

## 市川市塩浜護岸改修事業のモニタリング手法について

平成 19 年 8 月

千葉県 県土整備部 河川整備課

# 目 次

1. 事業計画	1
2. 順応的管理による護岸改修計画	1
2.1 包括的目標（＝事業の目標）及び事業実施方針	1
2.2 個別目標	2
2.3 管理手法（目標達成基準による管理）	2
2.3.1 管理手法	2
2.3.2 目標達成基準、及び検証基準の設定	3
2.4 想定とのズレ、目標不達成の可能性が生じた場合の方策	15
3. 平成 18・19 年度事業実施状況	17
3.1 平成 18・19 年度工事実施状況	17
3.2 平成 18・19 年度モニタリング調査実施状況	19
3.2.1 防 護	19
3.2.2 環 境	20
3.2.3 利用（景観・親水性）	23
3.2.4 改善点等	24
4. 平成 20 年度事業実施計画	27
5. モニタリング調査結果	35
5.1 流況・波浪	36
5.2 地形	41
5.3 底質（粒径）	44
5.4 潮間帯生物	46
5.4.1 護岸部潮間帯への生物の着生状況について	46
5.4.2 石積傾斜堤に関する他事例調査の結果	57
5.4.3 塩浜護岸との比較・予測	64

資料編（生データ添付）

# 市川市塩浜護岸改修業のモニタリング手法について

## 1. 事業計画

海岸保全区域に指定した塩浜 2 丁目、3 丁目地先の護岸については安全性の確保を図るとともに海と陸との自然な連続性を取り戻すため、生態系にも配慮した、高潮防護の護岸改修を進める。(平成 18 年 1 月計画確定)

- ・全体事業量(長期目標): L=1,700m  
(塩浜 2 丁目、3 丁目地先)
- ・5 ヶ年整備目標: L=900m(塩浜 2 丁目地先)
- ・護岸の整備、モニタリング調査、順応的管理

## 2. 順応的管理による護岸改修計画

### 2.1 包括的目標(=事業の目標)、及び事業実施方針

当該海岸の利用者、管理者等の関係者が共通認識をもって、海と陸との連続性を取り戻すために策定した事業計画の目標部分の記述が、当該改修事業の包括的な目標である。

包括的目標  
海岸保全区域に指定した塩浜 2 丁目、3 丁目地先の護岸については安全性の確保を図るとともに海と陸との自然な連続性を取り戻すため、生態系にも配慮した、高潮防護の護岸改修を進める。

事業の実施方針は、基本的には年度ごとに取りまとめられる事業実施計画に記載されるが、基本的な事業の実施方針は以下の通りである。

#### 事業実施方針

##### < 護岸の整備 >

平成 22 年までの完成を目指して石積緩傾斜堤の工事を実施すること。

##### < モニタリング調査 >

対象箇所周辺において生物、底質、地形、波浪・流況、景観に関する調査を実施して、順応的管理におけるレビューの材料とする。

##### < 順応的管理 >

モニタリング結果等を基に「護岸構造」を評価・検討し、より良い工夫を施していく。

## 2.2 個別目標

事業実施方針より、包括的目標を「防護」(安全)、「環境」(生態系)、「利用」(連続性や親水スポット整備)に細分化し、それぞれの個別目標を掲げた。

「順応的管理」とは、自然の不確実性を踏まえて事業着手後もモニタリングを継続し、その結果を事業に反映させることであり、一般に影響予測に関して不確実性が高い生態系などの自然環境を改変する場合を対象として、適応されるケースが多い。

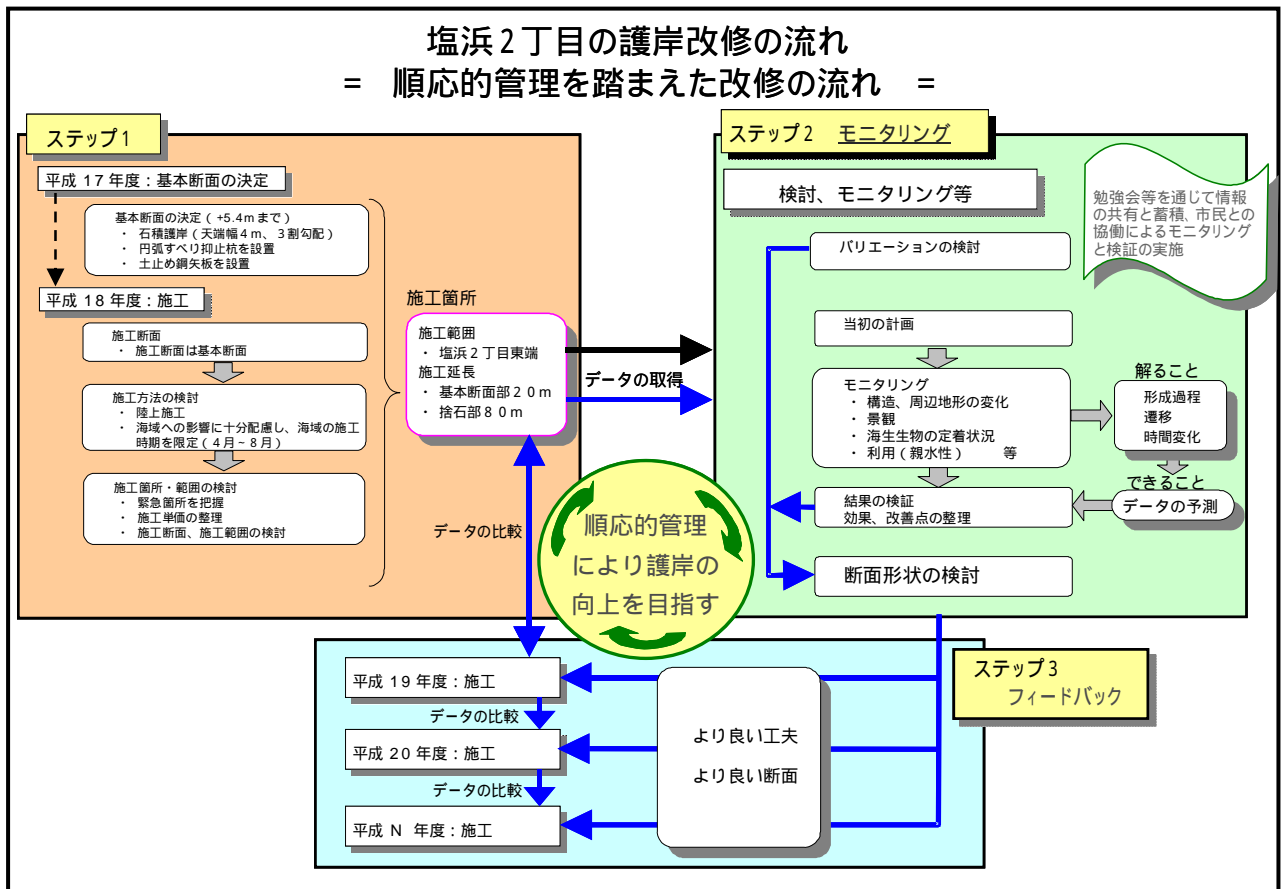
しかしながら、当該海岸における護岸改修事業は、既設護岸の老朽化より防護面の緊急度が高いこと、及び周辺住民より海岸利用に関する要望が高いことなどから、「環境」だけでなく、「防護」、「利用」に関しても同等の個別目標を設定し、3つの目標を満たすことを目的に順応的管理を実施することとした。

