

### 3. 安全性の向上のため自主的に講じた措置の調査及び分析

#### 3.1 安全性向上に係る活動の実施状況の評価

##### 3.1.1 内部事象及び外部事象に係る評価

###### 3.1.1.1 概要

評価の実施時点における最新の文献及び調査等から得られた科学的知見及び技術的知見に基づき、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象の評価を行う。

なお、今回の安全性向上評価では、第21回施設定期検査の終了日翌日（2018年9月29日）から評価時点である第22回施設定期検査の終了日（2020年2月26日）までに得られた科学的知見及び技術的知見に基づいて、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象を評価した。

###### 3.1.1.2 確認方法

安全評価の前提となる原子炉施設に対しては、自然現象そのものももたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても、安全機能を損なうことがない設計としている。

その際に前提となっている内部事象及び外部事象として、設置変更許可申請書添付資料八に記載の、設計上考慮している自然現象、外部人為事象、溢水及び火災を対象として、評価を実施した。これ以外の事象については、今後、「3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」において、IAEA安全ガイド「**Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants**」(No.SSG-25)と同等の規格である日本原子力学会標準「原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針：2015」(AESJ-SC-S006:2015)に基づき評価を行う予定としている。

###### 3.1.1.3 確認結果

以下に内部事象及び外部事象に係る確認結果を示す。

### 3.1.1.3.1 内部事象に係る評価

#### 3.1.1.3.1.1 内部火災

##### (1) 適用規格及び適用基準

以下に内部火災に関する適用規格及び適用基準を示す。これらについては、設置変更許可の内容を変更する必要があるような、火災発生防止、感知・消火、影響軽減に係る改正の有無を確認した。

- a. 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準  
(2013年6月19日原規技発第1306195号)  
(改正 2019年2月13日原規技発第19021310号)
- b. 発電用軽水型原子炉施設の火災防護に関する審査指針  
(2007年12月27日)
- c. 発電用火力設備の技術基準の解釈  
(2013年5月17日 20130507 商局第2号)  
(改正 2019年7月4日 20190628 保局第1号)
- d. JIS A 4201-1992 建築物等の避雷設備 (避雷針)
- e. JIS A 4201-2003 建築物等の雷保護
- f. 原子力発電所の火災防護規程  
(JEAC4626-2010)
- g. 原子力発電所の火災防護指針  
(JEAG4607-2010)
- h. 原子力発電所の内部火災影響評価ガイド  
(2013年6月19日原規技発第13061914号)  
(改正 2019年9月6日原規技発第1909069号)
- i. 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  
(2013年6月19日原規技発第1306194号)  
(改正 2020年1月15日原規技発第2001159号)
- j. 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の解釈

- (2005年12月15日原院第5号)  
(改正 2011年9月9日原院第2号)
- k. 建築基準法  
(1950年5月24日法律第201号)  
(改正 2019年6月14日号外法律第37号)
- l. 建築基準法施行令  
(1950年11月16日政令第338号)  
(改正 2019年12月11日号外政令第181号)
- m. 高压ガス保安法  
(1951年6月7日法律第204号)  
(改正 2019年6月14日号外法律第37号)
- n. 高压ガス保安法施行令  
(1997年2月19日政令第20号)  
(改正 2017年7月20日政令第198号)
- o. 消防法  
(1948年7月24日法律第186号)  
(改正 2018年6月27日号外法律第67号)
- p. 消防法施行令  
(1961年3月25日政令第37号)  
(改正 2019年12月13日号外政令第183号)
- q. 消防法施行規則  
(1961年4月1日自治省令第6号)  
(改正 2019年12月13日号外総務省令第63号)
- r. 危険物の規制に関する政令  
(1959年9月26日政令第306号)  
(改正 2019年12月13日号外政令第183号)
- s. 2000年建設省告示第1400号  
(2004年9月29日国土交通省告示第1178号による改定)
- t. 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する  
審査指針

- (1990年8月30日原子力安全委員会決定、2009年3月9日一部改訂)
- u. 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針  
(1990年8月30日原子力安全委員会決定、2001年3月29日一部改訂)
  - v. JIS L 1091-1999 繊維製品の燃焼性試験方法
  - w. 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編  
(JEAG4601・補-1984 ((社) 日本電気協会))
  - x. 原子力発電所耐震設計技術指針  
(JEAG4601-1987 ((社) 日本電気協会))
  - y. 原子力発電所耐震設計技術指針  
(JEAG4601-1991 追補版 ((社) 日本電気協会))
  - z. JSME S NB1-2007 発電用原子力設備規格 溶接規格
  - aa. JSME S NC1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
  - ab. JSME S NC1-2012 発電用原子力設備規格 設計・建設規格
  - ac. "Fire Dynamics Tools (FDTS) : Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program,"  
(NUREG-1805, December 2004)
  - ad. IEEE Std 1202-1991 垂直トレイ燃焼試験
  - ae. IEEE Std 383-1974 垂直トレイ燃焼試験
  - af. UL1581 (Fourth Edition) 1080.VW-1 垂直燃焼試験,2006
  - ag. UL2775 Fixed Condensed Aerosol Extinguishing System Units, 2014
  - ah. 公益社団法人 日本空気清浄協会 「空気清浄装置用ろ材燃焼性試験方法指針」  
(JACA No.11A-2003)
  - ai. 工場電気設備防爆委員会 「工場電気設備防爆指針」  
(ガス蒸気防爆 2006)

aj. 社団法人電池工業会「蓄電池室に関する設計指針」  
(SBA G 0603-2001)

(2) 内部火災影響評価の確認

設備改造又は資機材の持込みにより火災評価条件に見直しがある場合には、火災区域・火災区画ごとの火災荷重の合計の管理及び内部火災影響評価への影響の確認を行い、火災防護情報の管理、必要に応じて火災の影響軽減対策を行うこととしている。

(3) 確認結果

評価の実施時点において、(1)項の規格・基準に新たに反映すべき知見はなく、(2)項のとおり、火災区域・火災区画ごとの火災荷重の合計の管理及び内部火災影響評価への影響の確認を行っていることから、安全評価の前提となっている内部火災に係る設置変更許可の内容を見直しする必要はない。

3.1.1.3.1.2 内部溢水

(1) 適用規格及び適用基準

以下に内部溢水に関する適用規格及び適用基準を示す。これらについては、設置変更許可の内容を変更する必要があるような、溢水源及び溢水量の設定、溢水評価区画及び溢水経路の設定等に係る改正の有無を確認した。

a. 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

(2013年6月28日原子力規制委員会規則第5号)

(改正 2019年7月1日号外原子力規制委員会規則第3号)

b. 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

(2013年6月19日原規技発第1306193号)

(改正 2019年9月2日原規技発第1909021号)

c. 原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド

- (2013年6月19日原規技発第13061913号)  
(改正 2019年9月6日原規技発第1909069号)
- d. 耐津波設計に係る工認審査ガイド  
(2013年6月19日原規技発第1306196号)
- e. 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  
(2013年6月19日原規技発第1306194号)  
(改正 2020年1月15日原規技発第2001159号)
- f. 建築基準法  
(1950年5月24日法律第201号)  
(改正 2019年6月14日号外法律第37号)
- g. 建築基準法施行令  
(1950年11月16日政令第338号)  
(改正 2019年12月11日号外政令第181号)
- h. 高压ガス保安法  
(1951年6月7日法律第204号)  
(改正 2019年6月14日号外法律第37号)
- i. 消防法  
(1948年7月24日法律第186号)  
(改正 2018年6月27日号外法律第67号)
- j. 消防法施行令  
(1961年3月25日政令第37号)  
(改正 2019年12月13日号外政令第183号)
- k. 防波堤の耐津波設計ガイドライン  
(国土交通省港湾局、2013年9月)  
(改訂 2015年12月)
- l. 実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準  
(2013年6月19日原規技発第1306195号)  
(改正 2019年2月13日原規技発第19021310号)

