

東海第二発電所工事計画審査資料	
資料番号	工認-055 改0
提出年月日	平成30年1月29日

V-1-1-2 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

## 目次

- V-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
  - V-1-1-2-1-1 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基本方針
  - V-1-1-2-1-2 防護対象施設の範囲
  
- V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書
  - V-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針
  - V-1-1-2-2-2 基準津波の概要
  - V-1-1-2-2-3 入力津波の設定
  - V-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価
  - V-1-1-2-2-5 津波防護に関する施設的设计方針
  
- V-1-1-2-3 竜巻への配慮に関する説明書
  - V-1-1-2-3-1 竜巻への配慮に関する基本方針
  - V-1-1-2-3-2 竜巻の影響を考慮する施設及び固縛対象物の選定
  - V-1-1-2-3-3 竜巻防護に関する施設的设计方針
  
- V-1-1-2-4 火山への配慮に関する説明書
  - V-1-1-2-4-1 火山への配慮に関する基本方針
  - V-1-1-2-4-2 降下火砕物の影響を考慮する施設の選定
  - V-1-1-2-4-3 降下火砕物の影響を考慮する施設的设计方針
  
- V-1-1-2-5 外部火災への配慮に関する説明書
  - V-1-1-2-5-1 外部火災への配慮に関する基本方針
  - V-1-1-2-5-2 外部火災の影響を考慮する施設の選定
  - V-1-1-2-5-3 外部火災防護における評価の基本方針
  - V-1-1-2-5-4 外部火災防護に関する許容温度設定根拠
  - V-1-1-2-5-5 外部火災防護における評価方針
  - V-1-1-2-5-6 外部火災防護における評価条件及び評価結果
  - V-1-1-2-5-7 二次的影響（ばい煙）及び有毒ガスに対する設計
  
- V-1-1-2-別添1 屋外に設置されている重大事故等対処設備の抽出

V-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

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は、以下の資料により構成されている。

V-1-1-2-1-1 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基本方針

V-1-1-2-1-2 防護対象施設の範囲

V-1-1-2-1-1 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  
に関する基本方針

## 目次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	1
2.1 自然現象.....	1
2.2 外部人為事象.....	1
2.3 外部からの衝撃より防護すべき施設.....	2
2.4 組合せ.....	3
3. 外部からの衝撃への配慮.....	3
3.1 自然現象.....	3
3.2 外部人為事象.....	10
4. 組合せ.....	12
4.1 自然現象の組合せについて.....	12
4.2 設計基準事故又は重大事故等時の荷重の考慮について.....	15
4.3 組合せを考慮した荷重評価について.....	16

## 1. 概要

本資料は、自然現象等の外部からの衝撃への配慮について説明するものである。「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（以下「技術基準規則」という。）」第5条（地震による損傷の防止）及びその「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（以下「解釈」という。）」については、V-2「耐震性に関する説明書」にてその適合性を説明するため、本資料においては、地震を除く自然現象等の外部からの衝撃による損傷の防止に関する設計が、技術基準規則第6条、第51条（津波による損傷の防止）及び第7条（外部からの衝撃による損傷の防止）並びにそれらの解釈に適合することを説明し、技術基準規則第54条及びその解釈に規定される「重大事故等対処設備」を踏まえた重大事故等対処設備への配慮についても説明する。なお、自然現象の組合せについては、全ての組合せを網羅的に確認するため、地震を含めた自然現象について本資料で説明する。

## 2. 基本方針

### 2.1 自然現象

設計基準対象施設は、外部からの衝撃のうち自然現象による損傷の防止において、発電所敷地で想定される津波、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮の自然現象（地震を除く。）又は地震を含む自然現象の組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものが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、その安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じる。

また、想定される自然現象（地震を除く。）に対する防護措置には、設計基準対象施設が安全性を損なわないために必要な設計基準対象施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

想定される自然現象のうち洪水については、敷地付近の地形及び表流水の状況から判断して、洪水による被害は考えられないことから、設計基準対象施設に対して防護措置その他適切な措置を講じる必要はない。

重大事故等対処設備は、外部からの衝撃による損傷の防止において、V-1-1-6「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づき、想定される自然現象（地震を除く。）に対して、多様性、位置的分散、悪影響防止及び環境条件等を考慮し、必要な機能が損なわれないよう、防護措置、その他の適切な措置を講じる。

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に対して防護措置として設置する施設は、その設置状況並びに防護する施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処施設の設備分類に応じた地震力に対し構造強度を確保し、外部からの衝撃を考慮した設計とする。

### 2.2 外部人為事象

設計基準対象施設は、事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）（以下「外部人為事象」という。）による損傷の防止において、発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害に対してその安全性を損なわれない

よう、防護措置その他対象とする発生源から一定の距離をおくことによる適切な措置を講じる。

また、想定される外部人為事象に対する防護措置には、設計基準対象施設がその安全性を損なわないために必要な設計基準対象施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

想定される外部人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、防護設計の要否を判断する基準を超えないことを評価していることから、設計基準対象施設に対して防護措置その他適切な措置を講じる必要はない。

航空機落下及び爆発以外に起因する飛来物については、発電所周辺の社会環境からみて、発生源が設計基準対象施設から一定の距離が確保されており、設計基準対象施設がその安全性を損なうおそれがないため、防護措置その他の適切な措置を講じる必要はない。

ダムの崩壊については、ダムの崩壊に伴う河川への流出水を考慮するが、河川から発電所に向かって上り勾配となっており、設計基準対象施設が安全性を損なうおそれがないため、防護措置その他の適切な措置を講じる必要はない。

重大事故等対処設備は、外部からの衝撃による損傷の防止において、V-1-1-6「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」に基づき、外部人為事象に対して、多様性、位置的分散、悪影響防止、環境条件等を考慮し、必要な機能が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じる。

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に対して講じる防護措置として設置する施設は、その設置状況並びに防護する施設の耐震重要度分類及び重大事故等対処設備の設備分類に応じた地震力に対し構造強度を確保し、外部からの衝撃を考慮した設計とする。

### 2.3 外部からの衝撃より防護すべき施設

設計基準対象施設が外部からの衝撃によりその安全性を損なうことがないように、外部からの衝撃より防護すべき施設は、設計基準対象施設のうち、「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」で規定されている安全重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉施設を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに使用済み燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器（以下「外部事象防護対象施設」という。）とする。

また、外部事象防護対象施設の防護設計については、外部からの衝撃により外部事象防護対象施設の安全性に波及的影響を及ぼすおそれのある外部事象防護対象施設以外の施設についても考慮する。さらに、重大事故等対処設備についても、設計基準対象施設と同時に必要な機能が損なわれないよう、外部からの衝撃より防護すべき施設に含める。

また、自然現象のうち津波からの衝撃より防護すべき施設については、津波が地震随伴事象であることを踏まえ耐震Sクラスの施設も含める。

外部事象防護対象施設の詳細については、V-1-1-2-1-2「防護対象施設の範囲」に示す。

## 2.4 組合せ

地震を含む自然現象の組合せについて、外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備に影響を与えるおそれのある自然現象の組合せは、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重である。これらの組合せの中から、発電所の地学、気象学的背景を踏まえ、荷重の組合せを考慮する。

また、科学的技術的知見を踏まえ、設計基準対象施設及び屋内の重大事故等対処設備のうち、特に自然現象（地震を除く。）の影響を受けやすく、かつ、代替手段によってその機能の維持が困難であるか又はその修復が著しく困難な構築物、系統及び機器に対して、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象（地震を除く。）と設計基準事故及び重大事故等が同時に発生する頻度は十分小さいことから、想定される自然現象（地震を除く。）と設計基準事故時及び重大事故等時に生じる荷重の組合せは考慮しない。

屋外の重大事故等対処設備は、重大事故等時において、万が一、使用中に機能を喪失した場合であってもバックアップが可能となるように、可搬型重大事故等対処設備の位置的分散を考慮して複数保管する設計とすること、また、設計基準事故及び重大事故等が想定される自然現象（地震を除く。）と同時に発生する頻度は十分小さいことから、想定される自然現象（地震を除く。）と設計基準事故時及び重大事故等時に生じる荷重の組合せは考慮しない。

## 3. 外部からの衝撃への配慮

### 3.1 自然現象

外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備は想定される自然現象（地震を除く。）に対し、その安全機能を損なわない設計とするとともに、必要に応じて、運転管理等の運用上の措置を含む適切な措置を講じる。

設計上考慮する自然現象（地震を除く。）として、12事象から洪水を除き、11事象とする。

- ・津波
- ・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
- ・高潮

#### 3.1.1 自然現象に対する具体的な設計上の考慮

##### (1) 津波

津波防護の基本方針は、以下のa.～e.のとおりである。

- a. 設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の津波防護対象施設（非常用取水設備を除

く。下記 a.において同じ。)を内包する建屋及び区画の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とする。また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とする。

- b. 取水・放水施設、地下部等において、漏水する可能性を考慮の上、漏水による浸水範囲を限定して、重要な安全機能並びに重大事故等に対処するために必要な機能への影響を防止できる設計とする。
- c. 上記2方針のほか、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の津波防護対象設備を内包する建屋及び区画については、浸水防護をすることにより、津波による影響等から隔離可能な設計とする。
- d. 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能並びに重大事故等に対処するために必要な機能への影響を防止できる設計とする。
- e. 津波監視設備については、入力津波に対して津波監視機能が保持できる設計とする。敷地の特性に応じた津波防護としては、基準津波による遡上波を地上部から到達又は流入させない設計とするため、数値シミュレーションに基づき、外郭防護として防潮堤及び防潮扉を設置する。防潮堤のうち鋼製防護壁には、鋼製防護壁と取水構造物の境界部からの津波の流入を防止するために、1次止水機構及び2次止水機構を多様化して設置する。

なお、緊急時対策所建屋、可搬型重大事故等対処設備保管場所（西側）及び可搬型重大事故等対処設備保管場所（南側）は、津波の影響を受けない位置に設置する設計であることから、新たな津波防護対策は必要ない。

