

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	O2-補-E-01-0130_改0
提出年月日	2020年6月18日

工事計画に係る補足説明資料

補足-130 【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】

2020年6月

東北電力株式会社

補足説明資料

工認添付書類	補足説明資料
VI-1-1-2-1 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	補足-130-1 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

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	O2-補-E-01-0130-1_改0
提出年月日	2020年6月18日

補足-130-1 【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】

目 次

1. 積雪荷重について
2. 航空機落下確率評価について
3. 建築基準法における自然現象の組合せによる荷重の考え方について
4. 降水について
5. 船舶の衝突影響評価について

1. 積雪荷重について

1. 積雪荷重について

1.1 設計に用いる積雪深について

女川原子力発電所の設計には、設置（変更）許可申請に記載のとおり、女川原子力発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887～2017年）及び大船渡特別地域気象観測所での観測記録（1963～2017年）の月最深積雪の最大値である43cm（石巻特別地域気象観測所1923年2月17日）を用いている。

なお、建築基準法に基づき統計的手法により算出された石巻市及び女川町における垂直積雪量は40cmである。

1.2 積雪荷重に係る記載について

設置（変更）許可、工事計画認可申請における、設計に用いる積雪荷重に係る記載を表1-1に示す。

表 1-1 設置（変更）許可，工事計画認可申請における，設計に用いる積雪荷重に係る記載（1/2）

設置（変更）許可 本文	設置（変更）許可 添付八	設置（変更）許可 審査まとめ資料	工事計画認可申請書 基本設計方針（第7条）	工事計画認可申請書 VI-1-1-2-1-1	工事計画認可申請書 強度・耐震計算に おける荷重計算
<p>積雪</p>	<p>安全施設は，設計基準積雪量による荷重及び閉塞に対し，安全施設及び安全施設を内包する建屋の構造健全性の確保若しくは積雪による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせること，その安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887年～2017年）によれば，月最深積雪は43cm（1923年2月17日）である。</p> <p>安全施設は，発電用原子炉施設内において設計基準積雪量（43cm）の積雪が発生した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>その上で，外部事象防護対象施設等は，設計基準積雪量（43cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有することにより安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また，設計基準積雪量（43cm）に対し給排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また，上記以外の安全施設については，積雪に対して機能を維持すること若しくは積雪による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での除雪，修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>なお，建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく宮城県建築基準法施行細則及び石巻市建築基準法施行細則によると，建築物を設計する際に要求される基準積雪量は，石巻市及び女川町においては40cmであり，設計基準積雪量に包絡される。</p> <p>積雪事象は，気象予報により事前に予測が可能であり，進展も緩やかであるため，建屋屋上等の除雪を行うことで積雪荷重の低減及び給排気口の閉塞防止，構内道路の除雪を行うことでプラント運営に支障をきたさない措置が可能である。</p>	<p>建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく宮城県建築基準法施行細則及び石巻市建築基準法施行細則によると，建築物を設計する際に要求される基準積雪量は，石巻市及び女川町においては40cmである。</p> <p>石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887～2017年）及び大船渡特別地域気象観測所での観測記録（1963～2017年）によれば，月最深積雪の最大値は，43cm（石巻特別地域気象観測所1923年2月17日）である。</p> <p>設計基準積雪量は，石巻特別地域気象観測所での観測記録である43cmとする。</p> <p>安全施設は，設計基準積雪量（43cm）の積雪が発生した場合においても，安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>その上で，外部事象防護対象施設等は，設計基準積雪量（43cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有する構造とすることにより安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>また，設計基準積雪量（43cm）に対し給排気口を閉塞させないことにより安全機能を損なわない設計とする。</p> <p>積雪事象は，気象予報により事前に予測が可能であり，進展も緩やかであるため，建屋屋上等の除雪を行うことで積雪荷重の低減及び給排気口の閉塞防止，構内道路の除雪を行うことでプラント運営に支障をきたさない措置が可能である。</p> <p>また，上記以外の安全施設については，積雪に対して機能を維持すること若しくは積雪による損傷を考慮して，代替設備により必要な機能を確保すること，安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，安全機能を損なわない設計とする。</p>	<p>外部事象防護対象施設は，積雪荷重を発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所の観測記録に基づき設定した設計基準積雪量による積雪荷重に対して，外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋の構造健全性を確保することで，外部事象防護対象施設の安全性を損なうおそれがない設計とする。</p>	<p>石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887年～2017年）によれば，月最深積雪は43cm（1923年2月17日）であり，この観測記録を考慮して設定した設計基準積雪量を用いて積雪荷重を設定し，外部事象防護対象施設の安全性を損なうおそれがない設計とする。</p> <p>積雪に対する設計は，同様な堆積荷重の影響を考慮する火山事象に対する設計の中で確認する。</p>	<p>（積雪荷重：－）</p> <p>*火山による荷重の評価に包絡されるため，雪単体での評価は実施していない。</p>

表 1-1 設置（変更）許可，工事計画認可申請における，設計に用いる積雪荷重に係る記載（2/2）

	設置（変更）許可 本文	設置（変更）許可 添付八	設置（変更）許可 審査まとめ資料	工事計画認可申請書 基本設計方針（第7条）	工事計画認可申請書 VI-1-1-2-1-1	工事計画認可申請書 強度・耐震計算に おける荷重計算
火山 ＋ 積雪	(記載なし)	<p>自然現象の組合せについては，発電所敷地で想定される自然現象（地震，津波を除く。）として抽出された 12 事象をもとに，被害が考えられない洪水，地滑り及び津波に包含される高潮を除いた 9 事象に地震及び津波を加えた 11 事象を網羅的に検討する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組み合わせた場合も影響が増長しない（影響が小さくなるものを含む。） ・同時に発生する可能性が極めて低い ・増長する影響について，個々の事象の検討で包絡されている又は個々の事象の設計余裕に包絡されている ・上記以外で影響が増長する <p>以上の観点より，事象が単独で発生した場合の影響と比較して，複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し，その中から荷重の大きさ等の観点で代表性のある，地震，津波，火山の影響，風（台風）及び積雪の組合せの影響に対し，安全施設は安全機能を損なわない設計とする。組み合わせる事象の規模については，設計基準規模事象同士の組合せを想定する。</p>	<p>耐火山設計：降下火砕物堆積荷重^{*1}＋風荷重^{*2}＋積雪荷重^{*3}</p> <p>注記 *1：堆積量 15cm，降下火砕物密度 1.5g/cm³ から算出。</p> <p>*2：建設省告示第 1454 号に定められた基準風速 30m/s から算出。</p> <p>*3：石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887～2017 年）の月最深積雪の最大値 43cm（1923 年 2 月 17 日）。ただし，建築物荷重指針・同解説(2015)に示される荷重の組合せの考え方を適用する。火山の影響による荷重は積雪荷重に対して大きいことから，火山の影響を主事象，積雪を副事象として扱い，副事象として想定する積雪荷重は石巻地域における年最大積雪深の平均値 17cm（観測期間 1962 年～2017 年）を適用。</p>	<p>地震及び津波を含む自然現象の組合せについて，火山については積雪と風（台風），基準地震動 S s については積雪，基準津波については弾性設計用地震動 S d と積雪の荷重を，施設の形状及び配置に応じて考慮する。</p>	<p>発電所が立地する石巻市及び女川町は多雪区域ではないため，本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが，原子力発電施設の重要性を鑑み，荷重の組み合わせの考え方として建築物荷重指針・同解説(2015)に示される荷重の組合せの考え方を考慮する。この考え方は，主たる作用（主事象）の最大値と，従たる作用（副事象）の任意地点の値（平均値）の和として組み合わせを考慮するものであり，火山の影響による荷重は積雪荷重に対して大きいことから，主事象とし，積雪を副事象として扱うことができる。ここで，副事象として想定する積雪荷重は石巻地域における平均的な積雪量を適用できるが，組み合わせる積雪荷重は同地点で観測された年最大積雪深の最大値である 43cm を適用することとする。</p>	積雪荷重：43cm
地震(S s) ＋ 積雪	(記載なし)		<p>耐震設計：</p> <p>基準地震動（S s）による地震力＋風荷重^{*1}</p> <p>基準地震動（S s）による地震力＋積雪荷重^{*2}</p> <p>注記 *1：建設省告示第 1454 号に定められた基準風速 30m/s から算出。</p> <p>*2：石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887～2017 年）の月最深積雪の最大値 43cm（1923 年 2 月 17 日）。ただし，建築基準法施行令を準拠する場合は，係数 0.35 を考慮することが可能。</p>	<p>地震，津波と風（台風）の組合せについても，風荷重の影響が大きいと考えられるような構造や形状の施設については，組合せを考慮する。</p>	<p>発電所が立地する石巻市及び女川町は多雪区域ではないため，本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが，原子力発電施設の重要性を鑑み，積雪荷重は建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せを適用して発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。</p>	積雪荷重：43cm， 係数：0.35
基準津波 ＋ 地震(S d) ＋ 積雪	(記載なし)		<p>耐津波設計：</p> <p>基準津波の波力＋基準津波の波源を震源とする余震による地震力（S d）＋風荷重^{*1}</p> <p>基準津波の波力＋基準津波の波源を震源とする余震による地震力（S d）＋積雪荷重^{*2}</p> <p>注記*1：建設省告示第 1454 号に定められた基準風速 30m/s から算出。</p> <p>*2：石巻特別地域気象観測所での観測記録（1887～2017 年）の月最深積雪の最大値 43cm（1923 年 2 月 17 日）。ただし，建築基準法施行令を準拠する場合は，係数 0.35 を考慮することが可能。</p>		<p>発電所が立地する石巻市及び女川町は多雪区域ではないため，本来建築基準法に積雪荷重と他の荷重の組合せは定められていないが，原子力発電施設の重要性を鑑み，積雪荷重は建築基準法の多雪区域における積雪荷重と地震荷重の組合せと同様に発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮する。</p>	積雪荷重：43cm， 係数：0.35