- m. 発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針  
(1990年8月30日原子力安全委員会決定、2001年3月29日一部改訂)
- n. 発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針  
(1990年8月30日原子力安全委員会決定、2009年3月9日一部改訂)
- o. JIS A 5525-2009 鋼管ぐい
- p. JIS B 0205-2001 一般用メートルねじ
- q. JIS G 3136-2012 建設構造用圧延鋼材
- r. JIS G 3192-2008 熱間圧延型鋼の形状、寸法、質量及びその許容差
- s. JIS G 3192-2012 熱間圧延型鋼の形状、寸法、質量及びその許容差
- t. JIS G 4105-1979 クロムモリブデン鋼鋼材
- u. JIS G 4303-2012 ステンレス鋼棒
- v. JIS G 4304-2005 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- w. JIS G 4304-2010 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- x. JIS G 4317-2005 熱間成形ステンレス鋼形鋼
- y. JIS G 4317-2012 熱間成形ステンレス鋼形鋼
- z. JIS G 4317-2013 熱間成形ステンレス鋼形鋼
- aa. 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程(JEAC4616-2009)
- ab. 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編  
(JEAG4601・補 - 1984)
- ac. 原子力発電所耐震設計技術指針  
(JEAG4601-1987)
- ad. 原子力発電所耐震設計技術指針  
(JEAG4601-1991 追補版)
- ae. 原子力発電所の火災防護指針

(JEAG4607-2010)

af. 原子力発電所配管破損防護設計技術指針

(JEAG4613-1998)

ag. JSME S NB1-2007 発電用原子力設備規格 溶接規格

ah. JSME S NC1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格

ai. JSME S NC1-2012 発電用原子力設備規格 設計・建設規格

aj. 土木学会 2002 年コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕

ak. 日本建築学会 1991 年鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説

al. 日本建築学会 1999 年鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計法－

am. 日本建築学会 2001年改定鉄骨鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説－許容応力度設計と保有水平耐力－

an. 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説

ao. 日本建築学会 2004 年 建築物荷重指針・同解説

ap. 日本建築学会 2005 年鋼構造設計規準－許容応力度設計法－

aq. 日本建築学会 2010 年各種合成構造設計指針・同解説  
(改訂 2015 年 1 月 14 日)

ar. 日本道路協会 2002 年 3 月 道路橋示方書 ( I 共通編・III  
コンクリート橋編)・同解説  
(改訂 2012 年 3 月 26 日)

as. 日本道路協会 2002 年 3 月 道路橋示方書 ( I 共通編・  
IV 下部構造編)・同解説  
(改訂 2012 年 3 月 26 日)

at. 日本道路協会 2002 年 3 月 道路橋示方書 ( V 耐震設計  
編)・同解説



- au. 日本道路協会 2006年度改訂版 杭基礎設計便覧
- av. アルミニウム合金製水門設計製作指針案  
(社団法人軽金属協会 1979年3月)
- aw. ステンレス構造建築協会 2001年ステンレス建築構造設計  
基準・同解説【第2版】
- ax. ダム・堰施設技術協会 2011年7月 ダム堰施設技術基  
準(案)
- ay. 水門鉄管協会 2007年9月改訂発行 水門鉄管技術基準
- az. 津波漂流物対策施設設計ガイドライン  
(財)沿岸技術研究センター 寒地港湾技術研究センター  
2014年3月)
- ba. 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津  
波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針  
(国土交通省住宅局及び国土技術政策総合研究所 2011年  
11月)
- bb. 日本港湾協会 2007年7月 港湾の施設の技術上の基準・  
同解説  
(改訂 2014年6月27日)
- bc. 日本水道協会 2009年9月 水道施設耐震工法指針・解説
- bd. JEM 1423-2008 原子力発電所用バルブの検査

## (2) 溢水影響評価の確認

設備改造又は資機材の持込みにより溢水評価条件に見直しがある場合には、溢水評価への影響の確認及び溢水評価上の管理値について更新管理を行い、内部溢水に関する運用、管理を行うこととしている。

## (3) 確認結果

評価の実施時点において、(1)項の規格・基準の改正に新たに反映すべき知見はなく、(2)項のとおり、溢水評価への影響の確認及び溢水評価上の管理値について更新管理を行っていることから、安全評価の前提となっている内部溢水に係る設置変更許

可の内容を見直しする必要はない。

### 3.1.1.3.2 外部事象に係る評価

#### 3.1.1.3.2.1 自然現象

##### (1) 地震

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、地震に関するものはなく、設計上考慮している地震について見直しをする必要がないことを確認した。

##### (2) 津波

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、津波に関するものはなく、設計上考慮している津波について見直しをする必要がないことを確認した。

##### (3) 風（台風）

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における最大瞬間風速は、設置変更許可申請書に記載の 51.9m/s（2004年10月20日）を超えていないことを確認した。

##### (4) 竜巻

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、竜巻に関するものはなく、設計上考慮している竜巻について見直しをする必要がないことを確認した。

##### (5) 凍結

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における最低気温は、設置変更許可申請書に記載

の $-8.8^{\circ}\text{C}$ （1977年2月16日）を下回らないことを確認した。

#### (6) 降水

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における日最大1時間降水量は、設置変更許可申請書に記載の80.2mm（1957年7月16日）を超えていないことを確認した。

#### (7) 積雪

最寄の気象官署（舞鶴特別地域気象観測所）の観測記録により、評価期間における積雪深さの月最大値は、設置変更許可申請書に記載の87cm（2012年2月2日）を超えていないことを確認した。

#### (8) 地滑り

想定される地滑りの設定根拠となっている文献を以下に示す。これらについては、変更がなく、設置変更許可の内容を変更する必要がないことを確認した。

- a. 地すべり地形分布図（独立行政法人防災科学技術研究所発行）
- b. 土砂災害危険箇所図（国土交通省国土政策局発行）

#### (9) 火山の影響

「2.2.2.2(1)f. 国際機関及び国内外の学会等の情報（自然現象に関する情報）」に示すとおり、評価期間において、自然現象に関する反映が必要な新知見情報には、火山に関するものはなく、設計上考慮している火山について見直しをする必要がないことを確認した。

#### (10) 生物学的事象

評価期間において、発電所の運転や安全性に影響を与えるような事象はなく、海生生物の来襲の想定に変更がないことから、設計上考慮している生物学的事象について、評価条件及び評価方針等の見直しをする必要がないことを確認した。

#### (11) 森林火災

防火帯外周の植生調査の結果、評価期間において、森林火災の解析に必要な入力データに変更がないことを確認した。

#### (12) 高潮

最寄の検潮所（舞鶴検潮所）の観測記録により、評価期間における最高潮位は、最新の設置変更許可申請書添付六に記載の T.P.（東京湾平均海面）+0.93m（1998年9月22日）を超えていないことを確認した。なお、舞鶴検潮所の過去最高潮位については、3分間平均値を用いた見直しが実施されたことにより、T.P.+1.02m（1998年9月22日）に変更されているが、設置変更許可申請書上、安全施設は敷地高さ（T.P.+9.7m以上）に設置し、海水ポンプ室についても T.P.+8.0m の防護壁及び敷地で囲うことにより、安全機能を損なうことのない設計としているため、既許可の内容を見直す必要がないことを確認した。

