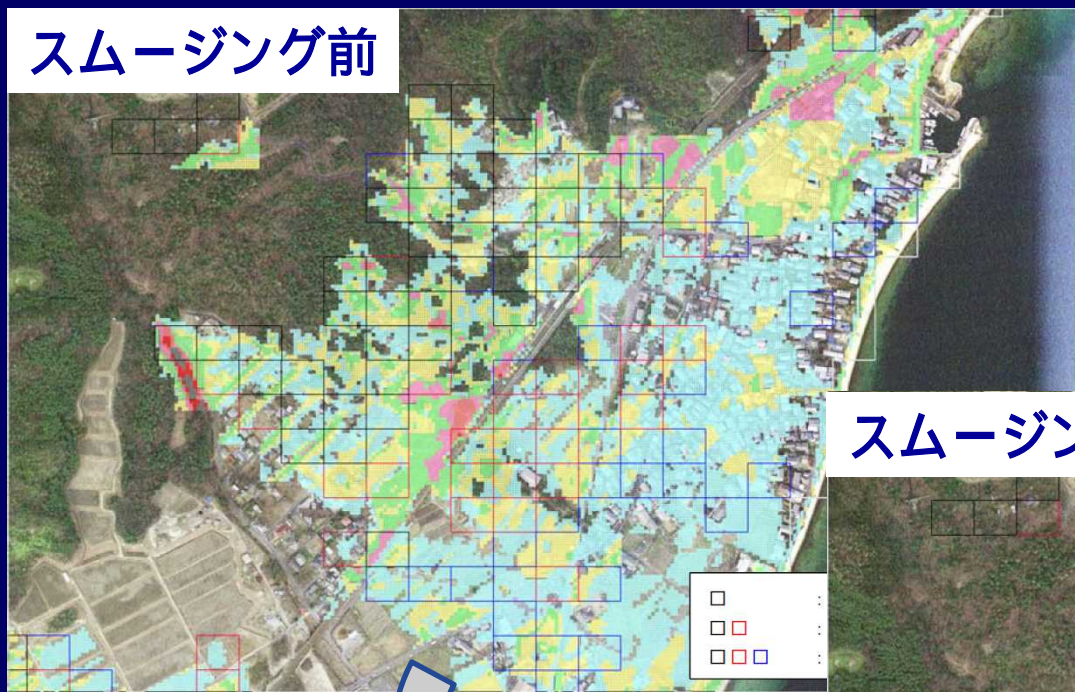


# 課題と対応

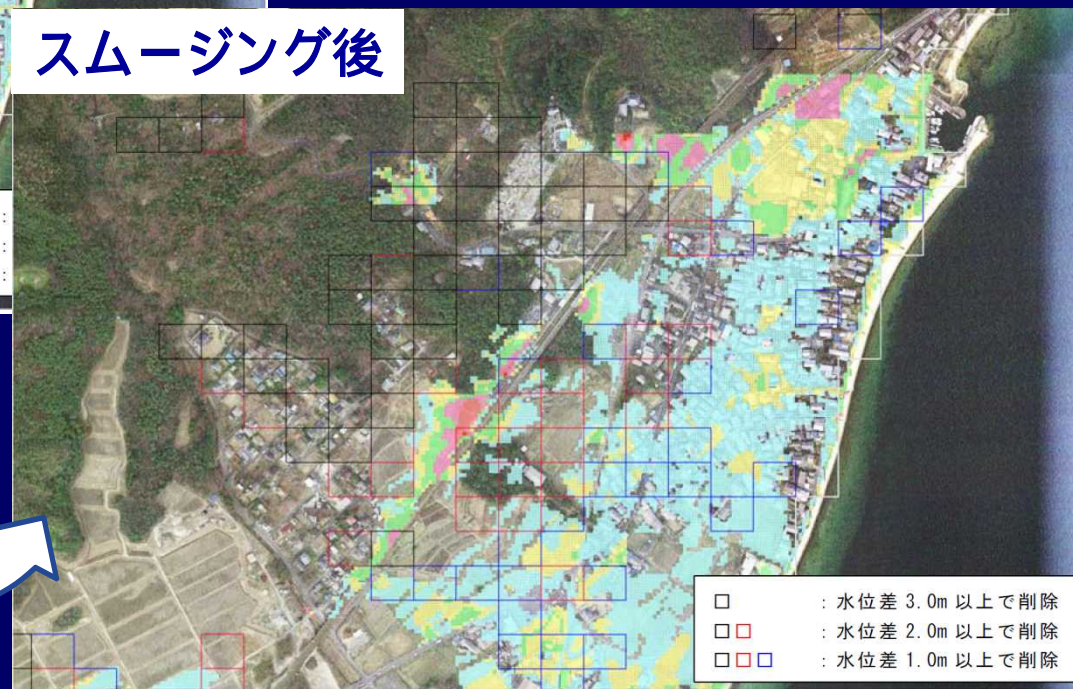
～急勾配地形の地形データの取り扱い～

(事例) 浸水位差2.0mで山際等の急な地形勾配箇所のみを抽出することを確認

スムージング前



スムージング後

