

嘉徳浜海浜変形調査 中間報告

目次

1. 調査会とは	3
2. 気象・海象	4
3. 嘉徳浜の地形変化について	1
4. 対策の見直しの必要性	1
5. 資料編	1

細目次

1. 調査会とは	3
1-1 目的	3
1-2 内容	3
2. 気象・海象	4
2-1 波浪	4
2-2 潮位	9
2-3 降水量	10
3. 嘉徳浜の地形変化について	11
3-1 海浜地形（岬、波食台、サンゴ礁、沿岸砂州、砂浜、砂丘）	11
3-2 背後地（住居、墓地、畑、里道）	14
3-3 長期的な地形変化	16
3-4 短期的な地形変化	22
3-5 2014年の地形変化と今後の見通し	26
4. 対策の見直しの必要性	31
4-1 関係法令	31
4-2 災害発生確率と保全施設としての要件	33
4-3 対策の具体的方法	35

4-4 大島支庁建設課へのお願い	40
資料編	45
資料-1 波向別の安定汀線形の再現	45
資料-2 瀬戸内町関連計画	57
資料-3 海岸法 23 条関係	58
資料-4 関係法令一覧	59



カトクナベカナとアハウシャンムィ伝説の嘉徳浜の
アダンの森を復元再生する嘉徳浜調査会

1. 調査会とは

1-1 目的

鹿児島県嘉徳浜ジュラシックビーチ定期調査会（略称：嘉徳浜調査会）の設立の目的は、大島郡瀬戸内町の嘉徳浜の研究に取り組み、嘉徳浜についての親しみと理解を促進することにより、嘉徳浜のみらいに寄与することにある。

嘉徳浜調査会の目的

- 1) 嘉徳浜のみらいに寄与すること
- 2) 嘉徳浜の定期調査を実施して、嘉徳浜の現状を理解すること
- 3) 嘉徳浜に関係する個人団体と協力・連携を支援すること
- 4) 嘉徳浜についての親しみと理解を図り、もって嘉徳浜の保全に貢献すること

1-2 内容

調査の内容としては、以下のとおりである。

- ①海浜の断面計測（6 測線）
- ②海浜のGPSによる計測（汀線、河道右岸、河道左岸、植生）
- ③定点カメラ撮影
- ④タイムラプスによる海浜の撮影

その他、海岸保全の補助活動

海浜調査・研究

砂丘植物の植樹

海浜清掃

自然観察会の開催

嘉徳将来構想の作成

調査は、2週間に1回のペースで定期的に行っている。

調査会は、技術的内容について海岸研究室（有）の助言を受けている。

2. 気象・海象

2-1 波浪

大島支庁の嘉徳海岸の調査報告書では、気象協会の1951年～1991年の極値統計に基づく検討は行っているが、2014年の災害時を含む最近の波浪外力について整理された形跡がない。H28年の報告書でも海浜の安定性の検討においては「基本設計時において精査する必要がある」とあるが、その後行われていない。またH30の報告書では、「年数回波の諸元がないことから海浜の安定性を評価することが困難である」とある。このため調査会では、気象データを収集して、台風などの解析を進めている。

波浪特性が近い波浪観測所としては中城のナウファスのデータであるが嘉徳海岸から250km以上離れており、時間差も大きく台風のコースによっては値が異なる。このため、気象庁の波浪推算値を使用する。

嘉徳沖の東南東沖約35kmの地点（代表地点M）

北緯：28° 05′ 東経：129° 45′

気象庁 沿岸代表点の波浪推算値 詳細 URL：

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/wave/chart/wavepoint/wave_point.html?point=0&year=2019&month=10

気象庁沿岸代表点（M地点）の2006年～2019年10月の14年間の各年の波高上位5波と台風の高波について、図2-1-1に示す。嘉徳海岸において墓所前面の地形変化があった2014年19号時の波高は10.6mであり、今回の解析対象期間内では4番目に高い波高であった。それ以前にも、2012年、2007年にはそれぞれ10.9m、11.2mの波高の波が作用しており、数年間に1度の頻度で波高10mを超える波が作用している。

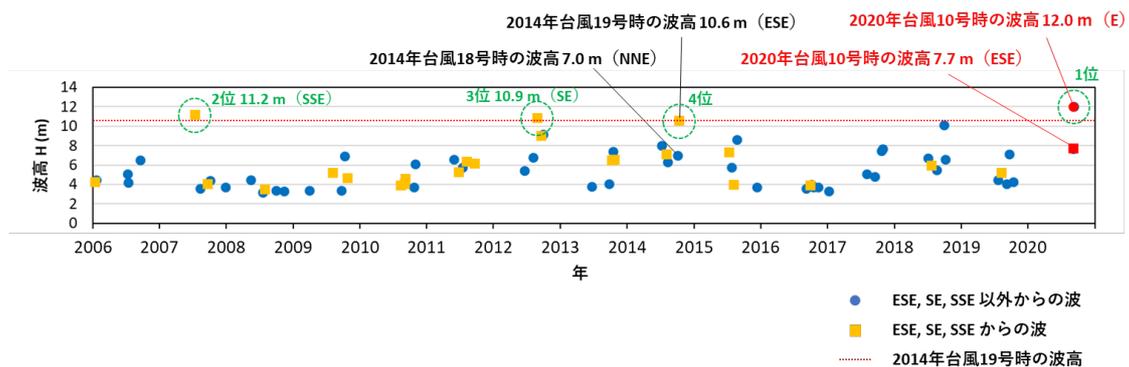


図 2-1-1 各年の波高上位5波

以上については、気象庁の沿岸代表点M地点の波浪推算値によるものであるが、これらは時間解像度が12時間と粗く、擾乱時のピーク値を逃している可能性がある。

このため、時間解像度を確保するため、沿岸波浪数値予報モデル GPV (CWM) より同地点近傍の CWM の格子の 2014 年を含む過去 10 年分 (2011 年～2020 年) の 1 日 4 回の波浪推算値と 3 時間後の予測値を抽出し、時間解像度を 3 時間としたものについても解析を進めている。

嘉徳沖 (M 地点近傍格子) CWM

北緯 : $28^{\circ} 06'$ 東経 : $129^{\circ} 45'$

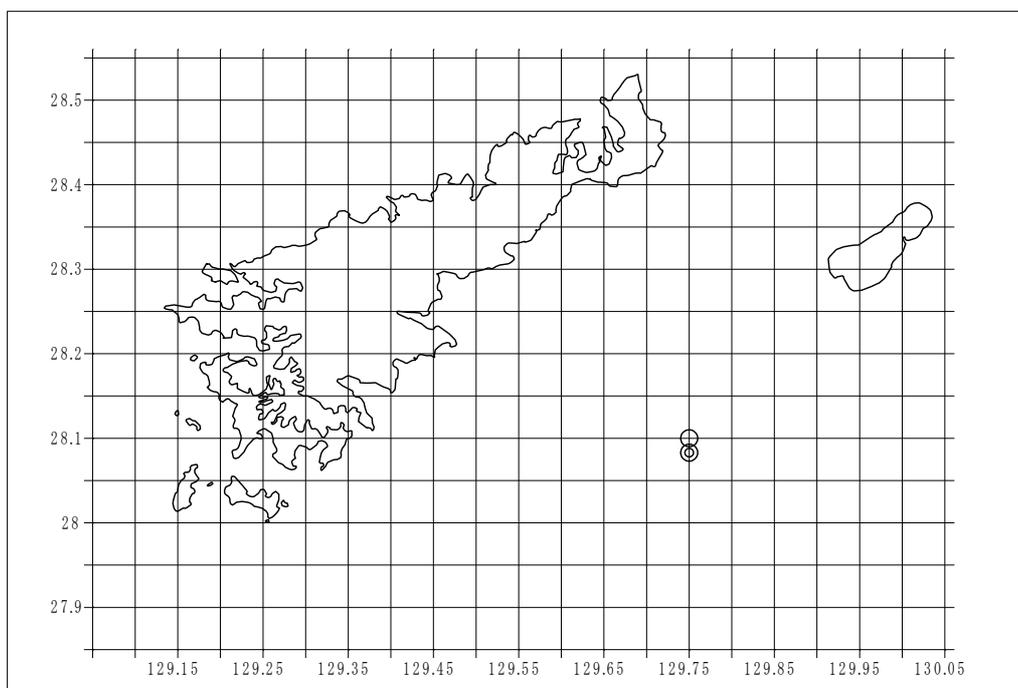
00、06、12、18UTC (1 日 4 回) 予報時間 3 時間間隔を加えて時間解像度を確保

気象庁 沿岸波浪数値予報モデル GPV (CWM) 詳細 URL :

<http://www.jmbasc.or.jp/jp/online/file/f-online20200.html#cwm>

CWM 近傍格子○ (N 28.1 度 , E 129.75 度)

奄美大島沖 (M 地点) ◎ (N 28.083 度 , E 129.750 度)



嘉徳浜と波向の関係図を図 2-1-2 に示す。3 時間毎のそれぞれの波向について嘉徳湾内の回折計算を行い（図 2-1-3）、CWM 抽出データに嘉徳浜中央の X=800m, Y=450m 地点の回折係数考慮して、嘉徳湾内の 3 時間毎の換算沖波波高 H_o' を求め、上位波高 5 台風について、台風の規模を算定したものを表 2-1-1 に示す（湾内の積算エネルギー順）。

これによれば、2012 年 8 月に来襲した 15 号台風の規模（積算エネルギー）が最も大きい。次に大きいのは、砂丘浜堤の法肩が 18m 後退した（推定）※とされる 2014 年の 19 号である。

なお、嘉徳湾内の換算沖波波高の最大値は 2014 年の 19 号台風が 8.1m で過去 10 年において最大である。

※出所：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

表 2-1-1 過去 10 年に来襲した台風の規模

台風	期間	嘉徳湾内 換算沖波波高 最大値 (m)	沖波	嘉徳湾内
			積算エネルギー (kJ)	積算エネルギー (kJ)
T1215	2012/8/21~29	7.5	12.7×10^7	5.3×10^7
T1419	2014/10/7~15	8.1	10.1×10^7	3.7×10^7
T2010	2020/9/2~9/10	6.3	8.4×10^7	2.5×10^7
T1824	2018/9/25~10/3	5.4	8.1×10^7	2.3×10^7
T1216	2012/9/13~21	6.3	5.4×10^7	1.8×10^7

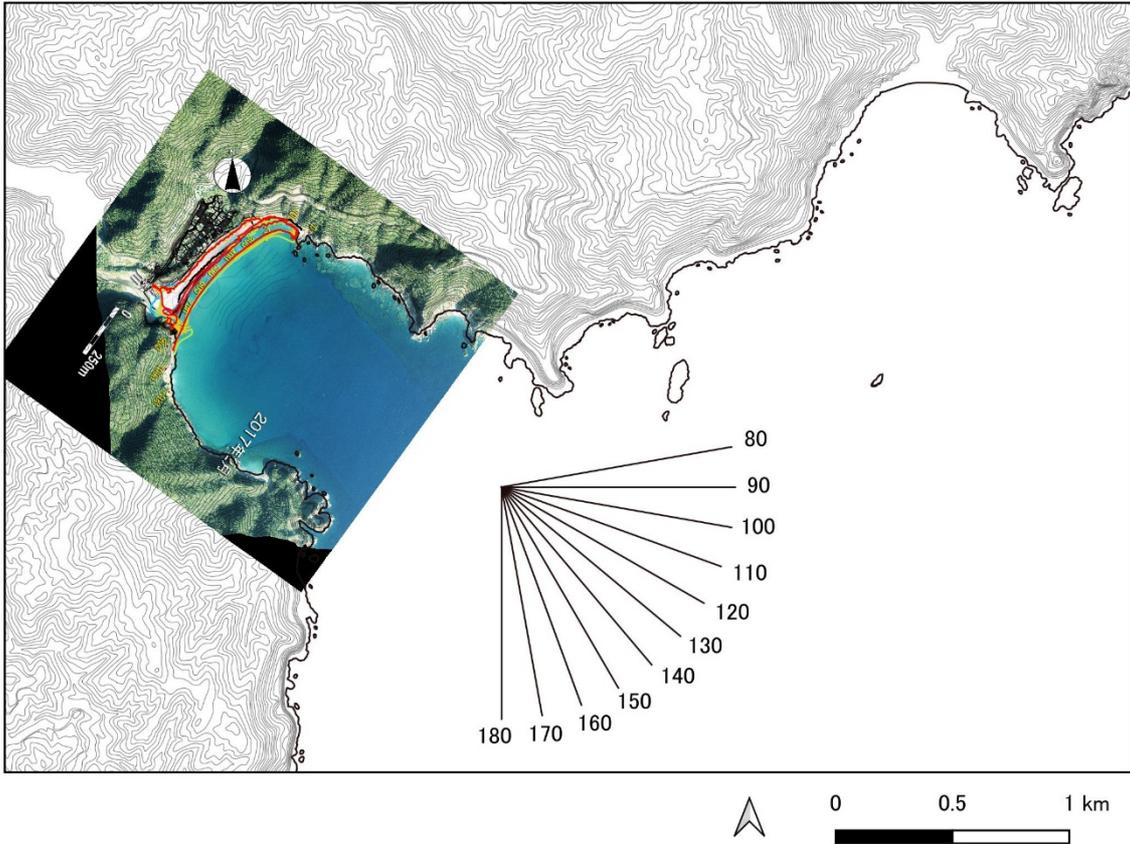
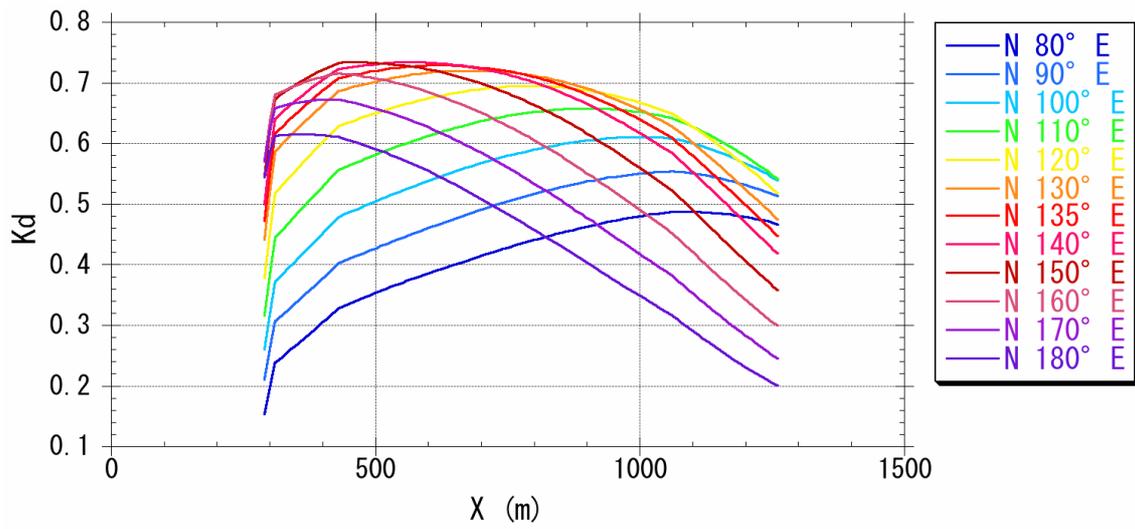


図 2-1-2 嘉徳浜と沖波向の関係図

表 2-1-2 嘉徳湾内の代表波浪

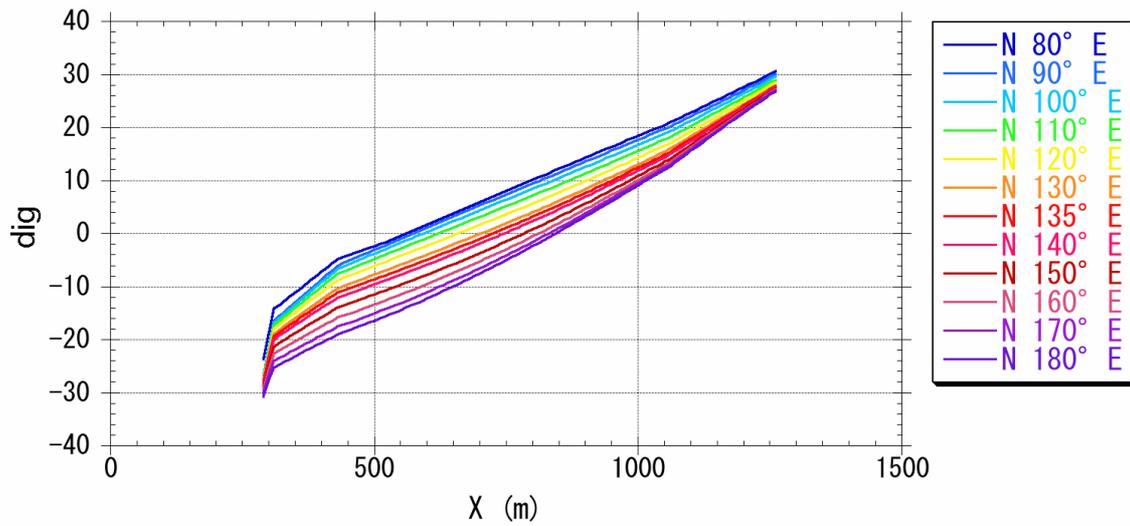
<p>統計期間：CWM 2011～2020 年</p> <p>回折のみ (Kd 抽出：X=800m, Y=450m)</p> <p>年数回波 (5 回/年)：波高 $H_o' = 3.0\text{m}$、周期 $T = 11.1\text{sec}$</p> <p>年数回波 (9 回/年)：波高 $H_o' = 2.4\text{m}$、周期 $T = 9.4\text{sec}$</p> <p>エネルギー平均波：波高 $H = 1.4\text{m}$、周期 $T = 8.0\text{sec}$</p>

回折係数 K_d ($Y=-450m$)



沖波向別の波高比の沿岸分布

波向 Deg ($Y=-450m$)



沖波向別の波向の沿岸分布

図 2-1-3 嘉徳浜と沖波向の関係図

2-2 潮位

既往最高潮位は T.P. +2.4m である (表 2-2-1)。

これに対して現在の設計潮位 H.H.W.L.T.P. +1.6m は、過小である。

これは高潮などの災害を過小評価していることを示し、このままでは、重大な被害を招く恐れがある。

表 2-2-1 過去最高潮位

観測地点名：奄美
所管機関名：気象庁
最高潮位 : T.P. +243cm
起時 : 2005年09月04日19時42分
要因 : 台風第14号
統計期間 : 1996年-2019年
https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/tide/list2.html

