

気候変動適応戦略イニシアチブ
気候変動適応研究推進プログラム(都市領域)

気候変動適応に向けた水害ハザード・リスク評価

大楽浩司¹・平野淳平¹・常松展充²
山形与志樹³・村上大輔³・瀬谷創⁴、中道久美子⁵

¹防災科学技術研究所、²東京都環境研究所
³国立環境研究所、⁴広島大学、⁵東京工業大学

背景

◆人間活動に起因する気候変動の影響は数世紀にわたって続く。緩和策が効果を示すまで少なくとも数十年。適応策と併せた検討が急務。

◆トップダウンアプローチ

気候モデルによる正確な予測に基づく影響評価。現在の主流。

全球気候モデル、地域気候モデルまたは統計的手法によるダウンスケーリングによって将来の全球・地域における気候変動の潜在的影響を評価。

◆ボトムアップアプローチ

資源(水・食料・エネルギー・健康・生態系)の潜在的な脆弱性を評価。気候変動は多くの要因の一つ。

リスク評価や防災に重点。脆弱性を軽減させる適応・緩和策の評価に注目(Pielke Sr. et al., 2009)。

「正確な予測」ではなく「あり得るシナリオ」に対して頑健な適応戦略。

→ 現在主流のトップダウンアプローチを補完する新たな研究提案



高解像度気候変動シナリオを用いた大都市圏の風水害脆弱性評価に基づく適応に関する研究

大楽 浩司（防災科学技術研究所）



概要 低炭素化社会と気候変動へ適応した社会の実現のために、大都市圏特に東京都市圏を対象として、自治体の適応戦略の策定・検討に資する科学的知見を提供するためのシミュレーション技術の研究開発を行います。

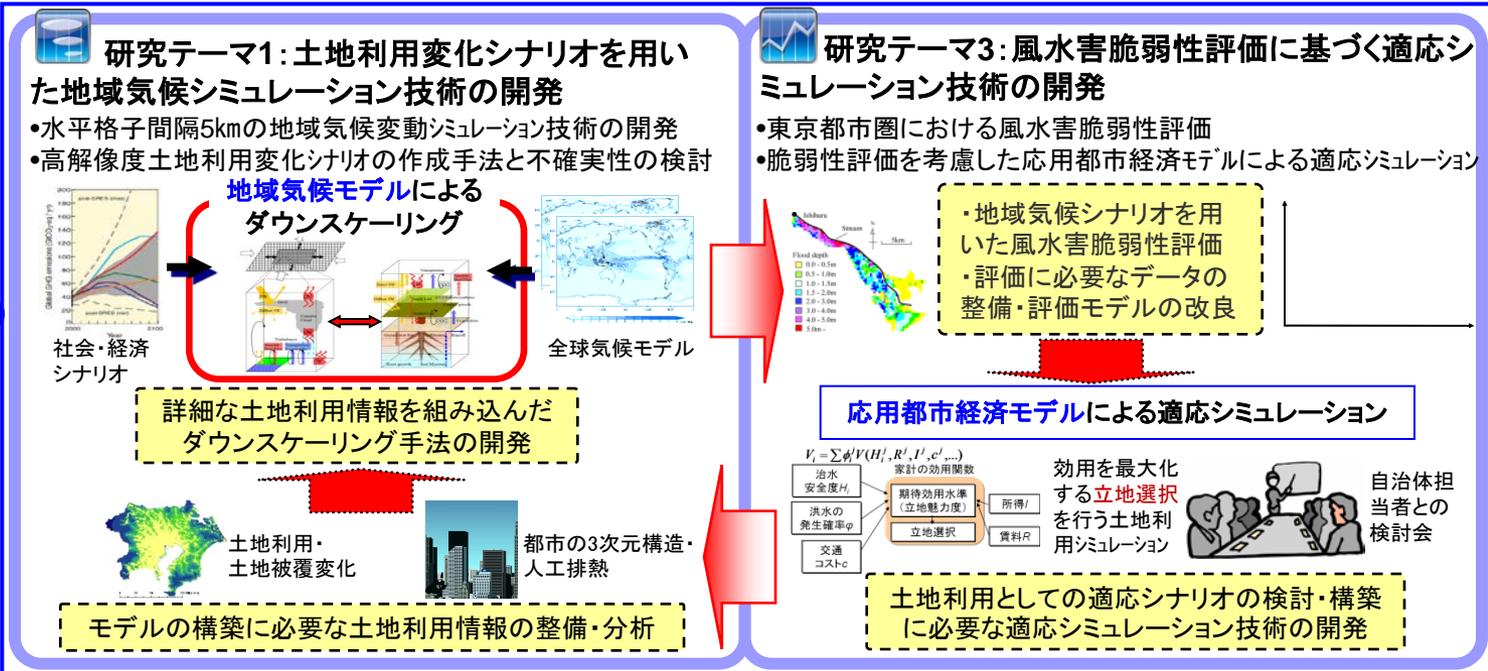
対象地域 東京都市圏(東京都・神奈川県・埼玉県・千葉県・茨城県南部)

実施体制 共同研究参画機関: 国立環境研究所
協力連携機関: 気象研究所、コロラド大学、海洋研究開発機構、損害保険料率算出機構、茨城大学、筑波大学、国際応用システム分析研究所、東京都市圏の自治体

気候変動に伴う異常気象が海面上昇等と重複して発生すると、これまでの危険度評価に基づく地域計画では対処できない可能性があるため、気候変動影響の特性および社会システムの脆弱性変化を考慮して、気候変動への適応策を検討する必要があります。本研究では、東京都市圏を対象として、自治体の適応戦略の策定・検討に資する科学的知見の提供に必要な、土地利用変化シナリオを用いた地域気候シミュレーション技術、および風水害脆弱性評価に基づく適応シミュレーション技術の開発を行います。

