

JICA Climate-FIT (Adaptation)

気候変動対策支援ツール／適応策

気候リスク評価・適応策検討のガイダンス
Version 5.0

JICA 地球環境部 環境管理・気候変動対策グループ
2024年3月

はじめに

2015年の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）で、気候変動対策に関する新しい国際枠組として「パリ協定」が採択され、2020年1月から運用が開始された。その後2021年の国連気候変動枠組条約第26回締約国会議（COP26）で、グラスゴー気候合意（Glasgow Climate Pact）」が取り纏められ、より野心的な1.5°Cを目標とすることが明記されるとともに、先進国から途上国への気候変動対策資金の援助、特に適応資金の重要性が提起された。2023年11月～12月に行われた国連気候変動枠組条約第28回締約国会議（COP28）でも、引き続き1.5°C目標に向けた迅速な行動と支援の必要性や「損失と損害」（ロス&ダメージ）への協調、適応に関する世界全体の目標（GGA：Global Goal on Adaptation）の達成が強調され、開発途上国への資金、技術、能力開発の支援が求められている。

こうした国際潮流の中、気候変動リスクへの対応に伴う化石燃料依存型社会・経済構造からの転換、持続可能な開発目標（SDGs）の具現化に向けて、国のみならず、地方自治体、企業、金融機関等が戦略的に行動を起こしており、各主体による脱炭素型ビジネスモデルへの転換、将来起こり得る気候変動リスクを考慮した事業計画の策定、SDGs達成への貢献度評価は、主要なアジェンダとなっている。それとともに、このような温室効果ガス排出量や気候変動リスクへの対応について、特に欧米諸国を中心に従来から重要視されていた説明責任の原則に基づく環境（Environment）・社会（Social）・ガバナンス（Governance）の観点での情報公開対応が求められてきており、様々な国際機関や民間企業等が、自身が行う事業に関連したGHG排出量や気候変動リスクを適切に管理・開示し、投資家等に対する説明責任を果たすべく、様々な取り組みを行ってきている。

JICAにおいては、今後、気候変動対策の各種国際枠組（パリ協定、SDGs、仙台防災枠組）および日本政府の国際公約（パリ協定を踏まえた成長戦略としての長期戦略（2050年カーボン・ニュートラル達成を含む）等）を踏まえ、途上国のニーズに応じ、これまで以上に低／脱炭素社会、および気候変動のリスクに対応する強靱な社会に向けた協力を推進していく必要がある。さらにJICAは、SDGs達成や地球規模課題解決に貢献し、「人間の安全保障」「質の高い成長」というミッションを果たすべく、多様なパートナーと取り組むため、4つの切り口（Prosperity, People, Peace, Planets）で20の課題別事業戦略から成るJICAグローバルアジェンダを設定している。このグローバルアジェンダのNo.16で気候変動が位置づけられており、問題解決に向けた2つの協力方針として「パリ協定の実施促進」「コベネフィット型気候変動対策」を掲げ、あらゆる開発事業に気候変動対策を組み込むことで、脱炭素の達成や、気候変動に強靱な社会の構築を目指している。

JICAは、これまでも全セクターの開発事業に統合する形で「気候変動対策の主流化」を促進してきており、JICAが行う開発事業において「気候変動対策の主流化」を推進していくためのツールの一環として「気候変動対策支援ツール」（JICA Climate Finance Impact Tool (Climate-FIT))の「適応版」を2011年に策定、その後4回、改訂を行っている。また、本ツールを活用の上、適応策に資すると確認ができたプロジェクトについては、JICAの気候資金への計上に加

えられ、UNFCCC 条約事務局や OECD-DAC への報告¹を含め、対外発信を行うことも明確にしてきた。

表 ツールの改訂経緯

経緯	改訂の概要
新規開発	Climate-FIT（適応版）開発。2011年6月に利用開始。
改訂①（Ver2.0 への改訂）	IPCC 第5次評価報告書における「リスク」概念との整合性確保を実施。
改訂②（Ver3.0 への改訂）	気候変動に係る最新の動向・データを踏まえ、IPCC 第5次評価報告書の「気候リスク」の定義を採用した上で内容を全面的に見直し。2019年10月に利用を開始。
改訂③（Ver4.0 への改訂）	有識者ヒアリングを実施し、有識者意見等を踏まえた改定を実施。2023年3月に利用を開始。
改訂④（Ver5.0 への改訂）	表記の微修正、裨益人口の推定方法を追加。

本文書の位置づけと想定する利用者は、以下に示すとおりである。

1. 本文書の位置づけ

JICA が行う開発事業において、事業立案、準備段階で可能な限り、気候リスク評価と適応策検討を行い、開発事業で期待される効果・成果がプロジェクトライフの期間継続的に生み出され持続可能な開発に貢献する事業設計・内容としていくためのガイダンスである。

2. 想定利用者

本ガイダンスの想定利用者は、主に、JICA の資金協力事業（有償資金協力、無償資金協力）、技術協力事業（技術協力プロジェクト、有償勘定技術支援、SATREPS）に関わる JICA の事業主管部門の担当者および受託事業者（コンサルタント含む）である。

なお、今回の改訂においては、主に以下の点について改訂を行っている。

Part I 気候リスク評価の実施と適応策の検討

- 「適応案件」の定義の明確化
- 裨益人口推定を追加

¹ 「適応に資する案件」については、2010年1月より OECD-DAC の CRS 統計にて「適応マーカー」として実績を報告する対象となった。DAC における適応マーカー付与の基準：<https://www.oecd.org/dac/environment-development/Annex%2018.%20Rio%20markers.pdf>

目次

Part I	気候リスクの評価と適応策の検討.....	1
1.	目的および対象事業.....	2
1.1	気候リスク評価と適応策検討の目的.....	2
1.2	対象事業.....	2
1.3	想定利用者.....	2
1.4	気候リスク評価と適応策の検討における視点.....	2
1.5	気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定の実施時期と流れ.....	3
1.6	評価を行う期間.....	5
1.7	本ツールを使った気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定実施上の留意点.....	5
2.	気候リスク評価の考え方のフレームワークと裨益人口の推定.....	6
2.1	気候リスク評価のフレームワークの概要.....	6
2.2	気候リスク評価の構成コンポーネントと定義・考え方.....	6
2.3	気候リスク評価および適応策検討のステップ.....	8
2.4	裨益人口の推定.....	22
2.5	気候リスク評価と適応策検討・裨益人口推定のレポート.....	28
3.	対象地域の将来気候や影響の把握と参照情報リソース.....	30
3.1	現在の気候と将来気候の把握.....	30
3.2	将来気候の予測情報・気候リスク評価に活用できる情報リソース.....	32
3.3	気象関連以外のデータの把握.....	35
4.	気候リスク評価実施にあたっての留意点.....	36
4.1	不確実性への対応の考え方.....	36
Part II	分野別の検討の視点.....	38
5.	分野別気候リスク評価の手引き.....	39
5.1	農業分野.....	39
5.2	水資源分野：上水道.....	46
5.3	環境管理分野：下水道.....	50
5.4	防災分野.....	53
5.5	森林・自然環境保全分野.....	56
5.6	インフラ分野：電力（発電・送配電）.....	59
5.7	インフラ分野：水力発電.....	63
5.8	インフラ分野：道路.....	67
5.9	インフラ分野：鉄道.....	70

5.10	インフラ分野：空港.....	73
5.11	インフラ分野：港湾.....	77
5.12	インフラ分野：工業団地.....	82
Part III	資料編.....	87
	参考文献.....	88
	資料1 気候ハザード検討のための気候関連指標例.....	90
	資料2 気候リスク評価のフレームワーク：構成要素の定義.....	91
	資料3 将来の気候予測情報などの参考サイトの概略.....	94

図表リスト

図 1 JICA 事業の実施プロセスにおける気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定実施時期.....	3
図 2 気候リスク評価の実施および適応策検討の実施フロー	4
図 3 気候リスクと関係する要因・要素の概念図.....	6
図 4 気候リスク評価のフレームワーク概念図	6
図 5 気候リスクマトリックスのイメージ図.....	12
図 6 気候リスクツリーの記入.....	19
図 7 適応策の効果と実現困難度（経済的観点含む）の整理表	21
図 8 適応策も含めた気候リスクツリーの記入例.....	22
図 9 1986-2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化.....	30
図 10 将来の気候予測情報の確認のイメージ	32
図 11 予測される水循環の変化.....	47
図 12 生物種が移動できる最大速度	56
図 13 RCP8.5 シナリオでの 2050 年における気候変動及び水資源利用の変化に伴う水力発電所の年間使用可能量の将来予測.....	63
表 1 気候リスク評価に関連する用語及び各構成コンポーネントの定義と考え方（1）	7
表 2 気候リスク評価の実施準備で収集する情報項目の例と関連する気候リスク評価要素	9
表 3 気候ハザードの現状頻度の評価のスケール.....	13
表 4 気候ハザードの発生頻度の評価のスケールと定義例.....	13
表 5 現在すでに生じている影響レベルの評価スケール.....	15
表 6 現在すでに生じている影響の評価スケールの対象 JICA 事業での基準の定義例.....	15
表 7 気候リスク発生に寄与する脆弱性の検討	18
表 8 事業で将来重大となりうると考えられる気候リスクの絞込み.....	19
表 9 適応策の検討表.....	20
表 10 適応策の評価の観点	20
表 11 各分野別の受益者の例	24
表 12 気候リスク評価、適応策および裨益人口推定の検討結果を確認する際の観点.....	29
表 13 RCP シナリオ	30
表 14 SSP シナリオ.....	31
表 15 将来の気候予測情報などの参考サイト（その 1）	33
表 16 将来の気候予測情報などの参考サイト（その 2）	34
表 17 農業分野（主要作物）事業における気候ハザードの例	40
表 18 農業分野（主要作物）事業における曝露の例.....	40
表 19 農業分野（主要作物）事業における脆弱性の例	40
表 20 農業分野（主要作物）事業における気候リスクの例.....	41
表 21 農業分野（主要作物）事業における適応策の例	41
表 22 農業分野（園芸作物）事業における気候ハザードの例.....	42
表 23 農業分野（園芸作物）事業における曝露の例.....	42
表 24 農業分野（園芸作物）事業における脆弱性の例	42
表 25 農業分野（園芸作物）事業における気候リスクの例.....	43

表 26	農業分野（園芸作物）事業における適応策の例	43
表 27	農業分野（畜産）事業における気候ハザードの例	44
表 28	農業分野（畜産）事業における曝露の例	44
表 29	農業分野（畜産）事業における脆弱性の例	44
表 30	農業分野（畜産）事業における気候リスクの例	45
表 31	農業分野（畜産）事業における適応策の例	45
表 32	水資源分野（上水道）事業における気候ハザードの例	47
表 33	水資源分野（上水道）事業における曝露の例	48
表 34	水資源分野（上水道）事業における脆弱性の例	48
表 35	水資源分野（上水道）事業における気候リスクの例	49
表 36	水資源分野（上水道）事業における適応策の例	49
表 37	環境管理分野（下水道）事業における気候ハザードの例	51
表 38	環境管理分野（下水道）事業における曝露の例	51
表 39	環境管理分野（下水道）事業における脆弱性の例	51
表 40	環境管理分野（下水道）事業における気候リスクの例	52
表 41	環境管理分野（下水道）事業における適応策の例	52
表 42	防災分野（気象災害・水災害対策）事業における気候ハザードの例	54
表 43	防災分野（気象災害・水災害対策）事業における曝露の例	54
表 44	防災分野（気象災害・水災害対策）事業における脆弱性の例	55
表 45	防災分野（気象災害・水災害対策）事業における気候リスクの例	55
表 46	防災分野（気象災害・水災害対策）事業における適応策の例	55
表 47	森林・自然環境保全分野の事業における気候ハザードの例	57
表 48	森林・自然環境保全分野の事業における曝露の例	57
表 49	森林・自然環境保全分野の事業における脆弱性の例	57
表 50	森林・自然環境保全分野の事業における気候リスクの例	58
表 51	森林・自然環境保全分野の事業における適応策の例	58
表 52	電力（発電・送配電）分野の事業における気候ハザードの例	60
表 53	電力（発電・送配電）分野の事業における曝露の例	60
表 54	電力（発電・送配電）分野の事業における脆弱性の例	60
表 55	電力（発電・送配電）分野の事業における気候リスクの例	61
表 56	電力（発電・送配電）分野の事業における適応策の例	61
表 57	インフラ分野（水力発電）事業における気候ハザードの例	64
表 58	インフラ分野（水力発電）事業における曝露の例	64
表 59	インフラ分野（水力発電）事業における脆弱性の例	65
表 60	インフラ分野（水力発電）事業における気候リスクの例	65
表 61	インフラ分野（水力発電）事業における適応策の例	65
表 62	インフラ分野（道路）事業における気候ハザードの例	68
表 63	インフラ分野（道路）事業における曝露の例	68
表 64	インフラ分野（道路）事業における脆弱性の例	68
表 65	インフラ分野（道路）事業における気候リスクの例	68
表 66	インフラ分野（道路）事業における適応策の例	69
表 67	インフラ分野（鉄道）事業における気候ハザードの例	71
表 68	インフラ分野（鉄道）事業における曝露の例	71

表 69	インフラ分野（鉄道）事業における脆弱性の例	71
表 70	インフラ分野（鉄道）事業における気候リスクの例.....	71
表 71	インフラ分野（鉄道）事業における適応策の例	72
表 72	空港分野の事業における気候ハザードの例.....	74
表 73	空港分野の事業における曝露の例.....	74
表 74	空港分野の事業における脆弱性の例.....	74
表 75	港湾分野の事業における気候リスクの例	75
表 76	空港分野の事業における適応策の例.....	75
表 77	港湾分野の事業における気候ハザードの例.....	78
表 78	港湾事業における曝露の例.....	79
表 79	港湾分野の事業における脆弱性の例.....	79
表 80	港湾分野の事業における気候リスクの例	80
表 81	港湾分野の事業における適応策の例.....	80
表 82	気候変動による工業団地への直接的影響と間接的影響	82
表 83	インフラ分野（工業団地）の事業における気候ハザードの例.....	83
表 84	インフラ分野（工業団地）の事業における曝露の例.....	83
表 85	インフラ分野（工業団地）の事業における脆弱性の例	83
表 86	インフラ分野（工業団地）の事業における気候リスクの例	84
表 87	インフラ分野（工業団地）の事業における適応策の例	85

Part I 気候リスクの評価と適応策の検討

Part I 気候リスクの評価と適応策の検討

1. 目的および対象事業

1.1 気候リスク評価と適応策²検討の目的

JICA が行う開発事業において気候リスク評価と適応策²検討を行う目的は、次のとおりである。

- 開発事業で期待される効果・成果がプロジェクトライフの期間継続的に生み出され、持続可能な開発に貢献する事業設計・内容とするため。
- グローバルアジェンダで開発課題と気候変動課題を同時に解決することに貢献するという方針のもと、事業立案、準備段階で可能な限り、リスクの評価を行うとともに、それに対する対処方針を検討するため。
- また、気候変動の適応策に資する事業（以下、「適応案件³」という）の場合、その効果を定量的に把握するために裨益人口の推定を行う。なお、「JICA グローバルアジェンダ」の「16.気候変動」では、「2030年までの裨益人口3.8億人の達成」を目標のひとつとしている。

1.2 対象事業

本ガイダンスに基づいた気候リスク評価と適応策検討、裨益人口推定は、JICA が行う開発事業のうち、有償資金協力事業、無償資金協力事業、技術協力事業（技術協力プロジェクト、有償勘定技術支援、SATREPS）において行うことを基本とする。

1.3 想定利用者

本ガイダンスの想定利用者は、主に、JICA の資金協力事業（有償資金協力、無償資金協力）、技術協力事業（技術協力プロジェクト、有償勘定技術支援、SATREPS）に関わる JICA の事業主管部門の担当者および受託事業者（コンサルタント含む）である。

1.4 気候リスク評価と適応策の検討における視点

JICA 事業のスキームを問わず気候リスク評価の実施対象案件の協力準備調査等における、気候リスク評価と適応策検討の視点は、以下の2つである。

- ① 対象事業への気候変動の影響を、既存データや現地調査等で収集した情報に基づいて把握・評価する。
- ② 評価の結果を基に、必要に応じて、対象事業に組み込むべき適応策を検討する。

Climate-FIT（適応版）における気候リスク評価および適応策の検討は、「IPCC（気候変動に関する政府間パネル）」の第5次評価報告書で示されている気候リスクや適応の概念に基づいている。この

² 適応とは、現実の又は予想される気候及びその影響に対する調整の過程であり、危害を和らげ又は回避し、もしくは有益な機会を活かそうとするもの。適応策はそのために実施可能な対策や行動を示す。

³ 「適応策に資する又は資する可能性がある」と判断された案件を「適応案件」とする。なお、同判断は、気候リスクを分析した上で（定量的な分析に限るものではなく、定性的分析も可）、(1) 当該事業が気候リスクの低減に資すること/資する可能性があること、(2) 当該事業がどのように気候リスク低減につながるのか整理できること、をもって行う。

概念では、対象事業における「気候リスク」は、対象事業での「ハザード（危険な事象や傾向など災害外力）」と人間及び自然システムのハザードに対する「脆弱性」や「曝露」との相互作用の結果もたらされるものとして整理している。本概念の詳細および用語の定義は、「3. 気候リスク評価の考え方のフレームワーク」で説明する。

1.5 気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定の実施時期と流れ

Climate-FIT 適応策版を活用した気候リスク評価と適応策検討、裨益人口の推定は、図 1 の JICA 事業の実施プロセスの中の、STEP 02「**フィージビリティ調査**」の段階での実施を想定している。これは有償及び無償資金協力事業の「**協力準備調査**」、技術協力事業の「**詳細計画策定調査**」にあたる。

技術協力事業（技術協力プロジェクト、有償勘定技術支援、SATREPS）については、それぞれの事業内容に鑑み、技術協力事業開始後、事業の中で気候リスク評価と適応策検討、裨益人口の推定を行うことでも良い。

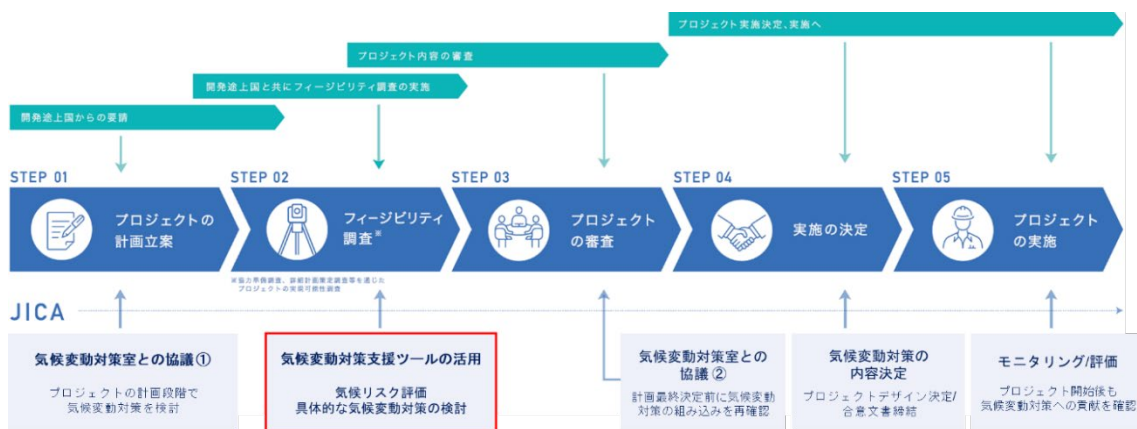


図 1 JICA 事業の実施プロセスにおける気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定実施時期

1.5.1 気候リスク評価および適応策の検討、裨益人口推定の流れ

気候リスク評価および適応策の検討を行う事業の選定（スクリーニング）から、気候リスク評価および適応策の検討、裨益人口推定までの流れを以下に示す。

(1) 資金協力事業（有償資金協力、無償資金協力）

- ① 環境管理・気候変動対策グループにて、気候リスク評価および適応策の検討を行う事業を選定（スクリーニング）
- ② Climate-FIT（適応版）を用いて気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定を実施
 - 協力準備調査での気候リスク評価の実施時期は、基本的には概略設計前の調査初期段階での実施を想定する。
 - 既存データ、政策、現地で得られる情報を集計して、分野横断的に専門家や現地政府担当者らと連携して、参加型の評価を実施する。
 - 当該事業に係る気候リスクについての認識の共有をカウンターパートと図る。
- ③ 実施者は、気候リスク評価および適応策の検討結果、裨益人口の推定結果を準備調査報告書に記載
- ④ 対象事業の主管部門にて、事業計画調書の添付資料として気候リスク評価および適応策検討、裨益人口の推定の要約を添付
- ⑤ 環境管理・気候変動対策グループにて、主管部門の事業計画調書添付の気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定の要約を確認

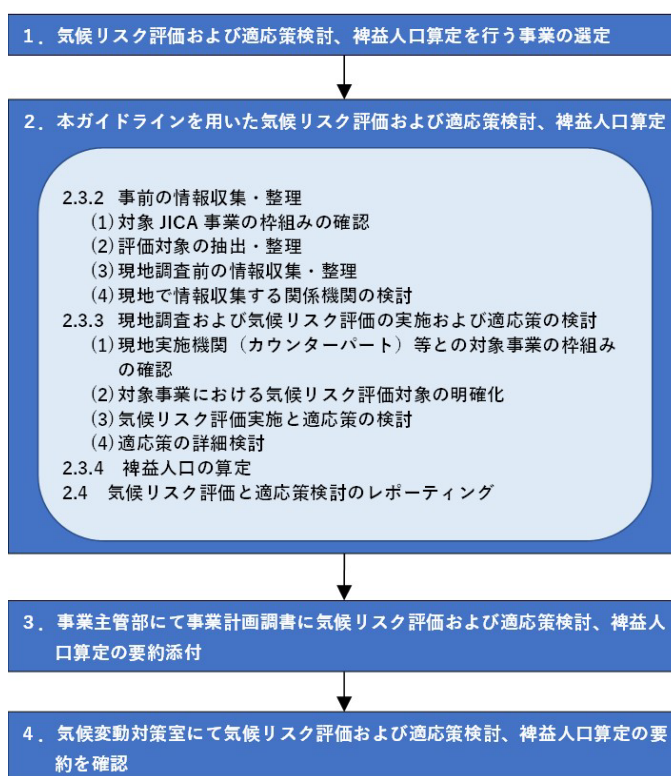


図 2 気候リスク評価の実施および適応策検討の実施フロー

なお、協力準備調査等をコンサルタント等に委託する場合には、対象事業の主管部門にて、協力準備調査等の業務指示書に「気候リスク評価および適応策の検討、裨益人口の推定」を含める。その際には、以下の点に留意する。

- Climate-FIT 適応版に基づいた気候リスク評価および適応策の検討、裨益人口の推定が、業務内容に含まれていることを明示する。
- 準備調査報告書に記載する内容は、「3.4 気候リスク評価のレポートニング」を参照
- 事業の内容等を踏まえて、気候リスク評価および適応策の検討、裨益人口の推定に必要な作業人日を検討する。

(2) 技術協力事業（技術協力プロジェクト、有償勘定技術支援、SATREPS）

環境管理・気候変動対策グループにて、気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定実施が推

奨される対象候補事業を選定する。技術協力事業では、実施する技術協力の活動内容が、現在起きている気候変動または将来予測される気候変動に対する適応能力の強化等に繋がるものであるかどうかを評価する。コンサルタント等に事業を委託する場合は、業務委託契約における特記仕様書に、気候リスク評価および適応策検討、裨益人口の推定を事業開始後に行うことを記載する。

なお、事業開始後に気候リスク評価および適応策検討、裨益人口の推定を行う場合においても、事業実施前の「詳細計画策定調査」では、対象国や地域の気候ハザードや脆弱性等の情報収集を行い、事業実施段階での気候リスク評価と適応策の検討およびその組み込みの必要性検討、裨益人口の推定などを行い、事業実施段階で必要となる事項を把握することを推奨する。

1.6 評価を行う期間

気候変動は長期間にわたって事業に影響を与える可能性（リスク、機会の両面の観点で）があり、時間の経過とともに気候が徐々に変化していくことを踏まえ、気候リスク評価を行う際には、その対象とする時間枠をあらかじめ決めておくことが望まれる（例えば 2030 年から 2050 年など）。Climate-FIT（適応版）では、対象 JICA 事業の事業目的の達成が期待される期間（事業完了後、事業の効果が発現、継続している期間）を基本としつつ、個別案件の状況に応じて気候リスク評価を行う適切な対象時間枠を「将来」として設定する。気候予測情報を収集や検討の際には、ここで決めた「将来」の期間を対象に情報の収集や検討を行うようにする。

1.7 本ツールを使った気候リスク評価および適応策検討、裨益人口推定実施上の留意点

Climate-FIT 適応策版を活用した気候リスク評価と適応策の検討は、既存の資料や情報・データ（気象や災害情報やデータ、将来の気候予測検討結果、各国で策定している気候変動対策文書に記載された情報など）を活用して、対象とする JICA 事業に対する気候ハザード、脆弱性、曝露等を考慮して気候リスク評価を行うことを、主に想定している。

出来る限り、既にダウンスケールされたデータなど科学的なデータや情報（参考：資料3）を活用して行うことを推奨するが、事業の JICA 主管部門と調整しつつ検討を行っていくことが必要である。

裨益人口の推定に関して、裨益人口の多寡によって適応策としての優劣が決まるものではないことにも留意が必要である。また、適応案件の裨益人口の算出は、ケースバイケースでその案件に適切な算出方法をとることとなるため、算出方法の記録を残し、算出根拠を参照可能としておくことが重要である。

2. 気候リスク評価の考え方のフレームワークと裨益人口の推定

2.1 気候リスク評価のフレームワークの概要

IPCC の第 5 次評価報告書 (AR5) では、気候リスクは、気候に関連する「ハザード (災害外力: 危険な事象や傾向などを含む)」と、人間及び自然システムの「脆弱性 (Vulnerability)」や「曝露 (Exposure)」との相互作用の結果もたらされるとしており (図 3)、この考え方は第 6 次評価報告書 (AR6) でも引き継がれている。本ガイダンスではこの考え方にに基づき気候リスク評価を実施することを基本としている。

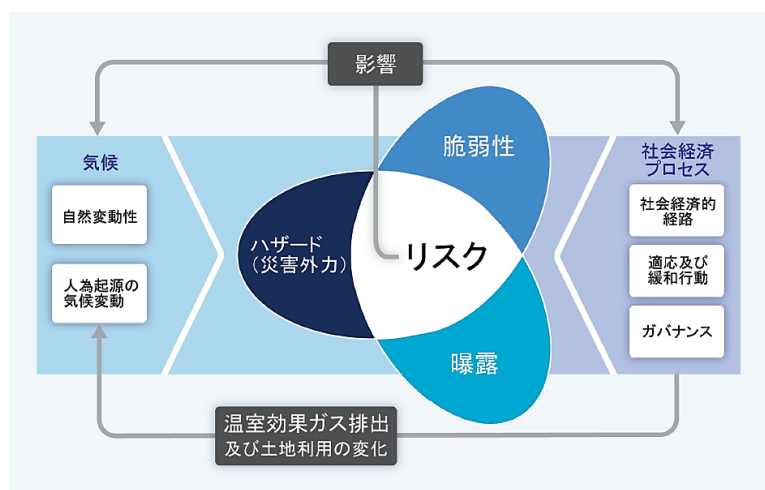


図 3 気候リスクと関係する要因・要素の概念図

(出典：IPCC 第 5 次評価報告書第 2 作業部会報告書政策決定者向け要約, 環境省による確定訳)

2.2 気候リスク評価の構成コンポーネントと定義・考え方

気候変動 (Climate Change) の定義に関しては、UNFCCC と IPCC のそれぞれで定義がなされており、JICA においては、後者の IPCC の定義を用いていることから、IPCC の定義に基づき、気候変動リスクの評価を行う。気候リスク評価に関連する用語及び各構成要素の定義と考え方は表 1 の通り。図 3 の考え方と表 1 の定義を踏まえて、当該 JICA 事業について図 4 の要素 (曝露、ハザード、脆弱性、影響) を整理し、リスクの検討を行う。

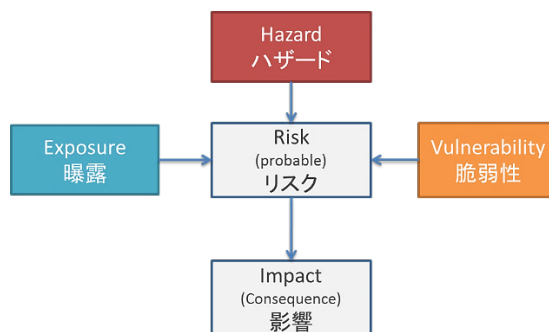


図 4 気候リスク評価のフレームワーク概念図

気候リスク評価の実施にあたっての「リスク」の捉え方について

IPCC の第 5 次評価報告書 (AR5) におけるリスクの定義は表 1 に示す通り、「価値あるものが危機

にさらされ、その結果が不確実である場合に、望ましくない結末が生じる可能性があることとされている。

一方で、リスクの概念は国際的には望ましくない結末が生じる可能性（マイナスの影響が発生する可能性）だけでなく、利益機会を生み出す可能性（プラスの影響が発生する可能性）の両面を対象にリスクと認識されている。リスクマネジメントの国際標準である ISO31000 や気候変動への適応の国際標準の ISO14090 においても、リスクは期待されていることからの乖離がプラスとマイナスの両面を対象としている。

