

東海第二発電所
津波評価について
(津波堆積物調査)
(コメント回答)

平成29年9月1日
日本原子力発電株式会社

審査会合におけるコメント内容及び回答

No.	コメント内容	コメント回答
1	津波堆積物に関する知見について、詳細に示すこと。 (審査会合 H29.2.3)	・ 澤井(2012), Sawai et al.(2012)及びYanagisawa et al.(2016)の文献の詳細を資料に反映するとともに、基準津波波源(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)の津波水位が、津波堆積物調査等から推定された津波痕跡高を上回ることを確認した。
2	2011年東北地方太平洋沖地震等も含めて津波堆積物に関するより詳細な情報を確認すること。 (審査会合 H29.4.21)	・ 津波堆積物調査のプロセスを明確にし、2011年東北地方太平洋沖地震等の津波堆積物に関する情報を確認した。

目 次

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査	
1.1 津波痕跡に関する文献調査	6
1.2 津波堆積物に関する文献調査	16
1.3 津波堆積物調査	24
1.4 基準津波との比較(地質学的証拠及び歴史記録等による確認)	28
2. 参考文献	32

参考資料

1. 津波堆積物に関する文献調査(第390回審査会合資料)	34
2. 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(第390回審査会合資料)	37
3. 津波堆積物に関する文献調査経緯(第463回審査会合資料)	39
4. 津波堆積物に関する文献の検索方法について	41
5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査	43
6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査	50
7. 参考文献	52

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

評価の概要

- 以下のフローに従い、津波痕跡及び津波堆積物に関する調査を行った。

■文献調査

- 発電所周辺等において、津波痕跡、津波堆積物、伝承を含む歴史記録等に関する文献の整理・検討を行う。

津波痕跡に関する文献調査

- 発電所周辺において、既往津波の痕跡高の有無を確認。
- 発電所周辺において、比較的大きな影響を及ぼした可能性のある既往津波を確認。

津波堆積物に関する文献調査

- 津波堆積物が存在する場合に、同様の傾向を示すと考えられる一連の沿岸地形である塩屋埼から銚子の範囲において、津波堆積物の有無を確認。

※国内外の主な科学技術系論文データベース等を対象

- ✓ 地震調査研究推進本部
- ✓ JDREAM III
- ✓ ScienceDirect
- ✓ SpringerLink
- ✓ AGU Publications etc.

- 1677年延宝房総沖地震津波
- 2011年東北地方太平洋沖地震津波

※関東地震について、発電所周辺に影響を示す津波の痕跡はない。

- 茨城県日立市十王町で津波堆積物(1677年延宝房総沖地震と推定)が見つかった(産総研, 澤井(2012a)及びSawai et al. (2012))。
- 千葉県銚子市で津波堆積物(1677年延宝房総沖地震と推定)が見つかった(Yanagisawa et al.(2016))。

※2011年東北地方太平洋沖地震津波は近年発生し、正確な水位情報が得られていることから除外。
※関東地震の津波堆積物は、発電所周辺において見つかっていない。

■津波堆積物調査

- 既往津波の痕跡高については、古記録の情報を得るために必要に応じて実施する。

地形判読

- 津波堆積物が存在する場合に、同様の傾向を示すと考えられる一連の沿岸地形である塩屋埼から銚子の範囲を対象とした地形判読を行い、津波堆積物の残存の可能性を確認。

- 塩屋埼から銚子の範囲では茨城県十王町付近及び銚子市付近に津波堆積物の残存の可能性はある。

津波堆積物調査

- 判読された地形について、津波の痕跡に関するデータ拡充を図るため、現地において詳細な調査が可能と判断。

- 文献で示されている産総研やYanagisawa et al.(2016)の調査した地点が調査に最も適する地形であるため、その結果を引用。

解析結果との比較

- 基準津波の波源である「茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震の津波波源」の水位と1677年延宝房総沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震の痕跡高とを比較し、過去に基準津波の波源を上回るような津波堆積物があるかどうかを検証。

- 基準津波の波源による津波水位は、津波堆積物調査等から推定された1677年延宝房総沖地震及び2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波痕跡高を上回ることを確認。

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.1 津波痕跡に関する文献調査

1.1 津波痕跡に関する文献調査(敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波)

- 敷地周辺における既往津波の被害状況及び日本海溝沿いにおける津波の発生状況について文献調査を行った。

太平洋沿岸に影響を及ぼした主な津波の一覧表(地震規模8.0以上(遠地津波については地震規模9.0以上)を抜粋)

発生年月日 元号	波源域	地震規模 ¹⁾		津波規模 ²⁾ m	地震・津波の概要 ³⁾	敷地への影響
		Mj	Mw			
869.7.13 貞観11	三陸沖	8.3 ±1/4	—	4, — [4]	三陸沿岸:城郭・倉庫・門櫓・垣壁など崩れ落ち倒潰するもの無数。津波が多賀城下を襲い、溺死約1千。流光屋のごとく隠映するという。三陸沖の巨大地震とみられる。	東北地方太平洋沖型の地震に伴う津波と同等もしくは下回る規模
1611.12.2 慶長16	三陸沖	≒8.1	8.3	4, — [3-4]	三陸沿岸および北海道東岸:三陸地方で強震。震害は軽く、津波の被害が大きかった。伊達領内で死1783, 南部・津軽で人馬の死3千余という。三陸沿岸で家屋の流出が多く、北海道東部でも溺死が多かった。1933年三陸地震津波に似ている。	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない。
1677.11.4 延宝5	房総沖	≒8.0	8.2	2, — [—]	磐城・常陸・安房・上総・下総:上旬より地震が多かった。磐城から房総にかけて津波があり、小名浜・中之作・薄磯・四倉・江名・豊間などで死・不明130余、水戸領内で溺死36, 房総で溺死246余、奥州岩沼領で死123	茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で4.5～5.5m
1700.1.26 元禄12	北米 北西部沖	—	9.0	—, —	北米北西部沖(カスケード地帯):三陸～紀伊半島にかけて津波が来た。各地の津波の高さは岩手県宮古3m, 同大槌で2m, 茨城県那珂湊で約2mと推定される記録がある。宮古で津波の被害があったという。	茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で約2m
1793.2.17 寛政5	三陸沖	8.0～8.4		2, <u>2.5</u> [2]	陸前・陸中・磐城:仙台領内で家屋損壊1千余, 死12。沿岸に津波が来て、全体で家潰流失1730余, 船流破33, 死44以上。余震が多かった。相馬・いわきにおいて引きで津波がはじまっているのは1896年明治三陸地震と似ている。	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない。

1)地震規模は、宇佐美他(2013)を参照した。

2)津波規模mは、宇佐美他(2013)による。下線付き数字は羽鳥による値とされている。[]内の値は羽鳥(1975)による値を参照した。

3)地震・津波の概要は、宇佐美他(2013)、渡辺(1998)及び国立天文台(2014)を参照した。

1.1 津波痕跡に関する文献調査(敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波)

太平洋沿岸に影響を及ぼした主な津波の一覧表(地震規模8.0以上(遠地津波については地震規模9.0以上)を抜粋)

発生年月日 元号	波源域	地震規模 ¹⁾		津波規模 ²⁾ m	地震・津波の概要 ³⁾	敷地への影響
		Mj	Mw			
1896.6.15 明治29	三陸沖	8・1/4	8.3	4, <u>3.5</u> [3-4]	三陸沖:『明治三陸地震津波』:震害はない。津波が北海道より牡鹿半島にいたる海岸に襲来し, 死者総数は21959(青森343, 岩手18158, 宮城3452, 北海道6)。家屋流失全半潰8~9千, 船の被害約7千。波高は, 吉浜24.4m, 綾里38.2m, 田老14.6mなど。	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない。
1933.3.3 昭和8	三陸沖	8.1	8.4	3, <u>3</u>	三陸沖:『三陸地震津波』:震害は少なかった。津波が太平洋岸を襲い, 三陸沿岸で被害は甚大。死・不明3064, 家屋流失4034, 倒潰1817, 浸水4018。波高は綾里湾で28.7mにも達した。日本海溝付近で発生した巨大な正断層型地震と考えられている。	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない。
1952.11.4 昭和27	カムチャツカ半島 南東沖	—	9.0	1, —	カムチャツカ半島南東沖:『カムチャツカ津波』:太平洋沿岸に津波, 波高は1~3m程度。広範囲で家屋の浸水があり, 三陸沿岸では漁業関係の被害があった。	福島県沿岸で約0.5~1.5m
1960.5.22 昭和35	チリ 南部沖	—	9.5	2~3, —	チリ南部沖:『チリ地震津波』:津波が日本各地に襲来, 波高は三陸沿岸で5~6m, その他で3~4m。北海道南岸・三陸沿岸・志摩半島付近で被害が大きく, 沖縄でも被害があった。日本全体で死・不明142(うち沖縄で3), 家屋全壊1500余, 半壊2千余	茨城県久慈港で約2.3m
1964.3.27 昭和39	アラスカ湾	—	9.2	0, —	アラスカ湾:『アラスカ地震津波』:津波は太平洋沿岸各地に波及した。日本沿岸の検潮記録によると, 津波の高さは三陸沿岸南部でやや高かった。このため, この沿岸で浅海漁業施設に若干の被害があった。	小名浜で0.35m, 銚子で0.36m

1)地震規模は, 宇佐美他(2013)を参照した。

2)津波規模mは, 宇佐美他(2013)による。下線付き数字は羽鳥による値とされている。[]内の値は羽鳥(1975)による値を参照した。

3)地震・津波の概要は, 宇佐美他(2013), 渡辺(1998)及び国立天文台(2014)を参照した。

1.1 津波痕跡に関する文献調査(敷地周辺に影響を及ぼした過去の津波)

太平洋沿岸に影響を及ぼした主な津波の一覧表(地震規模8.0以上(遠地津波については地震規模9.0以上)を抜粋)

発生年月日 元号	波源域	地震規模 ¹⁾		津波規模 ²⁾ m	地震・津波の概要 ³⁾	敷地への影響
		Mj	Mw			
1968.5.16 昭和43	青森県 東方沖	7.9	8.2	2, <u>2.5</u>	青森県東方沖:『1968年十勝沖地震』:青森を中心に北海道南部・東北地方に被害。死52, 傷330, 建物全壊673, 半壊3004。青森県下で道路損壊も多かった。津波があり, 三陸沿岸3~5m, 浸水529, 船舶流失沈没127。コンクリート造建築の被害が目立った。	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない。
2011.3.11 平成23	三陸沖	8.4	9.0	一, <u>4</u>	東北沖:『平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震, 東日本大震災』:日本海溝沿いの沈み込み帯の大部分, 三陸沖中部から茨城県沖までのプレート境界を震源域とする逆断層型超巨大地震。3月9日にM7.3(Mw7.4)の前震, 震源域内や付近の余震・誘発地震はM7.0以上が6回, M6.0以上が97回, 死18493, 不明2683, 傷6217, 住家全壊128801, 半壊269675。死者の90%以上が水死で, 被害の多くは巨大津波(現地調査によれば最大約40m)によるもの。	発電所で概ね5~6m (最大6.5m)

1)地震規模は, 宇佐美他(2013)を参照した。

2)津波規模mは, 宇佐美他(2013)による。下線付き数字は羽鳥による値とされている。[]内の値は羽鳥(1975)による値を参照した。

3)地震・津波の概要は, 宇佐美他(2013), 渡辺(1998)及び国立天文台(2014)を参照した。

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

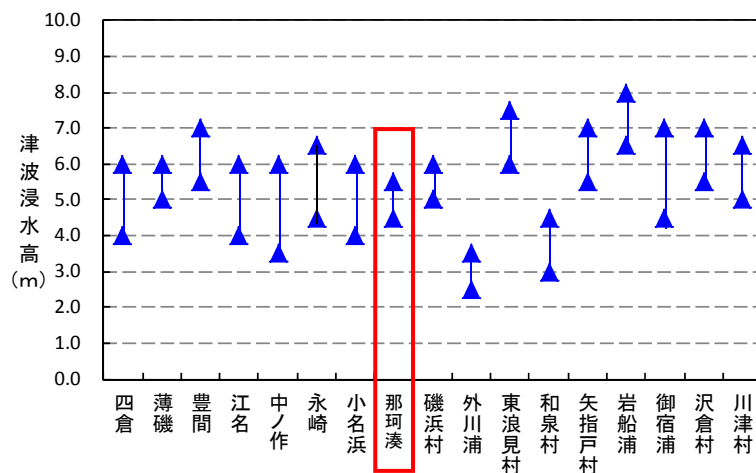
1.1 津波痕跡に関する文献調査(1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高)

- 竹内他(2007)に基づけば, 1677年延宝房総沖地震津波による敷地周辺の津波浸水高(推定)は, 茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で4.5~5.5mと示されている。



図019-1 延宝房総沖津波を発生させた地震の震度分布

(渡辺(1998))



1677年延宝房総沖地震による福島県～茨城県及び千葉県の各地の津波浸水高(推定)

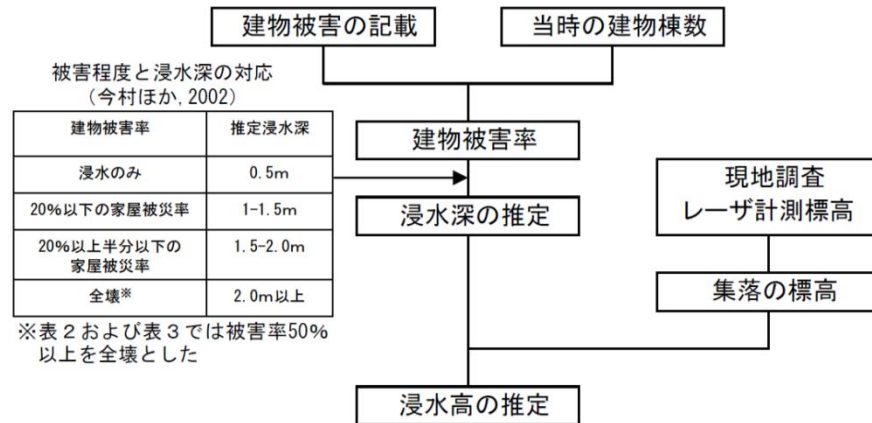


延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査
(竹内他(2007)に加筆)

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.1 津波痕跡に関する文献調査(1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高の調査結果)

- ・ 竹内他(2007)に基づけば、1677年延宝房総沖地震津波による敷地周辺の津波浸水高は、建物被害の記録から推定したと示されている。



津波浸水高推定のフロー

浸水高の推定結果(福島県～茨城県)

市町村	場所	被害記事(史料番号)	被害軒数	推定棟数	建物被害	推定される浸水深	集落(地点)の標高	推定浸水高
福島県いわき市	豊間	・江名・豊間両浦で218軒流失、44人溺死(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)	218	170	50%以上	2m以上	3.5-5.0m	5.5-7.0m以上
福島県いわき市	江名	・江名・豊間両浦で218軒流失、44人溺死(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)		210	50%以上	2m以上	2.0-4.0m	4.0-6.0m以上
福島県いわき市	四倉	・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)	330	430	20-50%	1.5-2.0m	2.5-4.0m	4.0-6.0m
福島県いわき市	薄磯	・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)		130	20-50%	1.5-2.0m	3.0-4.0m	4.5-6.0m
福島県いわき市	中ノ作	・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)		60	20-50%	1.5-2.0m	2.0-4.0m	3.5-6.0m
福島県いわき市	永崎	・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) ・小名浜、神白、永崎にて80人余押し流され(③)		70	20-50%	1.5-2.0m	3.0-4.5m	4.5-6.5m
福島県いわき市	小名浜	・小名浜・長崎・中作・薄磯・四倉・江■にて流失330軒、溺死75人(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②) ・小名浜、神白、永崎にて80人余押し流され(③)		170	20-50%	1.5-2.0m	2.5-4.0m	4.0-6.0m
茨城県ひたちなか市	那珂港	・那珂湊の別館(湊御殿)の前まで津波が及ぶ(④)			浸水のみ	0.5m以下	4.0-5.0m	4.5-5.5m
茨城県大洗町	磯浜村	・320軒流失(⑤)	320	640	50%	2m以上	3.0-4.0m	5.0-6.0m以上

