

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所6号及び7号炉審査資料	
資料番号	KK67-0094 改07
提出年月日	平成28年10月5日

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

津波による損傷の防止について

平成28年10月

東京電力ホールディングス株式会社

別添 1

柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉
耐津波設計方針について

平成 28 年 10 月

東京電力ホールディングス株式会社

目 次

I. はじめに

II. 耐津波設計方針

1. 基本事項

- 1.1 津波防護対象の選定
- 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
- 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
- 1.4 入力津波の設定
- 1.5 設計または評価に用いる入力津波

2. 設計基準対象施設の津波防護方針

- 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）
- 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）
- 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
- 2.6 津波監視

3. 重大事故等対処施設の津波防護方針

- 3.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
- 3.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）
- 3.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）
- 3.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
- 3.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
- 3.6 津波監視

4. 施設・設備の設計・評価の方針及び条件

- 4.1 津波防護施設の設計
- 4.2 浸水防止設備の設計
- 4.3 津波監視設備の設計
- 4.4 施設・設備等の設計・評価に係る検討事項

本日のご説明範囲

(添付資料)

- －1 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- －2 地震時における地盤沈下量の評価方法
- －3 管路解析の詳細について
- －4 港湾内の局所的な海面の励起について
- －5 防護重点化範囲の境界における浸水対策の位置及び内容
- －6 水密扉の運用管理について
- －7 津波による水位低下時の常用系ポンプの停止に関わる運用
- －8 柏崎刈羽原子力発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について
- －9 海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
- －10 燃料等輸送船の喫水と津波高さとの関係について
- －11 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
- －12 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）
- －13 津波防護対策の設備の位置づけについて
- －14 耐津波設計における現場確認プロセス
- －15 津波漂流物の調査要領について
- －16 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- －17 漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について
- －18 荒浜側防潮堤の耐震設計について
- －19 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- －20 津波波力の算定に用いた規格・基準類の適用性について
- －21 漂流物の衝突荷重算定式について
- －22 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- －23 入力津波に用いる潮位条件について
- －24 基準津波に伴う砂移動評価について

(参考資料)

- －1 柏崎刈羽原子力発電所における津波評価
- －2 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料1 第9章）
- －3 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 内部溢水の影響評価について（別添資料1 第10章）

本日のご説明範囲

(b) 取水スクリーンの破損による通水性への影響

海水中の塵芥を除去するために設置されている除塵装置(固定式バースクリーン、バー回転式スクリーン及びトラベリングスクリーン)については、異物の混入を防止する効果が期待できるが、津波時に破損して、それ自体が漂流物となる可能性がある。この場合には、破損・分離し漂流物化した構成部材等が取水路を閉塞させることにより、取水路の通水性に影響を与えることが考えられるため、その可能性について確認を行った。また、除塵装置については他に、低耐震クラス(Cクラス)設備であることから津波の原因となる地震による破損の可能性、また津波に伴う漂流物の衝突による破損の可能性が考えられることから、これらの影響についても合わせて考察を行った。

結果は以下に示すとおりであり、除塵装置はいずれの場合においても非常用海水冷却系の取水性に影響を与えるものではないと評価する。

i. 津波による破損に対する評価

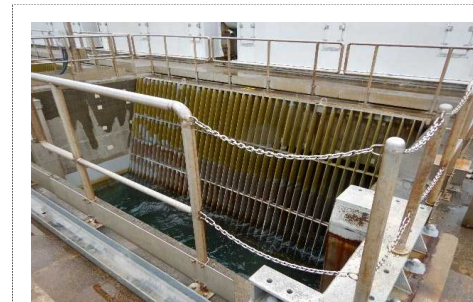
確認方法

除塵装置の概要は第 2.5-27 図に示すとおりであり、バー回転式スクリーン及びトラベリングスクリーンはいずれも多数のバスケットがキャリアチェーンにより接合される構造となっている。このため、入力津波の流速により生じるスクリーン部の水位差(損失水頭)により、キャリアチェーン及びバスケットが破損し、バスケットが分離して漂流物化する可能性について確認する。

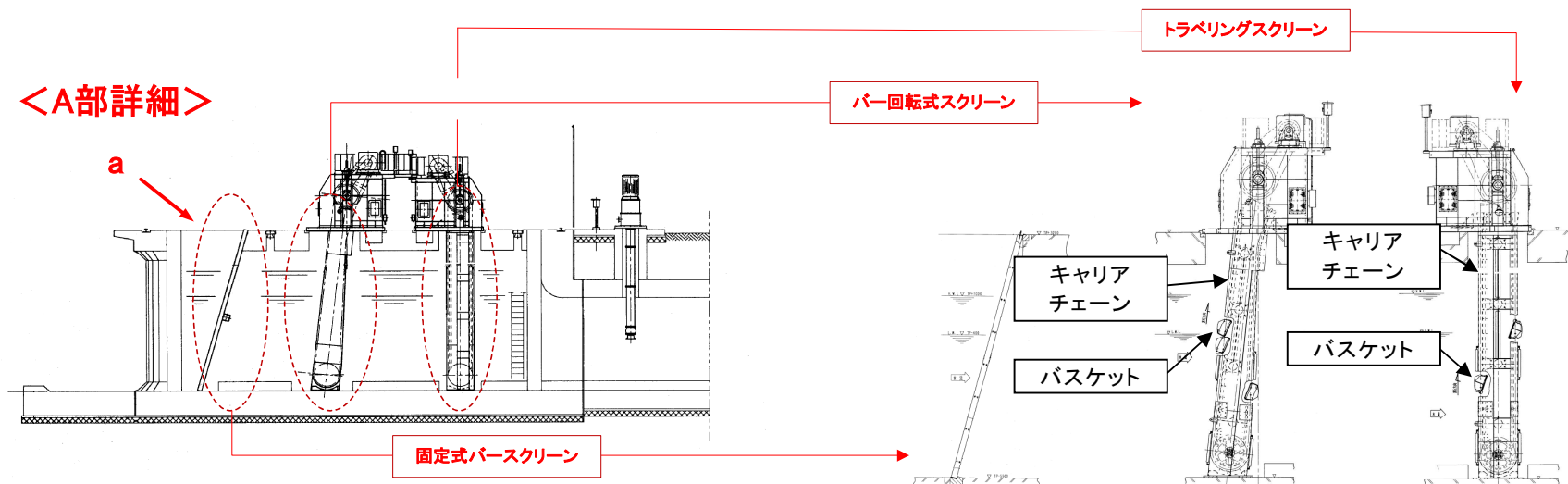
確認条件(津波流速)は、第 2.5-28 図に示すとおり基準津波の遡上解析により算出した、6号炉及び7号炉の取水口前面(除塵装置入口)流速の評価結果を踏まえ、0.5m/sとする。

なお、固定式バースクリーンは鋼材を溶接接合した構造となっており、仮に津波により変形するようなことがあっても個々の鋼材が分離し漂流物化する可能性はないと考えられるため、評価の対象は上記の二種類のスクリーンとした(第 2.5-27 図 a 部)。

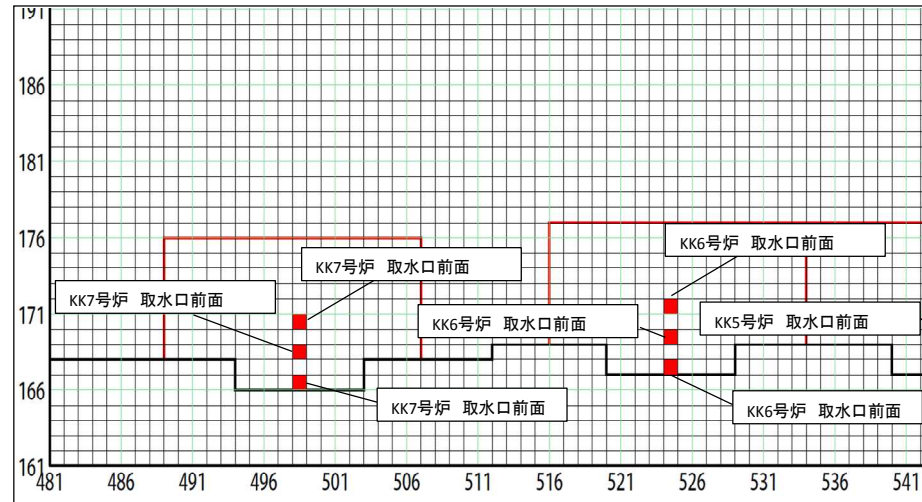
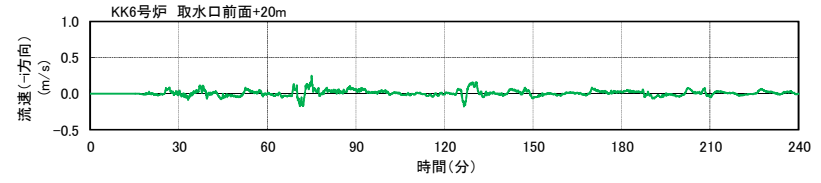
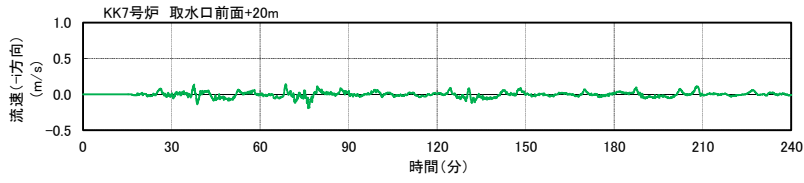
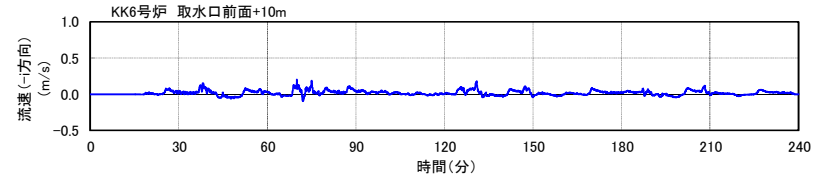
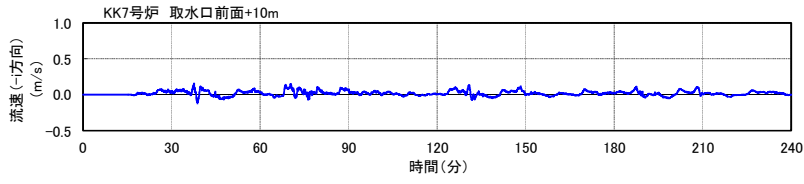
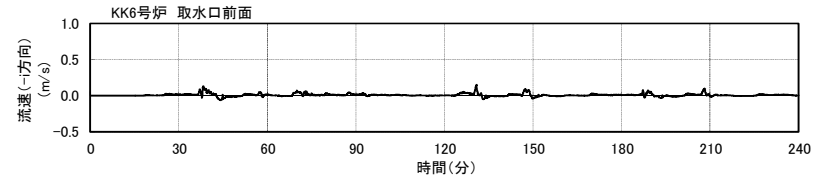
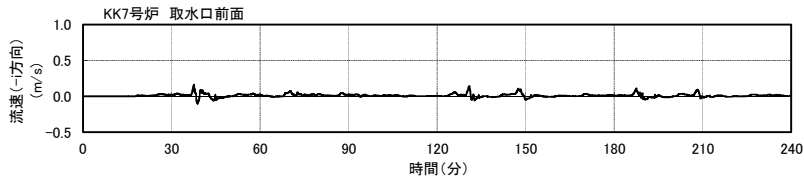
黒枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません



