

An aerial photograph of a city, likely in Japan, showing a dense urban area with a river winding through it. A prominent green-bordered white box is overlaid on the image, containing the title and author information. The background shows a mix of urban buildings, roads, and green spaces, with a river in the lower half of the frame.

# 水災害リスク解析とまちづくり

大同大学 准教授

鷺見哲也

すみ てつや

# 水害から見た、2つの「まちづくり」

- ・形としての都市づくり（都市機能を含む）
  - ・・・ 防御レベルの高い施設を持つ都市へ
  - 水害リスクの低いところを高度利用する都市へ
  - （今回はこれを扱う）
- ・地域づくり・ひとづくり（自助・共助につながる）
  - ・・・ 避難などの行動につながる情報の整備を
  - 水害に強い住まい方を考える情報の整備を

# 水害に強いまちづくり

- 避難対応（人的被害最小化）
- 防災施設対応
  - 防衛できる外力レベルの向上（設計外力に限界）
  - 粘り強さへの移行（設計超過外力への対応）
- 建築規制など、被災しにくい構造
- 土地利用の改善による対応（高リスク＝低度利用）  
（今回はこれを扱う）
- まちの構造全体での防衛レベルの向上
  - 上記の組み合わせ
  - ＋ 単一施設の複合機能化
  - 例：高規格道路の第2堤防化、など

水害に強い都市構造

# 水害リスクの低い都市へ

研究例:

水災害リスクを減らす都市コンパクト化への検討方法

考え方: 水害リスクの

低いところへ集約(高度利用)

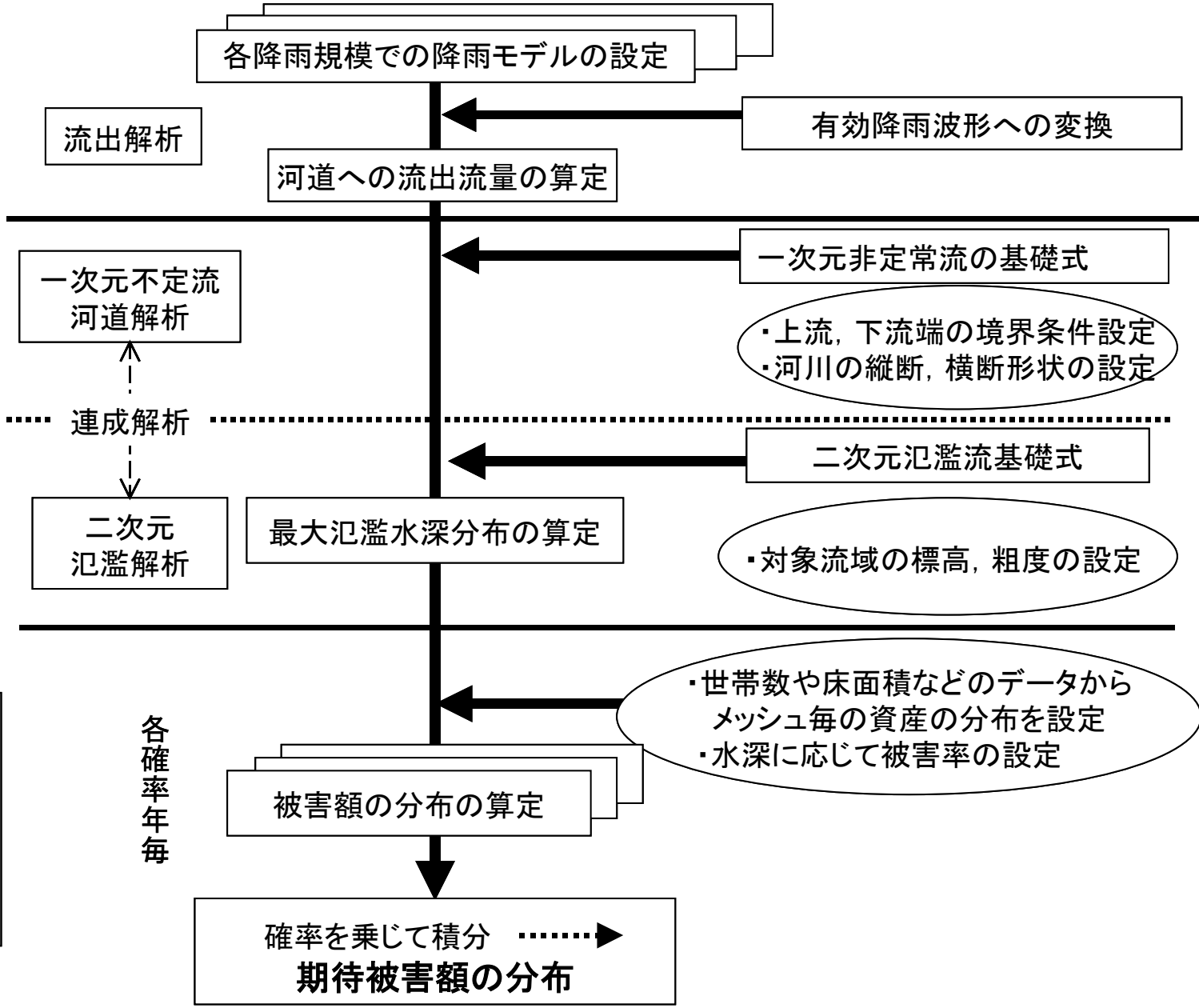
高いところは撤退(低度利用)

検討の段取り

- (1) ある規模の雨での氾濫解析＝浸水深の分布を計算
- (2) その雨の被害額分布を小区域(またはグリッド)毎に計算
- (3) これらを様々な確率降雨に対して計算
- (4) 各区域の被害額を様々な確率的に積分し、年期待被害額の分布を計算
- (5) 土地利用規制(用途地域の変更)を加えた集約・撤退シナリオ毎に、上記を計算し、現況との差額からその効果を評価