また、気候関連の情報開示に関連して、金融安定理事会（FSB）により設置された「気候関連財務情報開示タスクフォース（TCFD）」による提言においても、気候変動に関連するリスクと機会の両面を捉えてマネジメントする考え方となっている。

本ガイダンスは、IPCC による適応の概念に基づくこととしていることから、リスクは望ましくない結末が生じる可能性があることとして捉え、気候変動が JICA 事業そのものに与えるリスク（気候変動により事業目的が阻害される、十分に事業目的が果たせない状況になる可能性）を検討し、気候変動に強靱な事業計画を目指すことを基本としている。ただし、当該 JICA 事業が、事業の対象地域や対象とするシステム（例えば、広域の水供給システム、電力システム、行政制度・体制など）が直面している気候変動に関連する課題について、その解決に貢献する機会を捉えたものとなる可能性もある。そのため、適切な場合には、当該 JICA 事業にとってのリスクと機会の両面を広義のリスクとして捉え、これを検討することを妨げない。IPCC による適応の定義は、危害を和らげ又は回避するだけでなく、有益な機会を活かそうとするものも含むものであることにも留意をしたい（表 1）。

表 1 気候リスク評価に関連する用語及び各構成コンポーネントの定義と考え方（1）

構成要素	定義 出典：IPCC AR5（環境省による確定訳をもとに要約）	Climate-FIT の気候リスク 評価での事例
気候変動 (Climate Change)	気候変動とは、通常は数十年かそれよりも長い期間持続する、気候状態の変化を指している。	
気候ハザード (Hazard)	<ul style="list-style-type: none"> 人命の損失、負傷、その他の健康影響に加え、財産、インフラ（社会基盤施設）、生計、サービス提供、生態系及び環境資源の損害や損失をもたらす、自然又は人間によって引き起こされる物理的事象又は傾向が発生する可能性、あるいは物理的影響。 本ガイダンスでは、気候ハザードという用語は気候に関連する物理的事象又は傾向もしくはそれらの物理的影響のことを意味する。 	<ul style="list-style-type: none"> 洪水、干ばつ、暴風雨等の極端な気象現象の発生頻度の増加、甚大化 海面上昇
曝露 (Exposure)	<ul style="list-style-type: none"> 悪影響を受ける可能性がある場所及び環境の中に、人々、生活、生物種又は生態系、環境機能・サービス及び資源、インフラもしくは経済的、社会的又は文化的資産が存在すること。 	<ul style="list-style-type: none"> 事業で整備する構造物（道路、橋梁、発電施設、排水施設など） 事業のスコープに含まれる地域にある施設や資産、住居、自然生態系など
脆弱性 (Vulnerability)	<ul style="list-style-type: none"> 悪影響（望ましくない影響）を受ける傾向又はその素因となるもの。 脆弱性は気候ハザードへの感受性又は影響の受けやすさや、対処し適応する能力の欠如といった様々な概念や要素を包摂している。 	<ul style="list-style-type: none"> 海岸保全施設の有無や老朽度 浸水口となりうる場所での止水版の設置有無 河川流量の低下に対応した取水機能維持能力・対策の有無 緊急時対応計画の有無 気象情報の利用能力 実施機関の組織体制や能力

		・天候保険の整備状況
気候リスク (Climate Risk)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 価値あるものが危機にさらされ、その結果が不確実である場合に、望ましくない結末が生じる可能性があること。 ・ リスクは、危険な事象の発生確率もしくは傾向とそれらの事象もしくは傾向が発生した場合の影響の大きさの積として表されることが多い。リスクは、脆弱性、曝露及び気候ハザードの相互作用によって生じる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海面上昇時に重要なインフラ施設が冠水、機能低下に陥る ・ 水供給能力の低下
影響 (Impact)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然及び人間システムへの影響。影響という用語は、主に気象・気候の極端現象及び気候変動が自然及び人間システムに及ぼす影響を指して用いられている。 ・ 影響は一般的に、気候変動もしくは特定の期間内に起こる危険な気候事象と、それに曝露した社会又はシステムの脆弱性との相互作用に起因する、生命、生計、健康、生態系、経済、社会、文化、サービス及びインフラへの影響を指す。 ・ 影響は（望ましくない）結末や結果とも表現される。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 著しい土壌浸食の発生 ・ 海面上昇や高波、洪水の発生により発電施設や設備が浸水、機能停止し、電力供給が停止する ・ 農作物の収量低下
適応 (Adaptation)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 適応とは、現実の又は予想される気候及びその影響に対する調整の過程。 ・ 適応は危害を和らげ又は回避し、もしくは有益な機会を活かそうとするもの。 	

2.3 気候リスク評価および適応策検討のステップ

JICA 事業における気候リスク評価および適応策検討の流れについて、以下に概略を説明する。担当する調査団員は他の技術団員や現地実施機関関係者等とコミュニケーションを取りながら、これらを進める。

2.3.1 事前の情報収集・整理

(1) 対象 JICA 事業の枠組みの確認

気候リスク評価および適応策検討の実施に必要な情報を検討するため、調査開始時点での対象 JICA 事業の枠組みを確認しておく。主に以下の 6W の点を確認する。

- ・ 対象 JICA 事業の事業目的、達成目標（何のために・なぜ行うのか：Why）
- ・ 事業の目的、達成目標を実現するために行われる事業活動、投入（何を行うのか：What）
 - 対象 JICA 事業を行う実施主体（誰が行うのか：Who）
 - 対象事業の実施場所、事業が対象とする地域（どこで行うのか：Where）
 - 対象事業の裨益対象（誰に対して行うのか：For whom）
 - 対象事業の実施の時期（いつ行うのか：When）

なお、上記 6W の確認は、気候リスク評価の実施段階にて現地関係者ととも気候リスクを検討する際にも、対象 JICA 事業の枠組みについて共通の認識を持った上でリスク評価をできるよう、改めて現地関係者とも確認・整理をする。

また、気候リスク評価を行うにあたって、対象 JICA 事業に関わるステークホルダーについても検討しておき、気候リスク評価実施の際に誰とどのようにコミュニケーションをとりながら進めるかについてもあらかじめ検討しておく。

(2) 評価対象の抽出・整理

気候リスク評価および適応策検討を行うにあたり、評価対象となり得る事業の内容（事業コンポーネント、活動等）を、全て把握・整理する。

(3) 現地調査前の情報収集・準備

対象事業の枠組み、評価対象を念頭に、気候リスク評価および適応策検討の実施に必要な情報を検討し、協力準備調査（資金協力事業）、詳細計画策定調査（技術協力事業）での情報収集計画を立てる。

自然条件調査や環境社会配慮調査で収集される情報、事業の目的・効果指標を検討するために用いられる事業計画に係るベースライン情報などは、気候リスク評価においても活用可能な情報が多く含まれる。このため、これらの調査スコープで収集が予定されている情報リストを確認・整理する。その際に、前述した気候リスクに係る構成要素のフレームワークを念頭において、対象 JICA 事業における「気候ハザード」、「曝露」、「脆弱性」の各要素に関わる情報項目がどれにあたるかを整理しておく。また、国内作業でこれらの情報がある程度利用可能な場合は、国内作業にて各要素に関わる情報の概要を整理しておく。

既存資料のデスク調査をもとに、現地調査にて収集、確認すべき情報を整理する。その際に、自然条件調査や環境社会配慮調査での収集情報以外で必要と思われる情報についても整理し、現地での追加情報の収集計画を立てる。なお、事業対象地や対象国に関する過去の気象災害やデータ、将来気候の予測情報、脆弱性、気候リスクおよび影響に関する情報を収集する際には、対象国や対象地域に対して援助・支援活動を行っている国の行政機関、研究組織や学術機関や、関連する国際機関などのプロジェクトや研究成果も確認する。

表 2 気候リスク評価の実施準備で収集する情報項目の例と関連する気候リスク評価要素

収集する情報項目の例 ※以下の項目は例であり、当該 JICA 事業の内容、特性を踏まえて、その事業の気候リスク評価に必要な情報を精査して収集する。	対応する気候リスク評価に関わる要素
<ul style="list-style-type: none"> ・ プロジェクトの計画内容案（要請内容など） ・ プロジェクトに必要な関連するインフラ、付帯施設の情報（アクセス道路、給水管など） ・ 事業対象地の地形（低地、沿岸部、山岳地など） ・ 対象事業の立地環境（交通アクセス、周辺の土地利用状況など） ・ 事業対象地域の社会経済状況（裨益人口、経済活動等） 	評価対象 曝露
<p><過去の気象、災害記録、データ></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事業対象地の過去、現在の気象、海象に関する情報 ・ 事業対象地のこれまでの自然災害の記録、ハザードマップ等の災害情報 ・ IPCC の第 5 次評価報告書（AR5）や第 6 次評価報告書（AR6）における記載内容 ・ 当該国の「自国が決定する貢献（Nationally Determined Contribution : NDC）」、「パリ協定に基づく温室効果ガスの低排出型の発展のための長期的な戦略（LT-LEDS, LTS）」、「国別報告書（National Communication : NC）」、「国家適応計画（National Adaptation Plan : NAP）」における関連する記載内容 ・ 当該国や対象地域に係る気候変動の影響評価や脆弱性評価の報告書における関連する記載内容 <p><将来気候の予測情報></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事業対象地の将来の気象、災害に関する情報（IPCC の複数の RCP シナリオや SSP シナリオ（Page 26 参照）での予測も考慮） ・ ダウンスケールされた気候予測情報（地域レベルの気候予測データ） 	気候ハザード

<ul style="list-style-type: none"> ・ 実施機関の組織体制や人的資源、財政の状況 ・ 事業対象地の自然環境（森林が劣化、減少しているなど） ・ 対象地の社会経済状況（産業構造、就労状況、所得水準など） ・ 対象地における気候変動の影響への適応に係る法制度、政策、ガイドライン（適応計画など） ・ 当該国や対象地域に係る気候変動の影響評価や脆弱性評価の報告書における関連する記載内容 ・ 実施機関の保有するこれまでの気象、災害対応記録（被害記録と復旧作業記録など） 	脆弱性
<ul style="list-style-type: none"> ・ 当該国のNDC、LT-LEDS、NCやNAPにおける関連する記載内容 ・ 当該国や対象地域に係る気候変動の影響評価や脆弱性評価の報告書における関連する記載内容 	気候リスク
<ul style="list-style-type: none"> ・ AR5やAR6（「PartIII 資料編 参考文献」参照）の当該地域に係る記載内容 ・ 当該国のNDC、LT-LEDS、NC、NAPの関連する記載内容 ・ 実施機関の保有する気象、災害対応記録（被害記録など） 	影響

(4) 現地で情報収集する関係機関の検討

上記デスク調査で収集、整理した既存情報の検討を行い、現地調査にて関係機関等からの収集、調査が必要な情報を検討し、訪問先機関の整理と現地調査計画を作成する。事業対象地域や対象国に援助・支援活動を行っている国際機関や国の機関の事務所等がある場合には、それらも訪問先機関として含める。他団員の調査情報についても確認し、重複するものは他団員の調査結果を活用することで対応することとし、団員間のスコープの確認をしておく。

2.3.2 現地調査および気候リスク評価の実施および適応策の検討

関係機関を訪問して情報の収集を行うとともに、対象事業の実施場所を訪問の上、対象地概況の把握と必要に応じて補足的に対象地近隣の居住者や地方政府等にてヒアリングを行う。（事前調査で確認された気候ハザードや曝露、脆弱性、すでに生じている影響などの補足確認）また、収集、調査した気候リスク評価に必要な情報をもとに、気候リスク評価を担当する団員を中心に、他の技術団員、現地実施機関関係者等ともコミュニケーションを取りながら、気候リスク評価および適応策検討を実施する。以下にその流れを説明する。

(1) 現地実施機関（カウンターパート）等との対象事業の枠組みの確認

気候リスク評価の前提となる対象事業の内容（6W）とそれを踏まえた評価の枠組みを現地実施機関関係者等と改めて確認し、共通の認識を持っておく。これにより気候リスク評価の方向性がずれないようにする。

- ・ プロジェクトの計画内容に係る「6W」を案件関係者へのヒアリング等を行いつつ、明確化する（Whom、Where、When、What、Who、Why：だれのためのもの？どこで？いつのもの？だれがやるか？）
- ・ 対象プロジェクトは、どのような場所でどのような事業を行うものであるのか、事業により目標としている効果、事業実施者や裨益対象者などを把握する。また、この事業が行われる場所での気候はどのような特徴を持っているかを上記で収集した情報をもとに整理しておく。

例：案件の目標が米の生産性の増大なのか、住民の生計向上が目的なのかといった視点を明確にしておくことで、その後に検討する適応策が米の生産技術に関するものなのか、違う生計手段も含めての方策を検討しうるのか、検討の方向性が変わる。そのため、検討の方向性がずれないように案件の枠組みに留意しつつ進める。

(2) 対象事業における気候リスク評価対象の明確化

事前調査で整理・把握した評価対象について、現地実施機関との協議や現地踏査の結果、さらには、以下に示す JICA 事業における気候リスク評価と適応策検討の考え方に基づいて、抽出・整理・明確化する。

- 気候リスクとは、気候ハザード（高温、少雨、豪雨、暴風、干ばつ、洪水、海面上昇等）により、以下のような事象が生じることでプロジェクトの計画段階で予定していたプロジェクトの提供価値、発現することが期待されていた機能・効果を生み出すことができなくなることである。
 - 対象施設・資産が構造的にその機能を果たさなくなる状態に至る（物理的機能障害）
 - 気候変動に起因した過大な需要や想定を超えた状況のもとでの供用により対象施設・資産の劣化等が生じ、あらかじめ意図したサービス・機能が提供できない状態となる（サービスレベルの低下）
 - 維持管理に多額のコストが発生する（供用の際の経済性の悪化）
- 適応策とは、気候リスク評価の結果を踏まえて、当該 JICA 事業が、プロジェクトの提供価値、発現することが期待されていた機能・効果を生み出すことができるような方策である。

(3) 気候リスク評価実施と適応策の検討

以下に説明する手順で気候リスク評価を行うとともに、次ページに示す気候リスクマトリックスを作成していく。また、気候リスクマトリックスの内容を踏まえて、気候リスクツリーを作成するとともに、適応策の検討を行う。

気候リスク評価の実施方法としては、以下のような方法が考えられるが、対象事業の内容や現地関係者との調整などを踏まえて、実施方法を検討する。

- 気候リスク評価を担当する団員が、他団員や実施機関等の現地関係機関に対し個別にヒアリングやディスカッションを行って取りまとめる。
- 準備段階で収集整理した情報を用いつつ、技術団員や現地関係者が集まってワークショップ形式で検討する。関係する技術団員や現地実施機関、気象関係機関、現地地方政府などとともに、検討をする時間を設けることで、対象事業についての気候リスクについての共通認識を形成することにつながることを期待される。

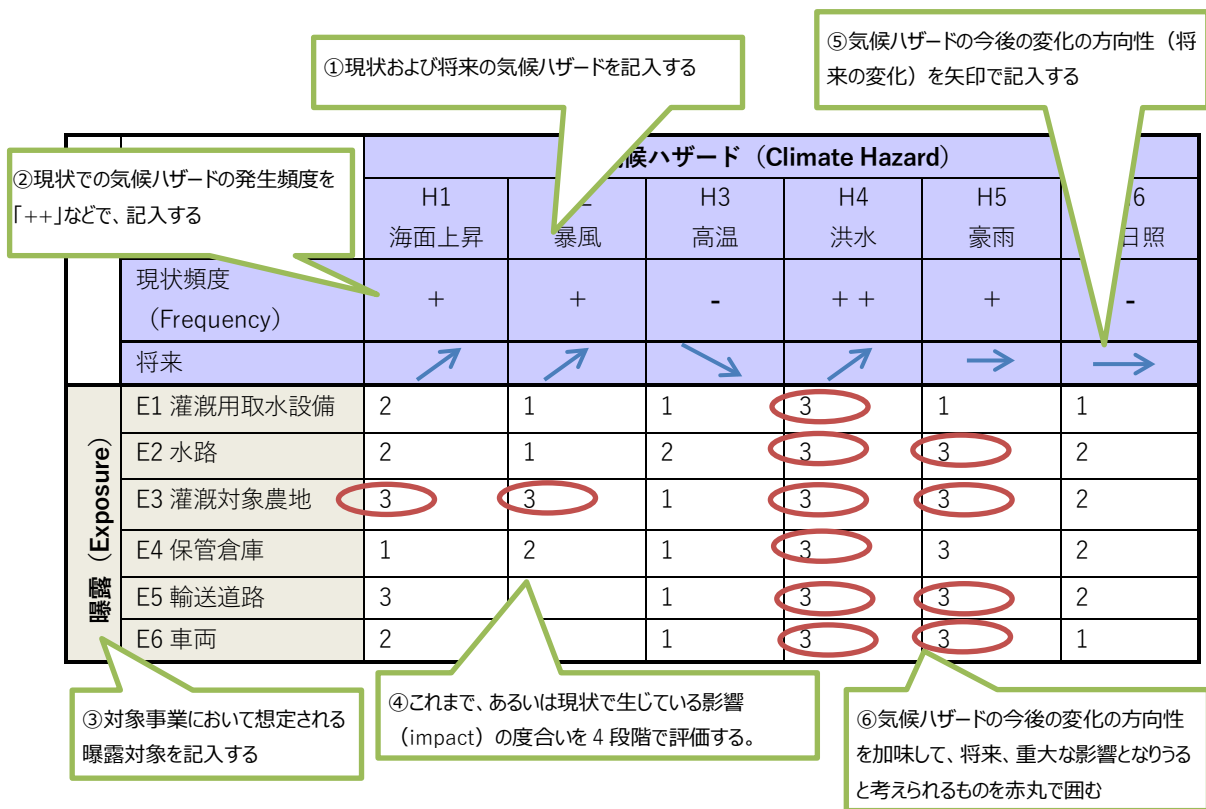


図5 気候リスクマトリックスのイメージ図

以下に、気候リスクマトリックスを活用した気候リスク評価および適応策の検討の実施手順を示す。

① 対象事業に関連する「気候ハザード」を検討して書き出す

対象地での気象状況をもとに、事業に関連すると思われる「気候ハザード」を検討する。過去、現在の気候及び、将来の気候予測について調査し、事業対象地域において事業期間中に気候変動により起こりうる気候を検討する。

- 調査団内の技術団員に対象事業の計画の検討の際に参照、活用する自然条件情報（気象、水文、災害情報等）を確認し、対象事業に関わりのある気象、水文、災害情報を挙げる。その他、ブレインストーミングとして、考えられるものをリストアップしていく。
- 準備した気象・気候関連の情報を活用する（調査・整理・分析した気象データ、気候予測などの情報等）
- リストアップしたものから、本事業に関係すると思われる気候ハザードで、かつ、対象地域で事業計画期間中に起こりうると思われる気候ハザードを表に記載するものとして選ぶ。

気温	平均気温の上昇、熱波・高温の発生、寒波の発生
降雨	年間降雨量の増加・減少、降雨時期の移動、豪雨の発生頻度の変化 降雨量の増加による洪水の発生
日射	日射の変化
風	風速の変化、風向特性の変化、暴風雨の発生

< 記入例 >

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1	H2	H3	H4	H5	H6
① 想定される気候ハザードを記入		海面上昇	暴風	高温	洪水	豪雨	低日照
	現 状 頻 度 (Frequency)						
	将来						
曝露 (Exposure)							

② 「気候ハザード」の現時点での発生頻度を記入する

上記でリストアップした気候ハザードについて、これまでや現在の発生頻度を確認、検討した上で、表3の評価スケールを用いて記載する。

表3 気候ハザードの現状頻度の評価のスケール

発生頻度	説明・定義
++	これまでや現在、頻繁に生じている
+	これまでや現在、時々生じている
-	これまでや現在、ほとんど生じていない

上記表の気候ハザードの発生頻度の評価スケールについて、「頻繁に生じている」の認識が人により異なり、関係者間での検討が難しいような場合は、オプションとして、調査団内で評価のスケールの具体的定義を決めておいても構わない。その場合は、その評価スケールと定義内容を報告書にも記載をする。

表4 気候ハザードの発生頻度の評価のスケールと定義例

発生頻度	説明・定義	対象事業での具体的基準の設定例
++	これまでや現在、頻繁に生じている	過去20年で10回以上発生している。
+	これまでや現在、時々生じている	過去20年で5回以上発生している。
-	これまでや現在、ほとんど生じていない	過去20年で発生したのは1回以下。

<記入例>

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1 海面上昇	H2 暴風	H3 高温	H4 洪水	H5 豪雨	H6 低日照
	現状頻度 (Frequency)	+	+	-	++	+	-
	将来						
曝露 (Exposure)							

③ 対象事業において「曝露」となりうるものを検討して書き出す

事前に抽出・明確化した対象事業における評価対象の中から、対象地域で事業計画期間中に、気候ハザードの影響を受ける可能性があると思われるものを選定し、気候マトリクスに記入する。事業の中で新設する設備等についても、曝露対象の検討対象とする。選定にあたり、事業計画内容の個々の施設・設備（本事業に関連する気候変動の影響を受けている対象地域・システム施設・設備を含む）、活動内容に関わる担当技術団員、担当専門家とも話をして、関係がありそうかの当たり付けを行って、選ぶ。気候リスク評価のこの後のプロセスで、関係があまりない、重要でないと思われるものが出来た場合は、後で修正しても構わない。

<記入例>

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1 海面上昇	H2 暴風	H3 高温	H4 洪水	H5 豪雨	H6 低日照
	現状頻度 (Frequency)	+	+	-	++	+	-
	将来						
曝露 (Exposure)	E1 灌漑用取水設備						
	E2 水路						
	E3 灌漑対象農地						
	E4 保管倉庫						
	E5 輸送道路						
	E6 車両						

③ 現在すでに生じている「影響」を評価する

「曝露」対象に対して、現在あるいはこれまでに生じている/起きてしまっている「気候ハザード」による「影響」について、「影響の度合い」として評価する。評価のスケールは表5のとおり。

なお、対象事業が新設案件で、調査時点ですでに発生している影響を評価することは難しい場合は、

例えば以下のような情報を確認して、対象施設や活動等が現在あると仮定して影響レベルを検討する。

- 対象事業の実施機関が運用している類似の施設でこれまでに発生している影響
- 事業実施地域での類似施設でこれまでに発生している影響
- 対象国内の類似の立地環境にある類似施設でこれまでに発生している影響

表 5 現在すでに生じている影響レベルの評価スケール

影響レベルのスケール	説明・定義
3	これまでに生じている事象、影響は、対処、処理できないほど困難であった。
2	これまでに生じている事象、影響は、管理・対処することが中程度困難であった。
1	これまでに生じている事象、影響の対処、処理はそれほど困難ではなかった。生じている、生じた影響は軽微であった。ある程度対処できていた。
0	これまでに生じている事象による影響は、ほとんどなかった。

上記の表の「現在すでに生じている影響」の評価スケールについて、影響への対処の困難度の認識が人によって異なり、関係者間での検討が難しいと思われるような場合は、オプションとして、気候ハザードの発生頻度の場合と同様に、調査団内で評価スケールの具体的定義を決めておいても構わない。その場合は、その内容を報告書に記載する。なお、すでに生じている影響が、事業に対する気候リスクとしてクリティカルなものになると考えられる場合には、その事象について、現地関係機関や地域に住む住民などへのヒアリング調査を行い、詳細に確認することが望ましい。また、周辺地域・国において同様の発生事例や研究等が行われていないかどうかを確認する。それらを通じて、今後も同様に生じ得るとされる影響かどうかを判断し、それに基づいて気候リスク評価および適応策の検討を行うことが望ましい。

表 6 現在すでに生じている影響の評価スケールの対象 JICA 事業での基準の定義例

影響レベルのスケール	説明・定義	対象 JICA 事業での具体的基準の設定例
3	これまでに生じている事象、影響は、対処、処理できないほど困難であった。	敷地内全域が浸水し、復旧までに数か月以上にわたって水を供給できない状態となった。
2	これまでに生じている事象、影響は、管理・対処することが中程度困難であった。	敷地内が部分的に浸水し、施設の稼働ができなくなったが、1週間程度で復旧し、水供給を再開できた。
1	これまでに生じている事象、影響の対処、処理はそれほど困難ではなかった。生じている、生じた影響は軽微であった。ある程度対処できていた。	敷地内が部分的に浸水し、施設の一時的な停止があったもの、すぐに復旧し、水供給を再開できた。
0	これまでに生じている事象による影響は、ほとんどなかった。	敷地内が一時、部分的に浸水したが、施設の稼働には影響がなく、水供給は継続できた。

<記入例>

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1 海面上昇	H2 暴風	H3 高温	H4 洪水	H5 豪雨	H6 低日照
	現 状 頻 度 (Frequency)	+	+	-	++	+	-
	将来						
曝露 (Exposure)	E1 灌漑用取水設備	2	1	1	3	1	1
	E2 水路	2	1	2	3	3	2
	E3 灌漑対象農地	3	3	1	3	3	2
	E4 保管倉庫	1	2	1	3	3	2
	E5 輸送道路	1	2	1	3	2	1
	E6 車両	3	1	1	3	3	2

⑤ 「気候ハザード」の今後の変化の方向性（将来予測）を確認・検討し、矢印で記載する

- 気候リスク評価の準備で情報収集した基礎情報を活用する。
- 将来予測の情報がない可能性もある。その場合は、専門家やカウンターパートとも検討の上、矢印を記入する。
- 当該国の気象機関あるいは気候変動担当機関から気候予測データが入手できた場合は、それを活用する。
- 気温や降雨などの地域別の将来予測について、インターネット上である程度簡便に確認できるものもあるので、必要に応じて活用する。

気候ハザードの将来予測等については、本ガイダンスの p.26 以降に示す「3. 対象地域の将来気候や影響の把握と参照情報リソース」も参照する。

<記入例>

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1 海面上昇	H2 暴風	H3 高温	H4 洪水	H5 豪雨	H6 低日照
	現 状 頻 度 (Frequency)	+	+	-	++	+	-
	将来	↗	↗	↘	↗	→	→
曝露 (Exposure)	E1 灌漑用取水設備	2	1	1	3	1	1
	E2 水路	2	1	2	3	3	2
	E3 灌漑対象農地	3	3	1	3	3	2
	E4 保管倉庫	1	2	1	3	3	2
	E5 輸送道路	1	2	1	3	2	1
	E6 車両	3	1	1	3	3	2

⑥ 注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせを選定する

表に記載されている0～3で評価された影響の度合い、気候ハザードの今後の変化の方向性を考慮して、以下のような観点から事業で注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせを選定する。

- 現状で影響の度合い「3」となっている影響のうち、将来はこれがより度合いがひどくなると思われるもの。
- 現状で影響の度合い「3」となっている影響のうち、将来も同程度の影響が続くと思われるもの。
- 現状で影響の度合い「2」であるものの、気候ハザードの将来変化の方向性を考慮すると、今後、影響の度合い「3」と同程度に著しい影響が生じる可能性があると思われるもの。

<記入例>

		気候ハザード (Climate Hazard)					
		H1 海面上昇	H2 暴風	H3 高温	H4 洪水	H5 豪雨	H6 低日照
		現状頻度 (Frequency)	+	+	-	++	+
	将来	↗	↗	↘	↗	→	→
曝露 (Exposure)	E1 灌漑用取水設備	2	1	1	3	1	1
	E2 水路	2	1	2	3	3	2
	E3 灌漑対象農地	3	3	1	3	3	2
	E4 保管倉庫	1	2	1	3	3	2
	E5 輸送道路	1	2	1	3	2	1
	E6 車両	3	1	1	3	3	2

⑥気候ハザードの今後の変化の方向性を加味して、事業で注視すべき組み合わせを選定する（赤で丸をする）

対象事業で注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせとして、どれを選定すべきかを検討する際の参考となる観点として、例えば以下のような観点がある。

検討の参考観点

- **発生する可能性・頻度**：発生する頻度は、対象事業の目的が果たされることが期待される期間中にどの程度ありそうか（これまでの発生状況から頻繁に発生する可能性があるかなど）
- **発生した場合の事業目的への影響の度合い**：発生した場合の影響の度合いは、対象事業に対してどの程度ありそうか（頻度は小さくとも、発生すると甚大な影響となる可能性があるなど）
- **発生した場合の対応状況**：すでに発生している影響レベルを踏まえて、発生した場合に対応がどこまでできそうか（影響への対処の困難度が高く、十分に対処できていない状況であるか）
- **影響が顕在化するスピード**：例えば、洪水により浸水して対象事業・施設の稼働が中断する可能性は洪水が発生してから比較的早く顕在化する。一方で、豪雨による貯水池への土砂の流入リスクは、すぐにはその機能への影響が顕在化しないものの、徐々に流入していくことで貯水池の機能に大きな影響を及ぼすことから、影響の顕在化のスピードは比較的遅い。

⑦ 「曝露」対象が持つ「脆弱性」を検討する

選定した事業において注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせについて、将来重大となりうると考えられる「気候リスク」の発生に寄与する（または、既に寄与している）と思われる「脆弱性」を検討する。