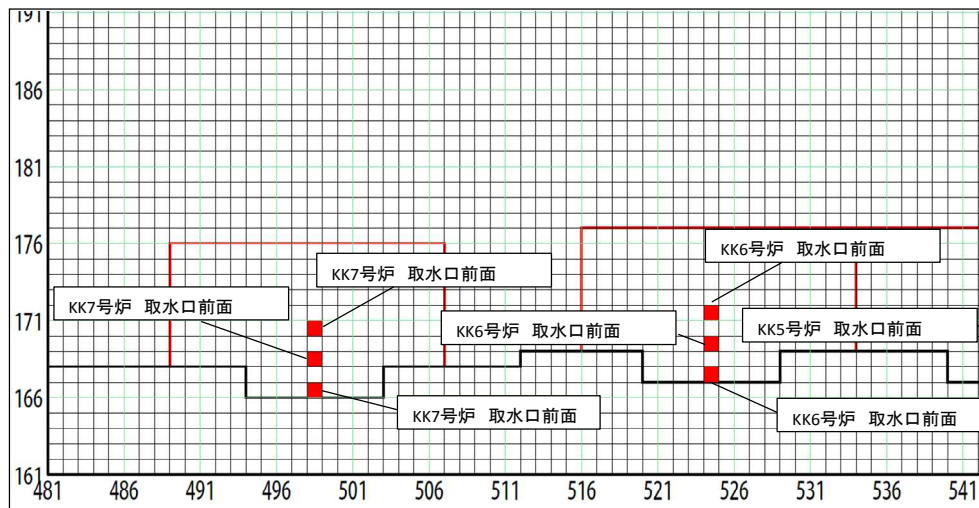
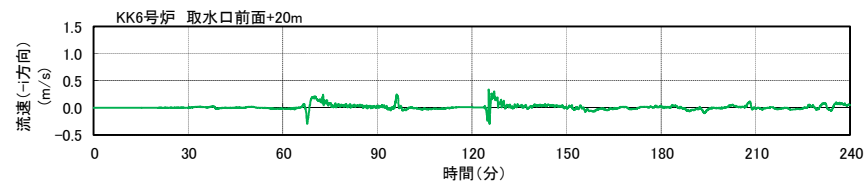
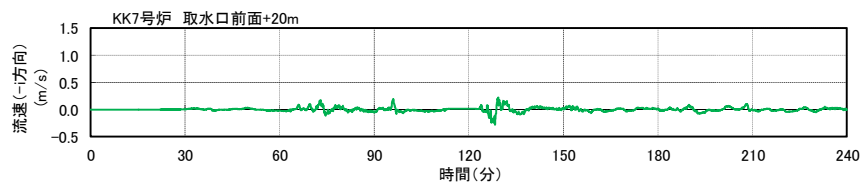
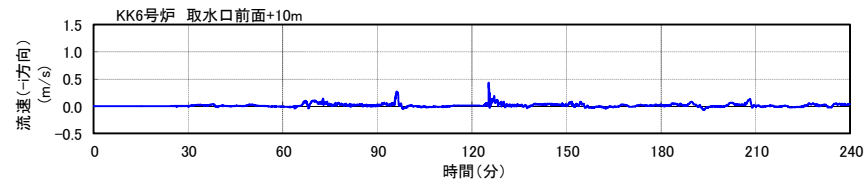
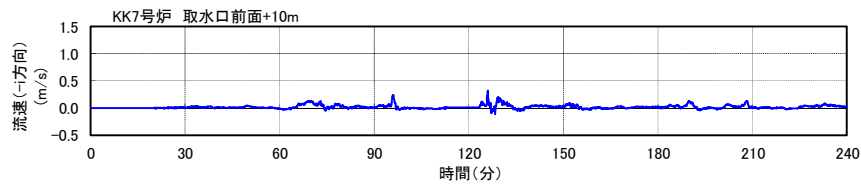
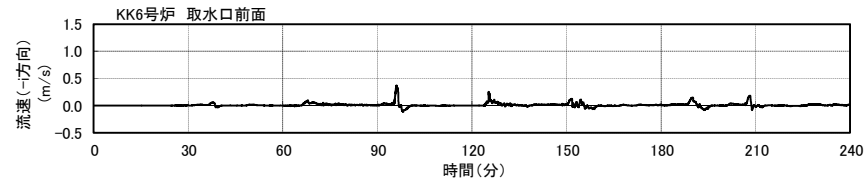
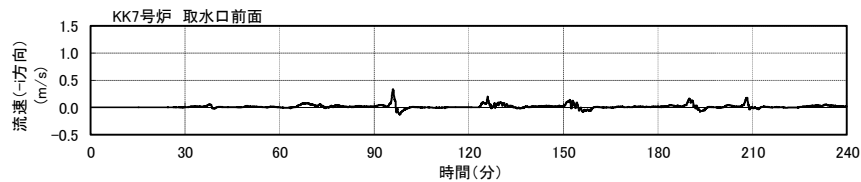
a 矢視



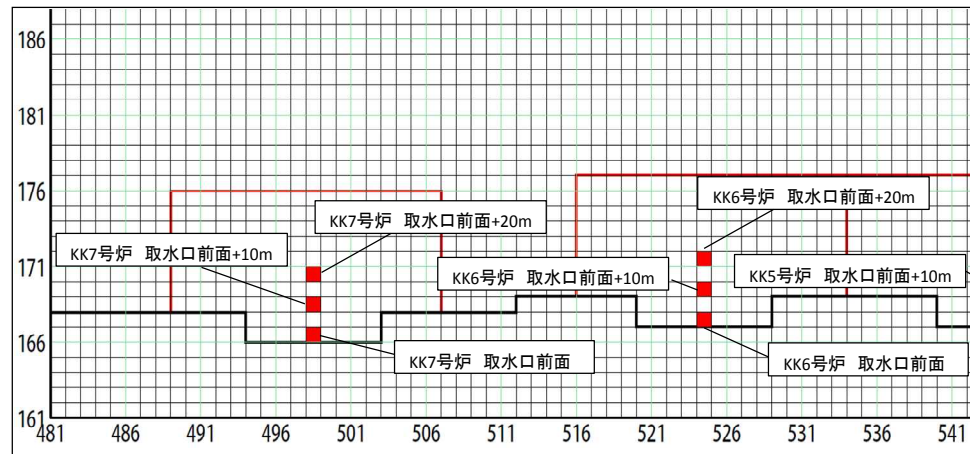
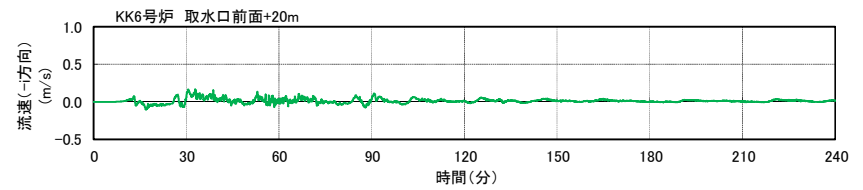
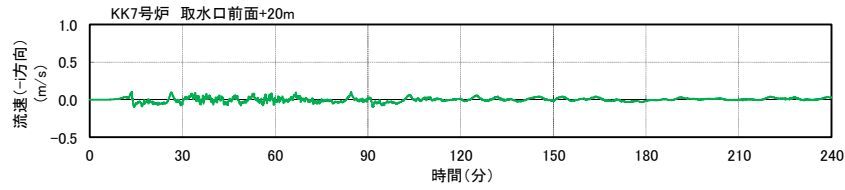
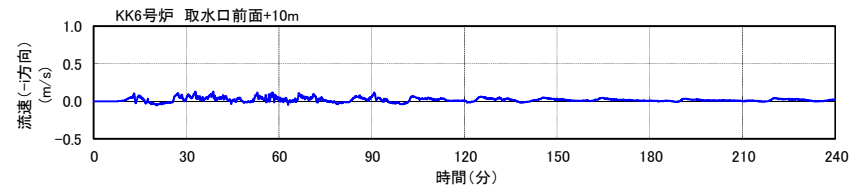
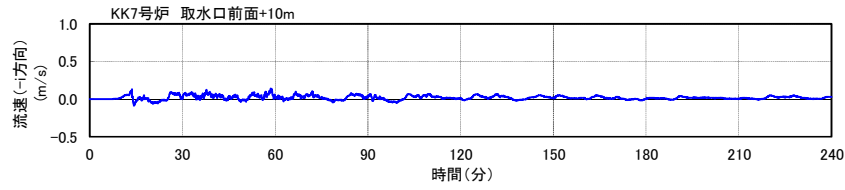
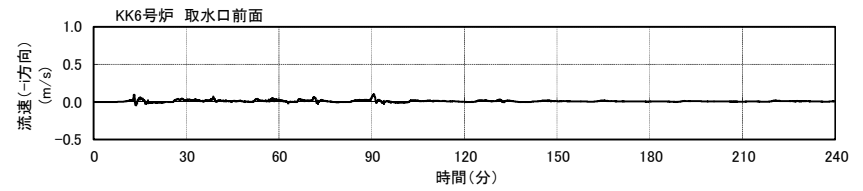
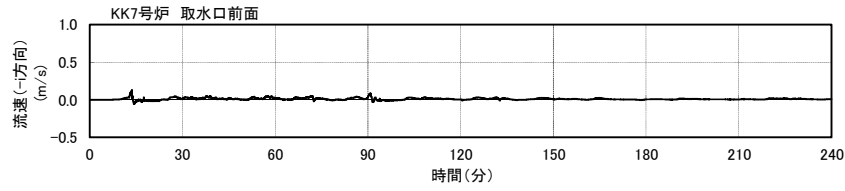
第 2.5-27 図 除塵装置の概要