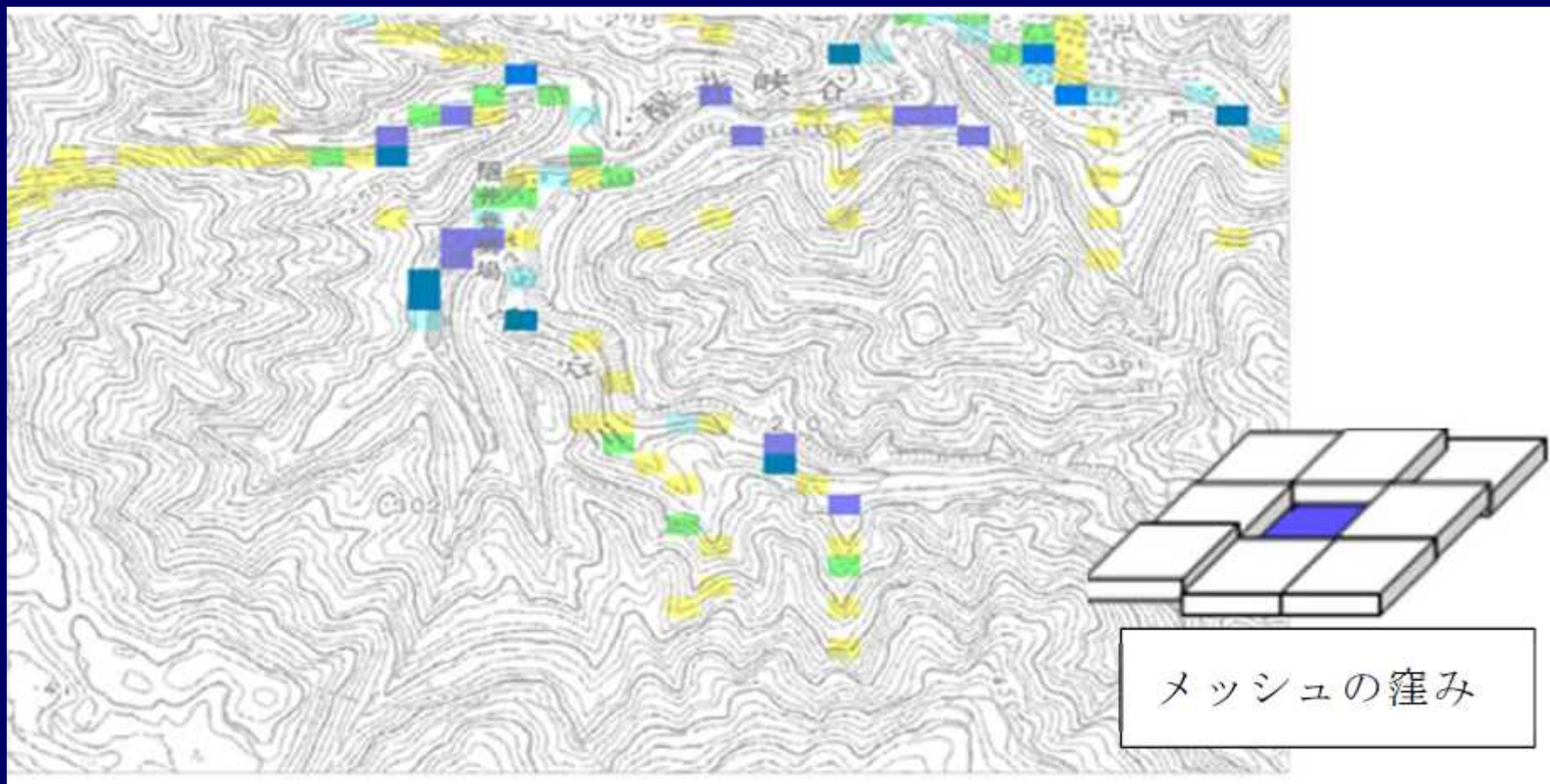


- : 水位差 3.0m 以上で削除
- : 水位差 2.0m 以上で削除
- : 水位差 1.0m 以上で削除

# 課題と対応

～ 山間部における浸水の取扱い～

(課題) メッシュの窪みが要因と推測される浸水が、山中に発生している

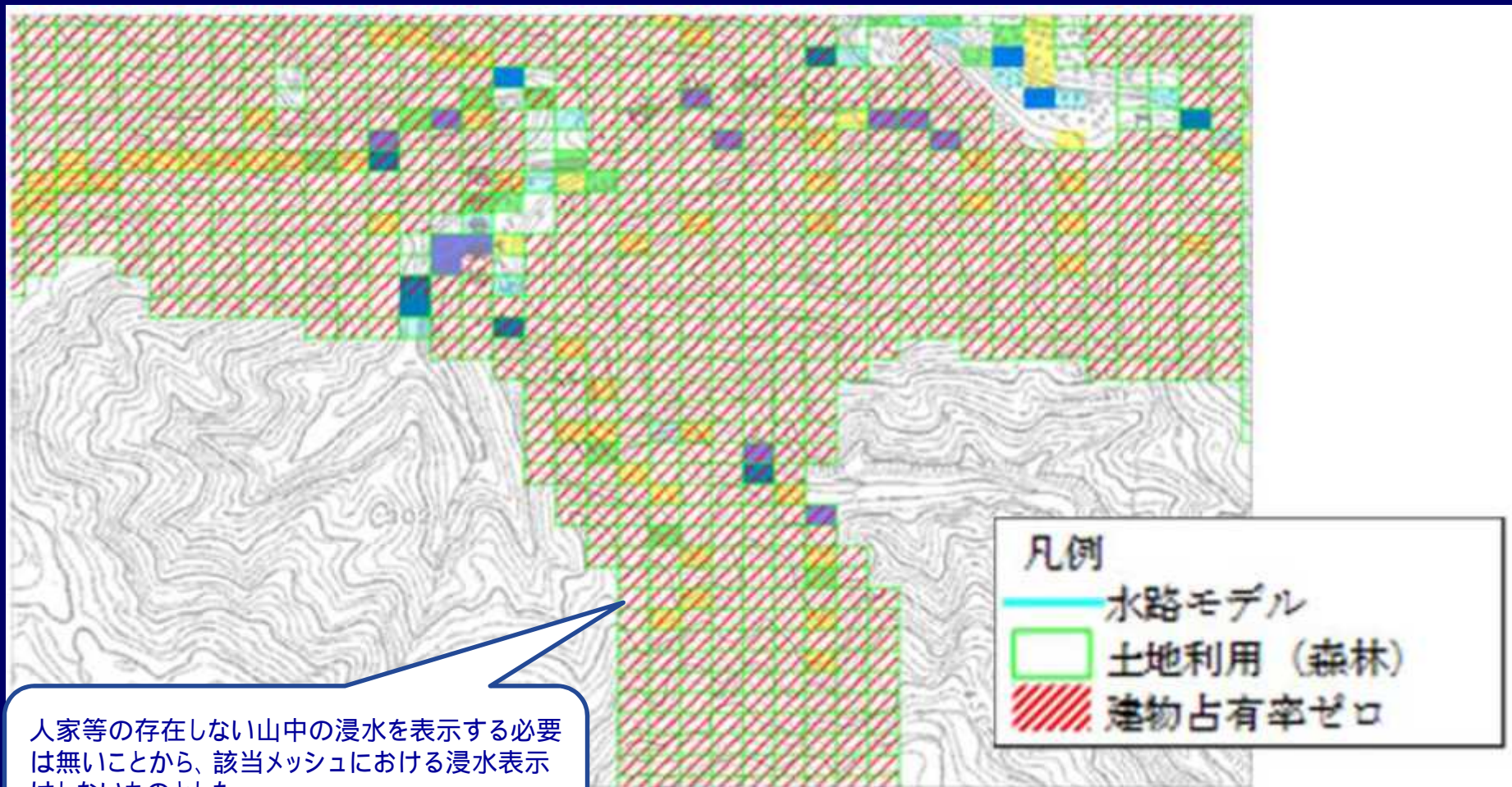




