

4. 気候変動を踏まえた計画・設計上の留意点の検討

4-1 モデル地区の選定

気候変動を踏まえた計画・設計上の留意点の検討を行う。

検討対象の構造形式は、緩傾斜護岸および水門とし、これらの施設を有する地区を2地区選定する。

①緩傾斜護岸：気候変動の影響（台風の強大化を想定）を受けやすい地区として、太平洋沿岸南側に位置し、緩傾斜護岸に関する既存設計資料を入手可能なD地区を選定。

②水門：気候変動の影響（台風の強大化を想定）を受けやすい地区として、日本海沿岸南側に位置し、水門に関する既存設計資料を入手可能なE地区を選定。

4-2 緩傾斜護岸のモデル検討

本節ではD地区の収集資料を踏まえ、緩傾斜護岸を対象に計画・設計上の留意点を整理する。なお、本手引改訂に当たって気候変動影響を考慮した網羅的な留意点を抽出する観点から、関連する基準等を踏まえて一般的な緩傾斜護岸の留意点を含めて整理する。

4-2-1 気候変動により影響を受ける設計条件

気候変動によって影響が生じる設計条件を下記に整理する。緩傾斜護岸は、直立護岸等と異なり、海岸へのアクセス、休憩場所、眺望場所等の利用性に配慮して整備されていることが多い点に留意が必要である。

表 4-2.1 設計条件に対する気候変動の影響（緩傾斜護岸）

設計条件	気候変動による影響
潮位	平均海面水位の上昇 潮位偏差の増大（極端現象の増大）
波浪	波高・周期の増大（極端現象の増大）
津波	平均海面水位の上昇と同程度 （地形条件等に伴い局所的な増減は想定される）
海底地形	大きな影響はない
底質	大きな影響はない
漂砂	侵食・堆積傾向が変化する可能性がある
土質	大きな影響はない
地震力	大きな影響はない
背後地の重要度	大きな影響はない
既存の海岸保全施設	沖合施設がある場合等は、一体となって対策が必要となる
施工条件	大きな影響はない
利用条件	砂浜の減少（天文潮位上昇による相対的な減少を含む）等により利用条件が変化する可能性がある

