

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第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足 - 024 - 13 改3
提出年月日	2020年 8月28日

## 地震荷重と風荷重の組合せについて

2020年 8月

東京電力ホールディングス株式会社

## 補足説明資料目次

### . はじめに

1. 自然現象評価における地震と風の組合せについて
2. 地震荷重と風荷重の組合せの影響評価について
3. タービン建屋，廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋の風荷重及び積雪荷重の比較について

．はじめに

本補足説明資料は、 -2-別添 4「地震荷重と風荷重の組合せの影響評価結果」の内容を補足するものである。

## 1. 自然現象評価における地震と風の組合せについて

## 1. はじめに

6/7号機設置変更許可申請において、自然現象の組合せを考慮した場合に原子炉施設に与える影響パターンを以下のフローに基づき選定している。

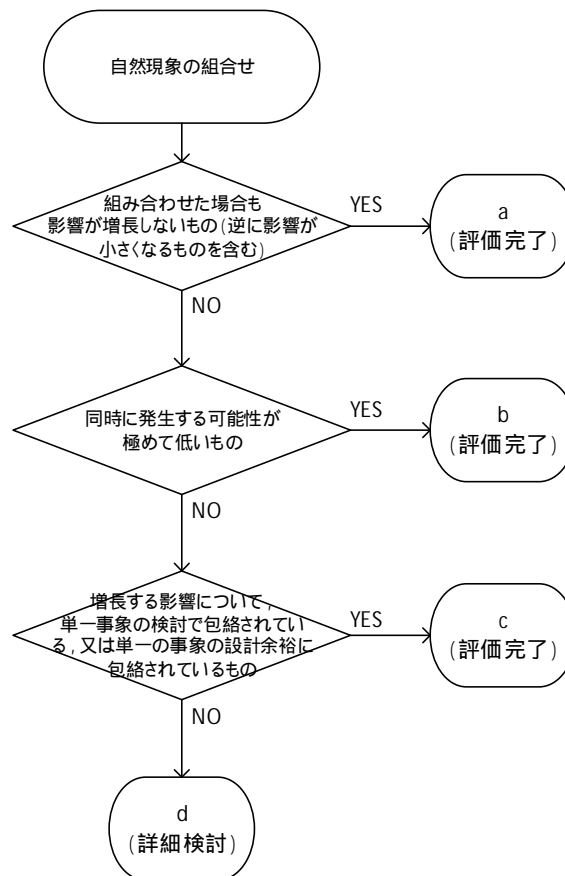


図1 影響パターン選定フロー

上記フローに基づき、地震と風の組合せについては、「同時に発生する可能性が極めて低いもの」に分類し、安全施設の安全機能が損なわれないと整理している。

本資料では、地震と風の組合せについて、同時に発生する可能性が極めて低いものと整理した根拠を記載する。

## 2. 自然現象の組合せ要否の考え方

6/7号機設置変更許可申請において、自然現象同士の組合せを考慮する際の事象の規模については、主事象として設計基準で想定している規模、副事象として年超過確率 $10^{-2}$ の規模の事象を想定するとしている。

「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と判断する基準については、「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984」の記載内容を参考にしている。主事象の発生確率、副事象の発生確率、副事象の継続時間をかけ合わせ、その値が $10^{-7}$ /炉年以上の場合には組合せを考慮し、超えない場合には同時に発生する可能性が極めて低いため、組合せの考慮は不要と整理する。

【地震（主事象）と風（副事象）の組合せ評価】

地震の年超過確率 [ /年 ] × 風の年超過確率 [ /年 ] × 風の継続時間 [ 年 ]  
 の値を求める。

地震（主事象）の規模として、設計基準相当を考える。6/7号機設置許可申請において、基準地震動  $S_s - 1 \sim S_s - 7$  の年超過確率は  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度であり、基準地震動  $S_s - 8$  の年超過確率は  $10^{-3} \sim 10^{-5}$  程度とされていることから、 $10^{-4}$ /年を選定する  
 重ね合わせるべき風（副事象）の規模として、年超過確率は  $10^{-2}$ /年相当を選定する。  
 風の継続時間は、設計基準等の風速を設定する際に10分間平均風速の気象庁データを用いていることから、10分（ $2 \times 10^{-5}$ 年）とする。

表1 地震（主事象）と風（副事象）の組合せを考慮した年超過確率

地震（主事象）の年超過確率	風（副事象）の年超過確率	風の継続時間	組合せを考慮した年超過確率
$10^{-4}$ /年	$10^{-2}$ /年	$2 \times 10^{-5}$ 年	$2.0 \times 10^{-11}$ /年

表1より、地震（主事象）と風（副事象）の組合せを考慮した年超過確率は、 $2.0 \times 10^{-11}$ /年となり、組合せ基準である  $10^{-7}$ /年を大きく下回るため、地震（主事象）と風（副事象）の組合せは、同時に発生する可能性が極めて低いものと整理し、組合せの考慮は不要となる。

ただし、発生頻度が高い事象はベースとして負荷を常に考慮することと整理している。風は常時吹いていることから、ベースの負荷として年間を通じて生じ得る平均的な風速との組合せを考慮している。

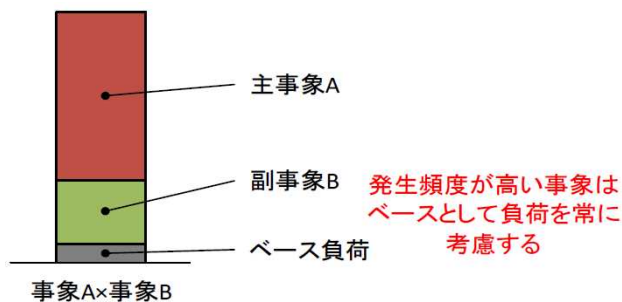


図2 ベース負荷の考え方

3. 平均的な風速について

柏崎刈羽原子力発電所周辺での平均的な風速について検討する。

新潟市の観測記録（1961年～2012年）に基づいて、平均風速を求めると3.7m/sとなる。

さらに、季節変動の影響の分析を実施すると、冬季（10月～3月）は夏季（4月～9月）と比較し、平均値が大きいことを確認した。

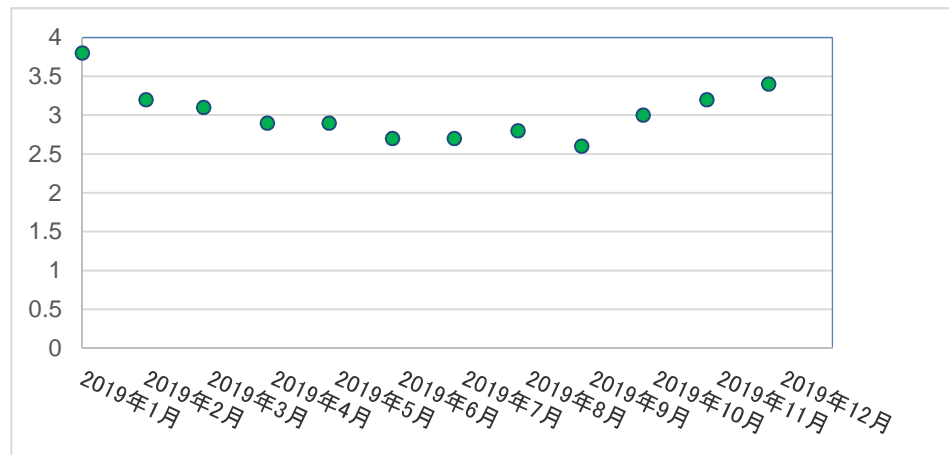


図3 2019年の新潟市における月別平均風速 [m/s]

季節変動による影響等を考慮し、新潟市の冬季観測記録（1961年～2012年）をもとに、4.1m/sを柏崎刈羽原子力発電所で考慮する平均的な風速と設定する。

（参考：柏崎市の冬季平均風速（1978年～2012年）：2.5m/s）

#### 4. 基準地震動の荷重と平均的な風速の荷重の比較について

表2に7号機原子炉建屋を対象とした平均的な風速における風荷重と基準地震動における地震荷重の比較を示す。また、表3に7号機主排気筒を対象とした平均的な風速における風荷重と基準地震動における地震荷重の比較を示す。

平均的な風速として、1961年から2012年における新潟市の冬季の観測値を平均化したものを用いる。

表2 7号機原子炉建屋を対象とした風荷重と地震荷重の比較

7号機原子炉建屋（T.M.S.L 49.7m～38.2m，部材番号1相当）			
解析ケース		せん断力（kN）	基本ケースとの比
風荷重 （平均的な荷重）	平均的な風速 4.1m/s （1961年から2012年までの 新潟市の冬季平均風速）	28	0.00040
地震荷重 （積雪荷重含む）	基準地震動 （基本ケース最大値）	71700	1
	基準地震動 （パラスタケース*最大値）	74400	1.03766

注記\*：材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

表 3 7号機主排気筒を対象とした風荷重と地震荷重の比較

7号機主排気筒（入力荷重の総和）			
解析ケース		せん断力（kN）	基本ケースとの比
風荷重 （平均的な荷重）	平均的な風速 4.1m/s （1961年から2012年までの 新潟市の冬季平均風速）	11	0.00175
地震荷重	基準地震動 （基本ケース最大値）	6300	1
	基準地震動 （パラスタケース*最大値）	6900	1.09524

注記\*：材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

表 2, 3 より, 風荷重は基準地震動（基本ケース）と比較し, 7号機原子炉建屋の場合には 0.040%, 7号機主排気筒の場合には 0.175%であり, 基準地震動（基本ケース）と風荷重を組み合わせても, 基準地震動（パラスタケース）の比（1.03766, 1.09524）に包絡される。

以上より, 柏崎刈羽原子力発電所 7号機においては, 地震荷重と風荷重との組合せを考慮するものの, 耐震評価においてはパラスタケースで代表させる方針としている。



## 2. 地震荷重と風荷重の組合せの影響評価について

## 1. 概要

工事計画に係る説明資料（発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書）のうち資料 1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料」（以下「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料」という。）の「1. 外部事象の重畳の考え方」別紙 - 1 において述べているとおり、地震を主荷重とし風を従荷重とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理している。また、同資料「2.2 積雪・降下火砕物堆積状態での地震発生時の評価について」で抽出した No.1 の重畳評価ケースである地震を主荷重とし積雪を従荷重とする組合せにおいては、ベース負荷として新潟市の冬季の平均風速（4.1m/s）を考慮して設計している（別紙 - 1 参照）。

このうち 積雪荷重が生じにくい形状の施設や除雪等の緩和措置に期待できる施設については、従荷重にあたる年超過確率  $10^{-2}$  / 年規模の積雪荷重の組合せを考慮していない。

これらの施設に関しては、従荷重としての積雪荷重を設計には加えていないものの、想定される地震とその際に生じうる外部事象に対し一定の裕度を有していることを確認するため、風荷重を大きくした場合の影響を確認する。

### (1) 組み合わせる風速の条件について

柏崎刈羽原子力発電所の設計基準風速は、保守的な値となるよう、新潟県各地の観測記録を比較し、その中でも大きい風速が観測される傾向がある新潟市の観測記録に基づき定めているが、地震荷重と組み合わせる風速については、ベース負荷として用いている冬季の平均風速よりも大きい値として、柏崎市の観測記録の既往最大である 16m/s（10 分間平均値，地上高 10m）（別紙 - 2 参照）を用いる。

なお、発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料の「1. 外部事象の重畳の考え方」別紙 - 1 において述べているとおり、地震を主荷重とし風を従荷重とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理しているが、本評価で用いる風速値は統計的には 10 分間平均値の年超過確率  $2 \times 10^{-2}$  / 年に相当する値となる（別紙 - 5 参照）。また、風荷重の算出においては、建築基準法及び建設省告示に基づき、高さに応じたガスト影響係数を乗じることで、突発的な風荷重についても考慮することとする（別紙 - 6 参照）。