また、取水路、放水路等の経路から流入させない設計とするため、外郭防護として取水路に取水路点検用開口部浸水防止蓋、海水ポンプ室に海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁、循環水ポンプ室に取水ピット空気抜き配管逆止弁、放水路に放水路ゲート及び放水路ゲート用点検用開口部浸水防止蓋、SA用海水ピットにSA用海水ピット開口部浸水防止蓋、緊急用海水ポンプ室に緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋、緊急用海水ポンプグランドドレン排水口逆止弁及び緊急用海水ポンプ室床ドレン排水口逆止弁並びに構内排水路に構内排水路逆流防止設備を設置する。また、防潮堤及び防潮扉下部貫通部に対して止水処置を実施する。

設計基準対象施設の津波防護対象設備（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、津波による影響等から隔離可能な設計とするため、内郭防護として、海水ポンプ室に海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋の設置並びにタービン建屋又は非常用海水系配管カルバートと隣接する原子炉建屋境界地下階の貫通部に対して止水処置を実施する。さらに、屋外の循環水系配管の損傷箇所から非常用海水ポンプが設置されている非常用海水ポンプ室への津波の流入を防止するため、海水ポンプ室の壁の貫通部に対して止水処置を実施する。重大事故等対処施設の津波防護対象施設（非常用取水設備を除く。）を内包する建屋及び区画については、上記の浸水防止設備及び止水処置に加え、緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋、緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋、格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ、常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ、常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ、常設代替

高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉を設置する。

引き波時の水位の低下時は、水面が非常用海水ポンプの取水可能水位を下回ることから、取水口前面の海中に貯留堰を設置し海水を貯留することで、非常用海水ポンプの取水可能水位を下回らない設計とする。

地震発生後、津波が発生した場合に、その影響を俯瞰的に把握するため、津波監視設備として、取水路に潮位計、取水ピットに取水ピット水位計並びに原子炉建屋屋上及び防潮堤上部に津波・構内監視カメラを設置する。

詳細については、V-1-1-2-2「津波への配慮に関する説明書」に示す。

## (2) 風（台風）

建築基準法及び同施行令第 87 条第 2 項及び第 4 項に基づく建設省告示第 1454 号によると、東海村において建築物を設計する際に要求される基準風速は 30 m/s（地上高 10 m，10 分間平均）である。

設計基準対象施設は、建築基準法及び同施行令第 87 条第 2 項及び第 4 項に基づく建設省告示第 1454 号を参照し、設計基準風速（30 m/s，地上高 10m，10 分間平均）の風（台風）が発生した場合においても、その安全性を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準風速（30 m/s，地上高 10 m，10 分間平均）の風荷重に対し機械的強度を有することによりその安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、風（台風）に対して機能を維持すること若しくは風（台風）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、その安全性を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1897 年～2012 年）によれば最大風速は 28.3 m/s（1961 年 10 月 10 日）であり、設計基準風速に包絡される。

ここで、風（台風）に関連して発生する可能性がある自然現象としては、落雷及び高潮が考えられる。落雷については、同時に発生するとしても、「(7) 落雷」に述べる個々の事象として考えられる影響と変わらない。高潮については、「(11) 高潮」に述べるとおり、設計基準対象施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、その安全性を損なわない設計とする。

なお、風（台風）に伴い発生する可能性のある飛来物による影響については、竜巻影響評価において想定している設計飛来物の影響に包絡される。

風（台風）に対する設計は、竜巻に対する設計の中で確認する。

重大事故等対処設備は、建屋内への設置又は設計基準対象施設等と位置的分散を図り設置する。

## (3) 竜巻

設計基準対象施設は、設計竜巻の最大風速 100 m/s による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び設計飛来物等の衝撃荷重を組み合わせた荷重等に対してその安全性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。

### a. 飛来物の発生防止対策

竜巻により東海発電所を含む当社敷地内の資機材等が飛来物となり、外部事象防護対

象施設がその安全性を損なわないために、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設等へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定、外部事象防護対象施設等及び竜巻飛来物防護対策設備からの離隔、頑健な建屋内収納又は撤去する。

b. 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、外部事象防護対象施設が安全機能を損なわないように、以下の対策を行う。

- ・外部事象防護対象施設を内包する区画及び竜巻飛来物防護対策設備により、外部事象防護対象施設を防護し、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とする。
- ・外部事象防護対象施設の構造健全性が維持できない場合には、代替設備の確保、損傷した場合の取替え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わない設計とする。

ここで、竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり、積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性のある自然現象は、雷、雪、ひょう及び降水である。これらの自然現象の組合せにより発生する荷重は、設計竜巻荷重に包含される。

重大事故等対処設備は、建屋内への設置又は設計基準対象施設等と位置的分散を図り設置する。さらに、設計基準対象施設に波及的影響を及ぼす可能性がある施設の影響及び竜巻の随件事象による影響について考慮した設計とする。

詳細については、V-1-1-2-3「竜巻への配慮に関する説明書」に示す。

(4) 凍結

低温に対する法令及び規格・基準の要求はない。

外部事象防護対象施設及び重大事故等対処設備は、換気空調設備により環境温度を維持し、屋外設備については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、防護する設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、低温による凍結に対して機能を維持すること若しくは低温による凍結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、その安全性を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録(1897年～2012年)によれば、最低気温は $-12.7^{\circ}\text{C}$ (1952年2月5日)であり、上記の凍結防止対策を実施することにより凍結のおそれはない。

(5) 降水

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「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」(平成28年4月茨城県)等に基づき算出した、10年確率で想定される東海村に対する雨量強度は $127.5\text{ mm/h}$ である。

設計基準対象施設は、「森林法に基づく林地開発許可申請の手びき」を参照し、設計基準降水量( $127.5\text{ mm/h}$ )を上回る降水が発生した場合においても、その安全性を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量( $127.5\text{ mm/h}$ )を上回る降水に対

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り、その安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、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、その安全性を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1906年～2012年）によれば、日最大1時間降水量は81.7 mm（1947年9月15日）であり、設計基準降水量に包絡される。

ここで、降水に関連して発生する可能性がある自然現象としては、土石流、土砂崩れ及び地滑りが考えられるが、敷地には、土石流、土砂崩れ及び地滑りの素因となるような地形の存在は認められないことから、設計基準対象施設の安全性を損なうような土石流、土砂崩れ及び地滑りが生じることはない。

重大事故等対処設備は、降水に対して防水対策等を行う設計とする。

#### (6) 積雪

建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく茨城県建築基準法等施行細則によると、建築物を設計する際に要求される基準積雪量は、東海村においては30 cmである。

設計基準対象施設は、建築基準法及び同施行令第86条第3項に基づく茨城県建築基準法等施行細則を参照し、設計基準積雪量（30 cm）の積雪が発生した場合においても、その安全性を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（30 cm）の積雪荷重に対し機械的強度を有することによりその安全性を損なわない設計とする。また、設計基準積雪量（30 cm）に対し給排気口を閉塞させないことによりその安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、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、その安全性を損なわない設計とする。

なお、水戸地方気象台での観測記録（1897年～2012年）によれば、月最深積雪は32 cm（1945年2月26日）である。設計基準を上回るような積雪事象は、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。

重大事故等対処設備は、除雪することにより、積雪荷重に対してその必要な機能が損なうおそれがない設計とする。

#### (7) 落雷

電気技術指針 J E A G 4 6 0 8 「原子力発電所の耐雷指針」を参照し設定した最大雷撃電流値は、400 kA である。

東海第二発電所を中心とした標的面積 4 km<sup>2</sup> の範囲で観測された雷撃電流の最大値は 131 kA である。

設計基準対象施設及び重大事故等対処施設は、電気技術指針 J E A G 4 6 0 8 「原子力

発電所の耐雷指針」を参照し、設計基準電流値（400 kA）の落雷が発生した場合においても、その安全性を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設の雷害防止対策として、原子炉建屋等への避雷針の設置、接地網の敷設による接地抵抗の低減等を行うとともに、安全保護系への雷サージ侵入の抑制を図る回路設計を行うことにより、その安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、落雷に対して機能を維持すること若しくは落雷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、その安全性を損なわない設計とする。

重大事故等対処設備は、必要に応じ避雷設備又は接地設備により防護する設計とする。

#### (8) 火山の影響

設計基準対象施設は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響が発生した場合においても、その安全性を損なわないよう以下の設計とする。

##### a. 直接的影響に対する設計

外部事象防護対象施設は、直接的影響に対して、以下によりその安全性を損なわない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗及び換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）及び換気系、電気系及び計装制御系の化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること
- ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室換気系は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・ 電気系及び計装制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計装制御設備（安全保護系）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のバグフィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

また、上記以外の設計基準対象施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物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、その安全性を損なわない設計とする。

##### b. 間接的影響に対する設計

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による 7

日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対して非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の安全機能を維持することで、発電用原子炉施設の停止及び停止後の発電用原子炉施設の冷却並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給が非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

重大事故等対処設備は、環境条件等を考慮した設計とする。

詳細については、V-1-1-2-4「火山への配慮に関する説明書」に示す。

#### (9) 生物学的事象

生物学的事象に対して、海生生物の発生、小動物の侵入を考慮する。

設計基準対象施設は、生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生及び小動物の侵入が発生した場合においても、その安全性を損なわない設計とする。

その上で、外部事象防護対象施設は、海生生物であるクラゲ等の発生に対しては、海生生物を含む塵芥による残留熱除去系海水系等への影響を防止するため、除塵装置及び海水ストレーナを設置し、必要に応じて塵芥を除去することにより、その安全性を損なわない設計とする。

小動物の侵入に対しては、屋内設備は建屋止水処置により、屋外設備は端子箱貫通部の閉止処置を行うことにより、その安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、生物学的事象に対して機能を維持すること若しくは生物学的事象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、その安全性を損なわない設計とする。

