



# 2G-2201：適応の効果と限界を考慮した地域別 気候変動適応策立案支援システムの開発

## 【ST1】科学的知見に基づく地域特性を 考慮した気候変動適応策立案支援 システムの開発

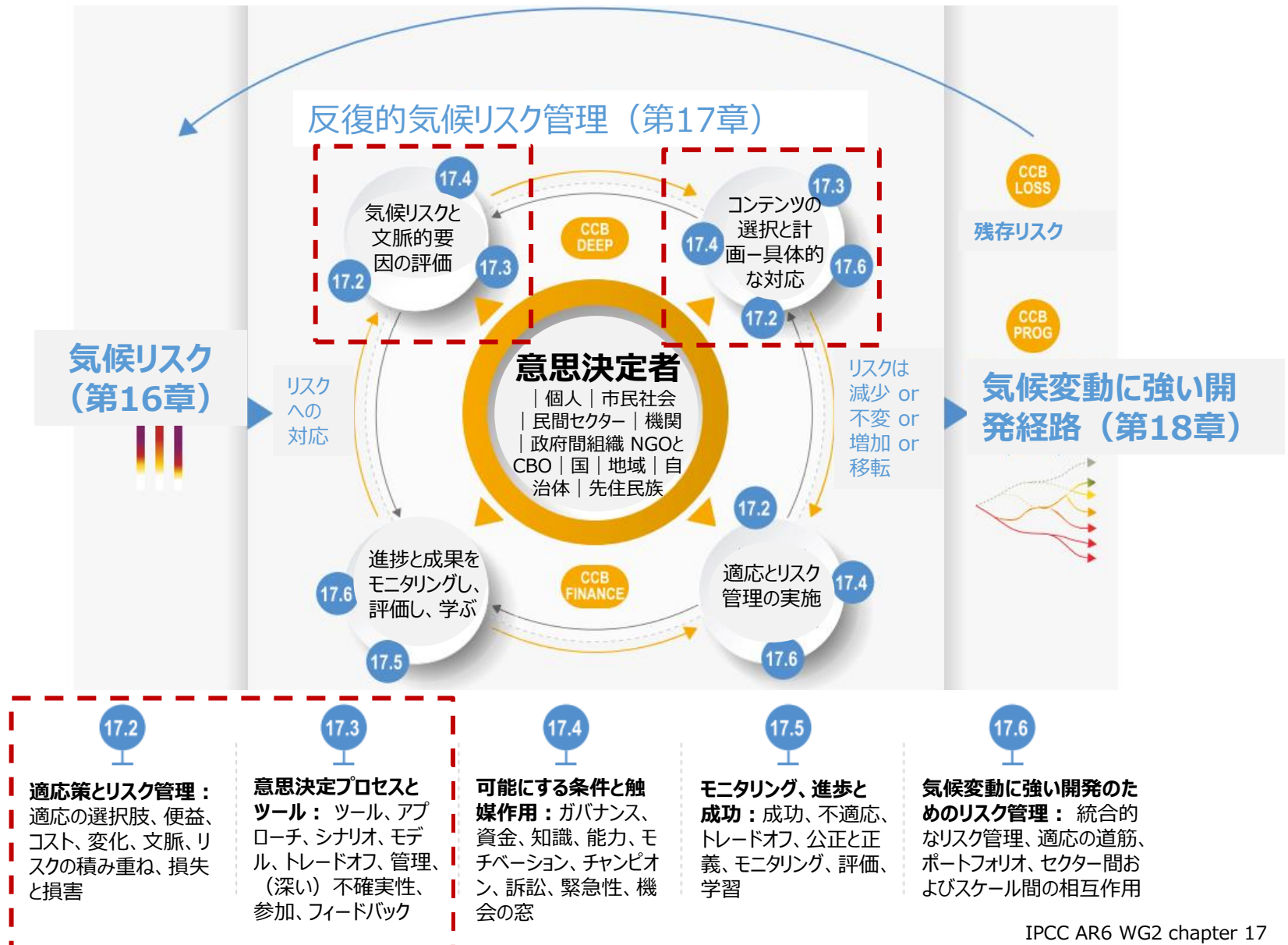
国立研究開発法人国立環境研究所  
気候変動適応センター **肱岡靖明・天沼絵理**