(2) 対象となる施設の選定について

対象となる施設については，耐震計算書の屋外対象物を参考に図1のフローにて選定する。選定結果を別紙 - 3 にまとめる。

選定された対象のうち以下の観点で特に風の影響を受けやすいと考えられるものについて影響評価を行う。

- a. 重量が軽く耐震性能の裕度に対して風の影響が大きくなる可能性のある鉄骨造施設
- b. その他，屋外で風の影響を受けると推定される施設

特に風の影響を受けやすいと推定される施設を表1に，配置図を図2に示す。

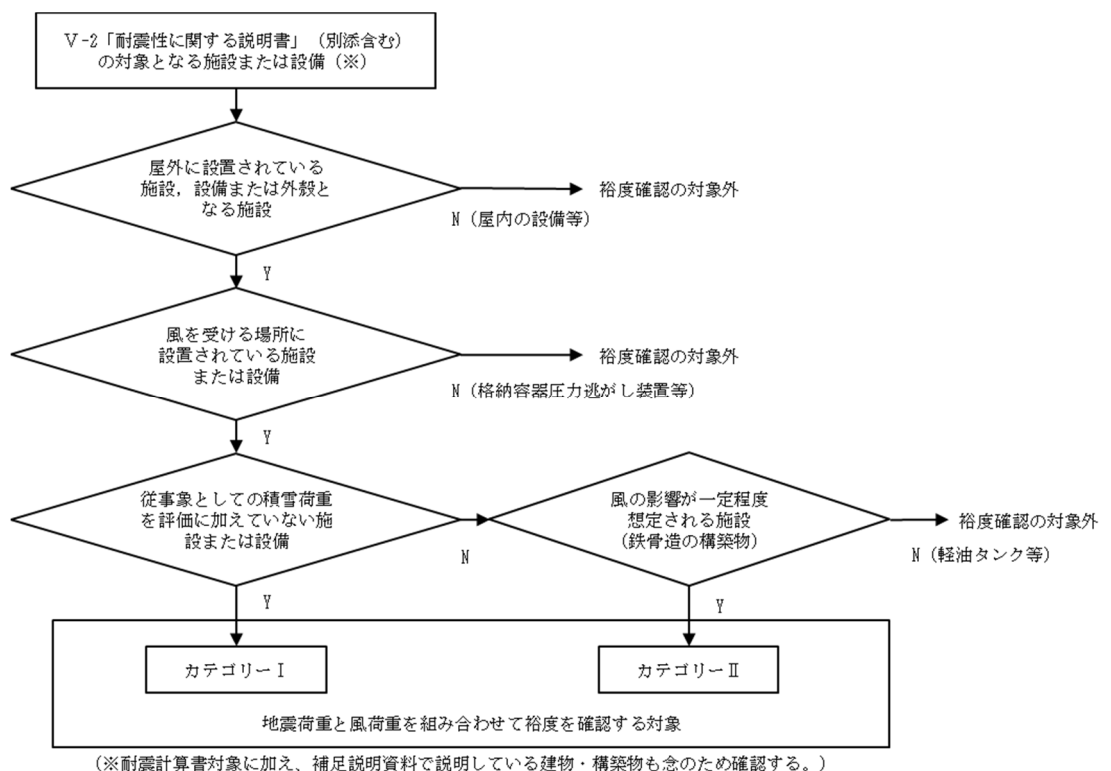


図1 地震荷重と風荷重を組み合わせる対象施設の選定フロー

表1 対象施設のうち，特に風の影響を受けやすいと推定される施設

カテゴリー	施設	観点
カテゴリー	主排気筒	a.
	5号機主排気筒	a.
	火災感知器(熱感知カメラ)	b.
	衛星無線通信装置用アンテナ	b.
カテゴリー	第一ガスタービン発電機(発電機車, 制御車)	b.
	タービン建屋	a.
	廃棄物処理建屋	a.
	5号機タービン建屋	a.

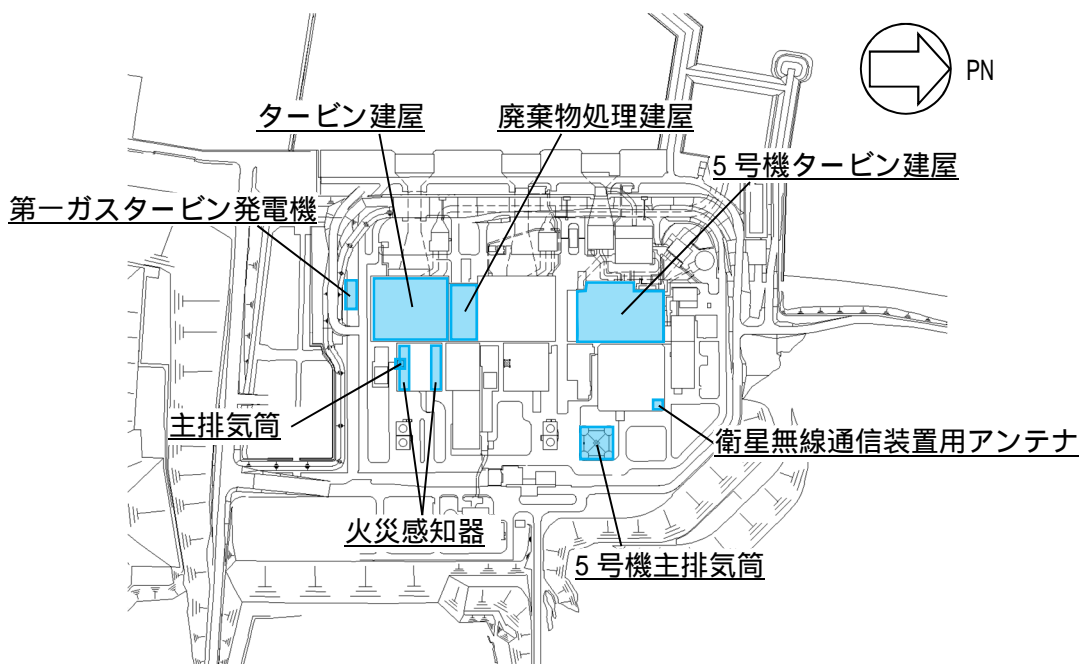


図2 特に風の影響を受けやすいと推定される施設の配置図

(3) 影響確認について

主排気筒

対象とした施設のうち、7号機の主排気筒については、-2-7-2-1「主排気筒の耐震性についての計算書」の補足説明資料の別紙4「地震荷重と風荷重を重畳させた場合の影響検討」に示すように、主排気筒のモデル化における保守性を、実状に合わせた解析モデルへと見直すことで、基準地震動 $S_s$ 及び風荷重(16m/s)の組合せを考慮した場合であっても、最も厳しい部材において検定値が1を下回ることを確認した。確認結果を表2に示す。

表2 7号機主排気筒における基準地震動 $S_s$ 及び風速16m/sを重畳させた場合の影響確認結果

ケース	最大検定値(断面算定結果)			
	主柱材	斜材	水平材	筒身
$S_s$ -1(基本ケース)	0.61	0.74	0.17	0.76
$S_s$ -2(回転ばね低減ケース)	0.95	0.69	0.25	0.81

また、5号機主排気筒については、KK7補足-024-3「下位クラス施設の波及的影響の検討について」の添付資料7「5号機主排気筒の波及的影響について」の別紙2「年超過確率 $10^{-2}$ の風荷重に対する変位と基準地震動 $S_s$ による変位応答との重畳について」に示すように、基準地震動 $S_s$ 及び風荷重(16m/s)の組合せを考慮した場合であっても、全体変形角が許容限界(1/100)以下であることから倒壊しないことを確認した。確認結果を表3に示す。

表3 5号機主排気筒における基準地震動 $S_s$ 及び風速16m/sを重畳させた場合の影響確認結果

項目	鉄塔部	筒身部
重畳時の全体変形角	1/155	1/149

鉄骨造の建物（タービン建屋，廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋）

地震の従荷重として積雪を重畳させている施設のうち，風荷重による影響が比較的大きいと考えられる鉄骨造の建物（タービン建屋，廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋）については，地震応答解析で考慮している積雪荷重と風速 16m/s による風荷重を比較し，積雪荷重による慣性力が大きいことを確認することで，基準地震動  $S_s$  及び風荷重 (16m/s) の組合せについて影響がないことを確認した。確認結果を図3に示す。

なお，詳細については本補足説明資料「3. 鉄骨造の建物の風荷重及び積雪荷重の比較について」に示す。

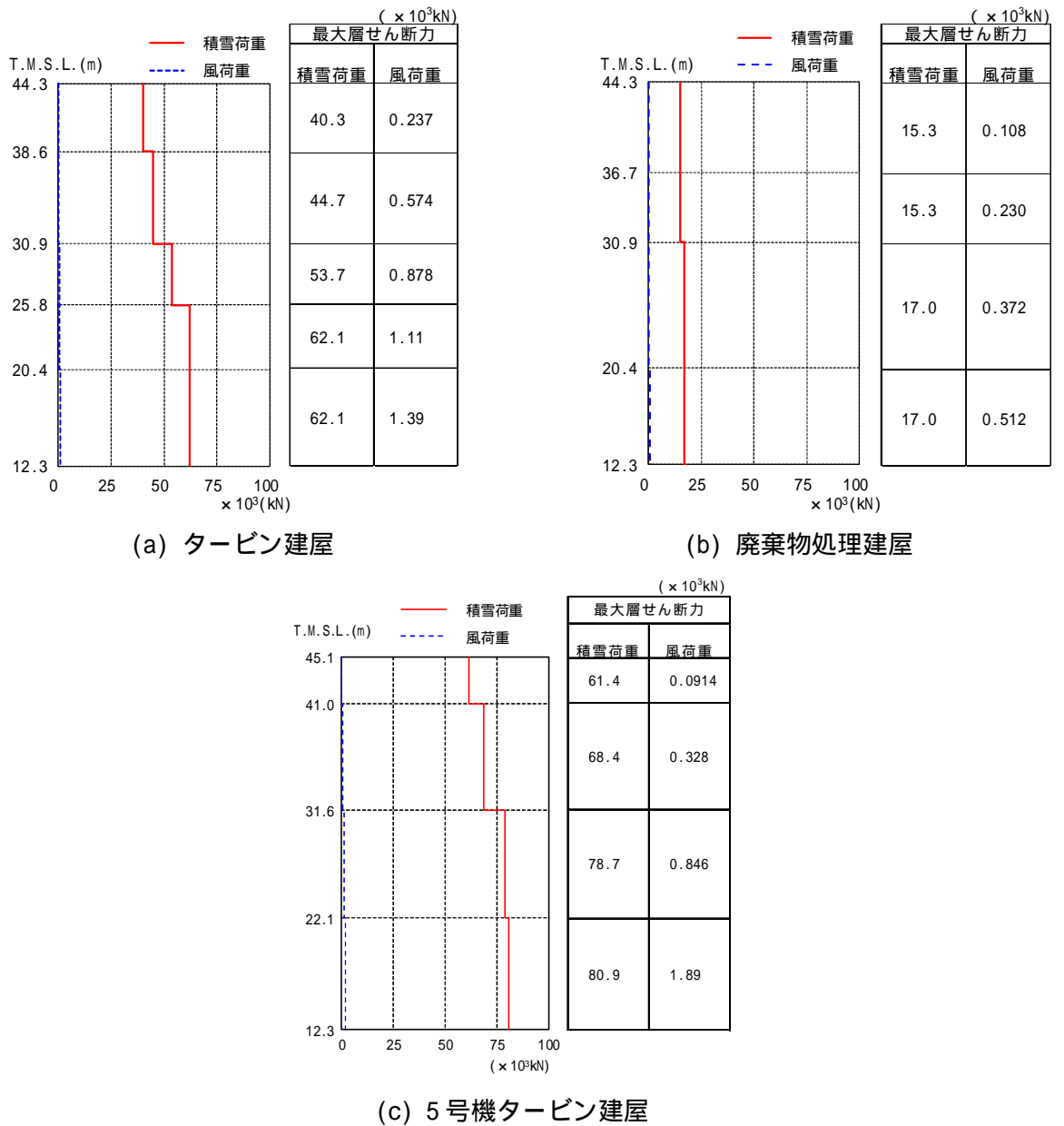


図3 風荷重と積雪荷重の比較

注：風荷重はNS方向及びEW方向の包絡値を示す

機器・配管系の設備

機器・配管系の設備については、以下の方法のうち、適切な手段を選択し確認を行う。

方法：耐震計算書の最小裕度部材について、地震荷重と風荷重を組み合わせた評価を行う。

方法：「耐震計算書（地震荷重）の評価結果（裕度）」と「地震荷重（ $m \cdot C_H \cdot g$ ）と風荷重（ $W$ ）の比」の比較を行う。

方法：「加振試験における設計用床応答曲線に対する加振波の床応答曲線の裕度」と「風荷重（ $W$ ）」の比較を行う。

表 4 に示すとおり、機器・配管系の設備も地震荷重に加え 16m/s の風荷重を考慮しても、裕度の範囲に含まれることを確認した。

表 4 地震荷重と風荷重を組み合わせた際の裕度の確認結果

工認図書番号	施設	確認方法	基準地震動 $S_s$ の評価			基準地震動 $S_s$ + 風荷重 (16m/s) の評価			確認結果
			評価値	判定値	裕度	評価値	判定値	裕度	
-2-別添 1-2	火災感知器 (熱感知カメラ)		29 MPa	154 MPa	5.3	35 MPa	154 MPa	4.4	現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-15(1)	衛星無線通信装置 用アンテナ		21 MPa	193 MPa	9.1	26.6 MPa	193 MPa	7.2	現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-10-1-2-2-1	第一ガスタービン 発電機(発電機車)		100%	158%	58%*	102%	158%	56%	現設計の裕度に包絡されることを確認
	第一ガスタービン 発電機(制御車)		100%	145%	45%*	104%	145%	41%	現設計の裕度に包絡されることを確認