重大事故等対処設備は、生物学的事象に対して、小動物の侵入を防止できる設計とする。また、クラゲ等の海生生物から影響を受けるおそれのある屋外の設備は多重性又は予備を有する設計とする。

#### (10) 森林火災

設計基準対象施設は、敷地外の森林から出火し、敷地内の植生へ延焼するおそれがある場合は、自衛消防隊が出動し、予防散水等の延焼防止措置を行う。また、敷地内の植生へ延焼した場合であっても、森林火災シミュレーション（FARSITE）による影響評価に基づいた防火帯幅を確保すること等により、その安全性が損なわれることはない。

また、上記以外の設計基準対象施設については、建屋による防護、消火活動、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、その安全性を損なわない設計とする。

森林火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統、屋外設置機器に分類し、影響評価を行い、必要な場合は対策を実施することにより、その安全性を損なわない設計とする。

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。

詳細については、爆発、近隣工場等の火災及び有毒ガスと合わせてV-1-1-2-5「外部火

災への配慮に関する説明書」に示す。

#### (11) 高潮

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備は、高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P.（東京湾中等潮位）+3.3 m）以上に設置することにより、高潮により影響を受けない設計とする。

なお、発電所周辺海域の潮位については、発電所から北方約 3 km 地点に位置する茨城港日立港区で観測された潮位を設計潮位とする。本地点の最高潮位は T.P. +1.46 m（1958 年 9 月 27 日）、朔望平均満潮位が T.P. +0.61 m である。

高潮に対する設計は、津波に対する設計の中で確認する。

### 3.2 外部人為事象

設計基準対象施設及び重大事故等対処設備は想定される外部人為事象に対しても、その安全性を損なわない設計とするとともに、必要に応じて、運転管理等の運用上の措置を含む適切な措置を講じる。

設計上考慮する外部人為事象として、7 事象からダムの崩壊を除き、6 事象とする。

- ・ 飛来物（航空機落下）
- ・ 爆発
- ・ 近隣工場等の火災
- ・ 有毒ガス
- ・ 船舶の衝突
- ・ 電磁的障害

発電用原子炉施設への航空機の落下確率は、「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 14・7・29 原院第 4 号）等に基づき評価した結果、約  $8.5 \times 10^{-8}$  回/炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である  $10^{-7}$  回/炉・年を超えないため、航空機落下による防護については考慮する必要はないことを確認している。また、工事計画認可申請時に、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において、防護設計の要否を判断する基準を超える変更がないと評価している。

したがって、飛来物（航空機落下）による設計基準対象施設への影響については考慮する必要はない。保安規定に定期的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することを定め、防護措置の要否を判断する。ただし、可搬型重大事故等対処設備に対しては航空機の墜落を考慮し、建屋内に保管するか、又は屋外において設計基準対象施設等と位置的分散を図り保管する設計とする。

#### 3.2.1 外部人為事象に対する具体的な設計上の配慮

##### (1) 爆発

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、爆発により設計基準対象施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、石油コンビナートの爆発による設計基準対象機能への影響については考慮する必要はない。

また、発電所敷地外 10 km 以内の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車

両から爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保により、その安全性を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し爆発が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、その安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、離隔距離の確保、代替設備による必要な機能の確保すること、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、その安全性を損なわない設計とする。

詳細については、森林火災、近隣工場等の火災及び有毒ガスと合わせてV-1-1-2-5「外部火災への配慮に関する説明書」に示す。

## (2) 近隣工場等の火災

### a. 石油コンビナート施設等の火災

発電所敷地外 10 km 以内に石油コンビナート施設はないため、火災による外部事象防護対象施設への影響については考慮する必要はない。

発電所敷地外 10 km 以内の範囲において、石油コンビナート施設以外の危険物貯蔵施設又は発電所敷地周辺道路の燃料輸送車両から火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、その安全性を損なわない設計とする。航行中の船舶が漂流し火災が発生する場合を想定しても、離隔距離の確保等により、その安全性を損なわない設計とする。

### b. 発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災

発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災発生時の輻射熱による評価対象施設の建屋(垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)の表面温度等を許容温度以下とすることにより、その安全性を損なわない設計とする。

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。

### c. 航空機墜落による火災

原子炉建屋周辺に航空機が墜落し、燃料火災が発生した場合、直ちに公設消防へ通報するとともに、自衛消防隊が出動し、速やかに初期消火活動を行う。

航空機が外部事象防護対象施設である原子炉建屋等の周辺で落下確率が  $10^{-7}$  回/炉・年以上になる地点へ墜落することを想定しても、火災の影響によりその安全性を損なわない設計とする。

また、上記以外の設計基準対象施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による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、その安全性を損なわない設計とする。

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。

### d. 二次的影響(ばい煙等)

石油コンビナート施設の火災、発電所敷地内に設置する危険物貯蔵施設等の火災及び航空機墜落による火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響に対して、外気を直接設備内に取り込む機器、外気を取り込む空調系統及び屋外設置機器に分類し、影響評価を行い、必要な場合は対策を実施することにより、その安全性を損なわない設計とする。

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。

詳細については、森林火災、爆発及び有毒ガスと合わせてV-1-1-2-5「外部火災への配慮に関する説明書」に示す。

### (3) 有毒ガス

有毒ガスの漏えいについては固定施設（石油コンビナート施設等）と可動施設（陸上輸送、海上輸送）からの流出が考えられる。発電所周辺には周辺監視区域が設定されているため、発電用原子炉施設と近隣の施設や周辺道路との間には離隔距離が確保されていることから、有毒ガスの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。また、敷地港湾の前面の海域を移動中の可動施設から有毒ガスの漏えいを想定した場合も同様に、離隔距離が確保されていることから、中央制御室の居住性を損なうことはない。

発電所敷地内に貯蔵している化学物質については、貯蔵施設からの漏えいを想定した場合でも、中央制御室の居住性を損なうことはない。

また、中央制御室換気系については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより中央制御室の居住性を損なうことはない。

屋内の重大事故等対処設備についてはこれらを内包する建屋にて防護し、屋外の重大事故等対処設備については必要な機能を損なわないよう、位置的分散を図る。

詳細については、森林火災、爆発及び近隣工場等の火災と合わせてV-1-1-2-5「外部火災への配慮に関する説明書」に示す。

### (4) 船舶の衝突

航路を通行する船舶の衝突に対し、航路からの離隔距離を確保することにより、設計基準対象施設がその安全性を損なわない設計とする。

小型船舶が発電所近傍で漂流した場合でも、防波堤等に衝突して止まることから取水性を損なうことはない。また、万が一防波堤を通過し、カーテンウォール前面に小型船舶が到達した場合であっても、呑み口が広いいため、取水性を損なうことはない。

船舶の座礁により、重油流出事故が発生した場合は、オイルフェンスを設置する措置を講じる。

したがって、船舶の衝突によって取水路が閉塞することはなく、設計基準対象施設がその安全性を損なうことはない。

### (5) 電磁的障害

安全保護系は、電磁的障害による擾乱に対して、計装盤へ入線する電源受電部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、外部からの信号入出力部へのラインフィルタや絶縁回路の設置、鋼製管体や金属シールド付ケーブルの適用等により、影響を受けない設計としている。

したがって、電磁的障害により設計基準対象施設がその安全性を損なうことはない。

## 4. 組合せ

### 4.1 自然現象の組合せについて

設計基準対象施設の安全性が損なわないことを広く確認する観点から、地震を含めた自然現

象の組合せについて、発電所の地学、気象学的背景を踏まえて検討する。

(1) 組合せを検討する自然現象の抽出

自然現象が設計基準対象施設に与える影響を考慮し、組合せを検討する自然現象を抽出する。

想定される自然現象のうち、設計基準対象施設に影響を与えるおそれのある自然現象の組合せは、設置（変更）許可申請書において示すとおり、地震、津波、風（台風）、積雪及び火山の影響による荷重であり、荷重以外の機能的影響については、自然現象の組合せにより設計基準対象施設の安全機能を損なわないことを確認している。荷重の組合せを考慮する自然現象のうち、地震、津波、火山の影響による設計基準規模事象の影響による荷重は、発生頻度が低い偶発的荷重であり、発生すると荷重が比較的大きいことから、設計用の主荷重として扱う。

これに対して積雪及び風（台風）による荷重は、発生頻度が主荷重と比べて高い変動荷重であり、荷重は主荷重と比べて小さいことから、従荷重として扱う。

以下、主荷重同士の組合せ及び主荷重と従荷重の組合せについて検討する。

(2) 主荷重同士の組合せについて

主荷重同士の組合せについて表 4-1 に示す。それぞれの組合せについては、従属事象、独立事象であるかを踏まえ、以下のとおりとする。

① 地震と津波

基準地震の検討用地震の震源と基準津波の震源は異なることから、独立事象として扱うことが可能であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低いことから、組合せを考慮する必要はない。

基準地震の検討用地震の震源からの本震と当該本震に伴う津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。ただし、当該地震に伴う津波と余震は同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。

基準津波の波源を震源とする本震と基準津波は、伝搬速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、組合せを考慮する必要はない。ただし、基準津波と基準津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、組合せを考慮する。

② 地震と火山の影響

降下火砕物以外の火山事象（火山性地震を含む。）は発電所に影響を及ぼさないことを確認しているため、降下火砕物の荷重のみを考慮する。

基準地震と火山事象（降下火砕物）は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。

③ 津波と地震

基準津波と組み合わせる地震については①のとおり。

④ 津波と火山の影響

降下火砕物以外の火山事象（火山性地震を含む。）は発電所に影響を及ぼさないことを確

認しているため、降下火砕物の荷重のみを考慮する。

基準津波と火山事象（降下火砕物）は独立事象であり、かつ、各々の発生頻度が十分小さく同時に発生する確率は極めて低い。また、多くの火山では、噴火前に震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備を行い、降下火砕物を除去することによって、荷重の影響は排除されることから、組合せを考慮する必要はない。

