

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読（1 / 3）

津軽海峡内の海底地形の内，急傾斜部における海底地すべりの有無を確認することを目的とし，急傾斜部を対象とした地形判読を実施した。

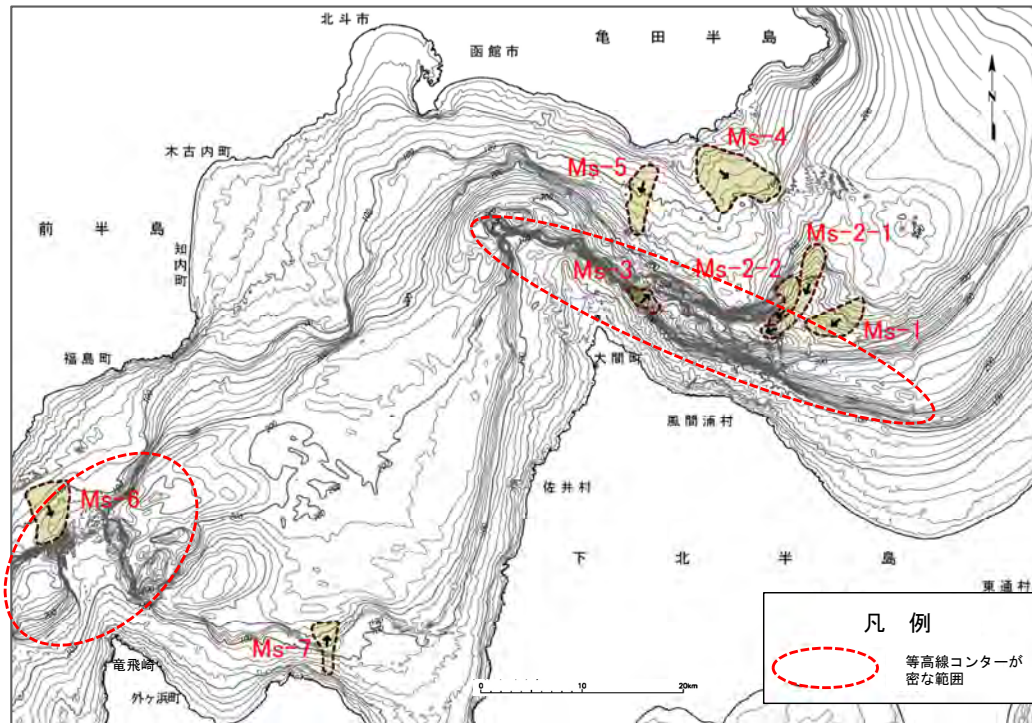


8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読 (2 / 3)

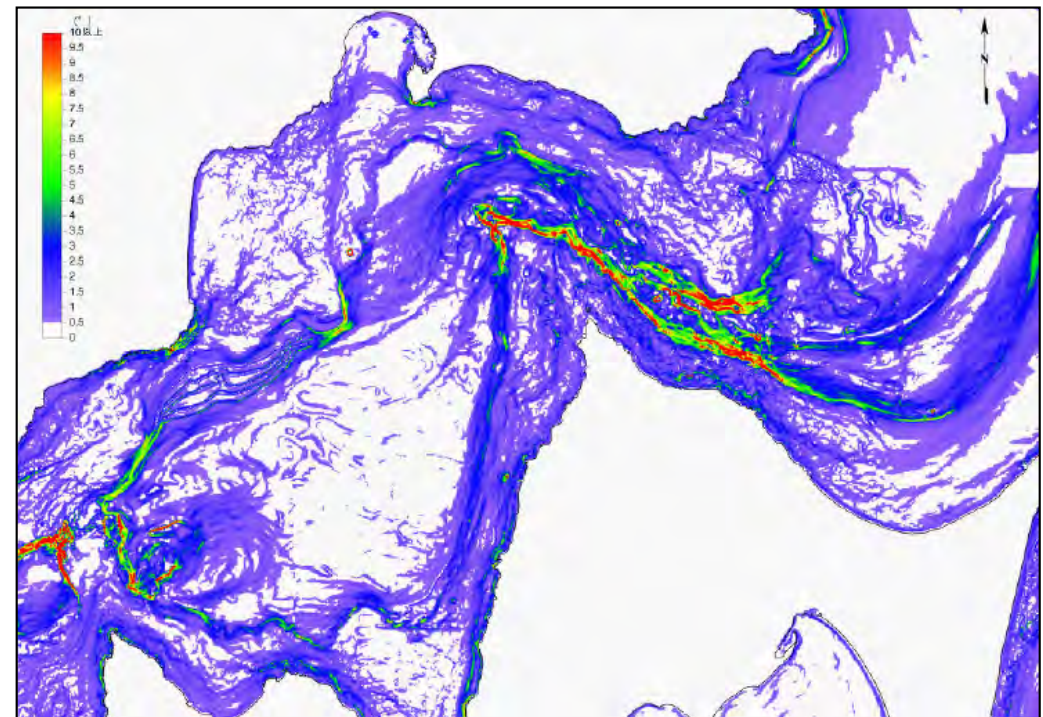
津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1】：急傾斜部の海底地形判読 (1 / 2)

- ・津軽海峡内の海底地形の内，急傾斜部※を対象とし，海底地すべり地形の有無を確認した。
- ・津軽海峡内の海底地形図及び海底地形勾配図より，急傾斜部が分布する範囲は，大間崎北方沖から風間浦村沖にわたる海域及び竜飛崎の北方沖である。

※津軽海峡内に比較的局所的に分布する海底勾配10°以上の箇所を急傾斜部とみなした。



津軽海峡内海底地形図
(海底地形データM7000シリーズ)



津軽海峡内海底地形勾配図
(海底地形データM7000シリーズ)



8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読 (3 / 3)

津軽海峡内海底地すべり地形の抽出【ステップ1】：急傾斜部の海底地形判読 (2 / 2)

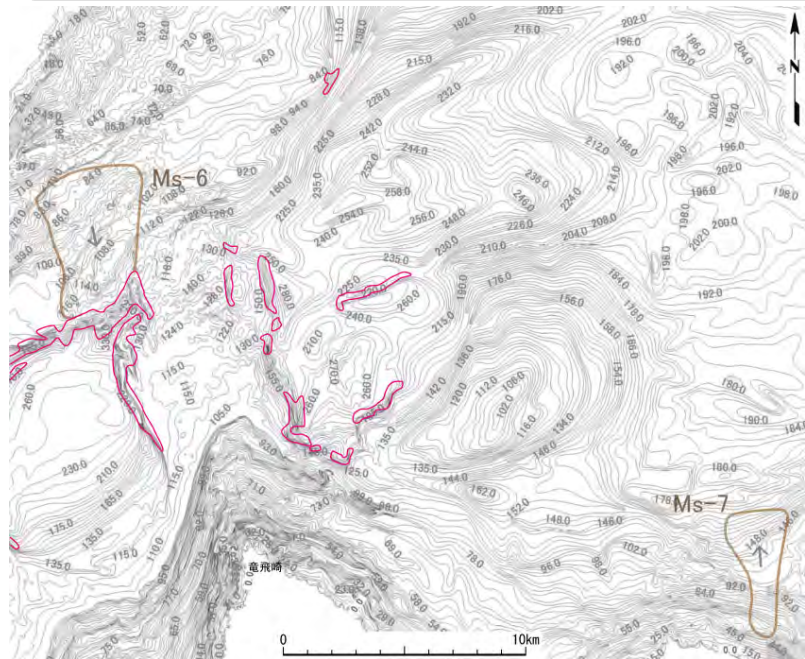
- ・津軽海峡内の海底地形の急傾斜部に対して、海底地すべりの可能性がある地形判読基準に基づき、詳細に地形判読を実施し、地すべり地形の有無を確認した。
- ・その結果、急傾斜部にMs-3は重なるが、それ以外の海底地すべりの可能性がある地形は認められなかった。

【Ms-3を除いた確認結果】

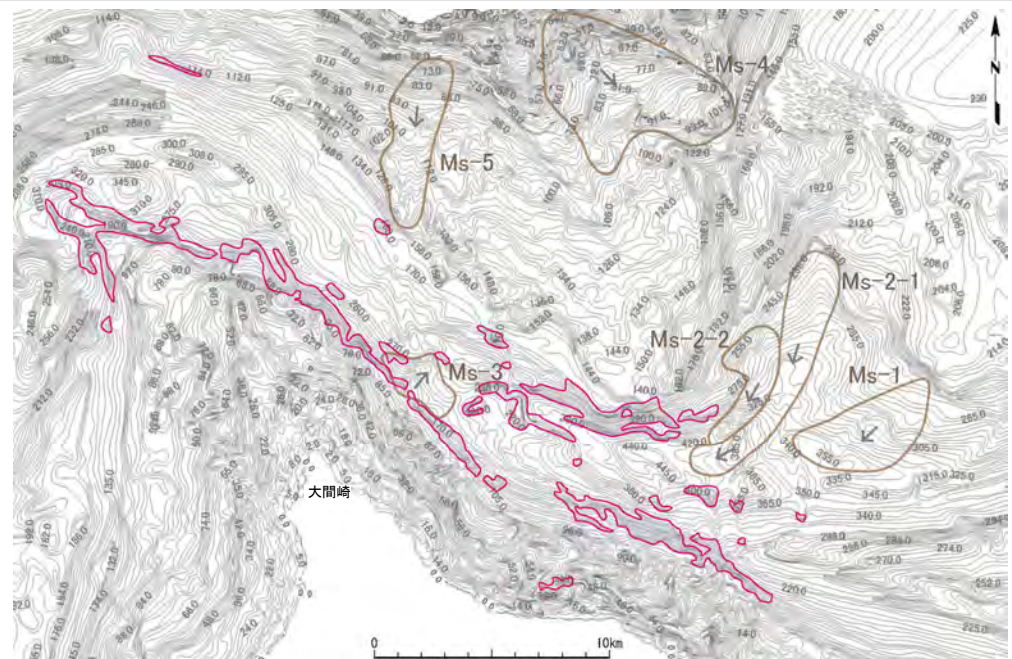
(滑落崖)：急傾斜部には、滑落崖の可能性がある馬蹄形の崖などの地形はない。

(地すべり土塊)：急傾斜部の下部周辺は、相対的に緩斜面であり、そこには扇状地状、舌状の高まり、及び台地状の地形はない。

急傾斜部の下部周辺には、不規則な凹凸、低崖及び凹地が認められる斜面はない。



竜飛崎沖 海底地形図



大間崎北方沖から風間浦村沖 海底地形図

海底地すべりの可能性がある地形判読基準

ポイント	典型的特徴
地形	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり地形としては滑落崖とその下部にある地すべり土塊(滑落土塊)が対をなす。 ・陸上の地すべりに比べて、大規模、薄く広がる傾向がある。薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。
滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> ・馬蹄形、半円形、コの字形の平面形で、斜面下方へ開く急斜面。 ・急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で、傾斜も一定傾向。 ・下方に地すべり土塊が対をなして存在すると確実度が上がる。
地すべり土塊	<ul style="list-style-type: none"> ・滑落崖の下部にある扇状地状、舌状の高まり及び台地状を呈す。 ・典型的な場合には、土塊の表面に不規則な凹凸、低崖、凹地があり、全体として上に凸形の斜面を呈す。

○：海底勾配10°以上の箇所

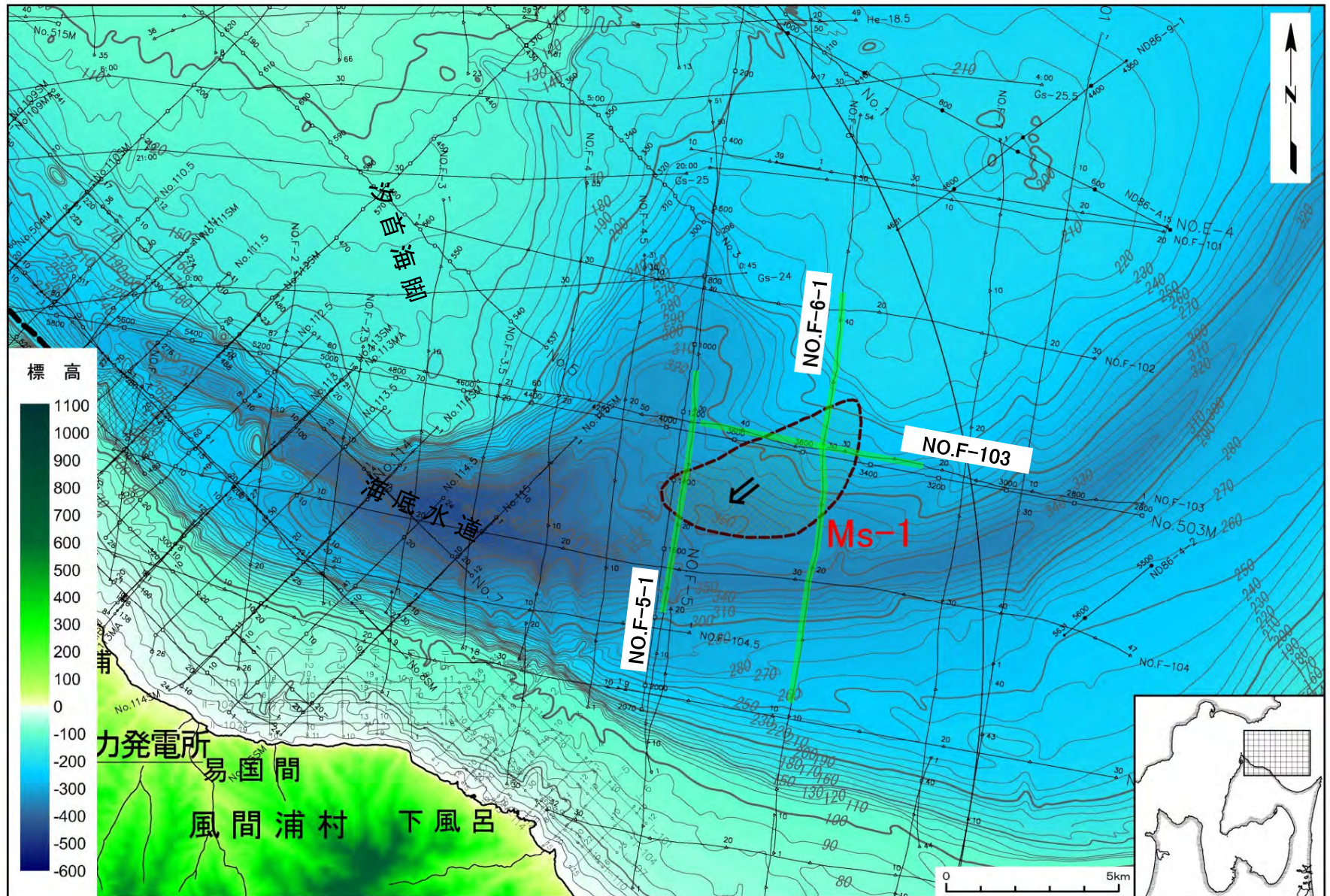
1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



海底地すべりの可能性のある地形を横断する海上音波探査記録を整理した。



海底地すべり Ms-1



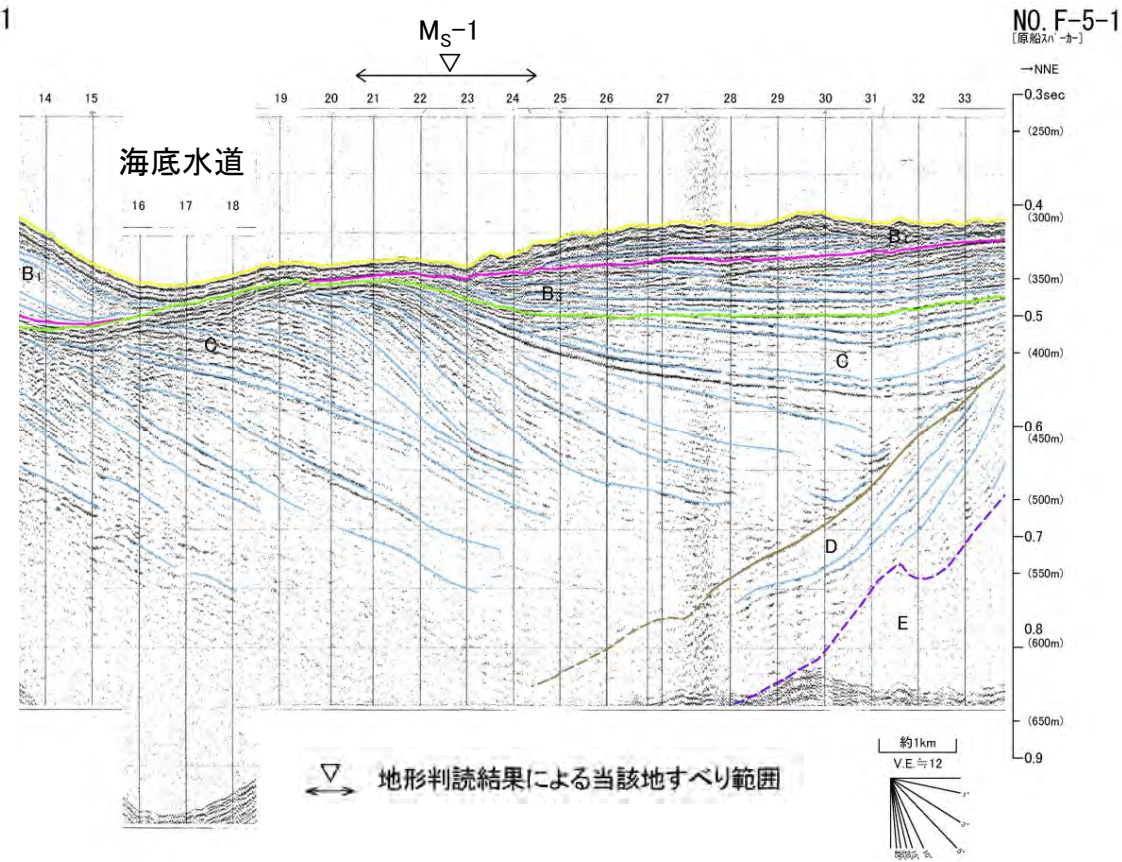
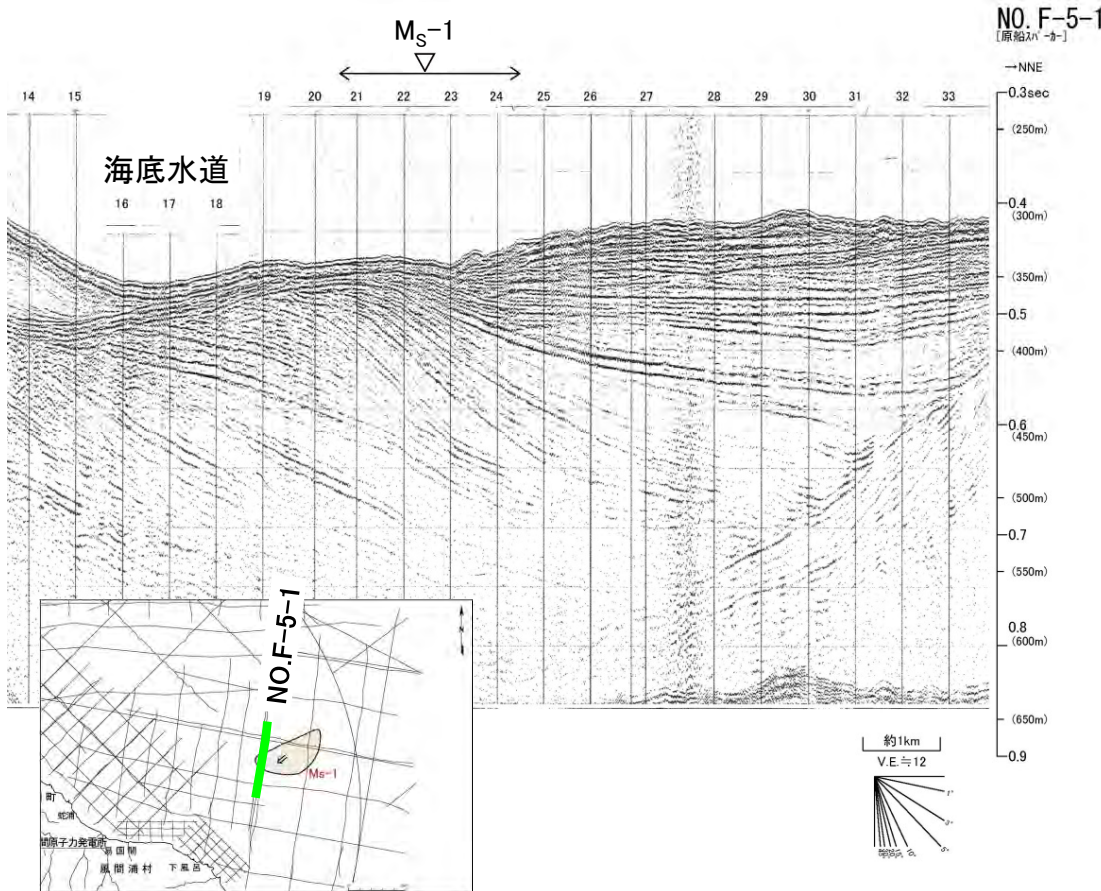
音波探査記録
の添付範囲





海底地すべり Ms-1

NO.F-5-1測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部に位置し、その海底面は、B₁層の層理構造を切って広く浅い凹地を形成し、凹地の一部では波長の短い凹凸が認められる。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥と考えられる。

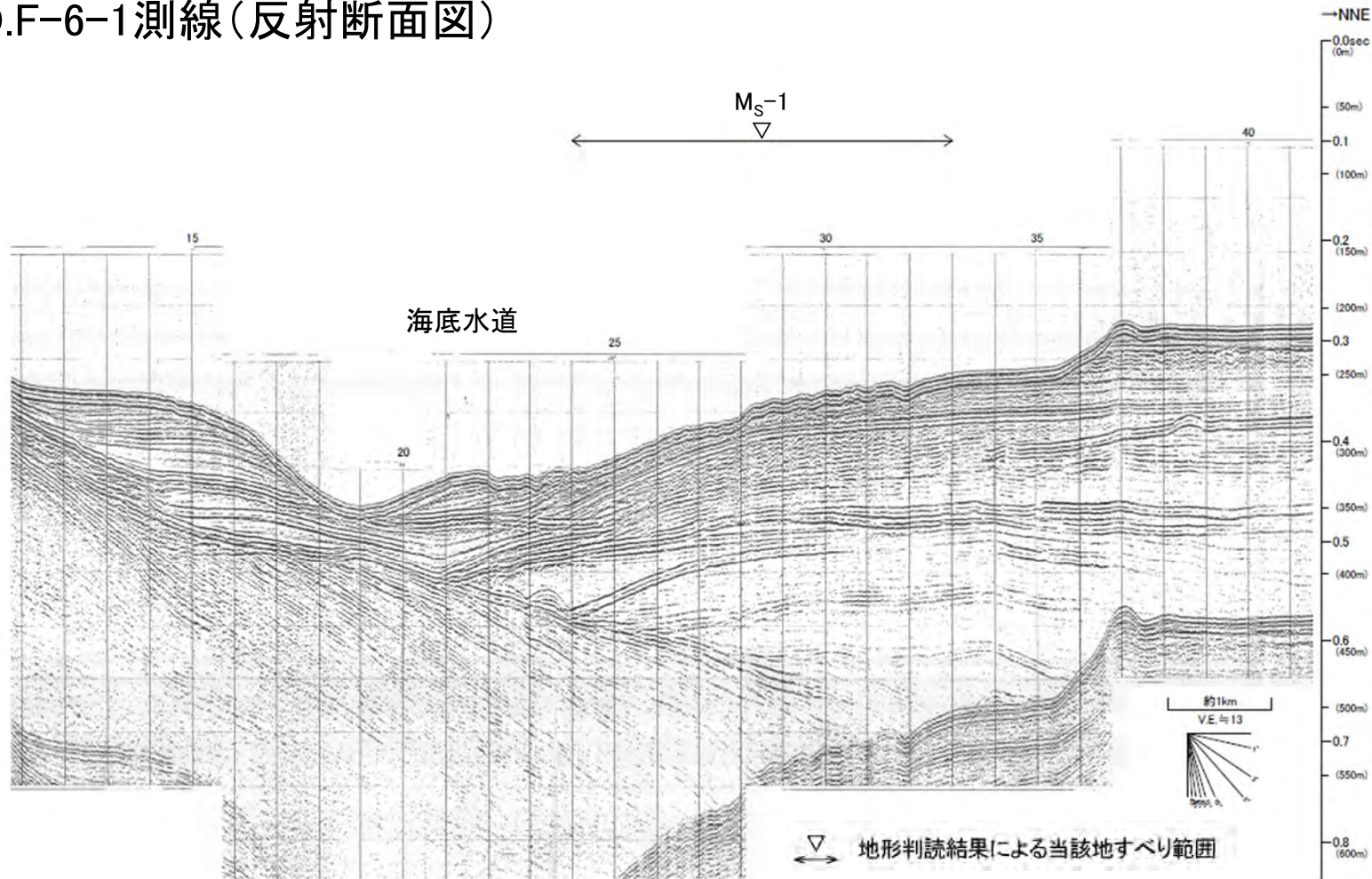
地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		E層	
先新第三紀			



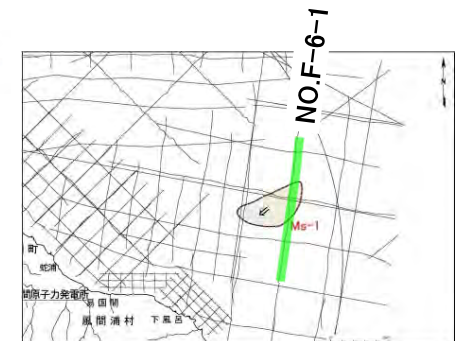
海底地すべり Ms-1

NO.F-6-1測線(反射断面図)

NO. F-6-1
[原船入パ-カ-]



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

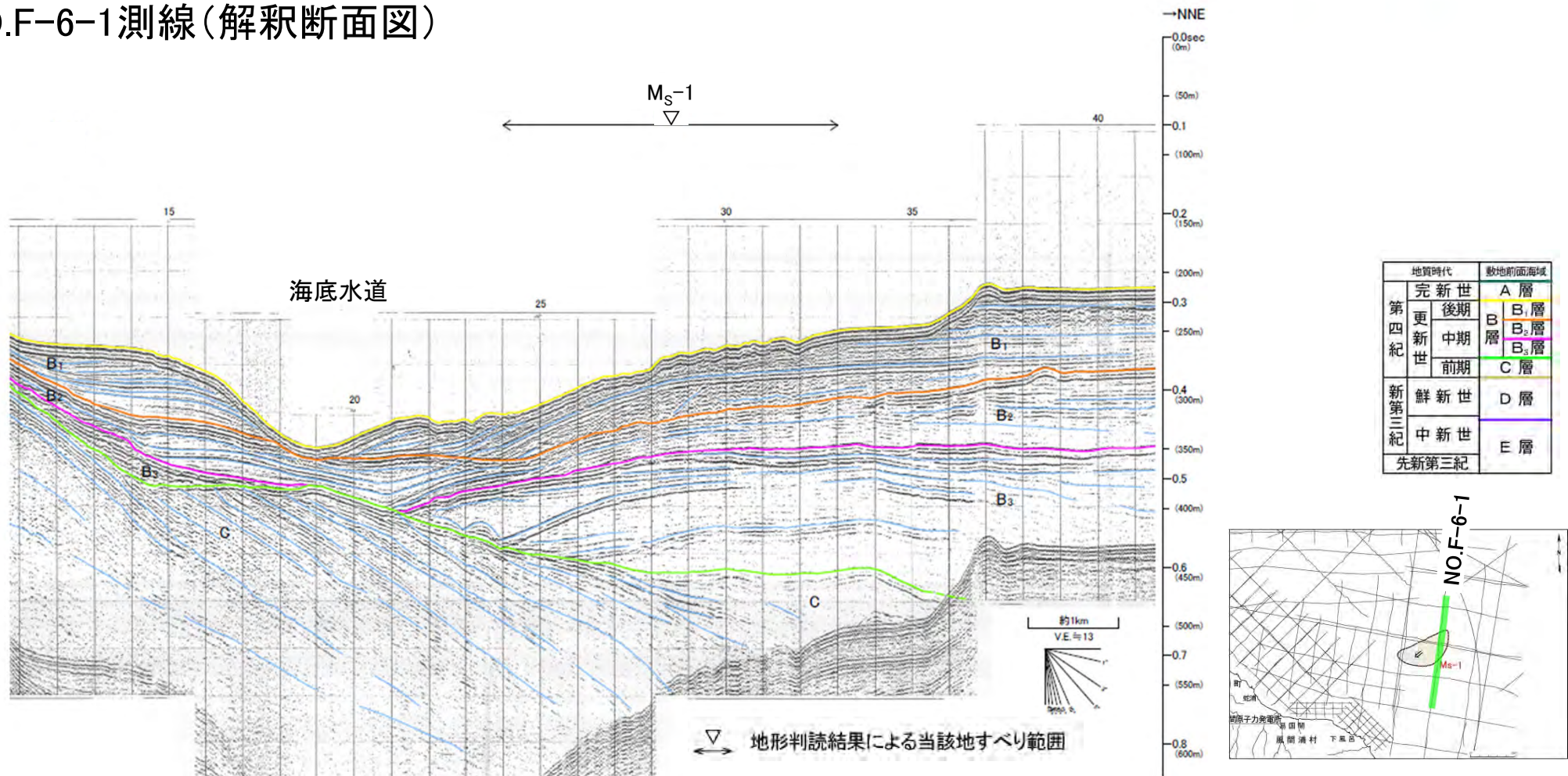




海底地すべり Ms-1

NO.F-6-1測線(解釈断面図)

NO. F-6-1
[原船名「ノカ」]

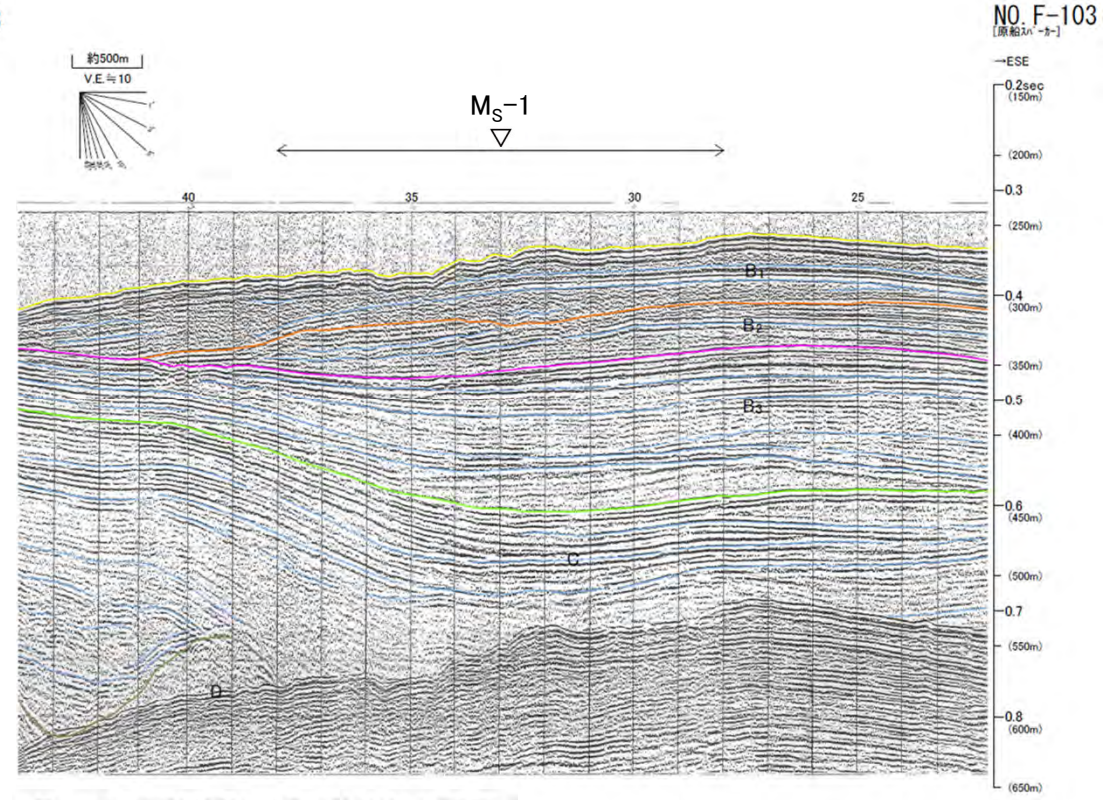
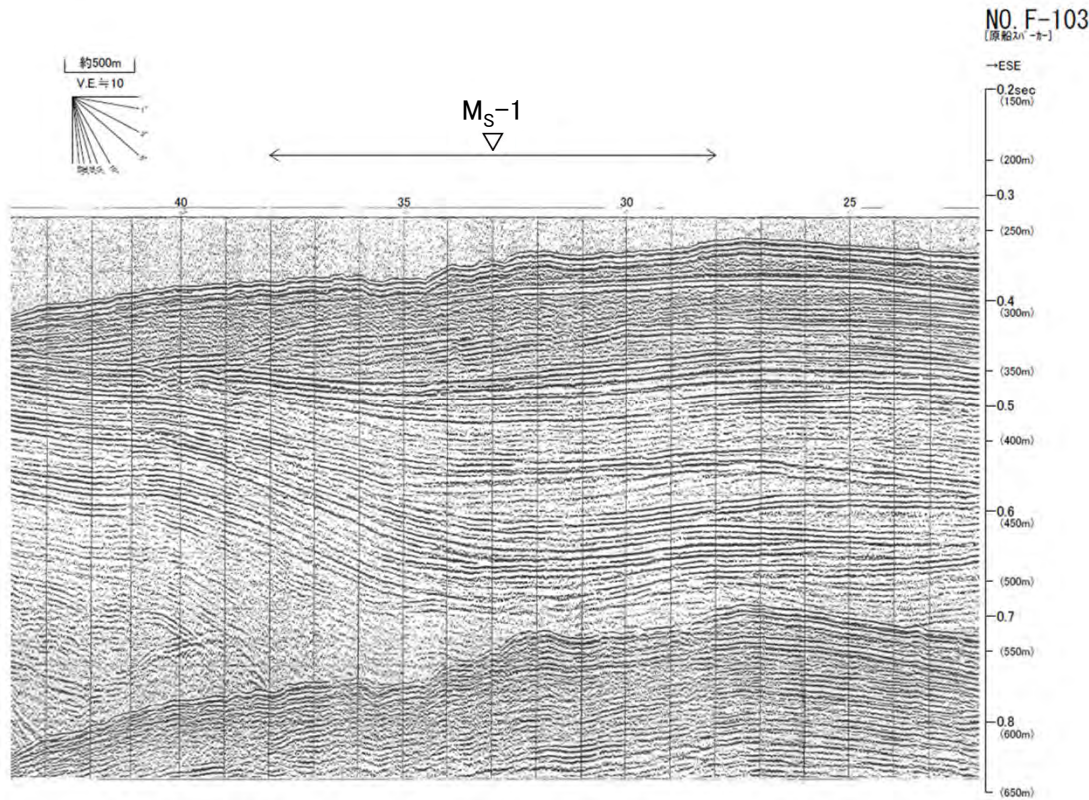


- 該当範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部に位置し、その海底面は、B₁層の層理構造を切って海底水道側に傾斜した広く浅い凹地を形成し、凹地中央部では波長の短い凹凸が認められる。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥と考えられる。

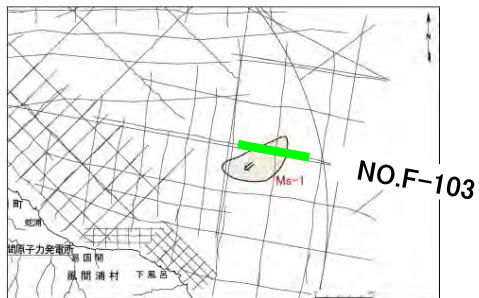


海底地すべり Ms-1

NO.F-103測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

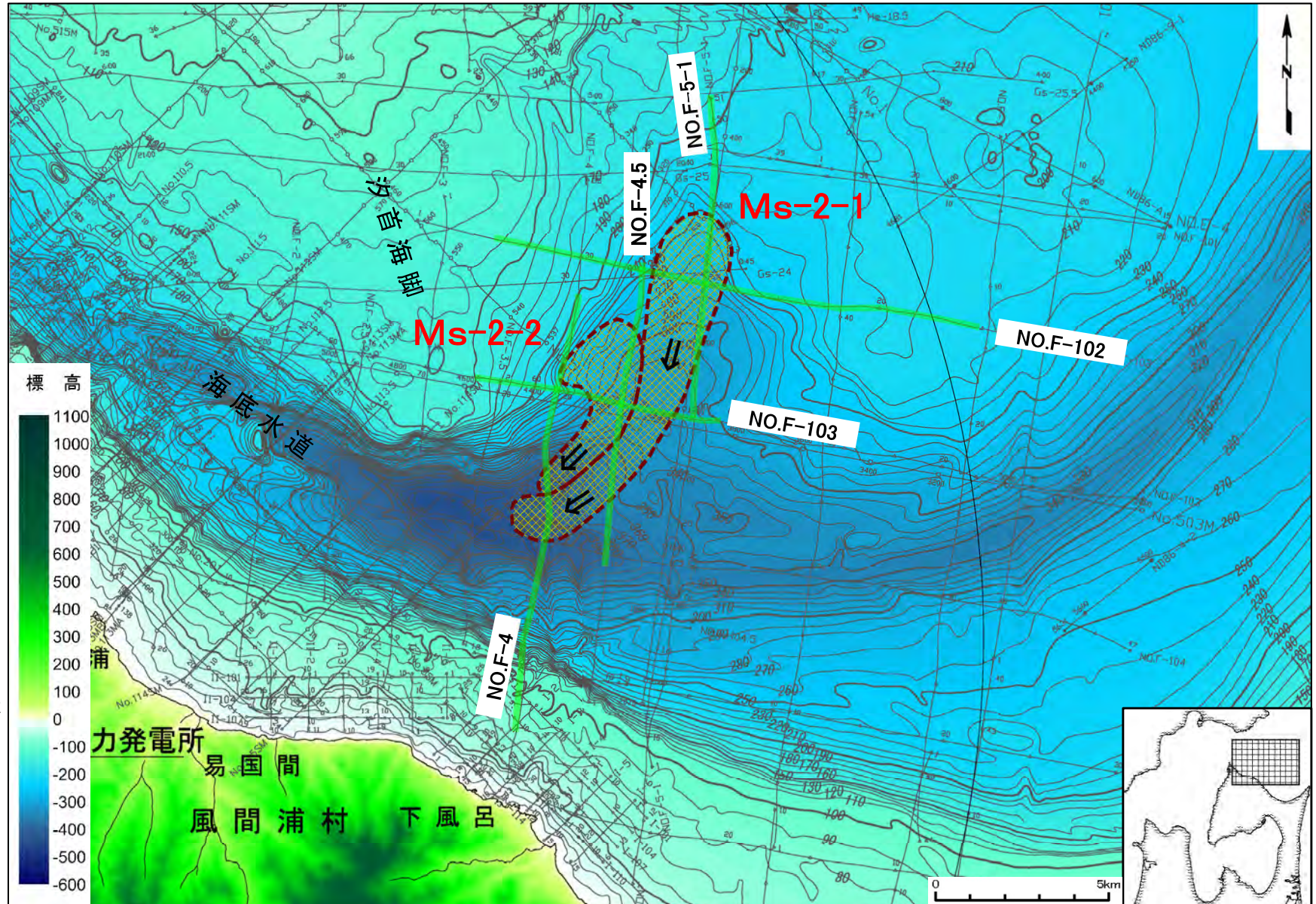


- 該当範囲は、B₁層の層理構造を切って広く浅い凹地を形成し、凹地中央部では波長の短い凹凸が認められる。
- 本構造は、海底地すべりによる削剝と考えられる。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
先新第三紀		E層	



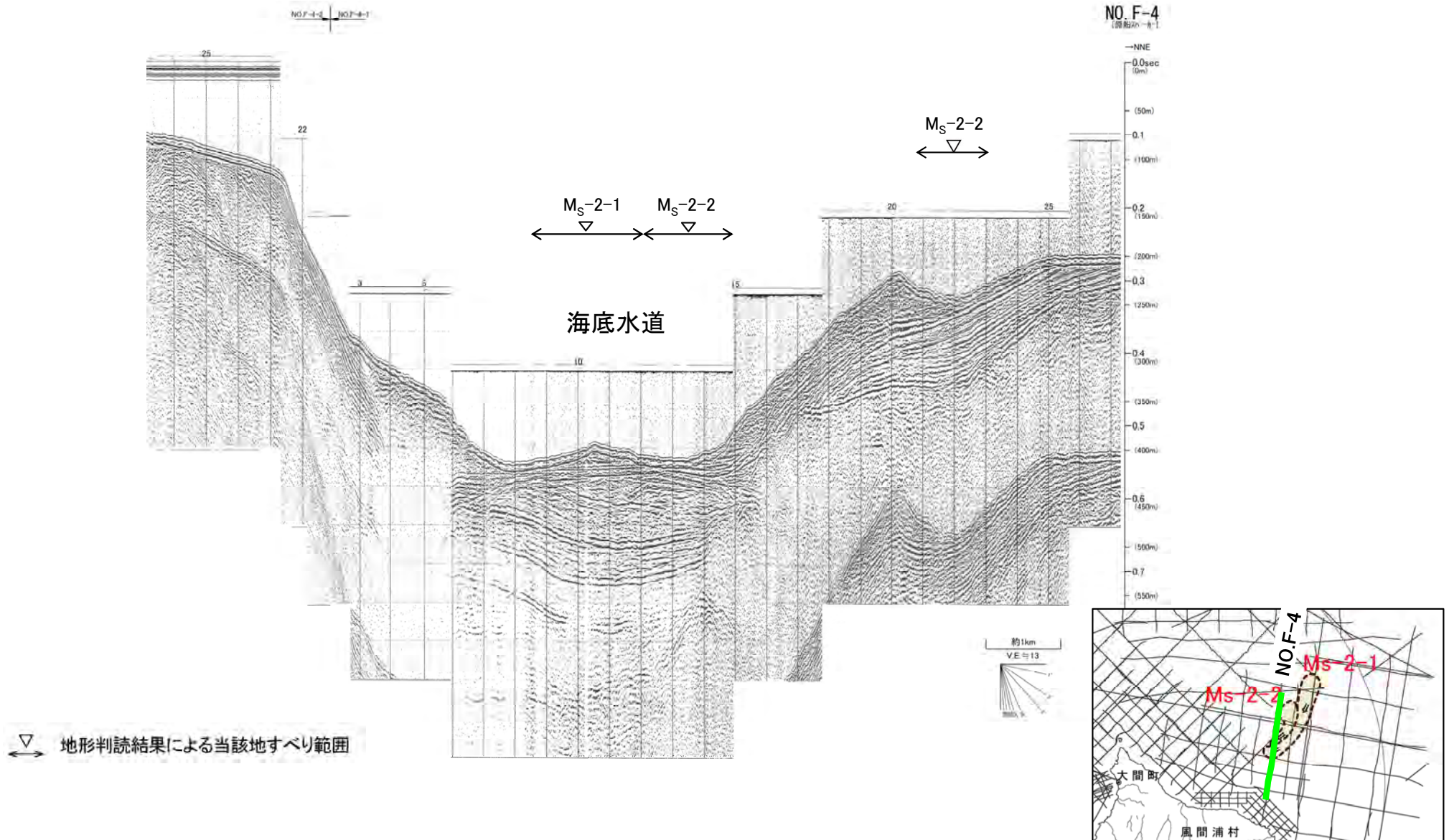
海底地すべり Ms-2





海底地すべり Ms-2

NO.F-4測線(反射断面図)

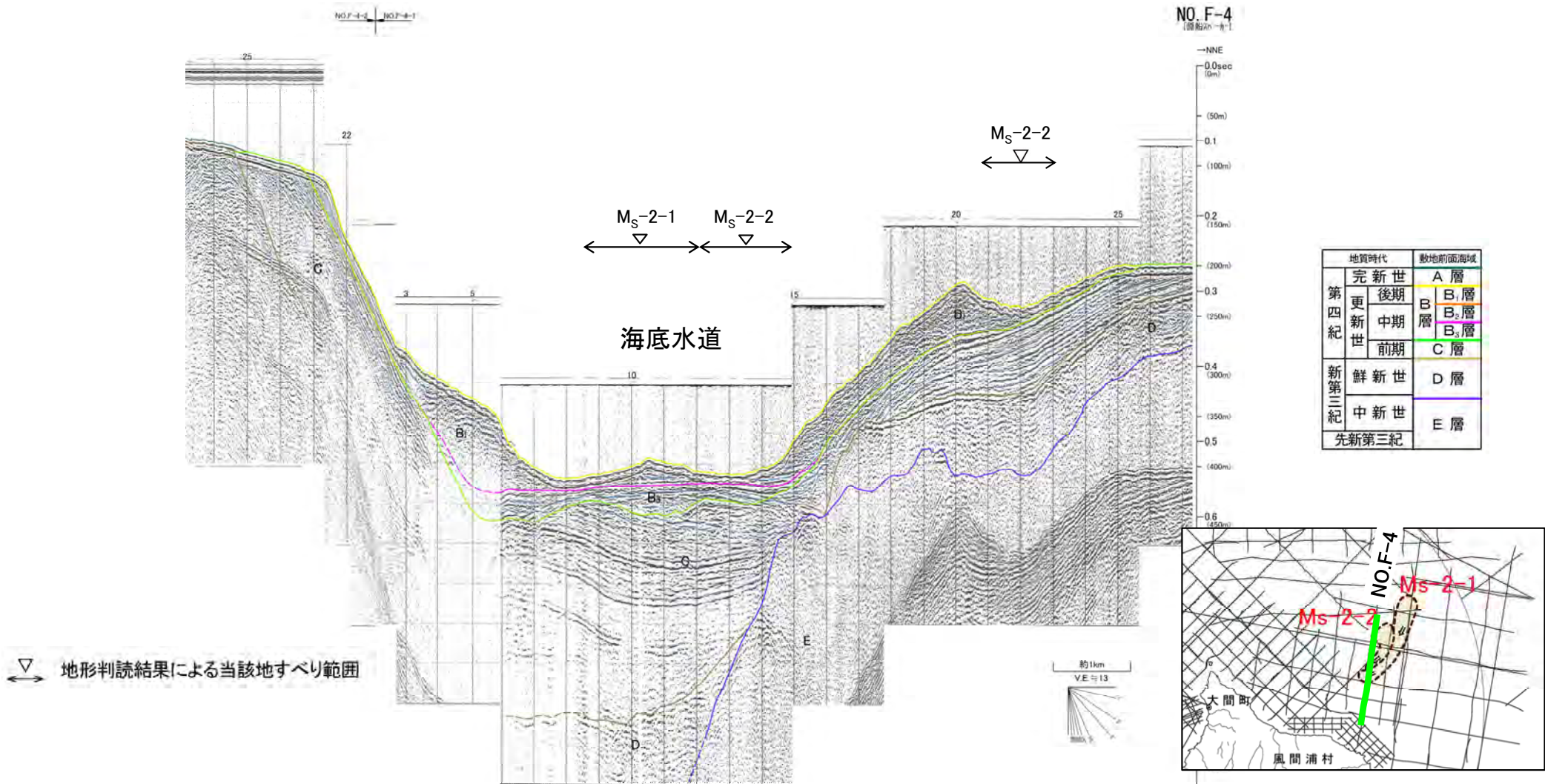


地形判読結果による当該地すべり範囲



海底地すべり Ms-2

NO.F-4測線(解釈断面図)

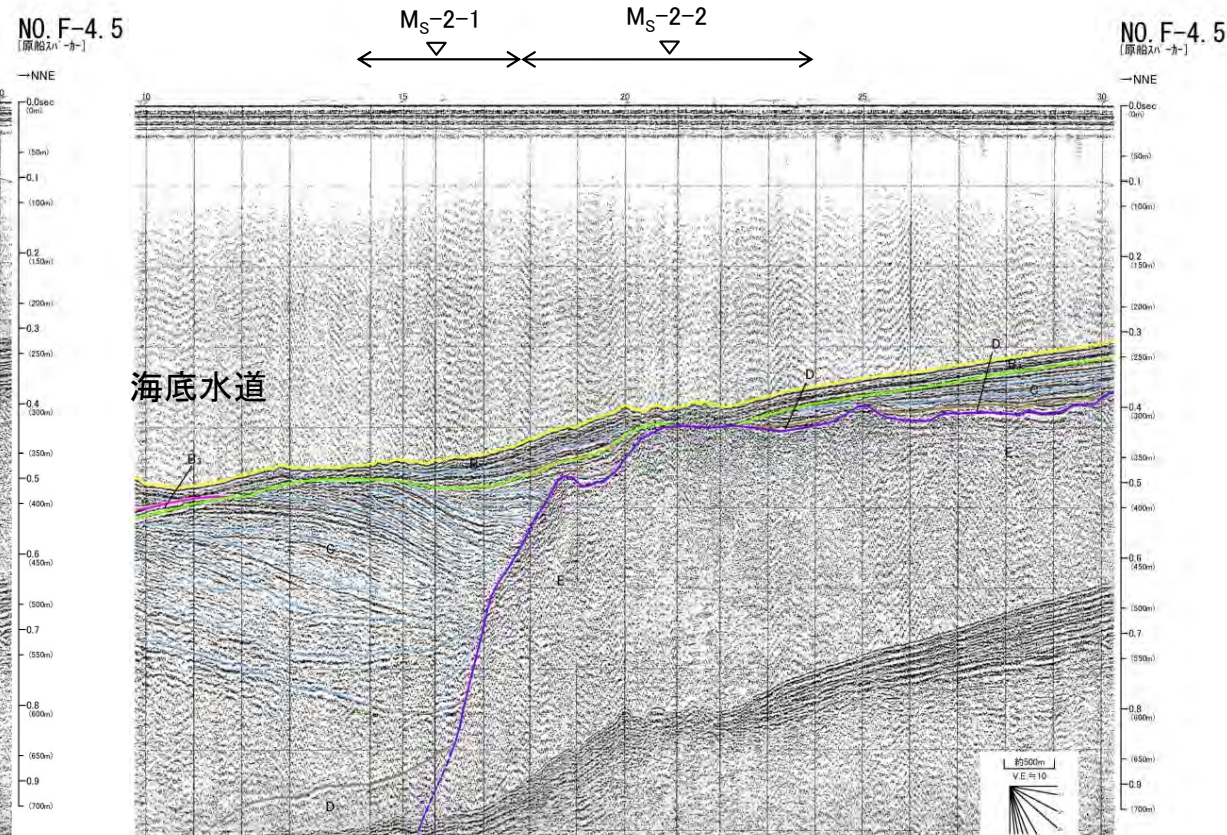
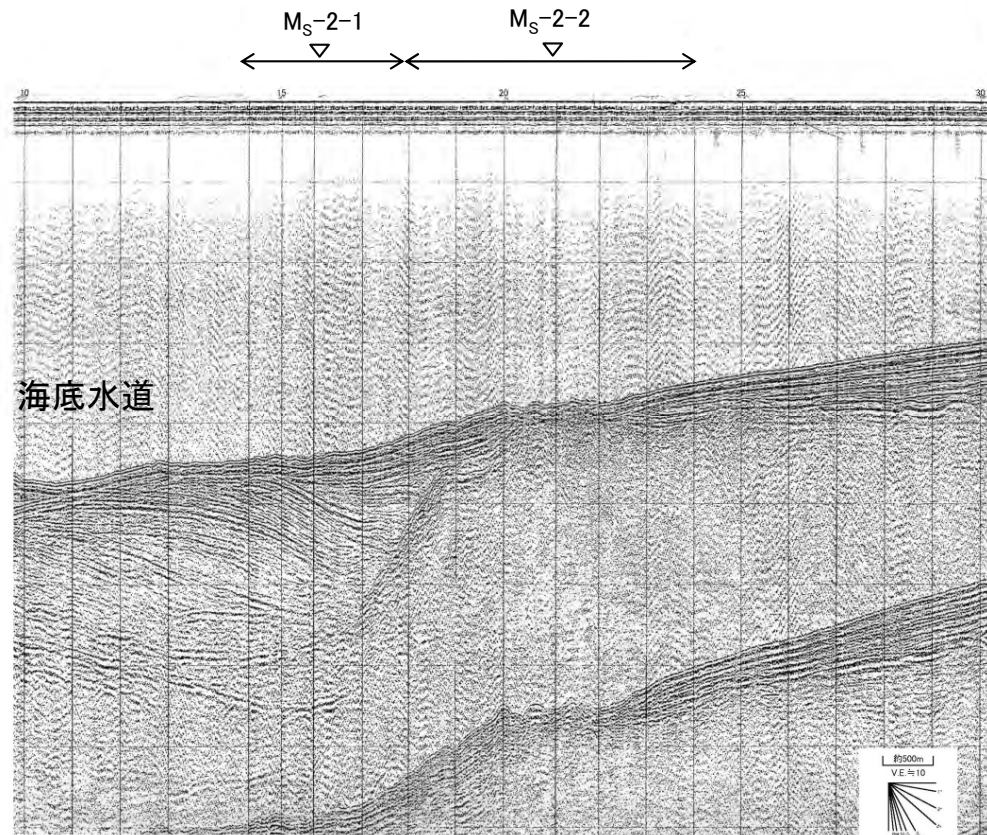


- 海底水道に位置する当該範囲では、海底水道の中央部に凸状地形が認められ、海底面下のB₁層は乱れた層理パターンを示す。
- 北海道側大陸棚沖合いの斜面に位置する当該範囲では、海底面は最上位のB₁層を削剥し、凹地を形成している。
- 前者は地すべり移動体、後者は地すべりにより削剥されたものと考えられる。

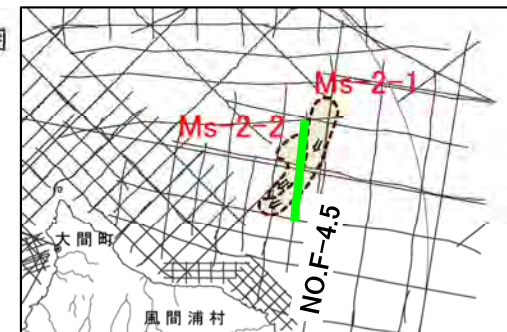


海底地すべり Ms-2

NO.F-4.5測線(反射断面図・解釈断面図)



地形判読結果による当該地すべり範囲



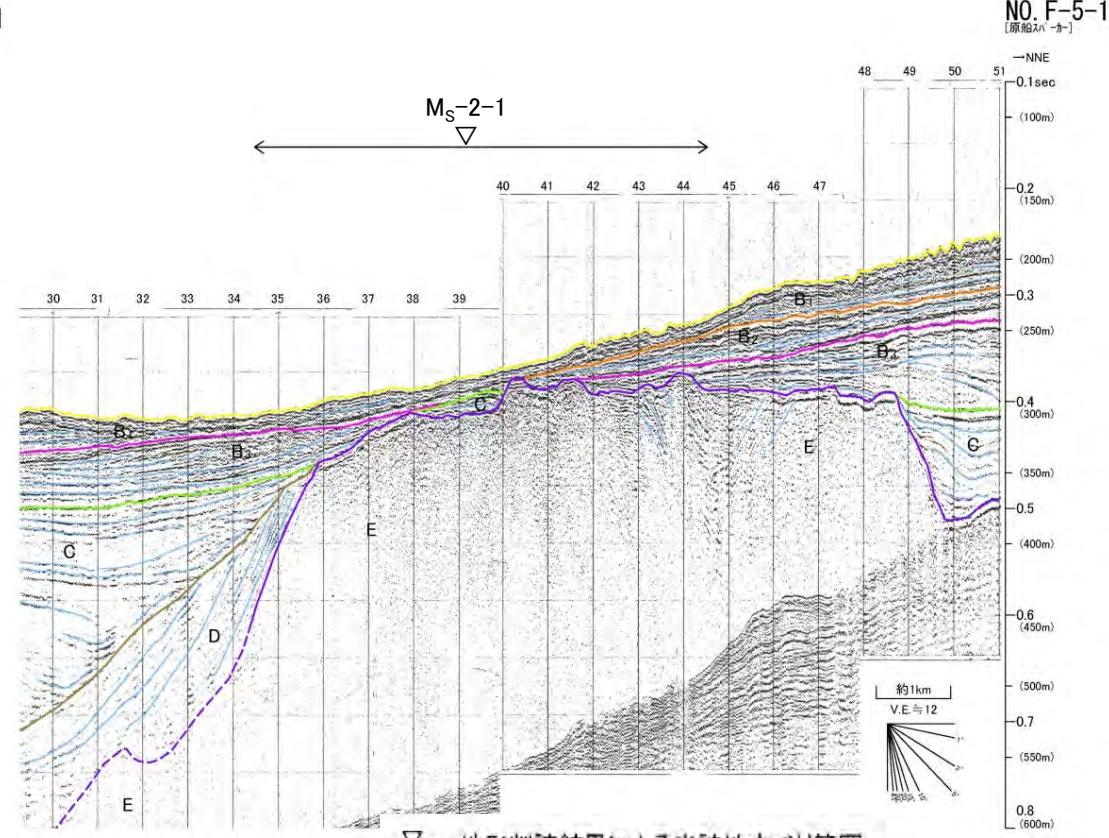
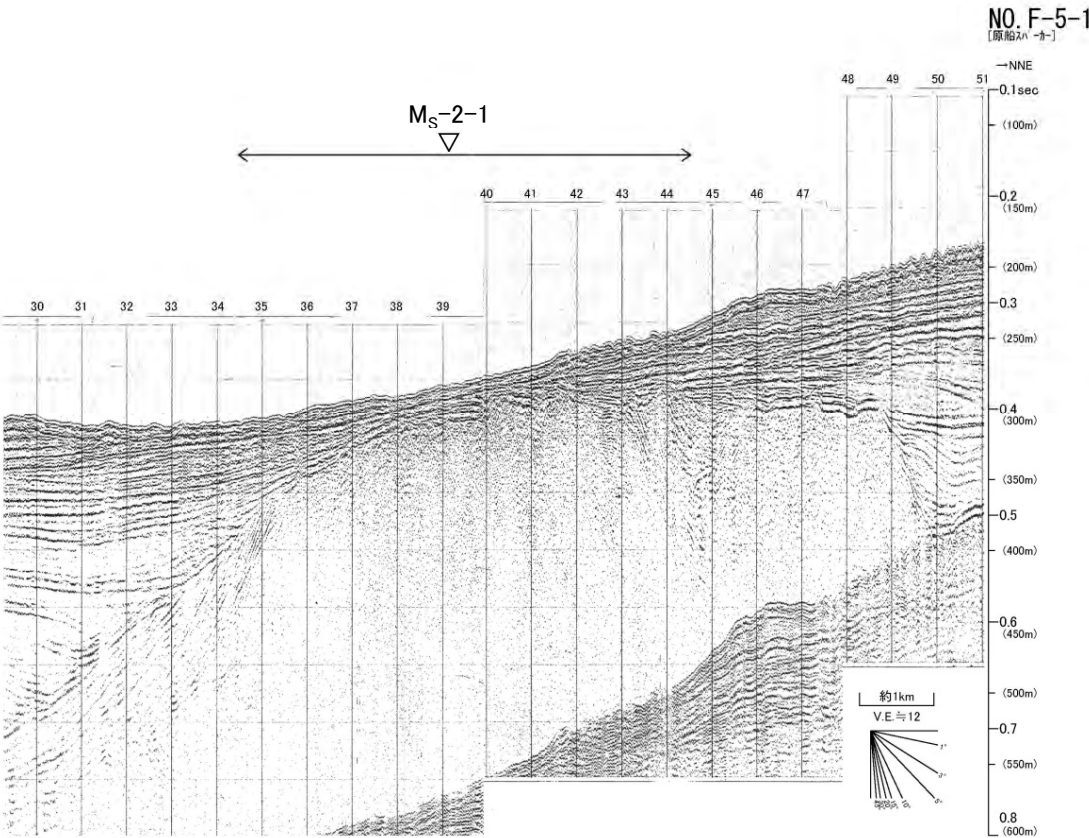
地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	更新世 後期	B層
	更新世 中期	B ₂ 層
	更新世 前期	B ₁ 層
新第三紀	鮮新世	C層
	中新世	D層
先新第三紀		E層

- 当該範囲は、北海道側の大陸棚沖合いの斜面下部～中部に位置し、その海底面は、波長の短い凹凸が認められ、海底水道側は浅い凹地が形成されている。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥及び地すべり移動体によるものと考えられる。



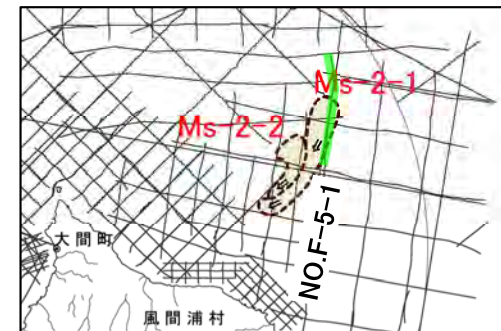
海底地すべり Ms-2

NO.F-5-1測線(反射断面図・解釈断面図)



地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲の海底面は、B₁層の層理構造を切って広く浅い凹地を形成し、凹地の一部では波長の短い凹凸が認められる。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥と考えられる。

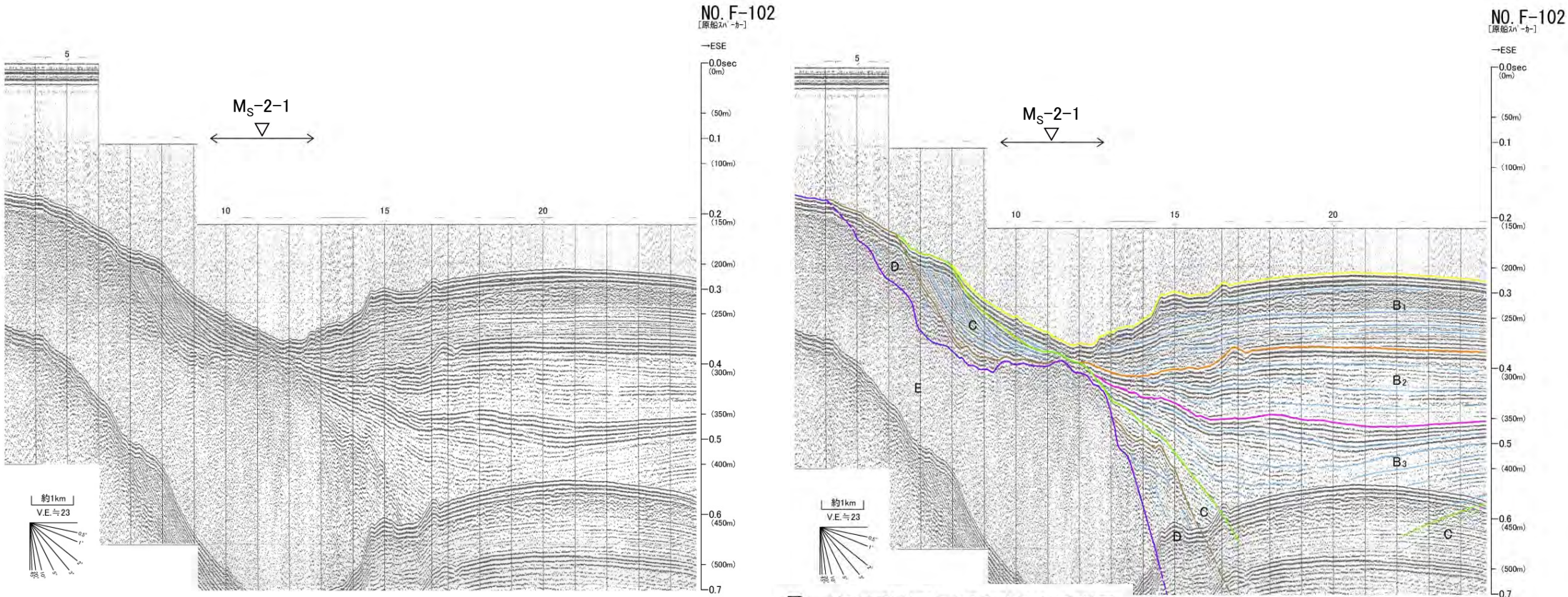


地質時代	数地前面海域
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
新第三紀	C層
	D層
先新第三紀	E層



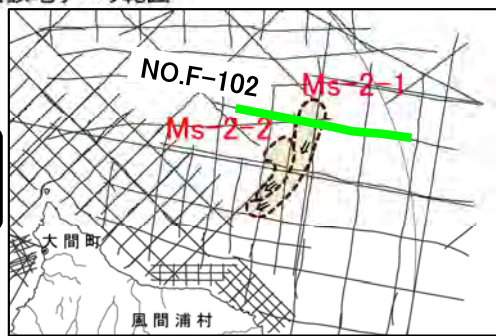
海底地すべり Ms-2

NO.F-102測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲の海底面は、B₁層の層理構造を切って、比較的深い凹地を形成している。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥と考えられる。

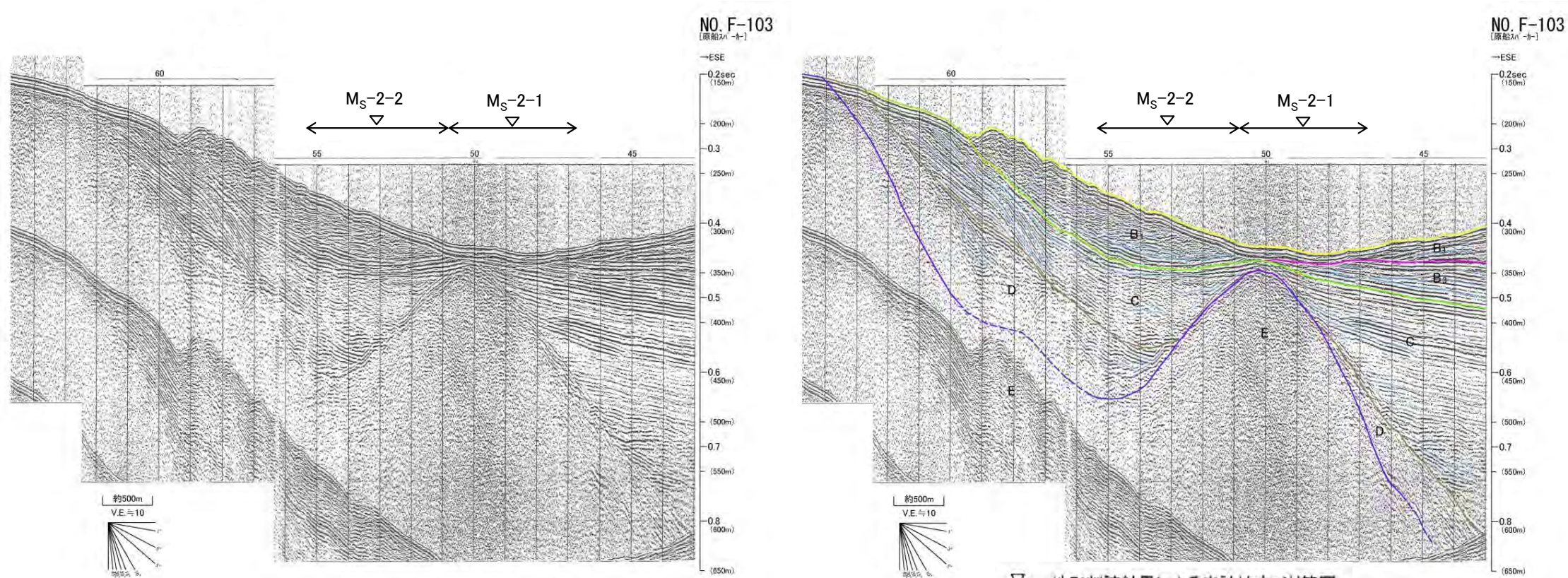


地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
先新第三紀		E層	

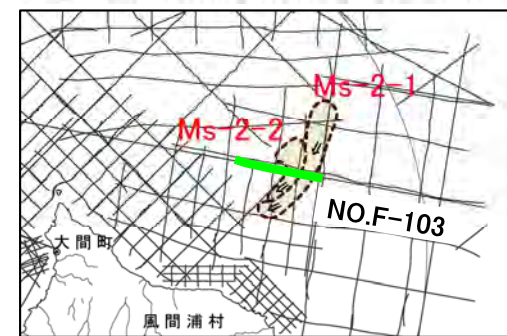


海底地すべり Ms-2

NO.F-103測線(反射断面図・解釈断面図)



地形判読結果による当該地すべり範囲

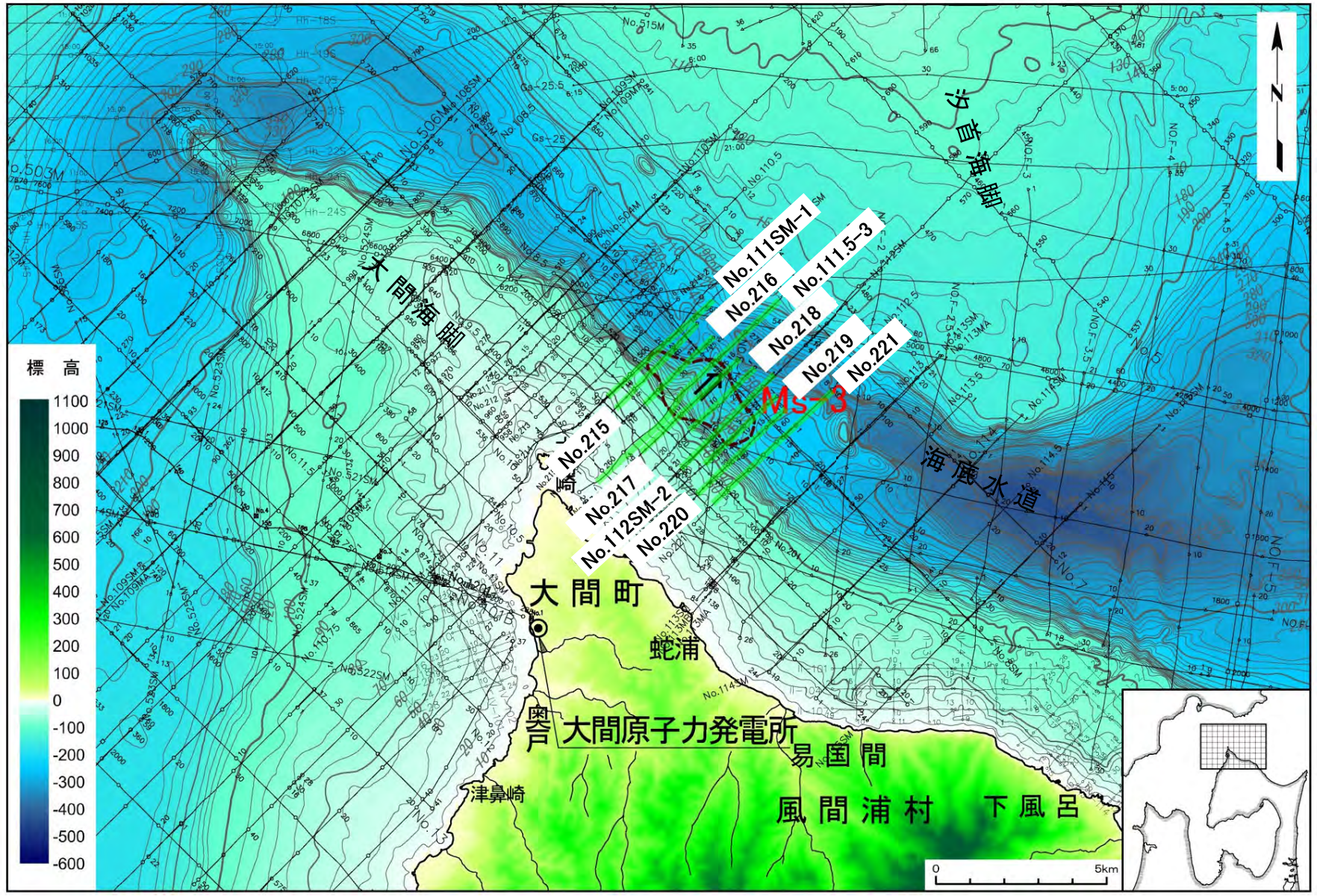


地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層
	中新世	D層
先新第三紀		E層

- 当該範囲の海底面は、B₁層の層理構造を切って、広い凹地を形成している。
- 本構造は、海底地すべりによる削剥と考えられる。



海底地すべり Ms-3

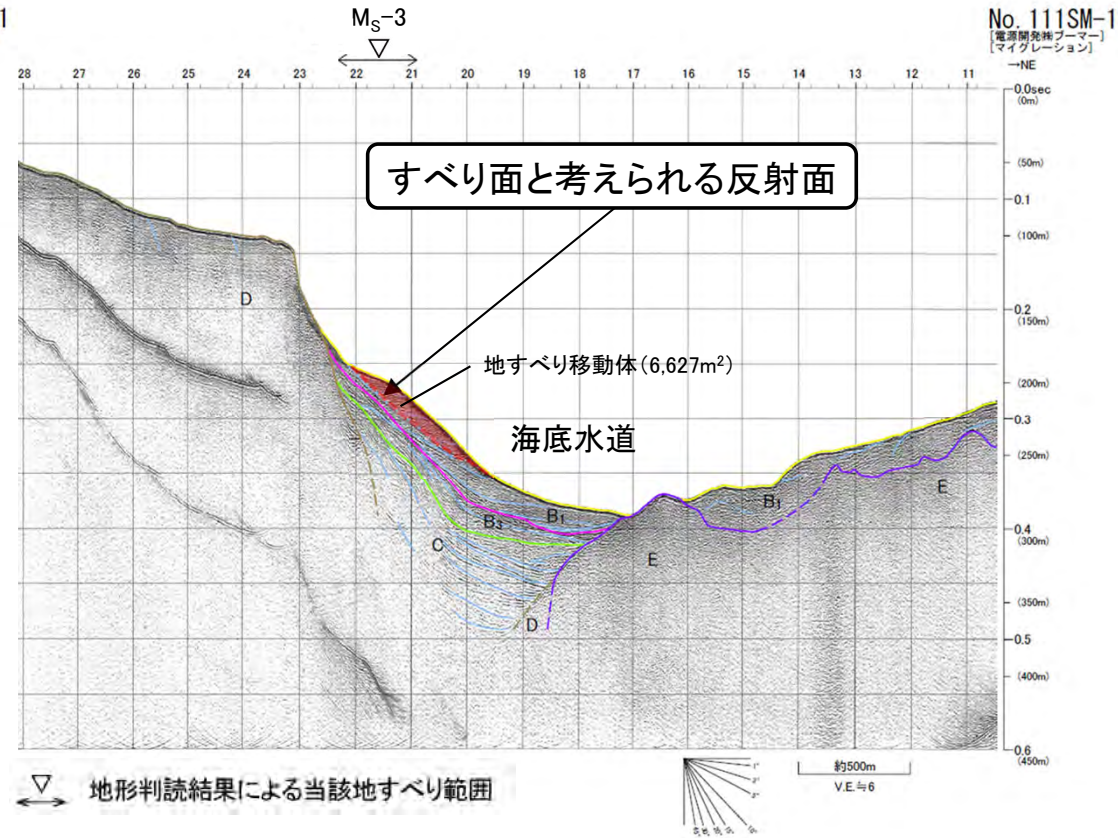
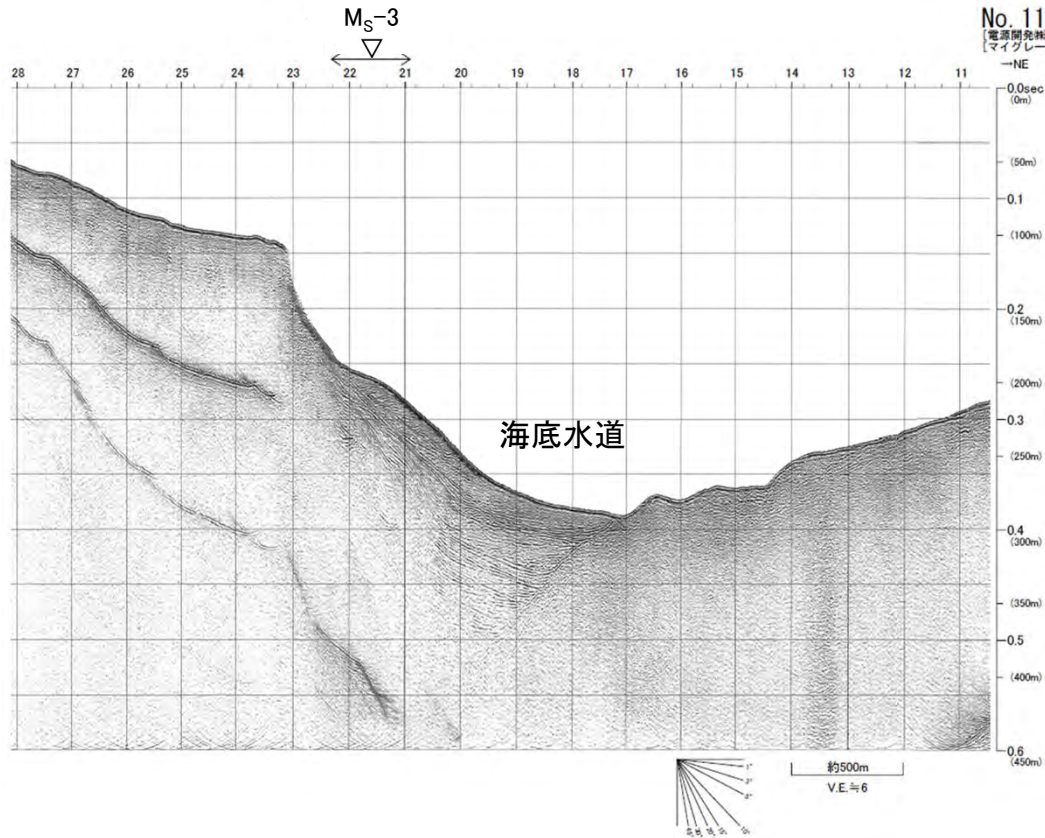