第 2.5-28 図 (1) 基準津波 1 による除塵装置入口津波流速



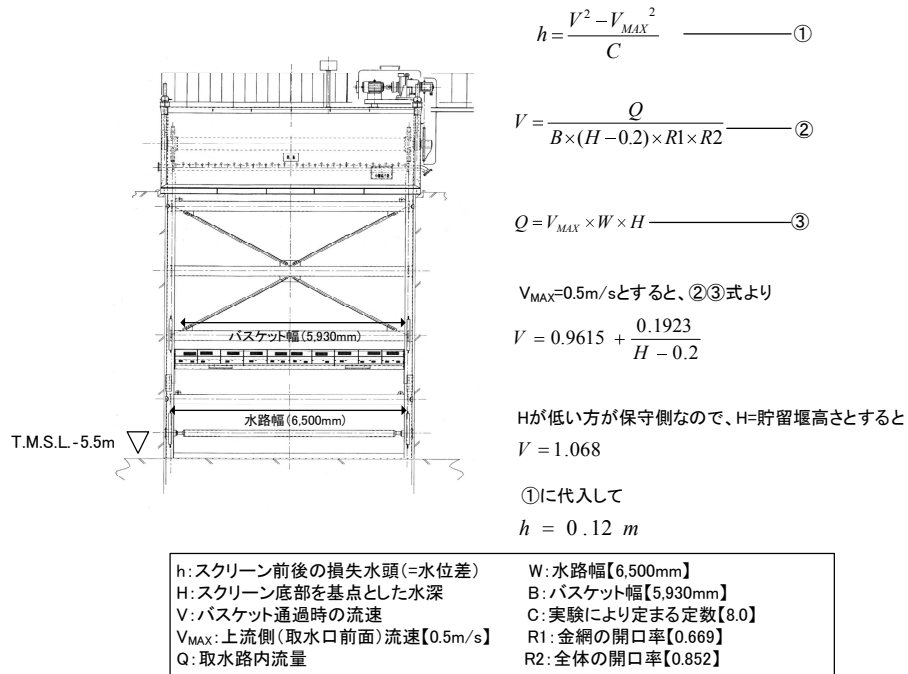
第 2.5-28 図 (2) 基準津波 2 による除塵装置入口津波流速



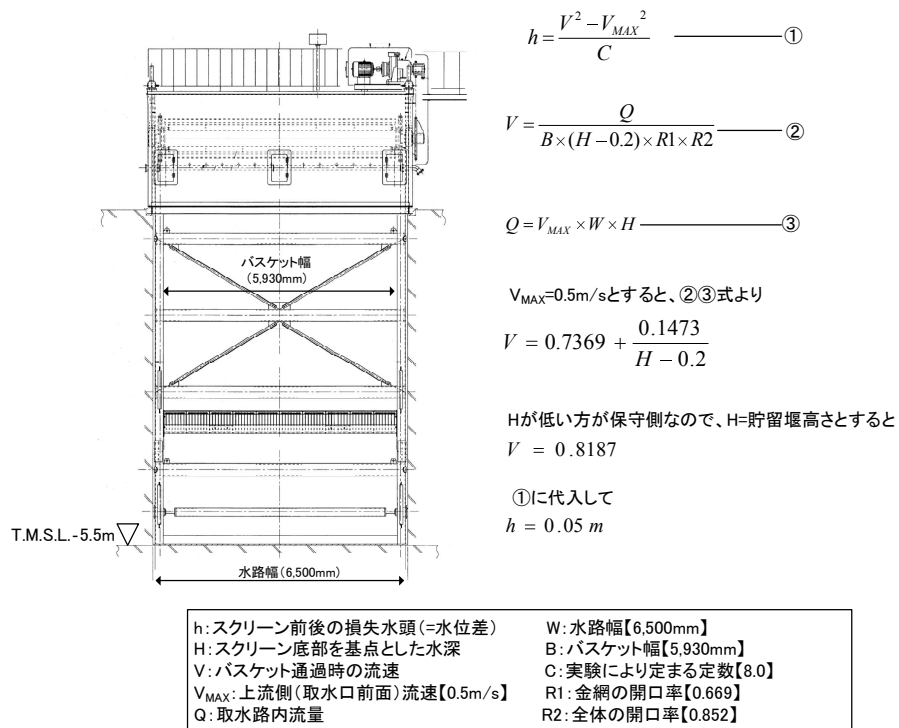
第 2.5-28 図 (3) 基準津波 3 による除塵装置入口津波流速

確認結果

津波流速によって生じるスクリーン部の水位差（損失水頭）を評価すると以下の結果であった。



トラベリングスクリーン



パー回転式スクリーン

第 2.5-29 図 津波流速により生じるスクリーン部水位差

これを各部材の設計水位差と比較して示すと第 2.5-8 表に示すとおりとなる。

これより、いずれの設備においても入力津波の流速 0.5m/s により発生する水位差は設計水位差内であることから、津波により設備が破損し漂流物化することはなく、取水性に影響を及ぼすものでないことを確認した。

第 2.5-8 表 除塵装置の強度確認結果

設備	部材	設計水位差	流速 0.5m/s 時の水位差	(参考) 設計水位差における 発生値/許容値
バー回転式 スクリーン	バスケット	2.0m	0.05m	147 N/mm ² /240 N/mm ² (発生応力/許容応力)
	キャリア チェーン	1.5m		98.4 kN/588 kN (張力/破壊強度)
トラベリング スクリーン	バスケット	2.0m	0.12m	157 N/mm ² /240 N/mm ² (発生応力/許容応力)
	キャリア チェーン	1.5m		94.7 kN/588 kN (張力/破壊強度)

ii. 地震，漂流物による破損に対する評価

除塵装置は低耐震クラス（C クラス）であることから津波の原因となる地震に対して健全性は保証されておらず、また、前項で示したとおり津波時には除塵装置部に総トン数 10t 程度の船舶が漂流物として到達する可能性があるが、この衝突に対しても健全性が保障されているものではない。しかしながら、地震あるいは漂流物の衝突により除塵装置が破損し、変形あるいは分離・脱落し取水路内で堆積した場合でも、除塵装置は本来、通水を前提とした設備であり主たる構成要素であるバスケットが隙間の多い構造であることから、取水路を閉塞させることはないものと考えられる。

したがって、前項で述べた取水口呑口の断面寸法と非常用海水冷却系に必要な取水路の通水量を考慮すると、除塵装置の変形や分離による堆積により非常用海水冷却系に必要な通水性が損なわれることはないものと考えられる。

また、分離・脱落した構成部材が非常用海水冷却系のポンプ等の機器に影響を与える可能性については、6, 7号炉では第2.5-27図に示したとおり除塵装置と補機取水槽との間に約170mの距離があることから、構成部材は補機取水槽に到達する前に沈降し、ポンプ等の機器に影響を与えることはないものと考えられる。

添付資料 11

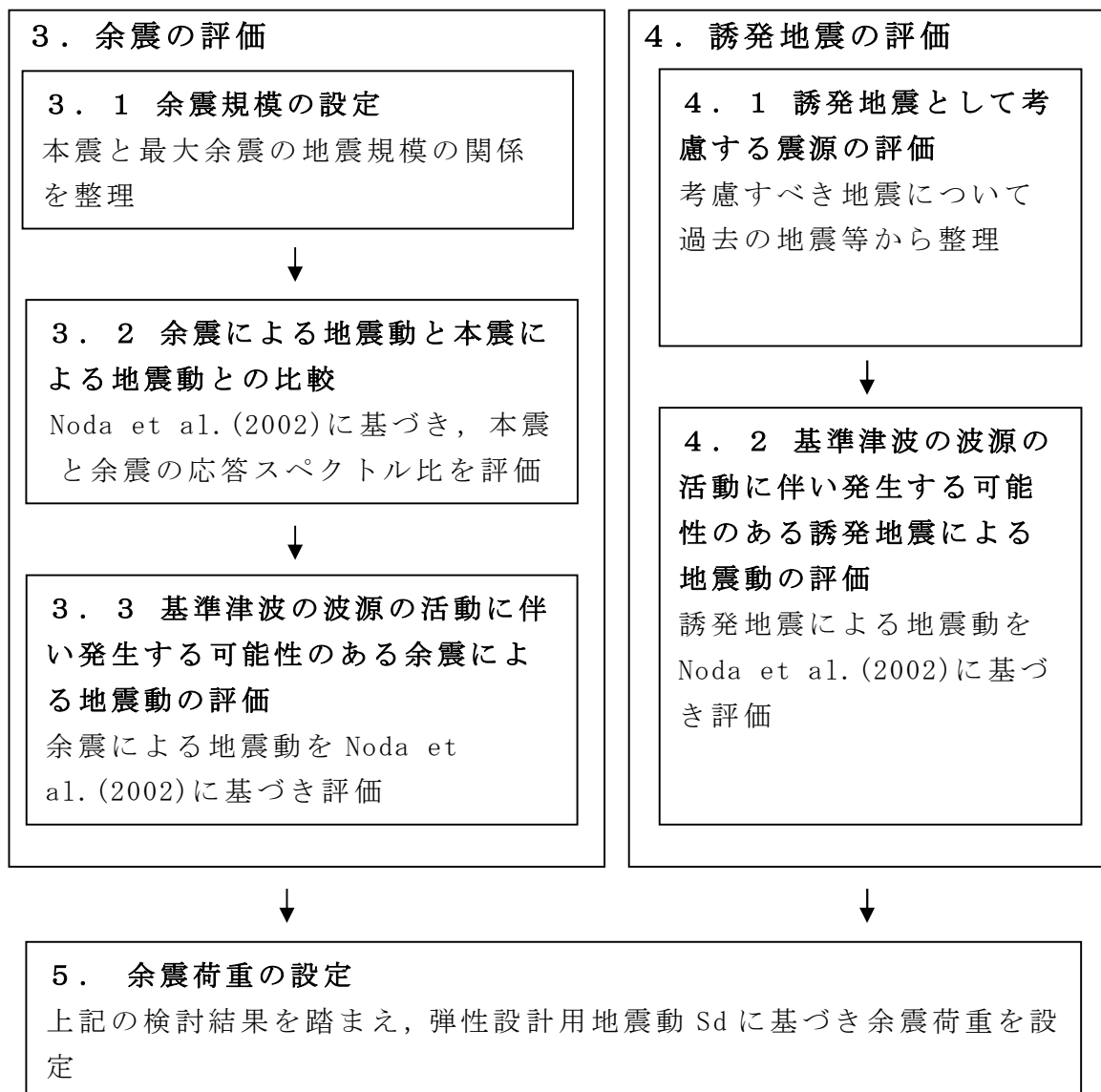
耐津波設計における津波荷重と余震荷重の
組み合わせについて

1. 規制基準における要求事項等

- ・サイトの地学的背景を踏まえ、余震の発生の可能性を検討すること。
- ・余震発生の可能性に応じて入力津波による荷重と余震による荷重との組み合わせを考慮すること。

2. 検討方針

余震による荷重については、本震発生後の余震及び誘発地震を検討し、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる適切な余震荷重を設定する。なお、本検討においては、本震の震源域において発生する地震を余震とし、本震の震源域の外で発生する地震を誘発地震として整理した。検討は以下の流れで実施した。



3. 余震の評価

3. 1 余震規模の設定

余震の規模は，過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は，津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から，地震調査研究推進本部の地震データによる本震のマグニチュード M7.0 以上とし，且つ，基準津波の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位変化を生起する時間帯は，最大でも地震発生から約 4 時間であることを考慮し，本震と最大余震との時間間隔が 12 時間以内の地震とした。添付第 11-1 表に，対象とした地震の諸元を示す。同表中に，敷地が位置する日本海東縁部の地震の本震のマグニチュード M7.0 以上の地震の諸元を併せて示す。また，検討対象とした地震の震央分布を添付第 11-1 図に示す。地震調査研究推進本部の地震データについて，本震のマグニチュード M_0 と最大余震のマグニチュード M_1 の関係から本震と余震のマグニチュードの差 $D1$ は，添付第 11-2 図の通り， $D1=M_0-M_1=1.4$ として評価できる。同図中に示す，日本海東縁部の地震の傾向は，地震調査研究推進本部の地震データにみられる関係と調和的である。余震の規模を想定する際は，データ数が少ないことから，保守的に標準偏差を考慮し $D1=0.9$ として余震の規模を想定する。

3. 2 余震による地震動と本震による地震動との比較

本震と余震の応答スペクトルを Noda et al. (2002) により評価し，本震と余震との地震動レベルを確認する。添付第 11-3 図に M8.0 及び M7.0 の本震に対し，余震の規模を $D1=0.9$ を用い評価し，Noda et al. (2002) の適用範囲の中で等価震源距離 X_{eq} を 25, 50, 75, 100km と設定し，スペクトル比を評価した結果を示す。なお，ここではスペクトル比を評価するため，内陸補正や観測記録による補正は実施していない。添付第 11-3 図によると，余震による地震動は本震による地震動に対しおよそ 0.3~0.4 倍程度となり，基準地震動 S_s と弾性設計用地震動 S_d との比 0.5 を下回ることが確認される。

