

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	KK7-036 改2
提出年月日	2020年 5月 26日

地震荷重と風荷重の組合せの影響評価について

東京電力ホールディングス株式会社

地震荷重と風荷重の組合せの影響評価について

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、地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「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事象とし雪を従事象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に期待できる施設等については、 10^{-2} /年規模の積雪荷重の組合せを考慮していない。

これらの施設等に関しては、従事象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。

なお、本評価では、外部事象防護対象施設に加え、外部事象防護対象施設以外の設計基準対象施設及び重大事故等対処設備も必要に応じて同様の評価を実施する。

(1) 組み合わせる風速の条件について

設計基準となる風速は、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、地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「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 2×10^{-2} /年に相当する値となる（別紙-5参照）。また、裕度確認においては、建築基準法及び建設省告示を参考に、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。

(2) 対象となる施設の選定について

対象となる施設等については、外部事象防護対象施設に加え、耐震計算書の屋外対象物を参考に図1のフローにて選定した。選定結果を別紙-3にまとめる。

また、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裕度の確認を行う（表1参照）。

- 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等

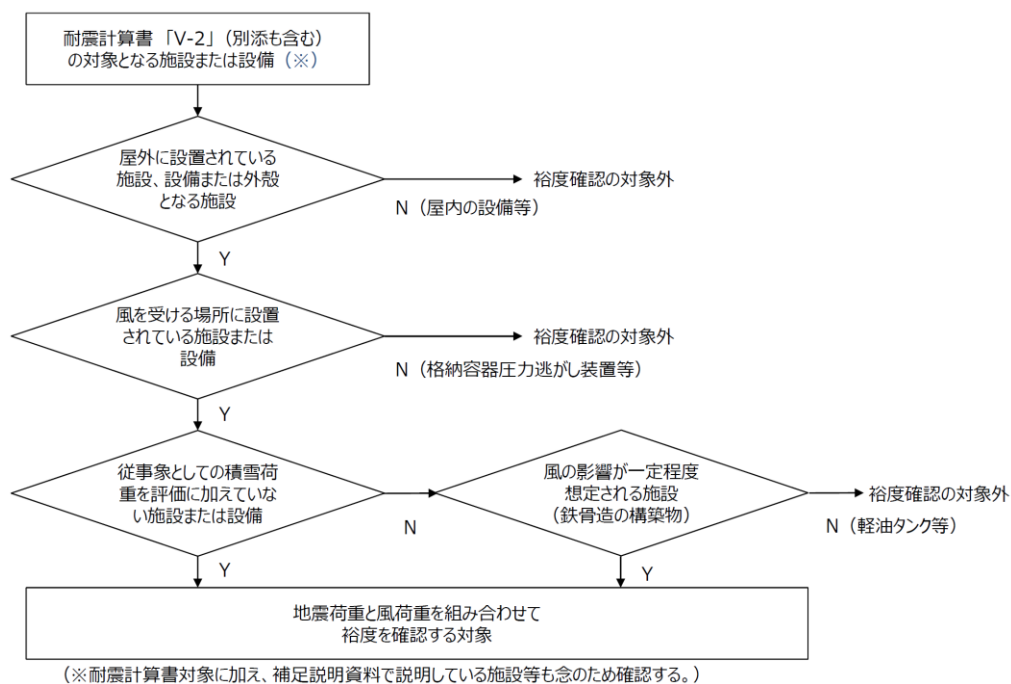


図1 地震荷重と風荷重を組み合わせる対象選定フロー

表1 対象施設等のうち、特に風の影響を受けやすいと推定される施設等一覧

カテゴリー	施設等	観点
外部事象防護対象施設	(該当施設等なし)	—
上記以外の設計基準対象施設	主排気筒 (7号機)	a.
	火災感知器	b.
	衛星無線通信装置用アンテナ	b.
重大事故等対処設備	第一ガスタービン発電機	b.