※平凡社(1982)の「茨城県の地名」によれば、湊村(現ひたちなか市)にて「流失民家30軒、溺死男女30人の被害を出した(『水戸歴世譚』)」とある。同書によれば、家屋数は1,024戸(時期不明)なので、被害率は20%未満となり、浸水深は1-1.5mと推定される。海岸付近の集落の地盤高を4m程度とすれば、浸水深5-5.5m程度となり、表2とは矛盾しない。

浸水高の推定結果(千葉県)

市町村	場所	被害記事(史料番号)	被害軒数	推定棟数	建物被害	推定される浸水深	集落(地点)の標高	推定浸水高
千葉県銚子市	笠上新田	・男女2人浪にとられ死(⑥)						
千葉県銚子市	外川浦	・漁舟被害(⑥)			浸水のみ	0.5m以下	2.0-3.0m	2.5-3.5m
千葉県一宮町	東浪見村	・潰家52軒、死者137人(⑦)	52	340	20%以下	1.0-1.5m	5.0-6.0m	6.0-7.5m
千葉県岬町	御領和泉村	・被害家数不明、死者13人(⑧)		170	20%以下	1.0-1.5m	2.0-3.0m	3.0-4.5m
千葉県大原町	小浜浦	・25.6軒流失、死者9人(⑧)	26	440	20%以下	1.0-1.5m	4.0-5.0m	5.5-7.0m
千葉県大原町	矢指戸村	・24.5軒流失、死者13人(⑧)	25	300	20%以下	1.0-1.5m	5.0-6.0m	6.5-8.0m
千葉県大原町	岩船浦	・40軒流失、死者57人(⑧)	40	200	20-50%	1.5-2.0m		
千葉県御宿町	御宿浦	・170軒流失、死者53人(⑧)	170	90	50%以上	2m以上	3.0-5.0m	5.0-7.0m以上
千葉県勝浦市	郡原村(部原村?)	・56軒流失、死者2人(子供)(⑧)	56	100	50%以上	2m以上		
千葉県勝浦市	沢倉村	・11軒流失(⑧)	11	40	20-50%	1.5-2.0m	4.0-5.0m	5.5-7.0m
千葉県勝浦市	川津村	・19軒流失(⑧)	19	140	20%以下	1.0-1.5m	4.0-5.0m	5.0-6.5m

竹内他(2007)

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

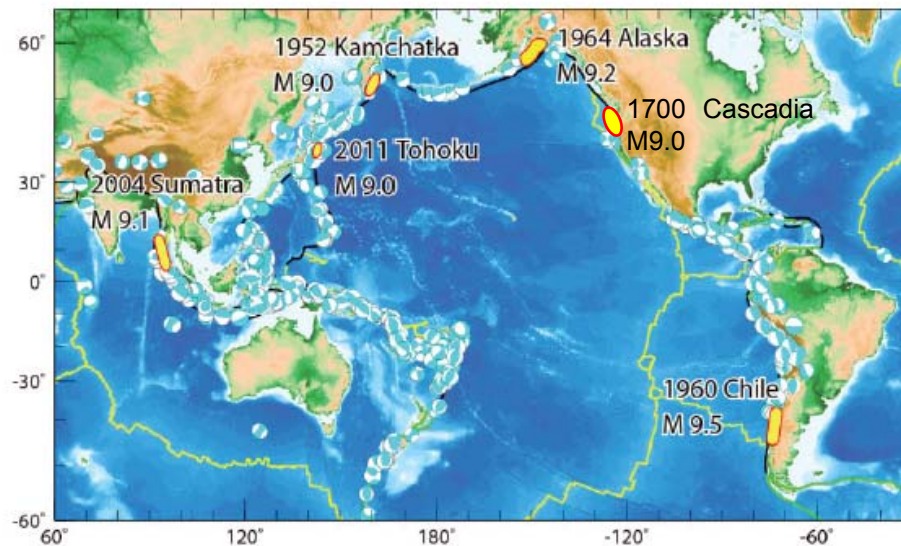
第390回審査会合
資料1-2 再掲

1.1 津波痕跡に関する文献調査(1700年カスケード地震津波, 1952年カムチャッカ地震津波及び1964年アラスカ地震津波の痕跡高)

- 渡辺(1998)等に基づけば, 1700年カスケード地震津波, 1952年カムチャッカ地震津波及び1964年アラスカ地震津波の痕跡高は, それぞれ茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で約2m, 福島県沿岸で約0.5~1.6m, 小名浜で0.35m, 銚子で0.36mと示されている。

区分	地震種別	名称	文献調査結果※
遠地津波	プレート間地震	1700年カスケード地震津波	茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で約2m
		1952年カムチャッカ地震津波	福島県沿岸で約0.5~1.5m
		1964年アラスカ地震津波	小名浜で0.35m, 銚子で0.36m

※渡辺(1998)



環太平洋における大地震の分布
(佐竹(2013)に加筆)

1952年カムチャッカ津波の高さ
(単位m)

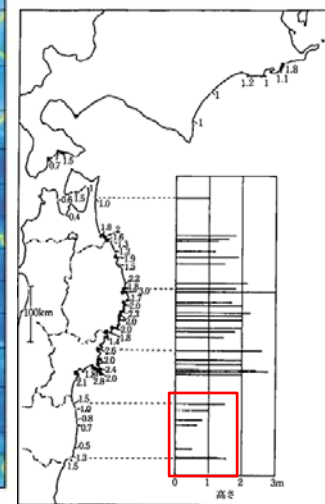


図21-1 1952年カムチャッカ津波の高さ
(単位:m)
●印は家屋浸水のあった地域

(渡辺(1998)に加筆)

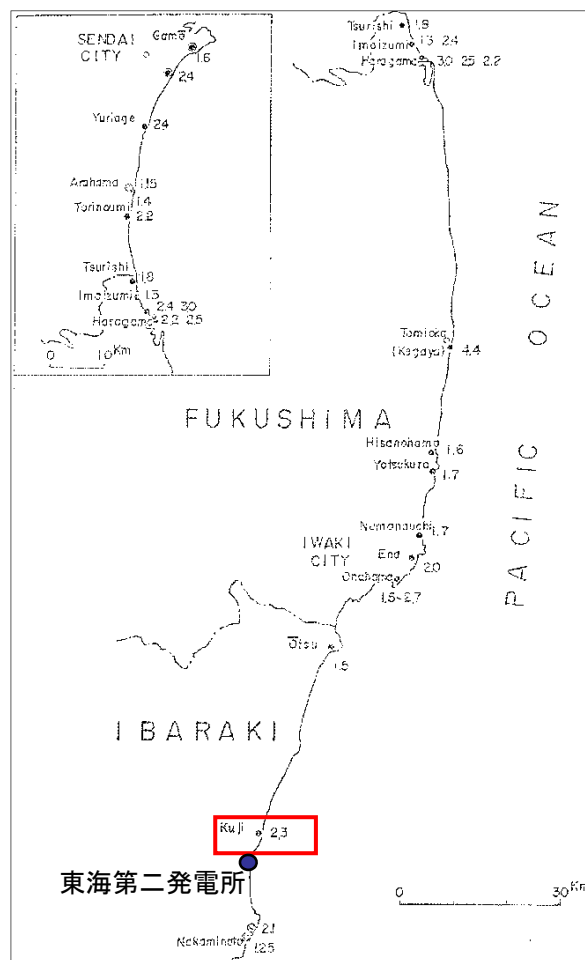
1964年アラスカ津波の場合, 日本沿岸における検潮記録による平常潮位上の津波高さ

表25-1 1964年アラスカ津波の場合, 日本沿岸における検潮記録による平常潮位上の津波の高さ

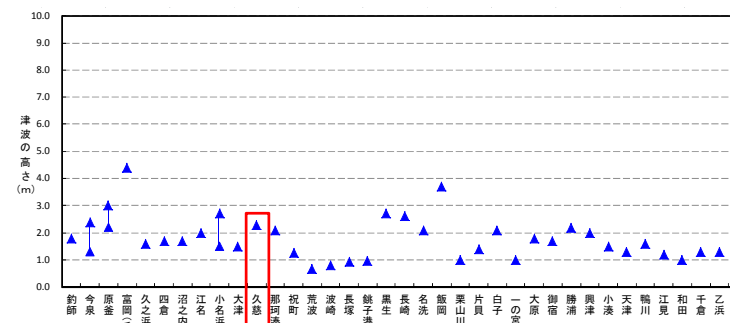
検潮所	高さ (cm)	検潮所	高さ (cm)
稚内	34	東京	10
紋別	10	横浜	17
網走	12	油壺	18
花咲	36	八丈島	7
釧路	40	内浦	12
浦河	25	清水	6
函館	38	御前崎	30
青森	32	島羽	15
網走	46	浦神	25
八戸	60	串本	45
宮古	14	海南海	15
釜石	38	高知	20
大船渡	75	土佐清水	24
江ノ島(城島)	15	細島	12
女川	50	青島	15
小名浜	35	油津	39
銚子	36	名瀬	20
布良	33		

1.1 津波痕跡に関する文献調査(1960年チリ地震津波の痕跡高)

- チリ津波合同調査班(1961)に基づけば、1960年チリ地震津波による敷地周辺の津波の痕跡高は、茨城県久慈港約2.3mと示されている。



1960年チリ地震津波による福島県～茨城県の津波の高さ分布図
(チリ津波合同調査班(1961)に加筆)



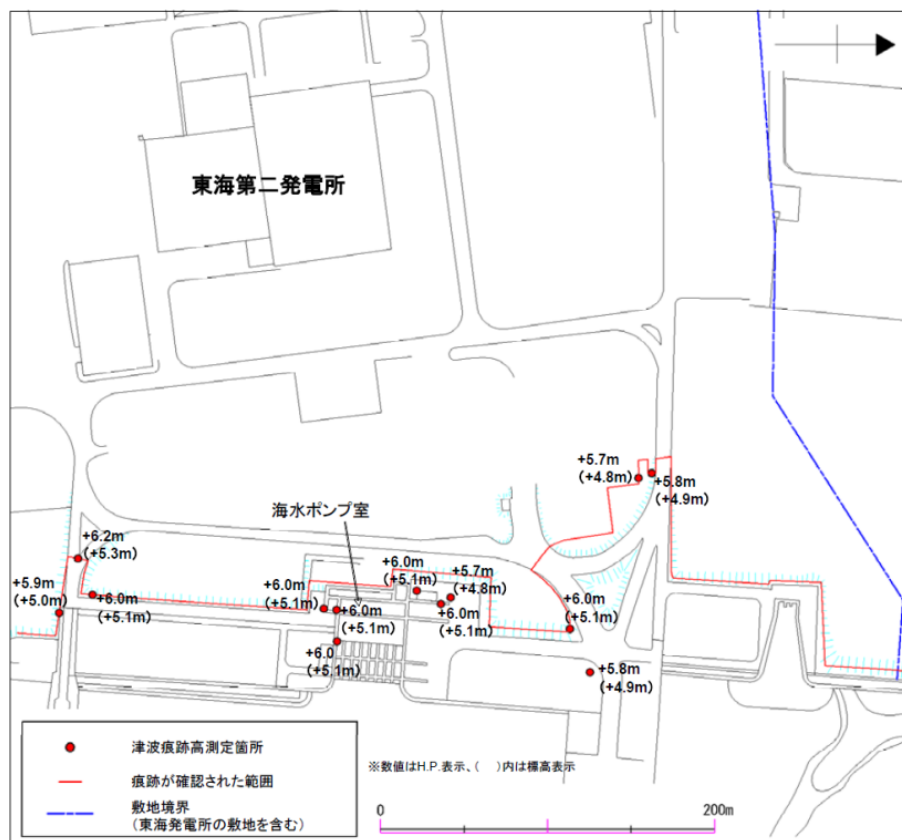
1960年チリ地震による福島県～茨城県及び千葉県(南端)の津波の高さ分布図



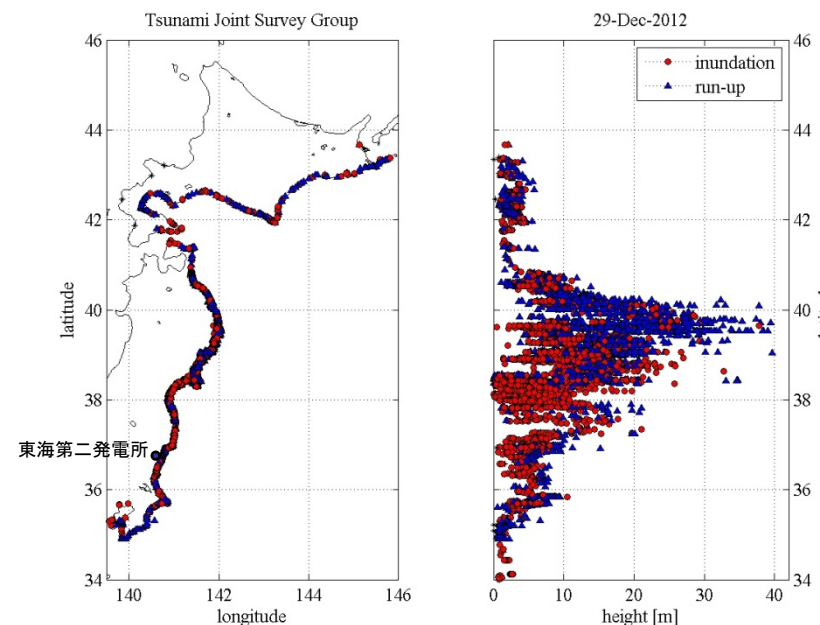
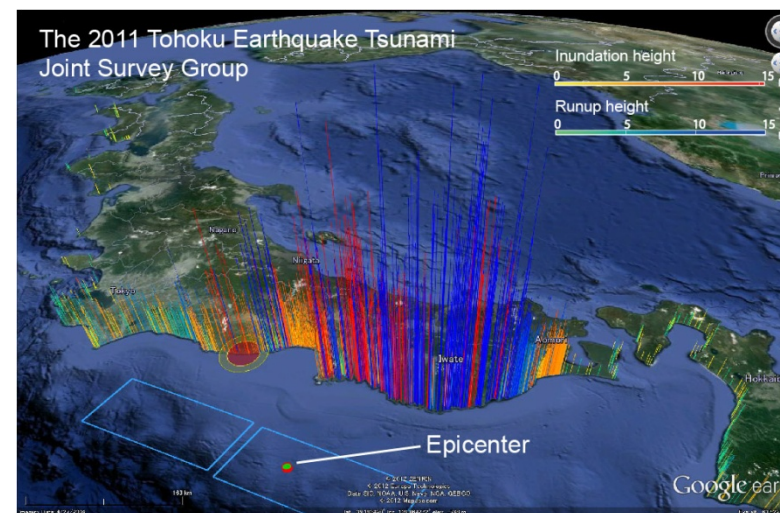
1960年チリ地震津波による久慈港(日立港)の津波の高さ
(チリ津波合同調査班(1961)に加筆)

1.1 津波痕跡に関する文献調査(2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡高)

- 当社の記録によれば、2011年東北地方太平洋沖地震津波による敷地周辺の津波の痕跡高は、発電所で概ね5～6m(最大6.5m)である。



2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所の痕跡高
(日本原子力発電(2012))



2011年東北地方太平洋沖地震による浸水高及び遡上高分布図
(東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011)に加筆)

1.1 津波痕跡に関する文献調査(まとめ)

- 敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波は、日本海溝沿いの津波であり、敷地に襲来した津波の最大痕跡高は1677年延宝房総沖地震津波及び2011年東北地方太平洋沖地震津波で、概ね5～6m(最大6.5m)である。

区分		地震種別		名称	文献調査結果
近地津波	日本海溝沿い	海洋プレート内地震		1611年の津波(正断層型)	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
				1933年昭和三陸沖地震津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
		プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	869年の津波	東北地方太平洋沖型の地震に伴う津波と同等もしくは下回る規模
				2011年東北地方太平洋沖地震津波	発電所で概ね5～6m(最大6.5 m)
			津波地震	1611年の津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
				1677年延宝房総沖地震津波	茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で4.5～5.5m
				1896年明治三陸沖地震津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
				1793年宮城県沖地震に伴う津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
				17世紀初頭の地震(500年間隔地震)に伴う津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
				1968年十勝沖地震に伴う津波	敷地付近への影響を示す津波の痕跡はない
遠地津波		プレート間地震		1700年カスケード地震津波	茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で約2m
				1952年カムチャツカ地震津波	福島県沿岸で約0.5～1.5m
				1960年チリ地震津波	茨城県久慈港で約2.3m
				1964年アラスカ地震津波	小名浜で0.35m, 銚子で0.36m