3. 3 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある余震による地震動の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価する。柏崎刈羽原子力発電所における基準津波の波源は，添付第 11-4 図に示す「基準津波 1 及び 2 の波源」及び「基準津波 3 の波源」である。それぞれの波源について地震動を評価するにあたり，添付第 11-2 表及び添付第 11-5 図に示す震源モデルを設定し，上記の関係式に基づき余震規模を設定した上で，余震による応答スペクトルを Noda et al. (2002)

により評価した。なお、評価においては、海域で発生する地震に対しては荒浜側と大湊側で伝播特性が異なることから、添付第 11-6 図に示す観測記録に基づく補正係数をそれぞれ用いることで伝播特性を反映した。また、敷地における伝播特性の差は、敷地から南西側に位置する地震についてのみ顕著に確認されているが、敷地から北側に位置する基準津波 1・2 の波源に対しても保守的に同じ補正係数を用いた。添付第 11-7 図に評価結果を示す。同図より、評価結果は、弾性設計用地震動 S_d を下回ることが確認される。

4. 誘発地震の評価

4.1 誘発地震として考慮する震源の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震として考慮する地震を選定する。

誘発地震の地震規模を評価するにあたり、添付第 11-1 表中に示す 2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) 及び敷地が位置する日本海東縁部の地震の本震のマグニチュード M7.0 以上の 3 地震を対象に、本震発生後 24 時間以内に発生した地震を検討した。添付第 11-8 図に示す通り、2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の誘発地震は、2011 年長野県北部の地震 (M6.7) が本震発生から約 13 時間後の 3 月 12 日に発生している。また、日本海東縁部の地震については、余震を含めたとしても M6.5 未満の地震しか発生していない。

以上より、基準津波の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯において M6.8 以上の誘発地震が発生するとは考えにくい。しかしながら、本震発生後に規模の小さな誘発地震が発生していることを踏まえ、保守的に、添付第 11-9 図に示す基準地震動の評価において検討用地震と選定されなかった規模の小さな孤立した短い活断層による地震を対象とする。

4.2 基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性のある誘発地震の評価

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震による地震動を評価する。評価においては、孤立した短い活断層による地震の規模を保守的に M6.8 として震源モデルを設定し、誘発地震による応答スペクトルを Noda et al. (2002) により評価した。添付第 11-3 表に諸元を、添付第 11-10 図に断層の分布図をそれぞれ示す。なお、評価においては、陸域で発生する地震に対しては荒浜側と大湊側で伝播特性が概ね等しいことから、添付第 11-10 図に示す補正係数を用い伝播特性を反映した。添付第 11-11 図に評価結果を示す。同図より、評価結果は、弾性設計用地震動 S_d を下回ることが確認される。

5. 余震荷重の設定

以上の検討結果から、弾性設計用地震動 S_d は余震及び誘発地震による地震動を上回ることが確認された。弾性設計用地震動 S_d の内、 S_d-1 は全ての周期帯において、余震及び誘発地震による地震動を十分に上回ることから、保守的に S_d-1 による荷重を津波荷重に組み合わせる余震荷重として設定する。

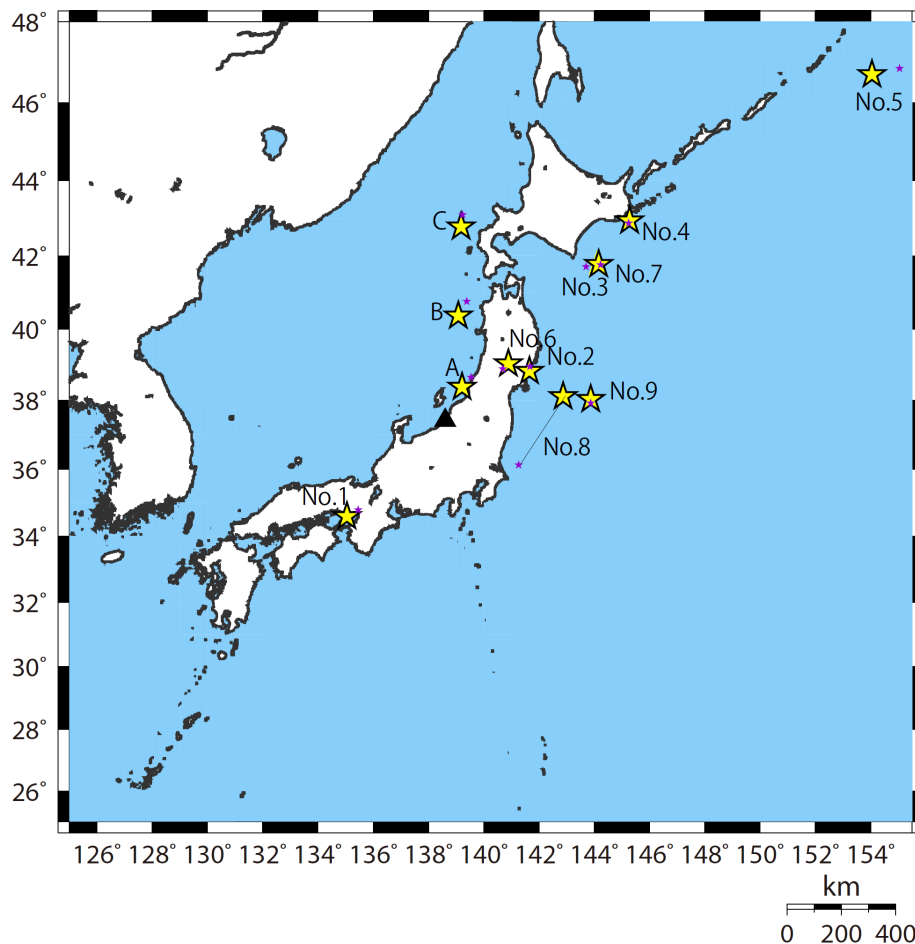
【参考文献】

Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo, and T. Watanabe (2002): RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16-18, Istanbul
大竹政和，平朝彦，太田陽子 編（2002）：日本海東縁の活断層と地震テクトニクス，東京大学出版会

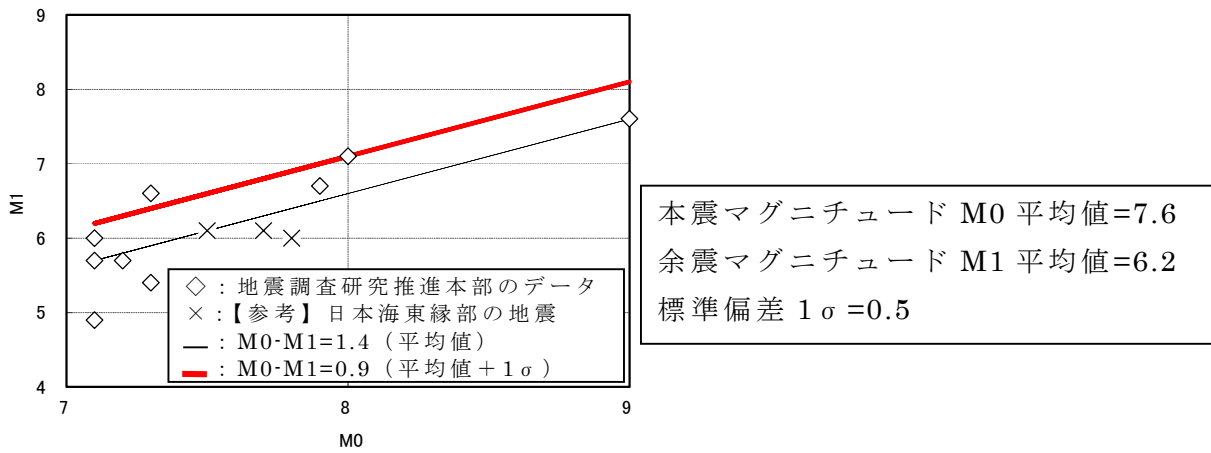
添付第 11-1 表 過去の地震における本震と最大余震の関係

No	発生年月日	震源	マグニチュード		時間差
			本震 M0	最大余震 M1	
1	1995.1.17	淡路島	7.3	5.4	1:52
2	2003.5.26	宮城県沖	7.1 ^{※1}	4.9	6:20
3	2003.9.26	十勝沖	8.0	7.1	1:18
4	2004.11.29	釧路沖	7.1	6.0	0:04
5	2006.11.15	千島列島東方	7.9	6.7 ^{※1}	1:12
6	2008.6.14	岩手宮城内陸地震	7.2	5.7	0:37
7	2008.9.11	十勝沖	7.1	5.7	0:12
8	2011.3.11	東日本太平洋沖地震	9.0	7.6 ^{※1}	0:29
9	2012.12.7	三陸沖	7.3	6.6	0:13
A ^{※2}	1964.6.16	新潟地震	7.5	6.1	0:16
B ^{※2}	1983.5.26	日本海中部地震	7.7	6.1	0:57
C ^{※2}	1993.7.12	北海道南西沖地震	7.8	6.0	1:28