2. 航空機落下確率評価について

2. 航空機落下確率評価について

2.1 工事計画認可申請時の航空路の確認について

女川原子力発電所第2号機の航空機落下確率評価において考慮すべき航空路については、工事計画認可申請時に、設置変更許可申請書添付書類六に掲載している航空路（添付資料1）から防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを航空路誌（令和2年4月23日改訂版）（添付資料2）にて確認している。

2.2 工事計画認可申請時のその他のデータの確認について

女川原子力発電所第2号機の航空機落下確率評価で使用される、最近の20年間（平成10年～平成29年）の航空機落下事故評価に用いる最新データ^{*1,*2}において、有意な変更がないことを確認している。

以上より、航空機落下確率評価において使用するその他データにおいて、防護設計の要否を判断する基準を超えるような変更がないことを確認している。

注記*1：航空機落下事故に関するデータ（平成10～29年）（令和元年12月 原子力規制庁
長官官房技術基盤グループ）

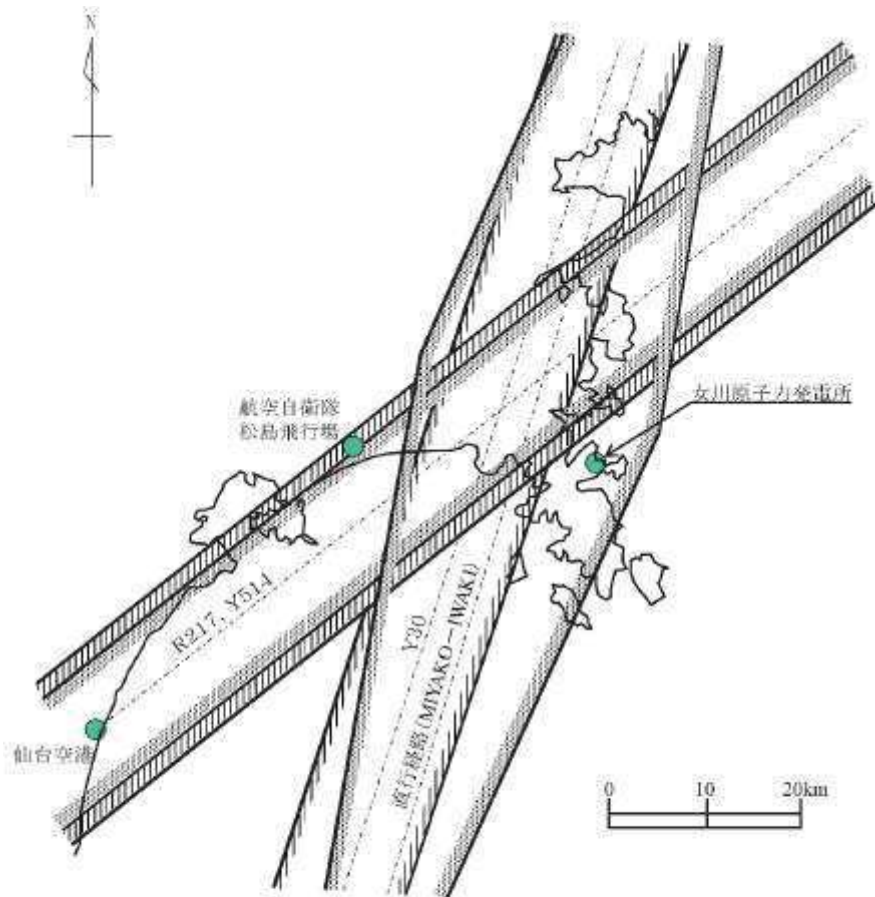
*2：航空輸送統計年報，第1表総括表 輸送実績

2.3 今後の確認について

今後は、外部火災評価のうち航空機墜落による火災影響を定期的に評価する際に、航空路を含めた航空機落下確率評価に用いる最新データの変更状況を確認し、防護設計の要否を判断する基準を超える変更がないことを確認する。

以上

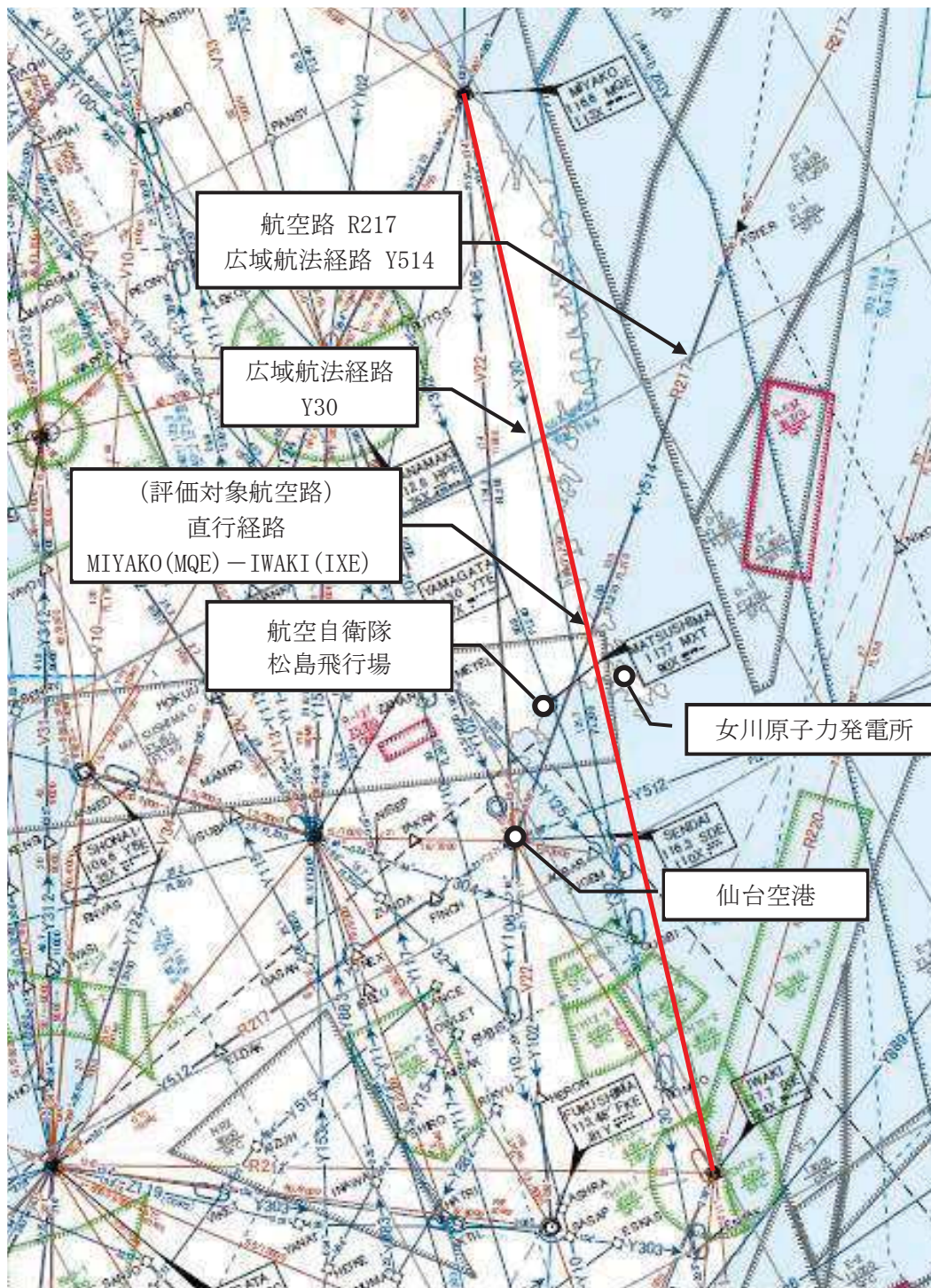
設置変更許可申請時の航空路（設置変更許可申請書 添付資料六より引用）



—凡例—

-  航空路・直行経路
-  広域航法経路
-  航空路等の中心線を示す

工事計画認可申請時の航空路



* 赤実線：女川原子力発電所第2号機の航空機落下確率を算出する上で考慮している航空路
（「航空路誌（令和元年4月23日改訂版）」より抜粋）

【設置変更許可申請まとめ資料「6条（外部からの衝撃による損傷の防止）」より概ね抜粋】

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に基づく評価結果について

女川原子力発電所第2号機の原子炉施設への航空機落下確率は、以下に示すとおり 10^{-7} (回/炉・年) を超えていないため、「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について」に定められた判断基準を満足する。