環境研究総合推進費2G-2201シンポジウム（オンライン）

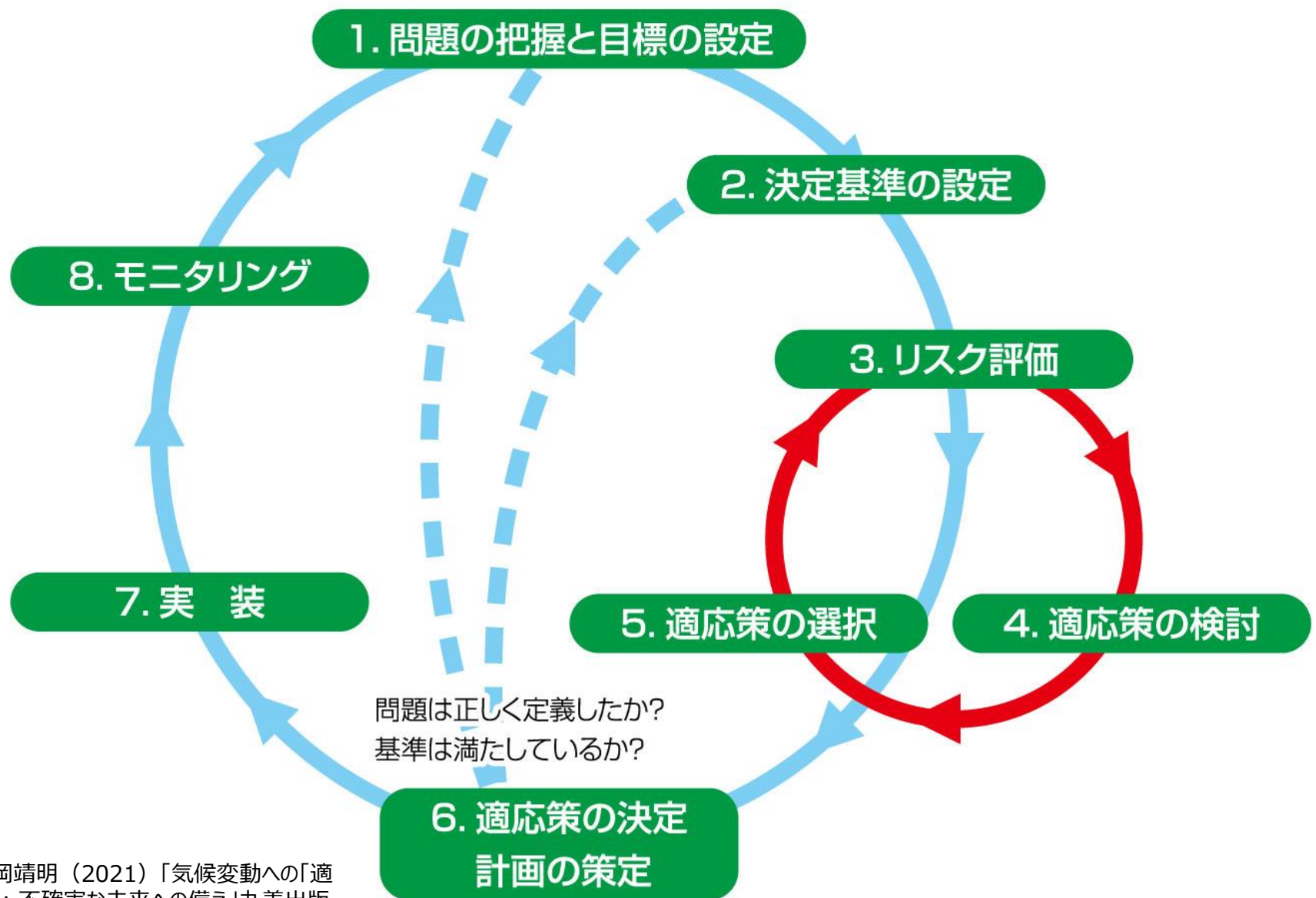
2024年2月9日

# 気候リスク管理の意思決定プロセス

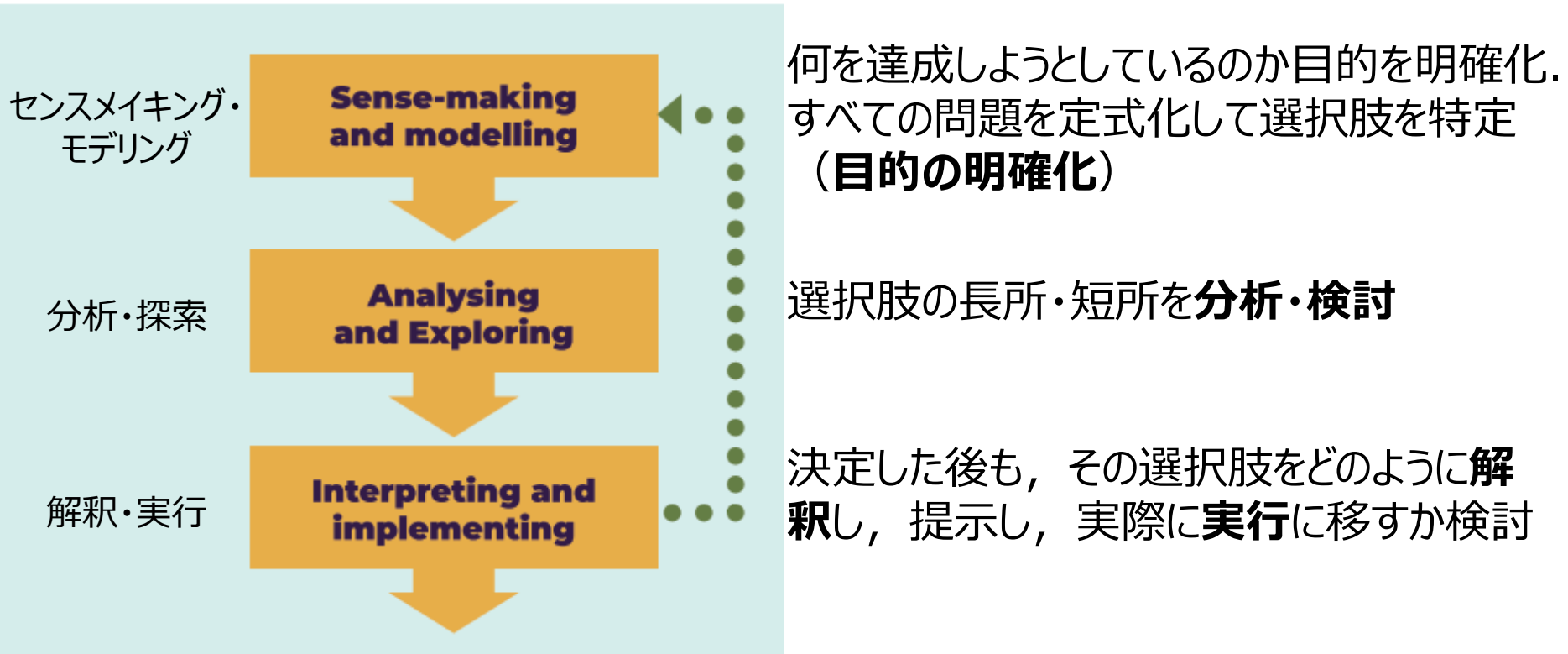
気候リスク管理の意思決定プロセスの模式図



# 適応に必要な意思決定プロセスと反復的リスクアセスメント



# 意思決定の三段階

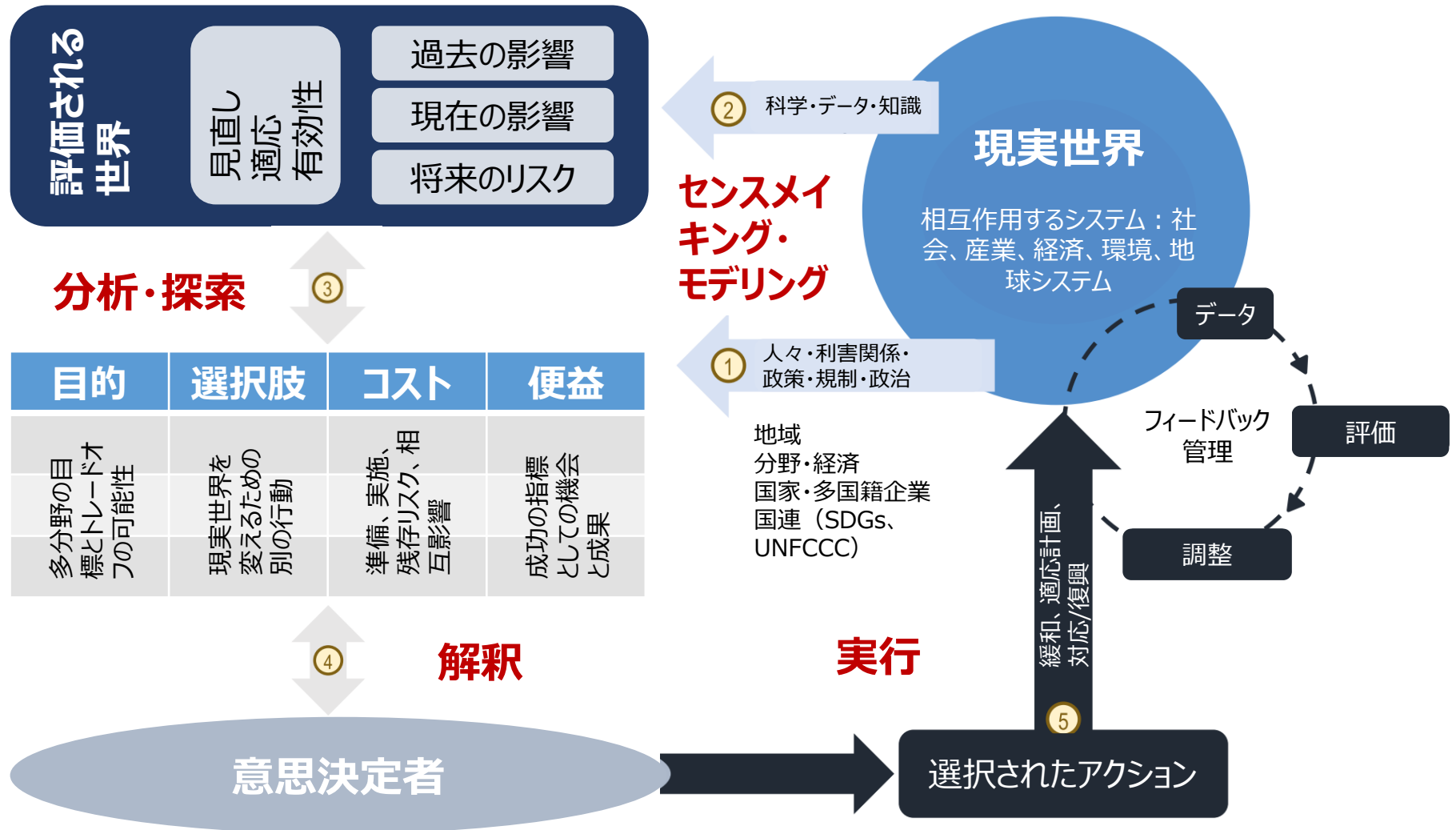


意思決定の段階

# 意思決定の三段階

現実世界における，気候関連リスクを管理するための様々な意思決定段階の関係性