- ⑤ 火山の影響と地震  
火山の影響と基準地震動については②のとおり。
  - ⑥ 火山の影響と津波  
火山の影響と基準津波については③のとおり。
- (3) 主荷重と従荷重の組合せについて  
設計基準対象施設の荷重評価において、荷重の性質を考慮し、主荷重と組み合わせる積雪荷重及び風荷重について検討する。

a. 荷重の性質

主荷重及び従荷重の性質を表 4-2 に示す。荷重の大きさについては、主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的となる。最大荷重の継続時間については、地震、津波、風（台風）は最大荷重の継続時間が短い。これに対し、火山の影響及び積雪は、一度事象が発生すると長時間にわたり荷重が作用するため、最大荷重の継続時間が長い。発生頻度については、主荷重は従荷重と比較して発生頻度が非常に低い。

b. 地震荷重又は津波荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せ

地震又は津波と積雪については、積雪荷重の継続時間が長いため、施設の形状及び設置場所に応じて適切に組み合わせる。組み合わせる積雪荷重としては、発電所が立地する東海村は多雪区域ではないため、建築基準法には他の荷重との組合せは定められていない。ただし、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する。その際、組み合わせる積雪荷重としては、「茨城県建築基準法等施行細則」による東海村の垂直積雪量 30 cm 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。

地震又は津波と風（台風）については、それぞれの最大荷重の継続時間が短く同時に発生する確率が低いものの、発電用原子炉施設の重要性を鑑み、地震荷重又は津波荷重に対して風荷重の影響が大きい構造及び形状の施設について適切に組み合わせる。組み合わせる荷重としては、建築基準法の多雪区域における風荷重と積雪荷重の組合せの考え方を適用し、「E の数値を算出する方法並びに  $V_D$  及び風力係数を定める件」（平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1454 号）による東海村の基準風速 30 m/s とする。

地震又は津波と風及び積雪については、

- ・基準地震又は基準津波と風は、それぞれ最大荷重の継続時間が短く同時に発生する確率が低く、積雪が加わる確率はさらに低くなること
- ・主荷重は従荷重と比較して大きく、主荷重が支配的であることを踏まえると、主荷重と従荷重の組合せに対し、さらに従荷重を組合せとしても、その影響は比較的小さいと考えられること

- ・風及び積雪には予見性があるため、積雪は緩和措置、風及び積雪は必要に応じてプラント停止措置を講じることが可能であることから、組合せを考慮する必要はない

c. 火山の影響による荷重と風荷重及び積雪荷重の組合せ

火山と風（台風）及び積雪の組合せについては、降下火砕物による荷重の継続時間が他の主荷重と比較して長く、積雪荷重の継続時間も長いことから、3つの荷重が同時に発生する場合を考慮し、施設の形状及び設置場所に応じて適切に組み合わせる。

組み合わせる積雪荷重としては、地震又は津波との組合せと同様、「茨城県建築基準法等施行細則」による東海村の垂直積雪量 30 cm 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。また、風荷重としては、地震又は津波との組合せと同様、「Eの数値を算出する方法並びに $V_D$ 及び風力係数を定める件」（平成12年5月31日建設省告示第1454号）による東海村の基準風速 30 m/s とする。

以上の検討内容について整理した結果を、表 4-3 に示す。

4.2 設計基準事故又は重大事故等時の荷重の考慮について

設計基準事故又は重大事故等時の荷重の考慮については、大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象（地震及び津波を除く。）と設計基準事故及び重大事故等が同時に発生する頻度は十分小さいことから、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）と設計基準事故時及び重大事故等時に生じる荷重の組合せは考慮しない。

津波については、設計基準対象施設は、津波の敷地への到達又は流入防止、漏水による安全機能への影響防止、津波防護の多重化及び取水ピット水位の低下による影響防止を考慮した津波防護対策を講じる設計としていることから、設計基準対象施設は、津波の荷重が設計基準対象施設に影響を与えることはなく、設計基準事故が発生した場合でも、津波による影響はない。同様に、重大事故等対処設備は、津波の敷地への到達又は流入防止、漏水による安全機能への影響防止、津波防護の多重化及び取水ピット水位の低下による影響防止を考慮した津波防護対策を講じる設計としていることから、津波の荷重が重大事故等対処設備に影響を与えることはなく、重大事故等が発生した場合でも、津波による影響はない。

屋外に設置する外部事象防護対象施設は、海水ポンプ等があるが、これらの機器については、津波に対して津波高さを考慮した配置により津波による影響はなく、また設計基準事故が発生した場合でも、通常運転時のポンプの運転圧力や温度等が変わらないことから、設計基準事故が発生した場合でも「4.1 自然現象の組合せについて」で示した自然現象による影響のみを考慮する。

また、屋外に設置する重大事故等対処設備は、津波に対して津波高さを考慮した配置により、重大事故等が発生した場合でも、津波による影響はない。

屋外に設置する重大事故等対処設備について、設計上考慮する自然現象と重大事故時の荷重の組合せについて表 4-4 に示す。

なお、設計上考慮する自然現象のうち、事象による荷重の発生を考慮するものは、地震、津波、風（台風）、竜巻、積雪、火山の影響及び高潮である。これらのうち、風（台風）、積雪及び高潮は他の自然現象の評価に包絡されるため、単独での評価は実施しない。さらに、津波に対しては津波高さを考慮した重大事故等対処設備の配置、竜巻に対しては重大事故等対象設備

の分散配置，火山の影響に対しては重大事故等対処設備の除灰をそれぞれ行うことにより，重大事故等が発生した場合でも，重大事故等時の荷重と地震を除く自然現象による衝撃を同時に考慮する必要はない。

したがって，地震を除く自然現象による衝撃と設計基準事故又は重大事故等時の荷重は重なることはない。

#### 4.3 組合せを考慮した荷重評価について

自然現象の組合せによる荷重，設計基準事故又は重大事故等時に生じる荷重，常時作用する荷重（自重等），運転時荷重の組合せについては，表 4-5 に示す説明書にて評価する。

表 4-1 主荷重同士の組合せ

		事 象 2		
		地 震	津 波	火山の影響
事 象 1	地 震		①	②
	津 波	③		④
	火山の影響	⑤	⑥	

表 4-2 主荷重及び従荷重の性質

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	基準地震	特大	短 (30 秒程度)	$5.0 \times 10^{-4}$
	基準津波	特大	短 (15 分程度)	$2.0 \times 10^{-4}$
	火山の影響	大	長 (30 日程度) *1	$2.2 \times 10^{-5}$ *1
従荷重	風 (台風)	小	短 (10 分程度)	$2.0 \times 10^{-2}$ *2
	積雪	小	長 (約 1 週間) *1	$2.0 \times 10^{-2}$ *2

注記 \*1 : 必要に応じて緩和措置を行う

\*2 : 50 年再現期待値

表 4-3 主荷重と従荷重の組合せ

事 象	組 合 せ の 要 否
基準地震と風（台風），積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準地震と風（台風）は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。</li> <li>・基準地震と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。</li> </ul>
基準津波と風（台風），積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準津波と風（台風）は、各々の継続時間が短く同時に最大荷重が発生する確率は低いが、風荷重の影響が大きいと考えられるような構造・形状の施設については、組合せを考慮する。</li> <li>・基準津波と積雪は、積雪荷重の継続時間が長いため、適切に組合せを考慮する。</li> </ul>
火山の影響と風（台風），積雪	<ul style="list-style-type: none"> <li>・火山の影響の継続時間は他の主荷重と比較して長いため、降下火砕物に対しては、風（台風）及び積雪の荷重が同時に発生することを想定し、適切に組合せを考慮する。</li> </ul>

第 4-4 表 屋外に設置する重大事故等対処設備に対して、設計上考慮する自然現象と重大事故時の荷重の組合せ

自然現象	荷重の発生	重大事故等時の荷重の考慮	荷重の組合せ
地震	○	重大事故等時の荷重を考慮する	○
津波	○	津波高さを考慮した重大事故等対処設備の配置より、重大事故等時の荷重を考慮する必要はない。	×
風（台風）	○	竜巻の影響による荷重の評価に包絡される。	×
竜巻	○	重大事故等対処設備の分散配置により、重大事故等時の荷重を考慮する必要はない。	×
積雪	○	火山の影響による荷重の評価に包絡される。	×
火山	○	重大事故等対処設備については必要に応じ除灰を行うことから、重大事故等時の荷重を考慮する必要はない。	×
高潮	○	津波の影響による荷重の評価に包絡される。	×

表 4-5 自然現象の組合せによる荷重，設計基準事故又は重大事故等時に生じる荷重，  
常時作用する荷重（自重等），運転時荷重の組合せ

添付資料	自然現象の組合せ					設計基準事故時の荷重	重大事故等時の荷重	常時作用する荷重（自重等）	運転時荷重
	地震	津波	火山の影響	積雪	風（台風）				
V-2 耐震性に関する説明書	○	—	—	○*2	○*3	○	○	○	○
V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書*4	○*1	○	—	○*2	○*3	—	—	○	○
V-1-1-2-4 火山への配慮に関する説明書*4	—	—	○*2	○*2	○*2	—	—	○	○

注記 \*1：基準地震動 $S_s$ との組合せを考慮する。

\*2：施設の形状，配置により適切に考慮する。

\*3：風荷重の影響が大きいと考えられる造や形状の施設については，組合せを考慮する。

\*4：計算方法，計算結果については，V-3「強度に関する説明書」に示す。

## V-1-1-2-1-2 防護対象施設の範囲

## 目次

1. 概要.....	1
2. 安全施設の範囲.....	1
2.1 技術基準規則の要求について.....	1
2.2 安全評価において考慮する安全機能.....	1
2.3 クラス3の構築物に設置されている安全機能が損なわれた場合の影響について.....	2
2.4 外部事象防護対象施設の範囲.....	2