表1 航空機落下確率

発電所名称	号機	落下確率 (回/炉・年)
女川原子力発電所	第2号機	約 5.0×10^{-8}

評価対象事故及び評価に用いた数値について

1. 評価対象事故

表 1 評価対象事故

発電所名称 及び号機	1) 計器飛行方式民間航空機 の落下事故		2) 有視界飛行 方式民間 航空機の 落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の 落下事故	
	①飛行場での 離着陸時に おける落下 事故	②航空路を 巡航中の 落下事故		①訓練空域内を訓 練中及び訓練空 域外を飛行中の 落下事故	②基地－訓 練空域間 往復時の 落下事故
女川原子力 発電所 第 2 号機	×*1	○	○	○*2 〔訓練空域外を飛行 中の落下事故〕	○*3

○：評価対象，×：評価対象外

注記*1：女川原子力発電所は，仙台空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外。

(添付 1)

*2：女川原子力発電所の上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域がないため，訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。(添付 1)

*3：女川原子力発電所の近傍に，基地－訓練空域間の移動経路が存在することから評価対象とする。(添付 1)

2. 評価に用いた数値

(1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故（航空路を巡航中の落下事故）

$$P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$$

P_c : 対象施設への巡航中の航空機落下確率（回/年）

N_c : 評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回/年）

A : 原子炉施設の標的面積（ km^2 ）

W : 航空路幅（ km ）

$f_c = G_c / H_c$: 単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回/（飛行回・ km ））

G_c : 巡航中事故件数（回）

H_c : 延べ飛行距離（飛行回・ km ）

表 2 計器飛行方式民間航空機の落下事故確率

発電所名称 及び号機	女川原子力発電所第2号機
パラメータ	
対象航空路*1	直行経路 MIYAKO (MQE) – IWAKI (IXE)
N_c *2	182.5 (H24年データ)
A *3	0.01
W *4	27
f_c *5	$0.5 / 9,439,243,077 = 5.30 \times 10^{-11}$
P_c	3.58×10^{-12}

注記*1：女川原子力発電所周辺の航空路図（AIP エンルートチャート）による。（添付 2）

*2：国土交通省航空局への問い合わせ結果を 365 倍した値。（添付 3）

*3：原子炉建屋，制御建屋等の水平面積の合計値は 0.01km^2 以下であるため標的面積は 0.01km^2 とする。（添付 4）

*4：「航空路等設定基準」による。

*5：事故件数は，平成 3 年～平成 22 年の間で 0 件であるため，保守的に 0.5 件と仮定した。

延べ飛行距離は，平成 4 年～平成 23 年の「航空輸送統計年報，第 1 表 総括表，1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値（添付 5）

(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

P_v : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_v : 単位年当たりの落下事故率 (回/年)

S_v : 全国土面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

α : 対象航空機の種類による係数

表 3 有視界飛行方式民間航空機の落下事故確率

発電所名称 及び号機	女川原子力発電所第2号機
パラメータ	
f_v^{*1}	大型固定翼機 0.5/20=0.025 小型固定翼機 35/20=1.75 大型回転翼機 2/20=0.1 小型回転翼機 30/20=1.5
S_v^{*1}	372,000
A^{*2}	0.01
α^{*3}	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1 小型固定翼機, 小型回転翼機 : 0.1
P_v	1.21×10^{-8}

注記*1 : 「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)による。事故件数が 0 件の場合、保守的に 0.5 件と仮定した。

*2 : 原子炉建屋, 制御建屋等の水平面積の合計値は 0.01km² 以下であるため標的面積は 0.01km² とする。(添付 4)

*3 : 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について (内規)」による。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故

①訓練空域外を飛行中の落下事故

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o} \right) \cdot A$$

P_{so} : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率 (回/年)

f_{so} : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率 (回/年)

S_o : 全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積 (km²)

A : 原子炉施設の標的面積 (km²)

表 4 自衛隊機又は米軍機の落下事故確率 (訓練空域外を飛行中の場合)

発電所名称 及び号機	女川原子力発電所第2号機
パラメータ	
f_{so}^{*1}	自衛隊機 8/20=0.4 米軍機 5/20=0.25
S_o^{*1}	自衛隊機 295,000 米軍機 372,000
A^{*2}	0.01
P_{so}	2.03×10^{-8}

注記*1: 「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」(平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)による。

*2: 原子炉建屋, 制御建屋等の水平面積の合計値は 0.01km² 以下であるため標的面積は 0.01km² とする。(添付 4)

②基地－訓練空域間往復時の落下事故

(a) 移動経路近傍に原子炉施設が存在する場合

$$P_{tr} = f_{tr} \cdot N_{tr} \cdot A \cdot F(x)_{tr}$$

- P_{tr} : 対象施設への航空機落下確率 (回/年)
 f_{tr} : 当該移動経路を巡航中の落下事故率 (回/ (飛行回・km))
 N_{tr} : 当該移動経路の年間飛行数 (飛行回/年)
 A : 原子炉施設の標的面積 (km²)
 $F(x)_{tr}$: 事故点分布関数 (km⁻¹) = $\frac{0.625}{2} \exp(-0.625|x|)$
 x : 移動経路から発電所までの距離 (km)

表5 自衛隊機又は米軍機の落下事故確率
(移動経路近傍に原子炉施設が存在する場合)

パラメータ		発電所名称 及び号機	女川原子力発電所第2号機
対象飛行場		航空自衛隊松島飛行場	
f_{tr}^{*1}		1.57×10^{-7}	
N_{tr}^{*2}	N_{tr} 北側	8,400	
	N_{tr} 南側	8,400	
A^{*3}		0.01	
$F(x)_{tr}^{*4}$	$F(x)_{tr}$ 北側	$F(9.5)_{tr} = 8.25 \times 10^{-4}$	
	$F(x)_{tr}$ 南側	$F(10.5)_{tr} = 4.41 \times 10^{-4}$	
P_{tr}	P_{tr} 北側	1.09×10^{-8}	
	P_{tr} 南側	5.82×10^{-9}	
	合計	1.67×10^{-8}	

注記*1：事故件数は、平成12年3月22日及び同年7月4日の2件3機

移動経路は、防衛庁(当時)発表(平成12年8月10日)の再発防止対策に基づき、発電所に対して北側移動経路(157.0km)及び南側移動経路(70.2km)とする。飛行頻度は、北側と南側で同頻度とする。(添付1)

訓練頻度は、航空自衛隊松島基地によれば、700機/月

*2：*1より、 $700 \times 2(\text{往復}) \times 12(\text{ヶ月}) \div 2(\text{経路}) = 8,400$

*3：原子炉建屋、制御建屋等の水平面積の合計値は0.01km²以下であるため標的面積は0.01km²とする。(添付4)

*4：北側及び南側移動経路から発電所までの最短距離とする。

3. 落下確率値の合計値

(1) 女川原子力発電所

表 6 落下確率値の合計

単位：回/炉・年

号機	1) 計器飛行方式民間航空機の落下事故		2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故		合計
	①飛行場での離着陸時における落下事故	②航空路を巡航中の落下事故		①訓練空域内を訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	②基地－訓練空域間往復時の落下事故	
第2号機	—	3.58×10^{-12}	1.21×10^{-8}	2.03×10^{-8}	1.67×10^{-8}	約 5.0×10^{-8}

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における
航空機落下確率の評価について

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における航空機落下確率の評価の必要性について検討した。

女川原子力発電所付近に位置する仙台空港と発電所との距離は、仙台空港における最大離着陸距離よりも大きいことから、当該飛行場での離着陸時における航空機落下確率の評価は不要であることを確認した。

表 1 飛行場での離着陸時における航空機落下確率評価の要否判定結果

空港名	発電所との距離*1	最大離着陸距離*2	判定
仙台空港	約 58km	約 28km	×

○：評価対象 ×：評価対象外

注記*1：発電所と仙台空港の緯度，経度より計測した。

*2：AIP を参照した。(図 1)

仙台空港の最大離着陸地点までの距離
 (仙台空港～女川原子力発電所の距離：約 58km)