氾濫水深分布の計算

氾濫リスク評価



# 作業フロー

# 対象流域



## 1. 概要

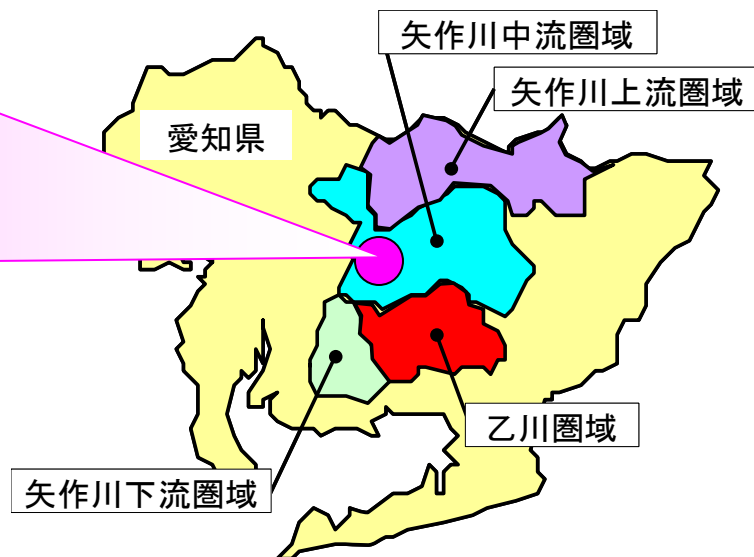
・流域面積: 9.55km<sup>2</sup>, 流路延長: 5.7km

## 2. 現況

- ・流域内には豊田市中心市街地があり、  
豊田市の資産が集中している。
- ・浸水の常襲地帯であり、  
東海豪雨時に145戸の浸水被害が生じた。

## 3. 課題

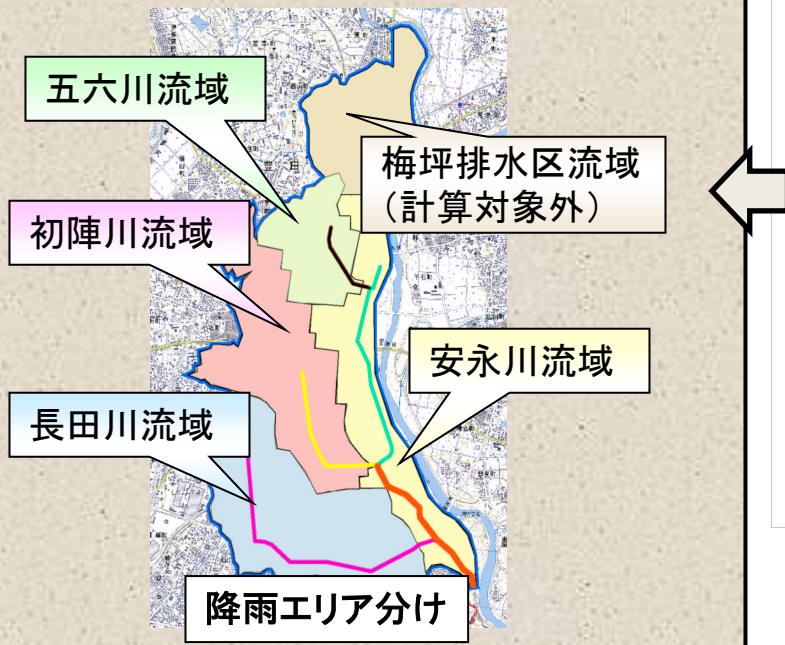
- ・現状のトンネル流下能力が不足しており、  
治水対策の見直しが必要である。
- ・都市化の進展に伴う流出量の増加、  
災害ポテンシャルの増大が懸念される。



# 様々な確率降雨の波形の想定

## 河道への流入流量計算(流出)

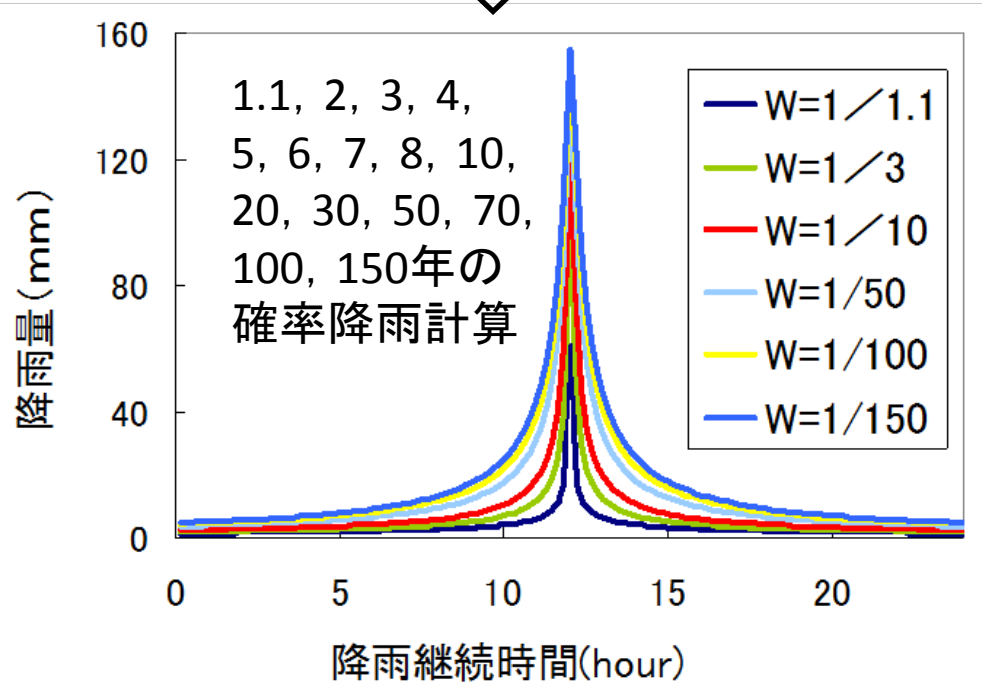
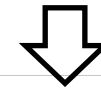
- ① 確率ごとの降雨強度曲線を得て中央集中型降雨波形に変換.
- ②  $f_1 - R_{sa} - f_{sa}$  モデルにより有効降雨波形へ変換.
- ③ 下のエリアごとの面積を乗じることにより, 河道への流出流量とする.



## 確率規模別の降雨強度式

$$i = \frac{b}{t^n + a}$$

$i$ : 降雨強度 (mm/hr)  
 $t$ : 降雨継続時間 (分)  
 $a, b, n$ : 定数



# 河道・氾濫解析

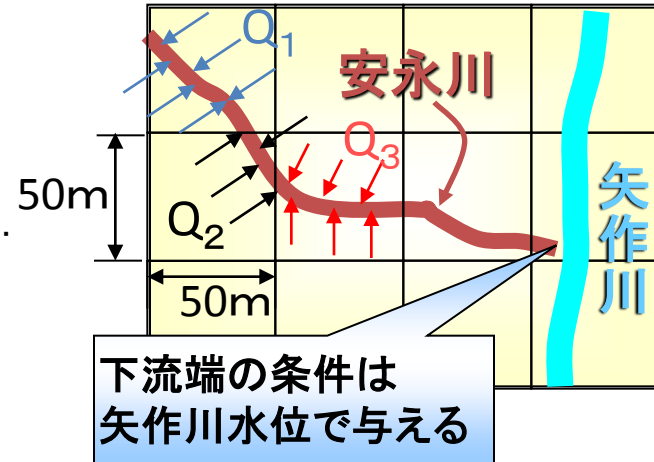
## ・河道解析

### 1)解析モデル・・・開水路の一次元非定常流(連続式, 運動量方程式)

・河道から氾濫した場合, その時刻のその50mグリッド内での同時間内の氾濫解析モデルに移行

### 2)上流・下流端の境界条件の設定

- ・上流端の流入量は無いものとし,  
各50mグリッドにおいて均等に流入.
- ・下流端の水位として, 矢作川の水位を用いて,  
安永川との合流地点に一定水位を与える.



## ・氾濫解析

### 1)解析モデル・・・拡散波近似の解法(Manning則, 連続式)

- ・流量フラックスを, 前時刻での各グリッド境界での水面勾配から求め,  
これを用いて連続式より $\Delta t$ 後の時刻の水深を求めた.( $\Delta t=1$ )

### 2) 粗度の設定

・50mグリッドごとに土地利用ごとの占有面積を調べ, 下の式より合成等価粗度係数:  $n$ を求める.

$$n^2 = n_0^2 + 0.020 \cdot \frac{\theta}{1-\theta} \cdot h^{4/3} \quad n_0^2 = \frac{n_1^2 A_1 + n_2^2 A_2 + n_3^2 A_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

但し,  $\theta$ : 建物占有率,  $A$ : 占有面積,  $n_1=0.060$ ,  $n_2=0.047$ ,  $n_3=0.050$   
 $A$ 及び  $n$ の添え字1, 2, 3: それぞれ, 農地, 道路, その他の土地利用とする.