注記\*：加振試験にて評価を行っている施設の、設計用床応答曲線に対する加振波の床応答曲線の裕度を示す。

(4) まとめ

地震を主荷重とし風を従荷重とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理しているが、地震とその他自然現象の組合せのうち、積雪荷重の影響を受けにくい施設について、設計の裕度を確認するため柏崎市の観測記録の既往最大である 16m/s の風荷重と地震荷重を組み合わせた確認の方針を検討し評価を行った。その結果、評価を行ったいずれの施設においても、一定の裕度を有していることを確認した。

なお、地震荷重と組み合わせる風速 16m/s は年超過確率で  $2 \times 10^{-2}$  / 年に相当する風速であるが、別紙 - 4 に記載するとおり、継続時間を考慮すると組み合わせた際の掛け合わせた結果は、 $4 \times 10^{-11}$  / 年となる。

(5) 別紙

- 別紙 - 1 「冬季の平均的な風速」の算出について
- 別紙 - 2 柏崎市の既往最大の風速（10 分間平均値）
- 別紙 - 3 対象施設の選定結果及び裕度評価結果について
- 別紙 - 4 地震（S s）と風（16m/s）の組合せに関する統計的考察について
- 別紙 - 5 柏崎市における既往最大風速 16m/s の年超過確率評価方法
- 別紙 - 6 風荷重の算出に用いた係数の設定について
- 別紙 - 7 第一ガスタービン発電機の加振試験における裕度について

以上

「冬季の平均的な風速」の算出について

1. インプットデータ入手元

気象庁 HP「過去の気象データ・ダウンロード」からデータをダウンロード

( <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> )

2. インプットデータ概要

・新潟市

・1961年10月～2012年3月までの冬季（10月，11月，12月，1月，2月，3月）の月平均風速データ（ ）306点

：月平均風速データは，毎10分の観測値（144回/日）の平均である日平均風速値を月の日数で平均して求められている

・正常値（統計のもととなるデータに欠損がない）及び準正常値（統計を行う対象資料が許容範囲で欠けている）を使用

3. 算出方法

・306点の風速データを足して，サンプル数306で単純平均（荷重平均を考慮せず）し算出

4. 算出結果

上記算出方法により算出し，4.1m/s との結果を得た。



表1 「冬季の平均的な風速」算出に使用したデータ

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1961	10	3.7	3.7
1961	11	4.2	4.2
1961	12	5	5
1962	1	5.4	5.4
1962	2	5.3	5.3
1962	3	4.9	4.9
1962	4	4.3	
1962	5	3.3	
1962	6	2.9	
1962	7	3.2	
1962	8	3.6	
1962	9	3.4	
1962	10	2.9	2.9
1962	11	4	4
1962	12	4.5	4.5
1963	1	6.5	6.5
1963	2	4.6	4.6
1963	3	4.2	4.2
1963	4	3.9	
1963	5	3.2	
1963	6	3.2	
1963	7	2.8	
1963	8	3	
1963	9	3.5	
1963	10	3.4	3.4
1963	11	3.8	3.8
1963	12	4.5	4.5
1964	1	4.1	4.1
1964	2	5.2	5.2
1964	3	4.2	4.2
1964	4	4	
1964	5	3.4	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1964	6	3.6	
1964	7	2.9	
1964	8	3.3	
1964	9	2.9	
1964	10	3.3	3.3
1964	11	4.1	4.1
1964	12	4.4	4.4
1965	1	5.1	5.1
1965	2	6.1	6.1
1965	3	5.2	5.2
1965	4	4.1	
1965	5	3.2	
1965	6	2.7	
1965	7	3	
1965	8	2.9	
1965	9	3.3	
1965	10	3.1	3.1
1965	11	5.1	5.1
1965	12	5.6	5.6
1966	1	6.6	6.6
1966	2	5.1	5.1
1966	3	5.1	5.1
1966	4	4.1	
1966	5	4	
1966	6	3.6	
1966	7	3.4	
1966	8	3	
1966	9	3.4	
1966	10	3.5	3.5
1966	11	4.2	4.2
1966	12	5.1	5.1
1967	1	6.4	6.4

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1967	2	4.3	4.3
1967	3	4.2	4.2
1967	4	4.4	
1967	5	3.2	
1967	6	3.4	
1967	7	2.9	
1967	8	3.2	
1967	9	3.4	
1967	10	3.5	3.5
1967	11	3.8	3.8
1967	12	5.3	5.3
1968	1	6.1	6.1
1968	2	4.9	4.9
1968	3	4.4	4.4
1968	4	3.4	
1968	5	3.6	
1968	6	3.3	
1968	7	3.7	
1968	8	3.7	
1968	9	4	
1968	10	2.9	2.9
1968	11	3.8	3.8
1968	12	4.4	4.4
1969	1	4.5	4.5
1969	2	4.5	4.5
1969	3	4.4	4.4
1969	4	3.7	
1969	5	4.2	
1969	6	3.2	
1969	7	3.1	
1969	8	3.1	
1969	9	2.9	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1969	10	3.5	3.5
1969	11	4.2	4.2
1969	12	5.3	5.3
1970	1	5	5
1970	2	5.8	5.8
1970	3	5.5	5.5
1970	4	3.6	
1970	5	3.8	
1970	6	2.9	
1970	7	3.3	
1970	8	3.2	
1970	9	3	
1970	10	3.2	3.2
1970	11	4.4	4.4
1970	12	4.8	4.8
1971	1	5	5
1971	2	4.1	4.1
1971	3	4.9	4.9
1971	4	3.6	
1971	5	3.5	
1971	6	3	
1971	7	3.1	
1971	8	3.3	
1971	9	3.2	
1971	10	3.2	3.2
1971	11	3.7	3.7
1971	12	4.5	4.5
1972	1	4.1	4.1
1972	2	4.8	4.8
1972	3	3.5	3.5
1972	4	3.6	
1972	5	3.7	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1972	6	3.3	
1972	7	3.3	
1972	8	2.9	
1972	9	3.5	
1972	10	3.6	3.6
1972	11	5.1	5.1
1972	12	4.5	4.5
1973	1	4.5	4.5
1973	2	4.9	4.9
1973	3	4.9	4.9
1973	4	3.9	
1973	5	3.5	
1973	6	2.8	
1973	7	2.7	
1973	8	3	
1973	9	3.2	
1973	10	3.5	3.5
1973	11	5	5
1973	12	5.4	5.4
1974	1	6.1	6.1
1974	2	4.4	4.4
1974	3	3.9	3.9
1974	4	4.3	
1974	5	3.4	
1974	6	3.2	
1974	7	2.6	
1974	8	3.1	
1974	9	3.2	
1974	10	3.4	3.4
1974	11	4.9	4.9
1974	12	4.8	4.8
1975	1	4.1	4.1

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1975	2	4.2	4.2
1975	3	3.8	3.8
1975	4	3.3	
1975	5	3.1	
1975	6	2.7	
1975	7	2.5	
1975	8	2.8	
1975	9	2.6	
1975	10	2.8	2.8
1975	11	3.3	3.3
1975	12	3.5	3.5
1976	1	4.8	4.8
1976	2	3.5	3.5
1976	3	3.3	3.3
1976	4	2.8	
1976	5	3	
1976	6	2.7	
1976	7	2.4	
1976	8	2.6	
1976	9	2.6	
1976	10	3.3	3.3
1976	11	3.9	3.9
1976	12	4.5	4.5
1977	1	4.9	4.9
1977	2	3.9	3.9
1977	3	3.2	3.2
1977	4	3.4	
1977	5	3.2	
1977	6	2.7	
1977	7	2.3	
1977	8	2.7	
1977	9	2.4	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1977	10	2.2	2.2
1977	11	2.9	2.9
1977	12	3.6	3.6
1978	1	4.2	4.2
1978	2	4	4
1978	3	3.5	3.5
1978	4	3.3	
1978	5	3	
1978	6	2.4	
1978	7	2.5	
1978	8	2.8	
1978	9	2.4	
1978	10	2.9	2.9
1978	11	2.5	2.5
1978	12	3.3	3.3
1979	1	3.4	3.4
1979	2	3.1	3.1
1979	3	3.3	3.3
1979	4	3.5	
1979	5	2.8	
1979	6	2.2	
1979	7	2.5	
1979	8	2.6	
1979	9	2.3	
1979	10	2.6	2.6
1979	11	3.1	3.1
1979	12	3	3
1980	1	4	4
1980	2	3.8	3.8
1980	3	2.7	2.7
1980	4	2.4	
1980	5	2.6	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1980	6	2.5	
1980	7	2.1	
1980	8	2.2	
1980	9	2.1	
1980	10	3.3	3.3
1980	11	2.5	2.5
1980	12	4.4	4.4
1981	1	5.4	5.4
1981	2	4	4
1981	3	3.8	3.8
1981	4	3.7	
1981	5	3.7	
1981	6	2.4	
1981	7	2.7	
1981	8	3.1	
1981	9	2.7	
1981	10	3.6	3.6
1981	11	4.2	4.2
1981	12	4.5	4.5
1982	1	4.7	4.7
1982	2	4.3	4.3
1982	3	3.8	3.8
1982	4	3.9	
1982	5	3.5	
1982	6	3.2	
1982	7	3	
1982	8	3.4	
1982	9	3.5	
1982	10	3.5	3.5
1982	11	3.9	3.9
1982	12	4.3	4.3
1983	1	4.5	4.5

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1983	2	4.6	4.6
1983	3	4.1	4.1
1983	4	3.5	
1983	5	3.6	
1983	6	3.4	
1983	7	3.1	
1983	8	3.1	
1983	9	3	
1983	10	3.4	3.4
1983	11	4	4
1983	12	4.8	4.8
1984	1	4.4	4.4
1984	2	4.9	4.9
1984	3	3.8	3.8
1984	4	2.9	
1984	5	3.2	
1984	6	3	
1984	7	2.9	
1984	8	3.3	
1984	9	3	
1984	10	3.7	3.7
1984	11	3.3	3.3
1984	12	4.4	4.4
1985	1	5.1	5.1
1985	2	4.8	4.8
1985	3	3.3	3.3
1985	4	3.2	
1985	5	3	
1985	6	3	
1985	7	2.8	
1985	8	3.2	
1985	9	2.9	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1985	10	3.3	3.3
1985	11	4	4
1985	12	4.2	4.2
1986	1	5.1	5.1
1986	2	4.4	4.4
1986	3	4.1	4.1
1986	4	3.8	
1986	5	3.5	
1986	6	3	
1986	7	2.9	
1986	8	3.1	
1986	9	3.1	
1986	10	3.2	3.2
1986	11	3.9	3.9
1986	12	4.6	4.6
1987	1	5.1	5.1
1987	2	4.8	4.8
1987	3	4.1	4.1
1987	4	3.5	
1987	5	3.3	
1987	6	3.2	
1987	7	3.2	
1987	8	3.1	
1987	9	3.5	
1987	10	3.4	3.4
1987	11	4	4
1987	12	4.1	4.1
1988	1	4.7	4.7
1988	2	4.7	4.7
1988	3	3.9	3.9
1988	4	3.7	
1988	5	3.5	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1988	6	3.3	
1988	7	3.1	
1988	8	3	
1988	9	3	
1988	10	3.6	3.6
1988	11	3.9	3.9
1988	12	4.7	4.7
1989	1	4.1	4.1
1989	2	3.8	3.8
1989	3	3.9	3.9
1989	4	3.8	
1989	5	3.4	
1989	6	3.3	
1989	7	3.3	
1989	8	3.2	
1989	9	2.7	
1989	10	3.4	3.4
1989	11	3.7	3.7
1989	12	4.4	4.4
1990	1	4.6	4.6
1990	2	3.3	3.3
1990	3	4.1	4.1
1990	4	3.5	
1990	5	3	
1990	6	3.4	
1990	7	3.1	
1990	8	3.2	
1990	9	3.2	
1990	10	2.8	2.8
1990	11	3.8	3.8
1990	12	4.9	4.9
1991	1	4.7	4.7

