

東通原子力発電所 基準津波の策定のうち  
「十勝沖・根室沖から三陸沖北部の連動型地震」  
に起因する津波の評価について  
(コメント回答)  
(補足説明資料)

---

平成29年8月10日  
東北電力株式会社

## 目次

---

1. 固着域, すべり量に関する検討	2
2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物	12
3. 津波堆積物調査	18
4. 想定津波群の作成	84
5. 津波解析条件	86
6. 計算結果(スナップショット)	96
7. 波源領域の違いが津波高さに与える影響	100

## 1. 固着域, すべり量に関する検討

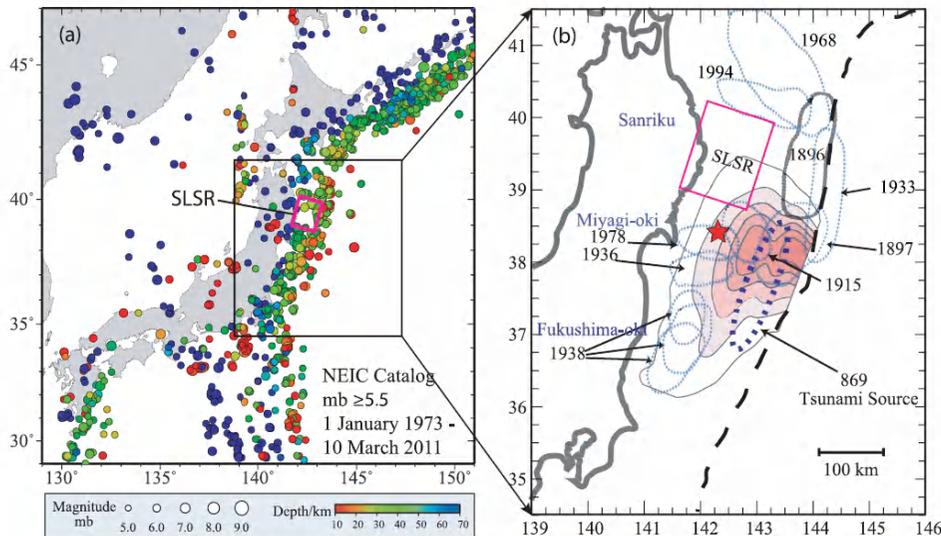
---

1. 1	三陸沖中部	.....	3
1. 2	福島県沖・茨城県沖	.....	5
1. 3	房総沖	.....	11

## 1. 固着域, すべり量に関する検討

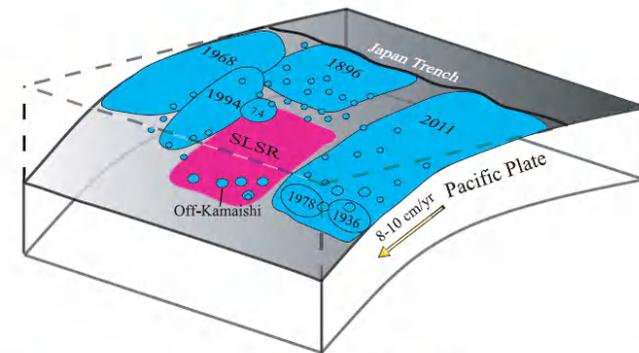
### 1.1 三陸沖中部

- Ye et al.(2012)は、過去の地震発生履歴, すべり欠損分布及び2011年東北地方太平洋沖地震(以下、「3.11地震」という。)後の余震分布等の分析から、三陸沖中部には非地震性のすべりにより歪みが解放される低地震活動域(SLSR(Sanriku-Oki low-seismicity region))が存在することを明らかにしている。
- 地震調査研究推進本部(2012)は、過去の地震発生履歴から、蓄積されている地震モーメントを地震としてはほとんど解放しておらず、さらに、1989年、1992年、1994年の三陸沖の地震の後に非地震性すべりが起こったとし、カップリングは他の領域に比べると小さいと評価している。なお、すべり欠損分布及び3.11地震でのすべり分布から、M9の地震が発生した際にはある程度地震性のすべりを生じうると考えられるとしている。



**Figure 1.** (a) Seismicity from the NEIC catalog around Japan from 1973 to 2011 prior to the 11 March 2011 Tohoku-Oki earthquake with  $m_b \geq 5.5$ . Hypocentral depths are indicated by the color scale, and symbol size increases with seismic magnitude. The magenta rectangular region indicates the SLSR. The black rectangle indicates the zoomed-in region in Figure 1b. (b) Map showing the location of the Sanriku low-seismicity region (SLSR), and schematic rupture zone of historic large earthquakes along the northeast Honshu coast [ERC, 1998] with blue dotted ellipsoidal shapes and a gray dotted shape for the 1896 tsunami earthquake source area [Tanioka and Satake, 1996] updip of the SLSR, respectively. Slip contours of 1, 10, 20, 30, 40, and 50 m for 2011 Tohoku-Oki rupture model of Yue and Lay [2011] are shown along with a red star for the USGS/NEIC epicentral location. The darkly dotted ellipse indicates the approximate location of the 896 Jogan tsunami source region [Minoura et al., 2001]. The dashed curve indicates the position of the trench.

1975年～2011年におけるM5.5以上の震源分布と低地震活動域(SLSR)の位置  
(Ye et al.(2012))



**Figure 12.** Schematic map of the Japan megathrust fault showing the distribution of rupture zone of historic large events and the 2011 Tohoku earthquake (large blue regions), and aftershocks (small blue regions) along the megathrust from Japan Trench. We plot the southern end of the 1896 rupture zone as extending to about 39°N, north of the aseismic zone seen in Figure 2e, consistent with the southern extent of the tsunami model of Aida [1977] and the region of strong inundation on the Iwate coast indicated by Hatori [1974]. The convergence velocity of the Pacific Plate is indicated by a yellow arrow. The magenta region highlights the SLSR on the megathrust. The SLSR is largely aseismic, but does have modest-size patches of seismogenic regions downdip, including the off-Kamaishi repeater zone. The shallower portion of the SLSR is almost devoid of moderate-size thrust events, but seismic activity is high in the 1896 rupture zone region further updip.

既往地震の震源概略図  
(Ye et al.(2012))

# 1. 固着域, すべり量に関する検討

## 1.1 三陸沖中部

- Uchida and Matsuzawa (2011) では、小繰り返し地震データ等を用いて、3.11地震の震源域におけるカップリング率及びアスペリティの階層構造について分析を行い、三陸沖中部のカップリングは、福島県沖・茨城県沖のカップリングよりも弱いことを示している。
- また、岩手県沖及び房総沖のカップリングが弱い領域は、本震の破壊伝播を防ぐ領域であるとしている。

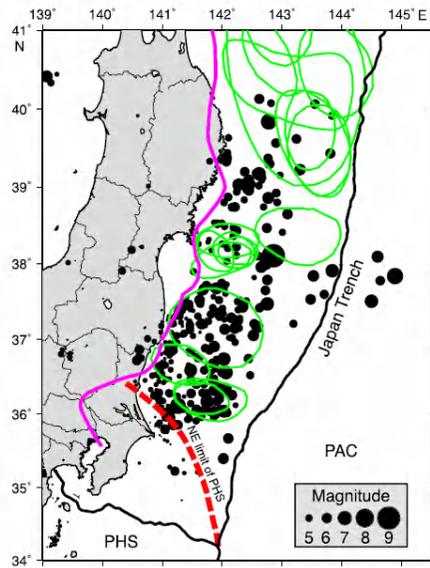


Fig. 1. Hypocenters of mainshock and aftershocks in a 24-hour period for the 2011 Tohoku earthquake (black circles) and aftershock areas for  $M \geq 7$  earthquakes since 1926 (green lines, Uchida *et al.*, 2009). Hypocenter data are from the Japan Meteorological Agency. Red dashed line shows down-dip limit of the Philippine Sea Plate (Uchida *et al.*, 2009). Thick pink line shows the western limit of interplate earthquake distribution from Igarashi *et al.* (2001) and Uchida *et al.* (2009).

2011年東北地方太平洋沖地震後24時間の地震分布(黒丸)と1926年以降に発生したM7以上の余震域(緑線)の関係 (Uchida and Matsuzawa (2011))

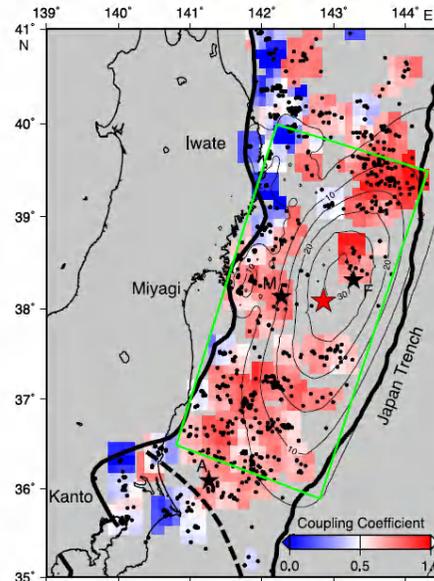


Fig. 2. Interplate coupling coefficient estimated from small repeating earthquakes for the period from 1993 to March 2007 (color). Distribution of small repeating earthquakes (black dots) and coseismic slip area (contours, Iinuma *et al.* (2011)) are also shown in this figure. Bold lines denote the down-dip limit of interplate earthquakes (Igarashi *et al.*, 2001; Uchida *et al.*, 2009) and the trench axis. Dashed bold line denotes northeastern limit of the Philippine Sea plate (Uchida *et al.*, 2009). The averaged coupling coefficient is estimated for every 0.3 degree by 0.3 degree windows that have three or smaller repeating earthquake groups. The red star indicates the hypocenter of the 2011 Tohoku earthquake. Stars marked by M, F and A indicate the hypocenter of the 2005 Miyagi-oki earthquake ( $M 7.2$ ), the  $M 7.3$  earthquake on March 9, 2011 and the largest aftershock on March 11, 2011 ( $M 7.7$ ), respectively.

1993年～2007年における小繰り返し地震データから推定されるカップリング率 (Uchida and Matsuzawa (2011))

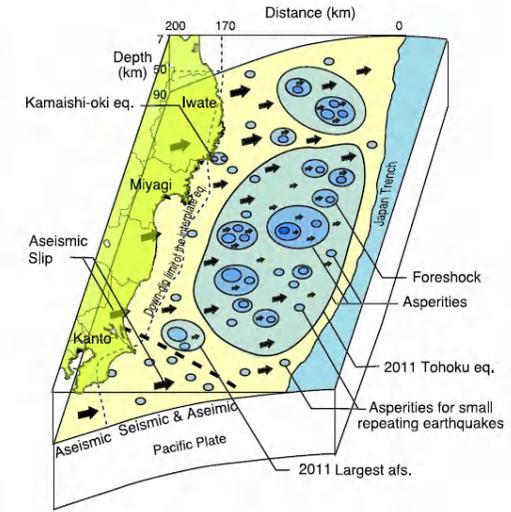


Fig. 4. Schematic figure showing the distribution of the hierarchical structured asperities at Tohoku. The circles show asperities that have internal structures. The arrows indicate aseismic slip. The dashed bold line shows the NE limit of the Philippine Sea plate and the dashed thin line shows the down-dip limit of the interplate earthquake. The area between the down-dip limit and the Japan trench has both seismic and aseismic slip.

アスペリティの階層構造の模式図 (Uchida and Matsuzawa (2011))

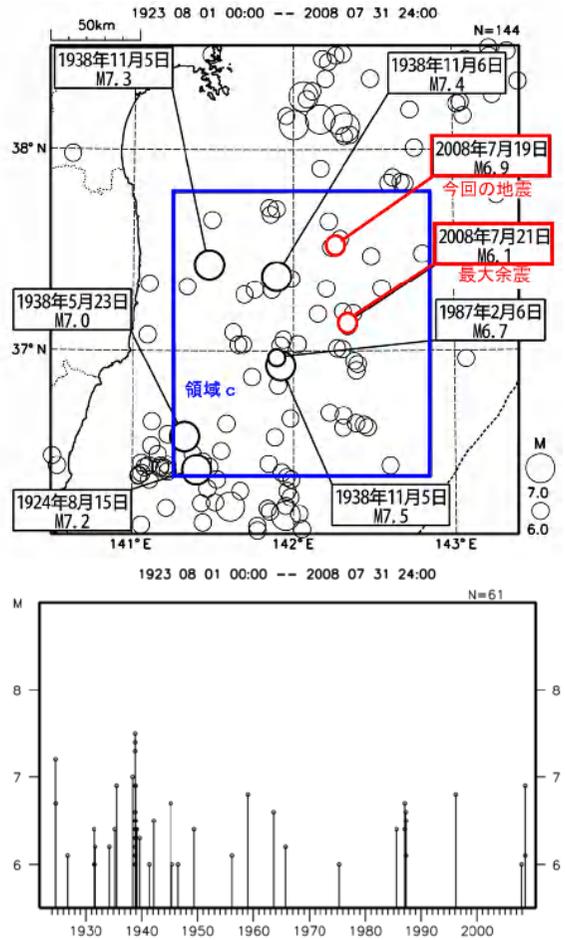
以上から、三陸沖中部の固着度は、宮城県沖、三陸沖北部、福島県沖・茨城県沖※の固着度より小さいと考えられる。

※: 福島県沖・茨城県沖の固着等に関する分析の詳細は、次頁以降で説明。

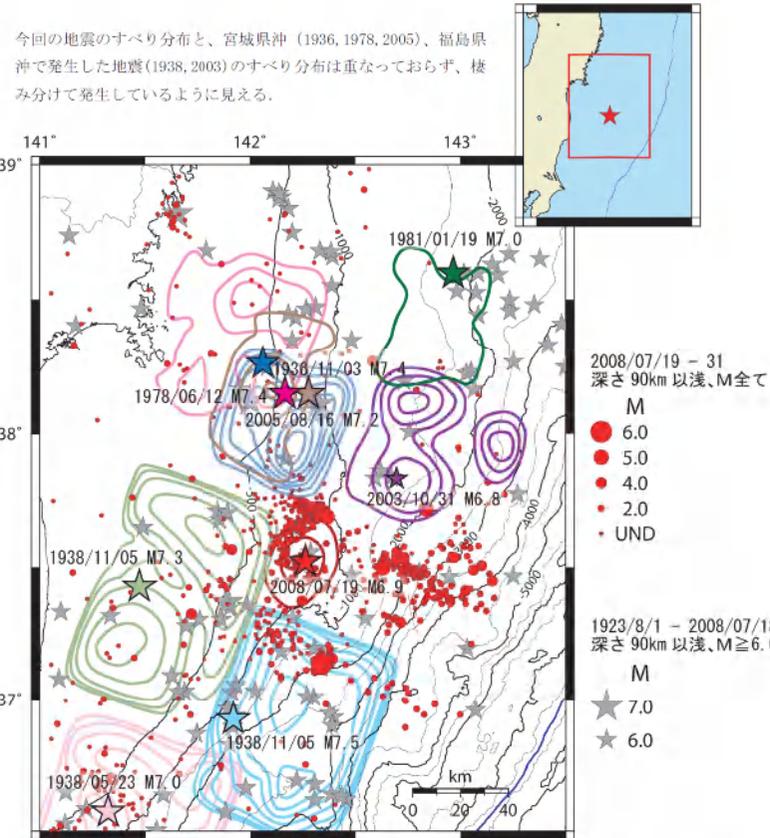
1. 固着域, すべり量に関する検討

1.2 福島県沖・茨城県沖:地震学的知見(地震発生履歴)①

- 福島県沖・茨城県沖の領域では, 1938年, 1987年にM6~7クラスの地震が群発地震として発生しているが(気象庁(2009)), 過去400年間で三陸沖北部で見られるようなM8クラスの地震が発生した記録は無い(地震調査研究推進本部(2012))。



上図:震央分布図(1923年~2008年, M≥6.0)  
下図:領域c内の地震活動経過図及び回数積算図  
(1923年~2008年, M≥6.0)  
(気象庁(2009))



今回の地震のすべり分布と、宮城県沖(1936, 1978, 2005)、福島県沖で発生した地震(1938, 2003)のすべり分布は重なっておらず、棲み分けて発生しているように見える。

宮城県沖の地震(1936年, 1978年, 2005年)と2003年10月31日の地震のすべり分布は, 山中(2003, 2005)による。  
1938年5月23日, 11月5日の地震のすべり分布は, 室谷ほか(2004)による。室谷ほか(2004)と今回の地震のすべり分布のコンターは, 0.5m, 1m, 2m, 4m, 6m, 8m, 10m, 12mである。  
海底地形データは日本海洋データセンターのJ-EGG500を使用。

引用文献:  
室谷智子・菊池正幸・山中佳子・鳥崎邦彦(2004): 1938年に起きた複数の福島県東方沖地震の破壊過程(2), 日本地震学会2004年秋季大会  
山中佳子(2003): EIC地震学ノート, No.141,  
山中佳子(2005): EIC地震学ノート, No.168.

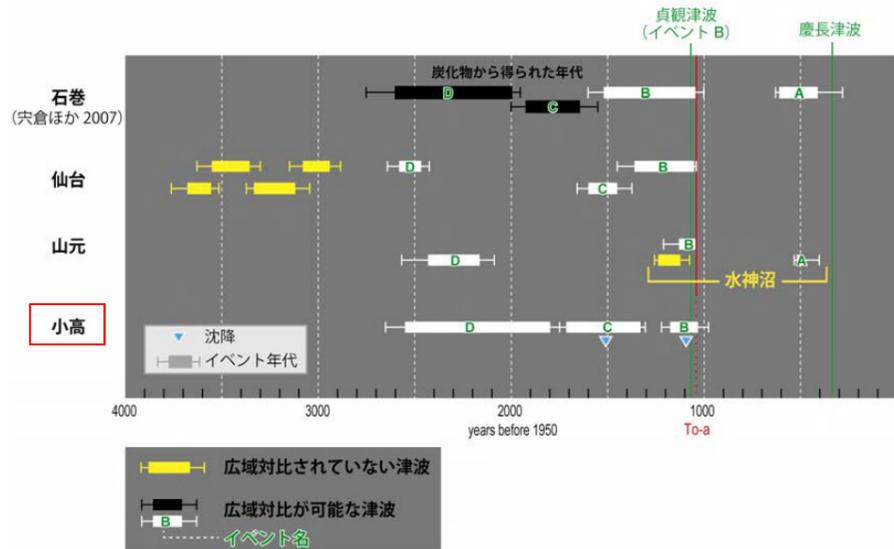
過去の地震のすべり量分布(気象庁(2009))



1. 固着域, すべり量に関する検討

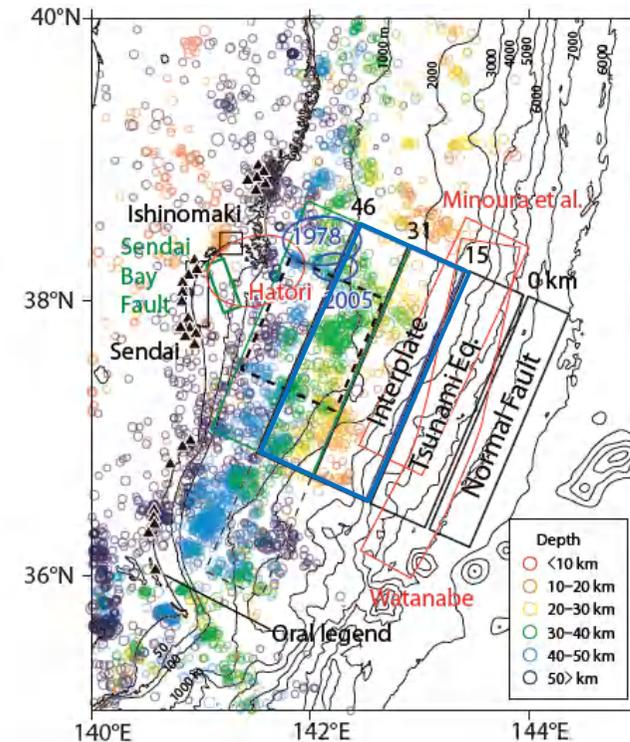
1.2 福島県沖・茨城県沖:地震学的知見(地震発生履歴)②

- 福島県沖沿岸では、「東北地方太平洋沖型の地震」のうち、869年の津波、4-5世紀の津波、紀元前3-4世紀の津波による津波堆積物が存在しており(文部科学省研究開発局ほか(2010)), 福島県沖は 869年の津波の波源域(佐竹ほか(2008))に含まれる。
- 上記を踏まえ、地震調査研究推進本部(2012)では、「東北地方太平洋沖型の地震」の次の地震の震源域は「少なくとも宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りから福島県沖にかけての領域が連動してMw8.4程度、さらに震源域が広がり、3.11地震と同様(三陸沖中部～茨城県沖)にMw9.0前後になる可能性がある。」と評価している。



(A) 西暦1500年頃のイベント, (B)869年の津波  
(C) 西暦430年頃のイベント, (D) 紀元前390年頃のイベント

石巻市, 仙台市, 山元町, 相馬市で見られた津波堆積物の地域間対比  
(文部科学省研究開発局ほか(2010)に一部加筆)



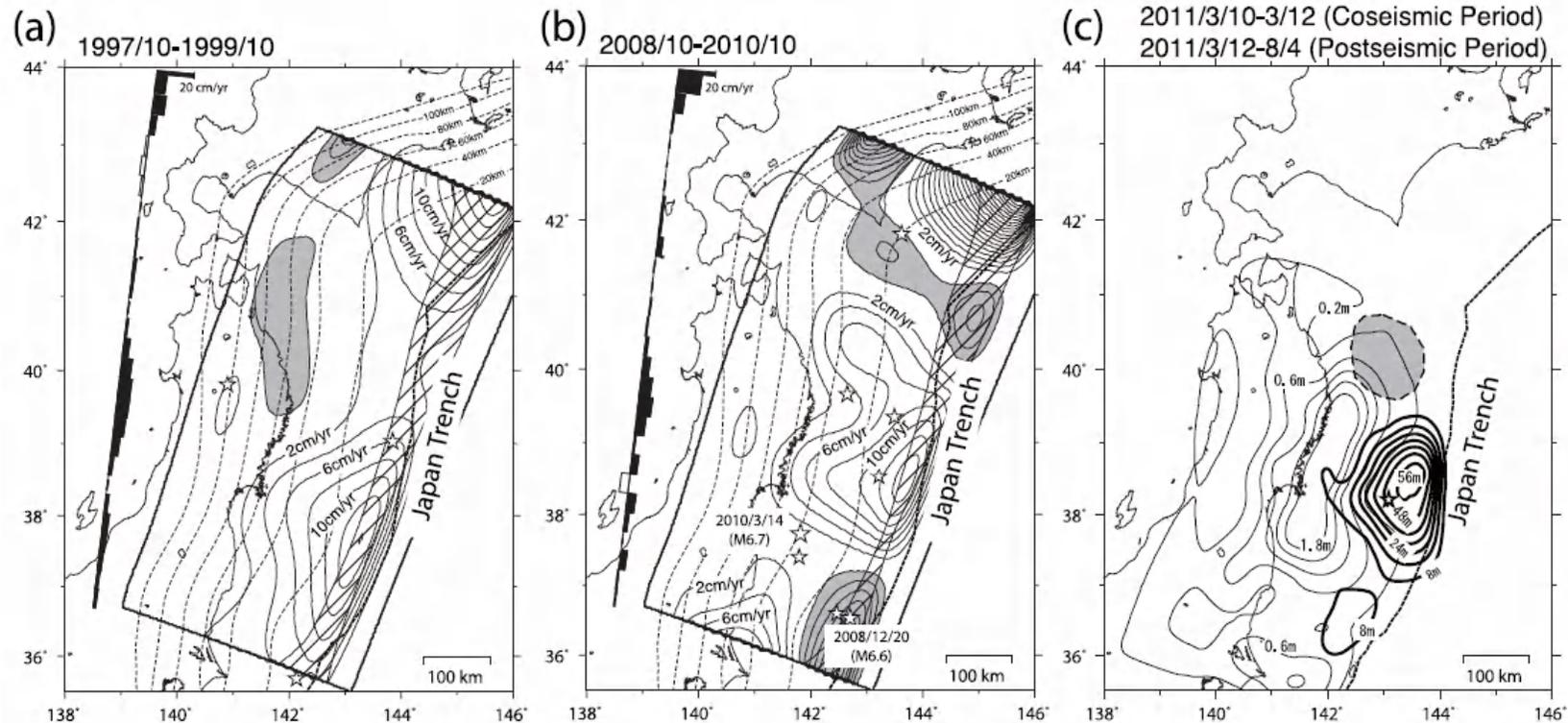
869年の津波の断層モデル(図中:青の実線)  
(佐竹ほか(2008)に一部加筆)

以上の地震学的知見から、福島県沖・茨城県沖はM7クラスの地震を発生させる領域であり、福島県沖は、「東北地方太平洋沖型の地震(Mw8.4~9.0)」の震源域に含まれる領域である。

## 1. 固着域, すべり量に関する検討

### 1.2 福島県沖・茨城県沖: 測地学的知見(プレート境界深部で発生する長期的な非地震性すべり)①

- 西村(2012)は, GPSによって観測された地殻変動から推定されるすべり欠損分布から, 福島県沖のプレート境界の固着状況について分析し, 1990年代後半(下図(a))は固着が強い傾向にあり, かつ固着域の一部は陸域までかかっていたが, 2000年代後半(下図(b))はほとんど0であったとしている。
- また, 上記固着の状況と3.11地震の地震すべり域(下図(c))との比較から, 2000年代後半に見られた固着の剥がれは, 3.11地震に至る一連のプロセスとして発生していたと捉えることができるとしている。



1997/10 - 1999/10における  
すべり欠損分布  
(西村(2012))

2008/10 - 2010/10における  
すべり欠損分布  
(西村(2012))

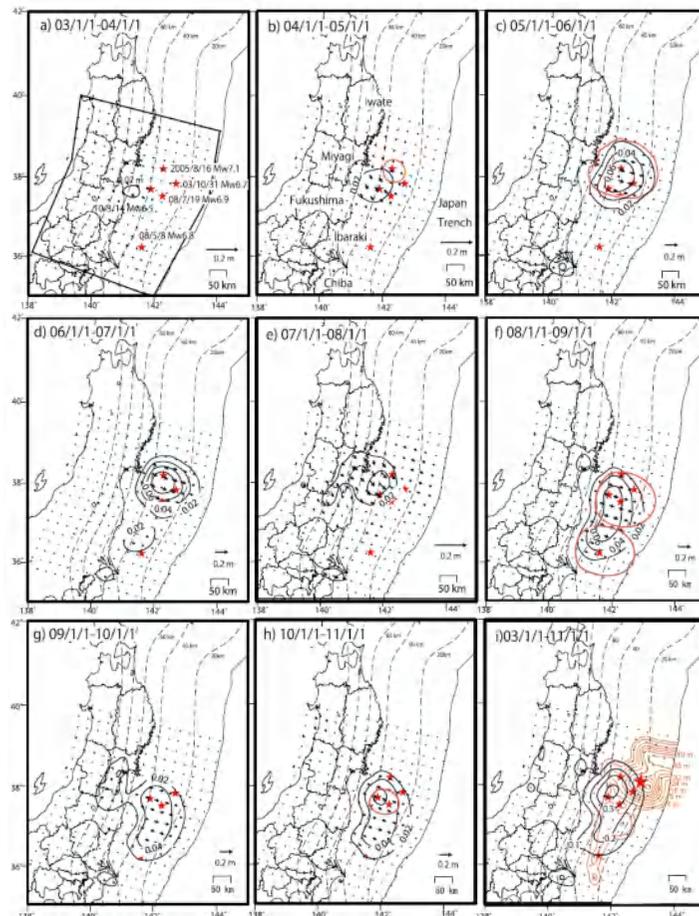
3.11地震の地震すべり域(太線)  
(西村(2012))

1. 固着域, すべり量に関する検討

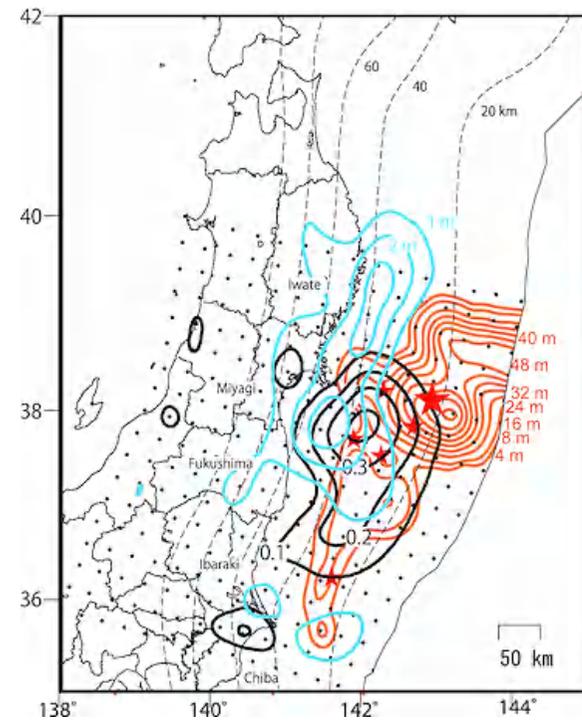
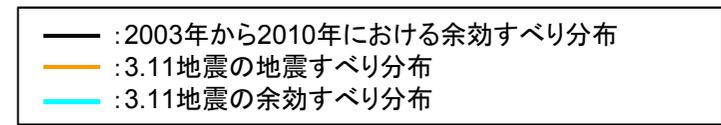
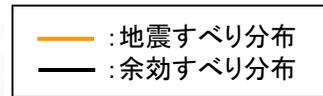
1. 2 福島県沖・茨城県沖: 測地学的知見(プレート境界深部で発生する長期的な非地震性すべり)②

- Ozawa et al.(2012)は、2003年以降のGPSデータの測地インバージョンから、3.11地震の震源域において、2003年以降に発生した地震の余効すべりを推定し、2003年から2010年における余効すべりの全体モーメントは、2003年以降に発生した5つのM7クラスの地震すべり※の全体モーメントの約2.5倍に達するとしている。また、同期間の余効すべりの領域は3.11地震の震源域でかつその深部に対応するとしている。
- さらに、上記余効すべりと2003年以降に発生した5つのM7クラスの地震すべりが、3.11地震の震源域での固着の剥がれを生じさせた可能性があるとしている。

※:2003/10/31(Mw6.7), 2005/8/16(Mw7.1), 2008/5/8(Mw6.8), 2005/7/19(Mw6.9), 2010/3/14(Mw6.5)



2003年以降で発生したM7クラスの地震の  
地震すべり分布と余効すべり分布(Ozawa et al.(2012))



3.11地震発生前の余効すべり分布と3.11地震の地震すべり  
分布及びその余効すべり分布の比較(Ozawa et al.(2012))

1. 固着域, すべり量に関する検討

1.2 福島県沖・茨城県沖: 測地学的知見(プレート境界深部で発生する長期的な非地震性すべり)③

- Yokota and Koketsu (2015) は, 1996年3月21日~2011年3月8日におけるGPSによる地殻変動データの分析から, 3.11地震の震源域のうち, 福島県沖から宮城県沖にかけての深部領域で2002年から3.11地震発生前までの約9年間, 長期的なスロースリップが発生していたとしている。
- また, 上記の長期的なスロースリップが, 3.11地震の発生に至る1つのイベントであった可能性があるとしている。

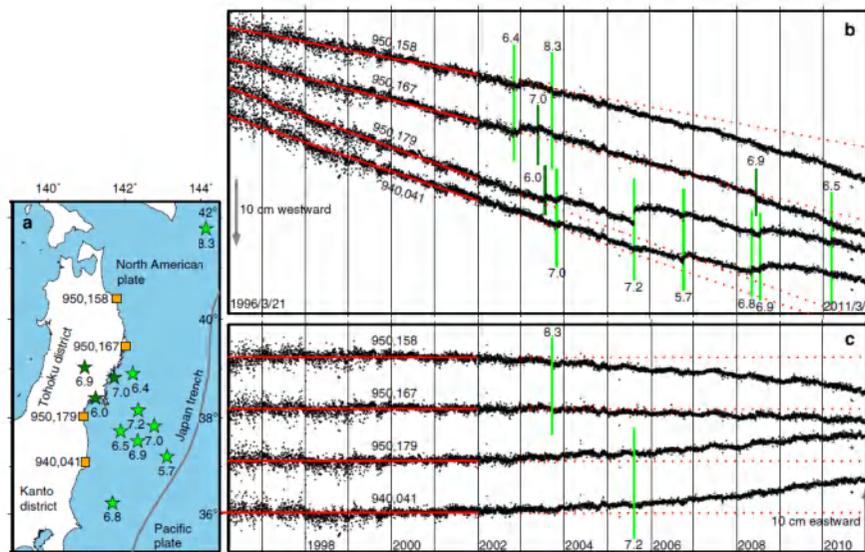


Figure 1 | Time series of east-west deformation at GPS stations in the Tohoku district. (a) Selected GPS stations (orange squares) and  $M_w$  6-8 earthquakes (green stars) in the index map. (b) Original time series of east-west deformation obtained from the GEONET F3 solutions<sup>24</sup> at the stations and the effects of the  $M_w$  6-8 earthquakes (green lines). (c) Detrended time series obtained by removing the regular trends in 1996-2001 (solid red lines), annual variations and earthquake effects. These time series deviated from the zero lines around 2002 and accelerated at the time of the 2003 or 2005 earthquake (green lines).

GPS観測点における東西方向の変位の時系列  
(Yokota and Koketsu (2015))

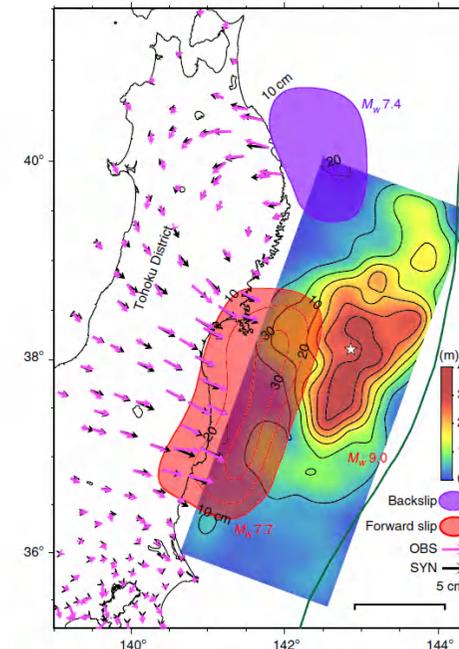


Figure 2 | Distribution of total deviations and the result of a two-source inversion. The red and purple contours represent the distributions of the forward slip by the very long-term transient event and the backslip by the northern source, which were obtained through the two-source inversion of the total deviations (pink arrows). The black arrows denote synthetic deviations computed for the inversion result. The co-seismic slip distribution of the 2011 Tohoku earthquake<sup>9</sup> is also displayed with the epicentre (white star) and Japan Trench (dark green line). The black bar at the bottom right denotes 100 km.

長期的なスロースリップの発生領域  
(Yokota and Koketsu (2015))

以上の測地学的知見から, 福島県沖・茨城県沖のプレート境界深部で発生する長期的な非地震性すべりは, 「東北地方太平洋沖型の地震」の発生に至る一連のプロセスと考えられる。

## 1. 固着域, すべり量に関する検討

### 1.2 福島県沖・茨城県沖: 三陸沖中部との比較

- 三陸沖中部のプレート境界深部には、福島県沖と同様に、非地震性のすべりにより歪みが解放される低地震活動域 (SLSR (Sanriku-Oki low-seismicity region)) が存在する (Ye et al. (2012))。
- Uchida and Matsuzawa (2011) によれば、小繰り返し地震データ等を用いた3.11地震の震源域におけるカップリング率に関する分析から、福島県沖・茨城県沖のプレート境界深部のカップリングと比較して、三陸沖中部のプレート境界深部のカップリングは弱いことを示している。

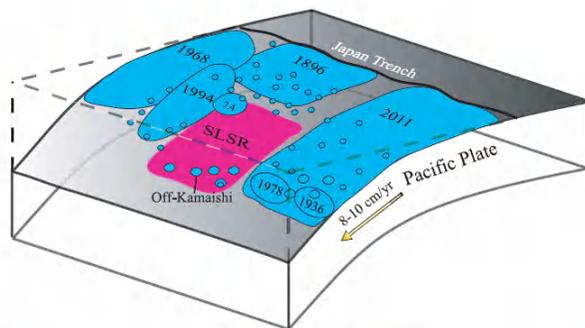


Figure 12. Schematic map of the Japan megathrust fault showing the distribution of rupture zone of historic large events and the 2011 Tohoku earthquake (large blue regions), and aftershocks (small blue regions) along the megathrust from Japan Trench. We plot the southern end of the 1896 rupture zone as extending to about 39°N, north of the aseismic zone seen in Figure 2e, consistent with the southern extent of the tsunami model of Aida [1977] and the region of strong inundation on the Iwate coast indicated by Hatori [1974]. The convergence velocity of the Pacific Plate is indicated by a yellow arrow. The magenta region highlights the SLSR on the megathrust. The SLSR is largely aseismic, but does have modest-size patches of seismicogenic regions down-dip, including the off-Kamaishi repeater zone. The shallower portion of the SLSR is almost devoid of moderate-size thrust events, but seismic activity is high in the 1896 rupture zone region further updip.

三陸沖中部における低地震活動域  
(Ye et al.(2012))

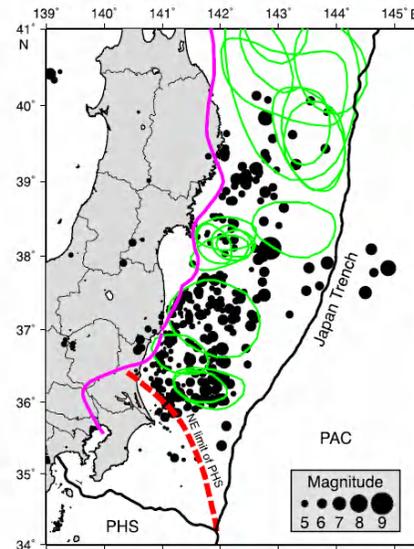


Fig. 1. Hypocenters of mainshock and aftershocks in a 24-hour period for the 2011 Tohoku earthquake (black circles) and aftershock areas for  $M \geq 7$  earthquakes since 1926 (green lines, Uchida *et al.*, 2009). Hypocenter data are from the Japan Meteorological Agency. Red dashed line shows down-dip limit of the Philippine Sea Plate (Uchida *et al.*, 2009). Thick pink line shows the western limit of interplate earthquake distribution from Igarashi *et al.* (2001) and Uchida *et al.* (2009).

2011年東北地方太平洋沖地震後24時間の地震分布 (黒丸) と1926年以降に発生したM7以上の余震域 (緑線) の関係  
(Uchida and Matsuzawa (2011))

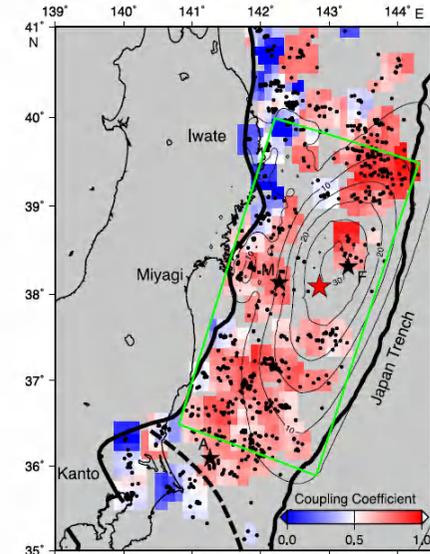


Fig. 2. Interplate coupling coefficient estimated from small repeating earthquakes for the period from 1993 to March 2007 (color). Distribution of small repeating earthquakes (black dots) and coseismic slip area (contours, Iinuma *et al.* (2011)) are also shown in this figure. Bold lines denote the down-dip limit of interplate earthquakes (Igarashi *et al.*, 2001; Uchida *et al.*, 2009) and the trench axis. Dashed bold line denotes northeastern limit of the Philippine Sea plate (Uchida *et al.*, 2009). The averaged coupling coefficient is estimated for every 0.3 degree by 0.3 degree windows that have three or smaller repeating earthquake groups. The red star indicates the hypocenter of the 2011 Tohoku earthquake. Stars marked by M, F and A indicate the hypocenter of the 2005 Miyagi-oki earthquake ( $M$  7.2), the  $M$  7.3 earthquake on March 9, 2011 and the largest aftershock on March 11, 2011 ( $M$  7.7), respectively.

