

東通原子力発電所 基準津波の策定のうち
「海洋プレート内地震」,「津波地震」等に起因する
津波の評価について
(補足説明資料)

平成28年8月26日
東北電力株式会社

目次

1. 津波解析条件 2
2. 発電所敷地周辺陸域における地すべり地形 11
3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見 15

1. 津波解析条件

- 1. 1 計算条件 3
- 1. 2 既往津波の再現解析 6
- 1. 3 津波水位の評価位置 9

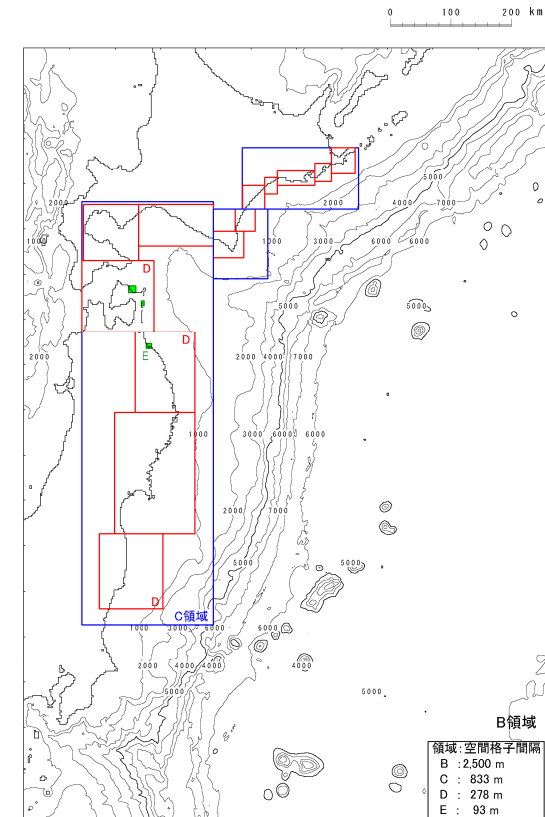
1. 津波解析条件

1. 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 Δs	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 Δt	0.1秒						
基礎方程式	線形 長波式	非線形長波式(浅水理論) ^{※1}					
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 $n = 0.03m^{-1/3}/s$ (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 ^{※1}	地震発生後4時間						



