令和 3 年 1 月 30 日

海岸研究室有限会社

嘉徳浜の海浜変形に関する報告書

目次

1.　概要 ―― 3

2.　実態解析 1：砂利採取 ―― 4

3.　実態解析 2：2014 年の台風による地形変化 ―― 9

4.　実態解析 3：災害に対する被害の発生確率と海岸保全施設としての要件 ―― 29

5.　数値解析：護岸の有無による海浜変形計算 ―― 32

5-1. 計算目的 ―― 32

5-2. 計算方法 ―― 34

5-3. 計算条件 ―― 35

5-4. 計算結果 ―― 39

6.　評価 ―― 50

参考：

嘉徳浜調査会　中間報告書（2020 年 10 月 23 日） ―― 計 59 頁

中間報告資料-0　嘉徳浜調査報告（2020 年 10 月 11 日） ―― 計 15 頁

中間報告資料-1　嘉徳浜の海岸保全について（2020 年 7 月 20 日） ―― 計 69 頁

中間報告資料-2　嘉徳浜調査会資料（2020 年 10 月 23 日） ―― 計 35 頁

中間報告資料-3　海岸研究室会社概要（2020 年 10 月） ―― 計 4 頁

中間報告資料-4　海岸研究室業務実績（2020 年 7 月） ―― 計 50 頁

中間報告資料-5　海岸防護についての考え方（2020 年 10 月 5 日） ―― 計 1 頁

1.　概要

この報告書は、嘉徳浜調査会（中間報告資料-1 参照）の要請に基づき、海岸研究室有限会社（中間報告資料-3　参照）が海浜変形について解析し、とりまとめたものである。

海浜変形についての解析は、次の 2 つ調査結果に基づき実施している。

調査（1）：嘉徳浜調査会による調査（解析に必要な調査について海岸研究室有限会社に助言を求めて、その助言に基づく嘉徳浜調査会の調査結果） 調査（2）：関係行政による調査（嘉徳浜調査会の要請に基づき、嘉徳浜弁護団が関係行政より入手した報告書およびデータ）

2.　実態解析１：砂利採取

鹿児島県の砂利採取報告書には、以下の記述がある。

乙 22 号証　砂利採取調査報告書 （大島支庁建設部建設課河川港湾係, 平成 30 年 1 月, 砂利採取調査（深浅測量）委託, 青久沖合調査 p. 38- p. 39） 「砂利採取の跡と見られる地形の分布は、水深 35～60mにかけて認められ、採取跡は許可区域の北西で確認できた。図 7.1 に表示する。本区域においては平成 22 年度に同一の調査が実施されている。そこで差分図、比較断面図を作成した。平成 22 年度と平成 29 年度の点群データを使用し、高低差を算出して差分図を作成した。結果が図 7.3 である。大きな変化は見られない」

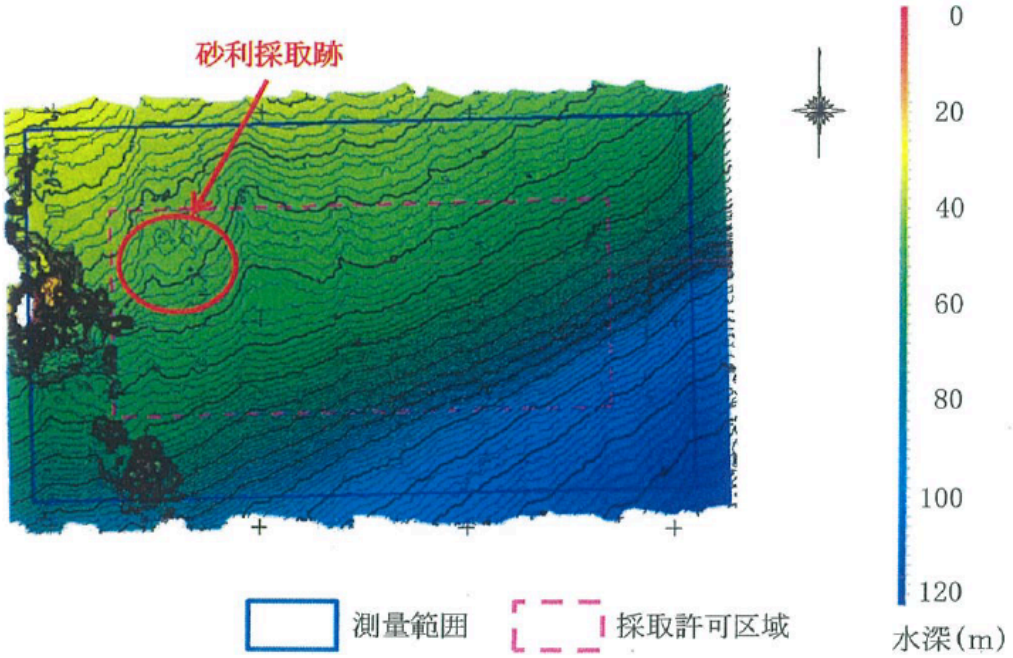


図 7.1 段彩図

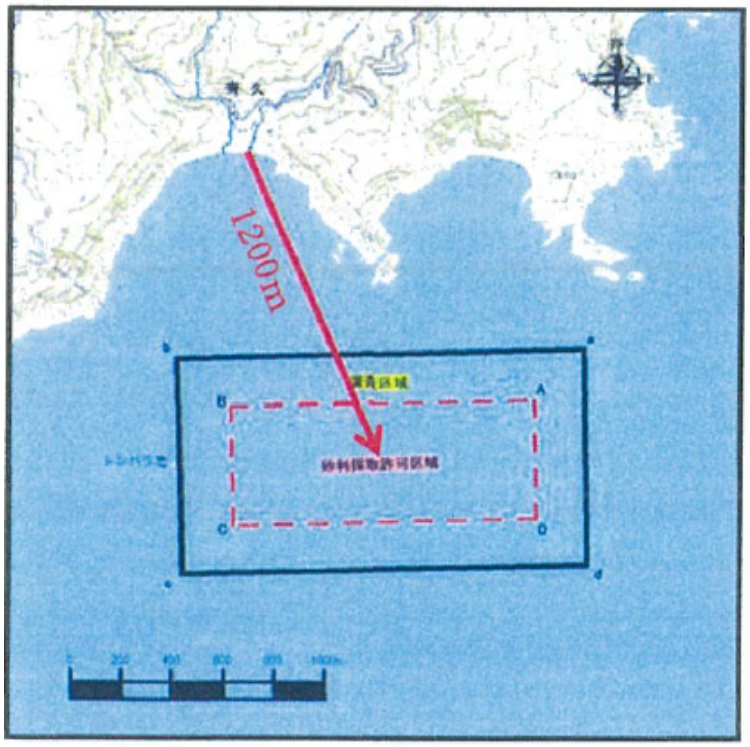


図 7.2 位置図

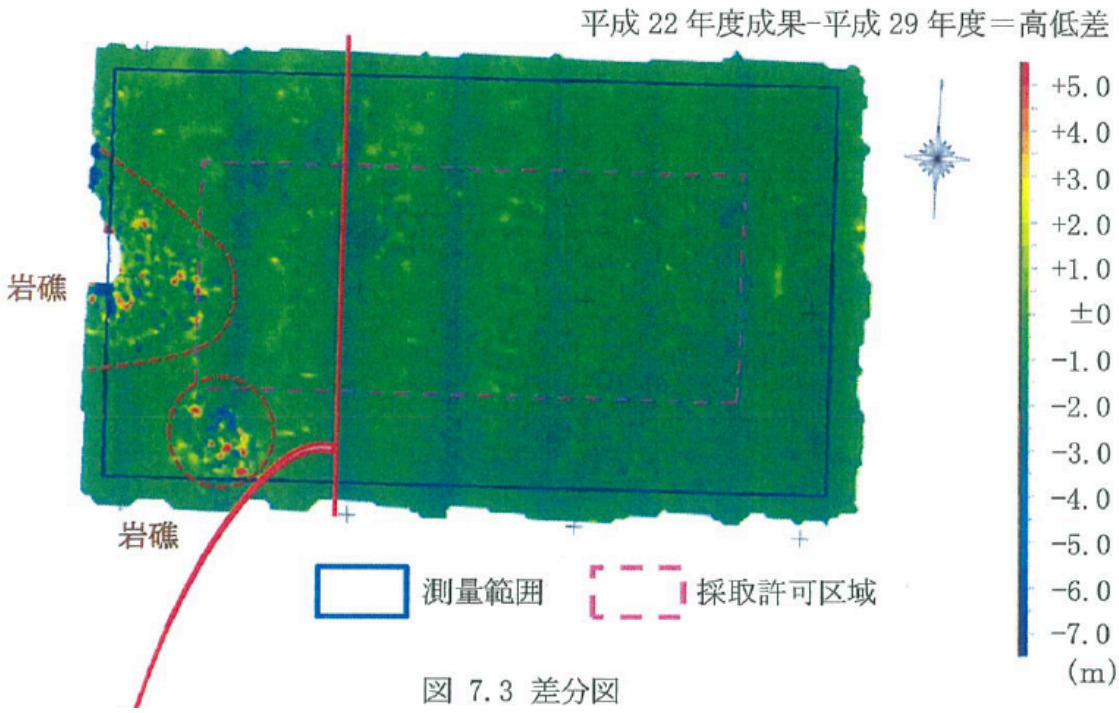


図 7.3 差分図

この報告書によると、採取跡は許可区域の北西のもっとも浅い海域（要確認：45m付近）で確認されたが、平成 22 年度から平成 29 年度まで地形変化はないとされている。

毎日海砂を採取していながら地形変化が見られないということは、平成22年度から平成29年度までの8年間（2010年～2017年）、許可区域での砂利採取は行われていないことになる。鹿児島県、骨材協議会の資料によると、鹿児島県の海砂採取実績は98万㎥/年（今後の見通しによる2019～2023年の推定：実測値は未確認）で、そのうち奄美大島の4ヶ所では10～18万㎥/年と見られる。（セメント新聞　2013年18万㎥、2014年10万㎥）

平成31年度以降の骨材調達に関する見通し（鹿児島県）
https://www.pref.kagoshima.jp/ah03/infra/kokyo/gizyutu/kanren/30kotsuzaichoutatsu.html
平成31年度以降の骨材調達に関する見通し等について提言（平成31年1月29日　鹿児島県公共事業等骨材調達協議会会長　西隆一郎）
https://www.pref.kagoshima.jp/ah03/infra/kokyo/gizyutu/kanren/documents/70336_20190205100318-1.pdf
鹿児島県海砂採取枠（セメント新聞社　代表取締役社長　猪熊和子）
http://157.205.26.223/kakodata/agg2015.03.pdf
ガット船（HP:にらいかない ←奄美方言で海の彼方、または海の底、地の底にあるとされる異界）
http://www.wakanatsu.com/kagoship/gat.html

青久沖とされる砂利採取は奄美大島の2カ年の平均14万㎥/年を許可区域4ヶ所で4等分と考えて8年間で積算すると28万㎥となる。

青久沖の推定採取量＝奄美大島14万㎥/年÷4ヶ所×8年間＝28万㎥

一方、荒天以外ほぼ毎日ガット船が目撃されていることから、
一日あたりの採取量は、以下のとおり推定される。

28万㎥÷200日÷8年間＝175㎥／日

この採取量は、近隣で目撃されるガット船の規模から見て概ね妥当な値である。
この8年間だけで28万㎥採取したとすると、商業ベースで採掘可能と考えられる水深60mよりも浅い海域で深さ5～10mの大きな掘削孔が差分として検出される必要がある。

この地形変化が検出されていない以上、掘削された行方不明の土砂は、許可区域以外の場所で無届けで採取している可能性が高い。なお、過去においては、砂利採取業者が無届けで採掘して事実がある。

嘉徳遺跡

鹿児島県上野原縄文の森

（公財）鹿児島県文化振興財団 上野原縄文の森

鹿児島県立埋蔵文化財センター

（公財）鹿児島県文化振興財団 埋蔵文化財調査センター

https://www.jomon-no-mori.jp/old/sensikodai/605.pdf

嘉徳遺跡,1974

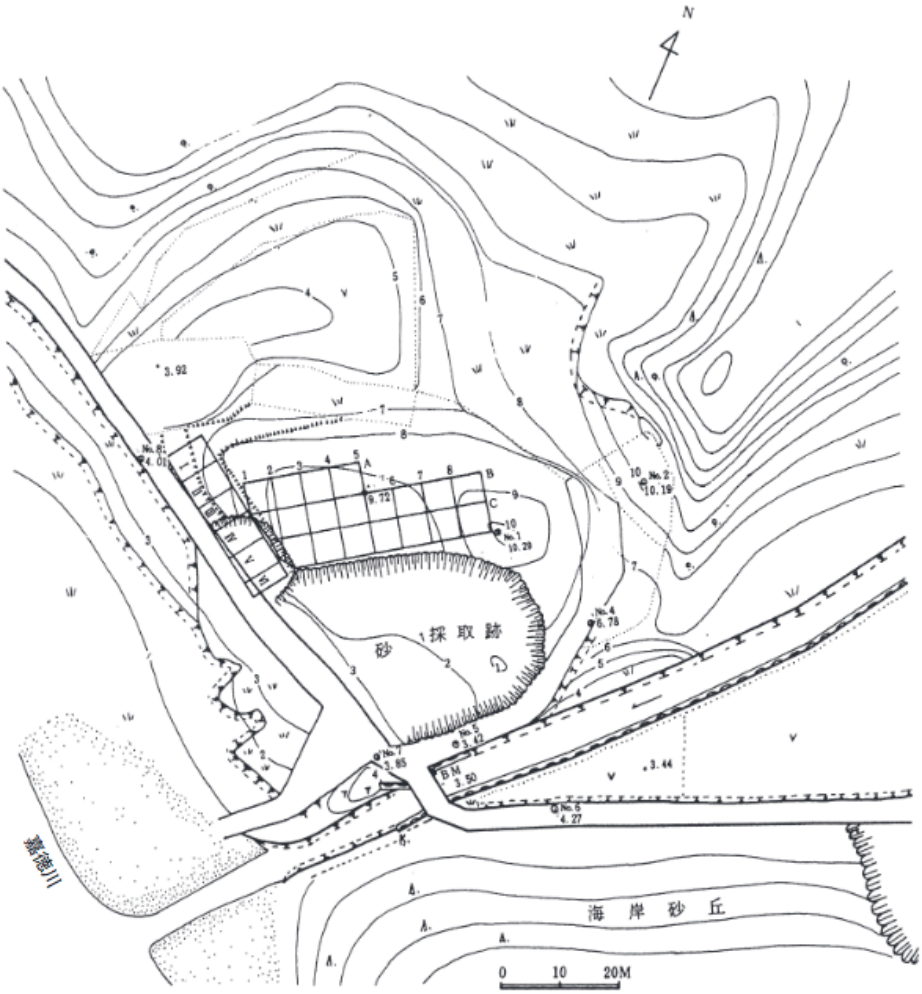
全国遺跡報告総覧

島根大学附属図書館

独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所

https://sitereports.nabunken.go.jp/ja/search?all=%E5%98%89%E5%BE%B3

嘉徳遺跡の発見は，砂利採取業者が無届けで，嘉徳砂丘の砂を採掘したことによるものである。採掘によって，遺跡が削り取られ，包含層が露呈した。瀬戸内町教育委員会はこれを知り直ちに，鹿児島県文化課に連絡し，県文化課は職員を派遣して現況を把握した。一方町教育委員会は，昭和 49 年１月，県文化財専門委員河口貞徳を招聘して，嘉徳遺跡の調査を依頼し，処置について意見を求めた。町は嘉徳遺跡の発掘調査を行うこととして，県に申請し，昭和 49 年度，国・県の補助事業として，嘉徳遺跡の発掘調査が決定し，昭和 49 年８月３日より同月 16 日に至る 14 日間，河口貞徳を調査担当者とし，上村俊雄・多々良友博・平島勇夫・肱岡隆夫・旭慶男等を調査員として発掘調査を行った。遺跡地は，本拠地の古仁屋から 17 kmを隔てる僻地で，急傾斜の狭隘な悪路の往復は，調査期間の圧縮となった。加えるに，前記の砂利採取業者の三度に及ぶ発掘中止の申入れがあって，悪条件を増加するものとなったが，これらの悪条件を克服して，調査を完遂できたことは幸運であった。



