

2丁目護岸工事着手（平成18年）から7年後の検証評価のまとめ

1 モニタリング調査の目的

千葉県が策定した「三番瀬再生計画（事業計画）」（計画期間：平成18年度～22年度）及び「新事業計画」（計画期間：平成23年度～25年度）では、モニタリングと順応的管理により、より良い工夫を施しながら、安全性の確保と自然な連続性や生態系に配慮した護岸の改修を進めていくこととしている（※1）。本モニタリング調査は、順応的管理により実施する塩浜2丁目の護岸改修※2の検証評価の材料とするため、生物等への影響を把握することを目的として実施したものである。

※1 当該事業の事業計画

事業名：市川市塩浜護岸改修事業

3カ年目標（平成23年度～25年度）：市川市塩浜1丁目、2丁目及び3丁目護岸について、安全かつ生態系に配慮した護岸改修の推進

<護岸の整備方針>

塩浜2丁目護岸については、これまでに、老朽化の著しい塩浜2丁目における直立護岸の倒壊防止が捨石工により完了しましたが、引き続き、護岸の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、背後地のまちづくりの中で計画されている公園の前面の約100m区間に階段式護岸を検討するなど、地域住民の利用や生態系にも配慮した高潮防護の護岸改修を進め、整備中区間（約900m）については、平成25年度の完成を目指します。

また、塩浜3丁目護岸については、2丁目護岸改修後、改修を行う予定です。

<モニタリング調査>

施工中の塩浜2丁目護岸では、現在のところ、事業による著しい環境影響は認められておりませんが、今後施工する区間も含め、引き続き、護岸改修と並行して生物等のモニタリング調査を実施し、改修に伴う自然環境への影響を評価します。

（「新事業計画」平成23年4月 千葉県 より抜粋）

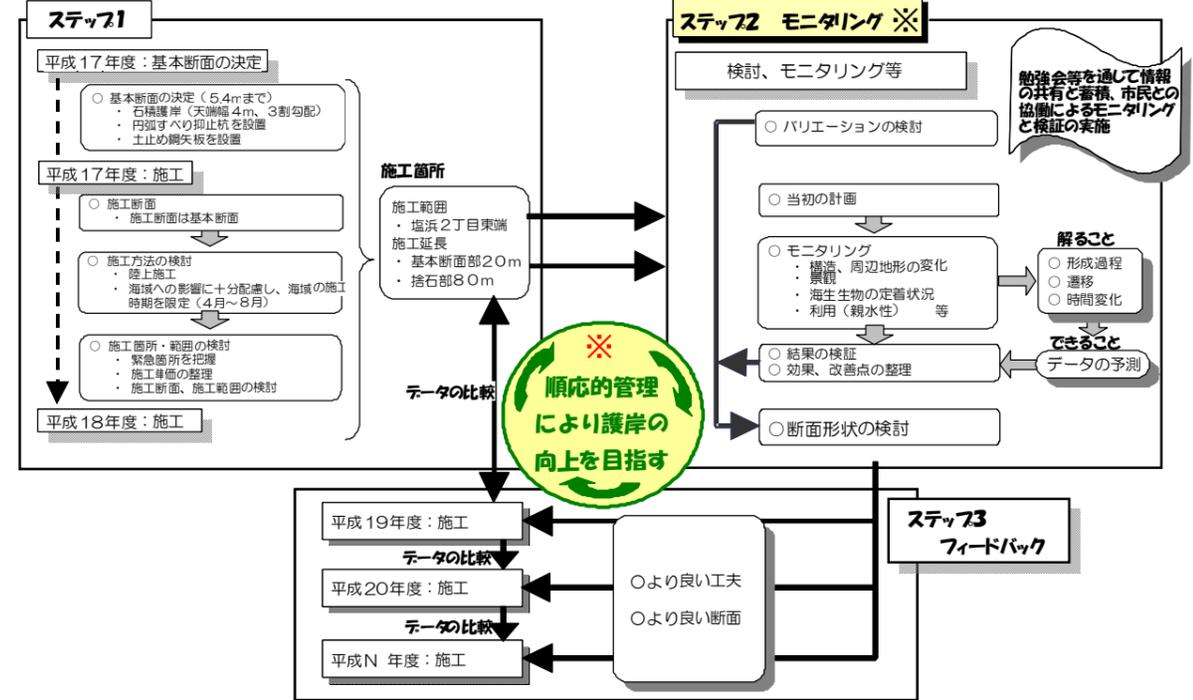
※2 順応的管理により実施する塩浜2丁目の護岸改修の流れ

- 順応的管理の目標：
- 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

護岸の整備方針より、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。

※2 順応的管理により実施する塩浜2丁目の護岸改修の流れ 続き

<護岸改修の流れ>



2 モニタリング調査の経緯

2-1 調査項目の設定経緯

平成17、18年度の護岸検討委員会において検討された、塩浜2丁目の護岸改修に伴う環境影響を図-1、影響検証を行う項目を表-1に示す。環境影響としては、生物の生息・生息地の消滅・縮小といった直接的な影響と、改修後に周辺域の地形や流況等に変化が起こる結果として生物の生息・生育状況に影響を与える間接的な影響が想定され、影響の検証を行う項目として「潮間帯生物の定着」、「重要種の定着」、「海底地形」、「底質（粒度）」が設定された。

また平成20年度には、護岸改修工事が水鳥の場の利用に与える影響について予測を行い、塩浜2丁目前面海域に飛来する水鳥の利用状況に関する過去の調査結果と、海上工事の実施時期から、護岸改修事業が三番瀬に生息する主な水鳥の採餌場や休息場の利用に支障をきたすことはないかと予測した。

モニタリング調査では、これら検証項目の状況を把握するために、地形調査、底質調査、生物調査を実施し、併せて水鳥の飛来状況についてヒアリング調査を実施してきた。また、検証材料とするために波浪・流況や青潮発生時の状況を把握してきた。

その他、順応的管理では「防護」、「環境」、「利用」に関して、それぞれ個別目標を設定し、3つの目標を満たすことを目的として実施することとしている。モニタリング調査では、「景観・親水性（利用）」の目標に対する検証、評価に必要なデータについても取得するため、護岸の断面形状検討に係わる緑化試験、砂付け試験、市民との見学会についても実施してきた。

2-2 調査の実施状況

平成 18 年度から平成 25 年度の調査実施状況は表-2 に示すとおりである。調査位置は図-2 に示した。モニタリング調査は、施工前の平成 18 年度より（一部、平成 18 年 3 月）、工事の進捗に併せ、また、各年度の調査結果を検証評価し、護岸検討委員会および三番瀬評価委員会等の意見を聞きながら、毎年、調査項目や調査位置を見直して実施してきた。