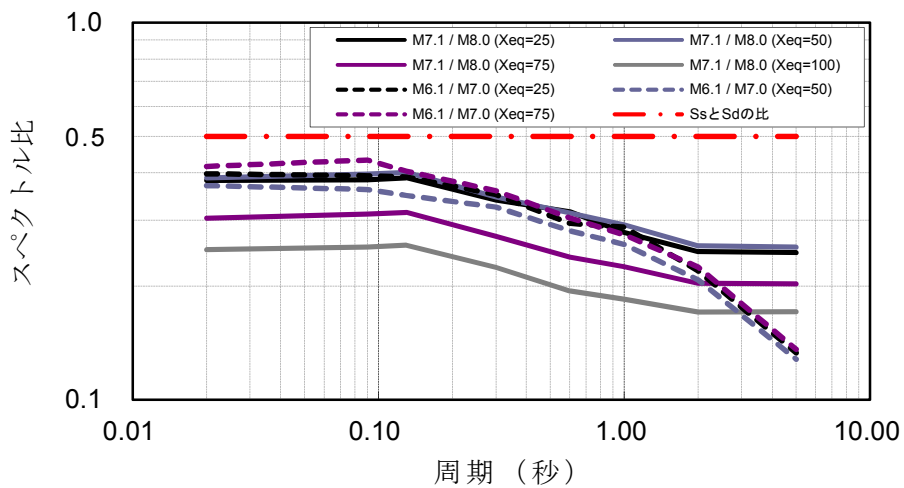
※1：気象庁による最新の震源情報を参照，※2：日本海東縁部の地震



添付第 11-1 図 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布
本震（★）と最大余震（★）

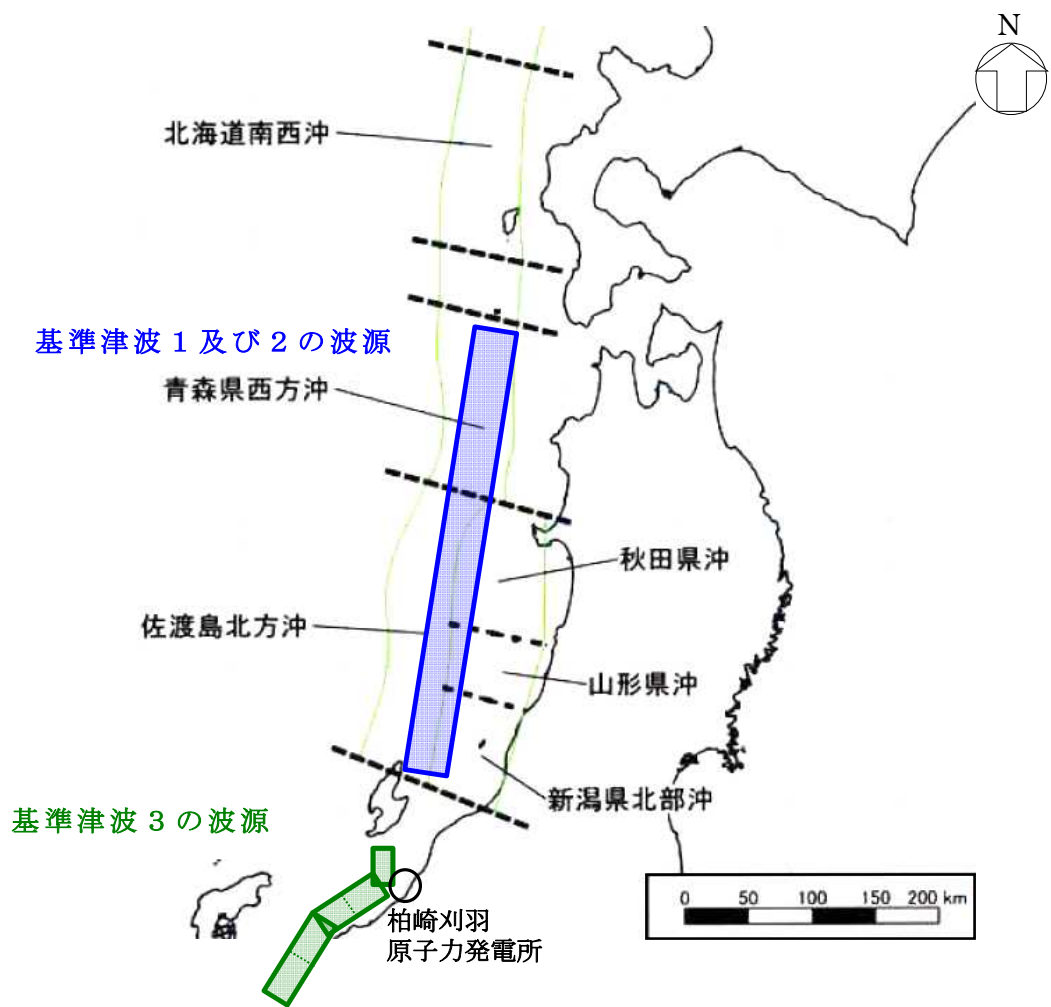


添付第 11-2 図 本震と余震の地震規模の関係

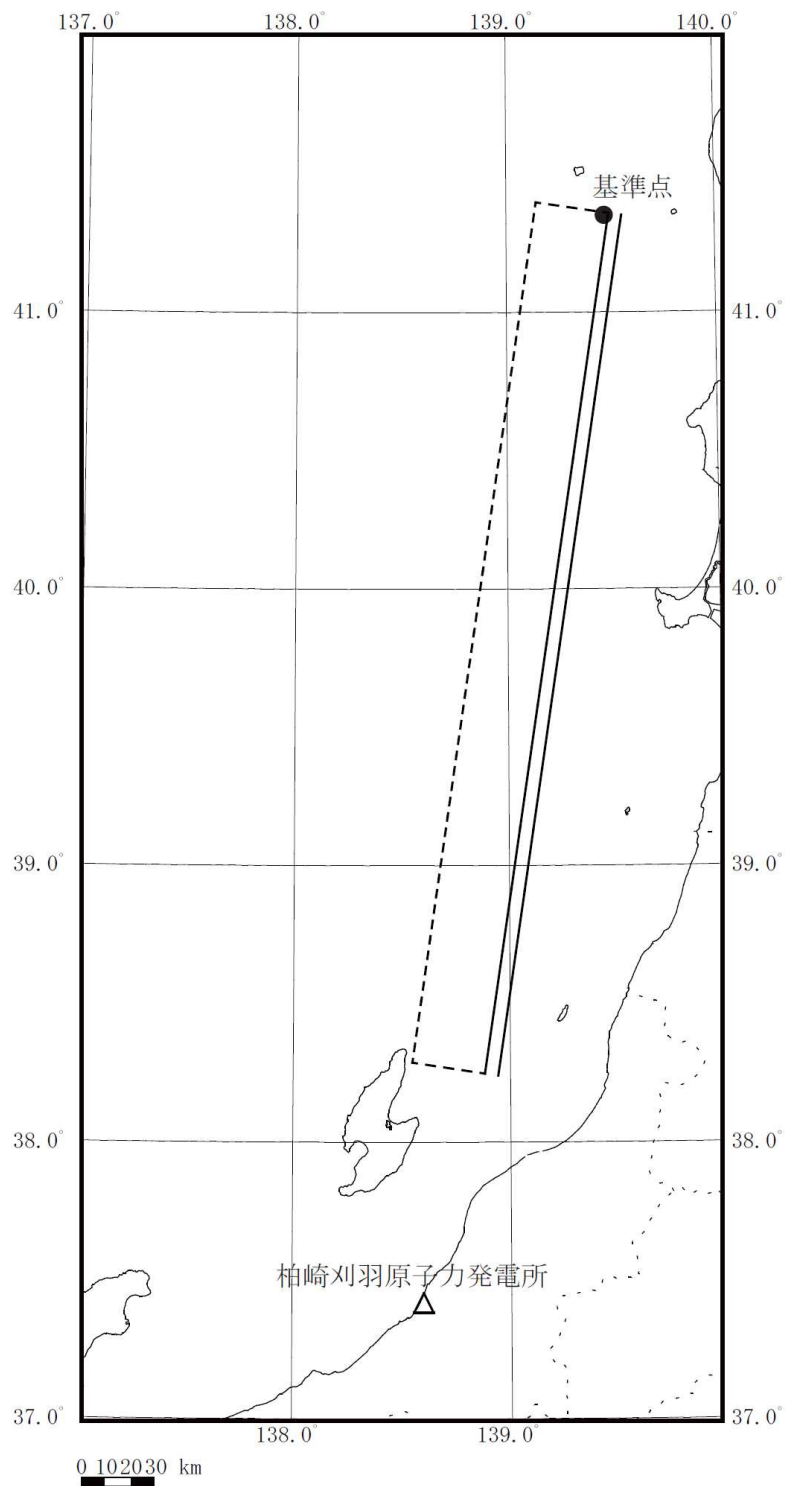


添付第 11-3 図 本震と余震のスペクトル比

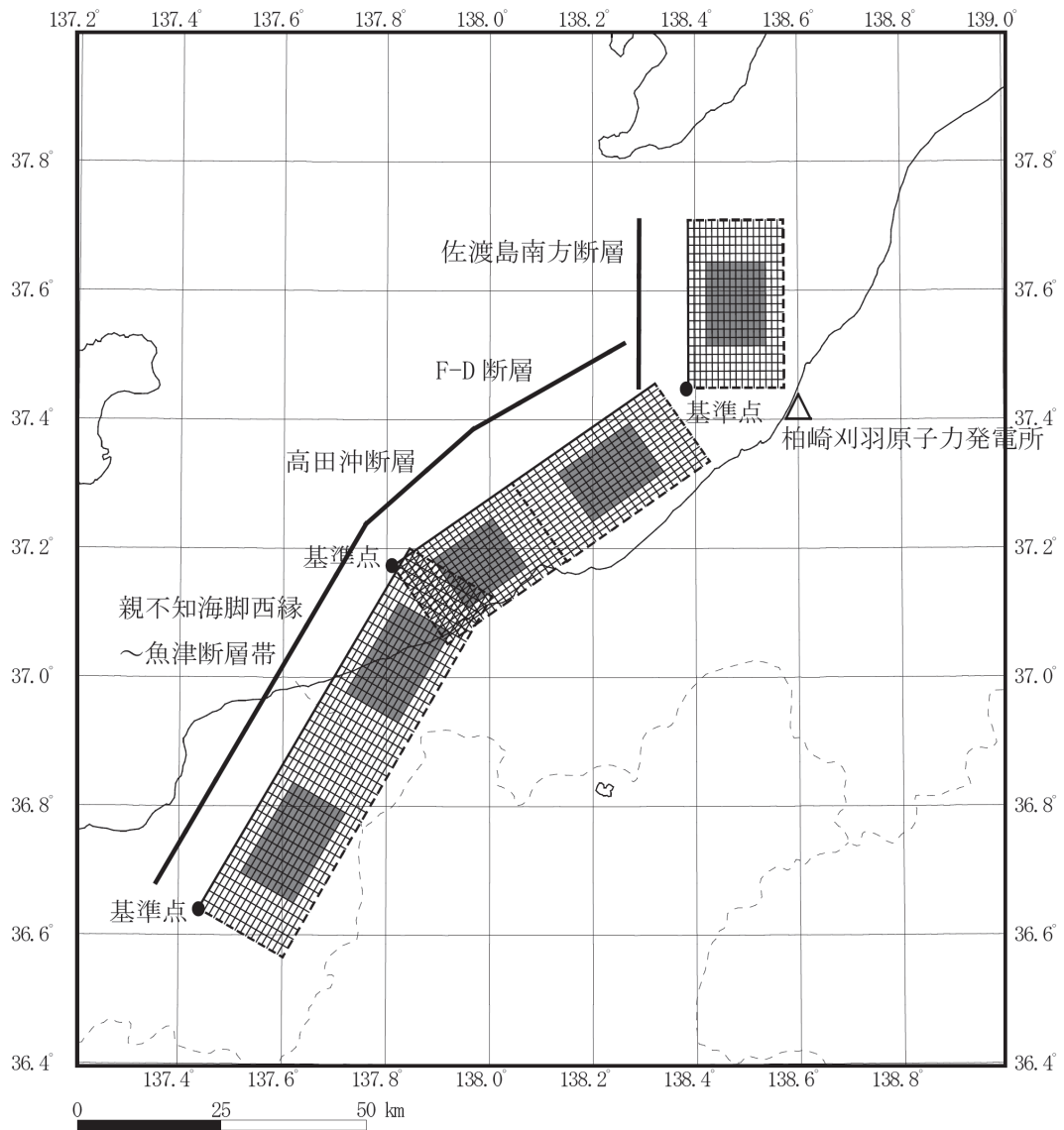
(本震を $M_{8.0}$ 及び $M_{7.0}$ とし、それぞれの余震を $M_{7.1}$ 及び $M_{6.1}$ と評価した場合について、Noda et al. (2002) に基づきスペクトル比を評価)



