

# 気候変動に対する 洪水の適応策について

東北大学 工学研究科  
風間 聡

令和6年8月1日

第12回気候変動適応東北広域協議会

# 問題 2023年の洪水被害を覚えてますか？

## 主な風水害(床上浸水10戸以上)(国土交通省まとめ)

台風第2号及びそれに伴う前線の活発化による大雨	5~6月	茨城県、埼玉県、東京都、静岡県、愛知県、和歌山県
6月29日から的大雨	6~7月	富山県、石川県、福井県、鳥取県、山口県、福岡県、佐賀県、熊本県、大分県
7月15日から的大雨	7月	秋田県 犠牲者1負傷者4家屋被害517 雄物川水系岩見川 堤防決壊
台風第6号	7~8月	沖縄県
台風第7号	8月	京都府、兵庫県、鳥取県
台風第13号	9月	福島県、茨城県、千葉県  福島県 負傷者5家屋被害1380 小高川水系前川 堤防決壊

毎年の洪水被害 流域治水は必然

河川だけでは洪水は守れない

総合治水対策 → 1979年 外水対策

都市域拡大時 → 2003年 内水も

特定都市河川浸水被害対策法

河川区域以外の治水

流域治水の背景



都市発展  
地方縮小  
気候変動  
(河川以外)

都市計画, 治水水準向上, **ポンプ場**  
**耕作放棄地, 施業放棄森林**  
調整池, 遊水地, **ピロティ建築,**  
**ため池, たんぼダム, 止水版**

## 水の制御

<http://www.pref.saitama.lg.jp/a1007/henkou/images/sougoutisui.jpg>



## 総合治水

## 生活の変容

[https://www.kensetsunews.com/PB5001H/wp-content/uploads/2020/10/20201009\\_171132\\_81883.jpg](https://www.kensetsunews.com/PB5001H/wp-content/uploads/2020/10/20201009_171132_81883.jpg)



## 流域治水

# 背景 総力戦の水災害対策

防御



堤防  
ポンプ

総合治水

受容



高床  
田んぼダム

<https://pbs.twimg.com/media/EGqqWddlIwAAYwT.jpg:small>

撤退



土地利用規制

流域治水

## 流域治水は必然

## 一石二鳥的対策

## ピロティ建築(高床) 克雪



大石田町 東北地方整備局

[https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki\\_pro/pdf/82/82-10.pdf](https://www.mlit.go.jp/river/kasen/ryuiki_pro/pdf/82/82-10.pdf)



永平寺町 日経XTECH

<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/mag/na/18/00011/11200038/>

## 遊水地

## EcoDRR 耕作利用

## 河川行政だけで ない治水



一関遊水地 東北地方整備局

[https://www.thr.mlit.go.jp/iwate/jimusho/kouji\\_jouhou/kasen/itinoseki/sisetu\\_about/index.htm](https://www.thr.mlit.go.jp/iwate/jimusho/kouji_jouhou/kasen/itinoseki/sisetu_about/index.htm)

# 河川氾濫(外水)対策効果

## 20世紀末・適応策無しに対する被害額変化率

外水のみ

		適応策無し No adaptation	治水安全度向上 Levee Improvement	土地利用規制 Landuse control
20世紀末	20C end	0	-18	-18
近未来 2050	RCP2.6	22	2	1
	RCP8.5	23	4	2
21世紀末 21C end	RCP2.6	16	-4	-5
	RCP8.5	38	18	16

増加  
increase

		ピロティ建築 Piloti	田んぼダム Rice field dam	全ての適応策 All together
20世紀末	20C end	-67	-8	-85
近未来 2050	RCP2.6	-46	14	-74
	RCP8.5	-45	16	-74
21世紀末 21C end	RCP2.6	-51	8	-76
	RCP8.5	-30	31	-65

減少  
decrease

## 21世紀末 RCP8.5 適応無に対する効果

内水:排水不良シナリオ(観測値との相関が高い) 外水と内水の年期待被害額を同程度

政策	被害額軽減率		
	現状固定	SSPシナリオ	
緩和策	22%↓	30%↓	
治水安全度向上	14%↓	17%↓	←内水含まず Only fluvial
排水能力向上	26%↓	26%↓	←外水含まず Only pluvial
土地利用規制	24%↓	19%↓	
ピロティ建築	68%↓	68%↓	
田んぼダム	7%↓	5%↓	

