



浜岡原子力発電所
基準津波の策定のうち
地震以外の要因による津波について
(補足説明資料)

2020年5月21日

目次

1	防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および 取水路出口流路縮小箇所構造	3	
2	敷地周辺海域のDEMによる鯨瞰図およびアナグリフ画像	16	
3	海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細	35	
4	既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の 地形判読調査結果	70	
5	海底地すべりの津波の計算条件の詳細	84	
6	複数の海底地すべりが同時発生した場合の影響検討	102	C2,C3
7	海底地すべりの津波伝播状況のスナップショット	126	
8	ハワイ付近の海底地すべりに関する検討	184	
9	国内外の主な火山現象による津波観測記録一覧表	194	
10	個別火山の津波発生要因に関する調査結果の詳細	198	
11	巨大噴火の履歴を持つ地域との比較分析	267	
12	伊豆小笠原弧における噴火規模に関する調査の詳細	281	
13	海中噴火・カルデラ陥没等の津波予測式の適用性検討	303	C5
14	海中噴火の規模に関する感度分析	314	

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および 取水路出口流路縮小箇所^①の構造

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

防波壁・改良盛土の構造：概要

- 防波壁は、基準津波による遡上波の地上部からの流入を防止するため、敷地前面の海側に沿って延長約1.6kmにわたり設置。天端高さはT.P.+22mで、設置位置の状況を考慮した構造形式。
- 改良盛土は、防波壁両端部の東西敷地境界付近に設置。天端高さはT.P.+22～24mで、セメント改良土を主体とした盛土構造。

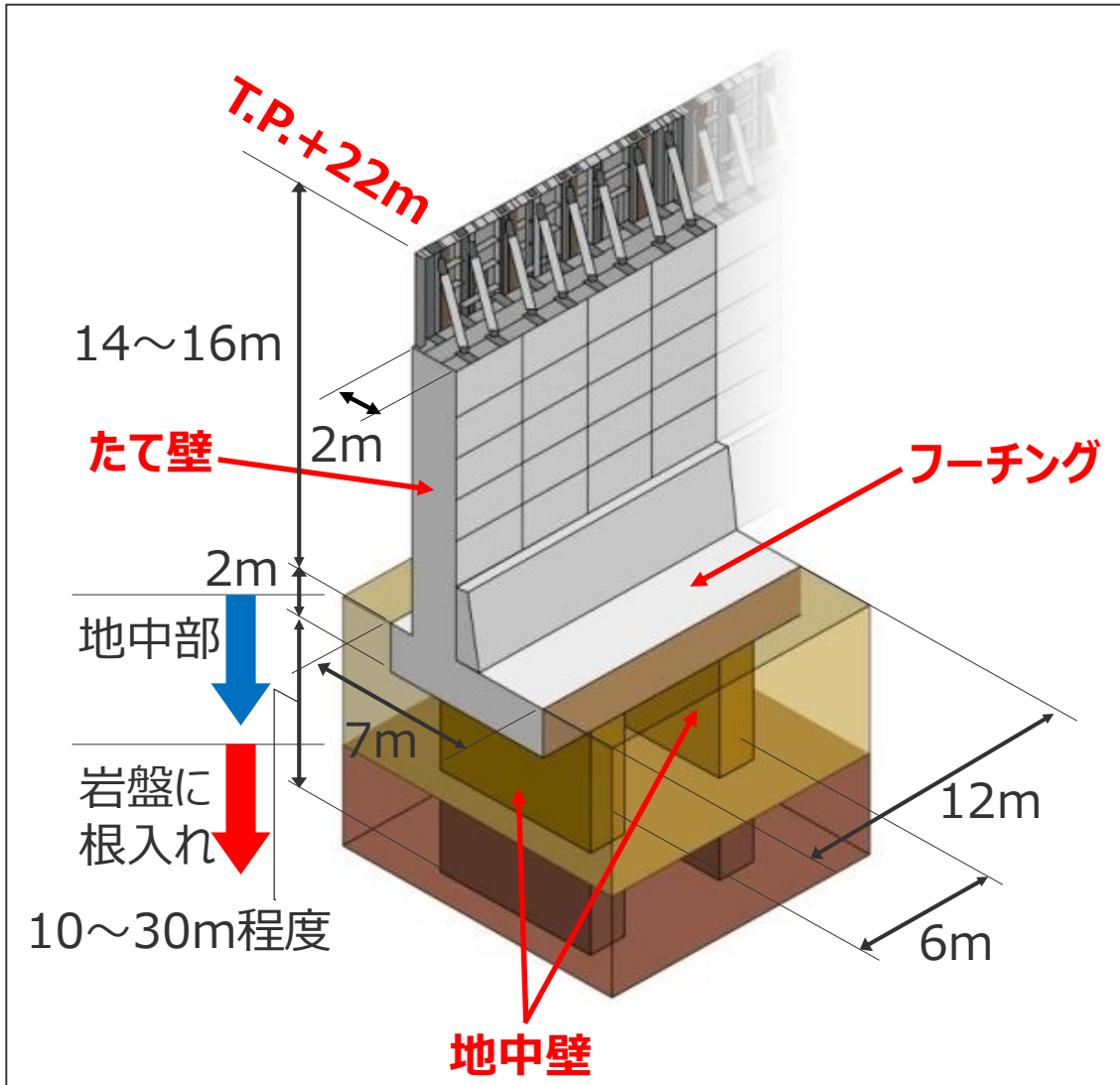


防波壁・改良盛土に関しては、今後、基準津波の確定後、必要な対策を施していく。

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

防波壁の構造：一般部の構造

- L型形状の壁で、たて壁、フーチング、地中壁で構成。
- 壁1ブロックの幅は12mで、延長方向に計109ブロック構築。



<たて壁>

- ・ 鋼構造で、下部については内部の充填コンクリートおよび鉄筋コンクリートで補強している。（表面は鉄筋コンクリート製パネルで被覆している。）

<フーチング>

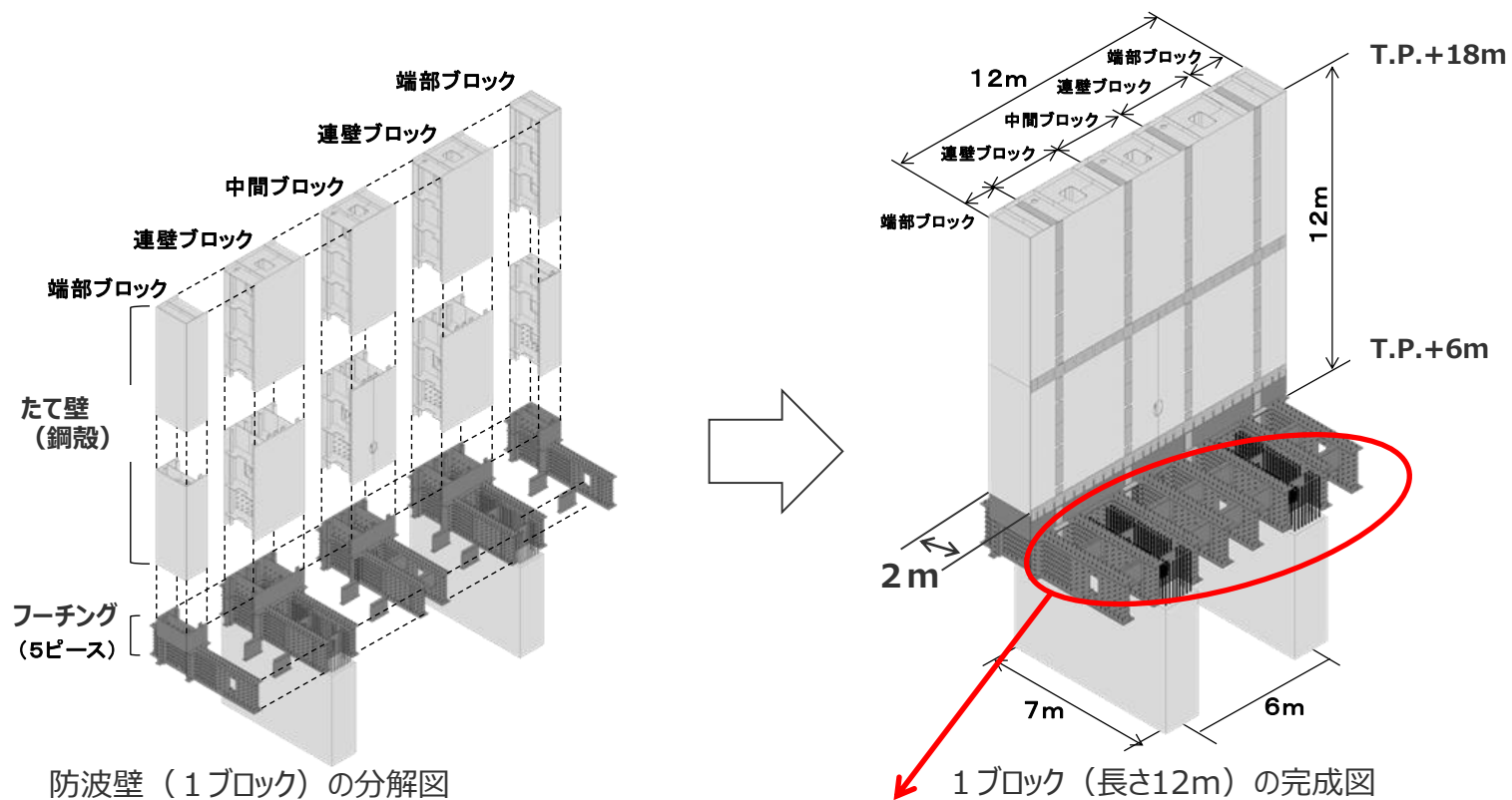
- ・ 壁の底版部で、鉄骨鉄筋コンクリート構造であり、地中壁と結合している。

<地中壁>

- ・ 鉄筋コンクリート構造で、岩盤に根入れした構造としている。
- ・ 壁1ブロックあたり2基を設置している。

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

防波壁の構造：一般部の組立概要



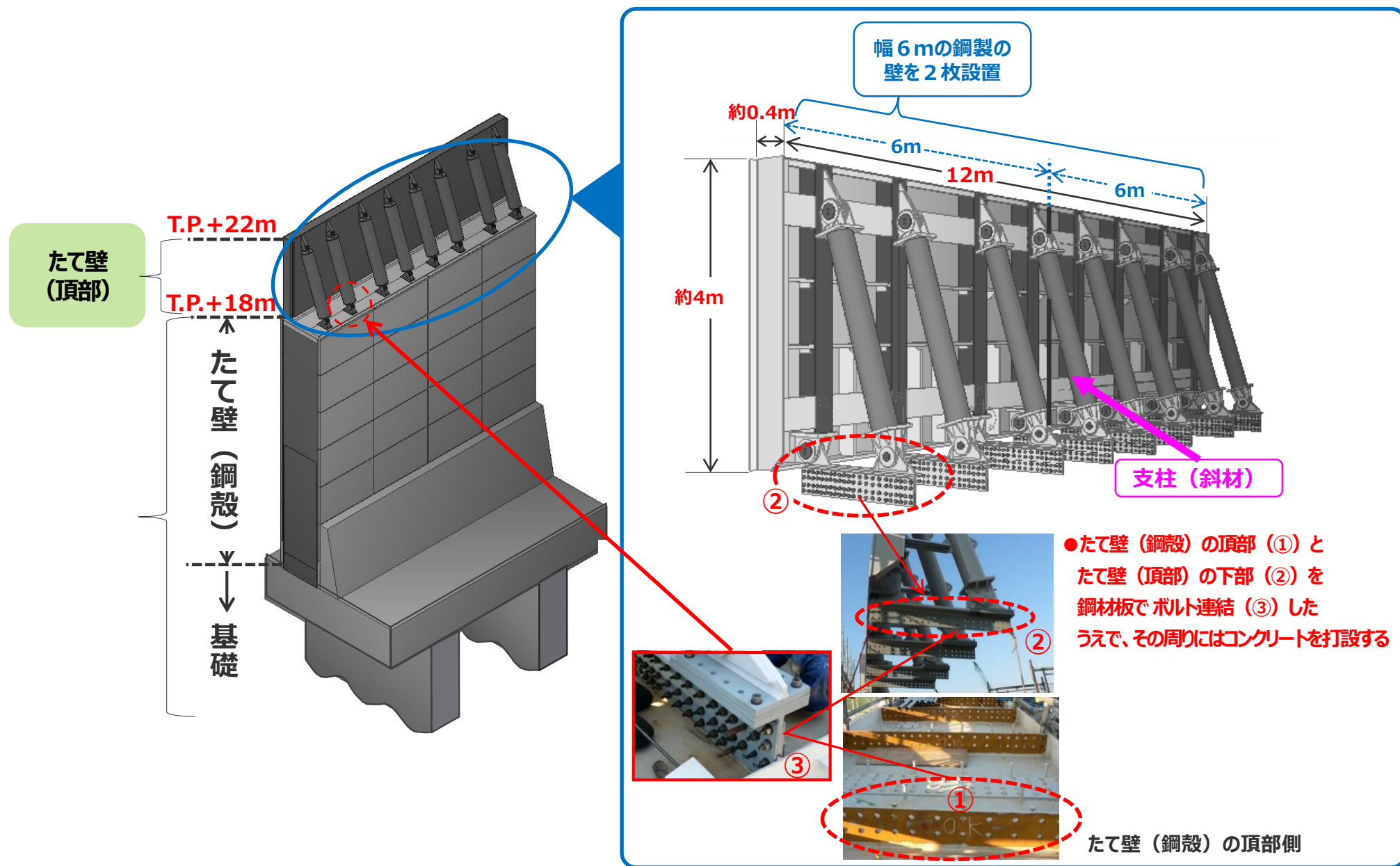
防波壁（1ブロック）の分解図

1ブロック（長さ12m）の完成図

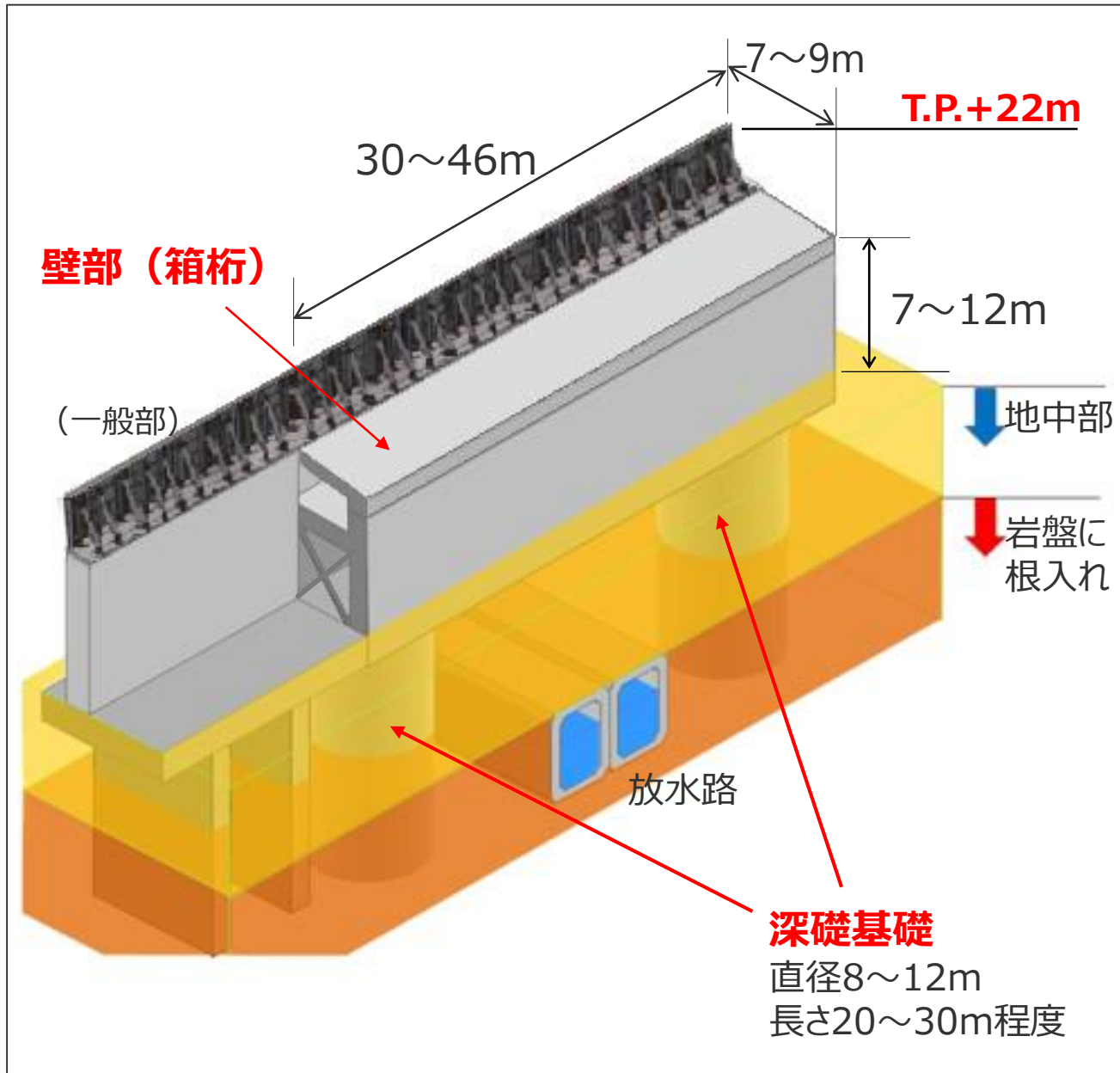


フーチング組立状況

防波壁の構造：一般部の組立概要

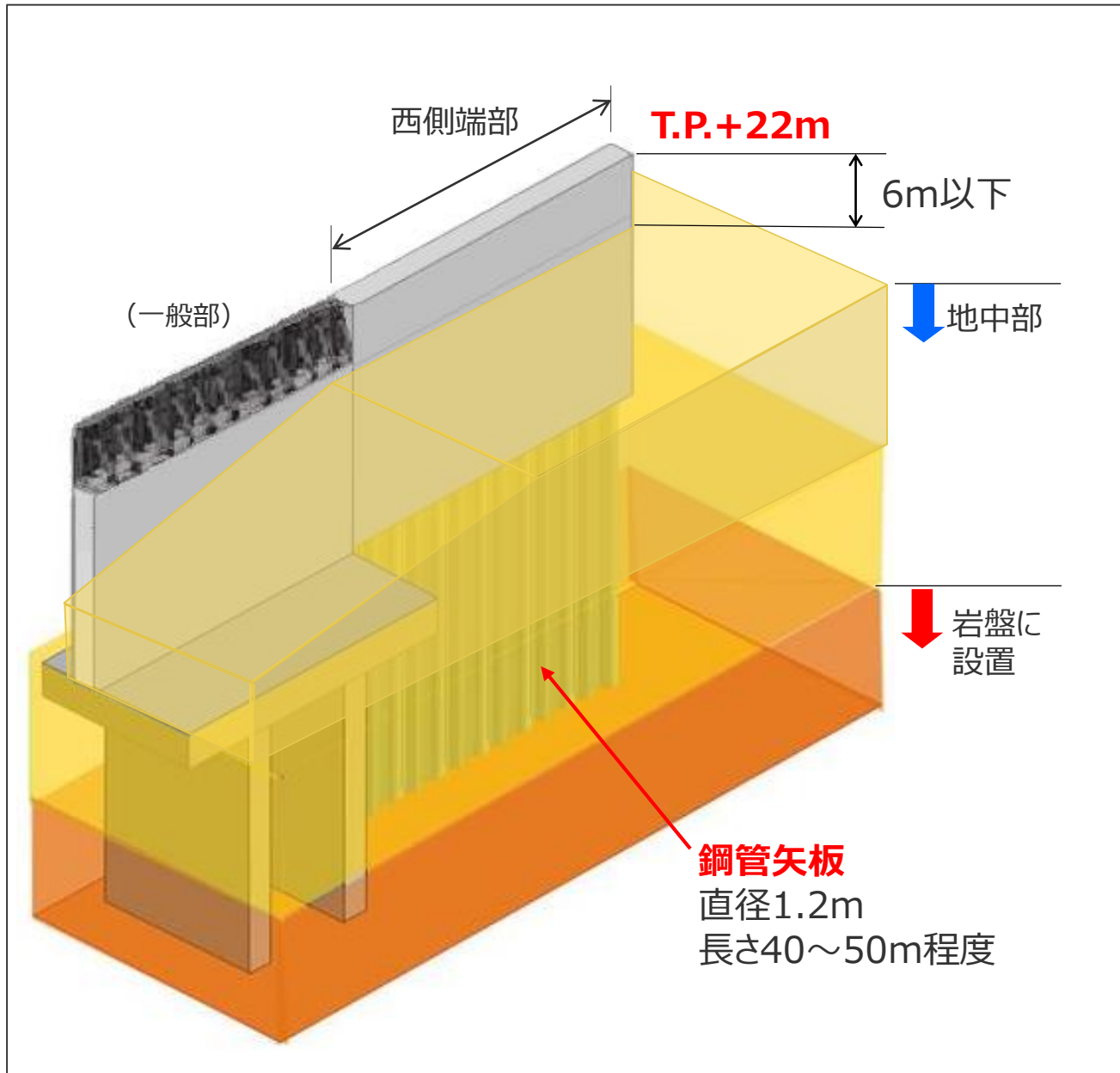


防波壁の構造：放水路部の構造



- 放水路を横断することから、基礎の間隔が長くなる。
- 深礎基礎と箱桁構造の壁部を組み合わせた構造としている。
- 壁部は、鉄筋コンクリート構造を基本とし、一部（海側頂部）は鋼構造としている。
- 深礎基礎は、鉄筋コンクリート構造で、岩盤に根入れしている。

防波壁の構造：西側端部の構造

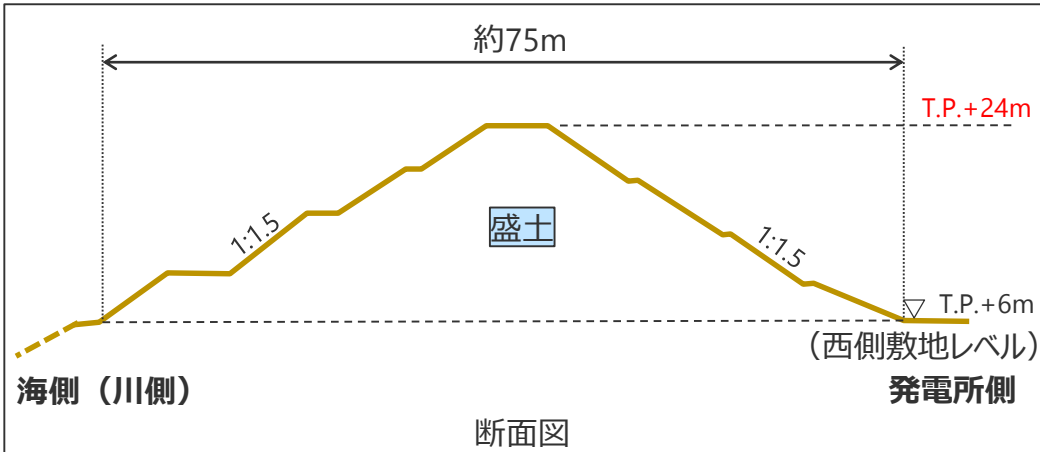


- 設置する地盤の標高が高い（地上の壁の高さが低い）ため、防波壁に作用する波力が小さい。
- ↓
- 壁部と基礎を鋼管矢板で構成する構造としている。
 - 壁部の鋼管矢板の表面は鉄筋コンクリートで被覆している。

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

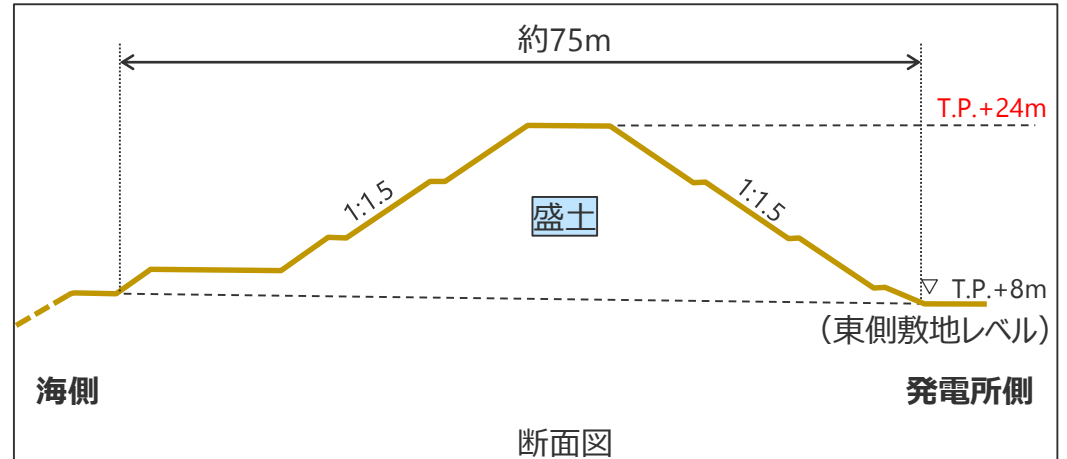
改良盛土の構造：西側盛土・東側盛土

- 防波壁両端部の東西敷地境界付近に設置。
- 天端高さはT.P.+22~24mで、セメント改良土を主体とした盛土構造。



全景

西側盛土



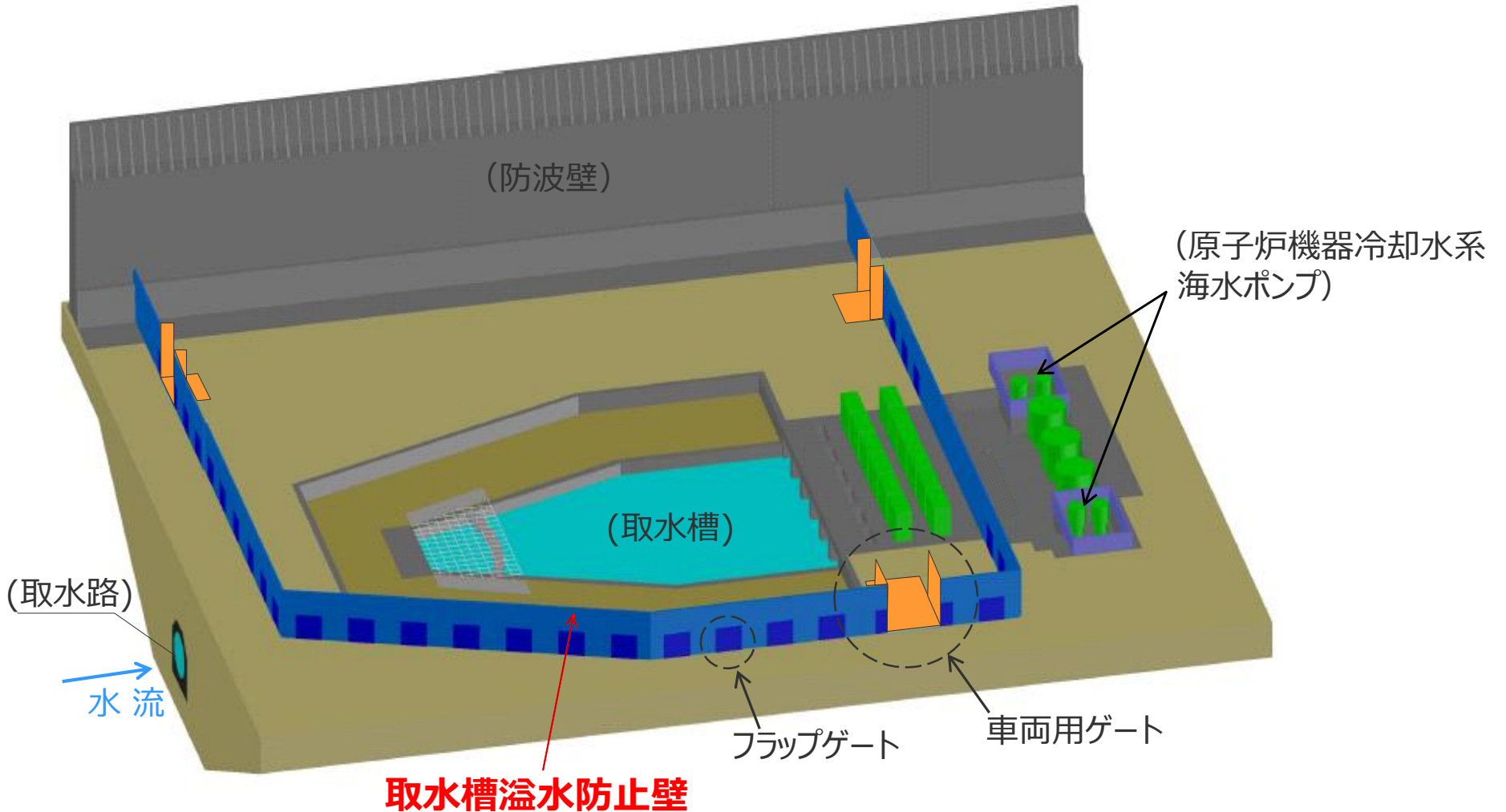
全景

東側盛土

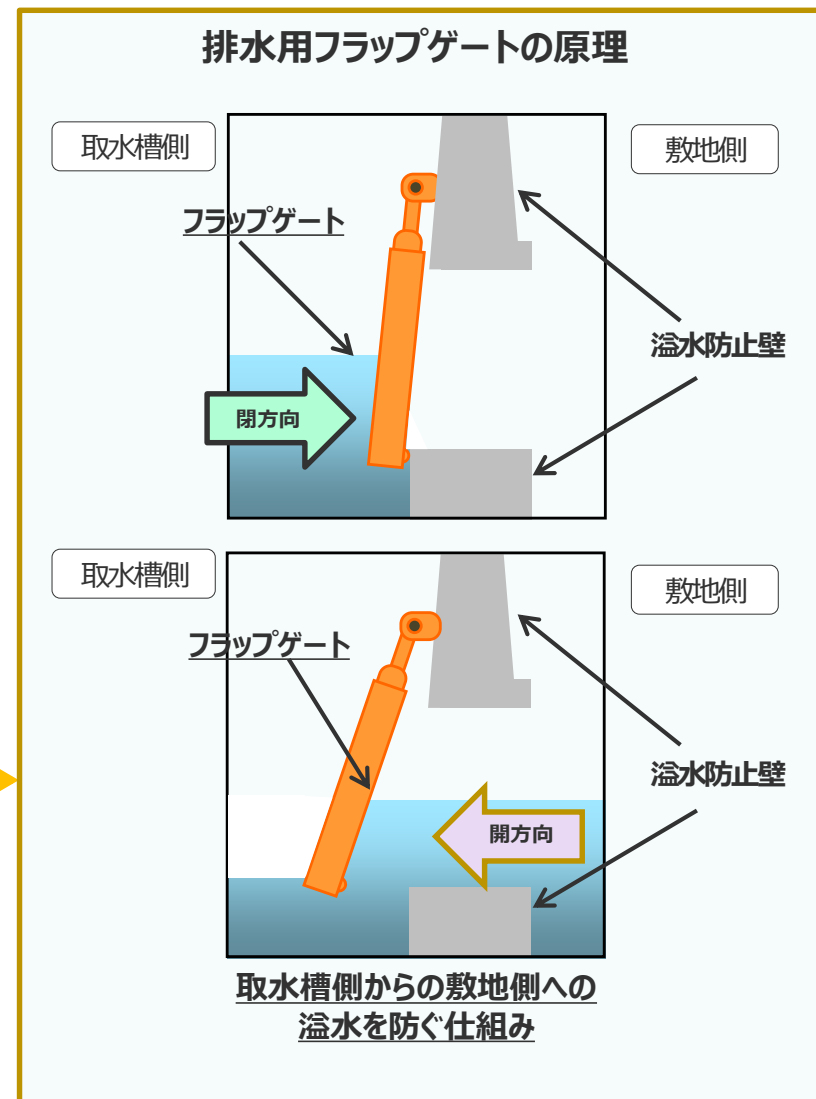
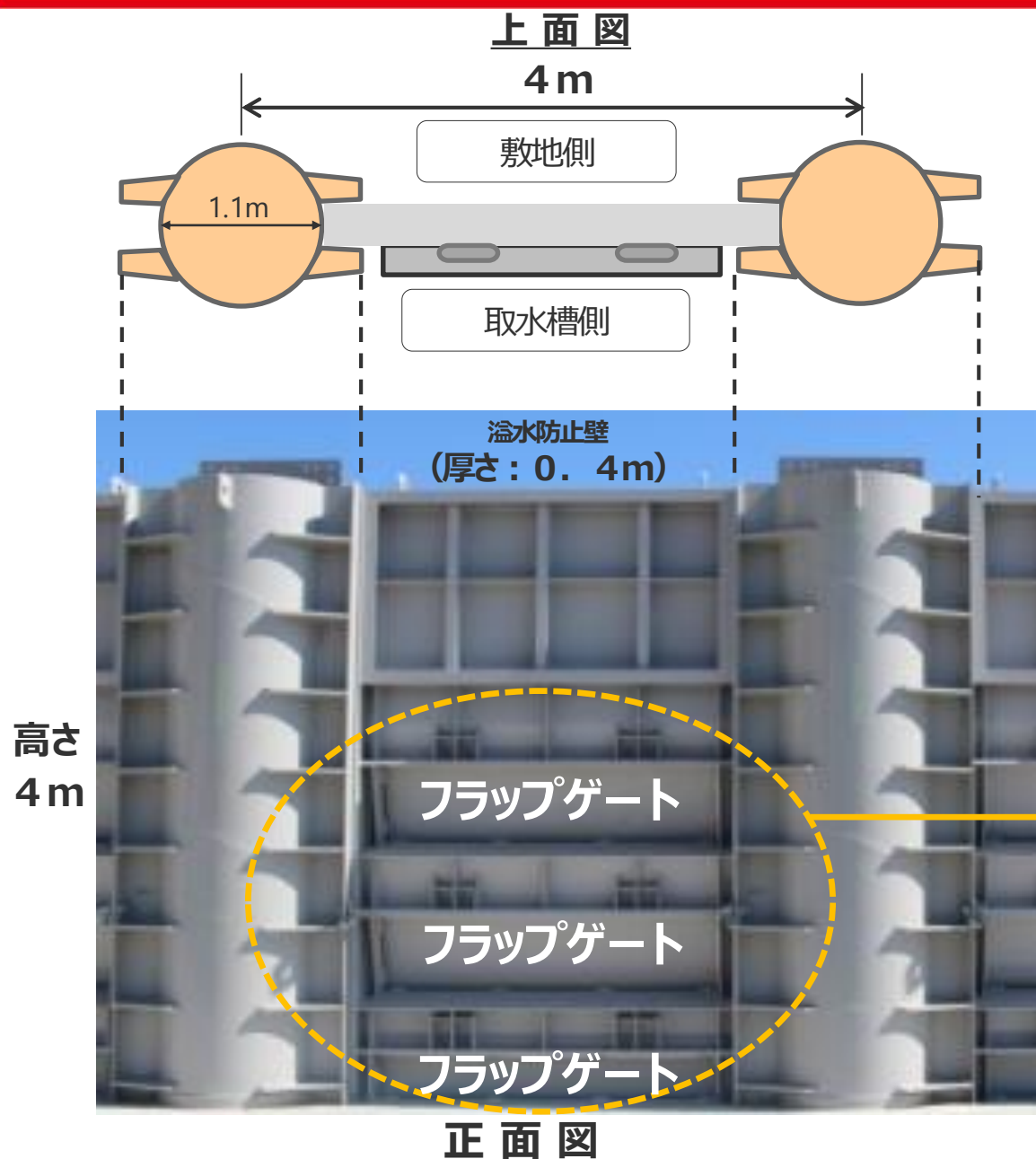
1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造

取水槽溢水防止壁の構造：概要

- 基準津波による海面上昇により取水槽から溢れた海水が敷地に流入することを防止するため、取水槽周囲に設置する津波防護施設。
- 取水槽の周りを囲むように、溢水防止壁（3、4号：天端高さT.P.+10m、5号：天端高さT.P.+12m）を構築。
- 壁部には敷地側から取水槽への排水を促すための排水用フラップゲートを設置。また、壁内へのアクセスのため車両用ゲートを設置。



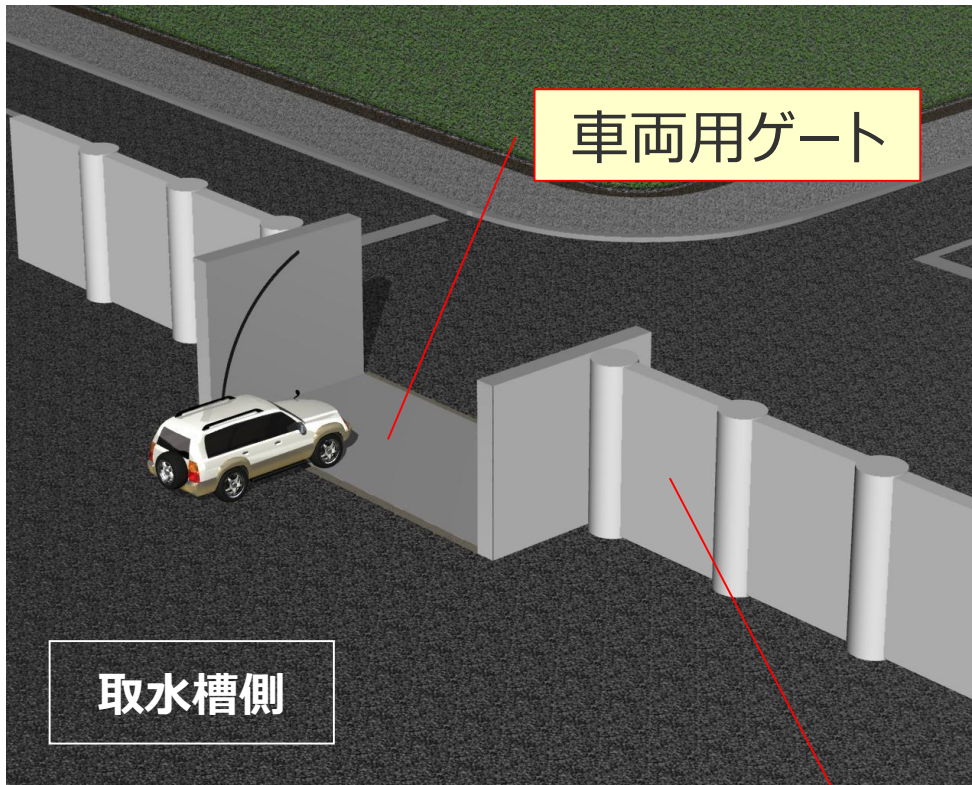
1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造 取水槽溢水防止壁の構造：フラップゲートの作動原理



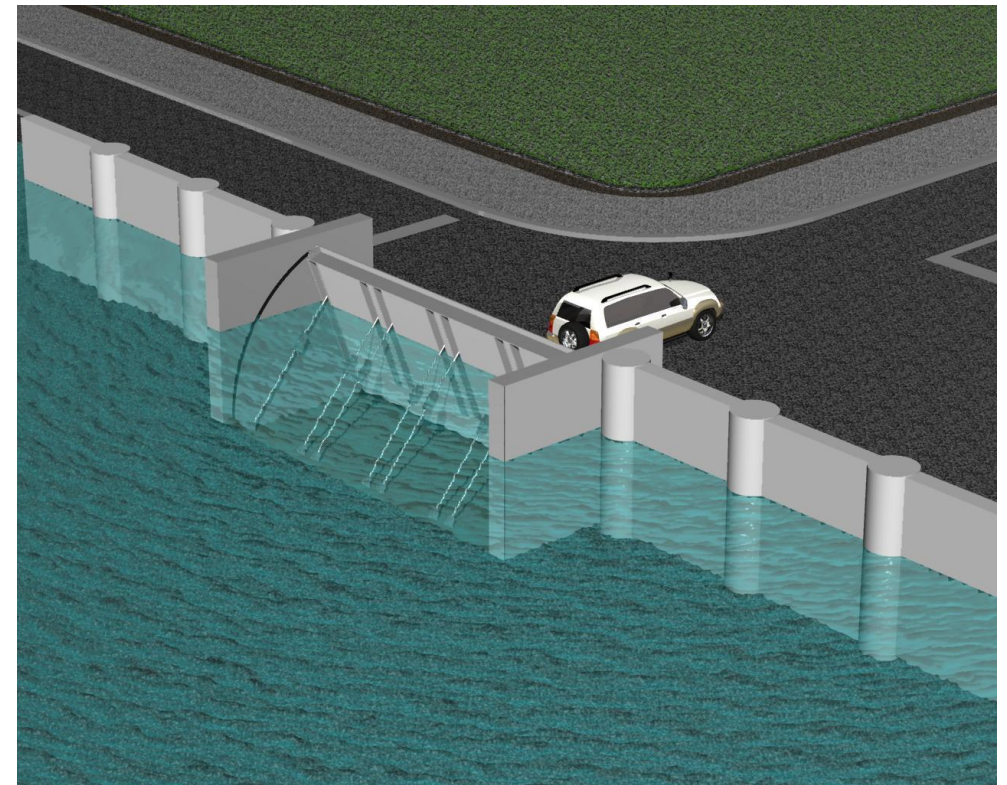
1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造 取水槽溢水防止壁の構造：車両用ゲート起立時イメージ

■ 取水槽からの溢水時、水の浮力等により車両用ゲートが起き上がり、周囲の溢水防止壁と連なって壁構造となる。

<通常時>

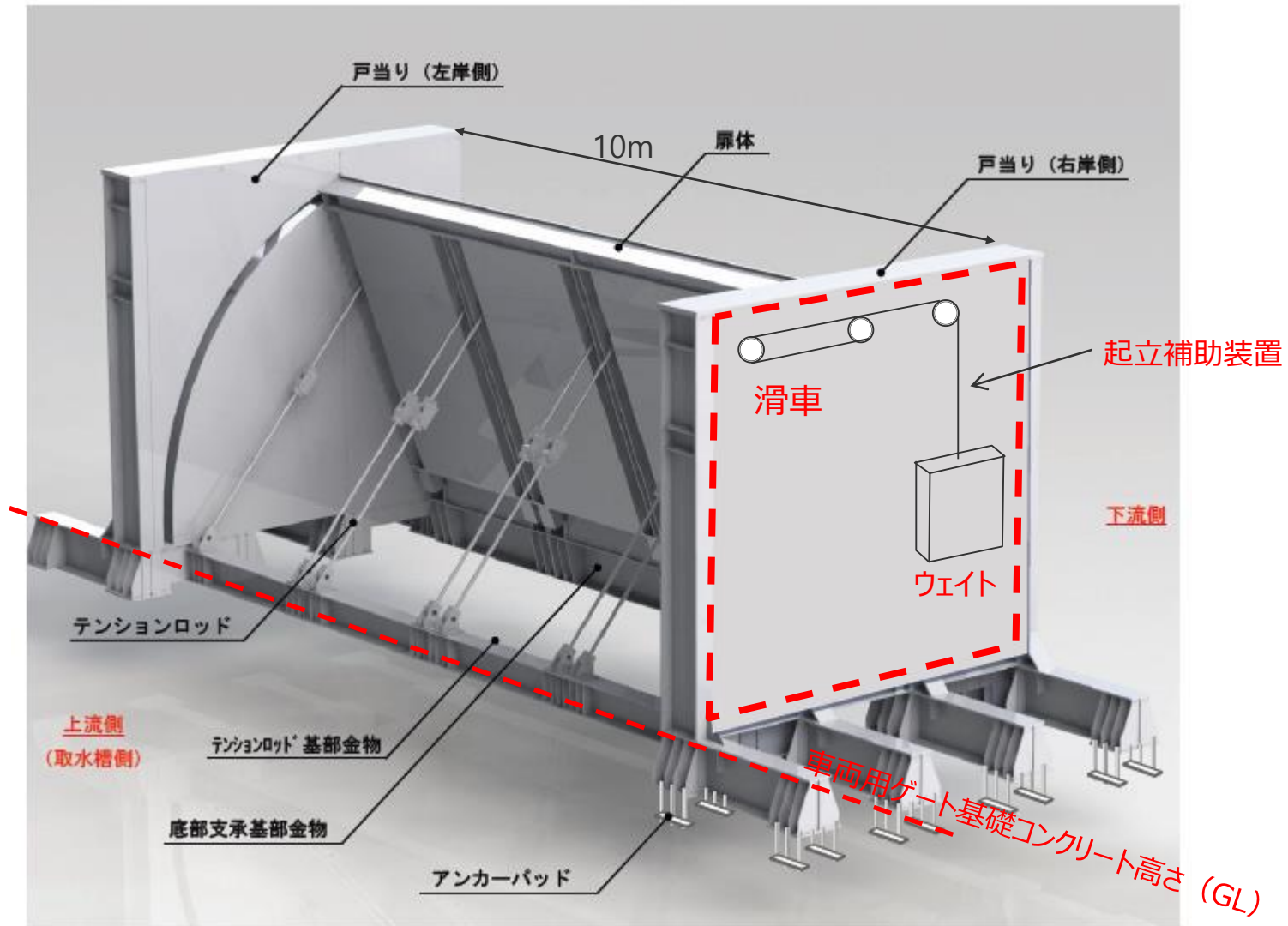


<取水槽溢水時>

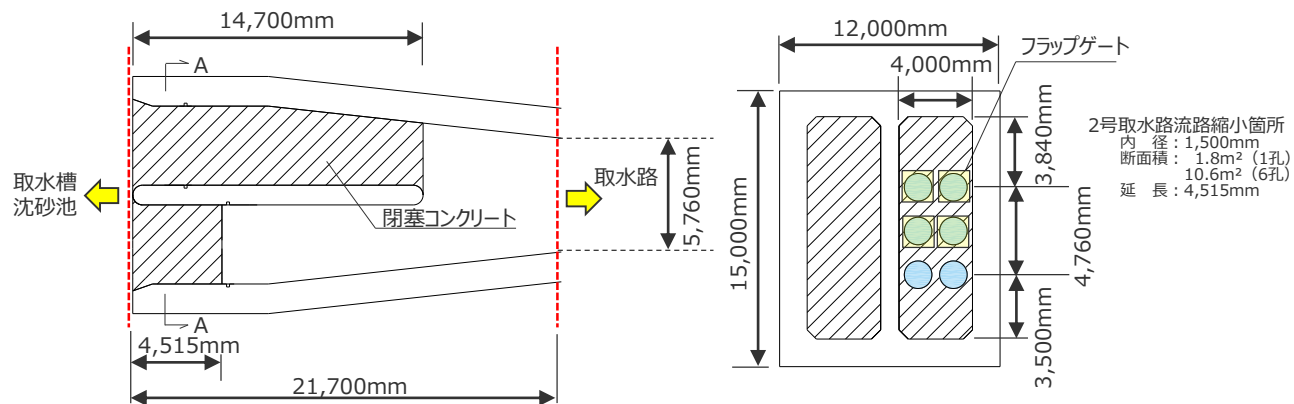
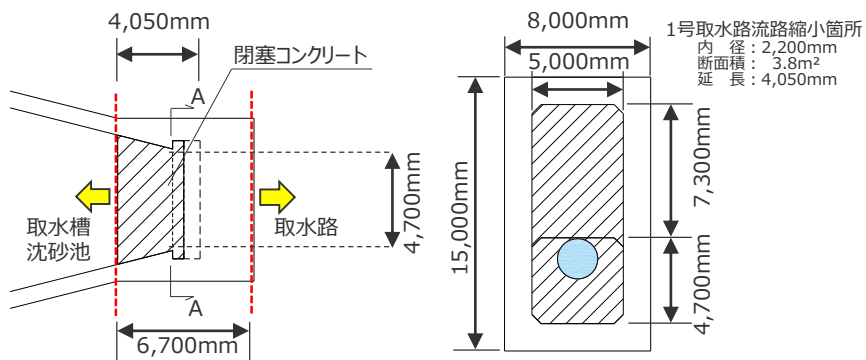
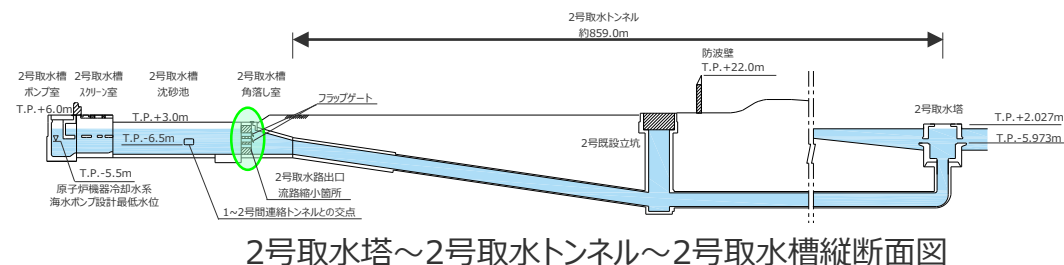
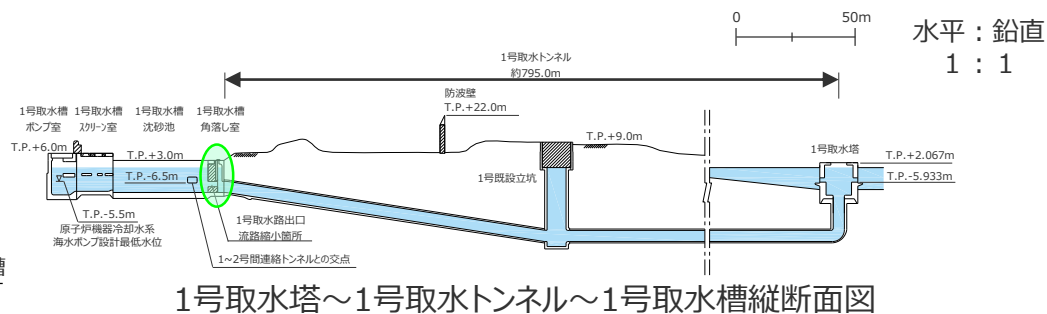
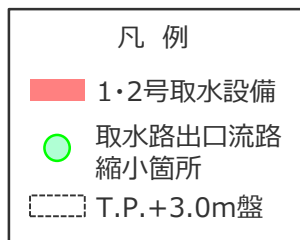
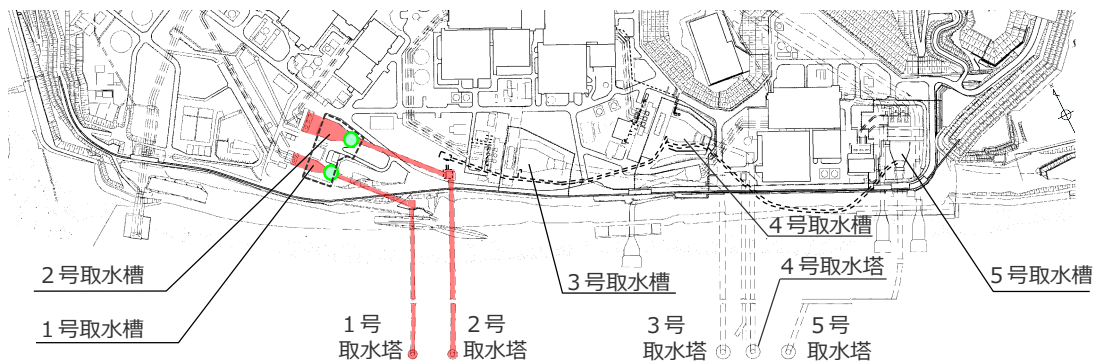


溢水防止壁

1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造 取水槽溢水防止壁の構造：車両用ゲートの構造



1 防波壁・改良盛土、取水槽溢水防止壁および取水路出口流路縮小箇所の構造 取水路出口流路縮小箇所の構造



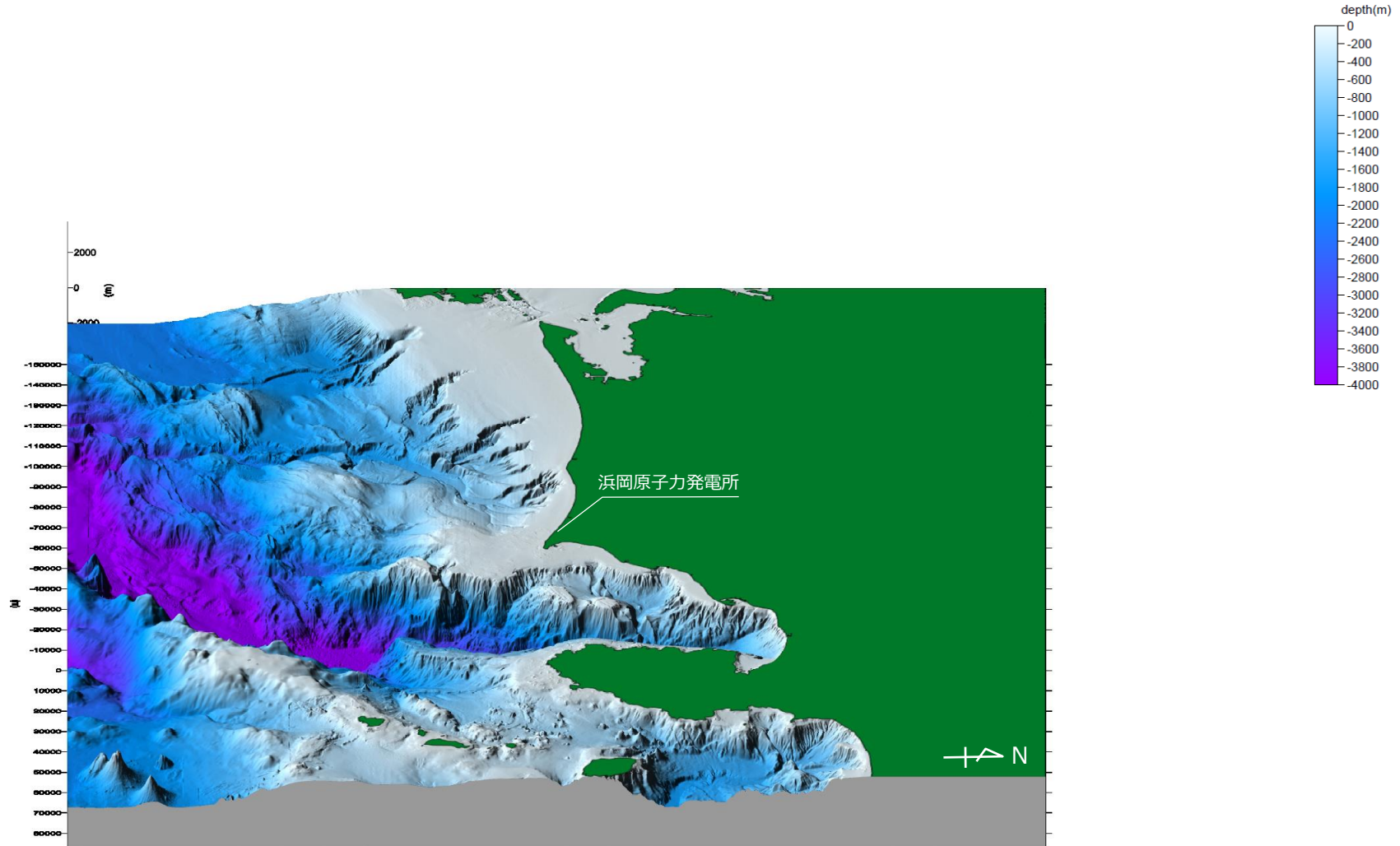
1号取水路出口流路縮小箇所 平面図・A-A断面図

2号取水路出口流路縮小箇所 平面図・A-A断面図

2 敷地周辺海域のDEMによる 鯨瞰図およびアナグリフ画像

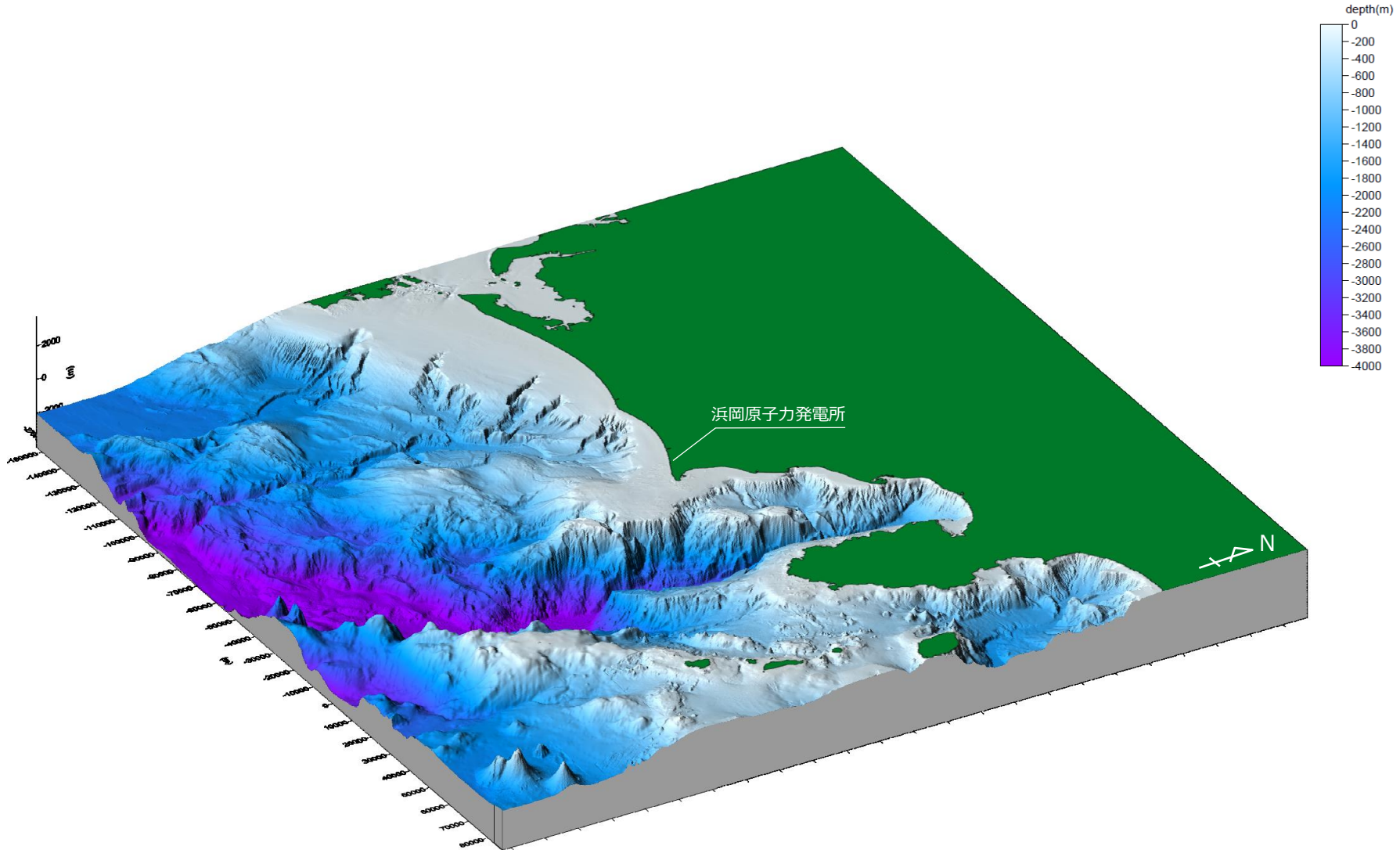
2 敷地周辺海域のDEMによる鯨瞰図およびアナグリフ画像 敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野90°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



