



東北大学

**HEST**

Hydro-Environmental System Lab.  
Tohoku University

水災害



—洪水氾濫と斜面災害の増加—

東北大学 環境科学研究科

風間 聡

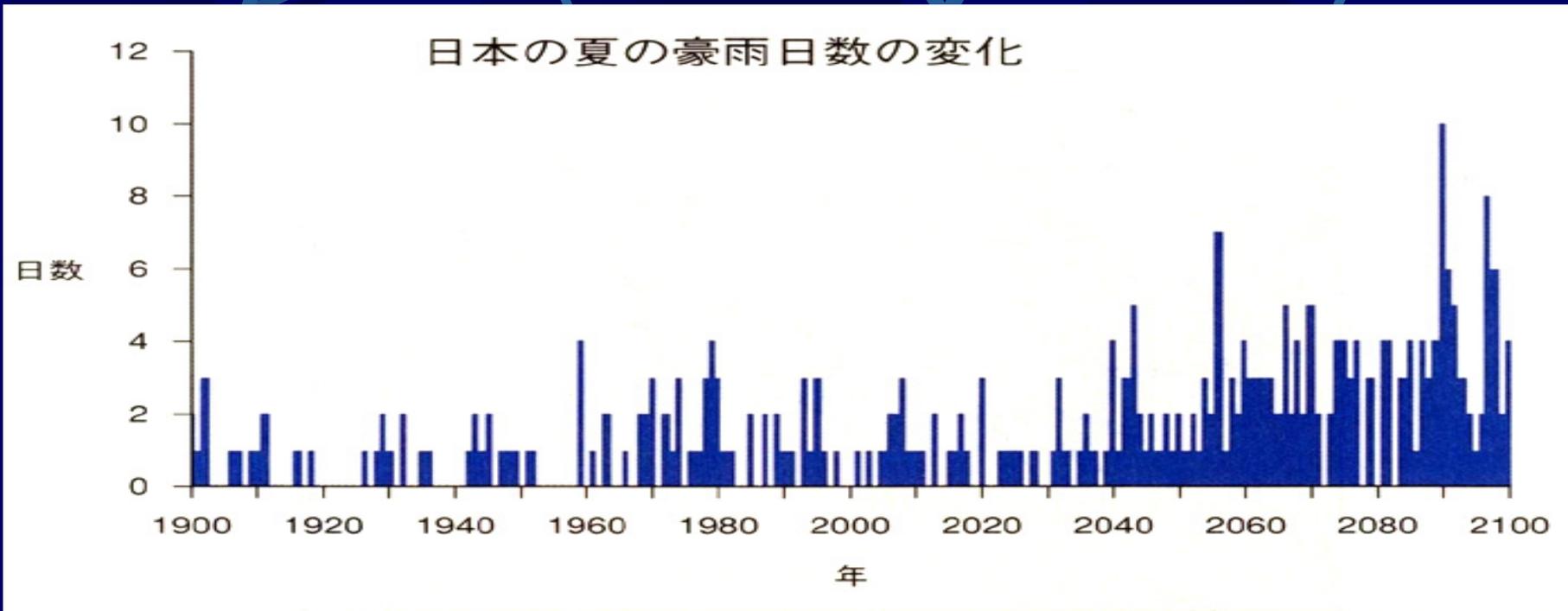
# 内容

1. 背景
2. 豪雨の分布
3. 洪水の適応策
4. 斜面災害リスクの拡大
5. まとめ

# 背景

- IPCC4次報告書の公布
- 温暖化の確実視(GCMの信頼)
- 水資源問題の重要性
  - 豪雨災害, 洪水
  - 渇水

# 背景



東大気候センター，環境研，地球フロンティア

豪雨の増加(100mm/日以上)

背景

豪雨

洪水

斜面災害

まとめ

# 背景

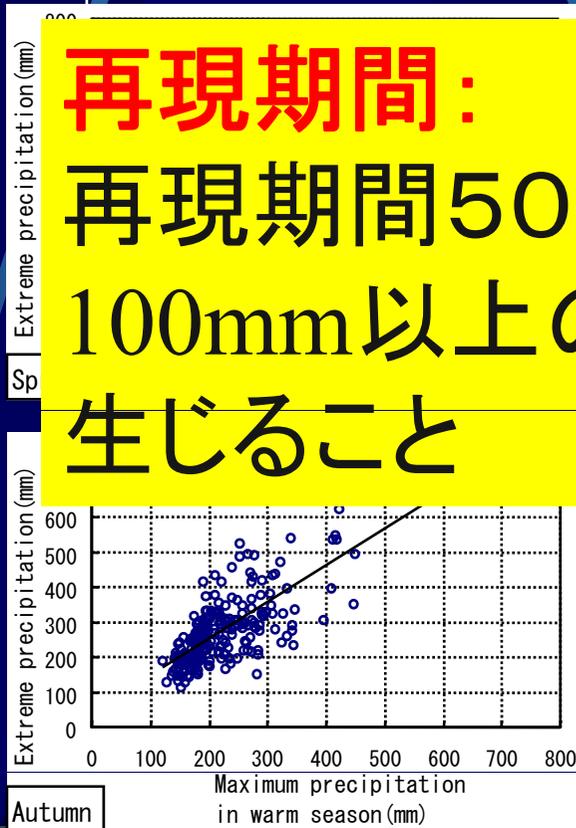
- 水資源問題の複雑化
- 日本特有の問題
  - 渇水は人口減少が解決？
  - 豪雨の増加
  - → 洪水と斜面災害の増加
  - 影響が拡大（経済活動、堆砂、水質）