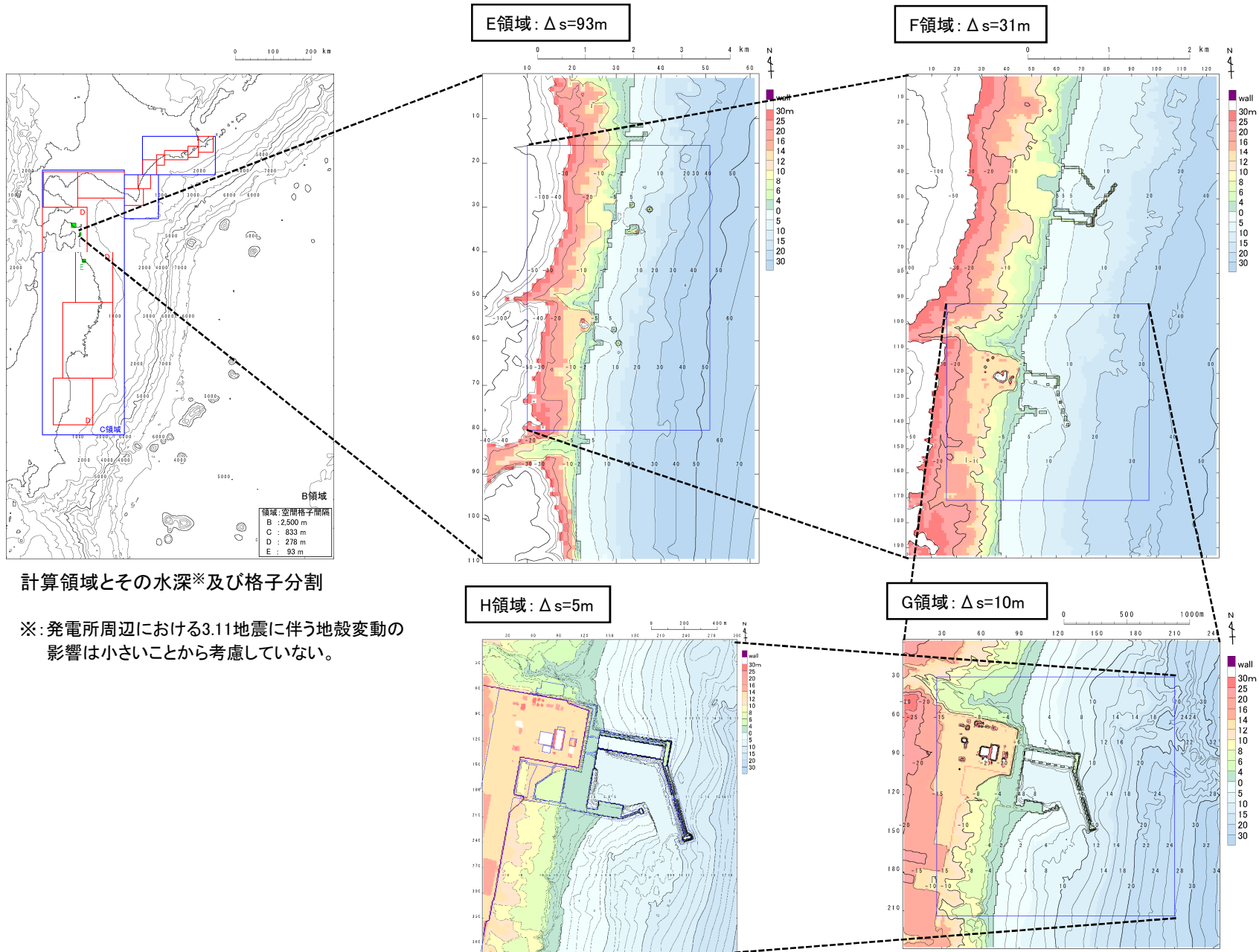
計算領域^{※2}とその水深及び格子分割

※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。

1. 津波解析条件

1.1 計算条件: 計算領域とその水深

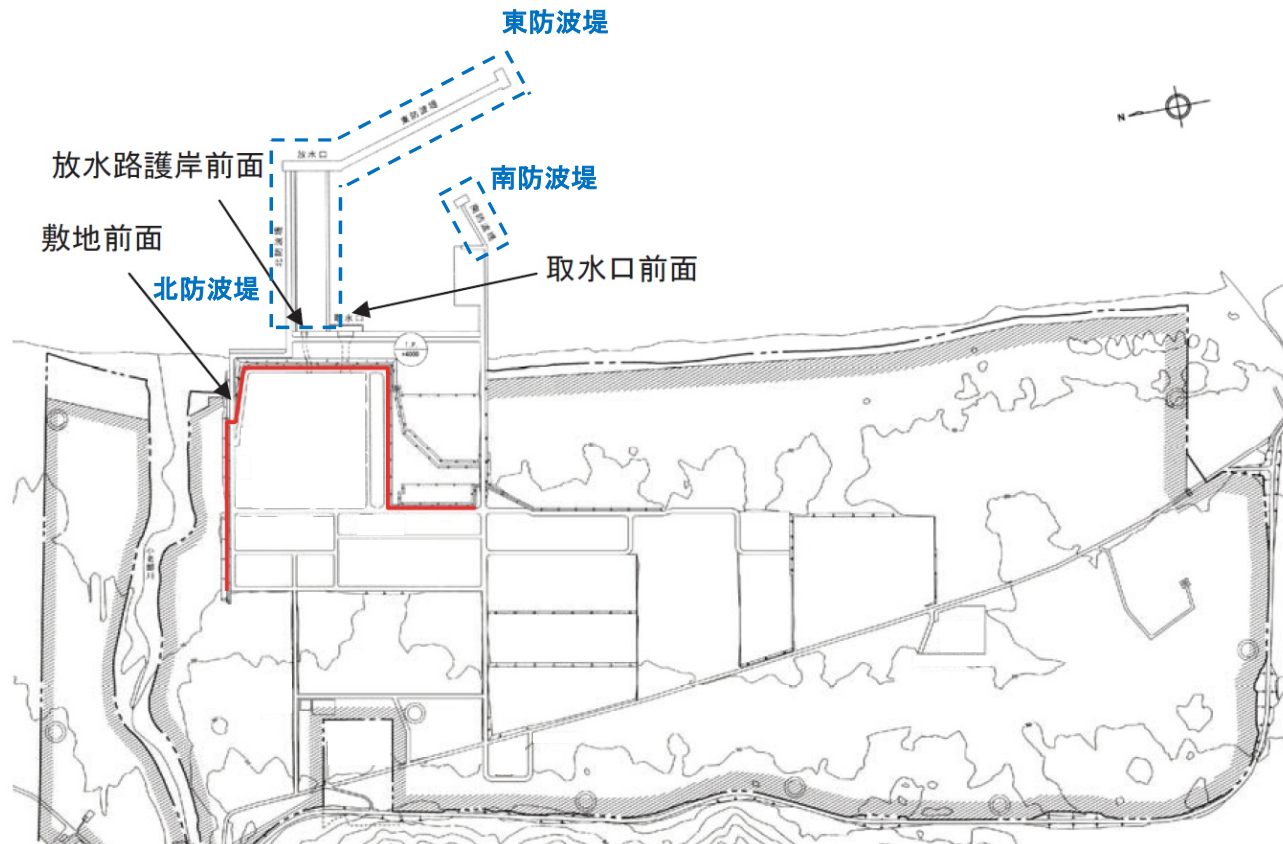


1. 津波解析条件

1.1 計算条件: 港湾部の防波堤の取扱い

- 津波水位の評価位置(敷地前面, 取水口前面及び放水路護岸前面)※において水位上昇量が最大となるケース, 並びに取水口前面において水位下降量が最大となるケースについて, 港湾部の防波堤の効果がない場合の検討を行う。

※: 津波水位の評価位置の詳細は, 「1.3 津波水位の評価位置」に記載。



防波堤位置図(敷地全体平面図)

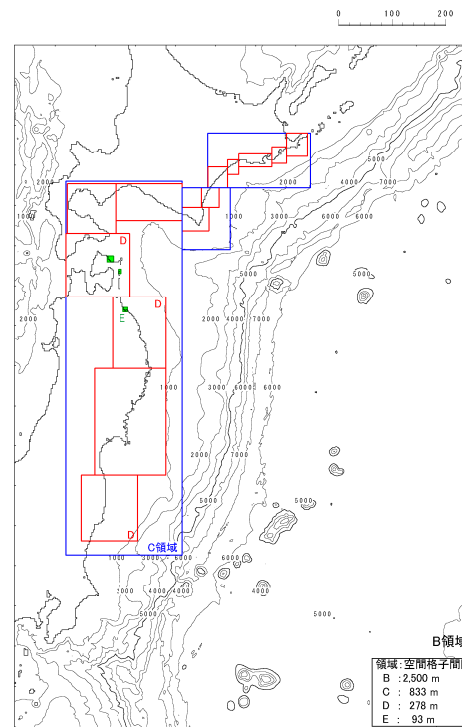
1. 津波解析条件

1.2 既往津波の再現解析: 計算条件

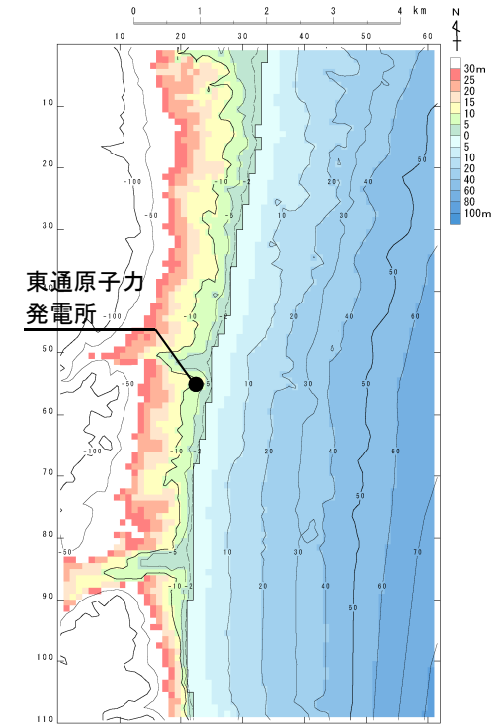
- ・ 数値シミュレーションの手法の妥当性を確認するために、既往津波の再現解析を実施した。
- ・ 再現解析は、次の計算条件等に基づき実施した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域
空間格子間隔 Δs	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)
時間格子間隔 Δt	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

1. 津波解析条件

1.2 既往津波の再現解析: 評価方法

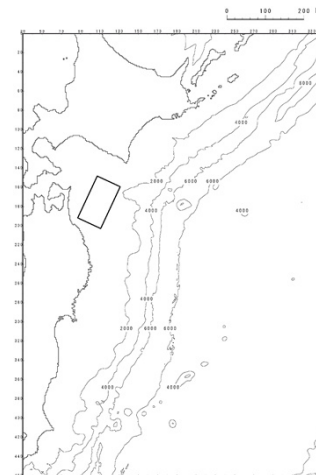
- ・ 再現性の評価は、各地点における既往津波高と数値シミュレーションによる津波高を比較することにより行った。
- ・ 再現性の指標は、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値K及びばらつきを表す指標 κ を用いた。
- ・ 評価に用いた既往津波は、地震種別毎に評価することを基本として選定した。

評価に用いた既往津波

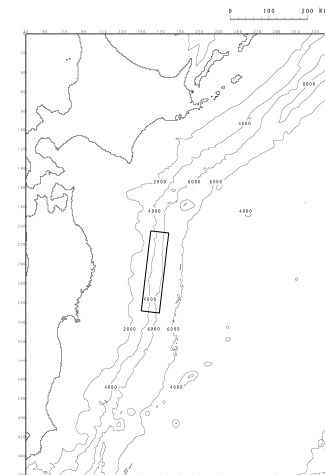
地震種別		既往津波
プレート間地震	津波地震	1896年明治三陸地震津波
	プレート間地震	1856年の津波
		1968年十勝沖地震に伴う津波
海洋プレート内地震		1933年昭和三陸地震津波