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1991	2	5	5
1991	3	3.6	3.6
1991	4	3.2	
1991	5	3.4	
1991	6	3.2	
1991	7	3.4	
1991	8	3.1	
1991	9	3.1	
1991	10	3.1	3.1
1991	11	3.4	3.4
1991	12	3.9	3.9
1992	1	3.9	3.9
1992	2	4.3	4.3
1992	3	3.3	3.3
1992	4	3.9	
1992	5	3.5	
1992	6	3	
1992	7	3.1	
1992	8	3.2	
1992	9	3.7	
1992	10	3	3
1992	11	3.7	3.7
1992	12	4.5	4.5
1993	1	4.3	4.3
1993	2	5.3	5.3
1993	3	3.7	3.7
1993	4	4.1	
1993	5	3.3	
1993	6	3.1	
1993	7	3	
1993	8	3.1	
1993	9	3	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1993	10	3.4	3.4
1993	11	3.7	3.7
1993	12	4.7	4.7
1994	1	4.3	4.3
1994	2	5.7	5.7
1994	3	4	4
1994	4	3.8	
1994	5	3.7	
1994	6	3	
1994	7	3.3	
1994	8	3.1	
1994	9	3.1	
1994	10	3	3
1994	11	3.1	3.1
1994	12	4.4	4.4
1995	1	4.9	4.9
1995	2	3.7	3.7
1995	3	3.7	3.7
1995	4	4.1	
1995	5	3.3	
1995	6	2.9	
1995	7	2.9	
1995	8	3.2	
1995	9	3.1	
1995	10	3.3	3.3
1995	11	4.7	4.7
1995	12	5.1	5.1
1996	1	4.8	4.8
1996	2	4.3	4.3
1996	3	4.2	4.2
1996	4	3.9	
1996	5	3.2	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1996	6	3.2	
1996	7	3	
1996	8	3.3	
1996	9	3	
1996	10	3	3
1996	11	3.7	3.7
1996	12	3.8	3.8
1997	1	5.1	5.1
1997	2	4.5	4.5
1997	3	3.9	3.9
1997	4	3.5	
1997	5	3.5	
1997	6	3.1	
1997	7	3.3	
1997	8	3	
1997	9	3.2	
1997	10	3.5	3.5
1997	11	3.6	3.6
1997	12	3.6	3.6
1998	1	4.4	4.4
1998	2	3.6	3.6
1998	3	3.9	3.9
1998	4	3	
1998	5	3.2	
1998	6	3.8	
1998	7	3.2	
1998	8	2.9	
1998	9	3	
1998	10	3.4	3.4
1998	11	4	4
1998	12	4.2	4.2
1999	1	4.9	4.9

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1999	2	4.5	4.5
1999	3	3.8	3.8
1999	4	3.8	
1999	5	3.5	
1999	6	2.9	
1999	7	2.8	
1999	8	3.2	
1999	9	3.2	
1999	10	3.3	3.3
1999	11	3.4	3.4
1999	12	4.2	4.2
2000	1	4.3	4.3
2000	2	5.2	5.2
2000	3	4.8	4.8
2000	4	4.7	
2000	5	3.2	
2000	6	2.7	
2000	7	3	
2000	8	3	
2000	9	3.5	
2000	10	2.8	2.8
2000	11	3.7	3.7
2000	12	4.6	4.6
2001	1	5.2	5.2
2001	2	4.4	4.4
2001	3	4.3	4.3
2001	4	3.4	
2001	5	3	
2001	6	3	
2001	7	3.2	
2001	8	3.1	
2001	9	3.1	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2001	10	3.4	3.4
2001	11	3.4	3.4
2001	12	4.9	4.9
2002	1	4.9	4.9
2002	2	3.9	3.9
2002	3	3.9	3.9
2002	4	3.5	
2002	5	3.1	
2002	6	3.1	
2002	7	2.8	
2002	8	3.4	
2002	9	2.9	
2002	10	3.6	3.6
2002	11	4.2	4.2
2002	12	3.1	3.1
2003	1	4.3	4.3
2003	2	3.1	3.1
2003	3	3.7	3.7
2003	4	3.2	
2003	5	3.1	
2003	6	3	
2003	7	3	
2003	8	2.8	
2003	9	2.8	
2003	10	3.4	3.4
2003	11	3.2	3.2
2003	12	4.6	4.6
2004	1	4.4	4.4
2004	2	4.1	4.1
2004	3	3.4	3.4
2004	4	3.7	
2004	5	3.2	



年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2004	6	2.5	
2004	7	3.4	
2004	8	3.6	
2004	9	3.2	
2004	10	2.8	2.8
2004	11	3	3
2004	12	3.8	3.8
2005	1	4.3	4.3
2005	2	4.2	4.2
2005	3	3.8	3.8
2005	4	3.5	
2005	5	3.3	
2005	6	2.8	
2005	7	2.9	
2005	8	2.6	
2005	9	3.1	
2005	10	2.6	2.6
2005	11	3.3	3.3
2005	12	4.6	4.6
2006	1	3.8	3.8
2006	2	3.9	3.9
2006	3	3.8	3.8
2006	4	3.8	
2006	5	3	
2006	6	2.9	
2006	7	2.8	
2006	8	2.8	
2006	9	2.9	
2006	10	2.6	2.6
2006	11	3	3
2006	12	3.4	3.4
2007	1	3.5	3.5

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2007	2	3.7	3.7
2007	3	3.8	3.8
2007	4	3	
2007	5	3.6	
2007	6	2.5	
2007	7	2.5	
2007	8	2.5	
2007	9	3.1	
2007	10	2.6	2.6
2007	11	3.3	3.3
2007	12	3.3	3.3
2008	1	3.7	3.7
2008	2	4	4
2008	3	3.1	3.1
2008	4	3.3	
2008	5	3.9	
2008	6	2.6	
2008	7	2.2	
2008	8	2.9	
2008	9	2.5	
2008	10	2.9	2.9
2008	11	3	3
2008	12	3.9	3.9
2009	1	3.9	3.9
2009	2	3.5	3.5
2009	3	3.6	3.6
2009	4	3.4	
2009	5	3.1	
2009	6	2.7	
2009	7	2.5	
2009	8	2.3	
2009	9	2.8	

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2009	10	2.9	2.9
2009	11	3.4	3.4
2009	12	3.8	3.8
2010	1	4.3	4.3
2010	2	3.1	3.1
2010	3	3.5	3.5
2010	4	3.9	
2010	5	2.9	
2010	6	2.2	
2010	7	2.4	
2010	8	2.4	
2010	9	2.9	
2010	10	3	3
2010	11	3.3	3.3
2010	12	4.4	4.4

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2011	1	4.3	4.3
2011	2	3	3
2011	3	3.6	3.6
2011	4	3.1	
2011	5	3.1	
2011	6	2.6	
2011	7	3	
2011	8	2.7	
2011	9	3.2	
2011	10	3	3
2011	11	2.8	2.8
2011	12	4	4
2012	1	3.7	3.7
2012	2	3.4	3.4
2012	3	3.3	3.3

以上

柏崎市の既往最大の風速（10 分間平均値）

要素名 / 順位	1位	2位	3位	4位	5位	6位	7位	8位	9位	10位	統計期間
日降水量 (mm)	256 (2005/6/28)	141 (1984/8/30)	137.5 (2017/7/3)	123 (1978/6/26)	121 (2004/10/20)	121 (1999/9/15)	113 (1985/7/8)	111 (1996/8/15)	108.0 (2017/7/4)	108 (1993/7/10)	1976/4 2020/5
日最大10分間降水量 (mm)	17.5 (2018/8/28)	17.0 (2013/7/7)	17.0 (2010/9/14)	16.5 (2014/8/21)	16.5 (2013/8/2)	16.0 (2013/8/27)	15.5 (2013/7/14)	15.5 (2011/7/5)	13.5 (2011/10/11)	13.0 (2009/8/2)	2008/3 2020/5
日最大1時間降水量 (mm)	52 (2007/8/22)	50 (1976/8/14)	48 (1991/8/8)	46 (1984/8/30)	43.5 (2013/7/14)	41.0 (2010/9/14)	39.0 (2008/7/26)	39 (1993/7/10)	38 (2006/9/10)	38 (2005/6/28)	1976/4 2020/5
月降水量の多い方から (mm)	627.5 (2014/12)	595 (1999/12)	594 (1985/11)	584 (1980/12)	544 (2002/11)	516.0 (2010/1)	504.0 (2013/11)	498 (2006/7)	486 (1995/7)	480.0 (2017/7)	1976/4 2020/4
月降水量の少ない方から (mm)	15 (1994/8)	21 (1985/8)	23 (1994/4)	27 (1984/4)	31.0 (2010/8)	33.5 (2018/7)	37 (1994/5)	40 (1990/5)	40 (1978/5)	41 (2000/8)	1976/4 2020/4
年降水量の多い方から (mm)	2955 (1985)	2911 (2002)	2804.0 (2017)	2774.5 (2010)	2765 (1999)	2720 (1981)	2713 (1980)	2707.0 (2013)	2707 (1993)	2681 (1995)	1976年 2019年
年降水量の少ない方から (mm)	1806 (1994)	1855 (1990)	1874 (1986)	1922.5 (2015)	1935 (1987)	2005 (2000)	2075 (1982)	2085.0 (2016)	2114 (1992)	2117 (1984)	1976年 2019年
日最高気温の高い方から (℃)	37.6 (1994/8/11)	37.5 (2006/8/17)	37.4 (2018/8/23)	37.4 (1985/8/30)	37.3 (1994/8/12)	37.1 (1986/8/29)	37.0 (2018/7/23)	36.9 (2015/7/13)	36.8 (2019/8/14)	36.8 (1999/8/7)	1978/11 2020/5
日最高気温の低い方から (℃)	-2.1 (1981/2/26)	-1.8 (2014/2/5)	-1.6 (1984/2/7)	-1.4 (1984/2/6)	-1.4 (1984/2/4)	-1.4 (1983/2/13)	-1.0 (1990/1/25)	-0.9 (1984/2/8)	-0.8 (1988/2/3)	-0.8 (1984/2/17)	1978/11 2020/5
日最低気温の高い方から (℃)	28.6 (2019/8/15)	27.0 (2011/8/11)	26.5 (1994/8/3)	26.5 (1984/8/22)	26.1 (2007/8/3)	26.0 (2019/8/16)	26.0 (2004/8/5)	26.0 (2002/8/2)	26.0 (1994/8/4)	25.9 (2004/7/20)	1978/11 2020/5
日最低気温の低い方から (℃)	-11.3 (1983/2/15)	-11.2 (1984/2/12)	-11.1 (1987/2/2)	-11.1 (1986/2/2)	-10.7 (1981/2/18)	-10.6 (1983/2/14)	-10.3 (1986/2/8)	-9.9 (2016/2/8)	-9.9 (1985/1/9)	-9.8 (1988/2/22)	1978/11 2020/5
月平均気温の高い方から (℃)	27.8 (2010/8)	27.8 (1985/8)	27.4 (1994/8)	27.0 (1999/8)	26.9 (2019/8)	26.8 (2012/8)	26.8 (2000/8)	26.7 (2018/7)	26.3 (2006/8)	26.3 (1984/8)	1978/11 2020/4
月平均気温の低い方から (℃)	-0.2 (1984/2)	0.0 (1985/1)	0.4 (1986/2)	0.5 (1984/1)	0.9 (1988/2)	0.9 (1983/2)	1.0 (2012/2)	1.0 (1986/1)	1.0 (1981/1)	1.1 (1980/2)	1978/11 2020/4
年平均気温の高い方から (℃)	14.1 (2019)	14.1 (2004)	14.1 (1998)	14.1 (1990)	14.0 (2018)	13.8 (2015)	13.8 (2000)	13.8 (1999)	13.8 (1994)	13.7 (2016)	1978年 2019年
年平均気温の低い方から (℃)	11.8 (1981)	12.0 (1984)	12.0 (1980)	12.3 (1986)	12.5 (1982)	12.5 (1996)	12.5 (1993)	12.7 (1985)	12.7 (1983)	13.0 (2006)	1978年 2019年
日最大風速・風向 (m/s)	16 南南東 (2006/4/11)	15.2 南南東 (2016/4/17)	15.2 西 (2012/4/4)	14.6 西南西 (2012/4/3)	14.2 南西 (2019/10/4)	14 南西 (1994/4/12)	13.9 西 (2013/4/7)	13.6 西南西 (2018/3/1)	13.6 南南西 (2010/3/21)	13.5 南南東 (2010/5/23)	1978/11 2020/5