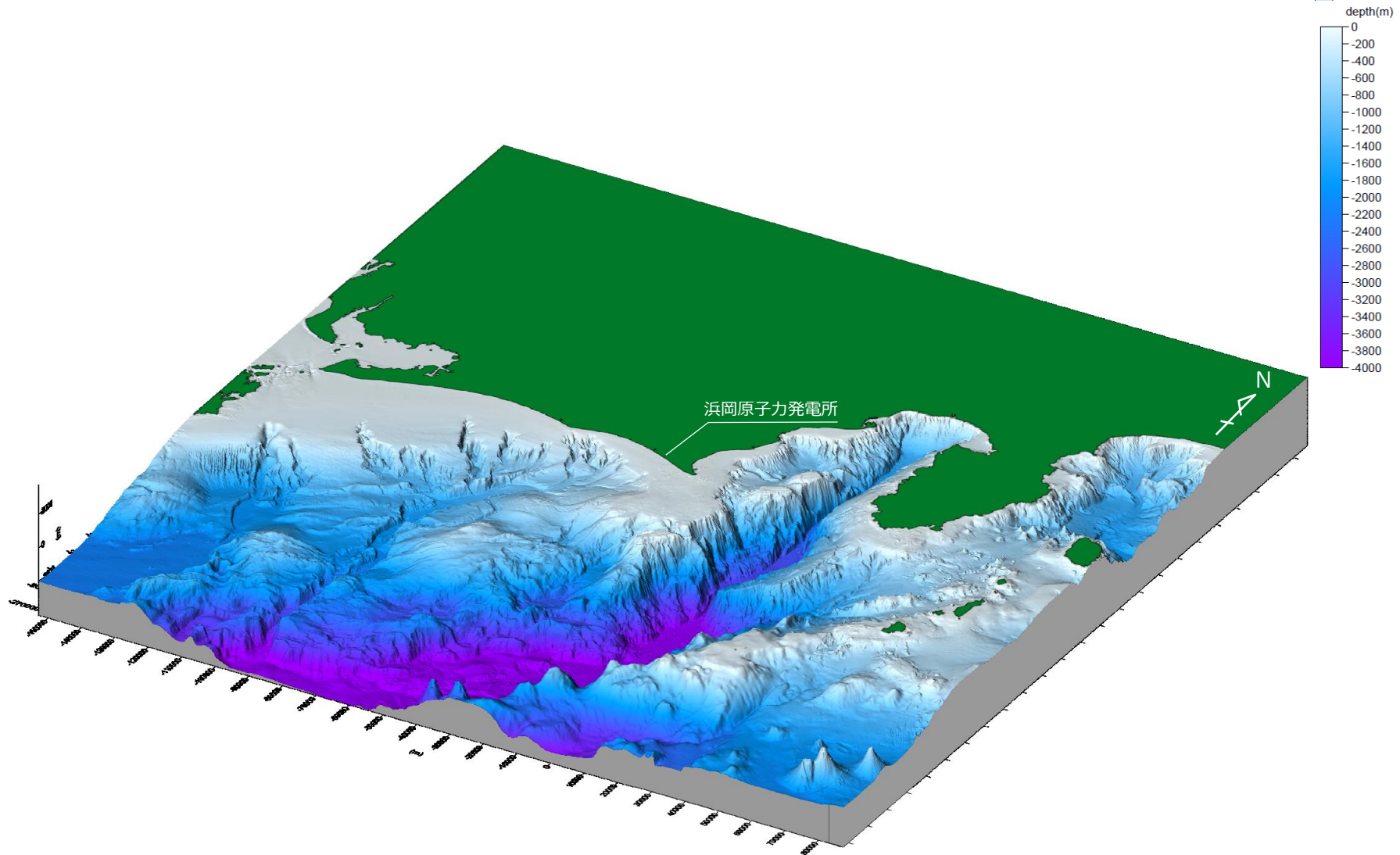
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野120°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



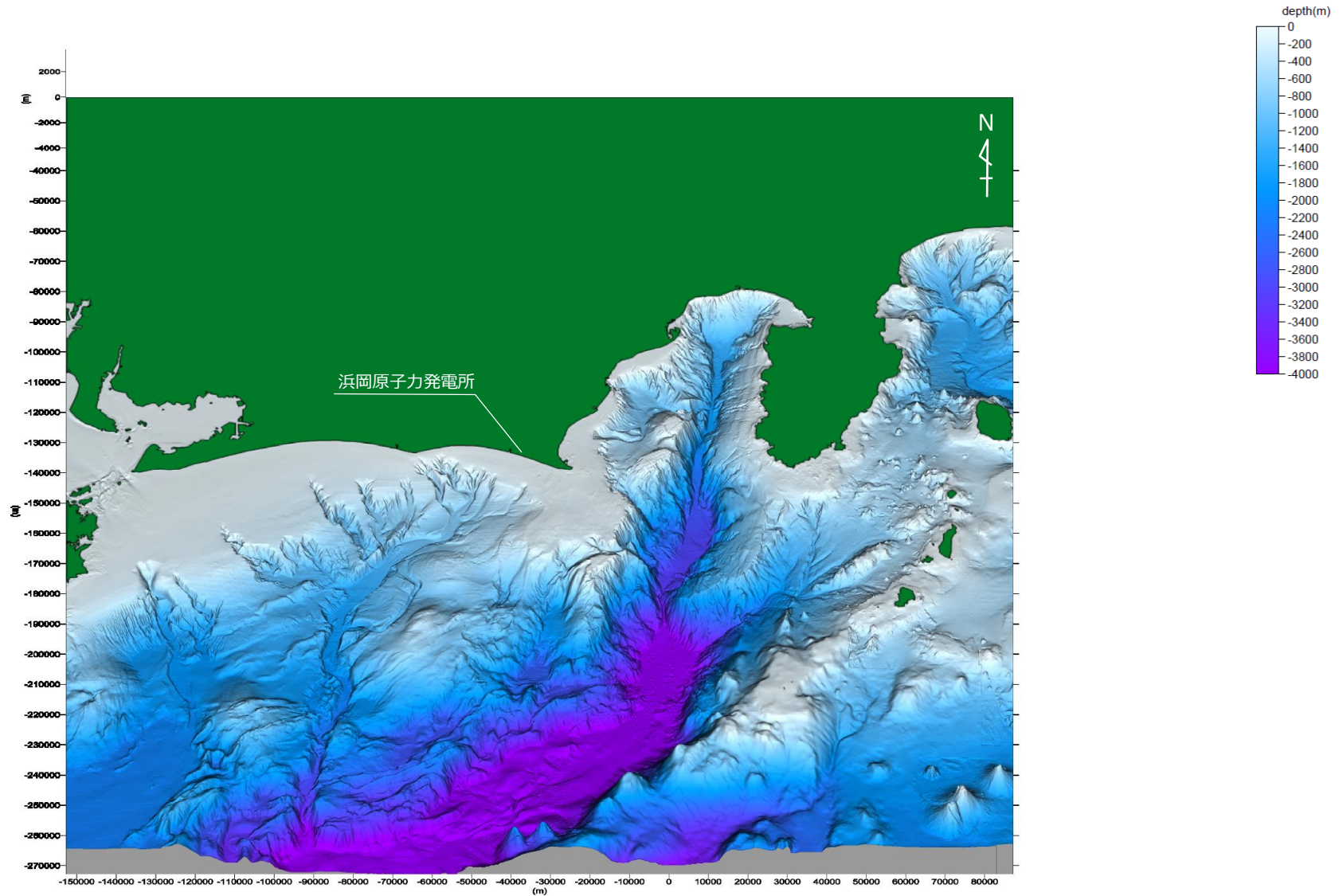
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野150°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



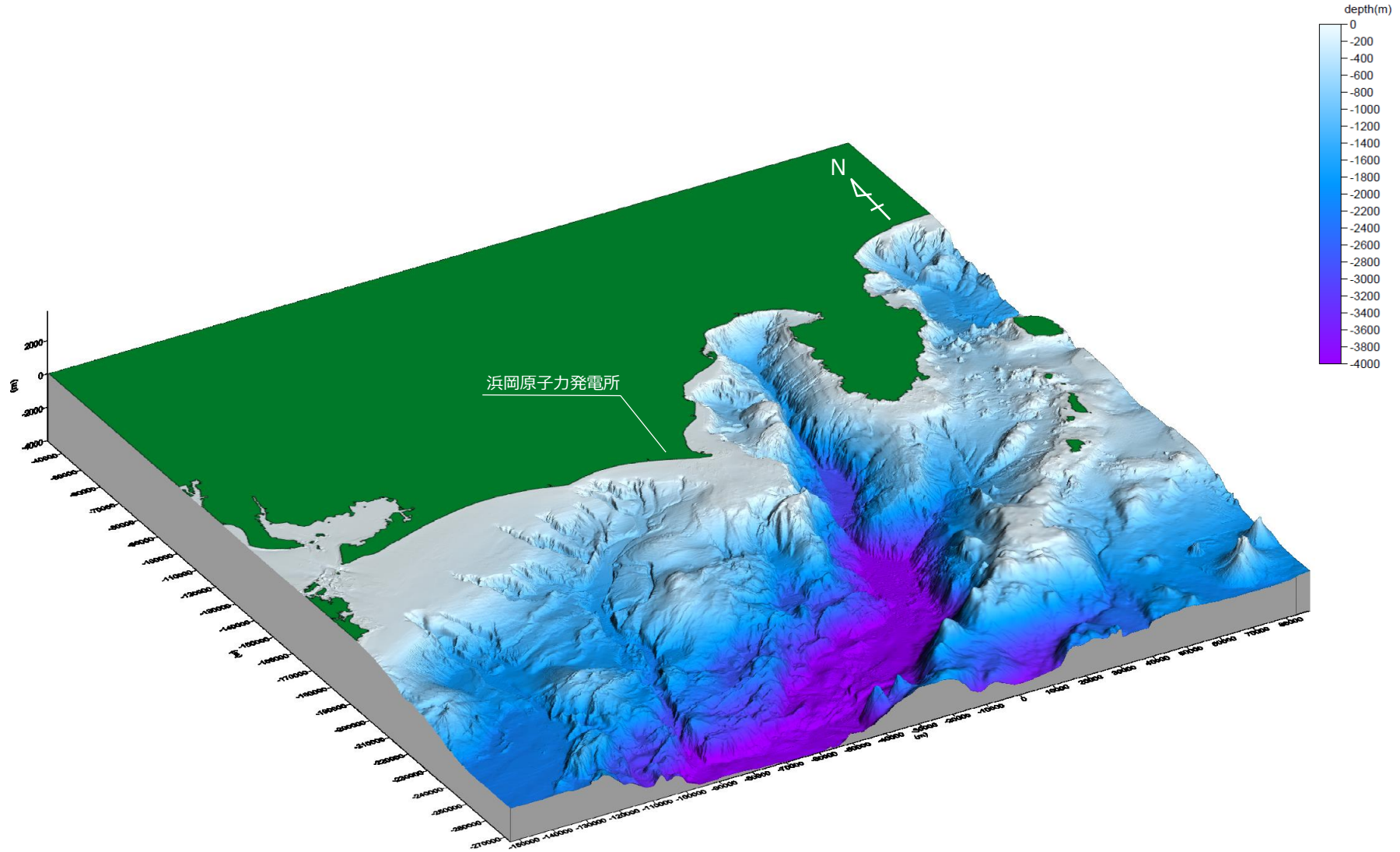
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野180°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



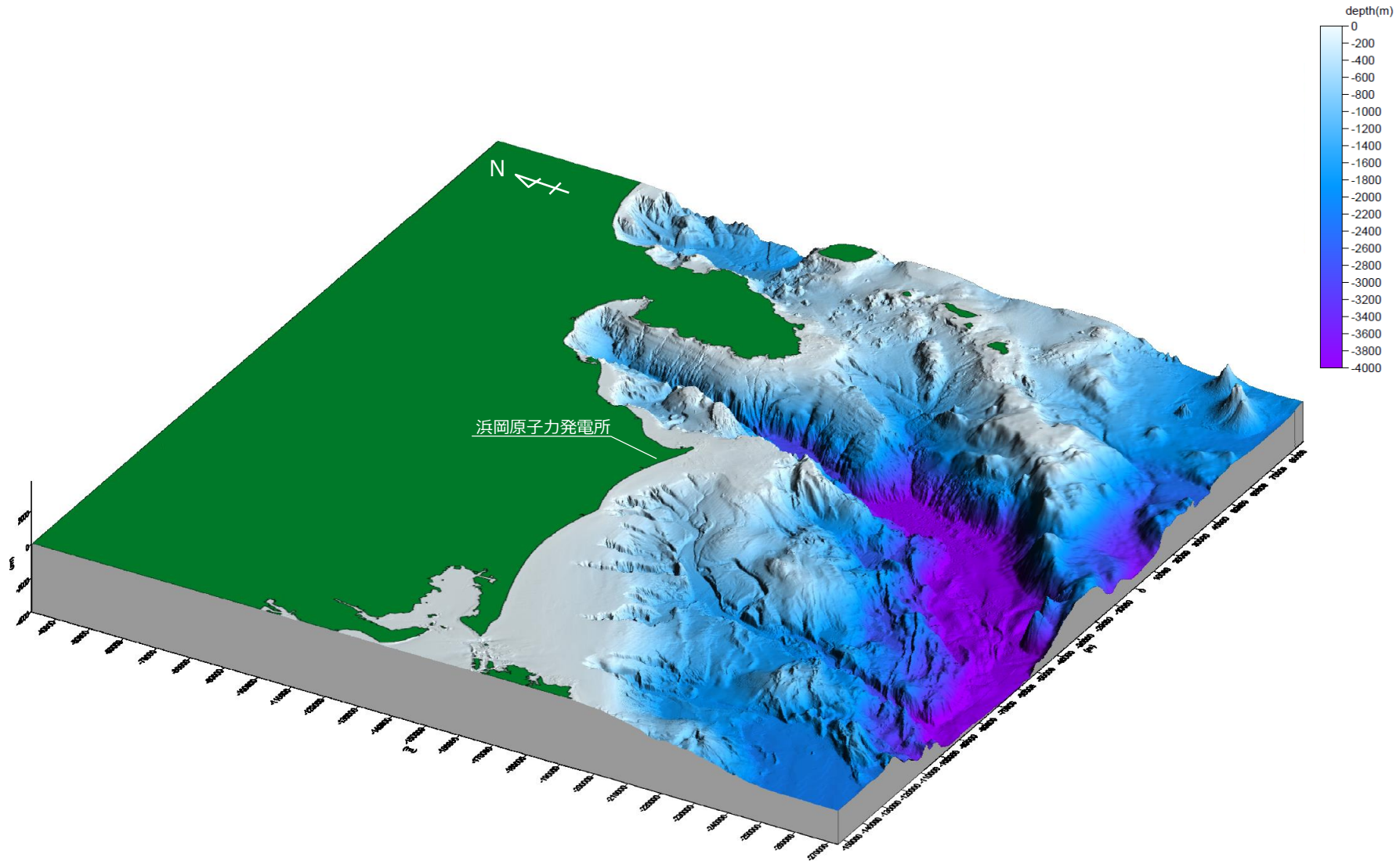
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野210°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



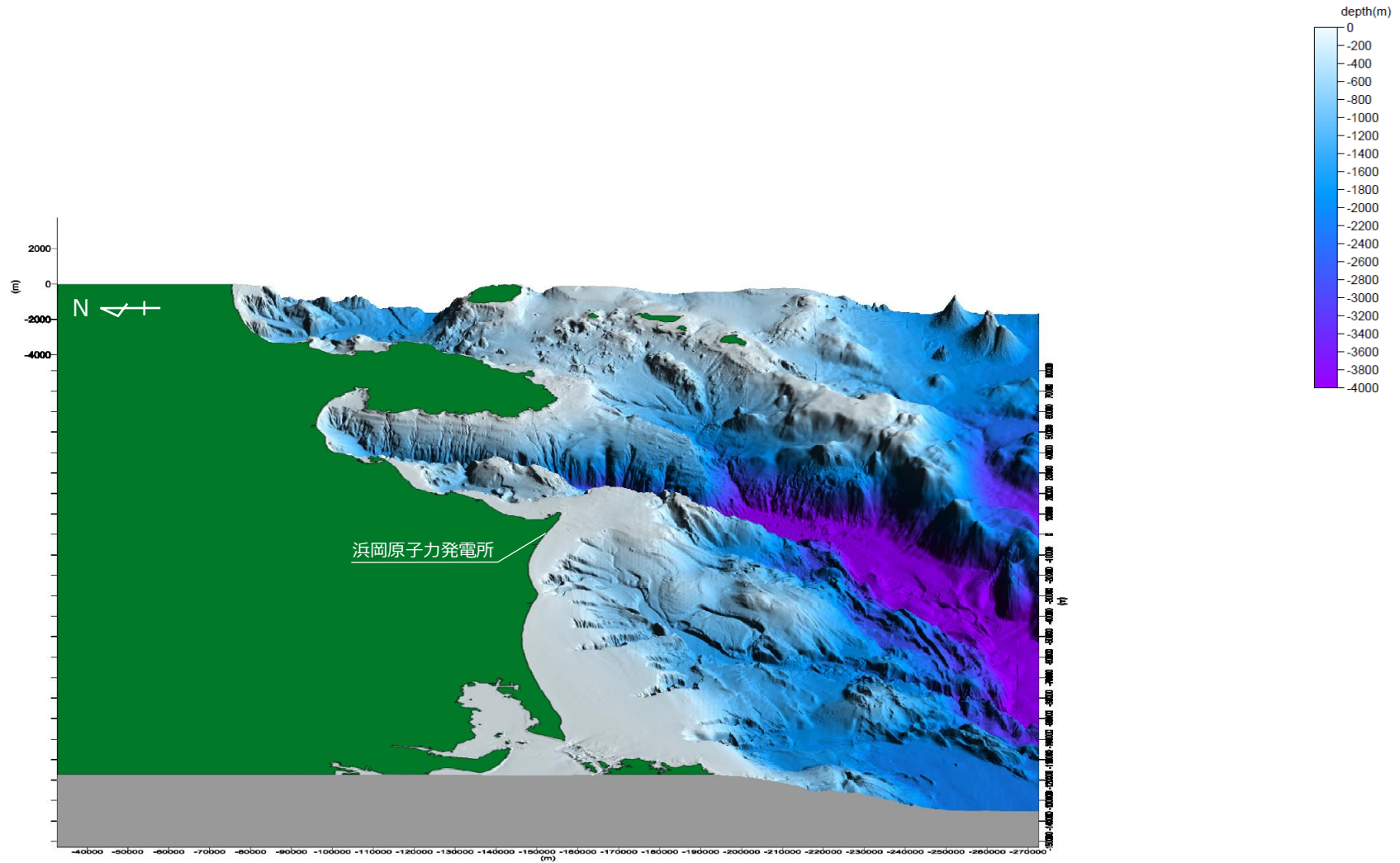
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野240°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



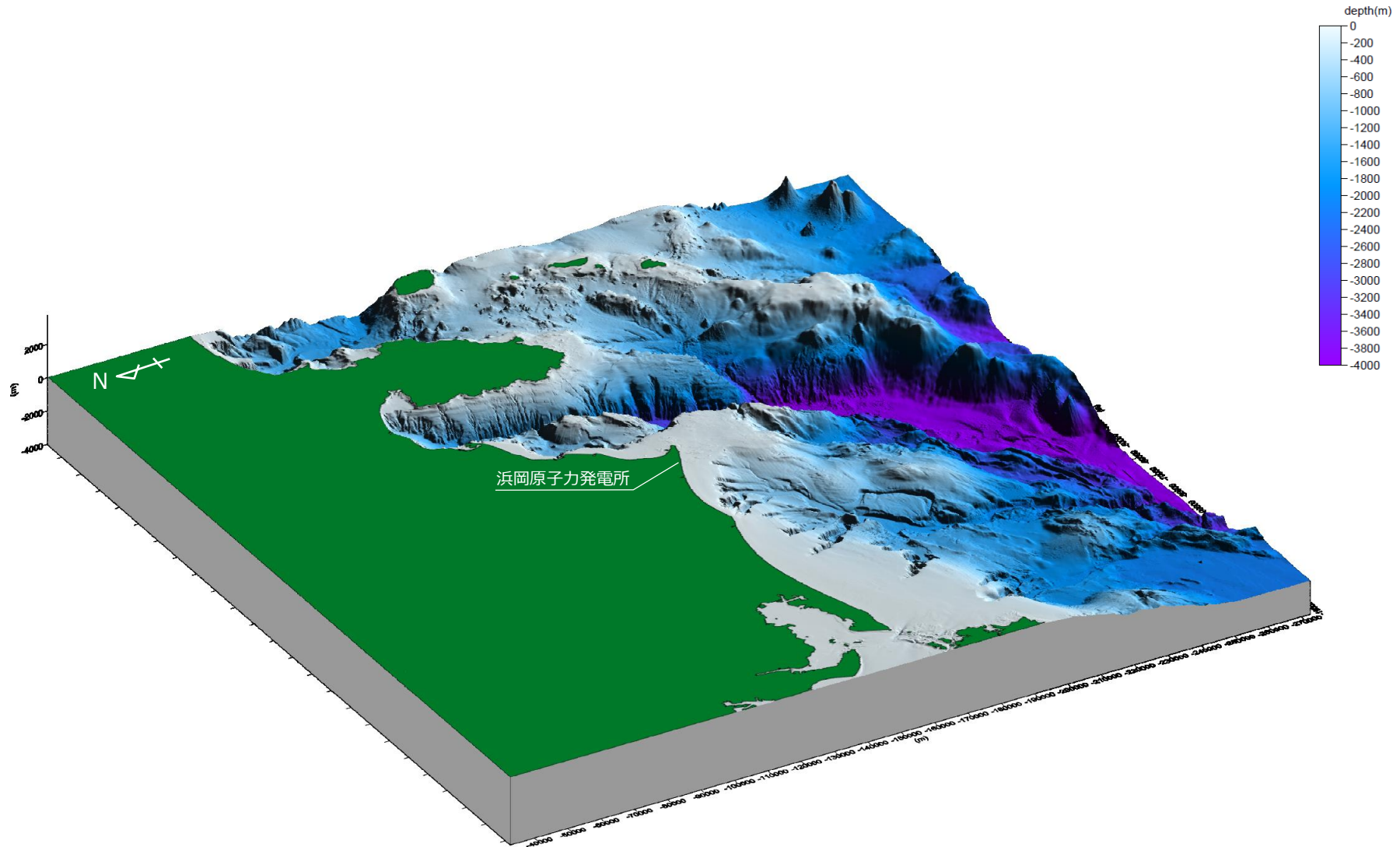
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野270°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角30°・視野300°）

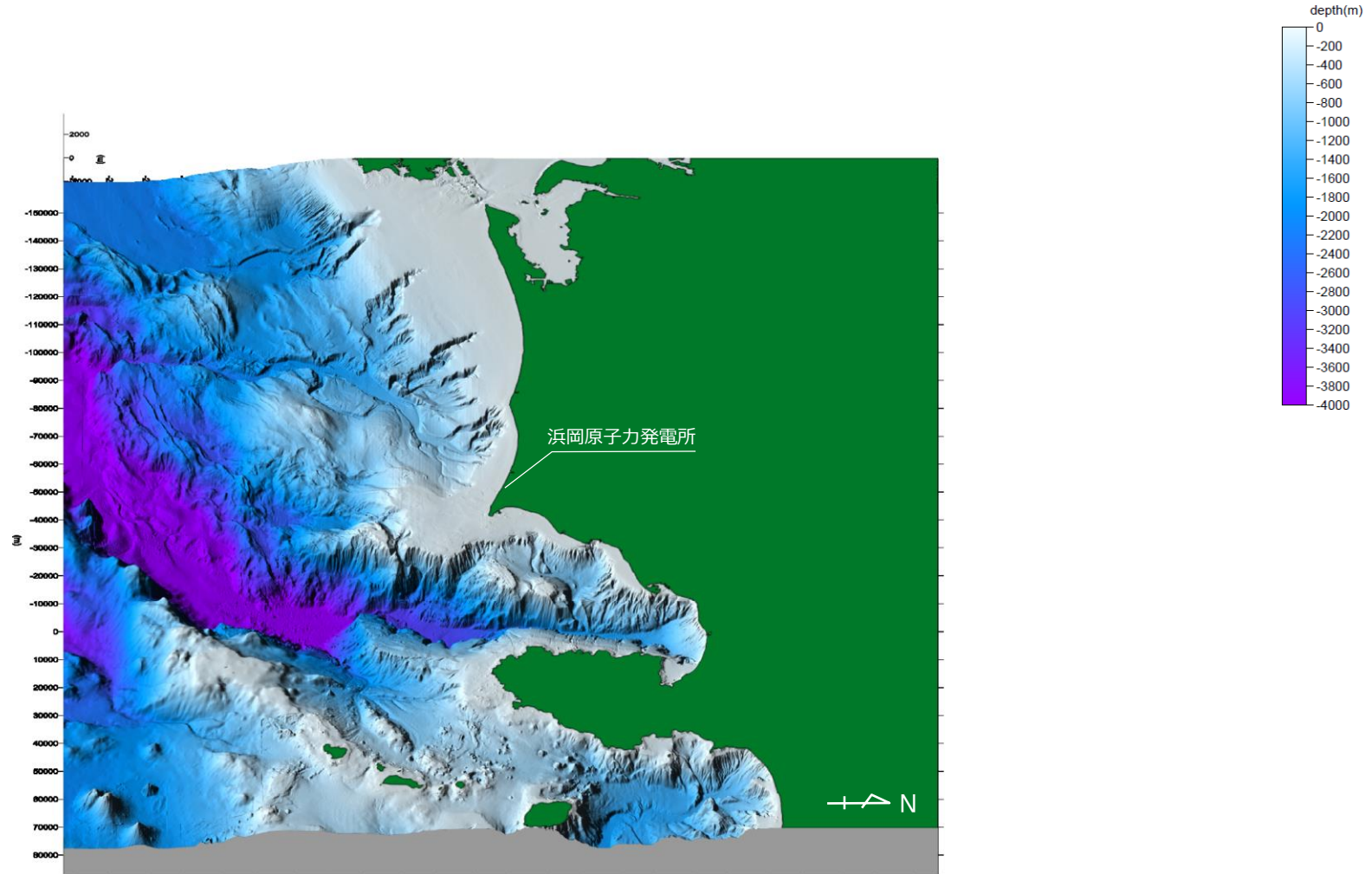
■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



2 敷地周辺海域のDEMによる鯨瞰図およびアナグリフ画像 敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野90°）

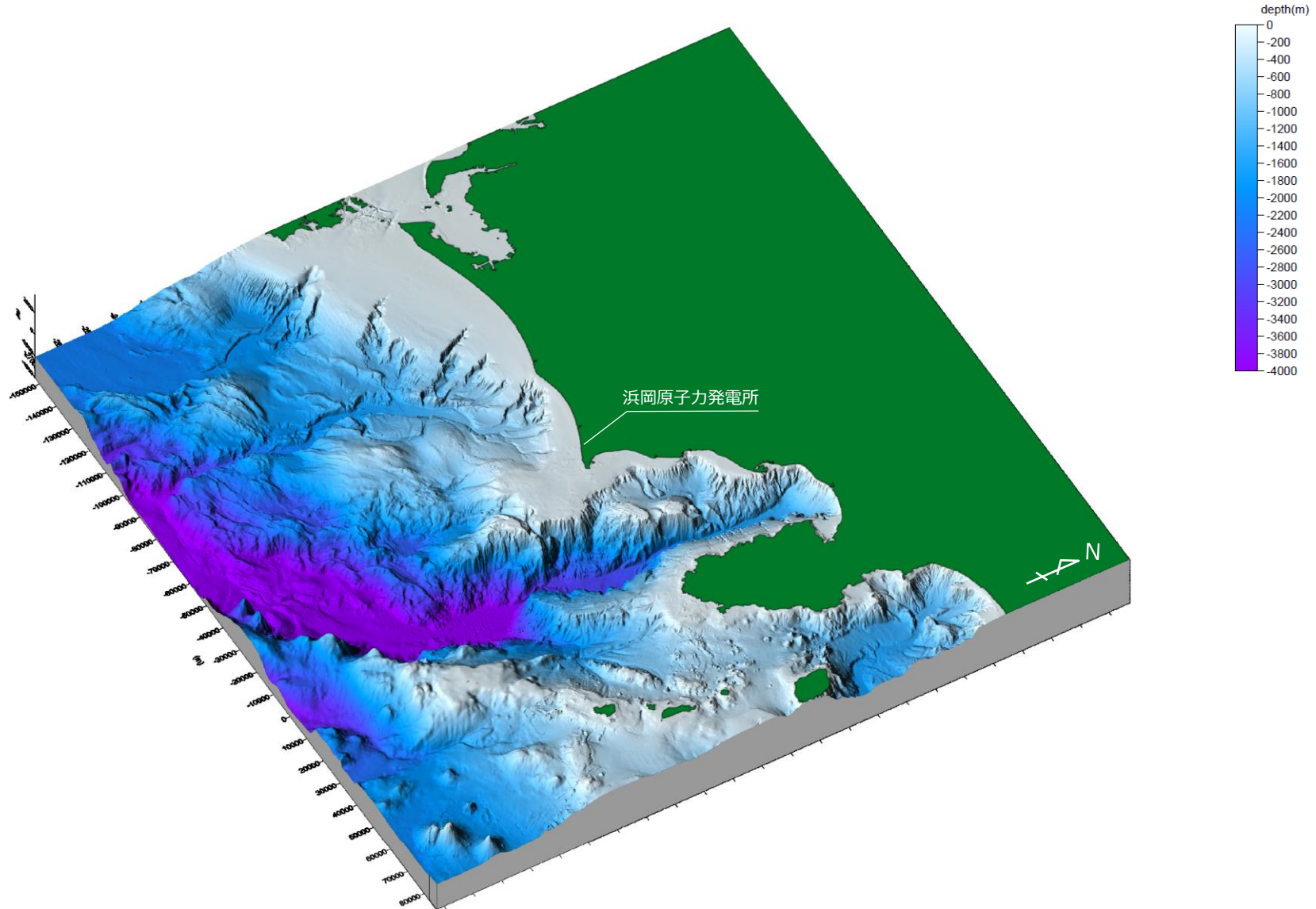
第547回資料1-2
p.24再掲

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



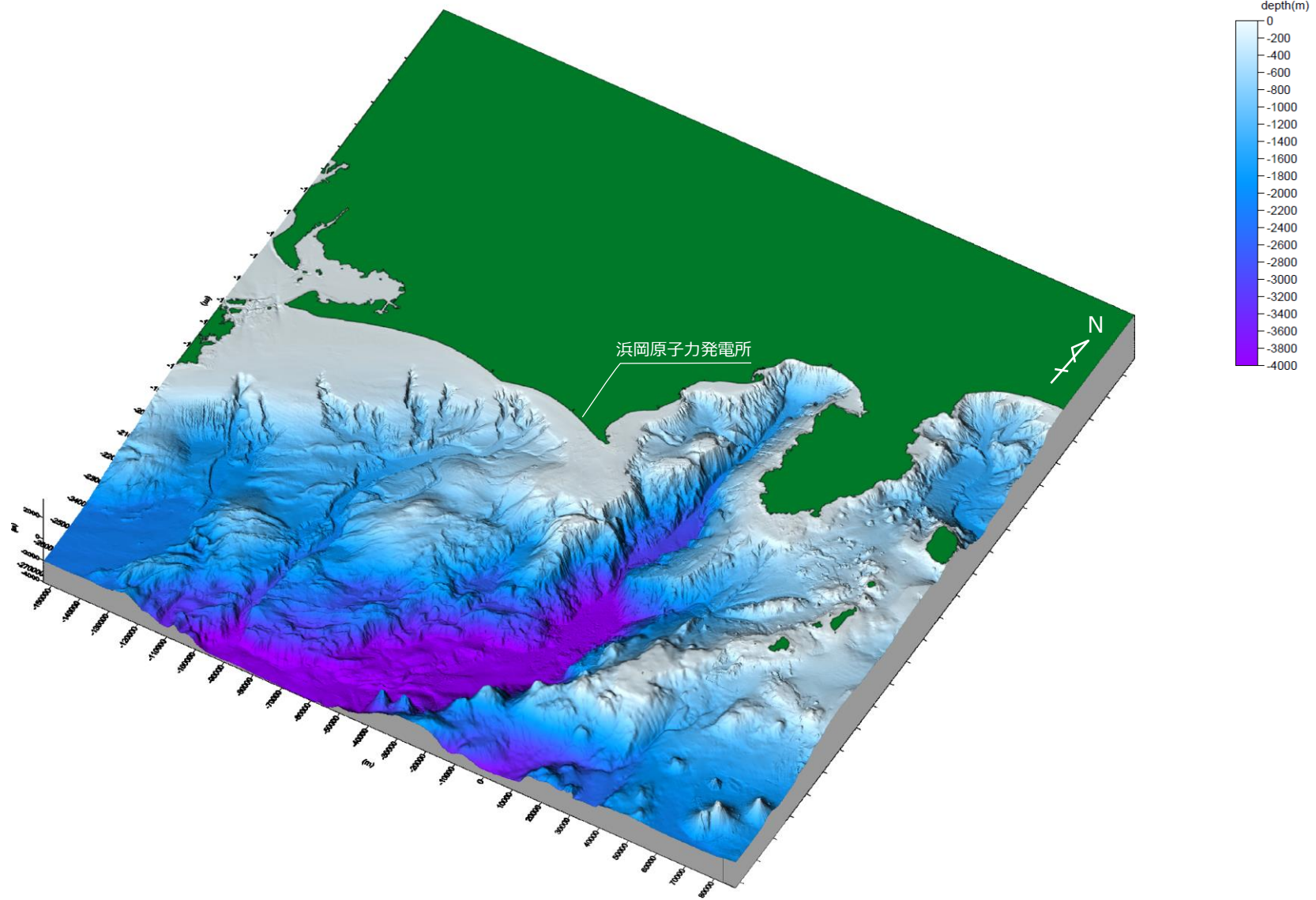
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野120°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



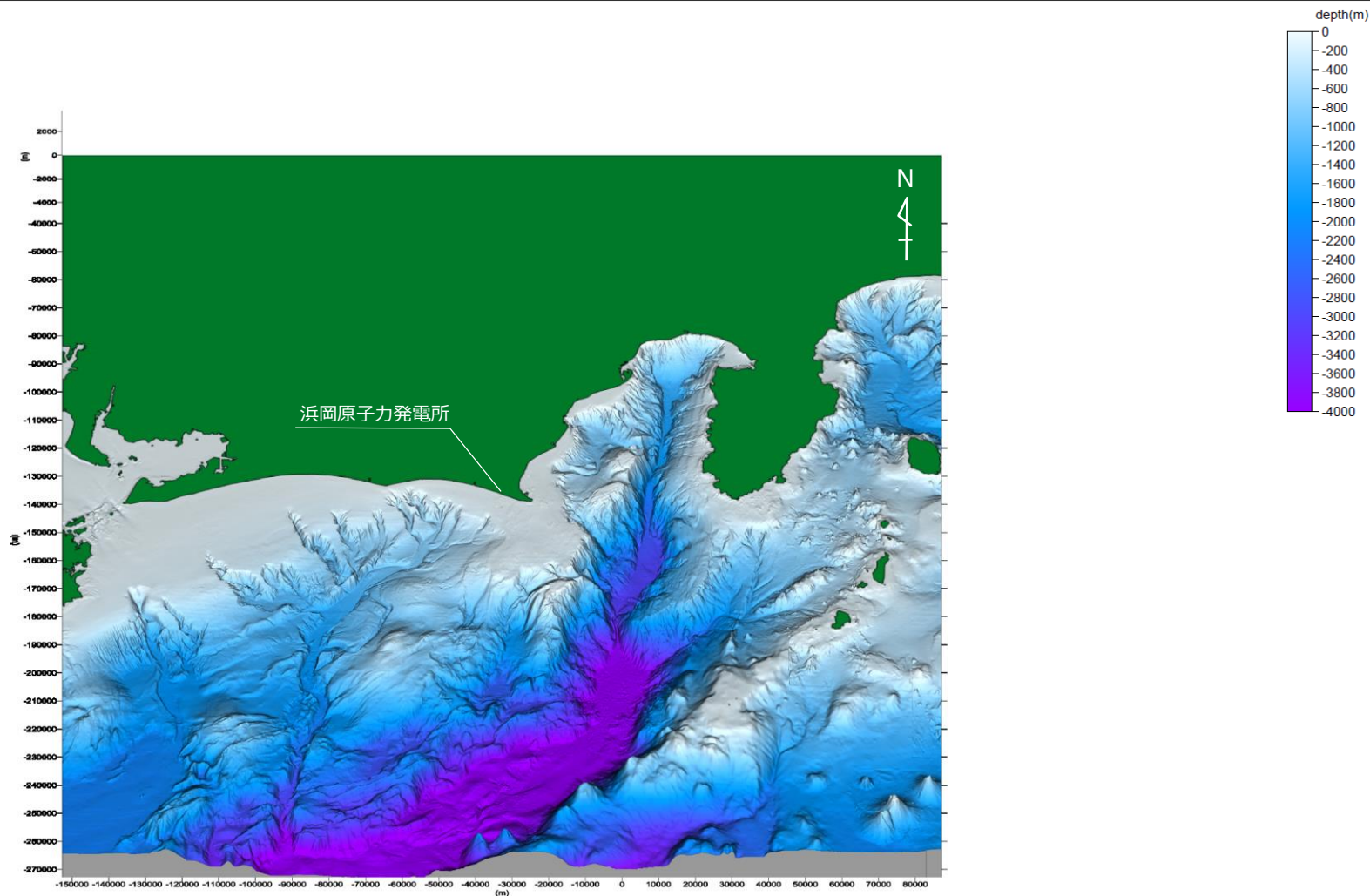
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野150°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



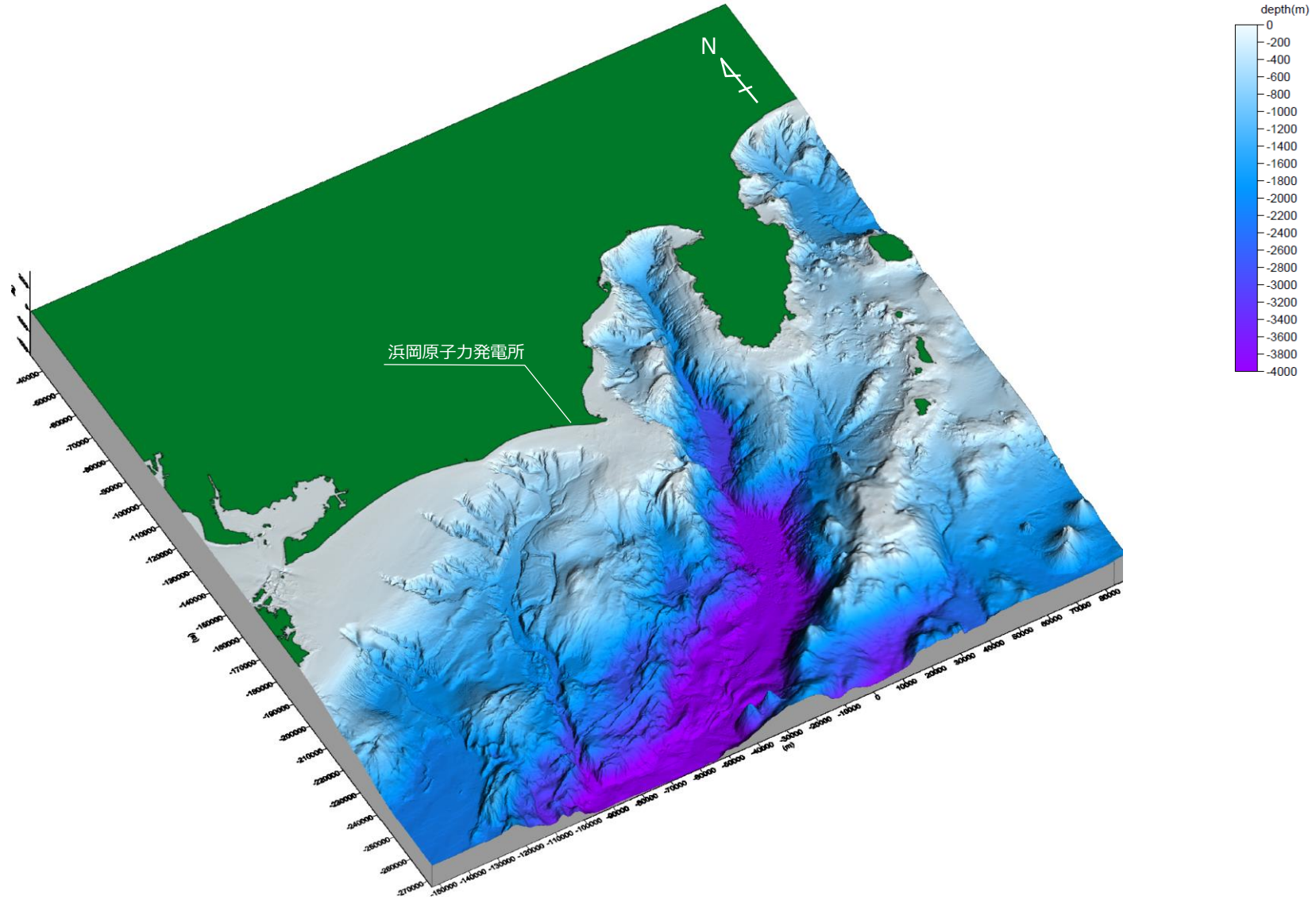
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野180°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



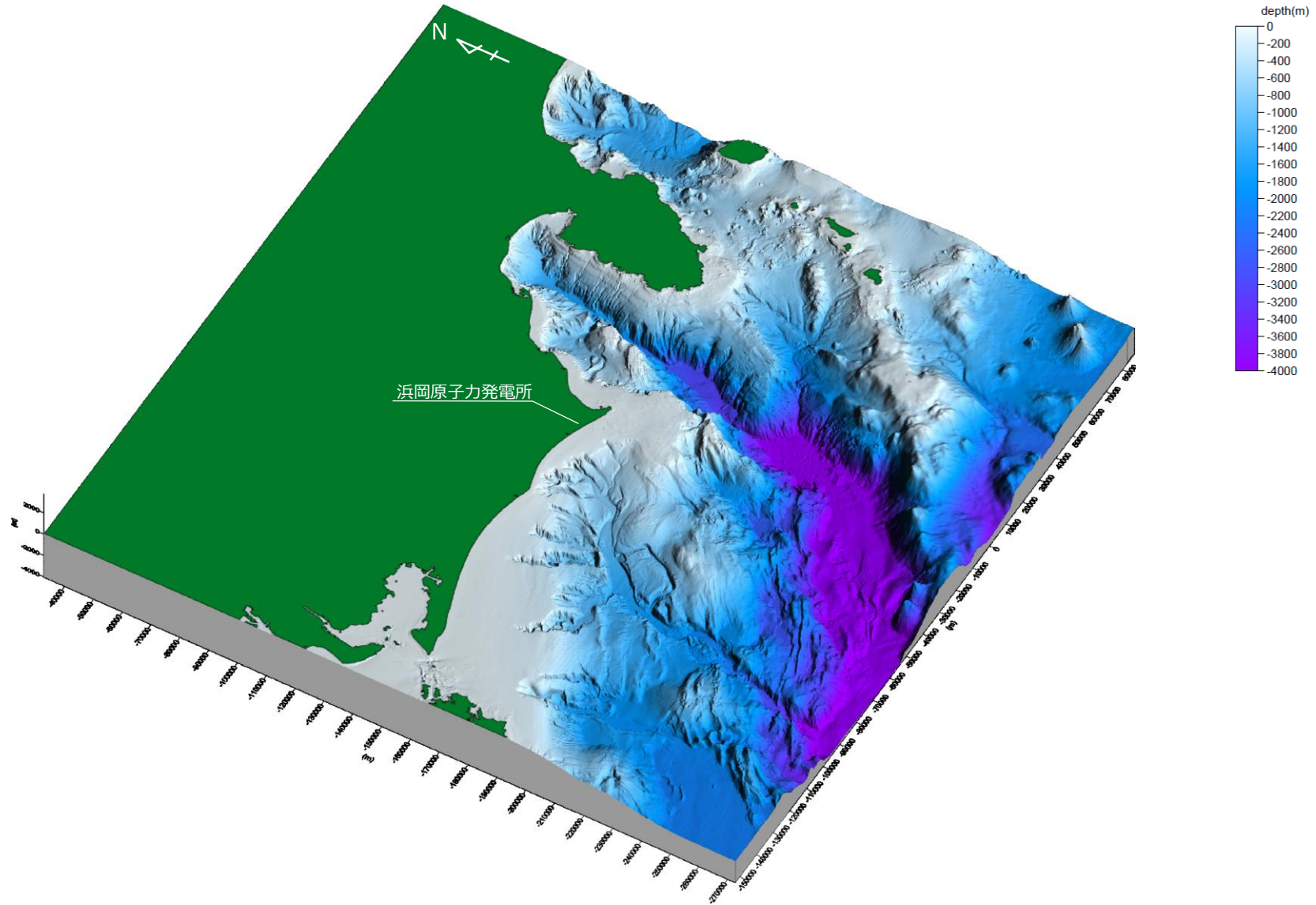
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野210°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



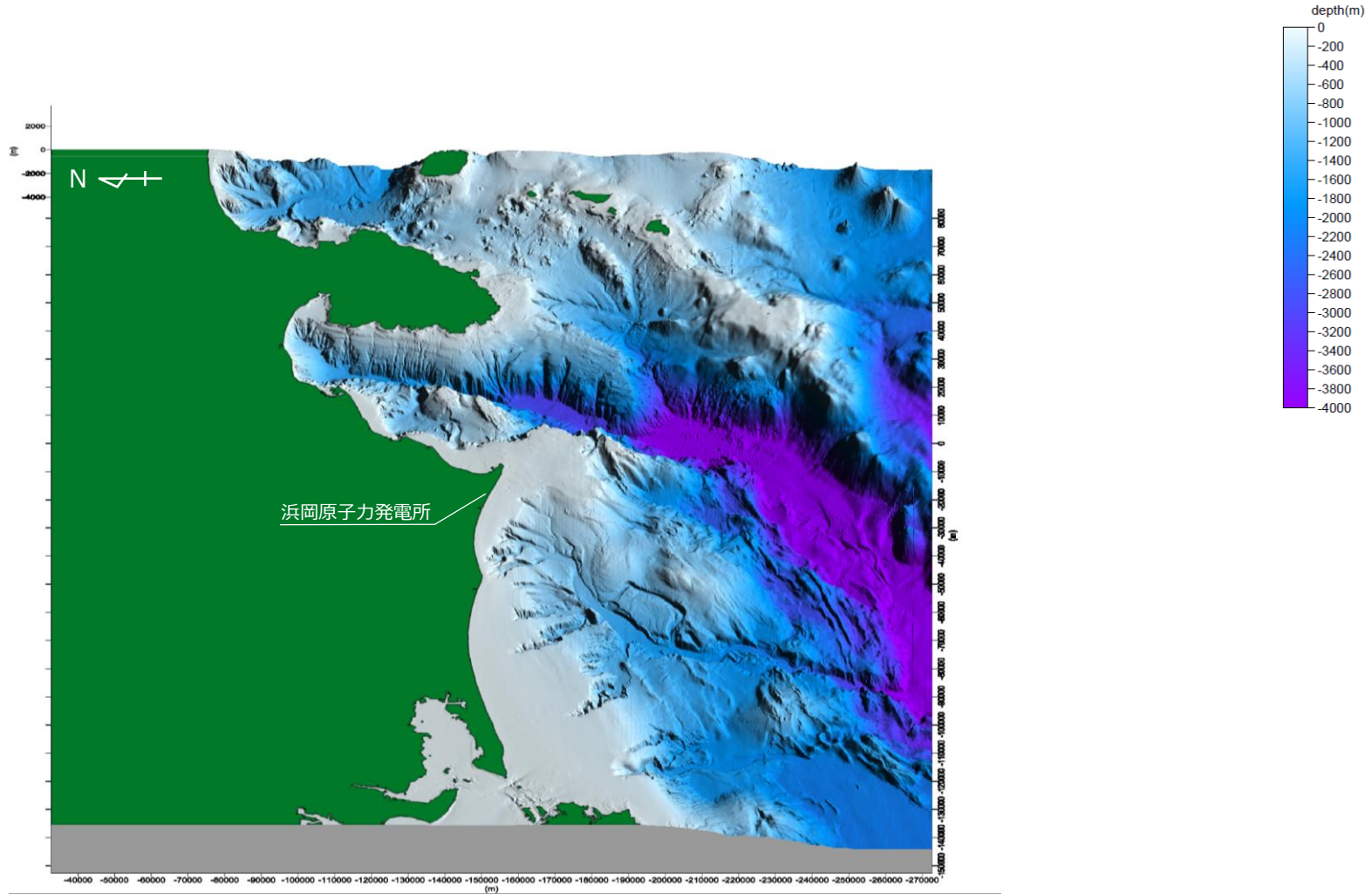
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野240°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



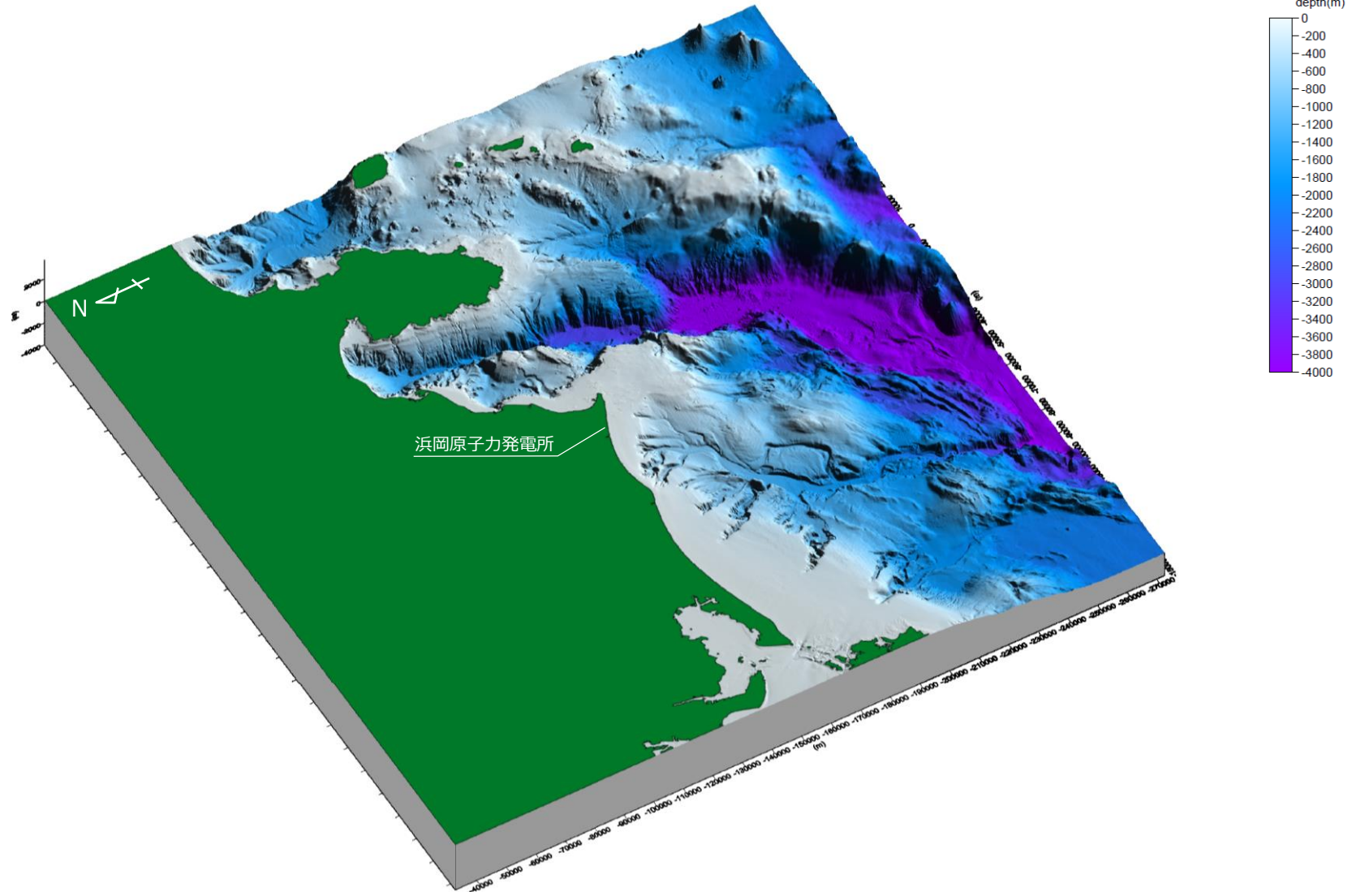
敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野270°）