第２図　嘉徳遺跡地形図

図　1-2　嘉徳砂丘の無届け採取

無届け採取による地形変化を把握するには、最低限、以下の裏付け調査、資料が必要である。鹿児島県の担当部局及び骨材協議会は、無届けの海砂採取について,その場所、数量を特定する責任がある。海岸管理者としては、集落の安全を確保する上で、捜査当局の摘発を待つのでなく、沖合を含めた海底地形調査、掘削孔の埋戻しなどによる土砂欠損の再調査、継続監視が必要である。

無届け採取について、必要な裏付け資料

青久沖の年度別許可採取数量　（全記録または過去 50 年以上）
業者別の許可数量、採取実績、売買記録、納税記録　（全記録または過去 50 年以上）
対象船舶の採取実績、全航程記録、操業記録　（全記録または過去 50 年以上）
ほか統計（港湾統計など）との照合　（全記録または過去 50 年以上）

通常、土砂の総量に欠損があった場合、海岸線全線が被害を受けるが、海岸の両端部は被害を受けていない。このため現時点においては、砂の総量が減ったとは断言できない。

しかし、集落の複数の住民は、海岸で違法な海砂採取があったと証言している。鹿児島県の砂は減っていないという結論には納得できず、「浜の砂が大きく減った」、「浜の厚みが減って不安だ」との声もある。

嘉徳浜調査会では、汀線以外については、断面計測を実施しているが、2014 年の変動前の海浜断面は不明で、水中部については計測できておらず、実際に土砂の総量が減っているのかどうかについては、現時点では確かなことはいえない。

砂利採取が原因で土砂が減っている場合には、減った分を土砂を投入しないと対策にならない。

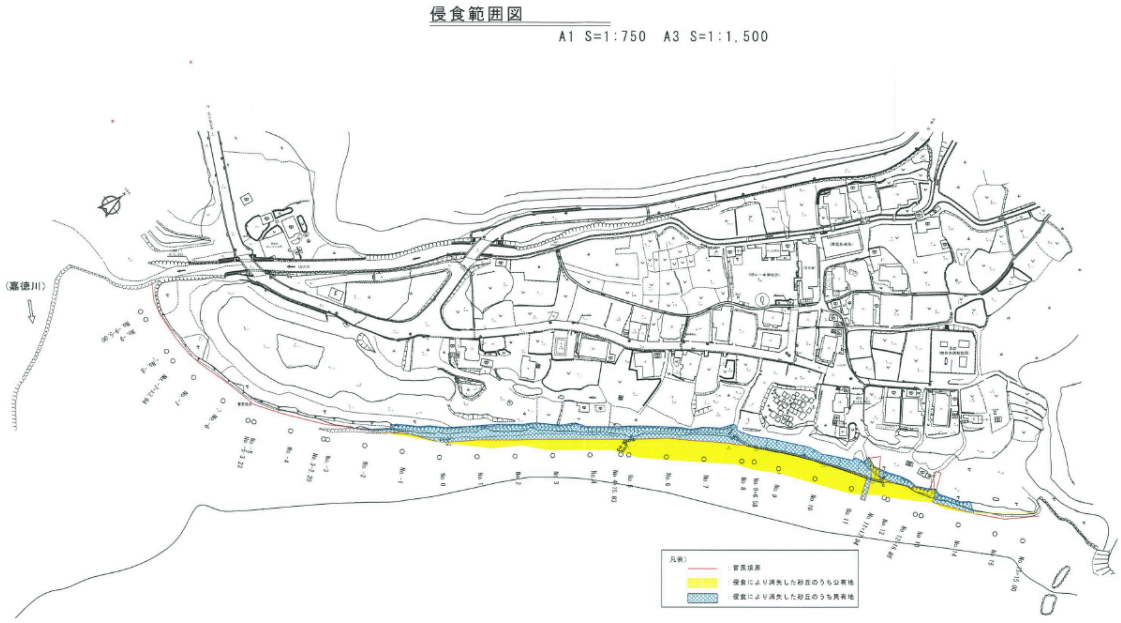


図　1-2　被害分布（鹿児島県資料）

3.　実態解析 2：2014 年の台風による地形変化

2014 年の地形変化は、それ以前の海底地形が不明であることから、地形変化量自体がよくわかっていない。空中写真や、現地写真などから、被害の程度を復元して、その過程を推定する。

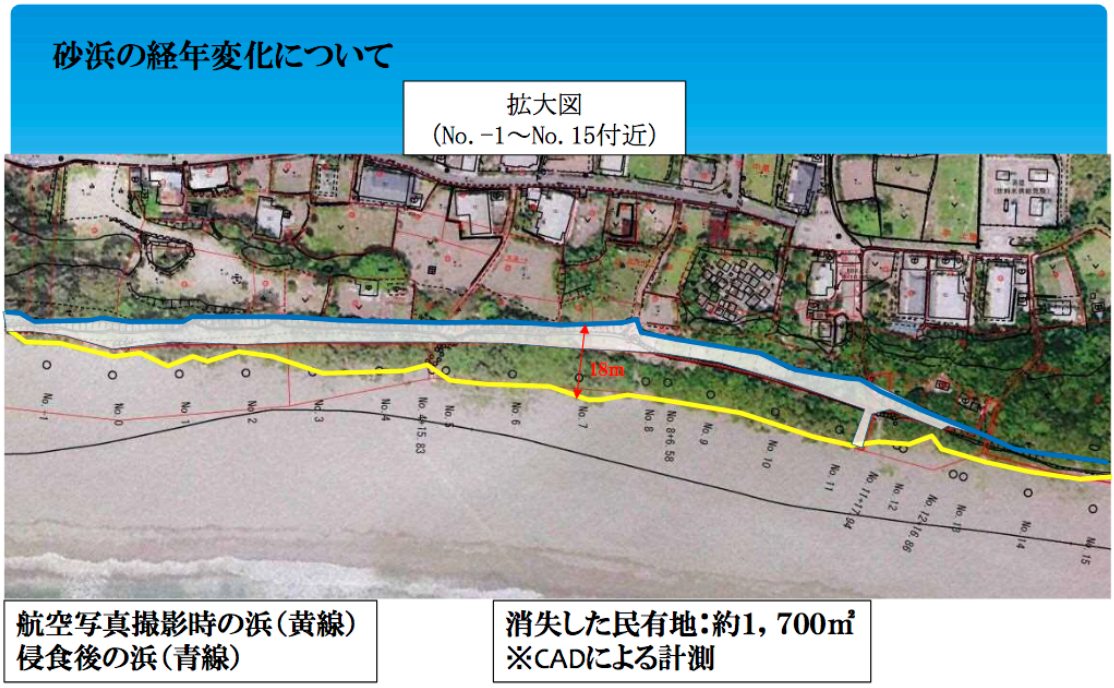
大島支庁の報告書によると、2014 年の砂丘法肩の最大 18m（鹿児島県推定）の後退災害は、2010 年 2 月と 2015 年 9 月の空中写真の比較により推定されている（図 3-1、図 3-2）。

このときの後退量は、以下の資料の凡例のよると、侵食前の砂丘の法肩（推定：黄線）と、侵食後の砂丘の法肩（浜崖の法肩：青線）としている。

（正確には 2010 年 2 月の空中写真の鑑定が必要である。この空中写真は、国土地理院、グーグルにアーカイブがないため、鹿児島県から入手する必要がある）

図 3-1　浜崖の発生による地盤高の低下

出所：鹿児島県大島支庁瀬戸内事務所, 第 3 回嘉徳海岸侵食対策事業検討委員会（平成 30 年 1 月 27 日）, 資料 2 対策案検討資料(平成 28 年度環境調査結果), p.6



6

図 3-2　浜崖の発生による地盤高の低下

出所：鹿児島県大島支庁瀬戸内事務所, 第 2 回嘉徳海岸侵食対策事業検討委員会（平成 29 年 11 月 25 日）, 第 1 回嘉徳海岸侵食対策事業検討委員会で各委員の方から出された質疑について（パワーポイント説明資料）, p.6

この空中写真によると、侵食前の砂丘の法肩（推定：黄線）とは、砂丘の法尻ともいうべき推定線である。翌年 2011 年 6 月の現地写真（図 3-3）にも浜崖は存在していない。
このため、最大 18mの後退量は、2010 年 2 月の空中写真に写り込んでいる砂丘の法尻として推定した線と、2015 年 1 月の写真に写り込んでいる浜崖の法肩との比較において検出したものであり、砂丘の法尻と法肩ではそもそも定義が異なるものから検出されたもので、工学的には意味がない。

海岸に高波浪が作用すると、砂丘に崖状の地形が生じるのは一般的な海浜過程である。

図 3-3　台風以前の現地写真（2011 年 6 月 12 日）奥田みゆき氏　提供

2013 年 5 月の現地写真によると、数メートル程度の浜崖が発生している（図 3-5，図 3-6）。これは、2012 年の複数の台風において、複数回高潮が作用したためと考えられる。（表 3-1，図 3-4）

表 3-1　潮位の観測史上 1～10 位の値

地点名	都道府県	順位	潮位[標高] (cm)	起日時	要因	統計期間
奄美	鹿児島県	1	243	2005/09/04 19:42	台風第14号	1996年-2020年
		2	216	2020/09/06 09:53	台風第10号	
		3	203	2018/09/29 21:26	台風第24号	
		4	190	2012/08/27 01:49	台風第15号	
		5	176	2012/09/29 18:42	台風第17号	
		6	176	2012/09/16 06:20	台風第16号	
		7	170	2014/10/11 19:29	台風第19号	
		8	170	2007/07/13 19:00	台風第4号	
		9	169	2001/08/20 06:58	台風第11号	
		10	168	2009/10/06 19:33	台風第18号	

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/rank/index.html

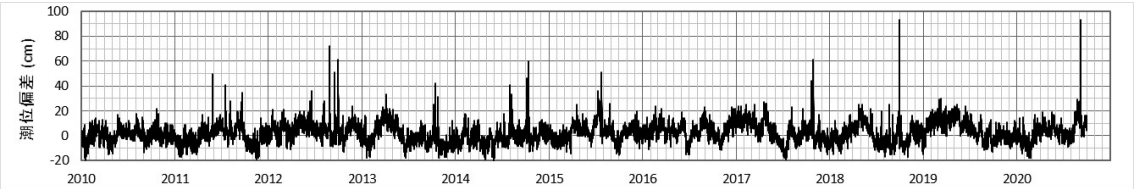


図 3-4　過去 10 年の潮位偏差

図 3-5　台風以前の現地写真（2013 年 5 月 5 日）奥田みゆき氏　提供

図 3-6　台風以前の現地写真（2013 年 5 月 5 日）奥田みゆき氏　提供

2014 年 10 月の台風で被害を受けたとされる砂丘の法肩は、災害直後の瀬戸内町の測量や、大島支庁の測量、嘉徳浜調査会の計測などで、T.P.+7.5m であることがわかっている。（図 3-7、図 3-8）

この地点は、墓所の一番沖側から水平方向に 7m である。これは被告側第 6 準備書面の 13 頁「図-3 砂丘海浜断面図」でも明らかである（乙 29 号証 6 頁図-3 の写真に写り込んだ車体などから推定した墓所までの距離 4m は事実誤認）。この 7m 区間には、灌木が複数あったが伐採されて、現在は大型土嚢が設置されている。（図 3-10, 図 3-11）

2015 年 9 月以前の 2010 年 2 月、2013 年 5 月、2014 年 10 月、2014 年 11 月、2015 年 5 月については、推定断面である。（図 3-3, 3-5, 3-6, 3-12 参照）

アダンが流亡したとされる砂丘地形の 2010 年 2 月に現状（2020 年 6 月）足りていない断面積（乙 29 号証において不足していて回復に数年から数十年かかるとされる砂丘面積）は推定 10 ㎡程度である。これは、図 3-7 に示す 2014 年 10 月から 2020 年 6 月の汀線位置までの断面積変化（推定）348 ㎡の 3%に過ぎず、その大部分は（97%）はすでに岸側に復元していると推定される。

また、水中部を含む防災上の断面積で見たときは、図 3-9 に示す実際に波を砕く地形の海浜断面積 5300 ㎡の 0.2%程度であり、この部分の土砂が移動でなく消失した前提でも防災能力の低下はごくわずかである。そしてこの 0.2%も消失したのではなく、周辺海域に残存している。

