
東海第二発電所
津波評価について
(津波堆積物に関する文献調査)
(コメント回答)

平成29年6月19日
日本原子力発電株式会社

審査会合(H29.4.21)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	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。	<ul style="list-style-type: none">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。	参考資料 24～32頁

目 次

1. 津波堆積物に関する文献調査	
1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)	4
1.2 評価結果	11
2. 参考文献	13

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)	14
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)	17
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)	19
4. 津波堆積物調査地点について	21
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	24
6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査	31
7. 参考文献	33

1. 津波堆積物に関する文献調査 1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

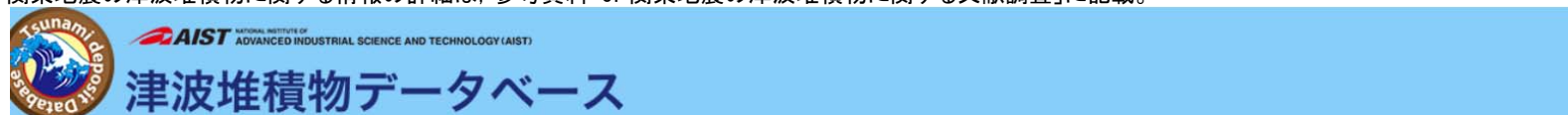
津波堆積物の分布

- 発電所周辺において津波堆積物の有無を確認した。
- 産業技術総合研究所(以下、「産総研」という)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※1である(2017年3月末時点)。
- 茨城県日立市十王町の津波堆積物は1677年延宝房総沖地震津波と推定(詳細は6及び7頁に記載)されているため、1677年延宝房総沖地震津波の影響範囲である茨城県から千葉県沿岸についても調査を実施した。
- なお、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 津波堆積物調査地点に関する情報の詳細は、参考資料「4. 津波堆積物調査地点について」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。



Menu非表示

背景地図を選択

地理院地図

●基図

GoogleMaps

○道路図

○地形図

○衛星+道路図

○衛星

表示データを選択

青森県

宮城県

広田湾

石巻市

貞観時代の海岸線

モデル10の浸水域

堆積物の情報

貞観の津波堆積物(ランクA)(貞観以外の堆積物も含む)

貞観の津波堆積物(ランクB)(貞観以外の堆積物も含む)

貞観以外の津波堆積物(貞観より新しい)

貞観以外の津波堆積物(貞観より古い, 不明)

津波堆積物が見つかった場所

津波堆積物調査



産業技術総合研究所津波堆積物データベースに収録された「津波堆積物(イベント堆積物)が見つかった場所」の分布

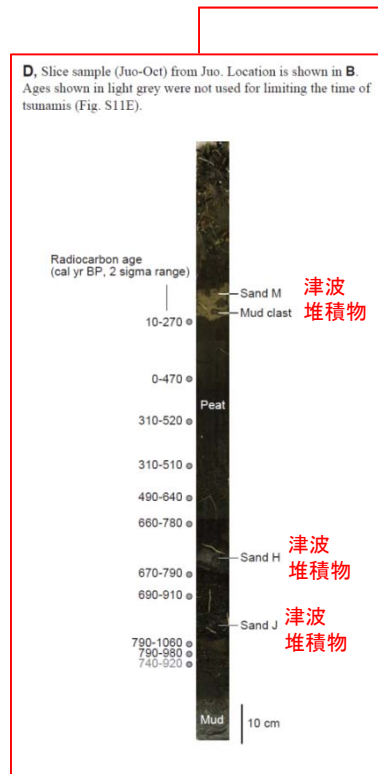
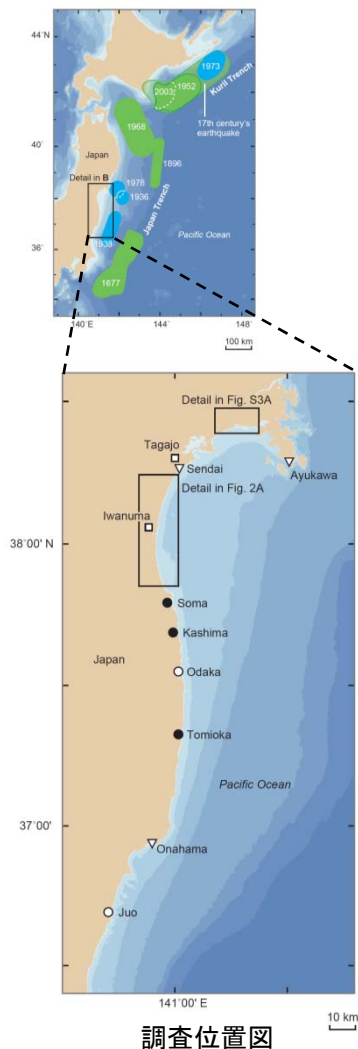
※「判断できなかった」としているものを含む。

※九十九里浜では調査位置が収録されているが、「津波堆積物(イベント堆積物)が見つかった場所」の表示はない。

1. 津波堆積物に関する文献調査 1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

茨城県日立市十王町における調査結果

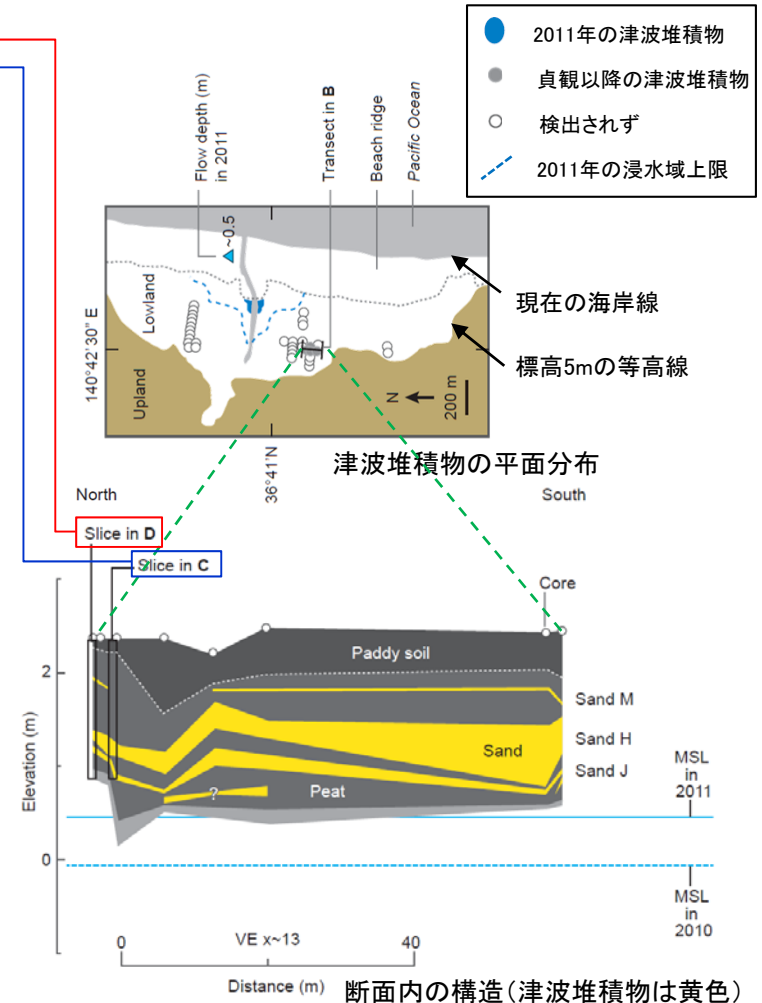
- 津波堆積物に関する文献調査を行った結果、発電所に最も近い地点として、日立市十王町(発電所から約25km地点)で津波堆積物が確認されている。(澤井(2012), Sawai et al. (2012))
- Sawai et al. (2012)で示される津波堆積物調査結果は、茨城県日立市十王町の低地の水田地帯においてハンドコアラーやハンディージェオスライサーにより取得した柱状堆積物試料の分析結果である。年代分析は泥炭から取得した有機物のC14年代測定により行っている。
- 澤井(2012)は、この地点では2011年東北地方太平洋沖地震津波による砂やデブリ(植物片など)も検出されているが、以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



※数値はC14年代値
(薄い文字は採用しなかった値)



