

女川原子力発電所2号炉 外部事象の考慮について

平成29年12月
東北電力株式会社

目次

1. 規制要求事項

2. 設計上考慮すべき外部事象の選定と評価の流れ

3. 外部事象の選定

4. 自然現象の組合せ

5. 外部事象に対する影響評価及び対策の検討

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討

- 洪水, 地すべり

- 風(台風)

- 竜巻※

- 凍結

- 降水

- 積雪

- 落雷

- 火山※

- 生物学的事象

- 森林火災※

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討

- 飛来物(航空機落下)

- ダムの崩壊

- 爆発

- 近隣工場等の火災(航空機墜落火災を含む)※

- 有毒ガス※

- 船舶の衝突

- 電磁的障害

5.3 自然現象に対する影響評価及び対策の概要

5.4 人為事象に対する影響評価及び対策の概要

 : 本日, ご説明範囲

※ 詳細は当該ハザードに関する評価で説明

1. 規制要求事項

➤ 規制要求事項

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」(以下、「基準規則」という。)及びその解釈において、自然現象及び人為事象に対して、以下のとおり、安全施設の安全機能を維持することが求められている

表1-1 規制要求事項

基準規則	基準規則の解釈	
<p>(外部からの衝撃による損傷の防止) 第六条</p> <ul style="list-style-type: none"> 安全施設※は、想定される自然現象(地震及び津波を除く。)が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。 安全施設※は、人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわないものでなければならない。 <p>※:設計基準対象施設のうち、安全機能(原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能)を有するもの</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「想定される自然現象」とは、<u>洪水、風(台風)、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象又は森林火災等から適用されるものをいう。</u> 自然現象は、過去の記録、現地調査の結果及び最新知見等を参考にして、必要のある場合には、<u>異種の自然現象を重畳させる。</u> 「人為によるもの(故意によるものを除く)」とは、<u>飛来物(航空機落下等)、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突又は電磁的障害等をいう。</u> 	<p>自然現象の選定</p> <p>重畳(組合せ)も考慮</p> <p>人為事象の選定</p>

2. 設計上考慮すべき外部事象の選定と評価の流れ

➤ 以下のフローに従い外部事象の選定、評価を実施

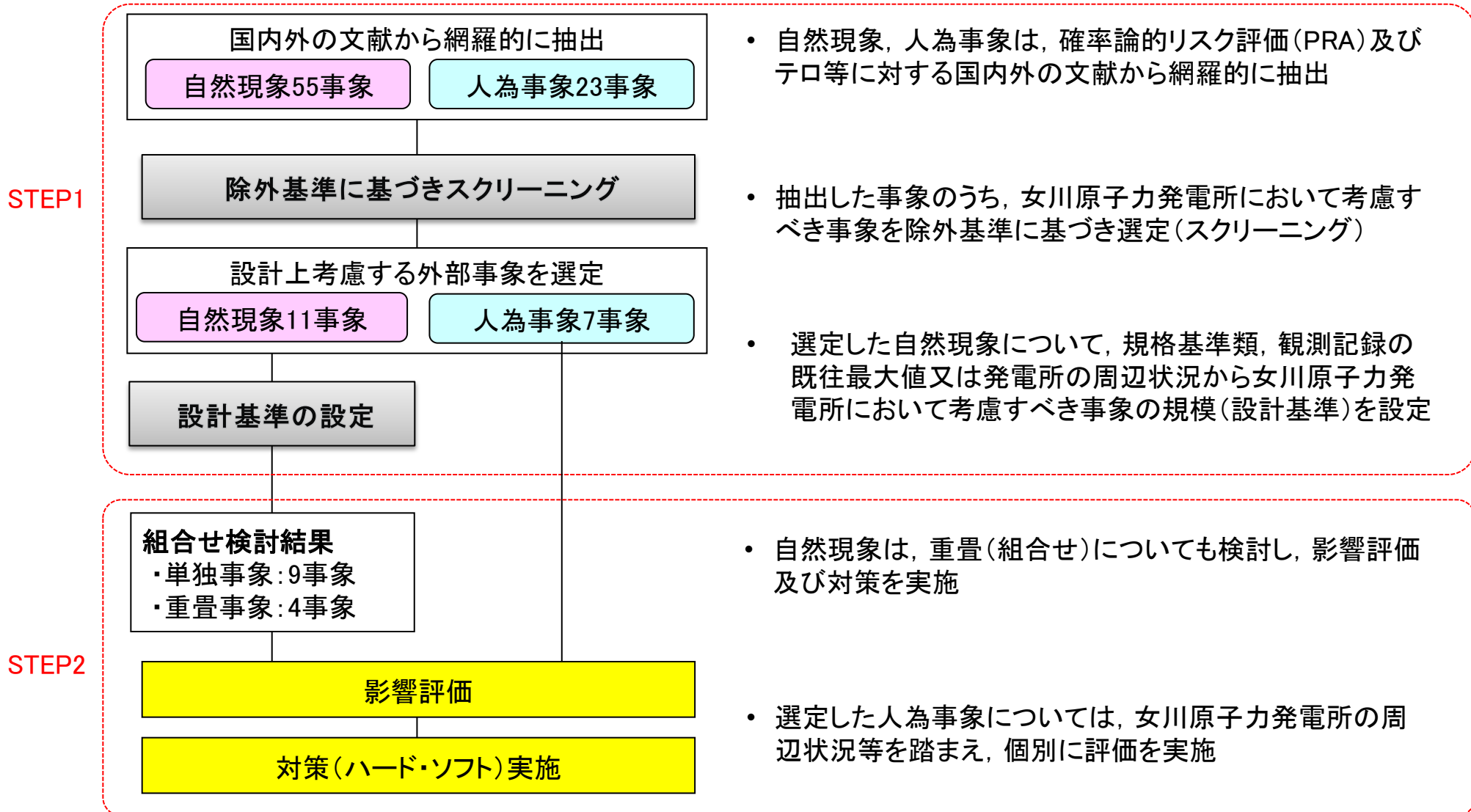


図2-1 外部事象の選定・評価フロー

別添1-1 外部事象の考慮について
1. 設計基準で想定される自然現象及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(1/6)

- 外部事象(自然現象, 人為事象)の抽出
 - ・ 国内外の文献から, 想定される事象を網羅的に抽出
 - ・ 抽出の結果, 自然現象55事象, 人為事象23事象を抽出

表3-1 外部事象の抽出結果

No	自然現象	外部ハザードを抽出した文献												
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
1	凍結	○	○	○	○	○	○	○		○		○		
2	隕石	○		○		○		○		○				
3	噴水	○				○		○		○				
54	水蒸気		○							○				
55	毒性ガス	○	○			○		○		○				

No	人為事象	外部ハザード抽出した文献												
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
1	衛星の落下	○		○				○		○		○		
2	パイプライン事故	○		○		○		○						
3	交通事故(化学物質流出含む)	○				○		○		○		○		
22	内部溢水				○	○	○	○					○	○
23	近隣工場等の火災				○	○	○			○	○	○	○	○

別添1-1 外部事象の考慮について
1. 設計基準で想定される自然現象及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(2/6)

➤ 外部事象の抽出に用いた文献

- ① 「米国原子力エネルギー協会(NEI)による, 福島第一事故を受けた長期電源喪失等に対応するための, 対応戦略 (FLEX)に関するガイドライン」
(DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES(FLEX) IMPLEMENTATION GUIDE (NEI 12-06 August 2012))
- ② 「日本の自然災害(国会資料編纂会 1998年)」(奈良時代～阪神大震災までの自然災害を収録)
- ③ 「IAEAによる, レベル1PRAの実施ガイドライン」
(Specific Safety Guide (SSG-3) “ Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010)
- ④ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
- ⑤ 「米国原子力規制委員会による, リスク評価に関するガイドライン」
(NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983)
- ⑥ 「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(制定:平成25年6月19日)
- ⑦ 「米国機械学会が定めるリスク評価に関する規格」
(ASME/ANS RA-Sa-2009“ Addenda to ASME ANS RA-S-2008 Standard for level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications“)
- ⑧ 「米国原子力エネルギー協会(NEI)による, 米国同時多発テロを受けた航空機テロへの対応ガイド」
(B.5.b Phase 2&3 Submittal Guideline (NEI 06-12 December 2006)- 2011.5 NRC発表)
- ⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準:2014」一般社団法人日本原子力学会(2014年12月)
- ⑩ Safety Requirements No.NS-R-3 “Site Evaluation for Nuclear Installation”, IAEA, November 2003
- ⑪ NUREG 1407 “Procedural and Submittal Guidance for the Individual Plant Examination of External Events (IPEEE) for Severe Accident Vulnerabilities, NRC, June 1991
- ⑫ 「産業災害全史」, 日本アソシエーツ, 2010年9月
- ⑬ 「日本災害史辞典 1868-2009」, 日本アソシエーツ, 2010年9月

別添1-1 外部事象の考慮について
1. 設計基準で想定される自然現象
及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(3/6)

表3-2 抽出した自然現象(55事象)