- 個別目標 1：防護……………背後地の安全の確保
- 個別目標 2：環境……………周辺生態系の保全
- 個別目標 3：利用……………三番瀬の海岸として好ましい景観  
……………人々と三番瀬の触れ合いの確保

## 2.3 管理手法(目標達成基準による管理)

### 2.3.1 管理の手法

事業実施方針に基づく成果が目標に向かって達成されているかについて、具体的な目標達成基準を検討・設定した。目標達成基準の設定にあたっては、達成が望まれる「指標項目」、「目標レベル」、「目標達成年次」についてできる限り定量的に設定した。



## 2.3.2 目標達成基準、及び検証基準の設定

護岸の改修により、目標とする防護がどれだけ確保されたのかについての検証基準を設定した。

### 個別目標 1: 防護

目標達成基準：高潮等の災害から背後地の安全を早期に確保すること

#### (1) 市川塩浜護岸改修事業の内容

- ・事業計画：5ヶ年整備計画目標 L = 約 900m
- ・実施計画：平成 17・18 年度施工分 工事延長 L = 100m (完成形 20m)

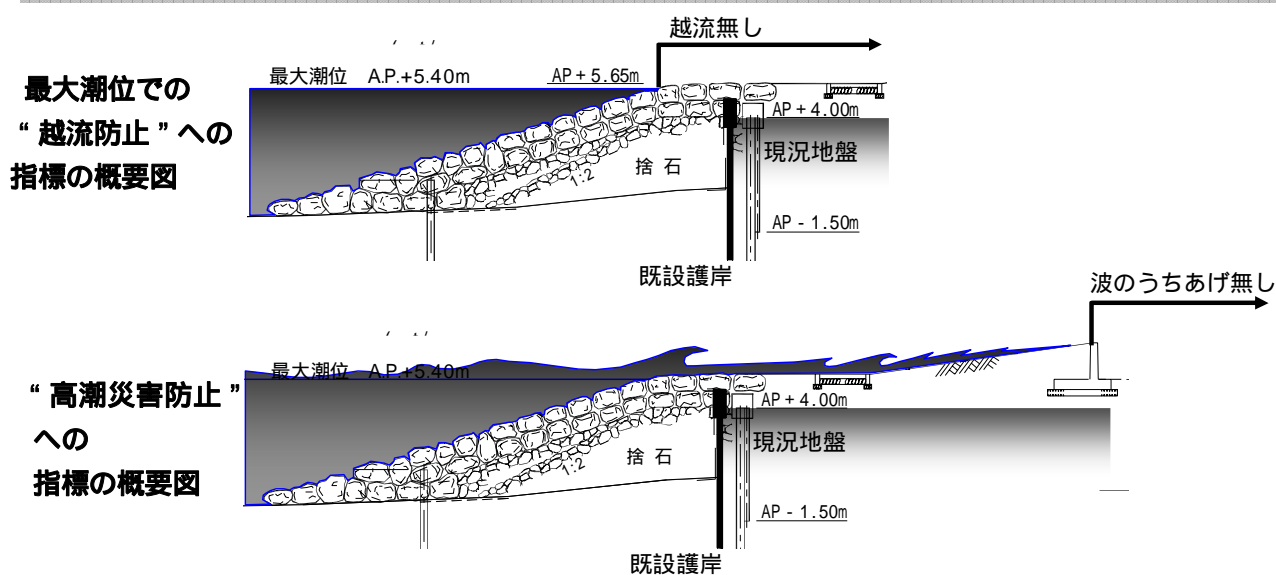
#### (2) 目標とする防護に対する確保状況の検討

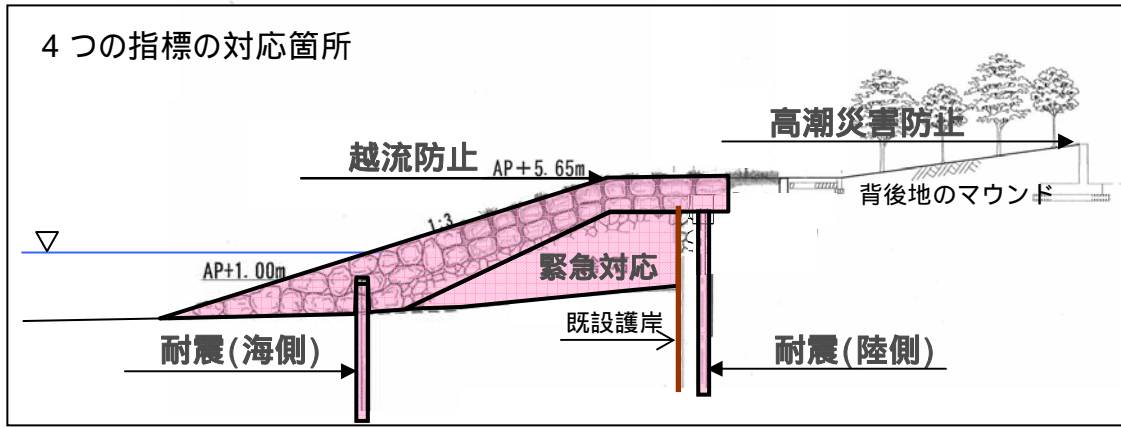
目標とする防護に対する確保状況の指標として、護岸に期待する機能を指標とするものとし、「緊急対応」、「耐震」及び「高潮」の観点から、以下の4つの項目を設定した。