# 豪雨の分布

- どこで豪雨は増えるか？
- どう確率降雨は変わるか？
- いつ設計基準を見直すか？

# 豪雨の分布

↑ 50年降雨



**再現期間:**

再現期間50年が100mmの雨とは  
100mm以上の豪雨が50年に1回  
生じること



**再現期間**50年の降雨分布

背景

**豪雨**

洪水

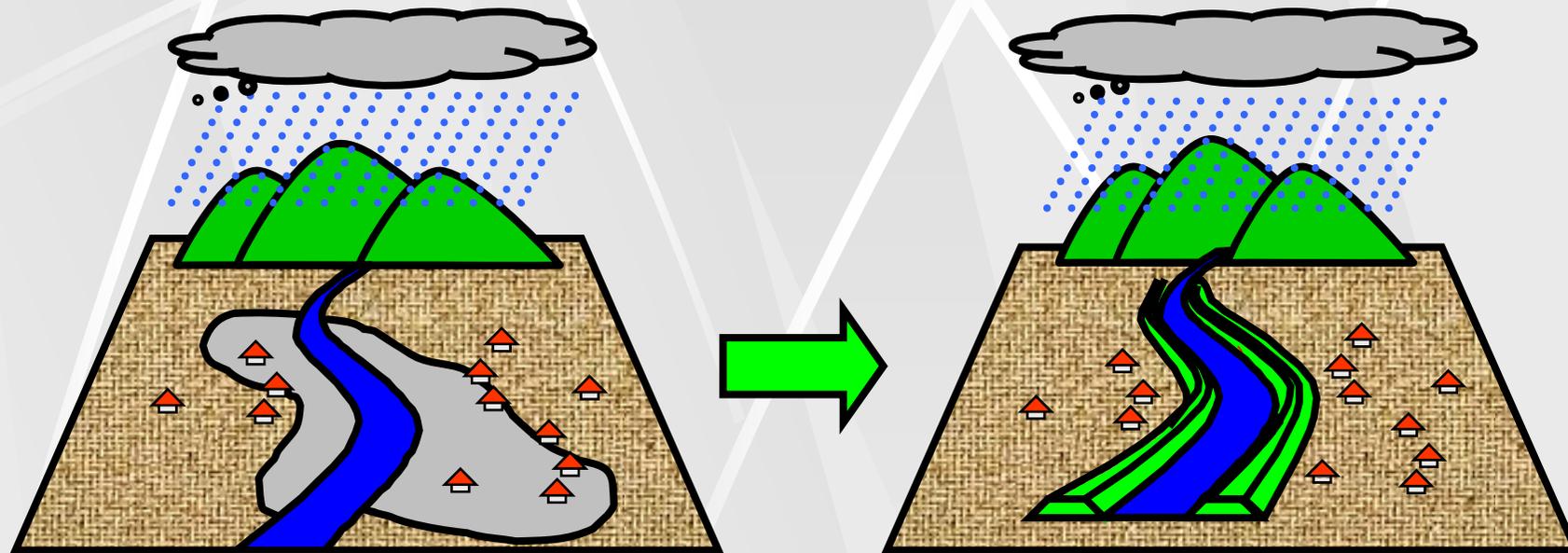
斜面災害

まとめ

# 洪水の適応策

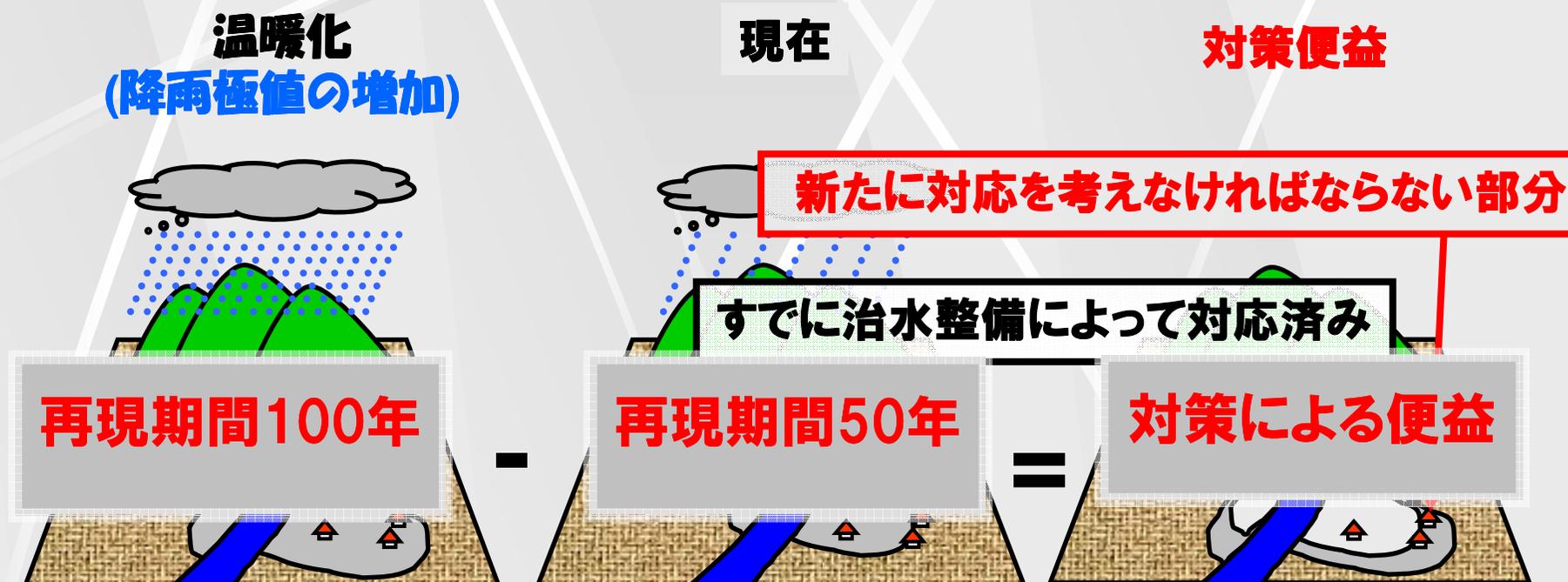
- 豪雨が増えると洪水はどうか？
- 適応費用はいくらになるか？
- 適応策をどう考えるか？
- 被害額の推定
- 差分から適応策算出
- 氾濫シミュレーション
- 土地利用毎の被害原単位の推定
- 確率降雨の入力

# 温暖化への対策費用の算出のための 仮定を行う基礎となる考え方



これが現在ある資産価値に適応するための**対策便益**であったと考える(治水の費用便益の考え方)

