

スリランカのコロンボ都市圏における 都市洪水対策事業の気候変動適応効果の分析評価

2025年12月16日

JICA緒方貞子平和開発研究所
佐藤 一朗

発表の趣旨

- 本日の発表は、気候と社会経済の不確実な将来変化を考慮のうえ、スリランカで計画される都市洪水対策事業の気候変動適応策としての効果进行分析する事例研究
- 開発途上国での事例だが、日本でも不確実な状況下で気候変動適応策を検討せざるを得ない状況は多々あると思われ、本研究で用いているアプローチは活用可能

目次

1. 研究の背景

2. 研究の概要

3. 現在までに得られた結果

4. 最後に

研究の背景 (1)

- 気候変動の影響が世界各地で年々一層顕在化
- 途上国は気候変動適応への関心高く、支援要請大
- 気候変動影響の不確実性が適応効果の評価を困難にしている ---> しかし、そのような評価なしでは、適応の便益を加味した効果的な資源配分を実現できない（開発協力機関にとっての関心事であるべき）

研究の背景（2）

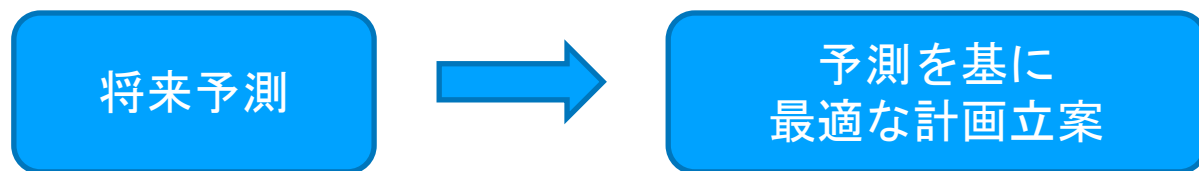
- JICAは気候変動に対して強靱な開発に向けた途上国との協力を重視
→ 適応策の計画策定・評価手法の改善が必要との問題意識
- JICA緒方研究所は、Robust Decision Making (RDM) Frameworkを活用した適応効果評価手法の開発に過去10年来従事
- 事例研究アプローチ：ケニアの灌漑開発事業の適応効果研究（終了済）、スリランカの都市洪水対策事業の適応効果研究（実施中→本日の発表トピック）

Robust Decision Making (RDM) Frameworkとは？

- 従来の開発計画では、将来を予測し、予測した将来に対して最適な計画を立案しようとするのが一般的
- しかし、不確実性が大きい状況下では将来予測が困難
- RDMは米国のランド研究所が、不確実性の大きい状況下で「最適」ではなく「頑健（robust）」な計画立案の手法として開発
- 最初は国防分野での利用を想定して開発、その後、様々な分野に応用

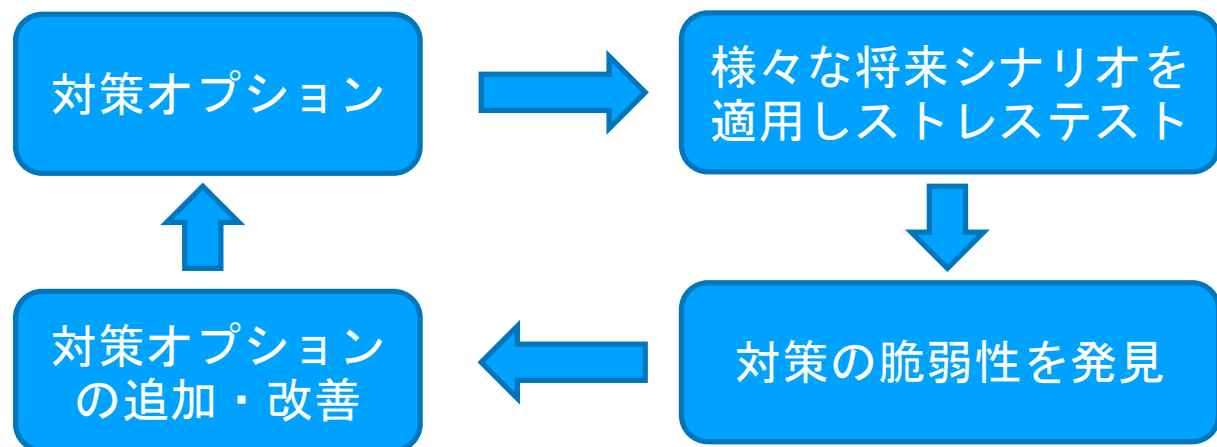
RDMの概要と特徴

従来の計画アプローチ



- 将来予測ではなく、対策オプションの洗い出しから出発
- 不確実性を反映した多数シナリオを適用し対策を「ストレステスト」

RDMのアプローチ



- 計画サイクルを複数回繰返し
- ステークホルダーとの対話・協議を重視

気候変動適応問題分析へのRDM適用事例

| 対象課題 | 事例 |
|---------------|--|
| 水資源・水道事業・水力発電 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nassopoulosら(2012)ギリシャのダム設計 ▪ 世銀(2015, 2019)ペルーのリマ首都圏水道事業 ▪ Shortridgeら(2016)エチオピアの流域水資源管理 ▪ Yanら(2017)中国の珠江流域における水配分計画 ▪ Tariqら(2017)ロサンゼルス水道水質(洪水の影響) |
| 治水・砂防 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Lempert／世銀(2016)ホーチミンの洪水対策事業 |
| 森林・自然環境・生物多様性 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Radkeら(2017)仮想の植林事業(植林樹種の選択) ▪ Jenningsら(2020)カリフォルニアの生物多様性保全事業 |
| 下水道・雨水排水システム | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Casal-Camposら(2015)英国における下水・排水の量と水質 |
| 農業 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mereuら(2018)ナイジェリアの農業生産への影響 |