■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



敷地周辺海域の鯨瞰図（仰角50°・視野300°）

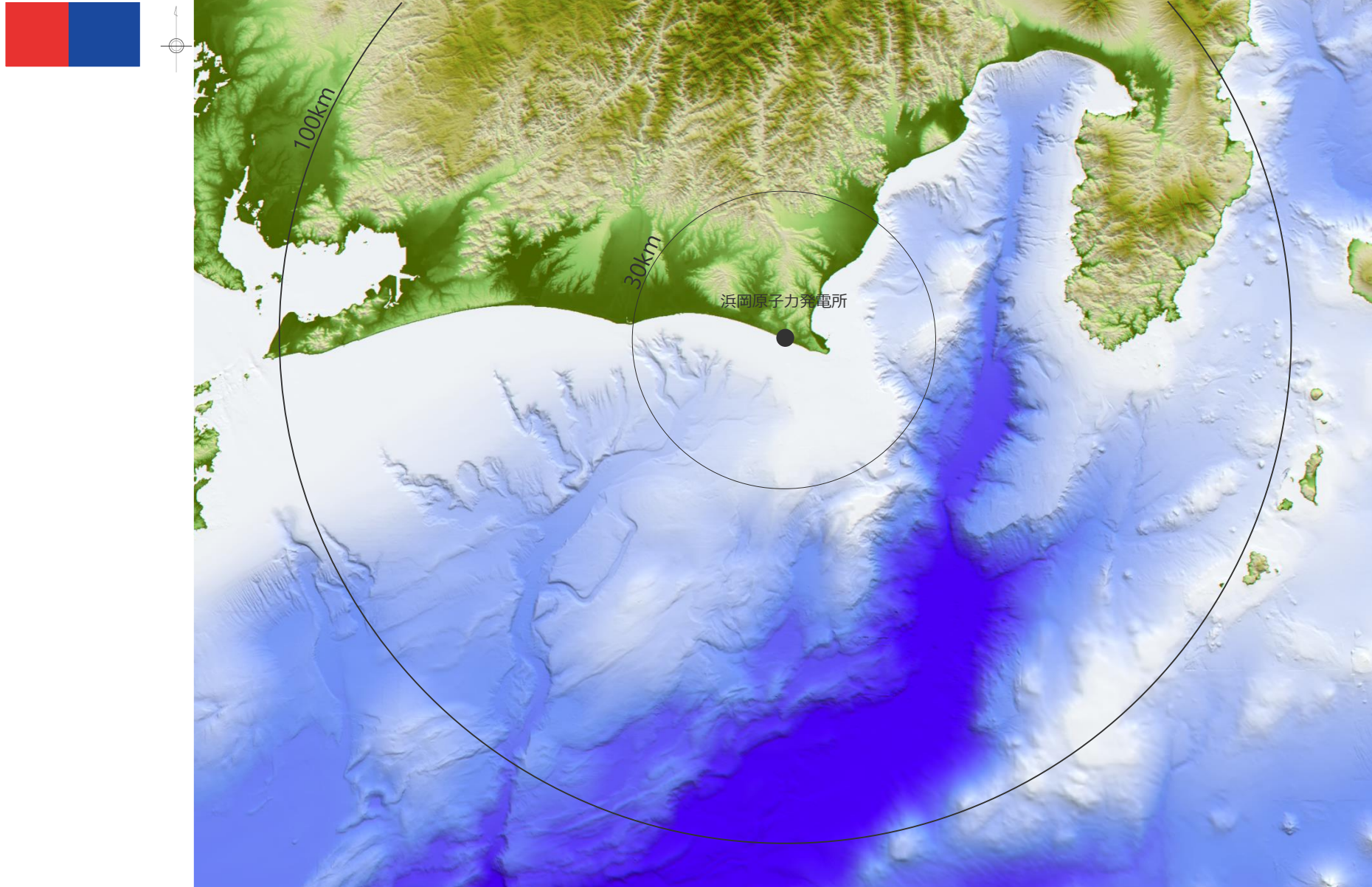
■ 敷地周辺海域について、視野90°～300°の8方向の視野から、仰角30°と50°の2つの仰角で作成した鯨瞰図をそれぞれ示す。



2 敷地周辺海域のDEMによる鯨瞰図およびアナグリフ画像 敷地周辺海域のアナグリフ画像（倍率：1倍）

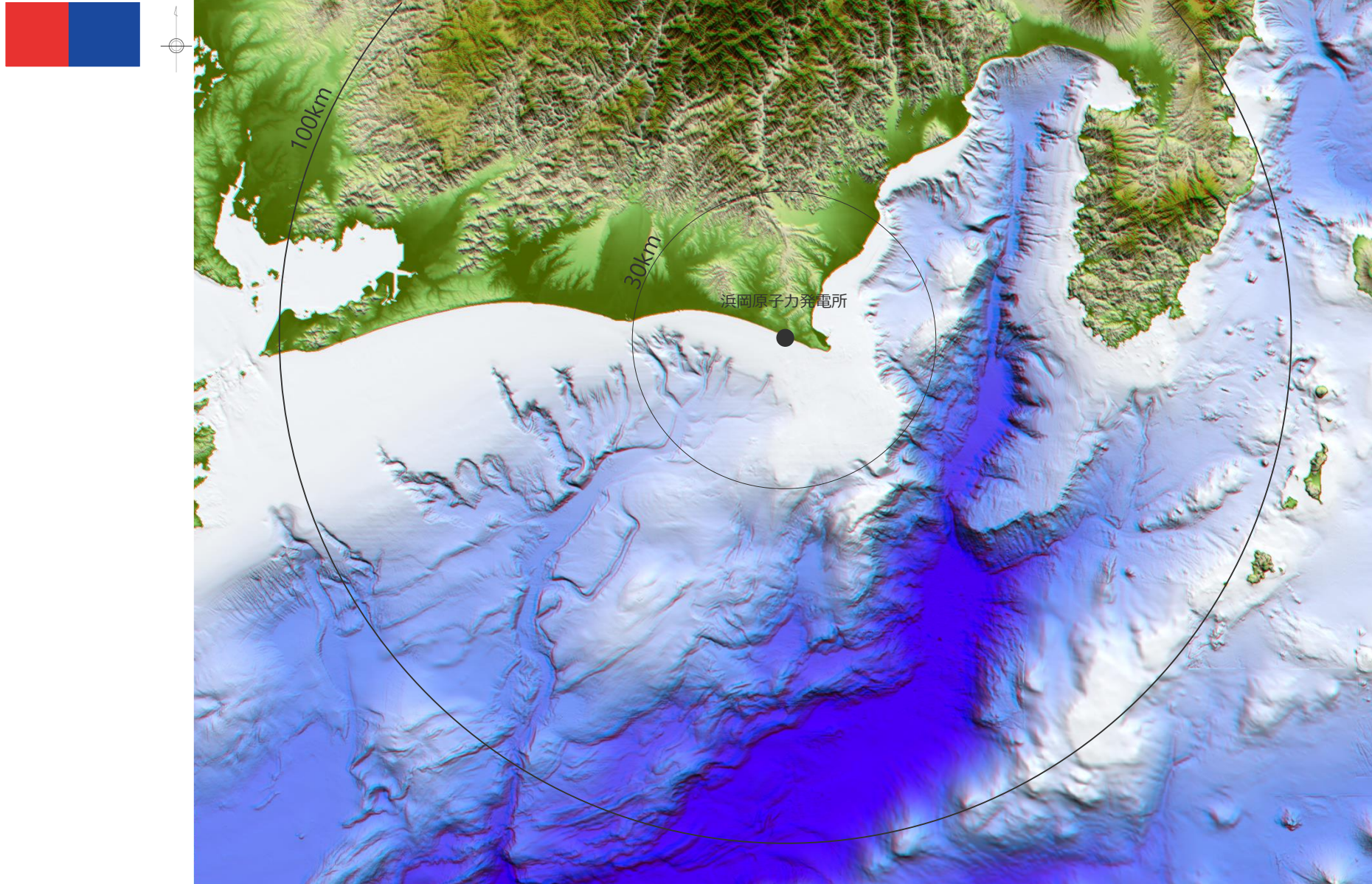
第547回資料1-2
p.32再掲

■ 敷地周辺海域のDEMにより作成したアナグリフ画像を示す。（倍率：1倍）



2 敷地周辺海域のDEMによる鯨瞰図およびアナグリフ画像 敷地周辺海域のアナグリフ画像（倍率：3倍）

■ 敷地周辺海域のDEMにより作成したアナグリフ画像を示す。（倍率：3倍）



3 海底地すべりに関する地形判読調査結果 の詳細

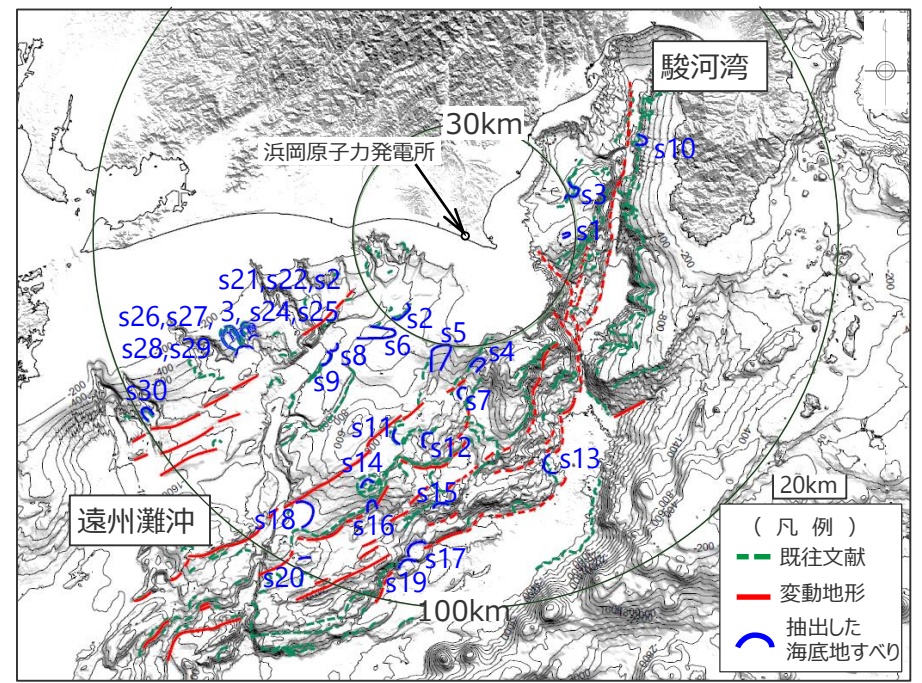
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、以下の海底地すべり地形を抽出した。
- 海底地すべり地形を抽出した各地点の地形判読調査結果を、補足説明資料4に示す。

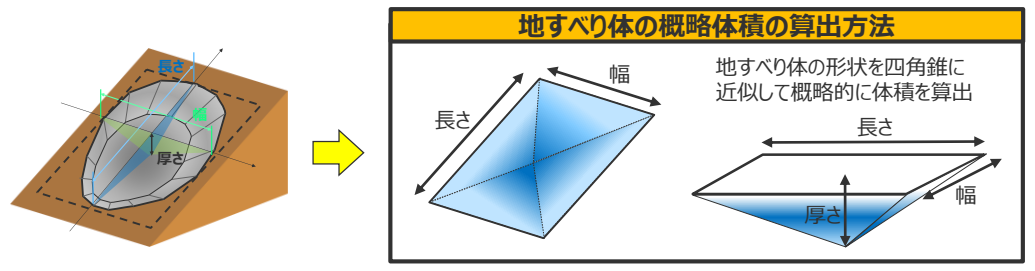
地形判読調査により抽出した敷地周辺海域の海底地すべり地形

・既往文献より海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果については、補足説明資料4に示す。

地点名	地すべり体の概略体積(億m ³)	備考
s1	1	<当社判読>
s2	15	梶ほか(2010)
s3	5	大塚(1982)、岡村ほか(1999)、梶ほか(2010)
s4	4	梶ほか(2010)
s5	10	梶ほか(2010)
s6	7	<当社判読>
s7	5	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s8	3	<当社判読>
s9	4	梶ほか(2010)、長久保ほか(2009)
s10	11	岡村ほか(1999)
s11	8	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s12	20	梶ほか(2010)
s13	41	Nakamura et al.(1987)
s14	12	芦(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s15	5	梶ほか(2010)
s16	5	東海沖海底活断層研究会(1999)
s17	58	<当社判読>
s18	26	<当社判読>
s19	32	<当社判読>
s20	10	<当社判読>
s21	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s22	12	<当社判読>
s23	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s24	1	<当社判読>
s25	1	<当社判読>
s26	32	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s27	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s28	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s29	1	<当社判読>
s30	4	梶ほか(2010)



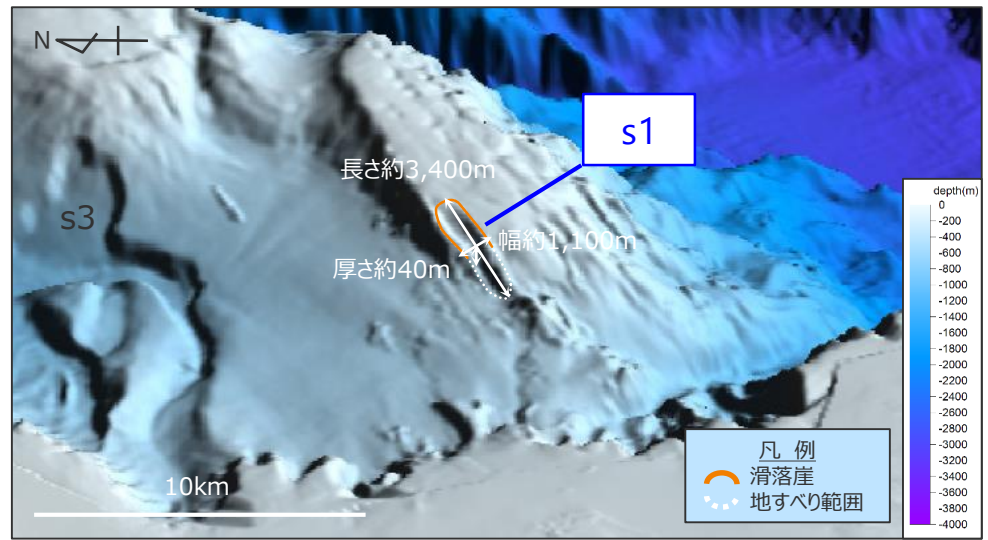
地形判読調査により抽出した海底地すべり地形の位置図



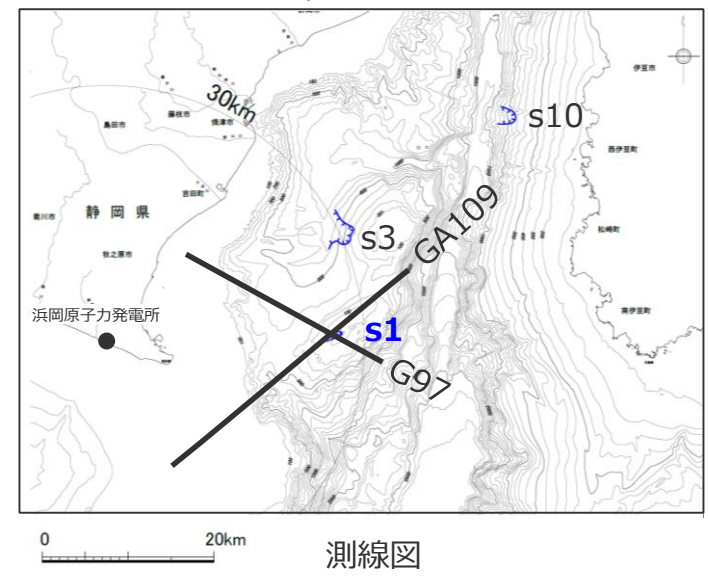
- 地すべり体の概略体積 = (長さ×幅×高さ)×1/3
- ・長さ、幅、高さ、比高：地形判読に基づく概略値
- ・斜面勾配：比高・長さより算出

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s1地点の海底地すべり

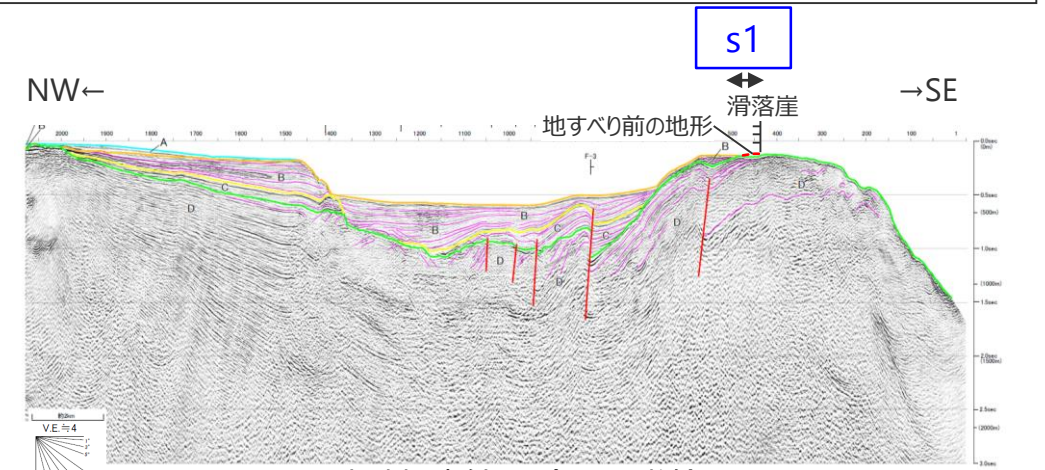
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河湾の海盆内にs1地点の海底地すべり地形を抽出した。



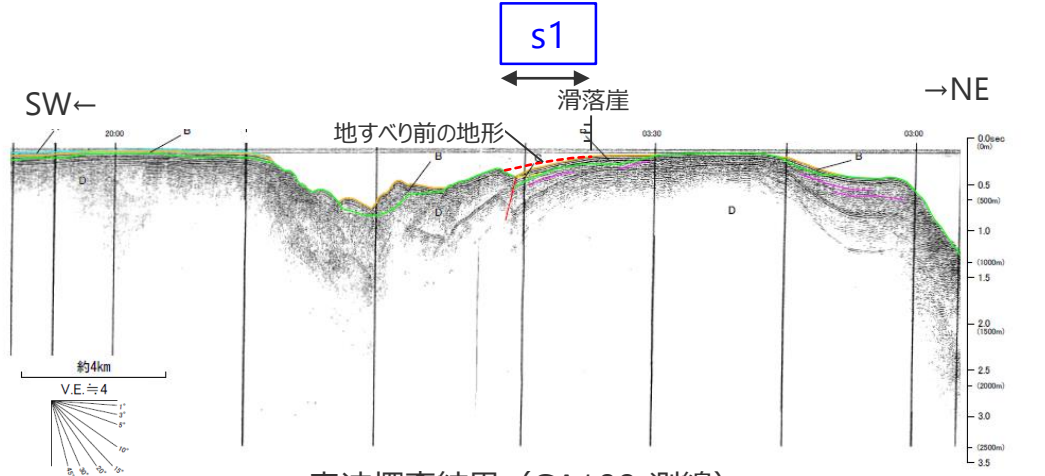
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (G97測線)



音波探査結果 (GA109 測線)

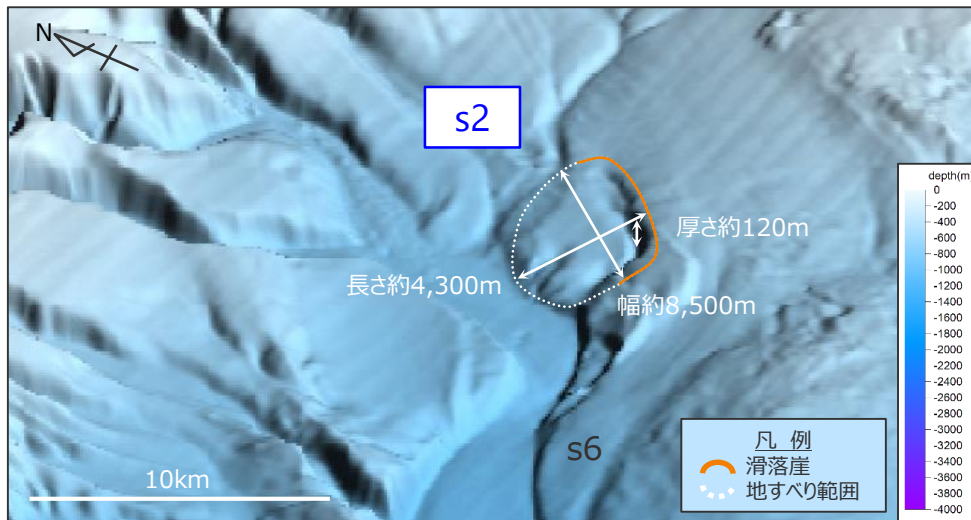
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

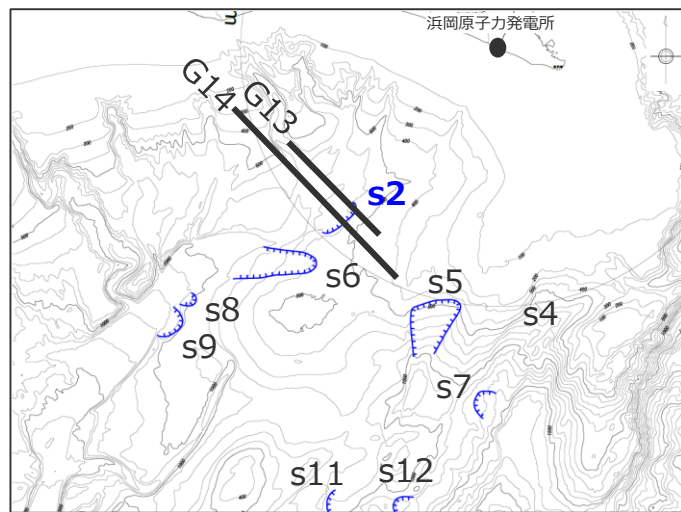
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s1	約3,400m	約1,100m	約40m	約1億m ³	約230m	約4°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s2地点の海底地すべり

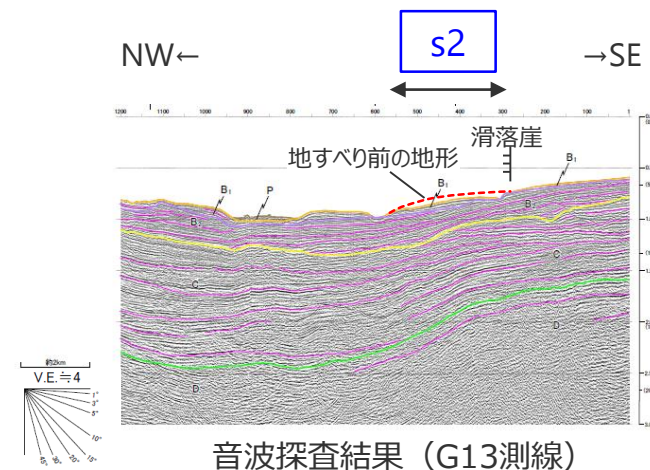
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内にs2地点の海底地すべり地形を抽出した。



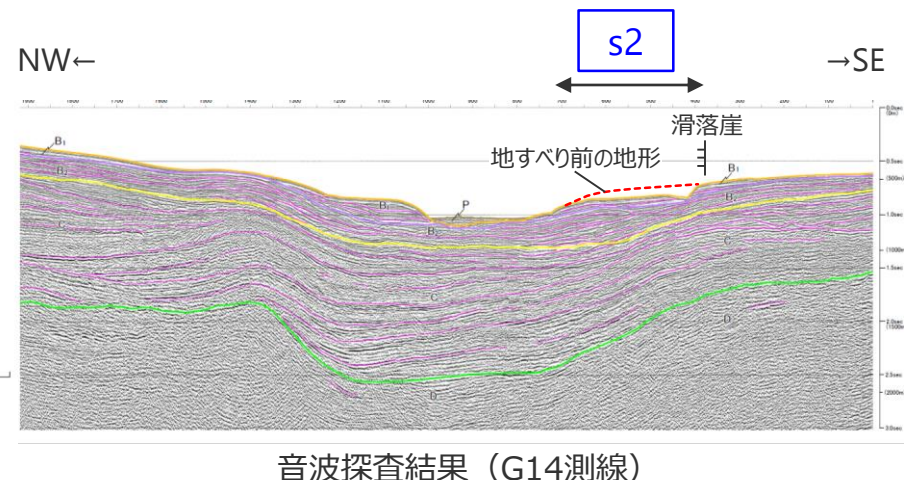
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (G13測線)



音波探査結果 (G14測線)

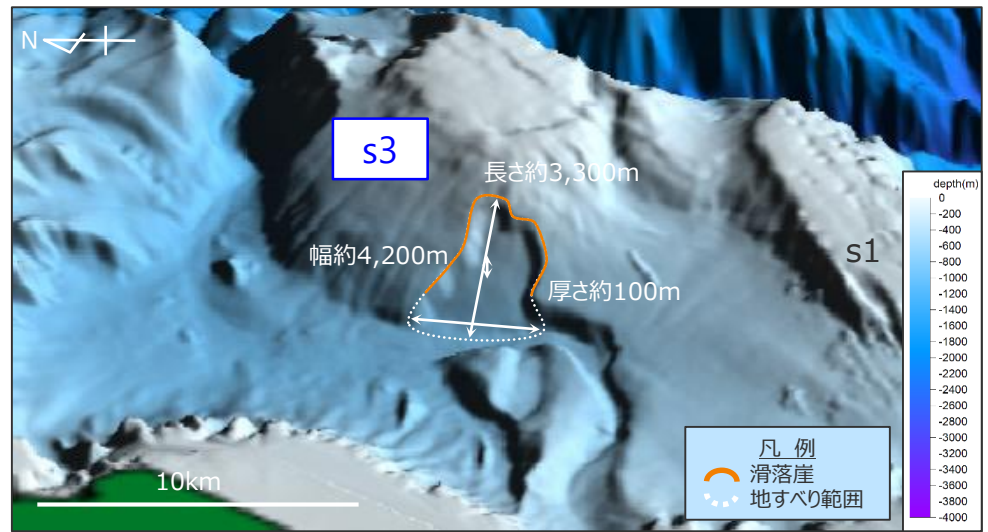
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

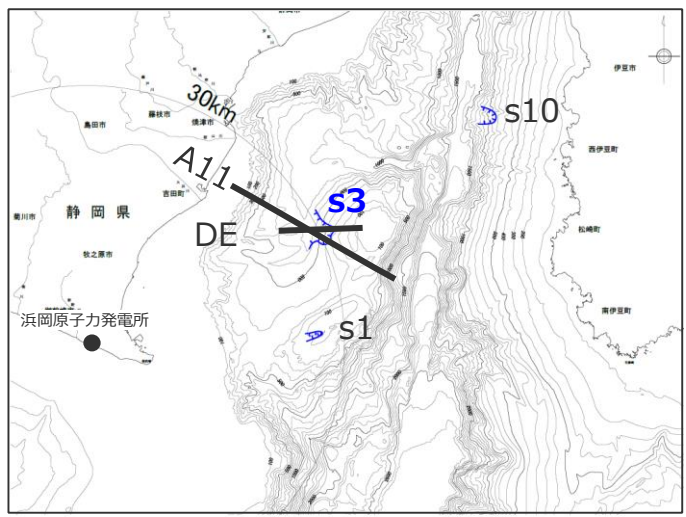
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s2	約4,300m	約8,500m	約120m	約15億m ³	約220m	約3°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s3地点の海底地すべり

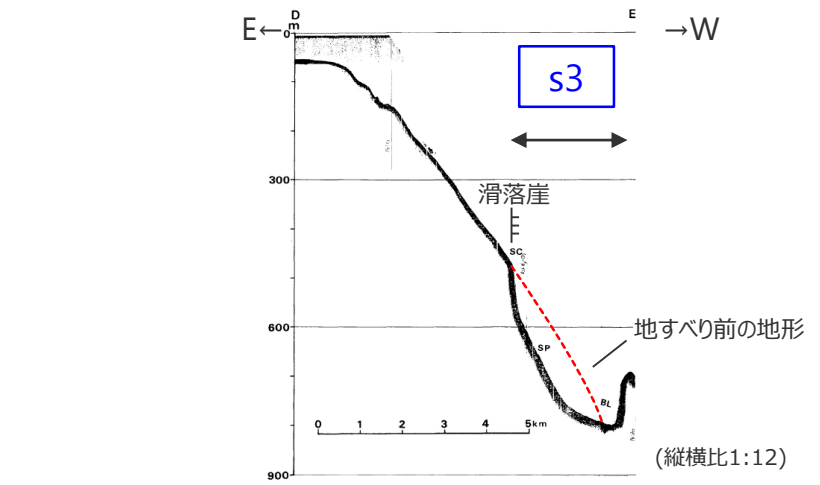
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河湾の海盆内にs3地点の海底地すべり地形を抽出した。



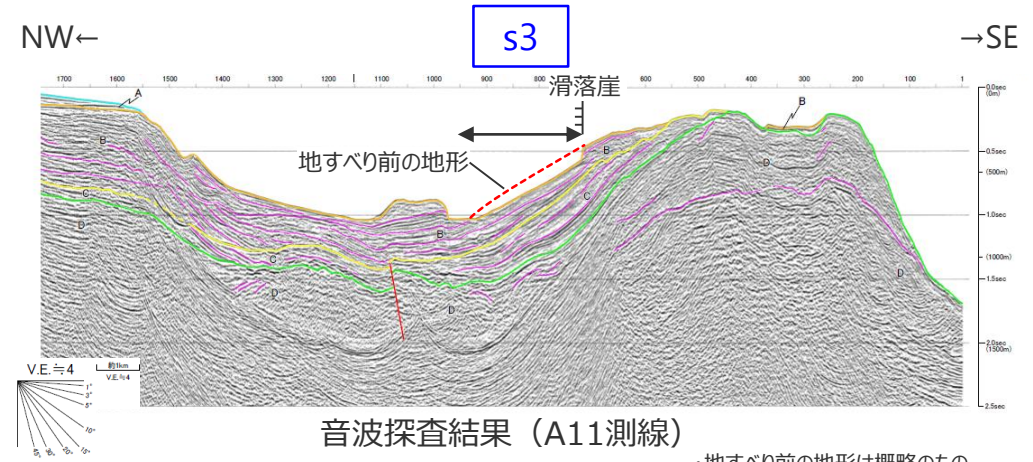
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (DE測線(大塚(1982)))

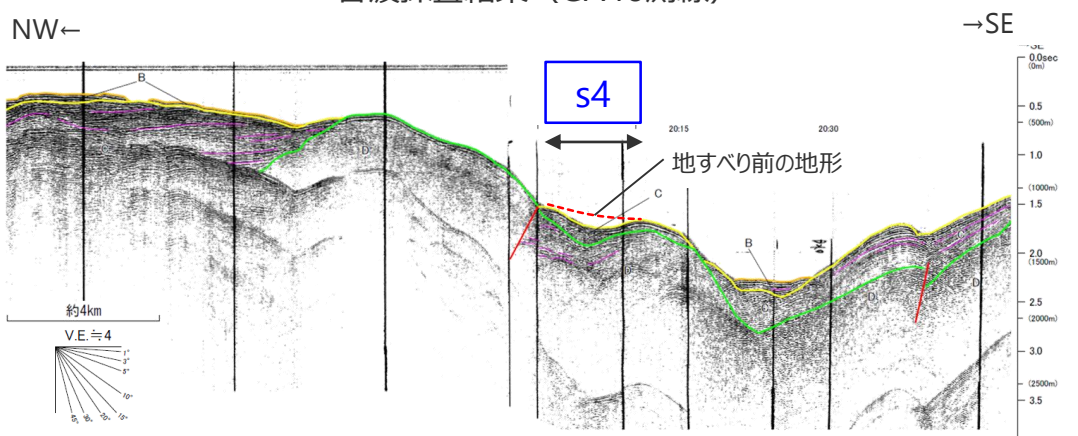
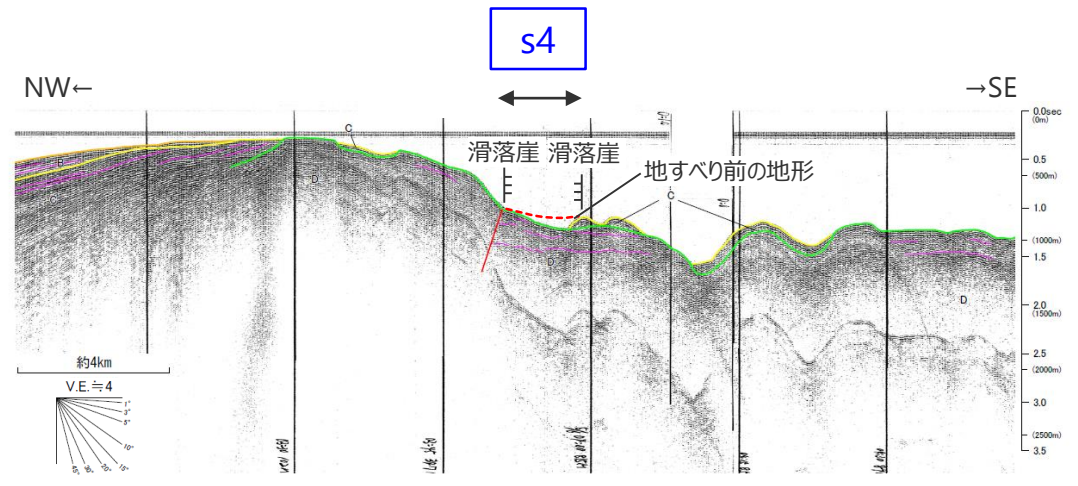
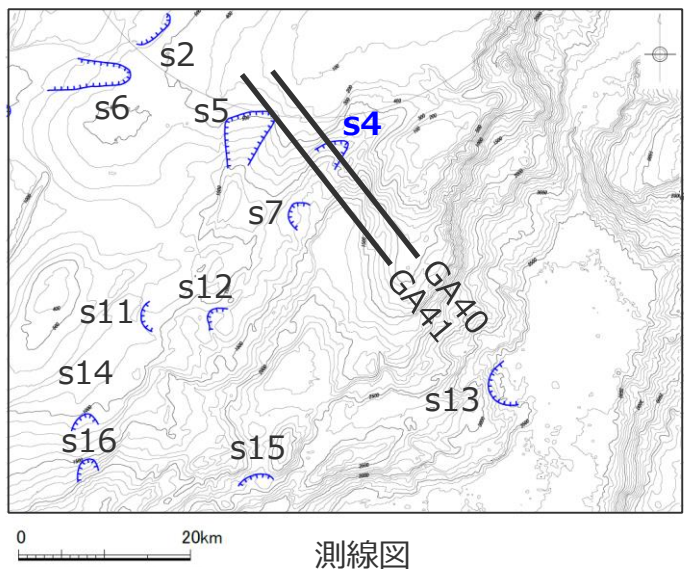
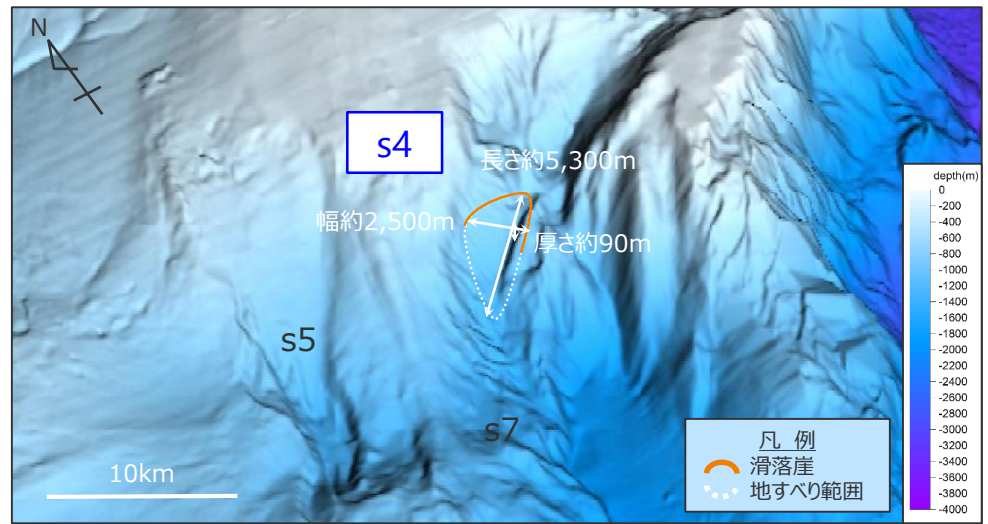


音波探査結果 (A11測線)
海底地すべり地形の概略諸元
・地すべり前の地形は概略のもの

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s3	約3,300m	約4,200m	約100m	約5億m ³	約440m	約9°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s4地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs4地点の海底地すべり地形を抽出した。



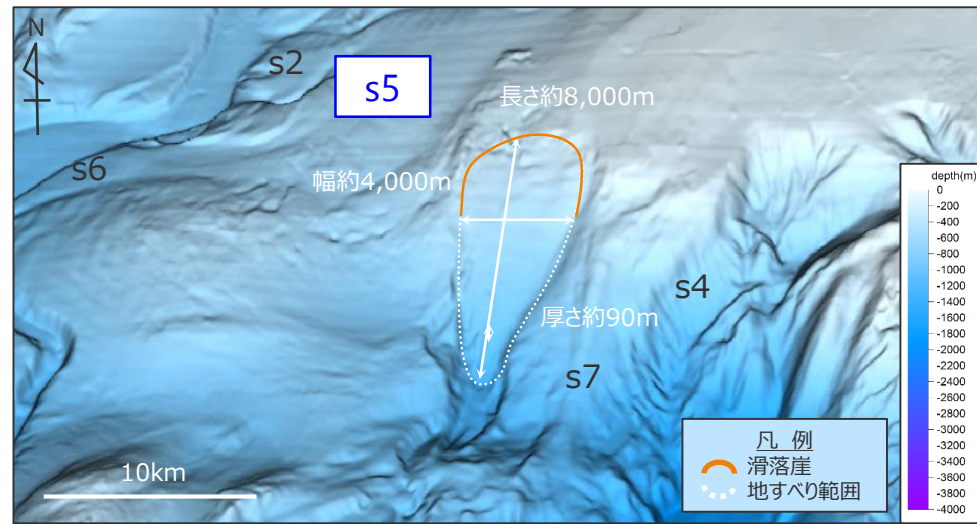
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

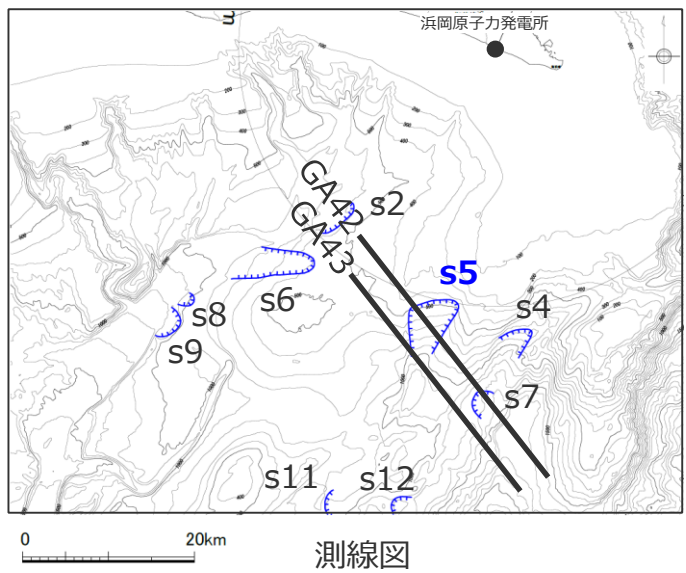
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s4	約5,300m	約2,500m	約90m	約4億m ³	約380m	約4°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s5地点の海底地すべり

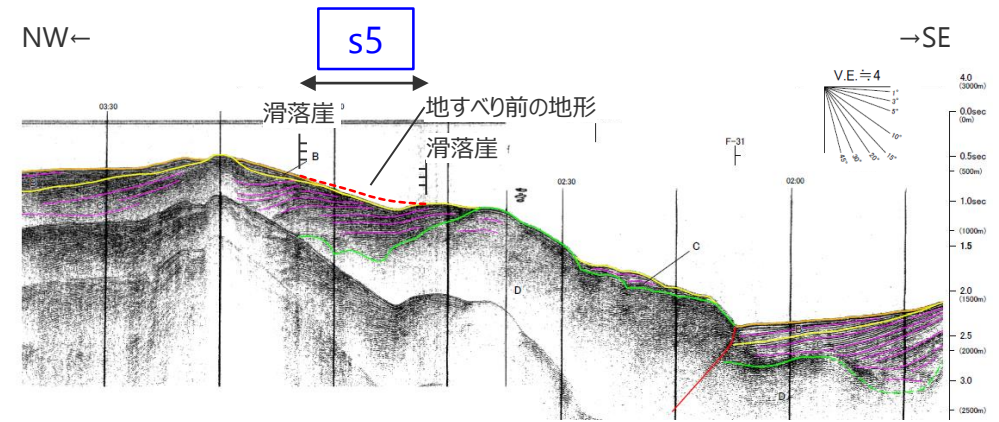
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs5地点の海底地すべり地形を抽出した。



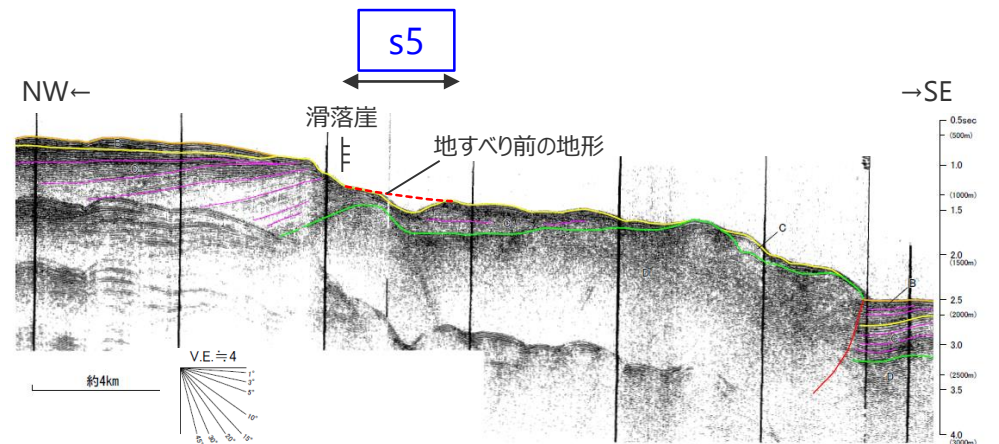
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (GA42測線)



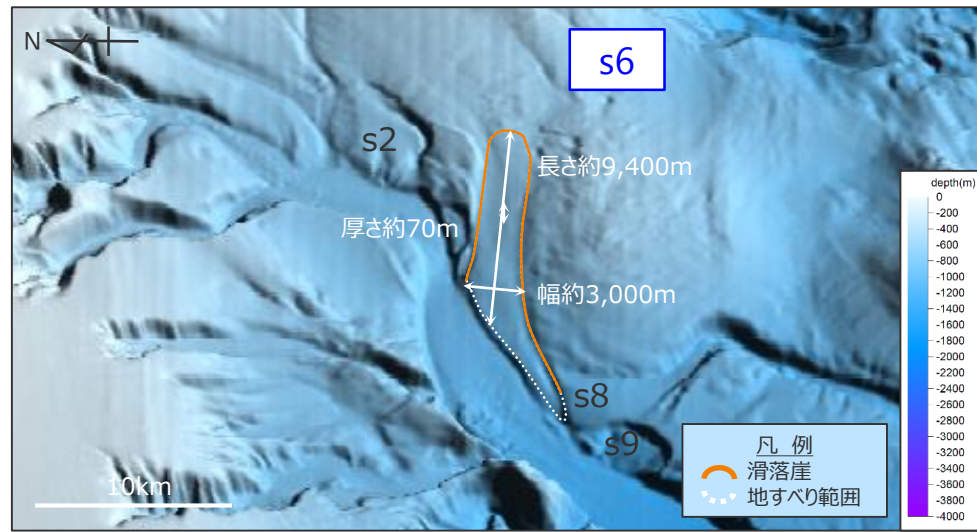
音波探査結果 (GA43測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

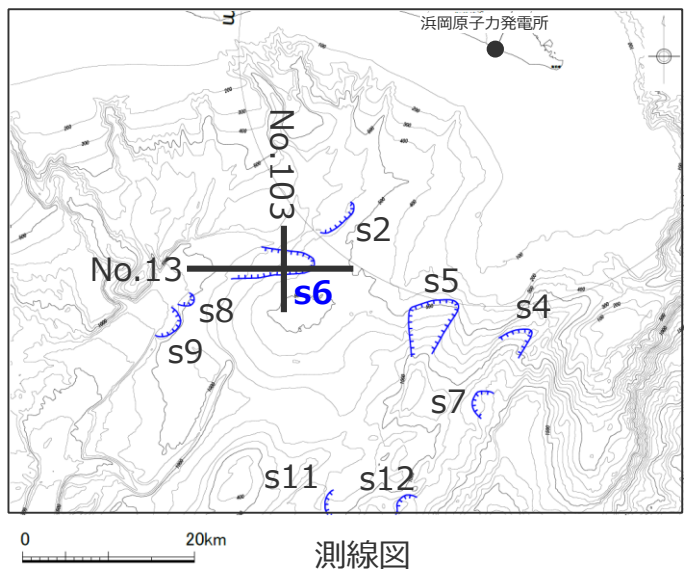
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s5	約8,000m	約4,000m	約90m	約10億m ³	約700m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s6地点の海底地すべり

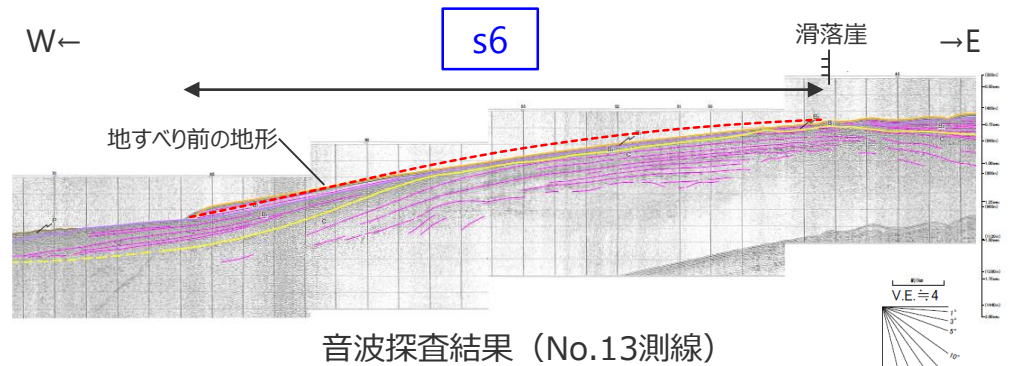
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内にs6地点の海底地すべり地形を抽出した。



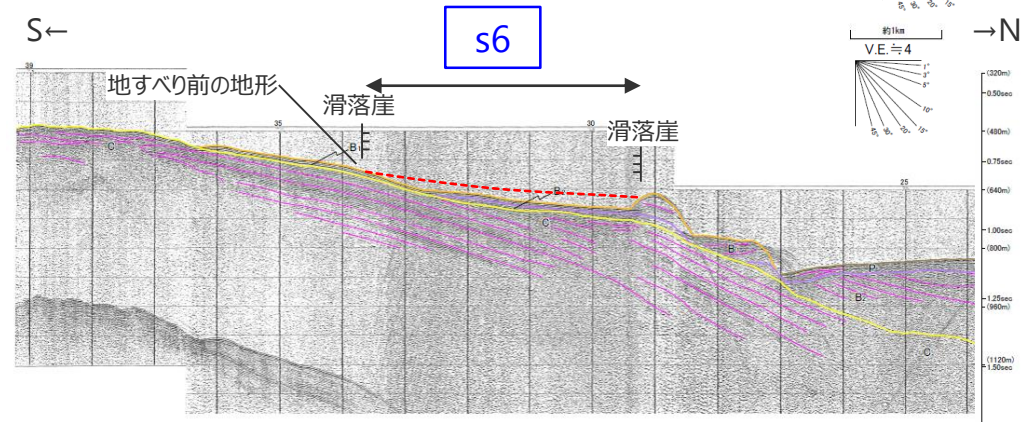
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (No.13測線)



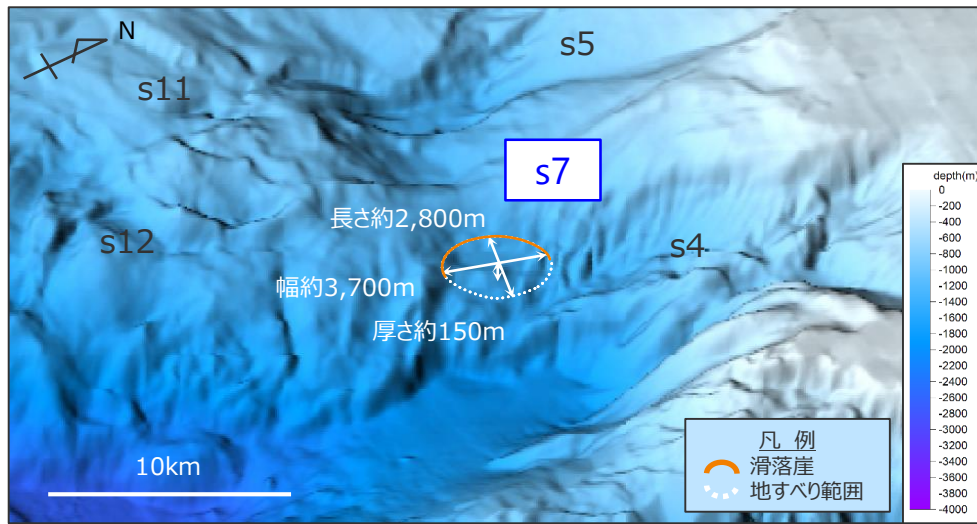
音波探査結果 (No.103測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

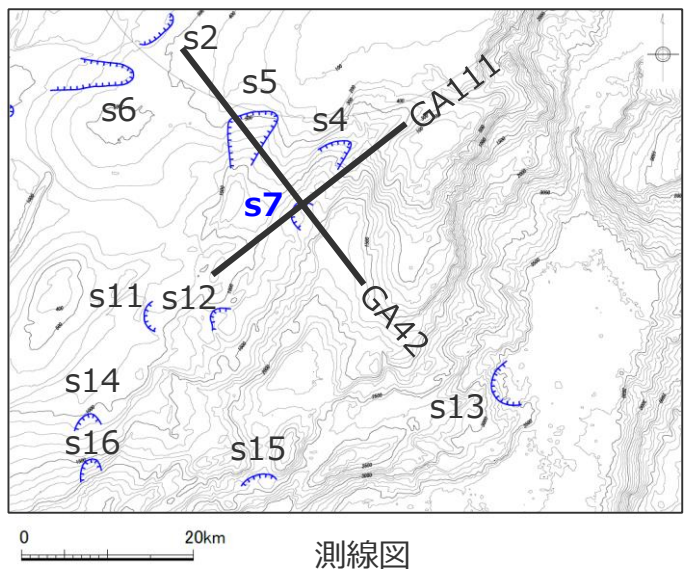
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s6	約9,400m	約3,000m	約70m	約7億m ³	約350m	約2°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s7地点の海底地すべり

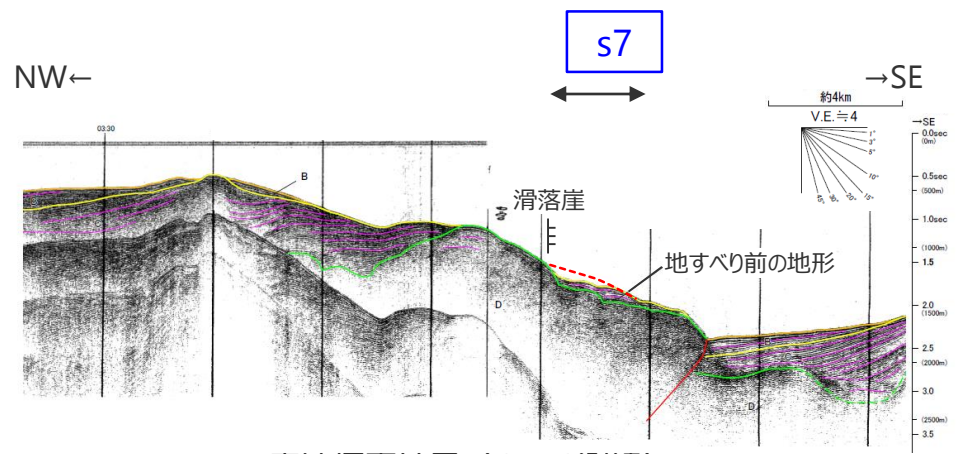
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs7地点の海底地すべり地形を抽出した。



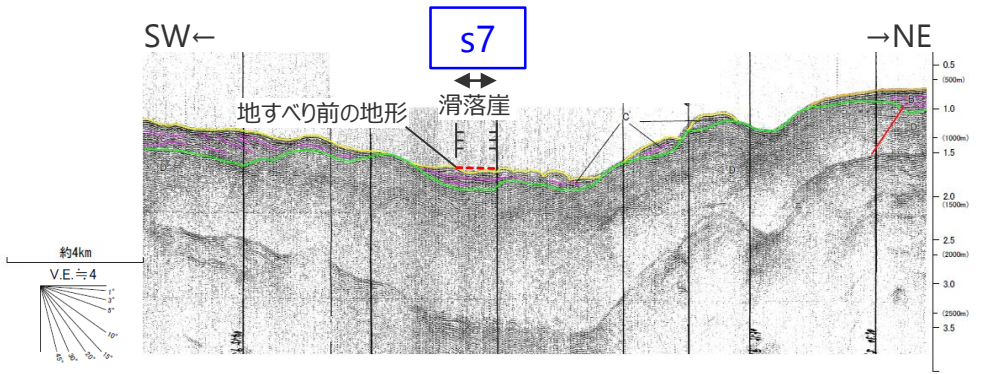
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (GA42測線)



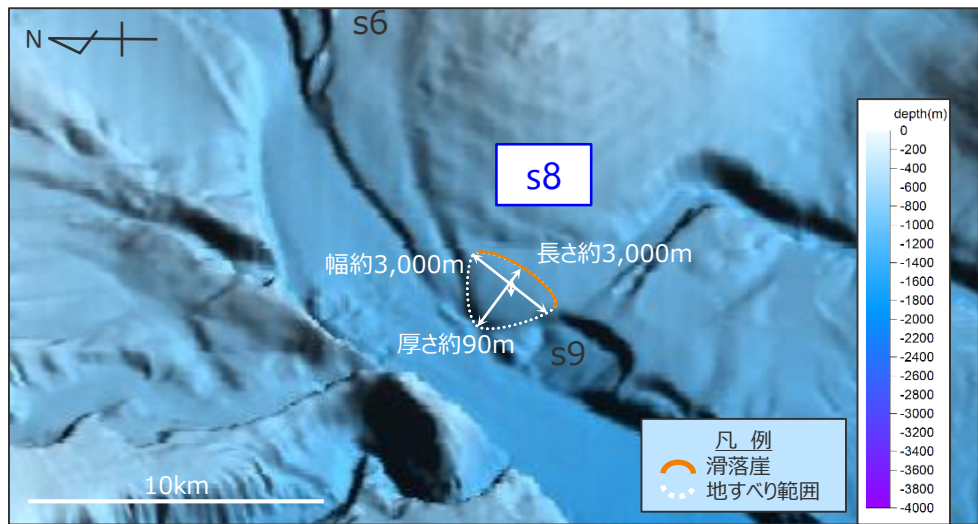
音波探査結果 (GA111測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

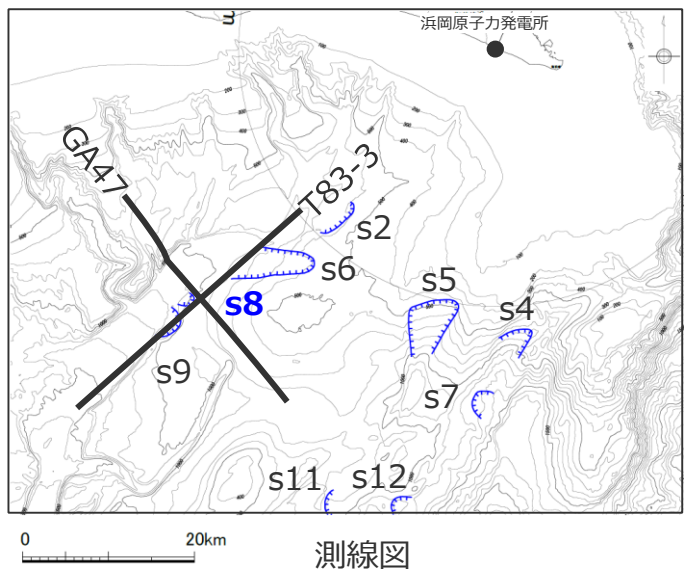
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s7	約2,800m	約3,700m	約150m	約5億m ³	約190m	約4°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s8地点の海底地すべり

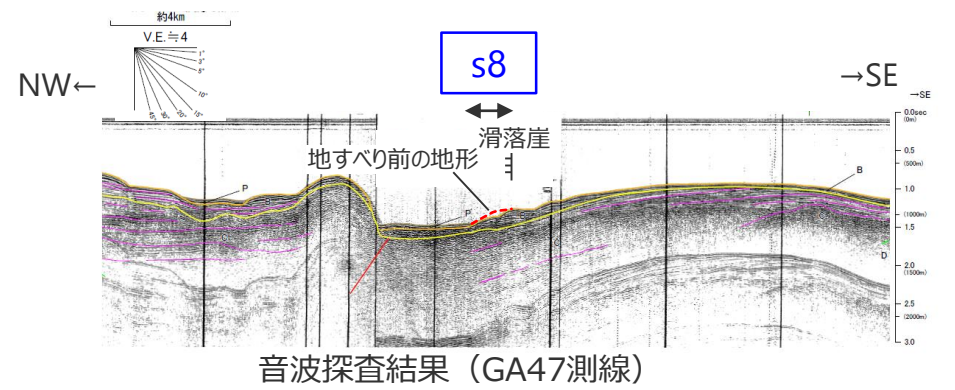
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内にs8地点の海底地すべり地形を抽出した。



