

title

Forum 8 Design Festival 2011

都市雨水排水における洪水リスクの定量化

—XPSWMMの適用例

守田 優

芝浦工業大学工学部土木工学科

神田川の内水氾濫



文京区江戸川橋交差点付近(1981年7月)

内容

1. リスクマネジメントについて
2. リスク管理 マクロとミクロ
3. リスク・ミクロ理論
4. リスク・マクロ理論の応用(その1) Application (1)
治水・雨水排水計画の最適水準の決定
5. リスク・マクロ理論の応用(その2) Application (2)
気候変動による洪水リスク増加の予測
6. リスク・マクロ理論の応用(その3) Application (3)
雨水排水プロジェクトによるリスク軽減効果
7. 洪水リスク・インパクト・ファクターの導入
8. まとめ と 今後の課題

Introduction (1)

防災

高度経済成長期の概念。災害を起こさないことが基本。
しかし、公共投資の縮小と近年の多雨傾向で方向転換を余儀なくされる。

減災

計画レベルの施設が完成しても、それを超える豪雨は防げない。
計画レベルに向かって建設中で、まだ完成していない。
→ 防災(災害を起こさないという概念)は実質的に不可能！

洪水リスクマネジメント(リスク管理)

洪水リスクの定量化を行い、行政と住民の役割分担、ハード・ソフト

Introduction (2)

流出解析モデルの歴史

1. 河川計画(下水道計画)のためのモデル **60年代以前**

合理式など

2. 土地利用を組み込めるモデル **70~80年代**

物理モデル、都市化と流出機構の変化

3. 2次元浸水氾濫モデル **90年代**

浸水予測のためのモデル

(例えば、ハザードマップの作成)

4. 浸水被害予測モデル

浸水のみならず被害額も計算するモデル

5. リスクマネジメントへの応用

治水計画(排水計画)決定支援システム

Introduction (3)

リスクに関する用語の定義

Risk

the possibility of something bad happening at sometime in the future

Hazard “hazard”はperilからの損害の可能性をもたらし、また増加させる状態

A thing that can be dangerous or cause damage

Damage/Loss

Peril 損害をもたらすかもしれない偶然事件、あるいは損害の原因

the fact of something being dangerous or harmful

リスクマネジメントについて（その1）

リスクマネジメントにおいて、リスクとは、被害を及ぼす事象が社会に及ぼすインパクトとその生起確率の積である。

In risk management, the risk of a hazardous event is generally quantified by multiplying the occurrence probability of the event by its impact (National Research Council, 1989).

$$\text{Risk} = \text{Damage} \times \text{Probability}$$

Damage: 豪雨(洪水)によって生じる浸水被害(額)

Probability: 豪雨(洪水)の生じる確率

リスクマネジメントについて（その2）

地震災害 vs. 水害

地震災害:



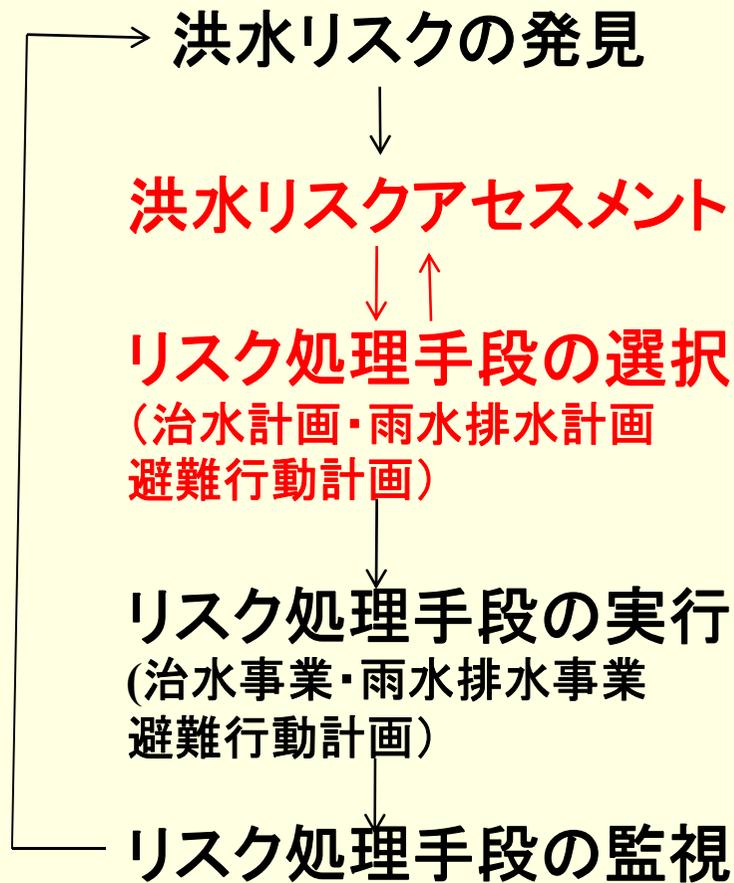
水害:

どんなに激しい豪雨でも浸水氾濫がなければ被害は生じない。



リスクアナリシスにおいて、降雨と被害を結びつけるには浸水氾濫解析が不可欠となる。

洪水リスクマネジメントの枠組み



リスクコントロール

リスクの回避
損害の防止
損害の軽減
リスクの移転

リスクファイナンス

危険の保有 (積立など)
危険の移転 (保険・保証)