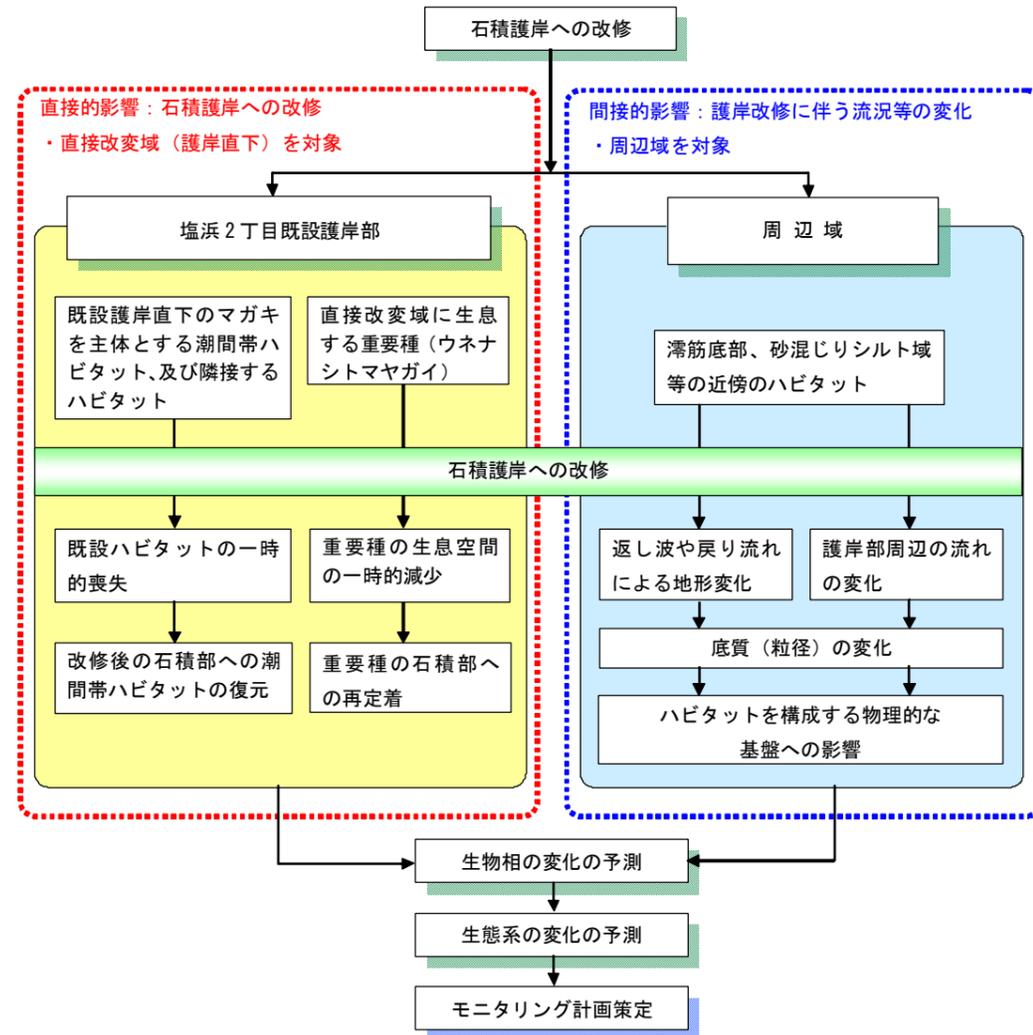


図-1 平成 17 年度護岸検討委員会で検討された護岸改修事業の生物への影響予測のフロー

表-1 平成 17 年度護岸検討委員会で設定された影響検証項目

ハビタットへの影響検証	生物	護岸直下の潮間帯を代表する生物群集 (ハビタットの基盤を構成する生物群集)	マガキ群集の再定着	直接的影響
		護岸直下のハビタットに依存する重要種	ウネナシトマガイの再定着	
	場 (物理基盤)	海底地形	返し波、戻り流れによるのり先の洗掘	間接的影響
		底質 (粒度)	波や流れの変化に伴う粒度の変化 (泥質化、砂質化)	

表-2 塩浜2丁目護岸モニタリング調査 実施状況

調査区分		施工前～施工直後	施工後 1年	施工後 2年	施工後 3年	施工後 4年	施工後 5年	施工後 6年	施工後 7年
		H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度
地形	地形 測量	時期 施工前4月、施工後9月 数量等 【1工区】 :岸沖方向100m×5測線 【対照L-2】 :岸沖方向100m×1測線	4月(3月下旬に実施)、9月 【1工区】 :岸沖方向100m×20測線 【2工区】 :岸沖方向100m×9測線 【対照L-2】 :岸沖方向100m×1測線	4、9月 【2丁目護岸改修範囲】 :岸沖方向100m×46測線、うち3測線(1工区、L-2、対照L-3)は、岸沖方向500mまで調査実施 【東側端部】 :東側端部は4、9月+イベント後も実施	4、9月 【2丁目護岸改修範囲】 :岸沖方向100m×48測線、うち3測線(1工区、L-2、対照L-3)は、岸沖方向500mまで調査実施				
	底質	採泥・ 粒度 試験	時期 施工前4月、施工後9月 数量等 【1工区、対照L-2】 :岸沖方向100m×計2測線 (10m間隔)	4、9月(8月下旬に実施、台風 後9月も実施) 【1工区、2工区、対照L-2】 :岸沖方向100m×計3測線 (10m間隔)	4、9月 【1工区、L-2、2工区、対照L-3】 :岸沖方向100m×計4測線(10m間隔)、うち3測線(1工区、L-2、対照L-3)は沖合150m、200m、300m、400m、500mの5地点も調査実施				
生物	ベルト トランセクト	時期 施工前4月、施工後9、1月 数量等 【1工区、対照L-2】 :岸沖方向100m×計2測線	4、9月(8月下旬に実施、台風 後9月も実施)、1月 【1工区、2工区、対照L-2】 :岸沖方向100m×計3測線	4、8月下旬～9月、1月 【1工区、L-2、2工区、対照L-3】 :岸沖方向100m×計4測線 【1工区乱積み部】 :潮間帯×1測線					
	採取 分析	時期 施工前4月、施工後9月 数量等 【1工区、対照L-2】 :高、中、低潮帯の3検体× 計2測線	4、9月(8月下旬に実施、台風 後9月も実施) 【1工区、2工区、対照L-2】 :高、中、低潮帯、のり先の4検 体×計3測線	4、8月下旬～9月 【1工区、1工区乱積み部、L-2、2工区)、対照L-3】 :高、中、低潮帯、のり先の4検体×計5測線					
水鳥		数量等 —	—	既存資料調査	専門家ヒアリング	水鳥の場の利用への影響について、必要に応じて専門家等からの情報提供を得る。			
波浪・流況		時期 施工前4月(H18.3～4月に実施)、施工後9～10月、3～4月 数量等 【1工区】:1箇所 30～60日連続観測(波高・流速)	海底地形、底質に大きな変化が見られた場合は、東京湾内にある波浪観測点から外力を推定する						
青潮		時期 — 数量等 —	青潮発生時 【1工区、対照L-2】:2箇所 工事中における青潮発生時のDO(溶存酸素量)計測	青潮発生後の状況について漁業者にヒアリングを行い把握する。また、参考情報として近傍の水質連続観測地点のリアルタイム観測値を入手して沖合いの水質状況を把握する。					
参考	景観・親水性	数量等 施工後10月 見学会	住民アンケート 見学会	見学会	見学会	見学会			
	緑化試験	数量等 —	—	暴露試験	試験ヤードへの種まき、植え込み後の観察	調査終了			
	砂付け試験	数量等 —	—	—	置き砂箇所の地形、底質、生物等調査	調査終了			