### 3.1.1.3.2.2 外部人為事象

#### (1) 飛来物（航空機落下）

「航空路誌」（2020年1月30日国土交通省航空局）、「航空機落下事故に関するデータ」（2019年12月原子力規制委員会）及び「航空輸送統計年報」（2019年6月国土交通省総合政策局）を確認した結果、評価時点において、航空機落下確率評価の前提となっている航空路、航空機落下事故データ及び飛行距離データのうち、航空機落下事故データ及び飛行距離データを更新した。航空機落下確率を再評価した結果、別紙 3.1.1.3.2.2-1 のとおり既評価および判断基準値を下回ることを確認した。

#### (2) 爆発

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設及び石油コンビナート施設に相当する産業施設が建設されていないことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

#### (3) 近隣工場等の火災

a. 石油コンビナート等の施設の火災

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、石油コンビナート施設及び石油コンビナート施設に相当する産業施設が建設されていないことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

b. 発電所敷地内に存在する危険物タンクの火災

発電所敷地内に存在する危険物タンクの新設、仕様変更及び移設がなかったことから、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

c. 航空機墜落による火災

「航空機墜落事故に関するデータ」及び対象となる航空路を確認した結果、評価期間において、防護対象施設への影響を再評価する必要がないことを確認した。

d. 二次的影響（ばい煙等）

上記 b.,c.に変更がなかったことから、評価期間において、火災に伴う二次的影響（ばい煙等）を再評価する必要がないことを確認した。

(4) 有毒ガス

発電所周辺の石油コンビナート施設に変更がなく、事故による火災の二次的影響（有毒ガス）が防護対象施設へ及ぼす影響に変更がないことを確認した。

(5) 船舶の衝突

発電所周辺の船舶航路等に変更がないことから、評価期間において、船舶の衝突の影響について再評価する必要がないことを確認した。

(6) 電磁的障害

電磁的障害に関する適用規格及び適用基準を以下に示す。これらについては、サージ・ノイズの侵入を防止するために設置するラインフィルタや絶縁回路、電磁波の侵入を防止するために設置する鋼製筐体や金属シールド付ケーブルに関する改正は

なく、電磁的障害にかかる基本設計方針を変更する必要がないことを確認した。

- a. 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

(2013年6月28日原子力規制委員会規則第6号)

(改正2020年1月23日号外原子力規制委員会規則第3号)

- b. 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

(2013年6月19日原規技発第1306194号)

(改正2020年1月15日原規技発第2001159号)

- c. 試験及び測定技術－電氣的ファストトランジェント／バーストイミュニティ試験(JIS C 61000-4-4)

#### 3.1.1.3.3 まとめ

最新の文献及び調査等から得られた科学的知見及び技術的知見に基づき、安全評価の前提となっている内部事象及び外部事象の評価について、見直しの要否を確認した結果、評価期間において新たに見直しをする必要はない。

## 航空機落下確率の再評価について

高浜発電所 4 号機の航空機落下確率について、「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」（2009・06・25 原院第 1 号）に基づき再評価を行ったところ、結果は約  $3.4 \times 10^{-8}$  回／炉・年となり、判断基準値である  $10^{-7}$  回／炉・年および設置変更許可申請書記載値である約  $3.6 \times 10^{-8}$  回／炉・年を下回ることを確認した。

評価対象事故、評価に用いた数値および評価結果について、以下に示す。

## 1. 評価対象事故

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訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	②基地－訓練空域間を往復時の落下事故
× <sup>注1</sup>	○ <sup>注2</sup>	○	○ <sup>注3</sup>	× <sup>注4</sup>

○：対象、×：対象外

注 1：高浜発電所付近の空港の最大離着陸地点までの距離は、当該発電所と空港の距離よりも短いため、評価対象外とした。

注 2：高浜発電所周辺に存在する航空路と当該発電所との距離が、それぞれの航空路の幅よりも短い場合は、評価対象とした。

注 3：高浜発電所は、自衛隊の訓練空域が存在しない。

注 4：高浜発電所は、基地－訓練空域間の往復の想定飛行範囲内にならない。

## 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）

$$Pc = fc \cdot Nc \cdot A / W$$

$Pc$  : 対象施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

$Nc$  : 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<sup>2</sup>)

$W$  : 航空路幅(km)

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

$Gc$  : 巡航中事故件数（回）

$Hc$  : 延べ飛行距離（飛行回・km）

	高浜発電所 4 号機
対象 航空路	RNAV 経路 Y18 (OVMAX-MIYAZU) / RNAV 経路 Y382 (SOTOM-WAKIT)
$Nc$ <sup>注1</sup>	8030 / 6205 (2014 年データ)
$A$ <sup>注2</sup>	0.0110
$W$ <sup>注3</sup>	18.52
$fc$ <sup>注4</sup>	$0.5 / 11,269,119,373 = 4.44 \times 10^{-11}$
$Pc$	$3.75 \times 10^{-10}$

注1 : 国土交通省航空局への問い合わせ結果を 365 倍した値。

注2 : 高浜 4 号機については 0.0110km<sup>2</sup> であり、この面積を標的面積とした。

注3 : R N A V 経路（広域航法経路）については、航法精度を航空路の幅とみなすこととした。Y18、Y382 の航法精度は 10nm（＝18.52km）であり航空路の幅は 18.52km とした。

注4 : 1998 年～2017 年の巡航中事故件数は 0 件（「航空機落下事故に関するデータ（1998～2017 年）」（2019 年 12 月 原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）であるが、保守的に 0.5 件として評価した。延べ飛行距離は、1998 年～2017 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（幹線、ローカル線、不定期）を合計した値。



(2) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = (f_v / S_v) \cdot A \cdot \alpha$$

$P_v$  : 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(km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

	高浜発電所 4 号機	
$f_v$ <sup>注1</sup>	大型固定翼機	0.5/20=0.025
	小型固定翼機	29/20=1.450
	大型回転翼機	2/20=0.100
	小型回転翼機	18/20=0.900
$S_v$ <sup>注2</sup>	37.2 万	
$A$	0.0110	
$\alpha$ <sup>注3</sup>	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	
$P_v$	1.07 × 10 <sup>-8</sup>	

注 1 : 「航空機落下事故に関するデータ (1998~2017 年)」(2019 年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ) の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出した。なお、1998 年~2017 年の大型固定翼機の事故件数は 0 件であるが、保守的に 0.5 件として評価した。

注 2 : 「航空機落下事故に関するデータ (1998~2017 年)」(2019 年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ) の値を用いた。

注 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)」の値を用いた。

(3) 自衛隊機又は米軍機の落下事故（訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故）

$$Psi = fsi \cdot A / Si$$

$Psi$  : 訓練空域内での対象施設への航空機落下確率（回／年）

$fsi$  : 単位年当たりの訓練空域内落下事故率（回／年）

$Si$  : 全国の陸上の訓練空域の面積(km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

$$Pso = fso \cdot A / So$$

$Pso$  : 訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

$fso$  : 単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

$So$  : 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(km<sup>2</sup>)

$A$  : 原子炉施設の標的面積(km<sup>2</sup>)

	高浜発電所 4 号機	
$fso$ 注1	自衛隊機( $fso$ )	9/20=0.450
	米軍機( $fso$ )	4/20=0.200
$So$ 注2	自衛隊機( $So$ )	37.2 万 - 7.80 万 = 29.4 万
	米軍機( $So$ )	37.2 万 - 0.05 万 ≒ 37.2 万
$A$	0.0110	
$Pso$	$2.28 \times 10^{-8}$	

注 1 : 「航空機落下事故に関するデータ（1998～2017 年）」（2019 年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ）の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出した。

注 2 : 「航空機落下事故に関するデータ（1998～2017 年）」（2019 年 12 月 原子力規制庁 長官官房技術基盤グループ）の値を用いた。

### 3. 落下確率値の合計値

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 訓練空域内で 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 域間を往復時 の落下事故	
—	$3.75 \times 10^{-10}$	$1.07 \times 10^{-8}$	$2.28 \times 10^{-8}$	—	約 $3.4 \times 10^{-8}$