1. 凍結	29. 氷結
2. 隕石	30. 氷晶
3. 降水	31. 氷壁
4. 河川の迂回	32. 土砂崩れ(山崩れ, がけ崩れ)
5. 砂嵐	33. 落雷
6. 静振	34. 湖または河川の水位低下
7. 地震	35. 湖または河川の水位上昇
8. 積雪	36. 陥没・地盤沈下・地割れ
9. 土壌の収縮または膨張	37. 極限的な圧力(気圧高低)
10. 高潮	38. もや
11. 津波	39. 塩害, 塩雲
12. 火山の影響	40. 地面の隆起
13. 波浪・高波	41. 動物
14. 雪崩	42. 地すべり
15. 生物学的事象	43. カルスト
16. 海岸浸食	44. 地下水による浸食
17. 干ばつ	45. 海水面低
18. 洪水	46. 海水面高
19. 風(台風)	47. 地下水による地すべり
20. 竜巻	48. 水中の有機物
21. 濃霧	49. 太陽フレア, 磁気嵐
22. 森林火災	50. 高温水(海水温高)
23. 霜・白霜	51. 低温水(海水温低)
24. 草原火災	52. 泥湧出
25. ひょう・あられ	53. 土石流
26. 極高温	54. 水蒸気
27. 満潮	55. 毒性ガス
28. ハリケーン	

表3-3 抽出した人為現象(23事象)

1. 衛星の落下	13. プラント外での化学物質の流出
2. パイプライン事故	14. サイト貯蔵の化学物質の流出
3. 交通事故(化学物質流出含む)	15. 軍事施設からのミサイル
4. 有毒ガス	16. 掘削工事
5. タービンミサイル	17. 他のユニットからの火災
6. 飛来物(航空機落下)	18. 他のユニットからのミサイル
7. 工業施設または軍事施設事故	19. 他のユニットからの内部溢水
8. 船舶の衝突	20. 電磁的障害
9. 自動車または船舶の爆発	21. ダムの崩壊
10. 船舶から放出される固体液体不純物	22. 内部溢水
11. 水中の化学物質	23. 近隣工場等の火災
12. 爆発	

赤字: 六条対応で設計上考慮する事象として選定した事象
青字: 組合せ検討時に追加した事象※

※ 地震, 津波は六条事象ではないが, 規制基準上要求される対象事象

別添1-1 外部事象の考慮について
 1. 設計基準で想定される自然現象
 及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(4/6)

外部事象(自然現象, 人為事象)の選定(スクリーニング)

抽出した外部事象に対して除外基準※の観点から評価を実施し, 女川原子力発電所において考慮すべき外部事象を選定(スクリーニング)

※除外基準: 米国機械学会規格「リスク評価に関する規格」における外部事象の除外基準を参考とした

表3-4 除外基準

基準A	プラントに影響を与えるほど近接した場所に発生しない
基準B	ハザード進展・来襲が遅く, 事前にそのリスクを予知・検知が可能
基準C	プラント設計上, 考慮された事象と比較して設備等への影響度が同等もしくはそれ以下
基準D	影響が他の事象に包絡される
基準E	発生頻度が非常に低い
基準F	規制基準六条の対象外事象(地震, 津波)

表3-5 外部事象のスクリーニング例

No.	自然現象	評価結果	除外基準
2	隕石	安全施設の機能に影響が及ぶ規模の隕石等が衝突する可能性は極めて低い(落下確率 10^{-9} :NUREG1407(NRC))	E
7	地震活動	「第四条 地震による損傷の防止」及び「第三条 設計基準対象施設の地盤」にて評価	F
21	濃霧	微小な水滴が空気中に浮遊している現象であり, 設備に損傷を及ぼす要因とはならない	C
39	塩害, 塩雲	屋外設備は防食塗装を実施しているため, 腐食の事象進展は遅く管理可能	B

No.	人為事象	評価結果	除外基準
2	パイプライン事故	周辺にパイプラインは無い	A
9	自動車または船舶の爆発	影響は爆発と同じと考えられるため, 「爆発」による影響評価に包絡	D

別添1-1 外部事象の考慮について
1. 設計基準で想定される自然現象及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(5/6)

➤ 外部事象(自然現象, 人為事象)の選定結果

スクリーニングの結果, 除外されなかった外部事象について, 設計基準値を設定すると共に, 個々の事象が安全施設に与える影響の評価を実施

- 洪水及びダム の崩壊については, 発電所で使用する淡水を北上川から専用の導水管により取水していることを踏まえ選定
- 地すべりについては, 発電所の敷地が丘陵地を持つ複雑地形であることを踏まえ選定

表3-6 外部事象の選定結果

自然現象(11事象)	人為事象(7事象)
1. 洪水	1. 飛来物(航空機落下)
2. 風(台風)	2. ダムの崩壊
3. 竜巻※	3. 爆発
4. 凍結	4. 近隣工場等の火災※ (航空機墜落火災を含む)
5. 降水	5. 有毒ガス※
6. 積雪	6. 船舶の衝突
7. 落雷	7. 電磁的障害
8. 地すべり	
9. 火山※	
10. 生物学的事象	
11. 森林火災※	

※ 当該ハザードに関しては別途詳細に説明

別添1-1 外部事象の考慮について
1. 設計基準で想定される自然現象
及び人為事象の選定について

3. 外部事象の選定(6/6)

表3-7 選定した自然現象及び設計基準

自然現象	設計基準	設計基準設定の考え方
洪水	—	発電所敷地において洪水の要因(河川等)の有無を確認
風(台風)	30 m/s	建築基準法に定める女川町における基準風速30m/s(10分平均)と過去の観測記録の既往最大値27.4 m/s(10分平均)を比較し30m/sに設定
竜巻	100 m/s	日本国内において発生した竜巻の既往最大風速 V_{B1} (F3スケールの上限風速92 m/s)と竜巻検討地域における過去の観測データから算出した竜巻風速のハザード値 V_{B2} (76.6 m/s(10^{-5} /年))から設定した基準竜巻の最大風速92m/sを安全側に切り上げて100m/sに設定
凍結	-14.7°C	過去の観測記録の既往最大値(-14.7°C)に設定
降水	91.0 mm/h	「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」(宮城県)に定める確率雨量強度88.11 mm/h(「気仙沼(三陸)」)と過去の観測記録の既往最大値91.0 mm/h(最大1時間降水量)を比較し91.0 mm/hに設定
積雪	43 cm	建築基準法に定める垂直積雪量40 cm(女川町)と過去の観測記録43 cmを比較し43cmに設定
落雷	100 kA	「電気技術指針(JEAG4608(2007))」等を参照し、雷撃電流値の設計基準値を100kAに設定
地すべり	—	「地すべり地形分布図」及び「土砂災害危険箇所図」を確認
火山の影響	15 cm	文献調査結果、地質調査結果及びシミュレーション結果に基づき、保守性を考慮した数値として降下火砕物の層厚を15 cmに設定
生物学的事象	—	取水口への海水生物の襲来や、屋外設置の端子箱への小動物の侵入を想定
森林火災	—	発電所敷地外10km以内を発火点とした発電所に迫る森林火災を想定

4. 自然現象の組合せ(1/7)