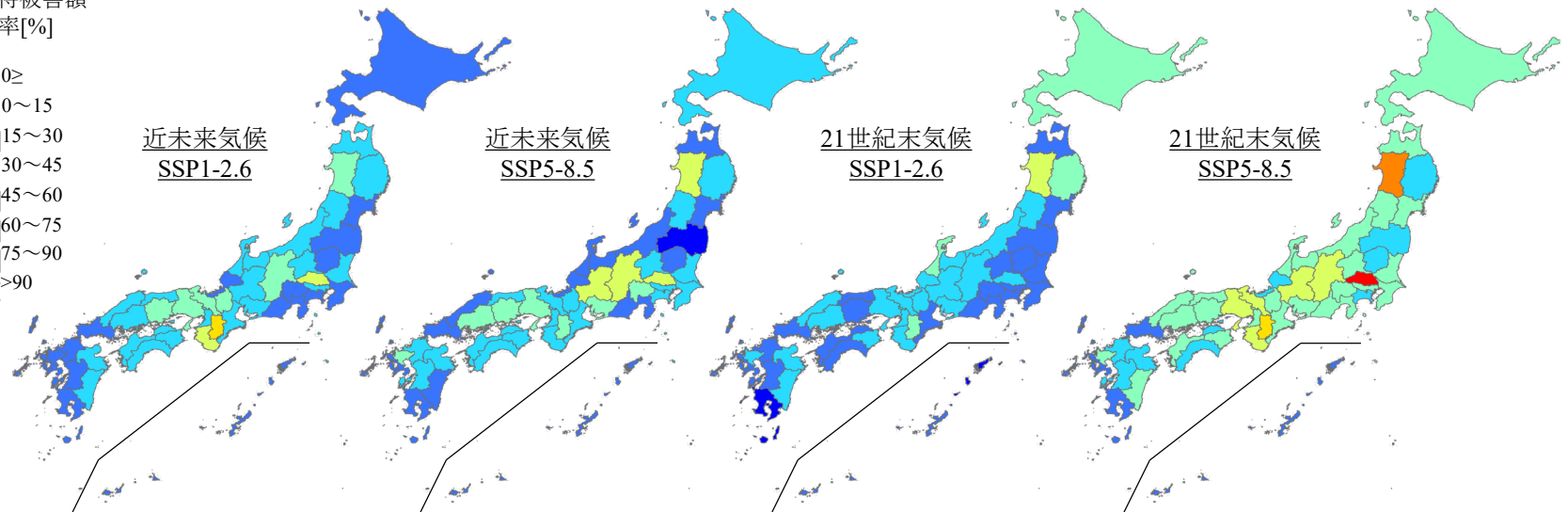
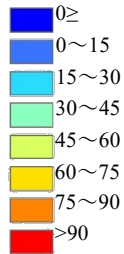
両水害に効く**緩和策**やピロティ, 内水排水の減災効果が大きい  
費用は考慮していない

Ex. Landuse Control =  $(116+130)/(138+185) = 76\%$  (24%↓)

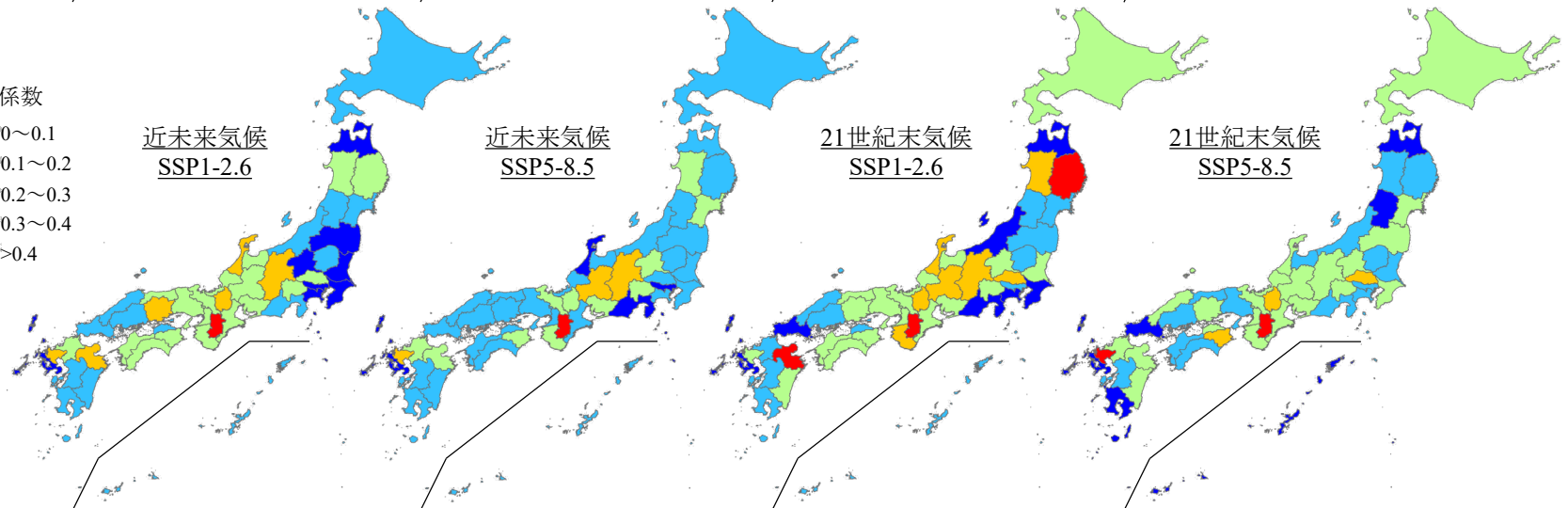
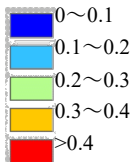


# 河川氾濫対策 被害の地域性と不確実性

年期待被害額  
変化率[%]



変動係数



## 年期待被害額の変化率とGCMの変動係数

# 地域に応じた対策 たんぼダム



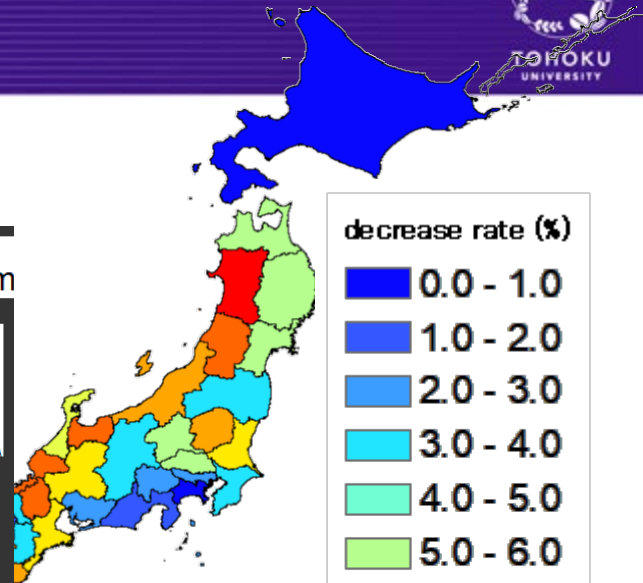
20世紀末において

軽減割合

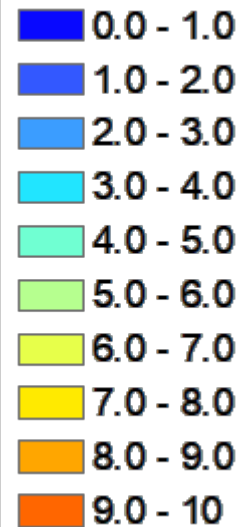
→地域としては

3.