### 3.1.2 決定論的安全評価

決定論的安全評価は、第1回安全性向上評価届出書（2019年3月29日付け関原発第587号）（以下「第1回届出書」という。）の評価時点以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析又は評定をする必要がなく、第1回届出書の記載内容から大きな変更はない。

なお、第1回届出書において、「今後講じる措置等に応じてその効果を適切に評価すること等を目的として、最新知見を取り入れた評価手法（最適評価コード、統計的安全評価手法等）についても調査、研究・開発に取り組んでいる。」としており、その状況について以下に示す。

#### ○SPARKLE-2 コードの設計基準事象への適用

国内で運転実績のあるPWRプラントを対象として、SPARKLE-2コード\*を一部の設計基準事象に適用し、評価した結果をMHI-NES-1072「三菱PWR 設計基準事象へのSPARKLE-2コードの適用性について（解析モデル、検証・妥当性確認編）」（2020年7月発行）及びMHI-NES-1073「三菱PWR 設計基準事象へのSPARKLE-2コードの適用性について（解析適用例編）」（2020年7月発行）にまとめている。本文献ではSPARKLE-2コードが従来のPWRにおける「原子炉冷却材喪失」事象を除いた設計基準事象に適用可能であることが確認されている。また、従前の解析コードによる評価結果と比較して裕度が拡大する結果が得られており、より実現象に即した評価となっていることが確認されている。

※三菱重工業（株）が開発した1次系全体の熱流動と3次元炉心動特性との相互作用が評価可能なプラント過渡特性解析コード。従来のPWRにおける設計基準事象の解析に用いられているプラント過渡特性解析コードMARVEL等に対して、SPARKLE-2コードでは、過渡時の出力分布変化やボイド生成に伴う反応度帰還効果を適切に取り込むことで、最小DNBRや燃料中心温度の最適

評価が可能となる。炉心損傷防止に関する重大事故等対策の有効性評価に適用している。

### 3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（P R A）

内部事象及び外部事象に係るP R Aについては、第1回安全性向上評価届出書（2019年3月29日付け関原発第587号）（以下「第1回届出書」という。）の評価時点以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析又は評定をする必要がなく、第1回届出書の記載内容から大きな変更はない。

#### 3.1.4 安全裕度評価

設計上の想定を超える事象の発生を仮定し、評価対象の発電用原子炉施設が、どの程度の事象まで燃料体又は使用済燃料（以下「燃料体等」という。）の著しい損傷を発生させることなく、また、格納容器機能喪失及び放射性物質の異常放出をさせることなく耐えることができるか、安全裕度を評価する。また、燃料体等の著しい損傷並びに格納容器機能喪失及び放射性物質の異常放出を防止するための措置について、深層防護の観点から、その効果を示すとともに、クリフエッジ・エフェクト（例えば、設計時の想定を超える地震及び津波により機器類の損傷、浸水等が生じ、燃料損傷等を引き起こす安全上重要な機器等の一連の機能喪失が生じること。）を特定して、設備の潜在的な脆弱性を明らかにする。これにより、発電用原子炉施設について、設計上の想定を超える外部事象に対する頑健性に関して、総合的に評価する。

安全裕度評価については、第1回安全性向上評価届出書（2019年3月29日付け関原発第587号）（以下「第1回届出書」という。）の評価時点以降、評価結果が変わるような大規模な工事等を行っていないため、改めて調査、分析又は評定をする必要がなく、第1回届出書の記載内容から大きな変更はない。

ただし、新たに「その他自然現象に対する単独評価」について評価を実施したことから、次項以降に示す。

### 3.1.4.1 その他自然現象に対するリスク評価

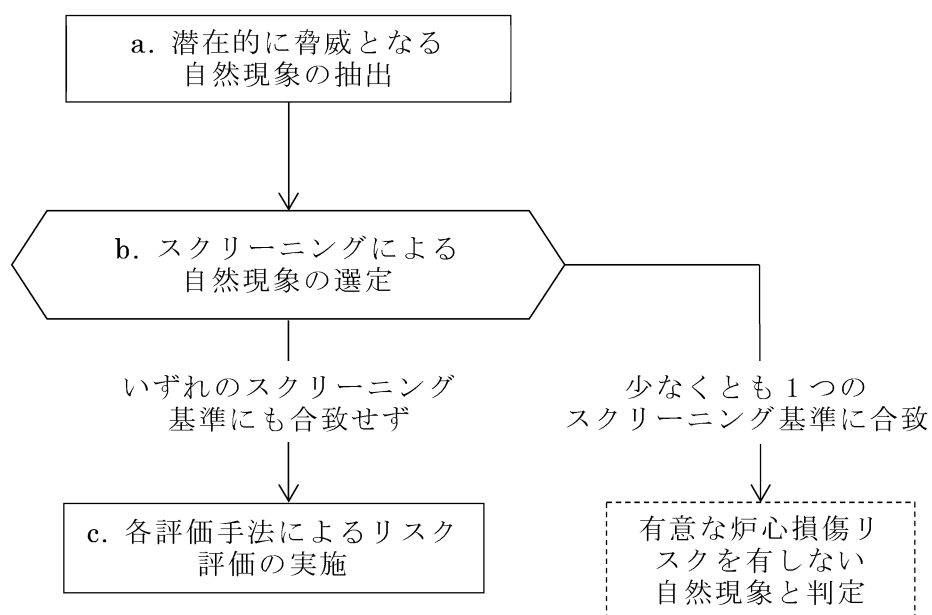
#### 3.1.4.1.1 その他自然現象に対する単独評価

##### (1) 評価方針

地震、津波以外のその他自然現象に対する単独評価では、地震、津波の評価と同様に必ずしもクリフエッジを求めるような安全裕度評価を行うのではなく、各自然現象の特性に応じた評価手法によりリスク評価を実施する。具体的には日本原子力学会標準「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」（以下「学会標準」という。）を参考に評価を行う。

##### (2) 評価方法

その他自然現象のリスク評価を実施するにあたり、第3.1.4.1.1.1図のフローに従い各自然現象に対する評価を行った。



第 3.1.4.1.1.1 図 その他自然現象の評価に係るフロー図

##### a. 潜在的に脅威となる自然現象の抽出

プラントに潜在的な脅威を与える自然現象として、2015年2月12日に許可を受けた原子炉設置（変更）許可申請（以下「設置許可」という。）において、スクリーニングアウトされず評価対象となっている自然現象及び I A E A 特定安全ガイド



No.SSG-25 「原子力発電所の定期安全レビュー」（以下「No.SSG-25」という。）に記載されている自然現象を抽出した。選定結果を第 3.1.4.1.1.1 表に示す。

第 3.1.4.1.1.1 表 プラントに潜在的な脅威を与える自然現象

No.	自然現象	引用元	備考
1	竜巻	設置許可	
2	火山	設置許可	
3	生物学的事象	設置許可	
4	森林火災	設置許可	
5	地滑り	設置許可	
6	風（台風）	設置許可	
7	凍結	設置許可	
8	降水	設置許可	
9	積雪	設置許可	
10	落雷	設置許可	
11	洪水	設置許可	
12	高潮	設置許可	
-	津波を含む洪水	No. SSG-25	「3.1.4.2.2 津波」にて評価実施 <sup>※</sup> 又はNo. 11と同じ
13	竜巻を含む強風	No. SSG-25	
14	火災	No. SSG-25	
15	気象（降雨）	No. SSG-25	
16	気象（高温）	No. SSG-25	
17	気象（低温）	No. SSG-25	
18	気象（霧・もや）	No. SSG-25	
19	気象（かんばつ）	No. SSG-25	
20	気象（降雪）	No. SSG-25	
21	太陽風	No. SSG-25	
22	有毒・腐食性物質（火山灰）	No. SSG-25	
23	水理学的ハザード	No. SSG-25	
-	地震ハザード	No. SSG-25	「3.1.4.2.1 地震」にて評価実施 <sup>※</sup>
-	火山ハザード	No. SSG-25	No. 2と同じ
-	生物学的汚染	No. SSG-25	No. 3と同じ
-	落雷	No. SSG-25	No. 10と同じ