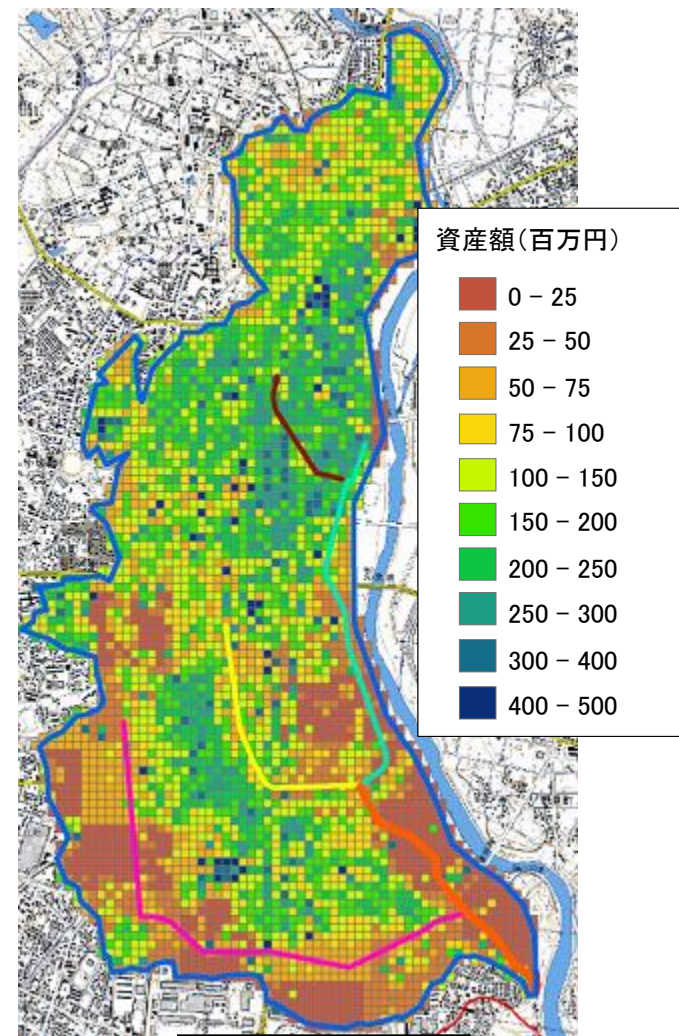
# 被災リスク算定方法

## ◆被害額算定方法

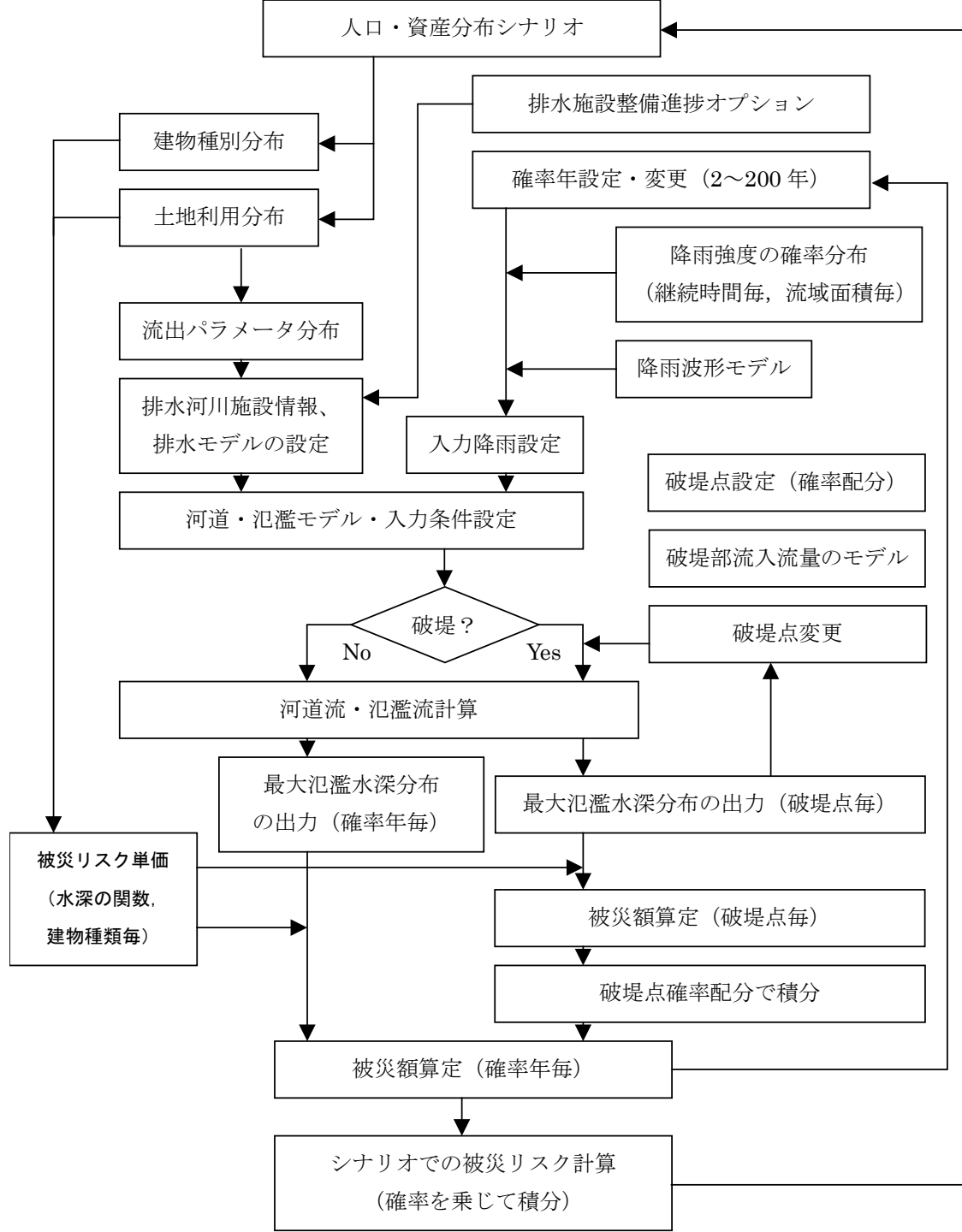
GISを用い50mメッシュごとに対象資産を算定し、対象資産額に浸水深に応じた被害率を乗じ、被害額を算出する。

## ◆被害の対象資産(治水経済マニュアルより)

- ①家屋・・・床面積×県別評価単価
- ②家庭用品・・・世帯数×1世帯数当りの評価単価
- ③事業所償却・在庫資産  
・・・産業分類毎の従業者数×1人当りの評価単価
- ④農漁家償却・在庫資産  
・・・農漁家世帯数×1世帯当りの評価単価
- ⑤農作物  
・・・水田面積,畑面積×単位面積当りの評価単価