出典：気象庁 HP より

( [http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/rank\\_a.php?prec\\_no=54&block\\_no=0532&year=&month=&day=&view=](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/rank_a.php?prec_no=54&block_no=0532&year=&month=&day=&view=) )

以上

## 対象施設の選定結果及び裕度評価結果について

工認図書番号	工認図書名称	確認手法	確認結果
-2-2-7	主排気筒の地震応答計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-2-8	主排気筒の耐震性についての計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-6(3)	メッシュ型アンテナの耐震性についての計算書 (安全パラメータ表示システム (SPDS)(6,7号機共用)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-9(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (衛星電話設備(常設)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-10(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (衛星電話設備(常設)(中央制御室待避室)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-11(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (衛星電話設備(常設)(6,7号機共用)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
V-2-6-7-12(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (無線連絡設備(常設)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-13(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (無線連絡設備(常設)(中央制御室待避室)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-14(1)	アンテナの耐震性についての計算書 (無線連絡設備(常設)(6,7号機共用)の耐震性についての計算書)		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-6-7-15(1)	衛星無線通信装置用アンテナの耐震性についての計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-7-2-1	主排気筒の耐震性についての計算書	個別評価	現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-8-2-1-3	フィルタ装置出口放射線モニタの耐震性についての計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-8-4-7	配管遮蔽の耐震性についての計算書(格納容器 圧力逃がし装置)		現設計の裕度に包絡されることを確認

工認図書番号	工認図書名称	確認手法	確認結果
-2-10-1-2-2-1	第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-10-1-2-2-2	第一ガスタービン発電機用燃料移送ポンプの耐震性についての計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-10-1-4-1	緊急用断路器の耐震性についての計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-別添 1-2	火災感知器の耐震計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-別添 3-3	可搬型重大事故等対処設備のうち車両型設備の耐震計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-別添 3-5	可搬型重大事故等対処設備のうちその他設備の耐震計算書		現設計の裕度に包絡されることを確認
-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	個別評価	影響が無いことを確認
-2-2-6	タービン建屋の耐震性についての計算書	個別評価	影響が無いことを確認
-2-2-11	廃棄物処理建屋の地震応答計算書	個別評価	影響が無いことを確認
-2-2-12	廃棄物処理建屋の耐震性についての計算書	個別評価	影響が無いことを確認
KK7 補足-024-3	下位クラス施設の波及的影響の検討について 5号機主排気筒の波及的影響について	個別評価	影響が無いことを確認
KK7 補足-024-3	下位クラス施設の波及的影響の検討について 5号機タービン建屋の波及的影響について	個別評価	影響が無いことを確認

以上

地震（S s）と風（16m/s）の組合せに関する統計的考察について

地震（S s）と組み合わせる風速を柏崎市の観測記録の既往最大である 16m/s（10 分間平均値，地上高 10m）を採用している。この風速に関する統計的考察の結果を示す。

- ・地震（S s）の年超過確率： $1 \times 10^{-4}$  / 年
- ・風（16m/s）の年超過確率： $2 \times 10^{-2}$  / 年
- ・風の継続時間：10 分  $2 \times 10^{-5}$  年

これらを掛け合わせると， $4 \times 10^{-11}$  / 年となる。

（参考）「同時に発生する可能性が極めて低いもの」として整理した主荷重（地震：S s）と従荷重（風：27.9m/s）に関する統計的考察

- ・地震（S s）の年超過確率： $1 \times 10^{-4}$  / 年
- ・風（27.9m/s）の年超過確率： $1 \times 10^{-2}$  / 年（ただし，新潟市の観測記録に基づく）
- ・風の継続時間：10 分  $2 \times 10^{-5}$  年

これらを掛け合わせると， $2 \times 10^{-11}$  / 年となる。

以上

## 柏崎市における既往最大風速 16m/s の年超過確率評価方法

## 1. 評価方法

参考資料に記載

## 2. 統計処理に用いる観測記録

統計処理に用いる観測記録は、以下のとおり気象庁 HP で公開されている観測記録を用いる。

- ・ 柏崎市：年最大風速 1979～2012 年の記録（表 1 参照）

（気象庁 HP には 1978 年からの観測記録が掲載されているが、1978 年の記録は 11 月から観測開始されたものであるため、年間を通して観測されるようになった 1979 年からの観測記録を採用する）

表 1 柏崎市の観測記録（1979～2012 年）

（気象庁 HP より）

年	年最大風速 [m/s]	年	年最大風速 [m/s]
1979	13	1996	12
1980	11	1997	13
1981	12	1998	11
1982	12	1999	11
1983	13	2000	10
1984	10	2001	10
1985	10	2002	11
1986	10	2003	11
1987	12	2004	12
1988	12	2005	11
1989	12	2006	16
1990	10	2007	11
1991	11	2008	10.7
1992	11	2009	11.5
1993	10	2010	13.6
1994	14	2011	11.2
1995	11	2012	15.2

### 3. 統計処理の結果

柏崎市の最大風速の観測記録の平均，分散等を算出し，Gumbel 分布，平方根指数型最大値分布及び一般化極値分布に当てはめ，適合度評価（SLSC 値）を行った。その結果，一般化極値分布が基準に適合することを確認した（表 2）。

また，評価より得られたハザード曲線を図 1 に示す。この曲線に基づき，柏崎市における既往最大風速（16m/s）の年超過確率を確認した結果， $2.0 \times 10^{-2}$  / 年となった。

表 2 柏崎市における観測記録を各分布適用させた場合の SLSC 値

	Gumbel 分布	一般化極値分布	平方根指数型最大値分布
SLSC	0.044	0.034	

（ SLSC を求めるための関数の定義域外となるため算出不可 ）

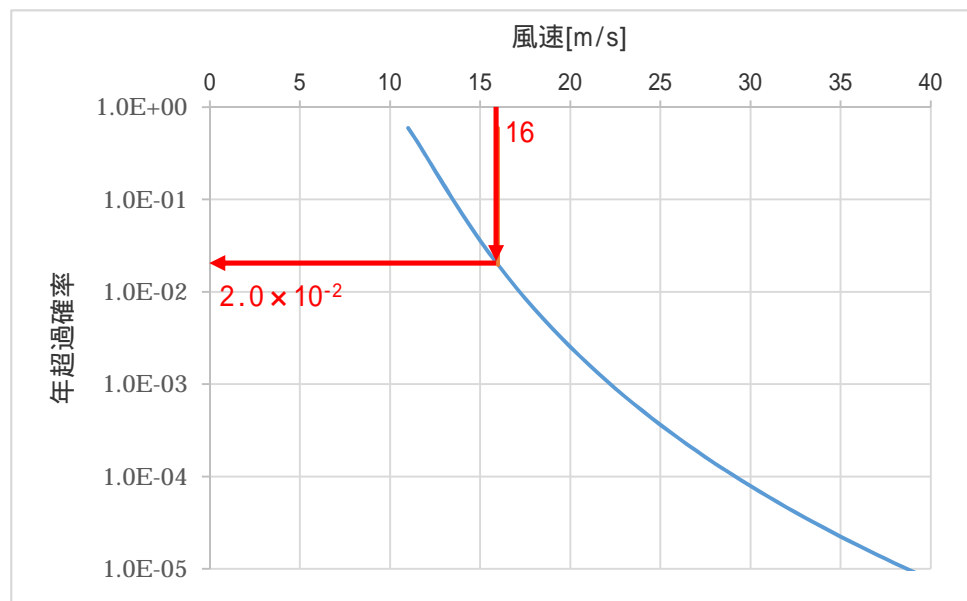


図 1 柏崎市の最大風速ハザード曲線（一般化極値分布）

以上



【参考】(設置許可申請書まとめ資料より)

年超過確率の推定は、気象庁の「異常気象リスクマップ」<sup>(1)</sup>の確率推定方法を採用して評価を実施する。

評価フローを図1に示す。

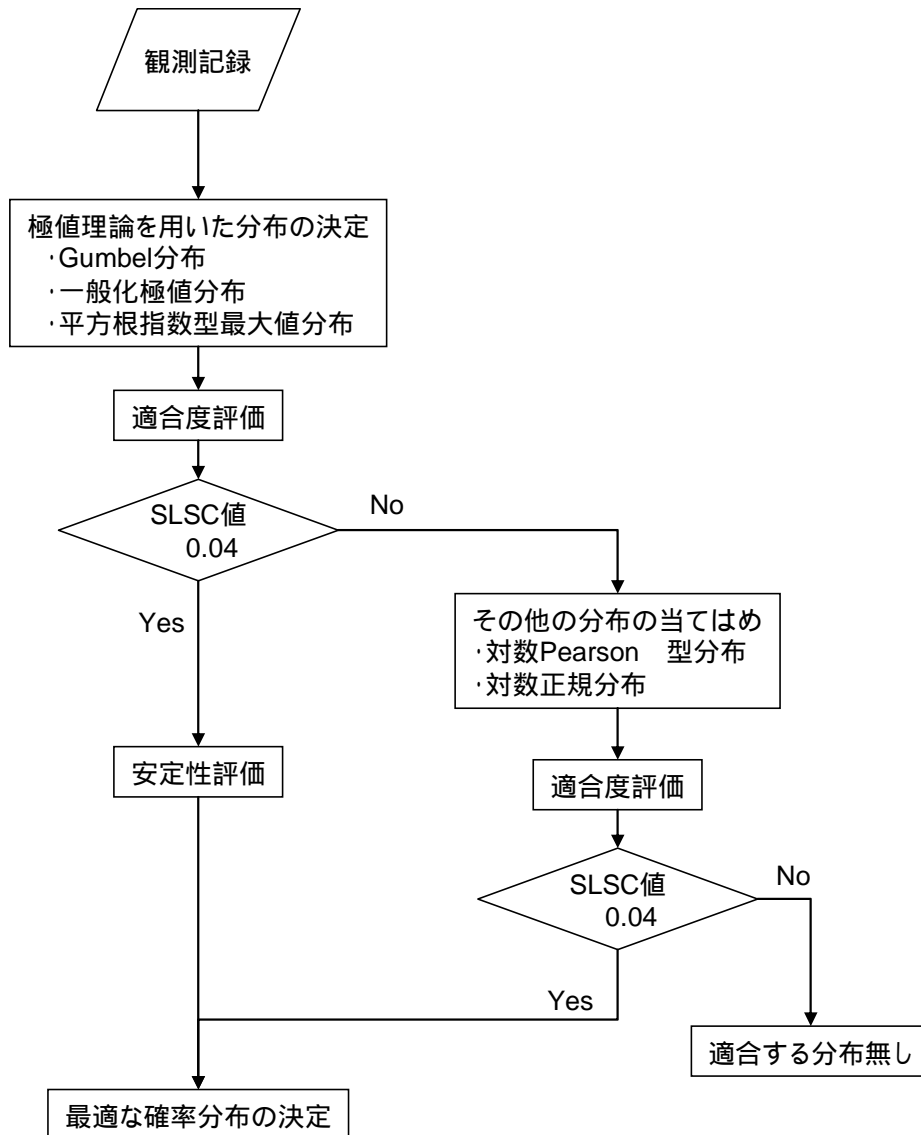


図1 年超過確率評価フロー

### (1) 確率分布の算出

観測記録から確率分布の分布特性を表す母数を推定し、確率分布形状を特定する。ここでは、極値理論からの分布（Gumbel 分布，平方根指数型最大値分布，一般化極値分布）や従来から使用されている分布（対数 Pearson 型分布，対数正規分布）の中から最適な確率分布を決定する。