※：第 1 回届出書で評価実施。

b. スクリーニングによる自然現象の選定

a.項で抽出した潜在的に脅威となる自然現象に対し、学会標準を参考とした5つの基準（第3.1.4.1.1.2表）によりスクリーニングを行い、有意な炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象を以下のとおりに選定した。また、その結果の詳細を別紙3.1.4.1.1(2)bに示す。

なお、火山については、「第1.1.1.6表 高浜4号機に係るバックフィットへの対応」のうち「9 大山生竹テフラ（DNP）に関する対応」に示す状況にあり、許認可の状況等を踏まえて、次回届出以降に評価を検討することとする。

第3.1.4.1.1.2表 スクリーニング基準

スクリーニング基準		詳細
基準1	頻度	ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である。
基準2	場所	ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。
基準3	タイムスケール	ハザードが進展するタイムスケールがプラントの対処時間に比べて十分に長い。
基準4	起因事象	ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさないことが明らかである。
基準5	包含	ハザードが他のハザードに包含される。

[有意な炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象]

- ・ 竜巻を含む強風
- ・ 火山
- ・ 生物学的事象
- ・ 積雪
- ・ 落雷

c. 評価手法の選定

b.項で選定した火山以外の有意な炉心損傷リスクを有する可能性のある自然現象に対し、それぞれの特性に応じて学会標準で定められている5つの評価手法（第3.1.4.1.1.3表）の中からリスク評価を実施した。

第3.1.4.1.1.3表 各自然現象に対する評価手法

評価手法	評価の方法
①ハザード影響分析	当該外部ハザードのプラントへの影響を保守的に仮定したとしても、プラントにおける炉心損傷に繋がる起因事象の発生及び安全機能を有する構築物、系統及び機器（SSC）が損なわれないことを、決定論的評価により確認する。
②ハザード頻度分析	プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベル（設計基準を有する外部ハザードにおいては設計基準が該当する）を設定し、それを超過する外部ハザードの発生頻度を、保守的な解析により定量的に評価する。 なお、本評価では、発生頻度 $10^{-6}$ /年のハザードレベルと、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルを比較することで、上記の評価を実施する。
③裕度評価	多数の事故シナリオを対象として、炉心損傷に繋がる起因事象の発生や安全機能を有するSSCの機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定することにより、炉心損傷リスクが必ず起こるハザードレベル及び支配的な事故シナリオを導出する。 ここで導出されるハザードレベルとプラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルとの比を当該ハザードの炉心損傷に対する裕度として算出する。
④決定論的なCDF評価	炉心損傷につながる支配的な事故シナリオを対象として、炉心損傷につながる起因事象の発生や安全機能を有するSSCの機能喪失に対するハザードの影響を決定論的に設定することにより、ハザードにより引き起こされるプラントの条件付き炉心損傷確率(CCDP)を定量的に評価し、ここで算出されたCCDPに、プラントに影響を与える可能性のあるハザードレベルを超過する外部ハザード発生頻度を乗じることによりCDFを評価する。
⑤PRA等の詳細なリスク評価	炉心損傷リスクを有すると判断される外部ハザードに対しては、確率論的リスク評価(PRA)を適用する詳細なリスク評価を行う。

(3) リスク評価

a. 竜巻を含む強風

(a) 竜巻を含む強風に対する設計

安全施設は、最大風速100m/sの竜巻が発生した場合においても、竜巻に伴う風圧による荷重、気圧差による荷重及び飛来物の衝撃荷重を組合せた荷重等に対して安全機能を損なわないために、飛来物の発生防止対策及び竜巻防護対策を行う。

i 飛来物の発生防止対策

竜巻により発電所構内の資機材等が飛来物となり、竜巻防護施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・飛来物となる可能性のあるものを固縛、建屋内収納又は撤去する。
- ・車両の入構の制限、竜巻の襲来が予想される場合の車両の退避又は固縛を行う。

ii 竜巻防護対策

固縛等による飛来物の発生防止対策ができないものが飛来し、安全施設が安全機能を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻飛来物防護対策設備により、竜巻防護施設を防護し構造健全性を維持し安全機能を損なうことのない設計とする。
- ・竜巻防護施設の構造健全性が維持できない場合には、代替設備又は予備品の確保、損傷した場合の取替又は補修が可能な設計とすることにより安全機能を損なうことのない設計とする。

なお、強風（台風含む）に対する影響については、敷地付近で観測された最大瞬間風速は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947年～2012年）によれば、51.9m/s（2004年10月20日）であることから、竜巻の評価で想定している風荷重による影響及び飛来物による影響の対策に包含される。

(b) 竜巻を含む強風に対するリスク評価（ハザード頻度分析）

本評価では、ハザード発生頻度を定量的に判断することにより当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できることから、ハザード頻度分析を以下のとおり実施した。

設置許可における竜巻のハザード曲線により算出した年超過確率  $10^{-6}$  値は、風速 87m/s である。この値は設計値である風速 100m/s を下回っていることから、竜巻を含む強風はプラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える竜巻を含む強風が発生する可能性が極めて低いことを確認した。

## b. 生物学的事象

### (a) 生物学的事象に対する設計

生物学的事象に対して、クラゲ等の海生生物の発生、小動物の侵入を考慮する。

安全施設は、クラゲ等の海生生物の発生に対して、原子炉補機冷却海水設備に除塵装置を設け、また、小動物の侵入に対して、屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行うことにより、安全機能を損なうことのない設計とする。

除塵装置を通過する貝等の海生生物については、海水ストレーナや復水器細管洗浄装置により、原子炉補機冷却水冷却器や復水器等への影響を防止する設計とする。さらに、定期的に開放点検、清掃をできるように点検口等を設ける設計とする。

### (b) 生物学的事象に対するリスク評価（ハザード影響分析）

本評価では、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できるため、ハザード影響分析を以下のとおり実施した。

小動物の侵入に対しては、(a)項で記載したとおり屋外装置の端子箱貫通部等にシールを行っていることから、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても安全機能に対して影響はない。

クラゲ等の海生生物の発生に対しては、(a)項で記載したとおり除塵装置を設けることによって、安全機能を損なうことのない設計としている。保守的な仮定として、取水路の閉塞

等により原子炉補機冷却海水設備に影響を与え、起因事象として「原子炉補機冷却機能喪失」が発生したとしても、第1回届出書における別紙 3.1.4.2.2(1)-1 及び、別紙 3.1.4.2.2(1)-4 における「原子炉補機冷却機能喪失」の収束シナリオに示すとおり対応可能である。

以上より、生物学的事象はプラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える生物学的事象に対して耐性を有することを確認した。

#### c. 積雪

##### (a) 積雪に対する設計

敷地付近で観測された積雪の深さの月最大値は、舞鶴特別地域気象観測所での観測記録（1947～2012年）によれば、87cm（2012年2月2日）である。積雪荷重は、建築基準法に基づき、積雪量 100cm として積雪荷重を設定し、それに対し機械的強度を有する構造とすることで、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としている。