音波探査記録
の添付範囲



海底地すべり Ms-3

No.111SM-1測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面中部に位置し、斜面中央部付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。

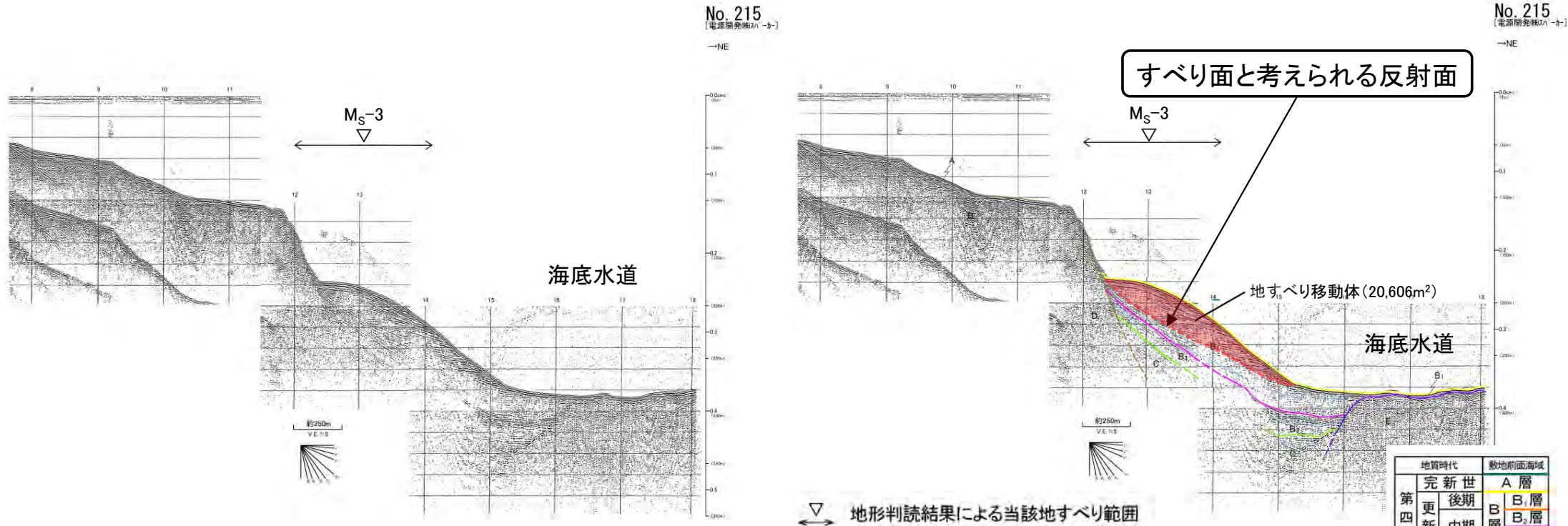


地質時代	数地前面海域
第四紀 更新世	完新世 A層
	後期 B層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
新第三紀	鮮新世 D層
	中新世 E層
先新第三紀	



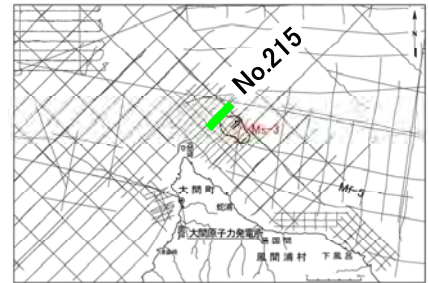
海底地すべり Ms-3

No.215測線(反射断面図・解釈断面図)



地質時代	数地前海域	
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～中部に位置し 斜面上部の急斜面下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたはおおむね水平な層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。





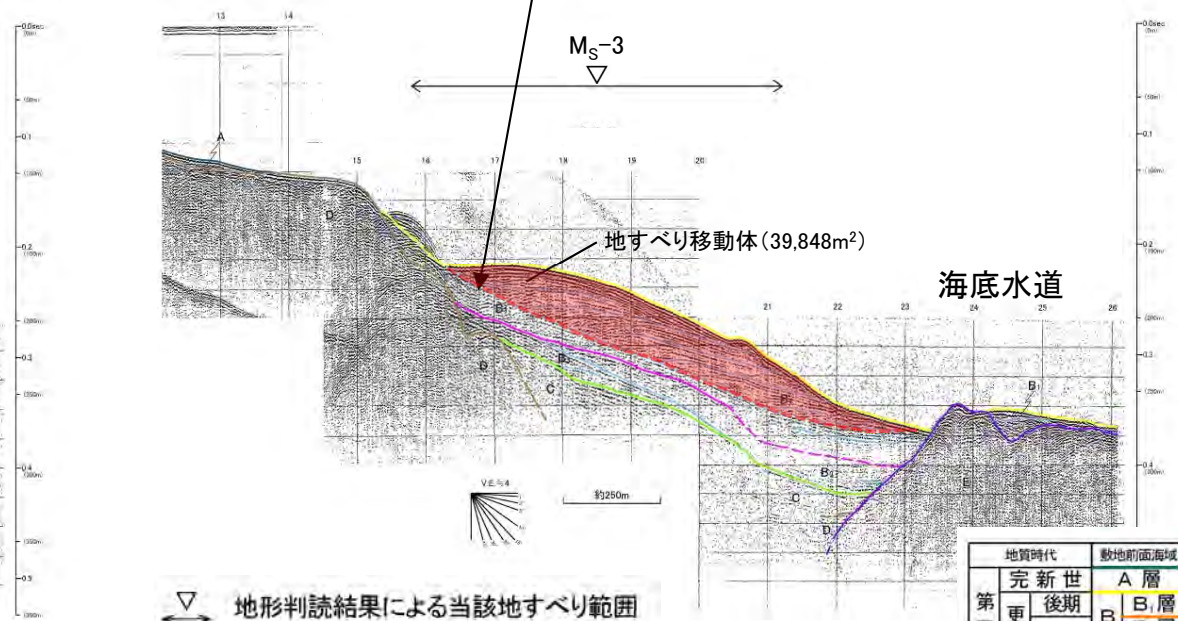
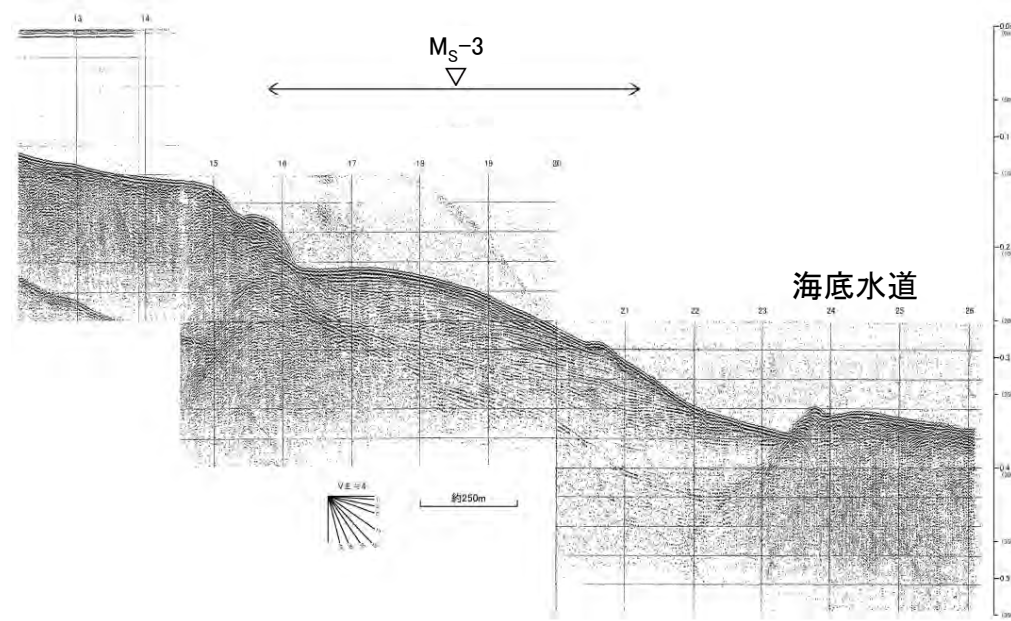
海底地すべり Ms-3

No.216測線(反射断面図・解釈断面図)

No. 216
[電源開発株式会社] -カ-

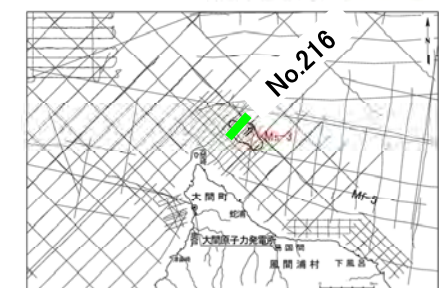
すべり面と考えられる反射面

No. 216
[電源開発株式会社] -カ-



地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	後期	B ₁ 層	
	中期	B ₂ 層	
	前期	B ₃ 層	
新第三紀	鮮新世	D層	
	中新世	E層	
先新第三紀			

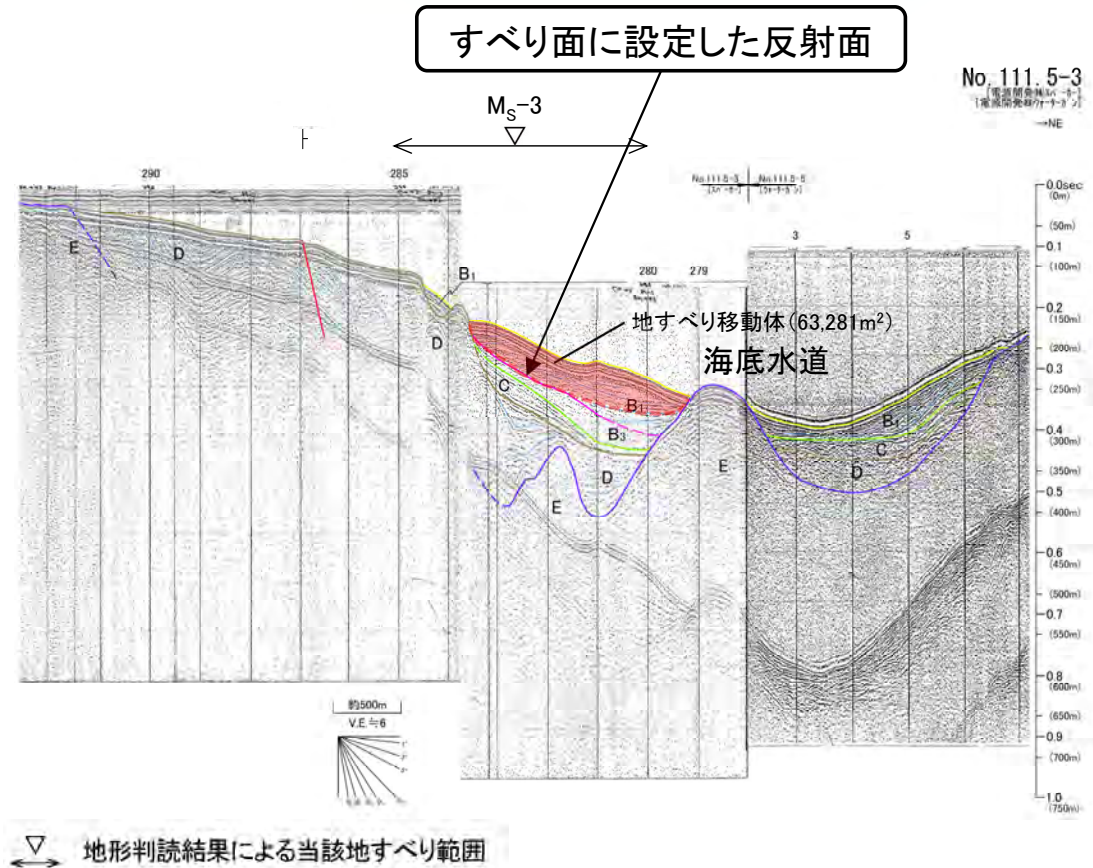
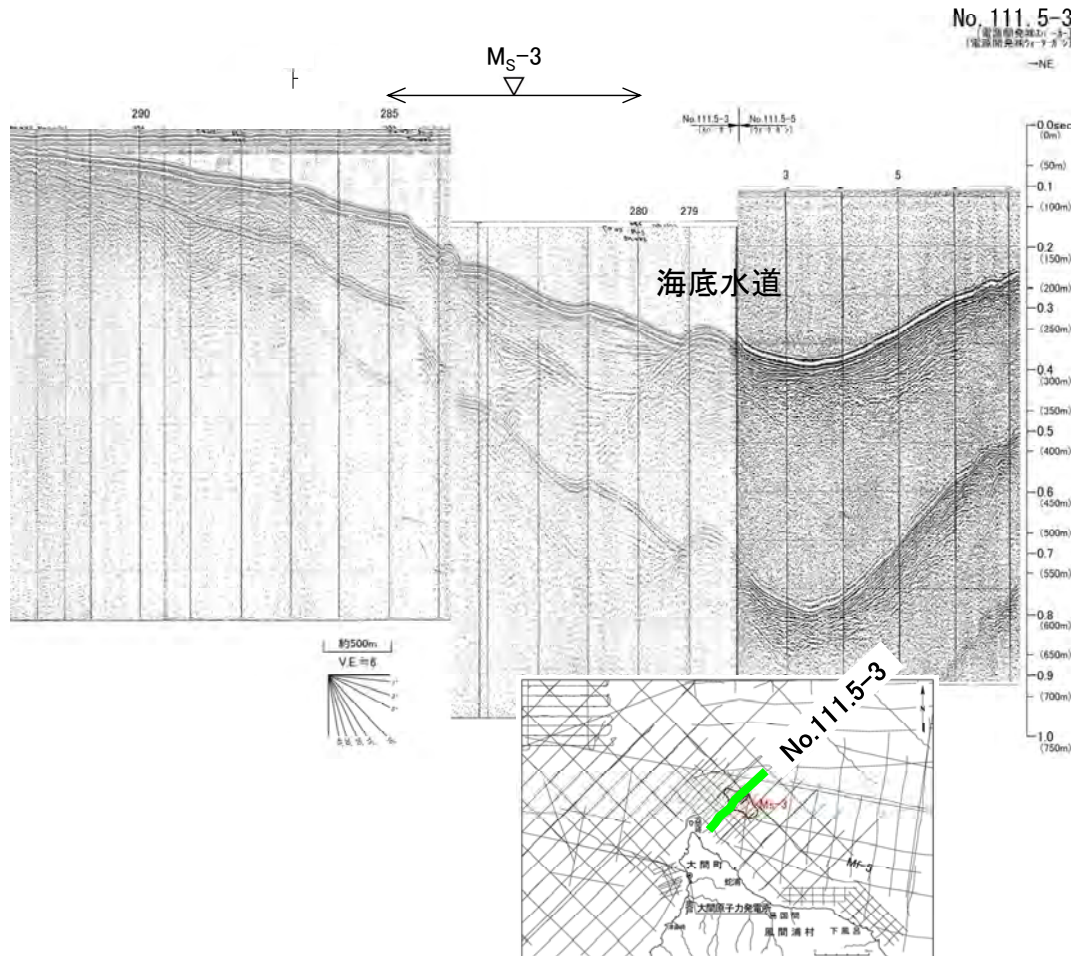
- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～中部に位置し、斜面上部付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。





海底地すべり Ms-3

No.111.5-3測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～下部に位置する。
- 当該範囲のB₁層は、緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- すべり面については音波探査記録の分解能の関係から不明瞭であるが、近傍測線のすべり面を参照し、安全側にB₁層下面から延びる面をすべり面に設定した。

地質時代	数地前面海域
第四紀	完新世 A層
	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
新第三紀	鮮新世 D層
	中新世 E層
先新第三紀	

▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

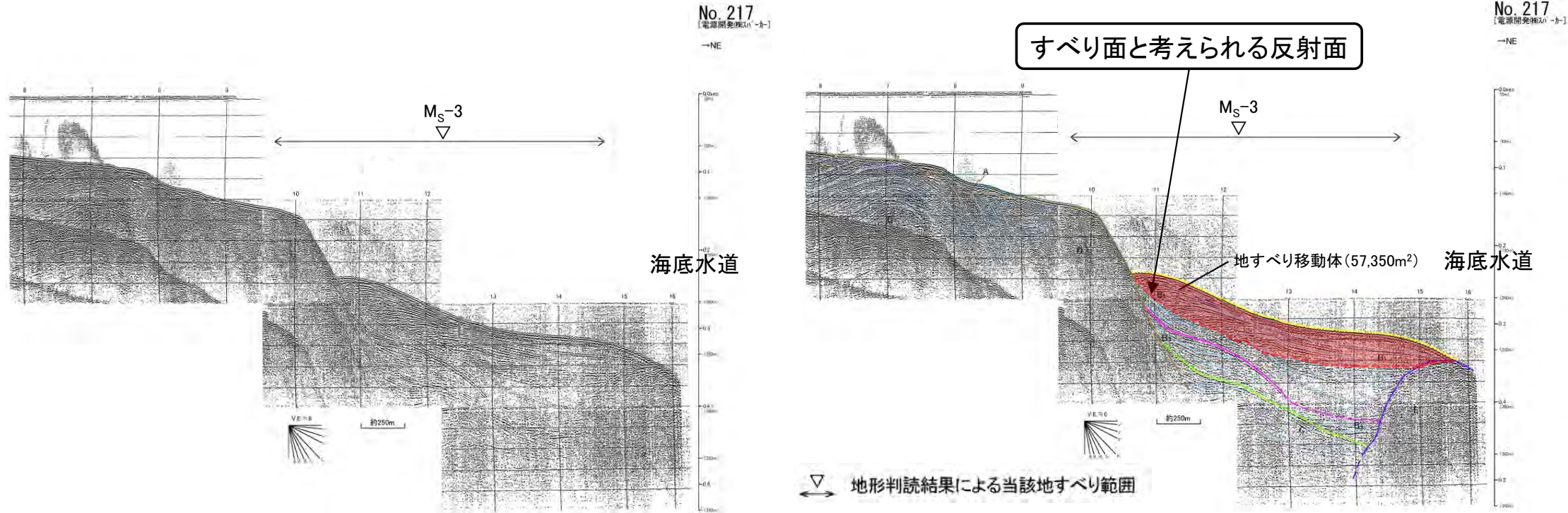
↑ 解析結果による断層位置及び落下側

⌈ ⌋ 上部更新統以上に変位(変形)が及ぶ断層



海底地すべり Ms-3

No.217測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～中部に位置し、斜面上部の急斜面下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。

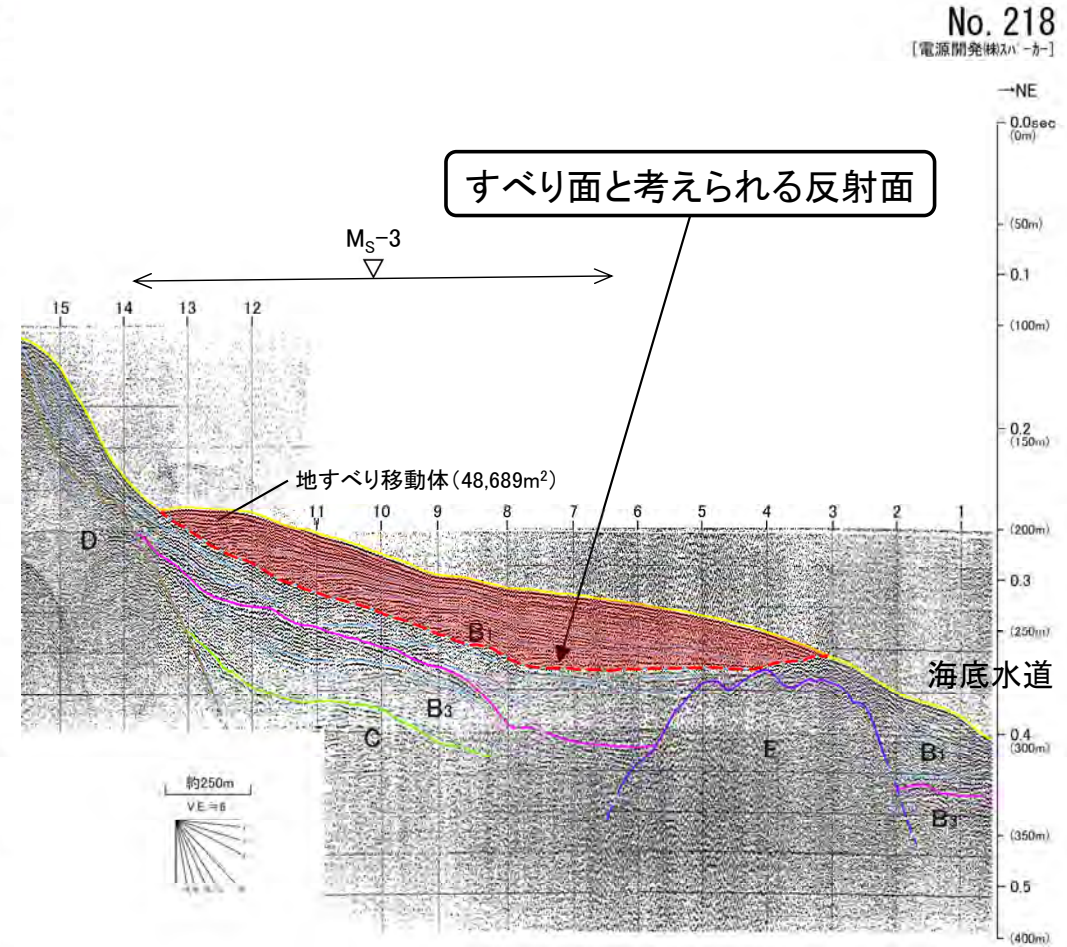
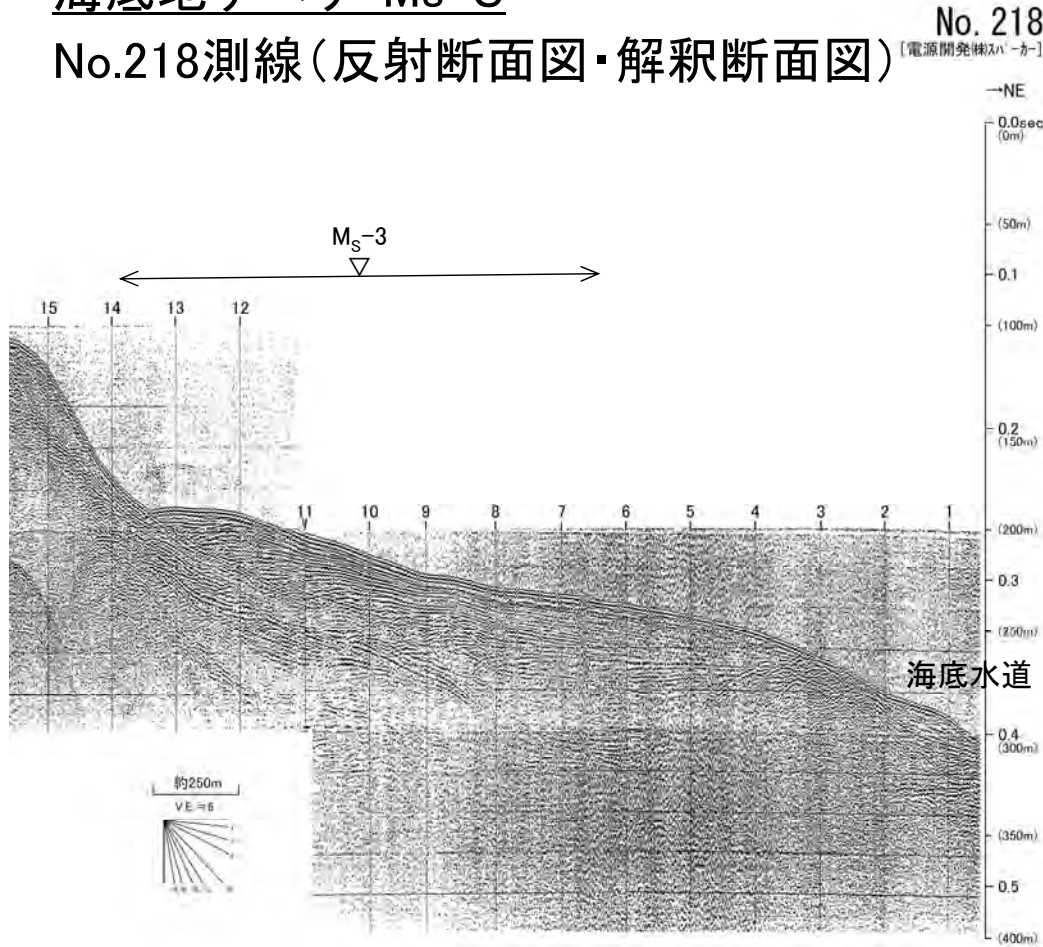


地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		



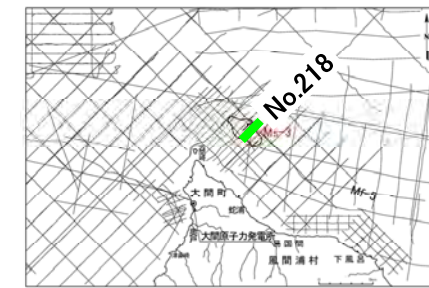
海底地すべり Ms-3

No.218測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～中部に位置し、斜面上部の急斜面下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。

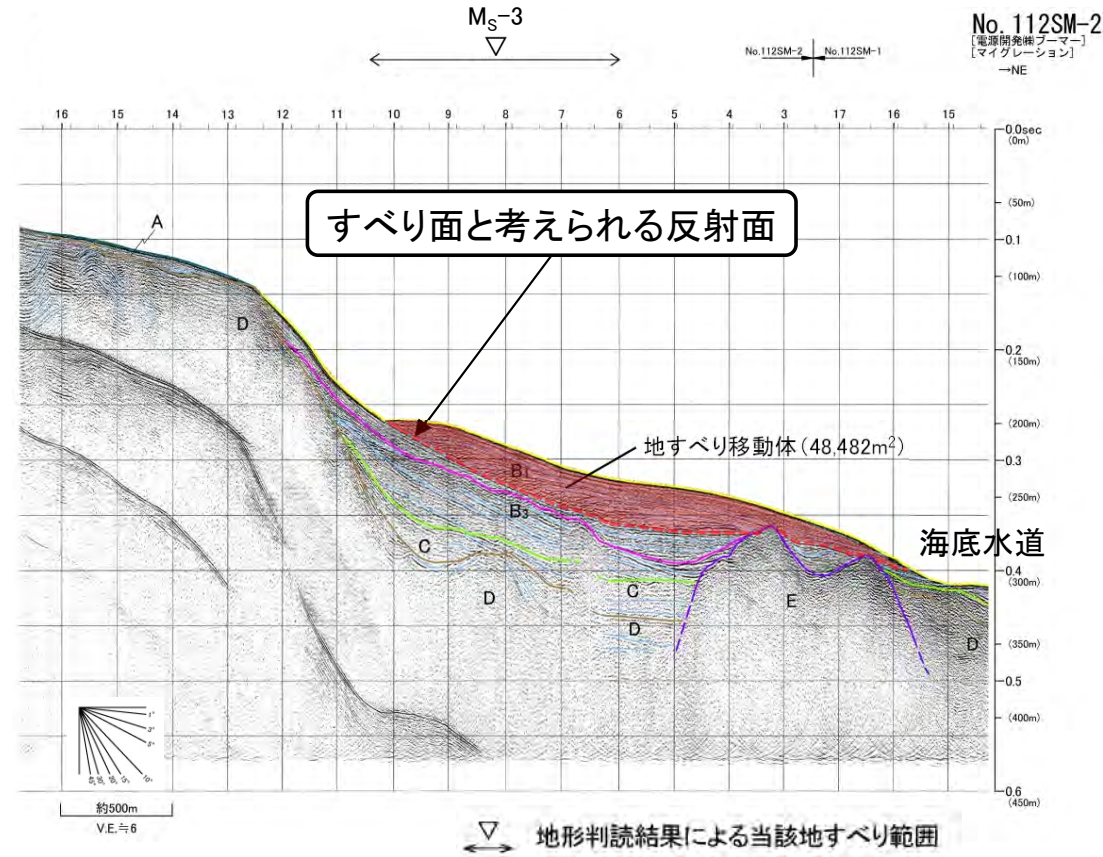
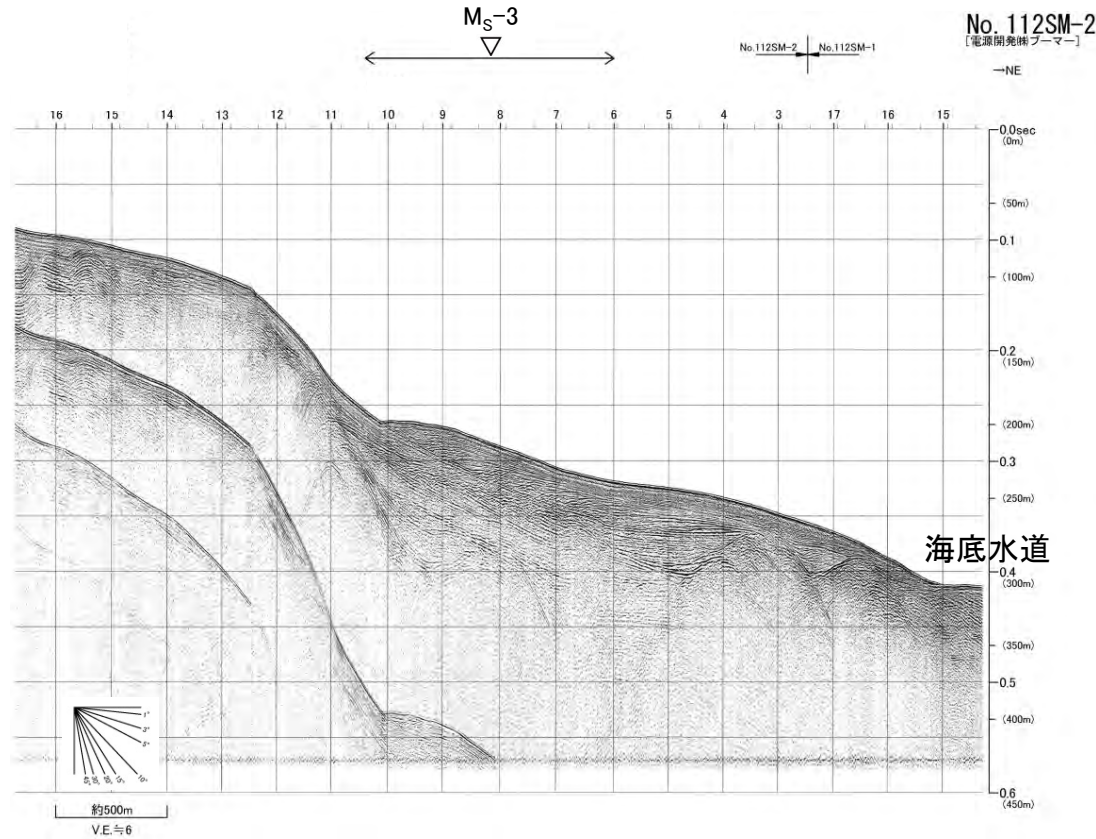


地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

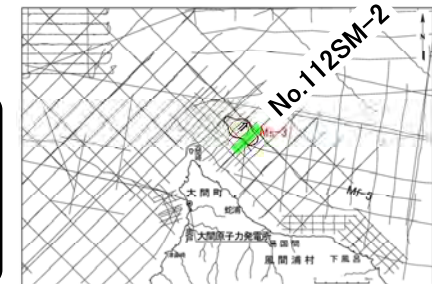


海底地すべり Ms-3

No.112SM-2測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面中部に位置し、斜面上部の急斜面下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。

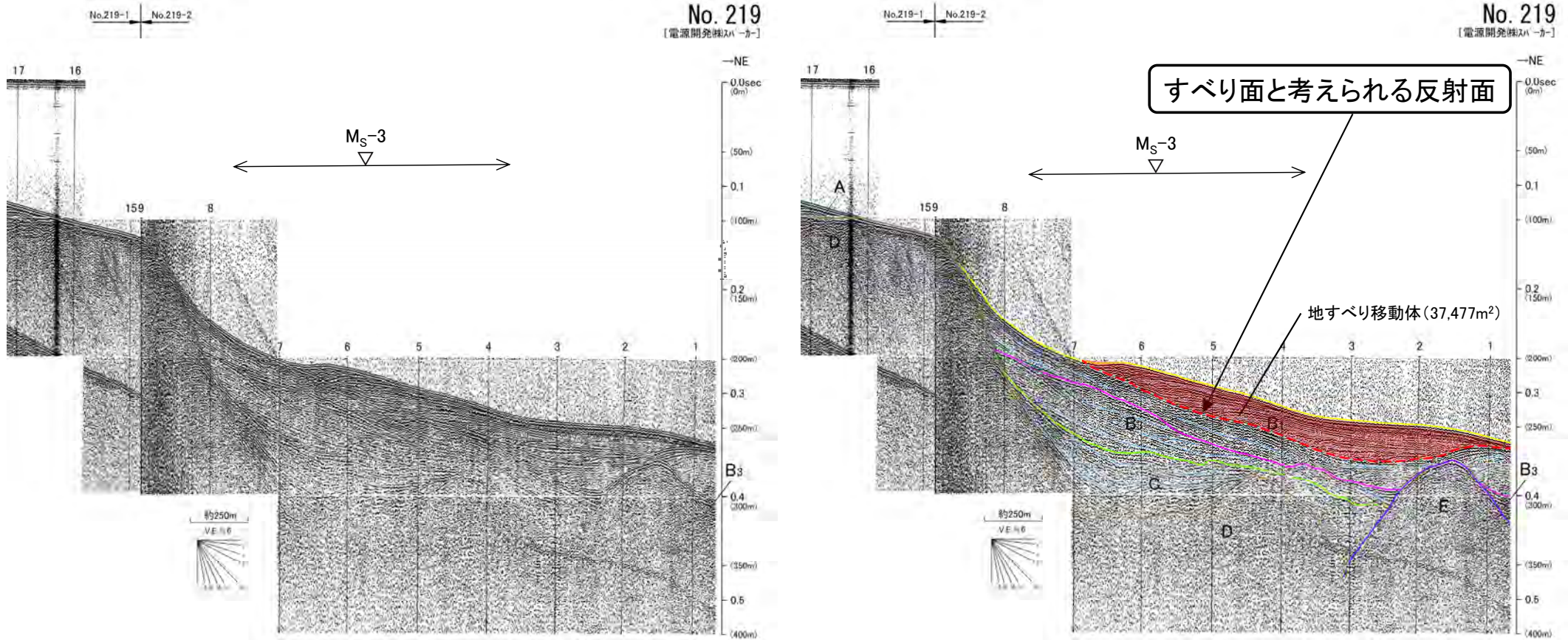


地質時代	数地前面海域	
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層
	中新世	D層
		E層
先新第三紀		



海底地すべり Ms-3

No.219測線(反射断面図・解釈断面図)



地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面中部に位置し、斜面上部の比較的急な斜面の下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。



地質時代	軟地形面海域
第四紀	完新世 A層
	更新世後期 B層
	更新世中期 B ₂ 層
鮮新世	前期 B ₃ 層
	C層
新第三紀	鮮新世 D層
	中新世 E層
先新第三紀	

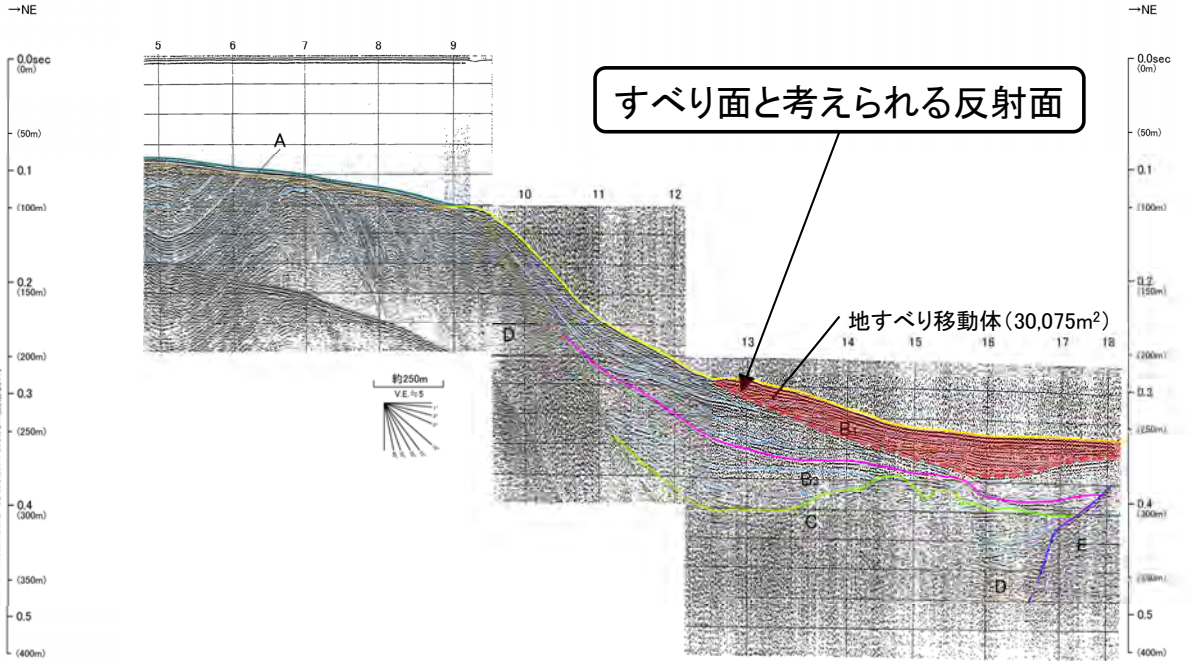
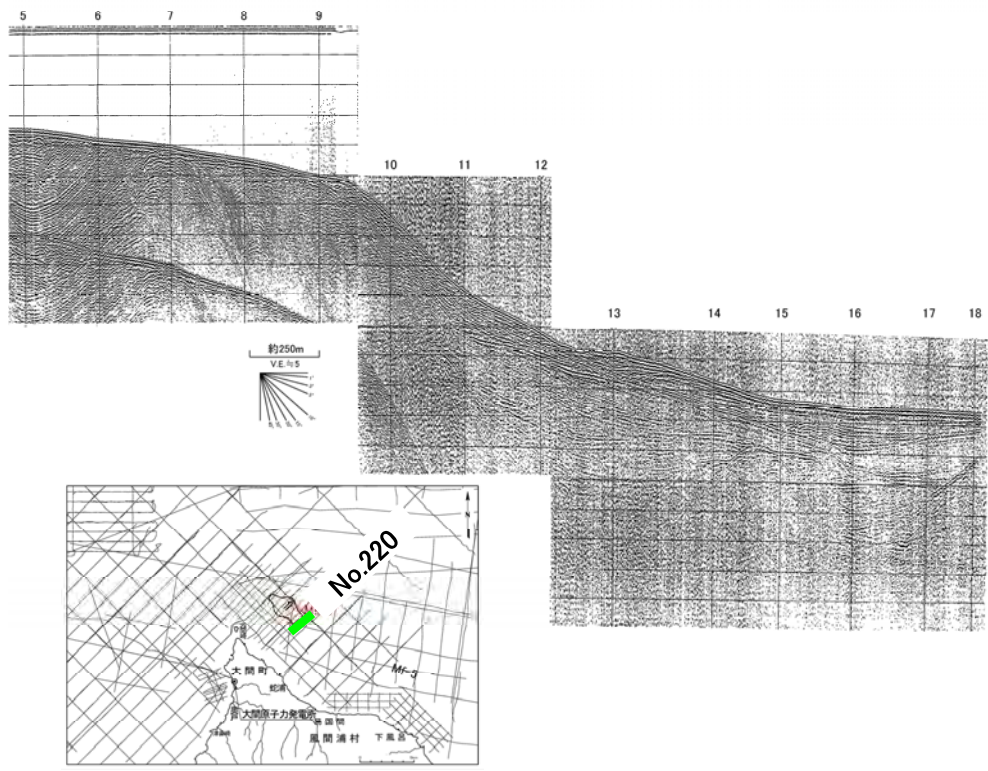


海底地すべり Ms-3

No.220測線(反射断面図・解釈断面図)

No. 220
[電源開発株式会社-カ]

No. 220
[電源開発株式会社-カ]



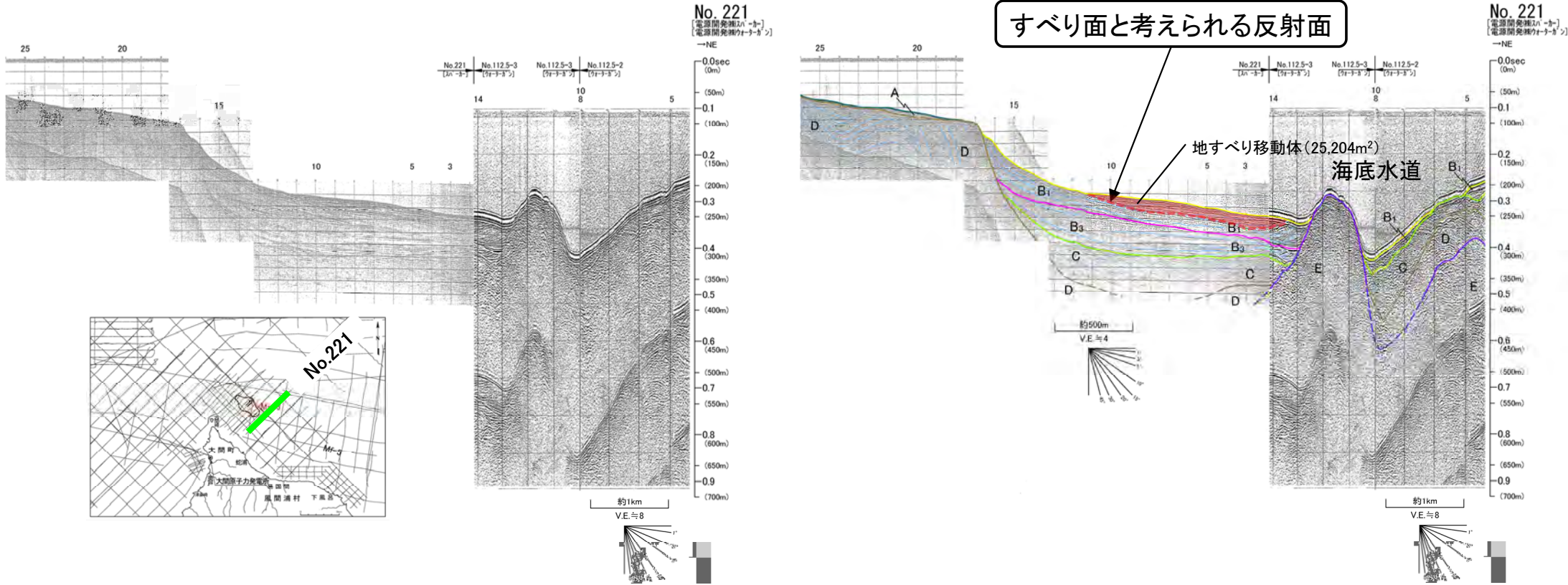
- 本記録範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部～中部に位置し、斜面上部の比較的急な斜面の下端付近からB₁層中に延びる反射面が認められる。
- 本反射面の上位は、やや乱れた層理パターンまたは緩やかな凸状の層理パターンを示す。
- 本反射面の上位の地層は、本反射面をすべり面とした地すべり移動体と考えられる。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B層
		中期	B ₁ 層
		前期	B ₂ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		E層	
先新第三紀			



海底地すべり Ms-3

No.221測線(反射断面図・解釈断面図)



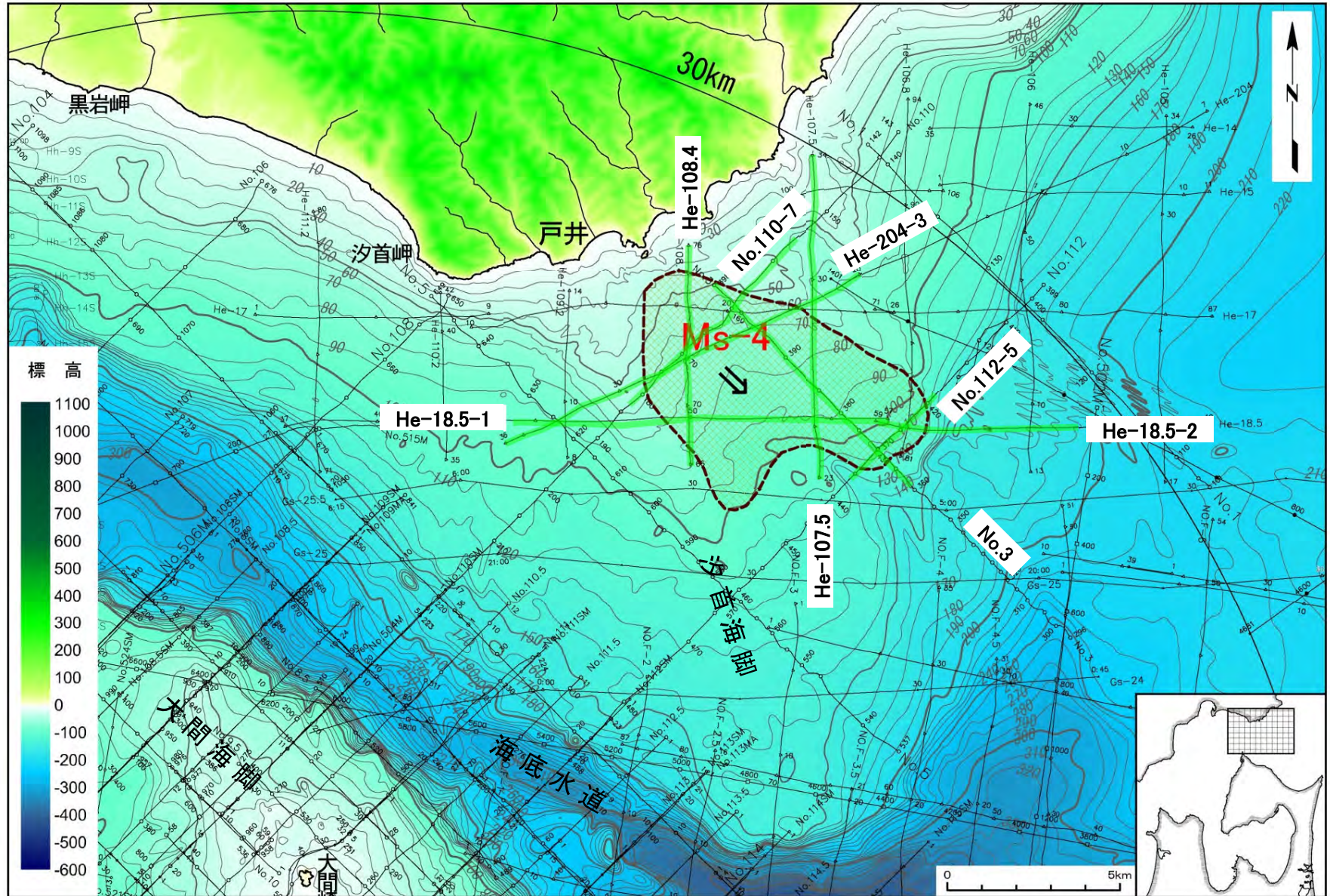
- 本記録範囲は、南西側から下北半島側大陸棚、大陸棚沖合いの斜面、海底水道及び北海道側大陸棚沖合いの斜面下部に位置する。
- 大陸棚沖合いの斜面中部付近の海底面は、緩やかな凸状を示し、最上位のB₁層はおおむね水平な層理パターンを示す。
- 本凸状構造は、小規模ではあるが隣接する測線の構造と類似していることから、地すべり移動体の末端部と考えられる。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層	
	中新世	E層	
先新第三紀			

(余白)



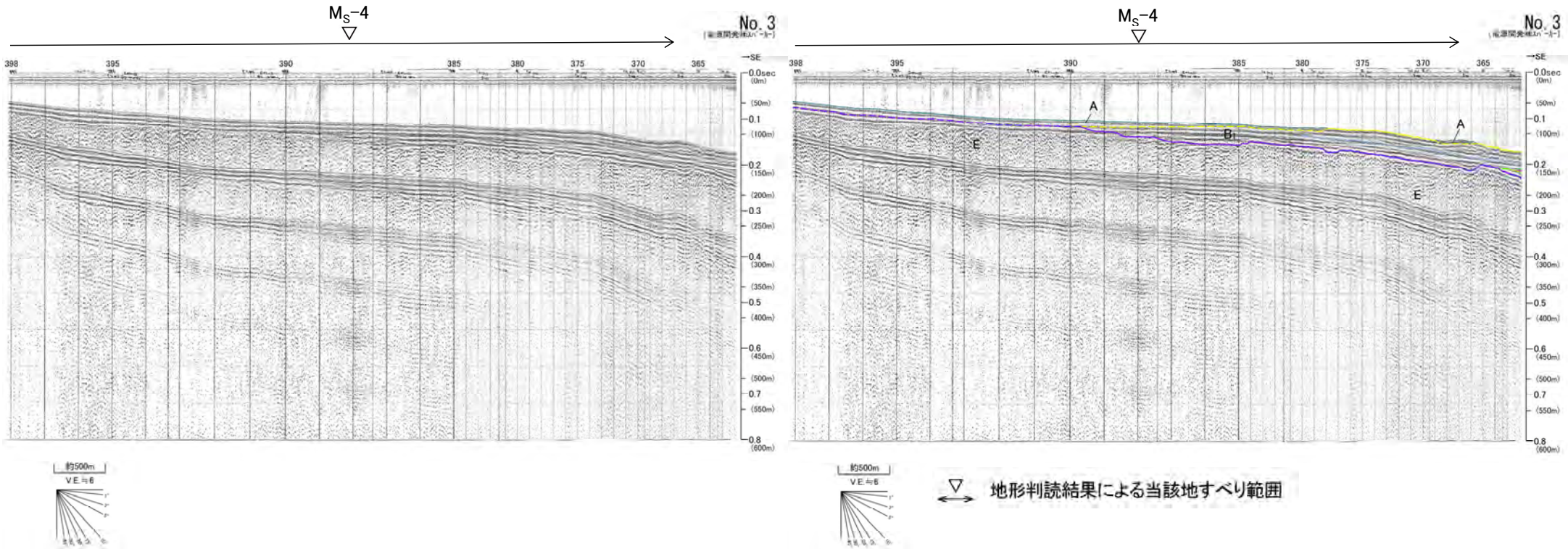
海底地すべり Ms-4





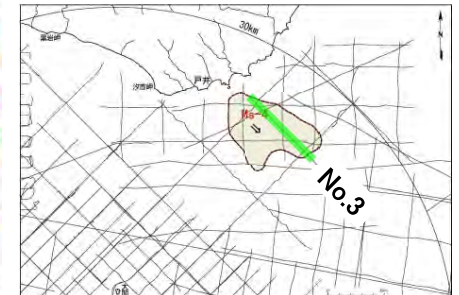
海底地すべり Ms-4

No.3測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、E層が海底下浅部に分布し、E層は緩やかな谷状に削剥されており、これを埋めるようにB₁層及びA層が堆積している。
- B₁層には、おおむね平行な層理パターンが認められる。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

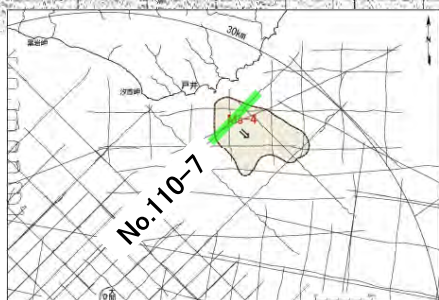
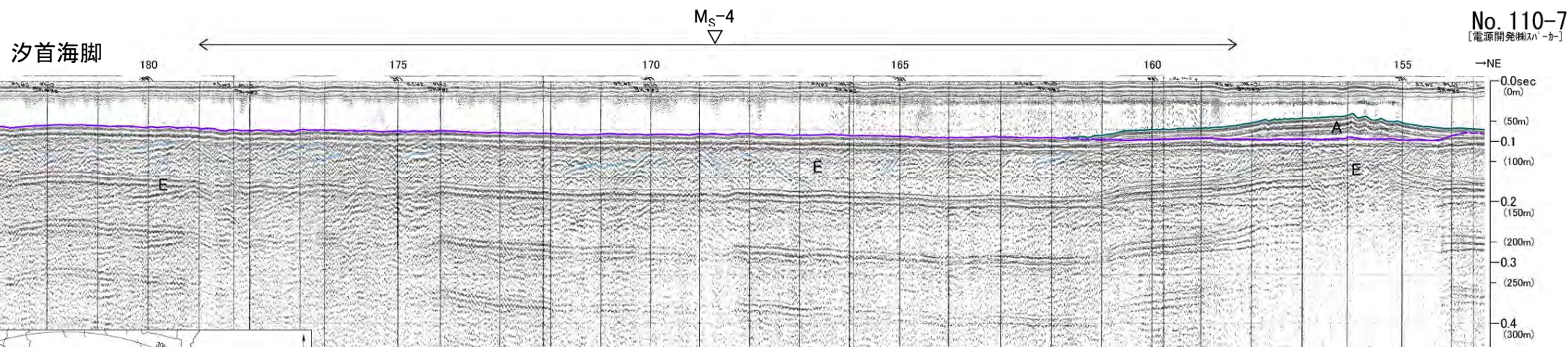
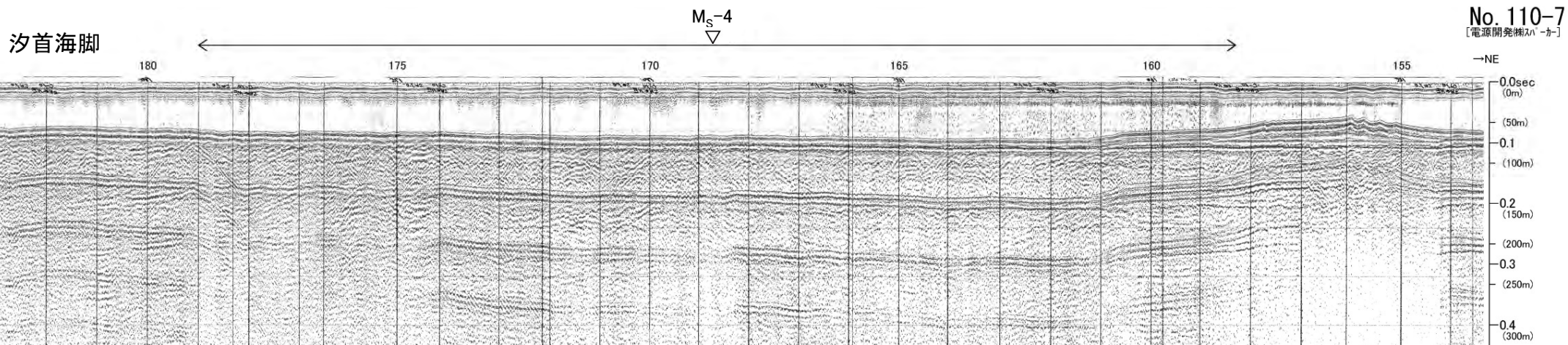
地質時代	敷地前海域	
第四紀	完新世	A層
	更新世 後期	B ₁ 層
		B ₂ 層
	更新世 前期	B ₃ 層
C層		
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		



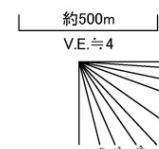


海底地すべり Ms-4

No.110-7測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲



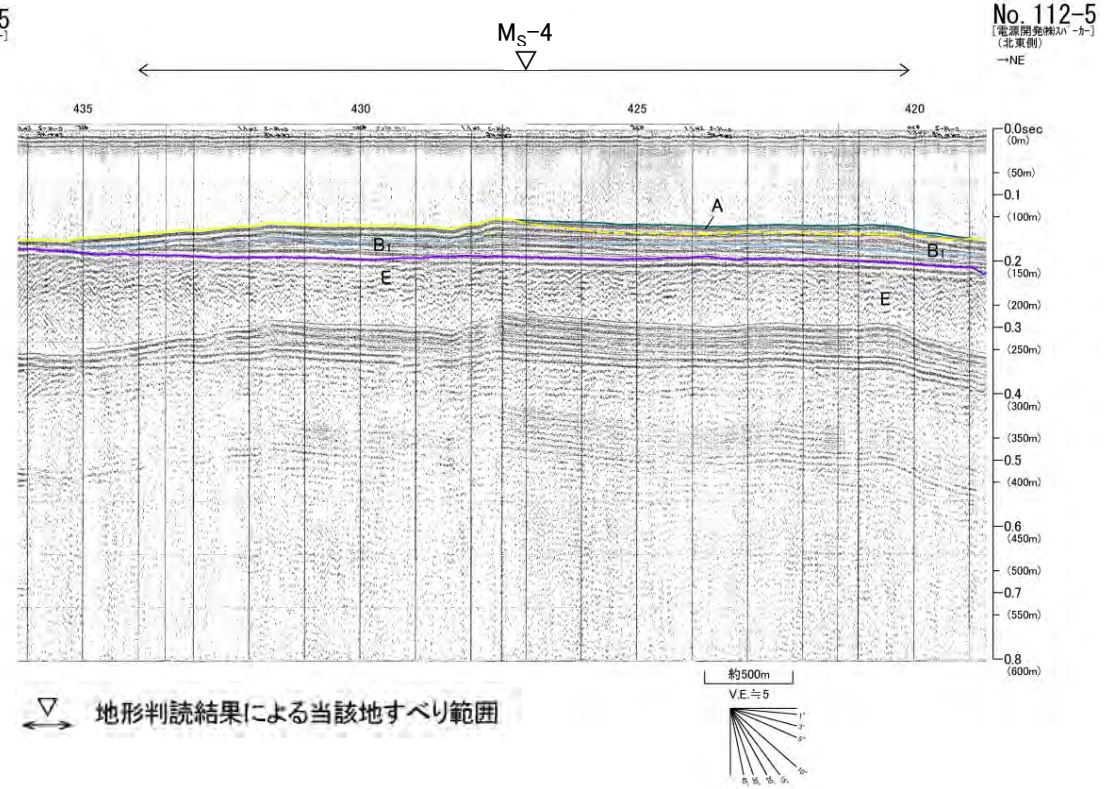
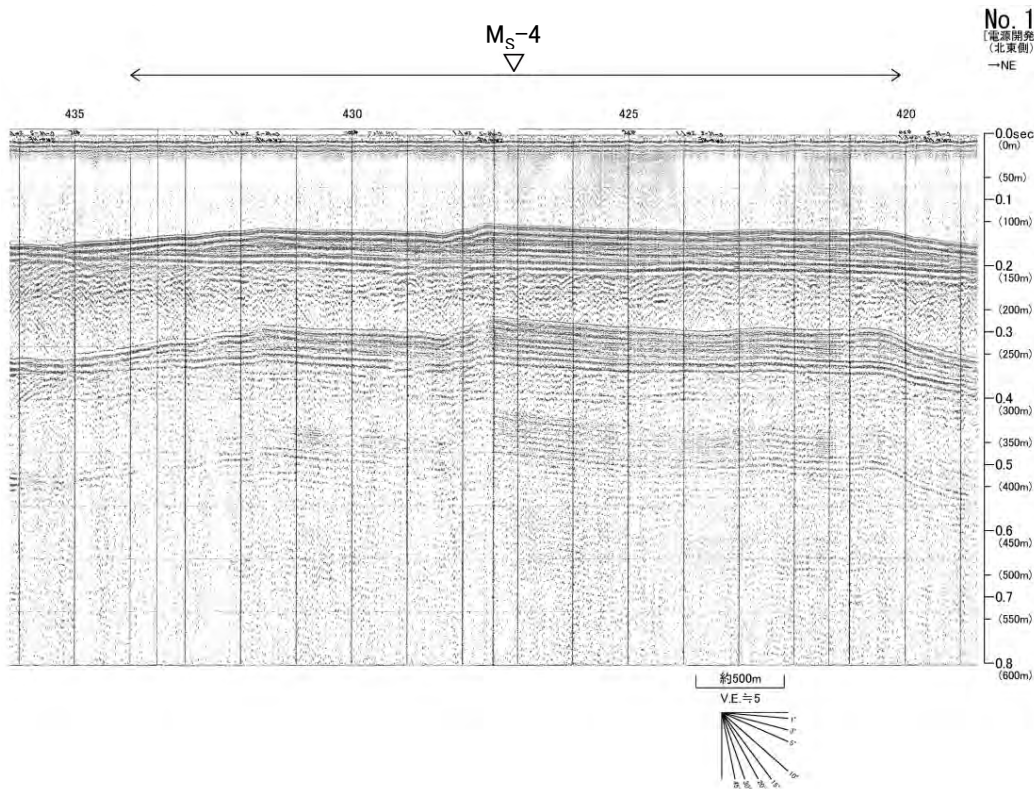
- 当該範囲は、E層が海底面に露出している。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

地質時代	数地前面海域
第四紀	完新世 A層
更新世	後期 B ₁ 層
	中期 B ₂ 層
	前期 B ₃ 層
新第三紀	鮮新世 C層
新第三紀	中新世 D層
	先新第三紀 E層

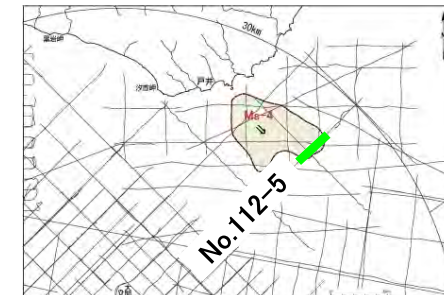


海底地すべり Ms-4

No.112-5測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、E層が海底下浅部に分布する。
- E層上面は平坦で、これをB₁層及びA層がおおむね平行な層理パターンで覆っている。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

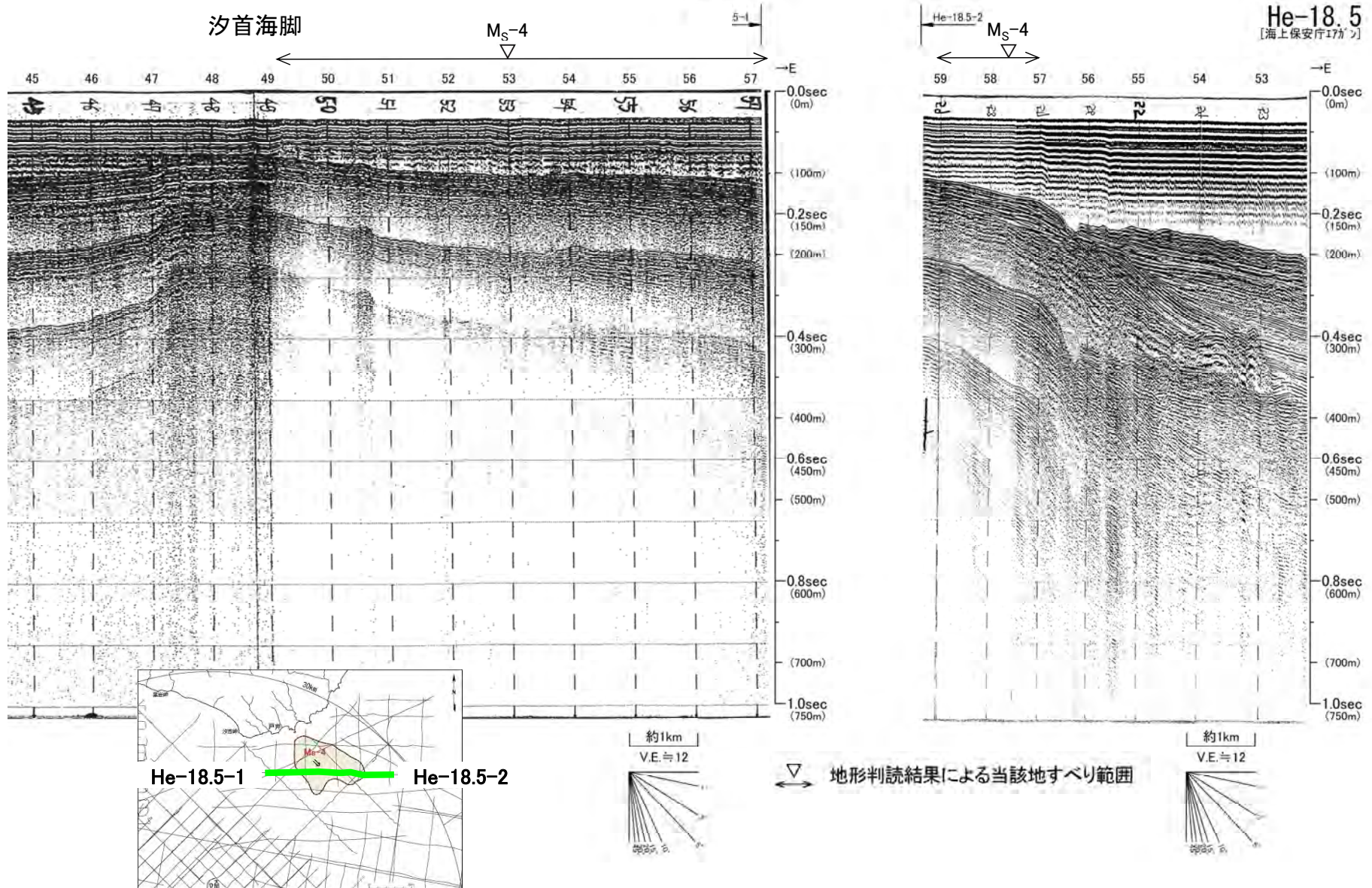


地質時代		敷前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層	
新第三紀	鮮新世	D層	
	中新世	E層	
		先新第三紀	



海底地すべり Ms-4

He-18.5-1,2測線(反射断面図)





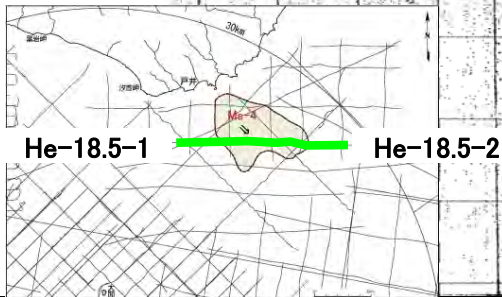
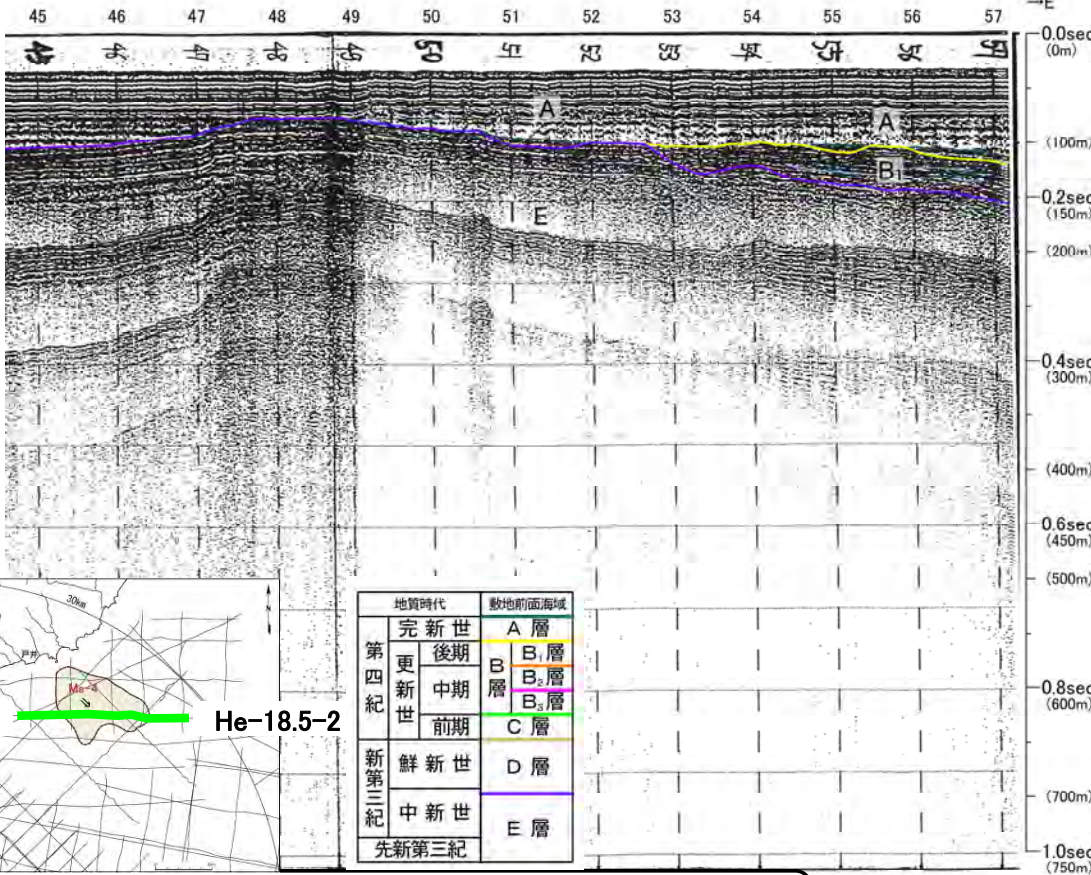
海底地すべり Ms-4

He-18.5-1,2測線(解釈断面図)

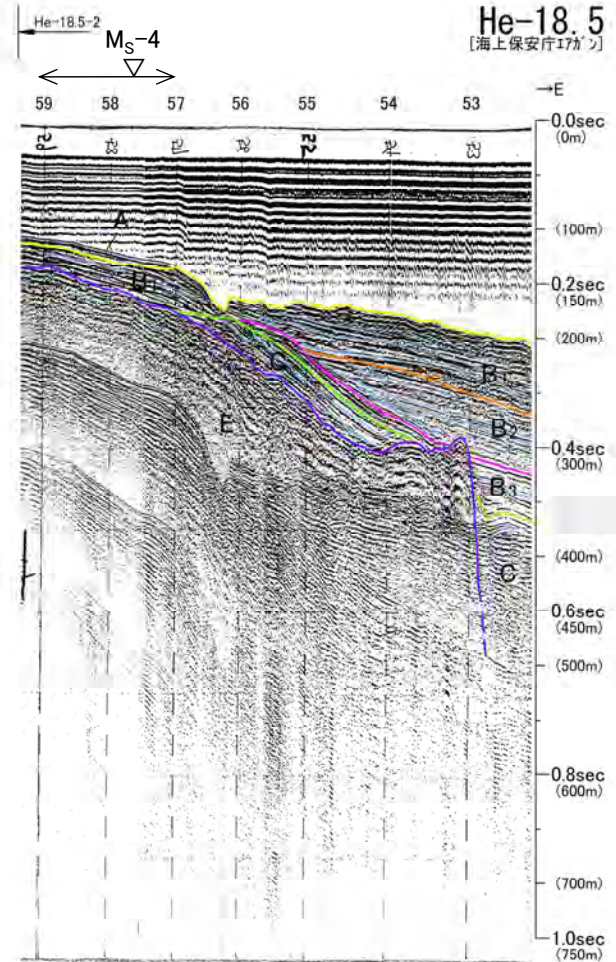
汐首海脚

Ms-4

5-1



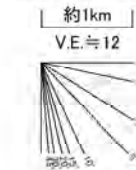
地質時代	数地前面海域
第四紀	完新世 A層
	後期 B層
	中期 B ₁ 層
	前期 B ₂ 層
第三紀	鮮新世 D層
	中新世 E層
先第三紀	



- 当該範囲は、E層が海底浅部に分布し、E層は緩やかな谷状に削剥されており、これを埋めるようにB₁層及びA層が堆積している。
- B₁層には、おおむね海底面に平行な層理パターンが認められる。
- 地すべりによるものと考えられる堆積構造は認められない。