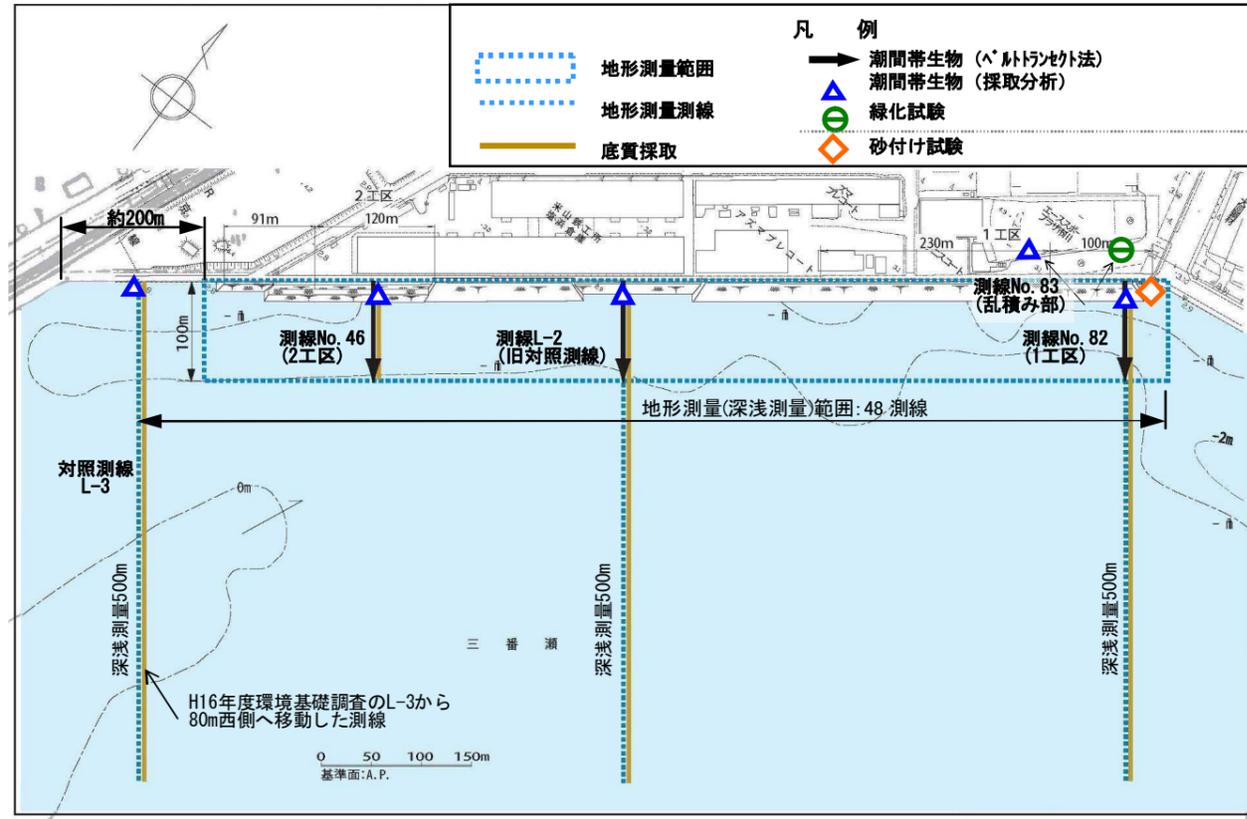


図-2 塩浜2丁目護岸モニタリング調査 調査位置図 (H18~H25年度)

3 検証・評価の手法

塩浜2丁目の護岸改修は計画区間900mの工事が今年度完了することから、平成18年度から平成25年度までのモニタリング調査結果を整理し、順応的管理における“環境”の個別目標である“周辺生態系の保全”に関する検証基準に対する達成状況を検証することで評価を行う。

検証項目は、表-1に示した検証項目を基に、「地形」、「底質（粒度）」、「潮間帯生物の定着」、「重要種の定着」の4項目である。

また、護岸改修範囲周辺の地形・底質・生物息の変化状況について、三番瀬自然環境調査等との比較を通して工事による影響等を把握する。

4 施工後7年間のモニタリング調査結果の検証結果

4-1 地形

【検証基準等】

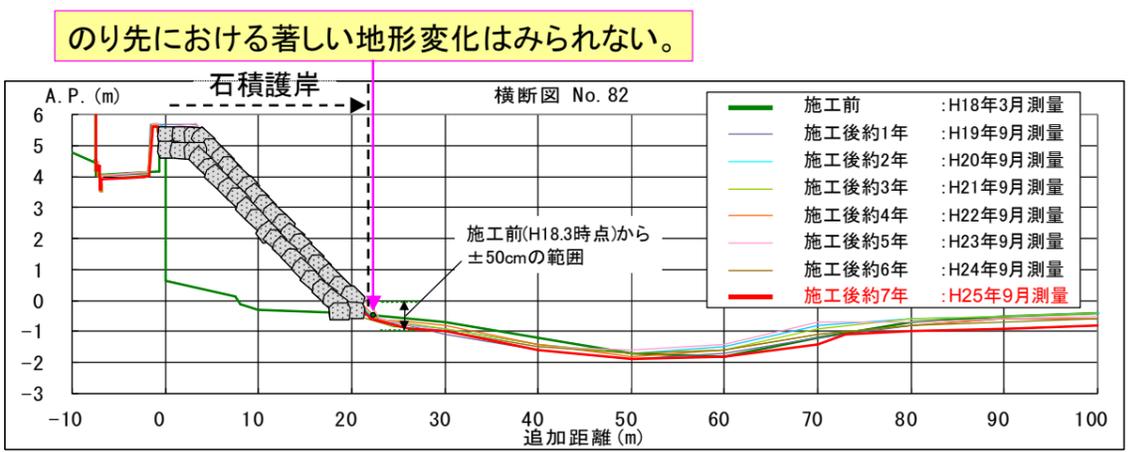
- 目標達成基準：周辺海底地形に洗掘等の著しい変化が生じないこと
- 地形測量結果に関する検証基準

検証項目	目標達成時期	検証場所	基準とする値
地形変化	施工後1年後	22m地点(のり先)	施工前海底面に対して、±0.5m

(1) 検証

① 検証基準の達成状況

・検証箇所である1工区ののり先における7年間の地形変化は、施工前(H18年3月時点)に対して-0.15m～+0.18mの範囲にあり、モニタリング調査年度の期間中、検証基準±0.5mを満足していた(図-3、表-3)。



注)施工5年後(H23.9)の測量結果は、地震により市川海岸一帯(全体)が沈下した量は考慮していない。以下に示す測量結果も同様である。

図-3 1工区(測線No.82)における地形測量結果

表-3 検証場所(のり先)における地形変化の推移と検証基準の達成状況

施工後経過年	1年後 (H19.9)	2年後 (H20.9)	3年後 (H21.9)	4年後 (H22.9)	5年後 (H23.9)	6年後 (H24.9)	7年後 (H25.9)	検証 基準値
検証場所(のり先)における地形変化	-0.04m	+0.18m	-0.14m	-0.15m	-0.12m	-0.09m	-0.12m	±0.5m 以下
検証基準の達成状況 (○:基準を満足)	○	○	○	○	○	○	○	

注)検証場所(のり先)における地形変化は、施工前(H18.3時点)からの変化量を示す。

②護岸改修範囲周辺の地形変化状況

・検証箇所とはなっていない 1 工区の護岸周辺の地形変化は、のり先以外の各地点 (30m、60m、100m) の地盤高の時系列変化でみると、30m と 100m の地点において 7 年間のトレンドで 0.1~0.3m 程度のわずかな低下傾向が見られる。滞筋内の 60m 地点では堆積・侵食の変動を繰り返しており、顕著な地形変化は見られない (図-4)。

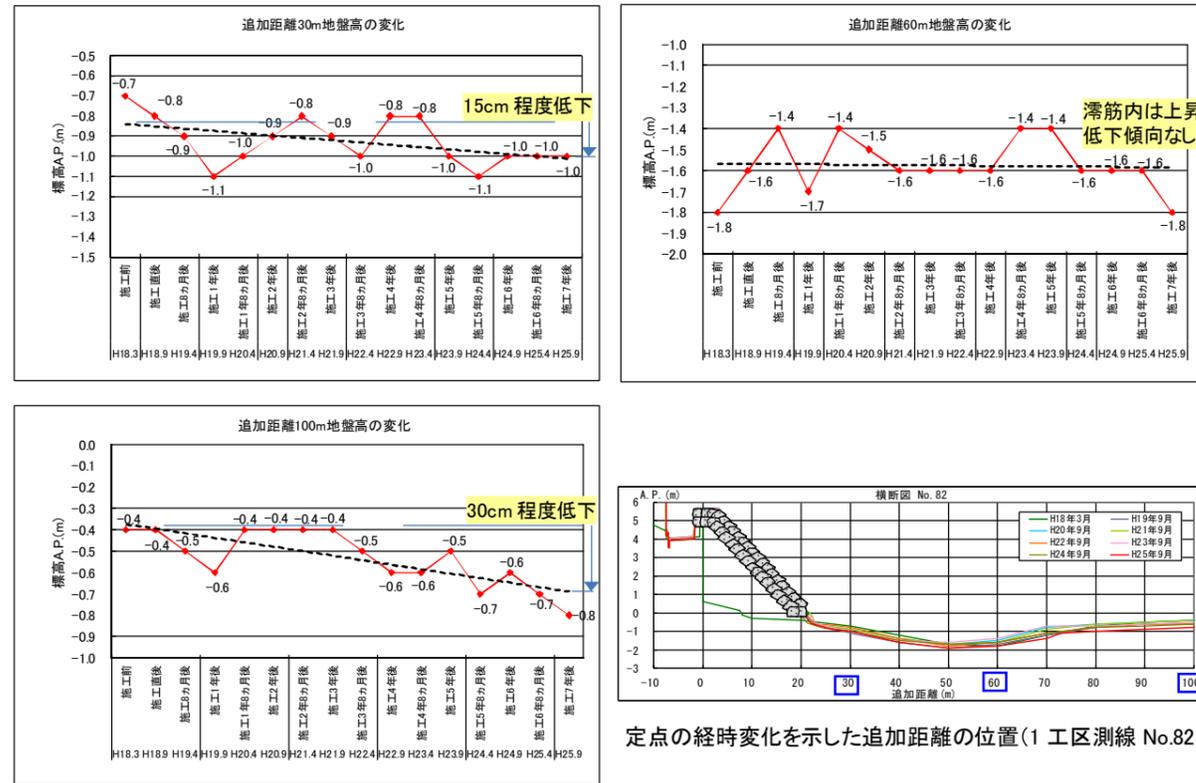


図-4 1 工区 (測線 No. 82) の各地点の地盤高の変化

・護岸周辺の面的な地形変化でみると、1 工区周辺においては、一部-0.5m 程度の変化がみられる箇所があり、滞筋の岸側と沖側で地盤高が低下する傾向がみられるが、測量範囲内では大きな地形変化はみられていない (図-5)。