主な断層パラメータ

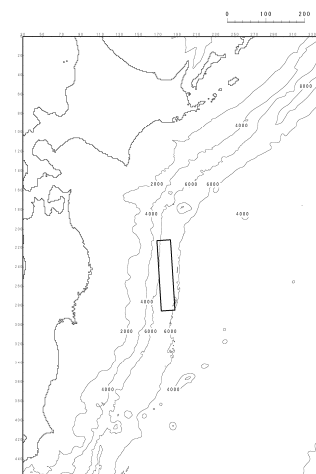
断層パラメータ		1856年	1896年	1933年	1968年
モーメントマグニチュード*	Mw	8.35	8.28	8.35	8.41
長さ	L(km)	120	210	185	150
幅	W(km)	70	50	50	100
走向	θ (°)	205	190	180	195
断層上縁深さ	d(km)	26	1	1	6
傾斜角	δ (°)	20	20	45	20
すべり角	λ (°)	90	75	270	76
すべり量	D(m)	10.0	9.0	6.6	6.9



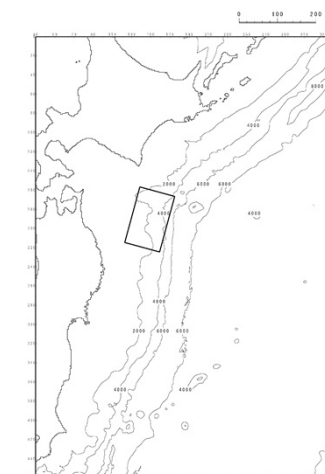
1856年の津波



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

1. 津波解析条件

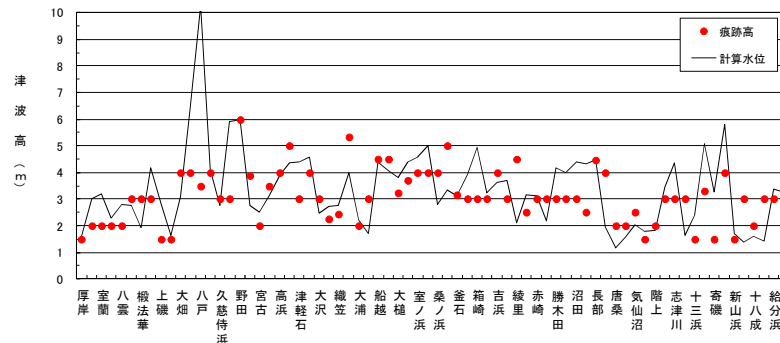
1.2 既往津波の再現解析: 評価結果

- 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。

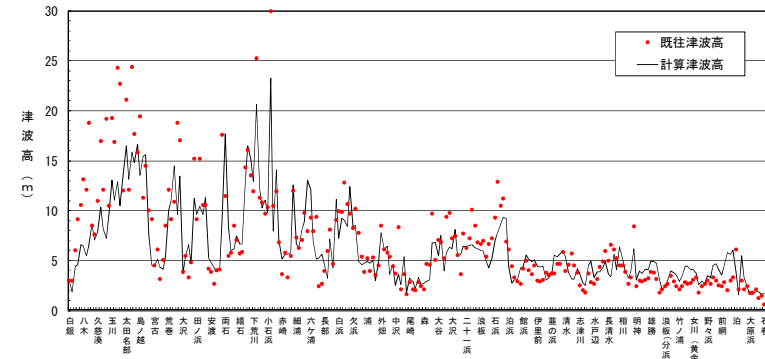
再現性の評価結果※

既往津波	K	κ	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)

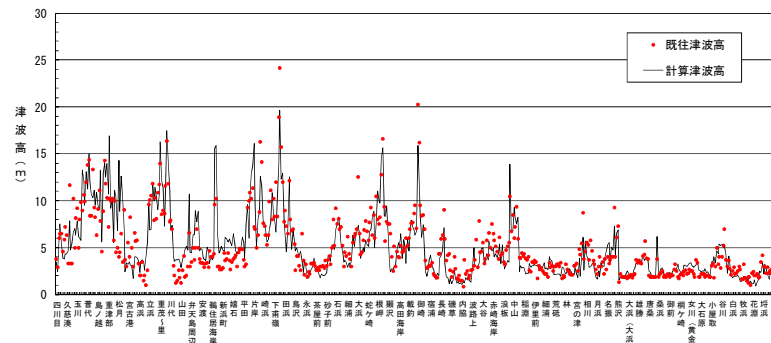
※土木学会(2002)による再現性の目安 : $0.95 < K < 1.05$, $\kappa < 1.45$



