

第19回茅ヶ崎海岸侵食対策協議会

2023年 3月

茅ヶ崎海岸の養浜事業の評価

神奈川県藤沢土木事務所なぎさ港湾部



2023年 3月 3日撮影

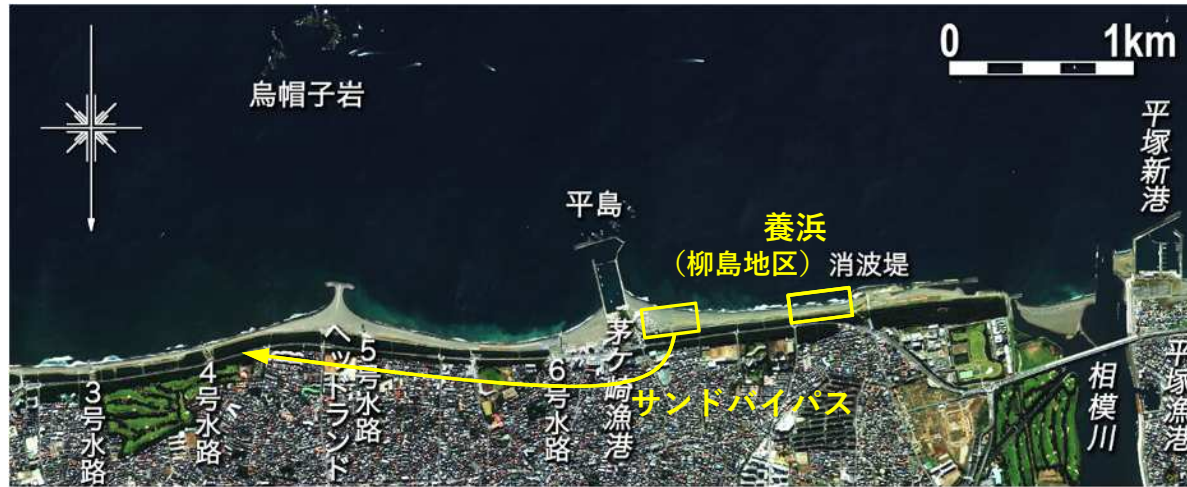


目 次

1. 茅ヶ崎海岸の養浜実績	1
2. 養浜後の来襲波浪	4
3. 養浜後の地形変化	5
4-1. 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（中海岸）	30
4-2. 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）	33
5-1. 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）	38
5-2. 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）	43
6. 茅ヶ崎中海岸の養浜事業の評価	48

1 茅ヶ崎海岸（柳島地区）の養浜実績

(a) 養浜範囲

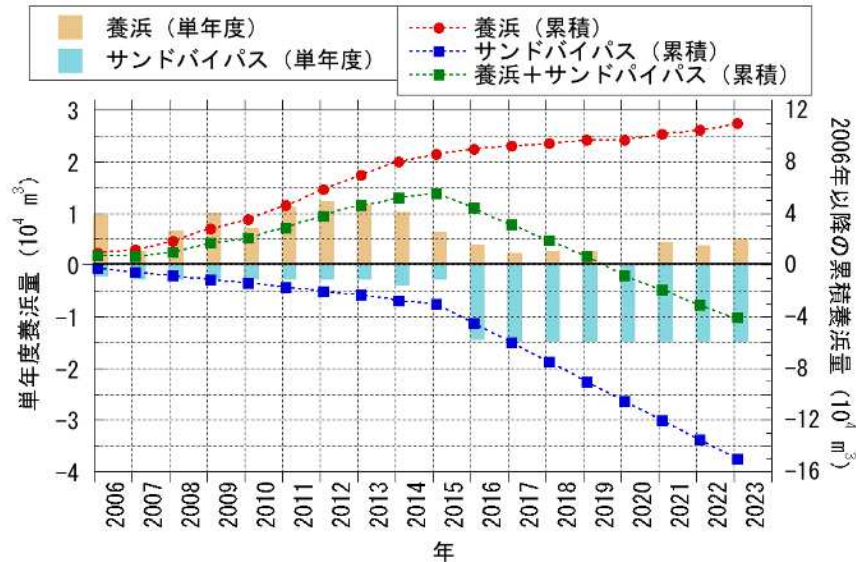


(b) 養浜個所の状況 (2023年3月4日)



(c) 養浜量

2006年1月～2022年3月までの総養浜量 10.5万 m³ (年平均 0.62万 m³/yr)
 2022年6月；養浜量5,040 m³



(d) 養浜材の粒度組成

平均 (~2022年) ;礫45%, 粗砂13%, 中砂20%, 細砂14%, シルト8%
 2023年1月～3月 ;礫65%, 粗砂11%, 中砂16%, 細砂5%, シルト3%

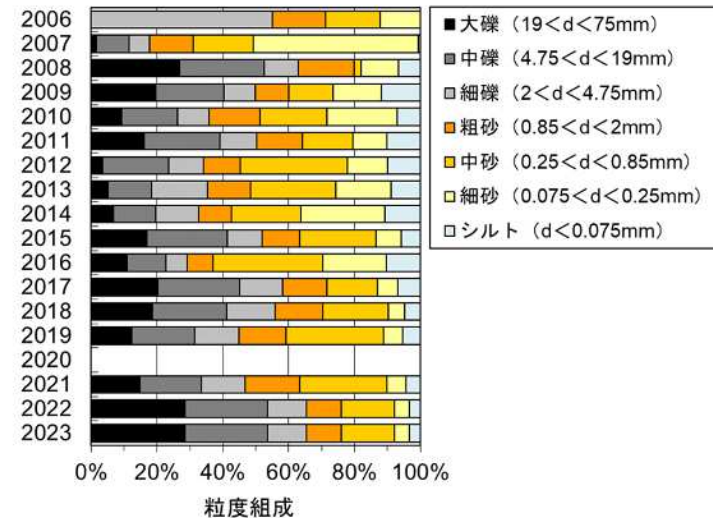


図1.1 茅ヶ崎海岸柳島地区での養浜実績

1 茅ヶ崎海岸（中海岸地区）の養浜実績

(a) 養浜範囲

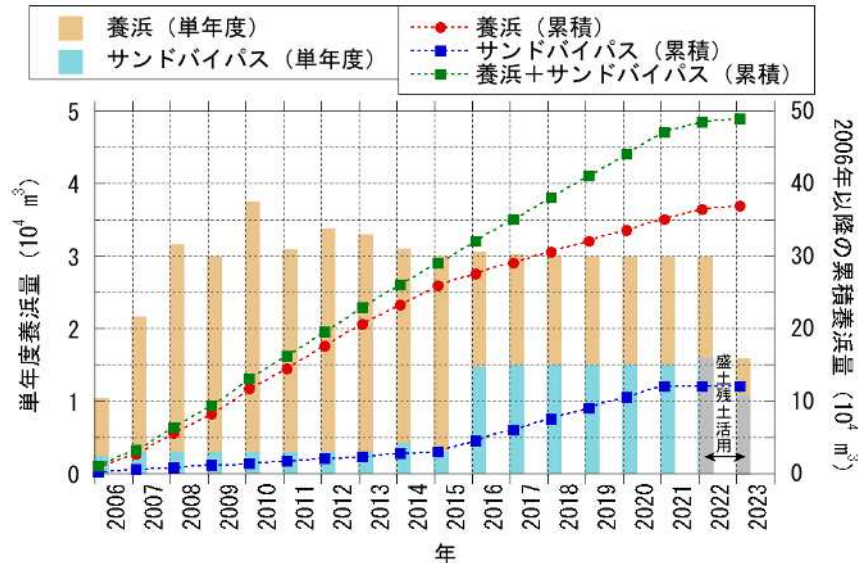


(b) 養浜個所の状況 (2023年3月4日)



(c) 養浜量

2006年1月～2022年3月までの総養浜量 50.1万 m³ (年平均 2.95万 m³/yr)
 2023年1月～3月; 養浜量15,200 m³ (このうち現地盛土押し出し10,190m³)



(d) 養浜材の粒度組成

平均 (~2022年); 礫34%, 粗砂11%, 中砂34%, 細砂15%, シルト6%
 2023年1月～3月 ; 礫44%, 粗砂13%, 中砂24%, 細砂13%, シルト6%

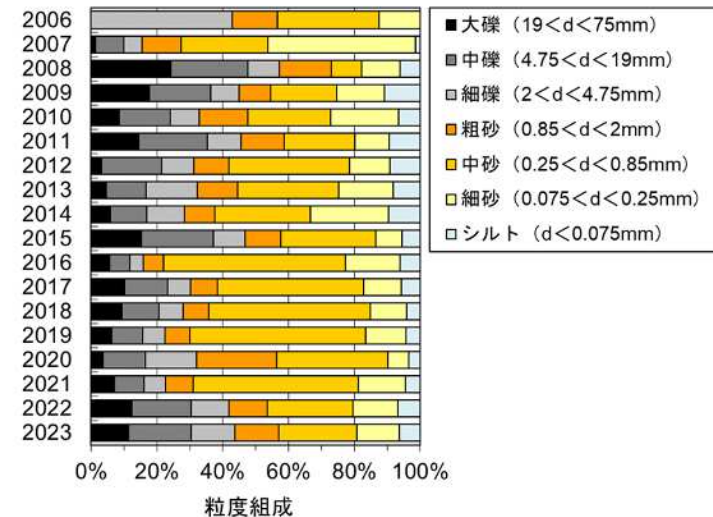


図1.2 茅ヶ崎海岸中海岸地区での養浜実績

1 茅ヶ崎海岸（菱沼海岸地区）の養浜実績

(a) 養浜範囲



(b) 養浜個所の状況 (2023年3月4日)



(c) 養浜量

2006年1月～2022年3月までの総養浜量 11.6万 m³ (年平均 0.7万 m³/yr)
 2023年1月～3月；養浜量23,000 m³
 (漁港西側堆砂15,000 m³+ 辻堂東海岸飛砂8,000 m³)



(d) 養浜材の粒度組成

平均 (~2022年) ;礫33%, 粗砂12%, 中砂30%, 細砂19%, シルト6%
 2023年1月～3月 ;礫1%, 粗砂2%, 中砂73%, 細砂20%, シルト4%

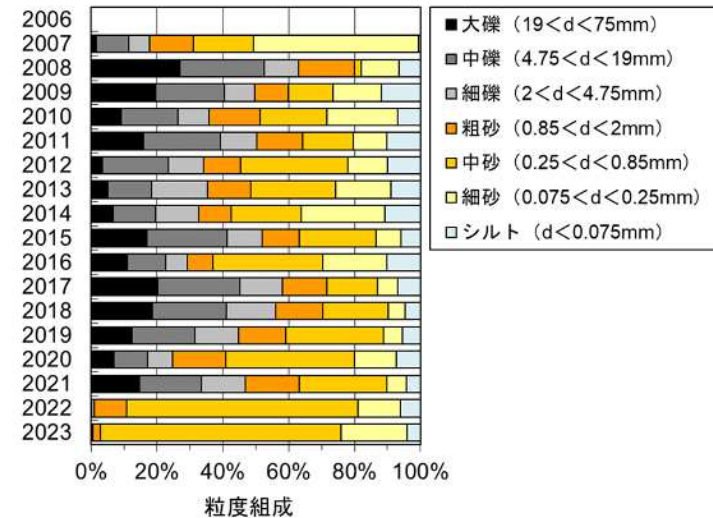


図1.3 茅ヶ崎海岸菱沼地区での養浜実績

2 養浜後の来襲波浪

2022年は比較的に静穏であったが、長期的にみれば平均波高、年最大有義波高、年数回波高は増大傾向である。

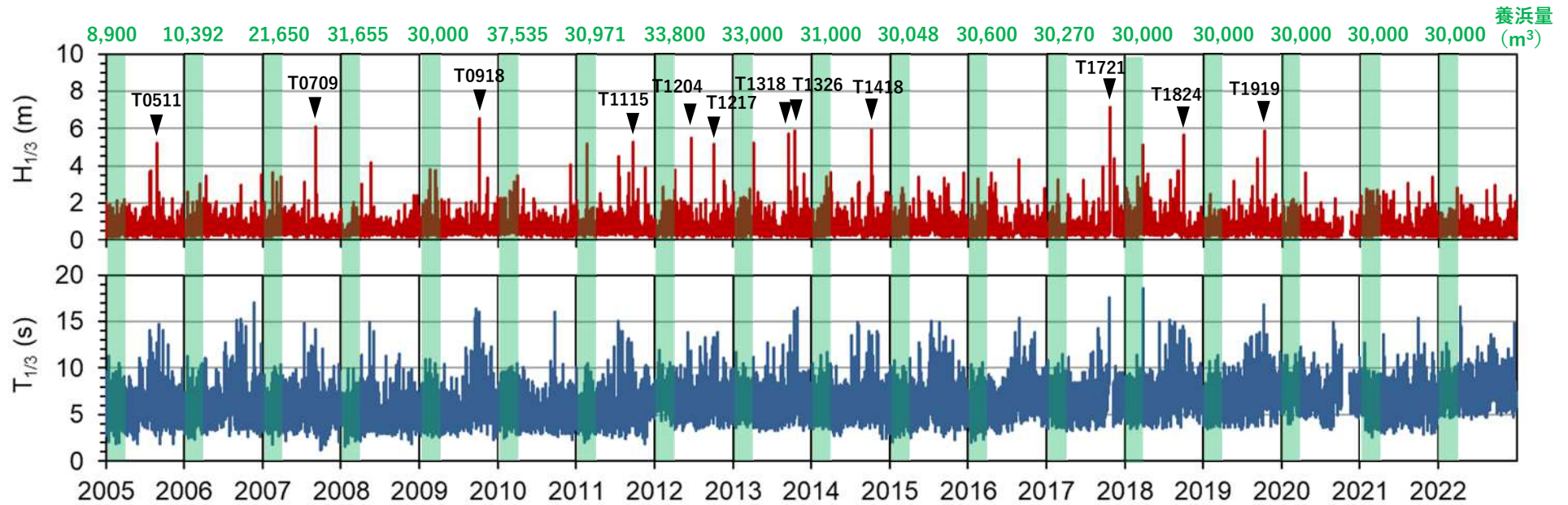
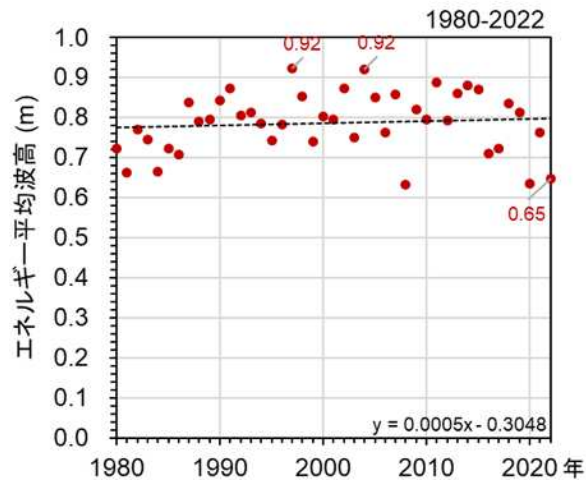
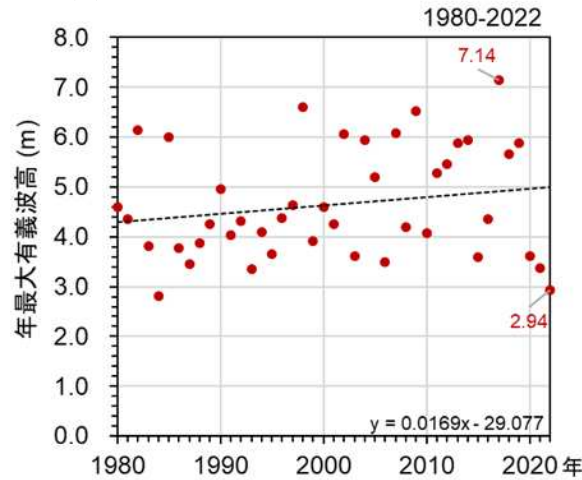


図2.1 平塚観測塔 (h=20m) における波浪観測結果 (有義波, 2005年1月1日~2022年12月31日)

(a) 長期的な砂浜の地形変化に関する平均波高



(b) 1年間で最も大きい有義波高



(c) 1年間に数回来襲する高波浪

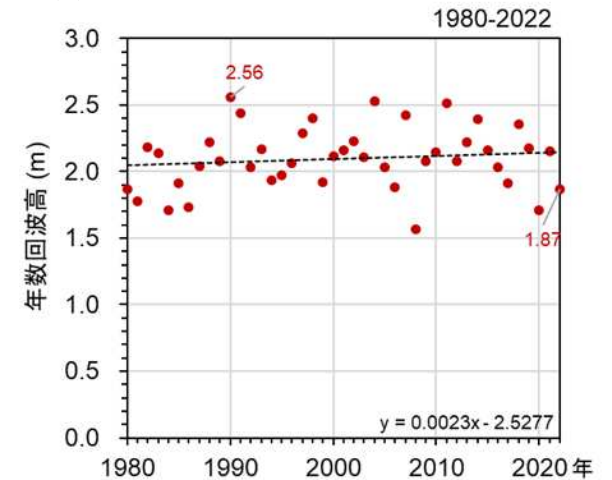


図2.2 平塚観測塔 (h=20m) における波浪観測結果の長期的な変化 (1980年~2022年)

3 養浜後の地形変化

(1) 海岸の変化

計画汀線：浜幅が最も狭い海岸中央部で自転車道（護岸）法肩から汀線まで50 m確保。



2005年10月28日10:00	T.P.-0.16 m	2012年3月27日 11:03	T.P.-0.50 m	2019年1月26日 10:51	T.P.+0.18 m
2007年11月21日10:00	T.P. 0.00 m	2013年12月28日10:46	T.P.+0.32 m	2019年4月16日 10:33	T.P.-0.15 m
2008年 8月 7日14:27	T.P.-0.17 m	2014年10月28日10:37	T.P.+0.19 m	2020年2月9日 10:23	T.P. -0.16 m
2009年 3月12日12:00	T.P.-0.67 m	2016年1月13日10:28	T.P.+0.08 m	2020年11月9日 13:39	T.P.+0.31 m
2009年 7月15日 9:20 推定	T.P.+0.22 m	2016年11月6日10:33	T.P.+0.30 m	2021年7月16日 10:24	T.P.+0.21 m
2010年5月20日14:00	T.P.-0.50 m	2017年10月27日10:37	T.P.+0.28 m	2022年1月20日 10:19	T.P.+0.05 m
2011年3月4日 10:26	T.P.-0.44 m	2017年12月16日10:37	T.P.+0.00 m	2022年12月8日 10:44	T.P.+0.05 m
2011年11月1日 11:10	T.P.+0.33m	2018年11月 2日10:45	T.P.+0.21 m		

図3.1 空中写真による海岸の経年変化（2005年10月～2022年12月）

3 養浜後の地形変化

(1) 海岸の変化

経年的に汀線が前進し、砂浜が回復している。

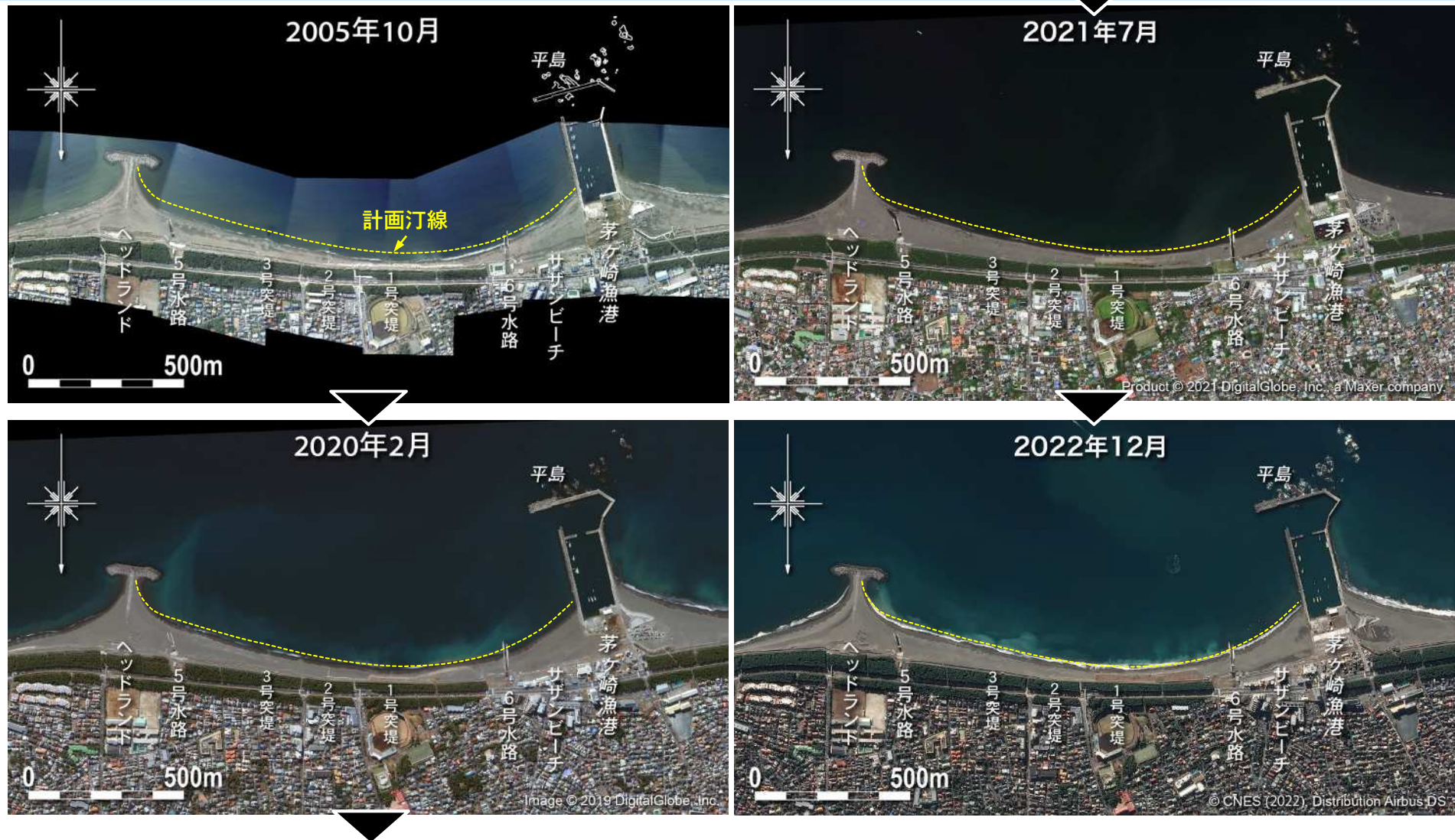
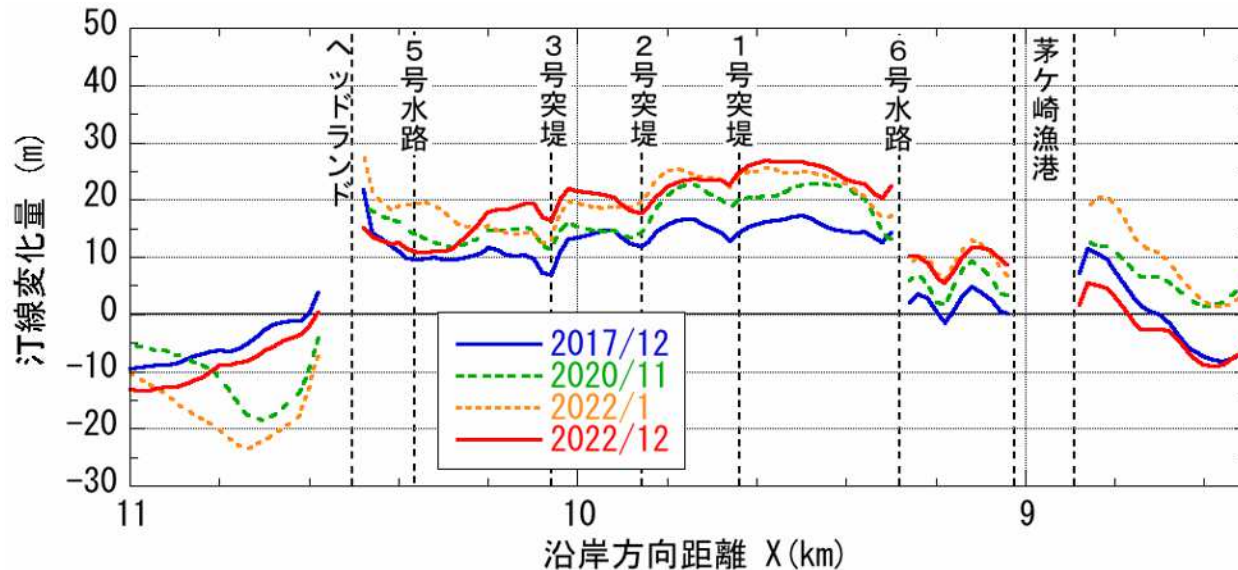


図3.2 空中写真による海岸の経年変化 (2005年10月～2022年12月)

3 養浜後の地形変化

(2) 汀線の変化

養浜の継続により、**2022年12月時点ではヘッドランド～6号水路間で汀線が10～25m程度前進した**。2022年1月～2022年12月では、5号水路周辺の汀線が後退し、西側の3号突堤周辺の汀線が前進した。これは東寄りの波浪による西向きの沿岸漂砂によるものと考えられる。



2022年12月8日の衛星写真撮影時の定点カメラ画像

図3.3 茅ヶ崎中海岸の汀線変化量 (2005年基準)

3 養浜後の地形変化

(3) 実績養浜量と海浜面積変化量

養浜の継続により、茅ヶ崎中海岸の海浜面積は拡大傾向にあり、2022年12月までに約2.6万m²拡大した。海浜面積から求めた近年の堆積土砂量は約1.1万m³/yr（養浜量×0.37）であり、沿岸漂砂により約2万m³/yrがヘッドランドを越えて東向きに流れていると考えられる。

