

2014 年度プロジェクト研究
「防災投資の経済分析モデルの改良
と経済被害推計および
対策効果評価モジュールの策定」
ファイナル・レポート

平成 27 年 3 月

(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

2500573

一般財団法人 国土技術研究センター

環境
JR
15-071

目次

1. 業務の概要	1-1
1.1 業務概要	1-1
1.2 業務内容	1-1
1.3 業務実施フロー	1-4
2. ツールとしての <i>DR²AD Model</i> の汎用性を高める検討	2-1
2.1 災害データから被害率を設定するモジュールの作成	2-1
2.1.1 <i>DR²AD Model</i> で取扱う資本と被害の関係	2-1
2.1.2 人的被害率	2-8
2.1.3 物的被害率	2-13
2.1.4 生産設備被害率	2-16
2.1.5 土地被害率	2-19
2.1.6 対策の効果を考慮した（対策ありの場合の）被害率の設定	2-21
2.2 災害対策の実施内容に応じた被害率低減効果の設定	2-30
2.2.1 ver.1.4 における被害率の与え方：災害あり	2-30
2.2.2 ver.1.5（ルーカス型人的資本）における被害率の与え方：災害ありの場合	2-32
2.2.3 対策効果を考慮した被害率の設定（低減）の方法	2-36
2.3 プログラムの汎用性向上策に関する検討	2-52
2.3.1 被害率データ作成に関する現時点の手法	2-52
2.3.2 被害率データ作成に関するプログラムの汎用性向上策の検討	2-52
2.3.3 プログラムの汎用性向上に向けた課題	2-53
3. <i>DR²AD Model</i> の普及・展開に向けた運用面に関する検討	3-1
3.1 中米・アジア各国の INPUT DATA の整理	3-1
3.1.1 分析対象国の設定	3-1
3.1.2 INPUT DATA の入手	3-1
3.1.3 INPUT DATA の設定方法	3-23
3.1.4 災害データの整理・設定	3-50
3.2 中米・アジア各国の INPUT DATA を用いた分析	3-61
3.2.1 パキスタン	3-62
3.2.2 ホンジュラス	3-64
3.2.3 ペルー	3-66
3.2.4 コスタリカ	3-68
3.2.5 グアテマラ	3-70
4. UNISDR プロジェクトとの連携	4-1
4.1 WS における <i>DR²AD Model</i> の演習用の教材の作成	4-2

4.2	GAR2015 (仮称) に向けた事例紹介の作成	4-3
5.	プログラムの安定性向上に関する検討	5-1
5.1	長期間の評価における GDP の設定 (技術進歩率の検討)	5-1
5.1.1	ケーススタディにおける災害後の復旧過程の挙動の確認	5-2
5.1.2	技術進歩率に関する参考文献等のレビュー	5-7
5.1.3	ケーススタディによる技術進歩率の計測	5-19
5.1.4	技術進歩率の設定方法の検討	5-23
5.2	人的投資費用関数のユニバーサル化検討	5-24
5.2.1	検討の背景	5-24
5.2.2	プログラムの安定化へ向けた人的投資費用関数の課題	5-24
5.2.3	人的投資費用関数のユニバーサル化	5-26
5.2.4	人的投資費用関数のステップ関数化	5-34
5.2.5	人的投資費用関数の改良結果	5-38
5.3	まとめ	5-39
6.	<i>DR²AD Model</i> のプログラムのアプリケーション化	6-1
6.1	アプリケーション化のコンセプト	6-1
6.2	アプリケーションの作成	6-3
7.	<i>DR²AD Model</i> の利用マニュアルの更新	7-1
7.1	利用マニュアルの活用目的・対象者と基本構成	7-1
7.2	利用マニュアルの目次構成と記載事項	7-3
7.3	利用マニュアル (案) / 日本語版	7-4
7.4	利用マニュアル (案) / 英語版	7-4
8.	防災主流化を支援する防災投資分析等の枠組みを踏まえた <i>DR²AD Model</i> の 今後の展開に関する検討	8-1
8.1	<i>DR²AD Model</i> の課題と今後の展開可能性に関する検討	8-1
8.2	防災主流化を推進するための防災投資分析の枠組みの検討	8-2
8.3	<i>DR²AD Model</i> の今後の展開に関するロードマップ検討	8-10
参考	各国ケーススタディ結果一覧	参考-1

1. 業務の概要

1.1 業務概要

防災投資の経済評価モデルである DR²AD Model を世界各地域で適用するため、経済、災害被害データセットの構築を支援するためのモジュールの整備を行い、防災投資効果の評価ツールとしてアプリケーションを配布する。

このことにより、DR²AD Model の普及・展開ならびに途上国や国際機関等で自由に利用できる環境を整備し、JICA が提唱している途上国における防災セクターへの事前投資の拡大等の防災の主流化の促進を図るものである。

業務名称	：平成 26 年度プロジェクト研究 「防災投資の経済分析モデルの改良と経済被害推計および対策効果評価 モジュールの策定」		
契約年月日	：平成 26 年 11 月 27 日		
履行期間	：平成 26 年 11 月 27 日～平成 26 年 3 月 31 日		
委託者	：独立行政法人 国際協力機構		
受託者	：一般財団法人 国土技術研究センター		
受託者代表	：一般財団法人 国土技術研究センター	理事長	谷口 博昭
受託者所在地	：東京都港区虎ノ門 3-12-1 ニッセイ虎ノ門ビル 8 階 TEL 03-4519-5000（大表・総務部）		

1.2 業務内容

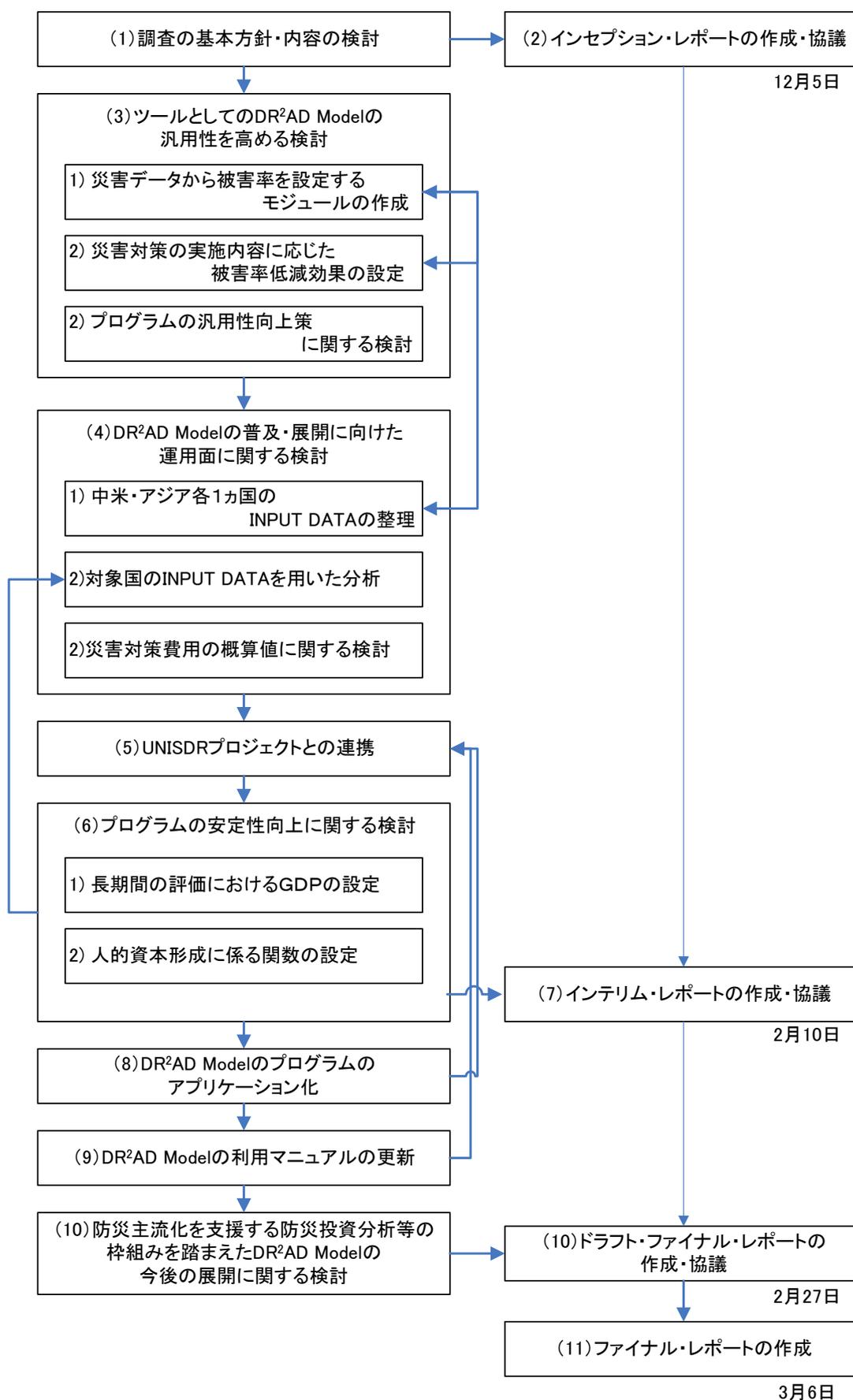
本業務で実施する内容は以下に示したとおり。

種 別	概 要
(1) 調査の基本方針・内容の検討	本調査の業務の目的に沿った基本方針を確認し、調査計画・手法等の詳細を検討する。
(2) インセプション・レポートの作成・協議	上記 (1) の検討結果を踏まえ、インセプション・レポートを取りまとめる。
(3) ツールとしての DR ² AD Model の汎用性を高める検討	<p><u>1) 災害データから被害率を設定するモジュールの作成</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 国内外の災害被害に関する分析等を参考に、各国の災害データを用いて、災害発生パターンの特徴を整理し、典型パターン毎の代表国を対象に、災害データから被害率を設定する考え方に基づき、被害率を設定するモジュールを作成する。 <p><u>2) 災害対策の実施内容に応じた被害率低減効果の設定</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ハード・ソフト対策（保険を含む）の違いによる対策効果を反映できる被害率の考え方・与え方を検討し、対策実施による被害率の低減効果の値の設定を行う。 <p><u>3) プログラムの汎用性向上策に関する検討</u></p> <ul style="list-style-type: none"> データが不足している国でも、ツールとしてプログラムが活用できるようなモデルの簡素化、代替データのインプット方策の

種 別	概 要
	提案、改良の実施または追加モジュールを作成する。
(4) DR ² AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討	<p>1) <u>中米・アジア各1か国（ペルー、インドネシアを想定）のインプット・データの整理</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JICA より提供される上記対象国の社会経済、家計、災害の統計データを、DR²AD Model による分析に利用できるようにインプット・データとして整理する。 <p>2) <u>対象国のインプット・データを用いた分析</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ JICA より入手したデータを用いて DR²AD Model による各国の防災投資の必要性に関する分析を実施する。 ・ 分析に際しては、災害をランダムに与えた複数のケースをもって影響を分析するモンテカルロ・シミュレーションを行い、上記1) 対象国の防災投資の有効性を評価する。 <p>3) <u>災害対策費用の概算値に関する検討</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 国内外の災害被害に関する分析等を参考に、災害の種類や規模、対策の実施効果に応じた災害対策費用の概算値の推計方法を検討する。
(5) UNISDRプロジェクトとの連携	<p>UNISDR が EC(DG-DEVCO)より資金援助を受けて実施するプロジェクト「Building capacities for increased public investment in integrated climate change adaption and disaster risk reduction:2012-2015」においては、JICA との連携の下で、DR²AD Model を活用し、防災投資効果分析を行い、防災投資の有効性を啓発するためのWSの開催を予定している。</p> <p>2015年に開催予定のペルーでのWSにおいて、防災投資の有効性を理解してもらうためにJICAがDR²AD Modelの演習を行うに当たって必要となる教材を作成する。</p>
(6) プログラムの安定性向上に関する検討	<p>1) <u>長期間の評価におけるGDPの設定</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ GDP が指数的に増加する結果となっていることから、外成的成長係数（技術進歩率）の設定等により、長期間の解析（ver.1.0の40年間程度）において推計されるGDPが妥当な値となるような調整を行う。 <p>2) <u>人的資本形成に係る関数の設定</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ DR²AD Model の基礎となっている1人あたりの政府と家計の教育投資費用をもとにした、投資に対する人的資本の増加分の推計に当たり、得られるデータの制約を考慮した関係式（関数）の改良を行う。 ・ 経済成長に伴う人的資本形成への投資配分の設定について、各国のデータ制約を考慮した汎用性のある設定方法を検討し、プログラムを改良する。

種 別	概 要
(7) インテリム・レポートの作成・協議	上記 (3) ～ (6) までの検討結果を踏まえ、インテリム・レポートとして取りまとめる。
(8) DR ² AD Model プログラムのアプリケーション化	現時点では DR ² AD Model は Matlab (ソフトウェア) により稼働し、シミュレーションが可能な状況である。 上記 (3) ～ (6) の検討結果を踏まえ、改良した DR ² AD Model のプログラムが、Matlab がインストールされていない PC 環境においても稼働・シミュレーションが可能な様にプログラムのアプリケーション化を行い、DR ² AD Model を配布することで導入・利用の利便性を高める。
(9) DR ² AD Model の利用マニュアルの更新	上記 (3) ～ (8) の検討結果を踏まえ、改良しアプリケーション化した DR ² AD Model および被害率と対策実施による被害率の低減効果を設定するモジュールの利用マニュアルを策定する。
(10) 防災主流化を支援する防災投資分析等の枠組みを踏まえた DR ² AD Model の今後の展開に関する検討	防災主流化を支援する DR ² AD Model の今後の展開及び改良の方向性を検討するにあたり、開発経済モデル (産業連関分析等) との役割分担及び共有化しておくべき事項、各々の活用場面を念頭においた必要となる性能 (機能)、災害の被害率等の設定の共有化などの防災投資分析の枠組みを検討し前提条件を併せて整理する。 その整理結果を踏まえ、①今すぐ取り組むべき事項、②2～3年かけて取り組むべき事項、③長期的に取り組むべき事項の3段階に分けて、2015年度以降の DR ² AD Model の今後の検討事項の整理、取りまとめを行う。
(11) ドラフト・ファイナル・レポートの作成・協議	上記 (7) から (9) までの検討結果をドラフト・ファイナル・レポートとしてまとめる。
(12) ファイナル・レポートの作成・協議	上記 (7)、(10)、(11) にかかる委託者である JICA 側からのコメントを踏まえ、ファイナル・レポートをまとめる。

1.3 業務実施フロー



2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

2.1 災害データから被害率を設定するモジュールの作成

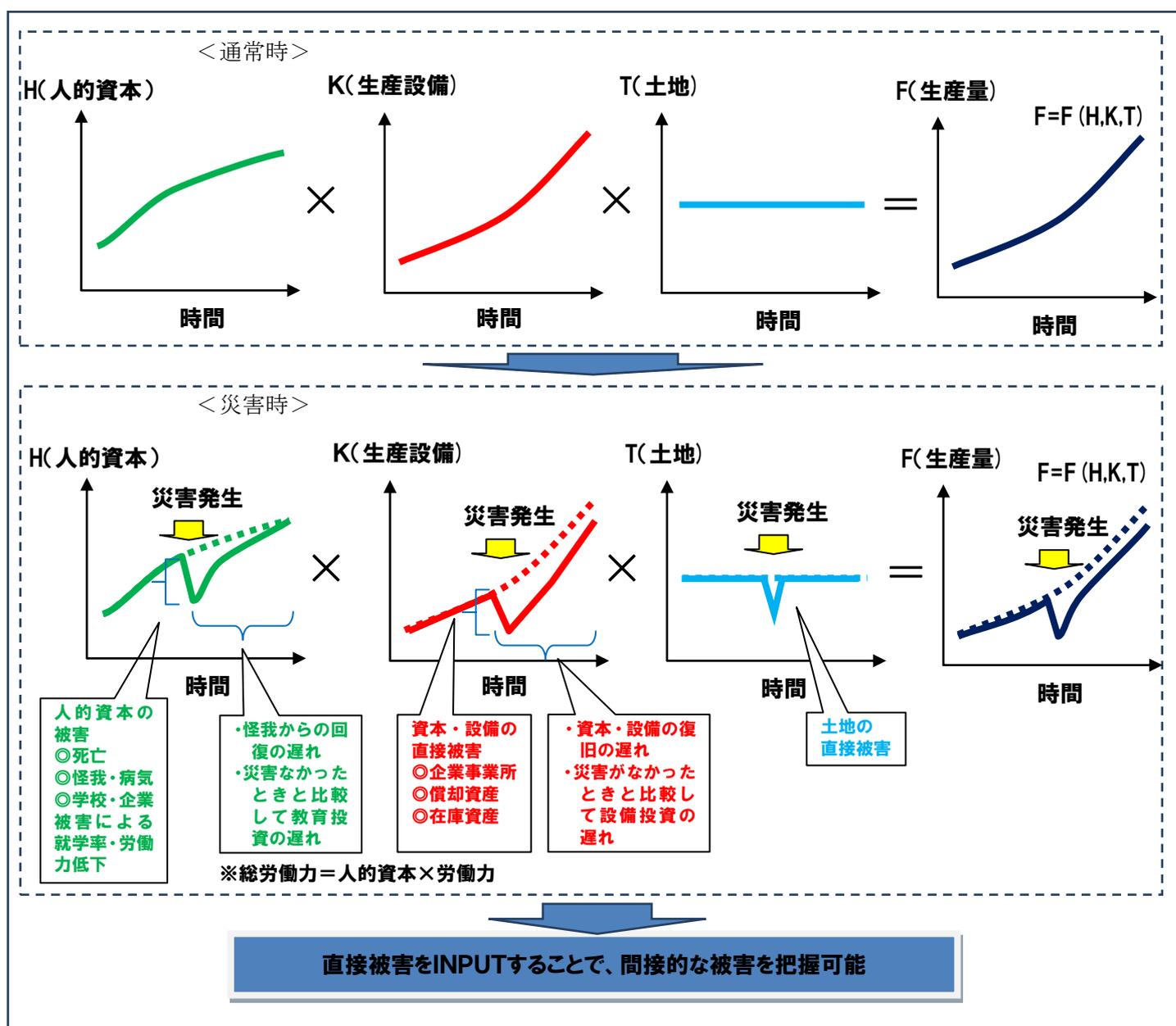
DR²AD Model において取り扱う災害関連のデータについて、被害の考え方を整理した上で、設定方法について解説する。

2.1.1 DR²AD Model で取扱う資本と被害の関係

(1) 被害と経済成長

DR²AD Model で取り扱う生産関数は、生産設備と人的資本の組み合わせとその時点での技術水準により経済成長を表現する形となっている。

災害時の生産設備、人的被害、等の直接被害を想定しインプットすることで、当該期の生産量の低下を表現するとともに、間接的な被害である直接被害が引き起こす将来にわたっての被害を内生的に表現することが可能である。



2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

1) 一般的な災害発生による被害項目

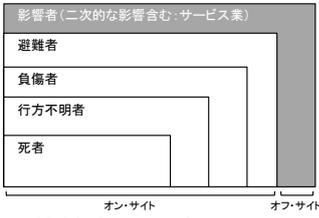
災害による被害は、大きく直接被害／間接被害／長期的な影響の3つに大別される。

DR²AD Model では、直接被害をインプットすることで、間接被害／長期的な影響を内生的に求める。

直接被害項目毎の指標及び、間接被害／長期的な影響の項目に対するモデル上の表現を次表に示す。

また、災害発生による影響を与えるためのインプット・データとなる被害項目と被害率との関係も次表のモデル上の表現欄にて示す。

表 2-1 DR²AD Model における被害項目と被害指標、モデル上の表現

被害項目		被害指標	モデル上の表現	
直接被害 (ストック被害)	人的被害	○死者、行方不明者、負傷者、 ○避難者（一時、長期、移転）、影響者（生活）  人的被害の構成	○人的資本 h_j ○人的被害率 ω_j^l （負傷等による時間短縮） ○営業停止・停滞日数 （企業の操業不可による時間短縮）	
	家計	家屋	○被災（倒壊・半壊・一部損壊、床上・床下浸水）家屋数、影響家屋数	○物的資産 z_j
		家財	○損失額	○家計被害率 φ_j^l
	企業	事業所	○損失額	○金融資産 b_j ○生産設備被害率 ψ^l
		償却資産	○損失額	
		在庫資産	○損失額	
		インフラ被害	○損失額	
	土地	土地の毀損	○被害面積	○土地被害率
被害項目		モデル上の解釈	モデル上の表現	
間接被害 (フロー被害) (当期)	人	就労時間の減少	○負傷や疾病により労働できない ○営業停止等により労働できない	○ $1-\omega^l$
	家計	復旧費用の発生	○家屋・家財の復旧費用の発生	
		貯蓄の減少	○復旧費用発生に伴う貯蓄の減少	
	企業	復旧費用の発生	○生産設備被害等に対する復旧費用の発生	
		設備復旧の遅れ	○設備の競合等による復旧遅れ	
		貯蓄の減少	○復旧費用発生に伴う貯蓄の減少	
営業停止・停滞被害		○復旧段階の建屋・設備生産の停止、在庫資本の再生産による営業停止・停滞被害		
長期的な影響 (フロー被害) (翌期以降)	人	就学時間の逸失	○怪我等による就学機会の逸失 ○学校被害による就学機会逸失 ○収入減による就学機会の逸失	
	家計	所得の減少	○生産被害による利益減に伴う所得減	
	企業	労働力の低下	○労働能力向上の遅延→労働力の低下	○ $1-\omega^l \cdot m^l$
		生産力低下による収益減	○労働力減、労働能力向上の遅延、インフラ断絶等による生産力の低下→収益減	
		設備投資の遅れ	○復旧のための対策費用の発生 ○金融資本減による投資の遅れ	
	土地	土地の毀損	○地盤沈下や降灰等による土地利用の停止	

2) DR²AD Model における人的資本、家計、企業、土地の損失と被害の波及の関係イメージ

DR²AD Model において、内生的に表現している、災害発生による人的資本、家計、企業、土地への直接被害から間接被害や長期的な影響への波及過程のイメージを、下図で示す。

人的資本、家計、企業、土地への直接被害に対する被害率をインプット・データとして与えることにより、間接被害から長期的な影響へと、どのように負のインパクトとして伝わり、最終的に経済成長の遅れに繋がるかを示す。

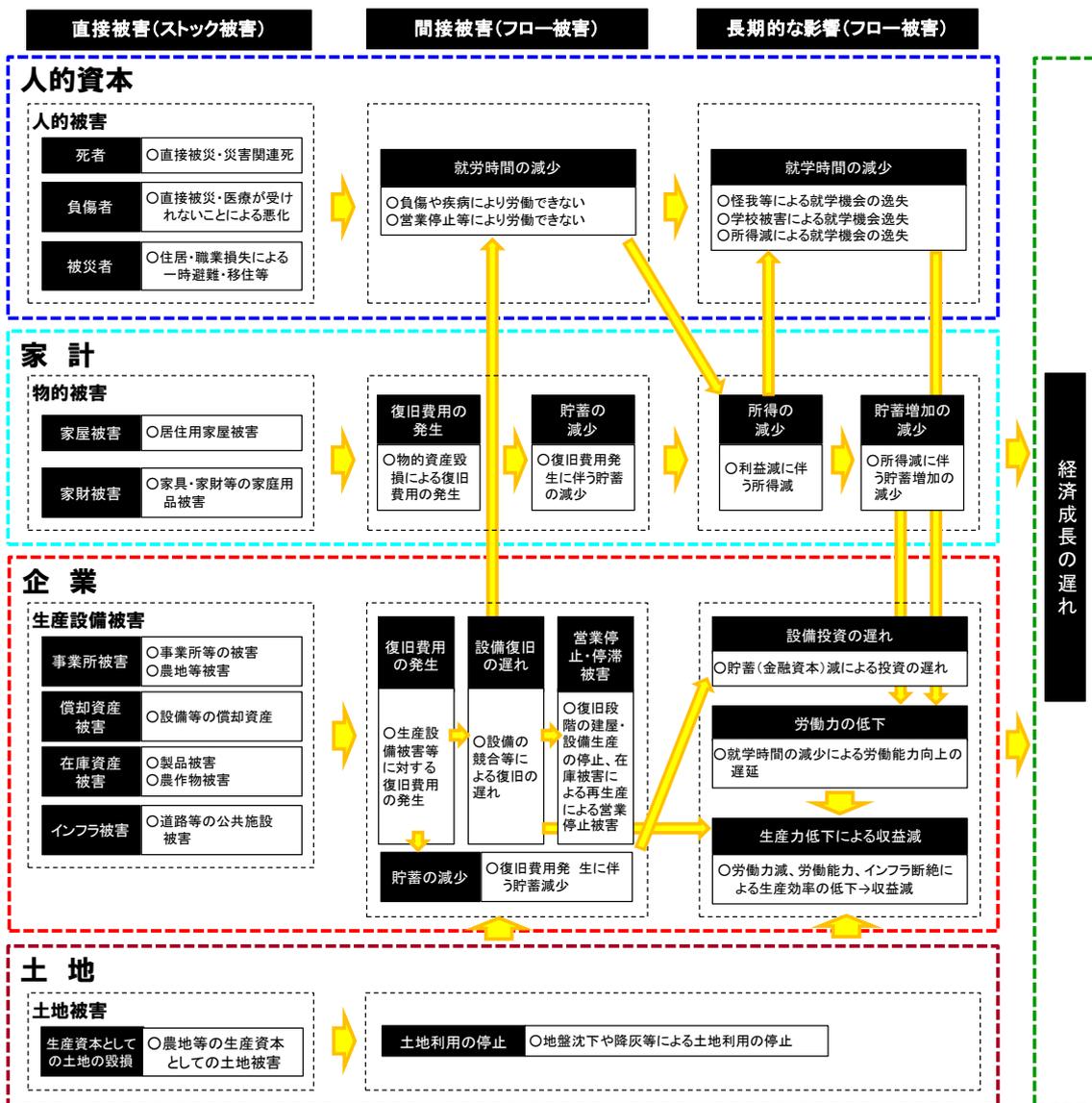


図 2-1 DR²AD Model における人的資本、家計、企業、土地の損失と被害の波及の関係イメージ

3) DR²AD Model における被害率の設定

DR²AD Model は、年単位・国単位での解析を行うため、input する災害は、国全体の資産に対する年累計被害とする。

国全体を対象とすることから、広域で発生し、大規模な被害数量と成りうる災害として以下の4種を対象とする。

- ・洪水
- ・高潮
- ・地震
- ・地震+津波

感度分析の検討は、未来のことが対象であり、本来与えるべき各時点の被害率は、社会情勢・対策の実施状況等により変化するものである。

しかし、将来の予測は困難であることから、過去あるいは現時点の資産総量に対する過去の災害被害の数量により、被害率を設定する。

被害数量の推定は、①統計的手法 と ②シミュレーションによる手法 の2通りある。

①統計的手法は、国際的な災害指標データベース等を活用する。

②シミュレーションによる手法は、資産分布データ等を活用し、設定した外力に対する影響範囲内の資産数量を被害数量として算定する。

(2) 災害データベースにおいて取扱える指標

前項目で設定した被害指標を設定するための国際的な災害指標データには、

- ①EM-DAT (CRED)、
- ②DesInventar (UNISDR)、
- ③Netcat-SERVICE (Munich-Re)、
- ④Sigma (Swiss-Re)、

などがある。

これらのデータベースで収集整理している災害指標並びに指標の定義は次頁に示すとおりである。

これらの災害被害指標のうち、(1)で示した DR²AD Model に input すべき被害指標に対応する項目と存在状況は、下表のとおりである。

このように、災害指標のデータ整備状況は項目が限定的であり、国や災害イベントによっては登録状況が不完全である場合もある。今後は、これらの災害被害指標データを各国で蓄積していくことが望ましい。

なお、現状のデータ存在状況から、統計的手法を用いる場合には、DesInventar を用いることが考えられる。

表 2-2 input 指標に対応するデータベースの指標と存在状況

modellにinputすべき被害指標	災害データベースの災害被害指標	データ存在状況			
		EM-DAT	DesInventar	Netcat-SERVICE	Sigma (Swiss Re)
人的被害	死者数(人)	○	○	—	○
	負傷者(人)	○	○	○	○
	行方不明者(人)	—	○	—	○
	避難者数(人)	—	○	—	—
	移動人口(人)	—	○	—	—
	被災者数(人)	—	○	—	—
物的被害	倒壊家屋数(戸数)	—	○	—	—
	影響家屋数(戸数)	—	○	—	—
生産設備被害	被害額・損失額(米ドル)	○	○	△	△
土地被害	農地、森林(ha)	—	○	—	—

○: 数量が示されている △: 数量はあるが限定的 —: 数量データなし

表 2-3 国際災害指標データベースにおける指標・定義

国際データベース比較

	対象地域	対象ハザード	対象年	収録対象	被害の分類 (大項目)	収録項目(小項目)(単位)	定義	補足	経済被害の考え方	
EM-DAT	全世界	オールハザード (自然災害、工業的災害)	1900年以降 (約18,000)	死者10名を超える 影響人口100名を超える 非常事態宣言発令 国際的支援	人的被害	死者数(人)	死亡確認者、行方不明者、死亡推定者の合計 (公式情報がある場合はそちらを利用)	-	直接被害、間接被害を含む 復旧、復興費用は含まない 間接被害：インフラ、農業、住宅 間接被害：収入減、失業、市場の混乱	
						負傷者(人)	身体的外傷、トラウマ、災害による疾病(医療手当が必要なもの)	-		
						ホームレス(人)	シェルターの緊急援助が必要となる人数	-		
						影響人口(人)	非常期間(Emergency period)中に支援が必要となる人数	-		
						影響人口合計(人)	移住者、避難者数を含む場合もあり。	-		
						被害額	負傷者、ホームレス、影響人口の合計	-		
DesInventar	29カ国 (HP公開)	オールハザード (自然災害、工業的災害)	国毎に異なる	何らかのインパクトを 与えたイベント	人的被害	死者数(人)	公式情報がある場合はそれを利用		ありはチェックのみ	
						負傷者、病人(人)	災害による身体的外傷、病気にかかった人数			
						行方不明者(人)	行方不明者数、推定死亡者を含む			
						避難者数(人)	一時的に避難している人数			
						移動人口(人)	災害によって恒久的に移動することになった人数	ありはチェックのみ		
						被災者数(人)	貨財、サービスが災害によって影響を受けた人口			
						影響人口(人)	災害による二次的な影響人口(公共サービス、商工業サービスの不足等)			
						物的被害	倒壊家屋数(戸数)	災害によって住めなくなった住居数		ありはチェックのみ 利用不可
							影響家屋数(戸数)	災害によって影響を受けた家屋数(軽微な損害で引き続き生活可能な住宅)		一部チェックのみ
					影響ルート(m)		交通ネットワークの影響長(破壊、利用不能)合計(m)	利用には分母の値が必要		
					農地、森林(ha)		農地、森林の影響面積(ヘクタール)	利用には分母の値が必要		
					家畜数(頭)		失った家畜数	但し水害時は0のみ		
					教育セクターへの影響(施設数)		直接的、間接的に災害によって破壊、影響を受けた教育機関数(保育園、大学、職業訓練センター等)	利用には分母の値が必要		
					被害額	医療セクター(施設数)	災害によって影響を受けたか破壊された医療機関数	但し水害時は0のみ 利用には分母の値が必要		
						その他の損害(自由記述)	基本的な損害に含まれないもの (宗教的建築物、歴史的建築物、商業、観光業や、公共土木施設等) ※メキシコでは一部災害で記載あり (例：在庫設備、油の流出による環境への影響、港の閉鎖による損失、船舶等)	水害時の記述内容 家屋損壊、船舶損壊、水タンク倒壊、車両損壊、橋梁損壊、		
					被害額	損失額(現地通貨単位)	災害による損失額の合計(現地通貨)	一部被害額0 一部被害額0		
						損失額(米ドル)	災害による損失額の合計(米ドル)	ホンジュラスでは現地通貨の被害額の1/2を米ドルの被害額としている。		
					定性的評価	交通		チェックなし		
						コミュニケーション		チェックなし		
						支援団体				
						農業、漁業				
上水道										
下水道										
教育	定性的評価 影響あり、なしの判定 ※データベース上ではチェックボックスで影響の有り無しを記録									
エネルギー										
工業										
衛生		チェックなし								
その他										
Netcat-SERVICE (Munich Re)	全世界	自然災害	1980年以降 (約28,000)	ある程度の社会経済的 インパクト 小規模の物的損害 1~9名の死者	人的被害	負傷者		1. 経済被害の一部は政府、多国籍 金融機関等の公式を基に算定。 2. 保険被害額から外挿 3. 災害種別、影響地域、人口密		
					物的被害	影響インフラ、影響工業				
					被害額	保険被害 被害額合計				
Sigma (Swiss Re)	全世界	オールハザード (自然災害、人為的災害)	1970年以降 (約9,000)	死者20名を超える 負傷者50名を超える ホームレス2,000名を超 える 被害額合計9.11億ドルを 超える	人的被害	死者 行方不明者 負傷者 ホームレス		保険被害と、非保険被害を合計す る。 構造物や、営業途絶等による金融 被害を含む。 間接金融被害は含まない(GDPの 落ち込み、生活の質の低下等)		
					被害額	保険被害 被害額合計				

出典：EM-DAT、<http://www.emdat.be/criteria-and-definition>
 DesInventar、DesInventar Disaster Inventory System Methodological Guide Version 8.1.9 2009 <http://www.desinventar.org/en/methodology>
 Netcat-SERVICE、http://www.munichre.com/site/corporate/get/documents/mr/assetpool.shared/Documents/0_Corporate%20Website/_Publications/302-06733_en.pdf
 Sigma、Methodology of sigma explorer data、http://www.sigma-explorer.com/documentation/Methodology_sigma-explorer.com.pdf

2.1.2 人的被害率

(1) 基本事項

DR²AD Model では、災害により就労・就学できない時間（就労時間 ω^l 、就学時間 m^l ）を差し引いた時間（ $1 - \omega^l - m^l$ ）において人的資本形成を行うこととしている。

被災レベル（例：浸水深）に応じた災害により就労・就学できない時間＝被害時間（就労時間 ω^l 、就学時間 m^l ）を設定し、被害時間は、＜負傷等による時間の短縮 + 企業（工場）の操業不可による時間短縮＞で評価する。

(2) 災害種別による設定方法の適用性および必要データ

災害種別の2つの設定方法による適用性および必要データは、下表に示すとおりである。

表 2-4 災害種別の設定方法の適用性および必要データ

人的被害		
災害種	統計データ(DesInventar)を用いた 設定方法の適用性・必要データ	シミュレーションを用いた 設定方法の適用性・必要データ
共通	被害指標：死者、負傷者、行方不明者、避難者、移動人口、被災者 総量：総人口	被害指標：死者数、被害者数 総量：総人口 外力：流量・風速データ
洪水	○ 対象災害種別： Hurricane or Inundation or Rainfall	○ 人口分布データ
高潮	○ 対象災害種別： Storm surge	○ 人口分布データ
地震	○ 対象災害種別： Earthquake	—
地震+津波	○ 対象災害種別： Earthquake and Tsunami	—

—：過去の災害外力に関する統計データや地層データ等が必要であり、簡便な設定は困難

(3) 被害率設定方法

1) 統計データによる設定

DR²AD Model では、人的被害が人的資本に与える影響を、災害により就労・就学できない時間として与える。

従って、人的被害率は、災害により就労・就学できない時間が生じる人員数を被害として把握し、被害率として設定することとする。

【ver1.4】

$\text{人的被害率 } \omega_j^l = (\text{死者数} + \text{行方不明者数} + \text{負傷者} + \text{避難者数} + \text{移動人口} + \text{被災者数})$ <p style="text-align: right; margin-right: 20px;">の年あたり累計 / 総人口</p>
--

人的被害率が、労働生産性の低減割合を示す。

【ver1.5】

(負傷等による時間の短縮) + (企業(工場)の操業不可による時間短縮) で人的資本の低減を評価する。

■負傷等による時間の短縮

$$\text{人的被害率 } \omega_j^i = \frac{(\text{死者数} + \text{行方不明者数} + \text{負傷者} + \text{避難者数} + \text{移動人口} + \text{被災者数})}{\text{の年あたり累計} / \text{総人口}}$$

上記人的被害率を、被害時間の削減率として、1からマイナスする(就労時間 ω^l + 就学時間 m^l)。

■企業(工場)の操業不可による時間の短縮

災害データベースには、企業の操業不可による営業停止・停滞日数の指標はない。そこで、日本の治水経済調査マニュアル(案)における事業所被害率(被害額/資産額)と浸水深の関係、浸水深と営業停止・停滞日数の関係を用いて、単位面積あたりの事業所関連被害額(公共土木被害額を含む。DesInventarでは「被害額(米ドル)」に相当するとする)を事業所ストック(償却・在庫)資産額で除した値と営業停止・停滞日数との関係を、日本の利根川の氾濫域における複数規模の洪水を対象とした被害数量をもとに設定した。

これを用いて営業停止・停滞日数を算定する際には、下表のように単位面積あたりの資産額に対する被害額に換算した「単位面積あたり事業所被害率」照合させる。

$$\text{単位面積あたり事業所被害率} = \frac{(\text{被害額} / \text{被災地域(州・町)面積})}{(\text{国民貯蓄額} / \text{国土面積})}$$

なお、上記は洪水における営業停止・停滞日数であるが、その他の災害種別における該当情報が存在しないため、洪水の営業停止・停滞日数で代替する。

表 2-5 単位面積あたり事業所被害率と営業停止・停滞日数の関係

単位面積あたり事業所被害率				営業停止・停滞日数※
0.000	～	1.673	未満	4.5日
1.673	～	2.972	未満	6.6日
2.972	～	5.305	未満	9.5日
5.305	～	7.932	未満	15.5日
7.932	～	9.316	未満	25.2日
9.316				33.9日

治水経済調査マニュアルの浸水深区別停止日数・停滞日数の平均日数

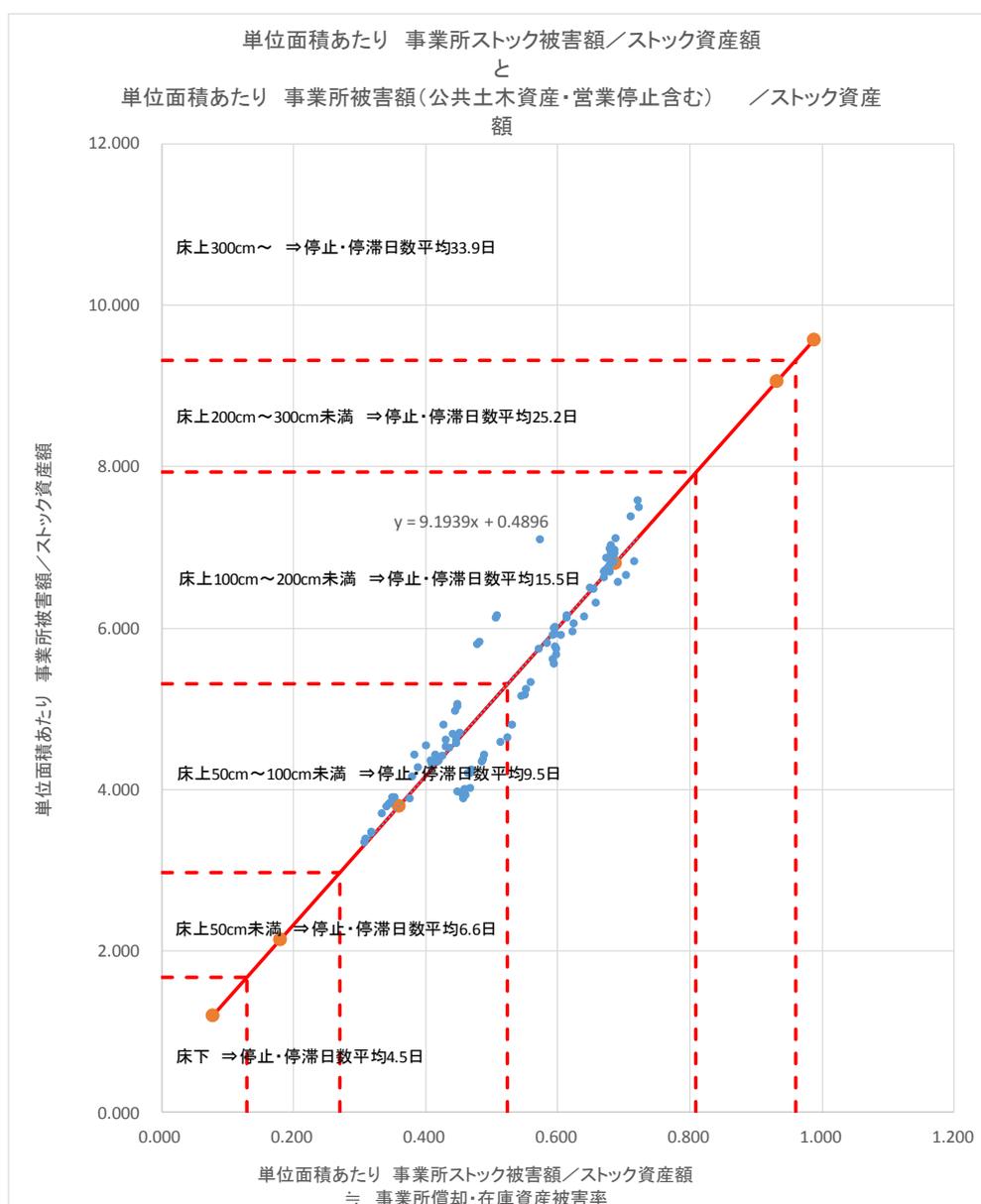


図 2-2 単位面積あたり事業所被害率と事業所資産被害率の浸水深区分

(出典：治水経済調査マニュアル) の関係

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

2) シミュレーションによる設定

シミュレーションにより被害率を設定する際には、外力毎に算定した浸水エリア・浸水深に応じた死者数・被災者数を算定する。

【ver1.4】

$$\text{人的被害率 } \omega_j^1 = (\text{死者数} + \text{被災者数}) / \text{総人口}$$

【ver1.5】

(負傷等による時間の短縮) + (企業(工場)の操業不可による時間短縮) で人的資本の低減を評価する。

■負傷等による時間の短縮

$$\text{人的被害率 } \omega_j^1 = (\text{死者数} + \text{被災者数}) / \text{総人口}$$

上記人的被害率を、被害時間の削減率として、1からマイナスする(就労時間 ω^l + 就学時間 m^l)。

総人口は、World Bank Indicators より各年の人口を設定する。

■企業(工場)の操業不可による時間の短縮

$$\text{営業停止・停滞日数} = \text{浸水深に応じた営業停止日数} \cdot \text{停滞日数}$$

シミュレーションにより算定された浸水深に応じて下表から営業停止日数・停滞日数を算出する。

表 2-6 浸水深別営業停止・停滞日数

浸水深	床下	床上				
		50cm 未満	50~ 99	100~ 199	200~ 299	300cm 以上
停止日数	3.0	4.4	6.3	10.3	16.8	22.6
停滞日数	6.0	8.8	12.6	20.6	33.6	45.2

注：平成7、8年災を対象に実施した「水害に関するアンケート調査」より

(出典：国土交通省河川局「治水経済調査マニュアル(案)」平成17年4月、2005)

(4) 災害規模の設定方法

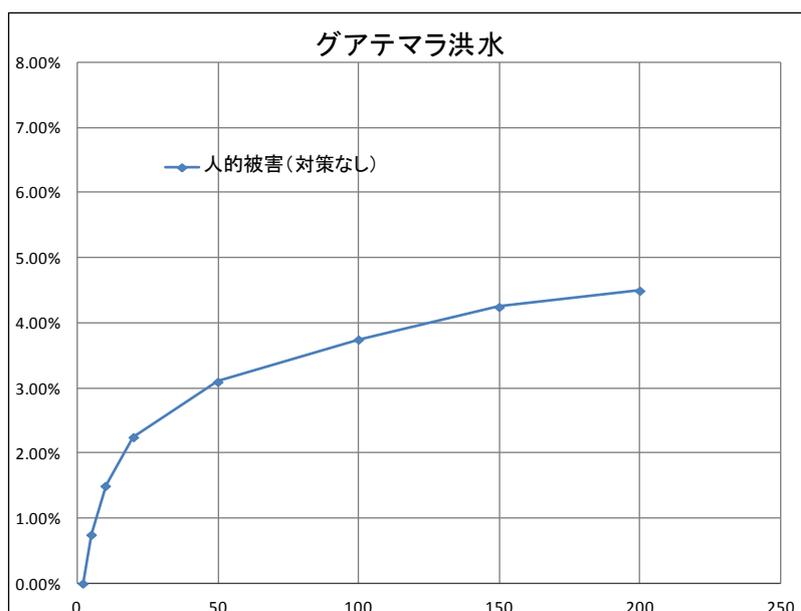
1) 統計データによる設定

DR²AD Model では、年単位で評価を実施していることから、被害率も年被害率を与えることとし、災害種別に年度単位で被害率を集計し、各年の被害率とする。

DesInventar や EMDAT 等の災害統計データを用いて、確率統計解析を実施し、被害率の確率年の値を設定する。

日本の治水計画の場合、国管理の河川では、治水計画の目標規模が 1/200 であること、現在の治水整備の段階目標が 1/0～1/50 の整備であることから、無被害のランク 0 を含め、下記のような 0～4 の 5 ランクに区分する。

ランク	0	1	2	3	4
対象確率年	0	1/2～1/30	1/30～1/100	1/100～1/150	1/150～1/200
年当たり発生確率	50%	45%	3.33%	1.00%	067%



ランク	0	1	2	3	4
対象確率年	0	1/2～1/30	1/30～1/100	1/100～1/150	1/150～1/200
被害率	0%	1.27%	3.14%	4.00%	4.375%

図 2-3 人的被害率の規模ランク設定イメージ

2) シミュレーションによる設定

シミュレーションでは input データとして流量等の外力を与えるため、その規模によるランクを設定する。

2.1.3 物的被害率

(1) 基本事項

物的資産に対する被害は、家計の家屋・家財の被害で表す。

(2) 災害種別による設定方法の適用性および必要データ

災害種別の2つの設定方法による適用性および必要データは、下表に示すとおりである。

表 2-7 災害種別の設定方法の適用性および必要データ

物的被害		
災害種	統計データ(DesInventar)を用いた 設定方法の適用性・必要データ	シミュレーションを用いた 設定方法の適用性・必要データ
共通	被害指標：倒壊家屋数、影響家屋数 総量：総家屋数	被害指標：市街地被災面積 総量：市街地総面積 外力：流量・風速データ
洪水	○ 対象災害種別： Hurricane or Inundation or Rainfall	○ 家計調査データ 土地利用データ
高潮	○ 対象災害種別： Storm surge	○ 家計調査データ 土地利用データ
地震	○ 対象災害種別： Earthquake	—
地震+津波	○ 対象災害種別： Earthquake and Tsunami	—

—：過去の災害外力に関する統計データや地層データ等が必要であり、簡便な設定は困難

(3) 被害率設定方法

1) 統計データによる設定

物的被害率 ϕ_j^1

$$= (\text{倒壊家屋数又は影響家屋数}) / (\text{被災地域又は国全体の家屋総数})$$

家屋被害については、倒壊家屋・影響家屋数を用いる。

被災地域又は国全体の家屋総数は、総人口を平均的な世帯人数で除して算定する世帯数と同等であると想定する。

家財被害については、災害データベースでは、損失額（被災額）の中に一式で整理されており、区分が困難なため、ここでは、家屋の被災状況に家財の被災状況も比例すると仮定し、家屋の被害率を、家計（家屋、家財）の被害率の代替とする。

2) シミュレーションによる設定

$$\text{物的被害率} \phi_j = (\text{浸水域内物的資産}) / (\text{被災地域又は国全体の物的資産})$$

各国・地域の家屋の構造により、水への耐久性が異なり、どの程度の浸水により倒壊・影響を受けるかを示した情報が乏しいため（米国・日本等先進国では浸水深に応じた被害率等はあるが途上国の家屋構造に必ずしも適合しない）、家屋・家財の被害を推計する場合には、物的資産の被害割合を用いるものとする。

物的資産は所得階層毎に異なることを勘案し、地域毎の主要な所得階層毎に1世帯あたりの物的資産を設定する。

物的資産は、家計調査における年間所得に対する家屋・家財への年間投資の割合を参考に設定する。（和田 et al 開発途上国における防災投資効果評価モデル開発に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.49.198，2013）

(4) 災害規模の設定方法

1) 統計データによる設定

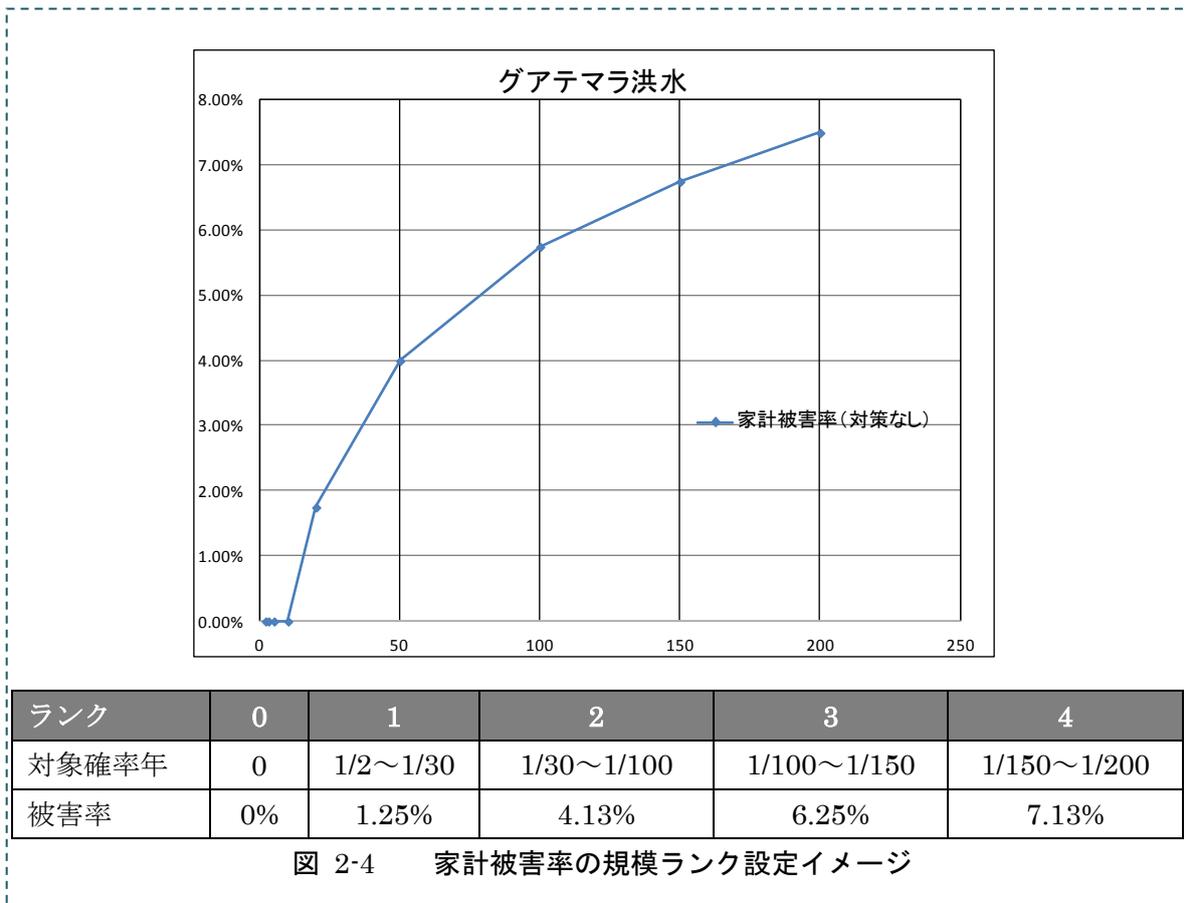
DR²AD Model では、年単位で評価を実施していることから、被害率も年被害率を与えることとし、災害種別に年度単位で被害率を集計し、各年の被害率とする。

DesInventar や EM-DAT 等の災害統計データを用いて、確率統計解析を実施し、被害率の確率年の値を設定する。

日本の治水計画の場合、国管理の河川では、治水計画の目標規模が 1/200 であること、現在の治水整備の段階目標が 1/0～1/50 の整備であることから、無被害のランク 0 を含め、下記のような 0～4 の 5 ランクに区分する。

表 2-8 被害のランク区分と発生頻度の設定

ランク	0	1	2	3	4
対象確率年	0	1/2～1/30	1/30～1/100	1/100～1/150	1/150～1/200
年当たり発生確率	50%	45%	3.33%	1.00%	067%



2) シミュレーションによる設定

シミュレーションでは input データとして流量等の外力を与えるため、その規模によるランクを設定する。

2.1.4 生産設備被害率

(1) 基本事項

生産設備に対する被害は、インフラやその他施設の被害を含む「被害額」で表す。

災害データベースに示される被害額の内訳は明確でないが、物的被害において家屋のみを対象としていることから、重複は回避されていると考える。

(2) 災害種別による設定方法の適用性および必要データ

災害種別による2つの設定方法の適用性と必要データは、下表のとおりである。

表 2-9 災害種別の設定方法の適用性および必要データ

生産資本被害

災害種	統計データ(DesInventar)を用いた 設定方法の適用性・必要データ	シミュレーションを用いた 設定方法の適用性・必要データ
共通	被害指標: 被害額(米ドル) 総量: 国民貯蓄額	被害指標: 被災面積 総量: 総面積 外力: 流量・風速データ
洪水	○ 対象災害種別: Hurricane or Inundation or Rainfall	○ 土地利用データ 土地利用別生産される資産額
高潮	○ 対象災害種別: Storm surge	○ 土地利用データ 土地利用別生産される資産額
地震	○ 対象災害種別: Earthquake	—
地震+津波	○ 対象災害種別: Earthquake and Tsunami	—

— : 過去の災害外力に関する統計データや地層データ等が必要であり、簡便な設定は困難

(3) 被害率設定方法

1) 統計データによる設定

$$\text{生産設備被害率 } \psi^I = (\text{被害額}) / (\text{国内貯蓄額})$$

DR²AD Model 上、生産設備は、貯蓄額=投資額 として設定されているため、被害率の分母は貯蓄額とする。貯蓄額は、World Bank Indicators より各年の国内総貯蓄を用いる。

2) シミュレーションによる設定

$$\text{生産設備被害率 } \psi^I = \frac{(\text{生産が滞る土地の面積} \times \text{土地から生産される資産})}{(\text{生産に関与する土地面積} \times \text{土地から生産される資産})}$$

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

シミュレーションで資産分布を算定するためには、事業所、償却資産、在庫資産、インフラ等のストックの資産額分布のデータが必要であるが、それらはほとんど整備されていないため、生産量の低減割合にて代替する。

生産量の低減割合は、生産に関与する土地とそこから生産される資本に対する、被災により生産が滞る土地の面積とそこから生産される資本で表す。

土地から生産される資産は、Sato et al [MODELING THE IMPACT OF SEA LEVEL RISE TO POTENTIAL FLOOD DAMAGE IN THE MEKONG,2013] を参考に設定する。

土地利用データは、The Global Land Cover by National Mapping Organizations (GLCNMO)を用いることができる。各土地利用から生産される資産の算出には、World Bank の Wealth Estimates を使用する。

Legend					
Code	Color (RGB)	Class Name	Code	Color (RGB)	Class Name
1	(0,50,0)	Broadleaf Evergreen Forest	11	(240,100,50)	Cropland
2	(60,150,0)	Broadleaf Deciduous Forest	12	(145,50,230)	Paddy field
3	(0,110,0)	Needleleaf Evergreen Forest	13	(230,100,230)	Cropland / Other Vegetation Mosaic
4	(85,110,25)	Needleleaf Deciduous Forest	14	(155,130,230)	Mangrove
5	(0,200,0)	Mixed Forest	15	(180,254,240)	Wetland
6	(140,190,140)	Tree Open	16	(100,100,100)	Bare area,consolidated(gravel,rock)
7	(70,120,100)	Shrub	17	(200,200,200)	Bare area,unconsolidated (sand)
8	(180,230,100)	Herbaceous	18	(255,0,0)	Urban
9	(155,200,50)	Herbaceous with Sparse Tree/Shrub	19	(255,255,255)	Snow / Ice
10	(235,255,100)	Sparse vegetation	20	(90,220,220)	Water bodies

図 2-5 The Global Land Cover by National Mapping Organizations(GLCNMO) の土地利用区分

(4) 災害規模の設定方法

1) 統計データによる設定

DR²AD Model では、年単位で評価を実施していることから、被害率も年被害率を与えることとし、災害種別に年度単位で被害率を集計し、各年の被害率とする。

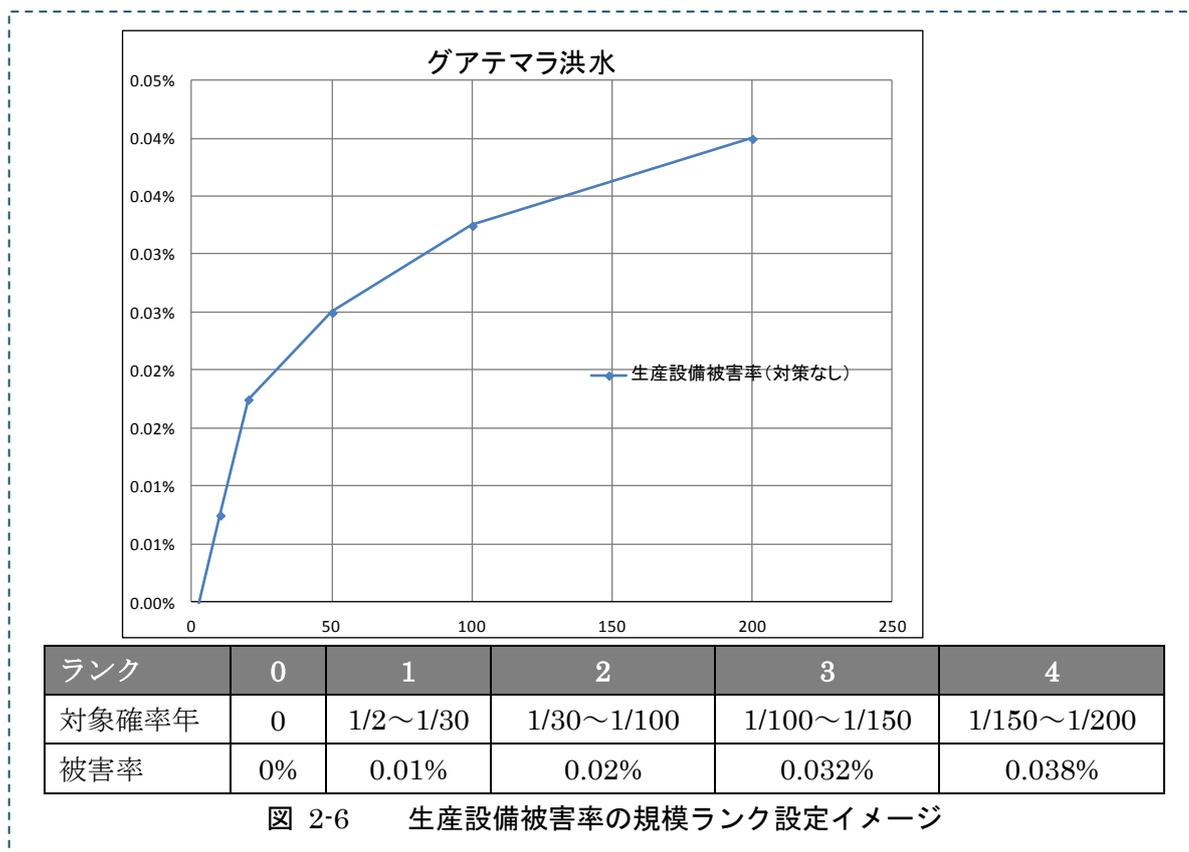
DesInventar や EMDAT 等の災害統計データは、例えば、死者千人以上など、ある閾値以上の災害が登録されており、各年のデータが必ずしも毎年の被害率が揃っていないことから、非毎年の確率統計解析を実施して、被害率の確率年の値を設定する。

日本の治水計画の場合、国管理の河川では、治水計画の目標規模が 1/200 であること、現在の治水整備の段階目標が 1/0~1/50 の整備であることから、無被害のランク 0 を含め、下記のような 0~4 の 5 ランクに区分する。

表 2-10 被害のランク区分と発生頻度の設定

ランク	0	1	2	3	4
対象確率年	0	1/2~1/30	1/30~1/100	1/100~1/150	1/150~1/200
年当たり発生確率	50%	45%	3.33%	1.00%	067%

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討



2) シミュレーションによる設定

シミュレーションでは input データとして流量等の外力を与えるため、その規模によるランクを設定する。

2.1.5 土地被害率

(1) 基本事項

土地資産に対する被害率は、生産に関与するすべての土地面積に対し、被害を受けて生産が滞る土地の面積割合で設定する。

(2) 災害種別による設定方法の適用性および必要データ

災害種別による2つの設定方法の適用性と必要データは、下表のとおりである。

表 2-11 災害種別の設定方法の適用性および必要データ

土地被害		
災害種	統計データ(DesInventar)を用いた 設定方法の適用性・必要データ	シミュレーションを用いた 設定方法の適用性・必要データ
共通	被害指標：被災農地・森林面積 総量：農地・森林	被害指標：生産が滞る被災農地・ 森林面積 総量：農地・森林 外力：流量・風速データ
洪水	○ 対象災害種別： Hurricane or Inundation or Rainfall	○ 土地利用データ
高潮	○ 対象災害種別： Storm surge	○ 土地利用データ
地震	○ 対象災害種別： Earthquake	—
地震+津波	○ 対象災害種別： Earthquake and Tsunami	—