確率分布モデルの母数推定については、以下に示す L 積率法（L Moments）や最尤法等の手法を用いる。<sup>(2)</sup>

#### L 積率法

第 1 次の L 積率  $\lambda_1$ ，第 2 次の L 積率  $\lambda_2$ ，第 3 次の L 積率  $\lambda_3$  はそれぞれ以下のように定義される。

$$\begin{aligned}\lambda_1 &= b_0 \\ \lambda_2 &= 2b_1 - b_0 \\ \lambda_3 &= 6b_2 - 6b_1 + b_0\end{aligned}$$

ここで，

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j$$

$$b_1 = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^N (j-1) x_j$$

$$b_2 = \frac{1}{N(N-1)(N-2)} \sum_{j=1}^N (j-1)(j-2) x_j$$

$N$ ：標本数

$x_j$ ： $N$  個の標本を昇順に並び替えたときの小さい方から  $j$  番目の値

#### 最尤法

以下に示す対数尤度関数  $L$  が最大となる  $a, b$  を算出

$$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$$

$f(x)$ ：確率密度関数

また、例として極値理論からの分布（Gumbel 分布，平方根指数型最大値分布，一般化極値分布）の母数推定方法，及び非超過確率  $p$  に対応する値の算出方法を表 1 に示す。

表 1 極値分布の母数推定法について

分布	母数推定法	母数	クオンタイル (非超過確率 $p$ に対応する値)
Gumbel 分布	L 積率法 (2 母数)	$a = \frac{\lambda_2}{\ln 2}$ $c = \lambda_1 - 0.5772157a$	$x_p = c - a \cdot \ln[-\ln(p)]$
一般化 極値分布 (GEV 分布)	L 積率法 (3 母数)	$k = 7.859d + 2.9554 * d^2$ ここで $d = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} \cdot \frac{\ln 2}{\ln 3}$ $a = \frac{k\lambda_2}{(1 - 2^{-k}) \cdot \Gamma(1 + k)}$ $c = \lambda_1 - \frac{a}{k} \cdot [1 - \Gamma(1 + k)]$	$x_p = c + \frac{a}{k} \cdot \{1 - [-\ln(p)]^k\}$
平方根指数型 最大値分布	最尤法 (2 母数)	$L(a, b) = \sum_{j=1}^N \ln f(x_j)$ $= N \ln a + N \ln b - N \ln 2 - \sum_{j=1}^N \sqrt{bx_j}$ $- a \left[ \sum_{j=1}^N \exp(-\sqrt{bx_j}) \right]$ $+ \sum_{j=1}^N \left[ \sqrt{bx_j} \exp(-\sqrt{bx_j}) \right]$ L が最大となる a, b	$x_p = \frac{t_p^2}{b}$ ここで $\ln(1 + t_p) - t_p = \ln\left[-\frac{1}{a} \ln(p)\right]$

(2) 適合度評価

算出した分布がどの程度、観測記録と適合しているかを確認し分布の適合度を評価する。

本評価では、分布の適合度を SLSC (Standard Least Squares Criterion) と呼ばれる指標で評価する。

SLSC は、観測値をプロットングポジション公式で並べた場合と、確率分布から推定した場合との確率の差を指標化した値である。(図 2)

SLSC が小さいほど、適合度が高く、経験的な分布とよくフィットする。本評価では SLSC が 0.04 以下で適合していると判断する。

プロットングポジション公式とは、経験的に求められた公式であり、観測値の個数、大きさの順に並べたときの順位と再現期間との関係を数式化したものである。同公式では、いくつかの式が提案されているが、本評価においては多くの分布系によく適合する以下の式を採用する。

$$T(i) = \frac{N + 0.2}{i - 0.4}$$

ここで、 $N$  はデータの個数であり、大きい方から  $i$  番目のデータの再現期間（最大風速の確率年） $T(i)$  とする。

: ある現象（例えば 30m/s の風が吹くこと）が 1 回起こり得る「50 年」「100 年」という期間<sup>(1)</sup>

このとき、SLSC 値は、データ値と関数値（それぞれ標準化した値）を 2 乗平均した以下の式で表される。<sup>(2)</sup>

$$SLSC = \frac{\sqrt{\xi^2}}{|s_{0.99} - s_{0.01}|}$$

ここで、

$$\xi^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (s_i - r_i)^2$$

$s_{0.99}$ ,  $s_{0.01}$ : それぞれ非超過確率 0.99 と 0.01 に対する当該確率分布の標準変量

$s_i$ : 順序統計量データ  $x_i$  を推定母数で変換した標準変量

$r_i$ : プロットングポジションに対応した理論クオンタイルを推定母数で変換した標準変量

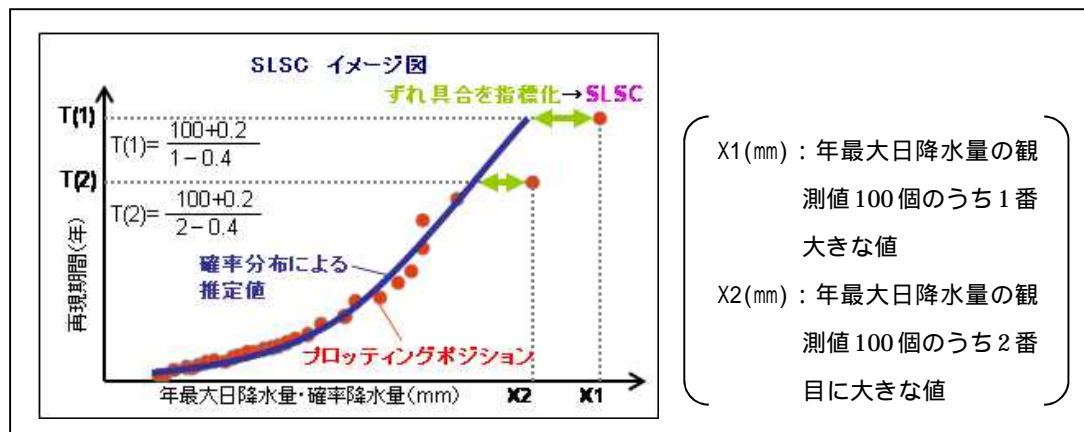


図 2 SLSC のイメージ図（確率降水量の場合の例）<sup>(1)</sup>

### (3) 安定性評価

(2)で分布の適合度を評価し、SLSC が 0.04 以下を満足した場合には、次に分布の安定性を評価する。現在得られている観測値をランダムに抜き取った場合に、結果が大きく変化しないことを評価する。本評価では安定性評価には Jack knife 法を用いる。

#### [ 参考文献 ]

(1) 気象庁：

<http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/index.html>

(2) 星清，1998：水文統計解析，開発土木研究所月報 No.540

## 風荷重の算出に用いた係数の設定について

風荷重を求める際に用いる設計用速度圧  $q$  は、建築基準法施行令第 87 条及び建設省告示第 1454 号に基づき算出する。設計用速度圧  $q$  の算出式を以下に示す。

$$q = 0.6 \cdot E \cdot V^2$$

$$E = E_r^2 \cdot G_f$$

$q$  : 設計用速度圧 [N/m<sup>2</sup>]

$E$  : 建築基準法施行令第 87 条第 2 項に規定する数値 [ - ]

$V$  : 風速 [m/s]

$E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数 [ - ]

$G_f$  : ガスト影響係数 [ - ]

$E_r$  は、表 1 の式によって算出する。

表 1  $E_r$  の算出式

H が $Z_b$ を超える場合	$E_r = 1.7 \cdot (H / Z_G)$
H が $Z_b$ 以下の場合	$E_r = 1.7 \cdot (Z_b / Z_G)$

$Z_b$ 、 $Z_G$  及び  $\sigma$  は表 2 に示すとおり地表面粗度区分に応じた値であり、 $H$  は建築物の高さと軒の高さとの平均値を示すが、本評価では保守的に地上からの施設頂部高さ[m]とする。

なお、算出にあたり使用する地表面粗度区分については、柏崎刈羽原子力発電所の周辺環境を勘案し、対象とする施設の頂部高さが 13m を超える場合には地表面粗度区分  $\sigma_2$  を、13m 以下の場合には地表面粗度区分  $\sigma_1$  を用いる。

表2 地表面粗度区分に応じた $Z_b$ 、 $Z_G$ 及び

地表面粗度区分		$Z_b$ [m]	$Z_G$ [m]	
	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域	5	250	0.10
	都市計画区域外にあって地表面粗度区分 の区域以外の区域（建築物の高さが13m以下の場合を除く。）又は都市計画区域内にあって地表面粗度区分 の区域以外の区域のうち、海岸線又は湖岸線（対岸までの距離が1,500m以上のものに限る。以下同じ。）までの距離が500m以内の地域（ただし、建築物の高さが13m以下である場合又は当該海岸線若しくは湖岸線からの距離が200mを超え、かつ、建築物の高さが31m以下である場合を除く。）	5	350	0.15
	地表面粗度区分 ， 又は 以外の区域	5	450	0.20
	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域	10	550	0.27

ガスト影響係数 $G_f$ は、表3に示すとおり表2の地表面粗度区分及びHに応じた値である。

表3 地表面粗度区分及びHに応じたガスト影響係数 $G_f$

地表面粗度区分 \ H	H	(1)	(2)	(3)
		10 以下の場合	10 を超え 40 未満の場合	40 以上の場合
		2.0	(1)と(3)とに掲げる数値を直線的に補間した数値	1.8
		2.2		2.0
		2.5		2.1
		3.1		2.3

以上

第一ガスタービン発電機の加振試験における裕度について

第一ガスタービン発電機の加振試験における裕度については、KK7 補足-028-10-15「第一ガスタービン発電機の耐震性についての計算書に関する補足説明資料」の別紙 3-2「加振試験における設計用 FRS に対する加振波の FRS の裕度について」において、施設の固有周期に対する加振波 FRS の加速度を設計用 FRS の加速度で除することにより整理している。

走行軸直角方向、走行軸方向及び鉛直方向について整理しているが、そのうち、第一ガスタービン発電機に対する地震荷重と風荷重を組み合わせた際の影響については、風荷重の影響が最も大きくなる最大面積の施設側面（走行軸直角方向）について確認することとし、加振試験の裕度については走行軸直角方向の試験結果を用いることとする。

第一ガスタービン発電機の各固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度を表 1 に示す。

表 1 第一ガスタービン発電機の各固有周期における設計用 FRS に対する加振波 FRS の裕度

走行軸直角方向			
	施設	固有周期 (Hz)	裕度
	第一ガスタービン発電機（発電機車）	[ ]	[ ]
第一ガスタービン発電機（制御車）	[ ]	[ ]	

**赤下線** : P.2 - 5 表 4「地震荷重と風荷重を組み合わせた際の裕度の確認結果」の第一ガスタービン発電機の基準地震動  $S_s$  の評価に用いる裕度である最小裕度を示す。

以上

3. タービン建屋 , 廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋の  
風荷重及び積雪荷重の比較について



## 1. 概要

### 1.1 検討概要

本資料は、柏崎刈羽原子力発電所7号機の建物・構築物の耐震評価において、地震の従属事象として積雪を重畳させている施設のうち、風荷重による影響が比較的大きいと考えられる鉄骨造の建物（タービン建屋、廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋）を対象に、地震応答解析で考慮している積雪荷重と風速16.0m/sによる風荷重を比較することで、積雪荷重を考慮した地震応答解析の保守性について説明するものである。