- 気候シナリオに関するプロジェクト等
- リスク情報創生プログラム(SOUSEI)
 - 環境省プロジェクト(S-8)
 - DIAS(国家基幹技術)
 - 災害リスク情報プラットフォーム
 - JST低炭素社会戦略センター

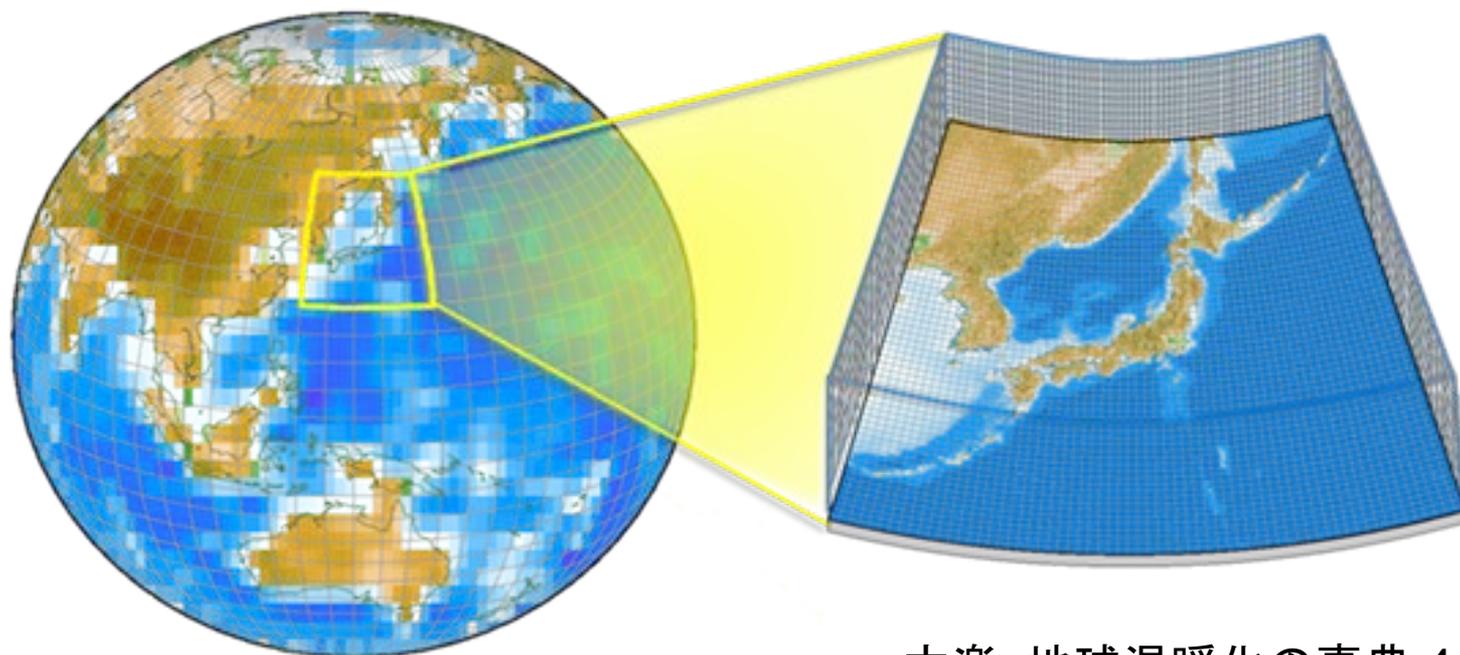
連携
協力



自治体レベルにおける風水害などの防災・環境対策にかかわる適応戦略の検討に資する科学的知見を提供し、気候変動に適応した持続可能な大都市圏のあり方の検討に貢献

ダウンスケーリングとは何か？

◆ダウンスケーリングとは、より格子間隔の粗いモデルや客観解析データ(さまざまな時間・場所で観測されたデータから規則的な格子点での大気的最適な推定値を計算したもの)から局所／地域スケールの情報を導く手法のこと (Glossary in the IPCC AR4 WG1 Annex1, 2007).