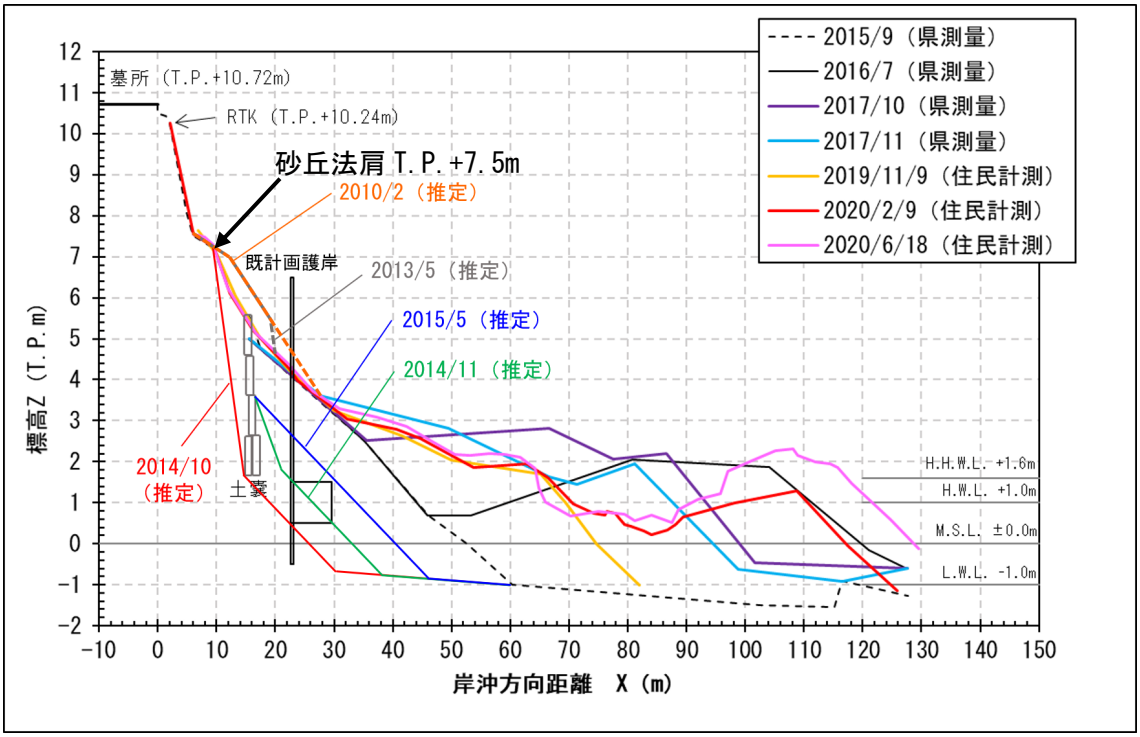
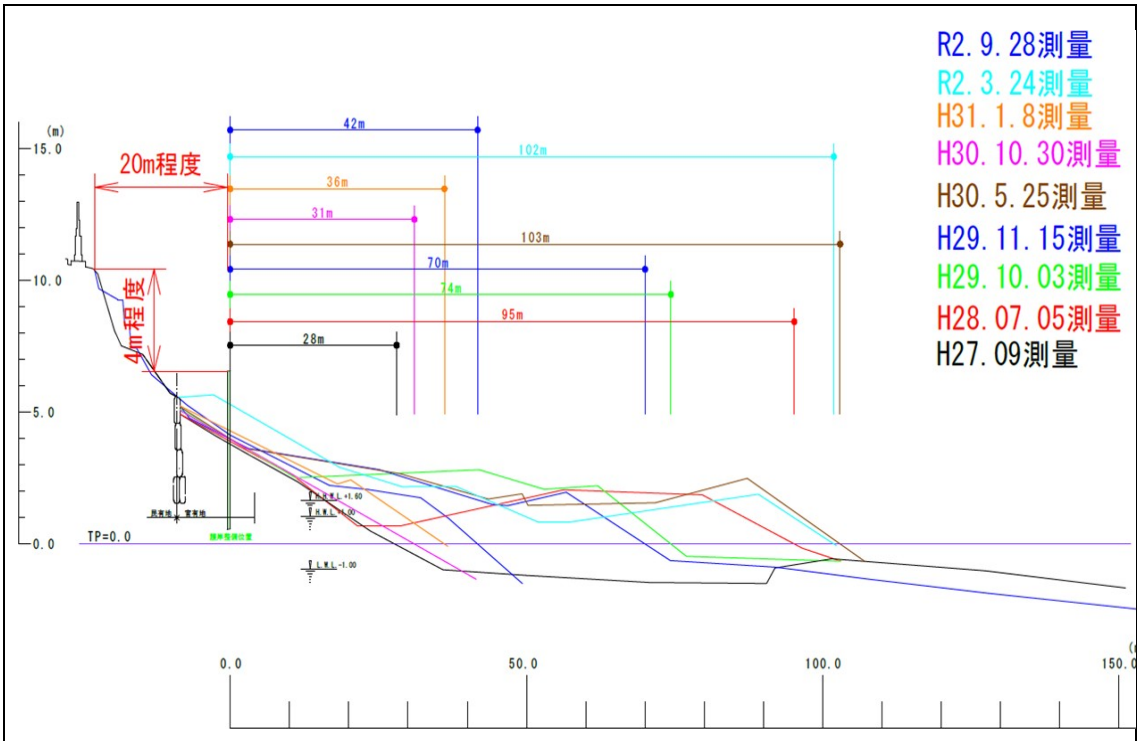


図 3-7　No.9 付近（調査会 No.3）の海浜断面



被告側第 6 準備書面　図－３

砂丘海浜断面図と護岸位置を基準にした汀線（TP＝0. 0m）位置(m)

図 3-8　砂丘海浜断面図

出所：被告側第 6 準備書面. 16 頁（デジタルデータを依頼中）

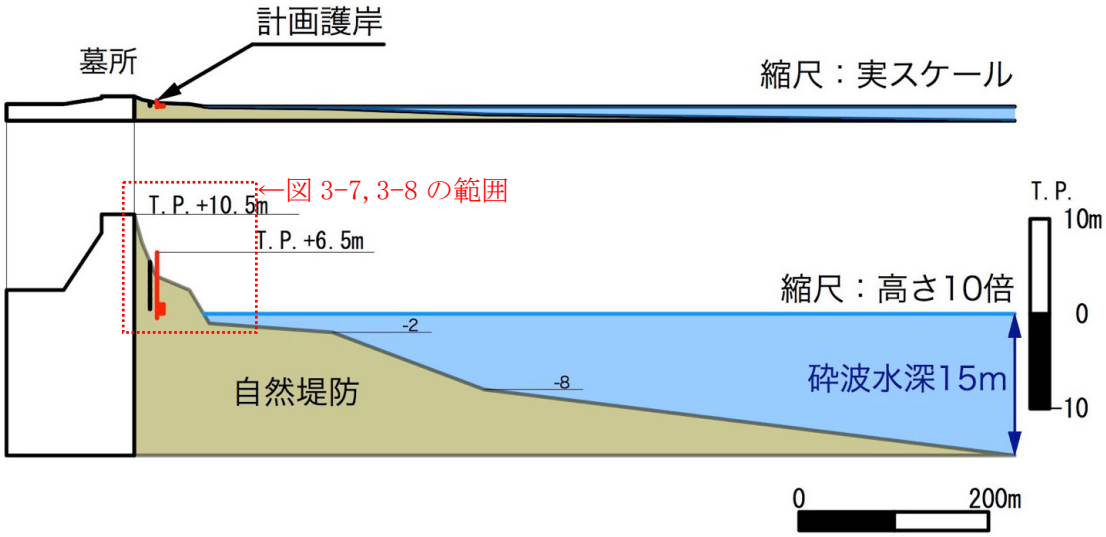


図 3-9　自然の堤防（断面図）

断面積：5300 ㎡

※出所：鹿児島県, 嘉徳海岸侵食対策測量設計委託報告書（平成 30 年 3 月）2. 1. 6

図 3-10　現地写真　2020 年 9 月 6 日

図 3-11　現地写真　2020 年 9 月 6 日

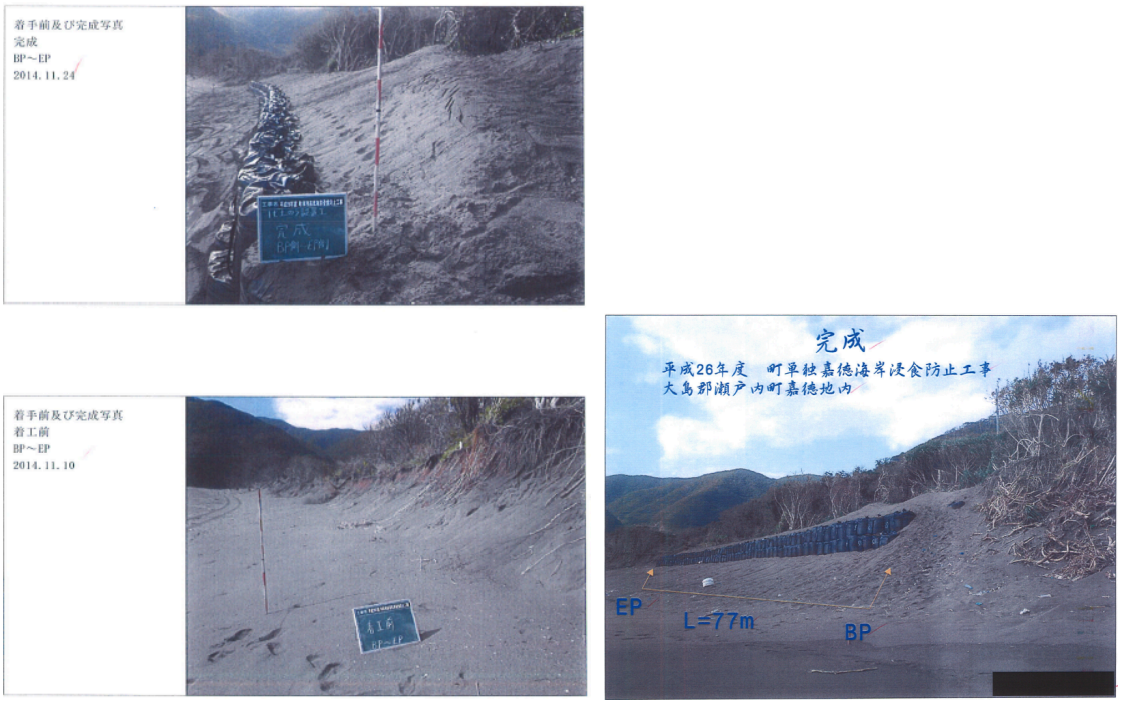


図 3-5-2　瀬戸内町による土のうの設置（2014 年 11 月）

写 1.4.1　土のうによる対策状況（平成 27 年 5 月撮影）

図 3-12　砂丘の法肩が後退して半年後の状況（2015 年 5 月）

空中写真によると（嘉徳浜調査会　中間報告書）、2014 年の台風以前は、約 2 年前の 2012 年のころから浜幅が狭い。この理由は 2012 年の台風より後浜の砂が沖向きに運ばれたものと考えることができる。

また 2013 年には、波の入射方向に偏りがあり、平年よりも東寄りから波が作用している（図 3-13 波の方向別エネルギー比）。このため，砂は海岸線に沿って南方向へと移動した可能性がある。その結果、河口～南側の海岸では土砂の堆積が進んで浅くなっている（図 3-14 の砕波状況）。

一方、北側の浜は、南に砂が運び去られた結果、回復が進まず、浜幅が狭い状態が維持されていたと考えられる。そこへ 2014 年の台風が大潮期と重なり、砂丘浜堤の法面が後退したと考えられる。2012 年の降水量が 1.7 倍（1975 年以降過去最大）であったことや、台風直前の 2014 年の 6 月の月間降水量が 4 倍（1975 年以降 2 位）であったこともフラッシュによる沖向きの流下作用という意味で効いていたと推定される。

これらの岸沖方向および沿岸方向の土砂移動については、海底地形（水中部の深浅測量）の変化で把握することが可能である。しかし台風以前の海底地形は存在していないので台風後の海底地形変化から推測することになる。

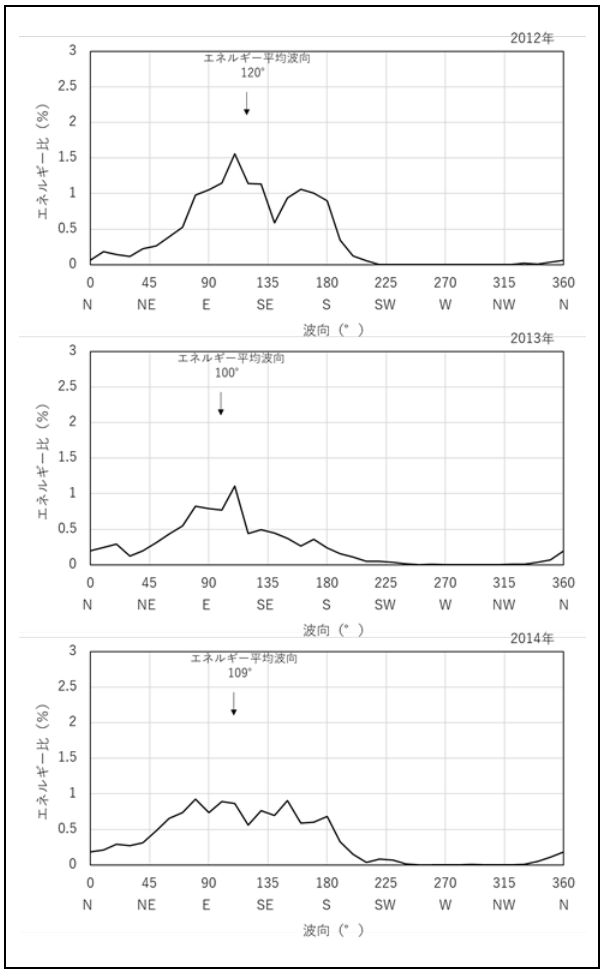


図 3-13　波の方向別エネルギー比

図 3-14　グーグル衛星画像（2013 年 7 月）

図 3-15 に、2015 年 9 月、2017 年 11 月、2020 年 9 月の海底地形を示す。

2015 年の水中では、-2m等深線が沖に張り出していて、汀線の前面に水深 1～２m の浅瀬（沿岸砂州）が形成されている。これは台風時に岸側から砂が沖に移動して堆積したものである。

2017 年は、浅瀬は消えて、代わりに浜が広くなっている。これは浅瀬に堆積した土砂全体が岸向きに移動して浜辺に戻ってきたことを示している。

2020 年は、台風 20 号が作用して、沖には 2014 年と同様に浅瀬（沿岸砂州）が形成されている。

図 3-16 は、地形変化量（地形の差分）を求めたものである。赤色の領域は砂が堆積した領域でその沖の青色は地盤高が低下した領域である。

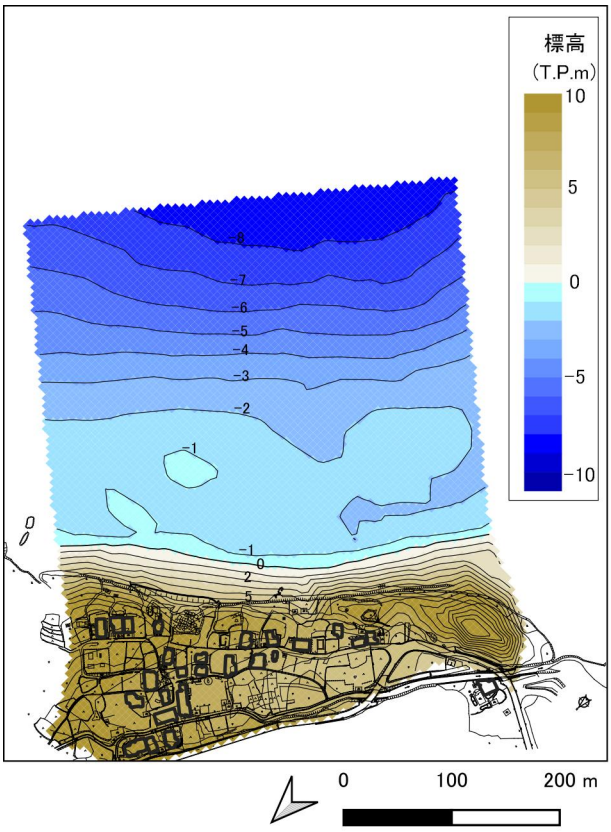
2015 年 9 月　→　2017 年 11 月の地形変化は、岸側が堆積して沖側が侵食している。

また、岸側の堆積量（赤色）は、沖の侵食量（青色）に比べて大きい。これは、測量範囲（図 3-17）の外から流入したことを意味する。第 1 は測量範囲より沖の砂が流入、第 2 は左右の測量境界の外から流入、実際には両者が合わさったものと考えられる。