表 2-2-2 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>

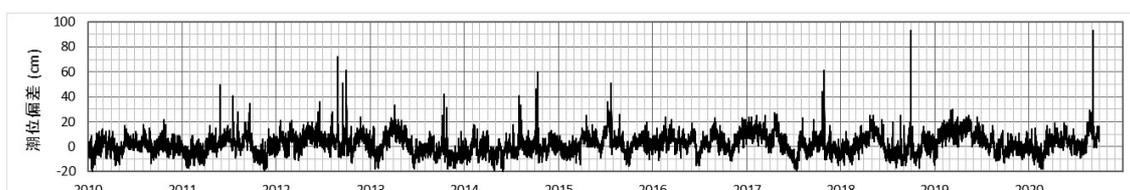
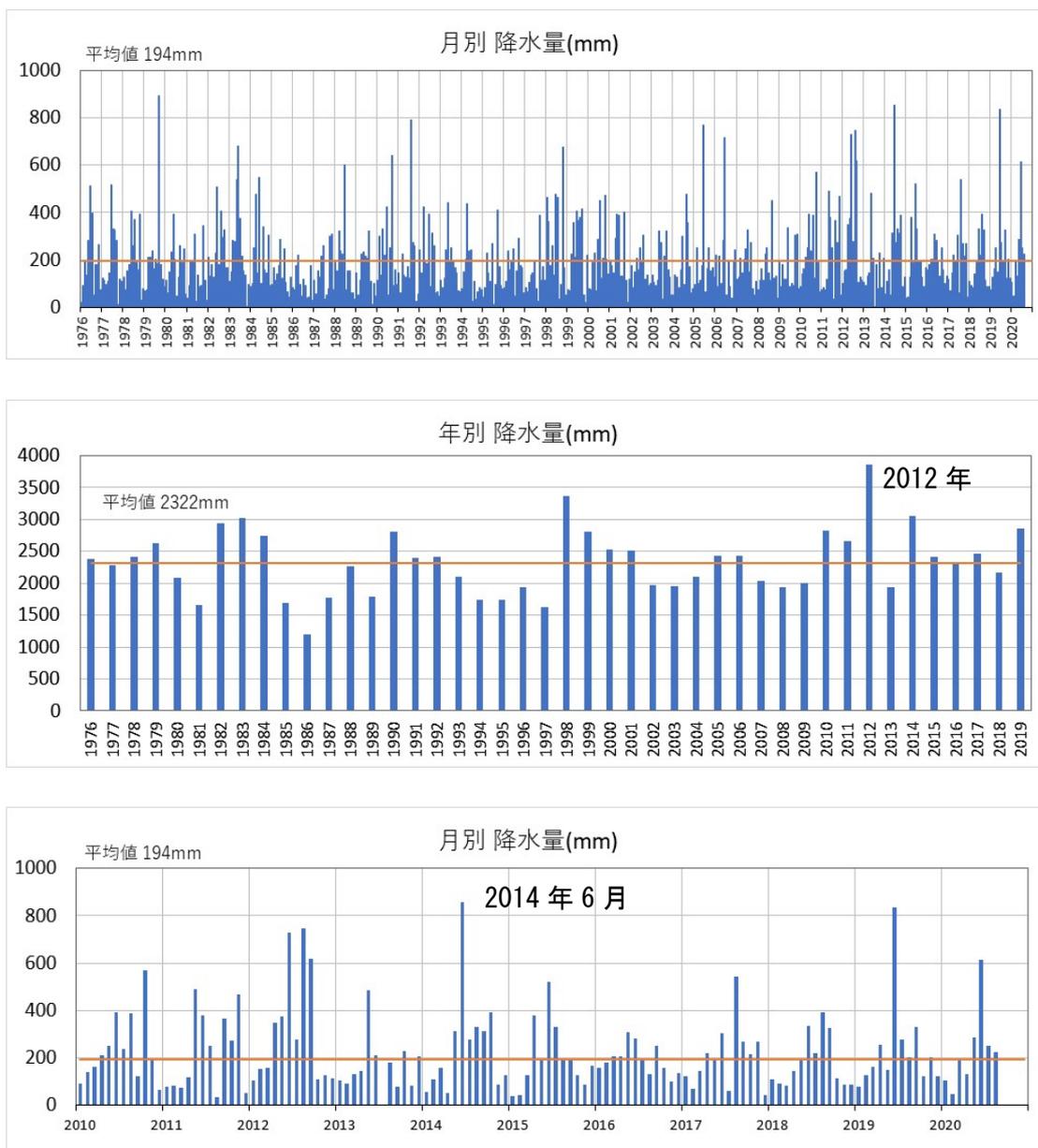


図 2-2-1 過去10年の潮位偏差

2-3 降水量

古仁屋観測所の月別と年別の降水量を図 2-3-1 に示す。2012 年の降水量は、例年に比べて 1.7 倍程度である。また、2014 年の 6 月に月平均値の 4 倍の降水量を記録している。



2-3-1 降水量（古仁屋観測所）

3. 嘉徳浜の地形変化について

3-1 海浜地形（岬、波食台、サンゴ礁、沿岸砂州、砂浜、砂丘）

海浜地形については、2015年1月の空中写真（2014年の災害の3ヶ月後）によると以下が判読される。

- 1) 嘉徳浜は、左右の岬に挟まれたポケットビーチである。
- 2) 左右の岬には、幅100～300m、 $Z=-1\sim-5\text{m}$ の波食台がある。
- 3) 嘉徳湾の中央部に550mの水路がある。
- 4) 嘉徳川をはさんで北側700mは、砂浜と砂丘があり沖には沿岸砂州がある。
- 5) 嘉徳川をはさんで南側700mは、汀線付近には岩礁が張り出しているが、その沖には沿岸砂州、一部砂浜もある。
- 6) 嘉徳川をはさんで左右の沿岸砂州の延長は1400mである。
- 7) 南側の波食台は途中で切れて、折れ点から南に凹んでおり、湾の南側の奥は壺状になっている。
- 8) 北側の波食台にはパッチ状のサンゴ礁がある。

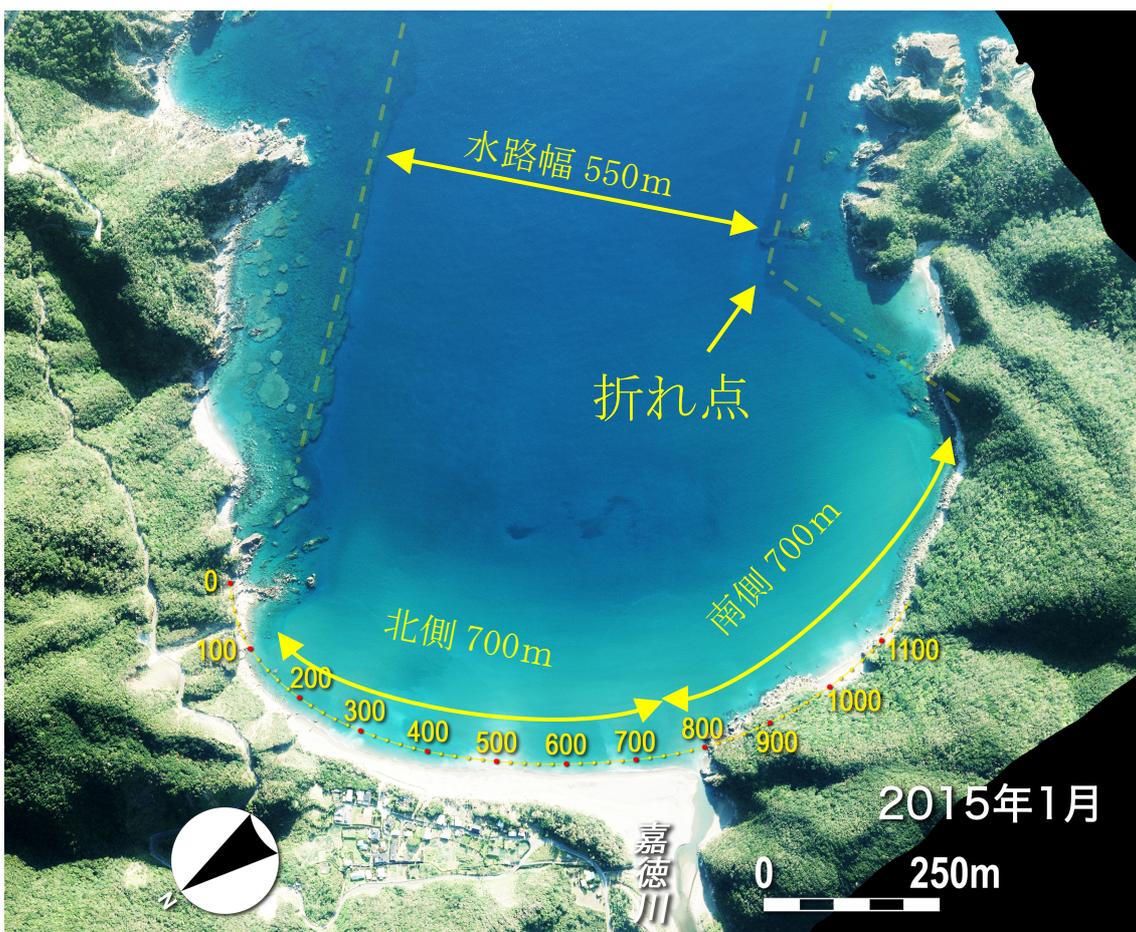


図 3-1-1 空中写真

水深データについては、大島支庁の報告書よるものは多くの不明点があり（図 3-1-2）、調査会の推定に基づく海底地形を図 3-1-3 に示す。なおこの海底地形の基準面は T.P. である（水深を平均水面からのマイナス標高で表したもの）。

- 1) 左右の岬の波食台は、 $Z=-3\sim-5\text{m}$ で前縁部に直線的な段差があり、中央部の砂地の海底地形に大きく張り出して水路を形成している。
- 2) 沿岸砂州（ $Z=-2\text{m}\sim-1\text{m}$ の平坦面）は、海浜南側の岩礁地帯に連続していて、その延長は 1400m である。この長大な範囲で砂は活発に動く。
- 3) 湾口水路は、波食台で狭まっていて砂の移動できる沿岸方向の長さは 550m と沿岸砂州の長さ 1400m の半分以下で、壺状の地形となっている。また湾外の深さは -25m と深く緩勾配である。このような地形の場合、湾内で海浜を形成している砂は、自然状態で湾外に流出することはまずない。
- 4) 大島支庁の報告書（H28）の屈折計算では沖合地形の出典が記載されておらず、不明な点が多い。第 3 回委員会資料に示された $Z=-15\text{m}$ の等深線は、大島支庁の屈折図によるものや水路部のデジタルデータと -5m 異なっている。これが仮に誤植としても 2015 年 9 月に行われた測量範囲は以下の緑枠に限られていて、湾口を塞ぐ大規模な左右の波食台が調査されておらず、もっとも基礎的な前提条件である海底地形データに不備がある。

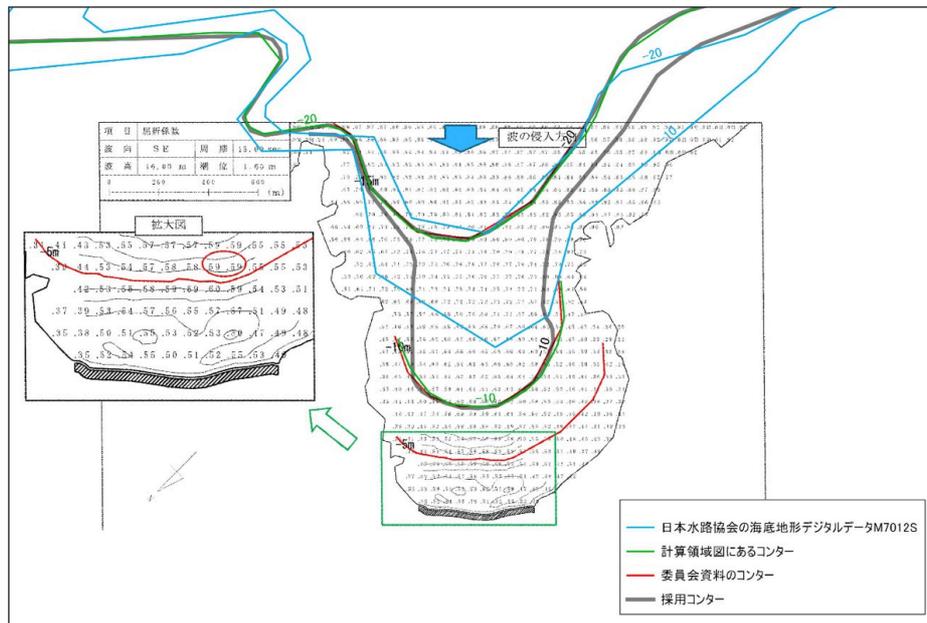


図 3-1-2 委員会資料の海底地形

出所：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. 4

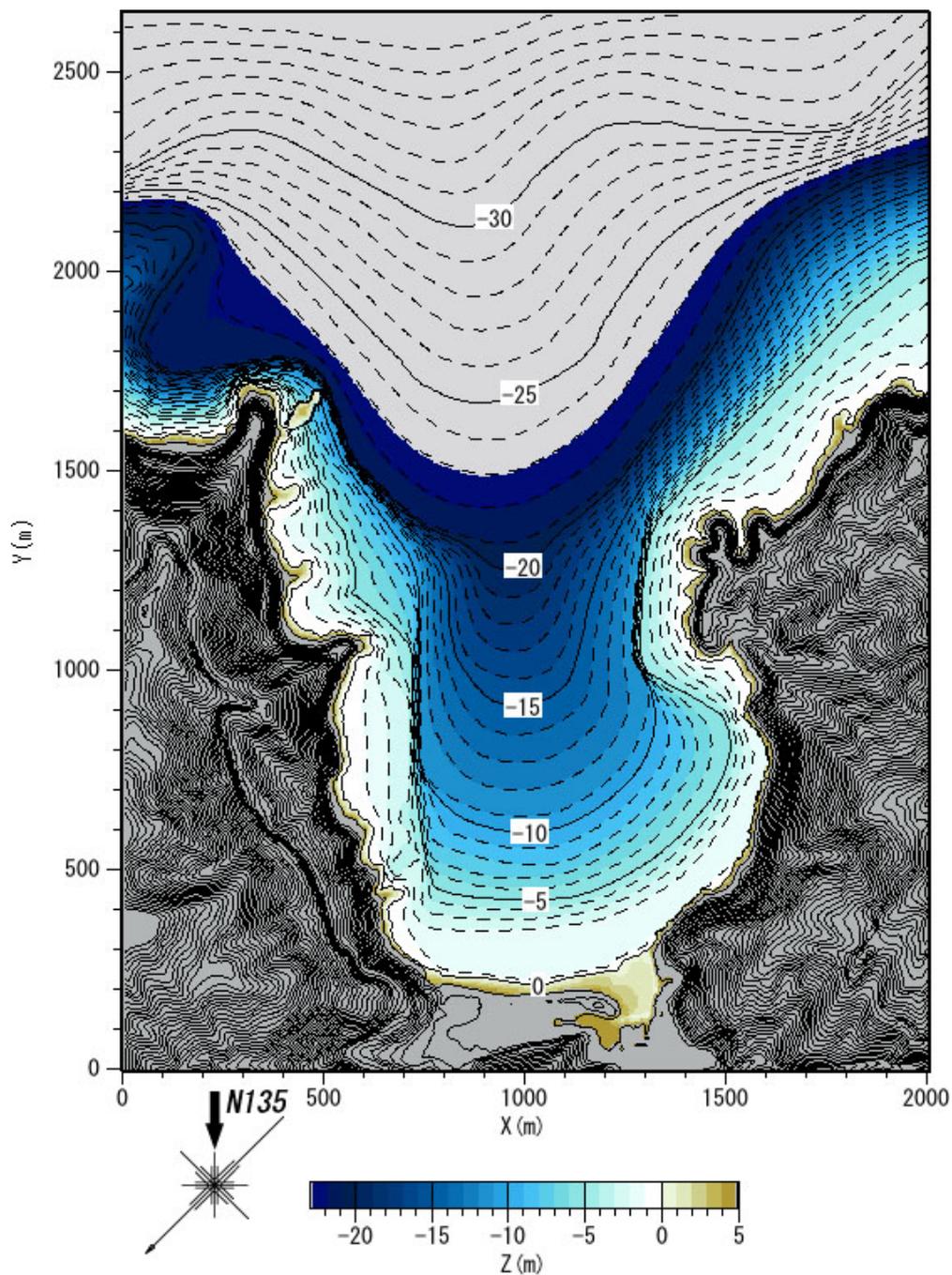


図 3-1-3 調査会の推定に基づく海底地形

- ※ 集落前の-8m以浅は、2015年9月県測量に基づく
- ※ 波食台は、空中写真および住民ヒアリングによる推定
- ※ 沖合は、県報告書（H28）の屈折計算領域図に示された等深線による（測量年月日、基準面など不明）

3-2 背後地（家屋、墓地、畑、里道）

背後地標高を図 3-2-1 に、砂丘浜堤の沿岸方向分布を図 3-2-2 に示す。墓地の標高は T. P. +10.5m、里道部分は T. P. +8.5m と 2m 程度、標高が低い。

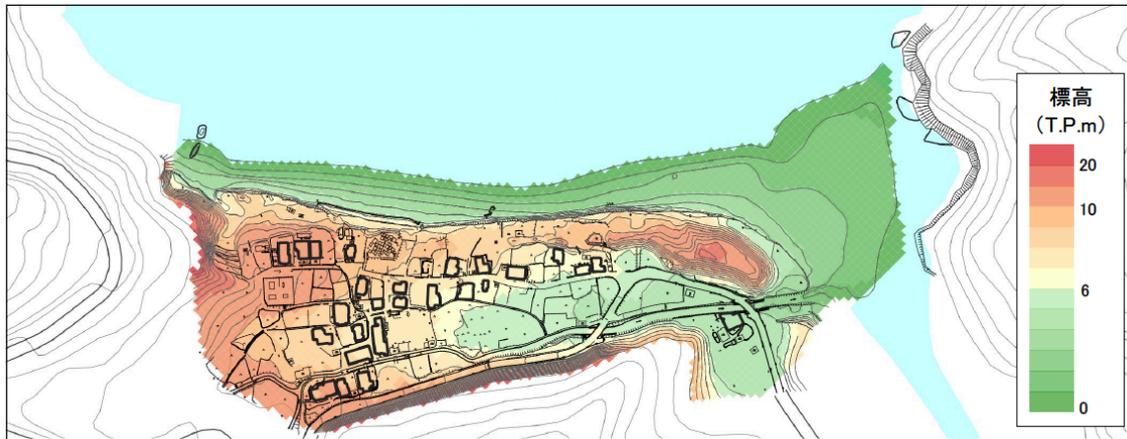


図 3-2-1 背後地標高

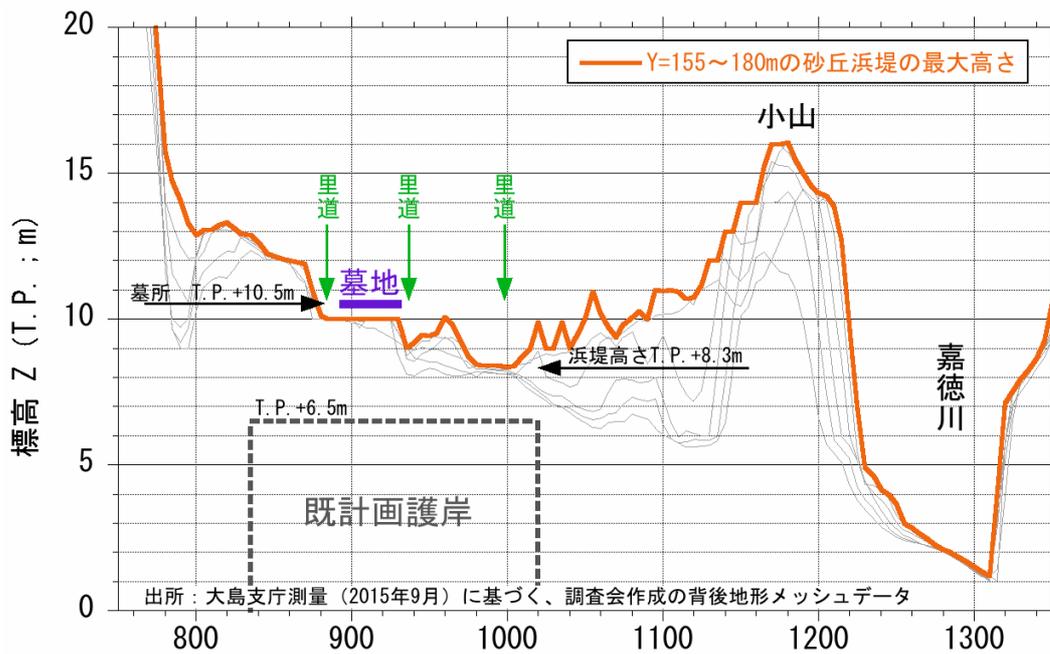


図 3-2-2 沿岸方向距離 X (m)