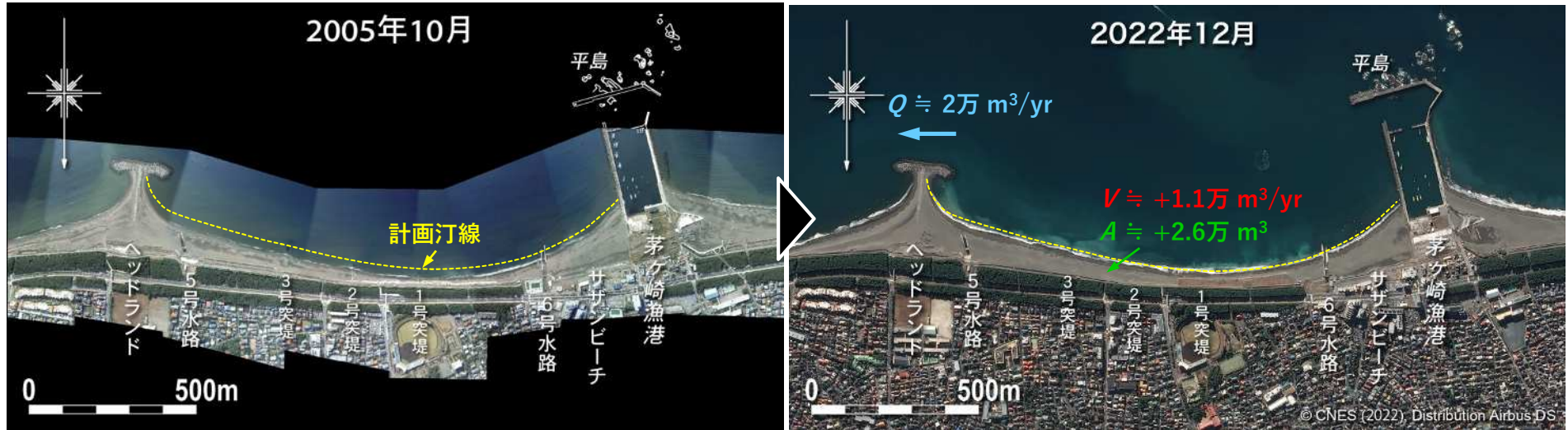


図3.4 茅ヶ崎漁港～ヘッドランド間の実績養浜量と海浜面積変化量の経年変化

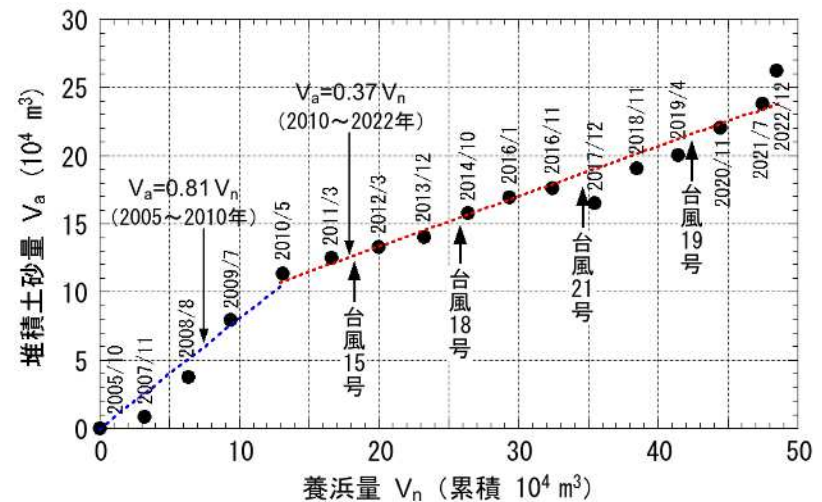


図3.5 茅ヶ崎漁港～ヘッドランド間の実績養浜量と海浜面積から求めた堆積土砂量の関係

3 養浜後の地形変化

(4) 湘南海岸全域の変化

2005年以降、茅ヶ崎中海岸では汀線が前進したが、ヘッドランド東側の茅ヶ崎海岸菱沼地区、片瀬漁港西側では汀線が後退している。

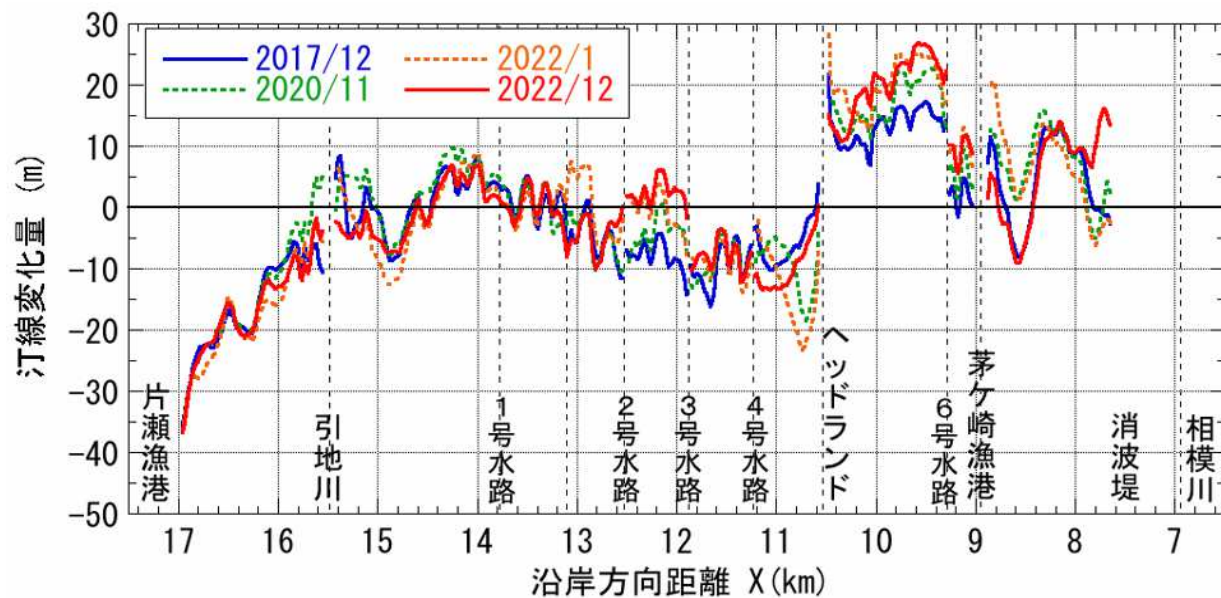


図3.6 湘南海岸全域の汀線変化量 (2005年基準)

3 養浜後の地形変化

(5) 定点カメラ画像による砂浜の変化① ; T2201による高波浪の作用(4月16日4時 $H_{1/3} = 2.4 \text{ m}$, $T_{1/3} = 15.6 \text{ s}$)

高波浪 ($H_{1/3}=2.4\text{m}$, $T_{1/3}=15.6\text{s}$) の作用により、バームが削られ、前浜勾配が緩やかになり砂浜の地盤高が低下した。高波浪直後に礫カスポが形成されたが、波高が低下しつつも周期が比較的長かったため、その2日後までに砂に覆われた。



4/14 17:00

$H_{1/3} = 0.43 \text{ m}$, $T_{1/3} = 9.3 \text{ s}$, $H^2T = 1.72$

4/16 14:00

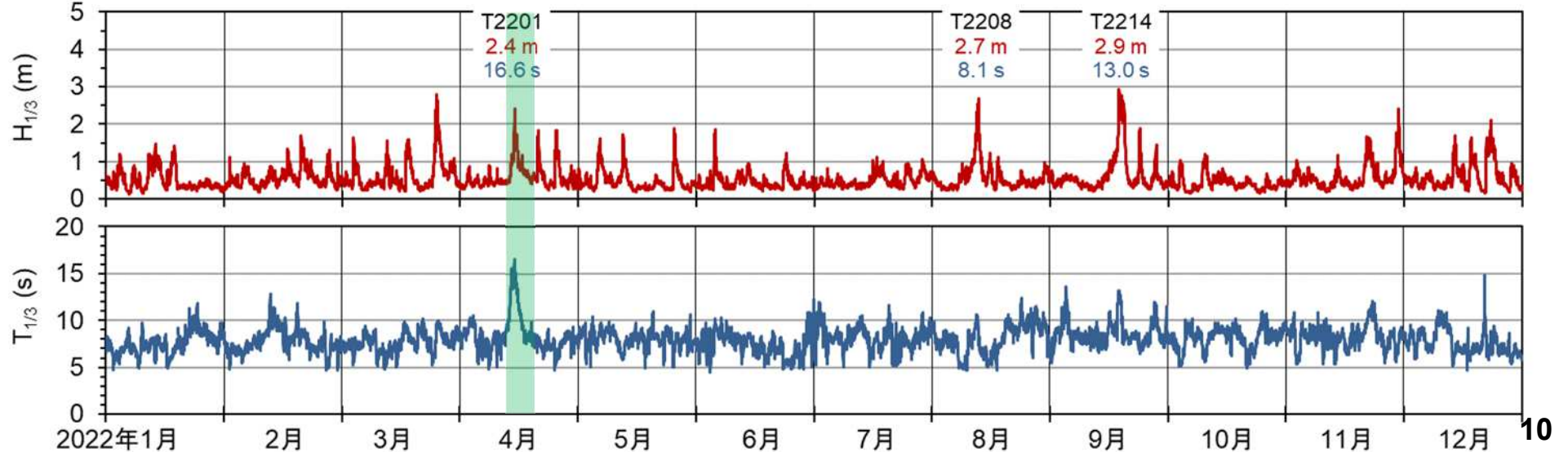
$H_{1/3} = 1.47 \text{ m}$, $T_{1/3} = 14.3 \text{ s}$, $H^2T = 30.9$

4/17 12:00

$H_{1/3} = 0.8 \text{ m}$, $T_{1/3} = 11.1 \text{ s}$, $H^2T = 7.1$

4/19 14:00

$H_{1/3} = 0.65 \text{ m}$, $T_{1/3} = 8.6 \text{ s}$, $H^2T = 3.6$



3 養浜後の地形変化

(5) 定点カメラ画像による砂浜の変化② ; T2208による高波浪の作用(8月13日18時 $H_{1/3} = 2.7\text{ m}$, $T_{1/3} = 8.1\text{ s}$)

高波浪 ($H_{1/3}=2.7\text{m}$, $T_{1/3}=8.1\text{s}$) が作用しても汀線位置はほとんど変化しない。高波浪直後に礫カスは形成されなかった(周期が短かったことがT2201と異なる)。高波浪作用から8日後の波高が小さく、周期が長い波浪作用後に汀線付近に小規模なカスが形成された。



8/11 10:00

$H_{1/3} = 0.68\text{ m}$, $T_{1/3} = 9.0\text{ s}$, $H^2T = 4.1$

8/14 6:00

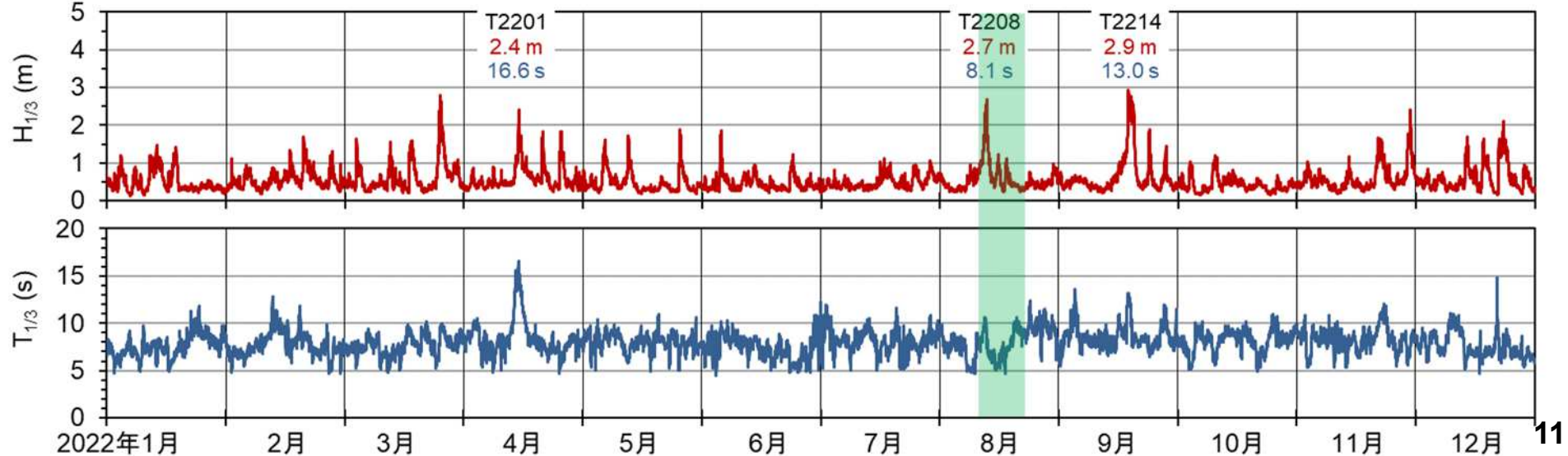
$H_{1/3} = 1.25\text{ m}$, $T_{1/3} = 6.5\text{ s}$, $H^2T = 10.1$

8/15 13:00

$H_{1/3} = 0.59\text{ m}$, $T_{1/3} = 6.4\text{ s}$, $H^2T = 2.2$

8/22 13:00

$H_{1/3} = 0.27\text{ m}$, $T_{1/3} = 8.9\text{ s}$, $H^2T = 0.63$



3 養浜後の地形変化

(5) 定点カメラ画像による砂浜の変化③；T2214による高波浪の作用(9月19日0時 $H_{1/3} = 2.9 \text{ m}$, $T_{1/3} = 13 \text{ s}$)

波高が小さく、周期の長い波浪の作用により前浜に砂が堆積し、バームが発達しつつあったが、高波浪により削られた。高波浪直後に礫カスプは形成されなかった(2m以上の高波浪が40時間継続したことがT2201と異なる)。波高1.4 mの作用時に規模の大きな礫カスプが形成された。その後、静穏な波浪条件であったが、礫カスプの規模が大きく、5日後も砂に覆われていない。



9/17 9:00

$H_{1/3} = 1.0 \text{ m}$, $T_{1/3} = 9.4 \text{ s}$, $H^2T = 9.5$

9/19 17:00

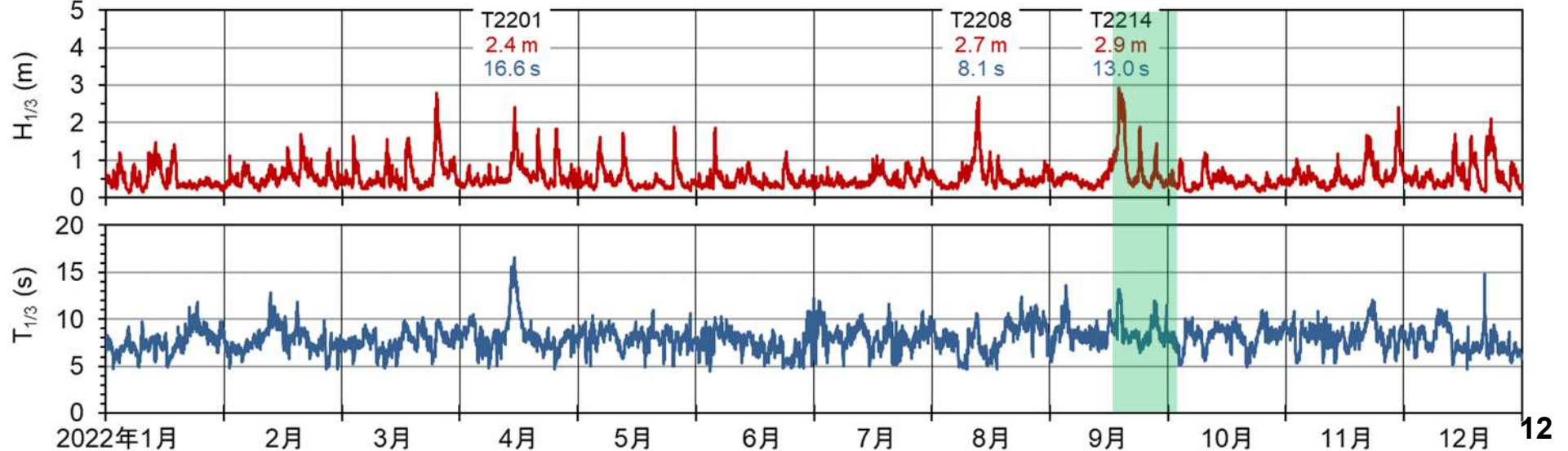
$H_{1/3} = 2.45 \text{ m}$, $T_{1/3} = 11.3 \text{ s}$, $H^2T = 67.8$

9/28 14:00

$H_{1/3} = 1.44 \text{ m}$, $T_{1/3} = 10.8 \text{ s}$, $H^2T = 22.3$

10/3 10:00

$H_{1/3} = 0.36 \text{ m}$, $T_{1/3} = 7.9 \text{ s}$, $H^2T = 1.05$



3 養浜後の地形変化

(5) 定点カメラ画像による砂浜の変化

定点カメラによる観測開始の2007年5月以降、2023年3月までに約51.5万 m³の養浜が行われた。この結果、観測開始時に比べて**明らかに汀線が前進し、砂浜の地盤高が高くなった**。また、波浪作用により、砂浜では粒径の変化が起きることがわかった。

1. 高波浪が作用すると、汀線位置はほとんど変化しないが、前浜勾配が緩やかになり砂浜の地盤高が低下する。
2. 高波浪作用後、数時間で前浜に礫が堆積する場合と堆積しない場合がある。礫カスプが小規模であればその後の静穏な波浪条件でバームが発達し、砂に覆われる。
3. 周期が長い波浪が続くと前浜に砂が堆積し、バームが発達して砂浜の地盤高も上昇する。



図3.7 定点カメラ写真による海浜の経年変化（2007年～2023年）

3 養浜後の地形変化

(6) 海浜縦断形と底質の変化 (No.6+70, サザンビーチ)

サザンビーチはほとんど地形変化がなく、細砂と中砂で構成される。この状況は2005年以降変わらない。

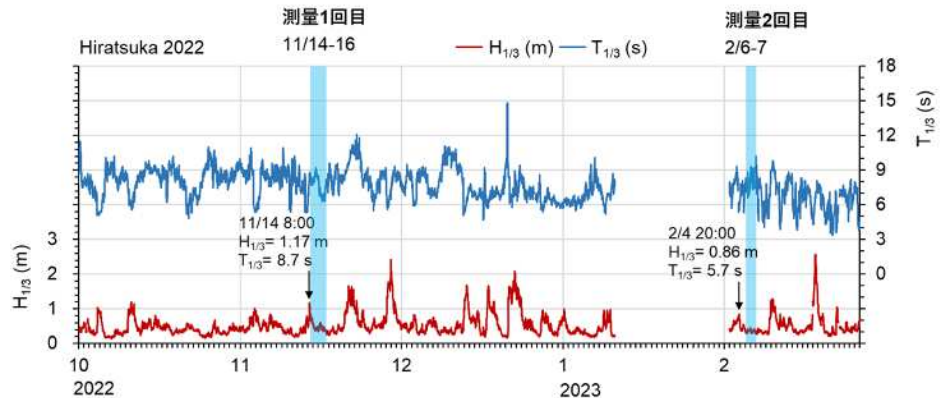
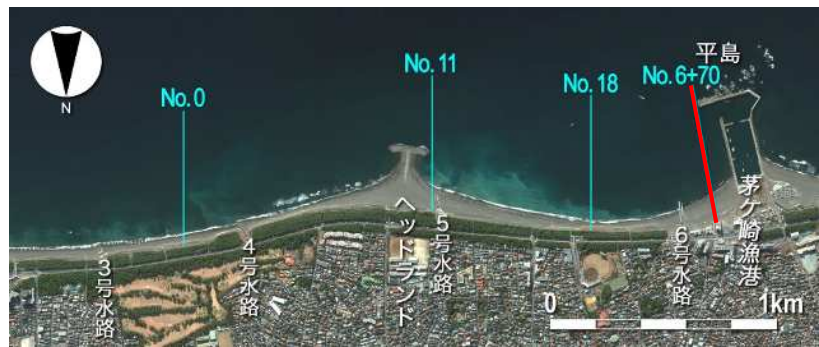


図3.7 測量月日と波浪条件

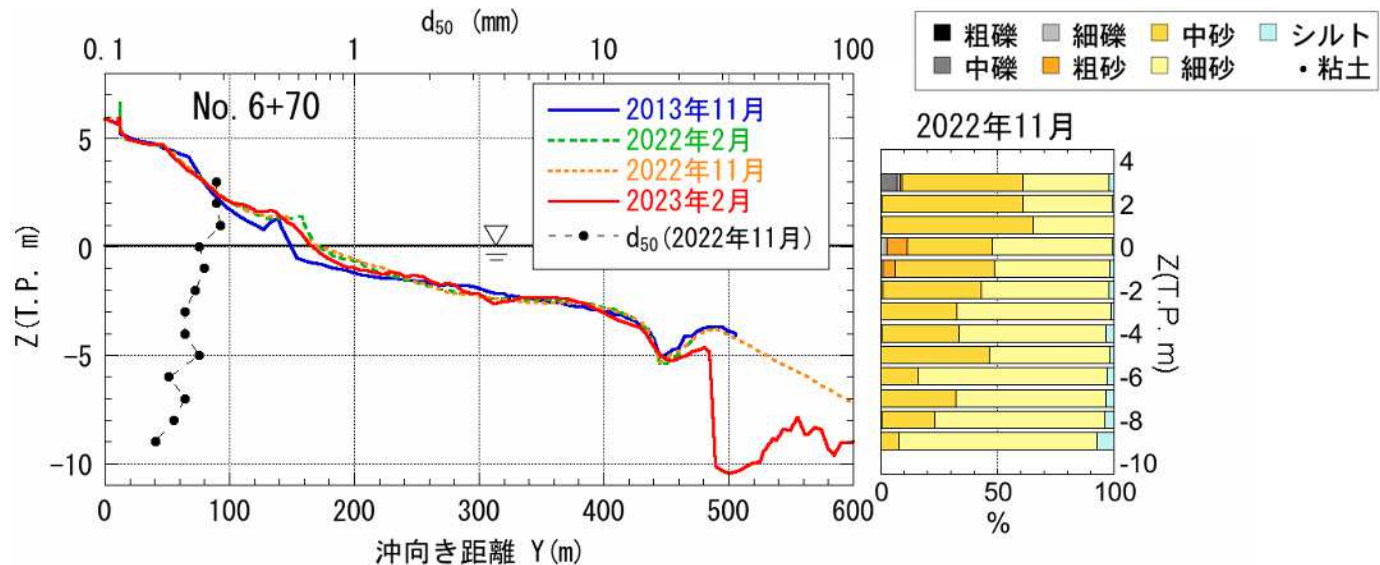


図3.8 海浜縦断形の変化と粒度組成の水深分布：No.6+70

3 養浜後の地形変化

(6) 海浜縦断形と底質の変化 (No.18, 中海岸中央部)

海岸中央部の汀線付近は主に礫で構成され、水深2 m以深は主に細砂と中砂で構成される。

2022年2月から2022年11月までに水深3 mにトラフ（深み）が形成され、その沖に堆砂が起きた。これまでの調査結果より、このような地形変化は高波浪による。波浪条件にもよるが1年程度で凹凸のない縦断形に回復する。

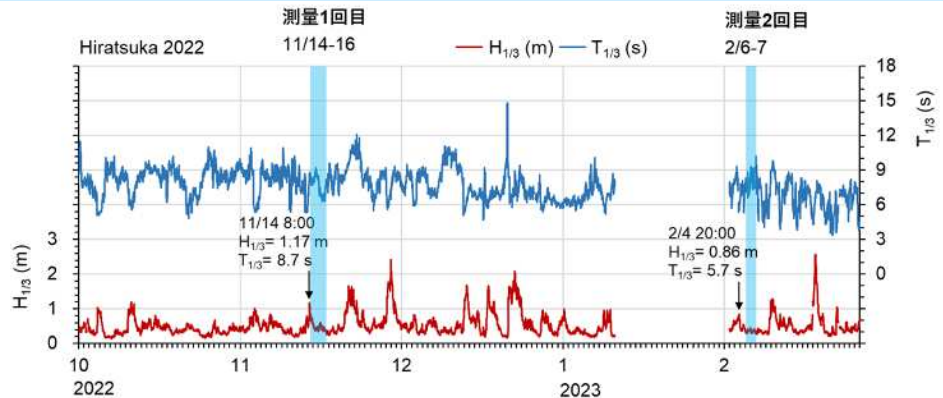


図3.7 測量月日と波浪条件

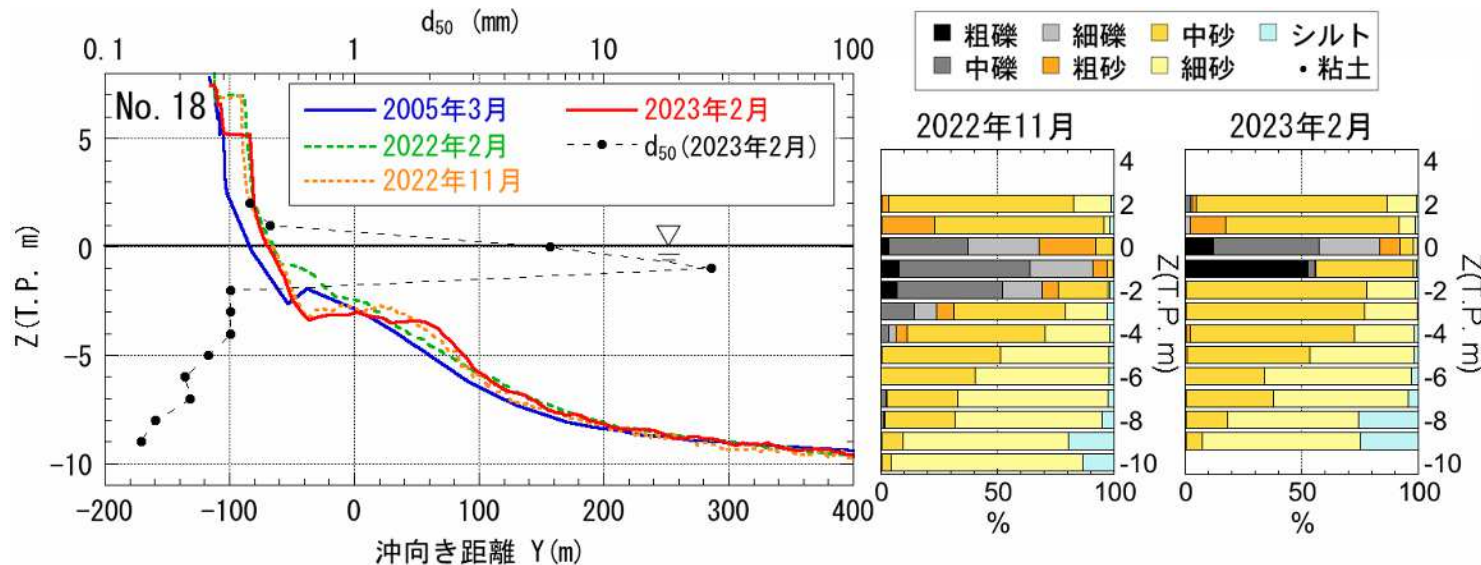


図3.9 海浜縦断形の変化と粒度組成の水深分布：No.18

3 養浜後の地形変化

(6) 海浜縦断形と底質の変化 (No.11, 中海岸ヘッドランド西側)