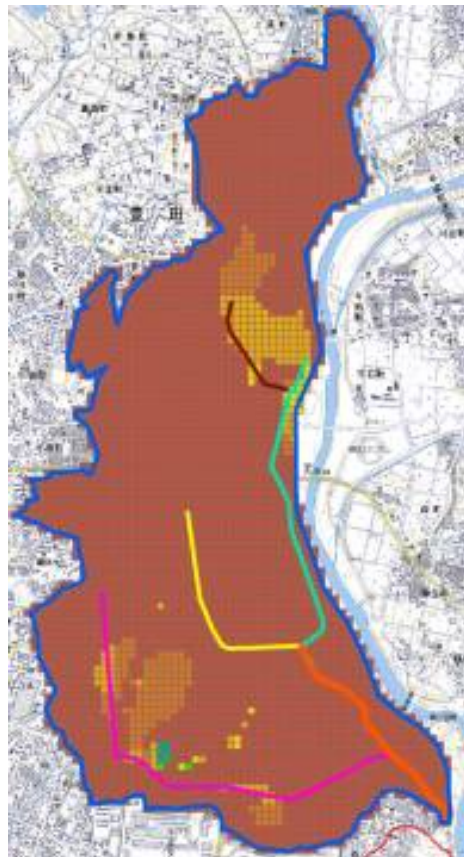


資産額分布

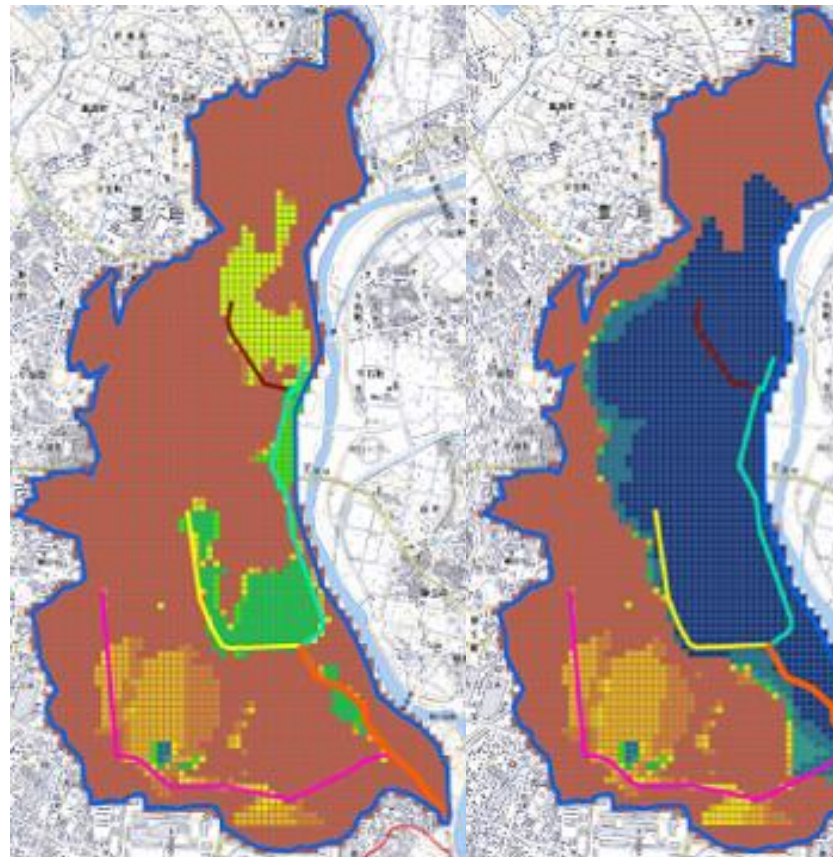


破堤がある場合  
流域での対応・  
排水設備の  
シナリオ変更  
がある場合

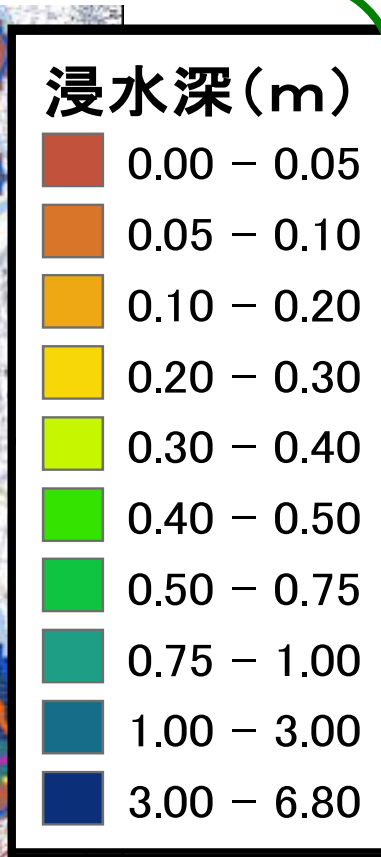
# 確率降雨毎の浸水深分布の評価



10年確率内水氾濫



100年確率内水氾濫



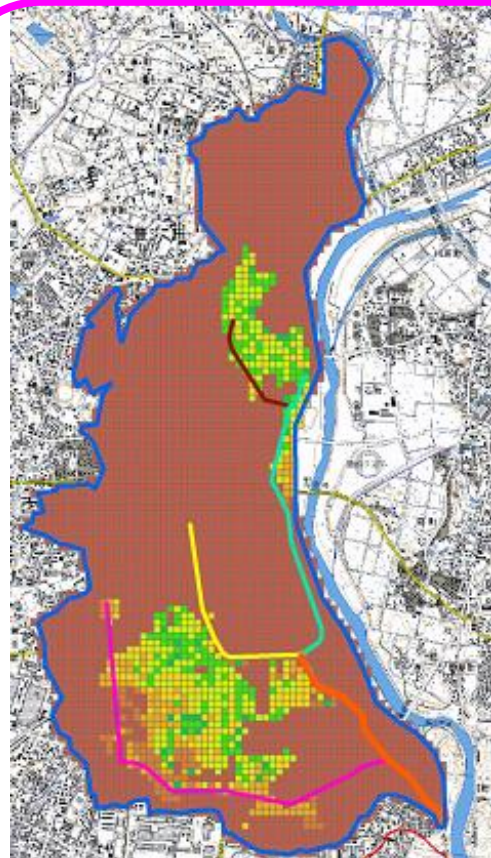
150年矢作川破堤

## 浸水深(m)

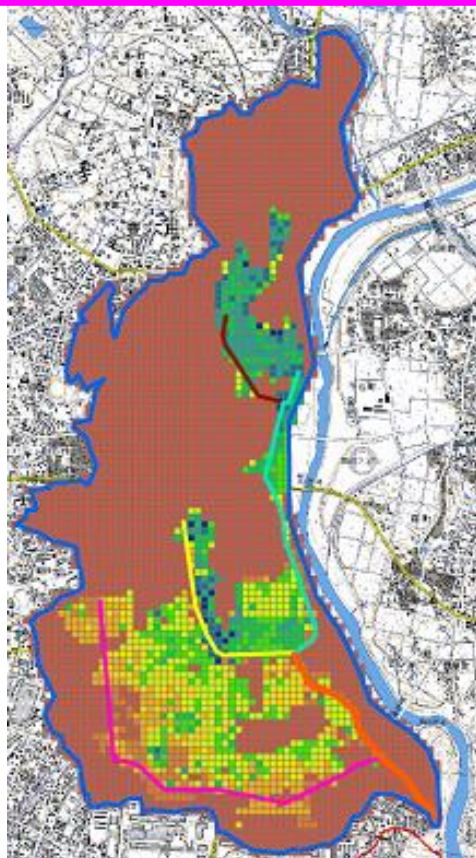
- 0.00 - 0.05
- 0.05 - 0.10
- 0.10 - 0.20
- 0.20 - 0.30
- 0.30 - 0.40
- 0.40 - 0.50
- 0.50 - 0.75
- 0.75 - 1.00
- 1.00 - 3.00
- 3.00 - 6.80

浸水深分布(群)