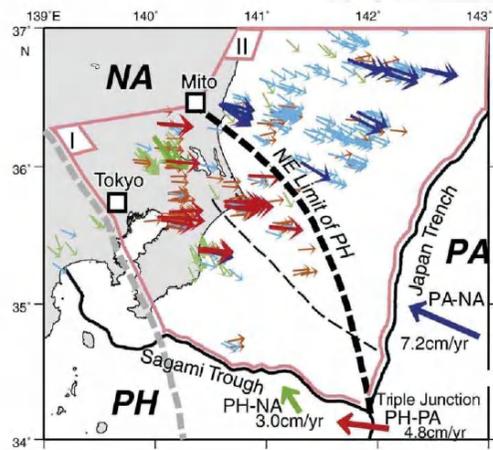
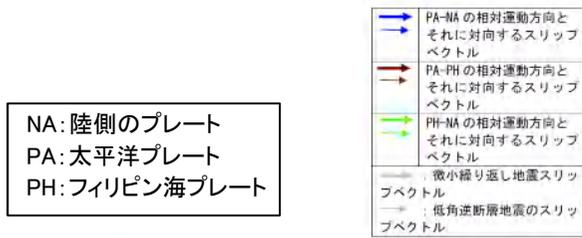
1993年～2007年における小繰り返し地震データから推定されるカップリング率  
(Uchida and Matsuzawa (2011))

上記知見から、福島県沖・茨城県沖におけるプレート境界深部の固着度は三陸沖中部よりも大きいと考えられる。

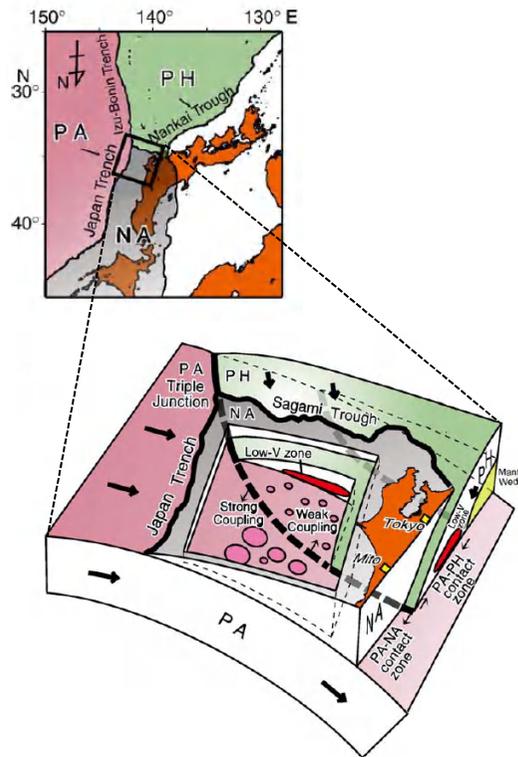
# 1. 固着域, すべり量に関する検討

## 1.3 房総沖

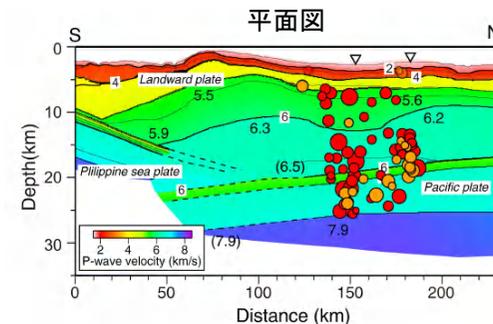
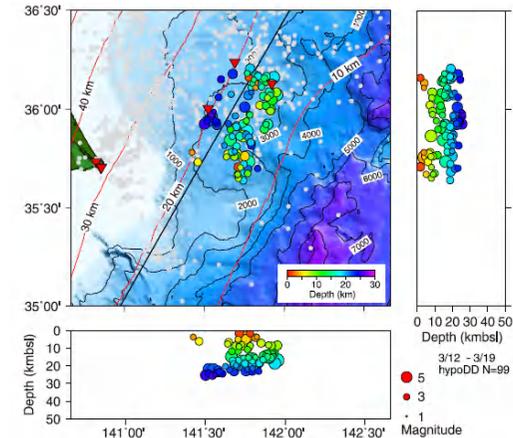
- 房総沖の相模トラフ周辺では、陸側のプレートの下にフィリピン海プレートが、さらに下方には太平洋プレートが沈み込み、茨城県から千葉県沿岸の南東方向に向かってフィリピン海プレートの北東端が太平洋プレートに接している(Uchida et al.(2009), Shinohara et al.(2011) ほか)。
- Uchida et al.(2009)は、地震学的見地から、太平洋プレートの上盤側をなすプレートの違いによってカップリング率が大きく異なるとし、茨城県沖よりも固着が弱いとしている。
- Shinohara et al.(2011)は、3.11地震の余震分布に関する分析から、フィリピン海プレート北東端の位置と3.11地震の破壊域が一致していることを明らかにするとともに、フィリピン海プレートは、破壊伝播のバリアとして作用する重要な役割を果たす可能性があるとしている。



プレート上面における微小繰り返し地震・低角逆断層のすべり角とプレートの運動方向 (Uchida et al.(2009))



太平洋プレートの上盤のプレート構成及びカップリングの模式図 (Uchida et al.(2009))



2011年東北地方太平洋沖地震の余震分布(3月12日-19日)とプレート境界面の位置関係(Shinohara et al.(2011))

以上から、房総沖の固着度は宮城県沖、三陸沖北部、福島県沖・茨城県沖の領域の固着度と比較して小さいとともに、テクトニクス背景から茨城県沖と房総沖の間に構造境界(破壊のバリア)を想定することは可能と考えられる。

## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

---

- 2. 1 津波堆積物の分布範囲 ..... 13
- 2. 2 各地点で認められた津波堆積物 ..... 14

## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

### 2.1 津波堆積物の分布範囲

- M9クラスの巨大地震による津波堆積物の特徴を把握するため、3.11地震を対象に、地震規模(波源域、すべり量)に関する情報が得られる津波堆積物の沿岸方向の広がり、並びに陸域方向への分布範囲・層厚に着目して整理した。
- 3.11地震に伴う津波による津波堆積物は、震源域から離れた地域においても、数十cmの厚さを有することを確認した(各地域の津波堆積物の分布状況の詳細を次頁以降に示す)。

3.11地震に伴う津波による津波堆積物の分布状況

	内容	備考
宮城県仙台市	最大層厚は50cm程度。内陸1km範囲で数十cmの砂層が堆積。	Abe et al.(2012) 後藤・箕浦(2012)
青森県三沢市	最大層厚は30cm程度。内陸150m付近まで数十cmの砂層が堆積。	中村ほか(2011)
茨城県北茨城市	最大層厚は21cm。内陸100m付近まで数十cmの砂層が堆積。	山田・藤野(2013)
千葉県旭市	最大層厚は30cm程度。内陸200m付近まで数十cmの砂層が堆積。	山田・藤野(2013)



以上から、M9クラスの巨大地震に伴う津波の場合、広域に亘って同一の特徴を有する津波堆積物を確認することができると考えられる。

## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

### 2.2 各地点で認められた津波堆積物

■宮城県仙台市(仙台平野)(Abe et al.(2012), 後藤・箕浦(2012))

津波高さ	5~10m程度
堆積物の分布範囲	3km~4km程度
最大層厚	30~50cm程度

- ・ 内陸1km範囲で、数十cmの砂層の堆積が見られる。

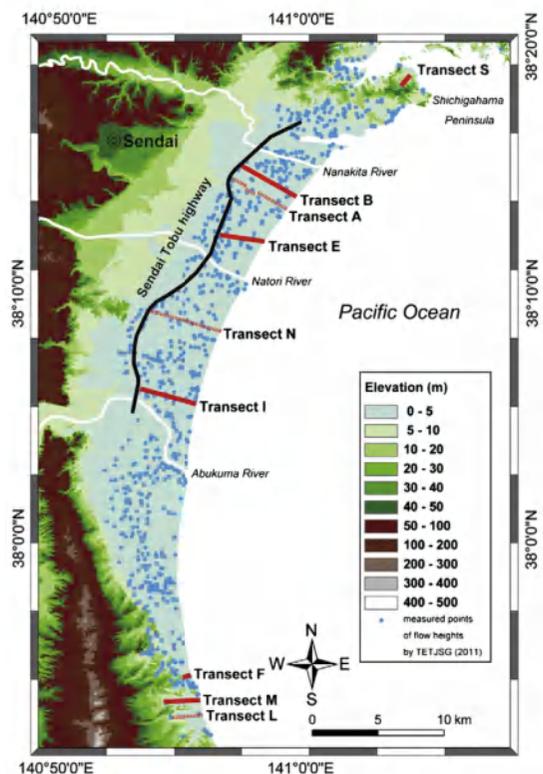
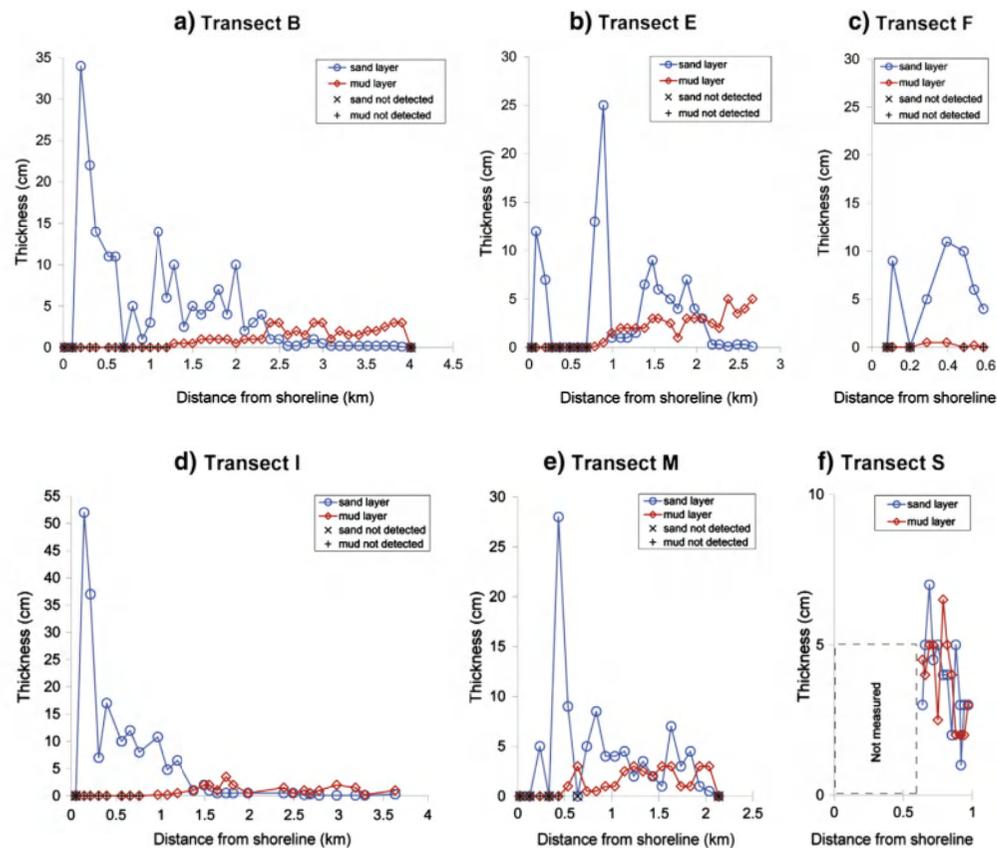


Fig. 1. Map showing the study area and locations of each transect (based on the pre-tsunami 10 m DEM data provided by GSI), measured points of flow height by TETJSG (2011). The solid red line shows transects with more than several sites. The dashed red line shows transects with the measurement of the inundation distance and the maximum extent of the sand.

Transects A and N are adopted from Goto et al. (2011, accepted for publication-b).



調査位置  
(Abe et al.(2012))

津波堆積物の層厚変化  
(Abe et al.(2012))

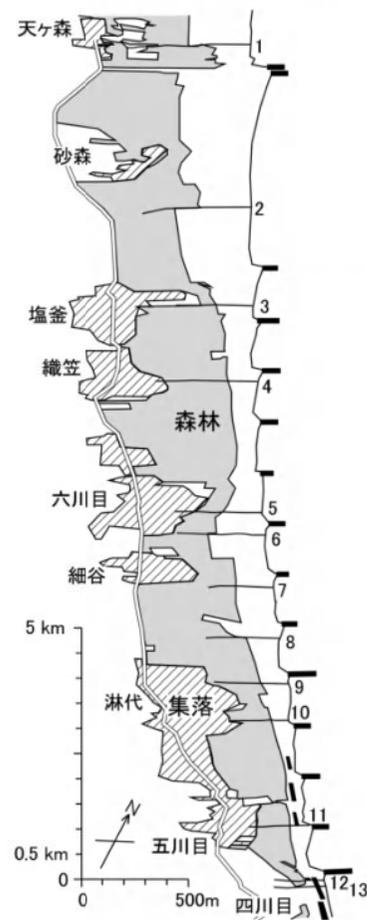
## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

### 2.2 各地点で認められた津波堆積物

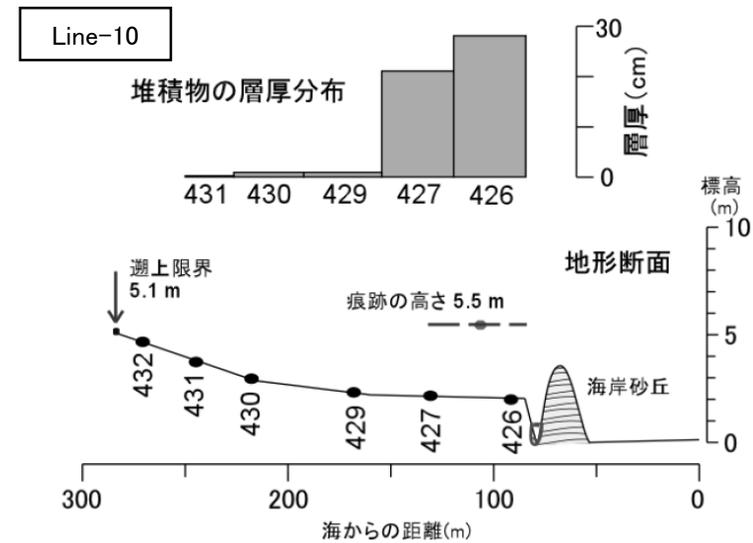
#### ■青森県三沢市淋代(中村ほか(2011))

津波高さ	5.5m
堆積物の分布範囲	250m程度
最大層厚	30cm程度

- ・ 内陸150m付近まで、数十cmの砂層の堆積が見られる。



調査位置  
(中村ほか(2011))



三沢市淋代における調査測線(Line10)の地形断面と  
津波堆積物の層厚分布  
(中村ほか(2011))

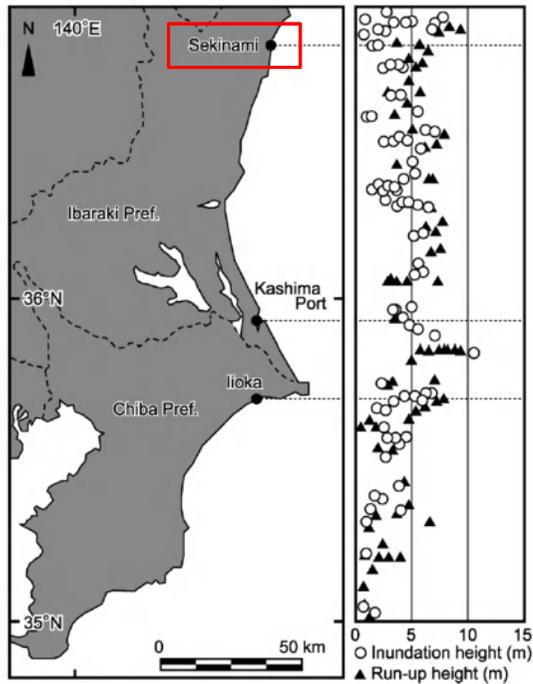
## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

### 2.2 各地点で認められた津波堆積物

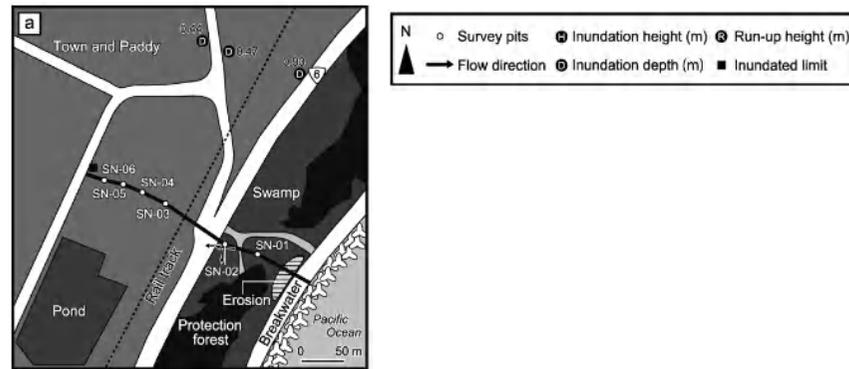
■茨城県北茨城市関南(山田・藤野(2013))

津波高さ	約6m(調査地域から約900m南の海岸付近)
堆積物の分布範囲	180m程度
最大層厚	約21.0cm

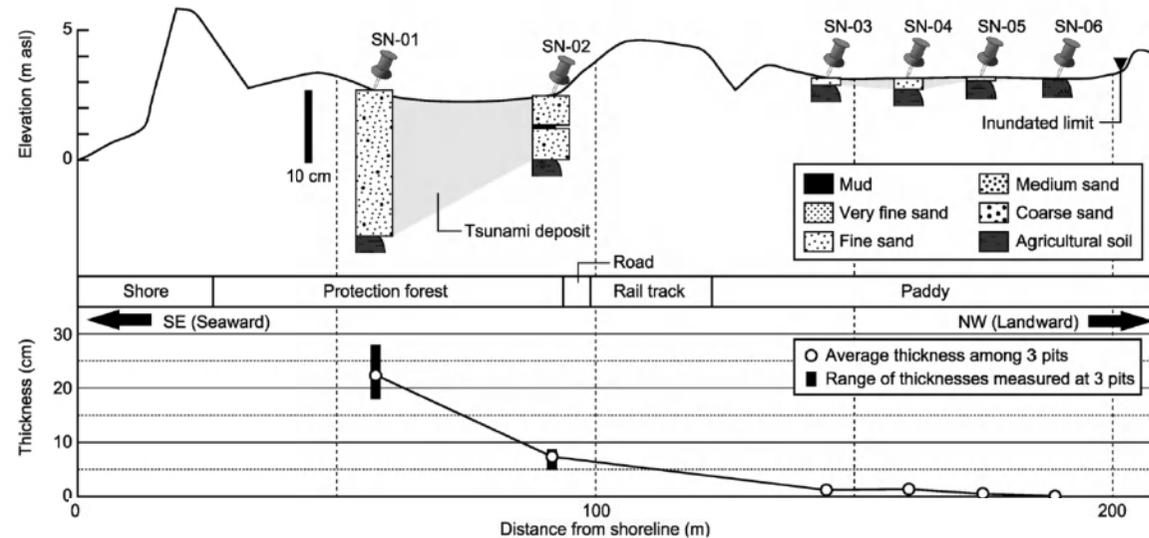
・ 内陸100m付近まで、数十cmの砂層の堆積が見られる。



調査地域と津波の高さ  
(山田・藤野(2013))



調査測線と津波の高さ(山田・藤野(2013))



地形断面と層厚変化(山田・藤野(2013))

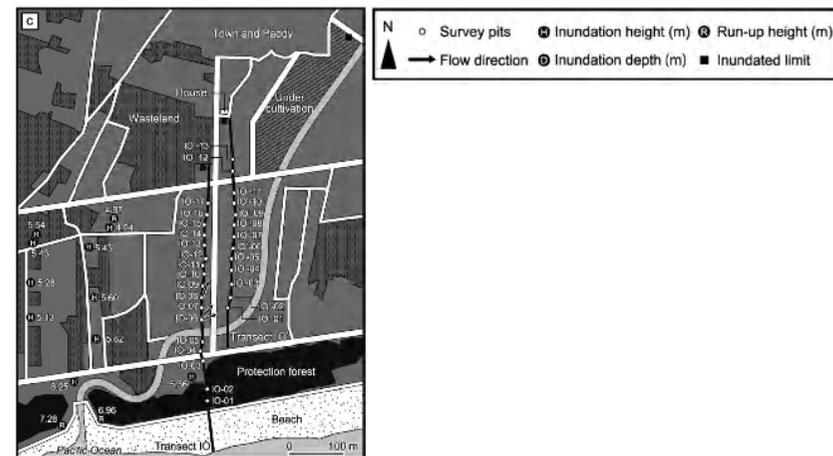
## 2. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物

### 2.2 各地点で認められた津波堆積物

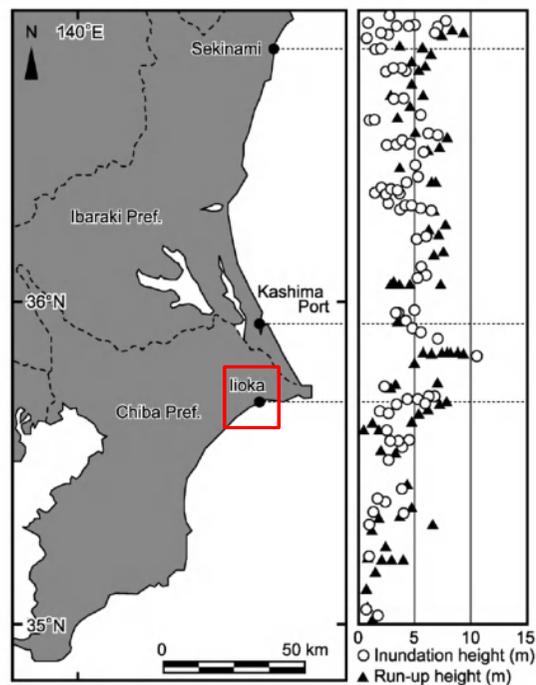
#### ■千葉県旭市飯岡(山田・藤野(2013))

津波高さ	約8.25m(調査測線脇の川の河口付近)
堆積物の分布範囲	560m程度
最大層厚	25.0~30.0cm程度

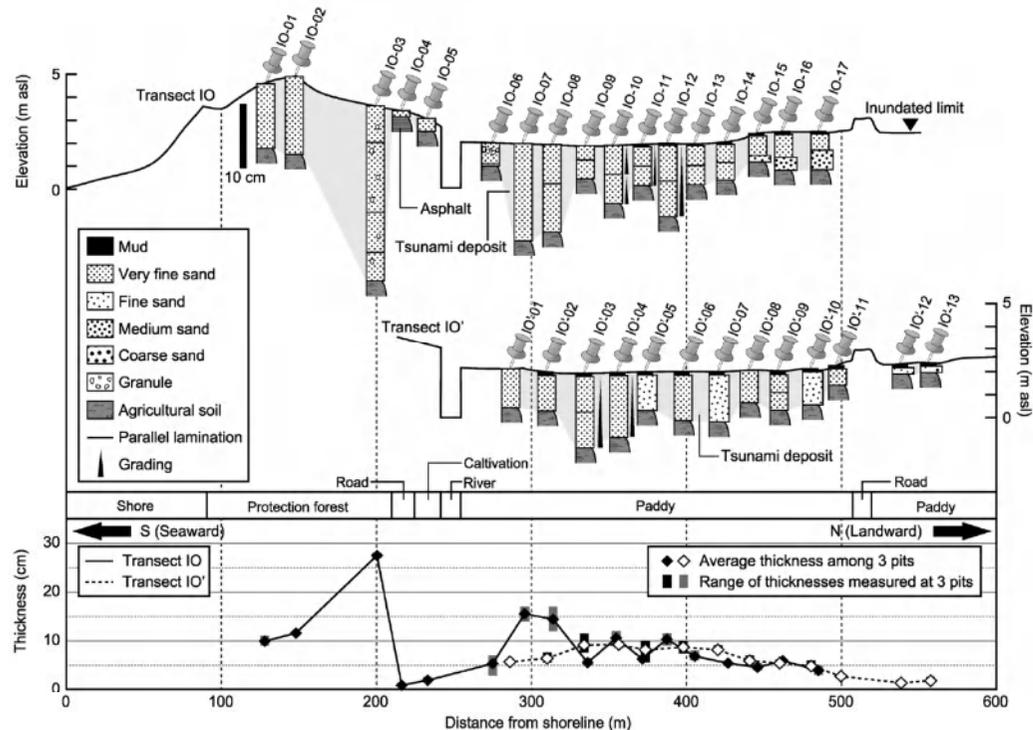
- 内陸200m付近まで、数十cmの砂層の堆積が見られる。



調査測線と津波の高さ(山田・藤野(2013))



調査地域と津波の高さ(山田・藤野(2013))



地形断面と層厚変化(山田・藤野(2013))

### 3. 津波堆積物調査

---

3. 1	本説明(コメント回答)の基本方針	19
3. 2	調査概要	21
3. 3	イベント堆積物の堆積要因の評価	22
3. 4	調査結果のまとめ	24
3. 5	各地点の調査結果	26
3. 6	文献調査の実施プロセス	83

### 3. 津波堆積物調査

#### 3.1 本説明(コメント回答)の基本方針:S49

No.	コメント時期	コメント内容
S49	平成28年8月26日 第394回審査会合	津波堆積物調査に関して、各ボーリング孔等で確認したイベント堆積物について津波起因の可能性の有無を判断した根拠を詳細に説明すること。その際、断層調査関連で実施しているボーリング調査やトレンチ調査についてもイベント堆積物の有無を確認すること。

#### ■第394回審査会合での説明

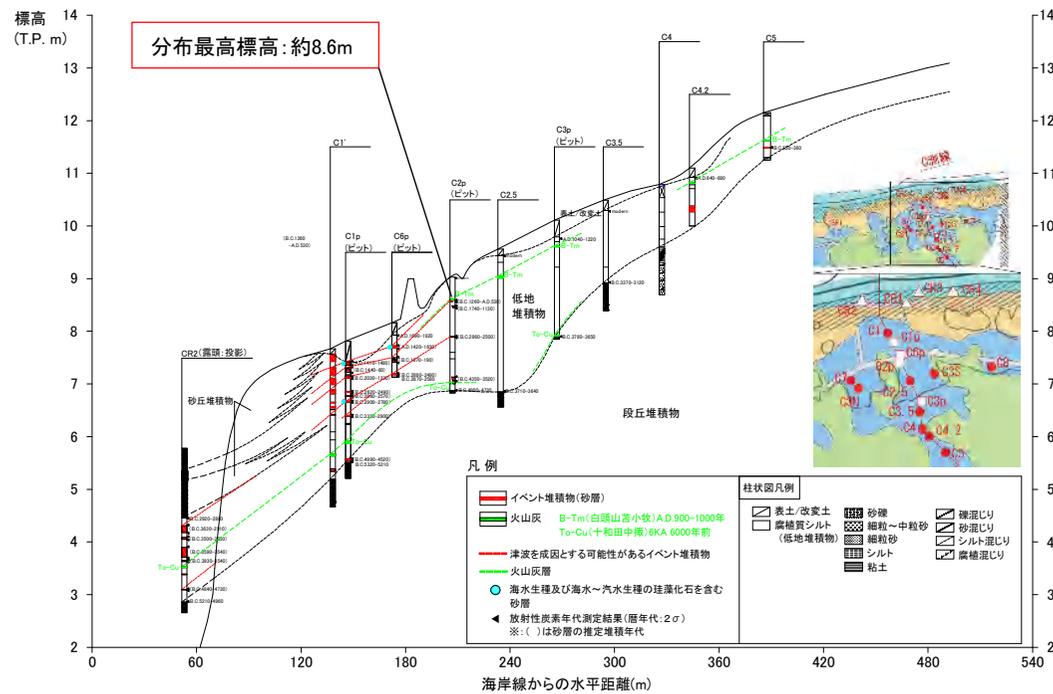
##### 【東北電力敷地内(C測線)の津波堆積物調査結果】

<C1'孔, C1p(ピット), C6p(ピット), C2p(ピット)>

- 珪藻化石分析の結果、淡水生種が主であるものの、同層準のイベント堆積物は、流水の影響を受けた堆積学的特徴を有するとともに、海側から山側に連続性が見られることから、安全側に津波の可能性のあるイベント堆積物と評価。

<C4.2孔, C5孔>

- 確認された砂層は明瞭な層状を呈しておらず、近接するボーリング孔でも同層準のイベント堆積物は確認されない。また、珪藻化石分析の結果、淡水生種が主であることから、津波の可能性は低いと評価。



#### ■本説明(コメント回答)の基本方針

##### (1)津波起因の可能性の有無の判断根拠

- イベント堆積物の堆積要因の評価方法に関する詳細説明を追記する。

##### (2)断層調査関連で実施している地質調査の確認

- 断層調査関連で実施しているボーリング調査、トレンチ調査結果について、東北電力敷地内C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)のイベント堆積物よりも高い位置に、イベント堆積物の可能性がある砂層が分布するかどうかを確認する。
- 本検討は、イベント堆積物が残存する可能性がある低地堆積物(泥炭層、腐植土層など)の分布範囲で実施している調査を対象に実施する。

### 3. 津波堆積物調査

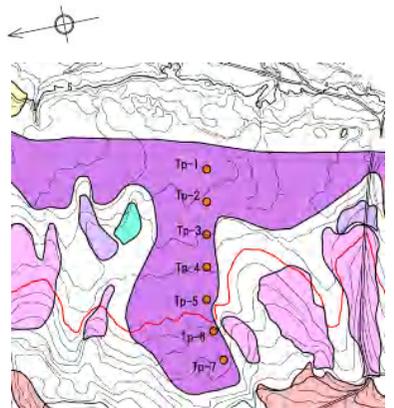
#### 3. 1 本説明(コメント回答)の基本方針:S50

No.	コメント時期	コメント内容
S50	平成28年8月26日 第394回審査会合	津波堆積物調査に関して、東京電力敷地内のボーリングコア写真のイベント堆積物が確認できるよう、工夫すること。

##### ■第394回審査会合での説明

##### 【東京電力敷地内津波堆積物調査結果】

- ・ イベント堆積物の分布最高標高をTp-1孔で認められた砂層の約7.4mと評価。



イベント  
堆積物  
(層厚2cm)



Tp-1のコア写真

##### ■本説明(コメント回答)の基本方針

- ・ イベント堆積物が確認できるよう、ボーリングコア写真を再整理する。

### 3. 津波堆積物調査

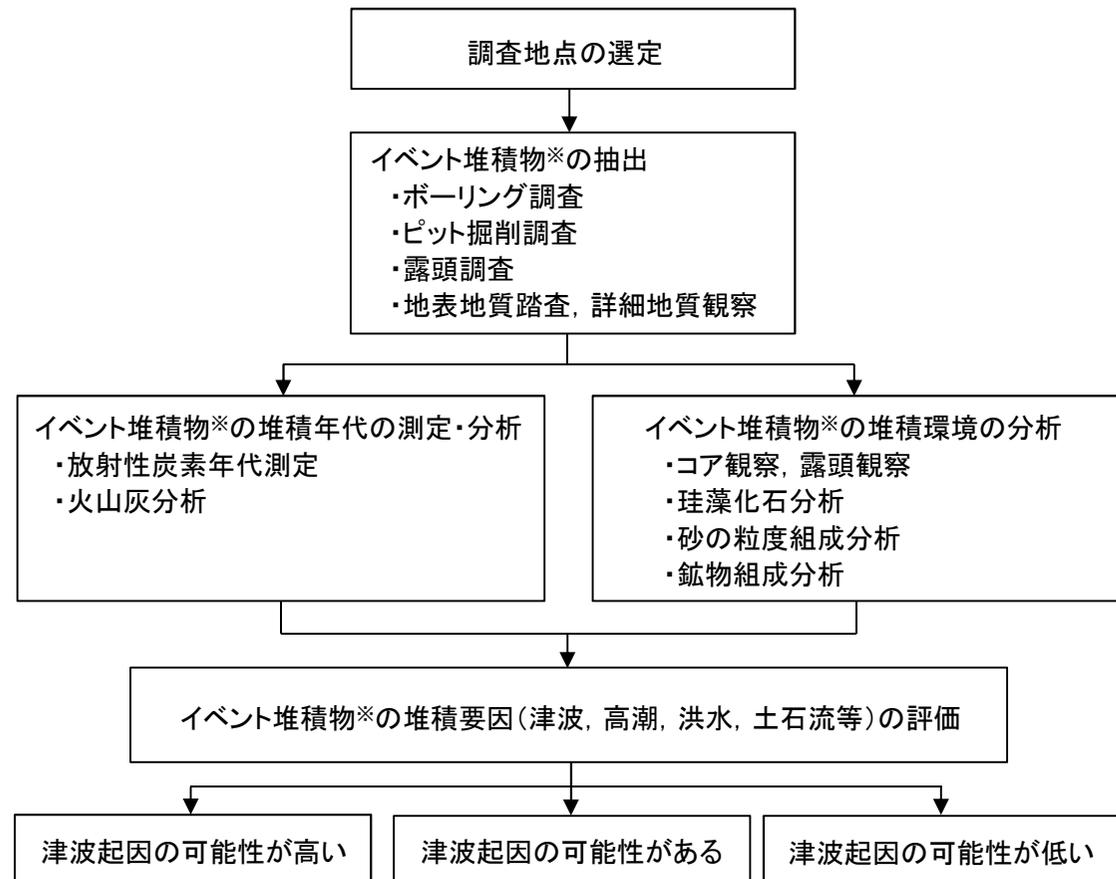
#### 3.2 調査概要

- 青森県太平洋沿岸における津波堆積物及び完新世堆積物の文献調査を実施し、基礎資料とした上で空中写真判読結果、現地状況等を考慮し、津波堆積物が堆積・残存する可能性が考えられる地点を対象に、東京電力(株)と共同(一部を除く)で津波堆積物調査を実施した。
- 調査地点は、発電所敷地内を含む青森県太平洋沿岸(下北郡東通村尻屋崎, 下北郡東通村猿ヶ森周辺, 下北郡東通村小田野沢, 東京電力敷地内, 東北電力敷地内, 上北郡六ヶ所村尾駁老部川, 上北郡六ヶ所村尾駁発茶沢, 上北郡六ヶ所村平沼, 三沢市六川目)とした。



調査位置図

#### ■ 検討フロー



※:ここでいうイベント堆積物は、津波以外にも、高潮、河川の洪水、土石流など環境の急変を示唆する地層であり、静穏な環境で堆積した泥炭層や粘土層中に挟在する主として砂層もしくは泥層とした。

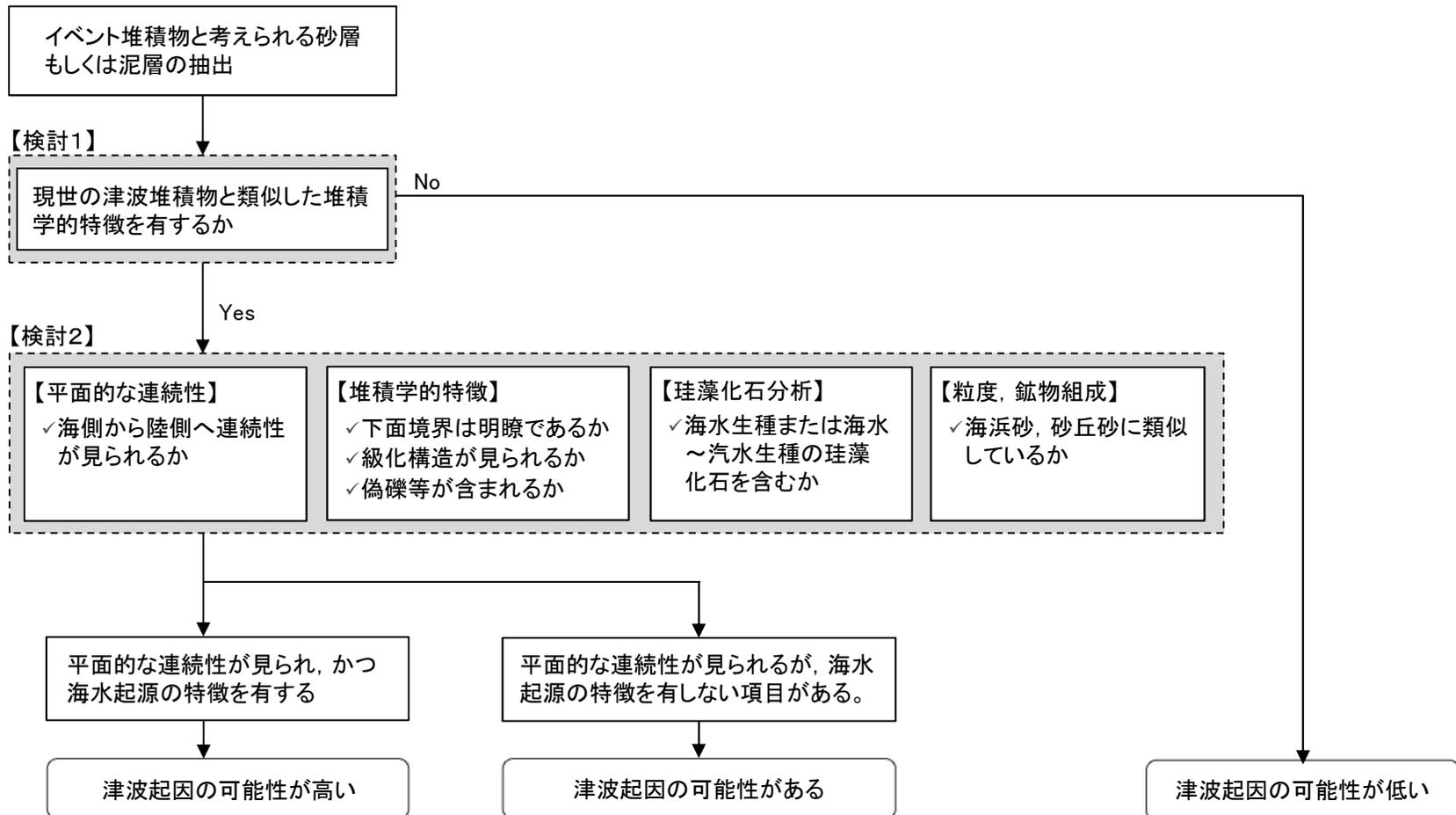
### 3. 津波堆積物調査

#### 3.3 イベント堆積物の堆積要因の評価: 評価方針

コメントNo.49

- ・ イベント堆積物の堆積要因(津波, 高潮, 洪水, 土石流等)の評価について, はじめに, 後藤ほか(2017)(=詳細は次頁に記載)を参考に, “津波起因の可能性のあるイベント堆積物”, もしくは“津波起因の可能性が低いイベント堆積物”を評価した(評価フロー: 検討1)。
- ・ 次に, “津波起因の可能性のあるイベント堆積物”について, 平面的な連続性, 堆積学的特徴, 堆積環境に係る分析(珪藻化石分析, 粒度分析, 鉱物組成分析)を踏まえ, “津波起因の可能性が高いイベント堆積物”であるかどうかを評価した。なお, 評価にあたっては, 堆積環境に係る分析結果を重視した(評価フロー: 検討2)。

##### ■ 評価フロー



### 3. 津波堆積物調査

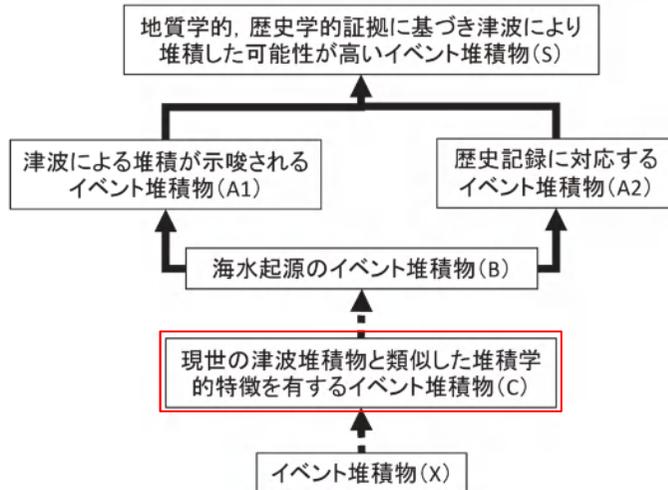
#### 3.3 イベント堆積物の堆積要因の評価：後藤ほか(2017)

コメントNo.49

- ・ 後藤ほか(2017)は、これまでの国内における津波堆積物研究を踏まえ、陸上から浅海にかけて堆積した津波堆積物の実用的な認定手順を示している。
- ・ 認定手順のうちイベント堆積物の認定方法に関する内容を以下に示す。

#### ■後藤ほか(2017)：イベント堆積物の認定方法

- ✓ 調査は、イベント堆積物を選定する作業をまず行うが、効率よく見出すため、“現世の津波堆積物と類似した堆積学的特徴を有するイベント堆積物”であるかどうかを検討する。
- ✓ 現世の津波堆積物と類似した堆積学的特徴には、例えばイベント堆積物の下部の侵食面、偽礫、上方細粒化構造、貝殻や木片の濃集等の特徴があり、津波堆積物の一般的な特徴と考えられる。ただし、これらの構造は高潮・高波堆積物や洪水堆積物でも観察される場合があり、津波堆積物であることを直接的に示唆するわけではない。
- ✓ 上記のような特徴は強い水流の作用に伴う堆積現象だった可能性や地質学的に短時間で堆積した可能性を示唆することから、津波堆積物の候補として詳細分析を行う対象を狭めることができる。



津波堆積物の認定フロー※(後藤ほか(2017)に一部加筆)

※:点線と実線は、それぞれ上位に分類されるための十分条件と必要条件

津波堆積物の認定項目のうち堆積学的特徴に関する内容※  
(後藤ほか(2017)に一部加筆)