赤字で示した極端現象への適用事例が少ない(研究ギャップ)

目次

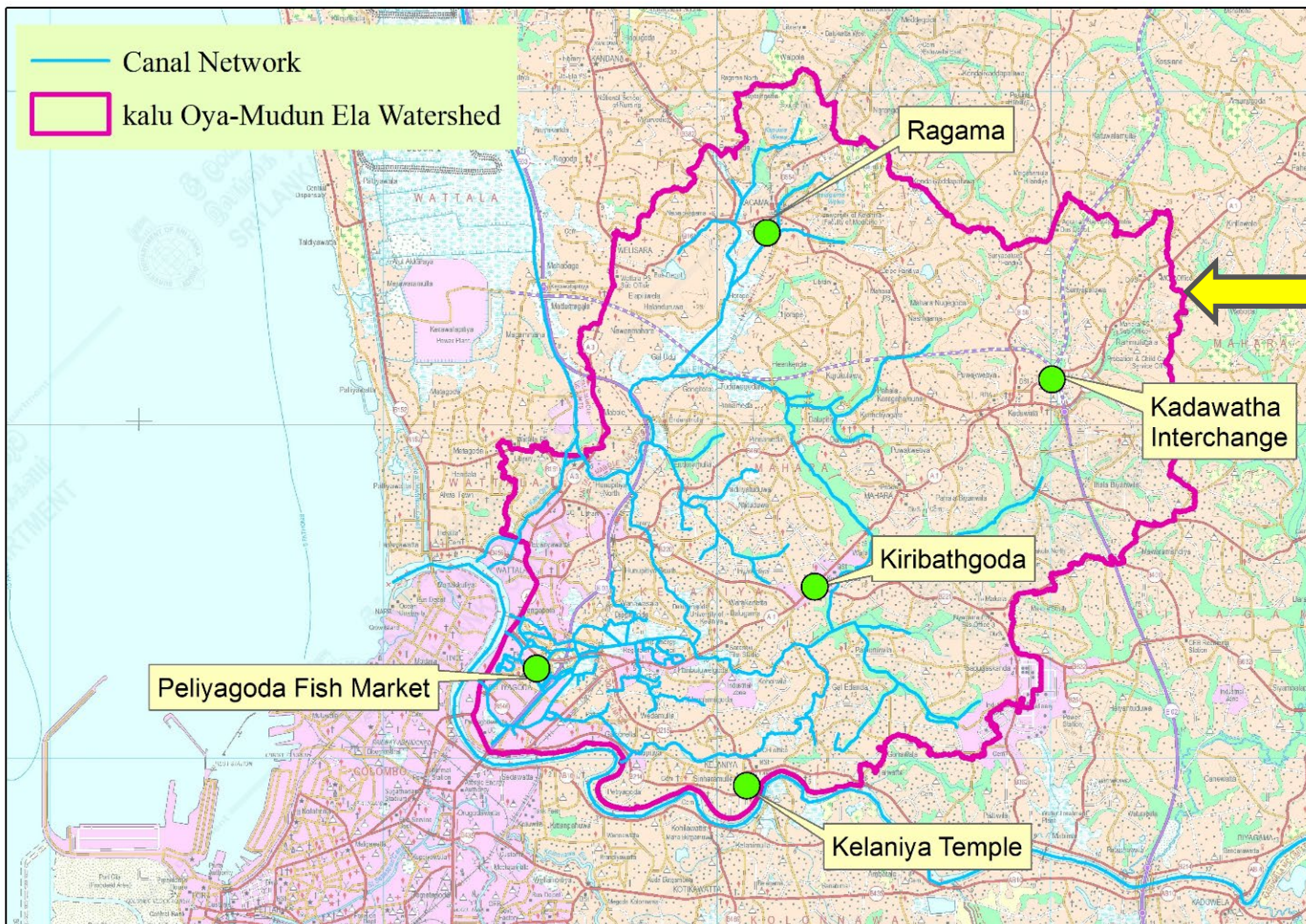
1. 研究の背景

2. 研究の概要

3. 現在までに得られた結果

4. 最後に

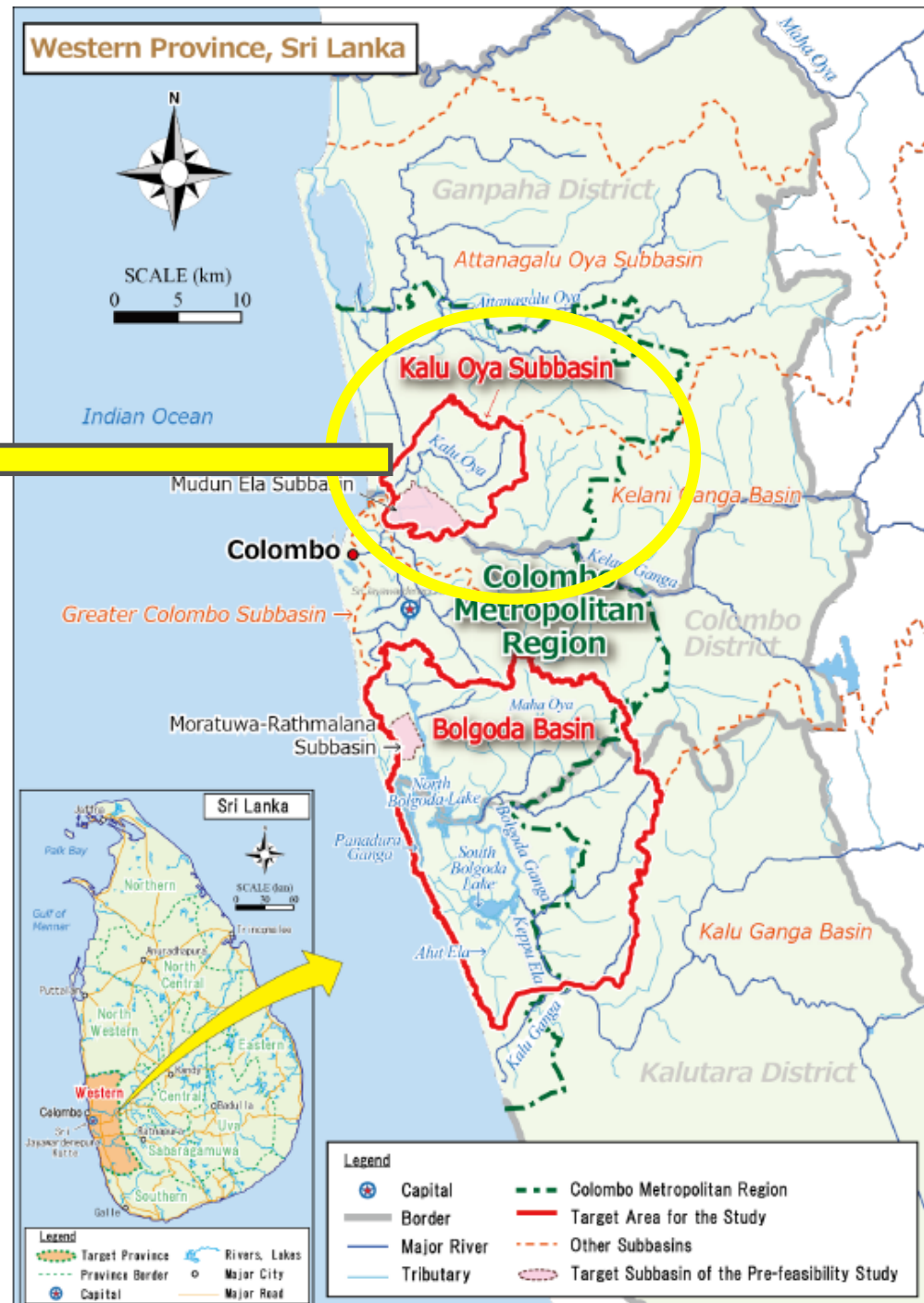
対象地域



出典：スリランカ政府提供資料