表7 気候リスク発生に寄与する脆弱性の検討

	(A)	(B)	(C)
	注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせ	気候リスク発生に寄与する脆弱性の評価 (影響の受けやすさ、影響への対処能力)	将来重大となりうると考えられる気候リスク
1	<p>(記入例)</p> <p>H1 (海面上昇) +E3 (灌漑対象農地)</p> <p>灌漑対象農地において、海面上昇により塩水浸入が発生する恐れがでる。</p> <p><記入の際の留意点></p> <ul style="list-style-type: none"> 曝露と気候ハザードとの組み合わせを説明した上で、発生する影響を説明する。 	<p>(記入例)</p> <p>灌漑対象農地への塩水浸入を防ぐための堰はあるが、度々、たびたび損壊し、損壊した場所から塩水が流入した。</p> <p><記入の際の留意点></p> <ul style="list-style-type: none"> 影響の受けやすさについて検討 影響への対応能力を検討 <p>例えば、ある気候ハザードにより影響が生じた際に、これまでどのような対処をしていたかなどを記入する。</p>	

(A) 列に、注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせと、その結果発生する事象について記入する。その事象が発生した場合の影響の受けやすさ、影響への対処能力の有無（脆弱性の評価）について (B) 列に記入する。脆弱性の評価は以下の2つの視点で検討する。

- (A)列に記入した気候ハザードについて、曝露対象が持つ感受性、影響の受けやすさの要素について説明
- 影響への対応能力の評価について記入する。例えば、過去と現在について、生じている影響に対してどういった対処を講じてきたかを確認し記載する。この部分は、主に現地調査にてカウンターパートや対象地域でのヒアリングや実施施策の記録等で確認する。

⑧ 将来重大となりうると考えられる気候リスクの決定

- A 列で挙げた「注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせと、その結果発生する事象」について、B 列に記入した「気候リスク発生に寄与する脆弱性の評価」を踏まえて、事業にとって重大な気候リスクとなりうると考えられる場合、これを対象事業に係る将来の気候リスクとして選択する。なお、将来の気候リスクが複数想定される場合、一つに絞り込むことはせず、それぞれについて適応策の検討を行う。
- 選択した気候リスクの概要を C 列に記入する。

表 8 事業で将来重大となりうると考えられる気候リスクの絞り込み

	(A)	(B)	(C)
	注視すべき「気候ハザード」と「曝露」の組み合わせ	気候リスク発生に寄与する脆弱性の評価（影響の受けやすさ、影響への対処能力）	将来重大となりうると考えられる気候リスク
1	<p>(記入例)</p> <p>H1（海面上昇）+E3（灌漑対象農地）</p> <p>灌漑対象農地において、海面上昇により塩水浸入が発生する恐れがある。</p> <p><記入の際の留意点></p> <ul style="list-style-type: none"> 曝露と気候ハザードとの組み合わせを説明した上で、発生する影響を説明する。 	<p>(記入例)</p> <p>灌漑対象農地への塩水浸入を防ぐための堰はあるが、度々、たびたび損壊し、損壊した場所から塩水が流入した。</p> <p><記入の際の留意点></p> <ul style="list-style-type: none"> 影響の受けやすさについて検討 影響への対応能力を検討 <p>例えば、ある気候ハザードにより影響が生じた際に、これまでどのような対処をしていたかなどを記入する。</p>	<p>(記入例)</p> <p>H1（海面上昇）+E3（灌漑対象農地）</p> <p>進行する海面上昇により灌漑対象農地で塩水浸入が発生し、被害が増大する可能性がある。</p> <p><記入の際の留意点></p> <ul style="list-style-type: none"> 脆弱性を組み合わせて検討し、事業において将来重要となりうる気候リスクとして選定すべき考えたものについて、そのリスクの概要を記載する。 選定しなかったものについては無記入のままにする。

⑨ 気候リスクツリーの作成

最終的に選択された対象事業で将来重大となりうると考えられる気候リスクをもとに、図 6 のような気候リスクツリーを作成して整理する。

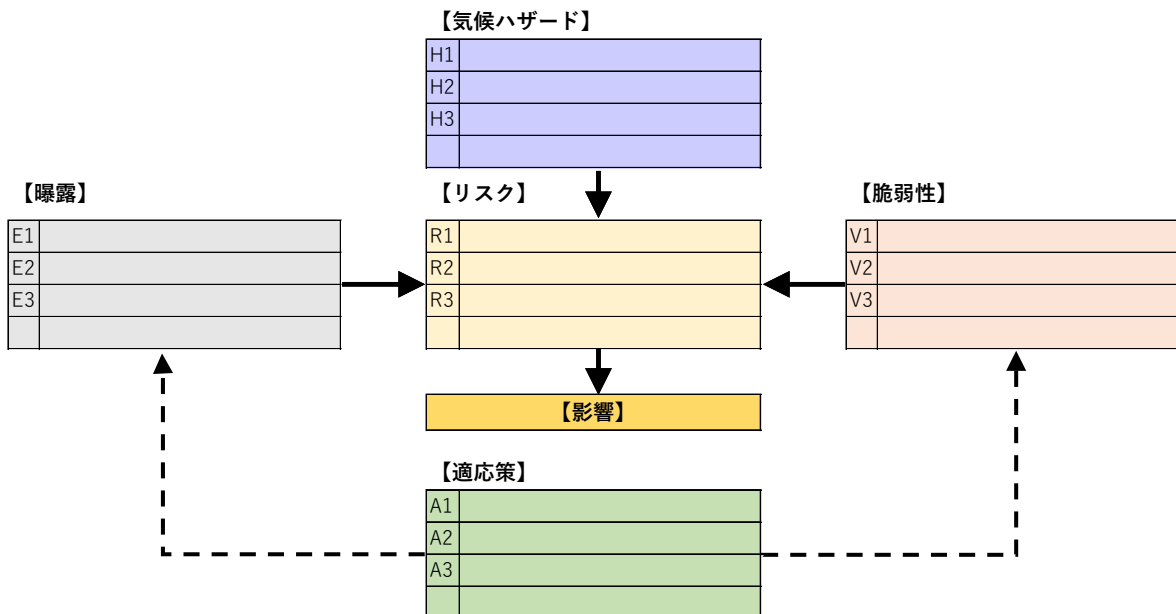


図 6 気候リスクツリーの記入

- ① 「リスク (Risk)」に最終的に選択した「気候リスク」を記入する。
- ② 「曝露 (Exposure)」には選択した「気候リスク」について、曝露として説明している要素を記入する。

- ③ 「気候ハザード (Hazard)」には選択した「気候リスク」について気候ハザードとして説明している要素を記入する。
- ④ 「脆弱性 (Vulnerability)」には選択した「気候リスク」について、気候リスク発生に寄与していると思われる「脆弱性の評価」として検討した要素を記入する。
- ⑤ 記入した気候リスクツリーについて、気候ハザードからリスクに至るまでのロジックを確認する。再度、リスクから気候ハザードにもどってロジックを成り立っているかを確認する。

⑩ 適応策の検討

最終的に選択した「気候リスク」について、そのリスクを低減するための考えられる方策（適応策）となりうるものを検討し、表9に示すような適応策の検討表に記入する。

表9 適応策の検討表

リスク #	将来重大となりうると考えられる気候リスク	気候リスクに対する適応策	対応 SDGs 目標番号
1	選択した「気候リスク」の概要を記入	適応策 1 気候リスクに対応する適応策を記入	1,11
		適応策 2	6
2	選択した「気候リスク」の概要を記入	適応策 1	2
		適応策 2	7, 14

- 上記の表への適応策の記入にあたっては、各適応策に対応する気候リスク、気候ハザード、曝露を注記し、どの項目と対応しているのかを分かりやすくしておく。
 - 検討された適応策については、この段階では絞込みを行う必要はなく、可能性のある適応策は全て記載しておく。その後の調査の中でここに示された適応策を念頭に、より具体的に検討を行う。
- 各適応策について、気候リスクに寄与する「脆弱性」に対してどのように対処する適応策であるかを記載しておく。
- 各適応策について、対応する SDGs 項目についても記載しておく。

次に、リストアップした適応策について、緊急性、経済性、有効性、実現性の観点から、優先度を検討し、本気候リスク評価と適応策の検討結果として、最終的に選択する適応策を選ぶ。

なお、この段階では複数の適応策があっても構わない。気候リスク評価は協力準備調査の初期段階や技術協力事業の初期段階である詳細計画策定調査などで行うことを想定しているため、この段階で候補として検討された適応策を念頭に、協力準備調査等のその後の段階でより具体的に検討していき、必要に応じて詳細化を図ることとなる。

表10 適応策の評価の観点

適応策の評価の観点	説明・定義
緊急性	当該適応策の実施に求められる緊急性は高いか、それとも、ある程度の時間的

適応策の評価の観点	説明・定義
	な余裕がありそうか？
経済性	当該適応策の実施に係るコストは現実的に対応可能なレベルか？ また、コストにみあった有効な効果を期待できるか？
有効性	選択する適応策は想定する気候リスクに対して効果的な手段であるか？
実現性	技術的に可能か？（技術的観点）、制度上可能か？（政策・制度上の観点）、 環境上の観点で可能か？（環境面の観点）

残存リスクが当該プロジェクトにとって許容範囲に収まるよう、適応策の比較検討を行う。調査団員やプロジェクトの実施機関等の関係者により、リスクの発生可能性や発生した場合の影響度に対する適応策の効果（有効性）の評価、費用対効果、技術的、社会的等の観点からの実現可能性について協議、分析、評価を行う。

適応策の効果と実現困難度（経済性側面含め）の評価を可視化する際に、図 7 のような表も整理方法の一つである。

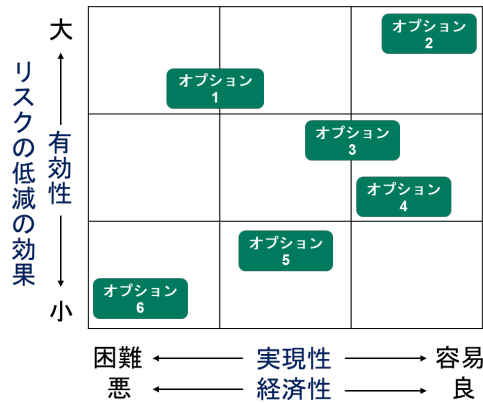


図 7 適応策の効果と実現困難度（経済的観点含む）の整理表

⑪ 気候リスクツリーの完成

⑨で作成した気候リスクツリーに、優先度が高いと判断した「適応策」を記入する。なお、「適応策」は気候リスクツリーにある「気候ハザード」に働きかけることはできない（気候の安定化は緩和策による）ため、「曝露」あるいは「脆弱性」に働きかけることになる。

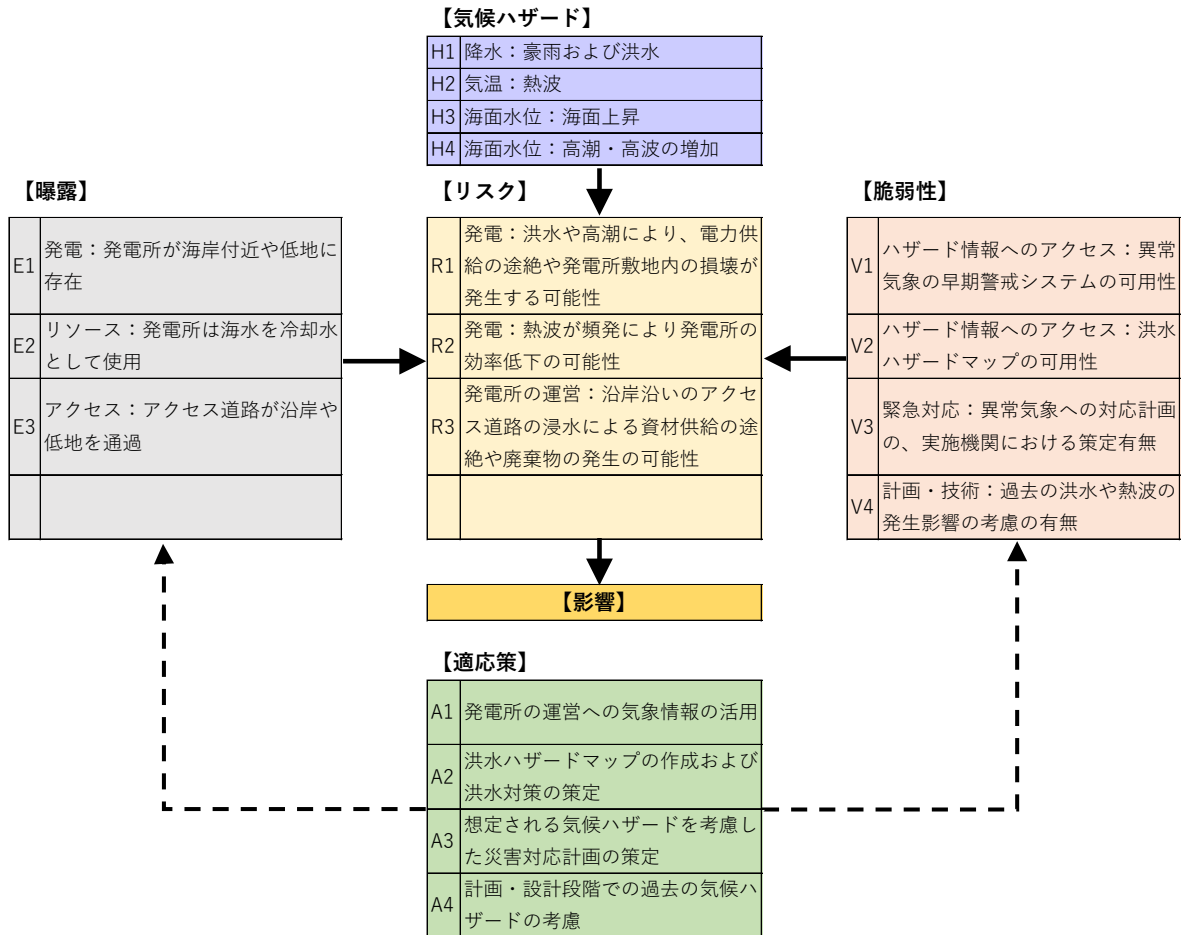


図 8 適応策も含めた気候リスクツリーの記入例

(4) 適応策の詳細検討

優先度が高いと考えた適応策について、その次のステップとして協力準備調査の後半の事業計画検討の中で、必要に応じて、より具体的な計画を検討する。

2.4 裨益人口の推定

気候変動への適応に資する事業（適応案件）の評価について、事業のアカウンタビリティーの観点から分野横断型の積み上げおよび比較が出来る指標を用いることを目指す。そこで、本ガイダンスにおいては、主要ドナー（適応基金⁴、緑の気候基金、気候投資基金、国際気候基金、世界銀行、ド

⁴ COP7 で採択されたマラケシュ合意に基づき、条約上の資金制度の運営を委託された組織である地球環境ファシリティーが運営する新しく設立された3つの基金のうちの1つ

イツ国際協力公社⁵等)が分野横断的な指標として採用している適応策による裨益人口を適応案件の指標として設定する。なお、裨益人口に対してどのように適応策の効果がもたらされるのか、関係性が論理的に説明できることが重要である。また、適応案件の裨益人口の算出は、ケースバイケースでその案件に適切な算出方法をとることとなるため、算出方法の記録を残し、算出根拠を参照可能としておくことが極めて重要である。

(1) 裨益人口の定義

適応案件の受益者数を「裨益人口」とする。

(2) 裨益人口の推定

適応案件の裨益人口は、以下のとおり推定する。

1) 事業形成段階において案件の受益者数が推定されている場合

案件の受益者数を「裨益人口」とする。⁶

2) 事業形成段階において案件の受益者数が推定されていない場合

以下の表 11 を参考に「裨益人口」を推定する。表 11 は各セクターにおける典型的なプロジェクトを念頭においた「例」であり、個別案件ごとに、その特性に基づいて適切な裨益人口を設定することがより望ましい⁷。なお、本ガイダンスにおける「裨益人口」は、受益者の実績値ではなく、事業形成段階における推定値である。

なお、上記の 1) 及び 2) のいずれにおいても、以下の①及び②の考え方を踏まえる。

- ① 適応策に関連するコンポーネントの数、金額・活動規模等を踏まえた受益の範囲を可能な限り精緻に把握し、適応策を実施することによる効果を裨益する対象者であることを論理的に説明できれば、その受益者数を「裨益人口」とする。一方、把握が困難な場合は案件全体の受益者数を「裨益人口」とする。
- ② 直接受益者数を裨益人口とすることを基本とするが、事業目的におけるインパクトの対象となる受益者（最終受益者）についてその人数を想定でき、かつ、適応策実施と裨益との関係を論理的に説明できる場合（例：最終受益者が居住する場所はプロジェクト対象地域外ではあるが、適応策を実施した場所と最終受益者が居住する場所に地理的・地形的な関連性があり、かつ、同一の気候ハザードの影響を受ける可能性がある。）には、直接裨益者数と最終受益者数の合計を「裨益人口」としても良い。⁸ただし、最終受益者数を裨益人口に含める場合は、適応策

⁵ 世界銀行、ADB、適応基金、緑の気候基金（GCF）等、他ドナーは各分野ごとに適応策に係る指標を設定しているが、多くの機関で共通して設定している指標として裨益人口がある。その他の指標例として、適応基金では、早期警戒システムの導入においては、そのカバー面積・自治体数、生態系保護による適応策においては、保護対象の面積（ha）等の裨益人口以外の指標を設定している場合もある。

⁶ 可能な範囲でジェンダー別に推定する。

⁷ 受益者のデータの入手手段と具体的な確認方法およびその定義は、指標設定時点で明確にしておく必要がある。

⁸ 直接受益者と最終受益者の一部が重複する可能性があり、可能な限り重複を回避することが望ましい。ただし、重複する人数の把握が困難な場合は、重複している可能性がある旨を明示しておくことが必要である。

実施と裨益の関係に関する考え方を記録として残し、参照可能としておく。

表 11 各分野別の受益者の例

分野	直接受益者の例	最終受益者の例
農業	<ul style="list-style-type: none"> ・ 灌漑・配水施設・農業道路・貯蔵施設等のインフラの管理者及び利用者 ・ 営農技術向上プロジェクトの対象農家 ・ 品種開発等研究能力向上プロジェクトの傘下農家 ・ 灌漑施設の管理能力向上プロジェクトの受益農家及び施設管理組織 ・ 農業分野にかかる研究者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整備された施設等で雇用される労働者 ・ 事業対象エリアから産出される農産物の消費者 ・ 研修を受講した相手国関係者により提供されるサービスの受益者 ・ 灌漑施設、道路、貯蔵施設等の農業インフラの周辺コミュニティ住民 ・ 研修を受講した相手国関係者が案件対象外の地域へ独自に展開した際の対象地域農家
水資源：上水・統合水資源管理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規の上水道施設（貯水、浄水、配水等）や井戸・ポンプ等の整備により新たに給水を受ける住民 ・ 統合水資源管理や上水道施設の運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存の設備に加えて、新規に整備された設備からの給水を受ける対象地域の全住民 ・ 相手国関係機関の水資源管理や施設の運営維持管理能力の強化により水資源供給サービス改善の裨益を受ける利用者
環境管理：下水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改善・整備・新設された下水施設の利用者 ・ 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整備された設備により下水サービスを受ける対象地域のコミュニティ住民（病院等の地域施設の利用者を含む） ・ 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
防災	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改善、整備、新設された防災施設の利用者/対象地域住民 ・ 早期警報システムが届く住民 ・ 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 ・ 防災分野にかかる研究者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防災能力が向上すると見込まれる周辺環境の住民および病院等のコミュニティ施設/産業/サービス施設利用者 ・ 当該社会インフラの周辺コミュニティ住民 ・ 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
森林・自然環境保全	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林保全や植林等の結果、森林から産出される農林産物により収入を得られる住民 ・ 森林保全や植林等の結果、気象災害（土砂流出や地滑り等）の影響が軽減される住民 ・ 森林管理等に関する研修を受講する相手国関係者 ・ 森林・自然環境保全にかかる研究者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 森林・自然・環境保全の事業の結果、各要素に関して裨益する周辺住民や関係者⁹ ・ 森林保全等が図られた地域の周辺、下流域等の住民 ・ 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
電力（発電、送配）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改善、整備、新設された発電施設や送電網から直接電力供給を受ける利用者 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整備された送配電網から電力供給を受ける公的施設（病院、学校、経済施設等）

⁹ 例として、エコツーリズムや森林資源活用産業の振興により経済的恩恵を受ける住民など。

電)	<ul style="list-style-type: none"> 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
水力発電	<ul style="list-style-type: none"> 改善、整備、新設された発電施設や送電網から直接電力供給を受ける利用者 洪水リスクが軽減するダム下流の住民 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 整備された送配電網から電力供給を受ける公的施設（病院、学校、経済施設等）の利用者 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
道路	<ul style="list-style-type: none"> 改善、整備、新設された道路インフラ（高速道路、地下トンネル、橋梁等）の利用者 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 道路整備による裨益を受ける周辺地域住民 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
鉄道	<ul style="list-style-type: none"> 改善・整備・新設された鉄道の利用者 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道整備による渋滞緩和の裨益を受ける周辺地域住民 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
空港	<ul style="list-style-type: none"> 改善・整備・新設された空港施設の利用者 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 空港施設整備による円滑な移動手段の確保および物流の裨益を受ける利用者および産業関係者 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
港湾	<ul style="list-style-type: none"> 改善・整備・新設された港湾施設の利用者 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 浚渫等を含む港湾施設整備による円滑な移動手段の確保および物流の裨益を受ける航路/泊地の利用者および産業関係者 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者
工業団地	<ul style="list-style-type: none"> 改善・整備・新設された工業団地の入居企業の従業員 運営維持管理に関する研修を受講する相手国関係者 	<ul style="list-style-type: none"> 工業団地の整備により製品・食料・エネルギー等の安定供給やサービス改善の裨益を受ける関係者 相手国関係機関の運営維持管理能力の強化によりサービス改善の裨益を受ける利用者

※単位：裨益人口の単位は、基本は「人数」とする。利用者数については、年毎の利用者数とする。一方、人数の把握が困難な場合は、代替策として、世帯数情報を用いることも可能である。その場合、各国の世帯当たり平均人数（最新の国勢調査・世帯調査に基づく世帯規模の標準乗数）を乗じて人数を推定する。

※データ：使用するデータは、①事業毎の調査データ、②国家統計であり、原則、優先順位は、①、②の順。但し、事業によって、適宜最適なデータを使用する。使用した引用情報を残し、事後検証ができるようにしておく（再現性の確保）。

【参考】

気候リスクマトリックスの記入イメージ例：地方での給水設備を整備する案件

- 事業目標：対象サイトにおける安全な水へのアクセスを改善し、もって水因性疾病リスクの軽減など、生活環境の改善に寄与する。
- 期待される成果：
 - 20箇所程度のサイトで管路給水施設が整備される。
 - 給水施設の維持管理に関する技術指導が実施される。
 - 給水施設を持続的に維持管理するための基礎情報が整理される。
- 事業内容：深井戸掘さく、管路給水施設（水源施設・配水施設）の建設、維持管理用機材整備

		気候ハザード (Hazard)			脆弱性 (Vulnerability)	今後重要（顕著）となりうる 気候リスク（Climate Risk）	適応オプション (Potential Adaptation Options)
		H1 洪水の発生 上流の州で特に洪水災害が発生する可能性が高い	H2 雷の発生 対象地では既往施設に影響を与える雷が度々発生				
現状での発生状況 (頻度等)		+	+				
将来の見込み		+	+				
曝露 (Exposure)	E1 高架水槽（高架のため、地上からは離れている）	0 ↑	0 ↑ 雷の影響は特に想定されない				
	E2 ソーラー式揚水施設（地上に設置）	1 ↑ 上流域で複数の施設が計画されており、洪水の影響を受ける可能性がある	2 ↑ ソーラー給水システムのコントローラーが故障するケースが過去に10件ほどあった。復旧に要した時間は最大で2日程度。	既往案件の運営維持管理会社では、雨期に落雷の被害が発生することを予測して、十分なスペアパーツを用意している。	・ソーラー式揚水施設への落雷による被害の発生可能性は本件でも想定される。また、今後発生頻度や発生地域が変動する可能性もある。 ・上流域では洪水被害を受ける可能性がある。	・ソーラー式揚水施設への落雷による被害への備えは既往案件でも行われているため、本件でも類似の対応をとること、雷の発生状況をモニタリングして、これまでと発生状況に違いがみられた場合は、落雷リスクの対応想定で考慮する。 ・上流域では洪水被害を受ける可能性があるため、詳細の設置場所の検討の際に、洪水被害の可能性の少ない場所に設置を検討する。	
	E3 配水施設（地上に設置）	1 ↑ 上流域で複数の施設が計画されており、洪水の影響を受ける可能性がある	0 ↑ 雷の影響は特に想定されない				

気候リスクマトリックスの記入イメージ例：洪水警報システムの強化案件

- 事業目標：気象庁水文部と対象地域の洪水予警報センターの統合データ管理能力が強化される
- 期待される成果：
 - 気象庁水文部の洪水予警報体制の整備計画作成能力が強化される。
 - 気象庁水文部および対象地域の洪水予警報センターにおける気象水文データの品質管理・保管能力が強化される。
 - 洪水予警報体制のレベルに応じた対象地域の洪水予警報センターの組織体制及び運営ガイドライン、機材・施設の整備基準（案）が標準化される。
 - 気象庁水文部の対象流域に対する洪水予警報能力が強化される。
 - 対象地域の洪水予警報センターにおける洪水予警報に必要なデータ管理能力が育成される。
- 事業計画：
 - 気象庁水文部の洪水予警報体制の整備計画作成能力の強化活動を実施
 - 気象庁水文部および対象地域の洪水予警報センターにおける気象水文データの品質管理・保管能力の強化活動を実施
 - 洪水予警報体制のレベルに応じた洪水予警報センターの組織体制及び運営ガイドライン、機材・施設の整備基準の標準化に係る活動を実施
 - 気象庁水文部の対象流域に対する洪水予警報能力の強化活動を実施
 - 対象流域の洪水予警報センターの洪水予警報に必要なデータ管理能力の育成活動を実施

		気候ハザード (Hazard)				
		H1 洪水の発生	H2 降水量、降水パターンの変化			
現状での発生状況 (頻度等)						
将来の見込み		++	++			
曝露 (Exposure)	E1 対象機関における気象水文データの品質管理・保管能力	0 ↑	0 ↑	脆弱性 (Vulnerability) ・データの品質管理体制、品質管理基準が整っていない。	今後重要（顕著）となりうる 気候リスク (Climate Risk) 今後の気候変動の影響による気象水文状況の変化に関するデータを適切に取得、管理できないことで、適切な予警報の発信などができなくなる	適応オプション (Potential Adaptation Options) データの品質管理体制、管理基準などの体制を整備するとともに、活用に向けた能力向上を図る
	E2 対象機関の組織体制及び運営ガイドライン、機材・施設の整備基準	1 ↑	2 ↑	洪水発生時などの異常時における情報伝達手法等に関する基準やガイドラインが整備されていない。	・今後予想される気象、水文の変化によって引き起こされる自然災害等に対する適切な対応の実施、体制構築が出来なくなる	異常時における対応のガイドライン、基準などを整備し、運用を図る。
	E3 水文気象データの収集に使用される観測機器	1 ↑	0 ↑	観測機器の設置箇所は増えているものの、絶対的に数量が不足している。	適切な対応策をとるためのデータ取得、分析が出来ず、適切な予警報の発信などが出来なくなる	観測機器の設置箇所を増やす

2.5 気候リスク評価と適応策検討・裨益人口推定のレポーティング

2.5.1 気候リスク評価・適応策検討、裨益人口推定結果を記載する報告書

対象事業についての気候リスク評価と適応策の検討結果は、下記のような報告書内に記載することを想定する。報告書内での具体的な記載場所は、各事業にて他の項目と適宜調整する。なお、協力準備調査、詳細計画策定調査が行われない場合は、可能な範囲で、先方政府・関連機関が実施する調査結果やその他入手可能な情報を基に気候リスク評価・適応策検討、裨益人口推定結果を整理する。

JICA 事業のスキーム	報告書の種類
有償資金協力事業	・ 協力準備調査報告書 (プログレスレポート、ドラフトファイナルレポート等)
無償資金協力事業	・ 協力準備調査報告書 (プログレスレポート、ドラフトファイナルレポート等)
技術協力事業	・ 詳細計画策定調査報告書 ・ インセプションレポート、進捗報告書、業務完了報告書等 (プロジェクト開始後の報告書)
その他 (民間連携事業等)	・ 調査の中間報告書、業務完了報告書等

2.5.2 報告書への記載事項

気候リスク評価、適応策の検討結果に係る報告書への記載事項は、「気候リスク評価と適応策検討、裨益人口推定」という章を設け、以下のような内容を想定する。

(1) 気候リスク評価の実施結果

- ・ 気候リスク評価の実施結果として、「評価対象」、「気候ハザード」「曝露」「脆弱性」「気候リスク」について、作成した気候リスクマトリックス、気候リスクツリーとともに、検討結果について、気候リスク評価の検討ロジックが適切かつ明確になるよう、理由や検討の過程についても要点を絞って簡潔に記載する。
- ・ 「気候ハザード」「曝露」「脆弱性」などについては、対象事業の準備調査の報告書における「自然条件」や「社会経済や施設・設備」等の箇所に記載されていることを確認する。

(2) 適応策の検討結果

- ・ 気候リスク評価の実施結果に基づいて検討した「適応策」について、緊急性、経済性、有効性、実現性の観点から検討した優先順位付けとともに、簡潔に記載する。
- ・ 調査の中間段階の報告書 (プログレスレポート等) では、暫定的に優先順位づけをした適応策候補群について、プロジェクト計画への組み込みにつき、その後の調査工程で何を検討すべきか、検討にどのような情報が必要かを整理し説明する。
- ・ 検討した「適応策」について、事業計画や設備・施設計画等に組み入れられているかどうかについても、簡潔に記載する。最終的に事業計画等に組み入れなかった場合は、その理由を説明する。
- ・ 気候リスク評価・適応策の検討の、対象事業の協力相手機関 (カウンターパート) への説明結果についても説明する。