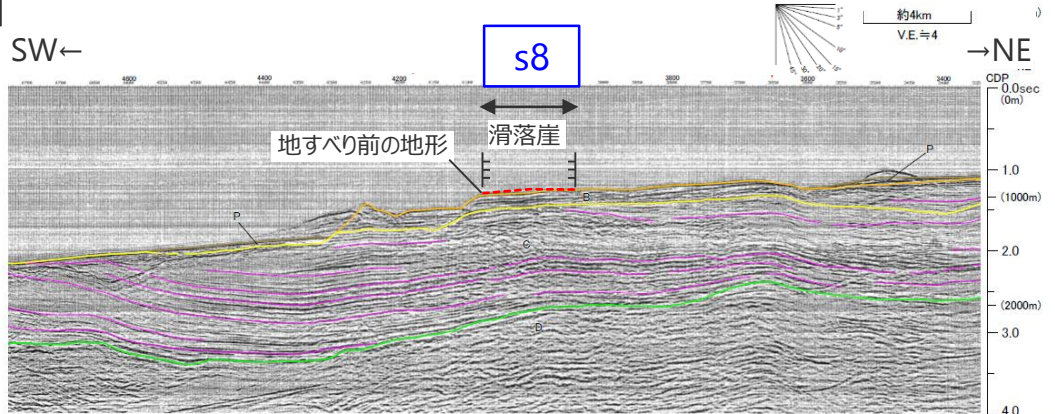
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (GA47測線)



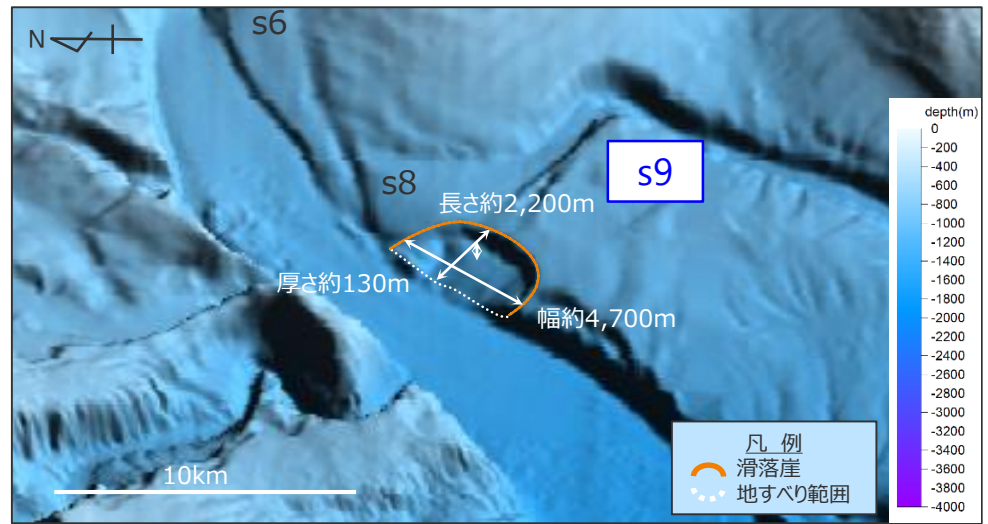
音波探査結果 (T83-3測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

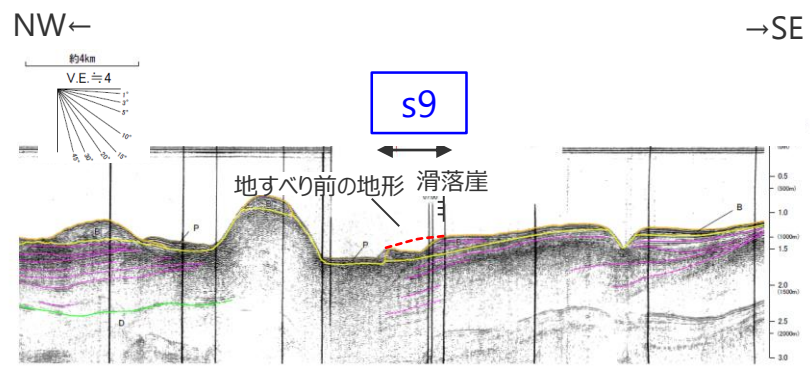
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s8	約3,000m	約3,000m	約90m	約3億m ³	約180m	約3°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s9地点の海底地すべり

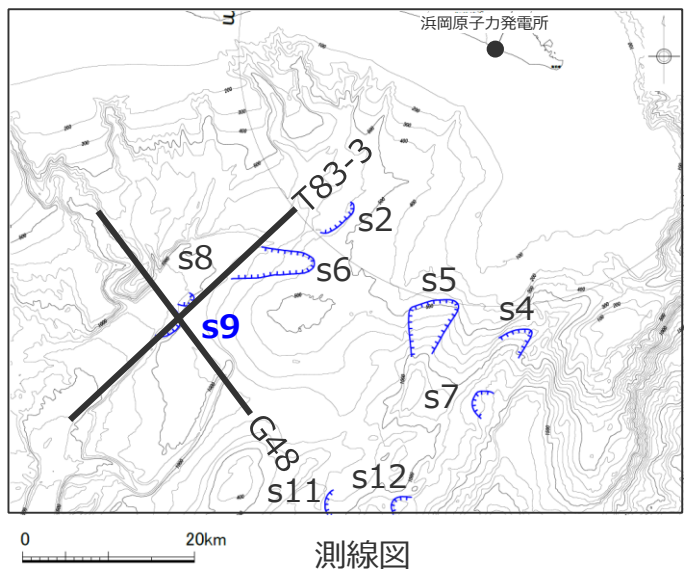
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内にs9地点の海底地すべり地形を抽出した。



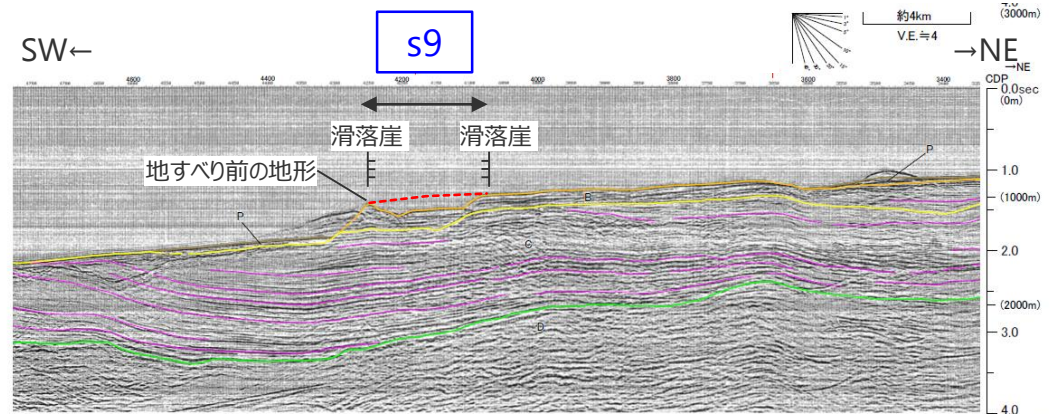
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (GA48測線)



測線図



音波探査結果 (T83-3測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

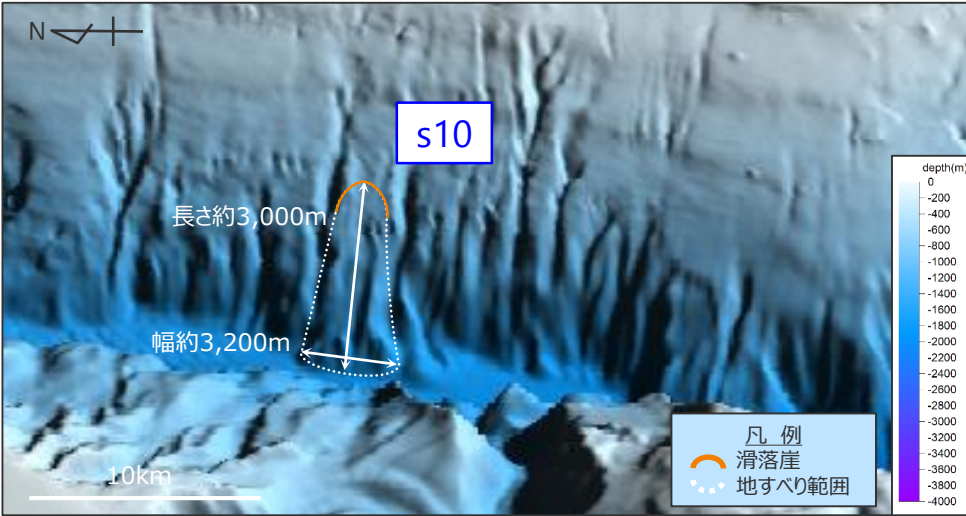
海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s9	約2,200m	約4,700m	約130m	約4億m ³	約260m	約7°

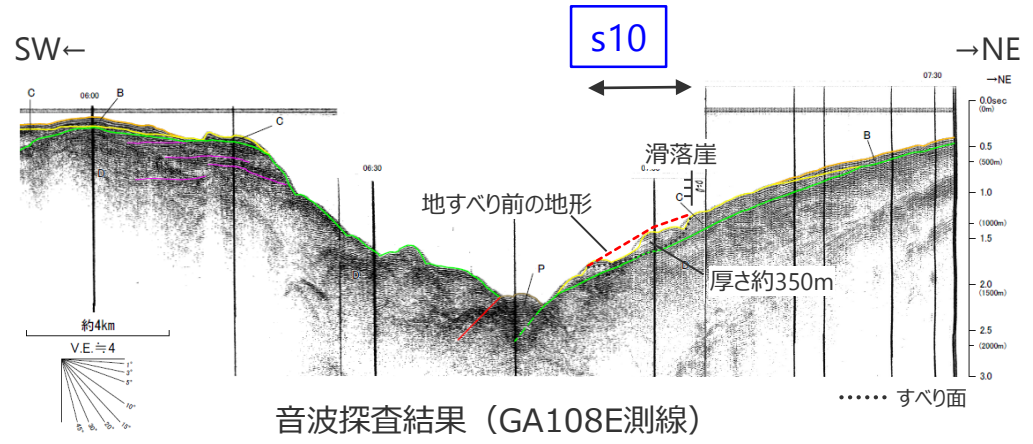
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

s10地点の海底地すべり

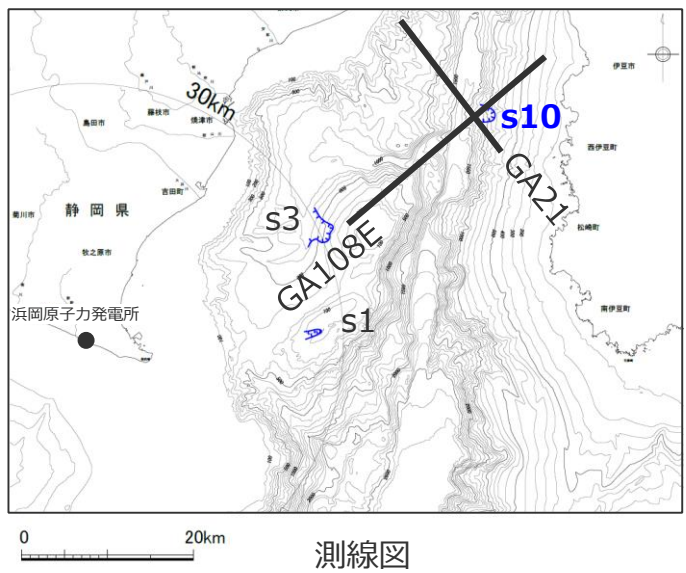
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河湾の東側斜面にs10地点の海底地すべり地形を抽出した。



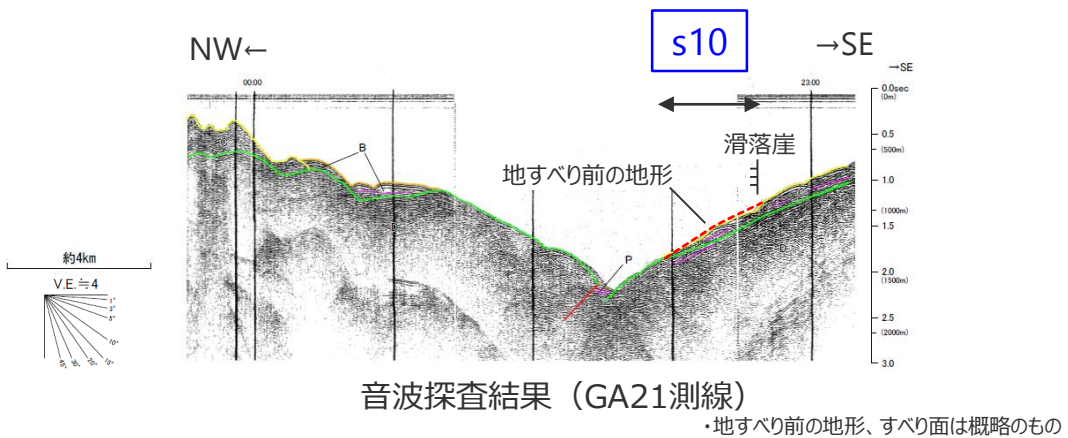
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (GA108E測線)



測線図



音波探査結果 (GA21測線)

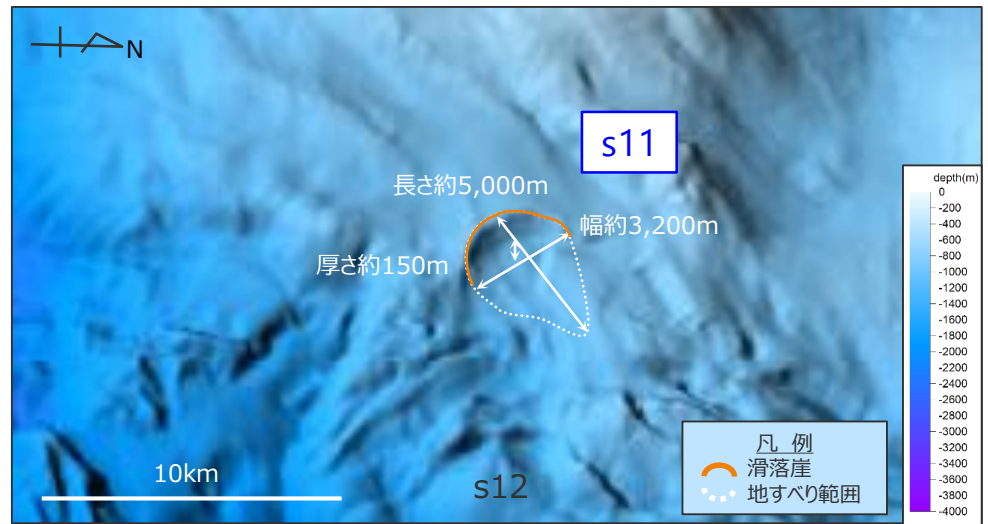
海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s10	約3,000m	約3,200m	約350m	約11億m ³	約580m	約11°

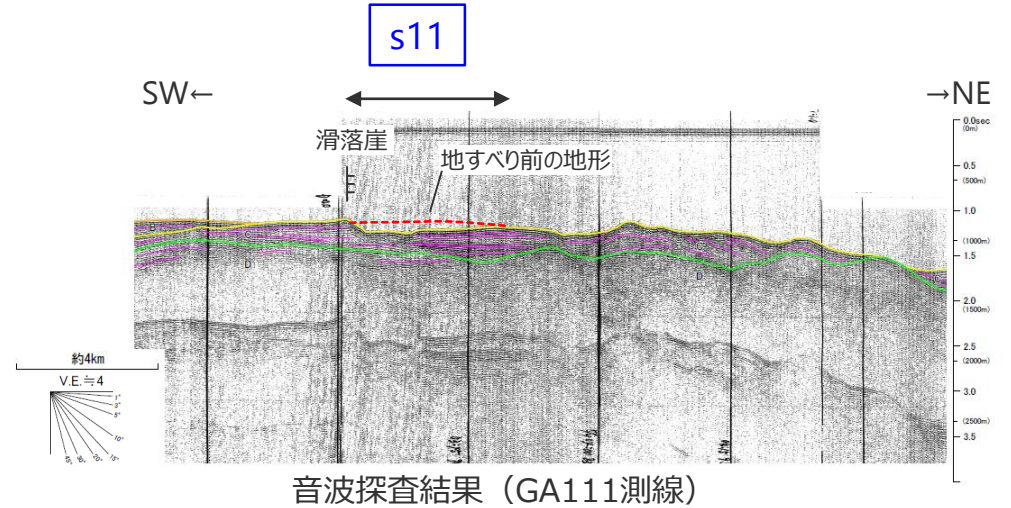
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

s11地点の海底地すべり

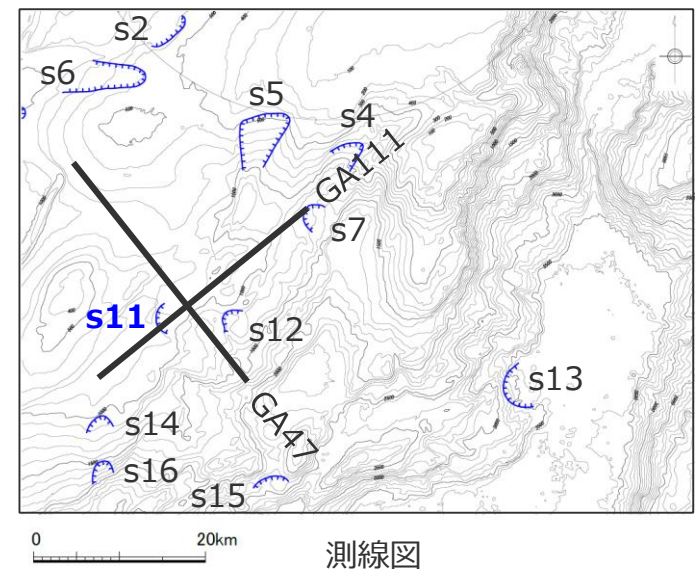
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs11地点の海底地すべり地形を抽出した。



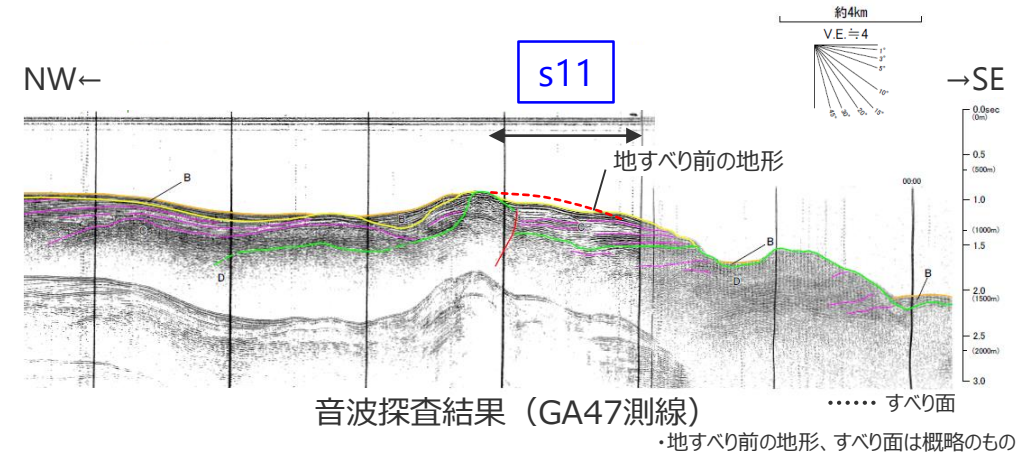
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (GA111測線)



測線図



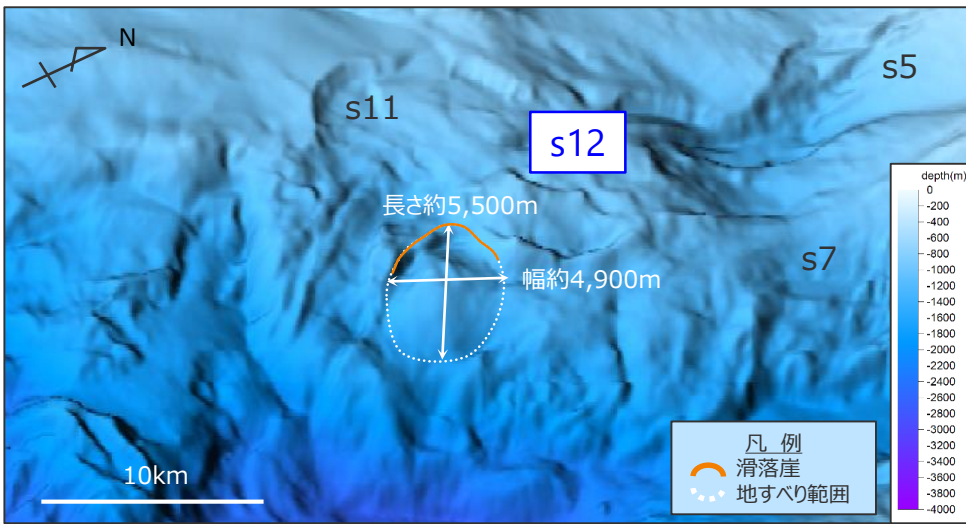
音波探査結果 (GA47測線) すべり面
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

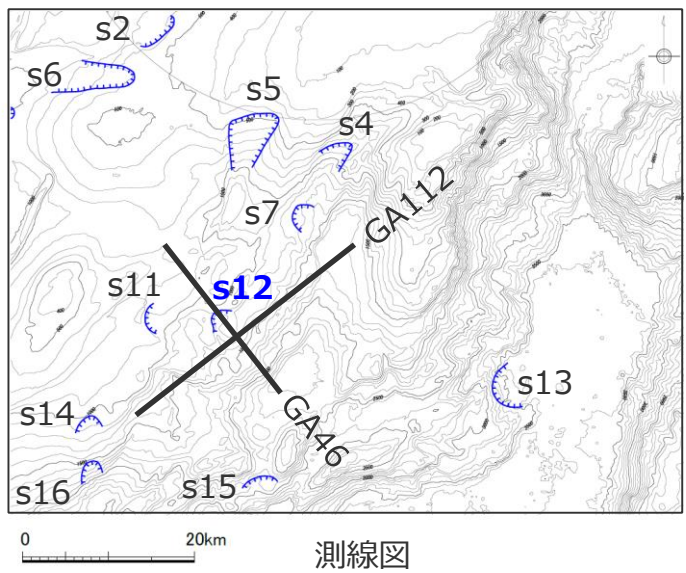
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s11	約5,000m	約3,200m	約150m	約8億m ³	約400m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s12地点の海底地すべり

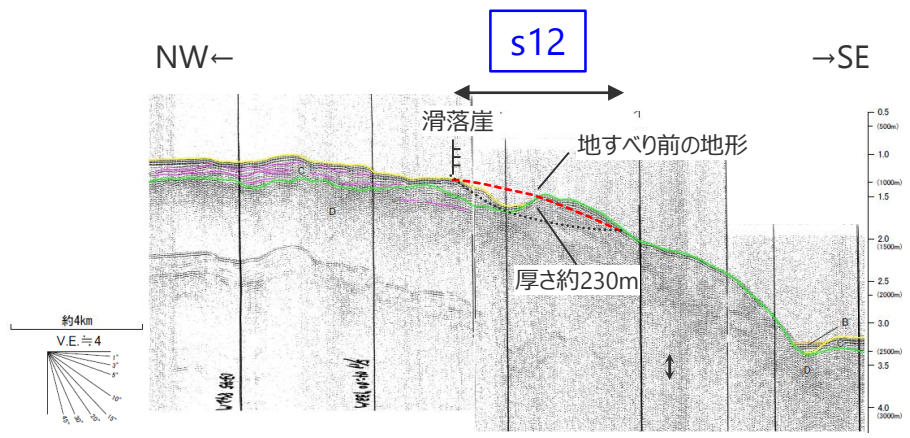
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs12地点の海底地すべり地形を抽出した。



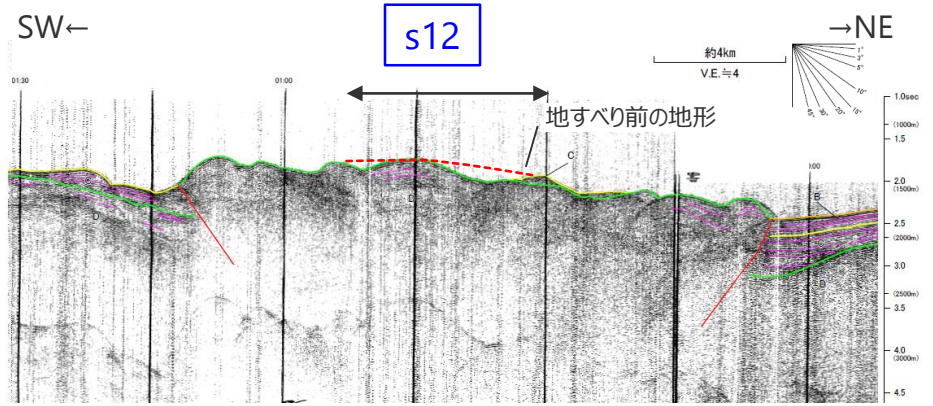
DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果 (GA46測線) すべり面



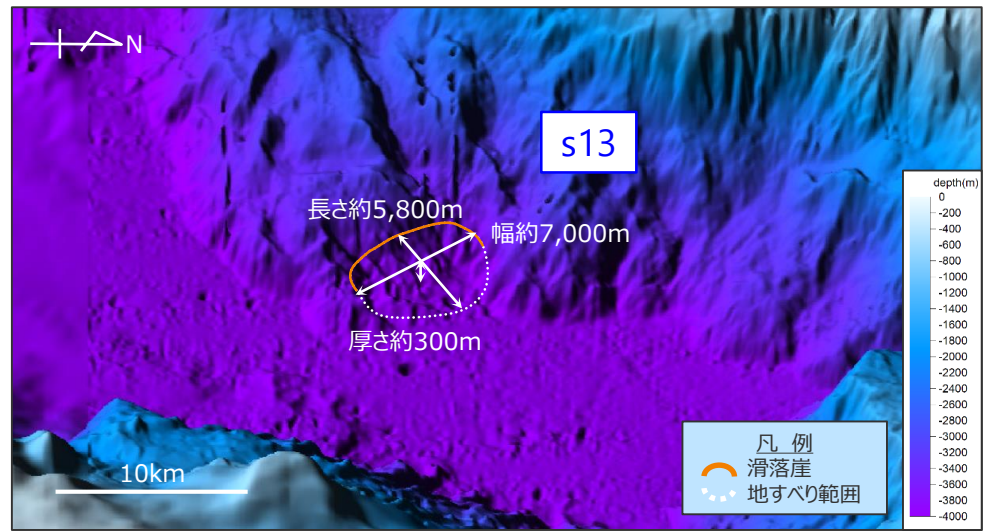
音波探査結果 (GA112測線)
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

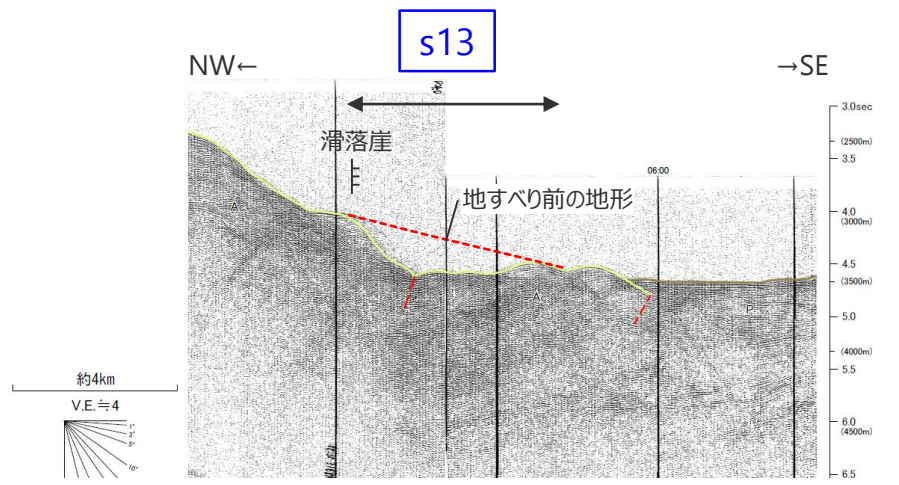
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s12	約5,500m	約4,900m	約230m	約20億m ³	約170m	約2°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s13地点の海底地すべり

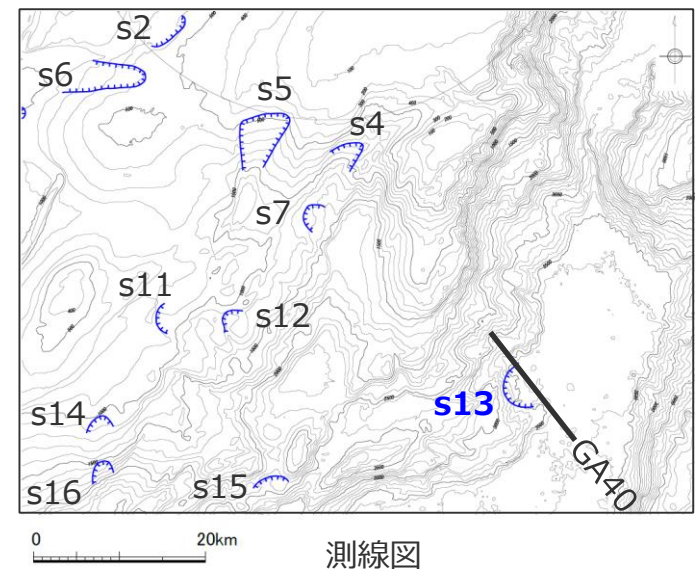
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs13地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (GA40測線)
・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

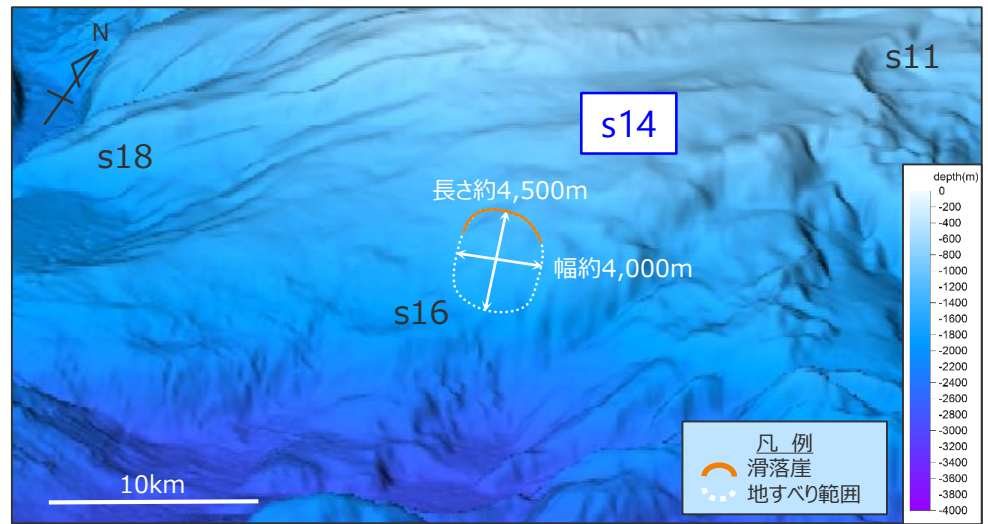
海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s13	約5,800m	約7,000m	約300m	約41億m ³	約480m	約5°

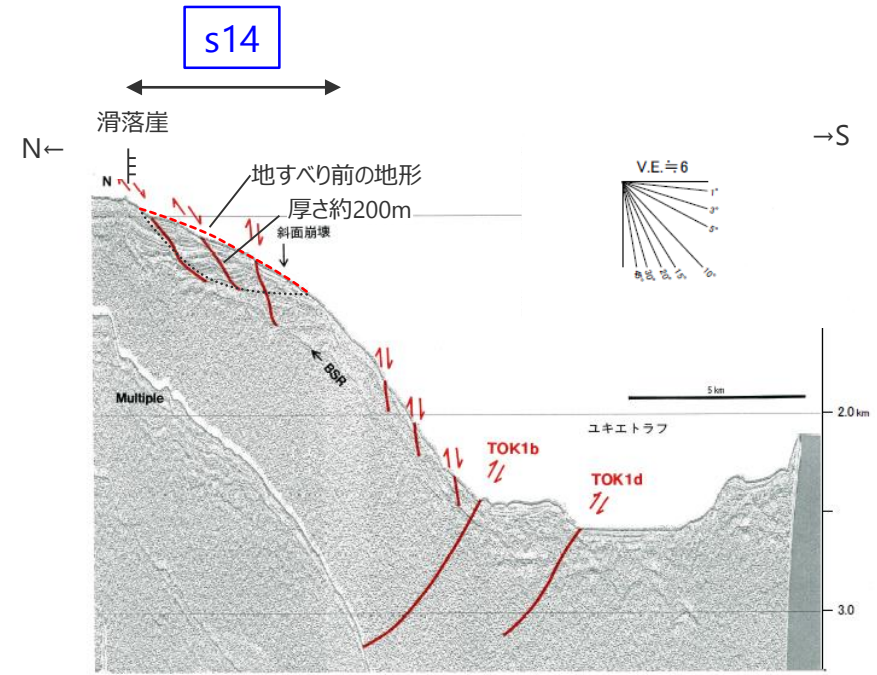
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

s14地点の海底地すべり

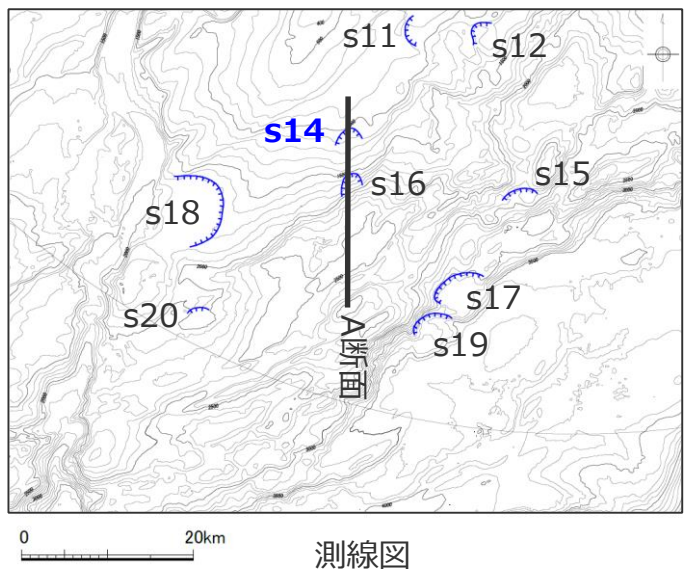
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs14地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (A断面) (東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの



測線図

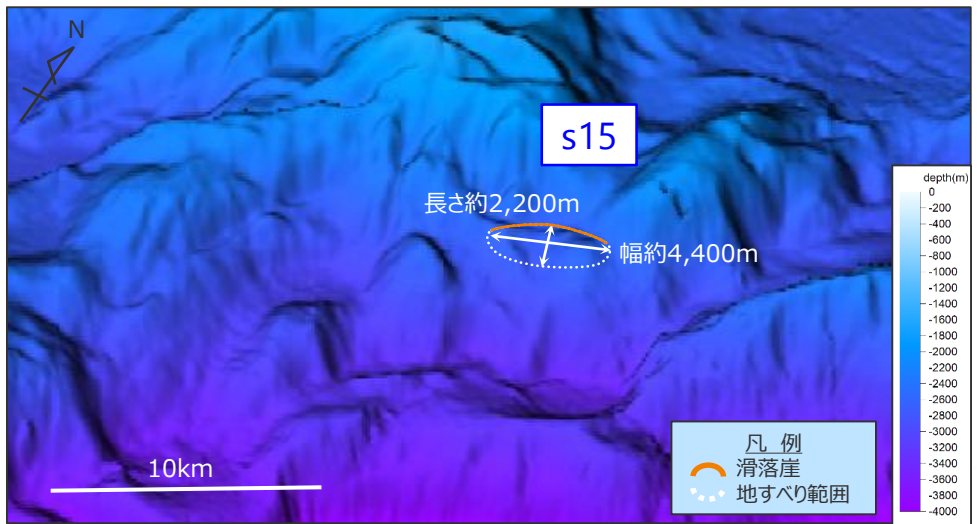
海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s14	約4,500m	約4,000m	約200m	約12億m ³	約410m	約5°

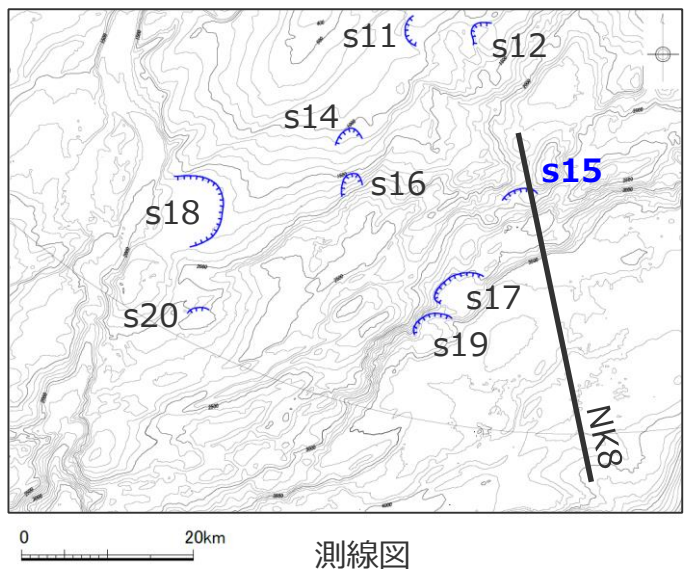
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

s15地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs15地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図

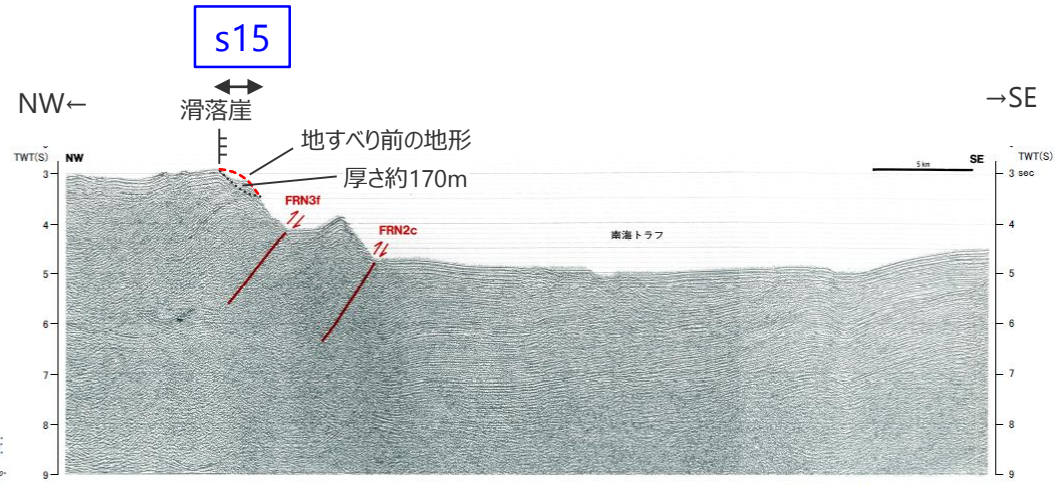


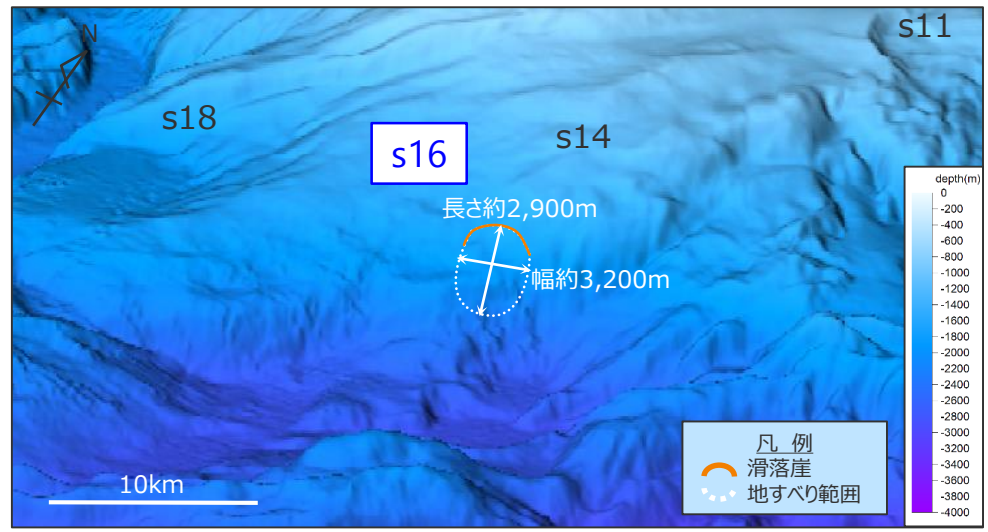
図3.2.8 前線断層系の音響地殻断面 NK8 (マルチチャンネル音波探査による) [東海沖海底活断層研究会 (1999) に加筆]
音波探査結果 (NK8測線) (東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
..... すべり面
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

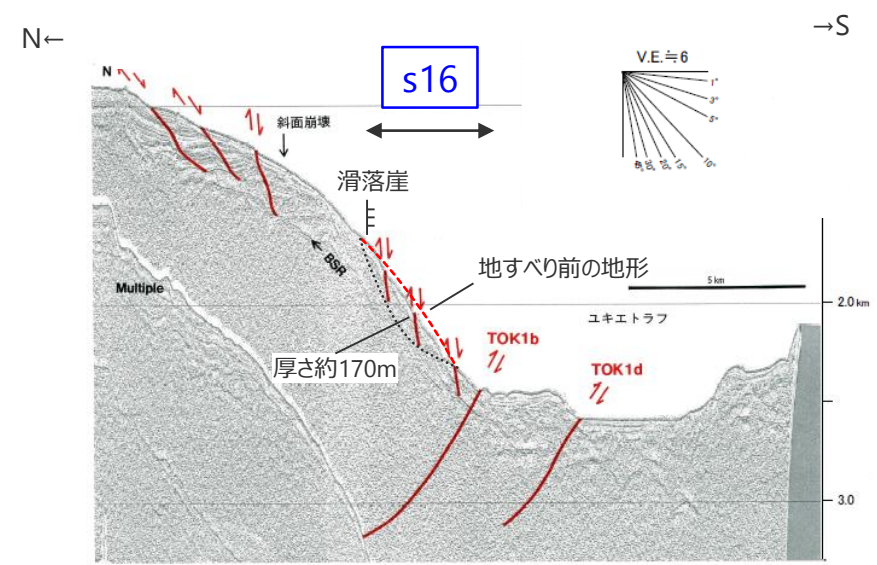
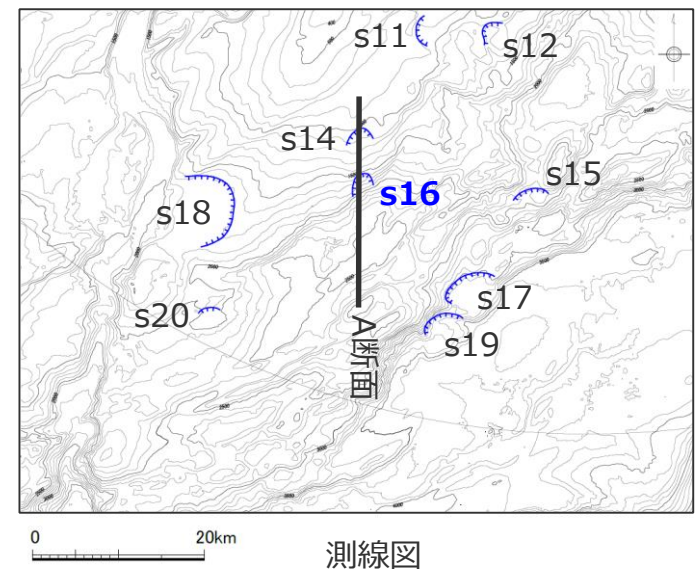
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s15	約2,200m	約4,400m	約170m	約5億m ³	約250m	約6°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s16地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs16地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (A断面)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの

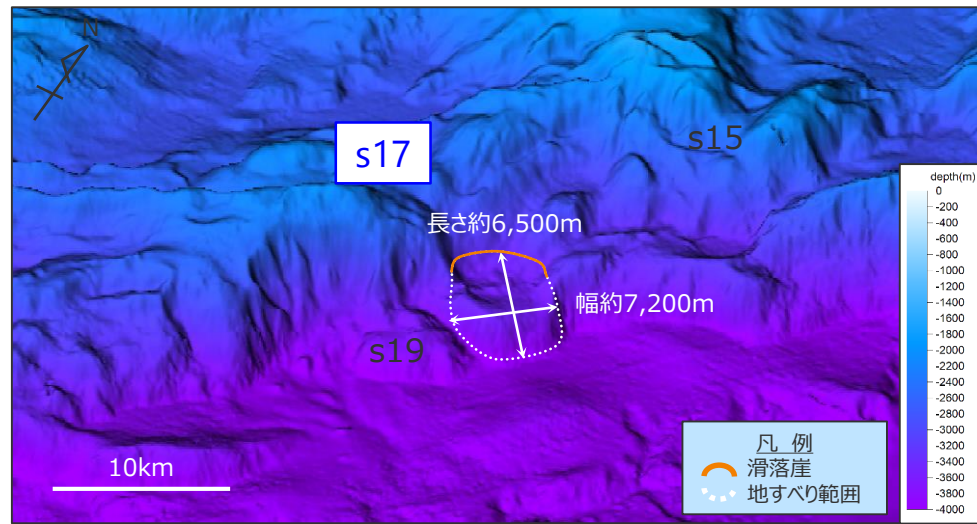
海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s16	約2,900m	約3,200m	約170m	約5億m ³	約700m	約14°

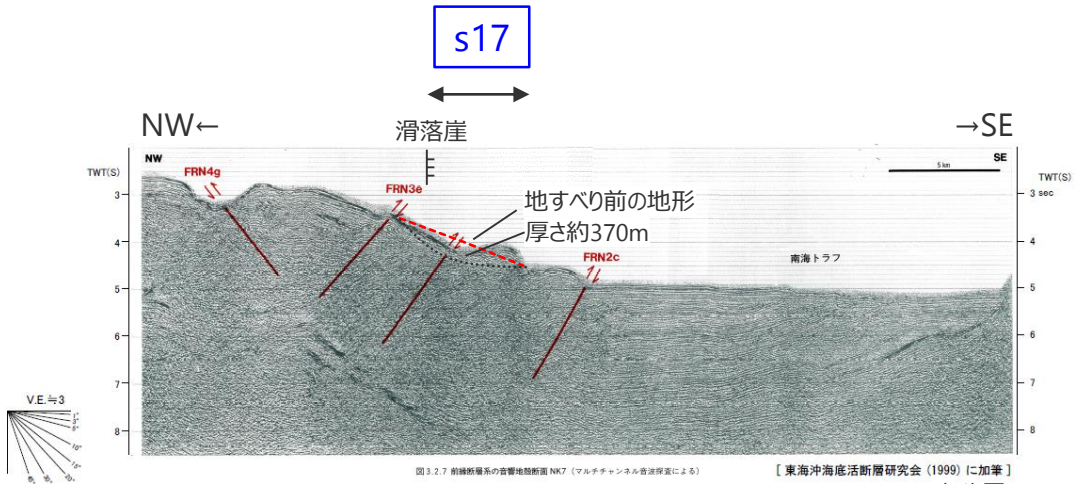
3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細

s17地点の海底地すべり

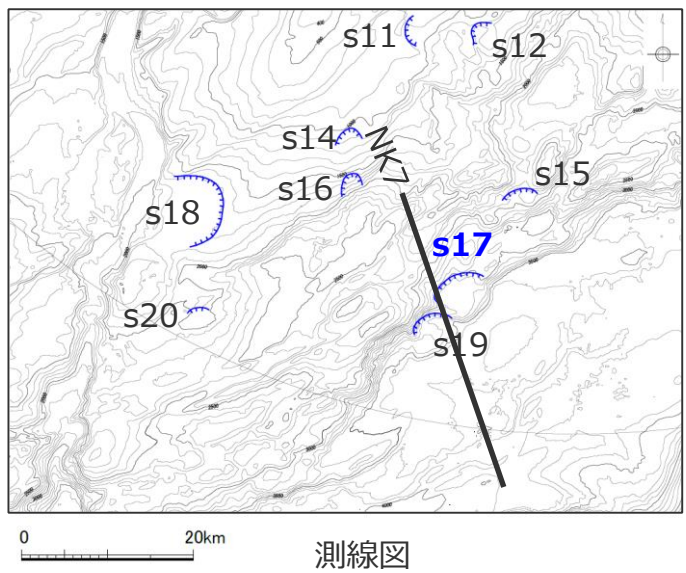
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs17地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果(NK7測線)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの



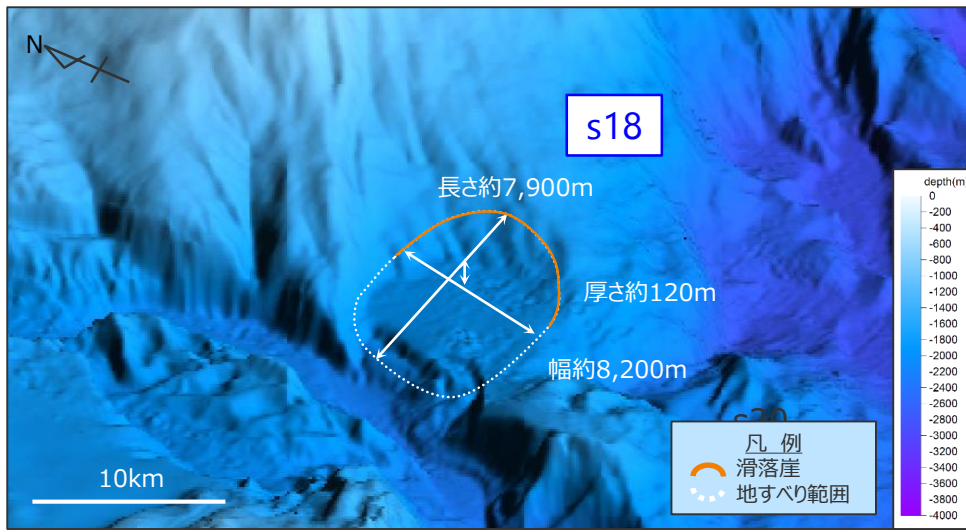
測線図

海底地すべり地形の概略諸元

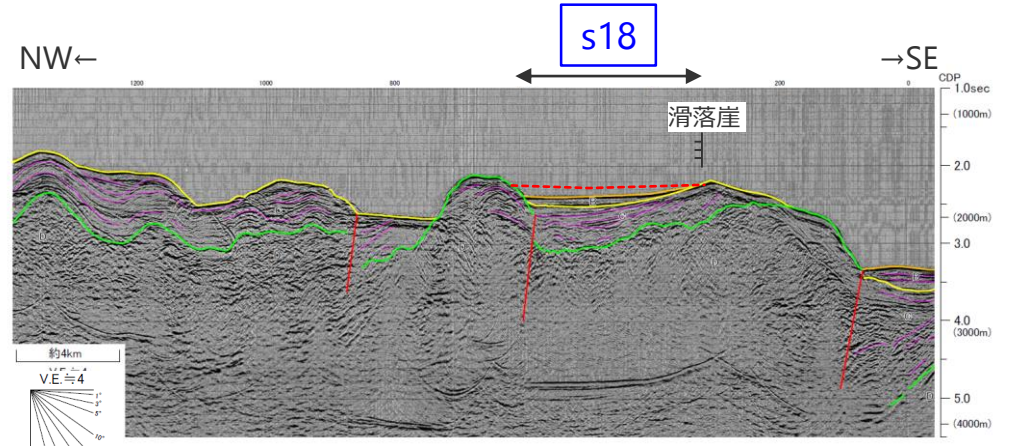
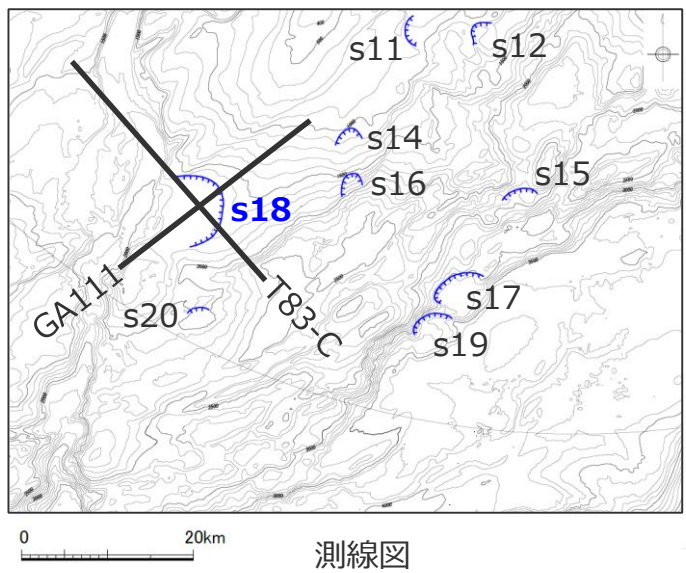
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s17	約6,500m	約7,200m	約370m	約58億m ³	約800m	約7°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s18地点の海底地すべり

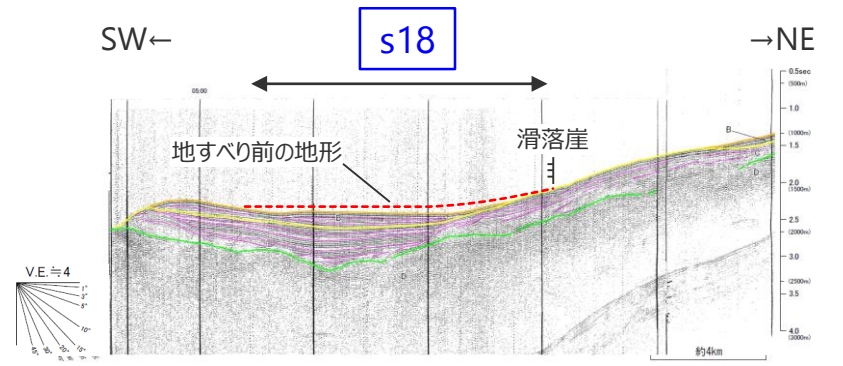
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内にs18地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (T83-C測線)



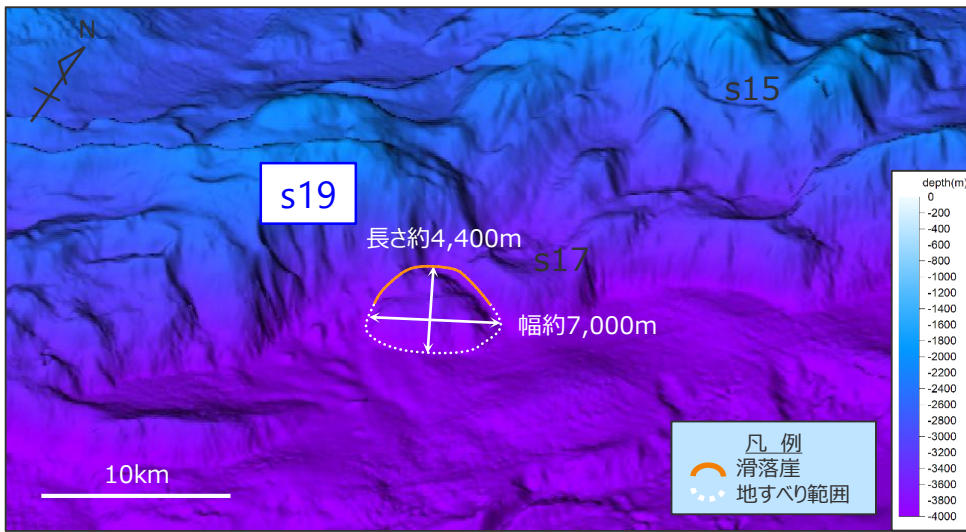
音波探査結果 (GA111測線)
・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元

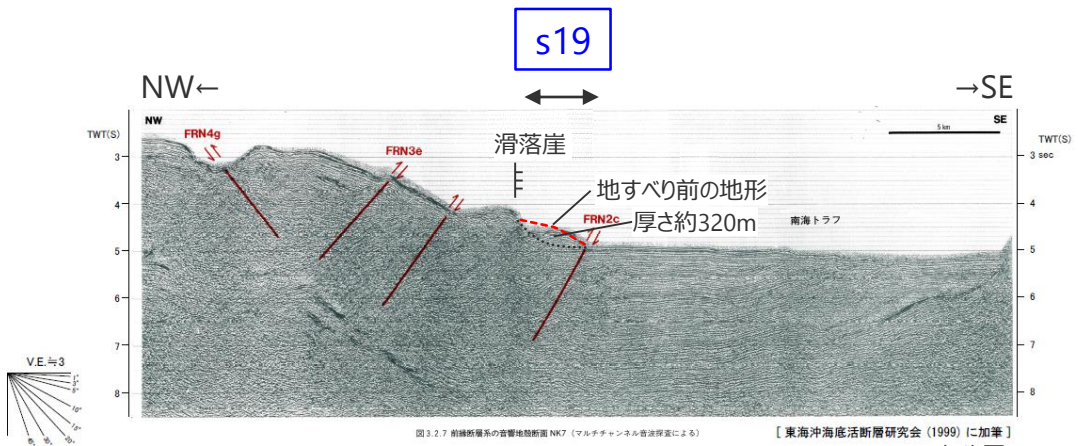
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s18	約7,900m	約8,200m	約120m	約26億m ³	約270m	約2°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s19地点の海底地すべり