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.2 津波堆積物に関する文献調査

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.2 津波堆積物に関する文献調査(津波堆積物調査の範囲)

- 津波堆積物に関する調査の目的は、評価地点に影響を与えた可能性のある津波を検出することである。したがって、同一の津波により同様の影響を受けると考えられる範囲を検討対象とする。
- 国土交通省(2012)による「津波浸水想定の設定の手引き」においては、同様の見地に基づき、海岸保全基本計画を作成すべき海岸の区分である「地域海岸」を、「湾の形状や山付け等の自然条件」等に基づき「同一の津波外力を設定しようと判断される一連の海岸線」と規定している。自治体ではこれに基づき、岬や河川を境とする区分を行っている。
- 本検討においては、海岸構造物に対する津波外力のわずかな違いを考慮する必要はないため、より広域的に一連とみなせる海岸線を調査対象とした。その範囲は、両端に明瞭な岬を有する概ね茨城県北端から千葉県銚子付近までとなる。
- 以上より、福島県塩屋埼から千葉県銚子の範囲において、津波堆積物調査の有無を確認した。



東海第二発電所を含む広義の
「一連の海岸線」
(国土地理院地図に加筆)

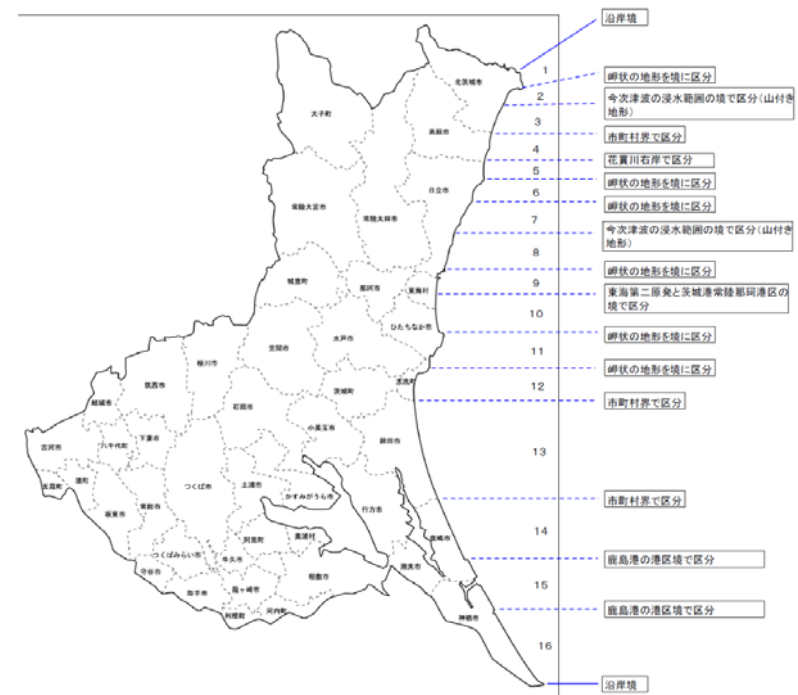
(1) 地域海岸について

海岸保全基本計画を作成すべき一体の海岸の区分(沿岸)を

- 湾の形状や山付け等の自然条件
- 文献や被災履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの津波高さ

から、同一の津波外力を設定しようと判断される一連の海岸線に分割したものをいう。

(国土交通省(2012))



茨城県による地域海岸の設定(茨城県(2012))

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

第463回審査会合
資料1 修正

1.2 津波堆積物に関する文献調査(福島県塩屋埼から千葉県銚子の範囲における津波堆積物の分布)

- ・ 国内外の主な科学技術系論文データベース等※1を用いて津波堆積物の有無を確認した。その結果、茨城県日立市十王町及び千葉県銚子市で津波堆積物が見つかった(産業技術総合研究所(以下、「産総研」という)、澤井(2012a)、Sawai et al. (2012) 及びYanagisawa et al.(2016))。
- ・ なお、産総研で行った津波堆積物調査結果は、産総研により津波堆積物データベースを通じて公開されており、「津波堆積物(イベント堆積物)が見つかった場所」とされているのは、茨城県日立市十王町の調査結果のみである(2017年3月末時点)。
- ・ また、2011年東北地方太平洋沖地震津波及び関東地震の津波堆積物に関する情報についても確認した※2,3。

※1 国内外の主な科学技術系論文データベースに関する情報の詳細は、参考資料「4. 津波堆積物に関する文献の検索方法について」に記載。

※2 2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する情報の詳細は、参考資料「5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査」に記載。

※3 関東地震の津波堆積物に関する情報の詳細は、参考資料「6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査」に記載。



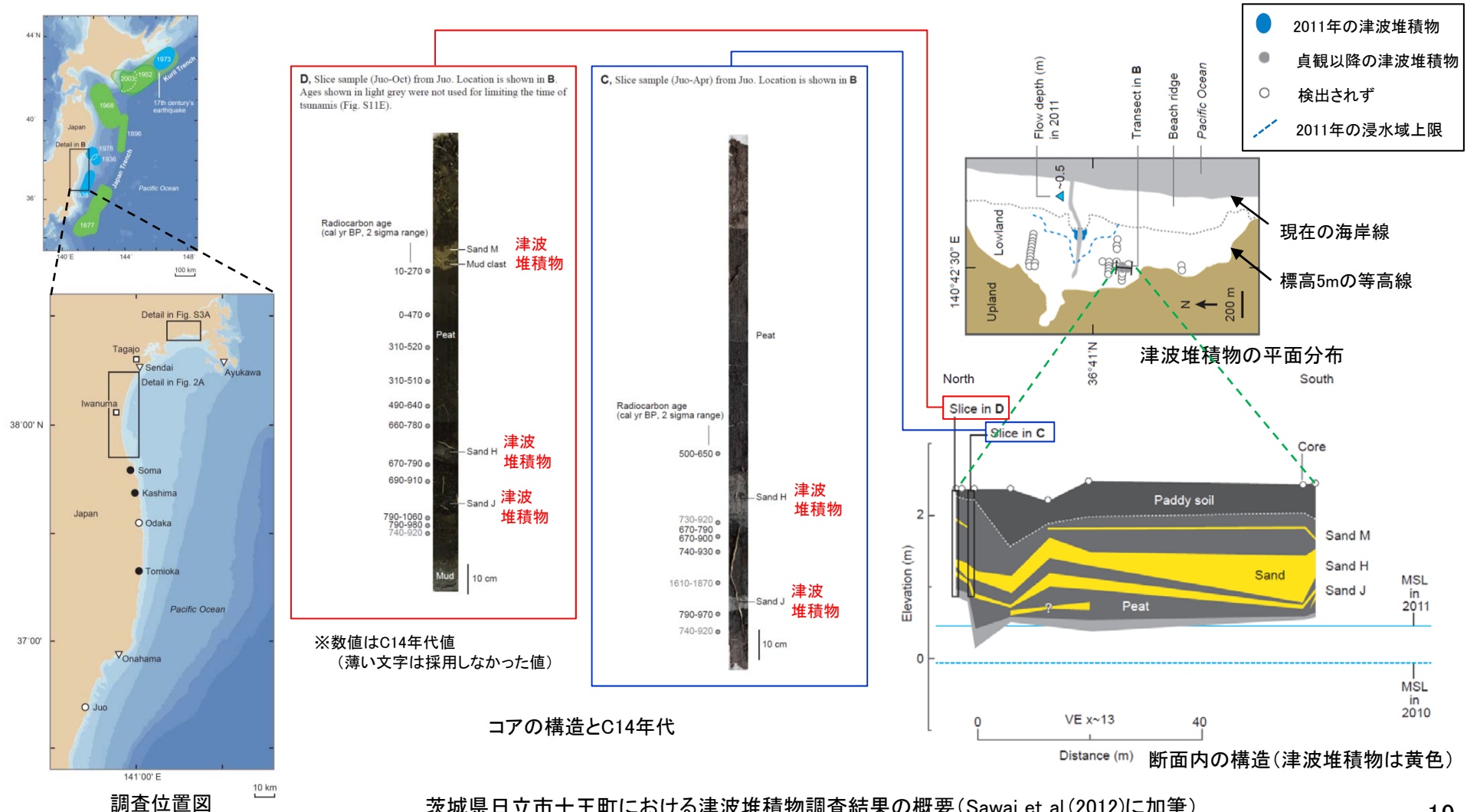
「津波堆積物(イベント堆積物)が見つかった場所」の分布

産業技術総合研究所津波堆積物データベースに加筆

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

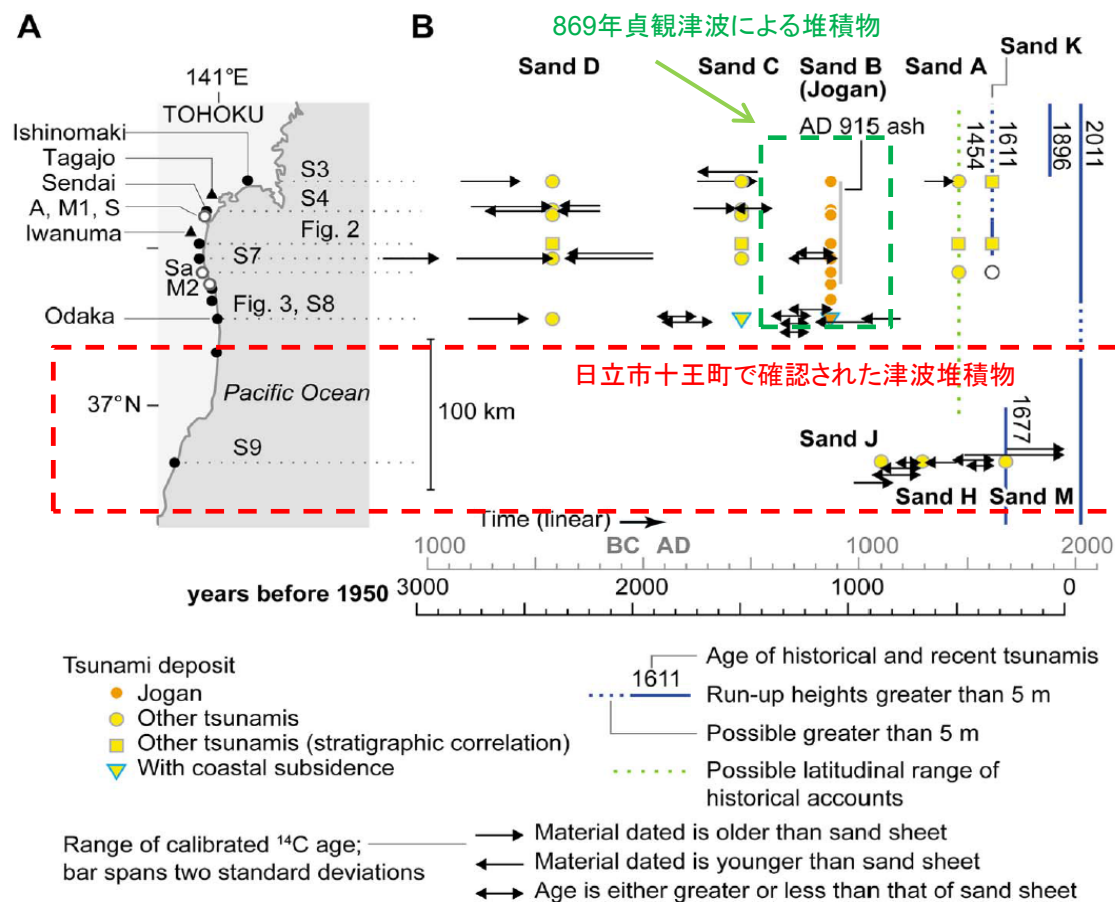
1.2 津波堆積物に関する文献調査(茨城県日立市十王町における調査結果)

- 津波堆積物に関する文献調査を行った結果、発電所に最も近い地点として、日立市十王町(発電所から約25km地点)で津波堆積物が確認されている。(澤井(2012a), Sawai et al. (2012))
- Sawai et al. (2012)で示される津波堆積物調査結果は、茨城県日立市十王町の低地の水田地帯においてハンドコアラーやハンディージオスライサーにより取得した柱状堆積物試料の分析結果である。年代分析は泥炭から取得した有機物のC14年代測定により行っている。
- 澤井(2012a)は、この地点では2011年東北地方太平洋沖地震津波による砂やデブリ(植物片など)も検出されているが、以前の津波堆積物と分布範囲が大きく異なっており、これは地形等の人工改変による影響であろうとしている。



1.2 津波堆積物に関する文献調査(発電所周辺における調査結果)

- Sawai et al.(2012) は、日立市十王町で確認された津波堆積物は、仙台平野や福島県南相馬市小高と共通のものではないとしている。日立市十王町では869年貞観津波より後に約1000年間で3回分の津波堆積物がみられ、そのうち最新のものは1677年延宝房総沖地震津波に対比されるとしている。
- Pilarczyk et al. (2016)は、千葉県九十九里浜において津波堆積物の特徴を有する2層の砂層を確認したとしている。このうち上位の砂層は1677年延宝房総沖地震津波に対比され、下位のイベントは979～903年前と推定している。



宮城県～茨城県で確認された津波堆積物の分布と推定年代(Sawai et al.(2012)に加筆)

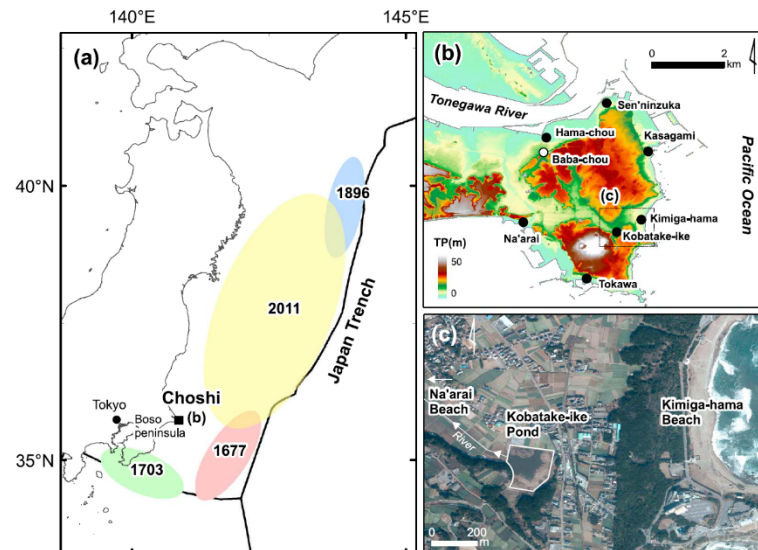
1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.2 津波堆積物に関する文献調査(千葉県銚子市における調査結果)

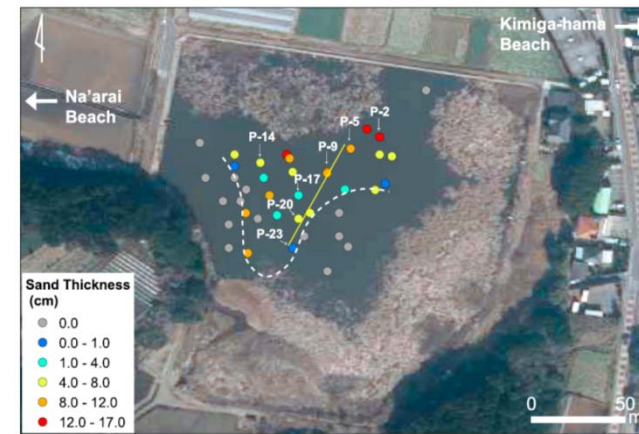
- Yanagisawa et al.(2016)は、古文書及び津波堆積物調査に基づき、1677年延宝房総沖地震津波が銚子市の小畑池(T.P.+11.3m)に浸水したと解釈した。
- Yanagisawa et al.(2016)は、津波の遡上シミュレーションを実施した結果、1677年の津波に関する既往断層モデルでは小畑池への浸水が再現できなかった。そこで、既往断層モデルのすべり量を割増すことにより、銚子市付近の浸水範囲を概ね再現するモデルを決定しているが、広域の痕跡高との関係は検証されていない。広域の痕跡高に対しては過大となる可能性が高く、1677年の津波の再現モデルとしての適切さについては検討の余地がある。

1677年の津波が小畑池に浸水したと解釈した根拠:

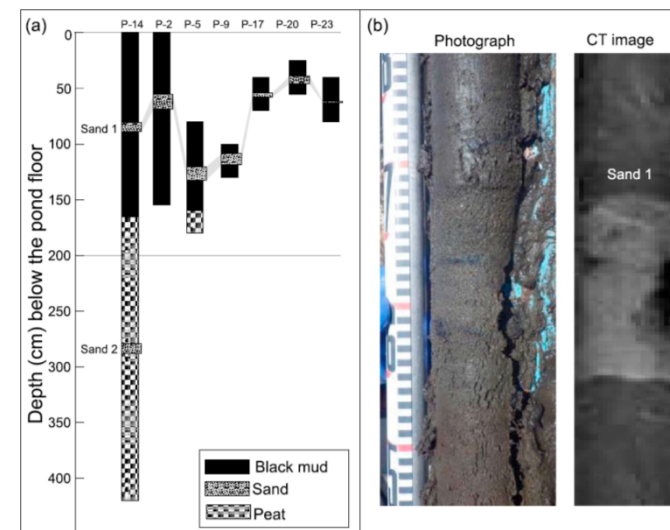
- 古文書「玄蕃先代集」の記述
 - ✓ 津波が複数の村に被害を与えた。津波は君ヶ浜近傍の浜堤(T.P.+13m)を越流し、海岸で約1万本の木を倒壊させ、君ヶ浜から500m内陸にある小畑池(T.P.+11.3m)に到達した。
- 津波堆積物調査
 - ✓ 小畑池の底40点からコアを採取し、分析を行った。君ヶ浜からの浸水経路となる北に向かって厚くなる1~18.5cm厚砂層が検出された。C14年代分析及び火山灰分析により、砂層は西暦1405年から1707年に堆積したと推定された。
 - ✓ 池の標高や海岸からの距離からみて、暴浪による堆積の可能性は低いとした。
 - ✓ 年代からみて1703年元禄関東地震津波の影響も否定できないが、波源域がこの地点に正対していることから、1677年に形成された津波堆積物であると判断した。



(a)1677年延宝房総沖地震津波の推定波源位置
(b)千葉県銚子市付近の標高分布と古文書に基づく1677年の津波の影響範囲
(●:津波被害あり, ○:津波被害なし)
(c)小畑池～君ヶ浜周辺の航空写真



コア採取位置

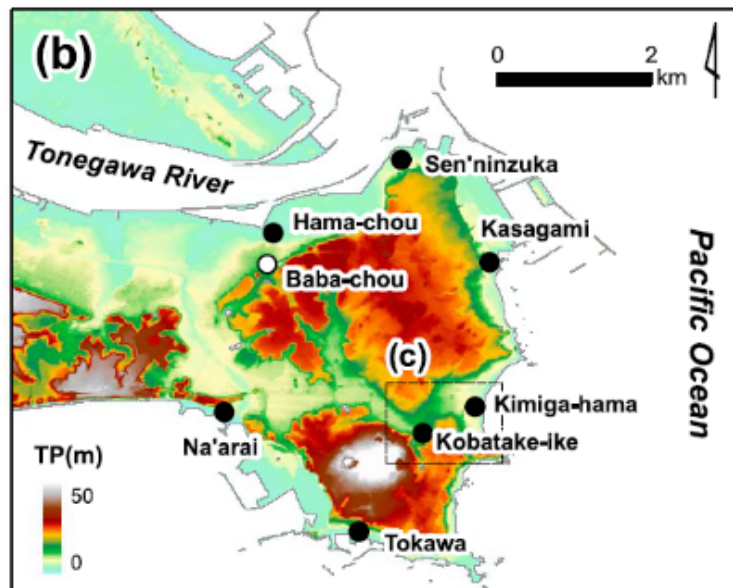


コア構造

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.2 津波堆積物に関する文献調査 (Yanagisawa et al. (2016)に掲載された1677年の津波の痕跡高の根拠)

- Yanagisawa et al.(2016)によれば、1677年の津波の影響範囲のうち、小畑池以外の地点については古文書等の記述に基づき痕跡高を推定している。



(b)千葉県銚子市付近の標高分布と古文書に基づく1677年の津波の影響範囲
(●:津波被害あり, ○:津波被害なし)

Yanagisawa et al. (2016)

Yanagisawa et al. (2016)に掲載された1677年の津波の痕跡高の根拠のまとめ

地点	痕跡高の根拠	古文書等の記述
千人塚	古文書「玄蕃先代集」 浸水	当該地点に浸水し、池が現れた
浜町	古文書「玄蕃先代集」 浸水	当該地点に浸水した
馬場町	古文書「玄蕃先代集」 浸水せず	数名が浜町の浸水を逃れて当該地点まで来た
君ヶ浜	古文書「玄蕃先代集」 被害記録	千本の木が津波の流れにより倒壊した
君ヶ浜浜堤	都司他(2012) 小畑池への浸水に基づく解釈	津波が君ヶ浜から小畑池に浸水するために最低限通過すべき標高
外川	古文書「玄蕃先代集」 被害記録	漁船が津波の流れにより損壊した
名洗	伝承 浸水	君ヶ浜から侵入した津波が名洗に到達した

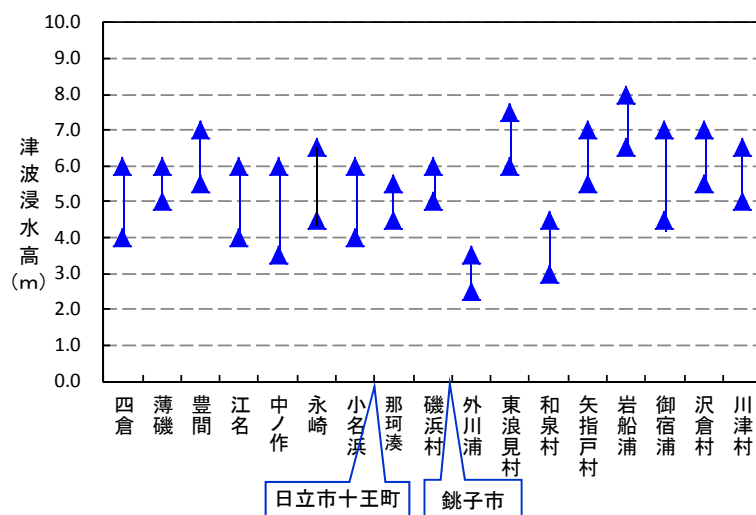
※Yanagisawa et al. (2016)においては、小畑池の痕跡高のみ津波堆積物調査に基づく。

1.2 津波堆積物に関する文献調査(1677年延宝房総沖地震津波の調査結果)

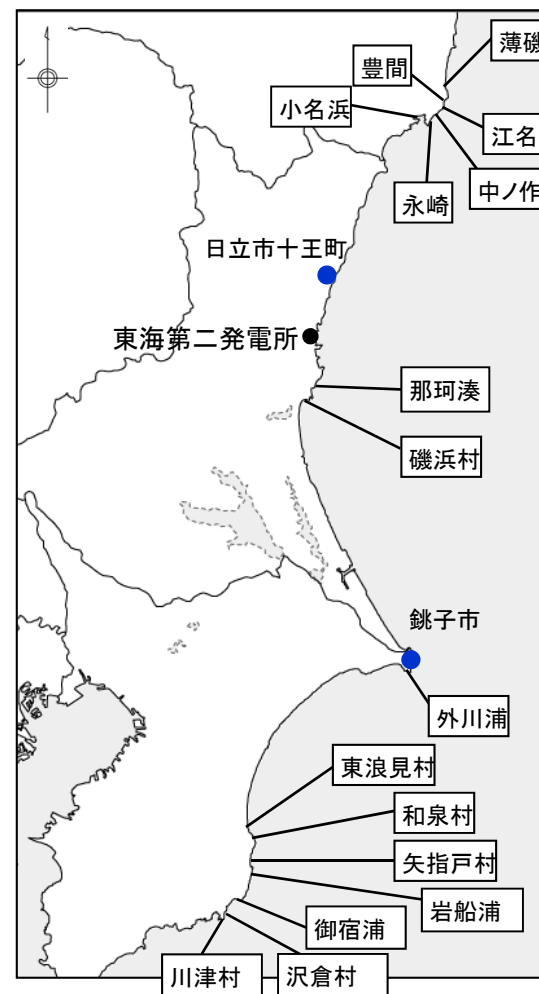
- 竹内他(2007)に基づけば、1677年延宝房総沖地震津波による敷地周辺の津波浸水高(推定)は、茨城県那珂湊(現ひたちなか市)で4.5～5.5m、福島県小名浜で4.0～6.0mと示されている。
- 茨城県日立市十王町は小名浜と那珂湊の間に位置しており、小名浜や那珂湊と同程度の津波が到達したと推定される。



図019-1 延宝房総沖津波を発生させた地震の震度分布
(渡辺(1998))



1677年延宝房総沖地震による福島県～茨城県及び千葉県の
各地の津波浸水高(推定)



延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査
(竹内他(2007)に加筆)

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.3 津波堆積物調査

1.3 津波堆積物調査(津波堆積物調査場所の選定)

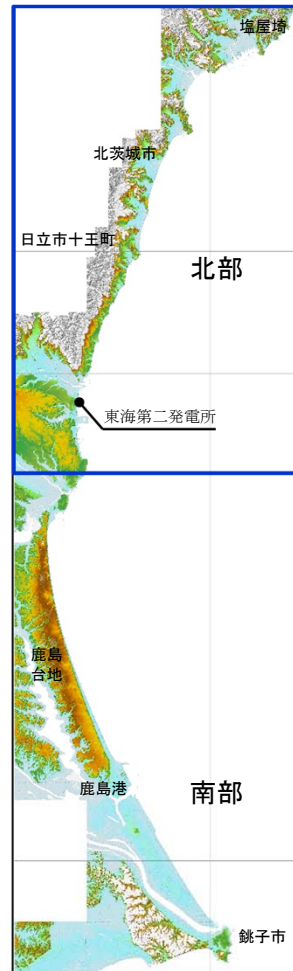
- 津波堆積物調査結果を総括した文献(藤原(2015), 道口他(2014), 澤井(2012b)等)を参考に, 津波堆積物調査に適した場所について整理した。

	着目点(地形的特徴)
適している場所	以下の3要素を満たす場所が調査に適している。 ➤ 津波堆積物が形成されやすい環境。 ➤ 津波堆積物が保存されやすい環境。 ➤ 津波堆積物が認定しやすい環境。 具体的には ① 浜堤列平野(複数の浜堤列と堤間湿地) ② 沿岸湖沼, 内湾(静穏な堆積環境)
適さない場所	③ 勾配のある海岸低地等 (侵食作用が大きいため保存されにくい。また, 平常時に粗粒堆積物が堆積しているため認定が困難である。) ④ 規模の大きい河川の河口部 (津波堆積物の流入は起きやすいが, 侵食作用が大きいため保存されにくい。また, 平常時に粗粒堆積物が堆積しているため認定が困難である。) ⑤ 大規模な土地改変場所

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

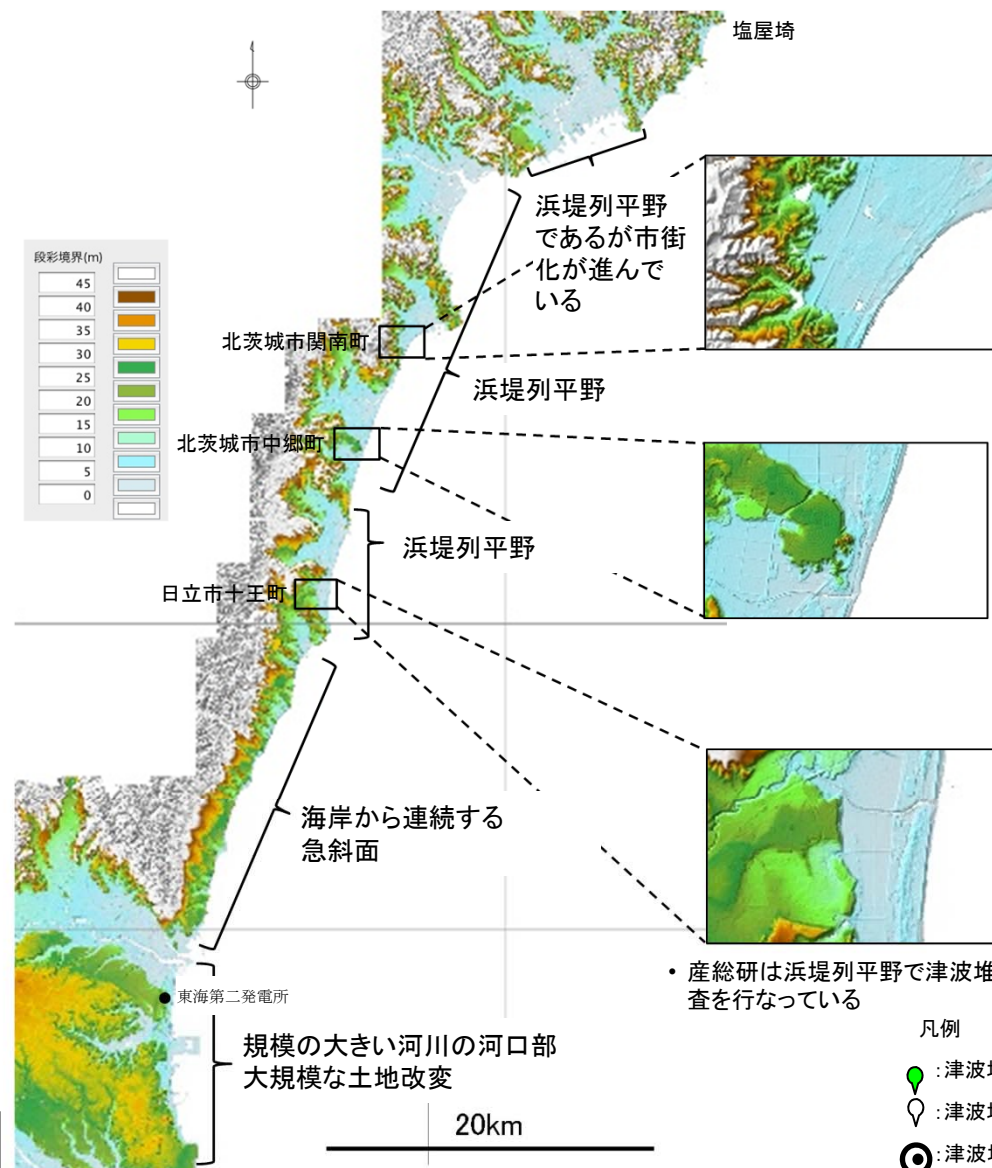
1.3 津波堆積物調査(北部)

- 地形判読調査の結果、塩屋崎から銚子の範囲では茨城県十王町付近及び銚子市付近に津波堆積物の残存の可能性があると判断される。
- 津波堆積物の残存の可能性がある範囲のうち、文献で示されている産総研やYanagisawa et al.(2016)の調査した地点が調査に最も適する地形であるため、その結果を引用した。



福島県南部から千葉県沿岸の
標高分布図
※国土地理院5mDEMから作成

この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分1地形図、空中写真、数値地図25000(地図画像)、数値地図50mメッシュ(標高)及び基礎地図情報を使用した。(承認番号 平29情使、第298号)