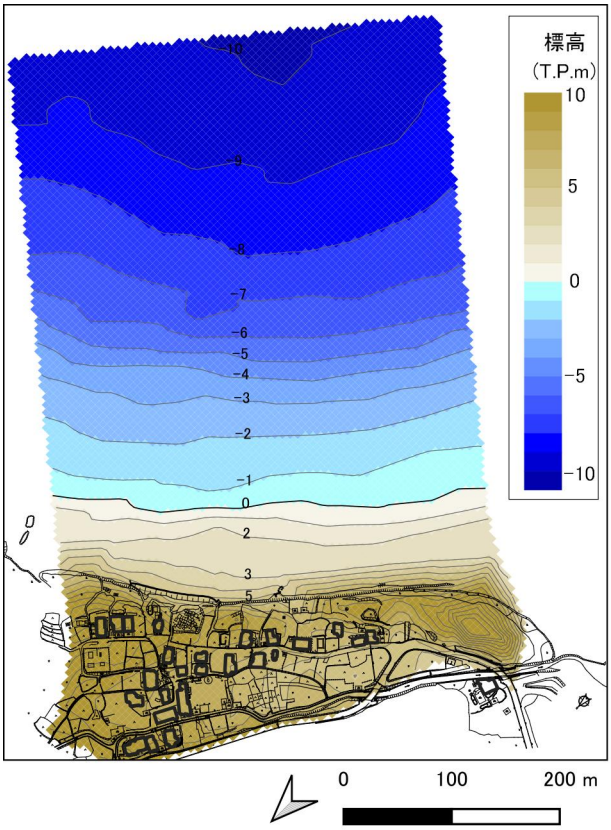
2017 年 11 月　→　2020 年 9 月の地形変化は、沖側が堆積して岸側が侵食している。また北側の沖の堆積量が大きくなっている。これは 2018 年の 24 号台風と 2020 年の 10 号台風のエネルギー平均波向が海岸正面より南から入射したためと考えられる。

2015 年 9 月　→　2020 年 9 月の地形変化は、岸側も沖側も堆積しており、2015 年以降に集落前面の水中部の土砂収支が大きく改善していることを示す。

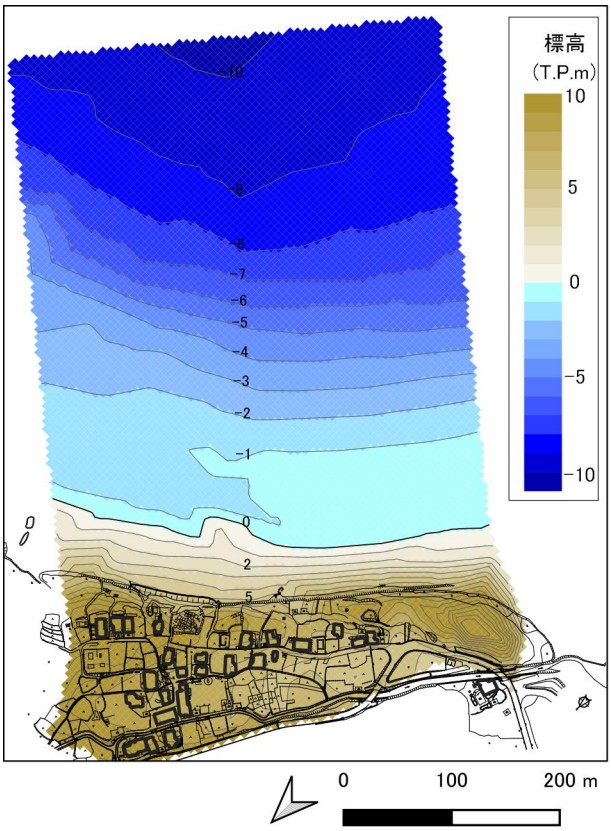
これについても測量範囲（図 3-17）の沖や左右からの流入でしか説明できない。こうした土砂移動実態はこの測量範囲では区別できない。測量範囲を広げる必要がある。



2015 年 9 月

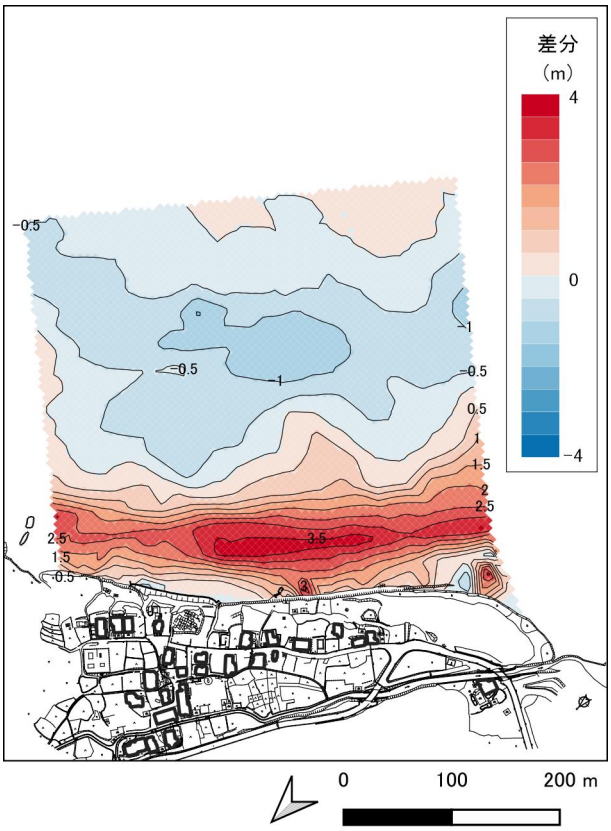


2017 年 11 月

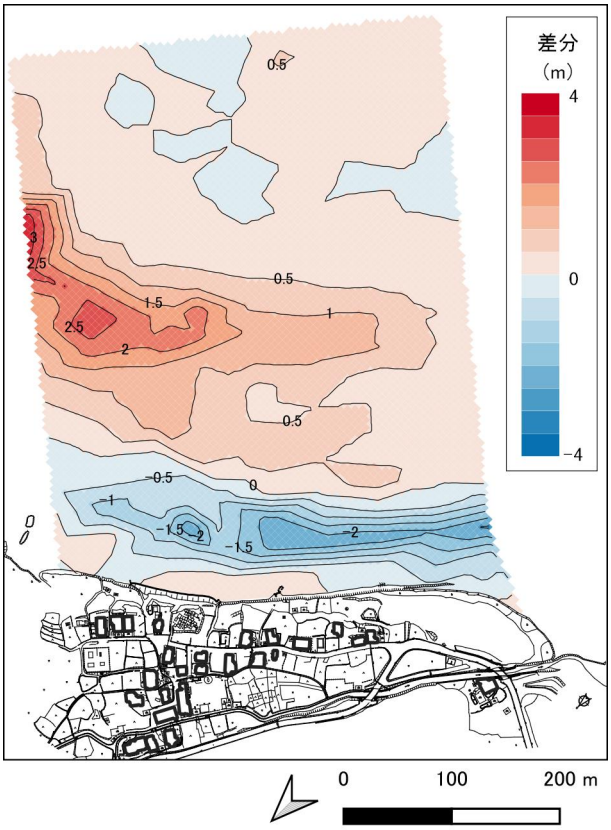


2019 年 9 月（台風 10 号作用後：要確認）

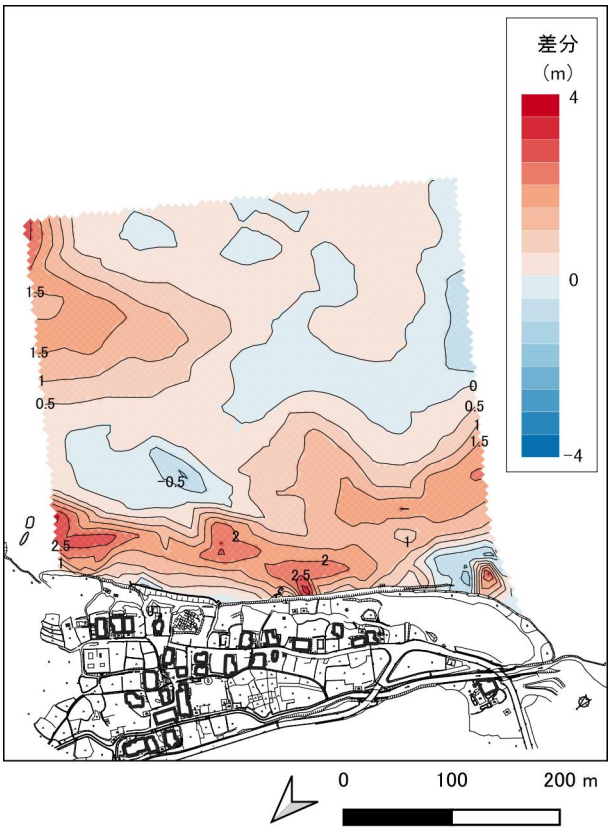
図　3-15　海底地形（鹿児島県提供データによる）



2015 年 9 月　→　2017 年 11 月



2017 年 11 月　→　2020 年 9 月（台風後作用後：要確認）



2015 年 9 月　→　2020 年 9 月（台風 10 号作用後：要確認）

図　3-16　海底地形変化

※測量年月日確認中

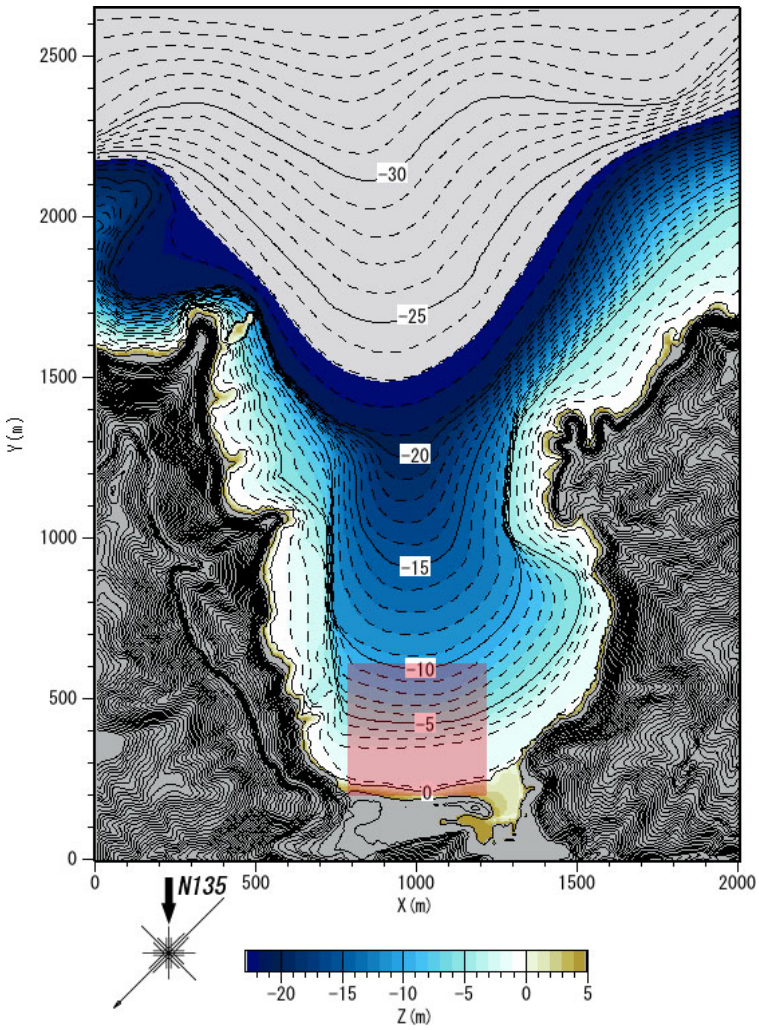


図 3-17　鹿児島県の測量範囲

表 3-2　観測地点

観測	緯度	経度	期間
気象庁 CWM に基づく波浪推算	N28.1 度	E129.75 度	2011～2020 年

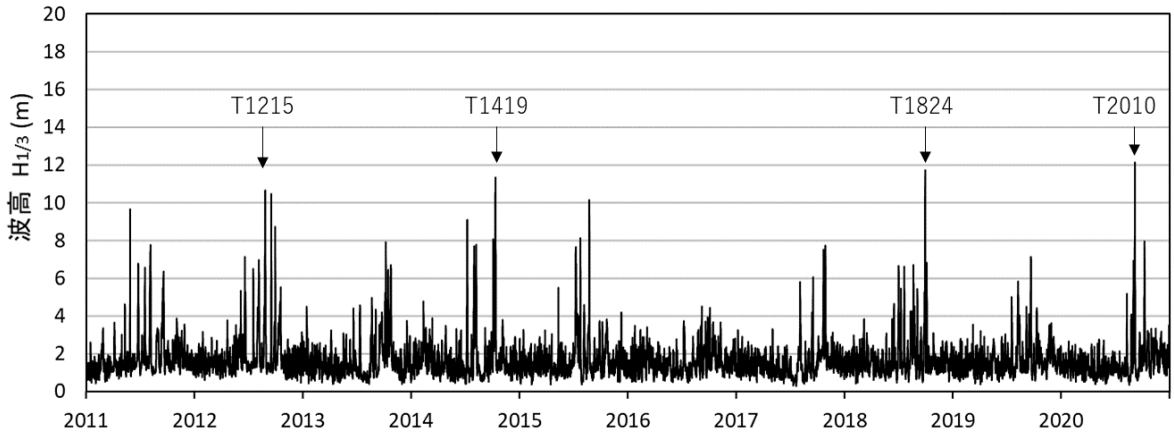


図 3-18　時系列波高（2011～2020 年）

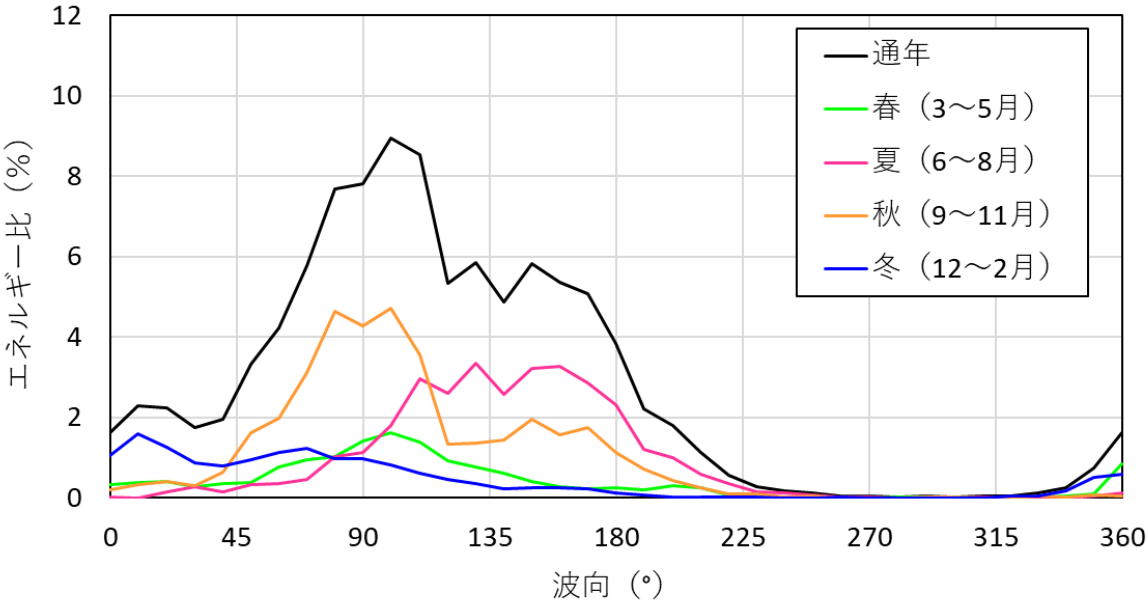


図 3-19　季節別エネルギー平均波向

表 3-3　エネルギー平均波

	通年	春	夏	秋	冬
エネルギー平均波高（m）	1.97	1.49	2.24	2.36	1.59
平均周期（sec）	8.0	7.8	8.1	8.6	7.7
エネルギー平均波向（°）	109	97	140	103	56
年平均最大波（m）	9.3				