適切な場合には、経験を再利用するだけでよい場合もあることに留意



# 気候変動適応の不確実性の種類

## 確率論的・認識論的・ 分析的不確実性

### 確率的不確実性

- (物理的なランダム性とはばらつき) 例：
- 次のカードはエースか？
  - 来年ヨーロッパで深刻な嵐や地震が起こるか？
  - 車のバッテリーの何パーセントが使用開始1年目に故障するか？

### 認識論的不確実性

- (知識の欠如) 例：
- 何が起きているのか？
  - データから何がわかるのか？
  - 競合他社はどうするだろうか？
  - この現象の原因に対する我々の理解はどの程度か？

### 分析的不確実性

- (モデルの適合性と正確性) 例：
- 適切な判断を下すのに十分なデータがあるか？
  - モデルのパラメータをどの程度知っているか？
  - 我々の状況に適したモデルを選択できたか？
  - 扱いやすくするために行った近似を考慮した場合、計算の精度はどの程度か？
  - そのモデルはどの程度世界に適合しているか？

## 曖昧さ・ 価値の不確実性

### 曖昧さ

(意味の不明確さ) 例：

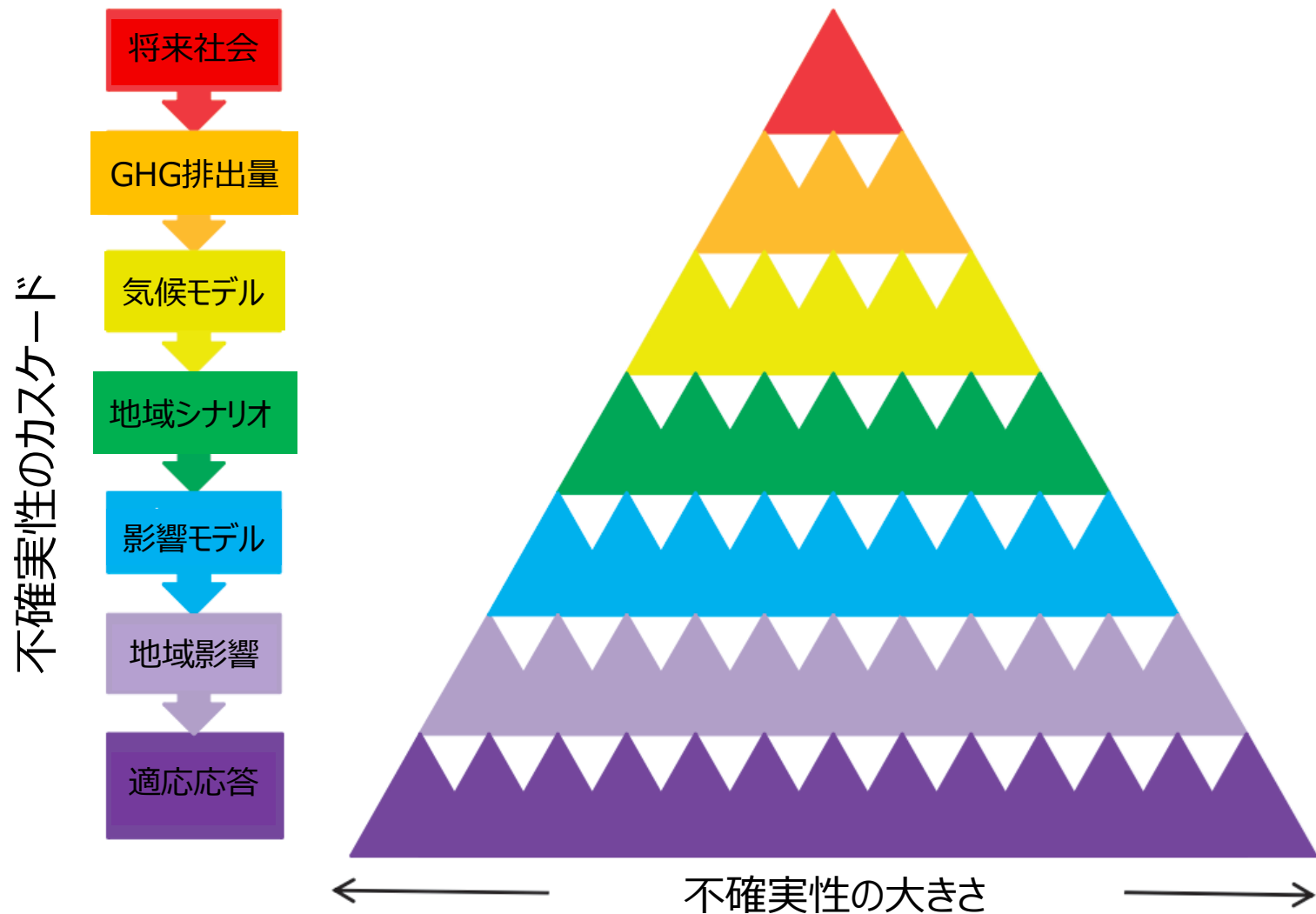
- 機械の「通常の作業条件」とはどういう意味か？
- ヒューマンエラー」とは何か？
- リスクが「高い」とはどういうことか？