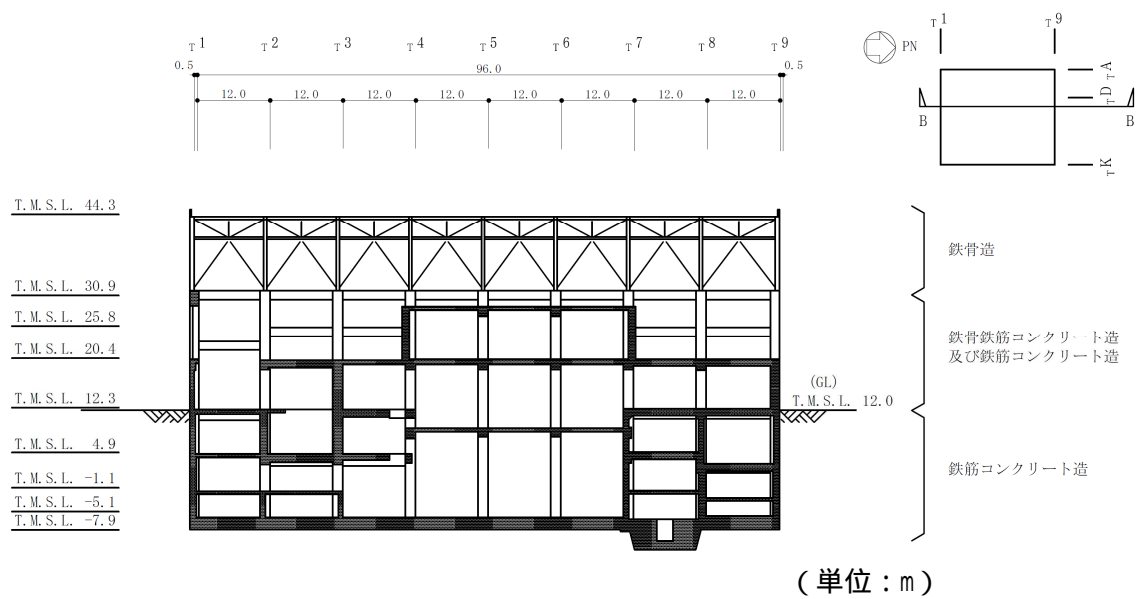
### 1.2 検討方針

タービン建屋、廃棄物処理建屋及び5号機タービン建屋では、積雪荷重を地震応答解析モデルの各質点の重量として考慮した上で地震応答解析を実施しているため、積雪荷重による慣性力が各方向の地震応答解析結果に含まれている。

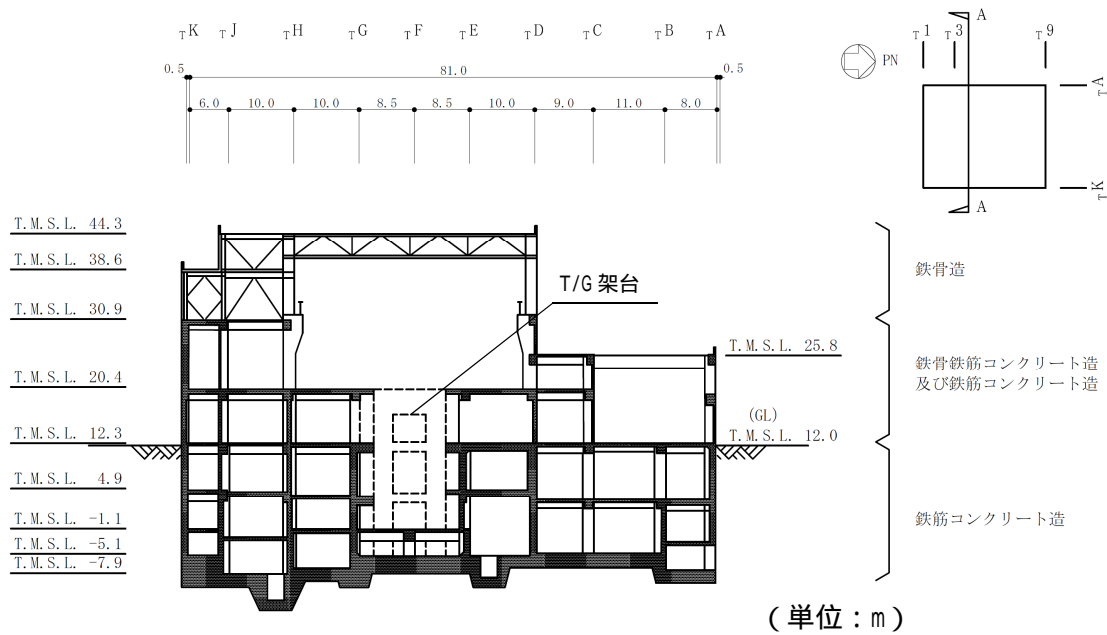
本検討では、風荷重（風速16.0m/sに基づく）による層せん断力に比べ、積雪荷重による慣性力が十分大きいことを確認する。

