

5.2 インフラ共通（病院・学校含む）

5.2.1 気候リスクと適応策検討における視点

（1）国際的な気候ハザードと影響

気候変動は、社会経済活動の基盤であるインフラに対し、深刻かつ多岐にわたる影響を及ぼす。

全世界的な視点では、IPCC の AR6 にて以下の報告がなされている。

- 都市部において、観測された気候変動は、人間の健康、生計、重要インフラに影響を与えている（確信度が高い）。
- 複数の気候及び非気候のハザードが都市、居住地、インフラに影響を及ぼし、時にはこれらが同時に発生して損害を増長させる（確信度が高い）。
- 熱波を含む極端な高温が都市において強度を増し（確信度が高い）、その結果、都市の大気汚染の現象を悪化させ（確信度が中程度）、重要インフラの機能発現を制限している（確信度が高い）。
- 観測された影響は経済的・社会的に疎外された都市住民に（例えばインフォーマルな居住地において）集中している（確信度が高い）。
- 交通システム、水道、下水システム及びエネルギーシステムを含むインフラが、極端現象及び緩やかに進行する現象によって損なわれ、その結果、経済的な損失、サービスの中断、福祉に対する悪影響を与えている（確信度が高い）。

（2）日本の気候ハザードと影響

我が国の気候変動影響評価報告書³³では、「気候変動による短時間強雨や渇水の頻度の増加、強い台風の増加などは、交通・電力・通信・水道・廃棄物処理などの様々なインフラ・ライフラインへ被害を及ぼす可能性が極めて高い。」とした上で、以下のように、現状と将来予測される影響を挙げている。

<現在の状況>

- 大雨による交通網の寸断やそれに伴う孤立集落の発生、電気・ガス・水道等のライフラインの寸断
- 雷・台風・暴風雨などの異常気象による発電施設の稼働停止や浄水施設の冠水
- 廃棄物処理施設の浸水等の被害
- 渇水・洪水、濁水や高潮の影響による取水制限や断水の発生
- 高波による道路の交通障害等
- これらの現象が気候変動の影響によるものであるかどうかは、明確には判断しがたいが、気候変動が進行すれば、さらに影響の程度・発生頻度は増加すると考えられる。

<将来予測される影響>

- 電力インフラ：台風や海面水位の上昇、高潮・高波による発電施設への直接的被害、冷却水として利用する海水温が上昇することによる発電出力の低下、融雪出水時期の変化等による水力発電への影響
- 水道インフラ：河川の微細浮遊土砂の増加による水質管理への影響
- 交通インフラ：道路や港湾のメンテナンス・改修・復旧に必要な費用が増加
- 交通インフラ：極端な降雨による鉄道レールへの影響、洪水・土砂災害による道路網への影響、

³³ 環境省、気候変動影響評価報告書 詳細、2020年12月

異常気象による通信インフラへの影響（国外での知見）

- その他：廃棄物の適正処理への影響、洪水氾濫に水害廃棄物の発生、都市ガス供給への支障
- 今後、気候変動による短時間強雨や湯水の増加、強い台風の増加等が進めば、これらのインフラ・ライフライン等に影響が及ぶことが懸念される。

(3) EUにおける気候ハザードと影響

欧州連合（EU）が定める EU タクソノミーでは、気候変動に関連するハザードを急性イベントと慢性イベントに分類し、さらに、温度に関する事項、風に関する事項、水に関する事項、固形物に関する事項の4つのカテゴリーに整理している。本分類で図12に記載されているハザードのうち、青字で明示されている6つのハザードが建物にとっての優先ハザードとされている。

1. 熱波
2. 暴風雨（吹雪／砂塵／砂嵐）
3. 干ばつ
4. 豪雨（雨／雹／雪／氷）
5. 洪水（沿岸洪水、河川洪水、雨水洪水、地下水氾濫）
6. 地盤沈下

	Temperature related	Wind related	Water related	Solid mass related
Chronic	Changing temperature (air, freshwater, marine water)	Changing wind patterns	Changing precipitation patterns and types (rain, hail, snow/ice)	Coastal erosion
	Heat stress		Precipitation and/or hydrological variability	Soil degradation
	Temperature variability		Ocean acidification	Soil erosion
	Permafrost thawing		Saline intrusion Sea-level rise Water stress	Solifluction
Acute	Heat wave	Cyclone, hurricane, typhoon	Drought	Avalanche
	Cold wave / frost	Storm (blizzards/dust / sandstorms)	Heavy precipitation (rain/hail/snow/ice)	Landslide
	Wildfire *	Tornado	Flood (coastal, fluvial, pluvial, groundwater) Glacial lake outburst	Subsidence

The list of climate-related hazards in this table is non-exhaustive, and constitutes only an indicative list of the most widespread hazards that are to be taken into account as a minimum in the climate risk and vulnerability assessment.