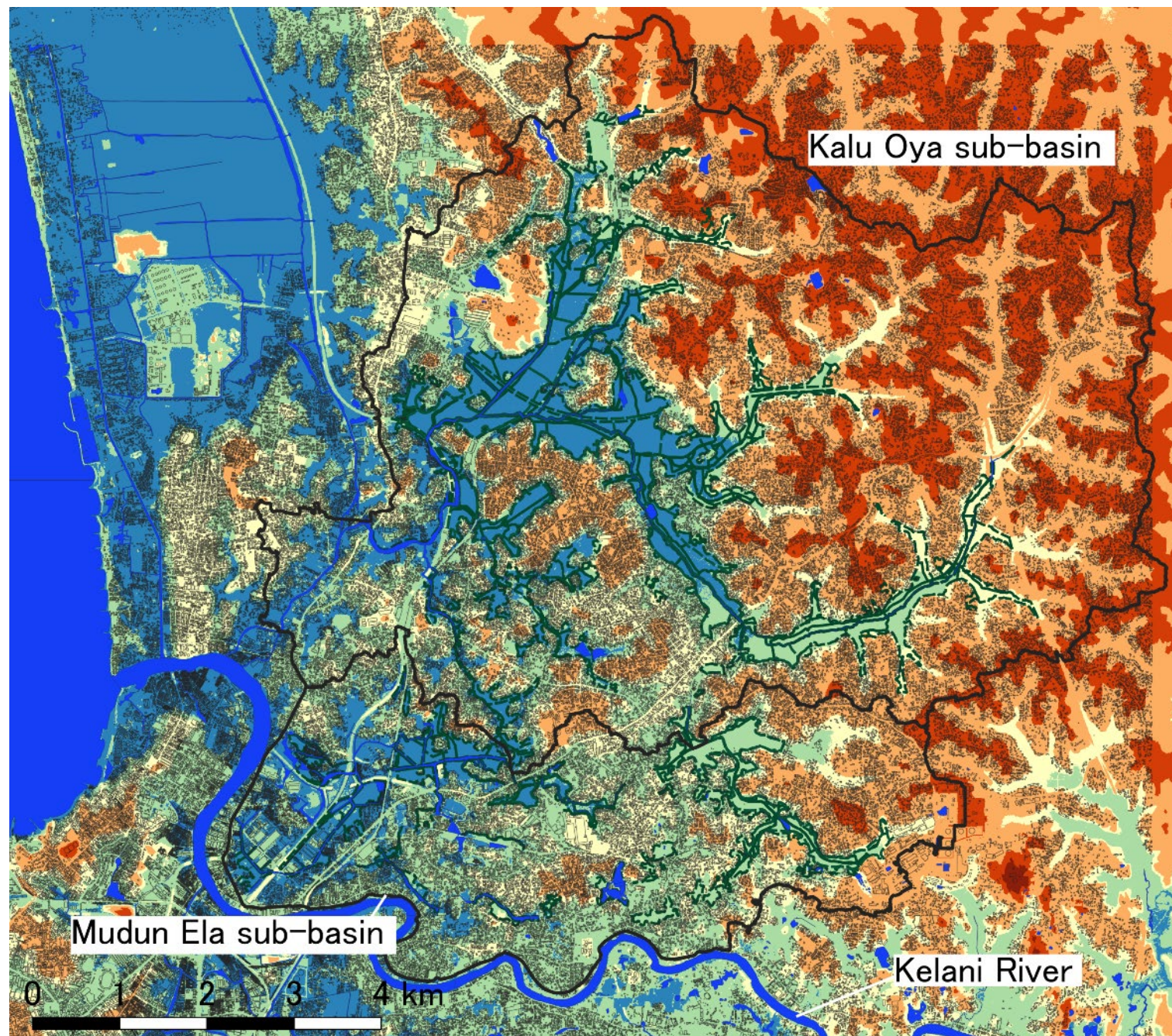
Kalu Oya/Mudun Ela流域（7,542 ha）

出典：スリランカ国コロンボ都市圏雨水排水計画
策定プロジェクトファイナルレポート（2023）



対象地域

- かつては広い湿地帯と水田が、洪水を軽減していた
- コロンボ地域の経済発展と人口増加により、湿地の開発と水田放棄が進んだ ---> 洪水被害の増大