リスク管理のマクロ／ミクロ理論

マクロ理論とは？

洪水に対して、行政は流域全体としてどのような治水・雨水排水計画を決定し、実施するか。 計画論／経済評価

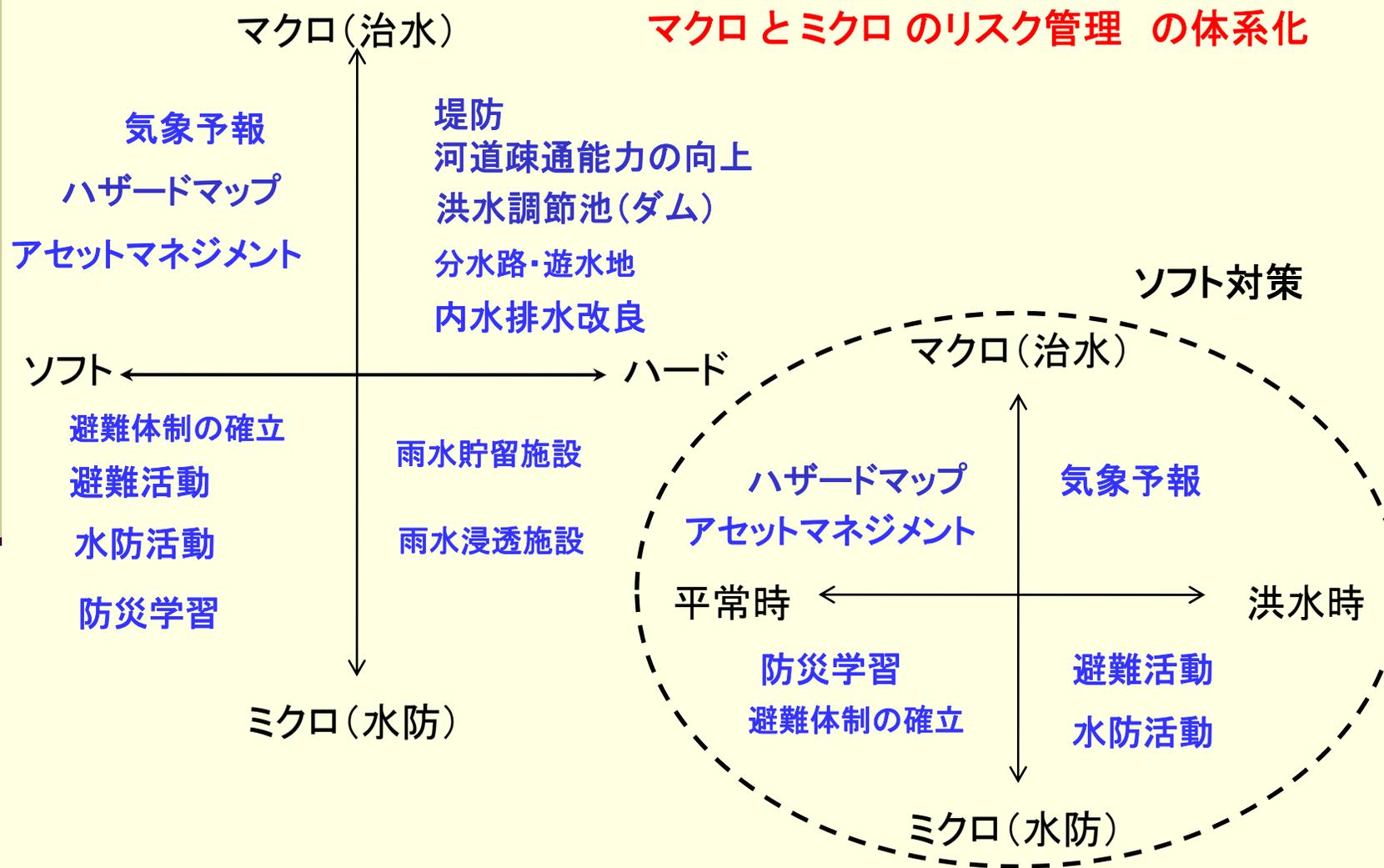
ミクロ理論とは？

洪水に対して、行政や住民がどのような行動をとるか。

行政行動論／住民行動論

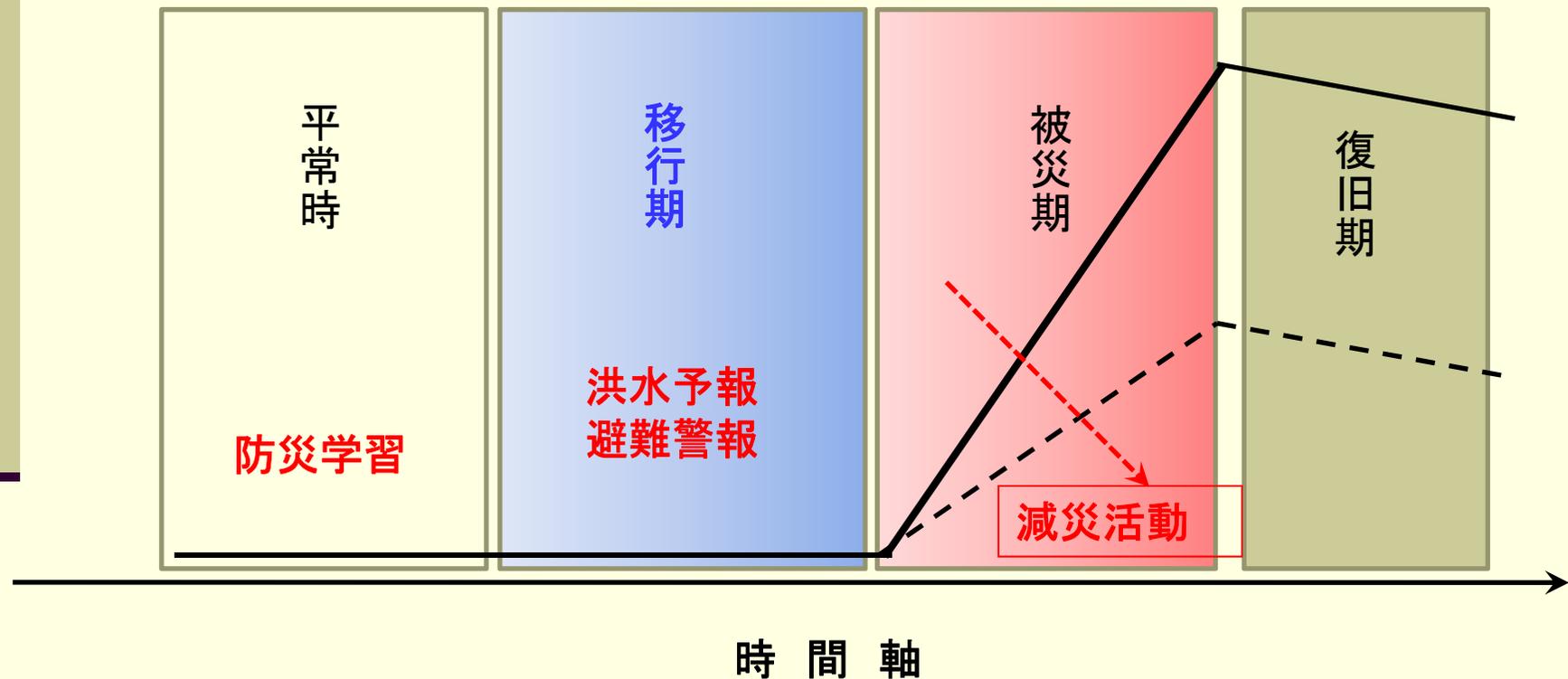
リスク管理の座標軸

マクロとミクロのリスク管理の体系化



リスク管理—ミクロ理論の応用

豪雨期間



* 行動の選択がいかに被害を少なくするか、を心理学的・行動学的に明らかにする。

リスク管理ーマクロ理論の応用

水害の社会的費用の定量的分析

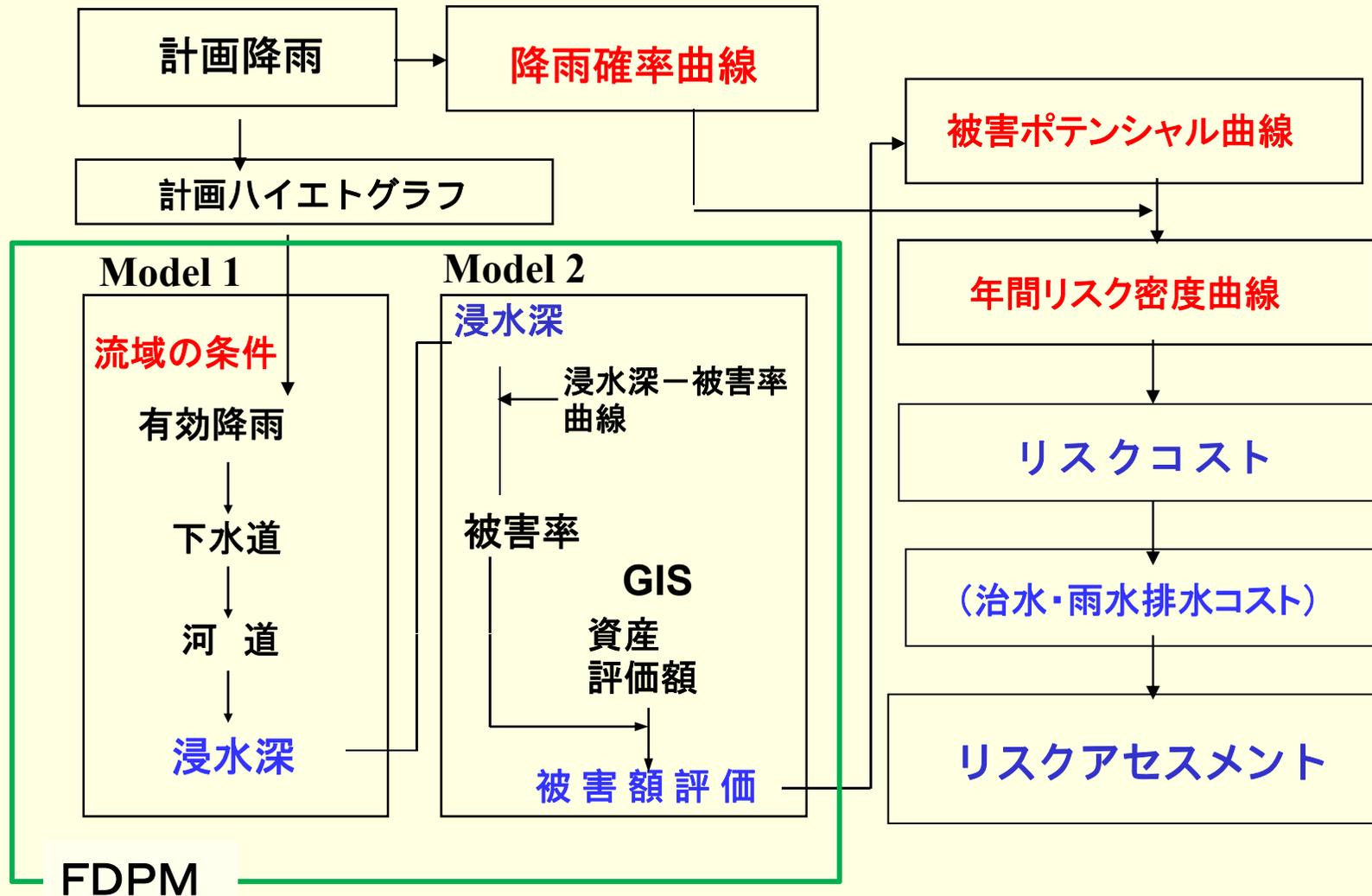
雨水排水計画の意思決定支援

都市計画における洪水リスク評価

気候変動によるリスク評価

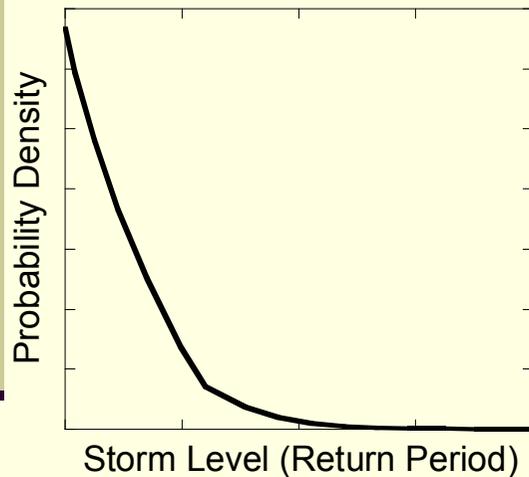
洪水リスクアセスメントの概要

(Outline of Flood Risk Assessment)