(3) 確認の方法

以下の方法のうち、適切な手段を選択し確認を行うか、適用できない場合には個別で評価を行うこととする。

方法①：耐震計算書の最小裕度部材について、地震+風荷重の評価を行う。

方法②：「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③：「加振試験 FRS の裕度」と「風荷重 (W)」の比較を行う。

(4) 確認の結果

対象とした施設のうち、主排気筒（7号機）についてはV-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5「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に基づく）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裕度を有することを確認した。

また、表2に示すとおり、機器・配管系の設備の一部も地震荷重に加え16m/sの風荷重を考慮しても、裕度の範囲に含まれることが確認された。

表2 地震荷重と風荷重を組み合わせた際の裕度の確認結果

施設等	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	
火災感知器	①	28 MPa	154 MPa	5.5	35 MPa	154 MPa	4.4	現設計の裕度に包絡されることを確認
衛星無線通信装置用アンテナ	②	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
第一ガスタービン発電機（発電機車）	③	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）	③	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*：設計用FRSに対して加振試験波が含む裕度を示す。

(5) まとめ

地震を主事象とし風を従事象とする組合せは「同時に発生する可能性が極めて低いもの」と整理してきているが、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等について、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確認を行った。対象となり評価を行ったいずれの施設等においても、一定の裕度を有していることが確認された。今後、残りの施設等についても確認を実施する。

なお、地震荷重と組み合わせる風速16m/sは年超過確率で 2×10^{-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、 4×10^{-11} / 年となる。

(6) 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（Ss）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

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

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	4	4	-
1964	5	3.4	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1966	10	3.5	3.5
1966	11	4.2	4.2
1966	12	5.1	5.1
1967	1	6.4	6.4
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	-

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	6	3.2	-
1969	7	3.1	-
1969	8	3.1	-
1969	9	2.9	-
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

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	2	4.8	4.8
1972	3	3.5	3.5
1972	4	3.6	-
1972	5	3.7	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1974	10	3.4	3.4
1974	11	4.9	4.9
1974	12	4.8	4.8
1975	1	4.1	4.1
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	-

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	6	2.7	-
1977	7	2.3	-
1977	8	2.7	-
1977	9	2.4	-
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

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	2	3.8	3.8
1980	3	2.7	2.7
1980	4	2.4	-
1980	5	2.6	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1982	10	3.5	3.5
1982	11	3.9	3.9
1982	12	4.3	4.3
1983	1	4.5	4.5
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	-

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	6	3	-
1985	7	2.8	-
1985	8	3.2	-
1985	9	2.9	-
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

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	2	4.7	4.7
1988	3	3.9	3.9
1988	4	3.7	-
1988	5	3.5	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1990	10	2.8	2.8
1990	11	3.8	3.8
1990	12	4.9	4.9
1991	1	4.7	4.7
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	-

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	6	3.1	-
1993	7	3	-
1993	8	3.1	-
1993	9	3	-
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

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	2	4.3	4.3
1996	3	4.2	4.2
1996	4	3.9	-
1996	5	3.2	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
1998	10	3.4	3.4
1998	11	4	4
1998	12	4.2	4.2
1999	1	4.9	4.9
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	-

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	6	3	-
2001	7	3.2	-
2001	8	3.1	-
2001	9	3.1	-
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

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	2	4.1	4.1
2004	3	3.4	3.4
2004	4	3.7	-
2004	5	3.2	-
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	-

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2006	10	2.6	2.6
2006	11	3	3
2006	12	3.4	3.4
2007	1	3.5	3.5
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	-

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	6	2.7	-
2009	7	2.5	-
2009	8	2.3	-
2009	9	2.8	-
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

年	月	気象庁 風速データ (m/s)	算出に使用 したデータ (m/s)
2010	11	3.3	3.3
2010	12	4.4	4.4
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/単位	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)	296 (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 (2010/8/14)	16.5 (2014/8/21)	16.5 (2013/8/2)	16.0 (2013/8/27)	15.5 (2013/7/14)	15.5 (2011/7/6)	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 (2006/6/28)	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)	2958 (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)	2006 (2000)	2075 (1982)	2086.0 (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 (2018/7/29)	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)	26.6 (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)	0.9 (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 (1986)	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=)

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
V-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
V-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
V-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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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)	①	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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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)	①	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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	②	現設計の裕度に包絡されることを確認
V-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
V-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	①	現設計の裕度に包絡されることを確認

V-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）	（確認中）	
V-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	③	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-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	②	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-2-10-1-4-1	緊急用断路器の耐震性についての計算書	①	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-2-別添 1-2	火災感知器の耐震計算書	①	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-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	③	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-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	③	現設計の裕度に包絡 されることを確認
V-2-2-5	タービン建屋の地震応答計算書	個別評価	（確認中）
V-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	（確認中）
V-2-2-11	廃棄物処理建屋の地震応答計算書	個別評価	（確認中）
V-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	（確認中）
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	（確認中）
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	（確認中）