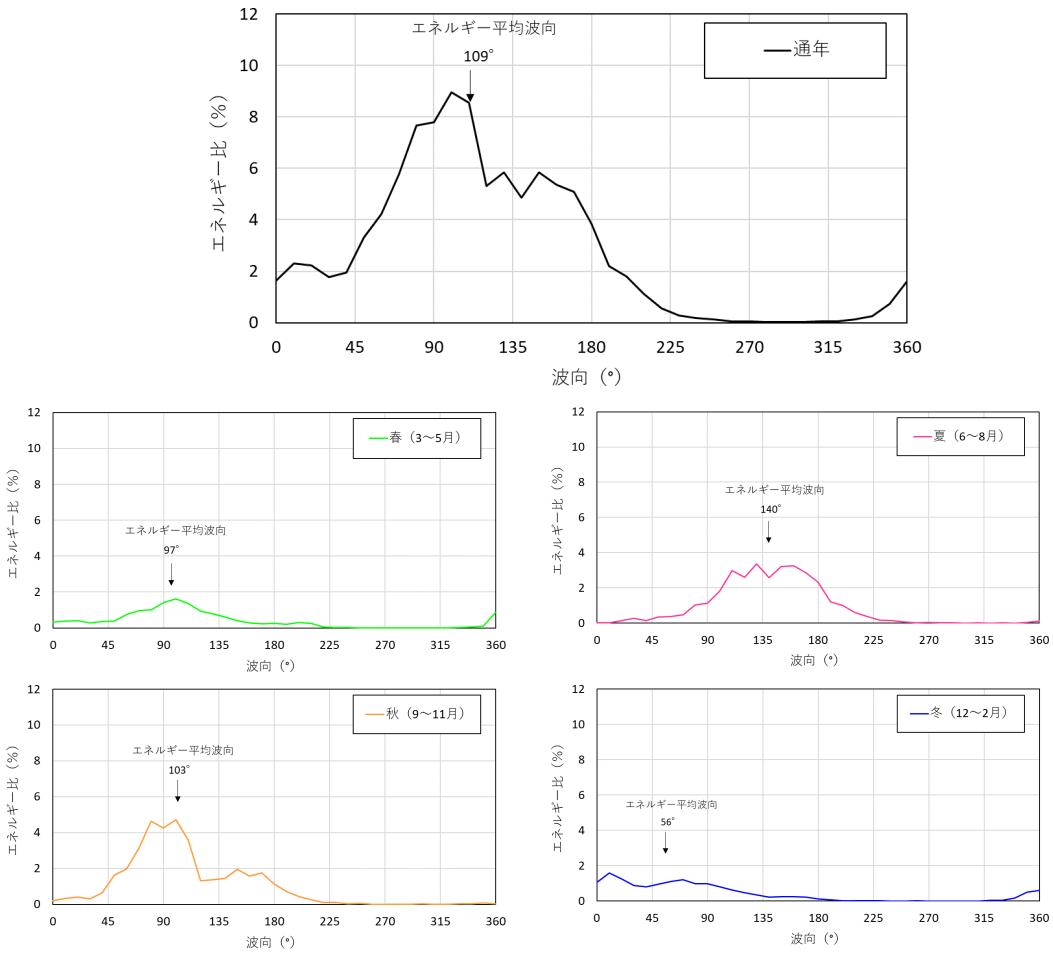


図 3-20　季節別エネルギー平均波向

表 3-4　台風毎のエネルギー平均波

	T1215	T1216	T1419	T1824	T2010
期間	2012/8/21 ～8/29	2012/9/13 ～9/21	2014/10/7 ～10/15	2018/9/25 ～10/3	2020/9/2～ 9/10
エネルギー平均波高（m）	10.39	6.77	10.14	8.51	8.29
平均周期（sec）	10.4	10.4	8.7	9.9	9.6
エネルギー平均波向（°）	137	160	130	161	116

表 3-5　年度別エネルギー平均波（過去 10 年分）

	エネルギー平均波高 （m）	平均周期（sec）	エネルギー平均波向 （°）
2011	2.05	9.30	111
2012	2.21	8.95	120
2013	1.90	7.81	100
2014	2.22	7.78	109
2015	1.94	8.02	121
2016	1.71	7.61	104
2017	1.74	7.68	87
2018	2.07	8.06	118
2019	1.88	7.62	107
2020	1.86	7.67	90
全期間	1.97	8.05	109

4.　実態解析 3：災害に対する被害の発生確率と海岸保全施設としての要件

一般には、何らかの対策を打つことで、災害に対する被害の発生確率は低下するものである。

例えば、再現期間 10 年の災害までしか対応できない施設が、対策を施すことで再現期間 30 年までの災害に耐えうるなどである。

このときの対策の効果を定量的に見るために、構造物の費用便益分析で用いられている手法を参照して、災害に対する被害の発生確率が対策によってどの程度低下するかを表す確率を算出してみる。以下では、これを被害発生低減確率 P と呼ぶ。

被害発生低減確率 P は計算式（1）で与えられる。

$$P = \sum_{t=1}^{N} p(t) \qquad \text{式（1）}$$

$$p(t) = \left(\frac{1}{X_1} - \frac{1}{X_2}\right)\left(1 - \frac{1}{X_1}\right)^{t-1} \qquad \text{式（2）}$$

P：被害発生低減確率

p(t)：ｔ年目の被害発生低減確率

N　：対象期間（年）（対策施設の耐用年数など）

X_1：対策前の対象災害の再現期間（年）

X_2：対策後の対象災害の再現期間（年）

また、式（2）の中の項の意味は次の通り。

$\left(1 - \frac{1}{X_1}\right)^{t-1}$　：　最初の t-1 年間には、X_1以上の災害が発生しない確率

$\left(\frac{1}{X_1} - \frac{1}{X_2}\right)$　：　ｔ年目に、X_1以上、X_2以下の災害が発生する確率

被害発生低減率 P は、対策なしでは耐えられず対策ありでぎりぎり耐えられる再現期間の災害の発生する確率であり、対策効果がなければ 0、値が大きいほど効果が大きいことを表し、上限値は 1 である。

前述の護岸の事例に対して計算すると、X_1＝10 年、X_2＝30 年、対象期間 N は施設の耐用年数 50 年を考えて、N＝50 年として、下記となる。

P(t)は、例えば、10 年目は、　$p(10) = \left(\frac{1}{10} - \frac{1}{30}\right)\left(1 - \frac{1}{10}\right)^{10-1} = \frac{2}{30} \times \left(\frac{9}{10}\right)^{9} = 0.026$

被害発生低減確率$P = \sum_{t=1}^{50} p(t) = 0.66$

次に、これを嘉徳浜の砂丘浜堤を護岸に置き換えた場合に当てはめてみる。2014 年の砂丘法肩の最大 18m※（鹿児島県推定）の後退災害（アダン林の被害）は、記録に残る限り初めてとされており、その再現期間は数百年以上と考えられるが、証拠として確かな空中写真などによれば、過去 75 年間アダン林は被害を受けておらず、ここでは、対策前の自然状態の砂丘浜堤への被害の再現期間：$X_1 = 75$年を仮定する。

一方、対策後の施設（既計画護岸）による被害発生確率は、対象波浪の再現期間が 30 年であることから、$X_2 = 30$年を設定し、また、対象期間 N＝50 年とする。$X_1 > X_2$ なので式（2）の第 2 項を $X_1 \rightarrow X_2$ と置き換えて計算すると、次の結果を得る。

P(t)は、例えば、10 年目　$p(10) = \left(\frac{1}{75} - \frac{1}{30}\right)\left(1 - \frac{1}{30}\right)^{10-1} = -\frac{3}{150} \times \left(\frac{29}{30}\right)^9 = -0.015$

$$\text{被害発生低減確率 P} = \sum_{t=1}^{50} p(t) = -0.49$$

この結果を見ると、被害発生低減確率 P の値がマイナス値となっている。これは、砂丘浜堤に比べて護岸の対策効果は全くなく、それどころか、逆効果であること、つまり、被害発生を増やすことを表している。

これに対して、もともと、砂丘浜堤の耐用年数は構造物に比べて遥かに長いので、機能的にもライフサイクルから見ても自然の砂丘浜堤が有利である。

嘉徳浜の護岸計画は、他にも以下の問題点がある。

設計上の問題として、対策後の施設（既計画護岸）の 30 年確率の外力などの設定には、設計潮位が 0.8m低いことが考慮されていない。

また施設直背後への青波の侵入のみを対象としたものであり、護岸設置の副作用による周辺の被害を予測評価してない。実際には無堤区間の海浜を傷つけて別の侵食災害が起こる。

以上のように、嘉徳浜の護岸計画は海岸保全施設としての要件を満たしてないと考えられる。

出所：

1）第 3 回嘉徳海岸侵食対策事業検討委員会,鹿児島県大島支庁瀬戸内事務所,平成 30 年 1 月 27 日，対策案検討資料-2,p.6
https://www.pref.kagoshima.jp/aq12/kiban/documents/63633_20180129100957-1.pdf
2）合田良實，2008 年 6 月,耐波工学　港湾・海岸構造物の耐波設計，鹿島出版会，p.367

3) みなと総合研究財団,2011,港湾投資の評価に関する解説書 2011,p.2-13-32
4) 水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン－参考資料－,平成 2 年 5 月,水産庁漁港漁場整備部,p.36
https://www.jfa.maff.go.jp/j/gyoko_gyozyo/g_hou

5.　数値解析：護岸の有無による海浜変形計算

5-1　計算目的

嘉徳海岸において現況地形（2020 年）の再現計算を行い，高波浪作用時の護岸の有無による地形変化予測する．

5-2　計算方法

(1) 計算モデル

・海浜変形計算：BG モデル [1)]　※横田ら [2)] のセルオートマトン法による飛砂モデルと同様の飛砂フラックス式を BG モデルに組み込んで飛砂を考慮する．

・波浪変形計算：エネルギー平衡方程式による屈折計算

(2) 計算手順

・嘉徳海岸における図-5.1 に示す 2015 年の地形※を基として，2020 年の海浜地形の再現計算を行う．

・計算においては 2015 年を初期地形として 2018 年までの常時の地形変化を再現する．

・2018 年の再現結果を用いて 2018 年に作用した高波浪時（T1824）の地形変化を計算する．T1824 の高波浪計算における波の作用時間は，台風の期間に作用した波浪エネルギーの合計から換算した時間とする．

・2018 年の T1824 作用後の再現地形に対して，再び常時の地形変化計算（2 年分）を行い，2020 年の地形を再現する．

・2020 年の再現地形に対し，計画護岸を設置した場合としない場合の高波浪時の地形変化計算である．この際の高波浪作用時間については，台風 1 回あたり 2014 年に襲来した台風（T1419）の波浪エネルギーから換算した作用時間とする．

また，2014 年の台風襲来以前にも 2012 年に大規模な台風（T1215）が襲来している．2014 年における砂丘の侵食は上記の大規模な台風が立て続けに襲来したことにより生じたと考えられる．そのため予測計算では台風 2 回分の作用時間を与える．

※沖合は県の屈折計算領域図に示された等高線、集落前の-8m 以浅は 2015 年 9 月県測量、波食台は空中写真および住民ヒアリングによる推定より作成した地形図

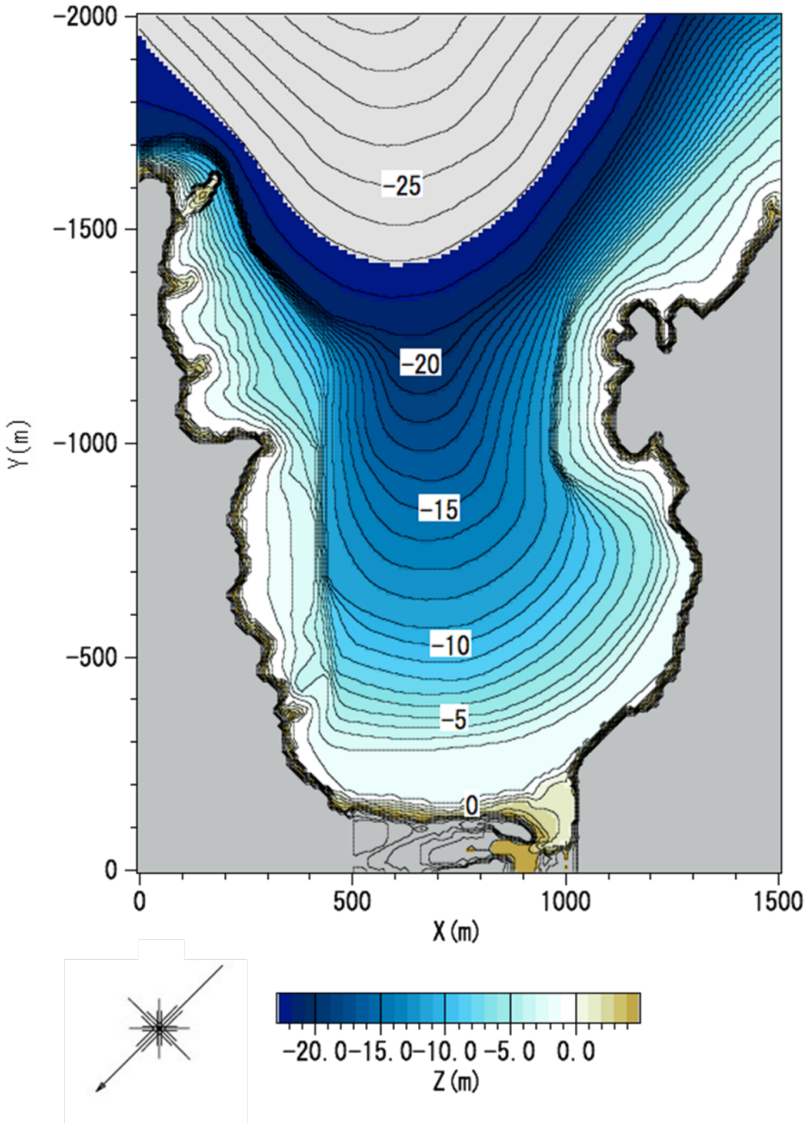


図-5.1　計算初期地形（2015 年）

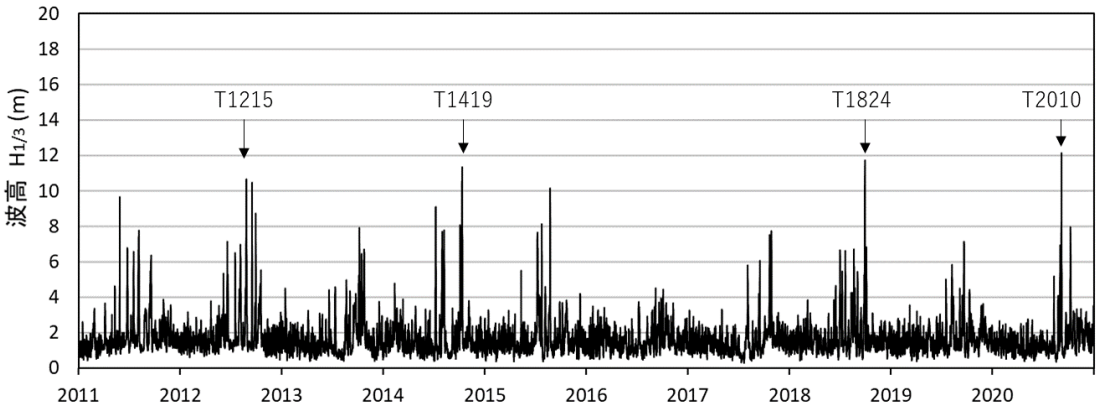


図-5.2　時系列波高（2011～2020 年）

5-3　計算条件

(1) 計算条件

計算条件は以下の表-5.1 に示すとおりである.