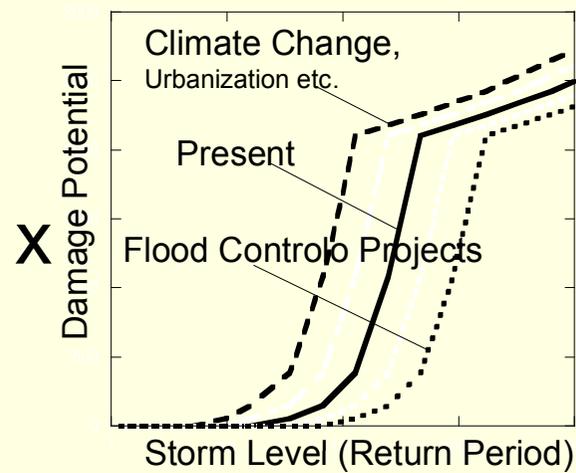
Damage X Probability = Risk

洪水リスクは、定義により、浸水被害ポテンシャルとその生起確率の積である。



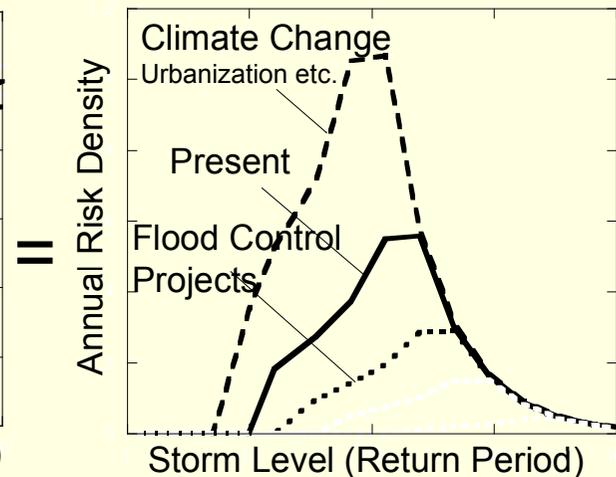
降雨確率曲線

Storm Probability Curve



被害ポテンシャル曲線

Damage Potential Curve



年間洪水リスク曲線

Risk Density Curve

降雨確率曲線

Storm probability curve

Storm
Curve

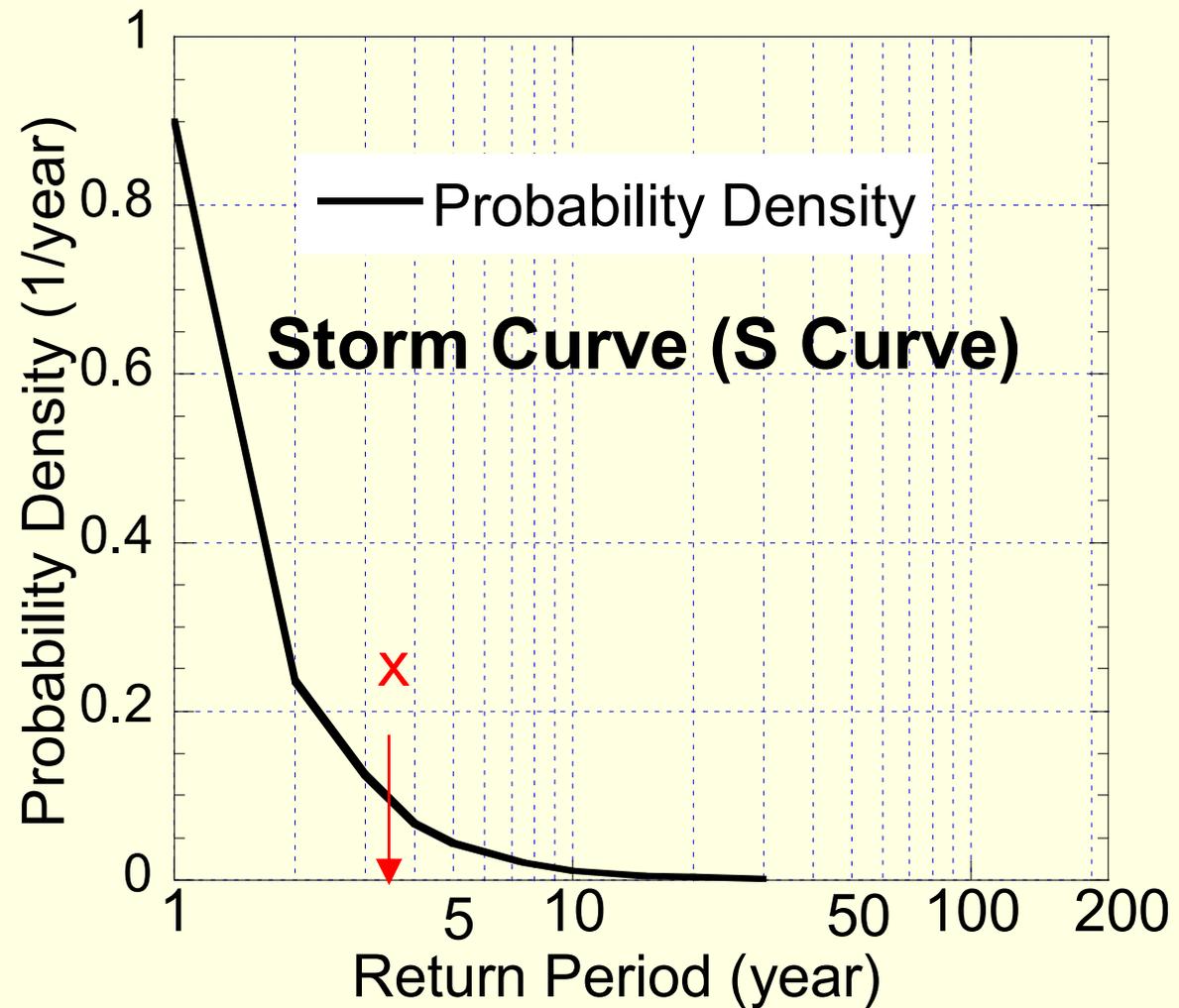
S Curve

Return period

3-year 50 mm/hr

15-year 75 mm/hr

70-year 100 mm/hr



浸水被害予測モデル

FDPM (Flood Damage Prevention Model)

Model 1 calculates flood inundation depths.

XPSWMM is used to simulate 1-D sewer and channel flows and 2-D inundation.

Model 2 estimates flood inundation damages.

Inundation-Damage Rate Curve

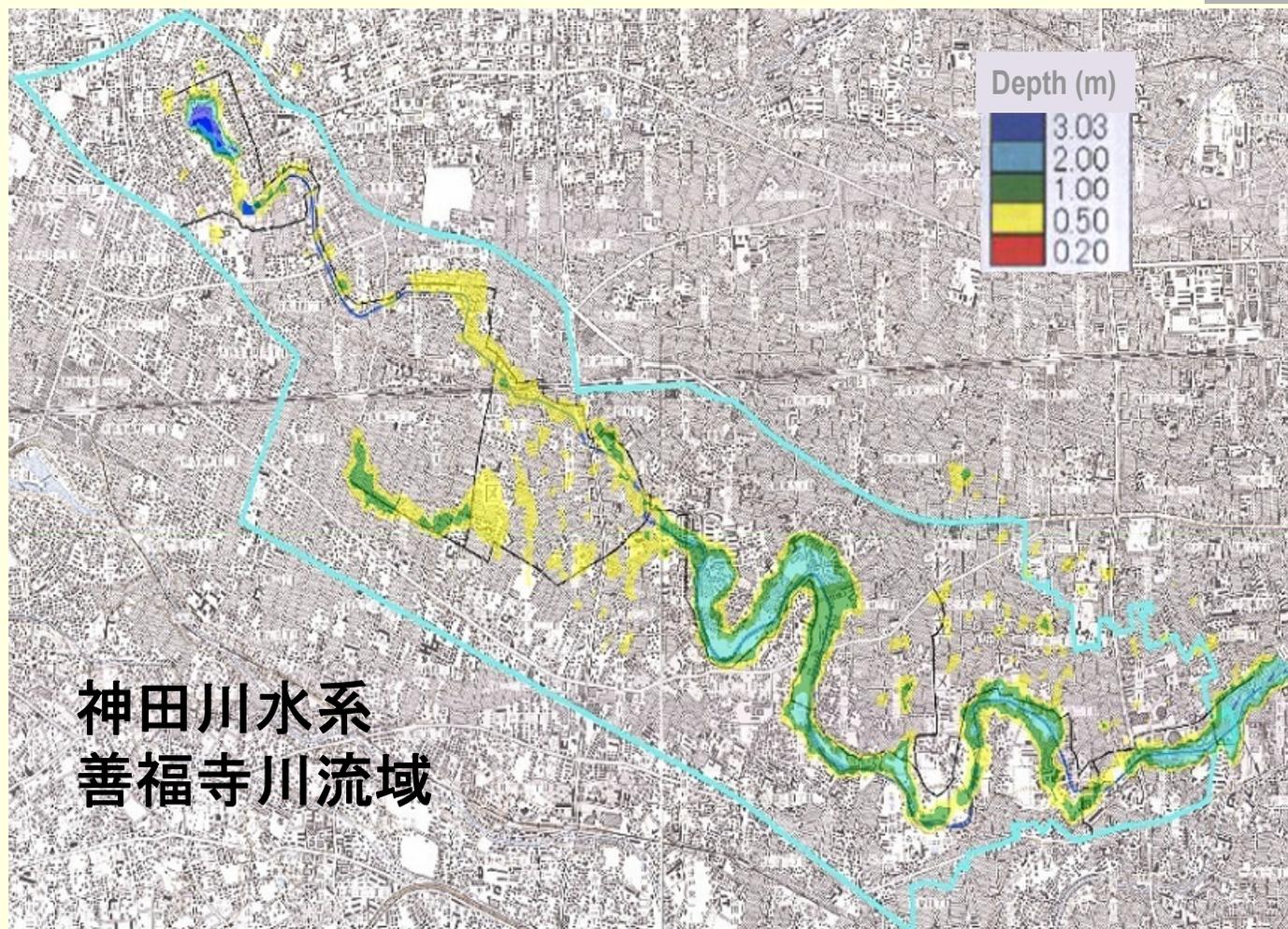
Direct Damage = Asset Valuation of Building × Damage Rate