大分類	津波堆積物の特徴	No	項目	分類グループ
I	堆積学的特徴(現地観察・剥ぎ取り試料からわかる情報)	1	イベント堆積物下部部に侵食面が認められる。	C
		2	イベント堆積物の下部に偽礫(粘土礫等)が認められる。	C
		3	イベント堆積物の下位層に変形が認められる。	C
		4	イベント堆積物に火災状構造が認められる。	C
		5	当時の海岸線から連続的に追いかけて見た場合、イベント堆積物が陸側に薄層化する。	B
		6	当時の海岸線から連続的に追いかけて見た場合、イベント堆積物が陸側に細粒化する。	B
		7	イベント堆積物の内部または最上部に木・植物片が濃集する。	C
		8	イベント堆積物の内部に貝殻、礫等が濃集する。	C
		9	イベント堆積物に級化・逆級化構造が認められる。	C
		10	イベント堆積物の内部に強い水流下で形成されたことを示す堆積構造が認められる。	C
		11	イベント堆積物の内部に海・陸両方向の流れを示す堆積構造が周期的に認められる(潮汐堆積物との識別ができる)。	B
		12	上下の堆積物や周辺の地形から推定される平常時の堆積環境では形成され得ない堆積構造、包有物等が認められる。	X
		13	当時の海岸線から連続的に追いかけて見た場合、内陸へ向かう流れを示す古流向が認められる(洪水堆積物との識別のため)。	B
		14	イベント堆積物の中に長周期の波の影響下で形成された証拠が認められる(侵食面や薄い泥層(マッドドレープ)で境された複数の層がイベント層内部にある、など)。	C
		15	海域に生息・生育する生物の遺骸が認められないものの、上流側(砂丘や砂浜など)からの物質供給が確認できる。	B

※:分類グループは、認定フローのカッコ内に対応

### 3. 津波堆積物調査

#### 3.4 調査結果のまとめ：尻屋崎から小田野沢

- ・ 東北電力敷地内のB測線を除く地点において、津波起因の可能性が高い、もしくは津波起因の可能性のあるイベント堆積物が認められた。
- ・ なお、イベント堆積物の標高、推定年代及び文献調査の結果を踏まえると、特定の歴史津波と対比することは困難である。

調査地点	イベント堆積物			イベント堆積物の分析結果			イベント堆積物の評価
	有無	分布標高※1 (T.P.)	推定年代 (年)	層相	海水生種または海水～ 汽水生種の珪藻化石	粒度または 鉱物組成	
尻屋崎	有	約8.1m	A.D.190年頃	△ 下面境界が不明瞭	○	/	●
猿ヶ森 周辺	タテ沼付近 (No.26e)	約7.6m※2	A.D.1650年頃より後	○ 斜交葉理発達、下面境界が明瞭	×	△ 砂丘砂に類似	▲
	タテ沼付近 (No.27a)	約11.8m	A.D.50年頃	○ 斜交葉理(一部平行葉理)が存在、 下面境界が明瞭	/	△ 砂丘砂に類似	▲
	猿ヶ森川 (No.30d)	約11.0m※2	A.D.1300年頃	○ 斜交葉理、平行葉理が存在、 下面境界がやや明瞭	○	△ 砂丘砂に類似	●
	材木沢 (No.32a)	約7.6m	A.D.1500年頃	○ 斜交葉理、平行葉理が存在 下面境界が明瞭	×	△ 砂丘砂に類似	▲
	大川 (No.35b)	約6.8m	A.D.1450年頃より後	○ 斜交葉理が存在、偽礫を含む、 下面境界が明瞭	△ 汽水生種	△ 砂丘砂に類似	▲
小田野沢	有	約4m	A.D.1700年頃	○ 下面境界がやや明瞭～明瞭	○	/	●

(イベント堆積物の分析結果の凡例)

- :津波起因の可能性が高い △:津波起因の可能性がある  
×:津波起因の可能性が低い /:化石産出せず

(イベント堆積物の評価の凡例)

- :津波起因の可能性が高い ▲:津波起因の可能性がある  
×:津波起因の可能性が低い —:評価に適する堆積物が分布しない等評価できない

※1:イベント堆積物の分布範囲は必ずしも浸水範囲とは一致しない。

※2:イベント堆積物の下限を確認することは出来なかったことから、確認できた下限標高を記載。

## 3. 津波堆積物調査

## 3.4 調査結果のまとめ:東京電力敷地内から六川目

調査地点	イベント堆積物			イベント堆積物の分析結果			イベント堆積物の評価
	有無	分布標高※(T.P.)	推定年代(年)	層相	海水生種または海水～汽水生種の珪藻化石	粒度または鉱物組成	
東京電力敷地内	有	約7.4m	A.D.1400年頃	△ 下面境界が不明瞭	△ 汽水～淡水生種	/	▲
東北電力敷地内	A測線	有	約6.1m	○ 下位層の削り込み	/	△ 海浜砂に類似	●
	B測線	人工 改変	/	/	/	/	—
	C測線	有	約8.6m	○ 上方細粒化, 内陸へ薄層化 下面境界が明瞭, 平滑	△ 汽水生種	△ 砂丘砂または段丘砂に類似	▲
	D測線	有	約8.4m	○ 上方細粒化, 内陸へ薄層化 下面境界が明瞭, 平滑	○	/	▲
尾駈老部川	有	約1.9m	B.C.2000年頃	△ 下面境界で層相が漸移	○	/	●
尾駈発茶沢	有	約6.2m	B.C.2950年頃	○ 下面境界が明瞭	/	/	●
平沼	有	約1.6m	A.D.550年頃	○ 下面境界がやや明瞭	○	/	●
六川目	有	約2.5m	B.C.4700年頃以前	○ 下面境界がやや明瞭	/	/	●

(イベント堆積物の分析結果の凡例)

○:津波起因の可能性が高い △:津波起因の可能性がある  
×:津波起因の可能性が低い /:化石産出せず

(イベント堆積物の評価の凡例)

●:津波起因の可能性が高い ▲:津波起因の可能性がある  
×:津波起因の可能性が低い —:評価に適する堆積物が分布しない等評価できない

※:イベント堆積物の分布範囲は必ずしも浸水範囲とは一致しない。

### 3. 津波堆積物調査

#### 3.5 各地点の調査結果※

※: 猿ヶ森周辺における調査結果の詳細は、本資料に記載。

---

3.5.1	尻屋崎	.....	27
3.5.2	小田野沢	.....	33
3.5.3	東京電力敷地内	.....	35
3.5.4	東北電力敷地内	.....	37
3.5.5	尾駈老部川	.....	75
3.5.6	尾駈発茶沢	.....	77
3.5.7	平沼	.....	79
3.5.8	六川目	.....	81

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎: 地点選定理由及び調査内容

##### ■ 地点選定理由

- ・ 砂丘により閉塞された谷底低地が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■ 調査内容

- ・ 地質調査: ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)

	ボーリングNo.	室内試験
既調査	Sr-1, 2, 3	放射性炭素年代
追加調査※	Sr-4, 5, 6	放射性炭素年代, 火山灰分析, 珪藻化石分析

##### ※: 追加調査理由

- ✓ 既調査では、ボーリング調査(3孔)により、評価に適するイベント堆積物は認められなかったと評価。
- ✓ 今回、既調査地点より海側におけるイベント堆積物の有無を確認するため、追加のボーリング調査を実施した。



調査位置図



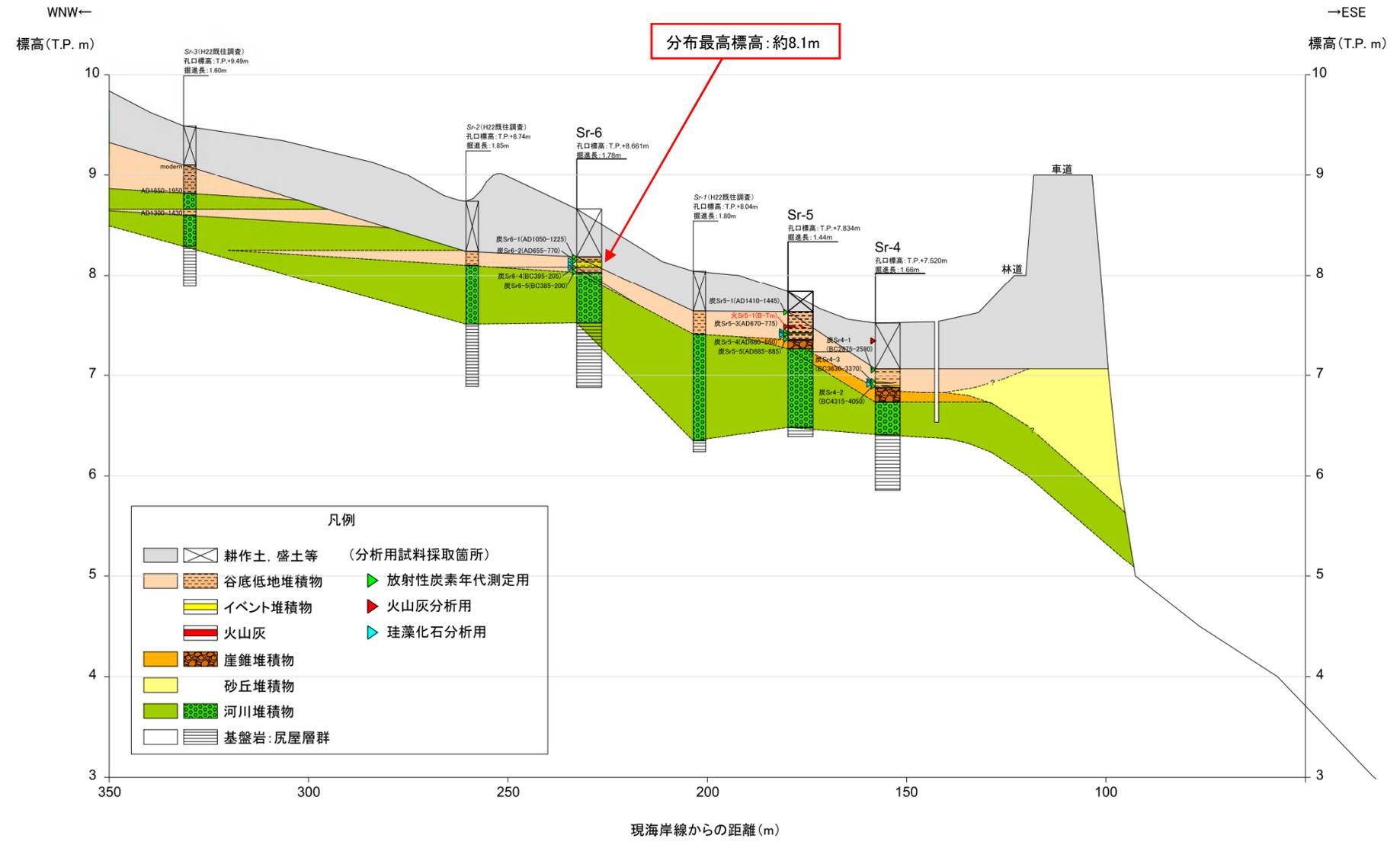
この地図は、国土地理院長の承認を得て、数値地図200000(地図画像)を複製したものである。(承認番号平26情複, 第5号)

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎: イベント堆積物に関する評価

【評価】津波起因の可能性が高く、その分布最高標高を約8.1m(Sr-6孔)と評価する。

- ・ 堆積年代が一部重なり、同層準の可能性のある堆積物は、Sr-5孔及びSr-6孔で確認される。
- ・ 層相、海水生種または海水～汽水生種の珪藻化石の有無、イベント堆積物の連続性から総合的に判断した。次頁以降に、各調査結果の詳細を示す。



### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎: イベント堆積物に関する評価(層相)

- 各孔において確認したイベント堆積物の下位層との境界については、Sr-4孔とSr-6孔は不明瞭であり、Sr-5孔については、やや不明瞭であることから、流水の影響を受けた可能性は低いと考えられる。

##### ■ Sr-4孔(掘削深度:0.00~1.66m)

###### イベント堆積物

- ✓ 細粒砂
- ✓ 深度:0.69~0.74m(0.59~0.64m)

※:( )内は、コア採取時の圧縮を補正した掘削深度

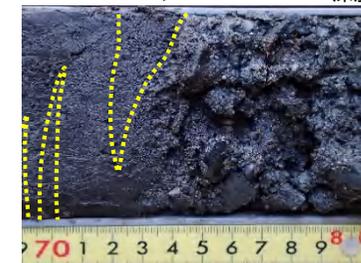
深度:約0.5m



← イベント堆積物 →



深度:約0.8m



##### ■ Sr-5孔(掘削深度:0.00~1.44m)

###### イベント堆積物

- ✓ 細礫, 炭化物片混じり中粒砂
- ✓ 深度:0.41~0.42m

深度:約0.2m



← イベント堆積物 →



深度:約0.5m



##### ■ Sr-6孔(掘削深度:0.00~1.78m)

###### イベント堆積物

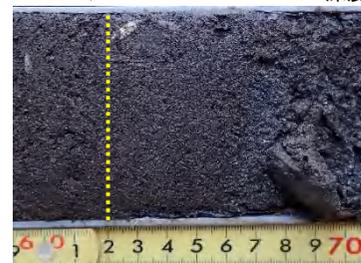
- ✓ 中粒砂~細礫を含む砂質シルト
- ✓ 深度:0.56~0.62m(0.52~0.58m)

※:( )内は、コア採取時の圧縮を補正した掘削深度

深度:約0.5m



← イベント堆積物 →



深度:約0.7m

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎: イベント堆積物に関する評価(珪藻化石分析)

- Sr-4孔で確認したイベント堆積物は、海水生種、並びに海水～汽水生種の珪藻化石を含まない。
- Sr-5孔, Sr-6孔で確認したイベント堆積物は、海水生種、並びに海水～汽水生種の珪藻化石を含む。

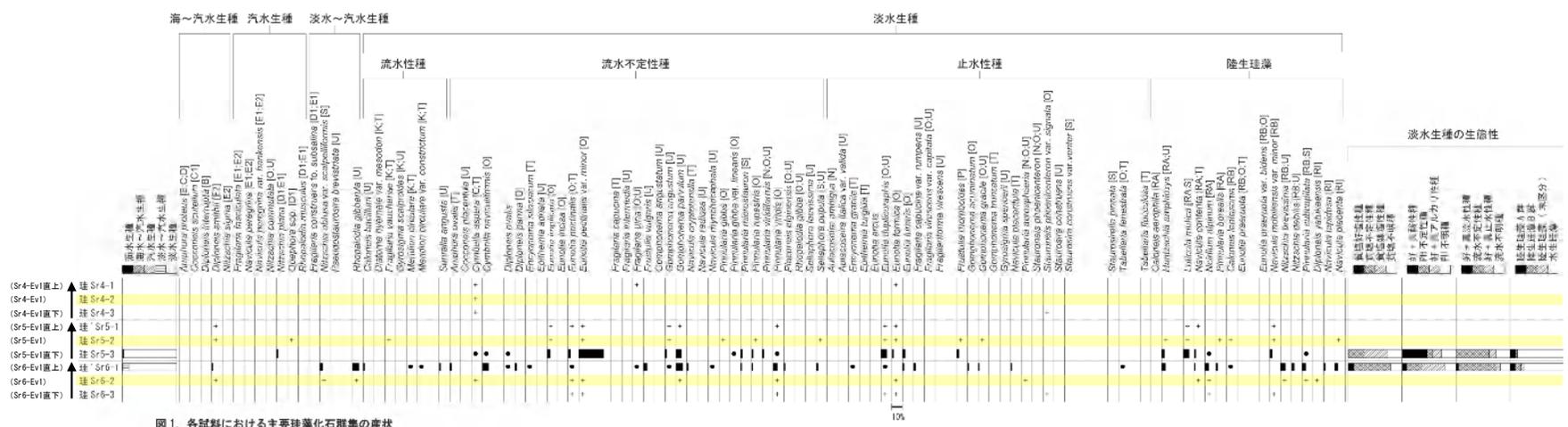


図1. 各試料における主要珪藻化石群集の産状

海水～汽水～淡水生種産出率・各種産出率・完形産出率は全検数、淡水生種の生態性の比率は淡水生種の合計を基数として百分率で算出した。いずれも100個体以上検出された試料について示す。なお、●は1%未満、+は10個体未満の試料について検出した種類を示す。

遺体指標群

- A: 外洋堆積種 B: 内湾堆積種 C: 海洋寡塩性種 D: 汽水寡塩性種 E: 汽水砂質干潟種 F: 汽水泥質干潟種 G: 汽水泥質干潟種 H: 汽水泥質干潟種 I: 汽水泥質干潟種 J: 汽水泥質干潟種 K: 汽水泥質干潟種 L: 汽水泥質干潟種 M: 汽水泥質干潟種 N: 汽水泥質干潟種 O: 汽水泥質干潟種 P: 汽水泥質干潟種 Q: 汽水泥質干潟種 R: 汽水泥質干潟種 S: 汽水泥質干潟種

イベント堆積物

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎:コア写真①

【Sr-1(孔口標高:T.P.+8.04m)】



【Sr-2(孔口標高:T.P.+8.74m)】



【Sr-3(孔口標高:T.P.+9.49m)】



### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.1 尻屋崎:コア写真②

【Sr-4(孔口標高:T.P.+7.52m)】

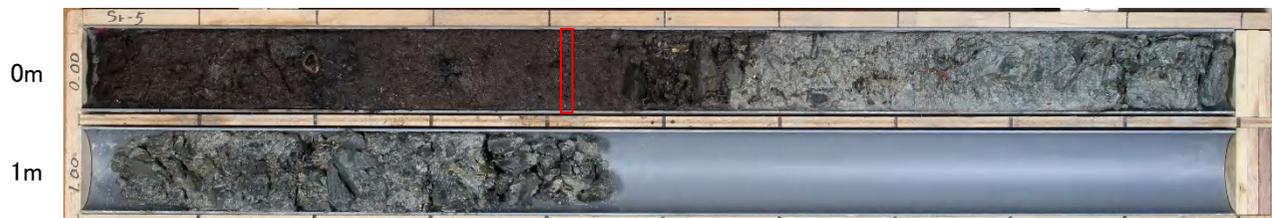


イベント堆積物

0.69~0.74m(0.59~0.64m): 細粒砂

※:( )内は, コア採取時の圧縮を補正した掘削深度

【Sr-5(孔口標高:T.P.+7.83m)】



イベント堆積物

0.41~0.42m: 細礫, 炭化物片混じり中粒砂

【Sr-6(孔口標高:T.P.+8.66m)】



イベント堆積物

0.56~0.62m(0.52~0.58m): 中粒砂~細礫  
を含む砂質シルト

※:( )内は, コア採取時の圧縮を補正した掘削深度

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

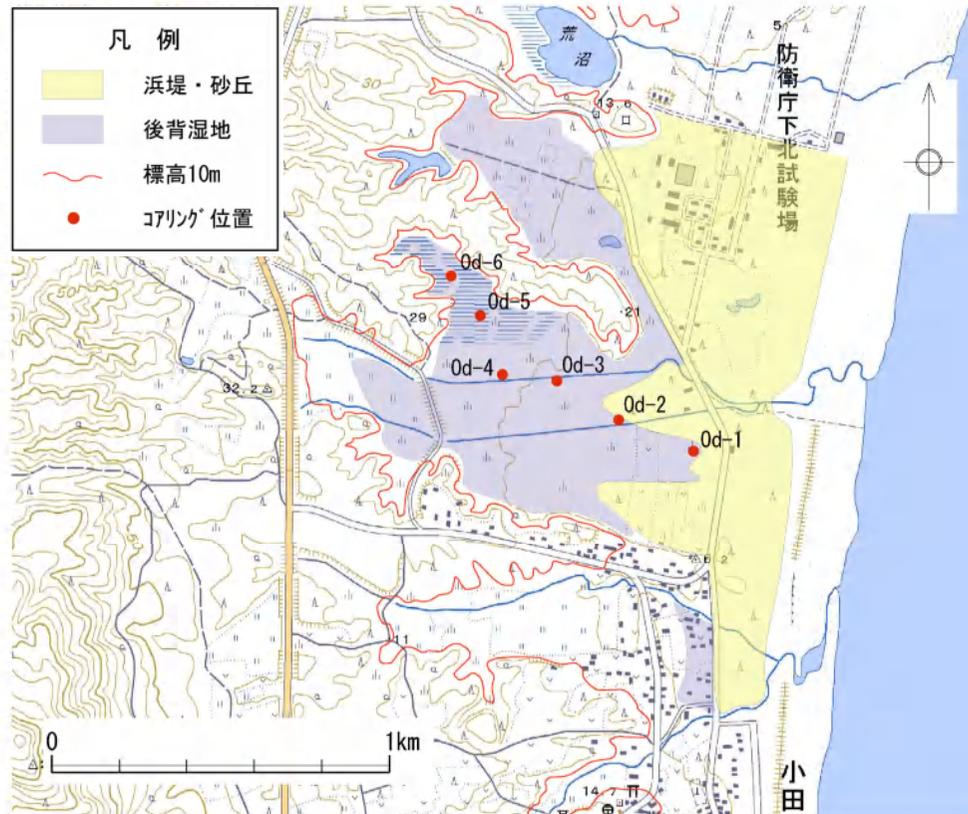
#### 3.5.2 小田野沢:地点選定理由及び調査内容

##### ■地点選定理由

- ・ 浜堤・砂丘の背後に後背湿地が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)
- ・ 室内試験:火山灰分析, 放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析



小田野沢地点の調査位置図

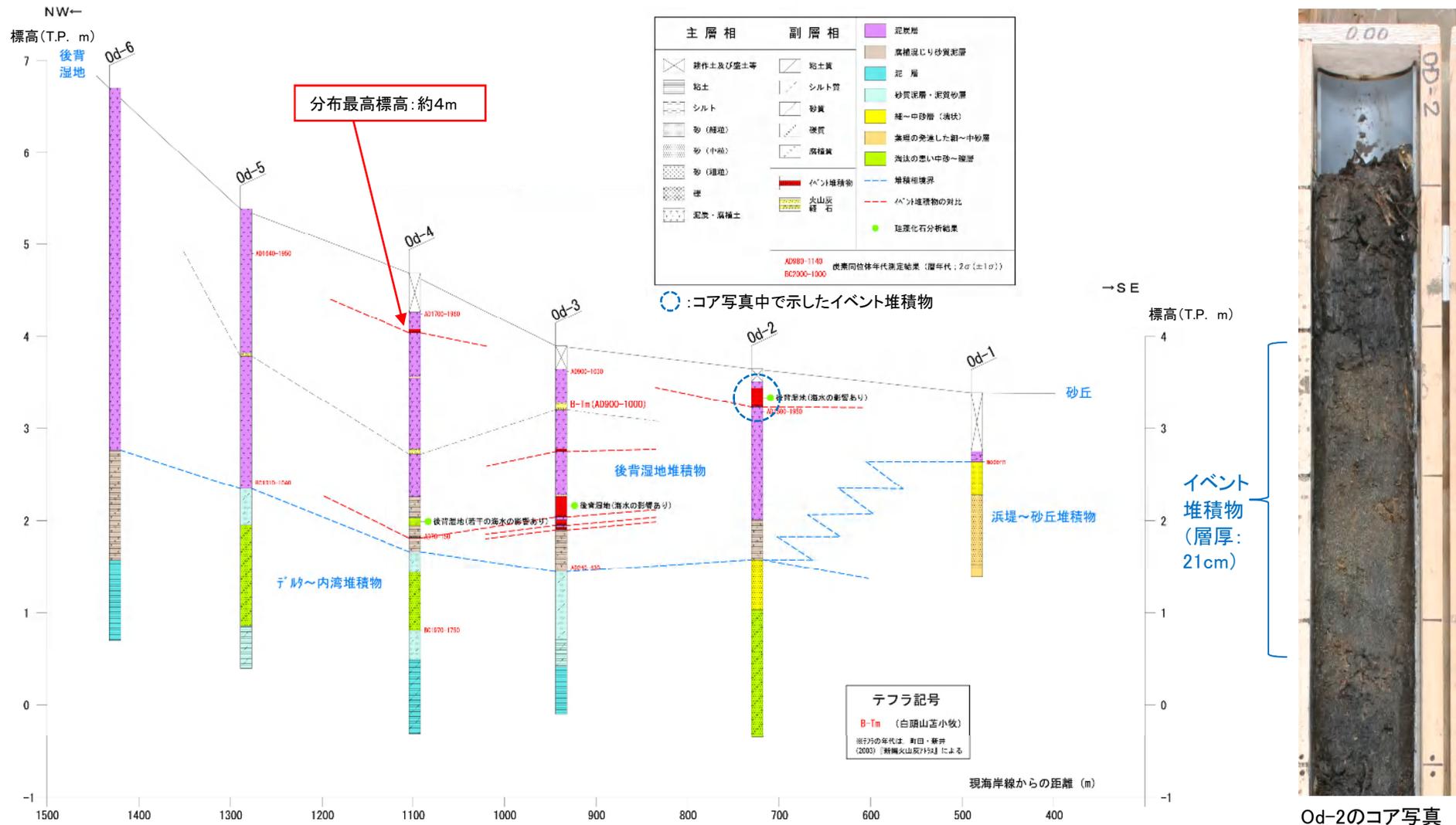


3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

3.5.2 小田野沢: イベント堆積物に関する評価

【評価】津波起因の可能性が高く、その分布最高標高を約4m(Od-4孔)と評価する。

- ・ 同層準の堆積物はOd-2孔及びOd-4孔で確認される。
- ・ 層相は下面境界がやや明瞭～明瞭であり、碎屑物が流水により比較的短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。
- ・ また、珪藻化石分析を実施したOd-2孔のイベント堆積物は、海水～汽水生種の珪藻化石を含む。



### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

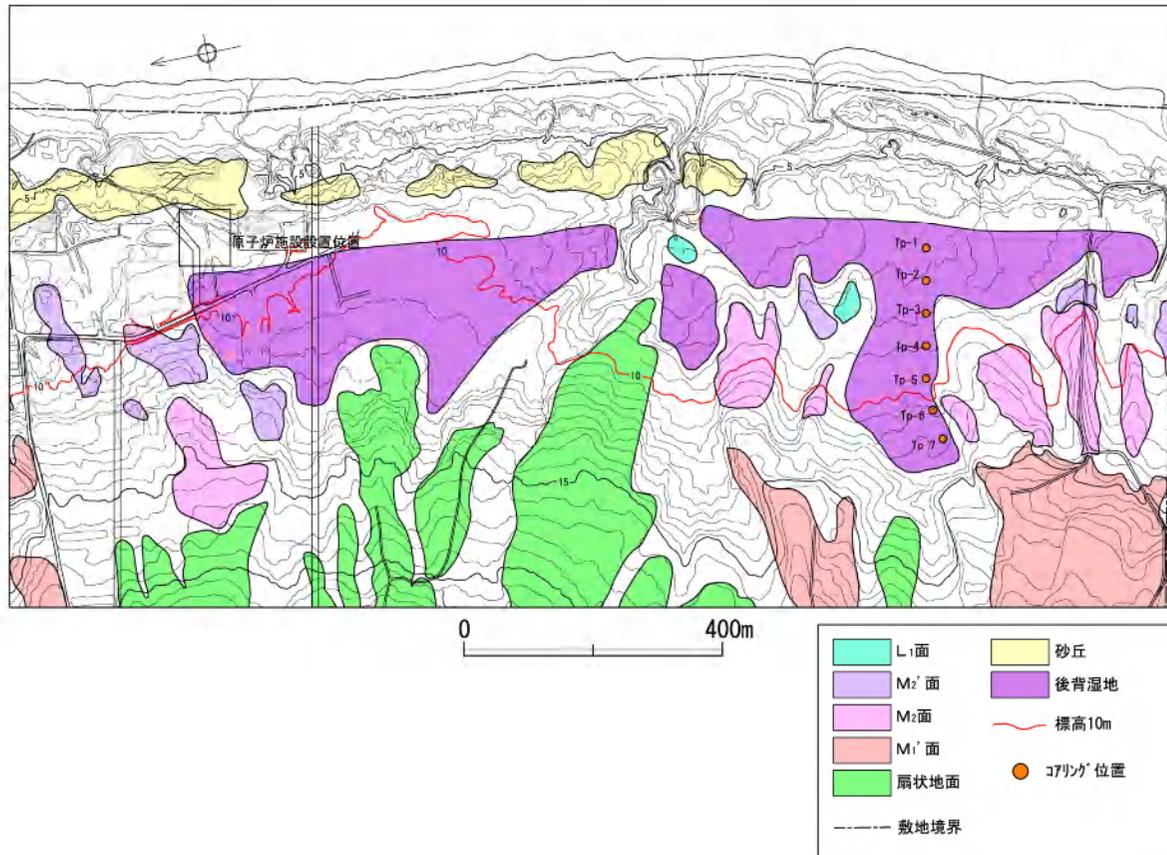
#### 3.5.3 東京電力敷地内:地点選定理由及び調査内容

##### ■地点選定理由

- ・ 砂丘の背後に後背湿地が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)
- ・ 室内試験:火山灰分析, 放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析



東京電力敷地内地点の調査位置図



### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.4 東北電力敷地内

---

3.5.4(1)地点選定理由及び調査内容	38
3.5.4(2)A測線	39
3.5.4(3)B測線	40
3.5.4(4)C測線	41
3.5.4(5)D測線	53
3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討	58

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

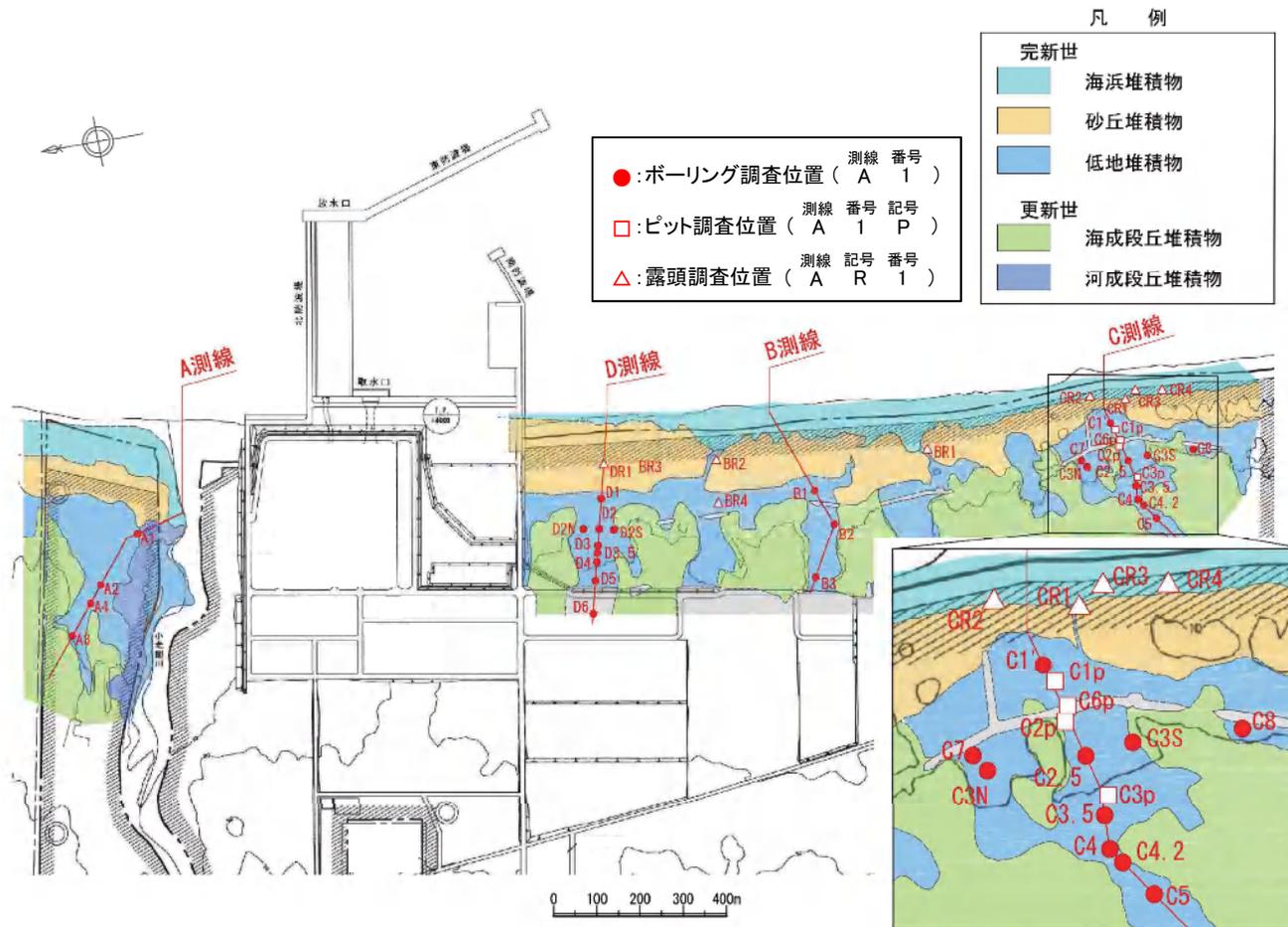
3.5.4(1) 地点選定理由及び調査内容

■地点選定理由

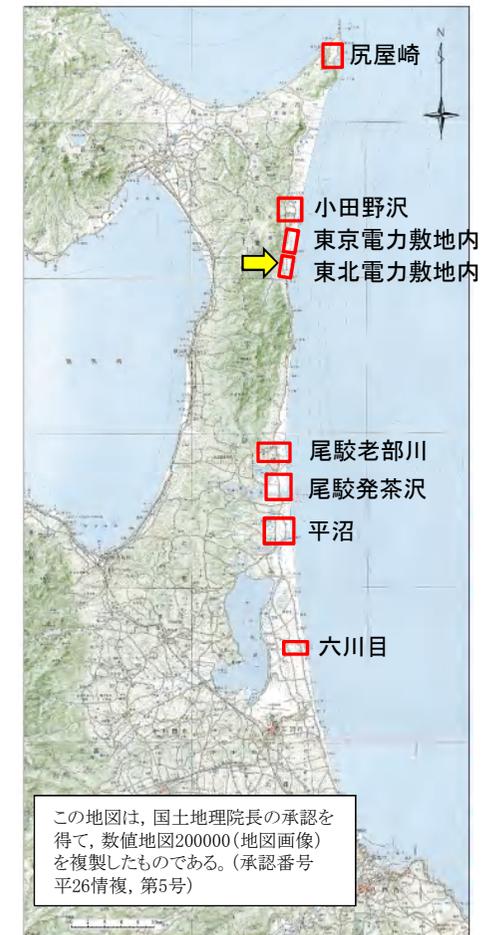
- ・ 砂丘の背後に後背湿地(低地堆積物)が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式(孔径86mm), ハンドコアラー), ピット掘削調査(幅:2m, 長さ:2m, 深さ:1.3~2.7m), 露頭調査
- ・ 室内試験:火山灰分析, 放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析, 砂の粒度組成分析, 鉱物組成分析



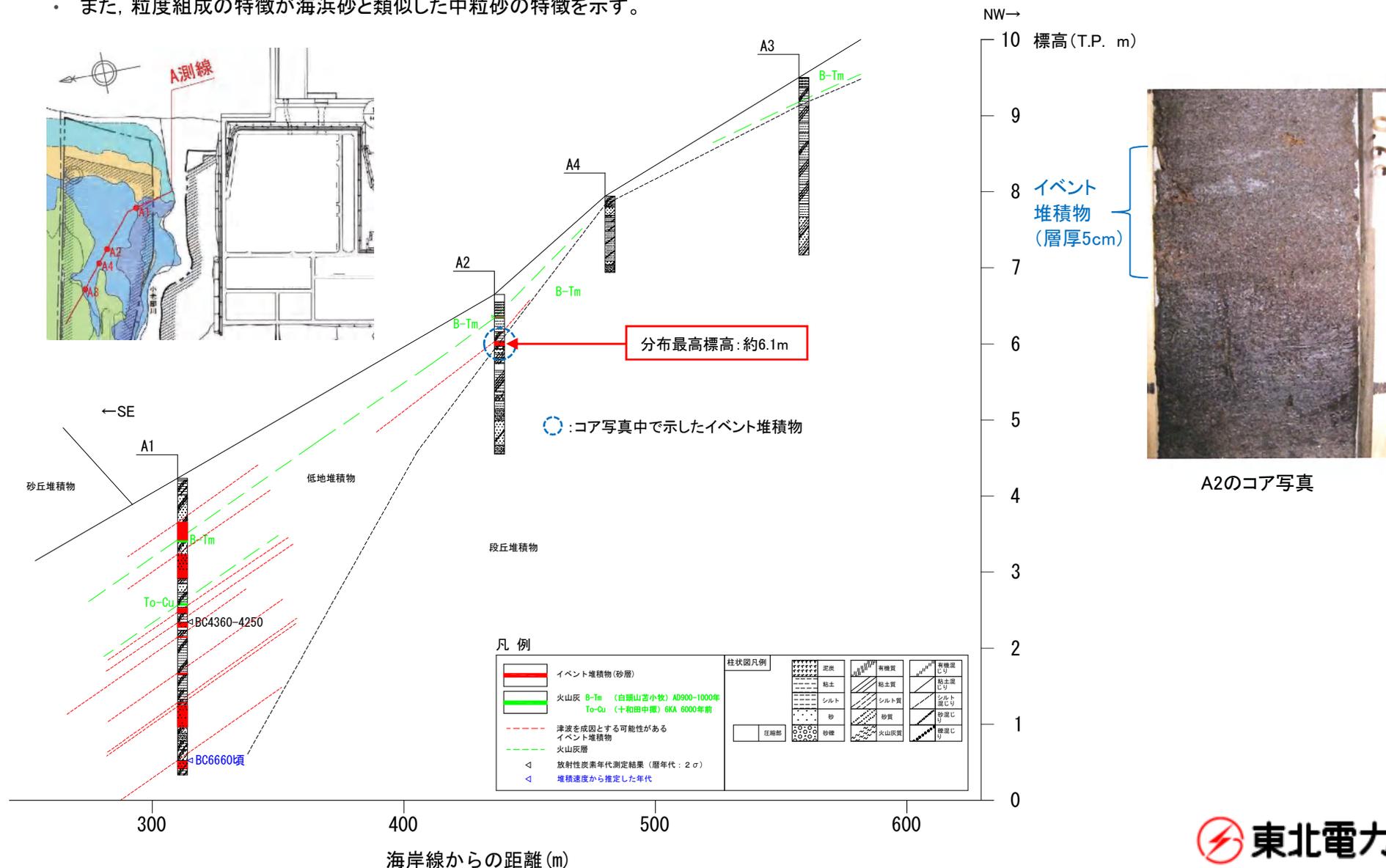
東北電力敷地内地点の調査位置図



### 3.5.4(2) A測線: イベント堆積物に関する評価

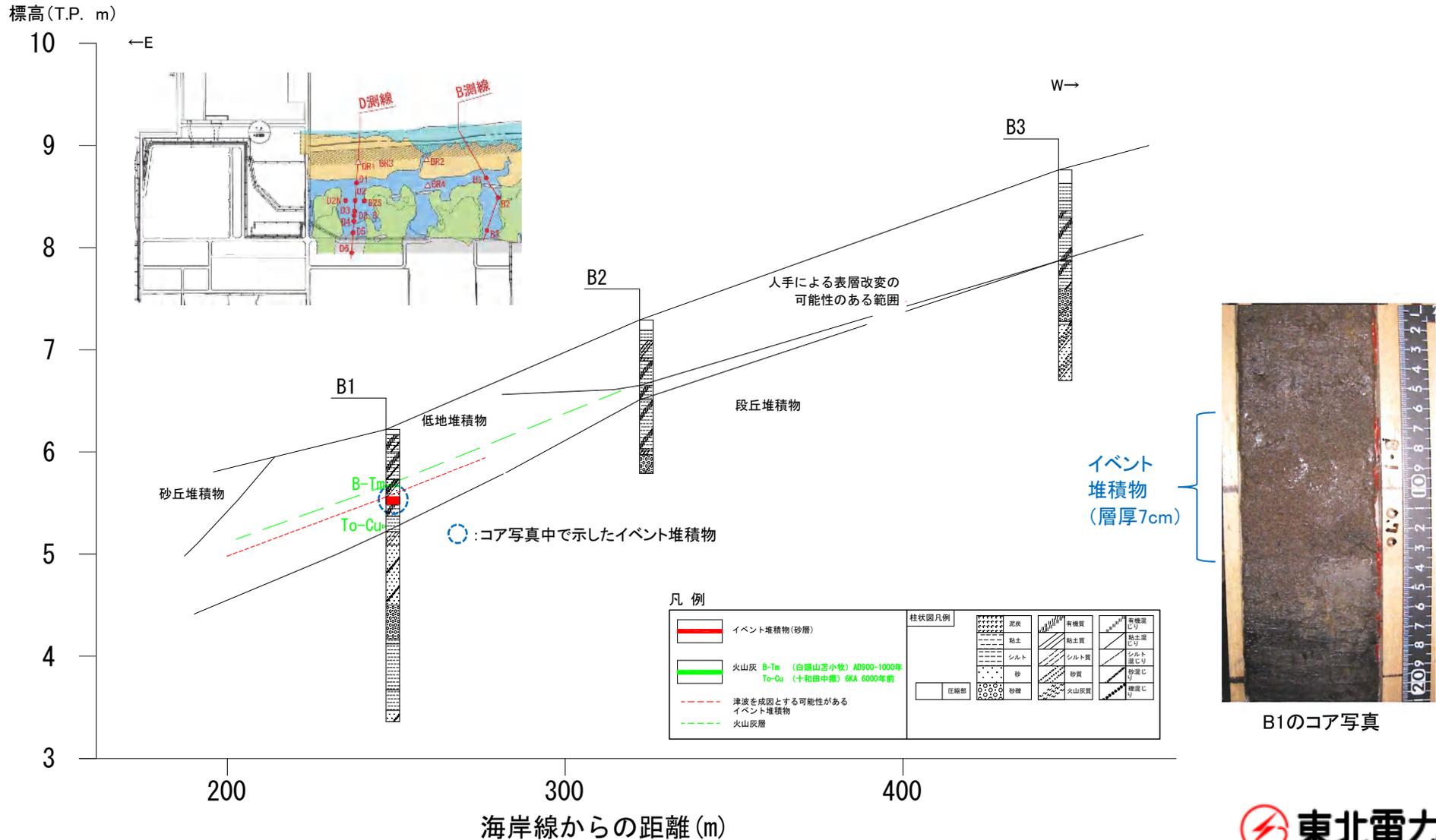
【評価】津波起因の可能性が高く、その分布最高標高を約6.1m(A2孔)と評価する。