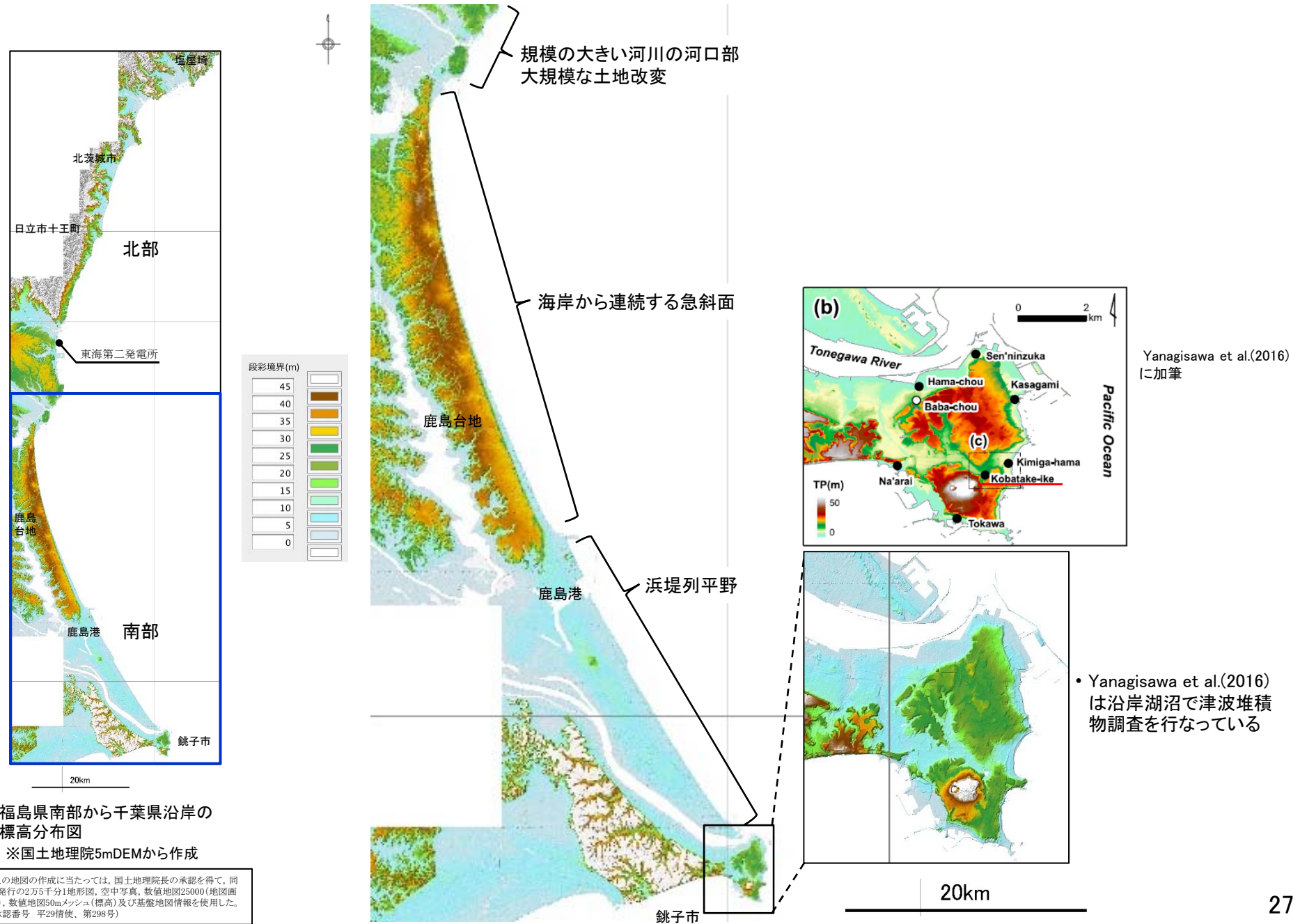
- 産総研は浜堤列平野で津波堆積物調査を行なっている

凡例

- : 津波堆積物(イベント堆積物)が見つかった場所
- : 津波堆積物(イベント堆積物)が見つからない場所
- ◎ : 津波堆積物を見つけるために掘削調査をした場所(掘削地点の位置情報のみ)

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.3 津波堆積物調査(南部)

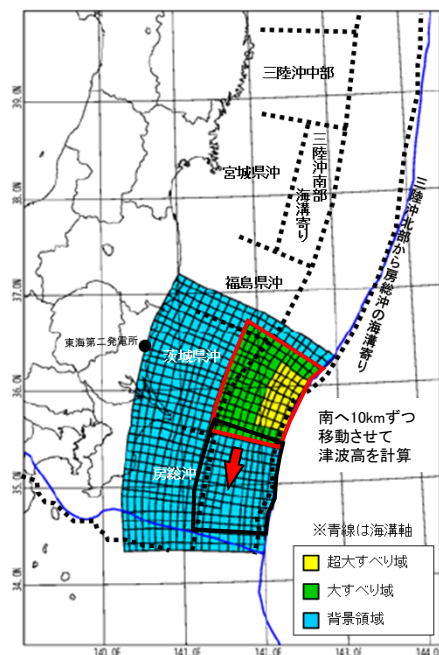


1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査

1.4 基準津波との比較(地質学的証拠及び歴史記録等による確認)

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の水位と1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高との比較

- 基準津波の波源である「茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震の津波波源」の大すべり域及び超大すべり域を茨城県沖から房総沖の範囲で南へ10kmずつ移動させて津波水位を算出し、津波堆積物調査等から推定された津波痕跡高に対して、津波水位が上回っているかを確認した。
- その結果、基準津波の波源による津波水位は、津波堆積物調査等から推定された津波痕跡高を上回ることを確認した。

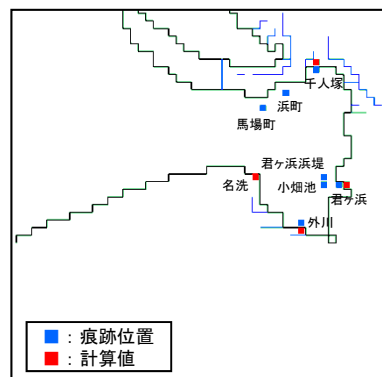


- : 基準津波の大すべり域及び超大すべり域の位置
- : 南へ移動させた大すべり域及び大すべり域の位置 (120km移動したA-13の場合)

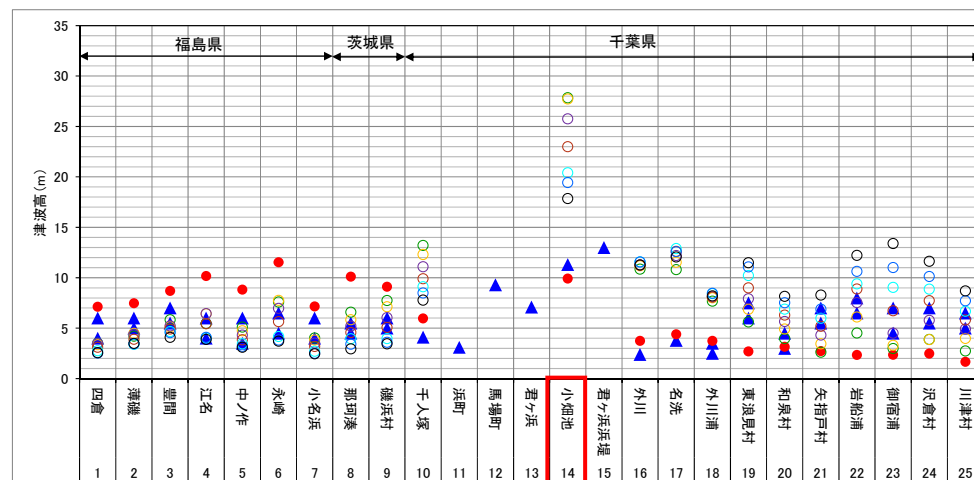
基準津波の波源
(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)



延宝房総沖地震津波の
千葉県沿岸～福島県沿岸での
痕跡高調査(竹内他(2007)に加筆)



Yanagisawa et al.(2016)の痕跡データ(銚子市)



□: 津波堆積物調査に基づき確認された痕跡高
それ以外の地点については古文書による被害記録等により推定された津波浸水高

- ▲ 痕跡
● 基準津波
○ A-7
○ A-8
○ A-9
○ A-10
○ A-11
○ A-12
○ A-13

大すべり域及び超大すべり域の位置※2			
A-1	基準	A-8	南へ70km移動
A-2	南へ10km移動	A-9	南へ80km移動
基準津波(A-3)	南へ20km移動	A-10	南へ90km移動
A-4	南へ30km移動	A-11	南へ100km移動
A-5	南へ40km移動	A-12	南へ110km移動
A-6	南へ50km移動	A-13	南へ120km移動
A-7	南へ60km移動	-	-

※2 A-1～A-8は基準津波で評価したケース(参考資料2を参照)
薄字については本評価で示していない

1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高※1と基準津波による津波高さの比較

※1 竹内他(2007), Yanagisawa et al.(2016)に基づく

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査 1.4 基準津波との比較(地質学的証拠及び歴史記録等による確認)

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の水位と1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高との比較

- ・ 澤井(2012a)によると、日立市十王町で実施した津波堆積物調査の結果、海岸線から約600mの低地において津波堆積物が確認されているが、堆積物の年代は明確ではないとしている。
- ・ 基準津波の遡上域と澤井(2012a)の津波堆積物結果を比較し、基準津波の遡上域が上回っていることを確認した。

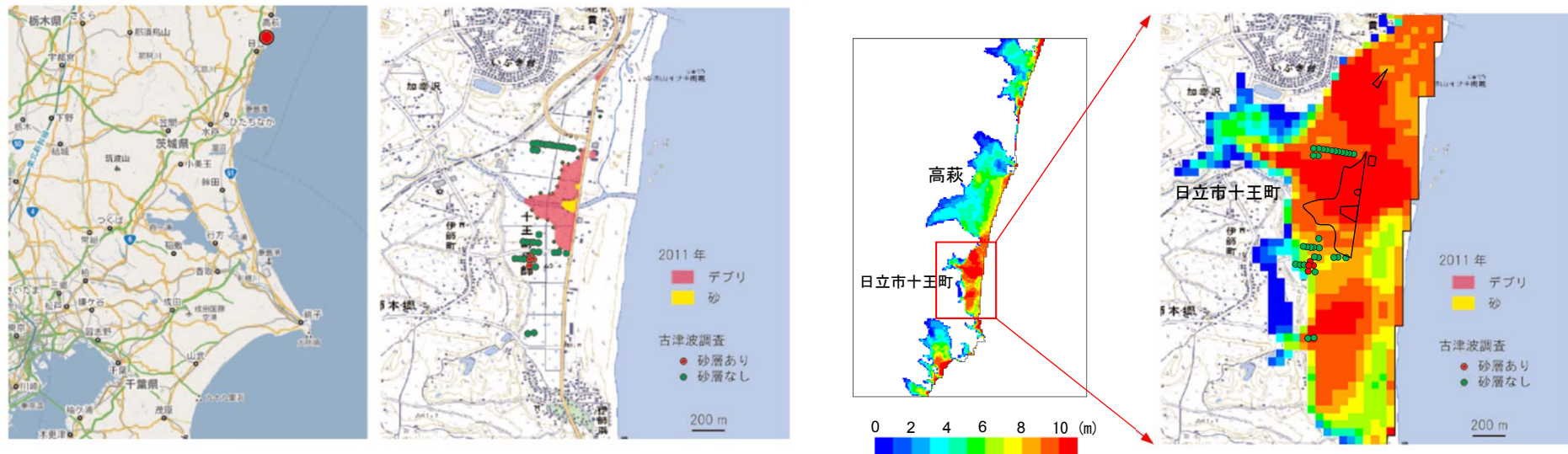


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(澤井(2012a))

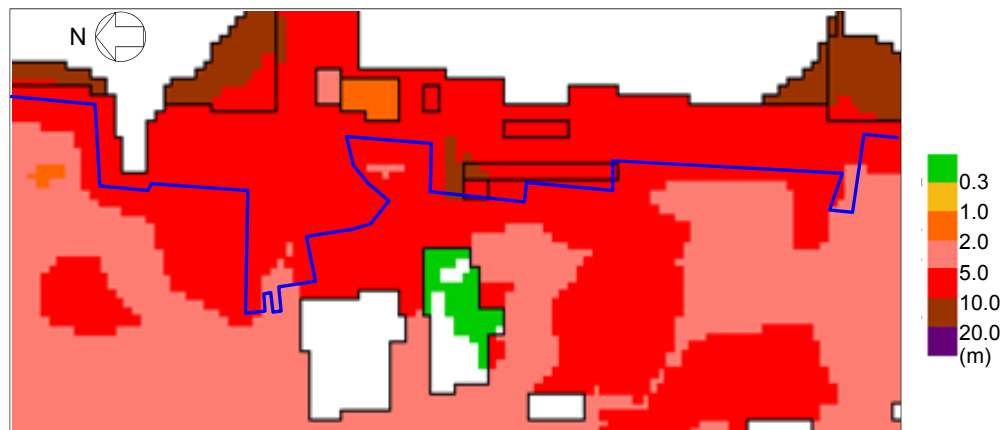
基準津波による日立市十王町の最大浸水深分布

1. 津波痕跡及び津波堆積物に関する調査 1.4 基準津波との比較(地質学的証拠及び歴史記録等による確認)

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の水位と2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡高との比較

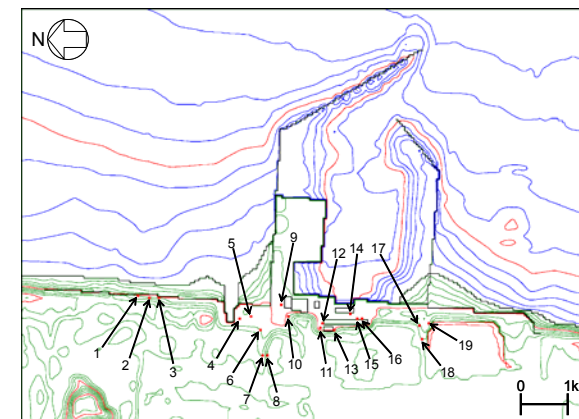
- 基準津波による評価点の津波高は、2011年東北地方太平洋沖地震津波の痕跡高を上回っている。

項目	将来想定する津波	過去に襲来した津波
名称	基準津波 (茨城県沖から房総沖に想定するプレート間地震津波)	2011年東北地方太平洋沖地震津波
最高津波高 (T.P.m)	13.4(痕跡点12)	6.5(痕跡点1)

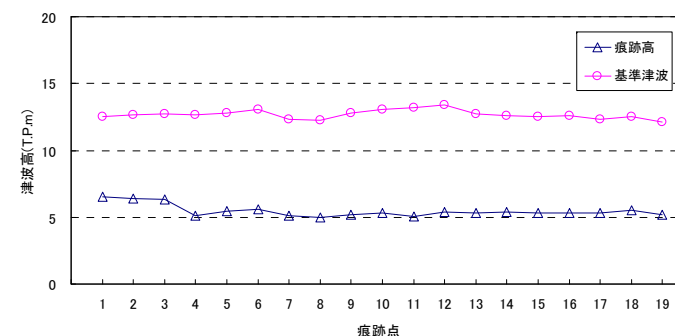


— : 2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所で痕跡が確認された範囲

2011年東北地方太平洋沖地震津波と基準津波の浸水深の比較



基準津波による津波高との比較に用いる2011年東北地方太平洋沖地震津波による痕跡高の敷地内痕跡点



2011年東北地方太平洋沖地震津波による発電所の痕跡高と基準津波による津波高の比較

- 基準津波の規模が、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠や歴史記録等から推定される津波の規模を超えていることを確認した。

2. 参考文献

2. 参考文献

- 産業技術総合研究所:津波堆積物データベース 2016年8月15日版. 産業技術総合研究所研究情報公開データベース, 産業技術総合研究所.
- 澤井祐紀(2012a): 堆積物の記録から明らかになった日本海溝の巨大津波—茨城県における痕跡—, AFERC NEWS, No.39/2012年11月号
- Sawai, Y., Y. Namegaya, Y. Okamura, K. Satake, and M. Shishikura (2012): Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology, Geophysical Research Letters, Vol.39, L21309.
- H. Yanagisawa, K. Goto, D. Sugawara, K. Kanamaru, N. Iwamoto, and Y. Takamori (2016): Tsunami earthquake can occur elsewhere along the Japan Trench—Historical and geological evidence for the 1677 earthquake and tsunami, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, RESEARCH ARTICLE, 10.1002/2015JB012617
- 宇佐美龍夫, 石井寿, 今村隆正, 武村雅之, 松浦律子(2013): 日本被害地震総覧 599—2012, 東京大学出版会
- 羽鳥徳太郎(1975): 三陸沖歴史津波の規模と推定波源域, 地震研究所彙報, vol.50, pp.397—414
- 渡辺偉夫(1998): 日本被害津波総覧 [第2版], 東京大学出版会
- 国立天文台編(2014): 理科年表 平成26年, 丸善出版
- 竹内仁・藤良太郎・三村信男・今村文彦・佐竹健治・都司嘉宣・宝地兼次・松浦健郎(2007): 延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査, 歴史地震, 第22号, P53-59
- 佐竹健治(2013): 第197回地震予知連絡会重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要, 地震予知連絡会会報 第89巻
- チリ津波合同調査班(1961): <http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 日本原子力発電(株)(2012): 東北地方太平洋沖地震で発生した津波に関する東海第二発電所への影響検討委託 報告書
- 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ(2011): <http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 国土交通省水管理・国土保全局海岸室, 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室(2012): 津波浸水想定の設定の手引きVer.2.00
- 茨城県(2012): 津波浸水想定について(解説).
- Pilarczyk, J., Y. Sawai, B. Horton, Y. Namegaya, T. Shinozaki, K. Tanigawa, D. Matsumoto, T. Dura, O. Fujiwara and M. Shishikura (2016): Paleoseismic evidence of earthquakes and tsunamis along the southern part of the Japan Trench, Geophysical Research Abstracts, Vol. 18, EGU2016-749, EGU General Assembly 2016.
- 藤原治(2015): 津波堆積物の科学, 283p., 東京大学出版会
- 藤原治(2004): 津波堆積物の堆積学的・古生物学的特徴, 地質学論集, 地震イベント堆積物——深海底から陸上までのコネクション——, 58, 35-44, 日本地質学会
- 道口陽子, 内田淳一, 杉野英治, 堤英明, 津波堆積物調査・評価分科会委員及び専門家(2014): 津波堆積物調査ハンドブック, JNES-RE-2013-2039, 150p., 原子力安全基盤機構
- 澤井祐紀(2012b): 地層中に存在する古津波堆積物の調査, 地質学雑誌, 118, 9, 535-558, 日本地質学会