ヘッドランド近傍の汀線付近は主に礫で構成され、水深1 m以深は主に細砂、中砂で構成される。

測線No.11はヘッドランドによる波の遮蔽域に位置するため、地形変化や粒度組成変化はほとんど起きていない。

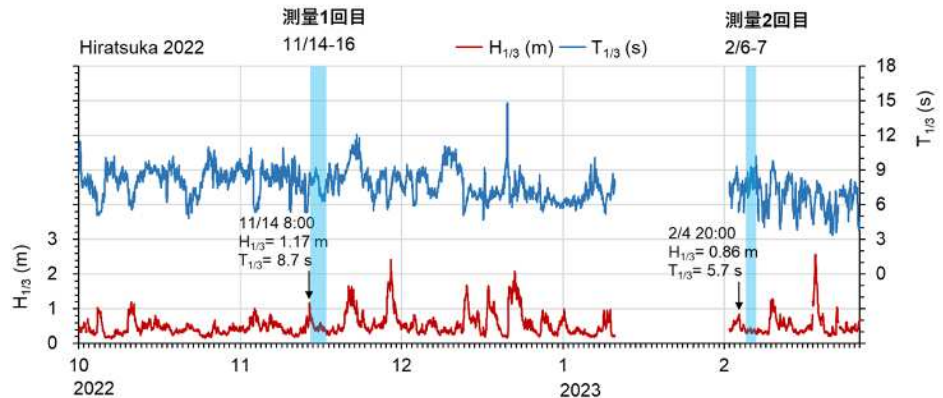


図3.7 測量月日と波浪条件

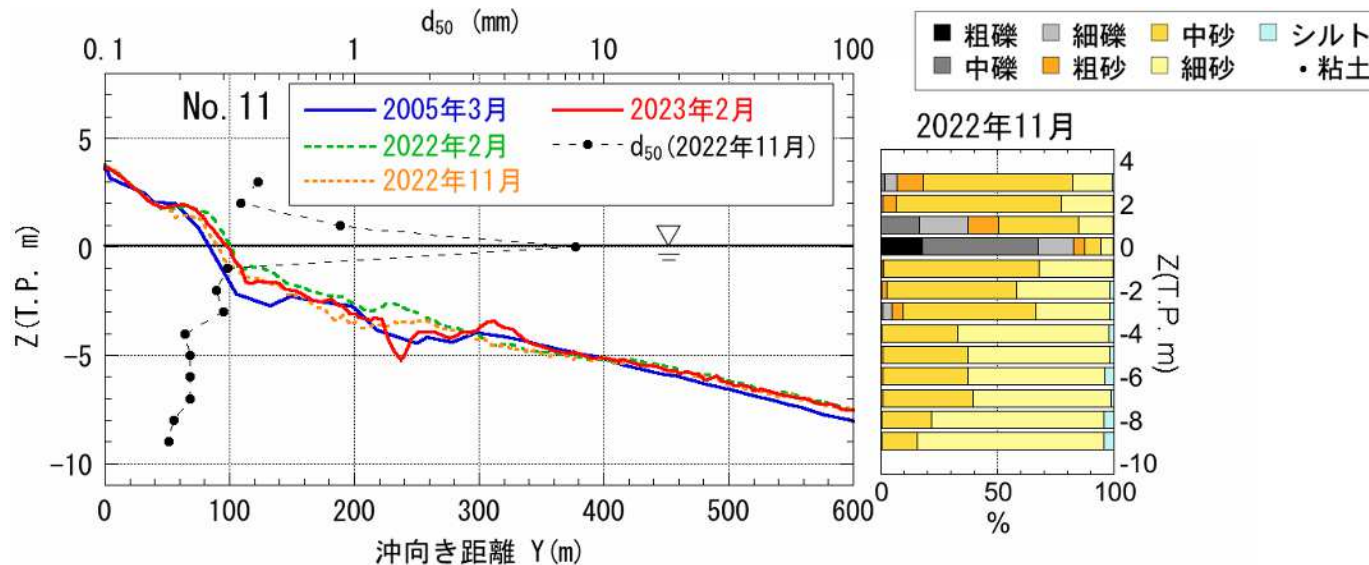


図3.10 海浜縦断形の変化と粒度組成の水深分布：No.11

3 養浜後の地形変化

(6) 海浜縦断形と底質の変化 (No.0, 菱沼海岸)

菱沼海岸に位置する測線No. 0は主に細砂と中砂で構成され、中海岸のNo. 18に比べる海底勾配が緩く、細砂が多い。

中海岸の測線No.18では2022年11月までに水深3 mにトラフ（深み）が形成されたが、この測線ではそのような地形変化は起きていない。2022年の沿岸方向約800 mにわたる主に中砂で構成された2万m³の盛り土養浜からの土砂供給が理由と考えられる。

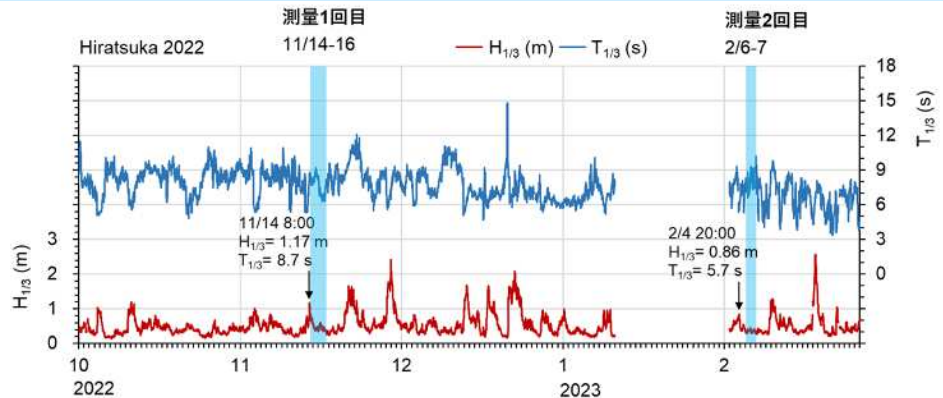
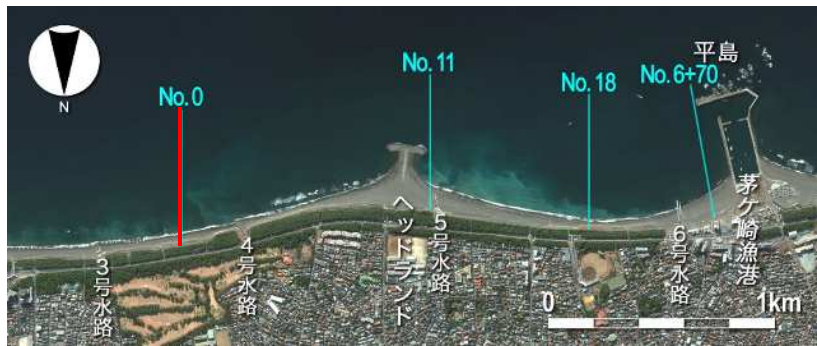


図3.7 測量月日と波浪条件

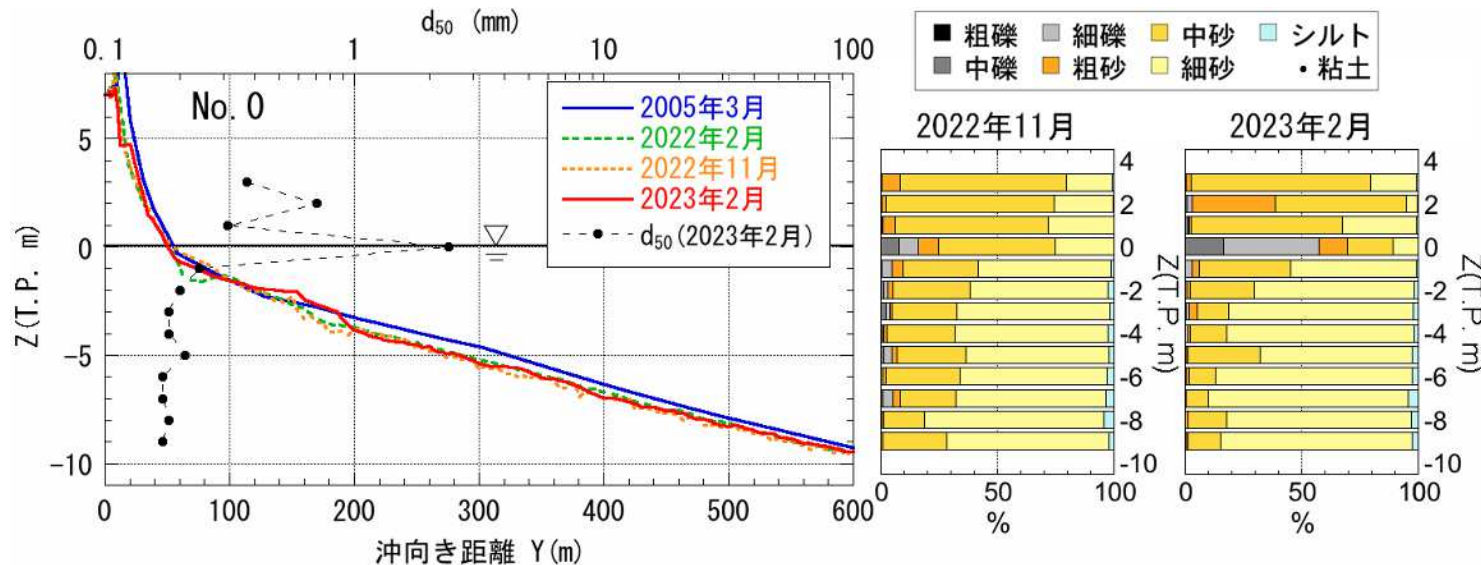
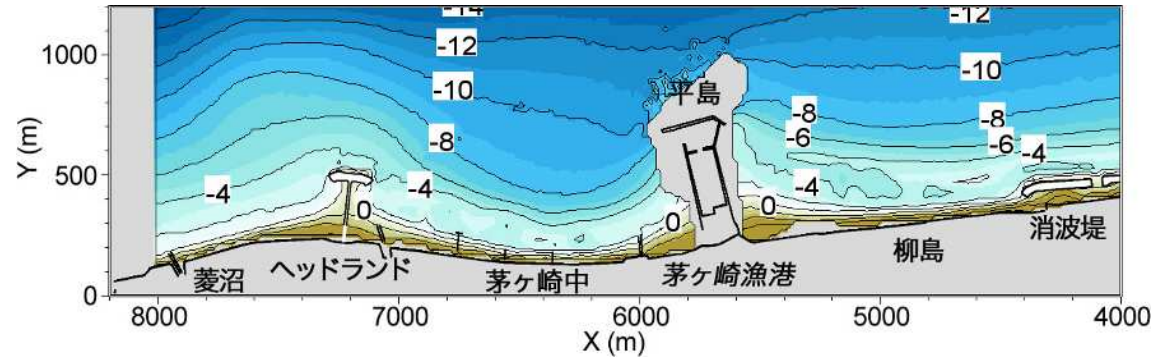


図3.11 海浜縦断形の変化と粒度組成の水深分布：No.0

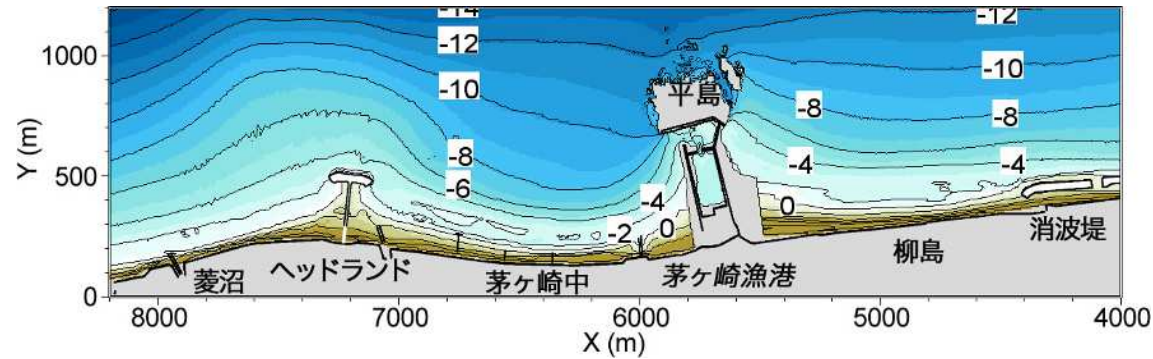
3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

(a) 2005年2月



(b) 2023年1月



(c) 地形変化量

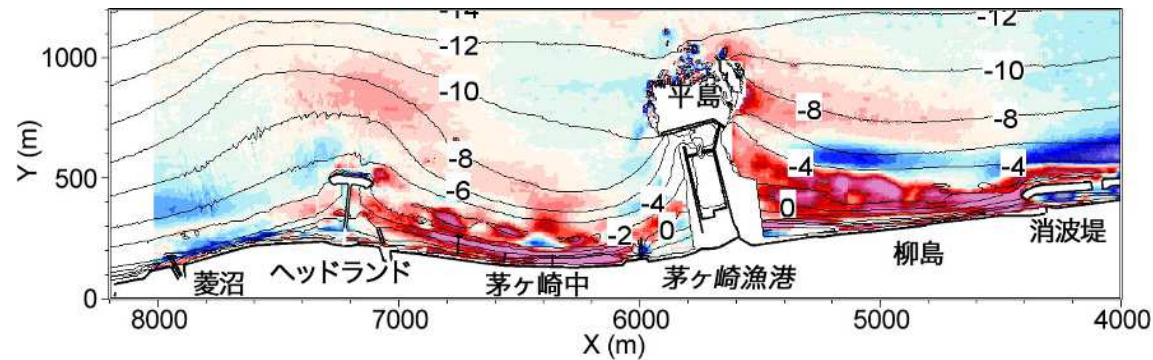


図3.12 NMB測量データの解析による2023年1月までの地形変化（養浜事業開始前の2005年2月基準）

3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

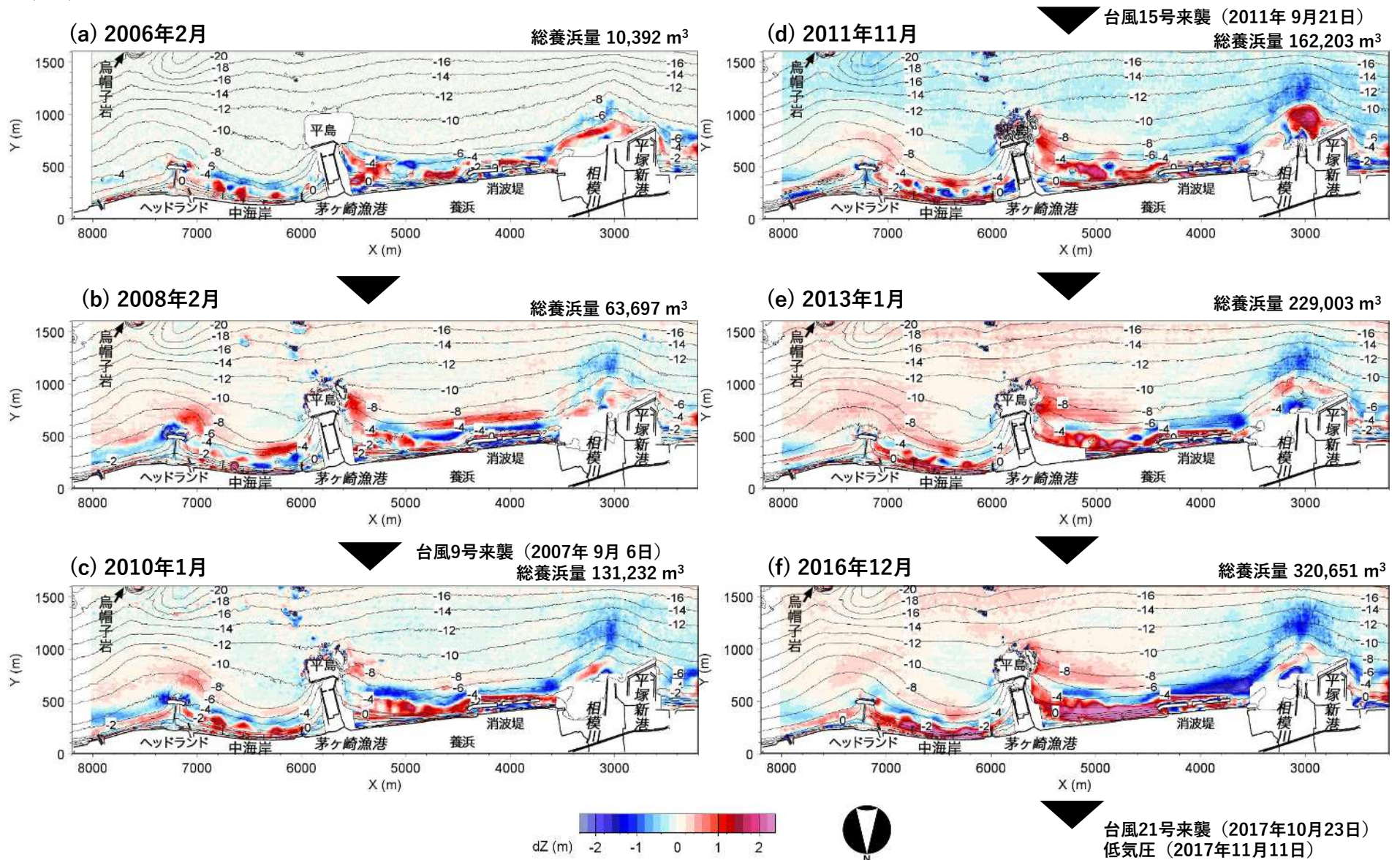


図3.13 NMB測量データの解析による2023年1月までの茅ヶ崎海岸の地形変化 (養浜事業開始前の2005年2月基準)

3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

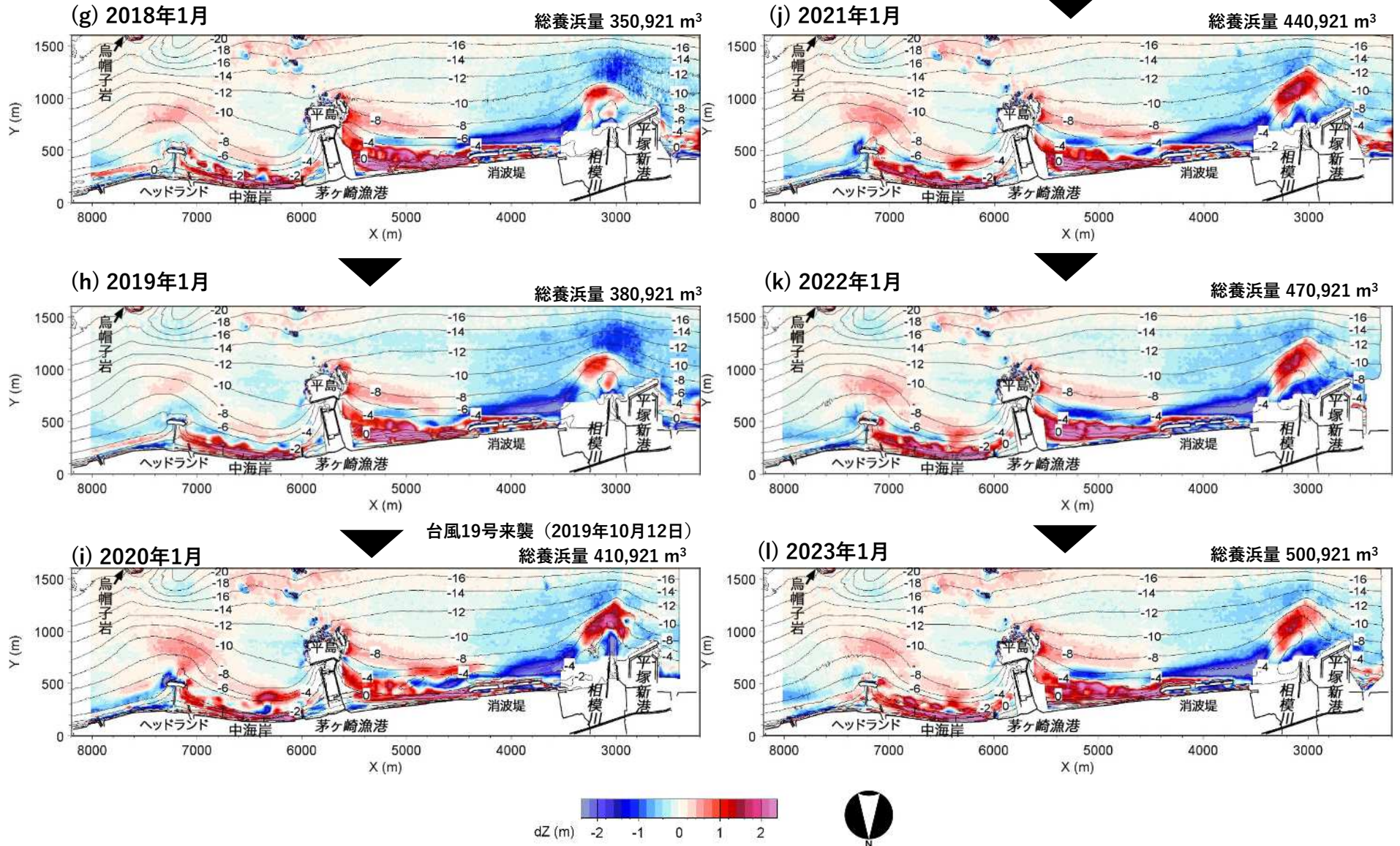


図3.13 NMB測量データの解析による2023年1月までの茅ヶ崎海岸の地形変化 (養浜事業開始前の2005年2月基準)

3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

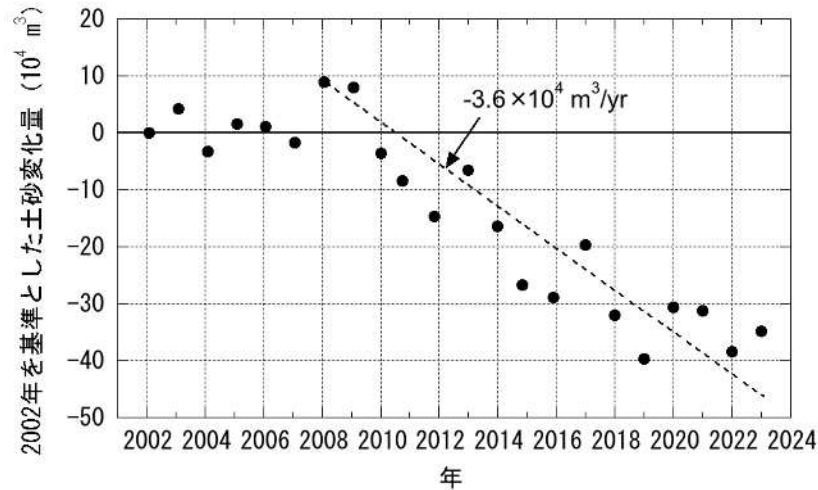


図3.14 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域A）

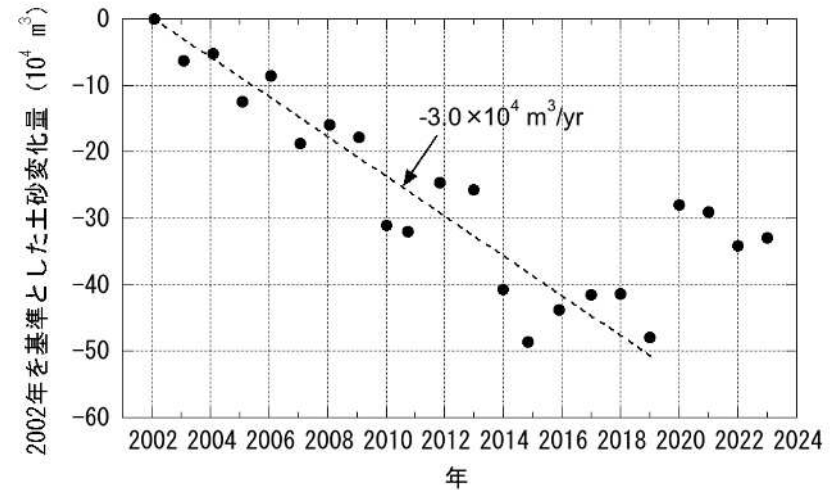
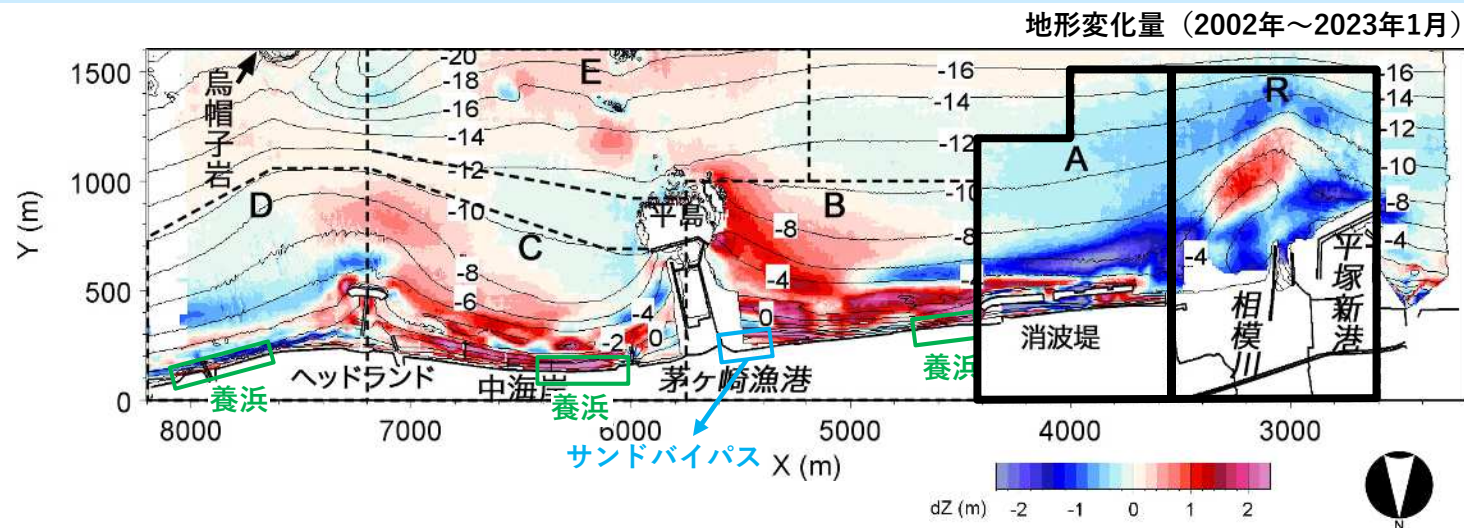