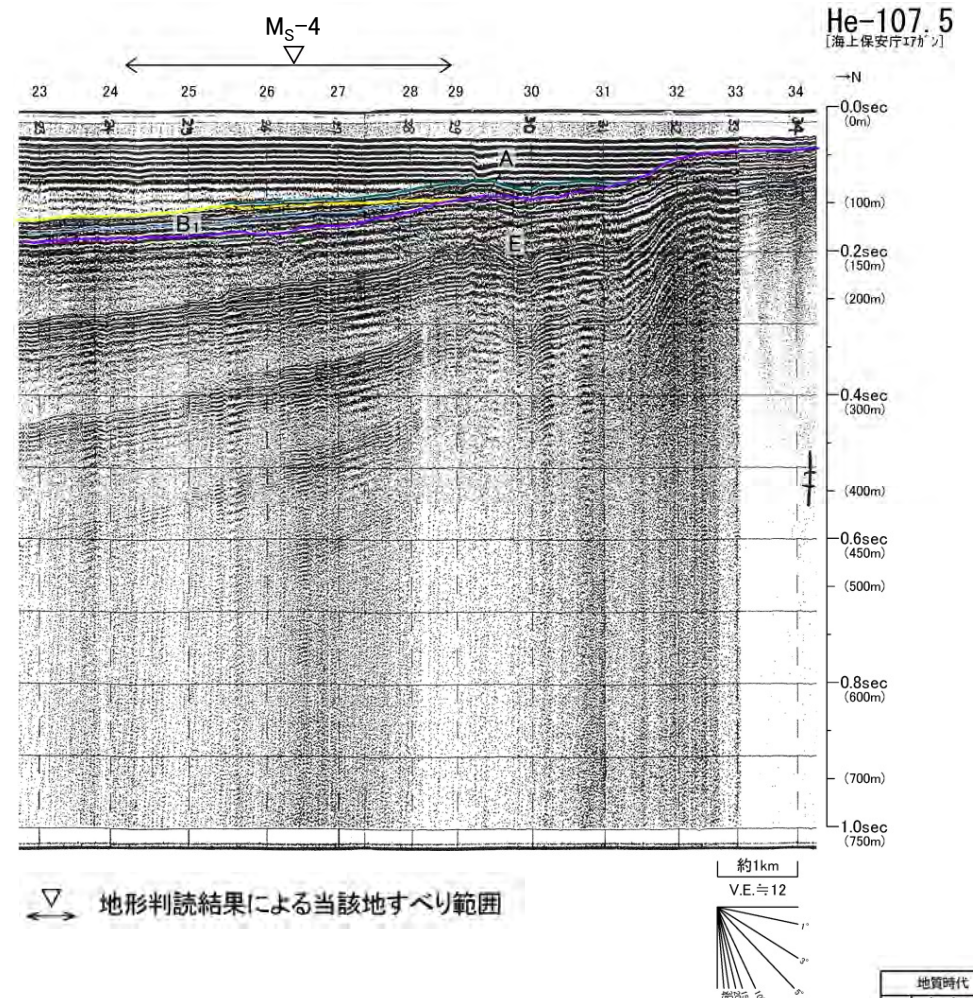
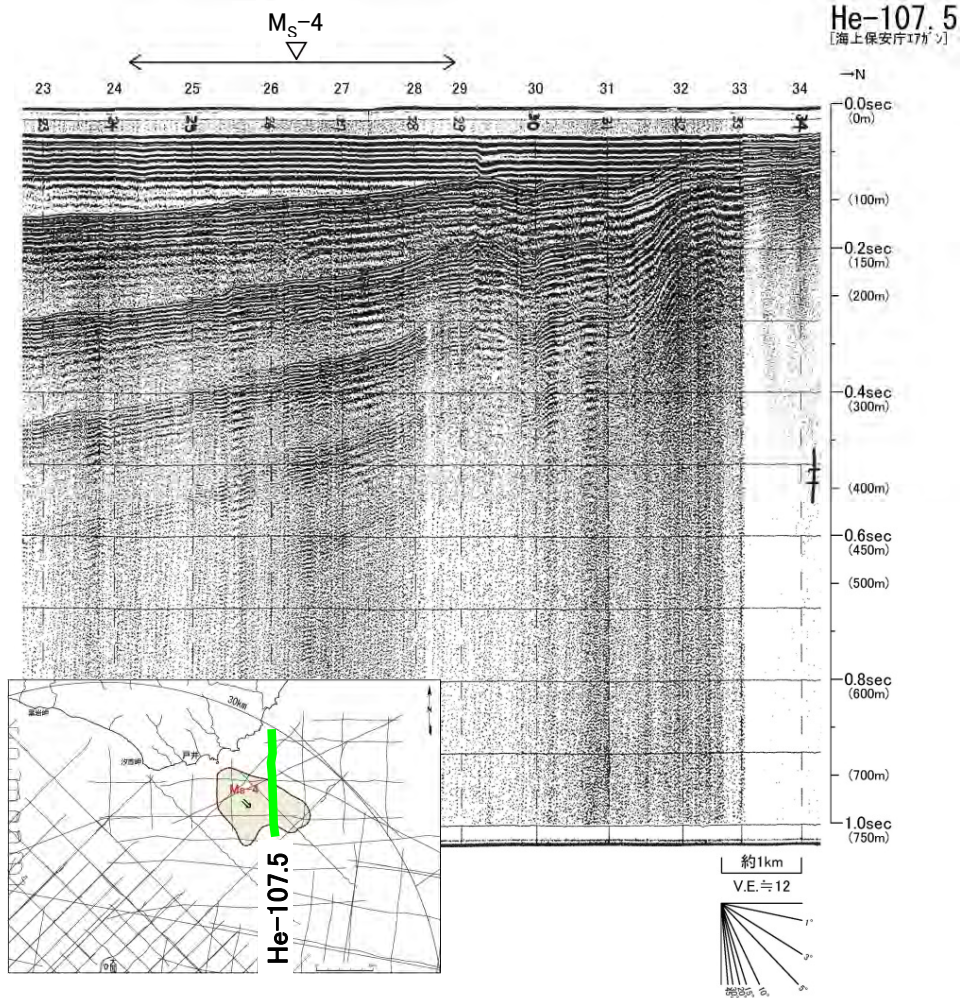
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲





海底地すべり Ms-4

He-107.5測線(反射断面図・解釈断面図)



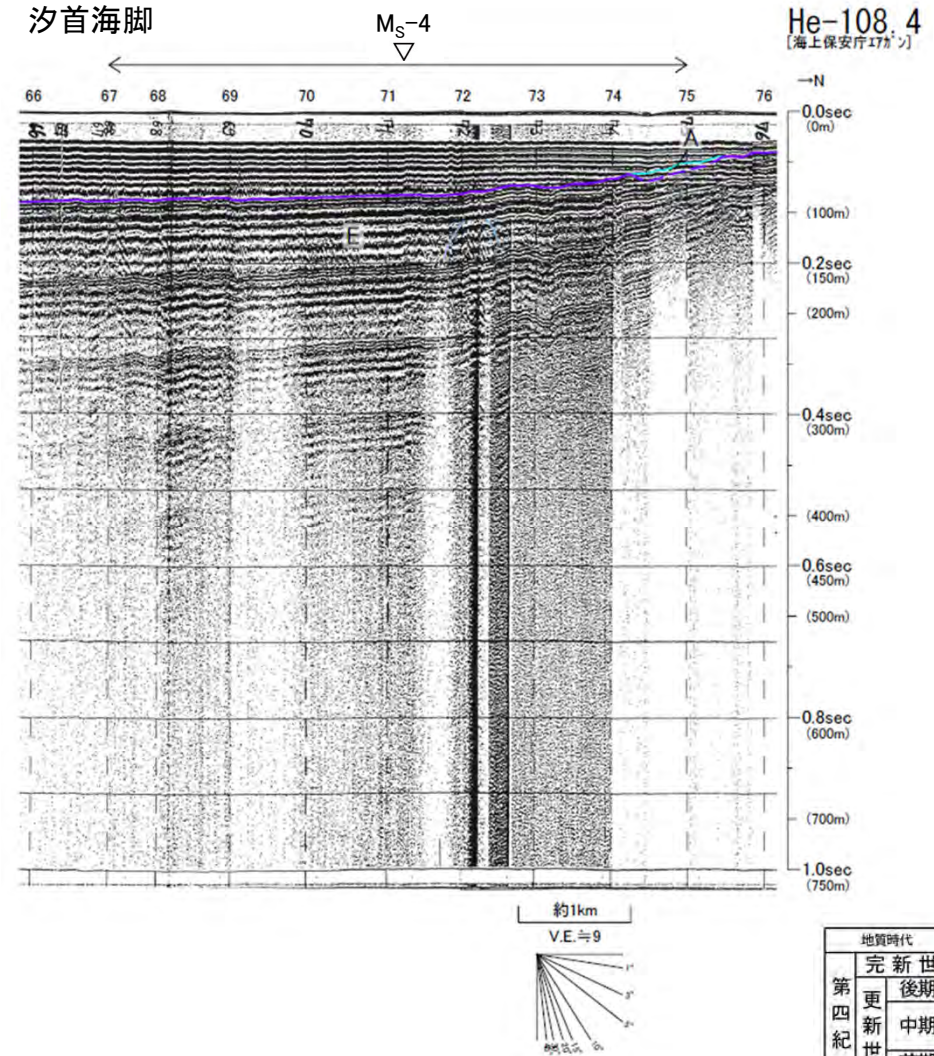
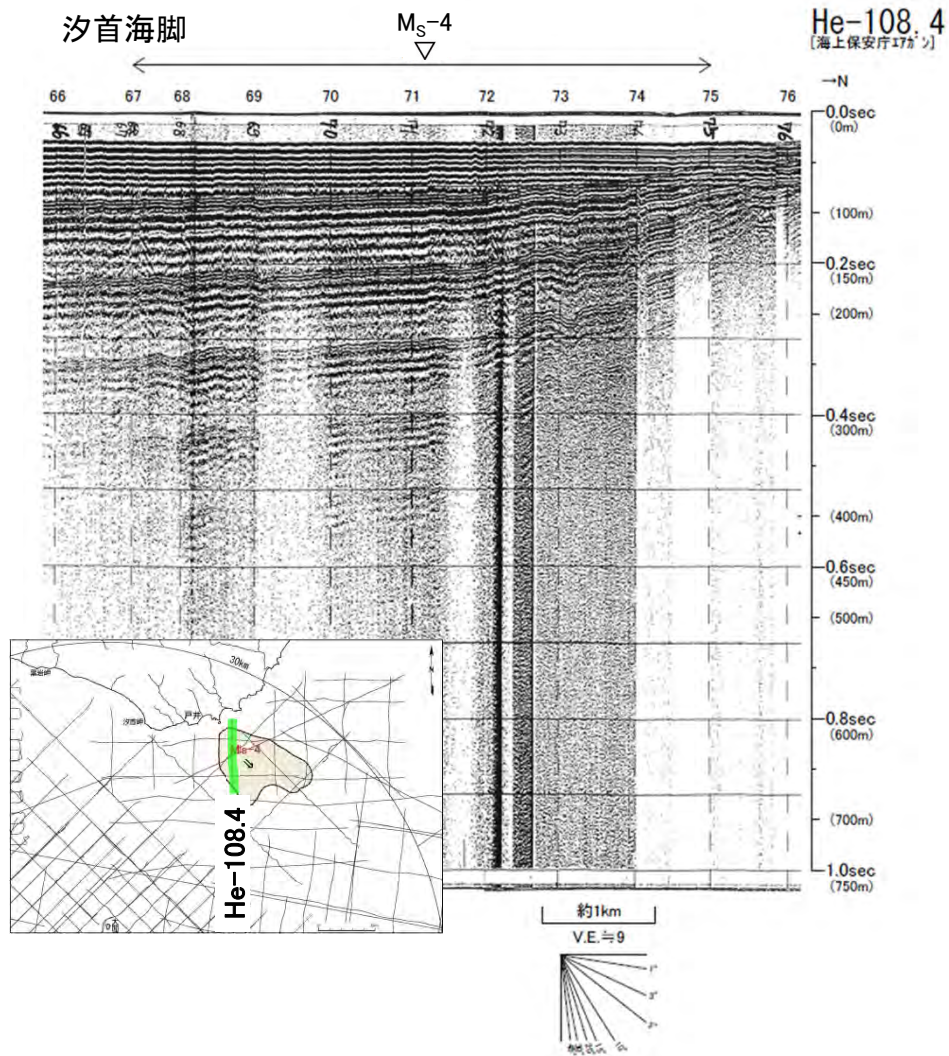
- 当該範囲は、E層が海底下浅部に分布し、上面は南側に緩やかに傾斜する平坦面で、これをB₁層及びA層が覆っている。
- B₁層には、平行な層理パターンが認められる。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層	
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
			E層
先新第三紀			



海底地すべり Ms-4

He-108.4測線(反射断面図・解釈断面図)



- 当該範囲は、広くE層が海底面に露出している。
- E層上面はおおむね平坦である。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

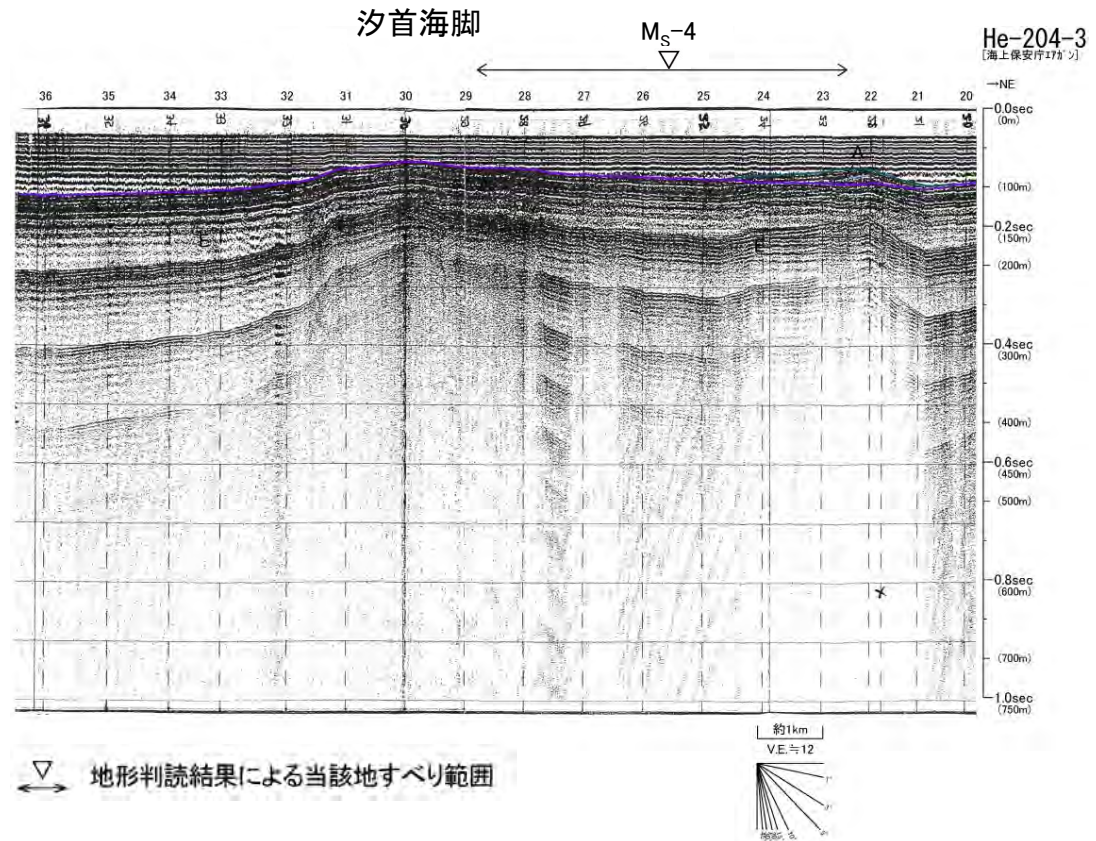
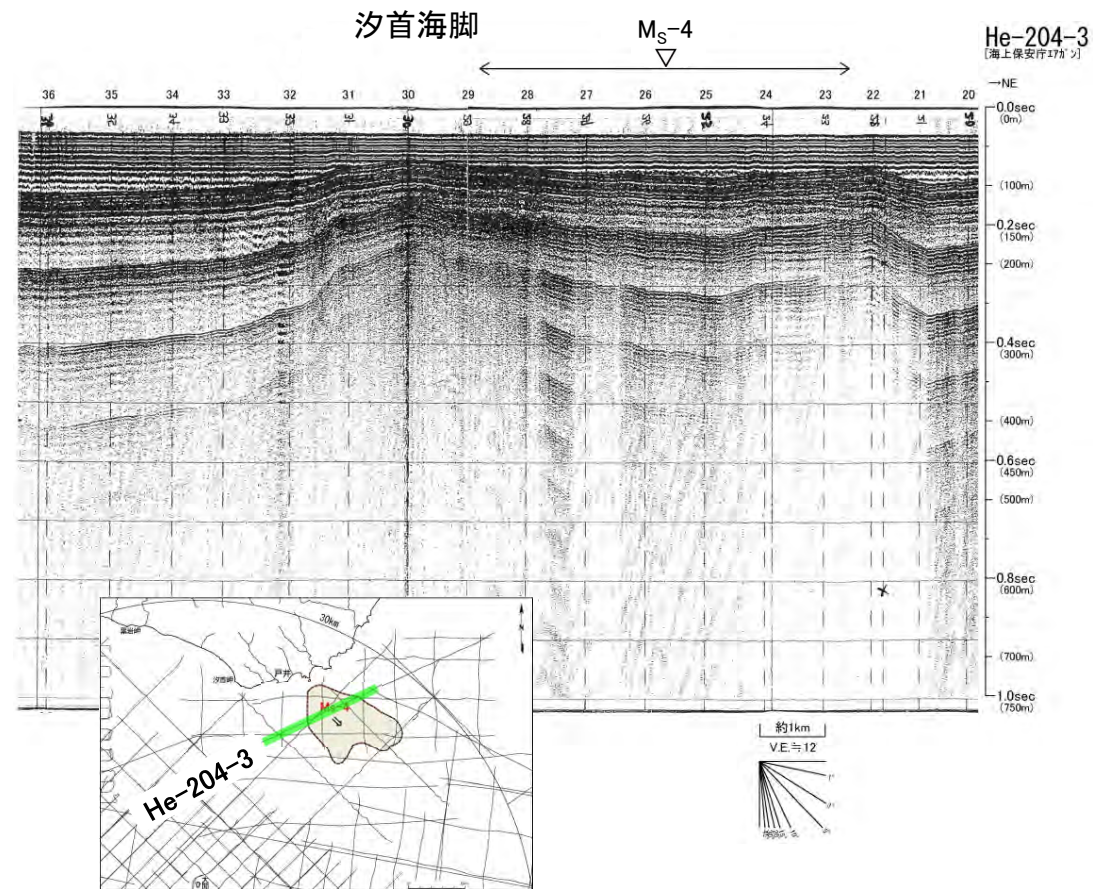
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₁ 層
	前期	B ₂ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
	先新第三紀	



海底地すべり Ms-4

He-204-3測線(反射断面図・解釈断面図)

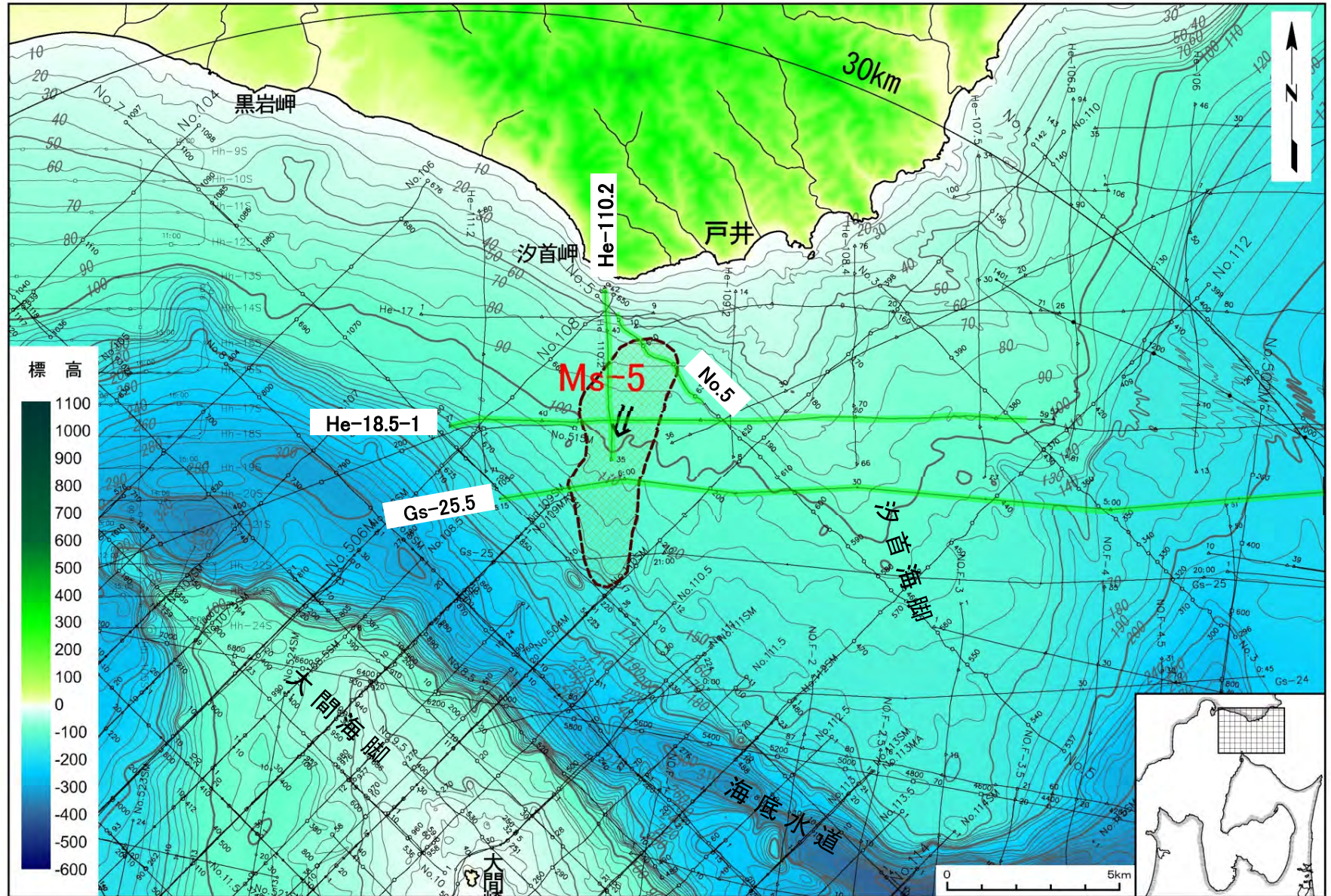


- 当該範囲は、E層が広く海底面に露出しており、E層上面はおおむね平坦である。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層	
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		中新世	E層
先新第三紀			



海底地すべり Ms-5

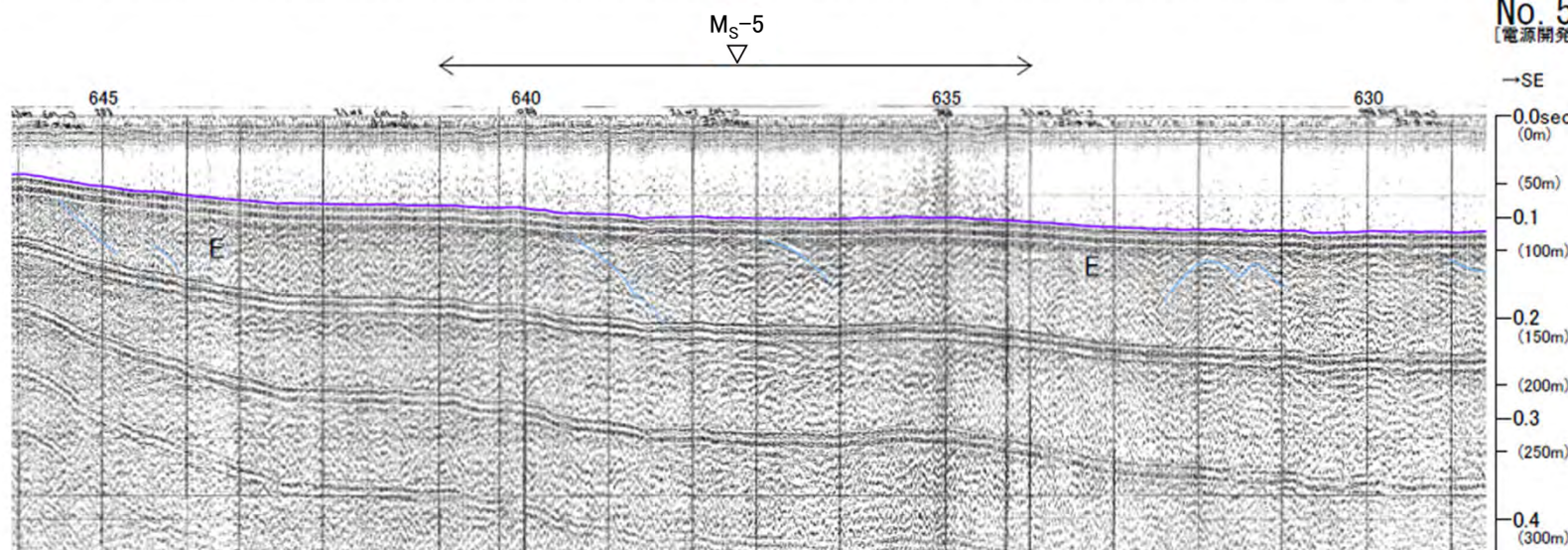
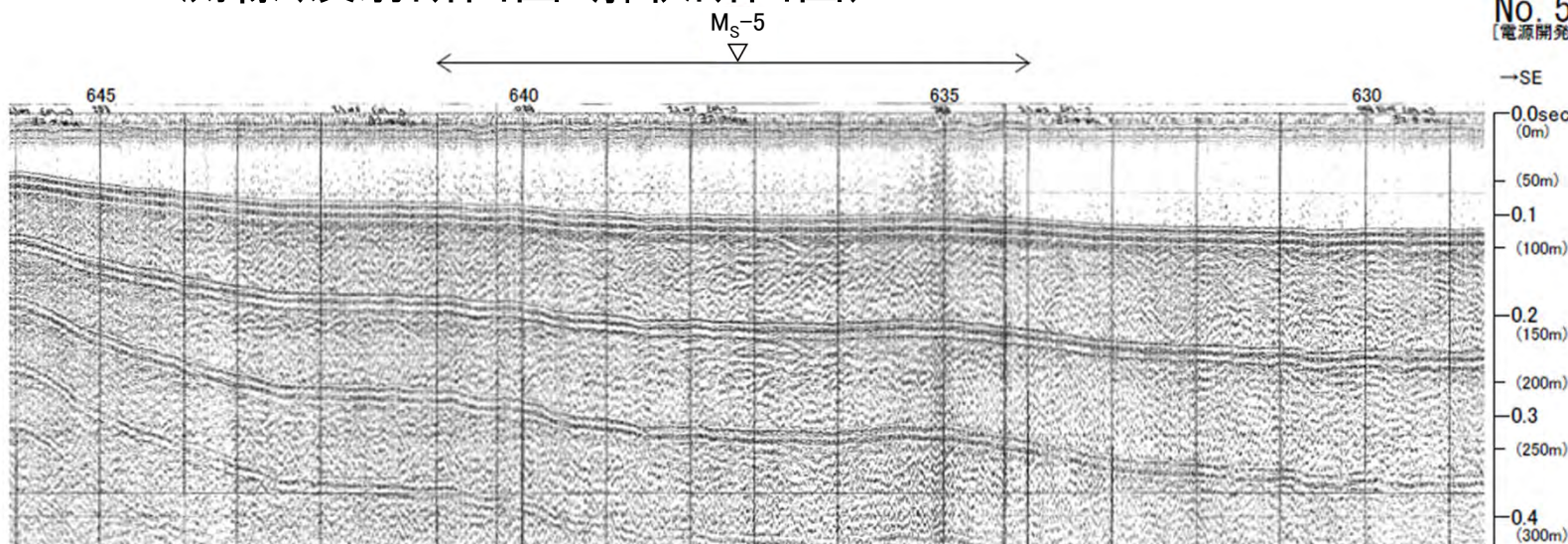


音波探査記録
の添付範囲

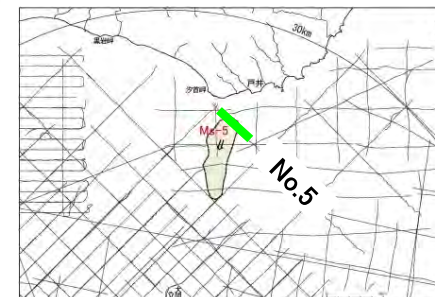


海底地すべり Ms-5

No.5測線(反射断面図・解釈断面図)



No. 5
[電源開発株式会社-カ-]



地質時代		数地前面海域	
第四紀	完新世	A層	B ₁ 層
	後期	B層	B ₂ 層
	中期	B層	B ₃ 層
第四紀	前期	C層	
	鮮新世	D層	
第三紀	中新世	E層	
先第三紀			

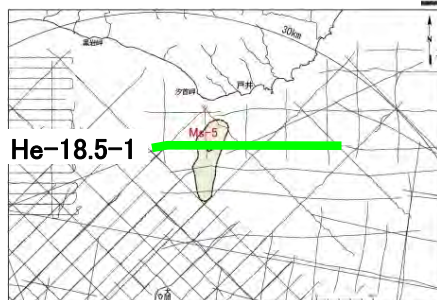
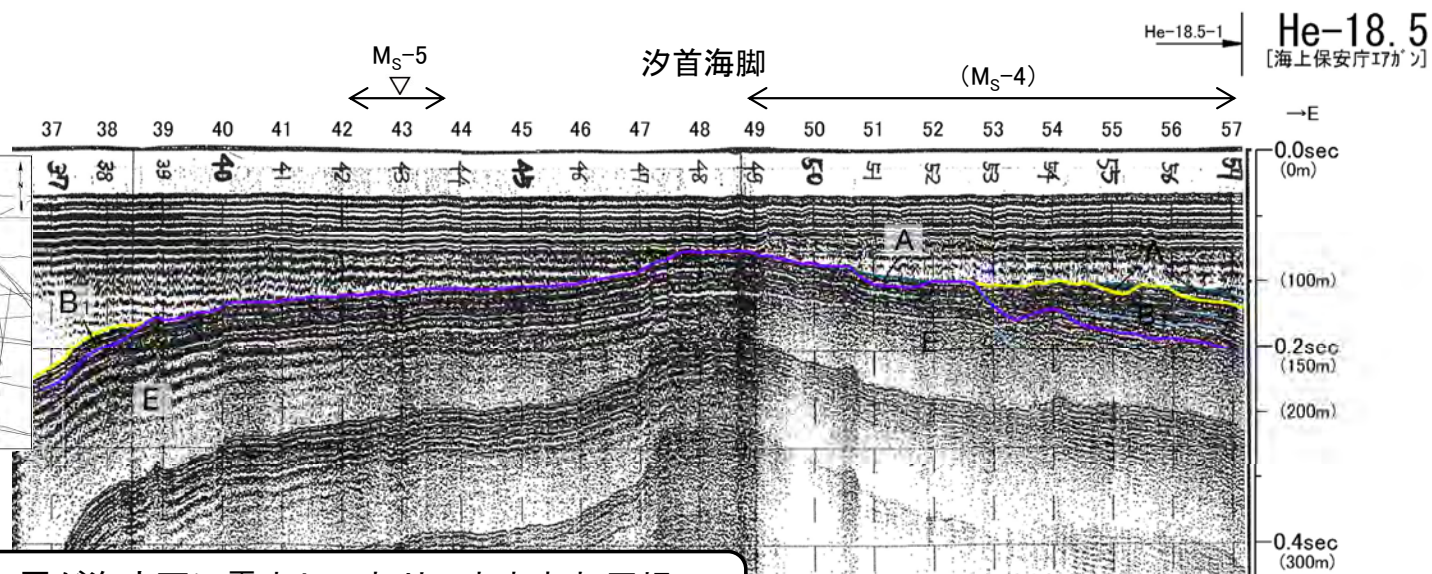
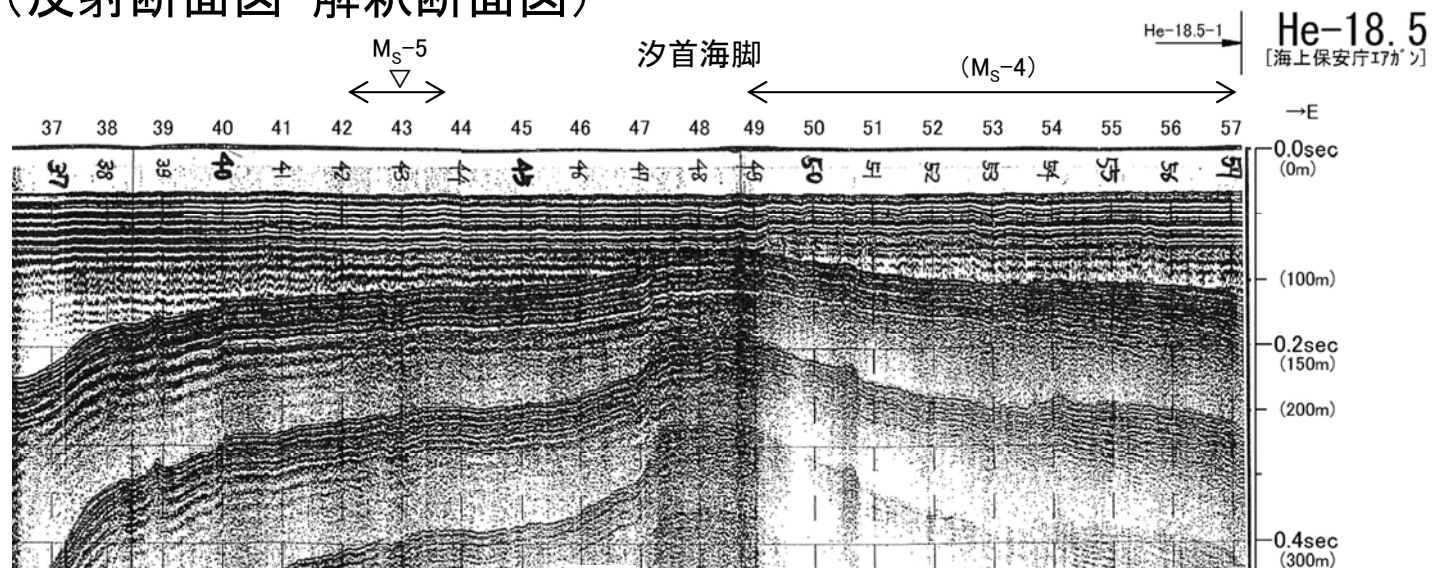
- 当該範囲は、E層が海底面に露出し、おおむね平坦である。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲



海底地すべり Ms-5

He-18.5-1測線(反射断面図・解釈断面図)



地質時代		数地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
先新第三紀	中新世	E層

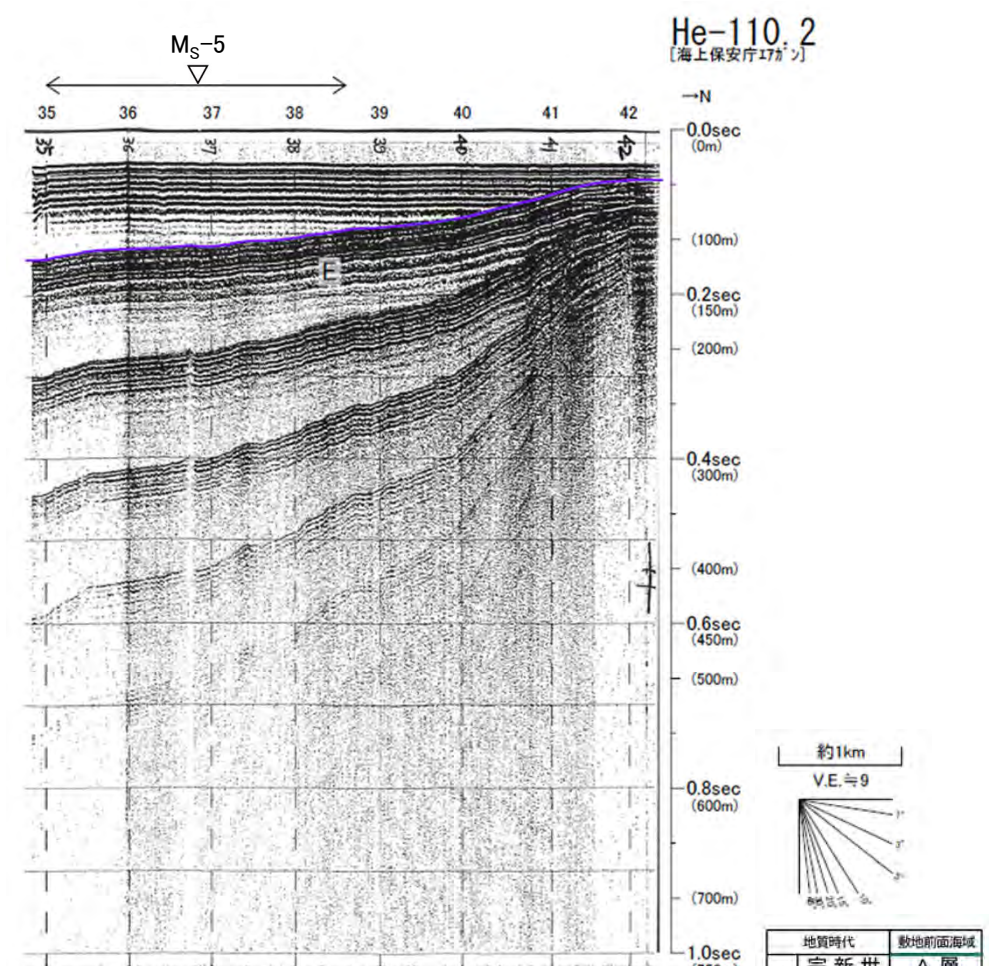
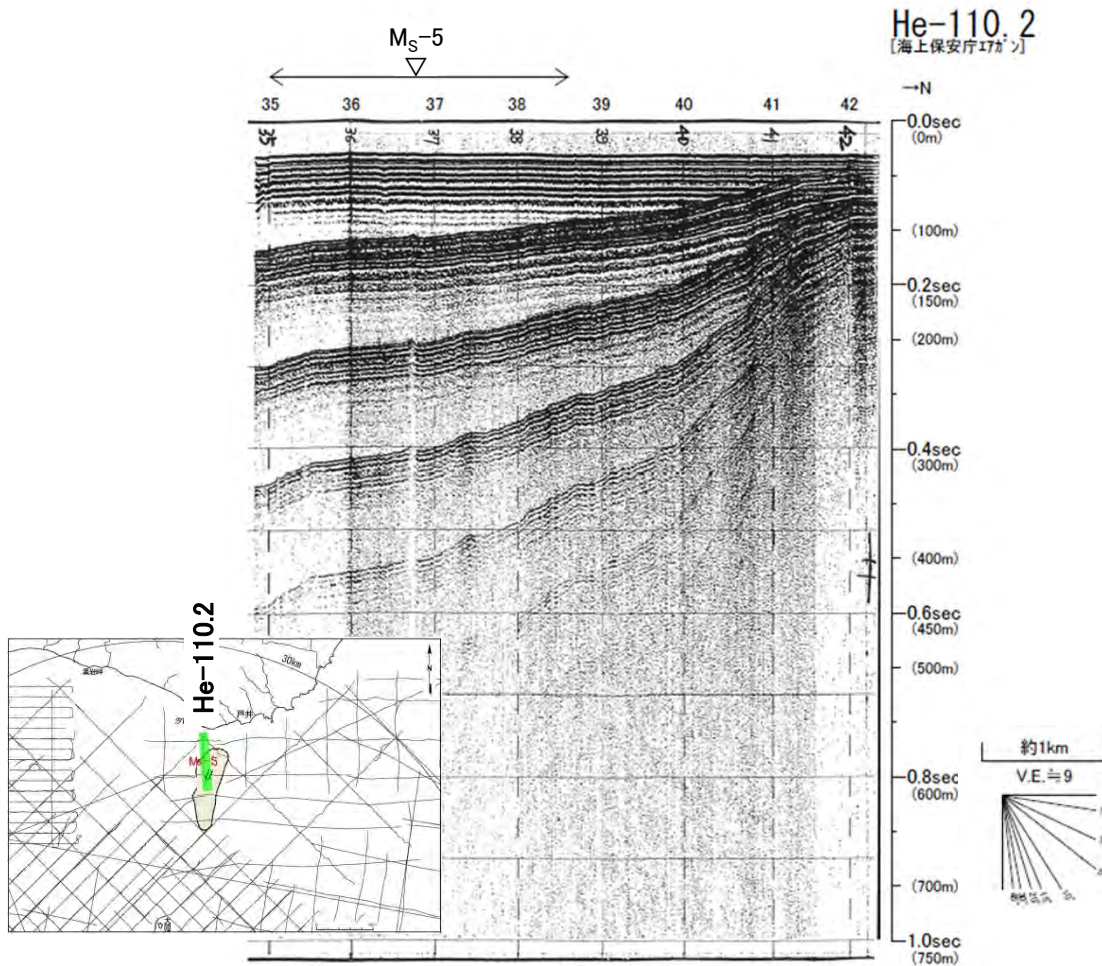
- 当該範囲は、E層が海底面に露出しており、おおむね平坦である。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲



海底地すべり Ms-5

He-110.2測線(反射断面図・解釈断面図)



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

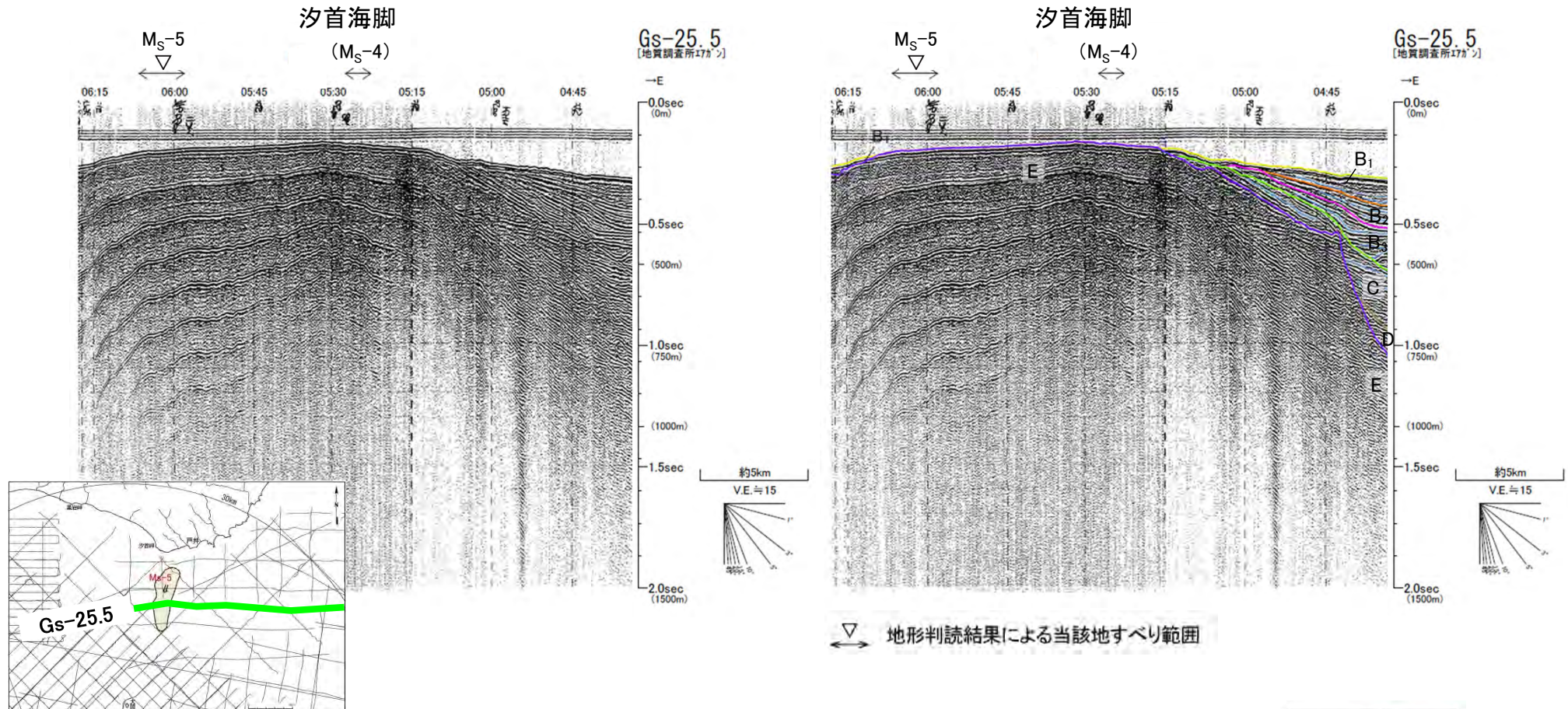
- 当該範囲は、E層が海底面に露出しており、おおむね平坦である。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。

地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₂ 層
	前期	C層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		



海底地すべり Ms-5

Gs-25.5測線(反射断面図・解釈断面図)



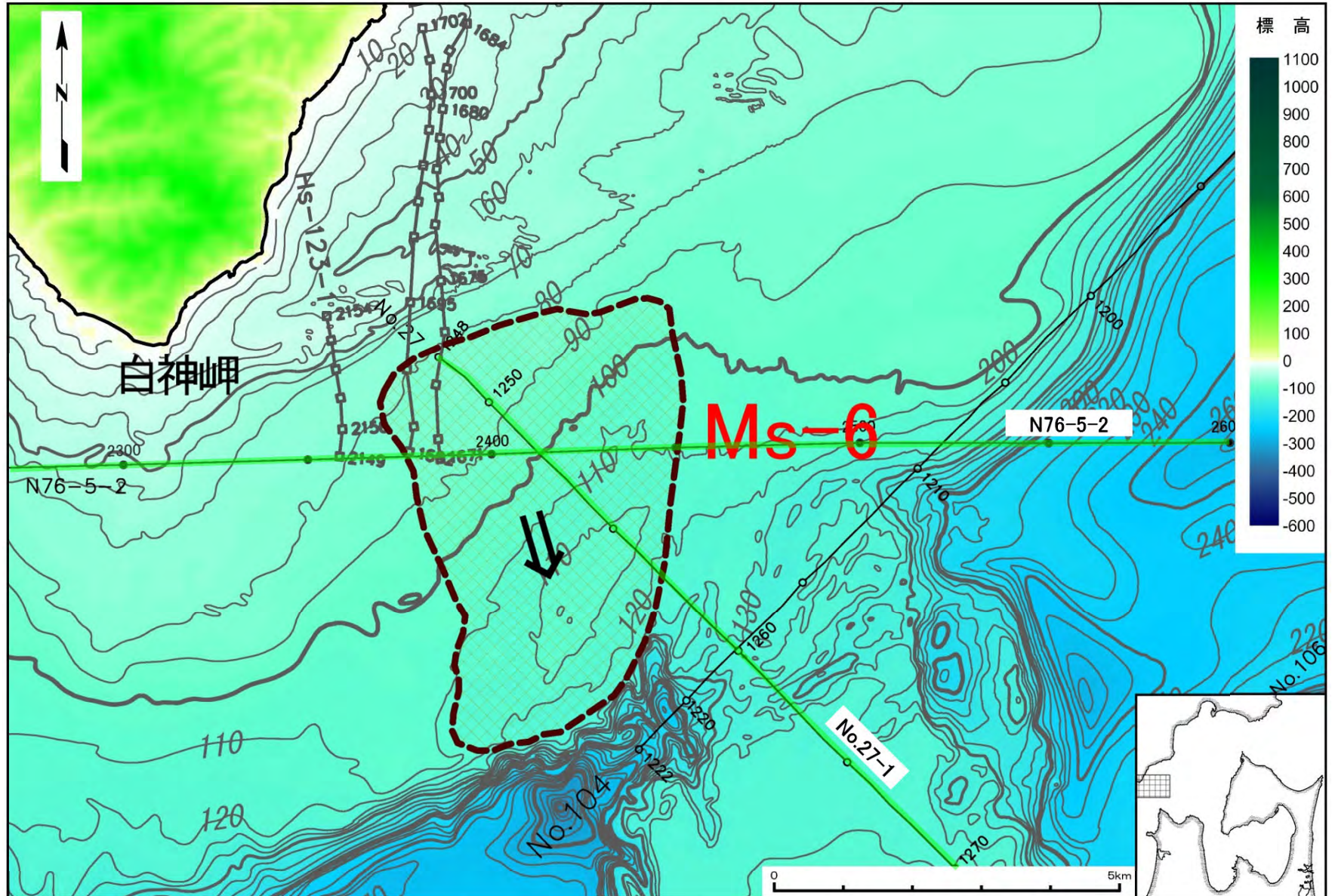
- 当該範囲は、E層が海底面に露出している。
- 海底面は緩やかに西側に傾斜するが、おおむね平坦である。
- 地すべりによるものと考えられる堆積構造は認められない。

地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		E層	
先新第三紀			

(余白)



海底地すべり Ms-6



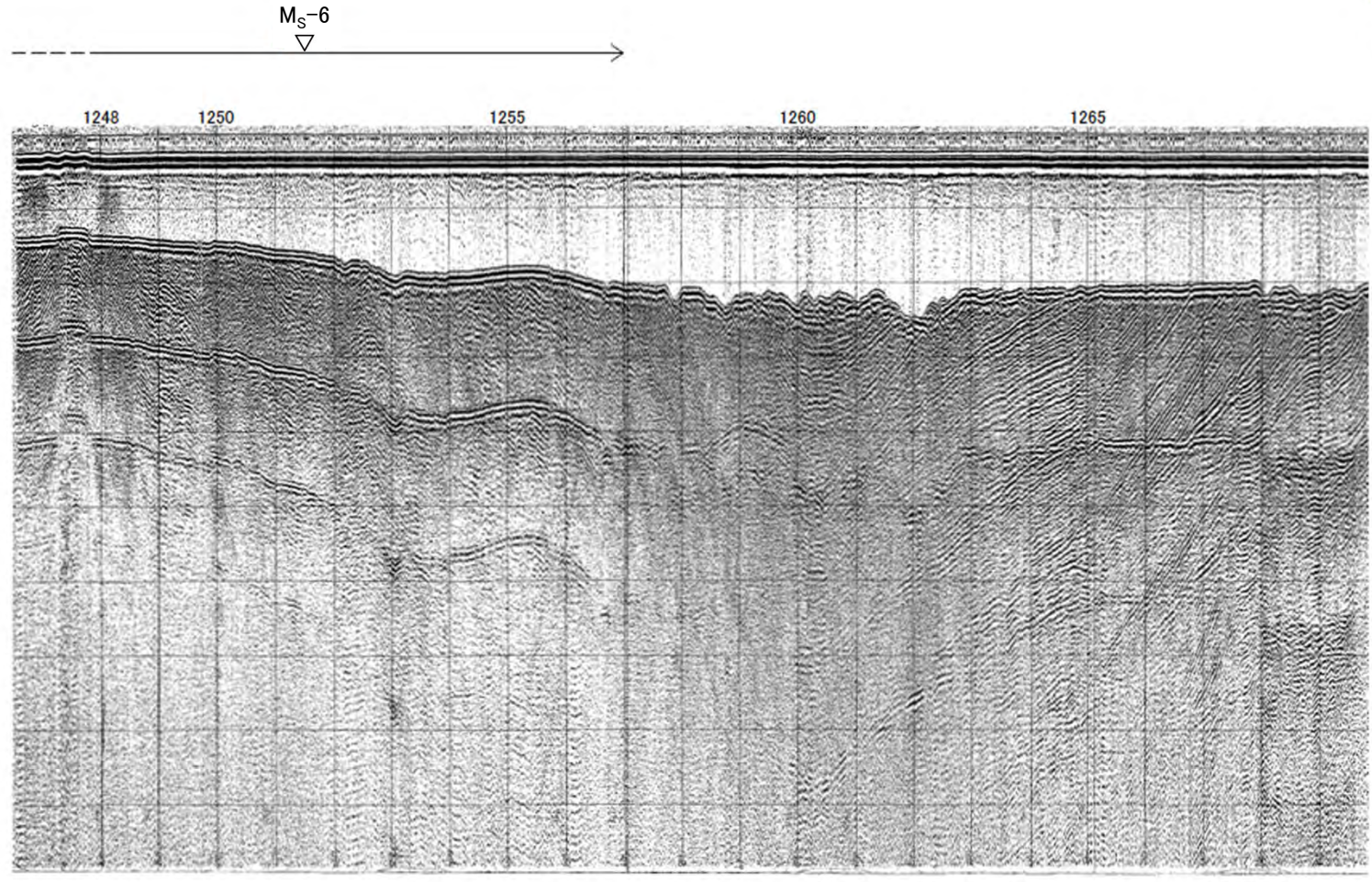
音波探査記録
の添付範囲





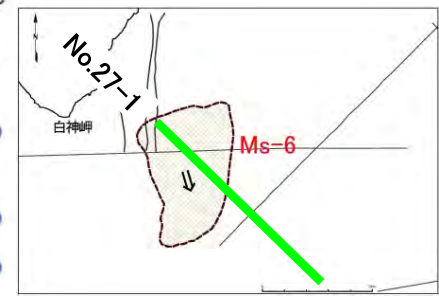
海底地すべり Ms-6

No.27-1測線(反射断面図)



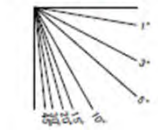
No. 27-1
[電源開発株式会社]

→SE



▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

約1km
V.E. ≒ 10



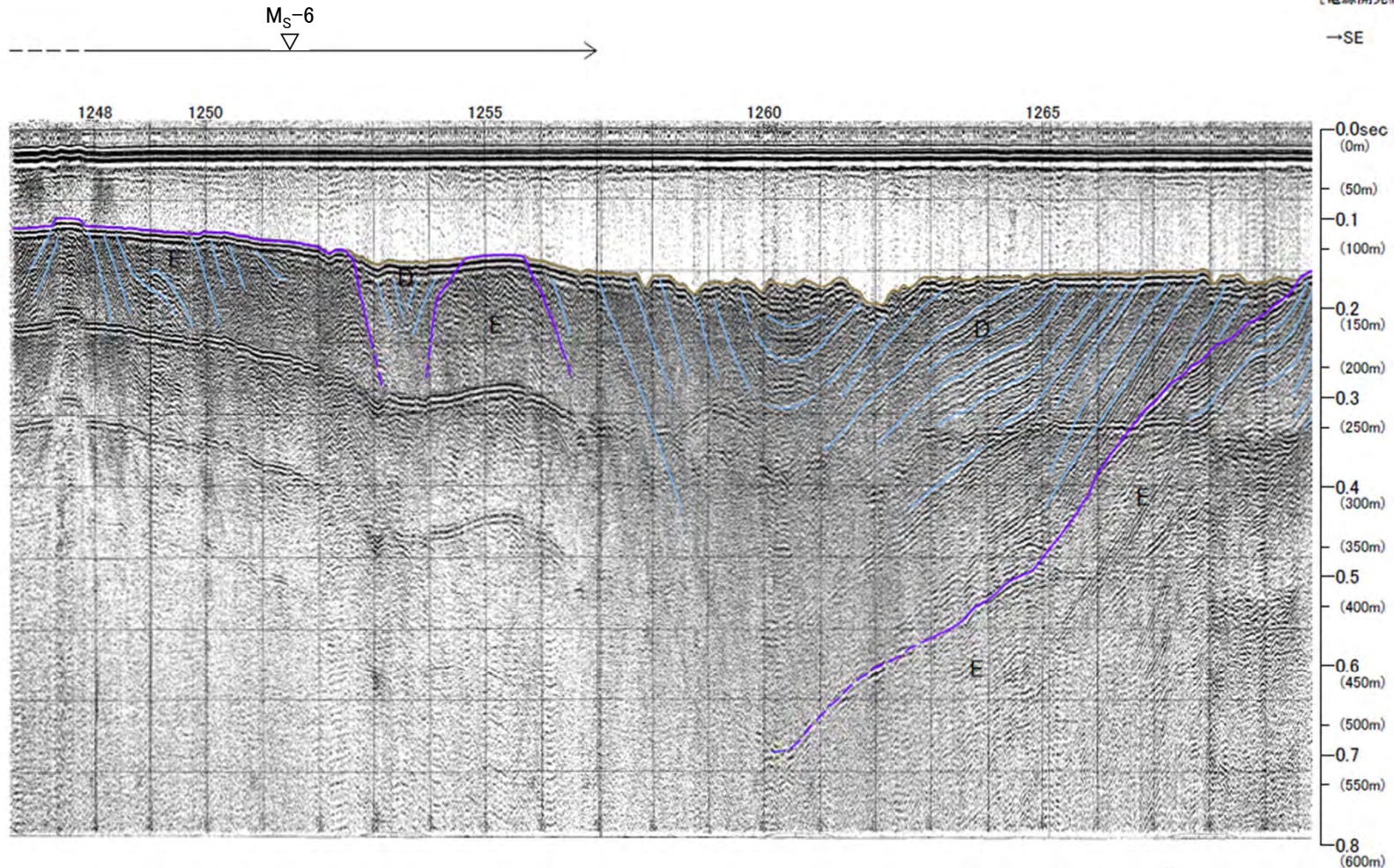


海底地すべり Ms-6

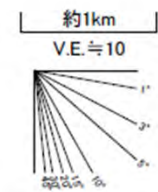
No.27-1測線(解釈断面図)

No. 27-1
[電源開発株式会社]-カ-

→SE



地質時代	数地断面海域	
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		



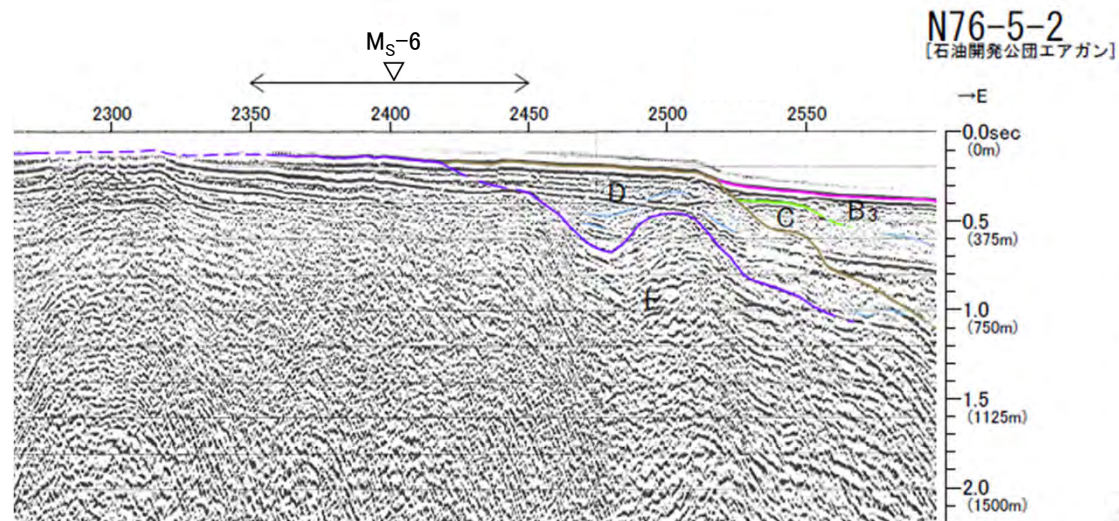
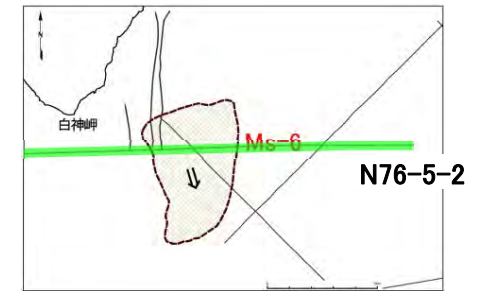
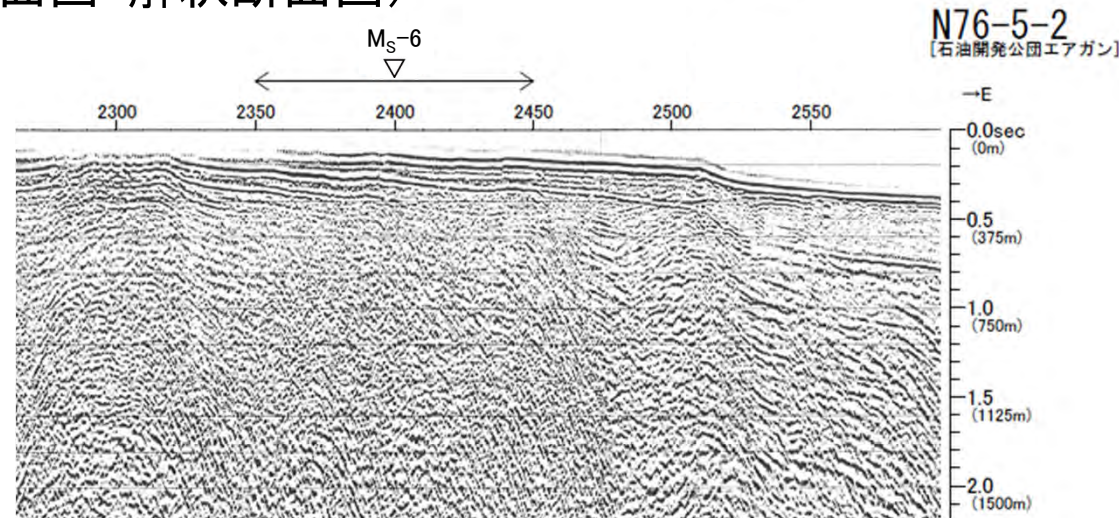
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲は、E層が広く海底面に露出している。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。



海底地すべり Ms-6

N76-5-2測線(反射断面図・解釈断面図)



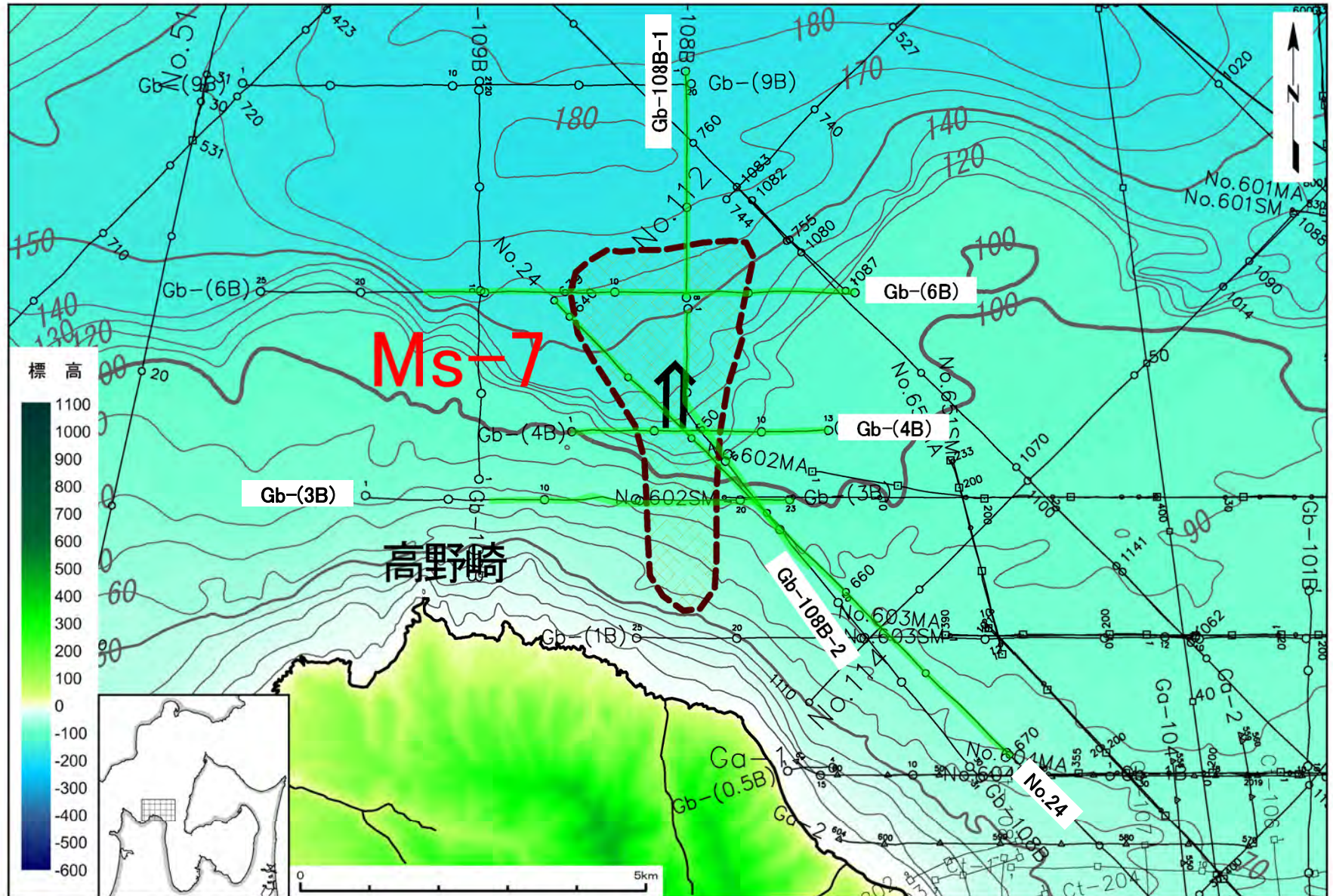
地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B層
	中期	B ₃ 層
	前期	C層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

- 当該範囲は、E層及びD層が広く海底面に露出している。
- 地すべりを示唆する堆積構造は認められない。



海底地すべり Ms-7

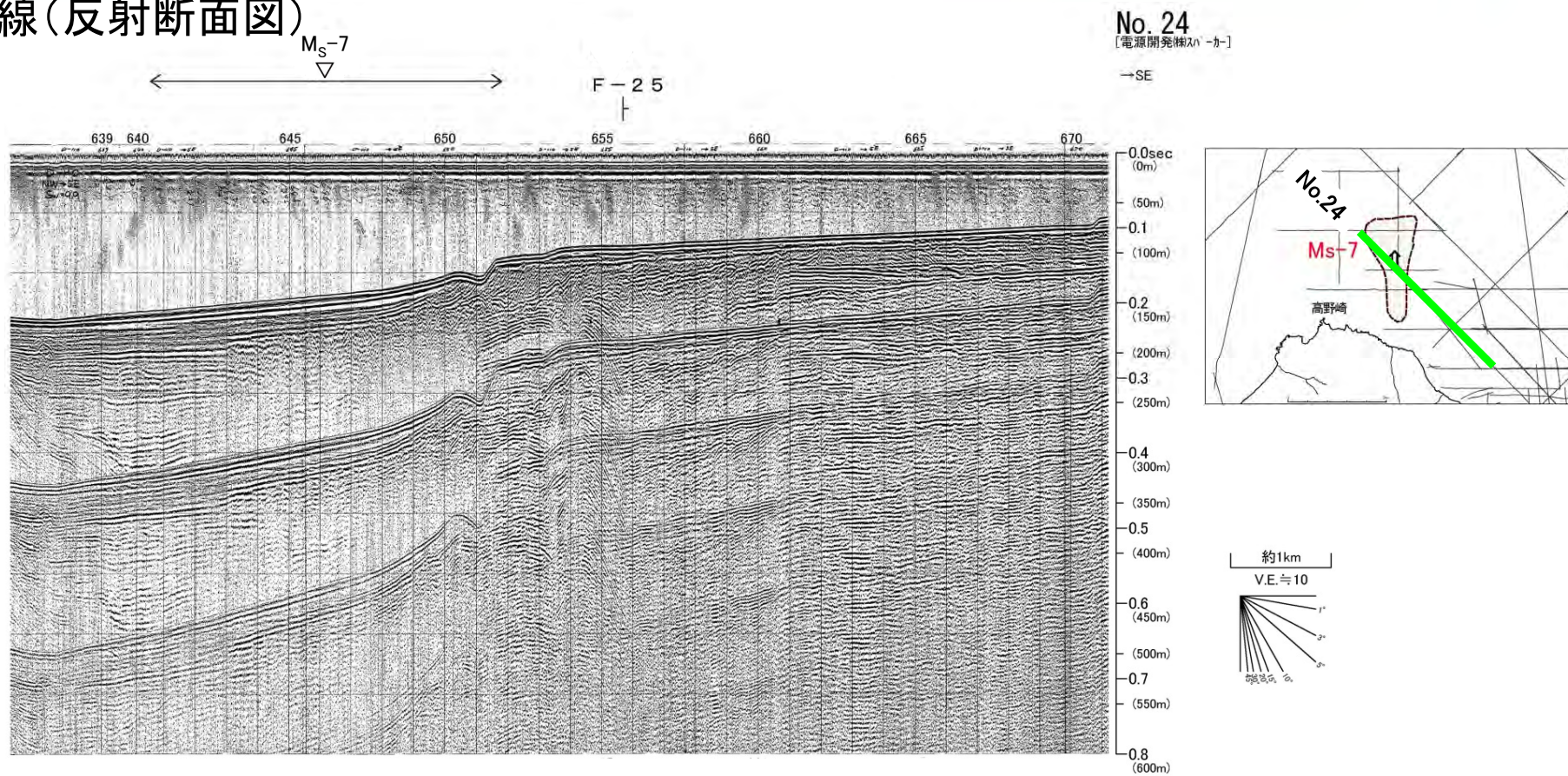


音波探査記録
の添付範囲



海底地すべり Ms-7

No.24測線(反射断面図)



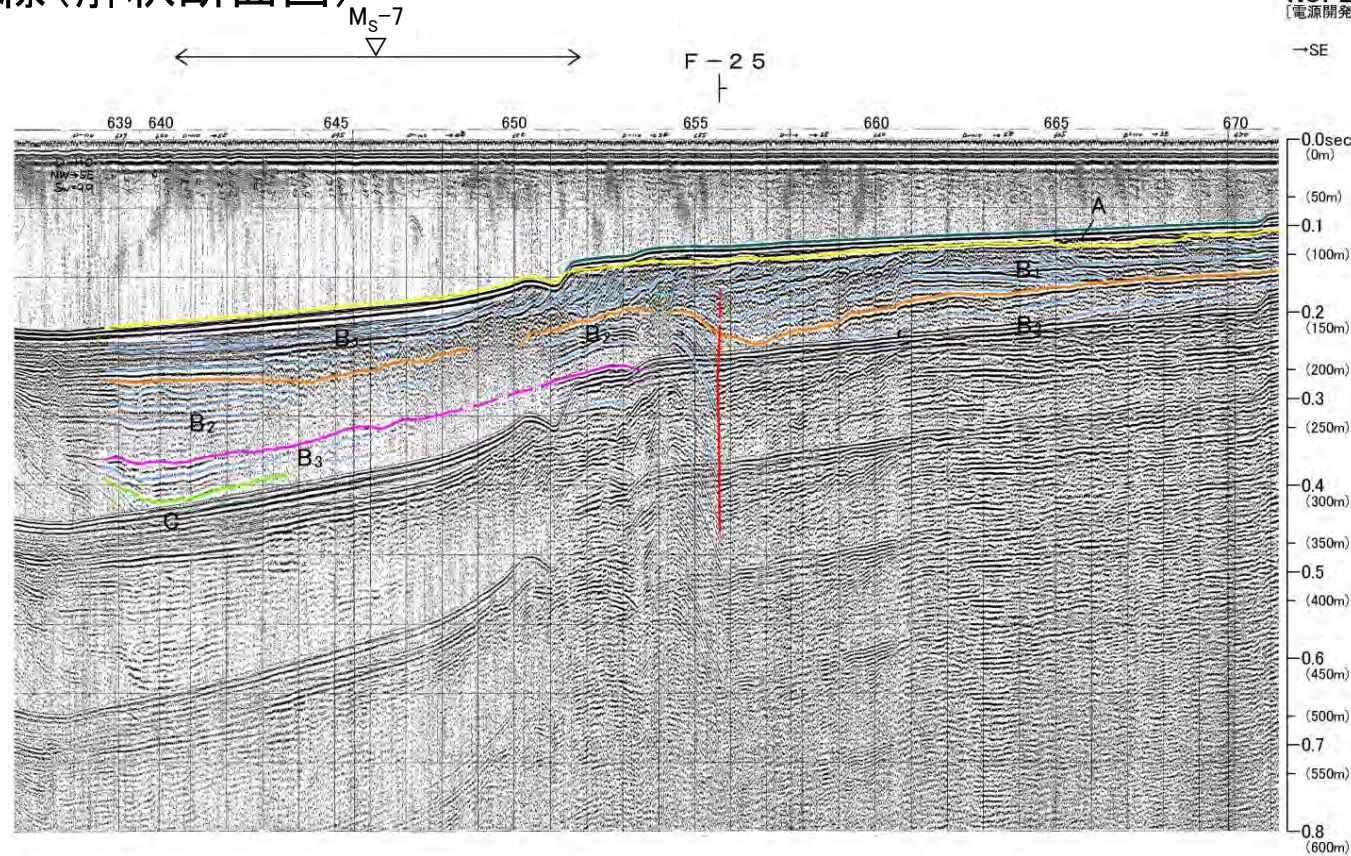
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲

┆ 解析結果による断層位置及び落下側



海底地すべり Ms-7

No.24測線(解釈断面図)

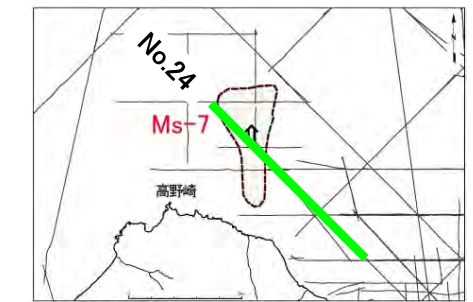


No. 24
[電源開発株式会社]
→SE

地質時代		数地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	後期	B ₁ 層	B ₂ 層
	中期	B ₂ 層	B ₃ 層
	前期	C層	
新第三紀	鮮新世	D層	
	中新世	E層	
先新第三紀			

- ▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲
- ↑ 解析結果による断層位置及び落下側
- ||| 上部更新統以上に変位(変形)が及ぶ断層