参考資料

1. 津波堆積物に関する文献調査(第390回審査会合資料)

※第390回審査会合(H28.8.19)における津波堆積物に関する頁を再掲

既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

- ・ 澤井(2012)によると、日立市十王町で実施した津波堆積物調査の結果、海岸線から約600mの低地において津波堆積物が確認されているが、堆積物の年代は明確ではないとしている。

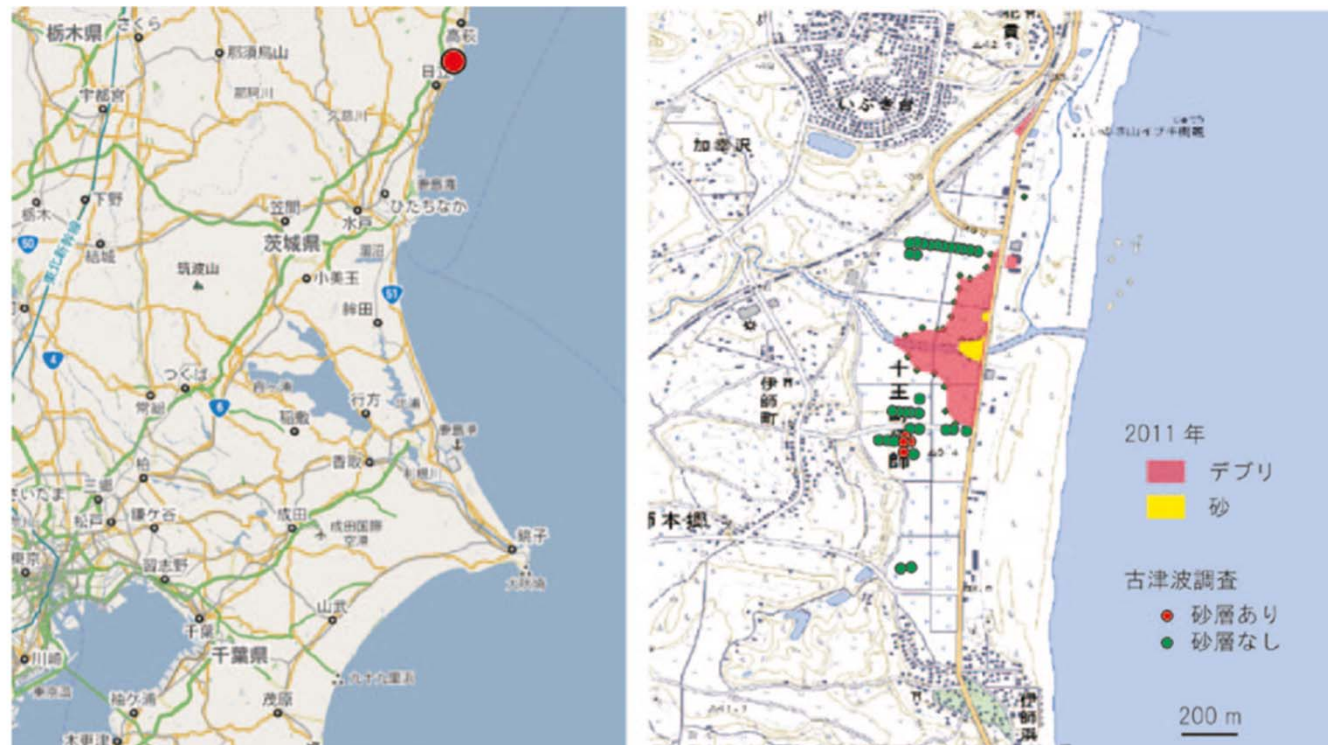


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(澤井(2012))

地質学的証拠及び歴史記録等による確認

- ・ 澤井(2012)によると、日立市十王町で実施した津波堆積物調査の結果、海岸線から約600mの低地において津波堆積物が確認されているが、堆積物の年代は明確ではないとしている。
- ・ 基準津波の遡上域と澤井(2012)の津波堆積物結果を比較し、基準津波の遡上域が上回っていることを確認した。

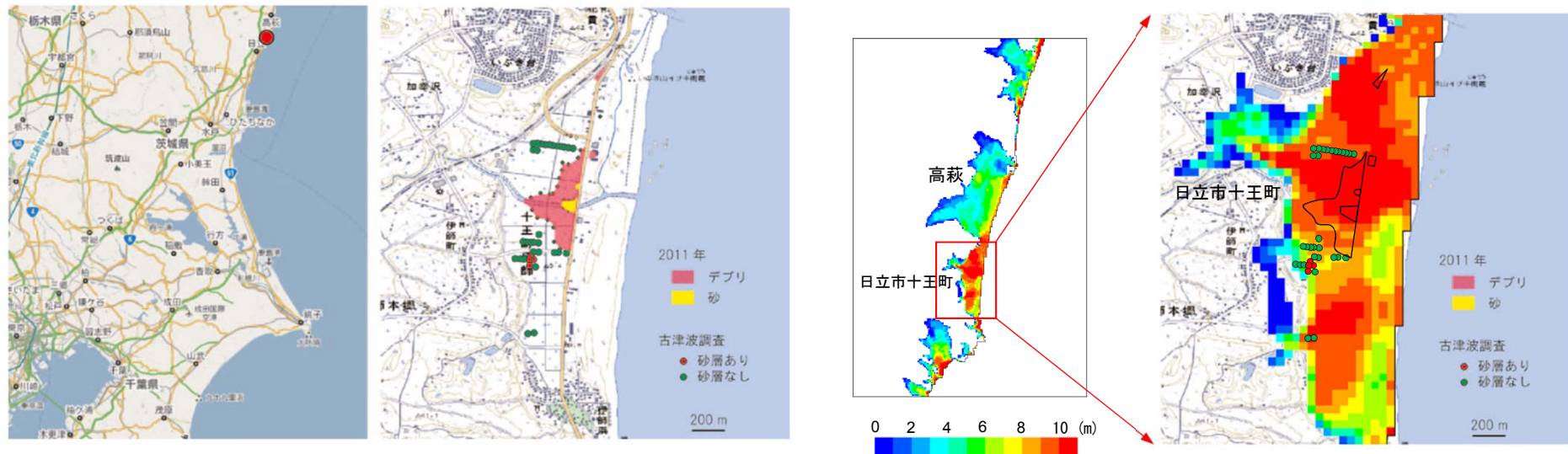


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(澤井(2012))

基準津波による日立市十王町の最大浸水深分布

- ・ 基準津波の規模が、敷地周辺における津波堆積物等の地質学的証拠や歴史記録等から推定される津波の規模を超えていることを確認した。

参考資料

2. 茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(第390回審査会合資料)

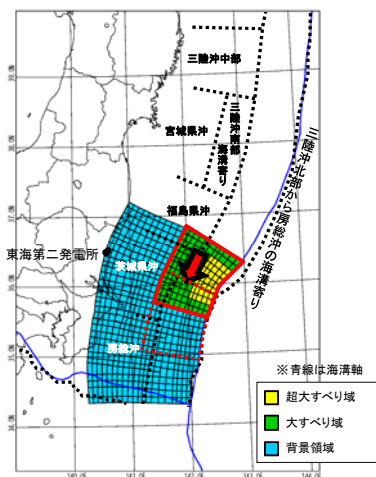
※第390回審査会合(H28.8.19)における茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(概略パラメータスタディの設定及び評価結果)に関する頁を再掲

茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(概略パラメータスタディの設定及び評価結果)

- ・ 大すべり域の形状の違いが津波水位変動量に与える影響を把握するため、大すべり域の形状を変えた2パターンのモデルについて検討した。
- ・ 波源モデルの北限を基準に、大すべり域、超大すべり域を茨城県沖から房総沖の範囲で南へ10kmずつ移動させて、発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- ・ その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は17.60m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-5.47mとなることを確認した。

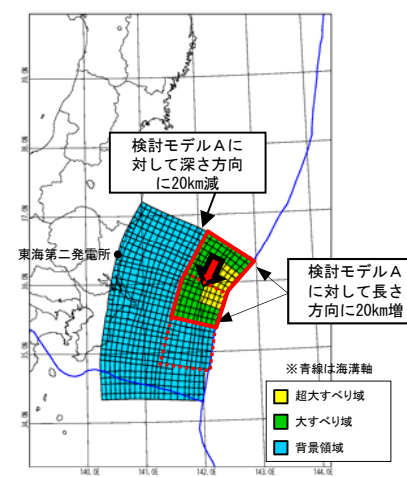
保守的設定4. 大すべり域及び超大すべり域がプレート境界を跨いだケースも考慮

破壊開始点 : 無し
破壊伝播速度 : ∞
立ち上がり時間 : 30秒



検討モデルA

位置		防潮堤前面 最大水位上昇量 (m)	取水口前面 最大水位下降量 (m)
基準	A-1	16.78	-5.16
南へ10km移動	A-2	17.34	-5.17
南へ20km移動	A-3	17.60	-5.24
南へ30km移動	A-4	17.22	-5.44
南へ40km移動	A-5	16.22	-5.47
南へ50km移動	A-6	14.68	-5.42
南へ60km移動	A-7	12.20	-5.20
南へ70km移動	A-8	10.38	-5.03



検討モデルB

位置		防潮堤前面 最大水位上昇量 (m)	取水口前面 最大水位下降量 (m)
基準	B-1	16.30	-4.93
南へ10km移動	B-2	16.75	-4.94
南へ20km移動	B-3	15.73	-5.08
南へ30km移動	B-4	15.93	-5.15
南へ40km移動	B-5	16.21	-5.04
南へ50km移動	B-6	13.74	-4.83
南へ60km移動	B-7	11.08	-4.73
南へ70km移動	B-8	9.36	-4.47

参考資料

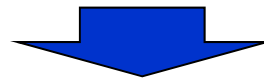
3. 津波堆積物に関する文献調査経緯(第463回審査会合資料)

審査会合(H29.2.3)におけるコメント内容及び回答

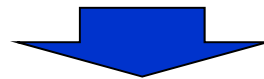
No.	コメント内容	コメント回答	該当箇所
1	津波堆積物に関する知見について、詳細に示すこと。	・ 澤井(2012), Sawai et al.(2012)及びYanagisawa et al.(2016)の文献の詳細を資料に反映するとともに、基準津波波源(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)の津波水位が、津波堆積物調査等から推定された津波痕跡高を上回ることを確認した。	4～10頁

津波堆積物に関する文献調査経緯

- 平成28年8月19日の第390回審査会合において、津波堆積物評価については以下の通り説明。(本資料13, 14頁に再掲)
- ✓ 澤井(2012)によると、日立市十王町で実施した津波堆積物調査の結果、海岸線から約600mの低地において津波堆積物が確認されているが、堆積物の年代は明確ではないとしている。
- ✓ 基準津波の遡上域と澤井(2012)の津波堆積物結果を比較し、基準津波の遡上域が上回っていることを確認した。



- 平成29年2月3日の第439回審査会合において、津波堆積物評価に関する文献(澤井(2012))について、調査方法及び分析結果の詳細を示すようコメントを受けた。



- 本資料において、澤井(2012)の調査方法及び分析結果の詳細を資料に反映するとともに、最新の知見による情報についても収集した上で、津波堆積物に対して再評価を実施した。

参考資料

4. 津波堆積物に関する文献の検索方法について

福島県・茨城県・千葉県沿岸における津波堆積物に関する文献の検索結果

- ・ 国内外の主な科学技術系論文データベース等を対象に、福島県～千葉県沿岸における津波堆積物に関する論文等の検索を行った。
- ・ 検索の結果、塩屋崎～銚子市の一連の海岸線で歴史津波の津波堆積物調査が実施されていることを示す文献が3点抽出された。

データベース名	運営主体	データベースの概要	検索条件：キーワード	検索条件（ヒット文献の出版年）	ヒット件数	ヒット件数のうち、福島県塩屋崎～千葉県銚子市における津波堆積物に関するもの※1
JDREAM III	株式会社 ジー・サーチ ※2	国内外の論文等を対象とした日本最大級の科学技術文献情報データベース	津波堆積物 and (福島 or 茨城 or 千葉)	1981～ (1996～)	132	1※3
ScienceDirect	Elsevier	世界最大のフルテキストデータベース。Elsevierが発行する2,500誌以上の科学・技術等の電子ジャーナル等を収録	“Tsunami deposit” and (Fukushima or Ibaraki or Chiba)	全て (1989～)	90	0
SpringerLink	Springer Science+Business Media	Springerが発行する科学技術系出版物を収録	“Tsunami deposit” and (Fukushima or Ibaraki or Chiba)	全て (2006～)	69	0
AGU Publications	John Wiley & Sons, Inc.	Journal of Geophysical Research等、AGU(アメリカ地球物理学連合)の出版物を収録	“Tsunami deposit” and (Fukushima or Ibaraki or Chiba)	全て (1997～)	96	2※4

※1 塩屋崎以南の福島県、茨城県及び銚子市以北の千葉県における歴史津波の津波堆積物調査に関する文献数(タイトル及びアブストラクトに基づき判断)

※2 2013年4月に(独)科学技術振興機構より継承

※3 澤井祐紀・大倉正展 (2010) :宮城県中南部と常磐海岸に見られる巨大津波の地質学的痕跡,日本地震学会秋季大会講演予稿集, p.129.