## 1. 概要

本資料は、設計基準対象施設が自然現象等によりその安全性を損なわないという技術基準の要求を満足させるために必要な安全機能を確認し、それらの安全機能が自然現象等により損なわれないために、防護すべき施設について説明するものである。

## 2. 安全施設の範囲

### 2.1 技術基準規則の要求について

「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」（以下「技術基準規則」という。）第6条及び第7条並びにそれらの「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」（以下「解釈」という。）では、想定される自然現象等が発生した場合に、設計基準対象施設の有する安全性を損なわないことを要求している。この要求を満足するためには、通常運転時において発電用原子炉施設が異常な状態になることを防止するとともに、仮に異常な状態になった場合においてもその拡大を防止し又はこれを速やかに収束することにより発電用原子炉施設の安全性を確保する必要がある。

設置（変更）許可申請書添付書類十のうち「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」に係る安全評価（以下「安全評価」という。）では、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」に基づき、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」として想定される事象の解析を実施している。その結果、いずれの事象についても判断基準を満足しており、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生した場合においても発電用原子炉施設の安全性が確保されることを確認している。

したがって、想定される自然現象等が発生した場合に発電用原子炉施設が異常な状態になることを防止するとともに、仮に異常な状態になった場合においても、安全評価で考慮している安全機能を損なわなければ、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生した場合においても発電用原子炉施設の安全性を確保することができ、技術基準規則第6条及び第7条並びにそれらの解釈の要求を満足することができる。

### 2.2 安全評価において考慮する安全機能

安全評価では、表2-1及び表2-2に示す安全機能を考慮して解析を実施した結果、発電用原子炉施設の安全性が確保されることを確認している。

安全評価において期待する安全機能は、原則として「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」で規定されている安全重要度分類のMS-1又はMS-2に属するものである。しかしながら、「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」の付録解説に示すとおり、MS-3に属する安全機能のうち「逃がし安全弁（逃がし弁機能）」は設備の多重性、「タービン・バイパス弁」、「再循環流量制御系（再循環ポンプ・トリップ機能）」及び「核計装（制御棒引抜監視装置）」については、信号の多重化、機能の多様性により作動系に高い信頼性を有するものとして考慮している。

これらのうち、逃がし安全弁（逃がし弁機能）、再循環流量制御系（再循環ポンプ・トリップ機能）及び核計装（制御棒引抜監視装置）は、クラス1の構築物である原子炉建屋に設置され

ており、自然現象等により安全機能を損なうことはない設計としている。タービン・バイパス弁はクラス3の構築物であるタービン建屋に設置されている。

### 2.3 クラス3の構築物に設置されている安全機能が損なわれた場合の影響について

安全評価では、サイクル早期炉心及びサイクル末期炉心の解析の中で最も原子炉圧力上昇が激しい過渡変化である「負荷の喪失」において、タービン・バイパス弁が作動する場合に加え、タービン・バイパス弁が作動しない場合の評価を実施しているが、タービン・バイパス弁が作動しない場合でも、再循環ポンプ・トリップ機能、スクラム及び逃がし安全弁（逃がし弁機能）により、過渡時の最小限界出力比（MCPR）は許容設計限界1.07以上を維持する。また、この場合の燃料被覆管の円周方向の平均塑性歪は、1%塑性歪（表面熱流束170%相当）を十分下回り、かつ原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力は、最高使用圧力（8.62 MPa [gage]）の1.1倍の圧力（9.48 MPa [gage]）まで上昇することはない。

以上より、「運転時の異常な過渡変化」が発生した場合に、安全評価で考慮しているクラス1の構築物に内包されない安全機能が損なわれたとしても、クラス1に内包される安全機能により事象は収束し、判断基準を超えることはないため、発電用原子炉施設の安全性を損なうことはない。

また、想定される自然現象等が発生した場合に、発電用原子炉施設が異常な状態になることを防止するためにPSの安全機能を確保する必要がある。しかしながら、PS-3の安全機能については、その機能の喪失により「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」の起回事象となり得るが、クラス1の構築物に内包されている安全機能により安全性を確保することができるため、PS-3の安全機能が損なわれたとしても、発電用原子炉施設の安全性を損なうことはない。

以上より、クラス3の構築物に内包される安全機能が損なわれたとしても、MS-1、MS-2及びクラス1の構築物に内包されるクラス3の安全機能により、「運転時の異常な過渡変化」及び「設計基準事故」が発生した場合でも発電用原子炉施設の安全性を確保することができる。

### 2.4 外部からの衝撃により防護すべき施設の範囲

設計基準対象施設が外部からの衝撃によりその安全性を損なうことがないように、外部からの衝撃より防護すべき施設は、設計基準対象施設のうち、「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」で規定されている安全重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。その上で、上記構築物、系統及び機器の中から、発電用原子炉施設を停止するため、また、停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに使用済み燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器（以下「外部事象防護対象施設」という。）とする。

また、外部事象防護対象施設の防護設計については、外部からの衝撃により外部事象防護対

象施設の安全性に波及的影響を及ぼすおそれのある外部事象防護対象施設以外の施設についても考慮する。

表 2-1 「運転時の異常な過渡変化」において考慮する安全機能

分類	安全機能	構築物，系統及び機器
MS-1	原子炉の緊急停止機能	制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能）
	未臨界維持機能	制御棒及び制御棒駆動系（未臨界維持機能）
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系
MS-3	原子炉圧力の上昇の緩和機能	逃がし安全弁（逃がし弁機能） タービン・バイパス弁
	出力上昇の抑制機能	再循環流量制御系（再循環ポンプ・トリップ機能） 核計装（制御棒引抜監視装置）

表 2-2 「設計基準事故」において考慮する安全機能

分類	安全機能	構築物，系統及び機器
MS-1	原子炉の緊急停止機能	制御棒及び制御棒駆動系（スクラム機能）
	未臨界維持機能	制御棒及び制御棒駆動系（未臨界維持機能）
	原子炉冷却材圧力バウンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁（安全弁としての開機能）
	原子炉停止後の除熱機能	残留熱除去系（原子炉停止時冷却系） 原子炉隔離時冷却系 逃がし安全弁（手動逃がし機能） 自動減圧系（手動逃がし機能）
	炉心冷却機能	低圧炉心スプレイ系 低圧注水系（残留熱除去系低圧注水系） 高圧炉心スプレイ系 自動減圧系
	放射性物質の閉じ込め機能，放射線の遮へい及び放出低減機能	格納容器 格納容器隔離弁（主蒸気隔離弁含む） 流量制限器 格納容器スプレイ冷却系（残留熱除去系格納容器スプレイ冷却系） 原子炉建屋 原子炉建屋ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系 排気筒（非常用ガス処理系排気筒の支持機能）
	工学的安全施設及び原子炉停止系への作動信号の発生機能	安全保護系
	安全上特に重要な関連機能	非常用電源設備
MS-2	放射性物質放出の防止機能	気体廃棄物処理施設の隔離弁 排気筒（非常用ガス処理系排気筒の支持機能以外）
MS-3	異常状態の把握機能	放射線監視設備の一部（排気筒モニタ）

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
商業機密あるいは防護上の観点  
から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-50 改0
提出年月日	平成30年1月29日

東海第二発電所  
工事計画に係る説明資料  
(発電用原子炉施設に対する自然現象等の  
損傷の防止に関する説明書)

平成30年1月  
日本原子力発電株式会社

## 1. 添付資料に係る補足説明資料

「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」に係る添付資料の記載内容を補足するための説明資料リストを以下に示す。

工認添付資料	補足説明資料
V-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	1. ダムの崩壊及び洪水に対する考慮について
	2. 落雷について

## 2. 別紙

(1) 工認添付資料と設置変更許可まとめ資料との関係【自然現象等による損傷の防止】

工認添付資料と設置変更許可まとめ資料との関係【自然現象等による損傷の防止】

工認添付資料		設置変更許可まとめ資料		引用内容
V-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	DB	第5条	資料そのものを概ね引用
		DB	第6条	資料そのものを概ね引用

## V-1-1-2 に係る補足説明資料

### 【説明する添付資料】

V-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

## 補足説明資料目次

1. ダムの崩壊及び洪水の影響評価について
2. 落雷影響評価について

1. ダムの崩壊及び洪水の影響評価について

## 1. ダムの崩壊影響評価について

発電所の敷地周辺にある、ダムの崩壊により発電所に影響を及ぼす可能性のある河川としては、敷地の北方約 2km に久慈川が位置している。久慈川水系には支川の山田川に竜神ダムが、敷地の北方約 30km に位置している。(図 1-1 及び表 1-1 参照)

ダムの崩壊に伴う流出水は、周辺敷地状況より、久慈川は敷地の北方を太平洋に向かい東進していること、久慈川から発電所に向かって上り勾配 (EL. 3m~EL. 21m) となっていることから、発電所に影響が及ぶことはない。