—：過去の災害外力に関する統計データや地層データ等が必要であり、簡便な設定は困難

(3) 被害率設定方法

1) 統計データによる設定

$$\text{土地被害率} = (\text{被災農地} \cdot \text{森林面積}) / (\text{農耕地面積})$$

生産に関与する土地は、World Bank Indicators より各年の農耕地を設定する。

2) シミュレーションによる設定

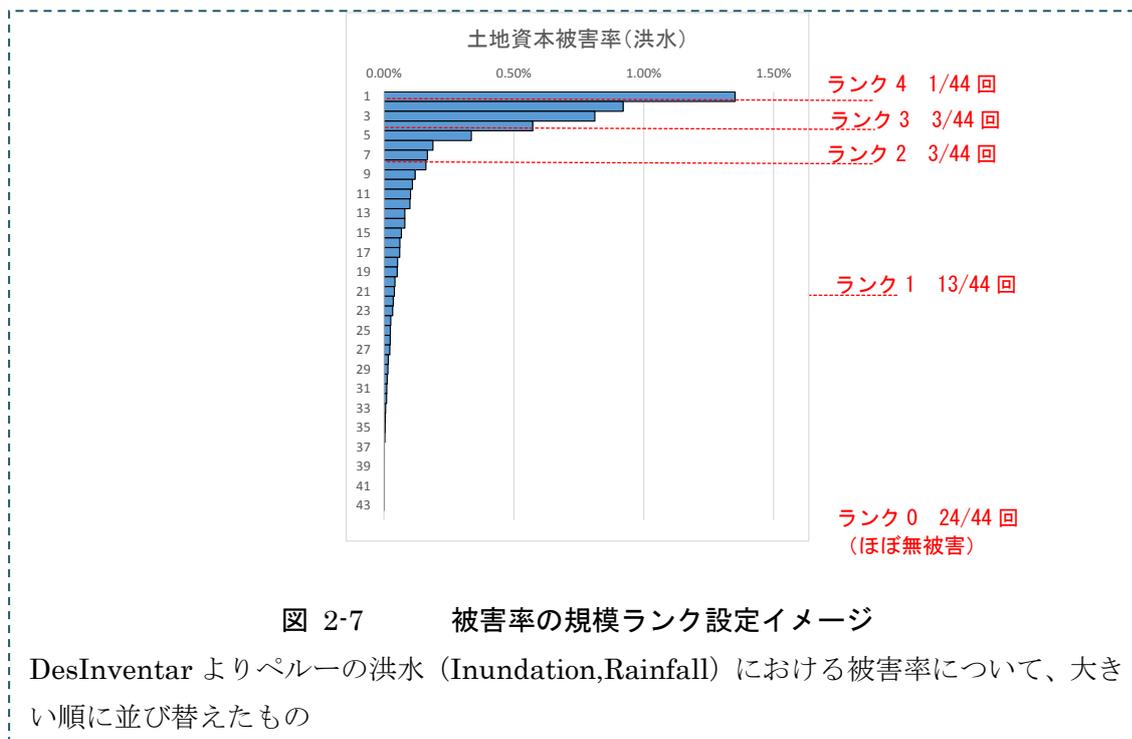
土地利用データの農業用地データを用いて、農耕地面積、浸水域内面積を算定する。

$$\text{土地被害率} = (\text{浸水域内農地面積}) / (\text{農耕地面積})$$

(4) 災害規模の設定方法

1) 統計データによる設定

被害率の大きい方から順に並べ、無被害の年次を含む面積割合で 0~4 の 5 ランクに区分する。



2) シミュレーションによる設定

シミュレーションでは input データとして流量等の外力を与えるため、その規模によるランクを設定する。

2.1.6 対策の効果を考慮した（対策ありの場合の）被害率の設定

各種対策は、各被害指標に対し直接的に効果のあるもの、間接的に効果のあるもの、ほとんど効果が期待できないものに区別される。

避難促進対策は、人的被害には効果があるが、物的・生産設備・土地被害には効果はほとんどない。対策の計画・基準策定・法整備は、それらがなければその他の対策が進まないため間接的に効果があると言えるが、それらは単独では効果が発現しない。

物的・生産設備・土地に対しては、構造物対策強化により直接効果が発現する。

なお、土地被害は、農地の場合等は高台移転等の回避が不可能な場合があるため、効果があるとしても一部あるいは間接的であると考えられる。（下表参照）

これらの直接効果が期待できる組み合わせについて、対策を考慮した場合の被害率の設定を行う。

表 2-12 災害種別対策毎の直接被害への効果の程度

		(ストック被害)直接被害 = modelに設定する被害指標			
		人的被害	物的被害	生産設備被害	土地被害
洪水	避難促進対策 (予警報システム、防災教育、ハザードマップ、避難地(避難シェルター)・避難路整備)	○	△	△	—
	治水整備計画策定・法整備	△	△	△	△
	治水施設強化対策 (ダム・堤防整備・排水施設設置)	○	○	○	○
	浸水回避 (高台移転)	○	○	○	△
高潮	避難支援対策 (予警報システム、防災教育、ハザードマップ、避難地(避難シェルター)・避難路整備)	○	△	△	—
	治水整備計画策定・法整備	△	△	△	△
	治水施設強化対策 (防潮堤整備)	○	○	○	○
	浸水回避 (高台移転)	○	○	○	△
地震	避難支援対策 (防災教育、ハザードマップ、避難地・避難路整備)	○	—	—	—
	耐震基準改定・法整備・耐震化	○	○	○	—
	延焼防止対策(耐火、延焼防止帯整備)	○	○	○	—
津波	避難支援対策 (予警報システム、防災教育、ハザードマップ、避難地(避難シェルター)・避難路整備)	○	△	△	—
	治水整備計画策定・法整備	△	△	△	△
	治水施設強化対策 (防潮堤整備)	○	○	○	○
	浸水回避 (高台移転)	○	○	○	△

○:直接的に効果あり △:間接的に効果あり —:効果はほとんどなし

(1) 統計データによる設定

防災対策は、対策規模や対象のボリュームに応じて段階的に実施するのが現実的である。段階整備の方法としては、①既往最大クラスの低頻度災害に対し、重要度の高い地域（市街地等）を先に対策を実施し、後に対象範囲を拡大していく方法と、②高頻度の災害に対し、広く対策を実施し、その後に低頻度の災害に対して強化・拡張していく方法がある。

前者①は、既往最大クラスの整備を行うため、いずれの規模においても被害が低減し（過去に発生していない超過外力は除外）、その低減割合は、事業面積に対応するものと設定する。後者②の設定のためには、被害に対し外力を結びつける必要がある。

ここでは、DR²AD Model の活用目的およびデータ整備状況を鑑みて、前者の手法を示す。

$$\text{対策実施後の被害率} = (\text{無対策時被害率}) \times (1 - \text{執行业業費} / \text{総事業費})$$

対策を講じた場合の被害率は、既往最大クラスの規模に対し、全域で対策を実施した場合の費用を総事業費として以下のように算定したのに対し、国家予算やドナーの活用、重要地域の面積等の各国の情勢を考慮して執行业業費を設定する。 $(1 - \text{執行业業費} / \text{総事業費})$ により対策効果が及ばない比率を求め、無対策時の被害率を乗ずることで、対策実施後の被害率を求める。

対策費用の原単位は、既存の整備計画マスタープラン等に示される、対策メニューと対象エリア（面積）から、単位面積あたりの事業費を設定する。あるいは家屋一戸あたりにかかる費用を別途見積もって設定する。

・ 予警報システム・防災教育等の避難支援対策

$$\text{総事業費} = \text{想定被災地域面積} \times 1 \text{ km}^2 \text{あたりの対策費用 (原単位)}$$

・ 堤防・ダム等の治水施設整備

$$\text{総事業費} = \text{想定被災地域面積} \times 1 \text{ km}^2 \text{あたりの対策費用 (原単位)}$$

・ 耐震化等の施設強化対策

$$\text{総事業費} = \text{家屋総数} \times 1 \text{ 家屋あたりの耐震対策費用 (原単位)}$$

・ 高台移転等の浸水回避対策

$$\text{総事業費} = \text{家屋総数} \times 1 \text{ 家屋あたりの移転費用 (原単位)}$$

【事業費原単位事例】

表 2-13 経済中心地に対する洪水防御対策の原単位例

工 種	金額 (Mil. Baht)	氾濫範囲 解消面積 (km ²)	費用対効果 (Mil. Baht / (km ²))	備考
・ タチン川左岸の防水壁 ・ 東側道路の排水ゲート ・ ジャオジ ヲットハーン の堤防強化	15,000	7,000	2.15(Mil. Baht)/(km ²)	

表 2-14 事業費内訳

	工 種	単位	数量	単 価 (x1000 Baht)	金 額 (Bln Baht)
経済中心地	大型三角水のう	箇所	60	276	0.02
	排水ゲート	箇所	23.0	20,000	0.46
	タチン川左岸の防水壁 (2.0m)	Km	100.0	38,700	3.87
主要工業団地	輪中堤 (防水壁 : 1.5m)	Km	118.2	38,700	4.57
	排水ゲート	箇所	42.0	5,186	0.22
	ロジスティックスロード (道路嵩上げ:1.5m)	Km	20.6	95,600	1.97
	交差道路擦付け	箇所	4.0	7,040	0.03
主要都市	防水壁 (逆T擁壁)	Km	53.2	38,700	2.06
	道路嵩上げ (15m)	Km	51.0	71,700	3.68
	交差道路擦付	箇所	21.0	7,040	0.15
	排水ゲート	箇所	29.0	5,186	0.15
農業用地	用水路沿いの堤防強化 (1.5m)	Km	43.2	23,900	1.03
①	間接工事費				18.21
②	工事仮設費・工事中経費:①×49%				8.92
③	設計費:(①+②)×5%				1.36
④	コンサル費(氾濫解析・都市計画 検討等):①×5%				0.91
⑤	工事費計(①+②+③+④)				29.40
⑥	予備設計費(⑤×5%)				1.47
⑦	施工管理費(⑤×5%)				1.47
⑧	環境アセス費(⑤×5%)				1.47
⑨	測量費(⑤×5%)				1.47
⑩	エスカレーション(⑤×3%/年)				3.77
⑪	コンティンジェンシー (⑤+⑥+⑦+⑧)×10%				3.53
⑫	税金((⑤+⑥+⑦+⑧+⑨+⑩+⑪)×7%)				2.98
⑬	用地費				1.44
⑭	補償費(⑤×10%)				2.94
⑮	用地費、調査費、その他費等 計				20.54
	総事業費(⑤+⑮)				50.0

出典:(一財)国土技術研究センター作成

(2) シミュレーションによる設定

治水施設強化対策については、対策時の浸水面積・浸水深低減により、対策効果を反映した被害率を算定できる。一方、予警報システムや防災教育は、外力・浸水範囲・浸水深の低減を伴わないため、シミュレーションで被害率の設定はできない。

また、外力規模に応じた対策効果を表現できるため、外力規模を高頻度災害から低頻度災害にランクアップさせる等の段階整備の設定も可能である。

事業費は、整備メニュー毎の整備面積・延長等に応じて積み上げ方式で算定する。なお、原単位は、統計データによる設定で示したものを活用することができる。

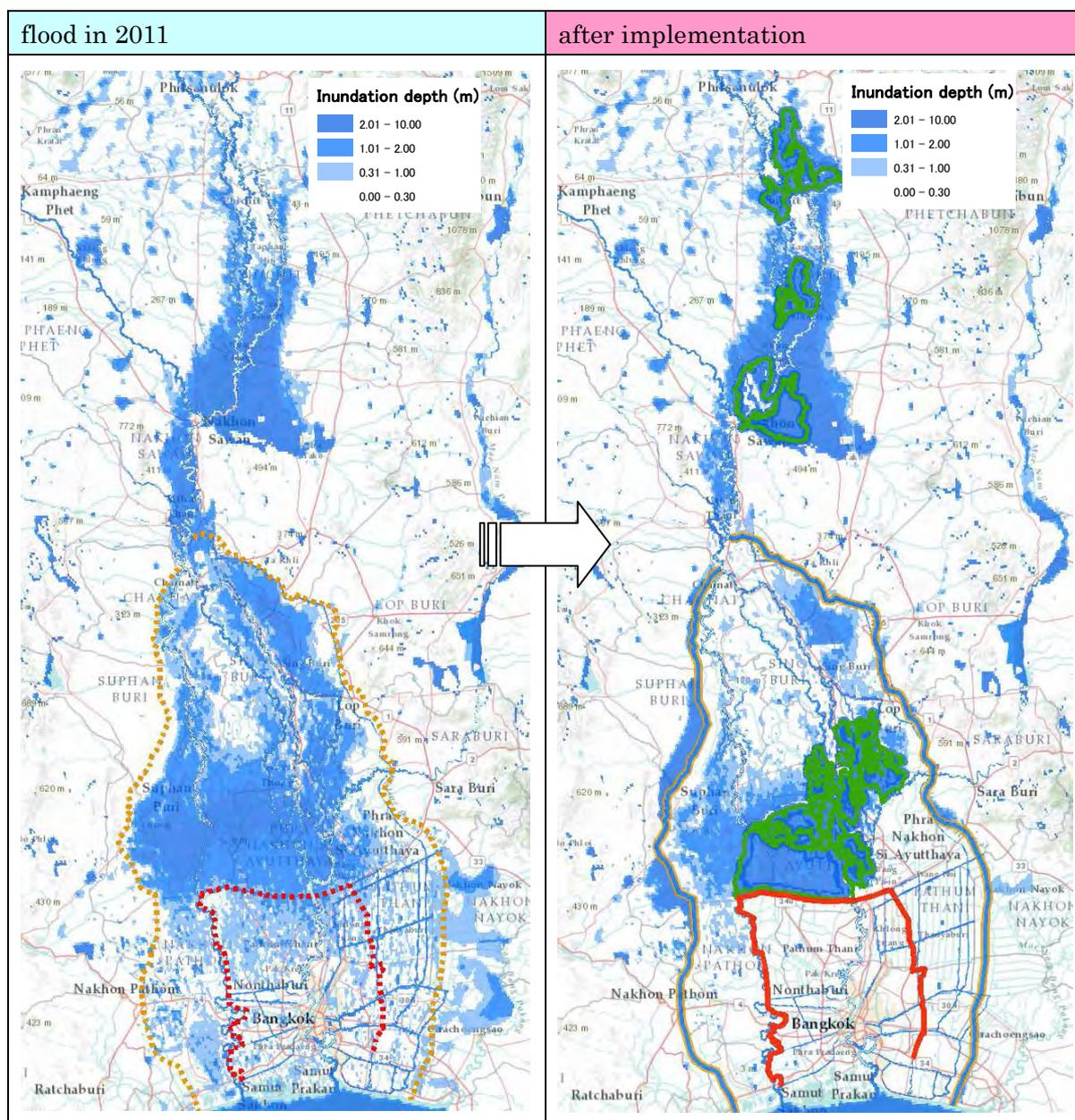


図 2-8 治水施設強化により想定される浸水面積・浸水深軽減イメージ

出典：(一財)国土技術研究センター作成

(3) 災害発作頻度と規模の与え方

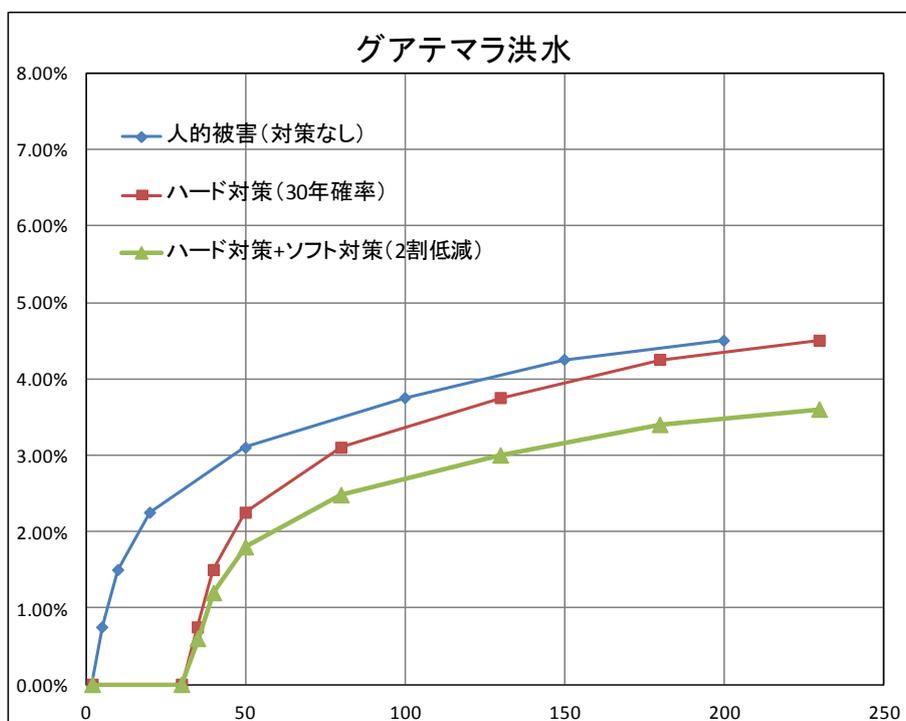
1) 設定の枠組み

DR²AD Model では、各年に発生する災害とその被害率の設定方法は、災害種別に、単災害あるいは複合災害のいずれでも設定可能である。

また、catastrophic な災害や、特定の周期で発生することが判明している災害（近年の発生状況により、今後の検討期間内には発生するかの設定が可能な災害）について、発生時期を任意のシナリオとして設定可能である。

さらに、所得階層別に対策を実施した場合の効果の発現の仕方の任意設定が可能である。

なお、洪水等の周期性なく発生する災害の場合、発生頻度を被害のランク別に統計データの発生回数から設定、あるいは外力の発生確率の統計分析をもとに整理することで、モンテカルロ・シミュレーションにより被害率をランダムに与えることで、結果的に発生頻度を反映することが可能である。



ランク	0	1	2	3	4
対象確率年	0	1/2~1/30	1/30~1/100	1/100~1/150	1/150~1/200
年当たり発生確率	50%	45%	3.33%	1.00%	067%
被害率	0%	1.27%	3.14%	4.00%	4.375%
ハード対策後	0%	0%	1.68%	3.56%	4.15%
ソフト+ソフト対策後	0%	0%	1.34%	2.93%	3.5%

図 2-9 ランク別発生頻度の設定イメージ

2) 感度分析の目的に対応した設定例

前述のように、被害発生頻度・規模は、DR²AD Model を用いた感度分析の目的に応じた設定が可能である。感度分析の目的に応じた災害の頻度と規模の与え方の例を示す。

■設定方法例 1)

○感度分析の目的：

災害を特定せず、複合的な発生も想定したうえで、無対策で災害が発生した場合と、事前の防災投資（対策）を実施していた場合の経済成長の違いを把握する。

【無対策の場合の被害率の設定】

対象災害全てについて、無対策の場合の被害率を設定する。

【対策ありの場合の被害率の設定】

対策の執行額を設定し、 $(1 - \text{執行額} / \text{事業費})$ を上記の各年に設定された無対策の場合の被害率に乗じて、対策ありの場合の被害率として設定する。

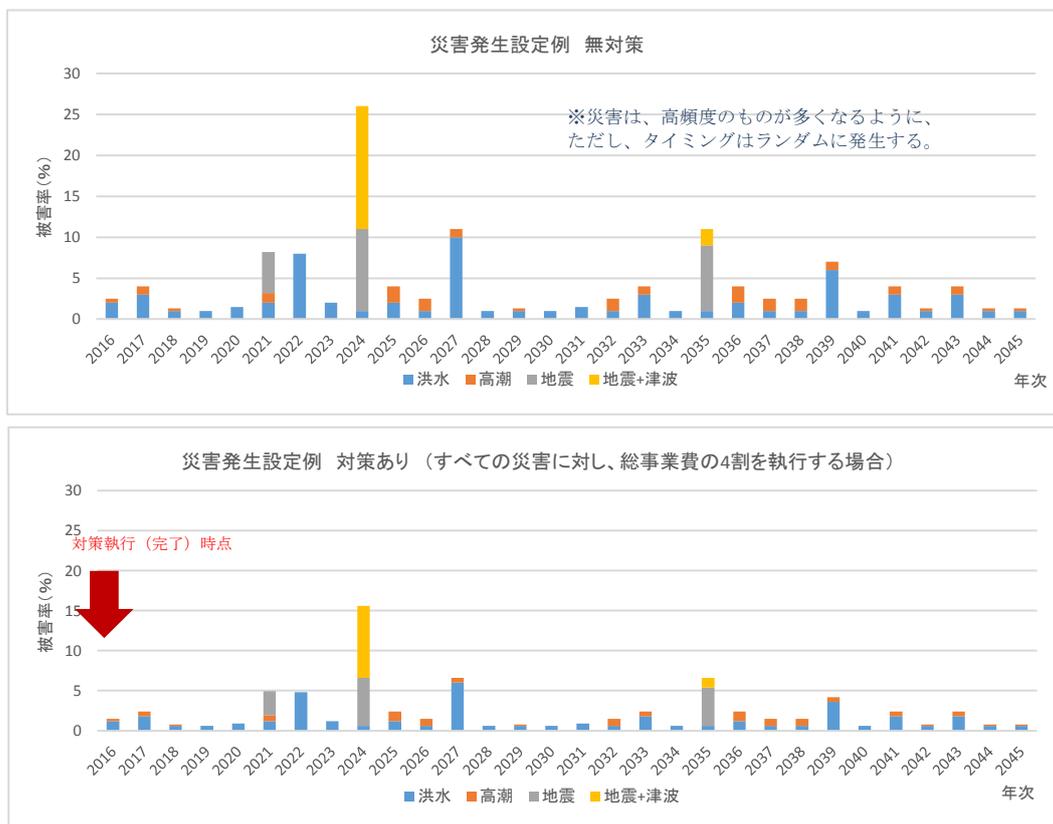


図 2-10 設定方法例 1) の場合の災害被害率の与え方イメージ

■設定方法例2)

○感度分析の目的：

最大クラスの災害が対策実施の前に発生した場合と、対策実施後に発生した場合の、経済成長の違いを把握する。

【大規模災害発生後に対策を実施した場合の被害率の設定】

対策実施後の災害被害率は、各年の無対策の場合の被害率に(1-執行額/事業費)を乗じて、対策ありの場合の被害率として設定する。実施前の大規模災害については無対策の場合の被害率を設定する。

【大規模災害発生前に対策を実施した場合の被害率の設定】

対策実施時期を早め、その時点以降の各年の被害率は、(1-執行額/事業費)を乗じて、対策ありの場合の被害率として設定する。

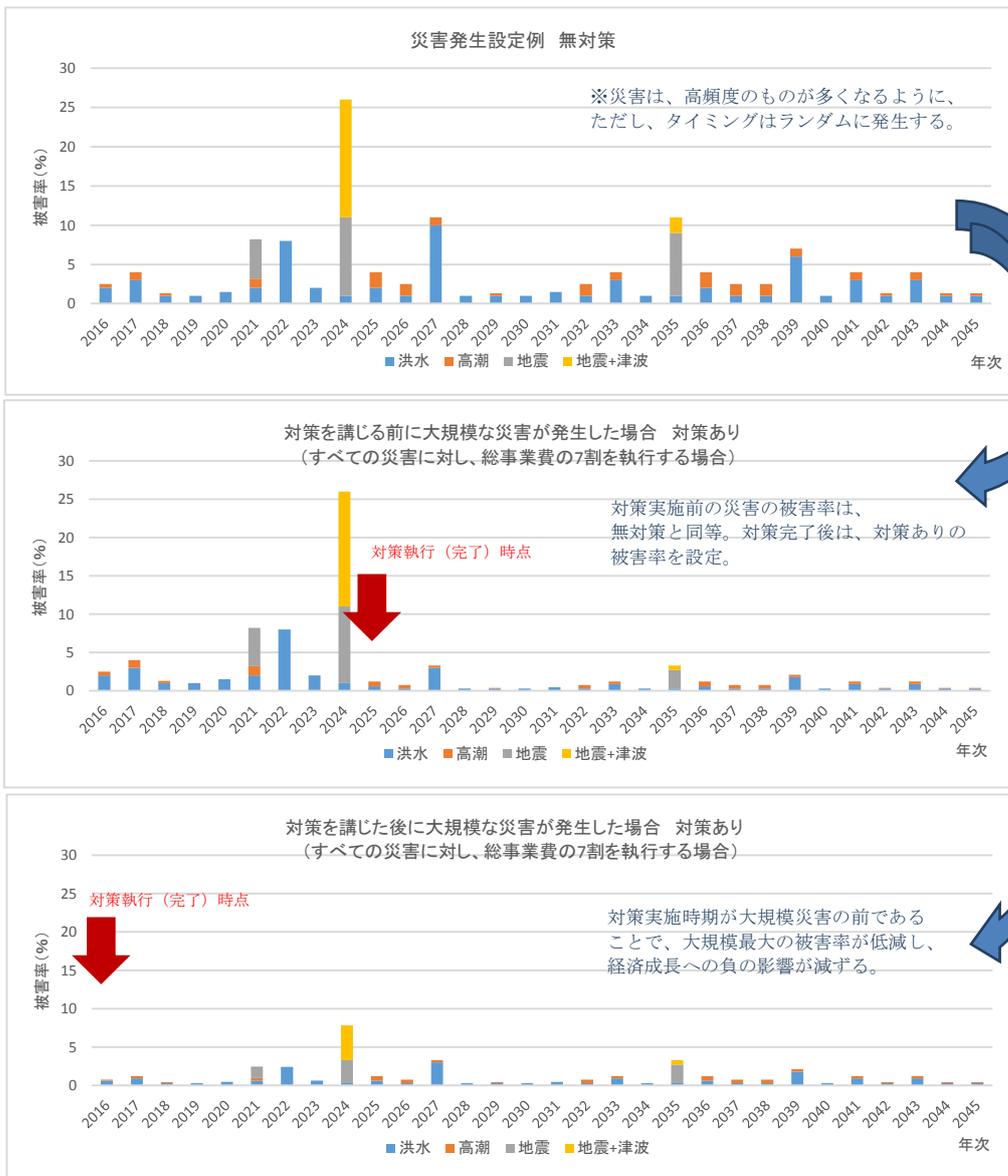


図 2-11 設定方法例2) の場合の災害被害率の与え方イメージ

■設定方法例3)

○感度分析の目的：

既往最大規模への対策を特定の市街地のみで実施する場合と、全域で高頻度・低被害への対策を実施する場合の経済成長の違いを把握する。

【特定の市街地のみで、最大規模の対策を実施する場合の被害率の設定】

すべての規模の被害率が市街地の面積割合で低減する。

【全域で高頻度・低被害への対策を実施する場合の被害率の設定】

計画規模以下の被害については無被害となるが計画規模以上の被害については無対策の同等の被害が発生する。

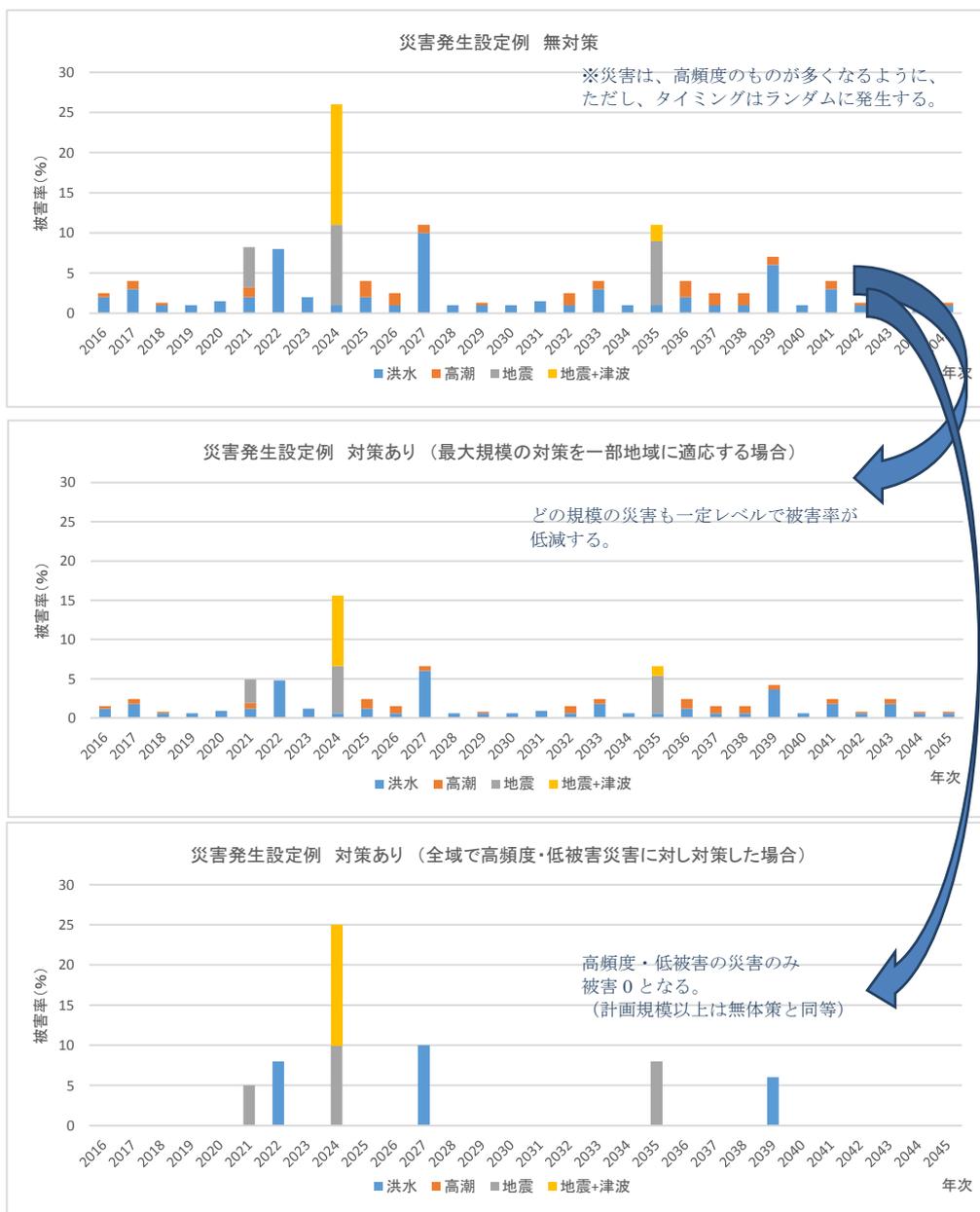


図 2-12 設定方法例3) の場合の災害被害率の与え方イメージ

■設定方法例4)

○感度分析の目的：

特定の階層（貧困層）にのみ対策を講じた場合と、各所得層に平均的に対策を講じた場合の経済成長の違いを把握する。

【貧困層（poorest、poor）のみに、最大規模の対策を実施する場合の被害率の設定】

貧困層（poorest、poor）については、すべての規模の被害率をゼロにする。

【全ての階層に平均的に対策を実施する場合の被害率の設定】

すべての階層について、すべての規模の被害率に等しく（1－執行額/事業費）を乗じて減少させる。

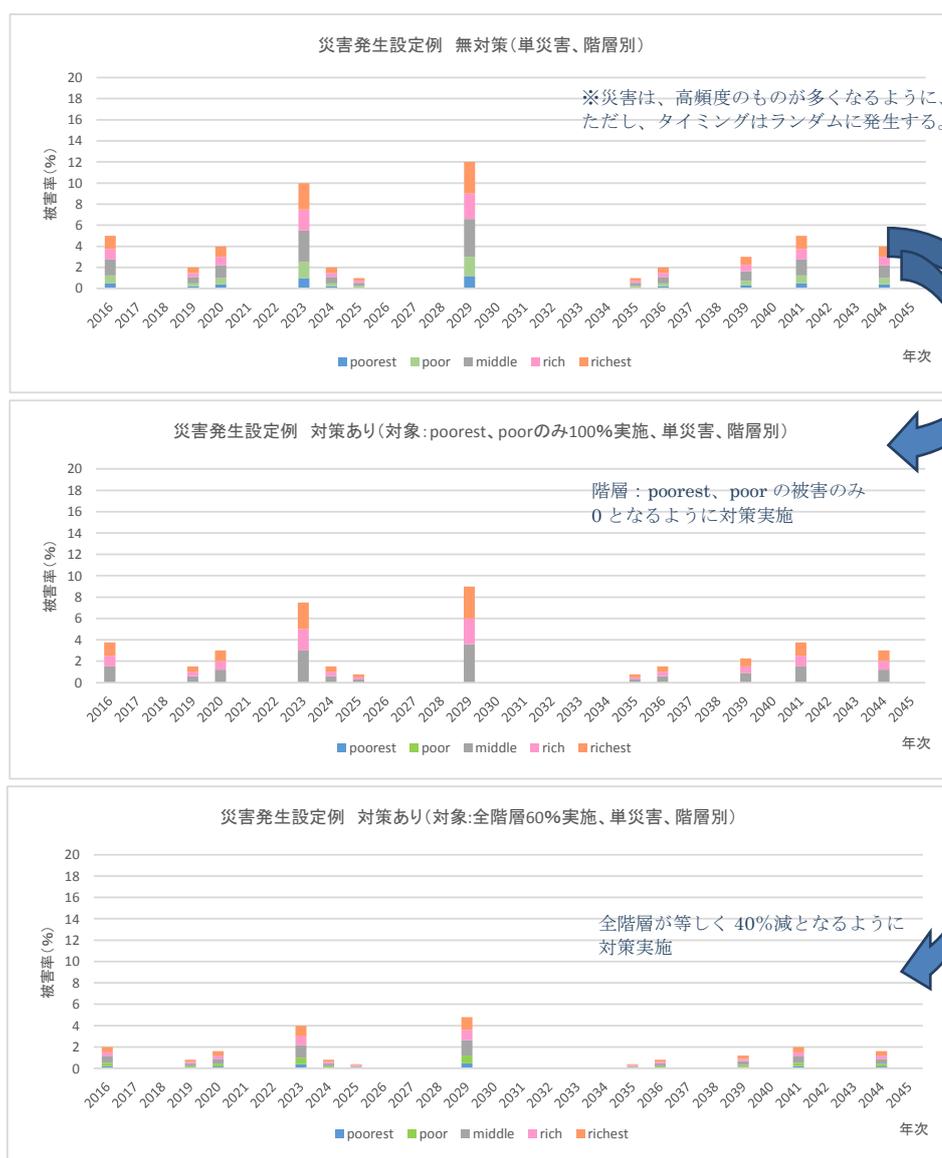


図 2-13 設定方法例4) の場合の災害被害率の与え方イメージ

2.2 災害対策の実施内容に応じた被害率低減効果の設定

2.2.1 ver.1.4 における被害率の与え方：災害あり

(1) 対象

対象とする災害種と被害種は以下のとおり。

- ①災害種（洪水、地震、高潮）
- ②被害種（人的被害、家屋被害、生産設備被害、（土地被害））

(2) 被害率の与え方

被害種別の被害率の与え方を下表に示す。

表 2-15 被害種別の被害率を与え方

被害種	被害率の与え方
①人的被害率	当該期の人的資本に対して、 $(1 - \omega^l)$ を乗じて、当該期の災害後の人的資本 h となる → よって、 $(1 - \omega^l) h$ として与える。
②家計被害率	当該期の物的資本に対して、 $(1 - \Phi^l)$ を乗じて、当該期の災害後の物的資本 z となる → よって、 $(1 - \Phi^l) z$ として与える。
③生産設備被害率	当該期の生産資本に対して、 $(1 - \phi^l)$ を乗じて、当該期の災害後の生産資本 b となる → よって、 $(1 - \phi^l) b$ として与える。

(3) 対策ありの場合の対策後の被害率の与え方

対策ありの場合の対策後の被害率の与え方を、災害種別に下表に示す。

表 2-16 災害種別の対策ありの場合の対策後の被害率の与え方

災害種		被害率の与え方
①地震		<ul style="list-style-type: none"> • 人的被害、家屋被害、生産設備被害を対象に、ハード対策（耐震対策）による被害率の低減を対策効果として設定 • ソフト対策による対策効果は無しとする（避難支援対策は救済対策、事前対策ではない）（規準・法制度は効果との関係が不明瞭） • 被害率の与え方は (2)被害率の与え方に前述のとおり、低減の設定方法は後述
②洪水・高潮	家計被害、生産設備被害の対策効果	<ul style="list-style-type: none"> • 家計被害、生産設備被害を対象に、ハード対策による被害率の低減を対策効果として設定 • 家計被害、生産設備被害は、ソフト対策による効果は無しとする • 被害率の与え方は (2)被害率の与え方に前述のとおり、低減の設定方法は後述
	人的被害の対策効果	<ul style="list-style-type: none"> • 人的被害は、ハード対策とソフト対策の両方の被害率の低減を対策効果として設定 • 被害率の与え方は (2)被害率の与え方に前述のとおり、両対策を考慮した低減の設定方法は後述

2.2.2 ver.1.5 (ルーカス型人的資本) における被害率の与え方：災害ありの場合

(1) 対象

対象とする災害種と被害種は以下のとおり。

- ①災害種 (洪水、地震、高潮)
- ②被害種 (人的被害、家屋被害、生産設備被害、土地被害)

(2) 被害率を与え方

1) 家計被害率と生産設備被害率

家計被害率と生産設備被害率の被害率の与え方は、災害種別も含め、ver1.4 と同じとする。
(2.2.1 を参照)

2) 人的被害率

当該期の人的資本は、災害により、「就学できない時間 m^l 」と「就労できない時間 w^l 」を考慮した就学・就労時間比率を乗ずることにより、当該期の災害後の人的資本 h となる。

よって、人的被害率は、 $(1 - m^l - w^l) h$ として与える。

a) 就学できない時間 m^l

「就学できない時間 m^l 」とは、人が死傷・避難することにより就学できないことを意味し、 m^l は、一年間あたりの就学できない日数の比率を与えることが良いが、代替として人的被害率を与える。

この意味合いとしては、全人口が一年間に就労できる総延べ時間に対して、災害により就学できなくなる時間比率を与えると考えると、人的被害率 (年当たりの死傷者等数比率) をもって代替することは適切と考える。

b) 就労できない時間 w^l

「就労できない時間 w^l 」とは、生産設備が被災することにより就労できないことを意味し、 w^l は、一年間あたりの就労できない日数の比率を与える。

“氾濫解析を用いないで設定する場合”は、日本の治水経済調査マニュアルの浸水別被害率と浸水深別営業停止・停滞日数の関係を用いて、 w^l は (営業停止・停滞日数 / 365 日) として与える

“氾濫解析結果で設定する場合”には、治水経済調査マニュアルの浸水深別営業停止・停滞日数から、 w^l は (営業停止・停滞日数 / 365 日) として与える

【氾濫解析を用いない場合の営業停止・停滞日数の設定方法】

- 災害データベースには、企業の操業不可による営業停止・停滞日数の指標はない。
- そこで、単位面積あたり事業所被害率と営業停止・停滞日数の関係（下表）により、時間の短縮量を設定する。
- なお、下表は日本の洪水時における事例から設定されたものであるが、その他の災害種別における該当情報が存在しないため、下表にて代替する。

表 2-17 単位面積あたり事業所(生産設備)被害率と停止・停滞日数の関係

単位面積あたり事業所被害率				営業停止・停滞日数※
0.000	～	1.673	未満	4.5日
1.673	～	2.972	未満	6.6日
2.972	～	5.305	未満	9.5日
5.305	～	7.932	未満	15.5日
7.932	～	9.316	未満	25.2日
9.316				33.9日

※治水経済調査マニュアルの浸水深区分別停止日数・停滞日数の平均日数

※日本の治水経済調査マニュアル（案）より、事業所被害率と浸水深の関係、および、浸水深と営業停止・停滞日数の関係を用いて、日本の利根川の氾濫域における複数規模の洪水を対象とした被害数量をもとに設定した。（巻末別添資料を参照）

単位面積あたり事業所被害率と営業停止・停滞日数の関係

被害率	0.0%	0.8%	2.3%	4.1%	6.6%	8.6%	9.3%
停止・停滞日数	0	4.5	6.6	9.5	15.5	25.2	33.9

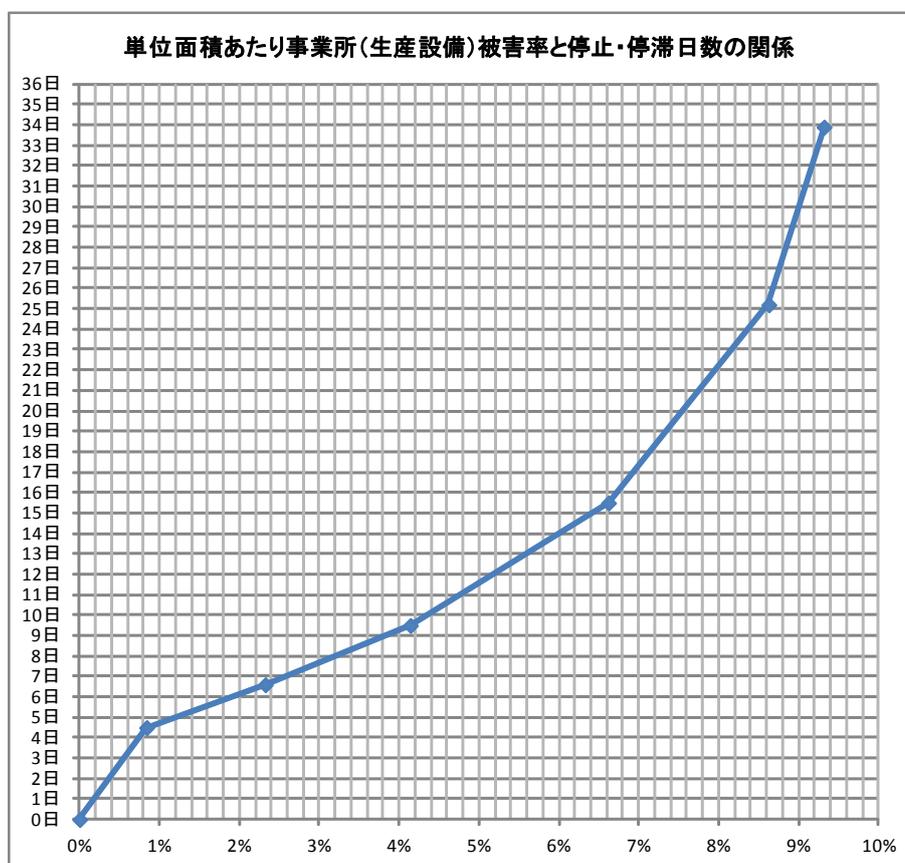


図 2-14 単位面積あたり事業所(生産設備)被害率と停止・停滞日数の関係

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

■事業所償却・在庫資産被害

浸水深別被害率 → 浸水深別営業停止・停滞日数

		床下	床上				
			50cm未満	50~99	100~199	200~299	300cm以上
償却		0.099	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
在庫		0.056	0.128	0.267	0.586	0.982	0.982
平均		0.0775	0.18	0.36	0.6875	0.974	0.9885
停止日数		3.0	4.4	6.3	10.3	16.8	22.6
停滞日数		6.0	8.8	12.6	20.6	33.6	45.2
停止・停滞日数		6	8.8	12.6	20.6	33.6	45.2

被害率	0.0%	7.8%	18.0%	36.0%	68.8%	97.4%	98.9%
停止・停滞日数	0	6	8.8	12.6	20.6	33.6	45.2

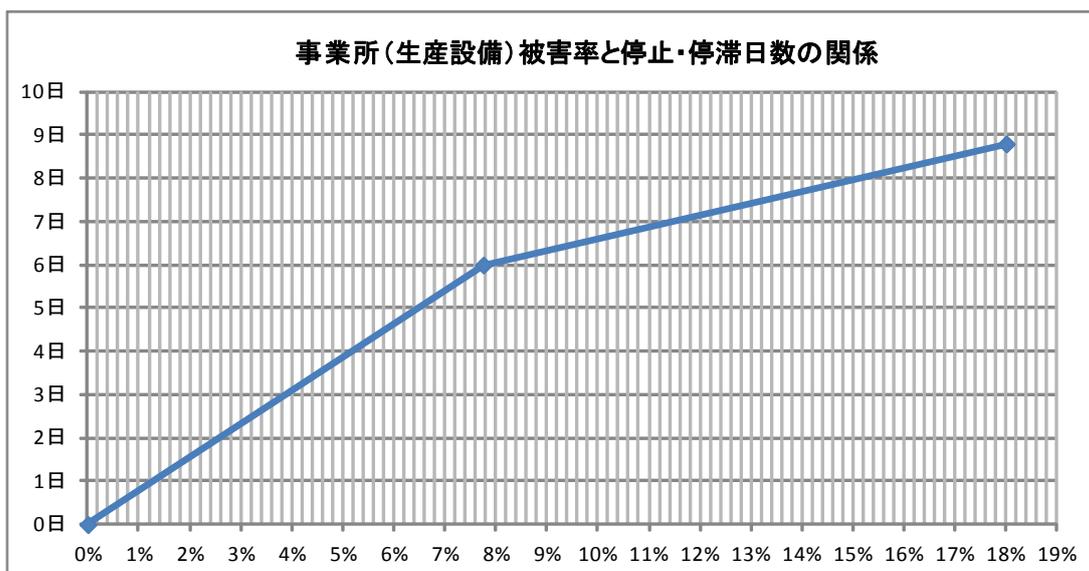
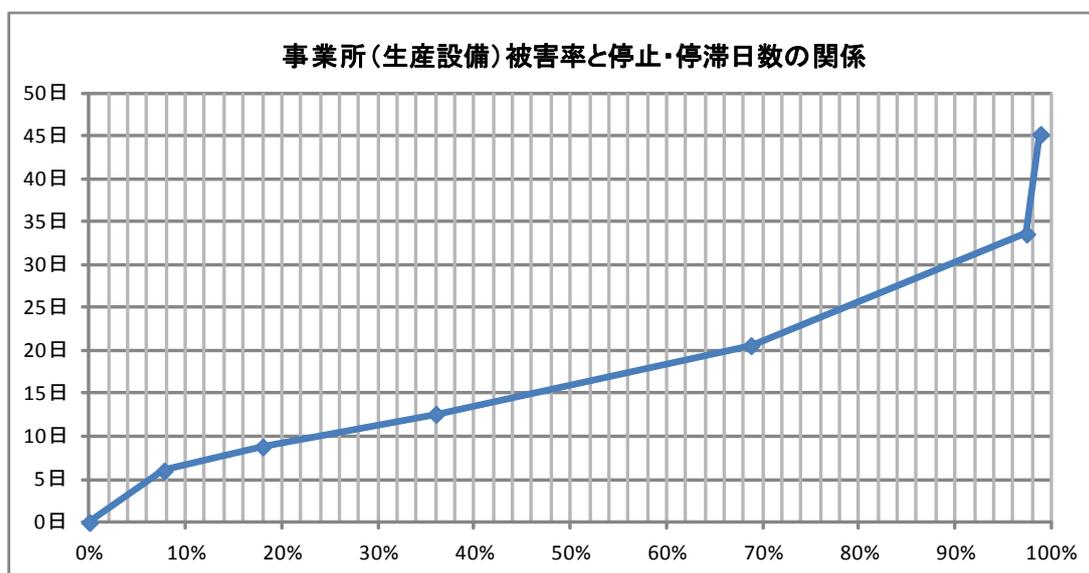


図 2-15 事業所(生産設備)被害率と停止・停滞日数の関係

(3) 対策ありの場合の対策後の被害率の与え方

対策ありの場合の対策後の被害率の与え方を、災害種別に下表に示す。

表 2-18 災害種別の対策ありの場合の対策後の被害率の与え方

災害種		被害率の与え方
①地震		<ul style="list-style-type: none"> • 人的被害、家屋被害、生産設備被害を対象に、ハード対策（耐震対策）による被害率の低減を対策効果として設定 • ソフト対策による対策効果は無しとする（避難支援対策は救済対策、事前対策ではない）（規準・法制度は効果との関係が不明瞭） • 被害率の与え方は(2)に上述のとおり、低減の設定方法は後述
②洪水・高潮	家計被害、生産設備被害の対策効果	<ul style="list-style-type: none"> • 家計被害、生産設備被害を対象に、ハード対策による被害率の低減を対策効果として設定 • 家計被害、生産設備被害は、ソフト対策による効果は無しとする • 被害率の与え方は(2)に上述のとおり、低減の設定方法は後述
	人的被害の対策効果	<ul style="list-style-type: none"> • 人的被害は、ハード対策とソフト対策の両方の被害率の低減を対策効果として設定 • 被害率の与え方は(2)に上述のとおり、両対策を考慮した低減の設定方法は後述

2.2.3 対策効果を考慮した被害率の設定（低減）の方法

(1) 対象

被害率の設定（低減）の方法の検討対象は、下記のとおり。

- ①災害種（洪水、地震、高潮）
- ②被害種（人的被害、家屋被害、生産設備被害、（土地被害））
- ③対策種（ソフト対策、ハード対策）

(2) 被害率の低減方法

被害率の低減方法は、下記の2とおりが考えられる。

①案：対策の計画対象規模までスライドさせる

⇒計画規模が大きい場合に過大に対策効果を評価

②案；被害率関数を圧縮させる（例：-20%）

⇒ハード対策に関して、小さな圧縮率を設定した場合には、計画規模を少し上回る規模の場合の対策効果を過小評価

⇒ハード対策に関して、大きな圧縮率を設定した場合には、計画規模が大きい場合の対策効果を過大評価

⇒災害規模に関わらず効果を発現するので、人的被害に対するソフト（避難）対策の効果の評価には適している →圧縮率は、避難対策の導入により想定される避難率をもって設定する

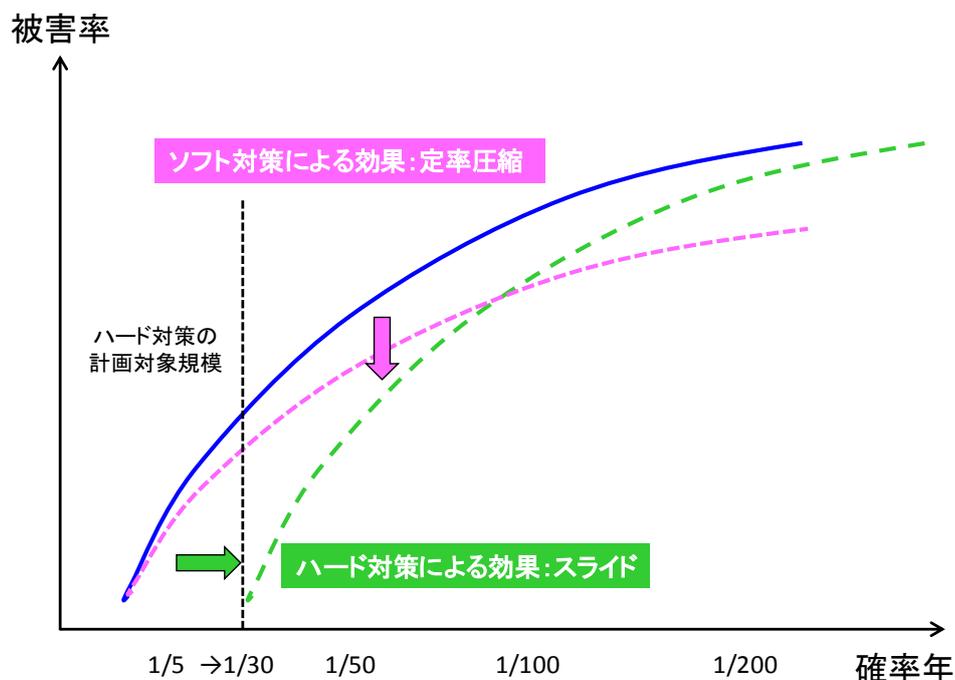


図 2-16 被害率の低減方法

■災害種と対策種の関係

地震：ハード対策（耐震対策）により対策効果発現

水害：ハード対策・ソフト対策により対策効果発現

■被害種と対策種の関係

人的被害：ハード対策・ソフト対策により対策効果発現

家屋被害：ハード対策により対策効果発現

生産設備被害：ハード対策により対策効果発現

土地被害：水害の場合、ハード対策により対策効果発現

地震の場合、ハード対策・ソフト対策ともに効果なし

(3) 被害率の4つのランク分けと対策との関係を踏まえた被害率の設定（低減）の方法

被害率の設定は、過去に発生した比較的規模の大きい災害の発生確率・被害の大きさをもとに被害関数を外挿して推計し（作業としては、既往災害の被害率データを確率統計解析し指数対数グラフにプロットし、比較的規模の大きい災害の発生確率・被害率を対象に引いた近似直線を被害関数とした）、4つのランク分けにて設定した。

以下では、4つのランク分けにおける対策内容との関係性を整理する。

1) 水害（洪水・高潮・津波）における4つのランクと対策

水害におけるソフト対策、ハード対策の4つのランクと対策ありの被害率（低減）の設定方法は下記のとおり。

■基本事項

<被災>

水害による被災は、浸水に対する逃げ遅れによる人的被害や浸水による施設（家計・生産設備）の被害である。

<対策>

人的被害に対しては、予警報システムの導入、避難所の整備、避難計画の作成等のソフト対策である。

施設（家計・生産設備）被害に対しては、治水施設等の構造物対策（ハード対策）である。

<データ>

避難に関するソフト対策の効果（避難率の向上）は、当該国の社会情勢や教育水準、避難対策に関する教育・訓練によっても異なり、個別災害における避難率のデータがある場合もあるが、各国にて統一された統計データはない。

治水施設等の構造物対策の整備効果は、事業単位で整理されたデータはあるが、全国の構造物対策の効果を統計的に整理したデータはない。

■ソフト対策

水害時の避難に関するソフト対策は、対象とする災害ランクを定め段階的に対策を実施していくものではなく、対策実施の有無によって、全ての災害ランクに対して効果の有無を発現するものである。

避難に関するソフト対策は全国一斉に実施することは困難であることから、時間を経て対策導入の整備率を上げていくことになる。

従って、本モデルにおける避難に関するソフト対策の効果の設定は、下表に示すように、対策の導入率として与え、全てのランクに対して、対策無しの被害率が無被害となる比率として設定する。すなわち、避難対策の導入率 50%として設定した場合には、全てのランクの対策有りの被害率は、対策無しの場合の被害率に対して 50%減の被害率として設定する。

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

例：導入率 50%の避難ソフト対策の被害率＝ランク毎の対策無しの被害率×0.5

なお、実際のソフト対策導入効果は、必ずしも導入すれば 100%効果を発現するものではないが、効果発現の歩留まりは、その国の社会情勢や教育水準、個別地域の事情により異なることから、一般論として設定することは困難である。よって、今回は、対策実施の有無で効果の発現の有無として設定しているが、個別に導入効果の歩留まりが設定できる場合には、歩留まりも考慮して、対策後の被害率を設定することが望ましい。

ランク	参考：発生確率	主なソフト対策のイメージ				
		導入率 25%	導入率 50%	導入率 75%	導入率 100%	
1	～1/50 程度	25%	50%	75%	100%	<ul style="list-style-type: none"> ・予警報システムの導入 ・避難所の整備 ・避難計画の作成 ・避難基準の策定 など
2	1/50～1/100 程度					
3	1/100～1/150 程度					
4	1/150～1/200 程度					

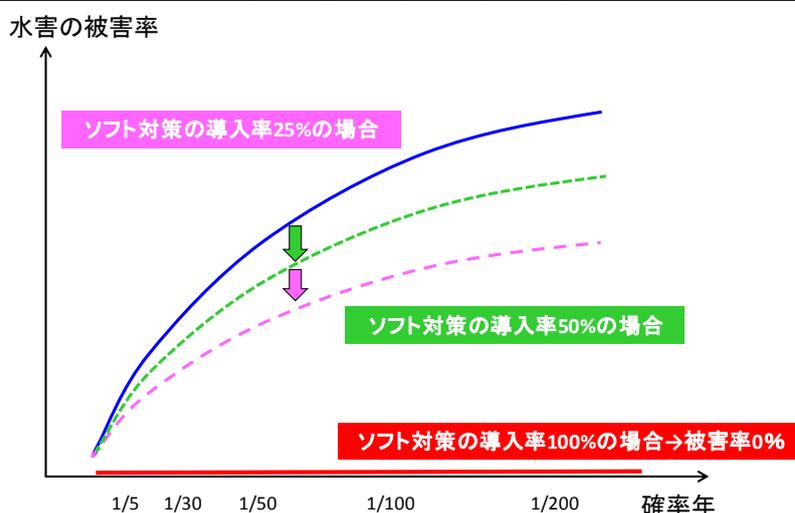


図 2-17 被害率の低減方法(水害におけるソフト対策)

■ハード対策

治水施設（堤防、ダム）等の構造物対策は、対象とする計画規模（目標治水安全度）を段階的に設定して整備を実施していくものである。

従って、本モデルにおける治水施設（堤防、ダム）等の構造物対策（ハード対策）の効果の設定は、下表に示すように、段階的な整備目標を設定し、整備目標に該当する災害ランクに対する治水施設整備が完成した場合（対策有り）、当該目標ランクまでの被害は発生しなくなると設定する。

例えば、整備目標が災害ランク 2 の場合は、災害ランク 1 と 2 では被害率 0%（無被害）となり、災害ランク 3 以上は、対策無しの被害率関数（曲線）を災害ランク 2 までスライドさせた被害率関数（曲線）を用いて、被害率を設定する。

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

ランク	参考：発生確率	主なハード対策のイメージ	
1	～1/50 程度	整備目標 1/50	<ul style="list-style-type: none"> ・治水施設（堤防、ダム）等の構造物対策 ・構造物対策の段階的整備
2	1/50～1/100 程度	整備目標 1/100	
3	1/100～1/150 程度	整備目標 1/150	
4	1/150～1/200 程度	整備目標 1/200	

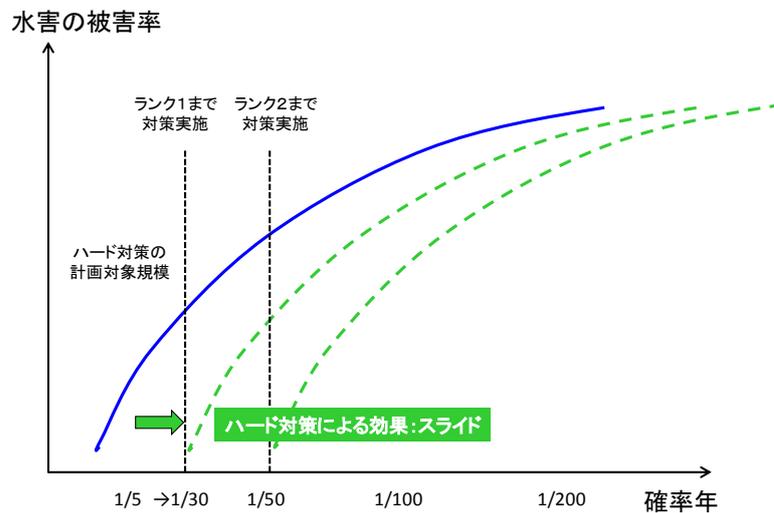


図 2-18 被害率の低減方法(水害におけるハード対策)

2) 地震における4つのランクと対策

地震におけるソフト対策、ハード対策の4つのランクと対策ありの被害率（低減）の設定方法は下記のとおり。

■基本事項

<被災>

地震による被災は、発災時の振動による建物の崩壊や施設の損傷にともなう火災による人的被害や施設（家計・生産設備）被害である。

<対策>

人的被害に対しては、危険性の認知や避難方法に関する防災教育・防災訓練等のソフト対策である。但し、建物が地震により瞬時に崩壊するような地震の規模や未耐震の建物の場合には、ソフト対策は無力である。

施設（家計・生産設備）被害に対しては、耐震化対策（ハード対策）である。

<データ>

日本の耐震対策の進捗率は後述資料のとおり。（耐震化率の現状と今後の目標）

世界における耐震対策の現状や耐震化の現状に関するデータは不明であり、地震の防災教育・防災訓練による人的被害への効果に関するデータは、日本においても不明である。

■ソフト対策

上記の対策の現状やデータの現状を踏まえ、地震に対するソフト対策は効果が無いと設定する。

■ハード対策

施設の耐震化対策は、段階的に耐震強度をあげていくものではなく、ある一定規模の地震を想定した耐震強度を確保するために実施する。

従って、本モデルでは災害ランク4の地震を対策目標として耐震化対策を実施することになり、対策を実施すれば、災害ランク4まで無被害となり、実施しなければ、ランク規模の被害率に応じて被害が発生することとした。

また、耐震化対策は全国一斉に実施することは困難であることから、時間を経て耐震化の整備率を上げていくことになる。

従って、本モデルにおける耐震化対策（ハード対策）の効果の設定は、下表に示すように、耐震化対策の整備率として与え、全ての災害ランクに対して、対策無しの被害率が無被害となる比率として設定する。すなわち、耐震化対策の整備率50%として設定した場合には、全ての災害ランクの対策有りの被害率は、対策無しの場合の被害率に対して50%減の被害率として設定する。

例：整備率50%の耐震化対策の被害率＝災害ランク毎の対策無しの被害率×0.5

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

ランク	参考：発生確率	主なハード対策のイメージ	
1	～1/50 程度	耐震化率 25%	<家計被害> ・家屋の耐震化 <生産設備被害> ・行政施設の耐震化 ・教育施設の耐震化 ・交通機関・ライフラインの耐震化 ・医療施設の耐震化 ・農業施設の耐震化 (集荷施設(牛舎、鶏舎?) など)
2	1/50～1/100 程度	耐震化率 50%	
3	1/100～1/150 程度	耐震化率 75%	
4	1/150～1/200 程度	耐震化率 100%	