0 20 km



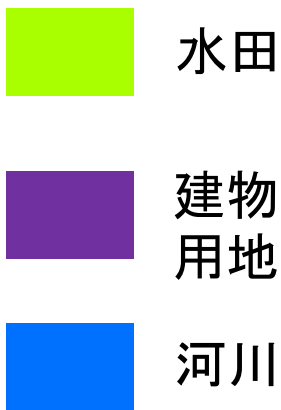
decrease rate (%)



14

例) 手取川水系  
水田の割合5.3%  
軽減率16.8%

被害額軽減率 (%)



- ① 水田が集中
- ② 水田と建物用地が隣接
- ③ 水田の下流側に建物用地が立地

10



仙台市大沼 [https://www.env.go.jp/nature/dobutsu/bird\\_flu/migratory/ap\\_wr\\_transit/site\\_gaiyo/1180\\_sendaiionuma.html](https://www.env.go.jp/nature/dobutsu/bird_flu/migratory/ap_wr_transit/site_gaiyo/1180_sendaiionuma.html)

ため池の多目的利用  
生態  
エネルギー  
EcoDRR  
⇒ 治水



宮城県利府町惣の関下溜池 <https://bunbun.hatenablog.com/entry/2013/08/22/094701>



産経新聞 <https://www.sankei.com/photo/daily/expand/160720/dly1607200021-p1.html>

## ため池データ…ため池防災支援システムのデータ & 国土数値情報ダムデータ

- A. ため池のデータに記載されている座標を中心に,  
緯度経度それぞれ1/60度以上離れていること
- B. ため池の総貯水量 - 灌漑用ダムの総貯水量  
 $\geq$  灌漑用ダムの総貯水量の20%

ため池防災支援システム  自然湖沼を除外

ダムデータ  灌漑用ダム (577基) を抽出

**ため池データ**

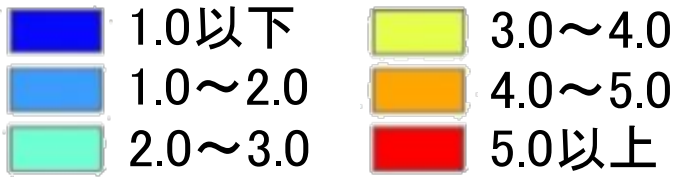
**全154,869基 分析**

# 地域に応じた対策 ため池の利用

$$\text{被害額軽減率} = \frac{\text{ため池を考慮しない被害額} - \text{ため池を考慮した被害額}}{\text{ため池を考慮しない被害額}}$$

全国の年期待被害額軽減率: 2.6%

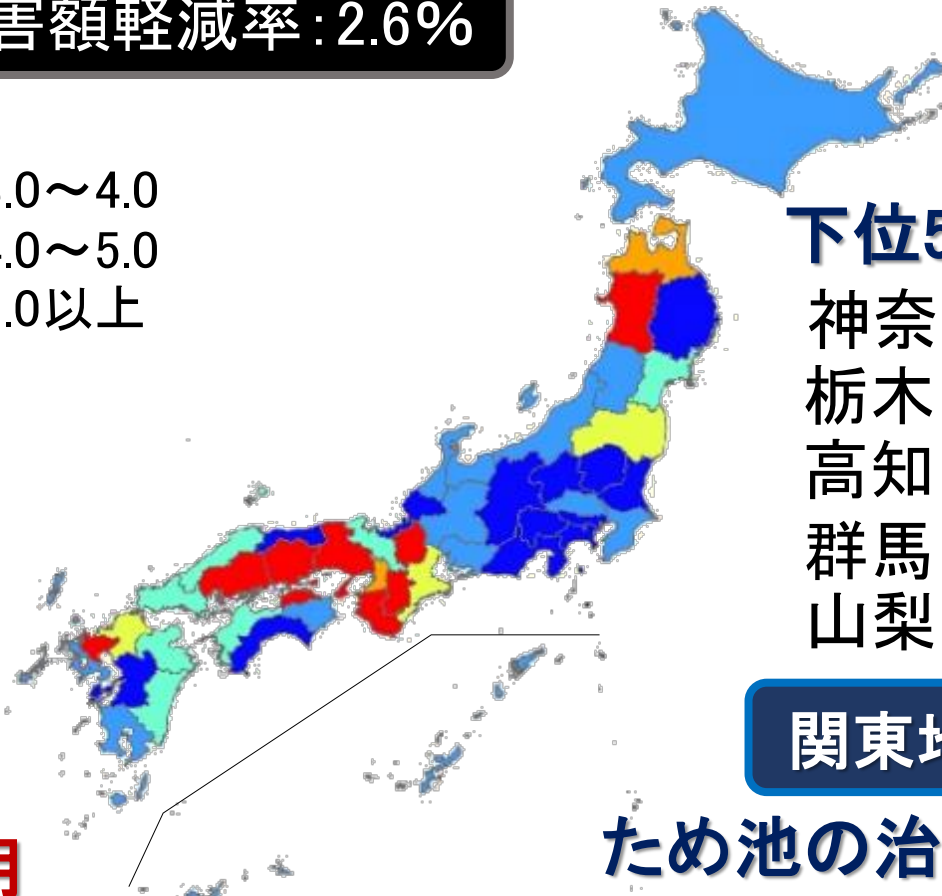
被害額軽減率 [%]