= Sawai et al. (2012)で詳述された茨城県日立市における調査の概要を記載

※4 Sawai et al. (2012)及びYanagisawa et al. (2016)

参考資料

5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

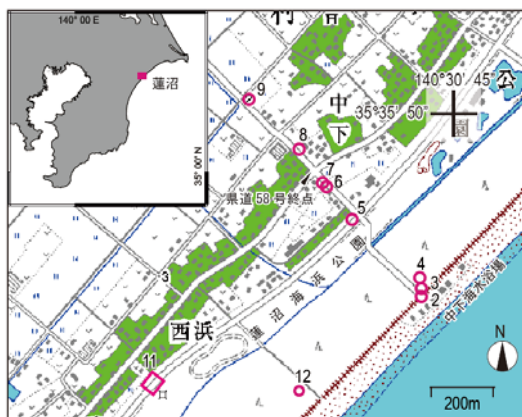
5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- 2011年東北地方太平洋沖地震後に茨城県から千葉県沿岸で実施された津波堆積物調査の概要をとりまとめた。
- 千葉県九十九里浜を中心に津波直後に調査された複数の事例がみられ、堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。

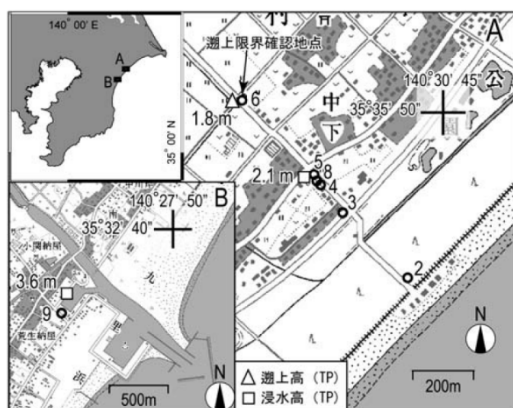
文献	地点	津波記録	津波堆積物分布の特徴
藤原他（2011, 2012）	千葉県 蓮沼海岸, 片貝漁港	蓮沼海岸: 最大高さ6m以上, 海岸から約1km, 標高約1.8m まで到達	- 砂丘の背面（陸側）では越流した津波による浸食が卓越し、津波堆積物の主要な供給源となっている。 - 津波堆積物を特徴付けるベッドフォーム（カレントリップル, バルハンリップル）がみられ、これらは津波の「方向性」と「流速」を反映している。
Matsumoto et al. (2016)	千葉県 蓮沼海岸	片貝漁港: 浸水高約3.6m	- 蓮沼海岸では、分厚い堆積物は海岸線から350m以内に分布する。 - 内陸へ向かって細粒化・薄層化する傾向がみられる。 - 堆積構造と粒度の分布から、津波堆積物は複数のユニットに分割される。これは複数回の浸水があったことに対応しているとみられる。
青野（2012）	千葉県 一宮町, 御宿海岸	遡上高2～3m（御宿海岸）	- 一宮町の津波堆積物は海岸の砂と変わらず粒度が粗く淘汰が良い。 - 津波水位の大きかった宮城県南三陸町では沖合の泥や内陸土壌を巻き込んだ結果、粒度が細かく淘汰が悪い。
岡崎・大木（2012）	千葉県九十九里浜の北東部約35km内の11地点	遡上高2.1～7.9m	- 津波堆積物は層厚数cmから約15 cmで級化構造と植物片や偽礫を挟む。 2層からなる津波堆積物がみられ、最低2回の津波の侵入が推定される。
山田・藤野（2013）	茨城県北茨城市関南・鹿島港, 千葉県旭市飯岡	関南: 遡上高6.0m 鹿島港: 遡上高4.0～6.1m 飯岡: 遡上高5.0～7.3m	- 内陸へ向かって薄層化する傾向がみられる。 - 内陸へ向かって細粒化する顕著な傾向は観察されず、津波堆積物に共通する特徴とは断言できない。

5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- 藤原他 (2011, 2012)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に千葉県九十九里海岸(蓮沼海岸・片貝漁港)で実施された津波堆積物調査の概要をとりまとめ、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。



藤原他 (2011)による調査位置



藤原他 (2012)による調査位置
A:蓮沼海岸, B:片貝漁港

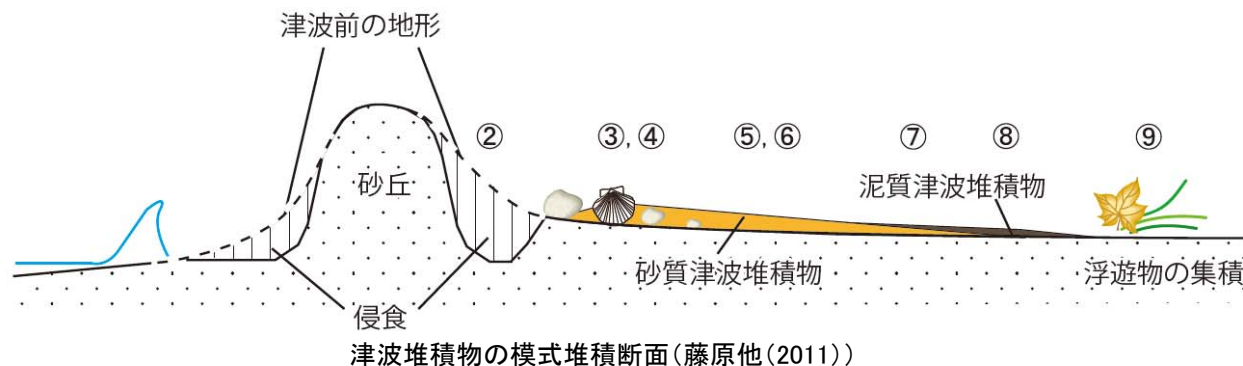


図5 図. 道路の分離帯に形成されたリップルを持つ津波堆積物 (2011/3/13). 海岸から400 m 付近の遡上流による堆積物。淘汰の良い細粒砂層からなり、層厚は最大で約10 cm。リップルの波長は長いもので10 cm。写真中央には直線状のカレントリップル、左手には舌状のカレントリップル、右手には三日月形のパルハンが見られる。活断層・地震センターのHPより転載。

蓮沼海岸でみられたバルハンリップルをもつ津波堆積物(藤原他(2011))

◆津波堆積物分布の特徴

- 内陸に向かって薄層化した津波堆積物の分布がみられた。遡上した津波は内陸に向かうにつれ流速と浸水深が減少し、流れのキャパシティ(流れが運べる粒子の全容量)が小さくなる。運びきれなくなった大きく重い粒子が順次堆積することにより、薄層化する。
- 堆積の過程で、流れの強さと粒子サイズに応じたベッドフォーム(各種のリップル等)や堆積構造が形成される。
- 遡上限界付近では、流速がほとんどゼロになるため、浮遊物が沈殿してマッドレイプ(薄い泥層)が形成される。

5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- Matsumoto et al. (2016)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に千葉県九十九里海岸(蓮沼海岸)で実施された津波堆積物調査の分析結果に基づき、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。

◆津波堆積物分布の特徴

- 浸水域は海岸線から約1kmに達したが、分厚い津波堆積物は海岸線から350m以内に限られた。津波堆積物は、3断面に沿った掘削によりサンプリングされ、最大厚さは35cmであった。主によく淘汰された中砂～細砂で構成される。
- 堆積物の構造と粒径の変化に基づき、津波堆積物を複数の堆積単位に分割した。これは複数回の浸水に対応する可能性がある。
- 類似の地形にもかかわらず、3断面間で堆積単位数とそれらの特徴が異なる。この差異は、津波堆積物に対する標高、植生、微地形等の局所的影響がかなり強いことを意味する。

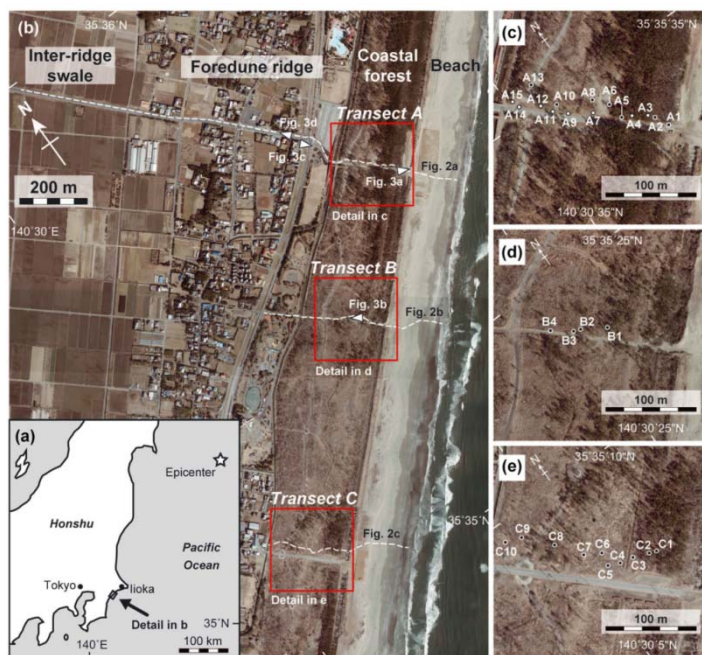


Fig. 1 Locations of the Hasunuma site and the surveyed transects. (a) Index map of eastern Japan showing the position of the Hasunuma site and the epicenter of the 2011 Tohoku-ki earthquake (star). (b) Aerial view of the Hasunuma site showing the major geomorphic features, topographic survey lines (dashed lines), and the locations of the views shown in panels c-e (rectangles), and of the photographs shown in Fig. 3 (arrowheads). (c) Survey locations along transect A. Peel samples were acquired at locations marked by filled circles. (d) Survey locations along transect B. (e) Survey locations along transect C. Aerial photos in panels b-e are from the Geospatial Information Authority of Japan (CKT-2011-4-C27-1, 2, 3) and were taken in February 2012.

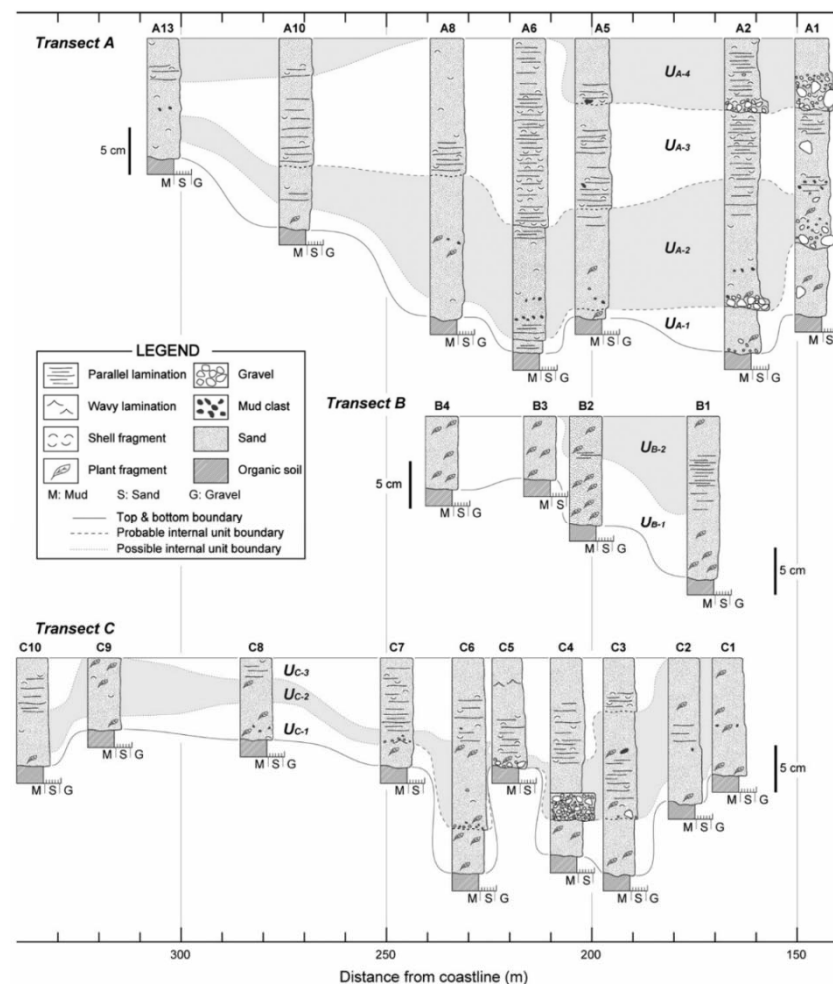


Fig. 8 Columnar profiles of the tsunami deposit at locations along transects A-C. Solid connecting lines show the base of the tsunami deposit. Internal unit boundaries are shown by dashed lines (probable) or dotted lines (uncertain).

Matsumoto et al. (2016)による調査位置及び断面内の堆積構造

5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- 青野(2012)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に千葉県夷隅郡御宿海岸、千葉県長生郡一宮町、及び宮城県本吉郡南三陸町で津波堆積物の観察を行い、津波堆積物の粒度等の観点から整理を行っている。

◆津波堆積物分布の特徴

- 津波高が比較的低かった房総半島の一宮町では、海岸の砂と変わらず、より粒度が粗く淘汰度は良い。逆に波高が最大級であった宮城県の南三陸町では、より粒度が細くなり、泥質の部分が多くなり、淘汰度は悪くなっていた。
- これは、津波の波高が高い(エネルギーが大きい)ほど内陸への遡上が激しく生じ、海岸の砂だけではなく、海底沖合の泥や内陸の土壌を巻き込んで引き波となった時に、カレントリップルを伴う堆積物として残されたものと考えられる。

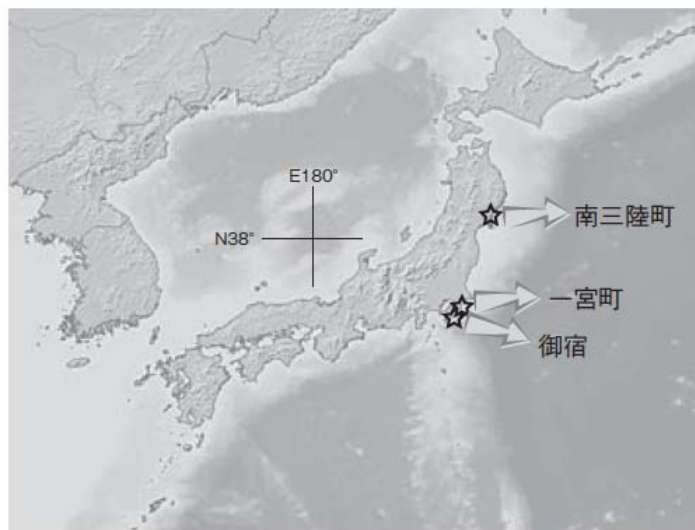


図1：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の調査地点

青野(2012)

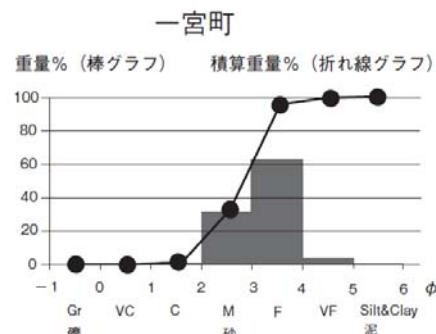


図2：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の粒度分布曲線（千葉県長生郡一宮町）

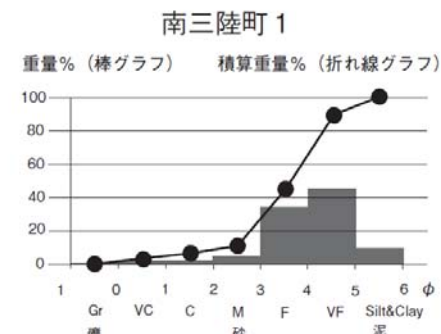
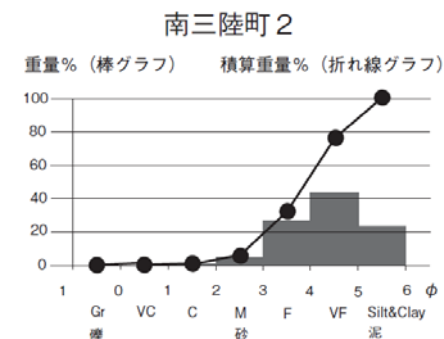


図3：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の粒度分布曲線（宮城県本吉郡南三陸町-1）



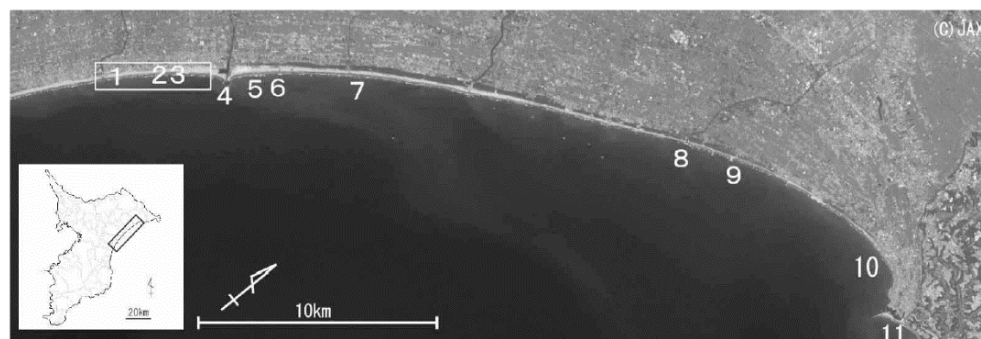
千葉県一宮町(左)と宮城県南三陸町(右)における東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物の粒度分布曲線(青野(2012))

5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- 岡崎・大木(2012)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に千葉県九十九里浜の北東部約35km内にある11地点の海岸部における津波堆積物の観察を行い、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。

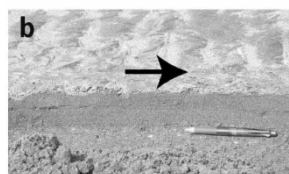
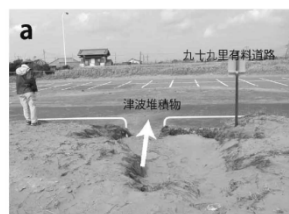
◆津波堆積物分布の特徴