なお、以下の項目は、それぞれに期待する機能であることから指標ごとの検討でとどめ全体総括は行わないものとする（機能ごとの確保状況を明確にしておくため）。

#### “防護”に対する4つの指標

- |                  |  |
|------------------|--|
| “緊急対応”への指標       | ：既設護岸の補強に必要な石積が確保されたか。<br>➤ 既設護岸の倒壊を防止                               |
| “耐震”への指標         | ：H鋼杭（陸側、海側）が打設されたか。<br>➤ 海側は石積部の震度5強への防護を確保<br>➤ 陸側は背後地盤の震度5強への防護を確保 |
| 最大潮位での“越流防止”への指標 | ：石積堤の高さがA.P.+5.4mに達しているか。<br>➤ A.P.+5.4mに達する最大潮位への防護を確保              |
| “高潮災害防止”への指標     | ：背後地のマウンド高さがA.P.+7.18mに達しているか。<br>➤ 高潮災害への防護を確保                      |





地域の防護の確保状況の評価は以下の方法を設定した。

**イ) 各工区ごと、各指標ごとに状況を評価(目標数値に対する評価)**

**【評価値の計算方法】**

緊急対応 : 捨石有りは 100%、無しは 0%

耐震 : 陸側・海側の H 鋼杭が打設されれば 100%  
 どちらか片方の打設は 50%、無しは 0%

越流防止 : 評価値 = (石積堤の高さ / 計画潮位 A.P.+5.4m) × 100 (%)

高潮災害防止 : 評価値 = (護岸工事の確保高さ / マウンド計画高 A.P.+7.18m) × 100 (%)

注) の A.P.+7.18m までの背後地の高さの確保は、平成 22 年度までの事業に含まれないため、最終目標値は  $(5.4/7.18) \times 100 = 75.2\%$  となる。

**ロ) 各工区延長によって重み付けを行う。**

**ハ) “ロ)” の合計で、各指標の 900m 区間全体の確保状況を評価する。**

この他に石積護岸の消波効果による要素の追加について検討中。

**(3) 検証基準**

地域の防護の確保に関する検証基準は、事業計画を踏まえて以下の通りとした。

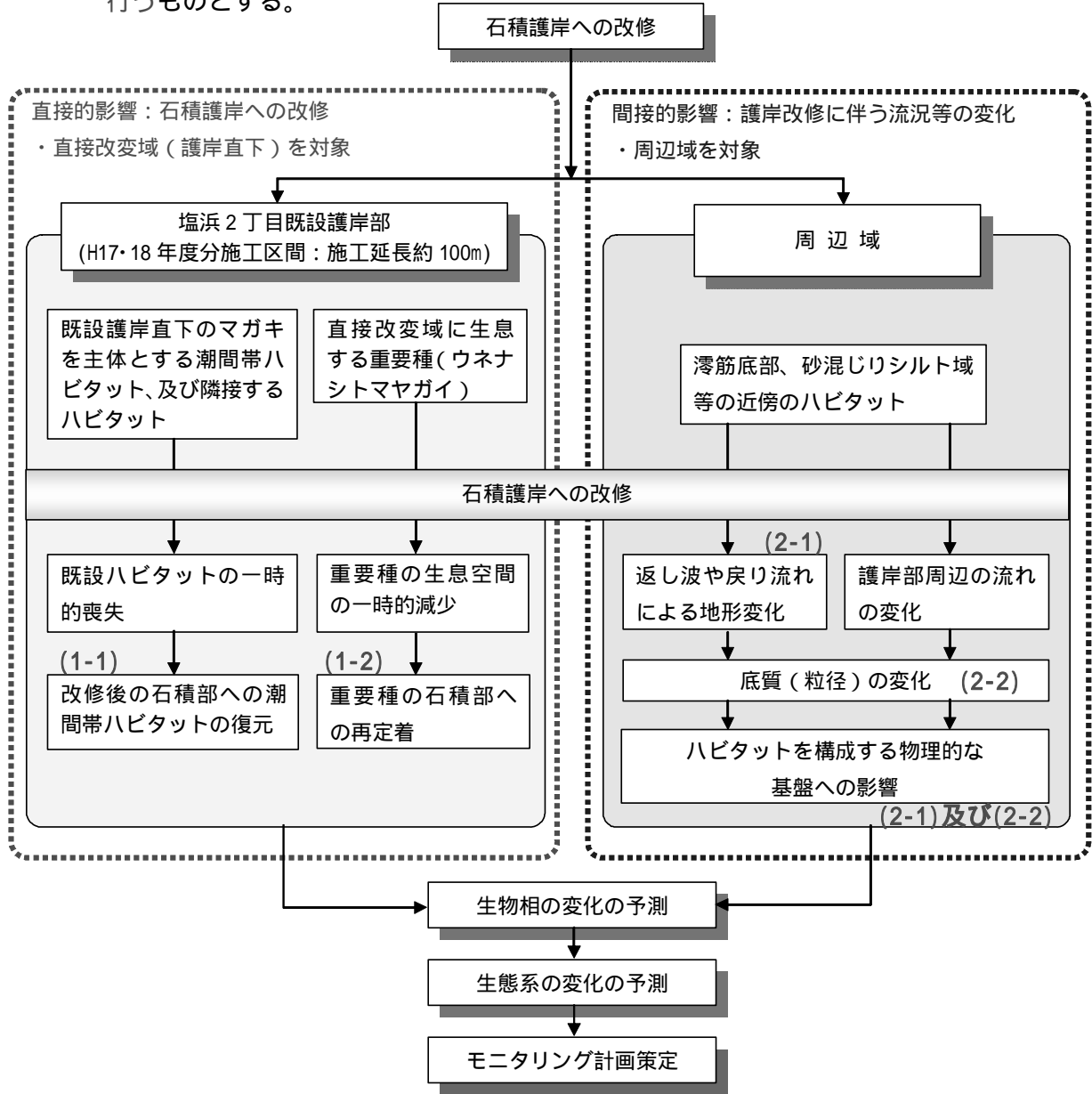
地域の防護の確保に関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
防護の確保状況	平成 22 年度頃	塩浜 2 丁目	地域の防護に対する 4 つ指標がそれぞれ施工延長 900m にわたって、 緊急対応への指標 100% 耐震の指標 100% 越流防止への指標 100% 高潮災害防止への指標 75.2% を確保すること