## 上位5県

- 香川県 (24.3%)
- 兵庫県 (11.1%)
- 奈良県 (10.5%)
- 広島県 (9.9%)
- 滋賀県 (9.6%)

ため池の治水利用  
の見込みあり



## 下位5県

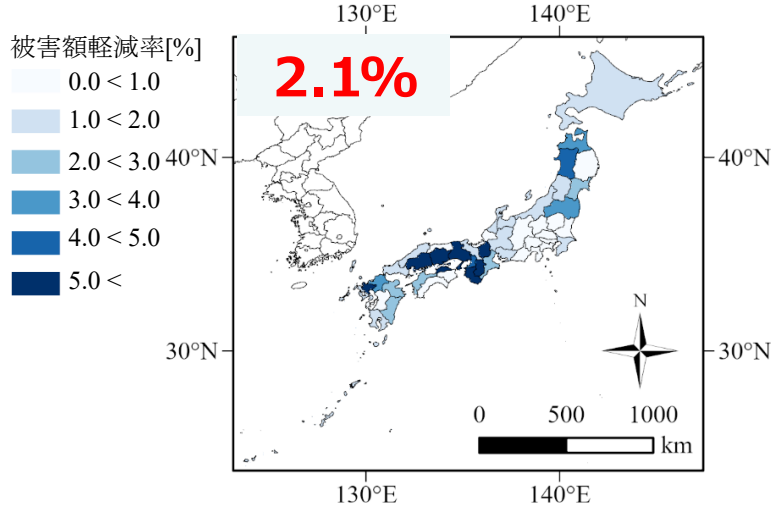
- 神奈川県 (0.1%)
- 栃木県 (0.1%)
- 高知県 (0.2%)
- 群馬県 (0.3%)
- 山梨県 (0.4%)

関東地方 が多い

ため池の治水効果  
低い可能性あり<sup>13</sup>

# 地域に応じた対策 ため池の利用

## 年期待被害額軽減率(貯水量0)



## vs 他洪水対策

日本全国の年期待被害額軽減率

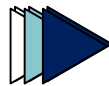
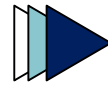
➤ 田んぼダム 6.5%

➤ 下流域全域の

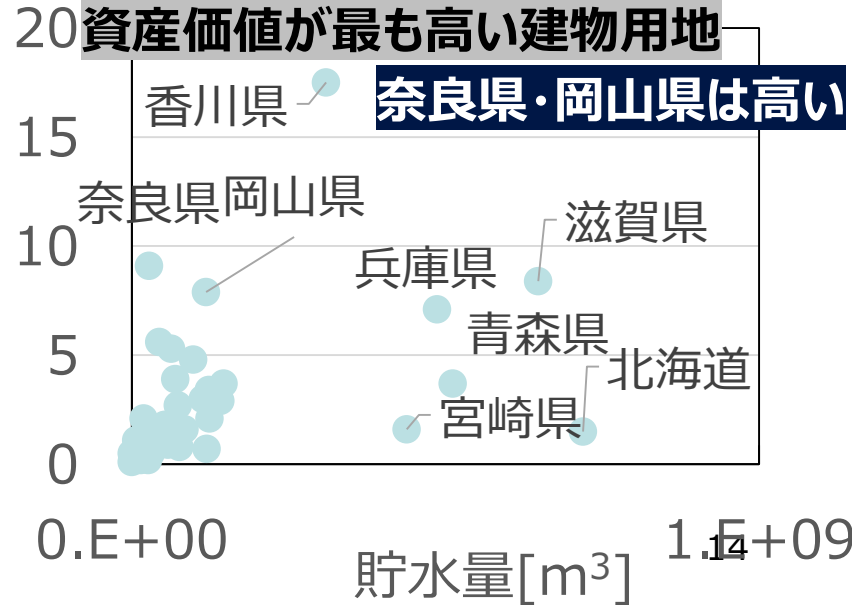
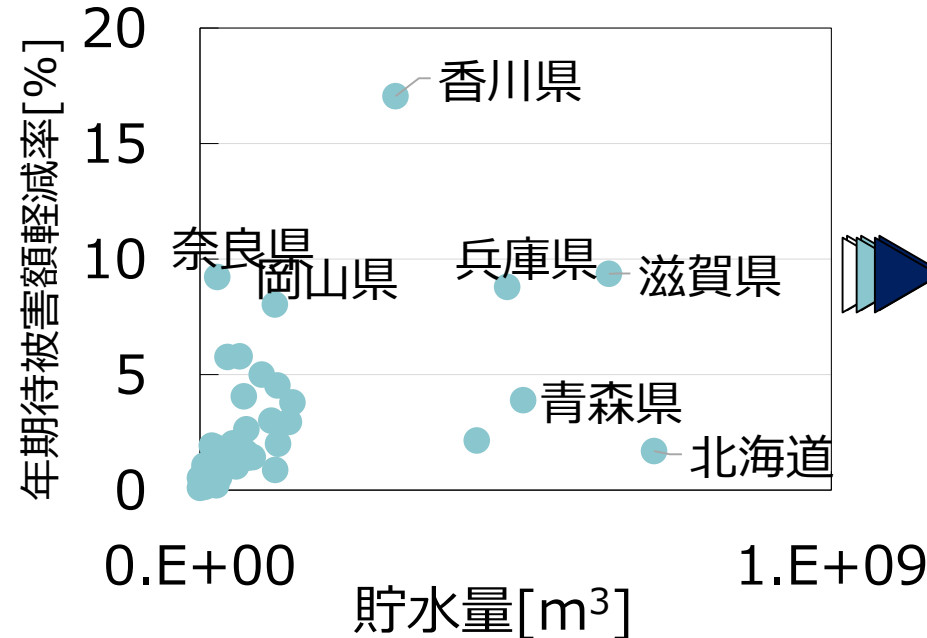
植生伐採 1.3%