# 課題と対応

～ 山間部における浸水の取扱い～

(対応) マップ表示について、メッシュ情報(土地利用・建物占有率)より判定する

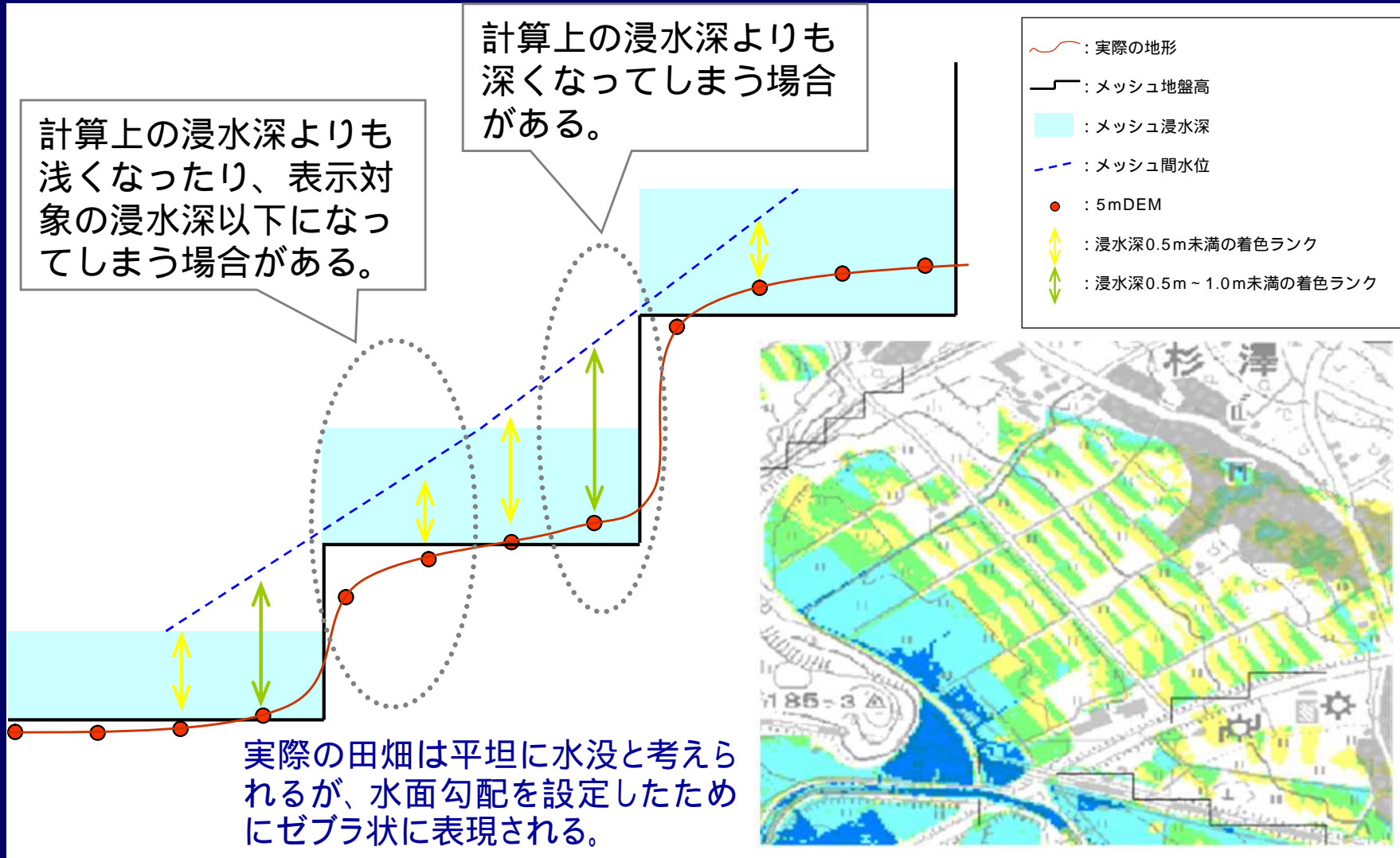


人家等の存在しない山中の浸水を表示する必要は無いことから、該当メッシュにおける浸水表示はしないものとした。  
条件 = 土地利用が森林 かつ 建物占有率ゼロ