※設計条件の項目は「緩傾斜堤の設計の手引き（改訂版）H18.1、P11.12」より整理

4-2-2 安定性照査に関する留意点

安定性照査において気候変動により想定される影響を以下に整理する。

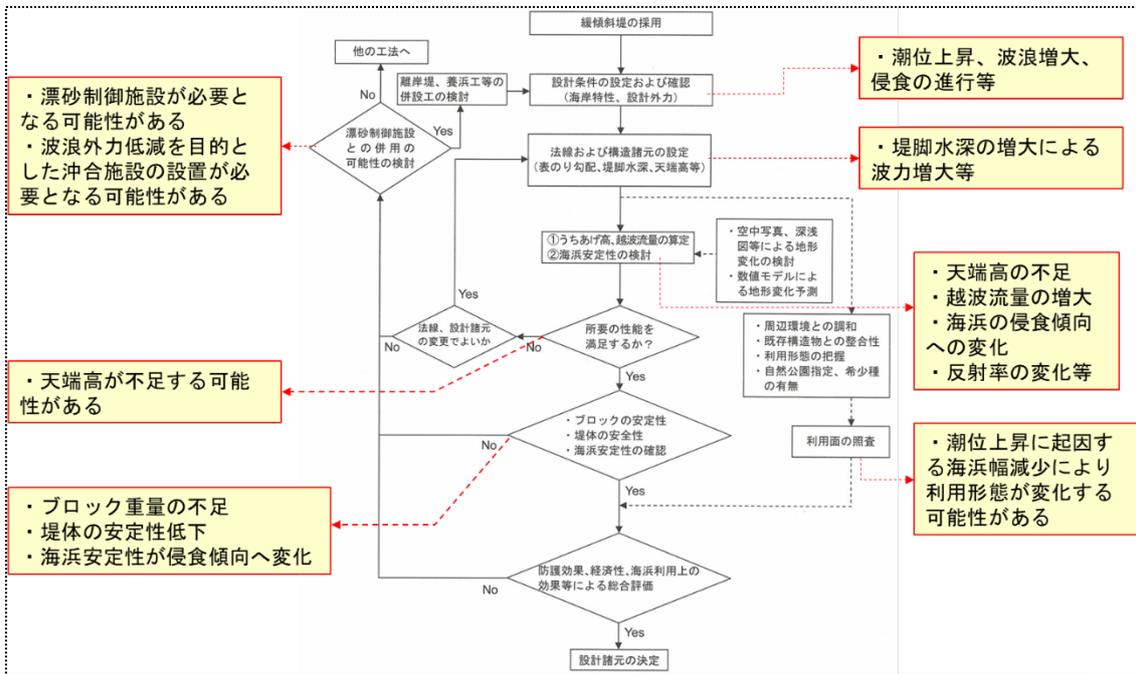


図 4-2.1 設計照査フローにおける留意点（緩傾斜護岸）

出典：「緩傾斜堤の設計の手引き（改訂版）H18.1、P48」の図-3.20 に加筆

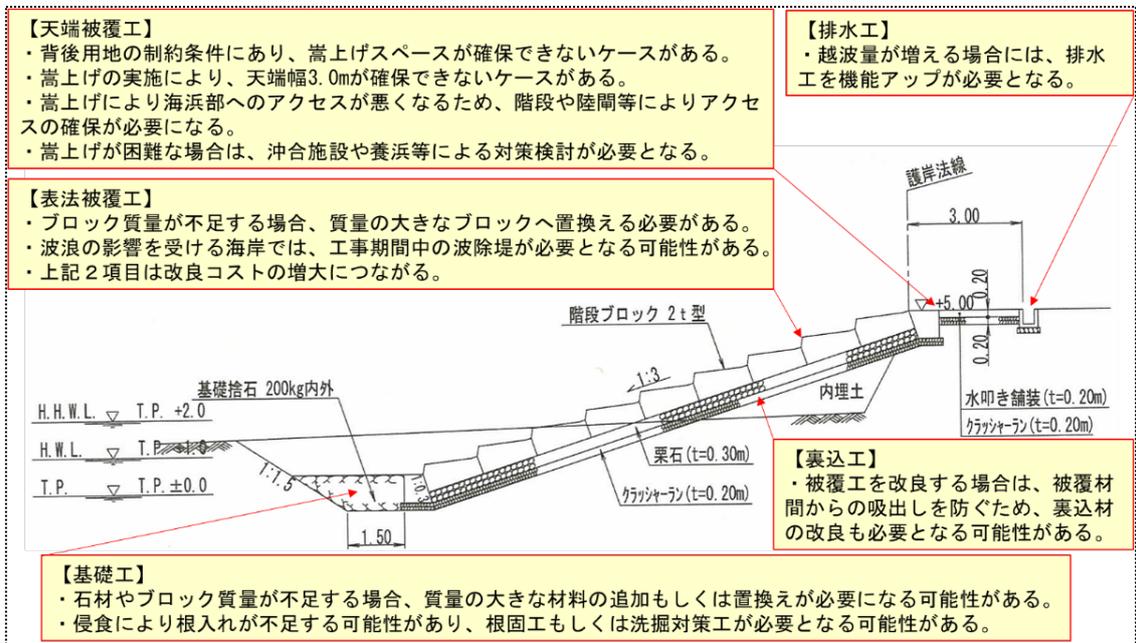


図 4-2.2 各部材における留意点（緩傾斜護岸）

出典：「緩傾斜堤の設計の手引き（改訂版）H18.1、P-A.23」の参図-25 に加筆

4-2-3 対策工検討・整備計画に関する留意点

嵩上げに際しては、海浜部へのアクセスの確保、背後地の制約条件等への配慮が必要である。特に、表法被覆工（ブロック）の重量アップは大規模改良となるため、海岸の利用状況や将来利用計画等を踏まえて、適切な対策について検討する必要がある。