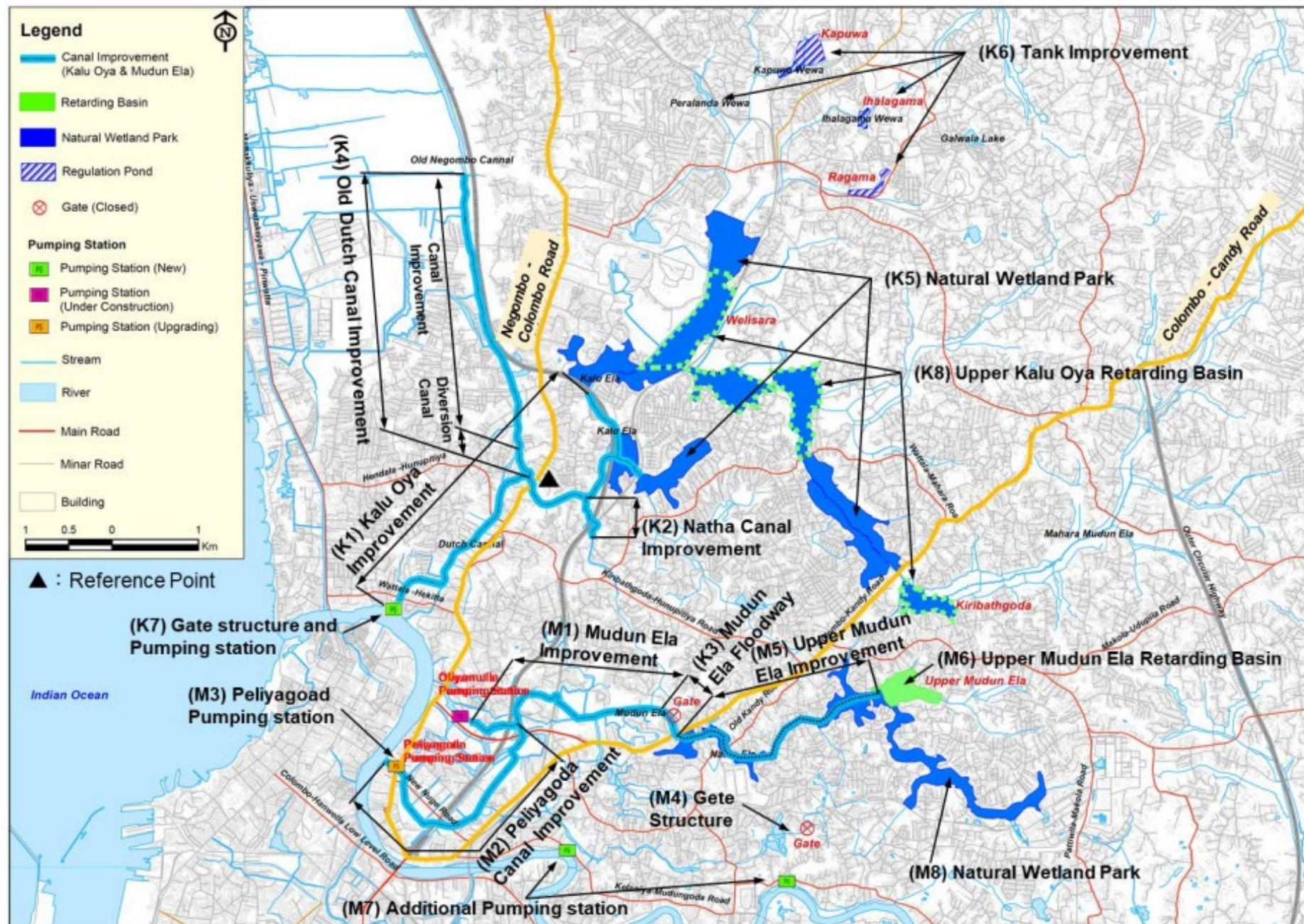


事例研究の対象

- 2016年5月の深刻な洪水被害を受けて、スリランカ政府はJICAと協力し、Kalu Oya/Mudun Ela流域を対象に含む雨水排水マスタープランを策定
- 本事例研究では、マスタープランで提案された対策の、将来の気候変動影響への適応策としての効果进行分析・評価