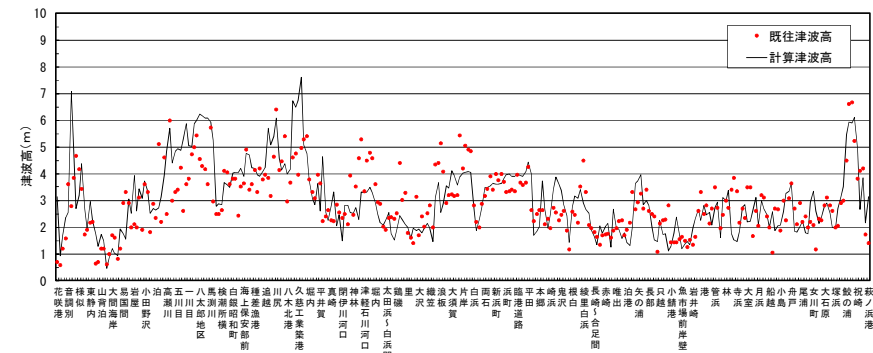
1856年の津波



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

1. 津波解析条件 1.3 津波水位の評価位置

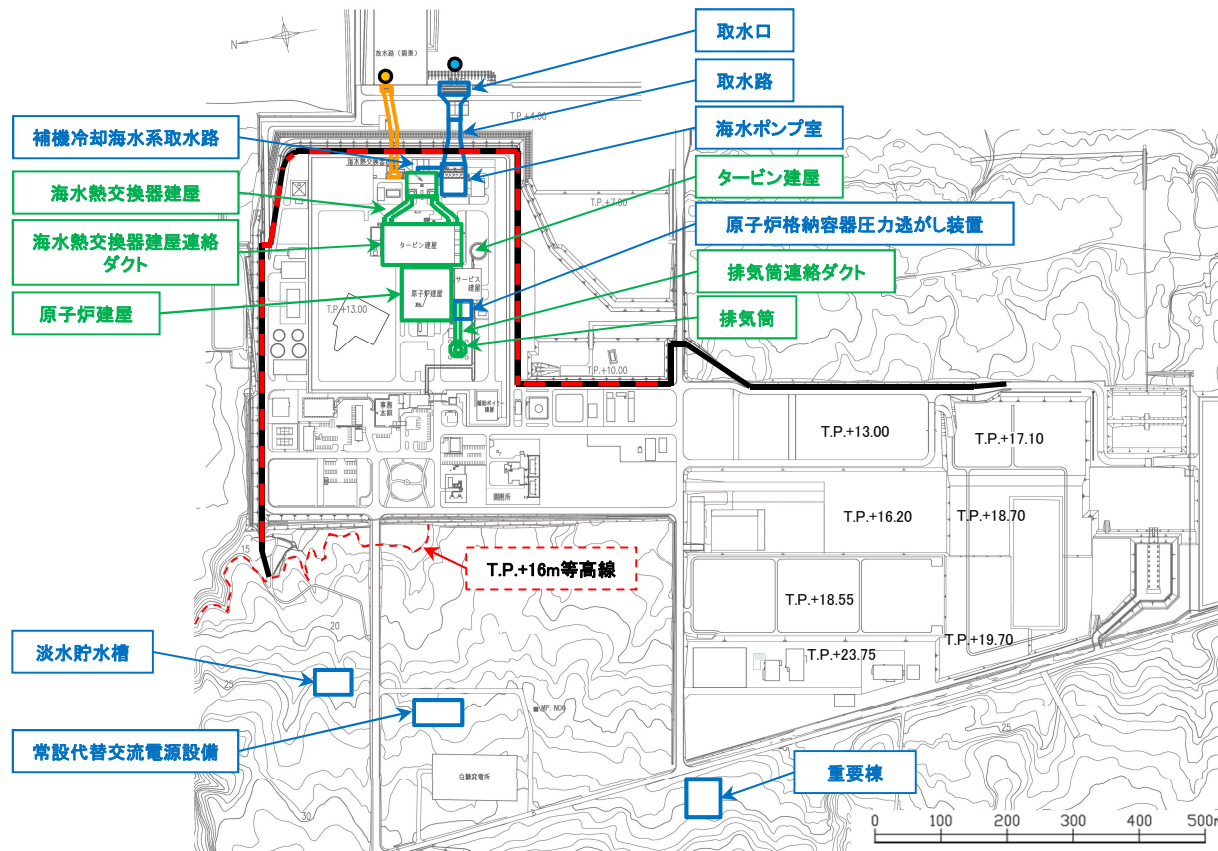
1.3.1 水位上昇側の評価位置と耐震重要施設等との位置関係

■敷地前面

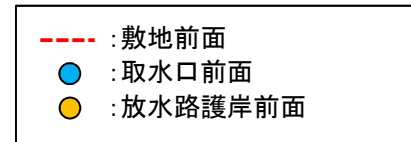
- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ津波が遡上するかを評価するため、敷地前面 (下図: 赤点線) を津波水位の評価位置とする。

■取水口前面, 放水路護岸前面

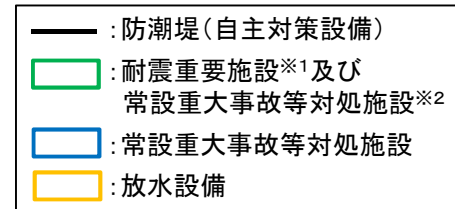
- 耐震重要施設等が設置された敷地 (T.P.+13m) へ取水路, 放水路から津波が流入するかを評価するため、取水口前面 (下図: 黄色丸), 放水路護岸前面 (下図: 水色丸) を津波水位の評価位置とする。



【津波水位の評価位置】

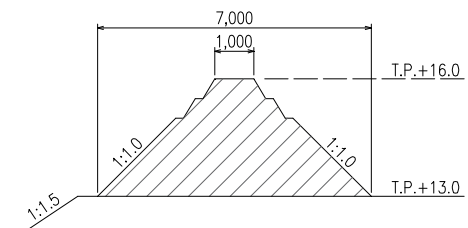


【施設位置】



※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)

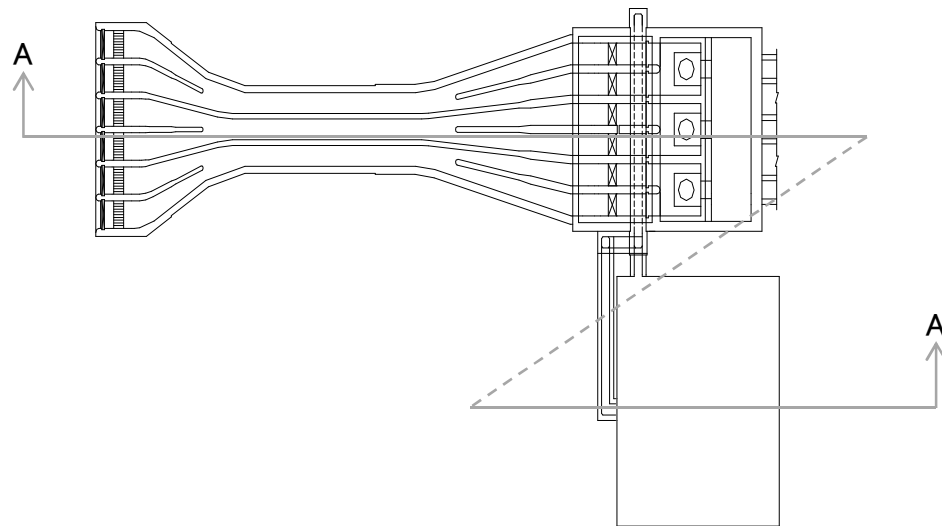
※2 設置許可基準規則第38条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設 (特定重大事故等対処施設を除く)



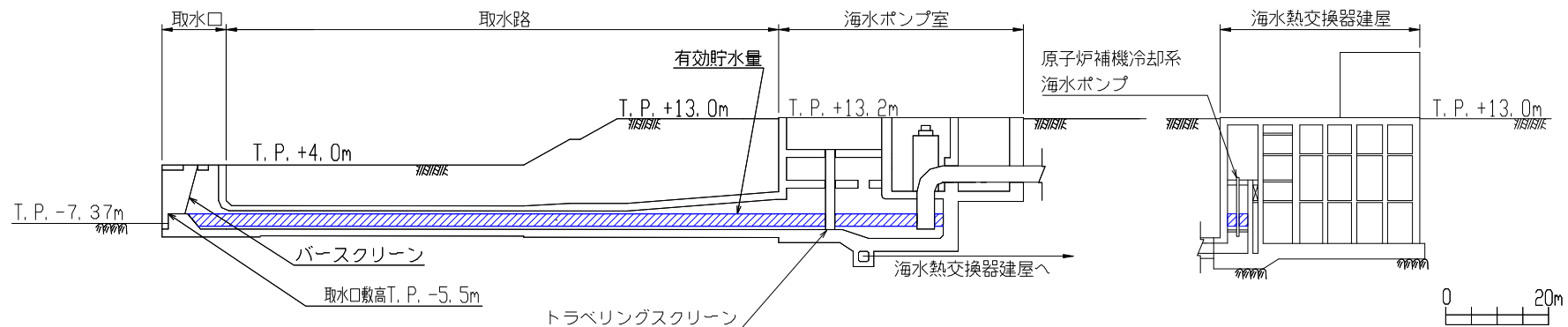
防潮堤 (セメント改良土) 標準断面図

1. 津波解析条件 1.3 津波水位の評価位置
 1.3.2 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3,400m³)

取水設備断面図(概要)(A-A'断面)