ダウンスケーリングとは何か？

◆主に**力学的ダウンスケーリング**と**経験的／統計的ダウンスケーリング**の2つの手法に分類。

◆力学的ダウンスケーリング

地域気候モデル、格子間隔可変の全球大気モデル、または高解像度の全球大気モデルを用いる。

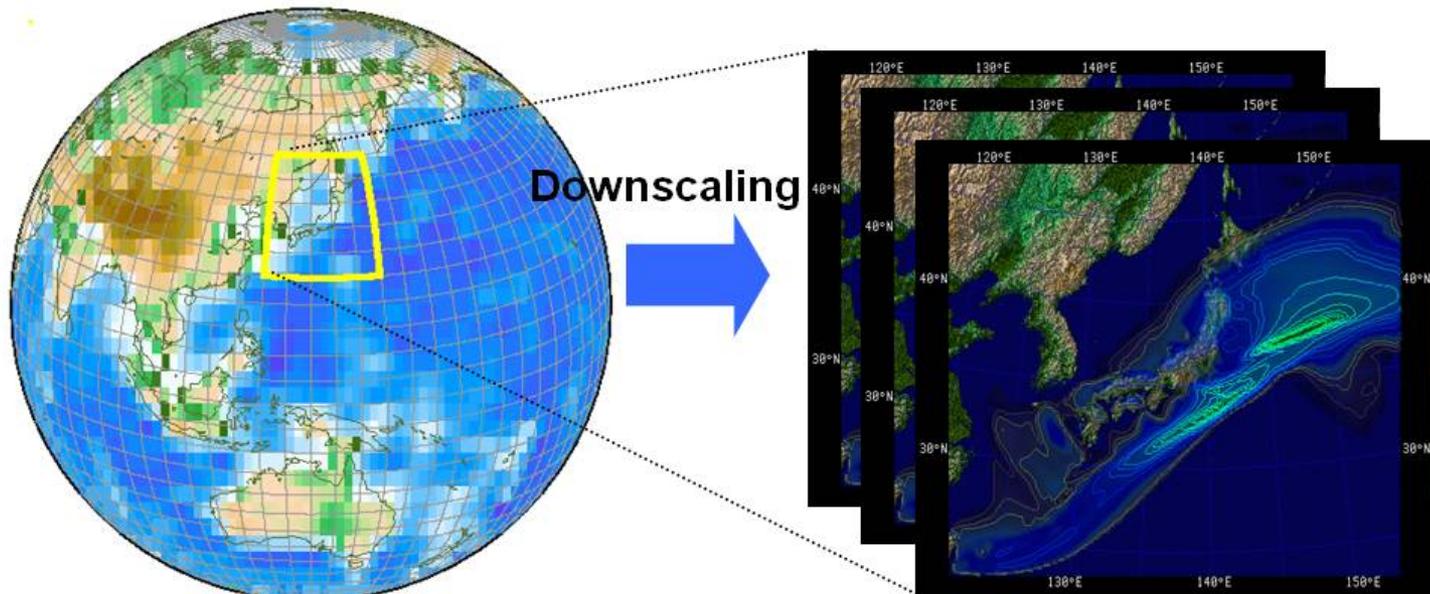
◆経験的／統計的ダウンスケーリング

大きなスケールの大気変数と局所／地域スケールの変数間の統計的関係を導く。

→ 全球気候モデルをダウンスケーリングするツールとしては、地域気候モデルと統計的モデルが用いられることが多い。

マルチモデルアンサンブル実験

- ✓ 気候シナリオ情報創出のためのアンサンブル実験
 - 出来る限り主要な要因による不確実性の「幅」を捉えるためのアンサンブル実験の最適化
 - 複数の地域気候モデルによるアンサンブルダウンスケーリング実験