以上

地震 (Ss) と風 (16m/s) の組合せに関する統計的考察について

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

これらを掛け合わせると, 4×10^{-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」として整理した主事象 (地震 : Ss) と従事象 (風 : 27.9m/s) に関する統計的考察

- ・地震 (Ss) の年超過確率 : 1×10^{-4} / 年
- ・風 (27.9m/s) の年超過確率 : 1×10^{-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 $\div 2 \times 10^{-5}$ 年

これらを掛け合わせると, 2×10^{-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、 2.0×10^{-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)

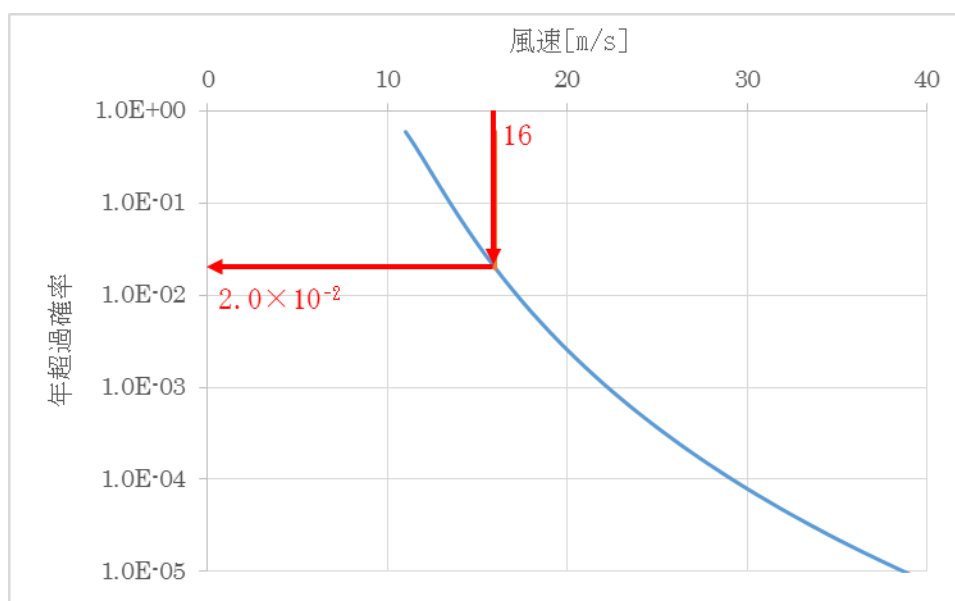


図 1 柏崎市の最大風速ハザード曲線 (一般化極値分布)

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」⁽¹⁾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。