柳原ら (2022,2023)

**15万基のため池のゲート操作のみ**



建物用地の被害軽減率[%]



# 地域に応じた対策 ため池の利用⇒緩和策

緩和策として

**小水力発電の推進**

本来と異なる用途→効果・便益の評価が必要

後藤ら・上田ら  
(1987) (2014)

農業・発電利水の管理方針の検討のため  
数個の大規模なため池を対象に  
発電量を試算

小規模のため池を対象とした研究がない  
数個の検討にとどまっている

適応策として

**流域治水での活用**

田中丸ら・吉迫ら・相原ら  
(2022) (2021) (2022)

流域治水の促進に向け  
ため池と河川流量の関係を定量化

洪水被害の軽減効果は不明  
スケールは市区町村単位

地球温暖化によるリスクに向け

**Admit** = *Adaptation* × *Mitigation*  
緩和策 × 適応策

IPCC(2023), COP28(2023)

2030年までの行動が重要  
(喫緊の課題)

IPCC(2023)

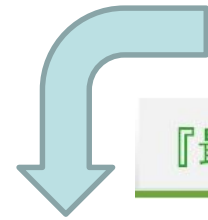
# 地域に応じた対策 河道植生伐採

日経新聞2018/11/15



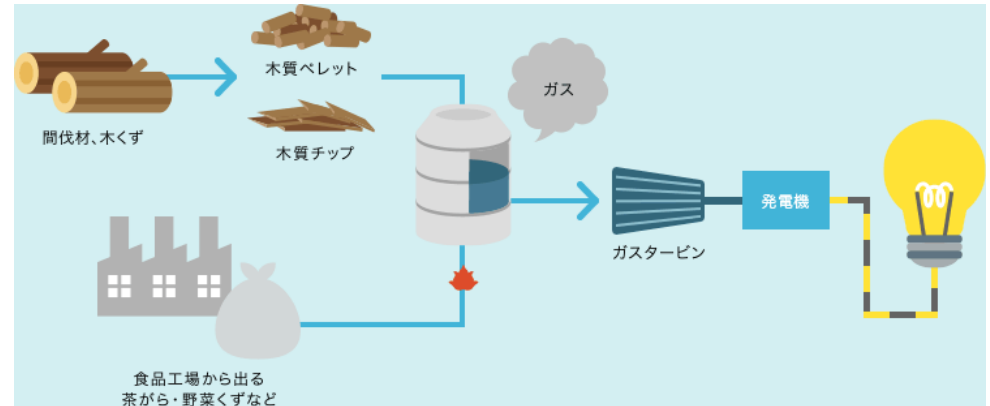
## 河道掘削と樹木伐採(一石二鳥政策)

- 管理を継続する
  - PPP(官民連携)による河道樹木伐採



『最上川官民連携プラットフォーム』

年間8千tonの実績 (FIT適用5000kWh/年~7万トン)



温暖化の緩和策 & 適応策 16



長野県  
安曇野建設事務所





河道内植生によるバイオマス発電を持続的に実施し、  
効果的に洪水被害軽減を図るためには・・・

バイオマス発電による緩和策のポテンシャルが  
高い水系を評価するためには・・・

河道内バイオマス量の評価が必要

## 目的

日本全国の一級水系を対象に・・・

- 1) 河道内植生の伐採順序による洪水被害軽減の評価
- 2) 河道内バイオマス量の評価



河道内植生の伐採が持つ**適応策と緩和策の**  
**双方のポテンシャルが高い水系を把握**

# 地域に応じた対策 河道植生伐採

## ■ 河道内バイオマスポテンシャル量

NDVIとバイオマス量が線形関係(Dongら[2003])にあることを利用して・・・

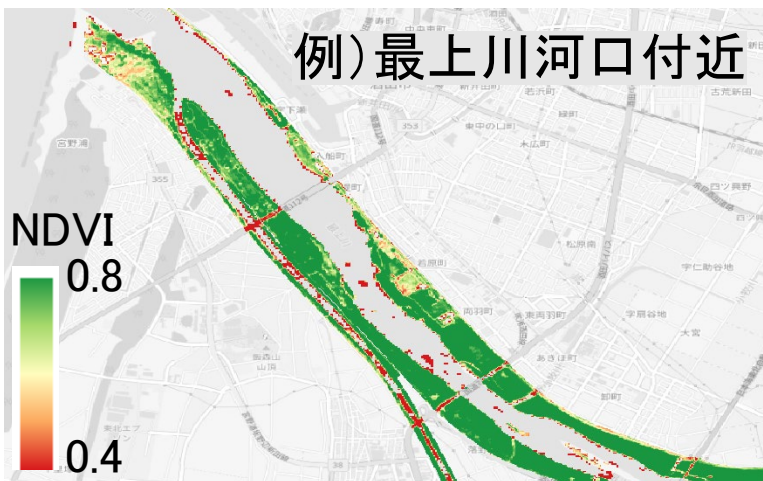
$$\text{バイオマスポテンシャル(BP)量} = \text{NDVI} \times \text{植生域面積}$$