添付第 11-4 図 基準津波の波源



添付第 11-5 図 (a) 基準津波 1 及び 2 の波源に対する震源モデル



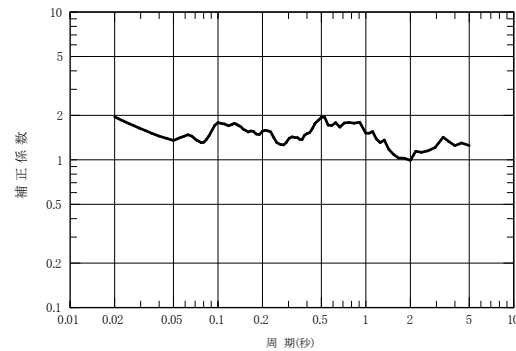
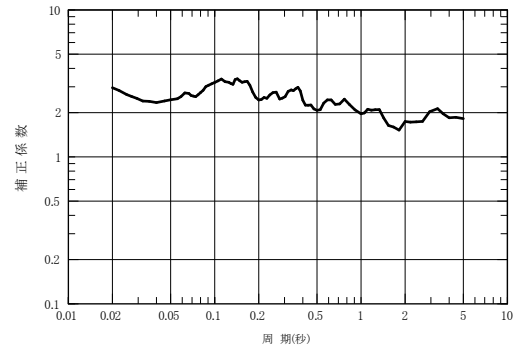
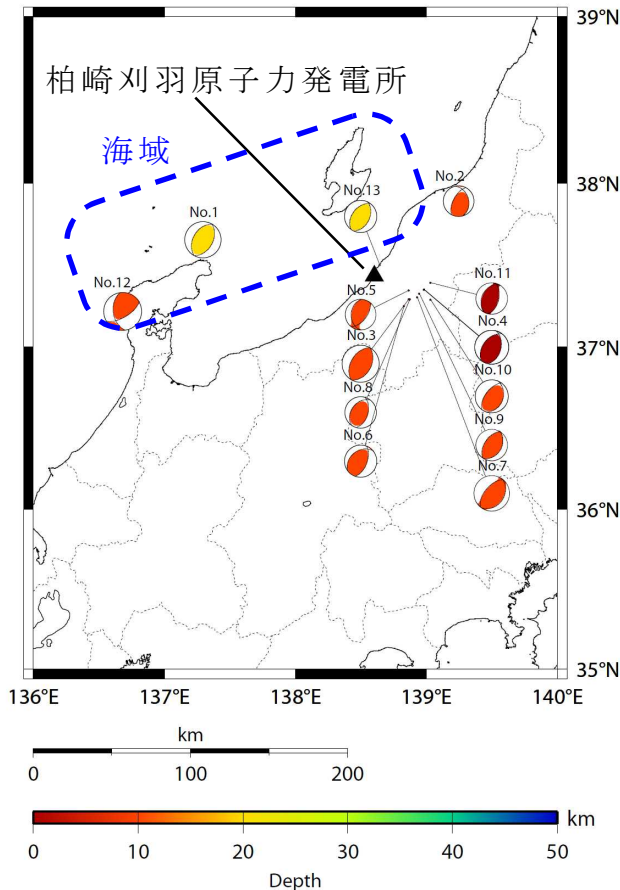
添付第 11-5 図 (b) 基準津波 3 の波源に対する震源モデル

添付第 11-2 表 設定した余震の震源諸元

項目	設定値			
	基準津波 1 及び 2 の波源		基準津波 3 の波源	
	荒浜側	大湊側	荒浜側	大湊側
本震の地震規模	8.6		8.0	
余震の地震規模 ^{※1}	7.7		7.1	
等価震源距離 (km) ^{※2}	204	202	41	40

※1：本震と余震のマグニチュードの差 $D1=0.9$ として、余震の規模を評価。

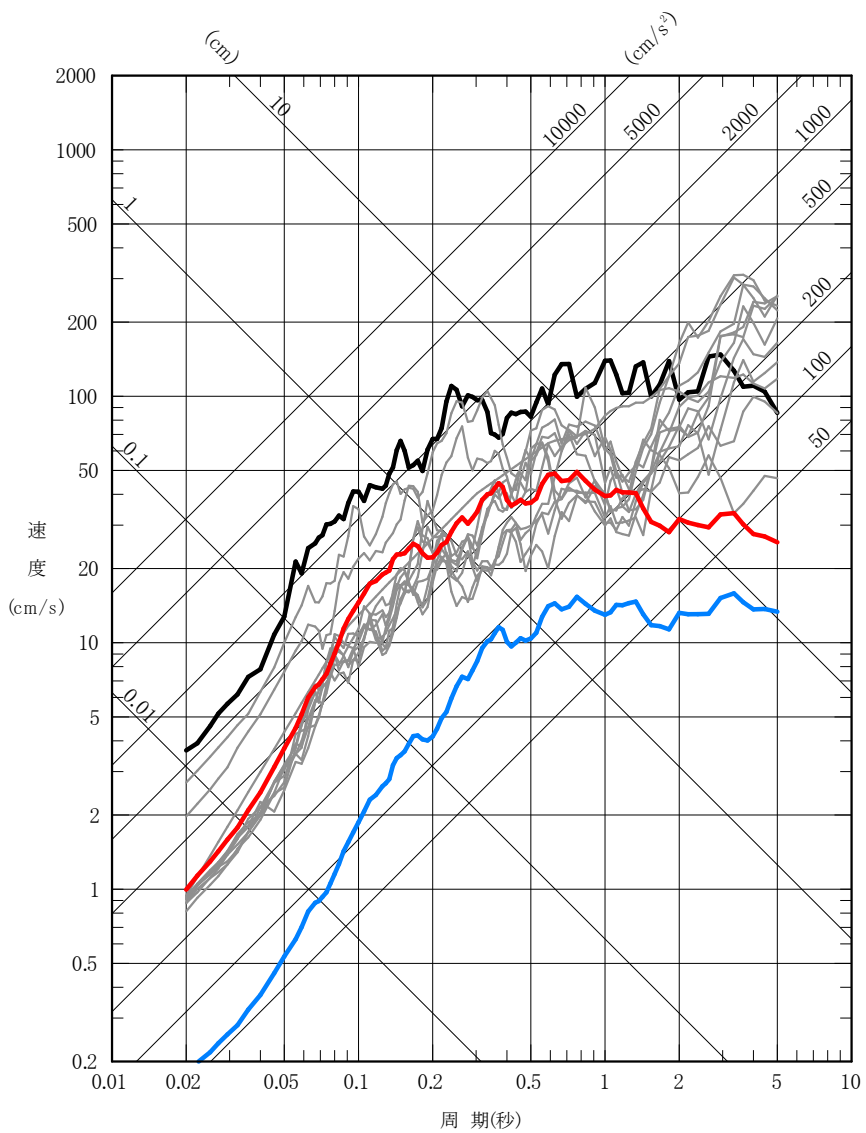
※2：添付第 11-5 図に示す震源モデルに対し、Noda et al. (2002)に基づき等価震源距離を評価。なお、Noda et al. (2002)による地震動評価手法の適用性については、 $M=5.4\sim 8.1$ 、等価震源距離 $X_{eq}=14\sim 218\text{km}$ の範囲で確認されていることから、今回設定した余震の評価に適用可能と判断した。



(a) 対象地震の震央分布

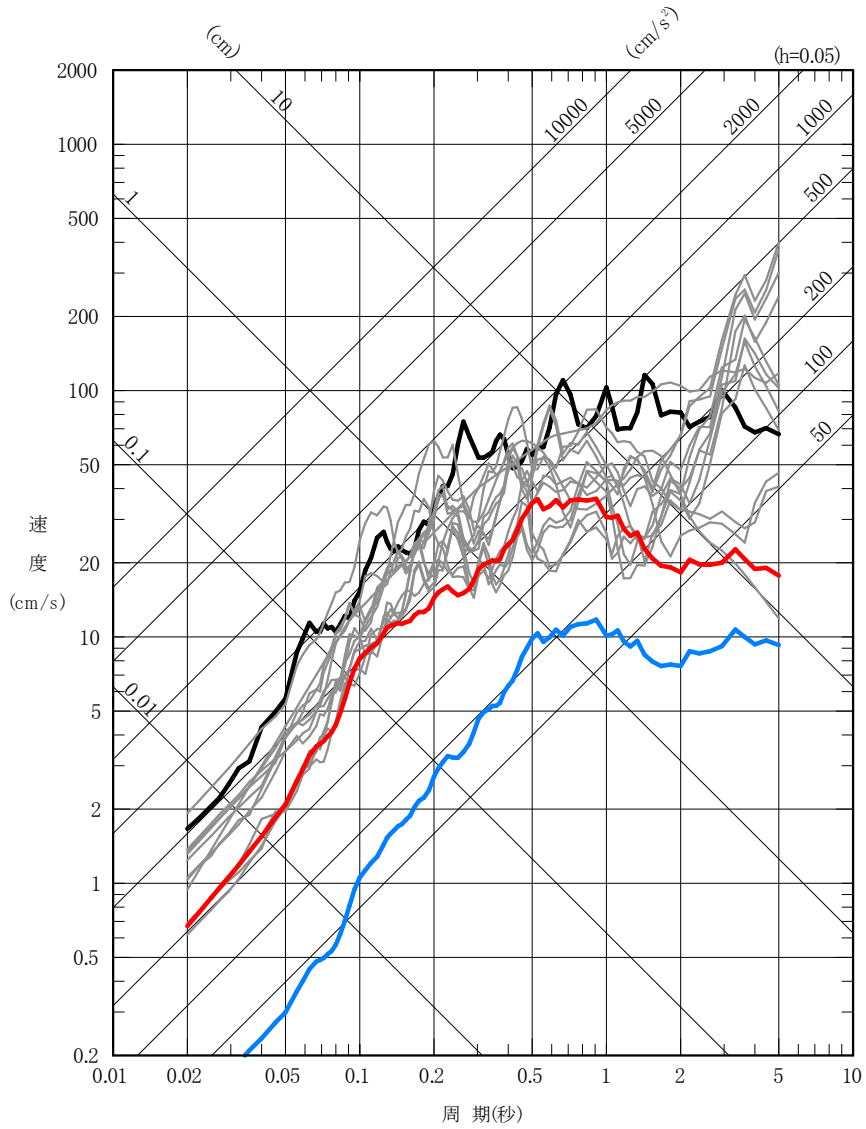
添付第 11-6 図 海域の活断層による地震の評価に用いる観測記録に基づく補正係数

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-7 ($S_s-2 \sim S_s-7 \times 0.5$)
- 基準津波 1 及び 2 の波源の活動に伴い発生する余震
- 基準津波 3 の波源の活動に伴い発生する余震

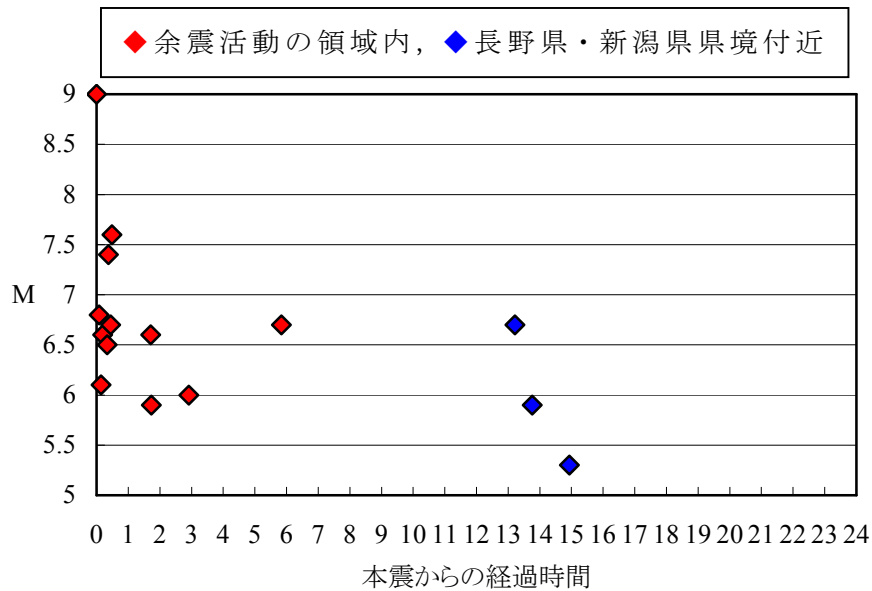


添付第 11-7 図(a) 余震と弾性設計用地震動 Sd との比較 (荒浜側)

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($Ss-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-8 ($Ss-2 \sim Ss-8 \times 0.5$)
- 基準津波 1 及び 2 の波源の活動に伴い発生する余震
- 基準津波 3 の波源の活動に伴い発生する余震