また、仮に設計を超える積雪が発生したとしても、除雪による緩和措置をとることが可能であることから、安全施設の安全機能を損なうおそれはない。

##### (b) 積雪に対するリスク評価（裕度評価）

本評価では、除雪等による緩和措置を実施可能であることと、評価対象（建屋）が明確かつ耐力の評価が可能であることから、裕度評価を以下のとおり実施した。

安全上重要な建屋における許容積雪厚さを第 3.1.4.1.1.4 表に示す。

第 3.1.4.1.1.4 表 安全上重要な建屋の許容積雪厚さ

建屋	許容積雪荷重 (N/m <sup>2</sup> )	許容積雪厚さ※(cm)
外部しゃへい建屋	10,035	334
外周建屋	4,760	158
燃料取扱建屋	4,650	155
原子炉補助建屋	4,640	154
中間建屋	7,100	236
ディーゼル発電機建屋	7,100	236
燃料取替用水タンク建屋	4,840	161

※：積雪の単位荷重は1cm当たり30N/m<sup>2</sup>とする。

第 3.1.4.1.1.4 表のとおり、安全上重要な建屋のうち、最も許容積雪厚さが低いものは原子炉補助建屋の 154cm となる。この値は設計基準の値に対して大きな値であり、仮に 154cm を超える積雪が発生したとしても、積雪の速さは緩慢であり、また、事前に当該事象の予測が可能であることから、除雪等による緩和措置を実施することができる。

積雪では絶縁不良により起因事象として「外部電源喪失」が発生する可能性がある。しかし、上記のとおり、安全上重要な建屋の許容積雪厚さは 154cm と十分大きく、除雪による緩和措置も実施可能であることから、「外部電源喪失」の収束シナリオのとおり対応可能である。「外部電源喪失」のイベントツリーは第 1 回届出書における別紙 3.1.4.2.1(1)-1 に示すとおりである。

以上により、積雪はプラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える積雪に対して耐性を有することを確認した。

#### d. 落雷

##### (a) 落雷に対する設計

雷害防止対策として、建築基準法に基づき高さ 20m を超える原子炉格納施設等へ日本工業規格 (J I S) に準拠した避雷設備を設置するとともに、構内接地網と接続することによ

り、接地抵抗の低減や雷撃に伴う構内接地系の電位分布の平坦化を図っている。さらに、安全保護回路への雷サージ電流抑制を図る回路設計としていることから、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としている。

(b) 落雷に対するリスク評価（ハザード影響分析）

本評価では、プラントに対する影響を保守的に仮定したとしても当該自然現象がプラントに対して有意な炉心損傷リスクをもたらし得ないと判断できるため、ハザード影響分析を以下のとおり実施した。

i 評価の前提条件

落雷により影響を受けると考えられる設備は、それぞれ分散されていることから、落雷により同時損傷する可能性は非常に小さいと考えられるが、本評価では保守的に複数設備の同時損傷を考慮している。また、直撃雷の最大電撃電流値及び誘導雷サージの雷サージ電圧値に関わらず、対象とする設備が保守的に必ず損傷するものとして、以下の前提条件のもと評価を行う。また、以下の前提条件のイメージを別紙 3.1.4.1.1(3)d-1 に示す。

① 直撃雷による設備損傷

屋外設備への直撃雷により、直撃雷を受けた設備の機能喪失を想定する。ただし、連続して複数の構内屋外設備に直撃雷は生じないものとする。

② 誘導雷サージによる設備損傷

落雷により周囲の屋外ケーブル（金属材料が使われていない光ケーブルを除く）に大規模な誘導雷サージが発生し、それにより当該ケーブルに接続された設備にサージ電流が流れることで機能喪失に至ることを想定する。誘導雷サージによる機能喪失範囲としては、屋外ケーブルで常時接続されている屋外機器及び屋内機器の接続部位まで持つ機能が同時に全て喪失することとする。ただ



し、連続して大規模な誘導雷サージが発生するような落雷は生じないものとする。

また、建屋内機器の接続部位がしゃ断器等で開放又は引出位置で縁切りされている場合には、接続されている屋外機器のみが誘導雷サージの影響を受け、機能喪失することとする。

#### ③ 誘導雷サージによる誤信号の発信

設計想定以上の雷サージにより機器が誤動作する可能性があるが、②に示す範囲の機器の誤動作が生じたとしても、落雷による瞬間的な誤信号であれば、運転員による適切な評価がなされることから、影響はないとする。

#### ④ 建屋内のみで構成される機器への影響

建屋内のみで構成される機器については、建屋が鉄筋コンクリート造であり、かつ、十分に接地されており、また、その鉄筋量は一般建屋よりも多く緻密な格子状の空間遮蔽が形成されていることから、耐雷サージ性の高いファラデーケージになっており、建屋内部の過度電位分布が平坦化されることから、影響はないとする。

### ii 評価の結果

送電線は架空地線で直撃雷の低減対策を実施しており、また、安全系母線は複数の送電線系から受電可能のため、直撃雷により「外部電源喪失」に至る可能性は極めて低いと考えられるが、複数設備の同時損傷を考慮し、保守的に「外部電源喪失」の発生を想定する。

海水ポンプは、防護壁及び防護竜巻ネットで構成される対雷サージ性の高いファラデーケージ内に設置されており、直撃雷により機能喪失することは考えられない。また、しゃ断器の保護継電器により、誘導雷サージによるサージ電流が発生したとしてもしゃ断器が開放することで機器の損傷を回避する設計となっている。さらに、海水ポンプは複

数機存在するため、全てが誘導雷サージにより同時に損傷する可能性は極めて低いと考えられるが、設計基準を超えた落雷を受けることから、保守的に誘導雷サージにより海水ポンプの機能喪失が喪失することとし、「原子炉補機冷却機能喪失」の発生を想定する。

上記により、落雷により「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生する。当該起因事象発生時のイベントツリーは第1回届出書における別紙3.1.4.2.1(1)-4及び別紙3.1.4.2.1(1)-10に示すとおりである。また、当該起因事象発生時の緩和機能に必要な設備のうち、誘導雷サージにより損傷する可能性のある屋外設備を第3.1.4.1.1.5表に示す。

第3.1.4.1.1.5表 緩和機能に必要な屋外設備

設備	取り合うケーブルの通常時の接続状態 ●：常時接続 －：常時切り離し	取り合うケーブルの金属材料の有無 ●：金属あり －：金属なし
復水タンク水位計	●	●
タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁	●	●
空冷式非常用発電装置	●※	●
空冷式非常用発電装置 信号処理盤	●	－ (光ケーブル)
消防ポンプ	－	
タンクローリー	－	
大容量ポンプ	－	

※：通常時、しゃ断器は開放状態

第3.1.4.1.1.5表のとおり、緩和機能に必要な設備のうち、金属材料のケーブルが常時接続されている設備は復水タンク水位計、タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁、空冷式非常用発電装置であり、当該設備は誘導雷サージの影響を受ける可能性がある。

しかし、復水タンク水位計については、機能喪失したと

しても代替パラメータによる復水タンク水位の監視が手順として整備されており、蒸気発生器補助給水流量等の復水タンクを水源とするポンプの注入量の合計により、使用量を推定することができる。

タービン動補助給水ポンプ復水タンク側入口弁については、通常時は開状態であり、緩和操作時に必要な状態も開状態であることから操作は不要であり、機能喪失したとしても影響はない。仮に、誘導雷サージによる誤信号により閉止したとしても、運転員による手動操作により対応可能である。

空冷式非常用発電装置については、通常時はしゃ断器が開放状態であり、それにより縁切りされているため、誘導雷サージの影響は受けない。

以上より、落雷により「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却機能喪失」の起因事象が発生したとしても、緩和機能に必要な設備は落雷の影響を受けない、あるいは代替措置が実施可能なことから炉心損傷を回避することができる。よって、落雷はプラントに対して有意なリスクはなく、設計上の想定を超える落雷に対して耐性を有することを確認した。