図3.15 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域R）

相模川河口前面（区域R）では、2002年～2019年は $-3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で侵食傾向にある。2019年の台風19号来襲に伴い河川から大量の土砂が流出し、河口テラスに堆積したが、その後、波浪作用により削られつつある。

柳島消波堤前面（区域A）では、**2009年以降 $-3.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で侵食傾向にある。**



3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

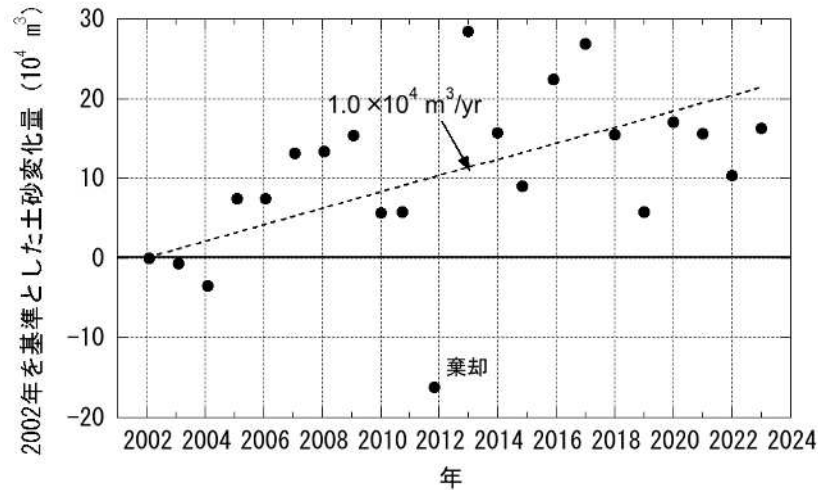


図3.16 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域E）

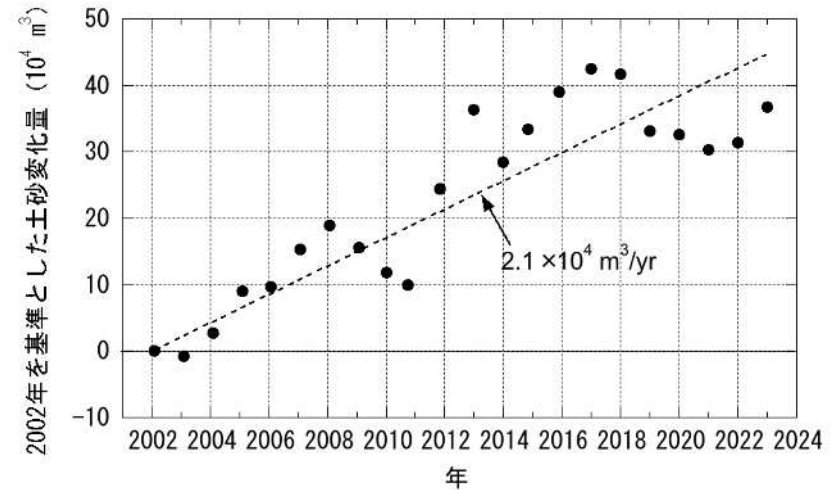
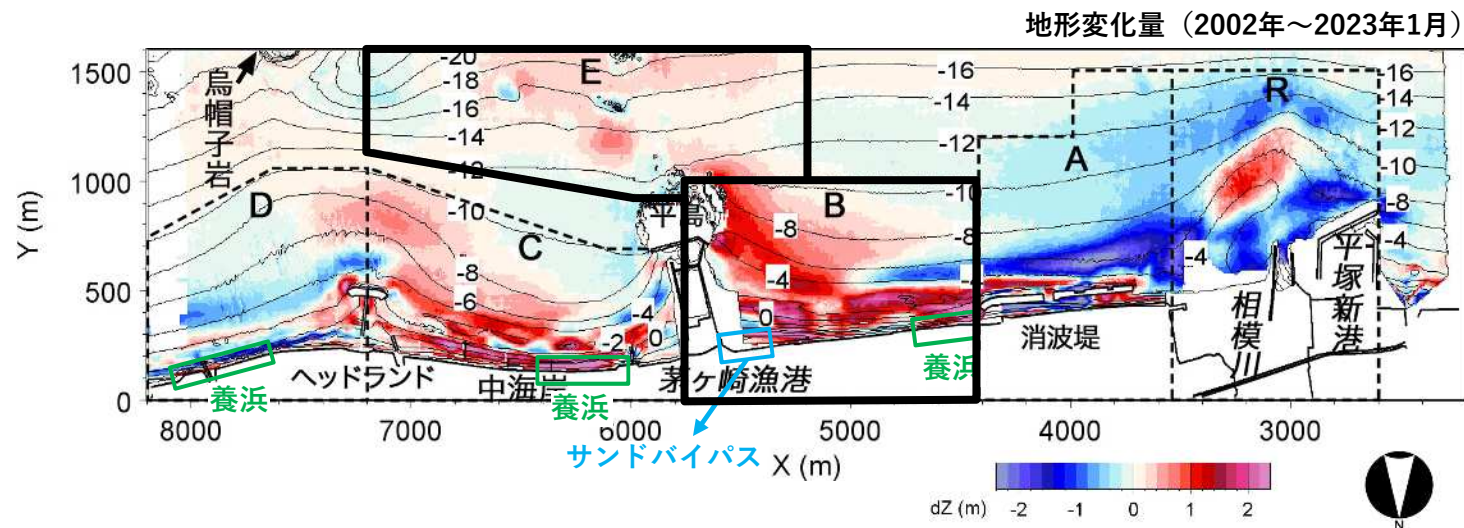


図3.17 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域B）

柳島消波堤東側から茅ヶ崎漁港間（区域B）では $+2.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で堆積傾向にある。（漁港西側近傍は測量範囲外）。
茅ヶ崎漁港沖合（区域E）は2018年まで $+1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で堆積傾向にある。



3 養浜後の地形変化

(7) 沖合も含めた地形変化

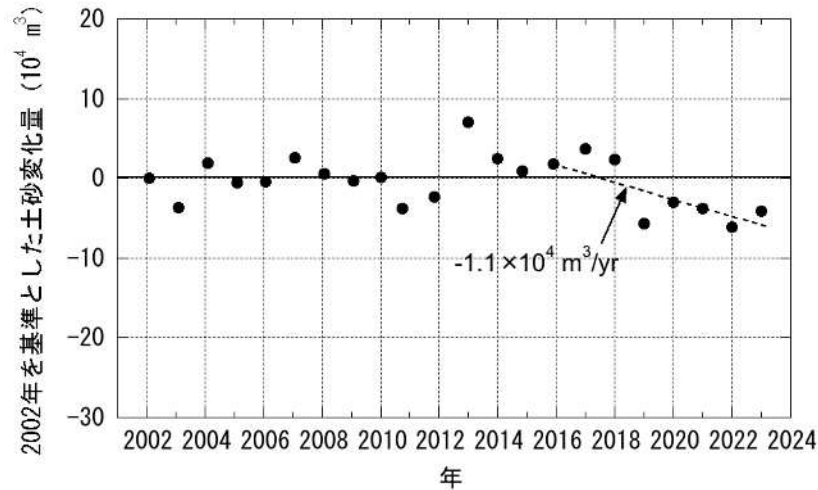


図3.18 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域D）

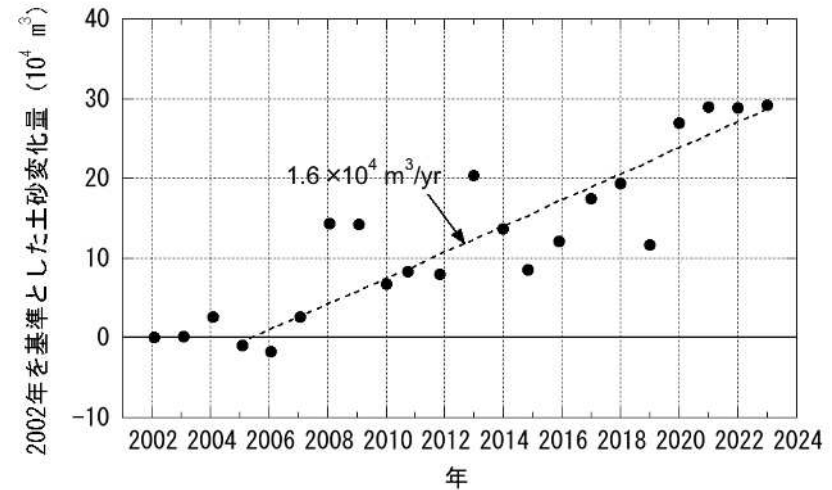
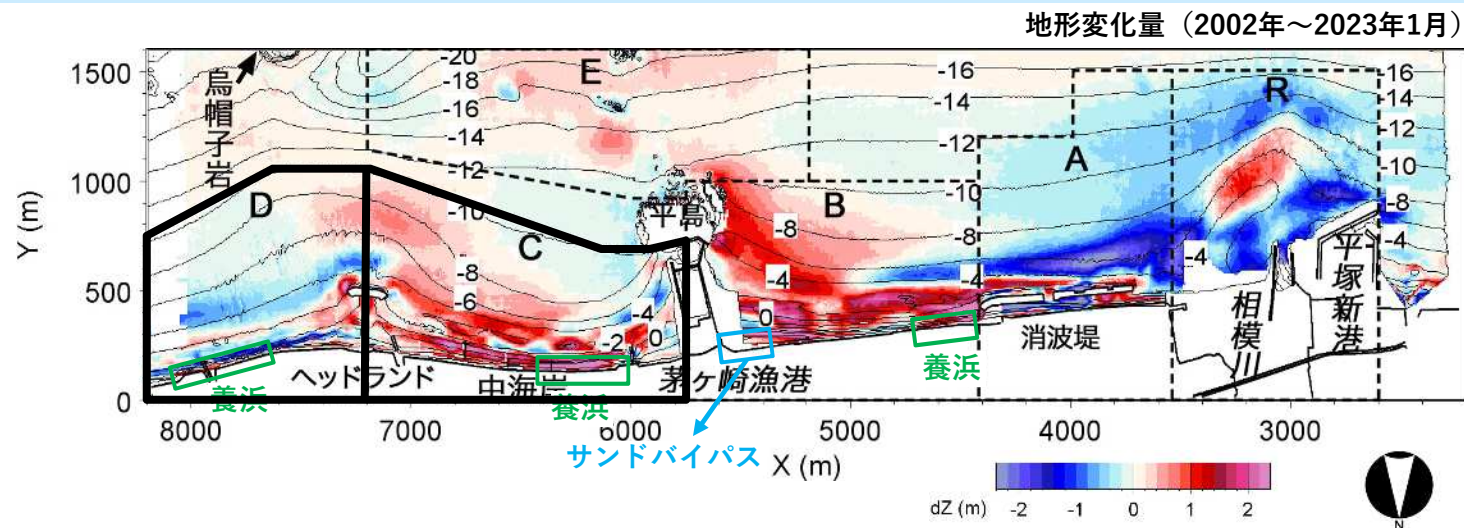


図3.19 2002年を基準とした海浜土砂量の経年変化（区域C）

中海岸（区域C）では、2006年以降 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ の養浜が行われ、近年の堆積量は $1.6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ であり、残りは東向きの沿岸漂砂により ヘッドランドを越えて菱沼海岸へ供給されている（海浜面積の変化から算出したヘッドランドを越える沿岸漂砂量は $Q \approx 2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ ）。

菱沼海岸（区域D）では、2016年以降、 $-1.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$ で侵食傾向にある。



3 養浜後の地形変化

(8) 養浜後の茅ヶ崎漁港東側での地形変化

港口付近での経年的な堆積は起きていないが、強い沖向き漂砂が発生するようなイベントが起きた場合は一次的に港口に堆砂が起こる可能性があるため、今後も注意していく必要がある。2022～2023年の最近の1年間では漁港港口～サザンビーチ沖合の海底が緩やかに侵食した。

①長期的な地形変化；養浜開始前の2004年から2023年までの長期的な地形変化によれば、2011年までに港口の水深7 m付近に最大+0.5 m程度の堆積が確認できるが、その後、堆積が進む状況はみられない。

②近年の地形変化；港口付近の測線の縦断形変化より、近年堆積が進む状況はみられない。

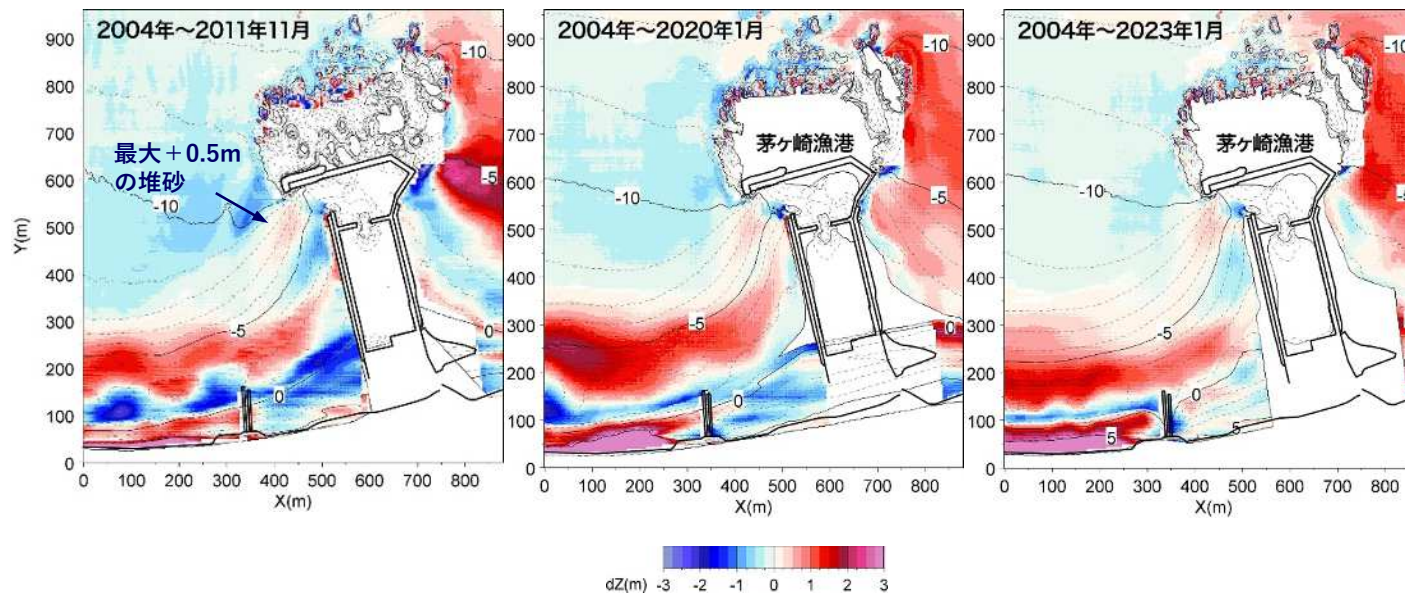
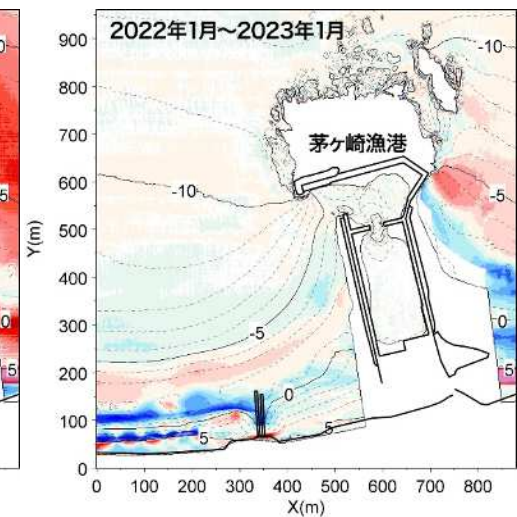


図3.20 長期的な地形変化 (2004年基準)



漁港港口～サザンビーチ沖合にかけて緩やかに侵食

図3.21 最近の地形変化 (2022～2023年)

3 養浜後の地形変化

(8) 養浜後の茅ヶ崎漁港東側での地形変化

③高波浪による短期的な地形変化；高波浪が作用すると沖合に土砂が堆積する。波浪条件によっては土砂の堆積域は港口付近にも広がるが、その後の波の作用で岸向きに運ばれ堆積は解消される。

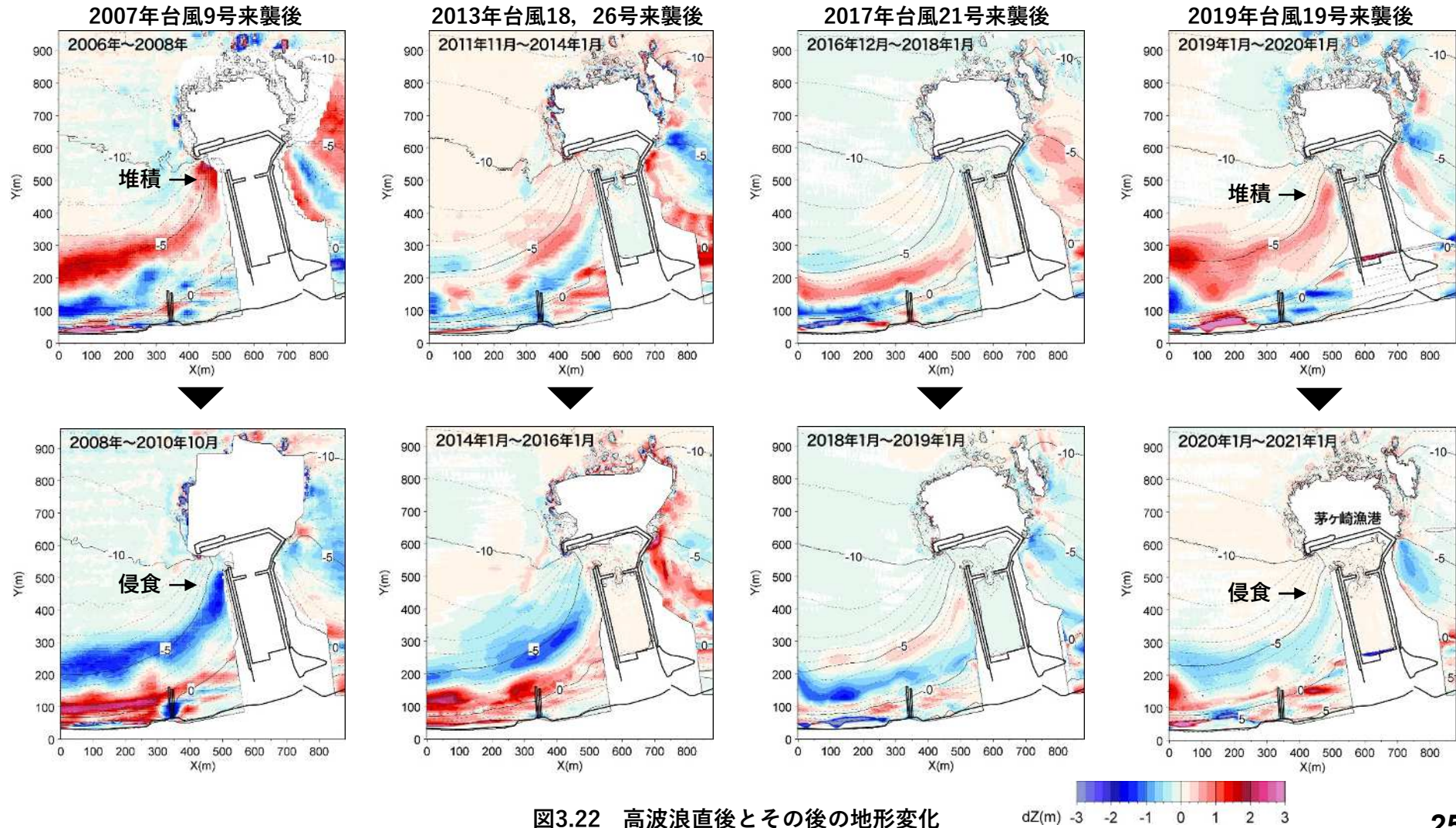
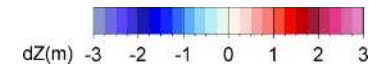


図3.22 高波浪直後とその後の地形変化

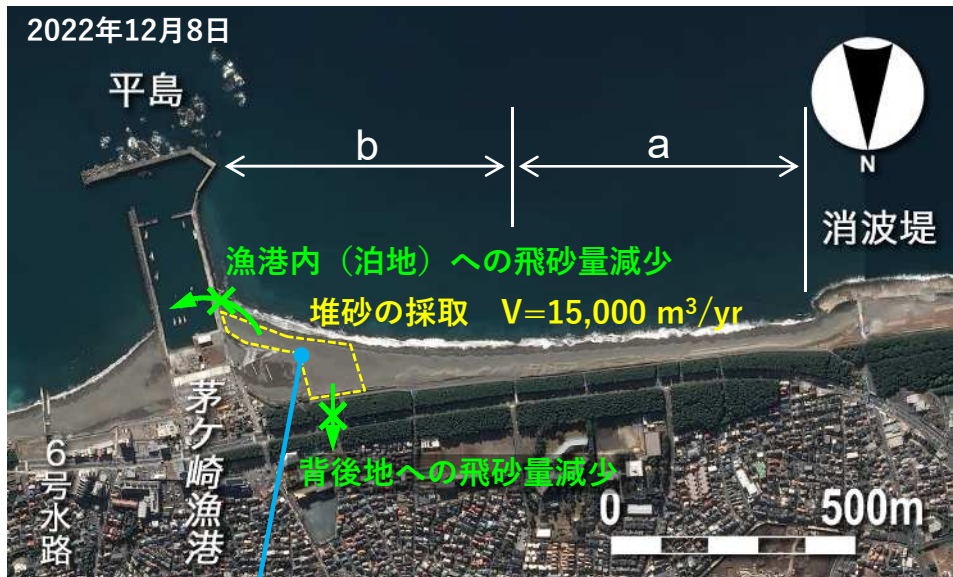


3 養浜後の地形変化

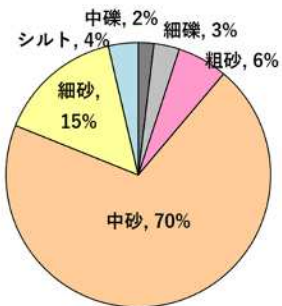
(9) 茅ヶ崎漁港西側からのサンドバイパス増量の影響

茅ヶ崎漁港西側からのサンドバイパス（漁港西側からの養浜材の採取）は、2015年度（2016年1月～2016年2月）以降、従来の0.3 m³/yrから1.5万 m³/yrに増量された。2019年台風19号来襲後の2020年2月では区域aの汀線が前進、区域bが後退、その後、2020年11月までに区域bの汀線が前進、2022年12月では再び区域aで前進、区域bで後退が起きている。このように柳島消波堤と茅ヶ崎漁港間において空間的な汀線変動が起きているものの、**サンドバイパス増量による経年的な汀線後退はみられない。**

汀線変動に対応して海浜面積（全域）も変動するが、**サンドバイパスを増量した2016年以降、海浜面積が減少するような傾向はみられない。**



← サンドバイパス（シルトが少ない養浜材による濁りの軽減）
V=15,000 m³



2016-2023実績平均

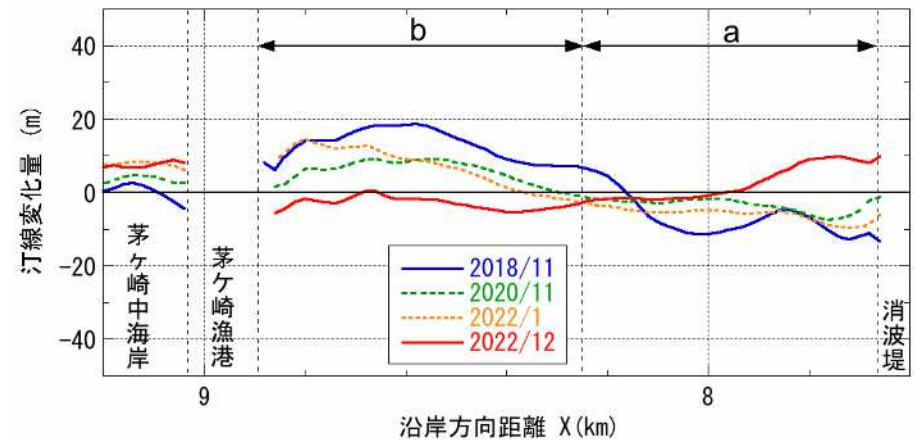
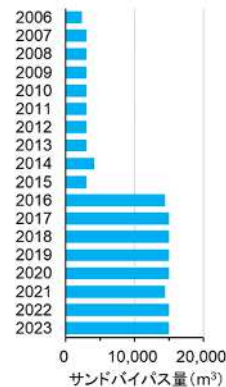