- ・ 同層準の堆積物はA1孔及びA2孔で確認される。
- ・ 層相は、下面境界が明瞭であり、碎屑物が流水により短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。
- ・ また、粒度組成の特徴が海浜砂と類似した中粒砂の特徴を示す。



### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(3) B測線: イベント堆積物に関する評価

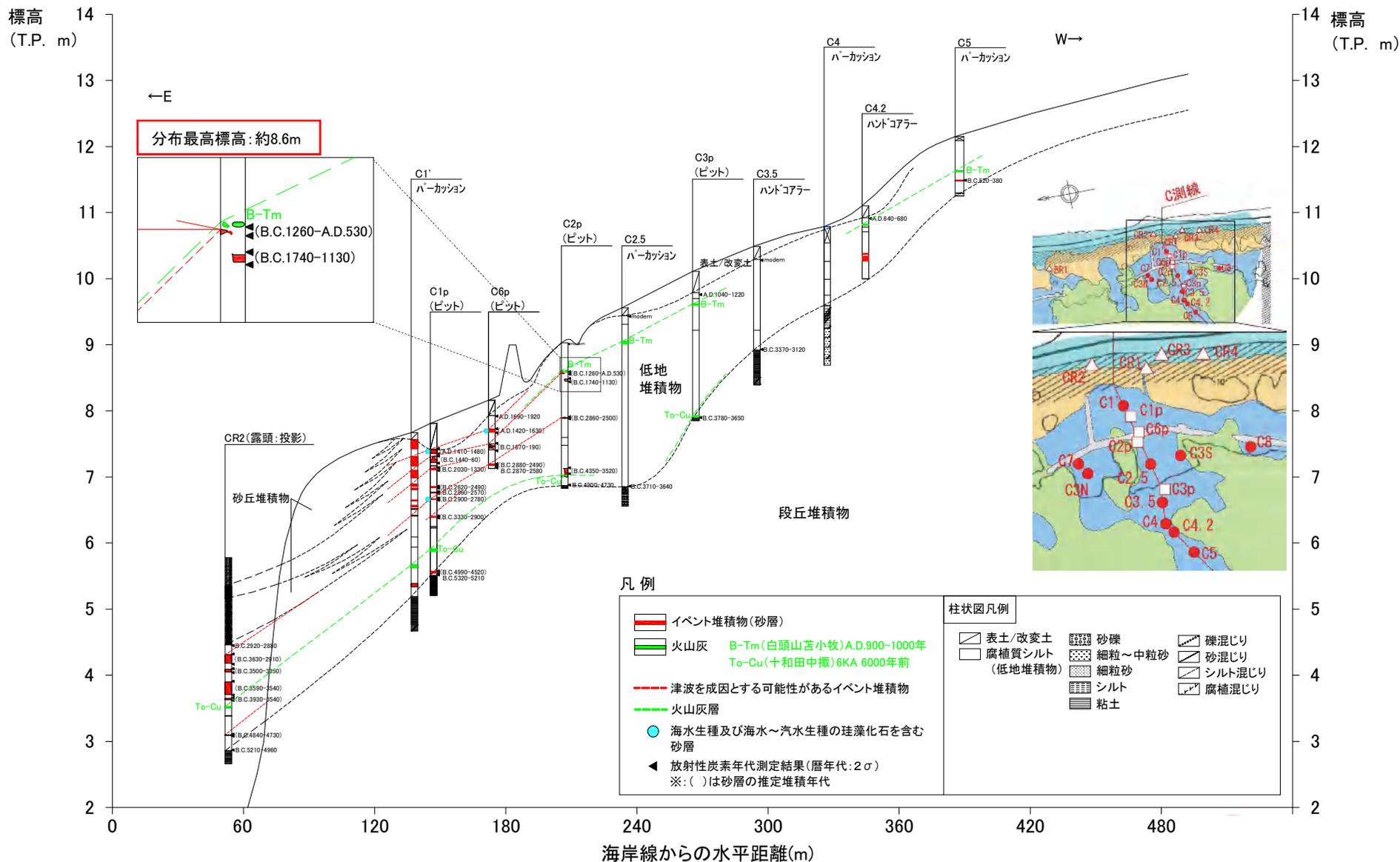
【評価】B1孔に下面境界を削り込む堆積物が認められるが、その分布標高は人工改変に伴う乱れにより評価できない。



### 3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(まとめ)①

【評価】津波起因の可能性があり、その分布最高標高を約8.6m(C2p(ピット))と評価する。

- 同層準の堆積物はC1' 孔, C1p(ピット)及びC6p(ピット)で確認される。
- 層相, 海水生種または海水～汽水生種の珪藻化石の有無, 粒度組成, 鉱物組成の特徴及び敷地内における同堆積年代の砂層の平面的な分布から総合的に判断した。次頁以降に、各調査結果の詳細, 並びにC4.2孔, C5孔で確認されたイベント堆積物に係る評価内容を示す。

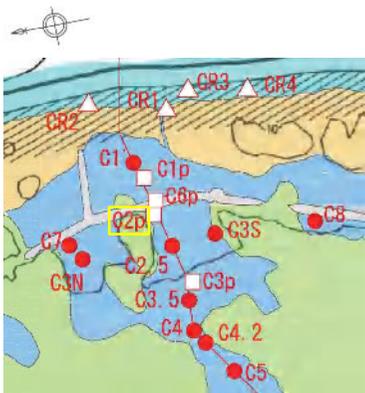


3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内  
 3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(まとめ)②

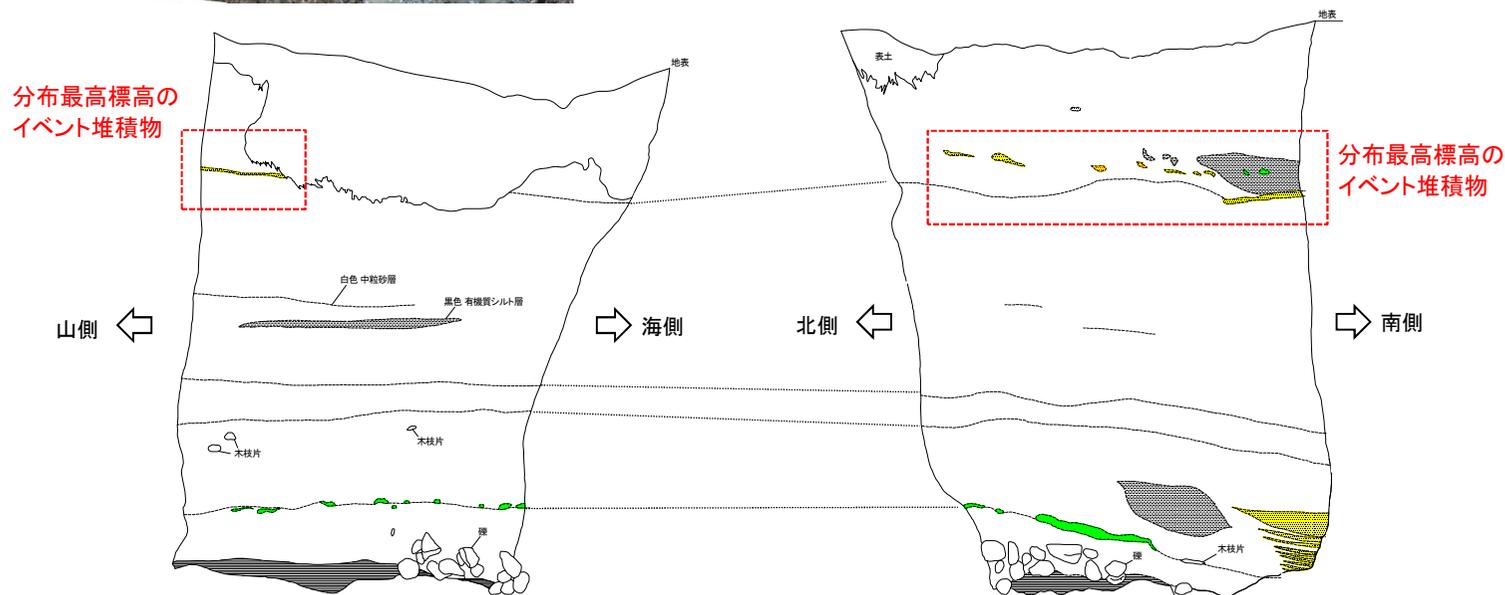
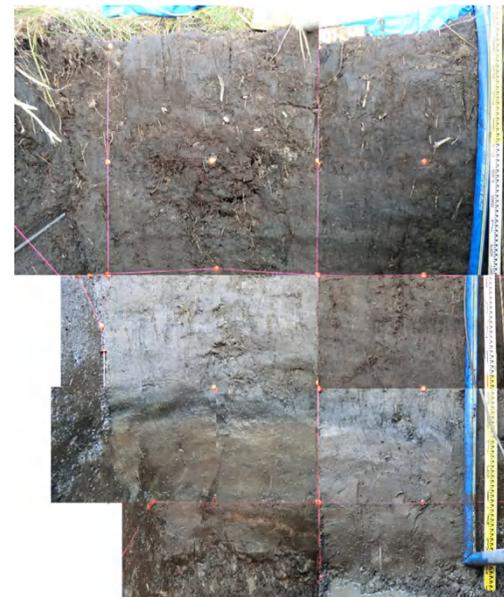
■C2p(ピット掘削)

C2p(ピット掘削)(北面)

C2p(ピット掘削)(東面)

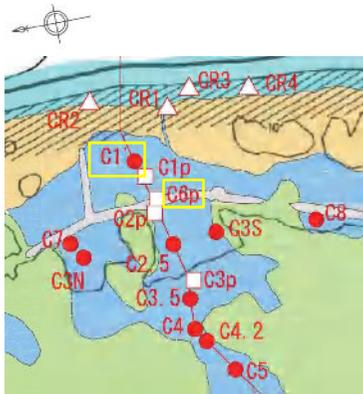


C測線の調査位置



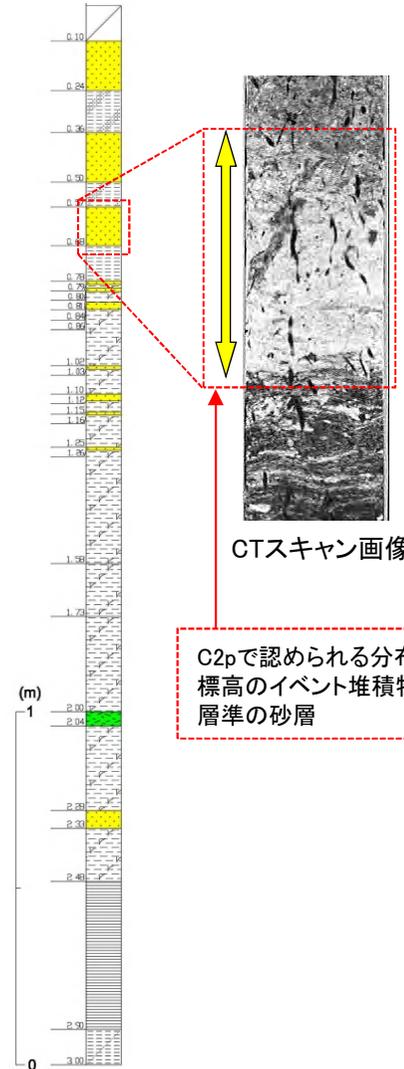
### 3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(層相)

- ・ C1' 孔(ボーリング)で確認される最上位のイベント堆積物と同層準の砂層は、下面境界が明瞭であり、碎屑物が流水により短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。
- ・ なお、C6p(ピット掘削)で確認される最上位のイベント堆積物と同層準の砂層は、下位層と指交し、レンズ状または舌状に尖滅する。



C測線の調査位置

C1' 孔(ボーリング)



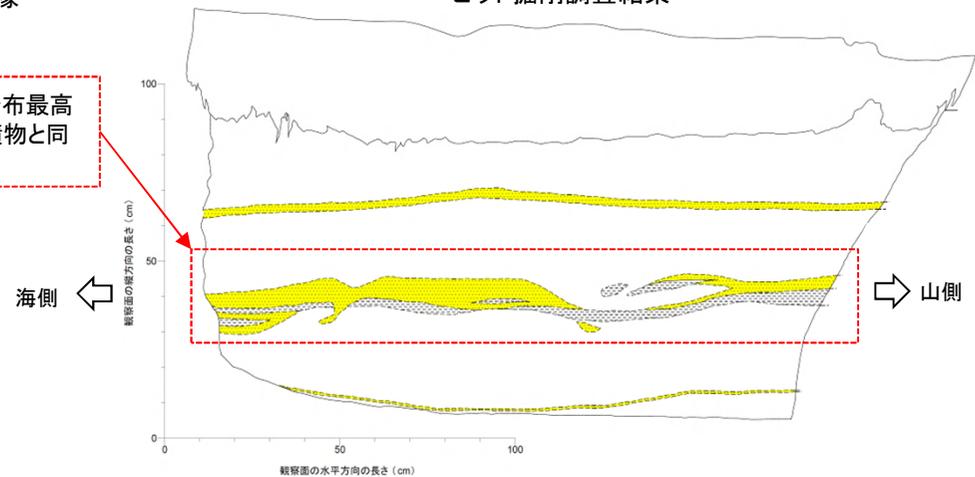
CTスキャン画像

C2pで認められる分布最高標高のイベント堆積物と同層準の砂層

C6p(ピット掘削)(南面)



ピット掘削調査結果



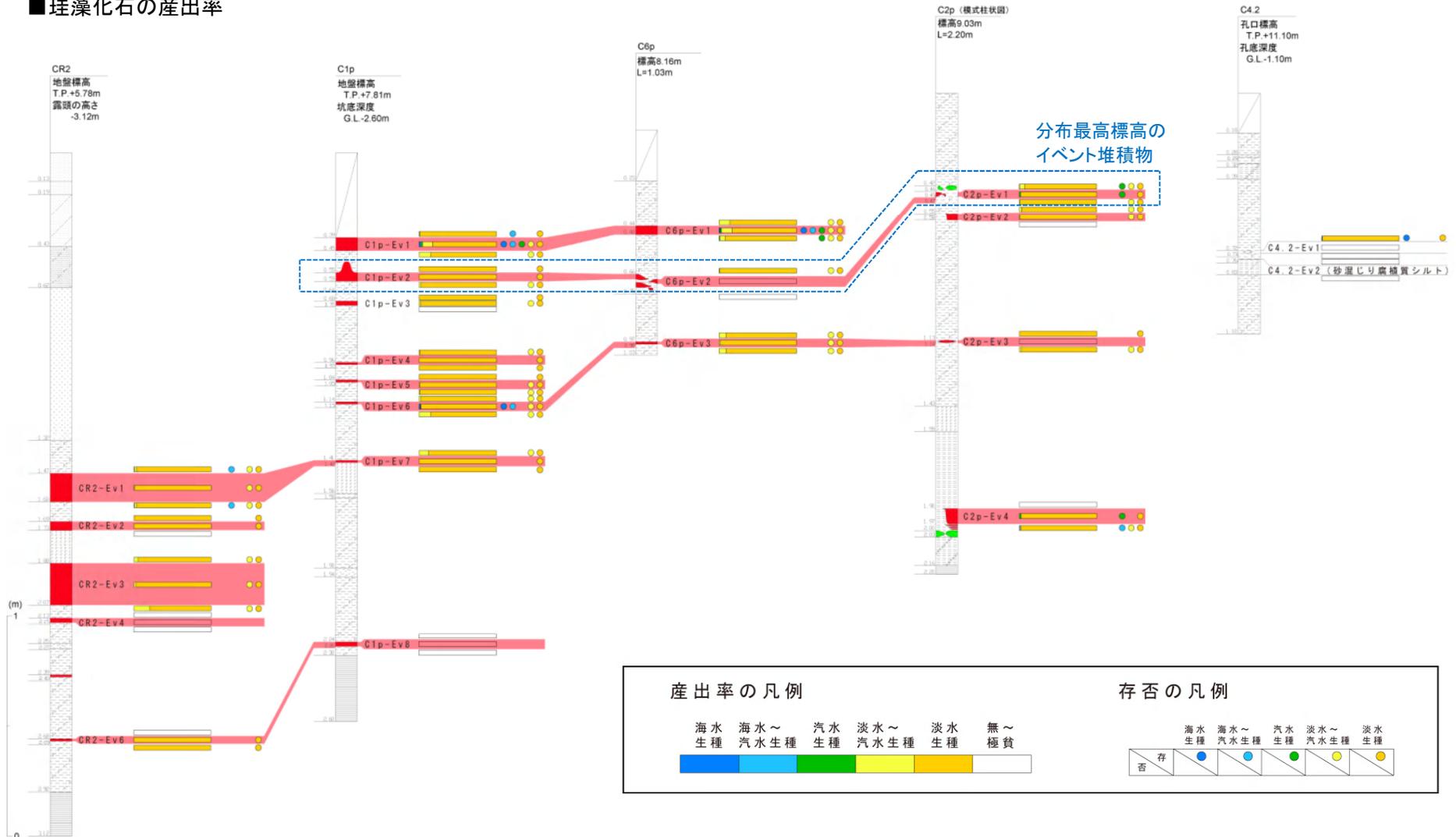
スケッチ

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(層相)

- C1p, C6p, C2pのピット掘削面を対象に珪藻化石分析を実施した。分析は、イベント堆積物の堆積前後における環境変化の有無についても確認することを目的に、イベント堆積物(砂層)及びその直下と直上の低地堆積物を構成する腐植質シルトも対象とした。
- 分析の結果、淡水生種の珪藻化石を主とし、海水生種及び海水～汽水生種の珪藻化石は含まない。

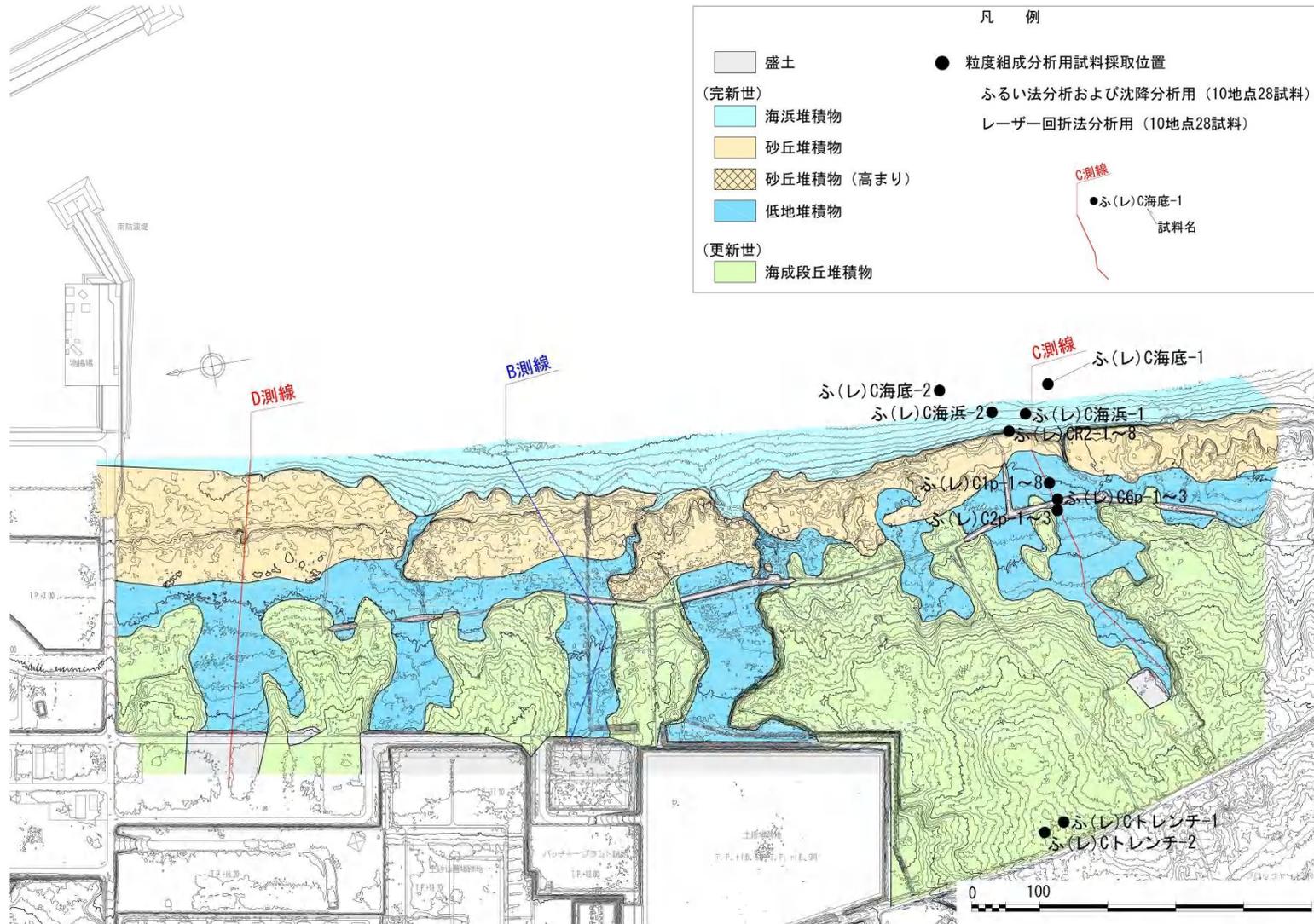
■ 珪藻化石の産出率



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(砂の粒度分析)①

- ・ イベント堆積物の堆積要因を検討するため、砂の粒度組成を分析した。
- ・ なお、指標用として、海底堆積物、海浜堆積物、砂丘堆積物及び段丘堆積物から試料を採取し分析した。

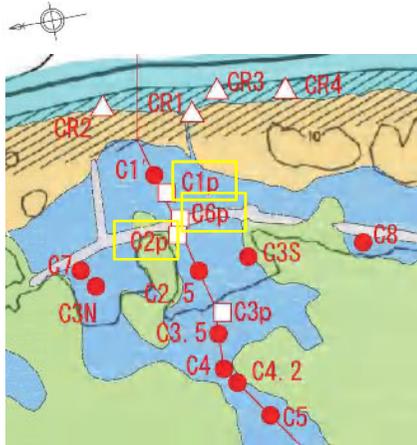


指標分析用試料採取位置

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(砂の粒度分析)②

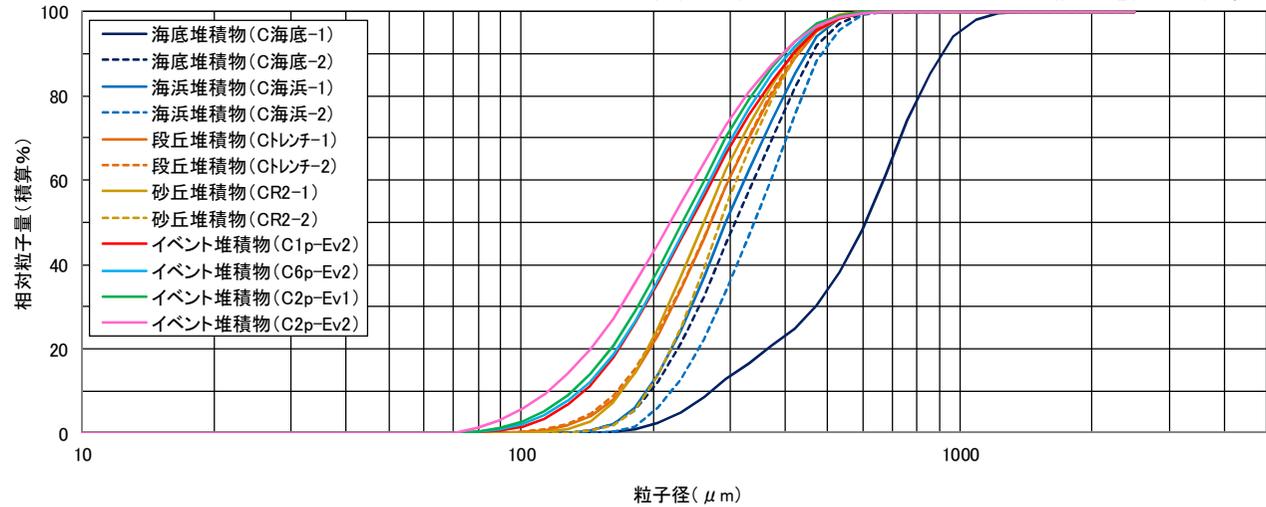
- 海浜堆積物, 砂丘堆積物及び段丘堆積物に類似しているが, イベント堆積物の堆積要因を評価するのは困難であった。



C測線の調査位置

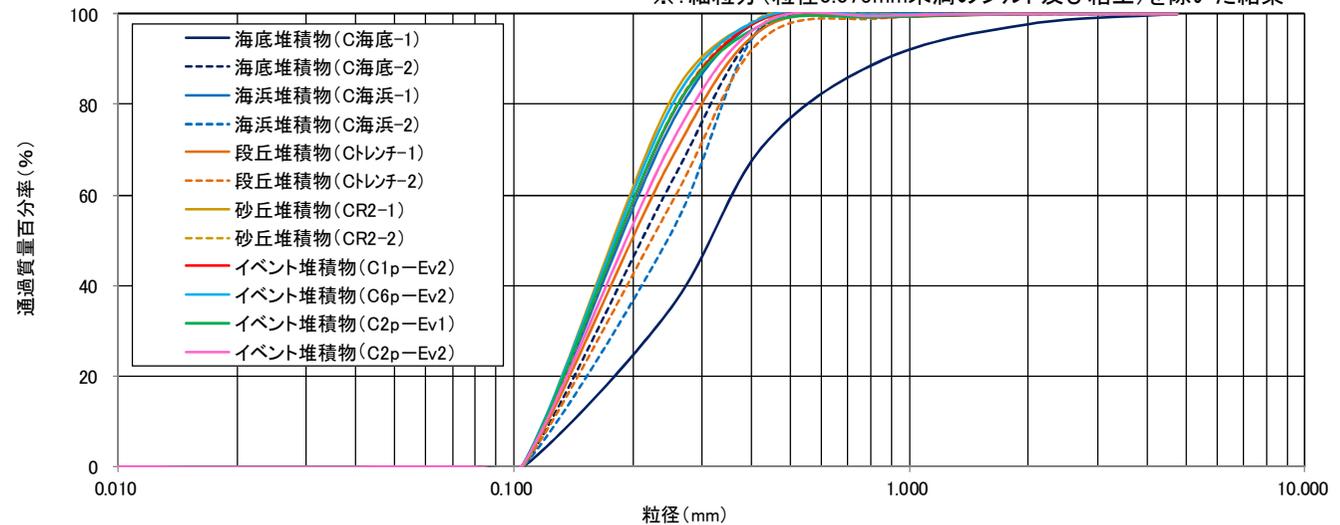
レーザー回折法による粒度組成分析※

※: 細粒分(粒径0.075mm未満のシルト及び粘土を除いた結果)



ふるい法及び沈降分析法粒度組成分析※

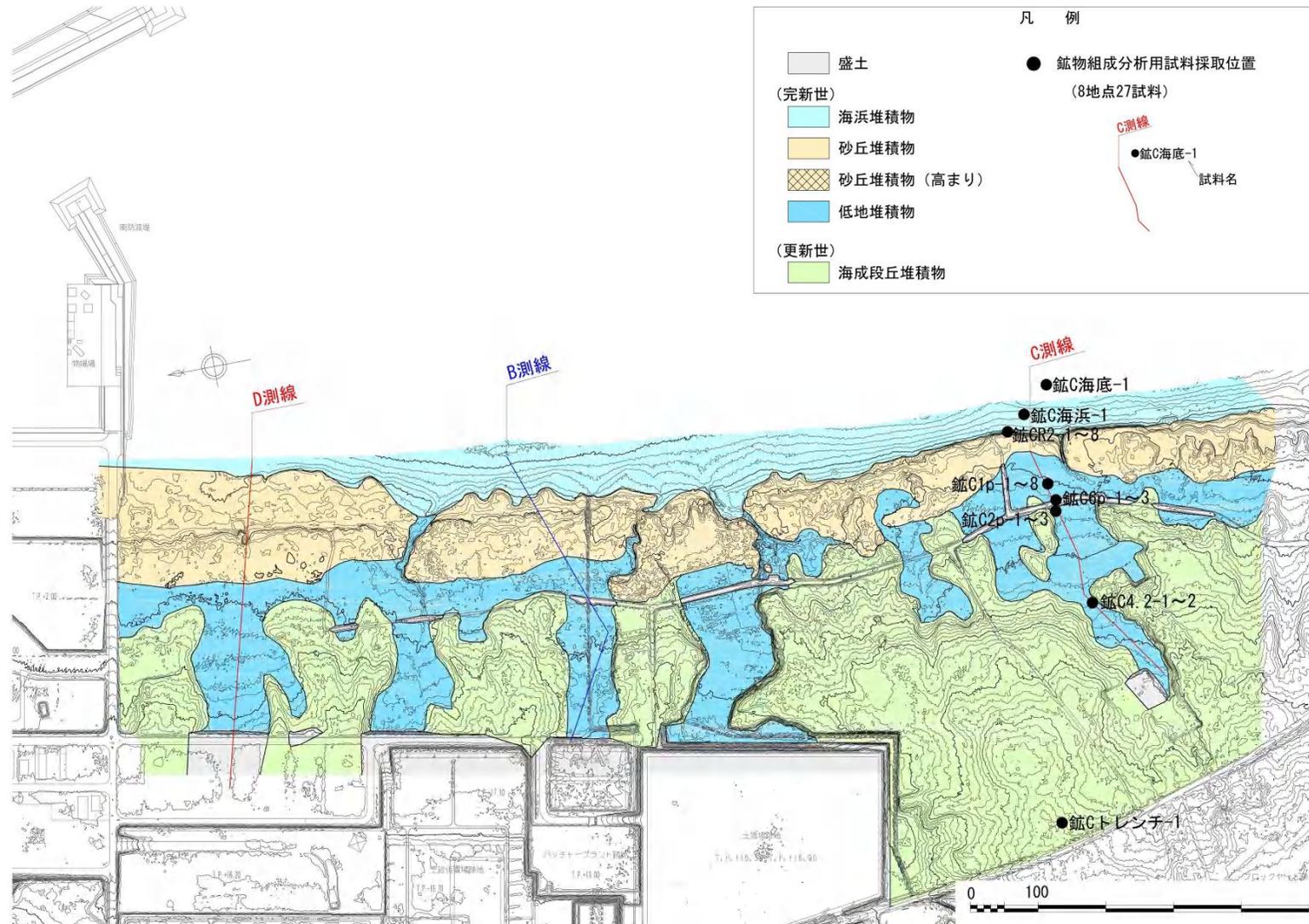
※: 細粒分(粒径0.075mm未満のシルト及び粘土を除いた結果)



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(鉍物組成分析)①

- ・ イベント堆積物の堆積要因を検討するため、鉍物組成を分析した。
- ・ なお、指標用として、海底堆積物、海浜堆積物、砂丘堆積物及び段丘堆積物から試料を採取し分析した。



指標分析用試料採取位置

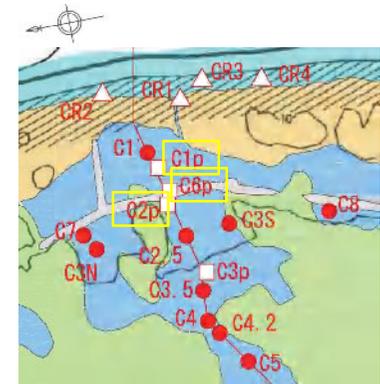
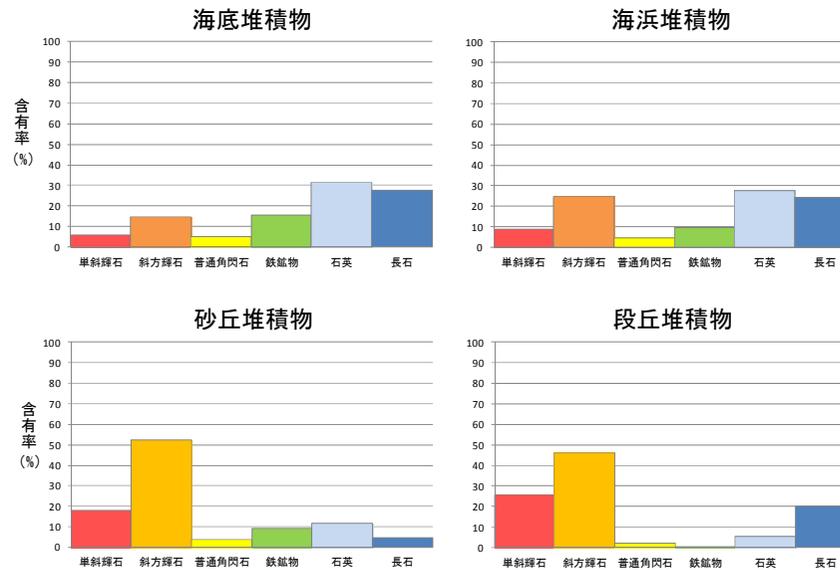
3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(鉱物組成分析)②

- 分析の結果、段丘堆積物、砂丘堆積物または段丘堆積物に類似することを確認した。

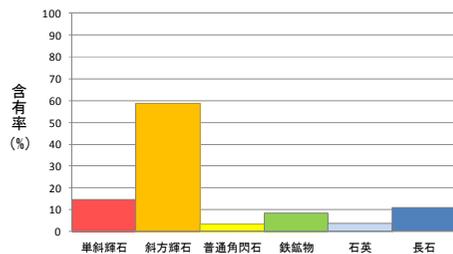
■指標試料の鉱物組成分析結果

- 海底堆積物、海浜堆積物は、重鉱物(単斜輝石、斜方輝石、普通角閃石、鉄鉱物)と軽鉱物(石英、長石)の含有率がほぼ等しい。
- 砂丘堆積物、段丘堆積物は、重鉱物の含有率が大きい傾向がある。また、石英と長石の含有率に着目すると、砂丘堆積物では長石の含有率は小さいが、段丘堆積物はその含有率は大きい特徴を有する。



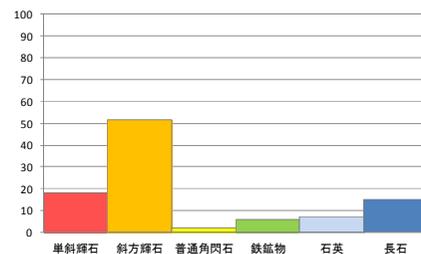
C測線の調査位置

■各イベント堆積物の鉱物組成分析結果



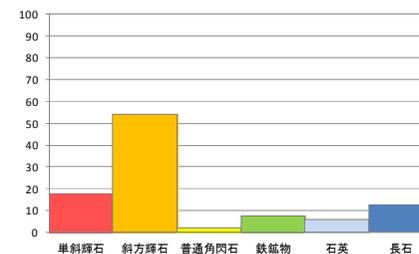
C1p(C1p-Ev2)

⇒砂丘堆積物または段丘堆積物に類似



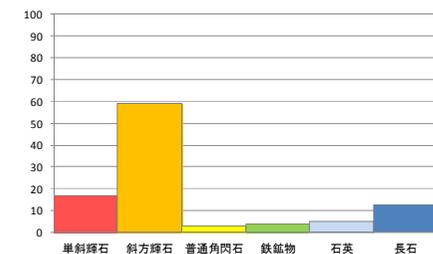
C6p(C6p-Ev2)

⇒段丘堆積物に類似



C2p(C2p-Ev1)

⇒砂丘堆積物または段丘堆積物に類似



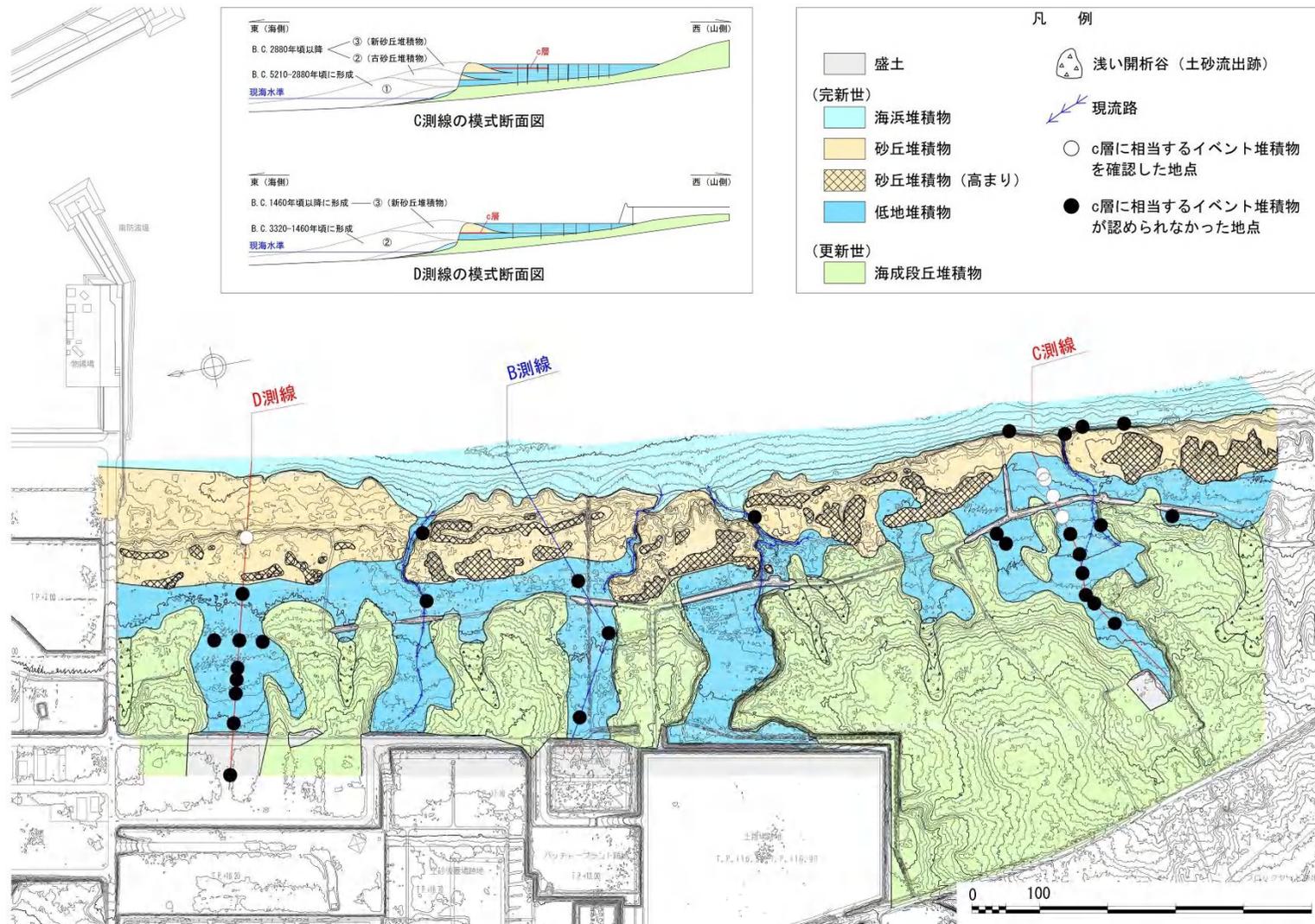
C2p(C2p-Ev2)

⇒段丘堆積物に類似

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(敷地内における平面的な分布)

- C2pで認められた分布最高標高のイベント堆積物と同層準のイベント堆積物(c層)は、C測線上の海岸線から山側の約205mまで連続して分布するとともに、D測線(DR1地点)にも認められる。
- なお、D測線の堆積物には、海水生種、海水～汽水生種の珪藻化石が含まれる(詳細は、3.5.4(5)で説明)。