添付第 11-7 図 (b) 余震と弾性設計用地震動 Sd との比較 (大湊側)

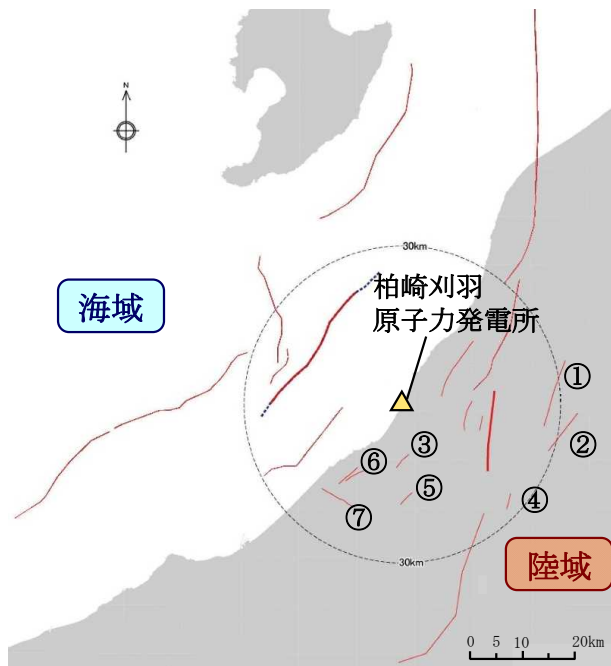


添付第 11-8 図 東北地方太平洋沖地震発生後 24 時間 震度 5 弱以上を観測した地震

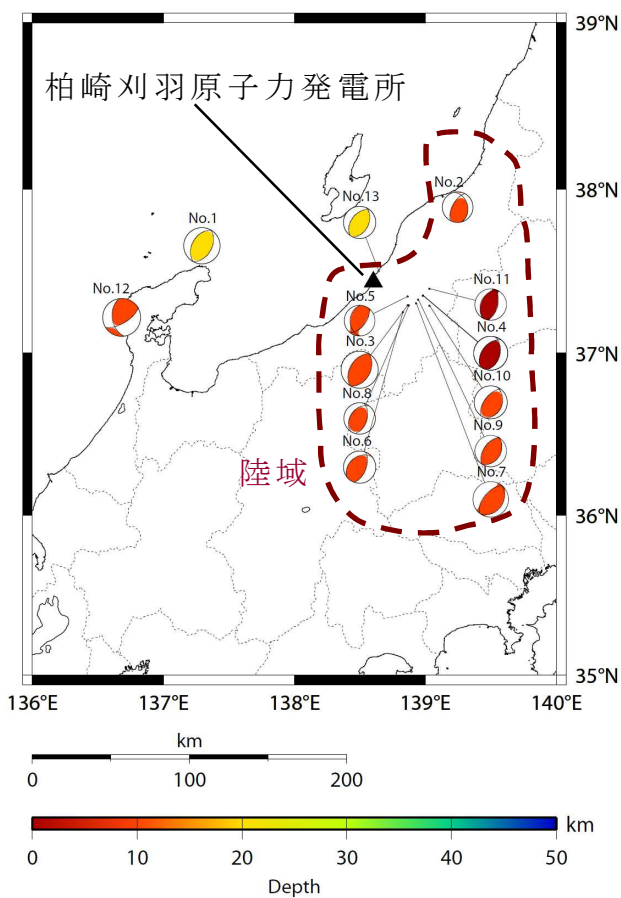
添付第 11-3 表 設定した誘発地震の震源諸元

No.	断層名	地震規模 ^{※1}	等価震源距離 X _{eq} (km)	
			荒浜側	大湊側
①	悠久山断層	6.8	27	26
②	半蔵金付近のリニアメント	6.8	25	25
③	柏崎平野南東縁のリニアメント	6.8	15	16
④	山本山断層	6.8	21	21
⑤	水上断層	6.8	15	16
⑥	上米山断層	6.8	17	18
⑦	雁海断層	6.8	17	18

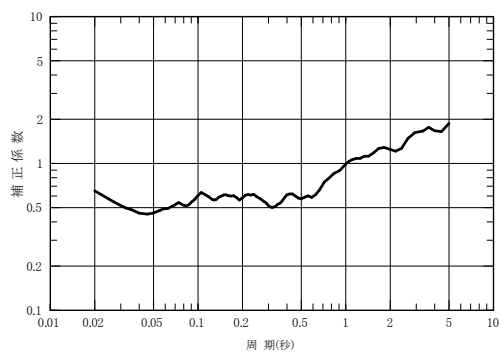
※1: 地表付近の断層長さが短く、震源断層が地表付近の長さ以上に広がっている可能性も考えられる孤立した短い活断層については、保守的にM6.8を考慮する。



添付第 11-9 図 誘発地震として考慮する孤立した短い活断層の分布



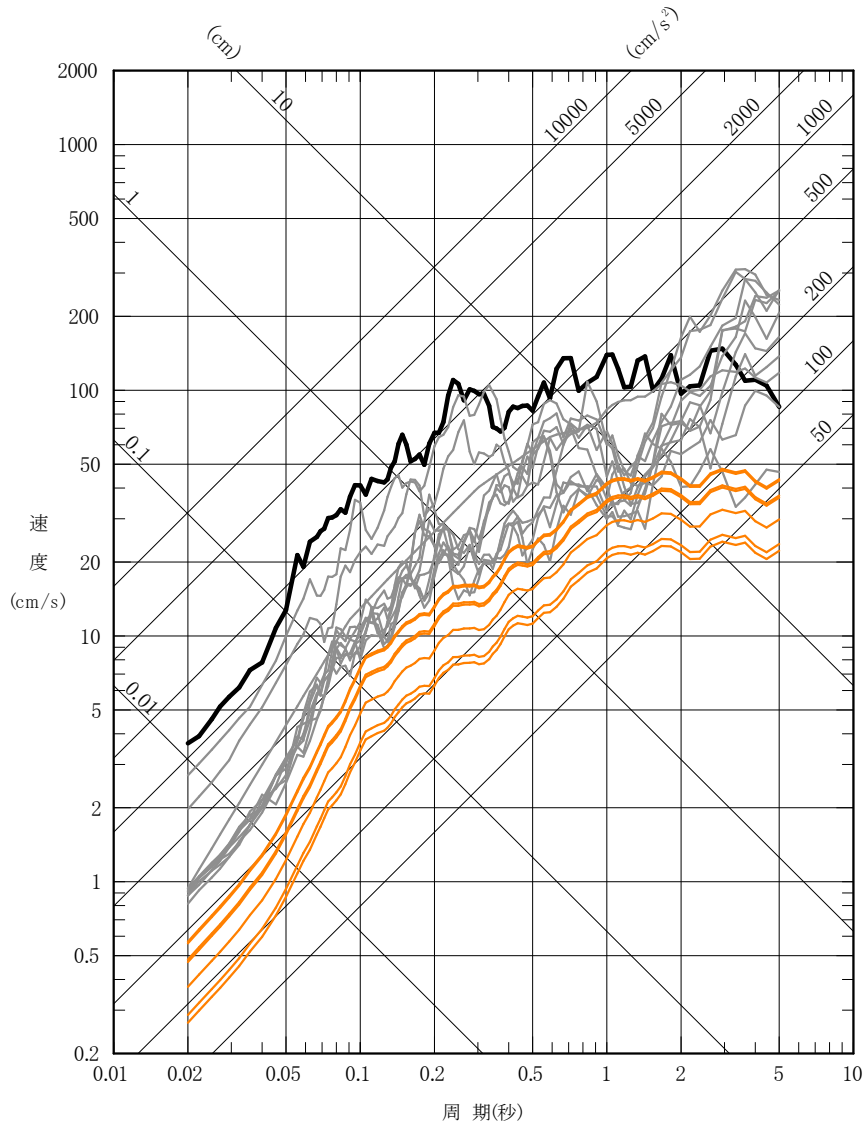
(a) 対象地震の震央分布



(b) 荒浜側及び大湊側の補正係数

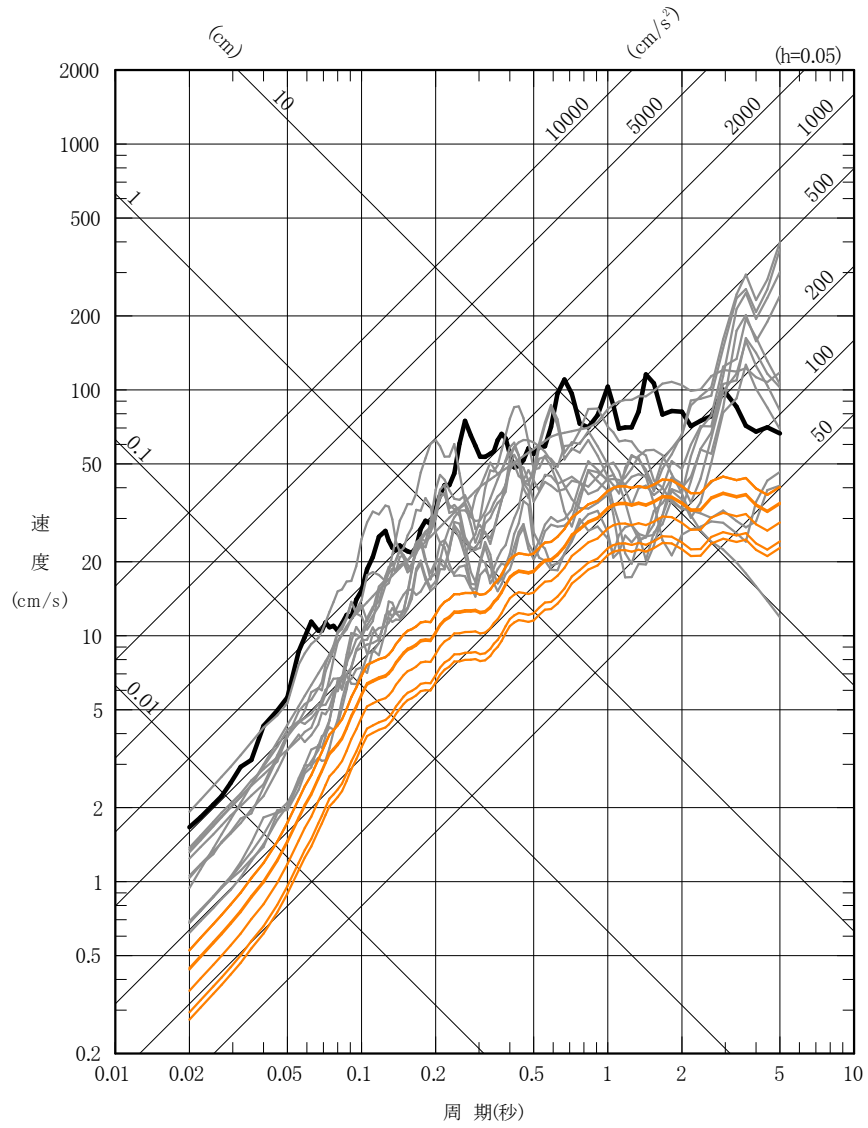
添付第 11-10 図 陸域の活断層による地震の評価に用いる
観測記録に基づく補正係数

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($Ss-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-7 ($Ss-2 \sim Ss-7 \times 0.5$)
- 誘発地震による地震動



添付第 11-11 図 (a) 誘発地震による地震動と弾性設計用地震動 Sd との比較 (荒浜側)