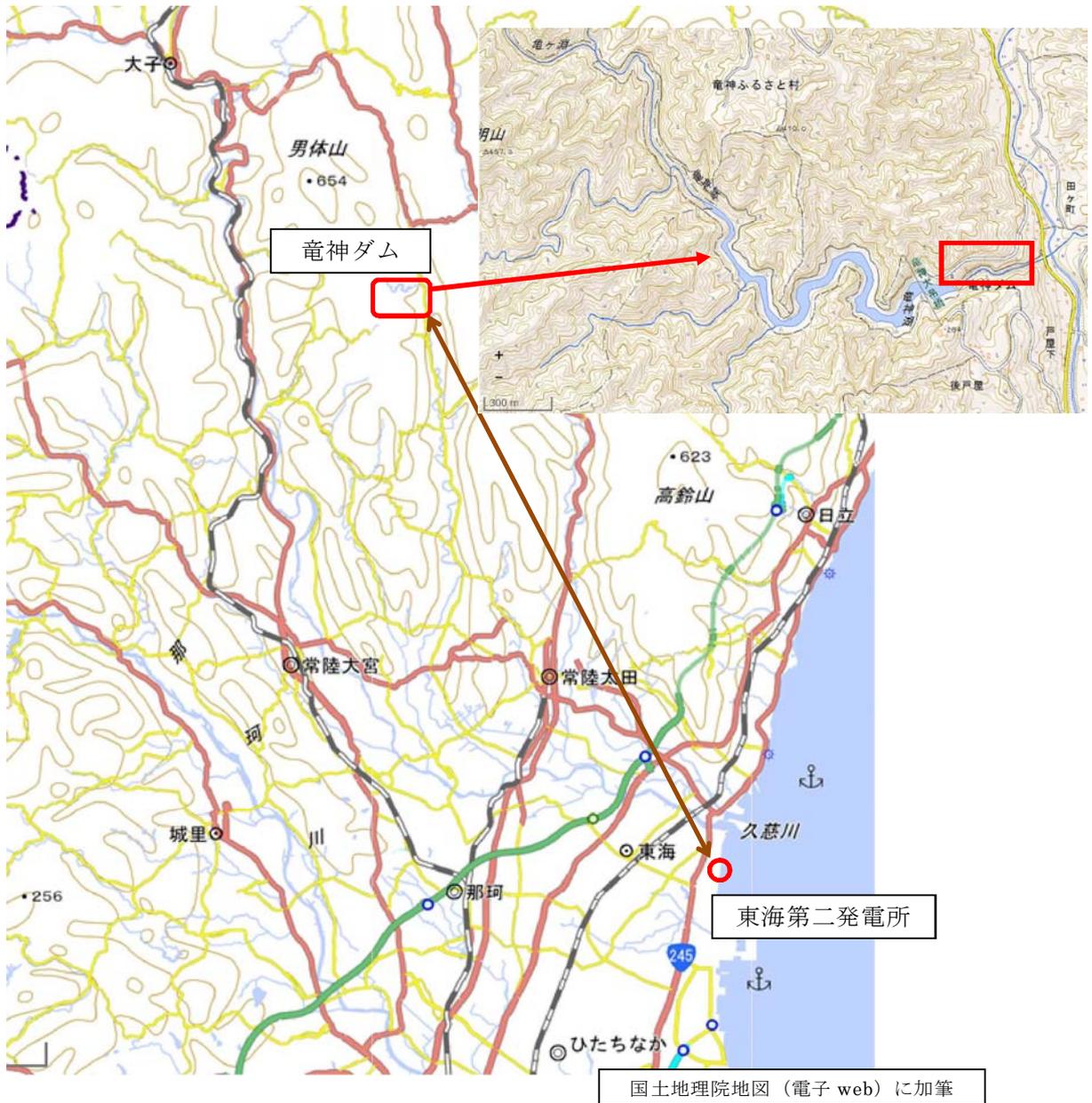


図 1-1 敷地周辺のダム

表 1-1 竜神ダム諸元\*

河 川	久慈川水系山田川支川竜神川
目 的	洪水調整, 農業用水, 上水道
型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	4 5 m
堤 頂 長	9 0 m
総貯水容量	3, 0 0 0, 0 0 0 m <sup>3</sup>
有効貯水容量	2, 7 0 0, 0 0 0 m <sup>3</sup>

注記 \* : 茨城県土木部 水戸土木事務所ホームページより抜粋

## 2. 洪水影響評価について

### (1) 周辺敷地評価

東海第二発電所の敷地は、久慈川河口の右岸側に位置している。

敷地の周辺にある河川としては、敷地の北方約 2km に久慈川が、南方約 3km に新川が位置している。(図 2-1 図参照)

国土交通省関東地方整備局（以下「整備局」という。）が開示している浸水想定区域図における久慈川水系がおおむね 100 年に 1 回程度起こる大雨\*の浸水想定区域に対し、久慈川水系の洪水が想定を超えた場合を想定し、影響について評価を実施した。

注記 \*：久慈川系の洪水防護に関する基本の計画となる降水量

- ・久慈川流域の上流 2 日間の総雨量 235 mm
- ・里川流域の上流 2 日間の総雨量 302 mm
- ・山田川流域の上流 2 日間の総雨量 315 mm

### (2) 評価方法

整備局が開示している浸水想定範囲、東海村が発行している洪水ハザードマップ及び発電所周辺の標高を基に評価を実施した。

### (3) 評価結果

#### a. 久慈川水系の洪水が想定を超えた場合

整備局が開示している浸水想定範囲及び東海村が発行している洪水ハザードマップによれば、発電所近隣の水田が浸水する想定であるが、その浸水深さは 1m～5m 未満となっており、敷地勾配及び浸水高さ分布から、最大で約 EL. 7m に達すると想定される。

洪水発生に伴い発電所敷地内に水が浸入するルートとして、国道 245 号線から発電所構内進入道路を経て浸水するルートが考えられるが、発電所構内進入道路の入口が約 EL. 15m の標高に位置し、最大の浸水量である約 EL. 7m に達すると仮定しても裕度があるため、発電所に影響が及ぶことはない。(図 2-1、図 2-2 及び図 2-4 参照)

#### b. 新川の洪水が想定を超えた場合

東海村が発行している洪水ハザードマップによれば、発電所が浸水範囲ではないこと、また、敷地の地形及び表流水の状況によれば、新川は敷地の南側の丘陵地を

挟んだ反対側に位置していること、浸水は丘陵地を遡上することはないことから、発電所に影響が及ぶことはない。(図 2-3 及び図 2-4 参照)