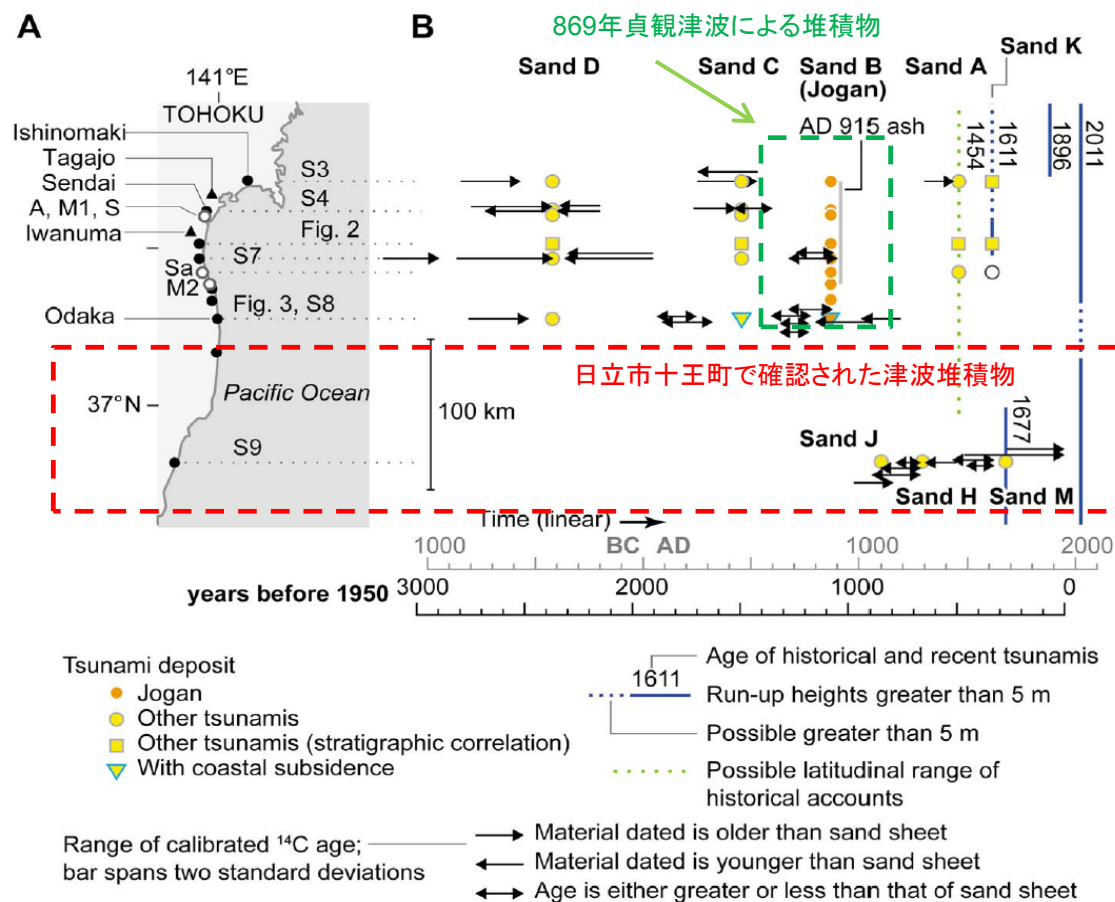
コアの構造とC14年代



1. 津波堆積物に関する文献調査 1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

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)

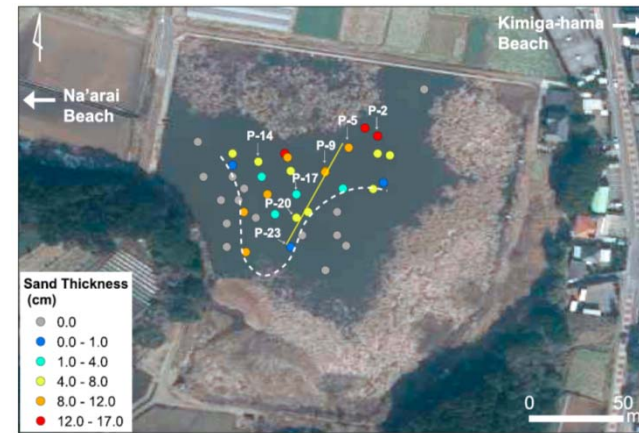
1. 津波堆積物に関する文献調査 1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

千葉県銚子市における調査結果

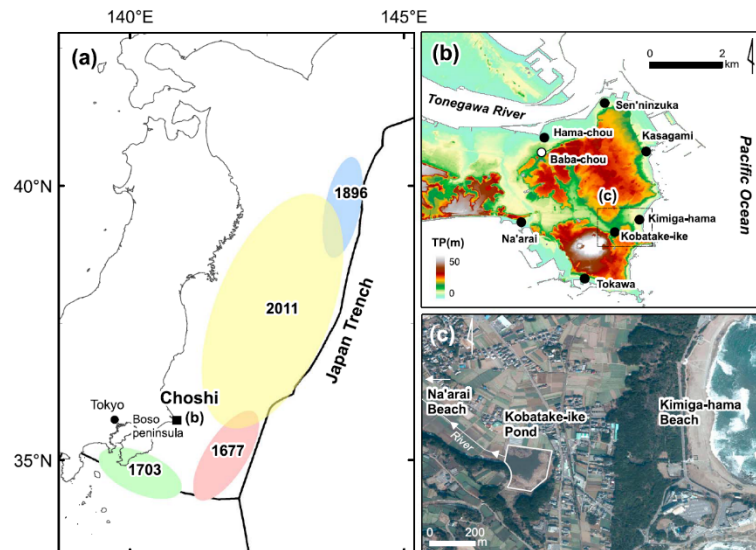
- Yanagisawa et al.(2016)は、古文書及び津波堆積物調査に基づき、1677年延宝房総沖地震津波が銚子市の小畑池(T.P.+11.3m)に浸水したと解釈した。
- Yanagisawa et al.(2016)は、津波の遡上シミュレーションを実施した結果、1677年の津波に関する既往断層モデルでは小畑池への浸水が再現できなかった。そこで、既往断層モデルのすべり量を割増すことにより、銚子市付近の浸水範囲を概ね再現するモデルを決定しているが、広域の痕跡高との関係は検証されていない。広域の痕跡高に対しては過大となる可能性が高く、1677年の津波の再現モデルとしての適切さについては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

1677年の津波が小畑池に浸水したと解釈した根拠:

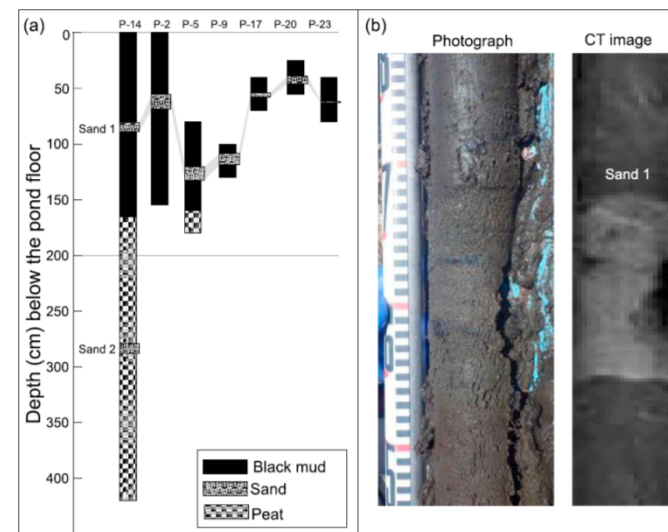
- 古文書「玄蕃先代集」の記述
 - ✓ 津波が複数の村に被害を与えた。津波は君ヶ浜近傍の浜堤(T.P.+13m)を越流し、海岸で約1万本の木を倒壊させ、君ヶ浜から500m内陸にある小畑池(T.P.+11.3m)に到達した。
- 津波堆積物調査
 - ✓ 小畑池の底40点からコアを採取し、分析を行った。君ヶ浜からの浸水経路となる北に向かって厚くなる1~18.5cm厚砂層が検出された。C14年代分析及び火山灰分析により、砂層は西暦1405年から1707年に堆積したと推定された。
 - ✓ 池の標高や海岸からの距離からみて、暴浪による堆積の可能性は低いとした。
 - ✓ 年代からみて1703年元禄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。