図 3-2-3 砂丘浜堤の沿岸方向分布

居住が確認されている家屋は全部で 15 棟、その他施設を含む場所別の内訳は以下のとおりである。

砂丘浜堤背後は、居住が確認されている家屋が 7 棟、墓地が 1 ヶ所、手入れのある畑、里道 3 ヶ所がある。

道路を挟む浜堤背後の低地には、居住が確認されている家屋が4棟、避難所に利用されている教員住宅、小学校、公民館、浄水場、畑などがある。

金久川の上流右岸には、居住が確認されている家屋が3棟、畑がある。金久川の下流右岸には居住家屋が1棟ある。



図 3-2-3 背後地家屋

3-3 長期的な地形変化

嘉徳浜では、いまだかつて長期的な汀線変化解析が行われていない。このため調査会では、空中写真に基づく定量的な汀線変化解析を進めている。

(1) 空中写真

嘉徳浜において入手可能な空中写真は以下のとおりである。

表 3-3-1 入手可能な空中写真

空中写真 撮影年月	出典
1946年4月	国土地理院
1947年5月	国土地理院
1965年10月	国土地理院
1977年11月	国土地理院
1983年9月	国土地理院
1984年11月	国土地理院
1985年2月	国土地理院
1995年11月	国土地理院
2006年12月	Google Earth
2008年11月	国土地理院
2013年7月	Google Earth
2013年11月	Google Earth
2014年1月	Google Earth
2014年8月	Google Earth
2015年1月	国土地理院
2017年2月	Google Earth

このうち代表4時期（1946年4月、1983年9月、2015年1月、2017年2月）についての幾何補正した空中写真を図3-3-1に示す。

1946年4月は、嘉徳川河口から北端の岬にかけて砂浜が伸びている。海岸背後には砂丘地が見られる。嘉徳川は汀線の背後を北に蛇行して海岸中央から海に流入している。

1983年9月は、砂浜に大きな変化は見られない。嘉徳川はこの時は蛇行せず正面に流入している。

2015年1月は、2014年10月の台風の後3ヶ月後であるが、浜が全体に狭い。台風による高波浪により、砂が沖に移動したためである。

2017年2月では、砂浜が広い。台風時に沖向きに運ばれた砂が岸向きに移動したためと考えられる。嘉徳川は北に大きく蛇行した痕跡（水路）を残しつつ河口正面に流入している。

a) 1946年4月



b) 1983年9月



c) 2015年1月



d) 2017年2月



図 3-3-1 嘉徳浜の空中写真

(2) 汀線変化

写真から汀線位置を読みとり、潮位を補正して、1946年を基準とした展開座標上（図2-3-2）の汀線変化を求めたものを図3-3-3に示す。

1983年9月は、嘉徳川の北のX=550m付近で、20m程度の後退が見られる。これは1946年4月の河口位置に相当し、河川流の作用によって沖に張り出していた汀線が凹んだものと考えられる。

2015年1月では、嘉徳川河口の北側全体の汀線が大きく後退した。最大後退量は30mで、2014年10月の台風19号によるものである。

2017年2月では、全体の汀線が大きく前進した。1946年を基準とした前進量は30～40mであるが、2015年1月を基準とした前進量は70mに及んでいる。つまり台風後の2年間に砂浜は70m回復したことになる。

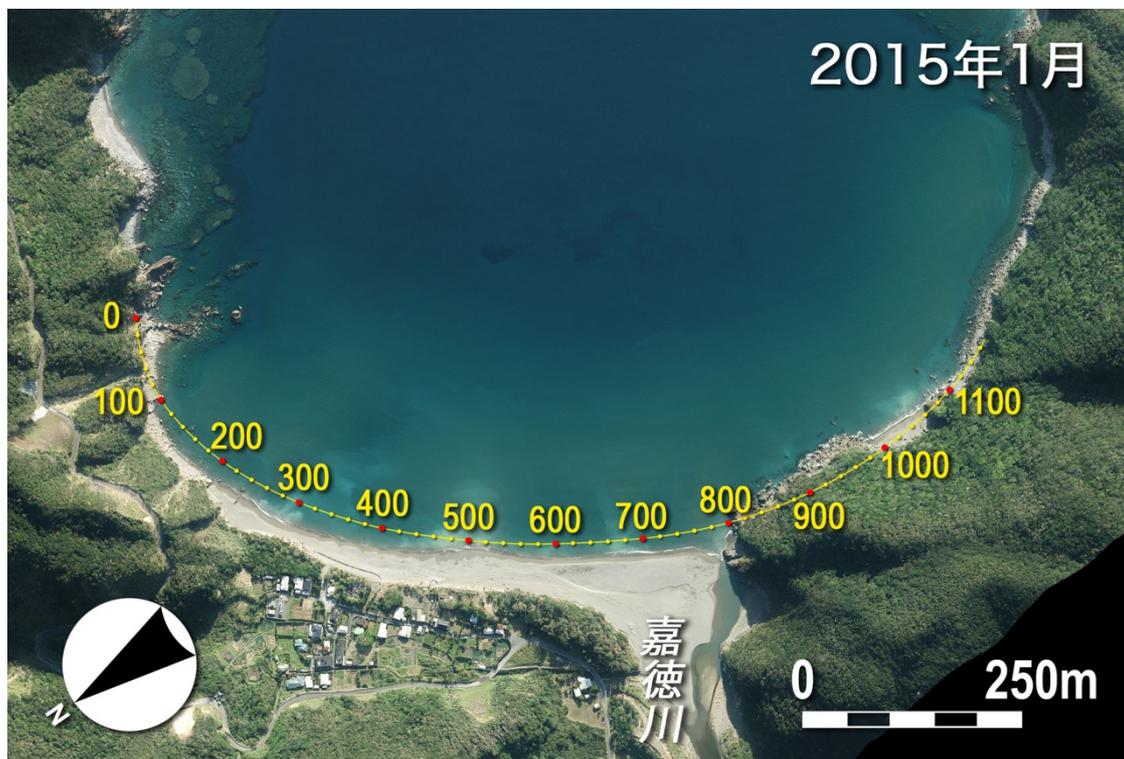


図 3-3-2 嘉徳海岸における展開座標の設定

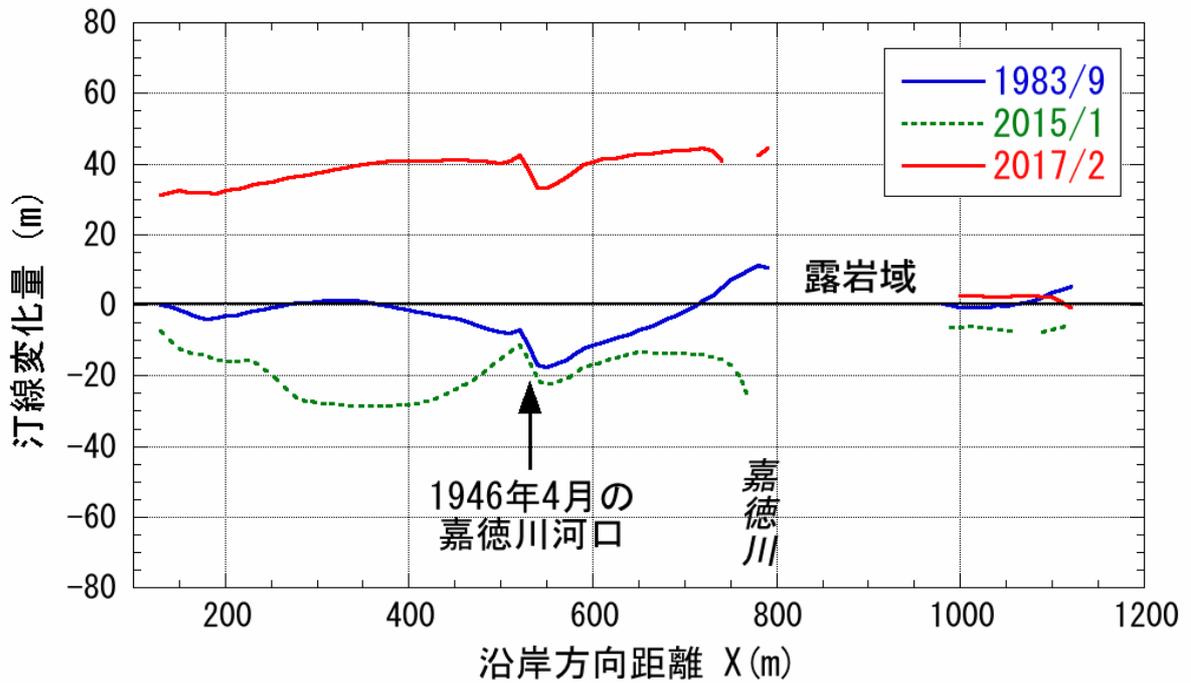


図 3-3-3 1946 年を基準とした汀線変化量

(3) 長期的な地形変化まとめ

2014 年の台風では汀線が 30m 後退した後、2 年間で 70m 前進している。嘉徳海岸に継続的な侵食はない。長期的には安定している。

3-4 短期的な地形変化

(1) 季節的な波浪特性

夏季は南寄り、冬季は北寄り、春と秋は東寄りの波が作用する。このため夏場は北側に土砂移動するが、それ以外は南向きの土砂移動が卓越する。(資料-1 波向別の安定汀線形の再現 参照)

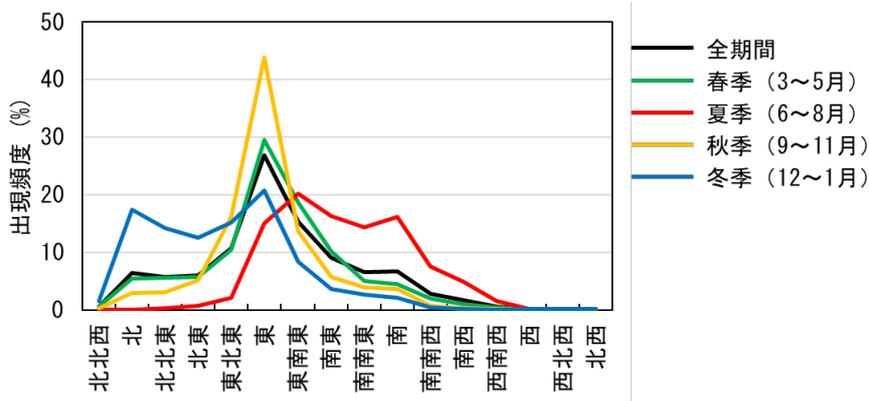


図 3-4-1 波向別 出現頻度

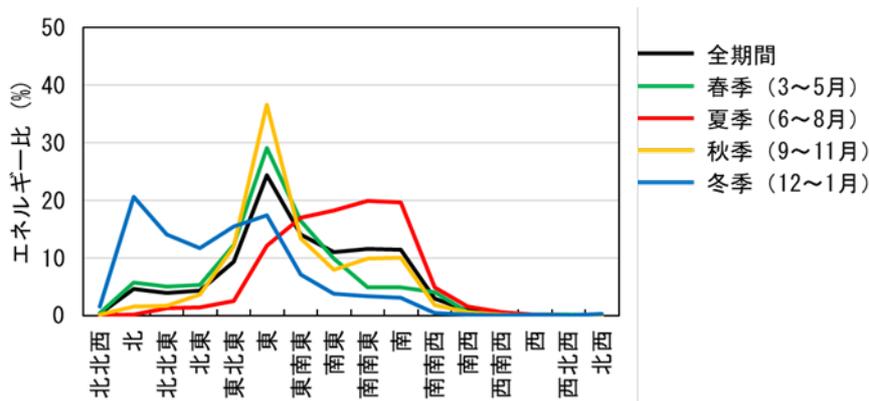


図 3-4-2 波向別 エネルギー比

(2) 汀線

調査会では、GPS を用いた汀線位置を計測しており、図 3-4-2 にこの結果を示す。嘉徳浜の短期変動は、汀線位置で 60~80m に達する。これはおもに季節的なもので夏から秋に台風の波が作用すると前浜が沖へ移動して沿岸砂州の形成する。

冬から春先にかけては、沿岸砂州が打ち上がり前浜を形成する。

- 1) 2019 年 11 月 (黒破線) には浜幅は狭かった。
- 2) 2020 年 3 月 (青) 沿岸砂州が打ち上がり、浜堤を形成。
- 3) 2020 年 6 月 (緑) 河川流により北側の浜幅が増加
- 4) 2020 年 8 月 (黄) 河口フラッシュで北側の汀線が後退

5) 2020年9月12日(赤) 台風10号により浜堤が沖向きに移動して沿岸砂州を形成、2019年11月程度まで後退。

6) 2020年9月18日(紫) 沿岸砂州が岸向きに移動して前浜を形成しつつ急速に前進



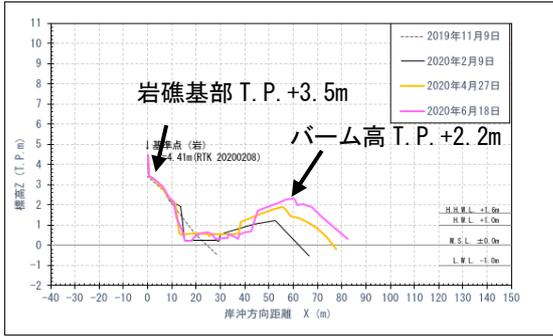
図 3-4-3 GPS による汀線位置

(3) 断面

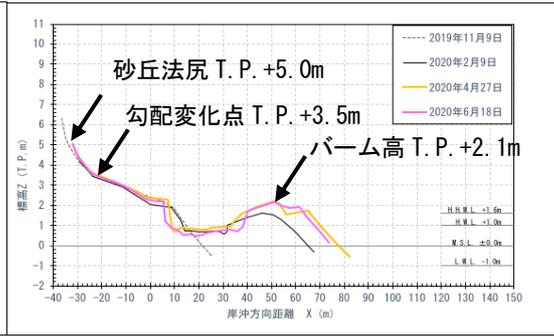
調査会では、嘉徳浜の沿岸方向6測線について、2週間から1ヶ月のペースで計測している。断面位置を図3-4-4、断面図の抜粋を図3-4-5に示す。これによれば、平均海面上に打ち上がる土砂量は、2019年11月～2020年6月までに単位幅あたり平均70 m³で、延長700mを乗じると約5万m³(10tダンプ1万台分)に達する。水中部も連動して変化していると考えられるが、計測できていない。



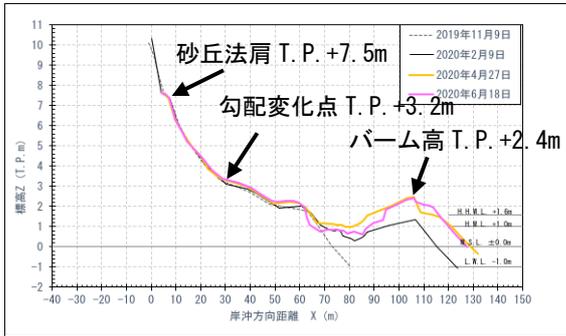
図 3-4-4 断面図位置図



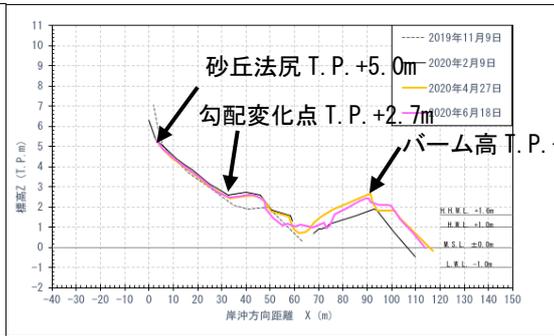
断面 No. 1



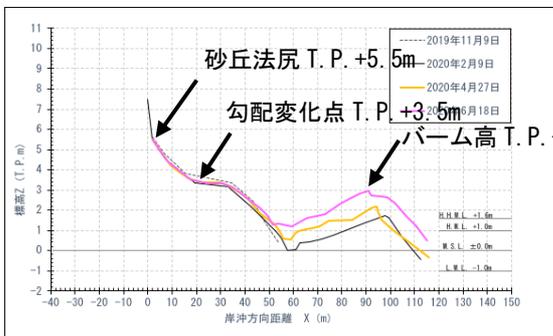
断面 No. 2



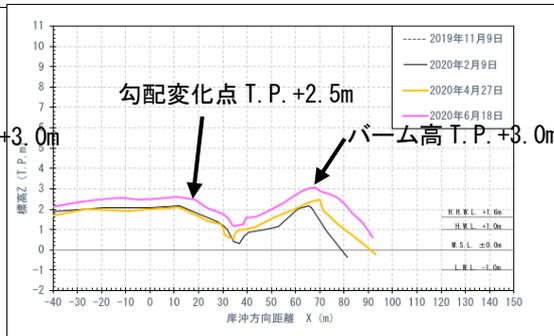
断面 No. 3



断面 No. 4



断面 No. 5



断面 No. 6

図 3-4-5 断面図位置図

(4) 河道

後浜では、嘉徳川が流路を求めて北上することがある。このとき河口位置は北の岬の付け根まで移動することもあり、嘉徳浜の沿岸方向の土砂バランスに影響を及ぼしている。流路が北側にあった6月（緑）では、汀線位置が時計回りに回転している。フラッシュ後の8月（橙）との差は、北部で30mに達している。