2. 発電所敷地周辺陸域における地すべり地形

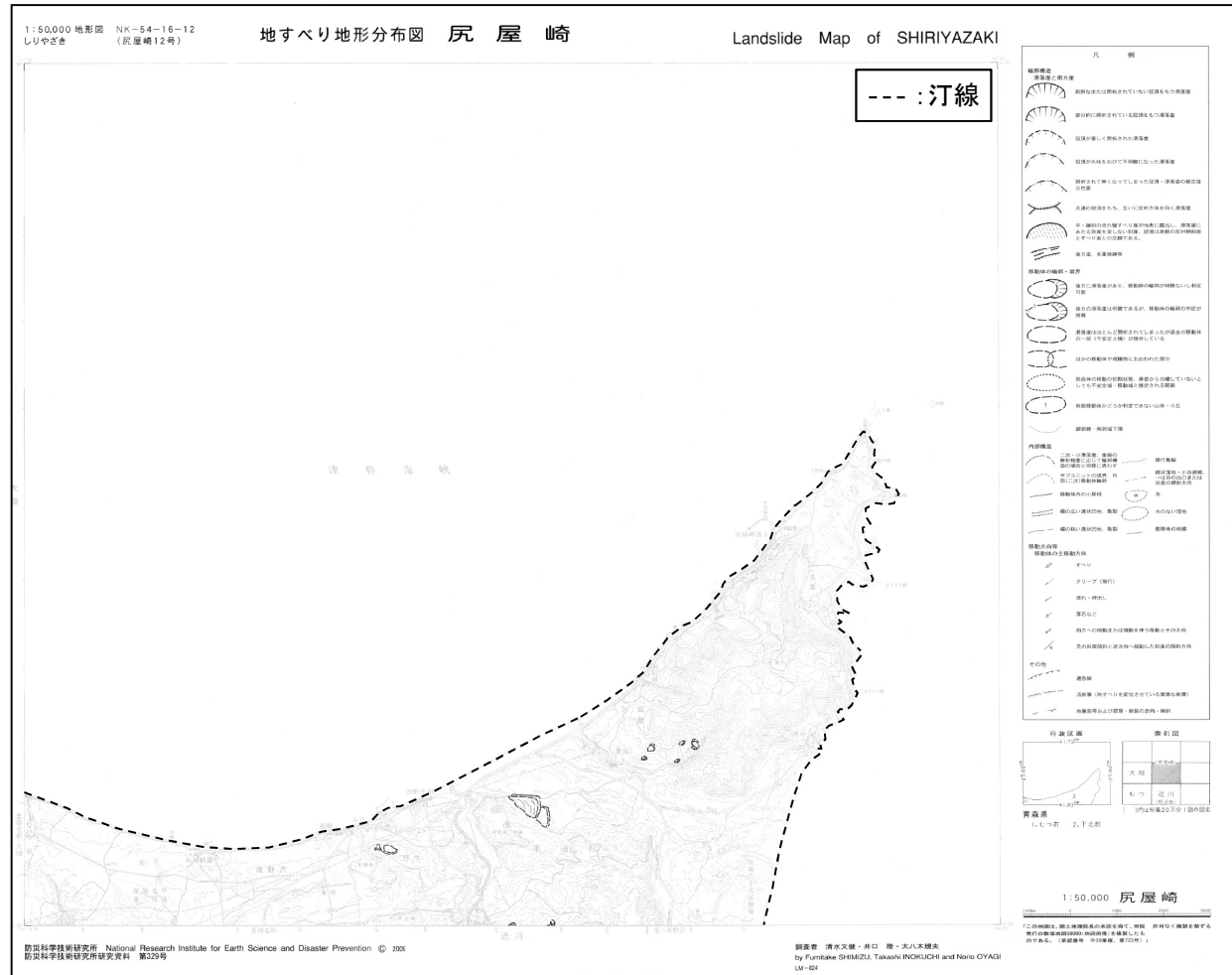
2. 1 尻屋崎	12
2. 2 陸奥横浜	13
2. 3 平沼	14

2. 発電所敷地周辺陸域における地すべり地形

2.1 尻屋崎

【函館】	大間 OMA LM-826	【尻屋崎】	
	佐井 SAI LM-827	大畑 OHATA LM-825	尻屋崎 SHIRIYAZAKI LM-824
【野辺地】		むつ MUTSU LM-832	近川 CHIKAGAWA LM-828
		陸奥横浜 MUTSUYOKOHAMA LM-829	
	野辺地 NOHEJI LM-833	平沼 HIRANUMA LM-830	
【八戸】	七戸 SHICHINOHE LM-834	三沢 MISAWA LM-831	
	十和田 TOWADA LM-844	八戸 HACHINOHE LM-840	八戸東部 HACHINOHETOBU (地すべり地形なし)
	田子 TAKKO LM-845	三戸 SANNOHE LM-841	階上岳 HASHIKAMIDAKE LM-837
	浄法寺 JOBOJI LM-846	一戸 ICHINOHE LM-842	陸中大野 RIKUCHUONO LM-838
	荒屋 ARAYA LM-847	暮巻 KUZUMAKI LM-843	陸中間 RIKUCHUSEKI LM-839
			陸中野田 RIKUCHUNODA LM-836

防災科学技術研究所(2009)
 (一部加筆)



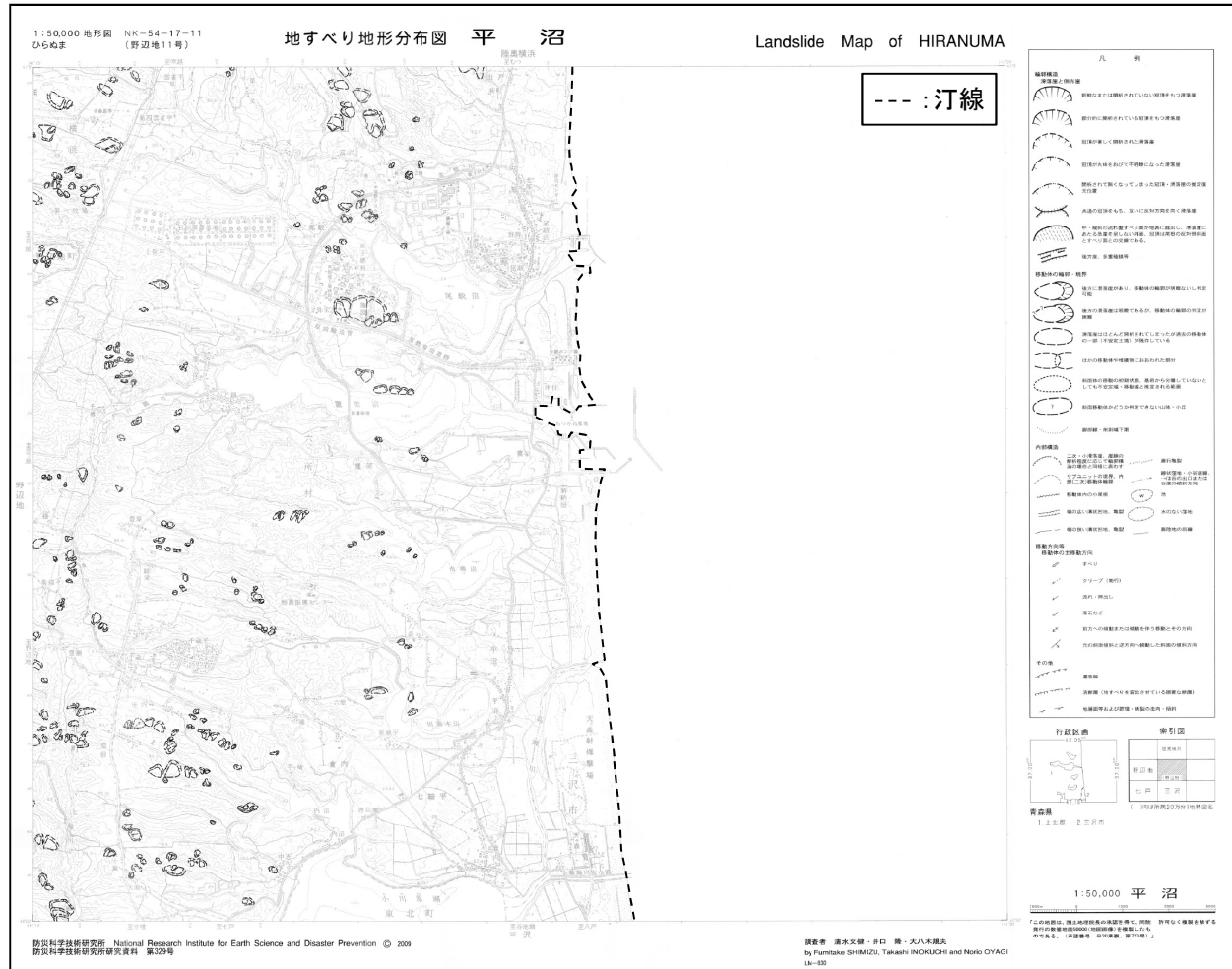
(防災科学技術研究所(2009)に一部加筆)