図3.23 汀線変化（2016年1月基準）

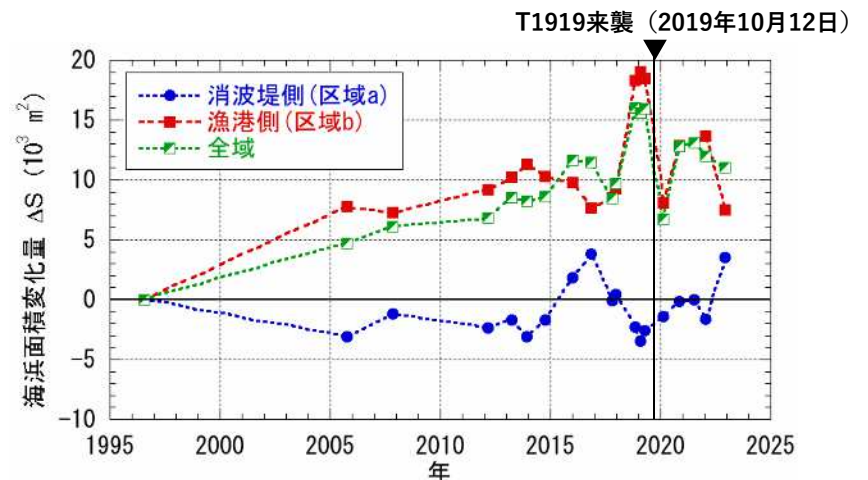


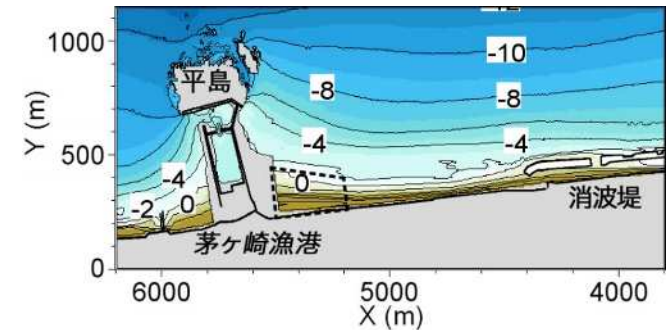
図3.24 ab区域の海浜面積変化（1996年基準）

3 養浜後の地形変化

(9) 茅ヶ崎漁港西側からのサンドバイパス増量の影響

2019年の台風19号の高波浪による影響を受けた2020年1月を除いて、漁港西側近傍の1.5万 m³の採取区域（破線）は、東向きの沿岸漂砂や飛砂の影響により従来と変わらず堆砂傾向にある（2023年1月は東寄りの波による西向きの砂の動きで汀線付近は侵食）。

2023年1月まではサンドバイパス増量による侵食傾向はみられないものの、大規模採取による柳島海岸への影響に注意して、今後もモニタリングを継続する必要がある。



茅ヶ崎漁港西側の深浅図（2023年1月）

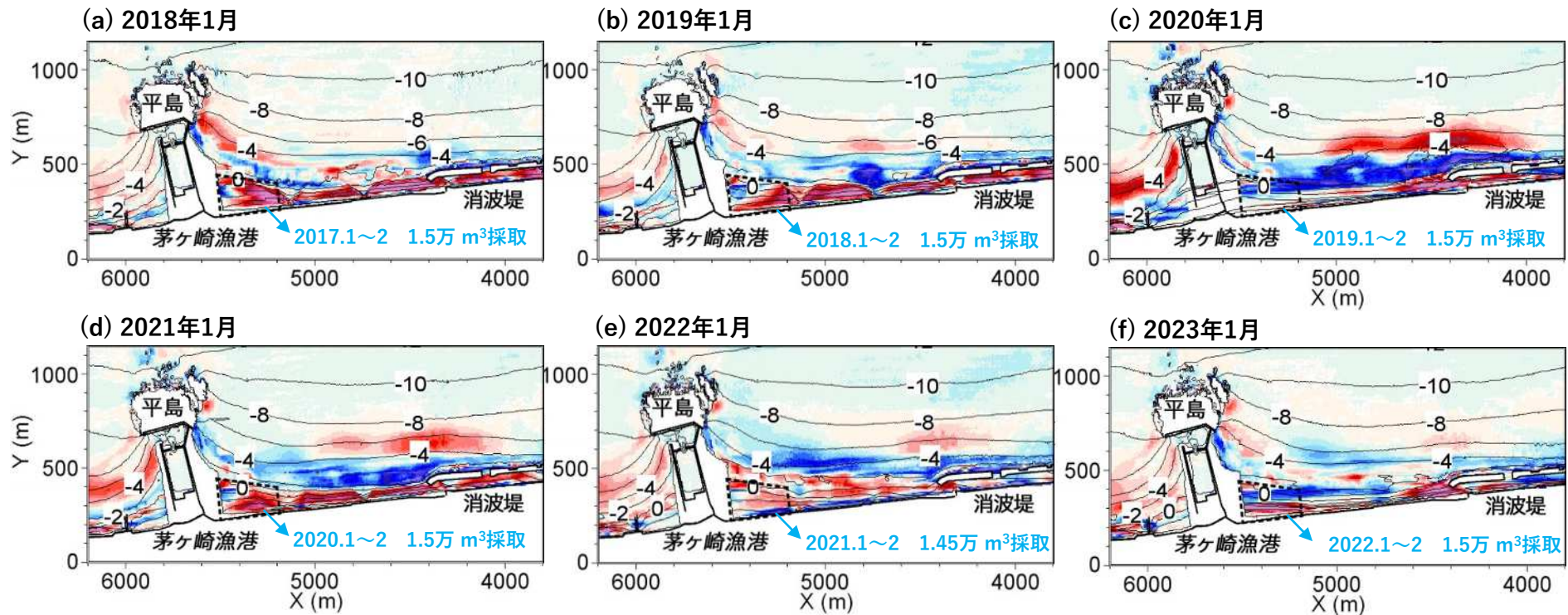
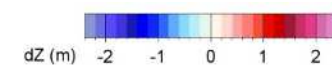


図3.25 地形変化量の平面分布（サンドバイパス増量前の2015年12月基準）



3 養浜後の地形変化

(1 1) 茅ヶ崎海岸の砂の動き

東向きの沿岸漂砂によりヘッドランドを越えて東側の海岸へ供給される土砂量は、養浜開始前の2005年の0.5万m³/yrに対して、現在は砂浜の回復に伴い2万m³/yr程度まで増加したと推定される。

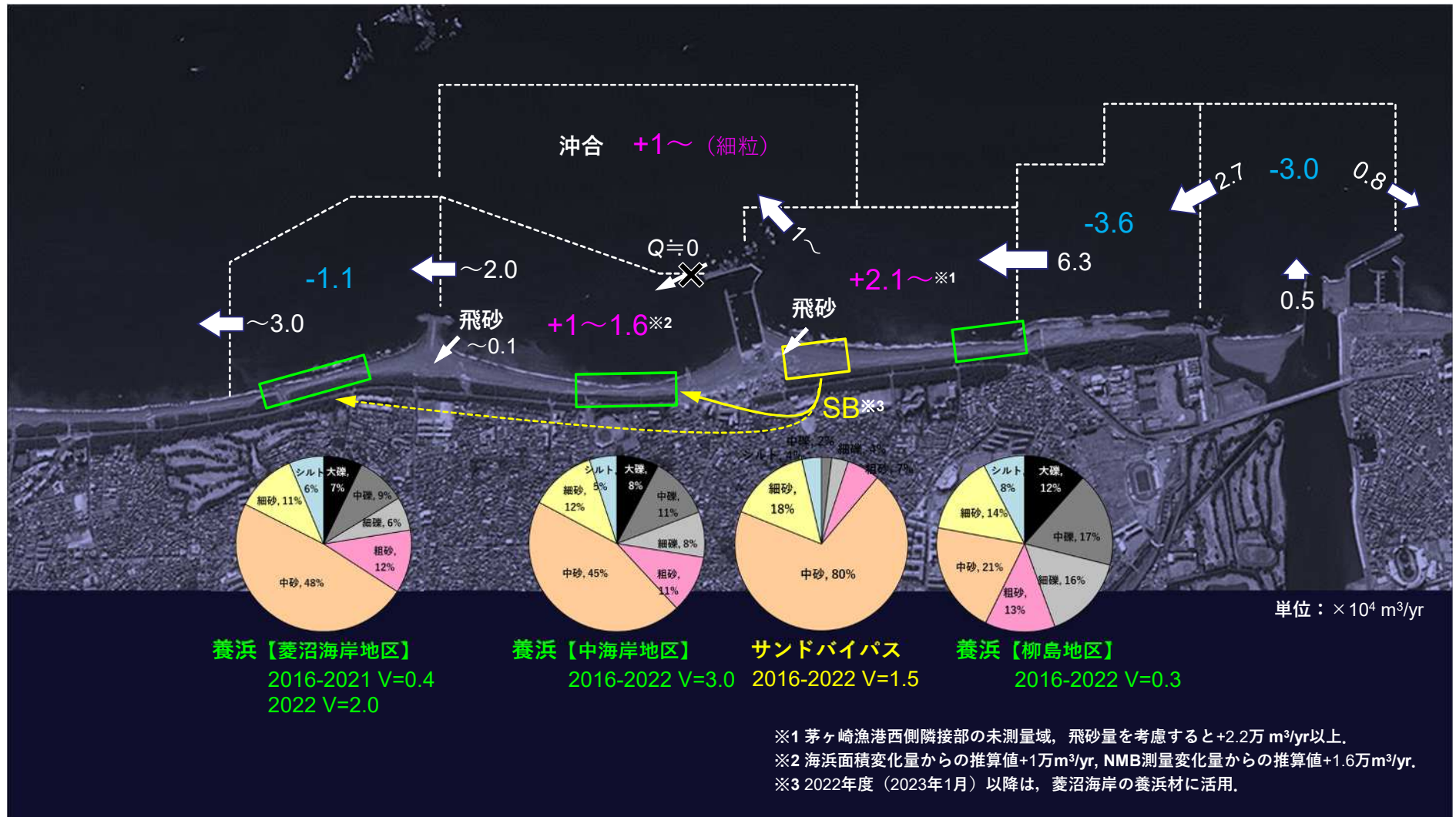


図3.26 茅ヶ崎中海岸の近年の土砂動態（2016～2022年）

3 養浜後の地形変化

(1 2) 菱沼海岸地区の海岸保全の必要性

菱沼海岸では、1954年から1996年までにヘッドランドと4号水路間で最大50 m、4号水路周辺では20~30 mの汀線後退が起きた。2005年以降は、2017年までに汀線が10 m程度後退し、その後、3号水路~4号水路間は汀線を維持しているものの、ヘッドランド~4号水路間は変動しつつも汀線が後退傾向にある。



図3.27 菱沼海岸地区の衛星写真 (2021年 7月)

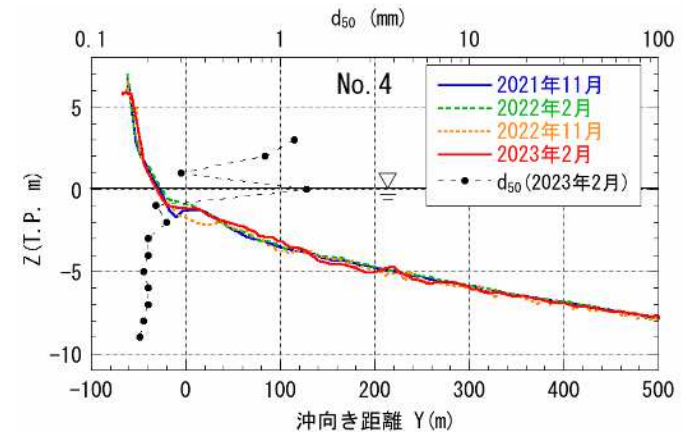


図3.28 菱沼海岸地区の縦断形変化

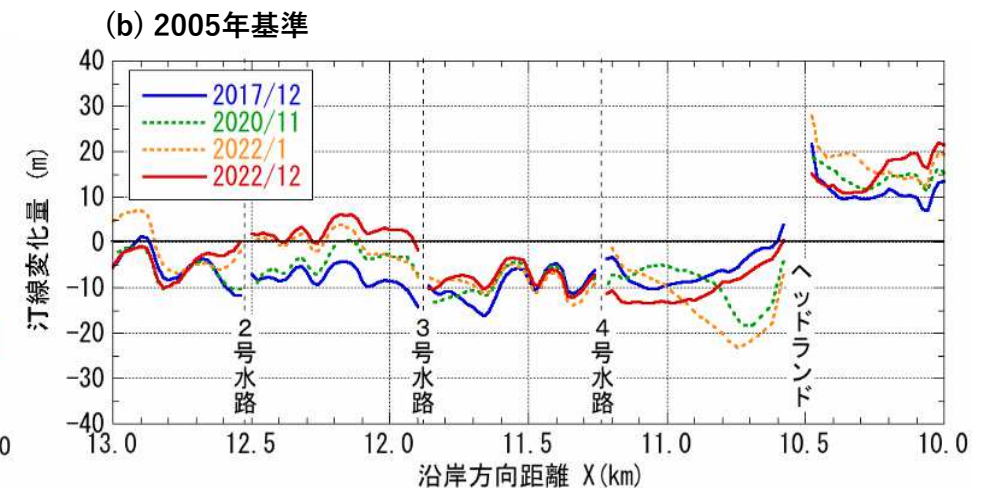
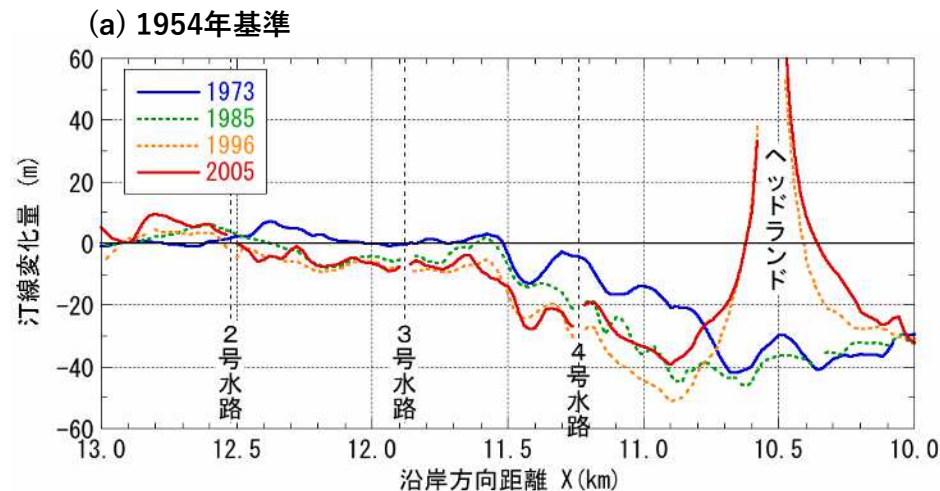


図3.29 菱沼海岸地区の汀線変化

4-1 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（中海岸）

養浜計画では、防護・環境・利用の観点から、計画浜幅 $B=40\text{ m}$ （海岸管理上の計画浜幅；自転車道法肩～汀線 $B=50\text{ m}$ ）が設定された。

防護水準

計画護岸高：T.P.+6.5 m

波のうちあげ高（規則波）： $R+H.H.W.L.+$ 余裕高0.5 m < T.P.+6.5 m

越波流量（不規則波）： $q < 0.02\text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$

根固め機能（短期変動時に護岸基部の露出を防ぐための浜幅）： $B > 20\text{ m}$

目標浜幅

相模湾沿岸海岸保全基本計画での目標浜幅： $B \geq 30\text{ m}$

環境、利用への配慮（1970年代の汀線）： $B \approx 40\text{ m}$

外力条件

波浪：設計波（1/30確率波， $H_o'=8.7\text{ m}$ ， $T=12.6$ ）を最大とした波浪

潮位：設計高潮位H.H.W.L.（T.P.+1.56m）

(a) 1979年3月～9月



(b) 2005年12月



養浜前の海浜（No.18, 2006年12月, $B=13\text{ m}$ ）

うちあげ高：T.P.+6.64 m > T.P.+6.5 m → **NG**

越波流量： $0.041\text{ m}^3/\text{m}/\text{s} > 0.02\text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ → **NG**

根固め機能： $B=13\text{ m}$ → **NG**

目標浜幅： $B=13\text{ m}$ → **NG**

計画海浜断面（No.18, 計画浜幅 $B=40\text{ m}$ ※）

うちあげ高：T.P.+6.39 m < T.P.+6.5m → **OK**

越波流量： $0.016\text{ m}^3/\text{m}/\text{s} < 0.02\text{ m}^3/\text{m}/\text{s}$ → **OK**

根固め機能： $B=40\text{ m} > 20\text{ m}$ → **OK**

目標浜幅： $B=40\text{ m}$ → **OK**

※短期変動量10 m考慮

海岸管理上の計画浜幅；自転車道法肩～汀線 $B=50\text{ m}$

図4.1 1979年と養浜前の2005年の海岸の状況

4-1 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（中海岸）

養浜により全域で浜幅が広がった。海岸中央の断面No.18では計画海浜断面形状になりつつあり、2023年2月時点の浜幅は $B=32.7$ m（海岸管理上の浜幅；自転車道法肩～汀線 $B'=42.7$ m）である。波の作用により汀線は変動するが、2015年以降、 $B=40$ m以上を維持している。

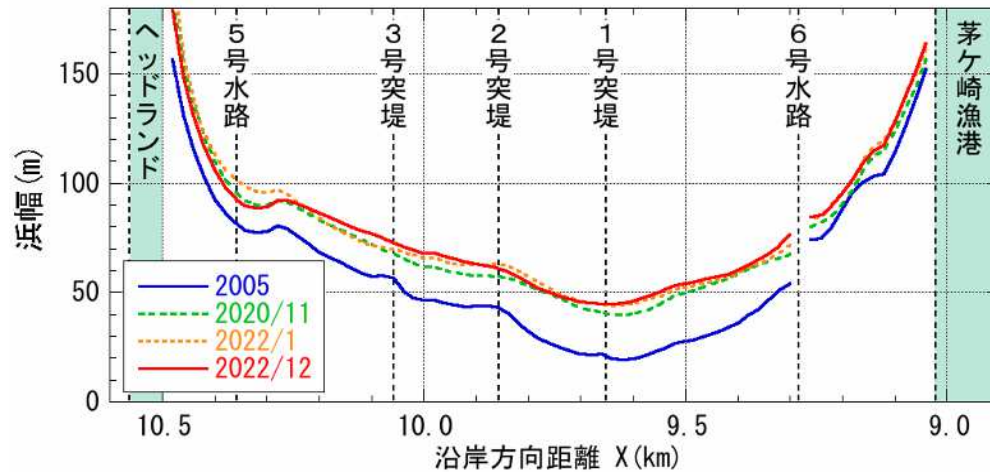


図4.2 空中写真から読み取った浜幅 B' （自転車道法肩～汀線）の沿岸方向分布

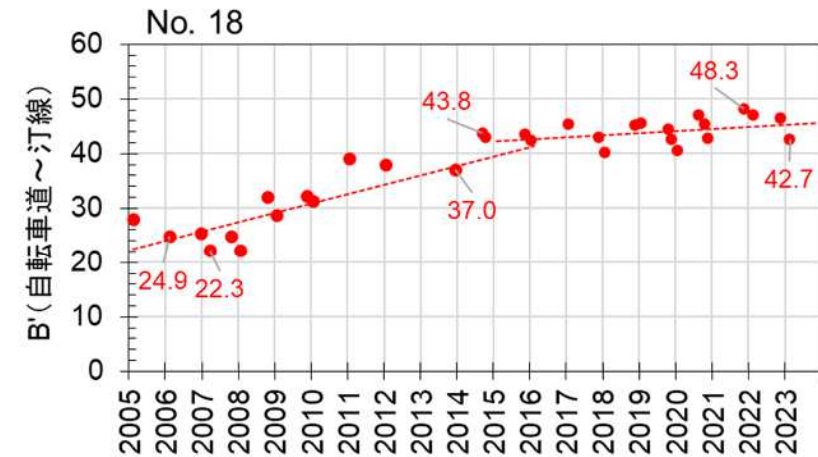
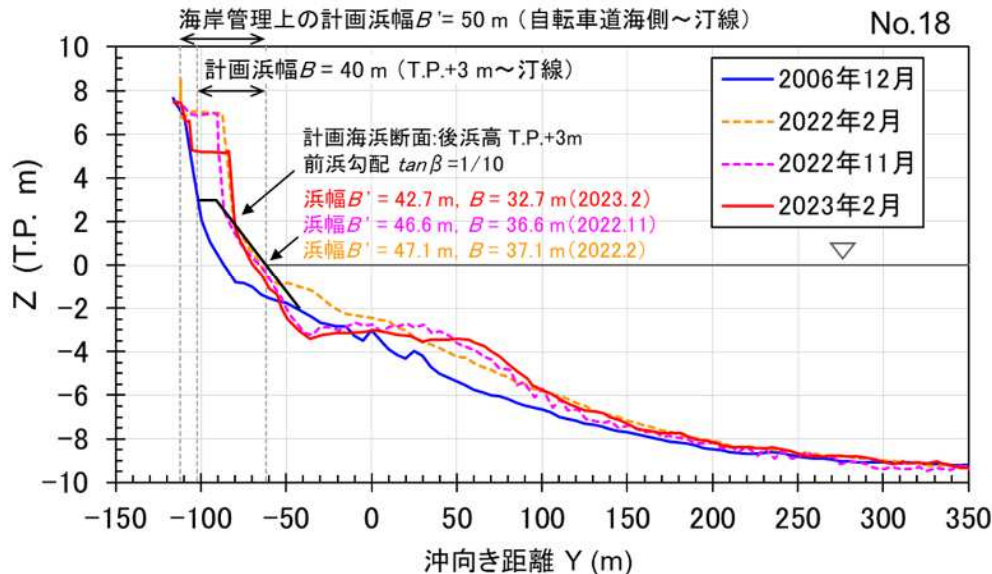


図4.3 浜幅検証断面（No.18）の縦断形変化と計画浜幅

図4.4 浜幅検証断面（No.18）の管理上の浜幅 B' の変化

4-1 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（中海岸）

養浜により回復しつつある海岸では、サーフィンや釣り、散歩などの利用が行われている。
2023年2月時点では計画浜幅を達成していないが、沖合での堆砂により防護水準は満足している。

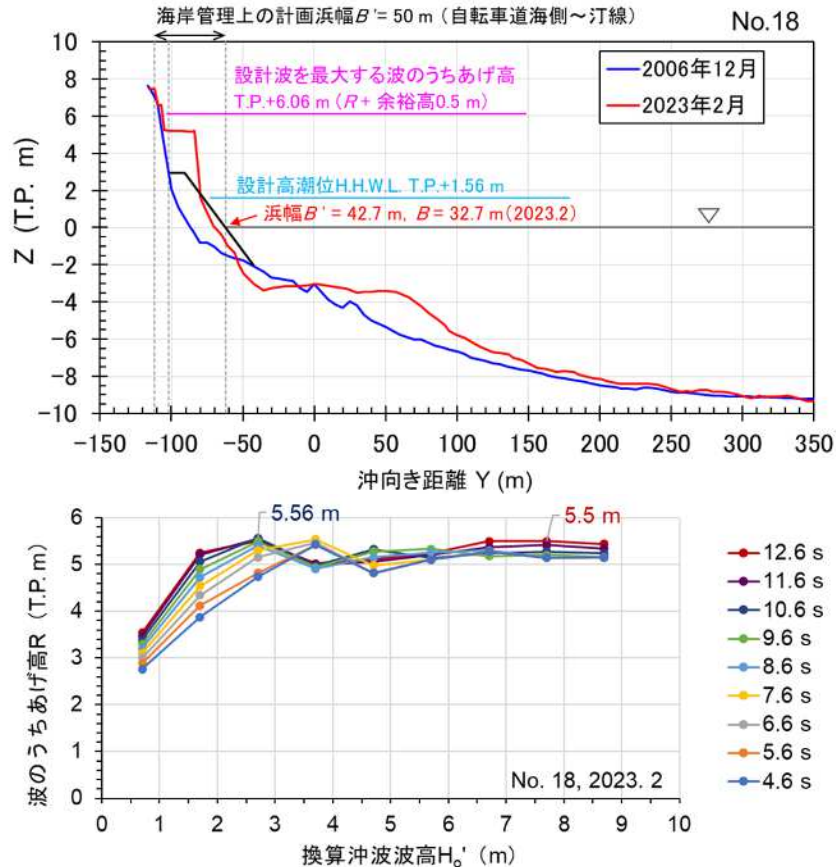


図4.5 設計波を最大とする波のうちあげ高

(a)環境・利用に配慮した目標海浜像（1979年3月～9月撮影）



(b)養浜後の現在の砂浜（2023年3月4日撮影）



* (a)の撮影範囲にあわせて定点カメラ画像の縦横比を修正

図4.6 環境・利用に配慮した目標海浜像と現在の砂浜の比較

表4.1 現況海浜の評価

評価項目	防護水準	養浜前	2006年12月	計画海浜断面	現状	2023年2月
波のうちあげ高 (T.P. m) (R+H.H.W.L.+余裕高0.5 m)	< T.P.+6.5 m	+6.64	×	+6.39	○	+6.06
越波流量 (q m ³ /m/s)	< 0.02 m ³ /m/s	0.041	×	0.016	○	0.016
根固め機能 (m)	B > 20 m	13	×	40	○	32.7
相模湾沿岸海岸保全基本計画での目標浜幅 (m)	B ≧ 30 m	13	×	40	○	32.7
環境・利用に配慮した目標海浜像 (m)	B ≧ 40 m	13	×	40	○	32.7