コア採取位置



(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

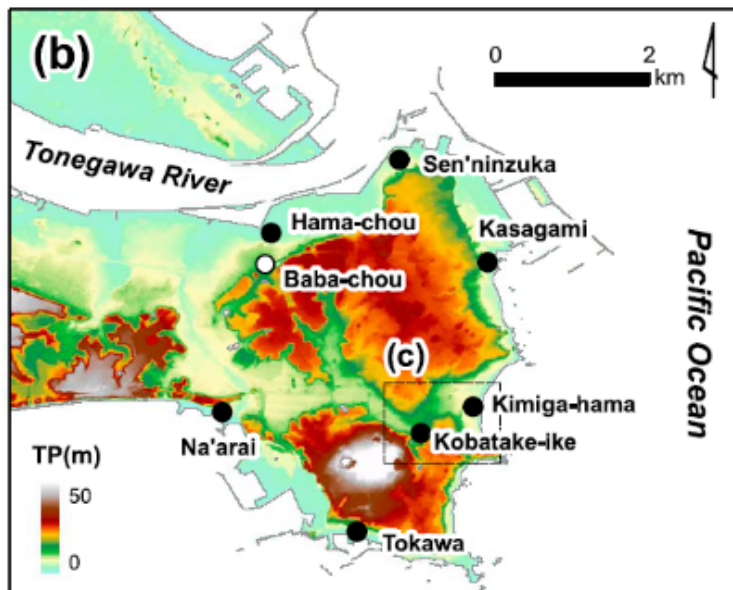


コア構造

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。

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



(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)

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

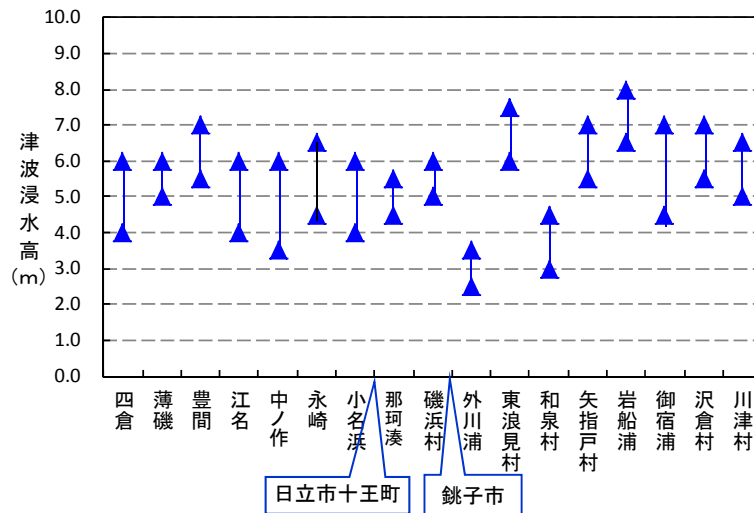
※Yanagisawa et al. (2016)においては、小畑池の痕跡高のみ津波堆積物調査に基づく。

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. 津波堆積物に関する文献調査 1.1 既往津波の文献調査(津波堆積物調査)

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は、建物被害の記録から推定したと示されている。

表2 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・豊間高浦で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・豊間高浦で218軒流失、44人溺死(①) ・下川～四倉 流死84人、潰家487軒(②)		218	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)		330	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)		330	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)		330	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)		330	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、溺死男家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。

表3 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)

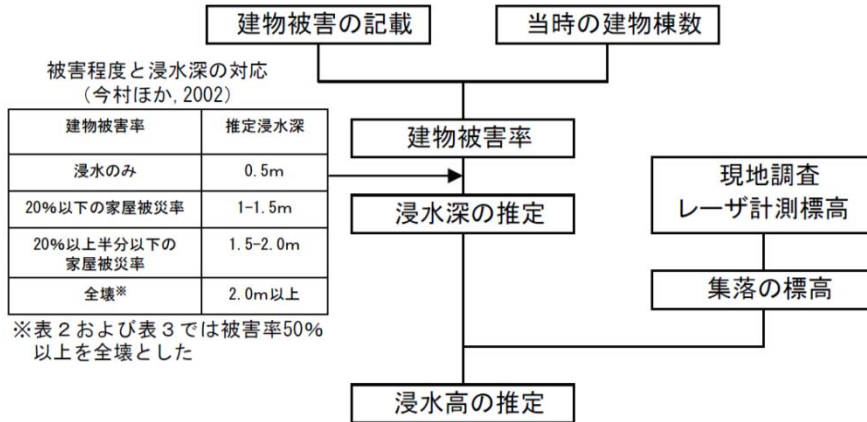
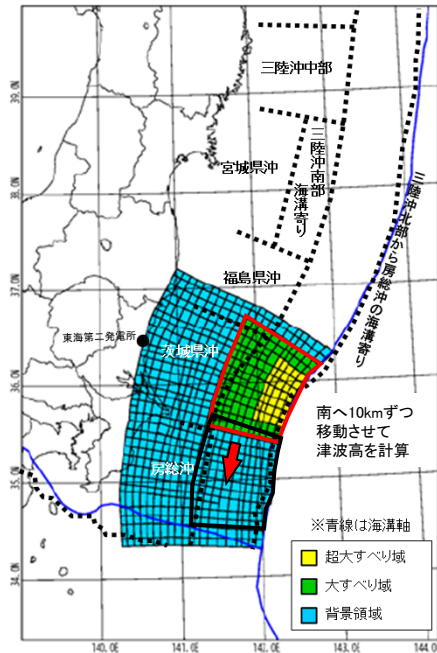


図1 津波浸水高推定のフロー

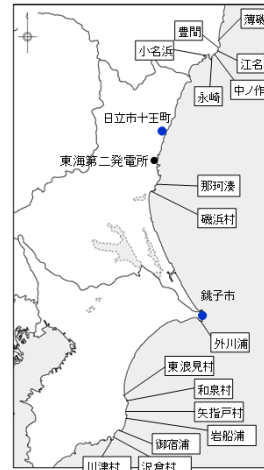
茨城県沖から房総沖に想定する津波波源の水位と1677年延宝房総沖地震津波の痕跡高との比較

- 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。

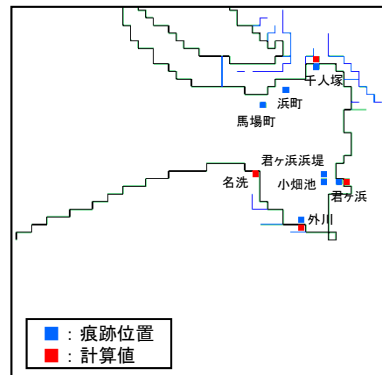


- : 基準津波の大すべり域及び超大すべり域の位置
- : 南へ移動させた大すべり域及び超大すべり域の位置 (120km移動したA-13の場合)

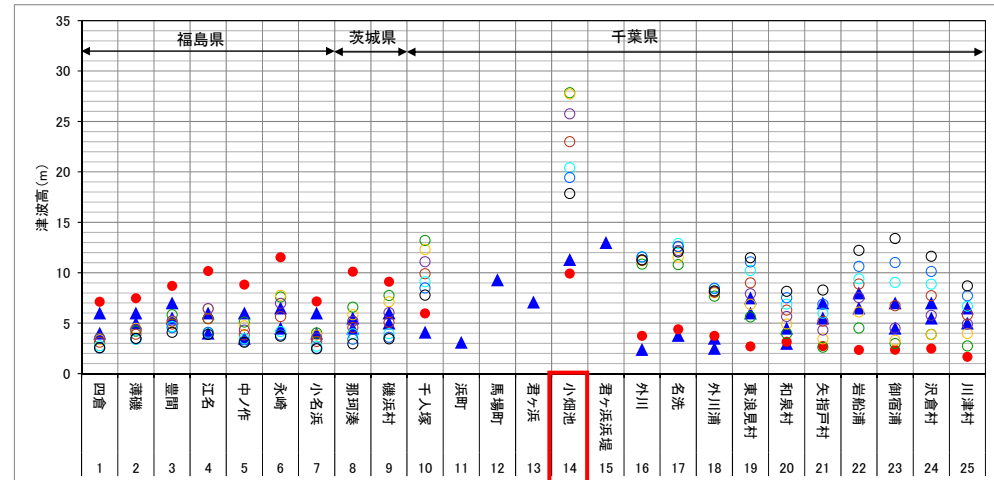
基準津波の波源
(茨城県沖から房総沖に想定する津波波源)