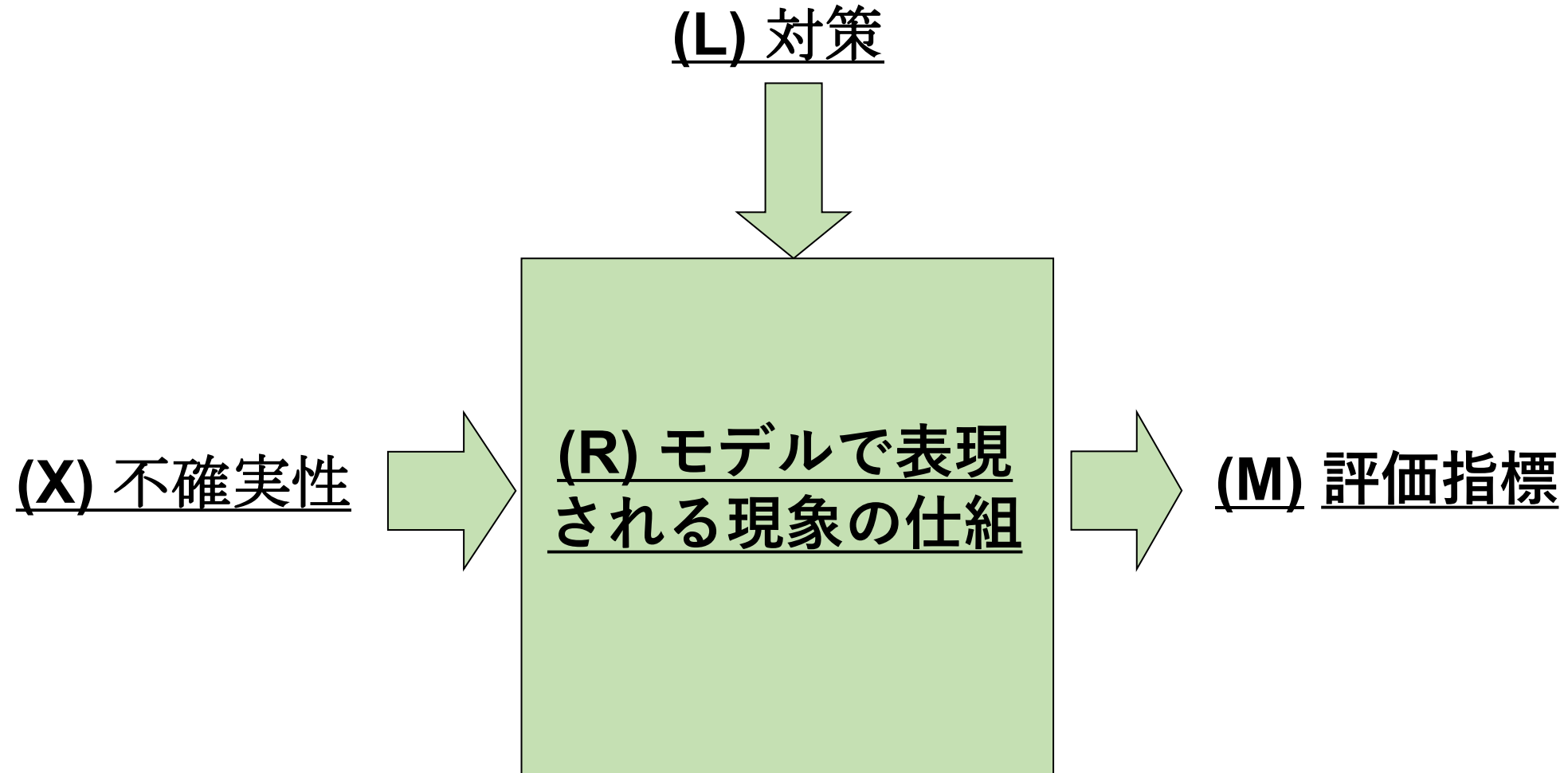
提案された対策

- 河川・水路改修、水門・排水機場建設、ため池改修などの構造物対策が中心
- 遊水機能を持つ湿地保全を含む



出典：スリランカ国 コロンボ都市圏雨水排水計画
策定プロジェクトファイナルレポート（2023）

XLRMフレームワーク（分析フレームワーク）



(X) 不確実性

| 考慮した不確実性 |
|----------------|
| 豪雨イベントの24時間降雨量 |
| 豪雨イベントの降雨パターン |
| 平均海面水位 |
| 豪雨イベント発生時の本川流量 |
| 豪雨イベント発生時の土壌水分 |
| 流域の湿地開発割合 |
| 流域の人口増加 |
| 流域のGDP成長 |