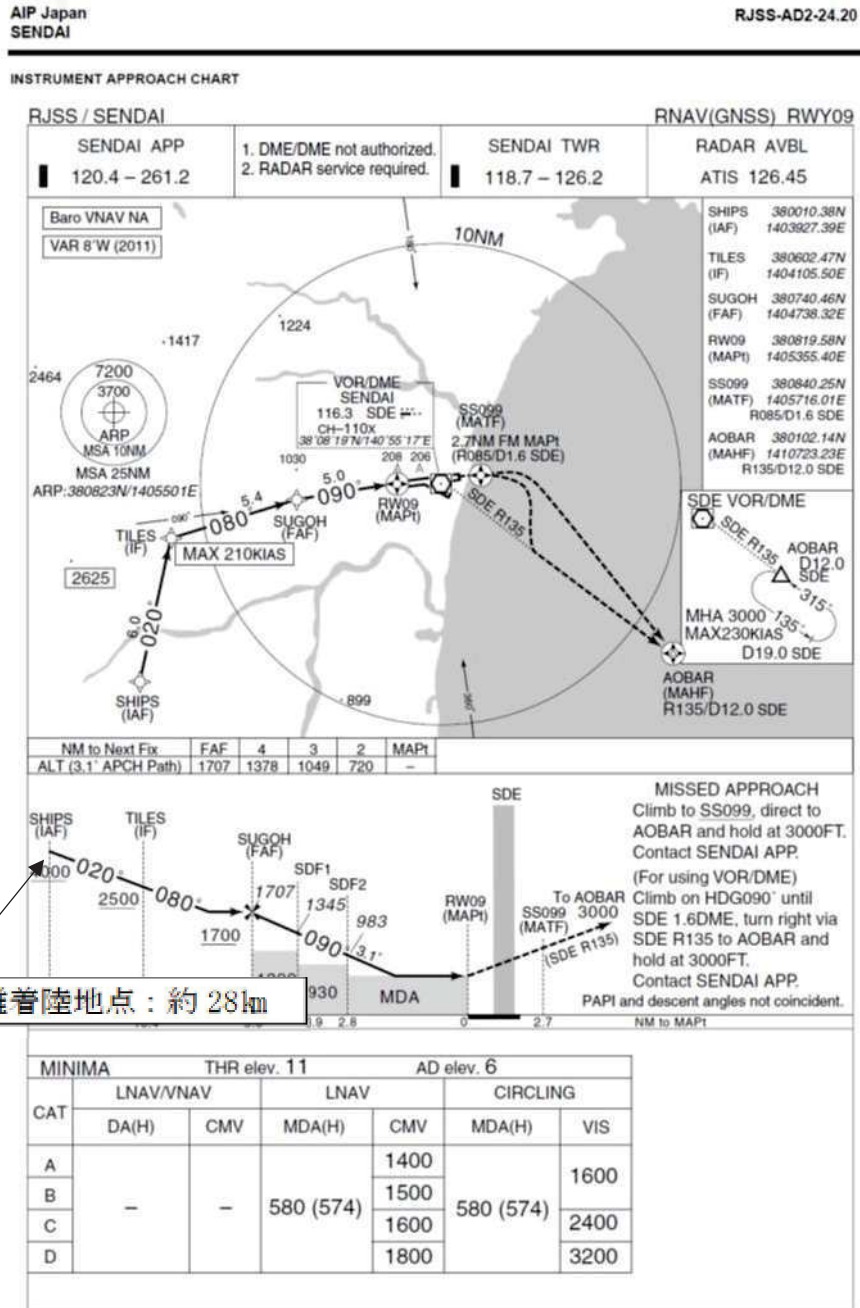


図1 仙台空港の最大離着陸地点
 (出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)

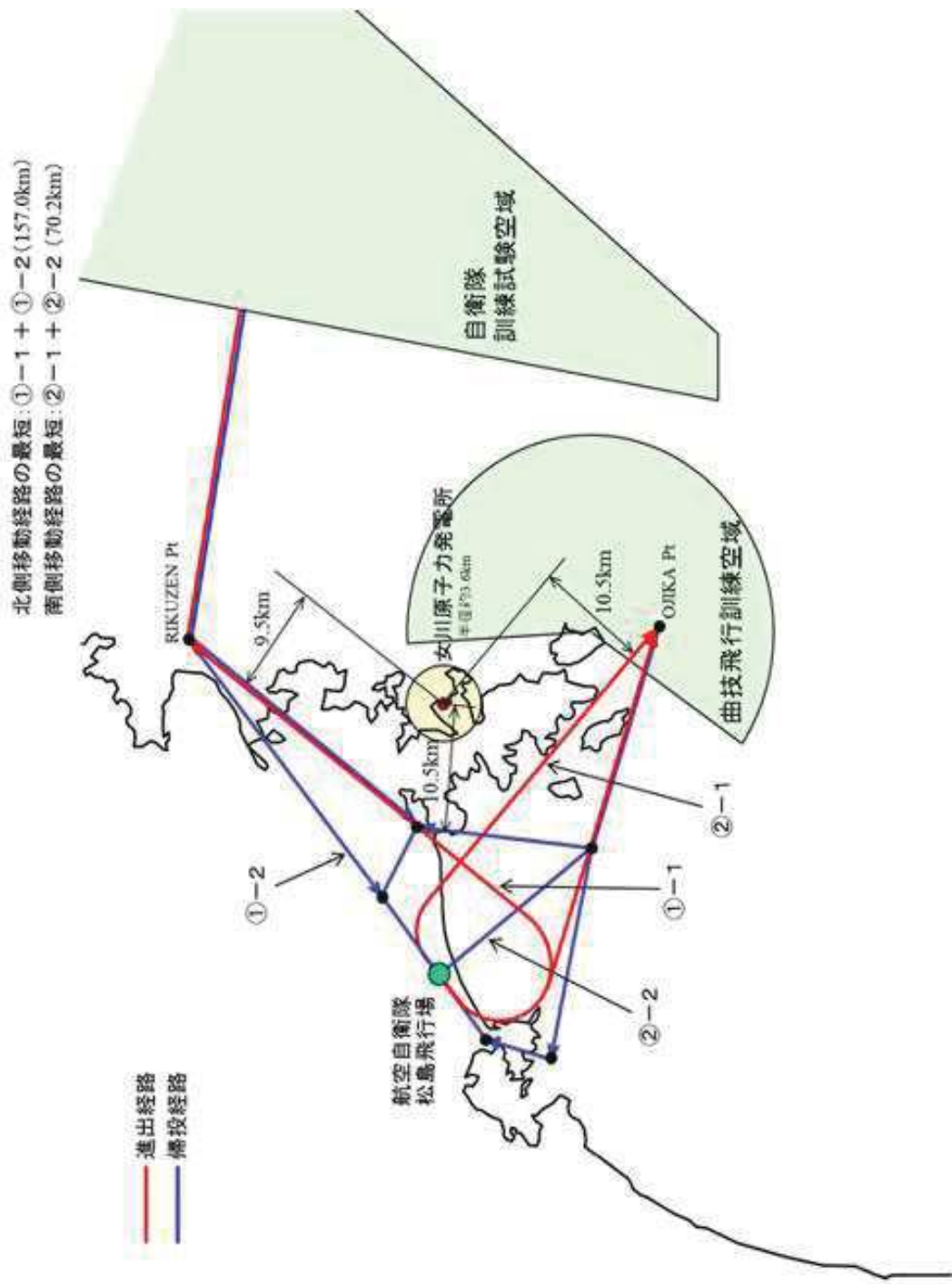


図2 航空自衛隊松島基地の移動経路

女川原子力発電所周辺の航空路と各航空路の幅について

表 1 対象航空路の選定結果

周辺の航空路の名称	航空路の中心線と 発電所間の最小距離*1	片側の航空路幅*2	選定 結果
航空路 R217 (ASTER-SENDAI)	約 11.3km	7km	×
広域航法経路 Y514 (ASTER-SENDAI)	約 11.3km	9.26km (5nm)	×
直行経路 (MIYAKO (MQE)-IWAKI (IXE))	約 7.0km	約 13.5km	○
広域航法経路 Y30 (MIYAKO-JUGEM)	約 12.5km	9.26km (5nm)	×

○：評価対象 ×：評価対象外

注記*1：施設と航空路の緯度，経度より計測した。

*2：航空路 R217 については，「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。

直行経路については，「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については，航法精度を航空路幅とみなして用いた。(1nm=1.852km として換算した。)

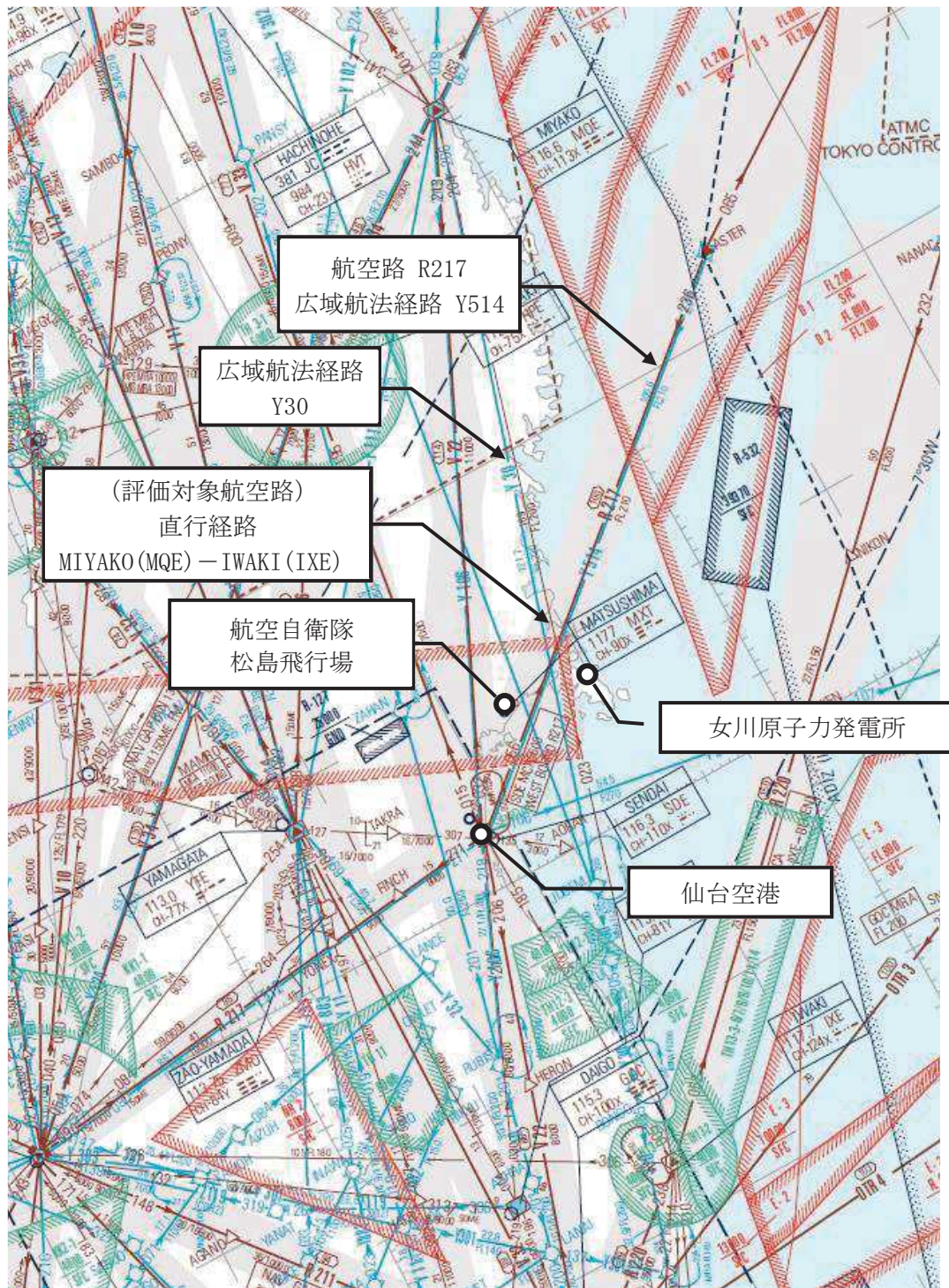


図1 女川原子力発電所周辺の航空図
(出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)