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

地質学的証拠及び歴史記録等による確認

- 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。

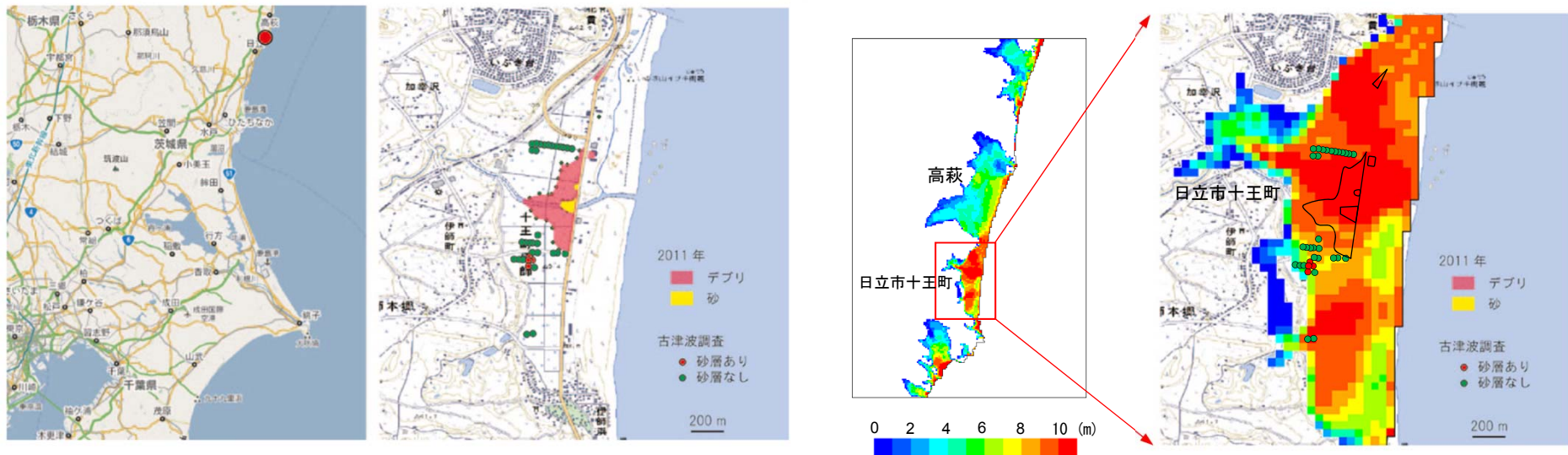


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(澤井(2012))

基準津波による日上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。

2. 参考文献

- 産業技術総合研究所(2016)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(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—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.
- 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.
- 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
- 渡辺偉夫(1998): 日本被害津波総覧 [第2版], 東京大学出版会
- 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

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。

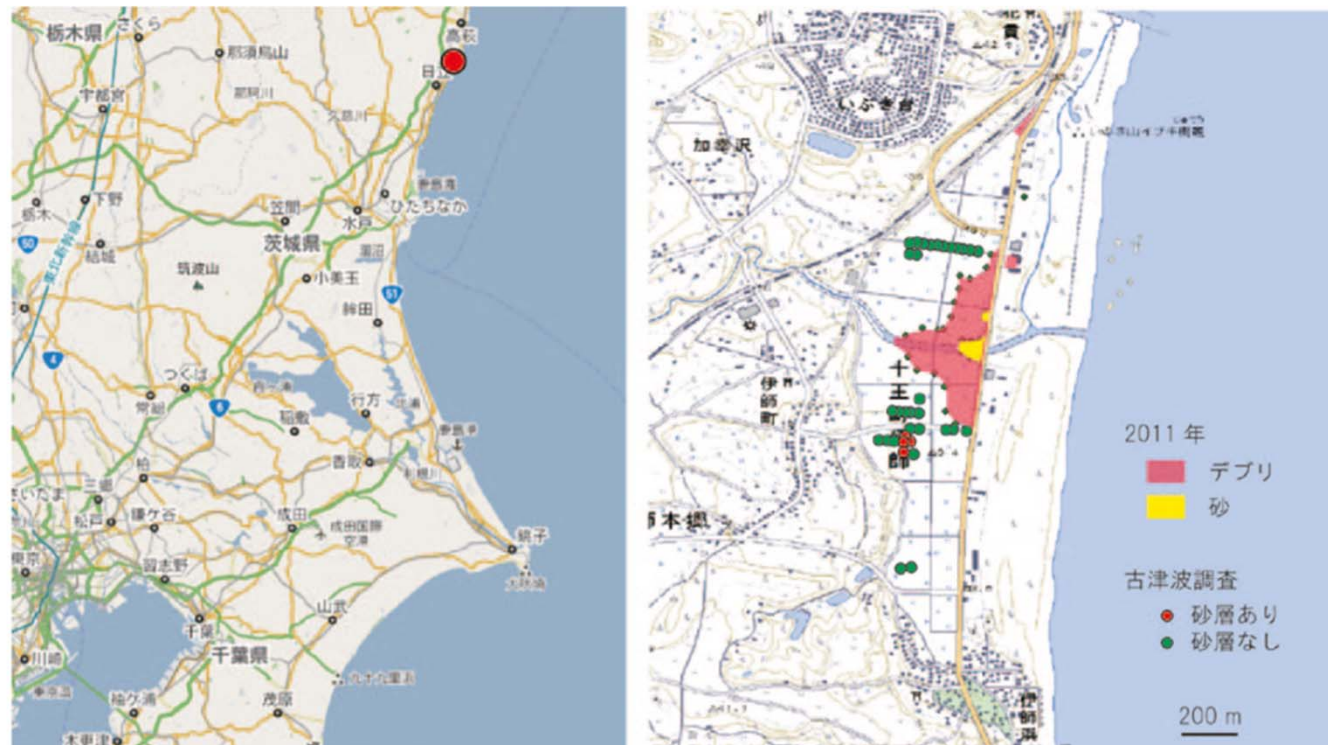


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(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。

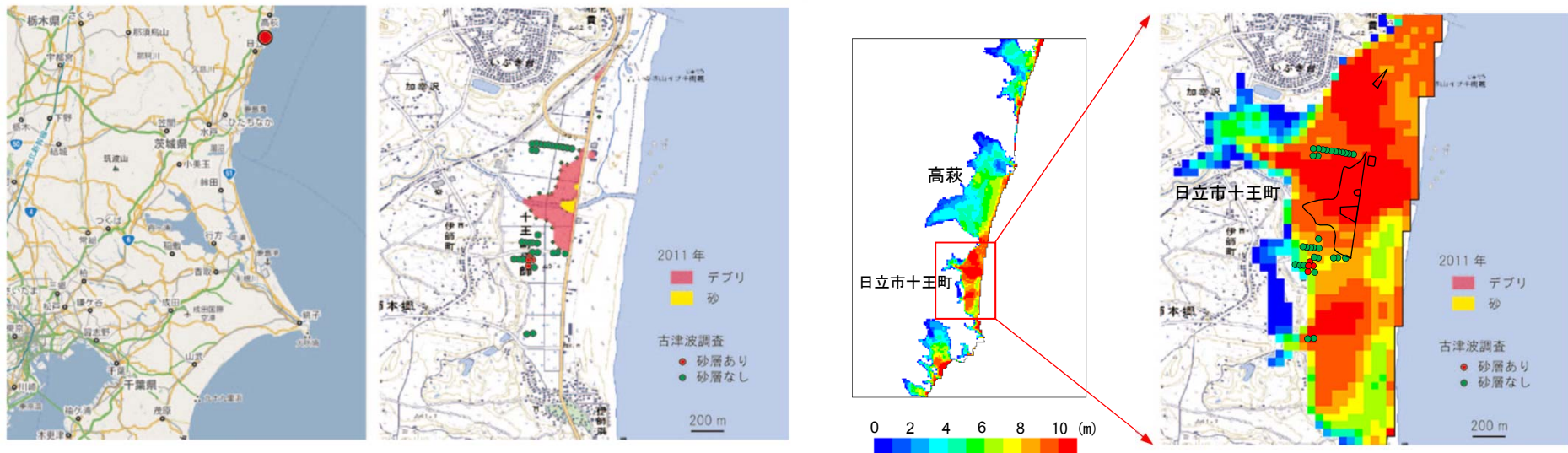


図1 調査地域を示した地図。左：赤丸で示した場所が対象地域。右：調査地域の詳細。デブリの分布によって推定された2011年の浸水範囲は赤で示されており、津波によって運搬された砂質堆積物は黄色で示している。2010年までに行っていた過去の津波堆積物に関する調査は、緑色および赤色の丸で示されている。赤い丸で示した場所で、過去の津波堆積物と考えられる砂層が見つかった。