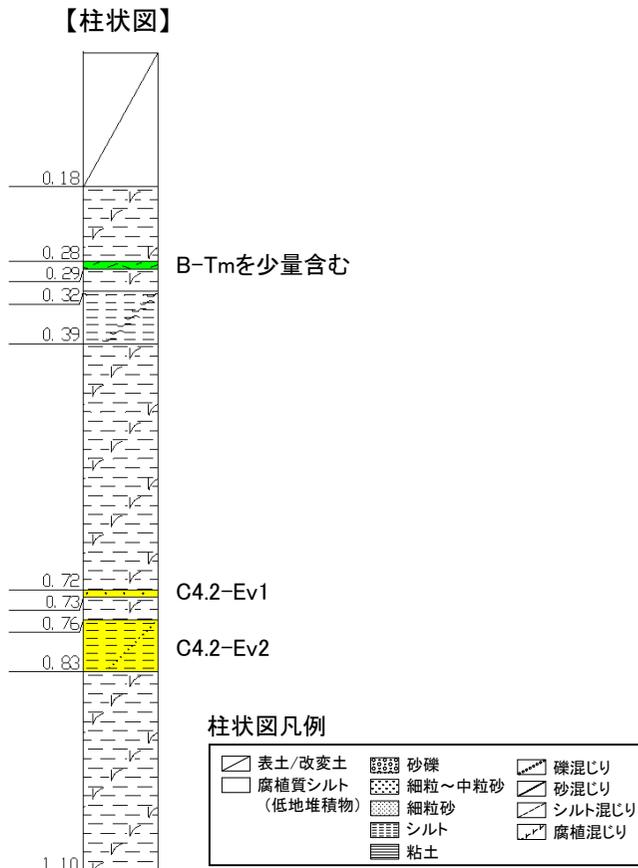
C2pで認められた分布最高標高のイベント堆積物と同層準のイベント堆積物(c層)の分布

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(C4.2孔で確認されたイベント堆積物)①

■層相

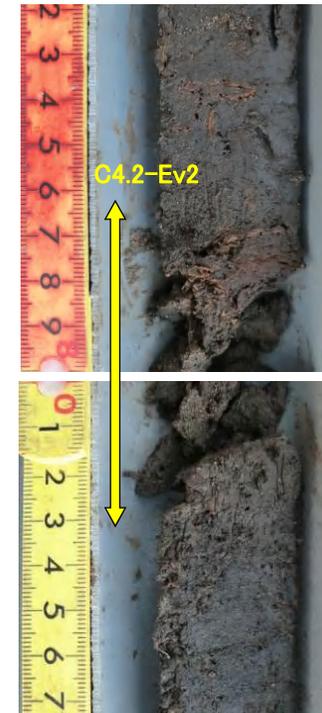
- ・ ハンドコアラーによる調査孔であり、2箇所において砂が確認された。
- ・ 上位の砂(C4.2-Ev1)は細粒～中粒砂であり、その層相はレンズ状を呈し明瞭な層状をなしていないことから、流水により短期間に運搬され堆積したものではないと考えられる。また、下位の砂(C4.2-Ev2)は砂混じり腐植質シルトであり、他孔で認められたイベント堆積物のような細粒～中粒砂を主体とする砂層ではない。
- ・ さらに、近接するC2.5孔, C3p(ピット), C3.5孔及びC4孔で確認されていないことから、他地点と対比可能なイベント堆積物ではないと考えられる。



【コア写真】



C4.2-Ev1



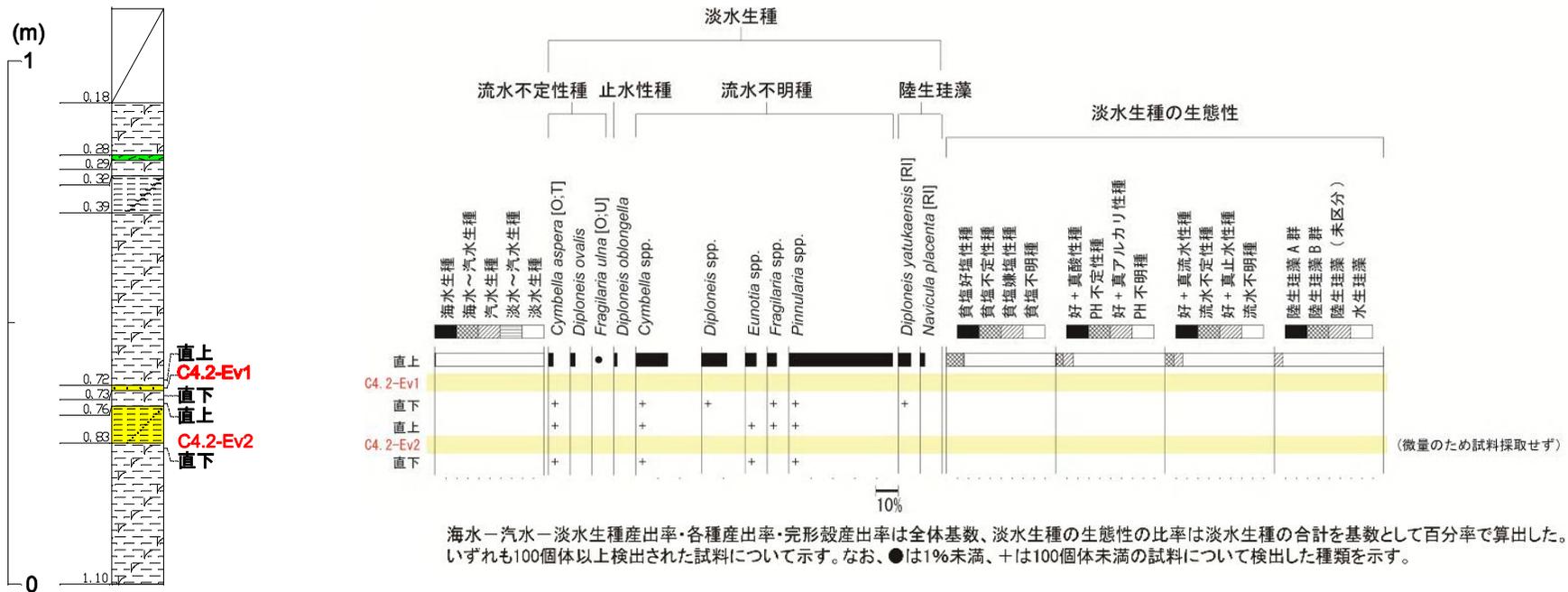
C4.2-Ev2

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(C4.2孔で確認されたイベント堆積物)②

■珪藻化石分析

- ・ 上位の砂(C4.2-Ev1), 下位の砂(C4.2-Ev2)及び砂の堆積前後における環境変化の有無についても確認することを目的に, その直下と直上の低地堆積物を構成する腐植質シルトも対象に珪藻化石分析を実施した。
- ・ 上位の砂(C4.2-Ev1)から珪藻化石は産出されなかった。直下の腐植質シルトからは淡水生種の珪藻化石が産出され, 海水生種及び海水～汽水生種の珪藻化石は産出されなかった。また, 直上の腐植質シルトから産出された珪藻化石は淡水生種を主とし, 極めて低い産出率で海水生種を伴うが, 特徴的に認められた種は, 流水不定性種の *Cymbella aspera*, 流水不明の *Cymbella spp.*, *Diploneis spp.*, *Pinnularia spp.*等であった。これらの珪藻種から, イベント堆積物直上の腐植質シルトは, おおむね湿地の環境下で堆積したと推定される。
- ・ 下位の砂(C4.2-Ev2)からは珪藻化石は産出されなかった。直下の腐植質シルト, 並びに直上の腐植質シルトから産出された珪藻化石は淡水生種のみで, 海水生種及び海水～汽水生種の珪藻化石は含まない。



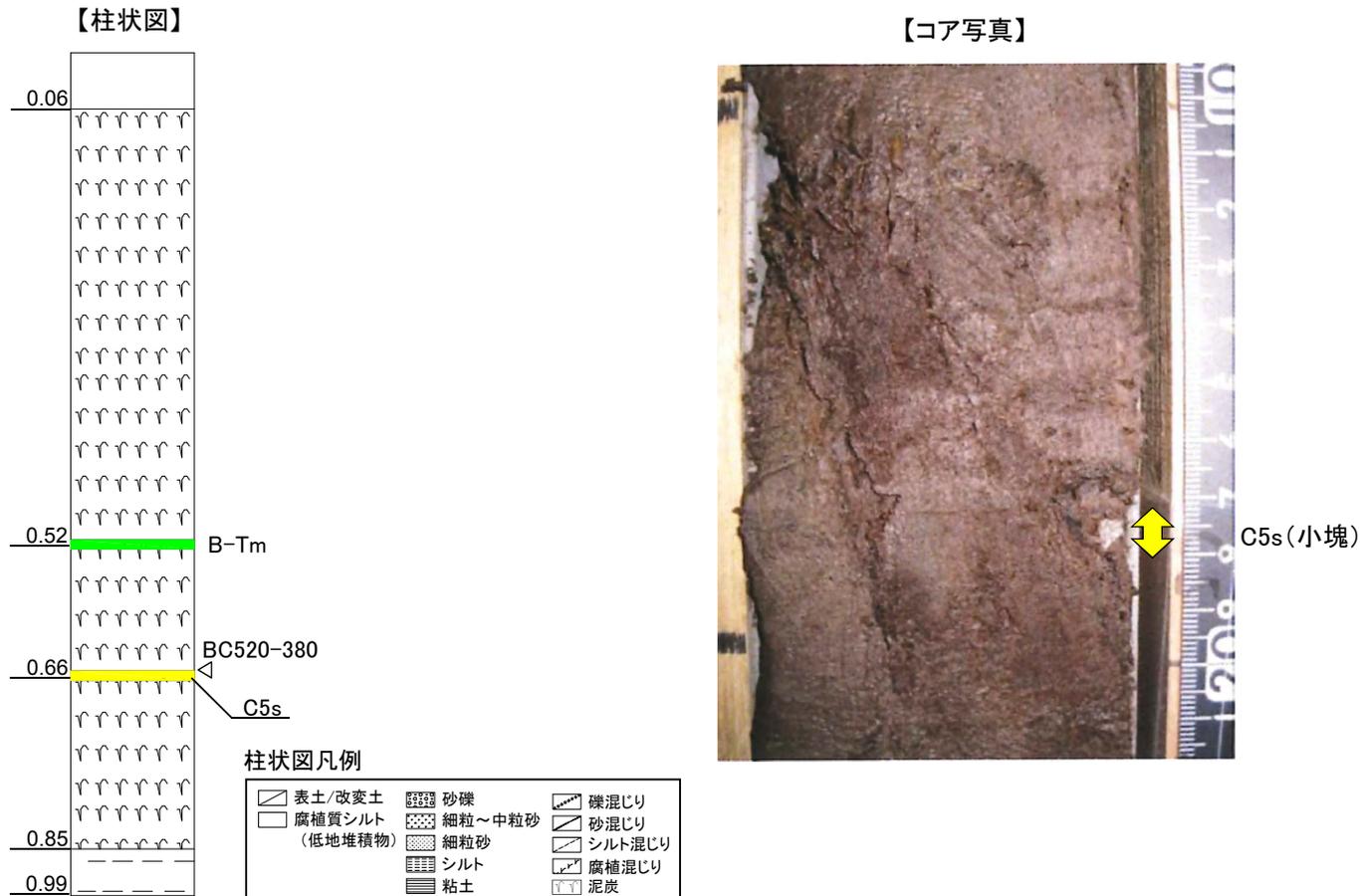
以上から, C4.2孔で確認されたイベント堆積物の堆積要因について, 津波起因の可能性は低いと評価する。

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(4) C測線: イベント堆積物に関する評価(C5孔で確認されたイベント堆積物)

■層相

- ・ ボーリングによる調査孔であり、コア外周に径5mmほどの砂(C5s)が確認された。
- ・ 砂(C5s)は細砂からなるが小塊として含まれており、その層相から、流水により短期間に運搬され堆積したものではないと考えられる。
- ・ また、同年代(BC520-380)の砂は、近接するC2.5孔, C3p(ピット), C3.5孔, C4孔及びC4.2孔で確認されていないことから、他地点と対比可能なイベント堆積物ではないと考えられる。



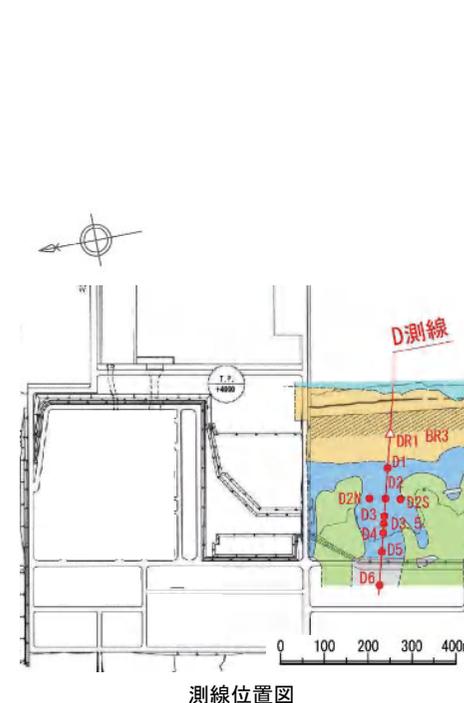
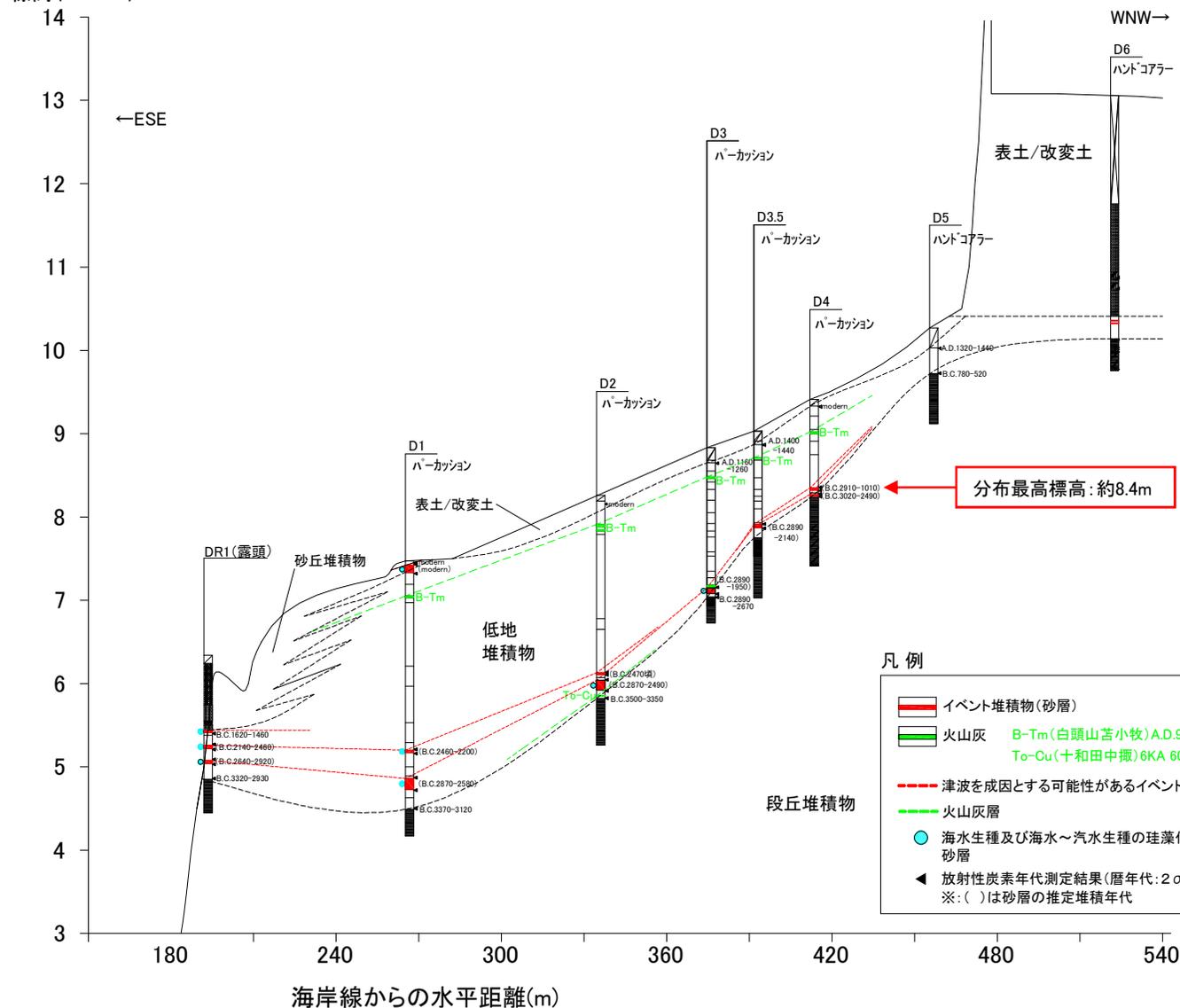
以上から、C5孔で確認されたイベント堆積物の堆積要因について、津波起因の可能性は低いと評価する。

3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内  
 3.5.4(5) D測線: イベント堆積物に関する評価(まとめ)

【評価】津波起因の可能性があり, その分布最高標高を約8.4m(D4孔)と評価する。

- 同層準の堆積物はDR1(露頭), D1孔, D2孔, D3孔及びD3.5孔で確認される。
- 層相, 海水生種または海水～汽水生種の珪藻化石の有無, 粒度組成, 鉱物組成の特徴及び敷地内における同堆積年代の砂層の平面的な分布から総合的に判断した。次頁以降に, 各調査結果の詳細, 並びにD6孔で確認されたイベント堆積物に係る評価内容を示す。

標高(T.P. m)



凡例

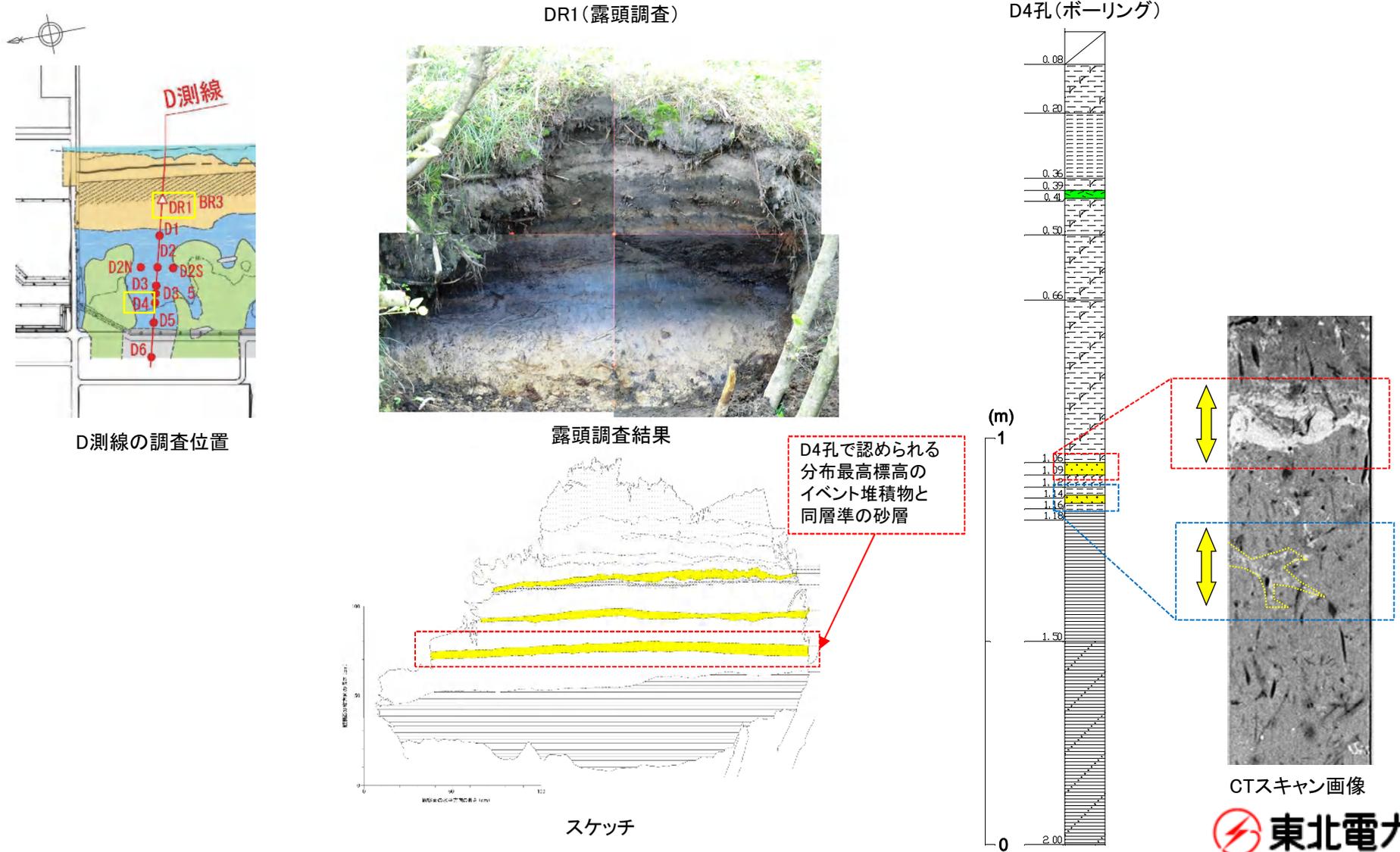
イベント堆積物(砂層)	火山灰	海水生種及び海水～汽水生種の珪藻化石を含む砂層	放射性炭素年代測定結果(暦年代:2σ)
B-Tm(白頭山苦小牧)A.D.900-1000年	To-Cu(十和田中郷)6KA 6000年前		※:( )は砂層の推定堆積年代

表土/改変土	砂礫	礫混じり
腐植質シルト(低地堆積物)	細粒～中粒砂	砂混じり
シルト	細粒砂	シルト混じり
粘土	腐植混じり	

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(5) D測線: イベント堆積物に関する評価(層相)

- 層相は、下面境界が明瞭であり、碎屑物が流水により短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。

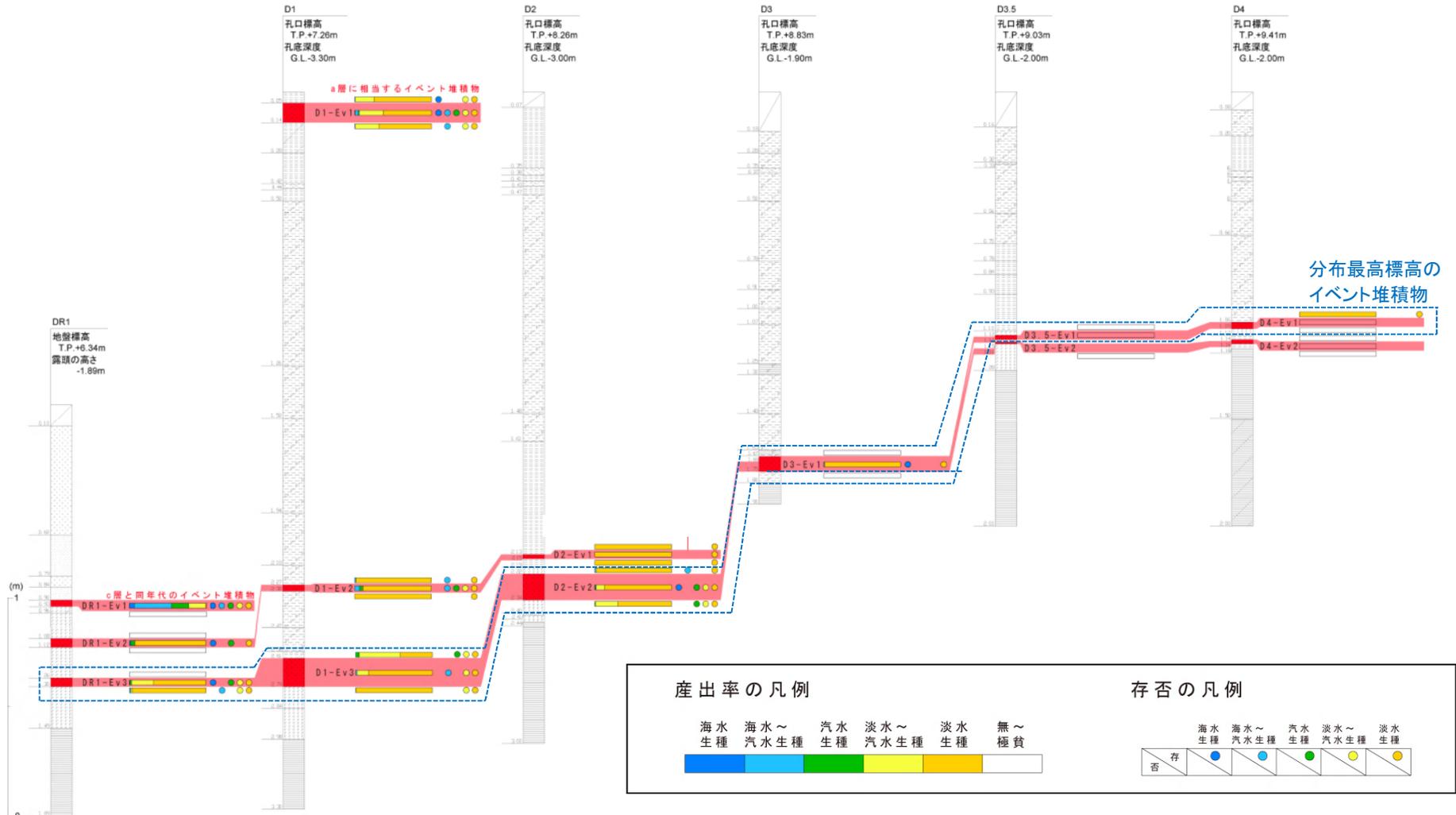


3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(5) D測線: イベント堆積物に関する評価(珪藻化石分析)

- DR1(露頭), D1孔, D2孔, D3孔及びD4孔を対象に珪藻化石分析を実施した。分析は、イベント堆積物の堆積前後における環境変化の有無についても確認することを目的に、イベント堆積物(砂層)及びその直下と直上の低地堆積物を構成する腐植質シルトも対象とした。
- 分析の結果、淡水生種の珪藻化石を主とするが、海に近いDR1(露頭), D1孔, D2孔, D3孔には、極めて低い産出率ではあるものの海水生種, 海水～汽水生種の珪藻化石が含まれる。

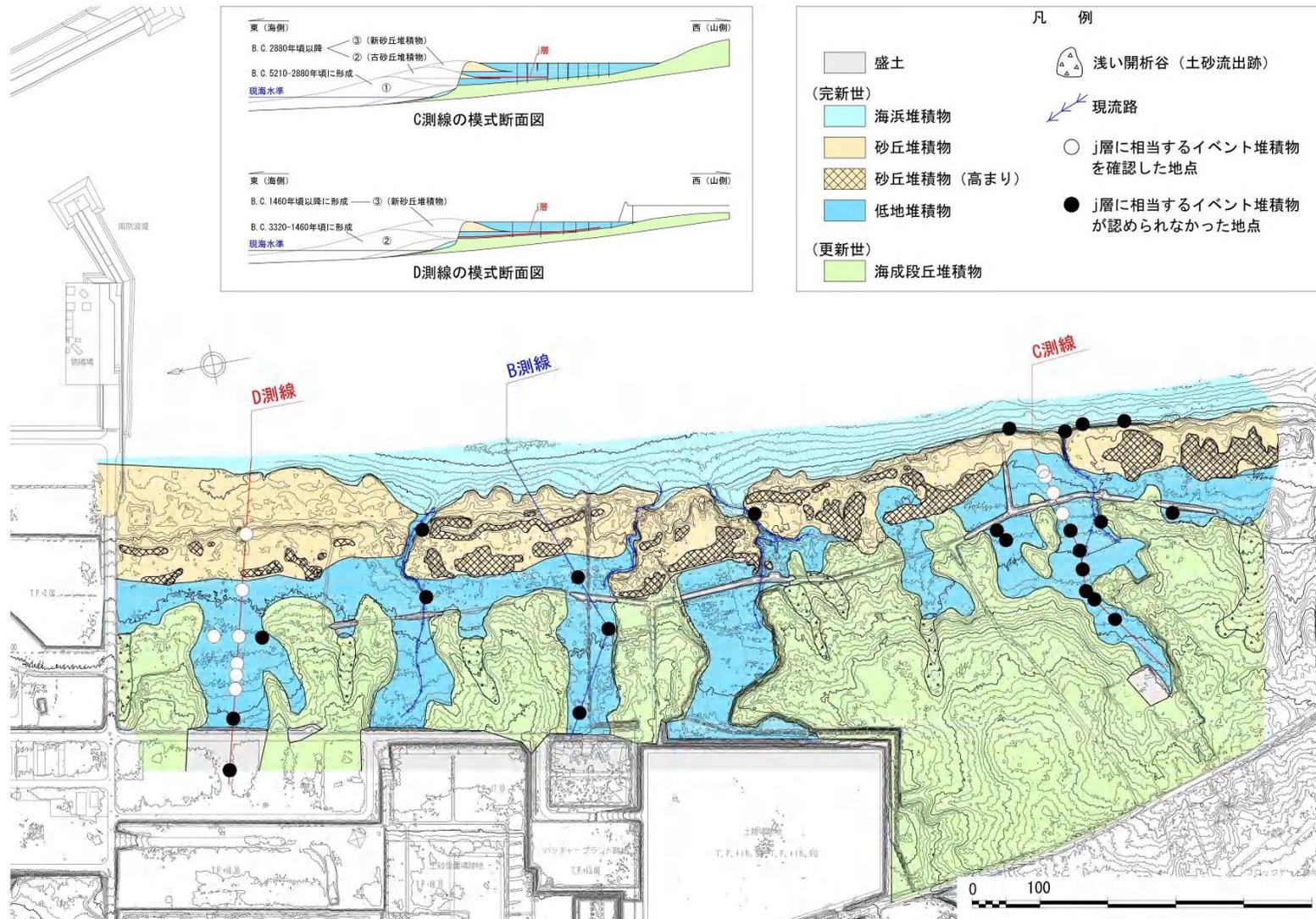
■ 珪藻化石の産出率



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(5) D測線: イベント堆積物に関する評価(敷地内における平面的な分布)

- D4孔で認められた分布最高標高のイベント堆積物と同層準のイベント堆積物(j層)は、D線上の海岸線から山側の約380mまで連続して分布するとともに、C測線にも認められる。

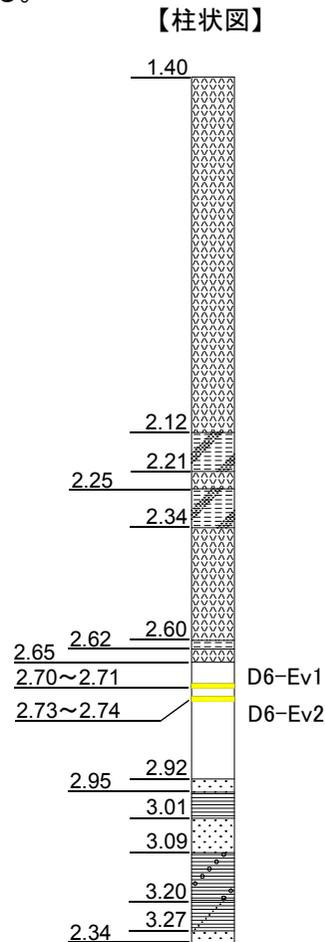


3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

3.5.4(5) D測線: イベント堆積物に関する評価(D6孔で確認されたイベント堆積物)

■層相

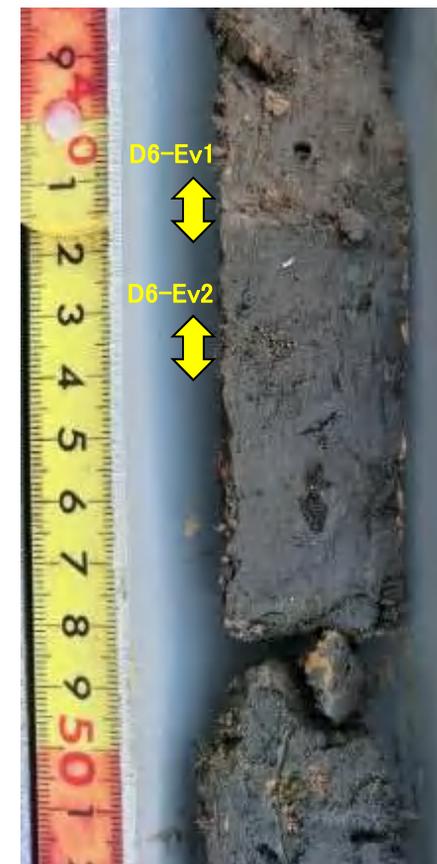
- ・ ハンドコアラーによる調査孔であり、2箇所において砂が認められた。
- ・ 上位の砂(D6-Ev1)は細粒砂からなるが、クサビ状を呈する小塊として含まれており、その層相から、流水により短期間に運搬され堆積したものではないと考えられる。また、下位の砂(D6-Ev2)はシルト及び粘性土を含み、著しく淘汰が悪い。
- ・ いずれの砂も、D測線上の他地点で認められたような層状の比較的淘汰のよい砂層ではないことから、他地点と対比可能なイベント堆積物ではないと考えられる。



柱状図凡例

表土/改変土	砂礫	礫混じり
腐植質シルト (低地堆積物)	細粒~中粒砂	砂混じり
	細粒砂	シルト混じり
	シルト	腐植混じり
	粘土	盛土

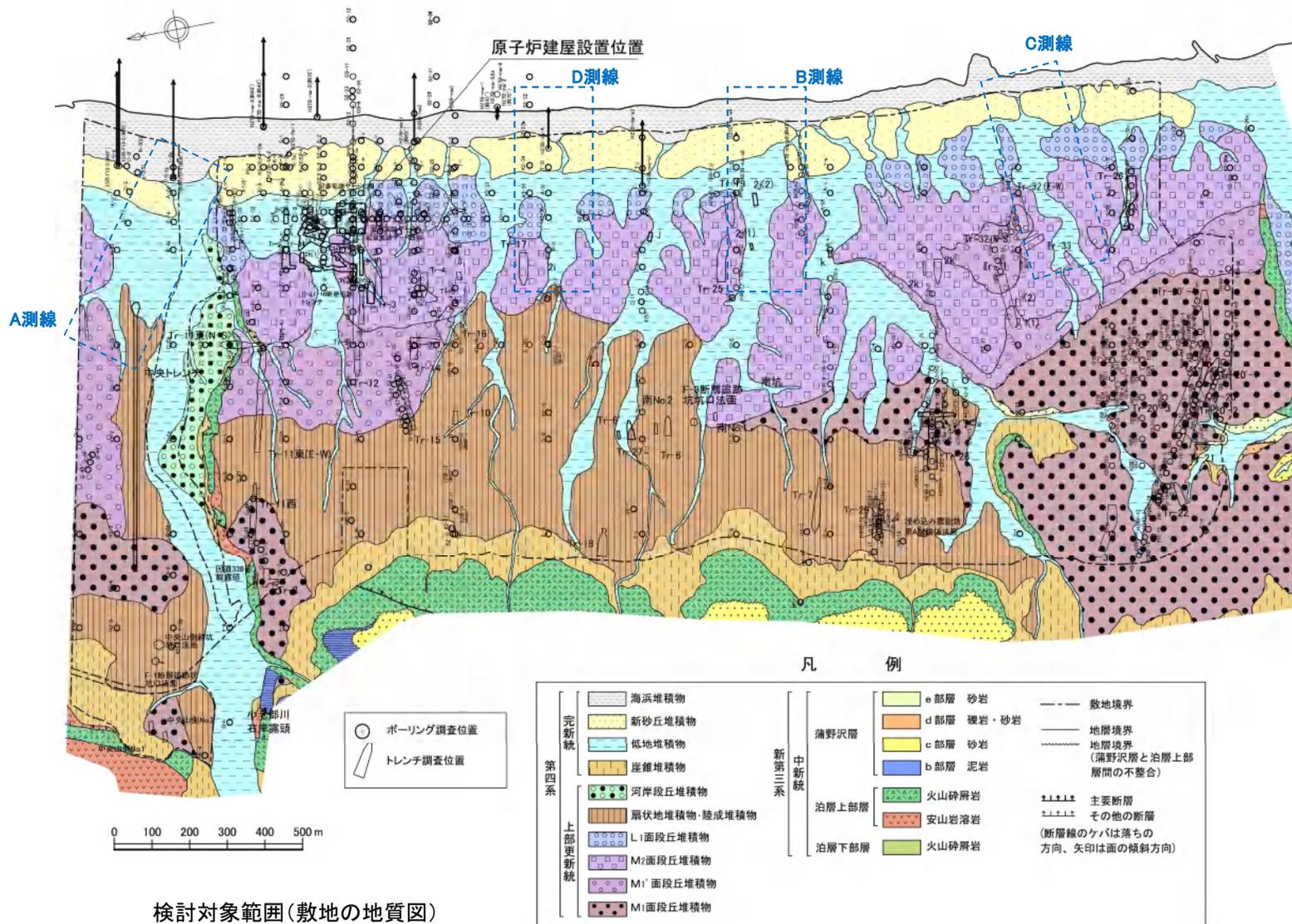
【コア写真】



以上から、D6孔で確認されたイベント堆積物の堆積要因について、津波起因の可能性は低いと評価する。

3.5.4(6) 断層調査関連で実施している地質調査結果の検討:基本方針

- 断層調査関連で実施しているボーリング調査, トレンチ調査結果について, C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)のイベント堆積物よりも高い位置に, イベント堆積物の可能性がある砂層が分布するかどうかを確認する。
- なお, 本検討は, イベント堆積物が残存する可能性がある低地堆積物(腐植土層, 粘土層等)の分布範囲を対象に実施する。



## 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内

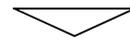
## 3.5.4(6) 断層調査関連で実施している地質調査結果の検討:評価フロー

コメントNo.49

- 評価フローを以下に示す。

## STEP1: ■検討対象とするボーリング孔, トレンチの抽出

- ✓ 低地堆積物(腐植土層, 粘土層等)の分布範囲で実施しているボーリング孔, トレンチを抽出する。



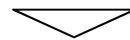
## STEP2: ■イベント堆積物の有無の確認

## 【ボーリング孔】

- ① 地質柱状図を確認し, C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも高い位置に, 低地堆積物(腐植土層, 粘土層等)が確認されているボーリング孔を抽出する。
- ② 上記①で抽出したボーリング孔の地質柱状図とコア写真を確認し, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)の有無を確認する。

## 【トレンチ】

- ① 地質観察結果(スケッチ等)から, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)の有無を確認する。
- ② 確認された場合には, C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも高い位置に連続するかどうかを確認する。



イベント堆積物が確認された場合

## STEP3: ■イベント堆積物の堆積要因の評価

## 【ボーリング孔】

- ① 堆積年代に係る分析(放射性炭素年代測定, 火山灰分析), 堆積環境に係る分析(珪藻化石分析, 粒度分析, 鉍物組成分析)を実施する。
- ② 上記①の分析結果を踏まえ, 津波起因の可能性を評価する。

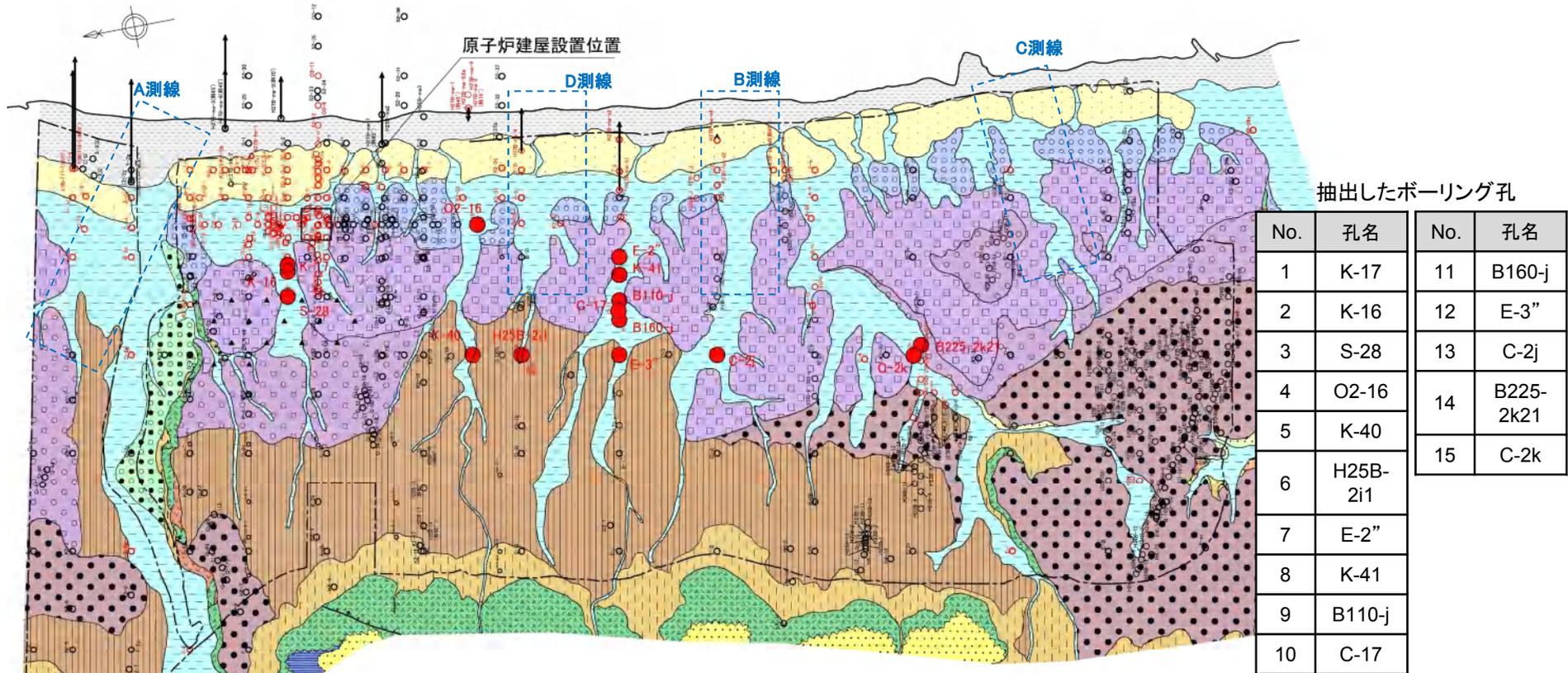
## 【トレンチ】

- ① 埋め戻しされているトレンチ
  - ✓ 安全側に津波起因の可能性のあるイベント堆積物と評価する。
- ② 現存するトレンチ
  - ✓ ボーリング調査と同様に各分析を実施し, 津波起因の可能性を評価する。