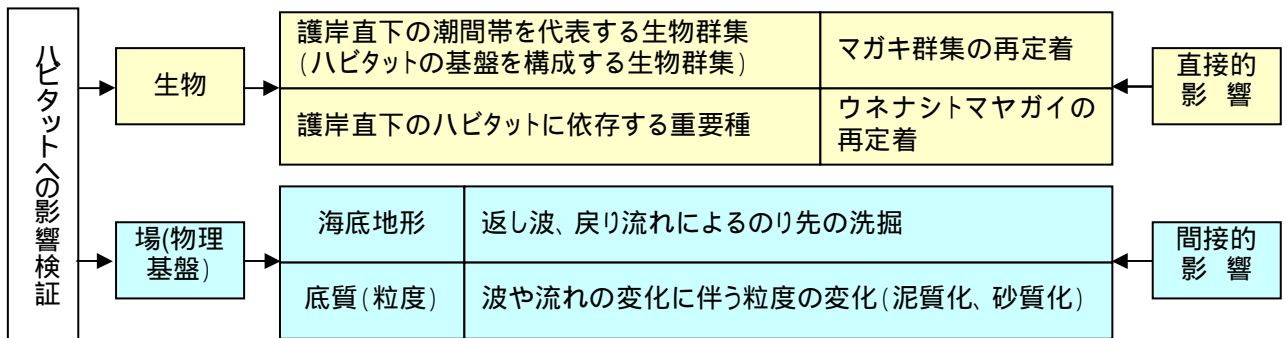
個別目標 2: 環境

(1) 検証手法の考え方

周辺生態系の保全に関する検証は、平成 17 年度に護岸検討委員会で行った環境影響に対する予測結果を検証することを目的に、項目毎に目標達成基準を設定し検証を行うものとする。



平成 17 年度護岸検討委員会で行った護岸改修事業の生物への影響予測のフロー



(2) 直接的影響に関する目標達成基準

目標達成基準 1：マガキを主体とした潮間帯生物群集が、改修後の石積護岸の潮間帯に定着し、カキ殻の間隙が他の生物の隠れ場、産卵場などに利用され潮間帯のハビタットとして機能すること

a) 潮間帯生物の定着に関する検証基準の設定

改修後の石積護岸の潮間帯におけるマガキを主体とした潮間帯生物群集の定着に関する検証基準を設定する。

イ) 改修前の直立護岸直下の潮間帯生物群集について

施工前調査（平成 18 年 4 月）における潮間帯生物の調査結果を示す。

高潮帯では、イワフジツボ、シロスジフジツボ、中潮帯ではタマキビガイ、マガキ、低潮帯ではマガキがそれぞれ優占している。

中～低潮帯で優占種となっているマガキは、他の出現種に比べて個体が大型であり、かつ密集して着生する。また、殻の間隙等は、タマキビガイ等の他の生物の生息場として利用されている。

施工前調査における工事区域の潮間帯生物

調査年月日：平成 18 年 4 月 1 日 単位：個体数/m<sup>2</sup>

綱名	種名	高潮帯	中潮帯	低潮帯
		A.P.2.0m付近	A.P.1.5m付近	A.P.1.0m付近
多毛綱	カンザシゴカイ科		+	
腹足綱	タマキビガイ	64	2560	4
	アラレタマキビ	12		
	イボニシ		8	12
二枚貝綱	マガキ	+	40%	40%
甲殻綱	イワフジツボ	50%	+	
	シロスジフジツボ		10%	

注 1：%表示の種はm<sup>2</sup>当たりの被度を示す。

注 2：マガキについては、殻と殻の間隙が他の生物の生息空間として利用されているため、ハビタットの構成要素として、死貝の殻も被度に含めている。

注 3：+は被度 5%未満を示す。

ロ) 検証基準

前述したように、中～低潮帯で優占種となっているマガキは、他の出現種に比べて個体が大型であり、かつ密集して着生する。

また殻の間隙等は、タマキビガイやカニ類等の他の生物の生息場としても利用されており、護岸直下の潮間帯ハビタットを構成する最も重要な生物種と考えられる。

従って、改修後の石積部が潮間帯のハビタットとして機能するためには、施工前と同程度の被度でマガキが着生する必要があるものと考えられる。

これらを踏まえて、施工後の石積護岸への潮間帯生物の定着に関する検証基準は、以下の通りとした。

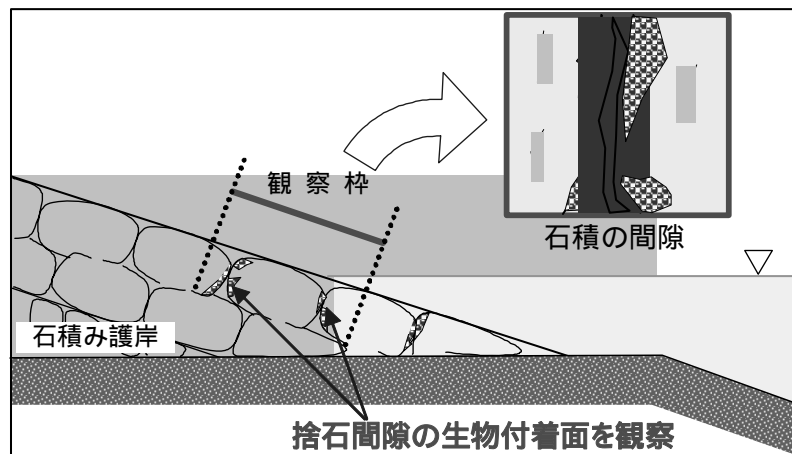


(1-1) 表 潮間帯生物の定着に関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
マガキの着生面積	施工後5年以内	平成18年度施工の石積護岸の潮間帯(中潮帯～低潮帯)	石積部において、1m×1mの中にマガキの着生面積が0.53㎡程度になること。  施工前の鋼矢板部におけるマガキの平面1㎡当たりの被度40%に相当。