表-5.1 計算条件

計算モデル	BG モデル[1)]　※横田ら[2)] のセルオートマトン法による飛砂モデルと同様の飛砂フラックス式を BG モデルに組み込んで飛砂を考慮 波浪変形計算：エネルギー平衡方程式による屈折計算
計算対象区域	沿岸方向 1500m×岸沖方向 2000m
初期地形	Case1：2015 年実測地形※ Case2：Case1 Case3：Case2 Case4：Case3 Case5：Case3 ※沖合は、県の屈折計算領域図に示された等深線 集落前の-8m 以浅は、2015 年 9月県測量 波食台は、空中写真および住民ヒアリングによる推定 より作成した地形図（p.3 参照）
計算ケース	Case1　常時波浪+飛砂考慮　2018 年台風前を再現 Case2　高波浪　2018 年台風後を再現 Case3　常時波浪+飛砂考慮　2020 年台風前を再現 Case4　高波浪　護岸なし Case5　高波浪　護岸あり
計算期間	Case1：3 年相当（2015～2018 年） Case2：エネルギー平均波の 720 時間相当 Case3：2 年相当（2018～2020 年） Case4：エネルギー平均波の 1800 時間相当 Case5：エネルギー平均波の 1800 時間相当
入射波条件	Case1，3　：波高 H=1.97m，周期 T=8.0s 波向 θw =SE：N121°E Case2　　：波高 H=1.97m，周期 T=10s 波向 θw =SE：N144°E Case4，5　：波高 H=1.97m，周期 T=14.0s 波向 θw =SE：N135°E

	※　（座標軸直上は SE）
飛砂条件	風向 ＝N135°E
潮位条件	M.S.L.±0.0m
空間メッシュ	ΔX＝10m，ΔY＝10m
時間間隔Δt	Δt＝10　hr/step（Case1，3） Δt＝0.1　hr/step(Case2，Case4，Case5)
ステップ数	876step／yr（Case1，3） 87600step／yr（Case2，Case4，Case5）
粒径	■平衡勾配（Case1，3） 波浪： 勾配 1：3.0m～-0.9m、tanβ=1/6 勾配 2：-0.9m～-1.0m、tanβ=1/7 勾配 3：-1.0m～-8m、tanβ=1/25 飛砂： 勾配 5：tanβ=1/4 ■平衡勾配（Case2，Case4，Case5） 波浪： 勾配 1：3.0m～-0.5m、tanβ=1/7.5 勾配 2：-0.5m～-3.0m、tanβ=1/1000 勾配 3：-3.0m～-4.0m、tanβ=1/200 勾配 4：-4.0m～-8.0m、tanβ=1/20
漂砂の水深方向分布	一様分布
移動限界水深	Case1，3： 波浪：h_c=8.0m 飛砂：h_c=2.9m Case2，Case4，Case5 波浪：h_c=8.0m
バーム高	Case1，3 波浪：h_R=3.0m 飛砂：h_R=7.5m Case2，Case4，Case5

	波浪：h_R=3.0m
漂砂量係数	波浪：K_x =0.45（A = 0.05），K_y/K_x=1.0，K_2=1.62K_x 飛砂：K_x =0.000022（A = 0.00001），K_y/K_x = 1.0
境界条件	左右端および岸沖端：q=0（漂砂の流入流出なし）

1）　芹沢真澄，宇多高明，三波俊郎，古池　鋼：Bagnold 概念に基づく海浜変形モデル，土木学会論文集 B, Vol. 62, No.4, pp.330-347, 2006.

2)　横田拓也，小林昭男，宇多高明，芹沢真澄，野志保仁，勝木厚成：波による漂砂と飛砂を同時に考慮した地形変化予測モデル，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.75, No.2，pp.I_469-I_474，2019.

(2) 作用外力分布

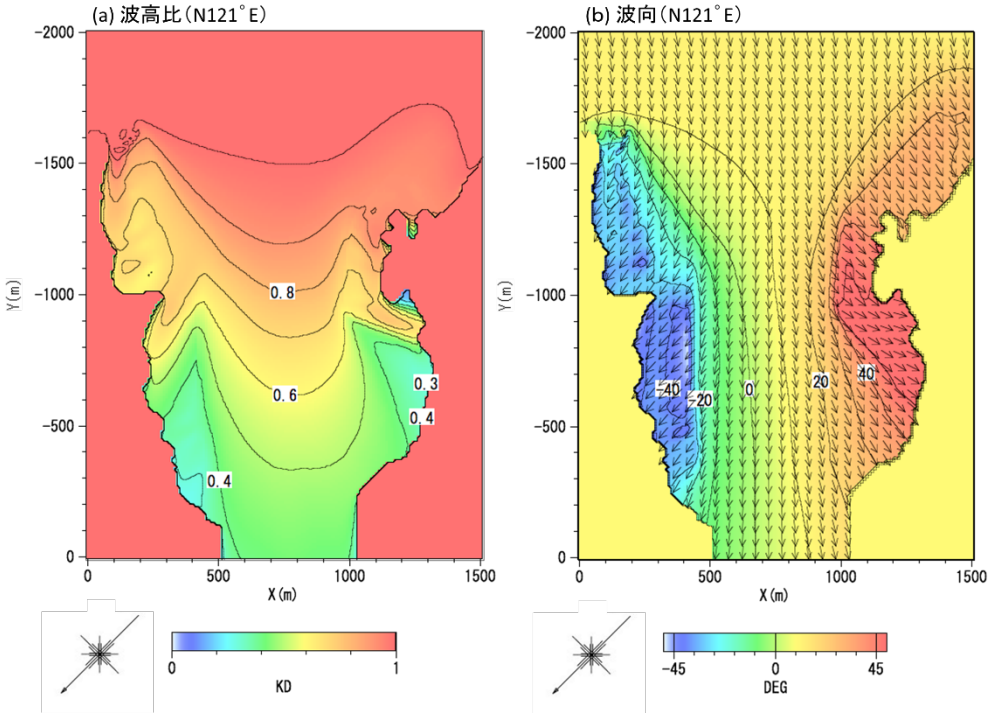


図-5.3　作用外力分布（Case1，3）

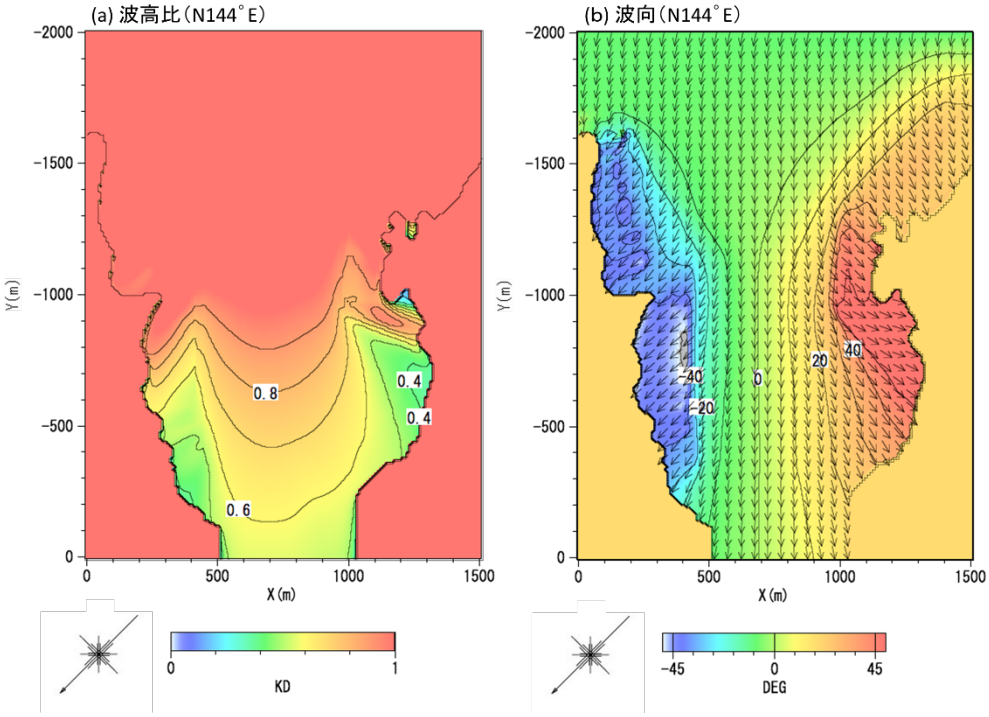


図-5.4　作用外力分布（Case2）

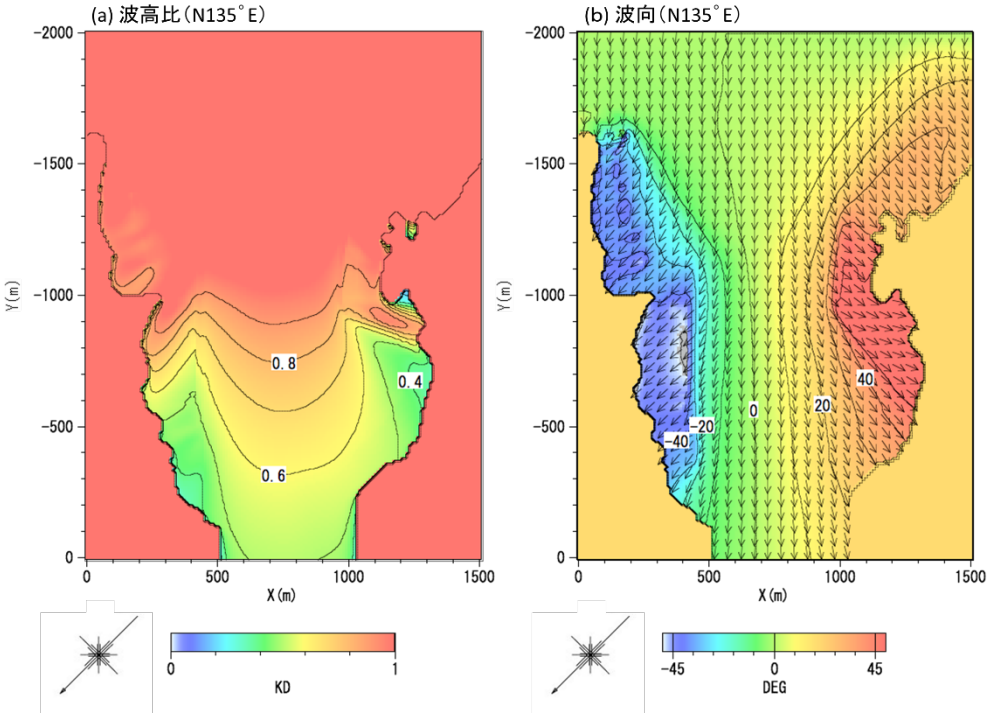


図-5.5　作用外力分布（Case4，5）

5-4　計算結果

(1) 現況再現

2018 年の再現（ケース 1）を図-5.6 に示す．2020 年の再現（ケース 3）を図-5.7 に示す．

ケース 1 は、墓地前面（X＝620m）において汀線が 50m程度前進する（図-5.8，5.9）．これは現地測量結果（図-5.10）における 2017 年 11 月までの汀線前進量とほぼ同等である．ケース 2 は 2015 年程度まで汀線が後退して、ケース 3 は、ケース 1 と同等程度まで回復している。