Valuated by the Tax Bureau of the
Tokyo Metropolitan Government

GIS

50m by 50m mesh

XPSWMMによる浸水計算結果 with GIS data superposed by Model 1



50m X 50m
grid

Plan A0 under 70-year return period storm

浸水深－被害率曲線

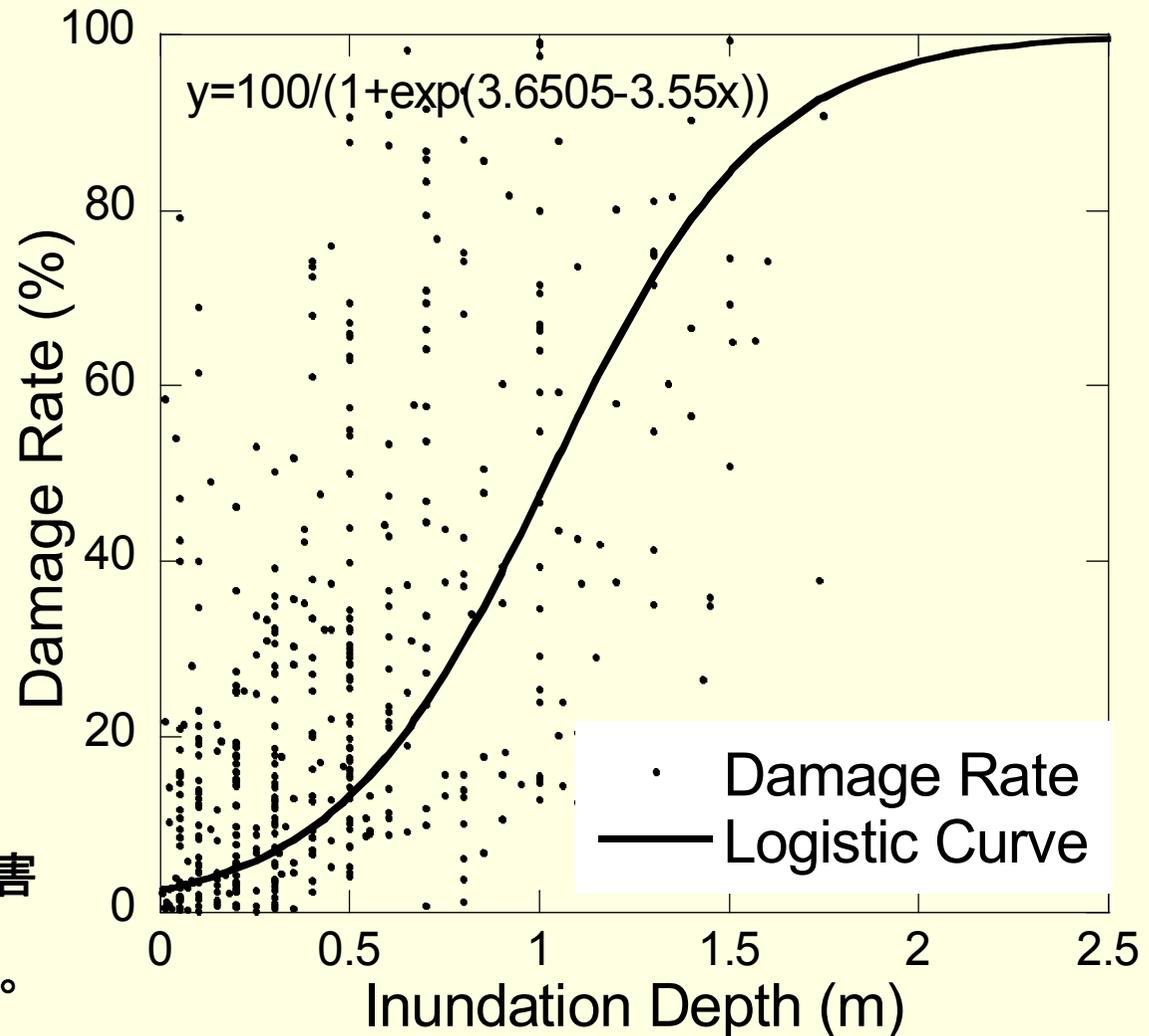
Inundation depth-damage rate curve

住宅の家庭用品

ロジスティック曲線を
当てはめた

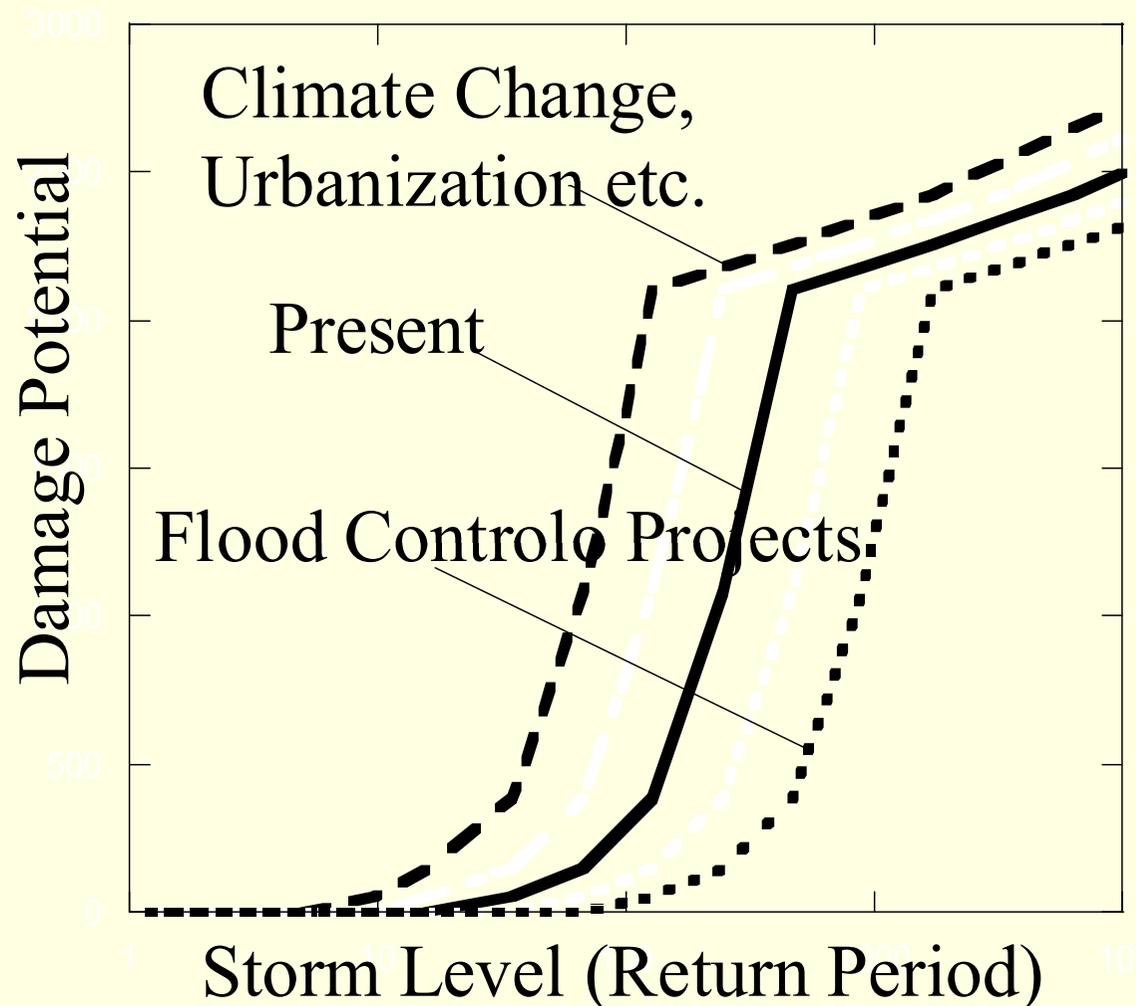
被害対象に対応して
11種類の浸水深－
被害率曲線を用いる

建設省土木研究所の浸水被害
調査データ(1995)を用いた。



被害ポテンシャル曲線

Damage Potential Curve



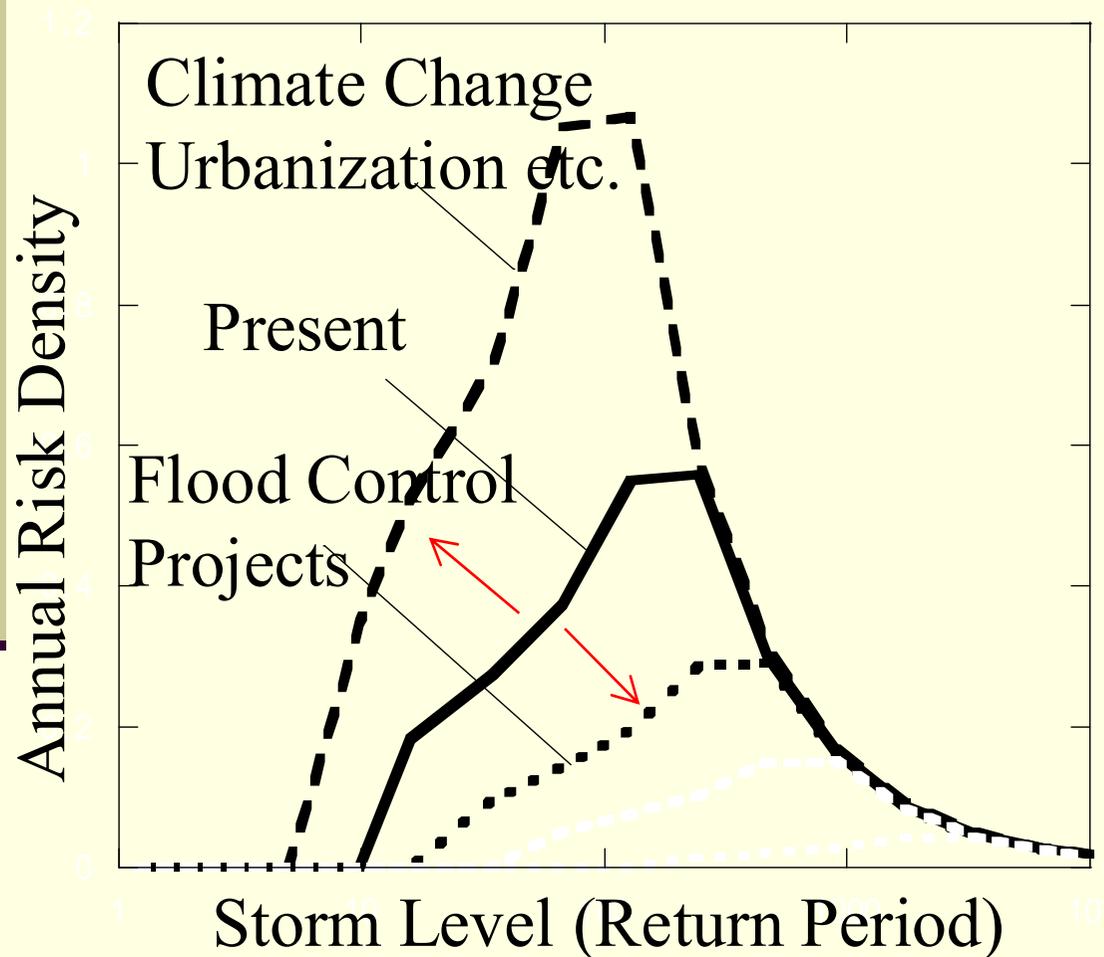
Model 1 (XPSWMM) によって計算された浸水深をもとに、