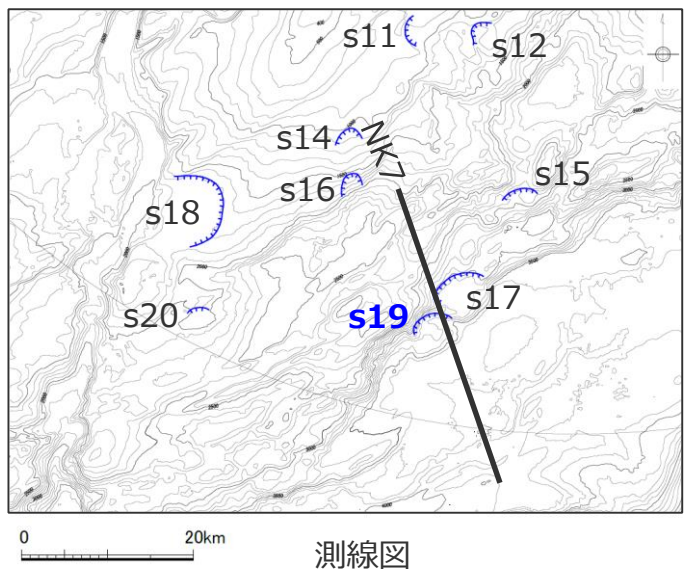
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs19地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果(NK7測線)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの



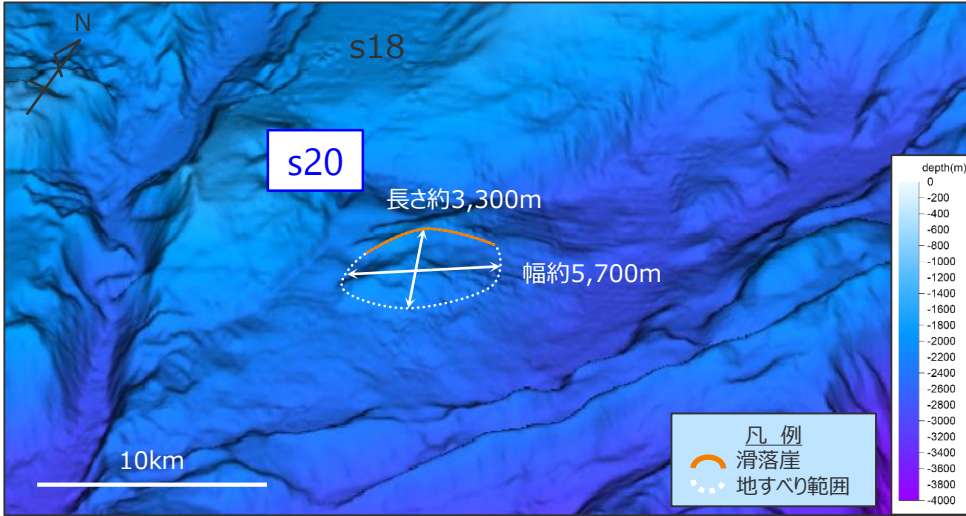
測線図

海底地すべり地形の概略諸元

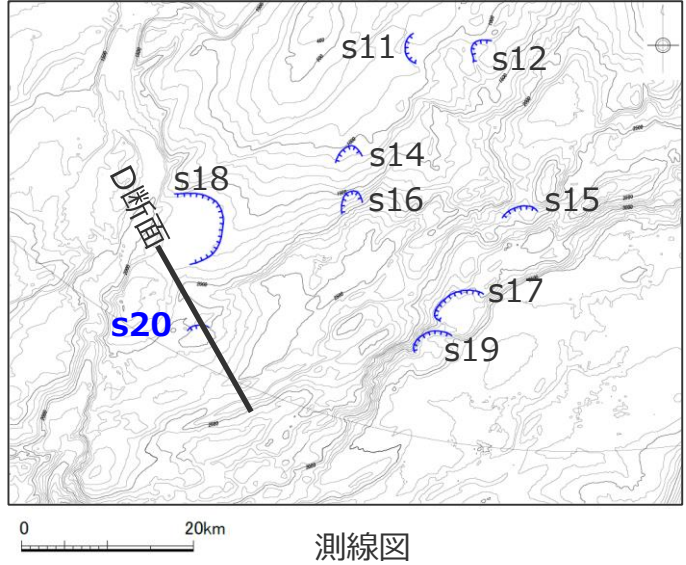
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s19	約4,400m	約7,000m	約320m	約32億m ³	約370m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s20地点の海底地すべり

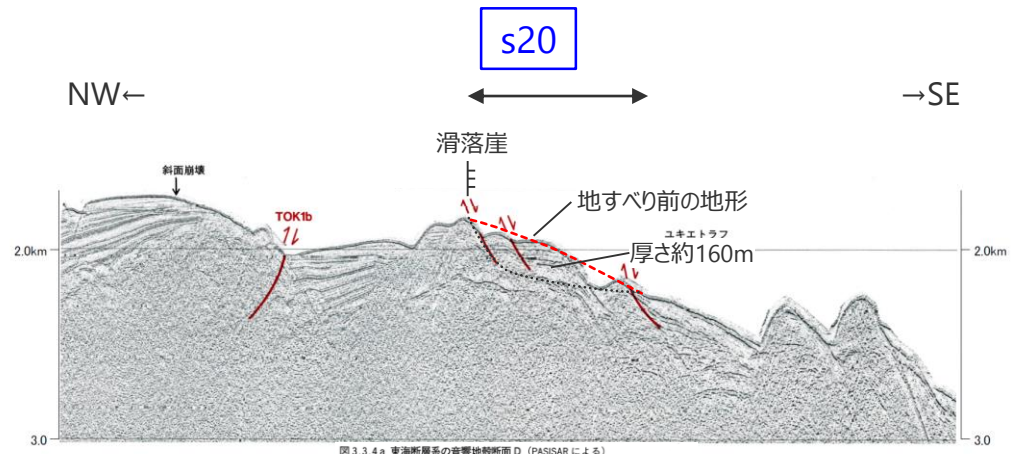
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にs20地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



測線図



音波探査結果(D断面)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)

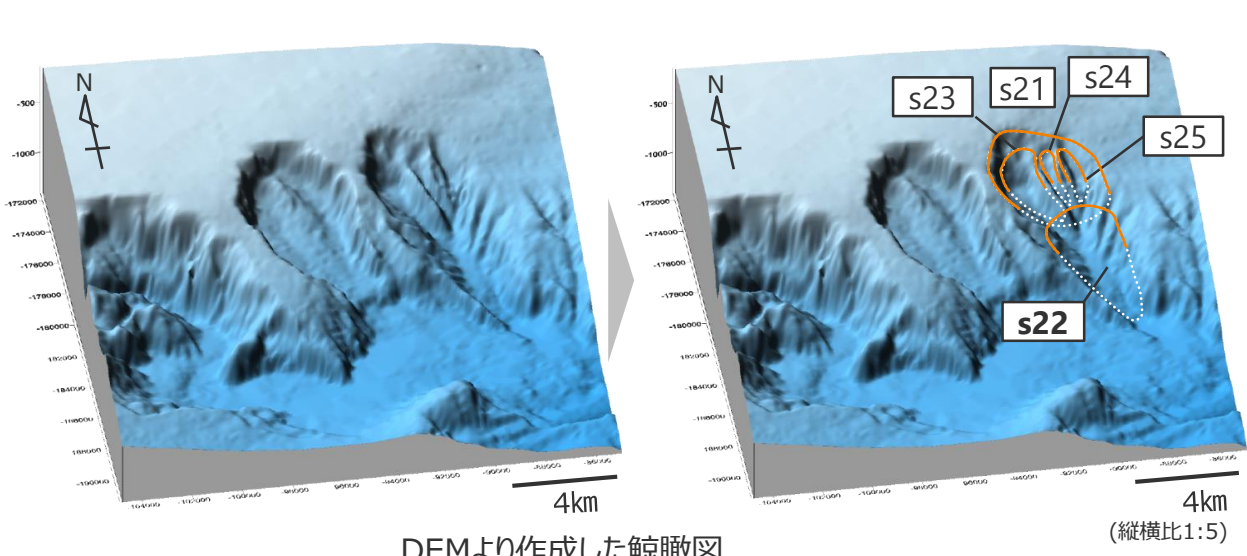
- ・地すべり前の地形、すべり面は概略のもの。
- ・断面図における「斜面崩壊」の記載は東海沖海底活断層研究会(1999)によるもの。
- ・100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、連続した崖地形であり土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、東海断層系東の断層運動に伴う変動地形であり、大規模な海底地すべり地形(約1億m³以上)ではないと評価した。
- ・なお、既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果については、補足説明資料3に示す。

海底地すべり地形の概略諸元

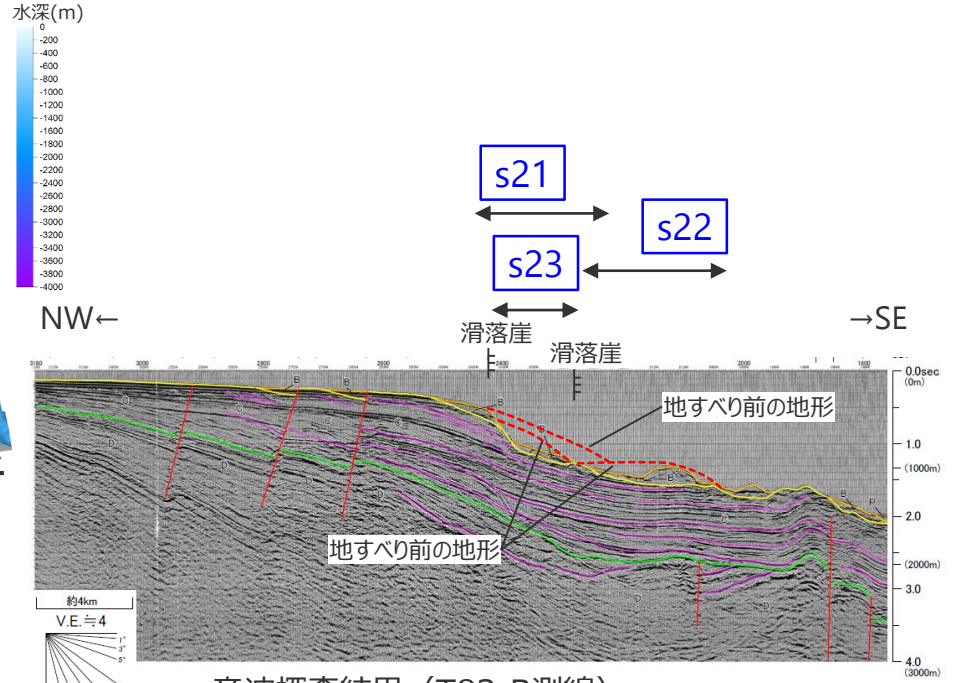
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s20	約3,300m	約5,700m	約160m	約10億m ³	約200m	約4°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s21,s22,s23,s24,s25地点の海底地すべり

- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査に基づき、遠州灘沖の大陸棚斜面にs21、s22、s23、s24、s25地点の海底地すべり地形を抽出した。
- 海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目して地形判読を行った結果、s21地点の海底地すべりが発生した後、侵食作用による海底谷のレベル低下を要因としてs22地点の海底地すべりが発生し、その後、その上部のs23、s24、s25地点の海底地すべりが発生したと評価した。



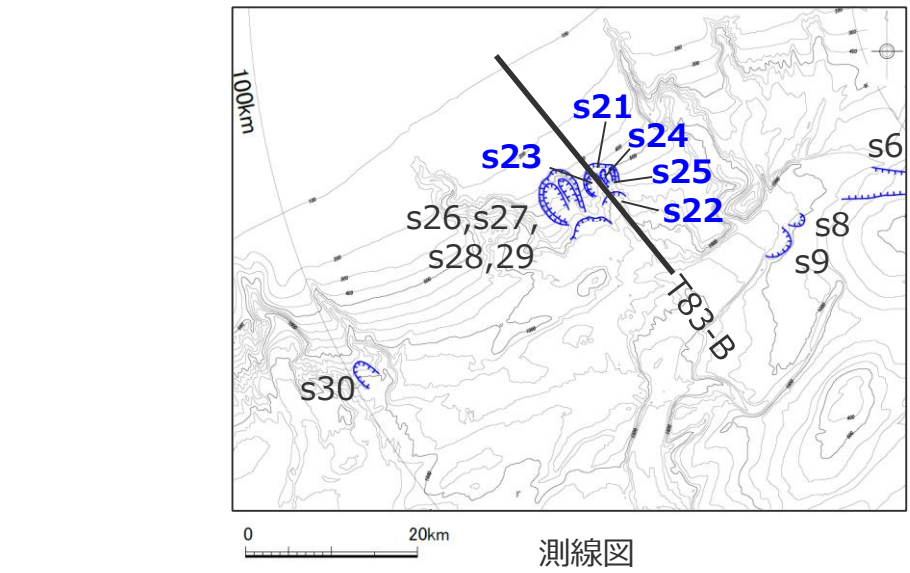
DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの

海底地すべり地形の概略諸元



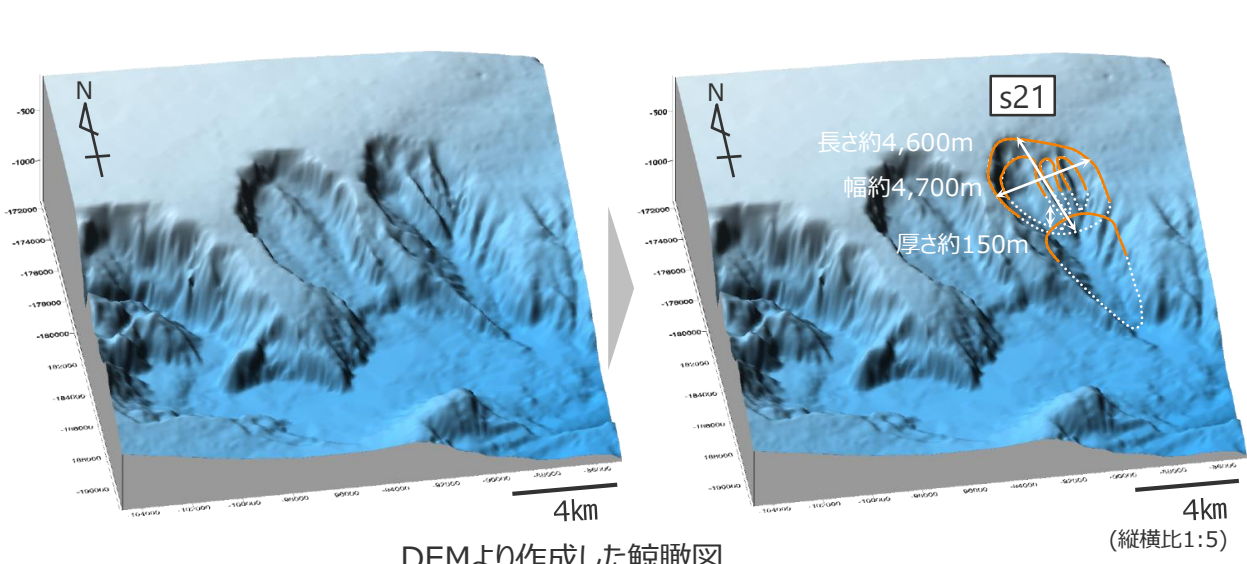
測線図

凡例
 滑落崖
 地すべり範囲

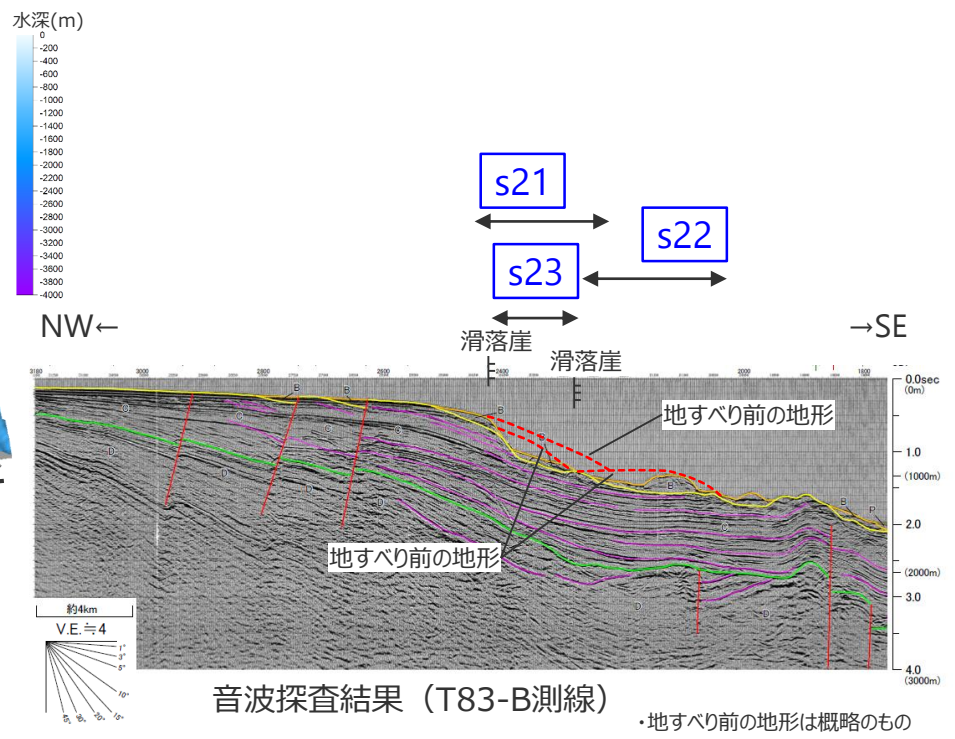
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s21	約4,600m	約4,700m	約150m	約11億m ³	約390m	約5°
s22	約5,100m	約3,600m	約190m	約12億m ³	約420m	約5°
s23	約4,400m	約2,400m	約200m	約7億m ³	約520m	約7°
s24	約3,000m	約1,200m	約80m	約1億m ³	約370m	約7°
s25	約2,600m	約1,300m	約80m	約1億m ³	約270m	約6°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s21地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs21地点の海底地すべり地形を抽出した。

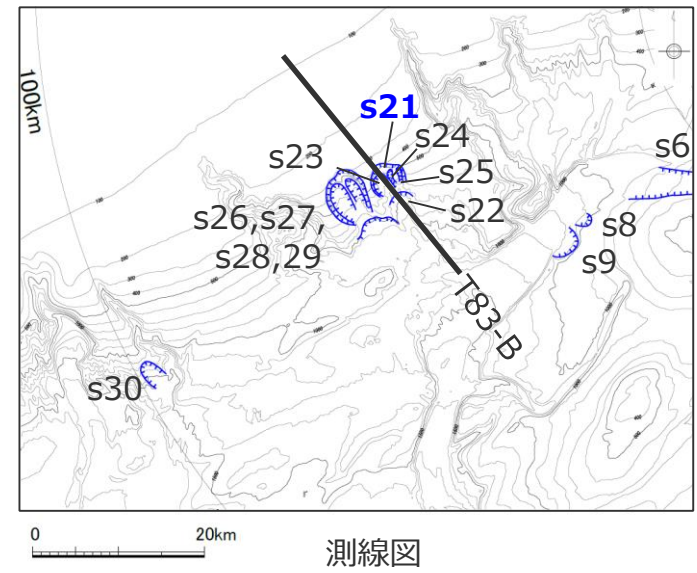


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

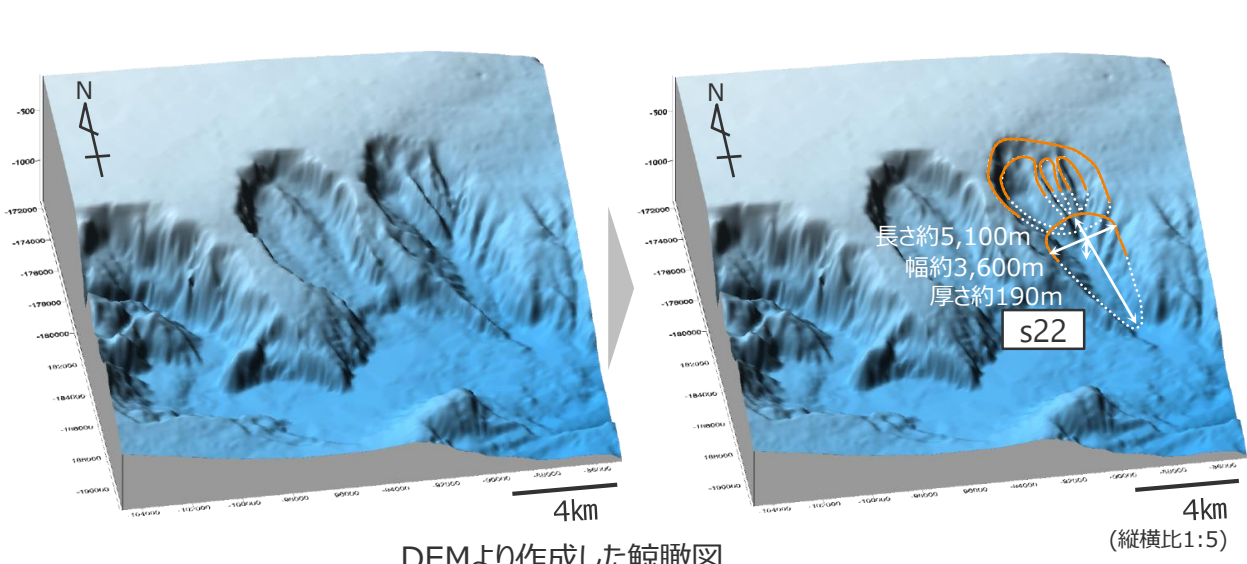
凡例
 滑落崖
 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

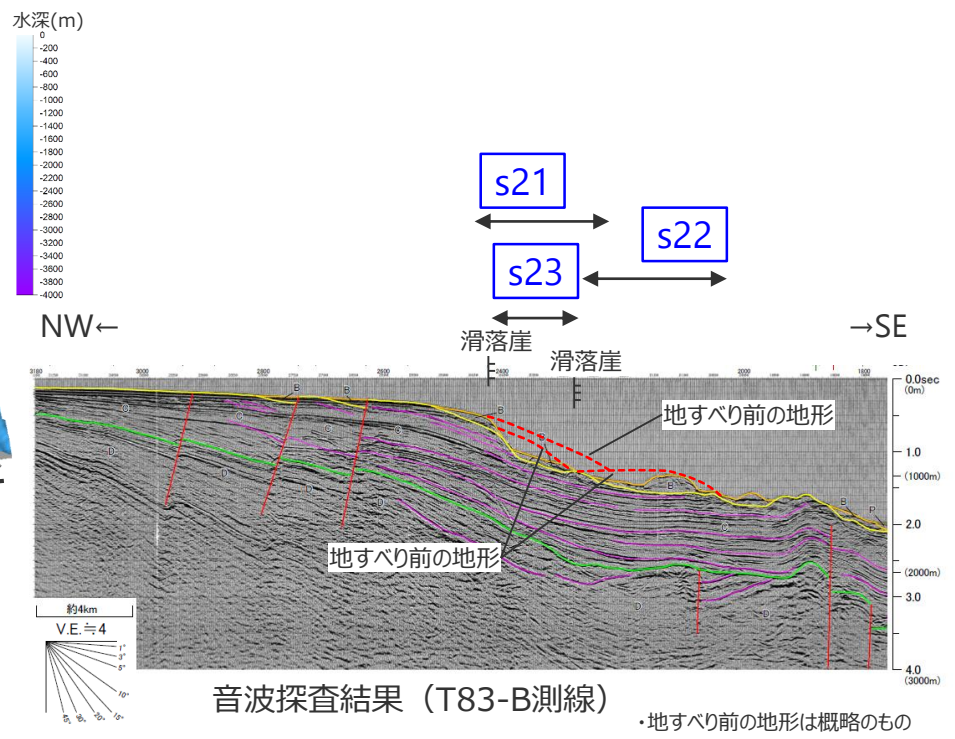
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s21	約4,600m	約4,700m	約150m	約11億m ³	約390m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s22地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs22地点の海底地すべり地形を抽出した。

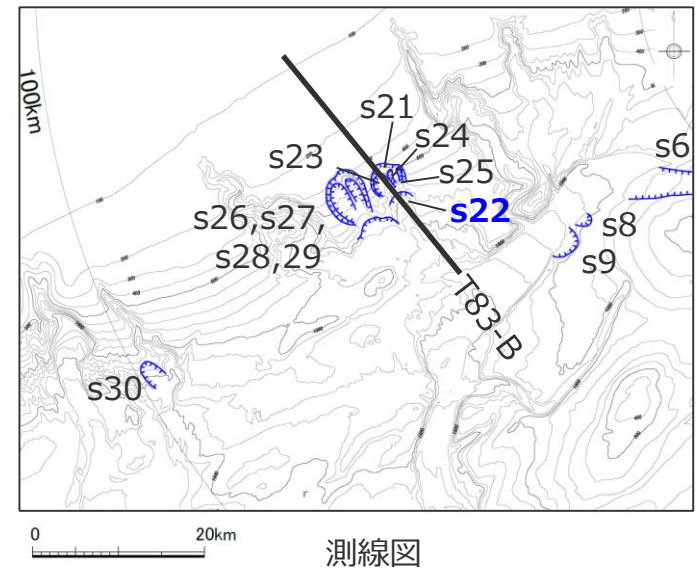


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

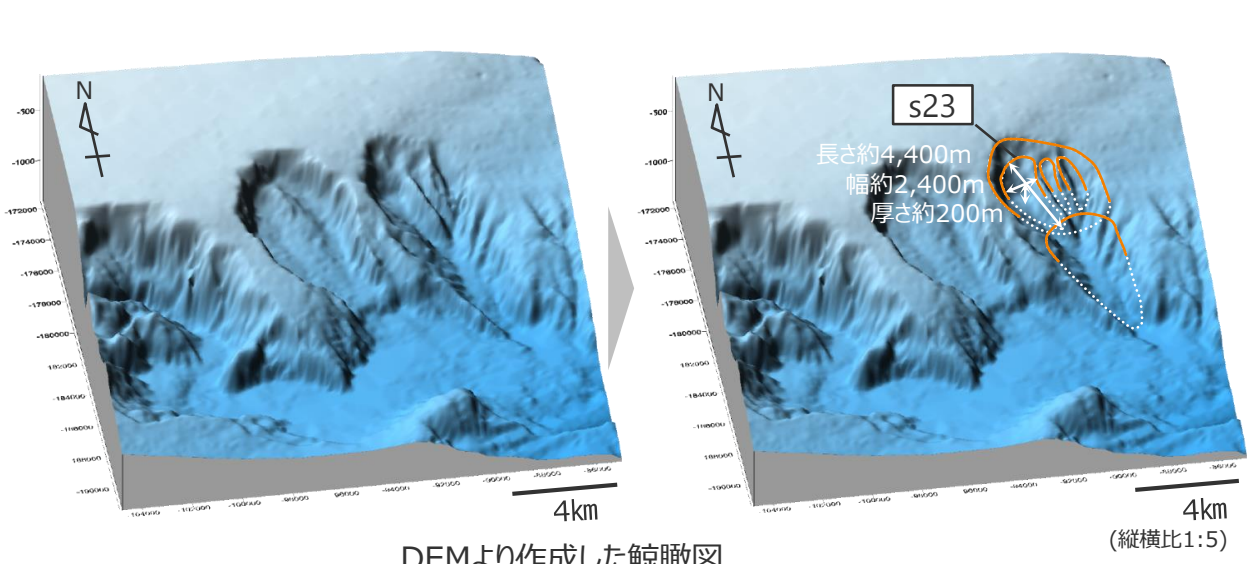
凡例
 〰 滑落崖
 ... 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

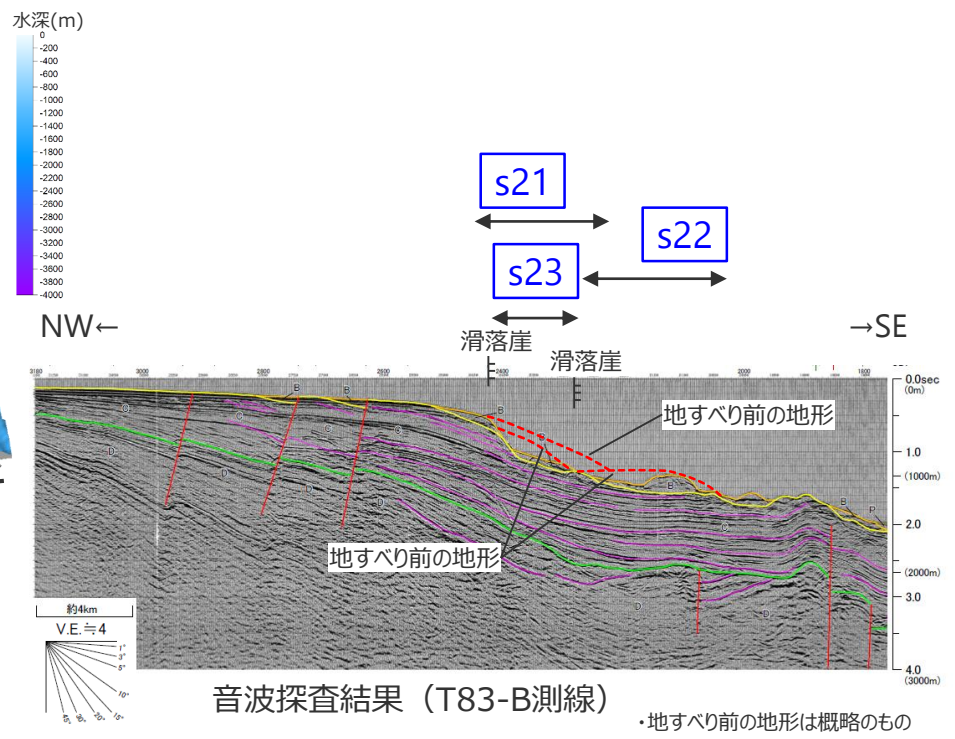
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s22	約5,100m	約3,600m	約190m	約12億m ³	約420m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s23地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs23地点の海底地すべり地形を抽出した。

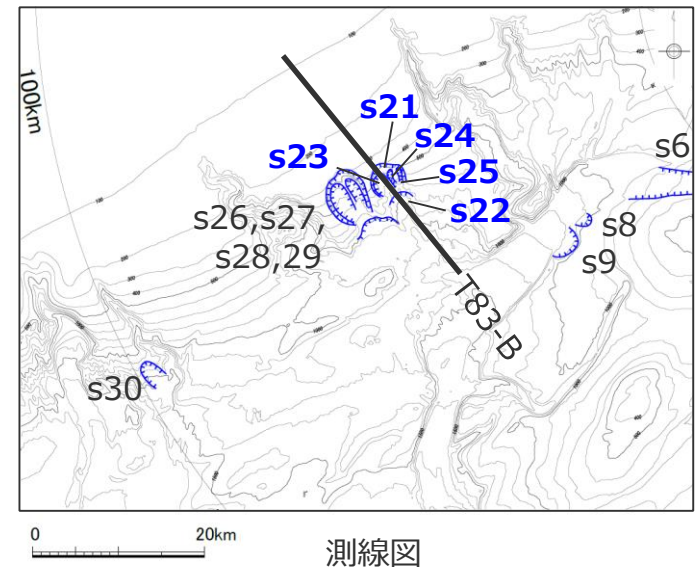


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

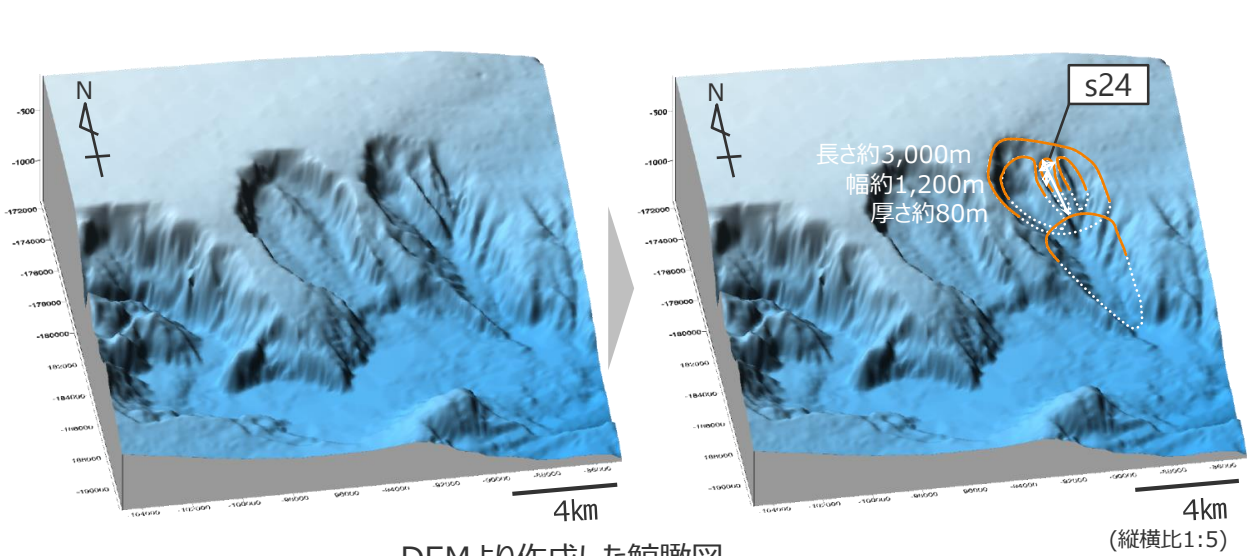
凡例
— 滑落崖
--- 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

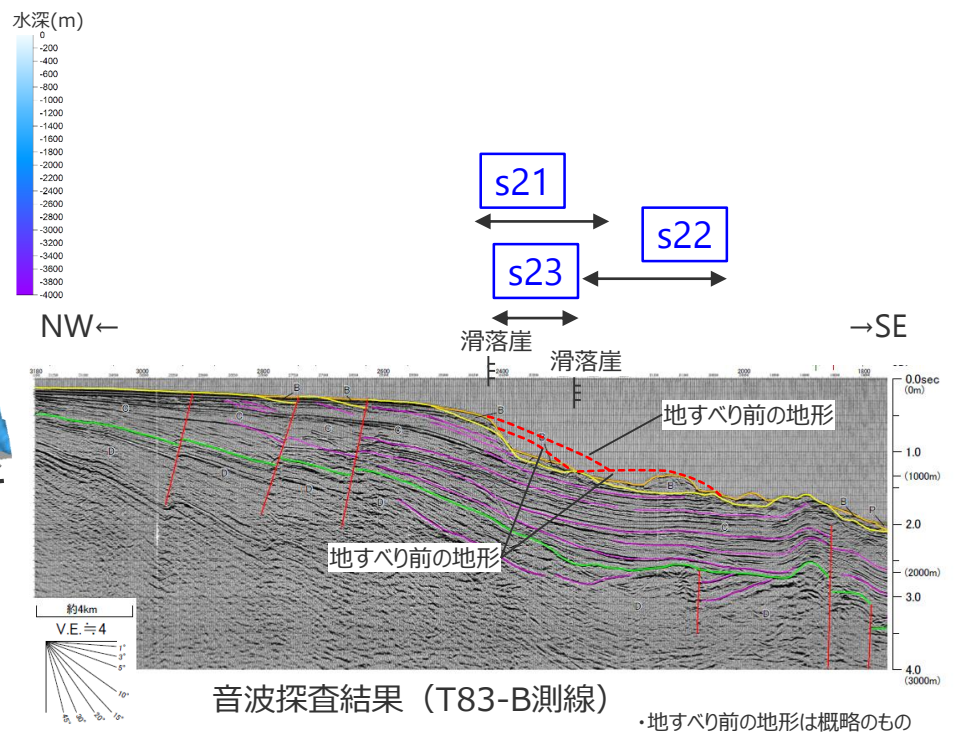
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s23	約4,400m	約2,400m	約200m	約7億m ³	約520m	約7°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s24地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs24地点の海底地すべり地形を抽出した。

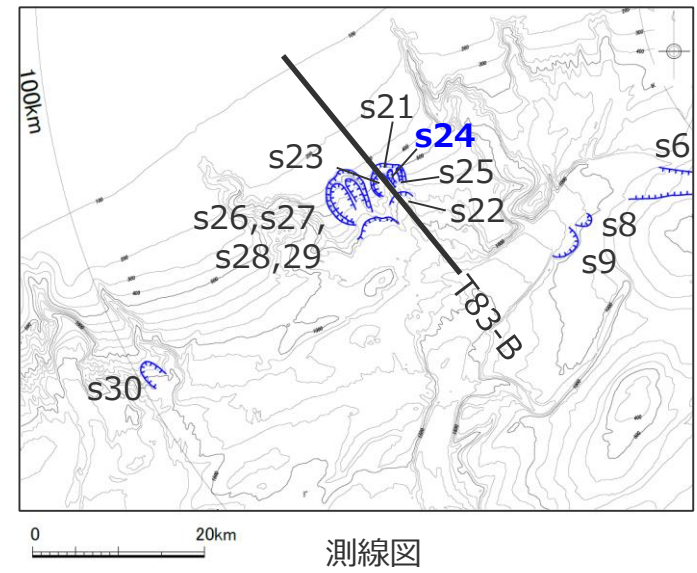


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

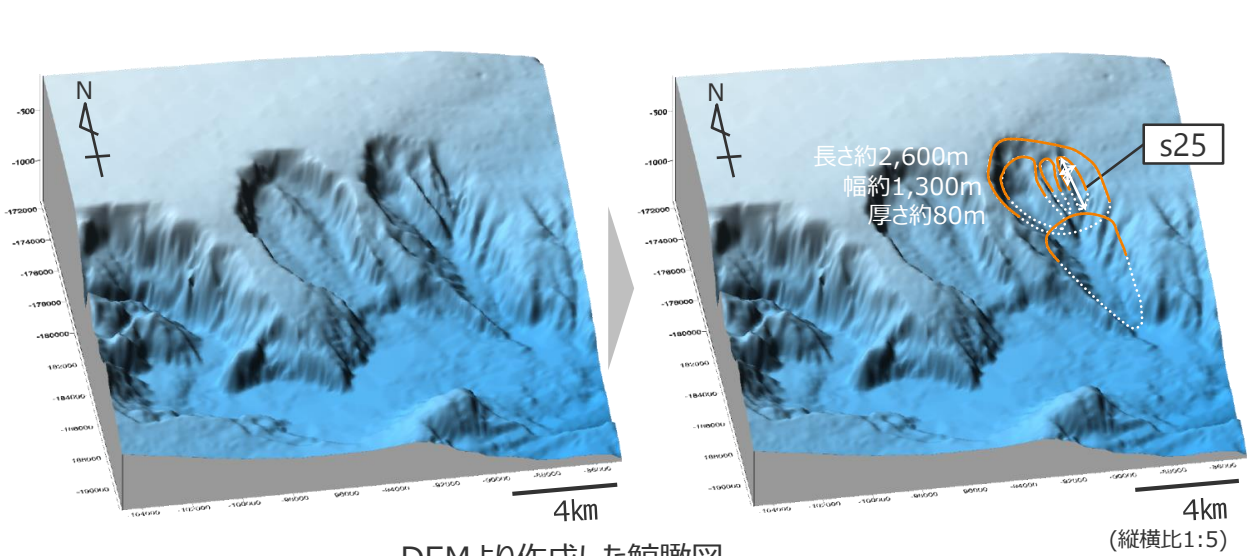
凡例
 滑落崖
 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

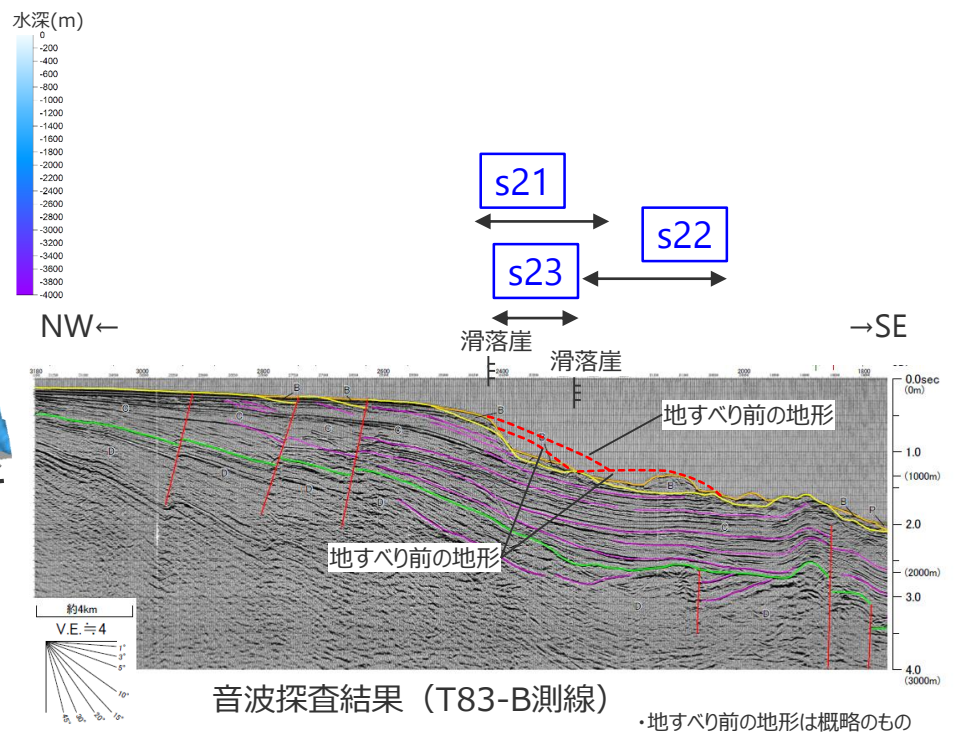
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s24	約3,000m	約1,200m	約80m	約1億m ³	約370m	約7°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s25地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs25地点の海底地すべり地形を抽出した。

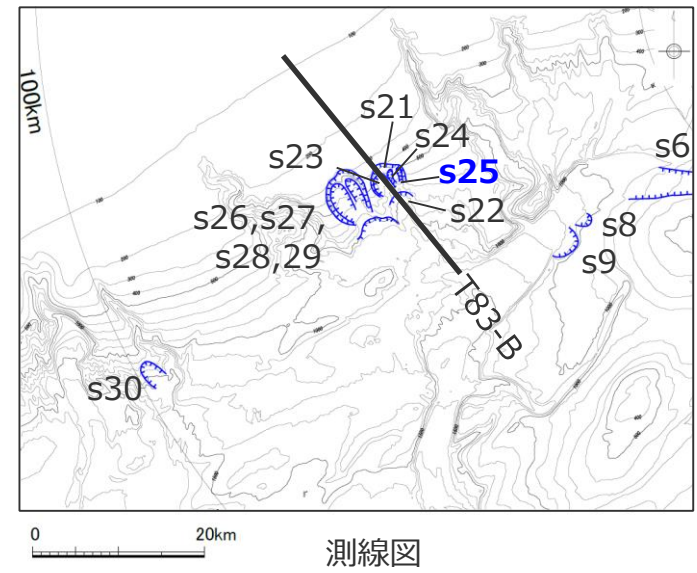


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (T83-B測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

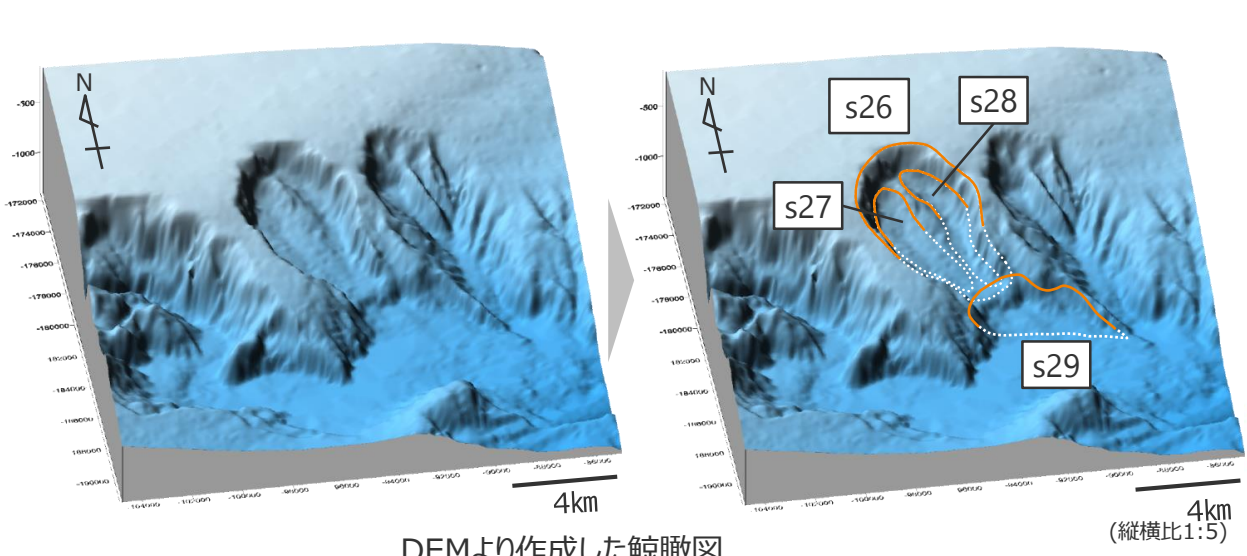
凡例
 〰 滑落崖
 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

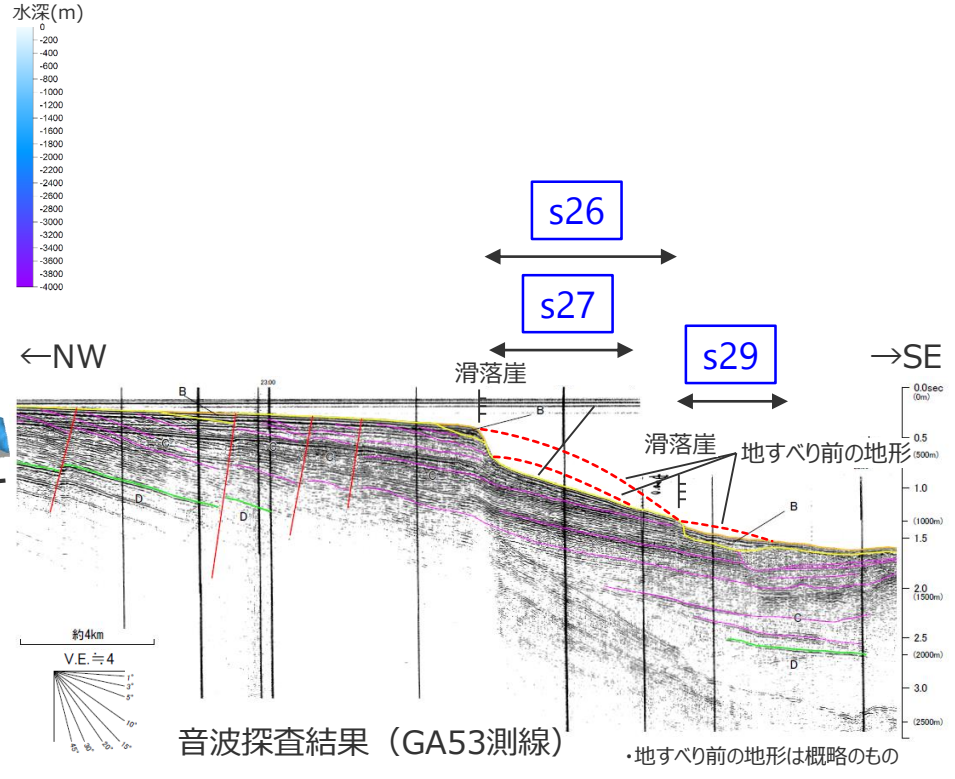
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s25	約2,600m	約1,300m	約80m	約1億m ³	約270m	約6°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s26,s27,s28,s29地点の海底地すべり

- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査に基づき、遠州灘沖の大陸棚斜面にs26、s27、s28、s29地点の海底地すべり地形を抽出した。
- 海底地すべり地形とその周辺の侵食地形に着目して地形判読を行った結果、s26地点の海底地すべりが発生した後、侵食作用により同海底地すべり地形内に形成された尾根・谷に沿ってs27、s28地点の海底地すべりが発生し、その後、海底谷のレベル低下を要因としてs29地点の海底地すべりが発生したと評価した。



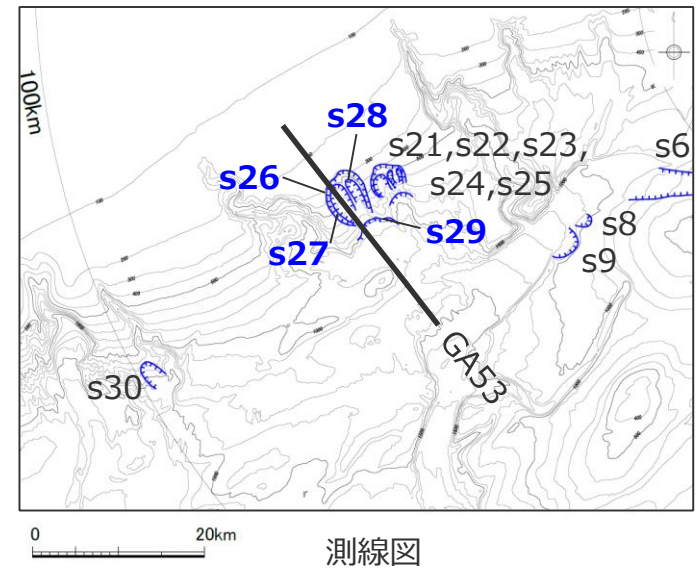
DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA53測線)

海底地すべり地形の概略諸元

地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s26	約7,800m	約5,300m	約230m	約32億m ³	約750m	約6°
s27	約5,800m	約3,500m	約160m	約11億m ³	約520m	約5°
s28	約6,500m	約2,300m	約140m	約7億m ³	約580m	約5°
s29	約1,100m	約4,400m	約70m	約1億m ³	約120m	約6°

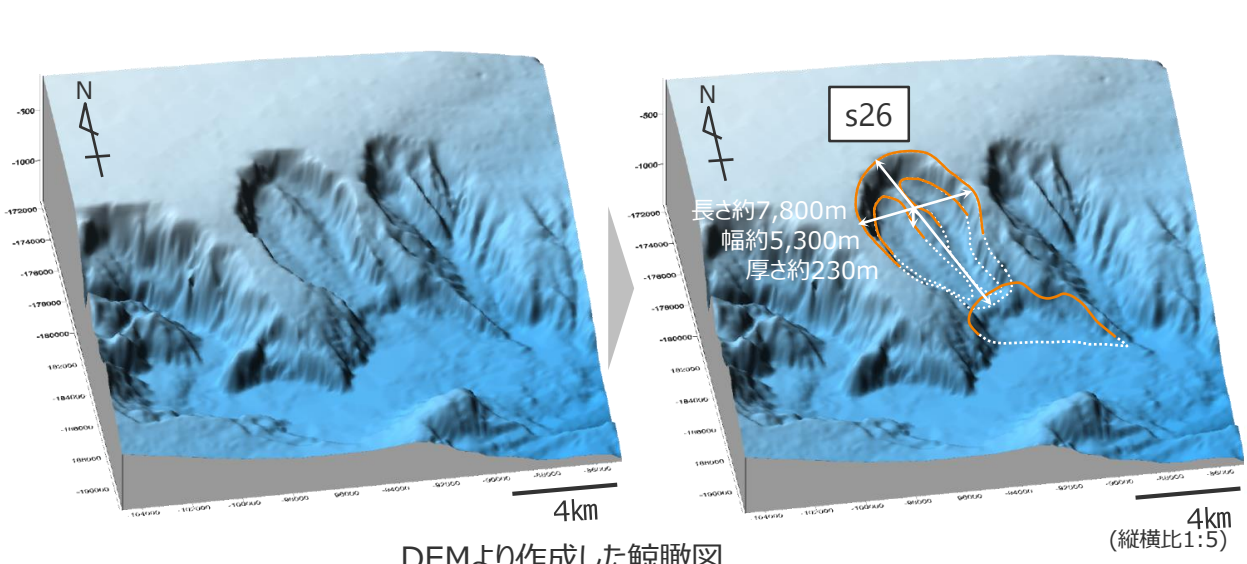


測線図

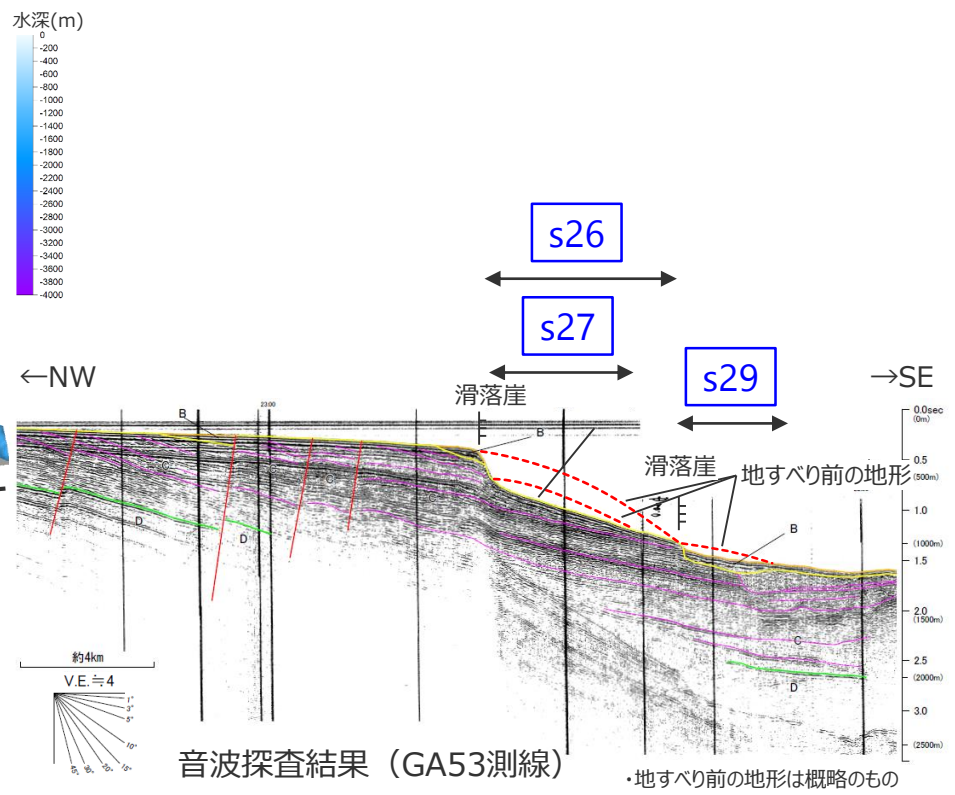
凡例
 滑落崖
 地すべり範囲

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s26地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs26地点の海底地すべり地形を抽出した。

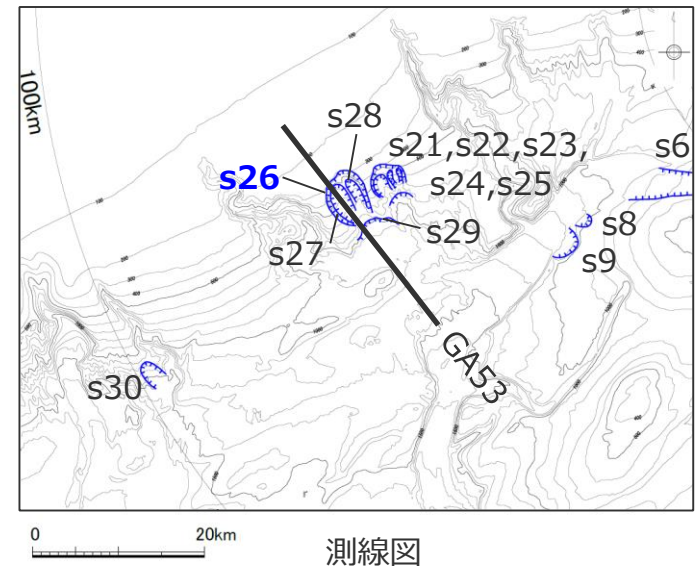


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA53測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