(∵国内で樹木のバイオマス量推定式がないため)

## ■ 河道内のNDVIデータの作成

日本全国の**河道・植生域**のNDVI

(Sentinel-2, 2019-2022年秋季の最大値)



### 【対象範囲】

**Strahlerの河道位数が4以上**

→河道の抽出に用いた河道

マスク(山本ら[2023])の整備範囲

→河道位数が4以上は河川管理  
の実施区間を概ね網羅

# 地域に応じた対策 河道植生伐採

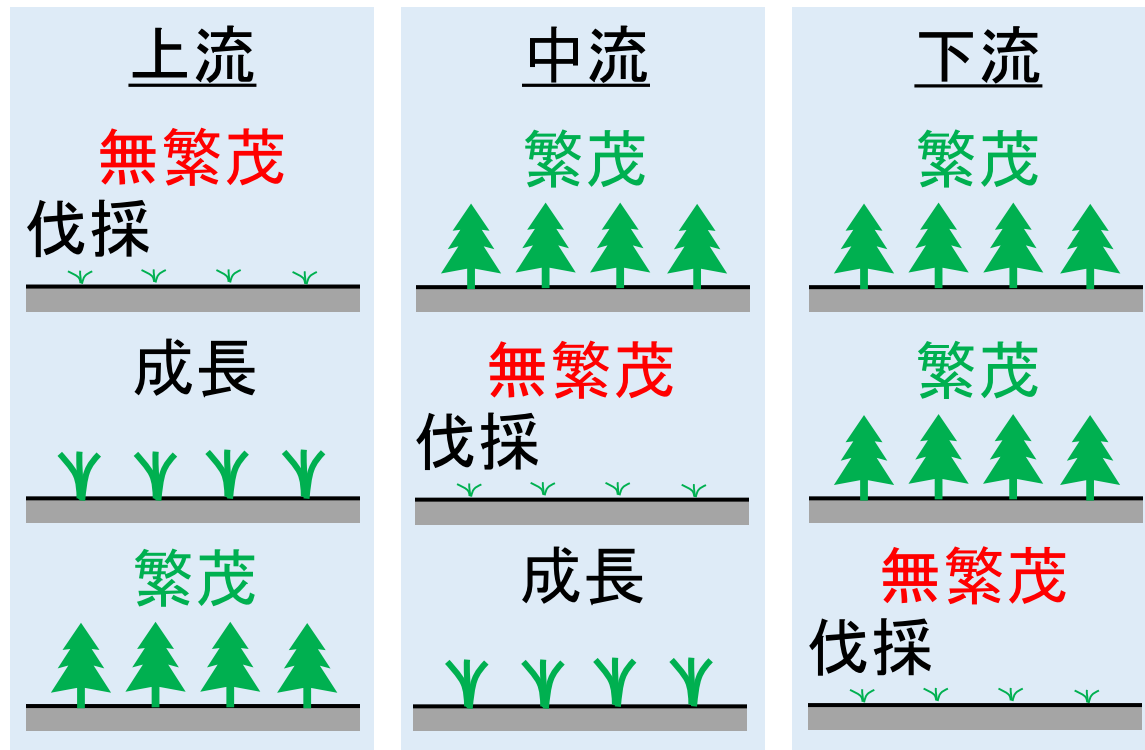
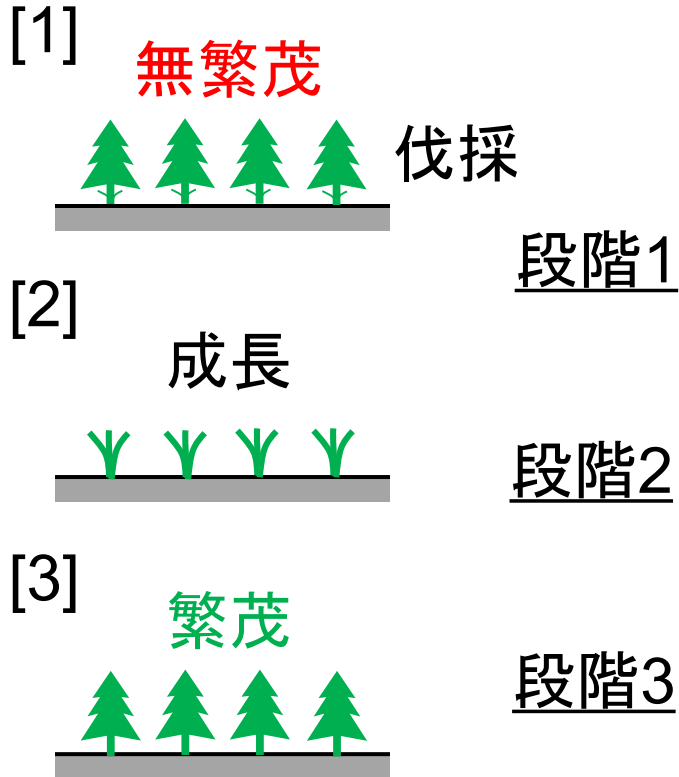
## ■ 伐採順序シナリオ

- 1) 上流→中流→下流, 2) 下流→中流→上流
- 3) 中流→上流→下流, 4) 中流→下流→上流

BP量が概ね  
等しくなるように  
各区間を決定

## ■ 河道内植生の状態

例) 上流→中流→下流の伐採順序



## ■ 繁茂状態

- 植生粗度とNDVIの関係式 (藤下・呉[2023])

$$\text{粗度係数} = \begin{cases} 0.037 & (\text{NDVI} < 0.6) \\ 0.079 \times \text{NDVI} - 0.01 & (0.6 \leq \text{NDVI} \leq 0.8) \\ 0.053 & (\text{NDVI} > 0.8) \end{cases}$$