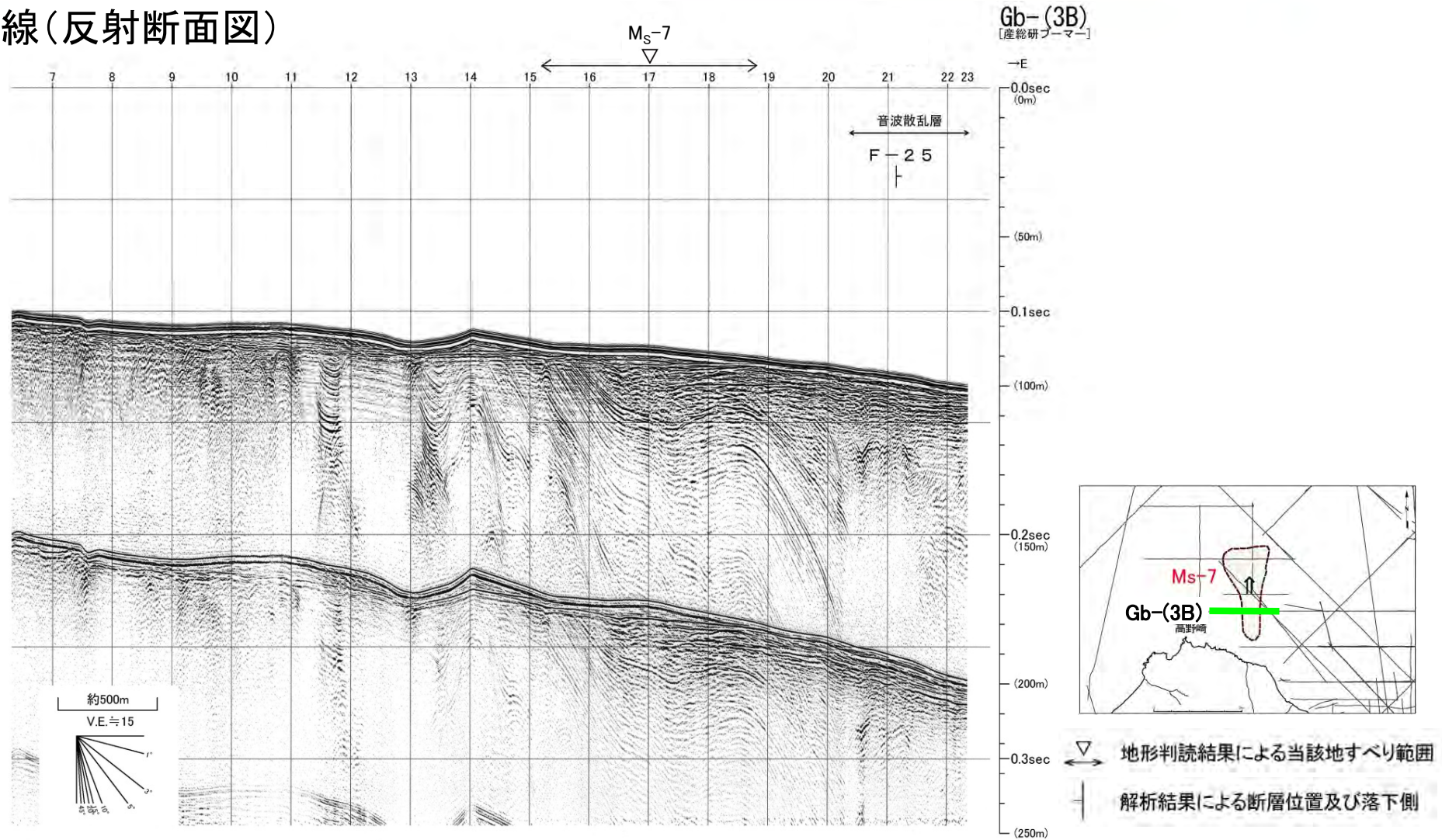
- B₁層が比較的厚く堆積し、北西に傾斜するプログラデーショ構造が認められ、水深約100mより浅い大陸棚では上位にA層が薄く分布する。
- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部に位置し、海底面は北西に向かって緩やかに傾斜する平坦面で、最上位のB₁層は平行な層理パターンを示し、乱れた層理パターンは認められない。
- 大陸棚縁辺部で認められる凹状地形は、底層流により形成された堆積構造あるいは海面低下時に形成された谷地形と考えられる。





海底地すべり Ms-7

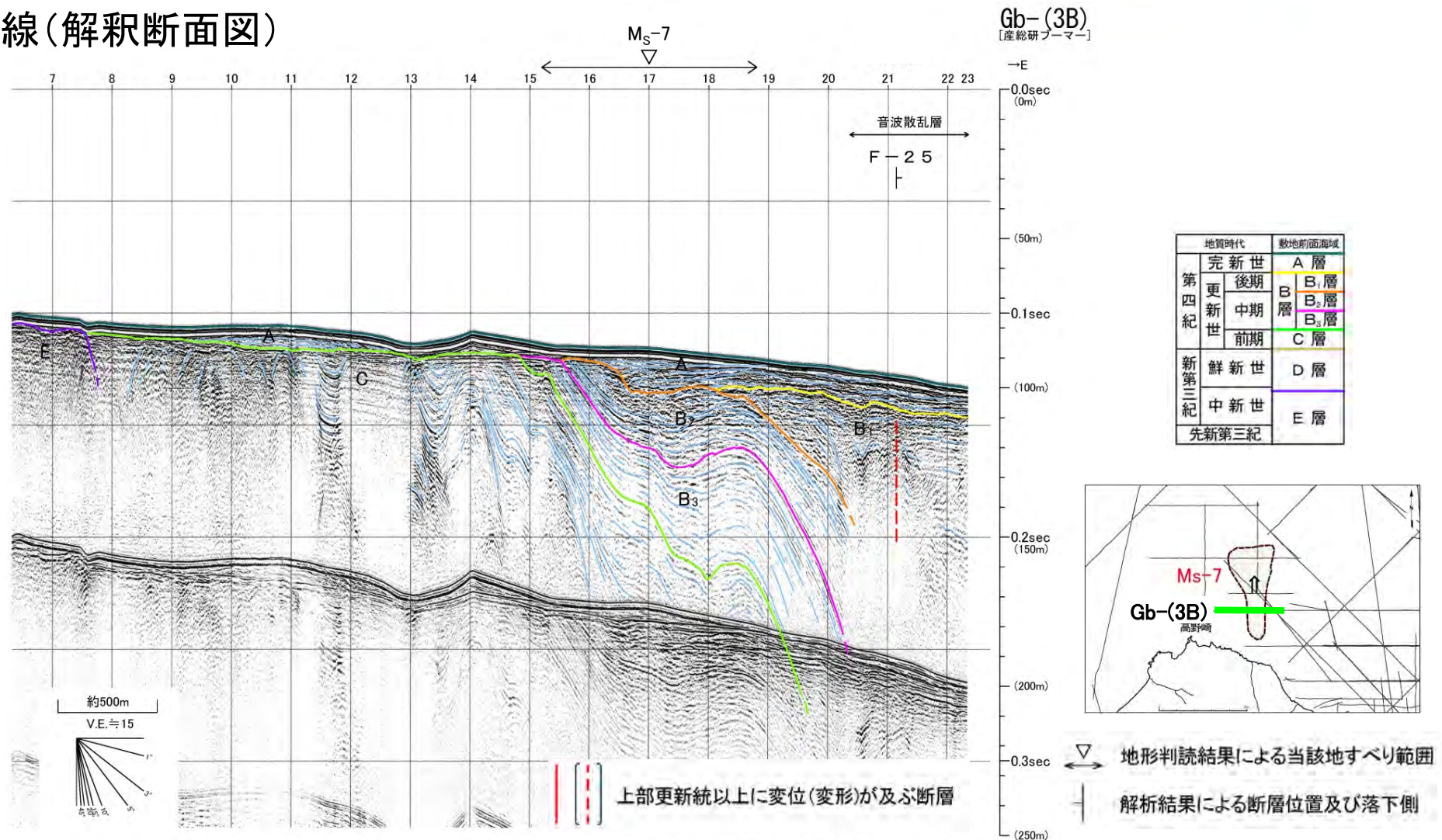
Gb-(3B)測線(反射断面図)





海底地すべり Ms-7

Gb-(3B)測線(解釈断面図)

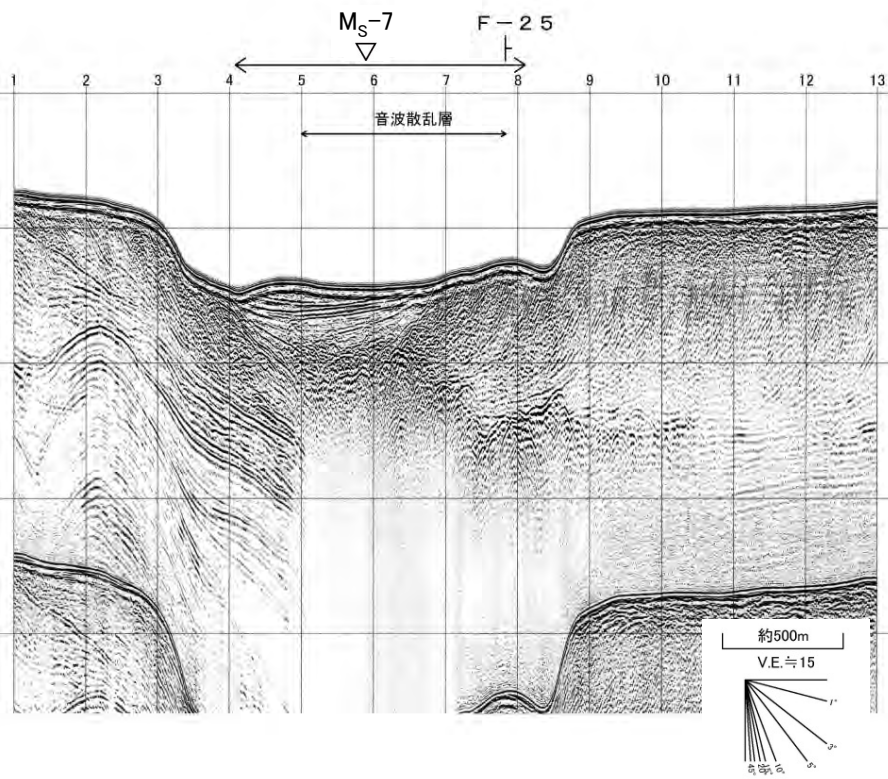


- 褶曲するC層からB₂層をB₁層及びA層が覆っている。
- 当該範囲の海底面はおおむね平坦で、最上位のA層もおおむね水平な平行層理パターンで下位層の凹部を埋めている。
- 地すべりによるものと考えられる堆積構造は認められない。

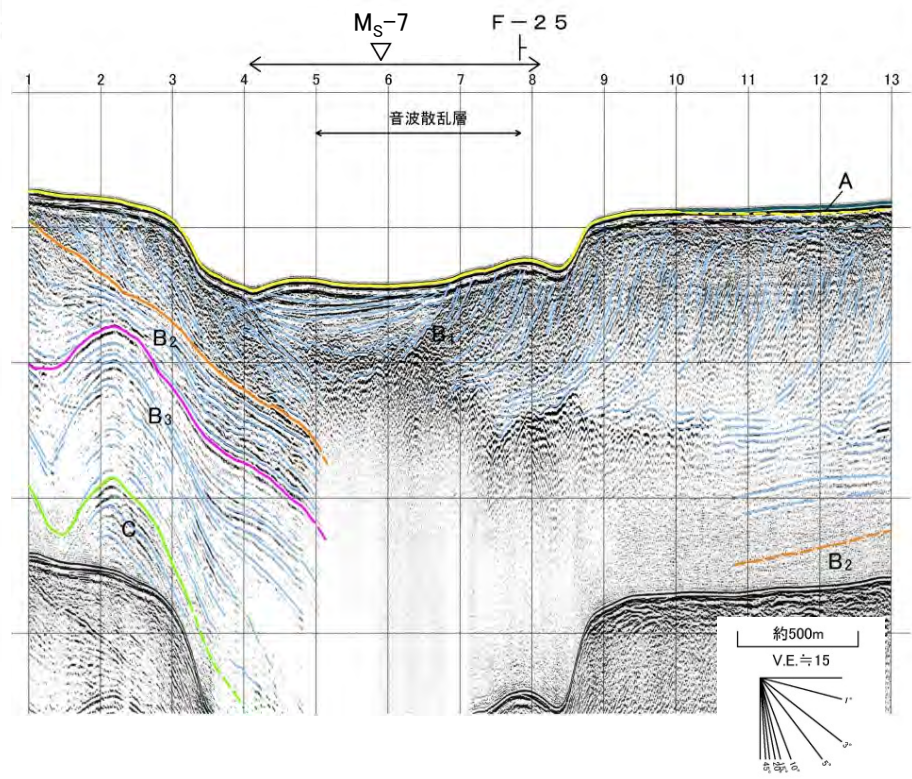


海底地すべり Ms-7

Gb-(4B)測線(反射断面図・解釈断面図)



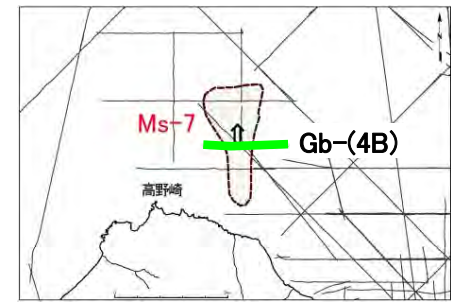
Gb-(4B)
[産総研フォーマット]



Gb-(4B)
[産総研フォーマット]

- B₁層が厚く堆積し、東から西に向かうプログラデーション構造が認められる。
- 当該範囲で認められる凹地形は、東側から発達してきたプログラデーション構造と津軽半島側の大陸棚沖合いの斜面にはさまれて形成されたものである。
- 当該範囲のB₁層上部は、連続性のよい層理パターンを示すことから、凹地形は地すべりによるものではないと考えられる。
- 大陸棚縁辺部で認められる凹状地形は、底層流により形成された堆積構造あるいは海面低下時に形成された谷地形と考えられる。

▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲
+ 解析結果による断層位置及び落下側



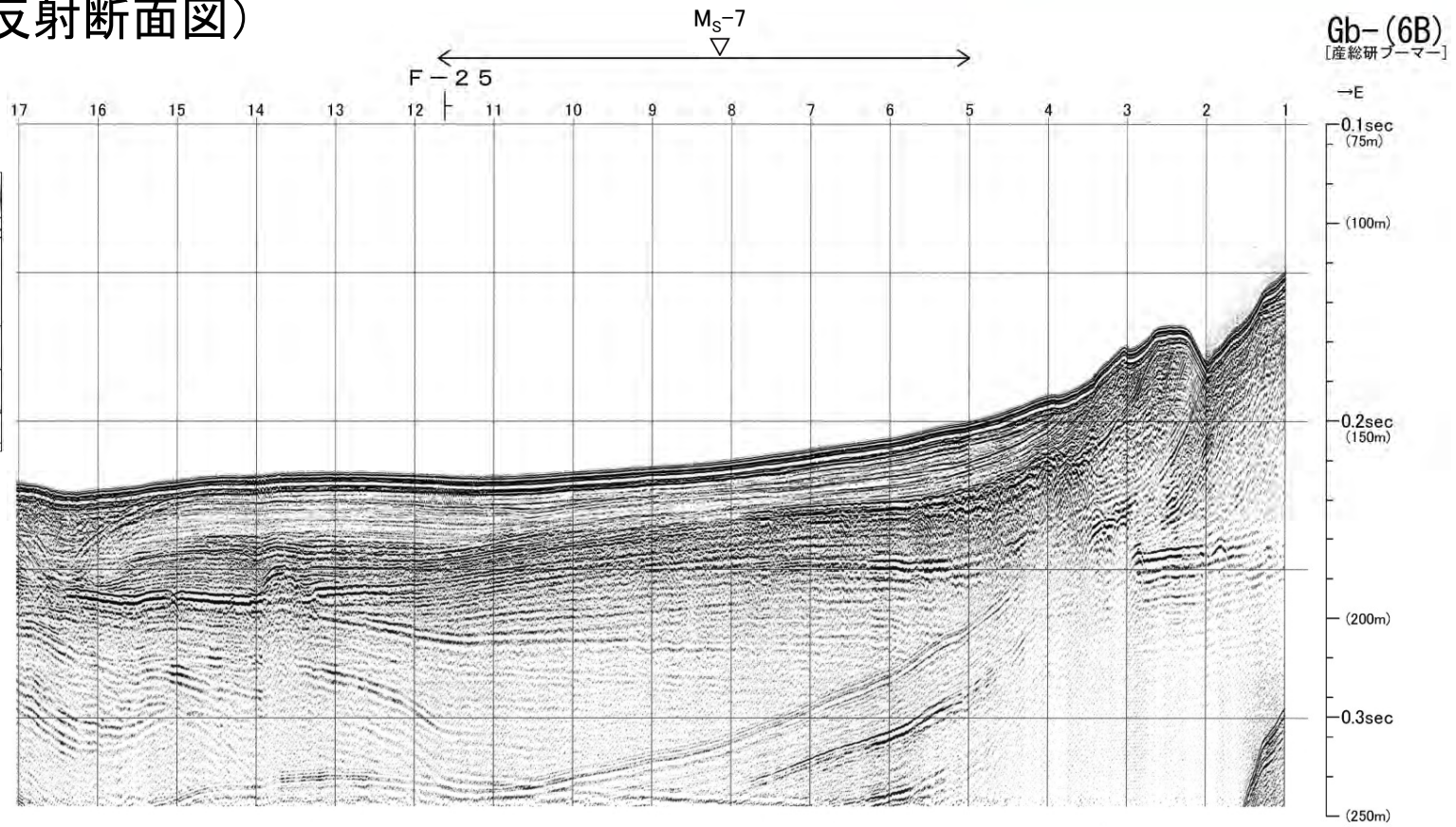
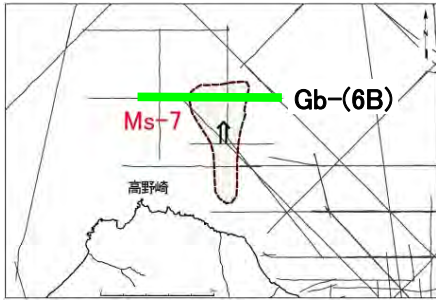
地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
			E層
先第三紀			

(余白)

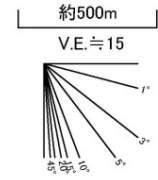


海底地すべり Ms-7

Gb-(6B)測線(反射断面図)



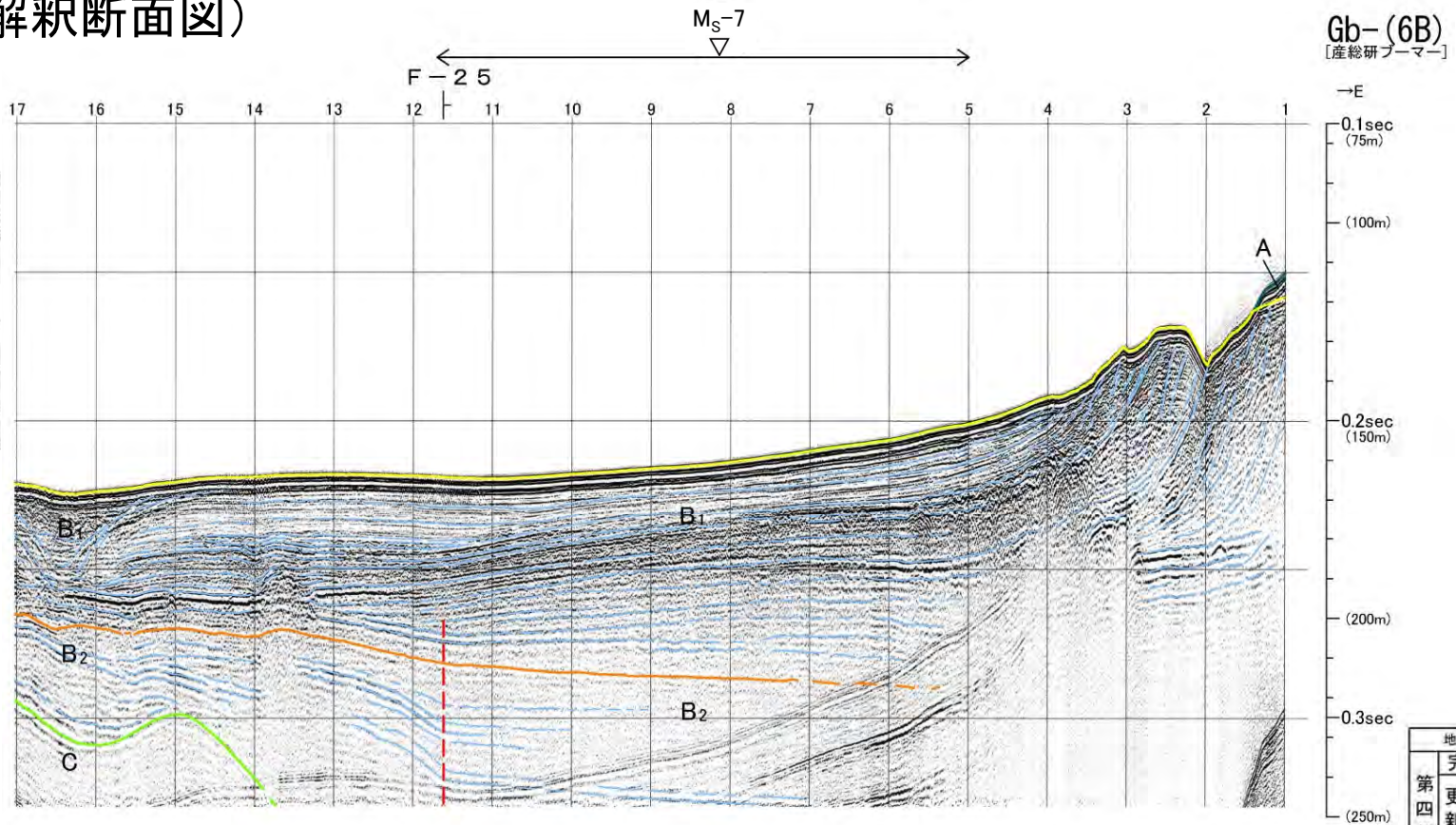
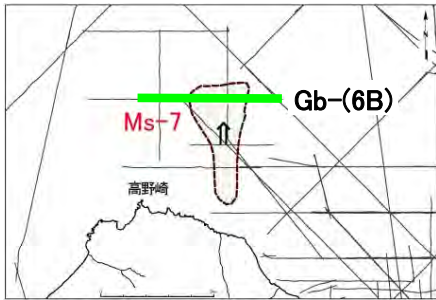
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲
| 解析結果による断層位置及び落下側



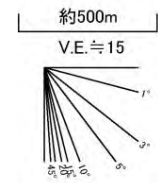


海底地すべり Ms-7

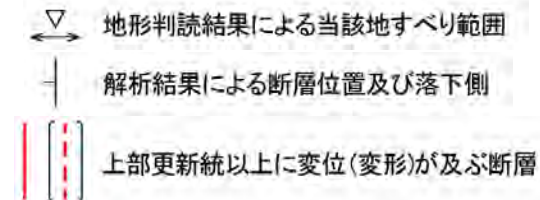
Gb-(6B)測線(解釈断面図)



地質時代		数地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		E層	
先新第三紀			



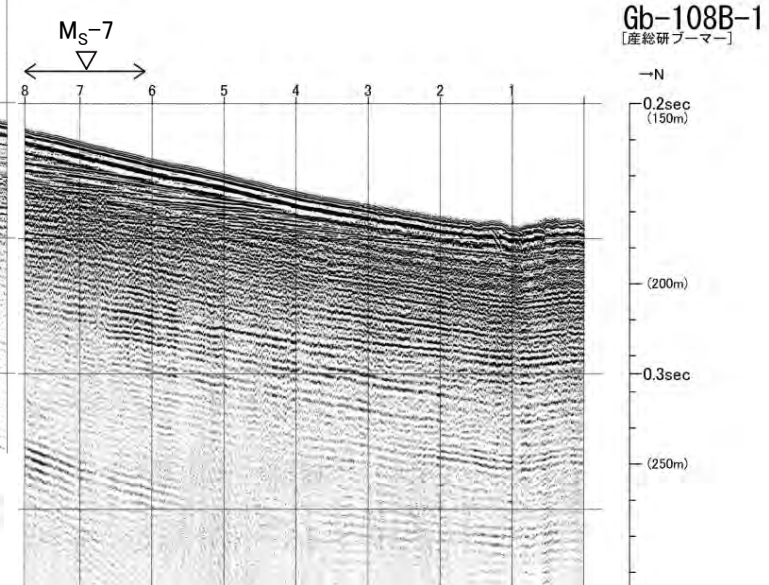
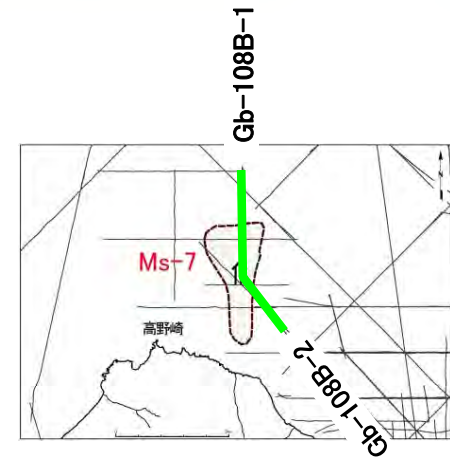
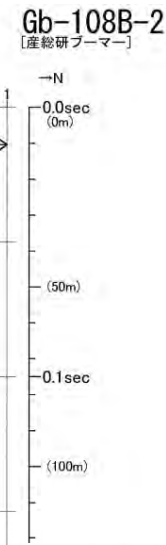
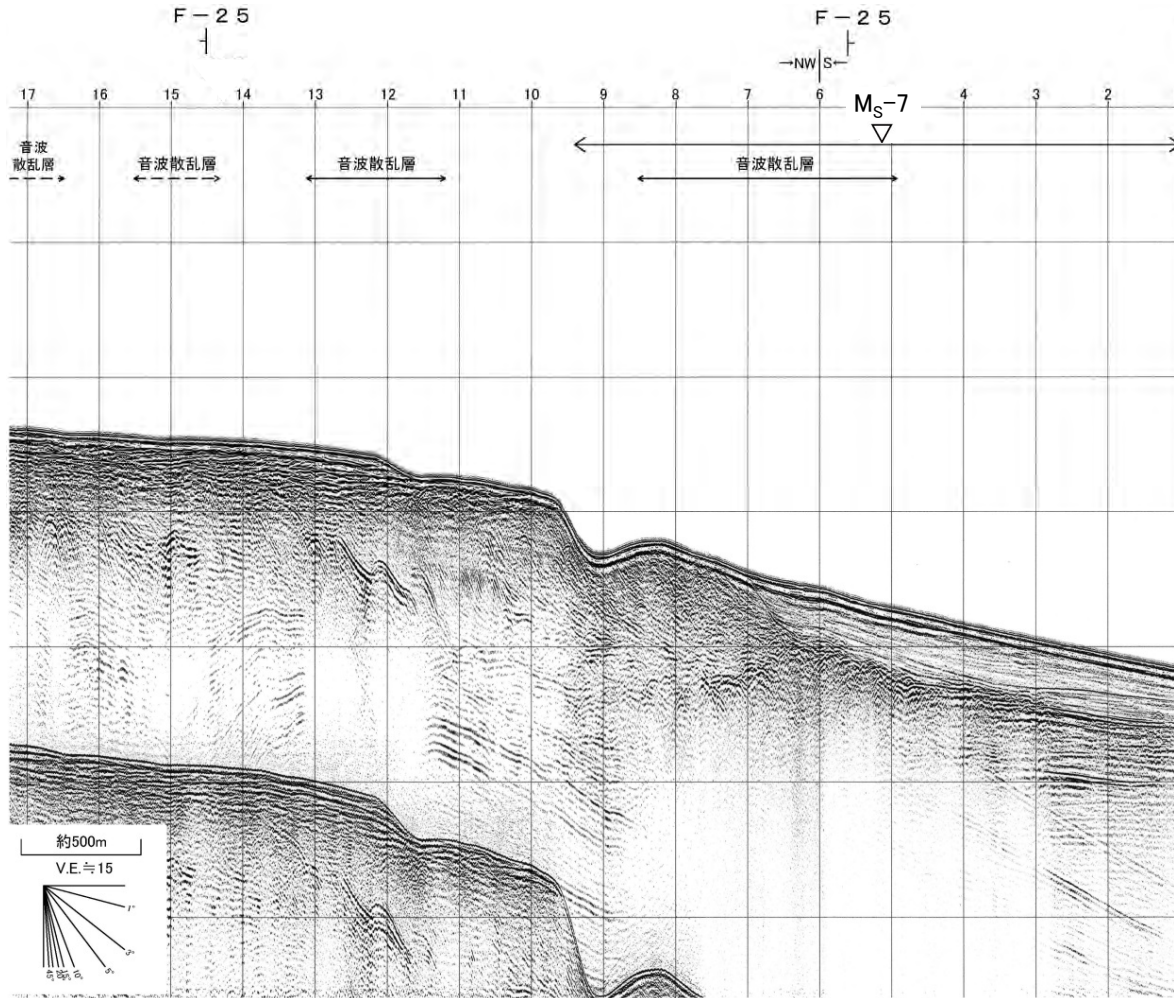
- 最上位のB₁層が厚く堆積し、東から西に向かうプログラデーション構造が認められる。
- 当該範囲では、海底面は西に向かって緩く傾斜し、最上位のB₁層は平行な層理パターンを示す。
- 当該範囲には、地すべりによるものと考えられる堆積構造は認められない。
- なお、大陸棚縁辺部で認められる凹状地形は、底層流により形成された堆積構造あるいは海面低下時に形成された谷地形と考えられる。





海底地すべり Ms-7

Gb-108B-1及びGb-108B-2測線(反射断面図)

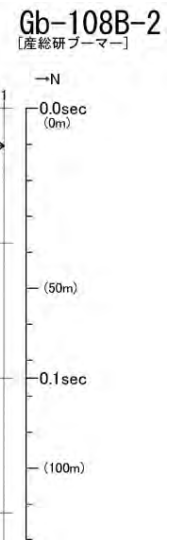
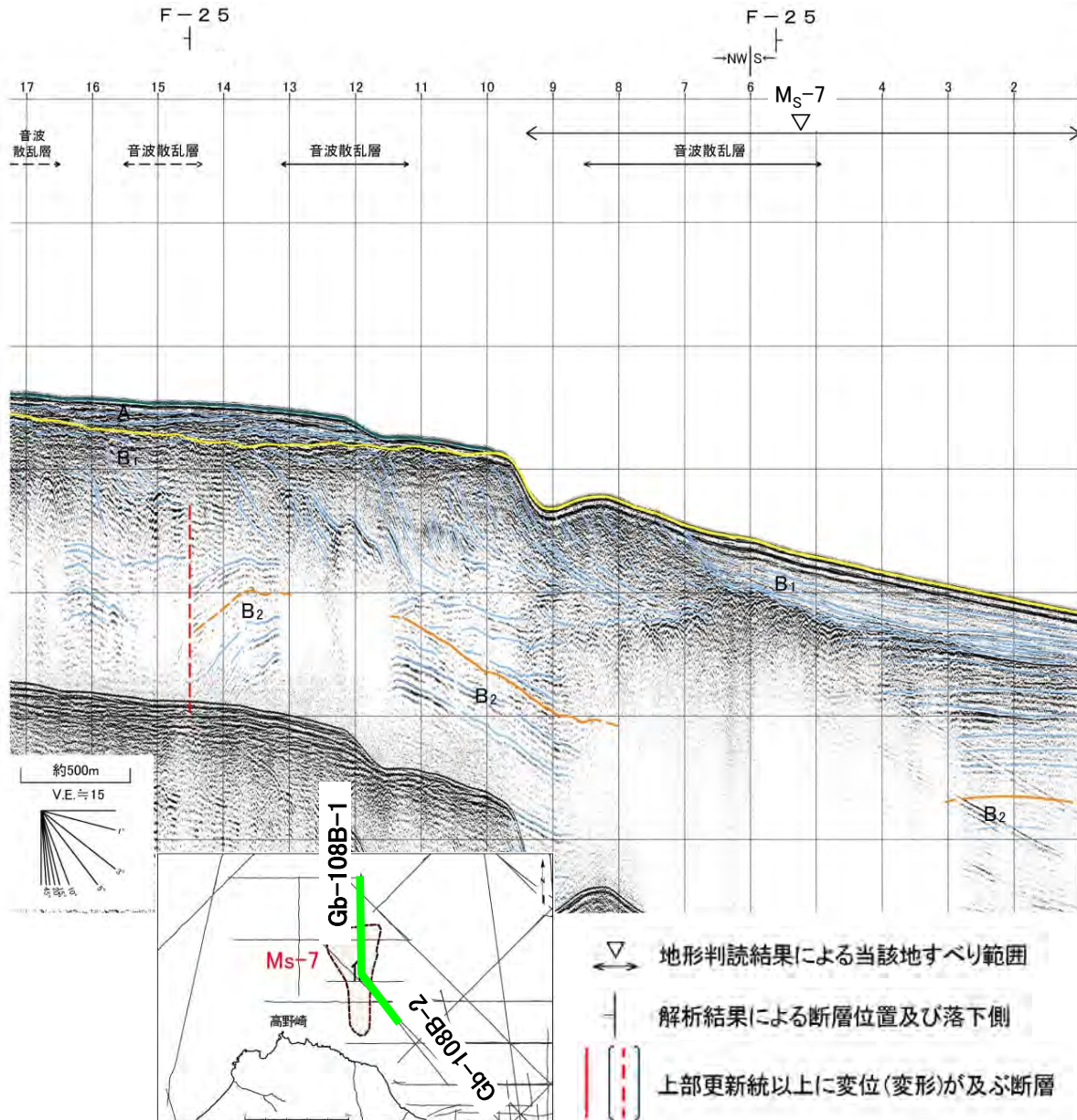


▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲
| 解析結果による断層位置及び落下側

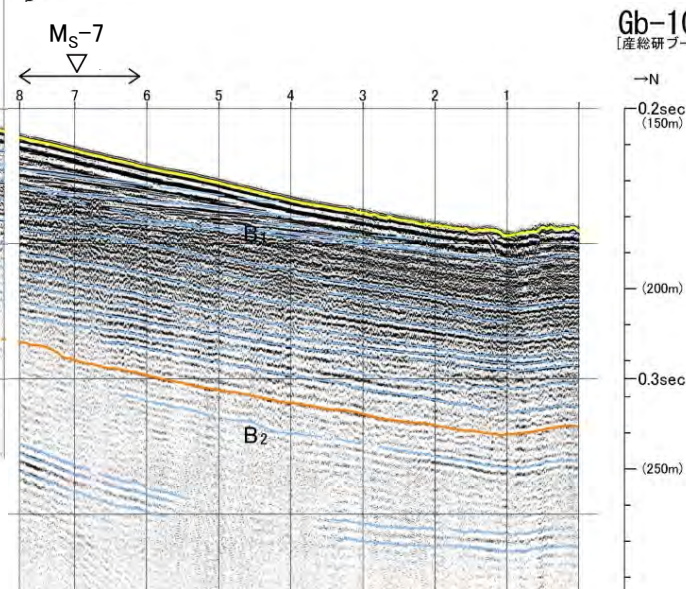


海底地すべり Ms-7

Gb-108B-1及びGb-108B-2測線(解釈断面図)



- B₁層が比較的厚く堆積し、北に傾斜するプログレッション構造が認められ、水深約100mより浅い大陸棚では上位にA層が薄く分布する。
- 当該範囲は、大陸棚沖合いの斜面上部に位置し、海底面は北に向かって緩やかに傾斜する平坦面で、最上位のB₁層はおおむね平行な層理パターンを示し、乱れた層理パターンは認められない。
- 大陸棚縁辺部で認められる凹状地形は、底層流により形成された堆積構造あるいは海面低下時に形成された谷地形と考えられる。



地質時代		数地前面海域
第四紀	完新世	A層
	更新世 後期	B ₁ 層
	更新世 中期	B ₂ 層
	更新世 前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層
	中新世	D層
		E層
先新第三紀		

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
- 8. 海底地すべりに起因する津波**
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定**
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (1 / 16)

第868回審査会合
資料2-2 P.268再掲

8.3-2



各海底地すべり地形について、崩壊量の算定に係る詳細情報を整理した。



8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (2 / 16)

検討対象海底地すべり地形の選定【ステップ3】：海底地すべり地形崩壊量算定フロー

- 抽出した発電所に影響のある津波を発生させる可能性がある海底地すべり地形 (Ms-1 ~ Ms-3) の崩壊量の算定については、以下の検討方針に基づき算定した。検討フローは以下のとおり。
 - ✓ 原則として、地すべり前地形を復元し、すべり面との差分から算定する。また、すべり面は保守側に乱れた地層の下限とする。
 - ✓ なお、音波探査記録で、すべり面が明瞭で、且つ削剥が殆ど認められず地すべり移動体が保存されている場合 (Ms-3) は、地すべり後の地形から算定する。

検討フロー

【ステップ3-1】：推定崩壊範囲（平面形状）の設定

・地形判読により海底地すべりの痕跡を抽出して設定

音波探査記録で、すべり面が明瞭で、且つ削剥が殆ど認められず地すべり移動体が保存されているか？

YES

Ms-1 (P. 8.3-4~P. 8.3-8参照)
Ms-2 (P. 8.3-9~P. 8.3-16参照)

Ms-3 (P. 8.3-17参照)

【ステップ3-2】：地すべり前地形（復元）の設定

NO

・現地地形から判読される凹み地形を埋め戻す等により地すべり前地形を再現して設定

【ステップ3-3】：すべり面の設定

・音波探査記録に明瞭なすべり面が認められる場合はすべり面を、一方、明瞭なすべり面が認められない場合は地層の乱れを地すべり土塊と想定し地すべり土塊の下限※を、それぞれすべり面に設定

※音波探査記録に乱れた地層の下限が認められない場合は、安全側の評価となるよう音波探査記録の地層境界をすべり面に設定。

【ステップ3-4】：崩壊量算定

・地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊として3D CADでモデル化して算定

【ステップ3-4'】：崩壊量算定

・崩壊後の地すべり移動体の面積を基に平均断面法により算定

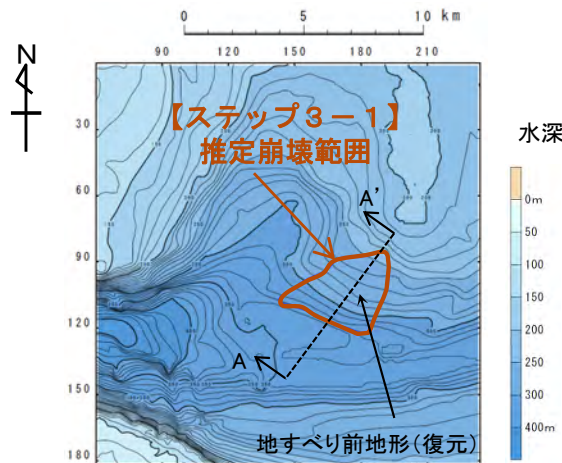


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (3 / 16)

海底地すべり地形 Ms-1

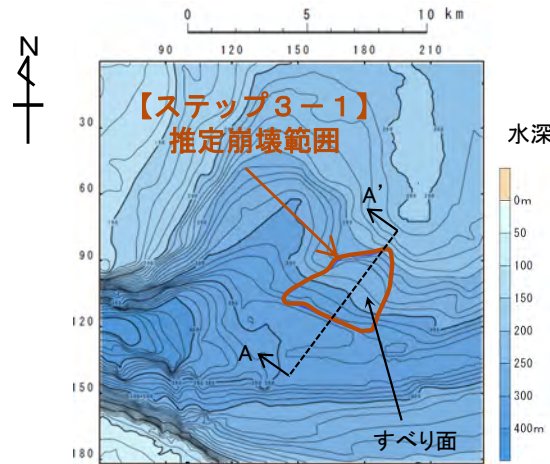
【ステップ3-1】 推定崩壊範囲（平面形状）は，地形判読により設定。（本編資料P.4.2-6参照）
 【ステップ3-2】 地すべり前地形（復元）は，現地形から判読される凹み地形を埋め戻す等により設定。
 【ステップ3-3】 すべり面は，音波探査記録からすべり面を読み取って設定。
 【ステップ3-4】 地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊としてモデル化し，土塊の体積を崩壊量として算定。

【ステップ3-2】



地形モデル(地すべり前地形(復元))

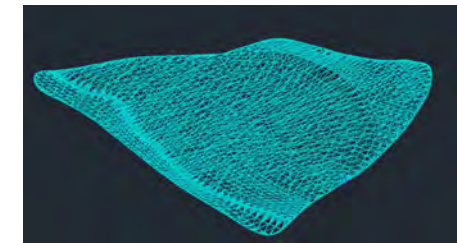
【ステップ3-3】



地形モデル(すべり面※1)

※1 : P.8.3-5 ~P.8.3-7参照。

【ステップ3-4】

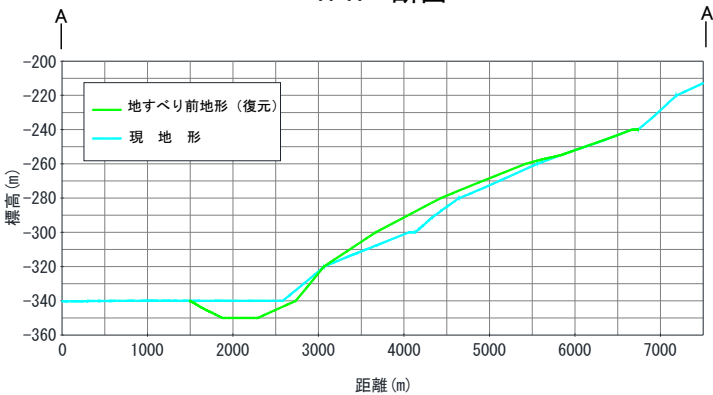


崩壊土塊(地すべり前地形-すべり面)

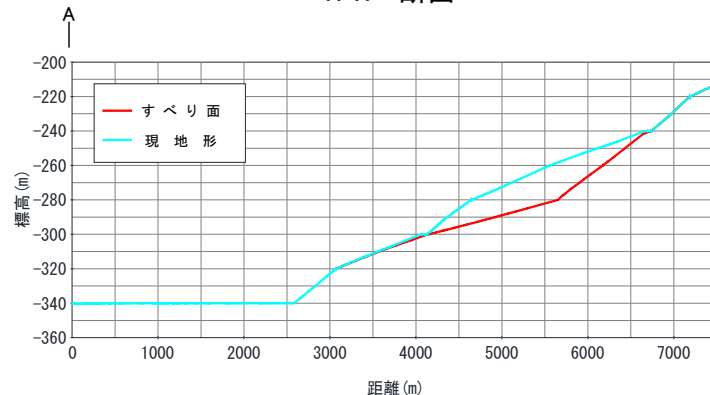
崩壊量: 0.09km³※2

※2: 3D CADにより崩壊量算定

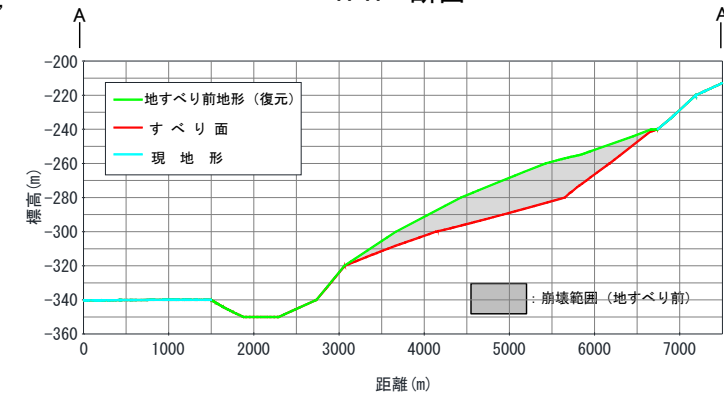
A-A' 断面



A-A' 断面



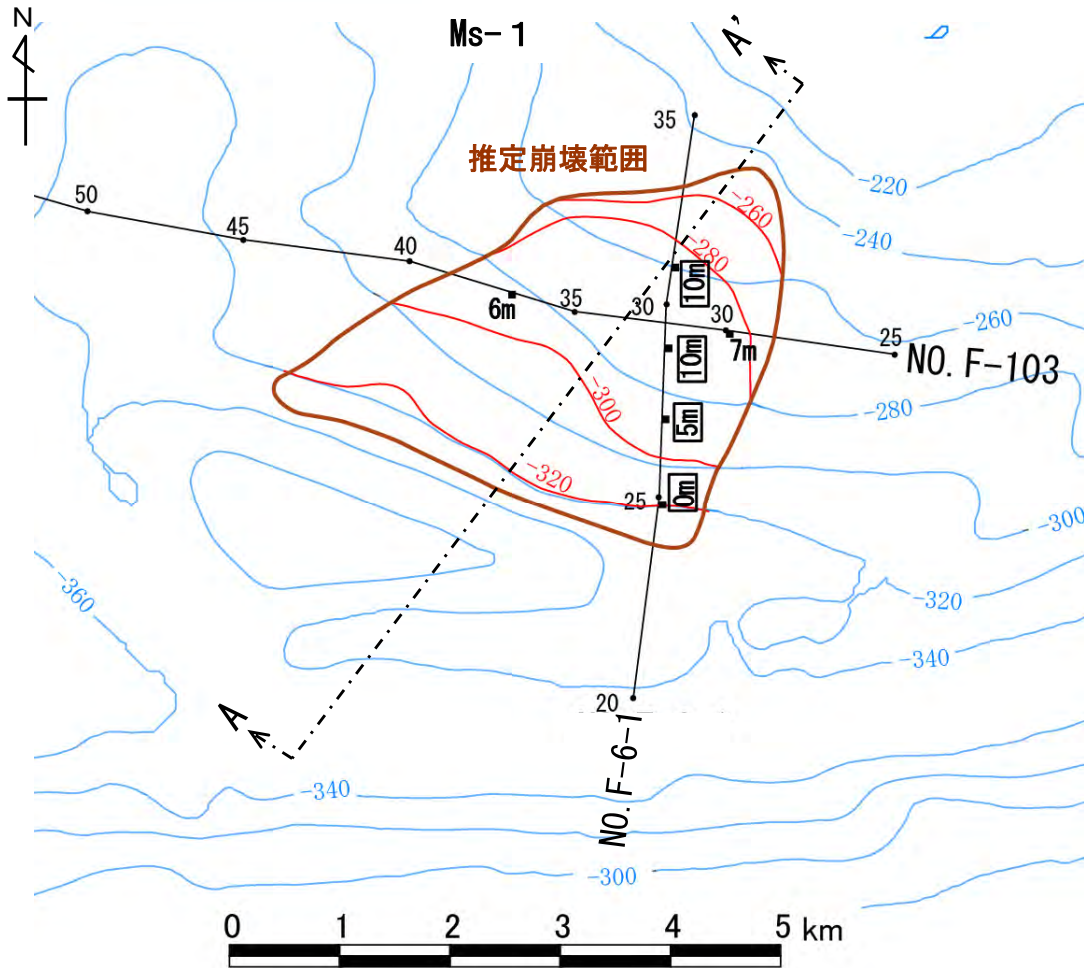
A-A' 断面



8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (4 / 16)

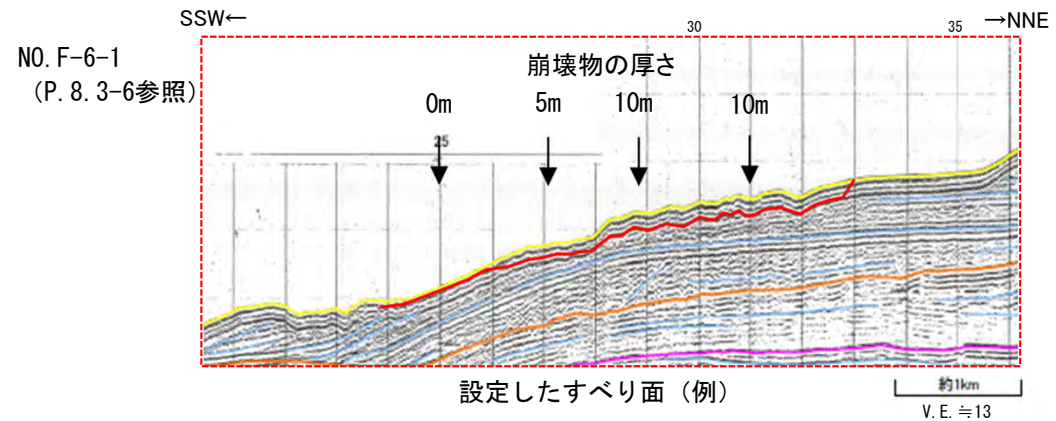


海底地すべり地形 Ms-1 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (1 / 3)

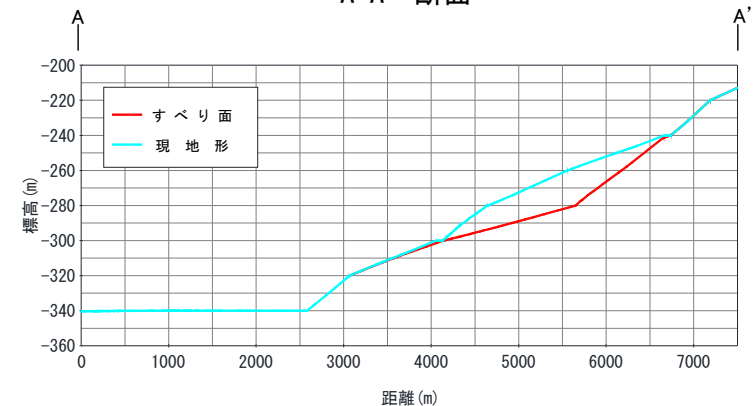


【ステップ3-3】すべり面の設定方法

- (1) 地形判読により設定した推定崩壊範囲（左図茶色線）と交わる音波探査記録NO. F-6-1及びNO. F-103の2測線に対し、すべり面を設定し（P. 8. 3-6, P. 8. 3-7参照），崩壊範囲内の任意の点における崩壊物の厚さ（現地形標高-すべり面標高）（左図：黒字）を算出した（下図参照）。
- (2) すべり面のモデル化にあたっては，算定した崩壊物の厚さを基に，三次元的に滑らかな形状になるように設定した。なお，算定した崩壊物の厚さに測線間でバラつきが認められる場合は，安全側の設定となるよう厚い値を採用値（左図：□で囲まれた黒字）とすることを基本とした。



A-A' 断面



凡例
 黒数字：音波探査記録から算出した崩壊物の厚さ（現地形標高-すべり面標高）(m)
 □は採用値
 青コンター：現地形コンター
 赤コンター：すべり面コンター

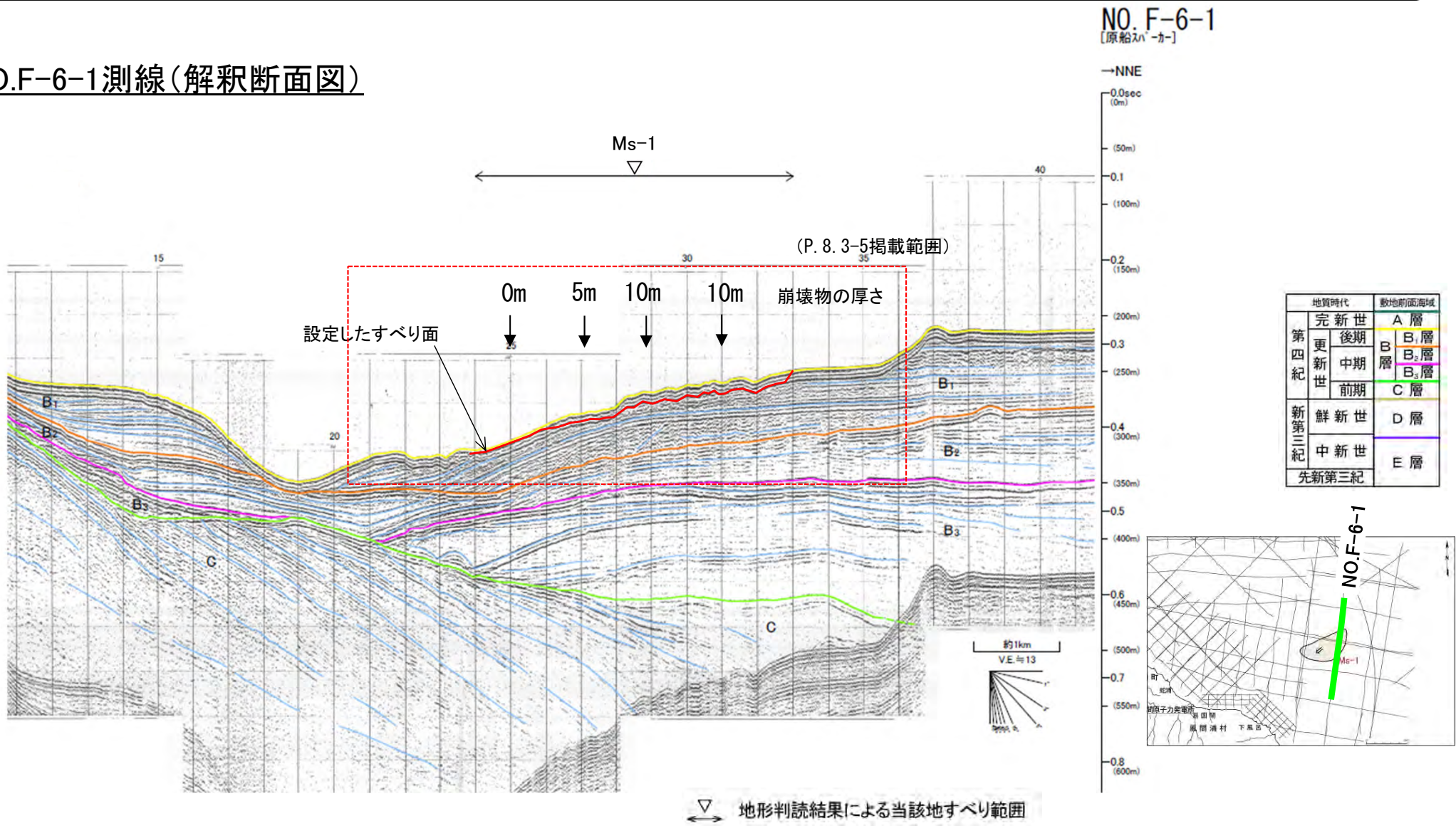


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (5 / 16)

海底地すべり地形 Ms-1 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (2 / 3)

音波探査記録NO. F-6-1からは明らかなすべり線が認められず、乱れた地層の下限が認められるため、乱れた地層の下限をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-6-1測線(解釈断面図)



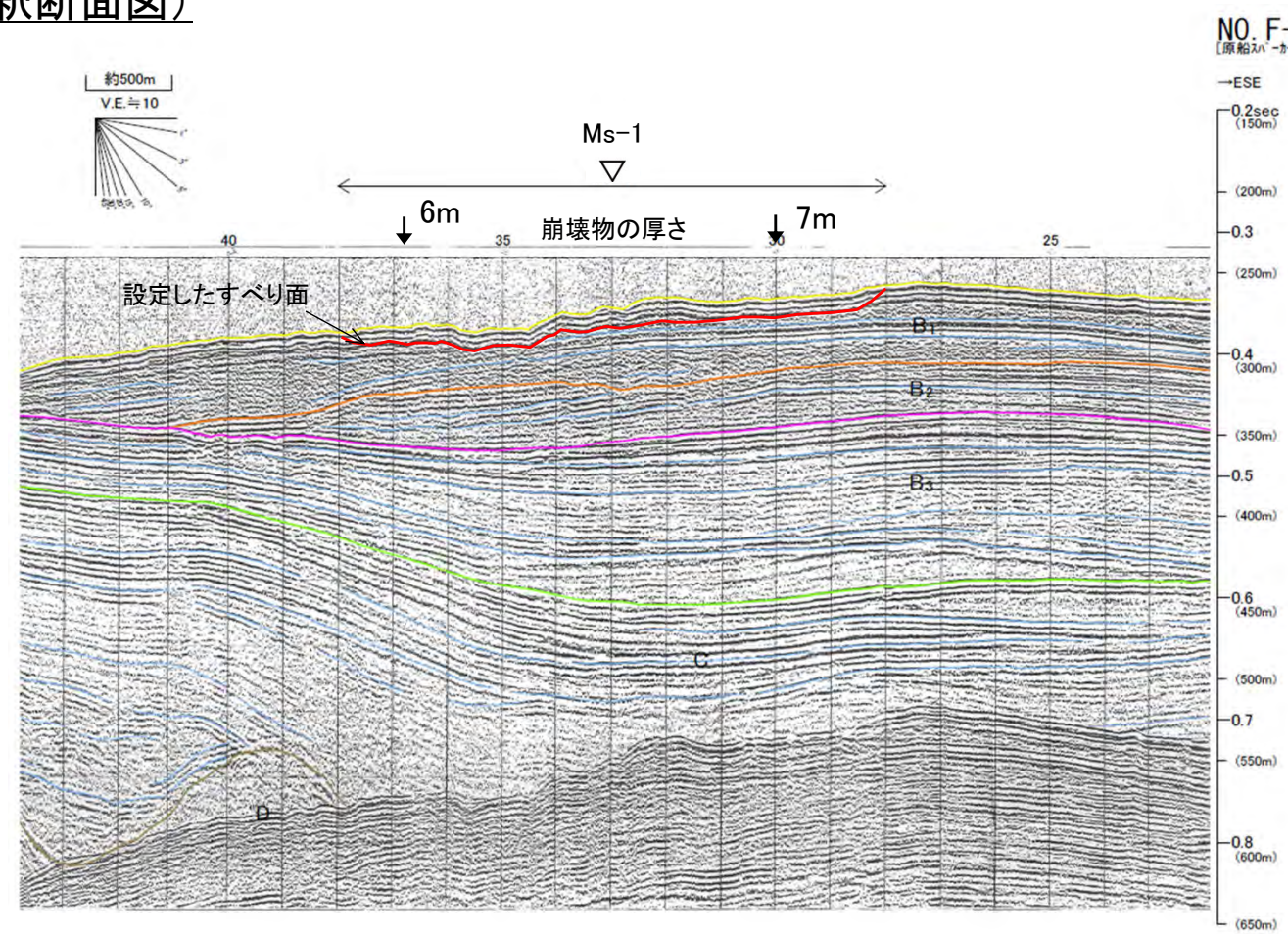


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (6 / 16)

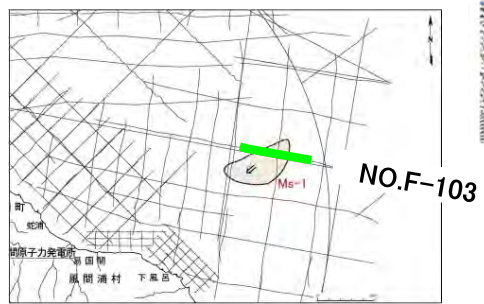
海底地すべり地形 Ms-1 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (3 / 3)

音波探査記録NO.F-103からは明らかなすべり線が認められず、乱れた地層の下限が認められるため、乱れた地層の下限をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-103測線(解釈断面図)



NO.F-103
[原船入ノカ]



地質時代		数地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
鮮新世	C層		
新第三紀	中新世	D層	
	先新第三紀	E層	

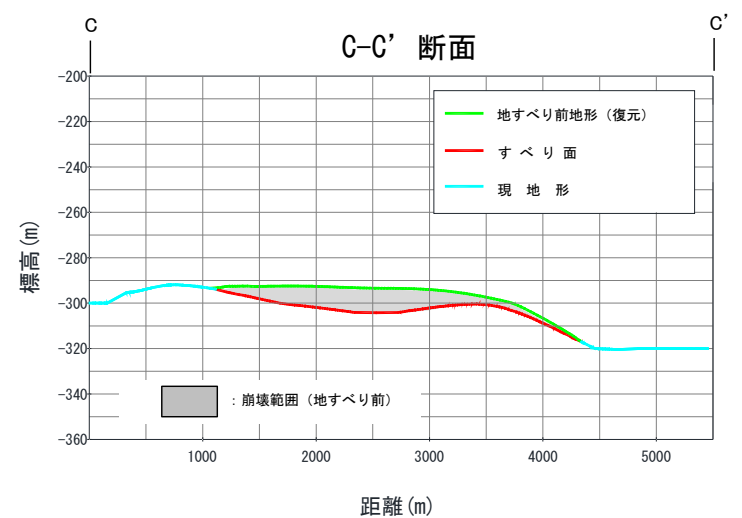
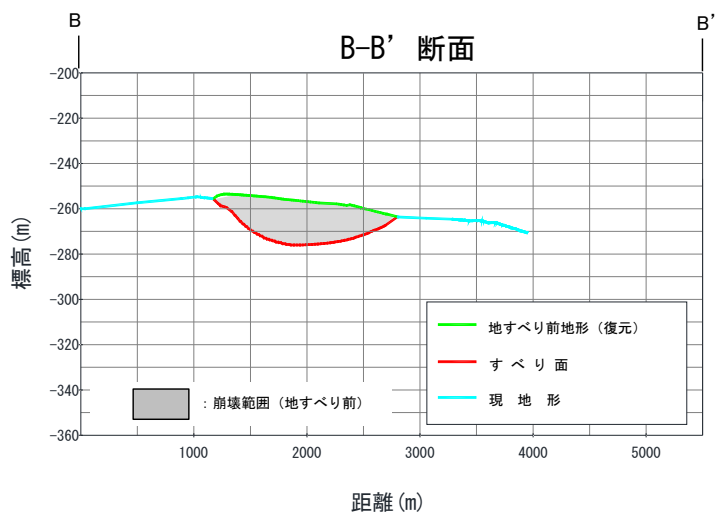
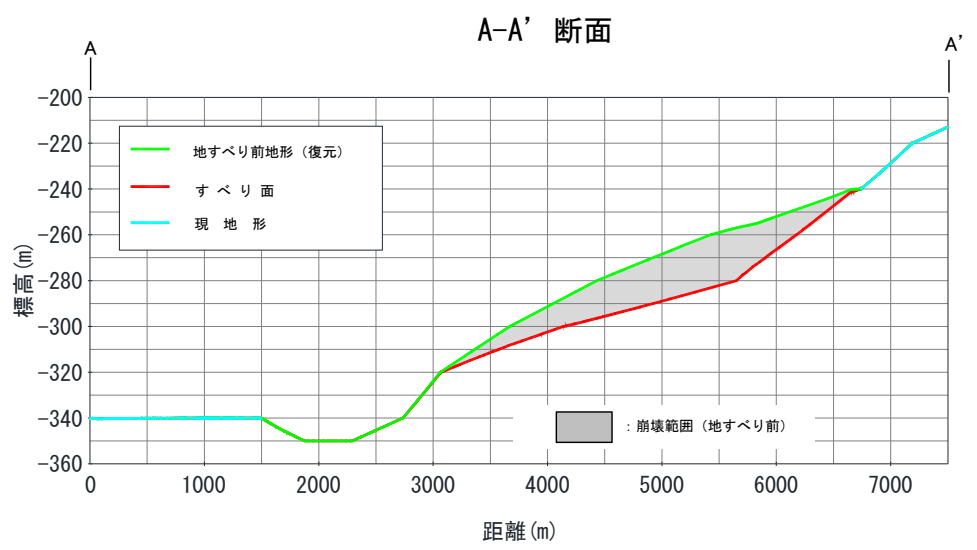
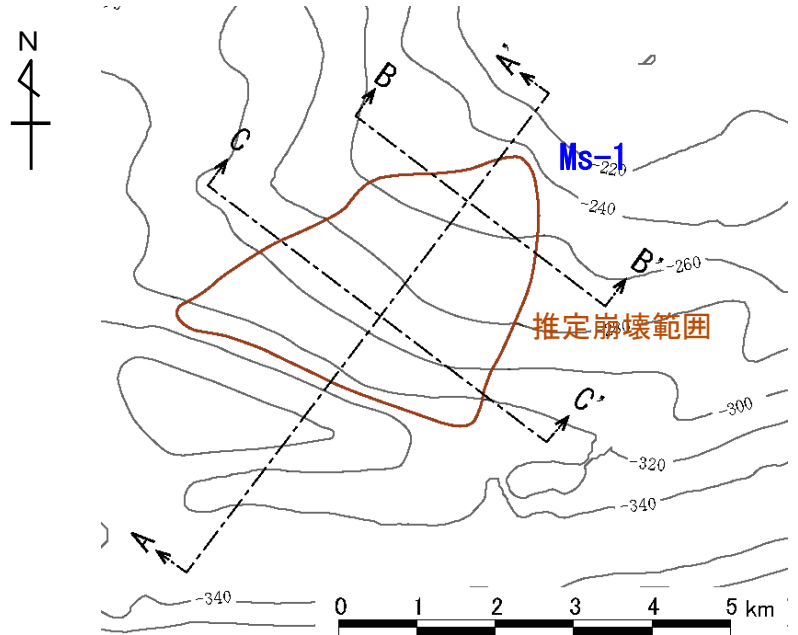
▽ 地形判読結果による当該地すべり範囲



8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (7 / 16)

海底地すべり地形 Ms-1 : 【ステップ3-4】崩壊量算定

- ・地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊として3D CADでモデル化して崩壊量を算定した。
- ・作成した地形に係る断面図は以下のとおり。



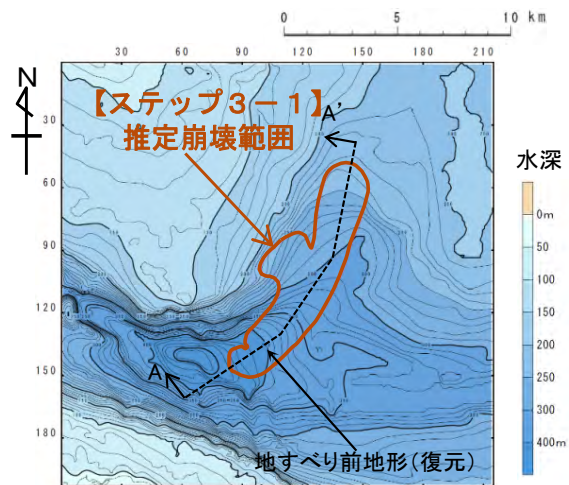


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (8 / 16)

海底地すべり地形 Ms-2

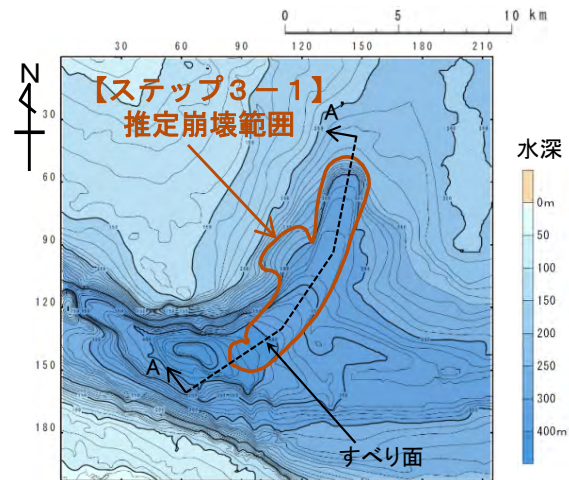
【ステップ3-1】 推定崩壊範囲（平面形状）は，地形判読により設定。（本編資料P.4.2-6参照）
 【ステップ3-2】 地すべり前地形（復元）は，現地形から判読される凹み地形を埋め戻す等により設定。
 【ステップ3-3】 すべり面は，音波探査記録からすべり面を読み取って設定。
 【ステップ3-4】 地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊としてモデル化し，土塊の体積を崩壊量として算定。

【ステップ3-2】



地形モデル(地すべり前地形)

【ステップ3-3】



地形モデル(すべり面※1)

※1 : P. 8. 3-10~P. 8. 3-15参照。

【ステップ3-4】

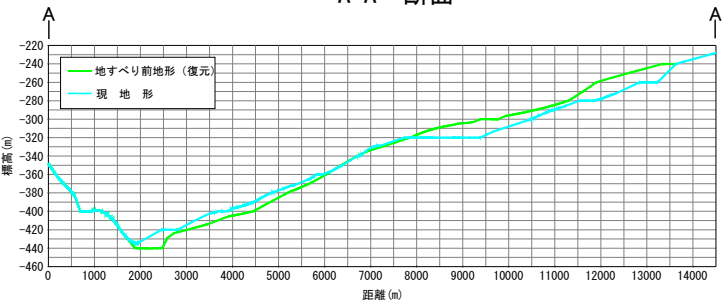


④崩壊土塊(地すべり前地形-すべり面)

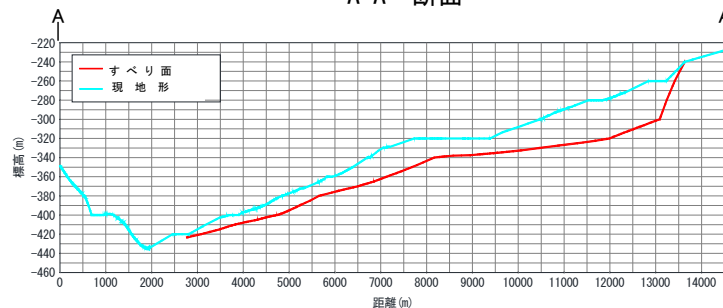
崩壊量: 0.52km³※2

※2 : 3D CADにより崩壊量算定

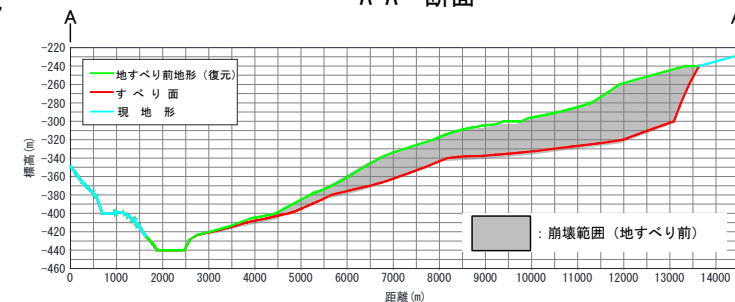
A-A' 断面



A-A' 断面



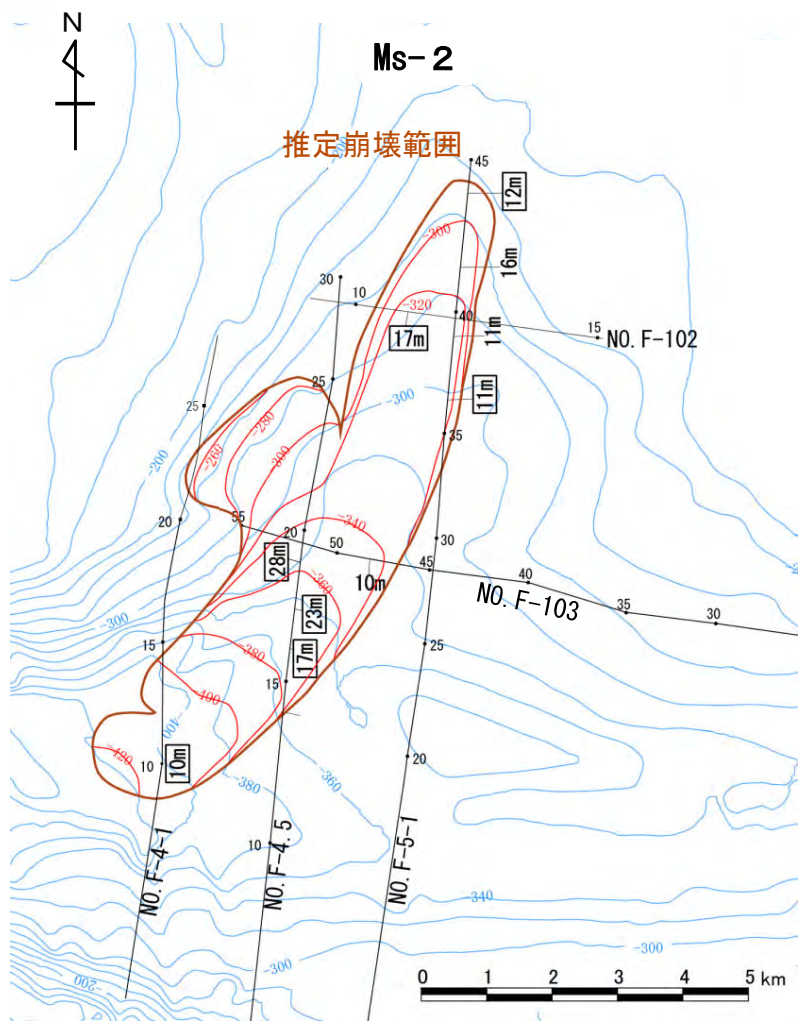
A-A' 断面





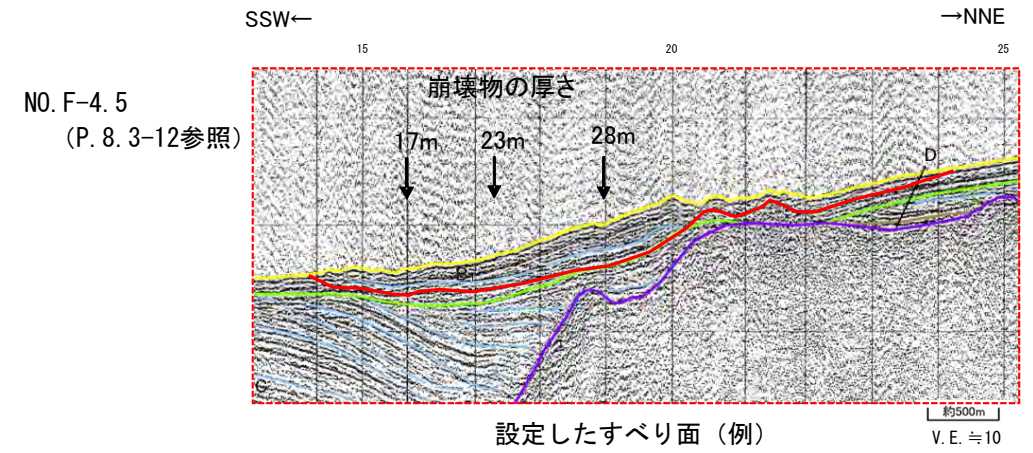
8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (9/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (1/6)



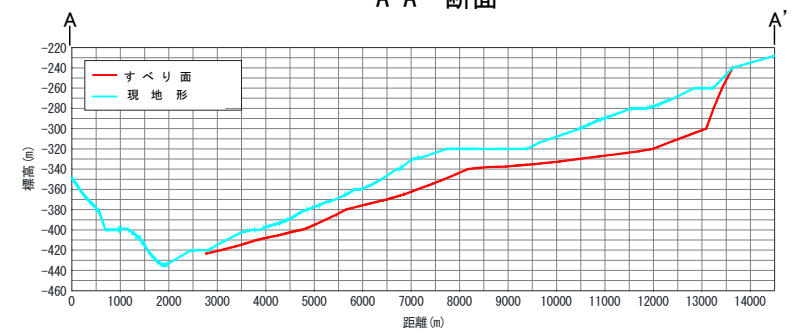
【ステップ3-3】すべり面の設定方法

- (1) 地形判読により設定した推定崩壊範囲 (左図茶色線) と交わる音波探査記録NO.F-4-1, NO.F-4.5, NO.F-5-1, NO.F-102及びNO.F-103の5測線に対し, すべり面を設定し (P.8.3-11~P.8.3-15参照) 崩壊範囲内の任意の点における崩壊物の厚さ (現地地形標高 - すべり面標高) (左図: 黒字) を算出した (下図参照)。
- (2) すべり面のモデル化にあたっては, 算定した崩壊物の厚さを基に, 三次元的に滑らかな形状になるように設定した。なお, 算定した崩壊物の厚さにバラつきが認められる場合は, 安全側の設定となるよう厚い値を採用値 (左図: □で囲まれた黒字) とすることを基本とした。



設定したすべり面 (例)

A-A' 断面



凡例
 黒数字 : 音波探査記録から算出した崩壊物の厚さ (現地地形標高 - すべり面標高) (m)
 □は採用値
 青コンター : 現地地形コンター
 赤コンター : すべり面コンター