- 津波堆積物は概ね層厚数cmから約15cmで級化構造と植物片や偽礫を挟む。
- 2層からなる津波堆積物がみられ、最低2回の津波の侵入が推定される。



岡崎・大木(2012)による調査位置

1: 九十九里町不動堂納屋, 2: 九十九里町粟生納屋, 3: 九十九里町屋形,
4: 片貝漁港, 5: 作田海岸, 6: 山武市本須賀納屋, 7: 山武市蓮沼,
8: 新川, 9: 旭市仁玉浜, 10: 旭市横根西浜, 11: 旭市刑部岬下(屏風ヶ浦)



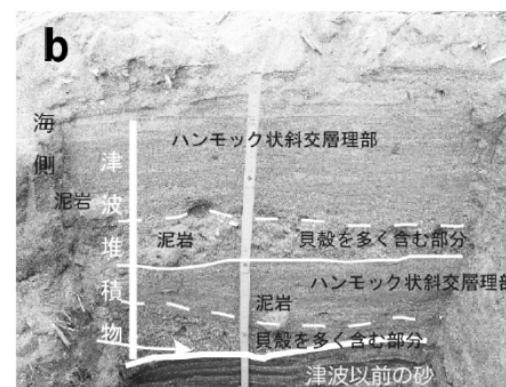
不動堂海岸の津波堆積物(岡崎・大木(2012))

- a: 海岸駐車場に入った津波堆積物, 白矢印は津波の侵入方向
b: 津波堆積物断面とその上に残るカレントリップル, 黒矢印は公園入り口方向の流向
c: 駐車場における津波堆積物の断面

屏風ヶ浦の津波堆積物(岡崎・大木(2012))

- a: 地震前日(2011.3.10)と地震後(2011.4.8)の地形
b: 津波堆積物断面(a.の黒矢印位置)

海食崖基部の狭い水域では厚さ約55cmの、おもに2層から成る津波堆積物がみられた。この津波堆積物の下には、砂鉄を含んだ砂層で構成される津波前の海浜堆積物がある。押し波による侵食面の上位は貝殻片や礫を多く含んだ粗粒砂層とハンモック状斜交層理のみられる細粒砂層からなる。

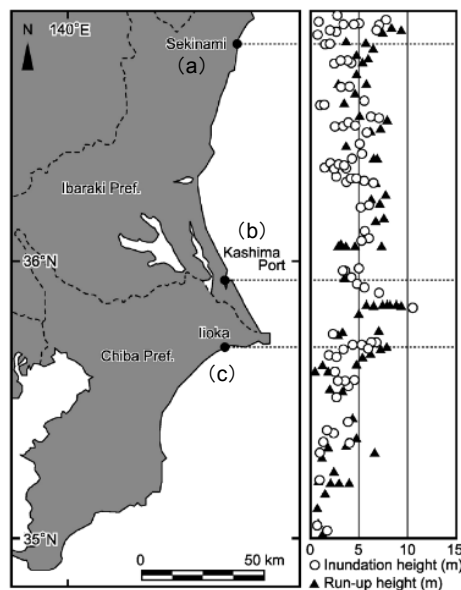


5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

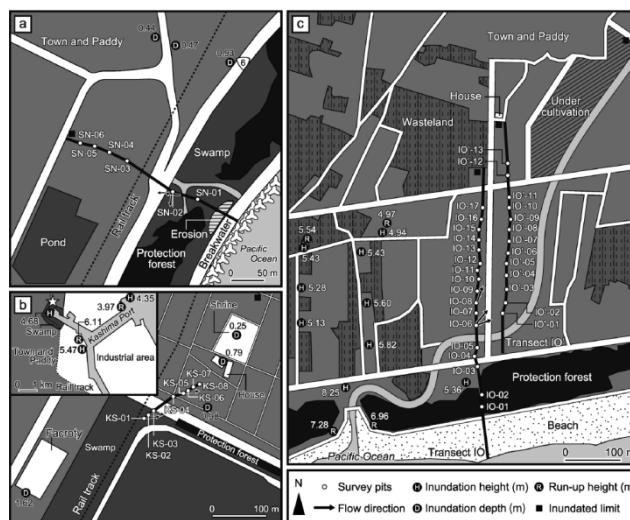
- 山田・藤野 (2013)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に茨城県北茨城市関南、鹿島港、千葉県旭市飯岡の沿岸低地において分析を行い、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。

◆津波堆積物分布の特徴

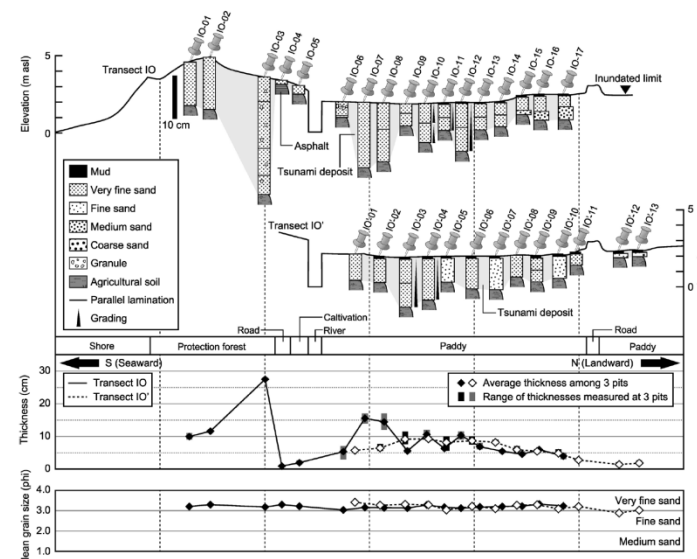
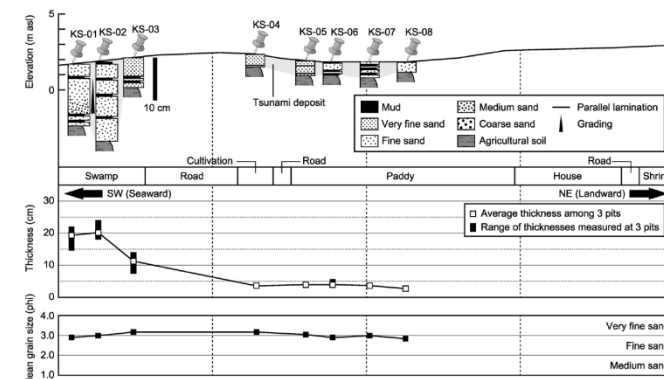
- 内陸へ向かって薄層化する傾向がみられる。
- 内陸へ向かって細粒化する顕著な傾向は観察されず、津波堆積物に共通する特徴とは断言できない。



第1図 調査地域と津波の高さ (m)。津波の高さはThe 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) に基づく。遡上高は津波来襲時の潮位から津波が這い上がった地点までの高さを表し、浸水高は津波来襲時の潮位から津波が這い上がる途中に建物等に残した痕跡までの高さを表す。



第2図 調査測線と津波の痕跡。浸水高、遡上高はThe 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) に基づく。a: 茨城県北茨城市関南。b: 茨城県鹿島港。大枠図は第2図b中左上の小枠図中に☆で示した地域の拡大図。c: 千葉県旭市飯岡。



調査位置と津波の高さ(山田・藤野 (2013)に加筆)

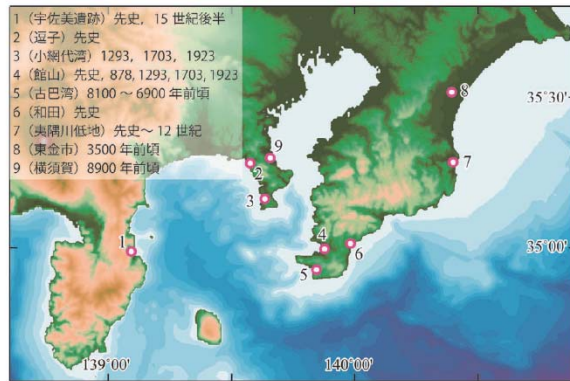
鹿島港(上)及び飯岡(下)における測線内の地形断面、柱状図、及び層厚変化(山田・藤野(2013))

参考資料

6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査

6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査

- 藤原(2012, 2013)は、外房から三浦半島で実施された津波堆積物調査結果をレビューした。これらの堆積物は約1200年前以降及び縄文時代早期の関東地震と対応づけられるとし、関東地震の再来期間を推定した。
- これらの地域では、津波堆積物と日本海溝沿いに発生する津波との対応づけはなされていない。

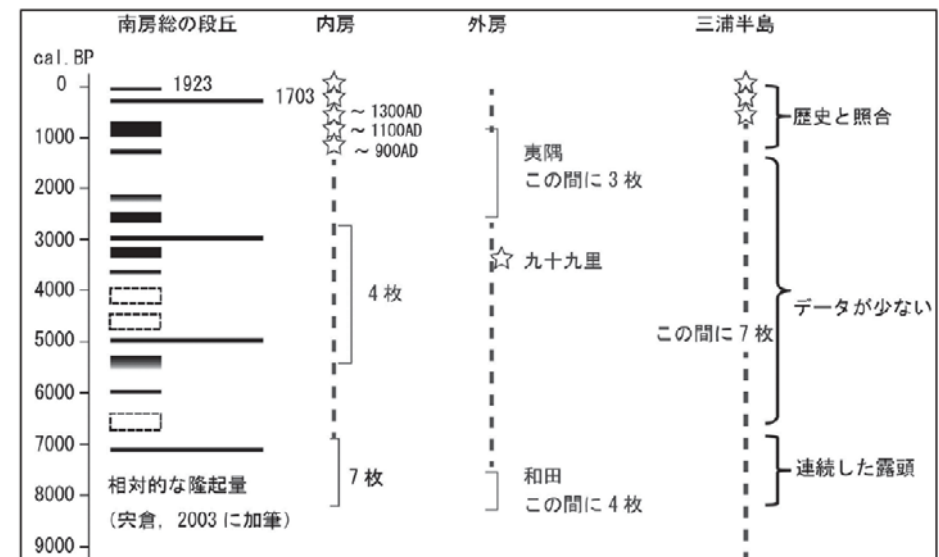


第1図 関東地震に関連する津波堆積物の可能性がある堆積層が報告された場所とその年代
藤原(2012)※

※藤原(2012)に引用されている論文

- ・藤原他(2007)
- ・矢倉(2003)
- ・Shimazaki et al. (2011)
- ・藤原他(2006)
- ・藤原他(2011)
- ・Fujiwara and Kamataki (2007).
- ・藤原及び鎌滝(2003)
- ・Sakai et al. (2006)
- ・藤原 未公表データ
- ・金子(2012)

No.	地点	歴史地震との対応づけがなされている津波堆積物
1	伊東市宇佐美遺跡	1498年明応地震(南海トラフ)
3	小網代湾	1923年大正地震, 1703年元禄地震, 1293年永仁地震
4	館山	1923年大正地震, 1703年元禄地震, AD1300年頃(1293年永仁地震?), AD900年頃(878年元慶地震?)



第2図 津波堆積物の可能性がある堆積層の形成時期

房総半島南部の完新世海岸段丘の隆起時期も合わせて示す。

「南房総の段丘」欄のボックスの横幅: 相対的な隆起量, 縦方向の長さは年代の推定範囲を表す。

破線のボックス: 年代が明らかでないイベントを表す。

地域名の欄: C14年代測定がなされた堆積物を☆で表記

個別の年代が明らかでない堆積物を「この間に○枚」で表記

藤原(2012)による外房から三浦半島における調査結果のまとめ

参考資料

7. 参考文献

7. 参考文献

- 澤井祐紀(2012): 堆積物の記録から明らかになった日本海溝の巨大津波ー茨城県における痕跡ー, AFERC NEWS, No.39/2012年11月号
- Sawai, Y., Y. Namegaya, Y. Okamura, K. Satake, and M. Shishikura (2012): Challenges of anticipating the 2011 Tohoku earthquake and tsunami using coastal geology, Geophysical Research Letters, Vol.39, L21309.
- H. Yanagisawa, K. Goto, D. Sugawara, K. Kanamaru, N. Iwamoto, and Y. Takamori (2016): Tsunami earthquake can occur elsewhere along the Japan Trench–Historical and geological evidence for the 1677 earthquake and tsunami, Journal of Geophysical Research: Solid Earth, RESEARCH ARTICLE, 10.1002/2015JB012617
- 澤井祐紀・宍倉正展 (2010) :宮城県中南部と常磐海岸に見られる巨大津波の地質学的痕跡,日本地震学会秋季大会講演予稿集, p.129.
- 藤原治・澤井祐紀・宍倉正展・行谷佑一・木村治夫・楮原京子 (2011) : 2011年東北地方太平洋沖地震津波で千葉県蓮沼海岸(九十九里海岸中部)に形成された堆積物,活断層・古地震研究報告, 第11号, pp.97-106.
- 藤原治・澤井祐紀・宍倉正展・行谷佑一 (2012) : 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波により九十九里海岸中部に形成された堆積物, 第四紀研究, 第51巻, pp.117-126.
- Matsumoto, D., Y. Sawai, K. Tanigawa, O. Fujiwara, Y. Namegaya, M. Shishikura, K. Kagohara, and H. Kimura (2016) : Tsunami deposit associated with the 2011 Tohoku-oki tsunami in Hasunuma site of the Kujukuri coastal plain, Japan, Island Arc, Vol. 25, pp.369-385.
- 青野宏美 (2012) : 東北地方太平洋地震によって残された津波堆積物ー東日本の太平洋岸に見られる津波堆積物を例としてー, 岐阜聖徳学園大学紀要 教育学部編, Vol. 51, pp.63-70.
- 岡崎浩子・大木淳一 (2012) : 東北地方太平洋沖地震による九十九里浜の津波堆積物と海岸地形変化調査報告,千葉中央博自然誌研究報告, 第12巻, pp.1-15.
- 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, pp.13-25.
- 藤原治 (2012) : 津波堆積物から見た関東地震の再来間隔, 地震予知連絡会会報, 第88巻, pp.531-535.
- 藤原治 (2013) : 関東地震に関連する津波堆積物の研究(現時点のレビュー), 歴史地震, 第28号, p.148.

7. 参考文献

- 藤原 治・平川一臣・金子浩之・杉山宏生(2007): 静岡県伊東市北部の宇佐美遺跡に見られる津波(?)イベント堆積物. 津波工学研究報告24 号 (2007) 77-83.
- 宍倉正展(2003): 変動地形から見た相模トラフにおけるプレート間地震サイクル. 地震研究所彙報, Vol.78(2003), pp.245-254.
- K. Shimazaki, H. Y. Kim, T. Chiba, and K. Satake(2011): Geological evidence of recurrent great Kanto earthquakes at the Miura Peninsula, Japan. JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 116, B12408, doi:10.1029/2011JB008639, 2011.
- 藤原 治・平川一臣・入月俊明・鎌滝孝信・内田淳一・阿部恒平・長谷川四郎・高田圭太・原口強(2006): 1703年元禄・1923年大正関東地震に伴う房総半島南西岸の館山浜堤平野システムの発達過程. 第四紀研究, 45(3)p.235-247.
- 藤原 治・平川一臣・入月俊明・長谷川四郎・鎌滝孝信・原口強・内田淳一・阿部恒平(2011): 千葉県館山市の海浜堆積物に見られる9 世紀以降の津波(?)イベント堆積物. 歴史地震第26号(2011)108頁
- Osamu Fujiwara, Takanobu Kamataki (2007): Identification of tsunami deposits considering the tsunami waveform: an example of subaqueous tsunami deposits in Holocene shallow bay on southern Boso Peninsula, central Japan. Sedimentary Geology, 200, 295-313.
- 藤原 治・鎌滝孝信(2003): 14C 年代測定による堆積年代の推定における堆積学的時間平均化の重要性. 第四紀研究, 42(1)p.27-40.
- Tetsuya Sakai, Osamu Fujiwara, Takanobu Kamataki (2006): Incised-valley-fill succession affected by rapid tectonic uplifts: An example from the uppermost Pleistocene to Holocene of the Isumi River lowland, central Boso Peninsula, Japan. Sedimentary Geology, Volume 185, Issues 1-2, 1 March 2006, Pages 21-39.
- 金子浩之(2012): 宇佐美遺跡検出の津波堆積物と明応四年地震・津波の再評価. 伊東市史研究, 10 号, 伊東の今・昔, 102-124.