適用した将来シナリオの最大数

現況気候が継続すると仮定したシナリオ

30シナリオ

気候変動影響を伴うシナリオ

11,700シナリオ

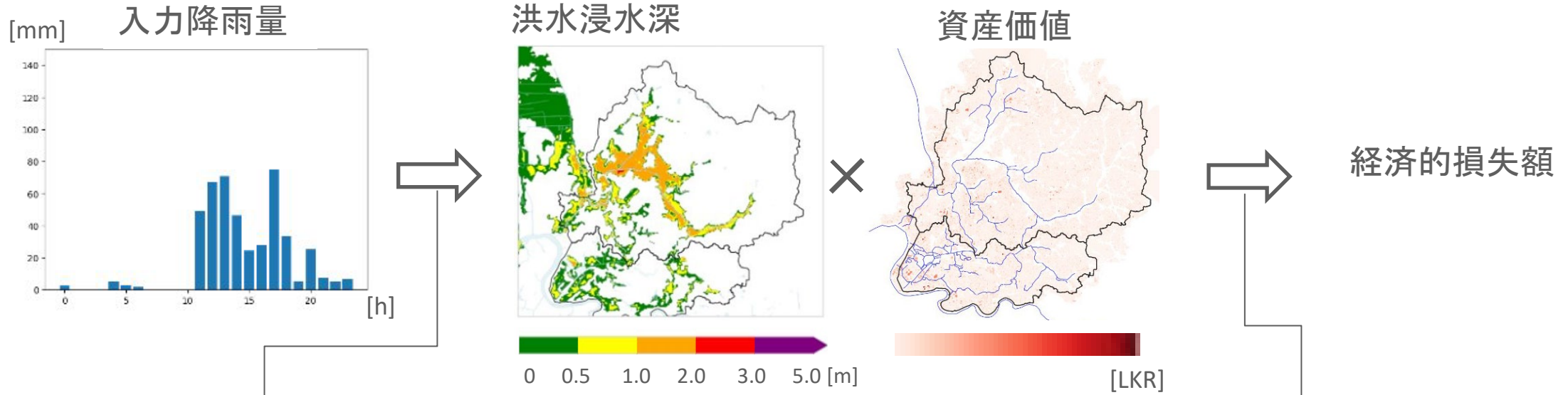
合計

11,730シナリオ

(L) 対策

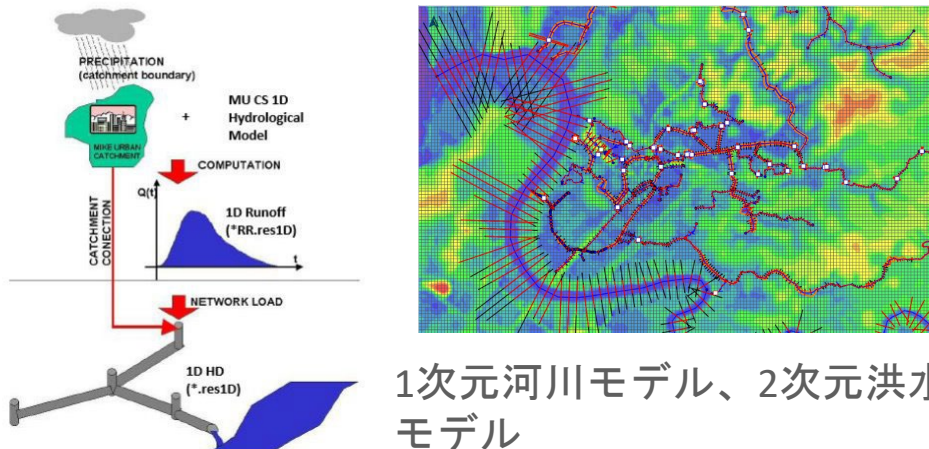
| 対策 | | 対策なし | 中規模対策 | 大規模対策 |
|----------------|----------------------------------|------|-------|-------|
| 排水機場 | [M3] ペリヤゴダ (1m ³ /s) | | ○ | ○ |
| | [K7] カル・オヤ (30m ³ /s) | | | ○ |
| [K3] ナタ運河の水門閉鎖 | | | ○ | ○ |
| 水門 | [K7] カル・オヤ川下流 | | | ○ |
| 河川・水路改修 | [K1] カル・オヤ 4 | | ○ | ○ |
| | [K2] ナタ運河 | | ○ | ○ |
| | [M1] ムドゥン・エラ | | ○ | ○ |
| | [M5] ムドゥン・エラ 2 | | ○ | ○ |
| | [M2] ペリヤゴダ本川（浚渫） | | ○ | ○ |
| 遊水地 | [K8] 1 | | | ○ |
| | [K8] 2 | | | ○ |
| | [K8] 3 | | | ○ |
| | [K8] 4 | | | ○ |
| | [M6] 5 | | ○ | ○ |
| [K4] 放水路 | | | ○ | ○ |