Model 2を用いて被害額を計算する。

Model 1には、さまざまな確率年 (Storm Level) の計画降雨を入力する。

年間リスク密度曲線

Annual Risk Density Curve



年間リスク密度曲線を積分することにより、年間洪水リスクコストを計算することができる。

年間洪水リスクコストとは、1年間に支払わなければならない洪水被害額の期待値である。

リスクアセスメントの応用(1)

Application of Risk Assessment (1)

最適治水・雨水排水計画水準の決定

Optimal Flood Protection Level Decision

最適治水・雨水排水計画水準決定 のための 3つの曲線

リスクコスト曲線

リスク密度曲線を積分して求める

リスクコスト軽減曲線

現在のリスクコストと

計画水準によるリスクコストの差

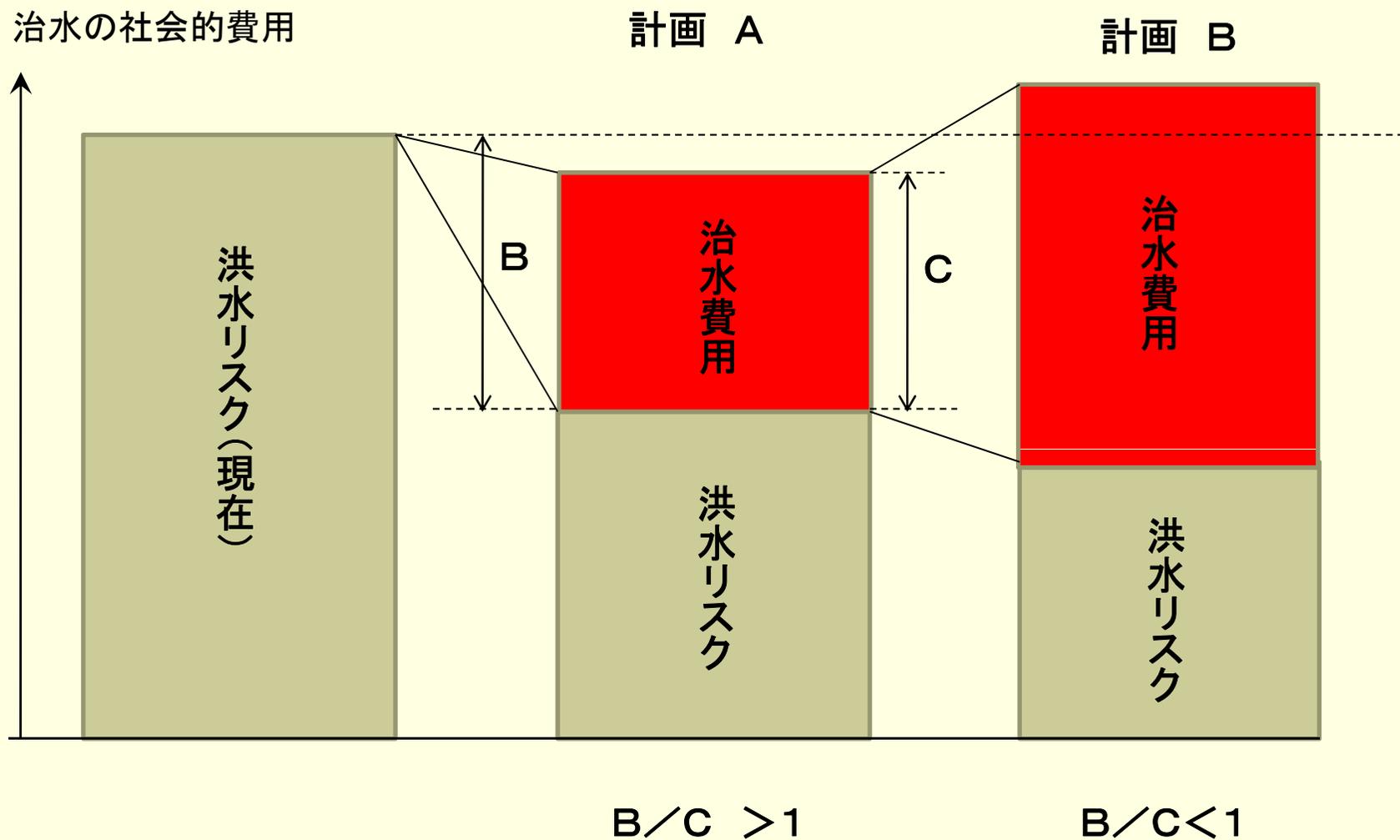
資本コスト曲線

治水計画水準に対応するコスト

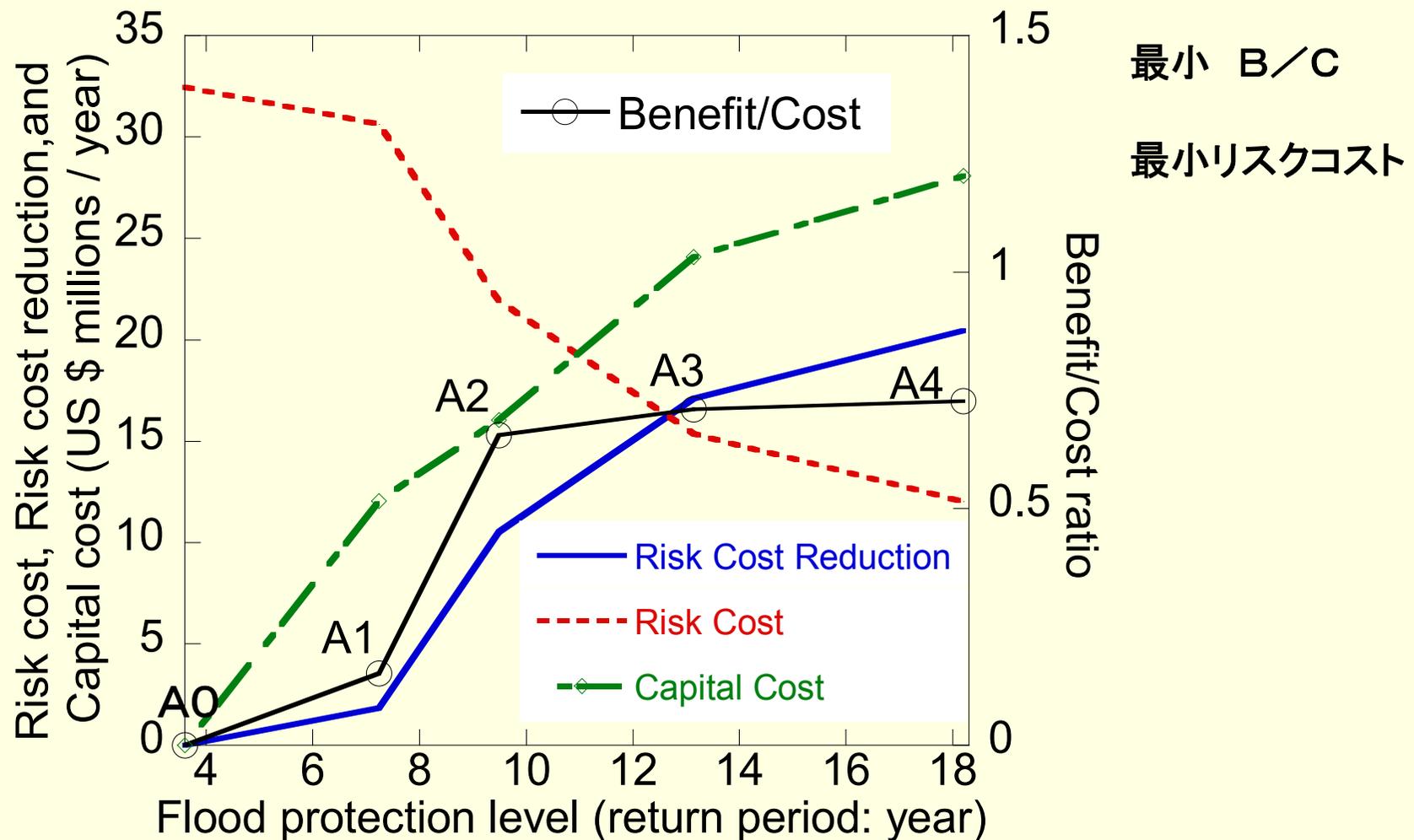
* リスクコストは、水害のための年平均のコスト。資本コストと同じ座標軸で評価できる。