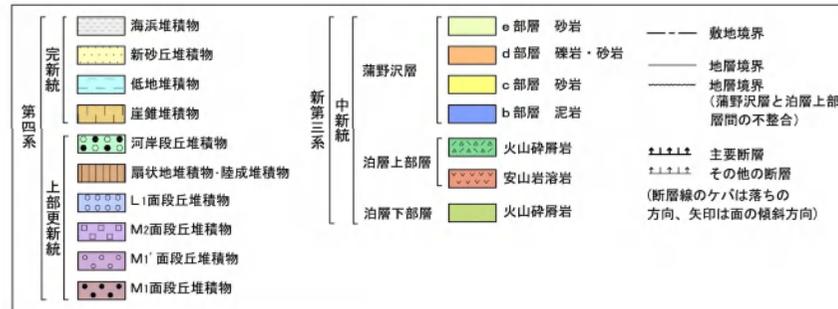
3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(STEP1・2)

コメントNo.49

- 地質柱状図を確認し、C測線で認められた分布 最高標高(約8.6m)よりも高い位置に、低地堆積物(腐植土層, 粘土層等)が確認されているボーリング孔を以下のとおり抽出した。



検討対象とするボーリング孔の抽出結果



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

### 3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

#### ■まとめ

- ・ 抽出したボーリング孔について、地質柱状図とコア写真を確認した結果、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)は認められないことを確認した。
- ・ 次頁以降に、各ボーリング孔のコア写真を示す。

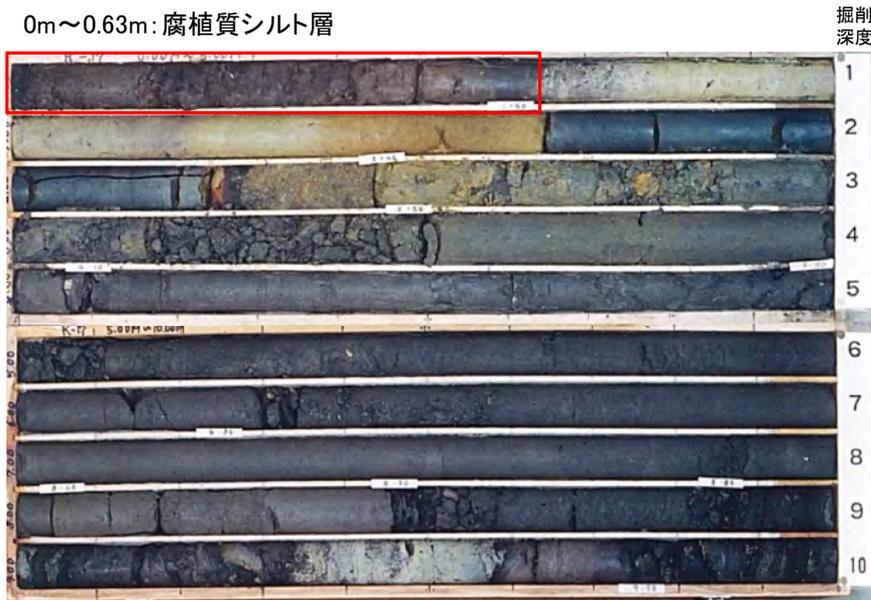
3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

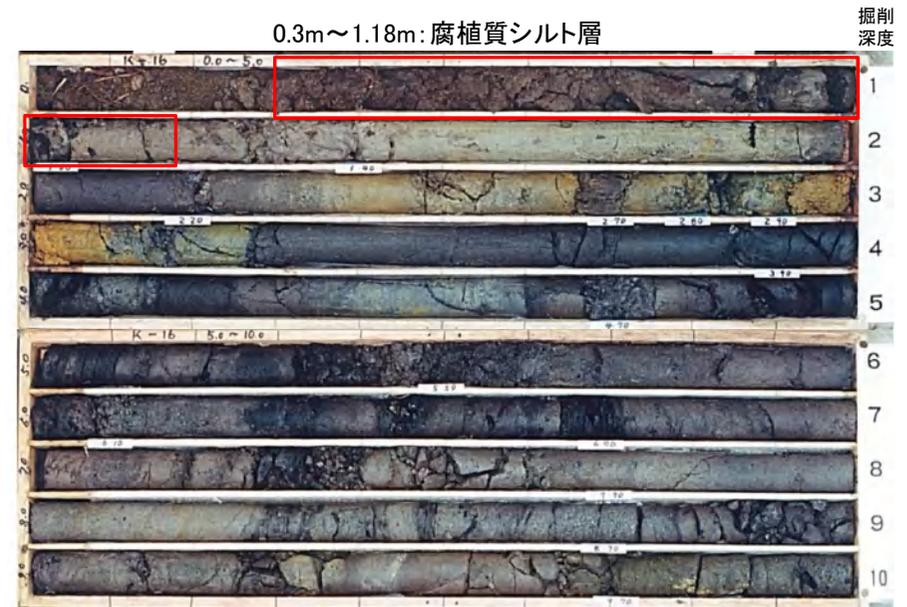
【K-17(孔口標高:T.P.+9.41m)】

- 腐植質シルト層に、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



【K-16(孔口標高:T.P.+10.05m)】

- 腐植質シルト層に、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



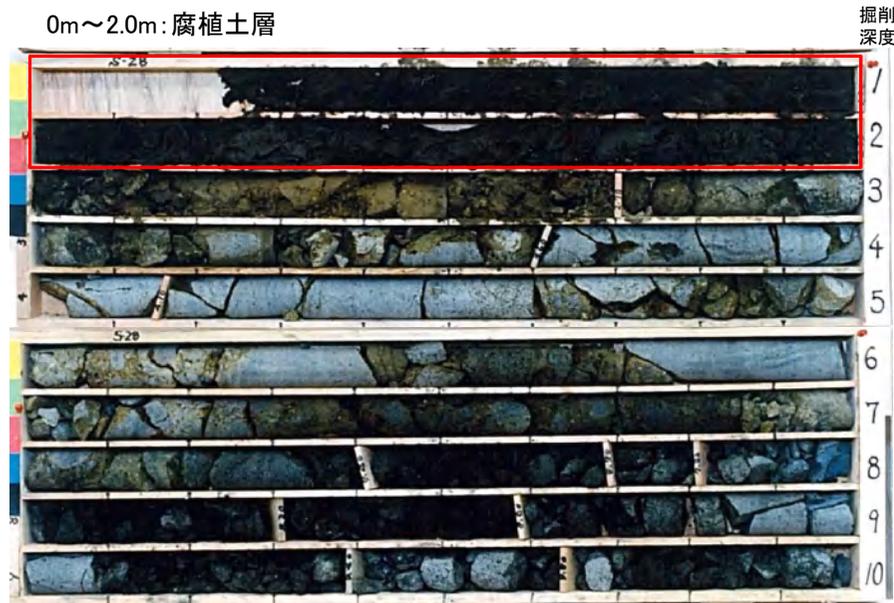
3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

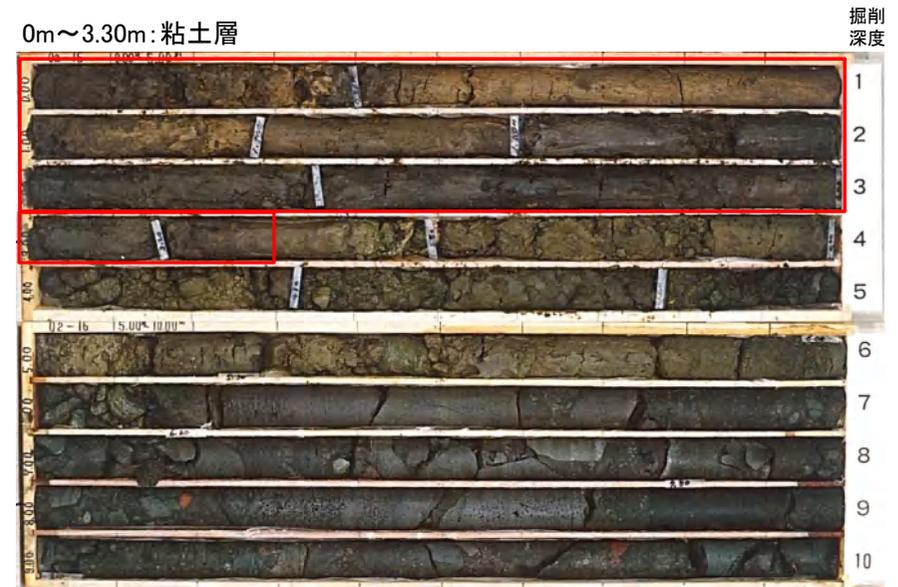
【S-28(孔口標高:T.P.+10.35m)】

- 腐植土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



【O2-16(孔口標高:T.P.+8.70m)】

- 粘土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



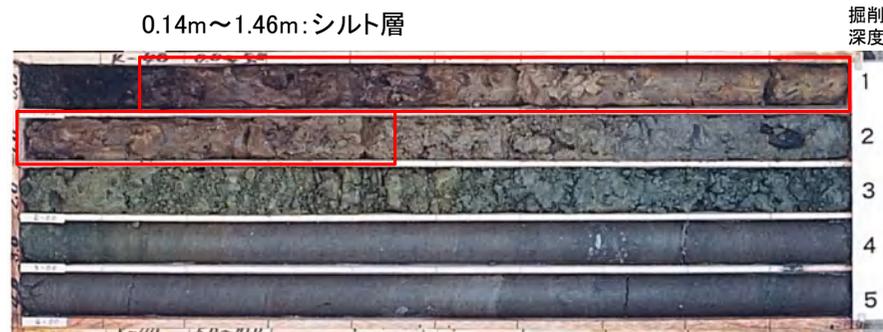
## 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

## 3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【K-40(孔口標高:T.P.+14.29m)】

- ・シルト層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



【H25B-2i1(孔口標高:T.P.+16.44m)】

- ・腐植土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【E-2”(孔口標高:T.P.+8.75m)】

- 腐植土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



【K-41(孔口標高:T.P.+9.59m)】

- 腐植質シルト層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

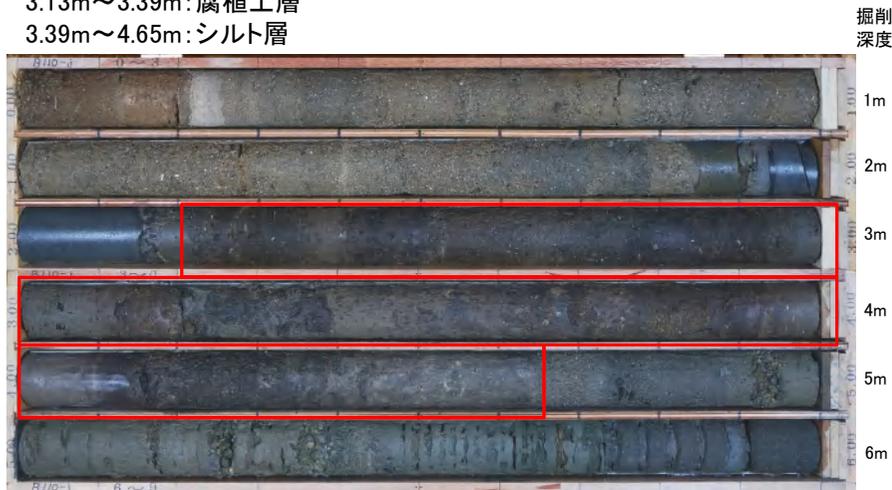
3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【B110-j(孔口標高:T.P.+12.93m)】

- ・シルト層, 腐植土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

2.20m~3.13m:シルト層  
3.13m~3.39m:腐植土層  
3.39m~4.65m:シルト層



【C-17(孔口標高:T.P.+10.42m)】

- ・腐植土層, 腐植質シルト層, 腐植質粘土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

0m~1.20m:腐植土, 腐植質シルト層  
1.20m~1.45m:腐植質シルト質砂  
1.45m~1.75m:腐植質粘土層



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【B160-j(孔口標高:T.P.+12.98m)】

- ・シルト層, 腐植土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

3.39m~3.80m:シルト層  
3.80m~4.02m:腐植土層



【E-3”(孔口標高:T.P.+13.19m)】

- ・腐植土層, 粘土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

0m~0.25m:腐植土層  
0.25m~0.50m:粘土層



3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【C-2j(孔口標高:T.P.+12.21m)】

- 腐植質粘土層, 砂混じり粘土層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

0m~0.50m: 腐植質粘土層  
0.50m~0.70m: 砂混じり粘土層



【B225-2k21(孔口標高:T.P.+12.57m)】

- シルト層, シルト混じり細粒砂層に, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

0m~1.30m: シルト層  
1.30m~1.58m: シルト混じり細粒砂層



## 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

## 3.5.4(6)a. ボーリング調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

【C-2k(孔口標高:T.P.+12.26m)】

- ・ 砂質シルト層に、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物は認められない。

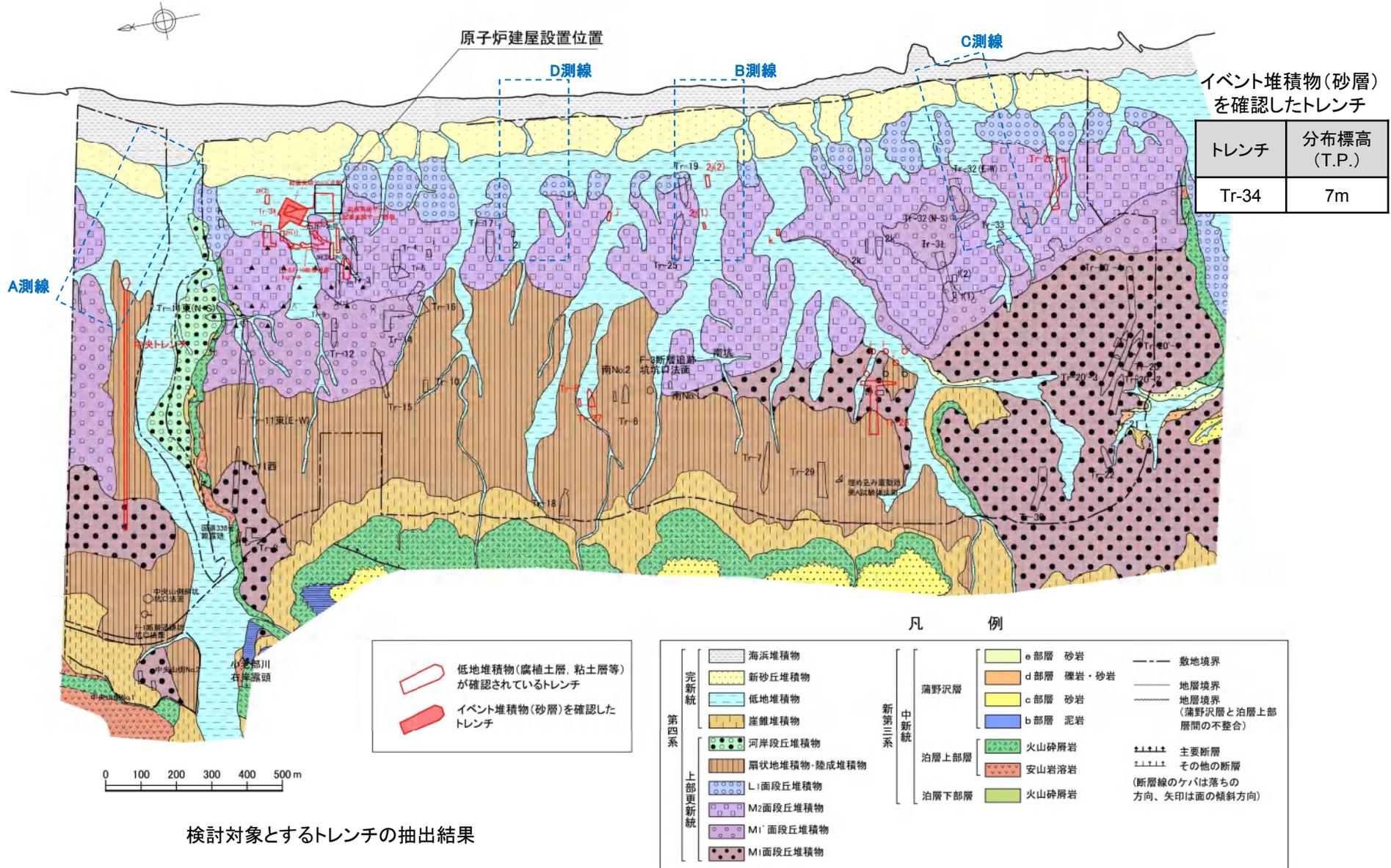
0.15m~1.00m: 砂質シルト層



3.5.4(6)b. トレンチ調査: イベント堆積物の有無の確認(STEP1・2)

コメントNo.49

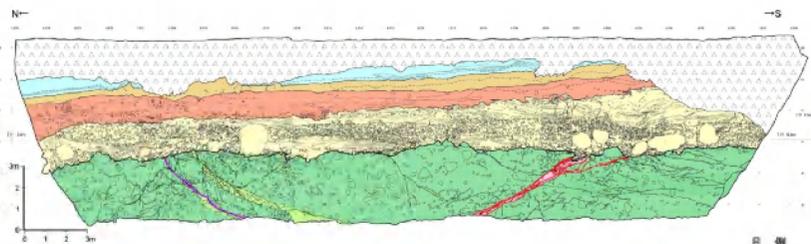
- 低地堆積物(腐植土層, 粘土層等)が確認されているトレンチを抽出し, トレンチの地質観察結果(スケッチ等)を確認した結果, Tr-34トレンチにおいて, 明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)を確認した。



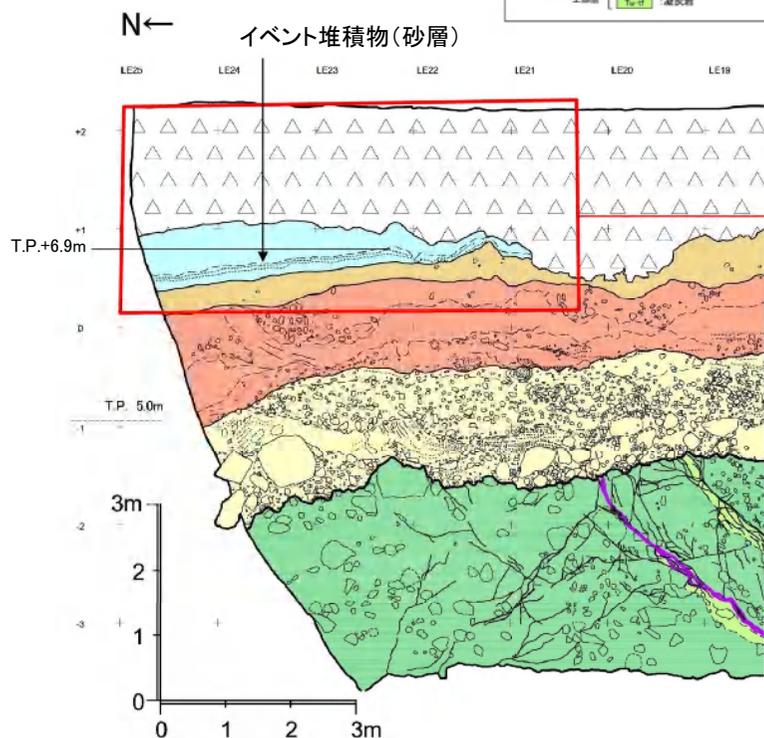
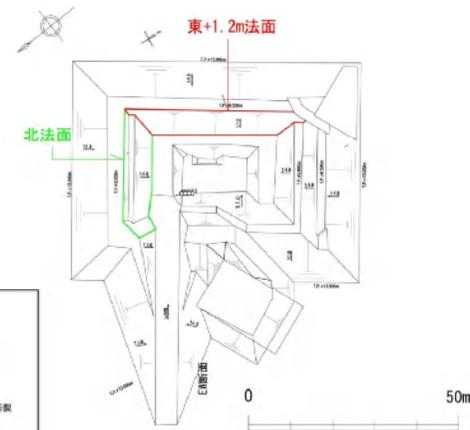
3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討  
 3.5.4(6)b. トレンチ調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

■Tr-34トレンチ: 東面

- 腐植質シルト層に、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)を確認した。
- イベント堆積物(砂層)の分布最高標高T.P.+6.9m, 砂層厚: 2~5cm



Tr-34トレンチ東面スケッチ



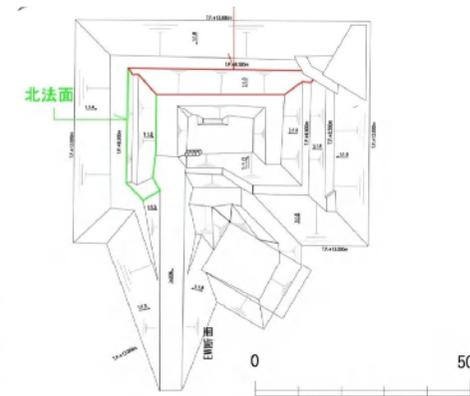
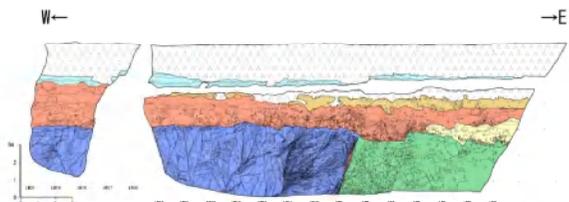
イベント堆積物(砂層)

3.5.4(6)b. トレンチ調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

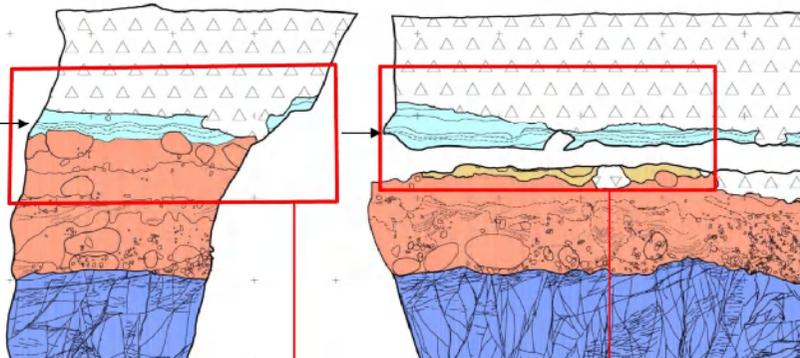
■ Tr-34トレンチ: 北面

- 腐植質シルト層に、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)を確認した。
- イベント堆積物(砂層)の分布最高標高T.P.+7m, 砂層厚: 4~6cm



Tr-34トレンチ北面スケッチ

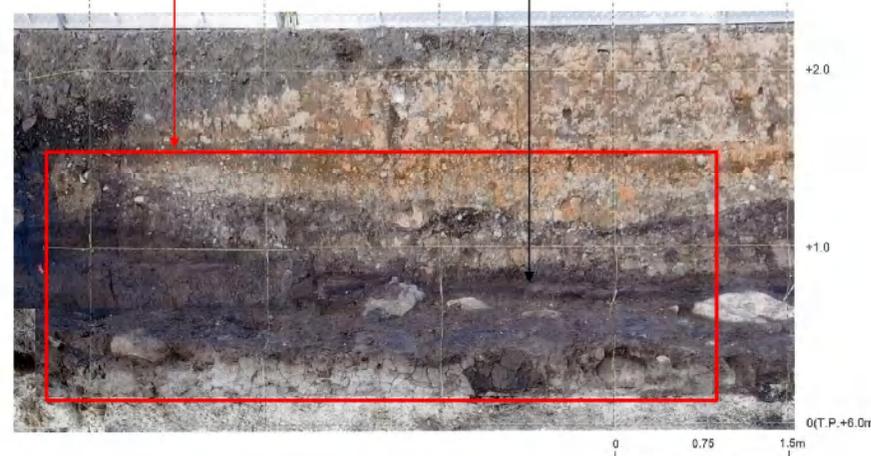
イベント堆積物(砂層)



イベント堆積物(砂層)



イベント堆積物(砂層)



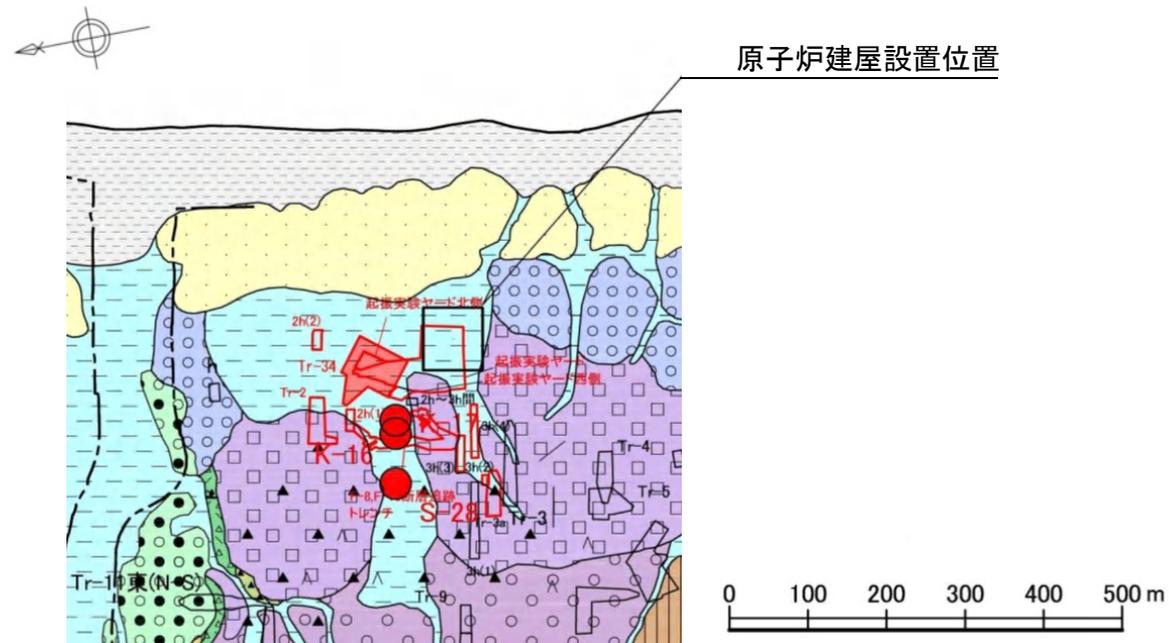
### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果 3.5.4 東北電力敷地内 3.5.4(6)断層調査関連で実施している地質調査結果の検討

#### 3.5.4(6)b. トレンチ調査: イベント堆積物の有無の確認(確認結果)(STEP2)

コメントNo.49

##### ■まとめ

- Tr-34トレンチで確認された腐植質シルト層に挟在するイベント堆積物(砂層)(分布最高標高T.P.+7m)は、同トレンチ山側のボーリング(K-17, K-16, S-28)において確認された同層準と考えられる腐植土層に認められず、連続しないことを確認した(p.62, p.63を参照)。
- 以上から、上記イベント堆積物(砂層)の分布標高はC測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも低いことを確認した。



Tr-34トレンチとボーリング位置の関係

## 3.5.4(6)c. まとめ

- 断層調査関連で実施しているボーリング調査、トレンチ調査結果について、C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)のイベント堆積物よりも高い位置に、イベント堆積物の可能性がある砂層が分布するかどうかを確認した。
- 確認の結果、イベント堆積物(砂層)はTr-34トレンチで認められるものの、その分布標高はC測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも低いことを確認した。

## ■ 検討結果

## STEP1:

## ■ 検討対象とするボーリング孔、トレンチの抽出

- ✓ 低地堆積物(腐植土層、粘土層等)の分布範囲で実施しているボーリング孔、トレンチを抽出した。

## STEP2:

## ■ イベント堆積物の有無の確認

## 【ボーリング孔】

- ① 地質柱状図を確認し、C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも高い位置に、低地堆積物(腐植土層、粘土層等)が確認されているボーリング孔を抽出した。
- ② 上記①で抽出したボーリング孔の地質柱状図とコア写真を確認し、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)の有無を確認した。

⇒ イベント堆積物(砂層)は認められないことを確認した。

## 【トレンチ】

- ① 地質観察結果(スケッチ等)から、明瞭な層形状を呈するイベント堆積物(砂層)の有無を確認した。
- ② 確認された場合には、C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも高い位置に連続するかどうかを確認した。

⇒ Tr-34トレンチで、イベント堆積物(砂層)が認められたものの、その分布標高は、C測線で認められた分布最高標高(約8.6m)よりも低いことを確認した。

イベント堆積物が確認された場合

## STEP3:

## ■ イベント堆積物の堆積要因の評価

## 【ボーリング孔】

- ① 堆積年代に係る分析(放射性炭素年代測定、火山灰分析)、堆積環境に係る分析(珪藻化石分析、粒度分析、鉱物組成分析)を実施する。
- ② 上記①の分析結果を踏まえ、津波起因の可能性を評価する。

## 【トレンチ】

- ① 埋め戻しされているトレンチ
  - ✓ 安全側に津波起因の可能性のあるイベント堆積物と評価する。
- ② 現存するトレンチ
  - ✓ ボーリング調査と同様に各分析を実施し、津波起因の可能性を評価する。

### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.5 尾駮老部川:地点選定理由及び調査内容

##### ■地点選定理由

- ・ 砂丘の背後に完新世段丘面が存在しており、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)
- ・ 室内試験:放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析



尾駮老部川地点の調査位置図





### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.6 尾駸発茶沢:地点選定理由及び調査内容

##### ■地点選定理由

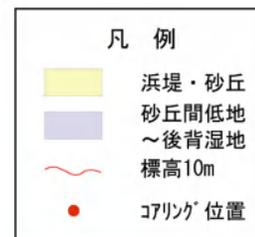
- ・ 浜堤・砂丘の背後に砂丘間低地・後背湿地が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)
- ・ 室内試験:火山灰分析, 放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析



尾駸発茶沢地点の調査位置図

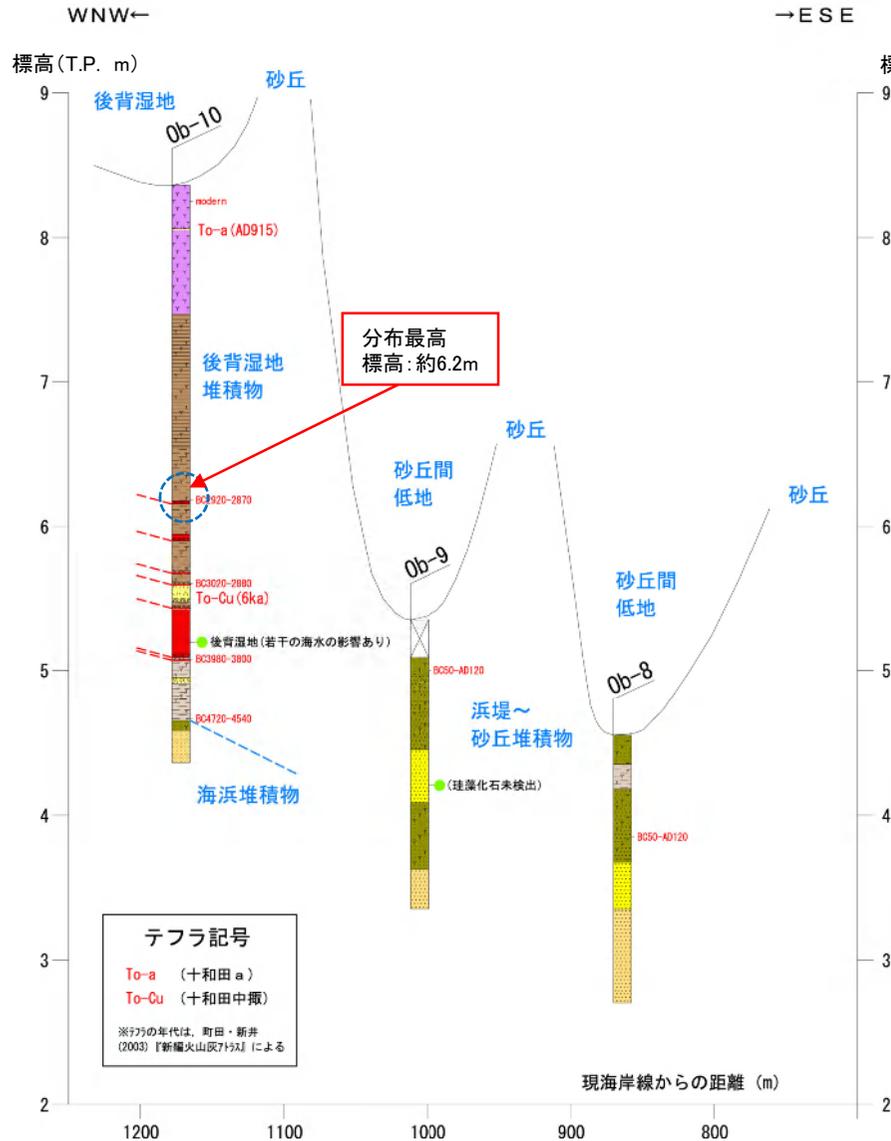


3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

3.5.6 尾駸発茶沢: イベント堆積物に関する評価

【評価】津波起因の可能性が高く、その分布最高標高を約6.2m(Ob-10孔)と評価する。

- 層相は下面境界が明瞭であり、砕屑物が流水により短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。



Ob-10のコア写真





### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

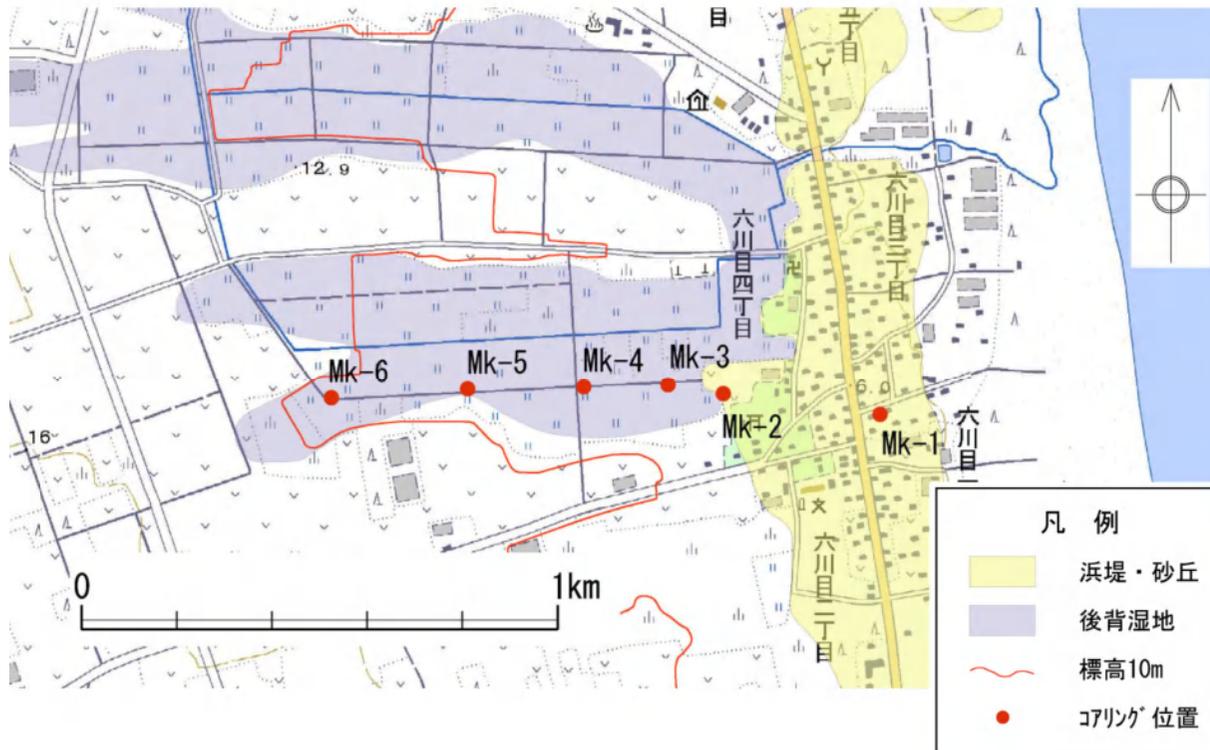
#### 3.5.8 六川目:地点選定理由及び調査内容

##### ■地点選定理由

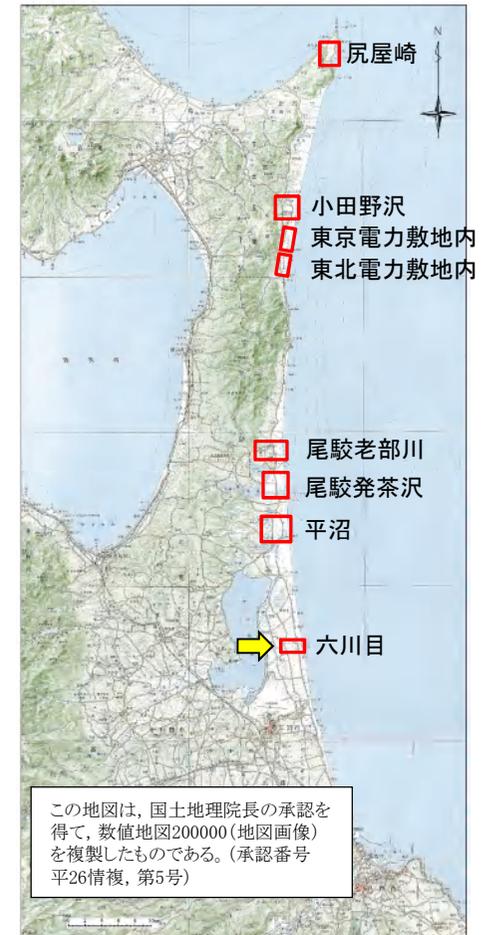
- ・ 浜堤・砂丘の背後に後背湿地が存在しており、泥炭層や腐植質泥炭層が分布することが期待され、津波堆積物が残存する可能性がある。