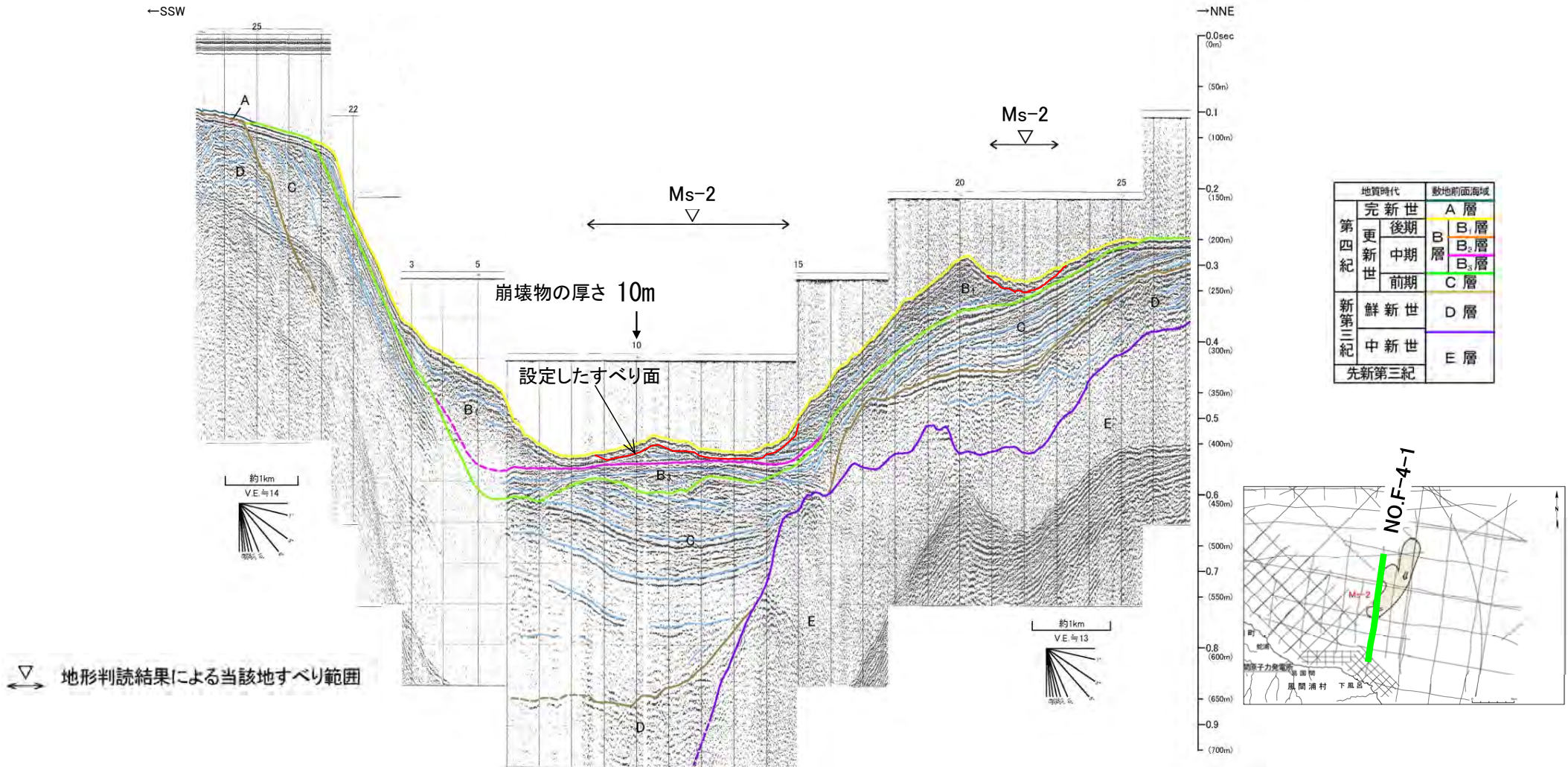


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (10/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (2/6)

音波探査記録NO. F-4-1からは明らかなすべり線が認められず、乱れた地層の下限が認められるため、乱れた地層の下限をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-4-1測線(解釈断面図)



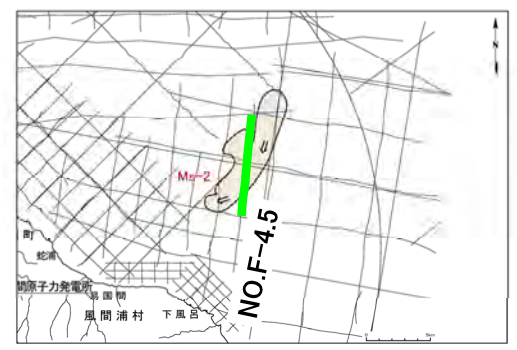
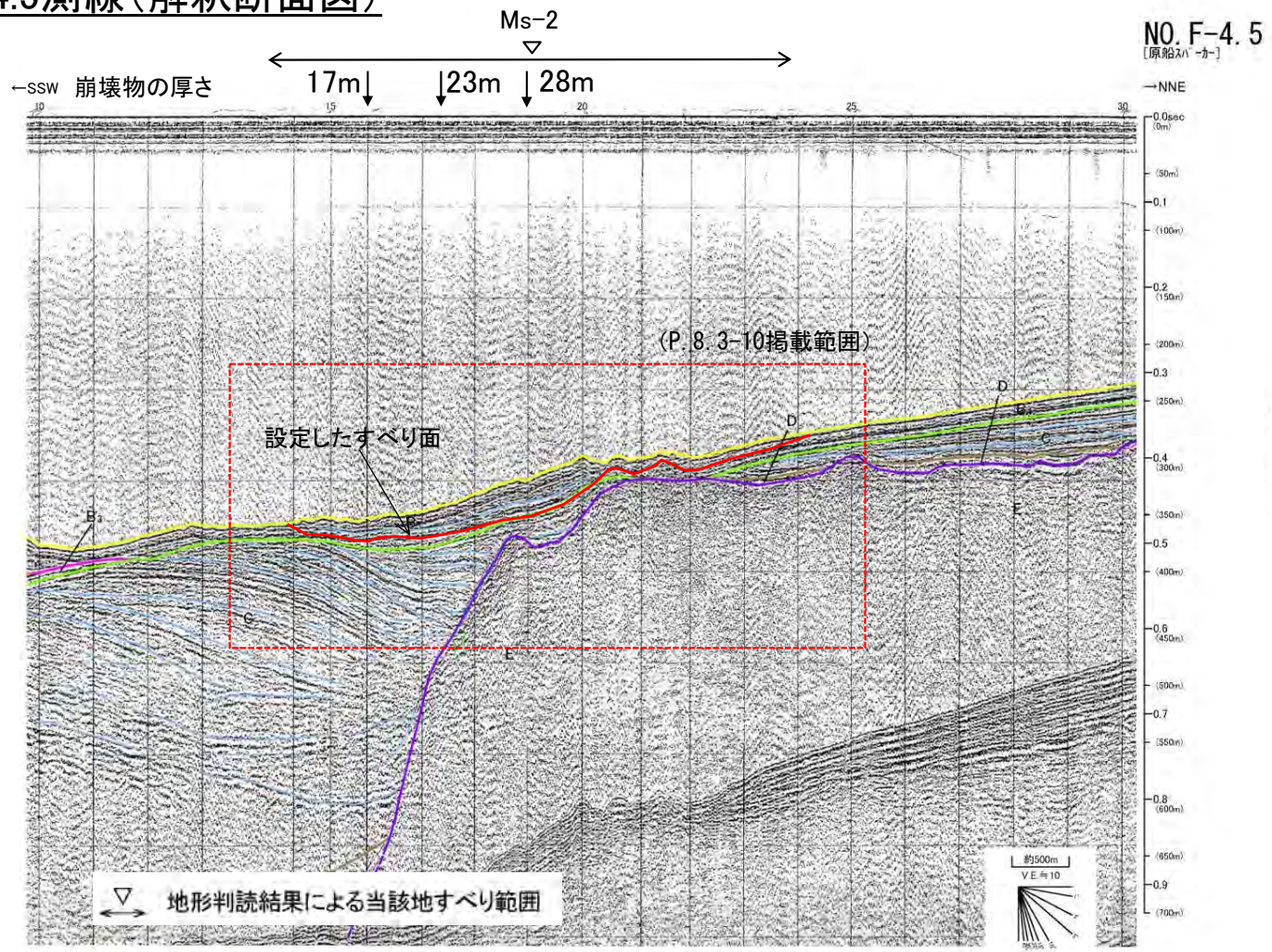


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (11/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (3/6)

音波探査記録NO.F-4.5からは明らかなすべり線、及び乱れた地層の下限が認められないため、地層境界をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-4.5測線(解釈断面図)



地質時代		敷地前面海域	
第四紀	完新世	A層	
	更新世	後期	B ₁ 層
		中期	B ₂ 層
		前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	C層	
	中新世	D層	
		E層	
先新第三紀			

地形判読結果による当該地すべり範囲

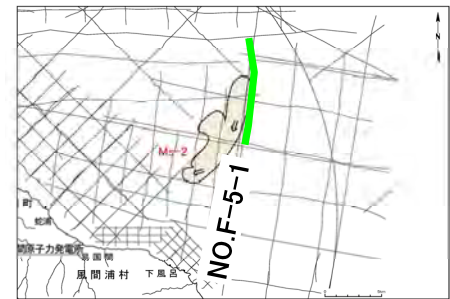
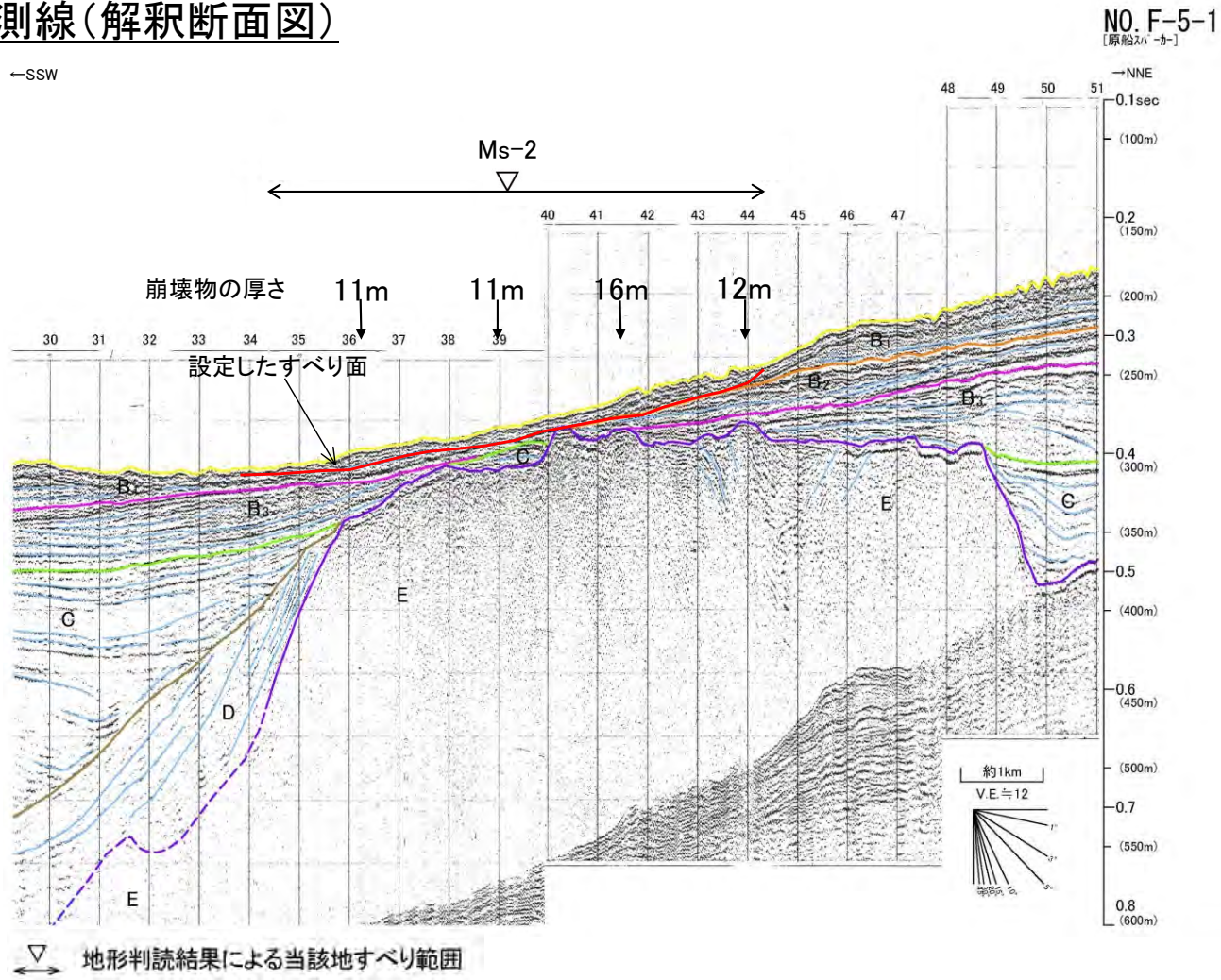


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (12/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (4/6)

音波探査記録NO.F-5-1からは明らかなすべり線が認められず、乱れた地層の下限が認められるため、乱れた地層の下限をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-5-1測線(解釈断面図)



地質時代		敷地面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

地形判読結果による当該地すべり範囲

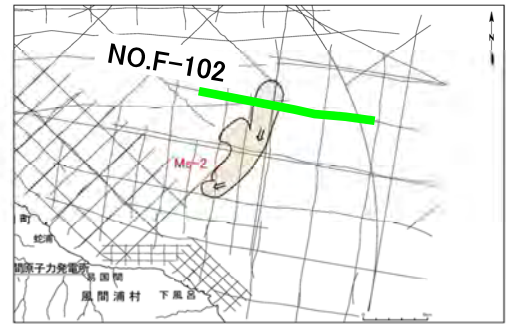
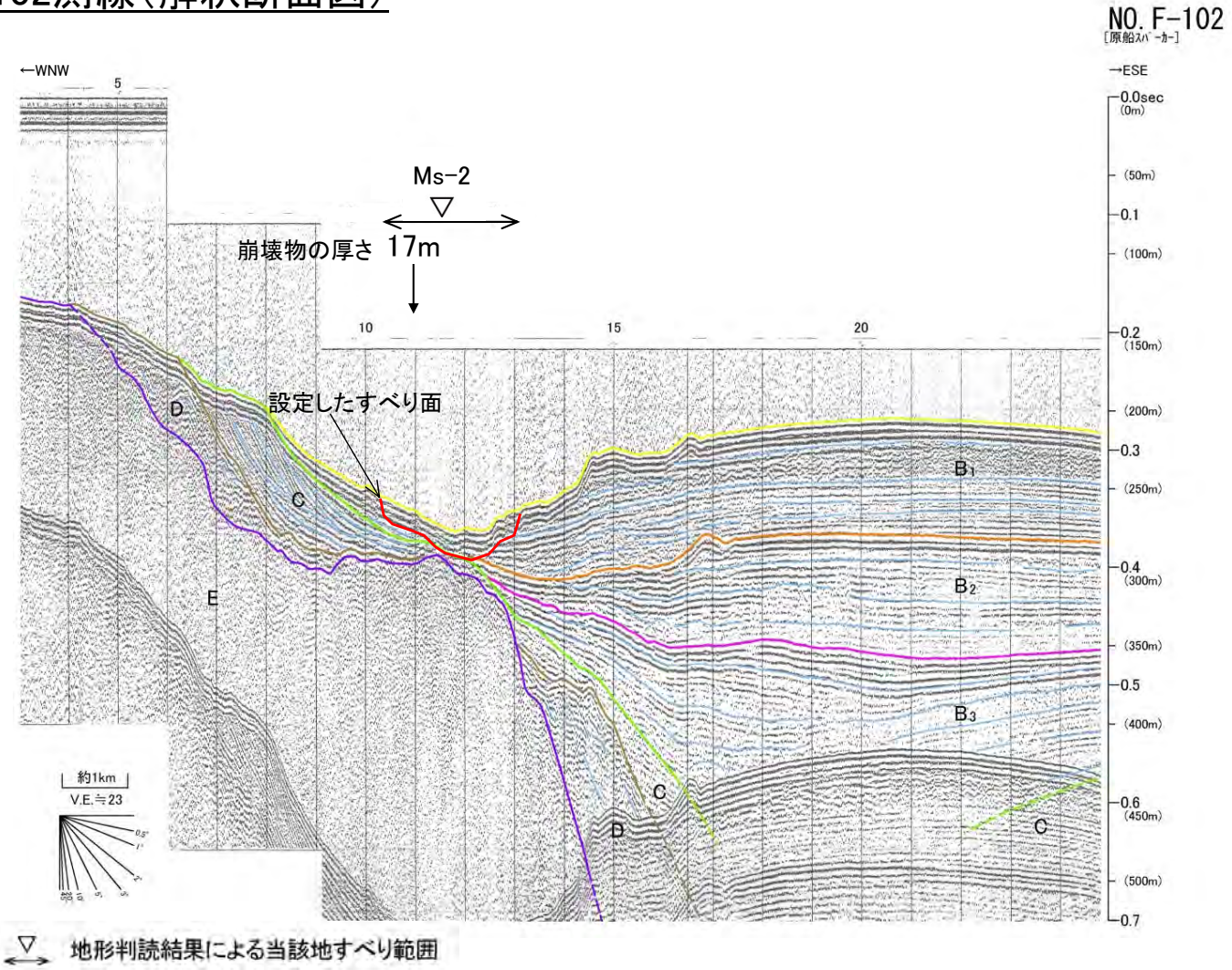


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (13/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (5/6)

音波探査記録NO.F-102からは明らかなすべり線、及び乱れた地層の下限が認められないため、地層境界をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-102測線(解釈断面図)



地質時代		敷地前面海域
第四紀	完新世	A層
	後期	B ₁ 層
	中期	B ₂ 層
	前期	B ₃ 層
新第三紀	鮮新世	D層
	中新世	E層
先新第三紀		

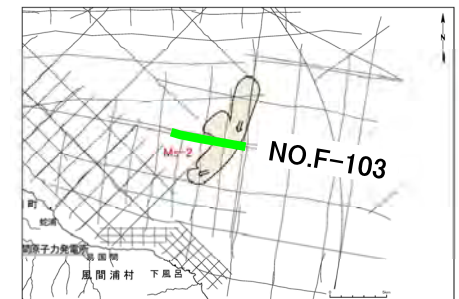
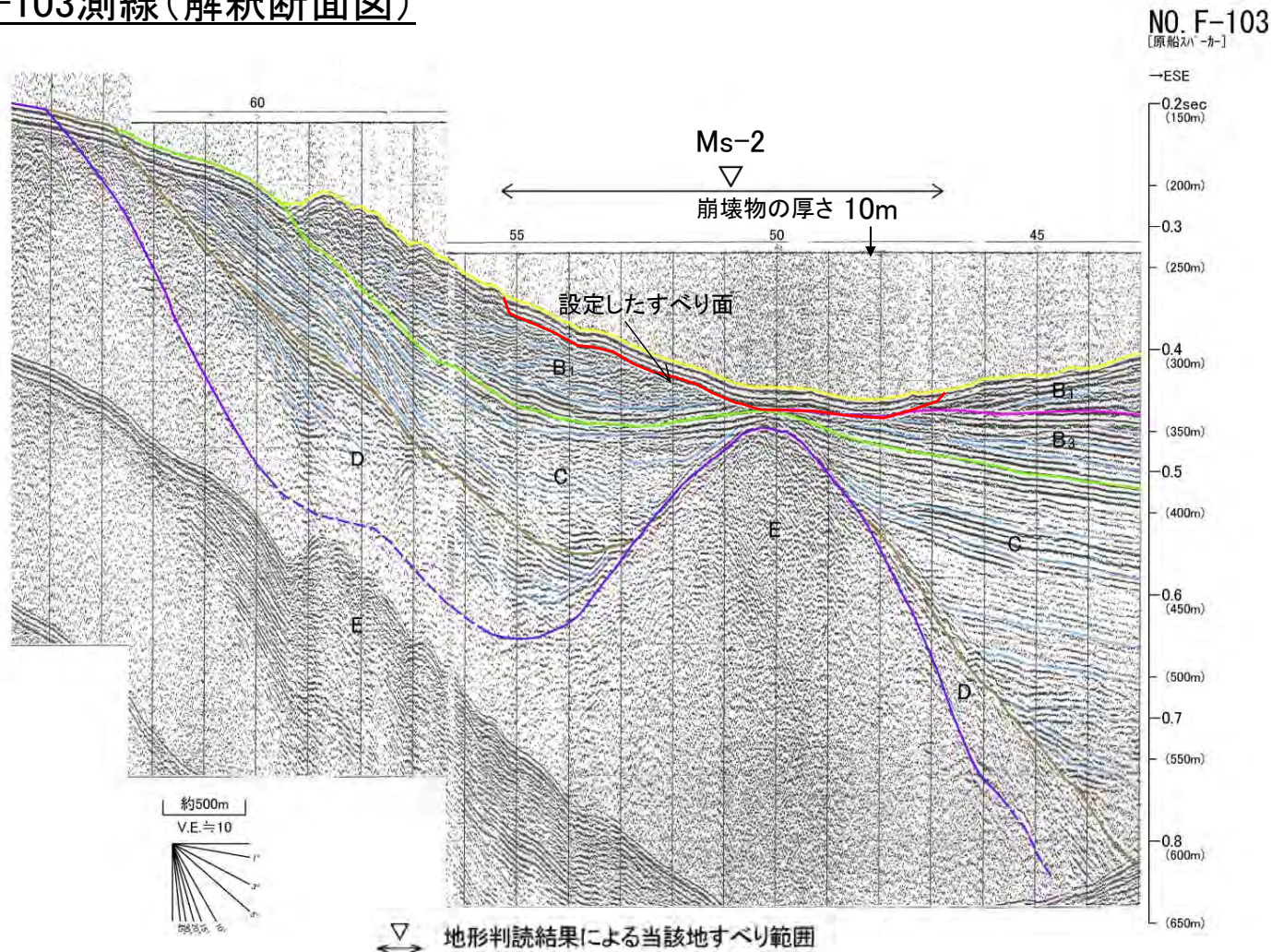


8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (14/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-3】すべり面の設定 (6/6)

音波探査記録NO.F-103からは明らかなすべり線、及び乱れた地層の下限が認められないため、地層境界をすべり面に設定した。判読される崩壊物の厚さは以下のとおり。

NO.F-103測線(解釈断面図)

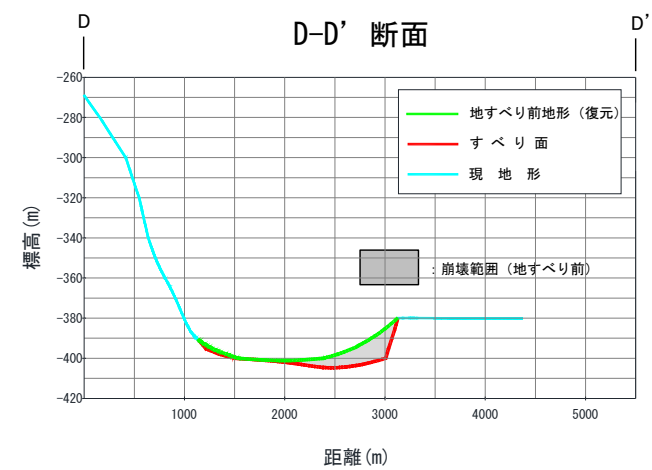
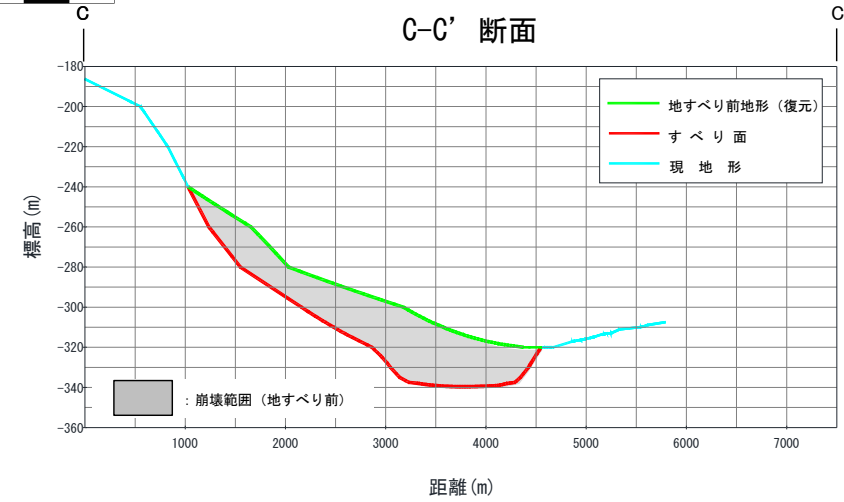
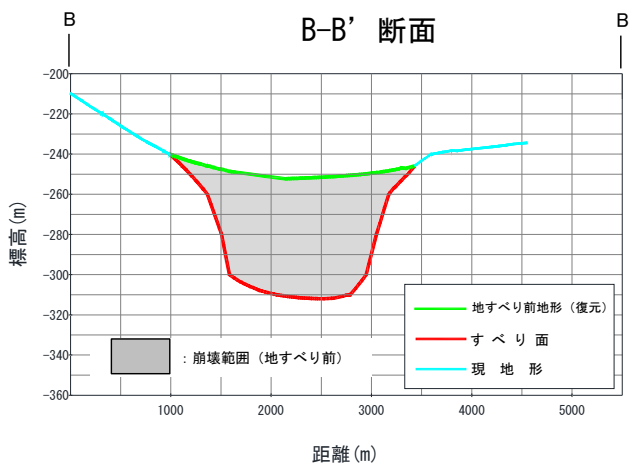
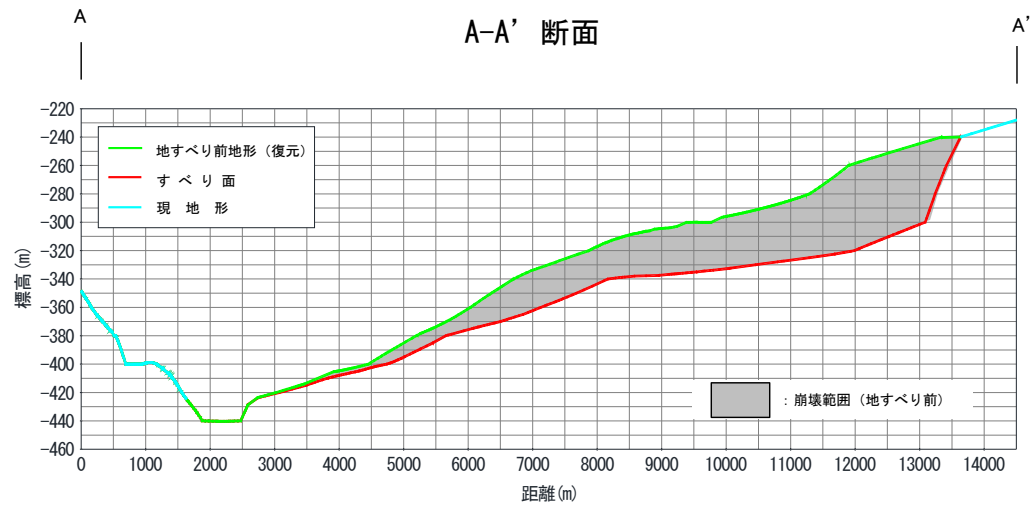
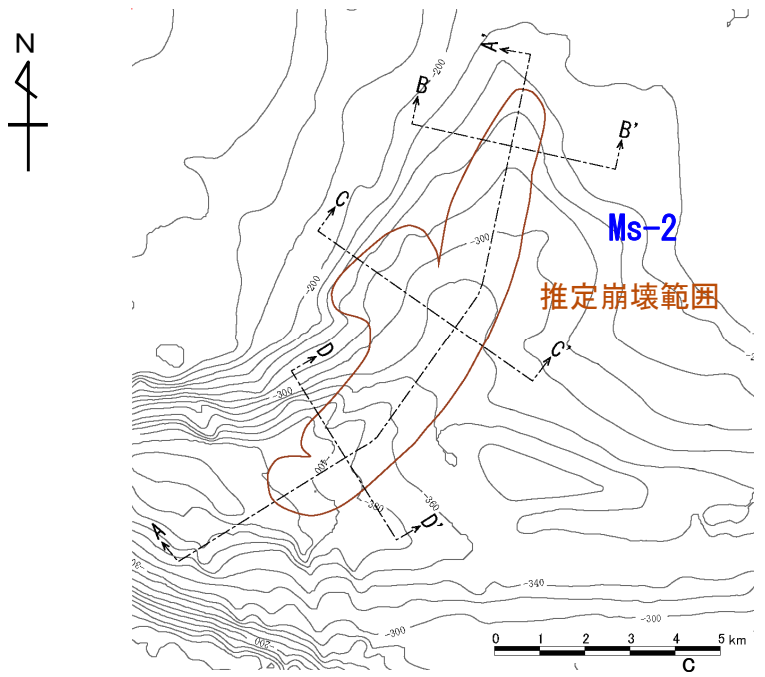




8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (15/16)

海底地すべり地形 Ms-2 : 【ステップ3-4】崩壊量算定

- ・地すべり前地形（復元）とすべり面との差分を崩壊土塊として3D CADでモデル化して崩壊量を算定した。
- ・作成した地形に係る断面図は以下のとおり。





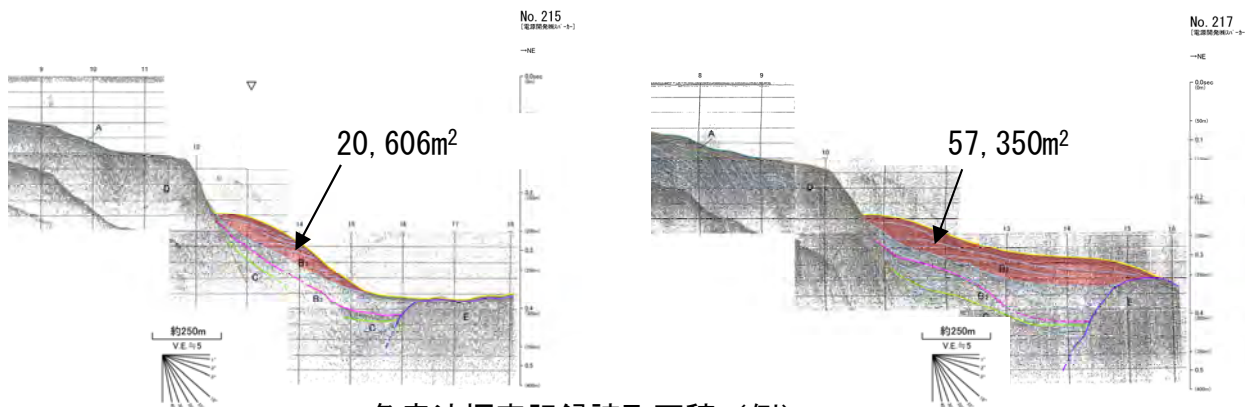
8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定 (16 / 16)

海底地すべり地形 Ms-3 【ステップ3-4'】崩壊量算定

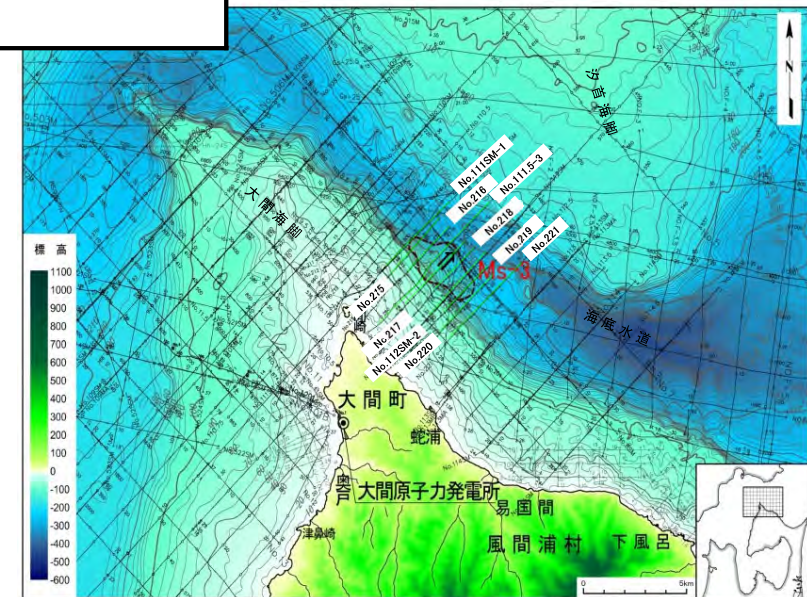
・海底地すべり地形Ms-3については、音波探査記録で、すべり面が明瞭で、且つ削剥が殆ど認められず地すべり移動体が保存されていることから、崩壊量は、各音波探査記録から読み取れる崩壊後の地すべり移動体の面積を基に平均断面法により算定した。

海底地すべり地形Ms-3崩壊量算出表

測線	測線間距離 (m)	断面積 (m ²)	平均断面積 (m ²)	体積 (m ³)	備考
No. 214	0.0	0	0	0	—
No. 111SM	655	6,627	3,313	2.17 × 10 ⁶	P. 8.2-16参照
No. 215	265	20,606	13,616	3.60 × 10 ⁶	P. 8.2-17参照
No. 216	581	39,848	30,227	1.76 × 10 ⁷	P. 8.2-18参照
No. 111.5-3	527	63,281	51,565	2.72 × 10 ⁷	P. 8.2-19参照
No. 217	438	57,350	60,316	2.64 × 10 ⁷	P. 8.2-20参照
No. 218	518	48,689	53,019	2.74 × 10 ⁷	P. 8.2-21参照
No. 112SM-2	602	48,482	48,586	2.93 × 10 ⁷	P. 8.2-22参照
No. 219	418	37,477	42,979	1.80 × 10 ⁷	P. 8.2-23参照
No. 220	478	30,075	33,776	1.61 × 10 ⁷	P. 8.2-24参照
No. 221	499	25,204	27,639	1.38 × 10 ⁷	P. 8.2-25参照
No. 113SM	1,609	0	12,602	2.03 × 10 ⁷	—
合計				2.02 × 10 ⁸	



各音波探査記録読取面積 (例)



(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



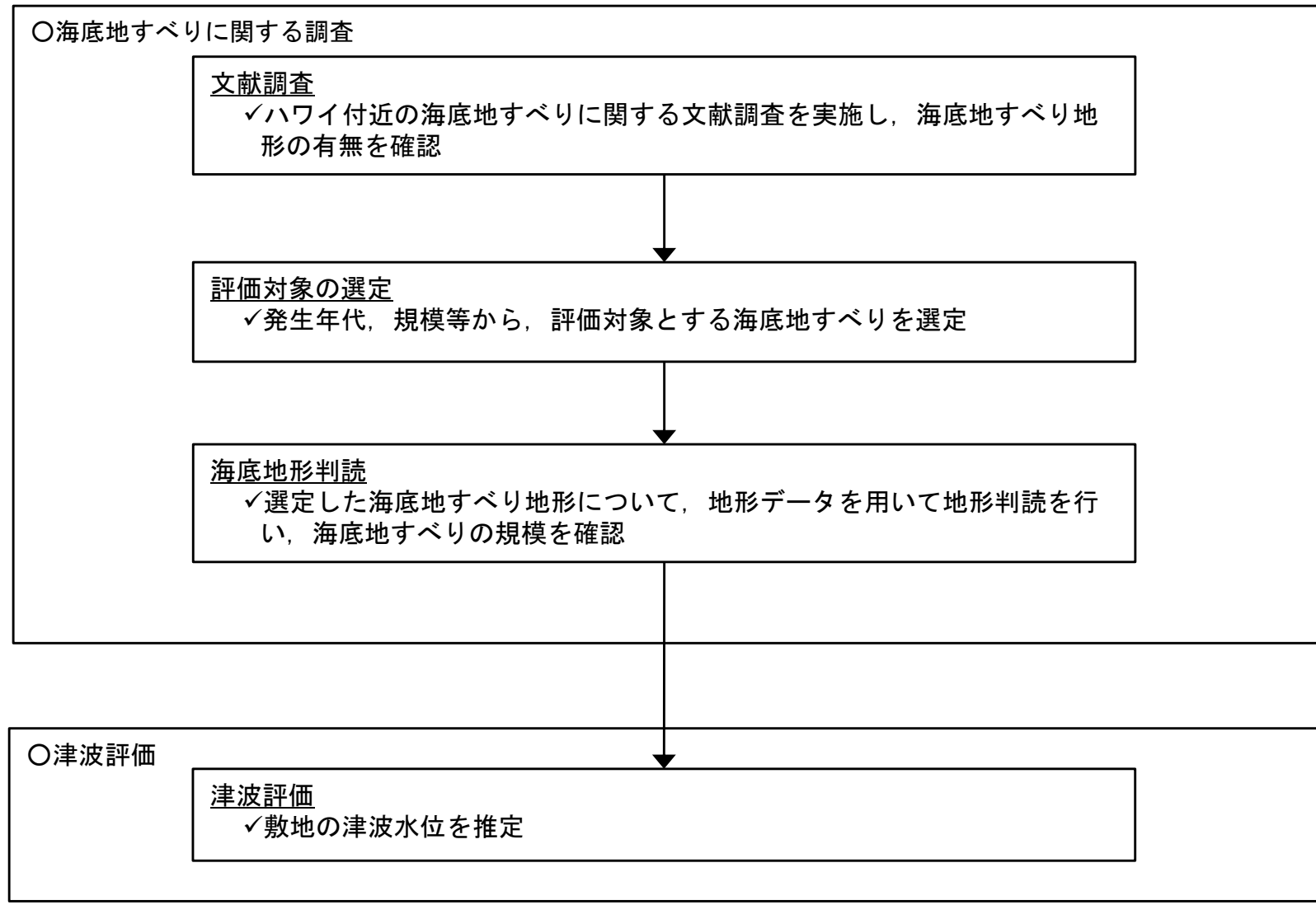
ハワイ付近の海底地すべりに起因する津波の影響について検討した。

8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (2 / 10)



検討フロー

- 以下のフローに従い、ハワイ付近の海底地すべりに関する調査及び津波評価を実施し、ハワイ諸島周辺の海底地すべりが敷地に与える影響を確認した。

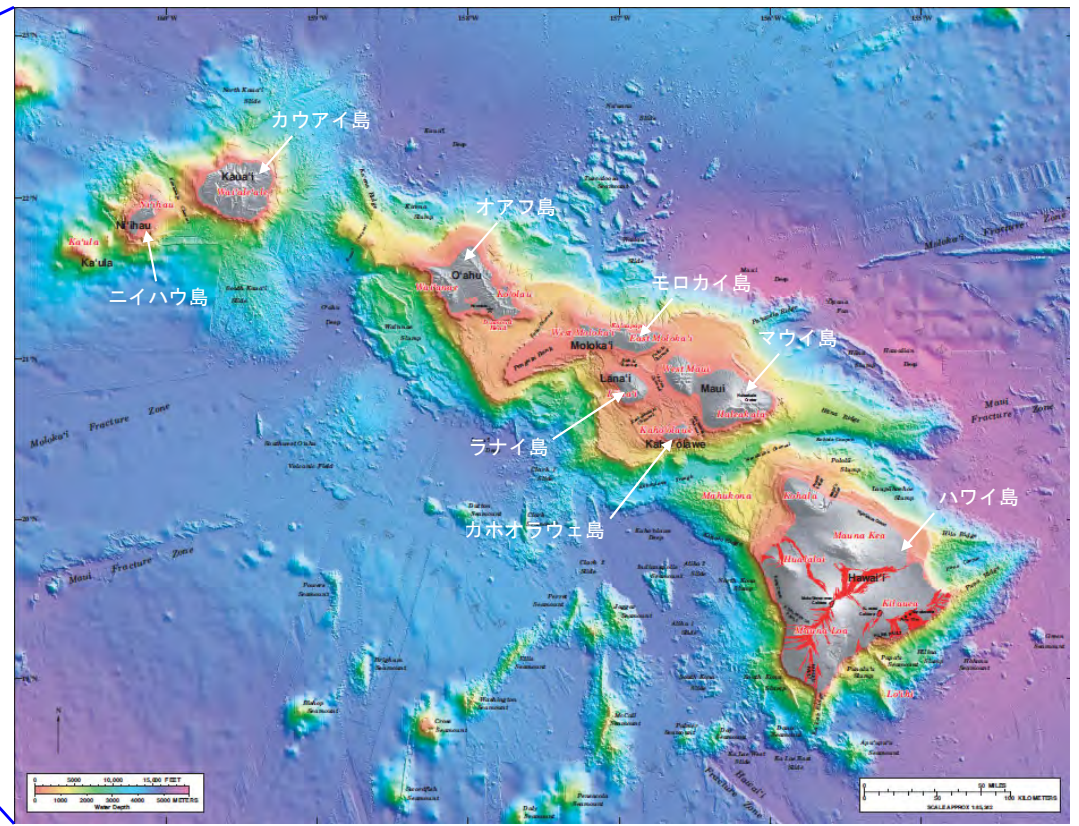
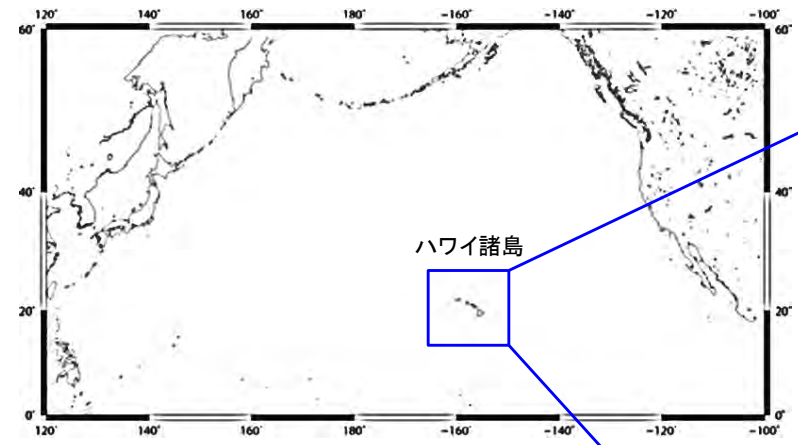


8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (3 / 10)



ハワイ諸島の概要

- ハワイ諸島は日本の南東約6,400kmの太平洋上に位置しており、ハワイ島、マウイ島、オアフ島、カウアイ島、モロカイ島、ラナイ島、ニイハウ島及びカホオラウェ島の8つの島のほか多数の島と環礁からなる。
- ハワイ諸島をのせる太平洋プレートは北西方向へ年間10cm程度の速さで動いているので、ハワイ諸島は北西へ行くほど古い (佐竹(1997)⁽⁸⁷⁾)。



Eakins et. al. (2003)⁽⁸⁸⁾ に一部加筆



文献調査及び評価対象の選定 (1 / 3) : 1975年Kalapana津波 (1 / 2)

- 1975年にハワイ島南岸の Kalapana付近に強震が起こり、日本沿岸各地で津波が観測された (羽鳥(1976)⁽⁸⁹⁾), その地震の規模はMw7.7である (Nettles and Ekström(2004)⁽⁹⁰⁾)。
- 日本沿岸における検潮記録の最大全振幅の最大値は、鮎川検潮所における55cmであり (羽鳥(1976)⁽⁸⁹⁾), ハワイ沿岸では最大15m弱の津波が観測された (Day et al.(2005)⁽⁹¹⁾)。

No.	Tide station	Initial wave					Maximum wave	
		A			B		Double ampl.	Occurred time, GMT
		Arrival time, GMT	Rise	Period	Arrival time, GMT	Rise		
1	Hanasaki	Nov. 30 8:48	cm 6	min 8	Nov. 30 7:56	cm 10	cm 27	Nov. 30 13:32
2	Kushiro	?					12	13:08
3	Hiroo	7:42	15	12			23	10:06
4	Urakawa	9:00	-6	15	7:42	3	12	12:11
5	Hakodate	?					17	13:30
6	Same	8:56	2	10	7:55	2	5	11:15
7	Miyako	8:50	-8	8	7:35	6	14	9:48
8	Enoshima	8:46	-4	10				
9	Ayukawa	9:00	-6	8	7:44	4	55	10:44
10	Onahama	8:10	4				21	9:20
11	Hitachi	7:27	5	16			24	10:14
12	Mera	8:28	5	16	7:22	4	19	11:22
13	Miyake Is.	8:22	4	7			24	10:15
14	Chichijima	6:53	6	18			18	10:18
15	Minami-Izu	7:20	3				20	11:46
16	Omaezaki	7:33	4	10			14	13:50
17	Owase	9:14	8	22	7:40	2	22	10:00
18	Kushimoto	10:00	7	12			22	17:00
19	Muroto	8:50	3	8			11	11:50
20	Tosa-Shimizu	8:00	8	22			23	16:23
21	Aburatsu	?					18	15:32
22	Naha	8:35	3	18			13	16:43

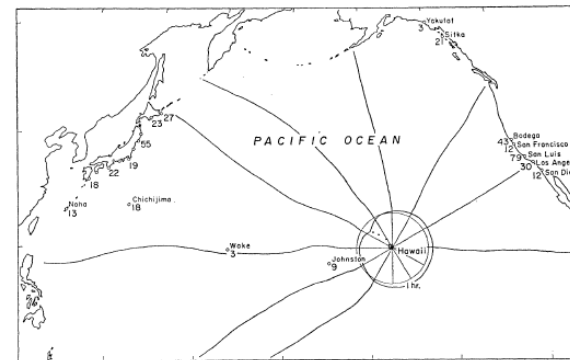


Fig. 7. Distribution of the maximum double amplitude (unit: cm) and wave rays which are emitted from the origin subdivided into equal angles of 30 degrees.

羽鳥 (1976)⁽⁸⁹⁾ による波向線



ハワイ沿岸の痕跡地点及び遡上高

Location	Observed (m)
Honokahau (W)	2.1
Kailua (W)	3.4
Kahaluu (W)	1.8
Keauhou (W)	2.4
Napoopoo (W)	2.4
Honaunau (W)	1.8
Milolii (W)	<1.8
South Point (W)	6.7
Kaaluau (S)	4.0
Honuapo (S)	6.1
Punaluu (S)	6.1
Kalae (S)	9.4
Halape (S)	7.0
Apua Point (S)	14.6
Kamoamoa (S)	6.4
Kalapana (S)	2.6
Pohoiki (S)	2.4
Cape Kumukahi (S)	3.4
Hilo (E)	3.0

A: Evident wave commences. B: Wave front is indefinite. Wave front is determined with the aid of the refraction diagram.

■: 鮎川の検潮記録

日本沿岸の検潮記録に加筆

羽鳥 (1976)⁽⁸⁹⁾ に一部加筆

8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (5 / 10)



文献調査及び評価対象の選定 (2 / 3) : 1975年Kalapana津波 (2 / 2)

- Ma et al. (1999)⁽⁹²⁾ は、①海底地すべり、②低角逆断層のいずれでもハワイ周辺の検潮記録を説明できるとし、これらの組合せにより津波が発生したであろうとしている。

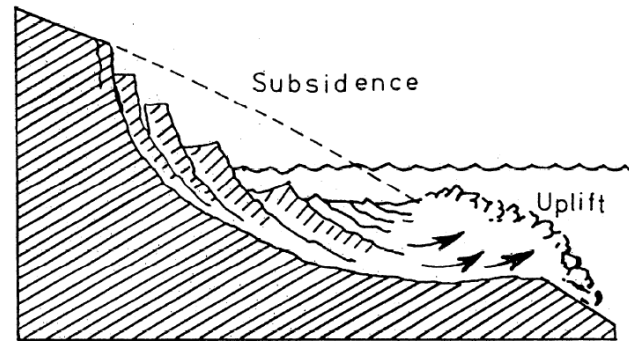
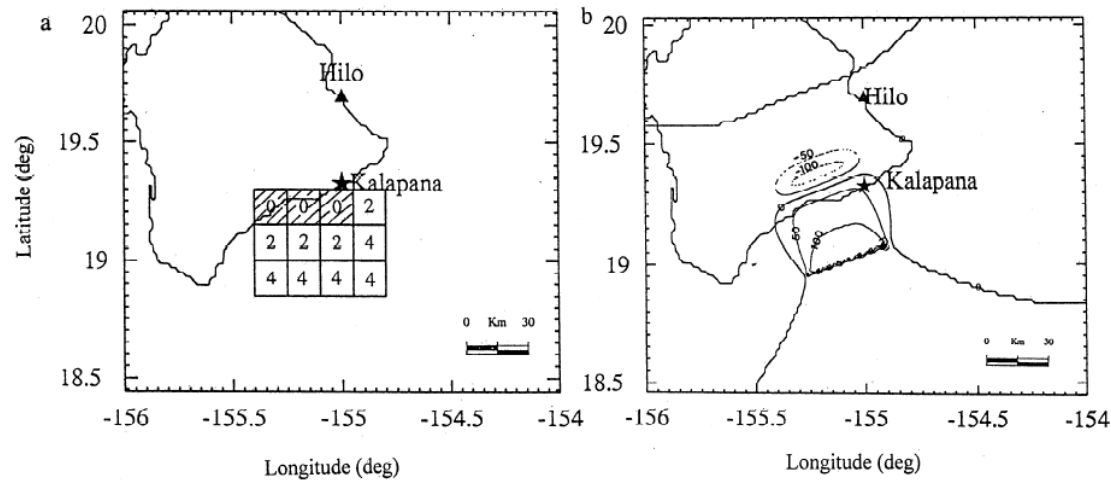


Figure 17. Schematic showing a rotational slumping that causes subsidence and uplift.



1975年Kalapana津波のメカニズムの解釈 (上), 海底地すべりの分布 (左下) 及び低角逆断層による初期波形 (右下)

→左下図のハッチ部は沈降域, 白抜き部は隆起域である。数字は時間遅れ (分) を表す。



文献調査及び評価対象の選定 (3 / 3) : 評価対象の選定

- 以下のハワイ諸島で発生した海底地すべりの特徴、発生年代に関する知見も踏まえ、後期更新世以降に生じた地すべりのうち、巨大津波を伴った可能性があり、面積が大きい「Alika-2」を評価対象として選定した。
- ✓ Moore et al. (1989)⁽⁹³⁾ によれば、ハワイ諸島で発生した17の海底地すべりの特徴が示されている。
- ✓ 横瀬(2007, 2010)⁽⁹⁴⁾⁽⁹⁵⁾ では、詳細なDEMデータに基づきハワイ諸島の流山地域の微地形解析を実施し、ハワイ諸島で想定されている17の巨大海底地すべり堆積物の中で、巨大津波を伴った可能性があるのは、オアフ島東部のNuuanu地すべり、ハワイ島西部のAlika-2地すべり及びハワイ島南部の東KaLae地すべりの3つに限定されるとしている。

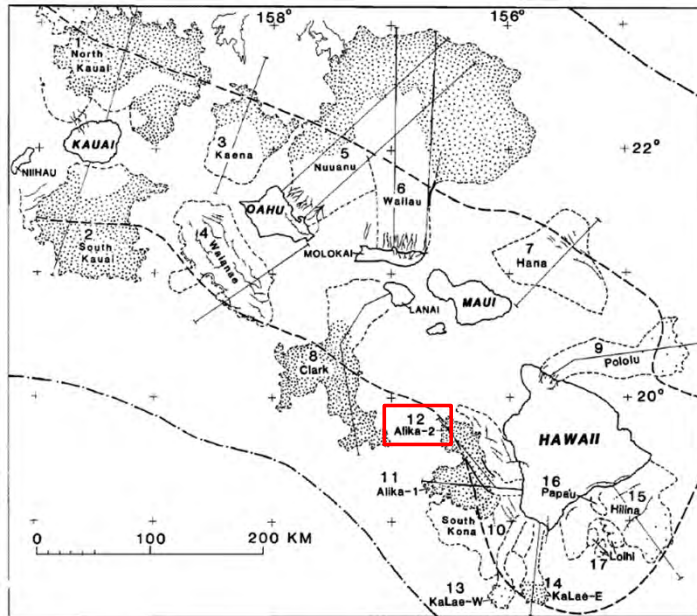


Fig. 2. Map of southeastern Hawaiian Ridge showing major slides bounded by dashed lines identified by number in text and Table 1; compare with Figure 1. Dotted area, hummocky ground (widely spaced where subdued); hatched lines, scarps; thin, downslope-directed lines, submarine canyons and their subaerial counterparts; heavy dashed line, axis of the Hawaiian Deep; dash-dotted line, crest of the Hawaiian Arch.

TABLE 1. Hawaiian Submarine Slides

No.	Name	Location	Area, km ²	Length, ^a km	Width, ^b km	Type ^c	年代 (Ma) ※1
1	North Kauai	North Kauai	14,000	140	100	D (0.6-0.9)	5.0
2	South Kauai	South Kauai	6,800	100	50	D (0.6-1.2)	5.0
3	Kaena	NE Oahu	3,900	80	45	D	3.6
4	Waianae	SW Oahu	6,100	50	80	S (1.0)	2.9-3.1
5	Nuuanu	NE Oahu	23,000	235	35	D (0.8-1)	2.1-2.2
6	Wailau	North Molokai	13,000?	<195	40	D (0.7)	1.0±0.1
7	Hana	NE Maui	4,900	85	110	S	0.86
8	Clark	SW Lanai	6,100	150	30	D (0.5-1)	1.3±0.06
9	Pololu	North Hawaii	3,500	130	20	D	0.254-0.306
10	South Kona	West Mauna Loa	4,600	80	80	S	0.200-0.240
11	Alika-1	West Mauna Loa	2,300	88	15	D (0.9-1)	>0.112-0.127
12	Alika-2	West Mauna Loa	1,700	95	15	D (2-5)	>0.112-0.127
13	Ka Lae, west	South Hawaii	850	85	10	D	>0.032-0.060?
14	Ka Lae, east	South Hawaii	950	75	10	D (2)	>0.032-0.010?
15	Hilina	South Hawaii	5,200	40	100	S	>0.010-0.100
16	Papa'u	South Hawaii	200	20	6	SF	0.001~0.005※2
17	Loihi	South Hawaii	500	15	10-30	L	0.001~0.115※3
Total			97,600				

Located by number in Figure 2.

^aLength of Waianae and South Kilauea landslides omits indistinct irregular topography beyond steep toe.

^bWidth at head of landslide.

^cD, Debris avalanche; (number) is average number of hummocks appearing in GLORIA images per square kilometer; S, Slump; SF, sand rubble flow; L, three unclassified landslides.

- : 後期更新世よりも前に生じた地すべり
- : 巨大津波を伴った可能性のある地すべり
- (red border) : 評価対象として選定した地すべり

※1 McMurtry et al. (2004)⁽⁹⁶⁾

※2 Papa'u (No. 16)の年代はMoore et al. (1989)⁽⁹³⁾の“several thousand years ago”との記述に基づく。

※3 Loihi (No. 17)の年代はGuillou et al. (1997)⁽⁹⁷⁾がLoihi火山東斜面の試料から求めた5±4~102±13kaに基づく。

Moore et al. (1989)⁽⁹³⁾に一部加筆

8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (7 / 10)

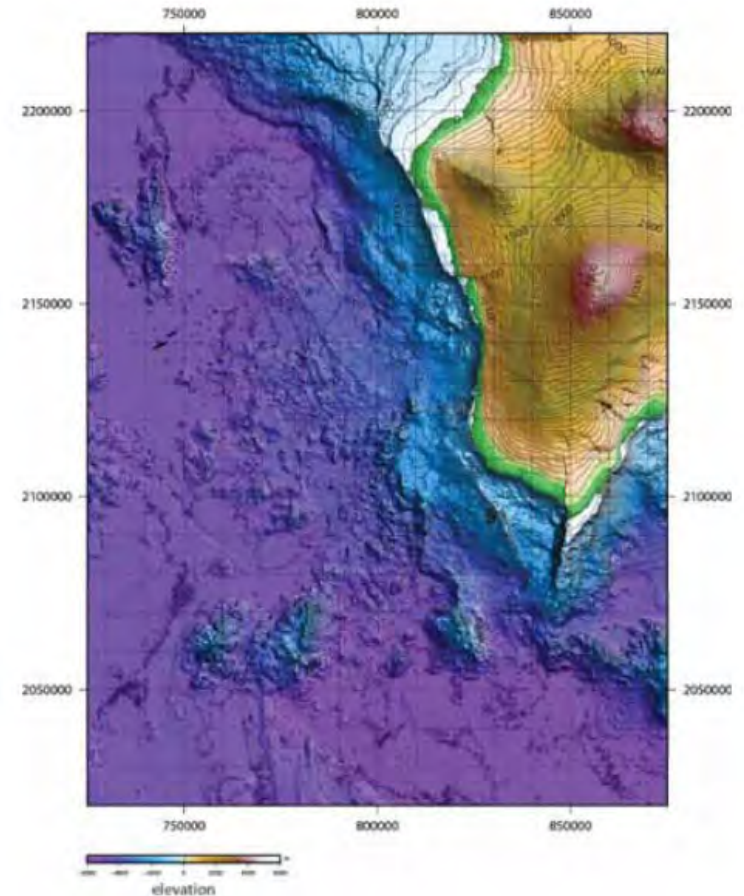


海底地形判読 (1 / 2) : 検討方針

- Alike-2地すべり周辺（ハワイ島西部周辺）を対象に、ハワイ大学マノア校海洋地球科学技術学部（SOEST）による海底地形デジタルデータ（50mグリッド）を用いて海底地形コンター図及び標高段彩陰影図を作成し、海底地形判読を行った。
- なお、海底地形判読にあたっては、以下の判読基準により、海底地すべりの可能性のある地形を抽出した。

海底地すべりの可能性のある地形判読基準

ポイント	典型的特徴
地形	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり地形としては滑落崖とその下部にある地すべり土塊（滑落土塊）が対をなす。 ・陸上の地すべりに比べて、大規模、薄く広がる傾向がある。薄く広がるケースでは土塊は認定しにくいので滑落崖だけを認定する。
滑落崖	<ul style="list-style-type: none"> ・馬蹄形、半円形、コの字形の平面形で、斜面下方へ開く急斜面。 ・急斜面は平面的に出入りがなくスムーズな形状で、傾斜も一定傾向。 ・下方に地すべり土塊が対をなして存在すると確実度が上がる。
地すべり土塊	<ul style="list-style-type: none"> ・滑落崖の下部にある扇状地状、舌状の高まり及び台地状を呈す。 ・典型的な場合には、土塊の表面に不規則な凹凸、低崖、凹地があり、全体として上に凸形の斜面を呈す。



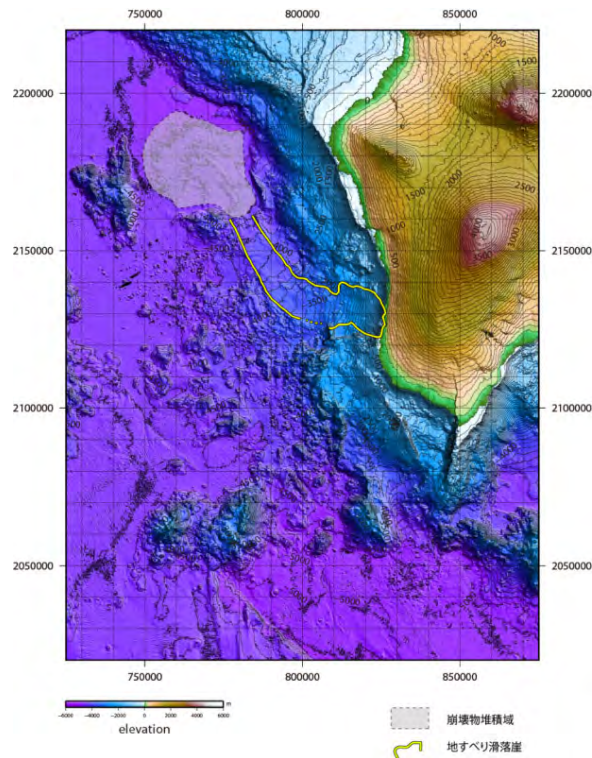
海底地形コンター図及び標高段彩陰影図

ハワイ大学マノア校海洋地球科学技術学部（SOEST）による海底地形デジタルデータを使用

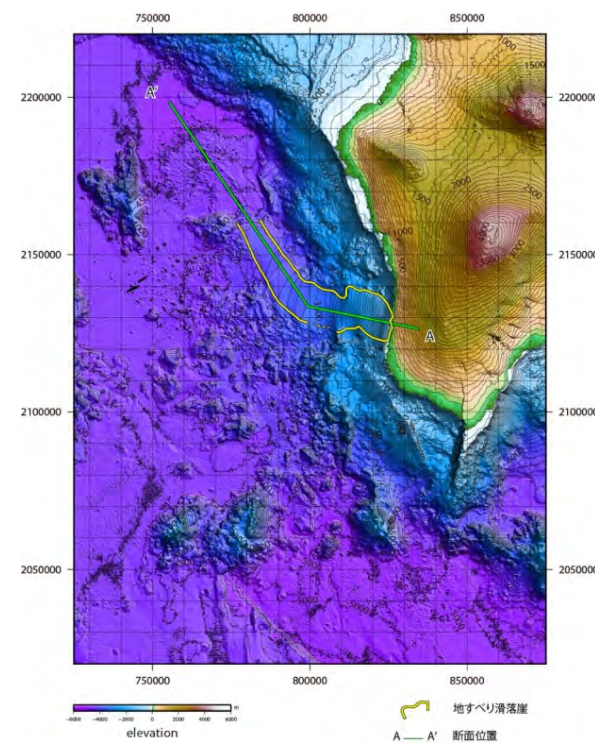


海底地形判読 (2/2) : 判読結果

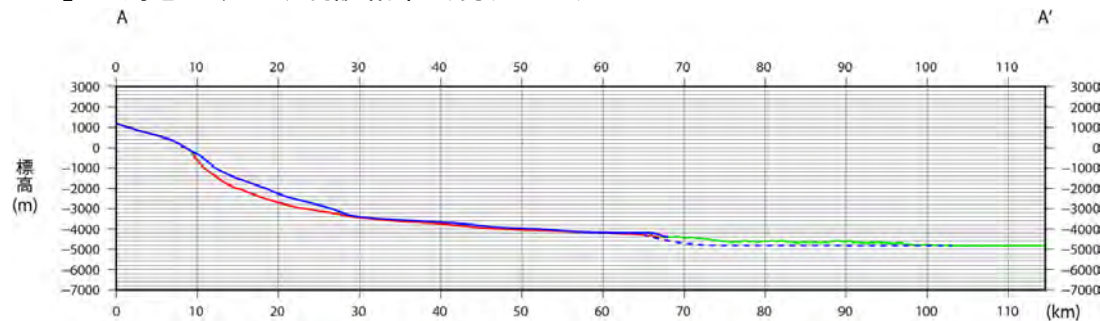
- 海底地形判読の結果, 「Alika-2」 付近に海底地すべりと判断される地形 (滑落崖, 崩壊物堆積域) が認められた (左図)。
- 地すべり滑落崖周辺の現況地形から滑落崖を埋め戻し, 地すべり崩壊前地形を復元した (右図)。
- 復元地形と現況地形との差から算出した崩壊量は約105km³である。



「Alika-2」の海底地すべり判読結果 (現況地形)



復元地形



地形断面図 (H:V=1:2.5)

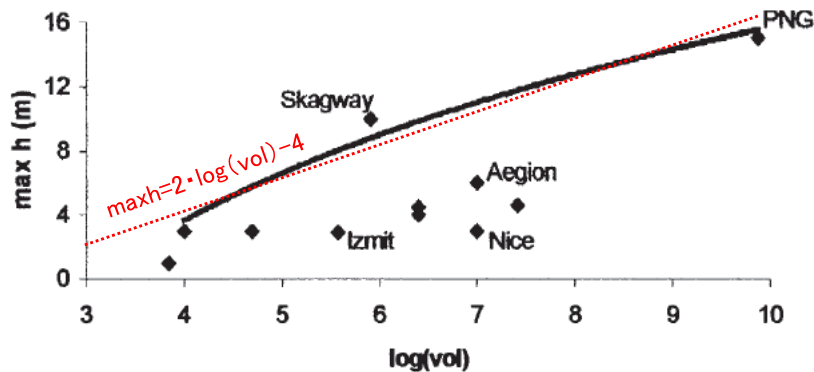
- : すべり面 (現況地形)
- : 崩壊物堆積域 (現況地形)
- : 復元地形

8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (9/10)



津波評価

- 「Alika-2」の海底地すべりによる津波の敷地への影響を確認することを目的に、地すべり規模から津波水位を推定することを検討した。
- 津波水位の推定は、Papadopoulos and Kortekaas (2003)⁽⁹⁸⁾による20世紀以降に発生した世界の地すべり津波のデータ分析に基づく、崩壊量と沿岸における津波の最高水位の関係が日本沿岸でも成立すると仮定して実施した。
- Ma et al. (1999)⁽⁹²⁾より、1975年Kalapana津波の地すべり崩壊量を2.5km³とし、その地すべりに伴う日本沿岸における津波水位を検潮記録最大全振幅の最大値である55cm（鮎川検潮所）（羽鳥（1976）⁽⁸⁹⁾）と仮定する。
- Papadopoulos and Kortekaas (2003)⁽⁹⁸⁾による地すべり体積と津波水位の関係式から、「Alika-2」のような地すべり（崩壊量約105km³）がハワイで発生した場合の日本沿岸における水位は3.8m程度と推定される。



- 地すべり1の体積をV1, 日本沿岸における津波水位をh1とする。地すべり2の体積をV2, 日本沿岸における津波水位をh2とする。
- Papadopoulos and Kortekaas (2003)⁽⁹⁸⁾の関係により、

$$h_2 = a \cdot \log(V_2) + b$$

$$h_1 = a \cdot \log(V_1) + b$$
 両式の差をとれば、

$$h_2 - h_1 = a (\log(V_2) - \log(V_1))$$
 よって、

$$h_2 = h_1 + a \cdot \log(V_2/V_1)$$
 となる。
- 添え字1を1975年Kalapana津波, 添え字2を想定津波に対応させると、津波水位h2は以下ようになる。なお、定数aは、Papadopoulos and Kortekaas (2003)⁽⁹⁸⁾に基づき2とする。

崩壊量(m³)と沿岸における津波の最高水位の関係※

※ 赤線は包絡線を直線近似して加筆したもの。PNG(1998パプアニューギニア)及びIzmit(1999トルコ)は断層運動による津波への寄与が含まれる。

Papadopoulos and Kortekaas (2003)⁽⁹⁸⁾に加筆

1975年の日本沿岸における津波水位 h1	0.55m
1975年Kalapana津波の崩壊量V1	2.5km ³
想定津波の崩壊量V2	105km ³
想定津波の日本沿岸における津波水位 h2	3.8m

8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について (10/10)



まとめ

- ハワイ付近の海底地すべり「Alike-2」による日本沿岸における津波水位は3.8m程度と推定される。
- 大間原子力発電所は、津軽海峡内に位置していることから、敷地への津波の影響はさらに小さくなると推測されるため、ハワイ付近の海底地すべりによる津波の敷地への影響は大きくないと考えられる。

(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
- 9. 火山現象に起因する津波**
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討**
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



火山現象（渡島大島の山体崩壊）に起因する津波評価に係るkinematic landslideモデルの解析パラメータを，二層流モデル解析結果を反映して設定する場合の検討を実施した。

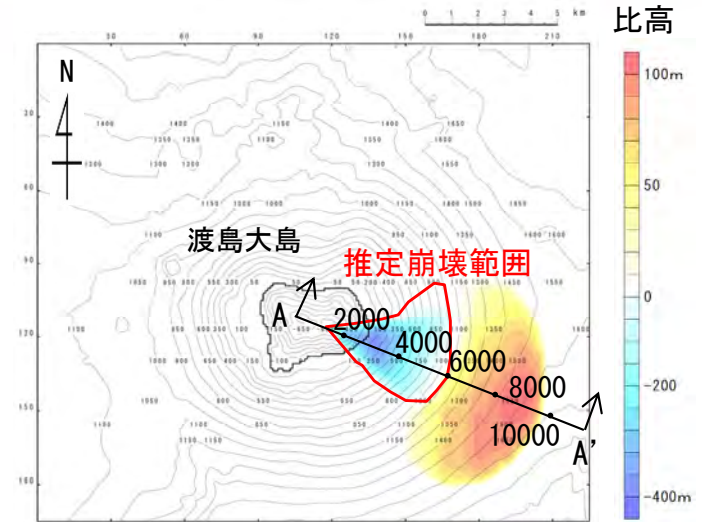
9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討 (2 / 3)



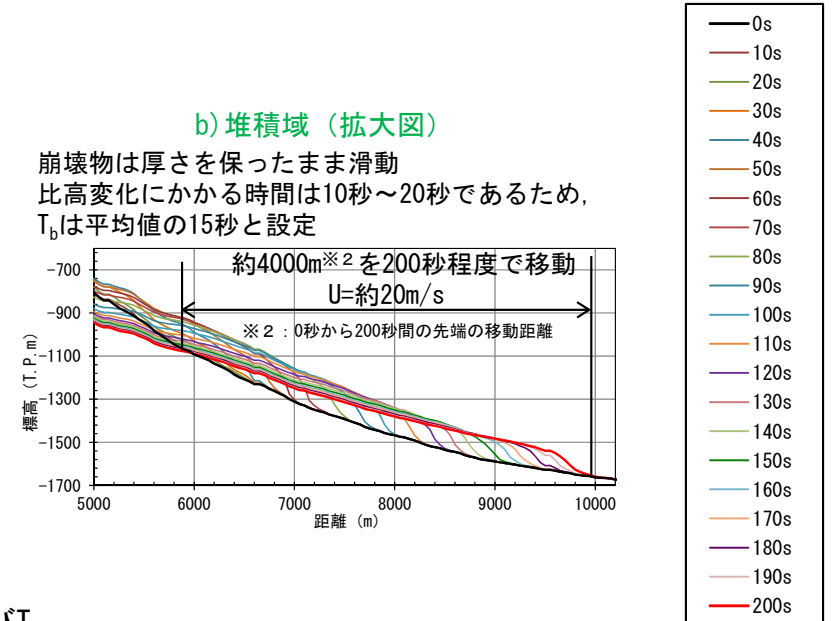
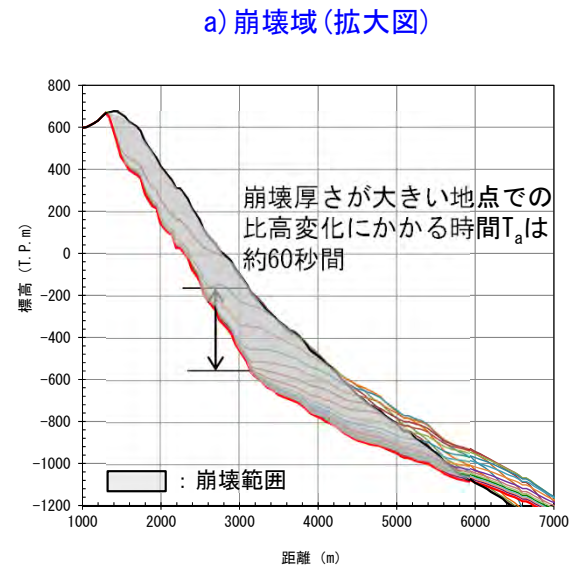
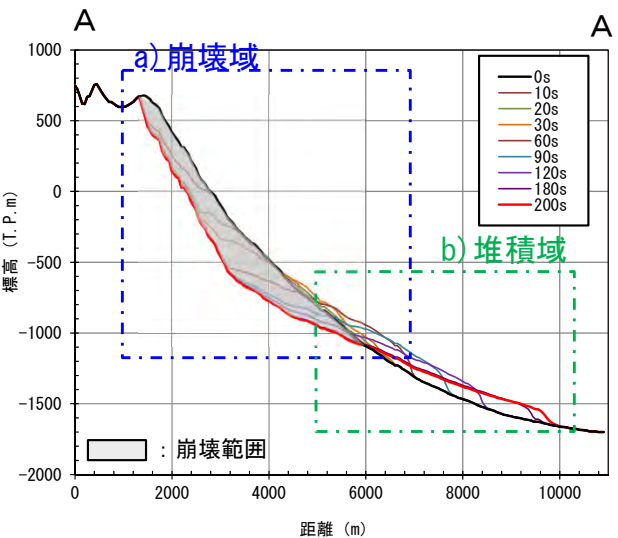
解析パラメータの設定 (二層流モデル解析結果を反映)

- 火山現象 (渡島大島の山体崩壊) に起因する津波に係るkinematic landslideモデルの解析パラメータは, Satake (2007) ⁽⁹⁹⁾ に基づき設定 (P. 9.1-4参照) しているが, 参考に二層流モデル解析結果を反映して設定したケースの検討を実施した。
- 二層流モデル解析で得られた崩壊物の移動状況より設定したパラメータは以下のとおり。
 - 水平移動速度 : 崩壊域 U_a : 0m/s^{*1}
堆積域 U_b : 20m/s
 - 比高変化継続時間 : 崩壊域 T_a : 60s
堆積域 T_b : 15s

*1 崩壊域では, 崩壊開始と同時に, すべり面を利用して全域で崩壊が開始するため, 水平移動速度は0m/sと設定。



kinematic landslideモデルに用いる比高分布 (二層流モデル解析結果)



kinematic landslideモデルに用いるU及びT (二層流モデル解析による崩壊測線上の崩壊物の移動状況より設定)

9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討 (3 / 3)



(補足) 解析パラメータの設定 (Satake(2007))

• Satake (2007) ⁽⁹⁹⁾ による火山現象 (渡島大島の山体崩壊) に起因する津波に係るkinematic landslideモデルの解析パラメータは以下のとおり。これらは既往の事例等を参照してU及びTそれぞれに対し複数の値※を設定の上、UとTの組合せによるパラメータスタディを実施して、既往津波高さの再現性が良好な組合せとして設定されている。

- 水平移動速度U : 40m/s
- 比高変化継続時間T : 120s

※U : 1980年のMt. St. Helens等の事例を参照して、海底における崩壊域・堆積域の区別なく一定値として20, 40, 60, 80及び100m/sを設定。
T : 海底における崩壊域・堆積域の区別なく一定値として1分, 2分及び5分を設定。

パラメータスタディの比較

U (m/s)	T (min)	6" grid (n=36)			1' and 6" grids (n=49)		
		K	κ	r	K	κ	r
20	1	1.34	1.42	0.68	1.48	1.48	0.80
40	1	0.93	1.39	0.72	1.04	1.52	0.82
60	1	0.90	1.46	0.71	1.04	1.62	0.81
80	1	0.99	1.49	0.66	1.15	1.65	0.78
100	1	1.11	1.52	0.60	1.28	1.66	0.74
10	2	2.35	1.42	0.70	2.66	1.53	0.81
20	2	1.49	1.41	0.69	1.62	1.46	0.81
40	2	0.99	1.37	0.75	1.11	1.50	0.84
50	2	0.94	1.39	0.76	1.09	1.55	0.85
60	2	0.94	1.39	0.75	1.11	1.58	0.84
80	2	1.02	1.41	0.71	1.20	1.60	0.82
100	2	1.14	1.44	0.64	1.34	1.62	0.78
20	5	2.64	1.49	0.56	2.57	1.49	0.71
40	5	2.16	1.42	0.67	2.29	1.44	0.80
60	5	2.15	1.43	0.69	2.27	1.45	0.81
80	5	2.34	1.44	0.64	2.52	1.47	0.78
100	5	2.63	1.47	0.55	2.86	1.50	0.73