評価対象となる航空路の飛行回数

1. 女川原子力発電所

女川原子力発電所第2号機計器飛行方式民間航空機の落下事故確率算出における、評価対象となる航空路の飛行回数算出結果を表1に示す。

表1 評価対象となる航空機の飛行回数算出結果

(飛行回数)

札幌交通管制部ピークデイ	直行経路 (MIYAKO(MQE)－IWAKI(IXE))
平成24年上半期 (H24.6.18)	0*1
平成24年下半期 (H24.8.7)	0*1
評価に用いる数値	0.5×365日＝182.5便/年間

(交通量が0便のため、保守的に0.5便を仮定)

注記*1：国土交通省航空局に問い合わせ入手したデータ。ここでピークデイとは、札幌交通管制部が全体として取り扱った交通量が年間で最も多かった日のことであり、当該経路における交通量が年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

表 1 航空機落下確率評価に係る標的面積

発電所	号機	原子炉建屋*1	制御建屋	海水ポンプ室	合計
女川	第 2 号機	0.00647	0.00164	0.000370	0.00848

工事計画認可申請書記載の建屋寸法から面積を算出した。

注記*1：使用済燃料プール及び主要な安全系機器は原子炉建屋に含む。

なお、その他の評価対象設備が配置してある建屋は以下のとおり。

発電所	号機	中央制御室	非常用海水ポンプ	非常用ディーゼル発電機
女川	第 2 号機	制御建屋	海水ポンプ室	原子炉建屋

延べ飛行距離について

延べ飛行距離は、平成 4 年～平成 23 年の「航空輸送統計年報，第 1 表 総括表，1. 輸送実績」における運航キロメートルの国内便のみの合計値とした。

なお，国際便についても運航距離が記載されているが，日本国内での運航距離ではないため考慮しない。また，日本に乗り入れている外国機は運航距離の実績の公開記録がないため考慮していない。ただし，国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし，事故率が保守的となるようにしている。

表 1 延べ飛行距離

	日本国機の運航距離（飛行回・km）
平成 4 年	307,445,013
平成 5 年	326,899,203
平成 6 年	343,785,576
平成 7 年	380,948,123
平成 8 年	397,146,610
平成 9 年	420,920,228
平成 10 年	449,784,623
平成 11 年	459,973,069
平成 12 年	480,718,878
平成 13 年	489,803,107
平成 14 年	498,685,881
平成 15 年	519,701,117
平成 16 年	517,485,172
平成 17 年	527,370,038
平成 18 年	555,543,154
平成 19 年	559,797,874
平成 20 年	554,681,669
平成 21 年	544,824,157
平成 22 年	548,585,258
平成 23 年	555,144,327
合計	9,439,243,077

3. 建築基準法における自然現象の組合せによる荷重の考え方について

3. 建築基準法における自然現象の組合せによる荷重の考え方について

建築基準法施行令における荷重の考え方を表 3-1 に示す。

組合せは、一般には短期においてのみであり、固定荷重と積載荷重を組み合わせる自然現象による荷重は、「積雪」、「風」、「地震」である。また、それらを組み合わせることはない。

表 3-1 建築基準法施行令からの抜粋

力の種類	荷重及び外力について想定する状態	一般の場合	第八十六条第二項ただし書の規定により特定行政庁が指定する多雪区域における場合
長期に生ずる力	常時	G + P	G + P
	積雪時		G + P + 0.7 S
短期に生ずる力	積雪時	G + P + S	G + P + S
	暴風時	G + P + W	G + P + 0.35 S + W
	地震時	G + P + K	G + P + 0.35 S + K

G：第八十四条に規定する固定荷重によって生ずる力

P：第八十五条に規定する積載荷重によって生ずる力

S：第八十六条に規定する積雪荷重によって生ずる力

W：第八十七条に規定する風圧力によって生ずる力

K：第八十八条に規定する地震力によって生ずる力

また、女川原子力発電所が立地する石巻市及び女川町は該当しないが、建築基準法では、その地方における垂直積雪量が 1m を超える場合又は 1 年毎の積雪の継続期間が 30 日を超える場合は、管轄の特定行政庁が規則でその地方を多雪区域に指定するとともに、その地方における積雪荷重を規定している。一方、多雪区域指定のない地域においては、暴風時及び地震時の積雪荷重に関する組合せを考慮する必要はないとされている。

構築物の構造計算にあたって考慮すべき積雪荷重として、多雪区域では次の 4 つの状態が設定されている。*

① 稀に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は短期積雪荷重と呼ばれており、冬季の最大積雪としておおむね 3 日間程度の継続時間を想定した 50 年再現期待値として設定される数値である。

② 長期に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は長期積雪荷重と呼ばれており、おおむね 3 ヶ月程度の継続時間を想定したものである。この荷重は多雪区域における構築物の構造計算を行うときのみに用いられる荷重であり、その値は短期積雪荷重の 0.7 倍の数値である。

③ 冬季の平均的な積雪状態

この状態は、多雪区域において積雪時に強い季節風等の暴風又は地震に襲われたときに想定するものである。この場合の荷重・外力を「主の荷重」と「従の荷重」に区分すると、風

圧力又は地震力を主の荷重，積雪荷重を従の荷重とみなすことができる。従の荷重として想定する積雪は，その地方における冬季の平均的な積雪で，その値は，①の短期積雪荷重の 0.35 倍である。

④ 極めて稀に発生する積雪状態

この状態に対する積雪荷重は，建築物が想定すべき最大級の荷重として，①の短期積雪荷重の 1.4 倍の数値である。これは，500 年再現期待値として設定される数値である。

注記＊：「2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書」平成 27 年 6 月

<参考>建築基準法における垂直積雪荷重及び基準風速について

1. 垂直積雪量

建築基準法における積雪荷重は、建築基準法施行令第八十六条により、国土交通大臣が定める基準（建設省告示第1455号）に基づいて特定行政庁が規則で定める垂直積雪量を積雪の単位荷重に乗じて計算することとされている。

宮城県建築基準法施行細則及び石巻市建築基準法施行細則より、女川原子力発電所が立地する石巻市及び女川町の垂直積雪量は40cmである。

(建築基準法施行令から抜粋)

(積雪荷重)	
第八十六条 積雪荷重は、積雪の単位荷重に屋根の水平投影面積及びその地方における垂直積雪量に乗じて計算しなければならない。	
2	前項に規定する積雪の単位荷重は、積雪量一センチメートルごとに一平方メートルにつき二十ニュートン以上としなければならない。ただし、特定行政庁は、規則で、国土交通大臣が定める基準に基づいて多雪区域を指定し、その区域につきこれと異なる定めをすることができる。
3	第一項に規定する垂直積雪量は、国土交通大臣が定める基準に基づいて特定行政庁が規則で定める数値としなければならない。

(宮城県建築基準法施行細則から抜粋)

(積雪荷重)		
第十二条		
3 政令第八十六条第三項の規定により特定行政庁が定める垂直積雪量は、別表第二(い)欄に掲げる区域の区分に応じ、それぞれ同表(ろ)欄に掲げる垂直積雪量とする。		
(昭五三規則一一・昭五七規則二七・昭六二規則五五・昭六二規則五七・昭六三規則六・平一三規則一六・平一七規則一二〇・平二八規則八三・一部改正)		
別表第二(第十二条関係)		
(平一七規則一二〇・全改、平一七規則一三七・平一七規則一九五・平一八規則五一・平二〇規則六五・平二一規則七三・平二八規則一一二・一部改正)		
	(い)	(ろ)
	区域	垂直積雪量 (単位 メートル)
(一)	気仙沼市 名取市 角田市 多賀城市 岩沼市 東松島市 富谷市 大河原町 柴田町 亘理町 山元町 松島町 七ヶ浜町 利府町 大郷町 涌谷町 美里町 女川町 南三陸町	〇・四〇

(二)	登米市 村田町	〇・四〇から〇・七五までの範囲において特定行政庁が定める数値
(三)	白石市 栗原市 蔵王町 七ヶ宿町 川崎町 丸森町 大和町 大衡村 加美町 色麻町	〇・四〇から六・〇〇までの範囲において特定行政庁が定める数値