➤ 以下のフローに従い、自然現象の重畳(組合せ)検討を実施

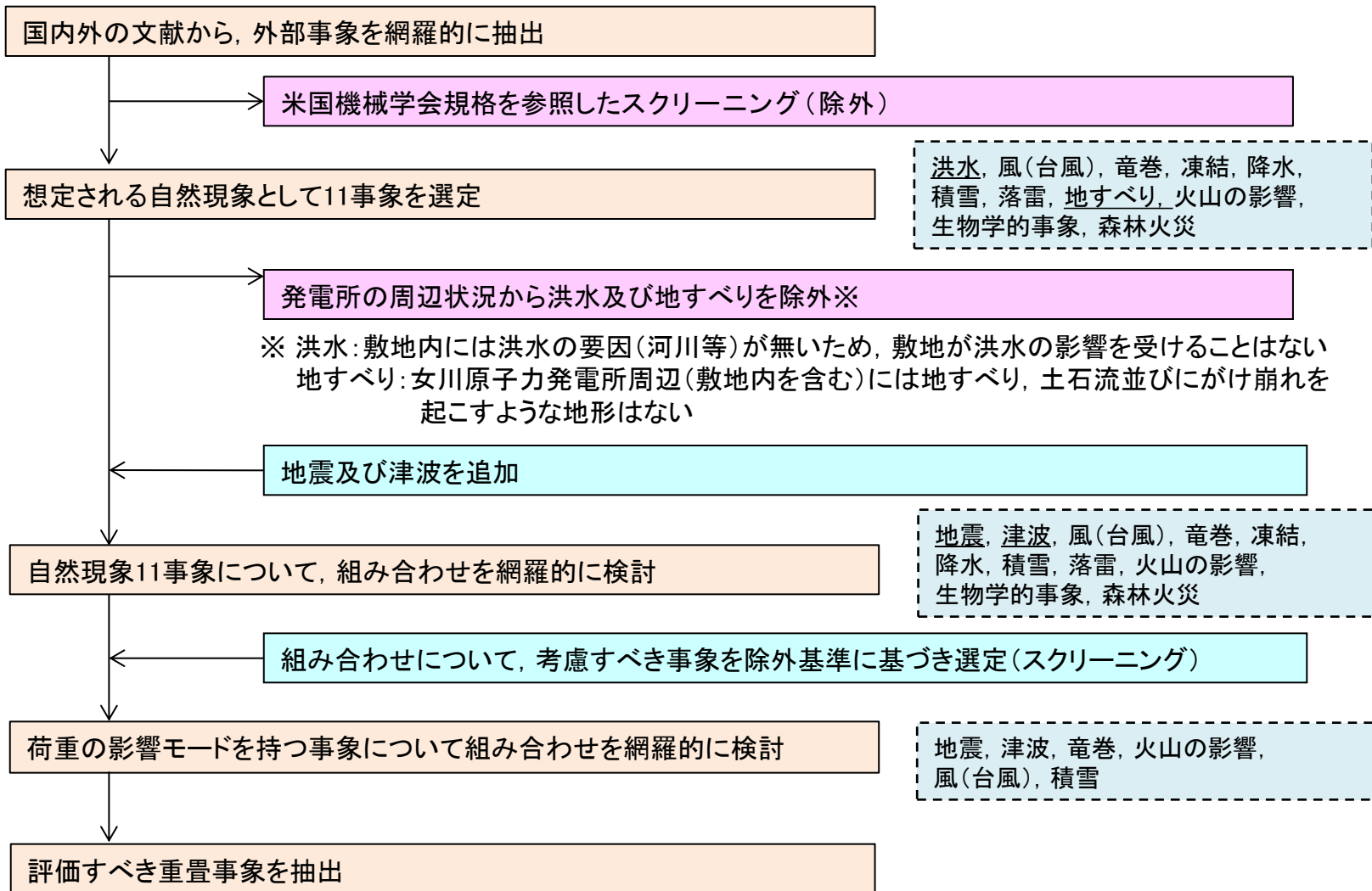


表4-1 自然現象の組合せ検討フロー

別添1-1 外部事象の考慮について
4. 自然現象の組合せ

4. 自然現象の組合せ(2/7)

- 敷地内に洪水の発生要因(河川等)が無いことから発生しないと評価できる洪水, 及び発電所周辺(敷地内を含む)の地形状況から発生しないと評価できる地すべりを除き, 個別に評価する地震及び津波を加えた11事象で重畳事象を検討
- 自然現象11事象について網羅的に組合わせを分析(36の組合せを分析)
 - ・ 各自然現象に従属して発生する可能性がある自然現象も考慮し, 組み合わせについて網羅的に検討
 - ・ 組合せは2事象を基本とする
 - ・ ただし, 発生頻度の高い事象(風(台風), 降水, 凍結, 積雪)については, 複数事象の組合せを1つの組合せとして考慮(※1及び※2の組合せ)

表4-1 自然現象の組合せ

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		※1	※2	竜巻	落雷	火山の影響	生物学的事象	森林火災	地震	津波
A	※1									
B	※2	1								
C	竜巻	2	9							
D	落雷	3	10	16						
E	火山の影響	4	11	17	22					
F	生物学的事象	5	12	18	23	27				
G	森林火災	6	13	19	24	28	31			
H	地震	7	14	20	25	29	32	34		
I	津波	8	15	21	26	30	33	35	36	

※1: 風(台風)+降水

※2: 風(台風)+凍結+積雪

別添1-1 外部事象の考慮について
4. 自然現象の組合せ

4. 自然現象の組合せ(3/7)

➤ 組合せに関する検討(1/2)

- ・ 個々の自然現象がプラントに及ぼす影響(影響モード)毎に組合せの影響を評価

表4-2 自然現象の影響モード

	プラントに及ぼす影響モード								
	荷重	温度	閉塞	浸水	電氣的影響	腐食	摩耗	アクセス性	視認性
風(台風)	●	—	—	—	—	—	—	●	—
竜巻	●	—	—	—	—	—	—	●	—
凍結	—	●	●	—	—	—	—	●	—
降水	—	—	—	●	—	—	—	—	●
積雪	●	—	—	—	—	—	—	●	●
落雷	—	—	—	—	●	—	—	—	—
火山の影響	●	—	●	—	●	●	●	●	●
生物学的事象	—	—	●	—	●	—	—	—	—
森林火災	—	●	●	—	●	—	●	●	●
地震	●	—	—	—	—	—	—	●	●
津波	●	—	—	●	—	—	—	●	—

表4-3 影響モードの具体的影響

影響モード	具体的影響例
荷重	積雪や降下火砕物の重さによる静的荷重や地震による荷重
温度	低温や火災による熱的影響
閉塞	降下火砕物による空調フィルタの目詰まりや海生生物による取水口の閉塞
浸水	降雨, 津波により敷地内に流入した水による影響
電氣的影響	落雷による設備損傷や電気盤内へのばい煙侵入による短絡影響
腐食	降下火砕物の付着による腐食影響
摩耗	降下火砕物, ばい煙の機器内部への侵入による軸受やシリンダ部の摩耗
アクセス性	道路上に堆積した雪・降下火砕物や, 風・竜巻による屋外作業の妨げ
視認性	屋外に設置している自然現象監視カメラの視界不良

4. 自然現象の組合せ(4/7)

➤ 組合せに関する検討(2/2)

- ・以下の観点から考慮すべき組合せを選定

- ① 個々の自然現象(関連して発生する可能性のある自然現象も含む)の設計に包絡されるか
- ② 原子炉施設に与える影響が自然現象を組合せることにより、個々の自然現象がそれに与える影響よりも小さくなるか
- ③ 同時に発生するとは考えられないか

- ・1~36の組合せについて、「荷重」の影響モードを除き、観点①~③のいずれかに整理されることを確認

- ・「荷重」の影響モードについては、個別に組合せの評価を実施

表4-4 自然現象の組合せの評価結果

		A	B	C	D	E	F	G	H	I
		※1	※2	竜巻	落雷	火山の影響	生物学的事象	森林火災	地震	津波
A	※1									
B	※2	②③								
C	竜巻	①	①							
D	落雷	①	①	①						
E	火山の影響	①	①	①	①					
F	生物学的事象	①	①	①	①	①				
G	森林火災	②	②	①	①	①	①			
H	地震	①	①	①	①	①	①	①		
I	津波	①	①	①	①	①	①	①	①	

※1:風(台風)+降水

※2:風(台風)+凍結+積雪

別添1-1 外部事象の考慮について
4. 自然現象の組合せ

4. 自然現象の組合せ(5/7)

- 「荷重」のモードを有する自然現象
 - ・ 影響モードのうち「荷重」については重畳で評価
 - ・ 「荷重」の影響モードを有する自然現象を、発生頻度及び安全施設への影響度を考慮し、以下のとおり分類
 - ✓ 「主荷重」：「地震」、「津波」、「竜巻」、「火山の影響」(降下火砕物による荷重)
 - ✓ 「従荷重」：「風(台風)」及び「積雪」
 - ・ 「荷重」の影響モードを有する自然現象の組合せは、最大荷重の継続時間及び発生頻度を考慮して検討

表4-5 「荷重」の影響モードを有する自然現象について

荷重の種類		荷重の大きさ	最大荷重の継続時間	発生頻度(/年)
主荷重	地震	大	短(数十秒)	$10^{-3} \sim 10^{-6}$
	津波	大	短(約10秒)	3.0×10^{-5}
	竜巻	大	短(数十秒)	1.0×10^{-6}
	火山の影響	中	長(約1ヶ月) ^{※1}	1.2×10^{-4} ^{※2}
従荷重	風(台風)	小	短(数十分)	2×10^{-2} ^{※3}
	積雪	小	長(約2週間) ^{※1}	2×10^{-2} ^{※3}

※1 必要に応じて緩和措置を行うこととしている

※2 約1万2千年前の肘折尾花沢噴火を考慮

※3 50年再現期待値

4. 自然現象の組合せ(6/7)

➤ 主荷重同士の組合せについて

- ・ 主荷重同士の組合せを、事象発生の順序及び発生頻度を踏まえて組合せを選定(下表参照)
- ・ 事象の発生頻度を考慮し、2事象の組合せについて評価する

表4-6 主荷重同士の組合せについて

		後発事象			
		地震	津波	竜巻	火山の影響
先発事象	地震		×※1	×※1	×※1
	津波	○※2		×※1	×※1
	竜巻	×※1	×※1		×※1
	火山の影響	×※1	×※1	×※1	

事象の特徴を踏まえ、以下に該当する組合せは除外する

※1 組合せる事象が独立事象であり、各事象が重畳する頻度が低い、またはそれぞれの事象の荷重継続時間が短い(例:地震+竜巻)