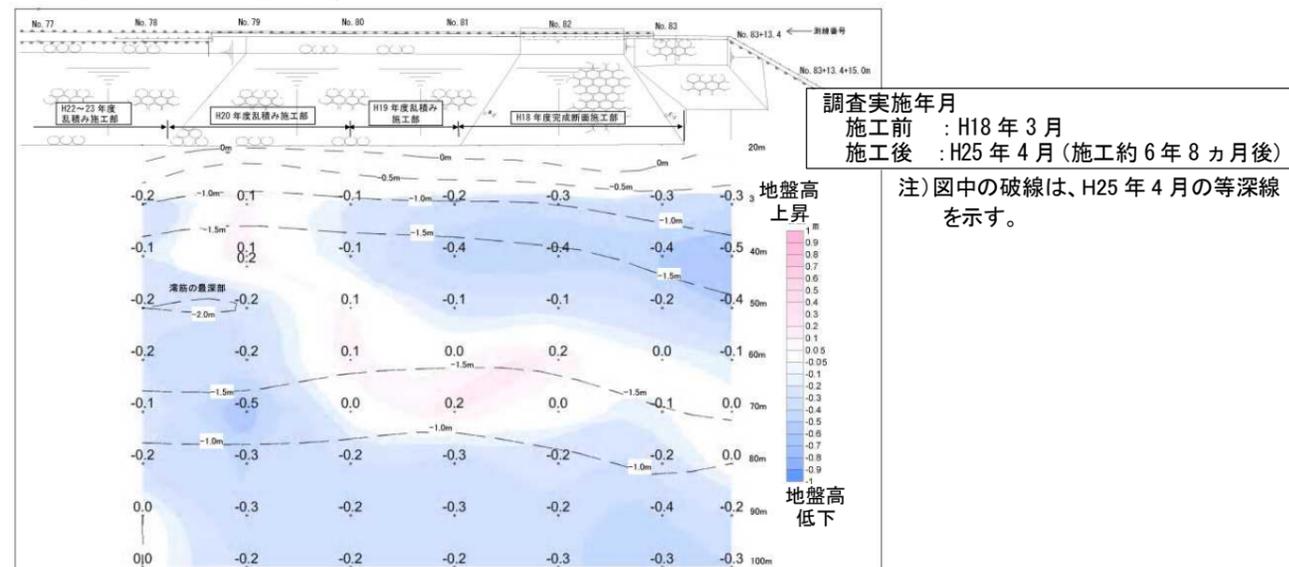


図-5 1 工区周辺域の面的な地形変化 (施工前後の差分図)

・護岸改修範囲全域の変化については、施工 1 年後 (H19 年 9 月) を基準とした 6 年間の変化をみると、滞筋斜面においてスポット的に-0.6~-0.7m 程度の低下は見られるが、それ以外の大部分は 0~-0.2m 程度の変化であり、大きな地形変化はみられていないものの、滞筋の沖側を中心に地盤高が低下する傾向がみられる (図-6)。

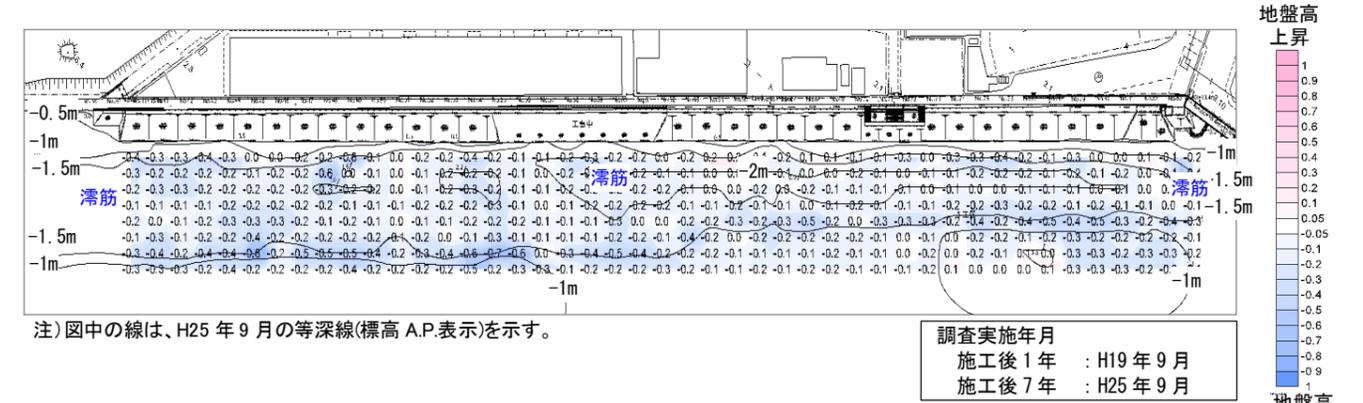


図-6 護岸改修範囲全域の面的な地形変化 (6 年間の差分図)