# 降雨極値の増加に伴う対策費用の算出

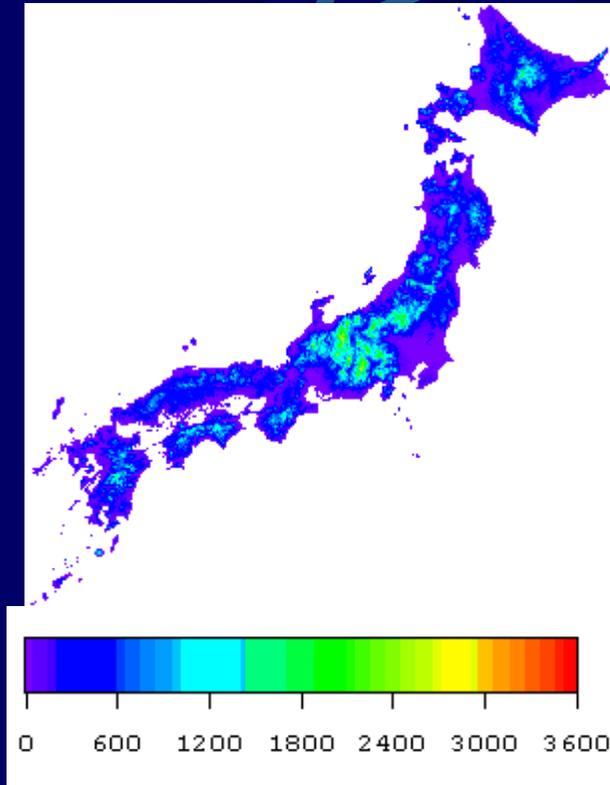


治水整備によって、本来守られている分から、降雨極値の増加によって、新たに対応が必要となる増加分の定量化

便益(B) → 費用便益比(B/C) → 対策費用(C)の計算

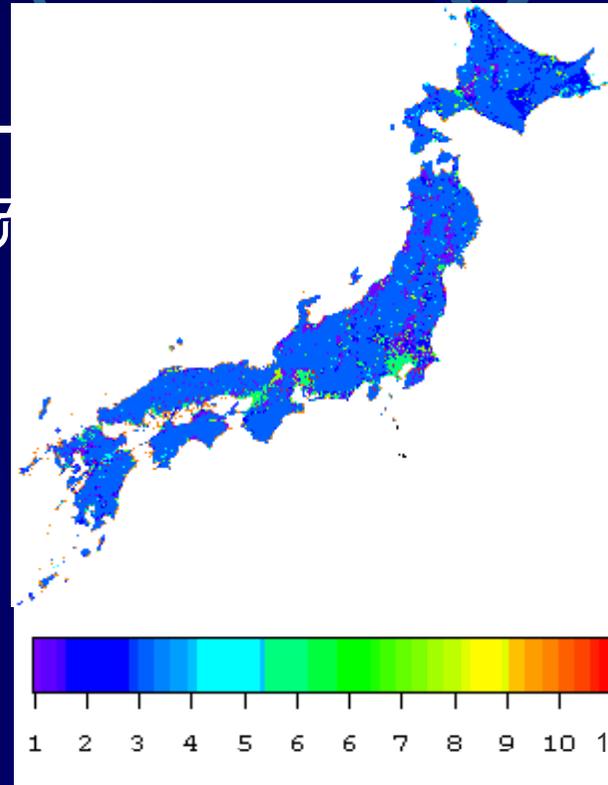
# 洪水の適応策

## 1) 標高データ



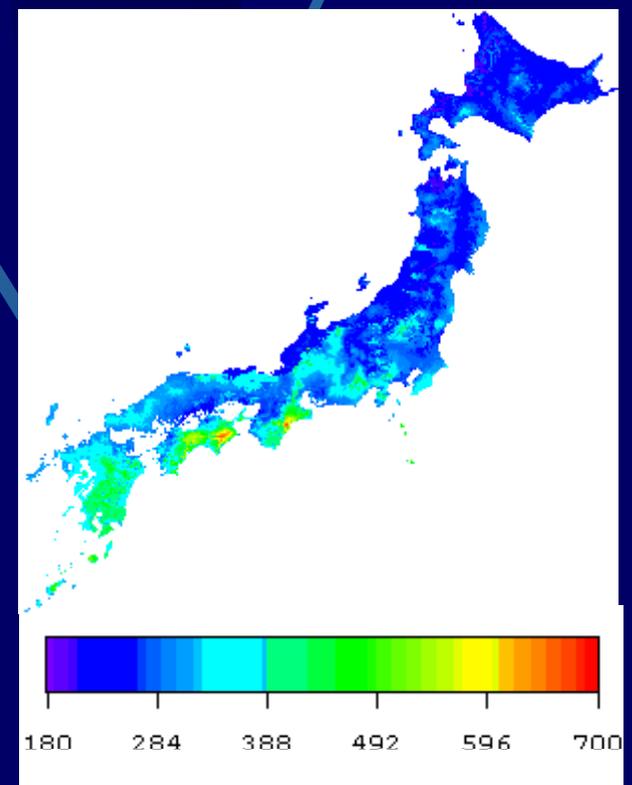
( m )

## 2) 土地利用データ



1) 田 2) 畑地 3) 森林 4) 荒地 5) 建物用地  
土地利用番号 : 6) 幹線交通用地 7) その他の用地 8) 河川地及び湖沼  
9) 海浜 10) 海水域 11) ゴルフ場

## 3) 確率降雨データ



( mm / day )

# 洪水の適応策

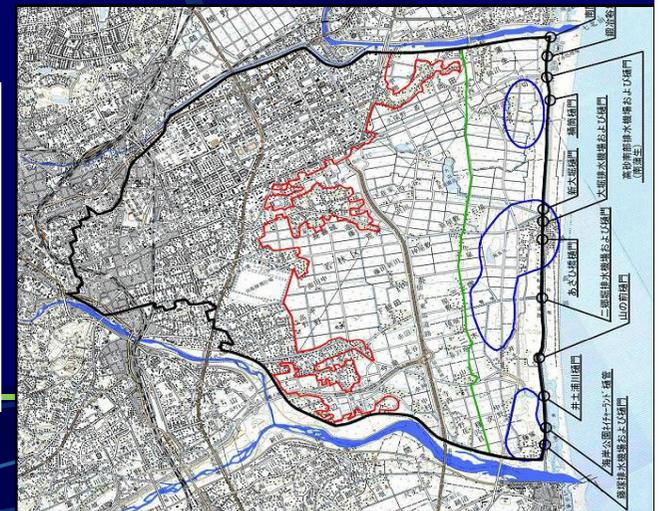
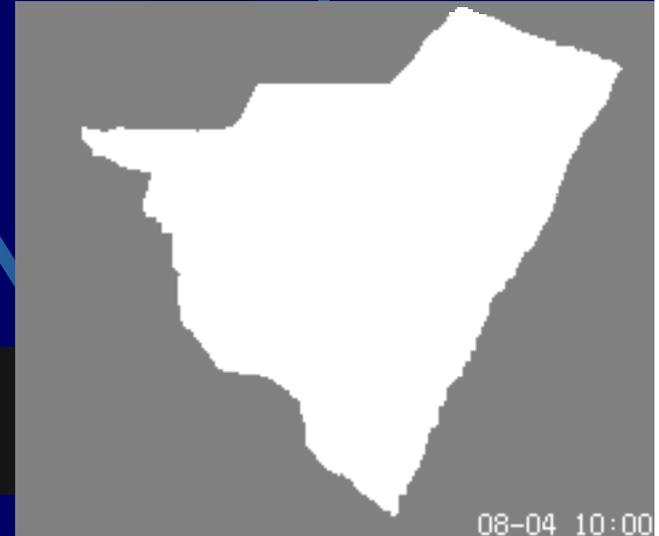
## ● 氾濫シミュレーション

| 土地利用区分           | 粗度係数  |
|------------------|-------|
| 田・畑地・森林          | 0.060 |
| 幹線交通用地           | 0.047 |
| その他の用地           | 0.050 |
| 建物用地             | 0.050 |
| 河川地・湖沼<br>海浜・海水域 | 0.020 |