(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)

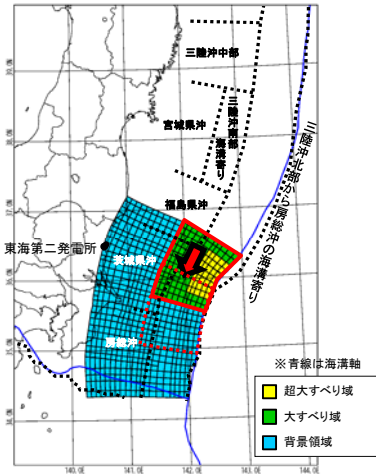
※第390回審査会合(H28.8.19)における茨城県沖から房総沖に想定する津波波源(概略パラメータスタディの設定及び評価結果)に関する頁を再掲

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)

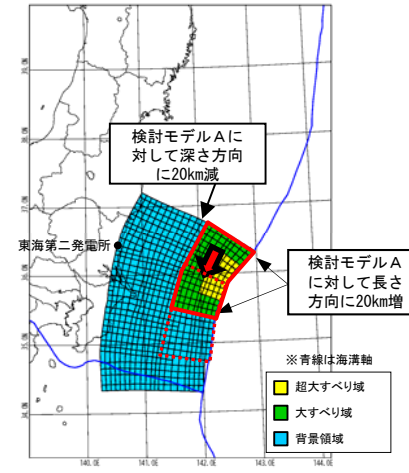
- 大すべり域の形状の違いが津波水位変動量に与える影響を把握するため、大すべり域の形状を変えた2パターンのモデルについて検討した。
- 波源モデルの北限を基準に、大すべり域、超大すべり域を茨城県沖から房総沖の範囲で南へ10kmずつ移動させて、発電所への津波水位の影響が最も大きくなる波源モデルを確認した。
- その結果、防潮堤前面の最大水位上昇量の最大値は17.60m、取水口前面の最大水位下降量の最大値は-5.47mとなることを確認した。

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



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	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

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

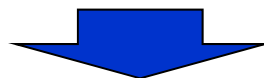
3. 津波堆積物に関する文献調査経緯(第463回審査会合資料)

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。	<ul style="list-style-type: none"> 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。



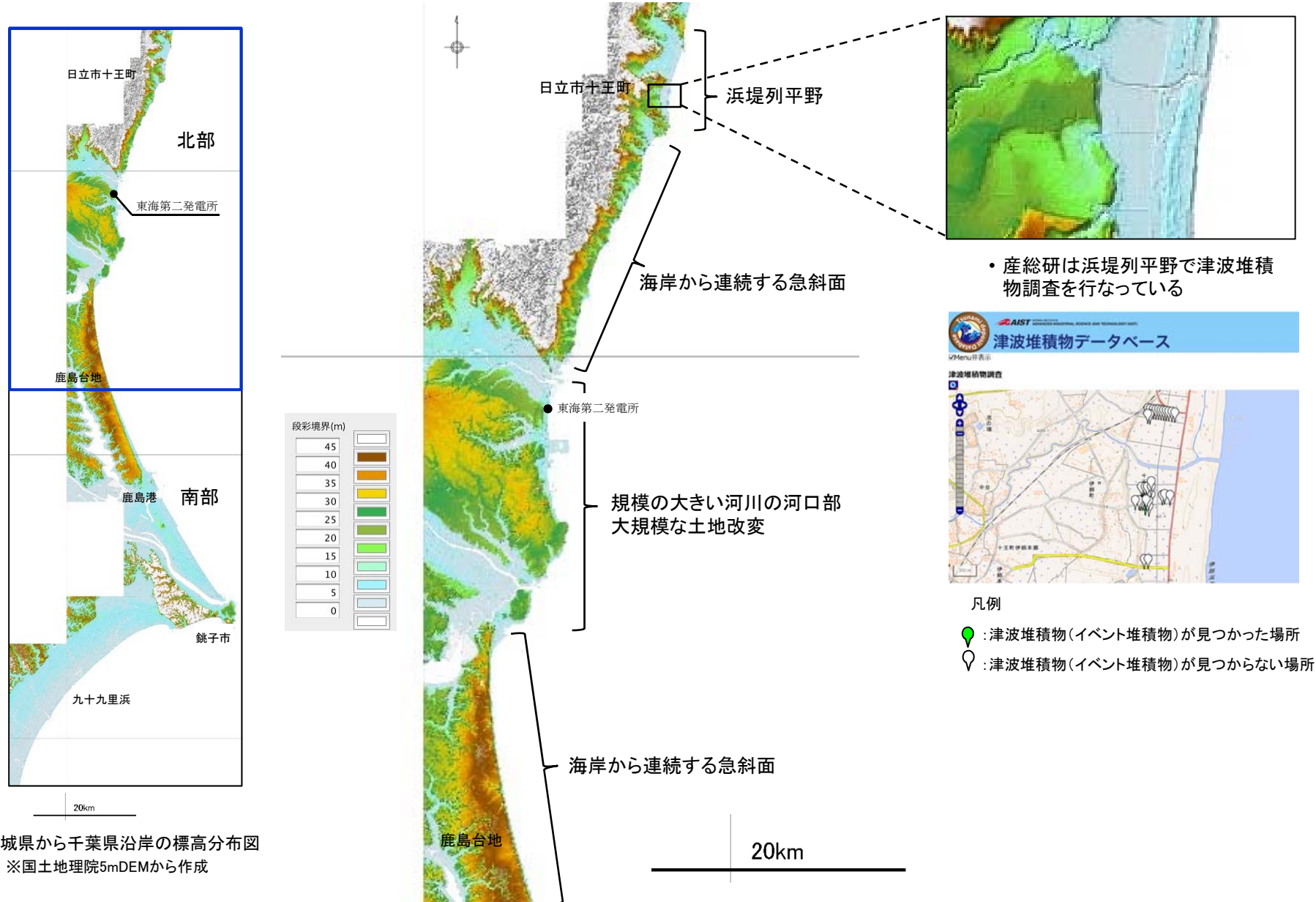
- 本資料において、澤井(2012)の調査方法及び分析結果の詳細を資料に反映するとともに、最新の知見による情報についても収集した上で、津波堆積物に対して再評価を実施した。