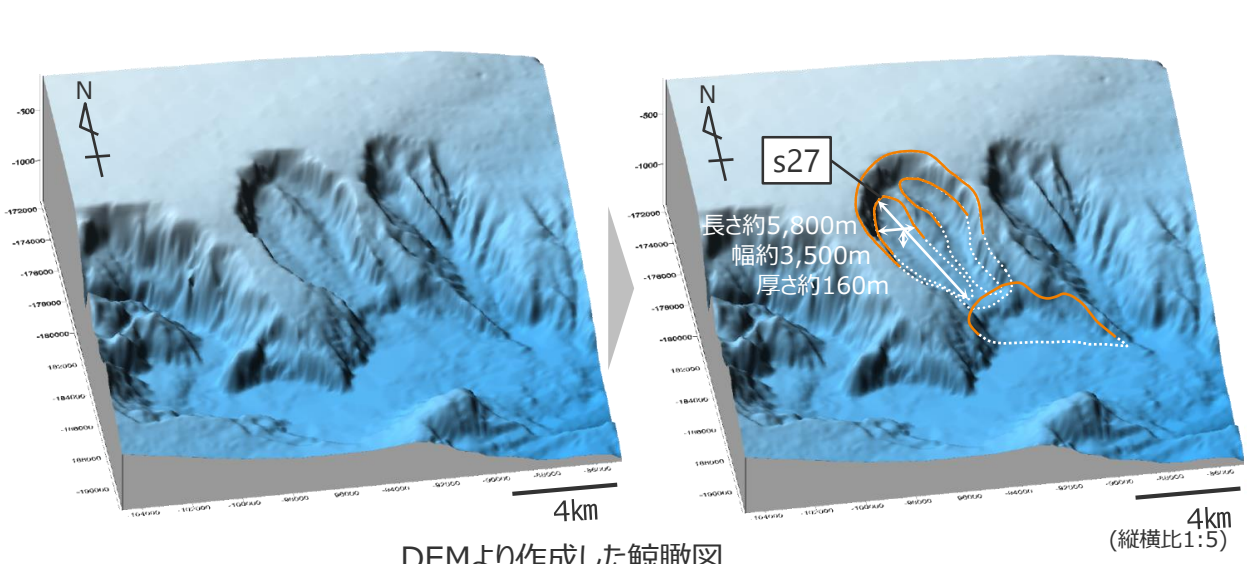
凡例
 〰 滑落崖
 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

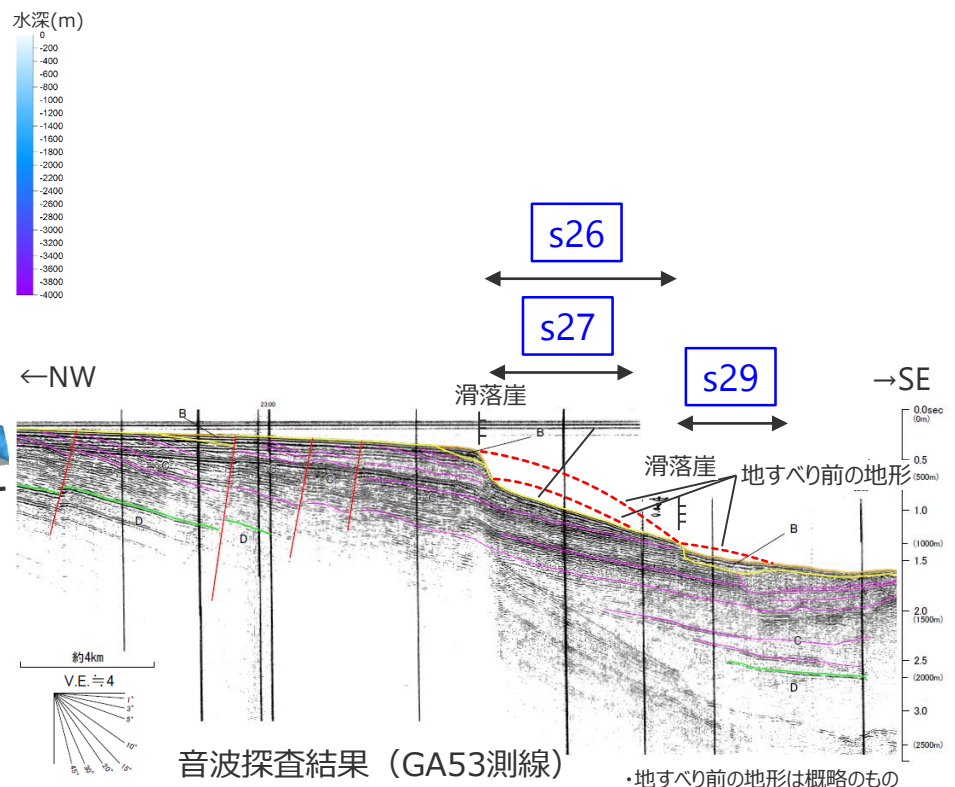
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s26	約7,800m	約5,300m	約230m	約32億m ³	約750m	約6°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s27地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs27地点の海底地すべり地形を抽出した。

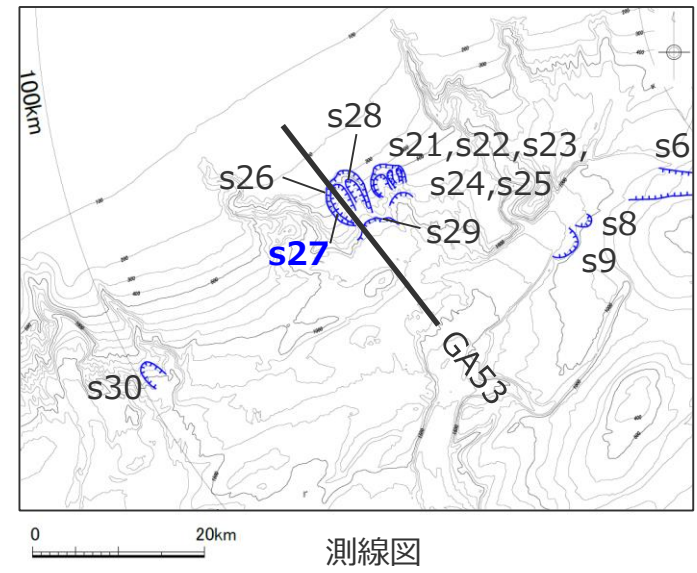


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA53測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

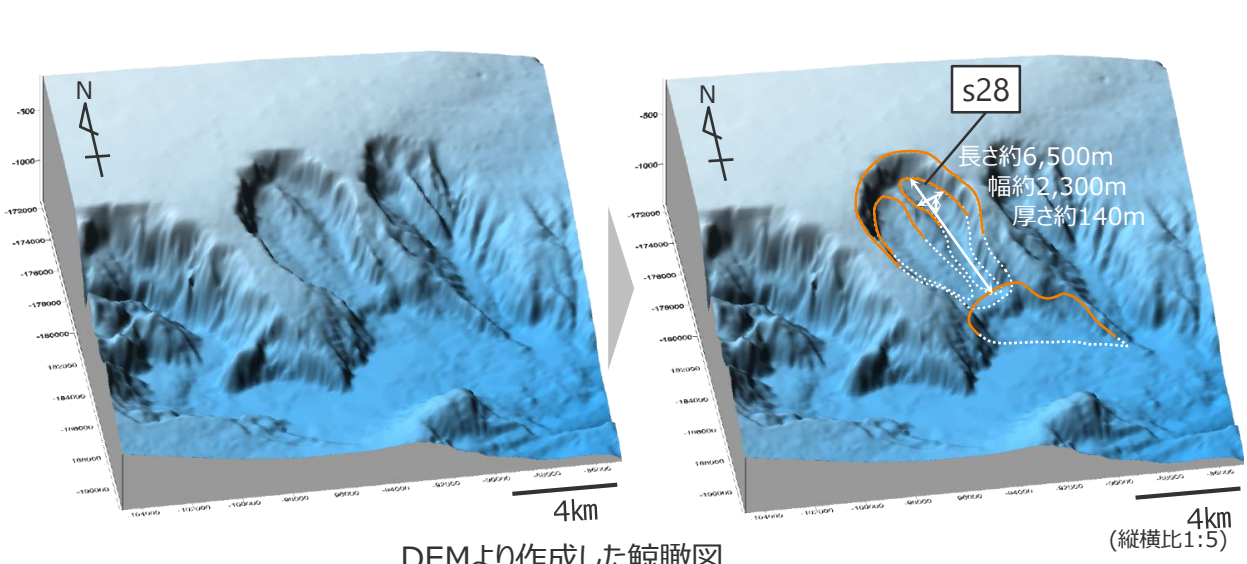
凡例
 〰 滑落崖
 ... 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

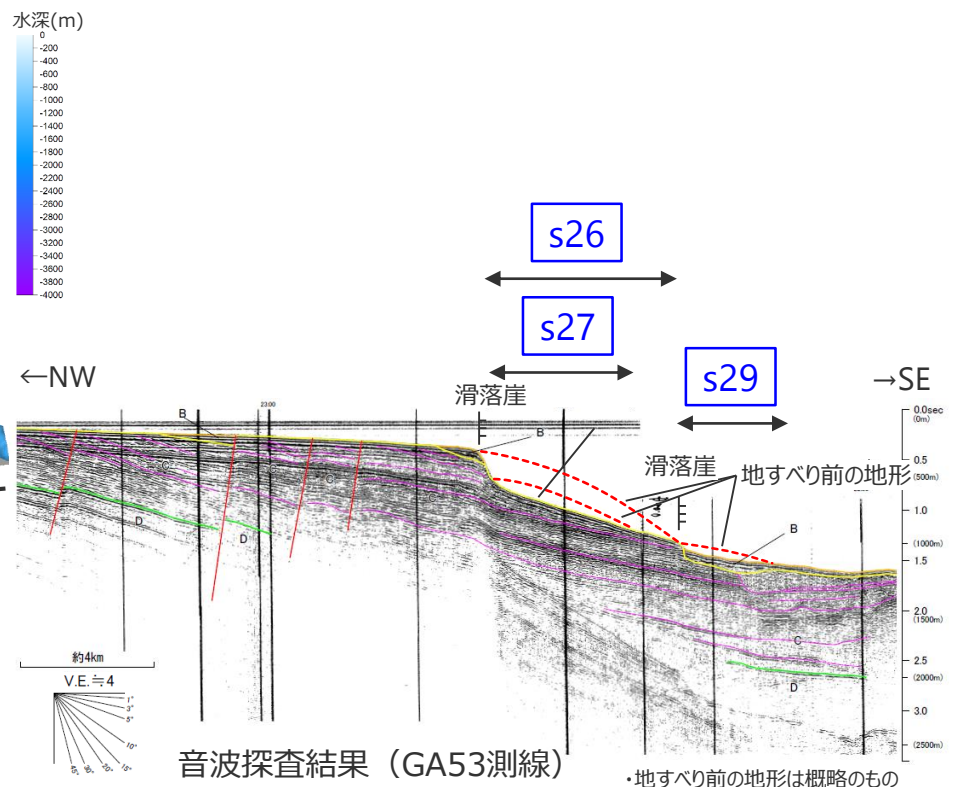
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s27	約5,800m	約3,500m	約160m	約11億m ³	約520m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s28地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs28地点の海底地すべり地形を抽出した。

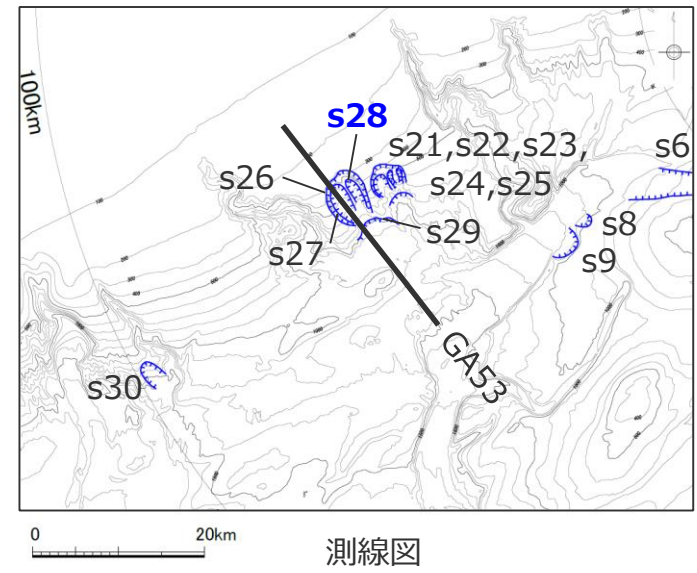


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA53測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

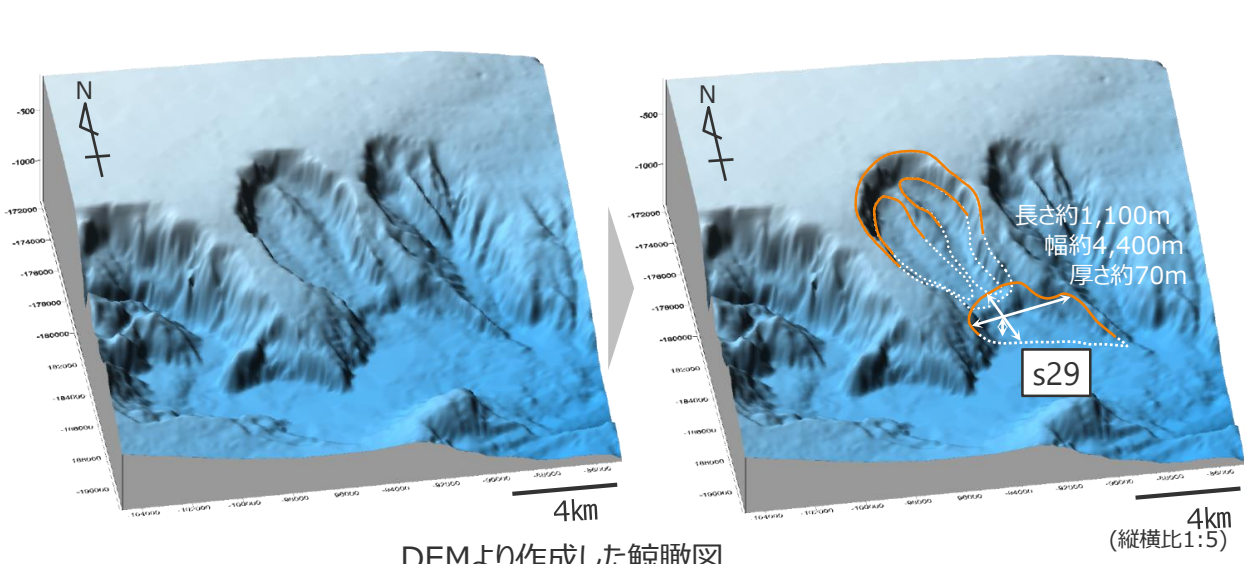
凡例
 〰 滑落崖
 ● 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

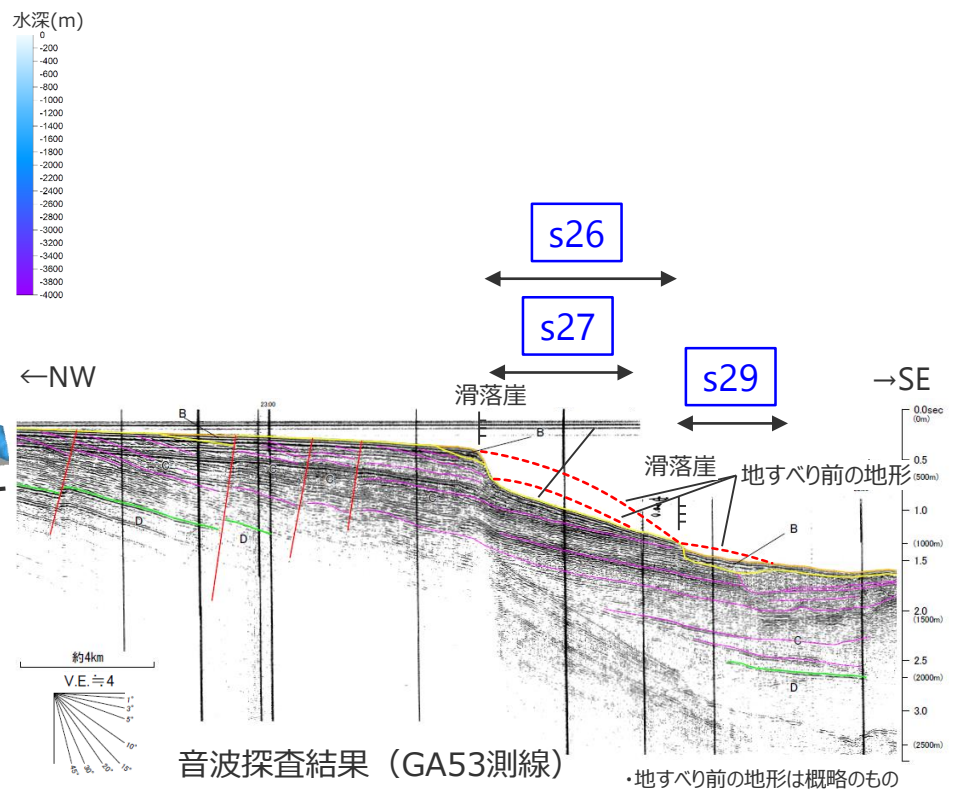
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s28	約6,500m	約2,300m	約140m	約7億m ³	約580m	約5°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s29地点の海底地すべり

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs29地点の海底地すべり地形を抽出した。

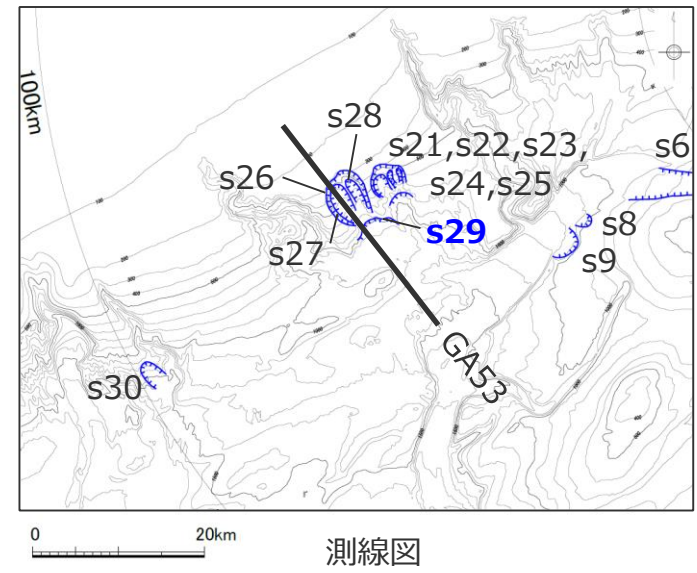


DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA53測線)

・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

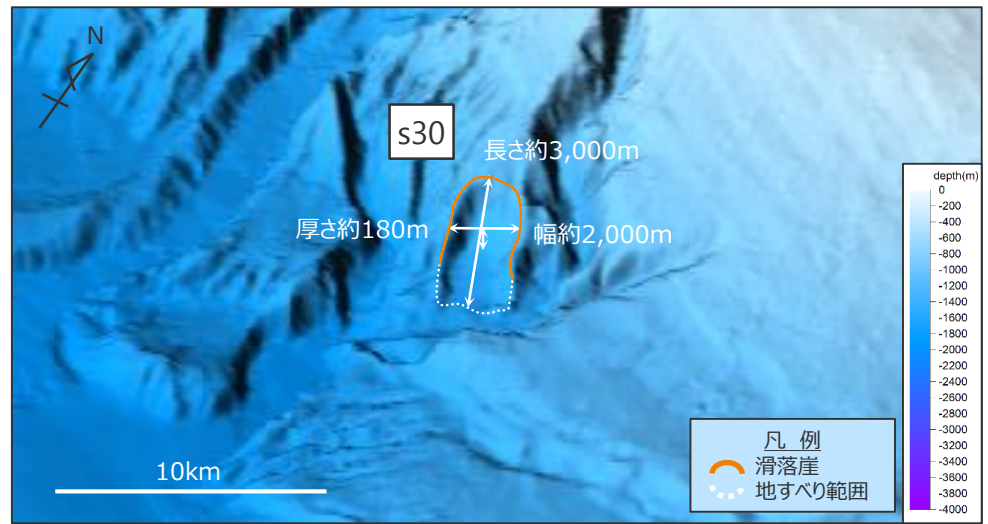
凡例
 滑落崖
 地すべり範囲

海底地すべり地形の概略諸元

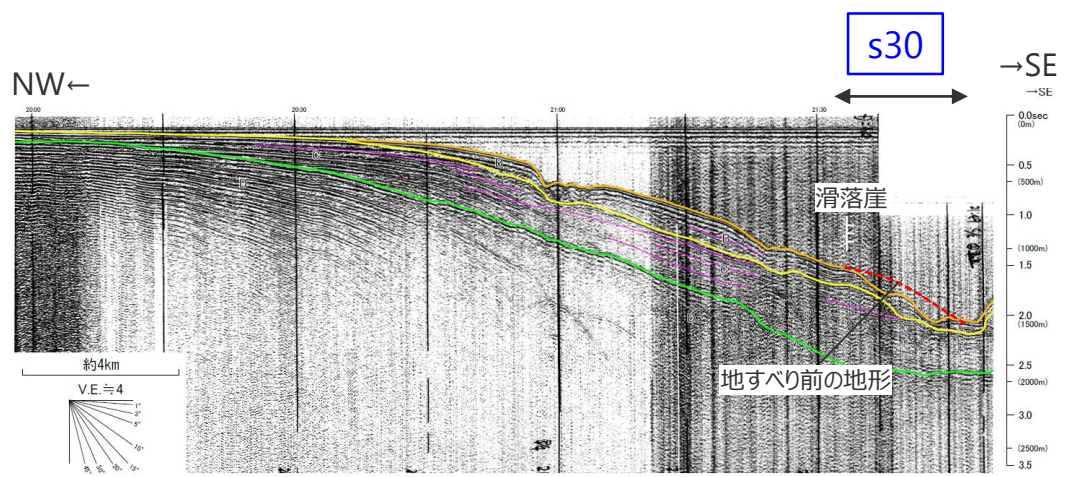
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s29	約1,100m	約4,400m	約70m	約1億m ³	約120m	約6°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 s30地点の海底地すべり

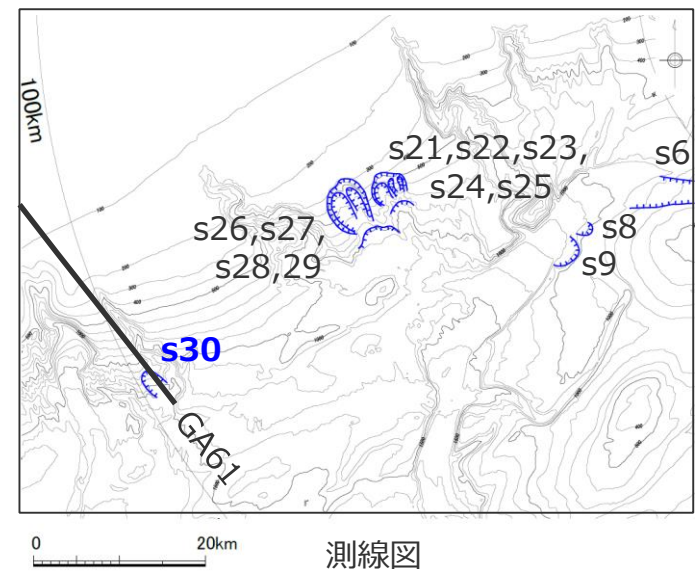
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の大陸棚斜面にs30地点の海底地すべり地形を抽出した。



DEMより作成した鯨瞰図 (縦横比1:5)



音波探査結果 (GA61測線)
・地すべり前の地形は概略のもの



測線図

海底地すべり地形の概略諸元

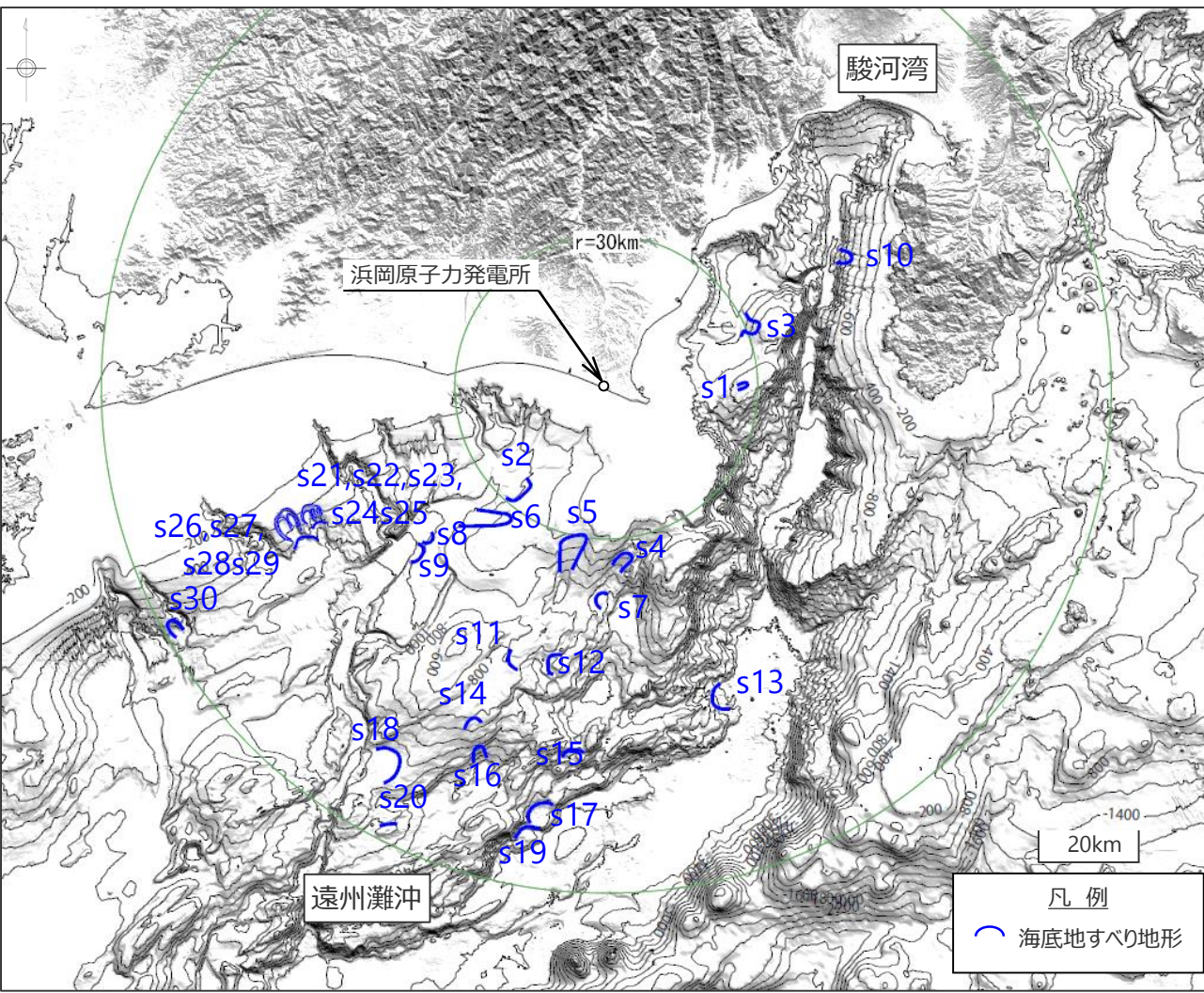
地点	長さ	幅	厚さ	地すべり体の概略体積	比高	斜面勾配
s30	約3,000m	約2,000m	約180m	約4億m ³	約180m	約3°

3 海底地すべりに関する地形判読調査結果の詳細 地形判読調査結果のまとめ

■ 敷地周辺海域を対象として、100mDEMおよび音波探査記録を用いて、既往文献により示されている海底地すべり地形も含めて地形判読調査を実施し、敷地に大きな影響を及ぼす可能性のある大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）を抽出した。

地形判読調査により抽出した敷地周辺海域の海底地すべり地形

地点名	地すべり体の概略体積 (億m ³)	備考
s1	1	<当社判読>
s2	15	梶ほか(2010)
s3	5	大塚(1982)、岡村ほか(1999)、梶ほか(2010)
s4	4	梶ほか(2010)
s5	10	梶ほか(2010)
s6	7	<当社判読>
s7	5	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s8	3	<当社判読>
s9	4	梶ほか(2010)、長久保ほか(2009)
s10	11	岡村ほか(1999)
s11	8	梶ほか(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s12	20	梶ほか(2010)
s13	41	Nakamura et al.(1987)
s14	12	芦(2010)、東海沖海底活断層研究会(1999)
s15	5	梶ほか(2010)
s16	5	東海沖海底活断層研究会(1999)
s17	58	<当社判読>
s18	26	<当社判読>
s19	32	<当社判読>
s20	10	<当社判読>
s21	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s22	12	<当社判読>
s23	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s24	1	<当社判読>
s25	1	<当社判読>
s26	32	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s27	11	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s28	7	海上保安庁(1995, 2006)、梶ほか(2010)
s29	1	<当社判読>
s30	4	梶ほか(2010)

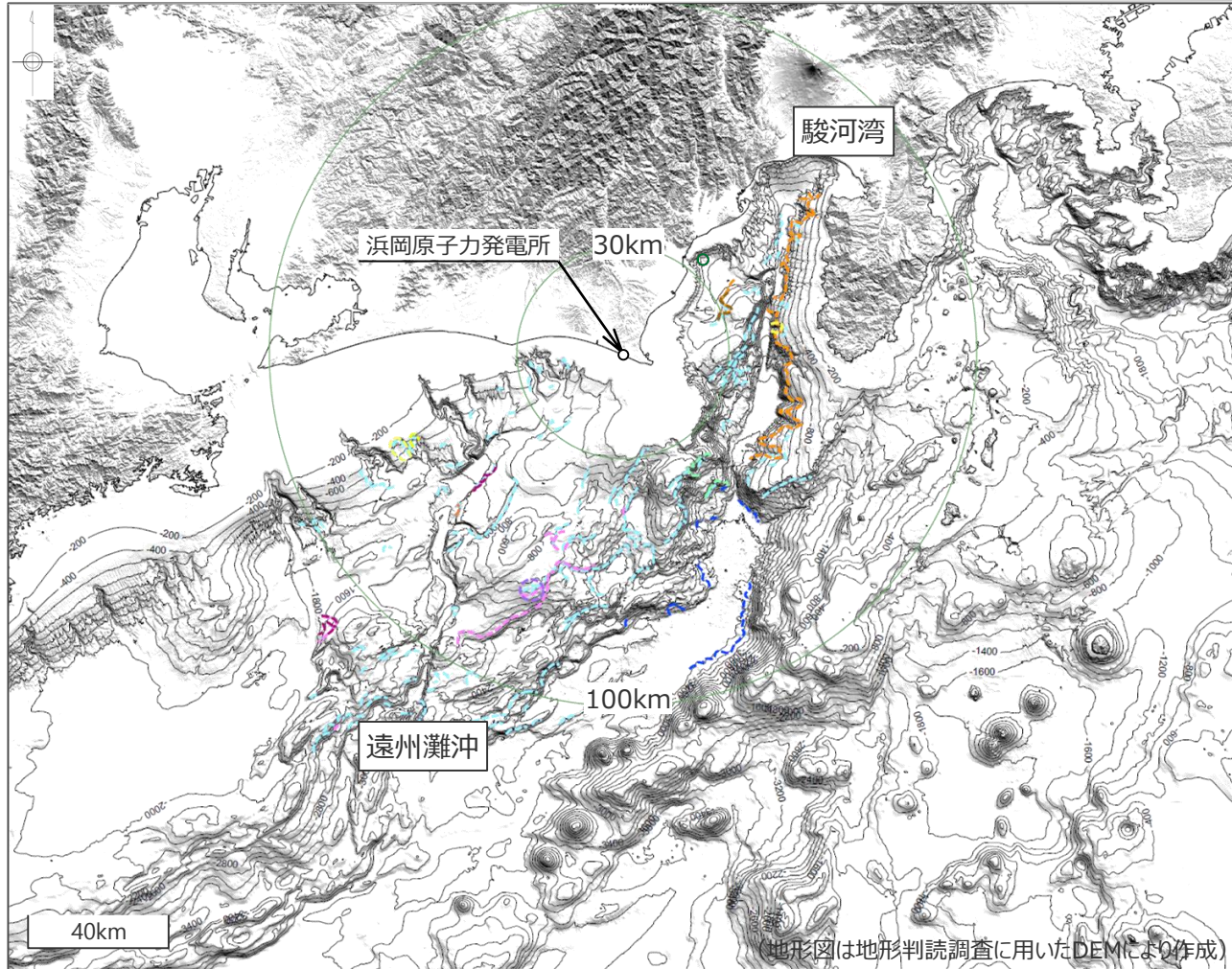


地形判読調査により抽出した敷地周辺海域の海底地すべり地形位置図

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果 敷地周辺の海底地すべりに関する文献調査

- 敷地周辺海域を対象として、海底地すべりに関する文献調査※1を実施した。
※1 主な科学技術系論文データベース等を対象（産総研Geolis、J-STAGE、CiNii、KAKEN、JAIRO）
- 文献により示されている海底地すべり地形は以下のとおり。南海トラフの大陸棚斜面からトラフ底の領域において海底地すべり地形が示されている。
なお、連続的な海底地すべり地形を示している文献については、断層運動や侵食作用による崖地形も含めて示していると考えられる。

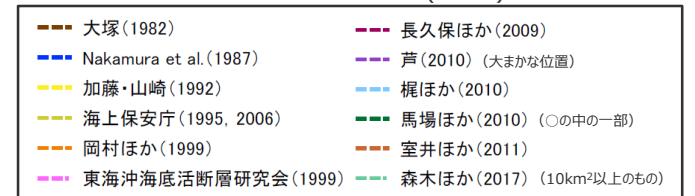


地形図は地形判読調査に用いたDEMにより作成

既往文献により示されている海底地すべり地形

文献	手法	対象海域
① 大塚(1982)	・地形判読 ・音波探査記録	駿河湾
② Nakamura et al.(1987)	・音波探査記録	遠州灘沖
③ 加藤・山崎(1992)	・音波探査記録 ・潜水調査	駿河湾
④ 海上保安庁(1995,2006)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑤ 岡村ほか(1999)	・音波探査記録	駿河湾
⑥ 東海沖海底活断層研究会(1999)※2	・音波探査記録	遠州灘沖
⑦ 長久保ほか(2009)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑧ 芦(2010)	・音波探査記録 ・潜水調査	遠州灘沖
⑨ 梶ほか(2010)	・地形判読	遠州灘沖 ～駿河湾
⑩ 馬場ほか(2010)	・地形判読 ・潜水調査	駿河湾
⑪ 室井ほか(2011)	・地形判読 ・音波探査記録	遠州灘沖
⑫ 森木ほか(2017)	・地形判読	遠州灘沖 ～駿河湾

※2 徳山ほか(2001)も同様の位置に図示

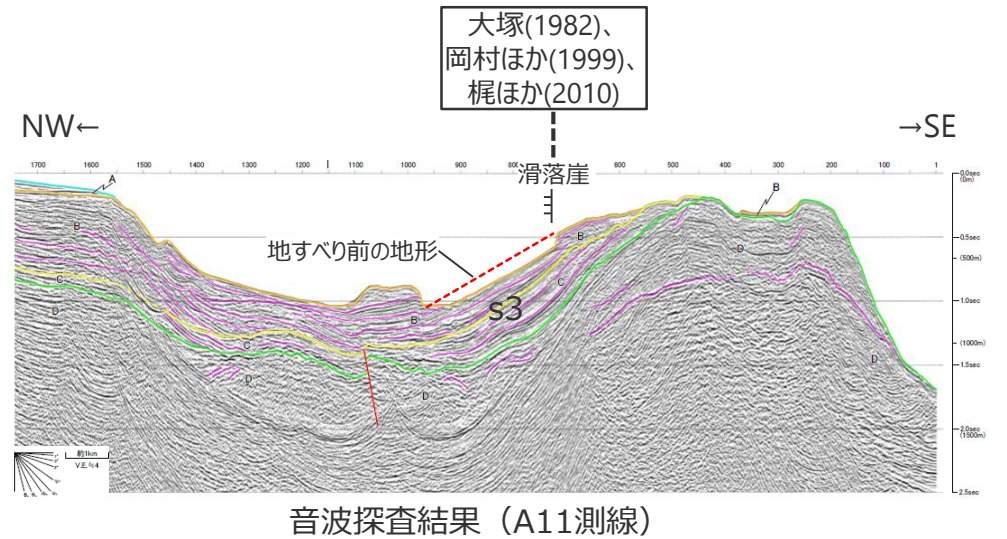
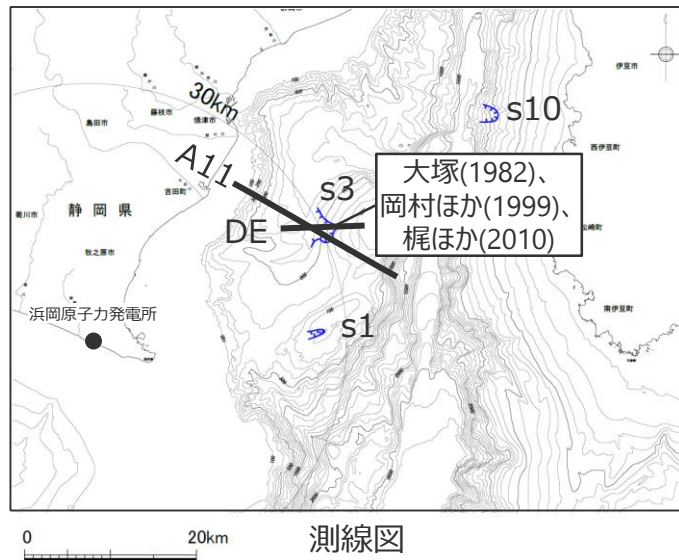
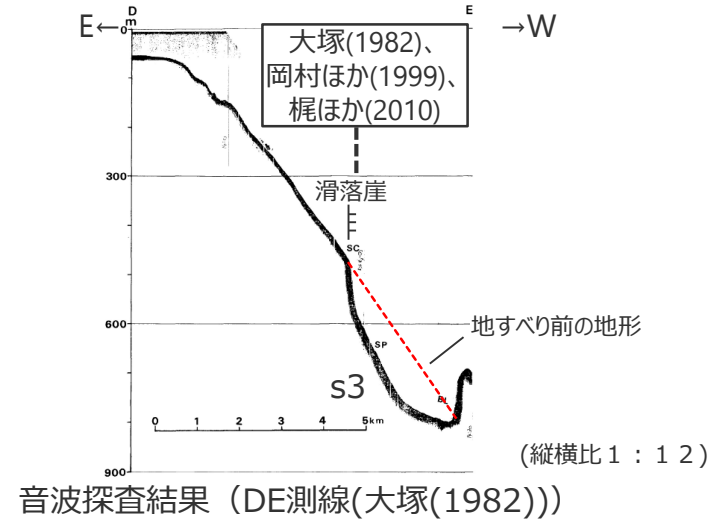
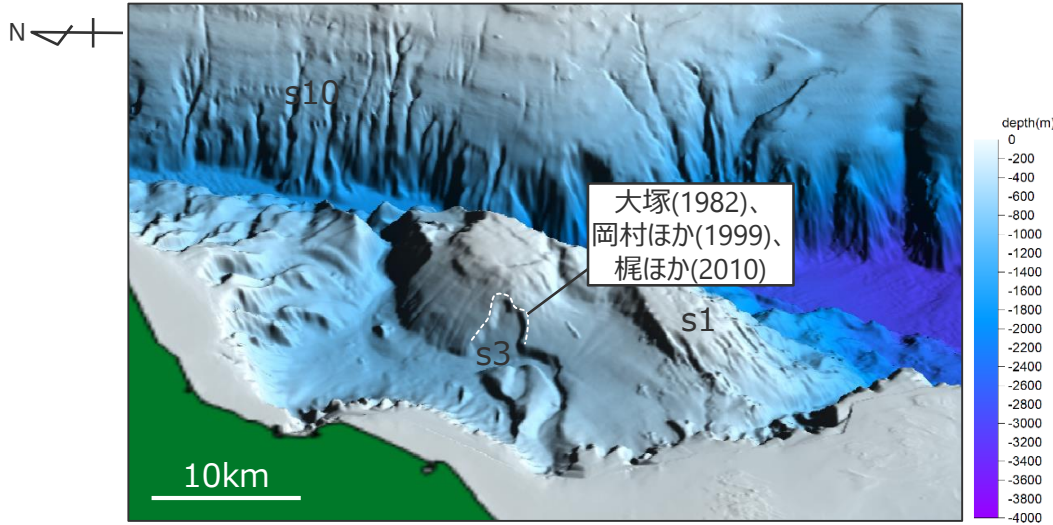


4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

既往文献

大塚(1982)・岡村ほか(1999)・梶ほか(2010)

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河湾の海盆内に大塚(1982)、岡村ほか(1999)、梶ほか(2010)が示した海底地すべり地形について、s3地点の海底地すべり地形として抽出した。

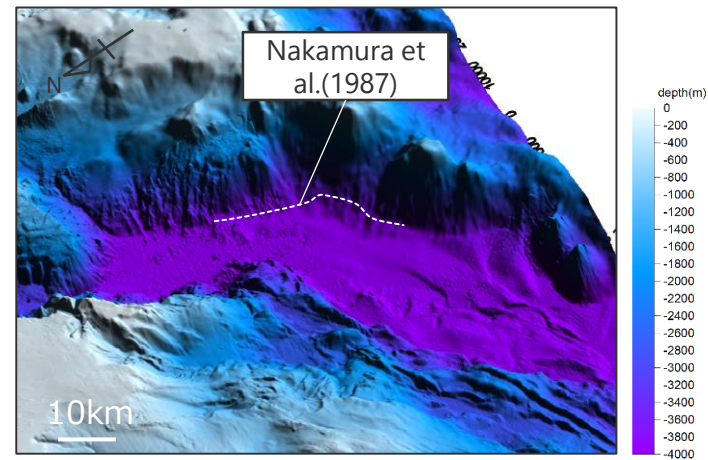
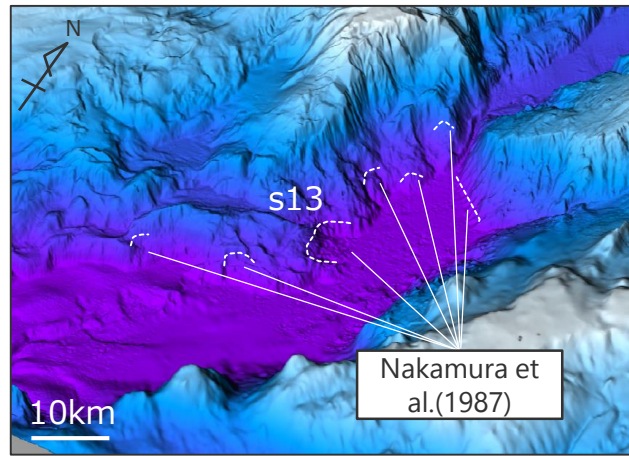


4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

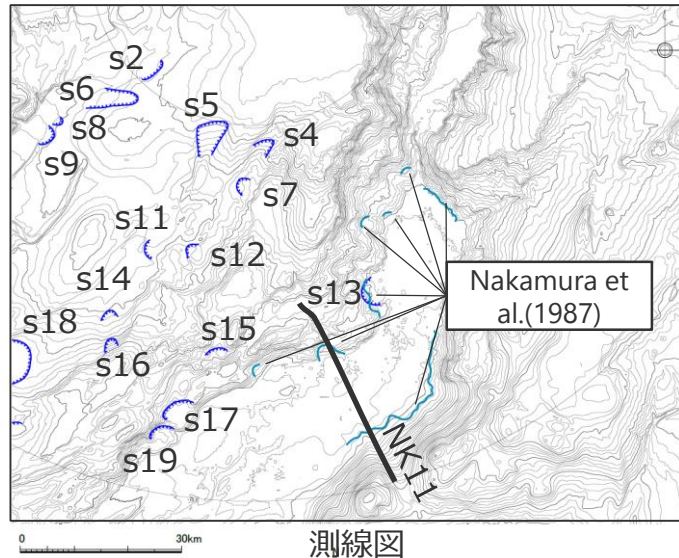
既往文献

Nakamura et al.(1987)

- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面にNakamura et al.(1987)が示した海底地すべり地形について、その一部をs13地点の海底地すべり地形として抽出した。
- なお、その他の部分については、小規模な地形であり大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではない、もしくは、連続的な崖地形であり馬蹄形の滑落崖と土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し南海トラフ底における侵食地形または前縁断層系の断層運動に伴う変動地形であり大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。



DEMより作成した鯨瞰図



測線図

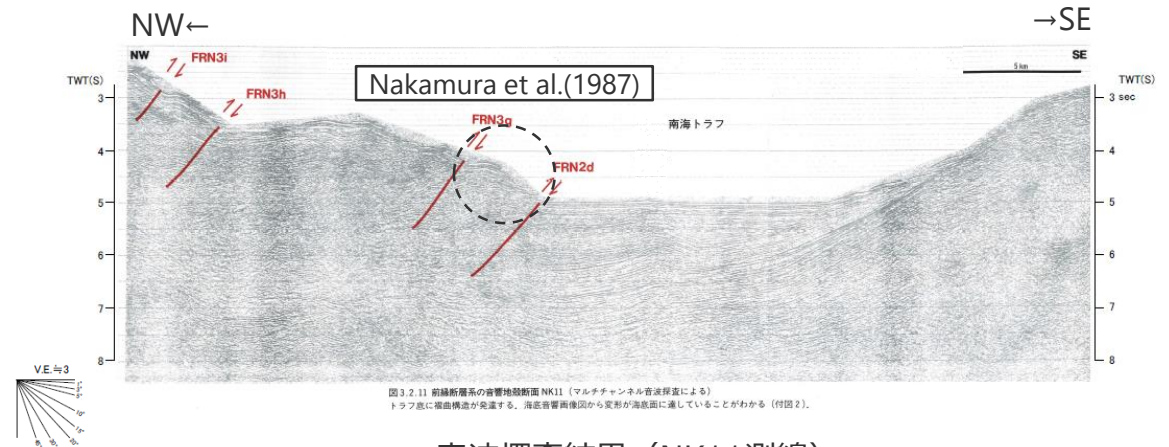


図3.2.11 前縁断層系の音響地殻断面NK11 (マルチチャンネル音波探査による)

トラフ底に褶曲構造が発達する。海底音響画像図から地形が海底面に連していることがわかる (付図2)。

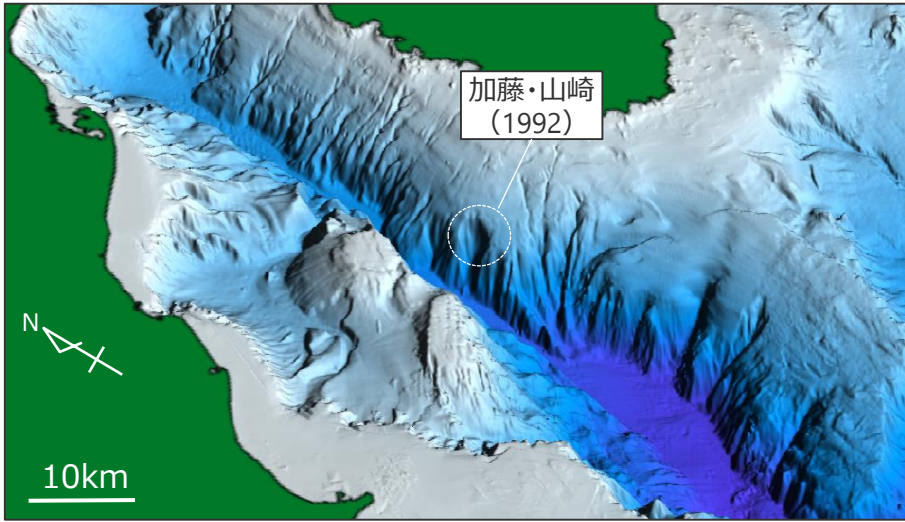
音波探査結果 (NK11測線)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

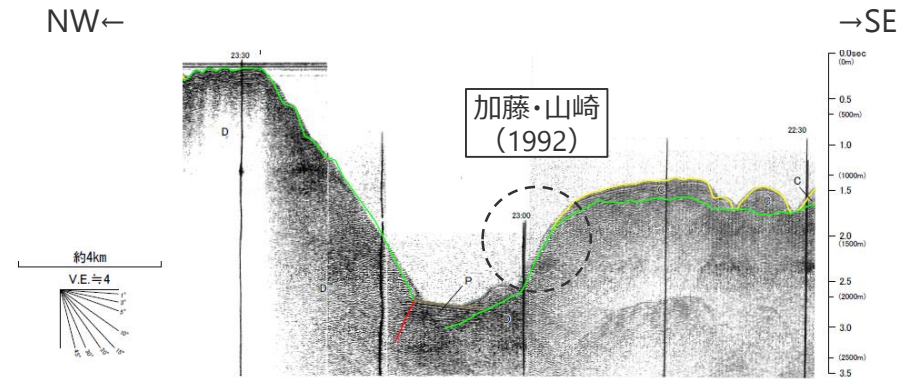
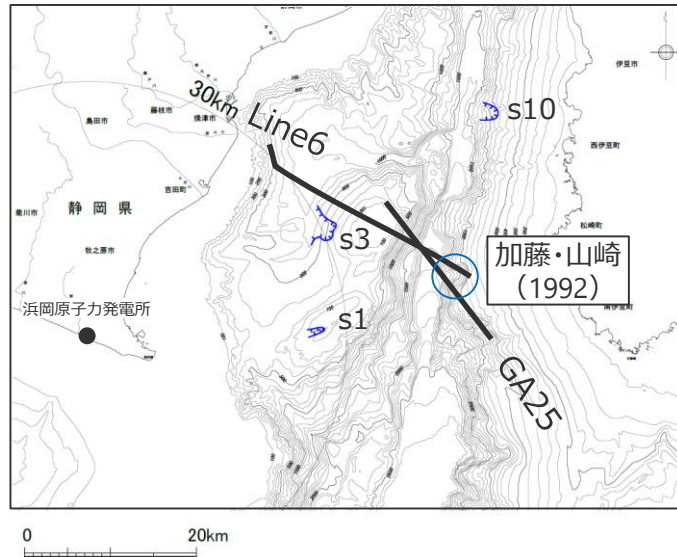
既往文献

加藤・山崎(1992)

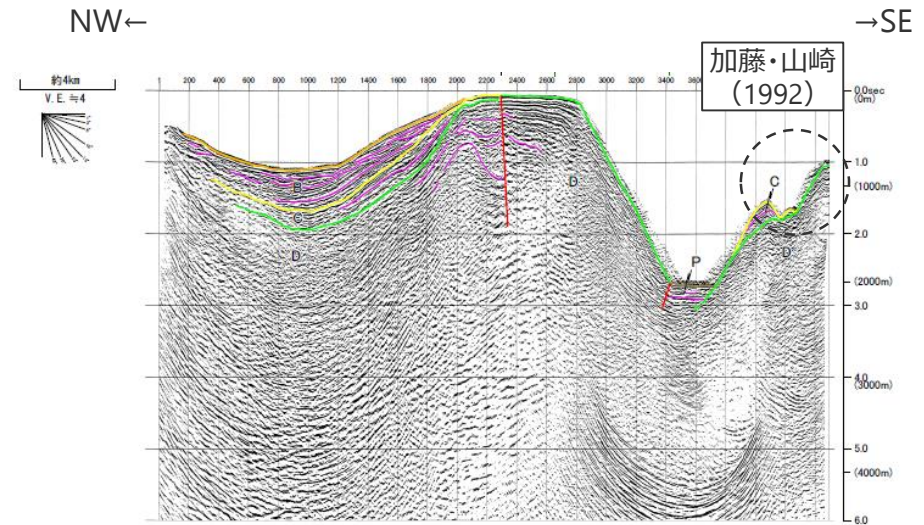
■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河トラフ東側斜面に加藤・山崎(1992)が示した海底地すべり地形について、馬蹄形の滑落崖と土砂流出痕跡とみられる堆積部が認められないことを確認し、駿河トラフにおける侵食地形であり、大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。



DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (GA25測線)



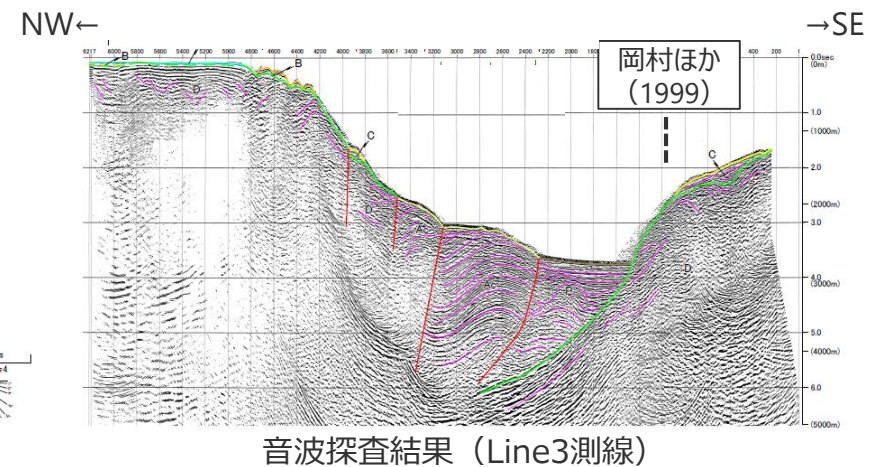
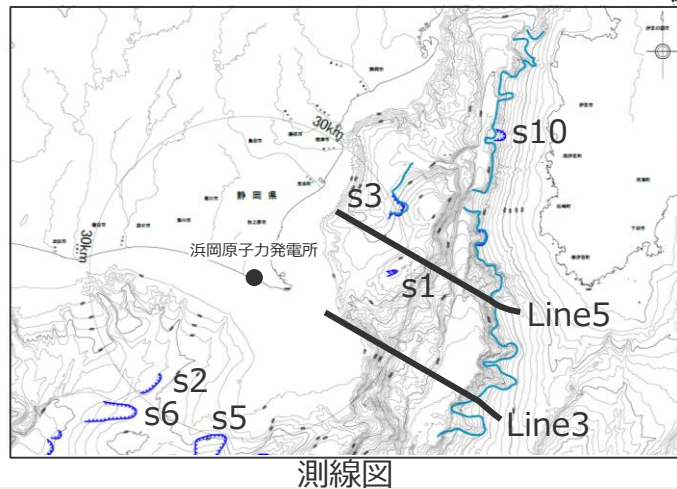
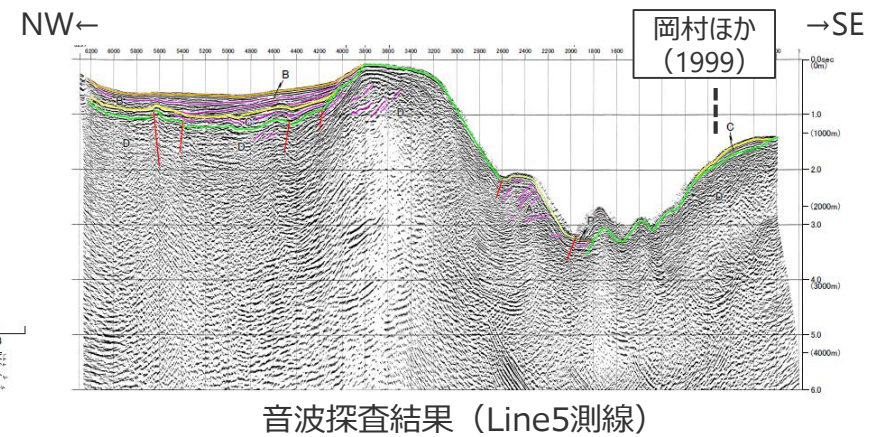
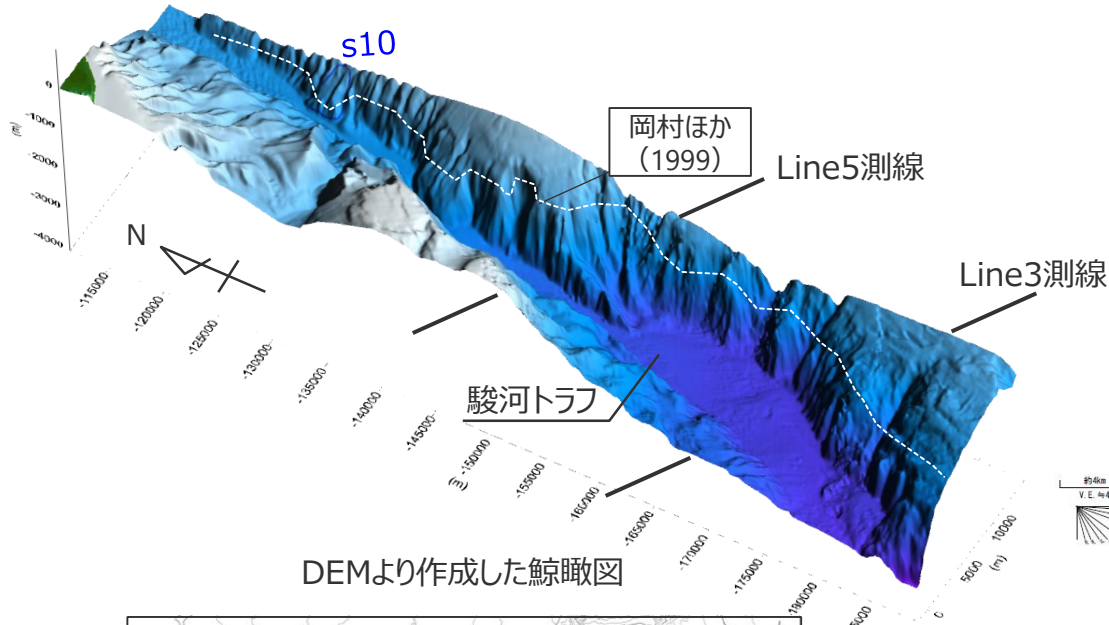
音波探査結果 (Line6測線)