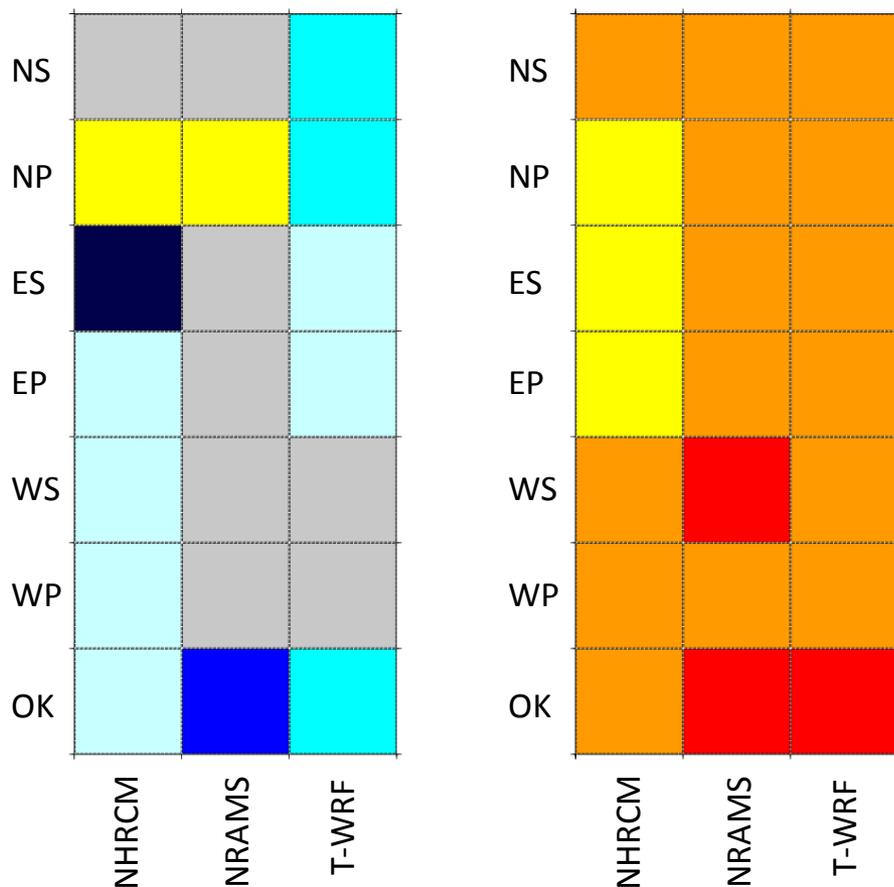
地域気候モデルのバイアス

➤ MIROC3.2-hires(A1b)を境界条件にした3つの地域気候モデルとAMeDASによる夏季降水量バイアス評価

20C3M: 1981-2000 A1b: 2081-2100

a) Mean Bias JJA

b) 95th Bias JJA



➤ 平均降水量のバイアス

- ・T-WRFでは北日本と東日本で過大評価。
- ・NHRCMは、北日本を除いて過大評価傾向。
- ・N-RAMSのバイアスは、東日本、西日本で10%以下。

➤ 95パーセンタイルのバイアス

- ・全RCMsで過小評価 (NHRCMは相対的に良い)。

日本列島における夏季降水量の将来変化

a) NHRCM JJA

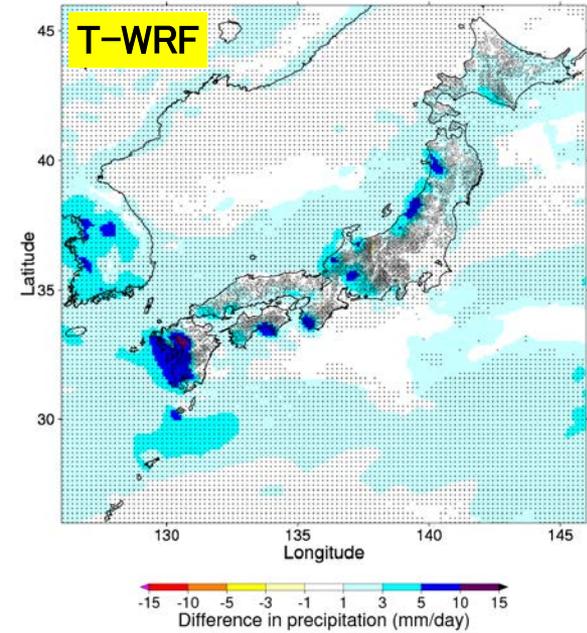
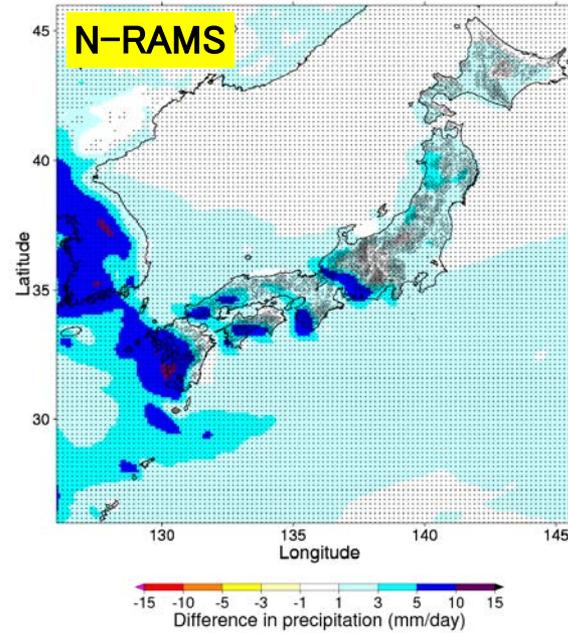
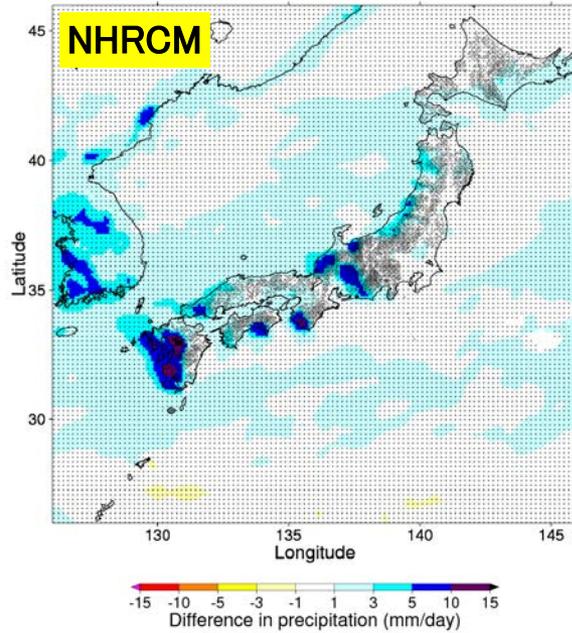
b) NRAMS JJA

c) T-WRF JJA

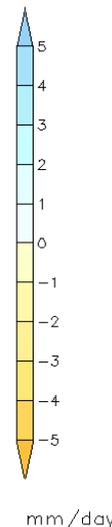
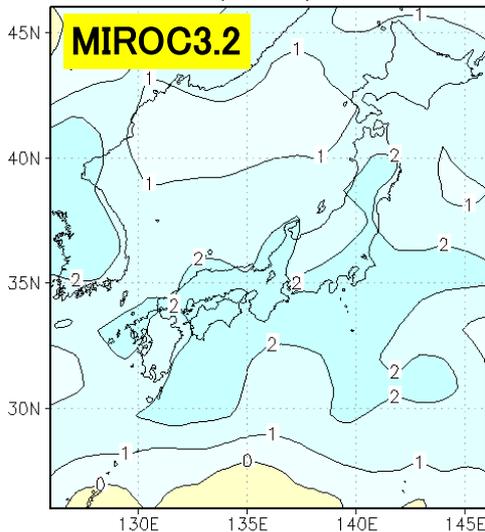
NHRCM_A1B(2081-2100)-20C3M(1981-2000)_Precipitation_JJA_Average