※2 物理的に同時に荷重が作用することがない(例:津波+地震)ため組合せを考慮しない※

※ 基準地震動と基準津波は波源が異なり、同時に作用することはない。

ただし、基準津波と余震の組合せについては、同時に荷重が作用する可能性があるため、津波+地震(余震)を想定

別添1-1 外部事象の考慮について
4. 自然現象の組合せ

4. 自然現象の組合せ(7/7)

- 主荷重と従荷重の組合せについて
 - ・ 主荷重と組合せるべき従荷重について検討
 - ・ 事象の継続時間，荷重の大きさを考慮
 - ・ 組合せた荷重による影響評価に当たっては，建築基準法を考慮する

表4-7 主荷重と従荷重の組合せについて

			主荷重			
			地震	津波	竜巻	火山の影響
従 荷 重	風	建築基準法	記載なし	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間 ^{※1}	短×短	短×短	短×短	長×短
		荷重の大きさ ^{※2}	大+小	大+小	大+小	中+小
		組合せ	○ ^{※3}	○ ^{※3}	×	○
	積 雪	建築基準法	多雪区域は 組合せを考慮 ^{※4}	記載なし	記載なし	記載なし
		継続時間 ^{※1}	短×長	短×長	短×長	長×長
		荷重の大きさ ^{※2}	大+中	大+中	大+中	中+中
		組合せ	○ ^{※5}	○ ^{※5}	×	○

※1 主荷重の時間×従荷重の時間

※2 主荷重の大きさ+従荷重の大きさ

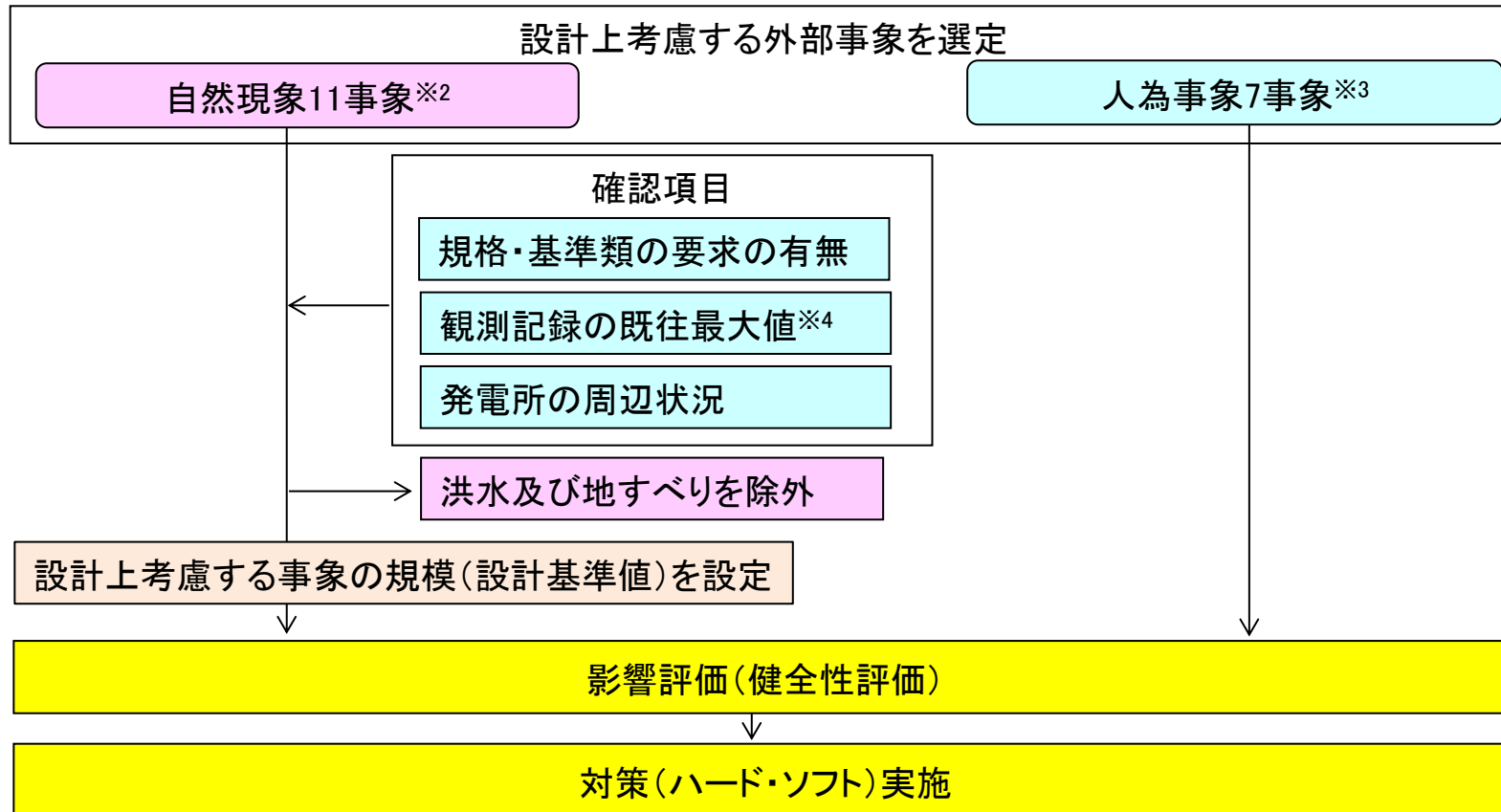
※3 屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち，風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重に対して大きい構造，形状及び仕様の施設において，組合せを考慮

※4 女川原子力発電所は多雪区域に立地していないが，発電用原子炉施設の重要性を鑑み，建築基準法の多雪区域における地震荷重と積雪荷重の組合せの考え方を適用

※5 積雪による受圧面積が小さい施設又は積雪荷重の影響が常時作用している荷重に対して小さい施設を除き，組合せを考慮

5. 外部事象に対する影響評価及び対策の検討

- 外部事象(自然現象, 人為事象)が安全施設に与える影響評価及び設計上の考慮
 - 自然現象については, 規格基準類, 観測記録の既往最大値又は発電所の周辺状況から考慮すべき事象の規模を設定
 - 人為事象については, 発電所の周辺状況(社会環境等)を考慮して事象の規模を設定
 - 安全施設への影響評価及び対策(ハード・ソフト)を実施^{※1}



※1 影響評価及び対策は, 各設備の関連条項で実施

※2 「竜巻」, 「火山の影響」及び「森林火災」については当該ハザードに関する詳細評価で説明

※3 「近隣工場等の火災」については当該ハザードに関する詳細評価で説明

※4 観測記録については, 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の観測記録を考慮する

別添1-1 外部事象の考慮について

2. 自然現象の考慮

3. 人為事象の考慮

図5-1 各ハザードに対する影響評価及び対策フロー

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(1/8)－洪水, 地すべり

➤ 「洪水」について

- ・ 安全施設が設置される敷地内には洪水の要因となる河川が存在せず, 敷地が洪水による影響を受けることはない
- ・ 北上川から専用の導管により淡水を取水しているが, 経路に中間貯槽等はないため, 敷地が洪水の影響を受けることはない

➤ 「地すべり」について

- ・ 地すべり地形分布図より, 女川原子力発電所を含む「寄磯」エリアに地すべり地形はない
- ・ 土砂災害危険箇所図より, 敷地内に地すべり, 土石流並びにがけ崩れを起こすような地形はない

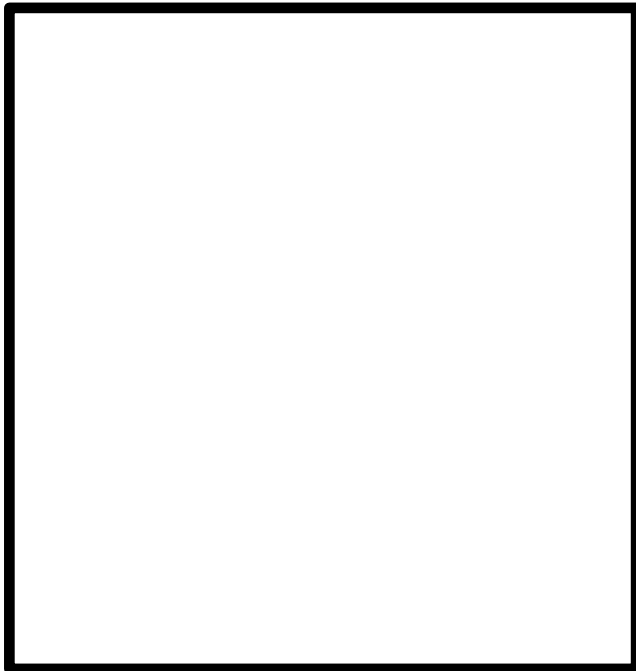


図5-2 地すべり地形分布図 第40集「一関・石巻」
(防災科学技術研究所 2009年2月)