モニタリングにおける検証法について

モニタリング結果の検証に当たっては、石積上に設定した観察枠内の捨石間隙のマガキの被度を観察し、着生被度を着生面積に換算し検証を行うこととする。



モニタリングにおける検証方法

b) 重要種の定着に関する検証基準の設定

護岸直下のマガキに代表されるハビタットに依存する重要種としては、二枚貝類のウネナシトマガイ（千葉県レッドデータブック カテゴリー-A）が挙げられる。

ここでは、改修後の石積護岸の潮間帯に、ウネナシトマガイの定着に関する検証基準を設定した。

イ) 改修前の護岸直下における生息状況

改修前の護岸直下における

ウネナシトマガイの生息状況について以下に示す。

平成 16～17 年度に実施された環境基礎調査における、工事区域に最も近い調査測線 L-1 の確認状況を示す。また、平成 18 年 4 月に実施された工事区域における施工前調査の確認状況を併せて示す。

護岸直下のウネナシトマガイの確認状況

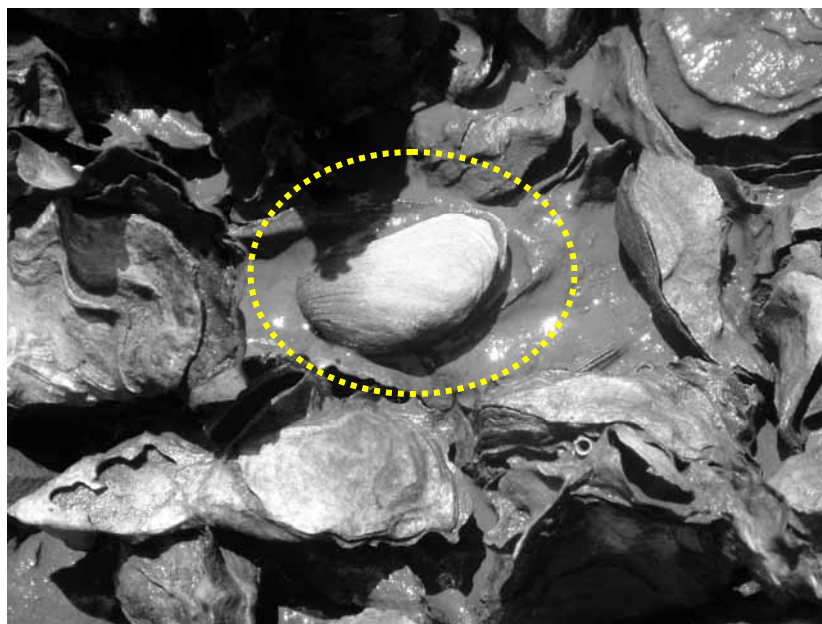
単位:個体数/m<sup>2</sup>

調査時期	環境基礎調査(平成16年～平成17年)				施工前調査
	秋季	冬季	春季	夏季	平成18年 4月
杓取分析	16	0	4	4	0
目視観察	0	0	0	4	4

注 1: 杓取分析は、方形杓内の潮間帯生物を採取し室内分析を行った。

注 2: 目視観察は、ライトランセクト法により方形杓内の潮間帯生物の個体数の計数を行った。

これまでの確認状況から、本種は大部分がカキ殻の間隙に入り込む状況で確認されており、本種の定着の前提条件として、マガキによる潮間帯のハビタットが構成されている必要があると考えられる。



カキ殻の間隙に生息するウネナシトマガイ(円内)

ロ) 検証基準

工事区域周辺におけるウネナシトマヤガイの確認状況を踏まえて、施工後の石積護岸への本種の定着に関する検証基準は、以下の通りとする。

(1-2) 重要種の定着に関する検証基準

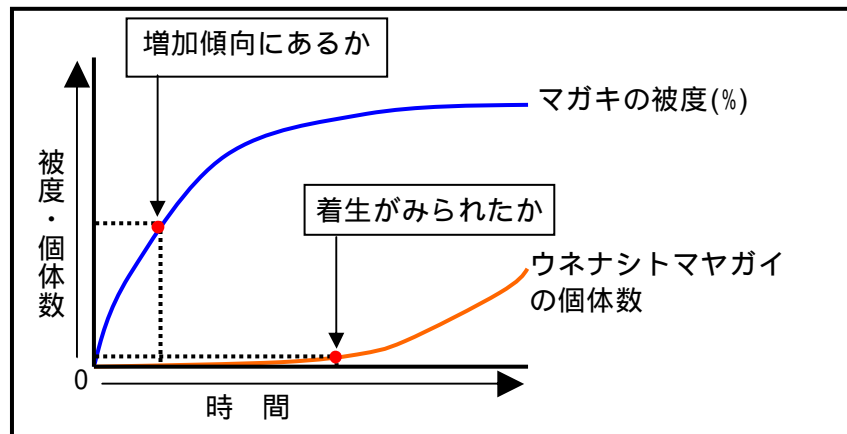
検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
ウネナシトマヤガイの個体数	施工後5～10年	平成18年度施工の石積護岸の潮間帯～潮下帯	確認されること (1個体/m <sup>2</sup> 以上) 但し、確認箇所は複数箇所とする。

途中段階の年次における検証基準について

一般的に生物が新たな生息空間（この場合は付着基盤）に進出する場合、マガキのように個体数が多く優勢な種は、下図に示すように対数関数的な増加傾向を示す。

これに対して、ウネナシトマヤガイのように個体数が少なく、マガキ群集が成立後、そこを棲み場として利用するような種の場合は、その個体数増加は、指数関数的な曲線を描くものと考えられる。

生物の生息個体数を一年ごとに数値的に予測することは困難であるため、以下の想定される個体数の増加曲線を踏まえて、目標達成時期までの途中段階の年次においては、マガキについては、その被度が増加傾向にあること、ウネナシトマヤガイについては、着生の有無によって検証を行っていくものとする。