K : 幾何平均値
 κ : 幾何標準偏差
r : 相関係数



1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



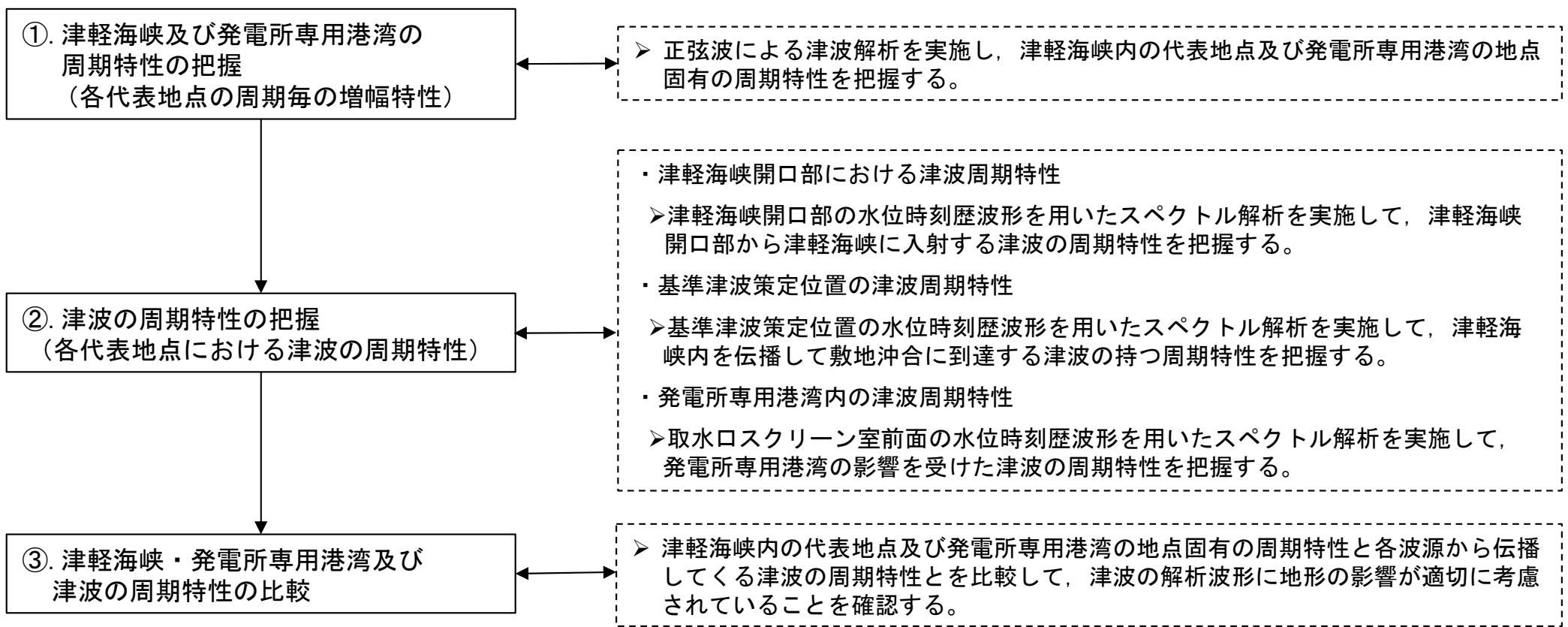
1 1. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性

検討方針

- 津波水位評価に津軽海峡や発電所専用港湾の影響が考慮されていることを確認するため、津軽海峡、発電所専用港湾及び津波の周期特性について検討する。
- 評価フロー及び評価内容は以下のとおり。

【評価フロー】

【評価内容】



- 1. 津波堆積物調査（現地調査）
- 2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
- 3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
- 4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
- 5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
- 6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
- 7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
- 8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
- 9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
- 10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
- 11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
- 12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について



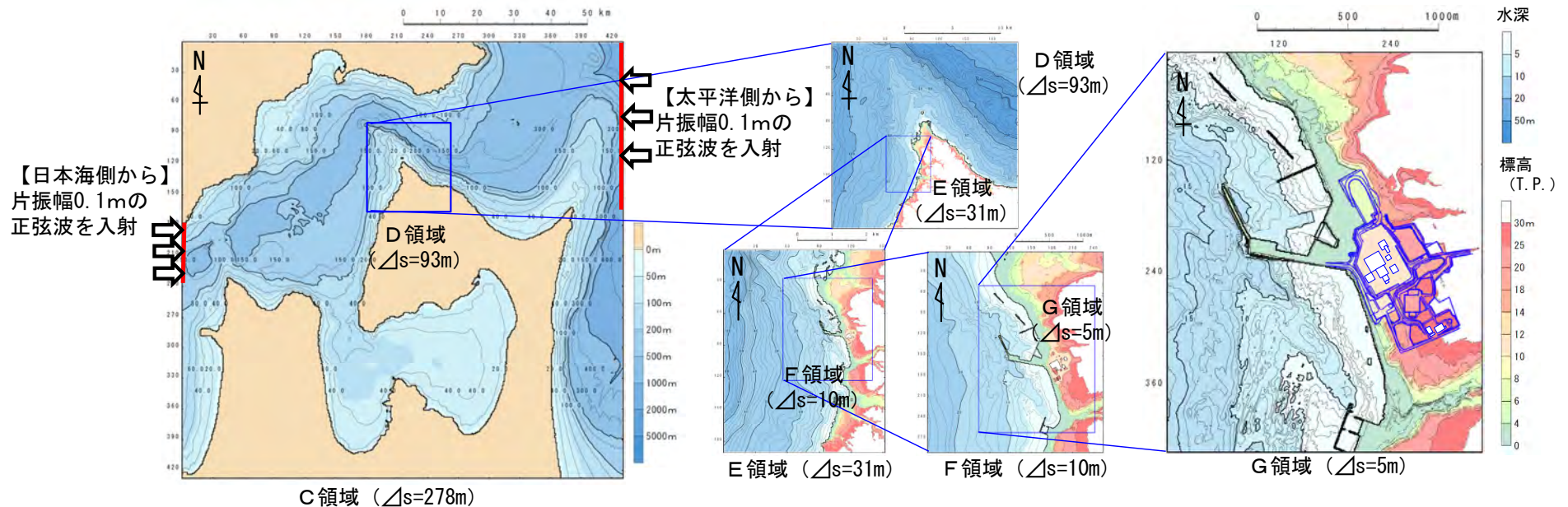
1 1-1. 検討方法 (1 / 4)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (1 / 2) : 計算条件

- 周期を変化させた正弦波による津波解析を実施して、津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性を把握する。下記に主な計算条件を示す。

計算条件一覧

項目 \ 領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域
計算格子間隔 Δs	278m (2500/9)	93m (2500/27)	31m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
計算時間間隔 Δt	0.2秒				
基礎方程式	非線形長波				
沖合境界条件	<ul style="list-style-type: none"> 沖側境界：正弦波による水位変動を流量として入射し、岸からの反射波については自由透過させる。 側面水域境界：自由透過 				
陸側境界条件	完全反射条件	小谷ほか(1998) ⁽⁶⁶⁾ の遡上境界条件			
入射波	正弦波：5波以上、振幅:0.1m、周期：5分~40分（1分ピッチ）、40分~150分（10分ピッチ）、150分~360分（30分ピッチ）				
海底摩擦	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}\text{s}$ （土木学会（2016） ⁽⁴⁾ より）				
水平渦動粘性係数	考慮しない				
潮位条件	T. P. $\pm 0.0\text{m}$				
計算時間	4時間を基本とし、入射周期が長いケースは5波相当の時間とする。				





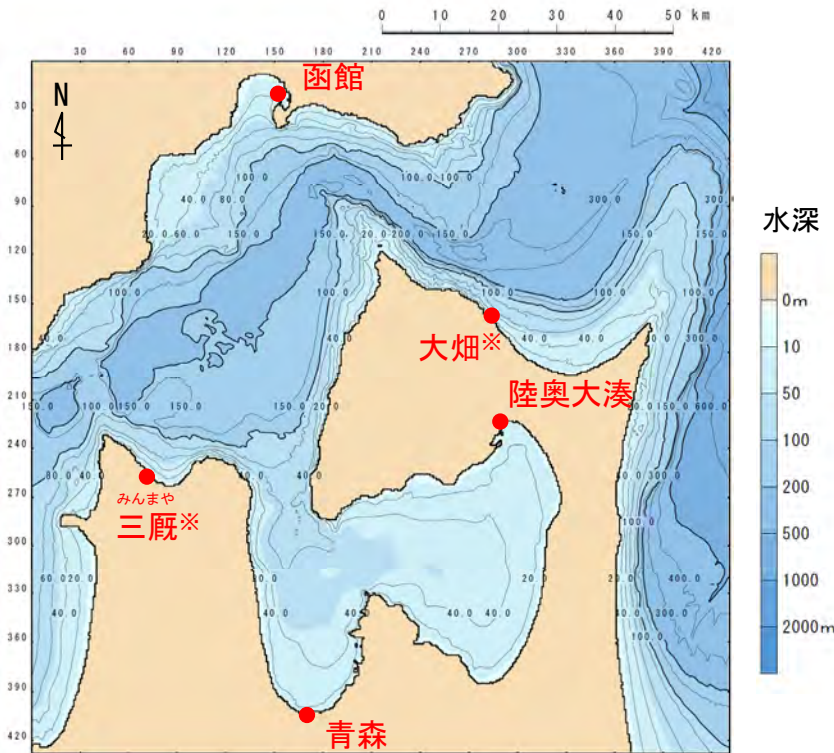
1 1-1. 検討方法 (2 / 4)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (2 / 2) : 評価方法・代表地点

正弦波入射解析による周期特性把握方法は以下のとおりとする。

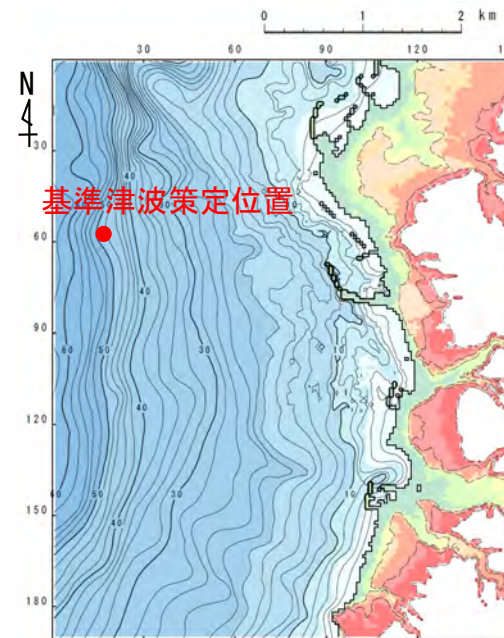
- 各周期における最大水位上昇量分布を確認し、津波の増幅特性と地形の関係性を把握する。
- 津軽海峡や発電所専用港湾において最大水位の代表地点を複数設定(下図)し、各周期に対して水位の増幅等を分析することで、津軽海峡や発電所専用港湾の周期特性を把握する。

日本海側からの津波に対する検討結果は、P.11.2-2, P.11.2-3に記載
太平洋側からの津波に対する検討結果は、P.11.3-2, P.11.3-3に記載



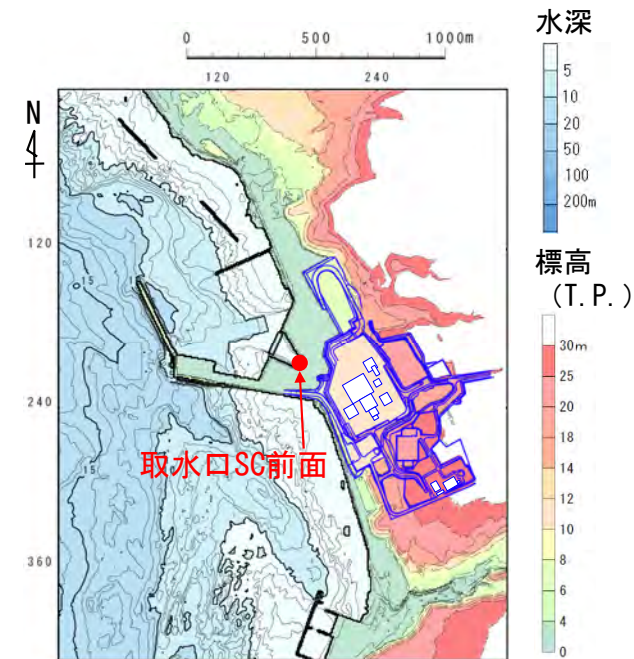
C領域 (Δs=278m)

※「大畑」は太平洋側からの津波のみ、「三厩」は日本海側からの津波のみを対象とする。



E領域 (Δs=31m)

周期特性の代表地点



G領域 (Δs=5m)



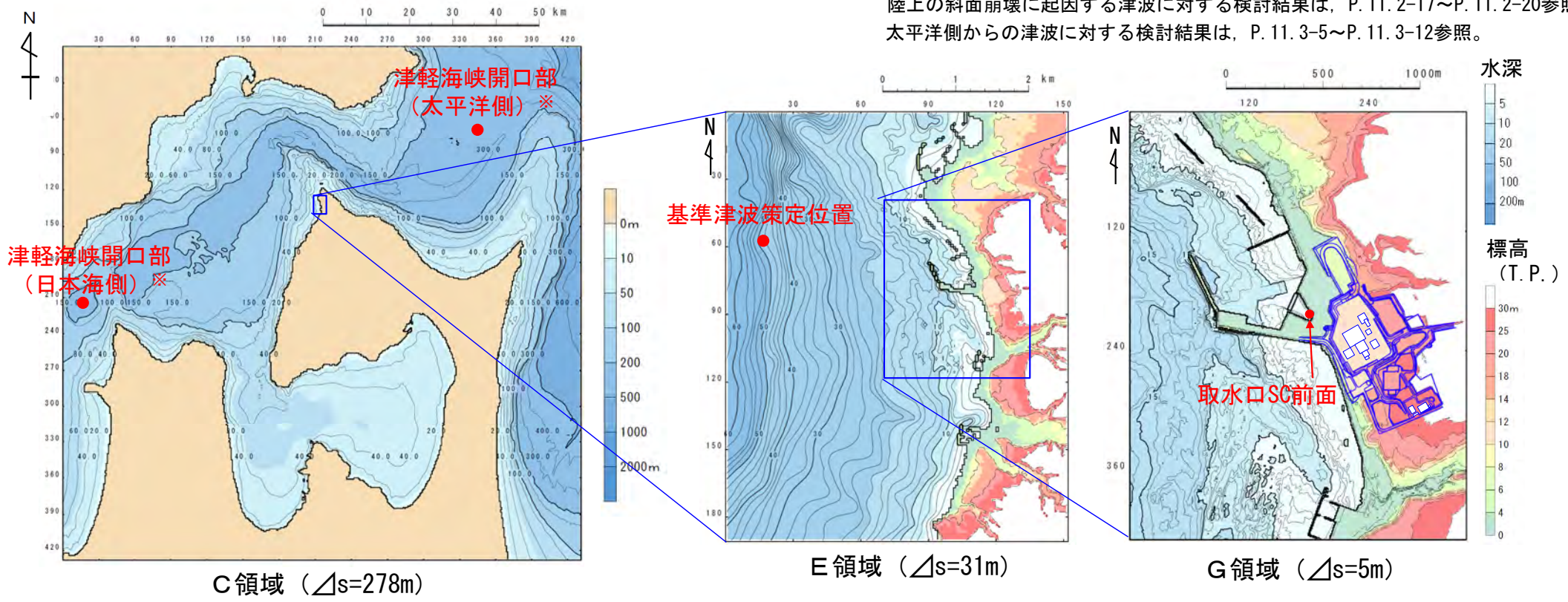
1 1-1. 検討方法 (3 / 4)

②. 津波の周期特性の把握：評価方法・代表地点

各波源から発電所に到達する津波の周期特性の把握のため、以下の目的に応じた地点の時刻歴波形を用いてスペクトル解析を実施する。

- ・ 津軽海峡開口部の津波周期特性把握：津軽海峡開口部
- ・ 敷地沖合の津波周期特性把握：基準津波策定位置
- ・ 発電所専用港湾の影響を受けた発電所地点の周期特性把握：敷地内の代表点として、取水口スクリーン室前面

日本海側からの津波に対する検討結果は、P. 11. 2-5～P. 11. 2-9参照。
火山現象に起因する津波に対する検討結果は、P. 11. 2-11～P. 11. 2-15参照。
陸上の斜面崩壊に起因する津波に対する検討結果は、P. 11. 2-17～P. 11. 2-20参照。
太平洋側からの津波に対する検討結果は、P. 11. 3-5～P. 11. 3-12参照。



スペクトル解析代表地点

※「火山現象に起因する津波」は、日本海側のみを対象とする。
また、「陸上の斜面崩壊に起因する津波」は、津軽海峡内で発生するため両地点とも対象としない。



1 1-1. 検討方法（4 / 4）

③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握」において正弦波解析により把握した各地点の固有の周期特性と「②. 津波の周期特性の把握」において検討した各代表地点における津波の周期特性とを比較して、津波の解析波形に地形の影響が適切に考慮されていることを確認する。

(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

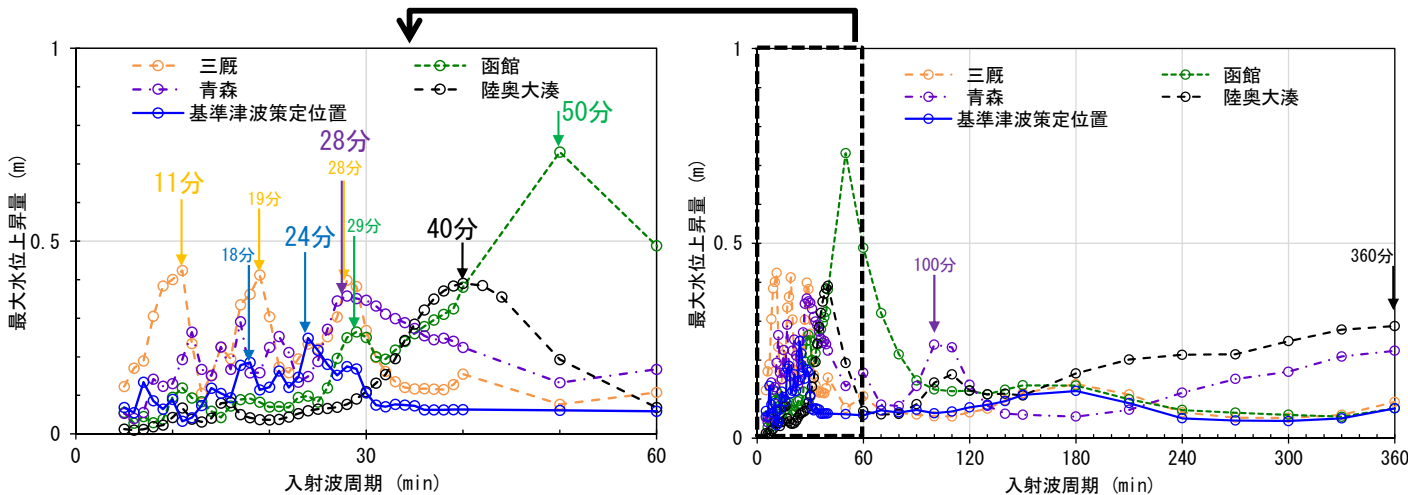


1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (1 / 16)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (1 / 2)

津軽海峡内

- ・ 津軽海峡内の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では、他の代表地点に比べ顕著な水位増幅傾向は認められない。

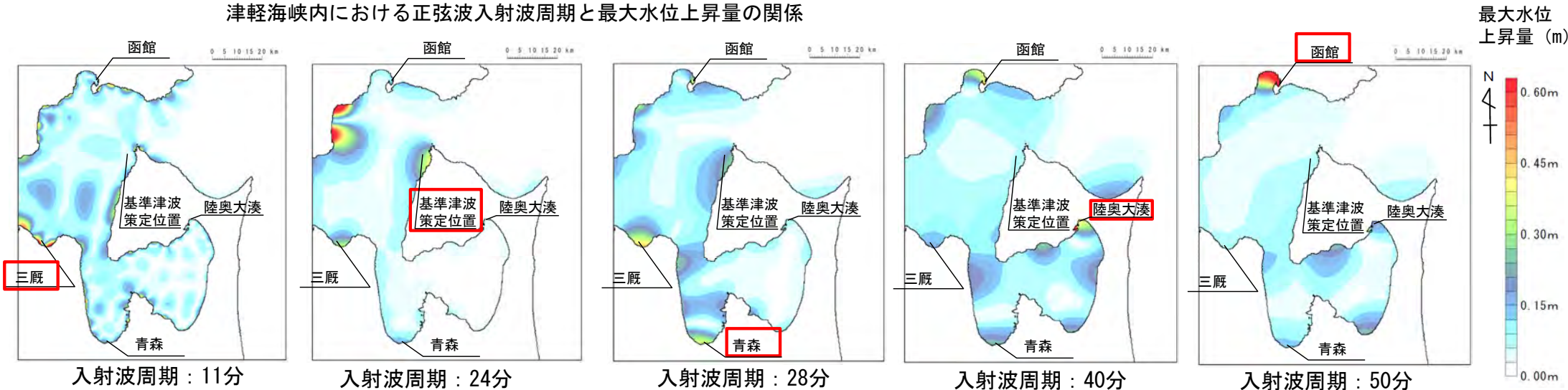


代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
三厩	11分, 19分, 28分
函館	29分, 50分
青森	28分, 100分
陸奥大湊	40分, 360分
基準津波策定位置	18分, 24分

太字：最も水位の増幅率が大きな周期

津軽海峡内における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

□：該当周期で水位の増幅が認められる地点

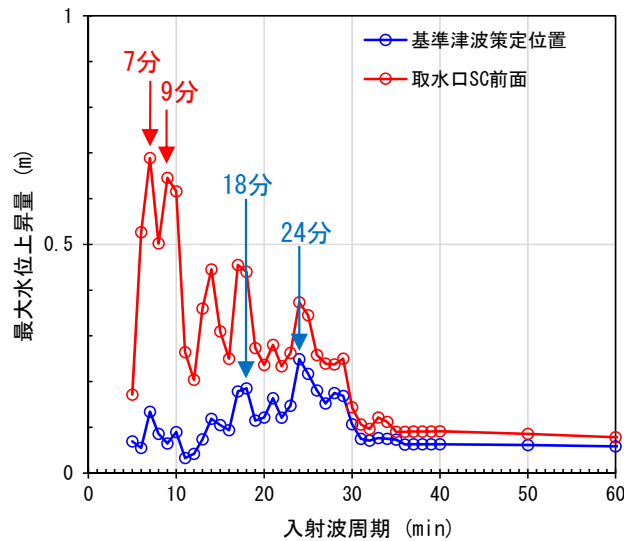


1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (2 / 16)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (2 / 2)

発電所専用港湾周辺

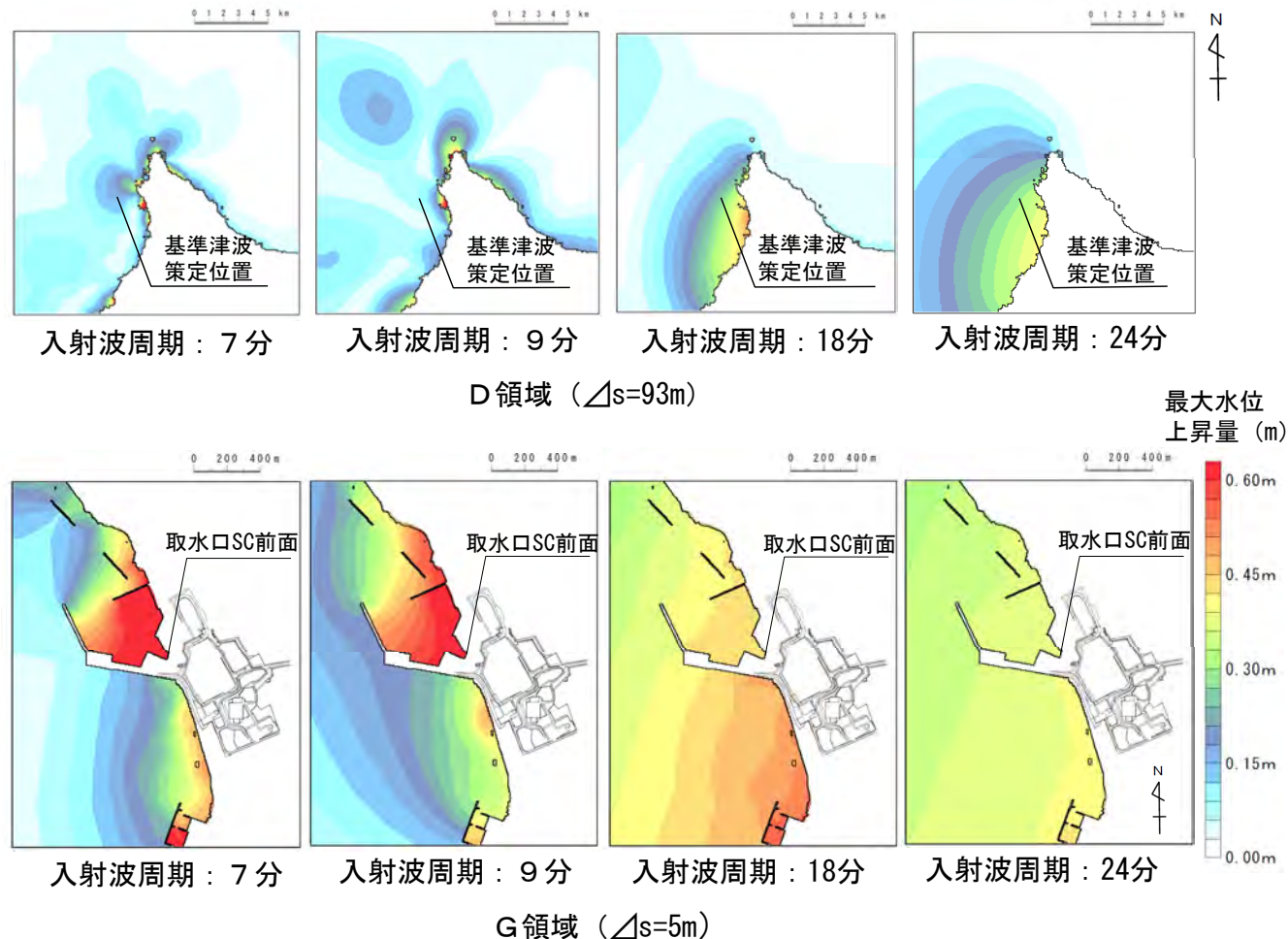
- ・ 発電所専用港湾周辺の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では，水位の増幅率は大きくないものの，周期18分及び24分に水位の増幅が認められる。
- ・ 取水口スクリーン室前面においても，周期18分及び24分で水位の増幅が認められ，さらに周期7分及び9分では顕著な水位の増幅が認められる。



発電所専用港湾周辺における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係

代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位増幅が認められる周期
基準津波策定位置	18分, 24分
取水口スクリーン室前面	7分, 9分



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

(余白)

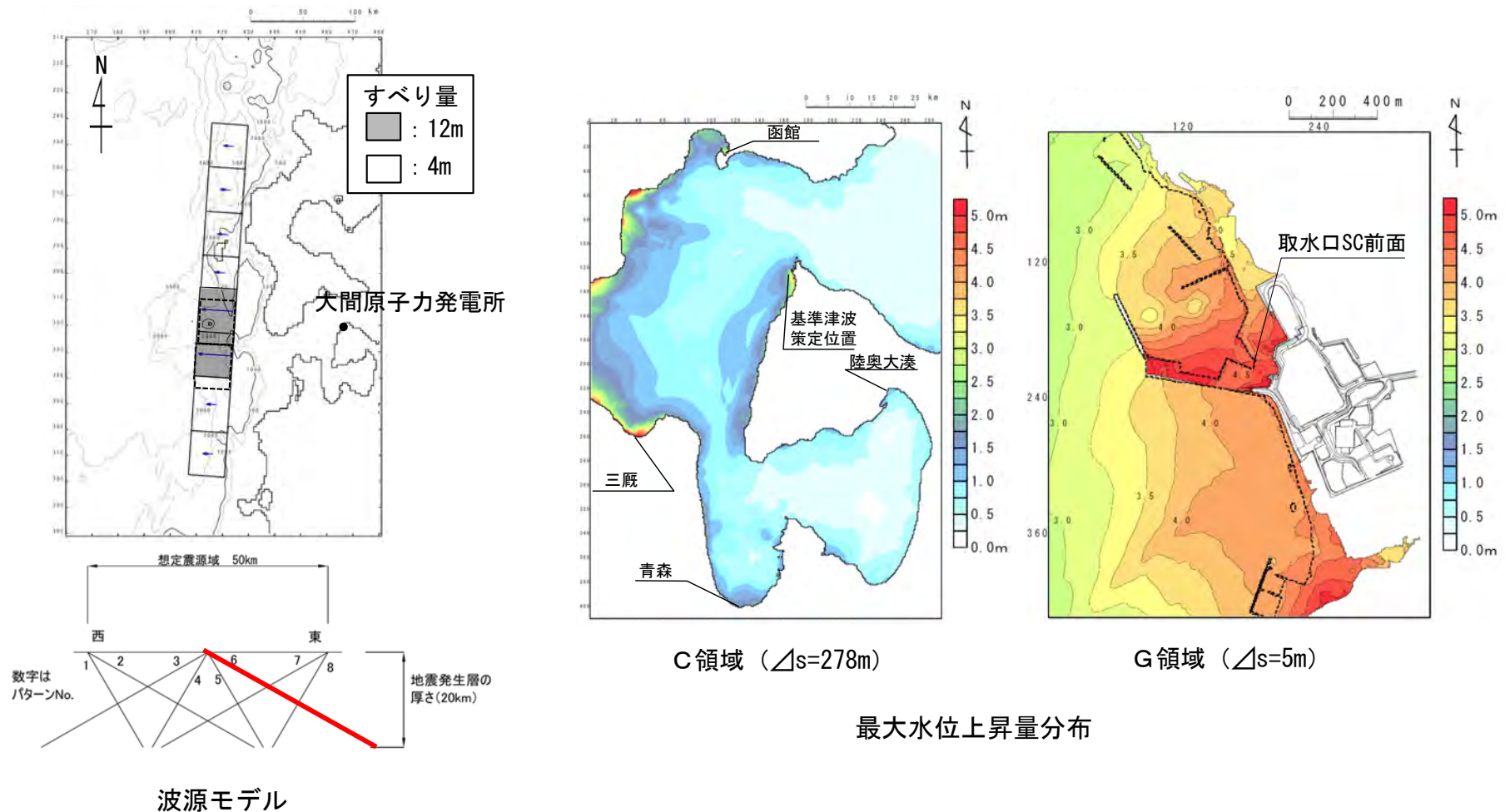


1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (3 / 16)

(1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (1 / 5)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析対象津波



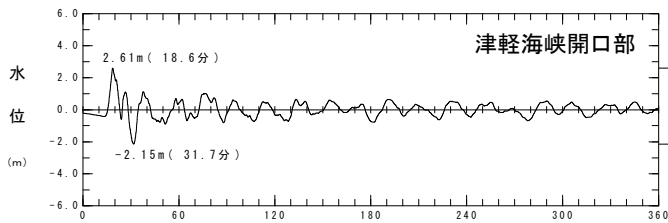
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (4 / 16)

(1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (2 / 5)

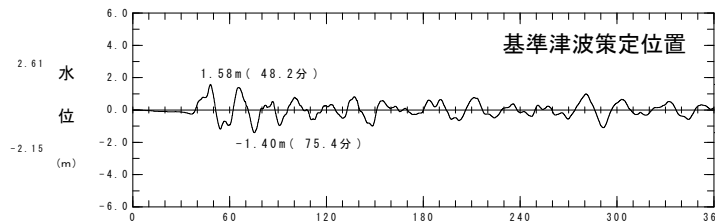
②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

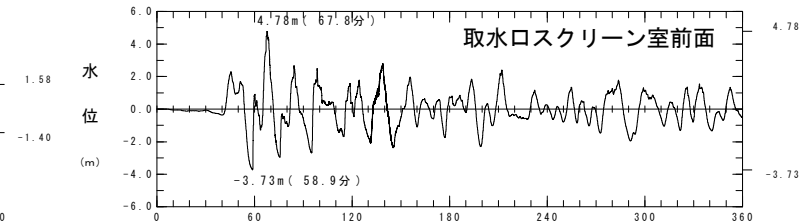
- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期18分が卓越しており、周期9分にもピークが認められる。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期17分～23分程度が卓越し、周期7分～9分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期17分～22分及び7分～9分程度の強度が顕著に増す。



時間 (分)



時間 (分)

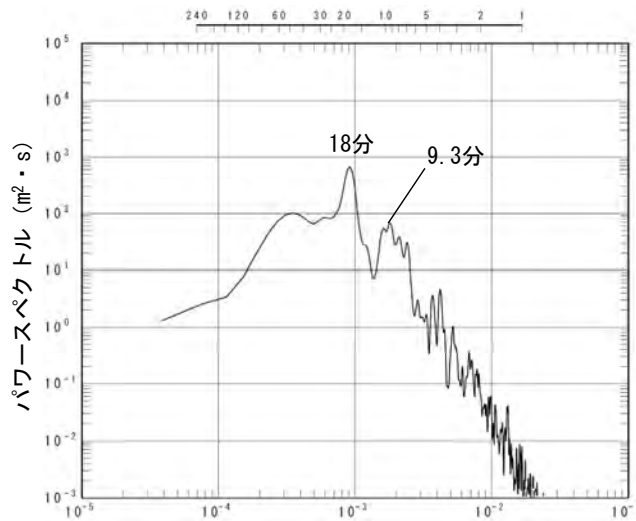


時間 (分)

周期 (分)

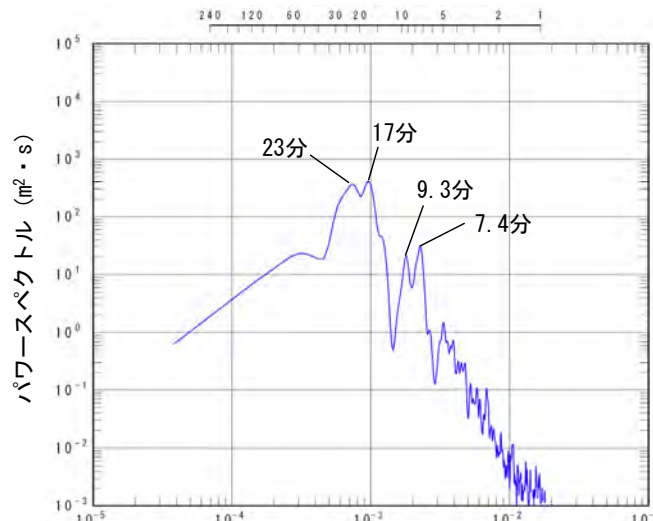
周期 (分)

周期 (分)



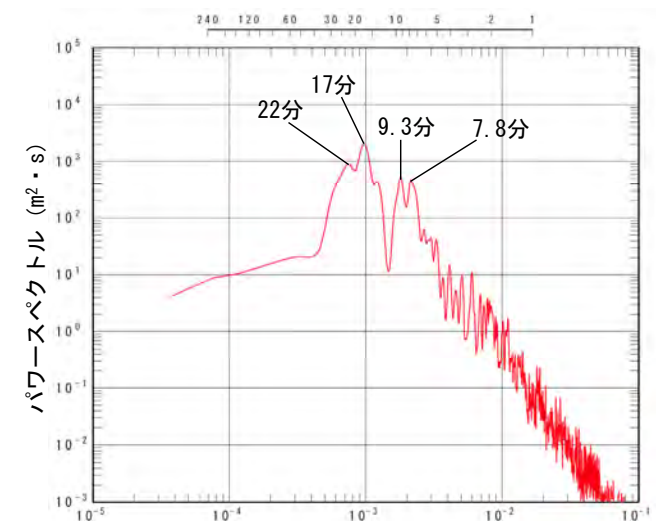
振動数 (Hz)

津軽海峡開口部



振動数 (Hz)

基準津波策定位置



振動数 (Hz)

取水口スクリーン室前面

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果



1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (5 / 16)

(1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (3 / 5)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

• 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。

i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】

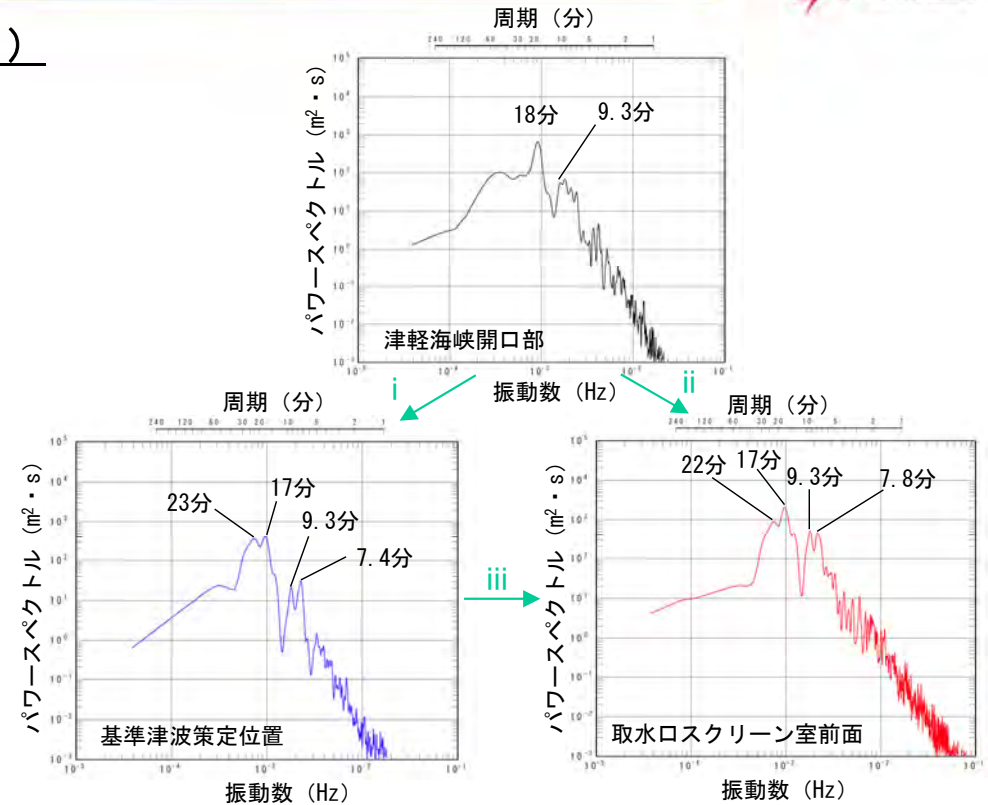
スペクトル比はおおむね1付近又は短周期（約10分以下）では1以下に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期17分～23分にもピークが認められる。

ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】

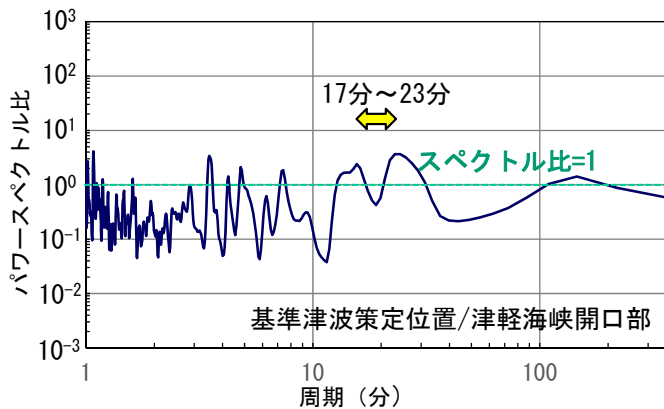
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期17分～23分にもピークが認められる。

iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】

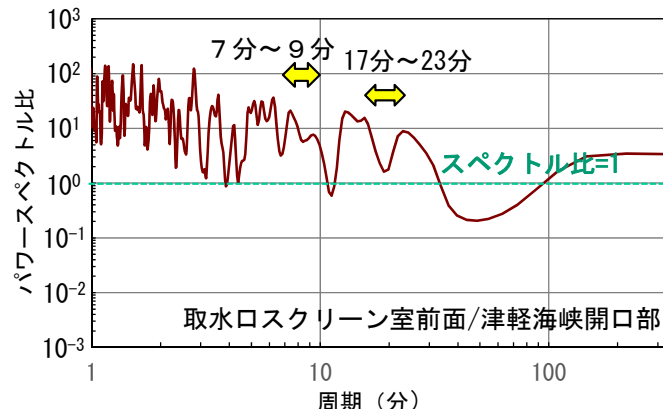
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



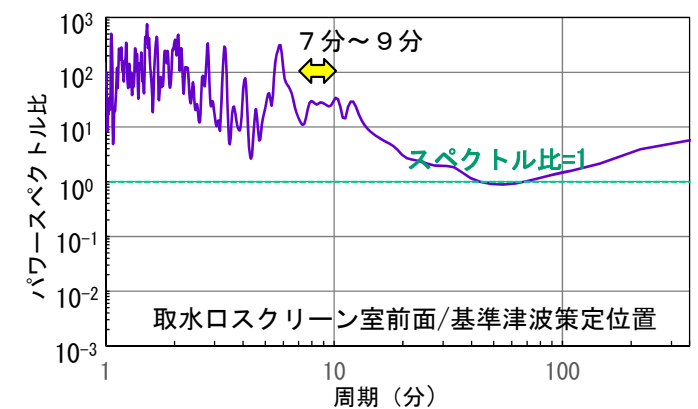
日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース) スペクトル解析結果



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



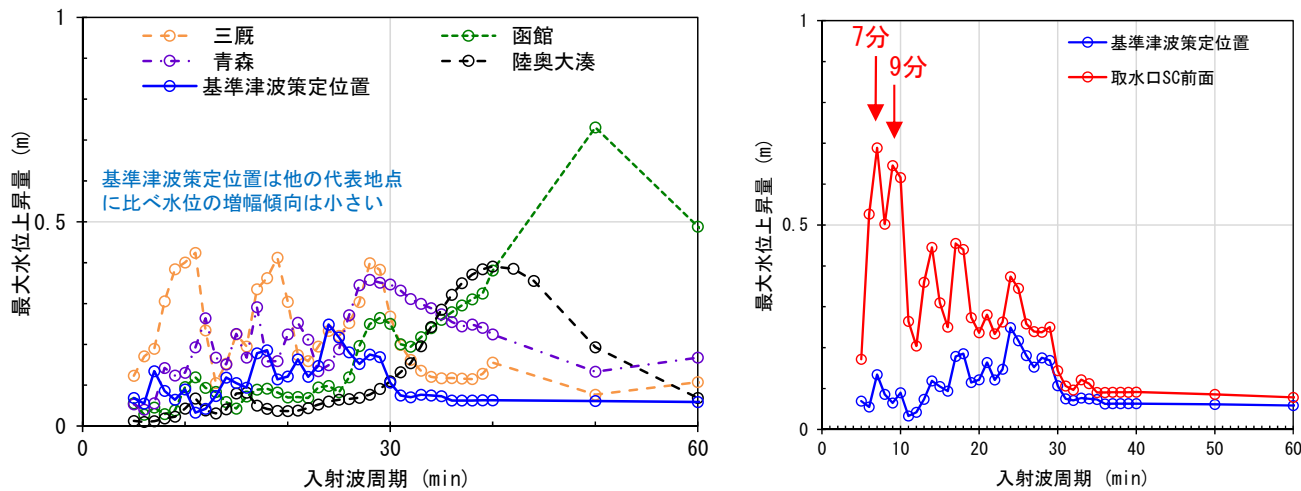
11-2. 日本海側からの津波に対する検討 (6/16)

(1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (4/5)

③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

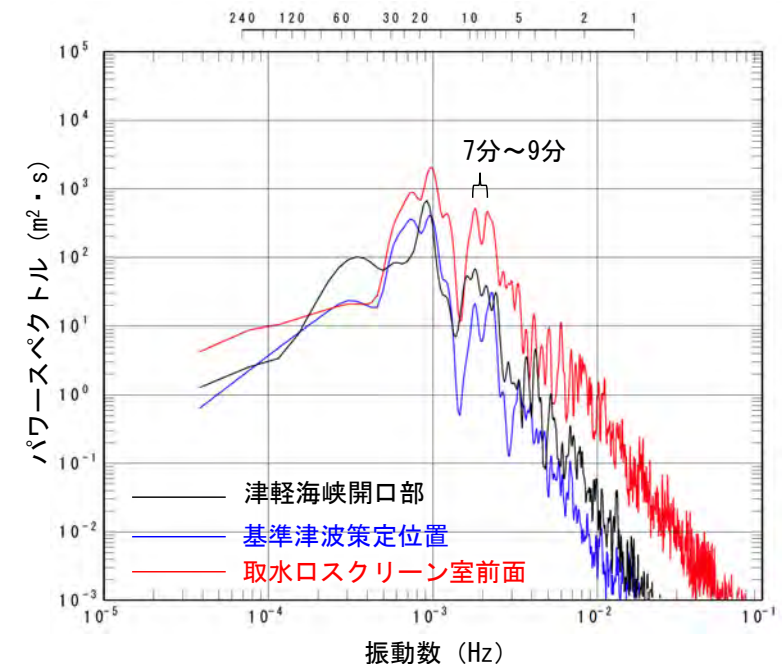
- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討 (正弦波による解析) (P.11.2-2, P.11.2-3参照) では、基準津波策定位置は津軽海峡の他の代表地点に比べ水位増幅特性の傾向は小さいこと及び取水口スクリーン室前面では、周期7分及び9分で顕著な水位増幅特性を有することが確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の検討 (スペクトル解析) (P.11.2-6参照) では、津軽海峡開口部と基準津波策定位置における周期特性には大きな変化は認められないが、取水口スクリーン室前面では、7分～9分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より、これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは、整合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」評価結果
(各代表地点の周期毎の増幅特性)



正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係
日本海側からの正弦波による解析結果 (P.11.2-2, P.11.2-3参照)

「②. 津波の周期特性」評価結果
(各代表地点における津波の周期特性)



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (上昇側最大ケース) スペクトル解析結果 (P.11.2-6参照)



1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (7 / 16)

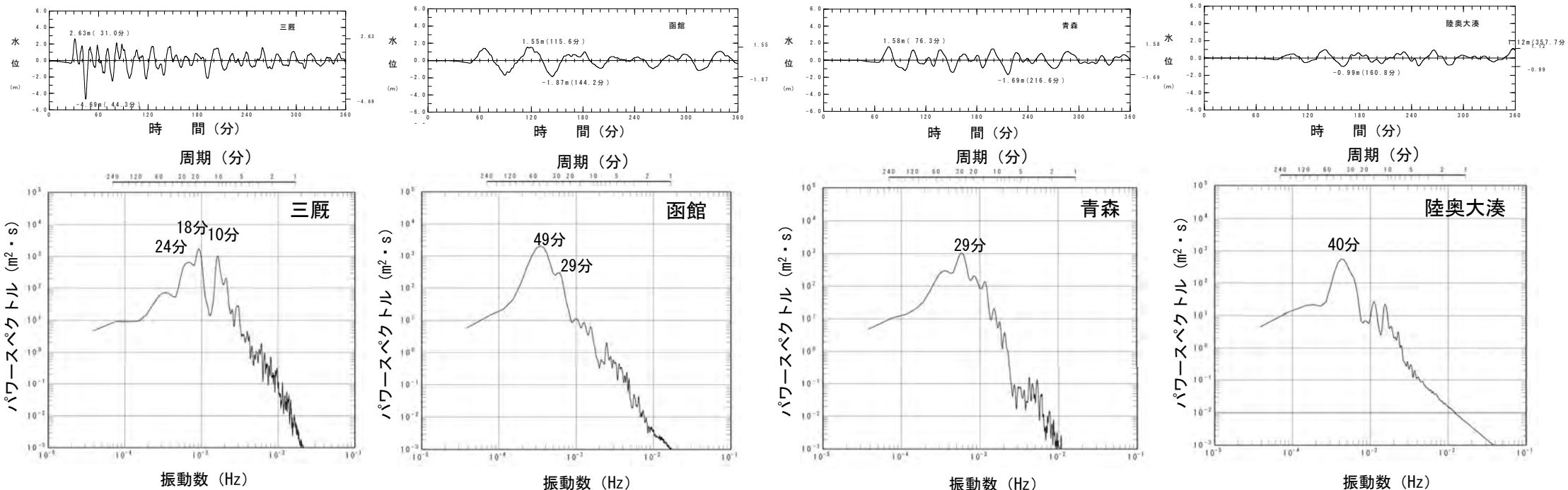
(1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (5 / 5)

③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

- 各代表地点において、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(日本海側からの正弦波による解析結果) (P. 11. 2-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
三厩	11分, 19分, 28分
函館	29分, 50分
青森	28分, 100分
陸奥大湊	40分, 360分



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
(スペクトル解析結果)

(余白)

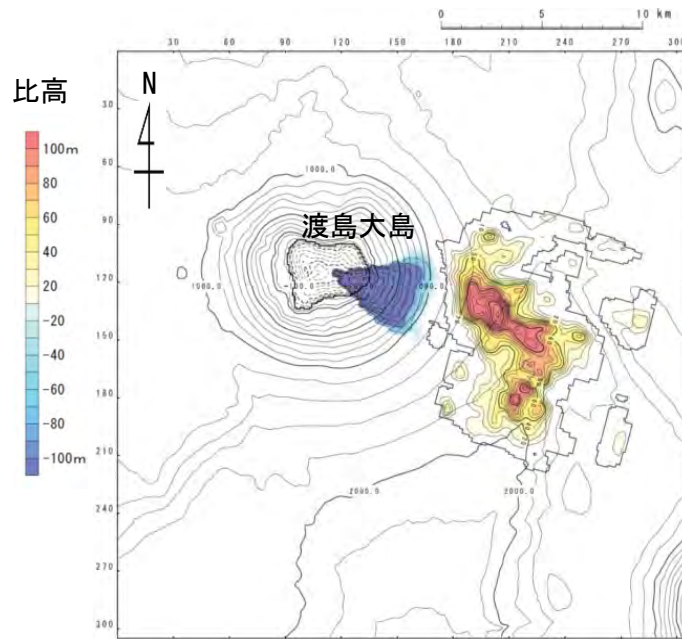


1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (8 / 16)

(2) 火山現象に起因する津波 (1 / 5)

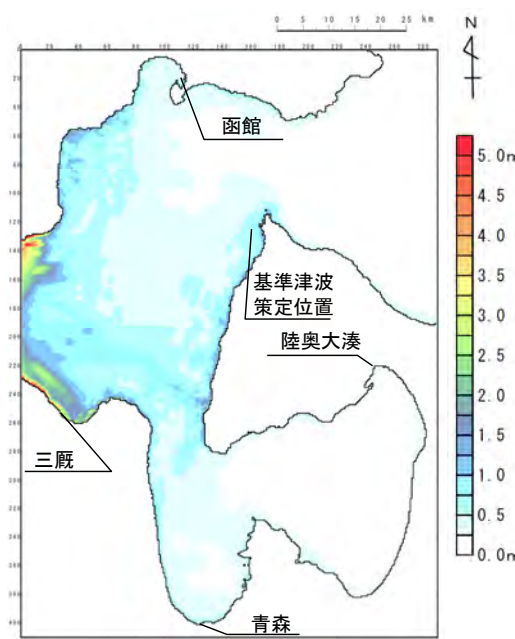
②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

火山現象に起因する津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。

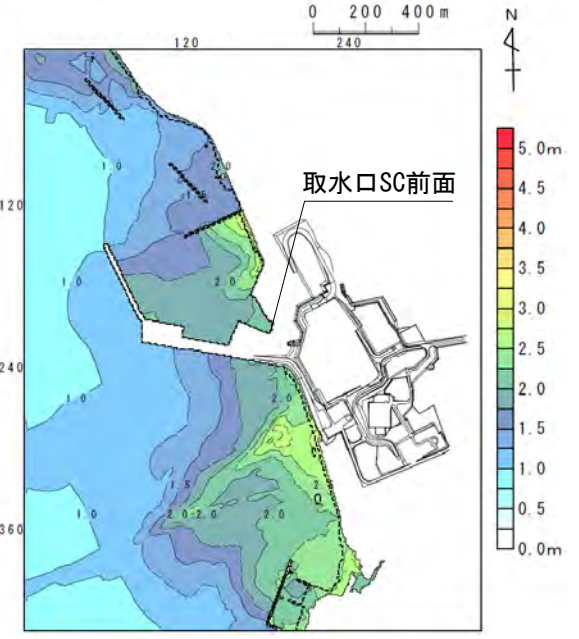


波源モデル

(kinematic landslideモデル)



C領域 (Δs=278m)



G領域 (Δs=5m)

最大水位上昇量分布

火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析対象津波



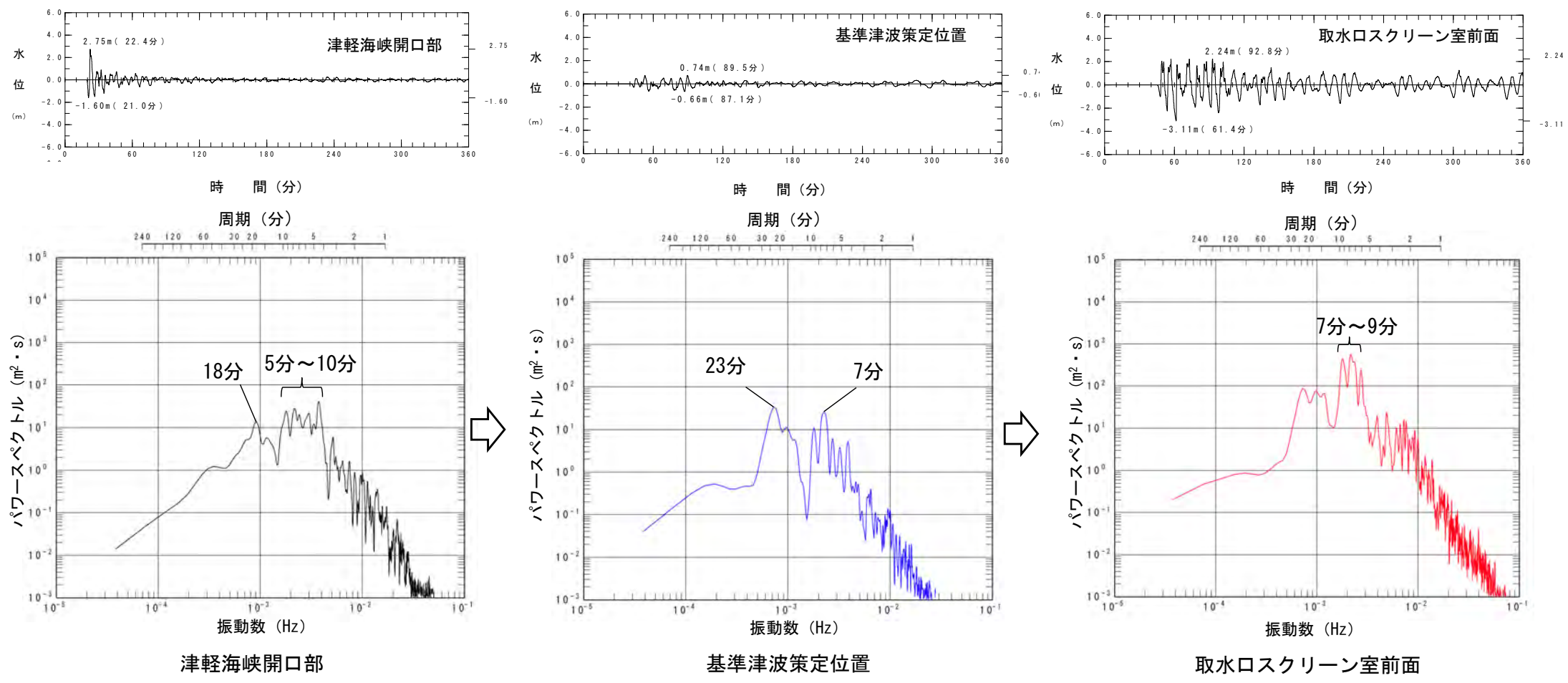
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (9 / 16)

(2) 火山現象に起因する津波 (2 / 5)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

火山現象に起因する津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期5分～10分が卓越しており、周期18分にもピークが認められる。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期23分程度が卓越し、周期7分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期7分～9分程度の強度が顕著に増す。



火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果

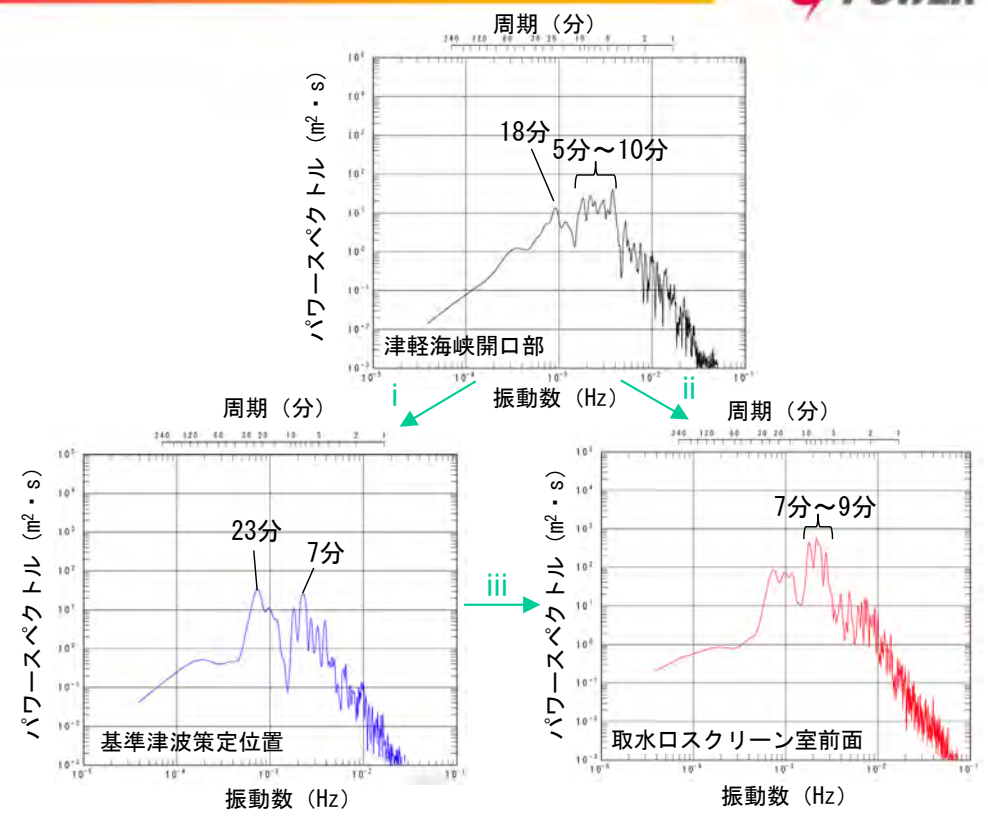


1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (10 / 16)

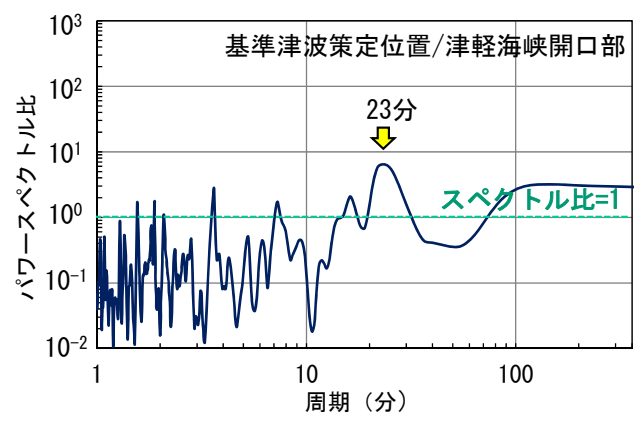
(2) 火山現象に起因する津波 (3 / 5)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

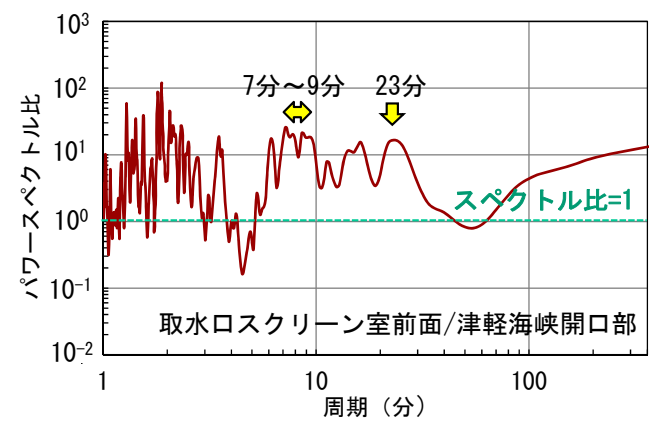
- 火山現象に起因する津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
 - i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】
スペクトル比はおおむね1付近または短周期（約10分以下）では1以下に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期23分にピークが認められる。
 - ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度以下の短周期のスペクトル比がおおむね1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期23分にもピークが認められる。
 - iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】
スペクトル比が1を超えて大きくなる。取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した周期7分～9分程度及びその周期周辺にピークが認められる。



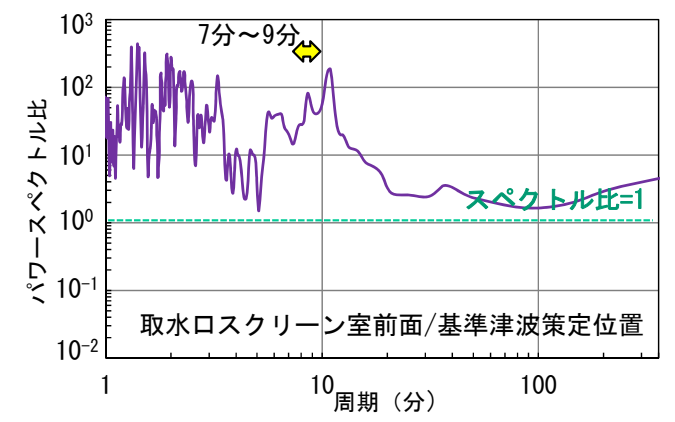
火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)スペクトル解析結果



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



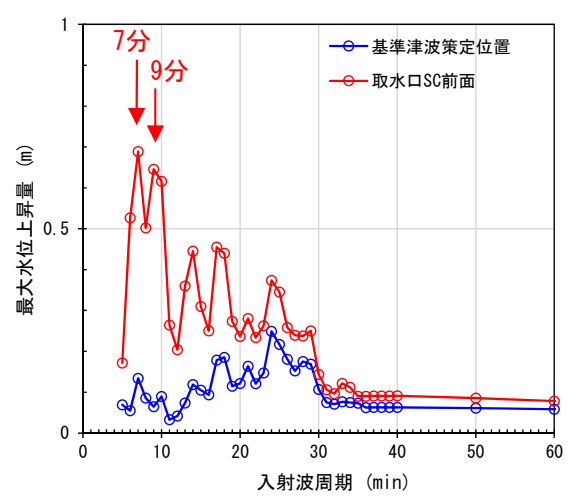
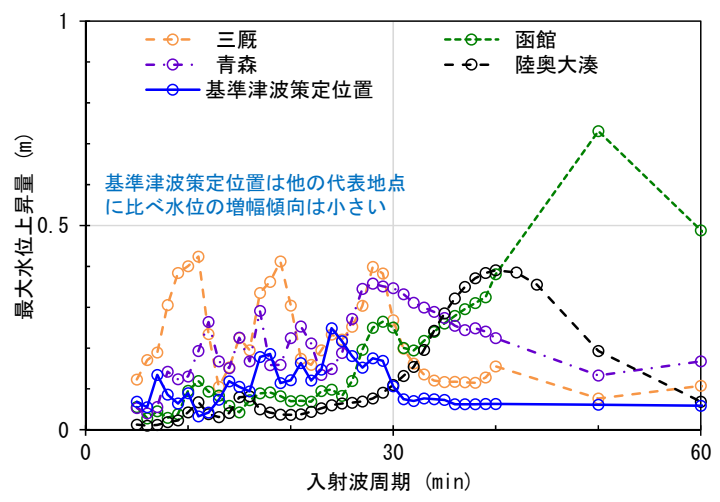
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (1 1 / 1 6)

(2) 火山現象に起因する津波 (4 / 5)

③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

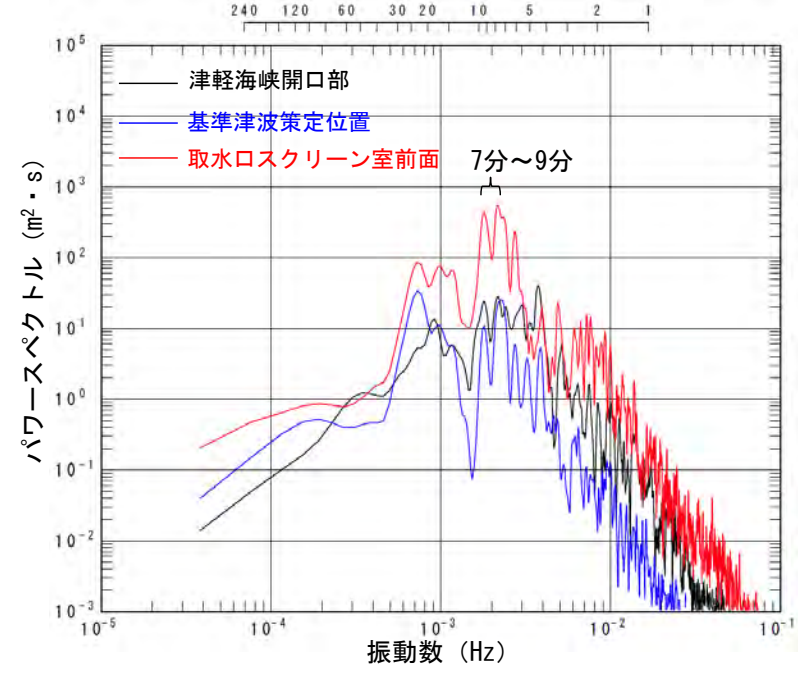
- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討（正弦波による解析）（P. 11. 2-2, P. 11. 2-3参照）では，基準津波策定位置は津軽海峡の他の代表地点に比べ水位増幅特性の傾向は小さいこと及び取水口スクリーン室前面では，周期7分及び9分で顕著な水位増幅特性を有することが確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の検討（スペクトル解析）（P. 11. 2-12参照）では，津軽海峡開口部と基準津波策定位置における周期特性には大きな変化は認められないが，取水口スクリーン室前面では，7分～9分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より，これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と，スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは，整合的な結果を示すため，津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」評価結果
(各代表地点の周期毎の増幅特性)



正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係
日本海側からの正弦波による解析結果 (P. 11. 2-2, P. 11. 2-3参照)

「②. 津波の周期特性」評価結果
(各代表地点における津波の周期特性)



火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果 (P. 11. 2-12参照)



1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (1 2 / 1 6)

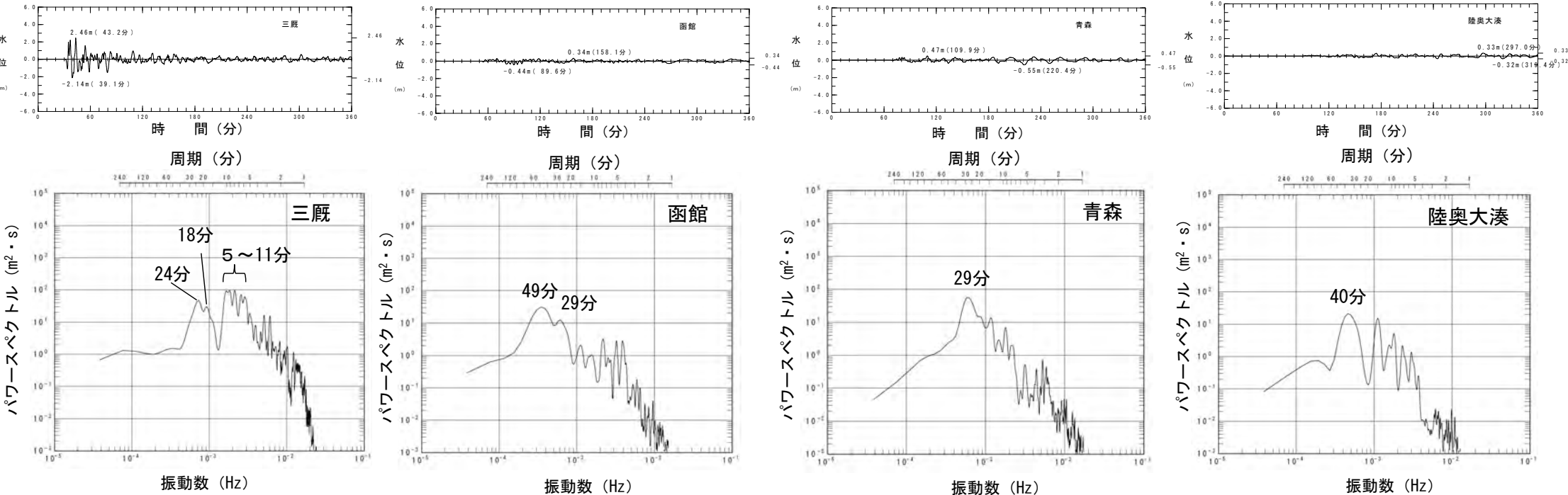
(2) 火山現象に起因する津波 (5 / 5)

③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

- 各代表地点において、火山現象に起因する津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(日本海側からの正弦波による解析結果) (P. 11. 2-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
三厩	11分, 19分, 28分
函館	29分, 50分
青森	28分, 100分
陸奥大湊	40分, 360分



火山現象に起因する津波(上昇側最大ケース)
(スペクトル解析結果)

(余白)



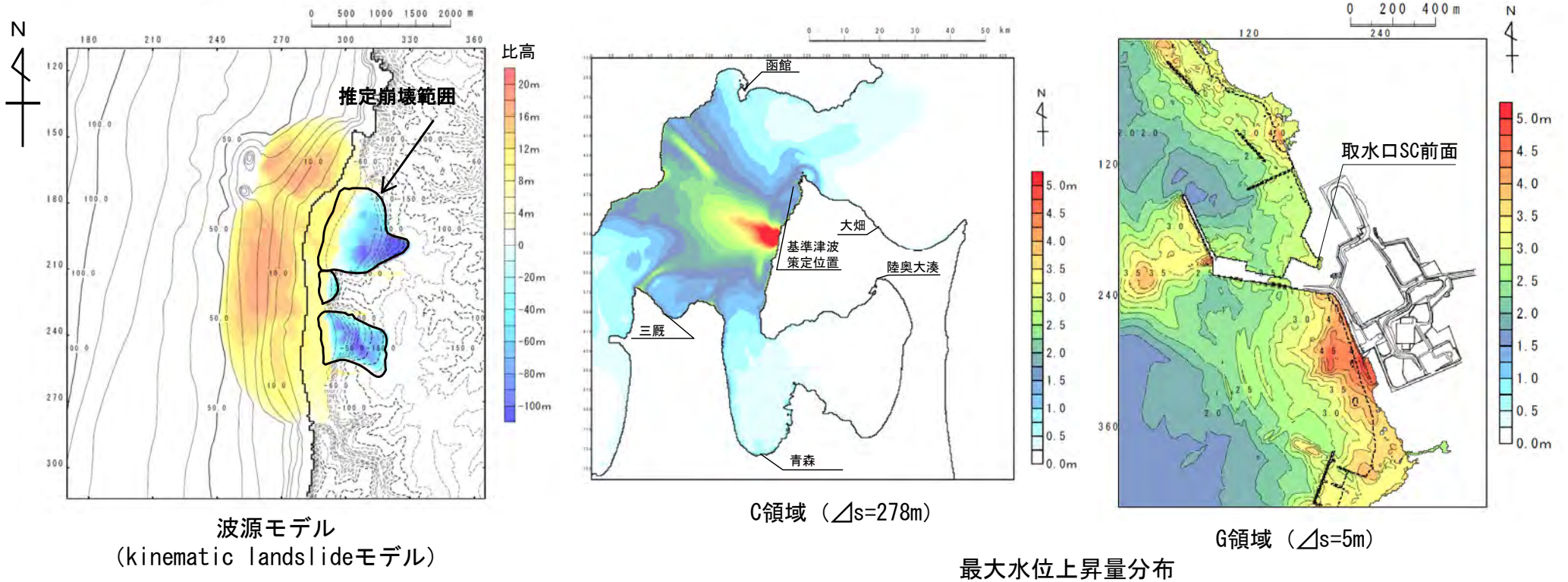
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (13 / 16)

(3) 陸上の斜面崩壊に起因する津波* (1 / 4)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

※佐井エリアの陸上の斜面崩壊に起因する津波は、敷地へ南西方向から伝播してくるため、伝播経路が大局的に同じである日本海側からの津波に分類。

陸上の斜面崩壊に起因する津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。



陸上の斜面崩壊に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析対象津波



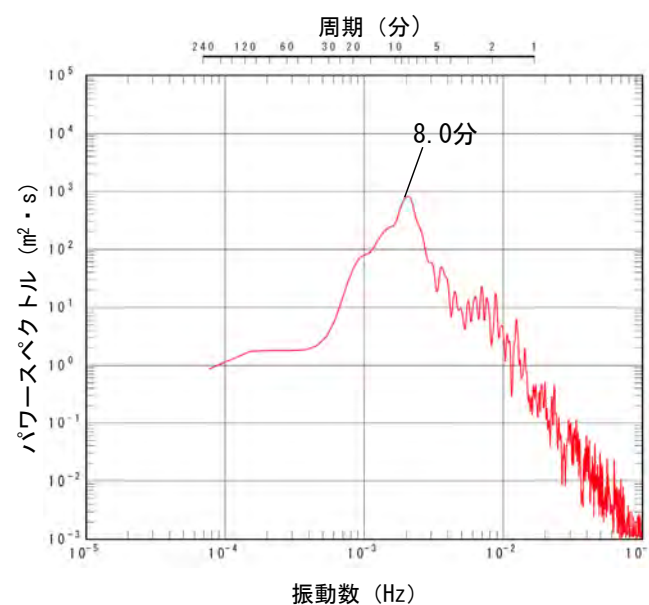
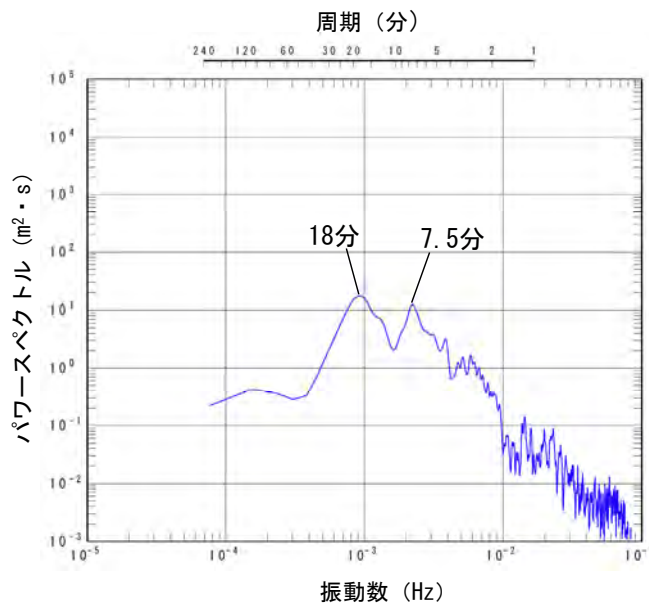
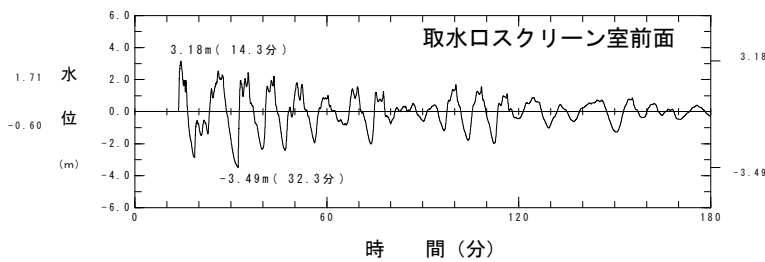
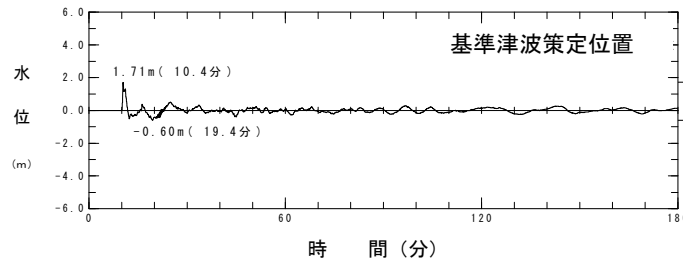
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (14 / 16)