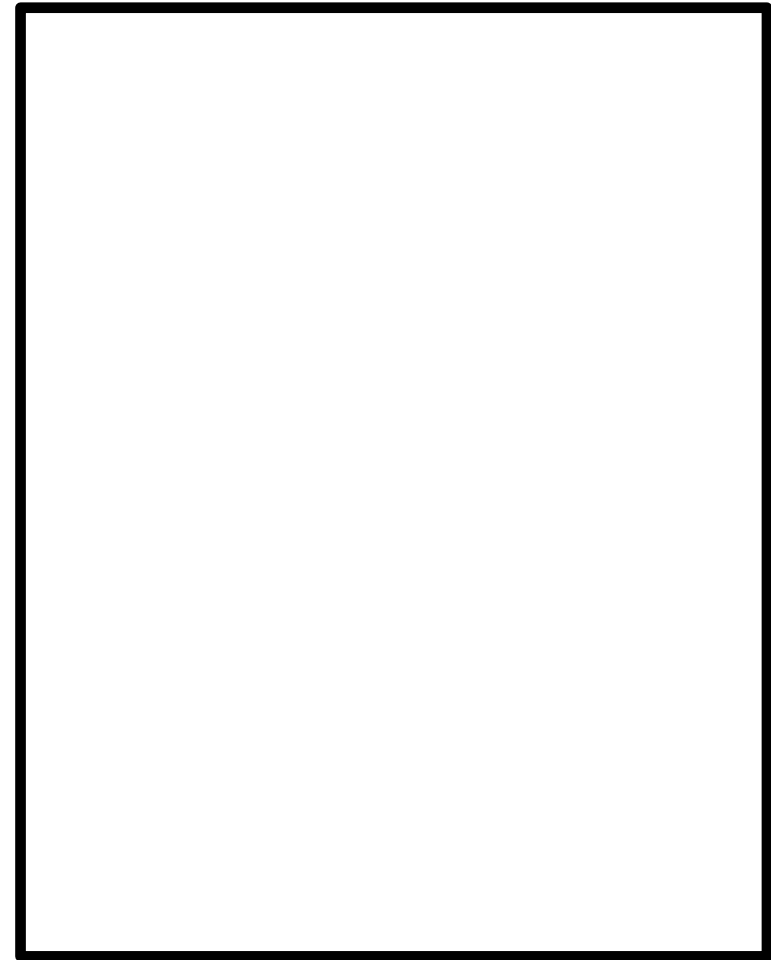


図5-3 土砂災害危険箇所図
(国土数値情報土砂災害危険箇所データ, 平成22年度)

枠囲いの内容は, 商業機密または防護上の観点から公開できません。

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(2/8)－風(台風)

➤ 設計基準値の設定

- ・規格・基準類の要求：建築基準法の基準風速 30m/s(女川町, 10分平均)
- ・観測記録の既往最大値：27.4m/s(1958年9月27日 石巻特別地域気象観測所)

◎ 建築基準法の基準風速(30m/s)を設計基準値に設定

➤ 影響評価(健全性評価)

- ・安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について, 風荷重に対して安全機能が損なわれないことを確認
なお, 風荷重は地震, 津波, 火山の影響に対して適切に組み合わせる
 - ① 建屋に設置されている設備は, 風速30m/sの風荷重が作用しても, 当該建屋の健全性を確認することにより, 設備の安全機能が損なわれないことを確認
 - ② 建屋外に設置されている設備は, 風速30m/sの風荷重が作用しても設備の安全機能が損なわれないことを確認
- ・上記以外の安全施設については, 風(台風)に対して機能維持する, 又は, 風(台風)による損傷を考慮して, 代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

表5-1 風速の既往最大値について

観測地点	既往最大値 (日最大風速)	記録された年月日
石巻特別地域気象観測所	27.4m/s	1958年9月27日
大船渡特別地域気象観測所	21.8m/s	2002年10月2日

5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(3/8)－凍結

➤ 設計基準値の設定

- ・ 規格・基準類の要求：要求なし
- ・ 観測記録の既往最大値：-14.6°C(1919年1月6日 石巻特別地域気象観測所)

◎ 観測記録の既往最大値(-14.6°C)を設計基準値に設定

➤ 影響評価(健全性評価)

- ・ 安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について, 凍結(低温:-14.6°C)に対して対策を行うことで安全機能が損なわれないことを確認
 - ① 建屋に設置されている設備は建屋内の換気空調系により温度制御されており, 極端な低温にはさらされないため, 設備の安全機能が損なわれないことを確認
 - ② 建屋外の設備は, ヒータや凍結防止材等の凍結防止対策を実施していることから, 極端な低温にはさらされないため, 設備の安全機能が損なわれないことを確認
- ・ 上記以外の安全施設については, 凍結防止対策の実施も踏まえて, 低温に対して機能維持する, 又は, 低温による損傷を考慮して, 代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

表5-2 凍結(低温)の既往最大値について

観測地点	既往最大値(最低気温)	記録された年月日
石巻特別地域気象観測所	-14.6°C	1919年1月6日
大船渡特別地域気象観測所	-11.6°C	1980年2月17日

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(4/8)－降水

➤ 設計基準値の設定

- ・ 規格・基準類の要求：「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」(宮城県)の確率雨量強度88.11mm/h(「気仙沼」(三陸))
- ・ 観測記録の既往最大値：91.0mm/h※(2014年9月11日 石巻特別地域気象観測所)

◎ 観測記録の既往最大値(91.0mm/h)を設計基準値に設定

※設置変更許可申請時点(平成25年12月27日)では81.7mm/h(1947年8月18日石巻特別地域気象観測所)であったが、平成26年9月11日に更新

➤ 影響評価(健全性評価)

- ・ 安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、降水による浸水、荷重に対して安全機能が損なわれないことを確認
 - ① 建屋内に設置されている設備は91.0mm/hの降水においても構内排水路等により排水されることや、建屋の基準高さが地表面に対して高く設定していること、建屋の貫通部等の止水処置を行うことで、降水によって設備の安全機能が損なわれないことを確認
 - ② 建屋外に設置されている設備は91.0mm/hの降水においても構内排水路等により排水されることから降水によって設備の安全機能が損なわれないことを確認
- ・ 上記以外の安全施設については、降水による浸水、荷重に対して機能維持する、又は、降水による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

表5-3 降水の既往最大値について

観測地点	既往最大値 (最大1時間降水量)	記録された年月日
石巻特別地域気象観測所	91.0mm/h※	2014年9月11日
大船渡特別地域気象観測所	56.5mm/h	2005年9月7日

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(5/8)－降水(浸水影響評価)

- 降水による浸水の影響評価について
 - ・ 敷地周辺で観測された最大の降水量91.0mm/h^{※1}(日最大1時間降水量)が発生した場合の雨水流入量^{※2}と敷地内排水路(北側, 南側)の排水能力を比較
 - ・ 北側および南側排水路の排水可能流量は, 豪雨時の雨水流入量においても余裕を確保(H28.1林地開発許可)
 - ・ 現在, 敷地利用計画の見直し等に伴い排水計画の再検討を進めており, 幹線排水路は, これまでと同様に北側, 南側の2系統として, 排水可能流量が設計基準の雨水流入量に対して尤度のある設計とする

表5-4 既往最大91.0mm/h降水時の雨水流入量と排水可能量との比較
【参考:平成28年1月林地開発許可時】^{※3}

排水路	91.0mm/h 降水時の 雨水流入量 [A]	排水 可能流量 ^{※3} [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	12.3m ³ /s	30.82m ³ /s	2.5 (排水可能)
南側幹線 排水路	14.7m ³ /s	35.17m ³ /s	2.4 (排水可能)

- ※1 設置変更許可申請時点(平成25年12月27日)では81.7mm/hであったが, 平成26年9月11日に更新(石巻特別地域気象観測所)
- ※2 「森林法に基づく林地開発許可申請の手引き」(宮城県)に従い算定
- ※3 敷地利用計画見直し等による再検討実施中