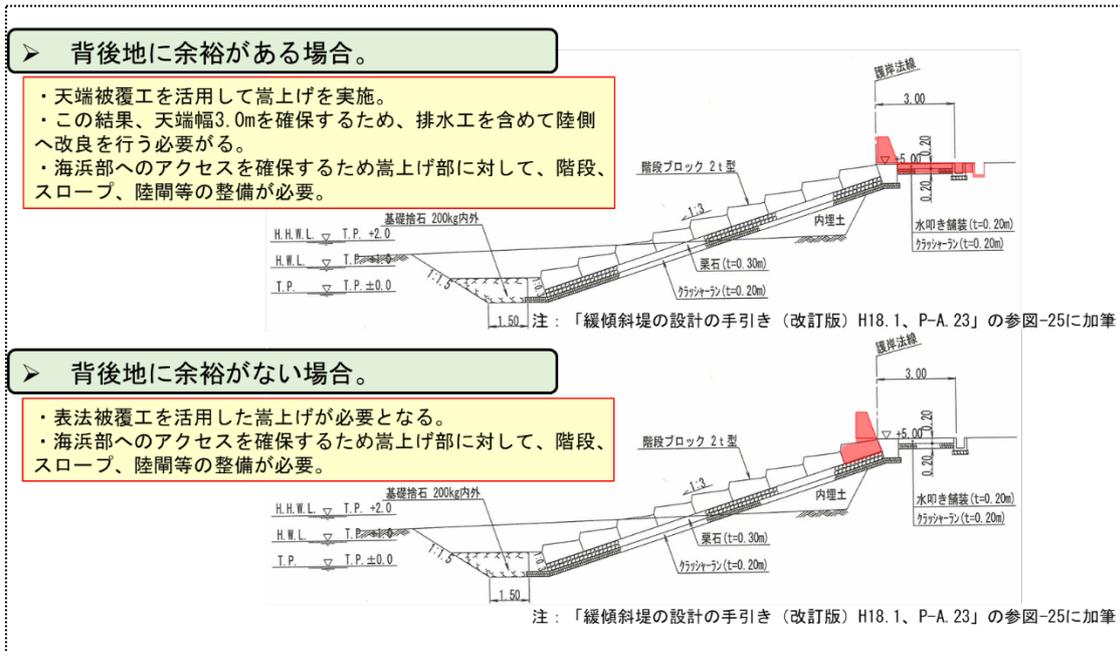


図 4-2.3 既設断面の嵩上げイメージ（緩傾斜護岸）

4-2-4 気候変動対策の考え方のまとめ

緩傾斜護岸の気候変動対策の考え方を表 4-2.2 に整理する。

表 4-2.2 気候変動対策の考え方の整理（緩傾斜護岸）

部位	新設イメージ	既設改良イメージ	
	整備	既設の性能照査	整備
天端被覆工 (天端高)	将来的に波返工設置等による嵩上げが可能となるように余裕を持った天端幅を確保	外力（潮位、波力等）の増大で天端高が不足	嵩上げ（波返工設置を含む）の実施。陸間や階段等も必要
表法被覆工	ブロック質量が不足すると大規模な改修が必要となるため、ブロックのランクアップ（ブロック質量割増し）についても検討が必要	外力（波力等）の増大で質量等が不足	質量の大きいブロックへの置換え（撤去・新規設置）
裏込工	表法被覆工の材料に対応した設計の実施	表法被覆工に対応した被覆材間からの吸出し検討	必要に応じて表法被覆工に対応した材料へ改良
基礎工	将来的な根固工もしくは洗掘対策が可能となる断面検討を実施	外力（波力等）の増大で質量不足や根入不足	根固工もしくは洗掘対策工の整備
排水工	将来的な越波量を考慮した排水能力、断面検討を実施（集水桝等を含む）	越波量の増大により排水能力が不足	越波量に対応した排水工の改良（集水桝等を含む）

4-3 附帯施設のモデル検討

本節ではE地区の収集資料を踏まえ、水門を対象に計画・設計上の留意点を整理する。なお、本手引改訂に当たって気候変動影響を考慮した網羅的な留意点を抽出する観点から、関連する基準等を踏まえて一般的な水門の留意点を含めて整理する。

4-3-1 気候変動により影響を受ける設計条件

気候変動によって影響が生じる設計条件を下記に整理する。水門は河川・海岸の堤防・護岸等と隣接するため、隣接施設の気候変動適応策との整合性（防護高、整備時期等）に留意する必要がある。

表 4-3.1 設計条件に対する気候変動の影響（水門）

設計条件	気候変動による影響
流域からの流入量	降雨増加に伴う流入量の増大
計画内水位、計画外水位	河川堤防・護岸等のかさ上げとの整合 降雨増加に伴う内水位の増大
波浪	波高・周期の増大（極端現象の増大）
漂砂	侵食・堆積傾向が変化する可能性がある
地盤	内外水位差の変化によるパイピングの発生
地域内標高	大きな影響はない
地震	大きな影響はない
海岸の利用及び利用者の安全	砂浜の減少（天文潮位上昇による相対的な減少を含む）等により、周辺海岸の利用条件が変化する可能性がある
船舶航行条件	潮位上昇による可航高の低下