### 価値の不確実性

(明確でない目的) 例：

- NHS (国民保健サービス) は特定の医薬品にいくら支払うべきか？
- 他の目的と比較して、この目的にどのような比重を置くべきか？
- 倫理的に正しいことは何か？

# 気候変動適応の不確実性のレベル

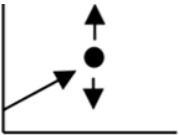

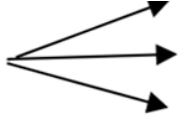
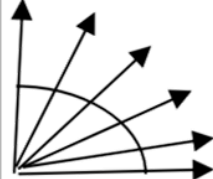
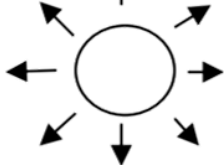


Wilby, R.L. & Dessai, S. 2010. Robust adaptation to climate change. Weather, 65(7). DOI: 10.1002/wea.543.  
Watkiss, P., Ventura, A., & Poulain, F. (2019). Decision-making and economics of adaptation to climate change in the fisheries and aquaculture sector. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 650 (pp. 1-48).



# 気候変動適応の不確実性のレベル

## 不確実性のレベルの段階的移行

	完全な決定論	レベル 1	レベル 2	レベル 3	レベル 4（深い不確実性）		完全な無知
					レベル 4 a	レベル 4 b	
背景		<b>確実に見通せる未来</b> 	<b>もう一つ別の未来（確率付き）</b> 	<b>複数のもっともらしい未来</b> 	<b>多くのもっともらしい未来</b> 	<b>未知の未来</b> 	
システムモデル		単一の（決定論的）システムモデル	単一の（確率的）システムモデル	いくつかの代替システムモデル	多くの代替システムモデル	未知のシステムモデル	
システムの成果		各結果に対する点推定	各結果に対する信頼区間	限られた結果の範囲	さまざまな結果	未知の結果	
要素		1組の要素	複数の要素の集合（各要素に確率付き）	限られた範囲の要素	幅広い要素	未知の要素	