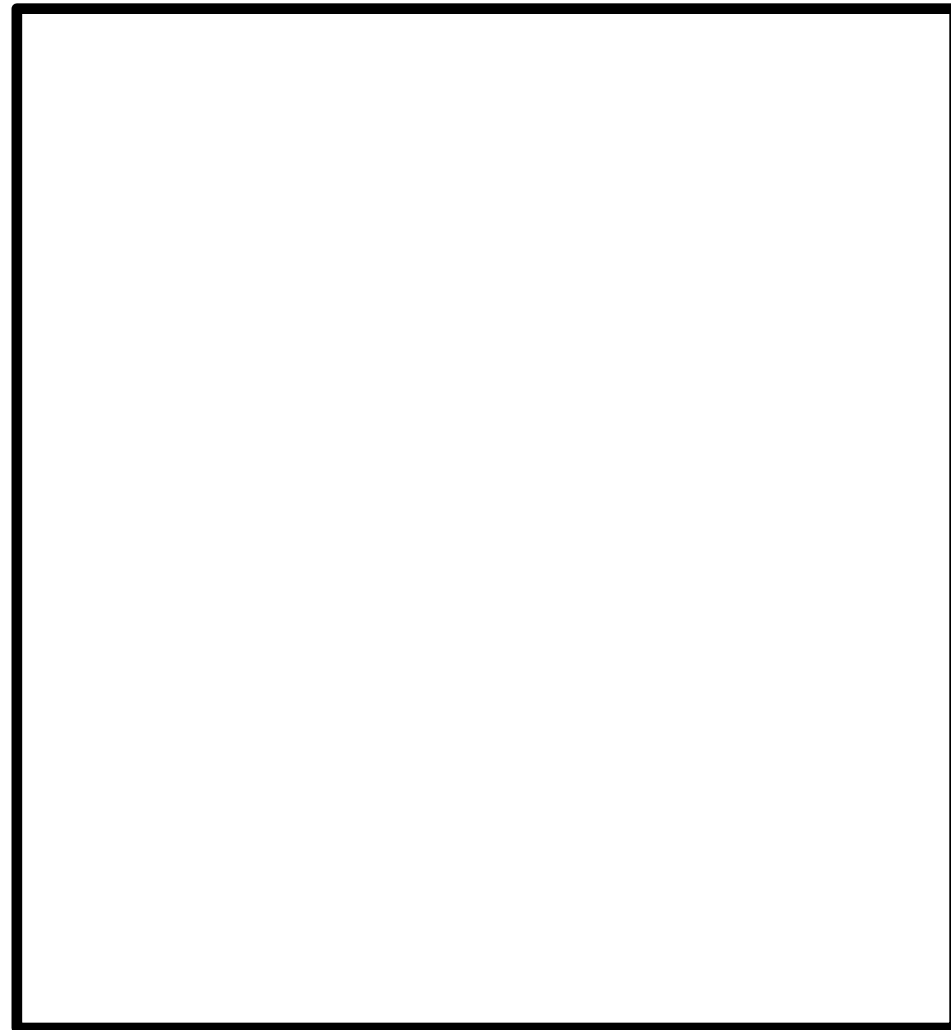


図5-4 幹線排水路の配置概要図

枠囲いの内容は, 商業機密または防護上の観点から公開できません。

別添1-1 外部事象の考慮について
2. 自然現象の考慮
補足資料12 降水影響評価について

5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(6/8)－積雪

➤ 設計基準値の設定

- ・ 規格・基準類の要求：建築基準法の垂直積雪量 40cm(女川町)
- ・ 観測記録の既往最大値は、43cm(1923年2月17日 石巻特別地域気象観測所)

◎ 観測記録の既往最大値(43cm)を設計基準値に設定

➤ 影響評価(健全性評価)

- ・ 安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、積雪による荷重等に対して安全機能が損なわれないことを確認
なお、積雪荷重は地震、津波、火山の影響に対して適切に組合わせる
- ① 建屋内に設置されている設備は43cmの積雪荷重が作用していても、当該建屋の健全性を確認することにより設備の安全機能が損なわれないことを確認
- ② 建屋外に設置されている設備は43cmの積雪量の荷重が作用しても、設備の安全機能が損なわれないことを確認
- ③ 各建屋の換気口に対する積雪による閉塞に対して、換気口の下端高さは43cmよりも高い位置にあることを確認
着雪等による閉塞については、除雪等の運用により適切に対応
- ・ 上記以外の安全施設については、積雪に対して機能維持する、又は、積雪による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

表5-5 積雪の既往最大値について

観測地点	既往最大値(最深積雪)	記録された年月日
石巻特別地域気象観測所	43cm	1923年2月17日
大船渡特別地域気象観測所	32cm	1984年2月28日

5.1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(7/8)－落雷

➤ 設計基準値の設定

- ・ 電気技術指針JEAG4608(2007):「原子力発電所の耐雷指針」
- ・ 消防庁通知(2005):平成17年1月14日消防危第14号危険物の規則に関する規則の一部を改正する省令等の施行について
- ・ 危険物の規制に関する政令:昭和三十四年政令第三百六号
- ・ JIS-Z 9290-4(2009)雷保護第4部:建築物内の電気及び電子システム

◎ 上記の規格・基準類を参照し、雷撃電流値100kAを設計基準値に設定

➤ 影響評価(健全性評価)

- ・ 安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、落雷に対して安全機能が損なわれないことを確認
 - ① 建屋及び内包される設備は建築基準法に従い、原子炉建屋等の高さ20mを超える建築物には避雷設備を設置する。また、避雷設備の接地極を構内接地網と接続して接地抵抗を下げる等の対策を実施しているため落雷による影響を受けにくい設計とすることで、安全機能が損なわれないことを確認
 - ② 屋外設備は避雷設備の保護範囲内であることから、落雷による影響を受けにくい設計とすることで、安全機能が損なわれないことを確認
- ・ 上記以外の安全施設については、落雷に対して機能維持する、又は、落雷による損傷を考慮して、代替設備による機能維持や安全上支障のない期間での修復等の対応が可能な設計とする

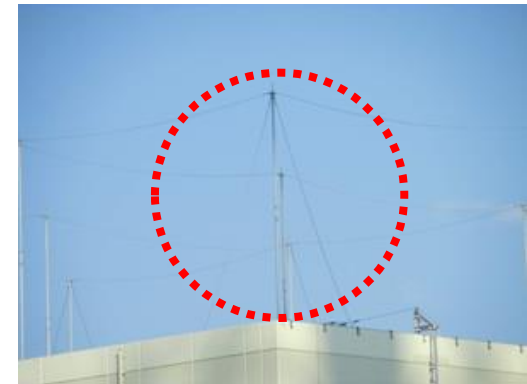


図5-5 避雷設備(避雷針)

5. 1 自然現象に対する影響評価及び対策の検討(8/8)－生物学的事象

- 「生物学的事象」に対する設計について
 - ・ 「生物学的事象」として、取水口への海水生物(くらげ)の襲来や、屋外設置の端子箱への小動物の侵入を想定
- 海生生物(くらげ)の襲来に対する設計
 - ・ 取水口に流入したくらげは、除塵装置(バースクリーン, トラベリングスクリーン)で捕獲される設計
 - ・ 貝等の海生生物は、海水ストレーナ(海水ポンプ下流に設置)により捕獲し、原子炉補機冷却水系熱交換器等※への侵入を防止する設計とする
- 小動物の侵入に対する設計
 - ・ 屋外設置の端子箱貫通部へのシールにより、小動物の侵入を防止する設計とする

※ 定期的な開放点検, 清掃を実施し, 性能を維持



図5-6 除塵装置の構造(概略図)

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

別添1-1 外部事象の考慮について
2. 自然現象の考慮
補足資料1 生物学的事象に対する考慮について

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討(1/5)－飛来物(航空機落下)

➤ 「飛来物(航空機落下)」に対する設計について

- ・ 規格・基準類の要求： 1.0×10^{-7} 回/炉・年^{※1}

※1 「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」

(平成21年6月30日 原子力安全・保安院)

- ・ 発電所周辺の航空路等の状況を考慮して落下確率を評価
- ・ 女川2号炉への航空機落下確率は約 5.0×10^{-8} 回/炉・年^{※2}であり、基準に定める評価基準(1.0×10^{-7} 回/炉・年)を下回ることを確認

※2 事故件数は、設置変更許可申請時における最新データ(「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))を参照

- ・ 最新の事故データ^{※3}を用いた評価結果は 4.5×10^{-8} 回/炉・年であり、設置許可変更申請時の評価結果を上回らないことを確認

※3 「航空機落下事故に関するデータ」(平成28年6月 原子力規制委員会)