・また、沖方向に 500m までの地形変化でも、地盤高が 0.1~0.3m 程度低下する傾向がみられる (図-7)。

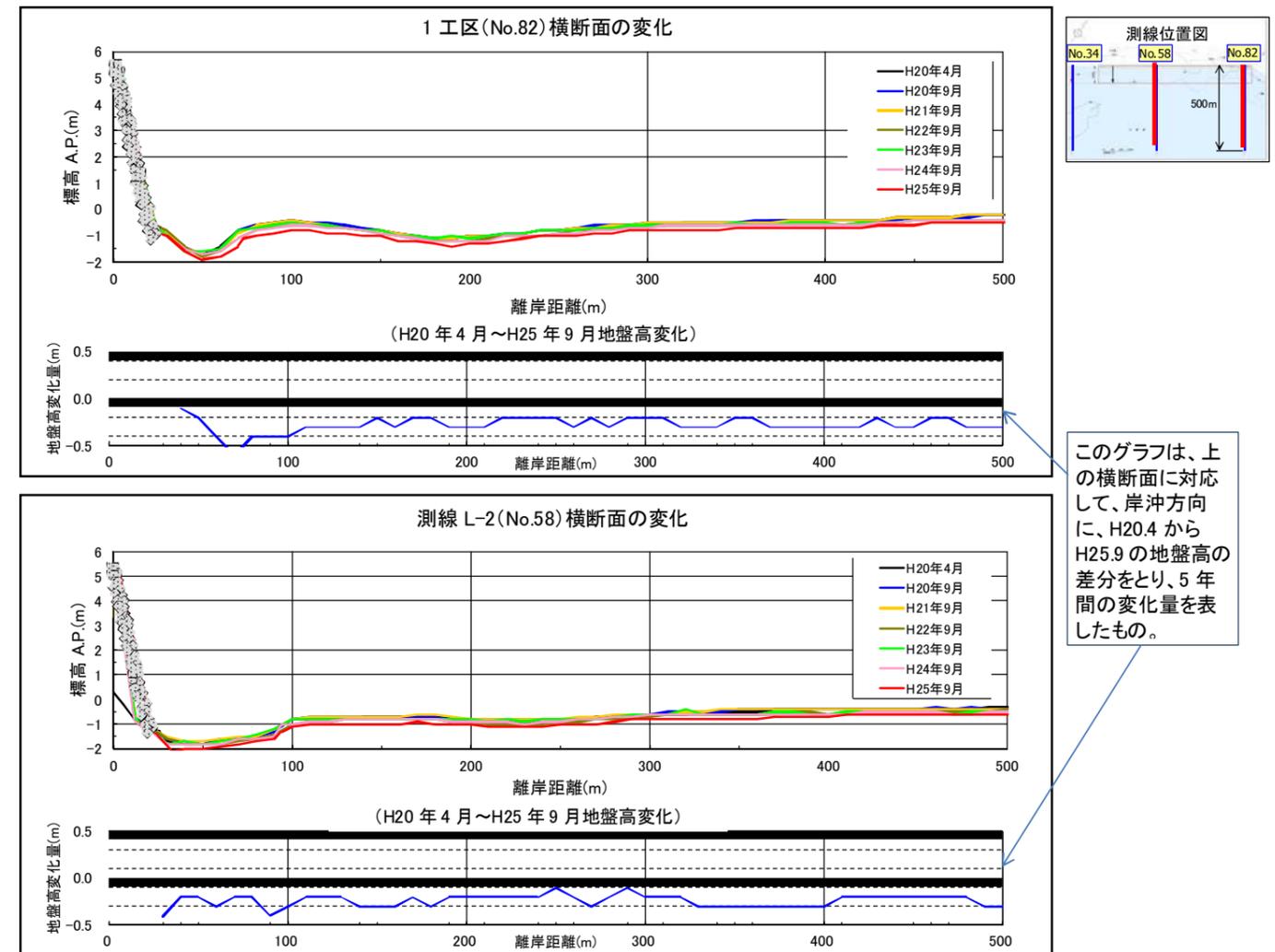


図-7 H20 年 4 月~H25 年 9 月の沖合 500m の地形変化 (1 工区、L-2)

③護岸改修範囲外の地形変化状況

- ・護岸未改修の対照測線L-3における各地点（30m、60m、100m）の地盤高の時系列変化からも、そのトレンドは0.1～0.5m程度低下する傾向が見られる（図-8）。

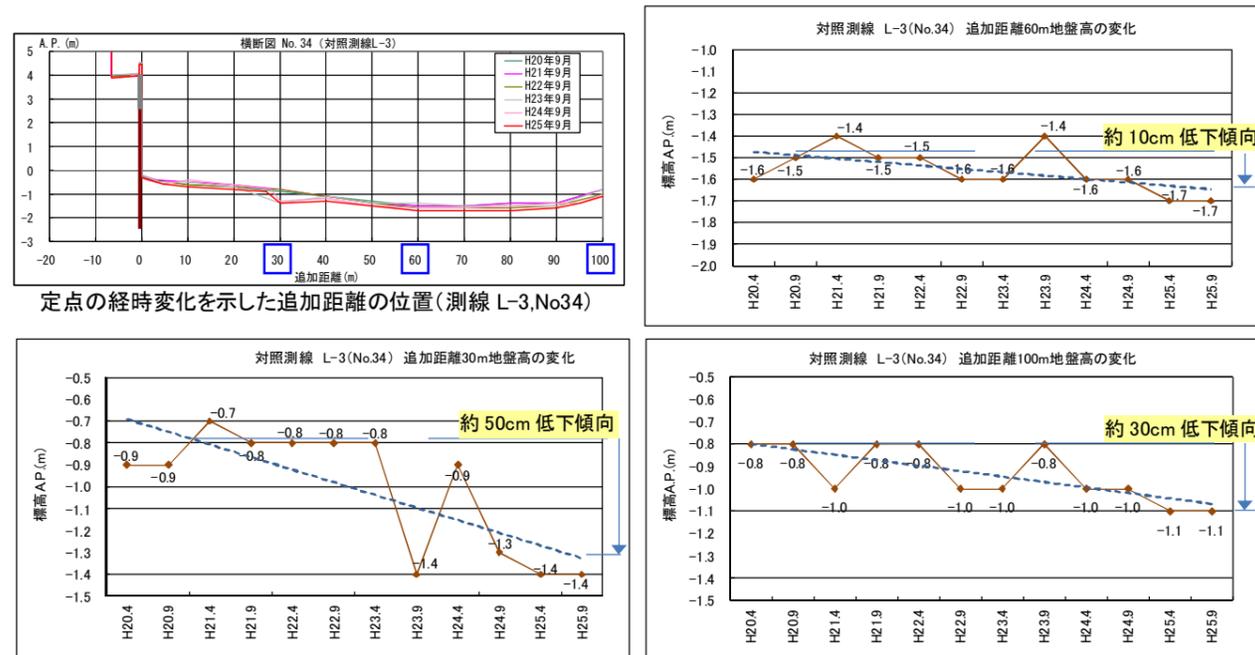


図-8 対照測線L-3（護岸未改修）の各地点の地盤高の変化

- ・また対照測線L-3の沖合においても、地盤高が0.1～0.4m低下する傾向がみられる（図-9）。

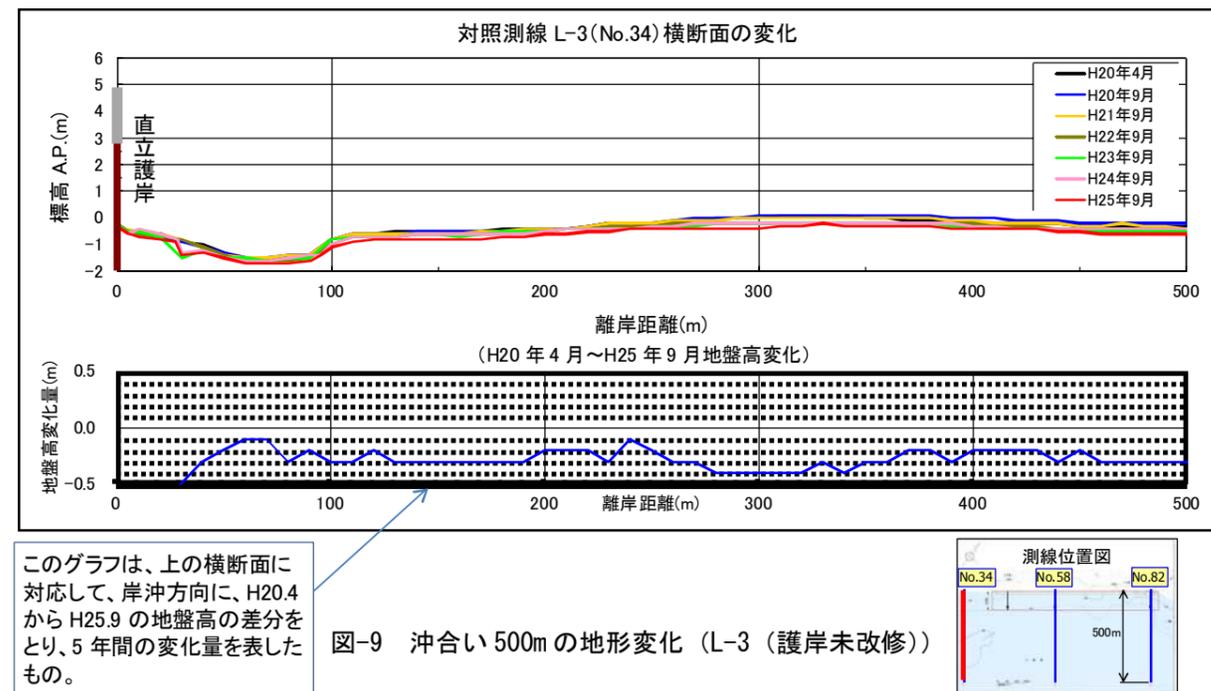


図-9 沖合い500mの地形変化（L-3（護岸未改修））

- ・図-10には三番瀬全域を対象として別途に実施された地震前後の地形変化を示すが、三番瀬全域においても、地震後、広範囲にわたって地形は変化しており、測量範囲全域では平均0.25mの低下がみられている。
- ・塩浜2丁目沖合いの地形変化の傾向は、三番瀬全体の傾向と一致している。

