

東海第二発電所

外部からの衝撃による損傷の防止

(その他外部事象)

本日提出範囲：

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止
(その他外部事象)

<目次>

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性の説明

2. 外部からの衝撃による損傷の防止

別添資料1 外部事象の考慮について

添付資料4 凍結影響評価について

< 概 要 >

1. において、設計基準対処設備の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する東海第二発電所における適合性を示す。

2. において、設計基準対処設備について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条において、追加要求事項を明確化する。（表 1）

表 1 設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条 要求事項

設置許可基準規則 第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	技術基準規則 第 7 条（外部からの衝撃による損傷の防止）	備考
安全施設は、想定される自然事象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）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。	設計基準対象施設が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）により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なければならない。	追加要求事項
2 重要安全施設は、当該重要安全施設に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により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。		追加要求事項
3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（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。	2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の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。）により発電用原子炉施設の安全性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なければならない。 3 航空機の墜落により発電用原子炉施設の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。	追加要求事項

1.2 追加要求事項に対する適合性

(1) 位置，構造及び設備

(3) その他の主要な構造

本発電用原子炉施設は，(1)耐震構造，(2)耐津波構造に加え，以下の基本的方針のもとに安全設計を行う。

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は，発電所敷地で想定される洪水，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（地震及び津波を除く。）又はそ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も安全機能を損なわない設計とする。

なお，発電所敷地で想定される自然現象のうち，洪水については，立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え，重要安全施設は，科学的技術的知見を踏まえ，当該重要安全施設に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により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について，それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

また，安全施設は，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，船舶の衝突又は電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない

設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地的要因により考慮する必要はない。

自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては、地震、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、森林火災等を考慮する。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、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全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。

【別添資料1（3.2:21～32）（4.1:34～39）】

(a-1) 風（台風）

安全施設は、設計基準風速による風荷重に対し、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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-2) 竜巻

安全施設は、想定される竜巻が発生した場合においても、作用する設計荷重に対して、その安全機能を損なわない設計とする。また、安全施設は、過去の竜巻被害状況及び発電所のプラント配置から想定される竜巻に伴う事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

竜巻に対する防護設計を行うための設計竜巻の最大風速は、 100m/s とし、設計荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重及び飛来物が安全施設に衝突する際の衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重並びに安全施設に常時作用する荷重、運転時荷重及びその他竜巻以外の自然現象による荷重等を適切に組み合わせるものとして設定する。

安全施設の安全機能を損なわないようにするため、安全施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性の確保若しくは飛来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で、その安全機能を損なわない設計とする。

飛来物の発生防止対策として、飛来物となる可能性のあるもののうち、東海発電所を含む当社敷地内の資機材、車両等については、飛来した場合の運動エネルギー又は貫通力が設定する設計飛来物（鋼製材（長さ 4.2m ×幅 0.3m ×高さ 0.2m 、

質量 135kg, 飛来時の水平速度 51m/s, 飛来時の鉛直速度 34m/s)) より大きなものに対し, 固縛, 固定又は防護すべき施設からの離隔を実施する。

なお, 当社敷地近傍の隣接事業所から, 上述の設計飛来物 (鋼製材) の運動エネルギー又は貫通力を上回る飛来物が想定される場合は, 隣接事業所との合意文書に基づき, 飛来物となるものを配置できない設計とすること若しくは当該飛来物の衝撃荷重を考慮した設計荷重に対し, 当該飛来物が衝突し得る安全施設及び安全施設を内包する区画の構造健全性を確保する設計とすること若しくは当該飛来物による安全施設の損傷を考慮して, 代替設備により必要な機能を確保すること若しくは安全上支障のない期間で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で, その安全機能を損なわない設計とする。

(a-3) 凍結

安全施設は, 凍結に対し, 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で, その安全機能を損なわない設計とする。

(a-4) 降水

安全施設は, 設計基準降水量による浸水及び荷重に対し, 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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-5) 積雪

安全施設は、設計基準積雪深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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-6) 落雷

安全施設は、設計基準電流値による雷サージに対し、安全機能を損なわない設計とすること若しくは雷サージ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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-7) 火山

安全施設は、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 50cm、粒径 8.0mm 以下、密度 $0.3\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態） $\sim 1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）の降下火砕物に対し、以下のような設計とすることにより降下火砕物による直接的影響に対して機能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又はそれらを適切に組み合わせることで、その安

全機能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に対する機械的影響（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並びに換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（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）並びに換気系，電気系及び計装制御系に対する化学的影響（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。

さらに、降下火砕物による間接的影響である 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に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続できることにより安全機能を損なわない設計とする。