(3) 裨益人口の推定結果

- 裨益人口の推定を行った年月日を記載する。
- 推定した裨益人口を記載する。適応策に関連するコンポーネント毎に裨益者数を推定できる場合は適応コンポーネント毎に記載する。最終受益者も含めて推定した場合には、直接受益者数と最終受益者数、それらの合計受益者数の3つを記載する¹⁰。その場合には、適応策実施と裨益の関係に関する考え方を記録として残し、参照可能としておく。

(4) 気候リスク評価および適応策、裨益人口の検討に使用した資料等

- 気候リスク評価、適応策の検討において参照した資料等について、資料名や URL などの情報を記載する。
- 裨益人口の推定に使用したその他の資料を全て参照データ欄に記載する。その際、第三者によるデータ収集を行った場合はその旨も記載する。

表 12 気候リスク評価および適応策、裨益人口推定の検討結果を確認する際の観点

観点	カテゴリ	JICA での確認の観点
1	評価対象	事業の内容（事業コンポーネント、活動等）の中で、気候リスク評価の対象となりうる可能性のあるものが、全て把握・整理されているか。
2	気候ハザード (Climate hazards)	対象国や地域の状況を踏まえ、気候リスク評価の中で考慮すべき気候ハザード（熱波、豪雨、暴風、干ばつ、洪水、海面上昇等）が、抽出され、検討されているか。
3	曝露 (Exposure)	「評価対象」のうち、「気候ハザード」にさらされうる対象（事業コンポーネント、活動等）が、検討・抽出されているか。
4	脆弱性 (Vulnerability)	「曝露」が持つ「気候ハザード」に対する脆弱性が、把握・整理されているか。
5	気候リスク (Climate risk)	対象事業に関わる「気候ハザード」、「曝露」、「脆弱性」を用いて、将来、対象事業において重大となりうる影響が起こる可能性について検討され、結果が説明されているか。
6	適応策 (Adaptation option)	対象事業において重大となりうる影響に対応する「適応策」が検討され、説明されているか。
7	カウンターパートとの気候リスク評価についてのコミュニケーション	気候リスク評価・適応策の検討について、対象事業の協力相手機関（カウンターパート）とどのようにコミュニケーションしたか説明されているか。 (例) <ul style="list-style-type: none"> • 気候リスク評価の実施過程でカウンターパートと共同で検討した。 • 調査団で実施した気候リスク評価の結果をカウンターパートに説明し、理解を得た。
8	裨益人口	対象事業における「適応策」の裨益人口が検討され、推定の考え方が説明されているか。

¹⁰ 可能な範囲でジェンダー別に推定する。

3. 対象地域の将来気候や影響の把握と参照情報リソース

3.1 現在の気候と将来気候の把握

気候リスク評価では、対象 JICA 事業に関わる気候ハザード（豪雨、高温、干ばつ等）の検討の際に、気候ハザードの現在の発生頻度や将来の発生頻度などを評価する。気候ハザードの将来予測については、IPCC の第 5 次評価報告書（AR5）で用いられている「RCP シナリオ」と、第 6 次評価報告書（AR6）で用いられた「SSP シナリオ」に沿った将来気候の予測情報を確認することを基本とする。

RCP（Representative Concentration Pathways）シナリオ

RCP シナリオとは、政策的な温室効果ガスの緩和策を前提として、将来の温室効果ガス安定化レベルとそこに至るまでの経路のうち代表的なもの（代表的濃度経路）を選び作成したシナリオを指す。

IPCC 第 5 次評価報告書からこのシナリオ区分に基づいた気候の予測や影響評価が行われるようになった。RCP シナリオでは、2100 年以降も放射強制力の上昇が続く「高位参照シナリオ」（RCP8.5）、2100 年までにピークを迎えその後減少する「低位安定化シナリオ」（RCP2.6）、これらに位置して 2100 年以降に安定化する「高位安定化シナリオ」（RCP6.0）と「中位安定化シナリオ」（RCP4.5）の 4 シナリオが選択された。

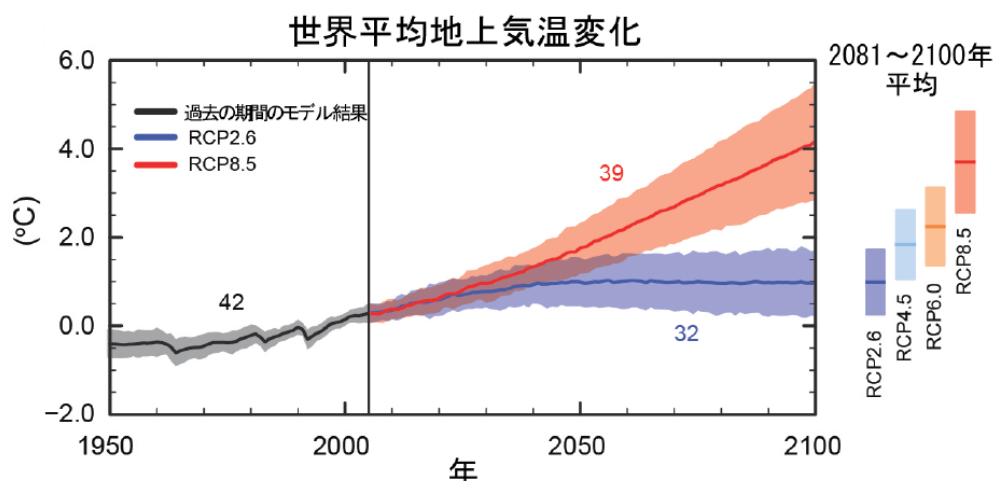


図 9 1986-2005 年平均に対する世界平均地上気温の変化

CMIP5 の複数モデルによりシミュレーションされた時系列（1950 年から 2100 年）

（出典：AR5 政策決定者向け要約より引用）

表 13 RCP シナリオ

シナリオ名称	概要	気温上昇量 (2081~2100 年の世界平均地上 気温の 1986~2005 年平均に対す る上昇)
RCP 2.6	低位安定化シナリオ ・ 21 世紀末の放射強制力を 2.6W/m ² と想定（2100 年以前に約 3W/m ² でピークを迎え、その後減少し、2100 年頃には約 2.6W/m ² となる）	0.3°C~1.7°C

シナリオ名称	概要	気温上昇量 (2081~2100年の世界平均地上 気温の1986~2005年平均に対す る上昇)
	・ 気温上昇を工業化以前と比べて2°C未満に抑えることを目指す想定	
RCP 4.5	中位安定化シナリオ ・ 21世紀末の放射強制力を4.5W/m ² と想定	1.1°C~2.6°C
RCP 6.0	高位安定化シナリオ ・ 21世紀末の放射強制力を6.0W/m ² と想定	1.4°C~3.1°C
RCP 8.5	高位参照シナリオ ・ 政策的な緩和策を行わないことを想定	2.6°C~4.8°C

注) RCPのあとの数字は、2100年までの最大放射強制力(W/m²)の値を示す。

SSP シナリオ (Shared Socioeconomic Pathways)

2021年に公表されたAR6では、分野横断的に使える新たな社会経済シナリオである「共通社会経済経路(SSP; Shared Socioeconomic Pathways)」と放射強制力を組み合わせたシナリオから主に、以下に示す5つのシナリオが使われている。

表14 SSPシナリオ¹¹

シナリオ	概要	2081~2100年の平均気温予測値 (1850~1900年の年平均に対する 上昇値)
SSP1-1.9	持続可能な発展の下で気温上昇を1.5°C以下におさえるシナリオ。21世紀末までの気温上昇(工業化前基準)を1.5°C未満に抑える政策を導入し、21世紀半ばにCO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	最良推定値: 1.4°C 可能性の高い範囲: 1.0~1.8°C
SSP1-2.6	持続可能な発展の下で気温上昇を2°C以下におさえるシナリオ。21世紀末までの気温上昇(工業化前基準)を2°C未満に抑える政策を導入し、21世紀後半にCO ₂ 排出正味ゼロの見込み。	最良推定値: 1.8°C 可能性の高い範囲: 1.3~2.4°C
SSP2-4.5	中道的な発展の下で気候政策を導入するシナリオ。2030年までの各国の国別削減目標(NDC)を集計した排出量上限にほぼ位置する。	最良推定値: 2.7°C 可能性の高い範囲: 2.1~3.5°C
SSP3-7.0	地域対立的な発展の下で気候政策を導入しないシナリオ。エーロゾルなどCO ₂ 以外の排出が多い。	最良推定値: 3.6°C 可能性の高い範囲: 2.8~4.6°C
SSP5-8.5	化石燃料依存型の発展の下で気候政策を導入しない最大排出量シナリオ。	最良推定値: 4.4°C 可能性の高い範囲: 3.3~5.7°C

¹¹ 環境省「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第6次評価報告書第I作業部会報告書(自然科学的根拠)の公表について 参考資料(IPCCの概要や報告書で使用される表現等について)」

<http://www.env.go.jp/press/109850/116630.pdf>、IPCC WG1 AR6 報告書をもとに作成。

将来の気候予測に関わる情報（気温、降雨など）を確認する際には、①適用するシナリオ（SSP2-4.5、RCP4.5 など）、②採用シナリオでの予測モデル、を確認した上で、③求めている気候項目を参照し、④将来予測の情報を得る。その際には、複数の気候シナリオや気候モデルについて、確認することを推奨する。

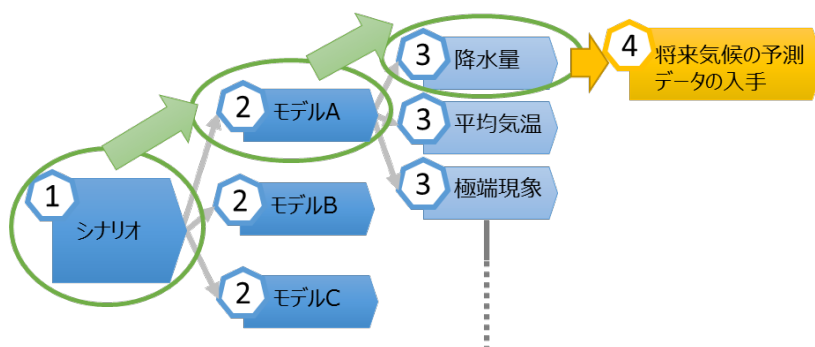


図 10 将来の気候予測情報の確認のイメージ

3.2 将来気候の予測情報・気候リスク評価に活用できる情報リソース

将来気候の予測データや過去の気象データ、気候リスク評価に活用できる気候ハザードや脆弱性、曝露に関わる情報を入手できるオンラインプラットフォームを表 15 及び表 16 に示す。（各サイトの具体的な使い方や操作画面のイメージは、「添付資料 3：将来の気候予測情報などの参考サイトの概略」を参照）また、「添付資料 1 気候ハザード検討のための気候関連指標例」に気温や降雨量などのデータから気候ハザードを検討する際の参考指標を記載している。

こうしたオンライン上の情報プラットフォームも適宜活用しつつ、現地で入手した情報と組み合わせて気候リスク評価を行う。気候予測情報を使用する際に、どの気候シナリオでの予測を用いるかは調査団内の技術団員や実施機関の関係者等の意見も踏まえつつ検討する。

表 16 将来の気候予測情報などの参考サイト（その2）

サイト名	作成・運営機関	掲載情報																	仕様				サイトの概要	URL					
		ハザード (気候関連)					ハザード (気候要因の直接的影響含む)					社会経済関連				地理的・自然環境関連			影響	インタラクティブマップ		対象範囲			解像度				
		Historical temperature	Historical precipitation	Historical wind speed	Historical sea surface temperature	Future climate (projection)	Flood / inundation	Drought	Storm / cyclone	Land slide	Sea level rise	Population / population density	Water stress	Urban / human settlement area	Impervious surface	Land use / crop land	Elevation / topography	Sea surface currents		Water body / seasonality / depletion	Fires	Natural productivity			Soil moisture	Evaporation over land	Vegetation / land cover	全世界	特定地域
ClimPACT	UNSW, Climate extremes, WMO, GCF																											気象データ（日最低・最高気温、日降水量）を使い、各分野に関連する様々な極端現象の頻度、継続時間や強度を、月単位または年単位で計算するソフトウェア。Web上でも計算可能。	https://climimpact-sci.org/
Global Surface Water Explorer	欧州委員会 (European Commission)						○											○						○	○			1984から2020年の期間の水域、浸水域の地図表示を行うサイト。	https://global-surface-water.appspot.com/map
Aqueduct Water Risk Atlas	世界資源研究所 (WRI : World Resources Institute)							○	○				○						○						○	○		現在及び将来の水関連のリスク情報を地図上に表示させることができる。 1) Water stress 2) Groundwater table decline 3) Interannual variation 4) Seasonal variability 5) Drought 6) Flood risk	https://www.wri.org/aqueduct/
Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) Data Explorer	イギリス国立海洋学センター (NOC : National Oceanography Centre)										○												○	○			世界各地の海面水位の過去の観測データの経年変化をグラフ表示させることができる。海面上昇の検討の参考情報として活用できる。	https://www.psmsl.org/data/obtaining/map.html	
Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) Worldview	アメリカ航空宇宙局 (NASA)	○		○	○							○	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○			NASA提供の地球観測システム衛星 (EOSDIS) の画像データをもとにした各種地図を表示させることができる。人口密度、人口予測、植生、土地利用、標高、風、海流、土砂崩れ、気温、降雨などの情報を地図上に表示させることができる。	https://worldview.earthdata.nasa.gov/
ESA Climate Change Initiative (CCI) Land Cover website	欧州宇宙機関 (European Space Agency)														○								○	○			欧州宇宙機関 (ESA) 提供の1992年から2020年までの衛星画像解析をもとにした全世界の土地被覆図 (land cover map) を表示させることができる。	http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php	
ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D - 30m" (AW3D30)	宇宙航空研究開発機構 (JAXA)																○							○	○			JAXA提供の衛星 (ALOS) 画像をもとにした標高地図Digital Surface Model (DSM)を表示させることができる。対象地付近の地形の概略を把握できる。	https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30_j.htm

3.3 気象関連以外のデータの把握

	国際機関	現地入手先例
農林水産業	<ul style="list-style-type: none"> ● FAOSTAT (FAO) - 世界の食料・農林水産業に関する農林水産業、食料援助、土地利用、人口の統計データベース - 約 240 か国、最長 50 年のデータが入手可能 http://www.fao.org/faostat/en/	現地国 農林水産省 年報
漁業	<ul style="list-style-type: none"> ● FISHSTAT (FAO) 漁業統計データベース http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en	現地国 水産業管轄 省庁 年報データ等
経済指標	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界銀行オープンデータ (世界銀行) 200 以上の国・地域の生産・貿易・需要の構造の変化やマクロ経済状況に関するデータを掲載 (GDP, 産業別割合 対 GDP 比 (%))、 http://data.worldbank.org/	現地国統計局
経済予測	<ul style="list-style-type: none"> ● World economic outlook (IMF (国際通貨基金)) IMF による世界経済予測レポート (年 2 回刊行) http://www.imf.org/en/publications/weo	現地国 経済産業省 年報等
森林面積	<ul style="list-style-type: none"> ● Global Forest Resources Assessment 世界森林資源評価 http://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/	現地国 森林管轄省 庁 年報データ等

4. 気候リスク評価実施にあたっての留意点

4.1 不確実性への対応の考え方

気候変動の将来予測やその影響、また将来の社会の動向には不確実性が伴っており、これらに基づくリスク評価には不確実性が含まれている。一方、リスクの低減効果のみにとらわれて適応策を選択すると莫大な費用がかかることにつながることもある。従って、適応策の選択には、不確実性の度合いやオプション実施にかかる費用も合わせて総合判断することが重要である。

また、最善のオプションが選択できるよう、関係者を交えての議論による追加的なオプションの検討、オプション実施計画の段階的な見直しなど、時間の経過に伴って変化する気候変動に対してより柔軟に対応できるようにしておくことが必要である。

気候の将来予測における不確実性には以下のような要因がある。いずれについても、その不確実性の定量化と低減に向けた研究が、現在も進められている状況である。

- **温室効果ガス排出シナリオの不確実性**

気候変動の将来予測を行うため、将来、温室効果ガスの排出量がどのように変化するのかを仮定する必要がある。2015年に公表されたAR5では、人間活動に伴う温室効果ガス等の大気中の濃度が、将来どの程度になるかを想定した排出シナリオとして、RCP（代表濃度経路シナリオ：Representative Concentration Pathways）シナリオが用いられた。

2021年に公表されたAR6では、分野横断的に使える新たな社会経済シナリオである「共通社会経済経路（SSP; Shared Socioeconomic Pathways）」と放射強制力を組み合わせたシナリオから、主に5つのシナリオが使われている。

いずれのシナリオにしても、温室効果ガス排出シナリオは、今後、人類がどのような社会経済を築いていくかによって大きく異なってくるため、複数のシナリオを想定していくことが望ましい。

- **気候モデルの不確実性**

気候モデルとは、大気、海洋、陸面などの気候システムの挙動に関するシミュレーションソフトの総称である。気候モデルには、地球全体の気候をシミュレーションする全球気候モデル（Global Climate Model: GCM）や、ある一部の領域だけをシミュレーションする領域気候モデル（Regional Climate Model: RCM）などがある。気候モデルは、気候システムに関する様々な物理方程式と、気温、風速、雲量、土壌水分量、海水の塩分量などの多くのパラメーターを使い、将来の気候予測を行う。気候モデルは、地域別・用途別に様々なものが存在しており、出力される結果も様々であるため、地域・用途を考慮し複数のモデルを想定していくことが望ましい。

気候モデルにも、気候変動に関係する物理プロセスに関して現在の科学において理解が十分でない部分が存在するために生じる不確実性が存在する。

- **気候内部変動の不確実性**

気候システムが本来持つ不確実性であり、気候システムに内在する自律的な変動のことである。エルニーニョやラニーニャも、気候内部変動の不確実性の一つである。

また、上記の3つの要素が不確実性に与える寄与度は、予測を行う期間や時空間スケールによって異なってくる¹²。

上記に加えて、各分野で行う影響評価においても、不確実性は存在する。例えば、高潮や高波等を解析するモデルのパラメーター等の違いによる出力結果が異なる。洪水による浸水想定における影響評価では、潮位偏差や波浪、今後実際に起こりうるサイクロンや台風の規模や進路などが想定と異なる可能性（不確実性）が存在する。

従って、気候リスク評価および適応策の検討を行う際には、上述した不確実性の存在に留意した上で、対象事業の内容や目指すべき気候変動影響の低減レベルなどを考慮して、複数の温室効果ガス排出シナリオ、複数の気候モデル、各分野の影響評価モデルなどを使い、複数のケースについて評価・検討を行うことが望ましい。

しかしながら、Climate-FIT における気候リスク評価および適応策の検討では、精緻なレベルでの気候の将来予測や気候変動による影響評価の実施までを求めるものではない。上記の不確実性の存在とそれに対する対応方法を念頭において、事業の主管部と調整しつつ、対応可能な範囲で、情報の収集と分析、気候リスク評価と適応策の検討を行うことが必要である。一方で、既存の研究やデータ、ツールなどを活用して詳細なリスク分析等¹³を行うことができる場合には、それらを活用した精緻な気候リスク評価および適応策の検討を妨げるものではない。

¹² 日本の気候変動 2020 大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書（詳細版）2020年12月 文部科学省 気象庁, p221 付録 1.3 将来予測の不確実性より,

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_shousai.pdf

¹³ 地球温暖化対策に資するアンサンブル気候予測データベース「database for Policy Decision making for Future Climate change (d4PDF)」の活用など

Part II 分野別の検討の視点

Part II 分野別の検討の視点

5. 分野別気候リスク評価の手引き

5.1 農業分野

5.1.1 農業分野の気候リスクの概要・考え方

農作物の生育には、栽培品目、品種により固有の一定以上の温度が必要であり、高すぎる場合も生育速度が低下するなどの影響が生じる。一般的には作物ごとに生育速度が最も大きくなる最適温度があり、気候変動により気温が変化することで、作物にとって不良環境になる可能性もある。また、作物の生育の各段階（発芽、開花、肥大など）に必要な水分環境、温度環境などが異なってくるため、気候変動により作物の生育環境が変化することで、最終的にその作物の生産性や品質に影響が出る可能性もある。また、作物そのもののみならず、気候変動は作物の生育を阻害する雑草の生育の助長や病害虫にとっての生育環境が変化することで病害虫の発生状況も変化する可能性もある。このように気候が変動することで農業・食糧生産には様々な影響が生じる可能性がある。

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）の第6次評価報告書（AR6）では、「気候変動は、水の安全保障や食糧生産、健康と福祉、土地・住居・インフラなどの人間のシステムに、すでに多様な悪影響を及ぼしている」としている。ただし、こうした影響には地域差があり、悪影響が出ている地域がある一方で、地域内で悪影響と好影響の両方が観測されていることも示されている¹⁴。

例えば、ケニア、マラウィ、ニジェールの3カ国では、GDPは農業収入に依存しているが、将来の気候変動のシナリオで、干ばつによるトウモロコシ収量の損失は、マラウィでは、絶対値及び対GDP比とともに増加するとみられ¹⁵、GDPに農業の占める割合を30パーセントであることに鑑みると、国家経済や貧困からの回復力を維持できる閾値を越える水準に至る可能性がある。一方で、ケニア、ニジェールでは、農業がそれぞれGDPの30%、38%を占めるものの、同じ人為性気候変動シナリオで、実質的に損失がむしろ減少すると見られている¹⁶。

農業分野での気候変動による影響はこのように地域性が高く、国レベルだけでなく、できる限り事業対象地域に関わる将来気候予測データ（ダウンスケールデータ含む）や気候リスクの5要素に関わる情報を入手して、案件に即したより具体的な検討を行うことが望まれる。なお、農業分野における気候リスクを評価する際に採用する気候シナリオについては、最も気温や降雨量の変化が大きなもの、変化が小さなもの、その中間の3つについて検討することが望ましい。

開発途上国においては、農村住民は、農業分野への投資の不足、土地及び天然資源政策に関わる諸問題、水質汚染等の環境劣化プロセスなどの気候以外の多様なストレス要因にもさらされる。こうした複合的な気候リスクに対し、農業を営む農村地域の世帯やコミュニティにとって、土地や当該地域の有する天然資源、柔軟な地域制度、知識・情報及び代替生計戦略の利用可能性等の適応策は、気候変動に対する対象地域等の農業分野でのレジリエンスに貢献することが期待される。例えば、農業分野での適応策の一例としては、以下があげられる。

¹⁴ IPCC, 2022: Summary for Policymakers, Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability, WGII, 2022/2/28.

¹⁵ Jayanthi, H., 2014: アフリカの雨水を利用する作物の人為的気候変動シナリオに起因する農業干ばつリスクの人工衛星を利用した試算。2015 防災包括報告のための背景報告書。

¹⁶ UNISDR, 2015, 国連世界防災白書 2015]

- ・ 灌漑施設等の改修を行うことで農業生産量の向上促進
- ・ 高温耐性品種の導入
- ・ 播種日の変更など栽培管理の工夫

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.1.2 農業分野の気候リスクの構成要素リスト表

表 17 農業分野（主要作物）事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
気温変化（対象作物にとって不適な気温への変化）	気温変化（年別、月別、日別。特に栽培期間において収穫量や品質に影響がある期間の変化）
熱波・寒波	年間平均気温、月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
台風	発生頻度、強度（風速）
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
洪水・浸水	洪水の発生状況（時期、期間、規模）
渇水・干ばつ	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模）
日射量	日射量の変化
土砂災害	発生頻度、累積降雨量
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高
	塩水遡上位置

表 18 農業分野（主要作物）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	整備状況（数量、能力）
	諸元（幅、延長、深さ、勾配）
	設備の価格（財産価値）
	市場までの輸送経路
農地	面積
	農地の値段
農作物	農作物の種類
	栽培期間
	作付け面積
	収穫回数
	収穫量および品質
農民、組合等	農民の数
	組合等の数
行政、金融、普及機関	行政、金融、普及機関の数、提供するサービス等

表 19 農業分野（主要作物）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ	施設の位置
	施設の整備状況（数量、能力）
	気候ハザードに対する強度（老朽度）
	水資源確保・管理施設の整備状況
	市場までの輸送手段の整備状況
農地	農地の位置
	土壌肥沃度

農作物	保水力
	農業用水の確保状況
	気温変化への耐性
	水不足への耐性
農民、組合等	栽培期間の変化への耐性
	栽培管理・水資源管理能力
	作物転換・品種転換への対応体制・能力
	気候変動等に関する理解度
行政、金融、普及機関	病虫害への予防、対策に関する知識、手段の有無 など
	品種改良（高温耐性品種、乾燥耐性品種など）開発体制の整備状況
	農業保険（インディックス保険等）の整備状況
	公的資金や融資制度などの有無
	気象予報情報の利用可能性の有無（季節予報、早期警報等の情報）
	気候変動問題に対応可能な人材の有無
	人材育成体制の有無
農業生産にフォーカスしたコミュニティベースの社会組織・団体（CBO、NGO）による支援可能性の有無 など	

表 20 農業分野（主要作物）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例
ハードインフラ	農業インフラ（灌漑設備、農道、集荷場、倉庫等）の損壊
農地	農地の土壌浸食
	塩害の発生
農作物	水不足、高温・低温、病虫害発生などによる収量低下
農民、組合等	単位当たりの生産コスト（肥料、灌漑、農薬、種子、労働力等のコストを含む）の増加
	収量低下
	収量低下による経済的損失
	病虫害等による農業生産による収入の変化（経済的損失）
行政、金融、普及機関	農作物の収穫量変化による食糧安全保障の低下 など

表 21 農業分野（主要作物）事業における適応策の例

分類	適応策の例
ハードインフラ	灌漑施設等の機能強化
	設計見直し
	施設の移設
	水資源インフラ整備（例；ダムや小さな雨供給貯水池の設置等）
	早期警戒システムの整備
	気象情報提供システムの整備促進
農地	水資源の再利用促進・地下水利用（井戸およびキャパシティビルディング）
	保全耕起・土壌の流亡や干ばつによる乾燥を防ぐ対策の実施など土壌管理
農民、組合等	高温耐性品種や乾燥耐性品種の開発および導入
	作物の多様化（混作、間作、アグロフォレストリー）
	作物転換
	気象モニタリングデータの活用
	節水型農業や新しい農業技術の活用・導入
行政、金融、普及機関	気候変動の把握および周知
	気候変動予測等に関する研究強化
	農民や組合等に対する気候変動に関する情報提供や啓発活動
	水資源保全・農地保全等に関する法整備促進
	気候変動に対応するための公的資金（助成、補助金等）の提供
	関係省庁・機関の気候変動等に関する対応体制・能力強化
	農業保険制度の整備・普及促進
その他	集水域における植林・森林保全

【園芸作物】

表 22 農業分野（園芸作物）事業における気候ハザードの例¹⁷

	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
気温変化	過去の気温変化（年別、月別、日別。特に栽培期間において収穫量や品質に影響がある期間の変化）
熱波・寒波	年間平均気温、月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
台風	発生頻度
	強度（風速）
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
洪水・浸水	洪水の発生状況（時期、期間、規模）
渇水・干ばつ	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模）
日射量	日射量の変化
土砂災害	発生頻度、累積降雨量
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高
	塩水遡上位置

表 23 農業分野（園芸作物）事業における曝露の例¹⁸

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ（園芸用施設）	施設の数量
	施設の資産価値
作物	品種
	市場価格
	生産量
農民、組合等	農民の数
	組合等の数
行政、金融、普及機関	行政、金融、普及機関の数、提供するサービス等

表 24 農業分野（園芸作物）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ（園芸用施設）	施設の設置場所
	施設の強度
	排水施設の有無
作物	気温変化、水不足など気候変化への耐性の有無
	園芸作物（特に葉物野菜、果実）の生育場所・期間
	播種時期、収穫時期
	播種時期、収穫時期の変化への耐性の有無
農民、組合等	園芸作物（葉物野菜、果実等）への物理的な被害の有無、見栄え劣化による商品価値の低下
	栽培管理・水資源管理能力
	作物転換・品種転換への対応体制・能力
	気候変動等に関する理解度
行政、金融、普及機関	病害虫への予防、対策に関する知識、手段の有無 など
	品種改良（高温耐性品種、乾燥耐性品種など）開発体制の整備状況
	農業保険（インディックス保険等）の整備状況
	公的資金や融資制度などの有無
	気象予報情報の利用可能性の有無（季節予報、早期警報等の情報）
	気候変動問題に対応可能な人材の有無
人材育成体制の有無	
	農業生産にフォーカスしたコミュニティベースの社会組織・団体（CBO、NGO）による支援可能性の有無 など

¹⁷ 農業分野（主要作物）事業の気候ハザード例に準じる

¹⁸ 園芸作物事業における特徴的な点のみを記載。

表 25 農業分野（園芸作物）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例
ハードインフラ（園芸用施設）	豪雨・強風による損壊、倒壊
	洪水等による浸水、流出
作物	園芸作物（葉物野菜、果実等）の収量変化、（見栄えの劣化による）商品価値の低下
農民、組合等	単位当たりの生産コスト（電力、燃料代、肥料、農薬、種子、労働力等のコストを含む）の増加
	収量低下
	収量低下による経済的損失
	病害虫等による農業生産による収入の変化（経済的損失）
行政、金融、普及機関	農作物の収穫量変化による食糧安全保障の低下 など