治水の社会的費用の検討

* 年間ベースで、治水費用+補償費用 を検討する。



最適治水計画水準決定のための 費用－便益分析（洪水調節池）



リスクアセスメントの応用(2)

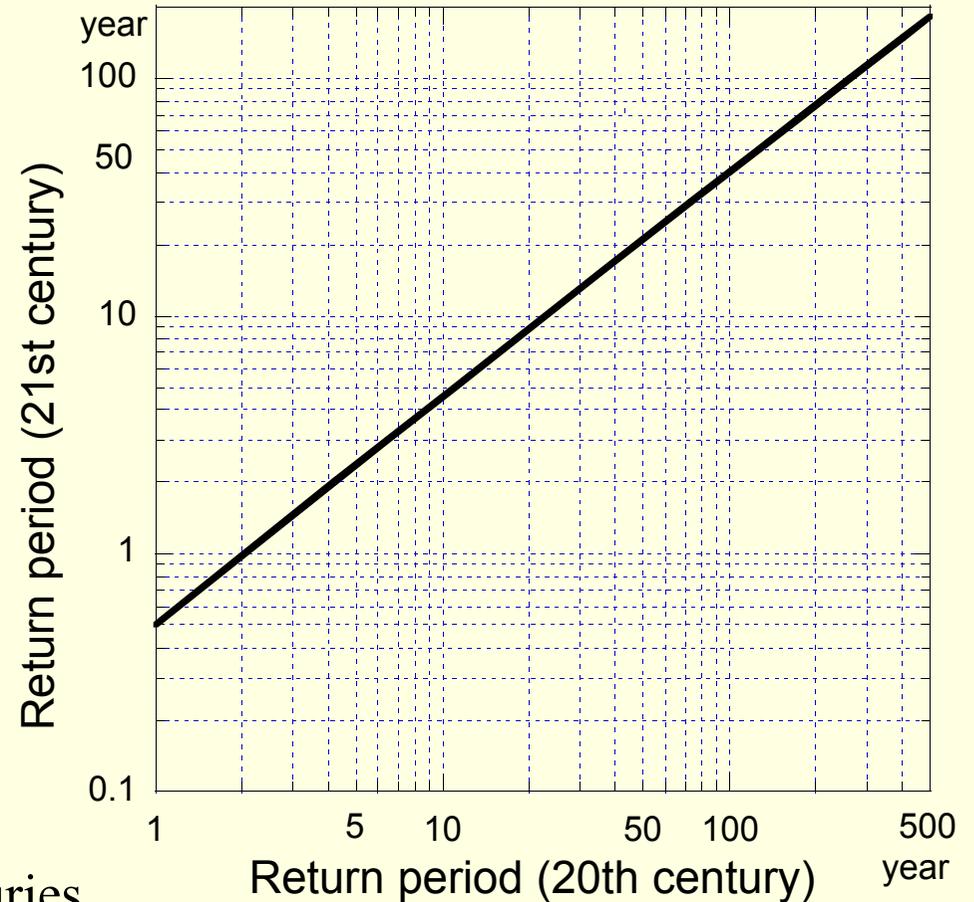
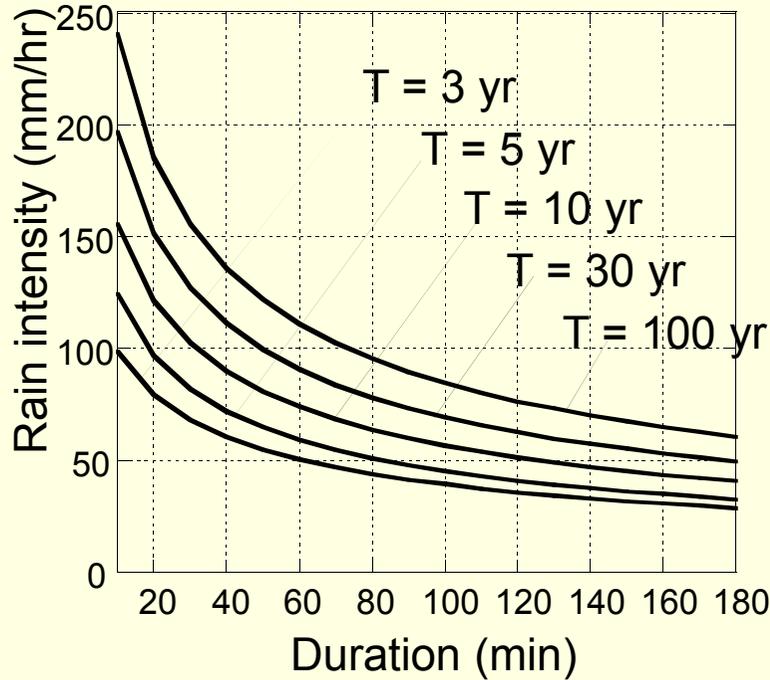
Application of Risk Assessment (2)

気候変動による治水・雨水排水リスクの評価

Risk Assessment for Global Climate Change

気候変動の評価=IDFカーブの変化

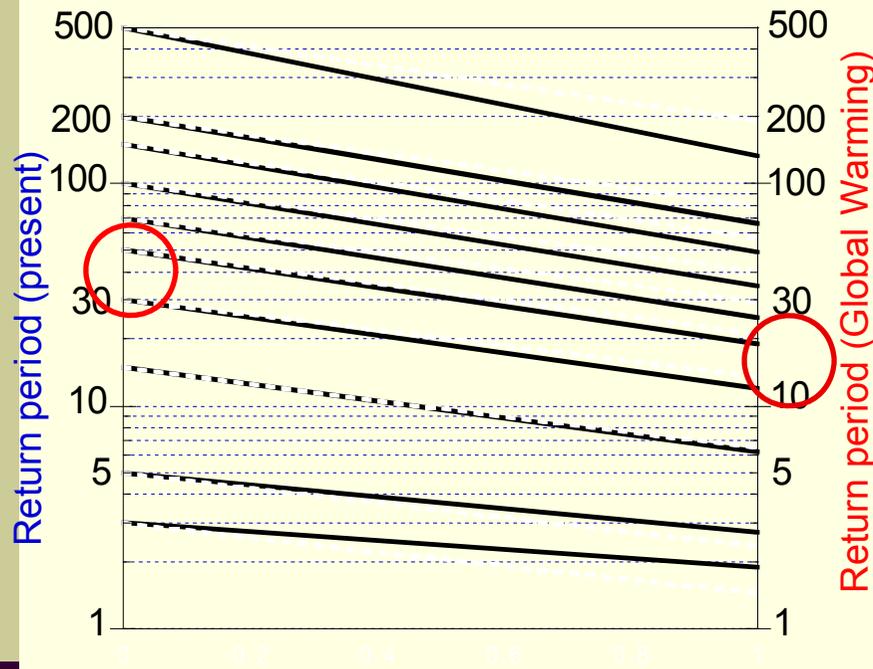
Change in Storm Characteristics owing to Global Warming



Return Periods for 20th and 21st Centuries

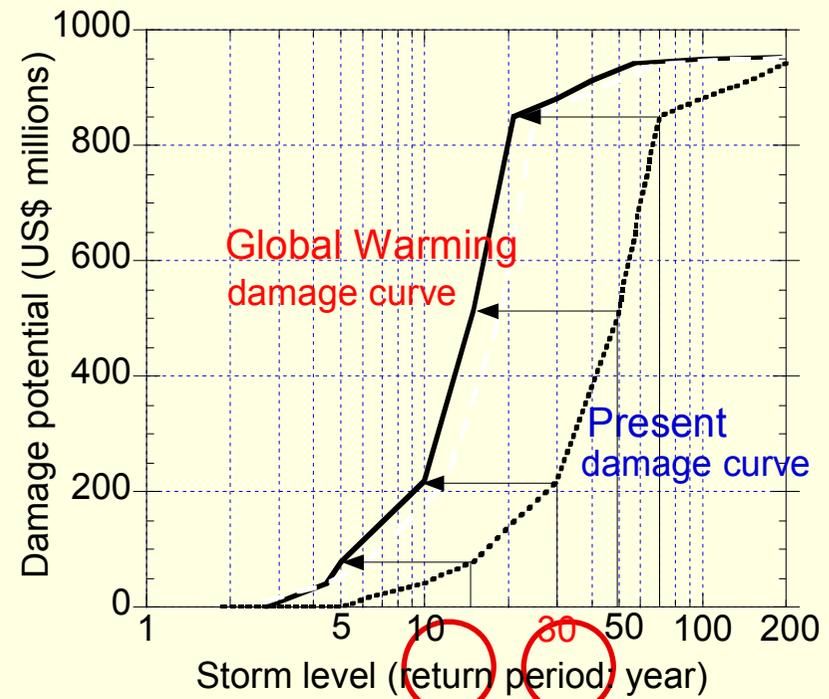
(Saita 2005 and Oki 2006)