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

既往文献

岡村ほか(1999)

- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、駿河トラフ東側斜面に岡村ほか(1999)が示した海底地すべり地形について、その一部をs10地点の海底地すべり地形として抽出した。
- なお、その他の部分については、連続した崖地形であり馬蹄形の滑落崖と土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、駿河トラフにおける侵食地形であり、大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。

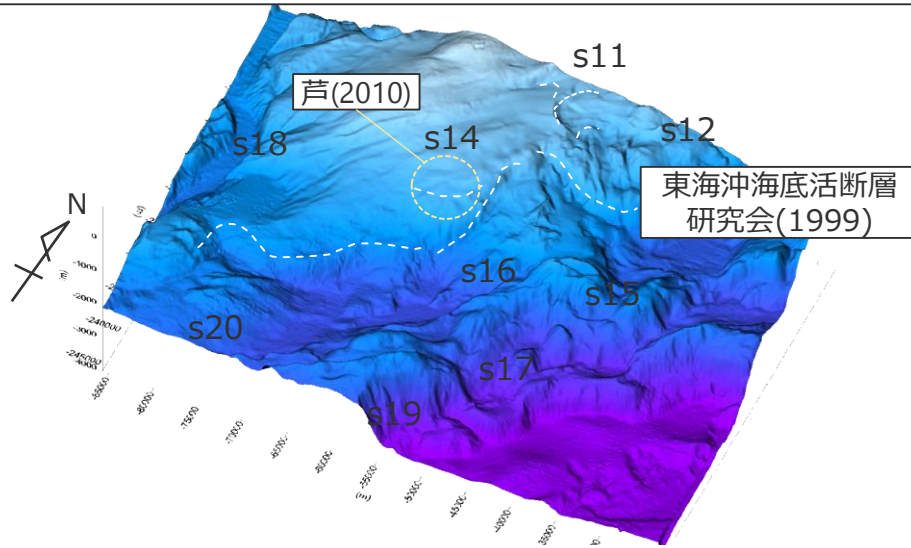


4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

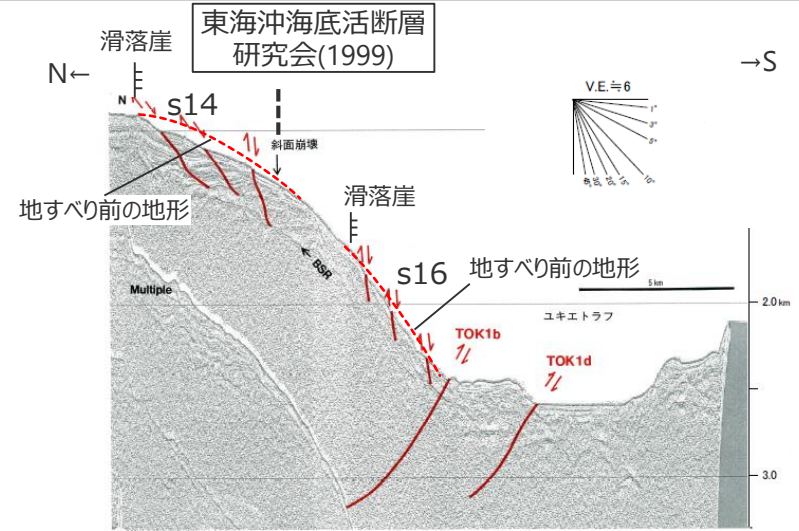
既往文献

東海沖海底活断層研究会(1999)・芦(2010)

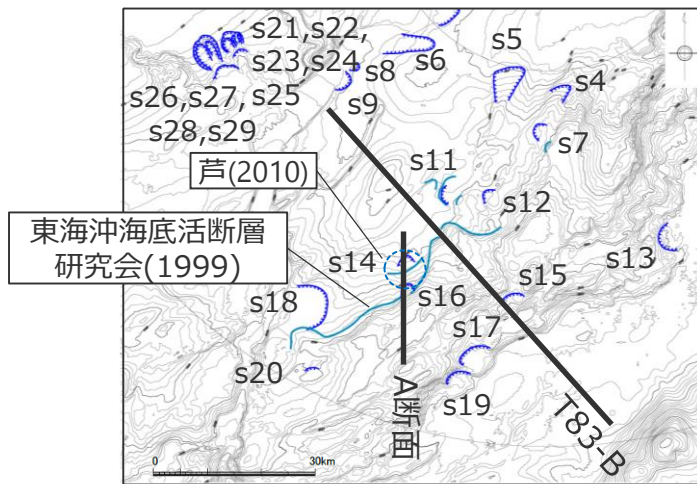
- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面上に東海沖海底活断層研究会(1999)および芦(2010)が示した海底地すべり地形について、その一部をs7, s11, s14, s16地点の海底地すべり地形として抽出した。
- なお、その他の部分については、連続した崖地形であり土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、東海断層系等の断層運動に伴う変動地形であり、大規模な海底地すべり地形(約1億m³以上)ではないと評価した。



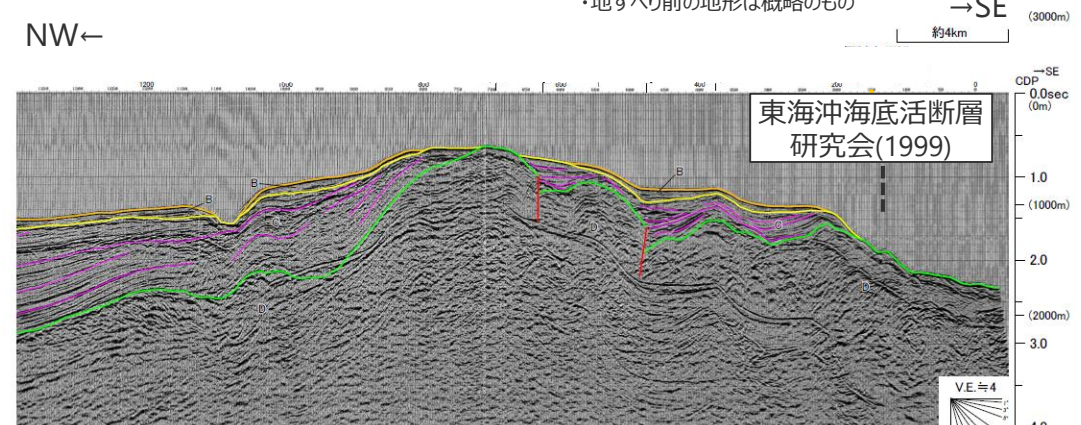
DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (A断面)
(東海沖海底活断層研究会(1999)に基づき作成)
・地すべり前の地形は概略のもの



測線図



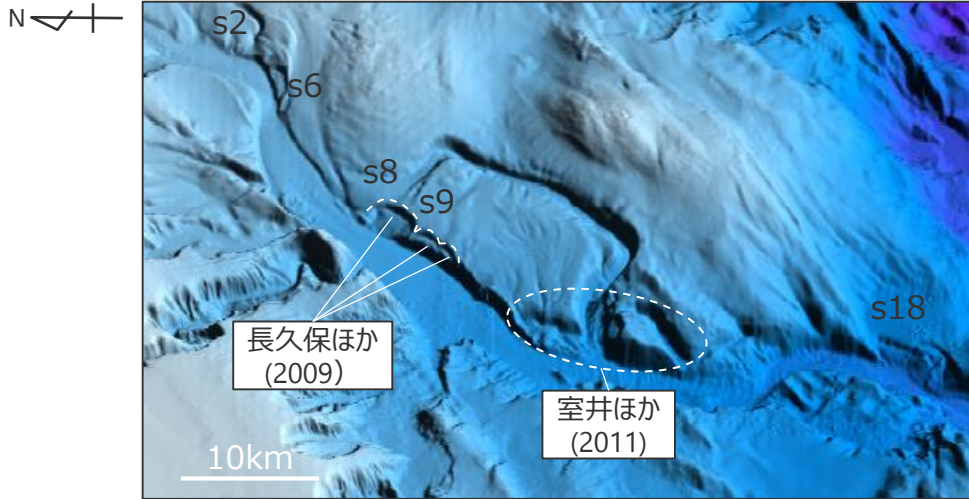
音波探査結果 (T83-B測線)

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

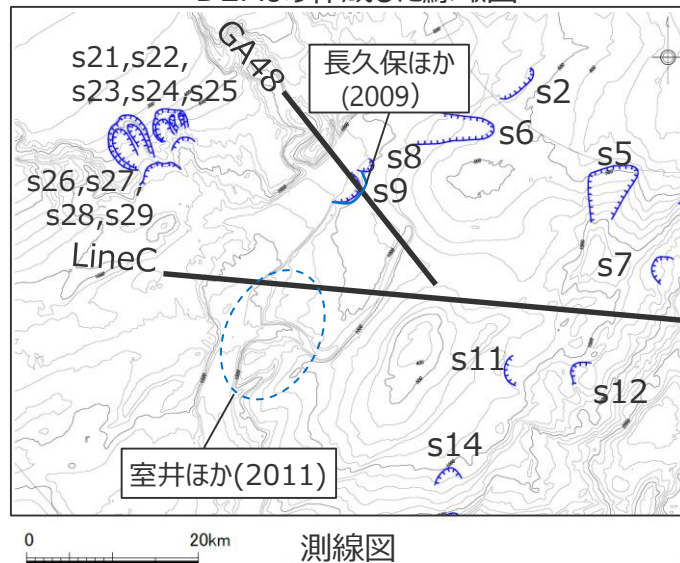
既往文献

長久保ほか(2009)・室井ほか(2011)

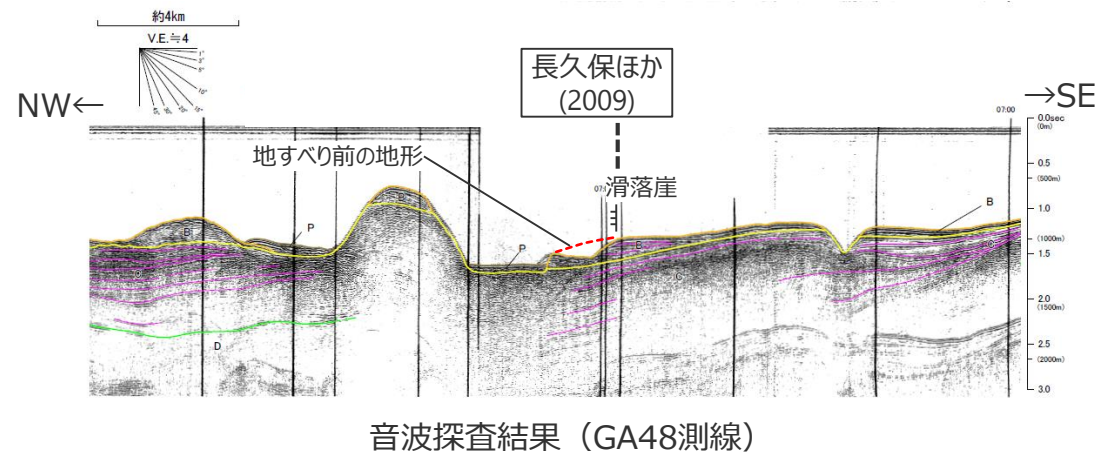
- 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内に長久保ほか(2009)および室井ほか(2011)が示した海底地すべり地形について、その一部をs9地点の海底地すべり地形として抽出した。
- なお、その他の部分については、小規模な地形であり大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。



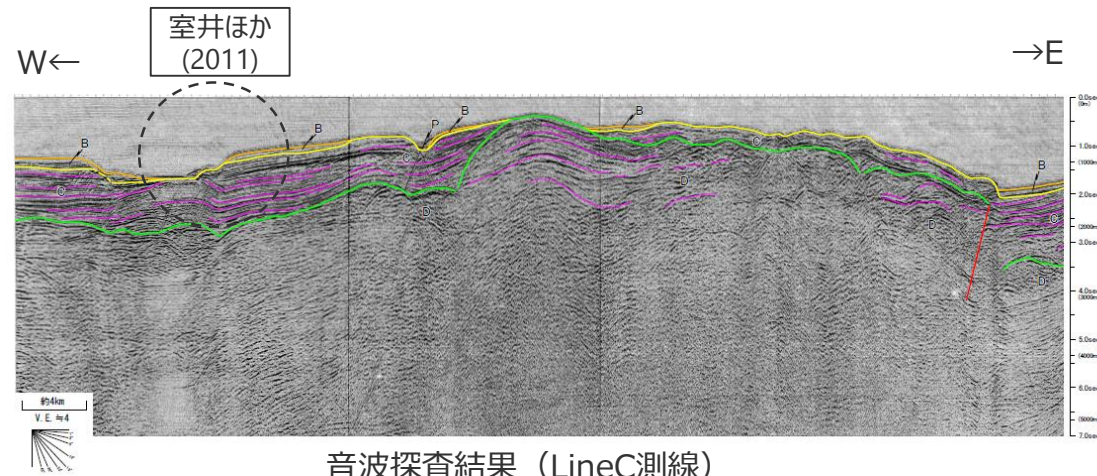
DEMより作成した鯨瞰図



測線図



音波探査結果 (GA48測線)



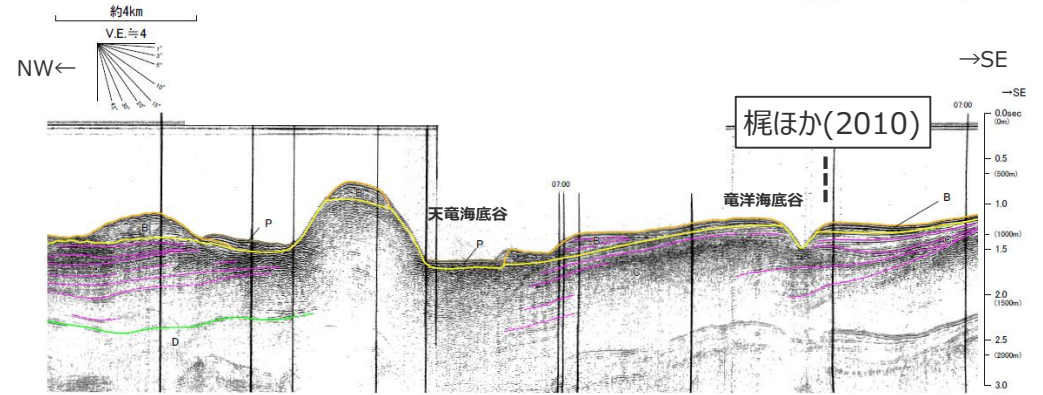
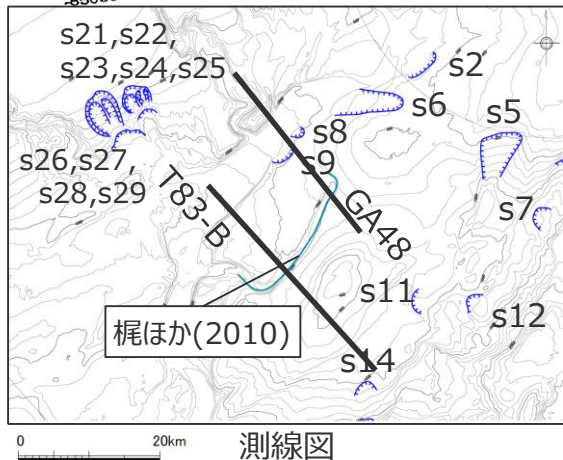
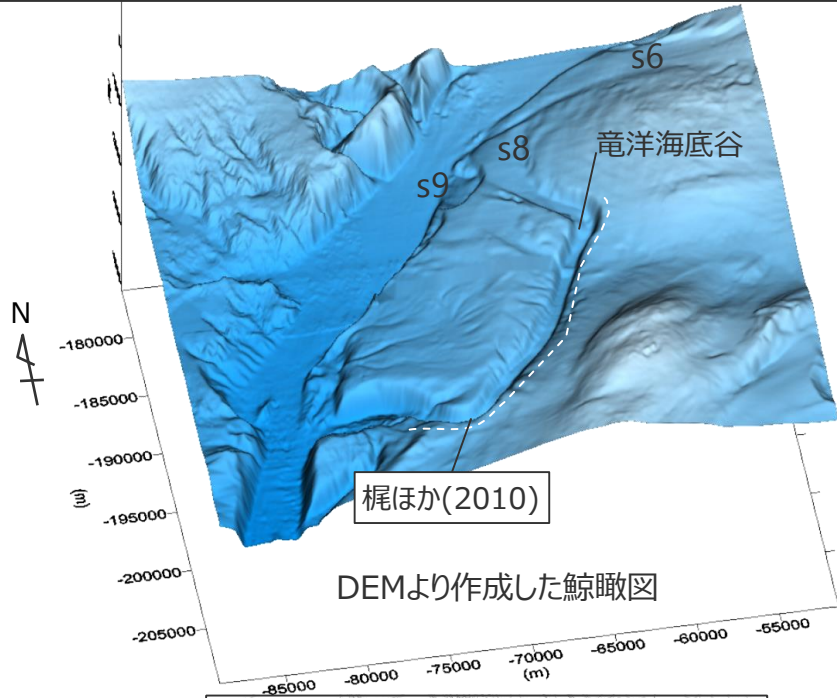
音波探査結果 (LineC測線)

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

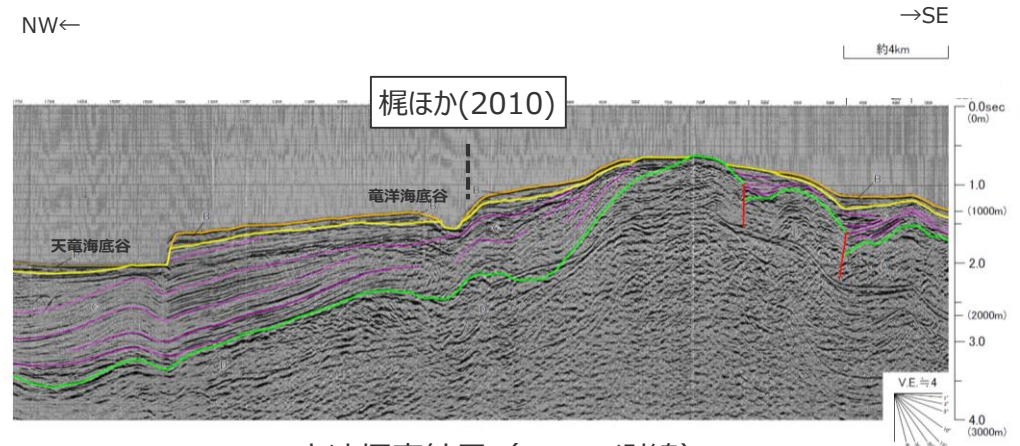
既往文献

梶ほか(2010) (1/2)

■ 100mDEMおよび音波探査記録を用いた地形判読調査の結果、遠州灘沖の海盆内の竜洋海底谷付近に梶ほか(2010)が示した海底地すべり地形について、連続した崖地形であり土砂の流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、竜洋海底谷における侵食地形であり、大規模な海底地すべり地形(約1億m³以上)ではないと評価した。



音波探査結果 (GA48測線)

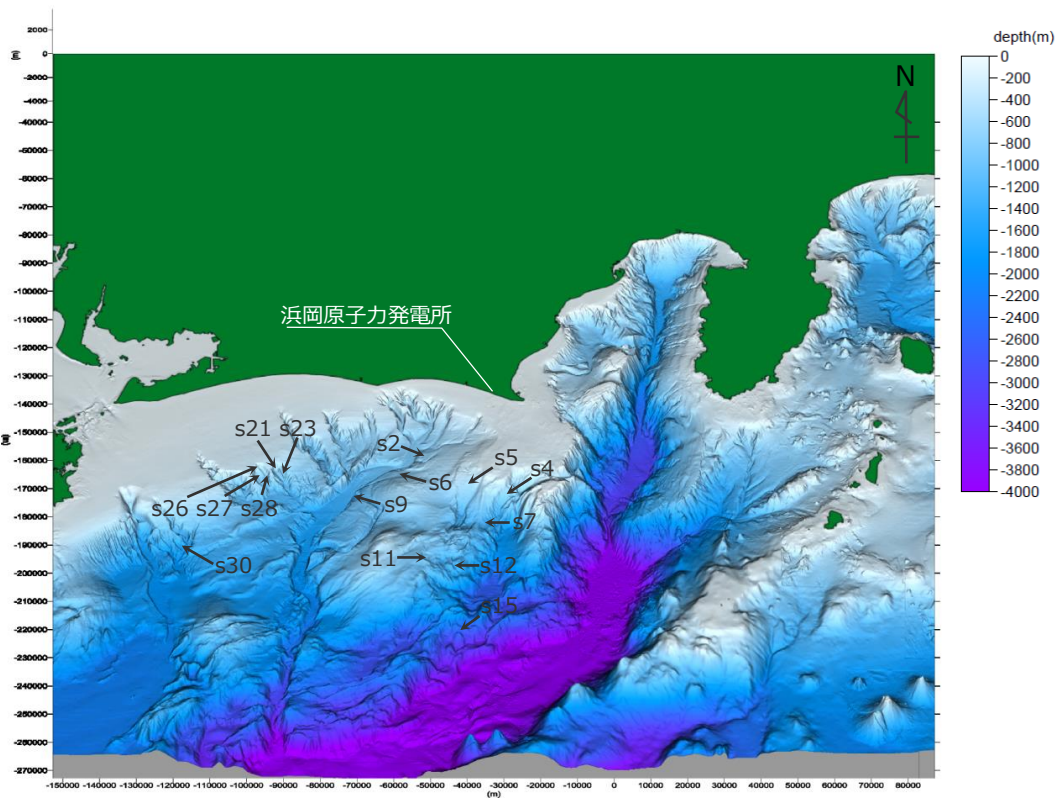


音波探査結果 (T83-B測線)

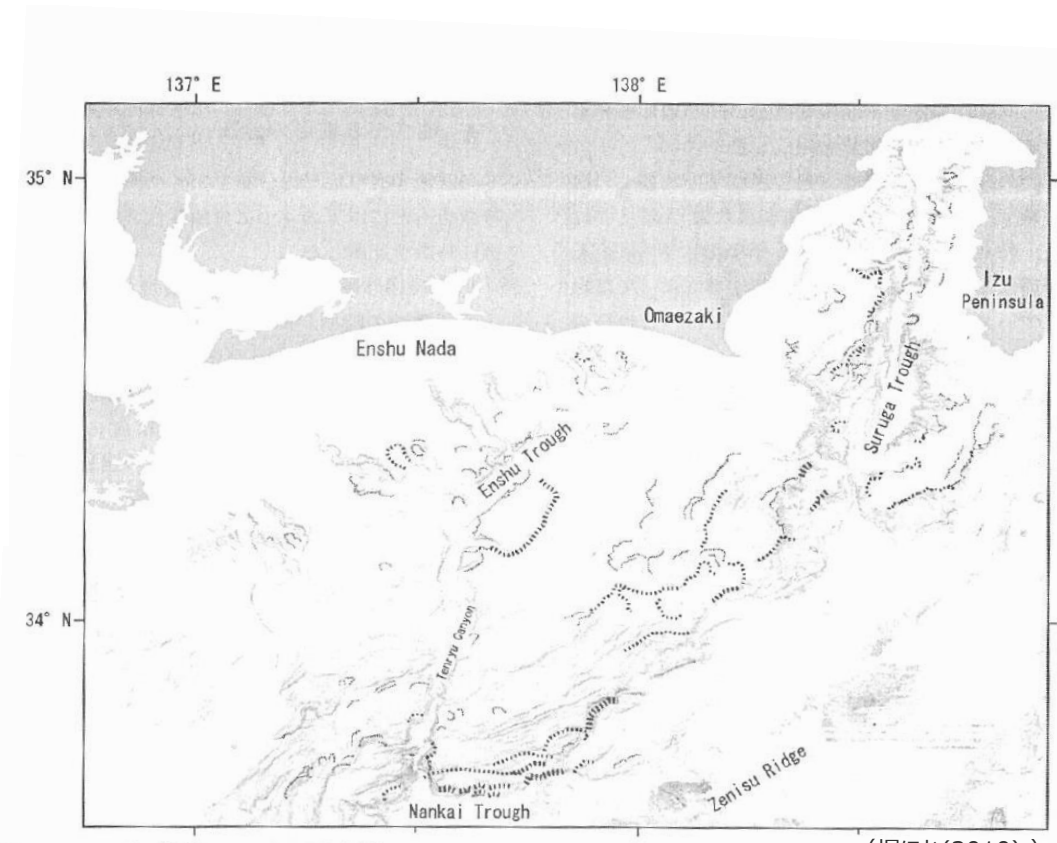
既往文献

梶ほか(2010) (2/2)

- 100mDEMおよび音波探査記録より地形判読調査を実施した結果、駿河湾～遠州灘沖に梶ほか(2010)が示すその他の海底地すべり地形について、その一部を海底地すべり地形 (s2,s3,s4,s5,s7,s9,s11,s12,s15,s21,s23,s26,s27,s28,s30地点の海底地すべり地形) として抽出した。
- なお、その他の部分については、馬蹄形の滑落崖と土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、大規模な海底地すべり地形 (約1億m³以上) ではないと評価した。



敷地周辺海域の鯨瞰図



(梶ほか(2010))

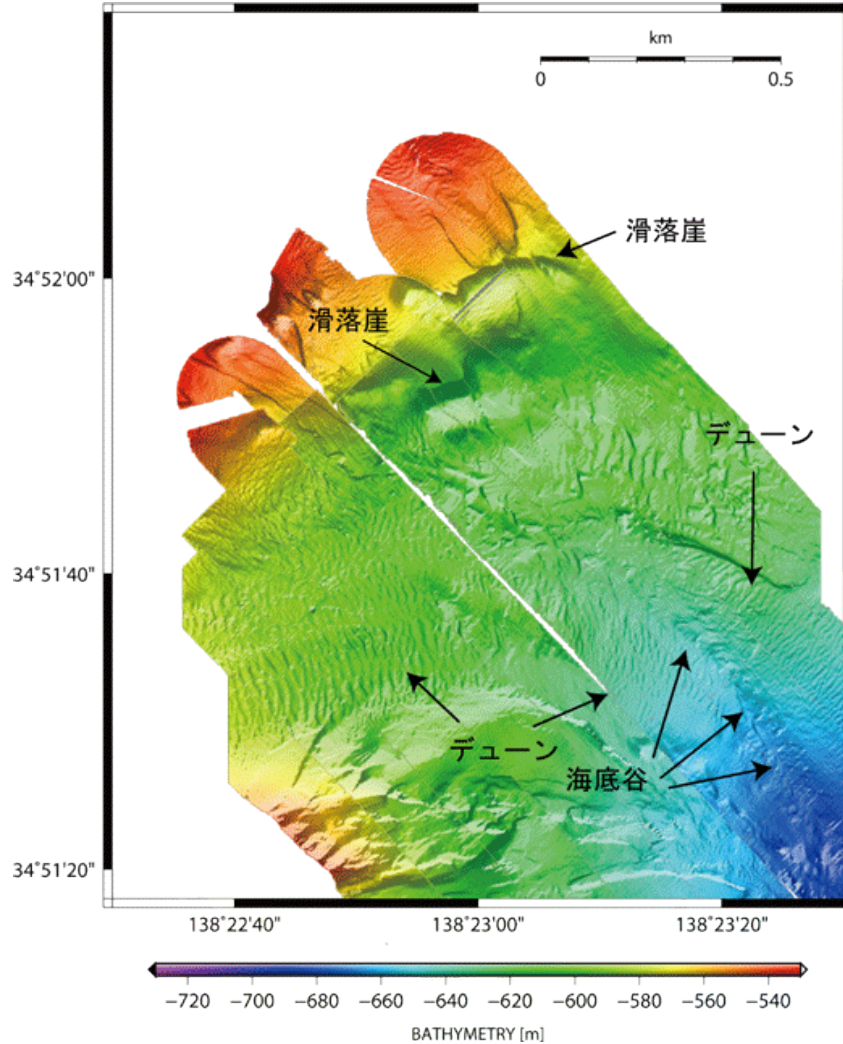
梶ほか(2010)により示された海底地すべり地形

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

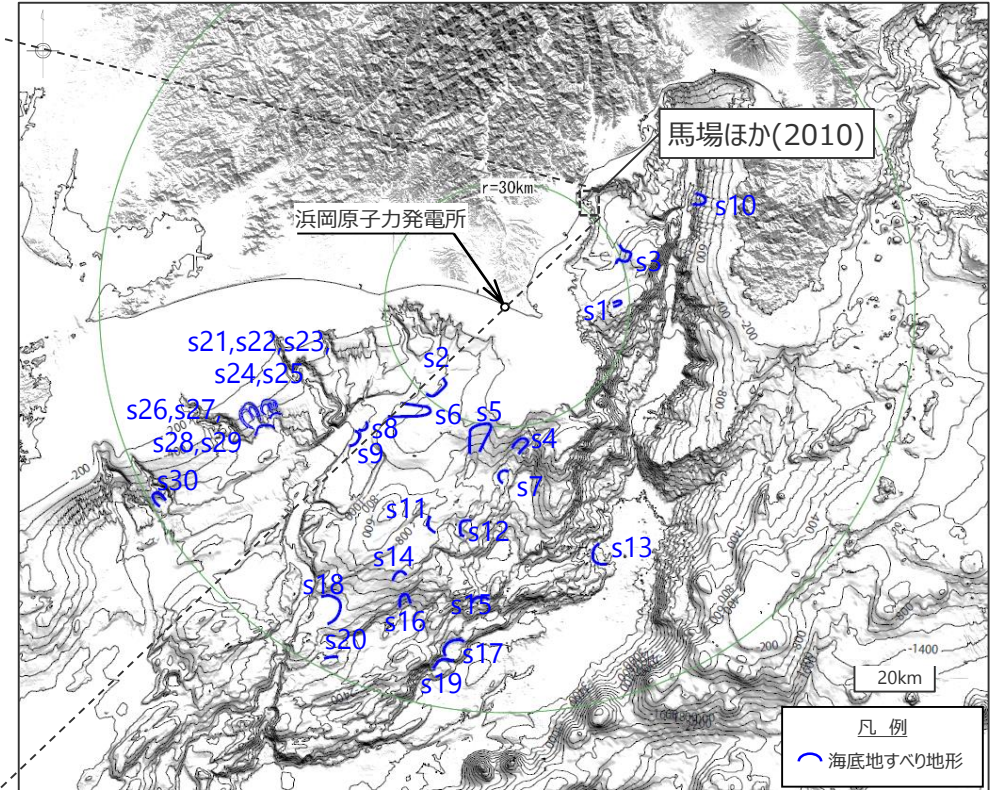
既往文献

馬場ほか(2010)

■ 100mDEMおよび音波探査記録により地形判読調査を実施した結果、駿河湾の海盆内に馬場ほか(2010)が示した海底地すべり地形について、小規模な地形（全長約450m、比高約10-15m程度）であり大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。



焼津沖約5km付近の海底地形図（馬場ほか(2010)）

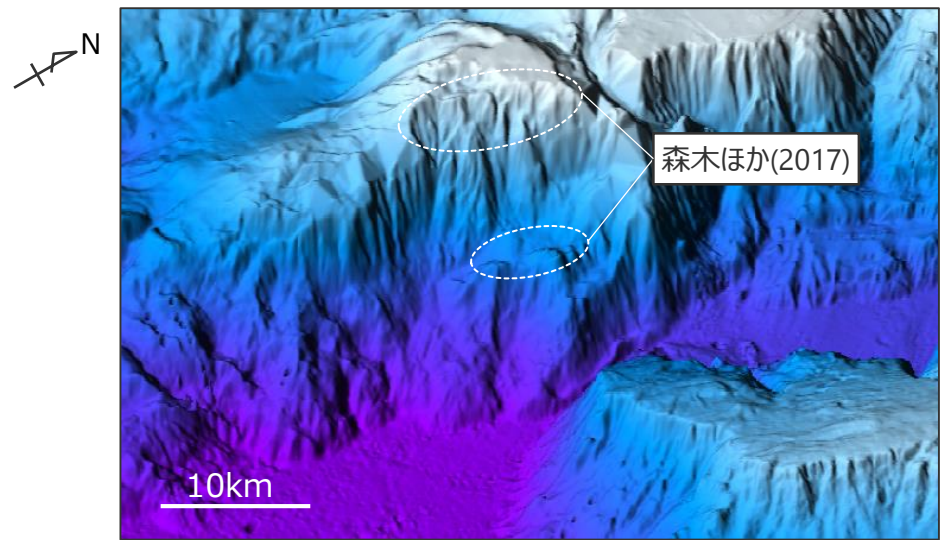


敷地周辺海域の海底地すべり地形の位置図

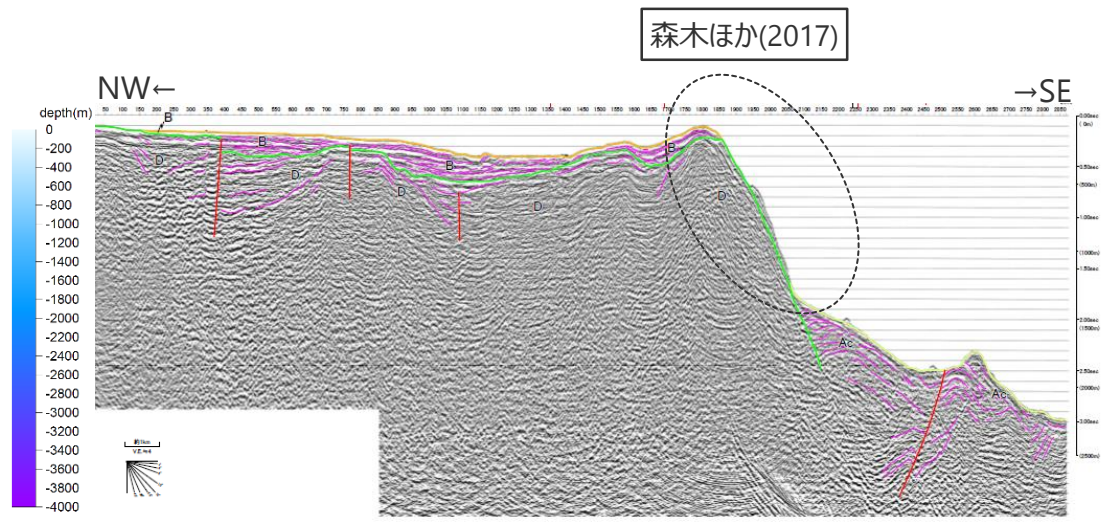
既往文献

森木ほか(2017)

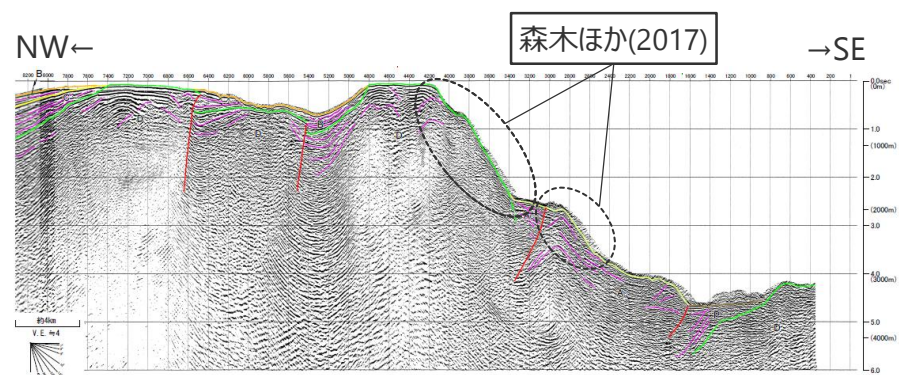
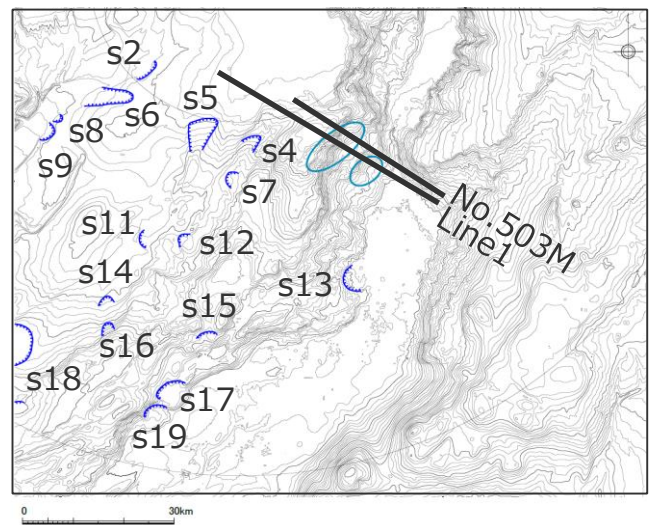
■ 100mDEMおよび音波探査記録により地形判読調査を実施した結果、遠州灘沖の外縁隆起帯トラフ側斜面に森木ほか(2017)が示した海底地すべり地形について、斜面基部に断層が認められ馬蹄形の滑落崖と土砂流出痕跡とみられる堆積部・土塊が認められないことを確認し、御前崎海脚東部の断層帯等の断層運動に伴う変動地形であり、大規模な海底地すべり地形（約1億m³以上）ではないと評価した。



DEMより作成した鯨瞰図



音波探査結果 (No.503M測線)



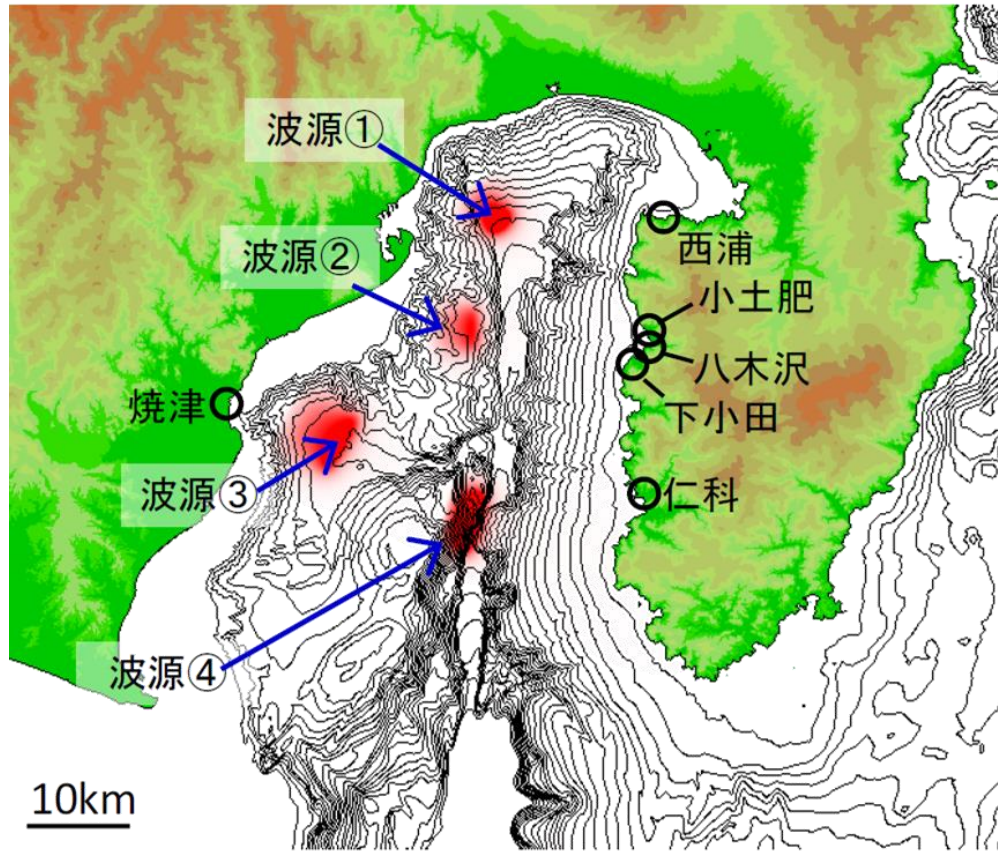
音波探査結果 (Line1測線)

4 既往文献により海底地すべり地形が示されている地点の地形判読調査結果

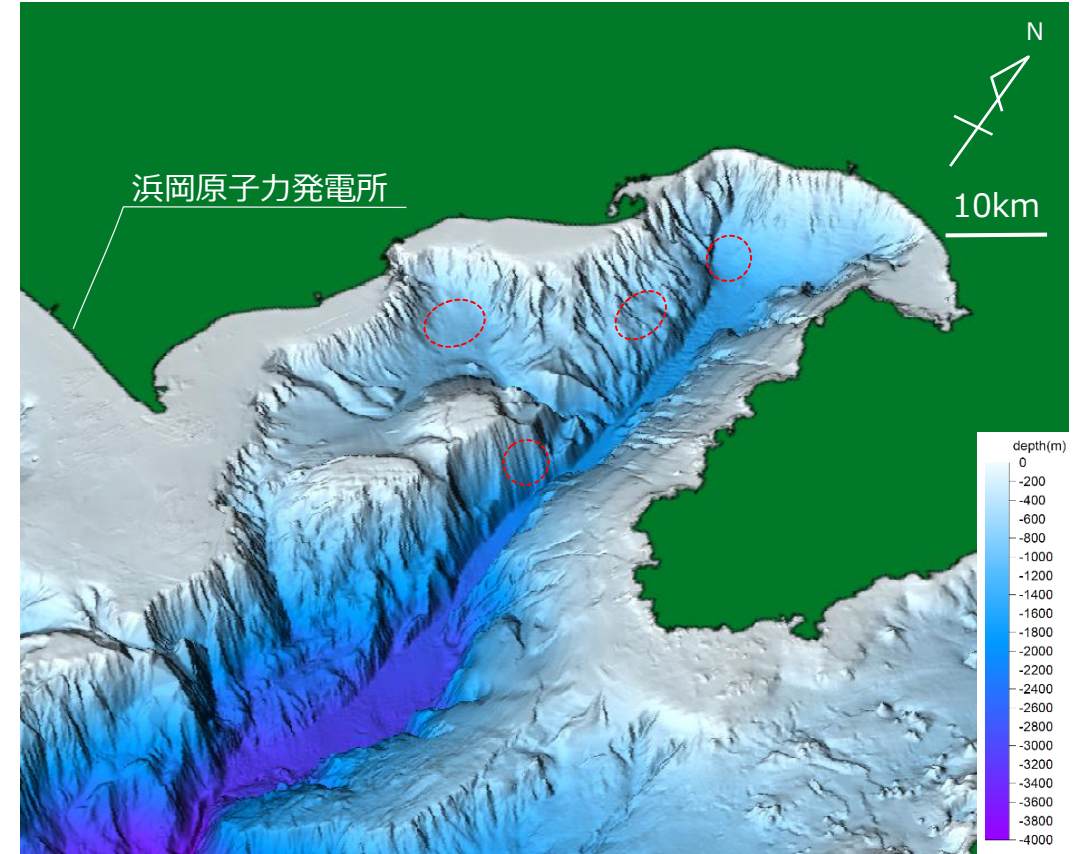
既往文献

(参考) 阿部(2017)の局所的な波源について

- 阿部(2017)は、1498年明応東海地震の駿河湾内の津波痕跡について、津波数値シミュレーションにより津波波源を様々に変化させて試行錯誤的に検討した結果、駿河湾内に4つの局所的な波源を置くことにより再現が可能であるとしている。
- 100mDEMおよび音波探査記録により地形判読調査を実施した結果、阿部(2017)が示した地点について、局所的な波源に対応するような大規模な海底地すべり地形(約1億m³以上)は抽出されないことを確認した。



阿部(2017)で図示された波源の位置 (阿部(2017))



駿河湾周辺のDEMによる鯨瞰図
(は、阿部(2017)で図示された波源の位置)

阿部(2017)

- 駿河湾で知られている1498年の明応東海地震による津波痕跡を再現できる波源モデルを明らかにすることを目的として、津波発生条件を様々に変化した津波伝播および遡上解析を試行錯誤的に行った結果を報告した。結果として、これまで提案されているような南海トラフ沿いの運動地震および銭洲海嶺付近の断層モデルでは駿河湾内の津波痕跡を再現できないことを示した。
- 駿河湾内で報告されている1498年の明応東海地震の津波痕跡について、駿河湾内での局所的な波源を置くことによって再現可能であることを示すことができた。

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

- (1) Wattsほかの予測式に基づく手法
- (2) 二層流モデルに基づく手法

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

Wattsほかの予測式に基づく手法

(数値シミュレーションの方法)

■ 数値シミュレーションは、Wattsほかの予測式に基づく手法 (Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)) および二層流モデルに基づく手法 (Maeno and Imamura(2007)) を用いて実施した。

■ Wattsほかの予測式に基づく手法の計算手法は以下のとおり。

Wattsほかの予測式 (Slump型)

$$\eta(x,y) = -\frac{\eta_{0,3D}}{\eta_{min}} \operatorname{sech}^2\left(\kappa \frac{y-y_0}{w+\lambda_0}\right) \left(\exp\left\{-\left(\frac{x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} - \kappa' \exp\left\{-\left(\frac{x-\Delta x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} \right)$$

$\eta(x,y)$: 初期水位波形

η_{min} : 振幅を除く右項の最小値

κ, κ' : 形状パラメータ ($\kappa=3$)

Δx : 形状パラメータ ($= 0.4\lambda_0$)

x_0, y_0 : 地すべり体の中心の初期位置(m)

x, y : 地すべり体平面位置(m)

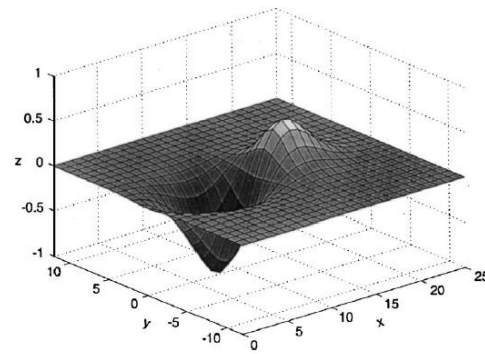


Fig. 3. Examples of double Gaussian function for approximate 3D tsunami elevations [Eq. (14)], with $\eta_{0,3D}=1$, $x_0=10$, $y_0=0$, $\lambda_0=5$, $\kappa=3$, $w=2$, $\kappa'=0.83$, and $\Delta x=2$ Watts et al.(2005)

海面水位波形の例

$$\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w + \lambda_0} \right)$$

$$\eta_{0,2D} = S_0 \left(\frac{0.131}{\sin\theta} \right) \left(\frac{T}{b} \right) \left(\frac{b \sin\theta}{d} \right)^{1.25} \left(\frac{b}{R} \right)^{0.63} \times (\Delta\Phi)^{0.39} (1.47 - 0.35(\gamma - 1))(\gamma - 1)$$

$\eta_{0,3D}$: 現象が三次元的な場合の最大水位低下量

$\eta_{0,2D}$: 現象が二次元的な場合の最大水位低下量

γ : 土砂の比重 ($=\rho_s/\rho_w$) λ_0 : 特性津波波長 ($= t_0\sqrt{gd}$)

b : 地すべり長さ $\Delta\Phi$: 回転角 ($= 2S_0/R$)

T : 地すべり厚さ U_{max} : 最大速度 ($= S_0/t_0$)

w : 地すべり幅 ρ_s : 土砂の密度

d : 初期位置没水深 ρ_w : 海水の密度($=1.03 \text{ g/cm}^3$)

θ : 斜面勾配 g : 重力加速度($=9.8 \text{ m/s}^2$)

C_d : 抗力係数

C_m : 付加質量係数

S : 移動距離※

S_0 : 特性距離 ($= S/2$)

X_g : 初期水深がdとなる位置の座標

C_n : 底面摩擦係数 ($= S_0/(R\cos\theta)$)

R : 曲率半径 ($= b^2/(8T)$)

a_0 : 初期加速度 ($= S_0/t_0^2$)

t_0 : 特性時間

※ 地すべり長さを土塊の移動距離として設定。

ただし、復元前後の地形から土塊の移動が地すべり長さとは比べて小さいと判断できる場合には、復元地形の頂部と現地形の頂部との距離を移動距離として設定。

$$t_0 = \sqrt{\frac{R}{g}} \sqrt{\frac{\gamma + C_m}{\gamma - 1}}$$

(Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005))

Wattsほかの予測式に基づく手法 (計算条件)

■ Wattsほかの予測式に基づく手法の計算条件は以下のとおり。

項目	遠州灘沖 (海盆内)		遠州灘沖 (外縁隆起帯トラフ側斜面)					遠州灘沖 (大陸棚斜面)		駿河湾			設定根拠
	s2地点	s18地点	s4地点	s5地点	s12地点	s13地点	s17地点	s22地点	s26地点	s1地点	s3地点	s10地点	
土砂の密度 ρ_s (g/cm ³)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	地質調査所(1998)*
地すべり長さ b(m)	4,300	7,900	5,300	8,000	5,500	5,800	6,500	5,100	7,800	3,400	3,300	3,000	復元地形から判読
地すべり厚さ T(m)	120	120	90	90	230	300	370	190	230	40	100	350	復元地形から判読
地すべり幅 w(m)	8,500	8,200	2,500	4,000	4,850	7,000	7,200	3,600	5,300	1,100	4,200	3,200	復元地形から判読
初期位置没水深 d(m)	600	1,690	900	820	1,200	3,450	3,200	930	510	180	470	1,250	復元地形から判読
斜面勾配 θ (°)	2.9	1.9	5.4	5.0	2.3	4.7	7.0	4.7	5.5	3.9	8.6	10.9	復元地形から判読
抗力係数 C_d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Grilli and Watts(2005)
付加質量係数 C_m	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Grilli and Watts(2005)
移動距離 S(m)	4,300	7,900	5,300	8,000	1,000	5,800	6,500	5,100	7,800	3,400	3,300	1,000	復元地形から判読
特性距離 S_0 (m)	2,150	3,950	2,650	4,000	500	2,900	3,250	2,550	3,900	1,700	1,650	500	=S/2
底面摩擦係数 C_n	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	= $S_0/(R\cos\theta)$
曲率半径 R(m)	19,260	65,010	38,166	88,889	16,440	14,017	14,274	17,112	33,065	36,125	13,613	3,214	= $b^2/8T$
初期加速度 a_0 (m ² /s)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	= S_0/t_0^2
特性時間 t_0 (sec)	114	209	160	244	105	97	98	107	149	156	96	46	= $\sqrt{R/g} \cdot \sqrt{(\gamma + C_m)/(\gamma - 1)}$
特性津波波長 λ_0 (m)	8,712	26,862	15,020	21,879	11,383	17,821	17,320	10,223	10,524	6,535	6,482	5,137	= $t_0\sqrt{g d}$
回転角 $\Delta\Phi$ (rad)	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5	0.3	0.2	0.1	0.2	0.3	= $2S_0/R$
最大速度 U_{max} (m/s)	19	19	17	16	5	30	33	24	26	11	17	11	= S_0/t_0
形状パラメータ κ'	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Grilli and Watts(2005)
形状パラメータ Δx (m)	3,485	10,745	6,008	8,752	4,553	7,128	6,928	4,089	4,210	2,614	2,593	2,055	= $0.4\lambda_0$

※ 地質調査所(1998)：「東海沖堆積物の物理的性質」、
『東海沖海域の海洋地質学的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究』、平成9年度研究概要報告書
□：計算等から算出しないパラメータ

Wattsほかの予測式に基づく初期水位の推定値

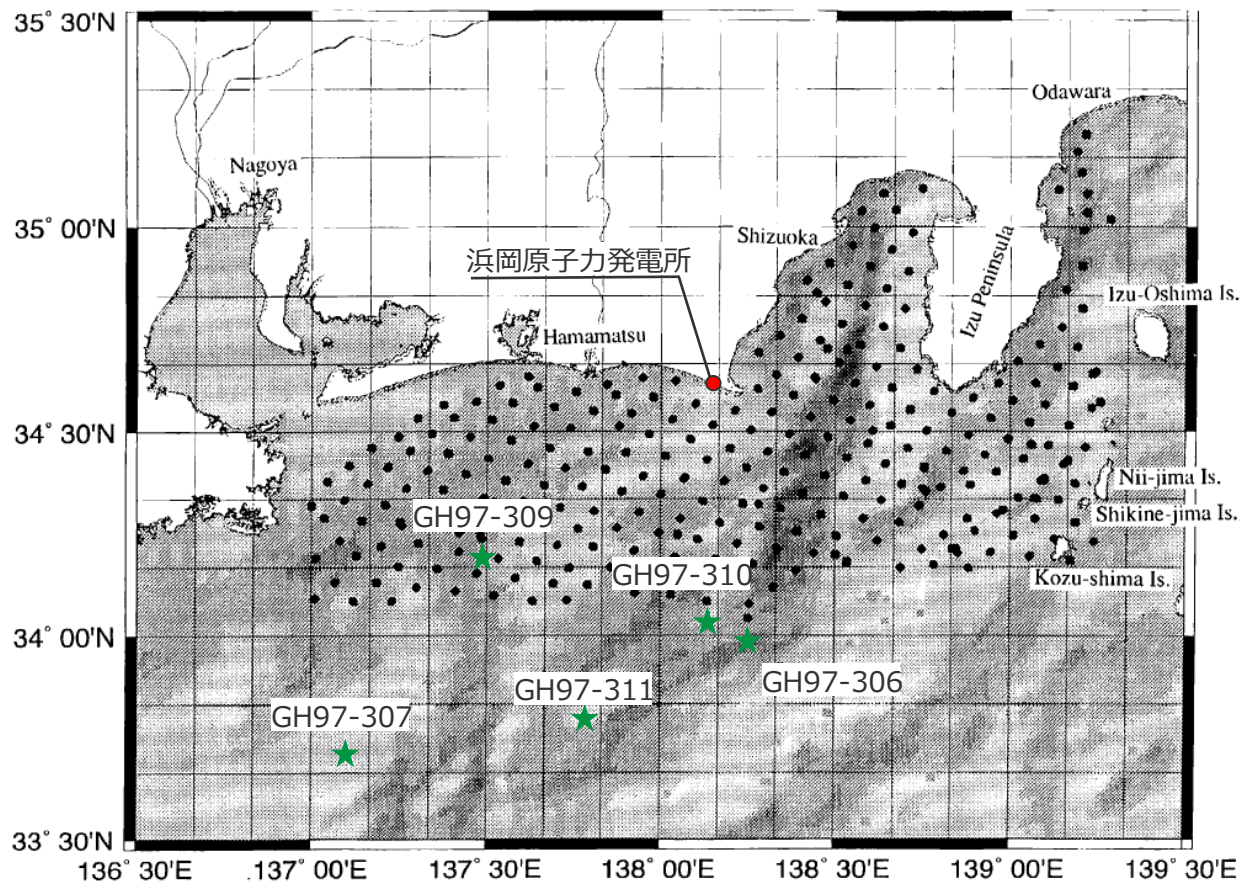
$\eta_{0,2D}$ (m)	4.6	1.3	2.0	2.3	0.7	4.0	7.6	7.9	28.1	2.3	5.3	4.5	$\eta_{0,2D} = S_0 \left(\frac{0.131}{\sin\theta} \right) \left(\frac{T}{b} \right) \left(\frac{b\sin\theta}{d} \right)^{1.25} \left(\frac{b}{R} \right)^{0.63} \times (\Delta\Phi)^{0.39} (1.47 - 0.35(\gamma - 1))(\gamma - 1)$
$\eta_{0,3D}$ (m)	2.3	0.3	0.3	0.4	0.2	1.2	2.3	2.1	9.4	0.4	2.1	1.7	$\eta_{0,3D} = \eta_{0,2D} \left(\frac{w}{w + \lambda_0} \right)$

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

Wattsほかの予測式に基づく手法

(土砂密度の設定 (東海沖における土砂密度の測定結果))

■ Wattsほかの予測式に基づく手法で用いる土砂の密度は、地質調査所(1998)が測定した東海沖の土砂試料の湿潤密度に基づき設定した。



分析試料の採取位置 (Ikehara et al.(1999)を基に作成)

堆積物柱状試料		湿潤密度	
東海沖	大陸棚斜面	GH97-309	1.3 (g/cm ³)
	海盆内	GH97-307	1.4 (g/cm ³)
	外縁隆起帯 トラフ側斜面	GH97-306	1.6 (g/cm ³)
		GH97-310	1.3 (g/cm ³)
		GH97-311	1.5 (g/cm ³)
東海沖 (平均値)		1.4 (g/cm ³)	