NRAMS_A1B(2081-2100)-20C3M(1981-2000)_Precipitation_JJA_Average

T-WRF_A1B(2081-2100)-20C3M(1981-2000)_Precipitation_JJA_Average



a1b-20c3m Dially Precipitation Diff. JJA

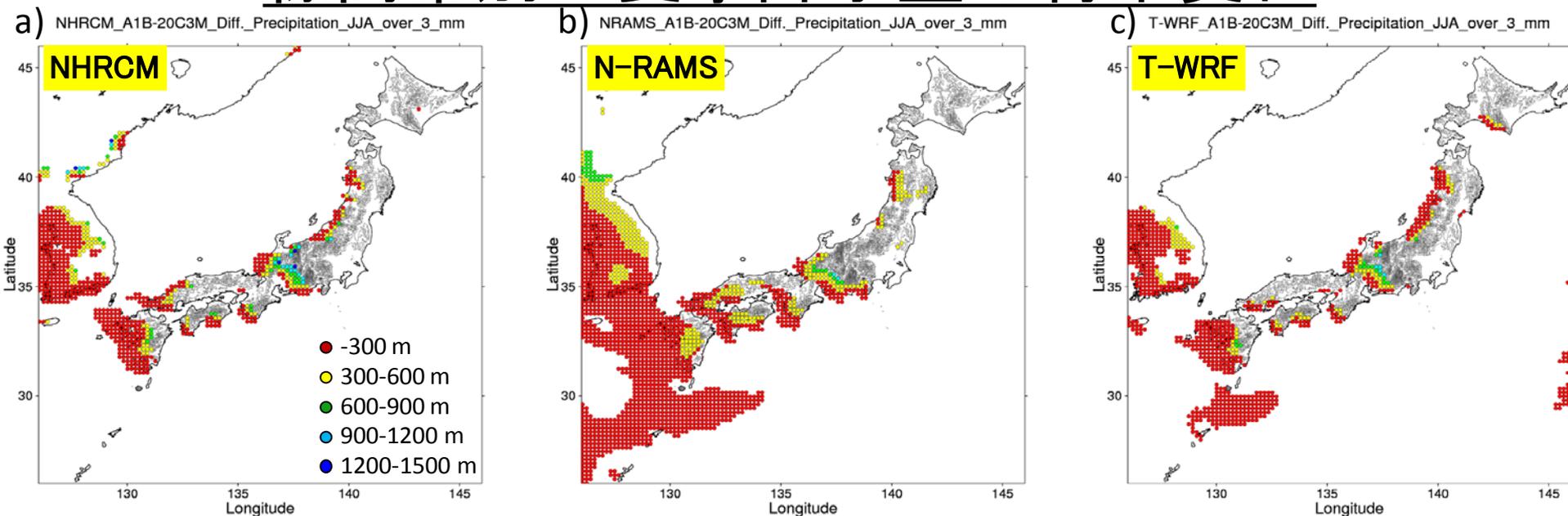


➤ 夏季(JJA)日降水量の将来変化:

- 降水の増加は、現在気候において降水量が多い山岳地域の西側と南側で顕著。
- 降水変化と地形の関係は、水平格子間隔の粗い全球気候モデルでは、不明瞭。

ダウンスケーリングによる付加価値

標高帯別の夏季降水量の将来変化



- **地形性降水の変化: >3mm/day (約90mm/month)**
標高帯別に分類 (300m毎)
- **山地の西側及び南側の比較的標高が低いところ (<600m) で3mm/day以上増加**
-> 人間社会への影響 (都市等)
- **山地の西側および南側で、豪雨頻度 (>100mm/day) も増加 (図略)**
- **北太平洋高気圧の強化と水蒸気量の増加**
-> 水蒸気フラックスの増加と地形性降雨の強化

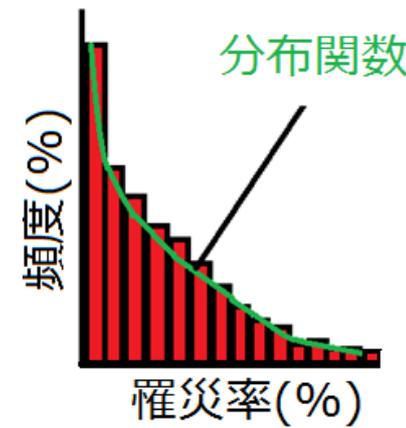
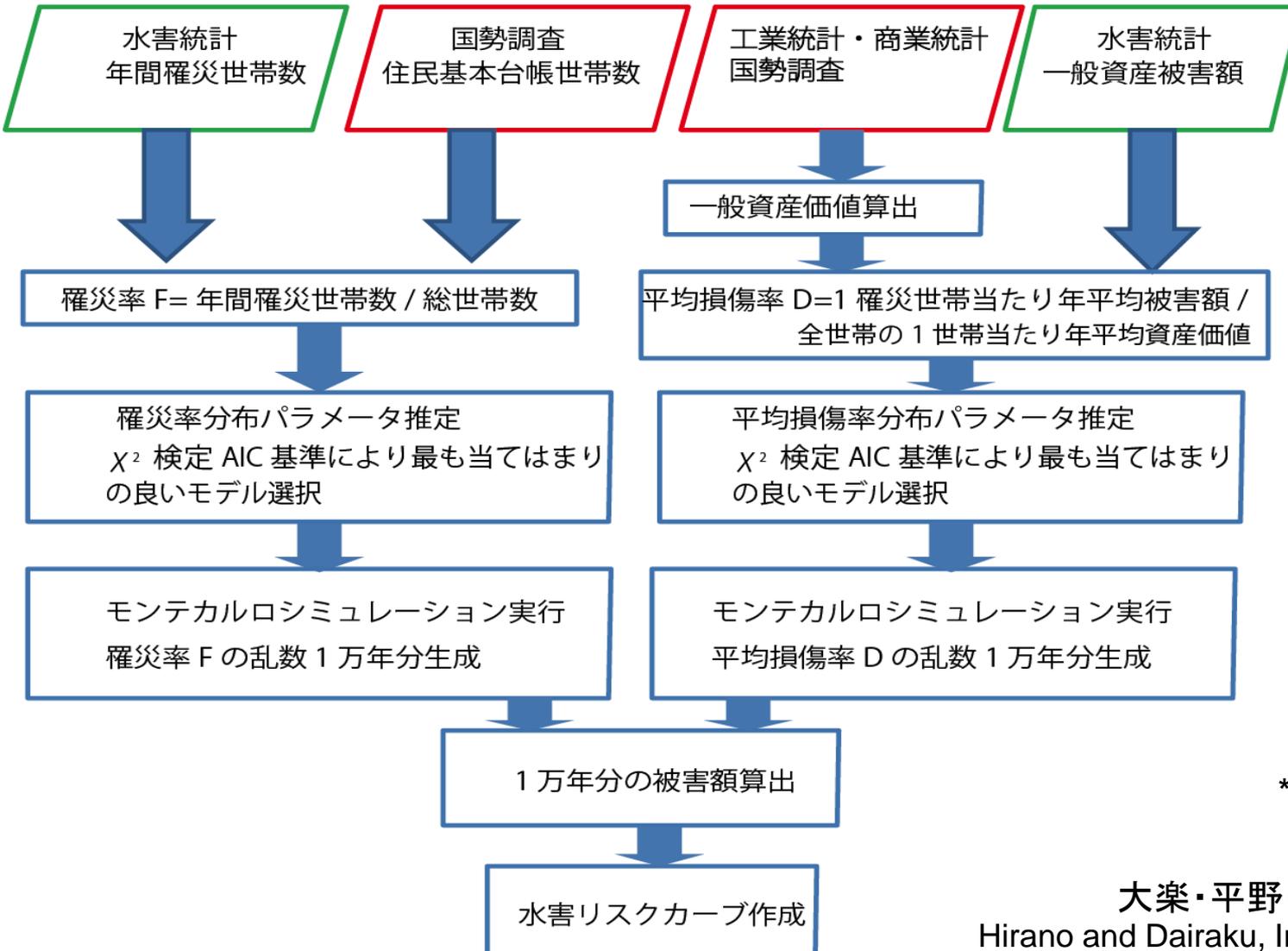
確率的水害リスク評価