確実に見通せる未来



浅い不確実性  
下の未来



深い不確実性  
下の未来

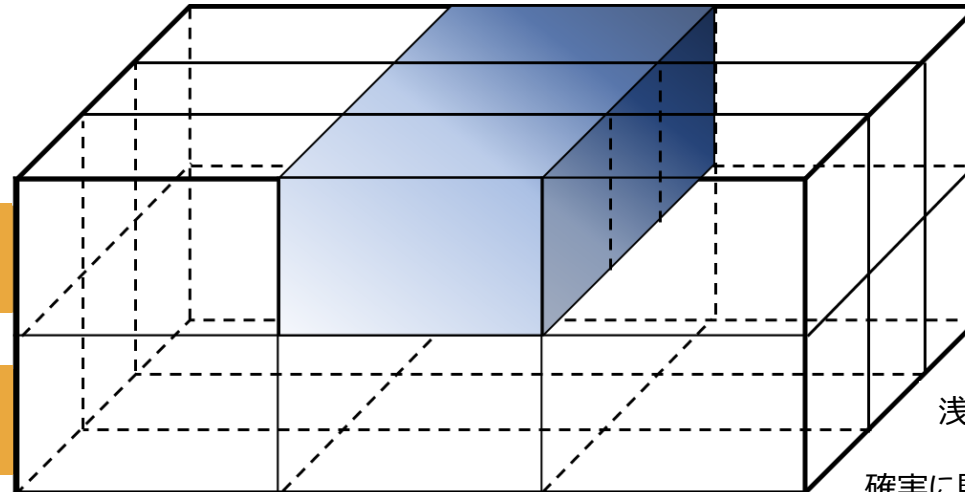


# 気候変動適応の不確実性の種類・レベルと意思決定の段階 本研究のフォーカス

不確実性の種類

確率論的・認識論的・  
分析的な不確実性

曖昧さ・価値の  
不確実性



深い不確実性下の未来

浅い不確実性下の未来

確実に見通せる未来

不確実性のレベル

構造化された意思決定とリスク分析の実践

**センスメイキング  
・モデリング**

- ・ 課題形成
- ・ 文脈の設定
- ・ 価値観の明確化と目標の設定
- ・ 問題の構造化

**分析・探求**

- ・ 定量分析
- ・ 感度と頑健性の研究
- ・ 検証

**解釈・実行**

- ・ 必要な分析のチェック
- ・ 合意形成
- ・ より多くの利害関係者への対話
- ・ 監査・リスク管理業務

意思決定の段階

対象の不確実性を考慮した優先順位付けを行うためにどのようなアプローチが有効か？

意思決定の  
分析・探索段階

確率論的・認識論的・  
分析的な不確実性



両方に対処でき、深い不確実性を考慮できる  
意思決定分析

# 対象の不確実性を考慮した優先順位付けを行うためにどのようなアプローチが有効か？

## 意思決定の段階

### センスメイキング・モデリング

- ・ 課題形成
- ・ 文脈の設定
- ・ 価値観の明確化と目標の設定
- ・ 問題の構造化

### 分析と探求

- ・ 定量分析
- ・ 感度と頑健性の研究
- ・ 検証

### 解釈と実行

- ・ 必要な分析のチェック
- ・ 合意形成
- ・ より多くの利害関係者への対話
- ・ 監査・リスク管理業務

## 不確実性の種類

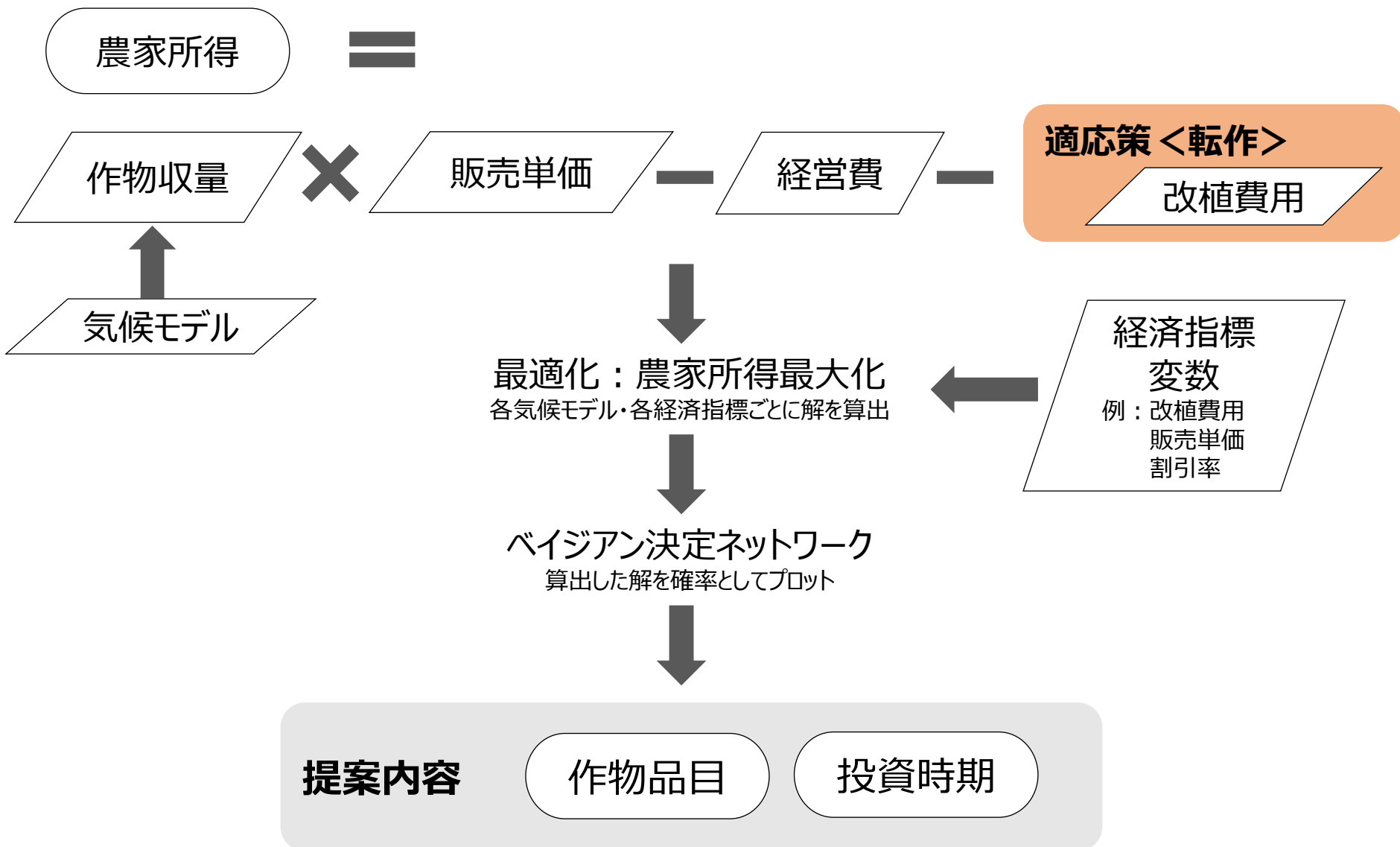
曖昧さ・価値の不確実性

両方に対応

確率的・認識論的・分析的な不確実性



# データと手法



# 最適化計算

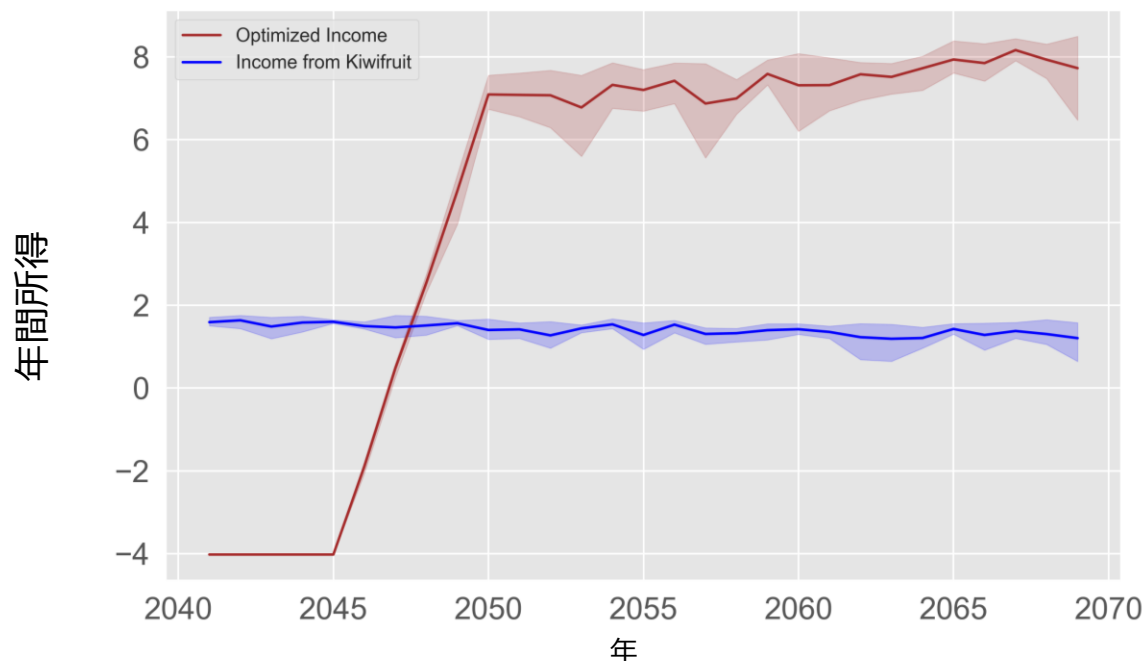
## 想定内容

- ◆ 茨城県石岡市
- ◆ 2041-2070年の期間
- ◆ 現在キウイフルーツを栽培しているが、気候変動の影響による収量減を心配している。
- ◆ 作物を転換すると所得は上がるのか？ 上がるのであれば、いつ何に転換すればよいのか？



2041年に100%ぶどうに転換すると、30年間の総所得が最大値となる

(百万円/ha)