各建屋の地震応答解析モデルは多軸モデルであるが、本検討では1軸に集約し検討する。

各建屋の概略断面図を図1-1から図1-3に示す。

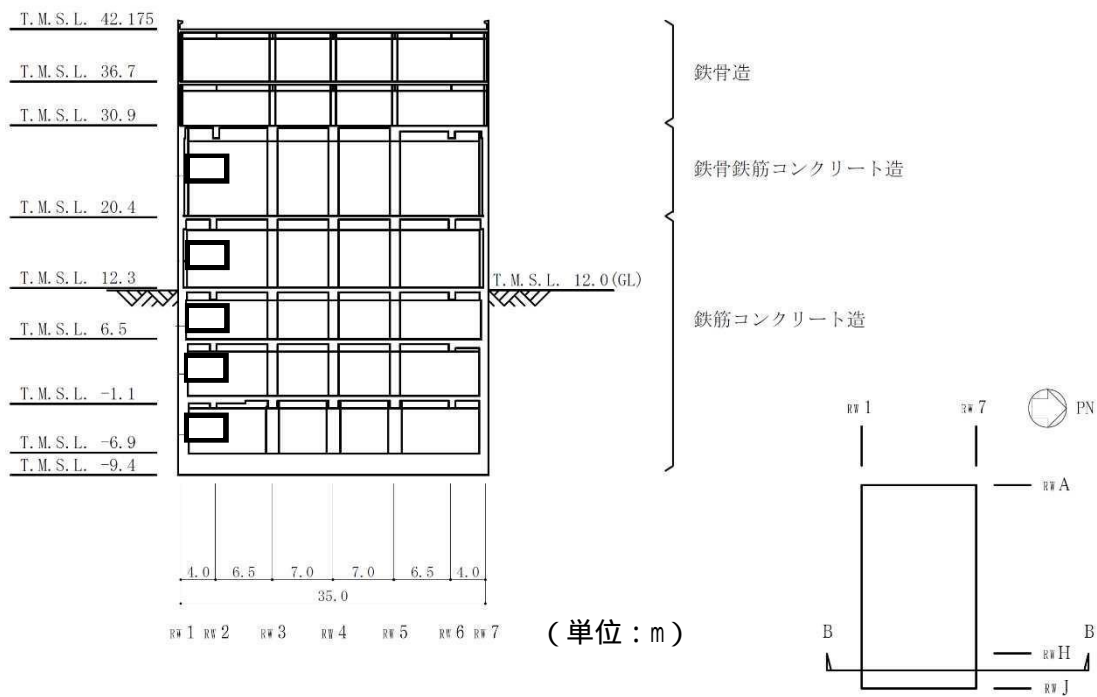


NS 方向断面

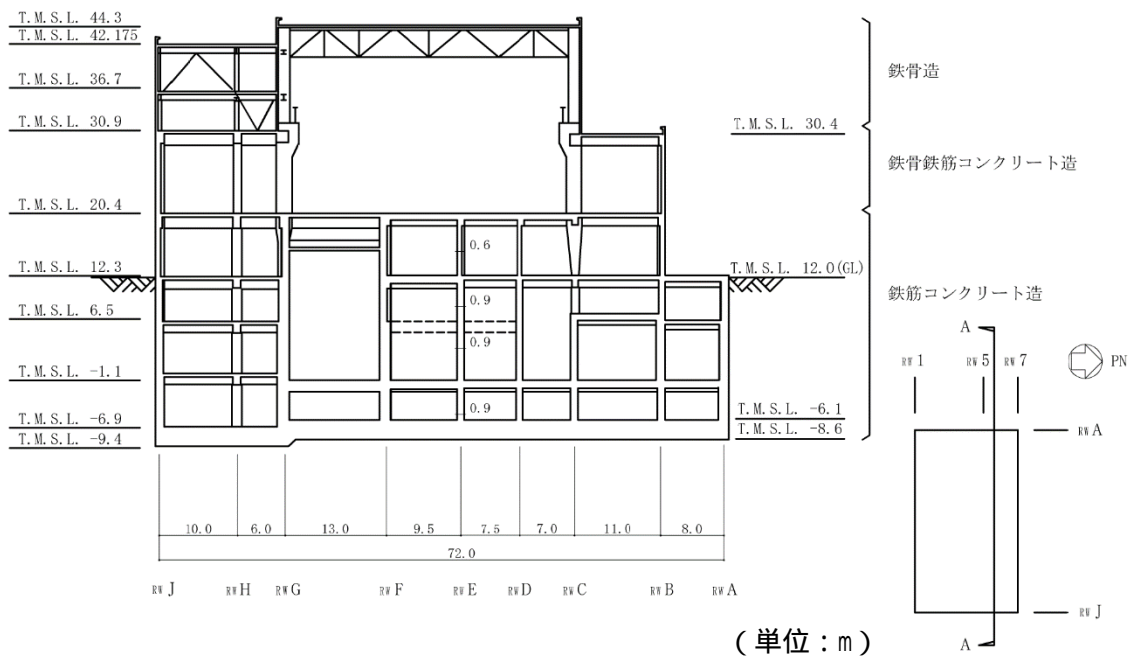


EW 方向断面

図 1 - 1 タービン建屋の概略断面図

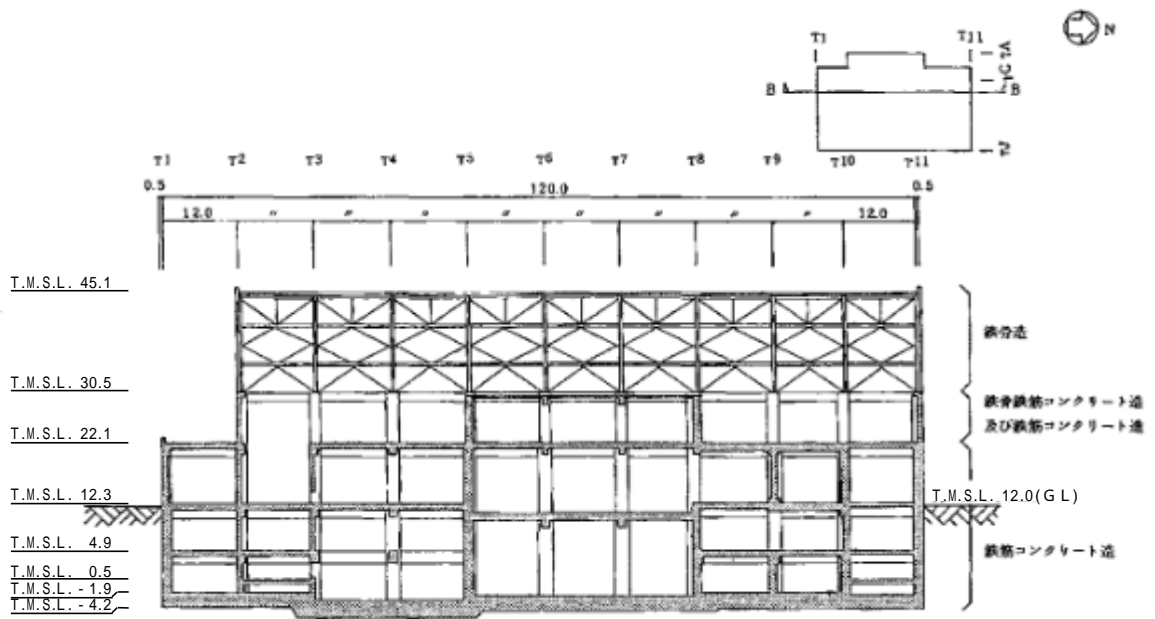


NS 方向断面



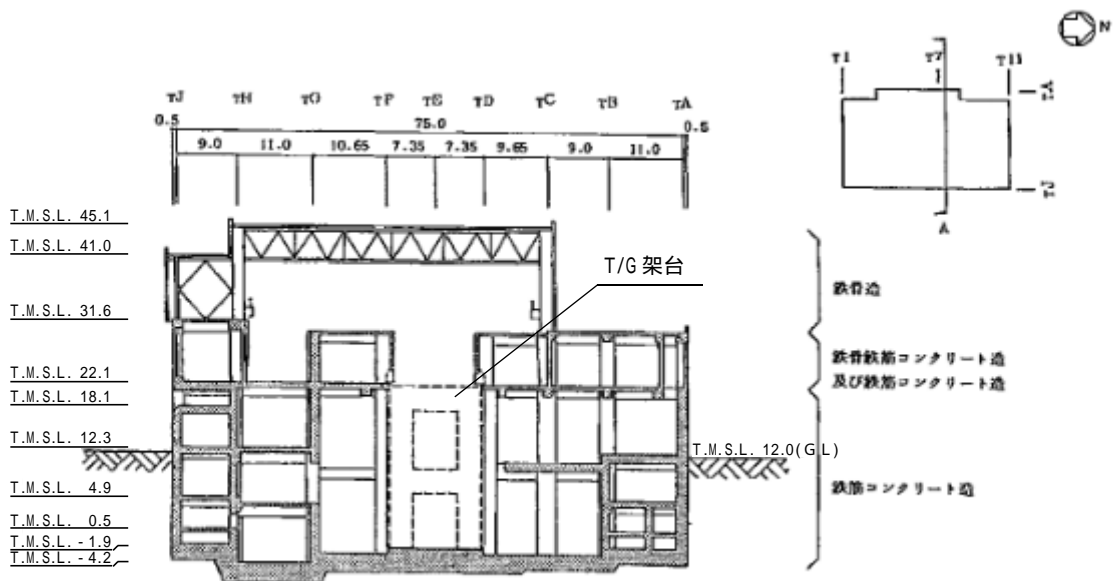
EW 方向断面

図 1 - 2 廃棄物処理建屋の概略断面図



(単位：m)

NS方向断面



(単位：m)

EW方向断面

図 1 - 3 5号機タービン建屋の概略断面図

### 1.3 風荷重による層せん断力の算定

本検討に用いる風速は 16.0m/s とする。

$$W = q \cdot C_f \cdot A \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

ここで、

W : 風荷重 (N)

q : 速度圧 (N/m<sup>2</sup>) = 0.6 · E · V<sub>0</sub><sup>2</sup>

V<sub>0</sub> : 検討用風速 (= 16.0 m/s)

E : 国土交通大臣が定める方法により算出した数値 = E<sub>r</sub><sup>2</sup> · G<sub>f</sub>

E<sub>r</sub> : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数

$$= 1.7 \cdot \left( \frac{Z_b}{Z_G} \right) \quad (H \leq Z_b)$$

$$= 1.7 \cdot \left( \frac{H}{Z_G} \right) \quad (H > Z_b)$$

H : 建築物の高さ(m)

Z<sub>b</sub>, Z<sub>G</sub> : 地表面粗度区分に応じて示される数値

(当該地の地表面粗度区分 : Z<sub>b</sub> = 5 m, Z<sub>G</sub> = 350 m, α = 0.15 )

G<sub>f</sub> : ガスト影響係数

C<sub>f</sub> : 風力係数

A : 見付面積 (m<sup>2</sup>)

### 1.4 積雪荷重による慣性力の算定

積雪荷重による慣性力は、各層の積雪荷重に対し最大応答加速度を乗じることで算出する。用いる最大応答加速度は、基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮した水平方向の地震応答解析結果のうち、各層における最大値とする。

なお、地震応答解析に考慮している積雪は以下の通りである。

タービン建屋 : 積雪深 280cm × 0.35

廃棄物処理建屋 : 積雪深 280cm × 0.35

5号機タービン建屋 : 積雪深 170cm × 0.35

## 2. 検討結果

風荷重（風速 16.0m/s に基づく）による層せん断力を表 2 - 1 に，積雪荷重の慣性力による層せん断力を表 2 - 2 に，風荷重及び積雪荷重による層せん断力の比較を図 2 - 1 に示す。

風荷重（風速 16.0m/s に基づく）による層せん断力に対して積雪荷重の慣性力による層せん断力はいずれも十分に大きいため，積雪荷重を考慮した地震応答計算を行うことが保守的であることを確認した。

表 2 - 1 風荷重による層せん断力

### (a) タービン建屋

T.M.S.L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	NS方向				EW方向			
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	層せん断力 Q (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	層せん断力 Q (kN)
44.3	0.451	1.19	232	125	125	1.19	441	237	<u>237</u>
38.6	0.451	1.15	361	187	312	1.15	651	338	<u>574</u>
30.9	0.451	1.08	499	243	555	1.08	623	303	<u>878</u>
25.8	0.451	1.02	434	200	754	1.02	511	235	<u>1110</u>
20.4	0.451	0.93	579	243	997	0.93	656	275	<u>1390</u>

### (b) 廃棄物処理建屋

T.M.S.L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	EW方向			
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	層せん断力 Q (kN)
44.3	0.451	1.19	201	108	108
36.7	0.451	1.13	240	122	230
30.9	0.451	1.08	292	142	372
20.4	0.451	0.93	333	140	512

注：NS方向は6号機及び7号機タービン建屋と接しているため検討対象外とする

### (c) 5号機タービン建屋

T.M.S.L. (m)	速度圧 q (kN/m <sup>2</sup> )	NS方向				EW方向			
		風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	層せん断力 Q (kN)	風力係数 C <sub>f</sub>	見付面積 A (m <sup>2</sup> )	風荷重 P (kN)	層せん断力 Q (kN)
45.1	0.454	1.19	87	47.1	47.1	1.19	169	91.4	<u>91.4</u>
41.0	0.454	1.16	230	122	170	1.16	447	236	<u>328</u>
31.6	0.454	1.08	541	266	436	1.08	1055	518	<u>846</u>
22.1	0.454	0.96	1659	724	1160	0.96	2365	1040	<u>1890</u>

注：層せん断力Qは最上階～当該階における風荷重Pの合計値を示す

注：層せん断力Qの下線はNS方向及びEW方向のうち大きい値を示す

表 2 - 2 積雪荷重の慣性力による層せん断力

(a) タービン建屋

T.M.S.L. (m)	積雪荷重 (kN)	最大震度	地震動 (ケース)	最大 慣性力 (kN)	最大 層せん断力 (kN)
44.3	13425	3.00	Ss-1 (ケース3)	40300	40300
38.6	1677	2.62	Ss-1 (ケース5)	4400	44700
30.9	3305	2.72	Ss-1 (ケース1)	8990	53700
25.8	4531	1.85	Ss-1 (ケース1)	8390	62100
20.4	0	1.42	Ss-1 (ケース1)	0	62100

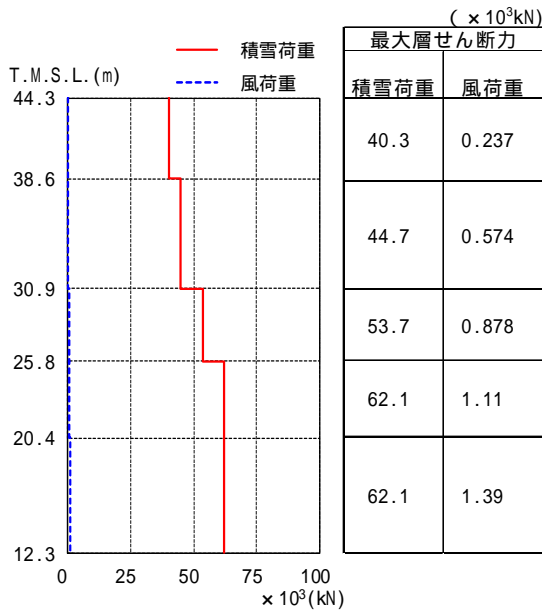
(b) 廃棄物処理建屋

T.M.S.L. (m)	積雪荷重 (kN)	最大震度	地震動 (ケース)	最大 慣性力 (kN)	最大 層せん断力 (kN)
44.3	5621	2.72	Ss-1 (ケース3)	15300	15300
36.7	0	2.01	Ss-2 (ケース3)	0	15300
30.9	1088	1.53	Ss-2 (ケース4)	1670	17000
20.4	0	1.19	Ss-1 (ケース3)	0	17000

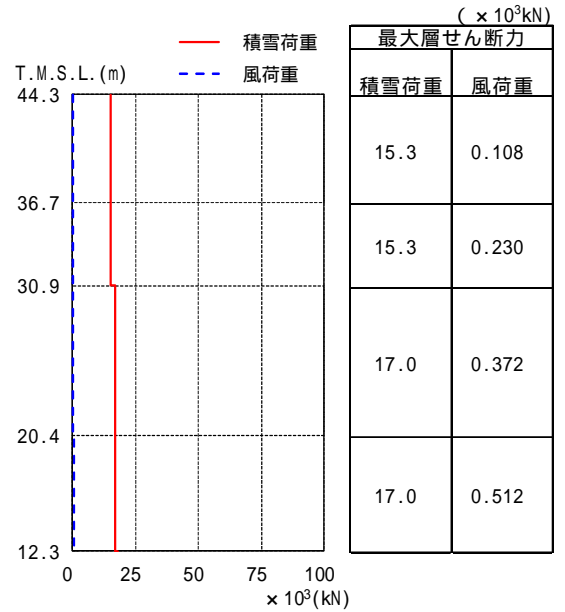
(c) 5号機タービン建屋

T.M.S.L. (m)	積雪荷重 (kN)	最大震度	地震動 (ケース)	最大 慣性力 (kN)	最大層 せん断力 (kN)
45.1	9516	6.45	Ss-1 (ケース5)	61400	61400
41.0	1043	6.62	Ss-1 (ケース5)	6910	68400
31.6	2827	3.64	Ss-2 (ケース4)	10300	78700
22.1	1378	1.62	Ss-1 (ケース4)	2240	80900

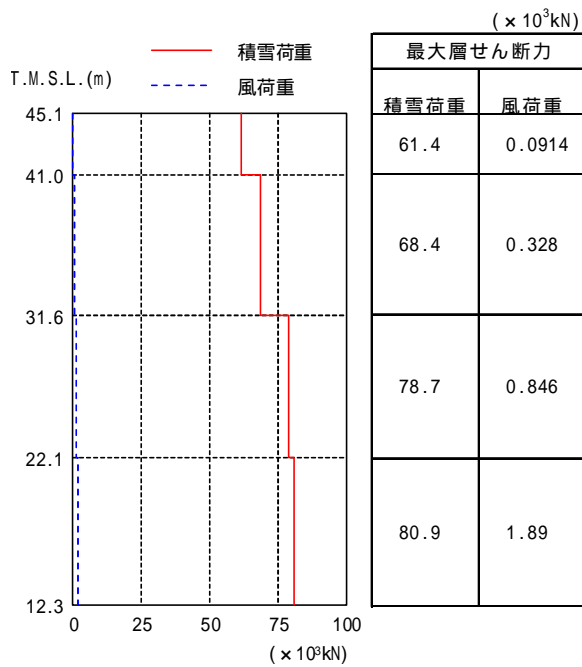
注：最大震度とは最大加速度を重力加速度で除した値を示す



(a) タービン建屋



(b) 廃棄物処理建屋



(c) 5号機タービン建屋

図 2 - 1 風荷重と積雪荷重の比較

注：風荷重はNS方向及びEW方向の包絡値を示す