2. 発電所敷地周辺陸域における地すべり地形

2.3 平沼

【函館】	大間 OMA LM-826	【尻屋崎】	
	佐井 SAI LM-827	大畑 OHATA LM-825	尻屋崎 SHIRIYAZAKI LM-824
【野辺地】	むつ MUTSU LM-832	近川 CHIKAGAWA LM-828	陸奥横浜 MUTSUYOKOHAMA LM-829
	野辺地 NOHEJI LM-833	平沼 HIRANUMA LM-830	
	七戸 SHICHINOHE LM-834	三沢 MISAWA LM-831	
【八戸】	十和田 TOWADA LM-844	八戸 HACHINOHE LM-840	八戸東部 HACHINOHE TOBU (地すべり地形なし)
	田子 TAKKO LM-845	三戸 SANNOHE LM-841	階上岳 HASHIKAMIDAKE LM-837
	浄法寺 JOBODJI LM-846	一戸 ICHIHOHE LM-842	陸中大野 RIKUCHUONO LM-838
	荒屋 ARAYA LM-847	葛巻 KUZUMAKI LM-843	陸中間 RIKUCHUSEKI LM-839
			陸中野田 RIKUCHUNODA LM-836

防災科学技術研究所(2009)
 (一部加筆)



(防災科学技術研究所(2009)に一部加筆)

3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見

3. 1	東通村猿ヶ森等におけるイベント堆積物に関する知見	16
3. 2	東通村猿ヶ森の埋没ヒバ林の成因と猿ヶ森砂丘に関する知見	17
3. 3	東通村尻屋崎から三沢市六川目における津波堆積物調査結果の比較	18
3. 4	まとめ	19

3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見

3.1 東通村猿ヶ森等におけるイベント堆積物に関する知見

- Minoura et al.(2013)は、東通村猿ヶ森の内陸1.4km、標高20mに位置する形成時期14-17世紀の砂丘の下に、珪藻化石分析や、砂層の堆積構造等から津波堆積物と考えられる2枚の砂層を確認したとしている。
- 鎌田ほか(2015)は、六ヶ所村尾駁沼の掘削コアに、約400年前の厚い海浜砂の堆積物を確認し、Minoura et al.(2013)が指摘する津波堆積物と層序関係が類似しているが、異なる時期の津波起源である可能性も考えられることから、今後、津波と猿ヶ森砂丘形成の関連性を検討していく予定としている。

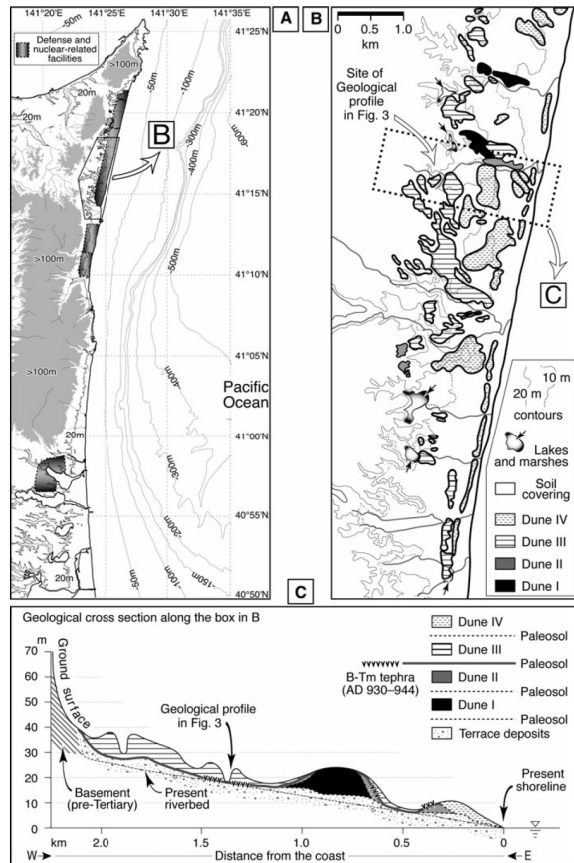


Fig. 2 a Location map of the study area. The coastal areas of Shimokita are widely occupied by defense and nuclear-related facilities. b Geological map of the Holocene in the study area exhibiting the distribution of Dune I (6-4 ka), Dune II (2-1 ka), Dune III (fourteenth-seventeenth century), and Dune IV (after nineteenth century) deposits. Dune I and II deposits are mostly found in the northern part of the study area, whereas Dune III ranges throughout. The distribution of the dune units is referred to Chigama et al. (1998) and Okamoto et al. (2000). c East-west cross-sectional view of the dunes along the square in (b). The geological profile of each paleosol is mainly based on data of Chigama et al. (1998) and Okamoto et al. (2000). Underlying Dune III, the paleosol intercalating the B-Tm tephra spreads toward the coast and the foot of the hills forming a gently undulating slope. Vertical axis altitude (m) above the mean sea level (Minoura et al.(2013))