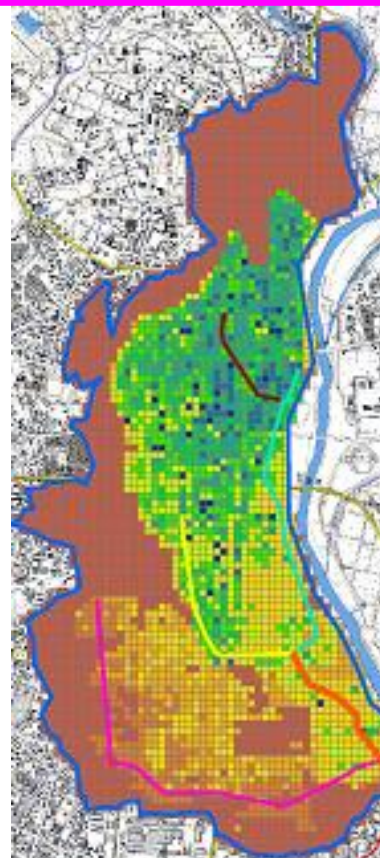
# 確率降雨毎の被害額分布の評価



10年確率内水氾濫



100年確率内水氾濫



150年矢作川破堤

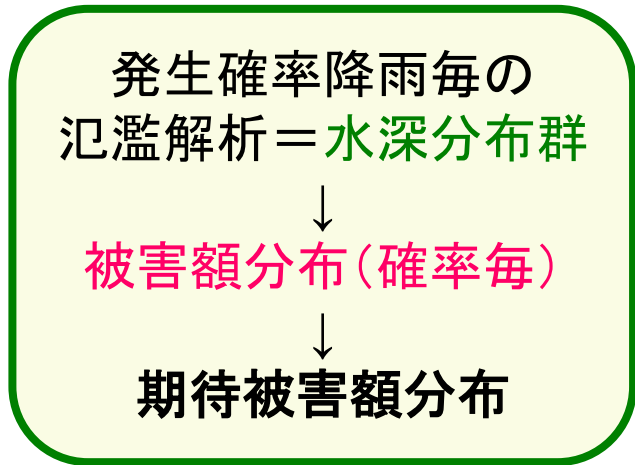
被害額(百万円)

- 0 - 1
- 1 - 5
- 5 - 10
- 10 - 50
- 50 - 100
- 100 - 150
- 150 - 200
- 200 - 250
- 250 - 300
- 300 - 450

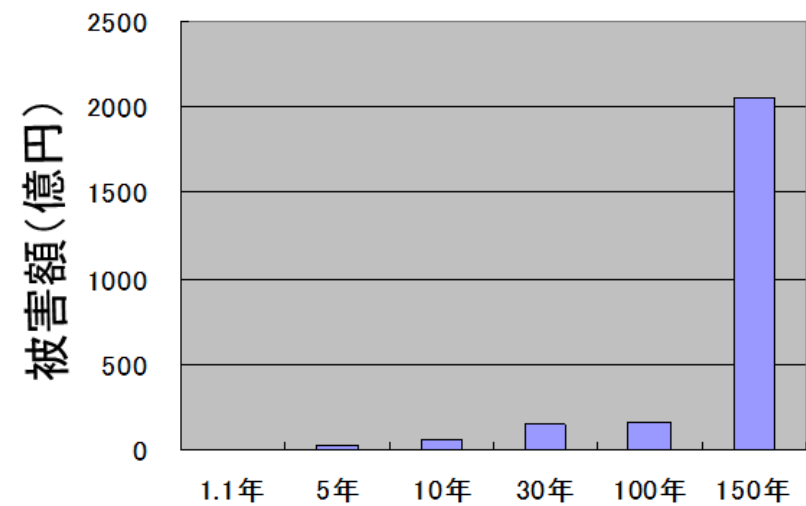
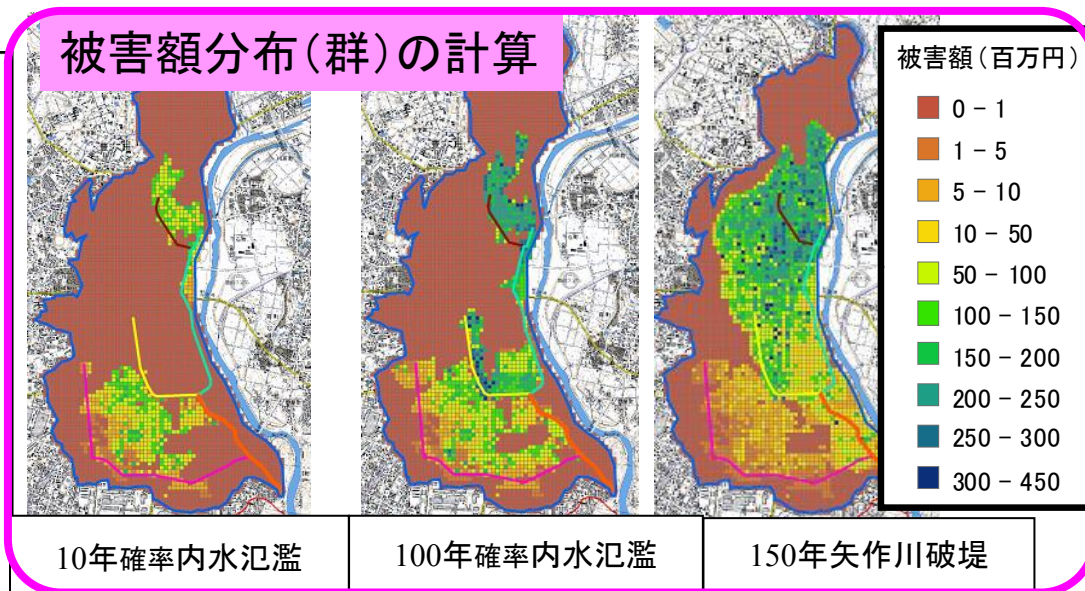
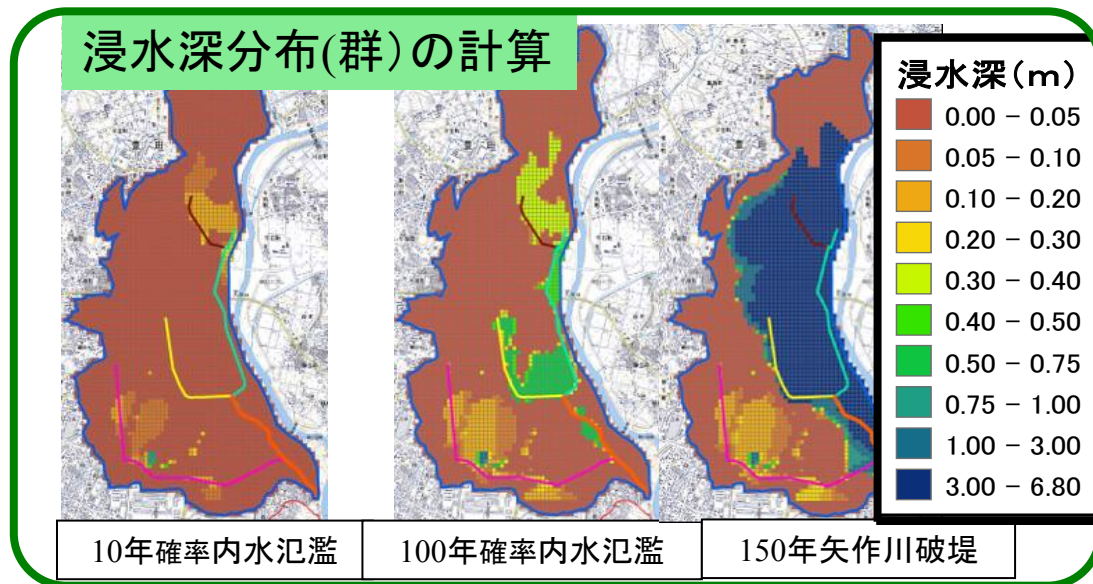
被害額分布(群)の計算