##### ■調査内容

- ・ 地質調査:ボーリング調査(パーカッション式, 孔径86mm)
- ・ 室内試験:火山灰分析, 放射性炭素年代測定, 珪藻化石分析



六川目地点の調査位置図

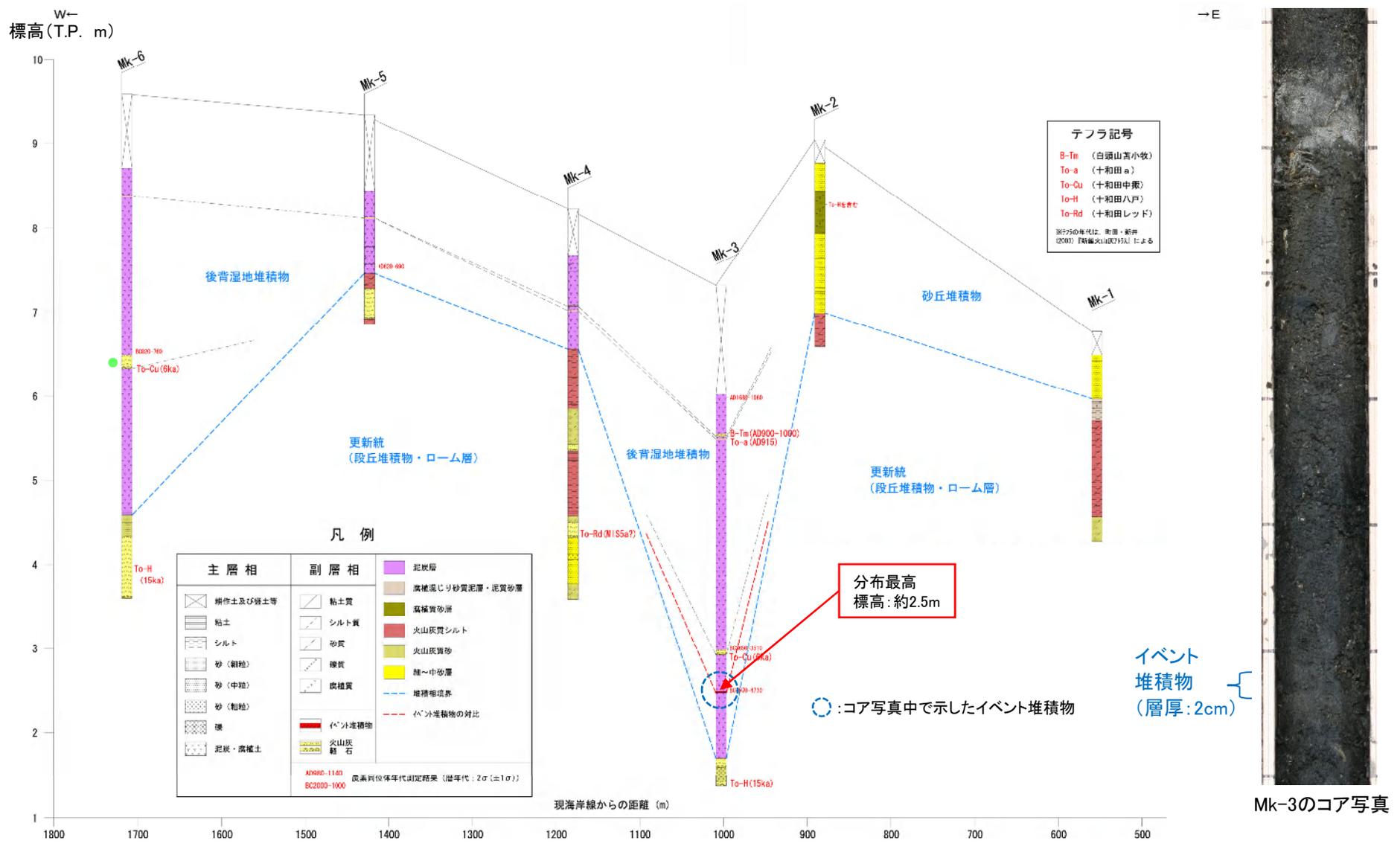


### 3. 津波堆積物調査 3.5 各地点の調査結果

#### 3.5.8 六川目: イベント堆積物の評価

【評価】津波起因の可能性が高く、その分布最高標高を約2.5m(Mk-3孔)と評価する。

- 層相は下面境界がやや明瞭であり、碎屑物が流水により比較的短期間に、あるいは下位層を侵食しながら運搬され堆積したものと考えられる。



Mk-3のコア写真

### 3.6 文献調査の実施プロセス

- 津波堆積物調査に関する文献については、下に示す流れに沿って抽出を行っている。

**文献の抽出目的**

- 個別地点の津波堆積物調査結果に関する知見の収集
- 津波堆積物の調査手法・認定手順に関する知見の収集
- 津波堆積物調査結果に基づいた地震規模、地震発生履歴等に関する知見の収集

**1. 文献の主な収集対象**

- ① 国の機関等の報告  
(中央防災会議, 産業技術総合研究所, 文部科学省, 原子力規制庁等)
- ② 学協会等の大会報告・論文  
(日本第四紀学会, 日本地質学会, 日本堆積学会, 日本地震学会, 日本地球惑星科学連合等)
- ③ 雑誌(上記機関・学協会関連誌を除く)  
(地震研究所彙報, 月刊地球, 津波工学研究報告等)
- ④ 海外情報  
(AGU, SSA, USGS, IUGG, The Geological Society等)
- ⑤ その他  
(電力中央研究所等)

**2. 東北電力独自の取組み**

- 既往文献で引用されている文献
- 地元マスメディアの情報(地元新聞等)
- 学識者・専門家からの聞き取りによる情報
- 地元行政機関からの情報(教育委員会等)等

東通の津波評価に参考となるもの

キーワード  
下北半島  
津波堆積物  
イベント堆積物  
痕跡高 等

東通の津波評価  
に参考となるもの

東通の  
津波評価に  
参考となる  
もの

平成21年度以降の文献  
(年度毎に知見の収集を実施)

原子力発電所の耐震安全性に係る  
新たな科学的・技術的知見のうち  
津波堆積物に関する文献の収集結果

- 【本8】Minoura et al.(2013)
- 【本43】宍倉ほか(2012)
- 【本89】谷川ほか(2013)
- 【本90】津波堆積物データベース
- 【本91】鎌田ほか(2015)
- 【補13】後藤・箕浦(2012)
- 【補14】中村ほか(2011)
- 【補15】山田・藤野(2013)
- 【本94】後藤ほか(2017)
- 【本28】文部科学省(2012)
- 【本37】菅原ほか(2011)
- 【本38】菅原ほか(2013)
- 【本41】行谷ほか(2010)
- 【本44】文部科学省研究開発局ほか(2010)
- 【本84】菅原(2014)
- 【本87】岡村・行谷(2011)

東北電力独自の取組みのうち津波堆積物に関する文献の収集結果

- 【補12】Abe et al.(2012)
- 【本86】TANIGAWA et al.(2014)
- 【本92】谷川ほか(2014)
- 【本11】宍倉(2013)
- 【本12】Rajendran(2013)
- 【本29】佐竹(2013)
- 【本31】Witter et al.(2012)

【平成20年度以前の文献】 津波堆積物に関する文献の収集結果

- 【本39】澤井ほか(2007)
- 【本40】澤井ほか(2008)
- 【本42】宍倉ほか(2007)
- 【本27】内閣府(2006)
- 【本93】藤原ほか(2003)

凡例

- 【本27】内閣府(2006)
- 参考文献の番号
- 本:本資料, 補:補足説明資料



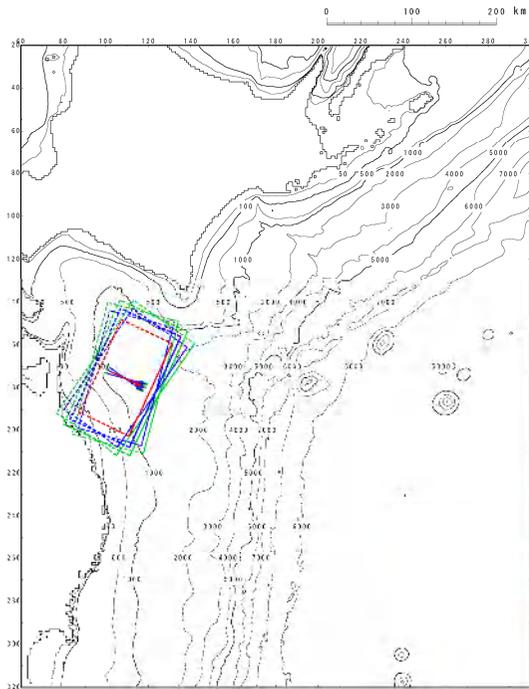
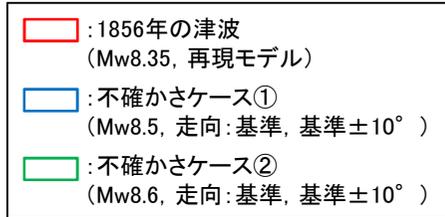
## 4. 想定津波群の作成

---

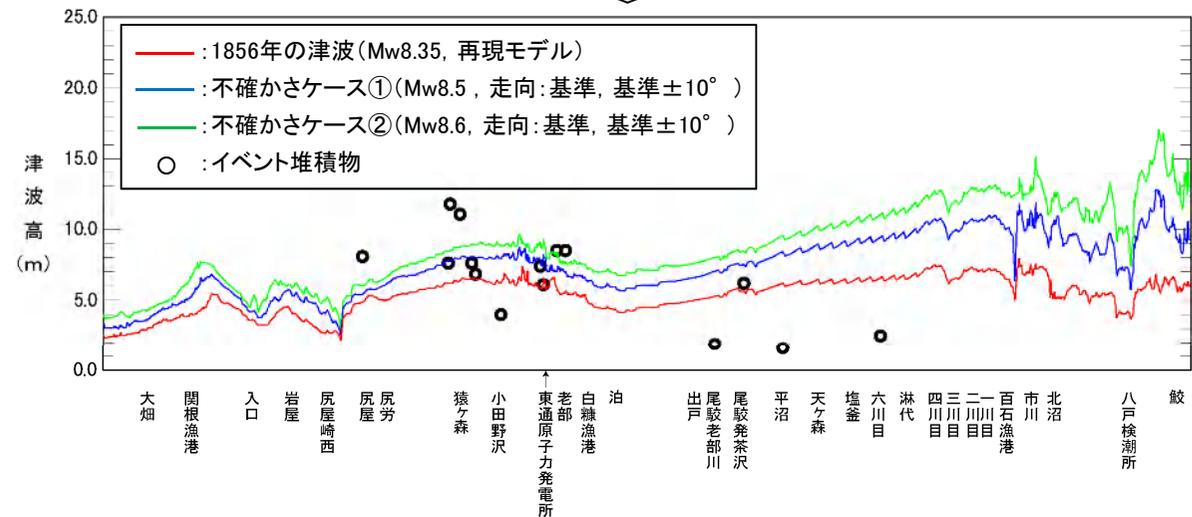
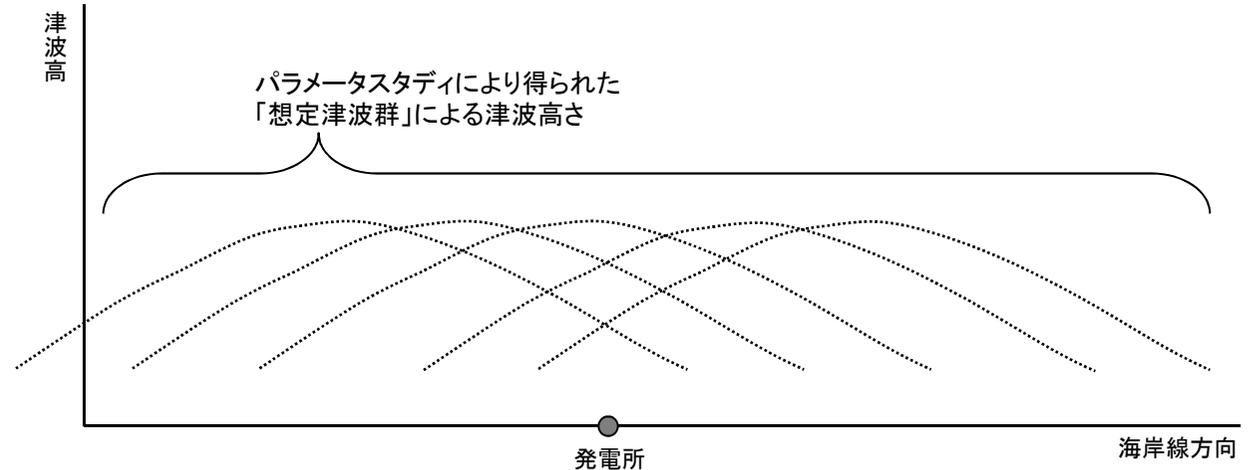
## 4. 想定津波群の作成

- 不確かさケース①, 不確かさケース②については, 土木学会(2002)を参考に, 走向の不確かさを考慮した想定津波群(=パラメータスタディを行った津波の集合体)を作成し, イベント堆積物と比較した。

### ■検討モデル



### ■想定津波群の作成



想定津波群とイベント堆積物の比較(本資料p123再掲)

## 5. 津波解析条件

---

5. 1 計算条件	87
5. 2 既往津波の再現解析	89
5. 3 津波水位の評価位置	92
5. 4 基準津波の策定位置	95

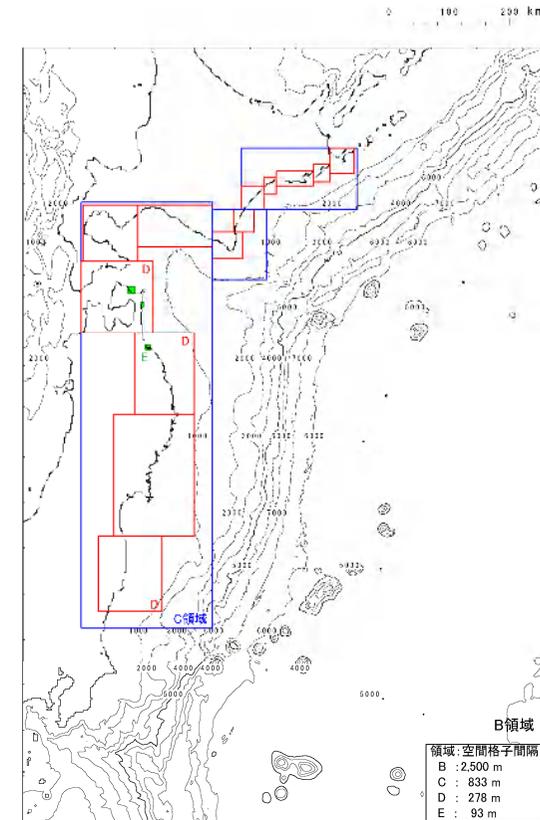
## 5. 津波解析条件

### 5.1 計算条件: 計算条件

- 津波予測計算は、次の計算条件等に基づき実施した。
- なお、数値シミュレーションの手法の妥当性は、既往津波の再現性の評価を実施して確認した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 $\Delta s$	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
時間格子間隔 $\Delta t$	0.1秒						
基礎方程式	線形 長波式	非線形長波式(浅水理論) <sup>※1</sup>					
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続					
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか(1998)の遡上境界条件				
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える						
海底摩擦	考慮 しない	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (土木学会(2002)より)					
水平渦動粘性 係数	考慮しない						
潮位条件	T.P.±0.0m						
計算時間 <sup>※1</sup>	地震発生後4時間						



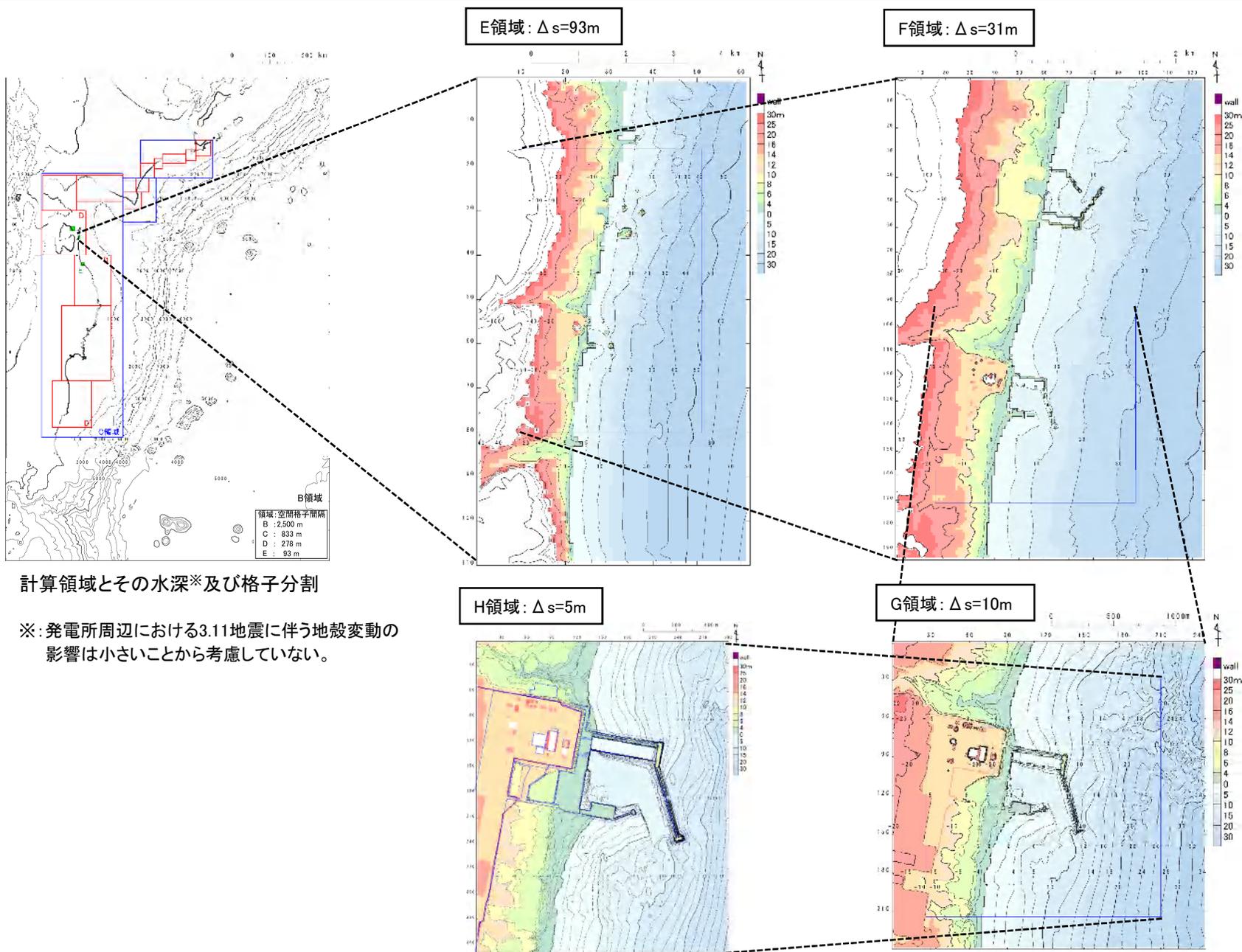
計算領域<sup>※2</sup>とその水深及び格子分割

※1: 土木学会(2002)では、水深200m以浅の海域を目安に非線形長波式を適用するとしている。これを十分に満足するようC領域以下(水深1500m以浅)で、非線形長波式(浅水理論)を適用した。

※2: 計算領域範囲は、日本海溝沿い・千島海溝沿い(南部)の津波発生領域が含まれる範囲及び北海道・東日本沿岸からの反射波が発電所に与える影響を考慮して設定した。

## 5. 津波解析条件

### 5.1 計算条件: 計算領域とその水深



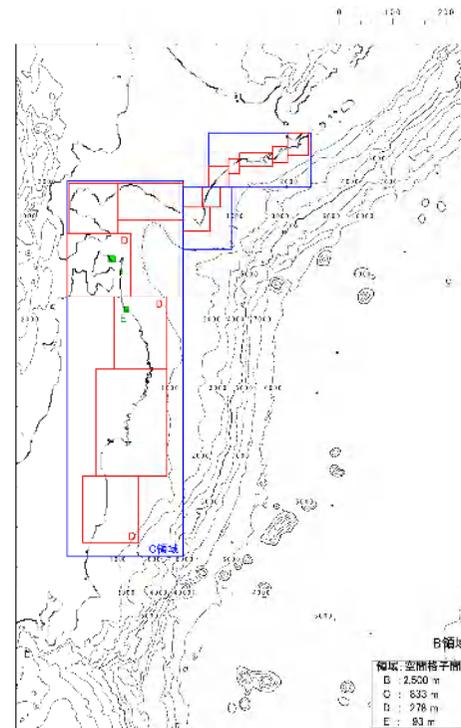
## 5. 津波解析条件

### 5.2 既往津波の再現解析: 計算条件

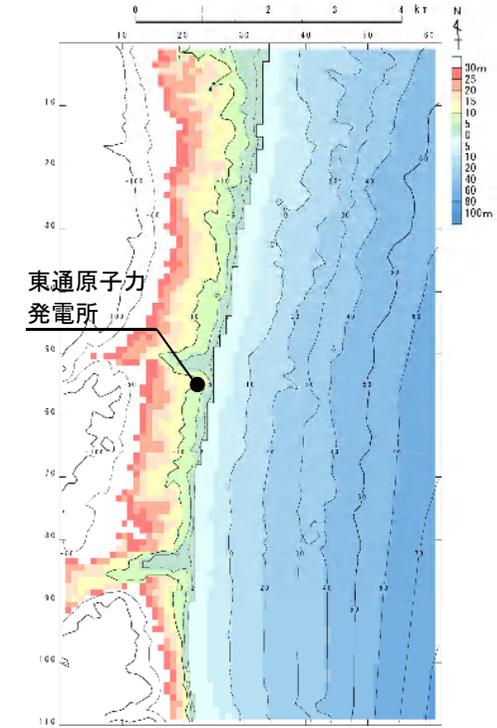
- ・ 数値シミュレーションの手法の妥当性を確認するために、既往津波の再現解析を実施した。
- ・ 再現解析は、次の計算条件等に基づき実施した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域
空間格子間隔 $\Delta s$	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)
時間格子間隔 $\Delta t$	1秒			
基礎方程式	線形長波式	非線形長波式(浅水理論)		
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続		
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか (1998)の遡上境界条件	
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える			
海底摩擦	考慮しない	マンシングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (土木学会(2002)より)		
水平渦動粘性係数	考慮しない			
潮位条件	T.P. $\pm 0.0\text{m}$			
計算再現時間	地震発生後4時間			



計算領域とその水深及び格子分割



敷地周辺の計算領域とその水深及び格子分割

## 5. 津波解析条件

### 5.2 既往津波の再現解析: 評価方法

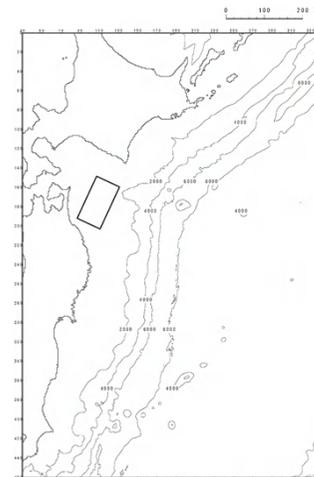
- 再現性の評価は、各地点における既往津波高と数値シミュレーションによる津波高を比較することにより行った。
- 再現性の指標は、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びばらつきを表す指標 $k$ を用いた。
- 評価に用いた既往津波は、地震種別毎に評価することを基本として選定した。

評価に用いた既往津波

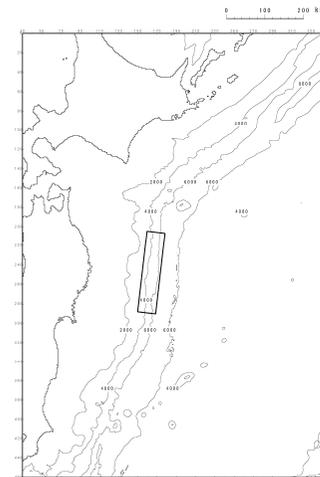
地震種別		既往津波
プレート間地震	津波地震	1896年明治三陸地震津波
	プレート間地震	1856年の津波
		1968年十勝沖地震に伴う津波
海洋プレート内地震		1933年昭和三陸地震津波

主な断層パラメータ

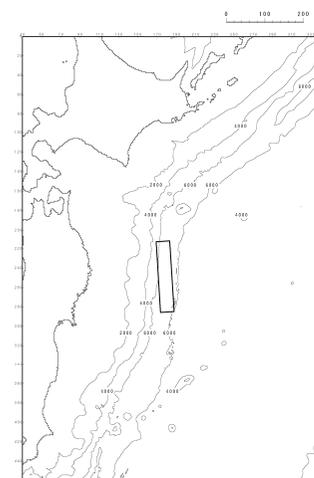
断層パラメータ		1856年	1896年	1933年	1968年
モーメントマグニチュード*	Mw	8.35	8.28	8.35	8.41
長さ	L(km)	120	210	185	150
幅	W(km)	70	50	50	100
走向	$\theta$ (°)	205	190	180	195
断層上縁深さ	d(km)	26	1	1	6
傾斜角	$\delta$ (°)	20	20	45	20
すべり角	$\lambda$ (°)	90	75	270	76
すべり量	D(m)	10.0	9.0	6.6	6.9



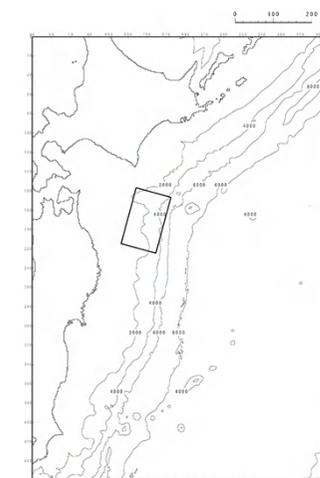
1856年の津波



1896年明治三陸地震津波



1933年昭和三陸地震津波



1968年十勝沖地震に伴う津波

## 5. 津波解析条件

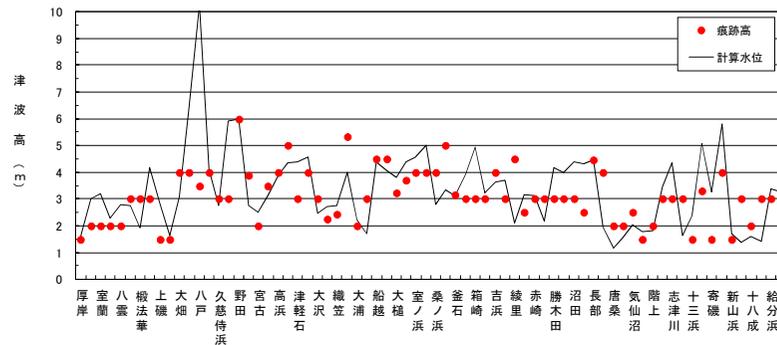
### 5.2 既往津波の再現解析: 評価結果

- 土木学会(2002)の目安を満足しており, 数値シミュレーションの手法が妥当であることを確認した。

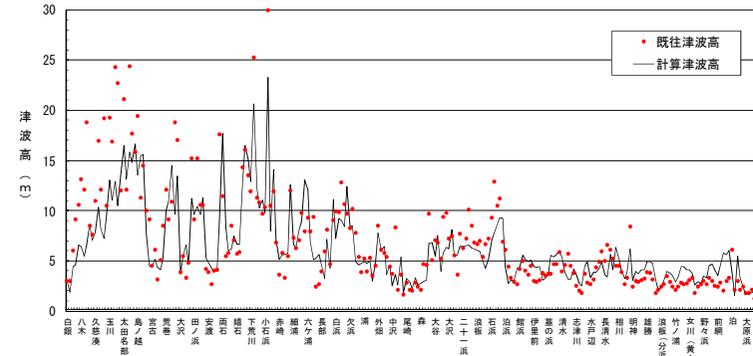
再現性の評価結果※

既往津波	K	$\kappa$	n	既往津波高
1856年の津波	0.95	1.448	72	羽鳥(2000)
1896年明治三陸地震津波	1.00	1.44	246	伊木(1897), 松尾(1933)
1933年昭和三陸地震津波	1.00	1.43	553	松尾(1933), 地震研究所(1934)
1968年十勝沖地震に伴う津波	0.97	1.39	297	岸(1969)

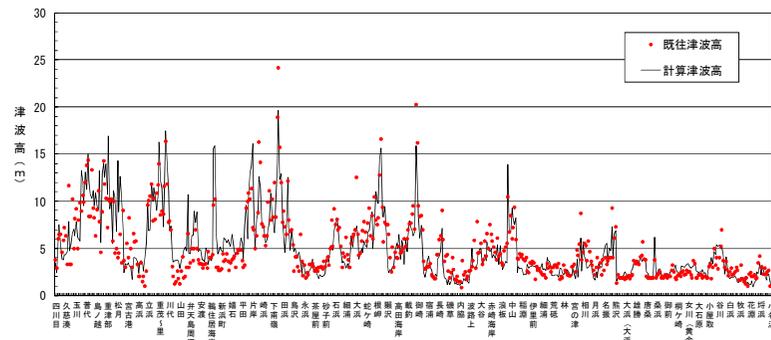
※土木学会(2002)による再現性の目安 :  $0.95 < K < 1.05$ ,  $\kappa < 1.45$



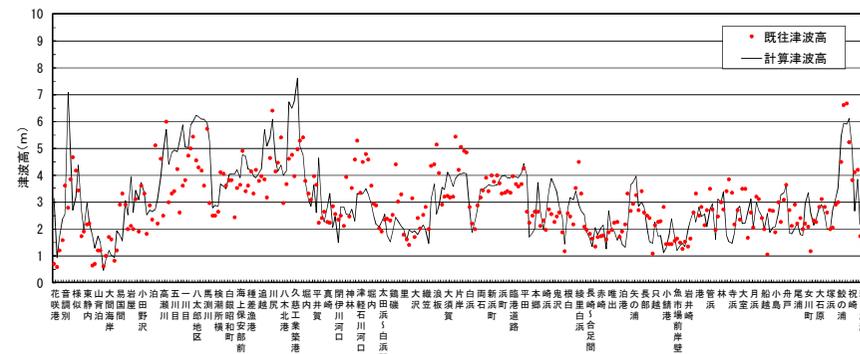
1856年の津波



1896年明治三陸地震津波



1933年昭和三陸地震津波



1968年十勝沖地震に伴う津波

5. 津波解析条件 5.3 津波水位の評価位置

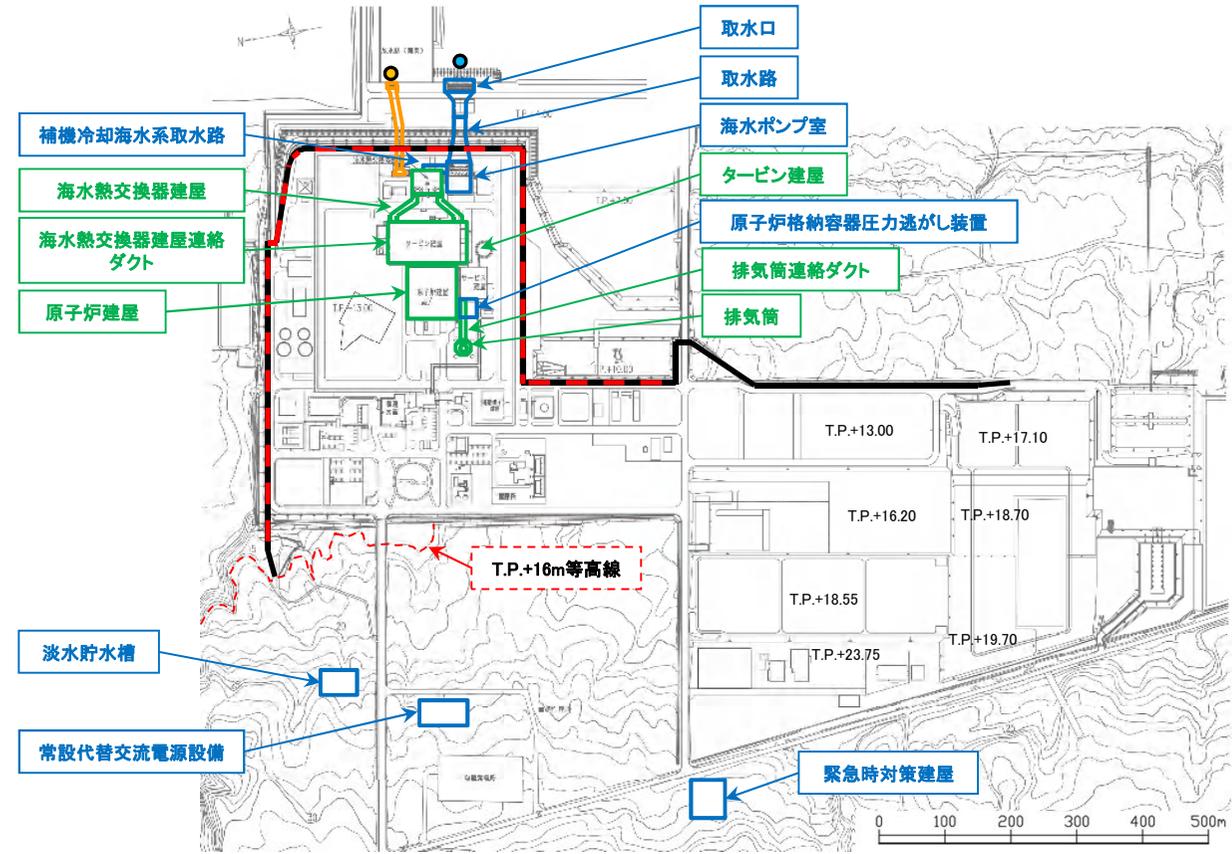
5.3.1 水位上昇側の評価位置と耐震重要施設等との位置関係

■敷地前面

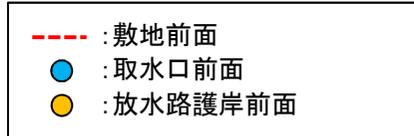
- 耐震重要施設等が設置された敷地(T.P.+13m)へ津波が遡上するかを評価するため、敷地前面(下図:赤点線)を津波水位の評価位置とする。

■取水口前面, 放水路護岸前面

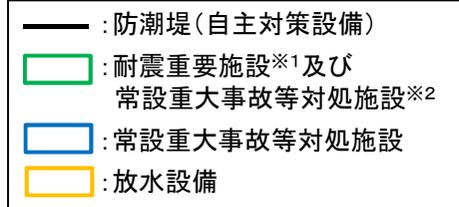
- 耐震重要施設等が設置された敷地(T.P.+13m)へ取水路, 放水路から津波が流入するかを評価するため、取水口前面(下図:水色丸), 放水路護岸前面(下図:黄色丸)を津波水位の評価位置とする。



【津波水位の評価位置】

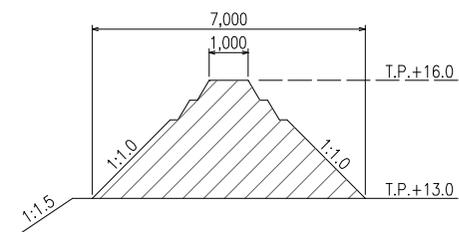


【施設位置】



※1 設置許可基準規則第3条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)

※2 設置許可基準規則第38条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)

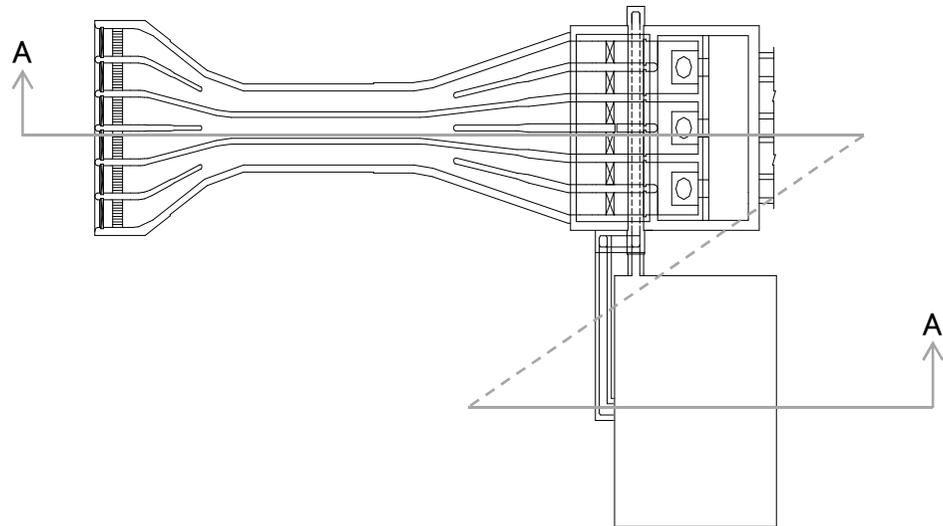


防潮堤(セメント改良土)標準断面図

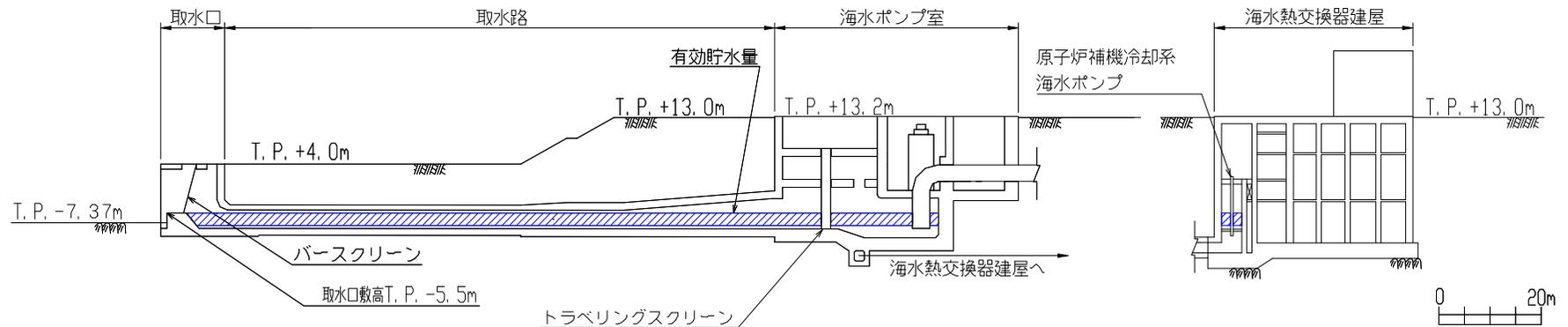
5. 津波解析条件 5.3 津波水位の評価位置

5.3.2 水位下降側の評価位置

- 津波による取水路内の水位変動に伴う原子炉補機冷却系海水ポンプの取水性を評価するため、取水口前面を津波水位の評価位置とする。



取水設備平面図(概要)



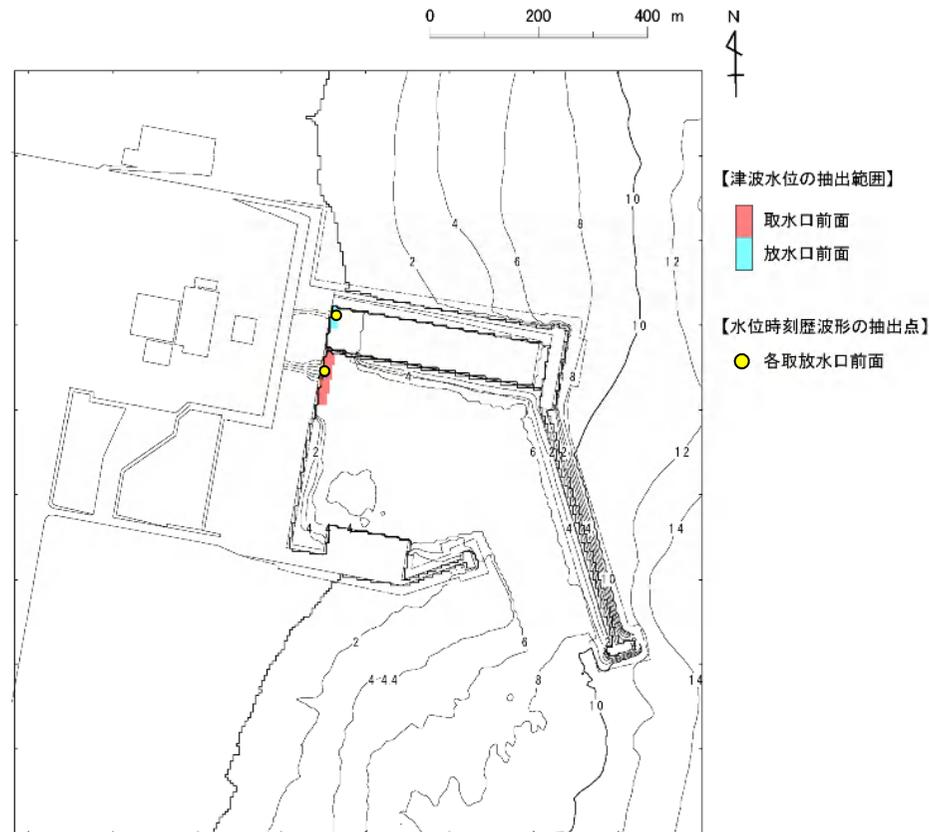
 : 津波水位が取水口敷高を下回る場合に、原子炉補機冷却系海水ポンプに必要な海水が設備内に確保される範囲(約3,400m<sup>3</sup>)

取水設備断面図(概要)(A-A'断面)

## 5. 津波解析条件 5.3 津波水位の評価位置

### 5.3.3 津波水位の抽出位置

- 津波解析は、設定する波源により発電所港湾内における流れ場が異なることから、津波水位(最大水位上昇量・最大水位下降量)の抽出位置を下図のとおり設定した。
- 水位時刻歴波形の抽出位置は、上記の代表点として各取放水口前面の中央位置とした。