※ 転換後5年間は収穫なし、  
転換後10年目に通常の  
収量が得られると想定  
※ 割引率は考慮していない

キウイを栽培し続けた場合（青）と2041年に100%ぶどうに転換した場合（赤）の所得推移

## 【ST1】優先度付けツールの開発

### ● 入力画面

- ・ユーザーが該当する地方公共団体・対象期間・助成金有無などを選択
- ・予算・コスト情報を入力
- ・「計算する」ボタンで計算結果を表示



## 果樹品目検討ツール

計算条件を設定してください

地方公共団体  
 北海道 ▼ 札幌市 ▼

対象期間  
 2025年～2040年 ▼

予算  
 万円/ha

助成金  
☒ あり ☐ 無し

計算 オプションを非表示

コストを入力してください ×

果樹	初期コスト	ランニングコスト
うめ	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="2327012.824"/> 円
おうとう	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="4956985.87"/> 円
かき	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="2837652.748"/> 円
すもも	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="3633293.018"/> 円
ぶどう	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="3980767.474"/> 円
みかん	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="2767186.732"/> 円
もも	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="3595841.498"/> 円
キウイフルーツ	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="2421335.979"/> 円
日本なし	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="3792752.484"/> 円
りんご	<input type="text" value="4000000"/> 円	<input type="text" value="2810182.57"/> 円