表 26 農業分野（園芸作物）事業における適応策の例

対象	適応策の例
ハードインフラ（園芸用施設）	ハウスの強度増強
	ハウス周辺の排水施設の整備
	ハウスの移設
作物	農業用ハウス内の温度管理
農民、組合等	新しい栽培管理技術の導入
	気象モニタリングデータの活用
行政、金融、普及機関	気候変動の把握および周知
	気候変動予測等に関する研究強化
	農民や組合等に対する気候変動に関する情報提供や啓発活動
	水資源保全・農地保全等に関する法整備促進
	気候変動に対応するための公的資金（助成、補助金等）の提供
	関係省庁・機関の気候変動等に関する対応体制・能力強化
農業保険制度の整備・普及促進	

【畜産】

表 27 農業分野（畜産）事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
気温変化	過去の気温変化（年別、月別、日別。特に飼育期間において成長に影響がある期間の変化）
熱波・寒波	年間平均気温、
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
台風	発生頻度、強度（風速）
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
洪水・浸水	洪水の発生状況（時期、期間、規模）
渇水・干ばつ	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模）
日射量	日射量の変化
土砂災害	発生頻度、累積降雨量
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高
	塩水遡上位置

表 28 農業分野（畜産）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ（畜舎等）	畜舎の数
	畜舎の資産価値
	飼育頭数
飼料作物	飼料作物の作付面積、収量
	飼料作物の品質
家畜	家畜の種類、頭数
	生産物の質、量
農民、組合等	農民の数
	組合等の数
行政、金融、普及機関	行政、金融、普及機関の数、提供するサービス等

表 29 農業分野（畜産）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ（畜舎等）	畜舎の位置
	風量・風向
	日射・日陰の有無
	排熱、温度管理機能の有無
飼料作物	飼料作物の種類、栽培場所、栽培期間
	飼料作物（牧草・穀類）の供給可能量・時期
	飼料作物（牧草・穀類）の気温変化、水不足など気候変化への耐性の有無
	外来性の草（家畜が食べると有害なもの）の侵入
家畜	気温変化、水不足など気候変化への耐性
	水資源へのアクセスの有無
農民、組合等	家畜飼育技術、
	病気予防・寄生虫対策の知識・手段の有無
行政、金融、普及機関	家畜への予防接種
	飼育管理技術の普及
	病気・寄生虫対策等のサービス提供の有無

表 30 農業分野（畜産）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例
ハードインフラ（畜舎等）	畜舎の損壊、倒壊
	畜舎の浸水、流出
飼料作物	飼料供給量の変化（供給の不安定化）
	飼料の質の変化
	飼料価格の高騰
家畜	家畜の健康状態・食餌量の変化
	育成速度の低下（高温によるもの）
	品質の低下（鶏卵、肉質、牛乳の品質の低下）
	病気の発生、寄生虫の発生
農民、組合等	単位当たりの生産コスト（電力、燃料代、肥料、農薬、種子、労働力等のコストを含む）の増加
	生産量低下
	畜産収入の変化
行政、金融、普及機関	畜産の生産量変化による食糧安全保障の低下 など

表 31 農業分野（畜産）事業における適応策の例

分類	適応策の例
ハードインフラ（畜舎等）	畜舎の強度増強
	畜舎周辺の排水施設の整備
	牛舎の温度管理（スプリンクラーによる気化熱利用により冷やす、木陰を作るなど。）
	畜舎の移設
飼料作物	飼料作物の転換
	代替飼料の活用
家畜	熱波などに耐性のある品種導入
農民、組合等	新しい飼育技術の導入
	気象モニタリングデータの活用
行政、金融、普及機関	気候変動の把握および周知
	気候変動予測等に関する研究強化
	農民や組合等に対する気候変動に関する情報提供や啓発活動
	水資源保全・農地保全等に関する法整備促進
	気候変動に対応するための公的資金（助成、補助金等）の提供
	関係省庁・機関の気候変動等に関する対応体制・能力強化
農業保険制度の整備・普及促進	

5.2 水資源分野：上水道

5.2.1 水資源分野：上水道の気候リスクの概要・考え方

水資源は、農業用水、工業用水、生活用水等の資源として利用されており、全体の水の取水量のうち、約 7 割が農業用水（多くが灌漑用水）、約 2 割が工業用水、約 1 割が生活用水として利用されている。気候変動による水資源への影響は、降雨の強度や頻度の変化、またそれを受けた流出量の変化、気温の上昇に伴う降雪量の変化や融雪時期の変化、海面上昇による沿岸地域での河川や地下水の塩水化などによりもたらされる。現在の水利用や水供給のインフラは、現在の気候に基づき計画・整備、運用されていることから、前提とする気候が気候変動により変化していくことで、水利用の在り方・運用や水供給インフラに影響を及ぼす可能性がある。

IPCC の AR6 によると、「AR5 以降、世界全体の水循環が世界全体の気温上昇とともに強まり続けるという証拠が強まっており（確信度が高い）、降水量と地表水の流れは、季節内（確信度が高い）及び年々（確信度が中程度）においてほとんどの陸域の地域でより変動が大きくなると予測される。世界全体の陸域における 2081～2100 年までの年平均降水量は、1995～2014 年と比較して、GHG 排出が非常に少ないシナリオ（SSP1-1.9）では 0～5%、GHG 排出が中程度のシナリオ（SSP2-4.5）では 1.5～8%、GHG 排出が非常に多いシナリオ（SSP5-8.5）では 1～13%増加すると予測される（可能性が高い範囲）。降水量は、高緯度帯と太平洋赤道域、モンスーン地域の一部では増加するが、SSP2-4.5、SSP3-7.0、SSP5-8.5 において亜熱帯の一部と熱帯の限定的な地域では減少すると予測される（可能性が非常に高い）。」¹⁹とされている。

また、気温の上昇や大雨によってもたらされる堆積物・栄養分・汚染物質負荷量の増大、干ばつ時の汚染物質濃度の増大、洪水時の処理施設の障害といった要因の相互作用によって、気候変動は、従来の処理を行うとしても水道原水の質を低下させ飲料水の質にリスクをもたらす可能性があると予測されている。（IPCC AR5）

以下に上下水道分野に及ぼす気候変動による影響の一例を示す。

- ・ 沿岸地域：海面上昇及び暴風雨の増加による地表水・地下水への塩水侵入
- ・ 氷河の溶解：氷河や雪解け水の流れ込む河川の多くで、流量増加と春の流量ピーク時期が早まる。
- ・ 気温上昇：地表水の蒸発から、水供給量の減少
- ・ 都市における給水システム：十分な給水量と水質を確保するための需要側の管理、減少した淡水利用可能量を管理する能力の強化及び洪水リスクの低減

¹⁹ 出典：IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳（文部科学省及び気象庁）

Long-term water cycle variables changes for SSP2-4.5 (2081–2100 vs 1995–2014)

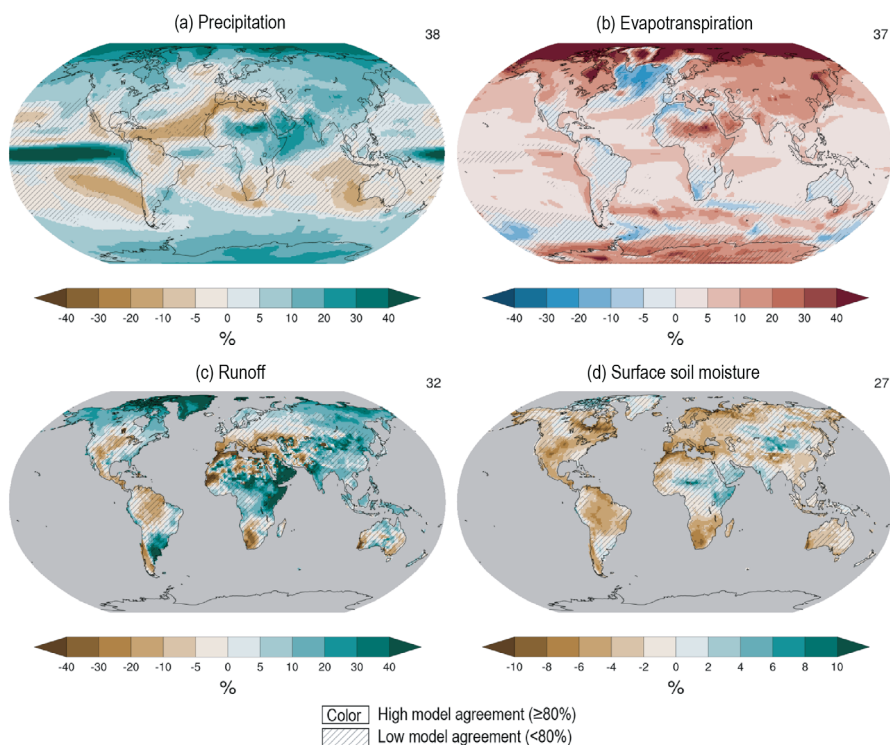


図 11 予測される水循環の変化²⁰

(出典：IPCC AR6 Technical Summary, Box TS.6, Figure 1, 2021)

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全てを網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.2.2 水資源分野：上水道の気候リスクの構成要素リスト表

表 32 水資源分野（上水道）事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大 T 日雨量
	年最大 T 時間雨量
台風	発生頻度
	強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量

²⁰ Box TS.6, Figure 1 in IPCC, 2021: Technical Summary. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Chen, D., M. Rojas, B.H. Samset, K. Cobb, A. Diongue Niang, P. Edwards, S. Emori, S.H. Faria, E. Hawkins, P. Hope, P. Huybrechts, M. Meinshausen, S.K. Mustafa, G.-K. Plattner, and A.-M. Tréguier, 2021: Framing, Context, and Methods. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 147–286, doi:10.1017/9781009157896.003.]

	日降水量
	時間降水量
	河川のピーク流量
	年最大洪水流量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	年間平均気温
	月平均気温
	無降雨日数
	月降雨量変化
	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	スネーク曲線
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 33 水資源分野（上水道）事業における曝露の例

曝露対象		調査・確認する事項の例
ハードインフラ	貯水、取水、浄水施設、配水設備等	貯水池（全容量、有効貯水量、需要に対する貯水容量の割合等）
		各種施設
		設備の数量
		設備評価額
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
周辺環境	水資源	貯水池や河川の水質
		貯水池や河川の水量
		地下水の水質、水量
	水源地	水源の流域での森林面積 水源の流域での森林被覆率

表 34 水資源分野（上水道）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象		確認・検討する事項の例
ハードインフラ	貯水設備 取水施設	貯水池・設備の設置場所、状況
		取水口の位置（水面からの深さ）
	配水管	配水圧
		水供給ネットワークの効率性（漏水率） 水道メーターの設置状況（漏水等の確認のため）
	浄水施設	浄水施設の立地場所
		浄水施設における非常用電源の設置状況 浄水施設が立地する場所の土壌
ソフトインフラ	知識・情報	気象および気候変動に関する情報の整備状況
		水資源等に関する脆弱性評価の実施状況
		河川の流量予測等の有無
		気象・気候、リスク情報等へのアクセス手段の有無
		配管の凶面・情報の欠如
	技術	気候変動への適応策に活用可能な技術の普及状況
		リスクモニタリングの取り組みの有無
		気候の情報や気象予報の効率的かつ公平な水配分への活用の有無
		水源の流域保護の取り組みの有無
		漏水等が起こった際の特定方法の欠如
	組織・制度的キャパシティ	関連するセクターの政策への気候変動の統合の有無
		気候情報の行政によるモニタリングと分析の実施の有無
		気候リスクに関する情報の利用可能性の有無
		変動対策のためのコストをまかなう資金の利用可能性の有無
		気候変動問題と主流化プロセスにおけるキーパーソンの知識及びトレーニングのレベル
設備・施設運転管理実施能力の有無		

周辺環境	水資源	職員の運転管理能力強化の有無
		流域全体における水需要量の増加量
		水源林・流域全体の水資源量の水賦存量、その増減
		流域全体の水資源管理の実施可否
	水源地	水源流域の保全面積
		水源の保護の有無

表 35 水資源分野（上水道）事業における気候リスクの例

対象		気候リスクの例
ハードインフラ	貯水、取水、浄水施設、配水設備等 費用・支出	設備の損壊
		機能の低下
		雨水・汚水等の混入
		飲料水供給施設の単位あたりの年間運用・維持管理費用の変化
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	適正な水供給能力の低下
		施設、設備の適正な維持管理の停止
		維持管理能力の低下
周辺環境	水資源へのアクセス	安全な水へのアクセスへの制限／不可
		水の需給バランスの変化
		年間で水供給の不足がなかった月の数の変化、及びそれに伴う信頼性の低下・向上
		1日あたり12時間以上の断水（水供給の停止）があった年間日数の変化、及びそれに伴う信頼性の増加・低下
	保健衛生	水系伝染病の罹患率の増加
		衛生な水の供給変動に伴う5歳未満児の死亡率（出生1000人当たりの死亡数）の増加・減少
	水源地	水源の流域の土壌浸食
	水資源	水質悪化（濁度の変化、BOC、リン、窒素等の変化）
		多量の土砂混入による取水制限・停止
		地下水位、水質の変化
氷河の減少		
		年間利用可能水資源量の増加・減少

表 36 水資源分野（上水道）事業における適応策の例

分類	適応策の例	
ハードインフラ	貯水、取水、浄水施設、配水設備等	水処理施設およびポンプ設備のバックアップ電源の確保
		海拔の高い場所に移転・設置
		豪雨の頻発を想定した複数の取水オプションを盛り込んだ施設設計（豪雨頻発が予測される場合、取水の高濁度を念頭に、取水池容量を増やす等）
		洪水発生域を避けた配水管設置場所の選定
		水密閉性の高いドアの設置、重要な機械/設備を地盤高の移転
		老朽化した施設等の補修
		アップグレード（ダムの高上げ）
		能力強化
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	気候変動リスクを投資設計計画に導入する
		BCPプランの策定
		流域全体の水利用管理戦略の策定
		降水量や河川流量の変化を考慮した取水計画を策定
		気候関連データ・災害発生・気候ハザードの強度・頻度の収集
		設備・施設の維持管理の実施強化
		職員の維持管理能力強化
		維持管理および人材育成の予算措置
周辺環境	水源地	気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更（浄水場や配水・給水管を設置しない）、②インフラ設計基準の改訂
		水源地の森林地域の森林保護
		水源に対するモニタリングキャパシティの改善
		上流域における植生の保持
		給水の水源/供給源の多様化

5.3 環境管理分野：下水道

5.3.1 環境管理分野：下水道の気候リスクの概要・考え方

下水道に対する気候変動による影響は、排水能力の不足、富栄養化抑制のための栄養塩の除去の必要性の高まり、浸水リスク、再生水への需要の増大などが考えられる。また、市街地の内水排水を担う下水道では5年や10年に一度程度の頻度で発生する降雨に対して雨水排水施設の目標を設定していることが多い。環境省や気象庁によると日本においては、21世紀末には大雨による降雨量はRCP2.6シナリオでは約10%、RCP8.5シナリオでは約25%増加すると予測されている。降雨強度の強い降雨が増える一方で、雨がほとんど降らない無降雨日数も増加すると予測されており、将来的な洪水による被害や渇水の頻繁な発生が危惧される。気候変動による下水道に関わる影響の一例を以下に挙げた。

気温や水温の上昇

- ・ 閉鎖性水域の水質汚濁
- ・ 植物プランクトンの増加による赤潮・アオコの発生時期の長期化
- ・ 富栄養化抑制のための栄養塩除去の要求の高まり（下水は栄養塩の主要排出源のため、高度処理の要請が強まる可能性がある）

降雨の減少（渇水）

- ・ 再生水の利用需要の増大
- ・ 水供給量の低下による下水混入率の増加

豪雨の発生（豪雨による洪水）

- ・ 浸水リスクの増大
- ・ 沿岸都市域での洪水の頻発
- ・ 洪水被害の増加
- ・ 都市雨水の排水能力の不足
- ・ 下水道管から河川への未処理下水の直接流入の増加

例えば上記のような影響の可能性を評価する際には、降雨強度（1時間に50mm以上の短時間強雨など）の増加の可能性の検討、降雨の継続時間（強い降雨強度の継続時間）の長期化の可能性の検討、海面上昇の影響による浸水被害の発生拡大の可能性の検討などを行う。

当該分野のJICA事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.3.2 環境管理分野：下水道の気候リスクの構成要素リスト表

表 37 環境管理分野（下水道）事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大 T 日雨量
	年最大 T 時間雨量
台風	発生頻度
	強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	河川のピーク流量
	年最大洪水流量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	年間平均気温
	月平均気温
	無降雨日数
	月降雨量変化
	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	スネーク曲線
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 38 環境管理分野（下水道）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	下水処理施設、配管等
	施設・設備の規模（数、スペック）
	処理能力 設備資産額
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
周辺環境	流入下水
	流入下水の水質（夾雑物等の含有率等）
	流入下水の水量

表 39 環境管理分野（下水道）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ	下水処理施設、配管等
	位置、地盤高
	立地場所の土質
	配管ルート
	汚濁物質の変化への対処能力の有無 下水量の変化への対処能力の有無
ソフトインフラ	知識・情報
	気象および気候変動に関する情報の整備状況
	気候変動に関する認知度 脆弱性評価の実施有無

	技術	水量や水質の変動に対応可能な処理技術の有無
		水量や水質の変動を緩和する技術の有無
	組織・制度的 キャパシティ	関連するセクターの政策への気候変動の統合の有無
		気候情報のモニタリングと分析実施の有無
		気候変動対策のためのコストをまかなう資金の利用可能性の有無
		気候変動問題と主流化プロセスにおけるキーパーソンの知識及びトレーニングのレベル
		設備・施設の定期的な維持補修体制の有無
		職員の施設の維持補修能力強化の有無
		維持補修および人材育成にかけられる予算の有無
		気候変動を考慮した設計基準等の有無

表 40 環境管理分野（下水道）事業における気候リスクの例

対象		気候リスクの例
ハードインフラ	下水処理施設、集水設備、配管等	処理施設の損壊等による機能低下・停止
		処理能力を超えた汚水流入による機能低下
		集水設備、配管等の損壊、機能低下
		処理水質の低下、未処理水の放流
		未処理水の流入による水質汚染
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	水処理費用の変化（増加）による事業収益の変化（悪化）
周辺環境	衛生	非衛生的な水環境による公衆衛生の悪化

表 41 環境管理分野（下水道）事業における適応策の例

分類	適応策	
ハードインフラ	下水処理施設、配管等	水処理施設およびポンプ設備のバックアップ電源の確保
		施設の移転
		設備点検を定期的に行う
		水道管内の浸入水の減少を図る対策プログラムの策定
		下水処理施設の処理能力を向上
		下水管の水道管の漏れの対策、集水効率の向上
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	水質の水準のモニタリングを行い、新規または水源保護計画の再検討の必要性を評価する
		下水道の放流先となる河川の水源に対するモニタリングキャパシティの改善
		上水道供給対象地域における水利用効率の向上を促す計画の策定
		下水処理量の減少に係る計画の策定
		気候関連データ・災害発生・気候ハザードの強度・頻度の収集
		BCP の策定
		設備・施設運営管理の実施強化
		職員の施設運営管理能力強化
		運営管理、人材育成の予算措置
		気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更（処理場や配水・給水管を設置しない）、②インフラ設計基準の改訂

5.4 防災分野

5.4.1 防災分野の気候リスクの概要・考え方

国連国際防災戦略事務局（UNISDR）によると、気候変動は既に、気候関連のハザードの地理的分布や頻度、強度を変化させており、脆弱性の高い貧しい国々やそうした地域に居住する市民が気候ハザードに起因する損失を吸収し、災害の影響から復興する力を阻害する脅威となっているとしている。

気候変動は災害によるリスクの偏在を拡大させ、災害の影響はさらに開発途上国の貧しいコミュニティに向けられることになると考えられている²¹。防災分野における災害対策の考え方は、「気候ハザード・自然事象＝災害」ではなく、「災害への脆弱性や曝露が増加した場合に、防災対策の対象としている被害を増大させる脅威をもたらす」と捉えられている。

防災対策における脆弱性や暴露の一例は以下の通り²²。

- ・ 社会的、経済的要因：貧困、都市計画の不備、急速な都市化、知識・意識不足、組織的対応能力
- ・ 物理的要因：土地利用計画の不備、インフラ整備の不備
- ・ 環境的要因：環境悪化、生態系の悪化（沿岸地域、河川流域、湿地帯など）

また、第3回防災世界会議において採択された「仙台防災枠組 2015-2030」では気候変動と災害リスクについて以下のように述べられている。

「災害は、その多くが気候変動によって激化し、またより頻繁かつ激しく起こるようになっており、持続可能な開発に向けた進展を著しく阻害する。全ての国において、脆弱性が減少するよりも、人と財産の（ハザードへの）暴露（exposure）の方が速く増大しており、その結果、新たなリスクが発生したり、短期・中期・長期的な経済・社会・健康・文化・環境への大きな影響を伴った災害損失が、特に地方やコミュニティのレベルで、継続的に増加したりしている。繰り返し発生する小規模な災害や、徐々に発生する（slow-onset）災害は、特にコミュニティや世帯、中小企業に影響を及ぼし、全損失の中で高い割合を占めている。全ての国家、特に災害による死亡率や経済損失が著しく高い開発途上国は、財政その他の義務を履行するための潜在的な隠れたコストや課題の増大に直面している。」

「暴露（exposure）と脆弱性を削減する取組を強化し、新たな災害リスクの創出を防止すること、及び災害リスク創出に対する説明責任があらゆるレベルにおいて必要とされている。潜在的な災害リスク発生要因に焦点を当てた更なる行動をとる必要があり、こうした潜在的なリスクは、貧困及び不平等、気候変動、無計画で急速な都市化、不十分な土地管理の結果により、そして人口変動、弱い組織体制、リスク情報の欠如した政策、民間による防災への投資に対する規制や奨励措置の欠如、複雑なサプライチェーン、技術への限られた利用可能性、天然資源の非持続可能な利用、悪化する生態系、世界的流行病の要因が相まって、もたらされている。さらに、災害リスク削減に関する良い統治（グッドガバナンス）を国、地域及びグローバルなレベルにおいて引き続き強化し、また災害対応や復旧・再建・復興のための準備や国内の調整を引き続き改善するとともに、災害発生後の復旧・復興段階を、強化された、国際協力の進め方を用いながら「より良い復興（Build Back Better）」に活用することが必要である。」（仙台防災枠組 2015-2030（仮訳）
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/files/000081166.pdf>）

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を

²¹ UNISDR, 2009, 「国連世界防災白書 2009」気候変動における災害リスクと貧困

²² UNISDR, 2014.12, 「防災・減災に関するグローバルな取り組み：兵庫行動枠組と後継枠組に関する議論」防災・復興における女性の参画とリーダーシップ発表

次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。特に防災分野に関しては、事業や協力の当初の目的が気候変動に伴う水害対応等を行うなど、気候変動への適応も目的に含まれている事も多いため、適応策としては事業や協力で当初から計画されていた内容を実施、または更に強化することなども、適応策として相応しい。

5.4.2 防災分野の気候リスクの構成要素リスト表

表 42 防災分野（気象災害・水災害対策）事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大 T 日雨量
	年最大 T 時間雨量
台風	発生頻度
	強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	河川のピーク流量
	年最大洪水流量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	年間平均気温
	月平均気温
	無降雨日数
	月降雨量変化
	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	スネーク曲線
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 43 防災分野（気象災害・水災害対策）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例	
ハードインフラ	防災施設・設備	施設の整備状況（数量、能力）
		設備等の資産額（評価額など）
		設備の耐用年数
		過去の災害記録（浸水などの記録）
ソフトインフラ	防災事業の関連組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
周辺環境	住民・資産・産業	人口
		土地利用
		資産の集積状況

表 44 防災分野（気象災害・水災害対策）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象		確認・検討する事項の例
ハードインフラ	防災施設・設備	施設・設備の位置（河川、海岸や山などの斜面からの距離）
		地形、地形の傾斜、地盤高
		気候ハザードに対する強度（老朽度）
		電力等、ライフラインに対する対策の実施状況
		気象予報・洪水予報に関する設備等の有無
ソフトインフラ	防災事業の関連組織・人	気象予報・洪水予報に対応する体制・人員の有無
		浸水・洪水・土砂災害等のハザードマップの整備状況
		行政等と地域住民での災害に関する情報共有体制の有無
		事業者・関係機関における災害時対応体制・職員能力の有無
		防災関連組織や人が継続的に活動できるかどうか
周辺環境	住民・資産・産業	住宅・産業施設等の地盤高
		コミュニティにおける情報共有体制や避難計画等の有無
		企業等のBCP等の立案状況
		気象予報・洪水予報等の情報に対する理解度の有無
		ハザードマップ等の防災関連情報に対する理解度の有無

表 45 防災分野（気象災害・水災害対策）事業における気候リスクの例

対象		気候リスクの例
ハードインフラ	防災施設・設備	気候ハザード等の発生による施設・設備の損傷・停止
		燃料不足等による設備等の停止
ソフトインフラ	防災事業の関連組織・人	防災関連組織の機能低下、または停止
		防災情報の提供などの停止
		人手不足等
周辺環境	住民・資産・産業	施設・設備の破損による周辺地域への浸水発生などによる人的（死傷、健康被害）・物質的被害（建物損壊、交通流遮断）発生
		情報が届かず、避難が遅れる（特に高齢者など）
		浸水の発生、企業等の操業が停止

表 46 防災分野（気象災害・水災害対策）事業における適応策の例

分類		適応策の例
ハードインフラ	防災施設・設備	施設・設備設計・仕様の見直し
		施設・設備等の移転
		施設・設備等の整備拡充（増設、更新）
		施設・設備等の老朽度調査の実施と維持補修
		電力等、ライフライン確保対策の実施
		早期警戒システムの機能拡充
		既存設備の最大利用
		ダムにおける事前放流（事前放流のガイドライン、利水ダムの一時的放流の実施）
ソフトインフラ	防災事業の関連組織・人	気候変動対策に関する資源（人的、物理的、経済的）の充実
		気候リスクの高い地域から移転するための補助制度の創設
		民間企業による気候災害を想定したBCPプランの策定
		ハザードマップ等による地域住民との災害に関する情報共有体制の構築
		災害時対応体制の構築、防災訓練など職員能力の向上
		想定される気候リスクに対する被害・二次災害の拡大防止のための対応策
周辺環境	住民・資産・産業	2次災害を防ぐための周辺環境の整備（排水・廃棄物対策、上下水道対策、流域対策、保全林整備等）
		高床式住居の普及
		病院等の施設の改修（例：病院の緊急搬送口を2階以上に）
		重要施設の移転
		地域住民等に対する防災、気候変動に関する理解促進（ファシリテーター育成）

5.5 森林・自然環境保全分野

5.5.1 森林・自然環境保全分野の気候リスクの概要・考え方

21 世紀後半には、気候変動は森林を含む陸域及び淡水生態系に対して強力なストレス要因になると予測され、特に RCP6.0 や RCP8.5 などのシナリオにおいて脅威となることが予測されている。今後 2040 年にかけて世界的に、土地利用の変化、汚染、水資源開発などの直接的な人為的影響が、多くの淡水生態系及び陸域生態系に対する脅威であり続けると予測されている（IPCC AR5）。

森林

気温上昇や干ばつによる樹木の枯死、また、それに伴う森林の立枯れの増加が 21 世紀にわたって多くの地域で起こると予測されている。森林の立枯れは、炭素貯蔵、生物多様性、木材生産、水質、アメニティ及び経済活動にとってのリスクをもたらす。

自然環境保全

生物種の一部は新しい気候に適応することが予測されるものの、十分に速く適応できない生物種は、生息数が減少するか、部分的又はその全生息域において絶滅へと向かうことが予測される。遺伝的多様性の維持、生物種の移動と分散の補助、攪乱状況（例えば、火災や洪水）への巧みな対処及びその他のストレス要因の低減といった適切なマネジメント活動によって、陸域及び淡水生態系への気候変動による影響リスクを、除去することはできないものの低減するとともに、変化する気候に適応するために生態系とその生物種が本来持っている能力を強化することができる。

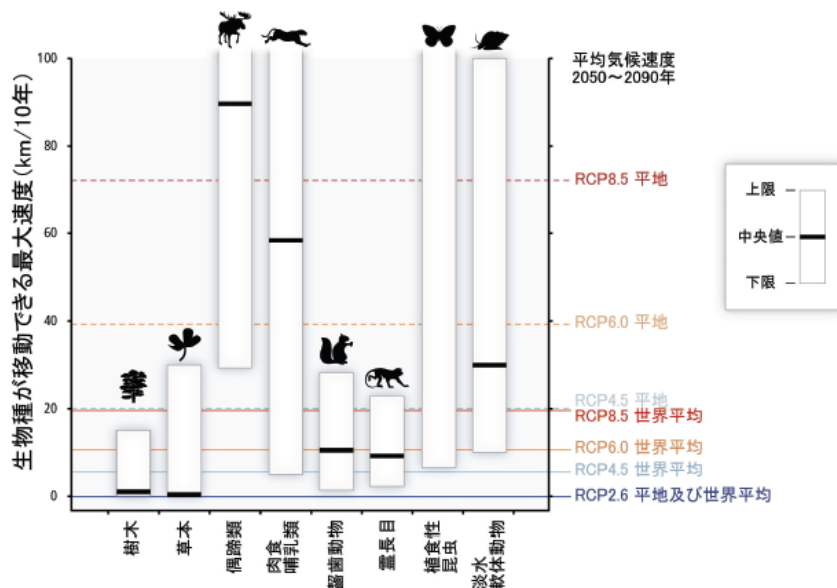


図 12 生物種が移動できる最大速度

(出典：IPCC AR5 環境省確定訳)