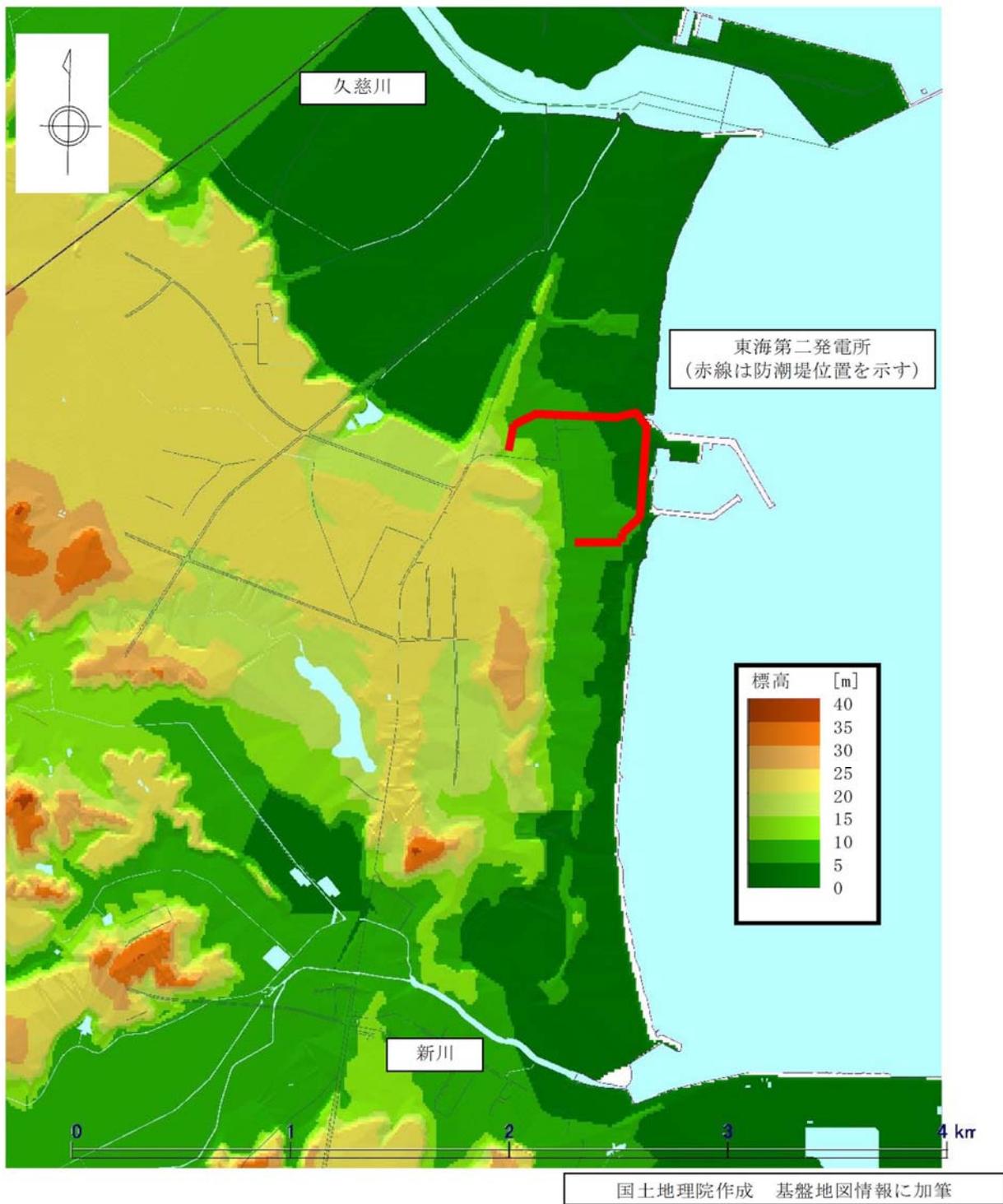


図 2-1 発電所敷地周辺の河川と標高の関係図

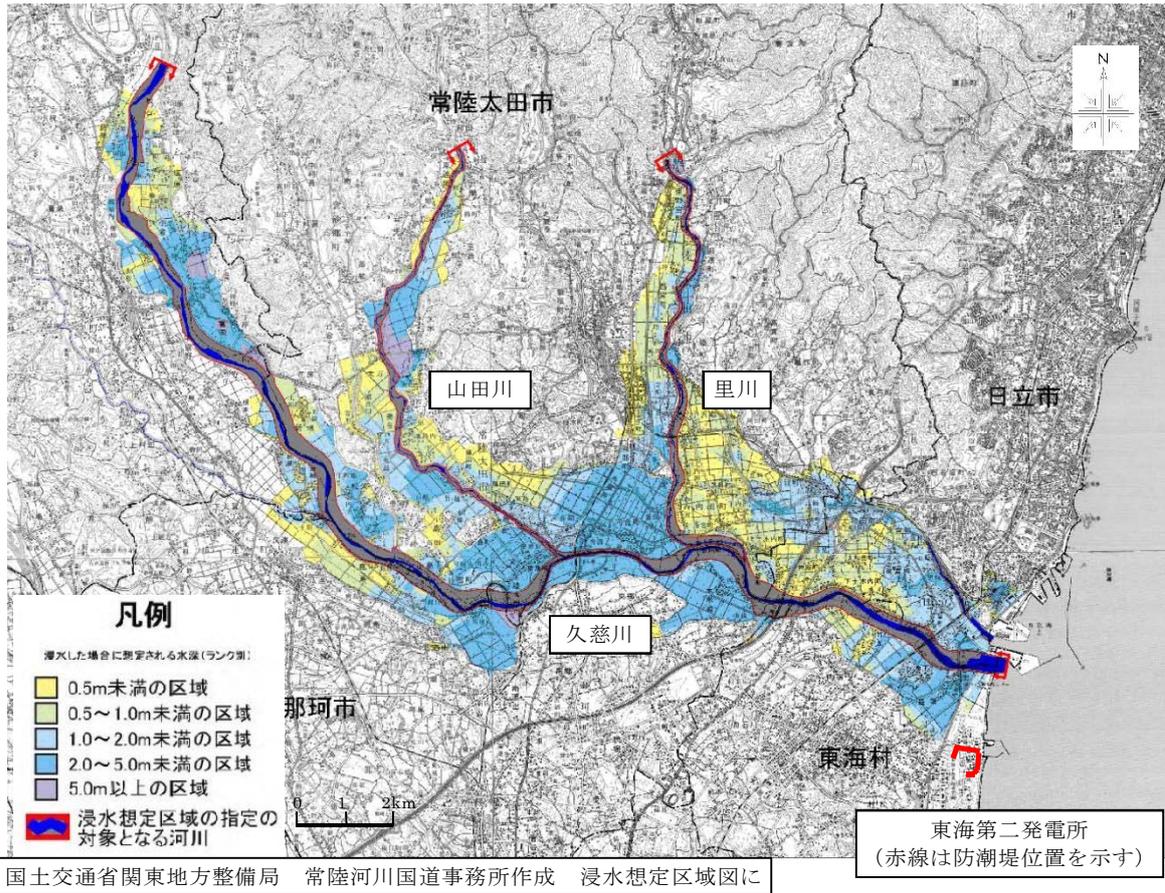


図 2-2 久慈川洪水時浸水想定区域図

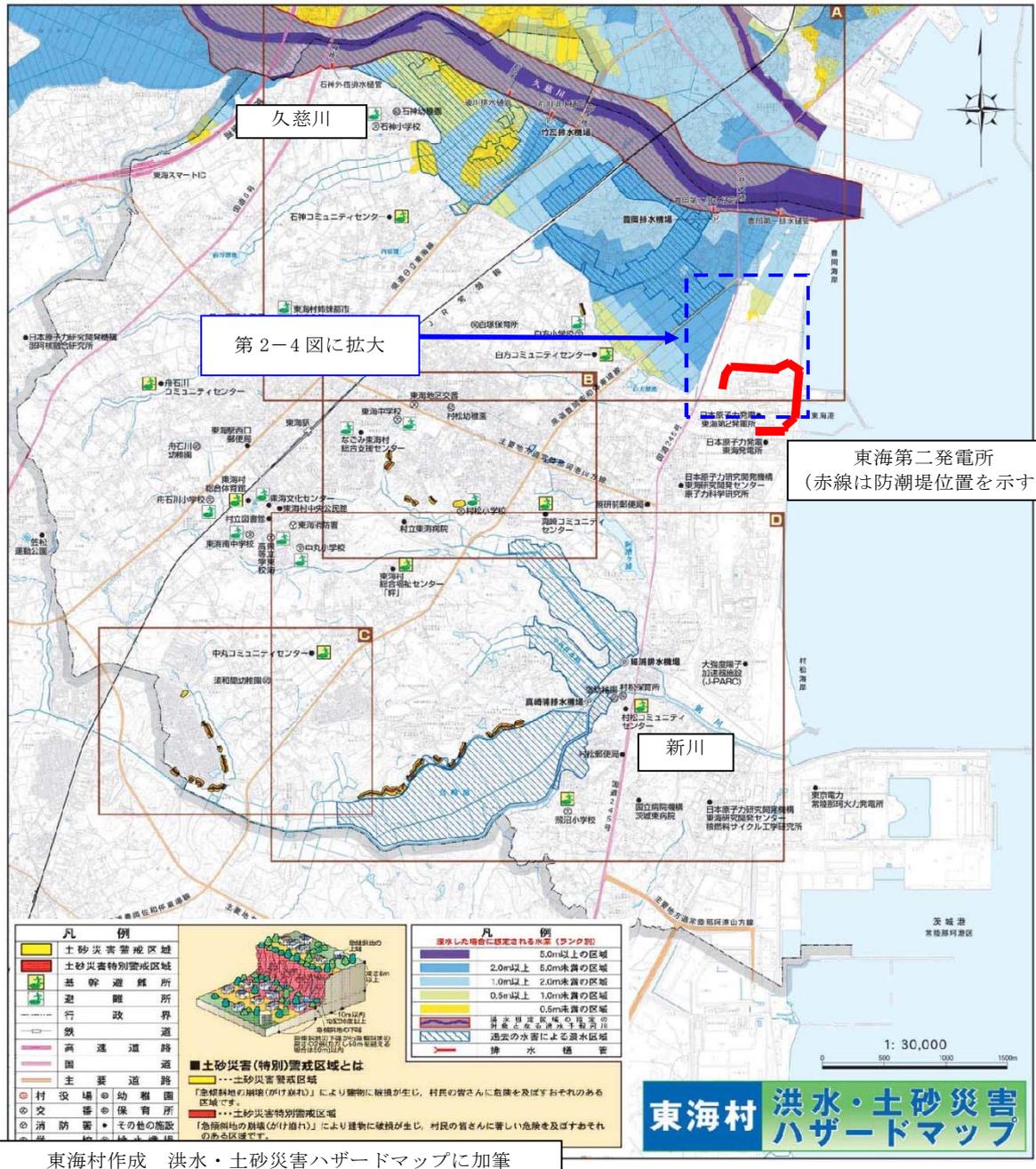


図 2-3 洪水ハザードマップ

発電所構内進入道路入口付近の状況は以下のとおりであり、発電所に影響が及ぶことはない。

- ①国道245号は、北側より進入道路に向かって上り勾配であり、進入道路入口ではEL. 15m以上である。
- ②国道245号の西側のうち進入道路入口より北側は、水田（浸水想定区域）であり、EL. 5m以下の低地である。
- ③国道245号の西側のうち進入道路入口より南側は、EL. 15m以上であり、かつ浸水想定区域より発電所に向かって下り勾配となる箇所がない。