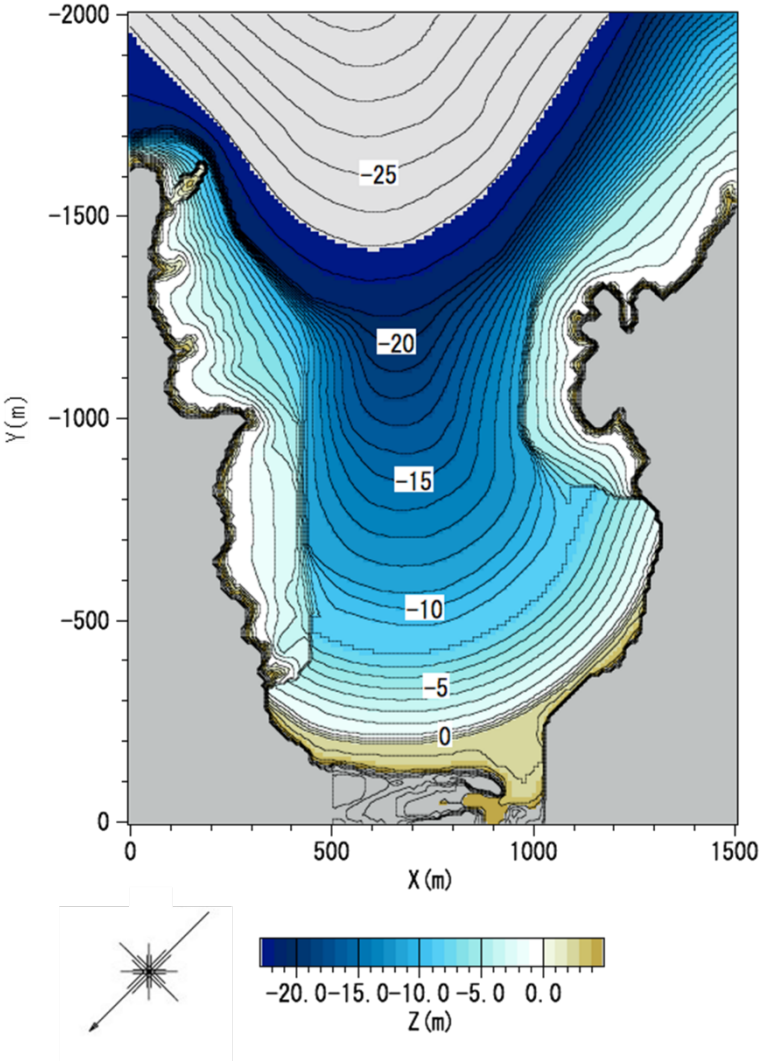


図-5.6　再現結果（2018 年）

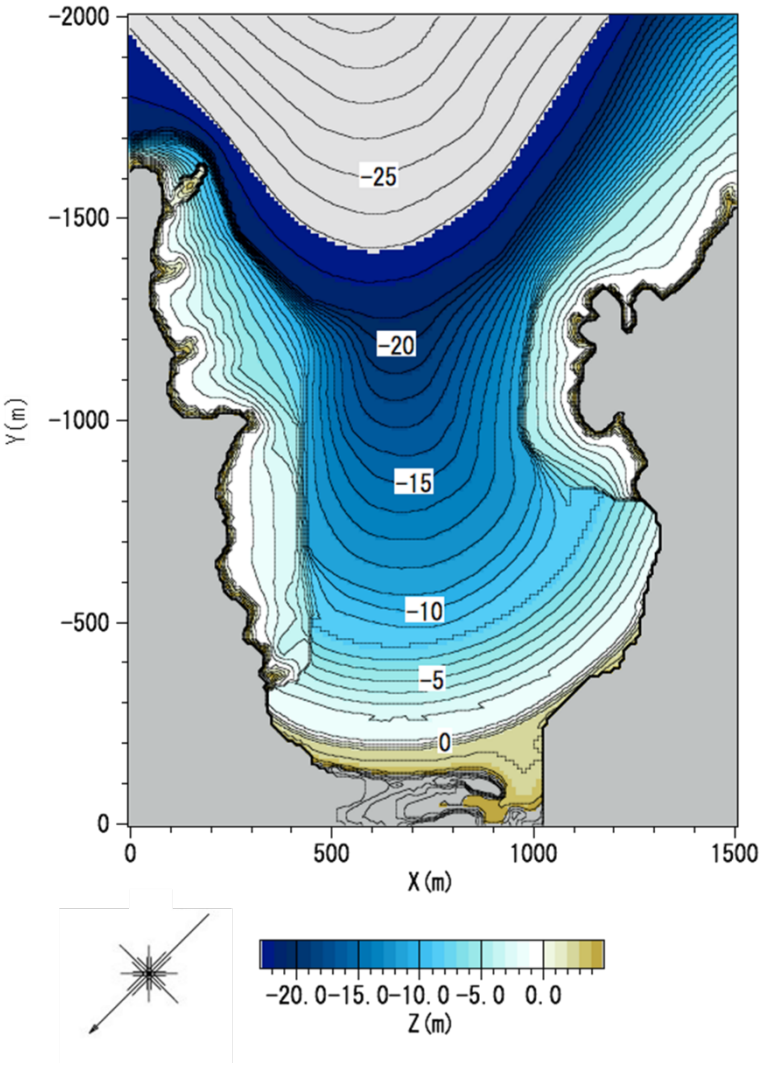


図-5.7　再現結果（2020 年）

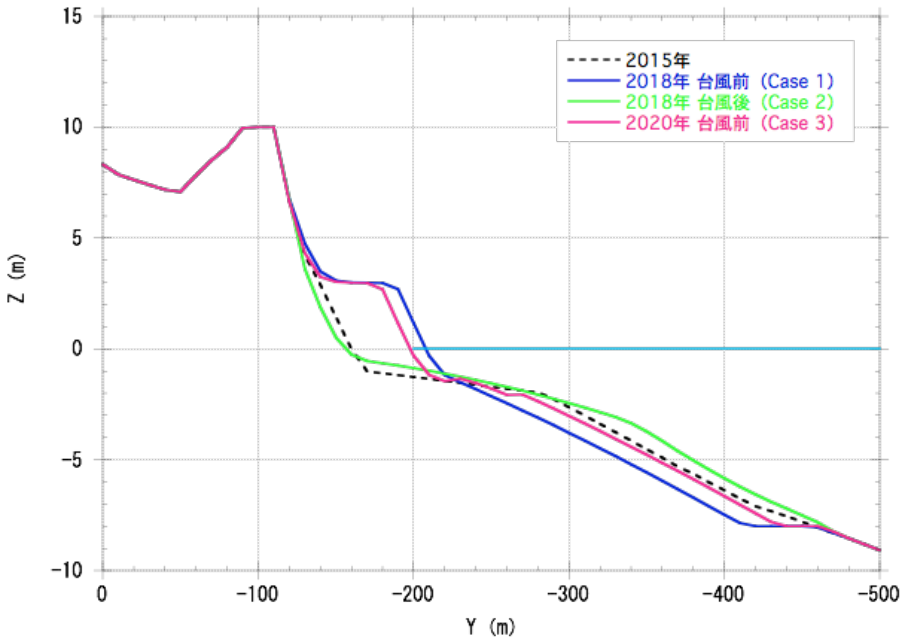


図-5.7　再現結果の縦断地形（X＝620m）

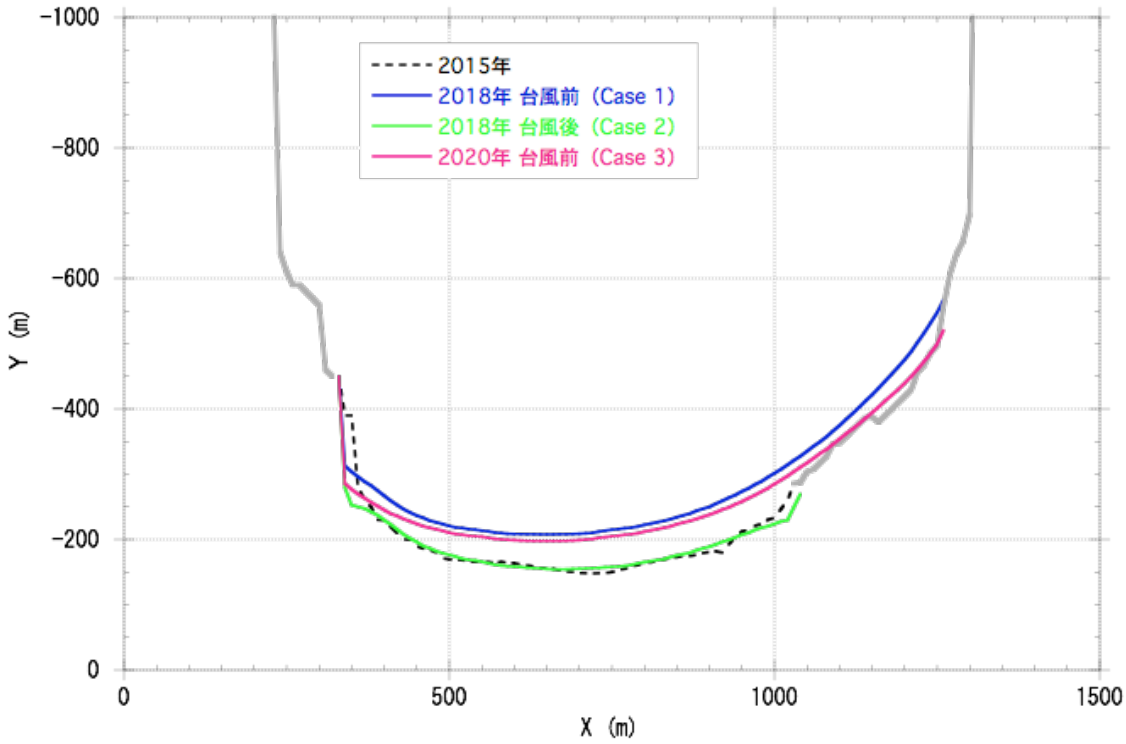


図-5.8　再現結果の汀線形状

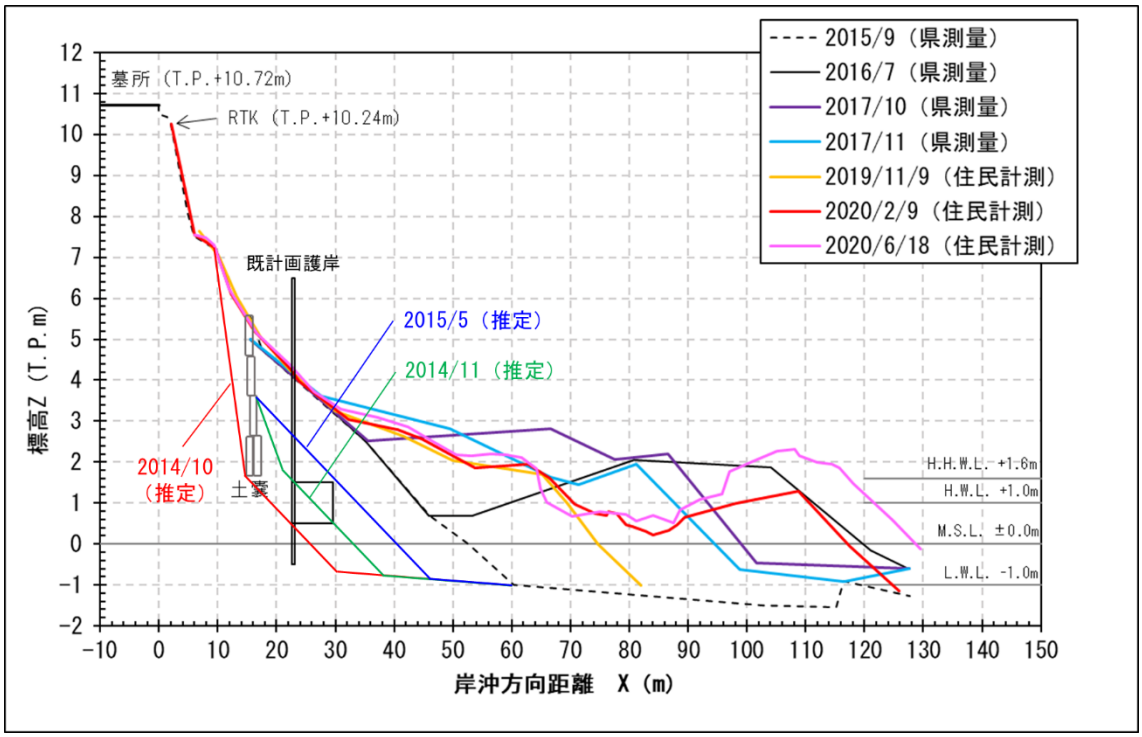


図-5.9　県および住民による縦断形計測結果

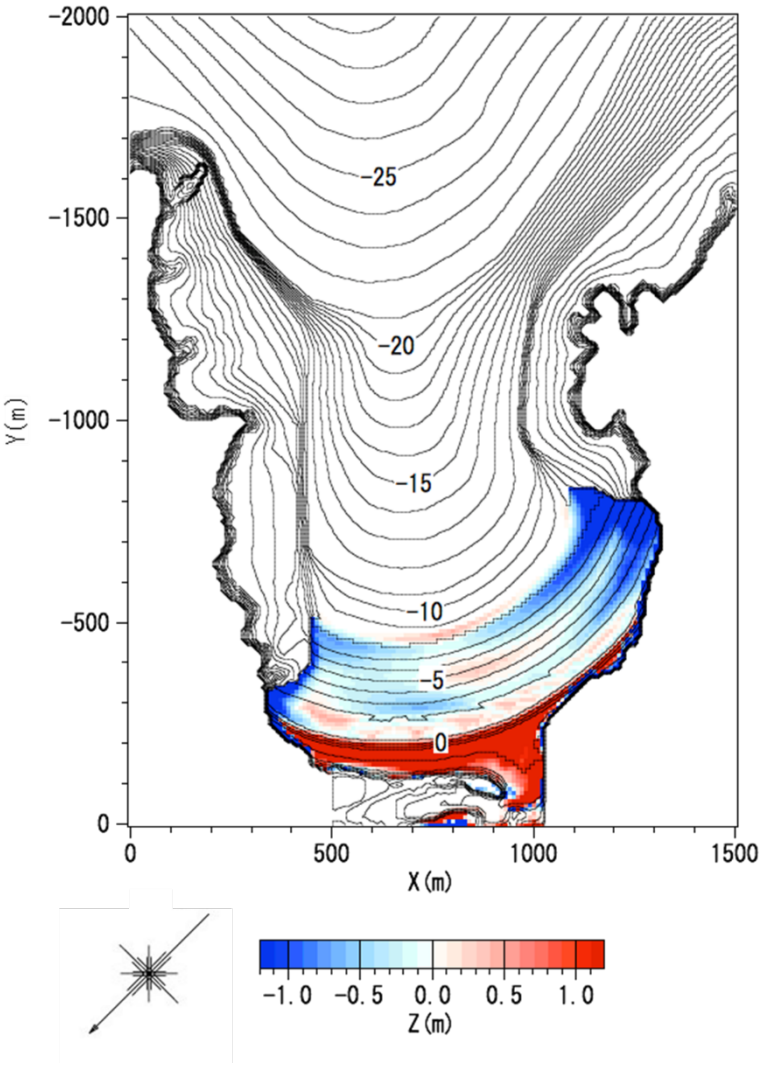


図-5.11　地形変化量（2015 年　→　2020 年）

(2) 護岸なし将来予測

岸側全体の地盤が低下して、沖側に堆積している.

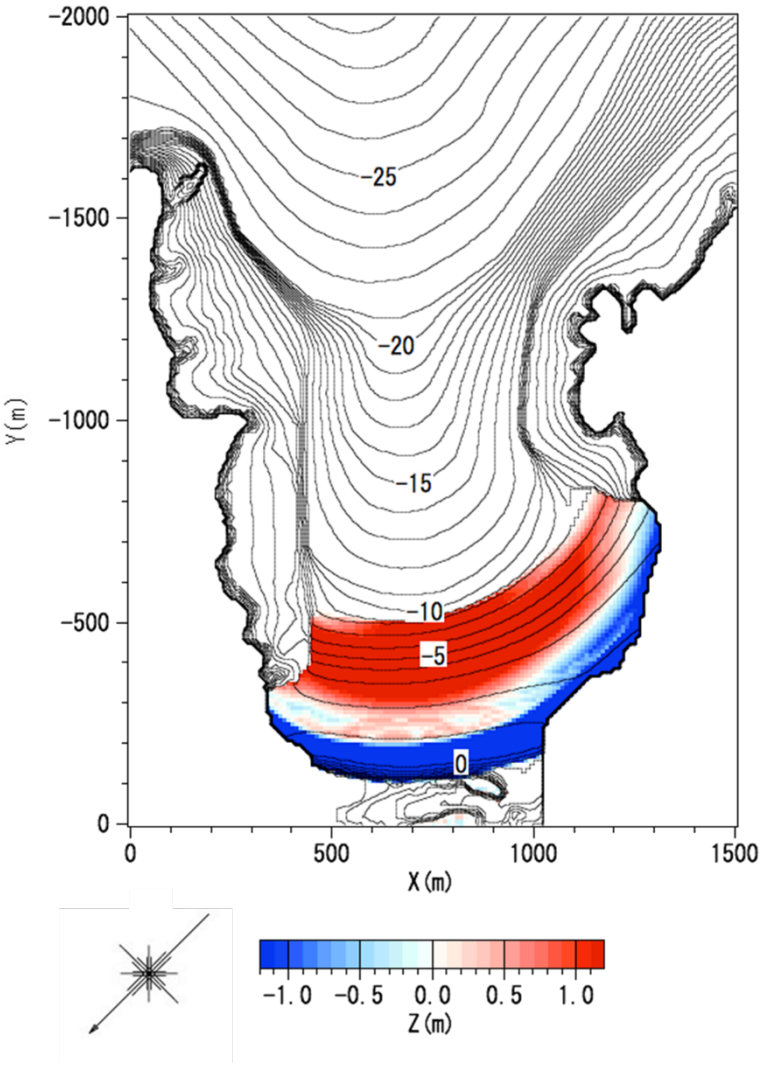


図-5.12　地形変化量（高波浪後）護岸なし

(3) 護岸あり将来予測

護岸の背後の地形が保たれている。(図-5. 14)