図に示す各線より下に最大速度が示される生物種は、人間の介入なしには変化する気候への対応が難しいと予想される。当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.5.2 森林・自然環境保全分野の気候リスクの構成要素リスト表

表 47 森林・自然環境保全分野の事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
気温の変化	年間平均気温、月間平均気温
	暖かさ指数 (WI) ・寒さ指数 (CI) ²³
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況 (時期、期間、規模などの統計値)
降水量の変化	降水量 (月間)
	降水期間
洪水・浸水	洪水・浸水の発生状況 (時期、期間、規模などの統計値)
渇水・干ばつ	年間平均気温
	月平均気温
	無降雨日数
	月降雨量変化
	乾燥度指数
	渇水・干ばつの発生状況 (時期、期間、規模などの統計値)

表 48 森林・自然環境保全分野の事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
森林	植生
	森林面積
	植生被覆率
土地	面積
	土地利用区分 (水面、森林、草地、農地、放牧、都市、裸地等)
生態系 (陸域・淡水・沿岸・海洋生態系など)	対象地に生息する生物種および個体数
	生息地の面積・範囲
	対象地に生息する生物種の生息地の連結性・連続性
	生態系サービス
	生物多様性
事業の関連組織・人	関連組織の規模 (人員数、体制)、役割 等

表 49 森林・自然環境保全分野の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
森林	森林の位置
	人為的圧力による年間森林減少面積 (森林減少率)
	植物の気温、降水量等の変化への適応能力の有無
	苗木の生存率・活着率
	林齢、樹種構成
	対象地・対象地周辺での焼畑等の実施状況
土地	地形
	地盤高・斜面勾配
	土壌分類
	対象地における土地利用変化 (保護区域の変化可能性など)
	急傾斜地等の位置
生態系 (陸域・淡水・沿岸・海洋生態系など)	土砂災害、洪水等の発生状況
	生物種の気温、降水量等の変化に対する適応能力の有無
	対象地域における希少種の生物種の数・割合
	生態系サービス
	生物多様性
事業に関連する組織・人、情報や知識	生物の逃避地 (Refugia) の有無
	森林・自然変化のモニタリング技術・データの有無 (衛星画像、GIS データ等)

²³ 東南アジア等一部地域にて適用可能

	対象地の気候変動への脆弱性評価結果の利用可能性
	希少種の分布に関する情報・データの利用可能性
	気候変動影響を受けやすい生物種の優先順位の情報の有無
	気候変動影響に対する適応戦略/知識の理解普及度
	気候変動リスクのモニタリング技術の普及度（気象情報の入手、リスク、モニタリング方法への理解）
	特異的な管理が求められる特定の種に関する管理方法の理解・周知状況
	気候変動リスクに対処するための資金調達の可能性（環境サービス（PES）への支払もしくは自然環境保全のための資金確保状況等）
	気候変動課題と主流化プロセスにおける主な担当者の関連知識・訓練レベル

表 50 森林・自然環境保全分野の事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例
森林	森林面積の減少
	植生変化
	優先種の変化
土地	山地崩壊
	土砂くずれの発生
	生息地の損失
	生息地の質の変化（悪化）
生態系（陸域・淡水・沿岸・海洋生態系など）	優先種の変化
	種の豊富さ（空間内の生物数）の変化
	ハビタットシフト（生物種の分布の変化）の発生
	外来種・病害虫の進入・繁殖
	固有種の絶滅
	生物種間での病気の発生・拡散
	動物種・植物種の季節性の変化
生態系サービスの低下	
事業に関連する組織・人、情報や知識	森林・自然環境保全に関わる業務の量や質の変化
	自然環境観光資源の劣化による収入の減少

表 51 森林・自然環境保全分野の事業における適応策の例

分類	適応策の例
森林	植林／再植林
	森林管理（定期的な伐採、間伐などの手入れ）
	生物多様保全
	植生モニタリング
土地	保全区域の設定
	保全区域の維持管理等の戦略策定
	急傾斜地における地滑り対策
	土地利用規制
生態系（陸域・淡水・沿岸・海洋生態系など）	生態系モニタリング
	対象地における動植物の生息地及び景観管理
	生息地の連結性を保つため、緑の回廊（コリドー）の設置
	環境保全技術の開発
	生育域外保全
事業に関連する組織・人、情報や知識	保護区の設定および種の移動
	気候変動に関係する将来気候予測データの整備、モニタリングの実施
	気象関連情報及び人口動態に関するモニタリングに関するキャパビル
	自然環境の劣化につながる外的要因の低減（開発・環境汚染等）
	エコツーリズム等の持続的な収入源の開発

5.6 インフラ分野：電力（発電・送配電）

5.6.1 インフラ分野：電力（発電・送配電）の分野の気候リスクの概要・考え方

発電

気候変動は、住宅及び商業部門の暖房のエネルギー需要を低減させ、冷房のエネルギー需要を増大させると予測される。AR5 で評価されたベースラインシナリオでは、エネルギー供給部門からの CO2 直接排出量は、エネルギー原単位の改善速度が過去の改善速度を大きく超えない限り、2050 年までに 2010 年の 144 億トン/年水準の約 2 倍から 3 倍になると評価されている。

気候変動は、エネルギー源（例：水力、風力、太陽光）、技術的過程（例：冷却）、又は立地（例：沿岸地域、氾濫原）次第で、エネルギー源や技術に対し異なった影響を与えると見込まれる。

より深刻で頻繁な極端な気象現象（暴風雨、洪水等）は、様々な地域で損失の発生や損失の変動性を増大させる可能性がある。特に開発途上国においては、保険制度はより多くのリスクベース資本を調達し、手頃な価格の保険を提供することが求められる可能性がある。

送配電

パイプライン及び送電網に対しても、気候変動は完全性や信頼性に影響を及ぼすことが予測される。気候変動によって、パイプライン及び送電・配電系統の建設や運用に関する設計規格の変更が必要となる可能性もある。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.6.2 インフラ分野：電力（発電・送配電）の気候リスクの構成要素リスト表

表 52 電力（発電・送配電）分野の事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
気温の変化	年間平均気温
	年最高気温
	年最低気温
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量の変化	年間降水量
	月間降水量
	降雨パターンの変化
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大1日雨量
	年最大1時間雨量
風況の変化	風速の変化
	卓越風
	風向特性の変化
台風	発生頻度
	強度（風速）
日射の変化	日射量の変化
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 53 電力（発電・送配電）分野の事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ 発電・送配電等 関連設備	施設の整備状況（数量、能力）
	設備等の資産額（評価額など）
	過去の災害記録（浸水などの記録）
	設備の耐用年数
ソフトインフラ 発電事業の関連 組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等

表 54 電力（発電・送配電）分野の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例	
ハードインフラ 発電・送配電 等関連設備	施設、設備の場所、設置位置、地盤高、地質	
	設備の冷却等に利用する淡水/海水等の利用可能性	
	気温上昇や水温上昇に対する設備の耐性	
	土壌浸食、海岸浸食等に対する施設全体の堅牢性	
ソフトインフラ	情報伝達・入手	現在及び将来の気候変動に関する気候リスクの情報の入手可否
		現在及び将来の気候情報のモニタリングと分析の実施の有無
	制度・設計	気象極端現象に関する早期警報システムの利用可否
		気象リスクに関するモニタリングの実施の有無
		極端気象に対する適応計画の検討・策定状況
		電源構成の多様度
	行政機関の役割	気候関連データ・災害情報の収集の有無
		設備・施設の運転管理実施の有無
		職員の運転管理能力強化の有無
		運転管理および人材育成の予算措置

		気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更（発電所・変電所・送電施設を建てない）、②インフラ設計基準の改訂
--	--	--

表 55 電力（発電・送配電）分野の事業における気候リスクの例

対象		気候リスクの例
ハードインフラ	火力発電所	火力発電所における冷却施設のための利用可能な淡水の減少／枯渇（河川流量の減少に伴う取水量の減少）
		気温上昇に伴う冷却水の水温上昇、プラントの稼動効率の低下。それに伴う電力供給量の減少
		土壌浸食や洪水、浸水被害等によるインフラ設備への損傷・損壊。沿岸地域においては、海面上昇と暴風雨によるインフラ設備への損傷・損壊。それに伴う発電量・発電効率の低下。
		発電所内に発生する汚染物質の広範囲の拡散（洪水や浸水被害の発生による）
	風力発電所	風速（風荷重）の変動に伴う出力の減少（タービンの発電可能域を超えた強風、または風速の減少）
		極端な低温等の気温の変化に伴う出力の低下（タービン翼の凍結等の発生）
		嵐や台風などの強風下におけるインフラ設備、タービン翼への損傷・損壊
	太陽光発電所	気温上昇に伴う電圧の低下、セル発電効率の低下、出力量の減少
		気温低下に伴う発電量の増加、それに伴う規格外の過大な電圧の発生
		気温上昇に伴う土壌温度の高温化、それに伴う太陽光発電設備用直流Vケーブルの許容量の低下
		降水量の増大／降雨日の増加に伴う太陽光パネル表面に蓄積する埃・粉塵・鳥の糞等の清掃頻度の低下。一方、日射量の低下に伴う発電効率の低下
		パネル面への積雪量の増加、積雪期間の増加に伴う発電量の低下
風速／風量の増加に伴う設備の冷却効果、それに伴う出力の向上		
雲量や雲の状態の変化に伴う出力の低下		
送電・配電	雷や嵐の発生・頻度増加等によるインフラ設備への損傷・損壊	
	強風による送電網の容量の低下	
	送電網の送電効率の変動—適切な動作環境を維持するために電力伝送の容量が減少する	
	変電所や変圧器における送配電損失（ロス）率の増加	
	大雨と洪水による送電塔への土壌浸食被害の発生。それに伴う送電塔の損傷・損壊	
	氷嵐、強風、豪雪や着氷による送電線や配電網、変電所の損傷・損壊（例;送電線のたるみ等によって）	
	干ばつによる粉塵被害の増大	
	洪水による地下配電ケーブル及び地下設備への損傷・損壊	
	高温、暴風雨、土壌浸食、洪水の発生によって送電網全体の情報／通信サービスの損失・品質の低下。それに伴う送電網全体の制御システムの作動への損傷	
	変圧設備、送電線設備への過熱、及び送電効率の低下	
ソフトインフラ	発電事業の関連組織・人	発電事業の関連組織の運転管理機能低下 設備の故障等への対応人員の不足発生

表 56 電力（発電・送配電）分野の事業における適応策の例

対象		適応策の例
ハードインフラ	火力発電所	石炭備蓄を含む燃料貯蔵設備の保護設備の強化、定期的なモニタリング
		設備全体における水利用効率の改善（取水量の減少化、小水量での発電の実施）
		新しい水源を確保する等、水源の多様化の検討

		冷却設備の再設計（熱交換器からの水回収、蒸発損失の減少、廃水の二次利用の推進、乾式冷却塔の導入等）
		将来の気温上昇を見越した建設場所の選定
		廃水システムの改善、水道管の改修
	風力発電所	強風／突風／風向きの変化に耐えられる設計のタービンの導入
		背の高い風力発電設備の設置
		タービンの設備寿命中の気候変動予測による風速／風向きの変化を考慮したサイトの設定
		垂直軸型風力タービンの開発と商業化の検討（陸地面積あたりより多くの出力、より広範囲の風速で動作可能）
		極端な気象（温度変化、降水量変化等）によるタービンとブレードへの影響を考慮した選択
		強風や嵐の発生に伴う埃や粉塵の蓄積に対して、パネルの角度を適切に選択し、埃や粉塵の蓄積を予防する。セルフクリーニングが可能なモジュールを選択
	太陽光発電	埃・粉塵・雪の蓄積可能性の低い場所を設置場所として選択
		強風や突風、嵐に耐えられる構造設備を建築段階から検討
		積雪量の増加に対して、雪を落としたため置きけるように、太陽光パネル周辺に自由スペースを確保
		高温かつ短いピーク期間に耐えられるよう設計された太陽光セル及びモジュールの設定
		雲の変動に対応できるように、太陽光パネルの立地の分散化、及び接続するグリッドの分散化
		安定性を高めて出力を増加させるため、各パネルにマイクロインバーターを設置
	送電・配電	高い土壌水分量と洪水に対応できるケーブルと地下設備の選択
		より水利用量が効率的な冷却設備に転換
		より高い温度及び湿度に耐えられる情報通信技術（ICT）設備の選択
		嵐や突風、降雪、豪雨等に強い強靱な変電設備の設置
		洪水・浸食からの保護対策を変電所で実施（適切な防護壁の設置等）
マスト、アンテナ、スイッチボックス、架線、ケーブルを降水量の増大／降雪に伴う水の浸入からの保護		
既存の送配電構造を強化し、地下配電システムを構築		
停電が発生した場合にシステムが正常な動作に迅速に復帰する能力向上		
樹木から離れた道路に沿った架線のルートを設置。特に樹木の多い地域でより多くの地下ケーブルを使用		
発電所を分散させた地域の発電計画の検討		
送電網での落雷対策（架空送電線路用避雷器の設置）		
強風による影響が少なくなるよう送電網の架線の高さを高く設計する		
地下配電ケーブルをより大型／強靱なケーブルに置き換え		
気象変動の情報の伝達システムを送電網全体に拡大		
ソフトインフラ	発電事業の関連組織・人	気象の変動に関するモニタリングの実施・モニタリング体制の整備
		気象変動に関するモニタリング状況に応じた発電設備の制御計画・システムの導入
		発電設備のメンテナンス頻度を適切な時期に実施
		発電設備／発電方法、発電所の立地場所の分散化・多様化
		防災対策がなされた建築構造基準の策定及び実施
		洪水対策の実施（堤防、ダム、貯水池、洪水防護壁等の設置）
		沿岸地域における護岸工事の実施（防波堤と護岸の設置等）
		気候変動をふまえた土地利用計画にそった設置場所の選定
		BCPの策定
		インフラの設備寿命の期間の間に予測される気候変動可能性シナリオの範囲の確認及びその対応方針の策定

5.7 インフラ分野：水力発電

5.7.1 インフラ分野：水力発電の気候リスクの概要・考え方

水力発電は、2014 年における世界の発電量の 16% (3,894TWh) を占めている。国際エネルギー機関 (IEA) によると、気候変動対策の各国での推進に伴い、火力発電所のシェアが減少し、低炭素電源の普及、特に再生可能エネルギーの発電量の増加が予測されている。低炭素電源による発電のうち、水力発電が最も貢献すると予測され、気候変動施策の推進シナリオ別で、2040 年には 6,891TWh (世界全体の発電量の 20%) ~5,984TWh (同 14%) の発電量を占め、今後水力発電への需要は拡大していくことが予測されている²⁴。

気候変動による影響としては、降水パターンや表層水の変化、熱波や干ばつ等の頻度や強度の変化などの水循環に影響を与える気候ハザードが予想され、水力発電事業への負の影響を与える可能性がある²⁵。気候変動による降水パターン及び気温変化による水力発電事業への影響は、大別すると①表層水の蒸発、②干ばつによる流出量の減少、③洪水による流出量の増加、④土砂の流入、がある (ADB, 2012)。熱波による世界の水力発電に与える影響のシミュレーション結果²⁶によると、今世紀半ば (2040 年~2069 年) には、水力発電所の 86% で顕著な電力供給容量の減少の予測が報告されている。同研究によると、水力発電所で最も影響を受ける地域はオーストラリアで、南アフリカとヨーロッパが続くと予測されている。発電容量の減少は、電気代の高騰や停電の増加といった社会的な影響に繋がる恐れがある。

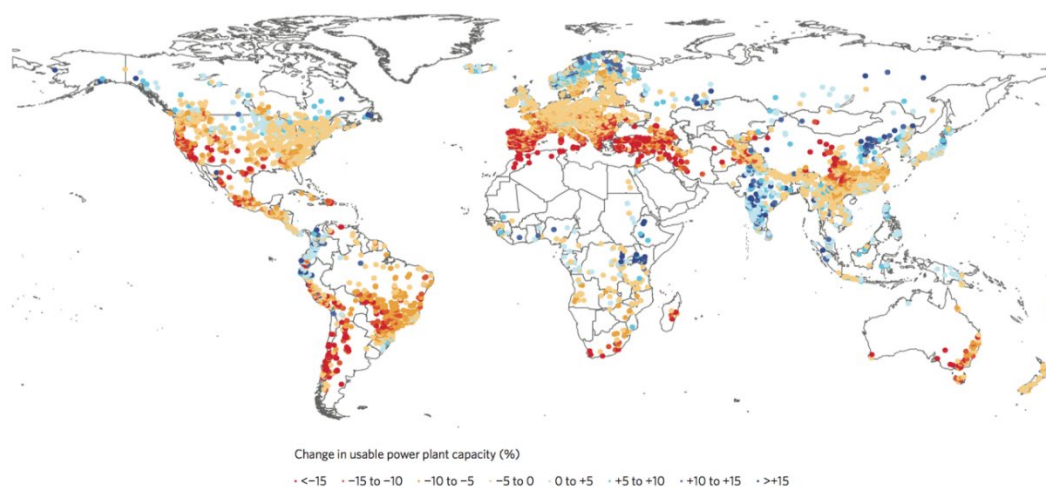


図 13 RCP8.5 シナリオでの 2050 年における気候変動及び水資源利用の変化に伴う水力発電所の年間使用可能量の将来予測

(出典：van Vliet et al. (2016))

水力発電における適応策の一例として、以下のようなものが挙げられる。

- ・ 気候変動影響を含めた水文学的将来予測手法及びその結果を用いた管理運営方法の開発
- ・ 下流の環境及び人間による水利用も含めた流域全体の水資源管理戦略の策定
- ・ 洪水、浸食、土砂流出、土砂崩れ予防のために水域の上流の土地の管理/改善 (植林等含)

²⁴ International Energy Agency (IEA), 2016, "World Energy Outlook 2016"

²⁵ Asian Development Bank (ADB), 2012, "Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector"

²⁶ van Vliet, M. T. H. et al. (2016) Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources, Nature Climate Change

- ・ サイトで特定された気候リスクに対する費用対効果の高い設計（新規プラント）及び改修（既存プラント）

水力発電所の耐用年数は 50～100 年と長期間であり、操業や発電に影響を及ぼす将来気象予測を把握し、気候リスクがあると考えられた場合には、早い段階で適応策を検討することが望まれる。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.7.2 インフラ分野：水力発電の気候リスクの構成要素リスト表

表 57 インフラ分野（水力発電）事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
気温の変化	年間平均気温
	年最高気温
	年最低気温
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量の変化	年間降水量
	月間降水量
	降雨パターンの変化
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大 1 日雨量
	年最大 1 時間雨量
台風	発生頻度
	強度（風速）
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	土砂災害の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 58 インフラ分野（水力発電）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例	
ハードインフラ	発電等関連施設	施設の整備状況（数量、能力）
		設備等の資産額（評価額など）
		設備の耐用年数
	貯配水等関連施設	貯水容量
		貯水面積
		集水域面積
ソフトインフラ	発電事業の関連組織・人	取水・排水設備の数量、能力
周辺環境	集水域等の周辺環境	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
		植生
		森林面積
		土地利用

表 59 インフラ分野（水力発電）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象		確認・検討する事項の例
ハードインフラ	発電等関連設備	立地場所
		地盤高
		流量の変化に対応した運転維持能力の有無
	貯配水等関連施設	貯水池周辺の地盤、土質、斜面状況
		土砂堆積状況
		取水施設の位置、高さ 配水管の設置場所
ソフトインフラ	発電等設備の維持管理能力	水資源の供給量変化のモニタリングと分析の実施の有無
		現在及び将来の気候変動に関する気候リスクの情報の入手可否
		貯水量や流量の変化があった場合の対応能力・体制
		設備・施設の維持管理作業実施の有無
		職員の運転管理能力強化の有無
	気象予報、気象予測能力	気候関連データ・災害ハザードの収集や分析能力の有無
		人材育成の有無
	発電事業の関連組織の計画・制度策定能力	土地利用、インフラ設計基準の改訂
		水源涵養・水資源保全地域の設定の有無
		極端気象に対する適応計画の検討・策定状況
電源構成の多様度		
周辺地域や上流域における陸地保全管理に関する検討・計画の実践（侵食被害を減らすために森林保全の実施等）		
気象極端現象に関する早期警報システムの利用可否、及び利用方法。（水の供給／需要量の変動等含）		
周辺環境	集水域等の周辺環境	気候リスクに関するモニタリングの実施の有無（気候リスクの把握とモニタリング）
		水源林・流域全体の水資源量の変化への対応力 流域全体の水資源管理の実施可否

表 60 インフラ分野（水力発電）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例	
ハードインフラ	発電等関連設備	洪水や氷河湖決壊洪水によるインフラ設備への損傷・損壊
		発電能力を十分に発揮できる稼働日数の減少
	貯配水等関連施設	干ばつや豪雨等による貯水池への流入量の変化の強度増加
		貯水池の使用可能期間、施設寿命の減少 土壌浸食による貯水池への土砂流入量の増加
ソフトインフラ	事業運営	エネルギー発電当たりのコストの増加（運転、保守、資本コストなど含）（例;平均\$ 49-110 / MWh）
周辺環境	下流域	水量の変化による水力発電所の下流域における生態系の劣化・損失
		ダムからの越水の発生（放水路からの通水頻度）

表 61 インフラ分野（水力発電）事業における適応策の例

分類	適応策の例	
ハードインフラ	発電等関連設備	予測される流量に適したタービンの数とタイプへの変更
		貯配水等関連施設
	ダムの堆砂の排除によるダム機能維持	
	貯水池の建設または増強	
	ソフトインフラ	運営・計画
より強固なダムやインフラ設備の設計、整備		
気候変動リスクの投資設計計画への導入		
ソフトインフラ	運営・計画	BCP プランの策定
		複数のダムを連結するダム群連携

		異なる気候変動シナリオ下での発電のモデリング能力の強化
		気候変動影響を考慮した水文学的予測手法と適応策の管理運営規則開発
		下流域の環境及び社会環境（人の水利用状況）を考慮した流域全体の水利用管理戦略を策定する
		水力発電所の耐用年数(寿命) の間の気候変動予測シナリオの幅を分析
		降水量や河川流量の変化を考慮した貯水池管理計画によるエネルギー出力向上の検討
	設計	将来の気候ハザードをふまえた設置場所の選定、設計
		流入量が増えると予測される場合、ダム貯水位を上げる、更に上流部に小さなダムを建設する（ダム群の容量の再編）
		氷河融解によるダムへの流入量増加を考慮した設計を行う
	行政機関の役割	気候関連データ・災害情報の収集
		設備・施設維持管理の実施強化
		職員の維持管理能力強化
		維持管理および人材育成の予算措置
	システム開発	気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更（発電所・変電所・送電施設を建てない）、②インフラ設計基準の改訂
		ダム操作方法の高度化による利水容量・治水容量の有効活用
周辺環境の改善	大雨時に継続的な操業を続ける為の、汚水除去システムの開発	
	洪水・土壌浸食・土砂の沈殿・土砂崩れを減らすための上流域の自然環境回復・改善・管理の実施（植林含む）	

5.8 インフラ分野：道路

5.8.1 インフラ分野：道路の気候リスクの概要・考え方

道路インフラは、凍結と融解のサイクルに対して脆弱であり、舗装道路は極端な気温に対し、未舗装道路や橋は極端な降水に対して、脆弱であるとされている。特に、氷又は永久凍土の上にある輸送インフラは脆弱性が高い。(IPCC AR5) 具体的な気候変動影響としては、以下が例としてあげられる。

極端気象による重要な道路インフラ設備の稼働性の減少及び損壊

- ・ 土砂崩れや泥流が道路に流れ込むことによる道路閉鎖及びそれに伴う社会的影響
- ・ 土砂の流入や土砂崩れによる道路の安全性の低下、インフラへの損傷。道路の閉鎖に伴う移動手段の閉鎖及び投資収益率の低下
- ・ 扇状地においては洪水の発生に伴う河川移動が起こり、道路に水が氾濫する

沿岸域における雷雨及び海面上昇

- ・ 塩分量増加による腐食の進行
- ・ 波浪・洪水の増加による道路への侵食・海水の浸水、または地下水への海水の流入、及びそれに伴う地下洪水の発生
- ・ 高潮と高波の増加によって、道路を含む沿岸のインフラの護岸設備の損壊。アバットメントおよび盛土の崩壊の誘発。

温度と降水量パターンの変化による影響

- ・ 建設中の水供給不足による工事効率の悪化
- ・ 地下水分量の増加による充填材への水の浸透やそれに伴う道路の崩壊
- ・ 表層水及び地下水の洪水（海面上昇）により、道路が永久的に浸水する
- ・ 水の集水域での土石流の増加による橋梁への損傷

強風によるインフラへの損傷

- ・ 垂直看板（標識等）の強風による損壊
- ・ 倒木による事故や道路閉鎖の増加

道路セクターにおけるハード面とソフト面の適応策としては一例として以下のようなものが挙げられる。

ハード面の適応策

- ・ 保護を確実にするためのインフラの改修、道路施設の再設計または再配置
- ・ 護岸や堤防などの物理的な保護構造物（護岸設備等）を設置し、道路回廊を保護する
- ・ 豪雨や浸水時に対処できる、強化された排水システムの導入
- ・ アスファルトのセメントとエマルジョンの選択時に将来的な気温変化を考慮する

ソフト面の適応策

- ・ 病院や避難所への道路アクセスを提供し、特に緊急時に医療用品の配布を可能にする
- ・ 洪水、暴風雨、地盤工学的リスクに対する早期警告システムとハザードマップを改善する

実際の事業対象地域へ導入する際には、技術的な実現可能性、費用対効果、地域の地理的条件、および道路がサービスを提供している人口の社会経済的特性などを考慮して検討を行う。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.8.2 インフラ分野：道路の気候リスクの構成要素リスト表

表 62 インフラ分野（道路）事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
豪雨	豪雨の発生頻度状況
台風	発生頻度、強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	河川のピーク流量
	年最大洪水流量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
日射の変化	日射量の変化
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	土砂災害の発生頻度状況
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 63 インフラ分野（道路）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例	
ハードインフラ	道路・橋梁	道路延長、道路幅
		交通量
		道路線形
		橋梁数、延長、クリアランス
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等

表 64 インフラ分野（道路）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例	
ハードインフラ	道路	道路の位置、海岸線や急傾斜地からの距離
		道路の地盤高
		道路が敷設されている地域の土壌水分量、土質
		代替交通手段/ルートの有無、交通経路の多様さ
	橋梁	排水溝の整備状況
		橋梁の構造、材質
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	橋梁の老朽度
		維持管理ガイドラインなどの整備状況
		人員
		維持補修機材の整備状況

表 65 インフラ分野（道路）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例	
ハードインフラ	道路・路面	地盤沈下や地滑りによる陥没、損壊
		洪水・浸水による道路の水没
		舗装の強度の低下・劣化
		森林火災による損傷・損壊

		耐久寿命の短縮
		排水システムの許容量オーバー（排水の氾濫）
		標識、照明等の案内標識への損傷・損壊
	橋梁	ブリッジデッキの安定性の低下
		風速の変化に伴う吊橋、看板、高さのある構造物への損傷・損壊
		鉄筋の腐食
		橋梁接合部および舗装面の熱膨張による損壊
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	橋脚の損壊、洗堀
		道路事業の関連組織の維持管理機能低下
		道路や橋梁の損壊などへの対応人員の不足発生

表 66 インフラ分野（道路）事業における適応策の例

分類	適応策の例	
ハードインフラ	インフラ整備	インフラ設備（高速道路、道路、地下トンネル、橋梁、排水システム等）の保護のための構造を改築する
		道路施設の再設計もしくは再配置
		防波堤や堤防などの道路を保護する護岸構造物の建築
		豪雨や浸食被害に対応できるように、排水能力を向上させる
		アスファルトのセメント、アスファルト乳剤を選択する際に、将来的な温度変化予測を考慮して選択する。
ソフトインフラ	制度・設計	病院や避難所への道路アクセスを確保し、特に緊急時に医療用品の配布を可能にする。
		道路建設のマスタープラン策定時において脆弱性と気象リスク影響予測を行う。
		洪水・干ばつ・その他極端気象に対するバッファ領域として機能するように、適切な道路空間を確保する。
		洪水・暴風雨・地盤構造リスクに関する早期警報システムの導入、ハザードマップの改善

5.9 インフラ分野：鉄道

5.9.1 インフラ分野：鉄道の気候リスクの概要・考え方

日本においても近年、台風来襲時の鉄道の計画運休の実施や洪水による車両基地の浸水が発生するなど、気象が鉄道の運行に大きな影響を与える事例を目にするようになってきている。鉄道事業においては、風速や降雨量、気温、湿度などの気象条件が列車の運行やその安全性、快適性、維持管理、乗客数、事業による収入など様々な面で影響を及ぼす。気候変動による鉄道事業への影響は、鉄道の設備等のシステムを構成するコンポーネントとこれに関わる様々な気候要素（気温、降雨、風、雷、降雪等）を組み合わせる検討をする必要がある。また、対象となる鉄道事業にとって、気候変動はリスクだけでなく機会を捉えたものになる可能性もある。気候変動により鉄道事業に及ぼす影響の例として以下のようなものが挙げられる。