# 水害による年間被害額分布の評価

評価手法:



土地利用シナリオ毎の分布で評価



# 期待被害額算定方法

## ◎期待被害額・・・一年間に期待される被害額

設定した16通りある降雨のうち、 $i$ 番目の降雨が起こる確率を $\Delta P_i$ とする。  
ある確率年降雨の被害額に、その降雨が発生する確率 $\Delta P$ を乗じたものを求め、これを全ての確率年で求め、加算したものを期待被害額とする。

\* 期待値の概念  $\int_1^{\infty} f(T)dT = 1$

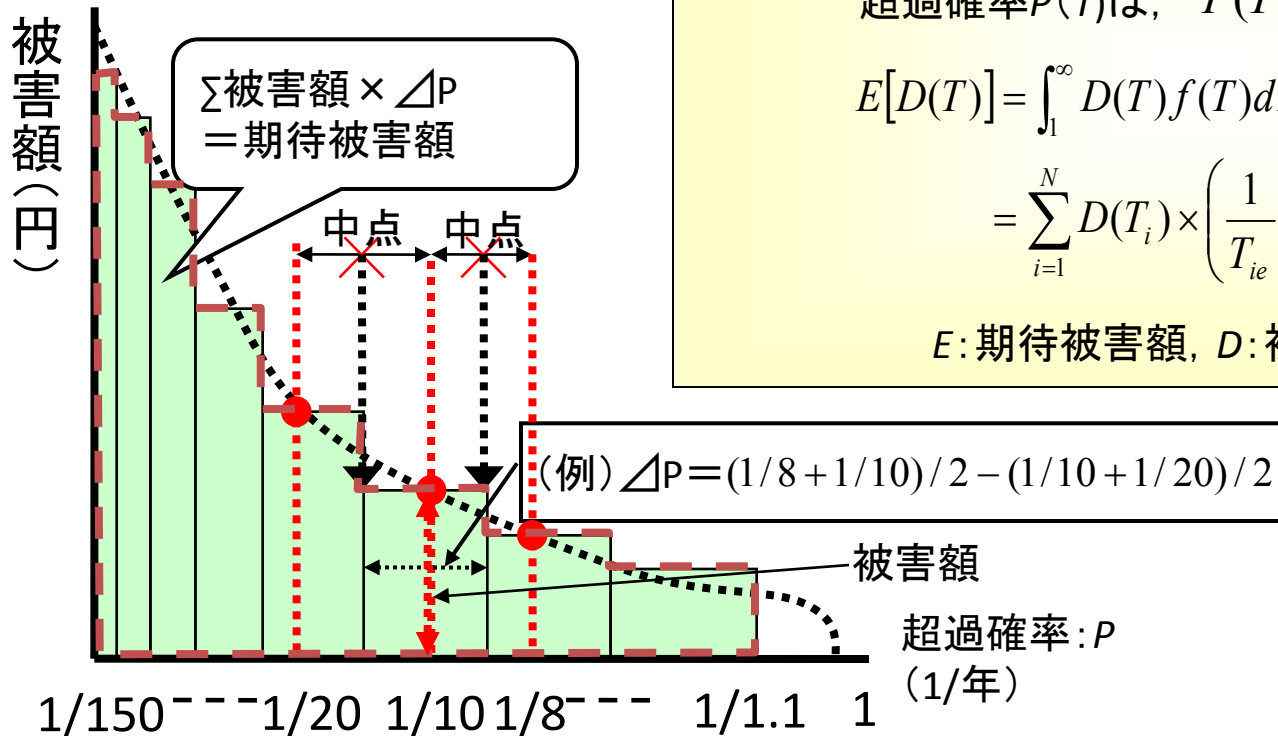
$f(T)$ :  $T$ 年の降雨が発生する確率密度関数

超過確率 $P(T)$ は、 $P(T) \equiv \int_T^{\infty} f(T)dT = \frac{1}{T}$

$E[D(T)] = \int_1^{\infty} D(T)f(T)dT = \int_1^{\infty} D(T)dP(T)$

$$= \sum_{i=1}^N D(T_i) \times \left( \frac{1}{T_{ie}} - \frac{1}{T_{iu}} \right) = \sum_{i=1}^N D(T_i) \cdot \Delta P_i$$

$E$ : 期待被害額,  $D$ : 被害額



# 期待被害額分布

頻度の高い内水氾濫による被害リスクは、破堤に比べて高く  
地区による分布がある

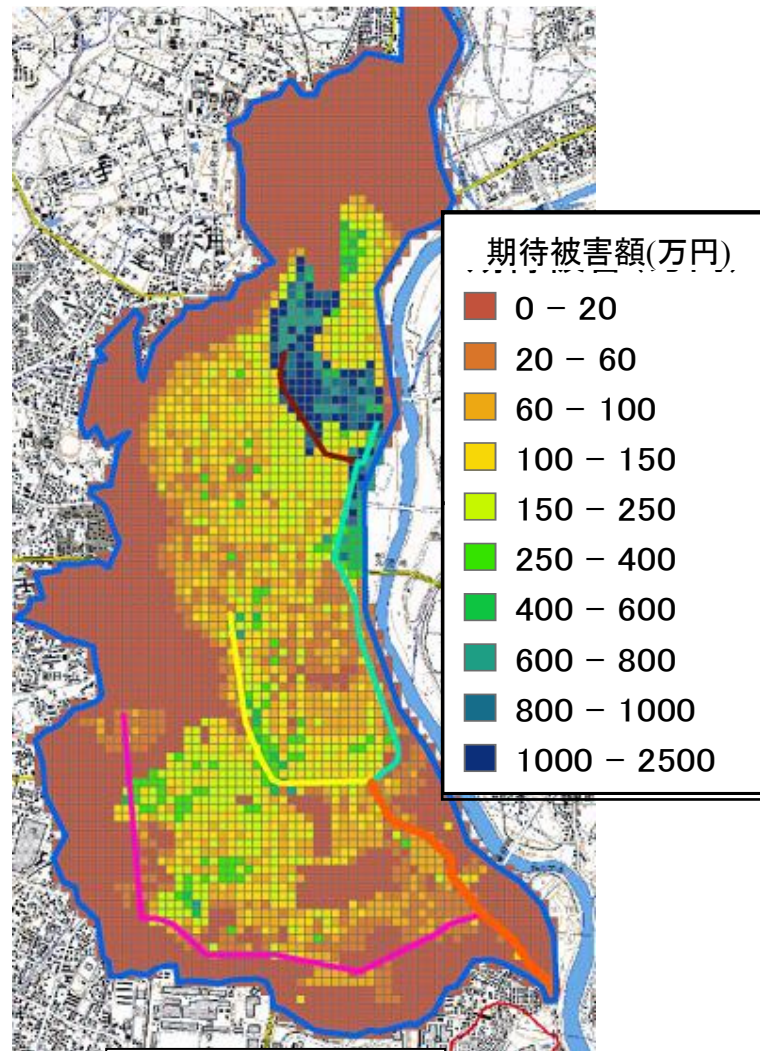
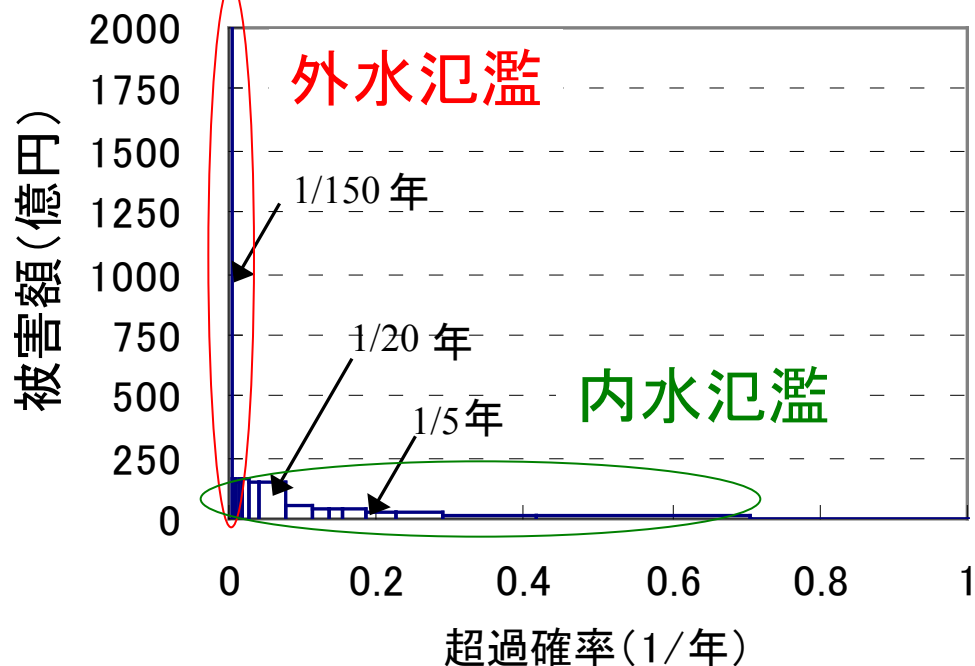
## ◆解析結果