(R) モデルで表現される現象の仕組



降雨流出・浸水モデル

- MIKE Floodソフトウェアにより開発



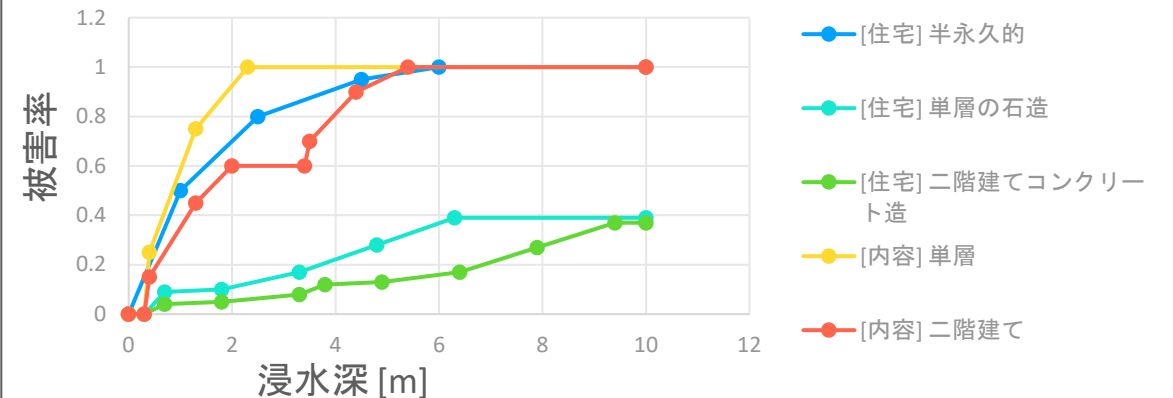
1次元河川モデル、2次元洪水モデル

Figure 4.1 Illustrated flow of information in hydrological modelling

被害推定モデル

スリランカで開発された被害曲線を利用

*) 施設被害及び間接被害は国土交通省方式により算定



(M) 評価指標

| 指標 |
|---------------------|
| 浸水水位（政府目標値との比較） |
| 洪水氾濫による資産被害（資産タイプ別） |
| 浸水家屋数（家屋タイプ別） |
| 浸水継続時間 |
| 費用便益比 |

家屋タイプ別の被害を調べることで、貧困層の被害を分析

目次

1. 研究の背景

2. 研究の概要

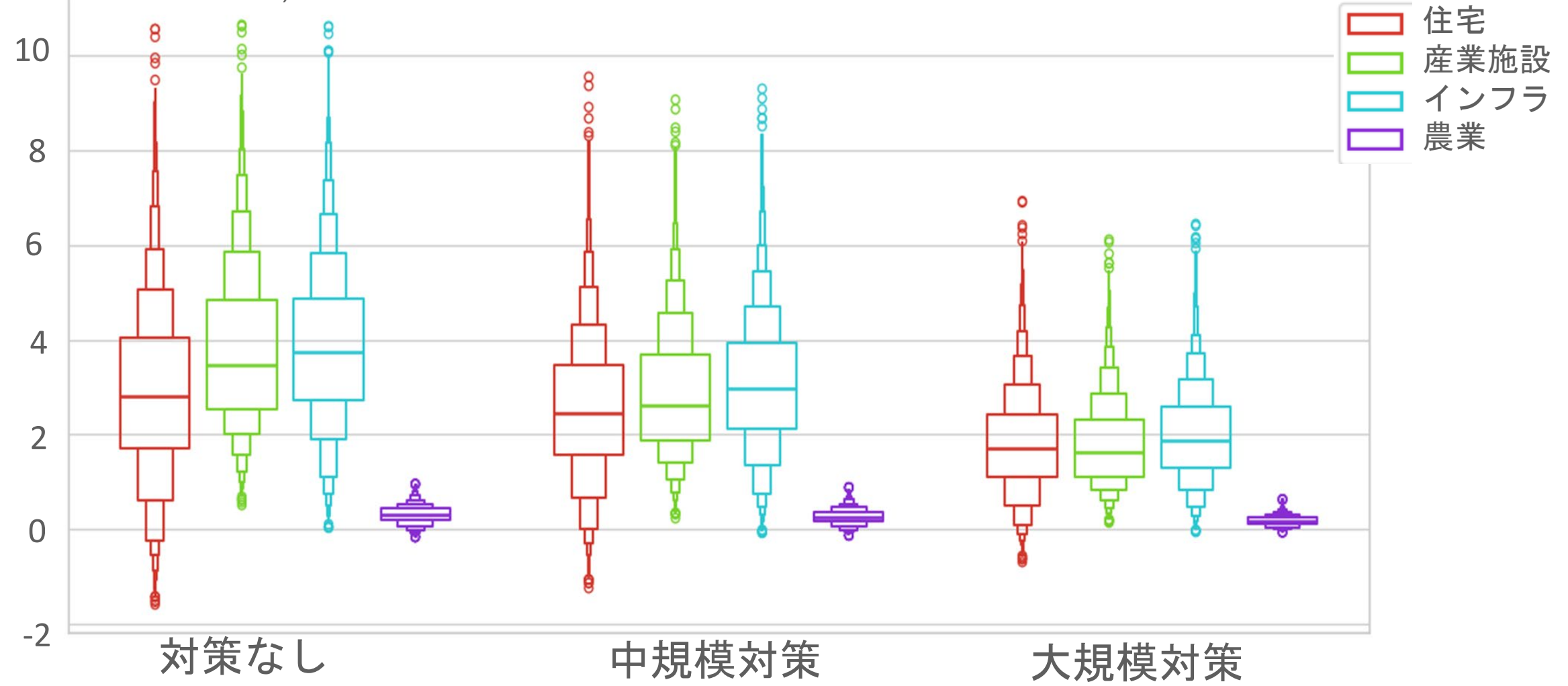
3. 現在までに得られた結果

4. 最後に

現況気候継続シナリオと気候変動進行シナリオの対応ペア間の**2050年**時点洪水資産被害額の差異
(25年確率洪水時 湿地面積は現況維持を仮定)