# 課題と対応

～ 田畑等での浸水の取り扱い～

(課題) 田畑内で浸水ランクに違いが起こり、違和感が生じている





# 課題と対応

～ 田畑等での浸水の取り扱い～

(対応) 田畑エリアを定め、同一エリア内の平均浸水深をもってランク付け



田畑一反一反のポリゴンを作成



田畑一反一反が水平になるような浸水深さを生成



空中写真の色調 → 建造物の範囲



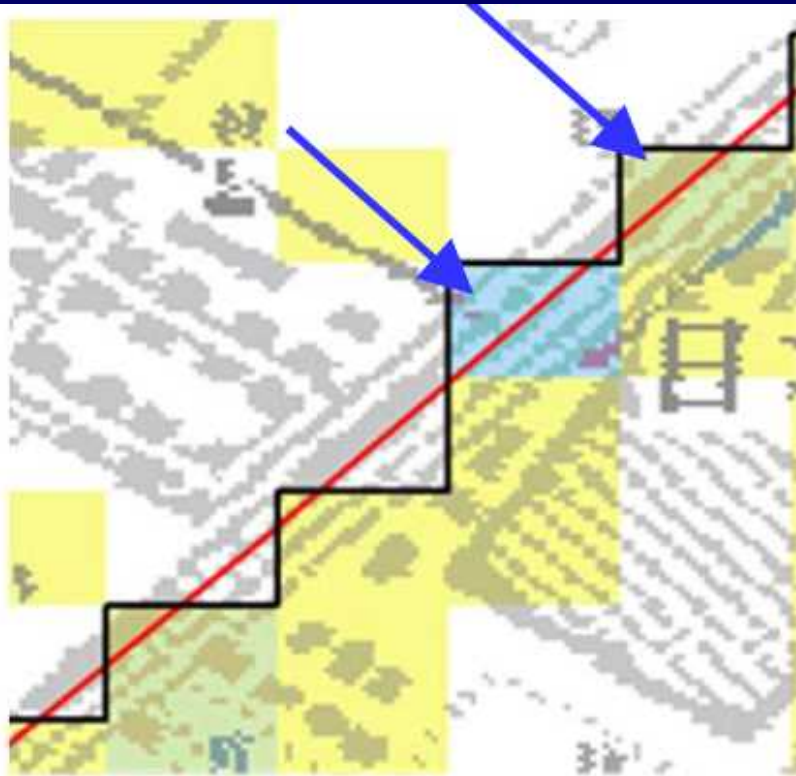
LPデータ → 平坦地の範囲



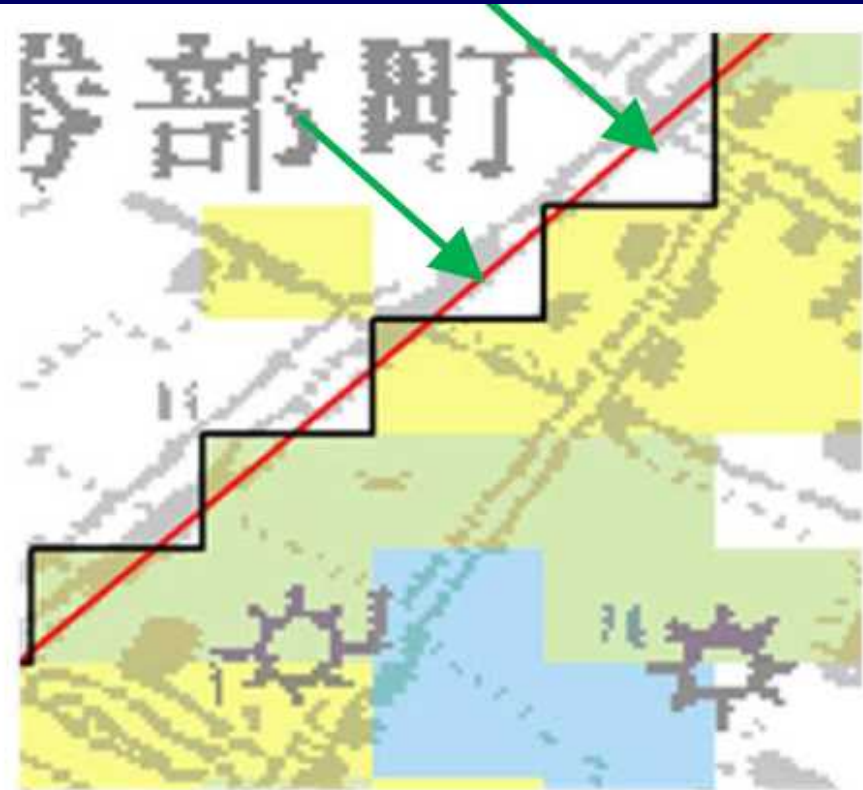
# 課題と対応

～連続盛土構造物の取り扱い～

(課題) モデル特性(格子構造)が原因で実際の浸水状況と異なる箇所がある



盛土（構造格子）により  
浸水したと推測される箇所