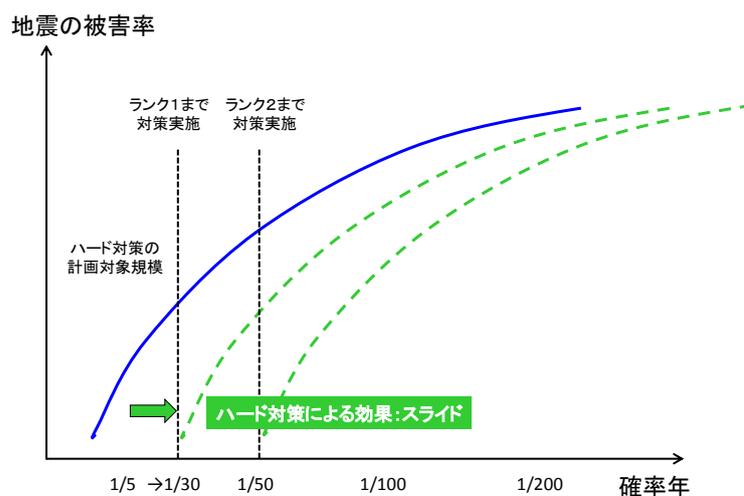


図 2-19 被害率の低減方法(地震におけるハード対策)

【参考】災害種別毎の特徴とその対応

参考 1. 災害毎の特徴

レジリエントな社会を構築するためには、様々な種類の災害を想定し、開発のあらゆる分野（セクター）のあらゆる段階（構想・計画・実施等）において、包括的・総合的・継続的に防災対策を実施・展開することが肝要である。

このような防災の主流化の基本的な考え方は、災害の種別に関らず、事業を進める中で念頭に置くべきことである。ただし、災害外力の低減や災害に対する脆弱性の縮小、人口や資産等の集積の抑制を目的とした適切な備えや具体的な対策、さらには関連する行政組織間の連携のあり方等については、災害の特徴により変化することが想定され、対策の有効性や効果的な組合せ等について検討することが望まれる。

災害種別毎に特徴を整理すると、次頁の表のとおりであるが、これらをさらに防災対策をイメージして総括すると下表のように整理される。

表 2-19 災害種別の防災対策を検討する上での特徴

□	地震	津波	洪水	高潮	土砂災害	火山災害	干ばつ
事前の被害想定	◎	◎	◎	◎	◎	○	△
災害規模に応じた制御の可能性(被災地域限定)	×	○	○	○	○	△	△
予測の可能性(避難のための時間の確保)	×	△	◎	◎	△	△	○
不可逆的な被害の発生の可能性(発生頻度)	◎(低)	◎(低)	△(中)	△(中)	◎(中)	◎	◎(中)
被害影響期間(復興期間)	長	長	中	中	中	長	長
被害影響範囲	広	広	中	狭	狭	広	広

【対策を検討する上での災害の特徴についての凡例】

- ◎：実現（発生）の可能性が極めて高い
- ：実現（発生）の可能性が高い
- △：部分的に実現（発生）の可能性が高い
- ×：実現（発生）の可能性が低い

表 2-20 災害種別毎の特徴と対応

		地震	津波	洪水	高潮	土砂災害	火山災害 (火砕流・泥流・降灰)	干ばつ
リスク簡易評価の可否		可能 ・過去の被災実績 ・数値解析による予測	可能 ・過去の被災実績 ・数値解析による予測	可能 ・過去の被災実績 ・数値解析による予測	概ね可能 ・過去の被災実績	概ね可能 ・複数の要因(地形・地質・雨量)が複雑に影響 ・過去の被災範囲外でも発生	概ね可能 ・過去の被災実績	概ね可能 ・過去の被災実績
	【参考】ハザードマップの事前公表可否	可 ・シナリオ(震源・規模)を設定しハザードを想定。 ・地域別震度、家屋倒壊判定、液状化判定などをリスクとして公表	可 ・シナリオ(震源・規模)を設定しハザードを想定。 ・地域別浸水深、範囲などをリスクとして公表	可 ・シナリオ(波高・規模)を設定しハザードを想定。 ・地域別浸水深、範囲などをリスクとして公表 ・外水は、破堤想定地点の包絡	可 ・シナリオ(台風経路・規模)を設定しハザードを想定。 (過去の被災実績によるものが多い) ・地域別浸水深、範囲などをリスクとして公表	可 ・地形からハザードを想定。 ・土砂災害警戒区域、特別警戒区域として範囲をリスクとして公表。 ・急傾斜地、土石流、地すべりでそれぞれ定義	可 ・シナリオ(規模・風向)を設定しハザードを想定。 ・火砕流、泥流、土石流、降灰範囲、深さをリスクとして公表	可 ・過去の被災実績より影響範囲・期間をリスクとして公表
ハザードの予測可能性 (リードタイムの確保)	事前予測の可能性 (日本における予測情報について)	困難 ・事前予測は困難 ・緊急地震速報(震度5弱以上で発令)は定着。	概ね可能 ・津波警報、津波注意報、津波情報、津波予報を発令。 ※津波の有無、避難の必要性、津波到達の目安を 目標時間3分以内 に公表	概ね可能 ・降雨予測、台風経路予測など気象情報 ・河川水位の予測 ・決壊後の氾濫範囲、到達時刻の予測(外水) ※大河川の水位は 概ね予測可 。中小河川や内水氾濫範囲は、 降雨予測や到達時間から困難	概ね可能 ・降雨予測、台風経路の気象情報 ・規模によるカテゴリー分類 ・湾(地形)毎に予測可能	困難 ・土壌雨量指数、予測雨量(2hr)より、土砂災害の発生恐れのある区域を予測。土砂災害警戒情報として公表 ※土砂災害は、それぞれの斜面における 植生・地質・風化の程度、地下水の状況等に大きく影響される ため、個別の災害発生箇所・時間・規模等の特定は不可。また、 技術的に予測が困難である深層崩壊等は対象外	可能 ・傾斜計設置、モニタリングによる予兆把握	可能 ・気象情報、長期予測情報など
	災害の到達時間	瞬時	最短:数10分 ・地形や震源・規模による。 ・東日本大震災は最短で30分で到達	平野部: 最短:数時間~数日 ・降雨ピークから水位上昇までの時間。河川延長や洪水到達時間による。 山間部近隣地域: 最短:瞬時	最短:数日	瞬時	最短:数日	最短:1ヶ月
被害発生頻度の違い		中頻度 数十年~数百年	低頻度 数百年~数千年	中頻度 数十年~数百年	中頻度 数十年~数百年	高頻度 数年~数十年	中頻度 数十年~数百年	地域・気候により、高頻度 数年~数十年
ハザードそのものの制御可能性		不可能	可能 防潮堤、湾口防波堤	可能 河川整備(築堤・掘削)、施設整備(遊水池)、二線堤	可能 高潮堤	可能 ・砂防堰堤、渓流保全工 ・砂防ダム ・法面工、擁壁工	一部可能 ・泥流対策:導流堤 ・火砕流・降灰対策:無	一部可能 ・利水ダム、ため池
被災形態の違い(人命・資産への影響)		人的被害、経済被害、ライフライン途絶	人的被害、経済被害、ライフライン途絶	人的被害、経済被害、ライフライン途絶	人的被害、経済被害、ライフライン途絶	人的被害、経済被害	人的被害、経済被害、ライフライン途絶	人的被害 経済被害(特に一次産業)
影響期間 (被災直後から復旧開始までの時間)		・一定規模以下:被災直後、余震が収まる 3日後程度 ~ ・一定規模以上: 数ヶ月程度 ~	・一定規模以下:被災直後、余震が収まる 3日後程度 ~ ・一定規模以上: 数ヶ月程度 ~	地域の排水完了後 ・ 平野部:数日後 ~ ・ 山間部近隣地域:当日 ~	地域の排水完了後 ・一定規模以下: 数日後 ~ ・一定規模以上: 数ヶ月程度 ~	・一定規模以下: 被災直後 ~ ・一定規模以上: 数ヶ月後 ~ ※閉塞等により孤立化した場合	数ヶ月 ~	数ヶ月 ~
産業構造の違いによる影響 (主に大きな影響を受ける産業分類)		二次・三次産業	二次・三次産業 一次産業	二次・三次産業 一次産業	二次・三次産業 一次産業	二次・三次産業 一次産業	二次・三次産業 一次産業	一次産業
不可逆的被害が発生する可能性		有	有	有	有	有	有	有
ハザード発生リスクが高い地域		軟弱地盤層 砂層(液状化)	沖積平野部 沿岸部・沿川部 低地部 都市部	沖積平野部 沿岸部 後背湿地、低地部 都市部 エリアは限定的	沖積平野部 沿岸部・沿川部 後背湿地、低地部 都市部 エリアは限定的	山沿 地方都市 農村部 集落 エリアは限定的	危険火山付近 (仰角0.1~0.3) 都市部、地方都市部 農村部 エリアは限定的	半乾燥地帯 湿潤地帯では傾斜地・保水力小・火山性土壌 都市部・農村部
都市化によるリスクの変化		従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 ・木造密集市街地における火災発生リスク ・輸送機関や移動経路、渋滞、エネルギー供給停止時の 避難誘導、帰宅困難者対策 ・国家中枢機能の麻痺	従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 ・大規模地下空間の浸水リスク	従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 ・大規模地下空間の浸水リスク ・国家中枢機能の麻痺	従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 ・大規模地下空間の浸水リスク	従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 ・集落の孤立化 ・降灰による都市機能の麻痺	従前は経験的に居住していなかった脆弱な区域の都市化が進行。高リスクエリアの増大 需要供給バランスの変化による被害拡大 ・町の移転の必要性	
対策(案)	構造物対策(公助)	×	◎	◎	◎	◎	○	○
	構造物対策(自助)	◎ 建築物の耐震化	◎ 津波シールドの設置	◎ ピロティ、止水版設置	◎ ピロティ、止水版設置	○ 擁壁の設置	×	○ 井戸・各戸貯留
	土地利用規制・管理	◎ 延焼防止帯の規制、都市計画	◎ 2線堤となる道路・鉄道 津波災害警戒区域外の居住	◎ 2線堤となる道路・鉄道 氾濫許容、氾濫域外の居住	◎ 2線堤となる道路・鉄道 氾濫許容、氾濫域外の居住	◎ 土砂災害特別警戒区域外の居住	◎ 火山噴火緊急減災対策区域外の居住、移転	○ 区域外への移転
	予報・警報	×	○	◎ 精度向上	◎ 精度向上	◎ 精度向上	◎ 精度向上	×
	情報リテラシー向上	◎ 防災教育	◎ 防災教育	◎ 防災教育	◎ 防災教育	◎ 防災教育	◎ 防災教育	◎ 防災教育
	情報伝達	○	○	◎ 多重化	◎ 多重化	○	○	○
	避難・収容	◎ 避難所確保 帰宅困難者対策	◎ 避難所確保 鉛直避難、避難経路	◎ 避難所確保	◎ 避難所確保	○	○ 広域避難、域外連携	×
	保険・共済	◎ 地震・火災保険	○	◎ 洪水保険	◎ 洪水保険	×	×	×

【災害の対策(案)についての凡例】

- ◎ : 対策の効果が極めて高い
- : 対策の効果が高い
- × : 対策の効果が低い

参考2. 地震

	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	×	×	×	×	○	○
災害の特徴	■揺れの制御は不可能。	■発生する地域は、国や地域レベルでは限定されるが、施設整備対策を講じる面積レベルでは限定不可。	■発生する時期や震源、特定の地域、規模について予知することは困難。	■揺れの発生しうる地域、二次・三次災害の発生しうる地域、外力の大きさの想定は技術的には可能。		■揺れそのものによる人的被害はないが、揺れに伴って、以下の二次・三次災害が発生する。 ・建物崩壊による人的被害、産業被害 ・がけ崩れや地すべり等の土砂災害・河道閉塞・天然ダム形成や山体崩壊による地域の孤立 ・沖積平野の砂質地盤地域における液状化現象や側方流動による建物沈下・地下埋設物の浮き上がり等によるライフライン等都市機能の被害 ■低確率でカストロフィックな被害をもたらす場合がある。

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
対策の考え方	■揺れの制御は不可能なこと、被災地域があまりに広域であることから、地域・国レベルでの防災施設整備による外力低減は不可能。	■直前の被害発生予測による人の避難は不可能。ただし、深刻な二次被害が発生しうる地域(土砂災害による孤立化する地域等)における、人・資産の移転は有効。 ■事前のリスク予測のための調査、移転のための情報提供が必要。	■揺れが発生しうる地域における、構造物の耐震化による、人的被害・産業被害・都市機能被害に対する脆弱性の縮小は可能。 ■孤立者・要救助者が発生した場合、早期解決のためには情報入手・通信が有効。 ■早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。
個人レベルによる対策	—	■リテラシーの向上(地震災害対応意識の啓発プログラム、防災訓練等)	■家屋、重要施設の耐震化
国・地域レベルによる対策	—	■被害想定(揺れやすさマップ・地震の危険度マップの作成) ■リテラシーの向上(地震災害対応意識の啓発プログラム、防災訓練等) ■孤立地域の解消	■交通手段、ライフライン施設の耐震化 ■避難所・施設、仮設住宅の改善・整備 ■災害発生時における情報通信環境の強化 ■防災まちづくり計画の作成 ■行政組織や企業のBCP作成・充実 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	—	■教育施設の耐震化 ■教育施設の避難所としての活用のための設備整備 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	医療	—	■医療施設の耐震化 ■医療機関BCP作成・充実 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	農業	—	■農業関係施設(加工等の作業場、ため池、灌漑設備等)の耐震化 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金

重層的(多層的)な手法 : ■リスクコントロール、■リスクファイナンス

総合的な手法 : ■ハード対策、■ソフト対策

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

参考3. 洪水

災害の特徴	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 流域からの流出や洪水流の制御はある程度可能。 	○	○	△	○	○
<ul style="list-style-type: none"> ■ 浸水により物的・人的被害が発生。 ■ 地域によって、被害形態や被害の規模が異なる。 <ul style="list-style-type: none"> ・低地・くぼ地は浸水深が深く、長期間浸水し、孤立者等発生する可能性あり ・途上国：貧困層の低地部侵入による人的被害発生リスク増大 ・低地の開発・都市化が進んだ先進国：都市化に伴う流出増や地下空間の浸水・都市機能の麻痺、サプライチェーンへの影響など脆弱性が増大 ・温暖化に伴い台風の強大化・降雨外力の触れ幅の増大 						

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
	<p>対策の考え方</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 流域からの流出量や洪水流の制御による、浸水域の縮小がある程度可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 宅地・床下の嵩上げ等による資産の垂直移転が有効。 ■ 直前の被害発生予測による人の避難が有効。 ■ 水害常襲地帯等における、人・資産の移転は可能。 ■ 事前のリスク予測のための調査、移転のための情報提供が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人的被害回避のための確実な避難の実施が有効。 ■ 避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。 ■ 孤立者・要救助者が発生した場合の情報入手・通信による早期解決は可能。 ■ 早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。
個人レベルによる対策	<ul style="list-style-type: none"> ■ 総合的な治水対策（河川への流出を抑制） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 宅地・設備等の嵩上げ ■ リテラシーの向上（浸水想定区域図、洪水HMIによる常日頃からのハザードの認識、避難所確認） ■ 防災学習による危険性認識 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公共施設、ライフライン施設の耐水化・止水板等浸水防御対策 ■ 避難所・施設、仮設住宅の改善・整備 ■ 災害発生時における情報通信環境の強化 ■ 防災まちづくり計画の作成 ■ 行政組織や企業のBCP作成・充実 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
国・地域レベルによる対策	<ul style="list-style-type: none"> ■ 災害防御施設（河川堤防、ダム、遊水地）整備による被害発生頻度の減少 ■ 氾濫流抑制・制御施設（輪中堤、二線堤等）整備 ■ 総合的な治水対策（河川への流出を抑制、開発に伴う流域貯留・浸透施設の義務化） 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 被害想定（浸水想定区域図、洪水HMの事前公表） ■ リテラシーの向上（浸水想定区域図、洪水HM等の活用啓発） ■ 気象、洪水予警報の高度化、精度向上：リードタイムの確保 ■ 情報伝達系統の整備：避難勧告発令基準の明確化（自治体）、情報伝達方法の多重化 ■ 水害常襲地帯、浸水リスクの高い地域の土地利用規制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 教育施設の避難所としての活用のための設備整備・電気設備等の耐水化 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	<ul style="list-style-type: none"> ■ リテラシーの向上（浸水想定区域図、洪水HM等の活用啓発） ■ 防災学習による危険性認識 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 教育施設の避難所としての活用のための設備整備・電気設備等の耐水化 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	医療	<ul style="list-style-type: none"> ■ 情報伝達系統の整備：避難勧告発令基準の明確化（自治体）、情報伝達方法の多重化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 医療施設における電気医療機器等の耐水化・止水板等の浸水防御対策 ■ 医療機関BCP作成・充実 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	農業	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水害常襲地帯等における農地・施設整備回避・移転 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 農地における早期排水設備等の整備 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金

重層的(多層的)な手法： ■ リスクコントロール、■ リスクファイナンス

総合的な手法： ■ ハード対策、■ ソフト対策

2. ツールとしての DR²AD Model の汎用性を高める検討

参考 4. 高潮

災害の特徴	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	<ul style="list-style-type: none"> ■ 上昇した潮位の陸域への侵入防御はある程度可能。 	○	○	△	○	○
<ul style="list-style-type: none"> ■ 浸水により物的・人的被害が発生。 ■ 地域によって、被害形態や被害の規模が異なる。 <ul style="list-style-type: none"> ・低地・くぼ地は浸水深が深く、長期間浸水し、孤立者等発生する可能性あり ・途上国：貧困層の低地部侵入による人的被害発生リスク増大 ・低地の開発・都市化が進んだ先進国：都市化に伴う流出増や地下空間の浸水・都市機能の麻痺、サプライチェーンへの影響など脆弱性が増大 ・温暖化に伴い台風の強大化・降雨外力の触れ幅の増大 ■ 塩害による影響の可能性 						

対策手法		Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
対策の考え方	<ul style="list-style-type: none"> ■ 浸水域の縮小がある程度可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 宅地・床下の高上げ等による資産の垂直移転が有効。 ■ 直前の被害発生予測による人の避難が有効。 ■ 水害常襲地帯等における、人・資産の移転は可能。 ■ 事前のリスク予測のための調査、移転のための情報提供が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 人的被害回避のための確実な避難の実施が有効。 ■ 避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。 ■ 孤立者・要救助者が発生した場合の情報入手・通信による早期解決は可能。 ■ 早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。 	
個人レベルによる対策	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ 宅地・設備等の高上げ ■ リテラシーの向上(高潮HMによる常日頃からのハザードの認識、避難所確認) ■ 防災学習による危険性認識 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 公共施設、ライフライン施設の耐水化・止水板等浸水防御対策 ■ 避難所・施設、仮設住宅の改善・整備 ■ 災害発生時における情報通信環境の強化 ■ 防災まちづくり計画の作成 ■ 行政組織や企業のBCP作成・充実 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金 	
国・地域レベルによる対策	<ul style="list-style-type: none"> ■ ワーストケースを意識した防災施設の性能設計(防潮堤) ■ 高潮防護施設(二線堤等)の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 被害想定(高潮HMの事前公表) ■ リテラシーの向上(高潮HM等の活用啓発) ■ 気象、洪水予報の高度化、精度向上：リードタイムの確保 ■ 情報伝達システムの整備：避難勧告発令基準の明確化(自治体)、情報伝達方法の多重化 ■ 水害常襲地帯、浸水リスクの高い地域の土地利用規制 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 教育施設の避難所としての活用のための設備整備・電気設備等の耐水化 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金 	
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ リテラシーの向上(高潮HM等の活用啓発) ■ 防災学習による危険性認識 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 医療施設における電気医療機器等の耐水化・止水板等の浸水防御対策 ■ 医療機関BCP作成・充実 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	医療	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ 情報伝達システムの整備：避難勧告発令基準の明確化(自治体)、情報伝達方法の多重化 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 農地における早期排水設備等の整備 ■ 塩害発生後の土壌改良 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	農業	—	<ul style="list-style-type: none"> ■ 水害常襲地帯等における農地・施設整備回避・移転 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 農地における早期排水設備等の整備 ■ 塩害発生後の土壌改良 ■ 経済的補填対策：保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金

重層的(多層的)な手法： ■ リスクコントロール、■ リスクファイナンス

総合的な手法： ■ ハード対策、■ ソフト対策

2. ツールとしてのDR²AD Modelの汎用性を高める検討

参考5. 津波

	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	○	○	△	△	○	○
災害の特徴	<p>■津波の陸域への侵入防御はある程度可能。</p>	<p>■発生する地域は、沿岸部の想定外力による氾濫域内にほぼ限定できる。</p>	<p>■地震、津波の観測により、被害発生は予測可能。</p> <p>■津波到達時期は予測可能であるが、時間的猶予は少ない場合がある。</p>	<p>■浸水の恐れのある範囲は事前に予想が可能。</p>	<p>■浸水により物的・人的被害が発生。</p> <p>■低確率でカタストロフィックな被害をもたらす場合がある。</p> <p>■地域によって、被害形態や被害の規模が異なる。</p> <p>・低地・くぼ地は浸水深が深く、長期間浸水し、孤立者等発生する可能性あり</p> <p>・施設を破壊する流体力を有し、石油類、火薬類、高圧ガス、核燃料物質等の危険物を多量に扱う施設が破壊されることにより、大規模火災や汚染物質の流出等の二次災害を発生させる可能性がある</p> <p>■塩害による影響の可能性</p>	

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
対策の考え方	<p>■津波の侵入防御、浸水域の縮小がある程度可能。</p>	<p>■宅地嵩上げ等による資産の垂直移転が有効。</p> <p>■直前の被害発生予測による人の避難が有効。</p> <p>■被害の危険性の高い地域における、人・資産の移転は可能。</p> <p>■事前のリスク予測のための調査、移転のための情報提供が必要。</p>	<p>■人的被害回避のための確実な避難の実施が有効。</p> <p>■避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。</p> <p>■孤立者・要救助者が発生した場合の情報入手・通信による早期解決は可能。</p> <p>■早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。</p>
個人レベルによる対策	—	<p>■宅地・設備等の嵩上げ</p> <p>■リテラシーの向上(津波HMIによる常日頃からのハザードの認識、避難所確認)</p> <p>■防災学習による危険性認識</p>	—
国・地域レベルによる対策	<p>■すべての人命を守ることを前提とし、津波の規模(レベル)に応じた施設対策(津波防護レベル(L1):防潮堤や津波避難施設整備)</p> <p>■沿岸部に堅固な建築物を配置し、内陸部への津波および漂流物の侵入を軽減</p>	<p>■被害想定(津波HMの事前公表)</p> <p>■リテラシーの向上(浸水想定区域図、津波HM等の活用啓発)</p> <p>■津波予警報の高度化、精度向上:リードタイムの確保</p> <p>■情報伝達システムの整備:避難勧告発令基準の明確化(自治体)、情報伝達方法の多重化</p> <p>■災害危険区域の指定と住宅等の立地の抑制</p>	<p>■公共施設、ライフライン施設の耐水化・止水板等浸水防御対策</p> <p>■避難所・施設、仮設住宅の改善・整備</p> <p>■石油類、火薬類、高圧ガス、核燃料物質等の危険物を多量に扱う施設の津波からの安全の確保を講じる</p> <p>■災害発生時における情報通信環境の強化</p> <p>■防災まちづくり計画の作成</p> <p>■行政組織や企業のBCP作成・充実</p> <p>■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	—	<p>■教育施設の避難所としての活用のための設備整備・電気設備等の耐水化</p> <p>■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
	医療	—	<p>■医療施設における電気医療機器等の耐水化・止水板等の浸水防御対策</p> <p>■医療機関BCP作成・充実</p> <p>■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
	農業	—	<p>■農地における早期排水設備等の整備</p> <p>■塩害発生後の土壌改良</p> <p>■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>

重層的(多層的)な手法 : ■リスクコントロール、■リスクファイナンス

総合的な手法 : ■ハード対策、■ソフト対策

参考6. 土砂災害

災害の特徴	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	<p>○</p> <p>■土砂災害における土砂移動からの資産防衛はある程度可能。</p>	<p>○</p> <p>■発生する地域は、山間部、斜面の裾野、地すべり地域にほぼ限定できる。</p>	<p>○</p> <p>■降雨両や地盤の移動量計測により、地すべりの発生の予測は技術的にはある程度可能。 ■すべての地域において機器を用いた監視することは難しく、それぞれの斜面における植生・地質・風化の程度、地下水の状況等に大きく影響するため、実践的な予測が困難。</p>	<p>△</p>	<p>○</p> <p>■土砂災害のある範囲は事前に予想が可能。</p>	<p>○</p> <p>■斜面崩落や土砂堆積により物的・人的被害が発生。 ■崩壊規模によってカストロフィックな被害をもたらす場合がある。 ■山間部の崩落等による孤立地域の発生</p>

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
<p>対策の考え方</p> <p>■砂防設備等により土砂災害発生抑止はある程度可能。</p>		<p>■公的機関による直前の被害発生予測による人の避難は困難。一方で、地下水や沢の水の濁りなど、住民の観察により被害の発生の予兆を捕らえることは場合によって可能。 ■被害の危険性の高い地域における、人・資産の移転は可能。 ■事前のリスク予測のための調査、移転のための情報提供が必要。</p>	<p>■人的被害回避のための早めの避難の実施が有効。 ■避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。 ■孤立者・要救助者が発生した場合の情報入手・通信による早期解決は可能。 ■早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。</p>
<p>個人レベルによる対策</p>	—	<p>■リテラシーの向上(土砂災害HMIによる常日頃からのハザードの認識、避難所確認) ■防災学習による危険性認識</p>	
<p>国・地域レベルによる対策</p> <p>■砂防堰堤、溪流保全工、砂防ダム、法面工、要壁工等の整備による土砂災害発生抑止</p>		<p>■被害想定(土砂災害危険箇所の指定、土砂災害HMの事前公表) ■リテラシーの向上(土砂災害HM等の活用啓発) ■モニタリング、土砂災害警戒情報の提供、精度向上:リードタイムの確保 ■情報伝達システムの整備:避難勧告発令基準の明確化(自治体)、情報伝達方法の多重化 ■災害危険区域の指定と住宅等の立地の抑制 ■公共施設、ライフライン施設の危険箇所からの移転</p>	<p>■避難所・施設、仮設住宅の改善・整備 ■災害発生時における情報通信環境の強化 ■防災まちづくり計画の作成 ■行政組織や企業のBCP作成・充実 ■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
<p>発展途上国における主要セクターでの対策事例</p> <p>教育</p>	—	<p>■リテラシーの向上(土砂災害HM等の活用啓発) ■防災学習による危険性認識</p>	<p>■教育施設の避難所としての活用のための設備整備 ■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
<p>医療</p>	—	<p>■情報伝達システムの整備:避難勧告発令基準の明確化(自治体)、情報伝達方法の多重化 ■被害の危険性の高い地域における医療施設の整備回避・移転</p>	<p>■医療施設における ■医療機関BCP作成・充実 ■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
<p>農業</p>	—	<p>■被害の危険性の高い地域における農地・施設整備回避・移転</p>	<p>■農地における早期排水設備等の整備 ■塩害発生後の土壌改良 ■経済的補填対策:保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>

重層的(多層的)な手法 : ■リスクコントロール、■リスクファイナンス

総合的な手法 : ■ハード対策、■ソフト対策

参考 7. 火山災害

災害の特徴	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	x	△	△	△	○	○
<p>■噴火そのものの制御は不可能</p> <p>■火山噴火による災害形態によって、降灰や山体崩壊、溶岩流等、被災地域を限定化することが不可能な災害と二次的に発生する泥流や土石流等被災地域を限定化可能な災害とに分かれる。</p> <p>■活火山等、災害の発生源、位置は明確であることから、各種のセンサーによるモニタリングにより、噴火の予兆現象を察知することである程度の予測は可能。</p> <p>■シナリオ(規模、風向等)を設定することで被害エリア・規模を想定。具体的には、降灰や火砕流、泥流、土石流等によるリスクの想定が可能。</p> <p>■火山噴火による直接的な災害としては、降灰・弾道岩塊、火砕流、溶岩流等が想定され、物的・人的被害が広範囲に渡って発生。</p> <p>■火山噴火後の降雨等により、泥流や土石流等の二次災害の発生が想定され、物的・人的被害が発生。</p>						

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
対策の考え方	■砂防設備等の設置により、溶岩流や土石流等に対する被災地域の限定化がある程度可能。	■公的機関による直前の被害発生予測等、警戒避難体制を整備することで人的被害を軽減することは可能。 ■災害危険区域の設定等、土地利用規制等の実施により、リスクの高い地域における、人・資産の移転はある程度可能。	■リスクマップの作成・公表等、避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。 ■孤立者・要救助者が発生した場合の情報入手・通信による早期解決は可能。 ■早期復旧のため、仮の住居の確保、復旧費用に関する支援、事業者・行政の事業・業務継続計画策定や、復旧・復興計画策定が有効。
個人レベルによる対策	-	■リテラシーの向上(火山防災マップ等による日常からのハザードの認識、避難所確認) ■防災学習による危険性認識	-
国・地域レベルによる対策	■砂防堰堤(透過型)、減勢工、導流堤、遊砂地等の整備による火山噴火物や溶岩流、土石流等の流下抑制と流下方向の制御	■被害想定(火山防災マップの作成・公表) ■リテラシーの向上(火山防災マップ等の活用啓発) ■災害危険区域の指定と住宅等の立地の抑制 ■公共施設、ライフライン施設の危険箇所からの移転	■監視カメラや各種センサーの設置によるモニタリング体制の整備 ■コンクリートシェルターの設置や避難所・施設の改善・整備 ■警戒避難体制の整備と情報通信環境の強化 ■行政組織や企業のBCP作成・充実 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	-	■教育施設の避難所としての活用のための設備整備 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	医療	-	■避難に関する情報収集伝達系統・手法の多重化等 ■医療施設の改善・整備 ■医療機関BCP作成・充実 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金
	農業	-	■農地周辺におけるコンクリートシェルターの設置 ■降灰等の堆積後の土壌改良手法の検討・開発 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金

重層的(多層的)な手法 : ■リスクコントロール、■リスクファイナンス

総合的な手法 : ■ハード対策、■ソフト対策

参考8. 干ばつ

災害の特徴	ハザードそのものの制御可能性	被災地域の限定可否	被害発生場所の予測	被害発生時期の予測	事前のリスクの想定	リスク増大の可能性
	x	△	△	△	△	○
<p>■干ばつの発生そのものの制御は不可能。ただし、貯水設備等により被害緩和は可能。</p>	<p>■発生する地域は、気候的に降雨量の少ない地域、保水力の少ない地域などある程度限定される。ただし、発生する地域は、国や地域レベルでは限定されるが、施設整備対策を講じる面積レベルでは限定不可。</p>	<p>■降雨量や利水状況等から被害発生の可能性はある程度予測が可能。 ■深刻な影響が表面化しない限り、干ばつが起きていることに気付かない場合が多い(気づいたときには深刻化している場合がある)。</p>	<p>■気候的に降雨量の少ない地域、保水力の少ない地域など被害が発生する地域や、利水状況による被害の深刻さは、ある程度、事前の予想が可能。 ■一方で、他の自然災害に比べ、影響範囲が広いことから、被害の定量化等全体像の把握が困難</p>	<p>■インフラ等の構造物や避難場所、備蓄等が直接打撃を受けることはないが、影響する期間が長いことから、被害は累積的なものとなる。 ■従来、①気象学的、②水文学的、③農業的・生態系的の3種類が考えられていたが、近年、降水量の不足が水・食料・水力発電等の価格に直接、敏感に反応し、広範囲の市場経済に影響するようになってきている ■干ばつの深刻度には、食料価格や戦争、人的活動、植生、水の需要と供給等、社会的・経済的な要因も含め、さまざま複雑な要因が影響を与えている</p>		

対策手法	Hazardの縮小	Exposureの移転	Vulnerabilityの縮小
対策の考え方	<p>■保水対策による被害緩和は可能。</p>	<p>■無降雨状態が長期間にわたる場合は、居住地域や利水施設の移転が必要。</p>	<p>■日常生活に支障をきたすような深刻な干ばつ被害回避のための早めの避難の実施が有効。 ■避難のための情報整備、リテラシーの向上が必要。</p>
個人レベルによる対策	—	<p>■干ばつ発生危険地域からの移転</p>	<p>■リテラシーの向上(住民の節水等生活スタイルの見直し等)</p>
国・地域レベルによる対策	<p>■ダム建設、水リサイクル施設の整備、海水淡水化施設の整備、灌漑水路網の改善・整備</p>	<p>■被害想定(土砂災害危険箇所の指定、土砂災害HMの事前公表) ■干ばつ発生危険地域における土地利用規制・大量利水の抑制</p>	<p>■地下水を使用した給水システムの修繕・増強 ■包括的な早期警戒システム(モニタリング、予測、被害地域分析、情報提供等)の構築、農耕技術、土壌管理の技術革新 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金 ■作物・水等の急激な価格変動の抑制</p>
発展途上国における主要セクターでの対策事例	教育	—	<p>■教育施設の保水施設としての活用のための設備整備 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
	医療	—	<p>■医療施設における保水施設の整備 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金</p>
	農業	—	<p>■点滴灌漑等、少ない水量で可能な農耕技術・農作物品種の開発 ■土壌改良・緑地保全等による保水力向上 ■経済的補填対策: 保険・共済、税の免税措置、低利子融資、災害見舞金等の給付金 ■作物・水等の急激な価格変動の抑制</p>

重層的(多層的)な手法 : ■リスクコントロール、■リスクファイナンス

総合的な手法 : ■ハード対策、■ソフト対策

2.3 プログラムの汎用性向上策に関する検討

2.3.1 被害率データ作成に関する現時点の手法

(1) 被害率データの作成作業の現状

前節までの検討において、被害率の設定は、下記の要領に基づき作成することを提案し、DR²AD Model の input 条件として入力することとした。

- ① 検討対象国の災害統計データを用いて、災害種・被害項目毎に被害率の定義に基づき、災害種・被害項目別に災害イベント毎の被害率データ（非毎年データ）を作成
- ② 作成した被害率データを用いて、非毎年の確率統計解析を実施し、確率年毎の被害率データを作成
- ③ 被害率の確率値データを、発生頻度と被害率の期待値が同等となるように、4つのランクに分類（ランク0は無被害として設定）し、災害対策なしの場合の被害率データとして作成する
- ④ 災害対策ありの場合の被害率は、災害種・被害項目別に、災害対策種（ハード・ソフト）毎の対策規模と効果の発現を勘案し、効果発現率を勘案した被害率を作成

(2) 被害率データの作成に関する汎用化に向けた課題

現時点の被害率データの作成方法を踏まえると、被害率データの作成に関する汎用化に向けた課題として、次の2点があげられる。

- ① 現時点の被害率データの作成作業は、対象国毎に、DR²AD Model による防災投資分析の事前作業として実施する必要があるが、現時点では、プログラムに組み込まれていない（作成作業の簡素化）
- ② 検討対象国によっては、災害統計データが不足しており、被害率データの作成が困難な場合が想定され、代替データの活用方策が必要

2.3.2 被害率データ作成に関するプログラムの汎用性向上策の検討

(1) 被害率作成作業の簡素化

現在の DR²AD Model は、災害の発生や対策の実施、効果との関係から、分析結果の直感的な理解につながることを重視し、災害投資の被害の規模や対策の規模を4ランクで設定している。

このため、ランク分け作業は、プログラム化が困難なため、プログラムに組み入れられていない。

但し、被害率の確率統計解析結果から災害種・被害項目別の被害率は確率密度関数として設定することも可能であり、被害率データセットの作成は手作業が必要であるが、被害率データセットを用いた確率統計解析から先の作業はプログラム化が可能である。

(2) 代替データの活用（ユニバーサル化）

災害統計データが不足し、被害率データの作成が困難な検討対象国への対応方策は、災害特

2. ツールとしての DR^2AD Model の汎用性を高める検討

性や社会特性が類似する国の被害率データを代替データとして活用することが考えられる。

具体的には、災害種別にリスクの三要素である、**Hazard × Vulnerability × Exposure** に着目して、世界の国々の被害率のクラスター分析を行い、類似国を類型化し、類型国の被害率データを代替として活用することが考えられる。

代替活用にあたっては、類型国の1国のデータをそのまま活用することもあり得るが、類型国の全ての国の被害率データを一括に取扱い、ランク分けの被害率データセット、または被害率の確率密度関数を作成し汎用性を高めて被害率データセットの作成の活用・展開も考えられる。

(3) プログラムへのモジュール化

前節で提案した、①被害率の確率密度関数による設定、②被害率データのユニバーサル化(類型化による代表データセットの設定)、を行えば、予めプログラムに被害率データセットを組み込み、解析対象国に応じて被害率を選択することで、プログラムのモジュール化が可能となる。

2.3.3 プログラムの汎用性向上に向けた課題

(3) で提案したプログラムのモジュール化により、汎用性を向上させるためには、以下の課題がある。

- ① 災害統計データを用いた世界各国の災害種・被害項目別の被害率データセットの作成
- ② クラスター分析による世界各国の被害率の類型化
- ③ 類型化された被害率データを用いた確率統計解析による各被害率の確率密度関数の作成
- ④ 類型化した被害率の確率密度関数を用いた被害率選択・入力モジュールの作成とプログラムへの組み込み

<参考：クラスター分析による災害種別・被害項目別の被害率の類型化の考え方>

【目的】

災害による被害の影響は、災害種別毎であって土地利用や気候条件等によって異なることが想定される。そこで、状況が似ている国をグルーピングするクラスター分析を用い、国を分類する。

※クラスター分析とは

異なる性質のものが混ざりあっている集団（対象）の中から互いに似たものを集めて集落（クラスター）を作り、対象を分類する分析方法

【基本】

災害種別・被害項目別の被害率の類型化するためのクラスター分析のインデックスとしては、下記の項目が考えられる。

- 災害種（洪水・高潮・津波・地震）別毎にインデックスを設定。
- 災害によるリスクは、**Hazard × Vulnerability × Exposure** と定義されることから、この3要素に対して、災害種別にインデックスを設定。
- Exposure** は、災害種に関わらず共通インデックとして設定、社会特性を反映して設定（例えば、後発開発途上国、小島嶼開発途上国、それ以外の開発途上国、先進国、OECD 先進国などのインデックス）

1. 暴露（Exposure）

暴露は災害によらず共通であると考えられ、人口、GDP が影響を受けると考えられる。そこで、これらを国の規模を考慮して「GDP/国土面積」、「GDP/人口」、「人口/国土面積」と規準化したものをインデックスとして採用する。

また、国土の土地利用を考慮するために、「国土面積に占める農地割合」と、「人口に占める都市的地域人口割合」をインデックスとして利用する。

なお、土地利用区分は各被害率のクラスター分析に活用できるが、人的被害率と設備被害率の相関関係を分析する際のカテゴリ分けとして、上記の土地利用のインデックスを用いて、農業が盛んな国、都市化の進んでいる国、農業も盛んで都市化も進展している国（例：米国）、何れも進んでいない国の4つの区分が考えられる。

2. 洪水

1) ハザード（Hazard）

洪水の規模を決める外力として降水量があり、「年平均降水量」をインデックスとして採用。(①)

外力に加え被害の規模に影響する要素として、考慮するには、「流域面積、河川延長、河川勾配や氾濫面積等」がインデックスとして考えられる。(②)

一方で、これらの特性を包括したカテゴリとして、「水系単位」あるいは「気候区分単位」も代替として考えられる。(③) ←②でうまくカテゴリズされると、結果として水系単位になるということかもしれない。

以上より、洪水のハザードでは①と②あるいは①と③をインデックスとして提案する。

2) 脆弱性 (Vulnerability)

脆弱性が大となる要素としてゼロメートル地帯面積や、氾濫面積等が指標として考えられる。ここでは、1985年以降まとめられている「洪水影響面積」をインデックスとして利用する。その際には、国土の規模を考慮して国土面積で割り「洪水影響面積/国土面積」と基準化しインデックスとする。

3. 地震

1) ハザード (Hazard)

地震の規模を決める外力として既往最大震度（又はマグニチュード）があるが、対象国全てでデータが存在しない場合も考えられる。そこで、代替項目として USGS で公開している 1900 年以降の地震発生回数をインデックスとして採用する。

2) 脆弱性 (Vulnerability)

脆弱性の評価項目として国ごとの耐震化率が挙げられるが、耐震化が進んでいない国が多いと想定され、クラスター分析に効いてこない可能性がある。

また、脆弱性の評価項目として、液状化を引き起こす軟弱地盤が考えられるが、各国のデータ収集が困難である。

代替変数が無いことから脆弱性のインデックスはなしとする。

4. 津波

1) ハザード (Hazard)

津波の発生原因である地震に用いた指標をハザードのインデックスとして利用する。この際には遠地津波を考慮できないが、代替指標が無いことから遠地津波は考慮しないこととする。

2) 脆弱性 (Vulnerability)

津波は海岸線延長が長くなると被害を受ける可能性が高くなることから各国の海岸延長をインデックスとして利用するが、津波被害は国土の大きさや形状でも変化することを考慮して、海岸線延長を国土面積で割り「海岸線延長/国土面積」と基準化しインデックスとする。

なお、このインデックスでは津波の影響を受けやすい島嶼国が上位に見られる。

4. 高潮

1) ハザード (Hazard)

高潮の規模を決める外力として、台風、サイクロン、ハリケーン等の上陸回数、最低気圧や、波高等がインデックスとして考えられるが、それらを代替するものとして、高潮の発生する海域（北海、太平洋、大西洋、インド洋）に分けて、その分類後にクラスター分析を行うこととする。

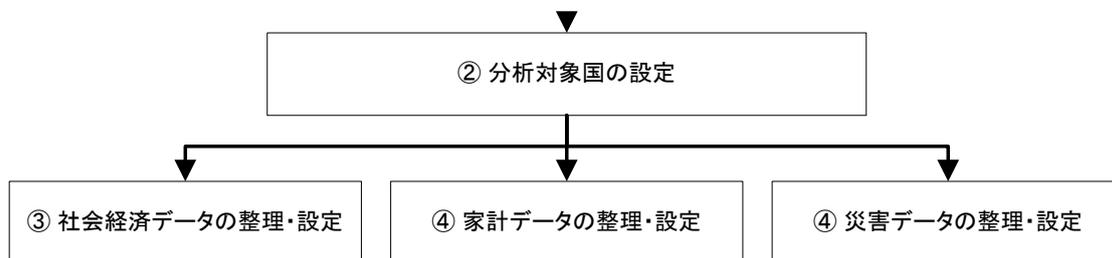
2) 脆弱性 (Vulnerability)

津波と同様に考えられることから、「海岸線延長/国土面積」をインデックスとする。

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

3.1 中米・アジア各国の INPUT DATA の整理

JICA より提供される中米・アジア諸国の社会経済、家計、災害の統計データをリスト化し、DR²AD Model の分析に利用できる INPUT DATA の収集整理



3.1.1 分析対象国の設定

対象国は、アジアのパキスタン、中米のホンジュラス、ペルー、コスタリカ、グアテマラを対象とした。

上述対象国の選定理由であるが、まずパキスタンについては、昨年度業務より扱っている国であり、ケーススタディに必要なデータセットが揃っていることから選定した。また、モデルの改良に伴う昨年度業務と本年度業務とのアウトプットの差異を把握できると考えた。

次にホンジュラスは、中米国の中でも特に災害に脆弱な社会構造（GDP に対する被害額が非常に大きい）であり、モデルのアウトプットの感度を出しやすいという点を考慮し選定した。

ペルーは、第三回国連防災世界会議の JICA セッションの参加国であり、また欧州連合より資金援助を受けて実施する UNISDR Workshop の実施対象国であることから選定した。

その他のコスタリカやグアテマラに関しても、ホンジュラスと同様に被害率が大きく、モデルのアウトプットの感度を出しやすいという点を考慮し選定した。

3.1.2 INPUT DATA の入手

対象国のケーススタディ用データセットを作成するため、主に World Bank、UNDP、UNESCE のデータベースを利用し、人口や GDP 等の統計データを収集した。

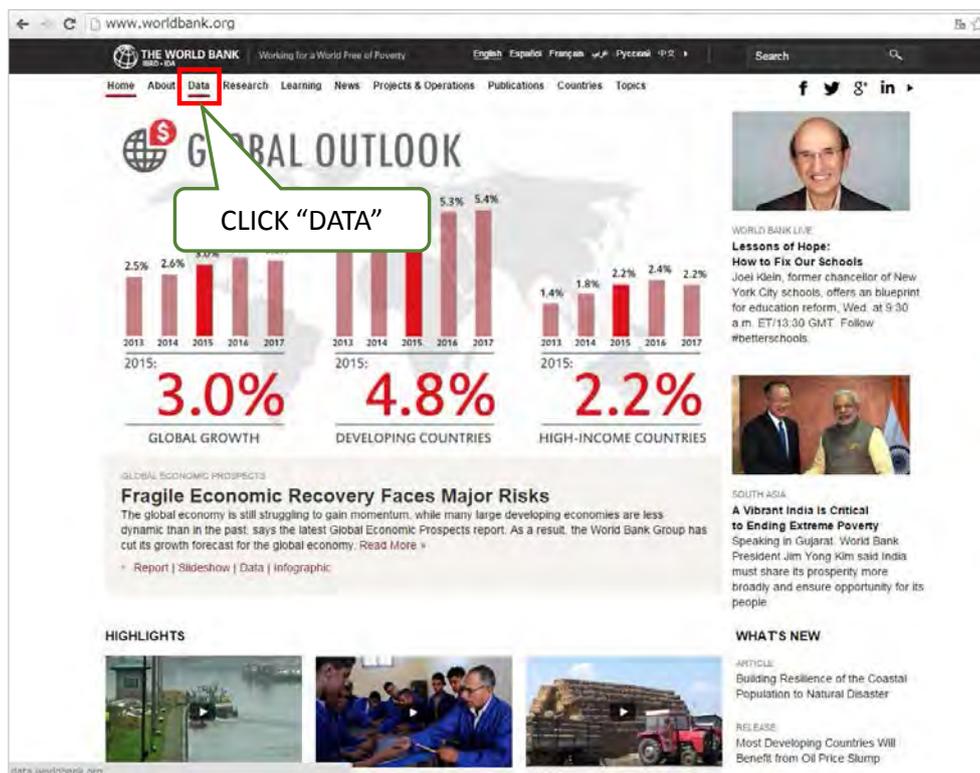
また、国際機関のデータベースにて入手が困難な統計データに関しては、現地の JICA 事務所や国際機関などにデータの入手を依頼した。データ入手の依頼をするにあたり、どのような統計やデータが必要であるか分かるように、データ依頼書（日本語版、英語版）を作成した。

(1) 国際機関のデータベースからの統計データの取得方法

ここでは、主なデータ取得先である国際機関（World Bank, UNDP, UNESCE）からのデータ収集方法を説明する。

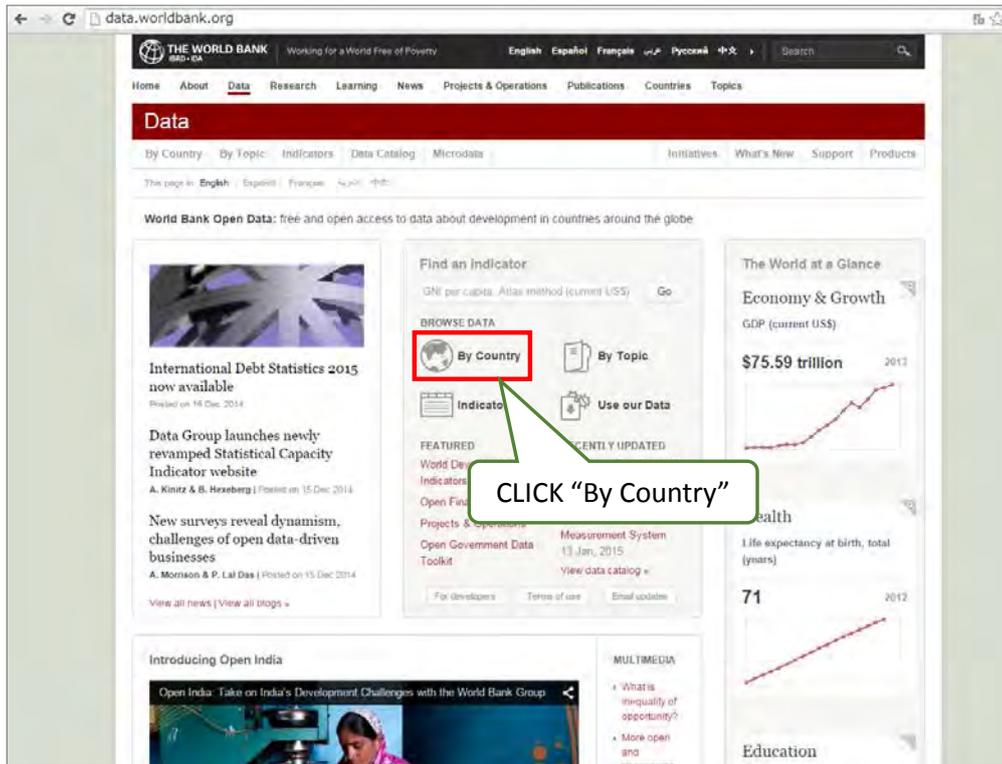
1) World Bank Database (World Development Indicator)

①Access world bank.org

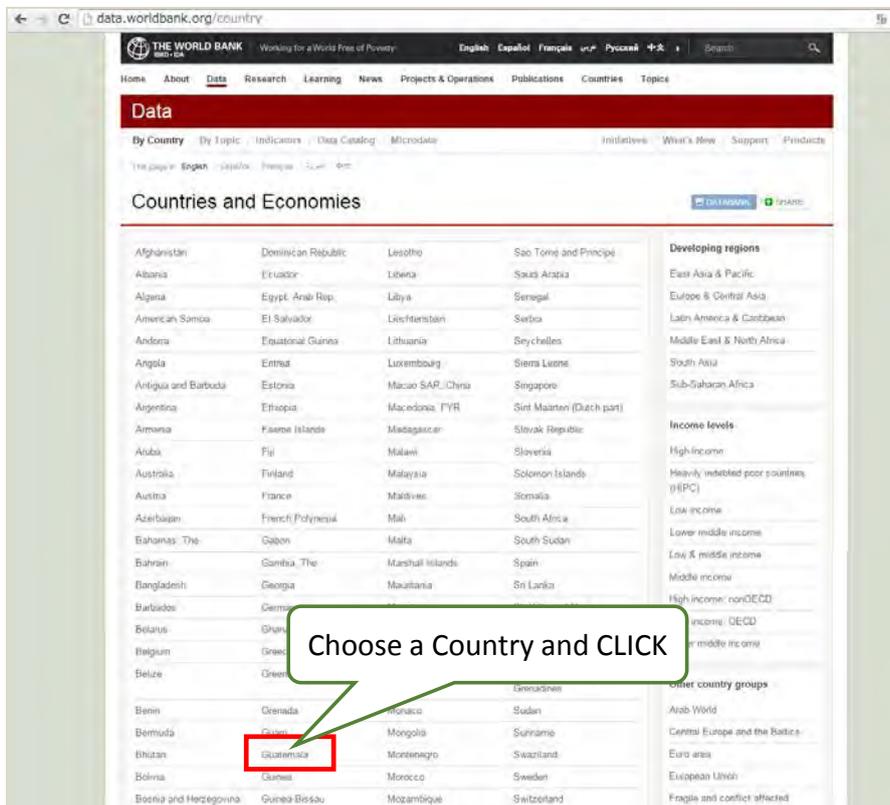


3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

②Click “By Country”



③Choose a target country



3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

④Click “DOWNLOAD DATA”

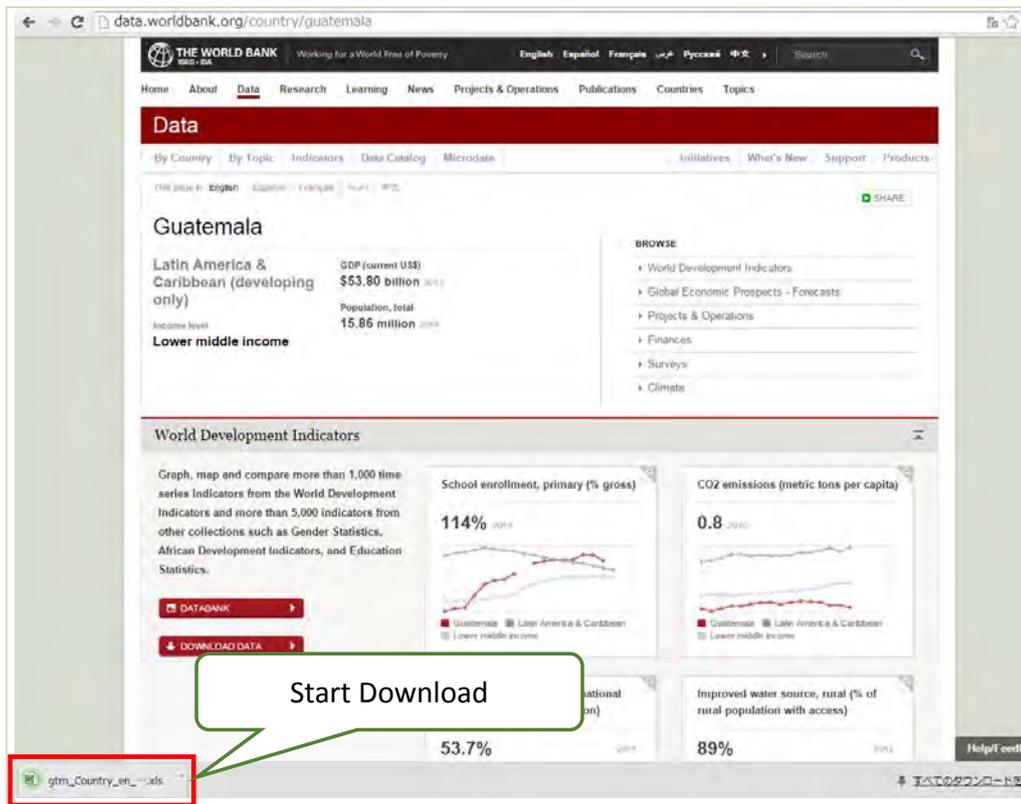
The screenshot shows the World Bank data page for Guatemala. The page includes a navigation bar with 'Home', 'About', 'Data', 'Research', 'Learning', 'News', 'Projects & Operations', 'Publications', 'Countries', and 'Topics'. The 'Data' section is active, showing 'By Country', 'By Topic', 'Indicators', 'Data Catalog', and 'Microdata'. The main content area displays 'Guatemala' with 'Latin America & Caribbean (developing only)' and 'Lower middle income'. Key statistics include 'GDP (current US\$) \$53.80 billion 2011' and 'Population, total 15.85 million 2011'. A 'BROWSE' section lists categories like 'World Development Indicators', 'Global Economic Prospects - Forecasts', 'Projects & Operations', 'Finances', 'Surveys', and 'Climate'. The 'World Development Indicators' section features a graph for 'School enrollment, primary (% gross)' at 114% and 'CO2 emissions (metric tons per capita)' at 0.8. A red box highlights the 'DOWNLOAD DATA' button, with a callout box containing the text 'CLICK “DOWNLOAD DATA”'.

⑤Click “EXCEL” then Download will start

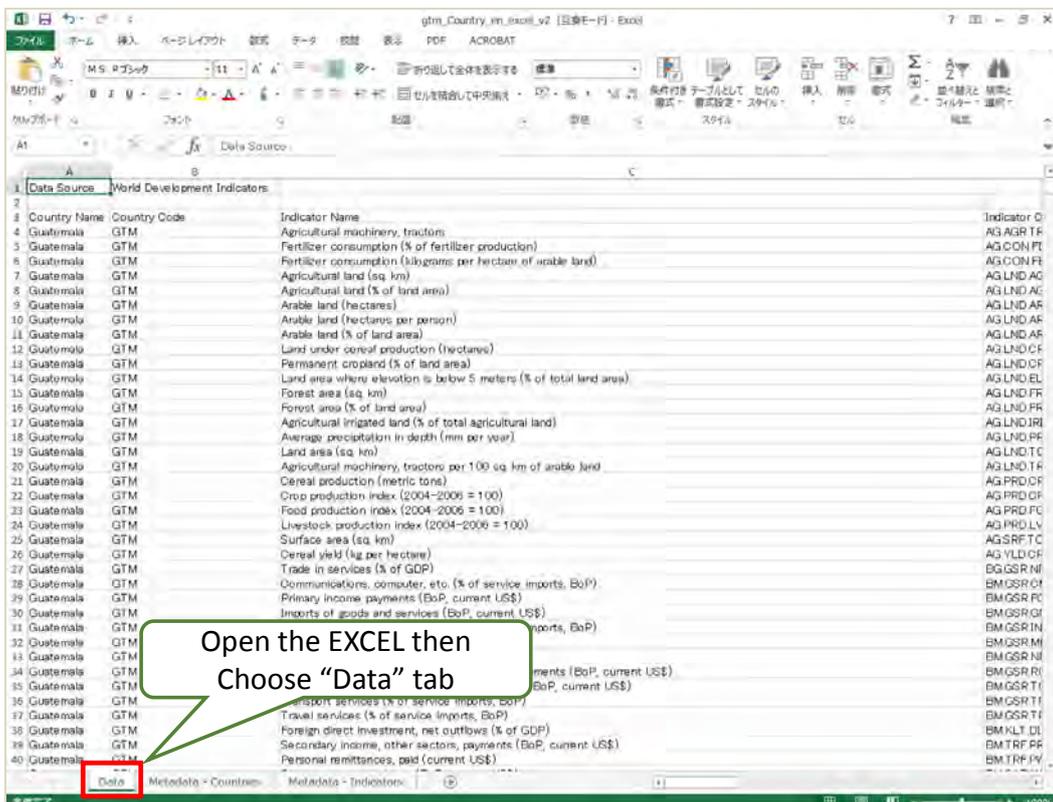
This screenshot is similar to the previous one, showing the World Bank data page for Guatemala. The 'DOWNLOAD DATA' button is highlighted with a red box, and a callout box points to it with the text 'Choose “EXCEL” and CLICK'. The 'DOWNLOAD DATA' dropdown menu is open, showing options for 'EXCEL' and 'CSV'. The 'EXCEL' option is highlighted with a red box. The rest of the page content, including the navigation bar, country information, and indicators, remains the same as in the previous screenshot.