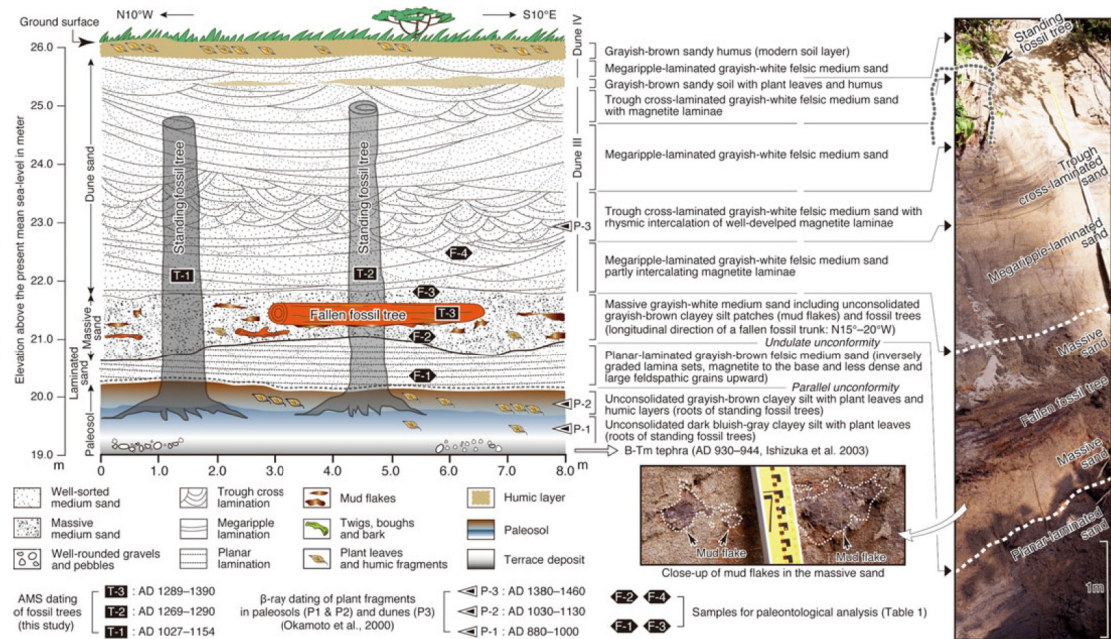


Fig. 3 Vertical sequence of paleosols, laminated and massive sand layers, and sand dunes (Dune III) at the study site (Fig. 2b, c). The massive sand overlies the laminated sand with large erosional structures, but erosive action did not escalate to the soil horizon. Small mud chips are contained in sand at the basal part of the laminated sand, showing bottom surface erosion by flows that deposited the laminated sand. A panoramic view of the outcrop is shown on the right. The longitudinal direction of an embedded fallen fossil tree trunk is N15°-20°W, which is mostly perpendicular to the general trend of the slope (Fig. 2c)

東通村猿ヶ森におけるイベント堆積物 (Minoura et al.(2013))

3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見

3.2 東通村猿ヶ森の埋没ヒバ林の成因と猿ヶ森砂丘に関する知見

- 東通村猿ヶ森の埋没ヒバ林の成因について、千釜ほか(1998)は、埋没ヒバ林の死滅年代は、砂丘の発達した時期に対応することから、その形成過程は砂丘の移動によって説明できる※としている。

※:津波による海岸林の枯死事例に関する検討や、三陸沖北部の津波波源を対象とした数値シミュレーションによる検討から、津波が埋没ヒバ林を形成したとは考えにくいとしている。

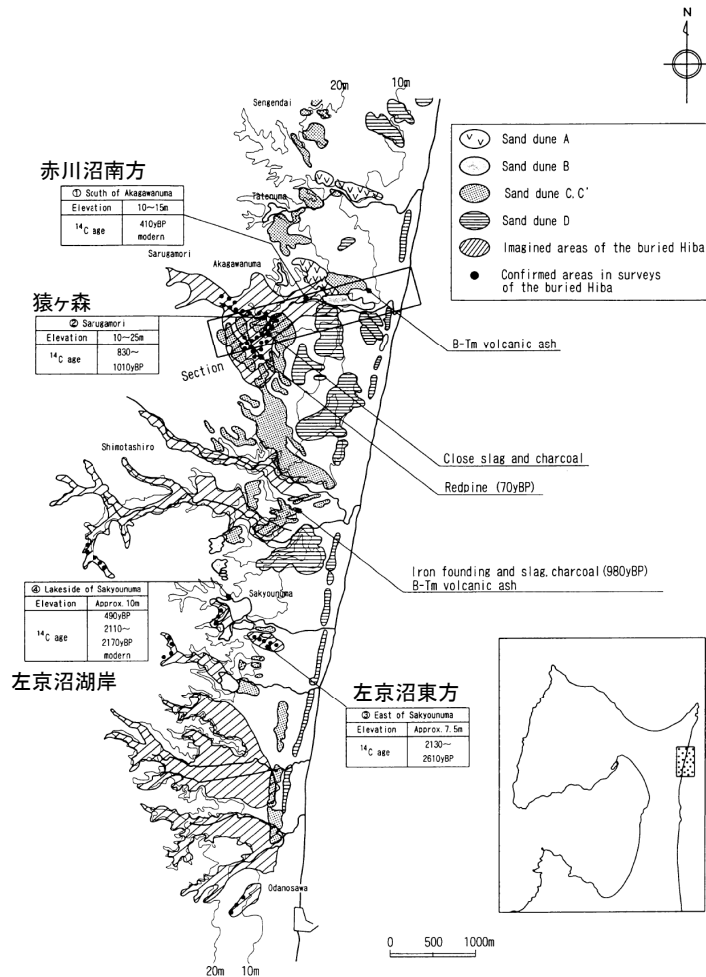


Fig. 4. Classified sand dune in the area of the buried wood of Hiba according to the field investigation and report of the Higashidoori-mura Education Committee (1979). The points where the sample of sand and Hiba were taken are shown with each elevation from the sea level.

埋没ヒバ林の分布(千釜ほか(1998)に一部加筆)

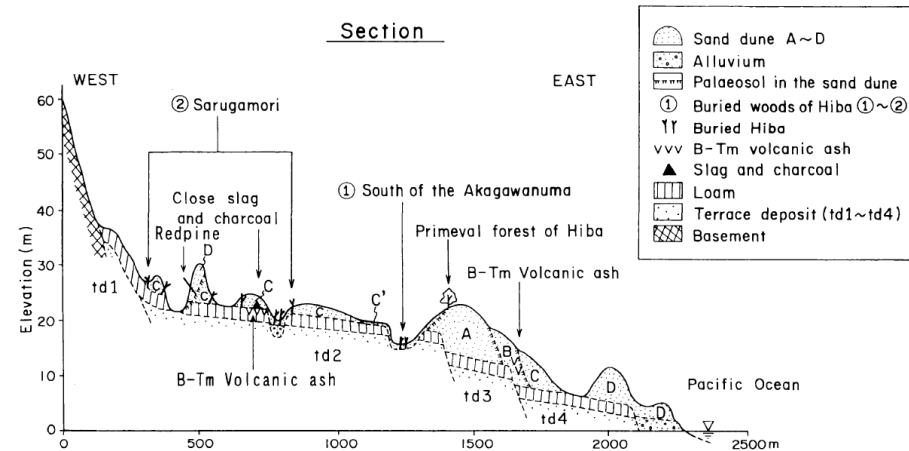


Fig. 5. Sectional profile of the topography with geological information in the area shown in Fig. 4.