(石巻市建築基準法施行細則から抜粋)

(積雪荷重)
第9条 政令第86条第3項の規定により市長が定める垂直積雪量は、0.4メートルとする。

2. 基準風速

建築基準法における風圧力（単位面積あたりの風荷重）は、建築基準法施行令第八十七条により、その地方における過去の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて定められる基準風速 V_0 の二乗に比例する風力係数を乗じて計算することとされている。

建設省告示第1454号より、女川原子力発電所が立地する石巻市及び女川町の基準風速は30m/sである。

(建築基準法施行令から抜粋)

(風圧力)
第八十七条 風圧力は、速度圧に風力係数を乗じて計算しなければならない。
2 前項の速度圧は、次の式によつて計算しなければならない。
$q = 0.6 E \cdot V_0^2$
この式において、 q 、 E 及び V_0 はそれぞれ次の数値を表すものとする。
q 速度圧（単位 一平方メートルにつきニュートン）
E 当該建築物の屋根の高さ及び周辺の地域に存する建築物その他の工作物、樹木その他の風速に影響を与えるものの状況に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値
V_0 その地方における過去の台風の記録に基づく風害の程度その他の風の性状に応じて三十メートル毎秒から四十六メートル毎秒までの範囲内において国土交通大臣が定める風速（単位 メートル毎秒）

(平成12年5月31日建設省告示第1454号から抜粋)

第2 令第87条第2項に規定する V_0 は、地方の区分に応じて次の表に掲げる数値とする。	
(1) (2)から(9)までに掲げる地方以外の地方	30
(2)～(9)：宮城県内該当なし	

4. 降水について

4. 降水について

4.1 設計基準降水量の設定

設計基準降水量は、以下の(1)及び(2)を参照し設定する。

(1) 規格・基準類

降水に対する排水施設の規格・基準は、森林法に基づく林地開発許可に関する審査基準等を示した宮城県の手引き⁽¹⁾であり、排水施設の設計雨量強度として、雨水の10年確率で想定される到達時間内の雨量強度を用いることとしている。同手引きでは、降雨継続時間毎の宮城県内の10年確率雨量強度表が示されており、流域面積の規模で区分した単位時間が採用される。同手引きによる発電所敷地における対象区域の確率雨量強度は「気仙沼(三陸)」に分類され、流末部における流域面積が50ha～100haであることから、単位時間20分時の88.11mm/hが採用される。

(2) 観測記録

気象庁の気象統計情報における降水量の観測記録⁽²⁾によれば、女川原子力発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所及び大船渡特別地域気象観測所における地域気象観測システム(アメダス)の最大1時間降水量の観測記録史上1位は91.0mm/h(石巻特別地域気象観測所 2014年9月11日)である。

以上より、設計基準降水量は最大1時間降水量の91.0mm/hと定める。

4.2 外部事象防護対象施設等の健全性評価

外部事象防護対象施設等が、降水によって安全機能を損なうことのない設計であることを評価・確認するため、設計基準降水量(91.0mm/h)による浸水及び荷重が安全施設に作用した場合の影響について評価し、安全機能が維持されることを確認した。

本評価における基本的な考え方は、以下のとおり。

外部事象防護対象施設等について、以下の①又は②に分類の上評価し、安全機能が維持できることを確認した。

① 建屋外に設置されている施設は、当該の施設に設計基準降水量(91.0mm/h)の降水に対する浸水及び荷重が作用した場合においても、排水口及び構内排水路による海域への排水によって、安全機能を損なわないことを確認した。(参考資料1参照)

② 頑健性のある建屋内に設置されている施設は、設計基準降水量(91.0mm/h)の降水による浸水に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建屋止水処置等によって影響がないことを確認した。

なお、頑健性のある建屋(原子炉建屋等)は、雨水の侵入防止措置として1階床の基準高さを、雨水による外部からの水の浸入防止を考慮し、地表面の基準高さに対して20cm

高く設定している。また、地表面からの 20cm の高さ及び地表面以下の範囲に存在する建屋の貫通部については、全てシール材や閉止処置を施工している。

上記以外の安全施設については、降水に対して機能を維持すること若しくは降水による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

4.3 参考文献

- (1) 森林法に基づく林地開発許可申請の手引き（平成 26 年 2 月宮城県）
： <http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/sizenhogo/rinchikaihatsutebiki.html>
- (2) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- (3) 気象庁年報（地上気象観測原簿データ）

降水による浸水の影響評価

1. 概要

屋外の外部事象防護対象施設等の設置場所は、設計基準降水量（91.0mm/h）の降水による浸水（敷地内滞留水）に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水により、安全機能を損なうことのない設計とする。

外部事象防護対象施設等は、設計基準降水量（91.0mm/h）の降水による荷重に対し、排水口及び構内排水路による海域への排水、浸水防止のための建屋止水処置等により影響を受けない設計とし、安全機能を損なうことのない設計とする。

また、その他の安全施設は、降水に対して機能を維持すること若しくは降水による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

2. 降水による敷地内滞留水の影響評価

2.1 浸水量評価

設計基準降水量（91.0mm/h）における敷地内の浸水量は以下の条件のもと評価した。

<評価条件>

降雨強度：

91.0mm/h（石巻特別地域気象観測所において平成26年9月11日に観測された日最大1時間降水量の既往最大値）

雨水流入量：

「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」（平成26年2月宮城県）に基づく合理式より算出

排水可能流量：

「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」（平成26年2月宮城県）に基づき、マンシング式より算出

2.2 浸水量評価の結果

(1) 雨水流入量

女川原子力発電所周辺の雨水は、図1のように敷地内に配置された北側及び南側の各幹線排水路に集水され、海域に排水される。

評価にあたっては、防潮堤横断部における各幹線排水路の集水面積を算定した上で、設計基準降水量（91.0mm/h）降水時の雨水流入量を算出する。

その際、「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」（平成26年2月宮城県）に基づき以下の合理式を用い、流出係数については、林地：0.5、その他個所（裸地）：0.9とする。

$$Q = 1/360 \cdot f \cdot r \cdot A$$

Q : 雨水流入量 (m³/s)

f : 流出係数

r : 降雨強度 (mm/h)

A : 集水面積 (ha)

(2) 排水可能流量

各幹線排水路の排水可能流量は、「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」に基づく平成 30 年 2 月の林地開発許可における値とする。具体的には、表 1 の水路断面における排水可能量を Manning 式により算定した。

表 1 幹線排水路の仕様

	仕 様	断面積 [m ²]	径深 [m]	粗度係数	勾配 [%]	流速 [m/s]
北側幹線 排水路	ボックス カルバート B3500, H2500	7.000	0.933	0.023	3.100	7.309
南側幹線 排水路	ダブルプレスト管 φ 1000×3	0.745	0.298	0.010	2.650	7.263