(3) 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (2 / 4)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

陸上の斜面崩壊に起因する津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 基準津波策定位置：周期18分程度が卓越し，周期7分～8分程度にもピークが認められる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：発電所専用港湾内への伝播に伴い，周期8分程度の強度が顕著に増す。



基準津波策定位置

取水口スクリーン室前面

陸上の斜面崩壊に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果



1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (15 / 16)

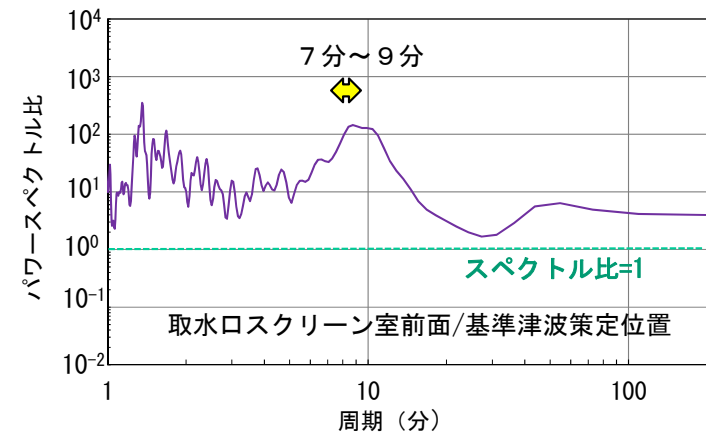
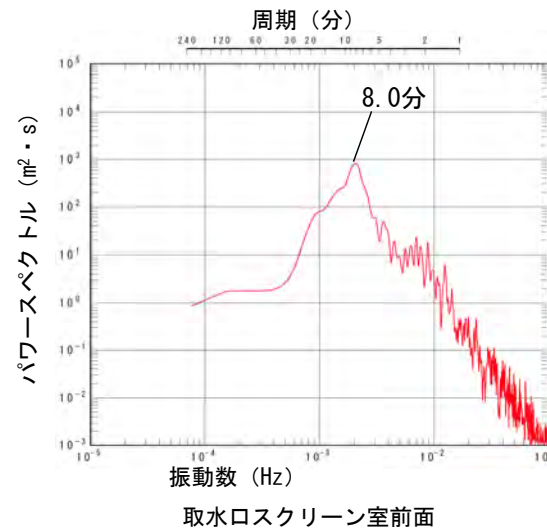
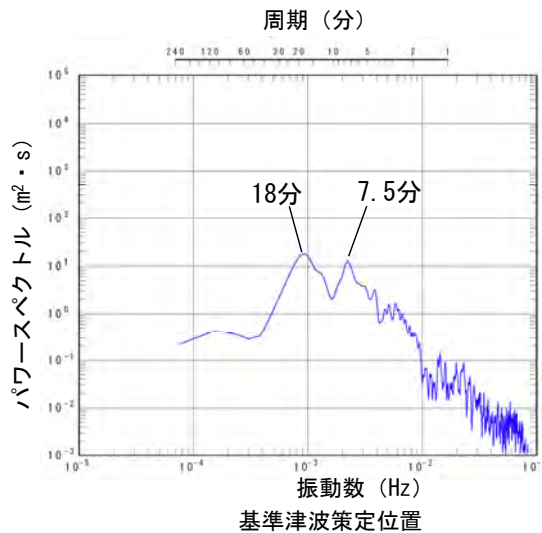
(3) 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (3 / 4)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

- 陸上の斜面崩壊に起因する津波の代表地点のスペクトル比を比較した。

【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】

- ほとんどの周期において、スペクトル比が1を超えている。
- 取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～9分程度にもピークが認められる。



陸上の斜面崩壊に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果

基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面
陸上の斜面崩壊に起因する津波(上昇側最大ケース)
代表地点間のスペクトル比



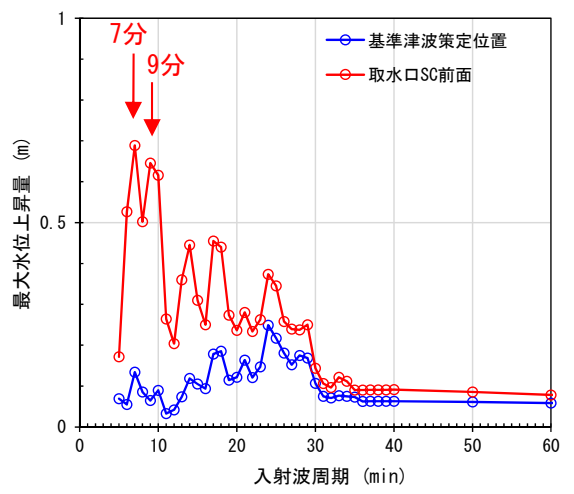
1 1-2. 日本海側からの津波に対する検討 (16 / 16)

(3) 陸上の斜面崩壊に起因する津波 (4 / 4)

③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討 (正弦波による解析) (P. 11. 2-3参照) では, 取水口スクリーン室前面では, 周期7分~9分で顕著な水位増幅特性を有することが確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の検討 (スペクトル解析) (P. 11. 2-18参照) では, 取水口スクリーン室前面では, 7分~9分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より, これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と, スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは, 整合的な結果を示すため, 津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

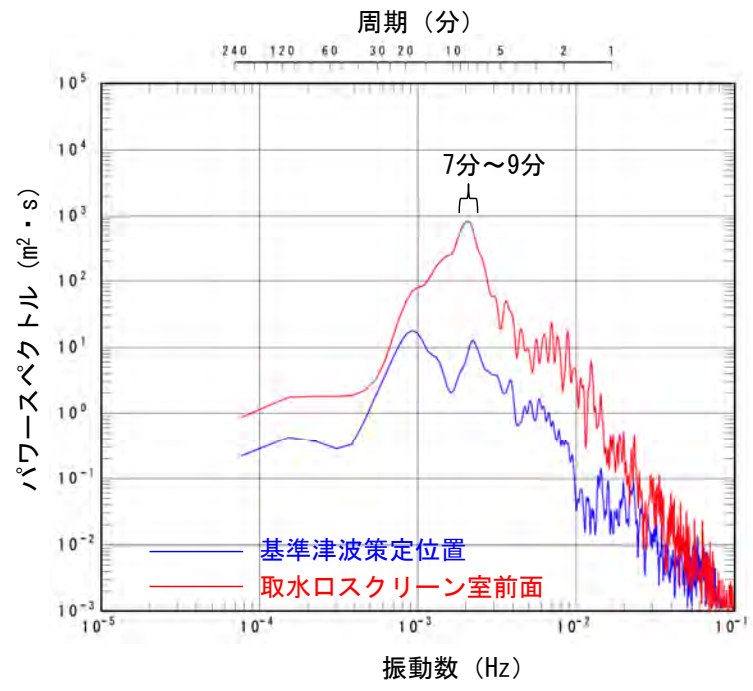
「①. 発電所専用港湾の周期特性」評価結果
(各代表地点の周期毎の増幅特性)



日本海側から入射した場合

正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係
日本海側からの正弦波による解析結果 (P. 11. 2-3参照)

「②. 津波の周期特性」評価結果
(各代表地点における津波の周期特性)



陸上の斜面崩壊に起因する津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果 (P. 11. 2-18参照)

- 1. 津波堆積物調査（現地調査）
- 2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
- 3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
- 4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
- 5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
- 6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
- 7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
- 8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
- 9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
- 10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
- 11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
- 12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

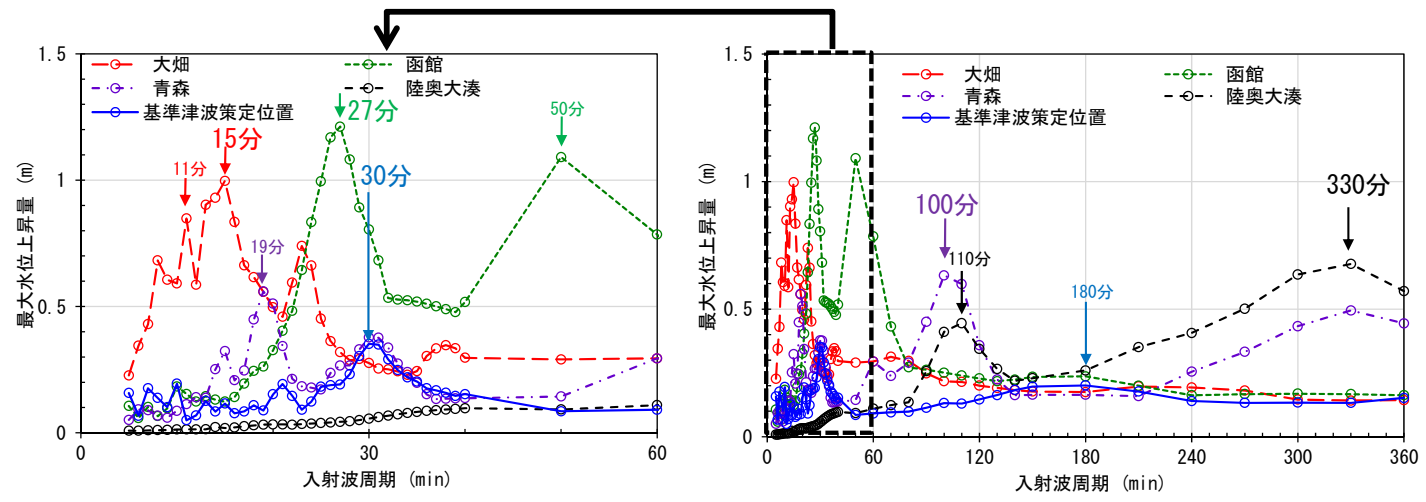


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (1 / 1 3)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (1 / 2)

津軽海峡内

- ・ 津軽海峡内の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では、他の代表地点に比べ顕著な水位増幅傾向は認められない。

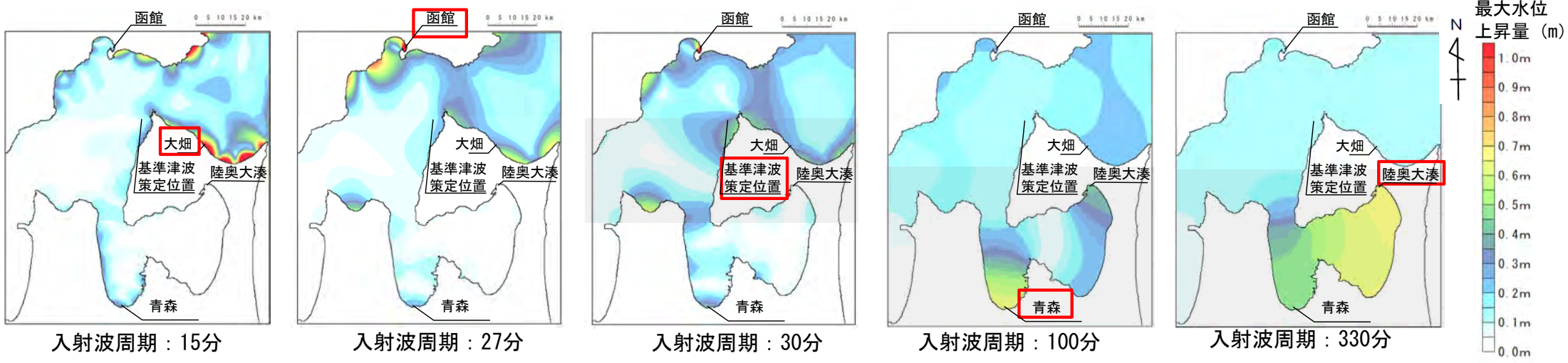


代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分
基準津波策定位置	30分, 180分

太字：最も水位の増幅率が大きな周期

津軽海峡内における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

□：該当周期で水位の増幅が認められる地点

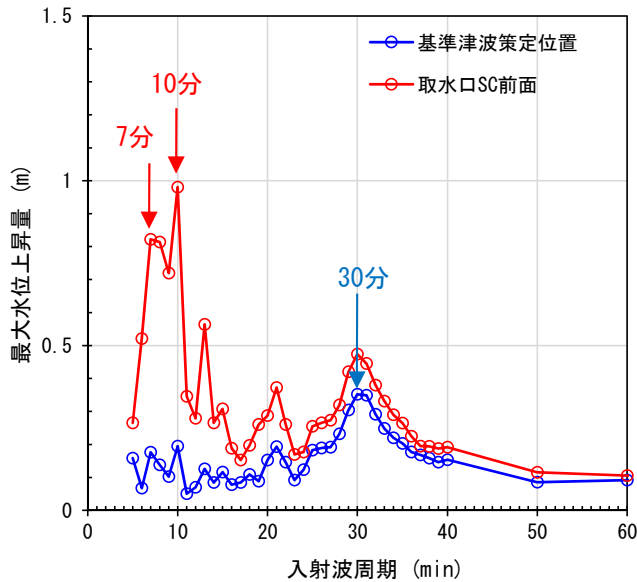


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (2 / 1 3)

①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握：評価結果 (2 / 2)

発電所専用港湾周辺

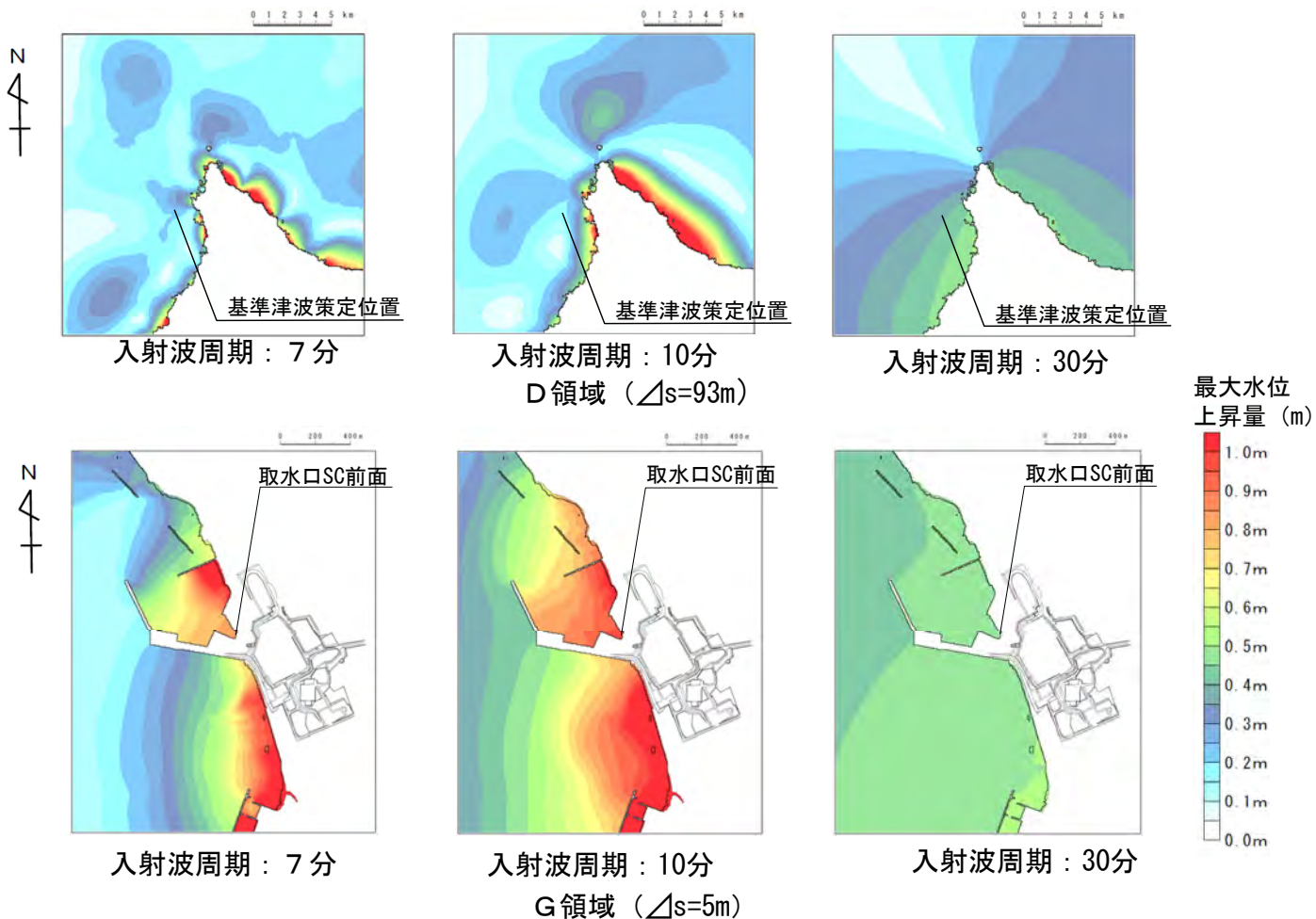
- ・ 発電所専用港湾周辺の代表地点における正弦波の増幅特性は以下のとおり。
- ・ 基準津波策定位置では，水位の増幅率は大きくないものの，周期30分に水位の増幅が認められる。
- ・ 取水口スクリーン室前面においても，周期30分で水位の増幅が認められ，さらに周期7分及び10分では顕著な水位の増幅が認められる。



発電所専用港湾周辺における正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係

代表地点において水位の増幅が認められる周期

代表地点	顕著な水位増幅が認められる周期
基準津波策定位置	30分
取水口スクリーン室前面	7分, 10分



正弦波入射波周期と最大水位上昇量分布の関係

(余白)

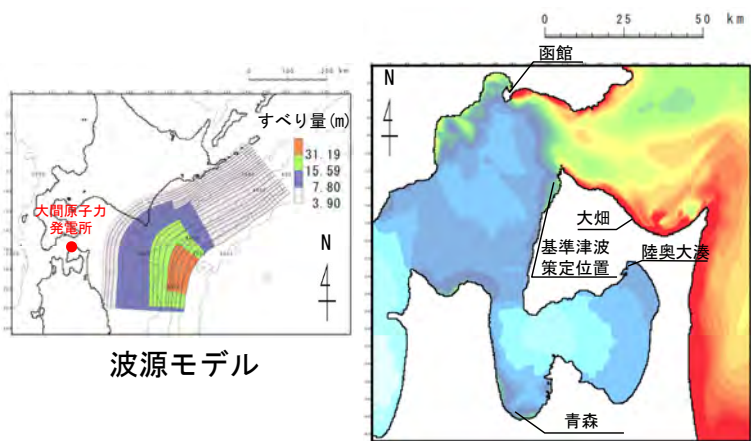


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (3 / 1 3)

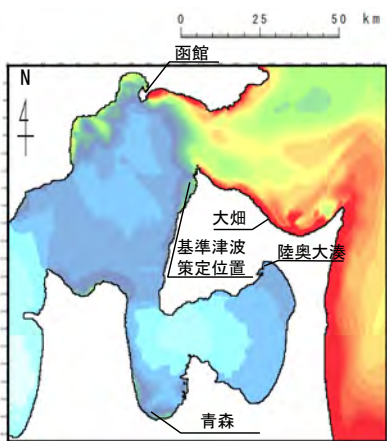
・太平洋側からの津波

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析対象津波

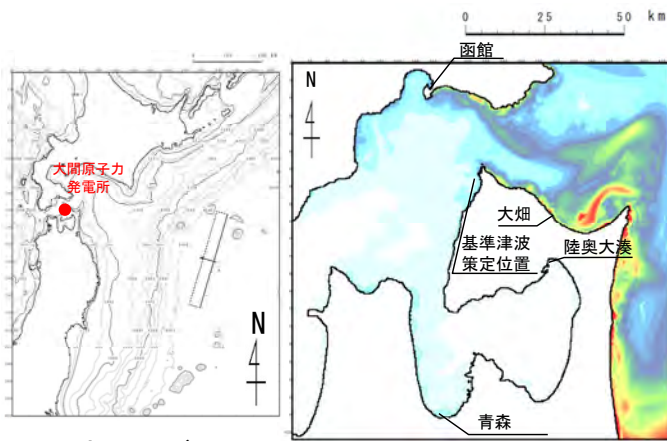
・太平洋側の地震に伴う津波のスペクトル解析の対象とした波源及び最大水位上昇量は以下のとおり。



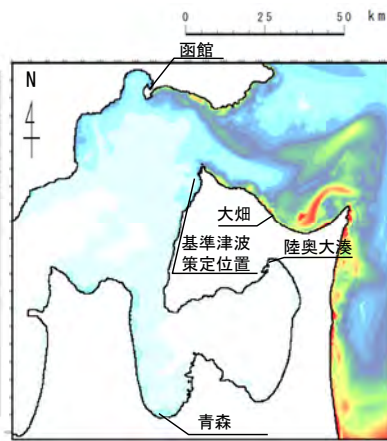
波源モデル



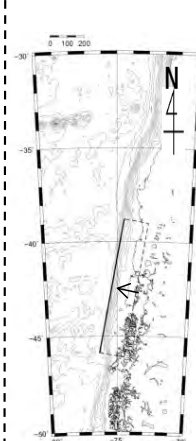
最大水位上昇量分布
C領域 (Δs=278m)



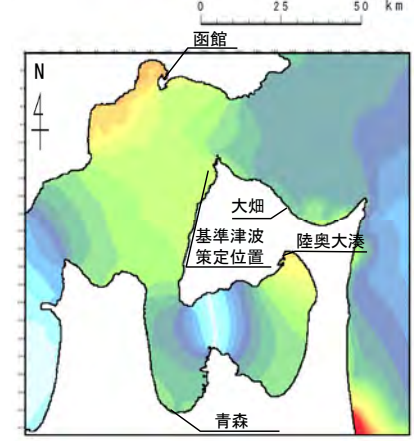
波源モデル



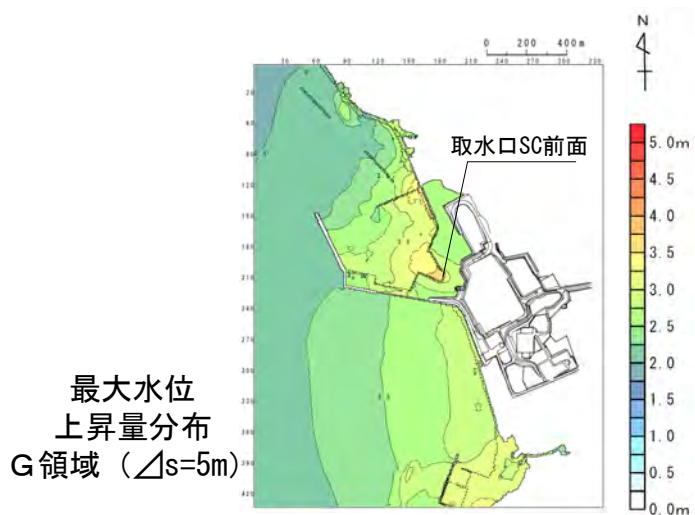
最大水位上昇量分布
C領域 (Δs=278m)



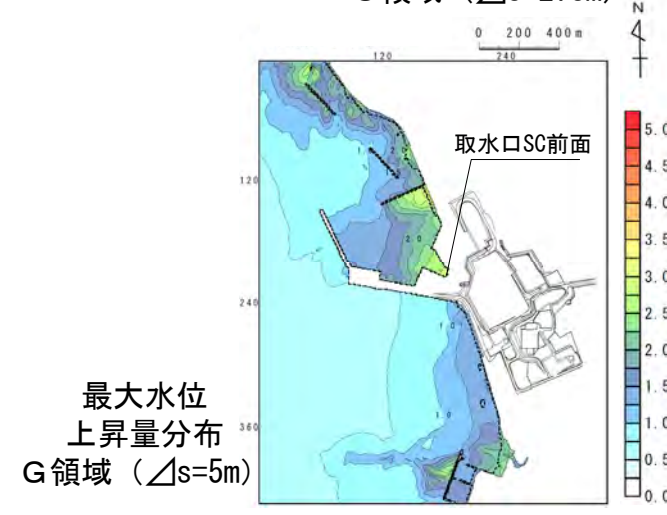
波源モデル



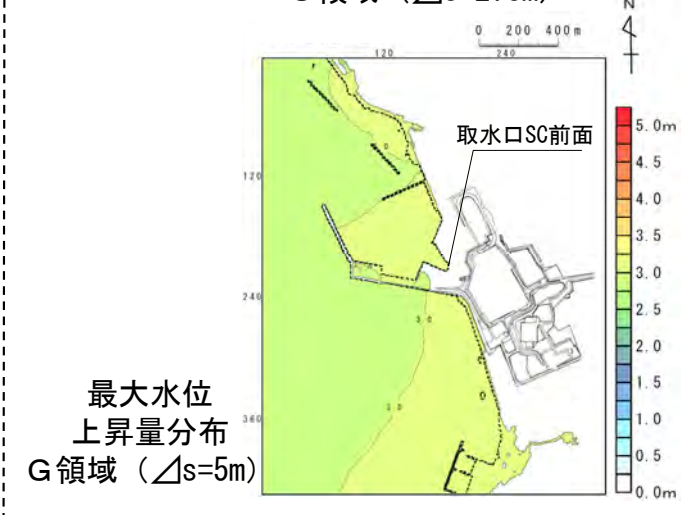
最大水位上昇量分布
C領域 (Δs=278m)



最大水位
上昇量分布
G領域 (Δs=5m)



最大水位
上昇量分布
G領域 (Δs=5m)



最大水位
上昇量分布
G領域 (Δs=5m)

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波

チリ沖に想定される地震に伴う津波

太平洋側の地震に伴う津波(上昇側最大ケース) スペクトル解析対象津波



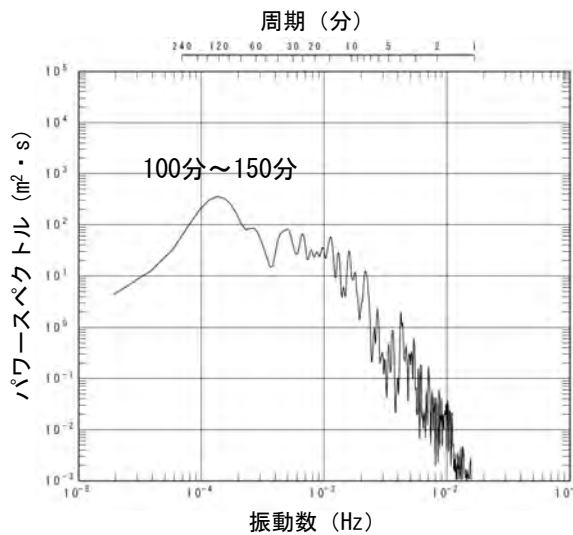
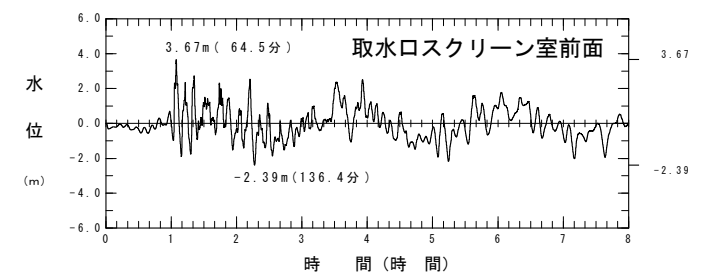
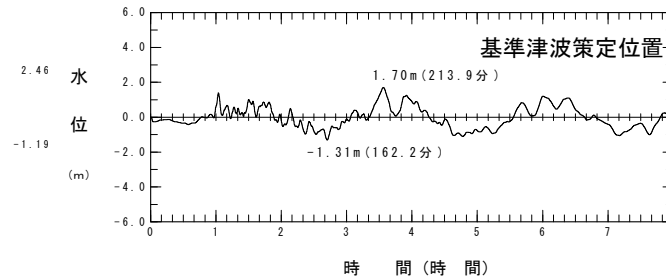
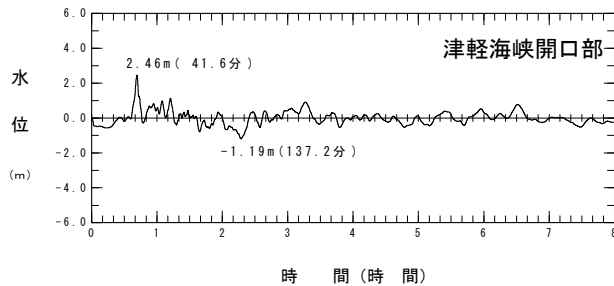
1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (4 / 1 3)

(1) 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (P. 11. 3-5左図参照) (1 / 2)

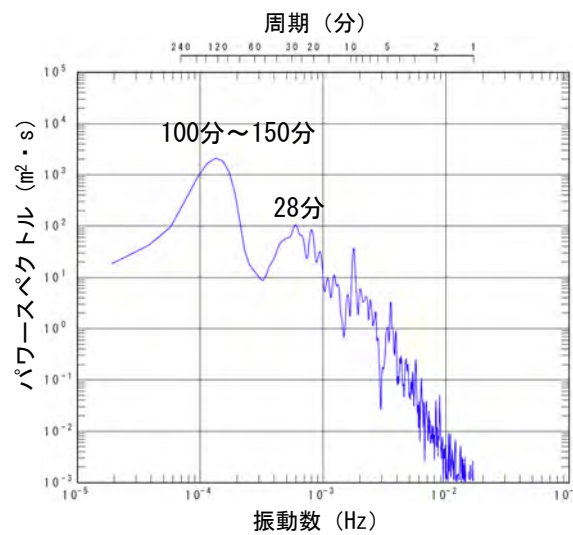
②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

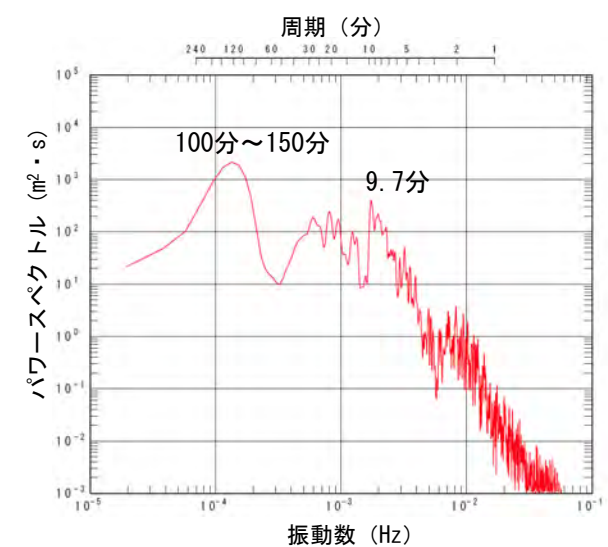
- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増し、周期28分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期10分程度にもピークが現れる。



津軽海峡開口部



基準津波策定位置



取水口スクリーン室前面

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果

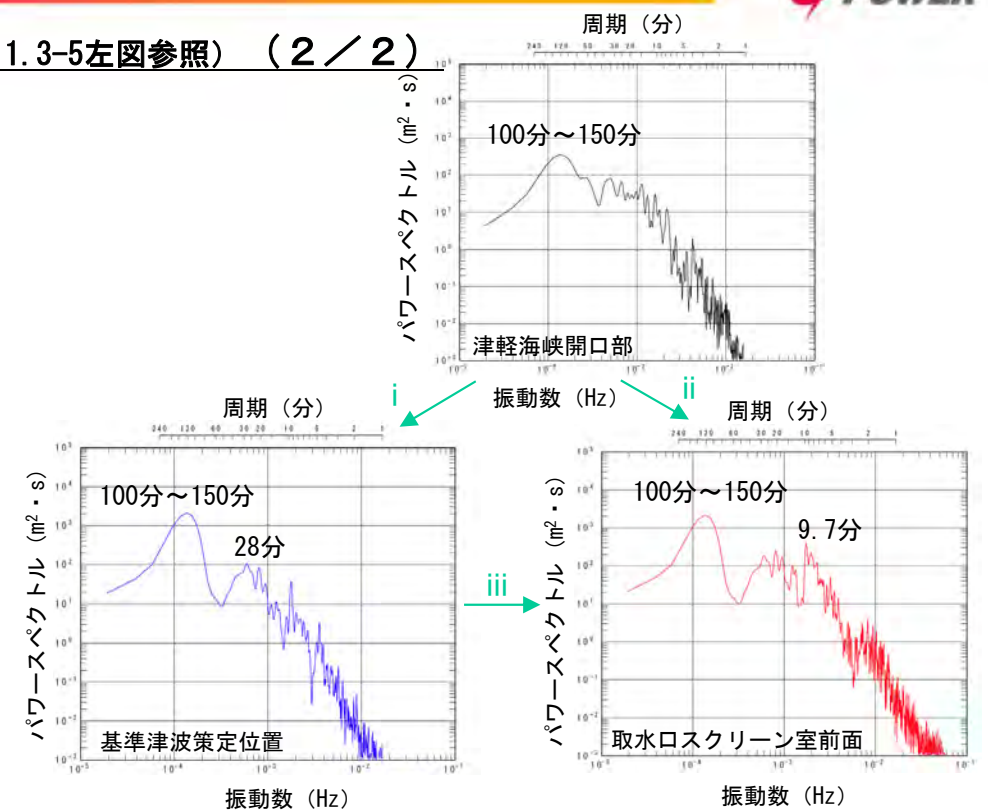


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (5 / 1 3)

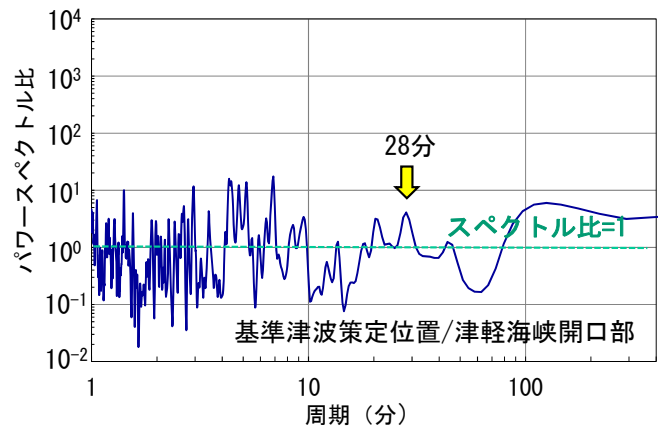
(1) 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (P.11.3-5左図参照) (2 / 2)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

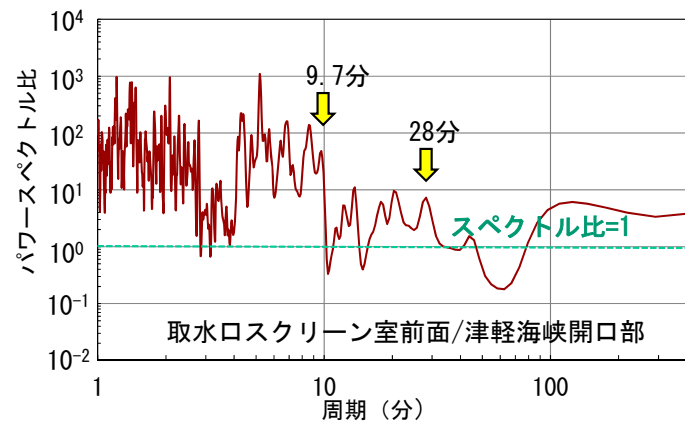
- 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
 - 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】**
スペクトル比はおおむね1付近又は短周期（約4分以下）では1以下に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
 - 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】**
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
 - 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】**
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



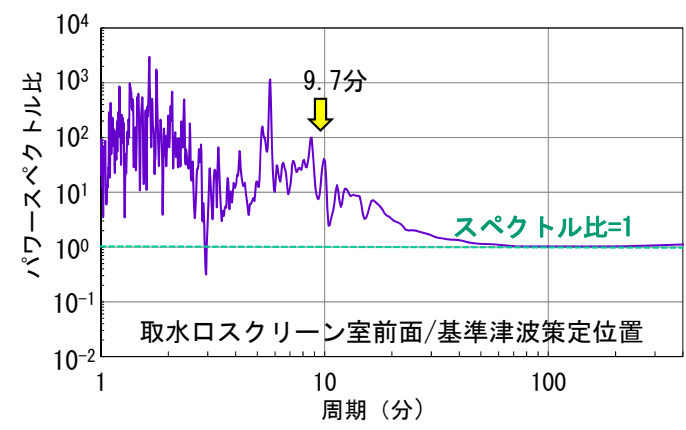
三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース) スペクトル解析結果



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



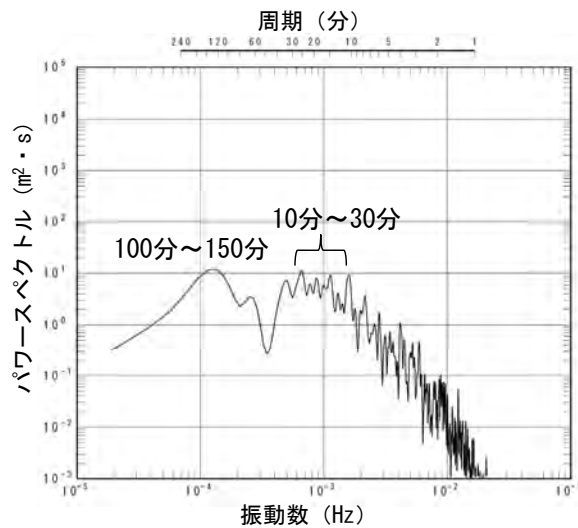
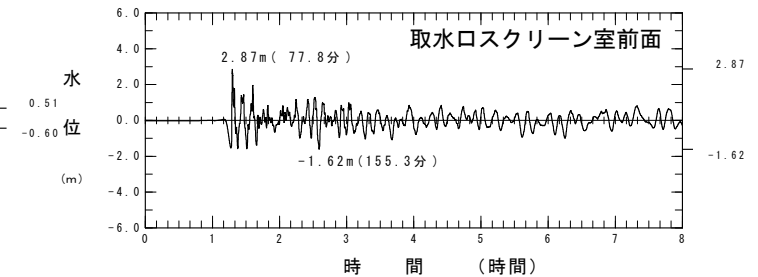
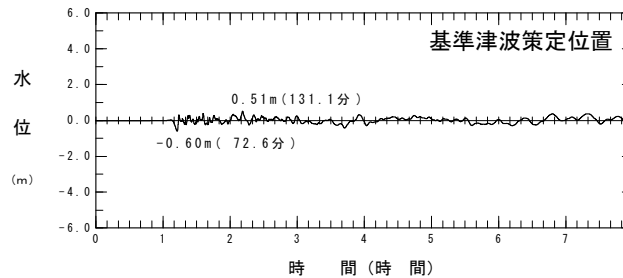
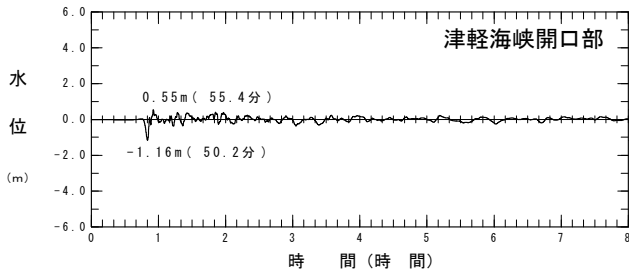
1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (6 / 1 3)

(2) 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (P. 11.3-5中央図参照) (1 / 2)

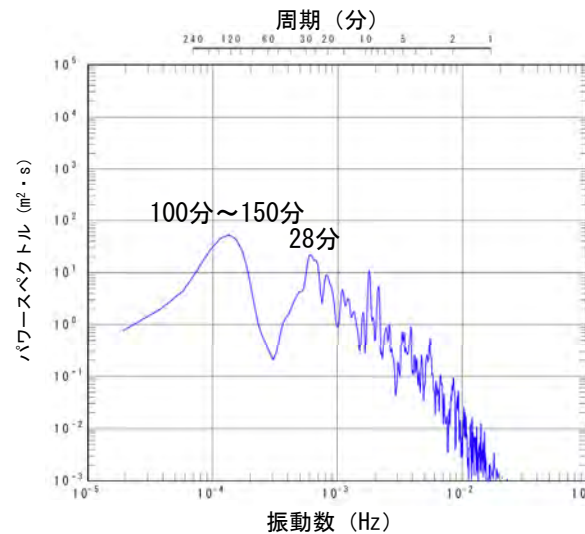
②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

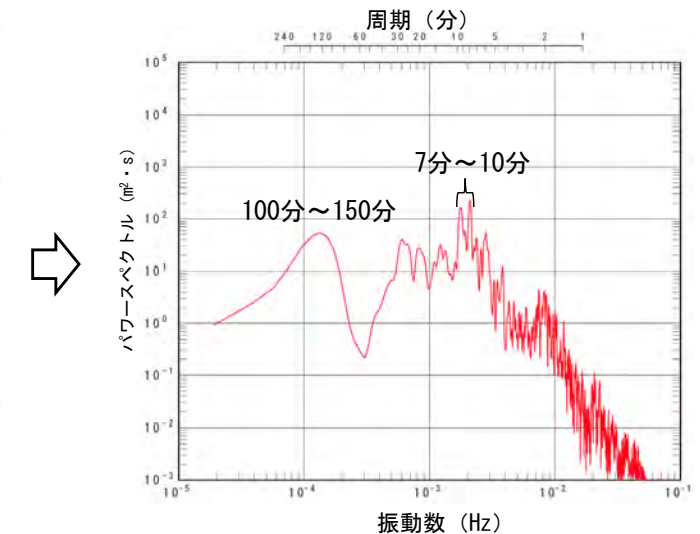
- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分及び10分～30分程度が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増し、周期28分程度にもピークが現れる。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期7分～10分程度の強度が顕著に増す。



津軽海峡開口部



基準津波策定位置



取水口スクリーン室前面

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果

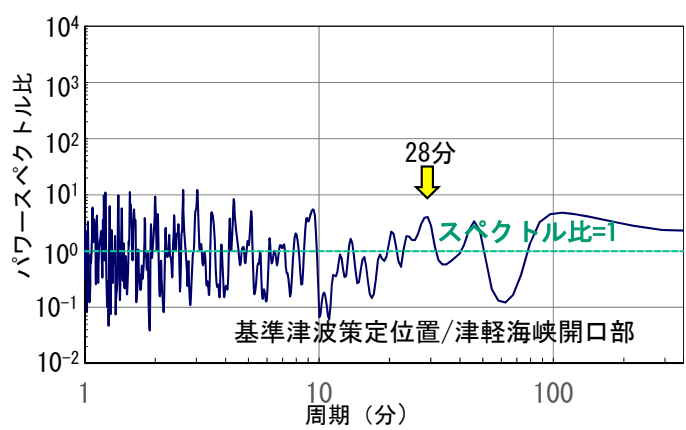
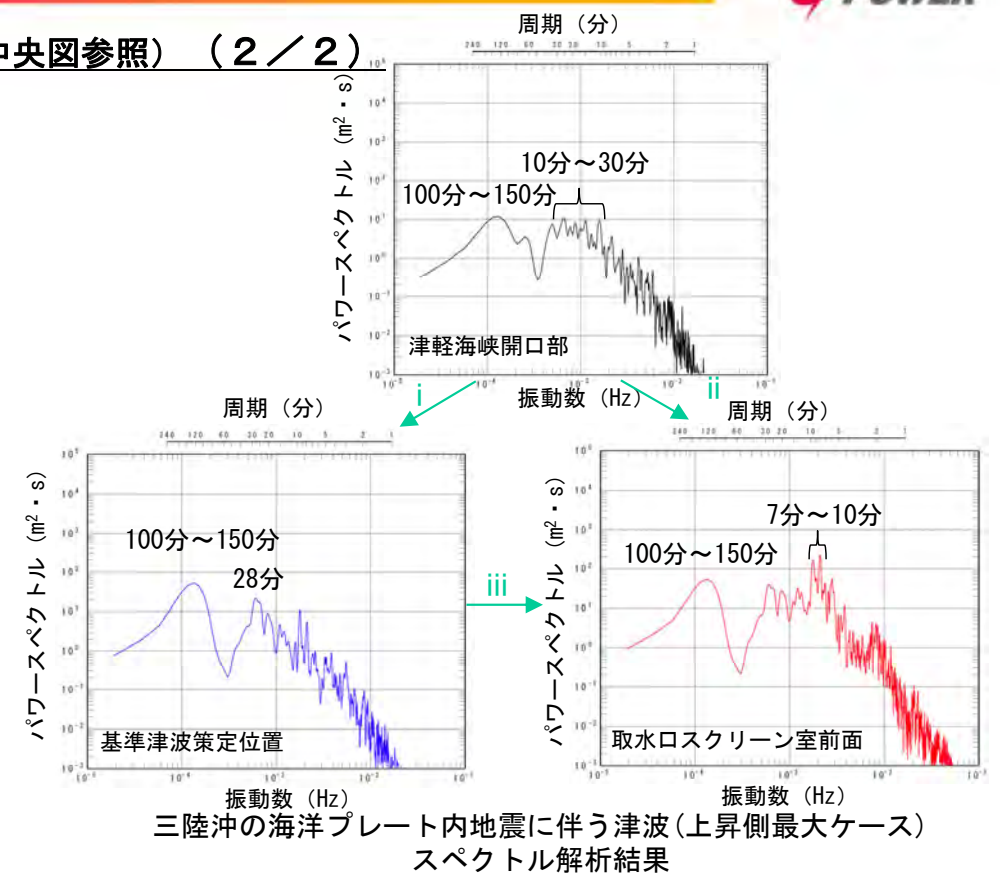


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (7 / 1 3)

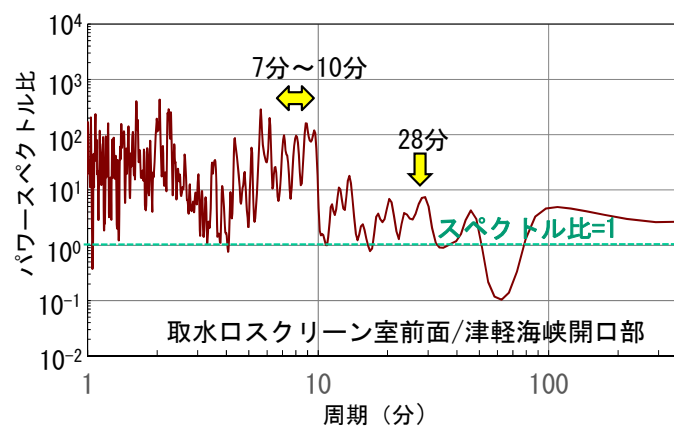
(2) 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (P.11.3-5中央図参照) (2 / 2)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

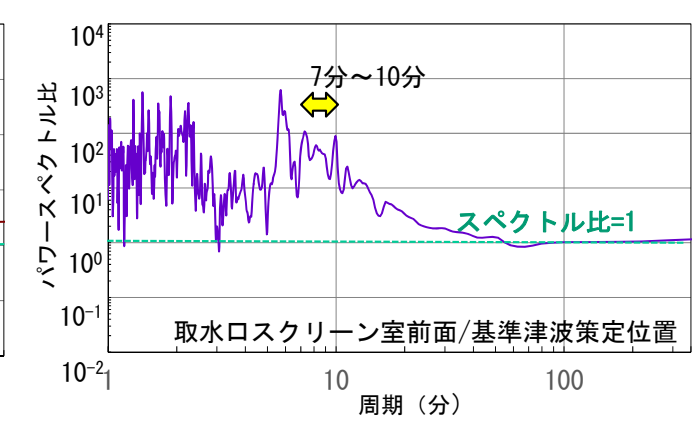
- 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
 - i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】
スペクトル比は1付近に分布する。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
 - ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。基準津波策定位置において卓越する周期28分にもピークが認められる。
 - iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)代表地点間のスペクトル比



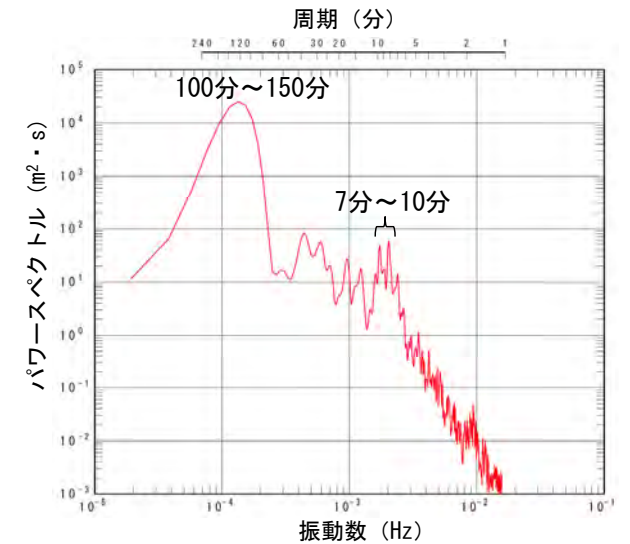
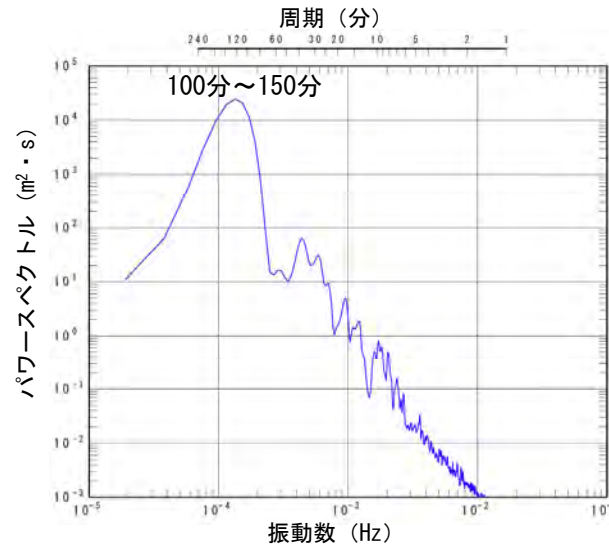
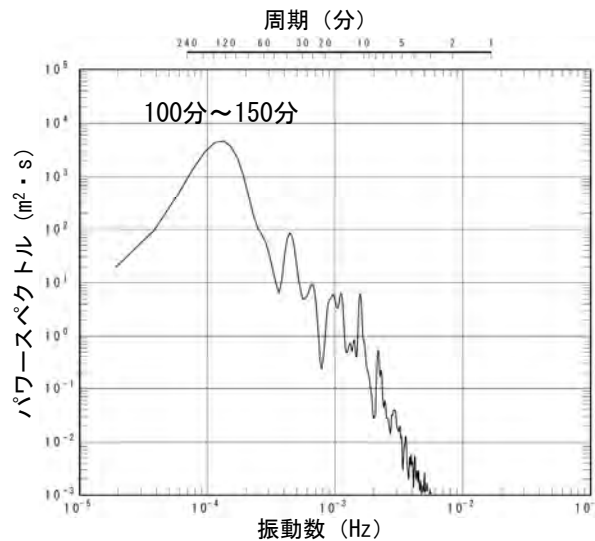
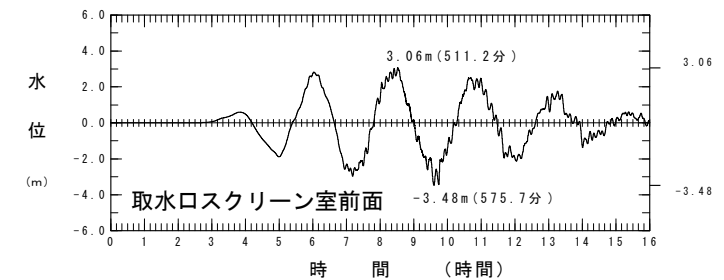
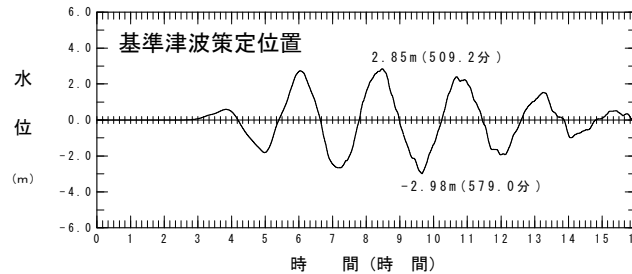
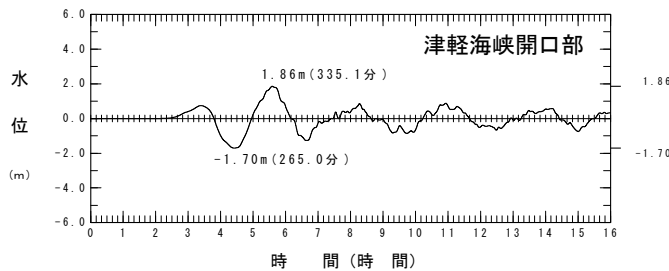
1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (8 / 13)

(3) チリ沖に想定される地震に伴う津波 (P.11.3-5右図参照) (1 / 2)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル解析結果

チリ沖に想定される地震に伴う津波のスペクトル解析結果は以下のとおり。

- ・ 津軽海峡開口部：津軽海峡入射時には、周期100分～150分程度が卓越している。
- ・ 基準津波策定位置：津軽海峡内の伝播に伴い、周期100分～150分の強度が増す。
- ・ 取水口スクリーン室前面：さらに発電所専用港湾内への伝播に伴い、周期7分～10分程度の強度が顕著に増す。



津軽海峡開口部

基準津波策定位置

取水口スクリーン室前面

チリ沖に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
スペクトル解析結果

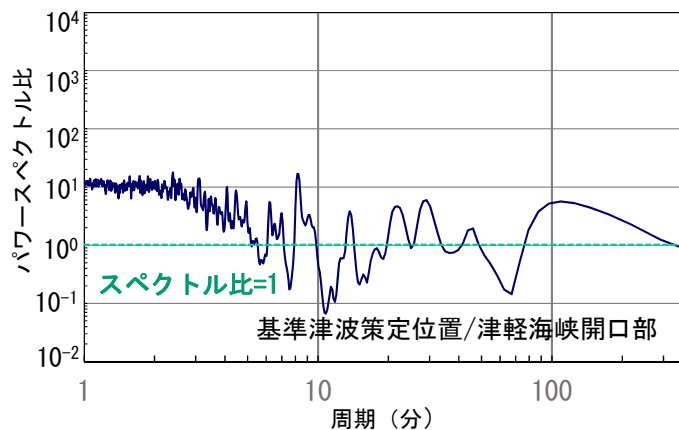
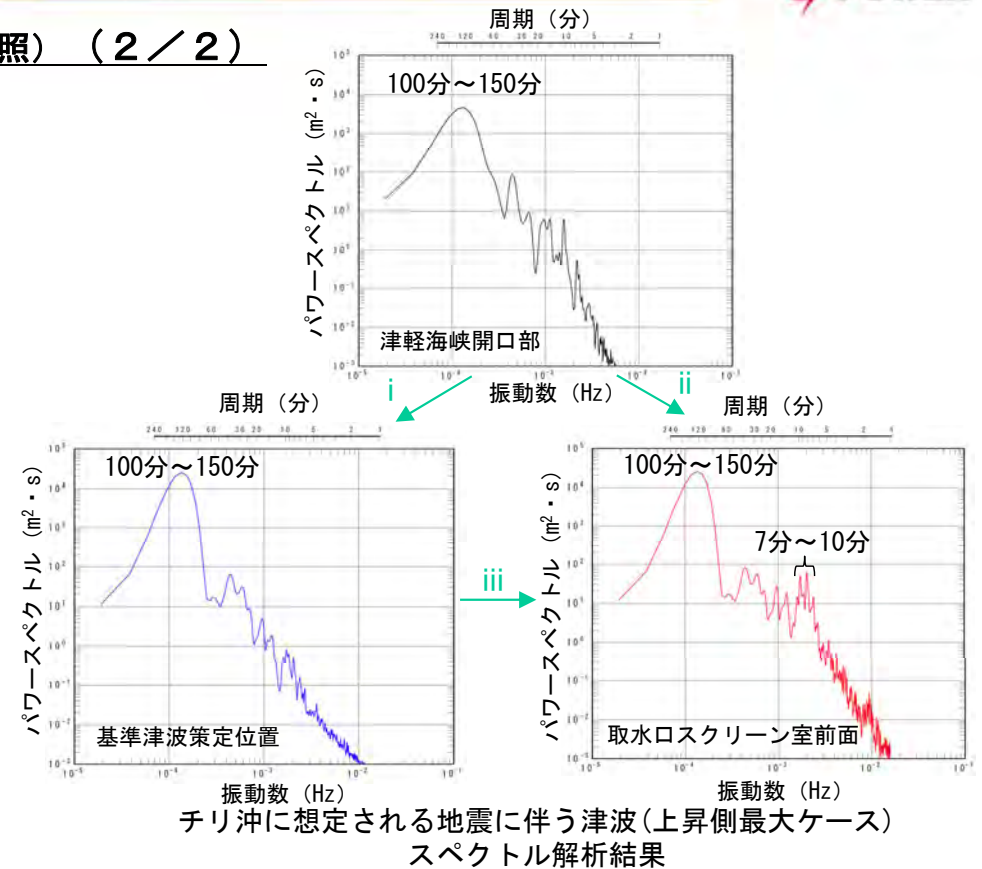


1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (9 / 13)

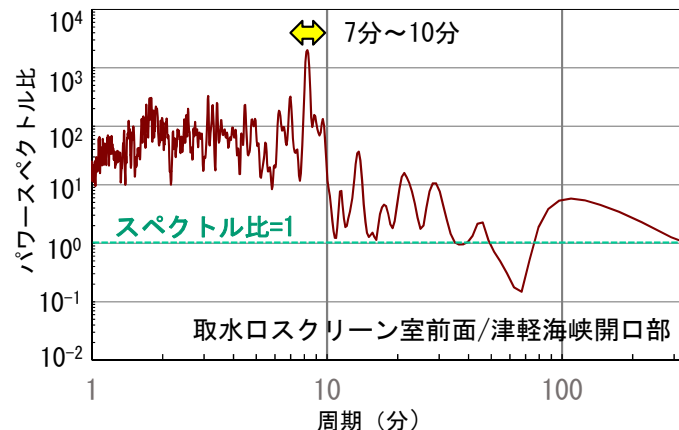
(3) チリ沖に想定される地震に伴う津波 (P. 11.3-5右図参照) (2 / 2)

②. 津波の周期特性の把握：スペクトル比

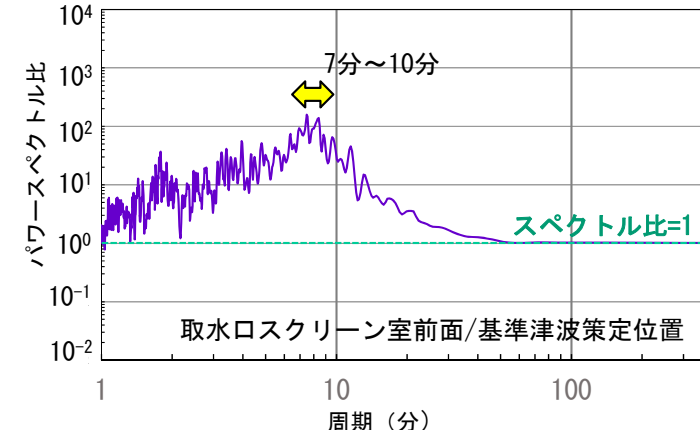
- チリ沖に想定される地震に伴う津波の代表地点のスペクトル比を比較した。
 - i 【津軽海峡開口部→基準津波策定位置】
周期10分以下の短周期では、ほぼ1を超え増幅傾向を示す。その他の周期帯では、おおむね1付近に分布する。
 - ii 【津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面】
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が10を超えて大きくなる。
 - iii 【基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面】
取水口スクリーン室前面で顕著な増幅特性を示した7分～10分程度以下の短周期のスペクトル比が1を超えて大きくなる。



i 津軽海峡開口部→基準津波策定位置



ii 津軽海峡開口部→取水口スクリーン室前面



iii 基準津波策定位置→取水口スクリーン室前面

チリ沖に想定される地震に伴う津波 (上昇側最大ケース) 代表地点間のスペクトル比

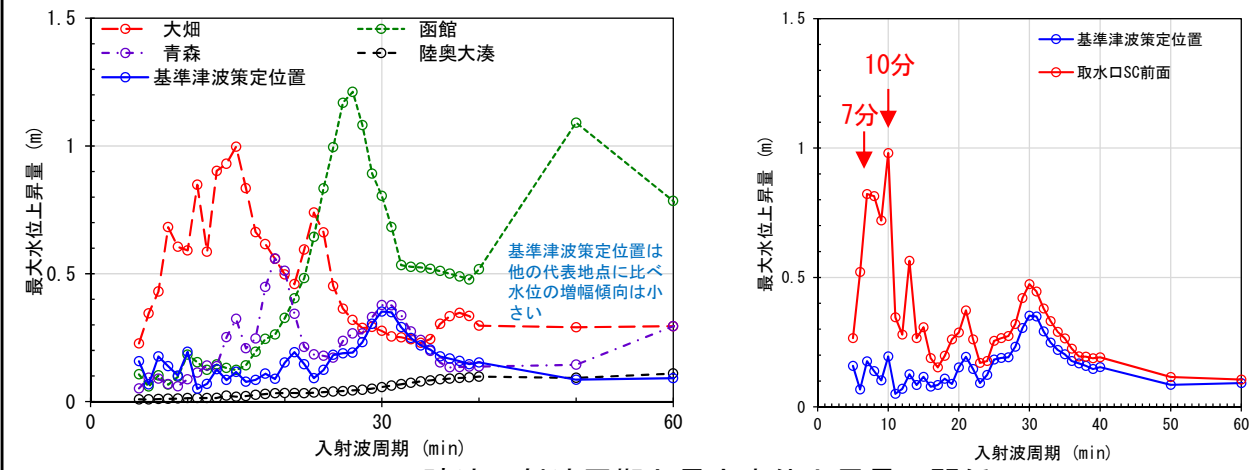


11-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (10/13)

・太平洋側からの津波 ③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較

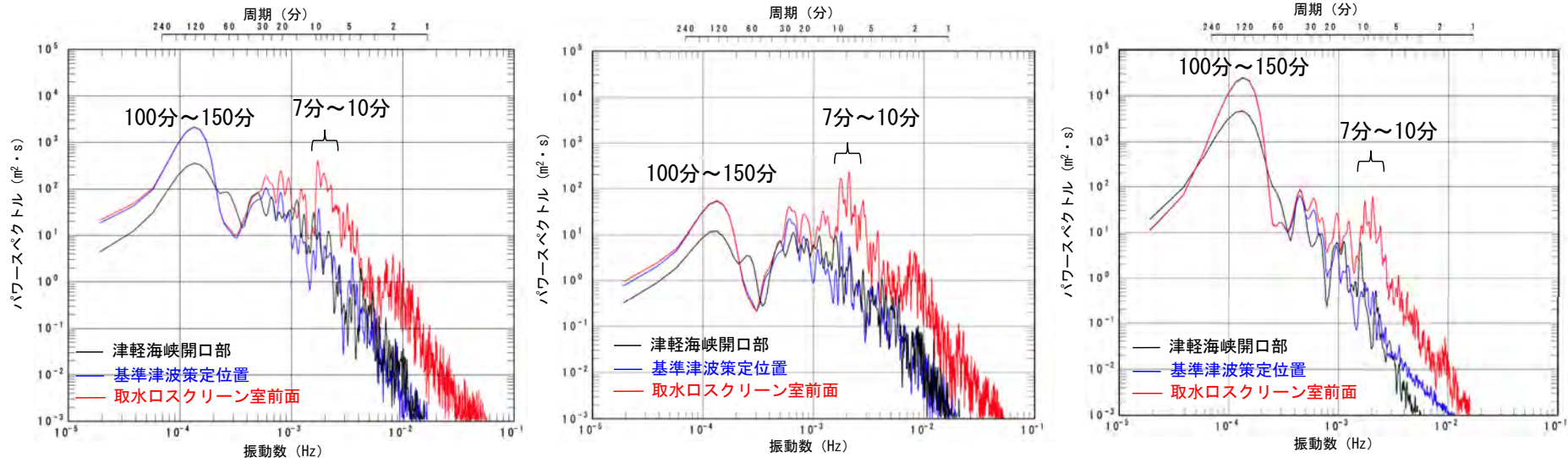
- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討 (P. 11.3-2, P. 11.3-3参照)では、基準津波策定位置は津軽海峡の他の代表地点に比べ水位の増幅傾向は小さいこと及び取水口スクリーン室前面では、周期7分及び10分で顕著な水位の増幅が確認された。
- 「②. 津波の周期特性」の把握 (P. 11.3-6, P. 11.3-8, P. 11.3-10参照)では、津軽海峡開口部と基準津波策定位置における周期特性には大きな変化は認められないが、取水口スクリーン室前面では、7分~10分の周期が顕著に増幅していることが確認された。
- 以上より、これらの正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性とは、整合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。

「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」評価結果 (各代表地点の周期毎の増幅特性)



正弦波入射波周期と最大水位上昇量の関係
太平洋側からの正弦波による解析結果 (P. 11.3-2, P. 11.3-3参照)

「②. 津波の周期特性」評価結果 (各代表地点における津波の周期特性)



三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波 (上昇側最大ケース) 三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波 (上昇側最大ケース) チリ沖に想定される地震に伴う津波 (上昇側最大ケース)



1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (1 1 / 1 3)

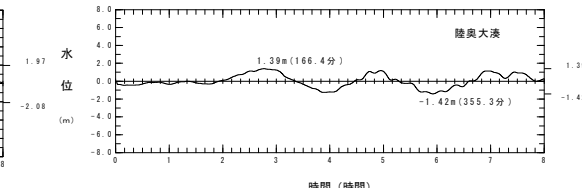
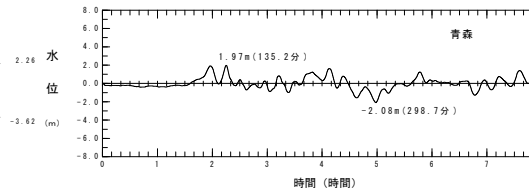
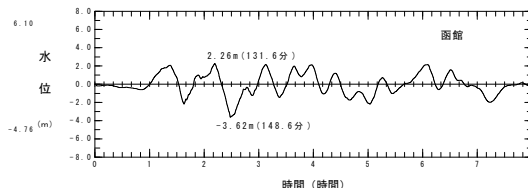
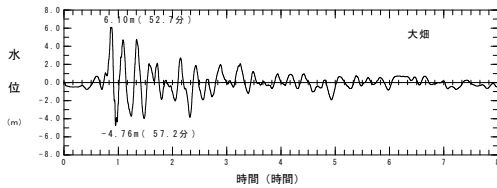
③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (1 / 3)

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波

- 各代表地点において、三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P.11.3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分

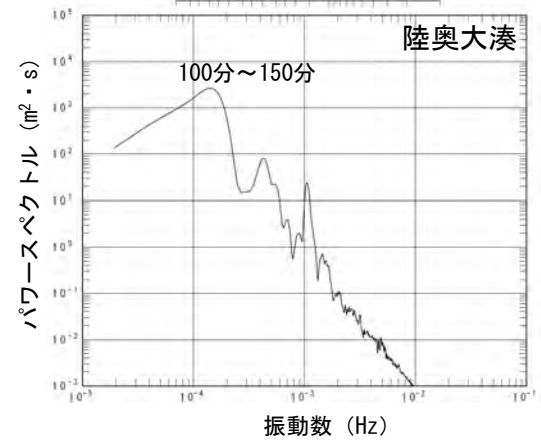
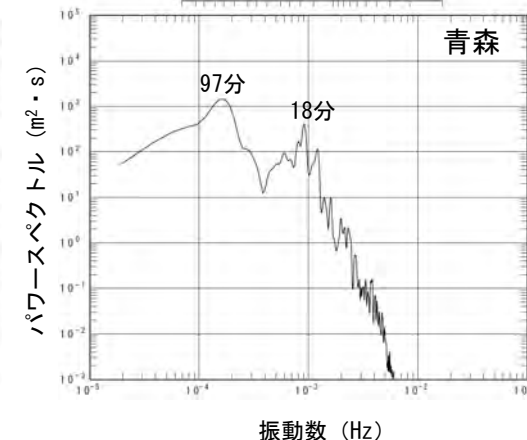
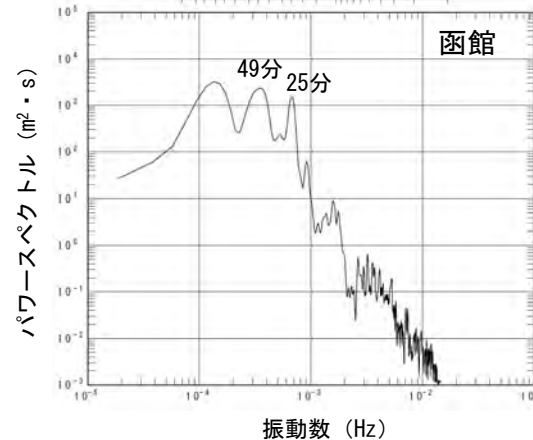
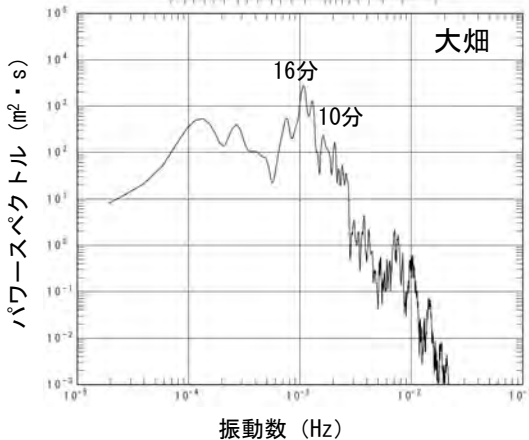


周期 (分)

周期 (分)

周期 (分)

周期 (分)



振動数 (Hz)

振動数 (Hz)

振動数 (Hz)

振動数 (Hz)

三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
(スペクトル解析結果)



1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (1 2 / 1 3)

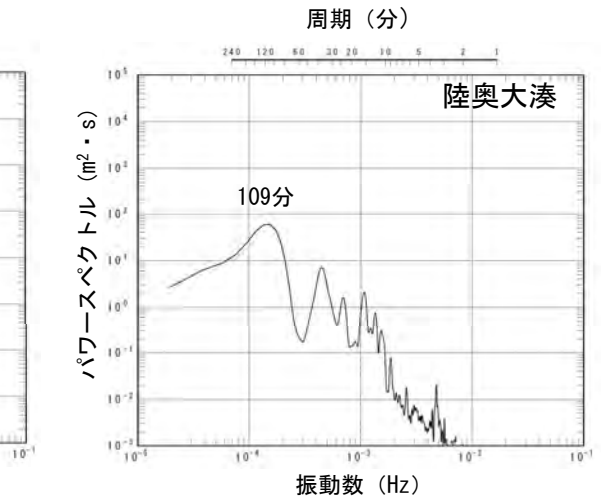
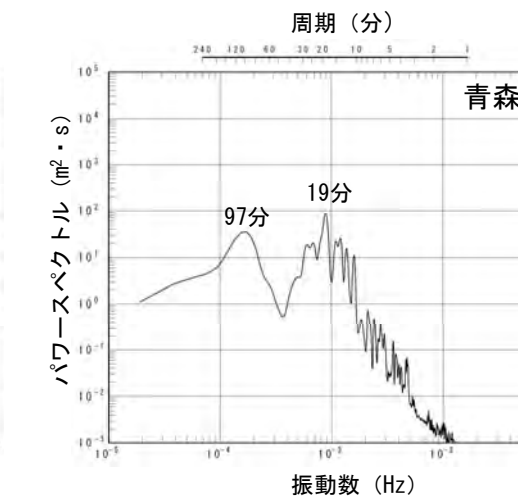
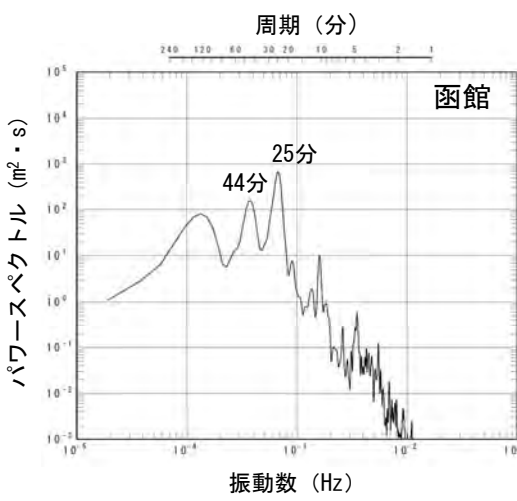
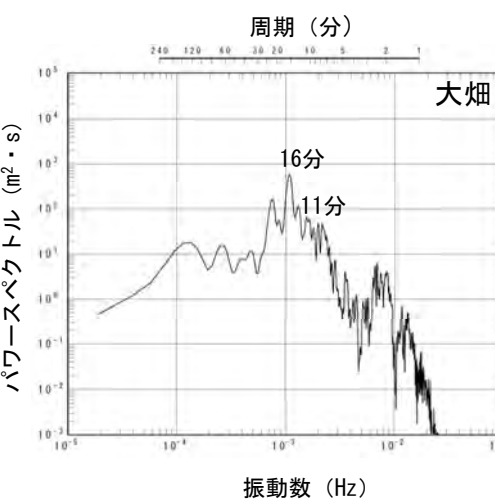
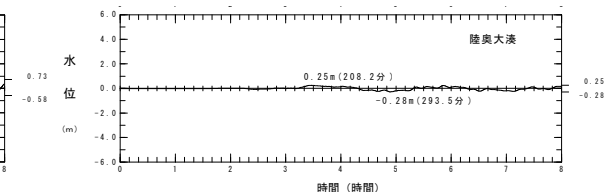
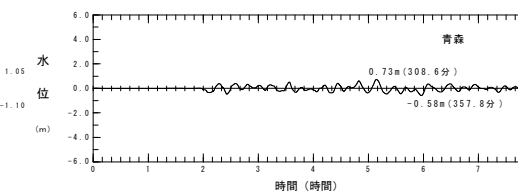
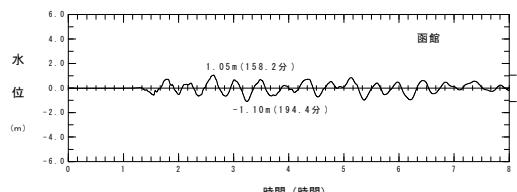
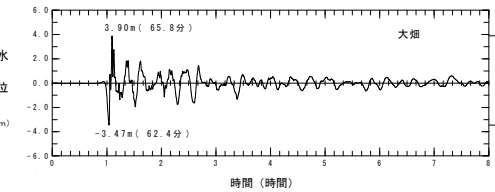
③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (2 / 3)

三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波

- 各代表地点において、三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P. 11. 3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分



三陸沖の海洋プレート内地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
(スペクトル解析結果)



1 1-3. 太平洋側からの津波に対する検討 (1 3 / 1 3)