このように嘉徳川は北への蛇行を繰り返しており流路変動が大きい。この流路変動は嘉徳海岸の海浜変形に関与している。例えば、北に蛇行している時、流路の海側の浜のバームを波が越流した際にバーム上の砂が流路に落ち込む。この砂は河川流によって北の蛇行先まで運ばれて海に放出される。この過程で、海岸の砂が河川流を介して北側にバイパスされることになるので、蛇行時の河川流は北側の浜を広い状態に維持する機能を有すると考えられる。

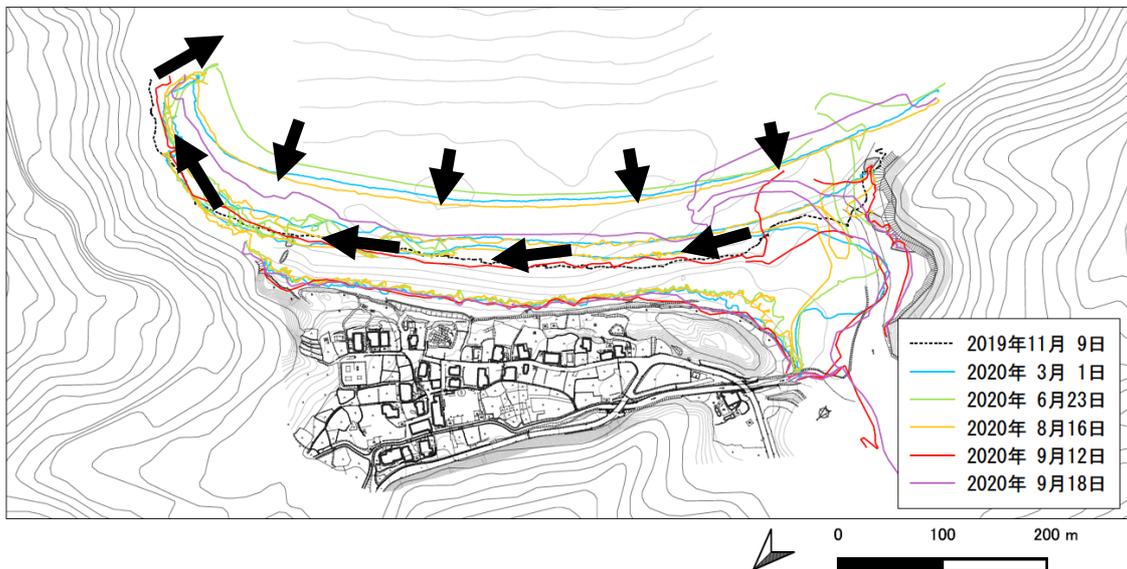


図 3-4-6 河道位置

3-5 2014年の地形変化と今後の見通し

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（図3-5-1）。

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（アダン林の被害）は、2010年と2015年の空中写真の比較により推定されている。また、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、調査回の計測などで、T.P.+7.5mであることがわかっている。

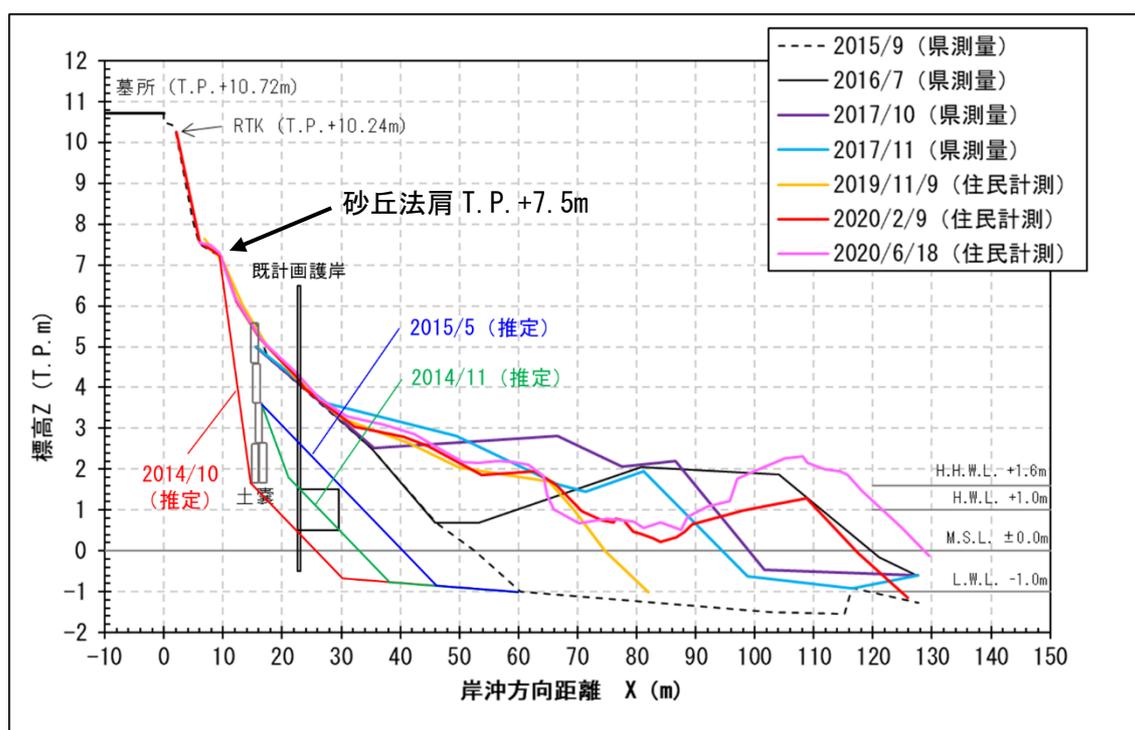


図3-5-1 No.9付近（調査会No.3）の海浜断面

2014年以前は、約2年前の2012年の台風より後浜の砂が沖向きに運ばれて、浜幅が狭かった。また2013年には、この年は波の入射方向に偏りがあり、ほとんどが東から波が作用していた（図3-5-4）。このため、砂は海岸線に沿って南方向へと運ばれていた。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た（図3-5-5）。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。



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 3-5-3 砂丘の法肩が後退して半年後の状況 (2015年5月)

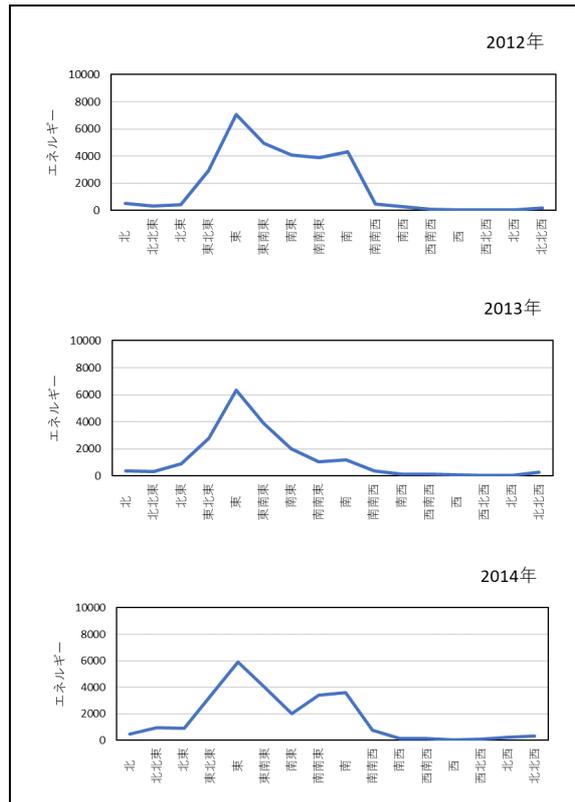


図 3-5-4 波の方向別エネルギー比



図 3-5-5 グーグル衛星画像 (2013年7月)

台風後の地形変化について、図 3-5-6 に、2015 年 9 月（台風 1 年後）と 2017 年 11 月（台風 3 年後）の海底地形を示す。

台風 1 年後の水中では、-2m 等深線が大きく沖に張り出していて、汀線の前面に水深 1～2m の広大な浅瀬（沿岸砂州）が形成されている。これは台風時に波によって浜から砂が沖に移動して堆積したものである。3 年後では、この浅瀬は消えて、代わりに浜が広がっている。これは台風で削られて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表す。

図 3-5-7 の右の図は、1 年後（2015 年 9 月）～3 年後（2017 年 11 月）の地形変化量（地形の差分）を求めたものである。赤色の領域は浜全体に大量の砂が堆積したことを表わしている。一方、その沖の青色の領域は海底が低下したことを表わし、この砂は岸向きに移動して浜に堆積したと考えられる。このように浜の回復が進んでいる。

図 3-5-7 の左の図は、差分を反転（符号を反転）させたものであるが、台風時に浜が低下して（青色）、その砂は沖に移動して広く堆積した（赤色）、という状況を模式的に表している。

また、注目されるのは、1 年～3 年後の変化において、堆積量（赤色）は、沖の侵食量（青色）に比べてはるかに大きいことである。これは、堆積した多量の砂は、測量範囲の外からも戻ってきたことを意味する。これには、2 つ考えられる。第 1 は台風時に測量範囲よりずっと沖まで運ばれて堆積した砂が戻ってきた。第 2 は、左右の測量境界の外から沿岸漂砂（沿岸方向の砂移動）として流入して戻ってきた。実際には両者が合わさったものと考えられる。しかし、こうした土砂移動実態はこの測量範囲では把握できない。測量範囲を広げる必要がある。

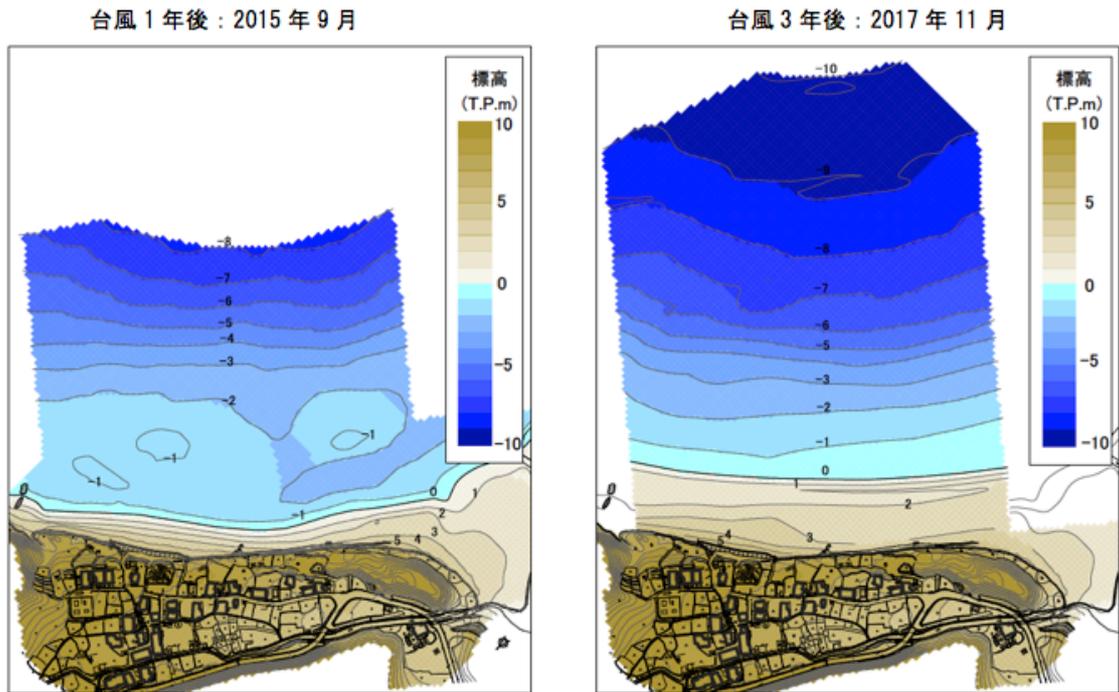


図 3-5-6 海底地形 (鹿児島県提供データによる)

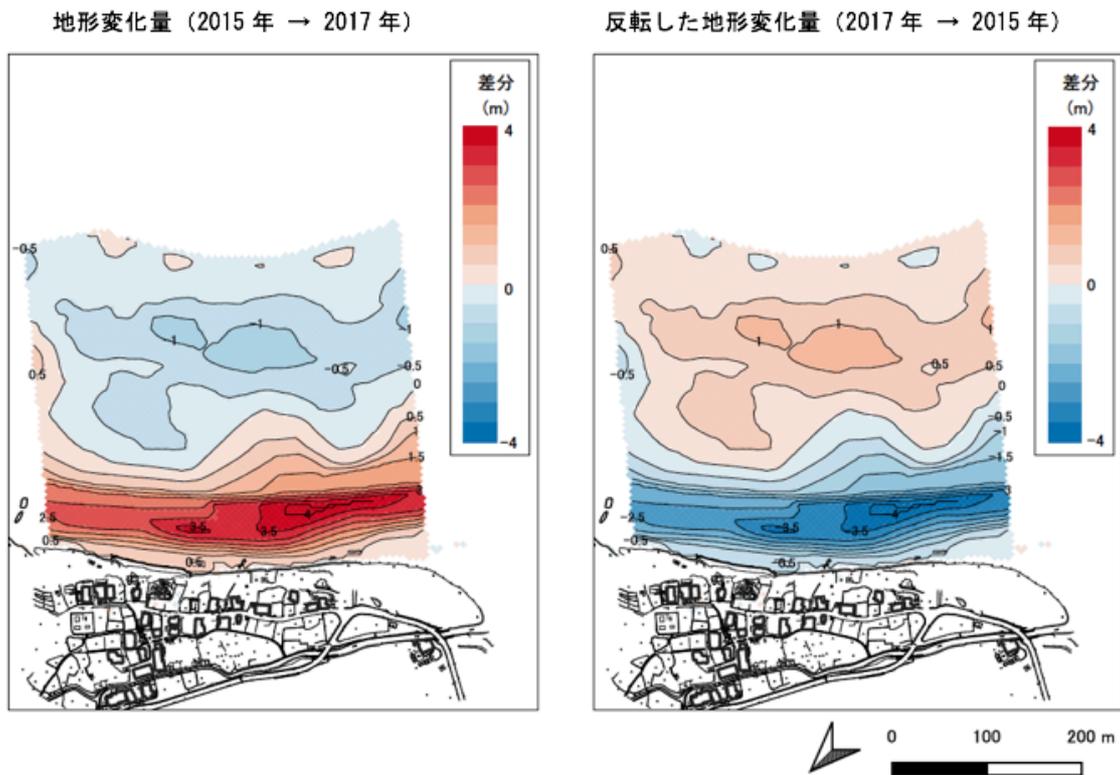


図 3-5-7 海底地形変化

4. 対策の見直しの必要性

4-1 関係法令

海岸の防護については、海岸法に基づき海岸管理者が実施する。

海岸法 第一条

この法律は、津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するとともに、海岸環境の整備と保全及び公衆の海岸の適正な利用を図り、もつて国土の保全に資することを目的とする。

海岸法に基づく海岸保全施設は、「津波、高潮、波浪その他海水又は地盤の変動による被害から海岸を防護するもの」である必要がある。これらいずれかについて防護力を低下させる可能性がある場合には、海岸管理者は、海岸保全区域の管理および施設の見直しが必要である。

津波 → 鹿児島県は、背後地標高の見直しが必要である

鹿児島県は、嘉徳の問題がおきる1ヶ月前に大きく誤った背後地標高で津波浸水想定を実施。(平成26年9月策定)

その後、鹿児島県は、平成27年9月に集落の測量を実施しており、津波浸水想定はこの測量に基づく見直しが必要である。

高潮 → 鹿児島県は、最近、高潮浸水想定を見直しており、設計潮位はこれに基づく必要がある

海岸保全施設の設置については、高潮浸水想定に基づく必要がある。(高潮浸水想定基本方針検討業務委託、令和元年10月発注)。

奄美潮位観測所においては既往最高潮位が T.P. +2.4m のところ、既計画護岸の設計潮位は T.P. +1.6m と 0.8m も過小で、防護上、見直しが必要であること。(九州・奄美の検潮所での海面水位上昇は、鹿児島県調べで 1985 (昭和 60) ~2016 (平成 28) 年の 31 年間に 0.08~0.13m。この値の 8~10 倍)

波浪 (侵食) → 鹿児島県は、嘉徳海岸侵食対策 (平成 30 年 3 月) において、長期的な侵食にはないと明記しており、本来侵食対策は必要ない。一方、墓所の問題に対応するために海側に突出した施設を設置する場合、海浜地形に及ぼす影響が大きく、施設の有無による地形変化予測は、必要不可欠である

海岸工学の常識から、嘉徳浜においては継続的侵食は考えられない。

集落の方々には、台風時にお骨を避難させるなど不便をかけているが、未だかつて墓所に

被害はない。

一方、海側に突出した施設（既計画護岸など）を設置すると、漂砂の連続性に問題を起こし、周辺地形を傷つけて、墓所以外の集落の人々の人命財産を危険に晒す可能性がある。このため海岸保全施設は、当該施設の有無による地形変化の予測に基づき、検討される必要がある。調査会検討によれば、直角入射でも構造物前面と周辺部に侵食が確認されている。（既報）

季節変動を考慮するとさらに周辺被害は拡大する。

また、既計画護岸を設置しても、大きな台風時に、墓所（砂丘最前線）のお骨を避難させる必要は同じである。

墓所の法面保護については、緊急度は小さく、まずは人命財産に直結する地形変化予測を行い、そのあとに鹿児島県として何ができるのかを検討するのがよい。

4-2 災害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。

このときの対策による t 年目の対象災害発生確率 $P(t)$ は、次式で与えられる。

$$P(t) = \left(\frac{1}{X_1} - \frac{1}{X_2} \right) \left(1 - \frac{1}{X_1} \right)^{t-1}$$

X_1 対策前の災害の再現期間 (年)

X_2 対策後の災害の再現期間 (年)

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

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

t 年目の対象災害発生確率 $P(t)$ は、以下の確率となる。

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

施設の耐用年数 50 年を考えると、総和は以下のようなになる。

$$\sum_{t=1}^{50} P(t) = 0.66$$

これを嘉徳浜の砂丘浜堤に当てはめると、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。（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、 $X_2 = 30$ 年を設定すると、対象災害発生確率 $P(t)$ は、以下のように対策を施すことで防御率はマイナスとなる。

$$10 \text{ 年目} \quad P(10) = \left(\frac{1}{75} - \frac{1}{30} \right) \left(1 - \frac{1}{75} \right)^{10-1} = -\frac{3}{150} \times \left(\frac{74}{75} \right)^9 = -0.018$$

$$\sum_{t=1}^{50} P(t) = -0.73$$

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含んでいない。実際には通常波浪で無堤区間を傷つけて別の侵食災害が高頻度で起こる。これについては調査会で別途計算を進めている。

なお、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。

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ー参考資料ー, 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_hourei/attach/pdf/index-108.pdf