期待被害額に与える寄与は

**外水氾濫** : **内水氾濫** = 1 : 2 となった。

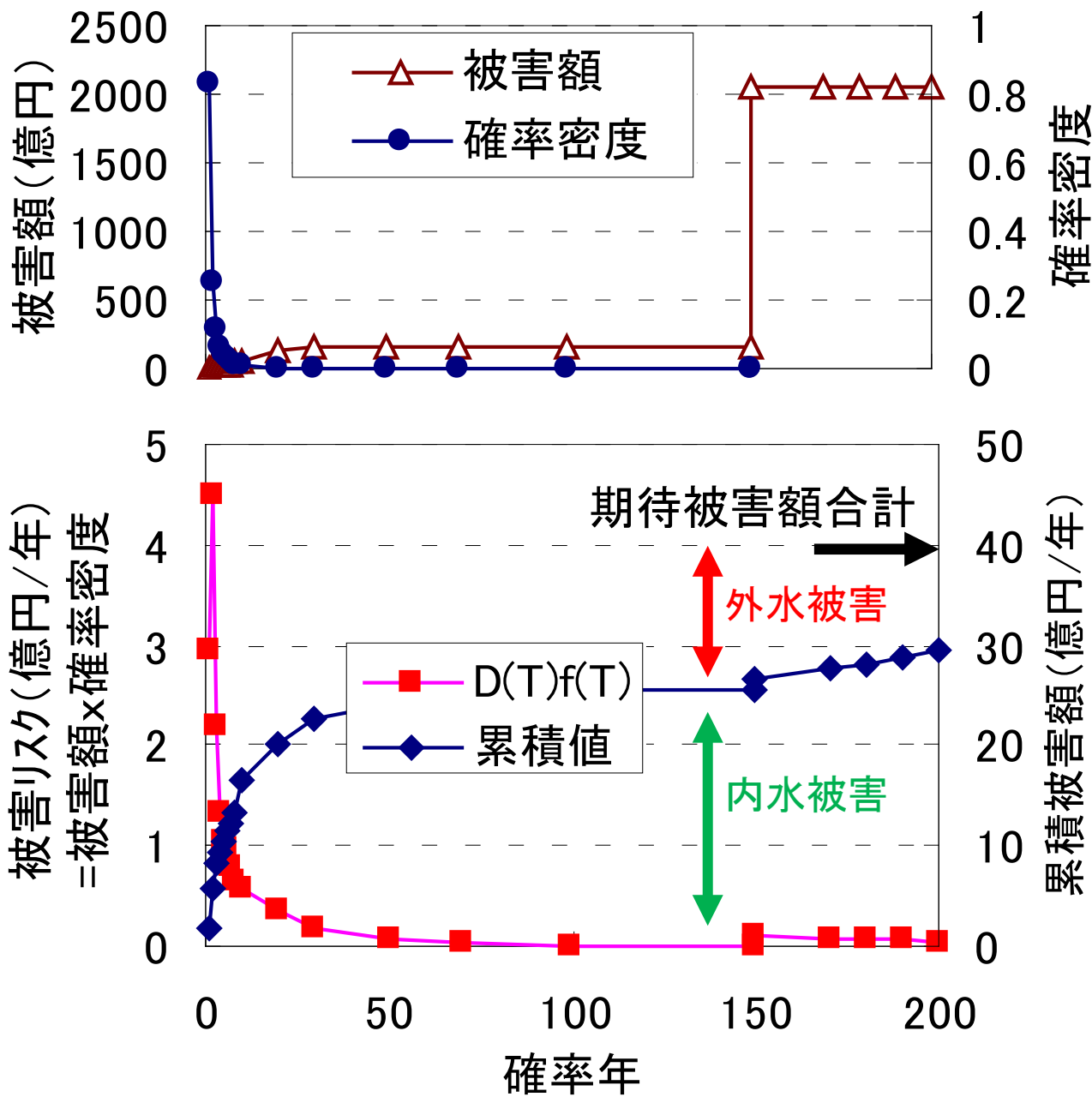
住宅地の五六川流域が最も期待被害額が大きい。

この累加面積が年間の期待被害額



期待被害額分布

頻度の高い、内水被害の起こる場所からの  
 高度な都市利用の撤退を優先するという方向





# 土地利用(資産)の変更シナリオ(感度分析)

## ◆集結モデル

安永川流域外から、人口・資産等が集結し、流域内の資産が増加する時のモデル

### モデル1

市街化が予想される地域のシナリオ  
初陣川中流域の資産を、  
商業地域(図中①)の資産に変更

### モデル2

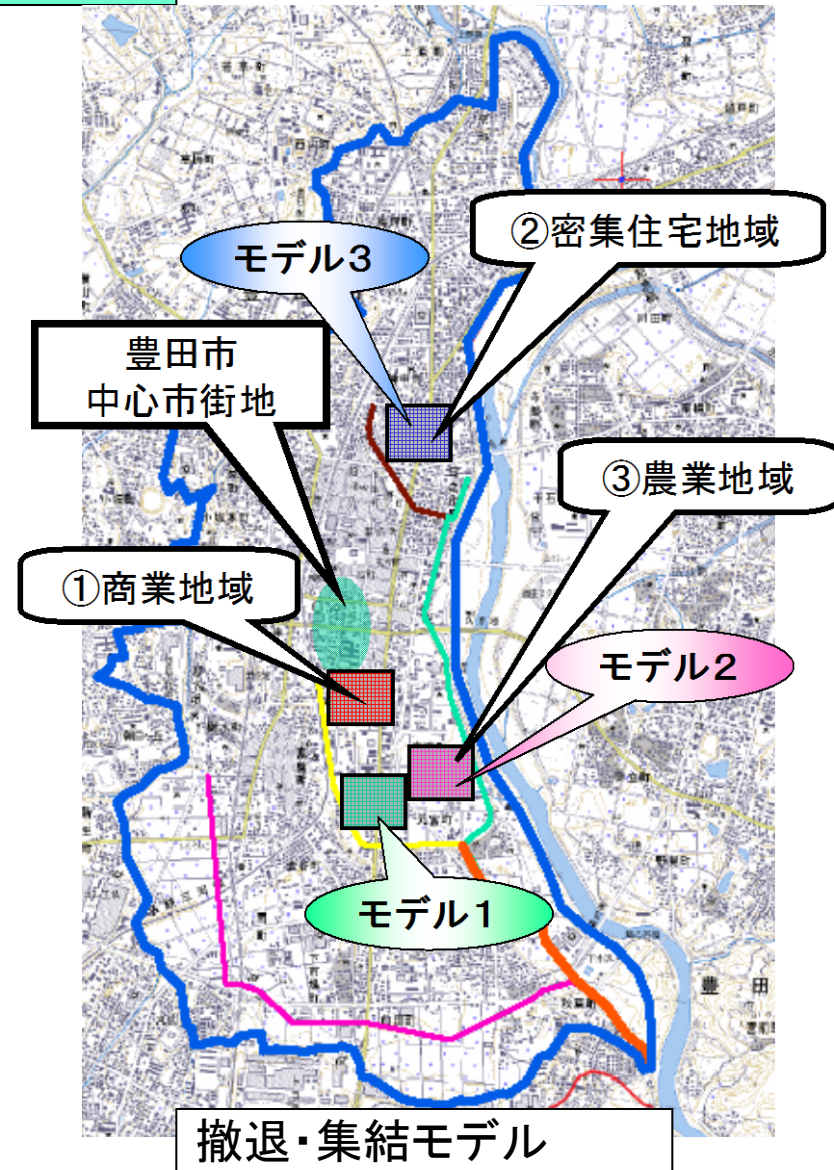
住宅立地が予想される地域のシナリオ  
安永川・初陣川合流点の資産を、  
密集住宅地(図中②)の資産に変更

## ◆撤退モデル

流域内の、人口・資産等を水害リスクの高い地域から撤退させ、流域内の資産を減少させる時のモデル

### モデル3

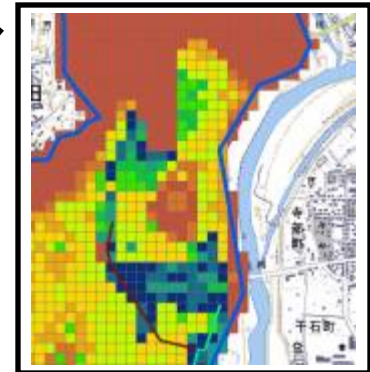
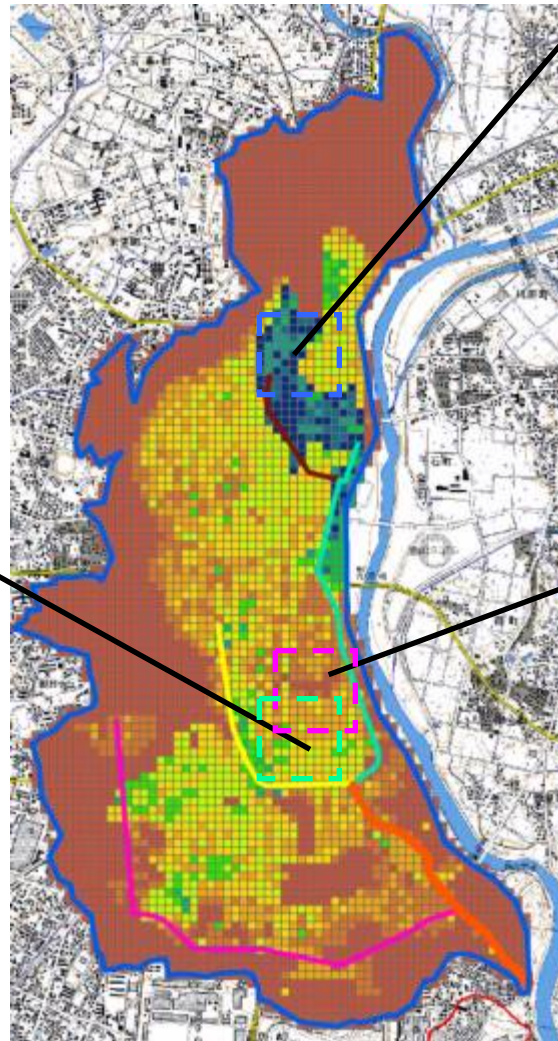
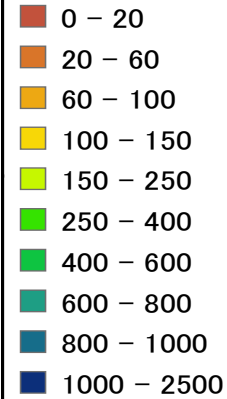
期待被害額の高い地域からの撤退シナリオ  
五六川流域の資産を、  