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

⑥Download will start

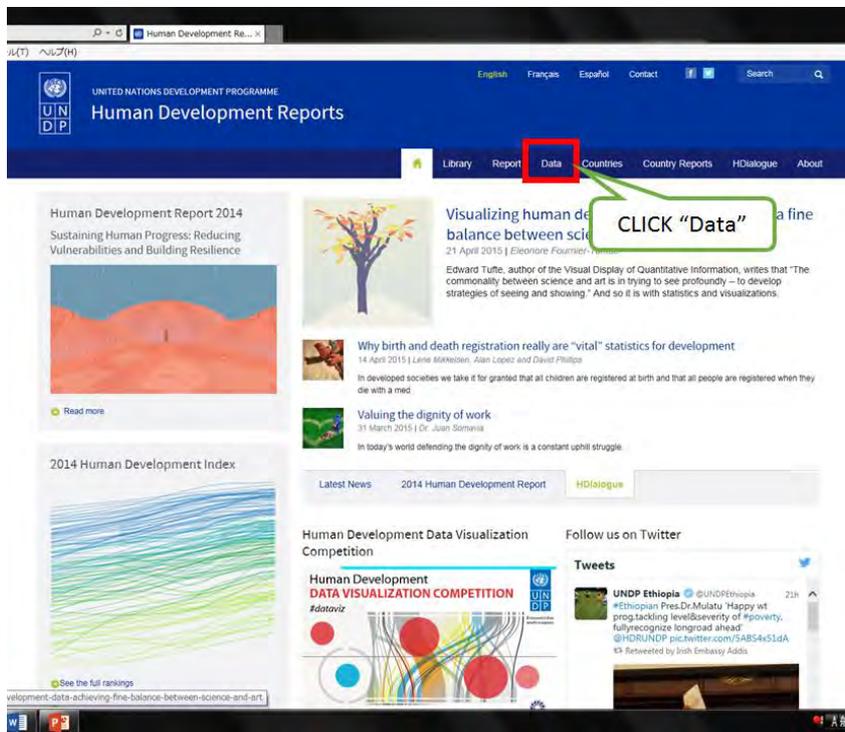


⑥Select Data tab and you can collect all the data required

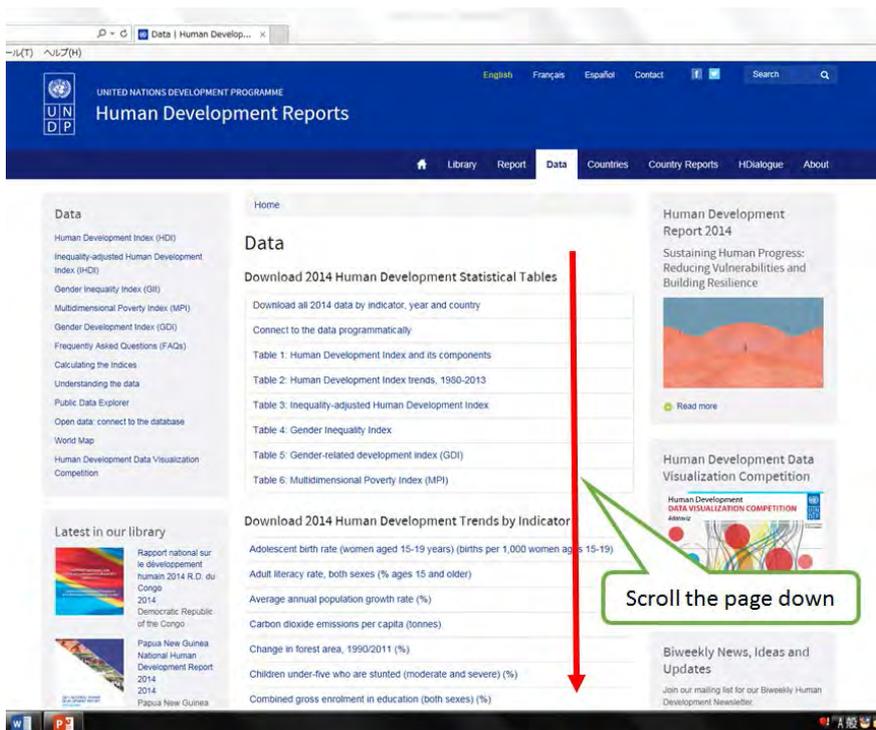


2) UNDP Database (Human Development Reports)

① Access undp.org and click “Data”

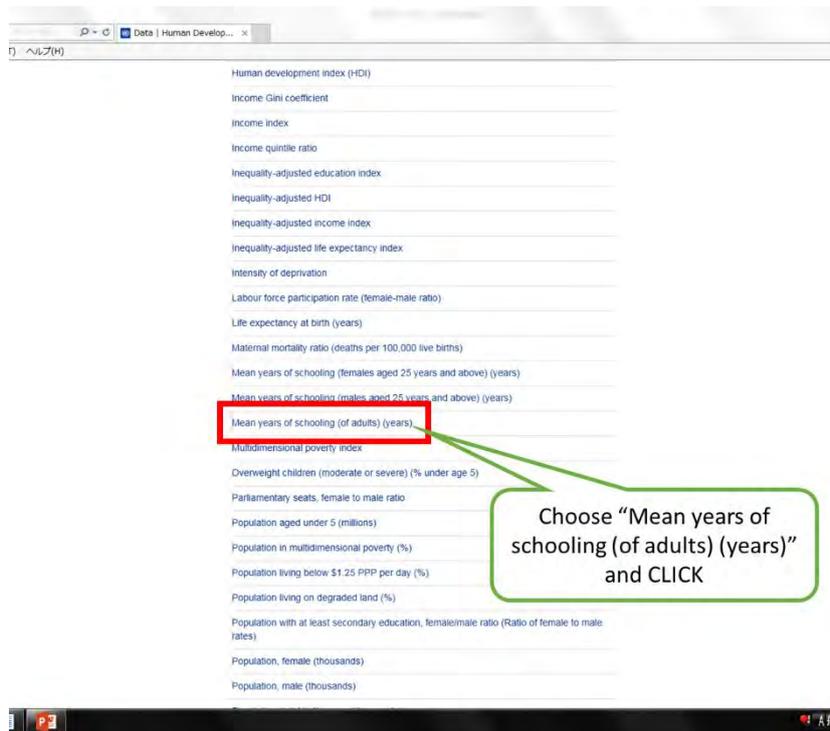


② Scroll the page down

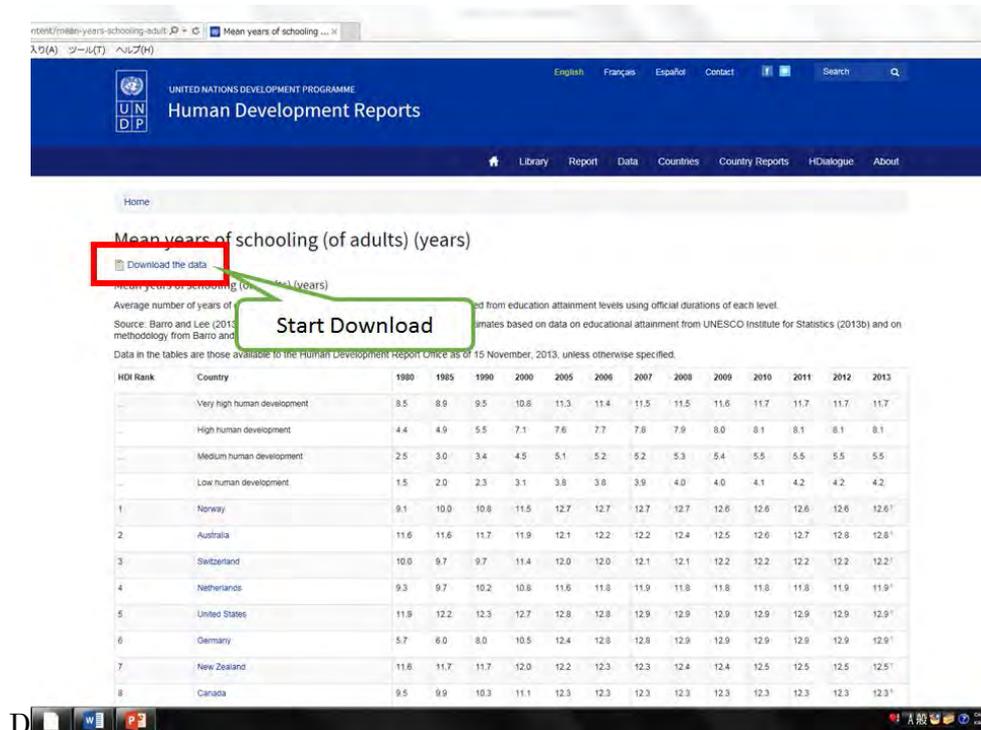


3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

③ Choose a “Mean years of schooling (of adults) (years)” and Click



④ Click “Download the data” to start your download



3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

⑤ You can find the data sorted by country

International Human Development Indicators

Accessed: 7/14/2014 2:09 PM from: <http://hdr.undp.org>

Mean years of schooling (of adults) (years)

Average number of years of education received by people ages 25 and older, converted from education attainment levels using official durations of each level

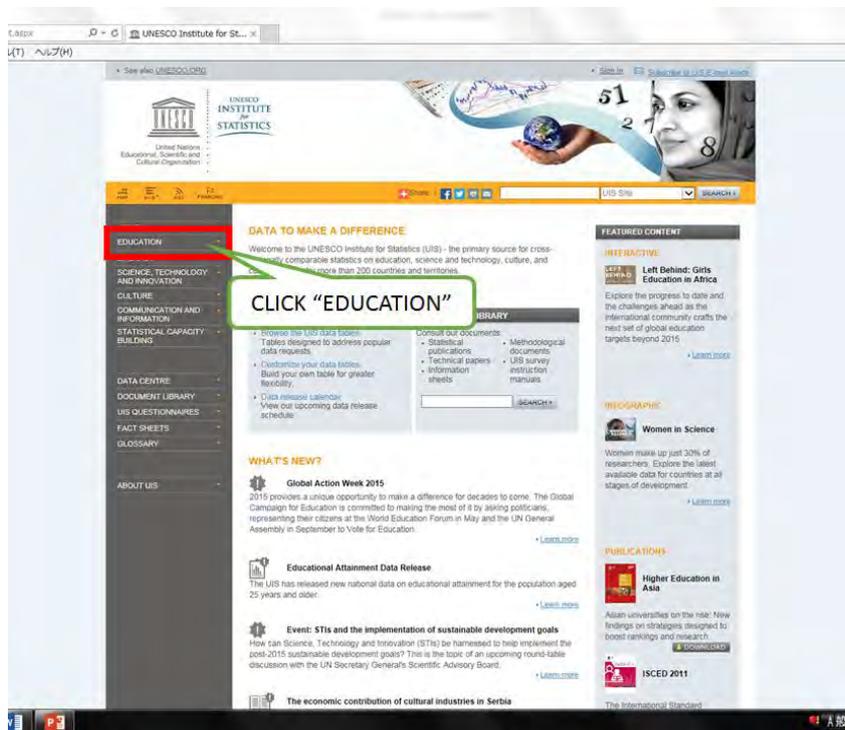
Source: [Barn and Lee \(2013\)](#), [UNESCO Institute for Statistics \(2013b\)](#) and HDRO estimates based on data on educational attainment from [UNESCO Institute for Statistics \(2013b\)](#) and on methodology from [Barn and Lee \(2013\)](#).

Data in the tables are those available to the Human Development Report Office as of 15 November, 2013, unless otherwise specified.

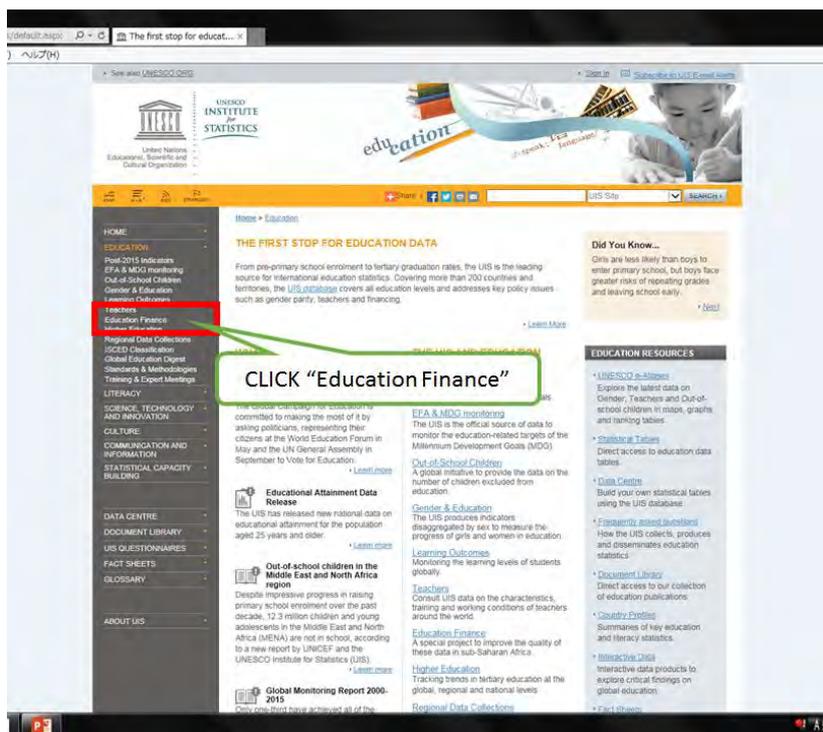
HDI Rank	Country	1980	1985	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
20	Very high human development	85	89	95	108	113	114	115	115	116	117	
21	High human development	44	49	55	71	76	77	78	79	8	81	
22	Medium human development	25	3	34	45	51	52	52	53	54	55	
23	Low human development	15	2	23	21	38	38	39	4	4	41	
24												
25	1	Norway	9.1	10	10.8	11.5	12.7	12.7	12.7	12.7	12.6	12.6
26	2	Australia	11.6	11.6	11.7	11.9	12.1	12.2	12.2	12.4	12.5	12.6
27	3	Switzerland	10	9.7	9.7	11.4	12	12	12.1	12.1	12.2	12.2
28	4	Netherlands	9.3	9.7	10.2	10.8	11.6	11.8	11.9	11.8	11.8	11.8
29	5	United States	11.9	12.2	12.3	12.7	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	12.9
30	6	Germany	5.7	6	8	10.5	12.4	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9
31	7	New Zealand	11.6	11.7	11.7	12	12.2	12.3	12.3	12.4	12.4	12.5
32	8	Canada	9.5	9.9	10.3	11.1	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
33	9	Sweden	3.7	5.1	5.8	7.6	8.4	8.8	9.1	9.4	9.4	10.1
34	10	Denmark	9	9.8	9.6	10.5	11.8	11.9	11.9	12	12.1	12.1
35	11	Ireland	9.5	10.1	10.4	11.2	11.4	11.4	11.5	11.5	11.6	11.6
36	12	Switzerland	9.1	9.5	10	11	11.8	11.6	11.6	11.6	11.6	11.7
37	13	Iceland	7.4	7.9	8.4	9.3	9.9	10	10.1	10.2	10.3	10.4
38	14	United Kingdom	7.5	7.7	7.8	11.6	12.2	12.2	12.2	12.3	12.3	12.3
39	15	Korea (Republic of)	7.3	8.2	8.9	10.6	11.4	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8
40	16	Hong Kong, China (SAR)	6.7	7.6	8.5	8.7	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10
41	17	Japan	8.9	9.4	9.9	10.8	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.5
42	18											10.9

3) UNESCO (Institute for Statics)

① Access uis.unesco.org and click “EDUCATION”

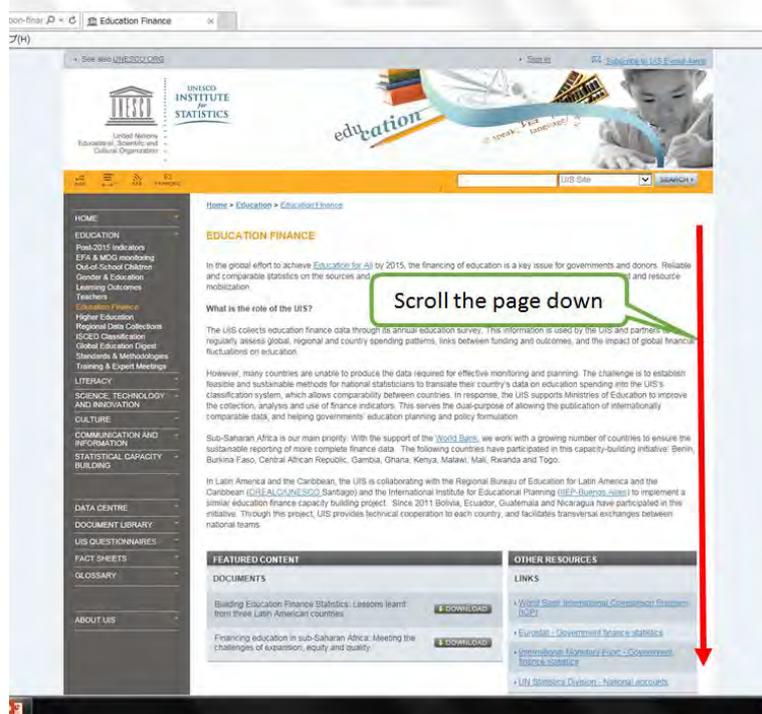


② Click “Education Finance”

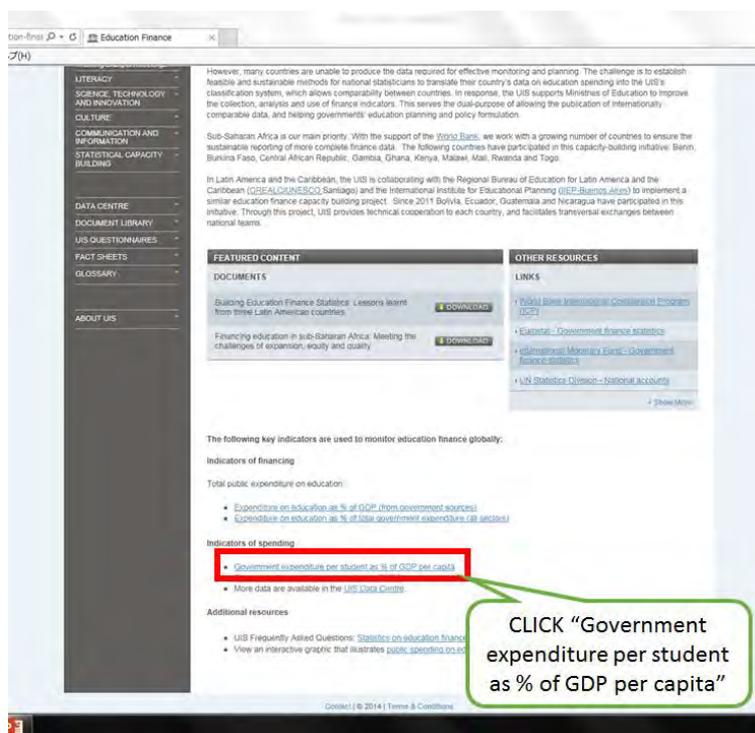


3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

③ Scroll the page down

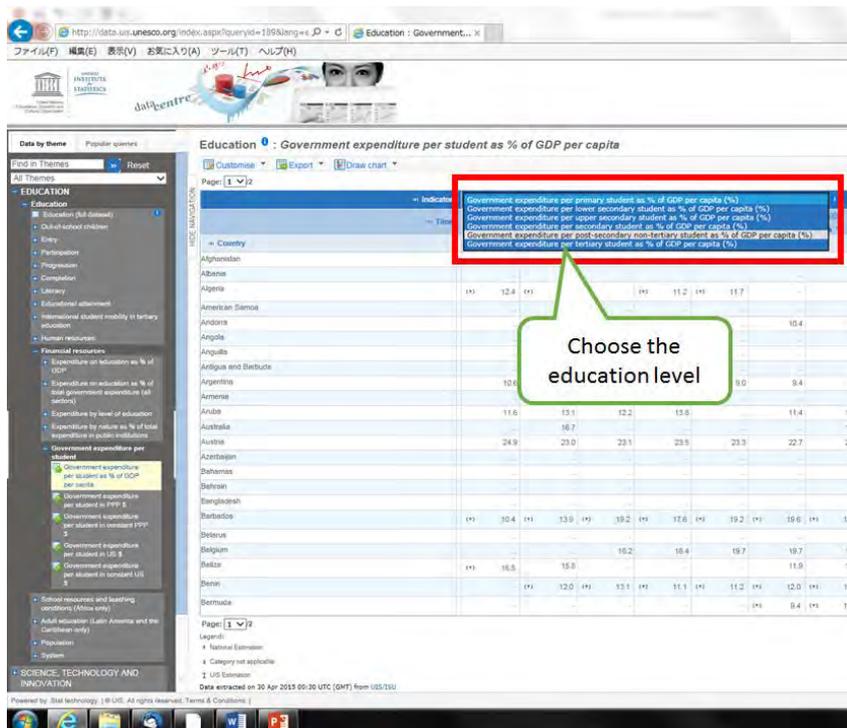


④ Click “Government expenditure per student as % GDP per capita”

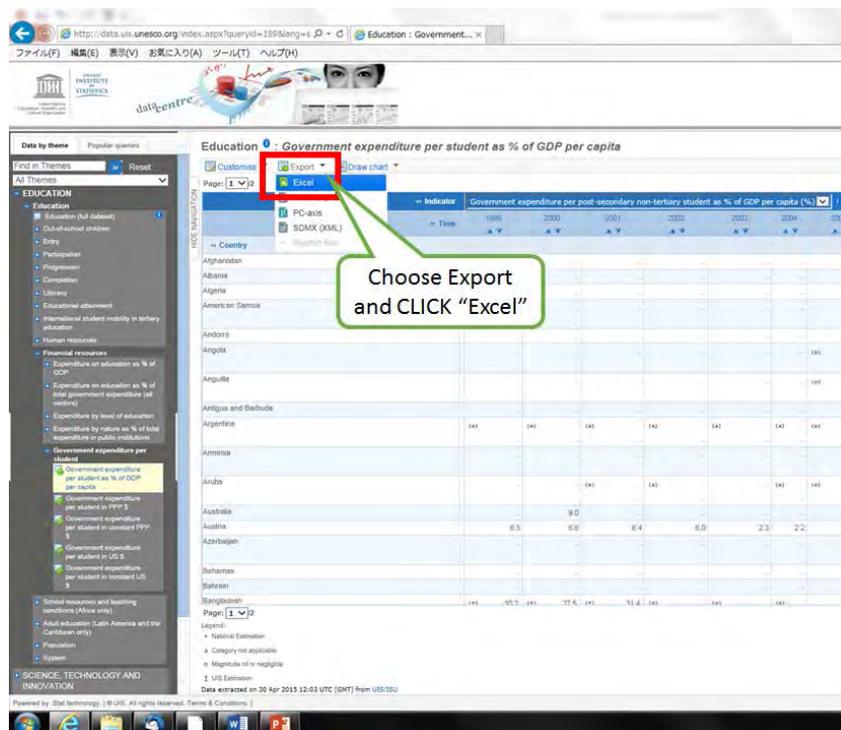


3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

⑤ Choose the education level such as primary, secondary, etc.

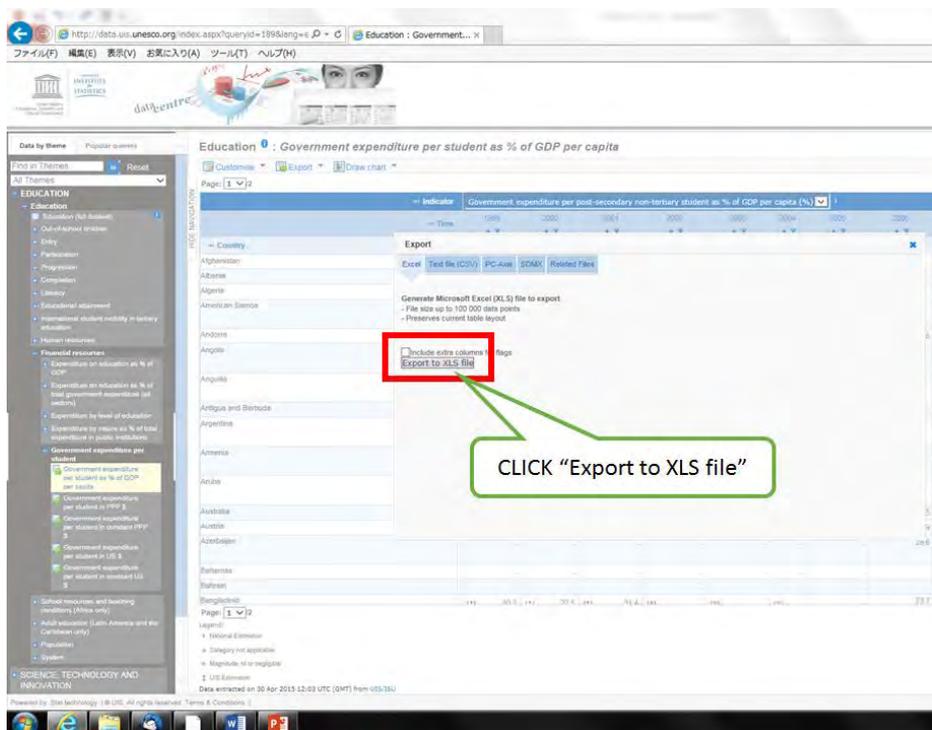


⑥ Choose Export and click “Excel”



3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

⑦Click “Export to XLS file”



⑧You can collect data sorted by country

Country	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Albania	21.5123	17.7433		18.2283	18.2647												
Algeria				7.39715		8.73696	9.17158	12.58358	13.44735		16.38886	12.10196	12.34958				
Andorra																	
Angola																	
Antigua and Barbuda												12.46835		9.81706			
Argentina	15.04082	14.53402	15.59247	13.97414	11.78895	13.08857	16.1007	16.38835	17.20721	19.10378	21.94269	19.96997	22.02849	19.63944			17.73514
Aruba	18.56194	19.20525	20.24011	19.39233		17.74369	17.61316		16.60551	17.71224	20.48856	21.42361	22.37959				
Australia		13.96216					15.92152	17.77522	17.24917	17.10184	18.50184	19.78348	17.84189				
Austria	29.9686	27.62916	27.8574	27.76305	28.72908	27.45845	26.30927	26.58162	26.34749	27.37491	30.61891	29.60093	30.54559				
Azerbaijan																	
Bahamas																	
Bahrain																	
Bangladesh	11.77023	10.83259		12.39432	13.41898	14.64426		14.88731	14.45264	13.81216	12.18443	14.75909	13.93423				
Barbados	17.17245	20.89823	24.95389	25.12404	27.58162	24.41081	22.41488		22.06972	20.33984	21.73374	24.96685					
Belarus																	
Belgium			23.68715	24.3409	22.54002	33.12932	32.83377	32.65927	33.17597	36.45208	37.90179	37.87411	38.57733				
Benin	17.57748	15.87094					18.42419	19.85554	19.81787		21.1037	22.51297	24.9777		22.10891		
Bermuda		24.5036	24.31751	20.18429	22.53428		25.80679	24.68871									
Bhutan											37.06385	34.435	27.01693	31.52441			33.55034
Bolivia (Plurinational State of)	11.97758	9.79345	10.47555	12.94612	13.33401			14.73882		17.02768	19.90214	19.17639	19.52593	20.32644			
Bosnia and Herzegovina																	
Botswana							46.14452		42.4508		33.00458						
Brazil				10.21221		11.54012	13.14855		18.00387	19.5296	20.54492	21.58637					
British Virgin Islands										19.15215	21.92136						
Brunei Darussalam												7.84751				8.11244	11.78422
Bulgaria		18.65645	18.47813	20.18864	10.56972	22.02439	20.98952	20.59745	23.80522	24.95016	24.47899	22.2152					
Burkina Faso																	
Burundi		55.8706	55.2224		54.41271	54.80487					48.59976	51.88608	41.08087	33.04754			
Cambodia		6.09143															
Cameroon							37.5573	40.05511	34.40902	27.36533	31.17082		20.91328	19.73565			
Canada													18.32214				
Cabo Verde				22.46991		20.31186			19.77598	16.78836	15.79948	13.98511		14.78203			
Cayman Islands																	
Central African Republic																	
Chad						24.90296	24.55307					15.76037					
Chile		14.10755		14.95804	15.1887	13.44885	12.85054	11.79161	12.79014	15.21487	16.61489	15.38494	15.30224	18.06486			

(2) 欠損データの入手依頼による統計データ取得

国際機関のデータベースにて入手が困難な統計データに関しては、現地の JICA 事務所や国際機関などにデータの入手を依頼した。その際、以下のデータ入手依頼書を利用した。

1) データ入手依頼書（日本語版）

平成 27 年 1 月 7 日(木)

ペルーにおけるケーススタディ実施に際して不足しているデータ

1. 必要データ一覧表

以下の表の最右列に記述されている統計・資料や関連するデータ等がございましたら、ご提供願います。

◇**特に必要なデータ**

本データがあれば、ケーススタディに用いる一通りのデータを作成することが可能

◇**可能であれば入手したいデータ**

本データがあれば、より精緻なデータセットを作成することが可能

表 必要データ一覧表

必要データ	想定される統計・資料等	
	※丸数字は次章の節番号に対応。なお、次章で実例を示す。	
特に必要なデータ	所得配分類またはシェア (労働所得、資本所得、地代所得)	産業連関表 (Input-Output Table)－① SAM (Social Accounting Matrix)－②
	家計消費支出額またはシェア (消費額、物的投資額、教育投資額、貯蓄額)	家計調査結果－③ 等
可能であれば入手 したいデータ	階層別家計消費支出額 (消費額、物的投資額、教育投資額、貯蓄額)	家計調査結果－③ 等
	学生人口・労働人口 ※階層別データが有ると望ましい	国勢調査結果 等
	教育時間・労働時間 ※階層別データが有ると望ましい	社会生活基本調査結果－④ 等
	総家屋数・総家計数	住宅土地統計調査結果－⑤ 等

1

図 3-1 データ依頼書（日本語版）（1/5）

平成 27 年 1 月 7 日(水)

2. 想定される統計・資料等の事例

①産業連関表 (Input-Output Table)

→産業ごとの生産・販売等の取引額を行列形式にした表

表 産業連関表の実例 (パキスタン)

TABLE 1. A PRELIMINARY PUT-OUTPUT TABLE FOR LARGE-SCALE INDUSTRIES IN PAKISTAN FOR 1985 (in thousand rupees)

Index	Sector	Net output																		Total Supply (22)				
		4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Consumption & Investments (20)	Exports (21)						
101	Oil Seeds	49,939																					3,243	
102	Fibres				278,253	53,38																	1,108,360	
103	Sugar Cane	58,278																					34,236	
104	Tobacco	31,118																					22	
105	Tea	37,477																					1,982	
106	Forestry		904					1,789	6,430														31,327	
107	Hides & Skins		18,791																				66,629	
108	Wood and Paper																						6,525	
109	Foodgrains & Pulses	111,491						15,137															180	
110	Fruits & Vegetables	540																					30,493	
111	Spices																						19,362	
112	Livestock Products	472																						
113	Fisheries																							
114	Others		4,872	2,129																				
1	Coal & Coke	7,971	1,172	322	28,767	4,327	3,184	53	4,403	1,153	6,744	17,027	3,009	2,172	2,273	9,114								
2	Crude Petroleum																							
3	Other mining	721																						
4	Food, Drink & Tobacco	24,831									11,245												418,445	15,620
5	Textiles		8,779				1,816																72,953	1,145
6	Rubber Products																						22,498	18
7	Cotton Textiles		516	230	10,035		17,011				354	219											826,218	8,151
8	Jute Textiles	3,323		446	1,748		15,557					9	7,503										34,567	67,545
9	Other Textiles																						122,555	670
10	Wood																						5,145	243
11	Paper	962	32				333		103	12,790	742											31,598	5	
12	Printing																						42,452	5
13	Petroleum and Chemicals	3,562	6,155	1,366	12,110	1,174	4,873	72	3,067	1,430	10,566	2,158	877	310	156	2,354						305,797	3,654	
14	Non-Metallic Mineral Products																						84,129	636
15	Basic Metals																						121,492	89
16	Metal Products																						47,042	2,086
17	Machinery & Electric goods	628	27	287			469	131	6		14	1,490	1,148									368,616	5,038	
18	Miscellaneous																						791,121	6,632
19	Unclassified	19,993	11,226	1,135	18,707	2,046	6,070	558	748	4,302	65,992	3,303		1,435	4,372	9,835	65,997					3,312	14,780	
20	Wages	26,983	9,808	1,207	107,715	19,798	18,953	3,506	6,658	12,403	18,617	12,627	6,678	10,363	15,512	32,364							300,592	
21	Non-Wage Income	78,360	18,184	1,954	148,325	32,138	24,336	288	9,229	8,087	66,870	16,199	10,096	2,850	9,884	58,848								112,104
22	Value Added	105,343	27,992	3,161	276,040	51,936	43,309	1,794	15,887	21,390	85,487	28,826	16,774	25,313	25,496	89,200								(-349,384)
23	Total Output	449,721	80,156	9,676	625,660	113,041	106,559	4,708	32,544	41,819	187,157	67,129	59,811	58,180	56,633	677,516								2,587,020
24	Imports	21,421	3,597	13,059	41,153	106	40,215	990	16,278	631	209,941	19,204	111,614	18,886	323,047	30,419	234,133							1,085,341
25	Total Supply	470,142	84,093	22,735	666,813	113,147	146,774	3,388	48,822	42,457	297,098	86,633	171,445	77,866	377,680	707,935	234,133	3,056,845						

表 産業連関表の構造

第2図 産業連関表の構造

需要部門 (買い手)	中間需要					最終需要			輸入 (控除) C	国内生産額 A+B-C
	1	2	3	...	計	消	固	在		
供給部門 (売り手)	1	2	3	...	計	A	費	本	B	
	1	2	3	...	計	費	成	庫	出	
中間投入	1	2	3	...	計					
雇用者所得										
租付加価値 (控除)補助金										
国内生産額										

注: 1. 農林水産業, 2. 鉱業, 3. 製造業, ... 計: 合計

出典: 平成 17 年 (2005 年) 産業連関表総合解説編 (平成 21 年 3 月総務省編)

平成 27 年 1 月 7 日(水)

②SAM (Social Accounting Matrix)

⇒経済全体の相互関係を包括的、かつ整合的に記録した表

表 SAM の実例 (ホンジュラス)

Social Accounting Matrix of Honduras, 1991 (continued)
Millions of current Lempiras

	FACTORS			HOUSEHOLDS AND OTHER INSTITUTIONS					
	Urblab	Rulab	Capital	hhalto	hhmedio	hhlowurb	hhlowrur	Empres	Gov
BIEN									
COMPUESTO*									
Agricultural exports (AgrExp)				27.60	27.20	27.20	20.80	0.00	
Agricultural grains (Grains)				36.00	46.80	44.10	53.90	0.00	
Livestock (Livestock)				80.70	67.70	34.80	18.40	0.00	
Other agricultural (OtherAgr)				136.60	191.90	187.20	194.40	0.00	
Agroindustry (IndAgr)				333.50	746.60	872.70	1028.50	0.00	
Other industry (OtherInd)				481.30	795.40	736.00	733.00	0.00	
Construction (Constr)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Trade (Trade)				314.20	441.40	430.60	447.10	0.00	
Mercantile services (MerSer)				596.50	838.00	817.40	848.80	0.00	
Public administration (PubAdmin)				0.00	0.00	0.00	0.00		1769.00
HOUSEHOLDS, ETC.									
High income (hhalto)	1513.80	354.00						1549.60	
Medium income (hhmedio)	2192.20	512.60						2244.10	
Urban wage Earner (hhlowurb)	1900.70	0.00						1384.70	
Rural wage Earner (hhlowrur)	0.00	444.50						560.90	
Enterprises (Empres)			7084.50						
Direct tax (Dirtax)				119.70	173.40	0.00	0.00		
SAVINGS/ INVESTMENT (CAPACC)				1291.20	1620.50	270.80	0.00	1345.10	-1018.10
TOTAL	5606.70	1311.10	7084.50	3417.40	4948.90	3420.70	3345.00	7084.50	750.90

(continued on next page)

出典: Lizardo et al. (1999)

平成 27 年 1 月 7 日(水)

③家計調査結果

⇒国民生活における家計収支の実態を把握するため調査

表 家計調査結果の実例 (ホンジュラス)

Table A 2 – B.4 Honduras 2004 - Monthly Average Per Capita values of Consumption Aggregate

		Monthly PC consumption	Food	Rent	Housing	Health	Education	Durables	Others
Area	Urban	2,005	765	278	171	196	145	97	353
	Rural	881	446	84	65	87	38	26	137
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Regions	Tegucigalpa	2,507	846	387	207	249	207	123	489
	San Pedro Sula	2,488	867	355	254	236	197	113	467
	Central Urban	2,034	826	247	168	216	138	101	337
	Central Rural	1,072	530	100	78	104	47	34	179
	Occident Urban	1,400	614	193	110	104	71	76	232
	Occident Rural	609	324	64	46	53	25	12	85
	Orient Urban	1,450	642	178	114	150	92	66	208
	Orient Rural	830	424	75	61	94	34	26	115
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Extreme Poor		358	209	44	35	18	13	3	35
Non-Extreme Poor		735	415	81	57	49	29	12	92
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
All Poor		558	319	63	47	35	22	8	65
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241

The values in the table are the National averages Housing includes utilities and other services, others includes transportation, transfers and personal expenditures

出典：Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006)

表 階層別家計調査結果の実例 (パキスタン)

TABLE: 2.3.A AVERAGE MONTHLY HOUSEHOLD CONSUMPTION EXPENDITURE AND AVERAGE MONTHLY INCOME BY QUINTILES AND AREAS, 2004-05

QUINTILES	AVERAGE MONTHLY CONSUMPTION EXPENDITURE PER HOUSEHOLD			AVERAGE MONTHLY INCOME PER HOUSEHOLD		
	URBAN	RURAL	TOTAL	URBAN	RURAL	TOTAL
1 st	5621	5086	5171	6203	5446	5567
2 nd	6752	6384	6458	7239	6588	6719
3 rd	7994	7239	7440	8549	7104	7488
4 th	9830	8381	8856	10462	8273	8990
5 th	17043	11819	14619	19233	12658	16182
TOTAL	12079	7712	9121	13371	7929	9685

出典：Household Integrated Economic Survey 2004-2005, Pakistan Bureau of Statistics

平成 27 年 1 月 7 日(水)

④社会生活基本調査結果

⇒生活時間の配分や主な活動状況などの調査

表 社会生活基本調査結果の実例（日本）

第 1 表 曜日、男女、年齢、行動の種類別総平均時間													
Table 1. Average Time Spent on Activities for All Persons by Day of the Week, Sex and Age													
平成 18 年 週全体													
男女 年齢	標本数 Number of samples	10歳以上 推定人口 (千人) Population 10 years and over (1000)	総平均時間(分)										
			睡眠	身の回り の用事	食 事	通勤・通学	仕 事	学 業	家 事	介護・看護	育 児	買い物	
			Sleep	Personal care	Meals	Commuting to and from school or work	Work	Schoolwork	Housework	Caring or nursing	Child care	Shopping	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
総数	1	351,202	113,604	462	75	99	31	224	37	87	3	14	24
10～14歳	2	19,877	5,984	516	64	92	34	0	305	4	0	0	10
15～19歳	3	19,724	6,387	459	69	84	58	53	287	7	0	2	12
20～24歳	4	16,433	7,246	471	73	84	52	277	69	19	1	9	20
25～29歳	5	18,308	7,949	459	74	88	43	339	7	43	1	29	24
30～34歳	6	23,631	9,563	453	74	91	38	315	2	74	1	55	26
35～39歳	7	24,686	9,202	441	74	92	39	319	1	98	2	42	26
40～44歳	8	23,208	7,913	429	73	94	39	338	1	113	2	15	26
45～49歳	9	25,263	7,622	425	73	94	38	333	0	118	3	5	26
50～54歳	10	27,896	8,317	429	72	97	37	322	0	113	5	3	27
55～59歳	11	35,792	10,670	441	74	102	32	288	0	110	6	4	27
60～64歳	12	26,845	8,000	457	78	110	21	191	0	118	6	5	30
65～69歳	13	26,261	7,439	473	80	115	10	128	0	125	6	4	31
70～74歳	14	24,099	6,573	488	84	118	4	83	0	128	6	3	31
75～79歳	15	19,038	5,108	512	86	122	2	53	0	120	6	1	27
80～84歳	16	11,848	3,309	539	88	121	1	34	0	103	6	1	20
85歳以上 (再掲)	17	8,293	2,323	587	89	119	0	15	0	59	3	1	9
15歳以上	18	331,325	107,620	459	76	100	31	236	23	92	3	14	25
65歳以上	19	89,539	24,752	504	84	118	5	77	0	116	6	2	27

出典：総務省統計局ホームページ

2) データ入手依頼書 (英語版)

January 9, 2015

Necessary data for the case study at Peru

1. List of necessary data

Please provide statistics, materials or related data written in the right column of the below table if you have any.

◇Especially necessary data
Using those data, it is possible to make the outline of the data necessary for the case study

◇Data desirable to obtain if possible
Using those data, it is possible to make a more detailed data-set

Table: List of necessary data

Necessary data		Supposed statistics and materials <small>※The numbers are section numbers of the next chapter. Examples are given in the next chapter.</small>
Especially necessary data	Income distribution or share (Labor income, capital income, land income)	Input-Output Table-① SAM (Social Accounting Matrix)-②
	Household consumption expenditure or share (Expenditures (non-durable goods), physical investment (durable goods), educational investment, savings)	Household survey-③ etc.
Data desirable to obtain if possible	Household consumption expenditure by income class (Expenditures (non-durable goods), physical investment (durable goods), educational investment, savings)	Household survey-③ etc.
	Student population and working population <small>※desirable to have data by income class</small>	National census etc.
	Study hours, working hours <small>※desirable to have data by income class</small>	Sociological research-④ etc.
	total number of houses and households	Housing and Land Survey-⑤ etc.

1

図 3-6 データ依頼書 (英語版) (1/5)

January 9, 2015

2. Examples of supposed statistics and materials

① Input-Output Table

⇒A table that presents the transaction amount of production, sale, and so on by a certain industry in a matrix format.

Table: Example of Input-Output Table (Pakistan)

TABLE 1. A PRELIMINARY INPUT-OUTPUT TABLE FOR LARGE-SCALE INDUSTRIES IN PAKISTAN FOR 1985 (in thousand rupees)

Industry	Sector	Net output																			
		4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	Consumption & Investment (Q1)	Exports (Q2)	Total Supply (Q3)		
101. Oil Seeds	...	49,839	...	...	278,233	33, 38	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	509,947	...	5,243	1,108,369
102. Fibres	1,062
103. Sugar Cane	...	50,228	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	27
104. Tobacco	...	21,118	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	14,216
105. Tea	...	37,477	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,062
106. Paper	904	...	...	...	...	1,789	6,430	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	31,322
107. Hides & Skins	18,791	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	67,373
108. Wood and Paper	68,629
109. Foodgrains & Pulses	...	111,405	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6,825
110. Fruits & Vegetables	...	360	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	180
111. Spices	...	472	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	6,541
112. Livestock Products	30,493
113. Fisheries	4,872	2,129	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	19,762
114. Others
1. Coal & Coke	...	7,977	1,772	322	26,767	4,207	3,184	53	4,603	1,353	6,564	17,027	3,509	2,175	2,273	9,134	...	...	...	...
2. Crude Petroleum
3. Other mining	...	721	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2,702
4. Food, Drink & Tobacco	...	24,831	...	...	...	...	...	...	...	...	11,243	...	...	...	...	...	...	...	...	...	470,142
5. Footwear & Leather	1,179	...	...	...	1,878	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1,143
6. Rubber Products	18
7. Cotton Textiles	516	230	10,035	...	17,011	...	...	...	354	219	...	...	...	...	...	...	...	...	8,351
8. Jute Textiles	...	3,523	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	665,813
9. Other Textiles	446	1,748	...	15,557	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	67,545
10. Wood	147,774
11. Paper	...	962	32	...	...	...	551	103	12,790	742	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	5,758
12. Printing	48,822
13. Petroleum and Chemicals	...	3,562	6,335	1,868	12,110	1,374	4,875	72	5,067	1,430	10,556	2,195	877	310	358	2,354	...	...	...	...	397,098
14. Non-Metallic Mineral Products	556
15. Basic Metals	89
16. Metal Products	171,405
17. Machinery & Electric goods	71,566
18. Miscellaneous	37,680
19. Unallocated	...	19,995	11,226	1,135	18,707	2,098	6,070	558	748	4,302	65,992	3,903	1,435	4,272	9,833	65,997	...	...	...	...	16,389
20. Wages	...	26,983	9,808	1,207	107,715	19,708	18,933	1,306	6,038	12,403	18,617	12,627	6,878	10,463	15,312	22,394	...	...	...	...	300,292
21. Net Wage Income	...	78,360	18,189	1,954	182,225	32,118	24,234	289	8,229	1,587	64,470	16,199	10,098	2,490	5,284	26,886	...	...	...	...	512,726
22. Value Added	...	195,243	27,992	3,161	276,040	21,056	41,309	1,794	11,587	21,390	85,487	29,836	16,774	26,313	25,466	89,200	...	...	...	...	3,419,384
23. Total Output	...	448,721	80,156	9,636	625,660	113,061	106,510	4,708	32,544	41,819	187,157	67,129	39,831	58,180	54,033	672,516	...	...	...	...	2,567,020
24. Imports	...	21,421	3,937	11,039	41,153	706	40,215	990	16,278	634	209,941	634	209,941	19,304	11,614	18,888	323,047	30,419	234,133	...	1,083,341
25. Total Supply	...	470,142	84,093	22,715	666,813	113,147	146,774	5,398	48,822	42,457	397,098	86,573	371,445	77,866	377,080	707,935	234,133	3,034,845	1,083,341	...	...

Table: Structure of Input-Output Table

	Demand sector (buyer)			Intermediate demand			Final demand			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Agriculture, forestry and fishery	Mining	Manufacturing				Total	Consumption expenditure outside households	Exports	Domestic production
Supply sector (seller)	A			B			C			
Intermediate input	1 Agriculture, forestry and fishery	2 Mining	3 Manufacturing	Composition of sales sector of products (output)						
	Total			D			E			
Gross value added	Consumption expenditure outside households			Compensation of employees			Operating surplus			
	Depreciation of fixed capital			Indirect taxes			(Less) Current subsidies			
	Total			E			D+E			
Domestic production	D+E									

Source : Statistics Bureau Home Page (Japan)

January 9, 2015

② SAM (Social Accounting Matrix)

⇒ a matrix of all the economic flows of resources that take place within an economy

Table: Example of SAM (Honduras)

Social Accounting Matrix of Honduras, 1991 (continued)
Millions of current Lempiras

	FACTORS			HOUSEHOLDS AND OTHER INSTITUTIONS					
	Urblab	Rulab	Capital	hhalto	hhmedio	hlowurb	hlowrur	Empres	Gov
BIEN									
COMPUESTO*									
Agricultural exports (AgrExp)				27.60	27.20	27.20	20.80	0.00	
Agricultural grains (Grains)				36.00	46.80	44.10	53.90	0.00	
Livestock (Livestock)				80.70	67.70	34.80	18.40	0.00	
Other agricultural (OtherAgr)				136.60	191.90	187.20	194.40	0.00	
Agroindustry (IndAgr)				333.50	746.60	872.70	1028.50	0.00	
Other industry (OtherInd)				481.30	795.40	736.00	733.00	0.00	
Construction (Constr)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Trade (Trade)				314.20	441.40	430.60	447.10	0.00	
Mercantile services (MerSer)				596.50	838.00	817.40	848.80	0.00	
Public administration (PubAdmin)				0.00	0.00	0.00	0.00		1769.00
HOUSEHOLDS, ETC.									
High income (hhalto)	1513.80	354.00							1549.60
Medium income (hhmedio)	2192.20	512.60							2244.10
Urban wage Earner (hlowurb)	1900.70	0.00							1384.70
Rural wage Earner (hlowrur)	0.00	444.50							560.90
Enterprises (Empres)			7084.50						
Direct tax (Dirtax)				119.70	173.40	0.00	0.00		
SAVINGS/ INVESTMENT (CAPACC)				1291.20	1620.50	270.80	0.00	1345.10	-1018.10
TOTAL	5606.70	1311.10	7084.50	3417.40	4948.90	3420.70	3345.00	7084.50	750.90

(continued on next page)

Source : Lizardo et al. (1999)

January 9, 2015

③ Household survey

⇒A survey to understand the actual condition of household income and expenditure

Table: Example of Household survey (Honduras)

Table A 2 – B.4 Honduras 2004 - Monthly Average Per Capita values of Consumption Aggregate

		Monthly PC consumption	Food	Rent	Housing	Health	Education	Durables	Others
Area	Urban	2,005	765	278	171	196	145	97	353
	Rural	881	446	84	65	87	38	26	137
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Regions	Tegucigalpa	2,507	846	387	207	249	207	123	489
	San Pedro Sula	2,488	867	355	254	236	197	113	467
	Central Urban	2,034	826	247	168	216	138	101	337
	Central Rural	1,072	530	100	78	104	47	34	179
	Occident Urban	1,400	614	193	110	104	71	76	232
	Occident Rural	609	324	64	46	53	25	12	85
	Orient Urban	1,450	642	178	114	150	92	66	208
	Orient Rural	830	424	75	61	94	34	26	115
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Extreme Poor		358	209	44	35	18	13	3	35
Non-Extreme Poor		735	415	81	57	49	29	12	92
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
All Poor		558	319	63	47	35	22	8	65
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241

The values in the table are the National averages Housing includes utilities and other services, others includes transportation, transfers and personal expenditures

Source : Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006)

Table: Example of Household survey by income class (Pakistan)

TABLE: 2.3.A AVERAGE MONTHLY HOUSEHOLD CONSUMPTION EXPENDITURE AND AVERAGE MONTHLY INCOME BY QUINTILES AND AREAS, 2004-05

QUINTILES	AVERAGE MONTHLY CONSUMPTION EXPENDITURE PER HOUSEHOLD			AVERAGE MONTHLY INCOME PER HOUSEHOLD		
	URBAN	RURAL	TOTAL	URBAN	RURAL	TOTAL
1 st	5621	5086	5171	6203	5446	5567
2 nd	6752	6384	6458	7239	6588	6719
3 rd	7994	7239	7440	8549	7104	7488
4 th	9830	8381	8856	10462	8273	8990
5 th	17043	11819	14619	19233	12658	16182
TOTAL	12079	7712	9121	13371	7929	9685

Source : Household Integrated Economic Survey 2004-2005, Pakistan Bureau of Statistics

January 9, 2015

④ Sociological research

⇒A survey about distribution of living hours and major activity conditions

Table: Example of sociological research (Japan)

Table 1: Average Time Spent on Activities for All Persons by Day of the Week, Sex and Age

Sex Age	Number of samples	Sleep	Personal care	Meals	Commuting to and from school or work	Work	Schoolwork	Housework	Caring or nursing	Child care	Shopping
age	114,061	462	79	99	31	213	39	87	3	14	26
10~14	5,891	515	66	92	34	0	328	5	0	0	11
15~19	6,044	462	72	85	60	41	311	7	0	1	13
20~24	6,315	476	77	84	53	240	83	19	0	9	20
25~29	7,158	463	77	87	44	330	8	41	1	31	22
30~34	8,032	457	77	89	40	317	2	69	1	54	26
35~39	9,643	443	77	90	38	318	2	90	2	47	27
40~44	9,246	432	78	91	40	326	1	107	2	23	27
45~49	7,896	423	78	94	40	329	1	112	3	8	29
50~54	7,558	426	77	95	39	327	1	106	4	3	27
55~59	8,195	434	78	100	34	287	1	112	6	3	28
60~64	10,478	451	80	106	23	204	0	115	6	5	31
65~69	7,688	468	83	112	11	122	0	122	5	4	34
70~74	6,952	481	85	117	6	83	0	126	5	3	34
75~79	5,508	502	88	120	2	49	0	121	6	2	30
80~84	4,130	528	92	121	1	32	0	110	7	1	23
over 85	3,027	580	92	120	1	13	0	70	4	1	13
Male	55,479	469	69	96	40	286	42	18	2	5	17

Source : Statistics Bureau Home Page (Japan)

3.1.3 Input Data の設定方法

Input Data を整理するにあたり、Input Data を Deep Parameter、マクロ経済データ、家計データ、災害データの4種類に区分して整理する。

表 3-1 Input Data のデータ種別

データ種別		データ例	データの詳細
Socio Economic Parameters	Deep Parameter	相対的危険回避度、減耗率など	固定値
	マクロ経済データ	総人口、GDP など	本章で設定方法を詳述
	家計データ	消費、貯蓄、人的投資、物的投資など	
Disaster Parameters	災害データ	人的被害率、物的被害率など	本章で設定方法を詳述

(1) Deep Parameter

固定値とするパラメータを本アプリケーションでは Deep Parameter と呼ぶ。

1) 所得階層数 J

本モデルにおける所得階層数は、世界銀行の階層別所得シェアデータ等の利用可能なデータとの整合を考慮して 5 階層とする。

所得階層数	J = 5
-------	-------

2) 災害ランク数 L

災害ランクは 0~4 の 5 ランクが存在するものと仮定する。(災害ランク及びその災害被害率の具体的設定方法は、APPEMDIX D を参照)

災害ランク数	L = 4
--------	-------

3) 時間選好率 ρ

時間選好率とは、現在の消費を抑制し、将来のために貯蓄するようになる金利水準である。つまり、現在の消費と将来の消費（貯蓄）を関連付けるものであり、時間選好率が大きいほど現在の消費を重視する傾向があることを示す。規定値を 0.12 とする。

時間選好率	$\rho = 0.12$
-------	---------------

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

4) 相対的危険回避度 θ

家計のリスク選好度を示すものであり、数値が大きいほどリスクを回避する傾向があることを示す。ここでは、Kraay and Raddatz (2007) を参考に 2 と設定する。

相対的危険回避度	$\theta = 2$
----------	--------------

5) 生存最低必要消費水準 \bar{c}

生存に最低限必要な消費額を示すものであり、貧困の罫を考慮可能とするものである。簡便化のため、0 と設定する。

生存最低必要消費水準	$\bar{c} = 0$
------------	---------------

6) 物的資産減耗率 δ_z

毎期の物的資産が減耗する割合である。ここでは、物的資産の償却期間は 10 年であると仮定し、0.1 と設定する。

物的資産減耗率	$\delta_z = 0.1$
---------	------------------

7) 生産資本減耗率 δ_k

毎期の生産資本が減耗する割合である。ここでは、生産資本の償却期間は 50 年であると仮定し、0.02 を設定する。

生産資本減耗率	$\delta_k = 0.02$
---------	-------------------

8) 外生的技術進歩率 gb

全要素生産性の進歩率を示す。ここでは、一人当たり GDP と GDP 成長率の関係から、0.042 とする。（具体の設定方法は APPENDIX B を参照）

外生的技術進歩率	$gb = 0.042$
----------	--------------

9) 人的資本形成の補正係数 ι

人的投資額と教育年数の関係を補正する係数である。パラメータの特定（キャリブレーション）の調整のために導入したものであるため、基本的には 1 とする。（1 の場合はモデルに影響が出ない）

人的資本形成の補正係数	$\iota = 1$
-------------	-------------

(2) マクロ経済データの整理・設定

人口や GDP についてデータを収集・整理を行う。生産関数のシェアパラメータについては、産業連関表や SAM をもとに労働投入、資本投入等の分配比率を設定する。

1) 階層別人口 n

各所得階層の人口は、世界銀行の階層別所得シェアデータ等の利用可能なデータとの整合を考慮して、各階層で均等になるよう設定する。

a) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”Population,total”

b) 設定方法

総人口を所得階層数で除することにより導出する。

$$n = \frac{POT}{ICG}$$

n: 階層別人口
 POT: 総人口
 ICG: 所得階層数

c) 設定例

上述の式を用いて、階層別人口を求めた結果を以下の表にまとめる。

表 3-2 階層別人口 (2004 年値)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
総人口(人)	6,762,426	155,151,394	12,367,800	27,403,845	4,246,336
所得階層数	5	5	5	5	5
階層別人口 n (人)	1,352,485	31,030,279	2,473,560	5,480,769	849,267

2) GDP

GDP の初期値は、外生的技術進歩係数 B_0 をキャリブレーションする際に用いる。なお、外生的技術進歩係数 B_0 については、GDP の初期値を入れることにより自動的に導出されるようプログラムされている。

a) 必要データ

- World Bank data (by Country) を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”

b) 設定方法

World Bank のデータベースより取得した生データをそのまま用いる。

c) 設定例

参考として、各国の GDP を以下の表にまとめる。

表 3-3 GDP (2004 年値)

Group	Lower-middle-income economies			Upper-middle-income economies	
	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
GDP (constant 2005 US\$)	9,120,240,790	101,704,136,879	26,352,121,441	70,530,831,291	18,855,016,400

*Group は世界銀行で用いられている基準にて区分（なお、世界銀行の区分では Lower-middle-income economies は平均所得が\$1,046 から\$4,125 までの国家、Lower-middle-income economies は平均所得が\$4,126 から\$12,745 までの国家としている）

3) 生産関数のシェアパラメータ α

a) 必要データ

- Social Account Matrix または Input Output Table

b) 設定方法

各国の Social Accounting Matrix (SAM) データにおける Wage と Capital、または Input Output Table における Wage と Non-Wage Income から生産要素の投入比率を算定し、それを生産関数のシェアパラメータとして使用する。

$$\alpha_1 = \frac{\text{WIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

$$\alpha_2 = \frac{\text{CIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

$$\alpha_3 = \frac{\text{RIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

α_1 : 労働投入シェア
α_2 : 資本投入シェア
α_3 : 土地投入シェア
WIN: 労働所得
CIN: 資本所得
RIN: 地代所得

c) 設定例

ホンジュラスを例に生産関数のシェアパラメータを設定したものを以下に示す。ホンジュラスの SAM データは Lizardo et al. (1999) により整理されたものが存在する。

表 3-4 生産関数のシェアパラメータ (ホンジュラス、1991 年値)

生産要素	入力値	小計額	合計額	比率
Urban Wage Earner	α_1	5606.70	6917.80	0.45
Rural Wage Earner		1311.10		
Capital	α_2	7084.50	7084.50	0.47
Land	α_3	不明	不明	0.08*

表 3-5 生産関数のシェアパラメータ

生産要素	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica	入力値
Urban Wage Earner	0.45	0.52	0.38	0.38	0.45	α_1
Rural Wage Earner						
Capital	0.47	0.4	0.54	0.54	0.47	α_2
Land	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	α_3

*土地のデータに関する情報が不足しているため、各国の土地の比率 α_3 はパキスタンと同率（原則 0.08）と仮定した。

*Guatemala と Costa Rica に関してはデータが得られなかったため、仮定値を設定している。

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

Social Accounting Matrix of Honduras, 1991 (continued)

Millions of current Lempiras

	FACTORS			HOUSEHOLDS AND OTHER INSTITUTIONS					
	Urblab	Rulab	Capital	hhalto	hhmedio	hhlowurb	hhlowrur	Empres	Gov
BIEN									
COMPUESTO*									
Agricultural exports (AgrExp)				27.60	27.20	27.20	20.80	0.00	
Agricultural grains (Grains)				36.00	46.80	44.10	53.90	0.00	
Livestock (Livestock)				80.70	67.70	34.80	18.40	0.00	
Other agricultural (OtherAgr)				136.60	191.90	187.20	194.40	0.00	
Agroindustry (IndAgr)				333.50	746.60	872.70	1028.50	0.00	
Other industry (OtherInd)				481.30	795.40	736.00	733.00	0.00	
Construction (Constr)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Trade (Trade)				314.20	441.40	430.60	447.10	0.00	
Mercantile services (MerSer)				596.50	838.00	817.40	848.80	0.00	
Public administration (PubAdmin)				0.00	0.00	0.00	0.00		1769.00
HOUSEHOLDS, ETC.									
High income (hhalto)	1513.80	354.00						1549.60	
Medium income (hhmedio)	2192.20	512.60						2244.10	
Urban wage Earner (hhlowurb)	1900.70	0.00						1384.70	
Rural wage Earner (hhlowrur)	0.00	444.50						560.90	
Enterprises (Empres)			7084.50						
Direct tax (Dirtax)				119.70	173.40	0.00	0.00		
SAVINGS/ INVESTMENT (CAPACC)				1291.20	1620.50	270.80	0.00	1345.10	-1018.10
TOTAL	5606.70	1311.10	7084.50	3417.40	4948.90	3420.70	3345.00	7084.50	750.90

(continued on next page)

Reference: Lizardo et al. (1999)

(3) 家計データの整理・設定

次に、消費額、物的資産、金融資産、人的資本等の家計の初期値データを収集・整理する。所得階層別にデータ把握が可能な場合には、階層別に把握する。

また、消費のシェアパラメータの初期値データについては、家計調査データを用いて、消費と物的資産への分配割合を算出して設定する。

1) 所得分配

各階層の各所得分配額を把握する。本データは、後述の金融資産等の設定の際に用いる。

a) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”、“Income share held by lowest 20%”、“Income share held by second 20%”、“Income share held by third 20%”、“Income share held by fourth 20%”、“Income share held by highest 20%”

表 3-6 所得分配の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

b) 設定方法

まず、社会経済データにて設定したシェアパラメータ α_i により GDP を案分して労働所得・資本所得を得る。次に、階層別のデータを算出するため、所得シェアを使用して労働所得・資本所得を階層毎に分配する。(証明は APPENDIX C の「参考：所得分配の関係式の導出」にて説明)

$$\beta_1 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_1 \cdot a}{n}$$

$$\beta_2 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_2 \cdot a}{n}$$

$$\beta_3 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_3 \cdot a}{n}$$

β_1 : 階層別一人あたり労働所得

β_2 : 階層別一人あたり資本所得

β_3 : 階層別一人あたり地代所得

GDP : 総所得

α_1 : 労働投入シェア

α_2 : 資本投入シェア

α_3 : 土地投入シェア

a : 所得シェア

n : 階層別人口

※ α_i は生産関数のシェアパラメータを示す。

c) 設定例

ホンジュラスを例に挙げると、以下のように各階層の所得を求めることができる。

表 3-7 所得分配（ホンジュラス、1994 年値）

所得分配	GDP (billion \$)	値	GDP (billion \$)× 値
労働所得	6.376	0.45	2.869
資本所得		0.47	2.997

算出した労働所得・資本所得を所得シェアで5階層に案分し、さらに案分したデータを各階層の人口で割ることで一人あたりの労働所得・資本所得を算出する。

表 3-8 階層別一人当たり労働所得（ホンジュラス、1994 年値）

所得階層	労働所得(全体) (billion \$)	所得シェア	労働所得(階層別) (billion \$)	労働所得(一人当たり) (\$)
1st (poorest)	2.869	0.032	0.092	84.4
2nd (poor)		0.069	0.200	182.9
3rd (middle)		0.115	0.334	305.6
4th (rich)		0.192	0.556	509.0
5th (richest)		0.593	1.717	1573.3

表 3-9 階層別一人当たり資本所得（ホンジュラス、1994 年値）

所得階層	資本所得(全体) (billion \$)	所得シェア	資本所得(階層別) (billion \$)	資本所得(一人当たり) (\$)
1st (poorest)	2.997	0.032	0.094	86.5
2nd (poor)		0.069	0.204	187.4
3rd (middle)		0.115	0.342	313.0
4th (rich)		0.192	0.569	521.3
5th (richest)		0.593	1.758	1611.2

2) 家計の支出シェア

a) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など

b) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロファイル等を参照し、非耐久財支出(Food, Health, others など)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables など)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。

$$H_1 = \frac{h_1}{h}$$

$$H_2 = \frac{h_2}{h}$$

H_1 : 非耐久財支出シェア

H_2 : 耐久財支出シェア

h_1 : 非耐久財支出

h_2 : 耐久財支出

h : 総支出

c) 設定例

ホンジュラスを例にとると、Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006) に家計支出の内訳が掲載されていたため、そのデータを用いて家計の支出シェアを設定した。

表 3-10 月当たり支出の内訳 (ホンジュラス、2004 年値)

支出区分	支出内訳	小計額 (Lempira)	合計額 (Lempira)	支出比率
非耐久財 (消費)	Food	600	980	0.69
	Health	139		
	Others	241		
耐久財 (物的)	Rent	177	353	0.25
	Housing	116		
	Durables	60		
教育投資	Education	89	89	0.06

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

Table A 2 – B.4 Honduras 2004 - Monthly Average Per Capita values of Consumption Aggregate

		Monthly PC consumption	Food	Rent	Housing	Health	Education	Durables	Others
Area	Urban	2,005	765	278	171	196	145	97	353
	Rural	881	446	84	65	87	38	26	137
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Regions	Tegucigalpa	2,507	846	387	207	249	207	123	489
	San Pedro Sula	2,488	867	355	254	236	197	113	467
	Central Urban	2,034	826	247	168	216	138	101	337
	Central Rural	1,072	530	100	78	104	47	34	179
	Occident Urban	1,400	614	193	110	104	71	76	232
	Occident Rural	609	324	64	46	53	25	12	85
	Orient Urban	1,450	642	178	114	150	92	66	208
	Orient Rural	830	424	75	61	94	34	26	115
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Extreme Poor		358	209	44	35	18	13	3	35
Non-Extreme Poor		735	415	81	57	49	29	12	92
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
All Poor		558	319	63	47	35	22	8	65
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241

The values in the table are the National averages Housing includes utilities and other services, others includes transportation, transfers and personal expenditures

Reference: Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006)

3) 消費 c

a) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロフィール など
- 家計の支出シェア (前段で算出)

b) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロフィールを参照し、非耐久財支出(Food, Health, others)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。階層別の家計調査がある場合は、所得シェアではなく、階層別の家計調査結果のデータを使用する。