4-3 対策の具体的方法

現時点で考えられる対策について以下列挙する。

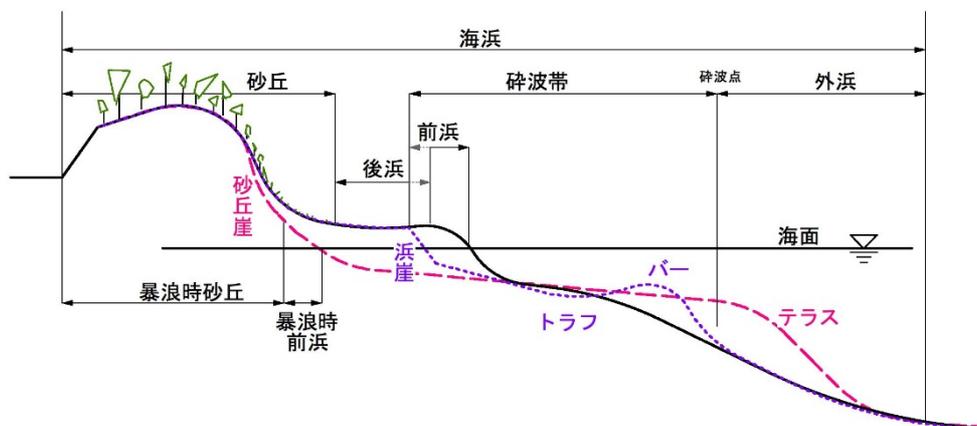
表 4-3-1 対策案

- | |
|------------|
| 1) 放置 |
| 2) 原型復旧 |
| 3) 砂丘浜堤の復元 |
| 4) 養浜 |
| 5) セットバック |
| 6) 墓所の外構工事 |
| 7) 避難所の建設 |

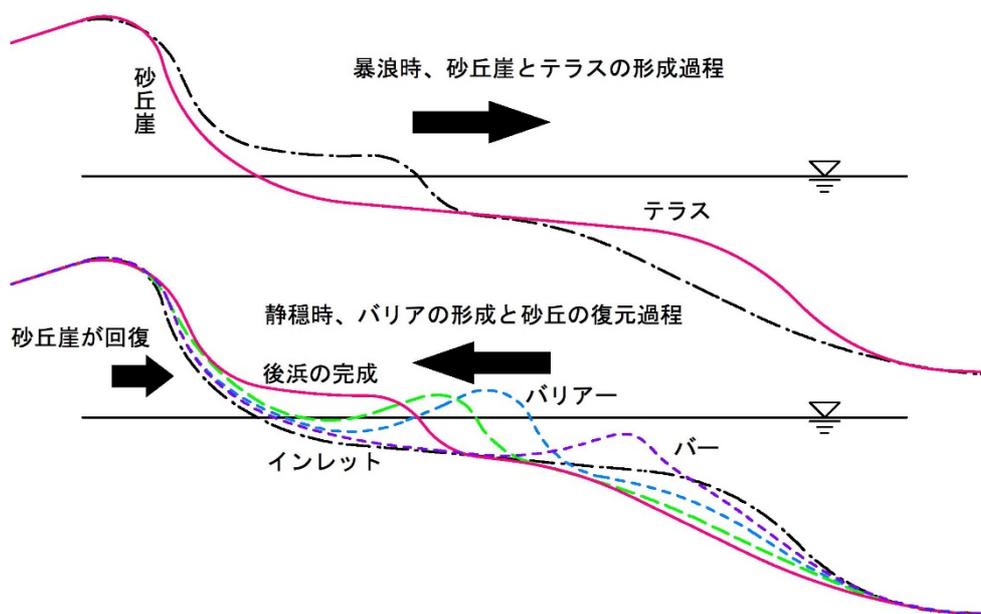
(1) 放置

2014 年の砂丘法肩の後退は、自然の海浜過程によるものであり放置しても問題ない。アダン林に供されていた民有地についてはいずれ砂丘を含む海浜全体の変形プロセスに基づき回復する（図 4-3-1）。

a) 砂丘崖の発生と、後浜の流亡



b) 砂丘崖の回復と、後浜の完成



c) 砂丘発達期と、後浜の縮小

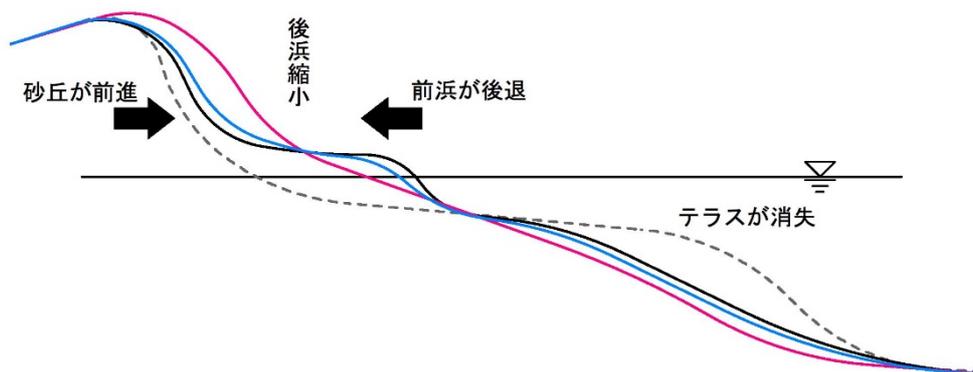


図 4-3-1 砂丘を含む海浜全体の変形プロセス (概念図)

※ 砂丘が発達すると後浜は縮小して、砂丘崖が発生しやすい

(2) 原型復旧

2014年の砂丘法肩の後退により、一部民有地（アダン林に供されていた幅5m程度）が被害を受けたとされている。砂丘法肩を修復し、アダン林を再生すると、飛砂の捕捉などにより、砂丘浜堤の高さの維持が期待できる。手当する砂は、嘉徳川河道奥に流入した砂がよい。

(3) 砂丘浜堤の復元

里道周辺は標高が低く、土砂移動に対して連続性が十分ではない。この低い部分に墓地の標高+10.5mまで盛り砂をして土砂移動の連続性を確保すると、地形全体を強化することにつながる（図 4-3-2, 図 4-3-3）。

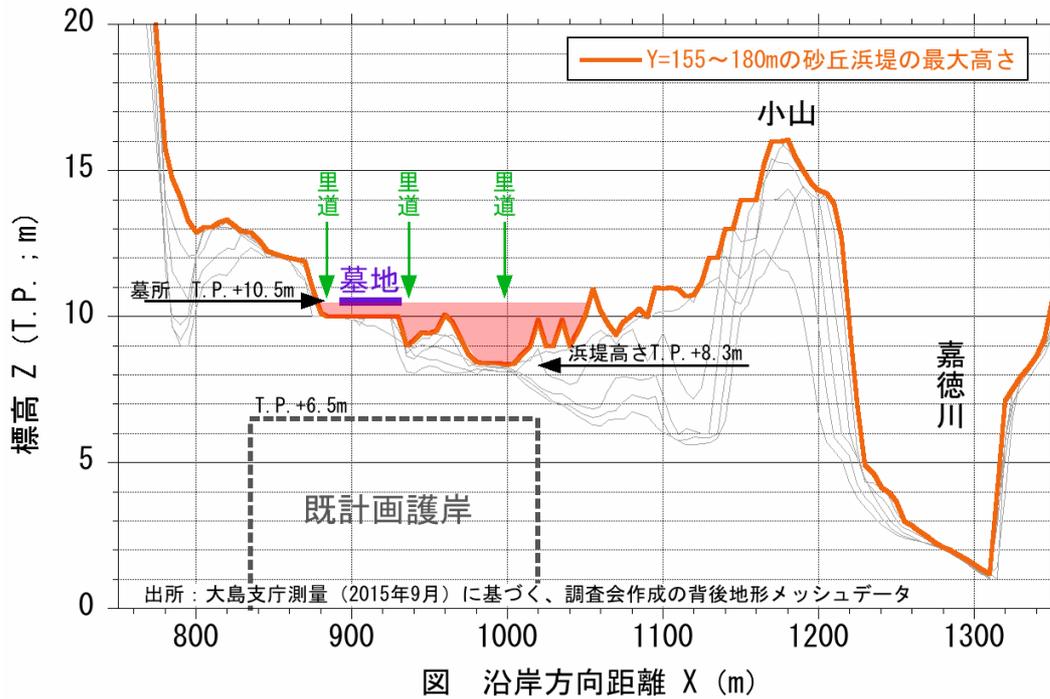


図 4-3-2 砂丘浜堤の復元

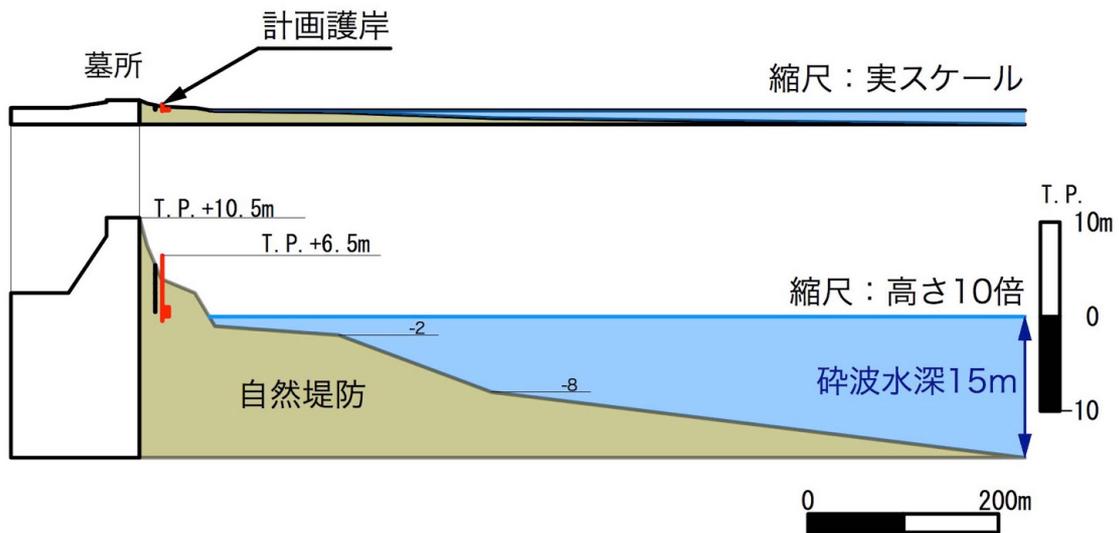


図 4-3-3 自然の堤防 (断面図)

護岸とテラスの土砂量の比較

護岸：幅 5m×高さ 7.5m×延長 180m=6750 m³ → 0.7 万 m³ (10t ダンプ 1400 台)

自然海浜：断面積 5300m²×延長 500m=265 万 m³ (10t ダンプ 53 万台)

※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

(4) 養浜

砂丘の変動はこれまで述べてきたように自然現象として説明可能であるが、水中部を含めた調査が不足しており、最終結論は得られていない。

仮に、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）の全量を違法な砂利採取によるものとした場合、その欠損量は以下のとおりである。

この持ち出した砂と同量同質の砂をもとに戻せばよい。

$$\text{欠損土砂量} = \text{平均砂丘後退量 } 10\text{m} \times \text{海岸線延長 } 1400\text{m} \times \text{移動高 } 10\text{m} = 14 \text{ 万 m}^3$$

※ これまでの調査で、過去の違法採取などの証言が複数ある。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継続監視が必要である。

(5) セットバック

現在、海浜部では地籍調査中（坪合わせ中とのこと）であるが、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）においては、一部民有地の被害があるとされている。（県の調査では最大5m程度のアダン林）

これらの堤外地の利用を迫認し、補強することは、災害を助長することになりかねない。自然に対抗して堤外地（砂丘頂部から海側）の利用を進めると重大な災害を招くことになる。緩衝帯を設けて、耕作や居住などの特定の利用を回避ことが防護上の要諦である。海岸管理者は、防災上の観点から補償交渉を躊躇すべきでなく、買い上げにより緩衝帯として保全することが望ましい。これについては、各種対策との併用がよい。

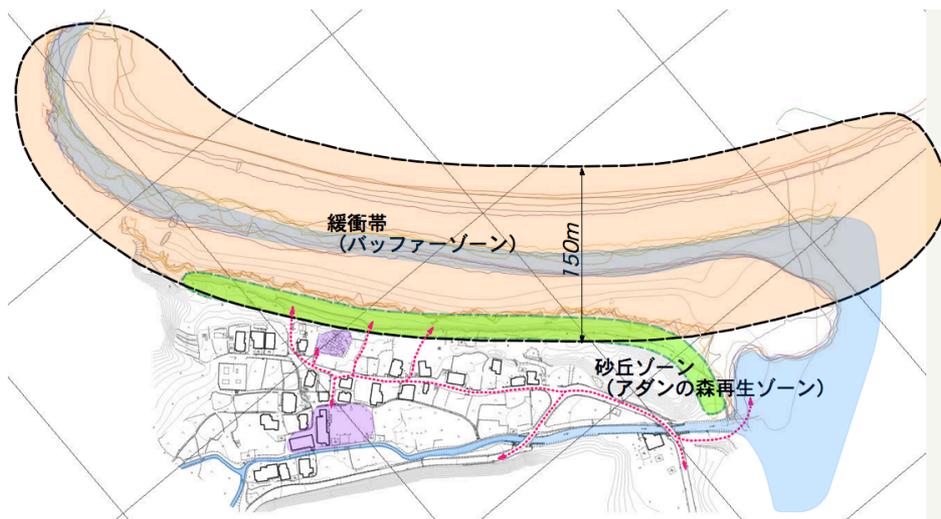


図 4-3-4 緩衝帯（バッファゾーン）と砂丘ゾーン

(6) 墓所の外構工事

現在、墓地の海側のコンクリート製の通路で生じている亀裂は2014年の台風の波によるものではなく、雨水の作用によるものである。これについては別途、排水路などの外構工事が必要である。



図 4-3-5 海側の通路の状態（ひび割れ状況）

(7) 避難所の建設

現在の避難所（公民館、教員住宅）は砂丘浜堤よりも低い。砂丘浜堤を乗り越えてくる波については、一定の高さの建築物が必要である。



図 4-3-6 避難所事例：錦タワー

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E9%8C%A6%E3%82%BF%E3%83%AF%E3%83%BC>

4-4 大島支庁建設課へのお願い

(1) 漂砂の連続性の確保

日本の海岸侵食の原因は、漂砂の連続性が阻害されるケースがほとんどである。

例えば、以下は官民境界の沖側で海浜変形に対抗しようとして沿岸方向に延々と工事範囲を広げている事例である。これらの侵食は通常波浪で漂砂の連続性が阻害されて、沿岸方向に範囲を広げる。



慌てて対応して連鎖的な侵食に悩まされる典型事例（九十九里海岸）



護岸を前出しして建設すると完成は永久にない。毎年壊れる（九十九里海岸）

図 4-4-1 官民境界の海側に護岸を設置した事例（九十九里海岸）



護岸隣接部の背後砂丘の崩壊(茨城県阿字ヶ浦)



護岸の粉碎の例(宮崎県)



護岸と自然海岸の切れ目の汀線後退(宮崎県)



直立護岸の崩落(神奈川県)



倒壊した護岸は 400m 以上内陸まで移動(宮城県)



宅地に侵入した護岸(宮城県)

図4-4-2 護岸や護岸隣接部が被災した事例

以下は、東日本大震災において、護岸が砂の岸向き移動を阻害して背後に幅 20～30mの大穴（水路）が出現したケースである。護岸は背後の砂丘浜堤を守るどころか、丸ごと吹き飛ばし大穴が空いている。このように護岸を乗り越える波に対しては、護岸自体が被害を助長している。

通常時、巨大災害時、いずれの場合においても、侵食対策としての漂砂の連続性の確保について、再確認をお願いします。



図 4-4-3 津波による砂移動の阻害事例（宮城県）

(2) 自然保護の人々

集落の護岸受け入れ派の方々は、「自然保護の人々が反対したからこの計画に縮小された」との意見が大勢である。既計画については、「不十分であるがせつかく県が提案してくれているのだから受け入れている。今更変えられない」という意見である。「護岸前の砂も保たないことはわかっているが、県の事業なのだから壊れたら直してくれるだろう」、「過去の砂利採りのせいで砂が減っていると思っているが、県は因果関係を認めなかった。そこには疑問を感じている」

このように侵食の原因や、施設の性能自体に疑問があるにも関わらず、鹿児島県の提案を受け入れている。積極的に要望しているのではなく、県の責任で建設される護岸を自然保護と

の妥協の産物としての認識で、受け入れるということである。

この状況は、鹿児島県の海岸防護、国土保全の観点からみて容認できない。
また集落の方々や瀬戸内町は、護岸建設に伴う副作用や限界についての説明を受けておらず、緊急時の防災上の観点からも大きな問題があり、集落の方々や瀬戸内町の既計画に対する認識について再確認をお願いいたします。

(3) 高齢化

集落では高齢化が進んでおり、高齢者以外にも体の不自由な人が複数名おり、巨大台風などに対して避難所などへの移動については、十分な配慮、検討が必要である。

計画されている護岸は、巨大台風による高潮、高波などから人命財産を守るものとして、一部の住民や瀬戸内町に誤解を招いている。砂丘浜堤よりも天端高が2mも低く、砂丘浜堤を乗り越える災害について計画されている護岸は機能しないなど施設限界の説明が十分にできていない。

嘉徳集落の方々や瀬戸内町には、高齢者の避難対策などについて再協議をお願いいたします。

(4) 墓所への対応

体が不自由な人が台風の度にお骨を避難させるには、たいへんな苦労がある。これらについては護岸の設置とは無関係に今後も何らかの対応が必要である。嘉徳集落の方々や瀬戸内町には、お骨の避難などについて再協議をお願いいたします。

(5) 水中部の調査

空中写真解析などによれば、汀線については大きく変動しているものの継続的な侵食は検出されていない。

ところが、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。

調査会では、汀線以外については、断面測量を実施しているが、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。

通常、土砂の持ち出しがあった場合、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おらず、2020年の10号台風でも被害を受けた海浜中央部の断面は回復してきている。

過去の現地写真などによれば、アダン林の生える砂丘浜堤の前縁部には崖状の地形が確

認されており、これまでの調査結果では海浜全体の土砂は大きく減っていないと考えられる。

しかし、地元証言が複数ある以上、沿岸方向全域と沖合にその痕跡がないか調べて見る必要がある。実際に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。広範囲の水中部の継続調査は、調査会では困難であり、大島支庁建設課で実施していただきたく、お願いいたします。