(10億スリランカルピー)

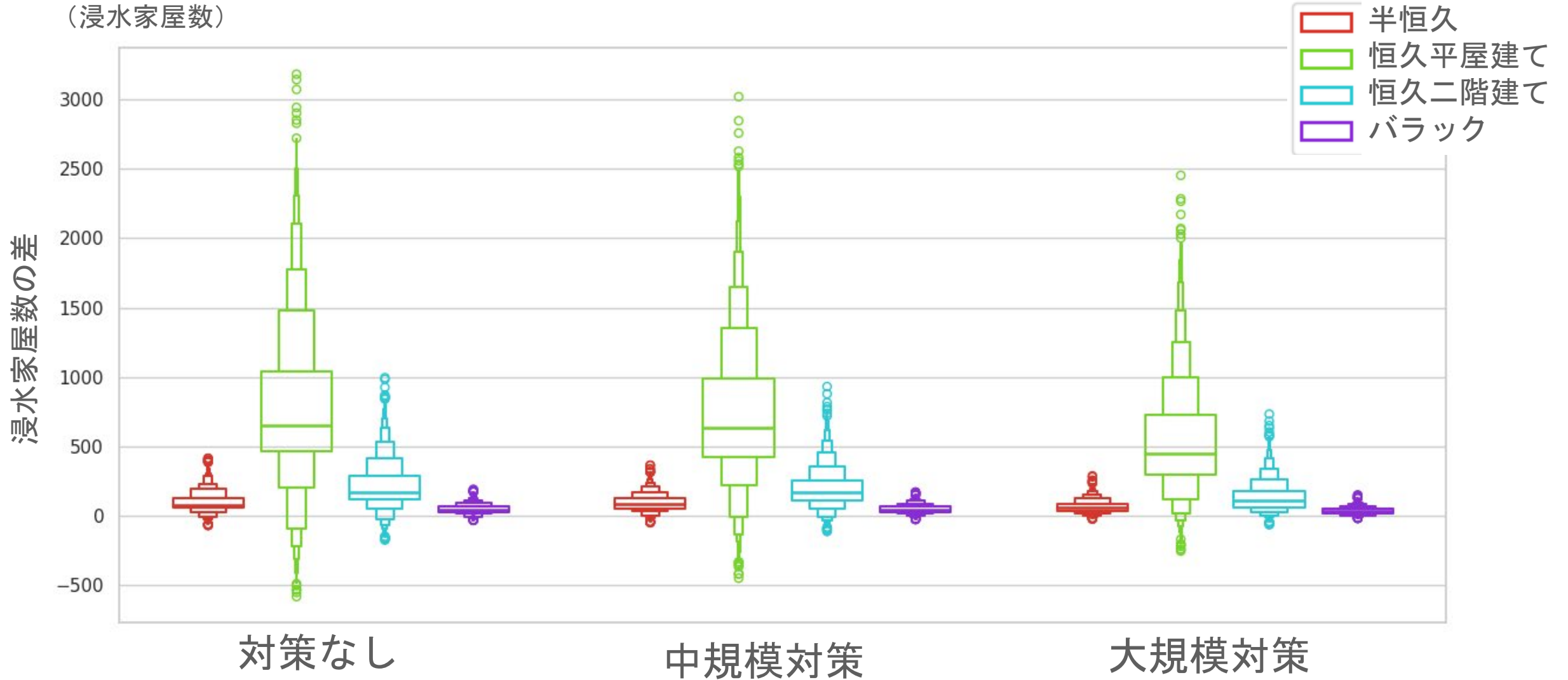
資産被害額の差



注：現況気候が将来にわたって続くシナリオでの推定被害額を、対応する気候変動シナリオにおける推定被害額から差し引いた差の分布図

現況気候継続シナリオと気候変動進行シナリオの対応ペア間の**2050年時点**浸水家屋数の差異
(25年確率洪水時 湿地面積は現況維持を仮定)

(浸水家屋数)



注：現況気候が将来にわたって続くシナリオにおける推定浸水（>0.5 m）家屋数を、対応する気候変動進行シナリオの推定数から差し引いた差の分布図

今後の予定

- 研究パートナーの国際水管理研究所（IWMI）による現地調査結果に基づき、洪水対策としての湿地保全策の費用便益計算に、湿地生態系サービスの経済的価値と湿地保全の機会費用を算入する。
- 浸水による感染症の蔓延、労働機会の逸失、学校教育の中断などの間接的影響を事業効果の分析に組み込むことを検討。
- シナリオ・ディスカバリー分析を行い、事業目標の達成を脅かす不確定要因の組合せシナリオを把握する。

目次

1. 研究の背景

2. 研究の概要

3. 現在までに得られた結果

4. 最後に

最後に

- この研究を紹介すると「もっと精度の高い将来気候予測を使えば良いではないか」というご指摘をいただくことがある。
- 予測の精度を高め、不確実性を減らす取り組みは重要なるも、30年後、50年後の気候変動影響や社会・経済状況には、どうしても大きな不確実性が残るケースが多い（データ不足、システムの複雑性、偶発的な事象の影響、予測に対する意見の不一致等）。
- 不確実性を受入れ、多様な未来の可能性に対して頑健な対策を模索していく考え方も必要では。