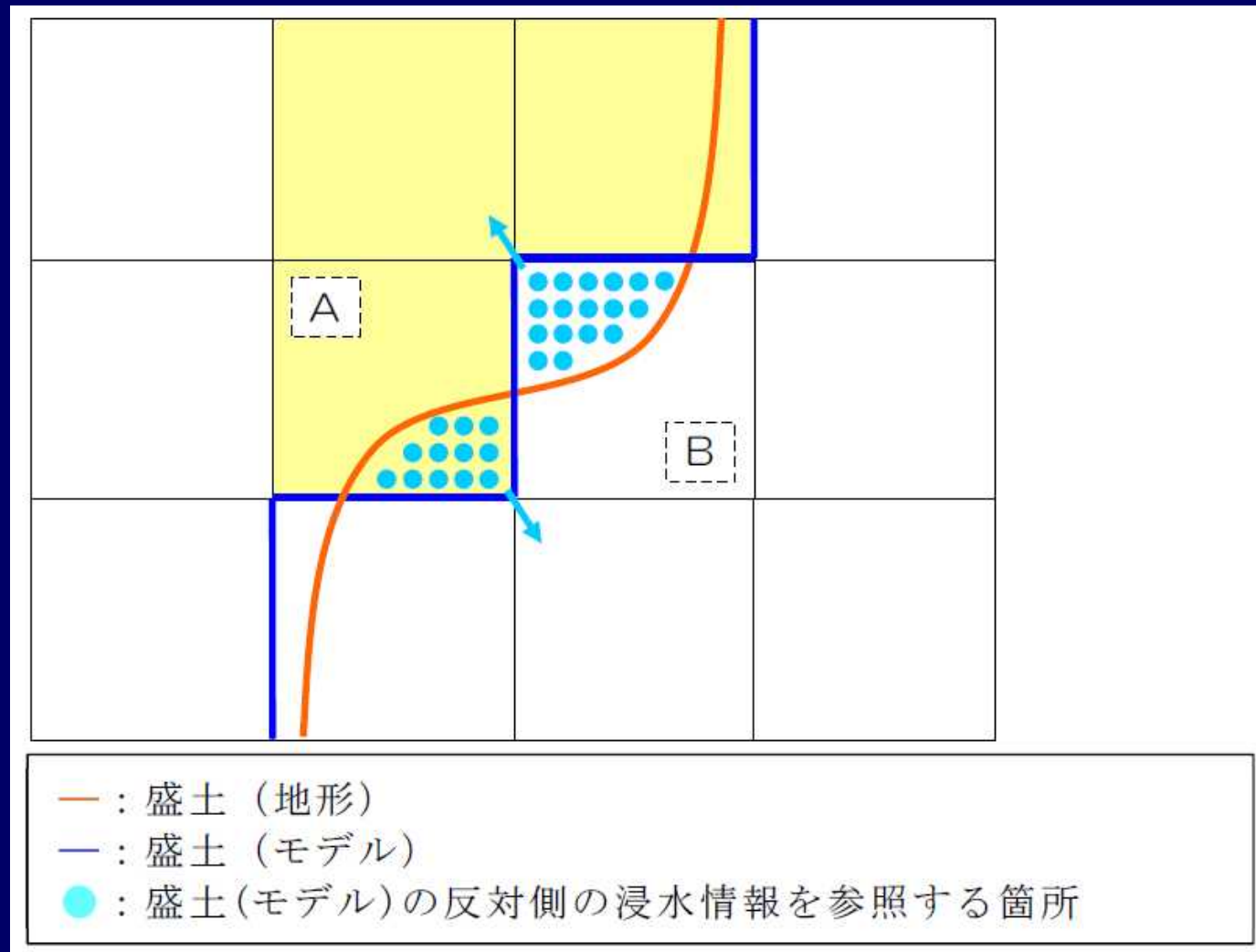


盛土（構造格子）により  
浸水しなかったと推測される箇所

# 課題と対応

～ 連続盛土構造物の取り扱い～

(対応) 実地形とモデルの位置関係より、浸水情報の参照先を選択する



# スモーキング処理(手動)

～ 自動処理の限界、県下19市町との調整～

## ■ 自動処理の限界

- 主に、急勾配地形での処理や山間部の窪地処理で自動処理しきれない箇所について、市町からの意見も踏まえて修正した

## ■ LP測量以降の地形改変情報の反映

- LP測量以降(H18以降)に開発等で地形改変のあった箇所の地盤高情報について、市町から得た情報を元に修正した

## ■ 浸水実績情報の反映(1/10確率規模のみ)

- 1/10確率規模の浸水深情報について、市町から得た過去の浸水実績情報を元に修正した