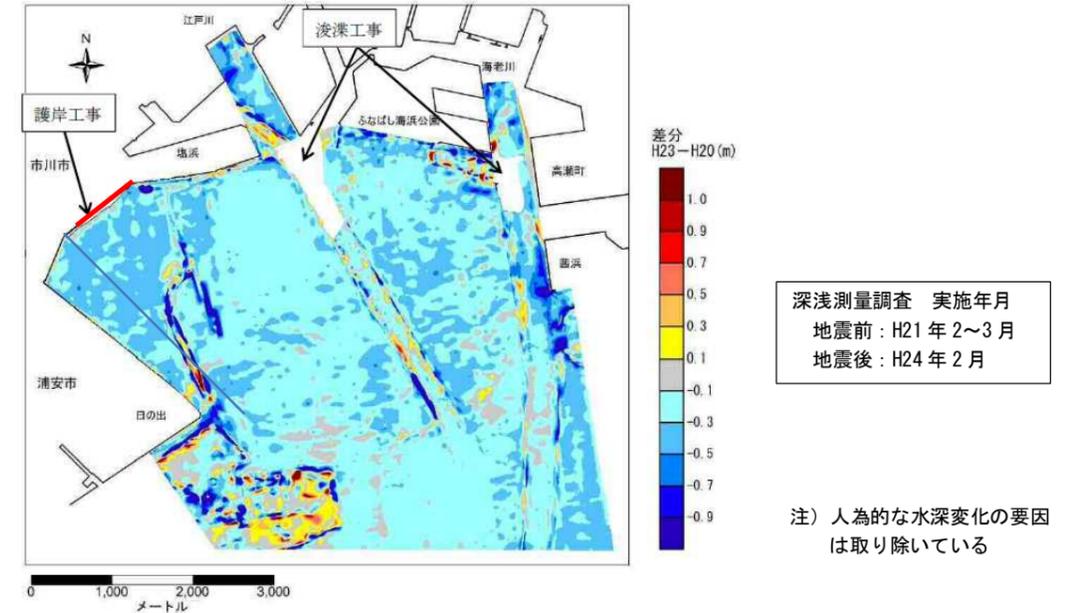


図-10 三番瀬全域における地形変化（地震前後の水深差分図）

出典）平成23年度 震災影響調査事業（三番瀬の深浅測量）業務委託 報告書 平成24年3月
千葉県、株式会社アルファ水工コンサルタンツ

(2) 地形変化に関する施工から7年目の評価

【検証結果のまとめ】

- ・検証箇所である1工区のり先では、モニタリング調査期間中、検証基準±0.5mを常に満足していた。
- ・1工区検証測線や沖合では、季節的な変動を繰り返しており、やや地盤が低下する傾向が見られている。
- ・護岸周辺の地形変化は、滞筋斜面においてスポット的に-0.6～-0.7m程度低下する箇所は見られたが、大部分は0～-0.2m程度の変化であり、顕著な地形変化は生じていなかった。沖合では-0.1～-0.4m程度の低下傾向が見られるが、この変化は三番瀬全体に見られた地震前後の傾向と一致しており、護岸工事以外の影響によると考えられる。

【施工から7年目の評価】

石積み護岸のり先の地形変化に関する検証基準は全ての時期で満たしており、周辺海底地形に洗掘等の著しい変化が生じなかった。

【周辺海底地形変化の留意点について】

護岸改修範囲の周辺海底地形は、地盤高が低下する傾向がみられるものの、三番瀬全体に見られた震災前後の地形変化傾向と一致している。

4-2 底質（粒度）

【検証基準等】

○ 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 22~30m 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 80~100m ハビタット 「シルト混じり砂」	

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、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。

(1) 検証

① 検証基準の達成状況

・検証箇所である1工区の距離22~30m、距離80~100mにおける7年間の底質変化は、泥分の割合で2%~27%の範囲にあり、モニタリング調査期間中、検証基準の40%を越えないことを常に満足していた（図-11、表-4）。

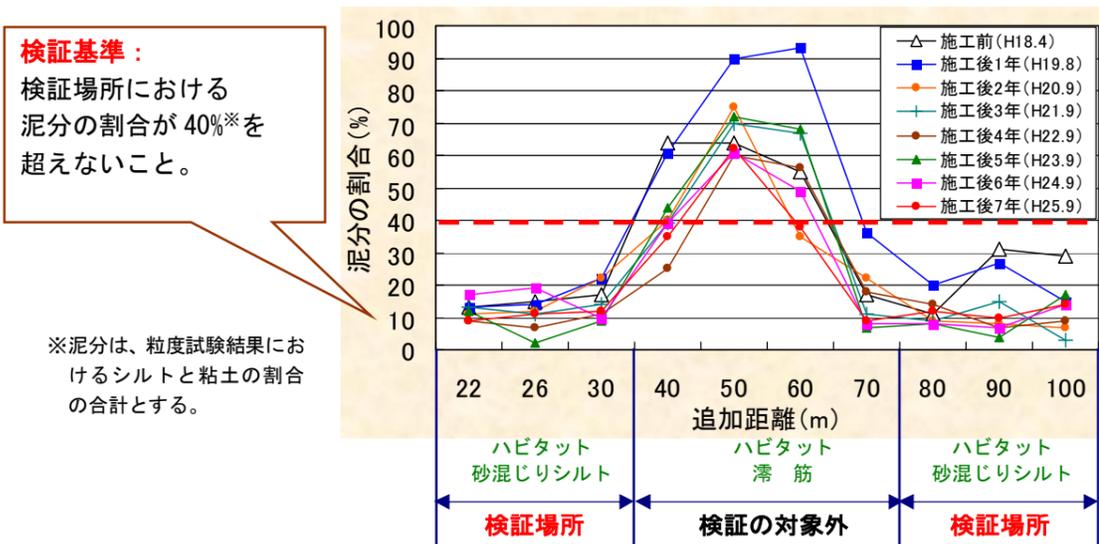


図-11 1工区における泥分の割合の変化

表-4 検証場所（距離22~30m、距離80~100m）における底質の推移と検証基準の達成状況

施工後経過年	1年後 (H19.9)	2年後 (H20.9)	3年後 (H21.9)	4年後 (H22.9)	5年後 (H23.9)	6年後 (H24.9)	7年後 (H25.9)	検証基準値
検証場所 距離22~30m及び 80~100mの泥分 の割合	13~27%	7~22%	3~15%	7~14%	2~17%	7~19%	9~14%	泥分 ≤ 40%
検証基準の 達成状況 (○：基準を満足)	○	○	○	○	○	○	○	

② 護岸改修範囲周辺の底質変化状況

・1工区における粒度組成の変化を経年的にみると、測線1工区の距離40mなど、一部箇所では泥分の割合は低下傾向がみられる。

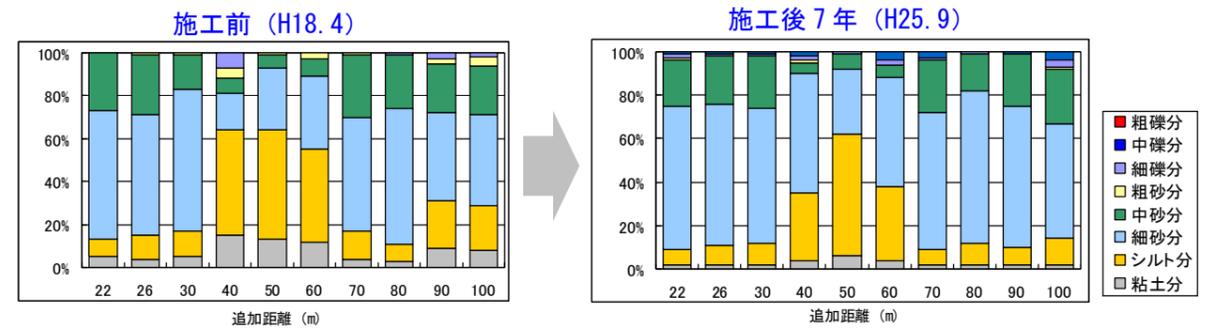


図-12 1工区（測線No.82）の施工前後の粒度組成の変化

・検証箇所とはなっていない護岸改修範囲の西側（測線L-2、2工区、L-3）の底質は、護岸付近（距離10~30m）で泥分の割合は13~78%の範囲にあり、塩浜1丁目側に位置する1工区に比べて泥分は多い。経年的には、粒度組成に大きな変化は見られないが、1工区と同様に、測線L-2の距離90mや護岸未改修のL-3の距離20mなどで、泥分の割合の低下がみられる。（図-13、図-14）