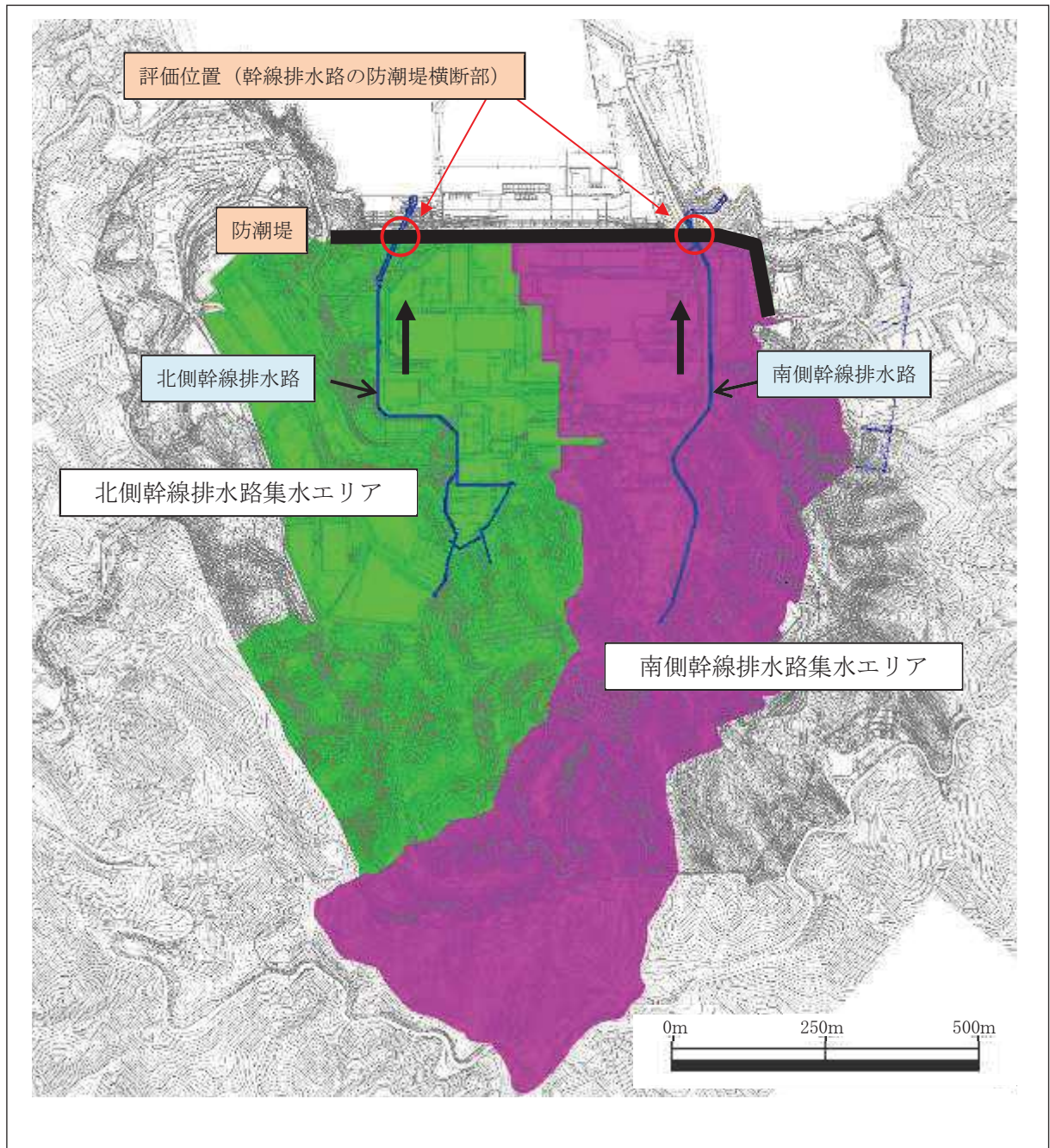


図1 幹線排水路の配置概要図

(3) 評価結果

北側及び南側の各幹線排水路における雨水流入量と排水可能流量の比較結果を表2に示す。

各幹線排水路ともに防潮堤横断部における排水可能流量は、設計基準降水量（91.0mm/h）降水時の雨水流入量を上回り、余裕をもって雨水排水が可能であると評価される。

表2 91.0mm/h 降水時の雨水流入量と排水可能量との比較

排水路名	集水面積* [ha]	91.0mm/h 降水時 の雨水流入量 [m ³ /s] a	排水可能流量* [m ³ /s] b	雨水流入量に対する 排水可能流量の比 b/a
北側幹線 排水路	林地：11.47 裸地：35.14	9.4	51.16	5.4 (排水可能)
南側幹線 排水路	林地：28.25 裸地：25.98	9.5	16.23	1.7 (排水可能)

注記*：林地開発許可申請書記載値（平成30年2月許可）

3. 降水による荷重の影響について

設計基準降水量（91.0mm/h）による荷重の影響として、原子炉建屋等は、多量の降水に対しても雨水排水口を介して排水する設計としていることから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。また、原子炉補機冷却海水ポンプ等の屋外施設については、降水が滞留する構造ではないことから、滞留水による荷重の影響が及ぶことはない。

以上から、屋外の外部事象防護対象施設等の安全機能が降水による荷重によって損なわれることはない。

5. 船舶の衝突影響評価について

5. 船舶の衝突影響評価について

5.1 敷地前面の航路について

発電所周辺の海上交通としては、発電所の北西約7kmに女川港があり、発電所沖合約2kmに女川～金華山、女川～江ノ島の定期航路がある。また、発電所沖合約12kmでは仙台～苫小牧間のフェリーが運航されているが、航路は発電所から十分な離隔距離が確保されている。最も近い航路として、女川～金華山、女川～江ノ島の定期航路とは、約2km離れているが、発電所から十分な離隔距離が確保されており、また、発電所前面海域では、ほぼ海岸線に沿った流れが卓越していることから、航路を通行する船舶が漂流した場合であっても、敷地に到達する可能性は低く、取水性を損なうことはない。(図5.1-1及び図5.1-2参照)

5.2 船舶の衝突による影響

航路外の船舶として、発電所周辺の船舶の影響評価を実施する。評価対象の船舶としては、「設置(変更)許可申請書 第五条(津波による損傷の防止)」において抽出した船舶とする。

「設置(変更)許可申請書 第五条(津波による損傷の防止)」における漂流物の影響評価対象は、発電所周辺で漂流する可能性のある構内(港湾内)の船舶として、燃料等輸送船、作業船、貨物船等、構外(港湾外)の船舶として、発電所近傍で操業する漁船等である。

本条においても同様に、これらを発電所周辺で漂流する可能性のある船舶とし、船舶の衝突についての影響評価を実施する。

構内の船舶については、港湾内で事故が発生した場合でも、カーテンウォール(図5.2-1参照)により阻害されること、取水口は呑み口が広い(幅約30m、高さ約7.8m)こと、取水口敷高はO.P.-6.3m(平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生していることを考慮した高さを示す。)であることから、取水口の閉塞はなく、取水性を損なうことはない。(図5.2-2参照)

なお、異常気象・海象時、荒天が予想される場合には、必要に応じて、入港の中止、緊急退避等の措置を取ることとしている。

構外の船舶については、荒天等により漂流に至るような場合であっても、投錨等の対応をとることが可能であると考えられるため、取水口に到達することはない。また、発電所前面海域では、ほぼ海岸線に沿った流れが卓越していることから、漂流した場合でも取水口に侵入する可能性は低い。喫水の浅い小型船舶の漂流を仮定した場合であっても、敷地前面の防波堤に衝突し止まることで、取水口に到達することはない。(図5.2-3参照)

万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に漁船等の小型船舶(全長約20m×全幅約5m、満水時の喫水約2mの船舶)が到達した場合でも、カーテンウォールにより阻害されること、取水口は呑み口が広いことから、小型船舶による取水口の閉塞はなく、取水性を損なうことはない。