農業地域(図中③)の資産に変更



# 土地利用(資産)の変更の効果

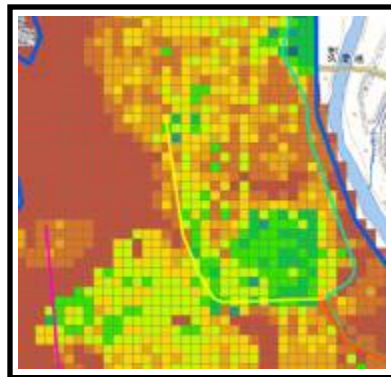
## 現状期待被害額分布

期待被害額(万円)



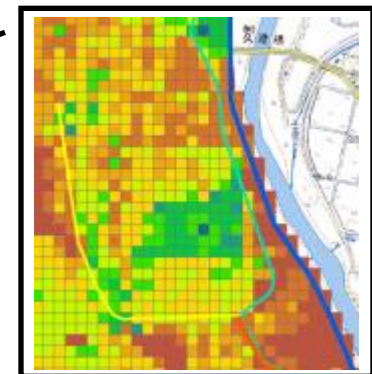
モデル3

5.49億円(14%)  
減少



モデル1

1.80億円(4.5%)  
増加



モデル2

2.26億円  
(5.7%)増加

# これらの作業に必要な情報技術

- ・氾濫計算 : GIS等 空間情報を扱うプラットフォーム  
入力: 地形・河川・排水系等の情報の集約  
氾濫計算: 通常は2次元。河道・排水系と氾濫域の扱い。  
出力: 浸水深・流速等、流れ場の空間情報

課題:

氾濫計算の精緻化、破堤等不確定情報の取り扱い  
流出モデルの改善、入力情報の収集・集約の容易化

- ・被災側の情報  
世帯・資産等の空間情報の集約  
被災評価のための関数付け(保険業界)

課題:

評価方法の精緻化(のための情報収集と整理:保険業界)  
情報の収集・集約の容易化・精緻化

# ソフトでの対応の可能性・アイデア

- ・保険業界での対応、半民半官の取り組み
- ・取引等でのハザード情報の通知  
例：
  - 宅建取引(売買・賃貸)時でのハザード情報通知の義務化
  - 移転時の住民登録等での通知
  - 登記時(相続など)の通知
- ・・・より精緻な浸水ハザード情報  
評価手法のオーソライズ化 が必要