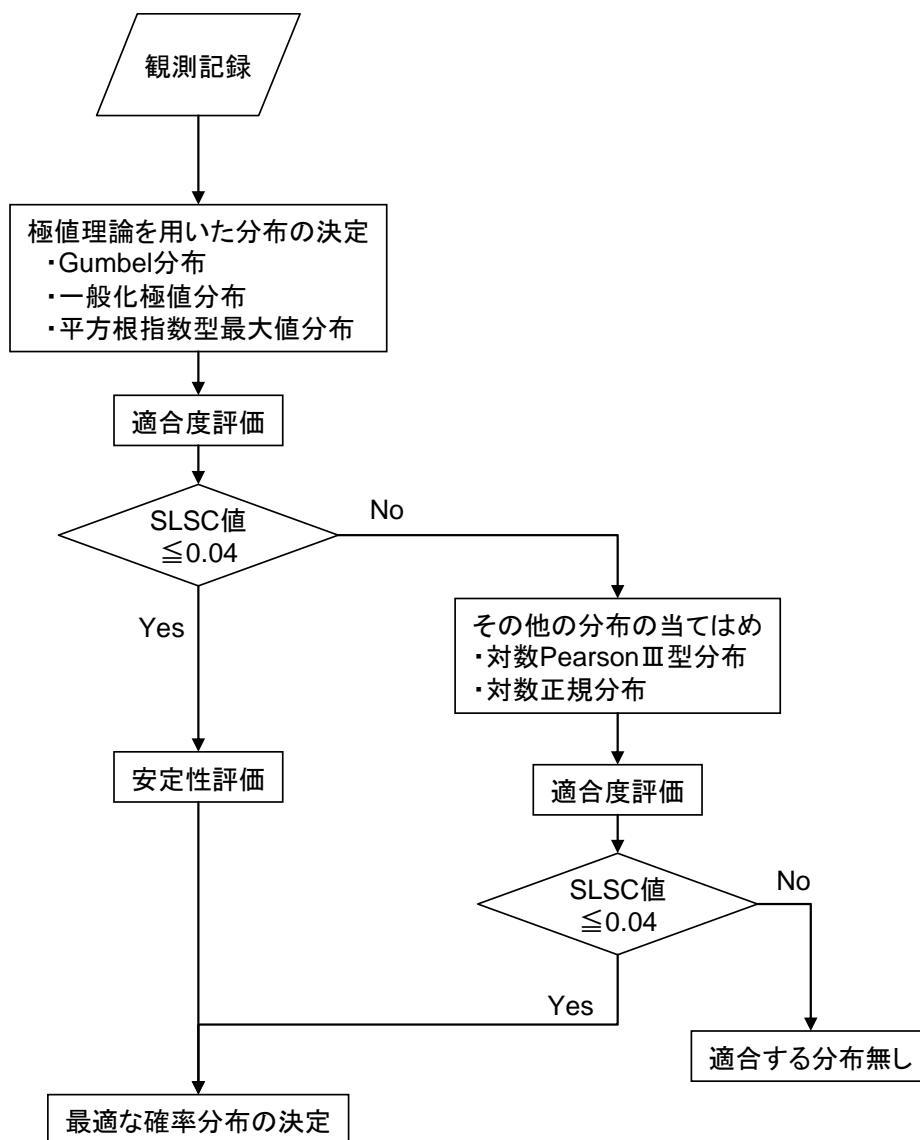


図1 年超過確率評価フロー

(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 PearsonⅢ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。⁽²⁾

L 積率法

第 1 次の L 積率 λ_1 、第 2 次の L 積率 λ_2 、第 3 次の L 積率 λ_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 $d = \frac{2\lambda_2}{\lambda_3 + 3\lambda_2} - \frac{\ln 2}{\ln 3}$ $a = \frac{k\lambda_2}{(1 - 2^{-k}) \cdot \Gamma(1 + k)}$ $c = \lambda_1 - \frac{a}{k} \cdot [1 - \Gamma(1 + k)]$	$x_p = c + \frac{a}{k} \cdot \{1 - [-\ln(p)]^k\}$
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、観測値をプロットイ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。

プロットイ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⁽¹⁾

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。⁽²⁾

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

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 : プロットイ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

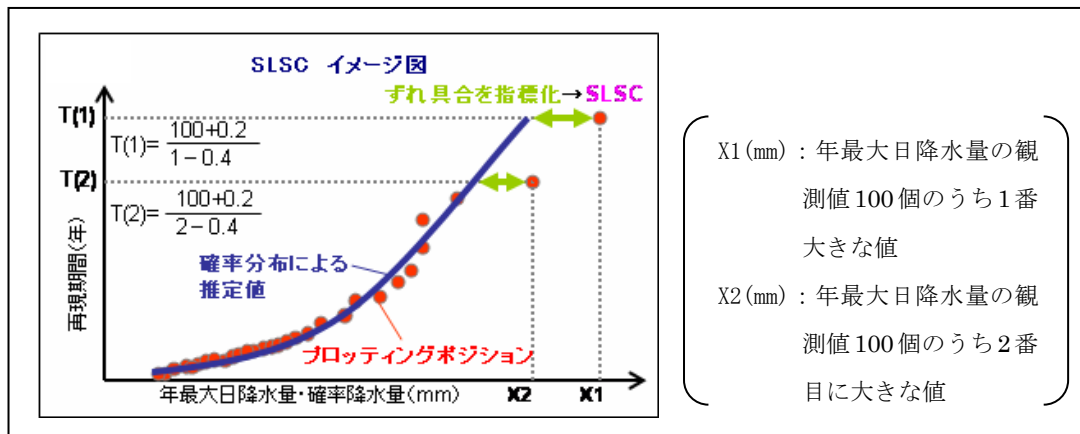


図 2 SLSC のイメージ図 (確率降水量の場合の例) ⁽¹⁾

(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