Return Period Shift (RPS) Method

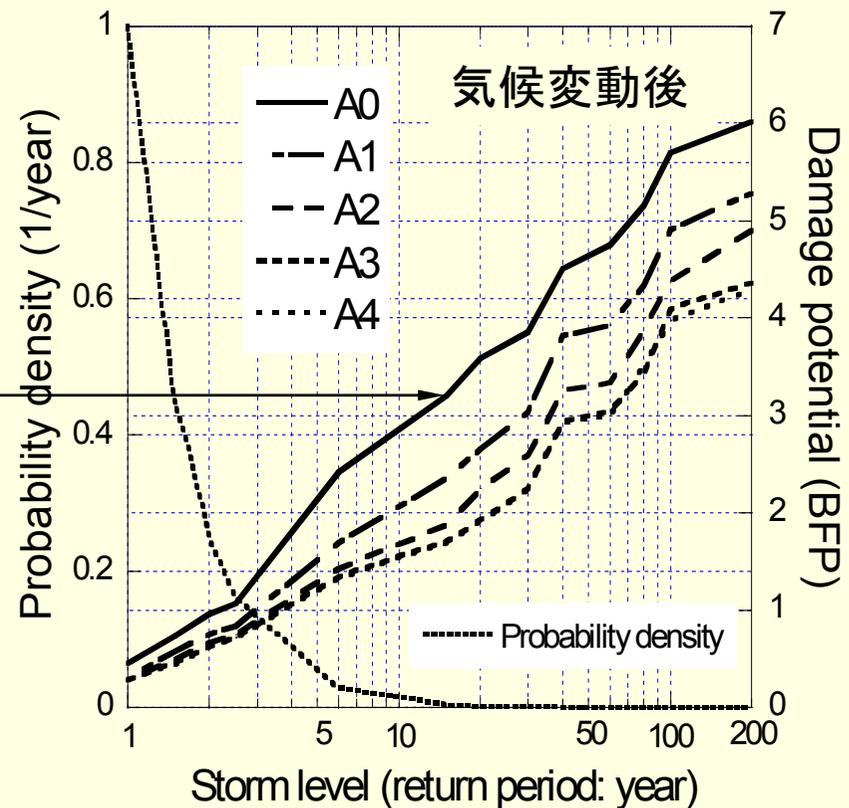
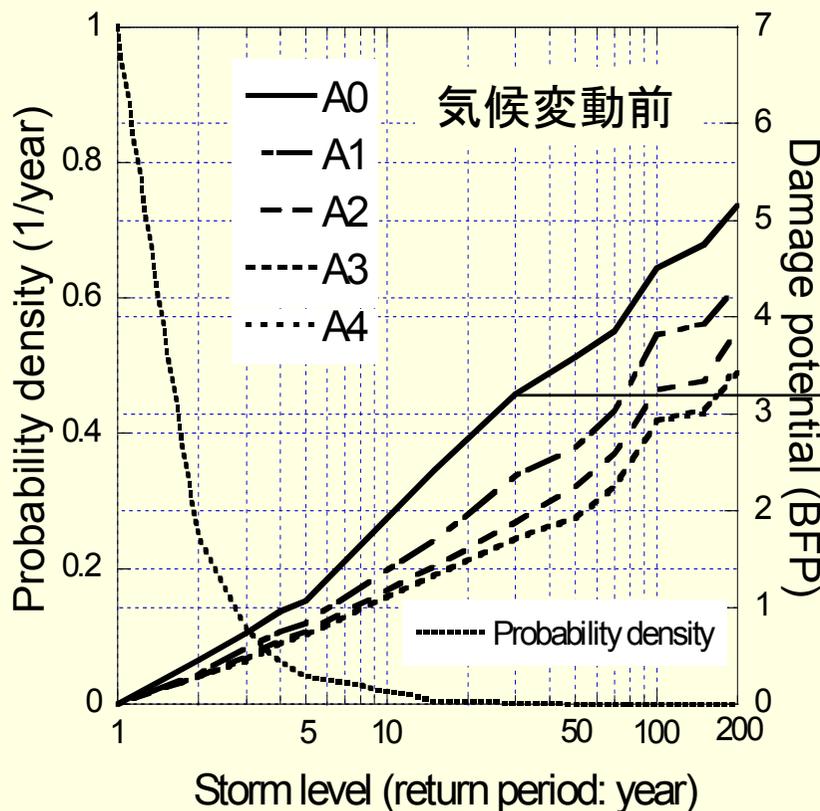


確率年30年の降雨は、気候変動後は確率年10年の降雨に相当する。

気候変動前の確率年30年の浸水被害は、気候変動後の確率年10年の浸水被害に相当する。



気候変動による被害ポテンシャル 曲線のシフト (RPS methodの適用)



Storm Levels: 1, 2, 3, 4, 5, 15, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 500-year return period

The two damage potential curves for the 20th and 21st centuries.

リスクアセスメントの応用(3)

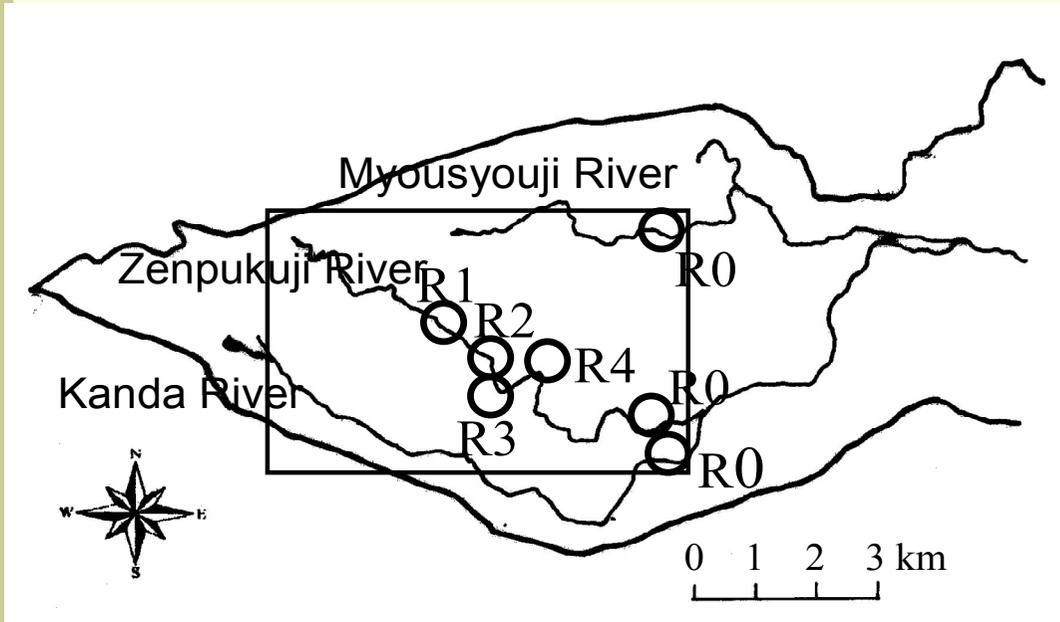
Application of Risk Assessment (3)

治水・雨水排水プロジェクトのリスクの評価

Risk assessment for Flood Control projects

治水プロジェクトのリスクアセスメント

Risk Assessment for Flood Control Projects



R0: Loop-7 Reservoir completed in 2006.