(a-8) 生物学的事象

安全施設は、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に対し、その安全機能を損なわない設計とする。

海生生物であるクラゲ等の発生に対しては、クラゲ等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、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、安全施設の生物学的事象に対する健全性の確保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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-9) 外部火災（森林火災、爆発及び近隣工場等の火災）

安全施設は、想定される外部火災において、最も厳しい火災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。

想定される森林火災の延焼防止を目的として、発電所周辺の植生を確認し、作成した植生データを基に求めた最大火

線強度（6,278kW/m）から算出される防火帯（約23m）を敷地内に設ける。

防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

また、森林火災による熱影響については、最大火炎輻射強度の影響を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電所敷地又はその周辺で想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）として、想定される近隣の産業施設の火災・爆発については、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、想定される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ついては、離隔距離の確保若しくは航空機が墜落し、その火災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で、その安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災による屋外施設への影響については、屋外施設の温度を許容温度以下とすることで安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、外部火災の二次的影響であるばい煙及び有毒ガスによる影響については、換気空調設備等に適切な防護対策を講じることで安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

森林火災による津波防護施設への熱影響については、最大火炎輻射強度の影響を考慮した場合において、離隔距離の確保等により津波防護機能を損なわない設計とする。なお、津波防護施設と植生との間の離隔距離を確保するために管理が必要となる隣接事業所敷地については、隣接事業所との合意文書に基づき、必要とする植生管理を当社が実施する。

(a-10) 高潮

安全施設は、高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P. + 3.3m）以上に設置することで、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-11) 有毒ガス

安全施設は、想定される有毒ガスの発生に対し、中央制御室換気系等により、中央制御室の居住性を損なわない設計とする。

(a-12) 船舶の衝突

安全施設は、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、安全施設の船舶の衝突に対する健全性の確保若しくは船舶の衝突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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(a-13) 電磁的障害

安全施設は、電磁的障害による擾乱に対し、制御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、

鋼製筐体や金属シールド付ケーブルの適用等により、安全施設の電磁的障害に対する健全性の確保若しくは電磁的障害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で、その安全機能を損なわない設計とする。

(2) 安全設計方針

1.1.1 安全設計の基本方針

1.1.1.4 外部からの衝撃による損傷の防止

(3) その他の主要な構造

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集し、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、森林火災等を考慮する。また、これらの自然現象について関連して発生する自然現象も含める。これらの事象について、海外の評価基準を考慮の上、発電所及びその周辺での発生の可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、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、森林火災及び高潮を選定する。

安全施設は、これらの自然現象（地震及び津波を除く。）又はそ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も、安全機能を損なわない設計と

する。

なお、発電所敷地で想定される自然現象のうち、洪水については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え、重要安全施設は、科学的技術的知見を踏まえ、当該重要安全施設に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により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して適切に組み合わせる。

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）は、網羅的に抽出するために、発電所敷地又はその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき事象を収集し、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、電磁的障害等の事象を考慮する。これらの事象について、海外の評価基準を考慮の上、発電所又はその周辺での発生可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、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を選定する。

安全施設は、これらの発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）のうち、飛来物（航空機落下）については、確率的要因により設計上考慮する必要はない。また、ダムの崩壊については、立地

的要因により考慮する必要はない。

自然現象、発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、火山の影響、生物学的事象及び森林火災を考慮する。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、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全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。

【別添資料 1 (3.2:21～32) (4.1:34～39)】

1.7 外部からの衝撃による損傷の防止に関する基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全機能を損なわない設計とする。安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「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」で規定されている重要度分類（以下 1.7 では「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。）とし、機械的強度を有すること等により安全機能を損なわない設計とする。

また、外部事象防護対象施設を内包する建屋（外部事象防護対象施設となる建屋を除く。）は、機械的強度を有すること等により、内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで、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を併せて、外部事象防護対象施設等という。

上記に含まれない構築物，系統及び機器は、機能を維持すること若しくは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、その安全機能を損なわない設計とする。

1.7.1 風（台風）防護に関する基本方針

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号より設定した設計基準風速（30m/s，地上高10m，10分間平均）の風（台風）によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス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、外部事象防護対象施設は設計基準風速（30m/s，地上高10m，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安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物，系統及び機器は、風（台風）により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

タンクについては、消防法（危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第4条の19）において、日本最大級の台風の最大瞬間風速（63m/s，地上高15m）に基づく風荷重に対する設計が現在でも要求されている。

なお、風（台風）に伴う飛来物による影響は、竜巻影響評価にて想定する設計飛来物の影響に包絡される。

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、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、安全施設は高潮の影響を受けない敷地高さに設置する。