4-2 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）

(1) 計画浜幅の設定

防護・環境・利用の観点から、海岸管理上の浜幅 $B'=40\text{ m}$ （自転車道法肩～汀線）が設定された。

防護水準

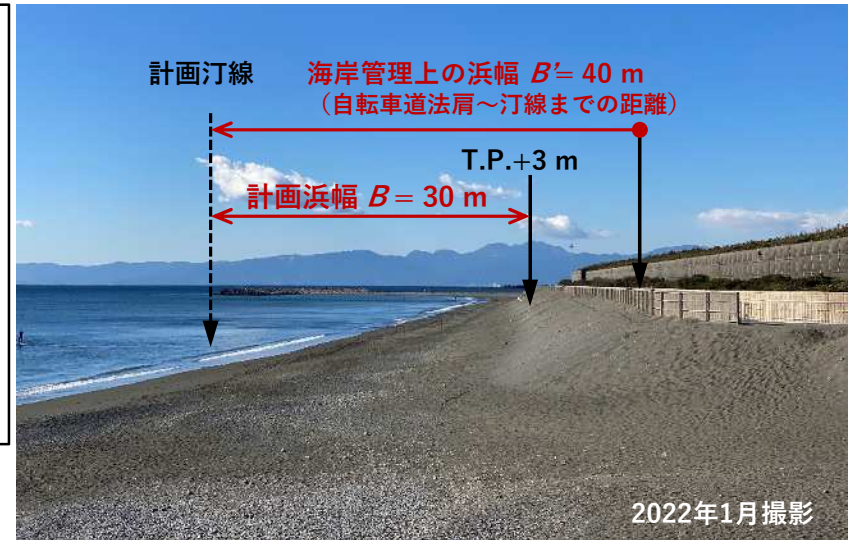
- 計画護岸高：T.P.+6 m
- 波のうちあげ高（規則波）： $R+H.H.W.L.+$ 余裕高0.89 m < T.P.+6 m
- 越波流量（不規則波）： $q < 0.02\text{ m}^3/\text{m/s}$
- 根固め機能（短期変動時に護岸基部の露出を防ぐための浜幅）： $B \geq 30\text{ m}^*$
高波浪作用時に必要な最低浜幅20 m** + 短期的な汀線後退量10 m

目標浜幅

- 相模湾沿岸海岸保全基本計画での目標浜幅： $B \geq 30\text{ m}$
- 環境，利用への配慮（1970年代の汀線）： $B \cong 70\text{ m}$

外力条件

- 波浪：設計波（1/30確率波， $H_o'=8.66\text{ m}$ ， $T=13\text{ s}$ ）を最大とした波浪
- 潮位：設計高潮位H.H.W.L.（T.P.+1.56m）



養浜前の海浜

（4号水路東側 No.2, 2019年1月）

- うちあげ高：T.P.+5.72 m > T.P.+6 m → **OK**
- 越波流量： $0.0051\text{ m}^3/\text{m/s} > 0.02\text{ m}^3/\text{m/s} \rightarrow$ **OK**
- 根固め機能： $B = 13.5 < 20\text{ m} \rightarrow$ **NG**
- 目標浜幅： $B = 13.5 < 30\text{ m} \rightarrow$ **NG**

養浜前の海浜

（4号水路西側 No.4, 2019年1月）

- うちあげ高：T.P.+5.72 m > T.P.+6 m → **OK**
- 越波流量： $0.0051\text{ m}^3/\text{m/s} > 0.02\text{ m}^3/\text{m/s} \rightarrow$ **OK**
- 根固め機能： $B = 20.2 < 30\text{ m} \rightarrow$ **NG**
- 目標浜幅： $B = 20.2 < 30\text{ m} \rightarrow$ **NG**

計画海浜断面 (No.2, $B'=40\text{ m}$)

- うちあげ高：T.P.+5.7 m < T.P.+6 m → **OK**
- 越波流量： $0.0017\text{ m}^3/\text{m/s} < 0.02\text{ m}^3/\text{m/s} \rightarrow$ **OK**
- 根固め機能： $B = 26\text{ m} \geq 20\text{ m} \rightarrow$ **OK**
- 目標浜幅： $B = 26\text{ m} < 30\text{ m} \rightarrow$ **NG**

計画海浜断面 (No.4, $B'=40\text{ m}$)

- うちあげ高：T.P.+5.45 m < T.P.+6 m → **OK**
- 越波流量： $0.0012\text{ m}^3/\text{m/s} < 0.02\text{ m}^3/\text{m/s} \rightarrow$ **OK**
- 根固め機能： $B = 30\text{ m} \geq 30\text{ m} \rightarrow$ **OK**
- 目標浜幅： $B = 30\text{ m} \geq 30\text{ m} \rightarrow$ **OK**



海岸管理上の浜幅； $B'=40\text{ m}$ （自転車道法肩～汀線，汀線変動10 m考慮）

図4.7 4号水路東西の海岸管理上の浜幅と計画汀線

*4号水路東側隣接部はカゴマットによる根固工が整備されていることから短期的な汀線後退量は考慮しない。

**自転車道が崩壊したT1919来襲前の4号水路西側の浜幅 B （盛り土のり先～汀線）は $B = 17.1\text{ m}$ であったことから，最低でも $B \geq 20\text{ m}$ は必要と考えられた。

4 - 2 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）

(2) 菱沼海岸地区の侵食対策計画

相模湾沿岸海岸侵食対策計画において、計画浜幅を達成するために年間30,000m³の養浜が計画された。

(3) 菱沼海岸地区の2021年度の養浜

茅ヶ崎漁港西側の飛砂と相模川河口砂州の砂を活用して、**計20,000 m³の養浜***を実施した。

※養浜量30,000m³は過去にない大規模な養浜量のため、養浜範囲を沿岸方向に広げて、砂浜を歩けるように海岸利用に配慮し、計20,000 m³の養浜を実施。



図4.8 2021年度の養浜工事の状況

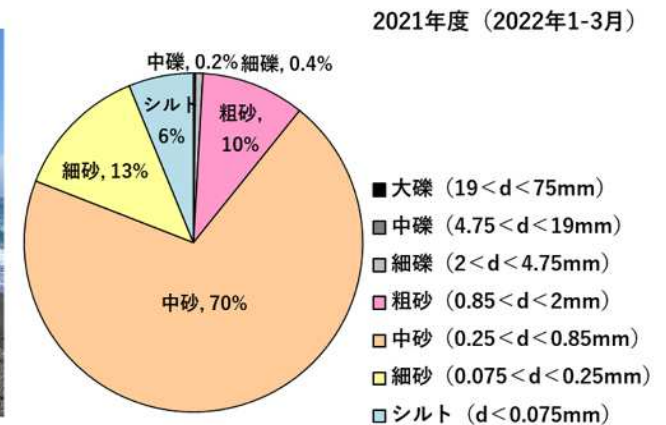


図4.9 2021年度の養浜材の粒径



図4.10 菱沼海岸の2021年度の養浜方法



図4.11 ヘッドランド近傍のマウンド形状の養浜

4 - 2 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）

（4）2021年度の養浜後の地形変化

2022年は、T2214来襲時など東寄りの高波浪が作用したことで、自転車道前面の養浜盛り土が削り取られ、西向きの沿岸漂砂によって土砂が運ばれ、ヘッドランド東側が堆砂するといった地形変化が起きた。この結果、4号水路西側では、2021年度養浜前の汀線に対して最大10 mの汀線後退が起きた。

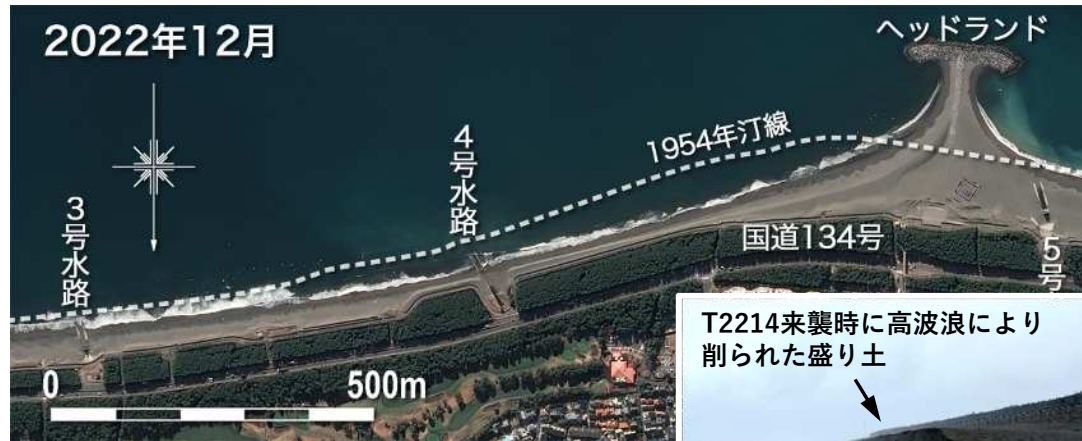


図4.12 菱沼海岸地区の衛星写真（2022年12月）

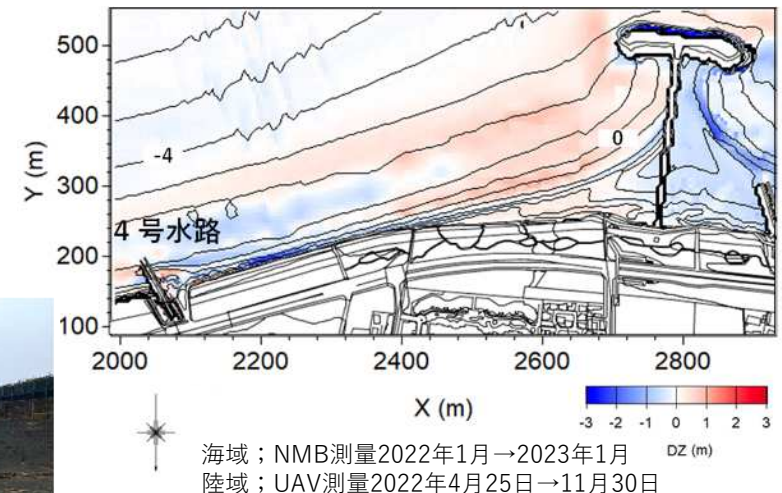


図4.13 2022年度養浜前後の地形変化

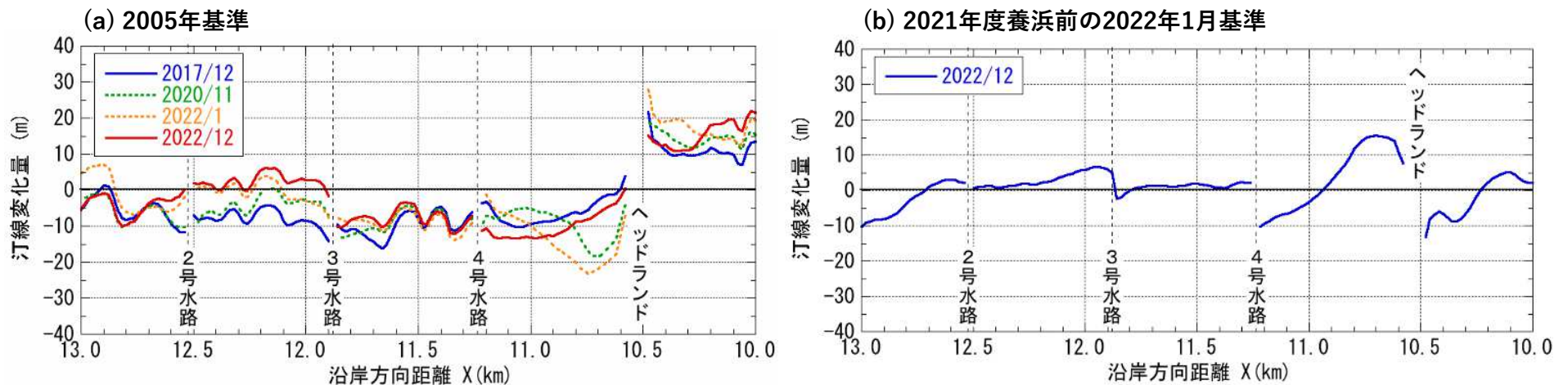


図4.14 菱沼海岸地区の汀線変化

4 - 2 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）

(5) 防護機能評価

養浜20,000 m³を行ったが、沿岸方向480 mの区間で計画浜幅を満足していない（2022年12月時点）。4号水路東側の断面No.2では $B'=25.7$ m、4号水路西側の断面No.4では $B'=27.4$ mであり、海岸管理上の浜幅を $B'=40$ mを満足していない。

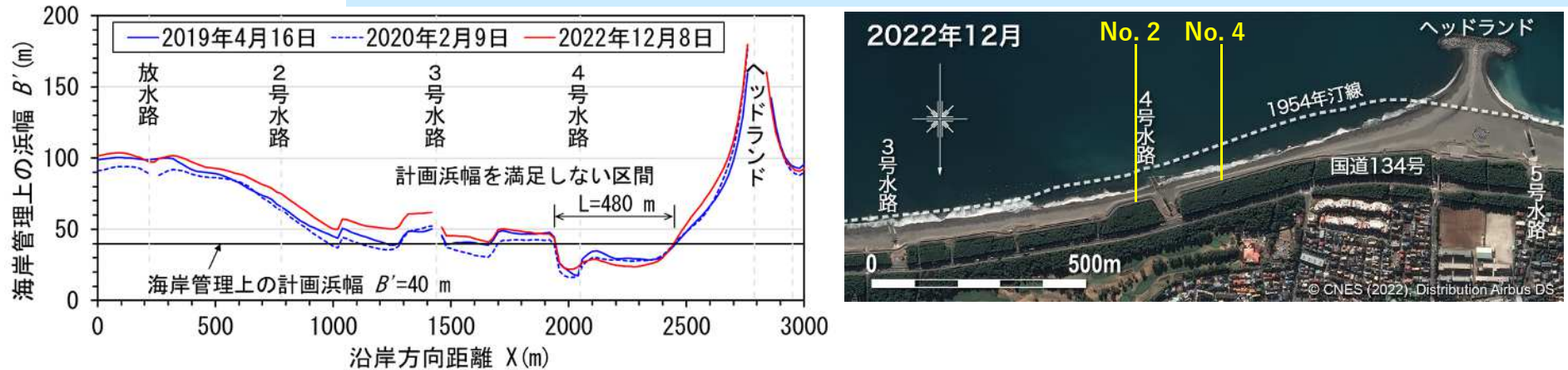


図4.15 空中写真から読み取った浜幅 B' （自転車道法肩～汀線）の沿岸方向分布

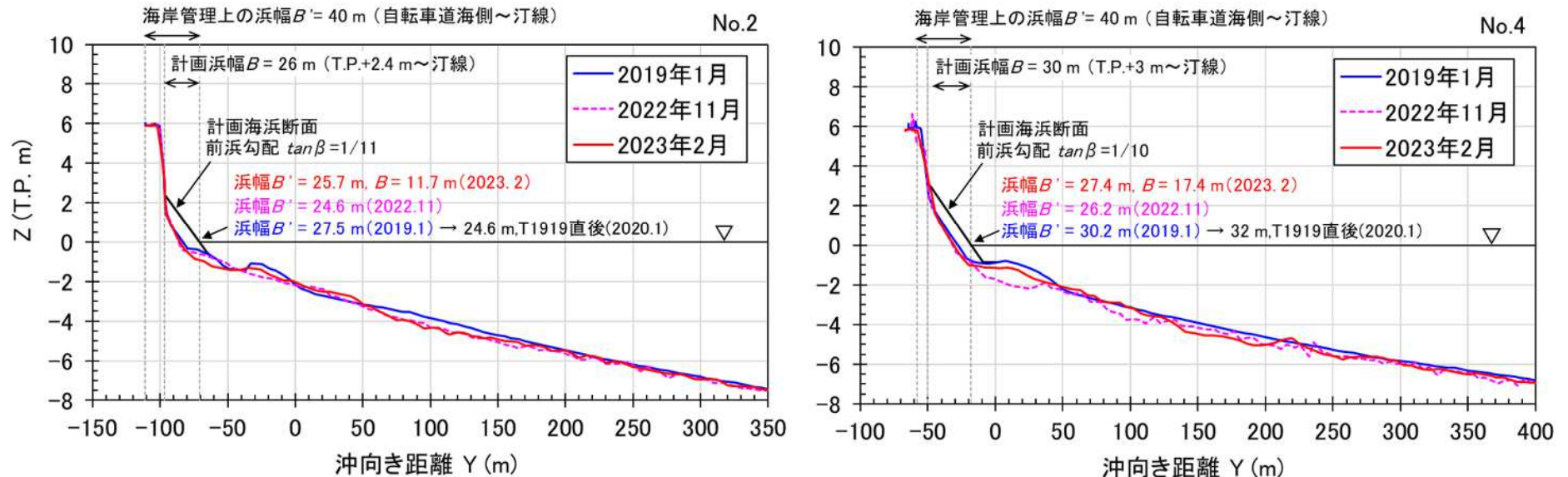


図4.16 浜幅検証断面（No.2, 4）の海浜縦断形変化と計画浜幅

4 - 2 計画浜幅の達成状況と防護機能評価（菱沼海岸）

(6) 防護機能評価

背後の自転車道崩壊を防ぐための砂浜の根固め機能を満足していない（2023年2月時点）。

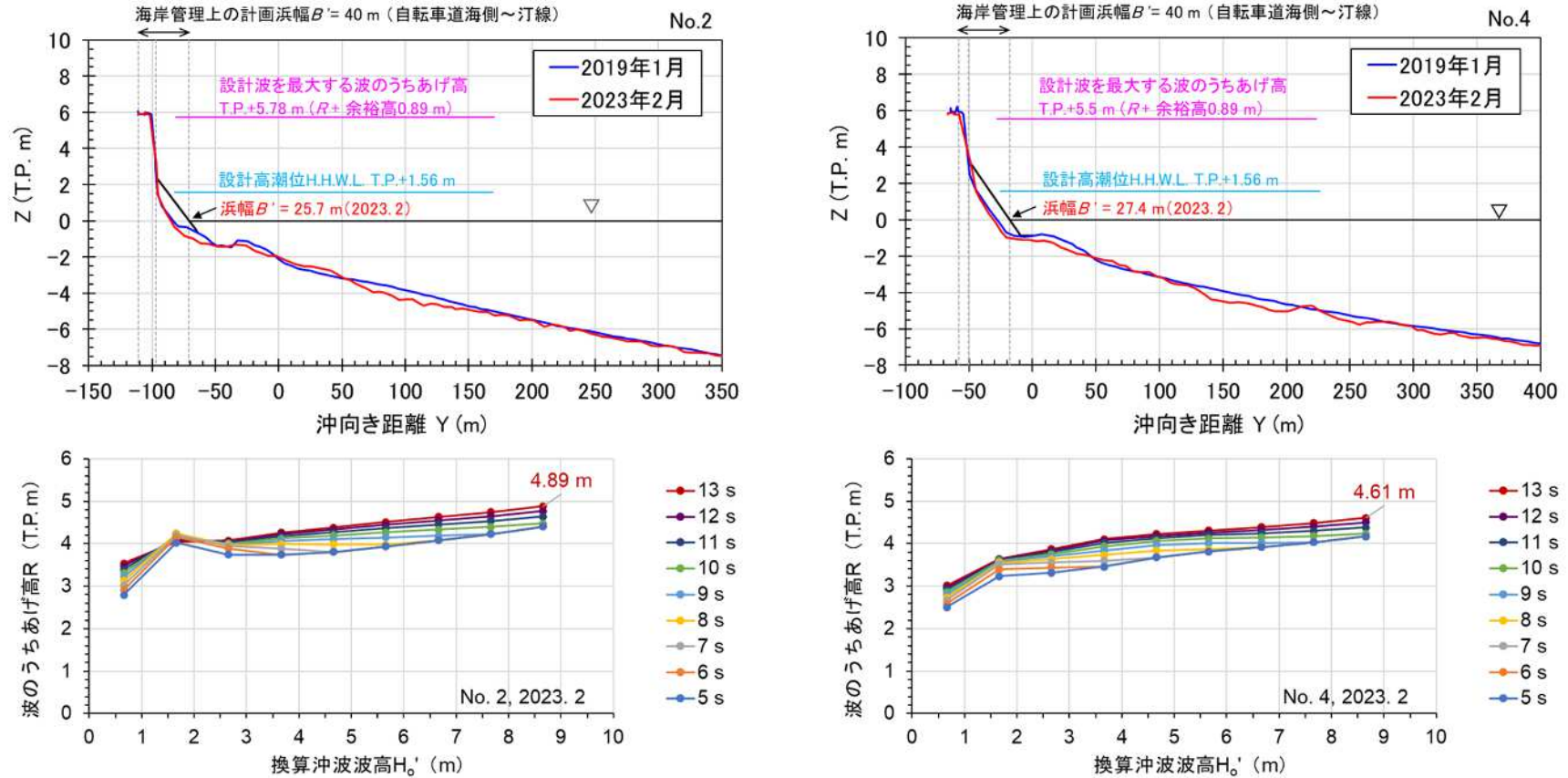


図4.17 設計波を最大とする波のうちあげ高

表4.2 現況海浜の評価

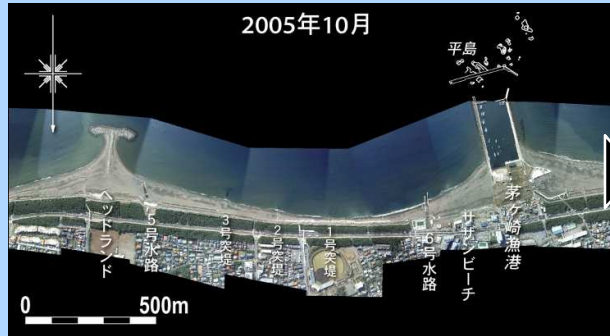
評価項目	防護水準	養浜前 2019年1月			計画海浜断面			現状 2023年2月		
		No. 2	No. 4	評価	No. 2	No. 4	評価	No. 2	No. 4	評価
波のうちあげ高 (T.P. m) (R+H.H.W.L.+余裕高0.89 m)	< T.P.+6.5 m	+5.72	+5.46	○	+5.70	+5.45	○	+5.78	+5.50	○
越波流量 (q m ³ /m/s)	< 0.02 m ³ /m/s	0.0051	0.0026	○	0.0017	0.0012	○	0.0054	0.0052	○
根固め機能 (m)	$B \geq 30$ m	13.5	20.2	×	26.0*	30.0	○	11.7	17.4	×
相模湾沿岸海岸保全基本計画での目標浜幅 (m)	$B \geq 30$ m	13.5	20.2	×	26.0	30.0	-	11.7	17.4	×

*4号水路東側隣接部はカゴマットによる根固工が整備されていることから短期的な汀線後退量10 mは考慮しない。

5-1 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）

再現計算

2005年10月から2022年12月までの地形変化を再現



初期地形 2005年10月

期間中の波浪条件, 各地区の養浜実績 (養浜箇所, 養浜量, 粒径, 盛り土天端高) を考慮

実際の地形変化, 汀線変化, 沿岸漂砂量の再現性を確認

再現地形 2022年12月

2022年度の養浜による予測計算

2022年度 [2023年1~3月]

養浜 1.58万 m^3 (養浜盛土1.08+搬入0.5)

盛土天端高嵩下げ T.P.+6.9 m \rightarrow T.P.+5.2 m



盛り土掘削土砂1.08万 m^3



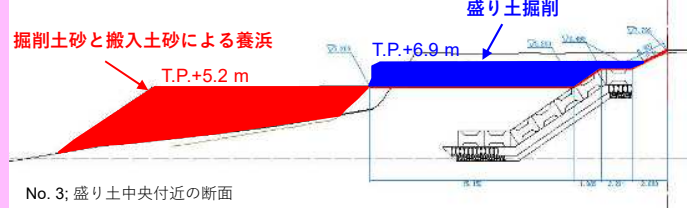
搬入土砂0.5万 m^3



2023年 3月 4日



2022年度 養浜事業 (養浜盛土活用)



初期地形 2022年12月

2022年度の養浜計画 (養浜箇所, 養浜量, 粒径, 盛土天端高) を考慮

計画浜幅達成を確認

予測地形 2023年12月

維持管理の予測計算

砂浜を維持するための維持養浜による10年後の地形を予測

Case 1 侵食対策計画の維持養浜量 1万 m^3 /yr (相模川流砂系), 盛り土区間を東側200 mに縮小.

Case 2 Case 1の条件で養浜材に茅ヶ崎漁港西側堆砂を利用.

Case 3 Case 2の条件で盛り土養浜の天端高をT.P.+5.2 mからT.P. +4 mに変更.