洪水調節池を建設する

A1からA4の治水計画

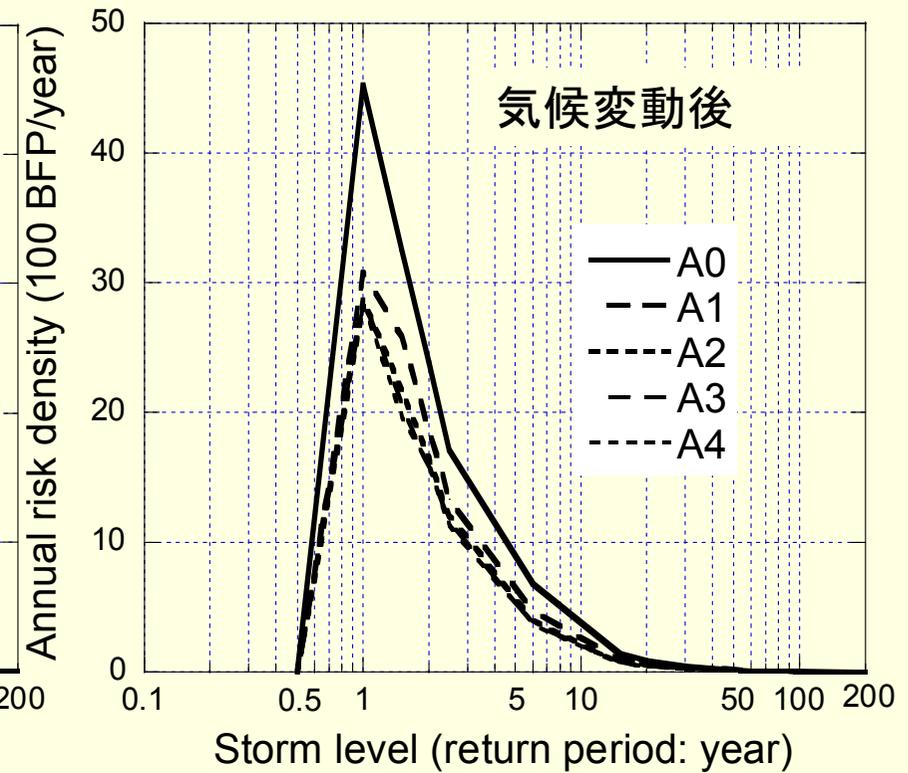
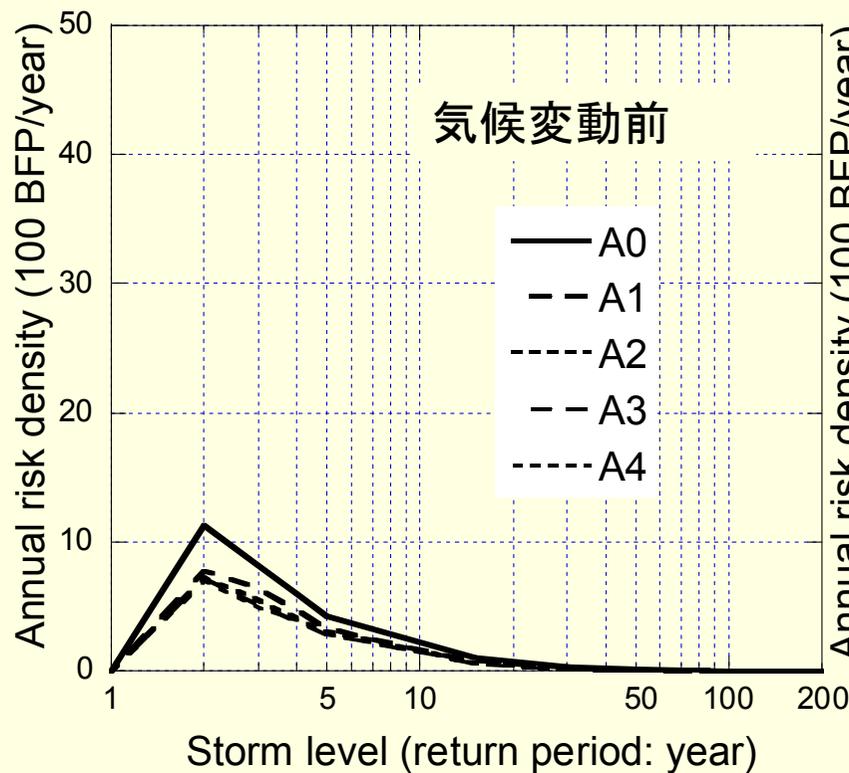
Flood Control Plans

Hypothetical Flood Control

Reservoirs: **R1,R2,R3,R4**

Plan	Flood control reservoirs				
	R0	R1	R2	R3	R4
A0	✓				
A1	✓	✓			
A2	✓	✓	✓		
A3	✓	✓	✓	✓	
A4	✓	✓	✓	✓	✓

気候変動の前後におけるリスク密度 曲線の変化 (Annual Risk Density Curve)

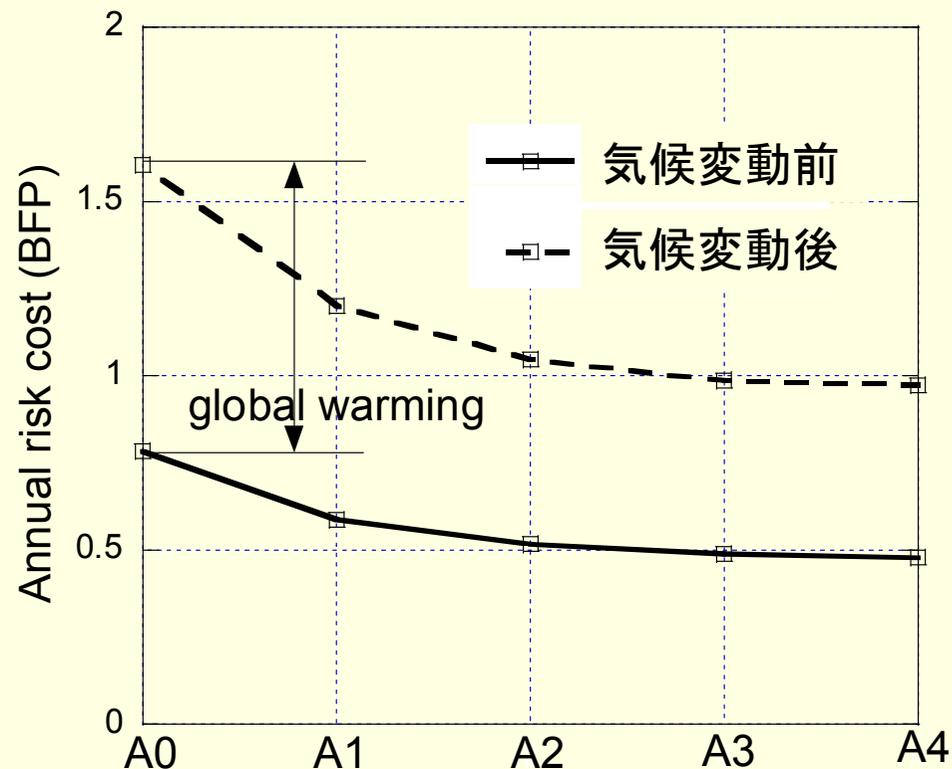


Annual risk density
curve for global warming.

Global warming causes a marked increase not only in flood damage potential but also in flood risk.
The peaks move to the lower return periods .

気候変動と治水プロジェクトの効果

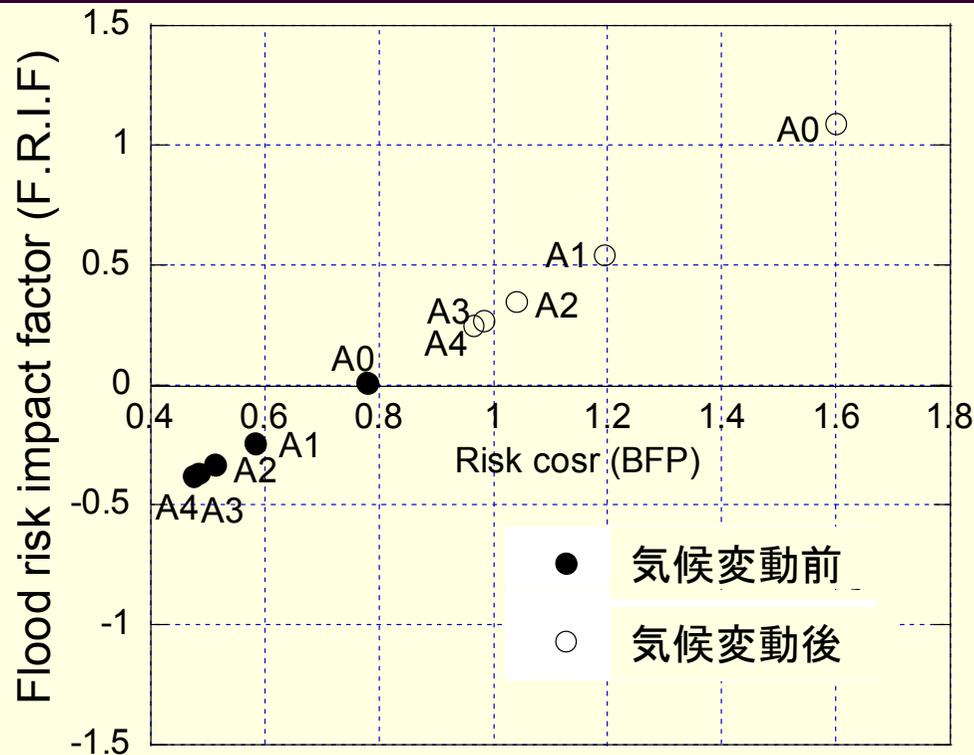
Annual Risk Costs considering Climate Change



洪水調節池が増加するとリスクコストは減少する。
しかし、気候変動によってその効果は減殺される。

To evaluate future flood risk, we have to consider not only flood control projects but also global climate change.

洪水リスク・インパクト・ファクター Flood Risk Impact Factor (F.R.I.F)



$$F.R.I.P = (RC - RC_0) / RC_0$$

RC_0 : 現在のリスクコスト

現在のF.R.I.Fは0である。

気候変動により、F.R.I.Fは1.1に増加する。つまり、リスクコストは2倍になる。

治水事業は、F.R.I.Fを負の値にする。

With global warming, the F.R.I.P value changes to the positive. The increased risk from global warming on the flood control infrastructure could overbalance the risk-reducing effect of flood control projects.

最後に ～今後の課題

1. 浸水氾濫モデルの精度と不確実性
2. 浸水被害の算定方法の適正化
3. アセット・マネジメント
4. インフラ被害の評価
5. 計画降雨の設定
6. 気候変動による洪水リスク評価
7. 洪水時の住民行動に関する研究