参考資料

4. 津波堆積物調査地点について

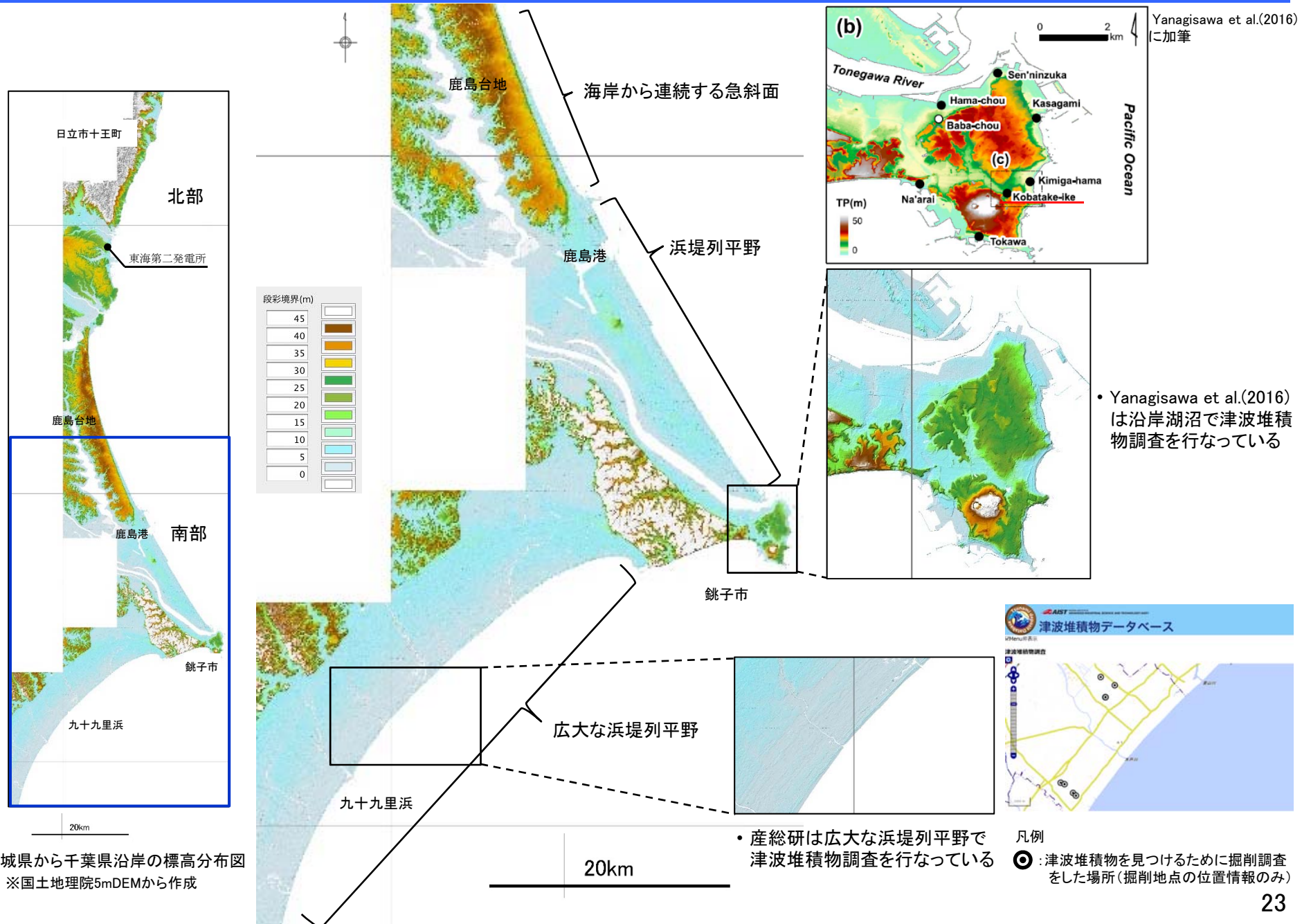
4. 津波堆積物調査地点について(北部)

- 産総研及びYanagisawa et al.(2016) は、浜堤列平野や沿岸湖沼で津波堆積物調査を行っている。



茨城県から千葉県沿岸の標高分布図
※国土地理院5mDEMから作成

4. 津波堆積物調査地点について(南部)



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

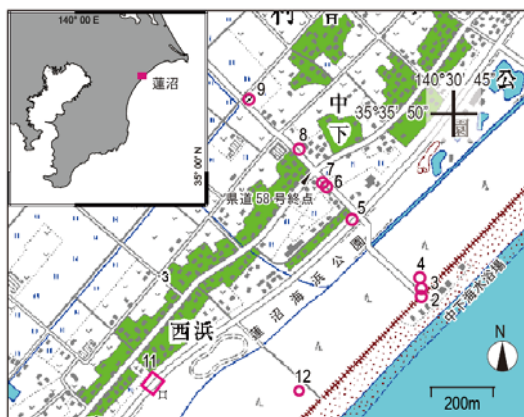
5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

- 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。

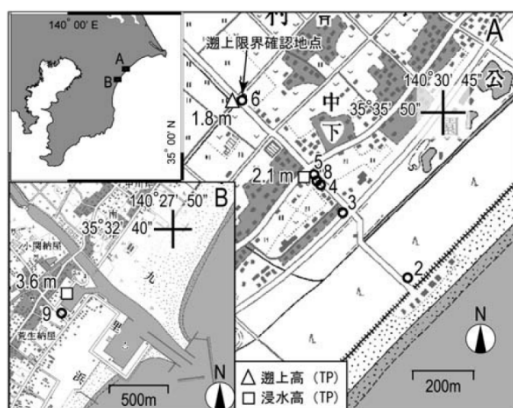
文献	地点	津波記録	津波堆積物分布の特徴
藤原他 (2011, 2012)	千葉県 蓮沼海岸, 片貝漁港	蓮沼海岸: 最大高さ6m以上, 海岸から約1km, 標高約1.8m まで到達	<ul style="list-style-type: none"> • 砂丘の背面(陸側)では越流した津波による浸食が卓越し、津波堆積物の主要な供給源となっている。 • 津波堆積物を特徴付けるベッドフォーム(カレントリップル, バルハンリップル)がみられ、これらは津波の「方向性」と「流速」を反映している。
Matsumoto et al. (2016)	千葉県 蓮沼海岸	片貝漁港: 浸水高約3.6m	<ul style="list-style-type: none"> • 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)	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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

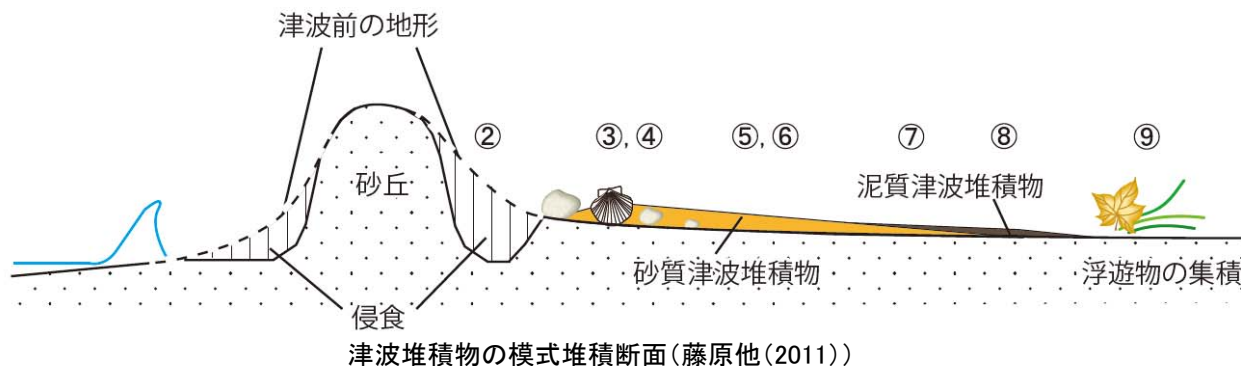
- 藤原他 (2011, 2012)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に千葉県九十九里海岸(蓮沼海岸・片貝漁港)で実施された津波堆積物調査の概要をとりまとめ、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。



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



津波堆積物の模式堆積断面(藤原他(2011))



55 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バルハンが見られる。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。

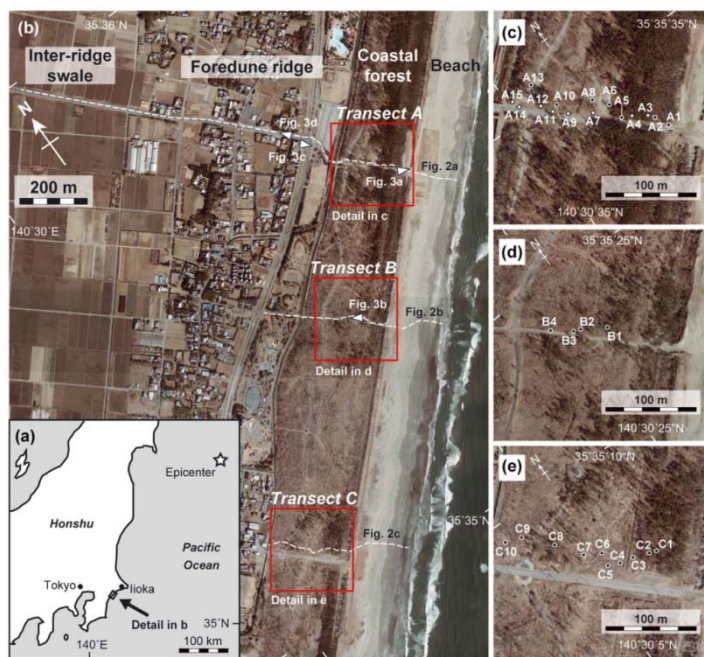


Fig. 1 Locations of the Hasunuma site and the surveyed transects. (a) Index map of eastern Japan showing the position of the Hasunuma site and the epicenter of the 2011 Tohoku-oki earthquake (star). (b) Aerial view of the Hasunuma site showing the major geomorphic features, topographic survey lines (dashed 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.