### 水深

WD 0.0m, 0.5m, 1.0m

WD 1.5m, 2.0m, 2.5m



背景

豪雨

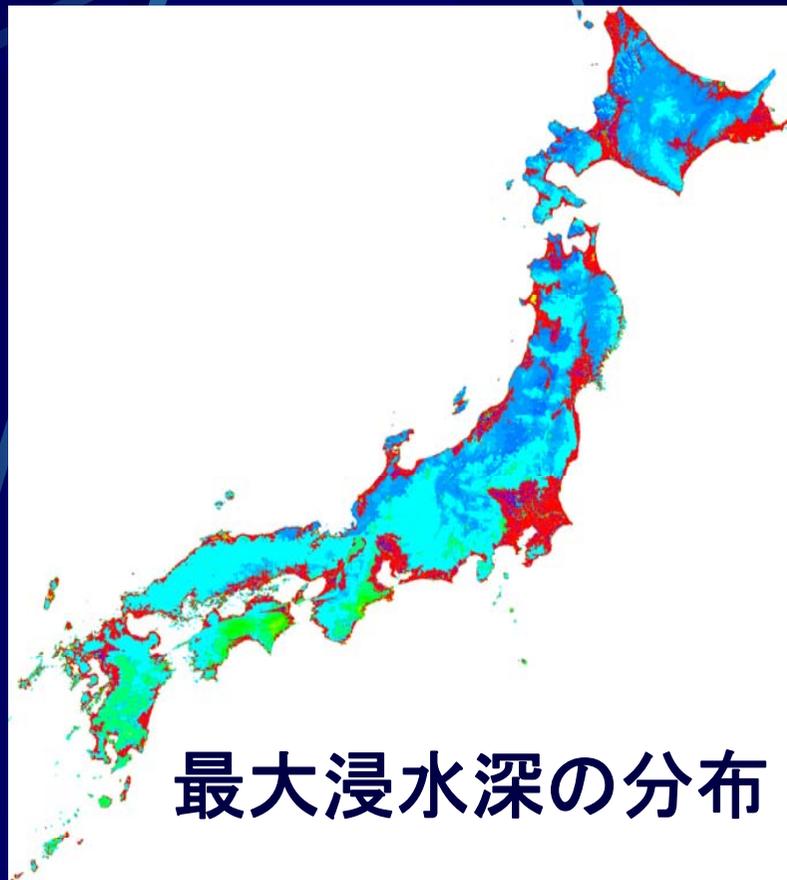
洪水

斜面災害

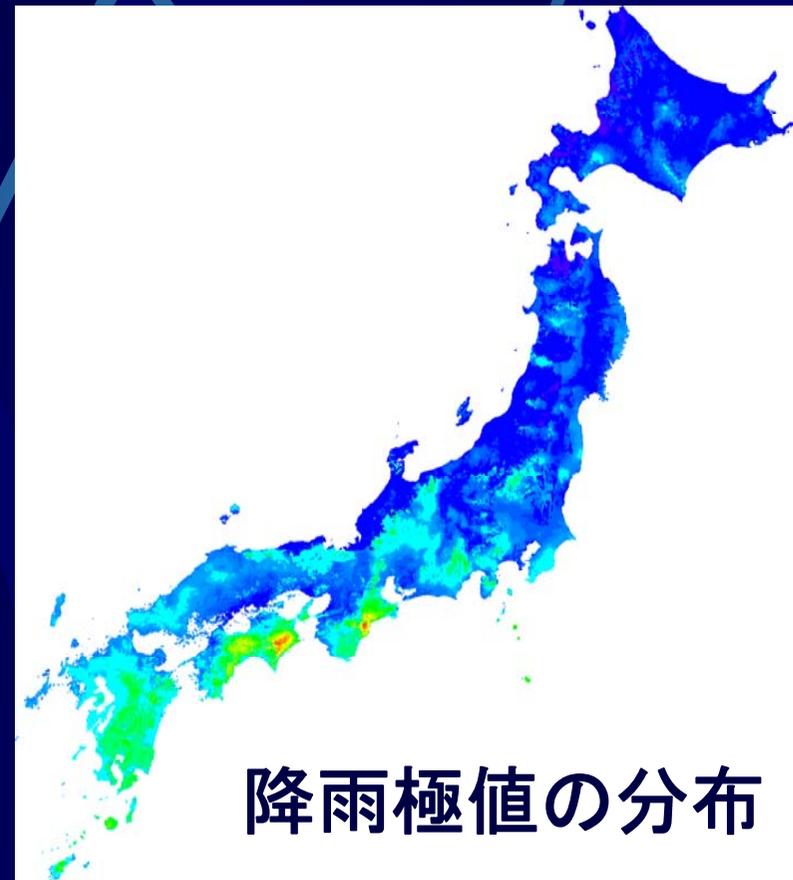
まとめ

# 洪水の適応策

解析結果(再現期間100年)

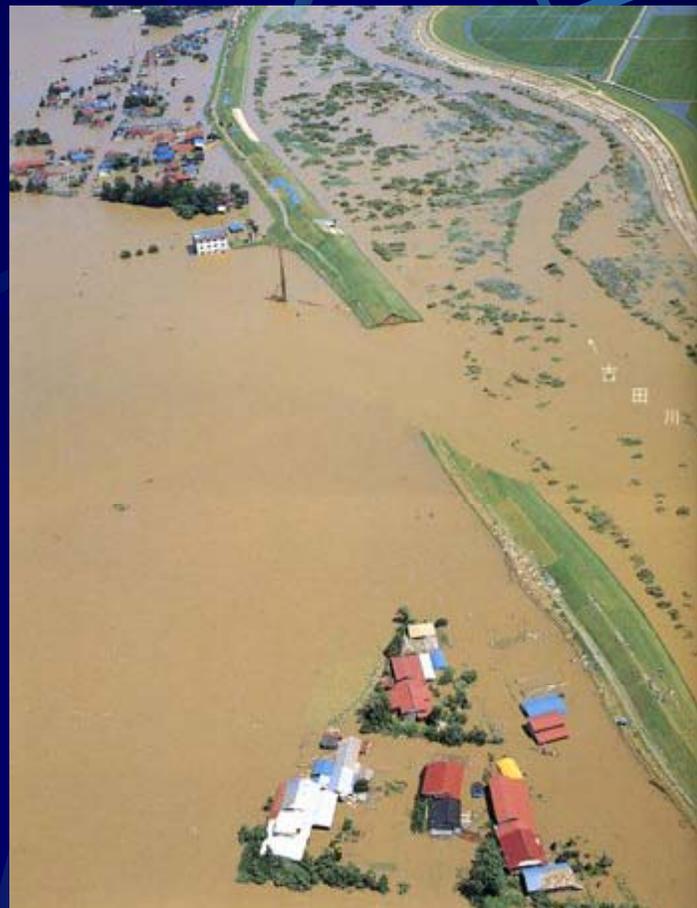


0m 1m



0 700 (mm/day)

# 1mの浸水とは...



背景

豪雨

洪水

斜面災害

まとめ

写真:宮城県土木部河川課S61台風

# 洪水の適応策

- 被害額の算定
- 治水経済マニュアルに従う

## 例：田の場合

被害額 = 単位面積当たりの水稲平年収量

× 米の単位評価額

× 浸水面積

× 浸水深別被害率

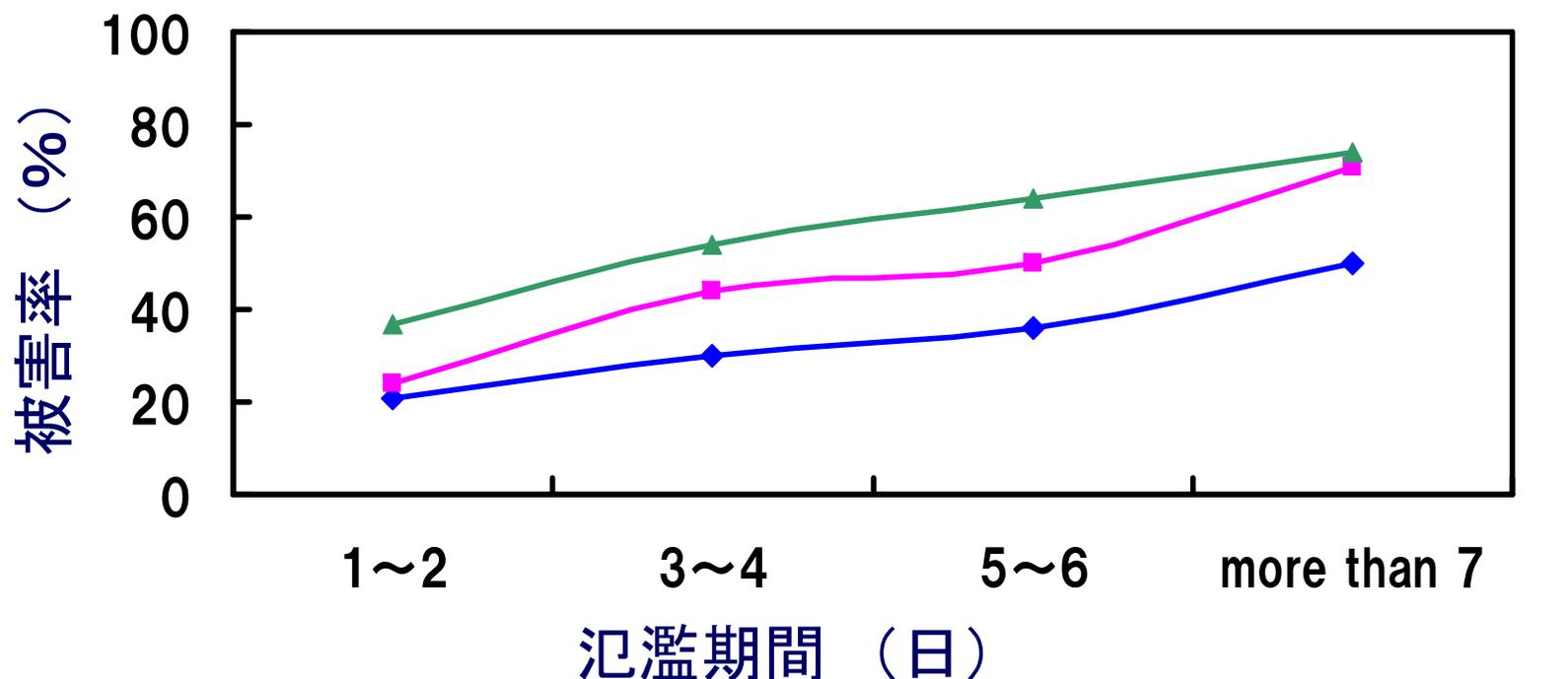
農林水産省作物統計

氾濫計算

# 田の被害額算定式

(農林水産省作物統計より)

$$\text{被害額(円)} = 489(\text{kg}/10\text{a}) \times 285(\text{千円}/\text{t}) \\ \times \text{浸水面積}(\text{km}^2) \times \text{浸水深別被害率}$$