図12 EUタクソノミーにおける気候ハザードの分類³⁴

表18 EUタクソノミーにおける急性・慢性イベントの整理

急性イベント	突然発生し、深刻な影響を与えるハザード 例：洪水、熱波、山火事、暴風雨など
慢性イベント	長期間にわたって持続的に発生するか、または気候パターンの長期的な変化によって生じるハザード 例：海面上昇、平均降水量、土壌水分の変化など

³⁴ 欧州委員会、EU-level technical guidance on adapting buildings to climate change BEST PRACTICE GUIDANCE、2023年3月

(4) その他

ハザードによる具体的な影響の例として、以下のようなものが示されている。

- 干ばつによる地盤沈下に伴う建物の構造や壁の安定性の低下
- 洪水の頻度と強度の増加により、道路の盛土の侵食、路盤の洗掘、地盤沈下などが発生することによる、インフラの安定性の低下、メンテナンス作業増加など
- 海面上昇、降雨パターン変動、気温変化等に起因する洪水や干ばつ、熱波や地盤沈下（英国での事例）
- 直接的な損害の 30～55%がインフラ部門で発生。事業損失の 35～85%が輸送網や電力供給の寸断に起因（パリを対象にした大規模洪水シミュレーション試算結果）
- 気候ハザードによる重要インフラの損害が今世紀末までに現在の 10 倍に増加する可能性。適応策を講じない場合、被害額は 2100 年までに年間 34 億ユーロに到達（欧州での予測）
- 気候変動への適応コストが、インフラ部門だけで、2010 年から 2050 年の期間で年間 150 億から 300 億米ドルに上る（開発途上国での予測）

(5) 適応策検討における視点

気候変動の進行は、社会基盤に深刻な影響を及ぼす可能性があり、気候リスクを的確に評価し、インフラのレジリエンスを高めることが重要である。インフラの気候レジリエンスは、計画、設計、建設から維持管理に至るまで、プロジェクトの全段階で考慮されるべき重要な要素である。

具体的には、干ばつ、洪水、長期的な降雨、暴風雨、強風、熱波、そして海面上昇などの多様なハザードへの備えが挙げられる。特に、医療施設のような重要インフラの建設や改修に際しては、専門家の助言を求め、建設地の地形、過去の洪水履歴、地域特有の気候条件を分析し、設計に反映することが考えられる。

さらに、電力網、交通網、通信網といったインフラは相互に依存しているため、一つのインフラの機能不全がシステム全体に波及する可能性がある。そのため、個々のインフラの強靱化は、常にシステム全体の文脈の中で捉え、ネットワークとしてのレジリエンスを確保する視点が不可欠である。

併せて、気候変動の将来予測は不確実性を伴うことを認識しておく必要がある。この不確実性に対応するためには、新規建物の設計では、そのライフサイクルを通じて気候予測の不確実性を設計に組み込むことが重要となる。例えば、初期設計に意図的に柔軟性を持たせ、インフラ資産の供用期間を通じて継続的な監視を行い、状況の変化に応じて調整していくという考え方を採用することなどが考えられる。

5.2.2 インフラ共通（病院・学校含む）の気候リスクの構成要素リスト表

インフラ整備に関する JICA 事業（健康分野のうち病院建設を行う事業や、教育分野のうち学校建設を行う事業等を含む）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。

表 19 インフラ（病院・学校含む）に共通す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）
降水量変化	年間降水量
	月間降水量
霧	霧の発生頻度（時期、期間）
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
	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
	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 20 インフラ（病院・学校含む）に共通する曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例
ハードインフラ	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	関連組織の規模（人員数、体制）、役割 等
周辺環境	人口
	土地利用

表 21 インフラ（病院・学校含む）に共通する脆弱性の例

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・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
	排水システムの整備状況
	防水板、防火施設等、防災設備の設置状況
ソフトインフラ	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

	災害時対応体制（人員等含む）・職員能力の有無	
	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	
	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	
	周辺環境	住宅・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
		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
		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）		
気候変動や異常気象等に対する対策にかかる資金力		

表 22 インフラ（病院・学校含む）に共通する気候リスクの例

気候リスクを受ける対象	気候リスクの例
ハードインフラ	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
	ビル建築物の浸水
	排水処理システムの過負荷、許容量越
	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
	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の変化
ソフトインフラ	人手不足等
	施設や設備の補修、メンテナンス頻度、強度の増加（費用の増加）
	維持管理費用の増大
周辺環境	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）
	自然災害等の発生増加
	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	

表 23 インフラ（病院・学校含む）に共通する適応策の例

適応策の対象	適応策の例
ハードインフラ	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
	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
		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
		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）
ソフト インフラ	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
		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
	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）
		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
	土地開発	ヒートアイランド現象を抑制するための緑化及び水場の拡大
		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
	防災対策	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・波浪等により機能の継続が困難な事態の想定を追加）
		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	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
		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）
	運営・設計	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（移転のためのインセンティブ付与、移転補償等）
		閉鎖された空間・表面の減少、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）		
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		
周辺環境	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）	