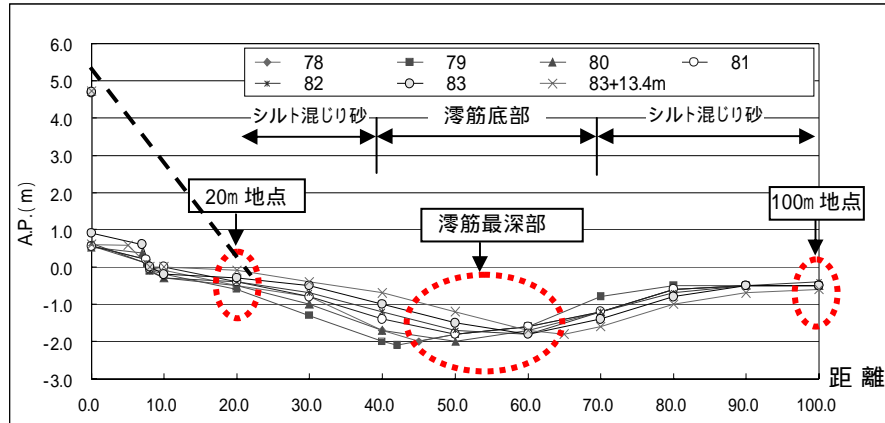
生物の再定着のイメージ

(2) 間接的影響に関する目標達成基準

目標達成基準 2：周辺海底地形に洗掘等の著しい変化が生じないこと

a) 地形測量結果に関する検証基準

工事区域の各断面の変動幅と深浅測量精度を合わせ、各代表点における検証基準は以下の通りとした。



代表点	各測線の変動量	各測線の変動幅	深浅測量の精度	検証基準 (案)
20m 地点	0.5m	± 0.25m	± 0.2m	± 0.45m
澇筋最深部	0.3m	± 0.15m	± 0.2m	± 0.35m
100m 地点	0.2m	± 0.10m	± 0.2m	± 0.30m

地形変化に関する検証は、改修後ののり先における洗掘の検証を主目的とするため、当面は 25m 地点を検証点とする。

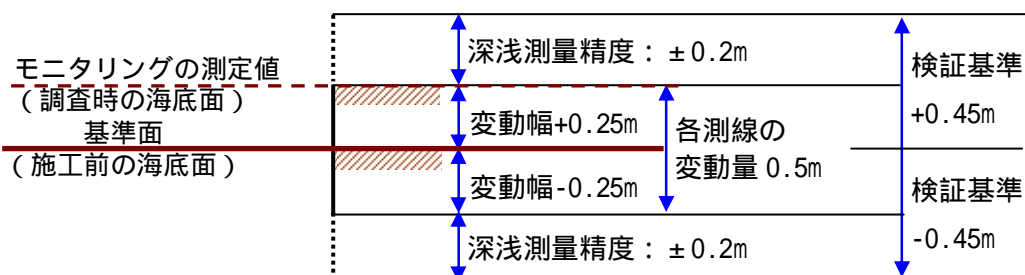
20m 地点は改修後石積部となるため、検証は施工前 20m 地点のデータを基に、改修後ののり先となる 25m 地点のデータについて行う。

ここで、25m 地点の検証基準は、上記によれば ±0.45m となるが、精度管理上、±0.5m を検証基準とする。

他の地点については、工事区域における地形の季節変動について把握後に評価を行うものとする。

(2-1) 地形測量結果に関する対する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
地形変化	施工後 1 年後	25m 地点( のり先 )	施工前海底面に対して、 ± 0.5m



検証基準の例(20m 地点の例)

b) 底質(粒度)に関する検証基準

生物の生息場(ハビタット)の物理的基盤である海底面の底質(粒度)の変化を把握することで、工事区域周辺域の生物生息場(ハビタット)への間接的な影響に関する検証基準を設定した。

イ) 工事区域の底質(粒度)

対象とする底質は海底表層であるため、風浪等の外力により季節的に変動していることが考えられる。

そこで、平成16～17年度に実施された環境基礎調査における工事区域に直近の調査測線L-1の粒度試験結果について整理した。

L-1の4季における粒度試験結果を示す。試料採取箇所は、20m地点がハビタット「シルト混じり砂」、45m地点がハビタット「澱筋底部」、90m地点がハビタット「シルト混じり砂」に対応している。

調査測線L-1における底質の変化

単位: %

ハビタット名	シルト混じり砂					澱筋底部					シルト混じり砂				
	20m					45m					90m				
距離(m)	秋季	冬季	春季	夏季	平均	秋季	冬季	春季	夏季	平均	秋季	冬季	春季	夏季	平均
季節															
礫分	1	3	0	0	1	1	1	2	1	1	16	5	7	27	14
砂分	91	86	89	95	90	13	11	29	20	18	66	76	74	53	67
泥分	8	11	11	5	9	86	88	69	79	81	18	19	19	20	19

礫分：2～75 mm，砂分：0.075～2 mm，泥分：<0.005～0.075 mm

20m地点は季節による粒度組成の変化は少なく安定している様子がみられるが、沖側の90m地点は季節による変動が大きく、最大で約20%程度の変動がみられる。

ロ) 底質(粒度)と生物の関係

底生生物は種類毎に最も多く出現する底質の範囲があることが知られている。

工事区域周辺において、澱筋部を除くハビタットを代表する生物であるアサリ、サルボウガイ、アカガイについて、既往資料より底質(粒度)に関する嗜好を整理し以下に示す。

底質に対する嗜好

生物名	ステージ	底質の状態
アサリ	稚貝	泥率8%以上、30%以下(泥分少ない方がよい)
	成貝	砂泥、泥率20～30%
サルボウガイ	成貝	砂～砂泥、泥率83～84%
アカガイ	成貝	シルト域、0.061 mm以下92%
	産卵期	軟泥、泥率95～98%

水産資源保護協会(1981)：水生生物生態資料、P.360

水産資源保護協会(1981)：水生生物生態資料(続)、P.172

上記資料では、アサリでは泥率が30%以下の比較的砂分の多い海底を嗜好し、これに対してサルボウガイ、アカガイは泥分が8～9割の泥底を好んでいる。

八) 検証基準

工事区域周辺のハビタットを構成する代表的な生物としては、アサリ、サルボウガイ、アカガイが挙げられるが、このうち、生息個体数で見ればアサリが最も多い。

よって、底質の季節変動、および濁筋底部を除く工事区域周辺のハビタットを構成する生物のうち最も生息数が多いアサリの底質に対する嗜好性を踏まえて、底質の検証基準は、各ハビタット毎に以下の通り設定した。

(2-2) 底質(粒度)に関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
泥分の割合	検証はモニタリング調査の実施毎に行うが、評価は、季節変動を考慮して、施工完了後一年間経過後に行う。	距離 22～40m ハビタット 「シルト混じり砂」	底質の季節変動、アサリの底質に対する嗜好を踏まえて、泥分の割合が40%を超えないこととする
		距離 40～70m ハビタット「濁筋底部」	アサリの生息がほとんどみられないため検証箇所としない
		距離 70～100m ハビタット「シルト混じり砂」	底質の季節変動、アサリの底質に対する嗜好を踏まえて、泥分の割合が40%を超えないこととする