(6) 全面協力

嘉徳浜調査会は、大島支庁建設課に全面協力したいと考えています。

よろしくお願ひ申し上げます。

資料編

資料-1 波向別の安定汀線形の再現

計算条件

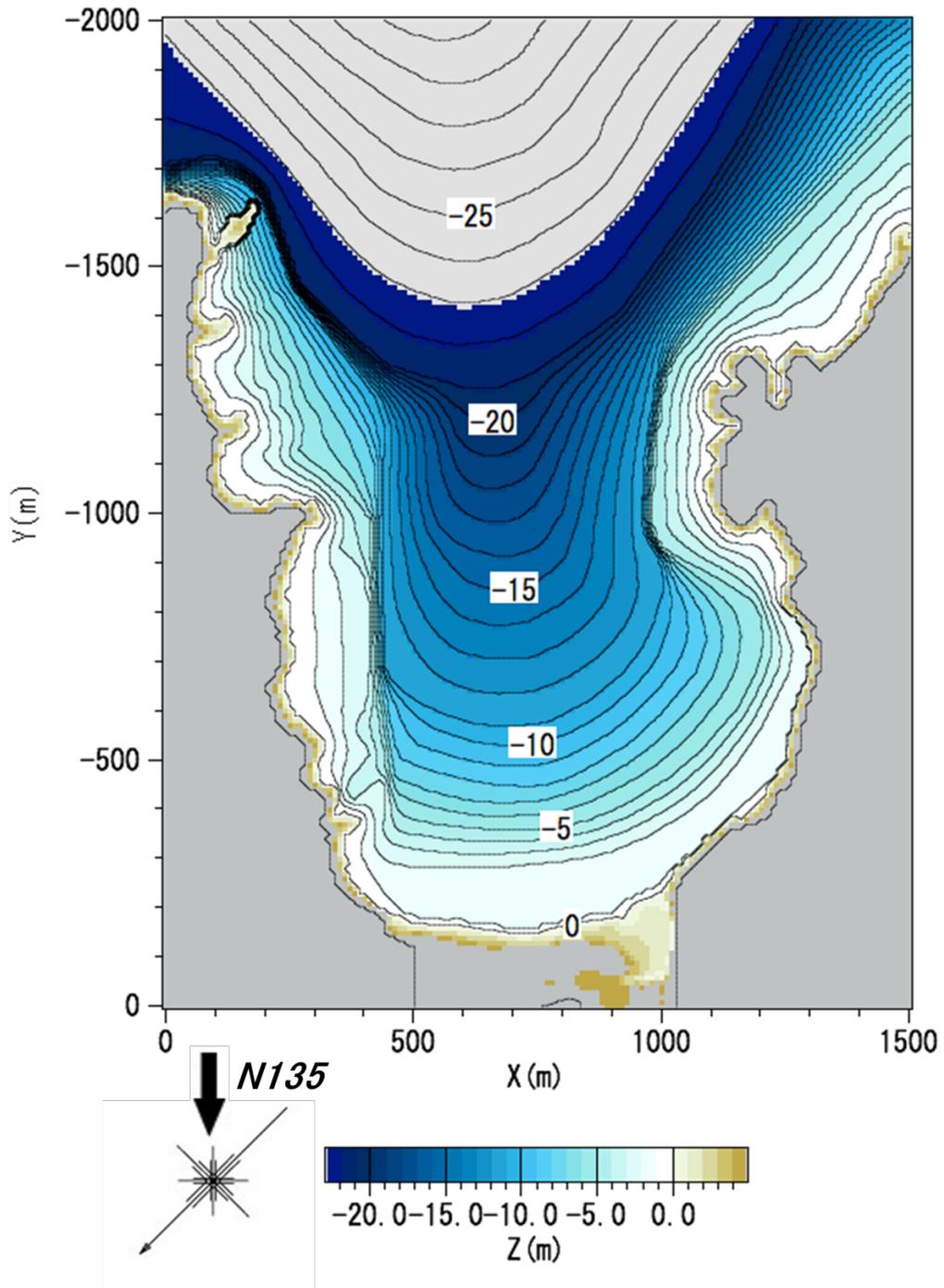
計算モデル	BG モデル ¹⁾ 波浪変形計算：エネルギー平衡方程式による屈折計算
計算対象区域	沿岸方向 1500m×岸沖方向 2000m
初期地形	沖合は、県の屈折計算領域図に示された等深線 集落前の-8m以浅は、2015年9月県測量 波食台は、空中写真および住民ヒアリングによる推定 より作成した地形図 (p. 3 参照)
計算ケース	Case1-1～5 (5 ケース)
計算期間	1000 年相当
入射波条件	Case1-1：波高 H=1.38m, 周期 T=8.0s 波向 $\theta_w = E$: N90° E Case1-2：波高 H=1.38m, 周期 T=8.0s 波向 $\theta_w = ESE$: N112.5° E Case1-3：波高 H=1.38m, 周期 T=8.0s 波向 $\theta_w = SE$: N135° E Case1-4：波高 H=1.38m, 周期 T=8.0s 波向 $\theta_w = SSE$: N157.5° E Case1-5：波高 H=1.38m, 周期 T=8.0s 波向 $\theta_w = S$: N180° E ※ (座標軸直上は SE)
潮位条件	M. S. L. $\pm 0.0m$
空間メッシュ	$\Delta X=10m, \Delta Y=10m$
時間間隔 Δt	$\Delta t=20$ hr/step
ステップ数	438step/yr
粒径	■平衡勾配 勾配 1 d1 : 7.5m～4.0m、 $\tan \beta = 1/7$ 勾配 2 d2 : 4.0m～2.5m、 $\tan \beta = 1/20$ 勾配 3 d3 : 2.5m～-1.0m、 $\tan \beta = 1/6$ 勾配 4 d4 : -1.0m～-8.0m、 $\tan \beta = 1/25$

漂砂の水深方向分布	一様分布
移動限界水深	$h_c=8.0\text{m}$
バーム高	$h_R=7.5\text{m}$
漂砂量係数	$K_x=0.05, K_y/K_x=0.2, K_2=1.62K_x$
境界条件	左右端および岸沖端： $q=0$ （漂砂の流入流出なし）

参考文献：

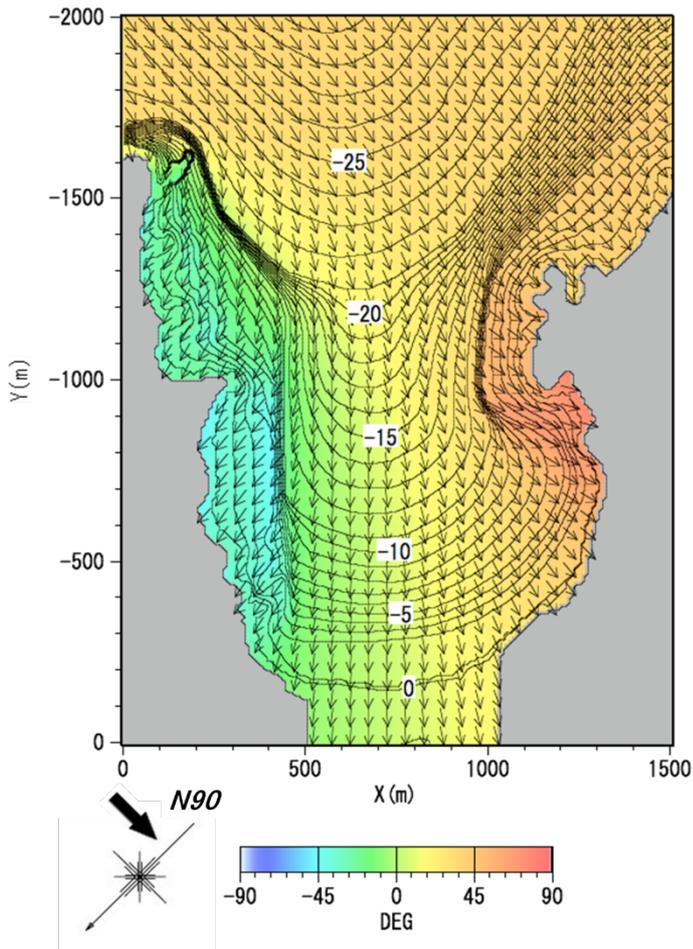
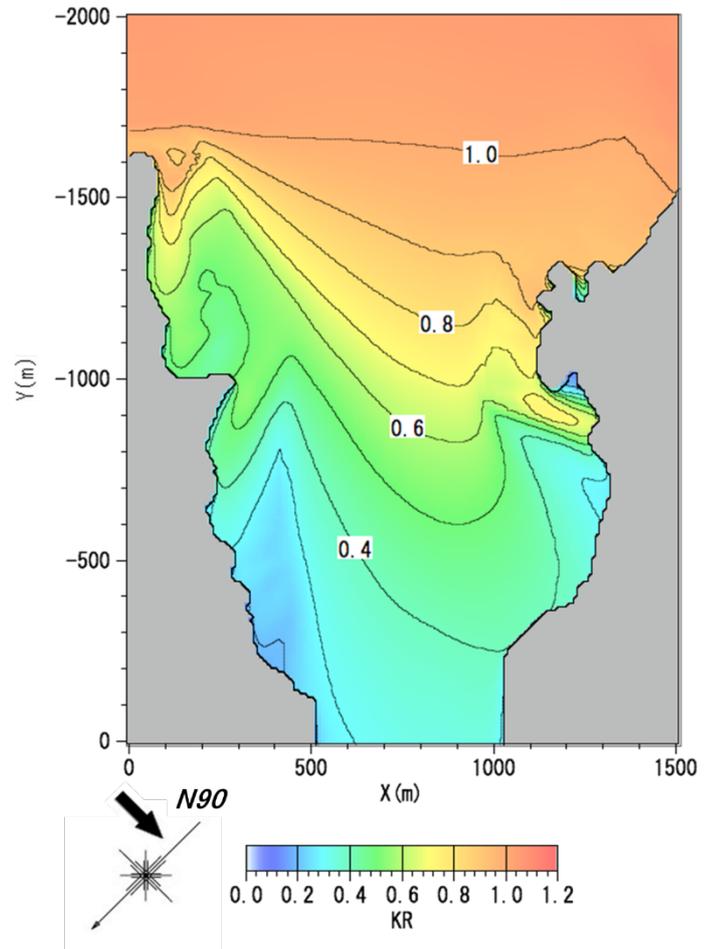
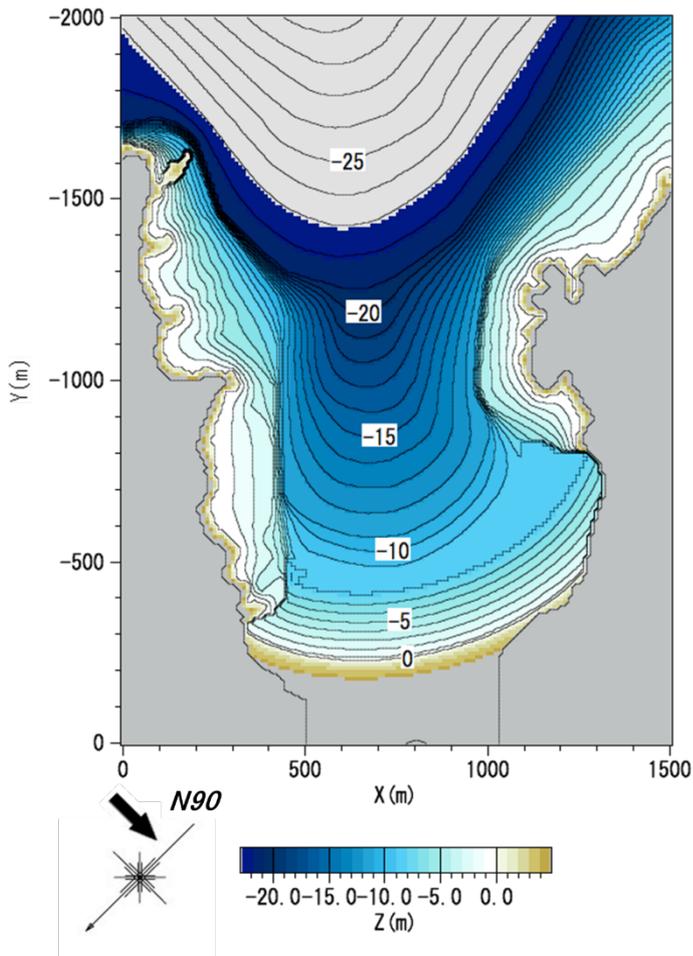
- 1) 芹沢真澄・宇多高明・三波俊郎・古池 鋼（2006）：Bagnold 概念に基づく海浜変形モデル，土木学会論文集 B, Vol. 62, No. 4, pp. 330-347.

初期地形

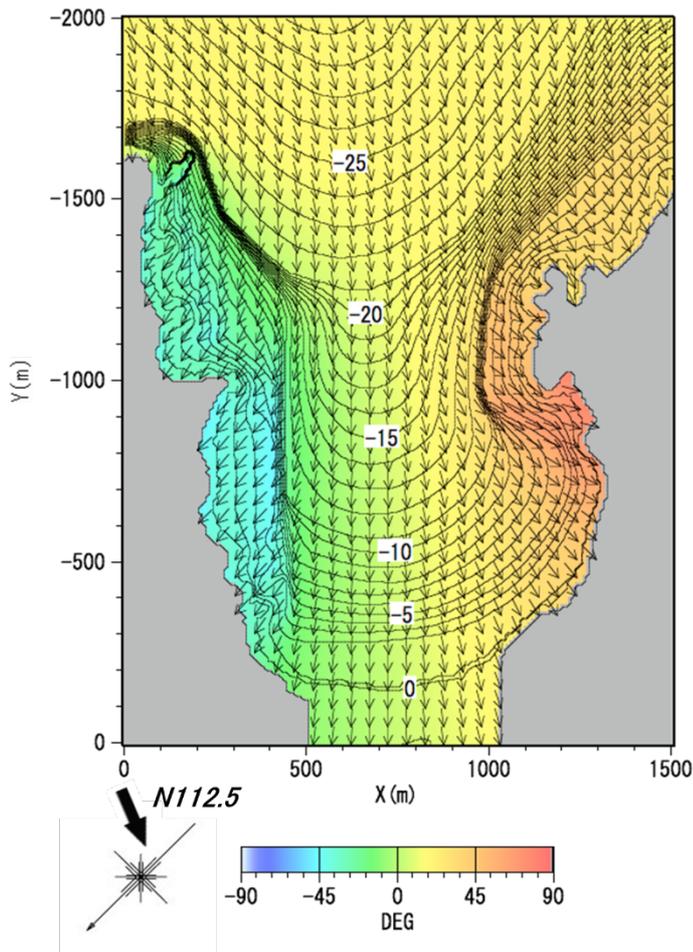
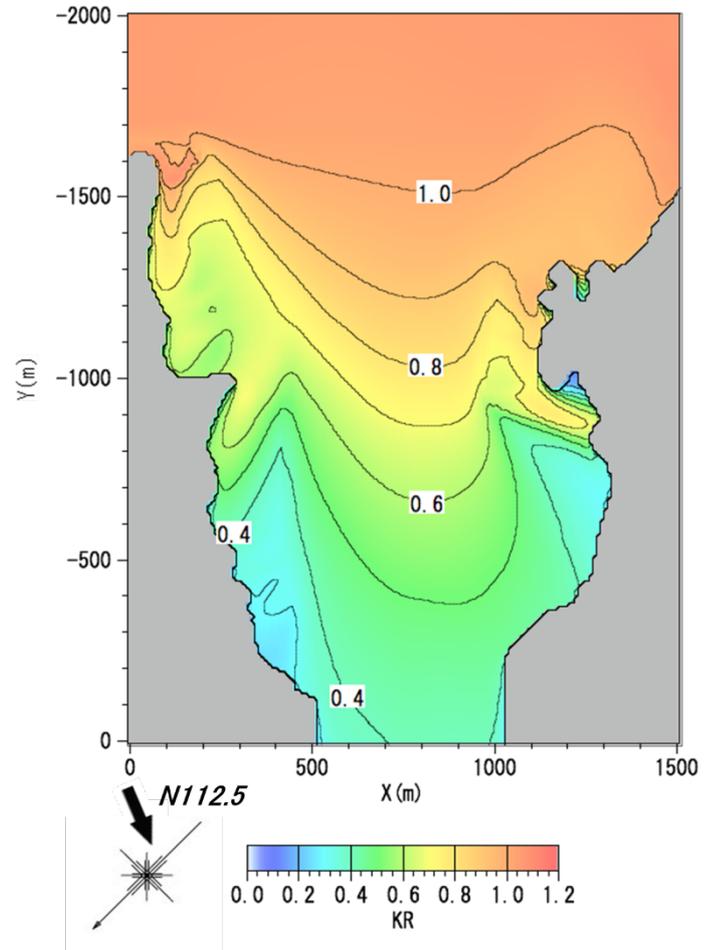
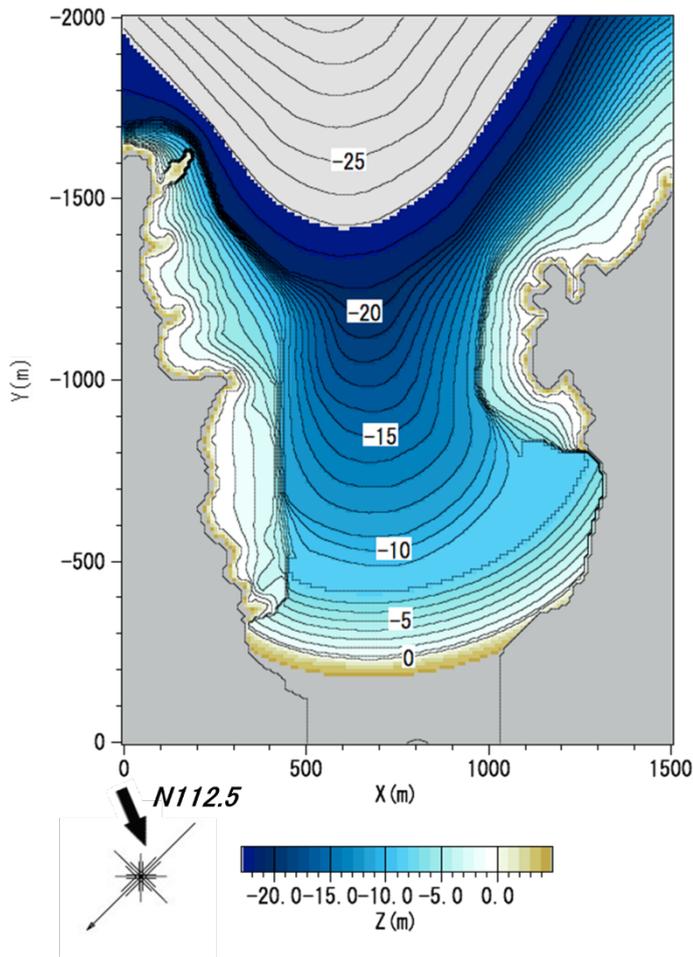