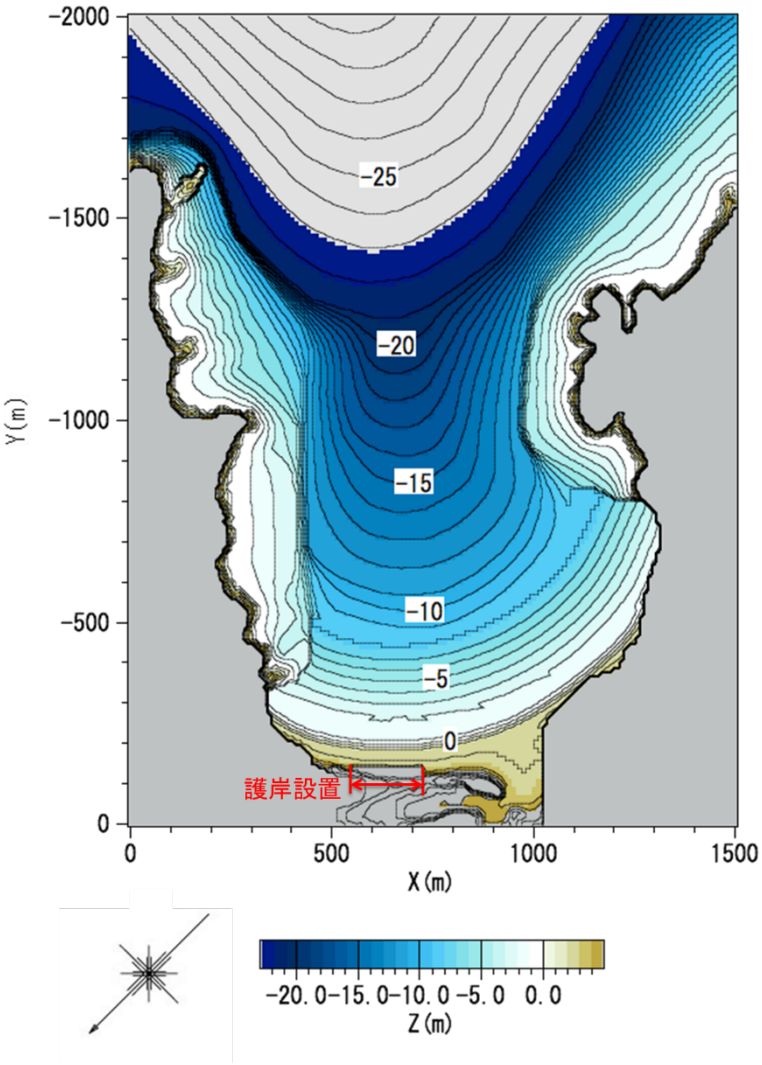


図-5.13　2020 年護岸設置初期地形

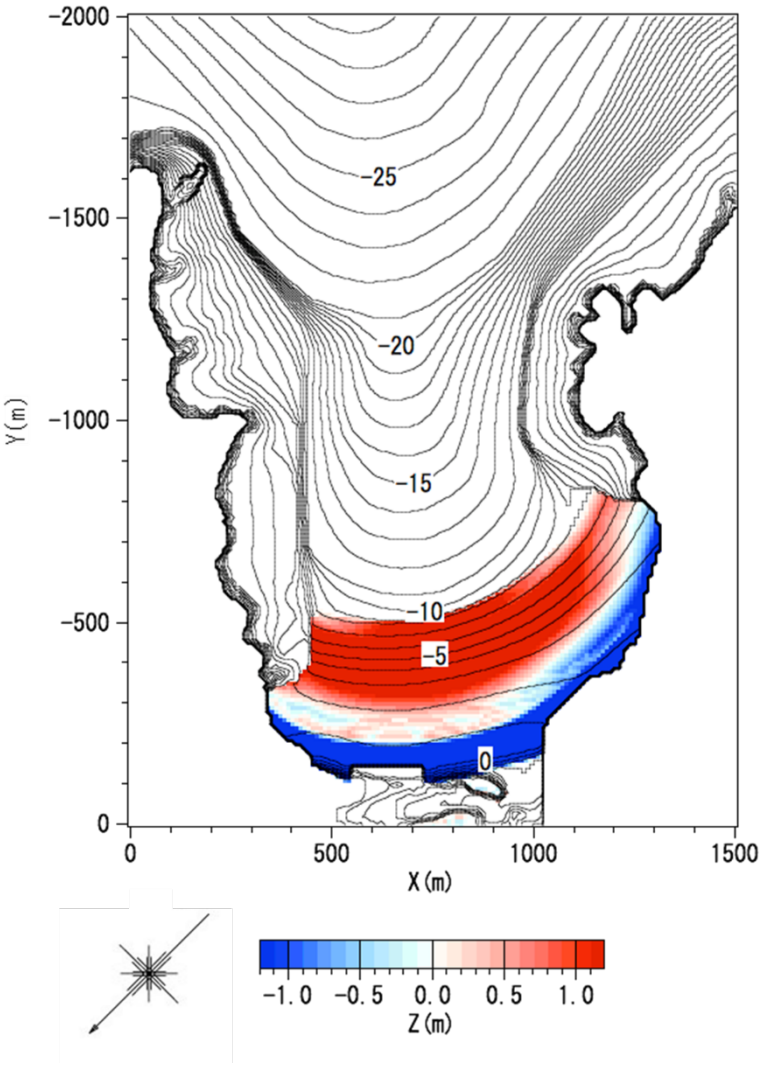


図-5.14　地形変化量（高波浪後）護岸あり

（4）護岸なしと護岸ありの比較

地形変化量の差分を図-5.15 に示す．護岸ありは，護岸なしに比べて，護岸背後の地形が保たれるが，護岸の前面および周辺の海浜の侵食量（地盤低下量）が大きい．とくに護岸の両端が大きい．

地形の縦断変化（護岸北側，墓所前，護岸南側の 3 測線）を図-5.16 に示す。護岸の両端部では浜崖が後退している．護岸前面では護岸なしにくらべて地盤高が低下している．

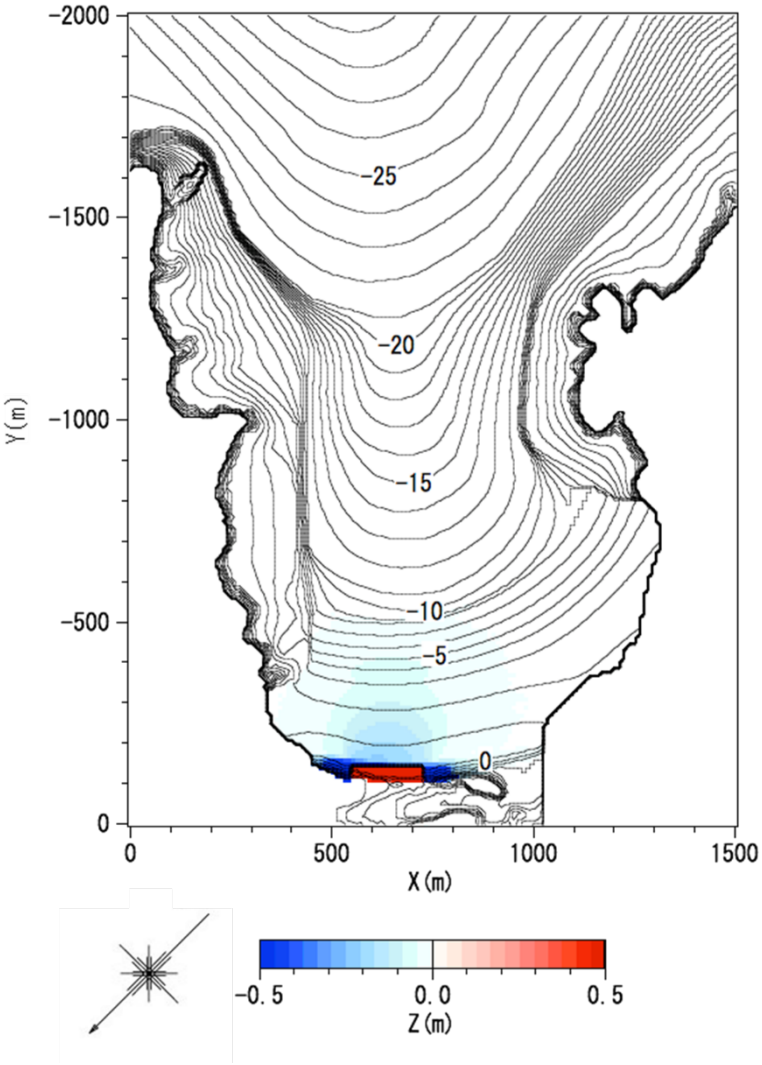


図-5.15　地形変化量の差分（護岸あり-護岸なし）

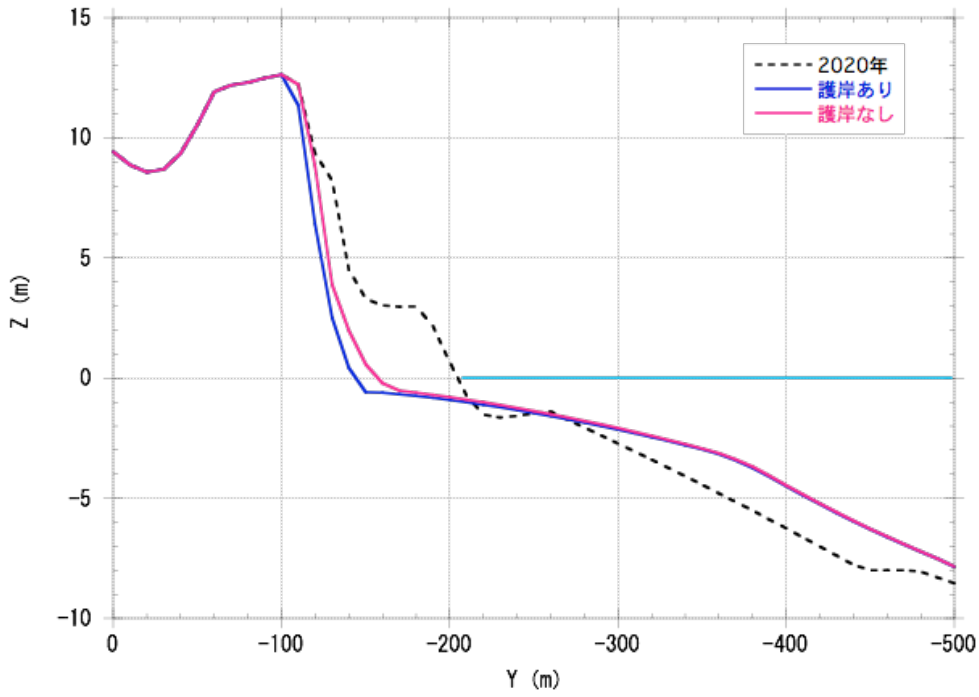


図-5.16　縦断地形　護岸北側（X＝540m）

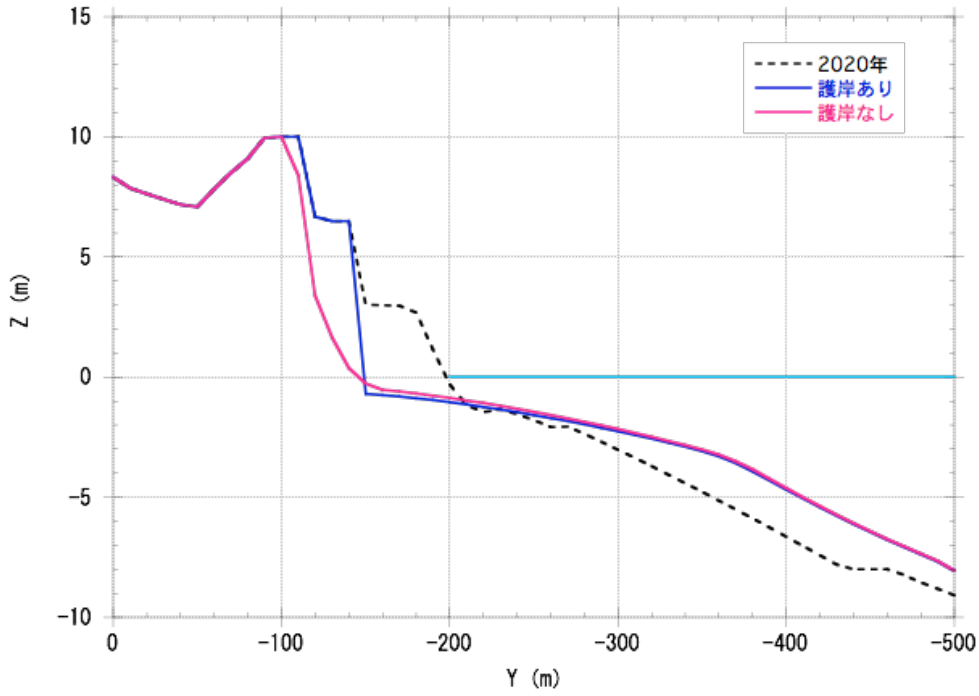


図-5.17　縦断地形　墓所前面（X＝620m）

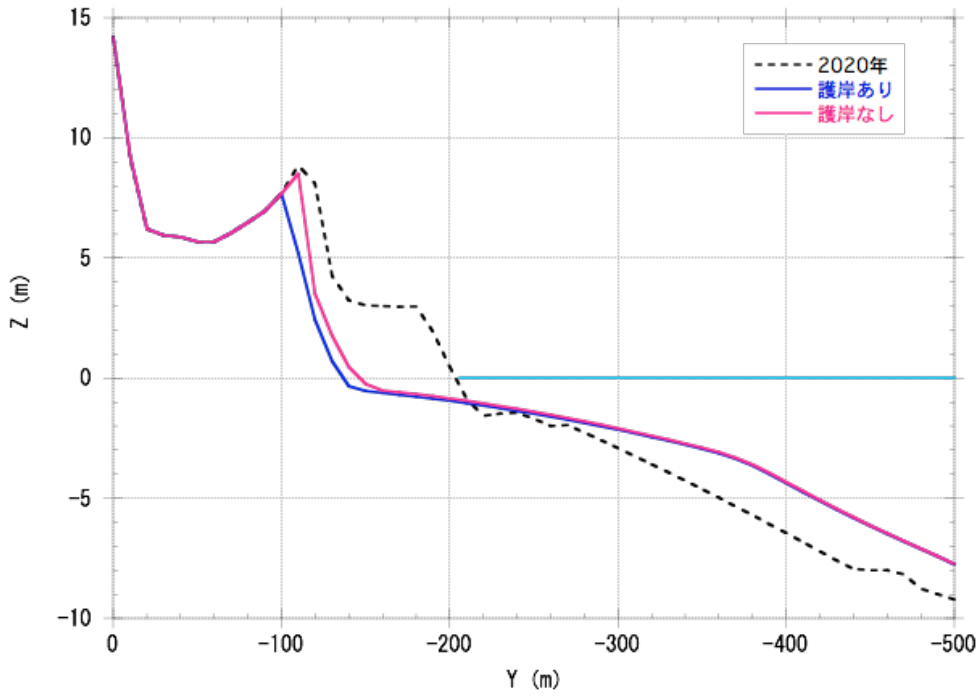


図-5.18　縦断地形　護岸南側（X＝740m）

6.　評価

嘉徳浜に無許可の砂利採取の影響が及んでいる可能性があり調査が必要である。

また 2014 年 10 月の台風以降、乙 29 号証などで数年から数十年かかるという砂丘前面の汀線付近の地盤高の復元は、台風前の 97%まで復元していると推定される。残りの 3%についても防災機能については断面全体の 0.2%に過ぎない。

沿岸方向への土砂移動については、2014 年以前の波浪データ解析と 2015 年 9 月以降の集落前面の海底地形変化より、2014 年の台風前に集落前面の土砂が南に移動していた可能性があり、これが大規模な砂丘の変形に関与したと考えられる。沿岸方向への土砂移動については、今後、測量範囲を拡げて調査する必要がある。その結果に基づき 2014 年以前の沿岸方向への土砂移動の推定が可能になる。

計算では，波作用を護岸でブロックすると、護岸の真後ろの地形は保たれるが、その影響から海岸全体の土砂移動のバランスを損ねて、侵食は増大する。

以上により、嘉徳浜の中央に計画されている護岸の新設は有害であると評価する。