注 1: 泥分は、粒度試験結果におけるシルトと粘土の割合の合計とする。

注 2: 工事区域周辺では、アサリの他に、小型のサルボウガイが多く確認されるが、漁業者への聞き取りより、浅場のサルボウガイの多くは、夏季(7月、8月)に死亡することが知られている。従って、底質(粒度)に関する検証基準の設定にあたっては、工事区域周辺で通年に渡って多く確認できるアサリの底質に対する嗜好性を踏まえて設定することとした。

注 3: 底質(粒度)に関する検証基準は平成 17・18 年度工事の 100m 区間に関する基準である。塩浜 2 丁目は、塩浜 3 丁目側に向かうにつれ泥分の割合が高くなるため、今後の底質(粒度)に関する検証基準は、工事予定箇所の底質(粒度)に合わせて、設定するものとする。

## 個別目標 3: 景観・利用

### (1) 景観に関する目標達成基準

目標達成基準 1：三番瀬の海岸として好ましい景観が形成されること。

景観に関する検証は、地元自治体を中心に一定の母数を持った無作為の住民アンケートにより、概ねの傾向をつかみ検証を行うとともに、アンケート結果のフィードバックを行うものとする。

(例：人間の目線で海側及び陸側からのいくつかのパターンのモニタージュヤパースを用意し、具体的な質問を行う。)

この他に、事業実施中のモニタリングとして、実際の利用者又は見学会等によるアンケート方式により、一定の距離が完成した時点で行うこととする。

景観に関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
護岸の景観に対する評価	事業完了時	塩浜2丁目	多くの人が護岸の景観に対し、肯定的な評価をすること

### (2) 人々と三番瀬の触れ合いに関する目標達成基準

目標達成基準 2：人々と三番瀬の触れ合いが確保されていること。

人々と三番瀬の触れ合いの確保に関する検証は、施工後、供用されないと本来の評価が出来ない。

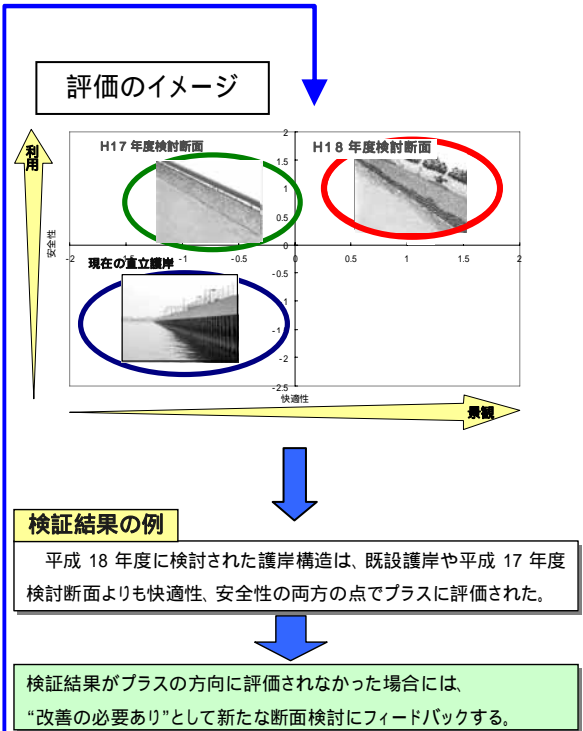
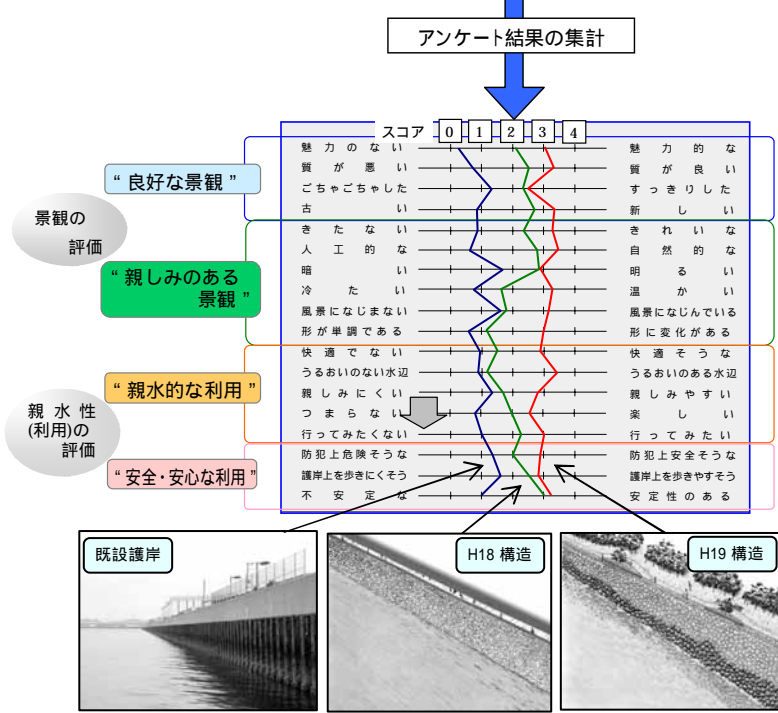
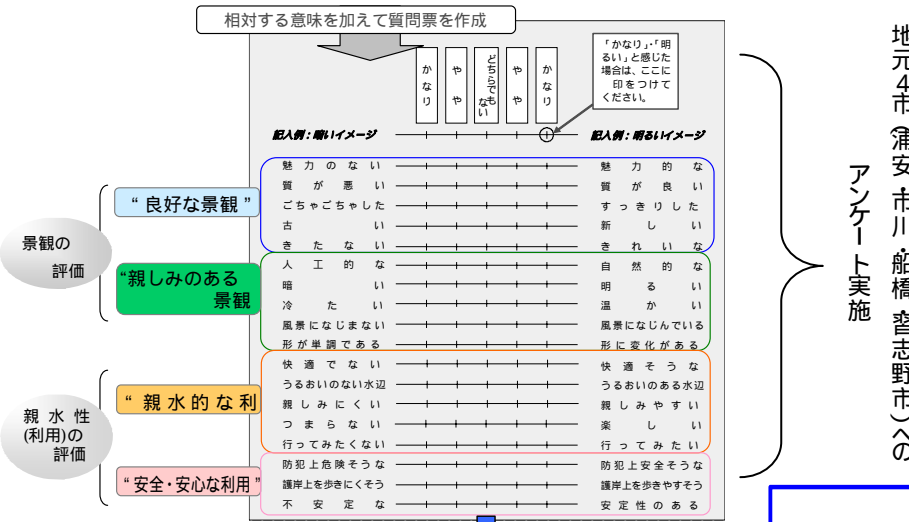
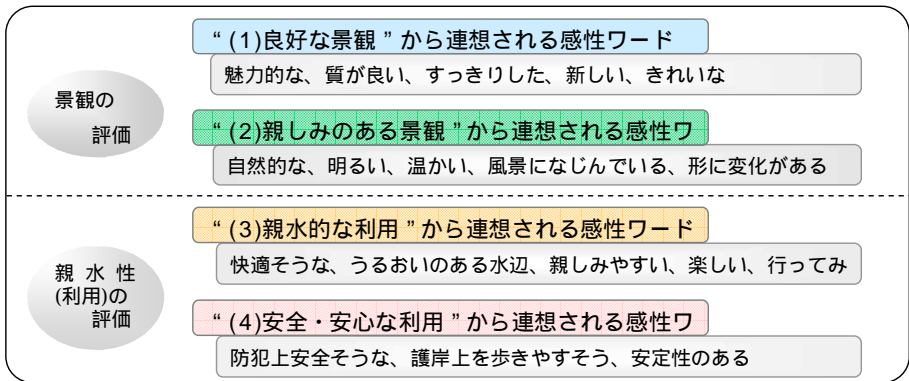
そこで、景観と同様、地元自治体を中心に一定の母数を持った無作為の住民アンケートにより、概ねの傾向をつかみ検証を行うとともに、事業実施中のモニタリングとして、見学会や試験的な供用等によるアンケート方式により、一定の距離が完成した時点で行うこととする。