1.7.2 竜巻防護に関する基本方針

1.7.2.1 設計方針【「6条（竜巻）」参照】

1.7.3.1 凍結防護に関する基本方針

凍結によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス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，外部事象防護対象施設は，屋内設備について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があるものに保温等の凍結防止対策を必要に応じて行うことにより，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，凍結した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.3.2 手順

屋外設備が凍結のおそれのある低温環境での手順について，系統保有水の水置換を適切に実施するため，以下について手順を定める。

- (1) 気象予報により低温環境が継続する場合には，状況に応じて系統の水置換（系統運転）により，配管内流体の凍結を防止する手順を定める。

1.7.4 降水防護に関する基本方針

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」等に基づき設計基準降水量（127.5mm/h）を上回る降水によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス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，外部事象防護対象施設は，設計基準降水量（127.5mm/h）を上

回る降水による浸水に対し、構内排水路による海域への排水及び浸水防止のための建屋止水処置により、安全機能を損なわない設計とするとともに、外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は、設計基準降水量（127.5mm/h）を上回る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により、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、降水により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.5 積雪防護に関する基本方針

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より設定した設計基準積雪量（30cm）の積雪によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス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、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（30cm）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。また、設計基準積雪量（30cm）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。

また、上記に含まれない構築物、系統及び機器は、積雪により損傷した場合であっても、代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.6 落雷防護に関する基本方針

電気技術指針 J E A G 4608「原子力発電所の耐雷指針」を参照し設定した設計基準電流値（400kA）の落雷によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス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，外部事象防護対象施設は，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，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，落雷により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

1.7.7 火山防護に関する基本方針

1.7.7.1 設計方針【「6条（火山）」参照】

1.7.8 生物学的事象防護に関する基本方針

生物学的事象として海生生物であるクラゲ等の発生，小動物の侵入によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を，安全重要度分類のクラス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，外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は，海生生物であるクラゲ等の発生に対して，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，安全機能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，安全機能を損なわない設計とする。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，生物学的事象により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれな

い。

1.7.9 外部火災防護に関する基本方針

1.7.9.1 設計方針【「6条（外部火災）」参照】

1.7.10 高潮防護に関する基本方針

高潮によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス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，外部事象防護対象施設及び機能を喪失することで上位クラスの安全機能に影響を及ぼす可能性のある屋外設備は，高潮の影響を受けない敷地高さ（T.P. +3.3m）以上に設置することで，安全機能を損なわない設計とする。

1.7.11 有毒ガス防護に関する基本方針

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，以下の交通運輸状況及び産業施設がある。

発電所敷地境界付近には国道245号線があり，発電所に近い鉄道路線には東日本旅客鉄道株式会社常磐線がある。

発電所沖合の航路は，中央制御室からの離隔距離が確保されている。

発電所周辺の石油コンビナート施設については，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は存在しない。なお，発電所に最も近い石油コンビナート地区は南方約50kmの鹿島臨海地区である。

また，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以外

の主要な産業施設がある。

これらの主要道路，鉄道路線，航路及び石油コンビナート施設は，発電所から離隔距離が確保されており，危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による発電所への有毒ガスの影響を考慮する必要はない。

発電所敷地内に貯蔵している化学物質については，貯蔵設備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，中央制御室の換気空調設備については，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。

1.7.12 船舶の衝突防護に関する基本方針

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，安全施設が安全機能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，敷地前面の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，安全施設の安全機能を損なうことはない。

1.7.13 電磁的障害防護に関する基本方針

安全保護系は，電磁的障害による擾乱に対して，制御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、電磁的障害により安全施設の安全機能を損なうことはない。

(3) 適合性の説明

第六条 外部からの衝撃による損傷の防止

- 1 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）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。
- 2 重要安全施設は、当該重要安全施設に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により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
- 3 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（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。

適合のための設計方針

第1項について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水，風（台風），竜巻，凍結，降水，積雪，落雷，火山の影響，生物学的事象，森林火災及び高潮を選定し，設計基準を設定するに当たっては，発電所の立地地域である東海村に対する規格・基準類による設定値及び東海村で観測された過去の記録等をもとに設定する。なお，東海村の最寄りの気象官署である水戸地方気象台で観測された過去の記録について設計への影響を確認する。また，これらの自然現象ごとに関連して発生する可能性がある自然現象も含める。

安全施設は，発電所敷地で想定される自然現象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。ここで，発電所敷地で想定される自然現

象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全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。また、発電所敷地で想定される自然現象又はそ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安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