- ・ 線路が破壊される、土砂により覆われる、盛土が崩壊する（豪雨、洪水、降雪など）
- ・ 信号システムや通信・電力システムの障害の発生（洪水による浸水、凍結、落雷など）
- ・ 車両の故障（洪水による浸水、異常高温、降雪など）
- ・ 駅舎等の建物の損壊（洪水による浸水、強風による破壊など）
- ・ 列車の脱線、転覆（洪水、強風、高波、土砂崩れ、高温による線路への影響）
- ・ 維持管理費の増加（平均気温の上昇による電力消費量の増加など）
- ・ 列車の運行休止、ダイヤの乱れ（豪雨、強風、降雪、洪水、霧、雷等）

日本における鉄道は災害とともに歩んできており、事業の計画から運用面に至るまで様々な技術の開発、制度、基準の検討・蓄積がなされてきている。対象 JICA 事業における気候リスク評価においても、日本における鉄道事業での災害対応の経験で検討されてきた観点も参照しつつ行うことが望まれる。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.9.2 インフラ分野：鉄道の気候リスクの構成要素リスト表

表 67 インフラ分野（鉄道）事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
豪雨	豪雨の発生頻度状況
台風	発生頻度、強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	河川のピーク流量
	年最大洪水流量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
日射の変化	日射量の変化
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	土砂災害の発生頻度状況
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 68 インフラ分野（鉄道）事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	鉄道線路にかかる各種施設（鉄道線路、停車場、車庫及び車両検査修繕施設、運転保安設備、変電所等設備、電路設備、踏切等）
	各設備の整備状況（延長、数量、能力）
	資産評価額
	車両
	数量、スペック
	資産評価額
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
周辺環境	利用者（人、貨物）
	鉄道の利用者数 貨物の運搬量

表 69 インフラ分野（鉄道）事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ	鉄道線路にかかる各種施設（鉄道線路、停車場、車庫及び車両検査修繕施設、運転保安設備、変電所等設備、電路設備、踏切等）
	各種施設の位置、海岸線や急傾斜地からの距離
	地盤高
	土質、土地の傾斜

表 70 インフラ分野（鉄道）事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例
ハードインフラ	鉄道線路にかかる各種施設（鉄道線路、停車場、車庫及び車両検査修繕施設、運転保安設備、変電所等設備、電路設備、踏切等）
	インフラ設備の浸水被害
	鉄道線路の座屈の発生
	排水システム、トンネル、橋梁の損傷
	カテナリー及び信号機等の案内標識の損傷
	電線、ケーブルへの被害
	トラック及び架線への倒木被害
	鉄道車両
	耐用年数の短縮

		自然災害による車両損壊
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	鉄道の遅延、運行停止
		鉄道空調コストの増加（高温時の冷房費、寒冷時の暖房費）
		鉄道施設、車両への被害、鉄道運行中止による経済的な損害
		極端気象による損壊・事故の対応コストの増加
		メンテナンス業務の増加及び人件費コストの増加
		乗客・スタッフへの異常気象によるストレス
		鉄道運行制限/中断による周辺サプライチェーン網への損害
周辺環境	利用者（人、貨物）	乗客・スタッフへの異常気象によるストレス、生命の危険 貨物の運搬停止

表 71 インフラ分野（鉄道）事業における適応策の例

分類	適応策の例		
ハードインフラ	鉄道線路にかかる各種施設（鉄道線路、停車場、車庫及び車両検査修繕施設、運転保安設備、変電所等設備、電路設備、踏切等）	斜面安定化構造体を斜面に施工	
		鉄道ルートの再調整またはルート変更（トンネルルートを含む）	
		斜面崩壊や碎屑物の流れを検出できる装置の設置と運転、及びその情報を伝達して交通を一時停止させるシステムの導入	
		冷暖房設備の設置および増強	
		排水設備の設置と増強	
		地下鉄入口の洪水防止対策	
		地下における避難誘導システムの設置と運用	
		鉄橋の修繕	
		鉄道車両	冷暖房設備の設置および増強
			強度の高い車両の導入
共通規格による車両の製造（代替車両の入手可能性向上）			
定期的なメンテナンスの励行による品質保持			
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	ハザードマップの作成、政府機関と鉄道利用者への通知。迂回路や代替運行手段がわかる緊急時対策ガイドンスの導入及び運用	
		インフラ設備及び鉄道路線の場所の詳細な脆弱性マッピングを実施	
		気象状況の監視及びインフラ設備の状態のモニタリングの強化	
		GIS ベースの極端気象警報システムと天気予兆マップを作成	
		鉄道事業者複数社及び交通機関関係の複数社との気象時の緊急対応計画を策定	
		乗客やスタッフ等に対する緊急対応計画を策定、訓練の実施	

5.10 インフラ分野：空港

5.10.1 インフラ分野：空港の気候リスクの概要・考え方

開発途上国における空港は、山地にある空港、平地にある空港、海岸付近ある空港、島嶼国等の空港など、様々な立地条件に存在し、気候リスク評価を行うにあたって、まずは、対象空港の立地条件を把握する必要がある。空港セクターにおける気候変動による影響は、これらの立地条件の違いを反映し、降雨や降雨パターンの変化、強風の増加等による空港オペレーションの安全性の低下、離島や沿岸域など海拔の低い場所に立地している空港の海面上昇による浸水被害やインフラ設備への影響など、様々なものが想定される。海岸付近にある空港は、後述する港湾の章も確認する必要がある。

海面上昇及び浸水被害

ICAO（国際民間航空機関）によると、全世界には海拔 3m 以下に立地する空港が 40 以上あり、気候変動による海面上昇や降雨量の増加に伴って、空港の浸水被害が発生する可能性がある。オランダやモルディブ、バングラデシュ等の国全体が海拔の低い場所に立地する国は、空港に限らず全土への浸水被害影響も想定される。こうした場所に立地する空港では、滑走路と誘導路が満潮時には使用できない、もしくは使用自体が出来なくなる可能性がある。他にも、ターミナルビル、エプロン、アクセス道路、鉄道等の交通アクセスの運行にも影響を与える可能性がある。河川近くの空港については、豪雨や降水パターンの変化などによる洪水などにより浸水被害が発生する可能性がある。

降雨量が減少する地域では、空港運用に必要な雨水の供給が不足する可能性や砂埃等による視界不良や設備等への粉塵被害の増加とこれに起因した混乱が生じる可能性がある。

空港に関連したインフラ設備のうち、ターミナルビルの設計寿命は約 50 年、滑走路は約 100 年程度を越えることから、インフラ設備の計画においては、今後 50～100 年後までを見据えて気候変動によるリスを評価することが望まれる。

平均気温の変化

気温上昇等の平均気温の変化に伴い、高温時における航空機の有効荷重の制限、長距離飛行のための長い滑走路の必要性、上昇率に要する時間の増加に伴う騒音被害の増加、空港及び航空機内の空調設備の冷却需要の増加等の影響が生じる可能性がある。

このように、空港に関わる気候リスクとしては、季節が変化することによる旅客需要への影響、観光地のシフト、沿岸地域の空港での保護設備等のインフラコストの増大、空調コストの増大、空港閉鎖等、様々な影響が発生する可能性がある。

また、小島嶼の国際空港は、大抵は沿岸にあるか、沿岸から数キロ圏内にあり、空港への地上アクセスである道路網は沿岸沿いを通っていることが多い。気候変動による海面上昇シナリオ下では、それらの多くは、浸水、洪水及び沿岸浸水や浸食に伴う物理的損害により、影響を受ける可能性がある。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.10.2 インフラ分野：空港の気候リスクの構成要素リスト表

表 72 空港分野の事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測等として確認、検討する項目の例
気温変化	気温変化（年別、月別、日別）
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降雨量変化	年間降雨量
	月間降雨量
霧	霧の発生頻度（時期、期間）
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
風速	風速の変化
風向	卓越風
	風向特性の変化
台風	発生頻度、強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	無降雨日数
	月降雨量変化
	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 73 空港分野の事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	空港関連施設（滑走路、駐機場、管制施設、旅客施設、倉庫、物流施設、排水施設等）、アクセス設備（道路、鉄道）
	各施設の規模（数、スペック）
	各施設の資産額（評価額）
	設備等（荷役機械、車両等）
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
	各設備の規模（数、スペック） 各設備の資産額（評価額）
周辺環境	空港利用者
	機体、貨物
	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等 空港利用者数 取扱量 貨物種類

表 74 空港分野の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	立地場所（海岸線からの距離、河川からの距離など）
	地盤高
	防波設備等、防護施設の整備状況
	海岸保全施設や施設の劣化状況、補修頻度
	排水設備の設置状況、稼働状況
	冷蔵および冷凍保存施設の有無
	道路環境（降雨や高温被害への強度）
	潮位または地盤高のモニタリングの有無
	レーダー等による航空機の離着陸等の支援システムの有無
	設備の設置場所（海岸からの距離、河川からの距離など）
ソフトインフラ	設備等（荷役機械、車両等）
	地盤高
	設備等の耐久性、性能、老朽度など
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
	災害発生時の対応計画等（BCP等）の策定状況 気象状況のモニタリング体制の有無

		異常気象発生時の運行継続用システム（例：非常用電源等）の整備状況
周辺環境	空港利用者	冷暖房設備の配備状況 異常気象発生時の対応計画、体制
	貨物	豪雨や浸水等からの防護措置の有無 貨物の保管・管理体制

表 75 港湾分野の事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例	
ハードインフラ	空港関連施設（滑走路、駐機場、管制施設、旅客施設、倉庫、物流施設、排水施設等）、アクセス設備（道路、鉄道）	関連施設の損壊、浸水被害
		構造物、舗装及び建築物、コンテナ、カーゴ等の流出
		構造物の腐食速度の増大（降雨量の増加に伴うカビ、マイコトコシン、ダニ等の増加による）
		降雨量増大や霧の発生による視界不良
		視程障害による航空機の出発・到着の遅延、欠航
		横風制限を超える強風による航空機の出発・到着の遅延、欠航
		舗装やコンクリート施設における熱による劣化や歪み
		排水機能不足による長期的な浸水
		空港機能、物流機能の低下・停止
		アクセス設備の被災による人流・物流の停止
ハードインフラ	設備等（機体、荷役機械、車両等）	機体損傷
		荷役機械の転倒被害
		荷役機械の運転の遅延、停止機会の増大
		空港内の車両/鉄道の運搬範囲への制限（排水設計基準を降雨強度が超過、洪水発生時等）
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	荷役作業効率の低下
		事業運営の遅延・停止、事業運営に係る保険代の増加
		顧客からのサービスへの信頼性の低下
		エネルギーコストの増加
		空港閉鎖による人流・物流の停止
		浸水、熱波などによる人的被害、健康被害
周辺環境	空港利用者	労働安全性の低下（すべり、転倒事故の増加）
	貨物	空港閉鎖による人流・物流の停止 浸水、熱波などによる人的被害、健康被害 コンテナ等貨物の流出 浸水・高温などによる貨物の損壊

表 76 空港分野の事業における適応策の例

分類	適応策の例	
ハードインフラ	空港関連施設（滑走路、駐機場、管制施設、旅客施設、倉庫、物流施設、排水施設等）、アクセス設備（道路、鉄道）	空港の重要度に応じた防護水準の設定
		将来の自然外力を考慮した構造物の整備
		排水システムの強化
		悪天候時でも離着陸が行えるような航法支援システム導入
		気象・海象のモニタリング
		高潮・高波による影響の予測・情報提供
		洪水対策のための道路設備の嵩上げ
		舗装やコンクリート施設の設計強度見直し
ハードインフラ	設備等（機体、荷役機械、車両等）	機体や機械の固定・転倒防止措置
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	事業継続計画（空港BCP）の策定・拡充（気候変動に伴う想定被害の見直しや、災害に至らないための強化）
		波浪や海面水位のモニタリング実施
		災害リスクの評価及びハザードマップ等による周知
		ライフサイクルコストを考慮した施設等の最適な更新等の考え方の検討
		協議会等の組織による地域の防災力の向上
		事業者内における気候変動トレーニングの実施

周辺環境	空港利用者	避難計画策定・訓練実施の促進 協議会等の組織による地域の防災力の向上
	貨物	コンテナ等の流出対策の推進

5.11 インフラ分野：港湾

5.11.1 インフラ分野：港湾の気候リスクの概要・考え方

開発途上国における港湾は、海岸に面した港湾以外に、河川港湾として内陸部に位置する港湾、島嶼国の港湾もあり、気候リスク評価を行うにあたって、まずは、対象港湾の立地条件を把握する必要がある。また、港湾は様々な事業の物流サプライチェーンの拠点となるインフラであるため、港湾分野における気候変動の影響を検討する際には、対象港湾がどのような役割・機能を担っているかについても留意が必要である。例えば、対象港湾がコンテナ貨物を大量に扱うような対象国を代表する大規模な港湾、人流・観光客等を中心とした港湾、地方にある小さな港湾では、評価の際に着目する視点が異なってくる。

港湾に関連する気候変動の予測：IPCC の第 6 次評価報告書によれば、気候変動により「気温・海水温の上昇」、「海面水位の上昇」が予測されており、平均海面水位は 21 世紀の間、上昇し続けることは、ほぼ確実と予測されている。沿岸部へは、それぞれ「強い台風の増加等」（すなわち「風速の増加」、「高潮偏差の増大」、「波浪の強化」）及び「潮位の上昇」として影響が現れることが懸念される。平成 27 年にとりまとめられた国土交通省による「沿岸部（港湾）における気候変動の影響及び適応の方向性」では、港湾における気候ハザードと影響につき以下のように検討している。

高潮偏差・波浪の増大：IPCC の第 6 次評価報告書では、世界平均気温の上昇や海水温の上昇など、台風、サイクロンの発達・勢力維持等に影響を及ぼす要因の発生が予想されている。強い台風の増加等は、高潮偏差及び波浪の増大に影響することから、港湾への影響を検討する必要がある。

海面水位の上昇：海面水位の上昇が顕在化した場合、沿岸部（港湾）に甚大な影響が生じると想定されることから、沿岸の海面水位の変動をモニタリングしつつ、海面水位上昇量の最大値も考慮しつつ、港湾への影響を検討する必要がある。2100 年までに起こる可能性が高い世界平均海面水位の上昇量は、1995～2014 年の平均と比べて、GHG 排出が少ないシナリオ（SSP1-2.6）の下では 0.32～0.62 m、中程度のシナリオ（SSP2-4.5）の下では 0.44～0.76 m、非常に多いシナリオ（SSP5-8.5）の下では 0.63～1.01 m と予測されている²⁷。

気候変動に伴う沿岸部（港湾）への影響要因が、沿岸部（港湾）に与える影響

- **防波堤・堤防：**現在でも設計条件を超える波高や高潮偏差による防波堤や堤防の被害が発生しており、将来気候下における高波や高潮偏差の増大に伴い、さらに被害が増加することが懸念される。
- **静穏度：**防波堤が被災した場合、港内の静穏度が悪化し、防波堤復旧までの間の港湾機能低下（荷役稼働率の低下）や物流の停滞、経済への悪影響が懸念される。また、通常時においても、波高、波向や波の周期が変わることで、港内の静穏度が悪化し、船舶の接岸に支障が出たり、荷役効率が低下するなどの悪影響が懸念される
- **荷さばき地・産業用地（堤外地）：**強い台風の増加及び海面水位の上昇を同時に考慮（海面水位が 0.82m 上昇した際に室戸台風規模の台風が来襲した場合の高潮浸水シミュレーション）すると、堤外地の浸水深は大きく増加し、産業・物流機能への被害が拡大する恐れがある。浸水深の増加が数 10cm であったとしても、荷役機械の動力部が浸水すれば復旧には相当の時間がかかるとともに、空コンテナであれば数 10cm の浸水深さで浮上することから、荷さばき地・産業用地（堤

²⁷ IPCC 第 6 次評価報告書第 1 作業部会報告書 政策決定者向け要約 暫定訳（文部科学省及び気象庁）を基に作成

外地) に大きな影響を及ぼすことが懸念される。

- **堤内地：**気候変動に伴う外力の増加に伴い浸水面積、平均浸水深が急増し、その伸びは堤外地以上に大きい。
- **荷役機械：**強い台風・暴風雨の増加により、風速の増大が見込まれ、逸走での被災が生じる可能性がある。
- **航路・泊地：**気候変動に伴う降雨量及び河川出水量の増加により、河川からの供給土砂量が増加することで、河口部の航路・泊地への堆積土砂量が増加する可能性がある。海面水位の上昇により、干潟・浅場の波や流れの変化が生じ、干潟・浅場の土砂輸送傾向が変化し航路・泊地埋没に影響を及ぼす可能性がある。外洋域の港湾では、台風や低気圧に伴う時化時の波高増大により、移動限界水深が深くなるなどの変化が生じ、底質の移動増加による航路等の埋没が発生する可能性がある。

気候変動に伴う河川や内陸部への影響要因が、河川港湾に与える影響

- **河川水位：**洪水や干ばつによる河川水位の低下などが頻発した場合、船が航行できないなどにより、港湾や物流機能の低下をもたらすことが懸念される。
- **航路・泊地：**河川水位の低下、河川への土砂供給量の変化により、河の水深や川底の地形が変化することで船舶の航行に支障が出る懸念がある。

その他、干潟・浅場の面積の変化や海面水位の上昇に伴う水門や橋梁の桁下空間の減少など影響も懸念される事項として挙げられている。こうした気候変動影響に対する適応策としては、将来の自然外力を考慮した構造物の整備、背後地の重要度に応じた防護水準の設定、災害リスクの評価及びハザードマップ等による周知など様々な適応策が考えられる。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.11.2 インフラ分野：港湾の気候リスクの構成要素の例

表 77 港湾分野の事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
気温変化	気温変化（年別、月別、日別）
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降雨量変化	年間降雨量
	月間降雨量
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
風速	風速の変化
風向	卓越風
	風向特性の変化
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	無降雨日数
	月降雨量変化

	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高
	潮位偏差の変化（拡大）
	波浪の変化（強大化）、（波高、波向、波の周期）

表 78 港湾事業における曝露の例

曝露対象		調査・確認する事項の例
ハードインフラ	港湾関連施設（岸壁、護岸、荷捌き地および設備、倉庫、物流施設、排水施設等）、臨港交通施設（道路・橋梁）	各施設の規模（数、スペック）
		各施設の資産額（評価額）
	泊地、航路	水深
		面積 延長
設備等（荷役機械、車両等）	各設備の規模（数、スペック）	
	各設備の資産額（評価額）	
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
周辺環境	港湾利用者	人数、利用時期、頻度など
	港湾貨物	取扱量、貨物種類 など
	干潟・藻場・砂浜	場所、規模 など

表 79 港湾分野の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象		調査・確認する事項の例
ハードインフラ	港湾関連施設（岸壁、護岸、荷捌き地および設備、倉庫、物流施設、排水施設等）、臨港交通施設（道路・橋梁）	立地場所、地形（海岸沿い、河口部、河川）、地質
		防波設備等、防護施設の整備状況
		海岸保全施設や港湾施設の劣化状況、補修頻度
		立地場所の地盤高
		排水設備の設置状況、稼働状況
		波高や高潮偏差を予測した防波堤や堤防の設計手法の適用有無
		冷蔵および冷凍保存施設の有無
		港湾内の道路環境（降雨や高温被害への強度）
		潮位または地盤高のモニタリング
		橋梁下のクリアランス不足
	泊地・航路	泊地や航路の位置
		延長
		水深
設備等（荷役機械、車両等）	浚渫等に関する維持管理体制	
	設備等の設置場所	
	地盤高	
	設備等の耐久性	
	性能 老朽度	
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	災害発生時の対応計画等（BCP等）の策定状況 気象状況のモニタリング体制の有無 異常気象発生時の運行継続用システム（例：非常用電源等）の整備状況
周辺環境	港湾利用者	冷暖房設備の配備状況
		異常気象発生時の対応計画、体制
	港湾貨物	豪雨や浸水等からの防護措置の有無
		流出への防護措置の有無 貨物の保管・管理体制
	干潟・藻場・砂浜	面積、植生の変化

表 80 港湾分野の事業における気候リスクの例

対象	気候リスクの例	
ハードインフラ	港湾関連施設（岸壁、護岸、荷捌き地および設備、倉庫、物流施設、排水施設等）、臨港交通施設（道路・橋梁）	関連施設の損壊、浸水被害
		構造物、舗装及び建築物、等の流出
		港湾構造物の腐食速度の増大（降雨量の増加に伴うカビ、マイコトコシン、ダニ等の増加による）
		波高変化や防波堤被災に伴う静穏性の低下
		排水機能不足による長期的な浸水
		港湾機能、物流機能の低下・停止
		桁下空間の減少による船舶通行不可
	泊地・航路	泊地・航路の埋没・水深不足
	設備等（荷役機械、車両等）	港湾鉄道のトラック座屈
		港湾荷役機械（コンテナクレーン等）の強風や雷雨による逸走
荷役機械の転倒被害		
港湾内のナビゲーションシステム及び通信機器への損傷		
気温の上昇に伴う冷凍保存量の増加		
港湾荷役機械の運転の遅延、停止機会の増大		
港湾内の車両/港湾鉄道の運搬範囲への制限（排水設計基準を降雨強度が超過、洪水発生時等）		
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	荷役作業効率の低下
		港湾事業運営の遅延・停止、港湾事業運営に係る保険代増加
		顧客からの港湾サービスへの信頼性の低下
		エネルギーコスト増加（気温上昇に伴う冷凍需要増による）
		港湾閉鎖による近隣地域の市場アクセス低下
周辺環境	港湾利用者（港湾従事者を含む）	越波、浸水、熱波などによる人的被害、健康被害
		労働安全性の低下（すべり、転倒事故の増加）
	港湾貨物	コンテナ等貨物の流出
		浸水・高温などによる貨物の損壊
	干潟・藻場・砂浜	海面水位及び波浪条件の変化に伴う浅場・干潟面積の減少 生態系への影響

表 81 港湾分野の事業における適応策の例

分類	適応策の例	
ハードインフラ	港湾関連施設（岸壁、護岸、荷捌き地および設備、倉庫、物流施設、排水施設等）、臨港交通施設（道路・橋梁）	背後地の重要度に応じた防護水準の設定
		将来の自然外力を考慮した構造物の整備
		係留施設や防波堤の機能維持（外力及び防波堤断面等の見直し）
		被災リスクの高い箇所及び更新時期を踏まえた海岸保全施設等の戦略的な整備
		排水システムの強化
		関係機関と連携した排水機能の確保
		気象・海象のモニタリング
		高潮・高波による影響の予測・情報提供
		洪水対策のための道路設備の嵩上げ
	泊地・航路	航路等の埋没防止、浚渫
		海象のモニタリング
		高潮・高波による影響の予測・情報提供
		通行禁止区間・時間の明示
設備等（荷役機械、車両等）	浚渫、防砂堤等による航路・泊地の埋没防止・軽減対策	
	強風によるクレーン逸走対策	
ソフトインフラ	事業の関連組織・人	民有施設（胸壁、上屋、倉庫、緑地帯等）の活用
		港湾の事業継続計画（港湾BCP）の策定・拡充（気候変動に伴う想定被害の見直しや、災害に至らないための強化）
		波浪や海面水位のモニタリング実施

		災害リスクの評価及びハザードマップ等による周知
		ライフサイクルコストを考慮した施設等の最適な更新等の考え方の検討
		協議会等の組織による地域の防災力の向上
		事業者内における気候変動トレーニングの実施
周辺環境	港湾利用者（港湾従事者を含む）	避難計画策定・訓練実施の促進
		協議会等の組織による地域の防災力の向上
	港湾貨物	コンテナ等の流出対策の推進
	干潟・藻場	海象のモニタリング
		高潮・高波による影響の予測・情報提供
		沿岸域における生態系による減災機能の定量評価手法開発

5.12 インフラ分野：工業団地

5.12.1 インフラ分野：工業団地の気候リスクの概要・考え方

2011年にタイのチャオプラヤ川で発生した大洪水は、日系企業が多くを占める7大工業団地を浸水させ、800名以上の死者と400億ドル以上の経済被害を与えた。特に、これらの工業団地は世界のサプライチェーンの一角を担っていたこともあり、浸水によるサプライチェーンの寸断は、ハードディスク・ドライブ、カメラ、自動車等の製造業を中心に、世界経済に大きな影響を与えた。民間事業者は、海外での事業活動に対する自然災害の影響を回避・軽減するための対応を行ってきたところであるが、今後、気候変動による大規模な災害リスクが増加すると予測されている。このため、災害等によるグローバルサプライチェーンの中断の影響を的確に評価し、適応策を講じて備えていくことが求められている²⁸。

工業団地に対する気候変動影響は、以下のように直接的影響と工業団地外の他のシステムに関わる間接的影響がある。工業団地内のみには生じる影響だけでなく、物流やエネルギー供給など工業団地外の関連するインフラ、サービスの影響も検討する必要がある。また、工業団地内で操業する事業者が属する産業セクターそのものが持つ脆弱性により影響が生じる可能性もある。

表 82 気候変動による工業団地への直接的影響と間接的影響

直接・間接	影響の例
直接的影響	<ul style="list-style-type: none">工業団地内の施設、インフラが洪水や暴風雨により影響を受ける（例えば、構内道路や建物、水道、電力等の基盤インフラが損壊する）平均気温の上昇に伴う従業員の労働環境が影響を受ける
間接的影響	<ul style="list-style-type: none">工業団地へのエネルギー供給事業者、資材の供給事業者が影響を受ける（例えば、異常高温や洪水の発生により、<u>工業団地外の</u>電力事業者のシステムが停止し、工業団地内での生産が減少する）

気候ハザードにより影響を受ける可能性があるもの

工業団地の内外で気候ハザードにより影響を受ける可能性があるものとしては、例えば以下のものがある。

- 工業団地の用地（立地、サイト内の計画など）
- 工業団地に関連するインフラ・サービス（水供給、電力供給、排水処理、廃棄物管理など）
- 工業団地内で操業する事業者（構内に立地する事業者の製品の生産など）
- 工業団地内で生産された製品（構内で保管する製品など）
- 物流（工業団地内で生産される製品の物流など）
- 工業団地内で従事する従業員

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を

²⁸ 「気候変動適応策を推進するための科学的知見と気候リスク情報に関する取組の方針（中間取りまとめ）」平成 29 年 3 月中央環境審議会地球環境部会気候変動影響評価等小委員会

次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全て網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

5.12.2 インフラ分野：工業団地の気候リスクの構成要素リスト表

表 83 インフラ分野（工業団地）の事業における気候ハザードの例

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例
気温変化	気温変化（年別、月別、日別）
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降雨量変化	年間降雨量
	月間降雨量
霧	霧の発生頻度（時期、期間）
豪雨	豪雨の発生頻度（時期、期間）
風速	風速の変化
風向	卓越風
	風向特性の変化
台風	発生頻度、強度（風速）
洪水・浸水	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	洪水・浸水の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
渇水・干ばつ	無降雨日数
	月降雨量変化
	渇水・干ばつの発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 84 インフラ分野（工業団地）の事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	工業団地のインフラ、関連設備等
	対象施設及び設備の数、スペック等 資産評価額
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
周辺環境	工業団地に入居する企業等
	工業団地で就労する人

表 85 インフラ分野（工業団地）の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象	確認・検討する事項の例
ハードインフラ	工業団地のインフラ、関連設備等
	立地場所（海岸や河川からの距離）、地盤高
	各施設および設備の気候ハザードに対する強度
	排水システムの整備状況
ソフトインフラ	事業の関連組織・人
	防水板、防火施設等、防災設備の設置状況
	環境条件に応じた産業セクターのゾーニング計画の有無
	計画的な雨水排水システムの設定、メンテナンスの実行程度
	落雷対策が適切になされたビルの設計・建築
周辺環境	事業の関連組織・人
	工業団地に入居する企業等
	気候変動等に対する理解度
	気候変動、異常気象に対する BCP の策定状況
	異常気象等が発生した際の対応体制（人員等含む）

表 86 インフラ分野（工業団地）の事業における気候リスクの例

分類		気候リスクの例	
ハードインフラ	工業団地のインフラ、関連設備等	洪水や高温等による道路、貯蔵施設への損傷・損壊	
		ビル建築物の浸水	
		排水処理システムの過負荷、許容量越	
		港湾設備（埠頭、防波堤、護岸、防潮堤設備等）における沿岸侵食の悪化	
		埠頭、埠頭からの接続道路の通行不可	
		地下に設置された電気機器の短絡	
		暴風雨による排水口のつまりの発生	
		設備やタンクの浸水及び水面上の浮遊	
		洪水等による汚染土壌・物質の拡散	
		急激に移動する海水や河川の潮の満ち干の増加に伴う埠頭、港湾設備インフラへの損傷・損壊	
		洪水や浸水、気温上昇による腐食率の増加	
		気温上昇による熱ストレス、ラディエーション応力の変化	
		ソフトインフラ	事業の関連組織・人
維持管理費用の増大			
保険料金の増加			
周辺環境	入居企業	工業団地に入居する企業の被災	
		工業団地内での人的被害	
		洪水や強雨による浸水被害、浸水に伴う廃棄物の氾濫等による工場における生産機能の停止	
		工業団地からの各種マーケット・販路等へのアクセス制限・遅延	
		原材料の供給不足・中断	
	工業団地で就労する人	自然災害等の発生増加	
		人的被害の発生	
	その他		海面上昇や暴風雨による、既存の防波堤や護岸工事等による沿岸洪水保護の基準が不十分となる
			気候変動影響の意思決定プロセスへの導入の有無による金融機関からの投資回収率の低下
			世界のメーカーに納入される主要部品の製造・供給が停止する等、サプライチェーンが世界規模で寸断
			産業利用のための使用可能推量の低下（地下水及び地表水含）
			洪水等による工場稼働や運搬停止等のビジネス活動の停止に伴う金銭的損失の増加
			ICTの損失・混乱による生産性と収益の減少
			抵当貸付業者に対する暴露機会の増加（譲渡抵当付き負債等の担保機会の増大）
			洪水による保険業界の支払機会・額の増大
			極端気象によるサプライチェーンの混乱の増加によって、国内企業の生産量減少
			気候変動による疾病パターンの変化に伴う、労働者内での新しい病気の蔓延
			気候変動（例えば、人工漁業）によって生計が悪影響を受ける周辺の脆弱なコミュニティとの紛争増加
			気候変動に影響を受けた、国の社会経済状況の変化（例えば、土地や水のストレスの喪失によって生じる国民の貧困や不安の増大等）によって、工業団地全体の経済活動に負の影響を与える