Inundation depth (m) ◆ less than 0.5 ■ 0.5~0.99 ▲ more than 1.0

被害率は、浸水期間の関数

# 浸水被害額算定式

## 1) 田

被害額 = 単位面積当たりの水稻平年収量 × 米の単位評価額 × 浸水面積  
× 浸水深別被害率

## 2) 畑地

被害額 = 単位面積当たりの農作物平年収量 × 農作物単位評価価格の平均値  
× 浸水面積 × 浸水深別被害率

## 3) 建物用地 (4) ゴルフ場被害額)

家屋被害額 = 浸水深別・勾配別被災家屋延床面積 × 都道府県別 1m<sup>2</sup>当たり  
評価額 × 浸水深別・勾配別被害率

家庭用品被害額 = 浸水深別被災世帯数 × 1世帯当たり家庭用品所有額  
× 浸水深別被害率

事業所資産被害額 = 浸水深別事業所従業者数 × (事業所従業者1人当たり  
償却資産評価額 × 浸水深別償却資産被害率 + 事業所従業者1人当たり  
在庫資産評価額 × 浸水深別在庫資産被害率)

## 5) 公共土木施設

被害額 = 一般資産被害額 × 1.694

# 再現期間ごとの年平均被害額(期待値)

再現期間ごとの年平均被害額 (単位：億円)

| 再現期間<br>(単位:年) | 年平均超過確率 | 被害額       | 区間平均<br>被害額 | 区間確率  | 年平均被害<br>期待額 | 年平均被害<br>期待額の累計 |
|----------------|---------|-----------|-------------|-------|--------------|-----------------|
| 5              | 0.20    | 387,033   |             |       |              |                 |
| 10             | 0.10    | 548,238   | 467,636     | 0.100 | 46,764       | 46,764          |
| 30             | 0.03    | 769,600   | 658,919     | 0.067 | 43,928       | 90,691          |
| 50             | 0.02    | 908,923   | 839,262     | 0.013 | 11,190       | 101,882         |
| 100            | 0.01    | 1,124,994 | 1,016,959   | 0.010 | 10,170       | 112,051         |

治水経済調査マニュアルの年平均被害軽減期待額算定手法

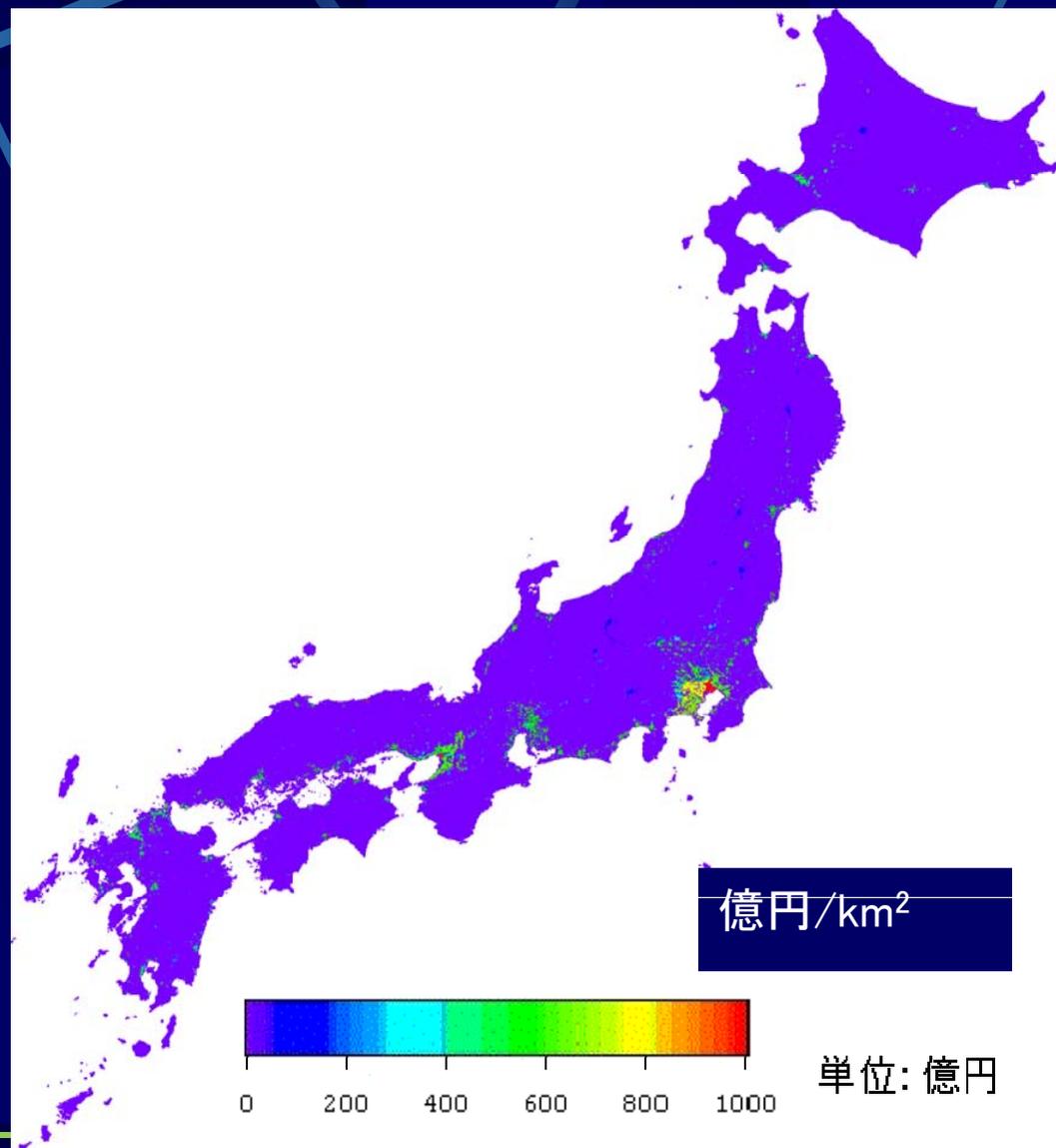
100年降雨の年期待被害額は約1兆円。河川局年予算に匹敵。

平均B/Cが2.3。年平均対策費用は4300億円。

# 年平均被害額(期待値)の分布

三大都市圏に大きい被害

地域間差が大きい



背景

豪雨

洪水

斜面災害

まとめ

# 斜面災害リスクの拡大

- 豪雨が増えると斜面災害はどうか？
- どこが危険か？

- 超過確率降雨の変化に伴うリスクの変化
- 空間分布, リスクマップが知りたい

- 斜面崩壊確率モデル
- 確率降雨の入力
- (土砂流出の増加)



平成18年7月豪雨(20060718)  
長野県岡谷市 中央自動車道



平成5年7月豪雨(199306)  
山形県立川町 立谷沢川

# 発生確率モデル

多重ロジスティック回帰分析を利用  
 (甚大な被害をもたらした災害事例をモデル化)  
 □降雨評価 →平成14年7月 新潟県栃尾市

発生確率  
 モデル式 
$$P = \frac{1}{1 + \exp[-(\beta_0 + \beta_h hydY_h + \beta_r reliefY_r)]}$$

ここでP:崩壊発生確率  $\beta_0$ :切片  $\beta_h$ :動水勾配の係数  $\beta_r$ :起伏量の係数  
 $hydY_h$ :動水勾配値  $reliefY_r$ :起伏量