消費 c は、総支出額に (2) で算出した各々の支出シェアを掛け合わせるにより算出する。

$$h = \text{GDP} - \text{Gross Domestic Saving}$$

$$c = \frac{h \cdot H_1 \cdot a}{n}$$

<p style="text-align: center;"> <i>h</i> : 総支出額 <i>GDP</i> : 総所得 Gross Domestic Saving : 総貯蓄 <i>c</i> : 階層別消費 (一人あたり) <i>H</i>₁ : 非耐久財支出シェア <i>a</i> : 所得シェア <i>n</i> : 階層別人口 </p>

c) 設定例

上述の方法に従い、算出した結果を以下の表に示す。

表 3-11 一人あたり消費 c (2004 年値)

消費 c	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	93	208	241	295	462
2nd (poor)	243	289	545	583	1,032
3rd (middle)	448	369	889	926	1,613
4th (rich)	787	480	1,427	1,457	2,575
5th (richest)	2,564	924	3,820	3,777	6,574

4) 人的資本 h

a) 必要データ

- UNDP data (Mean years of schooling)
- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロフィール など

b) 設定方法

所得階層別の平均就学年数を人的資本の代理変数として設定する。

c) 設定結果

人的資本の代理変数として、平均就学年数を使用した際の設定結果を以下の表に示す。

表 3-12 人的資本（平均就学年数）の設定値（2004 年値）

人的資本 h	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	3.3	3.2	3.5	8.4	7.9
2nd (poor)	4.2	3.9	3.5	8.4	7.9
3rd (middle)	5.0	4.2	3.5	8.4	7.9
4th (rich)	6.0	4.4	3.5	8.4	7.9
5th (richest)	6.9	5.6	3.5	8.4	7.9

※Guatemala, Peru, Costa Rica は階層別の平均就学年数データが存在しないため、各階層の初期値は同値であると仮定した。

5) 物的資本 z

a) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など
- 家計の支出シェア (前段で算出)

b) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロファイルを参照し、非耐久財支出(Food, Health, others)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。階層別の家計調査がある場合は、所得シェアではなく、階層別の家計調査結果のデータを使用する。

物的資本 z は、総支出額に (2) で算出した各々の支出シェアを掛け合わせるにより算出する。物的資本は、耐久財支出額を利率で割り、フロー値をストック値へ変換することとで求める。

$$h = \text{GDP} - \text{Gross Domestic Saving}$$

$$z = \frac{h \cdot H_2 \cdot a}{(I + \text{DEP} + \text{HDR} - \text{CDR}) \cdot n}$$

h : 総支出額
GDP : 総所得
Gross Domestic Saving : 総貯蓄
z : 階層別物的資産 (一人あたり)
H_2 : 耐久財支出シェア
a : 所得シェア
I : 利率
DEP : 物的減耗率
HDR : 家計被害率
CDR : 企業被害率
n : 階層別人口

c) 設定例

上述の方法に従い、算出した結果を以下の表に示す。

表 3-13 一人あたり物的資産 z (2004 年値)

物的資産 z	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	112	186	364	306	498
2nd (poor)	293	259	825	605	1,112
3rd (middle)	540	331	1,345	962	1,738
4th (rich)	949	429	2,158	1,513	2,775
5th (richest)	3,091	827	5,779	3,923	7,084

6) 金融資産 b

a) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”、“Income share held by lowest 20%”、“Income share held by second 20%”、“Income share held by third 20%”、“Income share held by fourth 20%”、“Income share held by highest 20%”

表 3-14 金融資産の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Rental rate(lending rate)
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

b) 設定方法

(1) で算出した所得分配の関係式から、資本所得は以下のように表される。

$$CI = GDP - \alpha_2 = (I + PCD) \cdot FA$$

CI : 資本所得
GDP : 総所得
α_2 : 資本投資シェア
I : 利子率
PCD : 生産資本減耗率
FA : 金融資産

3. DR²AD Model の普及・展開に向けた運用面に関する検討

よって、資本所得を利子率と生産資本減耗率の和で割ることにより、金融資産を求めることができる。

$$SFA = \frac{CI \cdot a}{(I + PCD)n}$$

SFA : 階層別金融資産 (一人あたり)
CI : 資本所得
I : 利子率
PCD : 生産資本減耗率
a : 所得シェア
n : 階層別人口

c) 設定例

(2)で算出した一人あたり資本所得を利子率と減耗率の和で割り戻すことで一人あたりの金融資産を算出する。

表 3-15 一人あたり金融資産 (ホンジュラス、2004 年値)

所得階層	資本所得 (一人あたり) (\$)	利子率	減耗率	金融資産 (一人あたり) (\$)
1st (poorest)	70	0.199	0.02	321
2nd (poor)	184			842
3rd (middle)	340			1,554
4th (rich)	598			2,732
5th (richest)	1,947			8,899

表 3-16 一人あたり金融資産 (2004 年値)

金融資産 b	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	321	1297	1277	1101	1793
2nd (poor)	842	1801	2892	2176	4005
3rd (middle)	1554	2306	4713	3458	6259
4th (rich)	2732	2992	7564	5440	9993
5th (richest)	8899	5765	20256	14104	25513

7) 土地面積 T

a) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用

表 3-17 土地面積の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Arable Land
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

b) 設定方法

土地面積 T は農耕地面積と仮定し、所得シェアを用いることにより階層別の値を設定する。さらに階層別人口で一人あたりの土地面積を算出する。

$$T = \frac{CA \cdot a}{SPO}$$

<i>T</i> : 一人当たり土地面積 (階層別)
<i>CA</i> : 農耕地面積
<i>a</i> : 所得シェア
<i>SPO</i> : 所得階層別人口

c) 設定例

上述の方法に従い、ホンジュラスデータにより算出した結果を以下の表に示す。

表 3-18 階層別一人当たり土地面積 (ホンジュラス、1994 年値)

所得階層	土地面積 (全体) (ha)	所得シェア	土地面積 (階層別) (ha)	土地面積 (一人当たり) (ha)
1st (poorest)	1,650,000	0.032	52,470	0.05
2nd (poor)		0.069	113,685	0.10
3rd (middle)		0.115	189,915	0.17
4th (rich)		0.192	316,305	0.29
5th (richest)		0.593	977,625	0.90

8) 年間教育時間比率 m

a) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など

b) 設定方法

人的投資は教育時間のデータを利用する。ただし、開発途上国においては統計データが整備されていない可能性が高い。

その場合、以下の方法により、代表的個人の年間平均教育比率を設定する。

◇仮定

- 就学者は年間を通して教育を受けるものとする。(x 時間×y 日)
- 勤労者は年間を通して労働を行うものとする。(x 時間×y 日)

ここで、就学者は年間を通して教育のみを、勤労者は労働のみを行うと仮定すると、一人当たりの年間平均教育時間比率は以下のように表される。

$$m_0 \equiv \frac{SPO}{(SPO + EPO)} = \frac{TET}{(TET + TWT)}$$

m_0 : 年間平均教育時間比率の初期値
 SPO : 就学人口
 EPO : 就業人口
 TET : 教育時間の合計
 TWT : 労働時間の合計

※就学人口：世界銀行データベースにデータが存在する「Primary」と「Secondary」の生徒数の合計として設定

※就業人口：「Primary 入学年齢（5 歳前後）から退職年齢（65 歳）までの合計人口」から「就学人口」を引いた人口として設定

c) 設定例

人口データを用いて計算した各国の結果以下ようになる。

表 3-19 年間平均教育時間比率の初期値 m_0

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
年間平均教育時間比率の初期値 m_0	0.33	0.18	0.31	0.31	0.26

9) 人的資本減耗率 δ_h

a) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用

表 3-20 人的資本減耗率の設定に必要な World Bank data

Name of Data
Death rate, crude (per 1,000 people)
Mortality rate, infant (per 1,000 live births)
Number of infant deaths
Population, total

b) 設定方法

人的資本減耗率 δ_h は、人的資本保有者の死亡者数を総人口で除することにより得る。DR²AD model において、人的資本減耗率 δ_h は、知識の陳腐化や労働世代の入れ替わりを反映するものとしている。

$$\delta_h (\equiv \text{CFR}) = \frac{\text{DT} - \text{IDT}}{\text{TPO}}$$

δ_h : 人的資本減耗率
CFR : 死亡率
DT : 死亡者数
IDT : 乳幼児死亡者数
TPO : 総人口

c) 設定例

以下、ケーススタディ対象国の 2004 年値を用いて設定した結果を示す。各国の人的資本減耗率 δ_h とともに、概ね 0.4%~0.5%程度となった。

表 3-21 人的資本減耗率 δ_k の算定 (2004 年値)

	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
Death rate, crude (per 1,000 people)	5.21	7.45	5.92	5.49	4.02
Mortality rate, infant (per 1,000 live births)	26.50	81.60	34.60	23.00	9.20
Number of deaths	35,239	1,155,412	73,168	150,420	17,049
Number of infant deaths	5,160	329,382	14,941	14,105	720
Population, total	6,762,426	155,151,394	12,367,800	27,403,845	4,246,336
Depletion rate δ_k	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004

※データの出典は、「the World Development Indicator, World Bank」より

10) 人的資本費用関数 η

代表的個人の人的資本（平均就学年数）のレベルに応じた人的投資費用を考慮するため、人的投資費用関数を教育水準別（小学校、中学校、高校、大学等）に設定した。

a) 必要データ

■ INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO

- Duration by level of education
- Government expenditure per student as % of GDP per capita

■ World Development Indicator, World Bank

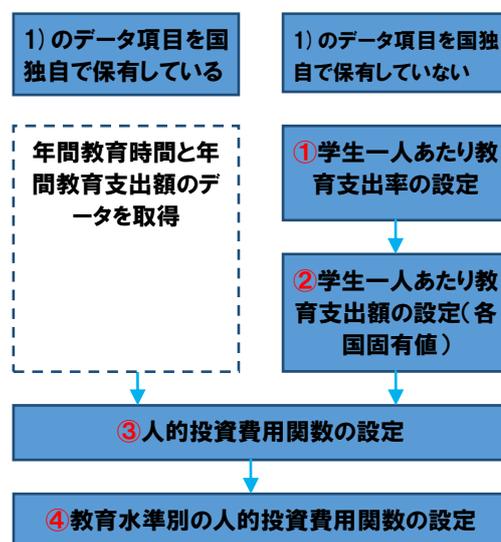
- Country and Lending Groups
- GDP per capita (constant 2005 US\$)

b) 設定方法

教育水準別に家計が年間に教育に投じた費用と教育時間との関係についてのデータがある場合にはその関係を用いて、人的投資費用関数を推計する。

データがない場合には、所得グループに応じた教育支出率を用い簡便的に人的投資費用関数を推計する。

設定の手順は以下の通りである。



① 学生一人あたり教育支出率の設定

(必要データ)

- Country and Lending Groups
- Government expenditure per student as % of GDP per capita

World Bank 「Country and Lending Groups」で設定されている国家単位の所得グループ別に、学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita)を算出する。算出した値は、ユニバーサル値として利用する。

表 3-22 学生一人あたり教育支出率 (% GDP per capita、2004-2012 年の平均値) (単位 : %)

Income class \ Education Level	Low income (GNI per capita of \$1,045 or less)	Lower middle income (GNI per capita of \$1,046 to \$4,125)	upper middle income (GNI per capita of \$4,126 to \$12,745)	High income: non OECD (GNI per capita of \$12,746 or more)	High income: OECD (GNI per capita of \$12,746 or more)
Primary	12.5	13.8	17.0	15.5	20.8
Lower secondary	17.9	16.4	19.4	18.9	24.2
Upper secondary	62.7	25.7	20.5	21.2	26.7
Tertiary	215.1	74.3	36.3	28.9	29.4

② 学生一人あたり教育支出額の設定 (各国固有値)

(必要データ)

- GDP per capita (constant 2005 US\$)

①で求めた学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita)を各国固有の GDP per capita に掛け合わせることで、各国固有の学生一人あたり教育支出額 (\$) を算出する。

$$USD = EOR \cdot GDP \text{ per capita}(USD)$$

USD : 学生一人あたり教育支出額
EOR : 学生一人あたり教育支出率 (%GDP per capita)

表 3-23 GDP per capita (2004-2012 年の平均) (単位 : USD)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
GDP per capita (constant 2005 US\$)	1,490	731	2,248	3,242	5,150
Income class	Lower-mid dle-income	Lower-mid dle-income	Lower-mid dle-income	Upper-mid dle-income	Upper-mid dle-income

表 3-24 学生一人あたり教育支出額 (単位 : USD)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
Primary	205.8	100.9	310.0	555.4	880.3
Lower secondary	245.3	120.3	369.8	632.0	1001.9
Upper secondary	381.3	187.3	575.6	665.4	1056.8
Tertiary	1092.6	536.4	1653.3	1154.8	1858.0

③ 人的投資費用関数の設定

②で求めた学生一人あたり教育支出額を用いて人的投資費用関数を設定する。人的投資費用関数は、縦軸に教育支出額 η 、横軸に就学年数の伸び m を取る。

就学年数の伸び m は、一年間を通じて教育を受けた場合は $m = 1$ 、全く教育を受けなかった場合は $m = 0$ となる。

人的投資費用関数は、就学年数の伸び m が大きくなるほど教育支出額 η が乗数的に増大するものと仮定し、その関数形は二次関数とする。人的投資費用関数の形状は他にも指数型やロジスティック型も考えられるが、二次関数とすることで就学年数の伸び m に関する一階条件式が解析的に解けるようになり、モデルの安定性や扱い易さが向上する。

以下、パキスタンのデータを用いて、人的投資費用関数を設定した例である。

表 3-25 人的投資費用関数の設定値（ホンジュラスを例に）

Pakistan	教育支出額 η (\$) (2004-2012 平均値)	就学年数の伸び m (years)	人的投資費用関数 $\eta(m)$ (\$)
Primary	205.8	1	$\eta(m)=205.8 m^2$
Lower secondary	245.3	1	$\eta(m)=245.3 m^2$
Upper secondary	381.3	1	$\eta(m)=381.3 m^2$
Tertiary	1092.6	1	$\eta(m)=1092.6 m^2$

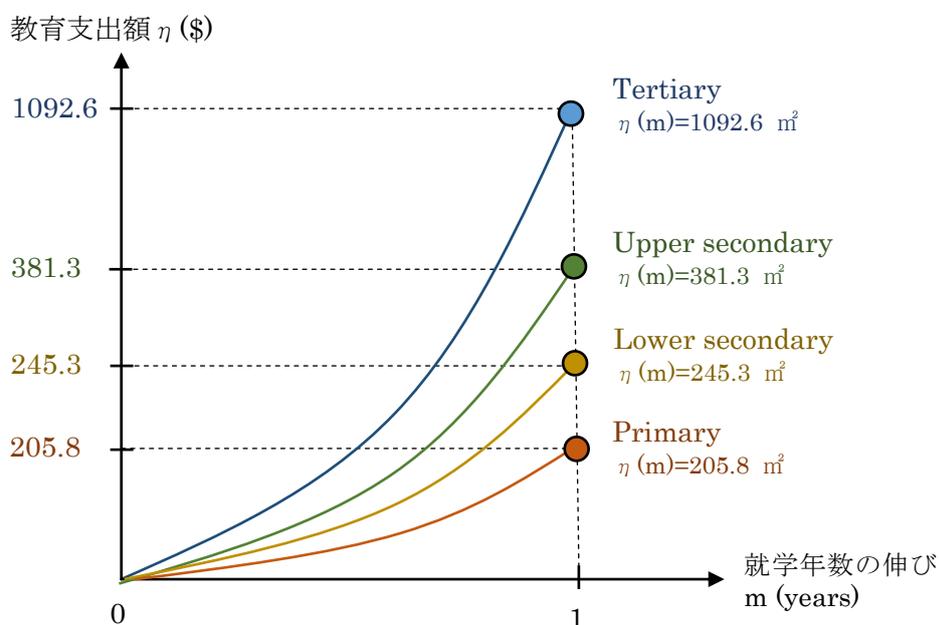


図 3-11 人的投資費用関数の設定（ホンジュラスを例に）

④教育水準別の人的投資費用関数の設定

(必要データの使用)

- Duration by level of education

国別の教育水準別の標準在籍期間 (duration) を参考に、教育水準別の人的投資費用関数の使用範囲を定める。

c) 設定例

以下の表に人的資本のレベルを考慮した人的投資費用関数を整理する。表中の Range of Human Capital の範囲は、標準在籍期間 (duration) を基に設定している。

表 3-26 人的投資費用関数 (ステップ関数型)

Education Level	Country					Duration
	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica	
Primary	$y = 205.8 \text{ m}^2$	$y = 100.9 \text{ m}^2$	$y = 310.0 \text{ m}^2$	$y = 555.4 \text{ m}^2$	$y = 880.3 \text{ m}^2$	$0 \leq h \leq 6$
Lower secondary	$y = 245.3 \text{ m}^2$	$y = 120.3 \text{ m}^2$	$y = 369.8 \text{ m}^2$	$y = 632.0 \text{ m}^2$	$y = 1001.9 \text{ m}^2$	$6 < h \leq 9$
Upper secondary	$y = 381.3 \text{ m}^2$	$y = 187.3 \text{ m}^2$	$y = 575.6 \text{ m}^2$	$y = 665.4 \text{ m}^2$	$y = 1056.8 \text{ m}^2$	$9 < h \leq 11$
Tertiary (Bachelor)	$y = 1092.6 \text{ m}^2$	$y = 536.4 \text{ m}^2$	$y = 1653.3 \text{ m}^2$	$y = 1164.8 \text{ m}^2$	$y = 1858.0 \text{ m}^2$	$11 < h \leq 15$
Tertiary (Master)	$y = 1504.3 \text{ m}^2$	$y = 651.4 \text{ m}^2$	$y = 2275.5 \text{ m}^2$	$y = 1412.9 \text{ m}^2$	$y = 2256.9 \text{ m}^2$	$15 < h \leq 17$
Tertiary (Doctor)	$y = 1918.7 \text{ m}^2$	$y = 820.0 \text{ m}^2$	$y = 2904.4 \text{ m}^2$	$y = 1679.8 \text{ m}^2$	$y = 2685.6 \text{ m}^2$	$17 < h \leq 20$
Post-tertiary	$y = 5347.2 \text{ m}^2$	$y = 2064.6 \text{ m}^2$	$y = 8097.9 \text{ m}^2$	$y = 3860.1 \text{ m}^2$	$y = 6188.3 \text{ m}^2$	$20 < h \leq 60$

※Tertiary (Master)、Tertiary (Doctor)、Post-tertiary に関しては、Primary から Tertiary (Bachelor)までのデータを基に回帰分析により導出

(4) 設定データのまとめ

ケーススタディ対象国における社会経済データ及び、家計データの設定データを取りまとめると下表の通りである。

表 3-27 設定データ（社会経済データ・家計データ）

Excel File name	SEPara_Sampl eHONDURAS	SEPara_Sampl ePAKISTAN	SEPara_Sampl ePERU	SEPara_Sampl eGUATEMALA	SEPara_Sampl eCOSTARICA
J	5	5	5	5	5
L	4	4	4	4	4
rho	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
theta	2	2	2	2	2
cbar	0	0	0	0	0
deltaz	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
deltak	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
gb	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
iota	1	1	1	1	1
Pop0	6762426	155151394	27403845	12367800	4246336
GDP0	9120240790	101704136879	70530831291	26352121441	18855016400
alpha1	0.45	0.52	0.38	0.38	0.45
alpha2	0.47	0.4	0.54	0.54	0.47
alpha3	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
c0	93	208	295	241	462
	243	289	583	545	1032
	448	369	926	889	1613
	787	480	1457	1427	2575
	2564	924	3777	3820	6574
h0	3.3	3.2	8.4	3.5	7.9
	4.2	3.9	8.4	3.5	7.9
	5.0	4.2	8.4	3.5	7.9
	6.0	4.4	8.4	3.5	7.9
	6.9	5.6	8.4	3.5	7.9
z0	112	186	306	364	498
	293	259	605	825	1112
	540	331	962	1345	1738
	949	429	1513	2158	2775
	3091	827	3923	5779	7084
b0	321	1297	1101	1277	1793
	842	1801	2176	2892	4005
	1554	2306	3458	4713	6259
	2732	2992	5440	7564	9993
	8899	5765	14104	20256	25513
T0	0.02	0.06	0.03	0.02	0.01
	0.05	0.09	0.05	0.05	0.02
	0.08	0.11	0.09	0.08	0.03
	0.15	0.15	0.14	0.13	0.05
	0.48	0.28	0.35	0.36	0.13
m0	0.33	0.18	0.31	0.31	0.26
deltah	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
eta0	0	0	0	0	0
eta1	0	0	0	0	0
eta2M	205.8	100.9	632	310	1001.9
eta2Mvector	205.8	100.9	555.4	310.0	880.3
	245.3	120.3	632.0	369.8	1001.9
	381.3	187.3	665.4	575.6	1056.8
	1092.6	536.4	1164.8	1653.3	1858.0
	1504.3	651.4	1412.9	2275.5	2256.9
	1918.7	820.0	1679.8	2904.4	2685.6
	5347.2	2064.6	3860.1	8097.9	6183.3
	20000	20000	20000	20000	20000

3.1.4 災害データの整理・設定

分析対象国における災害データを UNISDR の DesInventar をもとに収集・整理する。

人的被害率、家計被害率（家屋・家財）生産設備被害（企業の設備）、土地等の被害率の設定は以下の通りである。

<被害率の設定方法>

対象国の UNISDR の DesInventar のデータを用い、以下の考え方で、確率規模別の被害関数を推計。災害が発生しないランク 0 の発生確率は $1/2$ とし、それ以外の災害発生時には期待被害面積が等しくなるように 4 等分し、その確率規模のランク毎に区分する。

事業所の被害率は家屋被害率と同率であるという前提のもと以下の通り設定する。

○人的被害率＝被害人口÷総人口

○家計被害率＝被害家屋数÷全体家屋数（総世帯数にて設定）

○生産設備被害率＝事業所被害+公共施設被害＝家計被害× $(1+3.4)$ ＝ 4.4 ×家計被害

公共施設被害＝一般資産被害（家屋+事業所）の 1.7 倍＝ $(1+1) \times 1.7 = 2 \times 1.7 = 3.4$

○土地被害率：見込まない

設定した被害に対し、対策を実施した際の効果は以下の通りである。次頁以降に対策別の被害率の設定結果を示す。

<対策メニュー>

対策名	内容
対策なし	確率規模別に応じた被害率が発生
ソフト対策	人的被害のみ洪水の場合 100%減、地震の場合は効果なし
ハード対策あり 1	ランク 1 の規模の災害を防ぐことができる対策を実施（ランク 2 以降の災害発生時には、被害関数のスライド分だけ被害率が軽減）
ハード対策あり 2	ランク 2 の規模の災害を防ぐことができる対策を実施（ランク 3 以降の災害発生時には、被害関数のスライド分だけ被害率が軽減）
ハード対策あり 1 +ソフト対策	上記対策の組み合わせ（地震の場合はハード対策 1 の効果と同様）
ハード対策あり 2 +ソフト対策	上記対策の組み合わせ（地震の場合はハード対策 2 の効果と同様）
シナリオ A	5 年目まで対策なし、5 年目以降はハード対策 1 を実施
シナリオ B	5 年目まで対策なし、5 年目以降はハード対策 1 を実施、10 年目以降はハード対策 2 を実施

(1) パキスタン

1) 洪水

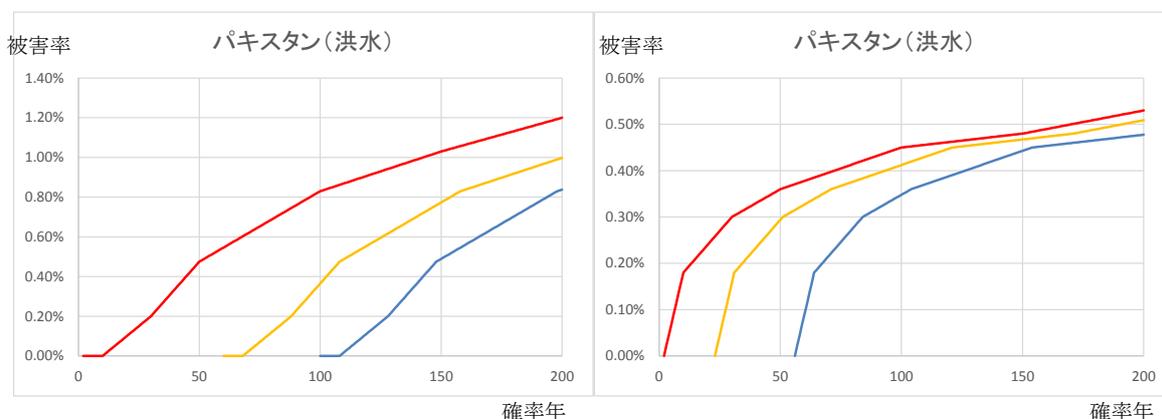


図 3-12 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-28 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.23%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	0.68%	0.00%	0.13%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	0.92%	0.00%	0.57%	0.17%
	4	0.7%	1/146~1/200	1.11%	0.00%	0.89%	0.65%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.16%	0.16%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	0.32%	0.32%	0.21%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	0.42%	0.42%	0.38%	0.27%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.49%	0.49%	0.47%	0.44%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.72%	0.72%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	1.43%	1.43%	0.92%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	1.84%	1.84%	1.67%	1.17%
	4	0.7%	1/146~1/200	2.15%	2.15%	2.08%	1.93%

2) 地震

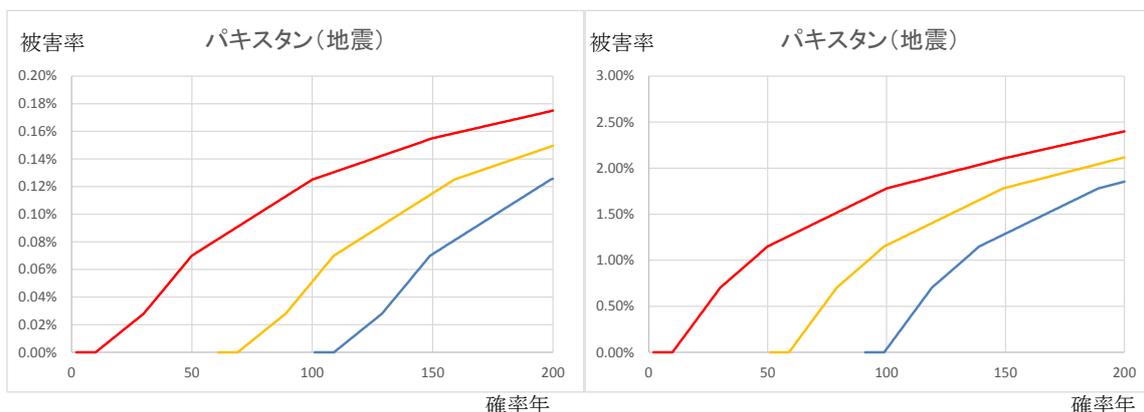


図 3-13 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-29 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	0.10%	0.10%	0.02%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	0.14%	0.14%	0.08%	0.02%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.16%	0.16%	0.13%	0.10%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.53%	0.53%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	1.41%	1.41%	0.41%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	1.87%	1.87%	1.34%	0.53%
	4	0.7%	1/146~1/200	2.23%	2.23%	1.91%	1.53%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	2.34%	2.34%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	6.20%	6.20%	1.82%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	8.24%	8.24%	5.92%	2.34%
	4	0.7%	1/146~1/200	9.79%	9.79%	8.42%	6.75%

(2) ホンジュラス

1) 洪水

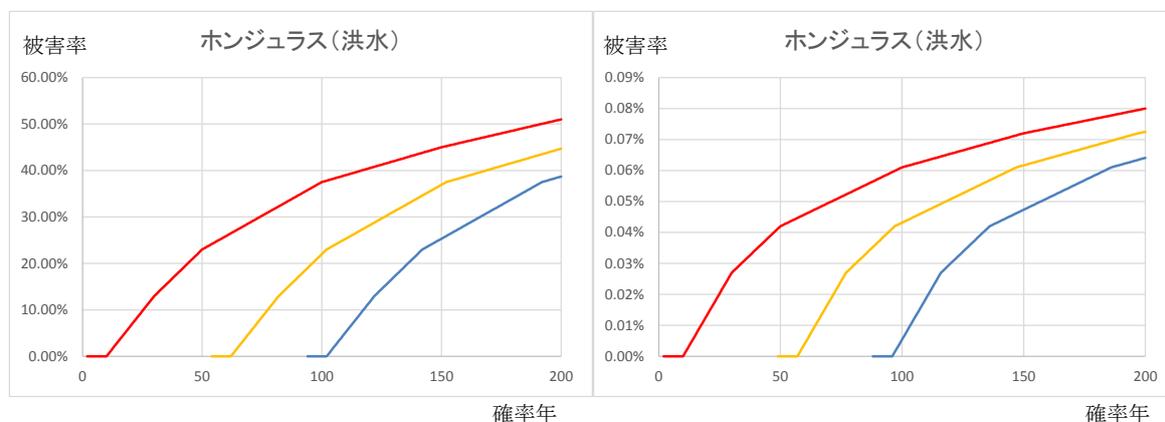


図 3-14 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-30 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	11.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/94	29.82%	0.00%	7.81%	0.00%
	3	1.1%	1/94~1/142	40.06%	0.00%	27.34%	9.97%
	4	0.7%	1/142~1/200	47.50%	0.00%	40.22%	31.32%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/94	0.05%	0.05%	0.02%	0.00%
	3	1.1%	1/94~1/142	0.06%	0.06%	0.05%	0.02%
	4	0.7%	1/142~1/200	0.07%	0.07%	0.07%	0.05%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.08%	0.08%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/94	0.21%	0.21%	0.07%	0.00%
	3	1.1%	1/94~1/142	0.28%	0.28%	0.21%	0.09%
	4	0.7%	1/142~1/200	0.33%	0.33%	0.29%	0.24%

2) 地震

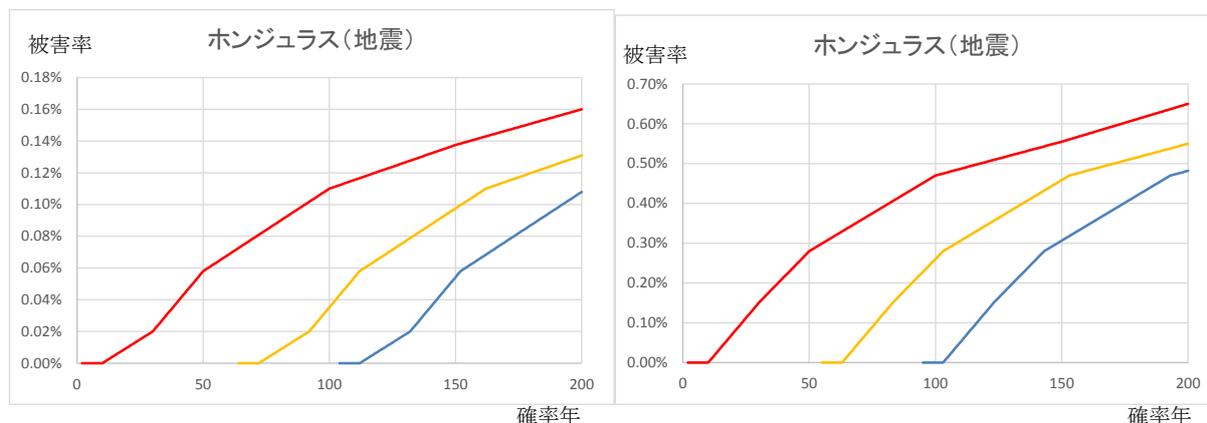


図 3-15 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-31 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.8%	1/2~1/64	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/64~1/104	0.09%	0.09%	0.01%	0.00%
	3	1.0%	1/104~1/149	0.12%	0.12%	0.07%	0.02%
	4	0.7%	1/149~1/200	0.15%	0.15%	0.12%	0.08%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.8%	1/2~1/64	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/64~1/104	0.37%	0.37%	0.09%	0.00%
	3	1.0%	1/104~1/149	0.50%	0.50%	0.34%	0.12%
	4	0.7%	1/149~1/200	0.60%	0.60%	0.50%	0.39%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ホンジュラス(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.8%	1/2~1/64	0.59%	0.59%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/64~1/104	1.64%	1.64%	0.40%	0.00%
	3	1.0%	1/104~1/149	2.20%	2.20%	1.48%	0.52%
	4	0.7%	1/149~1/200	2.62%	2.62%	2.20%	1.70%

(3) ペルー

1) 洪水

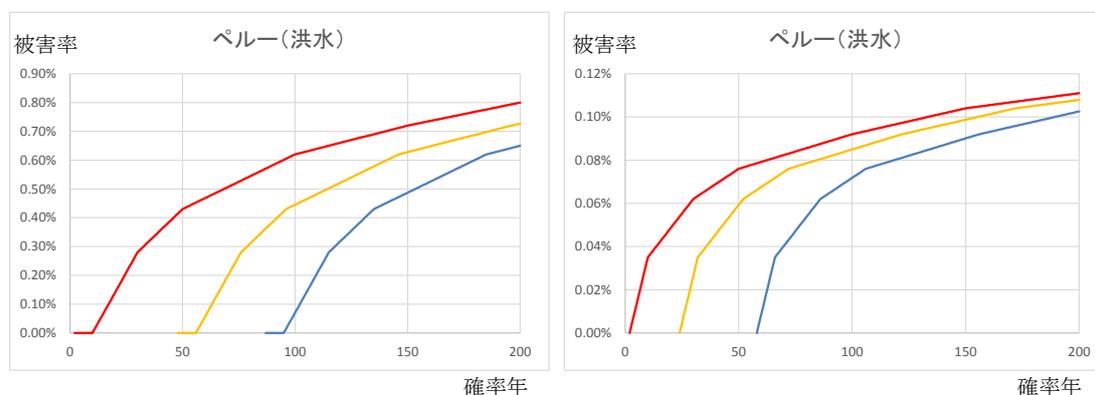


図 3-16 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-32 ランク别人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.0%	1/2~1/48	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.1%	1/48~1/87	0.49%	0.00%	0.16%	0.00%
	3	1.1%	1/87~1/136	0.64%	0.00%	0.48%	0.21%
	4	0.7%	1/136~1/200	0.75%	0.00%	0.66%	0.55%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.0%	1/2~1/48	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%
	2	2.1%	1/48~1/87	0.07%	0.07%	0.04%	0.00%
	3	1.1%	1/87~1/136	0.09%	0.09%	0.08%	0.05%
	4	0.7%	1/136~1/200	0.10%	0.10%	0.10%	0.09%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.0%	1/2~1/48	0.15%	0.15%	0.00%	0.00%
	2	2.1%	1/48~1/87	0.30%	0.30%	0.19%	0.00%
	3	1.1%	1/87~1/136	0.38%	0.38%	0.35%	0.24%
	4	0.7%	1/136~1/200	0.46%	0.46%	0.44%	0.40%

2) 地震

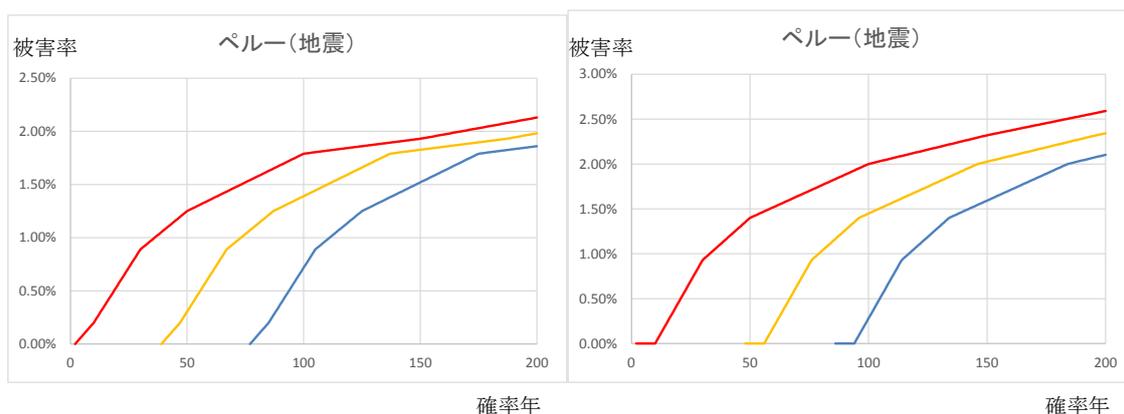


図 3-17 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-33 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.4%	1/2~1/39	0.54%	0.54%	0.00%	0.00%
	2	2.6%	1/39~1/77	1.32%	1.32%	0.55%	0.00%
	3	1.3%	1/77~1/128	1.75%	1.75%	1.40%	0.71%
	4	0.8%	1/128~1/200	1.99%	1.99%	1.86%	1.64%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.4%	1/2~1/39	0.63%	0.63%	0.00%	0.00%
	2	2.6%	1/39~1/77	1.60%	1.60%	0.51%	0.00%
	3	1.3%	1/77~1/128	2.06%	2.06%	1.56%	0.69%
	4	0.8%	1/128~1/200	2.42%	2.42%	2.14%	1.80%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
ペルー(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.4%	1/2~1/39	2.79%	2.79%	0.00%	0.00%
	2	2.6%	1/39~1/77	7.03%	7.03%	2.22%	0.00%
	3	1.3%	1/77~1/128	9.04%	9.04%	6.87%	3.05%
	4	0.8%	1/128~1/200	10.63%	10.63%	9.40%	7.90%

(4) コスタリカ

1) 洪水

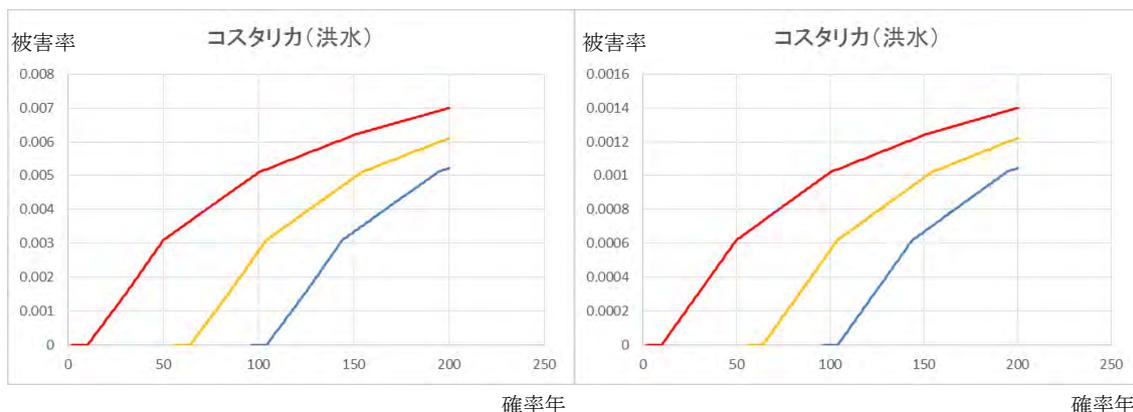


図 3-18 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-34 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.5%	1/2~1/56	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.8%	1/56~1/96	0.41%	0.00%	0.09%	0.00%
	3	1.0%	1/96~1/143	0.55%	0.00%	0.37%	0.12%
	4	0.7%	1/143~1/200	0.65%	0.00%	0.55%	0.42%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.5%	1/2~1/56	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%
	2	1.8%	1/56~1/96	0.08%	0.08%	0.02%	0.00%
	3	1.0%	1/96~1/143	0.11%	0.11%	0.07%	0.02%
	4	0.7%	1/143~1/200	0.13%	0.13%	0.11%	0.08%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.5%	1/2~1/56	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%
	2	1.8%	1/56~1/96	0.36%	0.36%	0.08%	0.00%
	3	1.0%	1/96~1/143	0.49%	0.49%	0.32%	0.11%
	4	0.7%	1/143~1/200	0.58%	0.58%	0.48%	0.37%

2) 地震

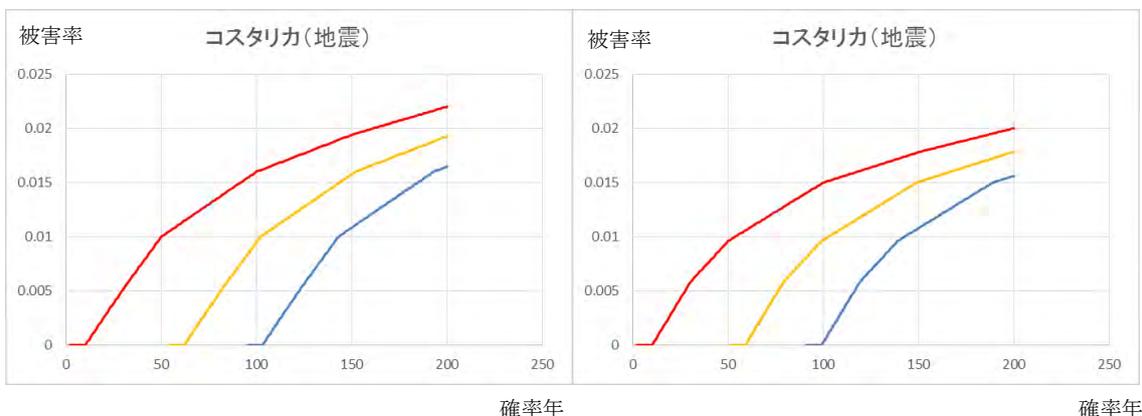


図 3-19 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-35 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.46%	0.46%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/95	1.29%	1.29%	0.33%	0.00%
	3	1.1%	1/95~1/142	1.72%	1.72%	1.18%	0.40%
	4	0.7%	1/142~1/200	2.05%	2.05%	1.72%	1.33%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.44%	0.44%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/95	1.18%	1.18%	0.34%	0.00%
	3	1.1%	1/95~1/142	1.58%	1.58%	1.13%	0.44%
	4	0.7%	1/142~1/200	1.87%	1.87%	1.61%	1.29%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
コスタリカ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	1.95%	1.95%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/95	5.20%	5.20%	1.51%	0.00%
	3	1.1%	1/95~1/142	6.95%	6.95%	4.96%	1.95%
	4	0.7%	1/142~1/200	8.21%	8.21%	7.10%	5.67%

(5) グアテマラ

1) 洪水

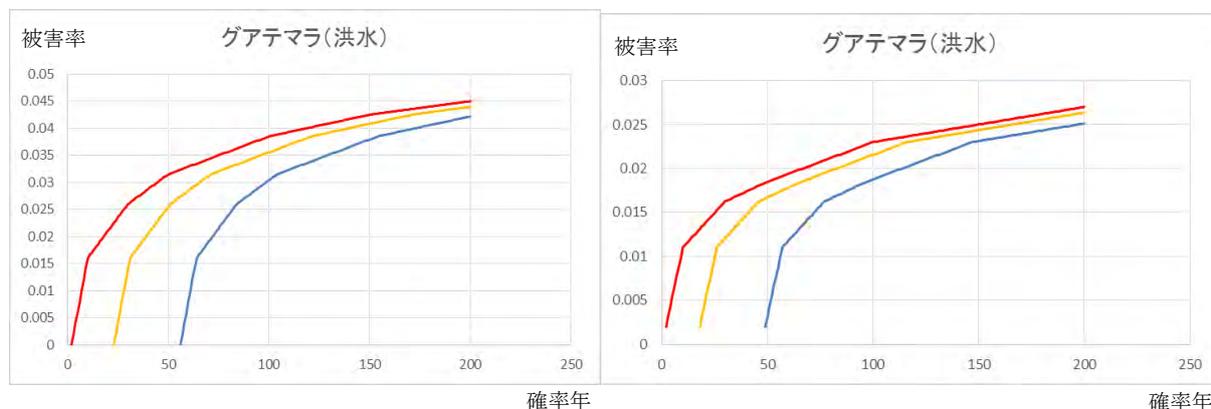


図 3-20 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-36 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	43.0%	1/2~1/23	1.44%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	4.3%	1/23~1/56	2.82%	0.00%	1.83%	0.00%
	3	1.8%	1/56~1/112	3.61%	0.00%	3.30%	2.32%
	4	0.9%	1/112~1/200	4.26%	0.00%	4.11%	3.81%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	43.0%	1/2~1/23	0.89%	0.89%	0.00%	0.00%
	2	4.3%	1/23~1/56	1.62%	1.62%	1.18%	0.00%
	3	1.8%	1/56~1/112	2.09%	2.09%	1.94%	1.46%
	4	0.9%	1/112~1/200	2.51%	2.51%	2.45%	2.28%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	43.0%	1/2~1/23	3.93%	3.93%	0.00%	0.00%
	2	4.3%	1/23~1/56	7.13%	7.13%	5.20%	0.00%
	3	1.8%	1/56~1/112	9.20%	9.20%	8.55%	6.43%
	4	0.9%	1/112~1/200	11.05%	11.05%	10.76%	10.03%

2) 地震

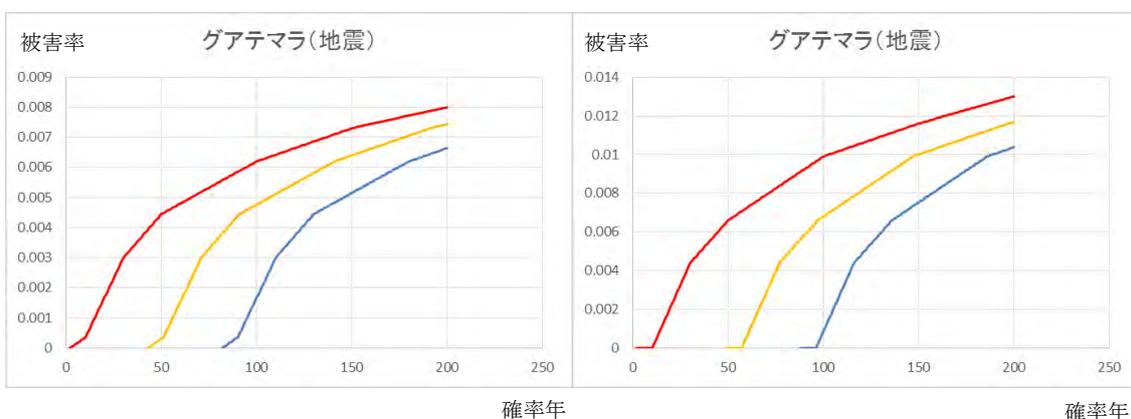


図 3-21 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右） 赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

表 3-37 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.7%	1/2~1/43	0.19%	0.19%	0.00%	0.00%
	2	2.3%	1/43~1/82	0.48%	0.48%	0.18%	0.00%
	3	1.2%	1/82~1/133	0.63%	0.63%	0.50%	0.24%
	4	0.8%	1/133~1/200	0.75%	0.75%	0.67%	0.57%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.7%	1/2~1/43	0.31%	0.31%	0.00%	0.00%
	2	2.3%	1/43~1/82	0.78%	0.78%	0.25%	0.00%
	3	1.2%	1/82~1/133	1.03%	1.03%	0.75%	0.32%
	4	0.8%	1/133~1/200	1.21%	1.21%	1.06%	0.87%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
グアテマラ(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.7%	1/2~1/43	1.35%	1.35%	0.00%	0.00%
	2	2.3%	1/43~1/82	3.43%	3.43%	1.09%	0.00%
	3	1.2%	1/82~1/133	4.51%	4.51%	3.32%	1.41%
	4	0.8%	1/133~1/200	5.33%	5.33%	4.67%	3.82%

3.2 中米・アジア各国の INPUT DATA を用いた分析

JICA より入手したデータを用いて、DR²AD Model による各国の防災投資の必要性に関する分析を実施する。

分析に際しては、災害をランダムに与えるモンテカルロ・シミュレーションを行い、検討対象国の防災投資の有効性を評価する。なお、1,000 回のモンテカルロ・シミュレーションを実施した。

<対策メニュー（再掲）>

対 策 名	内 容
対策なし	確率規模別に応じた被害率が発生
ソフト対策	人的被害のみ洪水の場合 100%減、地震の場合は効果なし
ハード対策あり 1	ランク 1 の規模の災害を防ぐことができる対策を実施（ランク 2 以降の災害発生時には、被害関数のスライド分だけ被害率が軽減）
ハード対策あり 2	ランク 2 の規模の災害を防ぐことができる対策を実施（ランク 3 以降の災害発生時には、被害関数のスライド分だけ被害率が軽減）
ハード対策あり 1 +ソフト対策	上記対策の組み合わせ（地震の場合はハード対策 1 の効果と同様）
ハード対策あり 2 +ソフト対策	上記対策の組み合わせ（地震の場合はハード対策 2 の効果と同様）
シナリオ A	5 年目まで対策なし、5 年目以降はハード対策 1 を実施
シナリオ B	5 年目まで対策なし、5 年目以降はハード対策 1 を実施、10 年目以降はハード対策 2 を実施

3.2.1 パキスタン

(1) 洪水

パキスタンは表 3-28 に示すとおり、人的被害の軽減に関してソフト対策では効果が小ため、ハード対策が有効な防災投資となる。ただし、ハード 1 対策とハード 2 対策の差が比較的小さいため、小規模のハード対策であっても早期に実施することが有効となる。特に、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長していることから、早期のハード対策が重要であると分かる。

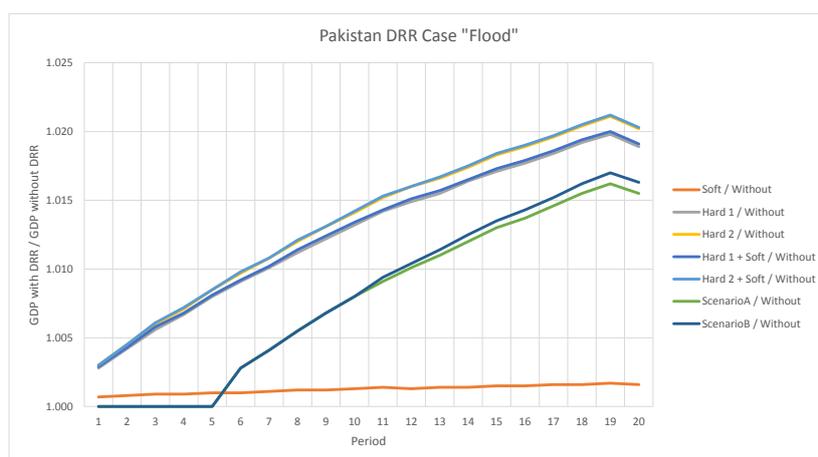


図 3-22 パキスタン 洪水結果

(2) 地震

パキスタンは地震の被害率が大きいため、防災投資を実施しなかったケースと比較して、初期からのハード対策の実施時には GDP が 20 年間で 6.5% 前後伸びることが確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長していることから、早期のハード対策が重要であると分かる。

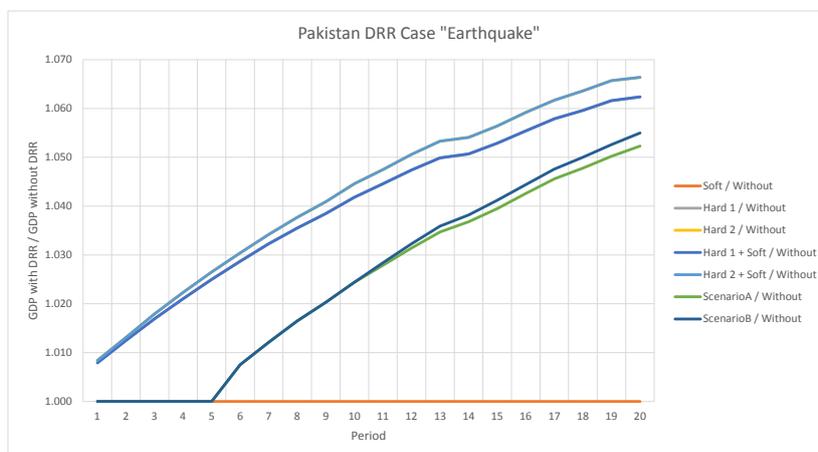


図 3-23 パキスタン 地震結果

(3) 複合災害

パキスタンの災害は、表 3-28 に示すとおり洪水よりも地震の方が被害は大きいため、ハード対策が重要となる。防災対策を実施しなかったケースと比較して、初期からのハード対策により 20 年で GDP が 8.5% 前後伸びることが確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長していることから、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

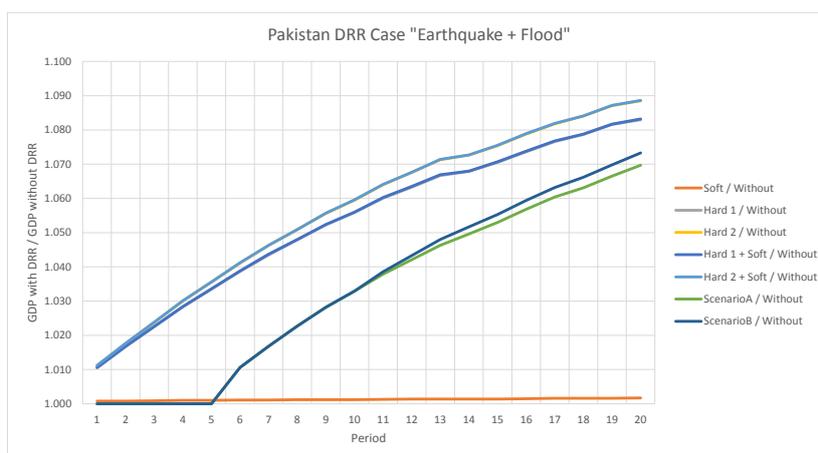


図 3-24 パキスタン 複合災害結果

3.2.2 ホンジュラス

(1) 洪水

ホンジュラスは、洪水の人的被害率が非常に高いため、ハード対策に加えてソフト対策が極めて効果的となる。防災投資を実施しなかったケースと比較すると、初期からのソフト対策の実施のみでも 20 年で 8% 程度の GDP の成長が見込まれる。一方で、防災投資が徐々に拡大されるシナリオ B は、20 年後にはハード対策 1 の GDP を上回ることから、防災投資時期が遅れたとしても、規模の大きいハード対策を実施することが長期的な成長に有効であると分かる。

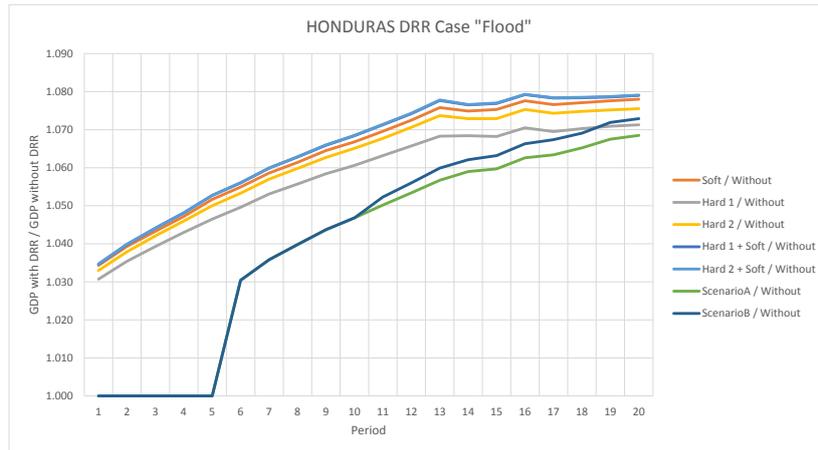


図 3-25 ホンジュラス 洪水結果

(2) 地震

ホンジュラスにおける地震の被害率は比較的小さい。また、ハード 1 対策とハード 2 対策の効果の差が小さいことから、小規模の対策でも比較的效果が顕在しやすいといえる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、20 年後には同程度の GDP の水準に達することが分かる。よって、防災投資時期が遅れたり、防災投資規模が小さかったりしたとしても、ハード対策を実施することが長期的な成長に欠かせないことが分かる。

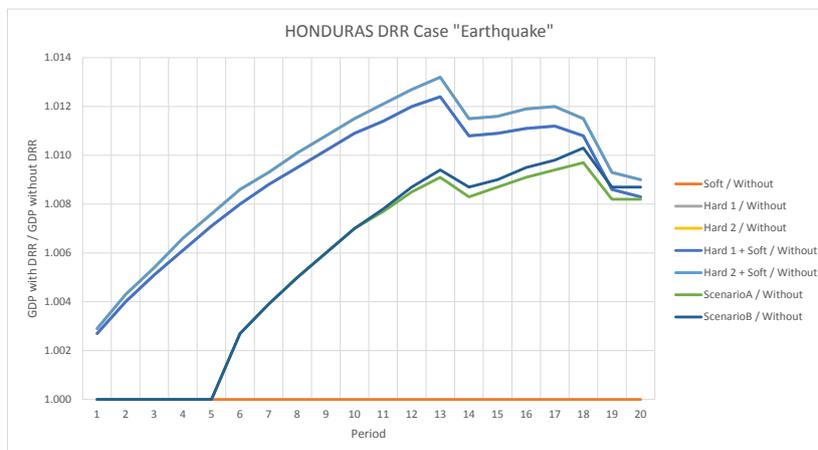


図 3-26 ホンジュラス 地震結果

(3) 複合災害

ホンジュラスは、洪水へのソフト対策に加え、地震へのハード対策による効果の双方が顕在する。特に、ハード1対策とソフト対策の複合により、20年で10%程度の成長が見込まれる。また、早期にハード対策を実施することが最も効果的である一方、シナリオAやBのような経年的なハード対策の強化も長期的には経済の成長に大きく寄与することが分かる。よって、防災投資時期が遅れたり、防災投資規模が小さかったりしたとしても、ハード対策を実施することが長期的な成長に欠かせないことが分かる。

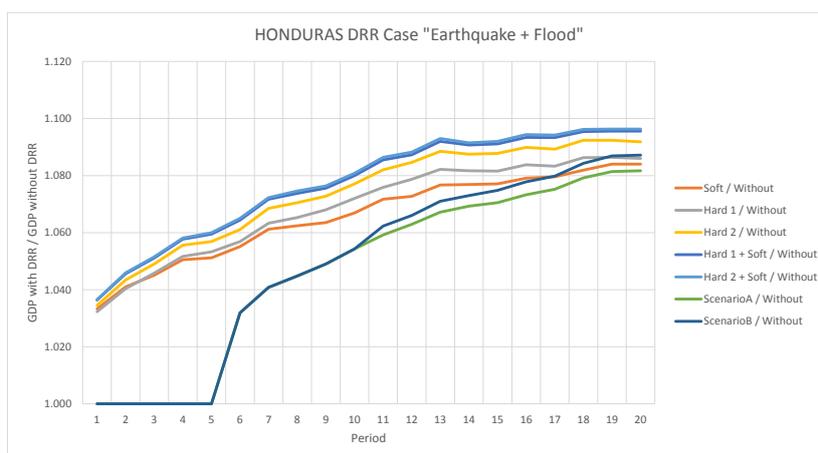


図 3-27 ホンジュラス 複合災害結果

3.2.3 ペルー

(1) 洪水

ペルーにおける洪水の被害率が小さいこともあり、20年後のGDPは初期のハード対策実施時で約0.5%前後の増加となる。防災投資効果は小さいが、防災投資を実施しなかったケースと比較して、防災投資によるGDPの成長を確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード1及び2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオA及びB）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方がGDPは大きく成長していることから、ハード1対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

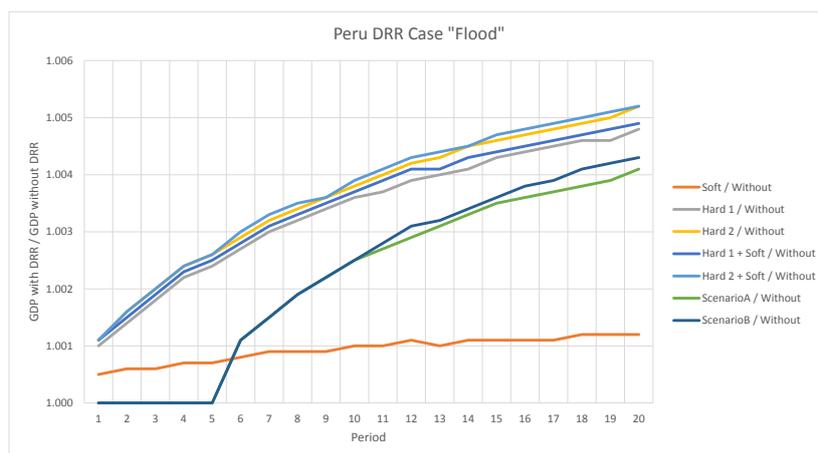


図 3-28 ペルー 洪水結果

(2) 地震

ペルーは地震による被害率が大きいため、ハード対策の効果が大きい。そのため、防災対策を実施しなかったケースと比較して、初期からのハード対策の実施により20年でGDPが7.5%前後伸びることを確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード1及び2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオA及びB）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方がGDPは大きく成長している。よって、ハード1対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

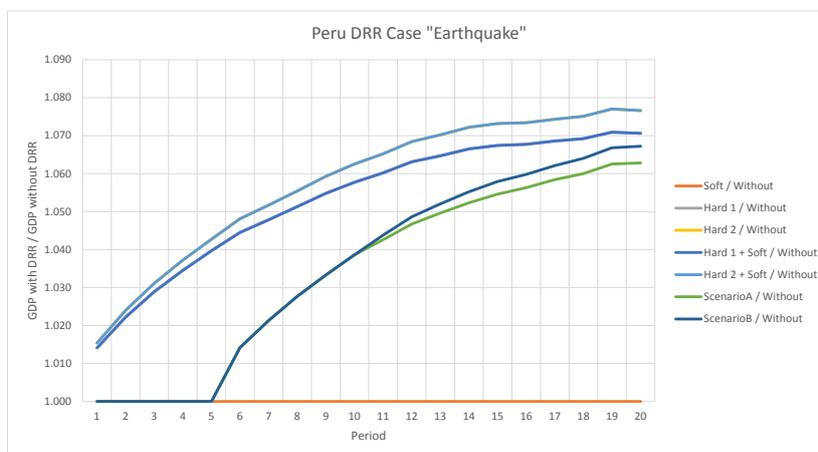


図 3-29 ペルー 地震結果

(3) 複合災害

ペルーの災害は、洪水よりも地震の被害率が高い。そのため、複合災害の場合においてもハード対策が有効となる。防災投資を実施しなかったケースと比較すると、初期からのハード対策の実施時には 20 年で GDP が 8%程度伸びることが確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長している。ゆえに、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