※沖合は、県の屈折計算領域図に示された等深線による
 集落前の-8m以浅は、2015年9月県測量に基づく
 波食台は、空中写真および住民ヒアリングによる推定

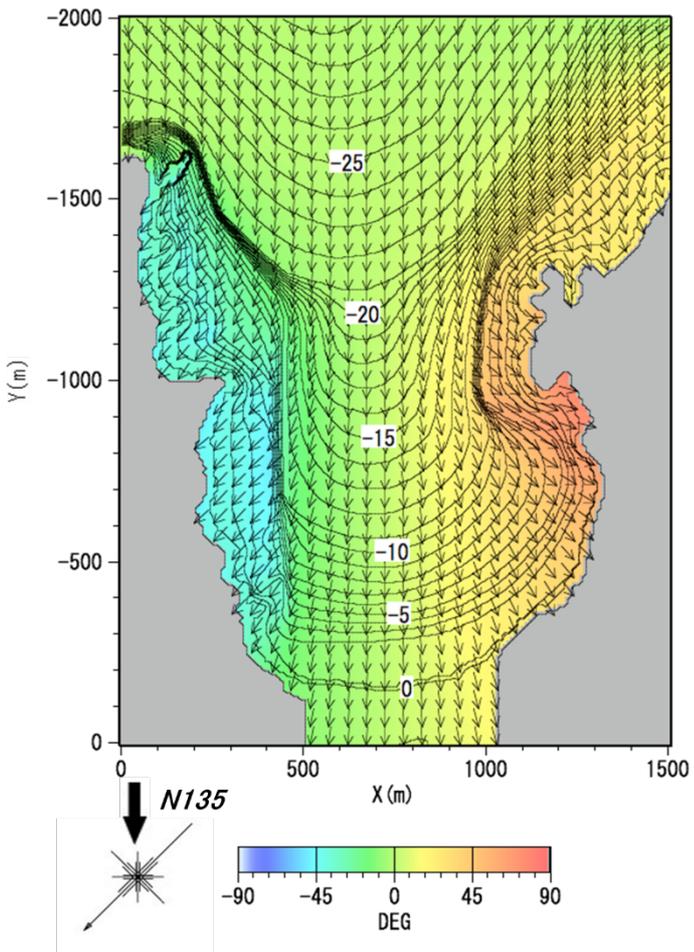
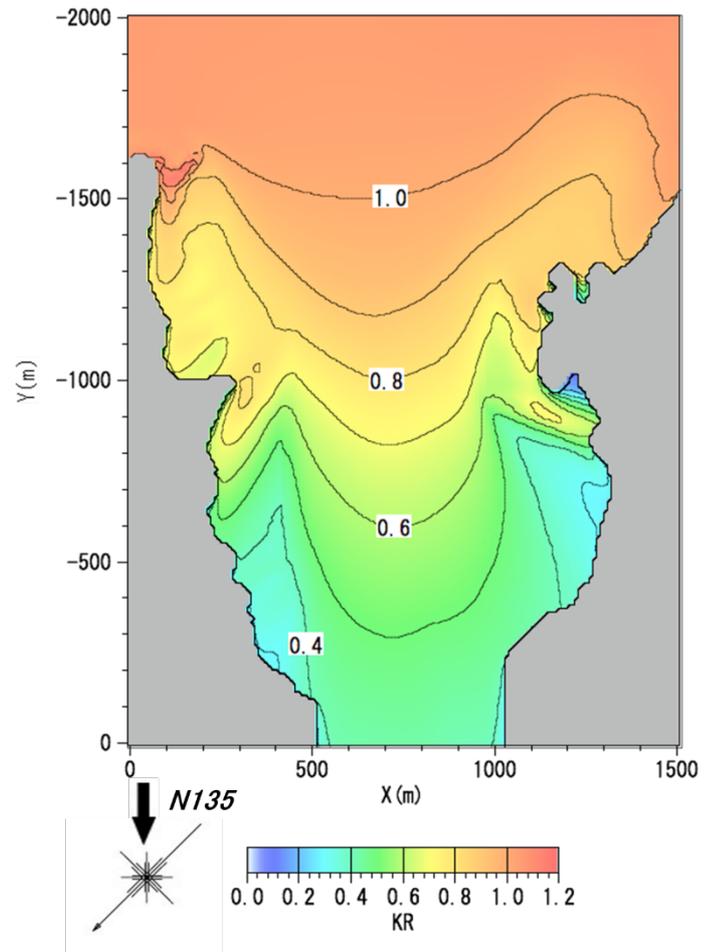
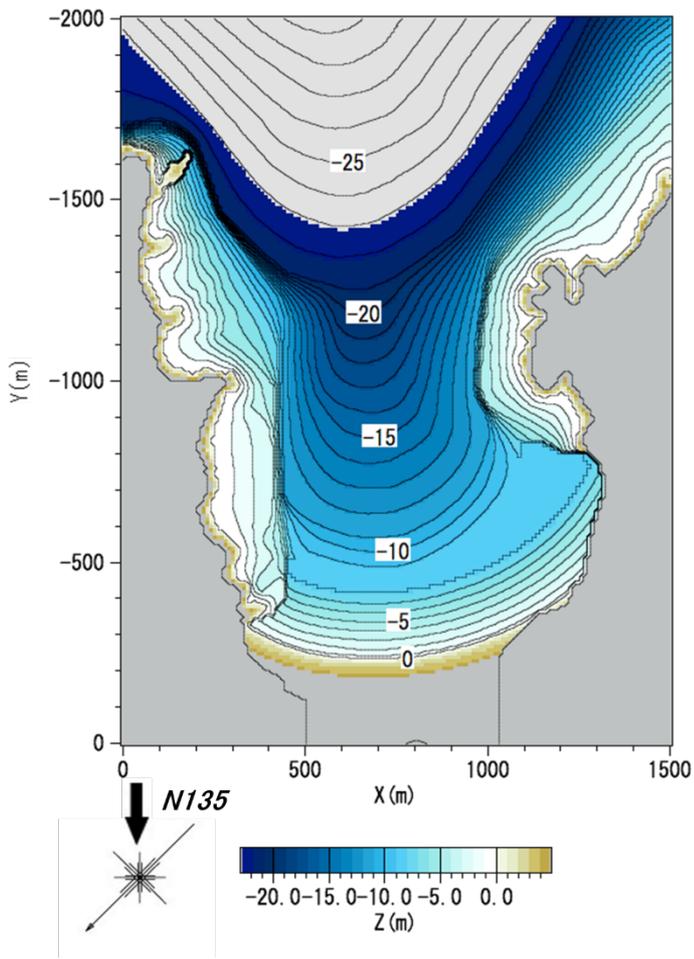
CASE1-1 ($H=1.0$, $T=8.0s$, $\theta_w = E: N90^\circ E$)



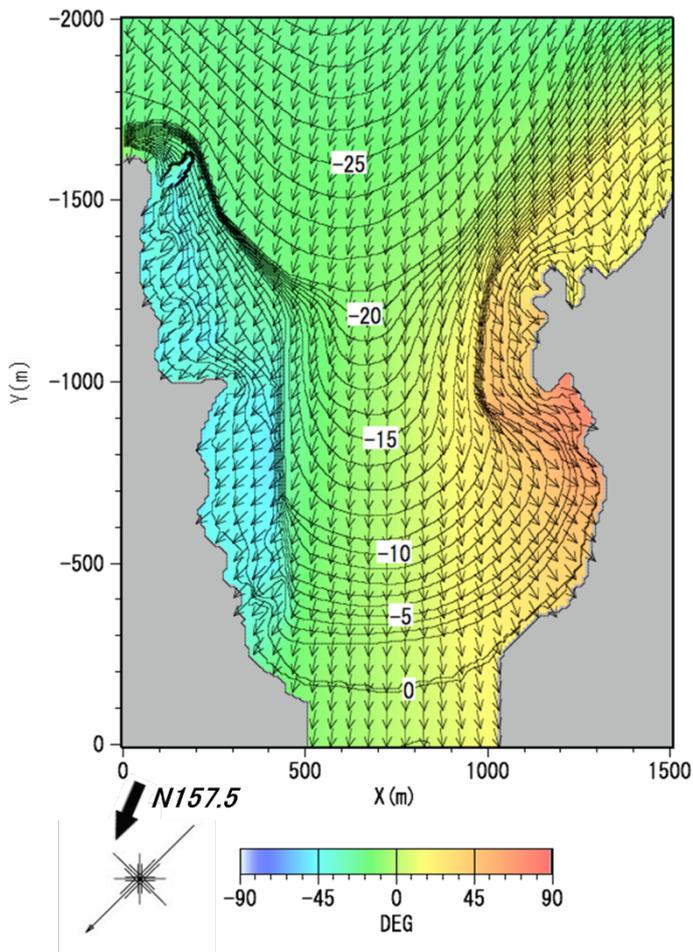
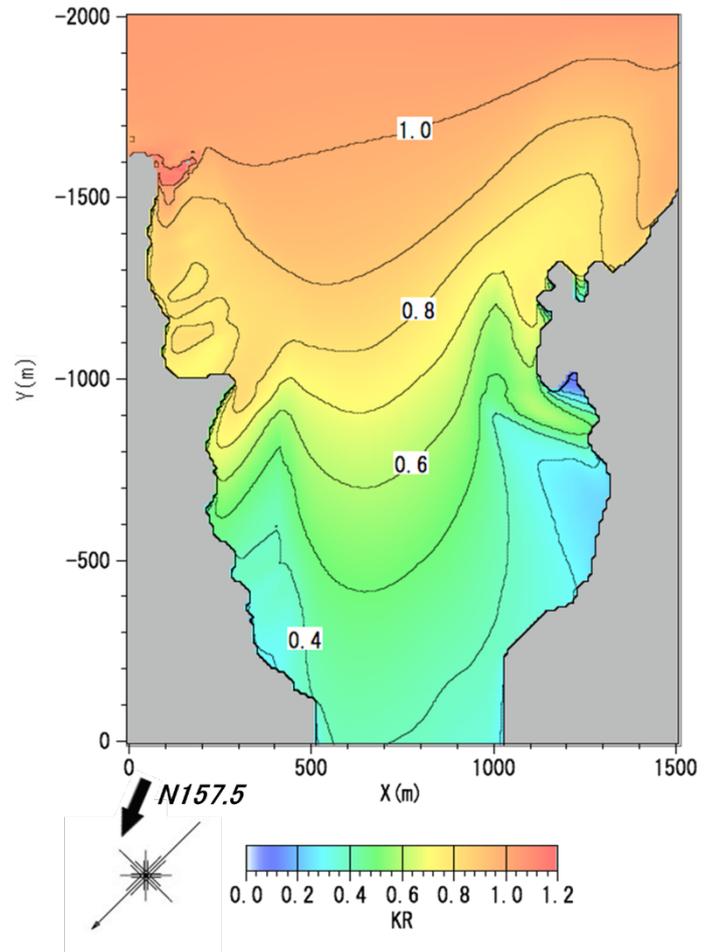
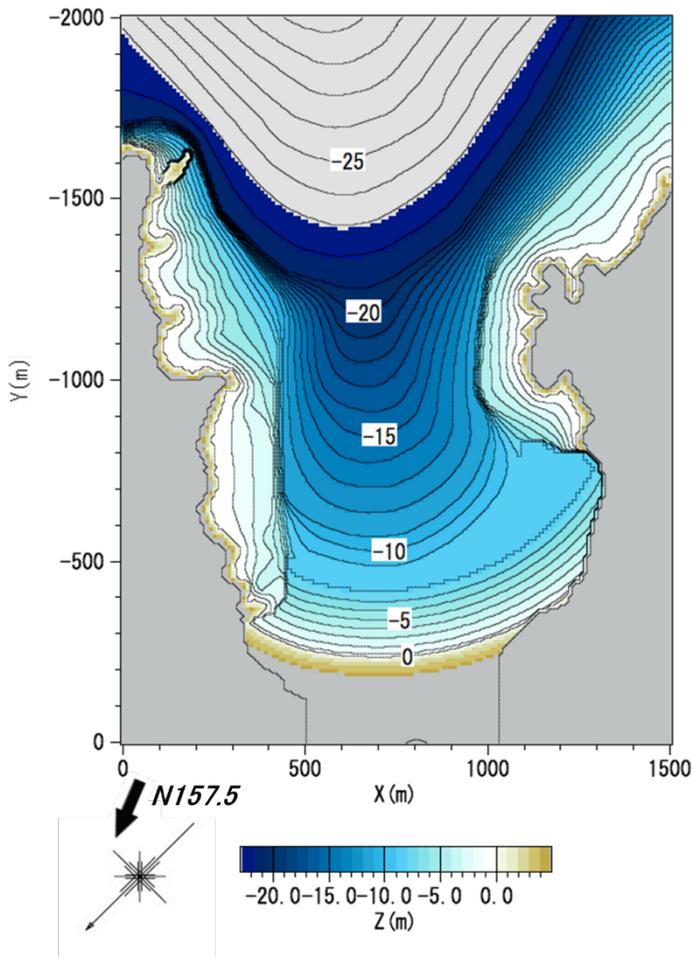
CASE1-2 ($H=1.0$, $T=8.0s$, $\theta_w = \text{ESE: } N112.5^\circ \text{ E}$)



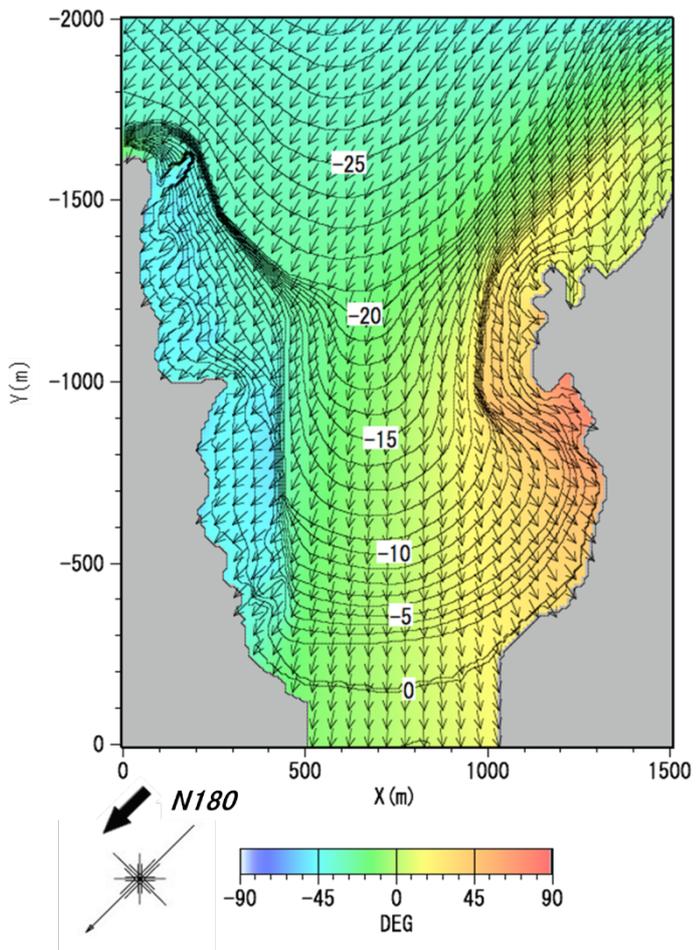
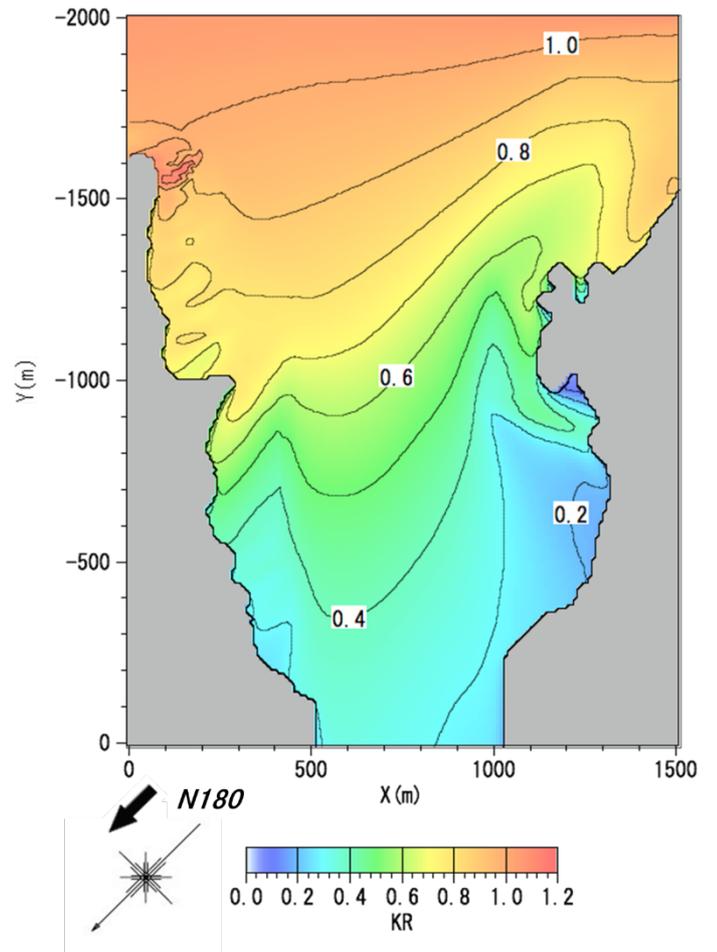
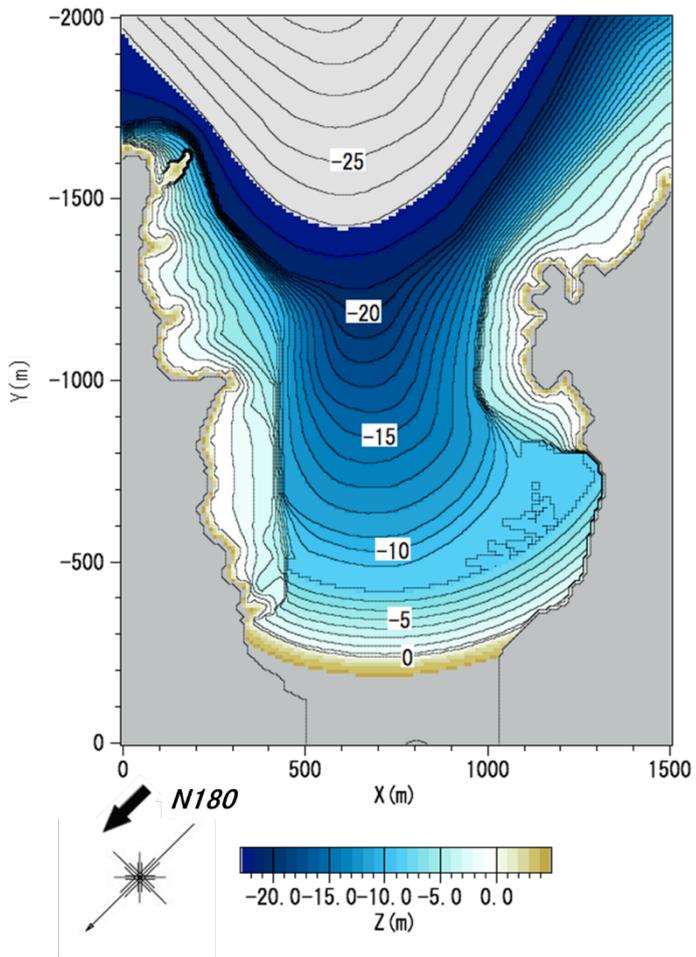
CASE1-3 (H=1.0, T=8.0s, $\theta_w = \text{SE: N135}^\circ \text{ E}$)