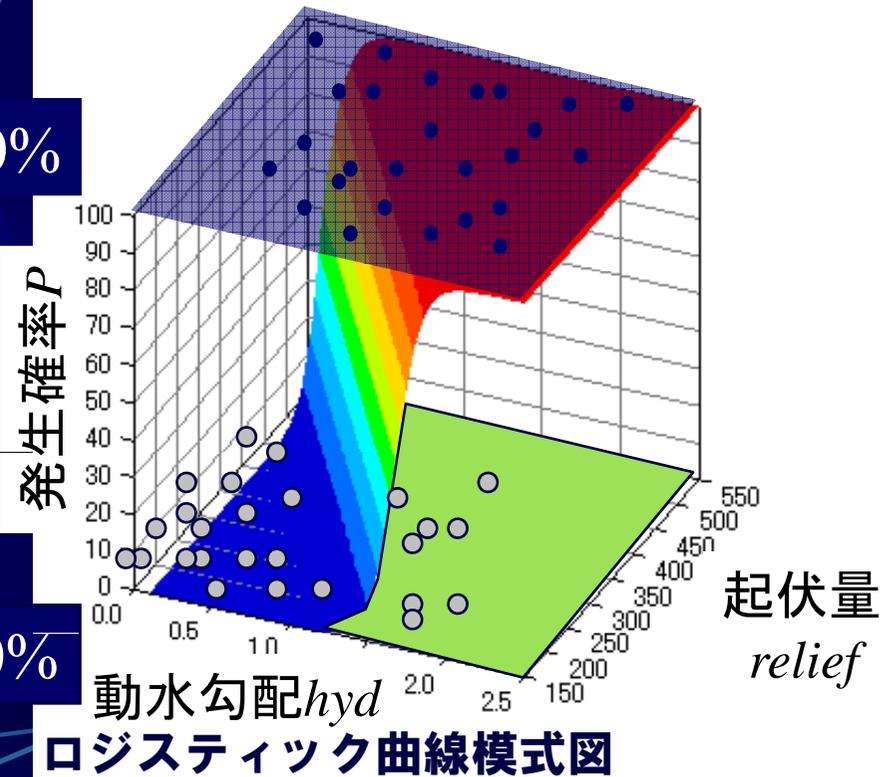
地質毎にモデル化

- 崩積土
- 第三系堆積岩
- 新第三系堆積岩
- 花崗岩

崩壊発生→100%

0-100の関係を  
 ロジスティック  
 曲線で連結

崩壊非発生→0%



# 動水勾配の算定

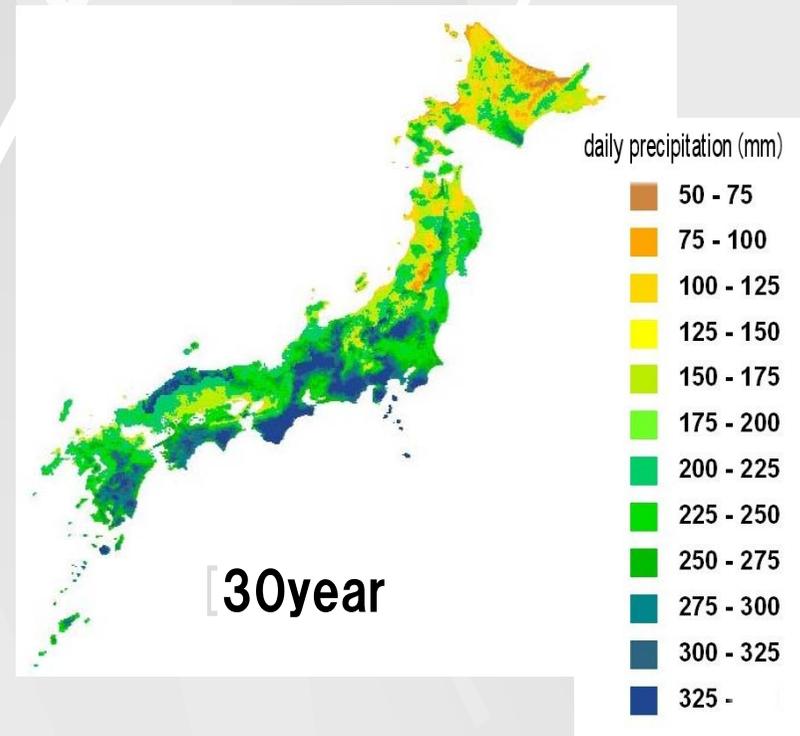
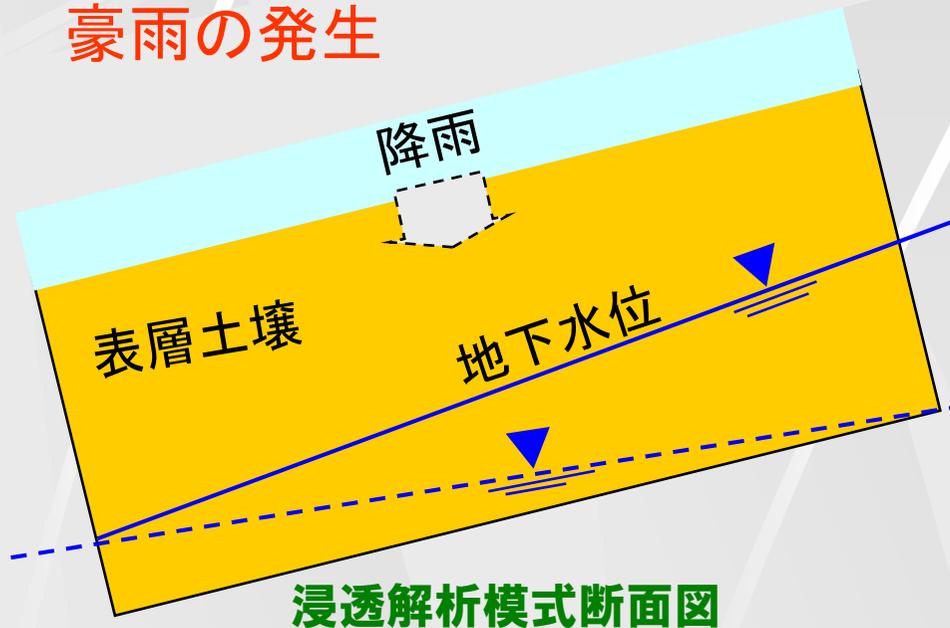
グリッドセル毎に浸透解析を行う。



豪雨・融雪後の動水勾配を発生確率モデルに利用

豪雨を例にすれば...