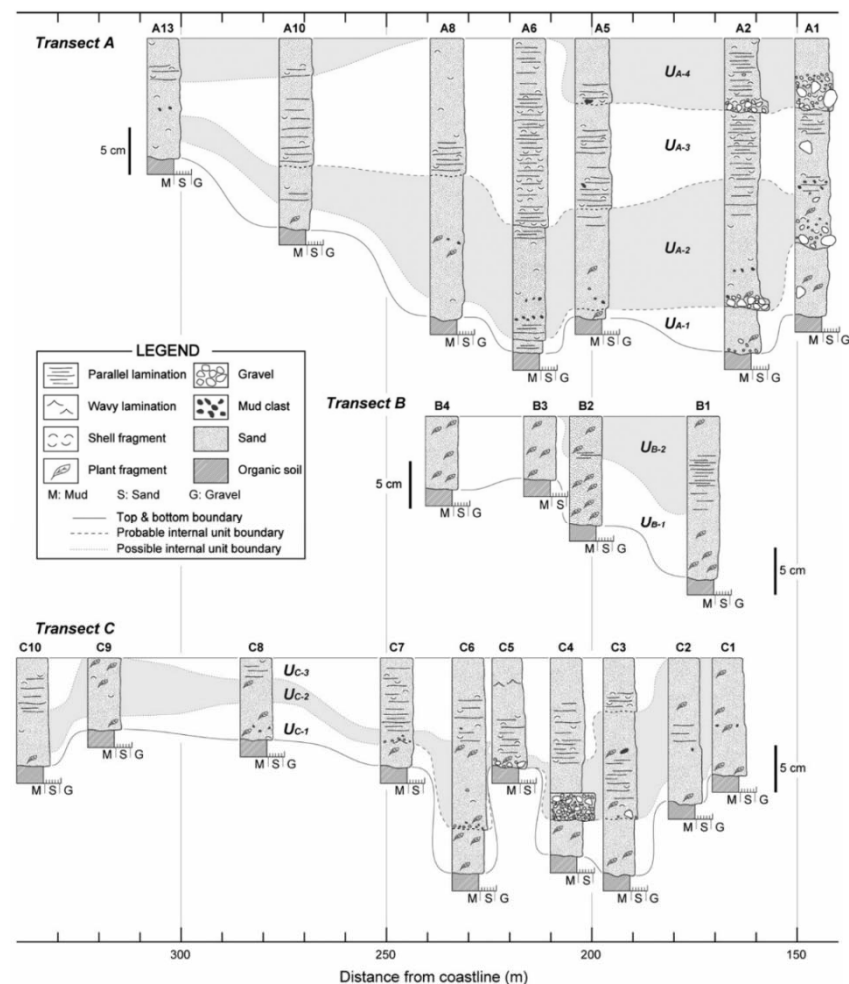


Fig. 8 Columnar profiles of the tsunami deposit at locations along transects A–C. Solid connecting lines show the base of the tsunami deposit. Internal unit boundaries are shown by dashed lines (probable) or dotted lines (uncertain).

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。

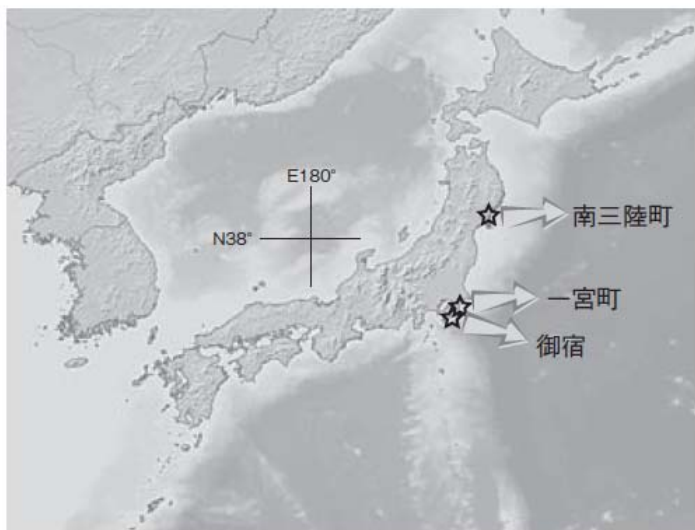


図1：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の調査地点

青野(2012)

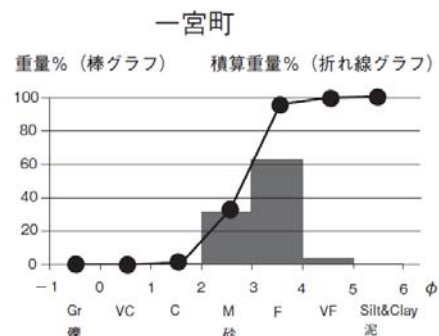


図2：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の粒度分布曲線 (千葉県長生郡一宮町)

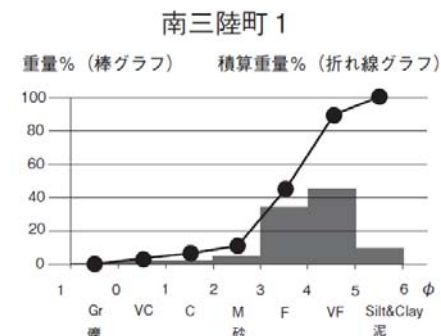
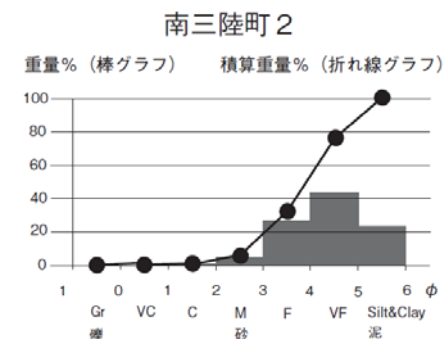


図3：東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の粒度分布曲線 (宮城県本吉郡南三陸町-1)



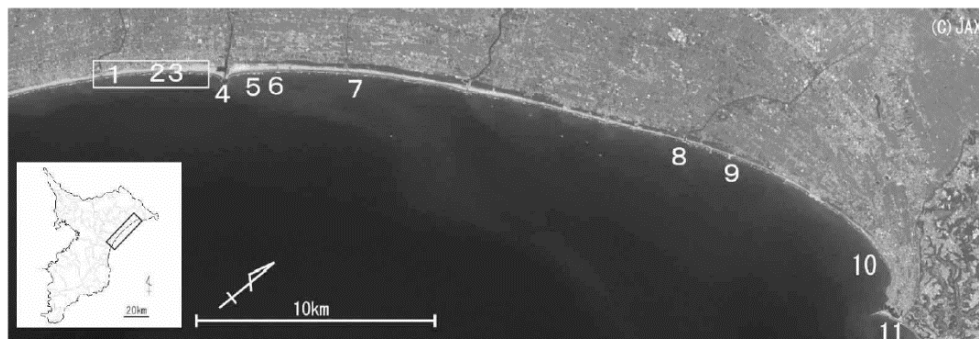
千葉県一宮町(左)と宮城県南三陸町(右)における東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物の粒度分布曲線(青野(2012))

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。

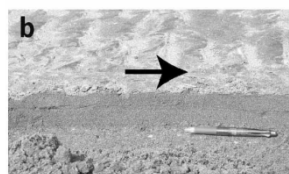
◆津波堆積物分布の特徴

- 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)