気候変動、人口変化、土地利用変化、資産価値・分布の変化が水害リスクにおよぼす相対的影響を確率的に評価する新手法を開発

→ 災害リスクに基づく水害対策・
土地利用計画の基盤的情報

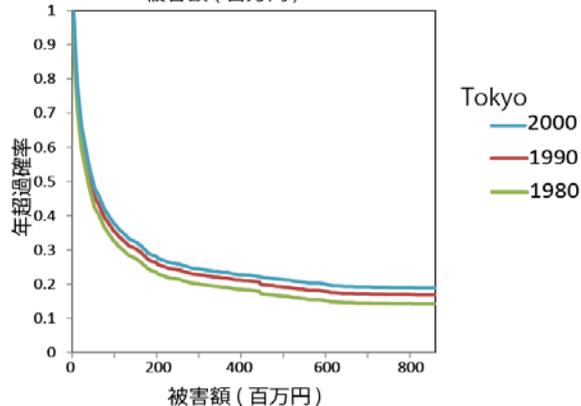
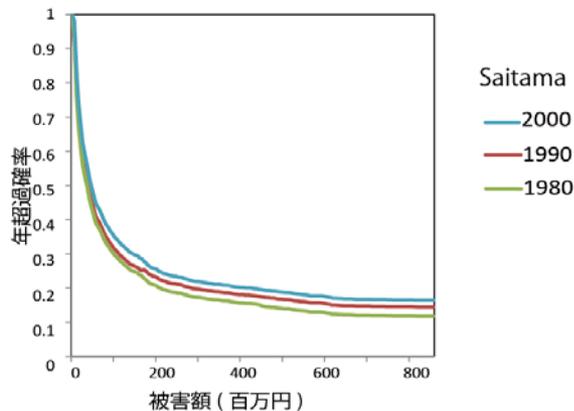
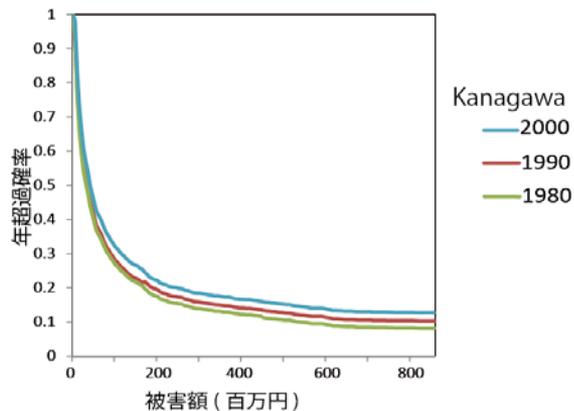
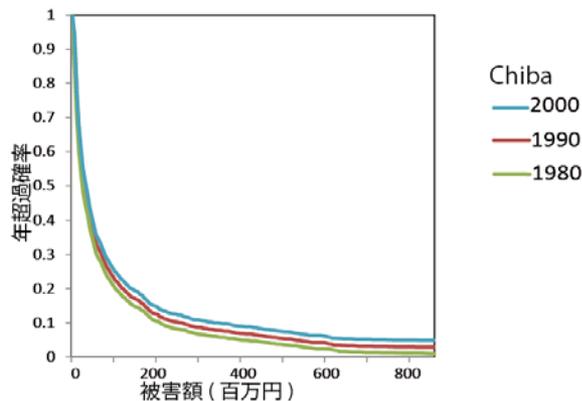
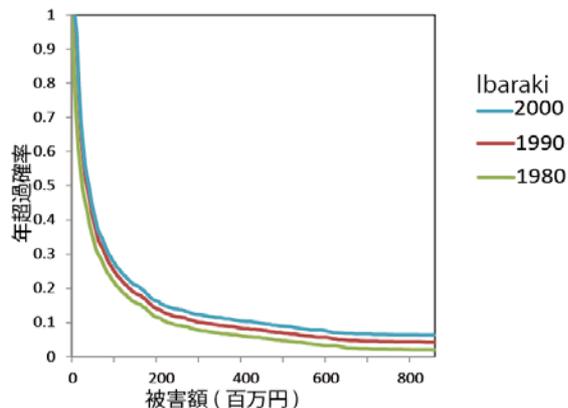
＜水害脆弱性評価モデル＞ 内水氾濫の水害リスクカーブの構築

国立環境研究所との連携



AICを基準として罹災率, 損傷率に分布関数を当てはめ
*有意水準1%で検定

東京都市圏の水害リスクの時間変化(10年毎)