初期地形 2023年12月

侵食対策計画の維持養浜量を考慮

計画浜幅維持を確認

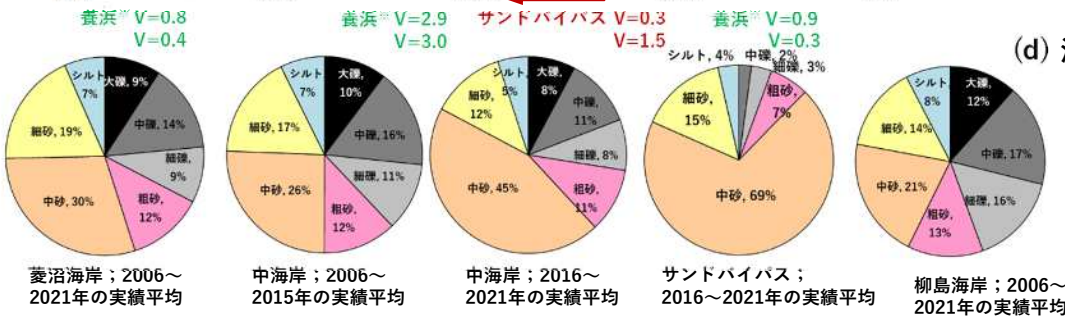
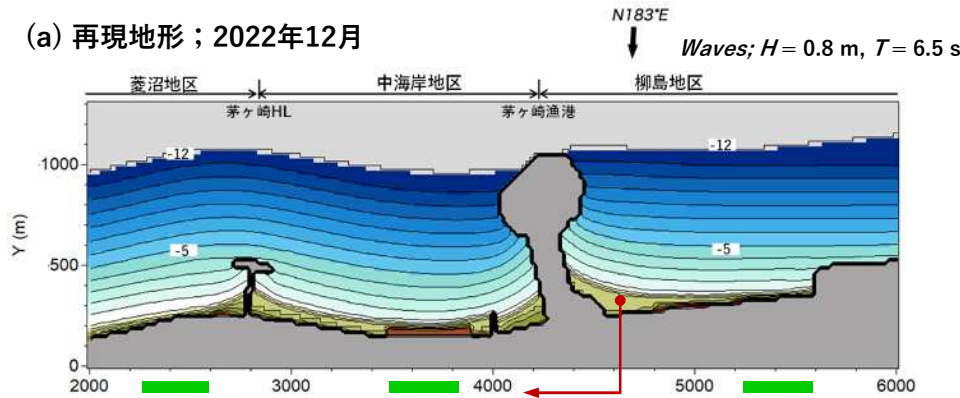
予測地形 2033年12月

5-1 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）

(1) 再現計算

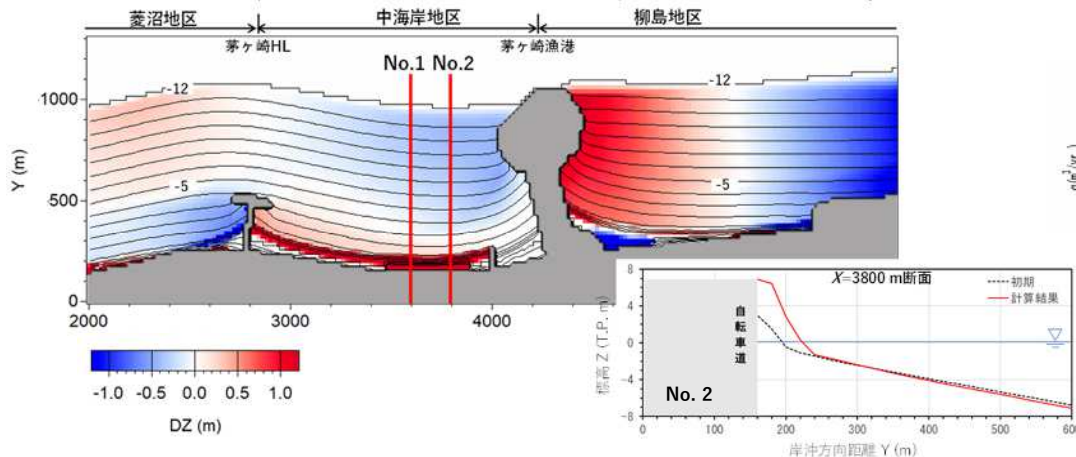
再現計算は、2005年10月以降の養浜による2022年12月までの汀線変化、地形変化、沿岸漂砂量を再現できている。

(a) 再現地形；2022年12月



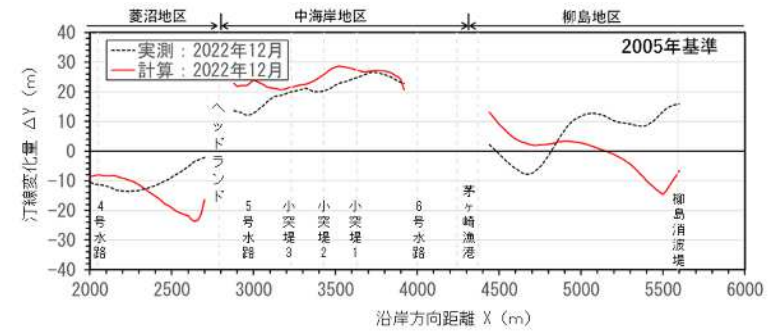
(b) 地形変化量 [2005年10月基準]

河口付近の侵食、中海岸や茅ヶ崎漁港西側の堆積、HL東側の侵食を再現。



(c) 汀線変化量；2022年12月

中海岸の汀線変化をほぼ定量的に再現



(d) 沿岸漂砂量；2021年7月

ヘッドランドを東向きに通過する沿岸漂砂量を定量的に再現

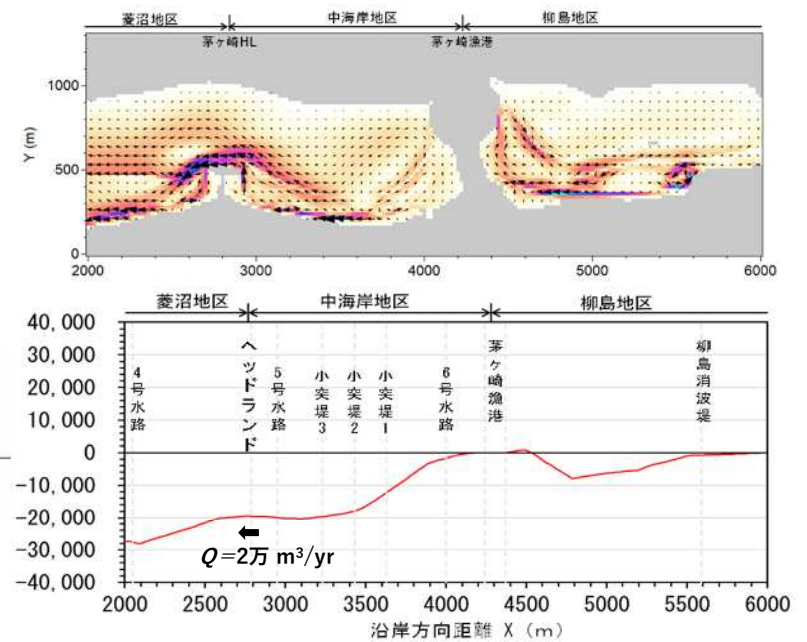


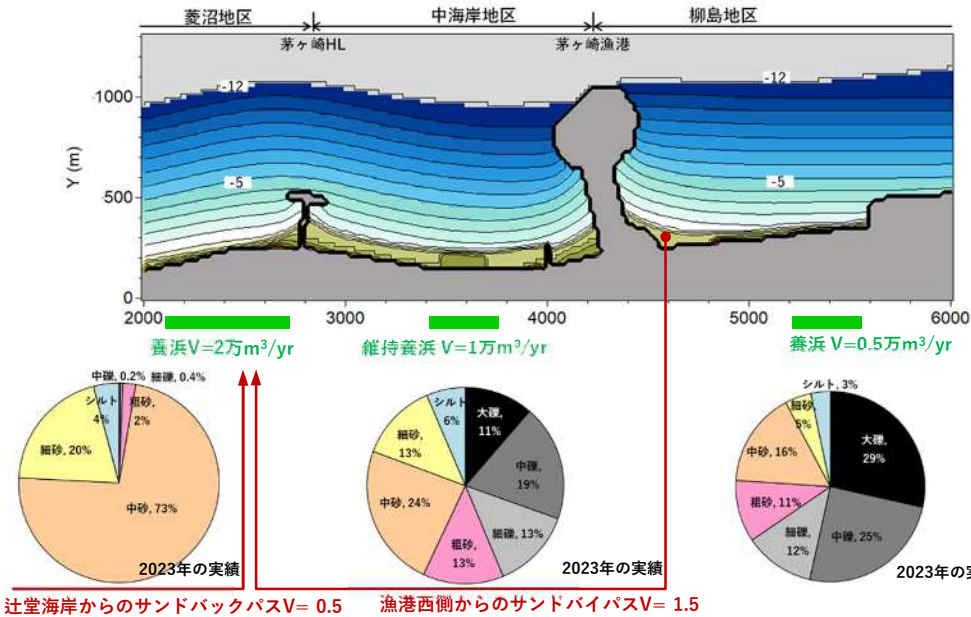
図5.1 再現計算結果（2005年10月～2022年12月）

5-1 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）

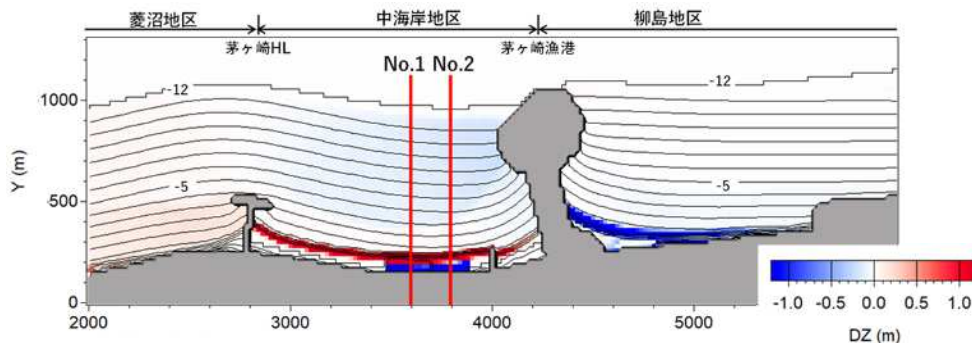
(2) 維持養浜の予測計算 [Case 1 侵食対策計画の維持養浜量 1万 m³/yr (相模川流砂系), 盛り土区間を東側200 mに縮小]

養浜材の粒径が粗いため、維持養浜1万m³/yrで汀線の維持、前進を図ることができる。ただし、沖合は緩やかに侵食傾向になる。東側区間のみ天端高T.P.+5mの盛り土形状が維持される。

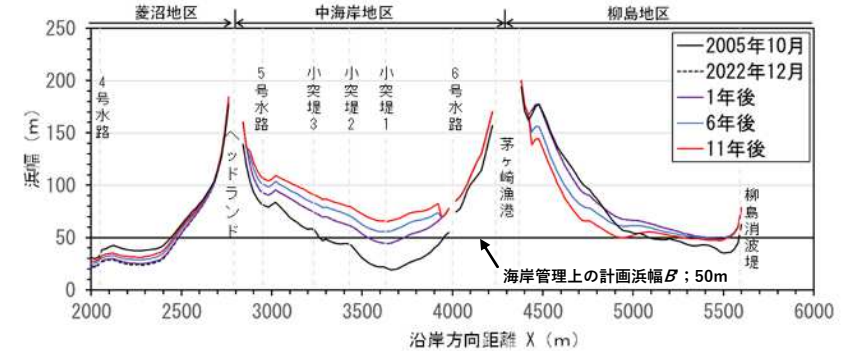
(a) 予測地形；2033年12月



(b) 地形変化量 [2021年7月基準]



(c) 浜幅変化



(d) 縦断形変化 [x=3,600m]

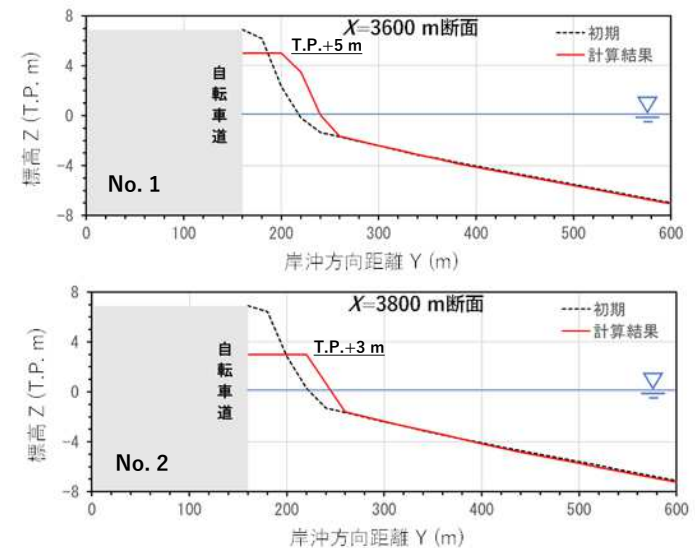


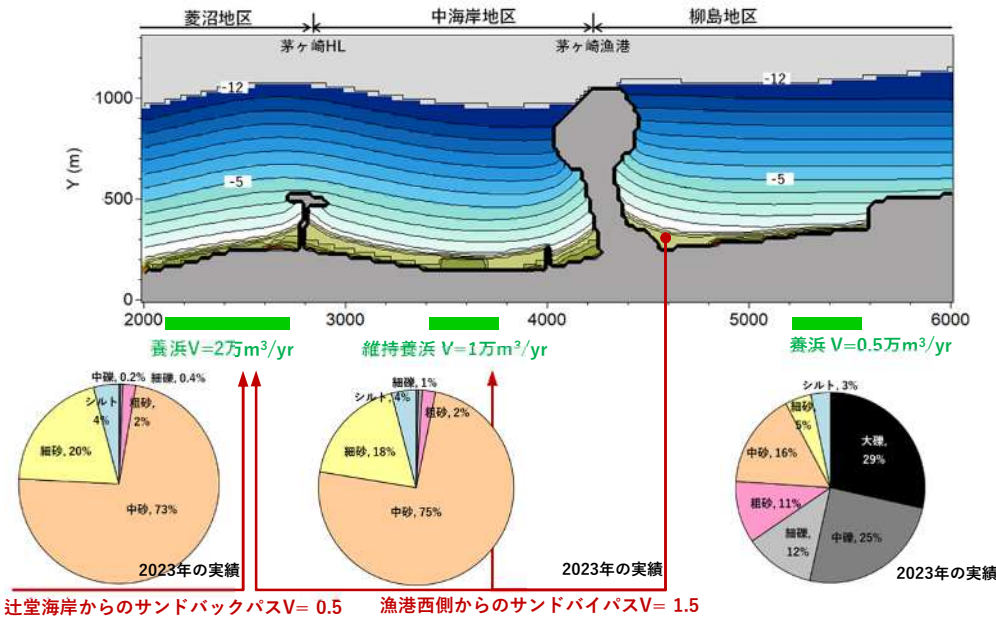
図5.2 維持養浜の予測計算結果 (Case 1)

5-1 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）

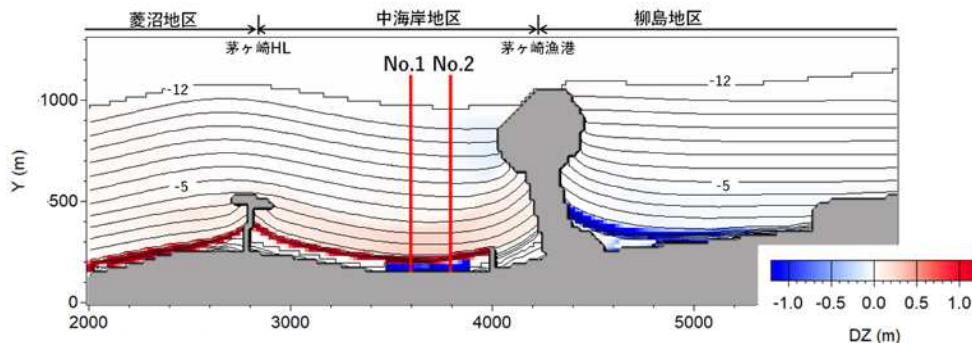
(2) 維持養浜の予測計算 [Case 2 Case 1の条件で養浜材に茅ヶ崎漁港西側堆砂を利用]

養浜材に中砂が多く含まれるため、汀線前進量はCase 1に比べて小さいが、沖合が堆積傾向になる。東側区間のみ天端高T.P.+5mの盛り土形状が維持される。

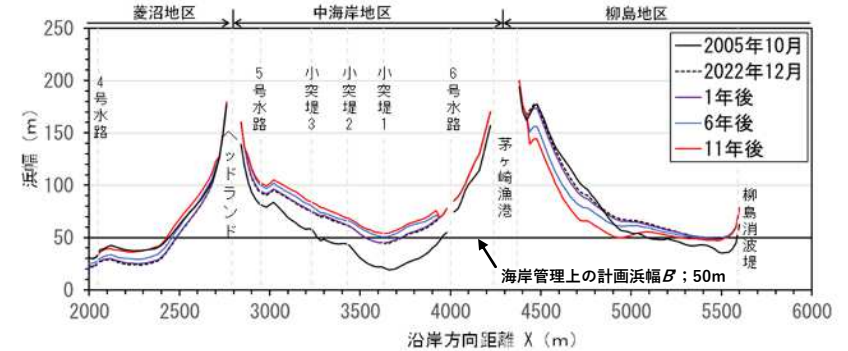
(a) 予測地形；2033年12月



(b) 地形変化量 [2021年7月基準]



(c) 浜幅変化



(d) 縦断形変化 [x=3,600m]

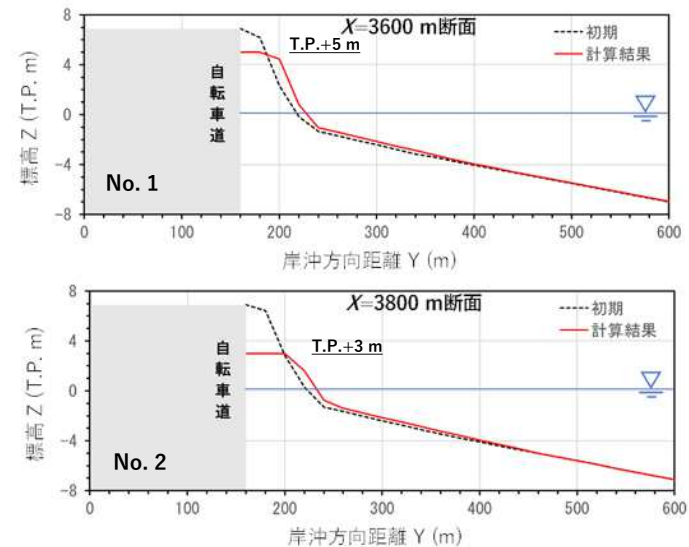


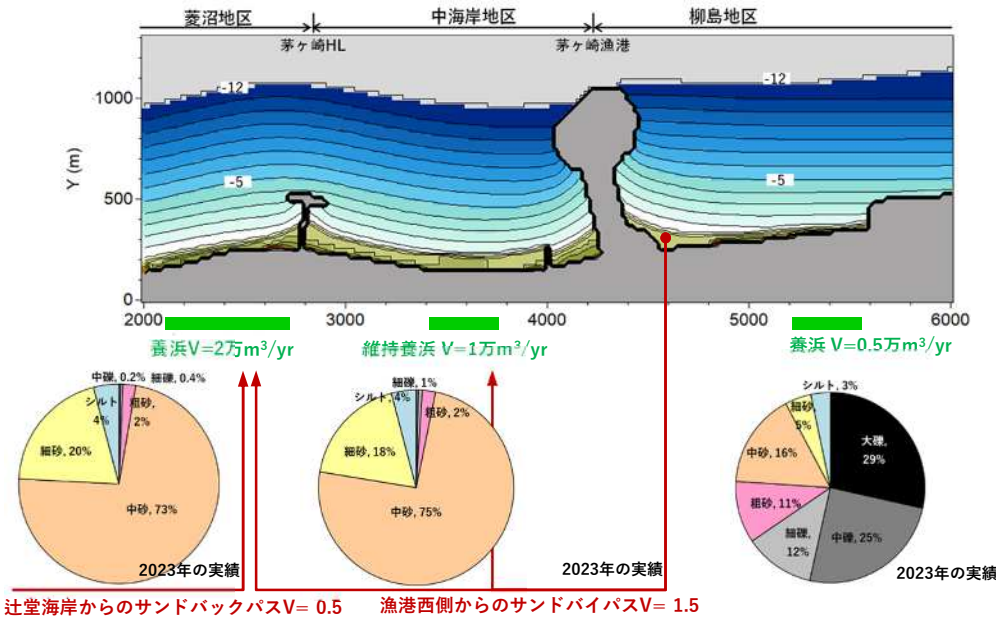
図5.3 維持養浜の予測計算結果 (Case 2)

5-1 計画浜幅達成までの養浜と維持管理（中海岸）

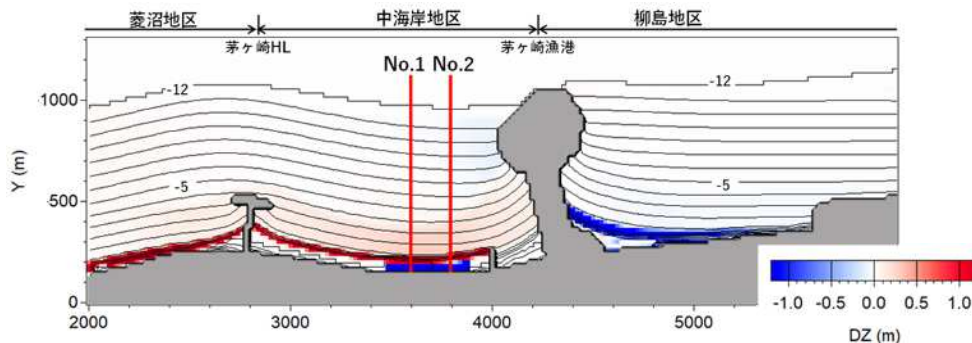
(2) 維持養浜の予測計算 [Case 3 Case 2の条件で盛り土養浜の天端高をT.P.+5.2 mからT.P. +4 mに変更]

養浜材に中砂が多く含まれるため、Case 2と同様に沖合が堆積傾向になる。盛り土養浜の天端高を下げたことで、海岸への供給土砂量が増え、Case 2に比べて汀線前進を図ることができる。盛り土養浜西側のNo. 2断面の前浜の堆積量もCase 2に比べて多い。

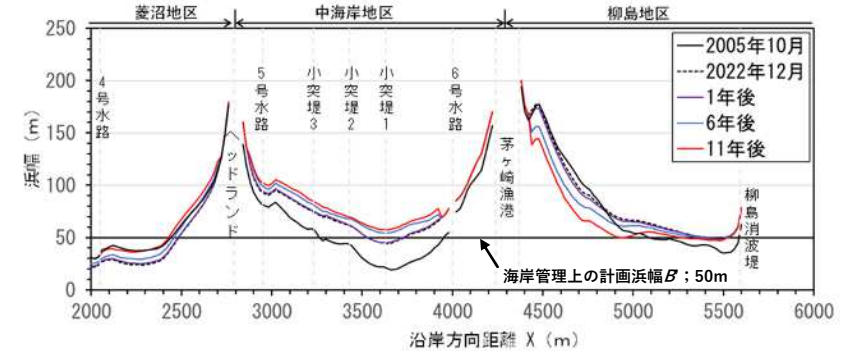
(a) 予測地形；2033年12月



(b) 地形変化量 [2021年7月基準]



(c) 浜幅変化



(d) 縦断形変化 [x=3,600m]

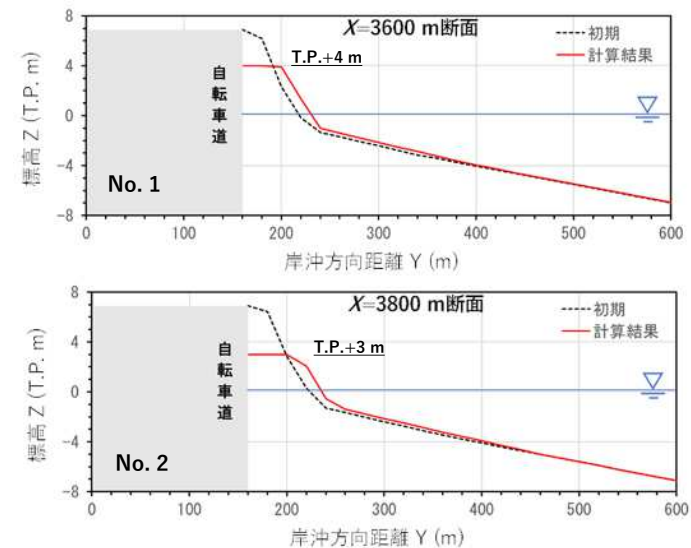


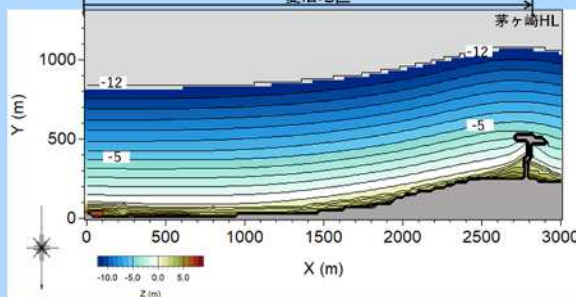
図5.4 維持養浜の予測計算結果 (Case 3)

5-2 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）

再現計算

2005年10月から2022年12月までの地形変化を再現

2005年の地形



初期地形 2005年10月

期間中の波浪条件, 各地区の養浜実績 (養浜箇所, 養浜量, 粒径, 盛り土天端高) を考慮

実際の地形変化, 汀線変化, 沿岸漂砂量の再現性を確認

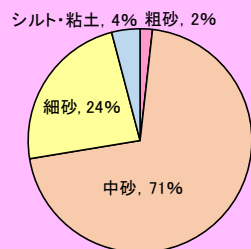
再現地形 2022年12月

2022年度の養浜による予測計算

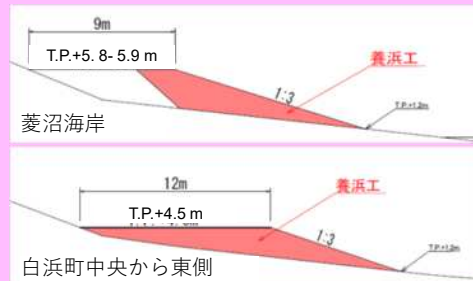
2022年度 [2023年1~3月]