初期値に戻す 閉じる

図 計算画面イメージ

## 【ST1】優先度付けツールの開発

- 計算結果画面
  - ・ 対象期間の総所得が高い作物から順に表示

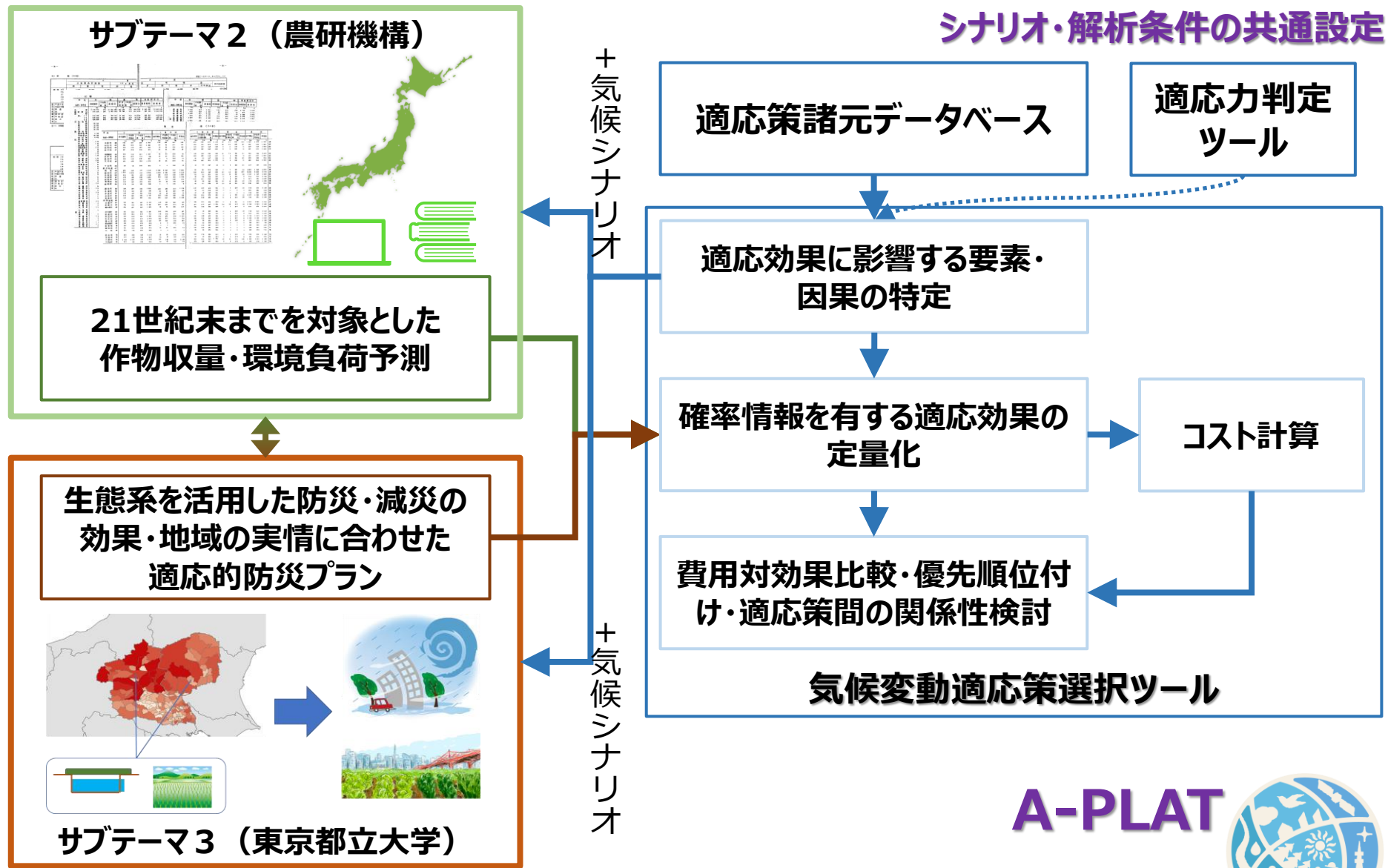
予算内に合わせた転換作物ランキング				
SSP126				
順位	果樹作物名	費用便益B/C	収益合計(2040年~)	コスト合計
1	おうとう	14.12	54,735,603	3,875,749
2	びわ	5.46	26,075,689	4,773,986
3	もも	4.39	15,530,894	3,534,755
4	キウイフルーツ	4.06	10,735,959	2,644,695
5	西洋なし	4.02	11,197,526	2,788,334
6	ぶどう	3.68	20,931,199	5,693,173
7	すもも	3.66	14,770,661	4,035,953
8	うめ	3.17	10,397,675	3,277,559
9	くり	1.83	10,715,854	5,868,400
10	日本なし	1.49	9,287,858	6,217,158
11	りんご	1.09	5,743,505	5,288,728

予算内に合わせた転換作物ランキング				
SSP585				
順位	果樹作物名	費用便益B/C	収益合計(2040年~)	コスト合計
1	おうとう	13.11	50,803,875	3,875,749
2	びわ	3.96	18,928,601	4,773,986
3	もも	3.31	11,709,717	3,534,755
4	西洋なし	3.26	9,096,603	2,788,334
5	キウイフルーツ	3.26	8,624,148	2,644,695
6	ぶどう	2.72	15,496,645	5,693,173
7	すもも	2.64	10,640,937	4,035,953
8	うめ	2.62	8,574,514	3,277,559
9	くり	1.33	7,824,834	5,868,400
10	日本なし	1.32	8,194,946	6,217,158
11	りんご	1.04	5,522,476	5,288,728

図 計算画面イメージ



# 研究構成図



気候変動適応策立案支援システム：サブテーマ1（国環研）

A-PLAT



- 地域の適応策推進に向けて研究成果を活かすために
  - 適応策の実装に役立つ科学的知見とは何か？
  - 現場で役に立つ科学とは何か？
    - ✓ 地域やステークホルダーのニーズ応じた知見の質や形態
      - LCCACを含めて多様なステークホルダーとの意見交換
    - ✓ まだ誰も気づいていないようなニーズを発掘するような新たな考え方やデータ