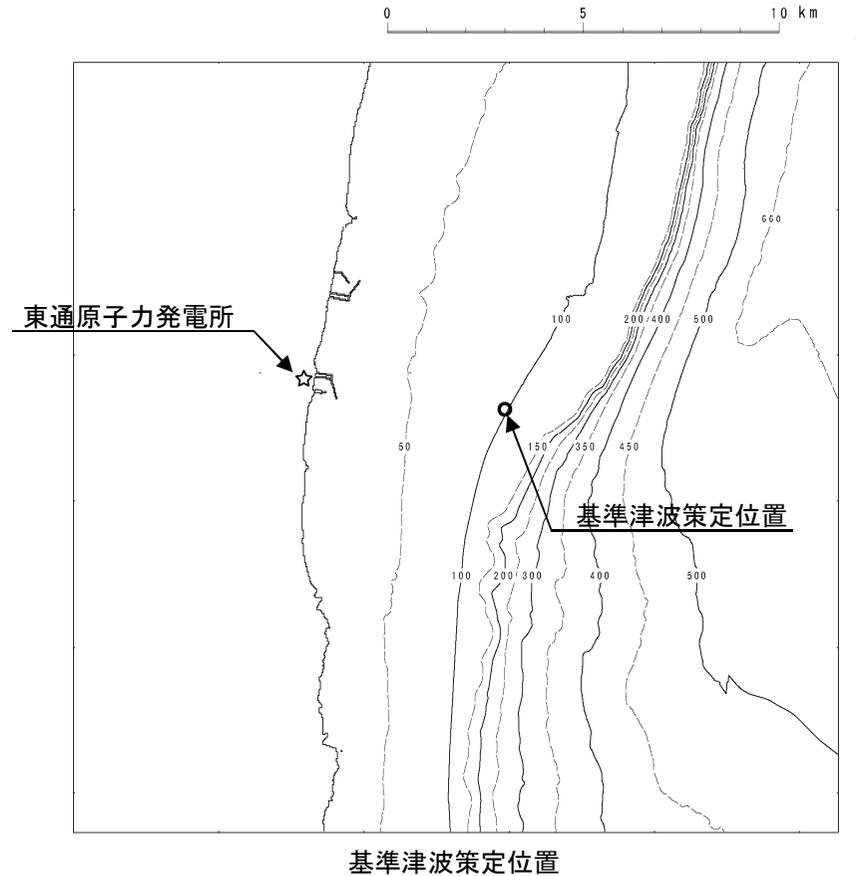


津波水位の抽出位置

## 5. 津波解析条件

### 5.4 基準津波の策定位置

- 基準津波の策定位置は、敷地前面海域の海底地形の特徴を踏まえ、時刻歴波形に対して施設からの反射波の影響が微小となるよう、敷地から沖合いへ約5km離れた水深100mの位置とした。



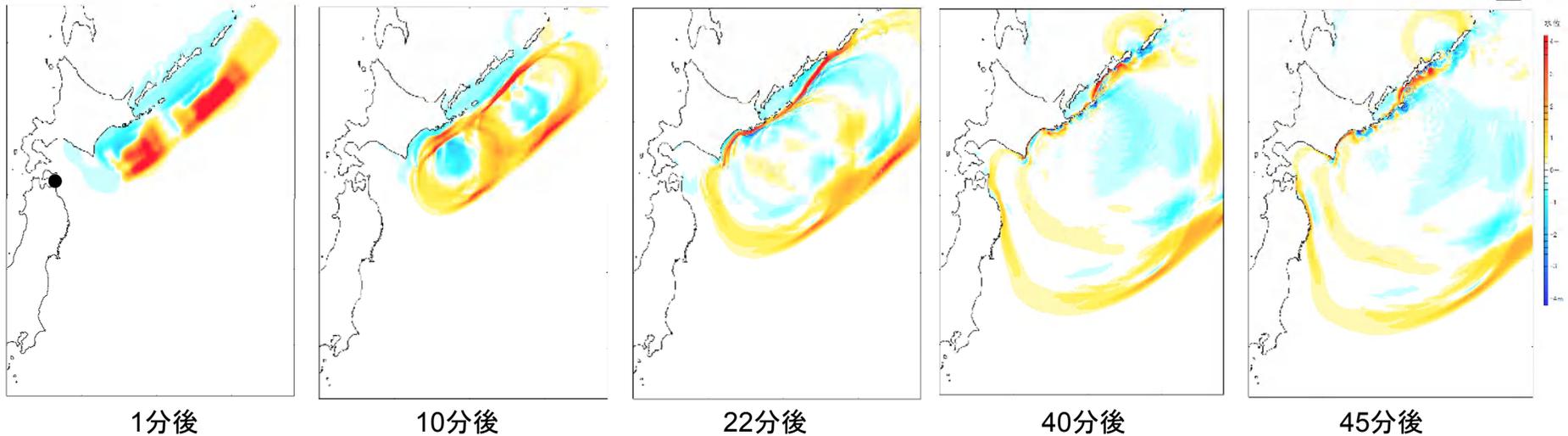
## 6. 計算結果(スナップショット)

---

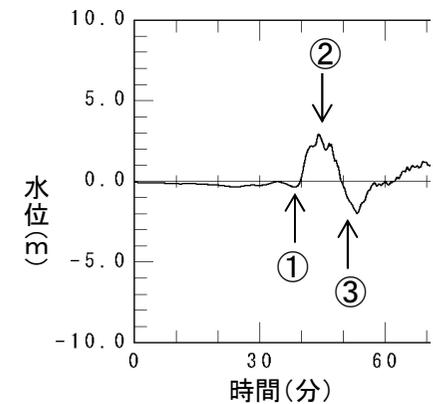
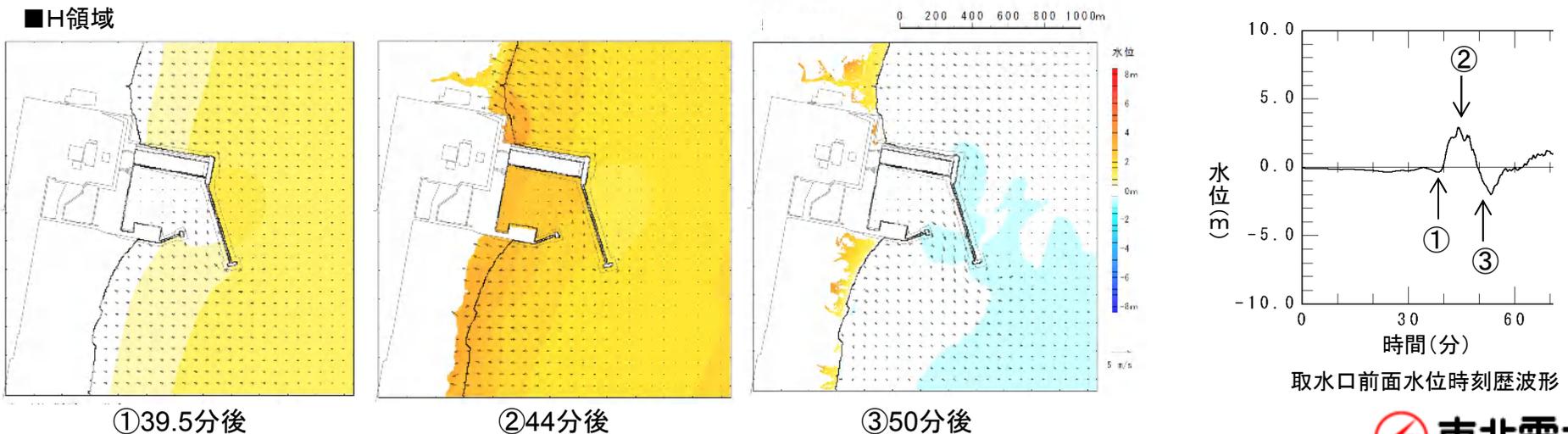
## 6. 計算結果(スナップショット);十勝沖・根室沖から千島前弧スリバー北東端の連動型地震

- 地震発生直後(1分後)は納沙布断裂帯～千島前弧スリバー北東端, 十勝沖・根室沖の大すべり域で生じた水位変動が独立しているが, 東通発電所への伝播途上で, 納沙布断裂帯～千島前弧スリバー北東端で生じた水位上昇部が十勝沖・根室沖～納沙布断裂帯で生じた水位低下部と重なり合い(10～22分後), 地震発生から約40分後に第一波が敷地に到達している。

### ■B領域



### ■H領域

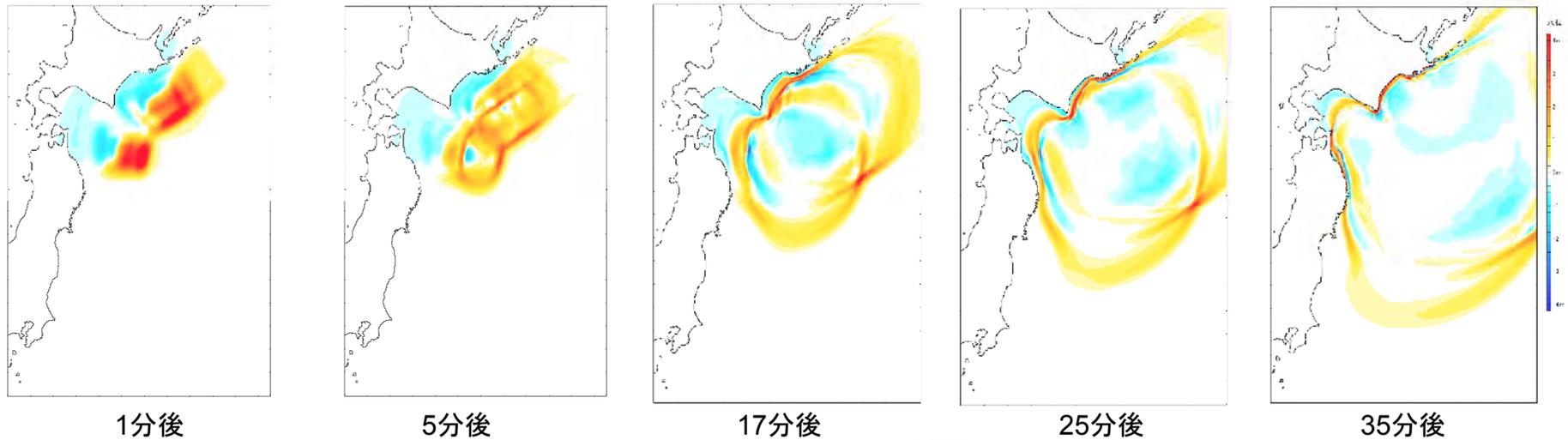


取水口前面水位時刻歴波形

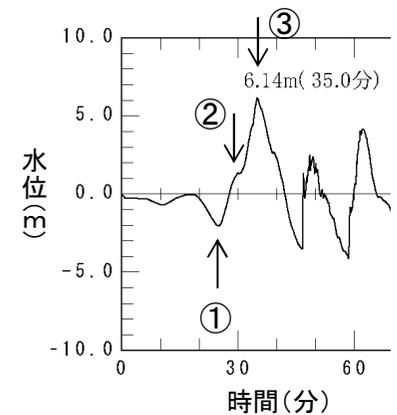
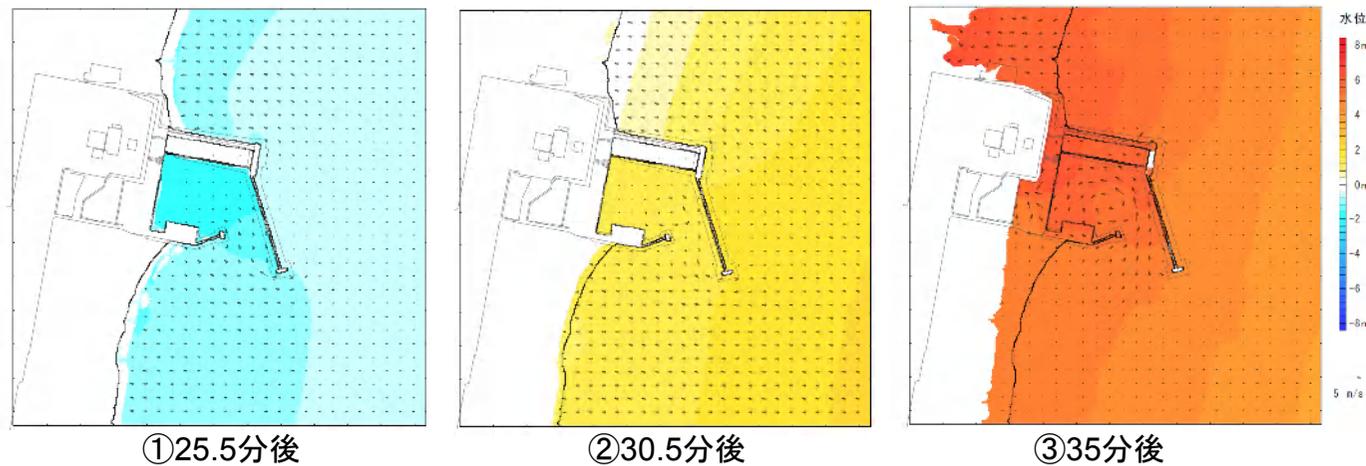
## 6. 計算結果(スナップショット) ; 十勝沖・根室沖から三陸沖北部の連動型地震

- 三陸沖北部, 十勝沖・根室沖の位置関係から, 両領域で生じた水位変動は東通発電所に伝播するまでの間にあまり干渉せず(5~17分), 地震発生から約35分後, 主に三陸沖北部の大すべり域で生じた水位上昇が到達している。

### ■B領域



### ■H領域

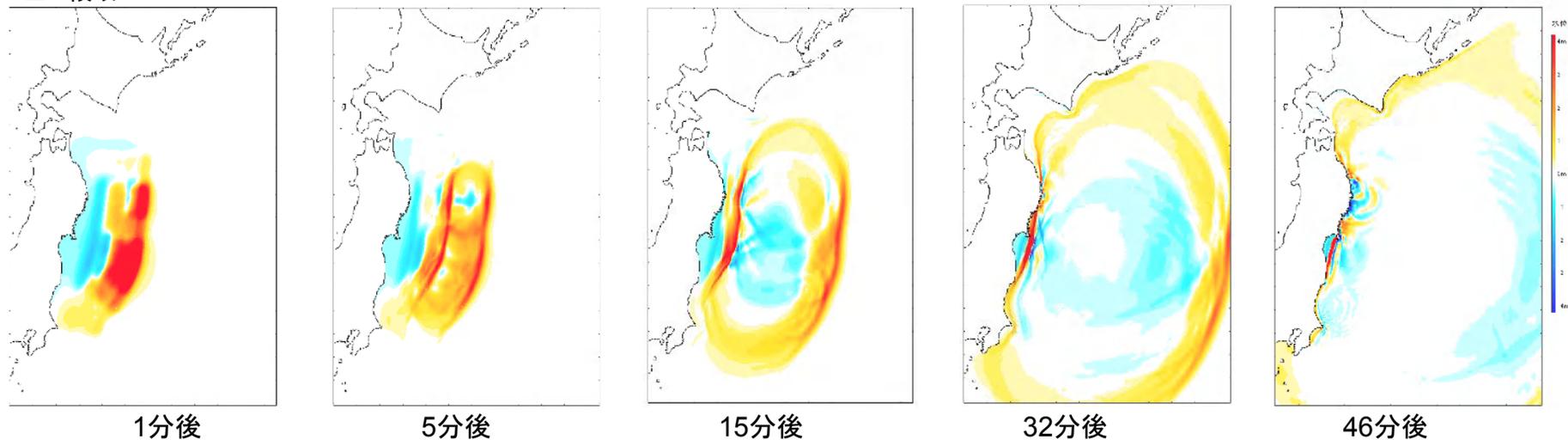


取水口前面水位時刻歴波形

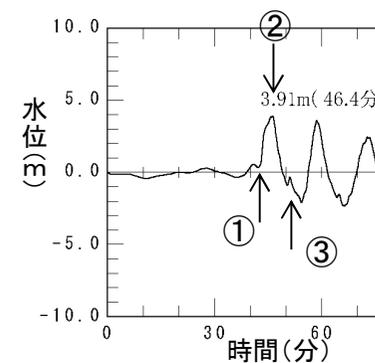
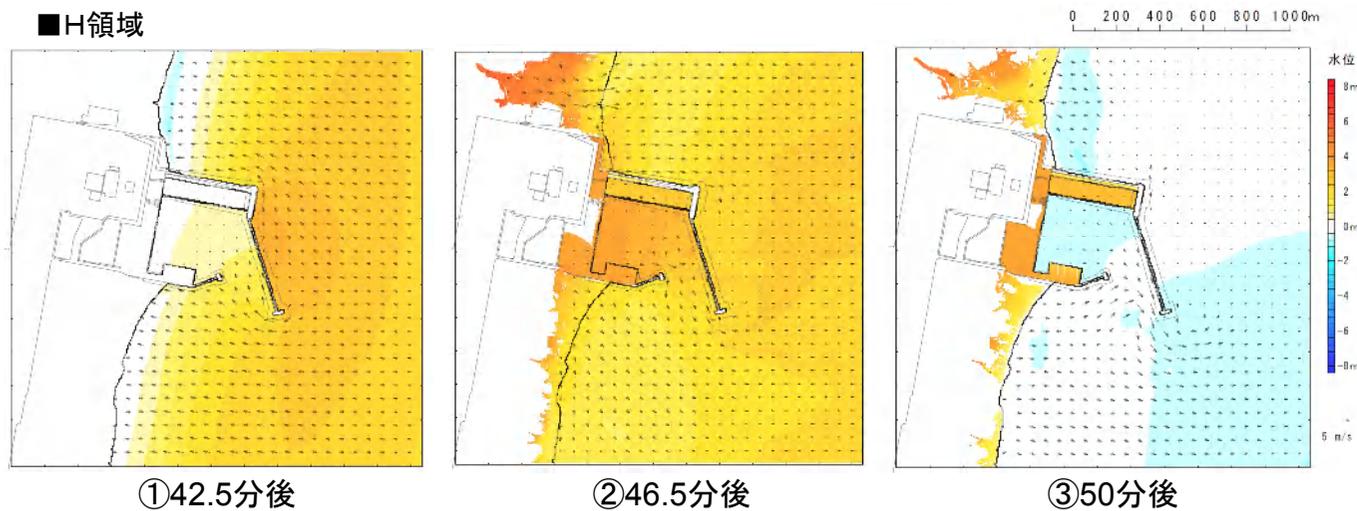
## 6. 計算結果(スナップショット) ; 東北地方太平洋沖型の地震

- 大すべり域で生じた水位変動は、主に岩手～福島県沿岸に直接的に到達している(15～32分後)。一方、東通発電所へは南方から回り込むように伝播し、地震から約46分後に第一波の押し波が到達している。

### ■B領域



### ■H領域



取水口前面水位時刻歴波形

## 7. 波源領域の違いが津波高さに与える影響

---

7. 1 検討方針	.....	101
7. 2 津波波源モデルの設定	.....	102
7. 3 検討結果	.....	103

## 7. 波源領域の違いが津波高さに与える影響

### 7.1 検討方針

#### ■東通発電所の立地特性

- ・ 発電所周辺の海岸は、三陸海岸(南部)に見られる複雑な海岸線(リアス式海岸)を呈していない。
- ・ また、海底地形について、発電所の前面海域では、大陸棚の外縁が陸域に近接している影響から、日本海溝(南北方向)と敷地までの等深線は平行に連続せず、同じ太平洋沿岸の地域と異なる特徴を有する。

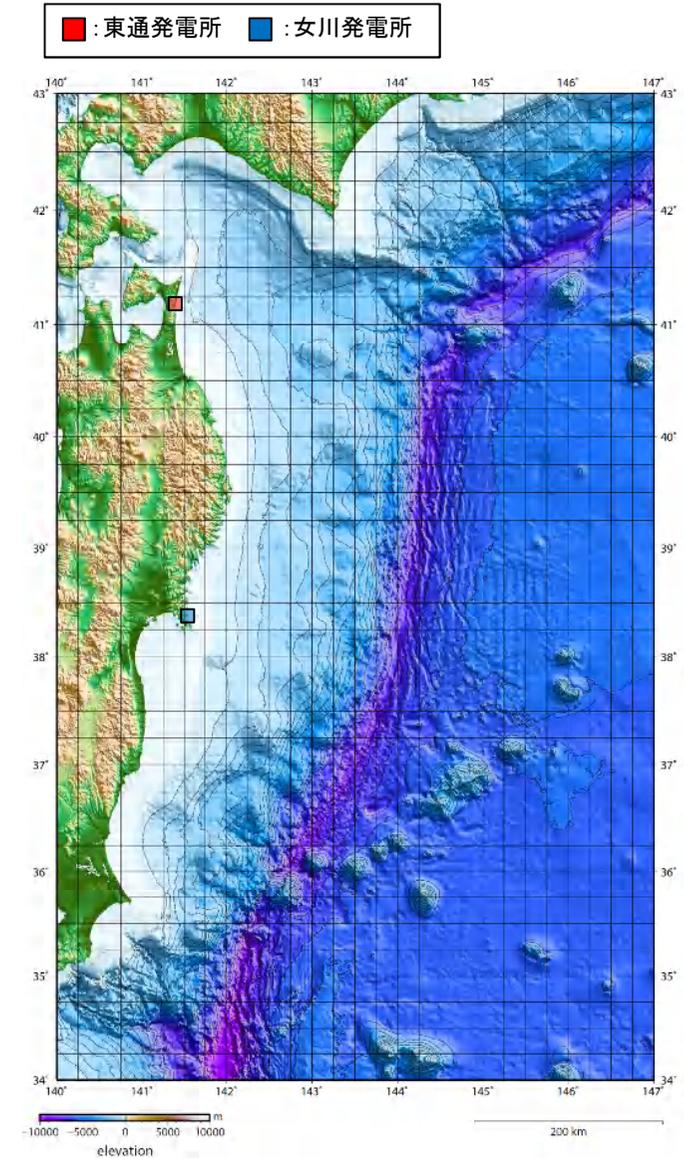
#### ■検討方針

- ・ 三陸沖北部の地震、十勝沖・根室沖から三陸沖北部の連動型地震を対象に数値シミュレーションを実施して、波源領域(地震規模)の違いが津波高さに与える影響を確認する。
- ・ なお、比較検討用に、東通発電所の陸域・海域の地形的特徴と対症的な女川発電所を対象に、東通発電所と同規模の地震を設定して数値シミュレーションを実施し、立地特性(地形的特徴)の違いが地震規模と津波高さの関係に与える影響を確認する。

	東通発電所	女川発電所
波源領域 (地震規模)	三陸沖北部 (Mw8.62)	宮城県沖 (Mw8.70)
	十勝沖・根室沖～三陸沖北部 (Mw9.05)	三陸沖北部～茨城県沖 (Mw9.13)

波源領域(地震規模)の違いが津波高さに与える影響を確認。

【比較検討用】  
立地特性(地形的特徴)の違いが地震規模と津波高さの関係に与える影響を確認。



東日本の海底地形(岸本(2000))

## 7.2 津波波源モデルの設定

- 広域の津波特性を考慮できる杉野ほか(2014)の知見を参考に、以下のとおり、津波波源モデルを設定した。

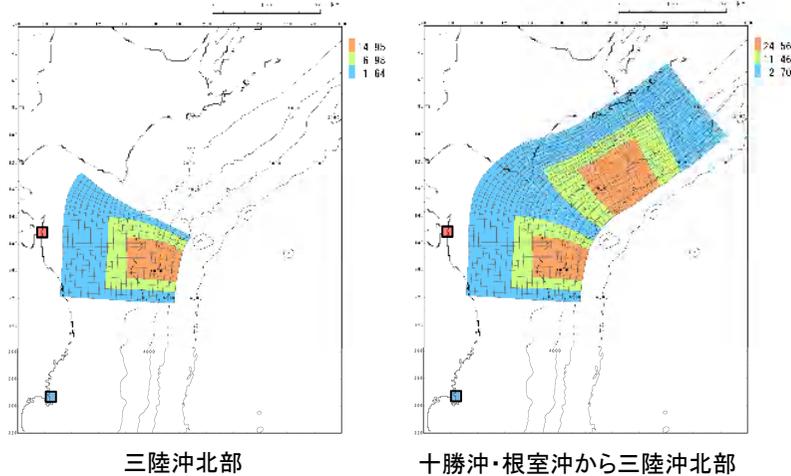
### 【東通発電所】

各地震の大すべり域・超大すべり域は、アスペリティ分布、並びに1968年十勝沖地震の震央位置、17世紀の地震のすべり量分布等を参考に設定した(詳細は、本資料p132~136に記載)。

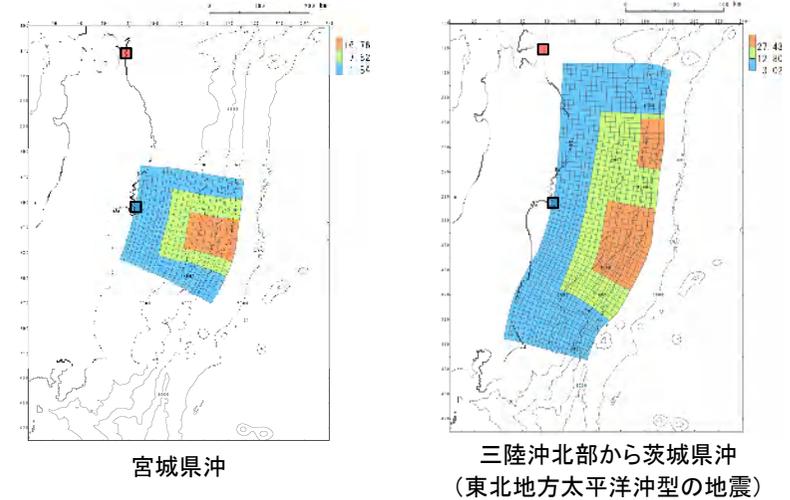
### 【女川発電所】

三陸沖北部から茨城県沖の地震については、3.11地震津波の痕跡高を再現できるモデルを設定し、宮城県沖の地震の大すべり域・超大すべり域は、3.11地震津波再現モデルのすべり分布を参考に設定した。

#### ■東通発電所



#### ■女川発電所



	三陸沖北部	十勝沖・根室沖から 三陸沖北部
モーメントマグニチュード <sup>o</sup> (Mw)	8.62	9.05
断層面積(S)	40,959(km <sup>2</sup> )	110,472(km <sup>2</sup> )
平均すべり量(D)	4.98(m)	8.64(m)
背景領域(0.33D)	1.64(m)	2.70(m)
大すべり域(1.4D)	6.98(m)	11.46(m)
超大すべり域(3D)	14.95(m)	24.56(m)

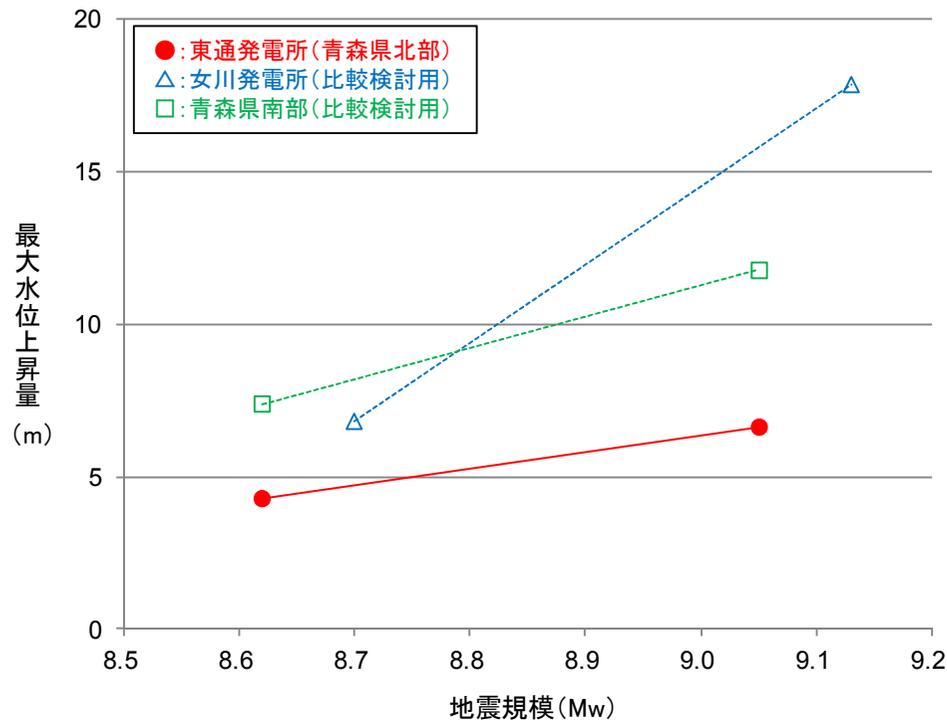
	宮城県沖	三陸沖北部から 茨城県沖
モーメントマグニチュード <sup>o</sup> (Mw)	8.70	9.13
断層面積(S)	48,173(km <sup>2</sup> )	129,034(km <sup>2</sup> )
平均すべり量(D)	5.59(m)	9.14(m)
背景領域(0.33D)	1.84(m)	3.02(m)
大すべり域(1.4D)	7.82(m)	12.80(m)
超大すべり域(3D)	16.76(m)	27.43(m)

## 7. 波源領域の違いが津波高さに与える影響

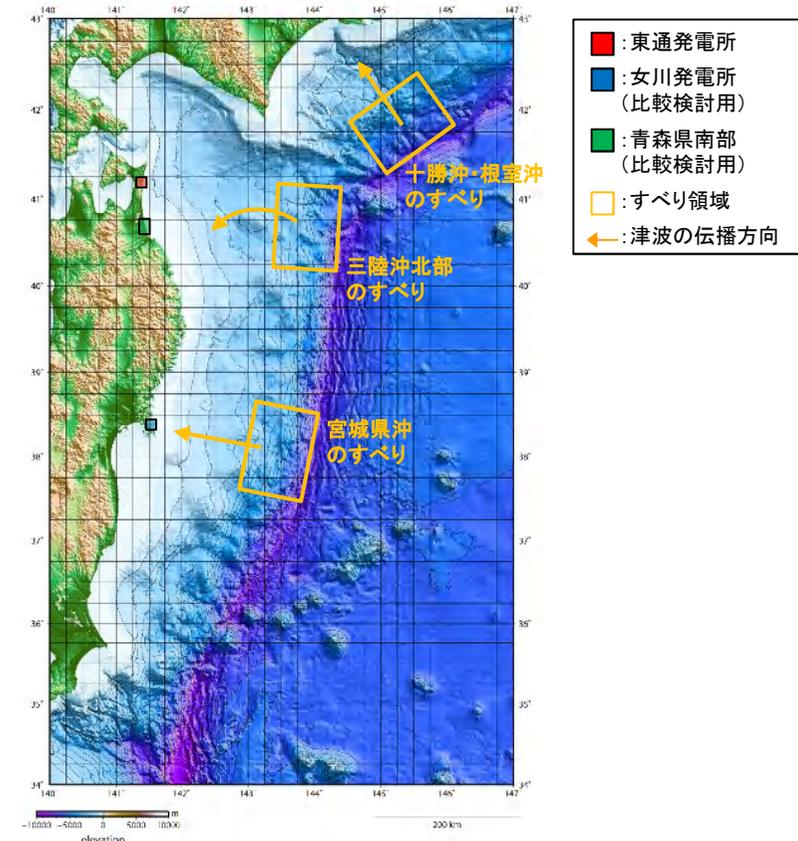
### 7.3 検討結果

- 各発電所の地震規模と津波高さの関係を以下に示す。
- M8クラスの地震の津波高さは両地点で同程度であるものの、M9クラスの地震については、女川発電所と比較して東通発電所の津波高さが小さく、地震規模と津波高さの関係が、両地点で異なることを確認した。
- 上記違いは、以下の要因によるものと考えられる。
  - 陸域地形：東通発電所周辺は複雑な地形(リアス式海岸)を呈しておらず、女川発電所と比較して津波が増幅しにくい。
  - 海底地形：東通発電所前面海域は、大陸棚の外縁が陸域に近接しており、日本海溝(南北方向)と敷地までの等深線が平行に連続しない影響から、三陸沖北部で発生する津波は、発電所へ直線的に伝播せず、南の方向へ回折する。そのため、津波高さは、発電所(青森県北部)よりも青森県南部の方が高くなる。次頁に津波の伝播特性の比較を示す。

■地震規模と津波高さ(最大水位上昇量)の関係



■津波の伝播特性(概要)



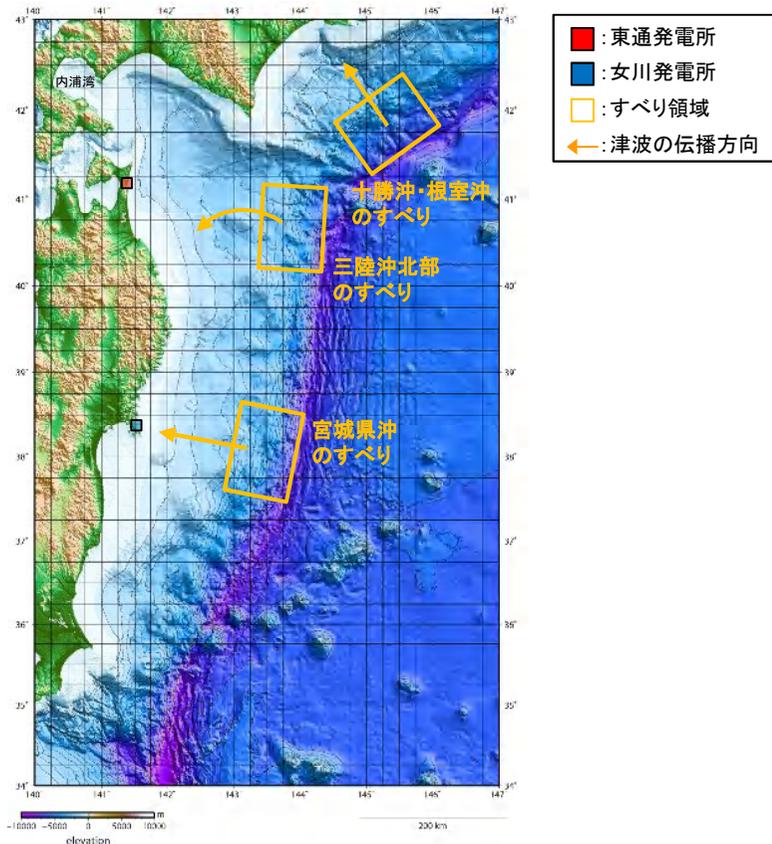
(岸本(2000)に一部加筆)

## 7. 波源領域の違いが津波高さに与える影響

### 7.3 検討結果

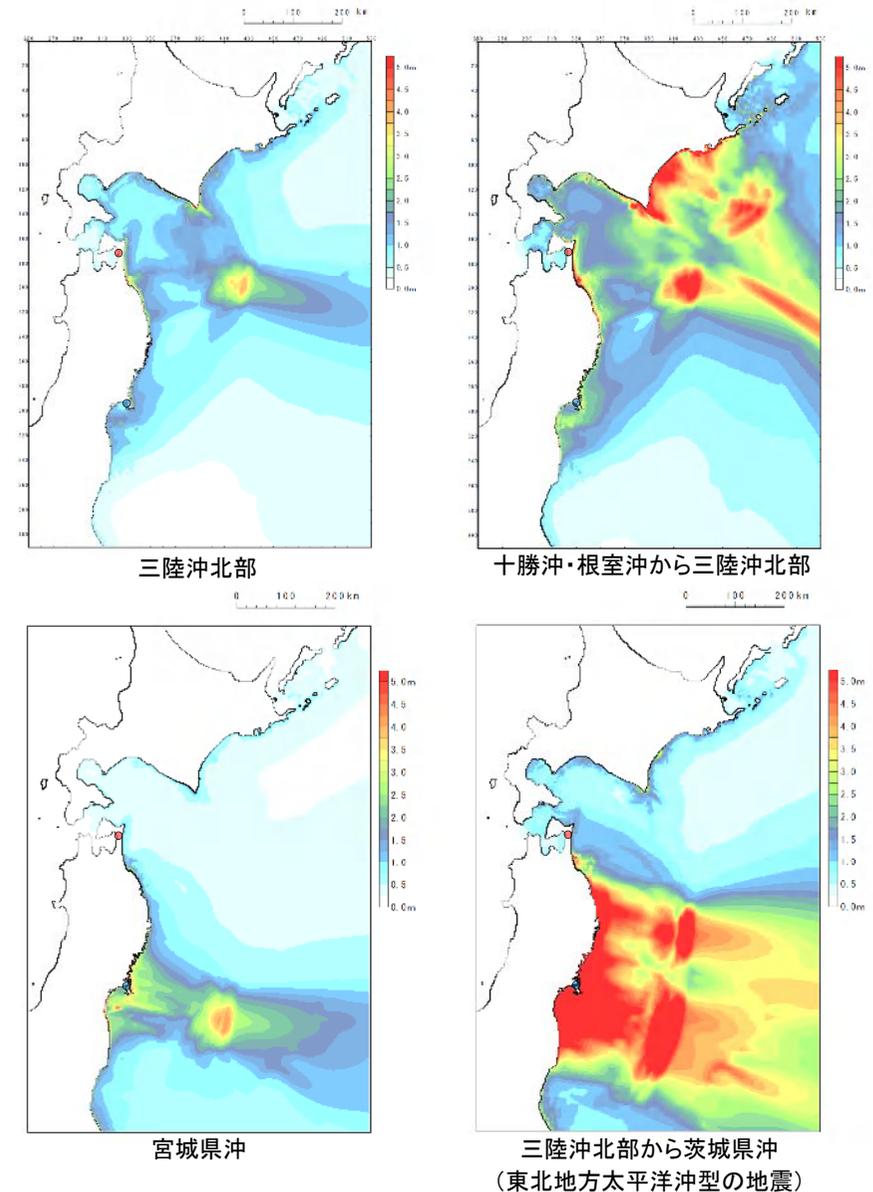
#### ■津波の伝播特性(概要)

- 波源領域毎の最大水位上昇量分布から、宮城県沖のすべりで生じた津波は、直線的に沿岸へ伝播するのに対し、三陸沖北部のすべりで生じた津波は、青森県南部に集中する傾向があり、青森県北部は内浦湾や津軽海峡方向に広がるように伝わるため津波は減衰しやすい傾向にある。
- また、十勝沖・根室沖のすべりで生じた津波は、北海道沿岸に与える影響は大きいですが、青森県に与える影響は小さい。



(岸本(2000)に一部加筆)

#### ■波源領域毎の最大水位上昇量分布



## 参考文献

---

## 参考文献①

1. 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
2. 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
3. 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
4. 気象庁(2009) : 2008年7月19日福島県沖の地震(M6.9)について, 地震予知連絡会 会報, 第81巻, 3-21
5. 文部科学省研究開発局・国立大学法人東北大学大学院理学研究科・国立大学法人東京大学地震研究所・独立法人産業技術総合研究所(2010) : 宮城県沖地震における重点的調査観測総括成果報告書, 390pp
6. 佐竹健治・行谷佑一・山木滋(2008) : 石巻・仙台平野における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.8, pp.71-89
7. 西村卓也(2012) : 測地観測データに基づく東北日本の最近120年間の地殻変動, 地質学雑誌, 第118巻, 第5号, pp.278-293
8. Shinzaburo Ozawa, Takuya Nishimura, Hiroshi Munekane, Hisashi Suito, Tomokazu Kobayashi, Mikio Tobita and Tetsuro Imakiire (2012) : Preceding, coseismic, and postseismic slips of the 2011 Tohoku earthquake, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.177, B07404, DOI: 10.1029/2011JB009120
9. Yusuke Yokota, Kazuki Koketsu (2015) : very long-term transient event preceding the 2011 Tohoku earthquake, NATURE COMMUNICATIONS, DOI: 10.1038/ncomms6934
10. 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 Letters 283, 111-121
11. 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
12. Tomoya Abe, Kazuhisa Goto, Daisuke Sugawara (2012) : Relationship between the maximum extent of tsunami sand and the inundation limit of the 2011 Tohoku-oki tsunami on the Sendai Plain, Japan, Sedimentary Geology 282, 142-150, doi:10.1016/j.sedgeo.2012.05.004
13. 後藤和久・箕浦幸治(2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波の反省に立った津波堆積学の今後のあり方, 堆積学研究, 第71巻, 第2号, 105-117
14. 中村有吾・西村裕一・伊尾木圭衣・プルナ スラスティア プトラ・アディティア グスマン(2011) : 北海道および青森県における東北地方太平洋沖地震津波の実態に関する野外調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会 予稿集
15. 山田昌樹・藤野滋弘(2013) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波により茨城県・千葉県沿岸低地に形成された津波堆積物の堆積学的特徴, 堆積学研究, 第72巻, 第1号, 13-25

## 参考文献②

---

16. 後藤和久・菅原大助・西村裕一・藤野滋弘・小松原純子・澤井祐紀・高清水康博(2017):津波堆積物の認定手順, 津波工学研究報告, 第33号, p.45-54
17. 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
18. 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, pp.356-360
19. Mansinha, L. and D.E. Smylie(1971):The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5,pp.1433-1440
20. 相田勇(1977):三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.71-101
21. 羽鳥徳太郎(2000):三陸沖歴史津波の規模の再検討, 津波工学研究報告17, pp.39-48
22. 伊木常誠(1897):三陸地方津浪実況取調報告, 震災予防調査会報告, 第11号, pp.5-34
23. 松尾春雄(1933):三陸津浪調査報告, 内務省土木試験所報告, 第24号, pp.83-112
24. 地震研究所(1934):昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報, 別冊第1号
25. 岸力(1969):1968年十勝沖地震調査報告, 津波—北海道東北沿岸—, 1968年十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』, pp.207-256
26. 杉野英治・岩渕洋子・橋本紀彦・松末和之・蛭澤勝三・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
27. 岸本清行(2000):海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: Japan250m.grd, 地質調査所研究資料集353, 地質調査所