人々と三番瀬の触れ合いに関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
親水性への配慮	供用時	塩浜2丁目	三番瀬との触れ合いが確保されていること

順応的管理におけるアンケートを用いた“景観”、“親水性”についての検証手法例

SD (Semantic Differential) 法によるアンケートと集計 (平成 19 年 8 月実施予定)

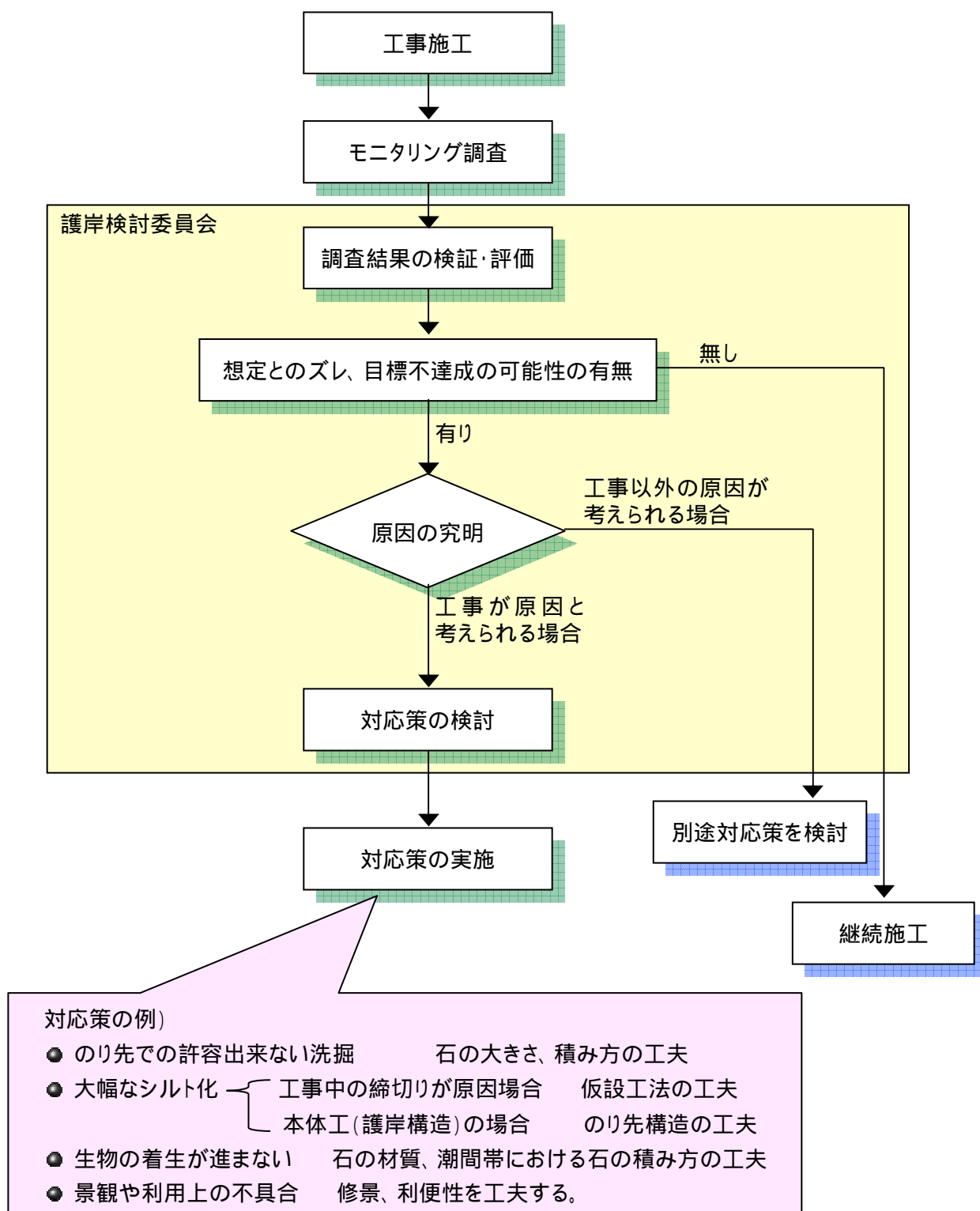


アンケートによる検証のイメージ



## 2.4 想定とのズレ、目標不達成の可能性が生じた場合の方策

想定とのズレ、目標不達成の可能性が生じた場合の方策について、あらかじめ以下のフローにより対処の流れを検討した。



想定とのズレ、目標不達成の可能性が生じた場合の方策