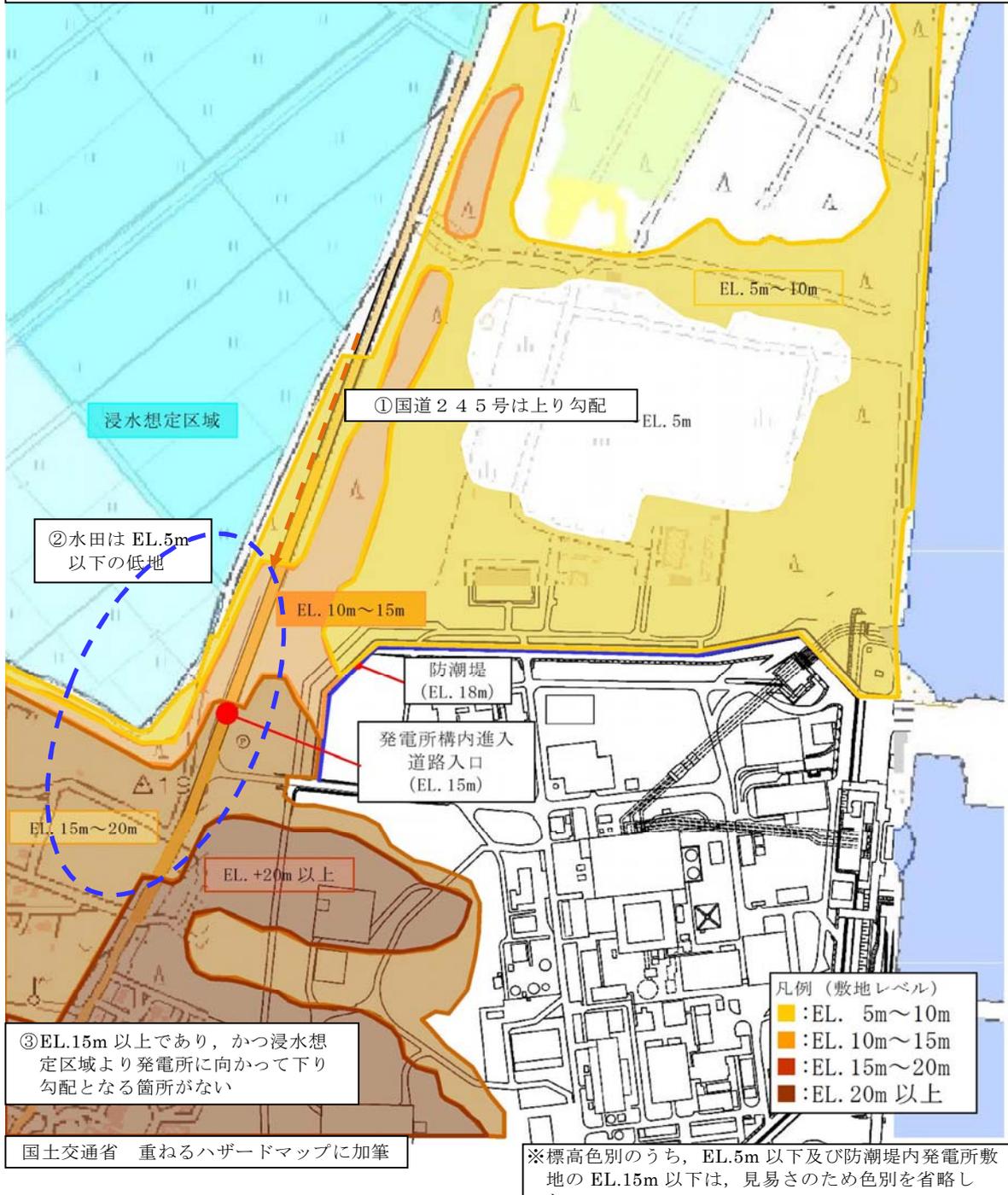


図 2-4 発電所敷地周辺の浸水想定図及び浸水ルート付近の標高

## 2. 落雷影響評価について

## 2. 落雷影響評価について

### (1) 評価対象施設等の健全性評価

評価対象施設等が、設計基準の雷撃電流値（排気筒への400kAの雷撃電流）によって安全機能を損なうことがない設計であることの評価・確認を実施した。

#### (1-1) 建屋

原子炉建屋などの建築基準法に定められる高さ20mを超える建築物等には避雷設備を設けている。また、避雷設備の接地極を構内接地網と接続し接地抵抗を下げる等の対策を実施しており、影響を受けにくい設計としている。

#### (1-2) 原子炉建屋等に内包される設備

直撃雷に対しては、(1-1)で記載した雷害対策によって防護される。雷サージに対しては、建屋に内包される電気・計装設備が、大地電位上昇により接地系間に生じる電位差や、雷電流の拡散による誘導電流により計装・制御ケーブル等に生じる雷サージ電圧によって、機器が絶縁破壊に至る可能性が有るが、プラントトリップ機能等を有する安全保護回路については、雷サージ電圧の侵入を抑制するために、ラインフィルタ及び絶縁回路の設置、鋼製筐体や金属シールド付信号ケーブルを採用していることから影響を受けにくい設計としている。

また、重要安全施設は、JEC210(1981)「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」<sup>(1)</sup>に基づいた耐力を有している。発電所で実施した雷インパルス試験の結果を参考に、設計基準電流400kAが落雷の可能性が高い排気筒に流れた場合の雷サージ電圧を評価した結果、重要安全施設の機能が損なわれないことを確認した。(別紙1)

#### (1-3) 屋外設備

排気筒については接地を構内接地網に接続し、接地抵抗を低減しており、影響を受けにくい設計としている。また、残留熱除去系海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機用海水系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機用海水系ポンプについては、別途竜巻対策により設置する防護ネット等によって遮蔽され、防護ネット等が接地網へと接続されているため、落雷に対して十分保護が出来ているといえる。

(4) 参考文献

- (1) 電気学会（1981）：低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準，J E C 210，電気規格調査会標準規格

## 建屋内重要設備の雷リスク評価

## 1. 評価概要

設備の落雷に対する耐力の定量的な評価方法については、既往の文献等や最新の知見を踏まえ、可能な限り現実的かつ網羅的な評価を実施する。

## 2. 雷サージ評価対象設備

排気筒へ落雷し、大地に安全に雷電流が逃された場合でも、大地電位上昇により接地系間に生じる電位差や、雷電流の拡散による誘導電流により、計装・制御ケーブル等に生じる雷サージ電圧<sup>※1</sup>によって、機器が絶縁破壊に至る可能性が有る。

※1：J E A G 4608（2007）において、原子力発電所の構内接地系に雷サージ（電流）が流入すると、屋外に布設された計測制御ケーブルに雷サージに起因する雷サージ電圧が発生するが、その発生機構については大別して次の3つが考えられるとされている。

- i) 雷サージが構内接地系に流入すると流入点付近の接地電位が上昇し、構内接地系の電位分布が動揺する。このため、ケーブルの一端の電位が接地電位の動揺に応じて変動し他端にこれが進行する。
- ii) 雷サージが埋設接地線に流れると、埋設接地線とケーブルとの間の相互サージインピーダンスと自己インピーダンスにより決定される誘導電圧が発生し伝播する。
- iii) 大地面とケーブルとの静電結合により大地面電位変動がケーブルの両端へ伝播される。

そこで、重要安全施設に発生する雷サージ電圧により、重要安全施設が損傷するリスクを評価する。

なお、重要安全施設以外の安全施設については、クラス間で分離がなされており、落雷による損傷があったとしても重要安全施設に波及することは無く、重要安全施設の機能は維持されることから本評価対象から除外した。

### 3. 建屋内重要設備の雷リスク評価

#### 3.1 評価方針

##### 3.1.1 想定する落雷

想定する落雷は，設計基準として設定した，排気筒への400kAの雷撃電流とする。

##### 3.1.2 評価方法

落雷時に重要安全施設に加わる雷サージ電圧を推定する際に，過去に東海第二発電所において実施した雷インパルス試験の結果<sup>(1)</sup>を使用する。

雷インパルス試験では，雷電流波形を模擬した電流（250A）を排気筒に雷インパルス発生装置（以下IG）を用いて印加し，計装制御回路の過電圧の測定を行った。図1-1に構内配置，IG設置位置のイメージ及び，試験に用いた雷インパルスの発生回路図を示す。

表1-1に雷インパルス試験及び，400kA落雷時の換算値を示す。雷サージ電圧の換算値は雷インパルス試験の結果を保守的に比例関係<sup>※2</sup>にあるとして外挿し算出した。実際には雷撃電流値が大きくなるほど，土中放電効果（雷サージ電圧が低下する）の影響が大きくなるため，これは保守的な評価となる。この結果と，機器の雷サージ耐電圧値を比較し落雷による影響がないことを確認する。

※2：ケーブルの雷サージ電圧は，布設される近傍接地系に流入した雷サージ進行波による電磁界，電位動揺により発生し伝搬する。この電磁界，電位動揺を支配するものは，接地系へ流入する雷サージの時間的変化（ $di/dt$ ）であり，雷サージ波形の波頭峻度がその最も大きな要因となる。波頭峻度は，波高値によって決まり，波高値が高いほど高くなる。したがって，ケーブルの雷サージ電圧は，雷撃電流波頭峻度を支配している波高値に概略比例して大きくなるものと考えられる。

また，落雷による施設への影響として，雷サージ以外にもノイズの影響が考えられるが，ノイズにより設備自体が損傷することは無く，重要安全施設の機能は維持されることから本評価対象から除外した。



## 3.2 評価結果

### 3.2.1 影響評価

#### (1) 電源回路・制御回路

400kA 落雷時サージ電圧として、表 1-1 の最大値である 800V を用いる、3.1.3 より電源回路・制御回路の耐電圧は 4,000V であるため、重要安全施設の機能が損なわれることはない。

#### (2) 計装回路

誘導サージの発生が認められなかった。そのため、400kA 落雷時を考慮しても重要安全施設の機能が損なわれることはない。

表 1-2 評価結果

評価対象設備		雷サージ電圧 (V)	雷サージ耐電圧 (V)	評価
電源回路・制御回路	原子炉建屋内	800	4,000	影響なし
計装回路	原子炉建屋内	— (測定されず)	500	影響なし

## 3.3 まとめ

以上の結果から、設計基準雷撃電流値 400kA の落雷に対して、発電所における重要安全施設の機能が損なわれないことを確認した。

## 4. 参考文献

- (1) 電力中央研究所 (1985) : 東海第二発電所接地特性サージ試験結果, 電力中央研究所報告, 昭和 60 年 4 月
- (2) 電気学会 (1981) : 低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準, J E C 210, 電気規格調査会標準規格
- (3) 日本原子力発電株式会社 (1984) : 東海第二発電所落雷事故について, 昭和 59 年 5 月
- (4) 電気事業連合会東海第二発電所落雷事故検討会 (1984) : 東海第二発電所 落雷事故検討報告書, 昭和 59 年 5 月

## 六ヶ所再処理施設における落雷事象について

## 1. はじめに

日本原燃株式会社六ヶ所再処理施設において、平成27年8月に発生した落雷に起因すると考えられる設備故障に関連し、発電所における耐雷設計について述べる。

なお、事象の内容については「再処理施設 分離建屋における安全上重要な機器の故障について」（平成27年12月7日、日本原燃株式会社）による。

## 2. 事象

六ヶ所再処理施設において、「高レベル廃液供給槽セル漏えい液受皿の漏えい液受皿液位計」（安全上重要な機器）のB系の異常を示す警報の発報及びA系の指示値が表示されない等の事象が発生した。調査の結果、安全上重要な機器について17機器の故障が見られた。これらの機器の故障は、要因分析の結果、落雷によるものである可能性が高いとしている。

## 3. 再処理施設における推定原因及び対策

本事象の推定原因としては、主排気筒への落雷による雷撃電流が、構内接地網に伝搬する過程で、信号ケーブルに電圧を誘起し、この誘導電圧により計器を損傷させた。また、地表面近くにトレンチ等の構造物が埋設されている再処理施設特有の構造が影響したと推定している。

対策として、建屋間を跨るケーブルへの雷サージによる影響を防止することを目的に保安器を設置している。

## 4. 発電所における耐雷設計

安全保護回路のケーブルは、建屋内に集約されており、六ヶ所再処理のように、広範な範囲に点在した建屋間を屋外トレンチ内ケーブルで結ぶ構造ではないこと、電気的に同じ接地網に接続していることから、安全保護回路が損傷することはない。