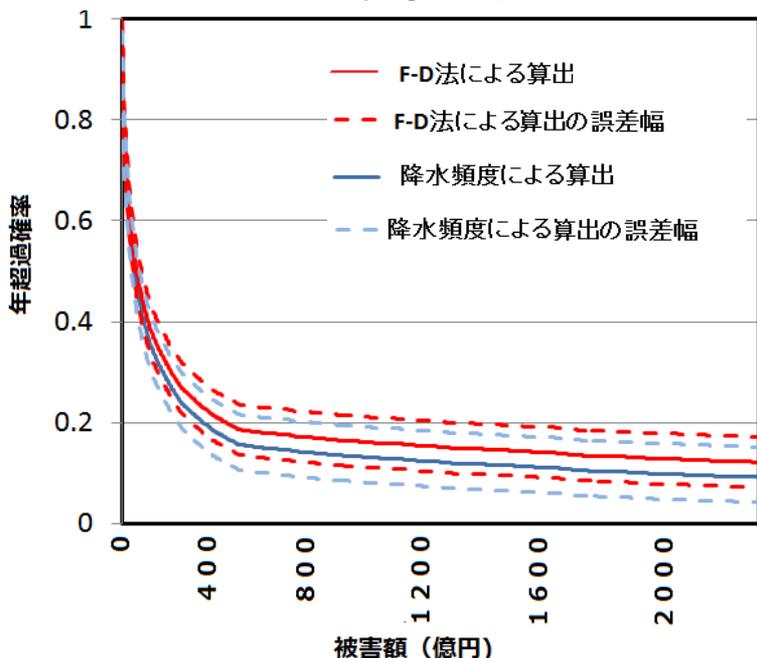
※評価単価は1981年以降の水害統計に掲載

※過去の資産価値は評価単価をデフレーター(治水経済マニュアル)によって平成17年相当の額に補正。

- ✓ 水害被害の年超過確率は上昇傾向
- ✓ 罹災率(F)は低下傾向
- ✓ 平均損傷率(D)は増加傾向
- 被害額の顕著な増加: 資産の増加と集中化

降水頻度分布にもとづく被害額推定と水害リスクカーブ

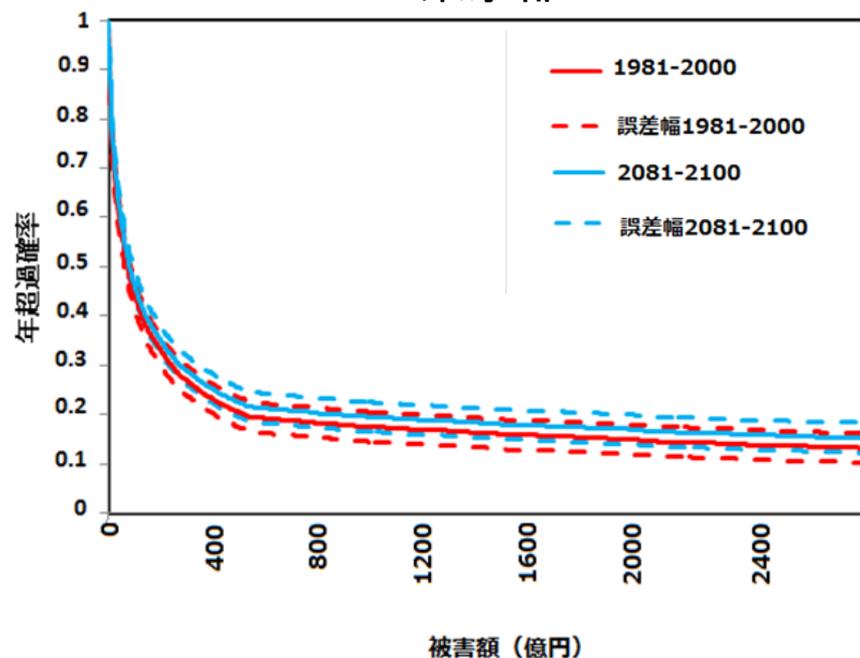
東京23区



平野・大楽(水工, 2014)

降水量頻度分布とF-D法にもとづいて作成した水害リスクカーブ

東京都



S8共通シナリオ第1版補遺気候シナリオ(T-WRFをバイアス補正)を用いて作成

- ・罹災率(F)を日降水量(P)で置換することによって、F-D法とほぼ同様の不確実性の範囲で、水害リスクの変化を確率的に評価分析することが可能に
- ・推定誤差の範囲内であるが、将来気候シナリオでは水害リスクが高まる傾向

→ 気候変動シナリオ・社会経済シナリオを考慮したリスク評価実施中

適応シナリオ分析・検討の考え方

山形・中道・瀬谷(2012) 東京都市圏の気候変動緩和・適応策の相互作用に関する土地利用シナリオ分析評価, 土木計画学研究・講演集.

	緩和策なし	緩和策あり
適応策なし	<ul style="list-style-type: none">•用途混合、職住近接等の意図をもたない都市コンパクト化（放置） 	<ul style="list-style-type: none">•臨海地域を含めた都心地区全体の開発継続•技術革新・普及（PV,電気自動車,蓄電池等）  
適応策あり	<ul style="list-style-type: none">•高台等の浸水リスクの低い地区への集約（低炭素化の意図はもたない） 	<ul style="list-style-type: none">•臨海地域等を除く浸水リスクの低い都心部への集約•技術革新・普及（PV,電気自動車,蓄電池等）  

都市サービス(QOL)やインフラ整備のコストなど総合的に評価する必要あり

→ これらをベースに、それぞれのトレードオフ、シナジーを考えてシナリオを検討

気候変動への緩和と適応を考慮した 土地利用シナリオの構築と評価

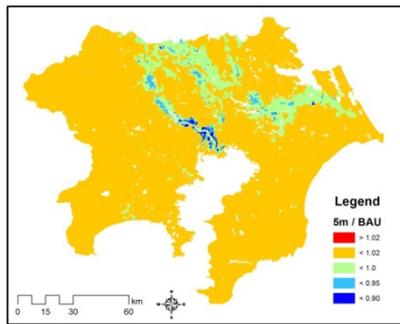
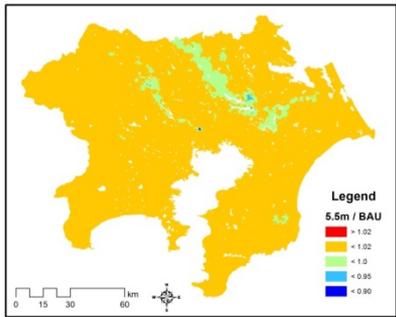
中道ら(土木学会論文集, 2013)