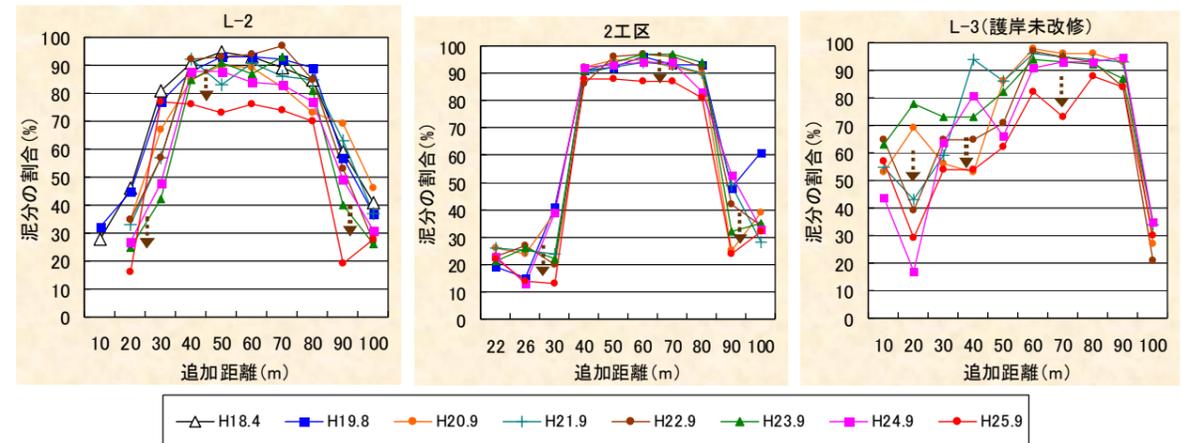


図-13 改修範囲西側の（L-2、2工区、L-3）の泥分の割合の変化

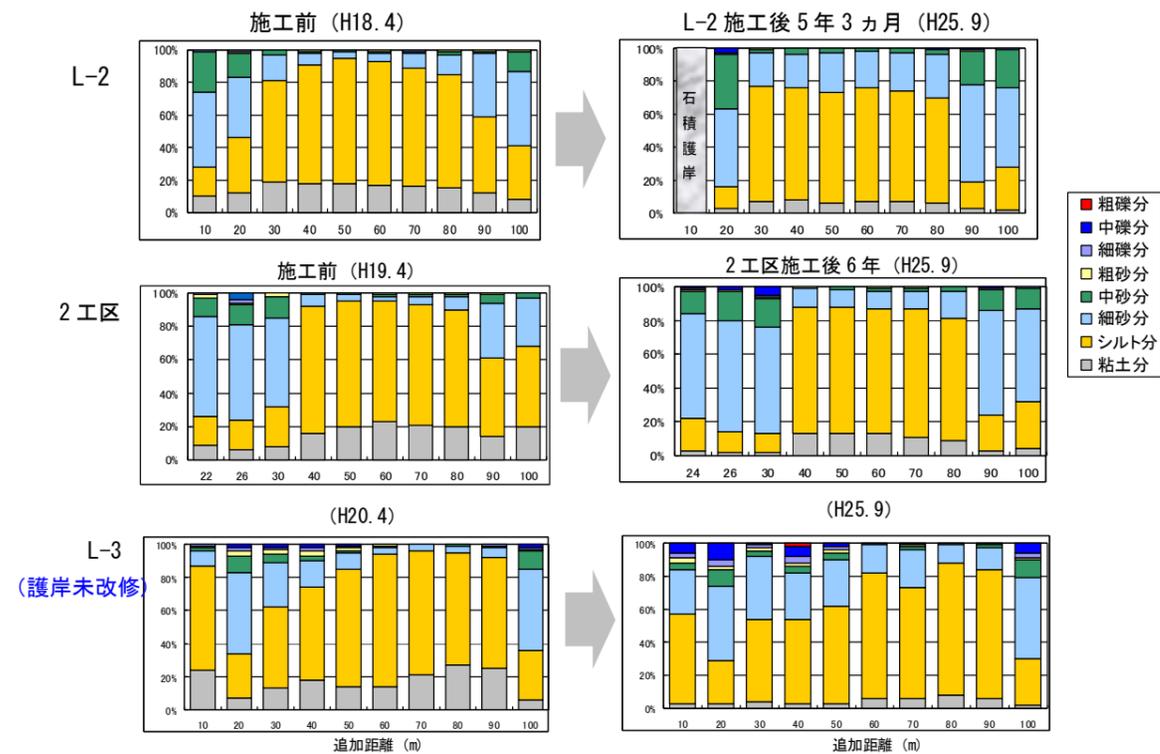
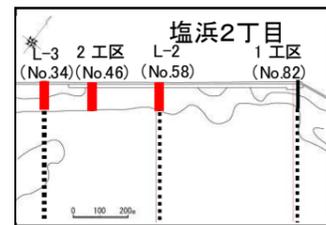


図-14 塩浜3丁目側 (L-2、2工区、L-3) の粒度組成の変化



・沖合い (岸沖方向 500m) の底質変化は、粒度組成に大きな変化は見られないが、護岸未改修の L-3 の距離 150m、200m などでは泥分の割合がやや低下している (図-15)。