## スクリーニングによる自然現象の選定

No.	自然現象	引用元	スクリーニング基準*					選定結果	備考
			基準1 (頻度)	基準2 (場所)	基準3 (タイム スケール)	基準4 (起因 事象)	基準5 (包含)		
1	竜巻	設置許可					✓	×	No.13 竜巻を含む強風に包含される。
2	火山	設置許可						○	評価対象とする。
3	生物学的事象	設置許可						○	評価対象とする。
4	森林火災	設置許可				✓		×	発電所において最も厳しい条件で森林火災の影響評価を行い、評価上必要以上の防火帯を確保していることから、起因事象は発生しない。
5	地滑り	設置許可				✓		×	高浜発電所周辺の地滑り地形の箇所地滑りに対して、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
6	風(台風)	設置許可					✓	×	No.13 竜巻を含む強風に包含される。
7	凍結	設置許可				✓		×	安全施設は屋外機器で凍結のおそれのあるものに保温等の凍結防止対策を行うことにより、安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
8	降水	設置許可				✓		×	敷地に溢れた雨水はこの付近で最もエレベーションの低い循環水ポンプの取水路に流入すること、及び浸水防止措置を行うことにより、安全施設の安全機能を損なうことのない設計としていることから、起因事象は発生しない。
9	積雪	設置許可						○	評価対象とする。
10	落雷	設置許可						○	評価対象とする。
11	洪水	設置許可		✓				×	高浜発電所周辺地域における河川としては、高浜発電所敷地西側境界に接して溪流(才谷川)があるが、高浜発電所は才谷川とは山を挟んだ反対側に立地している。敷地の地形及び表流水の状況から判断して、敷地が洪水による被害を受けることはない。
12	高潮	設置許可					✓	×	津波評価に包含される。
13	竜巻を含む強風	No. SSG-25						○	評価対象とする。
14	火災	No. SSG-25				✓	✓	×	No.4 森林火災に包含される。
15	気象(降雨)	No. SSG-25				✓	✓	×	No.8 降水に包含される。
16	気象(高温)	No. SSG-25				✓		×	気温の上昇は緩慢であり、一過性のものである。また、各設備は大きな熱容量を有していることから、気象による高温の影響はなく、起因事象は発生しない。
17	気象(低温)	No. SSG-25				✓	✓	×	No.7 凍結に包含される。
18	気象(霧・もや)	No. SSG-25				✓		×	屋外設備は防滴・防水仕様となっており、高湿度・濃霧等の影響は生じない。また、屋内設備についても空調で管理されていることから、起因事象は発生しない。
19	気象(早魃)	No. SSG-25				✓		×	取水源は海水であり、早魃の影響を受けないことから起因事象は発生しない。
20	気象(降雪)	No. SSG-25					✓	×	No.9 積雪に包含される。
21	太陽風	No. SSG-25				✓		×	太陽フレアによる磁気嵐により誘導電流が発生する可能性があるが、日本では、磁気緯度、大地抵抗率の条件から地磁気変動が電力系統に影響を及ぼす可能性は極めて小さい。また太陽フレアによる電磁的障害については、上記の通りわが国における影響は極めて小さいことを鑑みれば、安全保護回路等には、落雷や電磁波対策を行い、鋼製筐体に収納され、遮蔽されていることから、起因事象は発生しない。
22	有毒・腐食性物質(火山灰)	No. SSG-25					✓	×	No.2 火山に包含される。
23	水理学的ハザード	No. SSG-25					✓	×	津波評価に包含される。

※：スクリーニング基準は以下の通り。

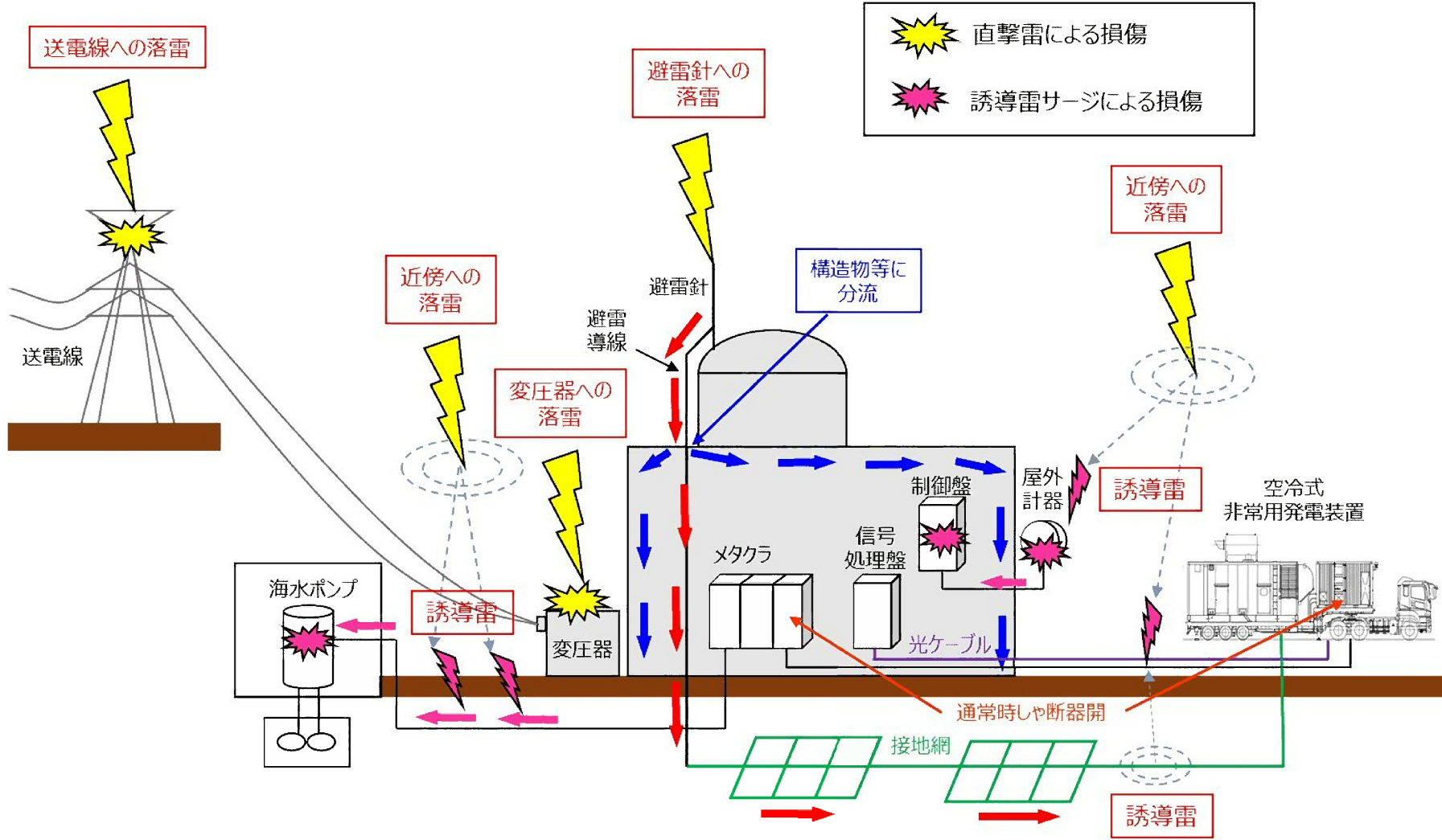
基準1：ハザードの発生頻度が極めて小さいことが明確である。

基準2：ハザードがプラントに影響を与えるほど近傍で発生しない。

基準3：ハザードが進展するタイムスケールがプラントの対処時間に比べて十分に長い。

基準4：ハザードがプラントに到達したと仮定しても、炉心損傷につながる起因事象を引き起こさないことが明らかである。

基準5：ハザードが他のハザードに包含される。



落雷による影響のイメージ

## 3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価

I A E A 安全ガイド「Periodic Safety Review for Nuclear Power Plants」(No.SSG-25)と同等の規格である日本原子力学会標準「原子力発電所の安全性向上のための定期的な評価に関する指針：2015」(AESJ-SC-S006:2015)（以下「P S R + 指針」という。）に基づき評価を行うことを検討する。