(1) 降雨量と河川流量の将来変化

「気候変動を踏まえた治水計画のあり方（改訂）」を踏まえて、降雨量と河川流量の将来変化は以下のように整理される。

- **降雨量**：2040年頃に治水計画の対象とする降雨量の変化倍率を1.1倍と設定。
- **河川流量**：1級河川では1.2倍（全国平均）。（漁港海岸では小河川も対象であり、同様に設定してよいか確認が必要）

気候変動影響に伴う降雨量の増加予測に基づき、河川流量と流出量ハイドログラフの将来変化の算定が必要となる。河川の流下能力が不足する場合は、河川整備として河道断面の拡幅もありうる。

E地区では、水門と一体的に排水ポンプが整備されていることから、気候変動影響を踏まえた一次元/二次元不定流モデルにより、水門閉鎖時に必要なポンプ排水能力の算定が必要となる。外水位が上昇するため、ポンプの揚程もチェックすることが望ましい。

以上を踏まえ、水門の気候変動適応策を設計・計画する際は、河川整備との連携が重要と考えられる。

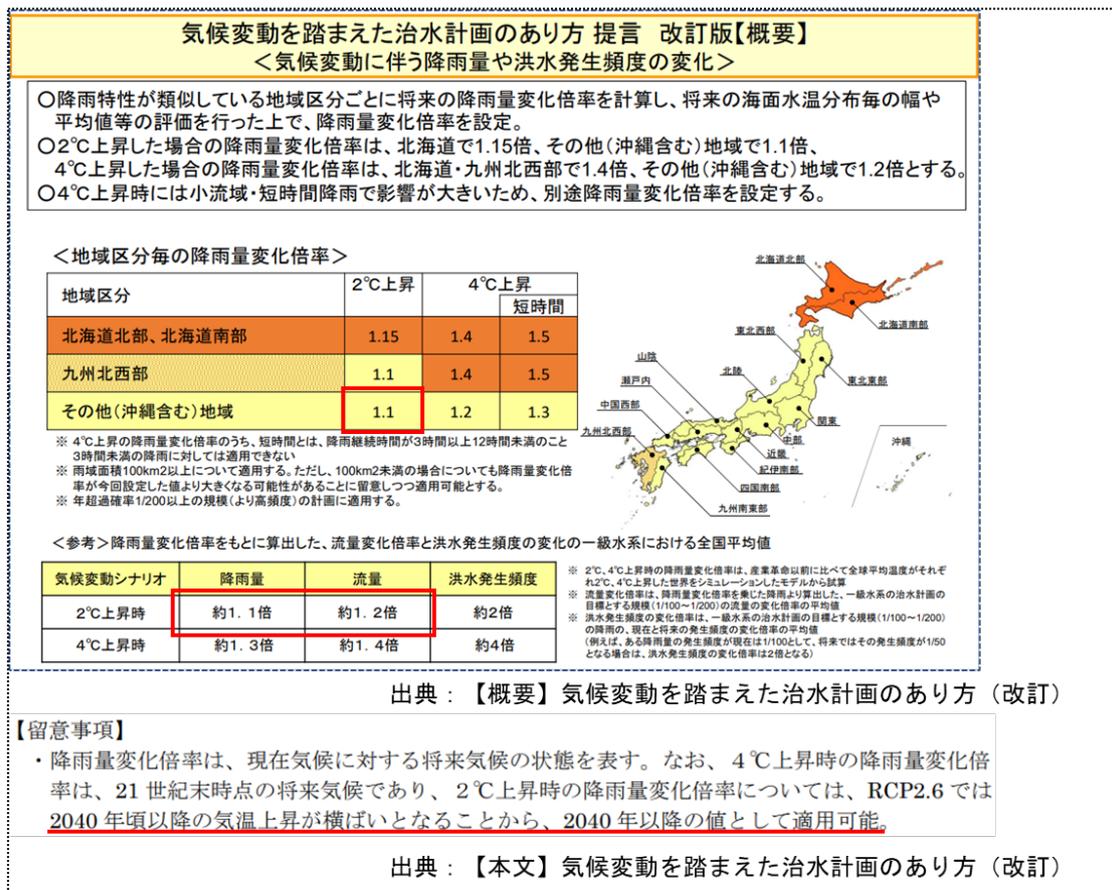


図 4-3.1 気候変動を踏まえた降雨量・河川流量の将来変化

(2) 風速の将来変化

風圧力について、台風等の強大化により設計風速（50年確率風速、等）は増大する可能性がある。

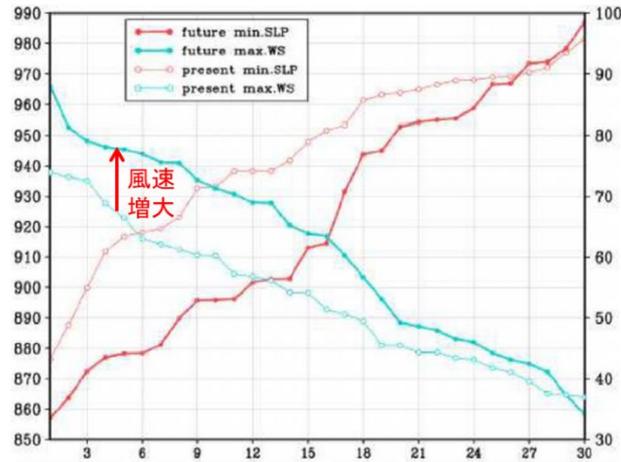


図 7.2.3 現在気候及び将来気候における、強い台風（各期間の上位 30 個）の最大強度
横軸は、現在気候（1979～1993 年、細線）及び将来気候（2074～2087 年、太線）それぞれで強い方から順に選んだ 30 個の台風事例。左縦軸は中心気圧（赤、hPa）、右縦軸は最大風速（水色、m/s）を表す。（Tsuboki et al. (2015)より、CC-BY-NC-ND 4.0 ライセンス (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) に基づき転載)