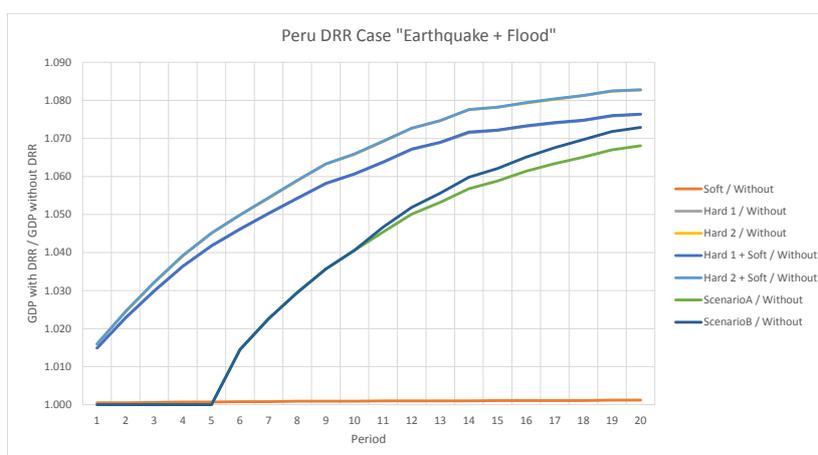


図 3-30 ペルー 複合災害結果

3.2.4 コスタリカ

(1) 洪水

コスタリカにおける洪水の被害率が小さいこともあり、20年後のGDPは初期からのハード対策実施で0.4%程度の増加となる。防災投資効果は小さいが、防災投資を実施しなかったケースと比較して、防災投資によるGDPの成長を確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード1及び2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオA及びB）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方がGDPは大きく成長している。よって、ハード1対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

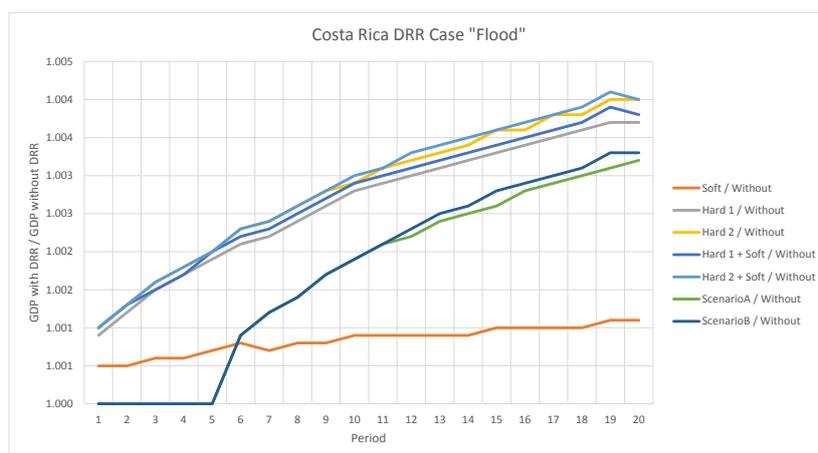


図 3-31 コスタリカ 洪水結果

(2) 地震

コスタリカは地震による被害率が大きいいため、ハード対策の効果が大きい。そのため、防災対策を実施しなかったケースと比較して、初期からのハード対策の実施により20年でGDPが4%程度伸びることを確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード1及び2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオA及びB）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方がGDPは大きく成長している。よって、ハード1対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

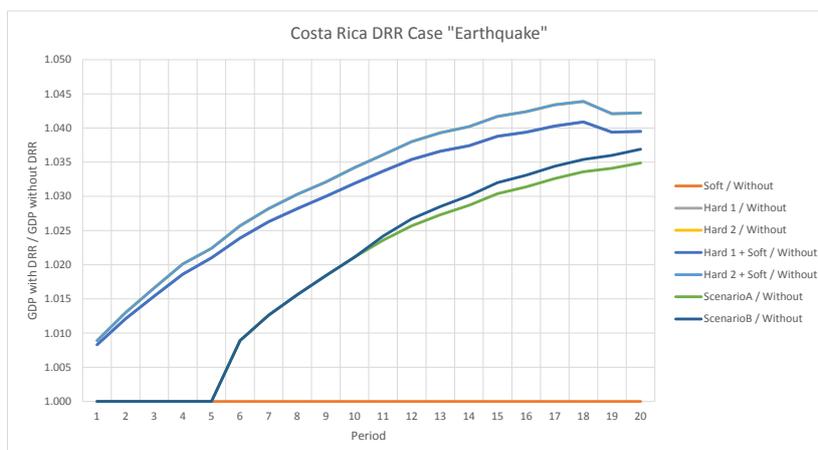


図 3-32 コスタリカ 地震結果

(3) 複合災害

コスタリカの災害は、洪水よりも地震の被害率が大きいため、複合災害の場合においてもハード対策が有効となる。防災投資を実施しなかったケースと比較すると、初期からのハード対策の実施にて 20 年で GDP が 4.5% 程度伸びることが確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長している。よって、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

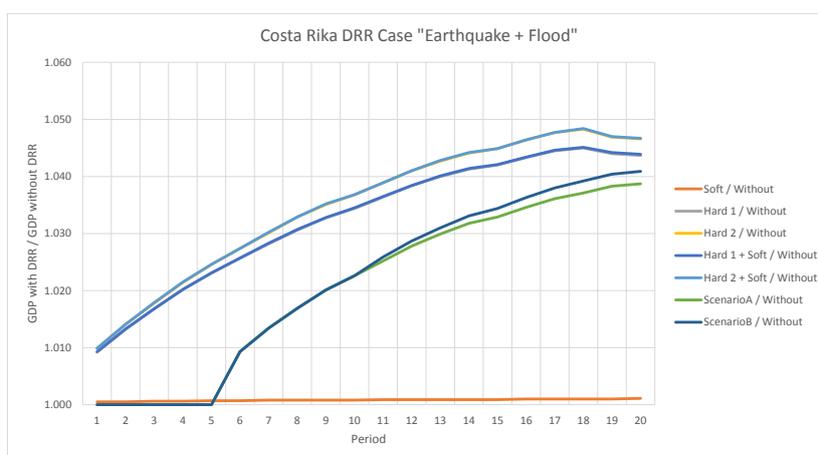


図 3-33 コスタリカ 複合災害結果

3.2.5 グアテマラ

(1) 洪水

グアテマラは、洪水の生産設備被害率が非常に高いため、ハード対策が極めて効果的となる。防災投資を実施しなかったケースと比較すると、初期からのハード対策の実施により 20 年で 10%程度の GDP の成長が見込まれる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長している。ゆえに、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

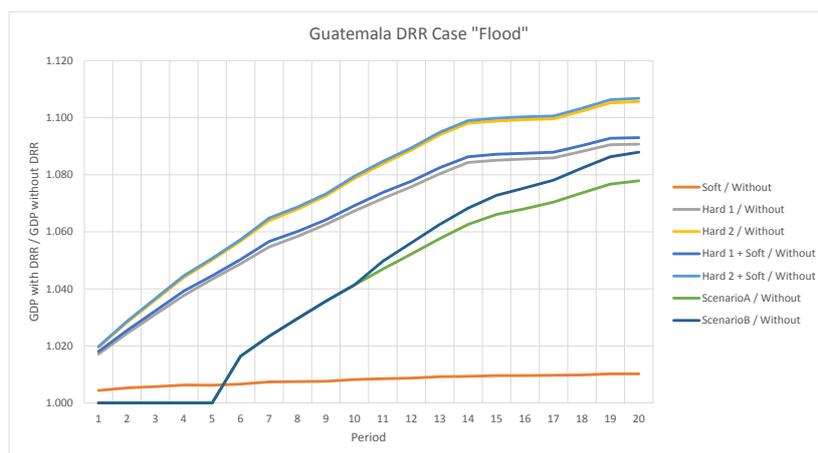


図 3-34 グアテマラ 洪水結果

(2) 地震

グアテマラは地震による生産設備被害率が大きいいため、ハード対策の効果大きい。そのため、防災対策を実施しなかったケースと比較して、初期からのハード対策の実施により 20 年で GDP が 3.5%程度伸びることを確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長している。よって、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

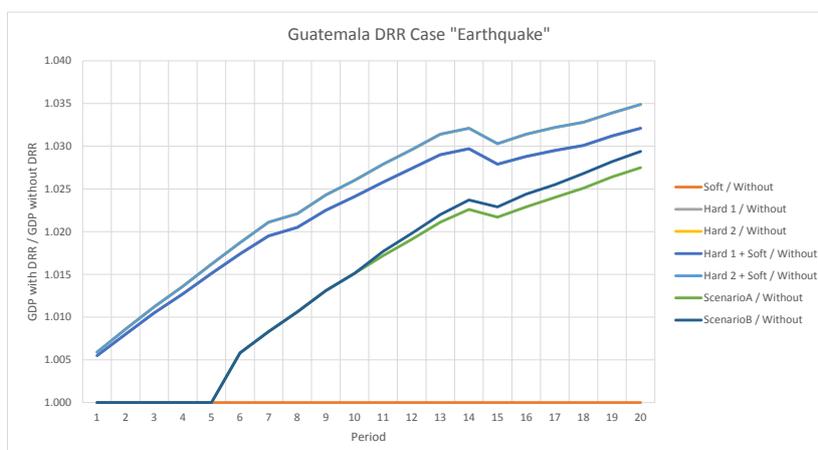


図 3-35 グアテマラ 地震結果

(3) 複合災害

グアテマラの災害は、洪水と地震ともにの生産設備被害率が高い。そのため、複合災害の場合においてもハード対策が有効となる。防災投資を実施しなかったケースと比較すると、初期からのハード対策の実施時により 20年で GDP が 13%前後伸びることが確認できる。また、初期にハード対策を実施した場合（ハード 1 及び 2）と経年的にハード対策を強化した場合（シナリオ A 及び B）を比較すると、初期にハード対策を実施した場合の方が GDP は大きく成長している。これより、ハード 1 対策のような小規模なハード対策であっても、早期に実施することが重要であると分かる。

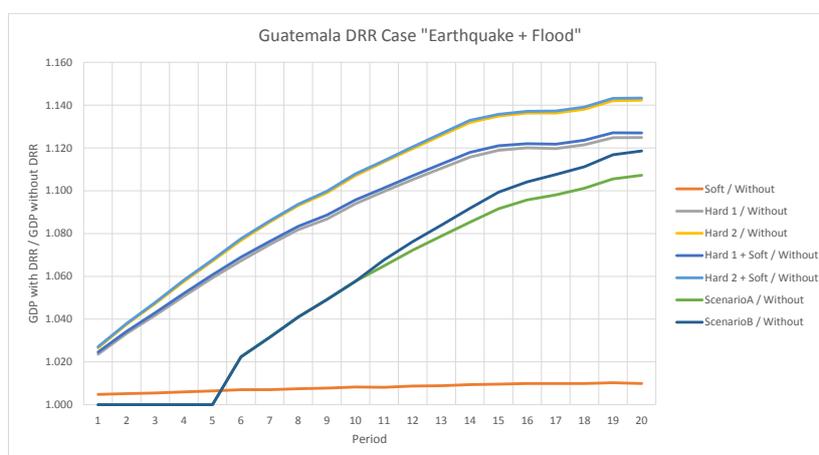


図 3-36 グアテマラ 複合災害結果

4. UNISDR プロジェクトとの連携

UNISDR が EC(DG-DEVCO)より資金援助を受けて実施するプロジェクト「Building capacities for increased public investment in integrated climate change adaption and disaster risk reduction:2012-2015」においては、JICA との連携の下で、DR²AD Model を活用し、防災投資効果分析を行い、防災投資の有効性を啓発するためのWS の開催を予定している。

2015 年に開催予定のペルーでの WS において、防災投資の有効性を理解してもらうために JICA が DR²AD Model の演習を行うに当たって必要となる教材を作成した。

また、UNISDR が 2015 年に発行予定の GAR2015（仮称）に向けた事例紹介に向けた資料を作成した。

4.1 WSにおけるDR²AD Modelの演習用の教材の作成

JICAがDR²AD Modelの演習を行うに当たって必要となる教材として、下記の3点を準備した。

- ① DR²AD Model アプリケーション
- ② 防災投資分析のための演習用データセット
(Honduras, Pakistan, Peru, CostaRica, Guatemala)
- ③DR²AD Model の利用マニュアル

DR²AD Model アプリケーションは、6章の検討において作成したものである。本年度の検討においてMATLAB（数値解析ソフト）にて作成した最新版のDR²AD Modelをソフト環境の制約なくできるようにコンパイル化し汎用性を高めたものである。

コンパイル化したアプリは、別録DVDにて納めている。

防災投資分析のための演習用データセット（Honduras, Pakistan, Peru, CostaRica, Guatemala）は、5章の検討において使用したものを、演習用データとしてとりまとめたものであり、別録DVDにて納めている。

データセットを作成した国は、

Honduras

Pakistan

Peru

CostaRica

Guatemala

の5カ国である。

DR²AD Model の利用マニュアルは、モデルの改良内容に併せて、7章の検討にて作成したものであり、7章（巻末）に記載している。

4.2 GAR2015（仮称）に向けた事例紹介の作成

for GAR2015 (draft 1)

DR²AD Model improved and established: an economic simulation model is established for practical use in developing countries to evaluate disaster risk reduction investment strategies in various situations.

<background>

- Prior investment for disaster risk reduction is not enough. Between 1980 and 2009, investment for disaster preparedness and prevention is only 3.6% of all disaster-related assistance. <same for GAR 2013>
- Therefore, in 2012, Japan International Cooperation Agency (JICA) started development of an economic evaluation model for disaster reduction investment named DR²AD Model (DRR investments Accounts for Development) in order to illustrate the essential needs of disaster risk reduction investment for sustainable development of developing countries. <same for GAR 2013>

<latest improvement>

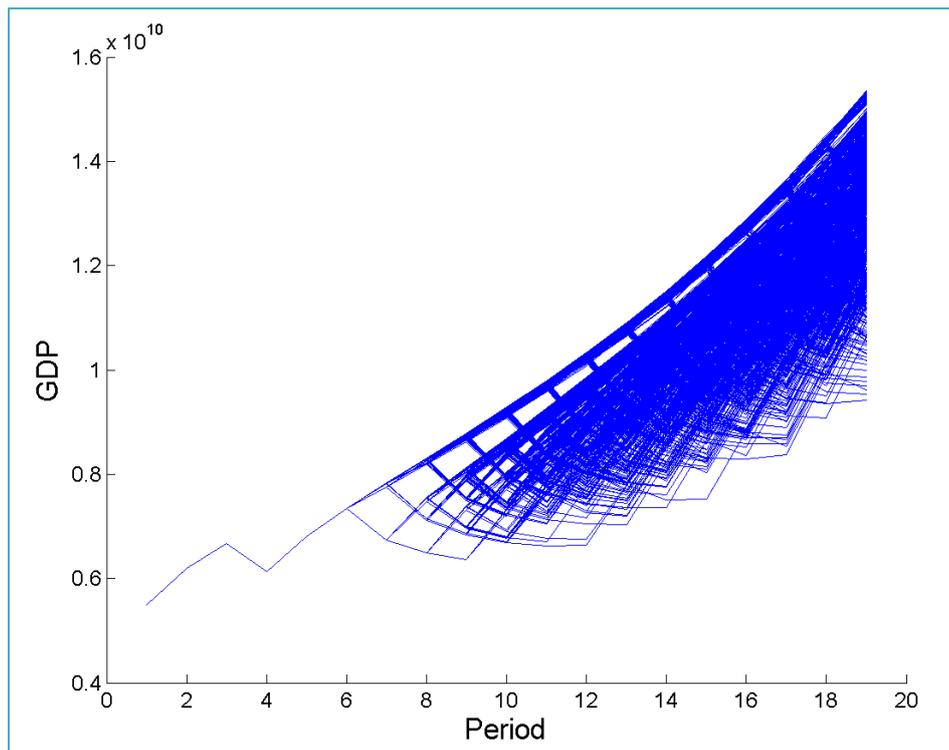
- As shown in GAR 2013, new simulations of the impact of disaster risk reduction measures on economic growth, named as DR²AD Model (DRR investments Accounts for Development) was developed by Japan International Cooperation Agency (JICA).
- Based on a paper established by Yokomatsu et al.(2014)¹⁾, as a theoretical background, the model has been improved for practical use to show stakeholders, including decision makers in developing countries, effectiveness of the investment in disaster risk reduction in various situations.
- Major improved point 1 is a function to generate disaster occurrence patterns automatically with new developed module for evaluation of risk of disaster damage in various patterns not only as average values but also as stochastic distributions of GDP growth, which shows effectiveness of DRR investment to protect “downward swing” of GDP in the middle – long term.
- The point 2 is a function to set up damage and effect of DRR measures data with new developed module for use in developing countries, where such kind of data is limited.
- The point 3 is a function to support selection of the most appropriate DRR investment scenario in each condition of development countries by showing the difference of GDP growth with model types of DRR investment scenarios.
- *(These 3 points above will be finalized based on the result of UNISDR WS in LAC collaborated with JICA.)*
- The point 4 is a distribution of the DR²AD Model by WCRR3, as a compiled application for use in developing countries without any special program.

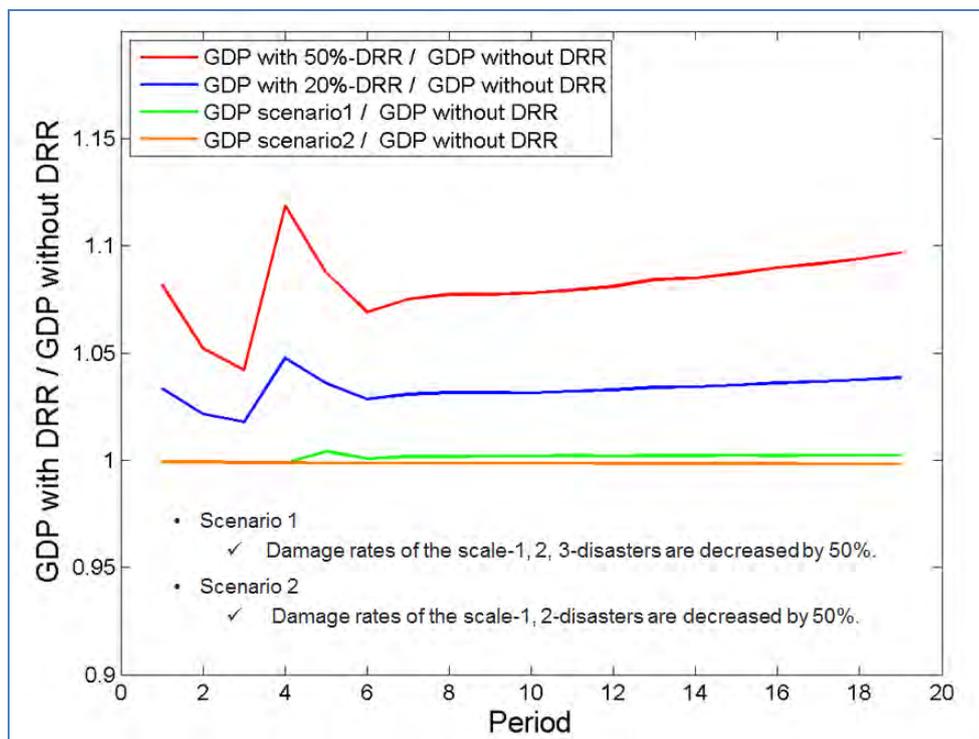
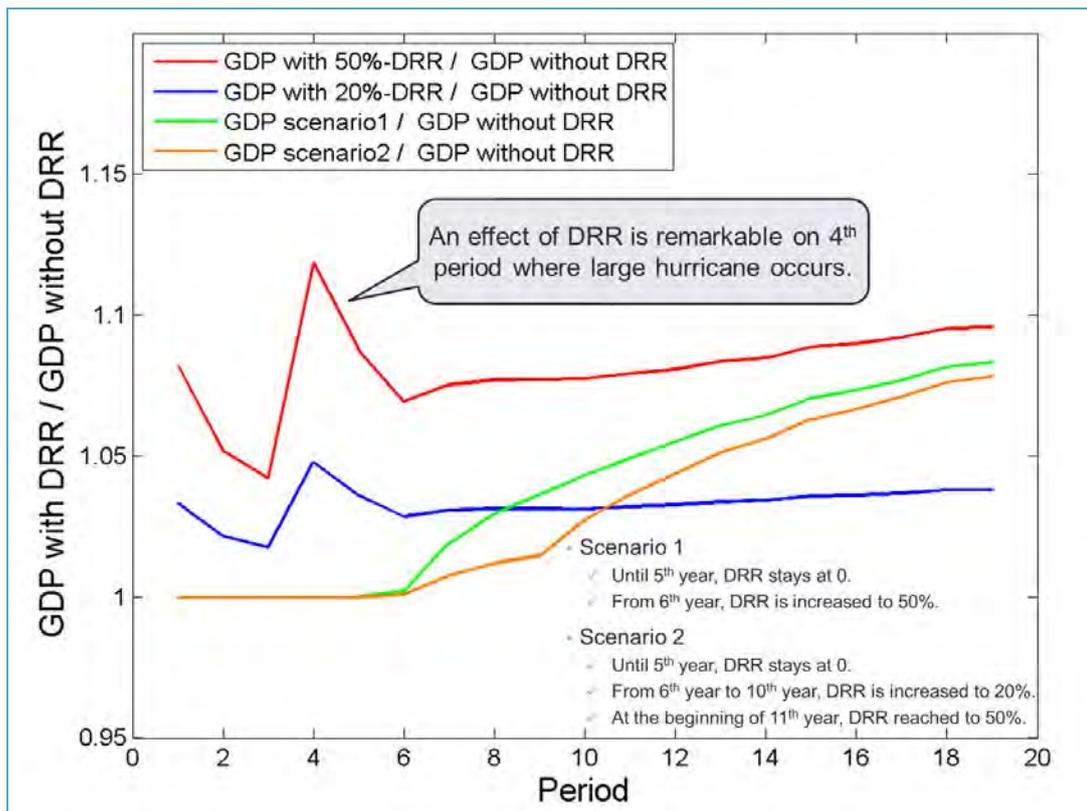
<latest result>

- For example, analysis of economic growth projections in Honduras case shows effects of

DRR investment in different scenarios focusing on time and target of DRR investment, based on probable 1000 patterns of GDP growth paths without DRR investment.

- As a result of the analysis in consideration of required term to realize the effect of DRR investment, 5 years delay makes almost 100% difference of probable GDP growth in the early part of the middle term, which is normalized by the GDP without DRR investment. It clearly shows that “The sooner is the better” in DRR investment. On the other hand, the difference becomes smaller in the late part. Both results show that DRR investment will make remarkable differences on GDP growth even if the investment is started at any time.
- As another result in consideration of target level of DRR investment, the investment targeted to reduce the one of all level disasters as 20% works better than an investment targeted to reduce damages of lower level disasters as 50% as original. It shows that it is important for the countries where large-scale disasters often occur such as Honduras to investment on DRR against large-scale disasters makes certain difference in the middle term GDP growth.





<Reference>

- 1) Yokomatsu et al., An Economic Growth Model for Disaster Risk Reduction in Developing Countries, 2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, October 5-8, 2014, San Diego, CA, USA

5. プログラムの安定性向上に関する検討

既往の検討においてモデルを用いて GDP の伸びを予測した結果、経済成長を決める要素のうち、技術進歩率の設定が大きく影響していることが確認されており、対策有無問わず、GDP が大きく伸びる等の傾向が見られた。そのため、技術進歩率の設定において、対外的に説明できる形で設定が必要と考えられる。

また、本モデルでは通常の経済成長モデルに人的資本を取り込んでいることが特徴であり、その設定においてはより合理的な設定が必要と考える。

上記の課題から、本章ではプログラムの安定性を向上させ、対外的に説明しやすいモデルとするため、技術進歩率の検討及び、人的投資関数の検討を実施した。

5.1 長期間の評価における GDP の設定（技術進歩率の検討）

過去の予測結果では、対策有無によらず GDP が指数的に増加する結果となっていることから、技術進歩率の設定等により、長期間の解析（ver.1.0 の 40 年間程度）において推計される GDP が妥当な値となるような調整を行う。

具体的手順としては、①ケーススタディにおける災害後の復旧過程の挙動を確認することで、GDP の伸びに与える生産要素等を確認する。

②③は技術進歩率の見直しにあたり、技術進歩率に関する文献等を整理を通じて、ケーススタディ的に技術進歩率の設定方法について検討を行う。

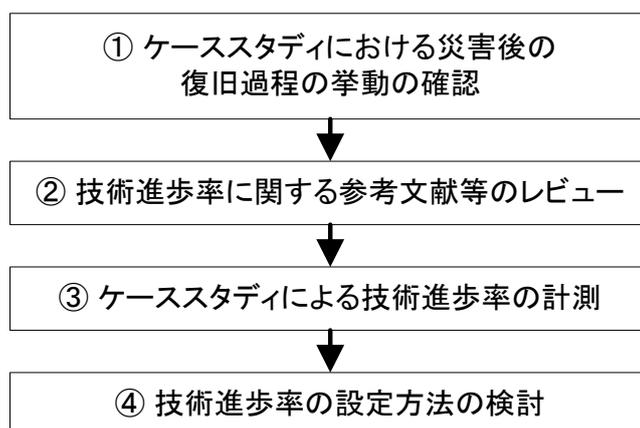


図 5-1 技術進歩率の検討フロー

5.1.1 ケーススタディにおける災害後の復旧過程の挙動の確認

過年度のシミュレーション結果の内訳をもとに、災害有無での投資行動と、GDPの伸びの関係を分析し、災害後の復旧過程において、急激に経済成長している箇所の要因を分析し、改善が必要な場合には改善案を検討する。

ここでは、パキスタンの事例を対象に結果の検証を行った。

(1) GDPの伸びと生産要素のシェアの分析

下図より、GDPの成長が後半急激に伸びることが防災投資の有無それぞれにおいて確認される。また、初年度を1とした場合の生産関数の構成要素の伸びとGDPの伸びを比較すると、成長係数Bが支配的であるものの、金融資産や人的資本の成長との複合的な成長によってGDPが押し上げられていることが確認できる。

以上から、技術進歩率の適正な設定だけでなく、人的資本の関数の設定についても考慮することが必要であることが確認された。

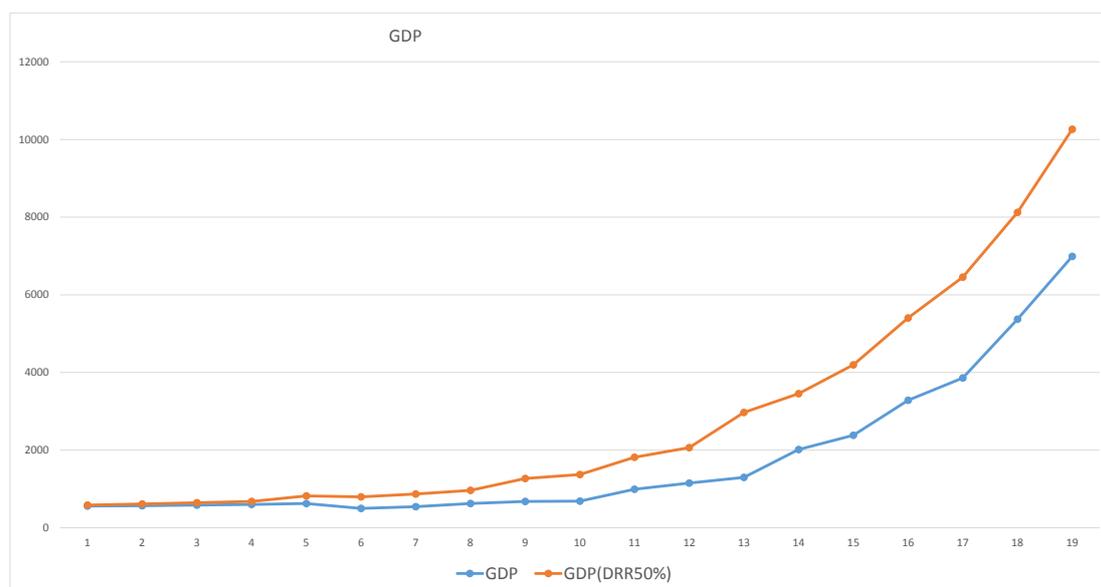


図 5-2 パキスタンのケーススタディによる GDP の成長比較

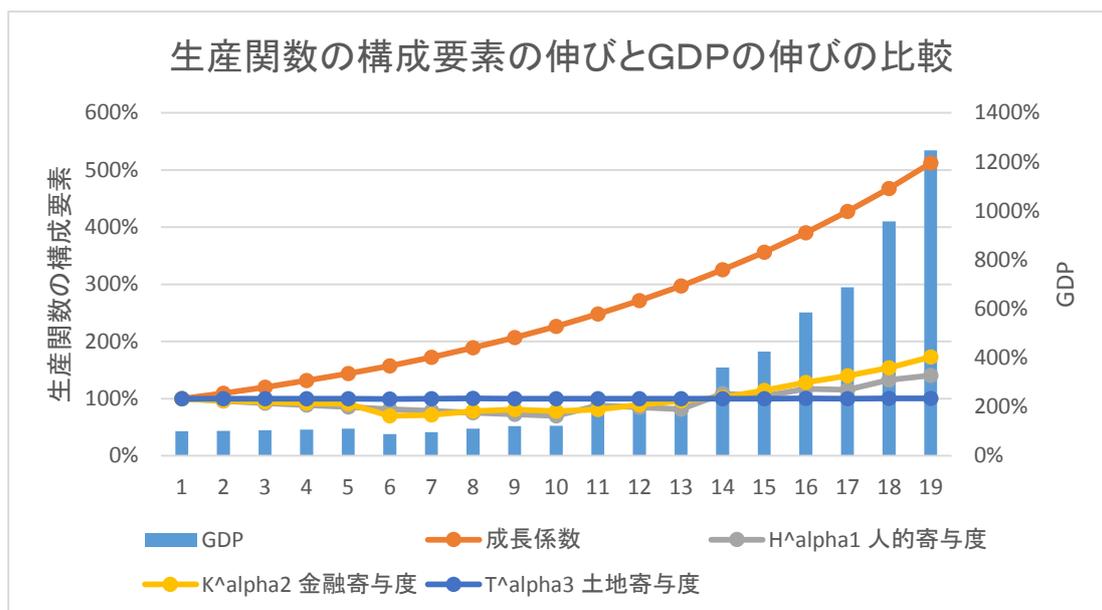


図 5-3 パキスタンのケーススタディによる生産関数の構成要素と GDP の伸びの比較

表 5-1 パキスタンのケーススタディによる生産関数の構成要素と GDP の伸びの比較

計算期間		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y	GDP	100%	102%	104%	107%	111%	89%	97%	111%	121%	122%
B	成長係数	100%	110%	120%	131%	144%	157%	172%	189%	207%	226%
H ^{alpha1}	人的寄与度	100%	96%	92%	89%	85%	82%	78%	75%	72%	69%
K ^{alpha2}	金融寄与度	100%	97%	94%	92%	91%	70%	72%	78%	81%	78%
T ^{alpha3}	土地寄与度	100%	100%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	177%	205%	232%	360%	425%	586%	688%	958%	1246%
	248%	271%	297%	325%	356%	390%	427%	468%	512%
	88%	85%	81%	109%	104%	117%	115%	133%	141%
	81%	89%	96%	102%	114%	128%	140%	154%	173%
	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

(2) 投資傾向の分析

現状の価値関数の設定方法(初期の統計データを用いたキャリブレーションにより価値関数の係数を算定)による計算結果を確認すると、災害直後に貯蓄が急増するという傾向が見られる。

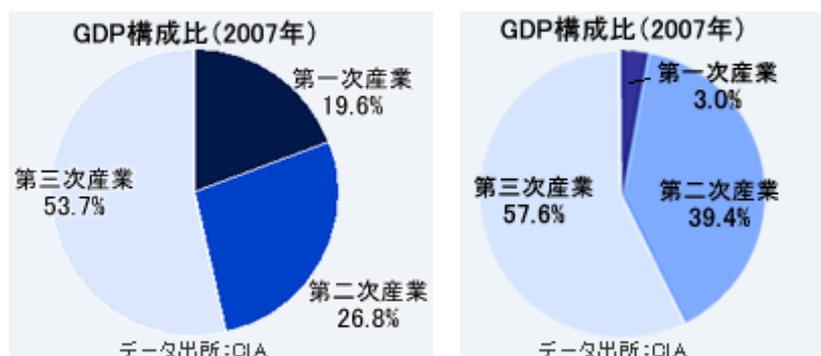
貯蓄(投資)が増加する理由として、災害により損失した生産資本の復旧需要の増加が資本レントの上昇に繋がり、それが貯蓄(投資)を行うインセンティブとして働いているものと考えられる。(パキスタンの統計データに基づく生産要素のシェアパラメータを確認すると、農業国にもかかわらず、生産要素として生産資本のシェアが比較的大きい。)

(参考) パキスタンにおける生産要素のシェアパラメータ

Production factor	Labor	Capital	Land
Factor share α	0.52	0.42	0.08

出典：Dorosh and Niazi (2006).

(参考) GDP に占める産業割合 (左：パキスタン、右：韓国)



出典：Goldman Sachs Asset Management

(<http://www.goldmansachs.com/japan/gsitm/column/emerging/gsne130506/200810.html>)(<http://www.goldmansachs.com/japan/gsitm/column/emerging/gsne130506/200808.html>)

計算結果についても、災害直後の期においては、その期の支出(c、m、z)を抑えてでも、所得や資産を貯蓄(投資)に回し、資本収入を増加させることが、生涯で考えた時に最適な状態(生涯で見た時に財を最も消費できる状態)になることを示している。よって、貯蓄に回すということは災害直後の期の資本レントの上昇が著しい状況にあることが分かる。

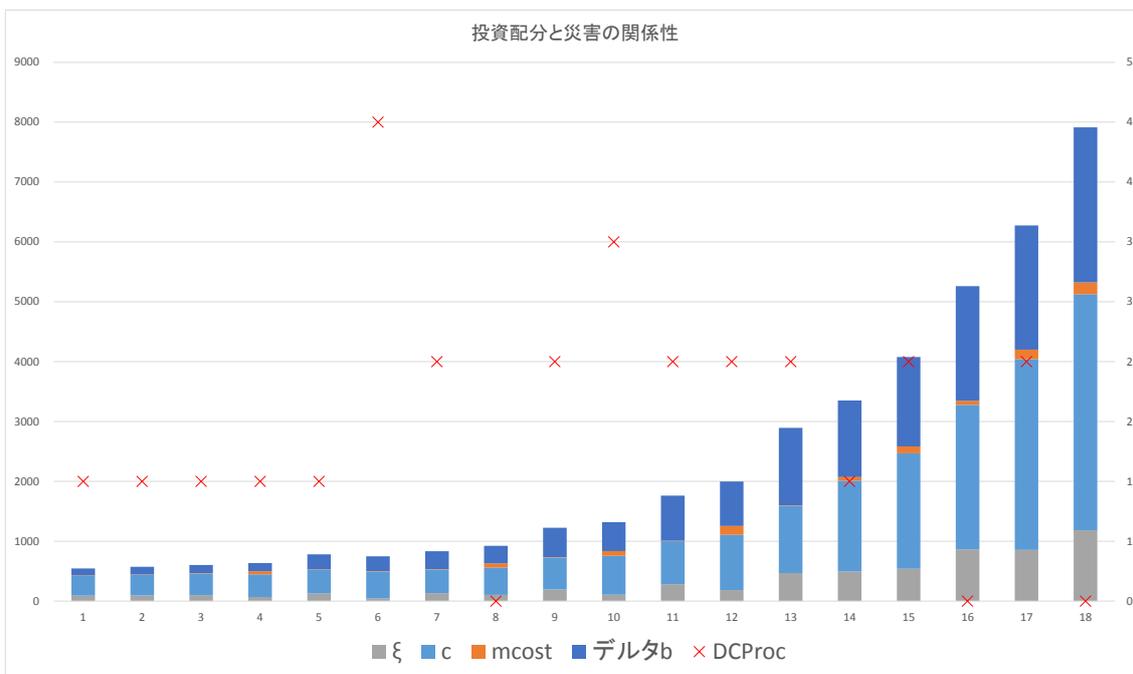
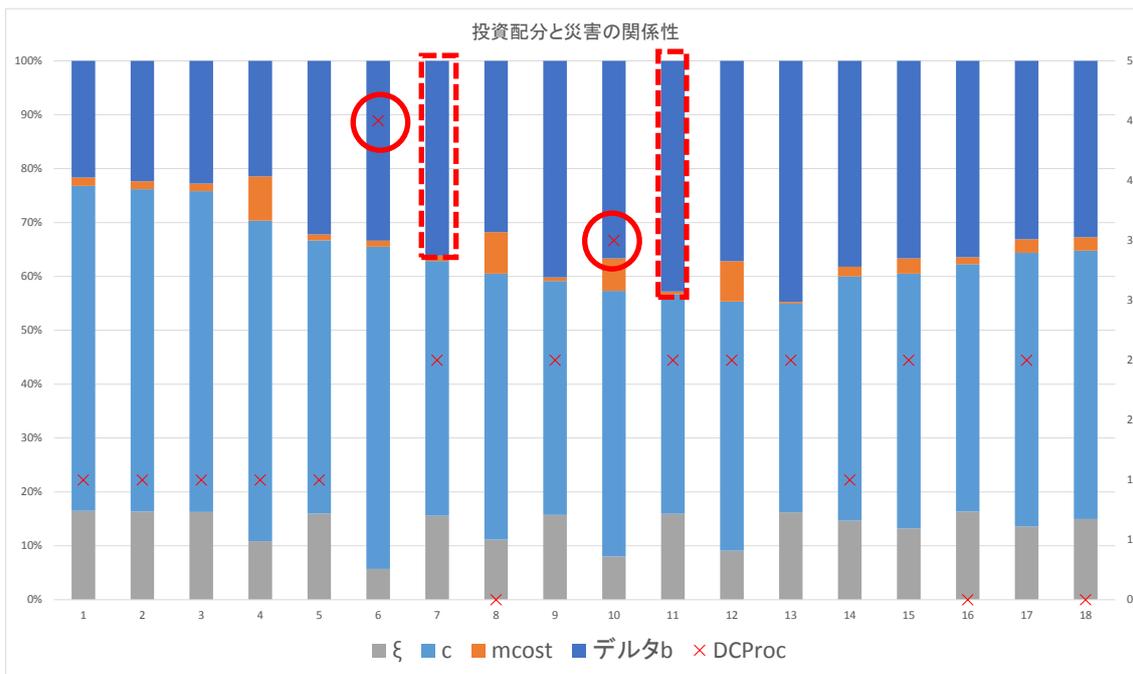


図 5-4 パキスタンのケーススタディによる災害前後の投資行動の変化

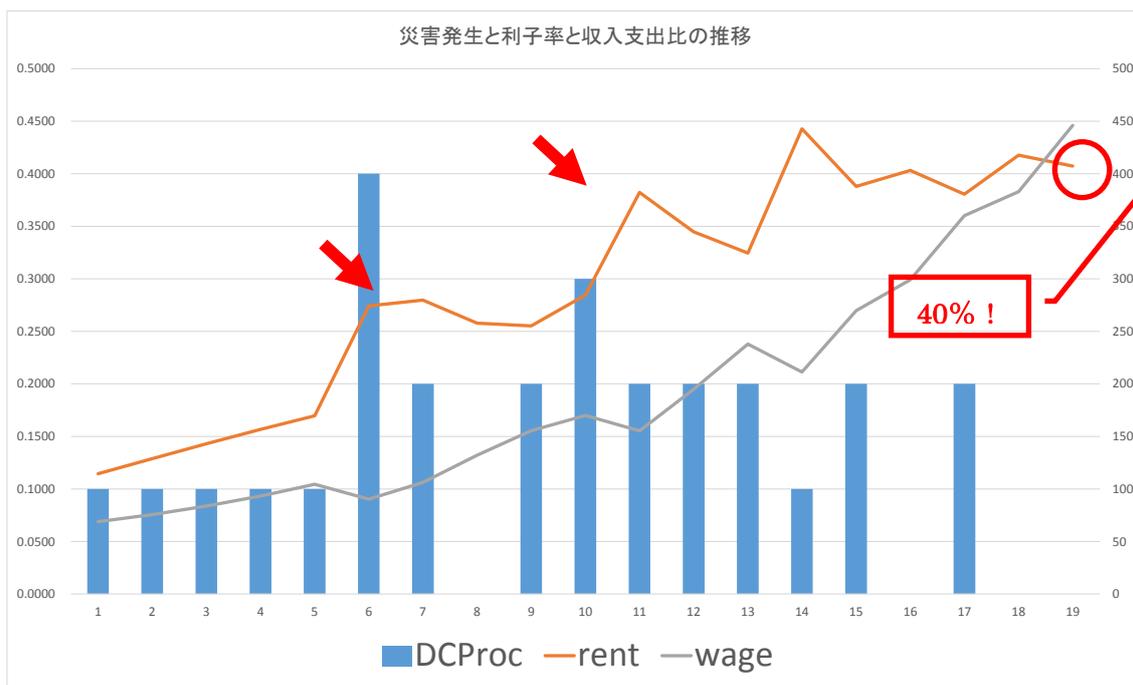


図 5-5 パキスタンのケーススタディによる利率と賃金率の推移

貯蓄（投資）額や資本レントの値を経済的に説明可能な水準になるよう、モデルを改善することが考えられる。

(参考) パキスタンにおける Lending interest rate*

year	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Lending interest rate (%)	7.23	9.07	11.0	11.8	12.9	14.5	14.0	14.4	13.5	12.0

*Lending rate is the bank rate that usually meets the short- and medium-term financing needs of the private sector. This rate is normally differentiated according to creditworthiness of borrowers and objectives of financing. The terms and conditions attached to these rates differ by country, however, limiting their comparability.

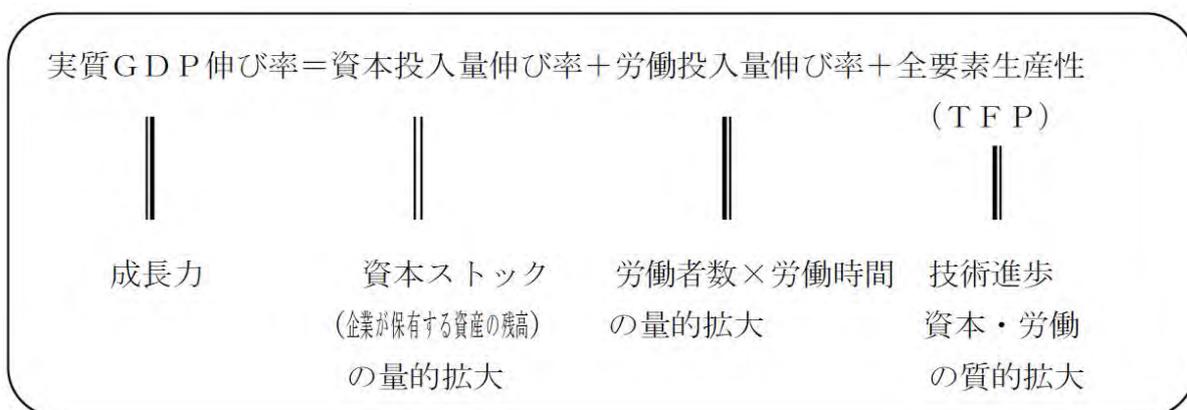
出典：World Bank database

5.1.2 技術進歩率に関する参考文献等のレビュー

(1) レビューの目的

先の検討では、技術進歩率がGDPに影響していることが確認された。マクロ経済学の分野では、技術進歩率（全要素生産性 TFP<total factor productivity>成長率）の値の計測や、設定方法について研究している事例も存在する。それらの情報を収集し、設定の考え方等を整理することで、モデル適用時の参考とする。

なお、TFPとは、量的要素以外の質的要素、例えば、技術進歩（イノベーション）、資本・労働の質的拡大、各種の効率性向上といったことが含まれる。



(2) 参考文献の概要

収集した文献についての概要を整理すると以下の通りである。

タイトル	著者	出典	概要
① 日本経済の技術進歩率計測の試み：「修正ソロー残差」は失われた10年について何を語るか？	川本卓司	日本銀行金融研究所/金融研究 /2004.12	<ul style="list-style-type: none"> ● 1990年代のわが国では、ソロー残差として計測される全要素生産性 (TFP) の成長率は大きく低下した。しかしながら、標準的なソロー残差には技術進歩以外のさまざまな要素が混入していると考えられるため、これをもって1990年代に技術進歩のペースが減速したと考えるのは早計であることから、(1) 収穫逓増と不完全競争、(2) 資本と労働の稼働率変動、および (3) 産業間における生産要素の再配分をコントロールした「修正ソロー残差 (purified Solow residual)」を推計することによって、1973～98年にかけての日本経済の「真の」技術進歩率の計測を実施した。 ● その結果、1990年代のわが国で技術進歩率が減速したという証拠はほとんど、あるいは全く見出されなかった。また、稼働率の低下と、規模の経済効果が小さい産業に生産要素が集中的に配分されたことの両者が、技術進歩とは無関係な TFP 成長率低下を引き起こしたことがわかった。「失われた10年」の原因を技術進歩の停滞に求めるリアル・ビジネス・サイクル理論的な見方に疑問を投げ掛けるものである。
② CES 型生産関数と技術進歩率の計測-戦後日本の製造業について-	伊藤史郎	経済学論叢 17 (4-6) , pp.131- 150, 1968-03-20 , 同志社大学経済学会	<ul style="list-style-type: none"> ● 経済成長に果たす技術進歩の役割を定量的に把握するために技術進歩率を統計的に推計することが重要であることから、CES 関数を設定し、戦後のデータを用い技術進歩率の推計を行った。 ● データを分析した結果、昭和 28 年から 37 年の10年間において、製造工業各部門で実質賃金率も労働生産性も着実に上昇したが、一般に、生産性の上昇率が賃金率の上昇率を上回った。その間の労働分配率はほぼ一定であるが、若干低下傾向の見られる部門もあった。分析結果から、成長の急速な産業は速い技術進歩率によって支えられるという通説を裏付けている。 ● まとめとしては、代替弾力性が大きな部門ほど要素相対価格の変化に対する資本集約度の反応が顕著であるという当然の帰結が得られ、計測された技術進歩率、代替弾力性及び賃金率の上昇率から労働分配率の動きを説明できることが明らかになった。
③ 近年の米国における技	加藤 涼	International	<ul style="list-style-type: none"> ● 90年代後半の米国経済の好調の背景には、いわゆる「IT 関連投資」の増加による「生産性上昇」が存在していたとの議論が活発であっ

タイトル	著者	出典	概要
術進歩率の計測		Department Working Paper Series 2003-J-1 日本銀行国際局 International Department Bank of Japan	<p>た。確かに、90年代後半の米国経済は、非製造業を中心に4%前後の成長を続けており、年率2.5%程度の労働生産性の上昇を伴っていた。しかし、労働生産性(一人当たり実質生産)は、過剰な設備投資やレイオフ等による人員削減によっても上昇する指標であり、必ずしも技術進歩を表しているとは言えない。そのようなことを背景に純粋な技術進歩を表す全要素生産性(total factor productivity: TFP)をいくつかの手法を用い、計測を実施している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 技術進歩による成長押し上げ効果は、製造業ではかなり顕著に確認できるが、ウェイトの大きい非製造業では、資本や労働といった生産要素の投入の影響が支配的であり、「爆発的な技術革新」が生じていたとまでは言い難いことが分かる。さらに詳細な区分から、技術進歩が顕著であった業種を調べると、製造業では、耐久財、非製造業では金融・保険業といった分野で、比較的高いTFP成長率が確認できる一方、サービス業種では殆ど技術進歩は顕在化しなかったことが確認された。 ● TFPの推計は、具体的には、①企業の費用最小化条件を用いて稼働率の統計誤差などを修正した、Basu, Fernald and Shapiro (2001)の手法と、②稼働資本ストックの代わりに電力消費量を用いた、Burns, Eichenbaum and Rebelo (1995)の手法をとりあげ、これらの概要を紹介した上で、それぞれの手法によるTFP計測結果を掲げている。 ● 計測結果から米国経済全体のTFPの推移を求めてみると、TFP上昇率は90年代後半に、年率で+1%程度、加速したものの、足許は再び95年以前の上昇率と同程度にまで戻っている様子が窺われる。
④日本の生産性の動向 2014年版	公益財団法人日本生産性本部	日本の生産性の動向 2014年版	<ul style="list-style-type: none"> ● 2013年度の日本の労働生産性の動向、OECDデータなどを用いた労働生産性の国際比較、主要国の全要素生産性(TFP)の動向など生産性の現状をまとめたもの。

(3) 技術進歩率の設定の考え方

参考文献等をもとに技術進歩率の設定方法についての考え方を整理する。

技術進歩率については、一般的な設定方法の課題も含め、前掲(2)参考文献の概要で記載した加藤涼の論文において整理されており、ここではその内容を取りまとめる。

観察されないデータである TFP の計測は、観察される労働生産性に比べて技術的な困難が伴う。多くの先行研究で用いられているソロー残差による推計方法は、計測に無視し得ない誤差が伴うことを明らかにした上で、近年、そのような技術的な問題を解消するための新たな計測手法を紹介し、それらを用いて TFP を推計している。

■ソロー残差による TFP の 計測

技術進歩を端的に表す指標である TFP を計測するもっとも一般的な方法は、稼働資本（＝資本ストック×稼働率）の成長率と労働投入（＝雇用者数×労働時間）の成長率を、それぞれ分配率でウェイト付けし、実質 GDP 成長率から差し引くというものである。この差（産出の増加分のうち、資本・労働投入量の増加では説明できない部分）は一般に「ソロー残差[※]」と呼ばれる。

※「ソロー残差」とは成長会計と呼ばれるデータによって技術進歩率を差（引き算）として算定する手法から得られる値のことであり、「技術進歩率＝経済成長率－資本の成長の貢献－労働の成長の貢献」という式で表されるもので、ロバート・ソロー等によって考案されたもの。

しかし、この「ソロー残差」が真の技術進歩（TFP の上昇）を反映するためには、暗黙に以下の3点が仮定されていることに注意が必要である。

- ①生産関数が規模に関して収穫一定（Constant returns to scale：以下、CRS）
- ②完全競争市場
- ③要素使用強度（特に稼働率）の計測誤差が小さい

現実に、これら仮定が成立しているか否かについては、疑問の余地も大きい。特に、非製造業の稼働率についてはデータ自体がそもそも存在しないという問題もある。従って、このような手法によって求められる「ソロー残差」は、実際には、技術進歩率以外に諸々の要因・誤差を含んでおり、真の TFP とは乖離しているということが知られている。特に稼働率や労働の intensity といった「要素使用強度」の計測が正確でない場合、景気要因から生じた誤差がソロー残差に含まれてしまい、不況期に技術後退（負の技術進歩率）が観察されるなどの現象面での問題が起きる。

さらに、資本と労働、それぞれのウェイトのパラメータを実際に OLS 推計してみると、分

配率に全く一致しないことも多くの先行研究によって確認されている。特に、短いサンプル期間の推計（小標本の推計）では、労働投入にかかるパラメータが1を越え、逆に稼働資本にかかるパラメータが有意に推計されず、場合によってはマイナス値に推定される現象が頻繁に観察される。これは、**Short-run increasing returns to labor**（以下、**SRIRL**）と呼ばれ、一種のパズルとして多数の先行研究のテーマとなっている。本来、上記①～③に掲げた条件が満たされていれば、推計された各パラメータは、労働・資本の各分配率と一致しなければならず、これが一致しないという事実は、①～③の条件が実際には満たされていないことを示唆している。

つまり、ソロー残差を算定する際には、産業連関表から労働・資本の分配率を一定値として設定し、差し引きにより算定するが、労働・資本の分配率を短い期間で実際のデータを推計しようとする、その値と一致しないことがある。統計値等から一定値として設定した分配率と、実際の分配率が異なるため、人為的に分配率を縛って（固定して）算出されたソロー残差は正しいTFPを表していないことになる。

以下の表は、直近までのデータを用いて資本・労働のパラメータを推計してみた結果を示したものであるが、やはり、労働投入のパラメータが1を超えており、**SRIRL***現象が確認される。

***SRIRL** (**Short-run increasing returns to labor**) 現象とは、本来、生産関数の定式化において、生産要素である労働と資本はそれぞれが増加することで生産向上につながるため、それぞれの要素がどの程度生産に寄与するかを示すパラメータ値は正の値をとるが、サンプル期間の推計（小標本の推計）では、労働投入にかかるパラメータが1を越え、逆に稼働資本にかかるパラメータが有意に推計されず、場合によってはマイナス値に推定される現象をさす。

表 5-2 パラメータ推計結果 (OLS 推計)

被説明変数：GDP 成長率		
	労働投入	稼働資本
製造業・耐久財	1.80* (0.70)	-0.39 (0.59)
製造業・非耐久財	1.55** (0.46)	0.66 (0.58)

推計期間：1993-2001。()内は標準誤差。*、** は、それぞれ 5%、1%水準で有意であることを示す。

■Basu, Fernald and Shapiro (2001) の方法による TFP の計測

3つの条件の①と②の仮定に依存せず、さらに稼働率のデータを用いないというメリットを持つ、Basu, Fernald and Shapiro (2001) (以下 BFS と略称) の手法を用いて部門別 TFP の計測が行われている。考え方は以下の通りである。

一次同次性を仮定しない一般化コブ・ダグラス型生産関数から導かれる成長率の要因分解は、以下の(1)式のようになる。

○ **BFS** 型 (一般化コブ・ダグラス+不完全競争)

$$dy_t = \gamma \times \{s_K \times (dk_t + du_t) + s_L \times (dn_t + dh_t + de_t)\} + dz_t \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$= \underbrace{\gamma \times dx_t}_{\substack{\text{投入要素} \\ \text{要因}}} + \underbrace{\zeta \times dh_t}_{\substack{\text{要素使用} \\ \text{強度要因}}} + \underbrace{dz_t}_{\text{TFP}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

where, $dx_t = s_K dk_t + s_L \times (dn_t + dh_t)$

○ 単純型 (一次同次コブ・ダグラス型+完全競争)

$$dy_t = s_K \times (dk_t + du_t) + s_L \times (dn_t + dh_t + de_t) + dz_t \quad \dots\dots\dots (3)$$

- s_K : 総費用における資本分配率
- s_L : 総費用における労働分配率
- γ : Return to scale (またはマークアップ率) を表すパラメータ⁵
- ζ : 限界的な要素使用強度についてのパラメータ

ここでは、GDP (y)、資本ストック (k)、資本の稼働率 (u)、雇用者数 (n)、労働時間 (h)、労働の intensity (e)、技術進歩率 (z) = TFP であり、全て変化率 (d-) で表示されている。BFS 型 ((1)式) と単純型 ((3)式) を比べると、returns-to-scale に対応するパラメータ γ が、単純型では 1 に制約されていることが分かる。これは(3)式の関係式を導出するために完全競争の仮定が必要なことによる。

(1)式や(3)式を実際に推計する場合の問題は、稼働率や労働の使用強度といった指標についての適切なデータが入手できないことである。BFS 論文のポイントは、企業の費用最小化条件を用いて、稼働率などの観察できない要素使用強度のデータを含む(1)式から、観察できる変数のみで表される(2)式を導出し、推計に用いている点である。

(計測結果)

表 5-3 は、まず、製造業について耐久財・非耐久財ごとに分けて、returns-to-scale と要素使用強度のパラメータを推計した結果を掲げてある。生産関数の形状に制約を課さない推計では、両業種とも returns-to-scale が 1 を上回り、若干の不完全競争が検出された。小標本推計であることを考慮して、生産関数に一次同次 (CRS) の制約をかけた推計も同時に行ったところ、非耐久財業種については、統計的に有意なパラメータ変化が観察された。

上記のパラメータ推計結果に基づいて計測された製造業の TFP をみると (表 5-3)、製造業・耐久財については、90 年代前半の 3% 台から、98~99 年にかけて 7% 前後まで前年比が上昇していたことが確認できるが、足許にかけてはゼロ近傍まで落ち込んでおり、TFP 成長率の上昇は、一過性のものであったことが窺われる。一方、製造業・非耐久財については、90 年代を通じて目立った動きは認められず、TFP 上昇率は概ね 1.5% 程度で安定的に推移していることを明らかにしている

表 5-3 パラメータ推計結果 (SURHAC 推計)

	被説明変数：GDP 成長率			
	Returns-to-scale (γ)		要素使用強度 (ζ)	
	制約無し	制約あり	制約無し	制約あり
製造業・耐久財	1.23** (0.09)	1 —	0.71** (0.18)	0.91** (0.17)
製造業・非耐久財	1.18** (0.15)	1 —	0.33 (0.32)	0.47* (0.21)

推計期間：1978-2001。()内は標準誤差。*、** は、それぞれ 5%、1%水準で有意であることを示す。

上記のパラメータ推計結果に基づいて計測された製造業の TFP (下図) をみると、製造業・耐久財については、90年代前半の3%台から、98~99年にかけて7%前後まで前年比が上昇していたことが確認できるが、足下にかけてはゼロ近傍まで落ち込んでおり、TFP 成長率の上昇は、一過性のものであったことが窺われる。一方、製造業・非耐久財については、90年代を通じて目立った動きは認められず、TFP 上昇率は概ね 1.5%程度で安定的に推移していることを明らかにしている。

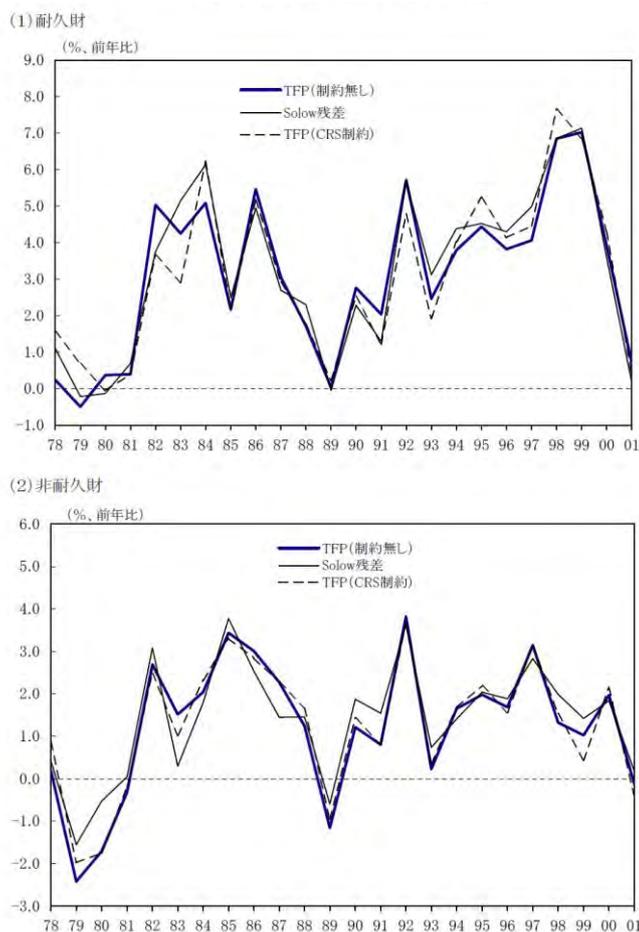


図 5-6 業種別 TFP (製造業) : BFS 推計

■Burnside, Eichenbaum and Rebelo (1995) の方法による TFP の計測

稼働率の計測誤差の問題について、Burnside, Eichenbaum and Rebelo (1995) (以下、BER と略称) は、稼働資本 (=稼働率×資本ストック) の優れた代理変数として電力消費量を用いるアプローチを提唱している。

既に見たように、入手可能な稼働資本のデータを用いた OLS 推計結果では SRIRL 現象が観察される。Burnside らは、これは実際に生産関数の形状が労働に関して収穫逓増であるのではなく、稼働資本ストックのデータの不備・誤差から生じていると考え、稼働資本の代わりに電力消費量を用いた推計を行った。仮に電力消費と真の稼働資本ストックとの間に線形の関係が存在すると仮定すると、理論上、生産関数の推計において両者を代替させることが可能となる。下表には、BER の推計を 2002 年まで延長した推計結果を掲載した (電力消費データが利用可能なのは製造業のみであるため、推計も製造業についてのみ行った)。

表 5-4 をみると労働投入のパラメータが 1 を下回り、稼働資本の代理変数である電力消費量のパラメータも有意に推計されていることが確認できる。以上の推計から算出された TFP 成長率をみると (下表)、まず、耐久財では 90 年代末、5~7%の比較的高水準で推移していた姿が観察される。BFS の手法を用いた計測結果 (前掲表 5-3) と比較すると、足許時点で、やや高めの計測結果となっているが、やはり、持続的に高成長を続けているとまでは言い難い。非耐久財についても、90 年代を通じて比較的、安定的に推移している姿は、推計結果と整合的であるが、足許を含め、わずかながら高めの計測結果を得ている。

表 5-4 パラメータ推計結果 (OLS 推計)

被説明変数：GDP 成長率 (前期比)		
	労働投入	電力消費
製造業・耐久財	0.976** (0.082)	0.138* (0.060)
製造業・非耐久財	0.827** (0.040)	0.137** (0.049)