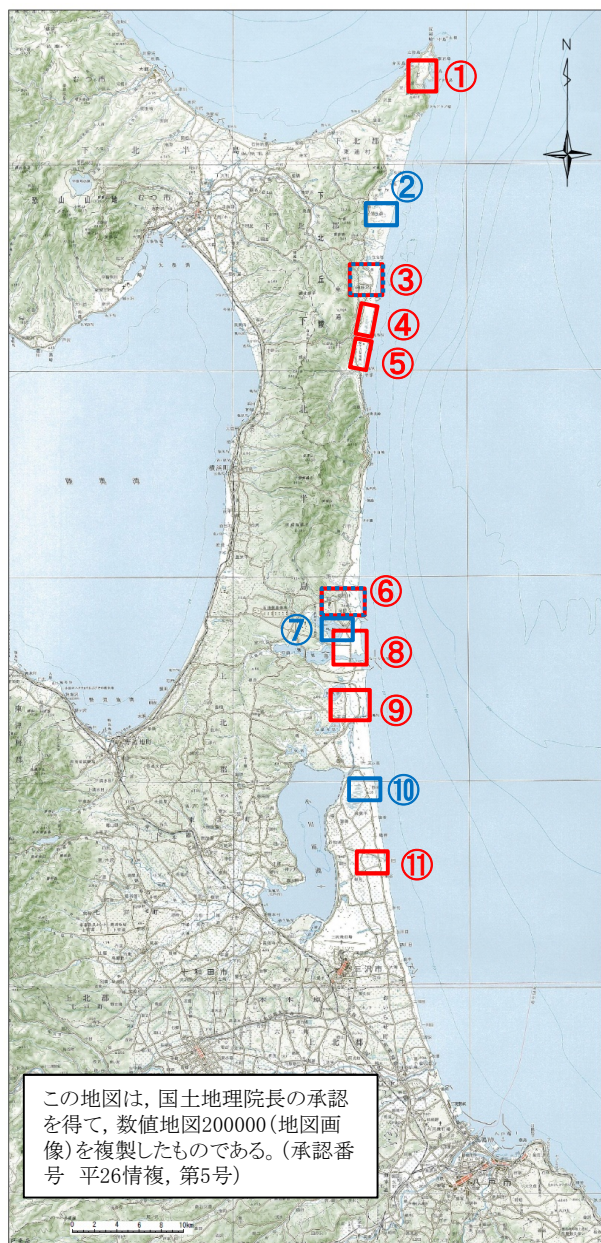
東通村猿ヶ森砂丘の地質断面図(千釜ほか(1998))

	埋没ヒバ林の死滅年代
左京沼東方及び湖岸	約2000年前
猿ヶ森	約1000年前
赤川沼南方及び左京沼湖岸	約500年前
赤川沼南方及び左京沼湖岸	現代

	砂丘の形成時期
砂丘A	約6000～4000年前
砂丘B	約2000～1500年前
砂丘C	約1000年前
砂丘C'	約500年前
砂丘D	約150～80年前

3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見

3.3 東通村尻屋崎から三沢市六川目における津波堆積物調査結果の比較



- Minoura et al.(2013)が指摘する津波堆積物の広域的な分布、標高、沿岸からの遡上距離を確認するため、当社と東京電力(株)との共同調査(一部を除く)、並びに産業技術総合研究所の調査結果等と比較した。
- 比較の結果、Minoura et al.(2013)に対応するイベント堆積物は、東通村以南では、鎌田ほか(2015)が指摘する六ヶ所村尾駮沼以外では確認されない。また、同じ東通村で確認された堆積物よりも、標高が高く、海岸線からの距離も長い。

A.D.900-1000(白頭山苦小牧火山灰層(町田・新井(2003))から14世紀-17世紀に堆積したイベント堆積物

	調査場所	年代	標高	海岸線からの距離	備考(実施箇所)
①	東通村 尻屋崎	—※1	—※1	—※1	共同調査 追加調査実施予定※3
②	東通村 猿ヶ森	14-17世紀以前	20m	1.4km	Minoura et al.(2013) 追加調査実施予定※4
③	東通村 小田野沢	—※1	—※1	—※1	共同調査
③	東通村 小田野沢	西暦1500年以降	3.5~5.5m	約1km	・谷川ほか(2013) ・産業技術総合研究所: 津波堆積物データベース
④	東通村 東京電力東通発電所	—※1	—※1	—※1	共同調査
⑤	東通村 東北電力東通発電所	A.D.1420-1630	7.7m	約180m	共同調査 (一部は当社単独)
⑥	六ヶ所村 尾駮老部川	—※1	—※1	—※1	共同調査
⑥	六ヶ所村 尾駮老部川	記載なし	記載なし	記載なし	・谷川ほか(2013) ・産業技術総合研究所: 津波堆積物データベース
⑦	六ヶ所村 尾駮沼	約400年前	記載なし	記載なし	鎌田ほか(2015)
⑧	六ヶ所村 尾駮発茶沢	—※1	—※1	—※1	共同調査
⑨	六ヶ所村 平沼	—※1	—※1	—※1	共同調査
⑩	三沢市 織笠	Modern※2	記載なし	記載なし	谷川ほか(2014)
⑪	三沢市 六川目	—※1	—※1	—※1	共同調査

※1:認められない。 ※2:耕作などの人為的な擾乱により、成因は特定できない。

※3:ボーリング調査(パーカッション式) ※4:露頭調査

3. 下北半島太平洋岸におけるイベント堆積物に関する知見

3.4 まとめ

- Minoura et al.(2013)が指摘する猿ヶ森砂丘(形成時期:14-17世紀)の下に存在する津波堆積物の中には、埋没ヒバが存在するが、千釜ほか(1998)は、埋没ヒバの成因を砂丘の移動によって説明できるとしている。
- また、Minoura et al.(2013)が指摘する津波堆積物の広域的な分布、標高、沿岸からの遡上距離を確認するため、東通村尻屋崎から三沢市六川目における津波堆積物調査結果と比較した結果、東通村以南では、鎌田ほか(2015)が指摘する六ヶ所村尾駮沼以外では確認されないとともに、同じ東通村で確認された堆積物よりも、標高が高く、海岸線からの距離も長い。
- 鎌田ほか(2015)では、「今後、津波と猿ヶ森砂丘形成の関連性を検討していく予定。」としていることも踏まえ、引き続き、東通村猿ヶ森のイベント堆積物に関する知見収集を行っていく。

参考文献

1. 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
2. Mansinha, L. and D.E. Smylie(1971):The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5,pp.1433-1440
3. 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
4. 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
5. 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
6. 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
7. 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
8. 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
9. 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
10. 防災科学技術研究所(2009):「地すべり地形分布図第42集「野辺地・八戸」」, 地すべり地形分布図データベース, 防災科学技術研究所研究資料, 第329号, <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/pdfview/s42-index.html>
11. Koji Minoura・Shin-ichi Hirano・Tsutomu Yamada(2013):Identification and possible recurrence of an oversized tsunami on the Pacific coast of northern Japan, Nat Hazards 68:631-643, Springer, DOI 10.1007/s11069-013-0640-z
12. 鎌田隆史・菅原大助・箕浦幸治・根本直樹・山田努(2015):猿ヶ森砂丘に挟在する再堆積層の成因:下北半島後期完新世砂丘の起源の考察, 日本地質学会第122年学術大会, 講演要旨, R21-O-4
13. 千釜章・多田省一郎・青沼正光(1998):下北半島における津波の伝承の解釈と埋没ヒバ林の成因, 地震, 第2輯, 第51巻, 61-73頁
14. 町田洋・新井房夫(2003):新編 火山灰アトラス[日本列島とその周辺]について, 東京大学出版会, 336p
15. 谷川晃一郎・澤井祐紀・宍倉正展・藤原治・行谷佑一・松本弾(2013):青森県太平洋岸で検出された津波堆積物, 日本第四紀学会講演要旨集, No.43, 16-17
16. 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター:津波堆積物データベース, https://gbank.gsj.jp/tsunami_deposit_db/
17. 谷川晃一郎・澤井祐紀・宍倉正展・藤原治・行谷佑一(2014):青森県三沢市で検出されたイベント堆積物, 第四紀研究, 53(1), p.55-62