表 87 インフラ分野（工業団地）の事業における適応策の例

対象	適応策例	
ハードインフラ	インフラ整備	気候変動影響に強靱（防水、浸水対策がなされている等）な建物/機械の建設・導入・立替
		セットバックゾーンの確立もしくは影響が懸念される場所に立地する建物の移転
		最重要/高価な機器、地下設備（地下からの水くみ出しポンプ、密閉された下水道など）を洪水被害から防御する設備を導入・強化する
		嵐や高温被害に対して、保管設備や工業団地内の建物における耐熱屋根（30度の屋根勾配や耐熱素材の利用等）の導入・建設
		移動可能な防壁の導入・設置（洪水や強風等への対策として）建築物の立地地盤高を高い場所に移転する
		重要インフラの再配置（または海拔の高い場所への移動）による曝露削減・改築
		地下浸食を予防するために定期的に道路をメンテナンスする
		室内の温度を下げるために、建物のシェーディング、換気および冷却機能の強化。ICT施設や工場等における製品の生産プロセスの中に冷却プロセス・機械を導入する。
		工業団地内及び隣接地からの再生可能エネルギー供給の導入（地域における持続可能な電気のバックアップ手段を確保する。送電網や他の発電施設における負の影響を防ぐため）
		重要な供給物に対する貯蔵能力の拡大（配送や製造の遅延による影響の最小化のため）
ソフトインフラ	水利用	洪水対策がとられた適切な排水処理システムを導入・開発する。（雨水処理と下水道システムの分離等）
		生産工程における水効率を高める、工業団地内の水貯蔵設備の強化及びその再利用技術の導入（小水灌漑技術の導入（点滴灌漑、雨水利用、雑排水の再利用等）
	土地開発	排水機能を確実にするためにメンテナンスや排水路の清掃を定期的に行う
		ヒートアイランド現象を抑制するために工業団地内の緑化及び水場の場所の拡大
	防災対策	洪水発生時においても化学物質や汚染物質等の漏出が発生しないよう対策を行う
		各プラントで使用される水源の確保状況を改善し、強化し、増加させる対策を行う（水処理・再生システムの導入等）
		有害物質の貯蔵設備の防災機能を向上させる
		事業継続計画（BCP）の策定・拡充（気候変動に伴う想定被害の見直しや、災害に至らないものの強風・波浪等により港湾機能や工業団地機能の継続が困難な事態の想定を追加）
	経済面	災害時の自治体との協力体制の検討・方針策定（共同指揮官の担当、担当組織管理など）
	政策・規定	省エネルギー対策を行うことによってクレジットライン限度額の増大を図る
		義務的な環境影響評価プロセスにおける気候変動影響による評価内容の追加導入
		工業地帯周辺のバッファゾーン/住居建設不可となる地域の最小化に関する規定の策定
	運営・設計	官民による気候変動リスク削減イニシアチブを促進する（地方自治体等との連携）
工業団地における気候変動影響への適応策の実施を所管する監督機関・担当者の確立、全体管理計画を策定、現在の基準と規制の見直し 義務的な環境影響評価プロセスにおける気候変動影響による評価内容の追加導入		

		工業団地内における気候変動影響による防災対策として早期警告システムを導入する
		気候変動の影響を考慮した土地の選択と開発計画の策定
		既に影響を受けている場所/地域内のリハビリ計画の開発と実施（脆弱な産業セクターの移転のためのインセンティブ付与、移転補償等）
		工業団地内の閉鎖された空間・表面の減少、公用地における水の貯蔵場所の設置
		建物の向きを最適化する（壁面への太陽放射を避ける-（東/西壁は低照度の太陽の影響の大部分を受ける等の影響を抑制する））
		土地の計画時に斜面の侵食を防ぐ対策を行う（低木や樹木の植付け等）
		緊急事態発生時におけるシャットダウンプラン（操業停止）に至るまでの対応計画の検討・策定
		気候変動リスクを特定し、それを事業に組み込む方法（計画、意思決定、建設プロジェクトなど）について関連する計画機関/部門に対してトレーニングを行う。
		工業団地開発時において、主要な産業の企業拠点における気候変動関連リスクへの脆弱性評価を行う
		政府による気候変動脆弱性の高い、設計基準及び建築基準の導入、それに伴う現場の工業用建物の仕様の決定
		強風による振動に影響を受けやすい構造物を避ける、適切な固定がなされるようにする
		気候変動の側面を会社のリスクおよびイノベーション管理プロセス（例えば、供給リスク）に統合し、重要なコンポーネントを特定する
		工業団地内の気候変動に起因する潜在的なビジネス機会を調査し、導入を検討する（冷却技術等）
		周辺環境
近隣地域における供給先の確保。同様に、工業団地内の製品の販路先に対しても多様性を確保する		
工業団地内における持続可能であり、気候変動影響をあまり受けない製品の開発		
工業団地内の産業セクターの多様化		
サプライヤーに対する特定された気候リスク内容の共有、対策の協議		
天候インデックス保険等の気候変動影響に対する気候保険の導入		
工業団地内における食料品供給の安定化のため、中小規模の農業を含む多様な産業の促進		
工業団地で就労する人	屋外労働者の熱ストレスを避けるための新しい作業計画の検討（飲料水の提供、労働者用の避難所や防災対策のなされた集合場所の提供等）	

Part III 資料編

- 参考文献
- 気候ハザード検討のための気候関連指標例
- 気候リスク評価のフレームワーク：構成要素の定義
- 将来の気候予測情報などの参考サイトの概略

資料編

参考文献

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル「第6次評価報告書」(オリジナル、英語)

<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル「第6次評価報告書」政策決定者向け要約等(影響・適応・脆弱性)(和訳)

<https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル「第6次評価報告書」第1作業部会(自然科学的根拠)技術要約等(和訳)

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル「第6次評価報告書」第2作業部会(影響・適応・脆弱性)(オリジナル、英語)

<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>

IPCC: 気候変動に関する政府間パネル「第5次評価報告書」第2作業部会(影響・適応・脆弱性)(オリジナル、英語)

<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

OECD: OECD DAC Rio Markers for Climate: Handbook, 2016

https://www.oecd.org/dac/environment-development/Revised%20climate%20marker%20handbook_FINAL.pdf

UNIDO: Low-carbon and climate resilient industrial development in Africa, 2017

https://www.unido.org/sites/default/files/2017-03/CO2-Main-report-Digital-FINAL-20170302-OnePage_0.pdf

GIZ: A framework for Climate Change Vulnerability Assessments, 2014

<https://www.weadapt.org/knowledge-base/vulnerability/climate-change-vulnerability-assessments>

ISO: ISO14090 Adaptation to climate change - Principles, requirements and guidelines (2019)

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14090:ed-1:v1:en>

ISO: ISO31000:2018 Risk Management - Guidelines

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:31000:ed-2:v1:en>

ISO: ISO55000:2014 Asset management – Overview, principles and terminology

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:en>

UNFCCC: Nationally Determined Contribution (NDC Registry)

<https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/All.aspx>

UNFCCC: Communication of long-term strategies

<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>

UNFCCC: National Communication submissions from Non-Annex I Parties

<https://unfccc.int/non-annex-I-NCs>

UNFCCC: National Adaptation Plans

<https://www4.unfccc.int/sites/NAPC/Pages/national-adaptation-plans.aspx>

気候変動適応法（平成三十年法律第五十号）

<https://elaws.e->

[gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=430AC0000000050_99991231_000000000000000&openerCode=1](https://elaws.e-gov.go.jp/search/elawsSearch/elaws_search/lsg0500/detail?lawId=430AC0000000050_99991231_000000000000000&openerCode=1)

気候変動適応計画（平成30年11月27日閣議決定）

<http://www.env.go.jp/earth/tekiou/tekioukeikaku.pdf>

金融安定理事会：気候関連財務情報開示タスクフォース 最終報告書（2017年）

https://www.fsb-tcfd.org/wp-content/uploads/2017/06/TCFD_Final_Report_Japanese.pdf

気候変動開示基準委員会（CDSB: Climate Disclosure Standards Board）

気候変動関連の情報開示に関するフレームワーク（Climate Change Reporting Framework）2012年

https://www.cdsb.net/sites/default/files/cdsb_climate_change_reporting_framework_edition_1.1_0.pdf

資料1 気候ハザード検討のための気候関連指標例

気候ハザードの指標例

カテゴリ	指標 ID	指標名	単位	指標の定義	参照
気温	AMT	年間平均気温	° C	日平均気温の年間平均値	
	MMT	月間平均気温	° C	日平均気温の月間平均値	
	MMTmax	月間平均最高気温	° C	日最高気温の月間平均値	
	MMTmin	月間平均最低気温	° C	日最低気温の月間平均値	
	TN10p	冷涼夜 (Cool nights)	%	日最低気温が 10 パーセンタイル値未満の日数の割合	ETCCDI
	TX10p	冷涼日 (Cool days)	%	日最高気温が 10 パーセンタイル値を超える日数の割合	ETCCDI
	TX90p	温暖日 (Warm days)	%	日最高気温が 90 パーセンタイル値を超える日数の割合	ETCCDI
	DTR	平均日較差	° C	日最高気温と最低気温の差の月間平均値	ETCCDI
降雨	APR	年間降雨量	mm	年間総降雨量	
	MPR	月間降雨量	mm	月間総降雨量	
	RX1day	最大 1 日降雨量	mm	月間最大 1 日降雨量	ETCCDI
	R10	強い降雨日の数	days	日降雨量 10mm 以上の年間日数	ETCCDI
	R20	非常に強い降雨日の数	days	日降雨量 20mm 以上の年間日数	ETCCDI
	NPR	乾燥日の日数	days	日降雨量 1mm 未満の年間日数	
	CDD	連続乾燥日数	days	日降雨量 1mm 未満の日の最大連続日数	ETCCDI
	CWD	連続降雨日数	days	日降雨量 1mm 以上の最大連続日数	ETCCDI
	R95p	高湿潤日 (Very wet days)	mm	日降雨量が 95 パーセンタイル値を超える日の降雨の年間の総降雨量	ETCCDI
日照	MSh	月間日照時間	hours	月間総日照時間	
	ASh	年間日照時間	hours	年間総日照時間	
湿度	ARH	年間平均相対湿度	%	日平均相対湿度の年間平均値	
	MRH	月間平均相対湿度	%	日平均相対湿度の月間平均値	

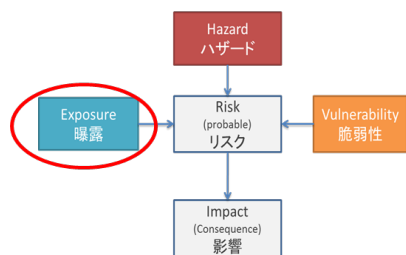
ETCCDI 指数の詳細の定義の参照先：http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml

注)

- **TN10p**：日最低気温がベース期間（例：WMO が定義する 1961 年から 1990 年など）の 10 パーセンタイル値未満の日数の年間総日数に対する割合。この指数の単位は%となる。
- **R10**：強い降雨の日（wet days）の数をカウントした数。この指標はほとんどの気候で年総降雨量や季節雨量に高い相関がある指標である [T.C. Peterson, 2001]。
- **CDD**：植生や生態系に影響を与える。早魃の指標となりうるもの。CDD の減少がもし湿潤日がより頻繁になったことによる場合、気候がより湿潤になったことを反映するものとなる [T.C. Peterson, 2001]。
- **日照時間**：直接日射照度が 120W/m² を超える時

資料2 気候リスク評価のフレームワーク：構成要素の定義

1) 曝露



【曝露】

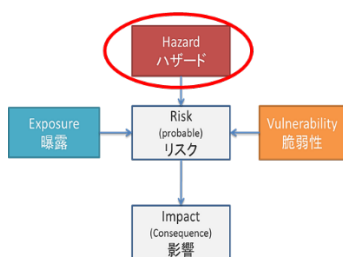
- ・住民、生活
- ・生物種または自然生態系
- ・環境的機能、サービスおよび資源
- ・インフラまたは経済、社会、文化的資産

(例)

- ・住民、経済活動およびインフラが海岸付近の低地にある
- ・乾燥地帯の農民
- ・洪水氾濫域の住民
- ・サンゴ礁

などが、影響が及ぶ可能性がある場所や環境に存在すること

2) ハザード



【ハザード】

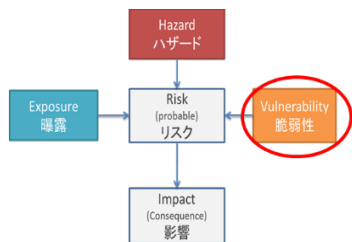
- ・死傷者や健康被害の発生
- ・資産、インフラ、生活、サービス、自然生態系および環境的機能への損害

(例)

- ・温暖化傾向
- ・熱波
- ・豪雨
- ・海面上昇
- ・洪水

などの原因となる気候由来の物理的事象および影響

3) 脆弱性



【脆弱性】

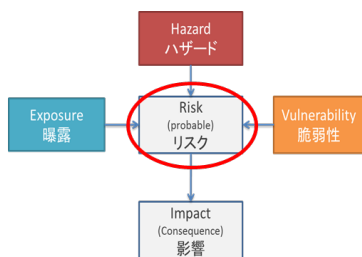
- ・被害に対する敏感さまたは感受性
- ・対処・適応能力の欠如

(例)

- ・水管理能力の欠如
- ・生物種が生存できる気候限界
- ・組織的な能力の限界
- ・排水ネットワークへの負荷限度

などの様々な概念や要素を含む、影響を及ぼす傾向または要因

4) リスク



【リスク】

気候変動影響のリスク

価値あるものが危機に瀕しその価値が失われる可能性があること

リスクは、気候ハザード、曝露、脆弱性の相互作用の結果

(例)

- ・資産損失の可能性
- ・人命損失の可能性
- ・サプライチェーン寸断の可能性
- ・農業生産量減少の可能性
- ・生物多様性損失の可能性

5) 影響



(例)

- ・ 資産損失
- ・ 人命損失
- ・ サプライチェーン寸断
- ・ 農業生産量の減少
- ・ 生物多様性の損失

【影響】

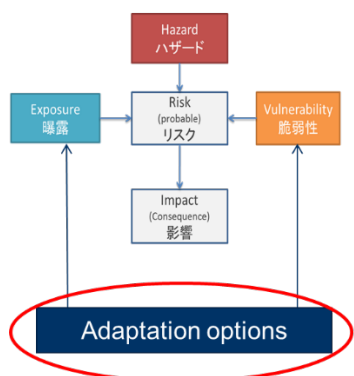
極端な気象および気候現象、気候変動による自然生態系・人間社会への影響

影響とは一般的に、特定の期間に発生する異常気象・気候変動と社会・システムの脆弱性露呈の相互作用により以下に影響を及ぼすことを示している。

- ・ 人命、生活、健康
- ・ 自然生態系
- ・ 経済、社会、文化、サービス
- ・ インフラ

影響は、結果または帰結とも言われる

6) 適応策



(例)

- ・ 節水および効率的な利用の推進
- ・ 早期警戒システム
- ・ 排水改善
- ・ 保険
- ・ 建築基準および実践

【適応策】

適応ニーズに対応するために活用可能で適切な戦略と対策

- ・ 構造的なもの（設計など）
- ・ 組織的なもの（運営、マネジメントなど）
- ・ 社会的なもの

など、幅広い活動を含む

（出典：IPCC AR5 気候変動に関する政府間パネル「第5次評価報告書」）

資料3 将来の気候予測情報などの参考サイトの概略

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）①

サイト名	Climate Change Knowledge Portal (CCKP)
URL	https://climateknowledgeportal.worldbank.org ²⁹
作成・運営機関	世界銀行
掲載情報	<ul style="list-style-type: none">国別及び主な流域別の過去・将来の気候情報（気温、降雨）気候ハザード関連の情報（干ばつ、洪水、サイクロン、海面上昇等）気候変動による影響（農業、水資源、保健衛生分野）
対象範囲	全世界

1) 概要

世銀の気候変動情報ポータルサイト。国別、主な流域別に気候情報、気候ハザード関連の情報、気候変動による影響についての概略の情報がある。プロジェクトの対象国、対象地を含む広域エリアの気候と気候関連の情報の概要を整理する際に活用できる。

国別の気候リスクレポートも同サイト、およびアジア開発銀行のサイトからダウンロードできる。

Climate Risk Country Profiles（世銀）：<https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country-profiles>³⁰

Climate Risk Country Profiles（ADB）：<https://www.adb.org/publications/series/climate-risk-country-profiles>³¹

²⁹ <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/>, 2023/3/3 アクセス

³⁰ World Bank Group, Climate Change Knowledges Portal サイト（2023/3/3 アクセス）

³¹ ADB, Climate Risk Counry Profile（2023/3/3 アクセス）

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）②

サイト名	Climate Inspector
URL	https://gisclimatechange.ucar.edu/inspector ³²
作成・運営機関	アメリカ国立大気研究センター (NCAR : National Center for Atmospheric Research)
掲載情報	気温、降雨の将来予測 (1986年-2005年の期間に対する変化) アメリカ大気研究センターで開発された地球システムモデル (CESM) 大気モデルで計算された予測データ
対象範囲	全世界

1) 概要

地図上の地点を選択し、その地点を含むエリアの複数の RCP シナリオでの気温、降雨の将来予測データをグラフで表示させることができる。エクセル用に CSV 形式でデータ保存可能。利用しているデータセットは IPCC AR5 用のデータや CMIP5 である点に留意が必要。

年間平均値の変化の予測と月平均値の予測を得ることができる。月別平均値の予測は、現在の季節変動が将来どのようになるのかをつかむのに参考になりうる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）③

サイト名	Climate Information Platform (CIP)
URL	http://cip.csag.uct.ac.za/webclient2/app/ ³³
作成・運営機関	ケープタウン大学・気候システム分析グループ (CSAG: Climate System Analysis Group)
掲載情報	過去の気温・降雨、将来の気温・降雨
対象範囲	全世界

1) 概要

アフリカ大陸の気象観測所での過去の気象観測データと全球気候モデル (GCM) をダウンスケールした予測データをグラフで表示させることができる。第3次結合モデル相互比較プロジェクト (CMIP3) または第5次結合モデル相互比較プロジェクト³⁴ (CMIP5) に基づく約 10 の GCM モデルについての統計的ダウンスケールデータを表示できる。

³² <https://gisclimatechange.ucar.edu/inspector>、2023/3/3 アクセス

³³ <http://cip.csag.uct.ac.za/webclient2/app/>、2023/3/3 アクセス

³⁴ モデルごとに異なる予測結果を相互に比較することで、予測の不確実性を把握するもの。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）④

サイト名	KNMI Climate Explorer
URL	https://climexp.knmi.nl/ ³⁵
作成・運営機関	オランダ王立気象研究所 (KNMI : Royal Netherlands Meteorological Institute)
掲載情報	<ul style="list-style-type: none">各地の気象データ、将来気候データ（主に気温、降雨）web 上での気象データの処理
対象範囲	全世界

1) 概要

本サイトは様々な気候変動の影響評価や気候変動関連の研究レポート等において活用されており、各地の過去・現在の気象データ、将来気候データの入手及びこれらのデータ処理を web 上で行うことができる。豊富な気象データを活用でき、計算結果を地図、グラフでの表示ができる。将来予測は全球気候モデル（GCM）に加え、地域気候モデル（RCM）の予測情報も表示させることができる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑤

サイト名	IPCC Atlas
URL	36
作成・運営機関	気候変動に関する政府間パネル（IPCC）
掲載情報	IPCC AR6 WGI に使われたデータ
対象範囲	全世界

1) 概要

IPCC 第 6 次評価報告書 第 1 作業部会の報告書に記載された、これまでに観測および予測された気候変動情報を使って、現在および将来の気候変動の状況を空間的・時間的に分析し表示させることができる。また、表示された結果は PDF または PNG ファイルで入手することが出来る。分析に使われているデータは、IPCC Data Distribution Center（IPCC-DDC）で提供されているデータを使っている。

³⁵ <https://climexp.knmi.nl/>, 2023/3/3 アクセス

³⁶ Data Distribution Center of IPCC, 2023/3/3 アクセス

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑥

サイト名	ClimoCast
URL	https://a-plat.nies.go.jp/ap-plat/cmip6/global.html ³⁷
作成・運営機関	日本国環境省、国立環境研究所
掲載情報	CMIP6 data
対象範囲	全世界

1) 概要

最新の気候データ（CMIP6 データ）に基づいた、将来の地域別気候予測を確認することができるオンラインツール。4つの主要な排出シナリオ（SSP1-2.6～SSP5-8.5）、10種類の気候モデルの結果を比較することができ、対応するデータ（CSV）をダウンロードできる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑦

サイト名	Climate Impact Viewer
URL	https://a-plat.nies.go.jp/ap-plat/asia_pacific/index.html ³⁸
作成・運営機関	日本国環境省、国立環境研究所、地球温暖化観測事務局
掲載情報	環境省環境研究総合推進費 戦略研究プロジェクト S-10、S-14 など
対象範囲	全世界

1) 概要

現在の気候、水資源、植生、農業、健康など、さまざまな分野における気候変動影響評価の結果を表示する。異なるセクター、時間スケールで、将来予測を視覚的に比較することが可能。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑧

サイト名	ClimatView - a tool for viewing monthly climate data
URL	http://ds.data.jma.go.jp/gmd/tcc/tcc/products/climate/climatview/frame.php ³⁹
作成・運営機関	気象庁、WMO
掲載情報	月別の気候データ（月別平均気温、年降水量、日中の最高・最低気温の月平均値）
対象範囲	全世界

1) 概要

世界の月別の気候データ（データが入手可能なすべての観測所の月別平均気温、年降水量、日中の最高・最低気温の月平均値、標準降水量指数（SPI）の統計）が提供されている。

³⁷ <https://a-plat.nies.go.jp/ap-plat/cmip6/global.html>, 2023/3/3 アクセス

³⁸ https://a-plat.nies.go.jp/ap-plat/asia_pacific/index.html, 2023/3/3 アクセス

³⁹ <http://ds.data.jma.go.jp/gmd/tcc/tcc/products/climate/climatview/frame.php>, 2023/3/3 アクセス

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑨

サイト名	ClimPACT
URL	https://climpact-sci.org/ ⁴⁰
作成・運営機関	The University of New South Wales, Climate extremes, World Meteorological Organization (WMO), Green Climate Fund(GCF)
掲載情報	気象データ（日最低・最高気温、日降水量）、各分野に関連する様々な極端現象の頻度、継続時間や強度
対象範囲	全世界

1) 概要

オープンソースパッケージ「R」を用いて開発されたアプリケーションで、気象データ（日最低・最高気温、日降水量）を使い、各分野に関連する様々な極端現象の頻度、継続時間や強度を、月単位または年単位で計算するソフトウェア。Web 上でも計算可能。ClimPACT で使われている指標は、WMO 等により構成される専門家チームが各分野の専門家と議論して選定したものであり、60 以上の指標が含まれており、これらを活用した計算が可能。

ClimaPACT で提供している指標の中で、Climate-FIT（適応）の気候リスク評価における気候ハザードを検討していく際に参考になるとと思われるものを、以下に整理する。

分類	現在および将来予測値等として確認、検討する項目の例	ClimPACT indices	備考	
気温	気温の変化	年間平均気温	TMm	年間平均気温
		年最高気温	TXx	年最高気温
		年最低気温	TNn	年最低気温
	極端現象	月間平均気温	TMm	月間平均気温
		月最高気温	TXx	月最高気温
		月最低気温	TNx	月最低気温
降雨	極端現象	熱波（高温）の発生	HWF,HWD,HWM,HWA	熱波指数(頻度、持続期間、振幅)
		寒波の発生	CWF,CWD,CWM,CWA	寒波指数(頻度、持続期間、振幅)
	降雨量の変化	年間降雨量・降雪量	PRCPTOT	積算降水量
		月間降雨量・降雪量	PRCPTOT	積算降水量
		無降水日数	Rnmm	nn(mm)を超える降水日数。nn=1mmと設定して出てくる値が、降水日数、365-降水日数で無降水日数
		累積降雨量（土壌指数を説明するため）		Rx1d,Rx5d:年最大日降水量、年最大5日連続降水量はあり
	季節性の変化	降雨パターン（降雨の季節性）の変化		PRCPTOTのMonを用いれば変化はみられる
	極端な気象・気候現象	豪雨の発生	Rx1d,Rx5d	
		洪水の発生		Rx1d,Rx5dは洪水指標としても用いられる
		渇水の発生	CDD, PRCPTOT, SPI, SPEI	連続無降水日数、積算降水量、標準化降水指標、標準化降水蒸発指標、
干ばつの発生		CDD, PRCPTOT, SPI, SPEI	連続無降水日数、積算降水量、標準化降水指標、標準化降水蒸発指標、	

⁴⁰ <https://climpact-sci.org/>, 2023/3/3 アクセス

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑩

サイト名	Global Surface Water Explorer
URL	https://global-surface-water.appspot.com/map ⁴¹
作成・運営機関	欧州委員会（European Commission）
掲載情報	水域、浸水域の範囲・季節性・過去の変化
対象範囲	全世界

1) 概要

1984 から 2020 年の期間の水域、浸水域の地図表示を行うサイト。プロジェクト対象地の洪水、浸水リスクや水資源の検討などに活用できる。浸水エリアが拡大、あるいは減少傾向にある、常時水があった地点で水の存在が季節性に変わりつつあるなどの情報を読み取ることができる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑪

サイト名	Aqueduct Water Risk Atlas
URL	https://www.wri.org/aqueduct ⁴²
作成・運営機関	世界資源研究所（WRI:World Resources Institute）
掲載情報	水関連のリスク情報の地図表示 （洪水、干ばつ、水供給の季節変動・年変動、水ストレス等）
対象範囲	全世界

1) 概要

現在及び将来（2030 年、2040 年）の水関連のリスク情報を地図上に表示させることができる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑫

サイト名	Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) Data Explorer
URL	http://www.psmsl.org/data/obtaining/map.html ⁴³
作成・運営機関	イギリス国立海洋学センター（NOC:National Oceanography Centre）
掲載情報	海面上昇、海面水位
対象範囲	全世界

1) 概要

世界各地の海面水位の現在及び過去の観測データの経年変化をグラフ表示させることができる。海面上昇の検討の参考情報として活用できる。

⁴¹ <https://global-surface-water.appspot.com/map>, 2023/3/3 アクセス

⁴² <https://www.wri.org/aqueduct>, 2023/3/3 アクセス

⁴³ <https://psmsl.org/data/obtaining/map.html>, 2023/3/3 アクセス

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑬

サイト名	Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) Worldview
URL	https://worldview.earthdata.nasa.gov/ ⁴⁴
作成・運営機関	アメリカ航空宇宙局（NASA）
掲載情報	<ul style="list-style-type: none">気象関連：過去の気温、降雨社会経済：人口密度、人口予測地理的・自然環境：植生、土地利用、標高、風、海流、土砂崩れ等
対象範囲	全世界

1) 概要

NASA 提供の地球観測システム衛星（EOSDIS）の画像データをもとにした各種地図を表示させることができる。人口密度、人口予測、植生、土地利用、標高、風、海流、土砂崩れ、気温、降雨などの情報を地図上に表示させることができる。

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑭

サイト名	ESA Climate Change Initiative (CCI) Land Cover website
URL	http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php ⁴⁵
作成・運営機関	欧州宇宙機関（European Space Agency）
掲載情報	土地被覆図（land cover map）
対象範囲	全世界

1) 概要

欧州宇宙機関（ESA）提供の 1992 年から 2020 年までの衛星画像解析をもとにした全世界の土地被覆図（land cover map）を表示させることができる。プロジェクト対象地における気候ハザードに対する曝露、脆弱性の検討などに活用できる。

⁴⁴ <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>, 2023/3/3 アクセス

⁴⁵ <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>, 2023/3/3 アクセス

気候変動影響情報サイトリスト（気候リスク評価実施用のリソース）⑮

サイト名	ALOS Global Digital Surface Model ALOS World 3D (全球高精度デジタル 3D 地図)
URL	https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30_j.htm ⁴⁶
作成・運営機関	宇宙航空研究開発機構（JAXA）
掲載情報	標高地図（DSL）
対象範囲	全世界

1) 概要

JAXA 提供の衛星（ALOS）画像をもとにした標高地図 Digital Surface Model (DSM) を表示させることができる。対象地付近の地形の概略を把握できる。気候ハザードに対する曝露、脆弱性の検討などに活用できる。

⁴⁶ https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/jp/dataset/aw3d30/aw3d30_j.htm, 2023/3/3 アクセス