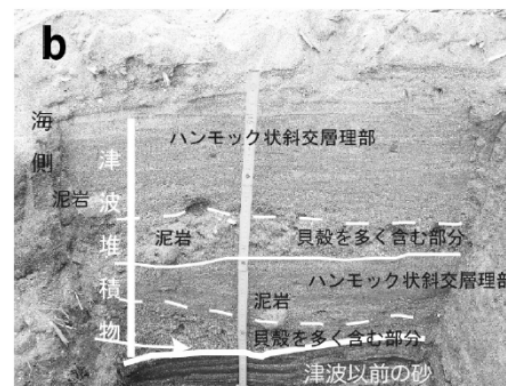
不動堂海岸の津波堆積物(岡崎・大木(2012))

- 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。

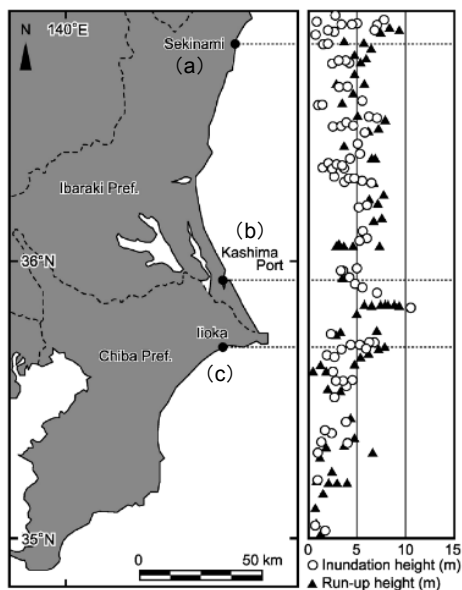


5. 茨城県から千葉県沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震津波の津波堆積物に関する文献調査

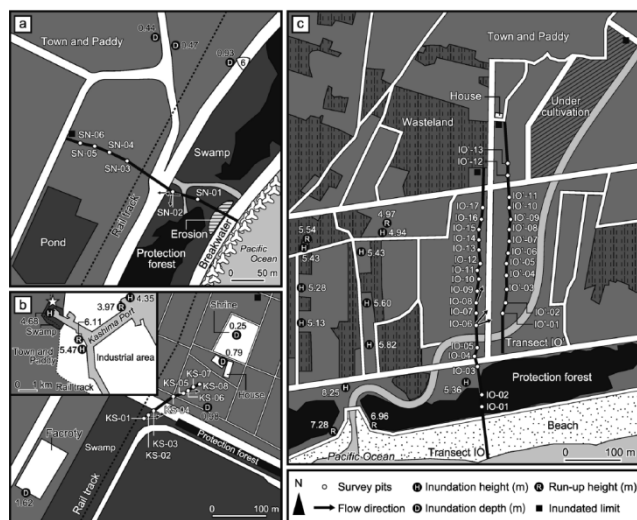
- 山田・藤野 (2013)は、2011年東北地方太平洋沖地震後に茨城県北茨城市関南、鹿島港、千葉県旭市飯岡の沿岸低地において分析を行い、津波堆積物の堆積構造、層厚及び粒度等の観点から整理を行っている。

◆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。

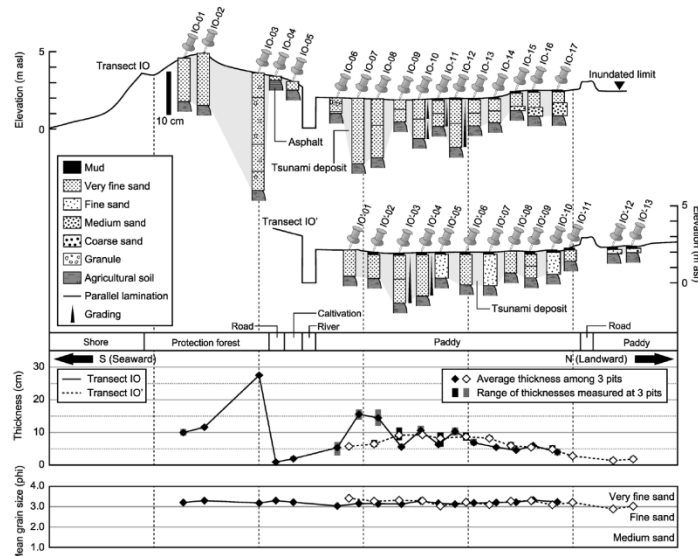
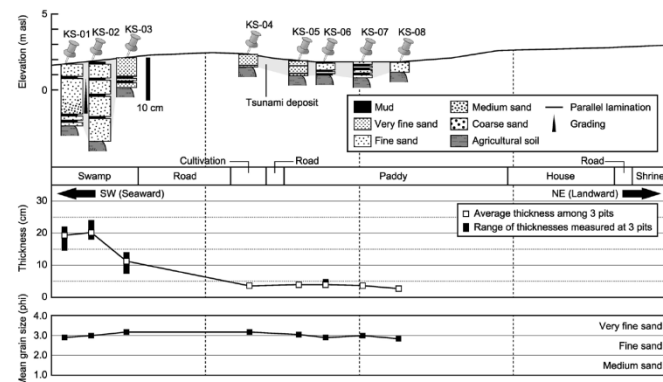


第1図 調査地域と津波の高さ (m)。津波の高さは The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group (2011) に基づく。遡上高は津波来襲時の潮位から津波が這い上がった地点までの高さを表し、浸水高は津波来襲時の潮位から津波が這い上がる途中で建物等に残した痕跡までの高さを表す。



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))

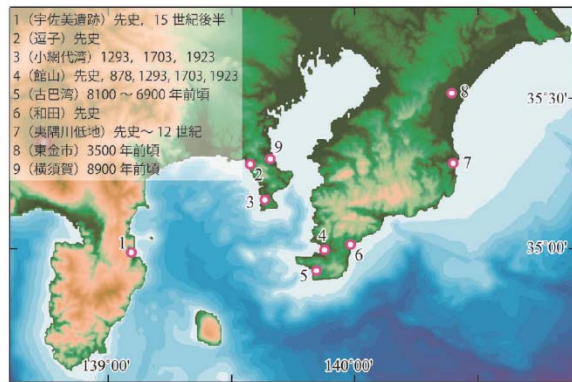
参考資料

6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査

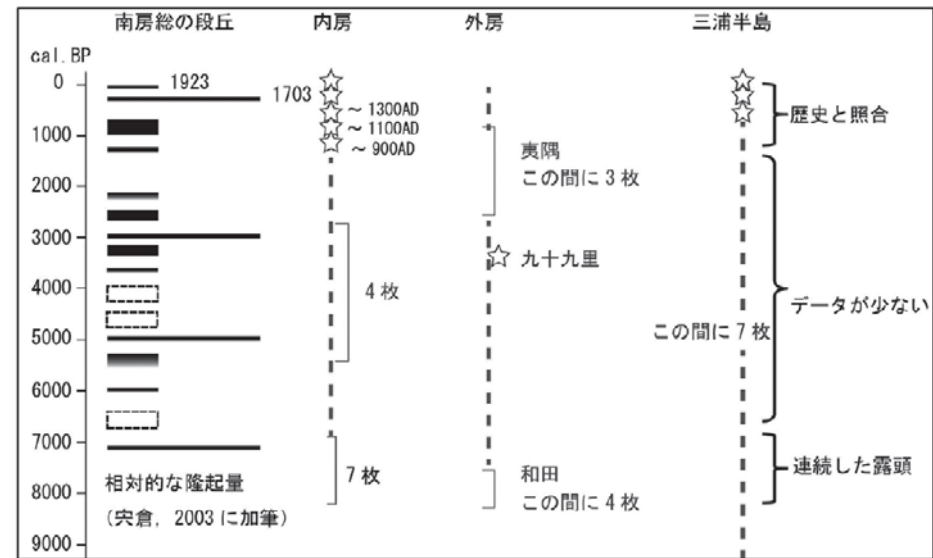
6. 関東地震の津波堆積物に関する文献調査

- 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。

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)



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
- 産業技術総合研究所(2016)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.
- 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
- 藤原治・澤井祐紀・宍倉正展・行谷佑一・木村治夫・楢原京子(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.