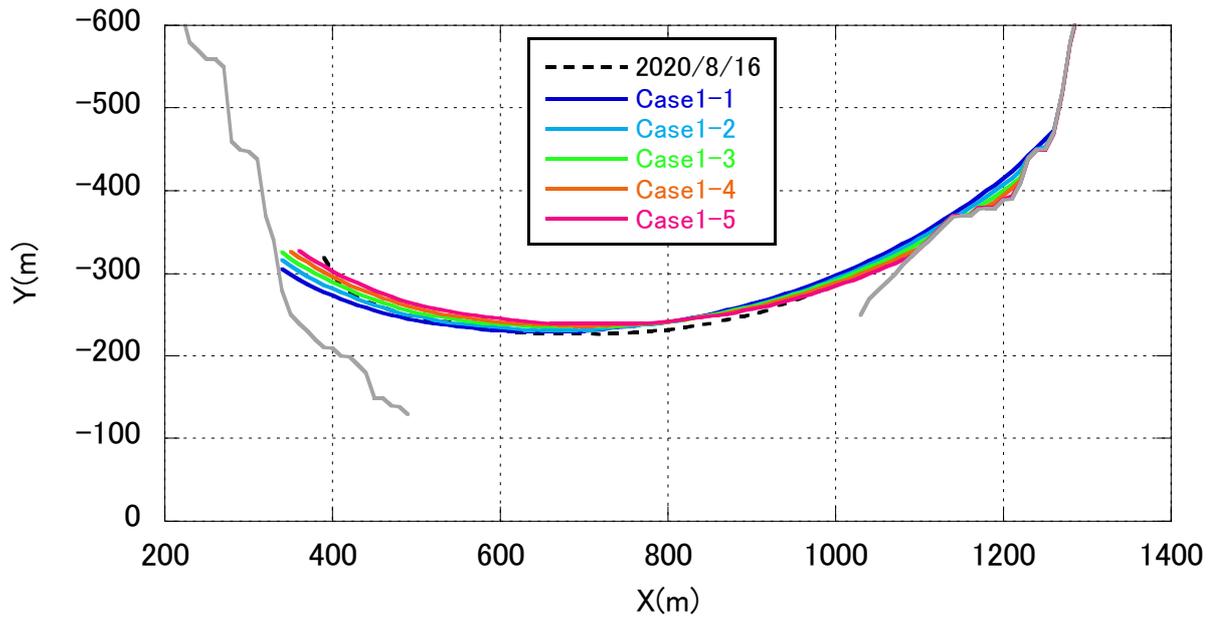
CASE1-4 (H=1.0, T=8.0s, $\theta_w = \text{SSE: N157.5}^\circ \text{ E}$)



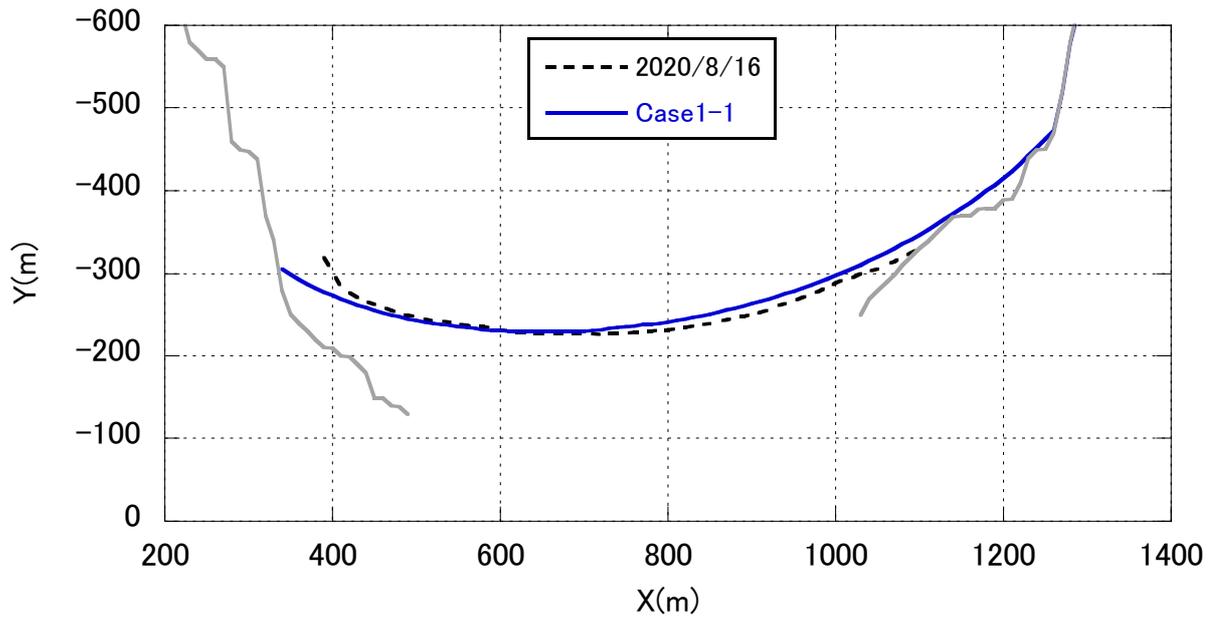
CASE1-5 (H=1.0、T=8.0s、 $\theta_w = S$: N180° E)



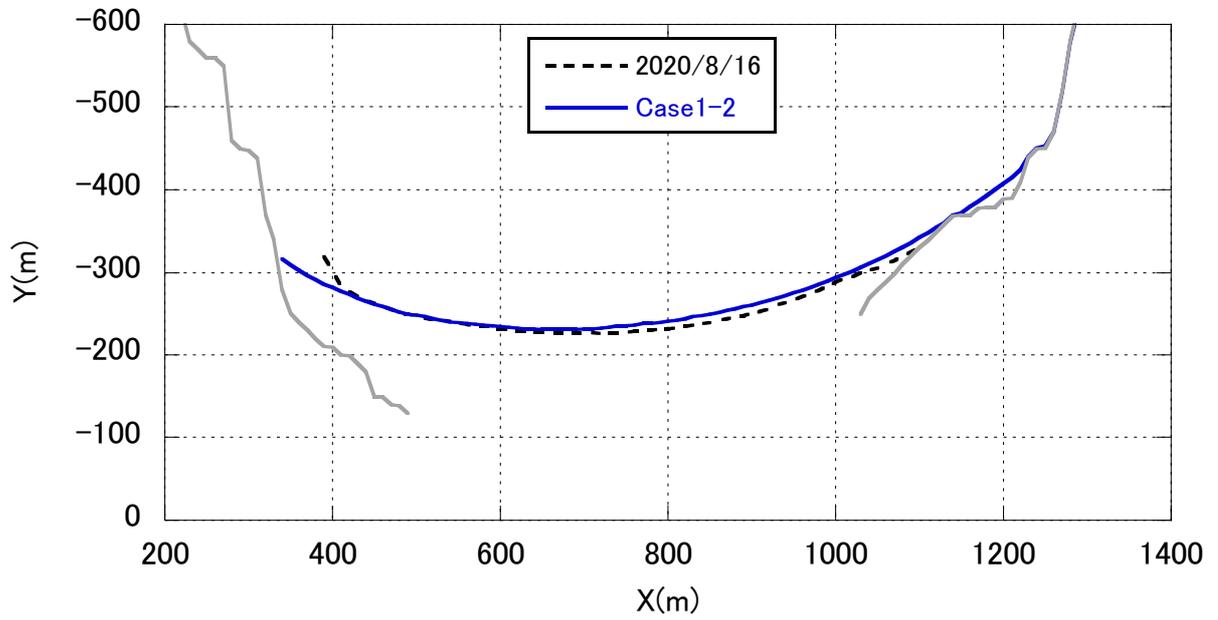
汀線形状 (Case1-1~1-5)



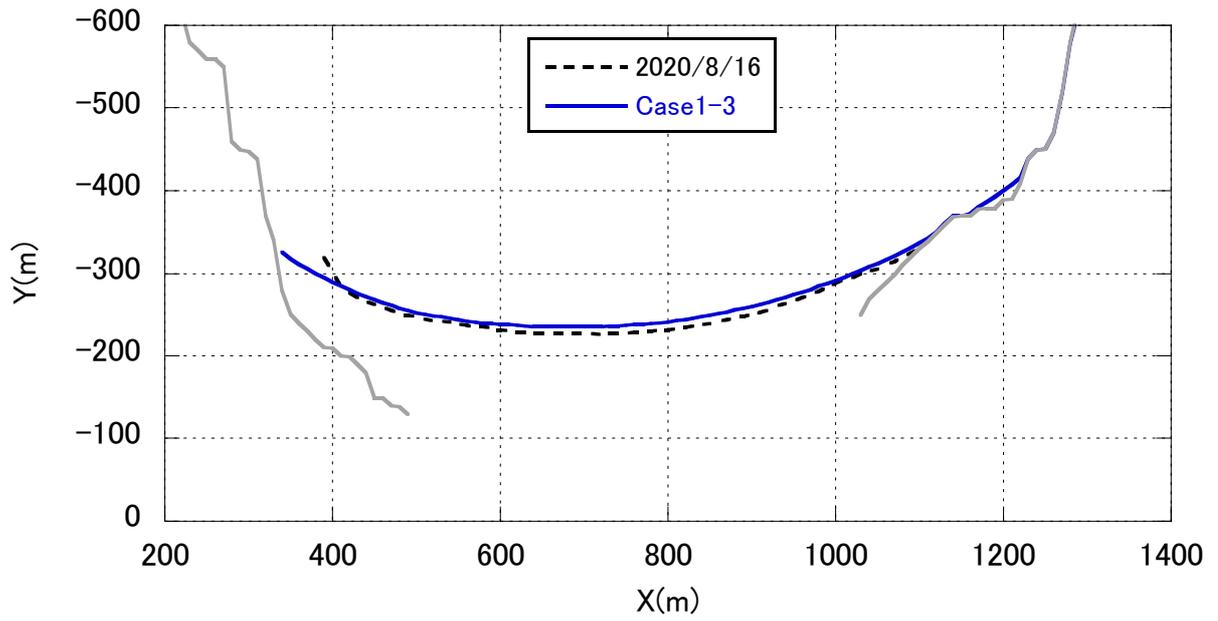
汀線形狀 (Case1-1)



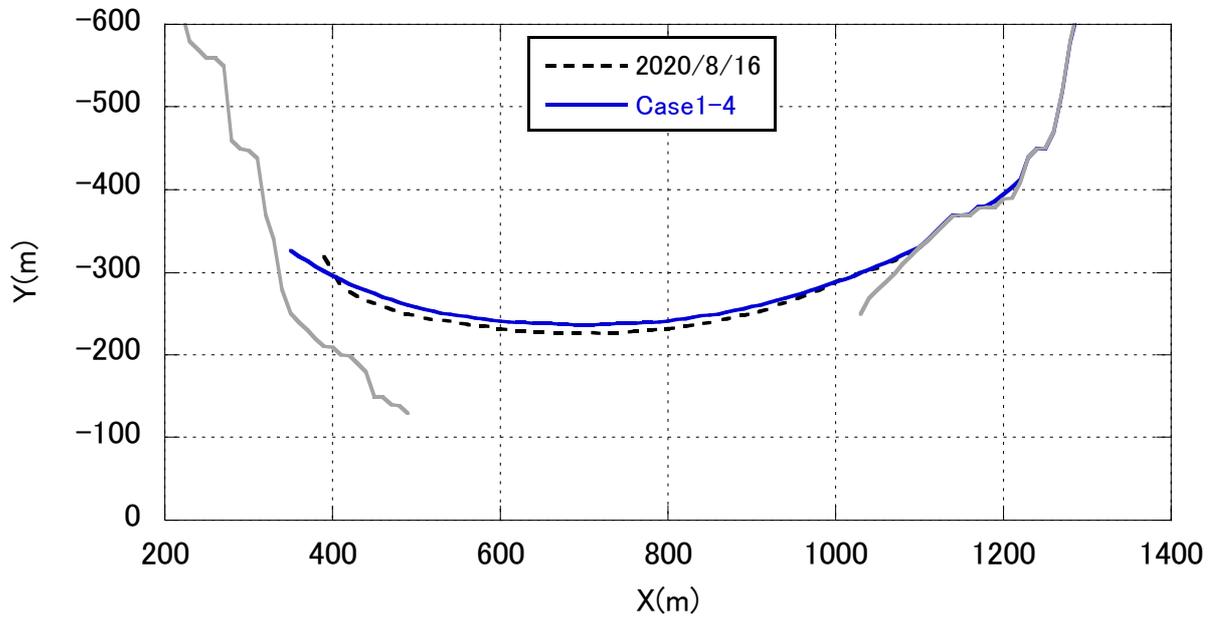
汀線形狀 (Case1-2)



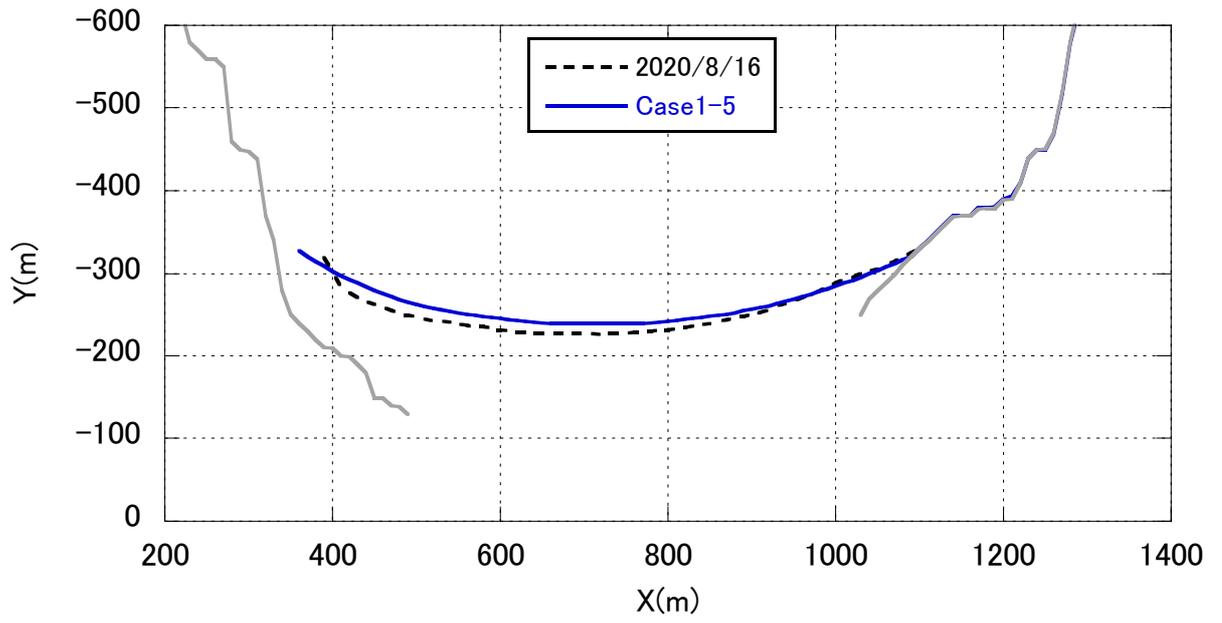
汀線形狀 (Case1-3)



汀線形狀 (Case1-4)



汀線形狀 (Case1-5)



資料-2 瀬戸内町関連計画

瀬戸内町地域防災計画（2020年6月1日）

<http://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/chiiki-bosai.html>

指定避難所：嘉徳集会所（地区住民数 18名：令和2年3月末 現在）

土石流危険溪流、急傾斜地崩壊危険箇所である。

<http://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/documents/08no2bosairyoku.pdf>

<https://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/documents/r2hinanbasyoitiran.pdf>

土石流危険溪流、急傾斜地崩壊危険箇所

<http://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/documents/05.pdf>

瀬戸内町津波防災マップ

<https://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi-link/documents/-3.pdf>

津波浸水想定（鹿児島県資料と同じ）

<https://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/documents/10no2no2sinsuisotezu.pdf>

台風10号に伴う瀬戸内町の対応について

<https://www.town.setouchi.lg.jp/kikikanri/2020taifu10.html>

避難勧告等に関するガイドライン

<https://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/cho/kurashi/bohan/bosai/documents/20190606keikailevel.pdf>

せとうち強靱化計画（平成30年3月）

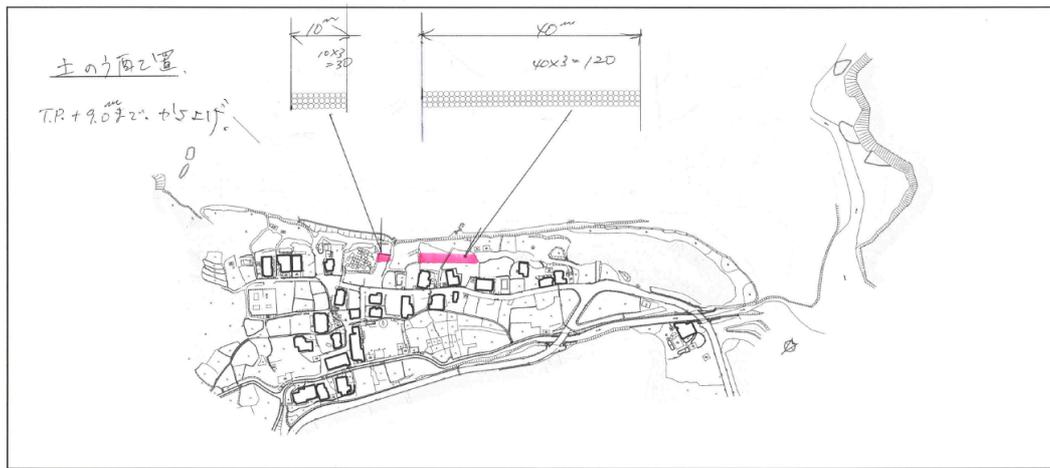
<https://www.town.setouchi.lg.jp/syouboubousai/kyoujinka.html>

鹿児島県水防計画書

<http://www.pref.kagoshima.jp/ah07/infra/kasen-sabo/suibo/r2suiboukeikakusyo.html>

資料-3 海岸法 23 条関係

緊急時の砂丘の脆弱部の補強などについて



資料-4 関係法令一覧

奄美群島振興開発特別措置法

海岸法

災害対策基本法（瀬戸内町地域防災計画）

国土強靱化基本法（せとうち強靱化計画）

都市計画法（瀬戸内町長期振興計画、防災都市づくり計画）

水防法（水防計画）

国庫負担法（原型復旧）

国有財産法

河川法（嘉徳川）

森林法

漁港漁場整備法

漁業法

環境基本法

自然公園法（国立公園）

津波対策の推進に関する法律（津波対策法、ハザードマップほか）

津波防災地域づくりに関する法律（津波法：浸水想定、津波災害警戒区域）

道路法（嵩上げ）

集落地域整備法

地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律