日本全国の  
河道・植生域の  
NDVI

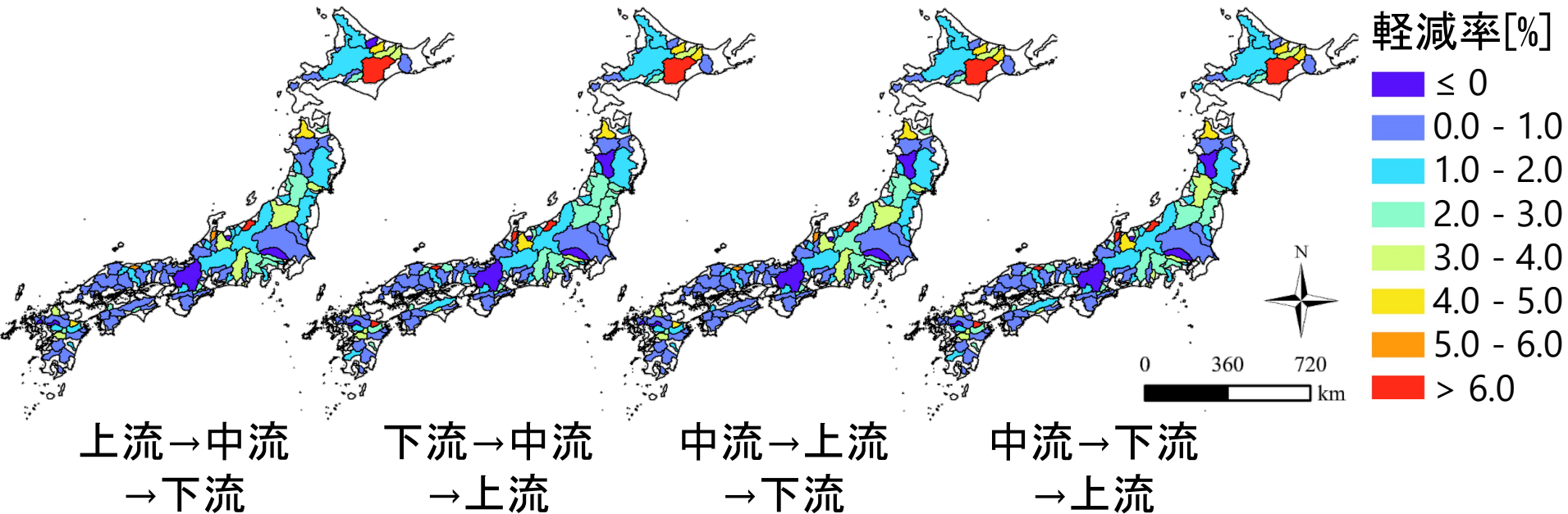
## ■ 無繁茂状態

- 植生粗度: 0.03  
→ 植生高さが20~40cm程度の状態 (河道計画検討の手引き[2002])

## ■ 成長状態

- 植生粗度: 0.04  
→ 植生高さが50cm程度の状態 (河道計画検討の手引き[2002])

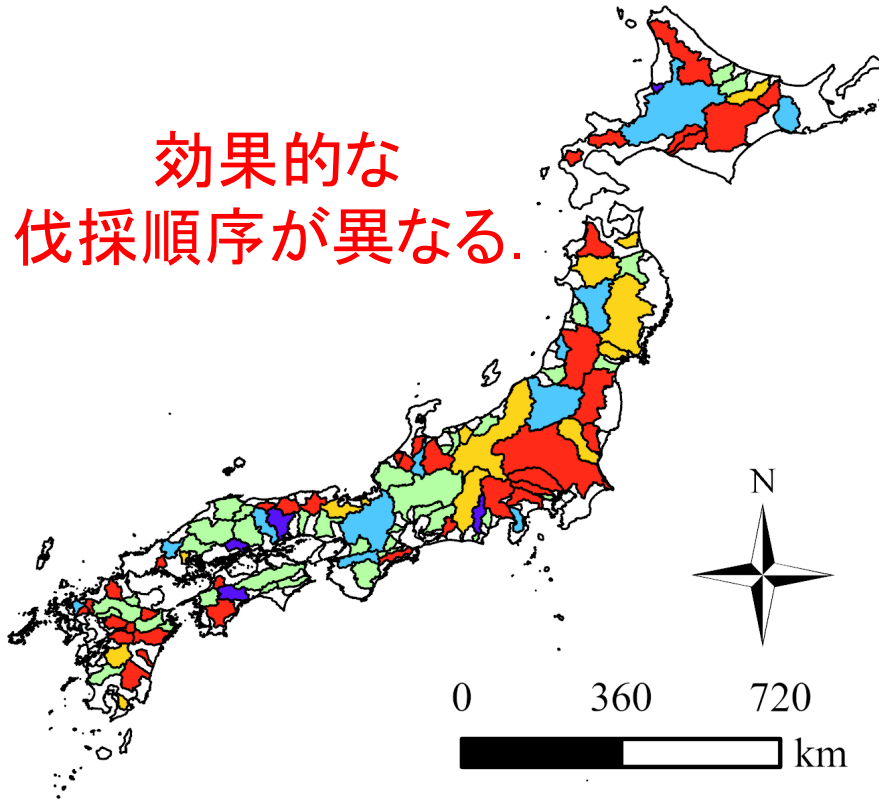
## ■ 一級水系別の年期待被害額軽減率



- 一級水系別の年期待被害額軽減率は伐採順序によって異なる。
- 伐採順序によらず年期待被害額軽減率の空間傾向は概ね同じ。

# 地域に応じた対策 河道植生伐採

## ■ 一級水系別の年期待被害額軽減率が最も高い伐採順序



- 上流→中流→下流
- 下流→中流→上流
- 中流→上流→下流
- 中流→下流→上流
- 複数存在

### 水系数

上流→中流→下流	下流→中流→上流
13	39
中流→上流→下流	中流→下流→上流
14	38

➤ 年期待被害額軽減率が最も高い伐採順序は流域で異なる。

下流→中流→上流 ≒ 中流→下流→上流 > 上流→中流→下流 ≒ 中流→上流→下流

# 地域に応じた対策 河道植生伐採

## ■ 年期待被害額軽減率とバイオマスポテンシャル(BP)量の関係

ポテンシャルが高い水系 (横方向バー: 伐採順序による軽減率の違い)