- 弾性設計用地震動 Sd-1 ($S_s-1 \times 0.5$)
- 弾性設計用地震動 Sd-2~Sd-8 ($S_s-2 \sim S_s-8 \times 0.5$)
- 誘発地震による地震動



添付第 11-11 図 (b) 誘発地震による地震動と弾性設計用地震動 Sd との比較 (大湊側)

(参考)

基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせについて

1. 規制基準における要求事項等

基準地震動 S_s による地震力と地震力以外の荷重を適切に組み合わせていることを確認する。その場合、地震力以外の荷重については、津波の荷重を含む。

2. 基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせについて

基準地震動 S_s の策定における検討用地震は図 1 に示す F-B 断層及び長岡平野西縁断層帯による地震である。これらの断層については、敷地に近い位置に存在し、地震波と津波は伝播速度が異なることを考慮すると、両者の組み合わせを考慮する必要はないと考えられる。以下、「2. 1 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が同一の場合」と「2. 2 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が異なる場合」とに分けて詳細に検討した結果を示す。

2. 1 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が同一の場合

F-B 断層及び長岡平野西縁断層帯の活動に伴う地震動が敷地に到達する時間は図 2 に示す通り、地震発生後 1 分以内であるのに対し、敷地における津波の最大水位変化が発生する時間は地震発生後 20 分程度以降である。そのため、両者が同時に敷地に到達することはないことから、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせを考慮する必要はない。

2. 2 基準地震動 S_s の震源と津波の波源が異なる場合

F-B 断層及び長岡平野西縁断層帯の活動に伴い、津波を起こす地震が誘発される可能性は低いと考えられるが、仮に誘発地震の発生を考慮した場合においても、地震動が敷地に到達する地震発生後 1 分以内に、誘発地震に伴う津波が敷地に到達することはない。また、津波が発生しても、敷地に遡上するような津波は発生しない。

以上により、基準地震動 S_s による地震力と津波荷重の組み合わせを考慮する必要はない。

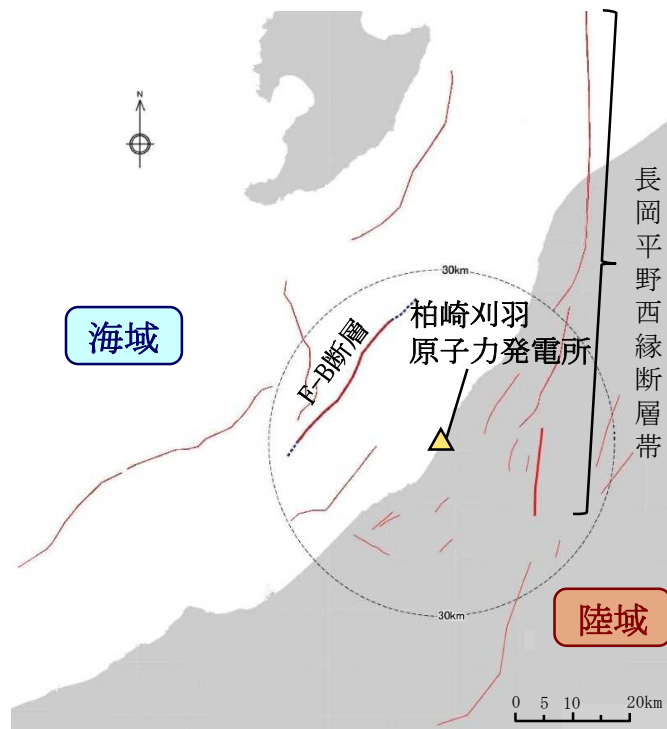


図1 敷地周辺の活断層分布

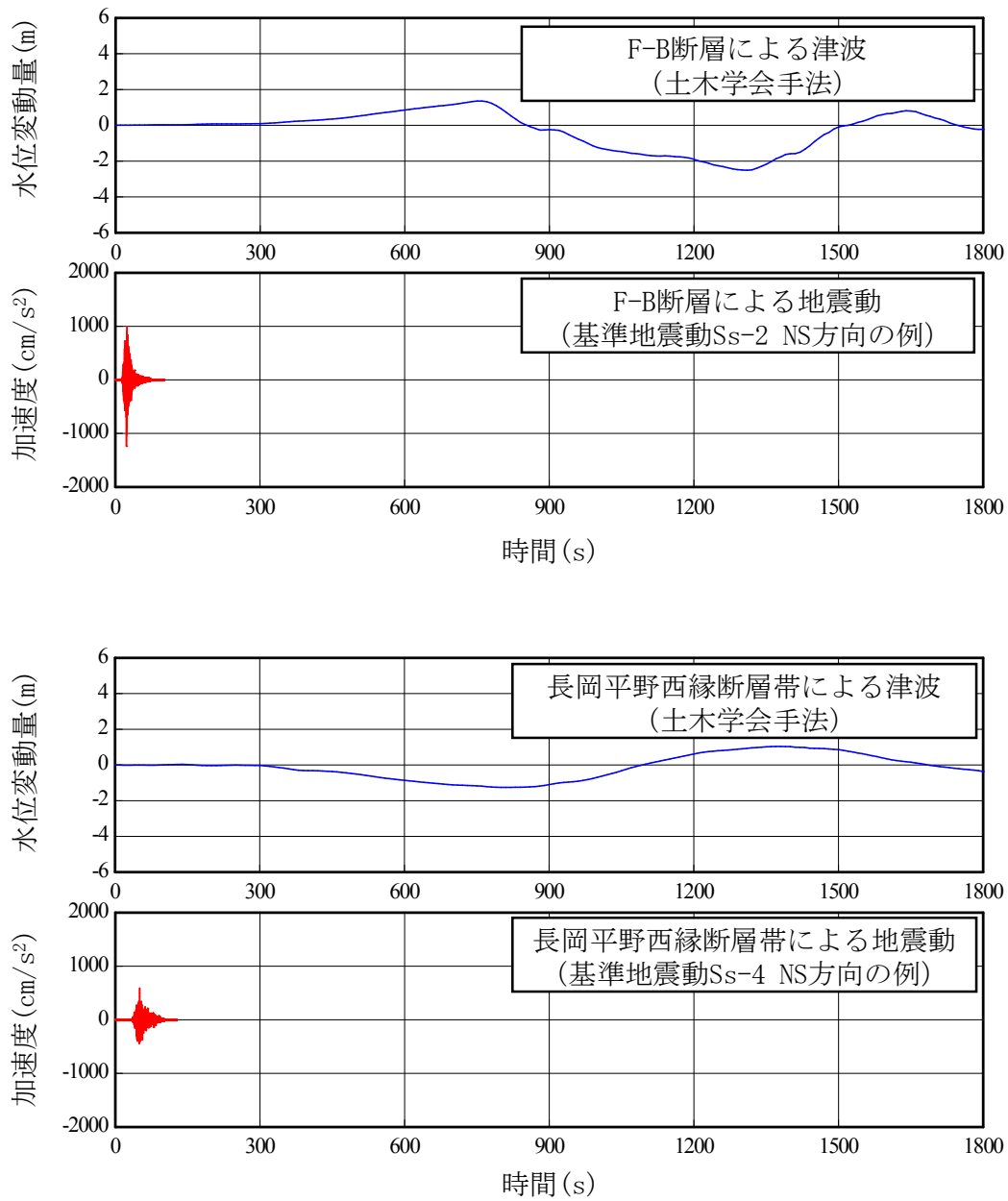


図 2 (a) 地震動と津波の敷地への到達時刻の比較 (荒浜側)
 ※時間 0 秒は地震の発生時刻を示す

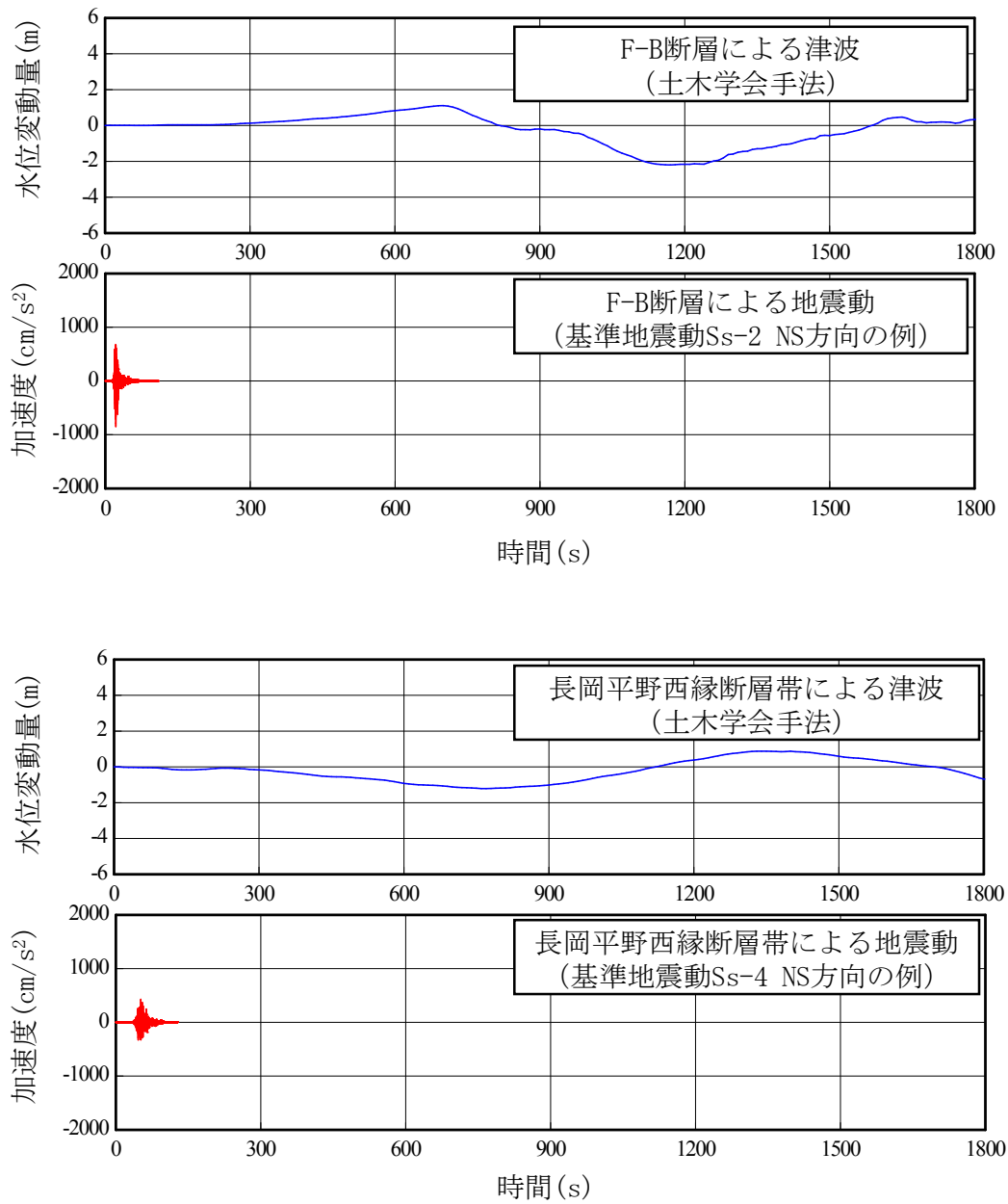


図 2 (b) 地震動と津波の敷地への到達時刻の比較 (大湊側)

※時間 0 秒は地震の発生時刻を示す