### 3.2.1 評価の実施について

安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価を実施するにあたり、P S R + 指針では、安全因子（14因子：I A E A 安全ガイドを参照して策定されたもの）のレビューと総合評価を実施し、安全性向上措置を抽出し、その実行により発電所の安全性向上を図る。

#### (1) 安全因子レビューについて

安全因子として挙げられる以下の 14 項目に対し、P S R + 指針に沿った評価を実施する。具体的には、安全因子ごとの評価を行い、その評価結果を“好ましい所見”と“好ましくない所見”に分類した上で、それぞれに対して安全性向上措置候補の検討を行う。

- ①プラント設計
- ②安全上重要な S S C（構築物・系統・機器）の現状
- ③機器の性能保証
- ④経年劣化
- ⑤決定論的安全解析
- ⑥確率論的リスク評価
- ⑦ハザード解析
- ⑧安全実績
- ⑨他のプラントでの経験及び研究結果の利用
- ⑩組織、マネジメントシステム、及び安全文化
- ⑪手順
- ⑫ヒューマンファクター
- ⑬緊急時計画

#### ⑭放射性物質が環境に与える影響

##### (2) 総合評価について

総合評価として、安全因子間の相関関係を分析し、(1)で評価した安全因子ごとの評価結果及び安全性向上措置候補から実行可能な安全性向上措置を抽出する。さらに、将来のプラント運用の安全性を確認するとともに、安全性向上措置実行計画を策定する。

##### 3.2.2 評価実施予定（計画）について

P S R + 指針において、安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価は、プラントの運転が開始されてから定期的を実施し、時間経過に伴い顕在化するプラント及び環境の諸変化について、プラントの安全性へ及ぼす累積的影響の評価を可能とするため実施間隔が極端に短期にならないよう留意することとされ、安全上重要な問題の発見の遅れや評価の連続性が喪失する可能性を考慮し、10年を超えない期間で実施することが望ましいとされている。

14の安全因子については、今回の届出書においても調査が行われている事項が存在する。14の安全因子のレビュー項目と本届出書にて関連する箇所を第3.2.1表に示す。

第 3.2.1 表 安全因子のレビュー項目と本届出書の関連箇所

14 の安全因子	本届出書にて安全因子のレビュー項目に関連する箇所
①プラント設計	1.1 発電用原子炉施設概要、 1.2 敷地特性
②安全上重要な S S C（構築物・系統・機器）の現状	1.3 構築物、系統及び機器
③機器の性能保証	1.3 構築物、系統及び機器
④経年劣化	2.2.1.3 保守管理、 「高浜 4 号機高経年化技術評価報告書」（2014 年 6 月（2015 年 10 月 一部変更）（2015 年 11 月 一部変更）、関西電力）
⑤決定論的安全解析	1.5 法令への適合性の確認のための安全性評価結果、 3.1.2 決定論的安全評価
⑥確率論的リスク評価	3.1.3 内部事象及び外部事象に係る確率論的リスク評価（P R A）
⑦ハザード解析	1.5 法令への適合性の確認のための安全性評価結果、 3.1.4 安全裕度評価のその他自然現象
⑧安全実績	2.2.1 保安活動の実施状況の「実績指標」
⑨他のプラントでの経験及び研究結果の利用	2.2.1.7 緊急時の措置、 2.2.2 国内外の最新の科学的知見及び技術的知見
⑩組織、マネジメントシステム、及び安全文化	1.4 保安のための管理体制及び管理事項、 2.2.1 保安活動の実施状況の「組織・体制」、 2.2.1.8 安全文化の醸成活動
⑪手順	2.2.1 保安活動の実施状況の「社内マニュアル」
⑫ヒューマンファクター	1.4 保安のための管理体制及び管理事項
⑬緊急時計画	2.2.1.7 緊急時の措置
⑭放射性物質が環境に与える影響	2.2.1.5 放射線管理及び環境放射線モニタリング、 2.2.1.6 放射性廃棄物管理

ただし、今回の安全性向上評価において「3.2 安全性向上に係る活動の実施状況に関する中長期的な評価」を実施するにあたり、以下の課題があると考えており、現時点で P S R + 指針に沿った総合評価を行うことは難しいと考えている。

評価実施に向けて、以下に示す課題について、解決に取り組み、課題解決に向けた進捗状況を見極めた上で、総合評価を実施する。



### (1) 安全因子の傾向把握

安全因子のうち、新規制基準の導入後の再稼動に伴って安全因子に係る管理方法等が大きく変化し、中長期的な傾向を把握できるまでの実績がないため、安全因子ごとの評価が難しいものがある。そのため、中長期の傾向把握するため実績を重ねる必要がある。

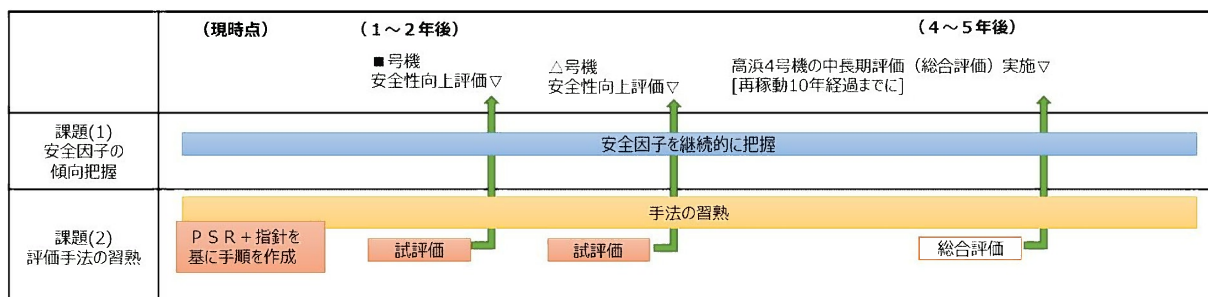
(例) ⑪手順、⑬緊急時計画 等

### (2) 評価手法の習熟

総合評価として、安全因子間の相関関係を分析し、安全因子ごとの評価結果及び安全性向上措置候補から実行可能な安全性向上措置を抽出するが、原子力発電所の活動は、安全因子が複雑に関連し成り立っていることを踏まえて、総合評価の実施に向けて、安全因子間の相関関係の分析や安全因子ごとの評価等の総合評価に至る一部分の評価を取り出して試評価を行い、評価手法の習熟に努める。

なお、今回の安全性向上評価においても、確率論的リスク評価の結果から安全性向上に寄与する対策を検討したプロセスは、6番目の安全因子である「確率論的リスク評価」、2番目の安全因子である「安全上重要なSSC（構築物・系統・機器）の現状」、11番目の安全因子である「手順」の相関関係を分析したものであり、部分的な評価に相当するものと考えられる。

また、PSR+指針の附属書（参考）に相当し、PSR+指針の要求事項の理解の助けとなる補足説明を「解説」としてまとめた技術レポートが完成し、現在、PSR+指針と技術レポートを活用した評価の実施手順を作成中である。手順を定めた後、総合評価の時期としている、再稼動から10年後の時期に縛られることなく、当社の各ユニットにおいて適宜評価を実施し、試評価の段階からその結果を安全性向上評価届出書に記載し公表していく。今後の具体的な進め方について、第3.2.1図に示す。



第 3.2.1 図 評価手法の習熟に向けた具体的な進め方