養浜 2.3 万 m^3

盛土天端高: 菱沼海岸 T.P.+5.8~5.9m, 白浜町 T.P.+4.5m



茅ヶ崎漁港西側隣接部 (2022年度調査結果) 1.5万 m^3 辻堂東海岸飛砂 (2022年度調査結果) 0.8万 m^3



※) 白浜町西側端部福音は, サイクリング道路と同じ天板高

初期地形 2022年12月

2022年度の養浜計画 (養浜箇所, 養浜量, 粒径, 盛土天端高) を考慮

地形変化を予測

予測地形 2033年12月

サンドエンジンによる予測計算

- ・オランダで行われているサンドエンジンを参考とし, ヘッドランド東側に集中的に盛土養浜する方法により, 219日後の地形を予測.
- ・集中的盛土養浜の可能性を検討

Case 1 岸沖方向135 m, 沿岸方向55 m区間に T.P.+3 m (相模川流砂系)

再現計算 2022年4~11月

2022年4~11月の波浪条件を考慮

サンドエンジンによる効果を検討

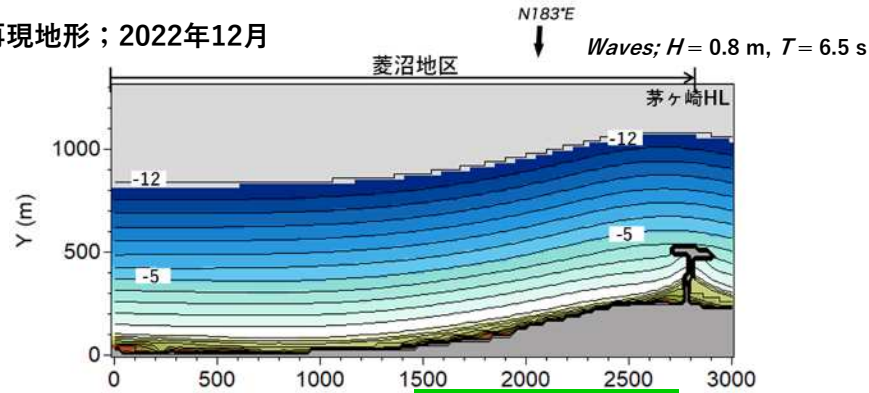
予測地形 219日後

5-2 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）

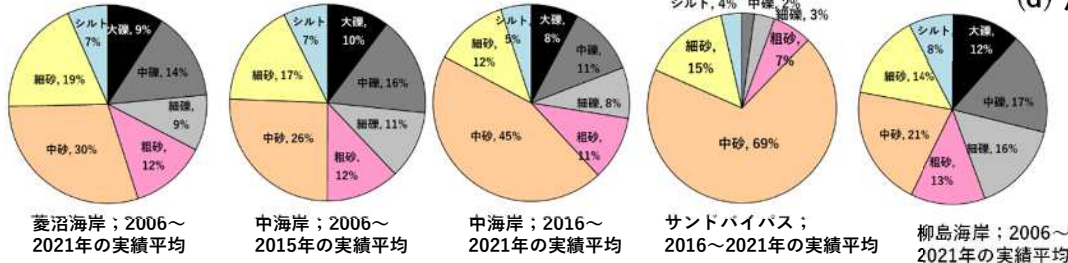
(1) 再現計算

再現計算は、2005年10月以降の養浜による2022年1月までの汀線変化、地形変化、沿岸漂砂量を再現できている。

(a) 再現地形；2022年12月

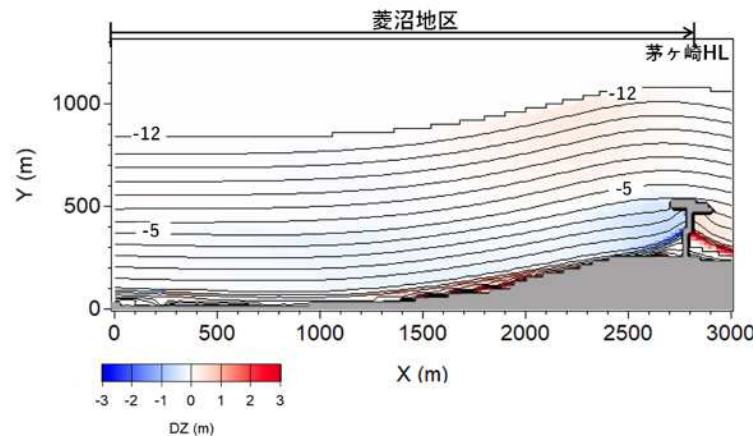


養浜* V1=0.7, V2=0.3, V3=1.9



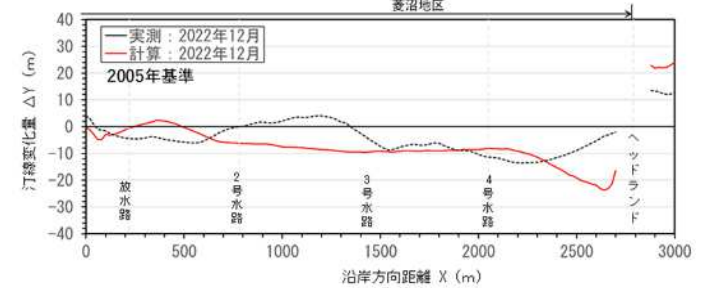
(b) 地形変化量 [2005年10月基準]

HL東側の侵食を再現。



(c) 汀線変化量；2022年12月

菱沼海岸の汀線変化をほぼ定量的に再現



(d) 沿岸漂砂量；2022年12月

ヘッドランドを東向きに通過する沿岸漂砂量を定量的に再現

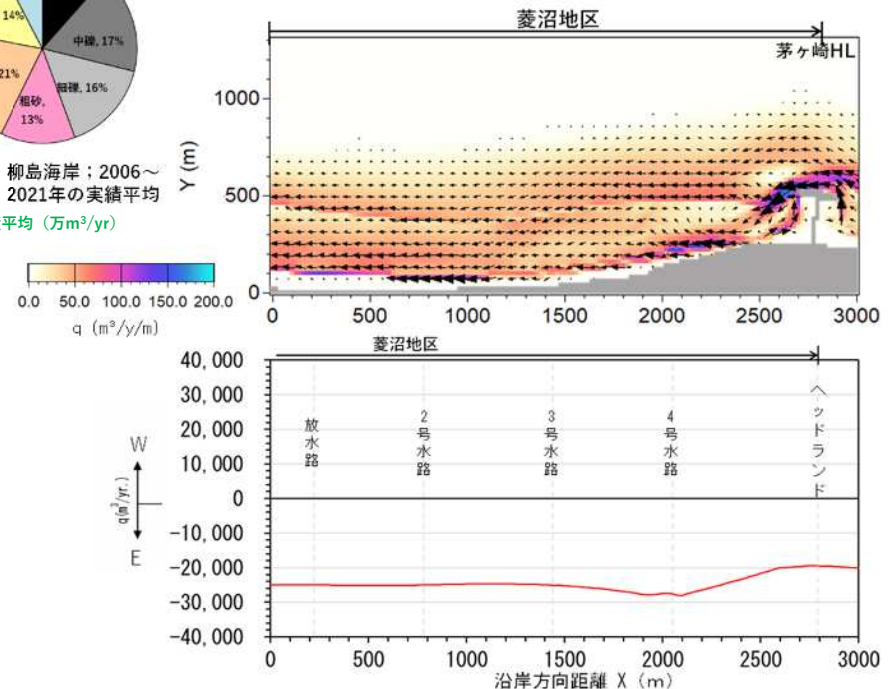


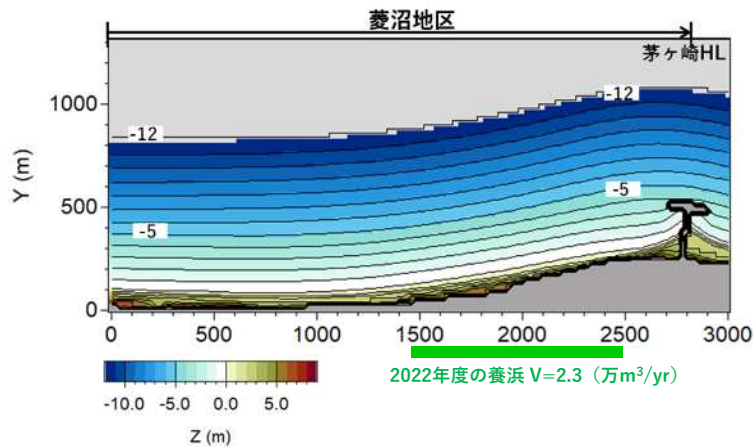
図5.5 再現計算結果（2005年10月～2022年12月）

5-2 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）

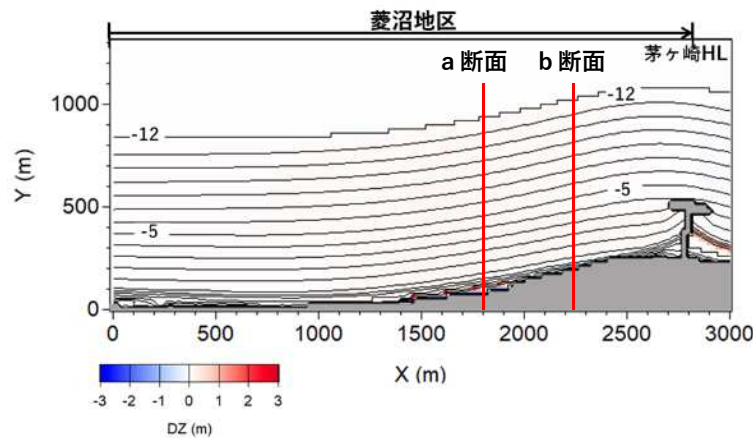
(2) 維持養浜の予測計算 [Case 1 2022年度の養浜2.3万 m³/yr（茅ヶ崎漁港西側堆砂1.5万 m³/yr，辻堂飛砂0.8万 m³/yr），盛り土区間菱沼海岸400m，白浜町600m]

2022年度の養浜を継続した場合には，汀線の前進を図ることができるが，4号水路の東側等一部では，必要浜幅40mを確保できない。

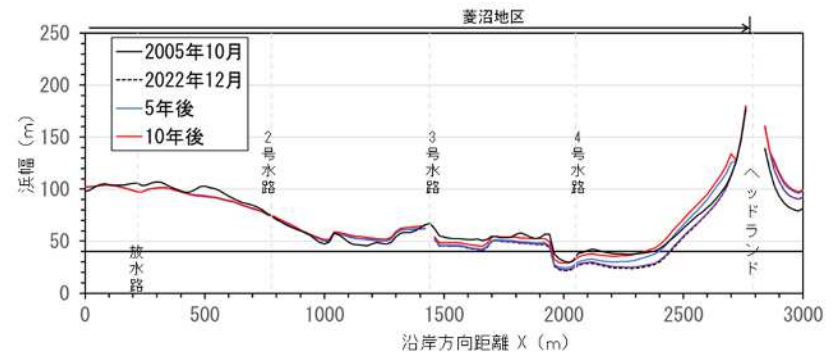
(a) 予測地形；2032年12月



(b) 地形変化量 [2022年12月基準]



(c) 浜幅変化



(d) 縦断形変化

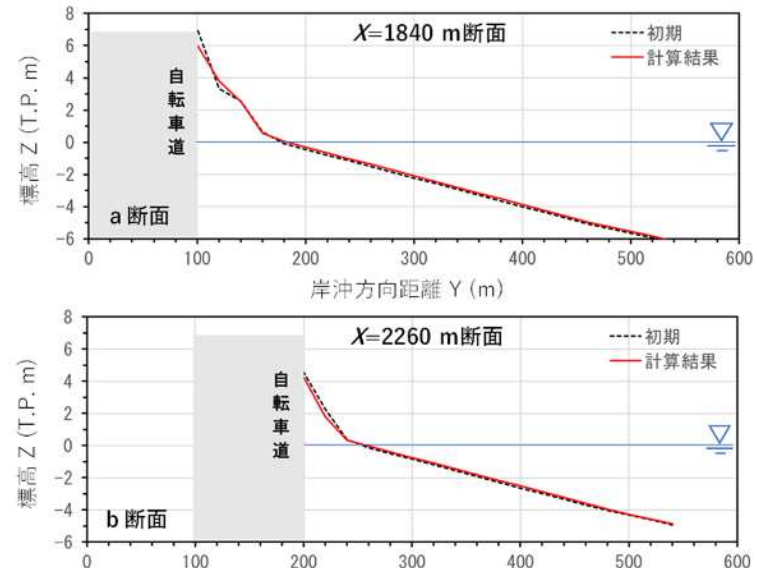


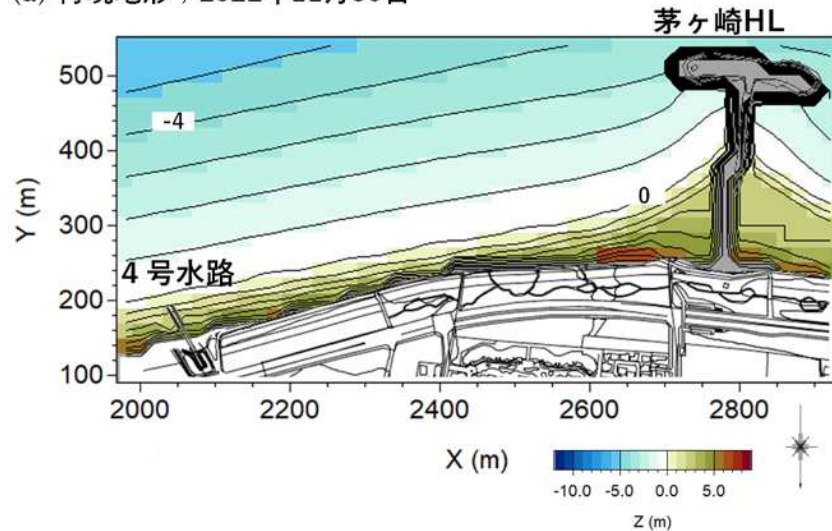
図5.6 2022年度の養浜の予測計算結果（Case 1）

5-2 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）

(1) 再現計算

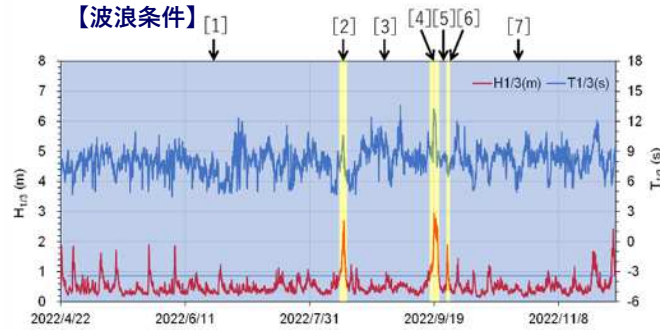
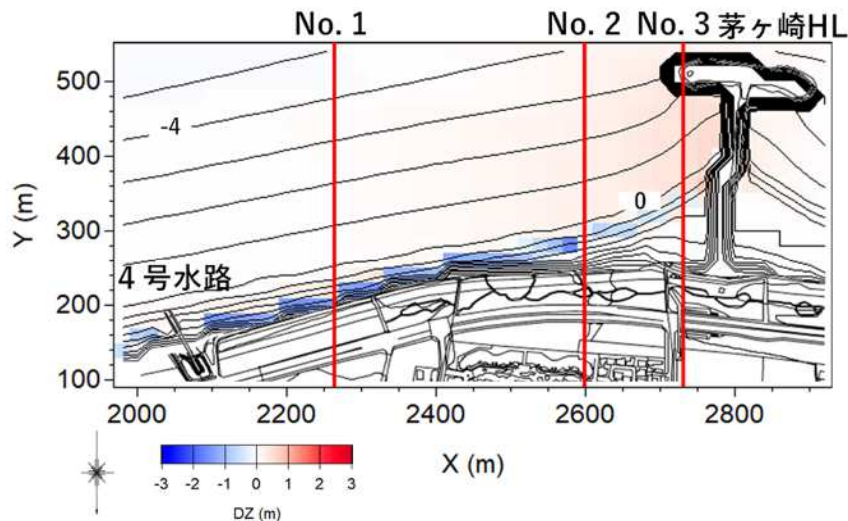
再現計算は、2022年4月25日～2022年11月30日まで（219日間）の地形変化、汀線変化、縦断形を再現できている。

(a) 再現地形；2022年11月30日



(b) 地形変化量；2022年4月25日～11月30日

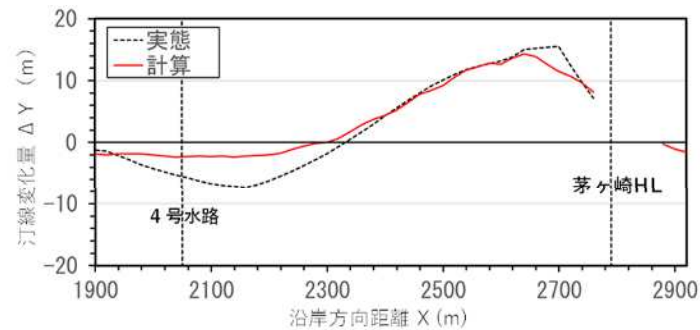
4号水路西側の海浜侵食、HL東側の浅海域の堆積を再現



No.	波高 H (m)	周期 T (s)	波向 θ_w
【1】	0.5	7.7	N168° E
【2】	1.6	8.4	N176° E
【3】	0.5	8.4	N165° E
【4】	1.9	9.8	N179° E
【5】	0.5	8.0	N158° E
【6】	1.3	7.4	N168° E
【7】	0.6	8.2	N163° E

(c) 汀線変化量；2022年11月30日

菱沼海岸の汀線後退量は過小であるが、汀線前進量は良好に再現



(d) 縦断形；2022年11月30日

養浜盛り土の侵食と-3 m以深で地形変化が起きていないことなどを再現

全体として約50 cmだけ地盤高が上昇する地形変化を再現

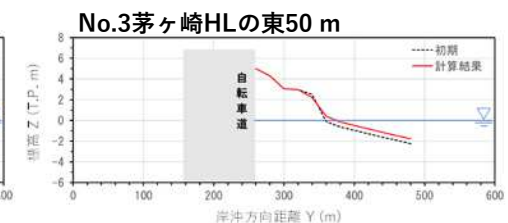
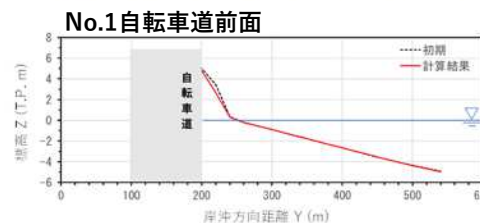


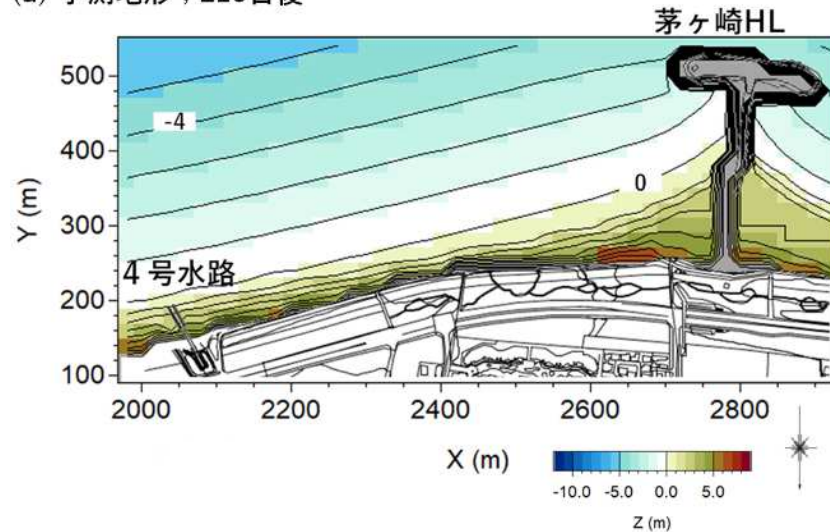
図5.7 再現計算結果（2022年4月25日～11月30日）

5-2 計画浜幅達成に向けて（菱沼海岸）

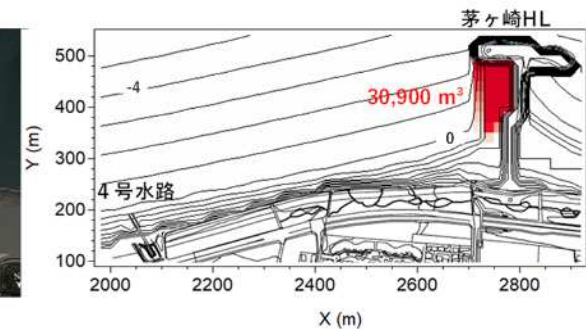
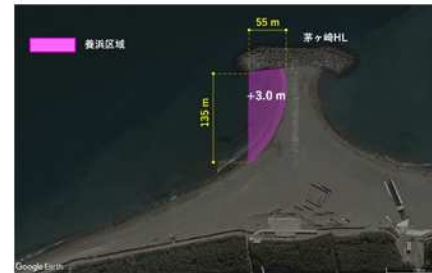
(2) 予測計算

Case 1 HLの東側隣接部に集中的に養浜（約3万m³/yr, 岸沖方向135 m, 沿岸方向55 m区間, T.P.+3 m）

(a) 予測地形；219日後

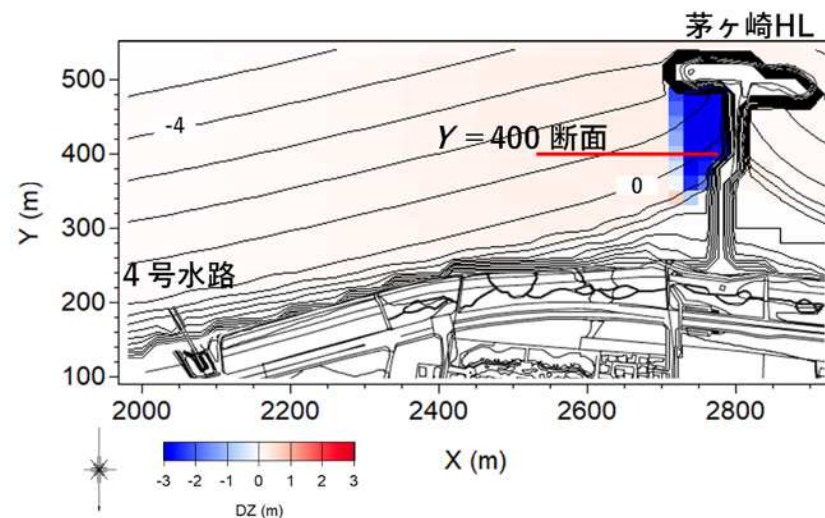


【集中的養浜地形】



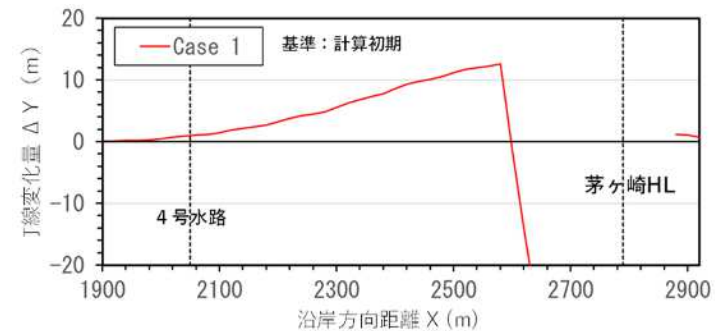
(b) 地形変化量；219日後

HL背後の盛り土は急速に運び去られ、周辺域に薄く堆積



(c) 汀線変化量；219日後

HL背後では汀線が大きく後退する一方、汀線前進域が4号水路まで到達



(d) 縦断形；219日後

盛り土部分が削り取られ、砂が広い範囲に供給

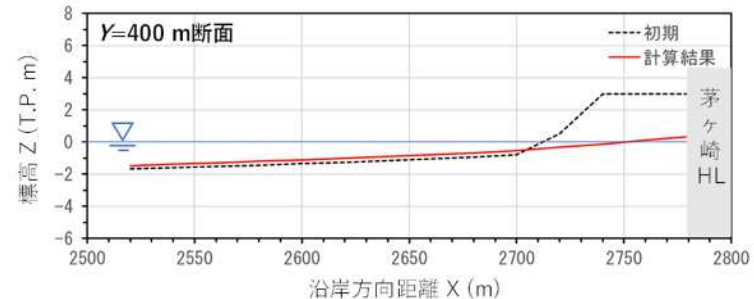


図5.8 予測計算結果（Case 1）

6 茅ヶ崎中海岸の養浜事業の評価

- (1) 茅ヶ崎中海岸では、2006年1月以降、2022年3月までに計50万 m³の「粒径を考慮した養浜」が実施された。この結果、砂浜は計画浜幅まで達成しつつある。海岸中央部 (No. 18) の浜幅 B' (自転車道法肩～汀線) は、2023年2月では $B' = 42.7$ m であり、計画の50 mに対して足りていないが、沖合の堆砂により波のうちあげ高は防護水準を満足する。
- (2) 回復しつつある砂浜は、近年は浜幅 $B' = 40$ m以上を維持し、安定的に防護機能を確保している。また、台風来襲等により砂浜に高波浪が作用すると、一時的に水深2～4 mが大きく削られ汀線付近が急深になるが、その後、静穏な波浪条件において、沖の堆積土砂が削られて汀線付近の深みが埋め戻され、高波浪前の地形に回復することがこれまでに複数回確認された。
- (3) 現在の砂浜では、サーフィンや釣り、散歩などの利用が行われているが、環境・利用に配慮した目標海浜像 $B = 40$ m (1970年代の砂浜) は満足していない。
- (4) 中海岸におけるこれまでの養浜事業は、砂浜の復元、海岸保全という目的を確実に果たしつつあり、防護だけでなく環境の保全、利用にも良い効果を発揮していると評価できる。一方、菱沼海岸地区での計画的な海岸保全対策の実施が求められる。
- (5) 相模川流砂系の土砂 (礫を多く含む) を用いた維持養浜1万 m³/yrで、汀線の維持、前進を図ることができると考えられるが、高波浪による影響も考慮して順応的に進めることが適切である。



図6.1 環境・利用に配慮した目標海浜像と養浜開始前と現在の砂浜