表5-6 女川原子力発電所2号炉に対する航空機落下確率について

対象	落下確率 (回/炉・年)
2号炉	約 5.0×10^{-8}

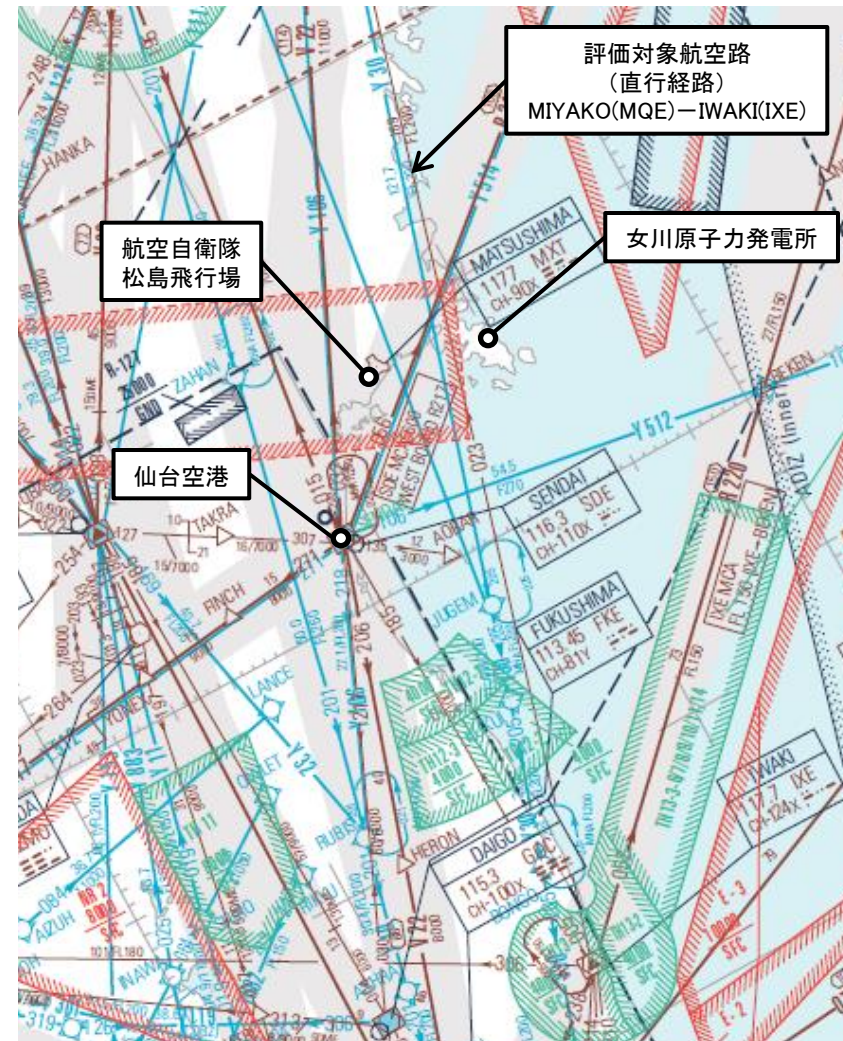


図5-7 女川原子力発電所周辺の航空図

別添1-1 外部事象の考慮について
3. 人為現象の考慮
補足資料2 航空機落下確率評価について

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討(2/5)ーダムの崩壊, 爆発

➤ 「ダムの崩壊」について

- ・ 安全施設が設置される敷地内には河川がなく、ダムや堰堤もないため、ダムの崩壊による被害を受けることはない

➤ 「爆発」について

- ・ 発電所に最寄りの石油化学コンビナート等特別防災区域(仙台地区及び塩釜地区)は発電所から約40km離隔(図5-8)しているため、発電所が施設の爆発による影響を受けることはない
- ・ 発電所敷地に最も近い高圧ガス貯蔵施設は、発電所から約700m離れており、貯蔵施設の爆発(危険限界距離70m)を想定しても、発電所が施設の爆発による影響を受けることはない(図5-9)
- ・ 発電所敷地境界での燃料輸送車両の爆発を想定しても、原子炉施設が車両の爆発の影響を受けることはない※

※ 原子炉施設に最も近い敷地外の道路(離隔距離 約609m(固体廃棄物貯蔵所))における敷地に最も近い高圧ガス貯蔵施設に設置された高圧ガス(プロパン)の最大貯蔵量(1700kg)の爆発(危険限界距離70m)を想定



図5-8 石油コンビナート等特別防災区域と発電所との位置関係

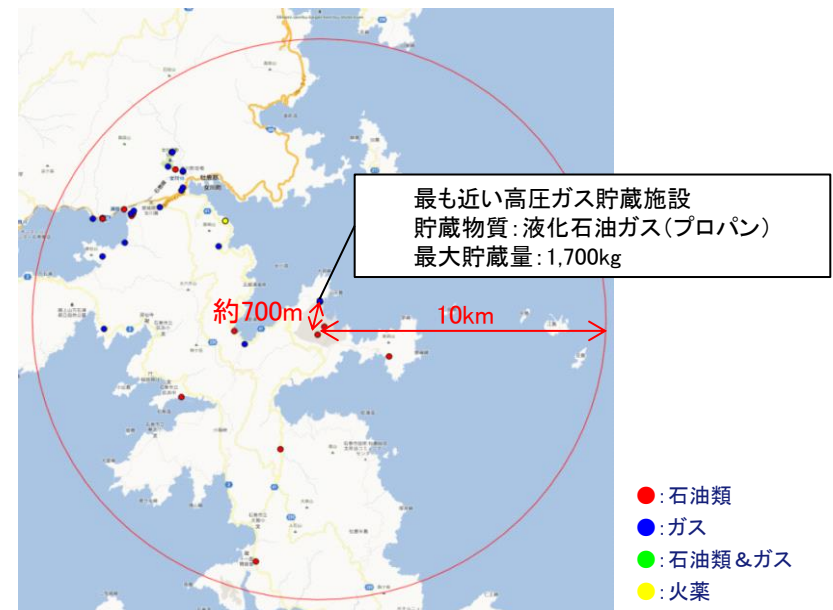


図5-9 発電所敷地外(半径10km圏内)の危険物貯蔵施設

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討(3/5)－有毒ガス

- 「有毒ガス」に対する設計について
 - ・ 発電所敷地内外に貯蔵された有毒物質等から発生する有毒ガスが、中央制御室及び緊急時対策所に与える影響を評価※
 - ※「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」(平成29年4月 原子力規制委員会)に基づく影響評価については、別途詳細に説明
- 発電所敷地外からの影響
 - ・ 石油化学コンビナート等の固定施設からの流出事故、可動施設(タンクローリー等)の事故について、評価対象施設の構造、事故収束のための措置の実施、発電所との距離を踏まえて評価し、発電所に影響はないことを確認
- 発電所敷地内からの影響
 - ・ 屋外設置の化学物質について、IDLH※、蒸発のしやすさ等を考慮し、評価が最も厳しいプロパンについて評価し、影響がないことを確認。また、窒息性の観点から液体窒素についても評価し、影響がないことを確認
 - ※IDLH：急性の毒性限界濃度(30分ばく露により生命及び健康に対する即時の危険な影響を与えるばく露レベルの濃度限界値)
 - ・ 屋内設置の有毒物質(硫酸、試薬類等)については、建屋によって外的衝撃から守られているため漏洩が生じにくく、仮に漏洩した場合でも、換気空調系により十分に換気希釈されることで影響がないことを確認

表5-7 プロパン及び液体窒素による影響評価結果について

化学物資	プロパン				液体窒素	
	H/Bガスボンベ庫		焼却炉附属棟		2/3号炉液体窒素貯槽	
貯蔵場所	H/Bガスボンベ庫		焼却炉附属棟		2/3号炉液体窒素貯槽	
貯蔵量	24.5m ³ ×8		245m ³ ×2		90,000L	
大気放出率	17.0kg/s		20.5kg/s		326kg/s	
評価場所	1/2号炉 中央制御室	緊急時対策所	1/2号炉 中央制御室	緊急時対策所	1/2号炉 中央制御室	緊急時対策所
離隔距離	40m	610m	390m	450m	50m	580m
外気取入口濃度	5.81×10 ⁴ ppm	4.33×10 ³ ppm	1.90×10 ⁴ ppm	3.79×10 ³ ppm	78.5vol%	78.3vol%
室内最大濃度	321ppm	9.93ppm	217ppm	18.1ppm	—	—
判断基準	2100ppm (IDLH)				81vol%(窒息限界)	
評価結果	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし	影響なし

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討(4/5)－船舶の衝突

➤ 「船舶の衝突」に対する設計について

- ・ 発電所は、周辺の主要航路(女川～江ノ島・金華山)から約2km離隔しており、発電所前面海域の流況は、ほぼ海岸線に沿った流れが卓越していることから、定期航路の船舶が漂流した場合でも、取水口に侵入する可能性は低い(図5-10)
- ・ 防波堤の湊口付近では漁業が行われていないため、漁船等の小型船舶の侵入は考え難いが、仮に侵入した場合でも、取水口前面のカーテンウォールにより取水口への侵入は阻害される(図5-11)
- ・ 取水口の呑み口は十分広いため、燃料輸送船等の大型船舶の喫水を考慮しても取水口の閉塞はない(図5-12)