以上のことから、船舶の衝突により取水性を損なうことはない。

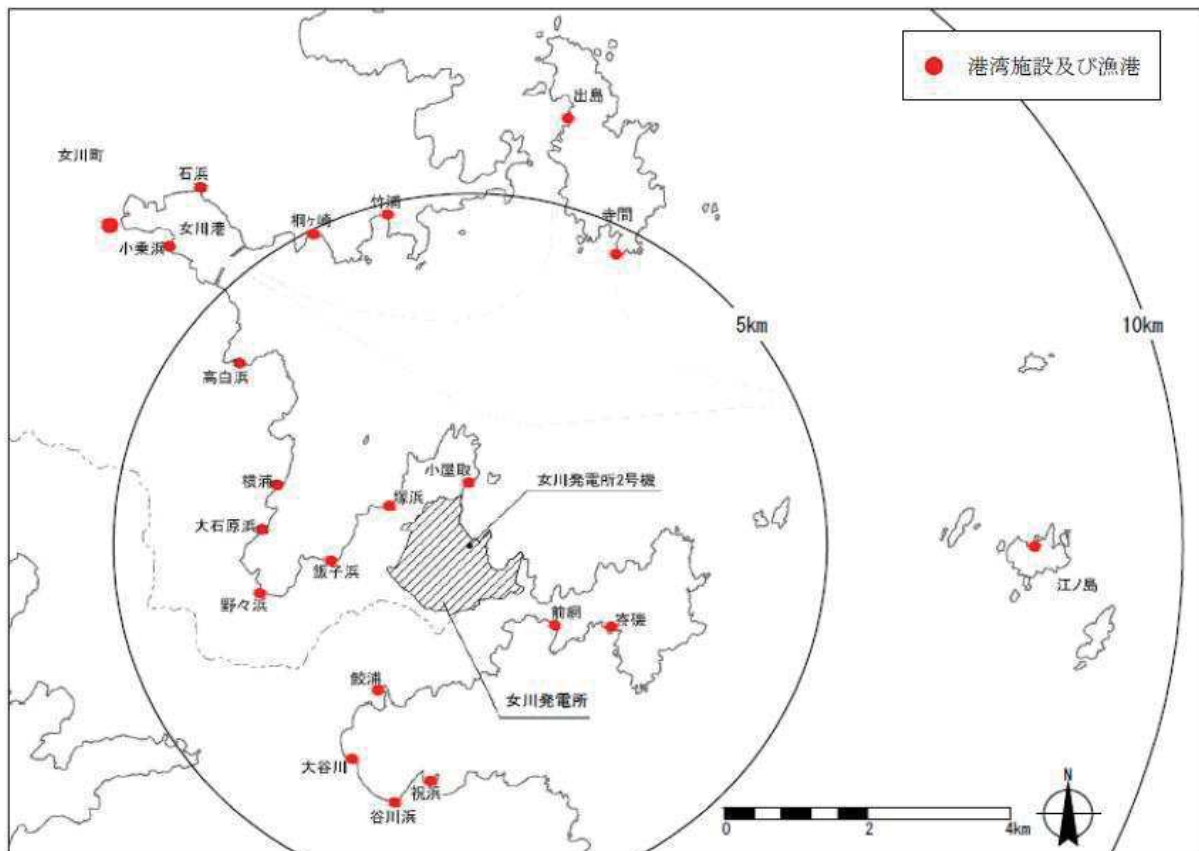


図 5.1-1 女川原子力発電所周辺の港湾

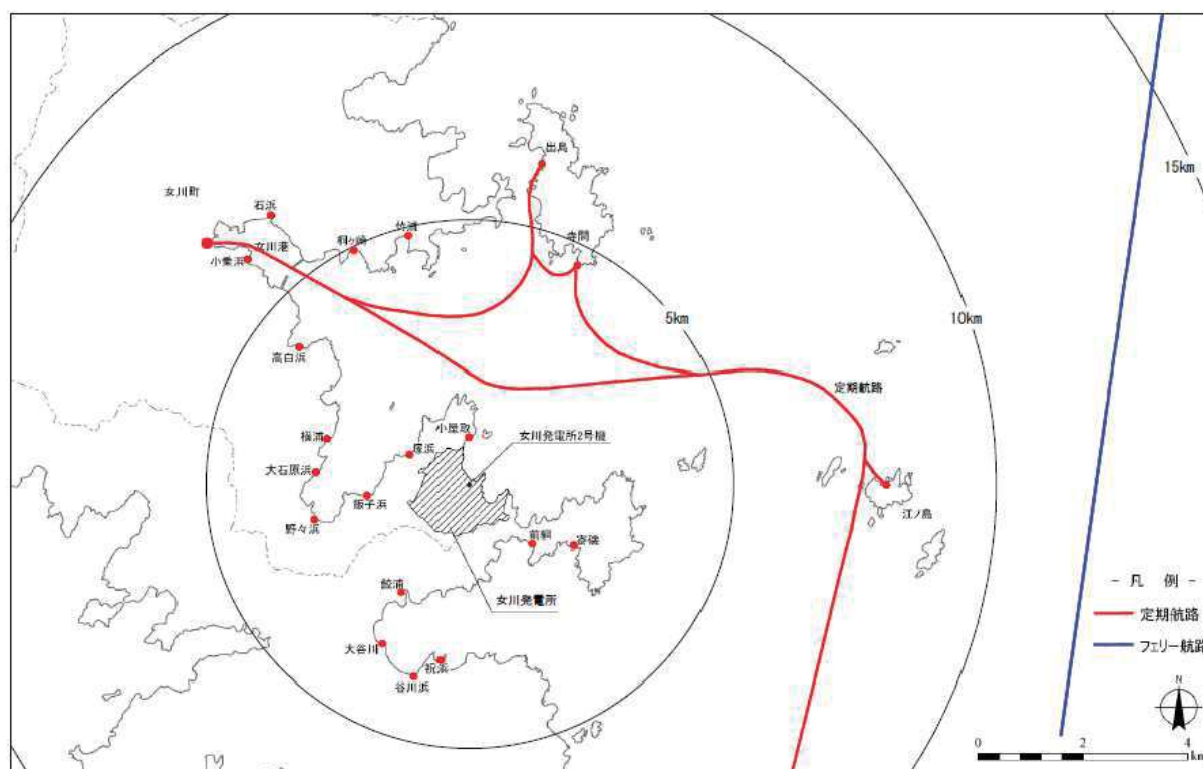
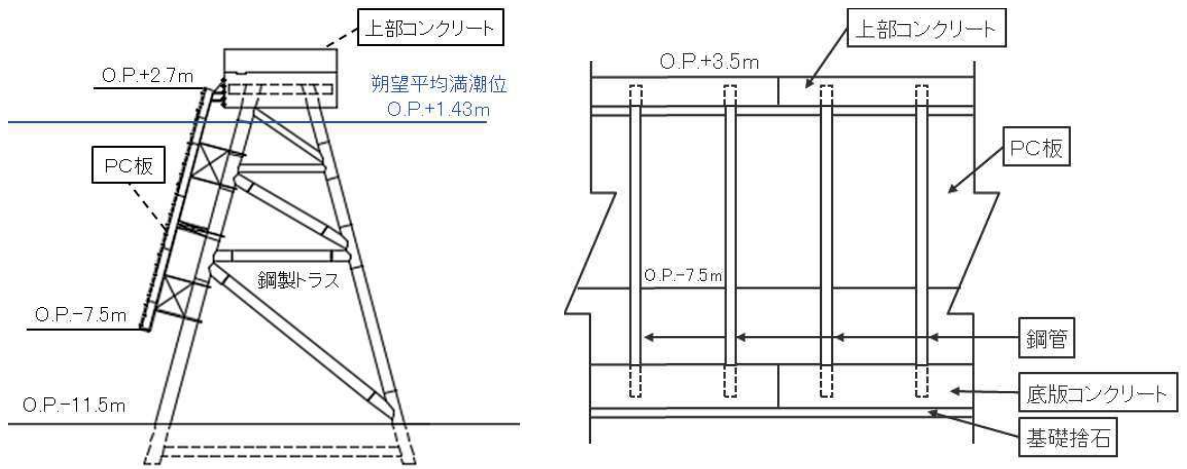
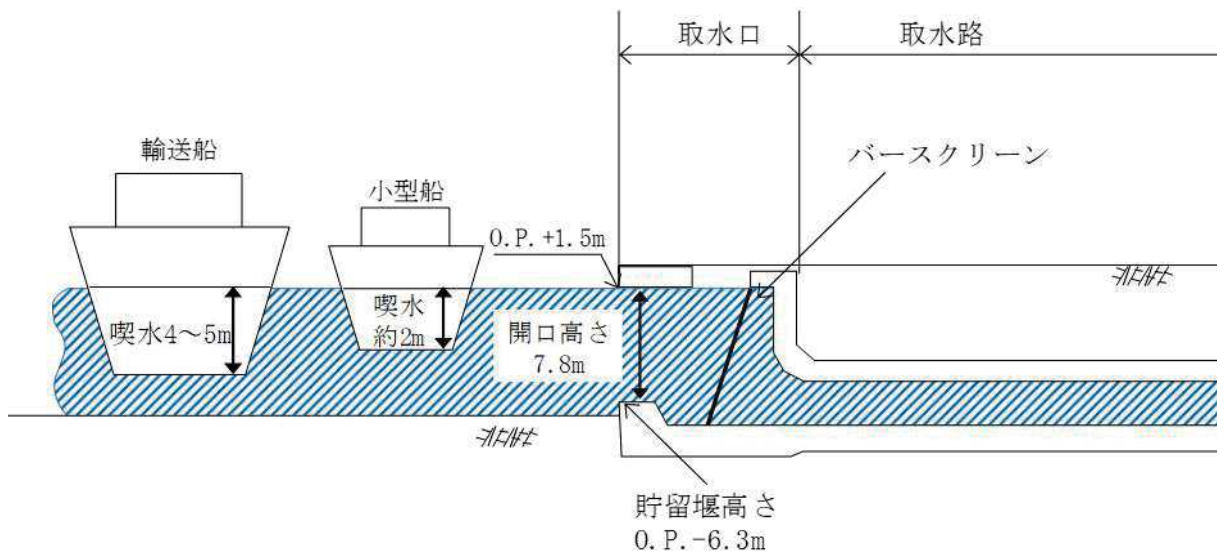


図 5.1-2 発電所周辺の航路



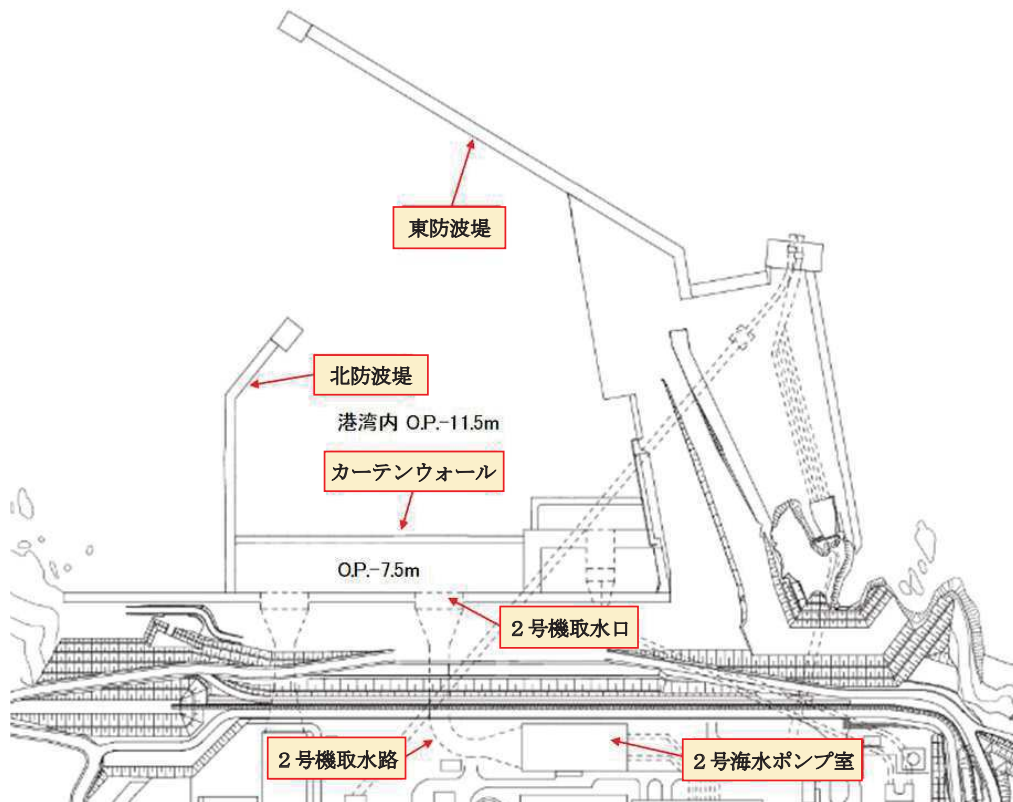
* O.P. は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動による地盤沈下量（約-1m）を考慮した値

図 5.2-1 カーテンウォール構造図



* O.P. は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動による地盤沈下量（約-1m）を考慮した値

図 5.2-2 取水設備断面図



* O.P. は、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動による地盤沈下量（約-1m）を考慮した値

図 5.2-3 取水口及び防波堤の位置