## 豪雨の発生



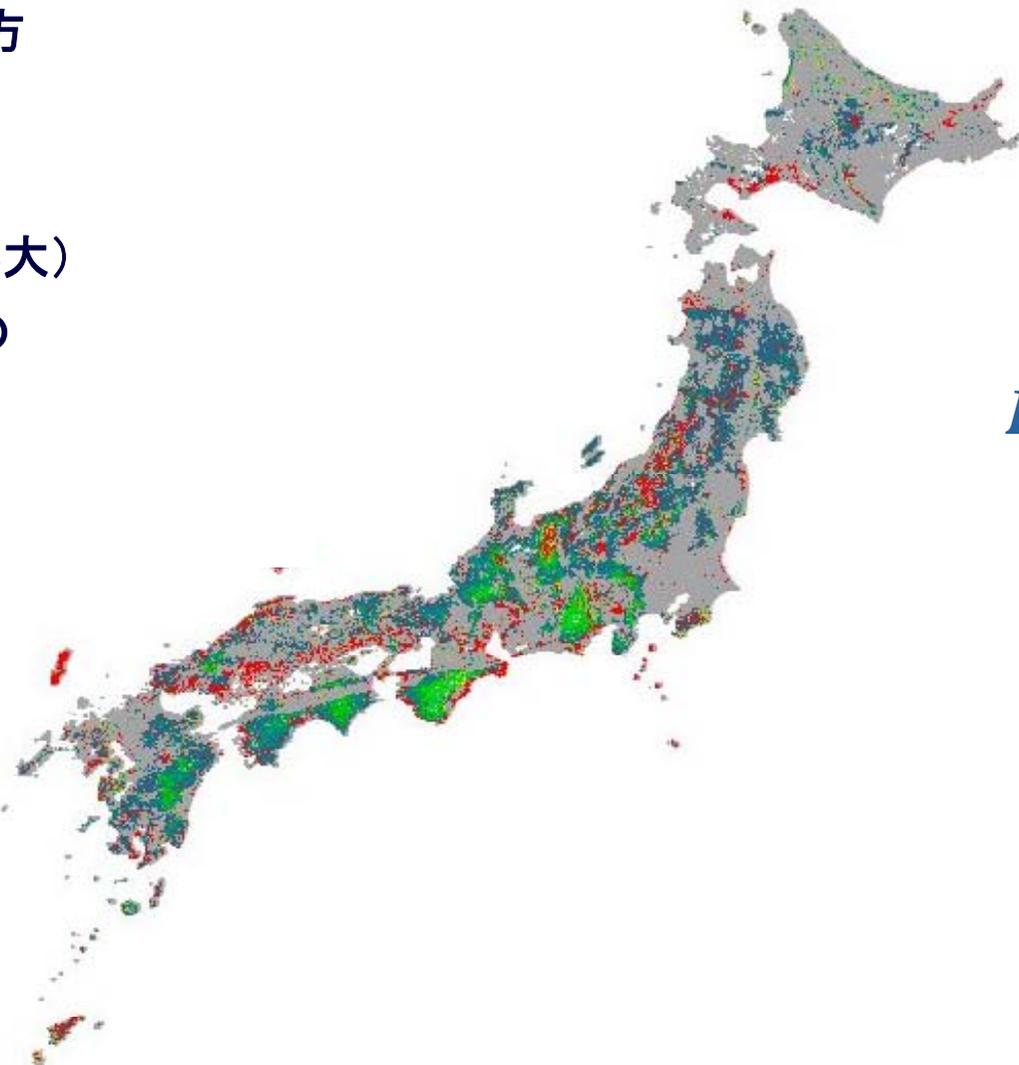
豪雨分布図

降水の発生頻度を利用することで、土砂崩壊の**時間的**な特徴を把握する

# 斜面災害リスクの拡大

## ●発生確率が高い傾向を示す地域

- ・太平洋沿岸南海地方  
(降雨の影響大)
- ・山地山頂部  
(降雨・起伏量の影響大)
- ・海岸に近接し山地の  
存在する地域  
(降雨・地質・土壌  
起伏量の影響有り)

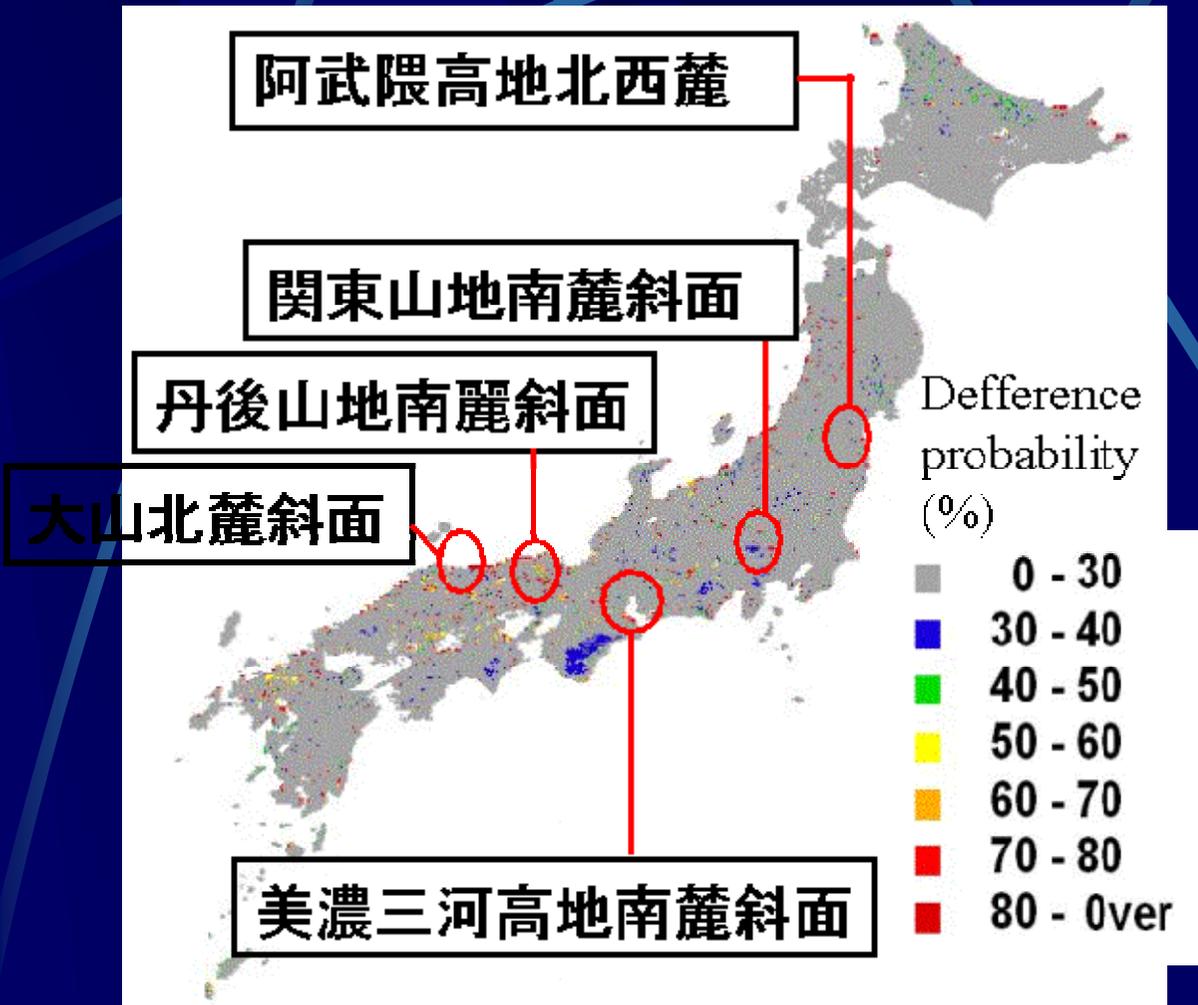


*Probability(%)*

|   |          |
|---|----------|
| ■ | 0 - 10   |
| ■ | 10 - 20  |
| ■ | 20 - 30  |
| ■ | 30 - 40  |
| ■ | 40 - 50  |
| ■ | 50 - 60  |
| ■ | 60 - 70  |
| ■ | 70 - 80  |
| ■ | 80 - 90  |
| ■ | 90 - 100 |