発電用原子炉施設のうち安全施設は、以下のとおり条件を設定し、自然現象によって発電用原子炉施設の安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料 1 (1.:1~17) (2.:18~19) (3.1:20)】

(1) 洪水

発電所敷地の北側には久慈川が、南側には丘陵地を挟んだ反対側に新川が位置している。発電所敷地の西側は北から南にかけて EL. 3m~EL. 21m の平野となっている。久慈川水系が氾濫した場合、最大で約 EL. 7m に達するが、発電所敷地内に浸入するルートとして考えられる国道 245 号線から発電所構内進入道路への入口は EL. 15m に位置しており、発電所に影響が及ばないこと、及び新川の浸水は丘陵地を遡上しないことから、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。

【別添資料1 (3.2:21)】

(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 30m/s（地上高 10m, 10 分間平均）である。

安全施設は、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 (30m/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、安全機能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 (30m/s, 地上高 10m, 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安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、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、その安全機能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 28.3m/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、安全施設は影響を受けることのない敷地高さに設置し、安全機能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。

【別添資料1 (3.2:21～23)】

(3) 竜巻

安全施設は、設計竜巻の最大風速 100m/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。

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安全機能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、安全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。

【別添資料1 (3.2:23~25)】

(4) 凍結

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°C （1952年2月5日）である。

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は、上記観測記録を考慮し、屋内設備について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必要に応じて行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、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、その安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:25）】

(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 127.5mm/h である。

安全施設は、「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（ 127.5mm/h ）を上回る降水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。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準降水量（ 127.5mm/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、安全機能を損なわない設計とする。

また、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。

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81.7mm（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、安全施設の安全機能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。

【別添資料1（3.2:25～27）】

(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30cmである。

安全施設は、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（30cm）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。

その上で、外部事象防護対象施設は、設計基準積雪量（30cm）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。また、設計基準積雪量（30cm）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。

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。

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32cm（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。

【別添資料1（3.2:27～28）】

(7) 落雷

電気技術指針 J E A G 4608「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、400kA である。

東海第二発電所を中心とした標的面積 4km²の範囲で観測された雷撃電流の最大値は 131kA である。

安全施設は、電気技術指針 J E A G 4608「原子力発電所の耐雷指針」を参照し、設計基準電流値（400kA）の落雷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。

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、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、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、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:28～29）】

(8) 火山の影響

外部事象防護対象施設は、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、安全機能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、以下により安全機能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、上記以外の安全施設については、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、安全機能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。

【別添資料1（3.2:29～31）】

(9) 生物学的事象

外部事象防護対象施設は、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、安全機能を損なわな

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、安全機能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、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、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、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（3.2:31～32）】

(10) 森林火災

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（F A R S I T E）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、安全機能が損なわれることはない。

また、上記以外の安全施設については、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、安全上支障のない期間での修復等の対応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。

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、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1 (3.2:32)】

(11) 高潮

安全施設は、高潮の影響を受けない敷地高さ (T.P. (東京湾中等潮位) +3.3m) 以上に設置することで、安全機能を損なわない設計とする。

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 3km 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. +1.46m (1958 年 9 月 27 日)、朔望平均満潮位が T.P. +0.61m である。

【別添資料 1 (3.2:33)】

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 (地震及び津波を除く。) として抽出された 11 事象をもとに、被害が考えられない洪水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。

- ・ 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

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。

ただし、「第四条 地震による損傷の防止」及び「第五条 津波による損傷の防止」において考慮する事項は、各々の条項で考慮し、地震又は津波と組み合わせる自然現象による荷重としては、風（台風）又は積雪とする。組合せに当たっては、地震又は津波の荷重の大きさ、最大荷重の継続時間、発生頻度の関係を踏まえた荷重とし、施設の構造等を考慮する。

【別添資料 1（6.：51～76）】

第 2 項について

重要安全施設は、当該重要安全施設に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により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。なお、過去の記録、現地調査の結果等を参考にし、必要のある場合には、異種の自然現象を重畳させるものとする。

重要安全施設に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は、第 1 項において選定した自然現象に含まれる。また、重要安全施設を含む安全施設は、第 1 項において選定した自然現象又はその組合せにより、安全機能を損なわない設計としている。安全機能が損なわなければ設計基準事故に至らないため、重要安全施設に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又はその組合せと設計基準事故に因果関係はない。したがって、因果関係の観点からは、重要安全施設に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により重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を組み合わせる必要はなく、重要安全施設は、個々の事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

また、重要安全施設は、設計基準事故の影響が及ぶ期間に発生すると考えられる自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力を適切に考慮する設計とする。