応用都市経済モデルによる土地利用規制分析

緩和と適応を考慮した多面的評価

浸水深5.5m以上規制

5.0m以上規制



BAU比で見た人口変化(2050年)

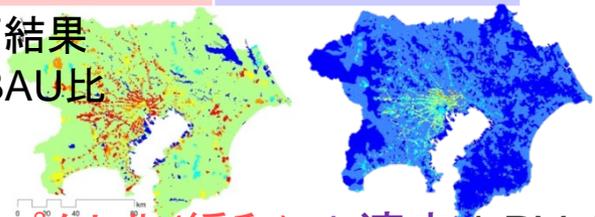
(兆円)	0.5m規制	2m規制	5m規制	5.5m規制
b 期待被害減少便益	17.07	15.18	11.35	2.28
c 不便益(効用・利潤変化)	-2.76	-1.62	-0.8	-0.04
b/c	6.184783	9.37037	14.1875	57

・浸水想定区域図5m以下も規制対象とすると東京東部など洪水氾濫危険地域の人口が少なくなり被害軽減が期待。ただし、規制対象地域が広がり、効用低下が著しくなり**費用対効果が大きく低下**

・移転, 嵩上げ(建築規制), 保険による適応の便益額を比較(**次のステップ**)

	適応策なし	適応策あり	+PV・EV導入 ✓ 技術による緩和策 ✓ 分散型電源 → 適応策
緩和策なし	BAU(分散都市)	水害リスクの低い地区へ誘導	
緩和策あり	コンパクトシティ(都心・駅周辺へ集約)	水害リスクの高い地区から撤退し、都心・駅周辺へ集約	

CO₂評価結果
2050年BAU比



都市コンパクト化(緩和) + 適応 + PV・EV導入
結果の例

PV・EV導入ありの場合, 緩和の場合はBAUよりもCO₂排出量が削減されるが, **適応を加えた場合は緩和単独よりもCO₂排出量が多くなってしまう可能性**

・水害リスクの高い地域で土地供給可能面積を縮退させているため、結果として土地面積が減り、戸建て住宅が減り(集合住宅が増え), それに伴ってPV発電可能量が減り, CO₂排出量が増えたため。
⇒緩和と適応の両立を考えていく意義は大きい。

レジリエントな都市デザインを支援する 気候変動適応シミュレーション技術の開発・高度化

適応計画の策定(平成27年夏)

「国土のグランドデザイン2050」で示された**多極ネットワーク型コンパクトシティ**

・改正都市再生特別措置法

・インフラ・土地利用マネジメントと一体となった効率的・効果的な治水対策、グリーンインフラ、自治体の**立地適正化計画**の作成等の支援ツール開発

・複合都市災害を考慮した**レジリエンス指標の開発と評価**

・**空間社会ネットワーク情報**(消費者実態調査、SNS情報)を用いた社会レジリエンス分析

共同設計

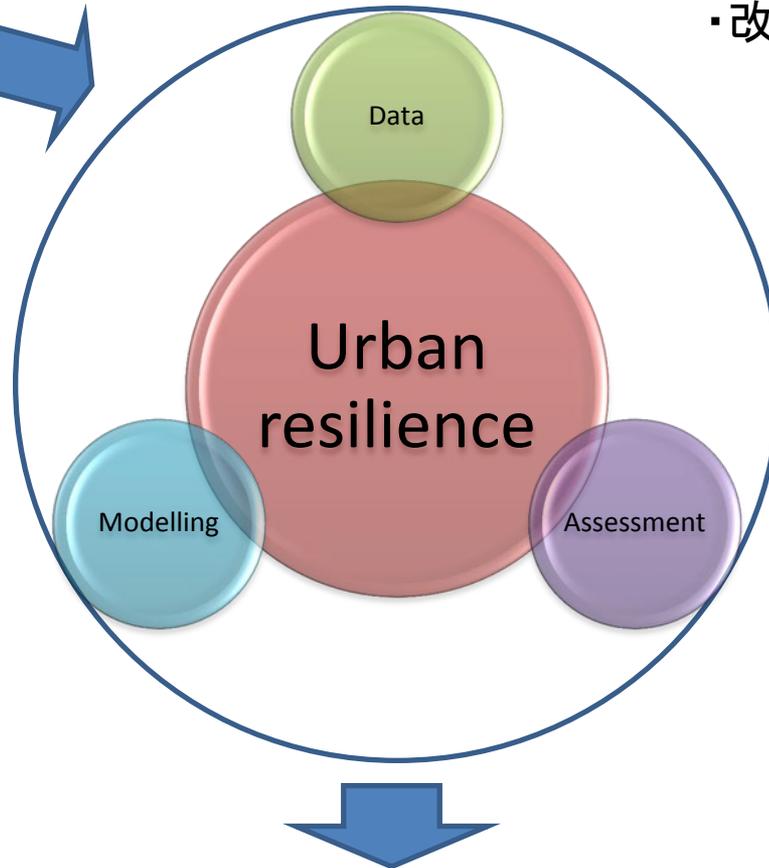


地域ステークホルダ/
研究機関

・**高解像度地域気候アンサンブルシナリオ**による確率的ハザード評価(豪雨、熱波等)

・**確率的リスク評価**
(社会基盤施設整備の設計基準となる低頻度大規模災害も考慮)

・**都市モデルの動学化**による資産ストック/世帯タイプ別世帯数の経年変化分析、**空間詳細な時系列資産ストックデータベース**構築



適応シミュレーション技術の社会実装に向けて地域ステークホルダーと、データ整備・モデル分析・評価指標作成等を共同実施し、**気候変動リスク管理を支援。**