再現期間30年による斜面災害の発生確率

# 斜面災害リスクの拡大



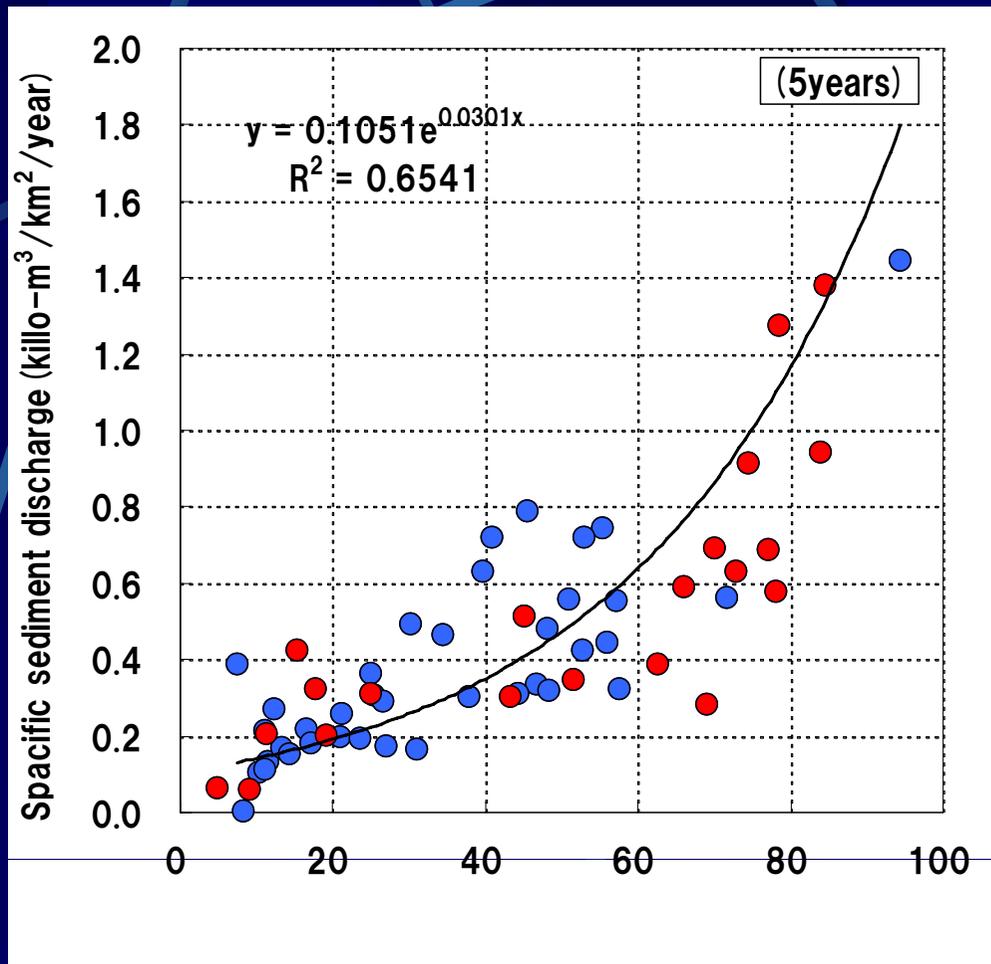
降雨変化に伴い、危険が著しく増加する災害ポテンシャルの高い地域



山麓縁辺域  
都市域に接近

5年発生確率と30年発生確率と差異

# 斜面災害リスクの拡大



- 堆砂対策実施ダム (貯砂ダム, 砂防施設5基以上)
- 堆砂対策未整備ダム

良好な相関  
対策実施ダムは土砂量が抑制  
...対策効果  
東北地方のダムが過剰な土砂  
...融雪による土砂の影響

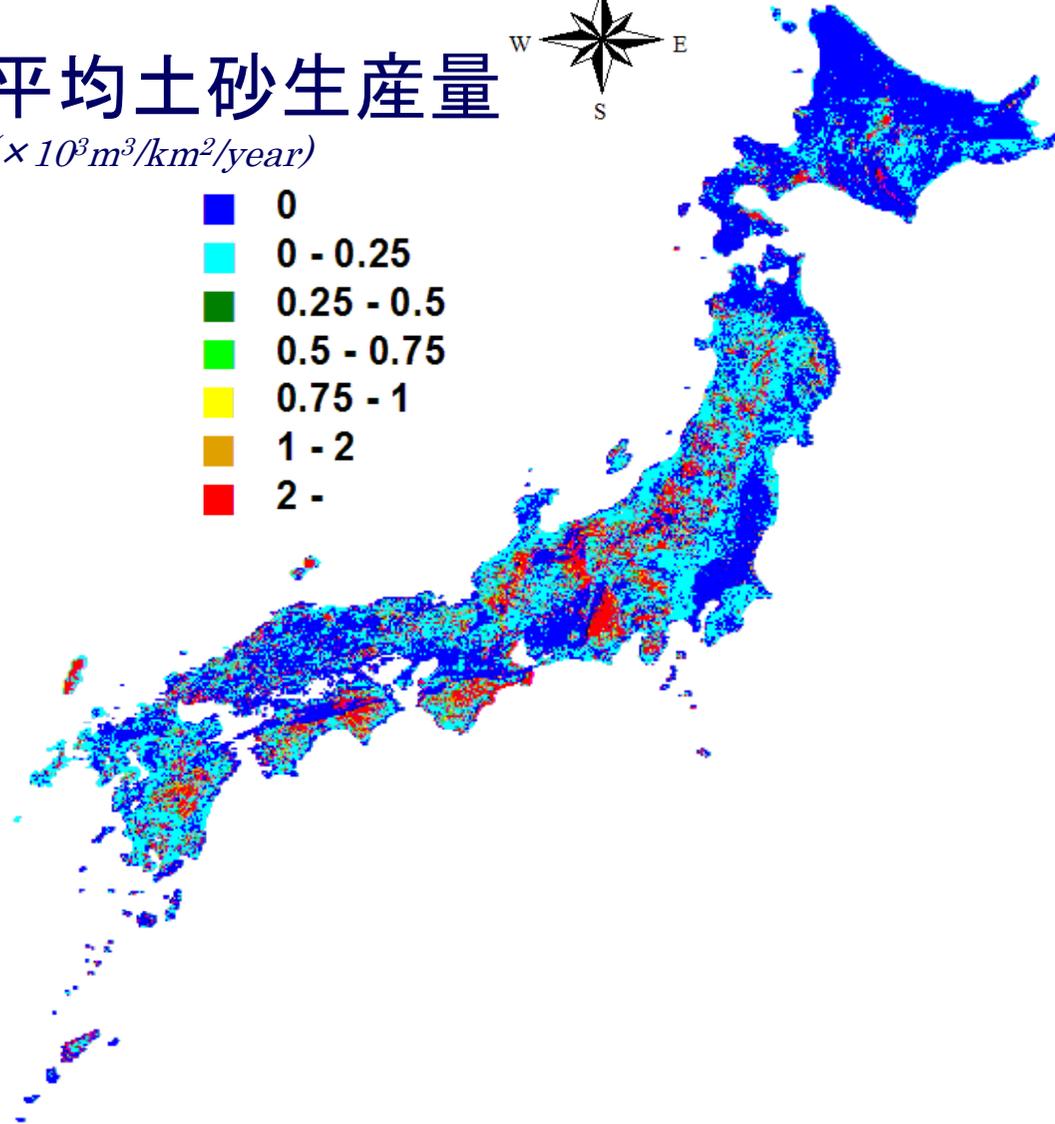
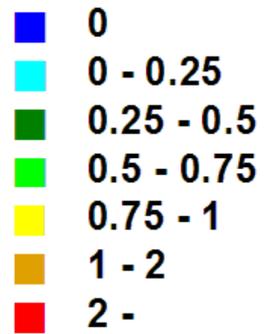


豪雨が堆砂を加速

再現期間5年の土砂崩壊発生確率と  
比堆砂量の関係図

# 平均土砂生産量

( $\times 10^3 m^3/km^2/year$ )



背景

豪雨

洪水

斜面災害

まとめ

# まとめ

- 100年降雨に対する洪水による年期待被害額は概算で1兆円ほどである
- 都市部の洪水期待被害額が大きい
- 斜面災害危険地域が都市近郊にも拡大する
- ダム堆砂が加速する

# まとめ

- 被害分布を基に**地域に応じた対策が必要**
  - 都市部はハード優先
  - へき地はソフト優先
- 気候変動よりも社会変動（人口，土地利用）の方が影響が大きいとの報告が多い
- **国土形成計画や地域計画に含める必要**

引用文献

川越他(2008), 自然災害科学.

佐藤他(2007), 水工学論文集.