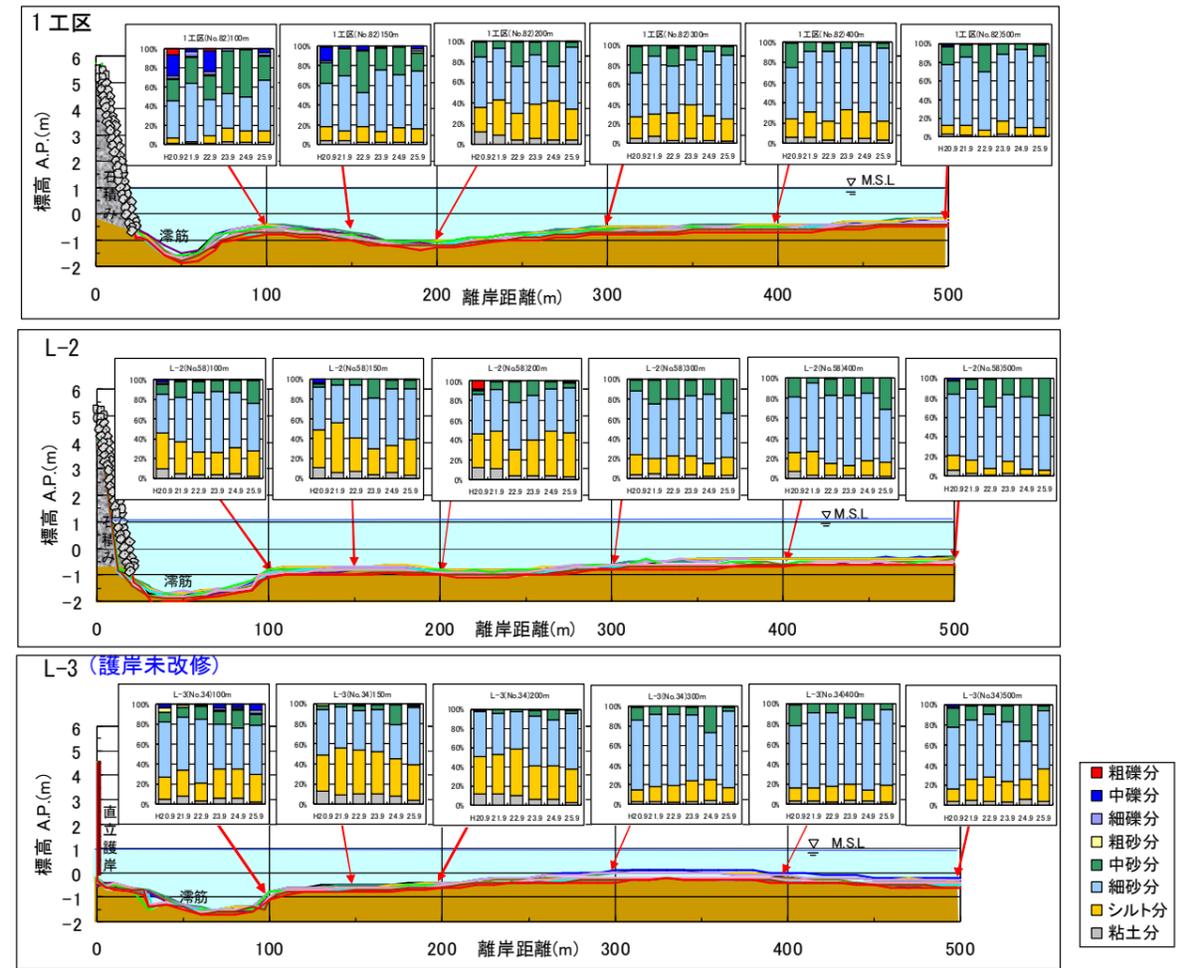


図-15 沖合い500mの粒度組成変化

- ・図-16 には三番瀬全域を対象として別途に実施された底質調査結果を示す。シルト・粘土分 (=泥分) の割合は、塩浜2丁目・3丁目付近の三番瀬奥部では40%以上と高く、その東側から浅海域南部にかけては40%以下と低いエリアが広がり、沖合の海域では再び泥分の割合が高くなる傾向がみられる。
- ・図-17 には三番瀬全域を水深と底質の違いから【1】～【4】の4区分に分けて、海域区分ごとの底質のシルト・粘土分の平均値の経年的な変化を示す。塩浜2丁目・3丁目付近の三番瀬奥部に位置する【1】のエリアでは、シルト・粘土分 (=泥分) がH5年 (1993年) からH9年 (1997年) 頃まで60～80%の高い値を示しており、H14年 (2002年) からH19年 (2007年) にかけてはやや減少している。
- ・三番瀬全域を対象とした調査では、調査地点数が少ないため、塩浜2丁目の滞筋部とその周辺といった局所的な底質分布の傾向は明瞭ではないが、護岸改修工事以前から塩浜2丁目・3丁目付近では泥分が低下傾向にあり、本モニタリング調査においても一部箇所において類似した傾向が確認された。

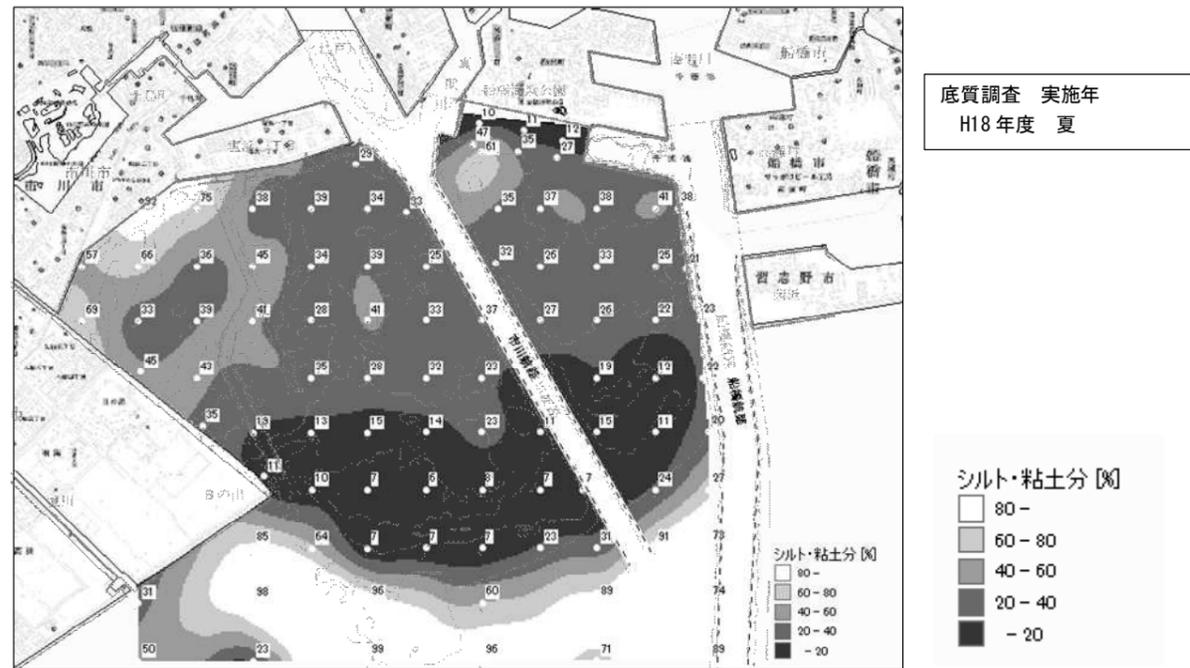


図-16 三番瀬全域における底質分布

出典)平成22年度 三番瀬自然環境総合解析 報告書 平成23年3月 千葉県、いであ株式会社

(2) 底質に関する施工から7年目の評価

【検証結果のまとめ】

- ・ 検証箇所である1工区の距離22~30m、距離80~100mの底質は、モニタリング調査期間中、検証基準の泥分(シルト・粘土分の含有率)が40%を越えないことを常に満足していた。
- ・ 一部箇所では、泥分の割合が経年的に低下する傾向が見られたが、同様の傾向が護岸未改修のL-3においても確認され、また、この変化と類似した傾向は、護岸改修工事以前の塩浜2丁目・3丁目付近の三番瀬奥部でも見られていた。
- ・ よって底質については、護岸改修に伴う著しい変化は生じていないといえる。

【施工から7年目の評価】

石積み護岸前面の底質粒度組成に関する検証基準は、全ての検証箇所かつ、全ての時期で泥分40%を超えないことを満たしていた。

【護岸改修範囲周辺の粒度組成の変化に関する留意点について】

護岸改修範囲周辺では著しい粒度組成の変化は見られないが、シルト・粘土分の含有量が一部低下する傾向がみられる。この傾向は、護岸未改修箇所の対照測線でもみられ、三番瀬全域の調査で護岸改修以前から確認されている塩浜2・3丁目前面海域のシルト・粘土分含有量の変化傾向と一致していた。

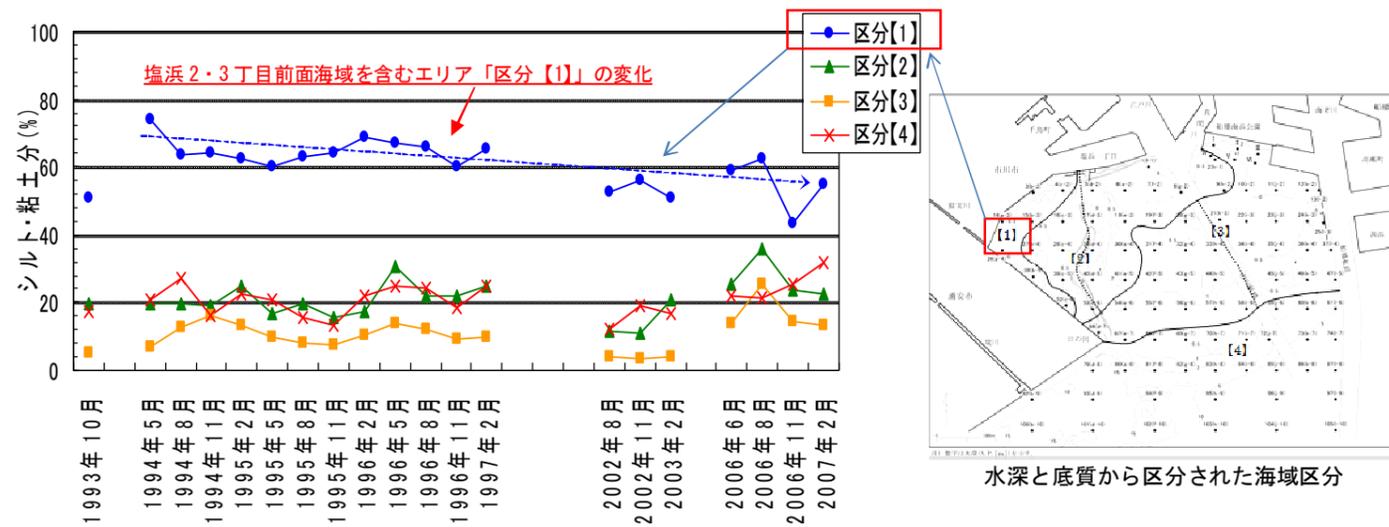


図-17 三番瀬全域における海域区分ごとの底質の長期的な変化の傾向(シルト・粘土分)

出典)平成22年度 三番瀬自然環境総合解析 報告書 平成23年3月 千葉県、いであ株式会社