図 4-3.2 強い台風の気候変動に伴う最大風速の変化

出典：「日本の気候変動 2020」の図に追記

(3) 各外力の将来変化の違い

気候変動予測に基づき設定した外力について、各外力の経年変化や不確実性（予測シナリオ、計算精度等）へ柔軟に対応できるように、設計・整備を進める必要がある。

以下のように各外力の経年変化の傾向は異なる場合があり、必要性能（施設高、耐力等）の経年変化を評価する際に留意が必要である。

- 海面上昇：2℃上昇シナリオでは、21世紀末まで概ね単調増加を想定^{※1}。
- 潮位偏差・波浪：海面上昇と同様に、21世紀末まで単調増加を想定^{※2}。
- 降雨量：2040年まで増加し、以降は横ばいを想定^{※3}。

※1：「海洋・雪氷圏特別報告書（SROCC）」より整理。

※2：d4PDF/d2PDF では気候変動前後の2時期の予測のみ示されており、途中時点の外力の経年変化が示されていないため、本検討では海面上昇と同様に単調増加を想定している。

※3：「気候変動を踏まえた治水計画のあり方（改訂）」より整理。

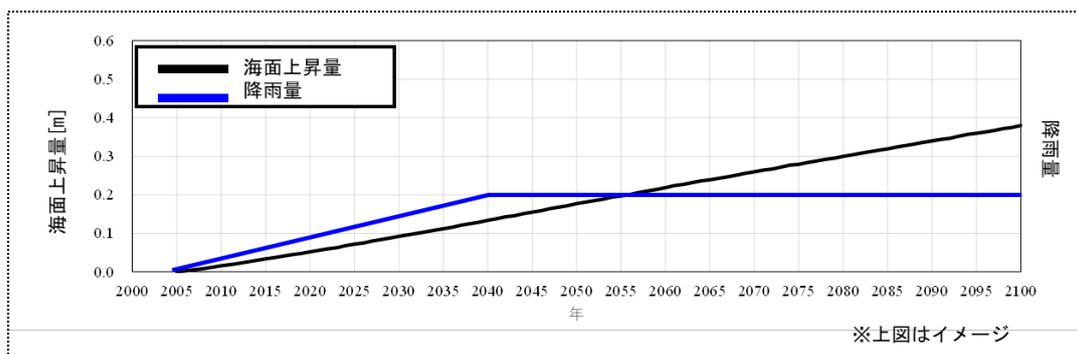


図 4-3.3 海面上昇と降雨量の経年変化の違い

4-3-2 対策工検討における留意点

E地区の水門（排水ポンプを含む）について、気候変動適応策を実施する際の対策工の概要を以下に整理する。

他事例としては、大阪府の気候変動を考慮した水門整備検討^{*}を参照できる。また、2011年東日本大震災では広域地盤沈下に伴い、水門のゲート天端の嵩上げが多数行われているため、対策工法の参考にできると考えられる。