推計期間：1975Q1-2002Q3。()内は標準誤差。*, ** は、それぞれ 5%, 1%水準で有意。

5. プログラムの安定性向上に関する検討

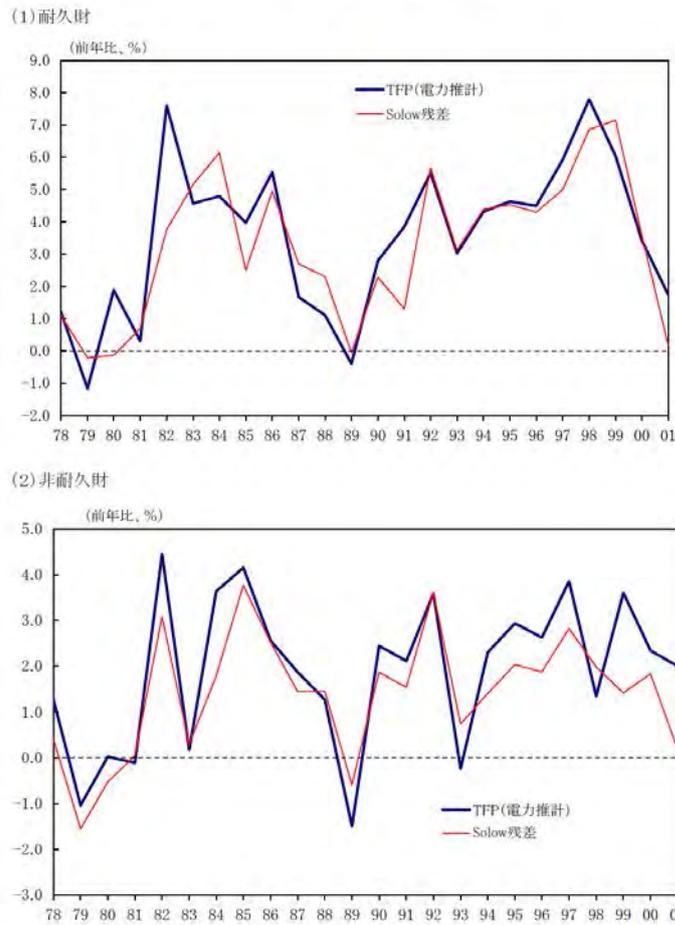
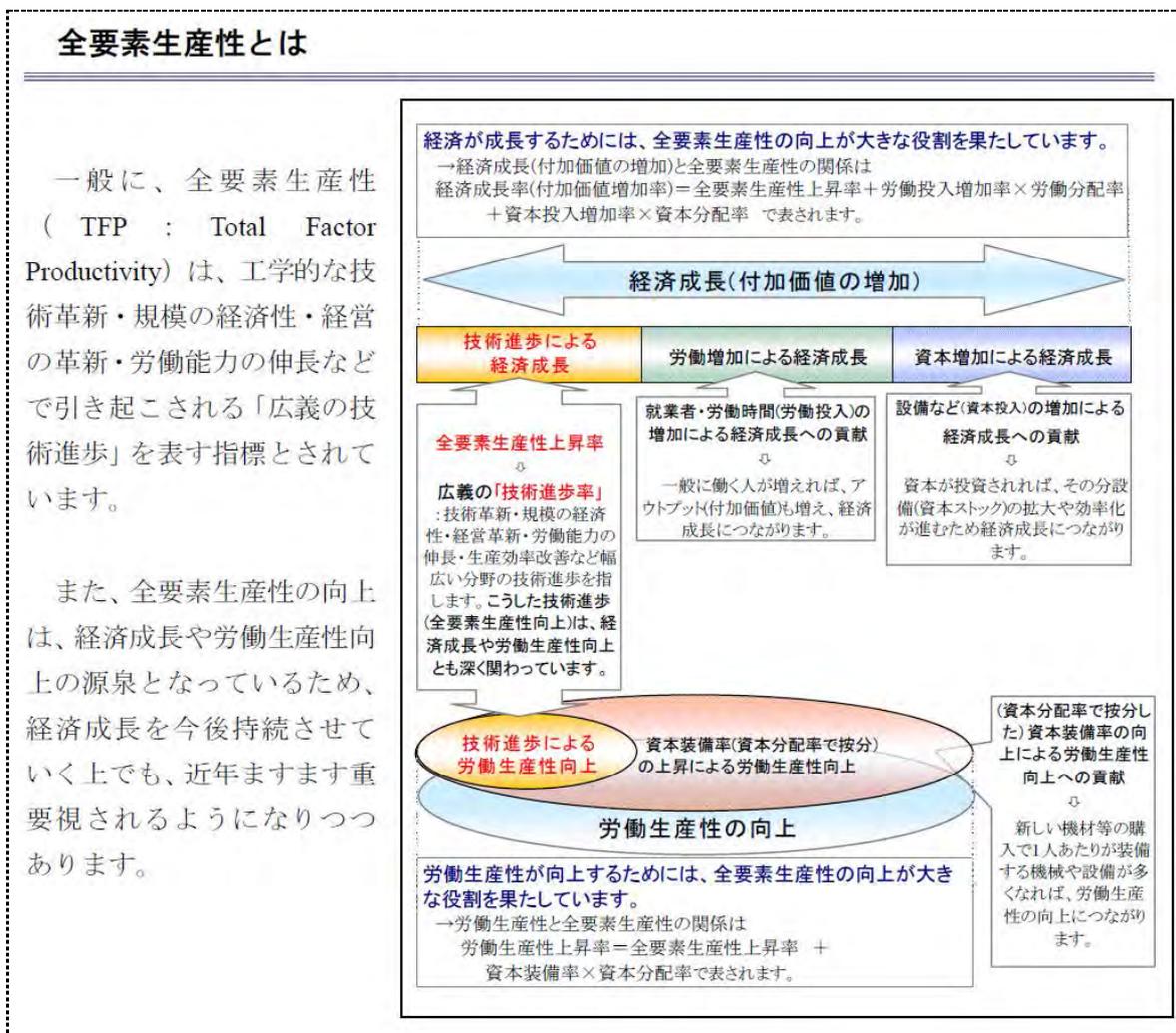


図 5-7 製造業の TFP : 電力消費を用いた推計結果

(4) 技術進歩率の計測事例

ここでは、技術進歩率の計測事例について整理する。

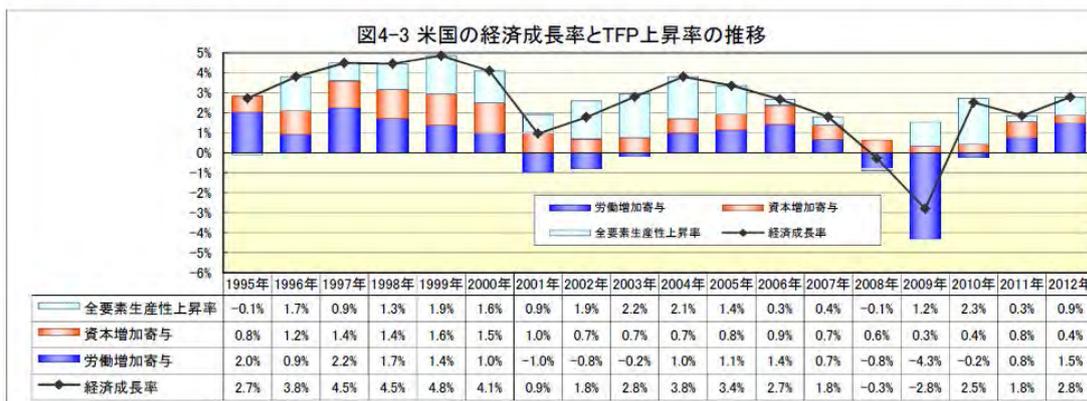
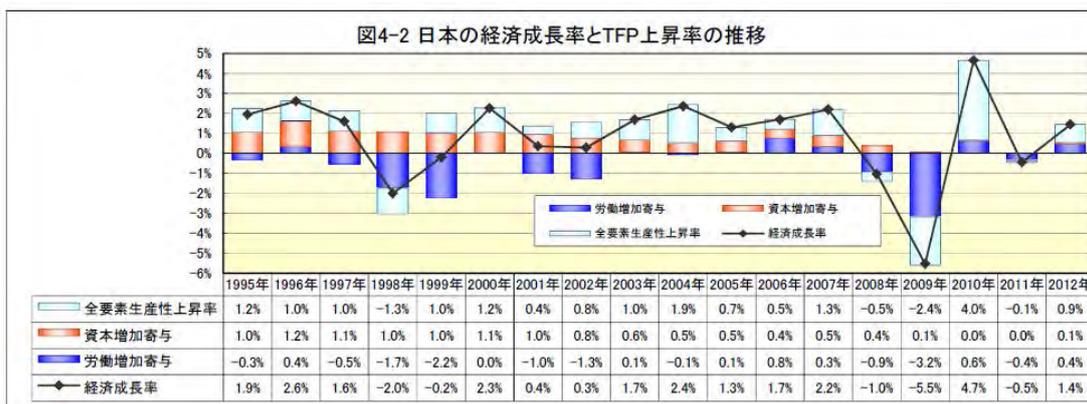
公益財団法人日本生産本部では、日本の生産性の動向 2014 年版にて、OECD 諸国の技術進歩率の動向を整理している。そのなかで、全要素生産性を以下の通り整理している。



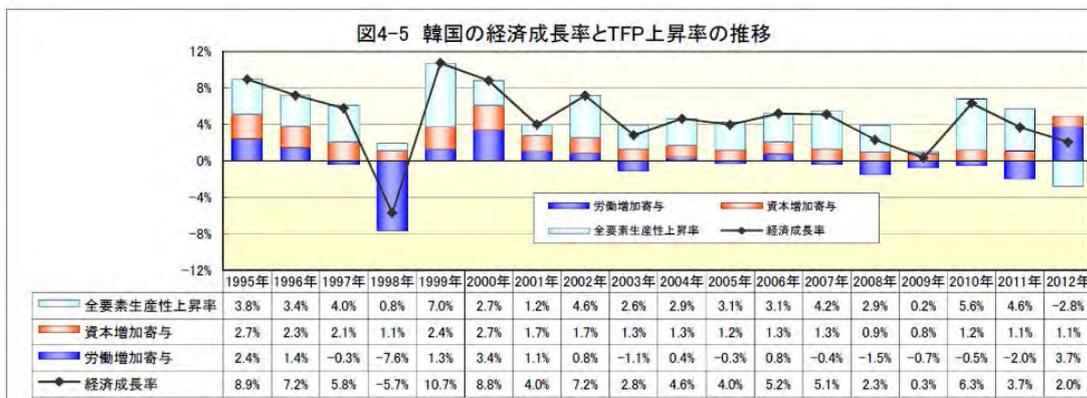
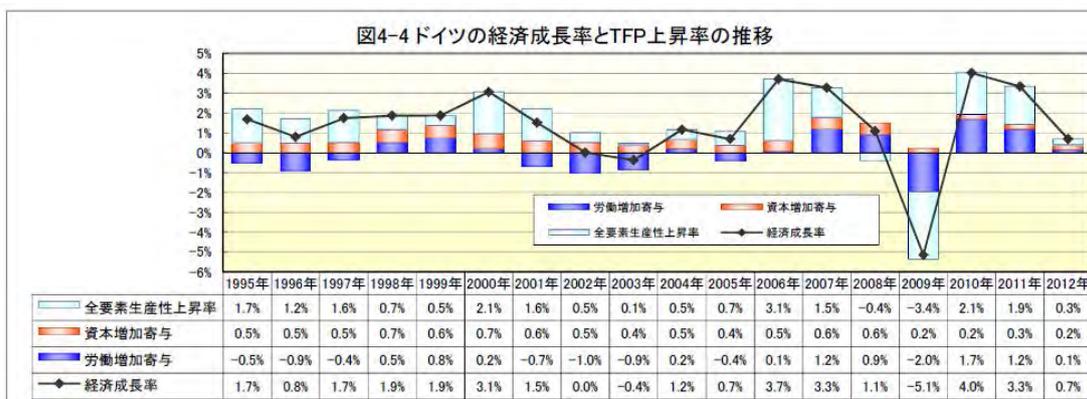
動向整理のなかでは、OECD 主要国の実質経済成長率を、①労働増加による寄与、②資本増加による寄与、③TFP 上昇による寄与、といった要因別に分析し、TFP の上昇が経済成長を左右する最も大きな要因になっていることが多いことを示している。

平均労働時間の低下などを背景に労働投入は減少ないし若干の増加にとどまっていることに加え、これまで経済成長を牽引してきた設備投資(資本増加による寄与もこのところ横ばいで推移していることもあり、2000 年代に入ってから TFP の上昇が日本の経済成長を牽引するようになってきているとしている。

5. プログラムの安定性向上に関する検討



(資料) OECD.STAT より日本生産性本部作成



(資料) OECD.STAT より日本生産性本部作成

また、TFP の動向は、それぞれの国が抱える経済環境や景気情勢などによって大きな差が生じているだけでなく、年代によっても傾向が異なるとしており、リーマン・ショック以降の3年間(2009～2012年)の各国のTFPをみると、データ計測が可能な20カ国全てで上昇率がプラスになっていることを確認できる。

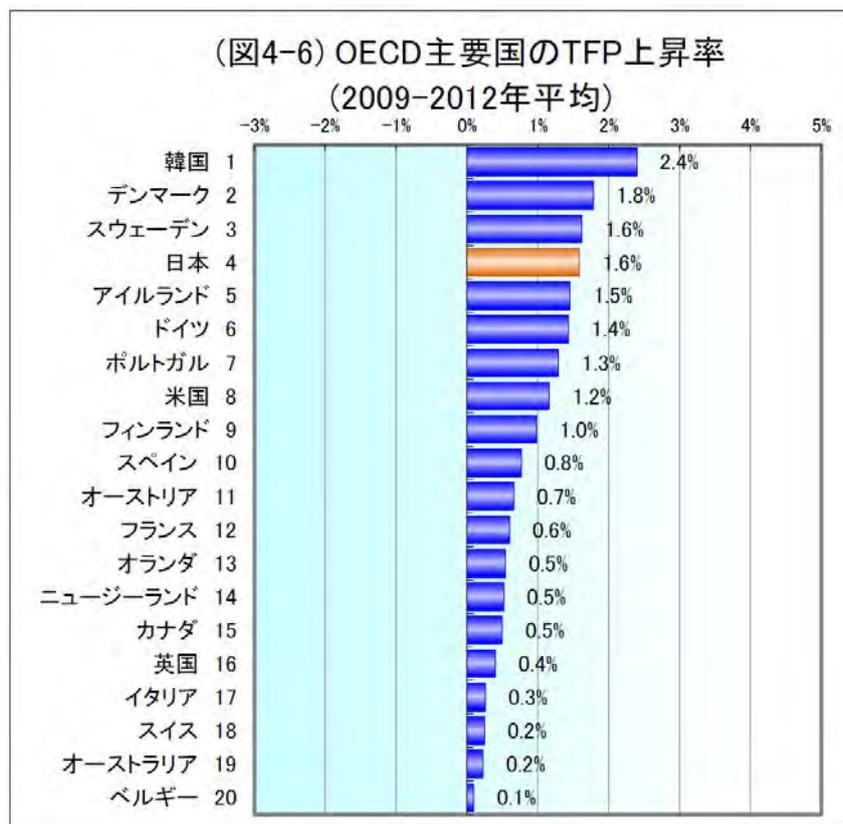


図 5-8 OECD 主要国の TFP 上昇率

5.1.3 ケーススタディによる技術進歩率の計測

ここではケーススタディとして2つの方法により技術進歩率の推計を試みる。

(1) GDP の伸びを用いた推計

世界銀行のデータベースで対象となっている国を対象に、TFP を GDP 成長率と見立て、GDP の規模応じた GDP 成長率の関係から技術進歩率を推計するための関数を検討する。

1) データベース

1960 年以降整理されている世界銀行の実質 GDP・人口を用いた。
分析対象国はデータがある国すべてを対象にしている。

2) 推計結果

1961、2000、2010、2013 における GDP の変化率と、1 人あたり GDP の関係をプロットし、GDP の増加に伴う TFP の逓減傾向を考慮するため、対数近似により推計を行った。
結果、年次によって推計結果にばらつきが生じる結果となった。

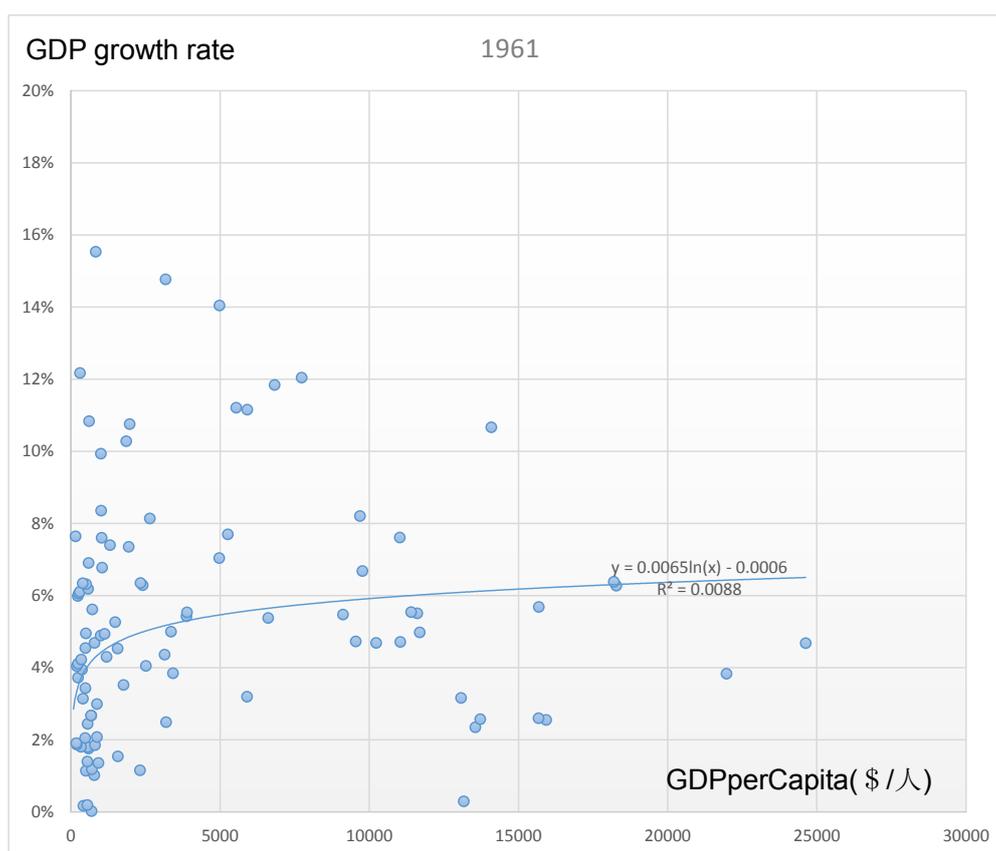


図 5-9 一人あたり GDP と GDP の変化率(1961 年)

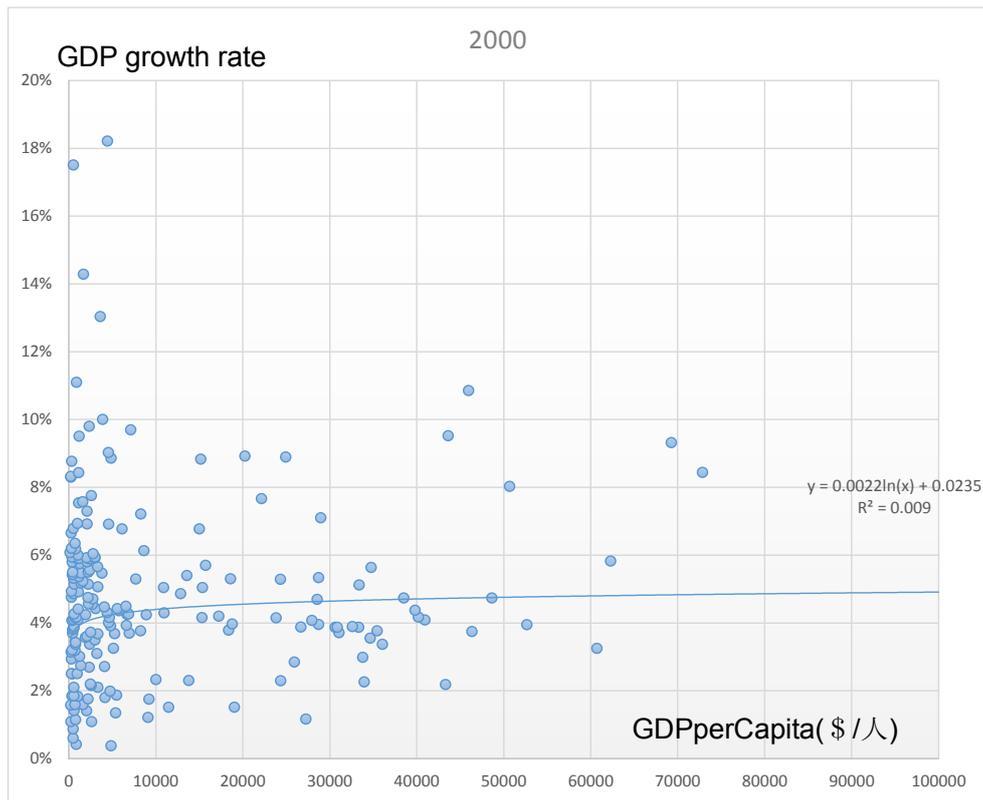


図 5-10 一人あたり GDP と GDP の変化率(2000 年)

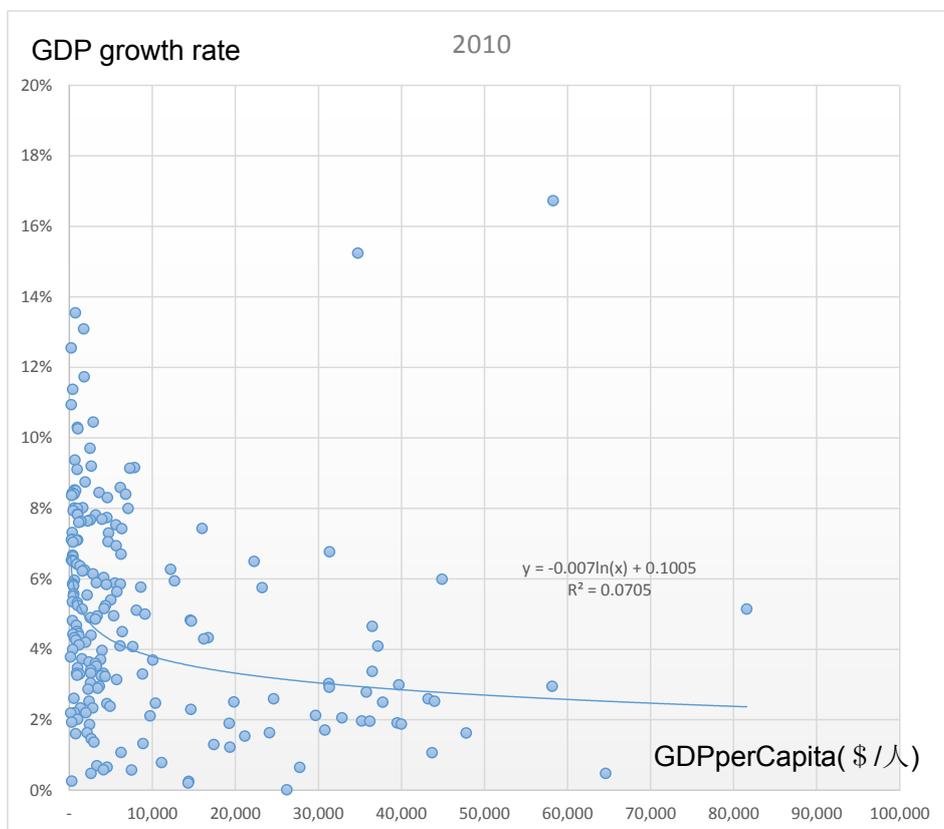


図 5-11 一人あたり GDP と GDP の変化率(2010 年)

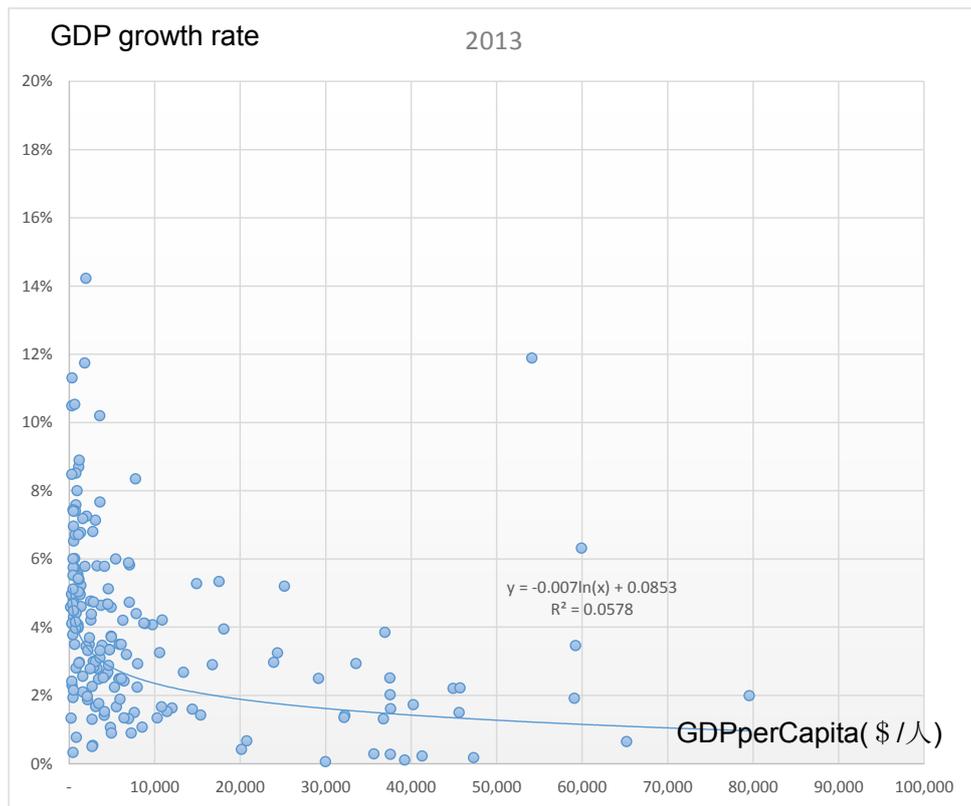


図 5-12 一人あたり GDP と GDP の変化率(2013 年)

(2) 生産関数の残差より推計する方法

ホンジュラスの TFP growth rate (以降、gb とする) を統計データの利用によるキャリブレーションにより算出した。

gb の時系列データを用いて、gb 成長関数を推計した。基準年は 2004 年（計算期間は統計データの利用可能な 2005 年～2011 年まで）とした。

gb は、GDP の成長とともに減少する傾向が確認された。

なお、gb 成長関数を将来予測に使用できるが、災害によるショックによる影響を反映させる場合は別途設定が必要である。

Data	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
TFP rate gb								
t: Period	0	1	2	3	4	5	6	7
Y: GDP	9,120,240,790	9,672,095,584	10,307,270,097	10,945,102,350	11,408,284,210	11,130,848,997	11,546,149,370	11,989,031,445
N: Total population	6,762,426	6,898,825	7,037,428	7,178,436	7,322,368	7,469,844	7,621,204	7,776,669
H: Human stock (mean years of schooling)	33,812,130	32,424,478	33,779,654	35,174,336	37,344,077	38,843,189	41,154,502	42,771,680
K: Capital stock	19,405,645,752	21,612,568,226	24,684,226,554	27,383,427,502	26,635,781,164	24,160,164,907	25,758,669,483	27,146,308,804
T: Land stock	1,050,000	1,050,000	1,050,000	1,050,000	1,018,000	1,020,000	1,020,000	1,020,000
ω: Human damage rate	0.006	0.012	0.002	0.009	0.049	0.005	0.012	0.002
ψ: Capital damage rate	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
τ: Land damage rate	0.013	0.157	0.057	0.070	0.213	0.049	0.099	0.006
$[(1-\omega)H]^{\alpha_1}$: Human stock share	2,636	2,579	2,640	2,681	2,703	2,809	2,875	2,939
$[(1-\psi)K]^{\alpha_2}$: Capital stock share	61,487	64,348	68,771	72,177	71,248	68,091	70,144	71,878
$[(1-\tau)T]^{\alpha_3}$: Land stock share	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B0: TFP coefficient	18.6	19.5	18.8	18.8	20.0	19.3	19.1	18.8
α 1: Share parameter								
α 2: Share parameter								
α 3: Share parameter								
TFP rate gb		0.049	0.006	0.003	0.018	0.008	0.005	0.001

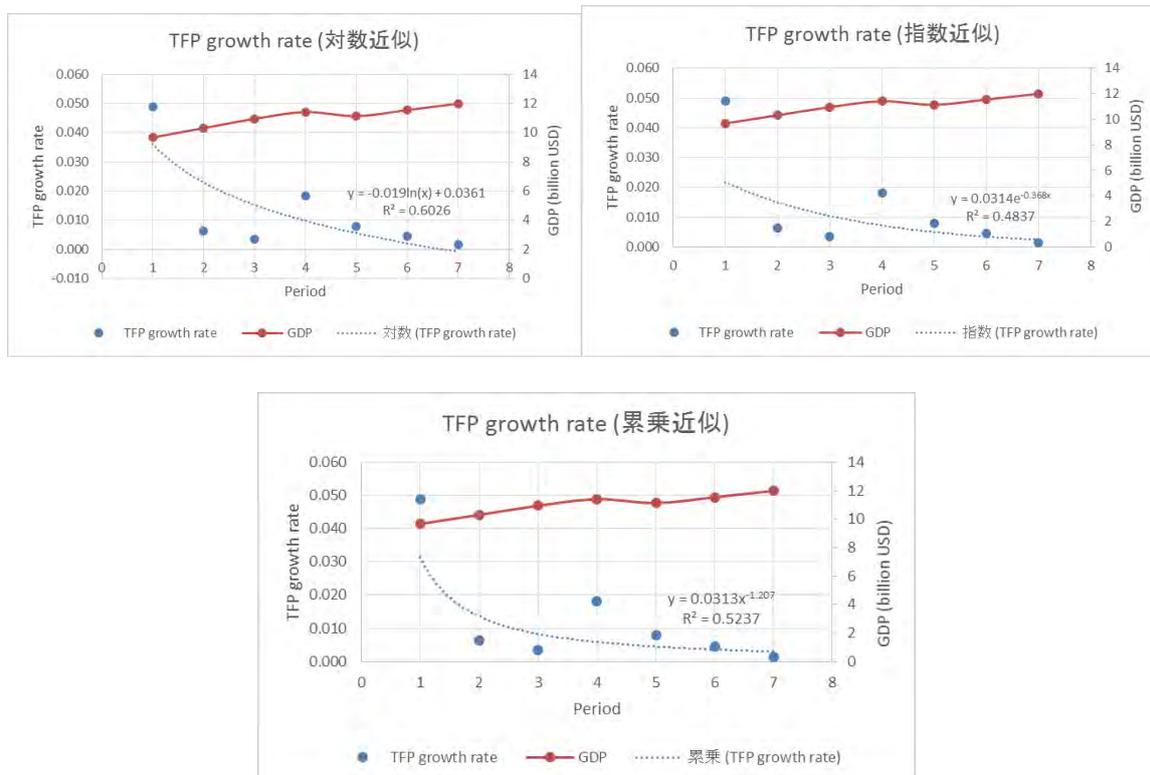


図 5-13 TFP growth rate の推計結果

5.1.4 技術進歩率の設定方法の検討

(1) 設定方法の検討

技術進歩率の推計方法等のレビューを実施したが、いくつか提示された方法はいずれも、資本ストック、人的資本ストック等の GDP の内訳データが必要であり、開発途上国において適用は困難である。

そのような点を勘案すると、各国のデータ収集が可能な GDP 成長率を TFP の成長と見立てて予測することが考えられるが、先に検討した傾向は、開発途上国から先進国まで様々なタイプの国を含んだものになっているため、今回のケーススタディでは必ずしも適さないと考えられる。そこで、今回のケーススタディを実施する国の技術進歩率の設定においては、対象国におけるデータのみにより設定を行うこととする。

分析対象国 5 カ国(コスタリカ、グアテマラ、ホンジュラス、パキスタン、ペルー)における 1 人あたり GDP と、GDP 成長率の推移を 1960～2013 年にかけての全データをプロットした結果は以下の通りであり、GDP の規模によらず、各国の成長率の平均は約 4%となっている。

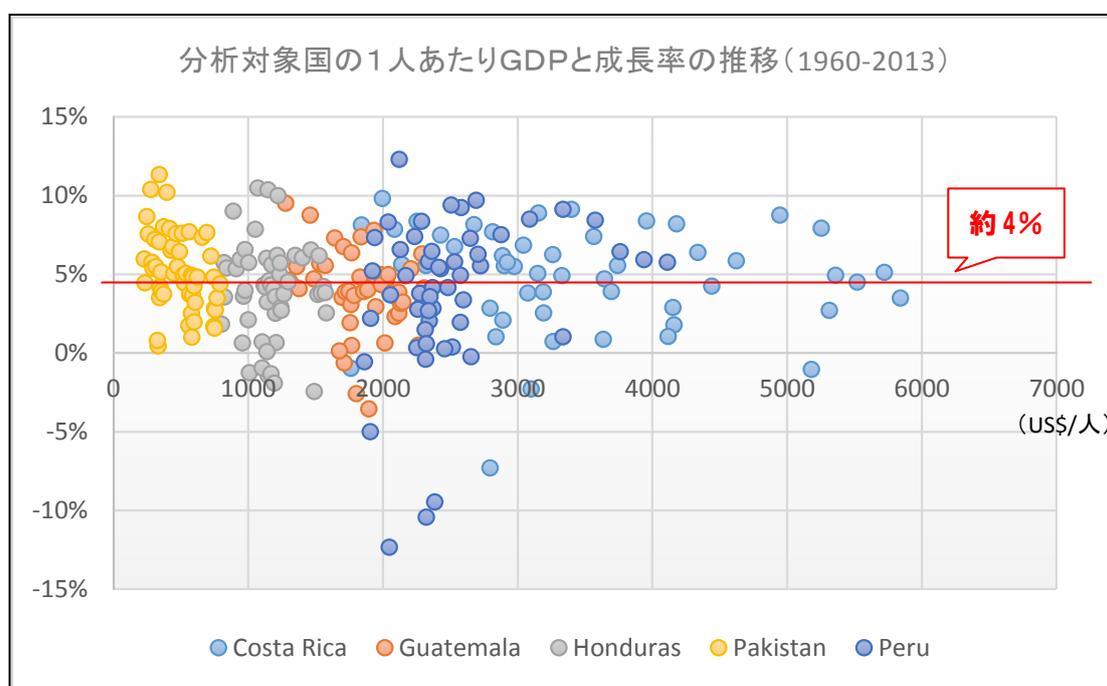


図 5-14 分析対象国の 1 人あたり GDP と成長率の推移

(2) 設定方法のまとめ

分析結果より、分析対象 5 カ国における GDP の大きさは異なれども、成長率に大きな差異は見られなかったことから、各国共通の値として技術進歩率 4%を用い分析を行う。

今回設定した技術進歩率を用い、3 章において、対策有無別の経済成長の予測を行っているが、別途見直しを行った人的投資関数の見直し等の影響により、GDP の大幅に伸びることについては改善されたといえる。

5.2 人的投資費用関数のユニバーサル化検討

5.2.1 検討の背景

先の検討で人的資本の蓄積も技術進歩率同様、GDPの伸びに影響を与えていることが確認された。GDPの成長に大きな影響を与える人的資本の投資の根拠となる人的投資費用関数について各国毎に合理的に設定する必要がある。

ここでは、一国で入手できる教育投資費用、就学年数のデータには限りがあることから、社会構造・情勢が同様のタイプの国でデータを共通化することで、多くのデータをもとにした人的資本関数（関係式）の推計方法を検討する。

検討に際しては、JICAを通じて得られる各国の詳細データを基に検討を実施した。

5.2.2 プログラムの安定化へ向けた人的投資費用関数の課題

(1) 人的投資費用関数の切片の影響

昨年度検討までの人的投資費用関数は、 $y = ax^2 + bx + c$ という x - y 軸の原点を通るとは限らない形状を用いていた。今回新たに設定した人的投資費用関数は、人的投資がゼロのときは教育費用もゼロ（つまり、 $c = 0$ ）であると仮定し、 $y = ax^2 + bx$ という x - y 軸の原点を通る二次関数とした。二次関数の各係数は回帰分析にて設定した。

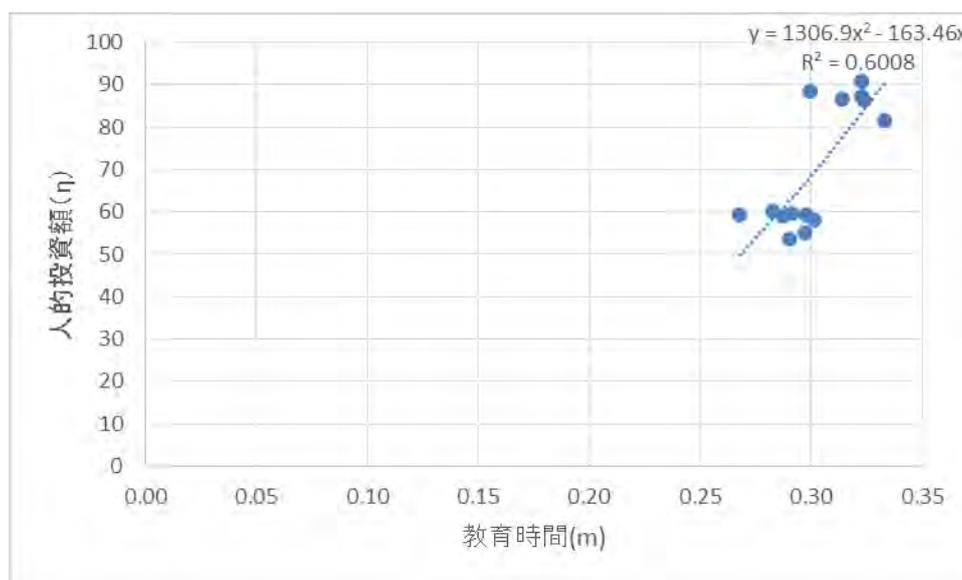


図 5-15 人的投資費用関数の推計

表 5-5 人的投資費用関数と人的投資（教育時間）との関係

人的投資費用関数 (USD)		人的投資m (Year)					
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
旧	$\eta(m) = 219.5m^2 - 111.7m + 65.1$	65.1	51.5	55.5	77.1	116.2	172.9
新	$\eta(m) = 1306.9m^2 - 163.5m$	0	19.6	143.7	372.4	705.6	1143.4

新たな人的投資費用関数の二次の項の係数は、これまでの人的投資費用関数の係数の約 6 倍となった。これは、 y 軸の切片をゼロにしたことが影響している。

5. プログラムの安定性向上に関する検討

教育時間に対する人的投資費用の応答特性が大きくなったため、人的投資が増大するに連れて、教育費用の増加がこれまでよりも急激に増加している。

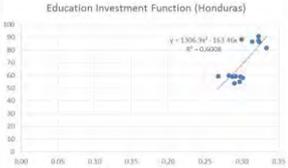
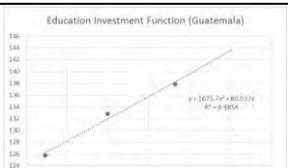
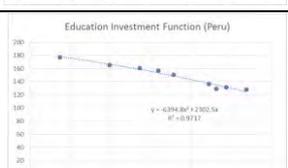
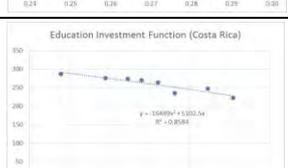
(2) 人的投資費用関数の二次の項の符号の影響

データセットの精査の中で、人的投資費用関数の二次の項の符号がプログラムの安定性に大きく影響する可能性が有ることを発見した。

二次の項の符号が正である場合（ホンジュラス、パキスタン、グアテマラ）は実数解によるケーススタディ結果が得られたのに対し、負である場合（ペルー、コスタリカ）は最適値関数のキャリブレーションをする過程で虚数解が生じてしまった。

以下は各国の人的投資費用関数について整理した表である。

表 5-6 各国の人的投資費用関数（各国固有のデータを使用して）

人的投資費用関数 η (USD)		人的投資 m (Year)						Figure (横軸: m , 縦軸: η)	各国GDP等の試算結果	
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0			
ホンジュラス	$\eta(m) = 1306.9m^2 - 163.46m$	0	20	144	372	706	1143		○	実数解が得られた。 階層間の逆転も生じない。
パキスタン	$\eta(m) = 621.69m^2 - 16.512m$	0	22	93	214	385	605		○	
グアテマラ	$\eta(m) = 1075.7m^2 + 80.032m$	0	59	204	435	752	1156		○	
ペルー	$\eta(m) = -6309.6m^2 + 2360.5m$	0	220	-65	-855	-2150	-3949		×	解が虚数解となる。
コスタリカ	$\eta(m) = -16489m^2 + 5102.5m$	0	361	-597	-2875	-6471	-11387		×	各国特有のパラメータを用いつつ、 人的投資費用関数のみホンジュラス版に置き換えたところ、実数解が得られた。

プログラムの安定化に向けて、人的投資費用関数については、各国データに基づくユニバーサル化や直感に合致するような仮定値を用いて設定する方法が挙げられる。

今後、多くの国でケーススタディを実施することに加えて、対外的な説明に際しても根拠のある設定方法を提示することの必要性を想定し、本検討ではユニバーサル化にて検討を進めた。

5.2.3 人的投資費用関数のユニバーサル化

人的投資費用関数は、当初、各国固有のデータを用いて推計していた。しかしながら、対象国によっては人的投資費用関数の推計結果がモデルに整合せず、プログラムの安定性に影響を及ぼす結果となった。

そのため、プログラムの安定化に向けて、各国固有のデータに関わりなく安定的な解が得られるような人的投資費用関数のユニバーサル化を実施した。

(1) 使用データ

使用データは、下記のデータを用いる。

◇INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO

- Duration by level of education
- Government expenditure per student in constant US \$

◇World Development Indicator, World Bank

- Country and Lending Groups

(2) 人的投資費用関数の設定（全世界）

人的投資費用関数は、教育時間と累積教育費用との回帰分析を行うことにより求める。

全世界における教育レベル別の在籍期間と一人あたりの政府教育支出の平均値は以下の表のとおりである。

表 5-7 教育レベル別の在籍期間と一人あたりの教育政府支出（世界平均）

Time			2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average	
Duration	years	primary	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.7	
		lower secondary	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.4
		upper secondary	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	3.0	2.9
		Total	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.1	12.1	12.0
Expenditure per capita (one year)	constant US\$	primary	3,407	3,564	3,784	3,817	3,635	3,599	3,723	2,792	1,506	3,314	
		lower secondary	5,363	5,720	5,865	5,493	5,760	5,099	5,149	3,638	2,026	4,901	
		upper secondary	6,356	7,073	6,947	6,663	6,644	5,864	5,598	3,865	2,293	5,701	
		Total	15,126	16,357	16,597	15,973	16,039	14,562	14,470	10,294	5,825	13,916	

※pre-primary, post-secondary, tertiary については、データが整備されていない、あるいはデータの欠損が多かったため除外した。

就学年数とそれに伴う教育費用の累積値をまとめると以下のようなになる。

表 5-8 就学年数と累積教育費用（世界平均）

Function data			Primary	Lower secondary	Upper secondary
Duration	Years	Average	5.7	3.4	2.9
		Accumulation	5.7	9.1	12.0
Expenditure per capita (one year)	Constant US\$	Average	3,314	4,901	5,701
		Accumulation	3,314	8,215	13,916
Expenditure per capita (duration)	Constant US\$	Average	19,043	16,445	16,706
		Accumulation	19,043	35,488	52,194

UNESCO データの「Government expenditure per student in constant US \$」は単年度あたりの一人あたり教育支出を表している。そのため、ある教育レベルを卒業するまでに必要な教育費用の累計は、「Government expenditure per student in constant US \$」に在籍期間（duration）を掛けたものとなる。

これより、横軸に就学年数、縦軸に教育費用の累計を取って回帰分析を行うと、以下の図のような回帰式が得られる。

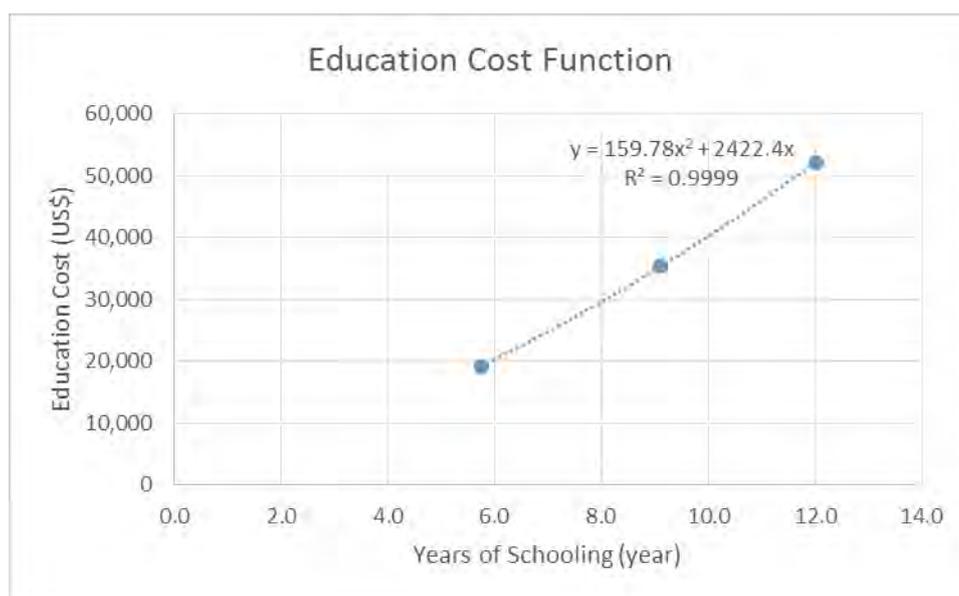


図 5-16 就学年数と累積教育費用との関係

ただし、人的投資費用関数は単年度あたりの教育費用をアウトプットする関数である必要がある。生涯の教育費用の累計を単年度あたりの教育費用へと変換するため、就学および就労の期間（人は5歳から64歳までの60年間で教育や労働を行うものと仮定）を用いて、これまでに求めた就学年数と累積教育費用をその期間で除することにより、単年度あたりの平均値を算出するものとした。

表 5-9 単年あたりの人的投資と教育費用（就学および就労の期間による基準化後）

Function data (normalization by lifetime period)		Primary	Lower secondary	Upper secondary	
Human investment		Average	0.10	0.06	0.05
		Accumulation	0.10	0.15	0.20
Expenditure per capita	Constant US\$	Average	317	274	278
		Accumulation	317	591	870

これより、横軸に単年あたりの人的投資、縦軸に単年あたりの教育費用を取り回帰分析を行うと、以下の図のような人的投資費用関数が得られる。

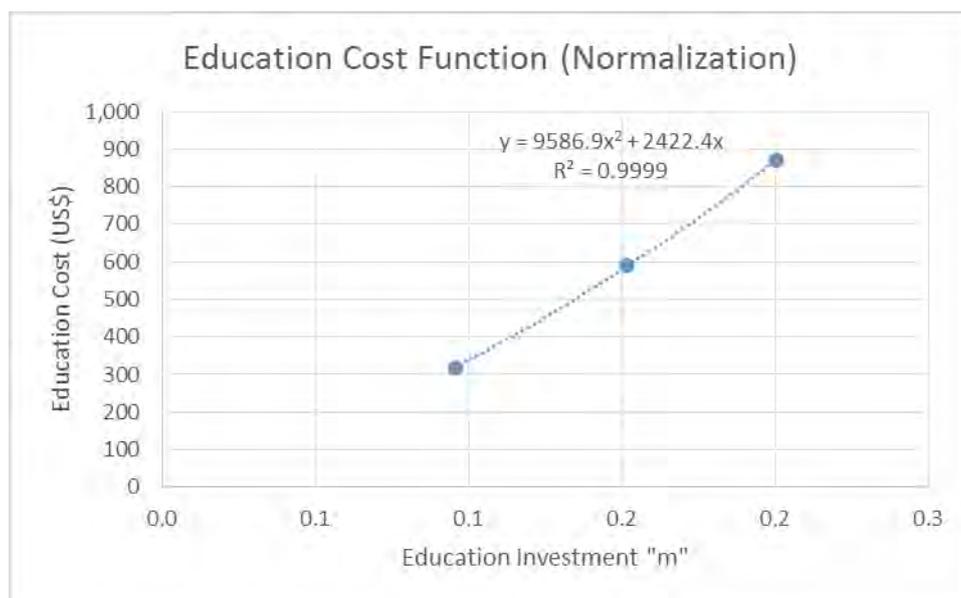


図 5-17 人的投資費用関数（世界平均）

(3) 人的投資費用関数の設定（所得グループ別）

世界銀行の「Country and Lending Groups」にて区分されている国家の所得グループ別に人的投資費用関数を設定した。設定結果を次の表にまとめる。

表 5-10 国家の所得グループ別の人的投資費用関数

人的投資費用関数 η (USD)		人的投資 m (Year)						Figure (横軸: m , 縦軸: η)
		0	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	
Average	$\eta(m) = 9586.9m^2 + 2422.4m$	0	868	2503	4905	8074	12009	
Low income	$\eta(m) = 756.46m^2 - 26.791m$	0	25	110	256	463	730	
Lower middle income	$\eta(m) = 775.84m^2 + 222.68m$	0	76	213	413	675	999	
Upper middle income	$\eta(m) = 1174.3m^2 + 1070.7m$	0	261	616	1065	1608	2245	
High income non OECD	$\eta(m) = 7185.6m^2 + 3609.1m$	0	1009	2593	4752	7486	10795	
High income OECD	$\eta(m) = 10924m^2 + 7804.4m$	0	1998	4870	8615	13235	18728	

<参考： 国家の所得グループ（出典：世界銀行）>

表 5-11 Low-income economies

Low-income economies (\$1,045 or less)			34
Afghanistan	Gambia, The	Nepal	
Bangladesh	Guinea	Niger	
Benin	Guinea-Bissau	Rwanda	
Burkina Faso	Haiti	Sierra Leone	
Burundi	Kenya	Somalia	
Cambodia	Korea, Dem Rep.	Tajikistan	
Central African Republic	Liberia	Tanzania	
Chad	Madagascar	Togo	
Comoros	Malawi	Uganda	
Congo, Dem. Rep	Mali	Zimbabwe	
Eritrea	Mozambique		
Ethiopia	Myanmar		

表 5-12 Lower-middle-income economies

Lower-middle-income economies (\$1,046 to \$4,125)			50
Armenia	Kiribati	São Tomé and Príncipe	
Bhutan	Kosovo	Senegal	
Bolivia	Kyrgyz Republic	Solomon Islands	
Cameroon	Lao PDR	South Sudan	
Cabo Verde	Lesotho	Sri Lanka	
Congo, Rep.	Mauritania	Sudan	
Côte d'Ivoire	Micronesia, Fed. Sts.	Swaziland	
Djibouti	Moldova	Syrian Arab Republic	
Egypt, Arab Rep.	Mongolia	Timor-Leste	
El Salvador	Morocco	Ukraine	
Georgia	Nicaragua	Uzbekistan	
Ghana	Nigeria	Vanuatu	
Guatemala	Pakistan	Vietnam	
Guyana	Papua New Guinea	West Bank and Gaza	
Honduras	Paraguay	Yemen, Rep.	
Indonesia	Philippines	Zambia	
India	Samoa		

表 5-13 Upper-middle-income economies

Upper-middle-income economies (\$4,126 to \$12,745)			55
Angola	Fiji	Palau	
Albania	Gabon	Panama	
Algeria	Grenada	Peru	
American Samoa	Hungary	Romania	
Argentina	Iran, Islamic Rep.	Serbia	
Azerbaijan	Iraq	Seychelles	
Belarus	Jamaica	South Africa	
Belize	Jordan	St. Lucia	
Bosnia and Herzegovina	Kazakhstan	St. Vincent and the Grenadines	
Botswana	Lebanon	Suriname	
Brazil	Libya	Thailand	
Bulgaria	Macedonia, FYR	Tonga	
China	Malaysia	Tunisia	
Colombia	Maldives	Turkey	
Costa Rica	Marshall Islands	Turkmenistan	
Cuba	Mauritius	Tuvalu	
Dominica	Mexico	Venezuela, RB	
Dominican Republic	Montenegro		
Ecuador	Namibia		

表 5-14 High-income economies

High-income economies (\$12,746 or more)			75
Andorra	French Polynesia	Norway	
Antigua and Barbuda	Germany	Oman	
Aruba	Greece	Poland	
Australia	Greenland	Portugal	
Austria	Guam	Puerto Rico	
Bahamas, The	Hong Kong SAR, China	Qatar	
Bahrain	Iceland	Russian Federation	
Barbados	Ireland	San Marino	
Belgium	Isle of Man	Saudi Arabia	
Bermuda	Israel	Singapore	
Brunei Darussalam	Italy	Sint Maarten	
Canada	Japan	Slovak Republic	
Cayman Islands	Korea, Rep.	Slovenia	
Channel Islands	Kuwait	Spain	
Chile	Latvia	St. Kitts and Nevis	
Croatia	Liechtenstein	St. Martin	
Curaçao	Lithuania	Sweden	
Cyprus	Luxembourg	Switzerland	
Czech Republic	Macao SAR, China	Trinidad and Tobago	
Denmark	Malta	Turks and Caicos Islands	
Estonia	Monaco	United Arab Emirates	
Equatorial Guinea	Netherlands	United Kingdom	
Faeroe Islands	New Caledonia	United States	
Finland	New Zealand	Uruguay	
France	Northern Mariana Islands	Virgin Islands (U.S.)	