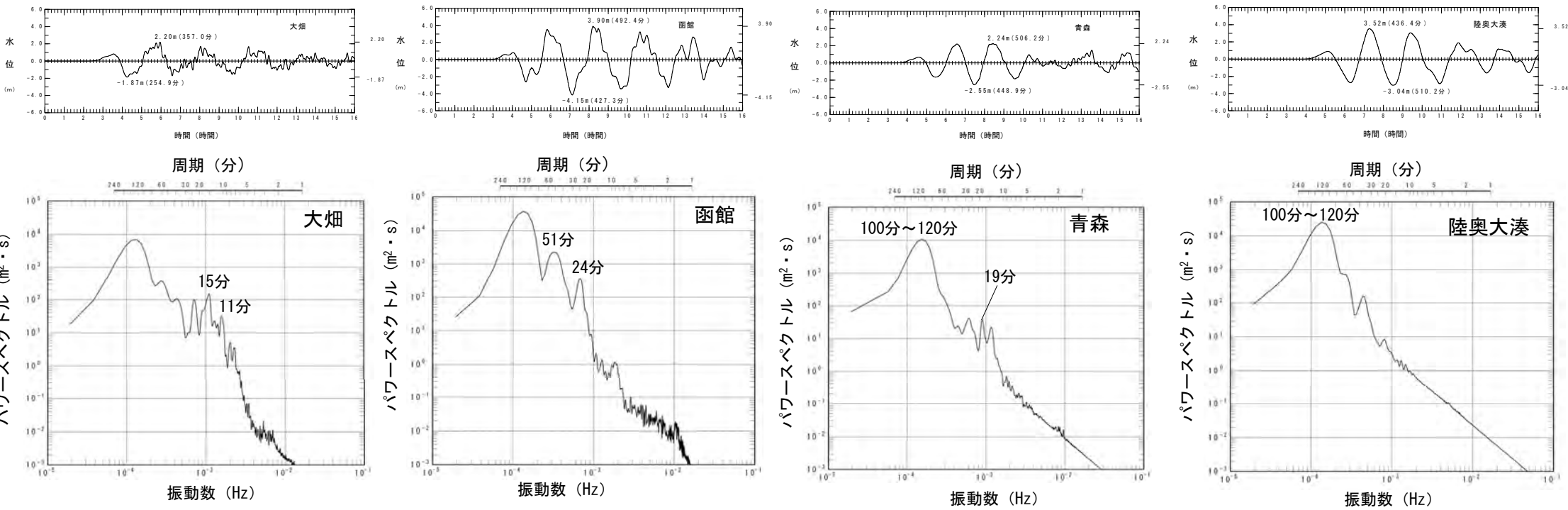
③. 【補足】津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較 (3 / 3)

チリ沖に想定される地震に伴う津波

- 各代表地点において、チリ沖に想定される地震に伴う津波の解析波形には、正弦波による解析で得られた水位が増幅する周期と整合する周期にピークが認められた。
- 以上からも、津波の解析波形に津軽海峡の地形の影響が適切に考慮されていることが確認できた。

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(太平洋側からの正弦波による解析結果) (P. 11.3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
大畑	11分, 15分
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分
陸奥大湊	110分, 330分



チリ沖に想定される地震に伴う津波(上昇側最大ケース)
(スペクトル解析結果)

(余白)



1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

11-4. まとめ

津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性

- 「①. 津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性」の検討（正弦波による解析）
 - ✓ 津軽海峡内の各代表地点では、それぞれの地形の影響により、特定の周期で水位が増幅する傾向が確認された。（P. 11. 2-2, P. 11. 3-2）
 - ✓ 敷地沖合の基準津波策定位置では、津軽海峡の他の代表地点に比べ水位増幅の傾向は小さいが、発電所専用港湾内の取水口スクリーン室前面では、特定の周期（7分, 9分, 10分）で顕著な水位の増幅が確認された。（P. 11. 2-3, P. 11. 3-3）
- 「②. 津波の周期特性」の検討（スペクトル解析）
 - ✓ 津軽海峡内の伝播に伴い、津軽海峡へ入射する津波の周期特性に各代表地点の地形の影響による周期特性が加わるため、各代表地点の特定の周期が増幅されることが確認された。（P. 11. 2-6, P. 11. 2-12, P. 11. 2-18, P. 11. 3-6, P. 11. 3-8, P. 11. 3-10）
 - ✓ このため、取水口スクリーン室前面では、正弦波による解析とほぼ同様の周期（7分～10分）で顕著な水位の増幅が確認された。（P. 11. 2-6, P. 11. 2-12, P. 11. 2-18, P. 11. 3-6, P. 11. 3-8, P. 11. 3-10）
- 「③. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性の比較」
 - ✓ 正弦波による各代表地点の周期毎の増幅特性と、各津波の周期特性を踏まえた各代表地点の増幅特性（スペクトル解析による各代表地点における津波の周期特性）とは、整合的な結果を示すため、津波の解析波形には地形の影響が適切に反映されていることが確認できた。（P. 11. 2-8, P. 11. 2-14, P. 11. 2-20, P. 11. 3-12）

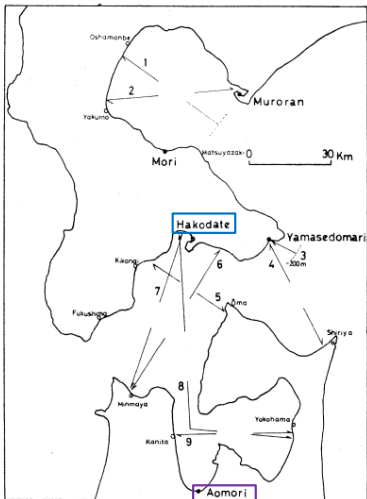


11-4. まとめ (参考情報)

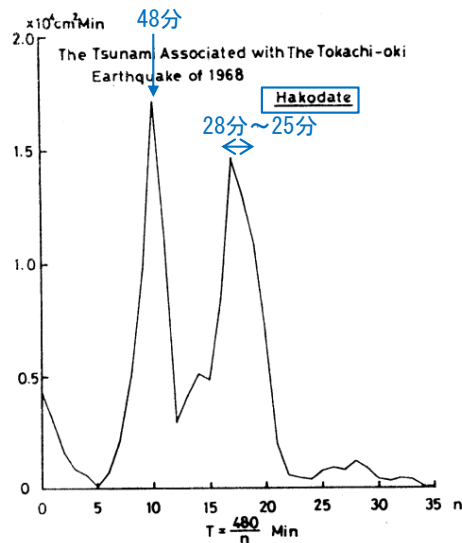
津軽海峡及び発電所専用港湾の周期特性の把握 (太平洋側からの津波)

高橋 (1976) による津軽海峡内における周期特性

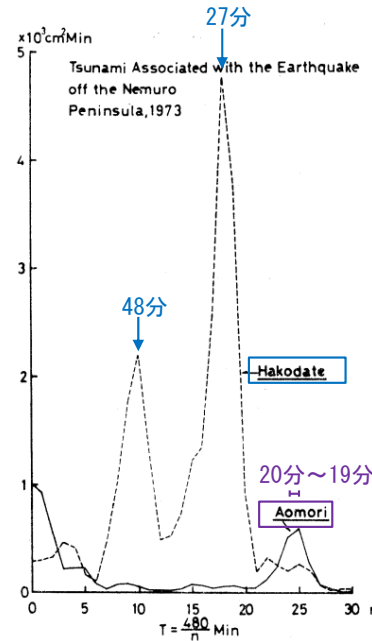
- 高橋 (1976) ⁽¹⁰⁰⁾ では、津軽海峡内の函館、青森及び山背泊の各検潮所で観測された津波を対象としてスペクトル解析が実施されており、そのうちP. 11. 3-2で代表地点とした函館及び青森における津波の周期特性について以下のとおり纏められている。
 - ✓ 函館港における1968年十勝沖地震津波及び1973年根室半島沖地震津波には、48分と28分~25分の二つの強いピークが認められる。
 - ✓ 青森港における1973年根室半島沖地震津波には、20分~19分の範囲に弱いピークが認められる。
- 上記の検討結果と太平洋側からの正弦波による解析結果とは、おおむね整合的であることが確認できる。



検潮所位置図



1968年十勝沖地震津波
パワースペクトル密度
(函館港)



1973年根室半島沖地震津波
パワースペクトル密度
(青森港・函館港)

代表地点において水位の増幅が認められる周期
(太平洋側からの正弦波による解析結果)
(P. 11. 3-2参照)

代表地点	顕著な水位の増幅が認められる周期
函館	27分, 50分
青森	19分, 100分

(余白)

1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

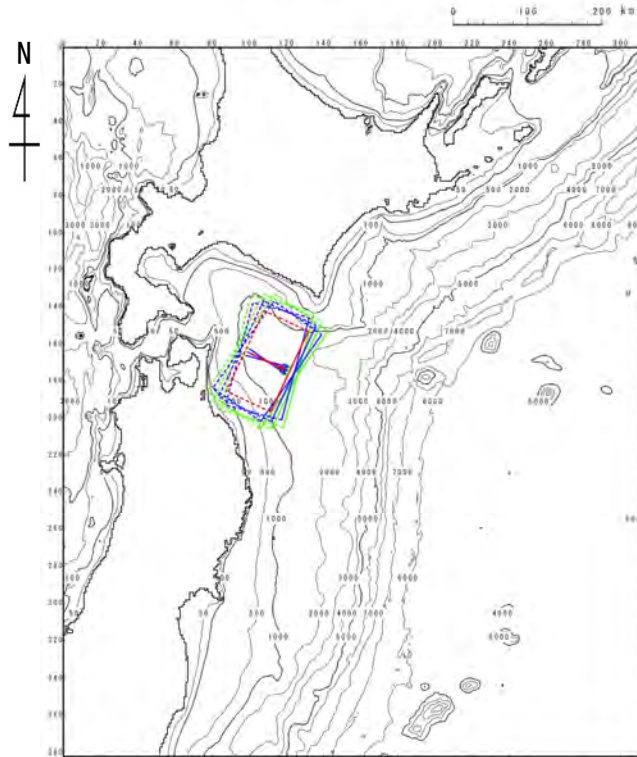
12-1. 想定津波群の作成方法 (1 / 4)

1856年の津波

不確かさケース①, 不確かさケース②については, 走向の不確かさを考慮した想定津波群 (=パラスタを行った津波の集合体を包絡する津波水位) を作成し, イベント堆積物と比較して示す。

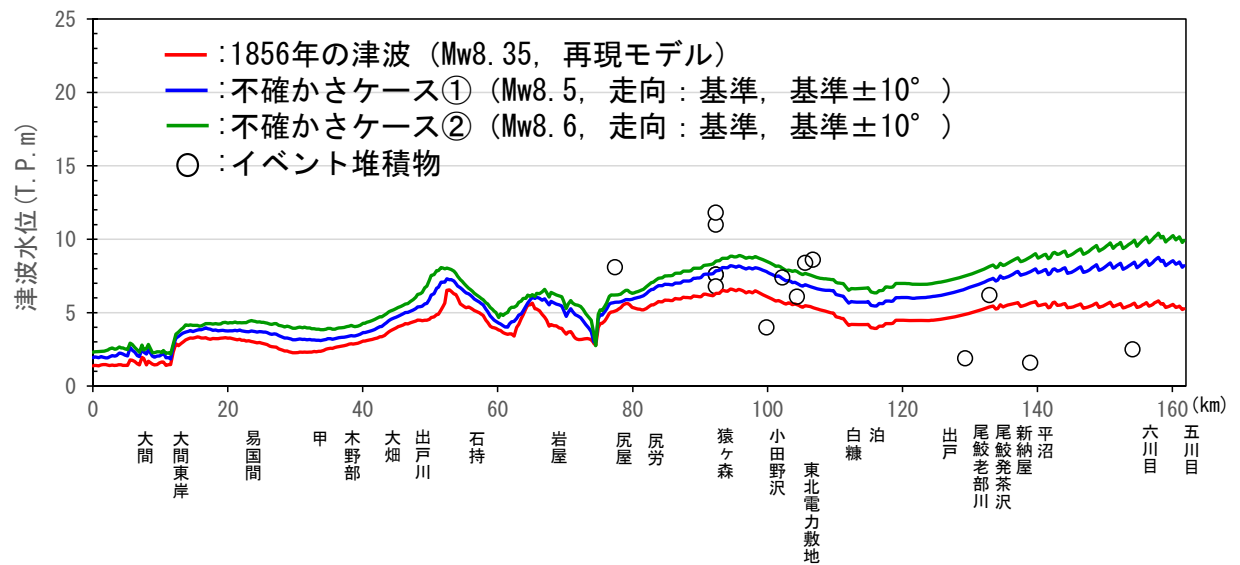
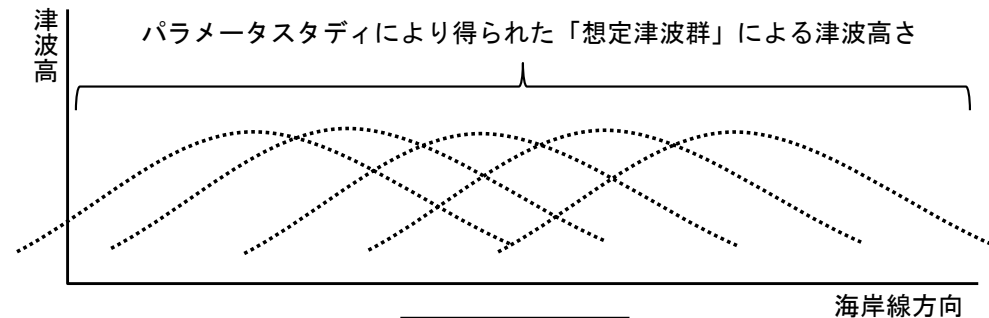
■ 検討モデル

- : 1856年の津波 (Mw8.35, 再現モデル)
- : 不確かさケース① (Mw8.5, 走向: 基準, 基準±10°)
- : 不確かさケース② (Mw8.6, 走向: 基準, 基準±10°)



検討波源モデル

■ 想定津波群の作成

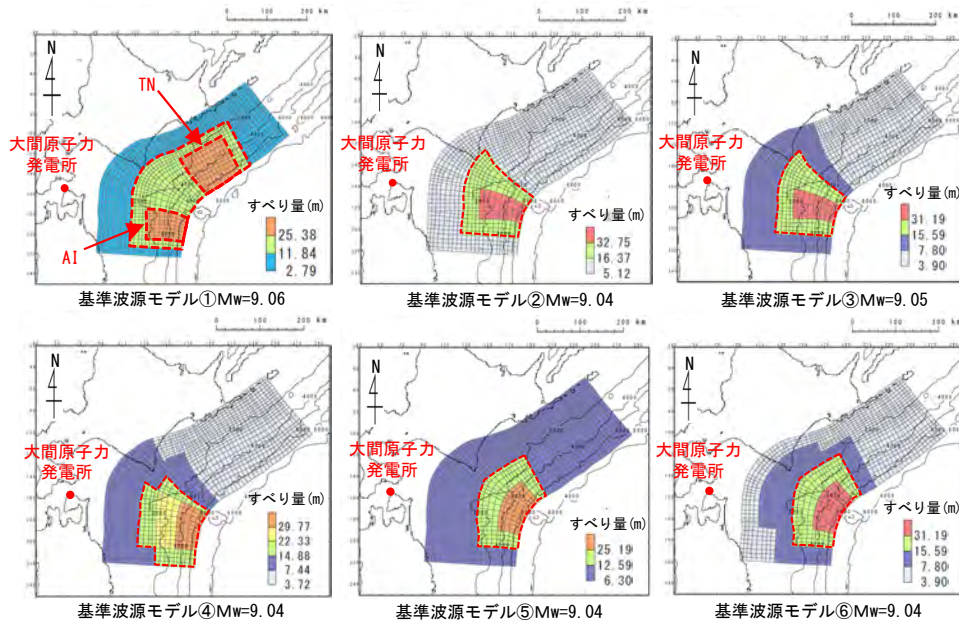


海岸線位置における想定津波群(空間格子間隔278m)とイベント堆積物の比較

12-1. 想定津波群の作成方法 (2/4)

基準波源モデル①～⑥ (概略パラメータスタディ)

基準波源モデル①～⑥を対象に以下に示す表のケースを対象に想定津波群を作成し、イベント堆積物と比較して示す。



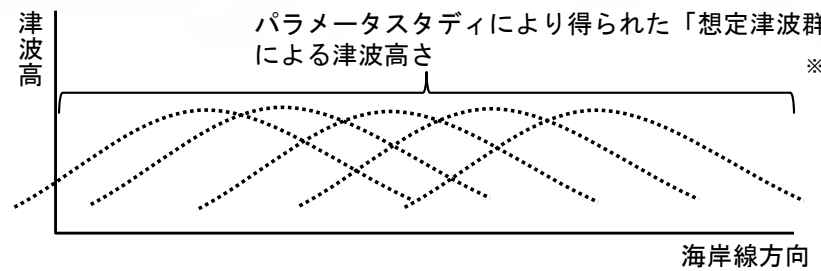
大すべり域等

想定津波群作成ケース

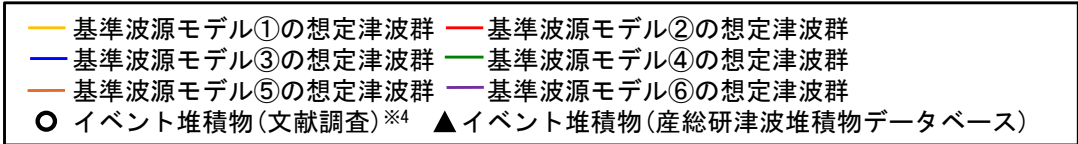
波源モデル	概略パラメータスタディ※2
基準波源モデル①	AIを北へ20km～南方へ10km(10kmピッチ) TNを東へ10km～西方へ20km(10kmピッチ)
基準波源モデル②	北へ50km～南方へ50km(10kmピッチ)
基準波源モデル③	北へ50km～南方へ50km(10kmピッチ)
基準波源モデル④	北へ50km～南方へ10km(10kmピッチ)
基準波源モデル⑤	ステップ1: 北方へ200km～南方へ40km(40～120kmピッチ) ステップ2: 南方へ40kmのケース※3を北方へ30km(10kmピッチ)
基準波源モデル⑥	

※2: 大すべり域等の位置の不確かさ考慮, ※3: ステップ1の最大ケース

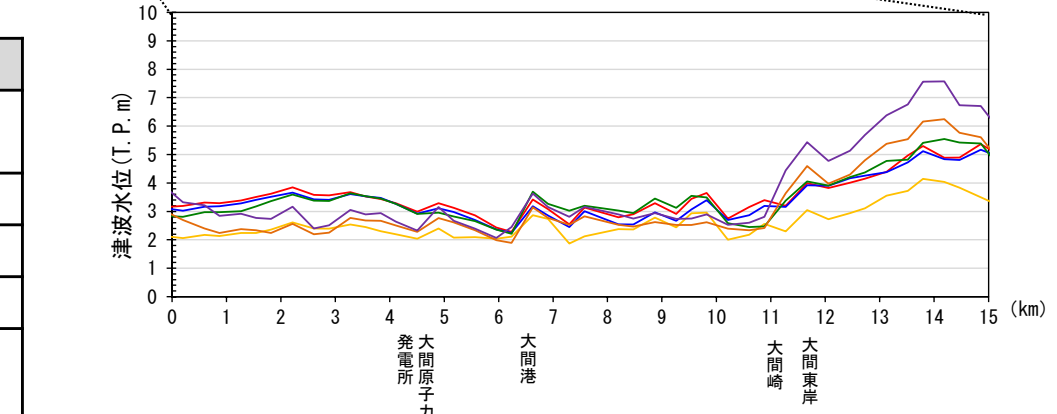
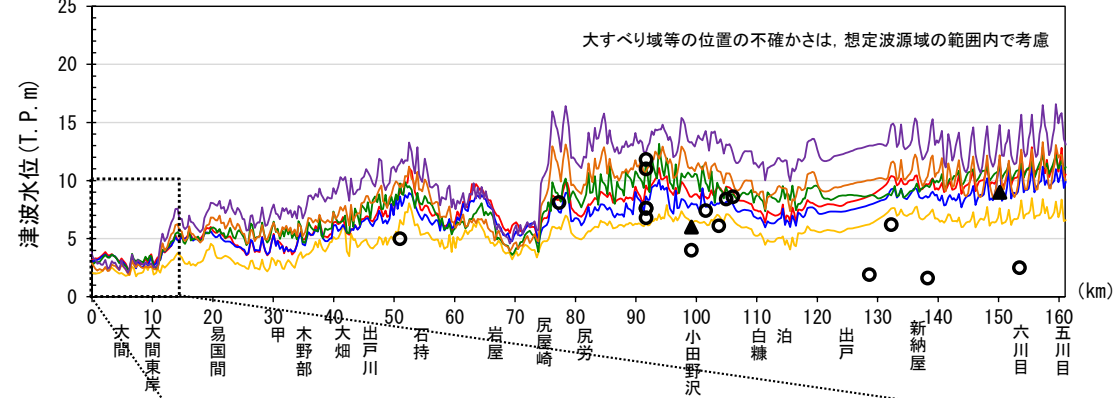
■ 想定津波群の作成



※1: パラメータスタディを行った津波の集合体を包絡する津波水位



※4: 調査地点は、東北電力株式会社(2014)⁽¹⁰¹⁾及び高橋ほか(2018)⁽¹⁰²⁾から推定して記載

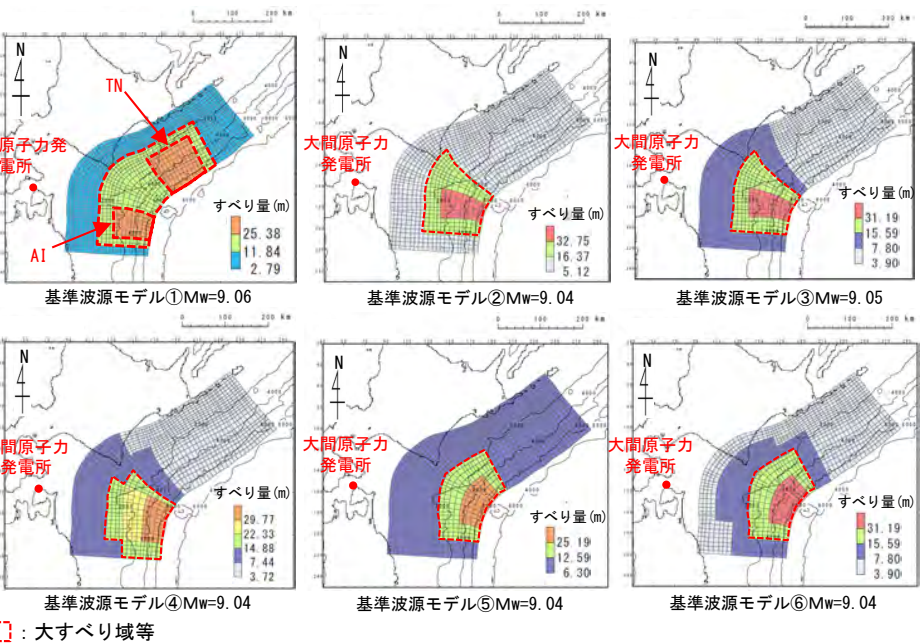


津軽海峡開口部付近沿岸における基準波源モデル①～⑥の想定津波群とイベント堆積物の比較

12-1. 想定津波群の作成方法 (3/4)

(参考) 基準波源モデル①～⑥ (詳細パラメータスタディを含む)

基準波源モデル①～⑥を対象に以下に示す表のケース (詳細パラメータを含む) を対象に想定津波群を作成し、イベント堆積物と比較して示す。

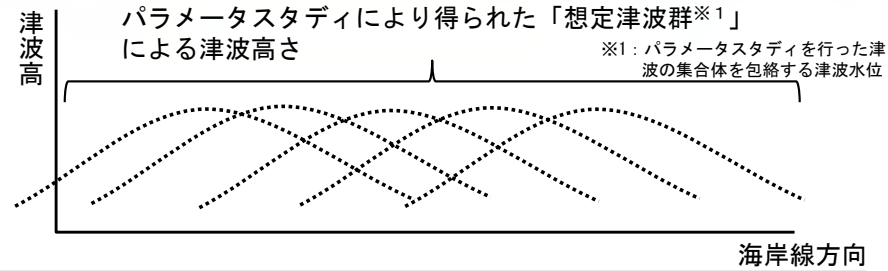


想定津波群作成ケース

波源モデル	概略パラメータスタディ※2		詳細パラメータスタディ	
	大すべり域の位置		破壊開始点	破壊伝播速度
基準波源モデル①	AIを北へ20km～南方へ10km(10kmピッチ) TNを東へ10km～西方へ20km(10kmピッチ)		a～g	1.0, 2.0, 2.5km/s
基準波源モデル②	北へ50km～南方へ50km(10kmピッチ)		a～d	1.0, 2.0, 2.5km/s
基準波源モデル③	北へ50km～南方へ50km(10kmピッチ)		a～d	1.0, 2.0, 2.5km/s
基準波源モデル④	北へ50km～南方へ10km(10kmピッチ)		a～d	1.0, 2.0, 2.5km/s
基準波源モデル⑤	ステップ1: 北方へ200km～南方へ40km(40～120kmピッチ)		a～e	1.0, 2.0, 2.5km/s
基準波源モデル⑥	ステップ2: 南方へ40kmのケース※3を北方へ30km(10kmピッチ)			

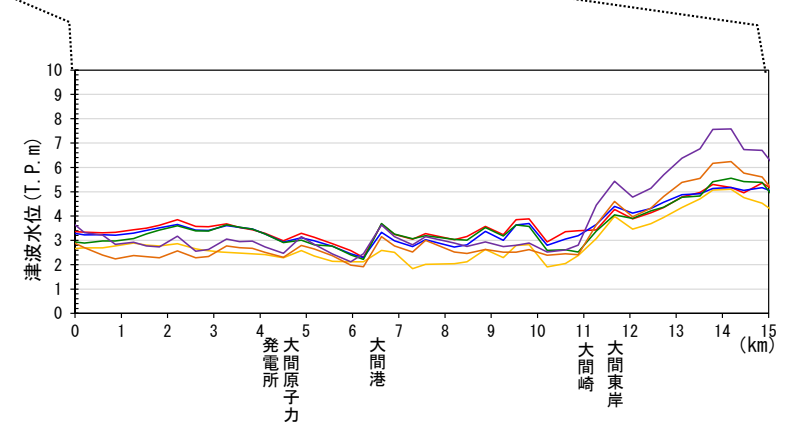
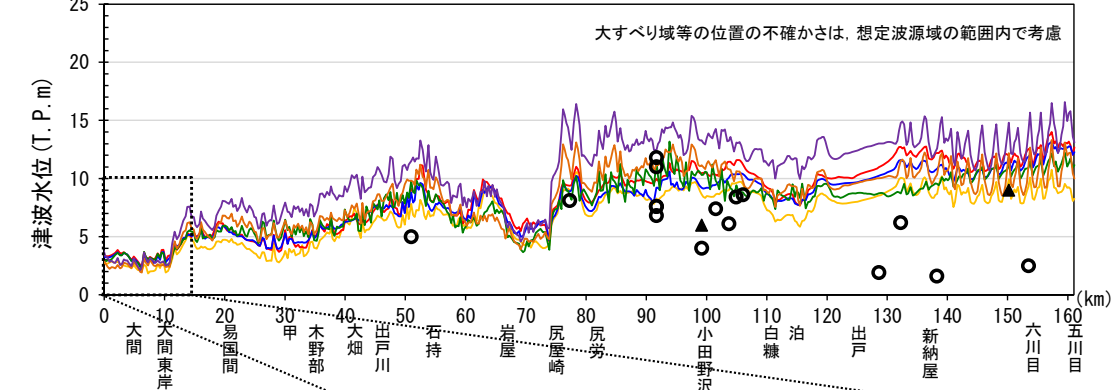
※2: 大すべり域等の位置の不確かさ考慮, ※3: ステップ1の最大ケース

■ 想定津波群の作成



— 基準波源モデル①の想定津波群 — 基準波源モデル②の想定津波群
— 基準波源モデル③の想定津波群 — 基準波源モデル④の想定津波群
— 基準波源モデル⑤の想定津波群 — 基準波源モデル⑥の想定津波群
○ イベント堆積物(文献調査)※4 ▲ イベント堆積物(産総研津波堆積物データベース)

※4: 調査地点は、東北電力株式会社(2014)⁽¹⁰¹⁾及び高橋ほか(2018)⁽¹⁰²⁾から推定して記載



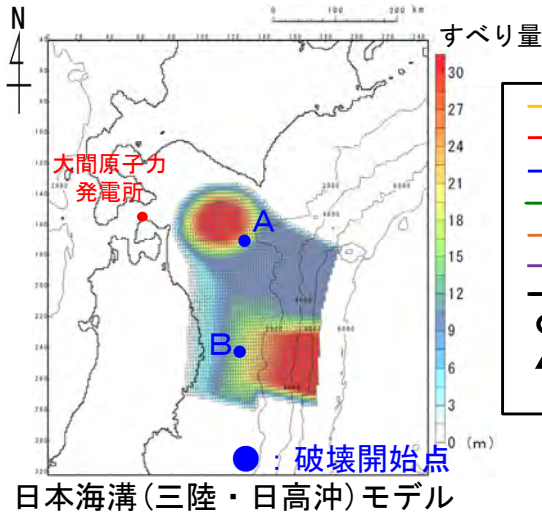
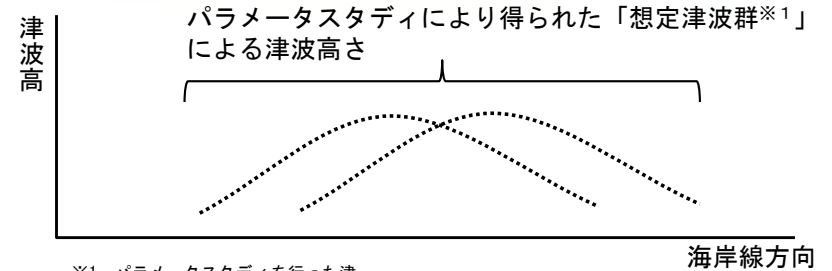
津軽海峡開口部付近沿岸における基準波源モデル①～⑥の想定津波群とイベント堆積物の比較

12-1. 想定津波群の作成方法 (4 / 4)

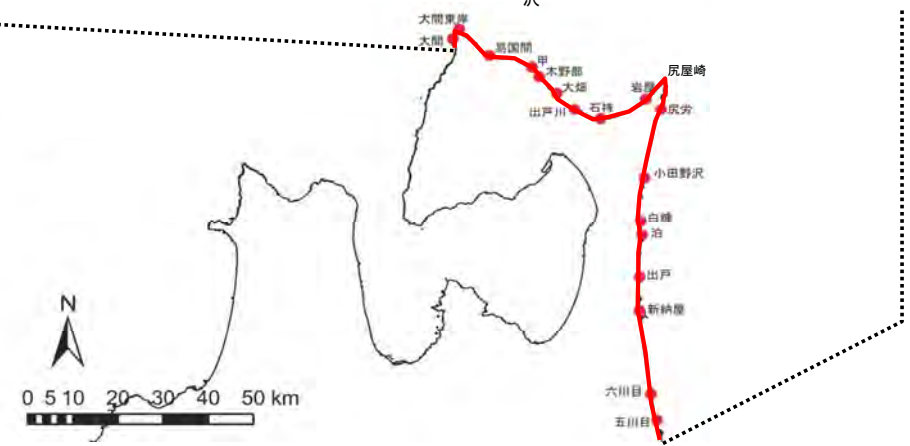
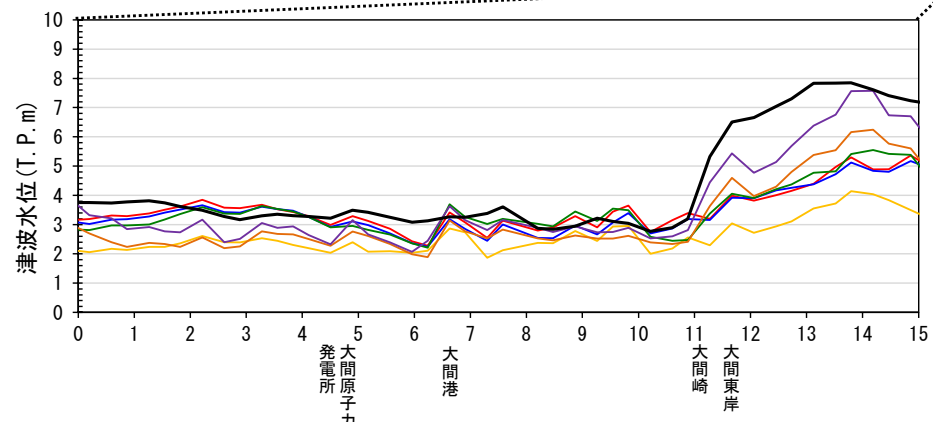
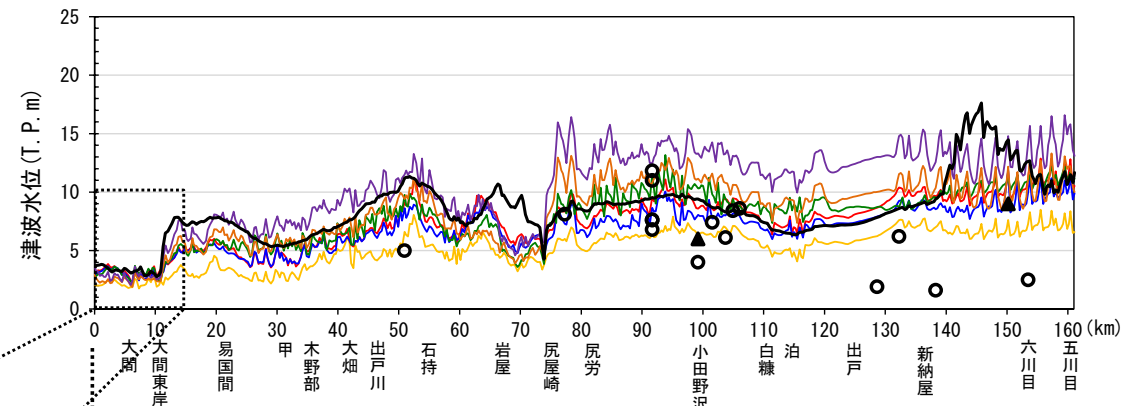
内閣府(2020)モデル (概略パラメータスタディ)

• 内閣府(2020)⁽¹⁰³⁾モデルについては、破壊開始点A、Bとしたケースを対象に想定津波群を作成し、基準波源モデル①～⑥の想定津波群 (概略パラメータスタディ：P.12.1-3参照)と比較して示す。

■ 想定津波群の作成



- 基準波源モデル①の想定津波群
- 基準波源モデル②の想定津波群
- 基準波源モデル③の想定津波群
- 基準波源モデル④の想定津波群
- 基準波源モデル⑤の想定津波群
- 基準波源モデル⑥の想定津波群
- 内閣府(2020)⁽¹⁰³⁾モデルの想定津波群
- イベント堆積物(文献調査)^{※2}
- ▲ イベント堆積物(産総研津波堆積物データベース)



津軽海峡開口部付近沿岸の海岸線位置における基準波源モデル①～⑥と内閣府(2020)⁽¹⁰³⁾モデルの想定津波群との比較(大間周辺)

津軽海峡開口部付近沿岸における基準波源モデル①～⑥と内閣府(2020)⁽¹⁰³⁾モデルの想定津波群との比較

※2: 調査地点は、東北電力株式会社(2014)⁽¹⁰¹⁾及び高橋ほか(2018)⁽¹⁰²⁾から推定して記載

(余白)

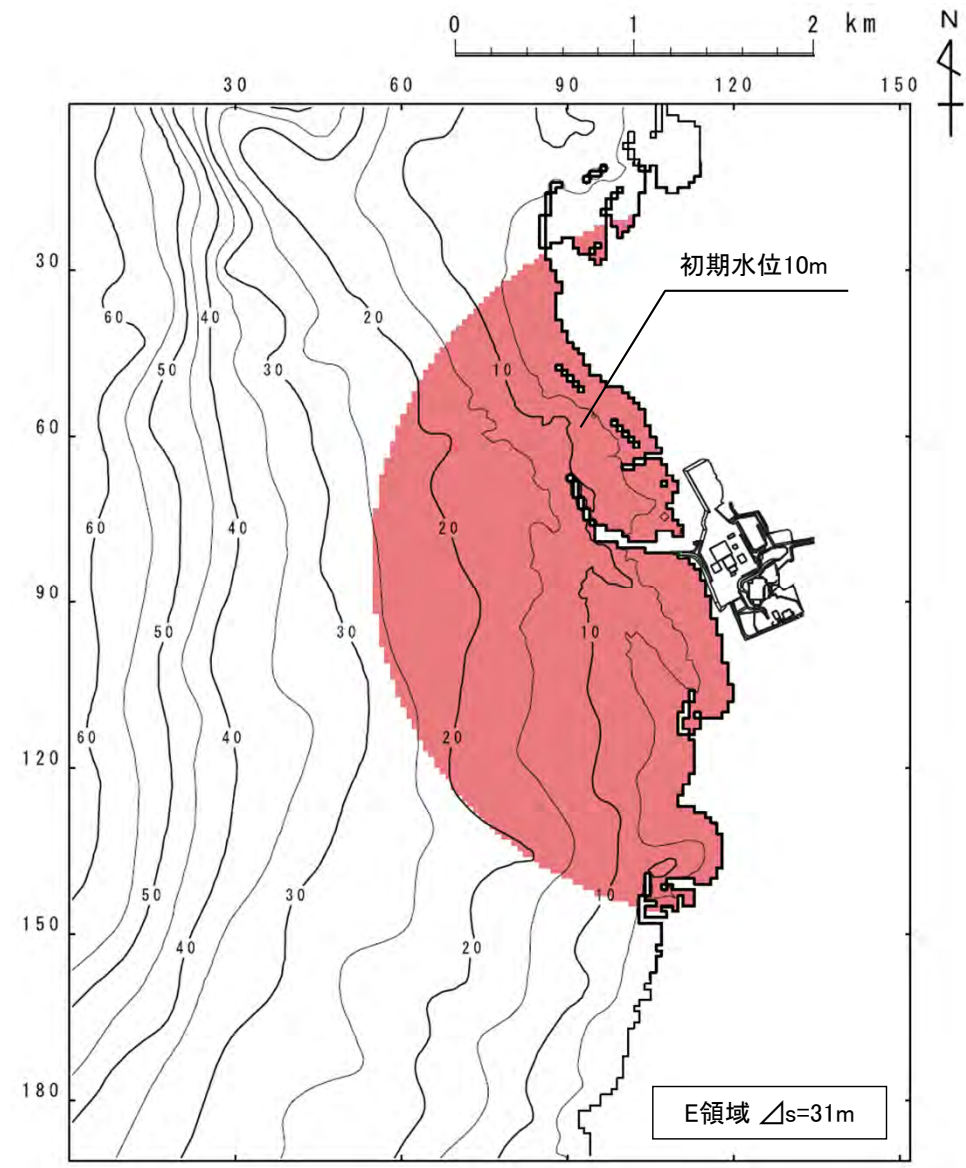
1. 津波堆積物調査（現地調査）
2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波
 - 2-1. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 2-1-1. 傾斜方向・傾斜角パターン影響検討
 - 2-1-2. 上縁深さのパラメータスタディ検討範囲の妥当性確認
 - 2-2. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 2-3. 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の妥当性確認
 - 2-4. 日本海東縁部に設定された地方自治体による波源モデル
3. 2011年東北地方太平洋沖地震を始めとするM9クラスの超巨大地震から得られた知見
 - 3-1. 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見
 - 3-2. 世界のM9クラスの超巨大地震から得られた知見の整理
 - 3-3. まとめ
4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波
 - 4-1. 検討対象波源域の選定
 - 4-2. 波源モデルのパラメータに関する検討
 - 4-2-1. ライズタイムの影響検討
 - 4-2-2. 2011年東北地方太平洋沖地震による津波等の再現性確認
 - 4-2-3. 分岐断層に関する検討
 - 4-3. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の評価因子影響分析
 - 4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の妥当性確認
 - 4-4-1. 動的破壊特性の不確かさの影響確認
 - 4-4-2. 基準波源モデル①～⑥の水位分布比較
 - 4-4-3. 基準波源モデル⑤⑥と基準波源モデル①～④の関連性
 - 4-4-4. 三陸沖から根室沖のプレート間地震に伴う津波の傾向把握
5. 千島海溝沿いの海洋プレート内地震に伴う津波
6. チリ沖に想定される地震に伴う津波の影響検討
7. 陸上の斜面崩壊に起因する津波
 - 7-1. 地すべり地形分布図
 - 7-2. 二層流モデルの適用性について
8. 海底地すべりに起因する津波
 - 8-1. 急傾斜部を対象とした地形判読
 - 8-2. 海底地すべり海上音波探査記録
 - 8-3. 海底地すべり地形崩壊量算定
 - 8-4. ハワイ付近の海底地すべりの影響について
9. 火山現象に起因する津波
 - 9-1. kinematic landslideモデルによる追加検討
10. 津波発生要因の組合せに関する検討
 - 10-1. 線形足し合せ水位評価地点の妥当性確認
11. 津軽海峡・発電所専用港湾及び津波の周期特性
 - 11-1. 検討方法
 - 11-2. 日本海側からの津波に対する検討
 - 11-3. 太平洋側からの津波に対する検討
 - 11-4. まとめ
12. その他
 - 12-1. 想定津波群の作成方法
 - 12-2. 津波の伝播特性について

発電所への津波伝播特性の大局的な傾向を把握することを目的として、発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションを実施した。



検討波源

- 発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションにより大局的な伝播特性の傾向を確認した。
- 津波波源として、大間発電所を中心とする半径2kmの円を設定し、一律10mの初期水位を与え、津波伝播計算を実施した。



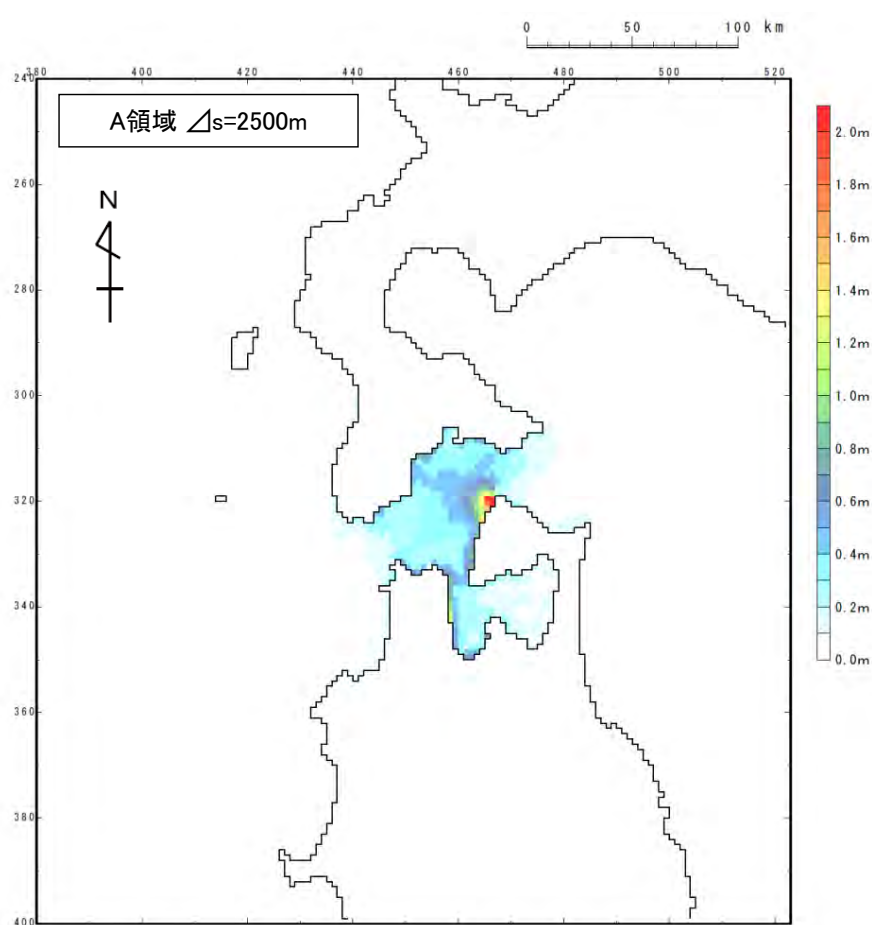
発電所を津波波源と仮定した場合の初期水位分布



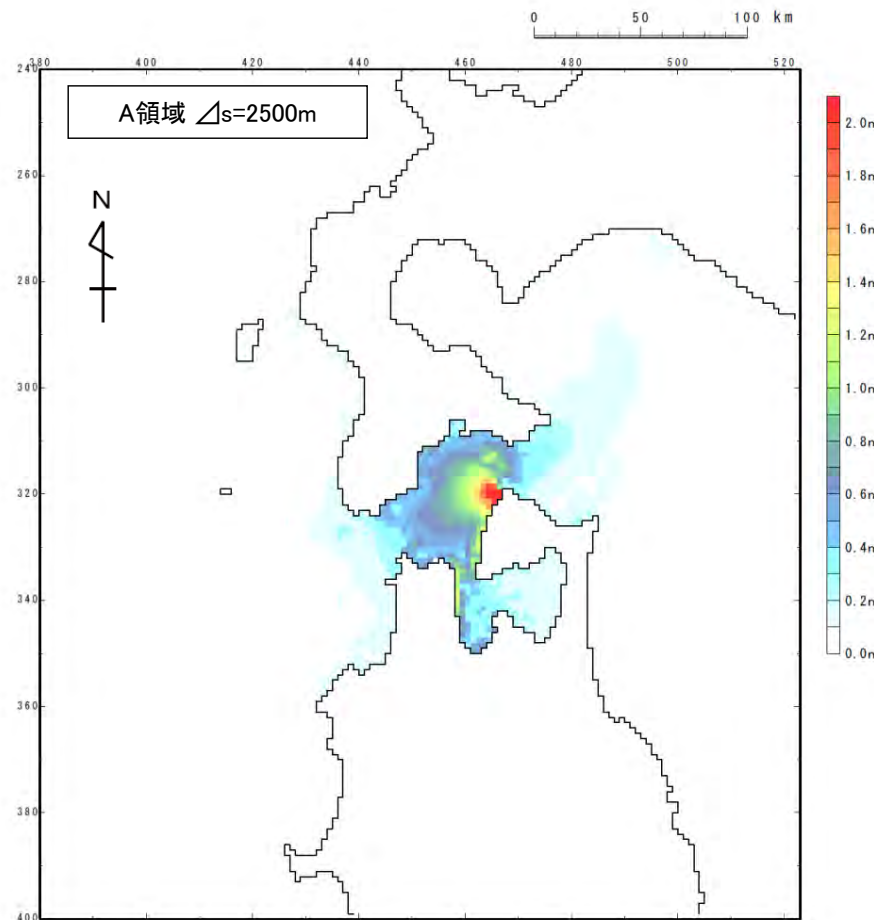
津波の伝播特性検討結果 (1 / 3)

- 水深による津波振幅への影響を軽減するため、「グリーンの法則」を用いて最大水位上昇量を補正※した場合も示した。
- 津軽海峡外へ伝播していく津波は、ほとんど認められない。

※：波源位置の水深を h_0 (=10m)，沖合地点の水深を h として，数値シミュレーションで得られる各格子の最大水位上昇量を「 $(h_0/h)^{1/4}$ 」で除して補正。



水位補正前



水位補正後

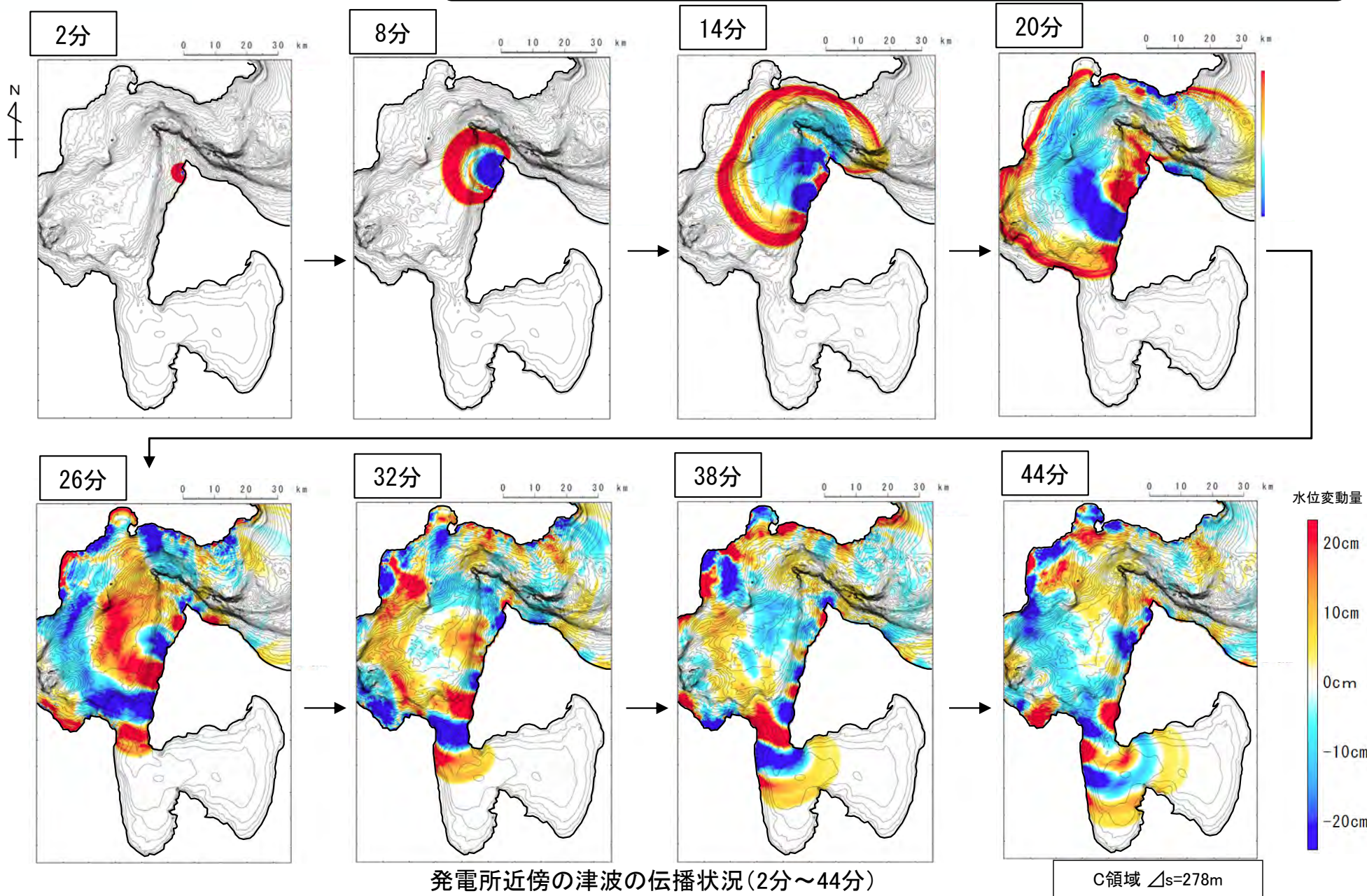
発電所を津波波源と仮定した場合の最大水位上昇量分布

1 2-2. 津波の伝播特性について (4 / 5)



津波の伝播特性評価結果 (2 / 3)

波源域から敷地周辺海域へ、同心円状に津波が伝播するが、対岸に津波が到達する約20分以降は、津軽海峡内での反射等の影響により、同心円形状が崩れていく。



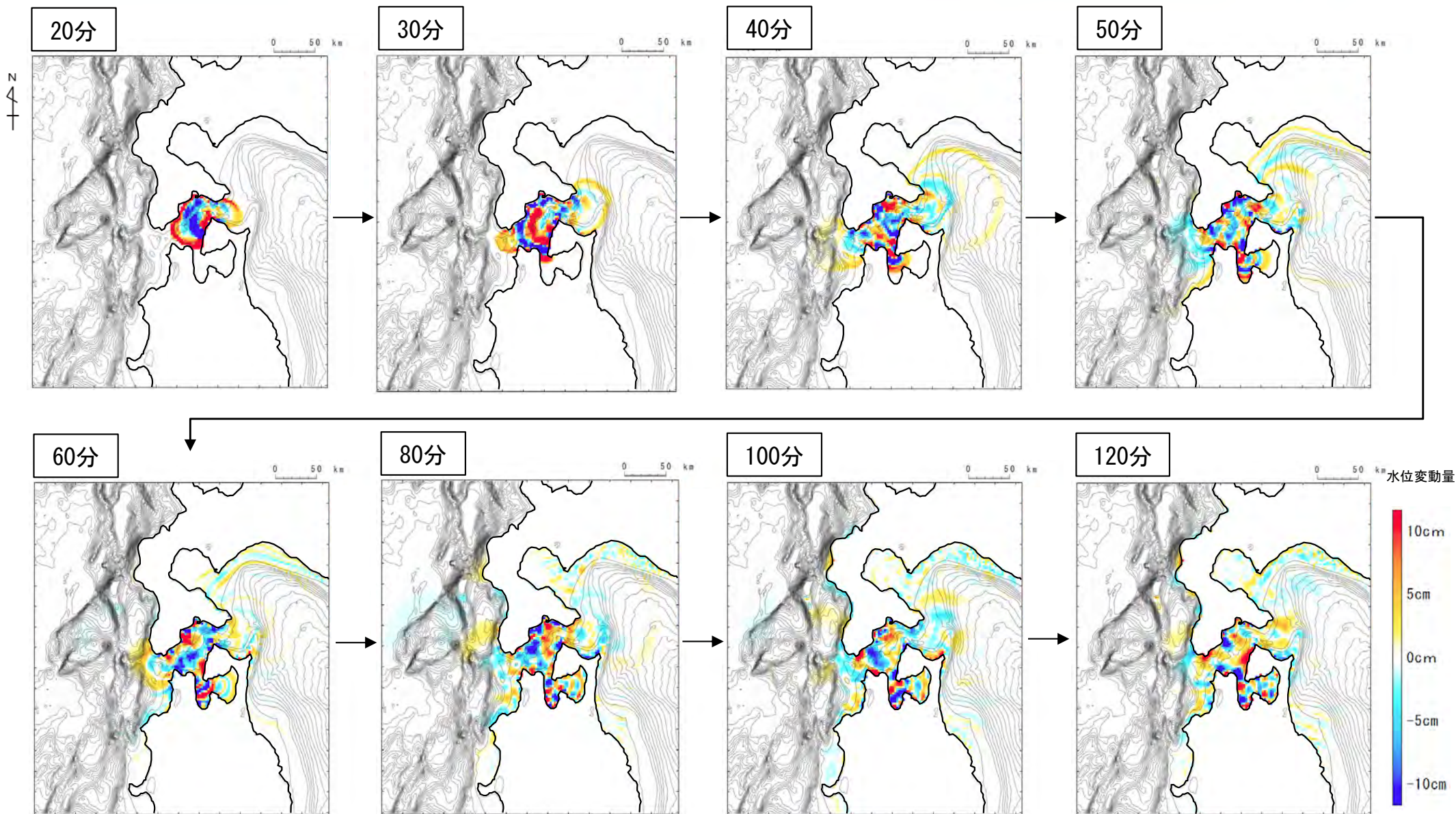
発電所近傍の津波の伝播状況(2分~44分)

1 2-2. 津波の伝播特性について (5 / 5)



津波の伝播特性評価結果 (3 / 3)

津軽海峡外への卓越した津波伝播の傾向は認められない。



津軽海峡外への津波の伝播状況(20分~120分)

A領域 $\Delta s=2500m$

参考文献



- (1) 箕浦幸治 (1990) : 東北日本における巨大津波の発生と周期, 歴史地震, 第6号, pp. 61-76.
- (2) 小岩直人・菊地恒佑・葛西未央 (2013) : 青森県鰹ヶ沢町鳴沢川下流部に認められる歴史時代の津波堆積物, 日本第四紀学会講演要旨集, 43, pp. 14-15.
- (3) 熊谷秀平・梅田浩司・鎌滝孝信・小岩直人・藤田奈津子 (2017) : 青森県鰹ヶ沢町にみられるイベント堆積物, 東北地域災害科学研究, 第53巻, pp. 7-13.
- (4) 社団法人土木学会原子力土木委員会津波小委員会 (2016) : 原子力発電所の津波評価技術2016.
- (5) 高橋武之・高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫 (1995) : 北海道南西沖地震津波の波源の再検討, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 (平成6年度), pp. 180-181.
- (6) 根本信, 高瀬嗣郎, 長谷部大輔, 横田崇 (2009) : 日本海におけるアスペリティを考慮した津波波源モデルの検討, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. B2-65, No.1, 2009, 346-350.
- (7) 北海道 (2013) : 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワークグループ, 平成24年度, 日本海沿岸の津波浸水想定の特検・見直し報告書.
- (8) 青森県 (2015) : 第7回青森県海岸津波対策検討会資料.
- (9) 秋田県 (2013) : 秋田県地震被害想定調査報告書.
- (10) 山形県 (2012) : 津波浸水域予測図.
- (11) 新潟県 (2016) : 新潟県地域防災計画 (津波災害対策編) 平成28年3月修正.
- (12) 富山県 (2012) : 富山県津波調査研究業務 業務報告書 (概要版) .
- (13) 石川県 (2012) : 石川県津波浸水想定区域図.
- (14) 福井県 (2012) : 福井県における津波シミュレーション結果について.
- (15) 鳥取県 (2012) : 鳥取県津波対策検討委員会津波波源の設定について.
- (16) 島根県 (2012) : 島根県地震被害想定調査報告書津波の想定.
- (17) 山口県 (2015) : 津波浸水想定 (日本海沿岸) について.
- (18) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 62p.
- (19) 徳山英一, 本座栄一, 木村政昭, 倉本真一, 芦寿一郎, 岡村行信, 荒戸裕之, 伊藤康人, 徐垣, 日野亮太, 野原壯, 阿部寛信, 坂井真一, 向山建二郎 (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史, 海洋調査技術, 第13巻, 第1号, pp. 27-53.
- (20) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2019) : 日本海溝沿いの地震活動の長期評価, 144p.
- (21) 佐竹健治 (2013) : 第197回地震予知連絡会重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要, pp. 414-416.
- (22) Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita & Tetsuro Imakiire (2011) : Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, NATURE, Vol. 475, pp. 373-376.
- (23) Akira Hasegawa, Keisuke Yoshida, Youichi Asano, Tomoki Okada (2012) : Change in stress field after the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letter 355-356, pp. 231-243.
- (24) 海洋研究開発機構 (2013) : 地球深部探査船「ちきゅう」の掘削調査により明らかにされた東北地方太平洋沖地震震源域の応力状態変化, 海洋研究開発機構プレスリリース.
- (25) 佐竹健治 (2011) : 日本海溝の巨大地震のスーパーサイクル, 予知連絡会報86.
- (26) 岡村行信, 佐竹健治, 宍倉正展, 藤原治, 澤井祐紀, 小松原純子, 藤野滋弘, 行谷佑一, 藤井雄士郎, Than Tin, Aung (2010) : 地質調査・津波シミュレーションにもとづく地震発生履歴に関する研究, 文部科学省研究開発局他2010重点成果報告_宮崎沖.
- (27) 菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治 (2013) : 貞観津波と東日本大震災の津波, 平川新・今村文彦・東北大学災害科学国際研究所, 東日本大震災を分析する2 震災と人間・まち・記録, 株式会社明石書店, pp. 179-188.
- (28) 行谷祐一, 佐竹健治, 山本滋 (2010) : 宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No. 10 p. 1-21.

参考文献



- (29) 宍倉正展, 藤原治, 澤井祐紀, 行谷祐一, 谷川晃一郎 (2012) : 2011東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界, 活断層・古地震研究報告, No. 12 p. 45-61.
- (30) Satoshi Ide, Annemarie Baltay, Gregory C. Beroza (2011) : Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw9.0 Tohoku-Oki Earthquake, Science, vol. 332, 1426, DOI:10.1126/science.1207020.
- (31) 井出哲 (2011) : 東北沖地震の二面性—浅部のすべり過ぎと深部の高周波震動—, 東京大学大学院理学系学科, プレスリリース.
- (32) 長谷川昭 (2015) : 2011年東北沖地震の震源域で何が起きたか?—東北沖地震の発生機構—, 地震ジャーナル, 60号.
- (33) Tetsuro Tsuru, Jin-Oh Park, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Yukari Kido, Tsutomu Hayashi (2002) : Along-arc structural variation of the plate boundary at the Japan Trench margin: Implication of interplate coupling, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB001664.
- (34) Koichiro Obana, Shuichi Kodaira, Masanao Shinohara, Ryota Hino, Kenji Uehira, Hajime Shiobara, Kazuo Nakahigashi, Tomoaki Yamada, Hiroko Sugioka, Aki Ito, Yasuyuki Nakamura, Seiichi Miura, Tetsuo No, Narumi Takahashi (2013) : Aftershocks near the updip end of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letters, 382, 111-116, doi.org/10.1016/j.epsl.2013.09.007.
- (35) 文部科学省測地学分科会 (2014) : 「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」平成25年度年次報告 (機関別), 課題番号1205, アスペリティの特性解明に向けた観測研究.
- (36) Lingling Ye, Thorne Lay, and Hiroo Kanamori (2012) : The Sanriku-Oki low-seismicity region on the northern margin of the great 2011 Tohoku-Oki earthquake rupture, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B02305, doi:10.1029/2011JB008847.
- (37) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2012) : 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価 (第二版) について, 173p.
- (38) Naoki Uchida and Toru Matsuzawa (2011) : Coupling coefficient, hierarchical structure, and earthquake cycle for the source area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake inferred from small repeating earthquake data, Earth Planets Space, 63, 675-679.
- (39) Naoki Uchida, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Toru Matsuzawa (2009) : What controls interplate coupling?: Evidence for abrupt change in coupling across a border between two overlying plates in the NE Japan subduction zone, Earth and Planetary Science, 283 (2009) 111-121.
- (40) Masanao Shinohara, Tomoaki Yamada, Kazuo Nakahigashi, Shin'ichi Sakai, Kimihiro Mochizuki, Kenji Uehira, Yoshihiro Ito, Ryusuke Azuma, Yuka Kaiho, Tetsuo No, Hajime Shiobara, Ryota Hino, Yoshio Murai, Hiroshi Yakiwara, Toshinori Sato, Yuya Machida, Takashi Shinbo, Takehi Isse, Hiroki Miyamachi, Koichiro Obana, Narumi Takahashi, Shuichi Kodaira, Yoshiyuki Kaneda, Kenji Hirata, Sumio Yoshikawa, Kazushige Obara, Takaya Iwasaki, and Naoshi Hirata (2011) : Aftershock observation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake by using ocean bottom seismometer network, Earth Planets Space, 63, 835-840.
- (41) 内閣府 (2012) : 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 津波断層モデル編—津波断層モデルと津波高・浸水域等について—, 南海トラフの巨大地震モデル検討会, 100p.
- (42) 杉野英治, 呉長江, 是永真理子, 根本信, 岩渕洋子, 蛭沢勝三 (2013) : 原子力サイトにおける2011 東北地震津波の検証, 日本地震工学会論文集, 第13巻, 第2号 (特集号).
- (43) 杉野英治, 岩渕洋子, 橋本紀彦, 松末和之, 蛭沢勝三, 亀田弘行, 今村文彦 (2014) : プレート間地震による津波の特性化波源モデルの提案, 日本地震工学会論文集, 第14巻, 第5号.
- (44) 宍倉正展 (2013) : 1960年チリ地震 (Mw9.5) の履歴と余効変動, 地震予知連絡会会報第89巻, 12-7.
- (45) Ian Shennan, Antony Long, Natasha Barlow (2007) : Recurrent Holocene Paleoseismicity and Associated Land/Sea-Level Changes in South Central Alaska, I Shennan, AJ Long and N Barlow.
- (46) 谷岡勇市郎 (2013) : アラスカ・アリューシャン・カムチャッカ沈み込み帯の巨大地震について, 地震予知連絡会会報第89巻, 12-9.
- (47) Kusala Rajendran (2013) : On the recurrence of great subduction zone earthquakes, SPECIAL SECTION: EARTH SCIENCES.

参考文献



- (48) Yushiro Fujii and Kenji Satake (2013) : Slip Distribution and Seismic Moment of the 2010 and 1960 Chilean Earthquakes Inferred from Tsunami Waveforms and Coastal Geodetic Data, *Pure Appl. Geophys.* 170, pp.1493-1509.
- (49) Kenji Satake, Kelin Wang, Brian F. Atwater (2003) : Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 108, NO. B11, 2535.
- (50) Jean M. Johnson, Kenji Satake, Sanford R Holdahl, Jeanne Sauber (1996) : The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 101, NO. B1, pp. 523-532.
- (51) Jean M. Johnson and Kenji Satake (1999) : Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, *Pure and applied Geophysics*, pp. 541-553.
- (52) Yuichiro Tanioka, Yudhicara, Tomohiro Kusunose, S. Kathioli, Yuichi Nishimura, Sin-Iti Iwasaki, Kenji Satake (2006) : Rupture process of the 2004 great Sumatra-Andaman earthquake estimated from tsunami waveforms, *Earth Planets Space*, 58, pp.203-209.
- (53) R. McCaffrey (2008) : Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, *The Geological Society of America*.
- (54) Christopher H. Scholz and Jaime Campos (2012) : The seismic coupling of subduction zones revisited, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 117, B05310, doi:10.1029/2011JB009003 , 2012.
- (55) Daniel Melnick, Bodo Bookhagen, Manfred R. Strecker, Helmut P. Echter (2009) : Segmentation of megathrust rupture zones from fore-arc deformation patterns over hundreds to millions of years, Arauco peninsula, Chile, *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 114, B01407.
- (56) Sergio E. Barrientos and Steven N. Ward (1990) : The 1960 Chile earthquake: inversion for slip distribution from surface deformation, *Geophys. J. Int.*, 103, pp. 589-598.
- (57) 松本剛・土井明日加・喜瀬慎一郎・阿部なつ江 (2010) : 海洋地球物理観測データに基づくチリ三重点のテクトニクス, 極域科学・宙空圏・気水圏・生物・地学シンポジウム講演予稿集.
- (58) Genyang Tang, Penny J. Barton, Lisa C. McNeill, Timothy J. Henstock, Frederik Tilmann, Simon M. Dean, Muhammad D. Jusuf, Yusuf S. Djajadihardja, Haryadi Permana, Frauke Klingelhoefer, and Heidrun Kopp (2013) : 3-D active source tomography around Simeulue Island offshore Sumatra: Thick crustal zone responsible for earthquake segment boundary, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, VOL. 40, 48-53, doi:10.1029/2012GL054148.
- (59) Emily S. Finzel, Jeffrey M. Trop, Kenneth D. Ridgway, Eva Enkelmann (2011) : Upper plate proxies for flat-slab subduction processes in southern Alaska, *Earth and Planetary Science Letters* 303 pp.348-360.
- (60) Aaron G. Wech (2016) : Extending Alaska's plate boundary: Tectonic tremor generated by Yakutat subduction, *GEOLOGY*, July 2016; v. 44; no. 7; pp. 587-590.
- (61) Roland von Huene, John J. Miller and Wilhelm Weinrebe (2012) : Subducting plate geology in three great earthquake ruptures of the western Alaska margin, Kodiak to Unimak, *Geosphere*; June 2012 v. 8 no. 3 pp. 628-644.
- (62) Ian Shennan, Natasha Barlow, Gary Carver, Frank Davies, Ed Garrett and Emma Hocking (2014) : Great tsunamigenic earthquakes during the past 1000 yr on the Alaska megathrust, *GEOLOGY*, doi:10.1130/G35797.1.
- (63) Kenji Satake, Yushiro Fujii, Tomoya Harada, Yuichi Namegaya (2013) : Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 103, No. 2B, pp. 1473-1492, May 2013, doi:10.1785/0120120122
- (64) Yushiro Fujii and Kenji Satake (2007) : Tsunami Source of the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake Inferred from Tide Gauge and Satellite Data, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 97, No. 1A, pp. S192-S207, doi:10.1785/0120050613.
- (65) Yusuke Yokota and Kazuki Koketsu (2015) : A very long-term transient event preceding the 2011 Tohoku earthquake, *NATURE COMMUNICATIONS*, DOI: 10.1038/ncomms6934, pp. 1-5.

参考文献



- (66) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫(1998) : GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, 土木学会, pp. 356-360.
- (67) Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 61, No. 5, pp. 1433-1440.
- (68) Changjiang Wu, Hideaki Tsutsumi, Hongjun Si, Yusuke Saijo (2012) : Rupture Process of the 2011 Mw9.0 Tohoku Earthquake And Strong Motion Simulation from the Viewpoint of NPP Seismic Design, 15th World Conference on Earthquake Engineering.
- (69) Toshiya Fujiwara, Shuichi Kodaira, Tetsuo No, Yuka Kaiho, Narumi Takahashi, Yoshiyuki Kaneda (2011) : The 2011 Tohoku-Oki Earthquake: Displacement Reaching the Trench Axis, SCIENCE, VOL334.
- (70) JAMSTEC (2007) : 紀伊半島沖熊野灘における巨大津波の成因について～三次元反射法音波探査による海底下の地質構造の解析結果～, プレスリリース.
- (71) JAMSTEC (2011) : 津波断層の活動痕を初めて発見～地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削計画の成果～, プレスリリース.
- (72) 奥村与志弘・後藤浩之(2013) : 海溝型地震の分岐断層破壊シナリオで発生する津波の特徴に関する一考察, 土木学会論文集A1 (構造・地震工学), Vol. 69, No. 4 (地震工学論文集第32巻), I_750-I_757.
- (73) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2014) : 全国地震動予測地図2014年版～全国の地震動ハザードを概観して～付録-1.
- (74) 中西正男(2017) : 北西太平洋の海溝付近における海洋プレートの屈曲によって生じる断層地形, 地学雑誌, 126 (2), pp. 125-146, doi:10.5026/jgeography.126.125.
- (75) 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002) : 原子力発電所の津波評価技術, 321p.
- (76) Tetsuro Tsuru and Jin-Oh Park (2000) : Tectonic features of the Japan Trench convergent margin off Sanriku, northeastern Japan, revealed by multichannel seismic reflection data, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 105, NO. B7, PAGES 16, pp. 403-16, 413, JULY 10.
- (77) 河田恵昭・小池信昭・嘉戸重仁・井上雅夫(1998) : わが国沿岸部における遠地津波の伝播特性について, 海岸工学論文集, 第45巻, pp. 336-340.
- (78) 清水文健・井口隆・大八木規夫(2009) : 地すべり地形分布図第43集「函館」, 防災科学技術研究所研究資料.
- (79) 清水文健・井口隆・大八木規夫(2009) : 地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」, 防災科学技術研究所研究資料.
- (80) 清水文健・大八木規夫(1987) : 地すべり地形分布図第5集「青森・仙台」, 防災科学技術研究所研究資料.
- (81) Kawamata, K., K. Takaoka, K. Ban, F. Imamura, S. Yamaki, E. Kobayashi (2005) : Model of tsunami generation by collapse of volcanic eruption: the 1741 Oshima-Oshima tsunami, K. Satake (ed), Tsunamis: Case Studies and Recent Developments, pp. 79-96.
- (82) 松本智裕・橋和正・今村文彦・首藤伸夫(1998) : 土石流による津波発生・伝播モデルの開発, 海岸工学論文集, 第45巻, 土木学会, pp. 346-350.
- (83) 今村文彦・後藤大地・嶋原良典・喜多村雄一・松原隆之・高岡一章・伴一彦(2001) : 土砂突入による津波発生機構に関する基礎検討, 海岸工学論文集, 第48巻, 土木学会, pp. 321-325.
- (84) Maeno, F and Imamura, F (2007) : Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 34, L23303, doi:10.1029/2007GL031222.
- (85) Maeno, F and Imamura, F (2011) : Tsunami generation by a rapid entrance of pyroclastic flow into the sea during the 1883 Krakatau eruption, Indonesia, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 116, B09205, doi:10.1029/2011JB008253.
- (86) 柳澤英明・青木歩・佐々恭二・井上公夫(2014) : 地滑り・津波統合モデルによる寛政4年(1792)有明海津波の再現シミュレーション, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 70, No. 2, pp. I_151-I_155.
- (87) 佐竹健治(1997) : ハワイの津波堆積物—アメリカ地質学会コルディレラ分科会および巡検に参加して—, 地質ニュース518号, 21-28.
- (88) Eakins, B. W., Robinson J. E., Kanamatsu, T., Naka, J., Smith, J. R., Takahashi, E., Clague, D. A., (2003) : Hawaii's Volcanoes Revealed, U. S. Geological Survey Geologic Investigations Series I-2809, <http://geopubs.wr.usgs.gov/i-map/i2809>.
- (89) 羽鳥徳太郎(1976) : 1975年ハワイ島(Kalapana)津波と日本沿岸での挙動, 地震第2輯, 第29巻, pp. 355-363. Nettles_2004_BSSA.
- (90) Nettles, M. and Ekström, G (2004) : Long-Period Source Characteristics of the 1975 Kalapana, Hawaii, Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 2, pp. 422-429.

参考文献



- (91) Day, S. J., P. Watts, S. T. Grilli and J. T. Kirby (2005) : Mechanical models of the 1975 Kalapana, Hawaii earthquake and tsunami, *Marine Geology*, 215, pp59-92.
- (92) Ma, K-F., H. Kanamori, K. Satake (1999) : Mechanism of the 1975 Kalapana, Hawaii, earthquake inferred from tsunami data, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104, No. B6, Pages 13, 153-13, 167, June 10, 1999.
- (93) Moore, J. G., D. A. Clague, R. T. Holcomb, P. W. Lipman, W. R. Normark, and M. E. Torresan (1989) : Prodigious submarine landslides on the Hawaiian Ridge, *J. Geophys. Res.*, 94 (B12), pp. 17465-17484, doi:10.1029/JB094iB12p17465.
- (94) 横瀬久芳 (2007) : ハワイ諸島における巨大海底地すべり, *日本地質学会, 第114年学術大会*, S-10.
- (95) 横瀬久芳 (2010) : ハワイ諸島の巨大海底地すべり群と津波一流山の高さ分布におけるフラクタル次元一, *月刊地球*, 号外No. 61, pp. 71-79.
- (96) McMurtry, G. M., P. Watts, G. J. Fryer, J. R. Smith, F. Imamura (2004) : Giant landslides, mega-tsunamis, and paleo-sea level in the Hawaiian Islands, *Marine Geology*, Vol. 203, Issues 3-4, pp. 219-233.
- (97) Guillou, H., M-O. Garcia, L. Turpin (1997) : Unspiked K-Ar dating of young volcanic rocks from Loihi and Pitcairn hot spot seamounts, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, Vol. 78, pp. 239-249.
- (98) Papadopoulos, G. A. and S. Kortekaas (2003) : Characteristics of Landslide Generated Tsunamis from Observational Data, *Submarine Mass Movements and Their Consequences*, Volume 10 of the series *Advances in Natural and Technological Hazards Research*, pp. 367-374.
- (99) Satake, K. (2007) : Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, *Earth Planets Space*, Vol 59, pp. 381-390.
- (100) 高橋将 (1976) : 津軽海峡と内浦湾における津波特性, *海岸工学講演会論文集*, 第23巻, 土木学会, pp. 459-463.
- (101) 東北電力株式会社 (2014) : 原子炉設置変更許可申請書, 平成26年6月.
- (102) 高橋潤, 平田一穂, 齊藤和秀 (2018) : 東通原子力発電所敷地周辺における津波堆積物の成因に関する考察, No. 394, *電力土木*, 2018. 3, pp. 62-66.
- (103) 内閣府 (2020) : 日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデルの検討について (概要報告) .