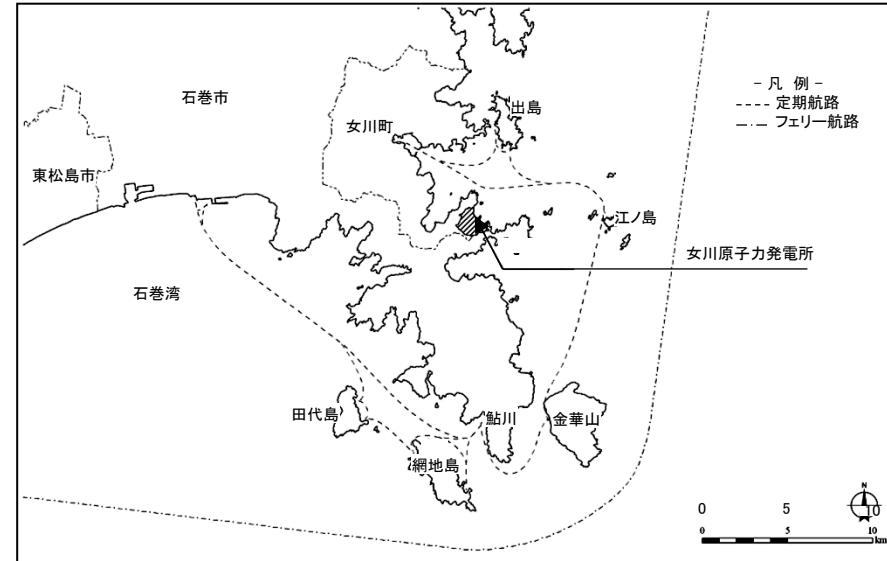


図5-10 女川原子力発電所周辺の主要航路図

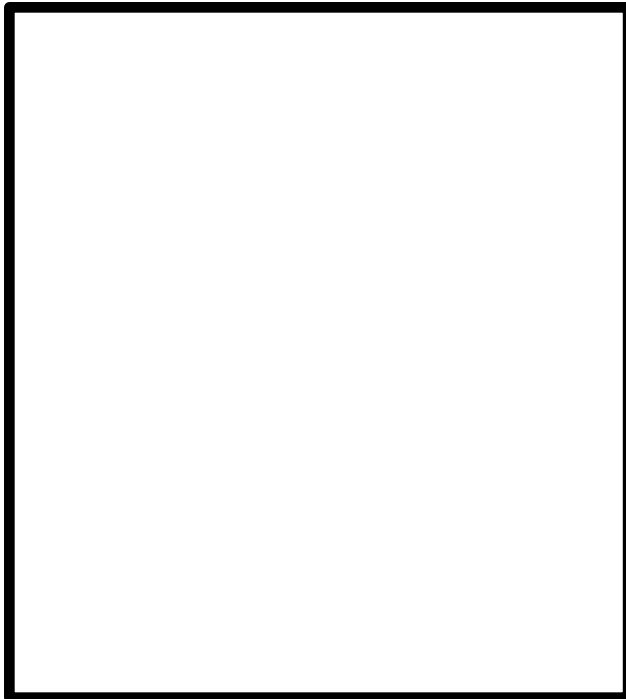


図5-11 取水口および防波堤の位置



図5-12 取水設備断面

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。

別添1-1 外部事象の考慮について
3. 人為現象の考慮

5.2 人為事象に対する影響評価及び対策の検討(5/5)－電磁的障害

- 「電磁的障害」に対する設計について
 - ・ サージ・ノイズや電磁波の侵入に対し、電磁波の影響を受けやすい低電圧の計測制御回路は、以下の設計としている。
- サージ・ノイズ対策
 - ・ 電源回路
制御盤へ入線する電源受感部に絶縁回路を設置
 - ・ 信号入出力回路
起動領域モニタ及び出力平均モニタの外部信号入出力部にフィルタを設置
- 電磁波対策
 - ・ 筐体
制御盤の制御部、演算部は接地した鋼製の筐体に格納
 - ・ ケーブル
必要に応じて接地した金属シールド付ケーブルを使用
- 電磁波等の発生源に対する対策
 - ・ 電源ケーブルと信号ケーブルは別のトレイ・ダクトに敷設
信号ケーブルには接地したシールド付ケーブルを使用

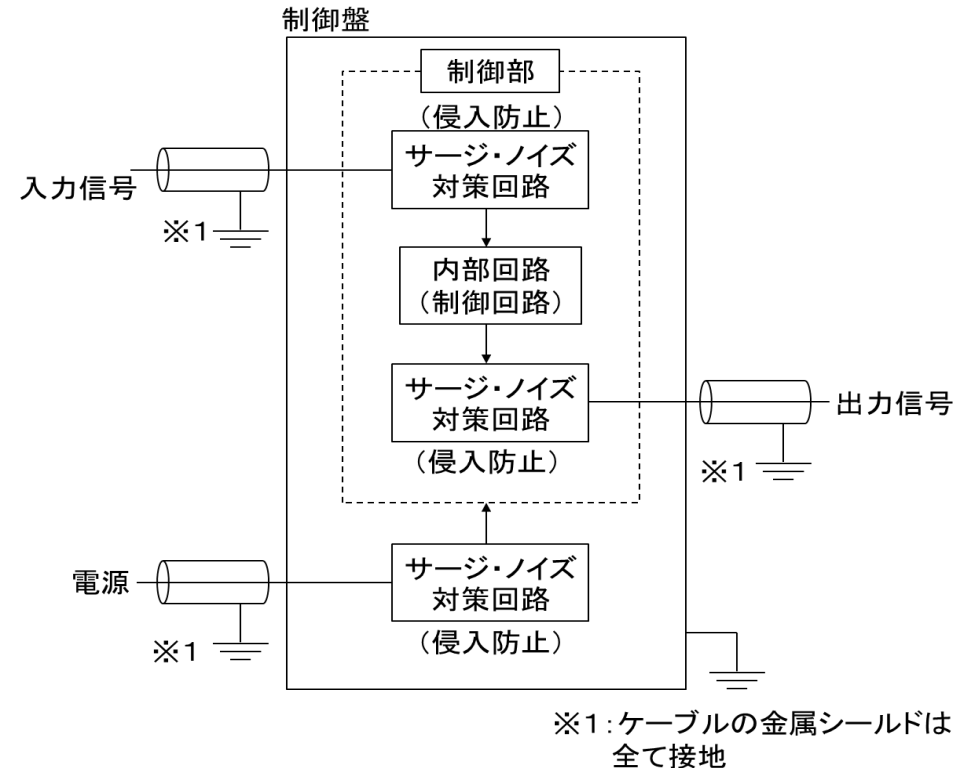


図5-13 電磁的障害防止策の例

別添1-1 外部事象の考慮について
3. 人為現象の考慮
補足資料3 計測制御板の主な電磁波等.
外部からの外乱(サージ)・ノイズ
対策について

5.3 自然現象に対する影響評価及び対策の概要

表5-8 自然現象に対する影響評価及び対策の概要

自然現象	設計基準値	影響評価及び対策の概要
洪水	—	安全施設が設置される敷地内には洪水の要因となる河川が存在せず、敷地が洪水による影響を受けることはない 北上川から専用の導管により淡水を取水しているが、経路に中間貯槽等はないため、敷地が洪水の影響を受けることはない
風(台風)	30 m/s	安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、風速30m/sの風荷重に対し、安全機能が損なわれないことを確認
凍結	-14.7°C	安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、凍結(低温:-14.6°C)に対して凍結防止等の対策を行うことで安全機能が損なわれないことを確認。
降水	91.0 mm/h	安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、降水(雨量:91.0 mm/h)に対して構内排水路等の設備設計を考慮した上で、安全機能が損なわれないことを確認
積雪	43 cm	安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、積雪量43cmによる影響に対して、安全機能が損なわれないことを確認。除雪等の運用を適切に実施
落雷	100 kA	安全機能の重要度分類クラス1, 2の設備について、雷撃電流値100kAによる影響に対して、避雷設備を設置することで安全機能が損なわれないことを確認
地すべり	—	地すべり地形分布図より、女川原子力発電所を含む「寄磯」エリアに地すべり地形はない 土砂災害危険箇所図より、敷地内に地すべり、土石流並びにがけ崩れを起こすような地形はない
生物学的事象	—	取水口に流入したくらはげは、除塵装置(バースクリーン, トラベリングスクリーン)で捕獲 屋外設置の端子箱貫通部等へのシールにより、小動物の侵入を防止

5. 4 人為事象に対する影響評価及び対策の概要

表5-9 人為事象に対する影響評価及び対策の概要

人為事象	影響評価及び対策の概要
飛来物 (航空機落下)	発電所周辺の航空路等の状況を考慮して落下確率を評価 女川2号炉への航空機落下確率(約 5.0×10^{-8} 回/炉・年)は、基準に定める評価基準 (1.0×10^{-7} 回/炉・年)を下回るため、航空機落下に対する防護設計は不要
ダムの崩壊	安全施設が設置される敷地内には河川がなく、ダムや堰堤、淡水の取水に係る貯水施設等もないため、 ダムの崩壊による被害を受けることはない
爆発	発電所に最寄りの石油化学コンビナート等特別防災区域(仙台地区及び塩釜地区)は発電所から約40km 離隔しているため、発電所が施設の爆発による影響を受けることはない 発電所敷地に最も近い高圧ガス貯蔵施設は、発電所から約700m離隔しているため、発電所が施設の爆 発による影響を受けることはない 発電所敷地境界での燃料輸送車両の爆発を想定しても、原子炉施設が車両の爆発の影響を受けること はない
有毒ガス※	発電所内外に貯蔵された有毒物質等から発生する有毒ガスによる中央制御室及び緊急時対策所の居住 性への影響はない
船舶の衝突	周辺の主要航路からの離隔距離(約2km)及び発電所前面海域の流況から、船舶が取水口に侵入する可 能性は低い 仮に漁船等の小型船舶が侵入した場合でも、取水口前面のカーテンウォールにより取水口への侵入は阻 害される 取水口の呑み口は十分広いため、燃料輸送船等の大型船舶の喫水を考慮しても取水口の閉塞はない
電磁的障害	低電圧の計測制御回路に対し絶縁回路の設置等の対策を行い、サージ・ノイズや電磁波の影響を受けに くい設計

※「有毒ガス防護に係る影響評価ガイド」(平成29年4月 原子力規制委員会)に基づく影響評価については、別途詳細に説明