表 5-15 High-income OECD members

High-income OECD members		31
Australia	Greece	Poland
Austria	Iceland	Portugal
Belgium	Ireland	Slovak Republic
Canada	Italy	Slovenia
Chile	Israel	Spain
Czech Republic	Japan	Sweden
Denmark	Korea, Rep.	Switzerland
Estonia	Luxembourg	United Kingdom
Finland	Netherlands	United States
France	New Zealand	
Germany	Norway	

5.2.4 人的投資費用関数のステップ関数化

代表的家計の人的資本（平均就学年数）のレベルに応じた人的投資費用を考慮するため、人的投資費用関数を教育水準別（小学校、中学校、高校、大学）に設定した。

(1) 使用データ

◇INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO

- Duration by level of education
- Government expenditure per student as % of GDP per capita

◇World Development Indicator, World Bank

- Country and Lending Groups

(2) 人的投資費用関数の設定

① 学生一人あたり教育支出率の設定（ユニバーサル値）

世界銀行「Country and Lending Groups」で設定されている国家単位の所得グループ別に、学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita)を算出する。算出した値は、ユニバーサル値として利用する。

表 5-16 学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita) (単位：%)

low income		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Time											
Expenditure per capita	primary	13.0	12.3	14.1	13.5	13.5	12.2	11.7	11.0	11.1	12.5
(% GDP per capita)	lower secondary	11.5	5.1	34.2	18.4	14.0	18.9	19.8	19.4	19.7	17.9
	upper secondary	28.0		244.2	33.9	36.0	47.5	35.9	42.4	33.5	62.7
	Tertiary	298.6	258.0	178.3	206.6	154.7	160.9	294.9	237.4	146.2	215.1
lower middle income		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Time											
Expenditure per capita	primary	11.6	12.3	14.0	13.6	14.4	15.0	14.1	14.7	14.1	13.8
(% GDP per capita)	lower secondary	15.0	14.7	14.8	14.6	17.7	19.1	16.9	18.4	16.6	16.4
	upper secondary	23.0	29.1	30.6	27.6	21.0	30.9	26.1	22.8	19.7	25.7
	Tertiary	78.4	106.7	183.6	51.1	69.7	60.2	55.5	35.2	28.4	74.3
Upper middle income		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Time											
Expenditure per capita	primary	14.4	15.4	15.7	18.5	18.4	18.8	19.2	16.2	16.5	17.0
(% GDP per capita)	lower secondary	16.5	18.9	19.7	18.9	20.8	21.2	20.1	18.3	20.2	19.4
	upper secondary	17.2	20.4	20.2	22.7	21.4	21.8	21.9	18.1	20.5	20.5
	Tertiary	36.2	49.7	34.0	43.0	27.5	29.4	27.6	55.7	23.4	36.3
High income: nonOECD		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Time											
Expenditure per capita	primary	13.4	14.2	16.9	16.0	16.6	15.6	17.0	15.9	14.2	15.5
(% GDP per capita)	lower secondary	15.3	15.1	16.7	19.6	22.7	21.6	24.3	16.3		18.9
	upper secondary	17.5	19.3	18.8	21.3	24.3	23.0	24.6	21.1		21.2
	Tertiary	33.9	27.6	25.7	28.1	27.7	31.7	30.2	26.2	28.6	28.9
High income: OECD		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Time											
Expenditure per capita	primary	20.1	19.9	19.8	19.6	20.3	22.2	22.7	21.7	20.9	20.8
(% GDP per capita)	lower secondary	23.7	22.9	22.6	22.3	24.0	26.1	26.3	25.8	23.8	24.2
	upper secondary	27.7	26.6	26.7	25.7	26.5	29.1	27.8	26.5	23.5	26.7
	Tertiary	30.5	29.4	29.7	28.8	28.9	31.3	30.1	28.6	27.1	29.4

※ユニバーサル値を使用するのは、「学生一人あたり教育支出率（一人あたり GDP 比）」のデータが GDP などの統計データと比較して整っていないことが多いため。なお、データ欄の空欄はデータの欠損である。

② 学生一人あたり教育支出額の設定（各国固有値）

各国固有の GDP per capita を①で求めた学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita) に掛け合わせることで、各国固有の学生一人あたり教育支出額 (\$) を算出する。

学生一人あたり教育支出額 (USD)

= 学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita) × GDP per capita (USD)

表 5-17 GDP per capita (単位 : USD)

GDP per capita (constant 2005 US\$)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
Honduras	1,349	1,402	1,465	1,525	1,558	1,490	1,515	1,542	1,569	1,490
Pakistan	656	693	723	744	742	749	748	755	769	731
Guatemala	2,131	2,146	2,207	2,289	2,307	2,262	2,270	2,306	2,315	2,248
Peru	2,574	2,704	2,876	3,088	3,335	3,334	3,575	3,761	3,935	3,242
Costa Rica	4,440	4,621	4,944	5,252	5,313	5,180	5,357	5,519	5,720	5,150

表 5-18 学生一人あたり教育支出額 (単位 : USD)

Honduras	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
primary	156.6	172.7	205.2	207.5	224.9	223.5	212.9	226.9	221.7	205.8
lower secondary	202.5	205.7	217.1	223.0	276.0	284.2	255.9	283.2	260.4	245.3
upper secondary	310.6	407.3	448.6	421.5	326.7	460.8	396.0	350.8	309.5	381.3
Tertiary	1057.0	1495.9	2689.3	778.4	1085.5	897.7	841.1	542.3	446.0	1092.6
Pakistan	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
primary	76.1	85.4	101.2	101.2	107.1	112.4	105.1	111.2	108.6	100.9
lower secondary	98.4	101.7	107.1	108.8	131.5	142.9	126.4	138.8	127.6	120.3
upper secondary	151.0	201.4	221.3	205.5	155.6	231.7	195.5	171.9	151.6	187.3
Tertiary	513.8	739.6	1326.8	379.6	517.1	451.5	415.3	265.7	218.5	536.4
Guatemala	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
primary	247.4	264.4	309.1	311.5	332.9	339.3	319.0	339.4	327.1	310.0
lower secondary	320.0	314.9	327.1	334.8	408.7	431.5	383.5	423.5	384.2	369.8
upper secondary	490.7	623.6	675.9	632.7	483.7	699.6	593.4	524.7	456.6	575.6
Tertiary	1670.0	2289.9	4051.6	1168.5	1607.2	1362.9	1260.4	811.2	658.0	1653.3
Peru	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
primary	371.2	417.4	450.9	570.0	614.9	627.7	686.5	610.4	649.8	555.4
lower secondary	424.9	512.0	566.4	583.0	692.1	707.7	718.2	687.1	796.1	632.0
upper secondary	442.8	551.6	581.9	702.2	715.1	728.5	782.0	679.4	805.0	665.4
Tertiary	931.8	1343.7	976.6	1329.1	918.8	978.7	988.4	2095.7	920.3	1164.8
Costa Rica	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Average
primary	640.5	713.4	775.3	969.5	979.6	975.2	1028.7	895.7	944.7	880.3
lower secondary	733.0	875.0	973.8	991.6	1102.5	1099.5	1076.2	1008.3	1157.3	1001.9
upper secondary	764.0	942.7	1000.4	1194.4	1139.2	1131.8	1171.8	996.9	1170.2	1056.8
Tertiary	1607.6	2296.4	1679.1	2260.6	1463.6	1520.6	1481.0	3075.3	1337.9	1858.0

③ 人的投資費用関数の設定

②で求めた学生一人あたり教育支出額を用いて人的投資費用関数を設定する。人的投資費用関数は、縦軸に教育支出額 η 、横軸に就学年数の伸び m を取る。

就学年数の伸び m は、一年間を通じて教育を受けた場合は $m = 1$ 、全く教育を受けなかった場合は $m = 0$ となる。

人的投資費用関数は、就学年数の伸び m が大きくなるほど教育支出額 η が乗数的に増大するものと仮定し、その関数形は二次関数とする。人的投資費用関数の形状は他にも指数型やロジスティック型も考えられるが、二次関数とすることで就学年数の伸び m に関する一階条件式が解析的に解けるようになり、モデルの安定性や扱い易さが向上する。

以下、パキスタンのデータを用いて、人的投資費用関数を設定した例である。

表 5-19 人的投資費用関数の設定値（パキスタンを例に）

Pakistan	教育支出額 η (\$) (2004-2012 平均値)	就学年数の伸び m (years)	人的投資費用関数 $\eta(m)$ (\$)
Primary	100.9	1	$\eta(m)=100.9 m^2$
Lower secondary	120.3	1	$\eta(m)=120.3 m^2$
Upper secondary	187.3	1	$\eta(m)=187.3 m^2$
Tertiary	536.4	1	$\eta(m)=536.4 m^2$

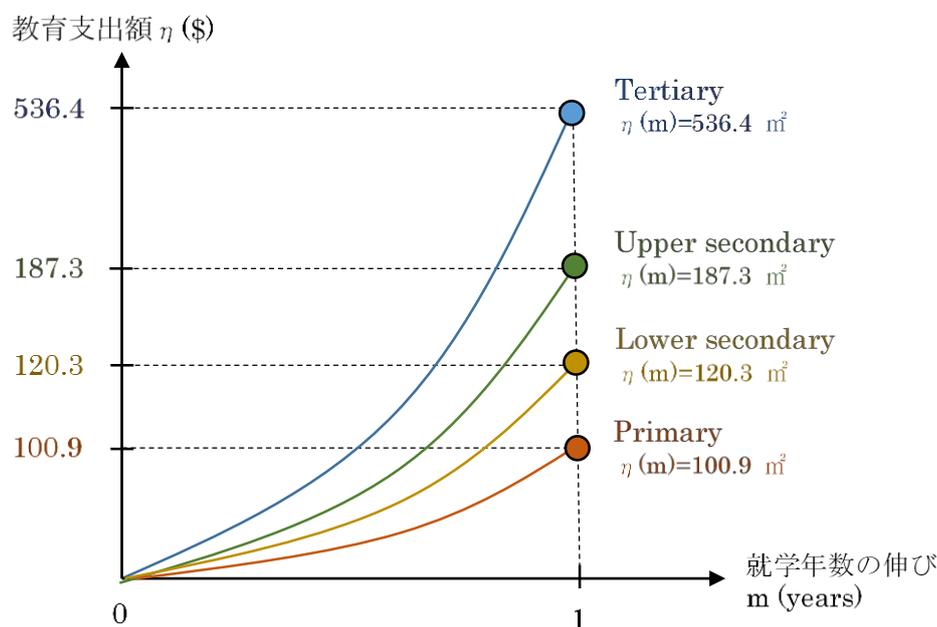


図 5-18 人的投資費用関数の設定（パキスタンを例に）

(3) 教育水準別の人的投資費用関数の使用範囲

国別の教育水準別の標準在籍期間 (duration) を参考に、教育水準別の人的投資費用関数の使用範囲を定める。

表 5-20 教育水準別の標準在籍期間 (duration)

Honduras		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Avera
Time														
Duration (years)	primary	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
	lower secondary	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
	upper secondary	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.2
Pakistan		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Avera
Time														
Duration (years)	primary	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
	lower secondary	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
	upper secondary	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4.0
Guatemala		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Avera
Time														
Duration (years)	primary	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
	lower secondary	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
	upper secondary	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0
Peru		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Avera
Time														
Duration (years)	primary	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
	lower secondary	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
	upper secondary	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0
Costa Rica		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Avera
Time														
Duration (years)	primary	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
	lower secondary	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3.0
	upper secondary	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0

(4) 人的資本のレベルを考慮した人的投資費用関数の設定

以下の表に人的資本のレベルを考慮した人的投資費用関数を整理する。表中の Range of Human Capital の範囲は、これまでに求めた標準在籍期間 (duration) を基に設定している。

表 5-21 人的投資費用関数 (ステップ関数型)

		Pakistan	Honduras	Guatemala	Peru	Costa Rica
Primary	Human Investment Function	$y = 100.9 m^2$	$y = 205.8 m^2$	$y = 310.0 m^2$	$y = 555.4 m^2$	$y = 880.3 m^2$
小学校	Range of Human Capital	$0 \leq h \leq 5$	$0 \leq h \leq 6$			
Lower secondary	Human Investment Function	$y = 120.3 m^2$	$y = 245.3 m^2$	$y = 369.8 m^2$	$y = 632.0 m^2$	$y = 1001.9 m^2$
中学校	Range of Human Capital	$5 < h \leq 8$	$6 < h \leq 9$			
Upper secondary	Human Investment Function	$y = 187.3 m^2$	$y = 381.3 m^2$	$y = 575.6 m^2$	$y = 665.4 m^2$	$y = 1056.8 m^2$
高校	Range of Human Capital	$8 < h \leq 12$	$9 < h \leq 11$			
Tertiary	Human Investment Function	$y = 536.4 m^2$	$y = 1092.6 m^2$	$y = 1653.3 m^2$	$y = 1164.8 m^2$	$y = 1858.0 m^2$
大学	Range of Human Capital	$12 < h$	$11 < h$			

5.2.5 人的投資費用関数の改良結果

前項の検討結果を踏まえ、下表の通り、各国のデータ制約を考慮し、人的投資費用関数をステップ関数型の汎用性のある人的資本関数（関係式）に改良を行い、プログラムを改良した。

今回設定した人的資本関数を用い、3章において、対策有無別の経済成長の予測を行った結果、人的資本の蓄積が年あたり1を超えることがなくなり、GDPの大幅な伸びについては改善が見られた。

表 5-22 人的投資費用関数（ステップ関数型）

二次関数		Pakistan	Honduras	Guatemala	Peru	Costa Rica
Primary 小学校	Human Investment Function	$y = 100.9 m^2$	$y = 205.8 m^2$	$y = 310.0 m^2$	$y = 555.4 m^2$	$y = 880.3 m^2$
	Range of Human Capital	$0 \leq h \leq 5$	$0 \leq h \leq 6$			
Lower secondary 中学校	Human Investment Function	$y = 120.3 m^2$	$y = 245.3 m^2$	$y = 369.8 m^2$	$y = 632.0 m^2$	$y = 1001.9 m^2$
	Range of Human Capital	$5 < h \leq 8$	$6 < h \leq 9$			
Upper secondary 高校	Human Investment Function	$y = 187.3 m^2$	$y = 381.3 m^2$	$y = 575.6 m^2$	$y = 665.4 m^2$	$y = 1056.8 m^2$
	Range of Human Capital	$8 < h \leq 12$	$9 < h \leq 11$			
Tertiary (Bachelor) 大学 (学部)	Human Investment Function	$y = 536.4 m^2$	$y = 1092.6 m^2$	$y = 1653.3 m^2$	$y = 1164.8 m^2$	$y = 1858.0 m^2$
	Range of Human Capital	$12 < h \leq 16$	$11 < h \leq 15$			
Tertiary (Master) 大学 (修士)	Human Investment Function	$y = 651.4 m^2$	$y = 1504.3 m^2$	$y = 2275.5 m^2$	$y = 1412.9 m^2$	$y = 2256.9 m^2$
	Range of Human Capital	$16 < h \leq 18$	$15 < h \leq 17$			
Tertiary (Doctor) 大学 (博士)	Human Investment Function	$y = 820.0 m^2$	$y = 1918.7 m^2$	$y = 2904.4 m^2$	$y = 1679.8 m^2$	$y = 2685.6 m^2$
	Range of Human Capital	$18 < h \leq 21$	$17 < h \leq 20$			
Post-tertiary 生涯学習等	Human Investment Function	$y = 2064.6 m^2$	$y = 5347.2 m^2$	$y = 8097.9 m^2$	$y = 3860.1 m^2$	$y = 6188.3 m^2$
	Range of Human Capital	$21 < h \leq 60$	$20 < h \leq 60$			

※大学（修士）、大学（博士）、生涯学習等に関しては、小学校から大学（学部）までのデータを基に回帰分析により導出

5.3 まとめ

本章における検討の結果、以下のことが確認された。

(1) 技術進歩率の検討

先ず、既存文献のレビュー等を通じて、技術進歩率の設定方法や設定事例について把握・整理を実施した。それらを踏まえたケーススタディでは、世界銀行のデータベースを活用し、1人あたり GDP と GDP の成長率の関係から技術進歩率を関数により設定することを試みた。

更に、ケーススタディの分析対象国における1人あたり GDP と GDP 成長率の関係をみると、GDP の大きさは異なれども、技術進歩率に大きな差異は見られなかった。そのため、各国共通の値として技術進歩率 4%を用い分析を行うこととした。

今回設定した技術進歩率を用い、3章にて対策有無別の経済成長の予測を行っているが、別途見直しを行った人的投資関数の見直し等の影響により、GDP の大幅に伸びることについては改善されたといえる。

(2) 人的投資関数の検討

人的投資関数については、客観性を持った設定が可能となるようにユニバーサル化を目指し検討を行った。検討においては、各国のデータ制約を考慮し、人的投資費用関数をステップ関数型の汎用性のある人的資本関数（関係式）に改良を実施した。

今回設定した人的資本関数を用い、3章にて対策有無別の経済成長の予測を行った結果、人的資本の蓄積が年あたり 1 を超えることがなくなり、GDP の大幅な伸びについては改善が見られた。

6. DR²AD Model のプログラムのアプリケーション化

現時点では DR²AD Model は市販ソフト・MATLAB により稼働し、シミュレーションが可能な状況である。

前述の第 2 章、第 5 章の検討結果を踏まえ、改良した DR²AD Model のプログラムが、MATLAB がインストールされていない PC 環境においても稼働・シミュレーションが可能な様に汎用性を高めるため、DR²AD Model のプログラムのアプリケーション化を行う。

これにより、利用者に対して、DR²AD Model を配布することで、導入・利用の利便性を高める。

6.1 アプリケーション化のコンセプト

(1) コンセプト

アプリケーション化にあたっては、コンパイル部分に基本的なモデルの構造をすべて内蔵し、インプット・データと一部の計算条件の設定を行えば、あとは計算実行指示さえ行えば計算結果が吐き出されるようにすることで、操作側がデータの入力以外で不必要な労力が発生しないシンプルなアプリケーションとする。

具体的には、各国のパラメータと被害に関するエクセルデータを入力し、それをコンパイルかした部分 (MATLAB 部分) で読み込ませると、実行ボタンを押せば自動で計算が始まり、結果として各種グラフとその結果を csv として保存するものとなっている。

計算に当たっては、モンテカルロ・シミュレーションの計算回数や、計算期間を設定できるものとする。

なお、インプット・データはすべてエクセルで管理し、入力ができるように編集を行い、プログラミングソフトやプログラミング画面を一切介さないものとする。

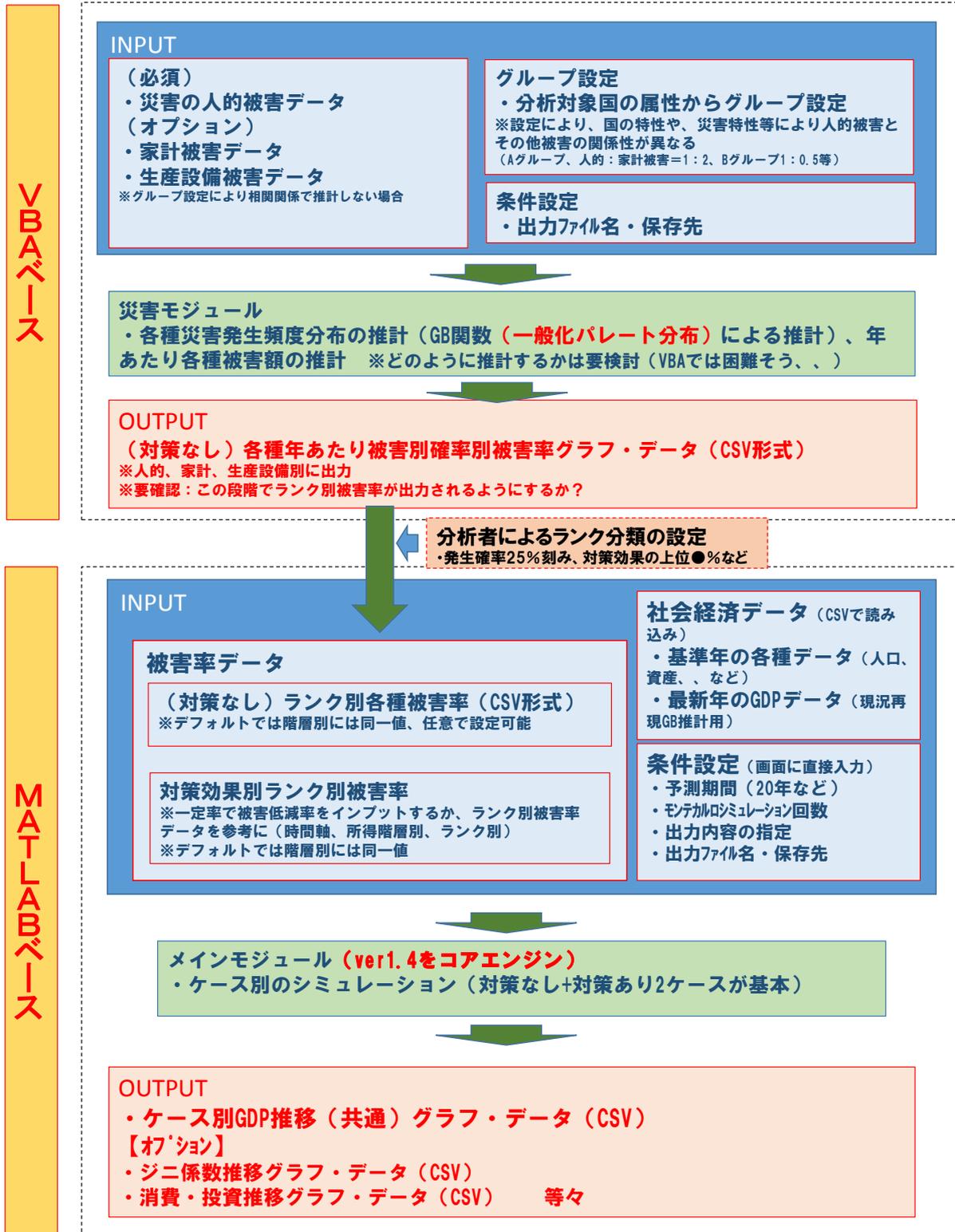


図 6-1 アプリケーション化のコンセプト

(2) アプリケーションの GUI (操作画面)

上記のコンセプトに基づき、下図の GUI 画面を作成する。パラメータ、災害被害パラメータを規定のエクセルに入力し、これをメイン画面で読み込むことで、基本的なインプットを完了させる。

さらに、計算期間やモンテカルロ・シミュレーション計算回数を指定することで、計算条件を確定させ、データの保存先を指定し、実行を押せば結果が算出されるものとする。

メイン画面以外の GUI は設けず、操作を極めてシンプルに行えるように画面作成を実施する。

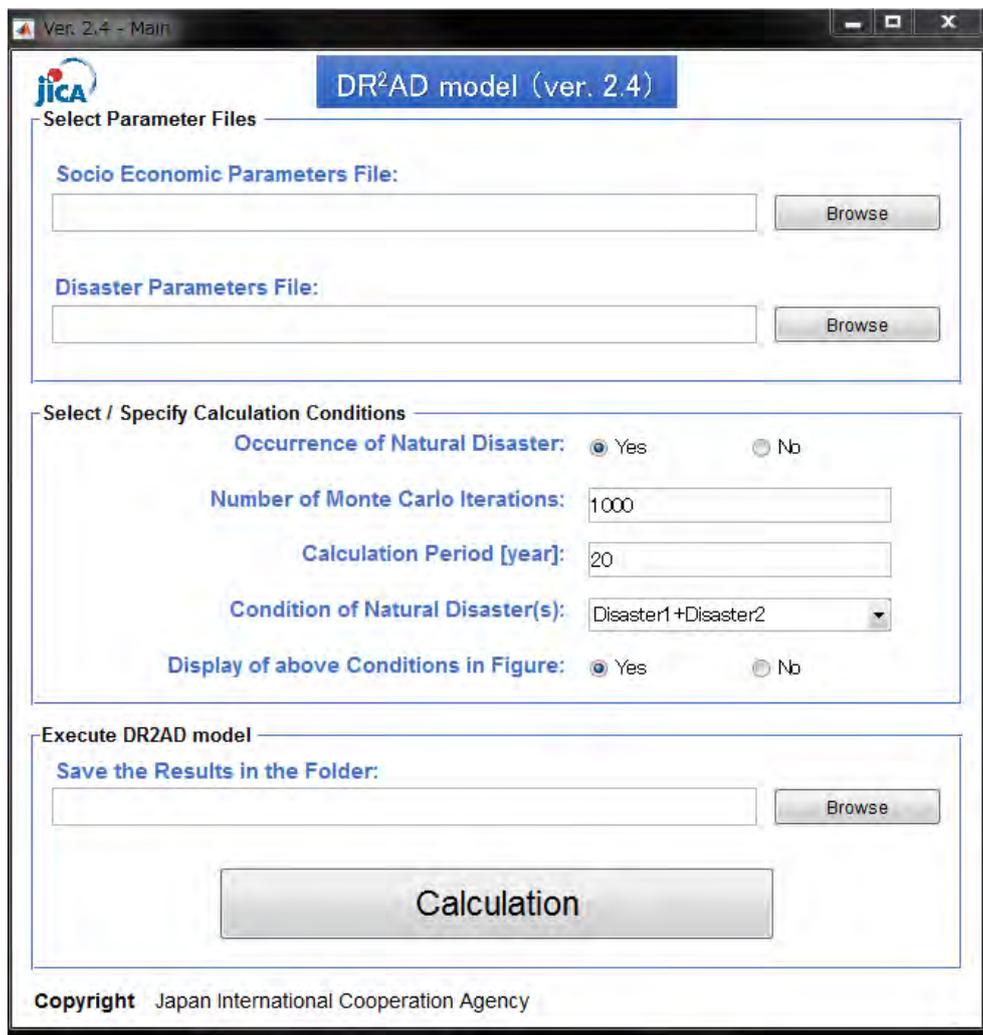


図 6-2 アプリケーションの GUI イメージ

6.2 アプリケーションの作成

前述の考え方に基づき、MATLAB Compiler を用いてアプリケーションの作成を行った。作成した成果は、DVD に格納している。

7. DR²AD Model の利用マニュアルの更新

UNISDR プロジェクトのワークショップに向けて、DR²AD Model の利用マニュアル（和文・英文）を作成した。また、DR²AD Model の計算アルゴリズムを明確にし、使用者が理解しやすいようなマニュアルや環境となるように留意した。

なお、マニュアルは、昨年度のプロジェクト研究「防災主流化に向けた防災投資の経済分析モデルの運用・改善」にて作成したものを、今年度のモデルの改良に合わせ、更新した内容とした。

7.1 利用マニュアルの活用目的・対象者と基本構成

(1) DR²AD Model の利用マニュアルの活用目的と対象

DR²AD Model の普及・展開を図る上で、経済学の専門家に限らず、様々な政策立案者が DR²AD Model を活用できるようにするためには、利用マニュアルの作成が必須である。そのため、モデル全体の概要及び考え方から、モデルの理論式やプログラム・コードに至るまでの利用マニュアルを作成した。

下表に、DR²AD Model の主な利用対象と活用目的、利用マニュアルにおいて具備すべき要件について整理した。

表 7-1 DR²AD Model の主な利用対象と活用目的、利用マニュアルにおいて具備すべき要件

	主な利用対象者	DR ² AD Model の活用目的	利用マニュアルに具備すべき要件
1	政策立案者	モデルの算定結果を用いた防災政策と財政に関する検討	モデルの概念 (I/O) の説明 Input Data と Output Data の説明 モデルの算定精度と用途の説明
2	モデルの利用者	モデルを用いた分析	モデルの概念 (I/O) の説明 Input Data と Output Data の説明 モデルの算定精度と用途の説明 プログラムを用いた作業の流れと内容の説明 準備すべき Data の説明
3	DR ² AD 研修者 (UNISDR/WS)	モデルの理解と活用	モデルの概念 (I/O) の説明 Input Data と Output Data の説明 モデルの算定精度と用途の説明 プログラムを用いた作業の流れと内容の説明 準備すべき Data の説明
4	モデルの改良・応用者	モデルの改良	モデルの理論式 プログラムのコード

(2) DR²AD Model の利用マニュアルの基本構成

(1) で整理した DR²AD Model の主な利用対象と活用目的、利用マニュアルにおいて具備すべき要件を踏まえ、各対象者の活用目的と要件を満たす利用マニュアルとするため、利用マニュアルの基本構成は、以下のとおりとする。

表 7-2 利用マニュアルの基本構成

編	タイトル	主な内容
第 1 編	DR ² AD Model の構造	<ul style="list-style-type: none">• 概要• 基本構造• 定式化
第 2 編	DR ² AD Model のプログラム化	<ul style="list-style-type: none">• プログラム構築
第 3 編	DR ² AD Model のデータセットの構築	<ul style="list-style-type: none">• データセットの構築• アウトプット• 今後の課題

7.2 利用マニュアルの目次構成と記載事項

以下に利用マニュアルの目次構成と記載事項を示す。

表 7-3 利用マニュアルの目次構成と記載事項

編	目次構成	記載事項
第1編 DR ² AD Model の構造	1. DR ² AD Model の概要	モデルの概要 開発の背景 主な活用用途
	2. DR ² AD Model の基本構造	全体構造 家計行動 企業行動 市場均衡 災害 人口設定 アウトプット
	3. DR ² AD Model の定式化	前提条件 モデル化 最適化問題
第2編 DR ² AD Model (ver1.4) のプログラム化	1. Ver1.4 のプログラム構築	前提条件 プログラムの流れ プログラムの構築
第3編 DR ² AD Model (ver1.4) のデータセットの構築	1. データセットの構築	データ設定における過程 プログラムに用いる変数の設定方法 推計した変数の設定方法
	2. アウトプット	アウトプット
	3. 今後の課題	モデル化における課題 データ面における課題
参考	プログラム計算のアルゴリズム	プログラム計算のアルゴリズム

今年のモデルの改良に合わせ、更新した主な事項は、下記のとおりである。

表 7-4 利用マニュアルの更新事項

編	目次構成	更新事項
第1編 DR ² AD Model の構造	1. DR ² AD Model の概要	—
	2. DR ² AD Model の基本構造	教育投資の取扱い
	3. DR ² AD Model の定式化	人的投資費用関数の組込 最適値関数の設定方法
第2編 DR ² AD Model (ver1.4) のプログラム化	1. Ver1.4 のプログラム構築	—
第3編 DR ² AD Model (ver1.4) のデータセットの構築	1. データセットの構築	技術進歩率の設定 階層別人的資本の初期値の設定 教育時間の設定 被害率データの設定 (対策後の被害率含む)
	2. アウトプット	—
	3. 今後の課題	—
参考	プログラム計算のアルゴリズム	—

7.3 利用マニュアル（案）／日本語版

別添に利用マニュアル（案）の日本語版を掲載する。

7.4 利用マニュアル（案）／英語版

別添に利用マニュアル（案）の英語版を掲載する。

8. 防災主流化を支援する防災投資分析等の枠組みを踏まえた DR²AD Model の今後の展開に関する検討

防災主流化を支援する DR²AD Model の今後の展開及び改良の方向性を検討するにあたり、開発経済モデル（産業連関分析等）との役割分担及び共有化しておくべき事項、各々の活用場面を念頭においた必要となる性能（機能）、災害の被害率等の設定の共有化などの防災投資分析の枠組みを検討し整理した。

その整理結果を踏まえ、

- i) 今すぐ取り組むべき事項、
- ii) 2～3年かけて取り組むべき事項、
- iii) 長期的に取り組むべき事項

の3段階に分けて、2015年度以降の DR²AD Model の今後の検討事項の整理、とりまとめを行った。

8.1 DR²AD Model の課題と今後の展開可能性に関する検討

本年度の研究にて改良した DR²AD Model には、下記の課題が残っている。

表 8-1 DR²AD Model の今後の課題

大項目	細項目	課題の内容
1. 被害率の設定	被害率の関数化	ランク設定による被害率の設定を被害率関数による設定に変更
	被害関数のユニバーサル化	被害に関する統計データの蓄積が少ない開発途上国への適用を考慮し、多数の開発途上国の災害データを用いて、災害種毎に被害関数をユニバーサル化
	対象被害率の拡張	地震、洪水に加え、津波や高潮、火山噴火、土砂災害、渇水等の災害データの蓄積と、被害率の設定
	人的資本の被害率	災害により、「負傷等により就学できない時間 m^j 」と「企業（工場）の操業不可により就労できない時間 w^j 」を考慮した人的資本の被害率の設定
2. 人的資本	階層別人的資本の初期値（比率）の設定	階層別人的資本の初期値の設定は、階層別人的資本間の比率が安定状態となるシミュレーションにて得られる 20 年後の階層別人的資本の相対値を用いて、初期値として用いる平均就学年数を階層別に分散させている。 相対比率の設定は、ケーススタディを実施した 5 カ国の平均比率で設定している。 今後は対象国を増やし汎用性を高める必要がある。また、対象国の経済状況（GDP）にグループ化して設定することも考えられる
3. プログラムの	産業構造の多層化	1 国 1 産業（企業）から 1 国多産業（第 1 次産業～第 3 次産業）構造による多

大項目	細項目	課題の内容
汎用性の向上		層化
	対象空間規模の設定	対象災害の被害の影響空間規模と経済分析の対象空間規模の整合を考慮したモデルの適用範囲の設定 1国規模の空間規模を地域空間規模に変更した場合の外部（地域経済間）との境界条件の設定
4. データセット	被害率データの蓄積	災害発生空間規模と被害との関係に関するデータの蓄積 被害率の分母となる社会統計データの蓄積（地域別のデータの整備） 被害額の内訳（家計被害、事業所被害、公共施設被害等）の整備・蓄積
	技術進歩率の設定	データ数の増加によるユニバーサル化
5. モデルの応用展開	対策の投資規模と効果の関係	災害種毎の各対策に対する投資額の規模と被害率関数との関係整理

8.2 防災主流化を推進するための防災投資分析の枠組みの検討

前節で整理した DR²AD Model の今後の課題を踏まえた上で、防災主流化を推進するための防災投資分析の枠組みについて、以下の3つの視点から整理した。

(1) 開発経済モデル（産業連関分析等）との役割分担及び共有化しておくべき事項

DR²AD Model は、防災投資の必要性和効果を、投資時期（Timing）、防災投資の対策内容（Type）、対策水準（Target）として示すことで、防災主流化に向けた方針設定、防災政策作成を支援するツールである。

表 8-2 DR²AD Model の分析項目と分析内容

分析項目	分析内容
投資時期（Timing）	投資時期の影響と数年度での効果
防災投資の対策内容（Type）	災害種、被害実態に応じた対策効果
対策水準（Target）	想定する対策整備水準による効果

従って、対策内容や対策水準を input として、経済成長等の対策効果を示すことは可能であるが、対策投資額を直接的な input として、経済成長等の効果を示すことはできない。

政策投資分析・判断を行うに際して、防災投資額と防災政策効果との関係を把握するためには、防災対策費用と対策実施効果との関係について、個別防災プロジェクト単位ではなく、防災政策単位で、別途整理が必要になる。

今後の展開としては、防災対策費用と対策実施効果との関係を別途整理することにより、DR²AD Model の分析結果が、防災投資効果が防災投資額との関係で整理する事が可能性となり、防災政策投資額と DR²AD Model の分接結果を input とすることにより、開発経済モデル（産業連関分析等）において、防災政策も他の経済政策と合せて政策投資効果の比較分析が可

8.防災主流化を支援する防災投資分析等の枠組みを踏まえた *DR²AD Model* の今後

能となる。

開発経済モデル（産業連関分析等）においても、そのような *DR²AD Model* の活用が可能であることを念頭に、他の経済政策と比較分析が可能となる分析手法の改良を検討していく必要がある。

次頁には、今後の検討の方向性を示す参考として、防災対策費用との関係も踏まえ対策効果を考慮した被害率の設定方法の試案を提示する。

【参考】 防災対策費用との関係も踏まえ対策効果を考慮した被害率の設定方法の試案

1. 対策効果と被害率の関係に関する前提

- DR²AD Model に input する、対策実施時の効果を考慮した被害率は、対策の諸条件を細部まで勘案した評価ではなく、対策実施量（被害ゼロにする場合にかかるおおよその費用（対策総費用）に対する執行費用の割合）が効果に比例すると仮定する。
- すなわち、対策総費用に対し、全額執行すれば効果は 100% 発揮され、被害はゼロとなる。半額執行すれば、効果は 50% 発揮され、被害は半減する。

2. 対策実施後の被害率の設定方法

防災対策費用との関係も踏まえ対策実施後の被害率の算定方法は、①統計データによる設定、②数値シミュレーションによる設定、の 2 つの方法が考えられる。以下に、2 つの方法の試案を提案する。

2-1. 統計データによる設定方法

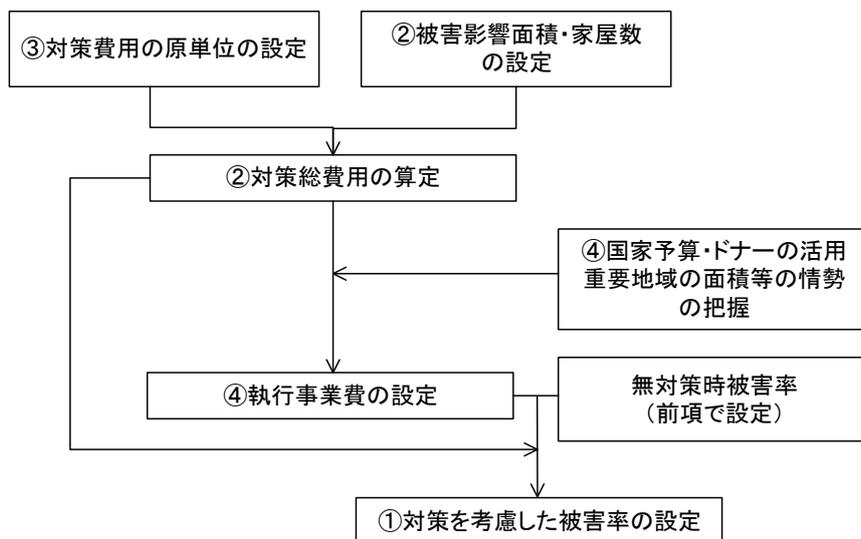


図 8-1 対策実施後の被害率の算定フロー

① 対策を考慮した被害率の算定式

$$\text{対策実施後の被害率} = (\text{無対策時被害率}) \times (1 - \text{執行业務費} / \text{対策総費用})$$

② 対策総費用の算定方法

$$\text{対策総費用} = (\text{対策費用の原単位}) \times (\text{被害影響面積} \cdot \text{家屋数})$$

- 対策を講じた場合の被害率は、既往最大クラスの規模に対し、被害影響地域全域で対策を実施した場合の費用を総事業費とする。
- 被害影響面積を概算で設定する場合は、洪水・高潮・津波等の水害は、低平地の面積を設定する。地震は影響範囲の特定が困難なため、国内の家屋全体とする。

【参考】 防災対策費用との関係も踏まえ対策効果を考慮した被害率の設定方法の試案

③ 対策費用の原単位

- 対策費用の原単位は、既存の整備計画マスタープラン等に示される、対策メニューと対象エリア（面積）から、単位面積あたりの事業費を設定する。あるいは家屋一戸あたりにかかる費用を別途見積もって設定する。

- 予警報システム・防災教育等の避難支援対策

$$\text{総事業費} = \text{想定被災地域面積} \times 1 \text{ km}^2 \text{あたりの対策費用 (原単位)}$$

- 堤防・ダム等の治水施設整備

$$\text{総事業費} = \text{想定被災地域面積} \times 1 \text{ km}^2 \text{あたりの対策費用 (原単位)}$$

- 耐震化等の施設強化対策

$$\text{総事業費} = \text{家屋総数} \times 1 \text{ 家屋あたりの耐震対策費用 (原単位)}$$

- 高台移転等の浸水回避対策

$$\text{総事業費} = \text{家屋総数} \times 1 \text{ 家屋あたりの移転費用 (原単位)}$$

④ 執行事業費の設定

- 国家予算やドナーの活用、重要地域の面積等の各国の情勢を考慮して執行事業費を設定する。

<事業費原単位事例>

表 8-3 経済中心地に対する洪水防御対策の原単位例

工 種	金額 (Mil. Baht)	氾濫範囲 解消面積 (km ²)	費用対効果 (Mil. Baht / (km ²))	備考
・ タチン川左岸の防水壁 ・ 東側道路の排水ゲート ・ ジャオジェットバーンの堤防強化	15,000	7,000	2.15(Mil. Baht)/(km ²)	

【参考】 防災対策費用との関係も踏まえ対策効果を考慮した被害率の設定方法の試案

表 8-4 事業費内訳

	工 種	単位	数量	単 価 (x1000 Baht)	金 額 (Bln Baht)
経済中心地	大型三角水のう	箇所	60	276	0.02
	排水ゲート	箇所	23.0	20,000	0.46
	タチン川左岸の防水壁 (2.0m)	Km	100.0	38,700	3.87
主要工業団地	輪中堤 (防水壁: 1.5m)	Km	118.2	38,700	4.57
	排水ゲート	箇所	42.0	5,186	0.22
	ロジスティクスロード [※] (道路嵩上げ: 1.5m)	Km	20.6	95,600	1.97
	交差道路擦付け	箇所	4.0	7,040	0.03
主要都市	防水壁 (逆T擁壁)	Km	53.2	38,700	2.06
	道路嵩上げ (15m)	Km	51.0	71,700	3.68
	交差道路擦付	箇所	21.0	7,040	0.15
	排水ゲート	箇所	29.0	5,186	0.15
農業用地	用水路沿いの堤防強化 (1.5m)	Km	43.2	23,900	1.03
	① 間接工事費				18.21
	② 工事仮設費・工事用経費: ①×49%				8.92
	③ 設計費: (①+②)×5%				1.36
	④ コンサル費 (氾濫解析・都市計画検討等): ①×5%				0.91
	⑤ 工事費計 (①+②+③+④)				29.40
	⑥ 予備設計費 (⑤×5%)				1.47
	⑦ 施工管理費 (⑤×5%)				1.47
	⑧ 環境アセス費 (⑤×5%)				1.47
	⑨ 測量費 (⑤×5%)				1.47
	⑩ エスカレーション (⑤×3%/年)				3.77
	⑪ コンティンジェンシー (⑤+⑥+⑦+⑧)×10%				3.53
	⑫ 税金 ((⑤+⑥+⑦+⑧+⑨+⑩+⑪)×7%)				2.98
	⑬ 用地費				1.44
	⑭ 補償費 (⑤×10%)				2.94
	⑮ 用地費、調査費、その他費等 計				20.54
	総事業費 (⑤+⑮)				50.0

出典: (一財)国土技術研究センター作成

【参考】 防災対策費用との関係も踏まえ対策効果を考慮した被害率の設定方法の試案

2-2. 数値シミュレーションによる設定方法

① 適用範囲

- 治水施設強化対策については、対策時の浸水面積・浸水深低減により、対策効果を反映した被害率を算定できる。一方、予警報システムや防災教育は、外力・浸水範囲・浸水深の低減を伴わないため、シミュレーションでの設定はできない。
- 外力規模に応じた対策効果を表現できるため、外力規模を高頻度災害から低頻度災害にランクアップさせる等の段階整備の設定も可能である。
- 事業費は、整備メニュー毎の整備面積・延長等に応じて積み上げ方式で算定する。なお、原単位は、統計データによる設定で示したものを活用することができる。

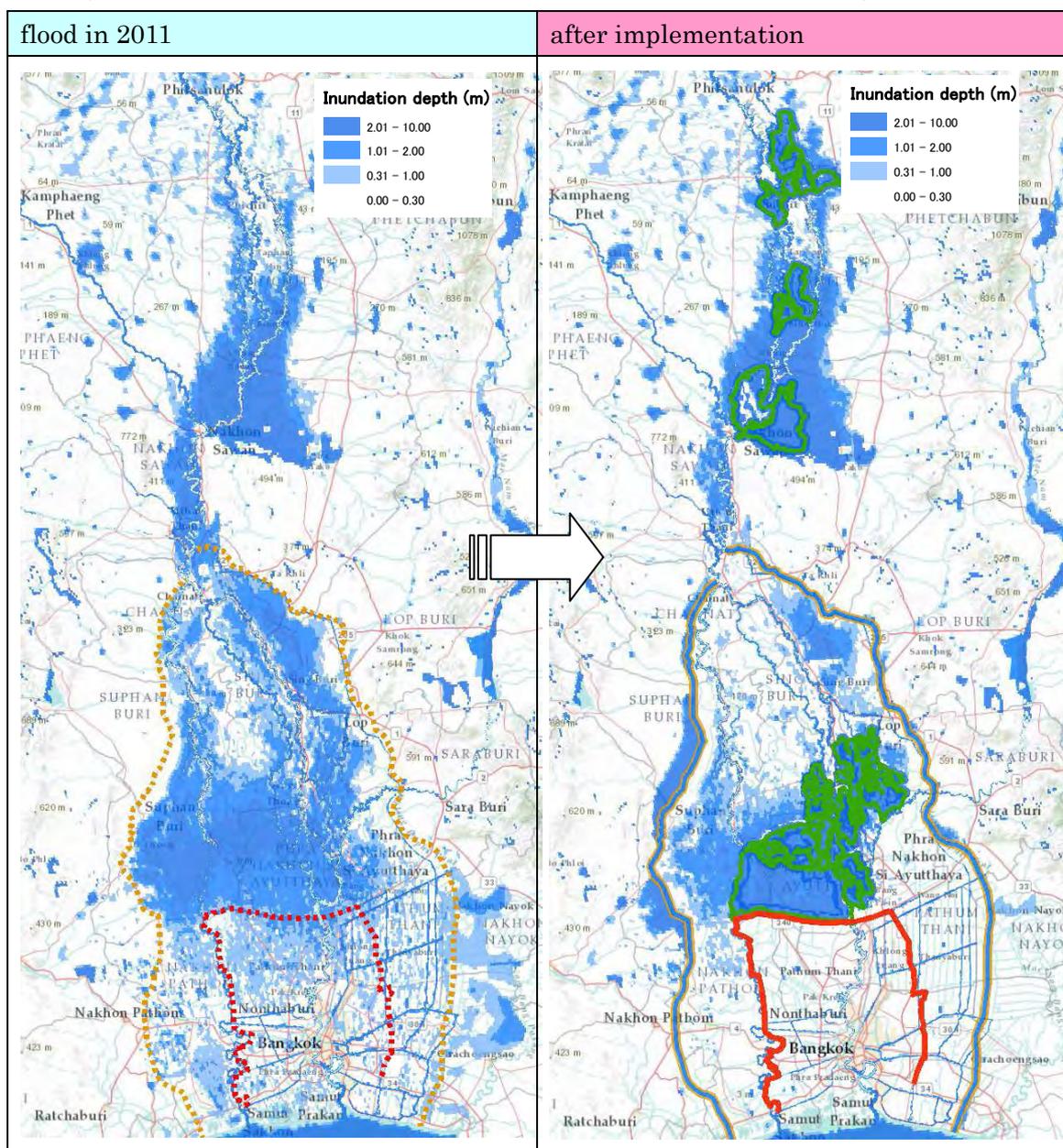


図 8-2 治水施設強化により想定される浸水面積・浸水深軽減イメージ

出典：(一財)国土技術研究センター作成

(2) DR²AD Model の活用場面を念頭においた必要となる性能（機能）

DR²AD Model の活用・展開は、下記の大きく 2 つの場面が想定される。

- ① 後発開発途上国（Least developed country : LDC）¹や小島嶼開発途上国（Small Island Developing State : SIDS）²等において 1 国を対象とした国全体の防災投資施策の検討
- ② 上記を除く開発途上国（Developing Country）において、1 国を対象または国内の地域単位を対象とした防災投資施策の検討

上記 2 つの場面を想定した場合に DR²AD Model に求められる性能（機能）を下表に示す。

表 8-5 DR²AD Model の活用場面と要求性能（機能）

DR ² AD Model の活用場面	要求性能（機能）
後発開発途上国や小島嶼開発途上国等における 1 国を対象とした国全体の防災投資施策の検討	<ul style="list-style-type: none"> • 災害や社会経済に関する統計データの整備や蓄積が少ないことから、汎用性を高めるために、災害特性や社会経済特性の類似する国々の統計データを活用し、モデルに用いるパラメータや被害率の設定のユニバーサル化が必要
開発途上国における 1 国を対象または国内の地域単位を対象とした防災投資施策の検討	<ul style="list-style-type: none"> • 地域単位を対象した分析を実施する場合には、対象国の地域・空間特性を反映させる必要があり、モデルを対象国に合わせカスタマイズが必要

¹ 開発途上国の中でも特に開発が遅れている国々であり、国連が 2009 年に定めた後発開発途上国と認定するための 3 つの基準は下記の通り。

- ①所得水準が低いこと。すなわち、一人当たりの国民総所得（GNI）の 3 年平均推定値が 992 米ドル以下であること。
- ②人的資源に乏しいこと。すなわち、HAI（Human Assets Index）と呼ばれる指標が一定値以下であること。HAI は、カロリー摂取量、健康に関する指標、識字率に基づく。
- ③経済的に脆弱であること。すなわち、外的ショックに対する経済的脆弱性を表す EVI（Economic Vulnerability Index）と呼ばれる指標の値が一定以下であること。EVI は以下の下位指標に基づく。農産物の生産量がどの程度安定しているか、商品とサービスの輸出がどの程度安定しているか、GDP に反映される製造業、サービス業の活動が全経済活動に対してどの程度の比率を占めるか、人口の対数によって算出される該当国の国内市場の規模、天災によって影響を受ける人口の割合、である。

² 領土が狭く、低地の島国であり、以下に示すような各国に共通の問題を抱えている。

- 人口が少ない。• 資源に乏しい。• 他国から遠い。• 自然災害に襲われやすい。
- 国際貿易に過度に依存している。• 国際開発に対して脆弱である。• 市場の規模が小さい。
- 輸送費と通信費が高い。• 行政とインフラの住民 1 人あたりのコストが高い。

(3) 災害の被害率等の設定の共有化

○災害データの現状と課題

前節にて記載のとおり、DR²AD Model の活用が期待される後発開発途上国や小島嶼開発途上国ほど、災害データの整備や蓄積が少ないのが現状である。災害データを蓄積するための人的資源の確保や仕組みの構築、費用の確保も困難と推測される。

また、各国のデータを補完するものとして、EM-DAT (CRED) や DesInventar (UNISDR) があり、今回の検討においても活用している。しかし、物的被害や被害額については、登録件数や精度、内訳について不明な点が多く、対象国によっては適応が困難な場合も想定される。

○災害データの設定に関する今後の展開

災害データの整備・蓄積は、当該国や国際機関が実施していくことが理想ではあるが、時間を要する事や DR²AD Model の要求するデータの蓄積とは異なることも想定される。

災害データの不足・不備な後発開発途上国や小島嶼開発途上国等においても、現時点で活用可能とするためには、多数の開発途上国の災害に関する既存データを用いて、災害種毎に被害率関数をユニバーサル化しておくことが有効である。

○被害率関数のユニバーサル化検討の方向性

EM-DAT (CRED) や DesInventar (UNISDR) の災害データベースにおける被害データの存在状況も踏まえると、人的被害データは、災害種に関わらず広く収集・蓄積されている。一方で、家計被害（家屋や家財等の被害）や生産設備被害（事業所や公益施設等の被害）の被害は、被災家屋数や被害額で整理されており、内訳等は不明な場合がほとんどである。

以上より、被害率関数のユニバーサル化の方向性は、人的被害と家屋被害の関係の定式化、人的被害と生産設備被害の関係の定式化を検討する。

関係性の定式化は、災害種毎に、リスクを決定づける Hazard, Exposure, Vulnerability の3要素との関係や、後発開発途上国や小島嶼開発途上国、それ以外の開発途上国などの要素からクラスター分析を行い、災害種別のクラスター毎に、関係の定式化を検討する。その際、国土面積や被災地面積、国民一人当たりなど、データの基準化、正規化等の工夫も必要であることに留意する必要がある。

8.3 DR²AD Model の今後の展開に関するロードマップ検討

前節での DR²AD Model の課題や今後の展開の可能性に関する整理結果を踏まえ、DR²AD Model の今後の展開に関するロードマップを以下に提案する。

DR²AD Model は、3年間の研究・ケーススタディの試行を経て、アプリケーションとして外部においても使用可能な状態までとなった。

但し、後発開発途上国や小島嶼開発途上国、それ以外の開発途上国など全ての国において、使用可能な汎用性を兼ね備えるまでには至っていないと考える。

まずは、平成27年3月の第3回国連世界防災会議（仙台会議）をkickoffとして、UNISDRのWS等の場を通じて、普及と研修を行い、途上国ユーザーのニーズや途上国の固有のデータ・被災特性の違いの反映など、モデルの堅牢性を高めるための改良を継続して実施することが必要と考える。

また、同時に各種パラメータの同定作業の効率化やユニバーサル化、災害率関数のユニバーサル化等の検討を行い、モデルの汎用性を高めることも重要と考える。

このようなモデルの普及と実践を踏まえ、政策での活用・展開を図る。

政策での活用・展開の実施に向けては、政策として実施する対策費用と対策効果との関係を整理することが重要であり、開発経済モデル（産業連関分析等）においても、そのようなDR²AD Modelの活用が可能であることを念頭に、他の経済政策と比較分析が可能となる分析手法の改良を検討していく必要がある。

以上の、課題と課題への対応の方向性、ユーザーへの普及、意向、活用展開を踏まえると下図に示すようなDR²AD Modelの今後の展開に関するロードマップとなる。

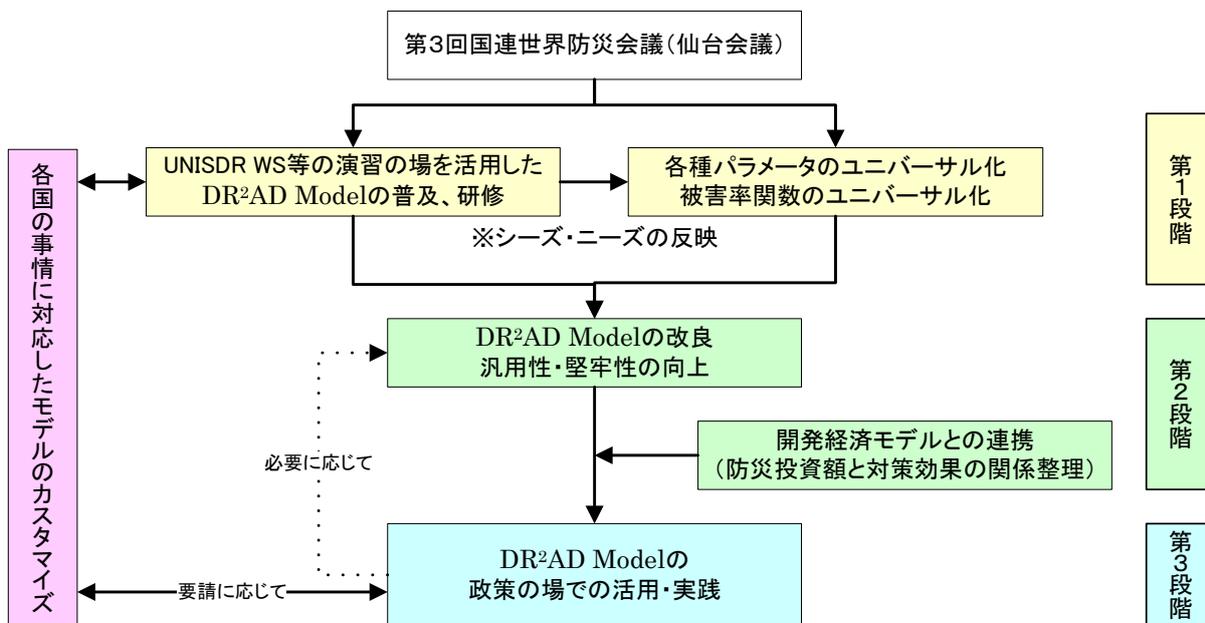
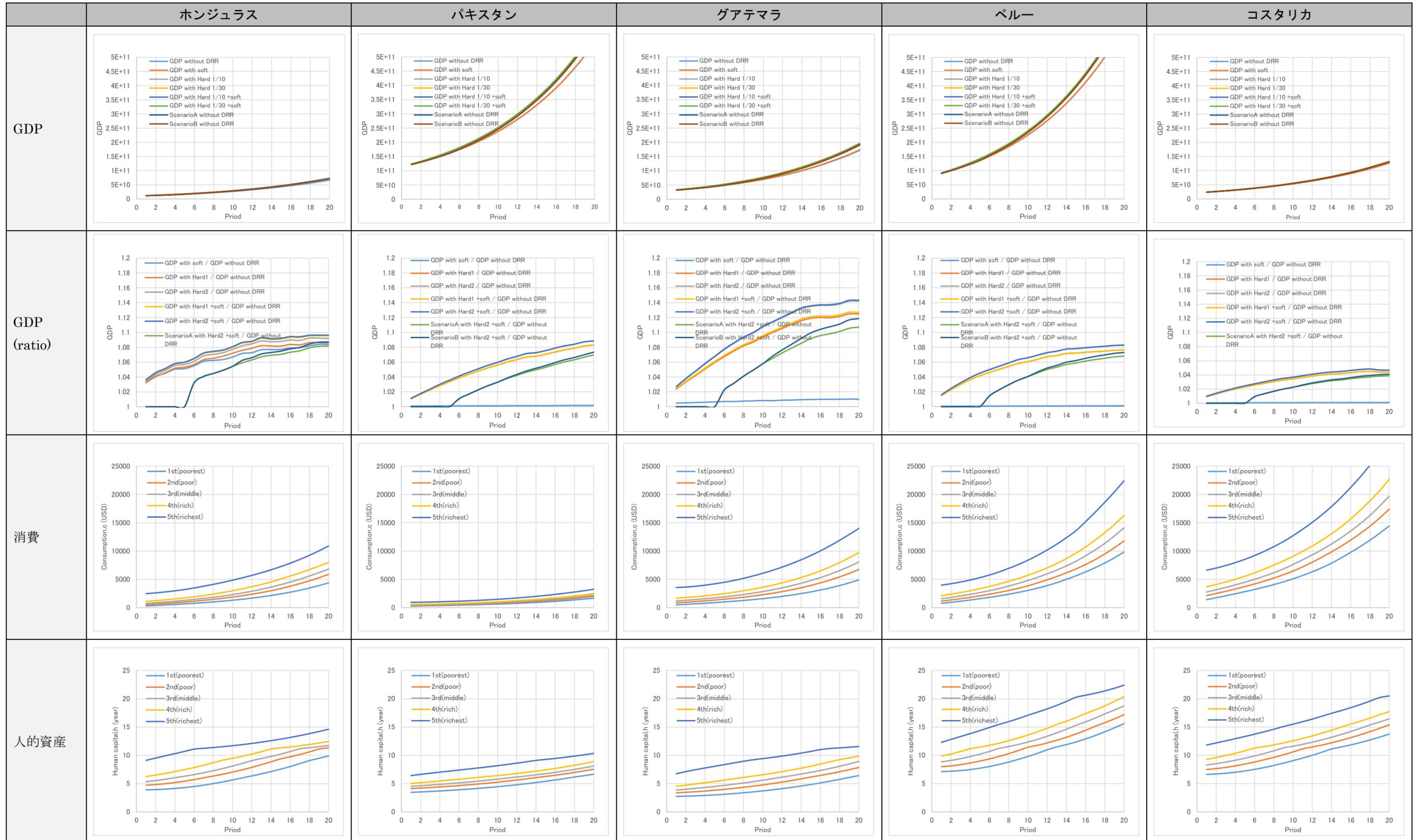
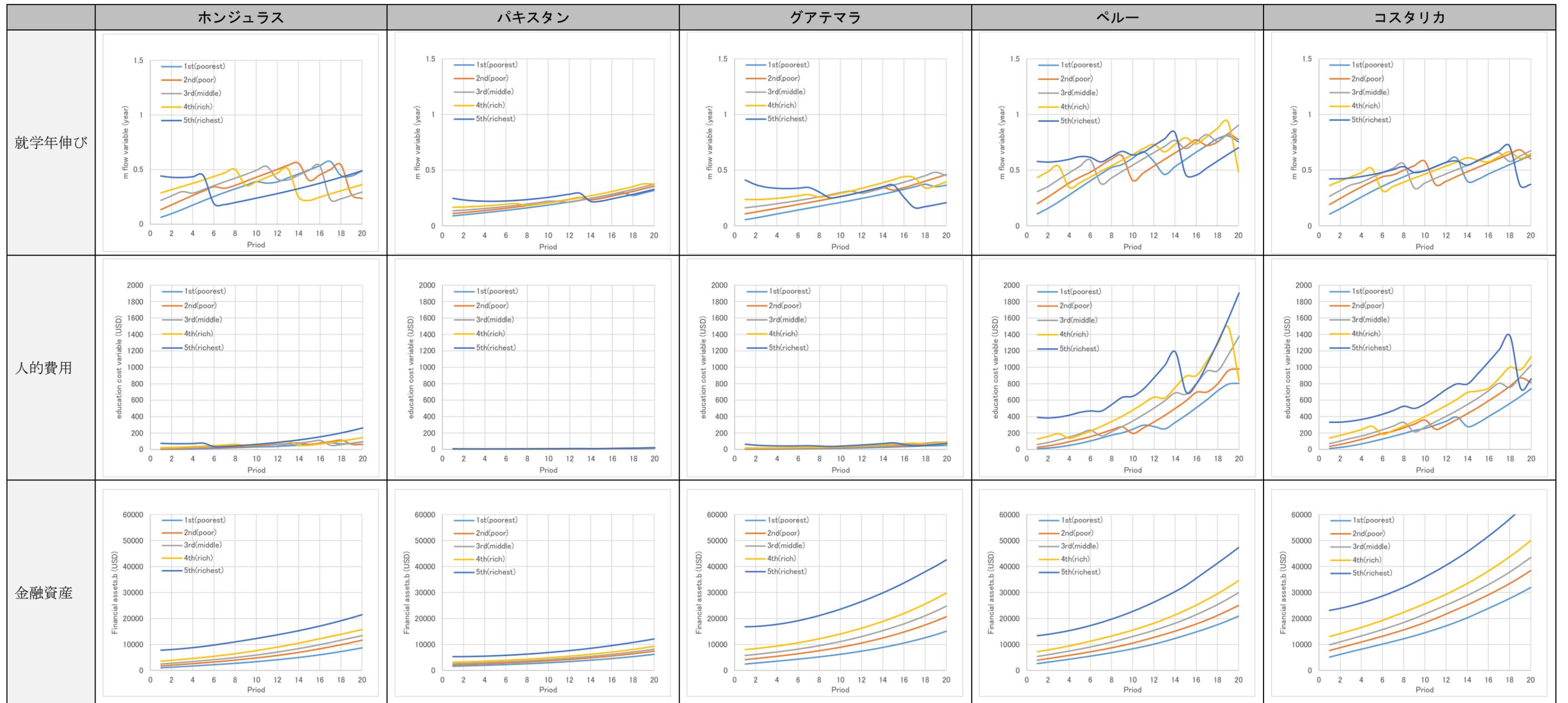


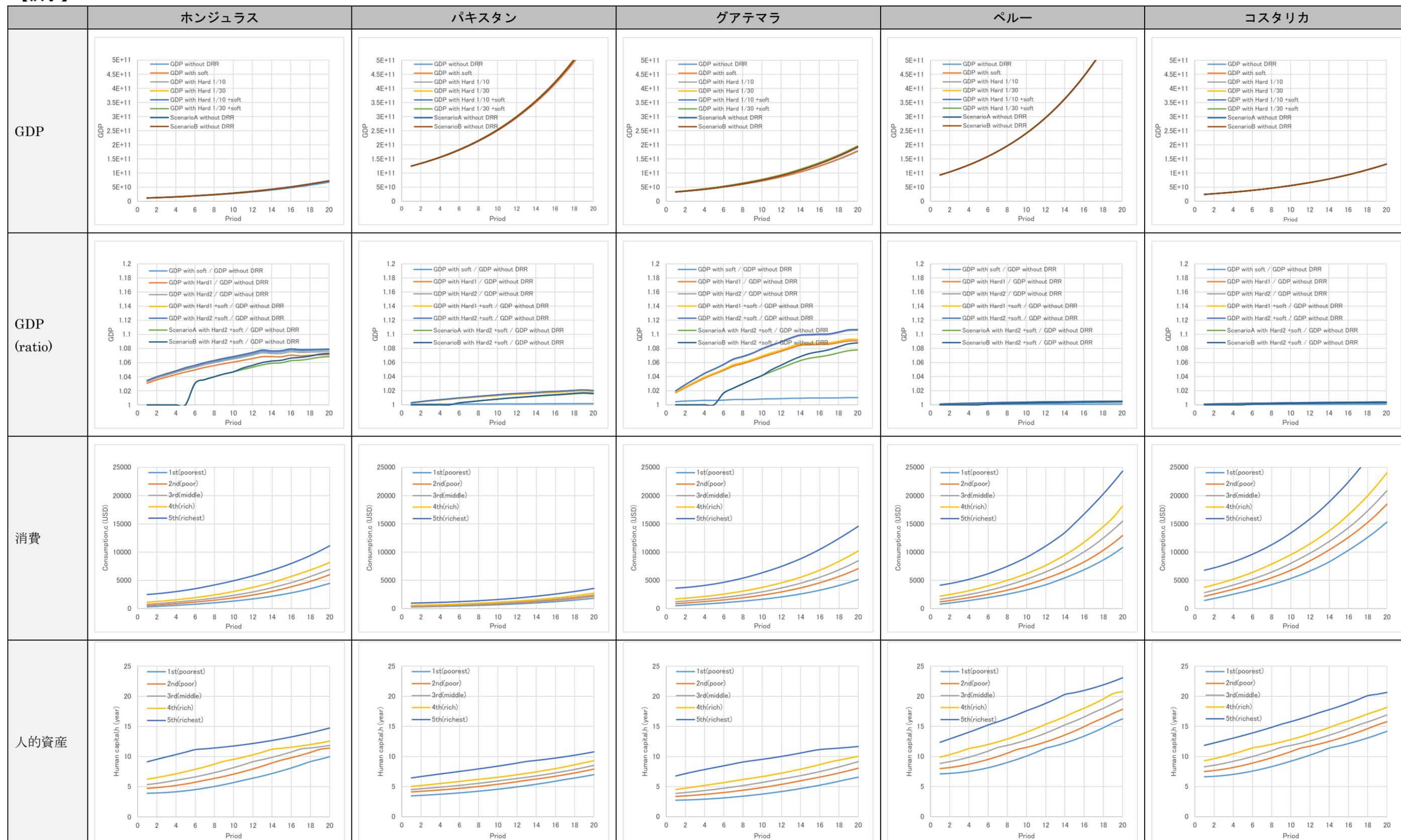
図 8-3 DR²AD Model の今後の展開に関するロードマップ（案）

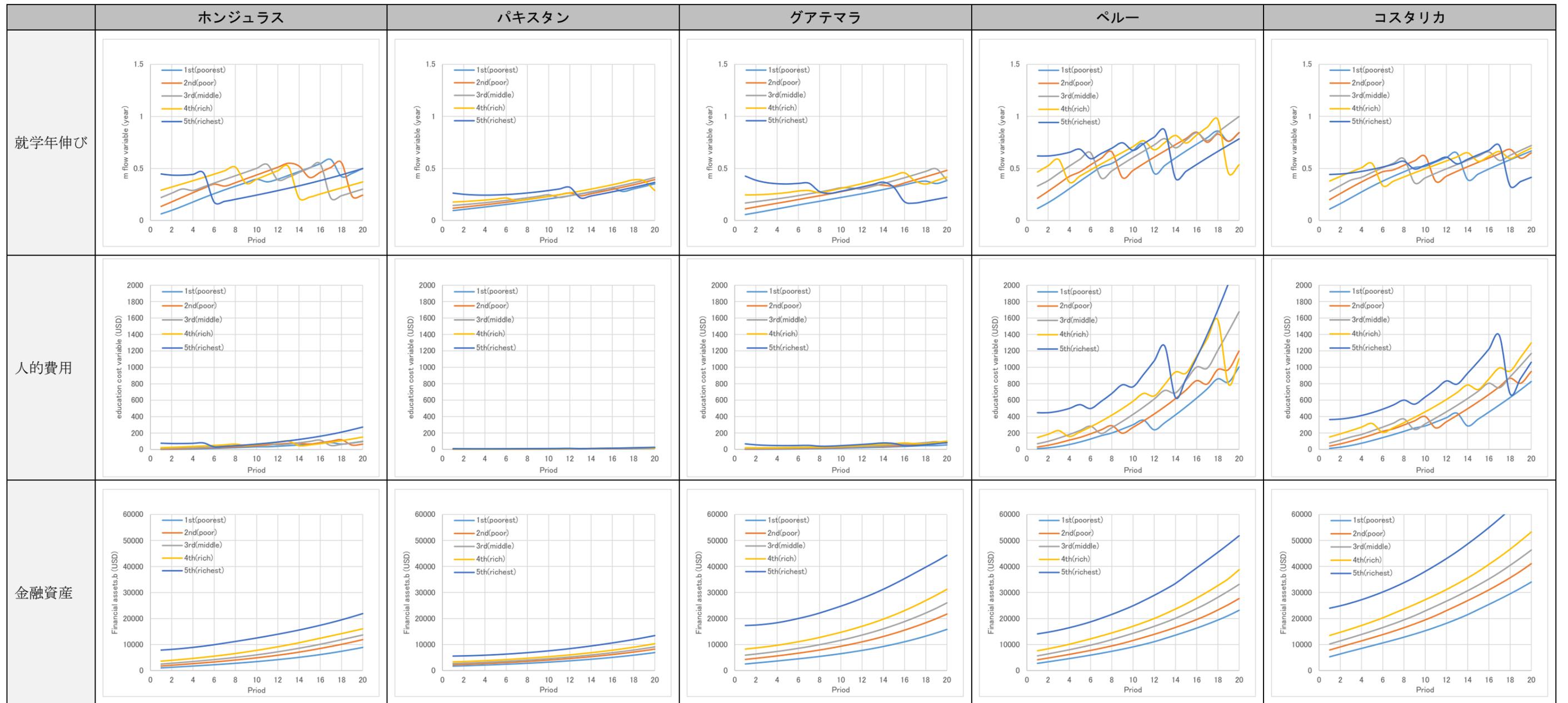
参考 各国ケーススタディ結果一覧
【複合】





【洪水】





【地震】