★ 湿潤密度測定を実施した
堆積物柱状試料の採取位置

● グラブ採泥器による
表層堆積物採取の位置

地質調査所(1998)

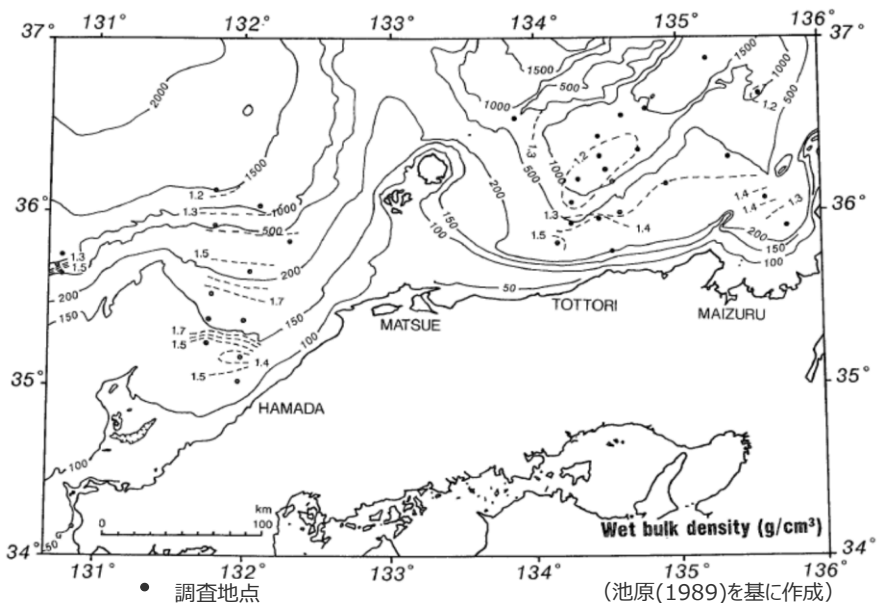
- GH97航海及びGA97航海において大口径重力式コアラーによる柱状採泥、グラブ採泥器による表層堆積物の採取等を実施した。大口径重力式コアラーによる試料については、ガンマー線による湿潤密度測定を実施した。グラブ採泥器による試料については、粒度・粒子組成分析等を実施した。
- 東海沖の表層堆積物の分布状況について、大陸棚斜面～海盆やトラフ底には密度の小さい粘土～極細粒砂の堆積物が分布している。一方、御前崎海脚からその斜面域（外縁隆起帯トラフ側斜面）には密度の大きい中粒砂以上の粗粒堆積物や露岩が広く分布している。

Ikehara et al.(1999)

- GH97航海及びGA97航海において採取された約300地点の試料を基に、南海トラフ海域の表層堆積物の分布についてこの特徴を解説した。

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 Wattsほかの予測式に基づく手法 (参考) 他海域における土砂密度の測定結果

■ 産業技術総合研究所（旧地質調査所）は、東海沖のほか、山陰-北陸沖、オホーツク海西方海域でも同様に土砂試料を採取して湿潤密度を測定しており、その測定結果は東海沖の土砂試料の湿潤密度と同程度となっている。



● 調査地点
--- 湿潤密度（平均値）の等高線（単位は g/cm^3 ）
湿潤密度の地理的分布
(池原(1989)を基に作成)



土砂試料の湿潤密度の調査海域

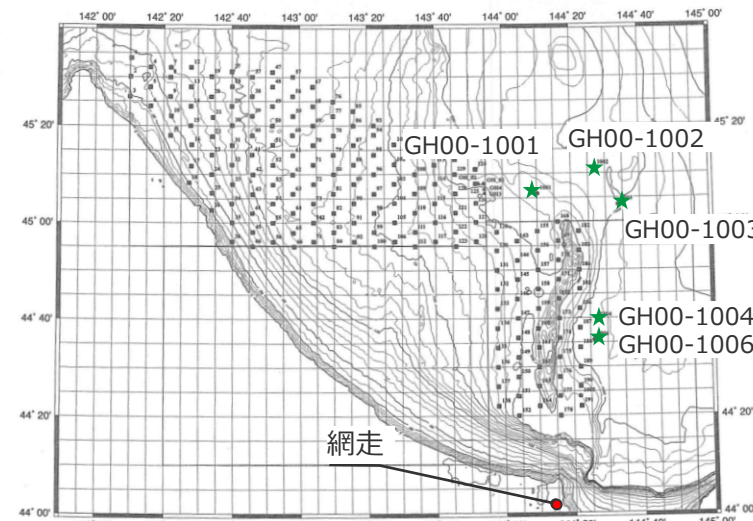
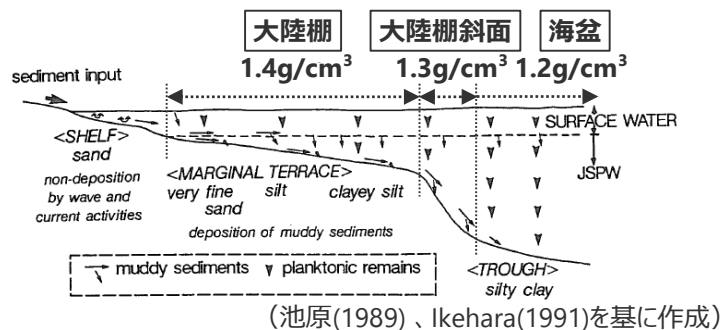


図1 GH00採取点位置図
(産業技術総合研究所(2002)を基に作成)
分析試料の採取位置



(池原(1989)、Ikehara(1991)を基に作成)

湿潤密度（平均値）の地形断面との関係

山陰-北陸沖海域における湿潤密度の測定結果

オホーツク海西方海域における湿潤密度の測定結果

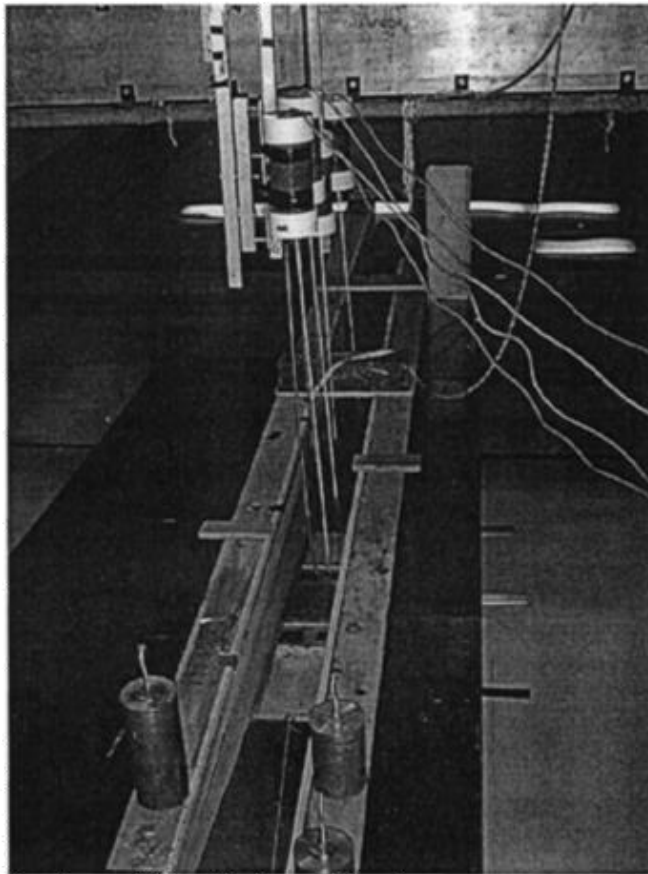
堆積物柱状試料		湿潤密度
オホーツク海西方	GH00-1001	1.5 (g/cm^3)
	GH00-1002	1.4 (g/cm^3)
	GH00-1003	1.5 (g/cm^3)
	GH00-1004	1.3 (g/cm^3)
	GH00-1006	1.3 (g/cm^3)
オホーツク海西方海域（平均値）		1.4 (g/cm^3)

★ 湿潤密度測定を実施した堆積物柱状試料の採取位置
● グラブ採泥器による表層堆積物採取の位置

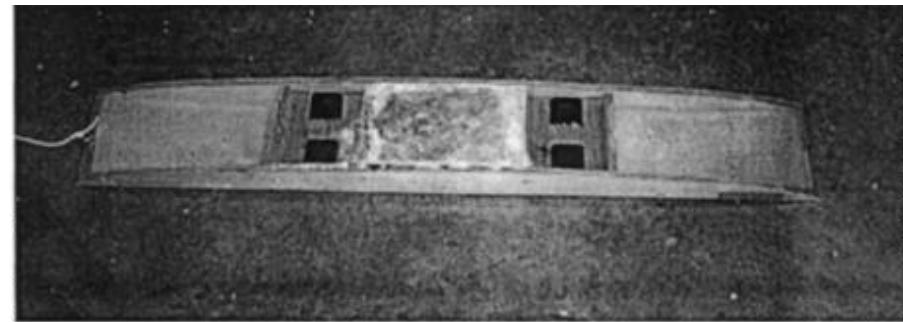
Wattsほかの予測式に基づく手法

(参考) Watts et al.(2005)の密度の設定根拠 (水理模型実験の再現計算)

- Watts et al.(2005)は、提案したWattsほかの予測式に基づく手法の妥当性を確認するため、Grilli and Watts(2005)の海底地すべりを模擬した水理模型実験の再現性を検討している。
- Watts et al.(2005)では水理模型実験を再現するため、Grilli and Watts(2005)の実験に用いた地すべり体の固体模型の密度 1.85g/cm^3 をWattsほかの予測式に用いる密度として設定している。
- ➡ 固体模型の密度は海底地すべり体の密度とは異なることから、海底地すべり体の密度の設定に際しては、評価対象の物性値として適切なパラメータを用いる必要がある。



地すべり実験装置外観



地すべり体の固体模型

from each other, near the center of the tank. A semielliptical slide model [Fig. 5(b)] was built out of plywood and mylar sheets. Melted lead was poured in a central cavity in the model, in order to achieve an average density $\gamma=1.806$ in the fresh water tank, corresponding to $\rho_f=1.850\text{ kg/m}^3$ in sea water of density $\rho_w=1,025\text{ kg/m}^3$. The model dimensions were length $B=1\text{ m}$, thickness $T=T_{ref}=0.052\text{ m}$, and width $w=0.2\text{ m}$. Four plastic wheels, with water-sealed bearings, were installed at the bottom part of the model (black cylinders in the picture), to provide for a smooth sliding down the slope, as frictionless as possible, about 2 mm above the slope. A microaccelerometer was embedded at the model center of mass and inclined perpendicular to the slope, with its controlling cable exiting through the back of the model in order to record center of mass acceleration during experiments.

地すべりの実験装置 (Grilli and Watts(2005))

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

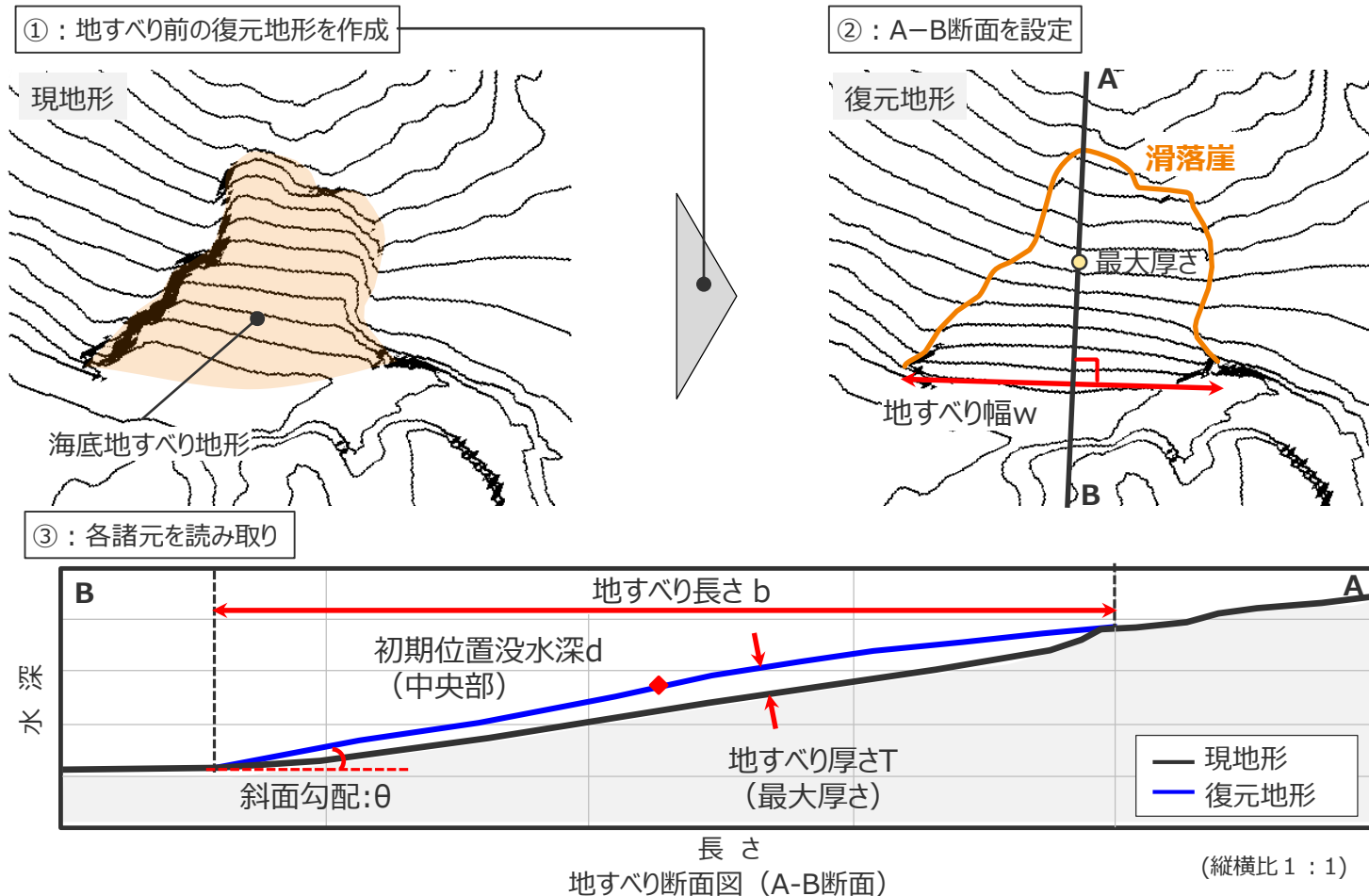
Wattsほかの予測式に基づく手法

(地すべり体の形状等の設定)

■ 海底地すべりの地すべり体の形状等は、復元地形に基づき以下のとおり設定した。

【設定方法】

- ①：地すべり前の復元地形を作成。
- ②：地すべり断面を、地すべり体の厚さが最大の地点を通り、地すべり地形の傾斜方向に沿うよう設定。
- ③：平面図、断面図に基づき、地すべり長さ、地すべり幅、初期位置没水深、斜面勾配、移動距離を設定。



移動距離：地すべり長さを土塊の移動距離として設定。

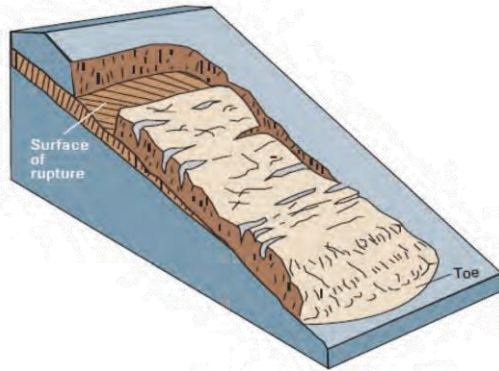
ただし、復元前後の地形から土塊の移動が地すべり長さとは比べてごく小さいと判断できる場合には、復元地形の頂部と現地形の頂部との距離を移動距離として設定。

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

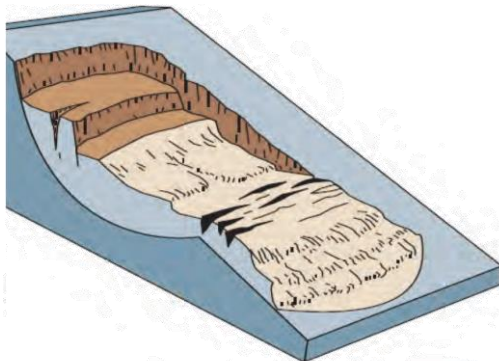
Wattsほかの予測式に基づく手法

(地すべり形態の選定：抗力係数 C_d 、付加質量係数 C_m の設定)

■ Watts et al.(2005)の抗力係数 C_d 、付加質量係数 C_m は、地すべり形態（Slump型またはSlide型）に基づき設定することとされており、Slump型では「 $C_d = 0.0$ 、 $C_m = 1.0$ 」、Slide型では「 $C_d = 1.0$ 、 $C_m = 1.0$ 」と設定される。



Slide型



Slump型

(Shanmugam(2015))

海底地すべり形態のイメージ

For slumps, shear stress S_u along the failure plane may be assumed to remain constant during motion (Bardet 1997). Defining $A_b = wb$, the area of the failure plane projected on the slope, we find

$$C_n = S_u \frac{4b}{\pi B(\rho_\ell - \rho_w)Tg \cos \theta} \quad (17)$$

with $b/B = C/C'$ a function of ε . Due to the small angular rotation of slumps, the influence of fluid dynamic drag and angular non-linearity on center of the mass motion are often negligible [these effects could be evaluated from the exact solution of a damped oscillator; e.g., Nayfeh and Mook (1979)]. Hence, specifying $C_d = 0$, $S = R(\Phi - \Phi_0)$ and $\sin \theta = -\sin \Phi = -\Phi$, the linearized Eq. (11) becomes

$$(\gamma + C_m)\ddot{S} = (\gamma - 1)(\sin \theta - C_n \cos \theta)g - C_d \frac{2}{\pi B} \dot{S}^2 \quad (11)$$

We select constant values of $\gamma = 1.85$ and the dynamic coefficients $C_m = 1$, $C_d = 1$ for slides and $C_d = 0$ for slumps. We assume $C_n = 0$ for slides, except when comparing results to laboratory experiments, and nonzero values for slumps. For the ramp-up and deceleration of both slide and slump motion, we use $\chi = 0.02$ and $f = 0.1$ (see Appendix).

(Grilli and Watts(2005))

Slide型
付加質量係数 $C_m = 1$
抗力係数 $C_d = 1$

Slump型
付加質量係数 $C_m = 1$
抗力係数 $C_d = 0$

項目	設定値
抗力係数 (C_d)	0.0 (Slump型)
	1.0 (Slide型)
付加質量係数 (C_m)	1.0 (Slump型)
	1.0 (Slide型)

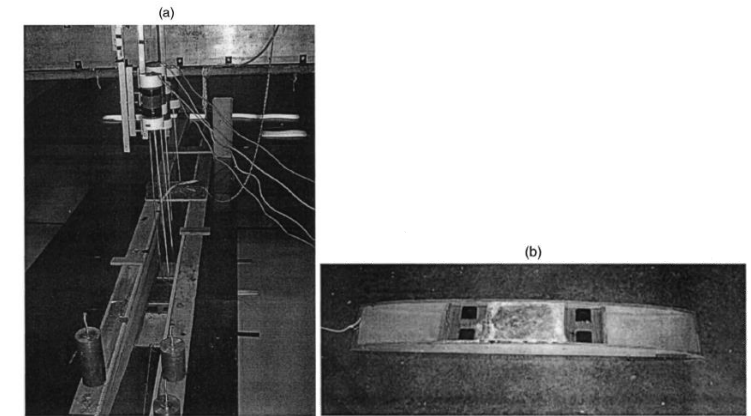


Fig. 5. Laboratory experiments for 2D slide over $\theta = 15^\circ$ slope: (a) experimental setup for submergence depth $d = d_{ref} = 0.259$ m, with four capacitance wave gauges; and (b) semielliptical plywood and mylar slide model with $B = 1$ m, $T = T_{ref} = 0.052$ m, $w = 0.2$ m, and lead weight (at center) to achieve $\gamma = 1.806$

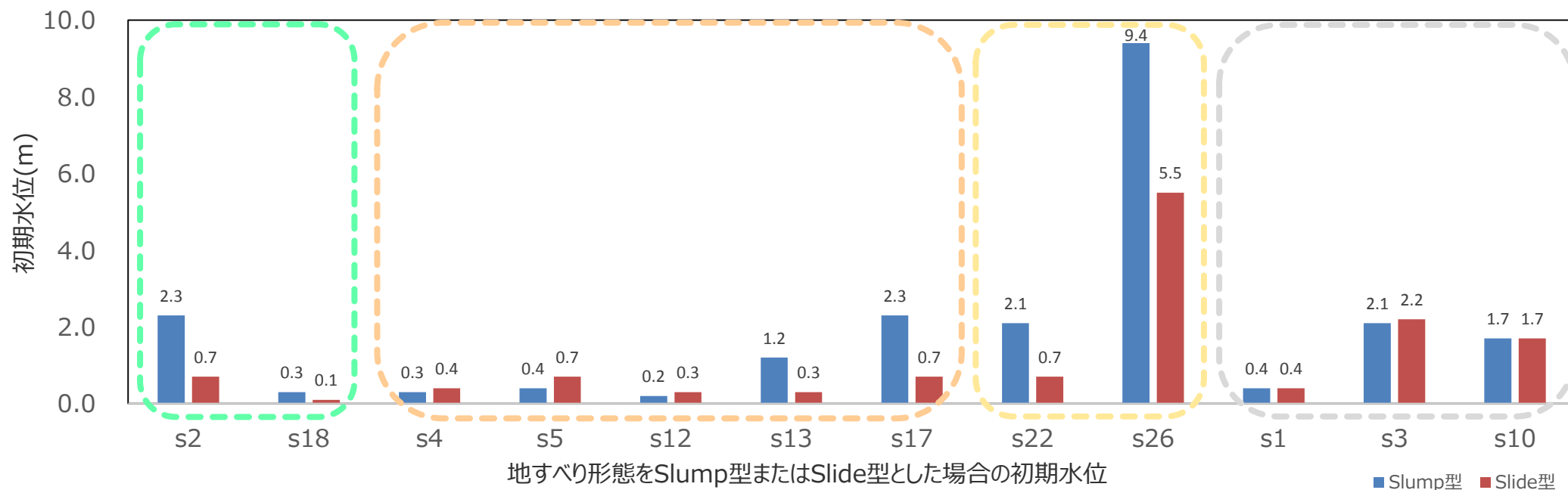
地すべりの実験装置 (Grilli and Watts(2005))

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

Wattsほかの予測式に基づく手法

(地すべり形態の選定：抗力係数Cd、付加質量係数Cmの設定)

- 敷地周辺海域の検討対象とする海底地すべりについて、地すべり形態をSlump型またはSlide型とした場合の津波の初期水位は以下のとおり。
- Slump型の初期水位は、Slide型の初期水位と比べて大きいもしくはほぼ同程度となっている。
- ➡ 統一的なパラメータ設定で検討するため、検討対象とした地すべり地点についてはSlump型のパラメータ (Cd = 1.0、Cm = 1.0) を設定した。

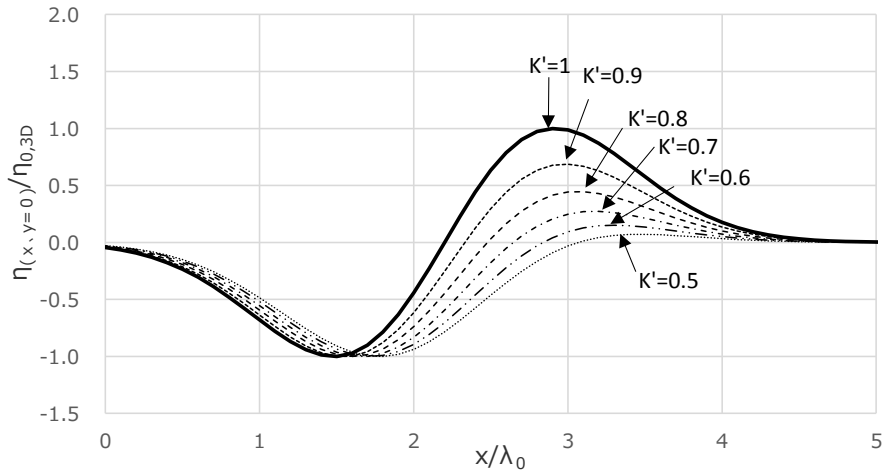


- 遠州灘 (海盆内)
- 遠州灘 (外縁隆起帯トラフ側斜面)
- 遠州灘沖 (大陸棚斜面)
- 駿河湾

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

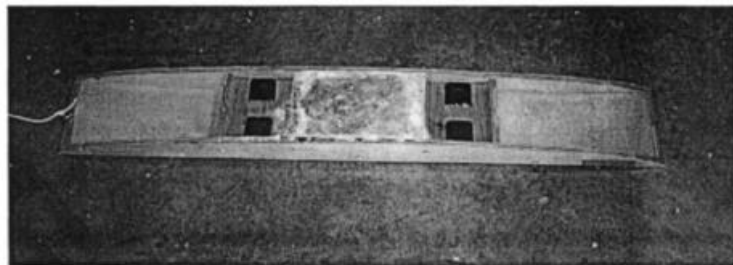
Wattsほかの予測式に基づく手法 (形状パラメータK'の設定)

- Watts et al.(2005)の形状パラメータK'は、初期水位波形の最低水位に対して最高水位を決めるパラメータであり、Grilli and Watts(2005)で実施した水理模型実験の結果等に基づき設定できるとされる。
また、Grilli and Watts(2005)の水理模型実験から求まる初期水位波形の最高水位と最低水位の比 $|\eta_{max}/\eta_{min}|$ は0.6~1.0であり、それから求まるK'は0.86~1と算定される。
- そこで、K'の設定値について、Grilli and Watts(2005)の固体模型での実験結果に基づき、保守的にK'=1と設定した。
なお、Grilli and Watts(2005)では、地すべり体として固体模型を用いての水理模型実験を行っており、一方、実現象としては地すべり体が固体から流動体へ性状を変えながら地すべり現象が進展することを考えると、初期水位波形の最高水位と最低水位は保守的に測定されたと考えられる。



(Watts et al.(2005)に基づき作成)

形状パラメータK'の違いによる初期水位分布の変化



Grilli and Watts(2005)の水理模型実験における
海底地すべりの固体模型

初期水位波形の平面分布 (Watts et al.(2005)に基づく)

κ' : 下降側の水位に対する上昇側の水位の比を決めるパラメータ

$$\eta(x,y) = -\frac{\eta_{0,3D}}{\eta_{min}} \operatorname{sech}^2\left(\kappa \frac{y-y_0}{w+\lambda_0}\right) \left(\exp\left\{-\left(\frac{x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} - \kappa' \exp\left\{-\left(\frac{x-\Delta x-x_0}{\lambda_0}\right)^2\right\} \right)$$

水位下降側の水位分布の設定項

水位上昇側の水位分布の設定項

$\eta(x,y)$: 初期水位波形 η_{min} : 振幅を除く右項の最小値 x_0, y_0 : 地すべり体の中心の初期位置
 κ, κ' : 形状パラメータ ($\kappa=3$) Δx : 形状パラメータ ($= 0.4\lambda_0$)

Grilli and Watts(2005)の地すべり実験結果の上昇/下降水位比 η_{max}/η_{min} と、それに基づき算出される形状パラメータK'

ケース	η_{max}	η_{min}	$ \eta_{max}/\eta_{min} $	K'
a	0.0030	-0.0030	1.0	1.00
b	0.0035	-0.0045	0.8	0.92
c	0.0050	-0.0060	0.8	0.92
d	0.0055	-0.0075	0.7	0.90
e	0.0060	-0.0085	0.7	0.90
f	0.0075	-0.0120	0.6	0.86
g	0.0085	-0.0140	0.6	0.86
h	0.0095	-0.0170	0.6	0.86
i	0.0150	-0.0210	0.7	0.90

(Grilli and Watts(2005)に基づき作成)

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細

- (1) Wattsほかの予測式に基づく手法
- (2) 二層流モデルに基づく手法**

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法 (数値シミュレーションの方法)

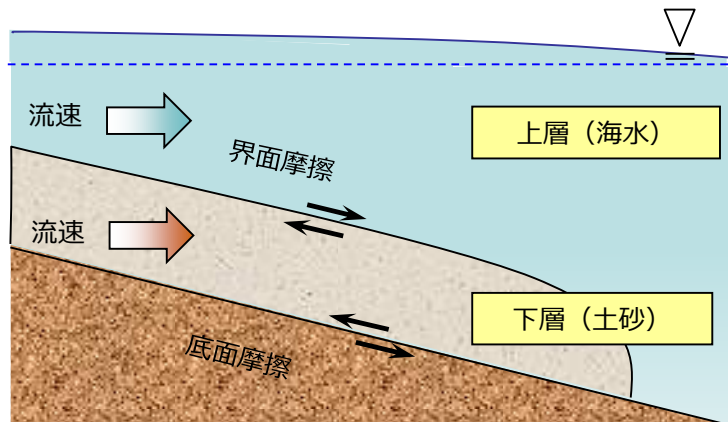
■ 数値シミュレーションは、Wattsほかの予測式に基づく手法 (Watts et al.(2005)およびGrilli and Watts(2005)) および二層流モデルに基づく手法 (Maeno and Imamura(2007)) を用いて実施した。

■ 二層流モデルに基づく手法の計算条件は以下のとおり。

二層流モデルに基づく数値シミュレーションの計算条件

項目		設定値
密度 (t/m ³)	上層 (海水)	1.03
	下層 (土砂) ※1	1.40
マンングの粗度係数(m ^{-1/3} s)	上層 (海水)	0.025
	下層 (土砂) ※2	0.40
界面抵抗係数※2		0.2
水平渦動粘性係数(m ² /s)※2		0.1

※1 地質調査所(1998):「東海沖堆積物の物理的性質」、
『東海沖海域の海洋地質学的研究及び海域活断層の評価手法に関する研究』、平成9年度研究概要報告書
※2 Kawamata et al.(2005)



二層流モデルでは、
上層 (海水) と下層 (土砂)
を同時に計算する。

○上層 (海水)

$$\frac{\partial(\eta_1 - \eta_2)}{\partial t} + \frac{\partial M_1}{\partial x} + \frac{\partial N_1}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1^2}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial x} = DIFF_{1,x} - \beta \frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} - (1 - \beta) \cdot INTF_x$$

$$\frac{\partial N_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_1 N_1}{D_1} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_1^2}{D_1} \right) + g D_1 \frac{\partial \eta_1}{\partial y} = DIFF_{1,y} - \beta \frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} - (1 - \beta) \cdot INTF_y$$

○下層 (土砂)

$$\frac{\partial \eta_2}{\partial t} + \frac{\partial M_2}{\partial x} + \frac{\partial N_2}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2^2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial x} + \frac{\partial \eta_2}{\partial x} - \frac{\partial h}{\partial x} \right) = DIFF_{2,x} + \alpha \cdot INTF_x - \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2}$$

$$\frac{\partial N_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M_2 N_2}{D_2} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N_2^2}{D_2} \right) + g D_2 \left(\alpha \frac{\partial D_1}{\partial y} + \frac{\partial \eta_2}{\partial y} - \frac{\partial h}{\partial y} \right) = DIFF_{2,y} + \alpha \cdot INTF_y - \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2}$$

η : 水位変動量 (η_1 : 静水面からの水位変化量、 η_2 : 土砂流の厚さ)、 h : 水深、 D : 全水深、
 M, N : x, y 方向の線流量、 u, v : x, y 方向の流速、 g : 重力加速度、 ρ : 密度、 α : 密度比 ($=\rho_1/\rho_2$)、
 β : 下層に土砂がない場合 $\beta = 1$ 、土砂がある場合 $\beta = 0$ 、
 τ/ρ : 底面摩擦力 (n : マンングの粗度係数)

$$\frac{\tau_{1,x}}{\rho_1} = \frac{gn_1^2}{D_1^{7/3}} M_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2} \quad \frac{\tau_{2,x}}{\rho_2} = \frac{gn_2^2}{D_2^{7/3}} M_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$$\frac{\tau_{1,y}}{\rho_1} = \frac{gn_1^2}{D_1^{7/3}} N_1 \sqrt{M_1^2 + N_1^2} \quad \frac{\tau_{2,y}}{\rho_2} = \frac{gn_2^2}{D_2^{7/3}} N_2 \sqrt{M_2^2 + N_2^2}$$

$INTF$: 界面抵抗力 (f_{int} : 界面抵抗係数、 u, v : x 方向、 y 方向の流速)

$$INTF_x = f_{int} \bar{u} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \quad \bar{u} = u_1 - u_2$$

$$INTF_y = f_{int} \bar{v} \sqrt{\bar{u}^2 + \bar{v}^2} \quad \bar{v} = v_1 - v_2$$

$DIFF$: 渦動粘性項 (ν : 水平渦動粘性係数)

$$DIFF_{1,x} = \nu_1 \left(\frac{\partial^2 M_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_1}{\partial y^2} \right) \quad DIFF_{2,x} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 M_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_2}{\partial y^2} \right)$$

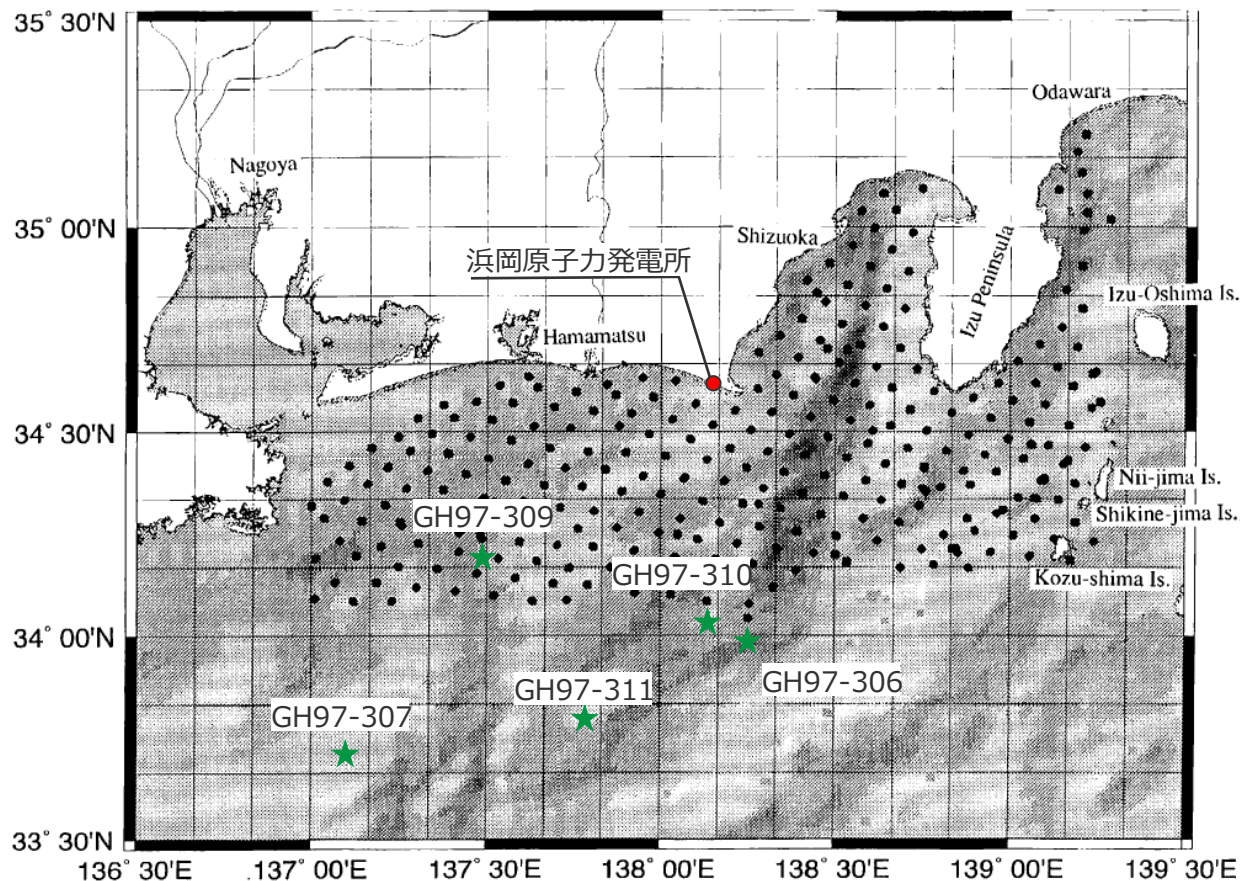
$$DIFF_{1,y} = \nu_1 \left(\frac{\partial^2 N_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_1}{\partial y^2} \right) \quad DIFF_{2,y} = \nu_2 \left(\frac{\partial^2 N_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N_2}{\partial y^2} \right)$$

※添え字の1・2はそれぞれ上層・下層を、 $x \cdot y$ はそれぞれ x 方向・ y 方向を示す。

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法

(下層(土砂)密度の設定(東海沖における土砂密度の測定結果)) (再掲)

■ 二層流モデルに用いる下層(土砂)の密度は、地質調査所(1998)が測定した東海沖の土砂試料の湿潤密度に基づき設定した。



堆積物柱状試料		湿潤密度
東海沖	大陸棚斜面	GH97-309 1.3 (g/cm ³)
	海盆内	GH97-307 1.4 (g/cm ³)
	外縁隆起帯 トラフ側斜面	GH97-306 1.6 (g/cm ³)
		GH97-310 1.3 (g/cm ³)
		GH97-311 1.5 (g/cm ³)
東海沖(平均値)		1.4 (g/cm ³)

★ 湿潤密度測定を実施した堆積物柱状試料の採取位置
● グラブ採泥器による表層堆積物採取の位置

分析試料の採取位置 (Ikehara et al.(1999)を基に作成)

地質調査所(1998)

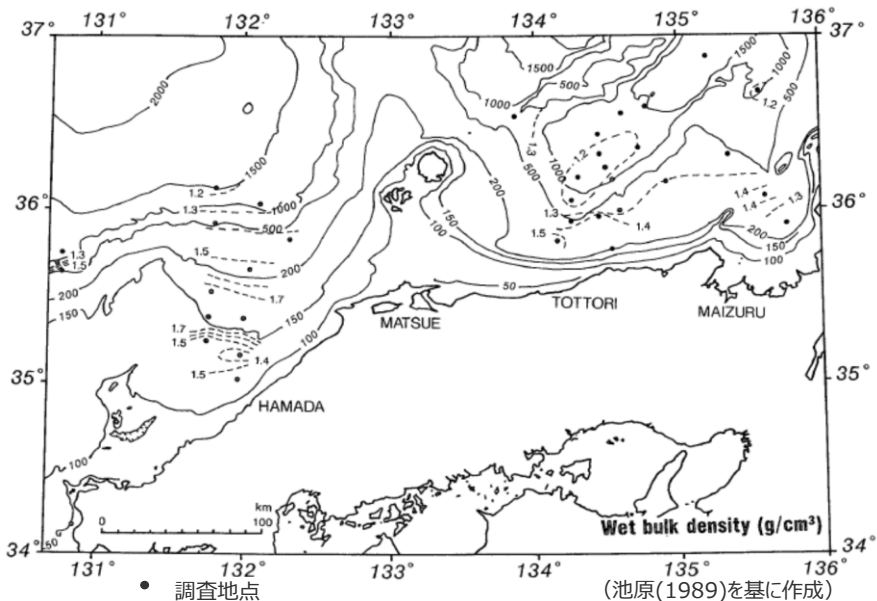
- GH97航海及びGA97航海において大口径重力式コアラーによる柱状採泥、グラブ採泥器による表層堆積物の採取等を実施した。大口径重力式コアラーによる試料については、ガンマー線による湿潤密度測定を実施した。グラブ採泥器による試料については、粒度・粒子組成分析等を実施した。
- 東海沖の表層堆積物の分布状況について、大陸棚斜面～海盆やトラフ底には密度の小さい粘土～極細粒砂の堆積物が分布している。一方、御前崎海脚からその斜面域(外縁隆起帯トラフ側斜面)には密度の大きい中粒砂以上の粗粒堆積物や露岩が広く分布している。

Ikehara et al.(1999)

- GH97航海及びGA97航海において採取された約300地点の試料を基に、南海トラフ海域の表層堆積物の分布についてこの特徴を解説した。

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法 (参考) 他海域における土砂密度の測定結果 (再掲)

■産業技術総合研究所(旧地質調査所)は、東海沖のほか、山陰-北陸沖、オホーツク海西方海域でも同様に土砂試料を採取して湿潤密度を測定しており、その測定結果は東海沖の土砂試料の湿潤密度と同程度となっている。



湿潤密度の地理的分布



土砂試料の湿潤密度の調査海域

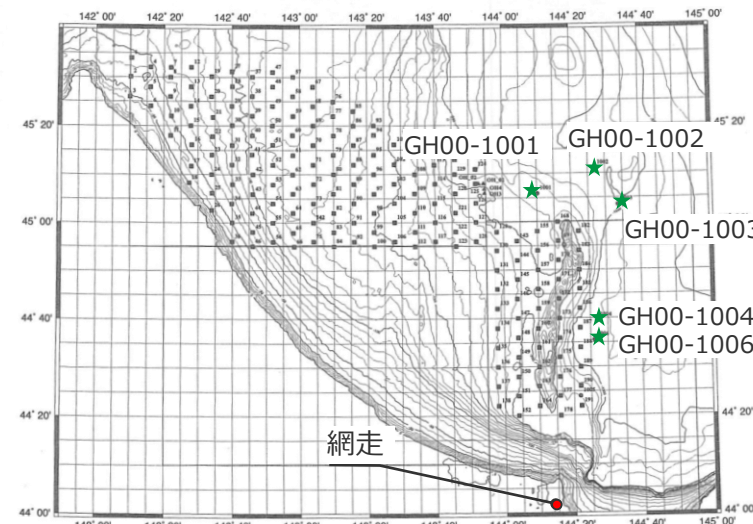
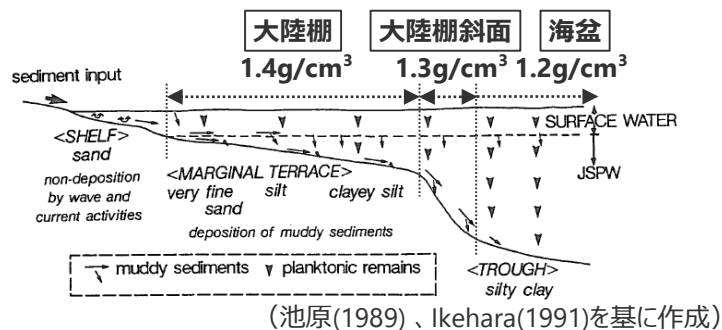


図1 GH00採取点位置図
(産業技術総合研究所(2002)を基に作成)
分析試料の採取位置



(池原(1989)、Ikehara(1991)を基に作成)

湿潤密度(平均値)の地形断面との関係

山陰-北陸沖海域における湿潤密度の測定結果

オホーツク海西方海域における湿潤密度の測定結果

堆積物柱状試料		湿潤密度
オホーツク海西方	GH00-1001	1.5 (g/cm ³)
	GH00-1002	1.4 (g/cm ³)
	GH00-1003	1.5 (g/cm ³)
	GH00-1004	1.3 (g/cm ³)
	GH00-1006	1.3 (g/cm ³)
オホーツク海西方海域(平均値)		1.4 (g/cm ³)

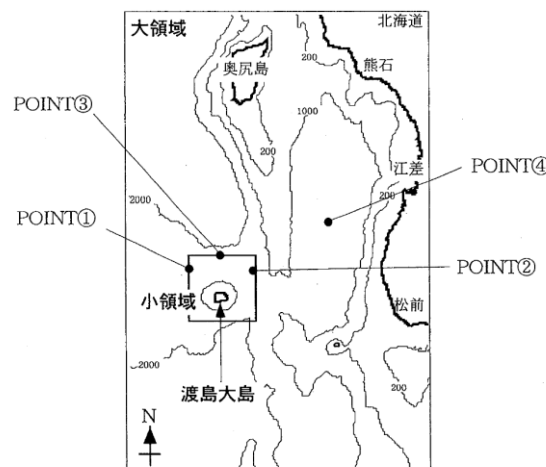
★ 湿潤密度測定を実施した堆積物柱状試料の採取位置
● グラブ採泥器による表層堆積物採取の位置

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法

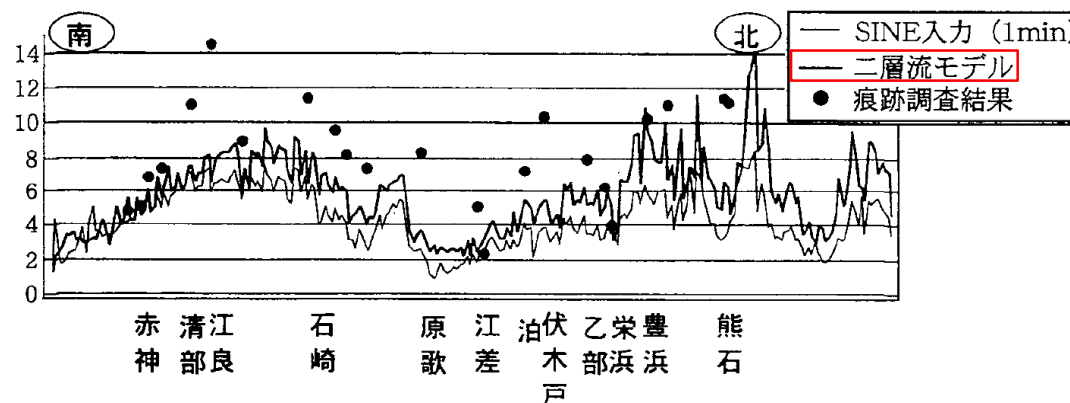
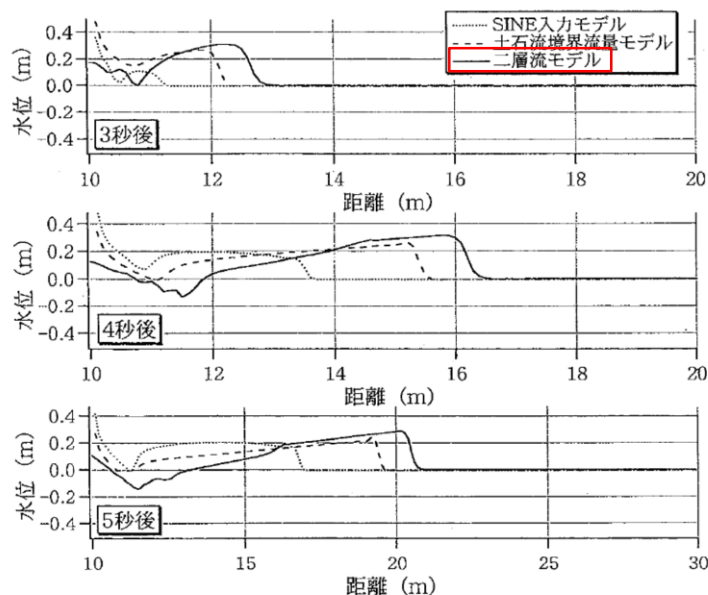
(参考) 松本ほか(1998)の密度の設定根拠 (山体崩壊による津波の再現計算)

- 松本ほか(1998)は、提案した二層流モデルの妥当性を確認するため、渡島大島の山体崩壊による津波の再現解析を実施している。
- 松本ほか(1998)では、渡島大島の山体崩壊による津波を再現するため、火山島の山体密度 (2.0g/cm³) を二層流モデルに基づく手法の下層密度として設定し、数値シミュレーションを実施している。
- ➔ 火山岩を含む山体の密度は海底地すべり体の密度とは異なることから、海底地すべり体の密度の設定に際しては、評価対象の物性値として適切なパラメータを用いる必要がある。

項目	設定値
密度(g/cm ³)	2.0
海水密度(g/cm ³)	1.03
時間格子間隔(s)	0.002
空間格子間隔(m)	0.1
空間格子数(個)	400



項目	小領域	大領域
土石流密度(g/cm ³)	2.0	
海水密度(g/cm ³)	1.03	
時間格子間隔(s)	0.01	1.0
空間格子間隔(m)	50	500
空間格子数(個)	400×400	296×194



二層流モデルを用いた土石流の海域突入のシミュレーション結果 (松本ほか(1998))

二層流モデルを用いた1741年の渡島大島の火山津波の解析結果 (松本ほか(1998))

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法

(参考) Maeno and Imamura(2007)の密度の設定根拠 (海中噴火による津波の再現計算)

- Maeno and Imamura(2007)は、提案した二層流モデルの妥当性を確認するため、鬼界カルデラの海中噴火による津波の再現解析を実施している。
- Maeno and Imamura(2007)では、鬼界カルデラの海中噴火による津波を再現するため、海中噴火のみかけ密度 (火砕物の密度 1.25g/cm^3) を二層流モデルに基づく手法の下層密度として設定し、数値シミュレーションを実施している。
- ➡海中噴火のみかけ密度は海底地すべり体の密度とは異なることから、海底地すべり体の密度の設定に際しては、評価対象の物性値として適切なパラメータを用いる必要がある。

Table 1. Parameters for Numerical Calculations of a Pyroclastic Flow Entering the Sea^a

Models	Pyroclastic Flow			Tsunami			
	V_i	Q_{max}	T	Location 1		Location 4	
				η_{max}	η_{max}	U_{0z}	U_{sz}
Model 1a	10	1.0E+08	157	23	2.0	0.8	0.033
Model 1b	10	5.0E+07	314	15	1.7	0.7	0.029
Model 1c	10	2.0E+07	785	15	0.8	0.4	0.016
Model 1d	10	1.0E+07	1571	8	0.5	0.2	0.008
Model 2a	5	1.0E+08	79	17	1.5	0.7	0.029
Model 2b	5	5.0E+07	157	13	1.3	0.6	0.024
Model 2c	5	2.0E+07	393	11	0.8	0.4	0.016
Model 2d	5	1.0E+07	785	10	0.5	0.2	0.008
Model 3b	3	5.0E+07	94	11	0.9	0.4	0.016
Model 3c	3	2.0E+07	236	9	0.7	0.3	0.012
Model 3d	3	1.0E+07	471	8	0.5	0.2	0.008

^a Q_{max} : maximum volume flux; V_i : volume; T : duration; η_{max} : maximum wave height; U_{0z} : depth-averaged velocity; U_{sz} : shear velocity. Duration of calculations is set to be 2.3 hours for all models.



Figure 1. (a) Location of the Kikai caldera, south of Kyushu, Japan. This map also shows the computed area used for the numerical simulations. Tsunami data were collected at four points (1: Makurazaki, 2: Ei, 3: Nejime, 4: Tachibana Bay). (b) In the numerical simulations, pyroclastic flows are generated from a circular source of 4 km radius in the center of the pre-caldera island.

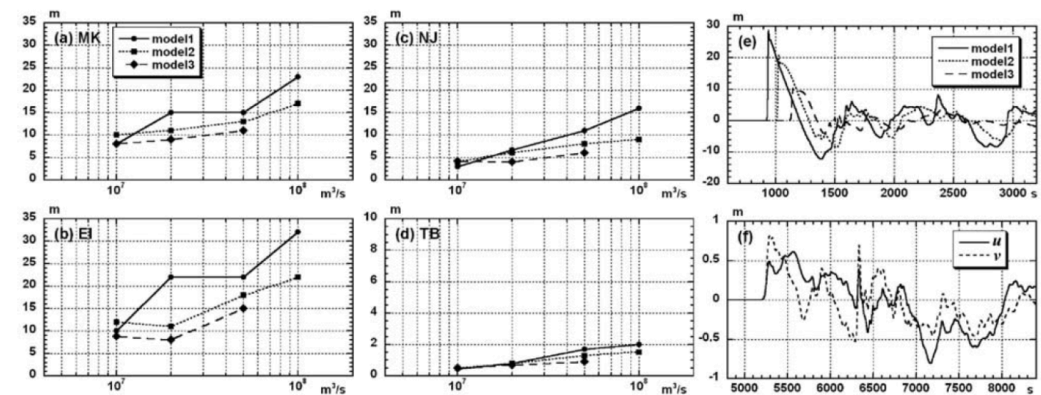


Figure 2. Computed maximum heights of the tsunami with all models at (a) Makurazaki, (b) Ei, (c) Nejime, and (d) Tachibana Bay. (e) Comparison of tsunami waveforms with different volume flux (models 1a, 1b, and 1c). Time in the abscissa is in seconds. The waveforms are computed at the Osumi Strait (See Figure 1). (f) Depth-averaged velocity of tsunami at Tachibana Bay. (u : x -direction; v : y -direction)

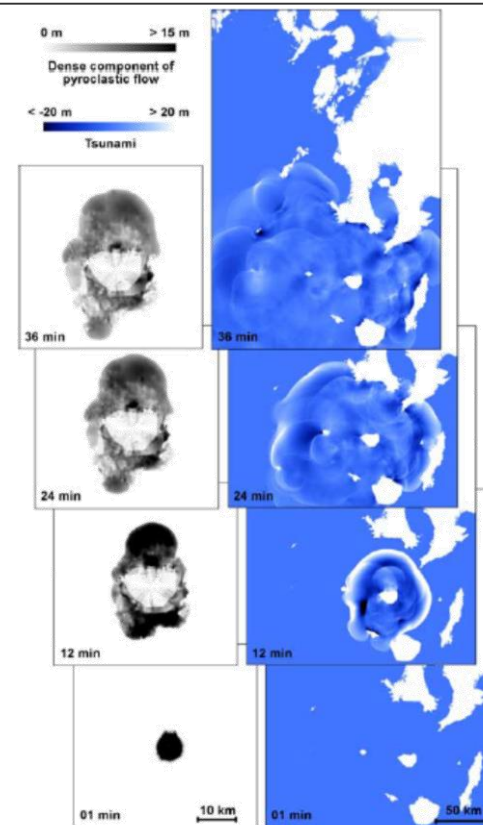


Figure 3. (left) Results of numerical calculations of the dense component of a pyroclastic flow entering the sea and (right) tsunami generation, using model 1a. Left-side figures are magnifications of the caldera area. Numbers in each figure show minutes from the start.

二層流モデルを用いた鬼界カルデラの海中噴火による津波のシミュレーション (Maeno and Imamura(2007))

5 海底地すべりの津波の計算条件の詳細 二層流モデルに基づく手法 (粗度係数、界面抵抗係数、水平渦動粘性係数の設定)

■ 二層流モデルの下層の粗度係数、界面抵抗係数、水平渦動粘性係数は、水理実験及び再現計算を実施し実験値および観測値の計算結果を比較することにより二層流モデルに基づく手法の再現性を確認したKawamata et al.(2005)に基づき設定。

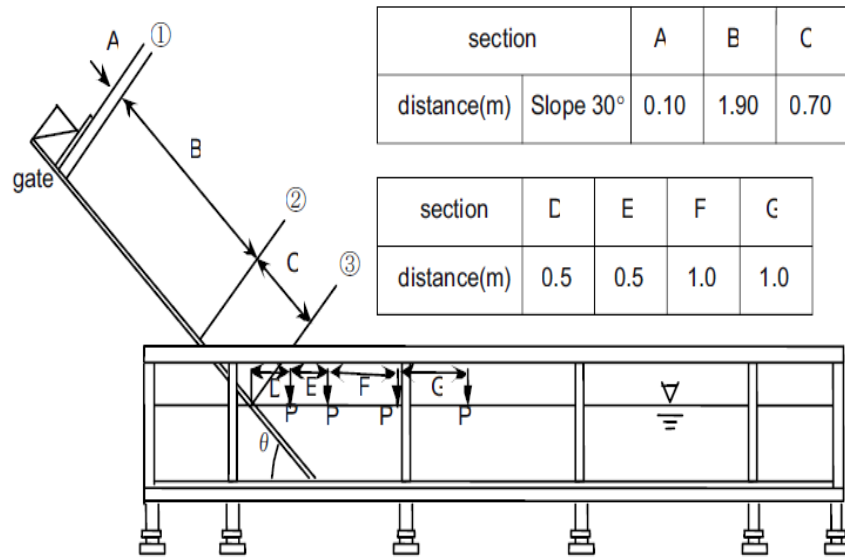


Fig. 1. Experimental setup.



Fig. 2. Series photographs of debris flow.

地すべりによる津波の実験概要 (Kawamata et al.(2005))

粗度係数($m^{-1/3}s$)	界面抵抗係数	水平渦動粘性係数(m^2/s)
0.40	0.2	0.1

Kawamata et al.(2005)

- ・土砂が水面に突入する様子を模擬した水理実験を実施し、二層流モデルによる数値シミュレーション結果と水理実験の結果とを比較した。
- ・また、二層流モデルを1741年の渡島大島の津波に適用し、北海道沿岸と日本海の朝鮮半島沿いの津波高を再現した。