### 【適応策】

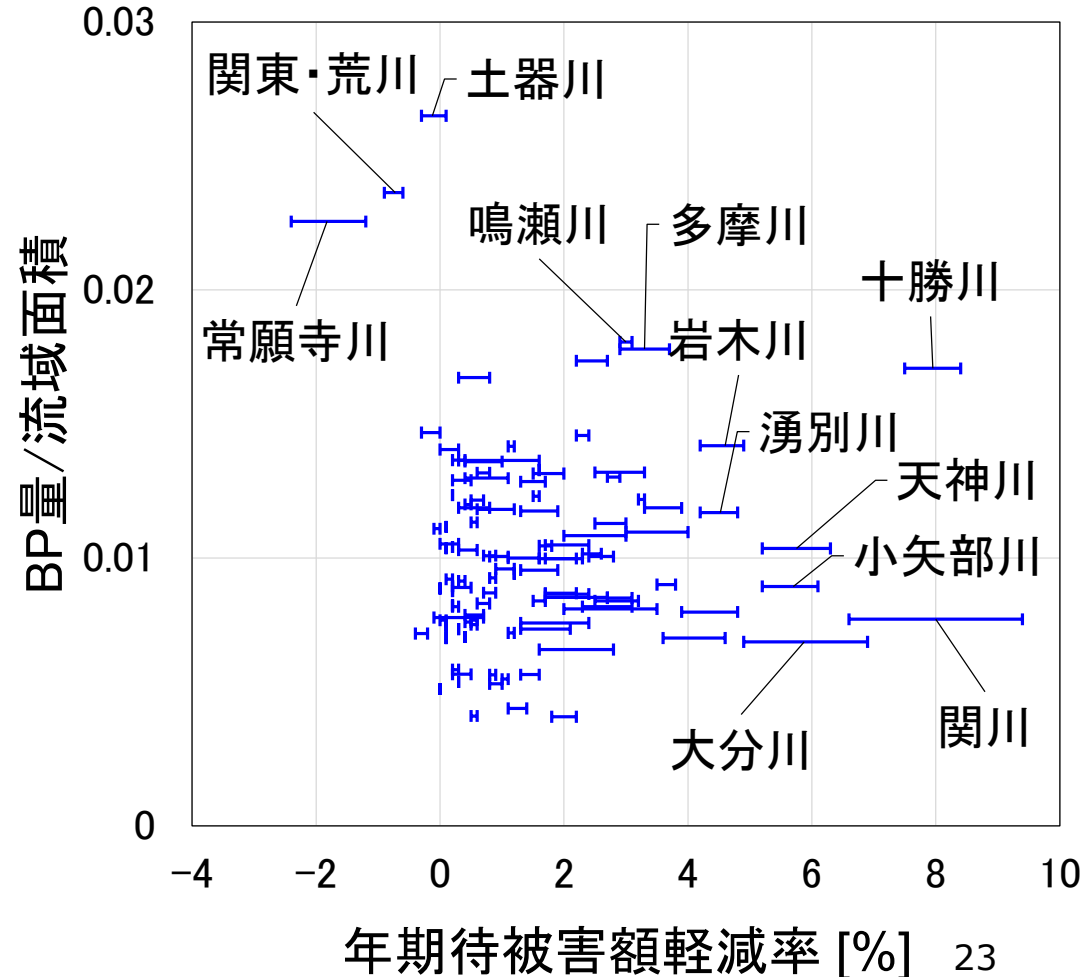
十勝川水系, 関川水系  
 天神川水系, 大分川水系  
 小矢部川水系

### 【緩和策】

土器川水系, 関東・荒川水系  
 常願寺川水系

### 【適応・緩和策】

十勝川水系, 岩木川水系  
 湧別川水系



1. 気候変動で豪雨は厳しくなる
2. ハザード情報はある. 都市計画に利用可能  
**地域に応じた適切な政策の重要性**
3. 治水も環境政策と一緒に.
  - **コベネ**を選択
  - 総力戦(多様なオプション, 産官学)
  - 人口減社会を逆手に(遊水地や土地利用規制)  
快適かつ安全安心な街

ソフトが大事  
能力開発 **知恵**を出す  
一粒で2度よりおいしい政策





# 土木学会 提言「22世紀の国づくり」

水害の適応を考える = 将来の国土を考える

たくさんの税金を投入しますか？  
人口減で街をどうしますか？  
川や道路はどうしますか？  
森林や山はどうしましょうか？

提言「22世紀の国づくり」

令和元年5月1日

公益社団法人土木学会  
「22世紀の国づくり」プロジェクト委員会

土木学会 提言「22世紀の国づくり」



検索

ハードの話はない  
多様な社会像が提案  
インフラと環境が中心  
文化と社会に注目 幸せとは何か？



デザインコンペ部門入賞優秀賞：風景デザイン研究会「想像の共同体から実感の共同体へ」(2/2)