※令和2年度 大阪府河川構造物等審議会気候変動検討部会

ゲート天端の嵩上げ方法

- ゲート上に鋼板を追加
- 天端不足部に梁（カーテンウォール）を追加

排水能力の増強

- ポンプの追加、交換

吸い出し防止

- 外水位の上昇により、現設計より内外水位差が増大した場合、土粒子が吸い出されるのを防ぐため、必要に応じて矢板等で水みちを遮断。

4-3-3 安定性照査に関する留意点

不足する高さの嵩上げや作用荷重の増加に対する補強工事は、様々な部材に影響を及ぼすため、対策を行う部材だけでなく、各部材について照査を行い、必要に応じ、副次的な対策を行う必要がある。

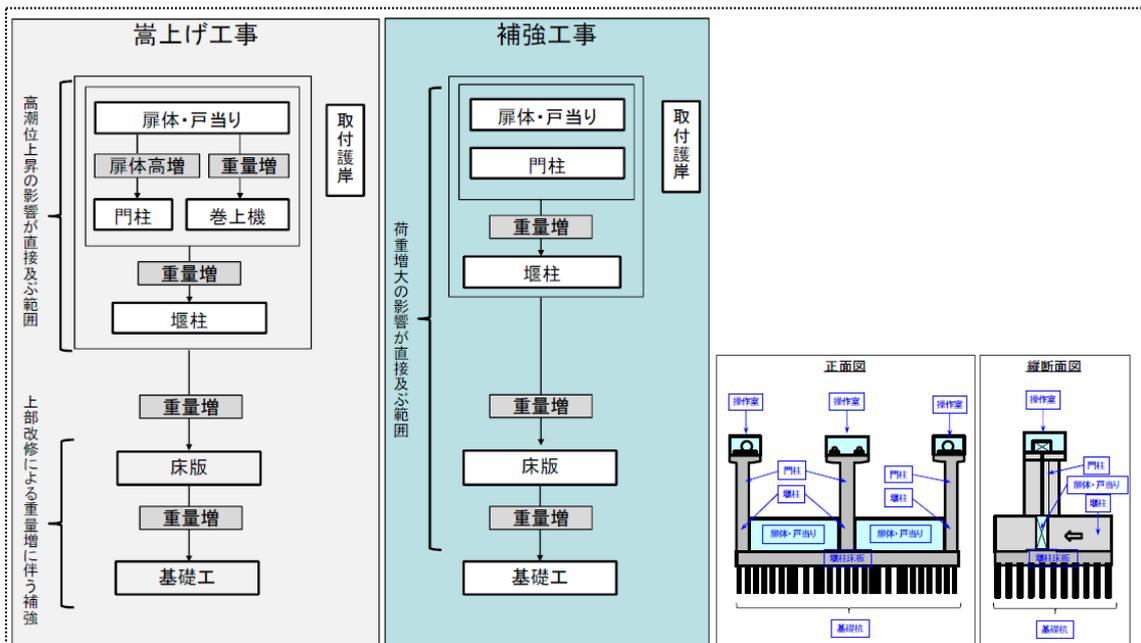


図 4-3.4 対策工の実施に伴う他部材への影響イメージ

出典：令和2年度 大阪府河川構造物等審議会気候変動検討部会、参考資料

4-3-4 整備計画における留意点

将来の外力変化予測を踏まえ、部材毎に耐用期間内に必要とされる安全性を確保するものとし、耐用期間終了時点で想定される外力を用いて設計を行う。その際、気候変動の不確実性を踏まえ、気候変動シナリオが上振れ（4℃上昇等）した場合でも順応的に改良できるような設計上の工夫を講じることも選択肢として想定される。

○各部材の耐用年数の例

- ・ 耐用 100 年以上（永久）：本体（門柱）、基礎など
- ・ 耐用 50 年部材：ゲート扉体など
- ・ 耐用 30 年部材：制御機器など

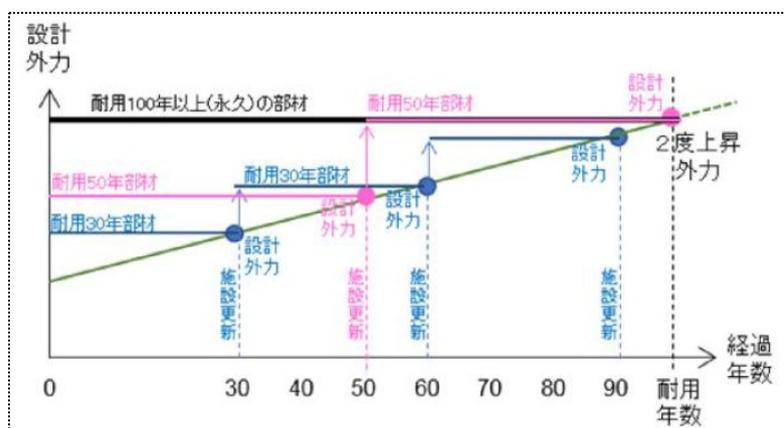


図 4-3.5 部材ごとの耐用期間を考慮した外力設定イメージ

出典：令和 2 年度 大阪府河川構造物等審議会気候変動検討部会、参考資料

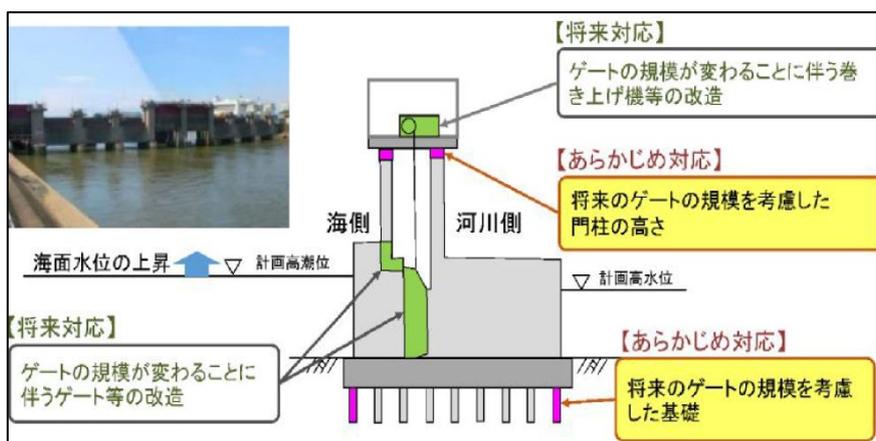


図 4-3.6 気候変動の不確実性へ順応的に対応可能な設計のイメージ

出典：気候変動を踏まえた治水計画のあり方 提言 参考資料

4-3-5 気候変動対策の考え方のまとめ

水門の気候変動対策の考え方を表 4-3.2 に整理する。

表 4-3.2 気候変動対策の考え方の整理（水門）

部位		新設イメージ	既設改良イメージ	
		整備	既設の性能照査	整備
基礎工		途中改修が困難なため、2℃上昇で一括整備※	外力（静水圧等）の増加で耐力が不足	改修費が高い場合、撤去+再整備、廃止（防護ライン見直し）
門柱・堰柱・床版		途中改修が困難なため、2℃上昇で一括整備※	外力（静水圧等）の増加で耐力が不足	改修費が高い場合、撤去+再整備、廃止（防護ライン見直し）
ゲート	高さ	2℃上昇で一括整備。気候シナリオが上振れした場合には嵩上げできるように、余裕を確保	外水位の上昇によりゲート天端高が不足	ゲートの嵩上げ、本体への梁追加
	強度	2℃上昇で一括整備	外力（静水圧等）の増加で耐力が不足	ゲートの補強、交換
機械設備（巻上機等）		耐用年数に応じて段階的に性能向上	ゲート嵩上げの場合、巻上機の能力が不足	巻上機の交換、増設

※気候変動の上振れ時の途中改修の費用や困難性・背後利用等を踏まえ、必要に応じて気候変動の上振れ（4℃上昇シナリオ等）を踏まえた整備も検討可。