【別添資料 1（添-16. :1～2）】

第 3 項について

発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）は、発電所及びその周辺での発生の可能性、安全施設への影響度、発電所敷地及びその周辺に到達するまでの時間余裕及び影響の包絡性の観点から、発電用原子炉施設に影響を与えるおそれがある事象として、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を選定する。

安全施設は、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全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。

【別添資料 1（1. :1～17）（2. :18～19）（4. :34）】

(1) 飛来物（航空機落下）

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（平成14年7月30日 原子力安全・保安院制定））等に基づき評価した結果、約 8.5×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、発電用原子炉施設と安全機能が独立していること、かつ設置場所は発電用原子炉施設と離隔されていることから、個別に航空機落下確率を評価した結果、約 6.1×10^{-8} 回／炉・年であり、防護設計の要否を判断する基準である 10^{-7} 回／炉・年を超えないため、飛来物（航空機落下）による防護について設計上考慮する必要はない。

【別添資料1（4.1:34）】

(2) ダムの崩壊

発電所敷地の北側に久慈川が位置しており、その支川である山田川の上流約30kmにダムが存在する。

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、発電所敷地の西側は北から南にかけてはEL.3m～EL.21mの上り勾配となっていることから、発電所敷地がダムの崩壊により影響を受けることはなく、ダムの崩壊を考慮する必要はない。

【別添資料1（4.1:34～35）】

(3) 爆発

発電所敷地外 10km 以内の範囲において、爆発により安全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、爆発による安全施設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 10km 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、安全機能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、安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、離隔距離の確保、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応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。

【別添資料1（4.1:35～36）】

(4) 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 10km 以内の範囲において、火災により評価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、火災による安全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 10km 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、安全機能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、安全機能を損なわない設計とする。

b. 発電所敷地内に存在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、安全機能を損なわない設計とする。

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、火災の影響により安全機能を損なわない設計とする。

また、上記以外の安全施設については、建屋による防護、消火活動、代替設備による必要な機能の確保、安全上支障のない期間での修復等の対応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。

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、安全機能を損なわない設計とする。

【別添資料1（4.1:36～37）】

(5) 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。

【別添資料1（4.1:37～38）】

(6) 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、安全施設が安全機能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、安全施設が安全機能を損なうことはない。

【別添資料1（4.1:38～39）】

(7) 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、鋼製筐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、電磁的障害により安全施設が安全機能を損なうことはない。

【別添資料1 (4.1:39)】

2. 水 理

2.1 海 象

2.1.1 潮 位

発電所周辺の潮位については、隣接する茨城港日立港区において観測されている潮位を用いる。

既往最高潮位（昭和 33 年 9 月 27 日） H. P. +2.35m

塑望平均満潮位 H. P. +1.50m

平均潮位 H. P. +0.91m

塑望平均干潮位 H. P. +0.08m

既往最低潮位（平成 2 年 12 月 2 日，平成 3 年 12 月 22 日）

H. P. -0.31m

H. P. $\pm 0.00\text{m}$ は茨城港日立港区の工事用基準面で東京湾中等潮位下 0.89m である。

4. 社会環境

4.1 産業活動

発電所の近くには、爆発、火災及び有毒ガスにより発電用原子炉施設の安全性を損なうような石油コンビナート等の施設はない。したがって、産業活動に伴う爆発、火災及び有毒ガスによって、安全施設の安全機能が損なわれるおそれはない。

4.2 交通運輸

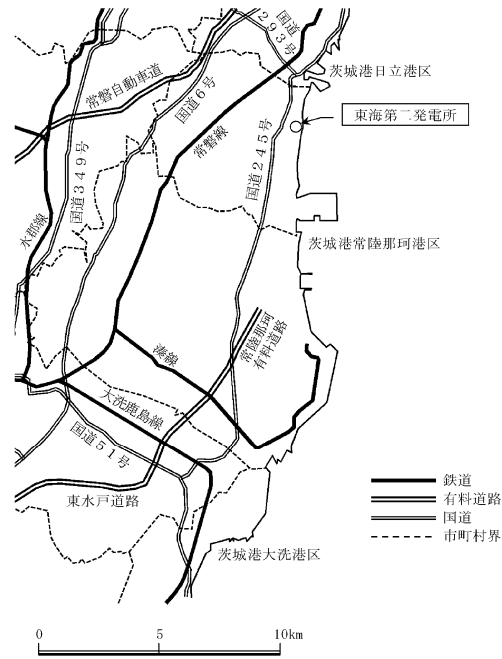
発電所に近い鉄道路線としては、東日本旅客鉄道株式会社常磐線がある。

主要な道路としては、常磐自動車道、国道245号、国道6号及び国道293号がある。

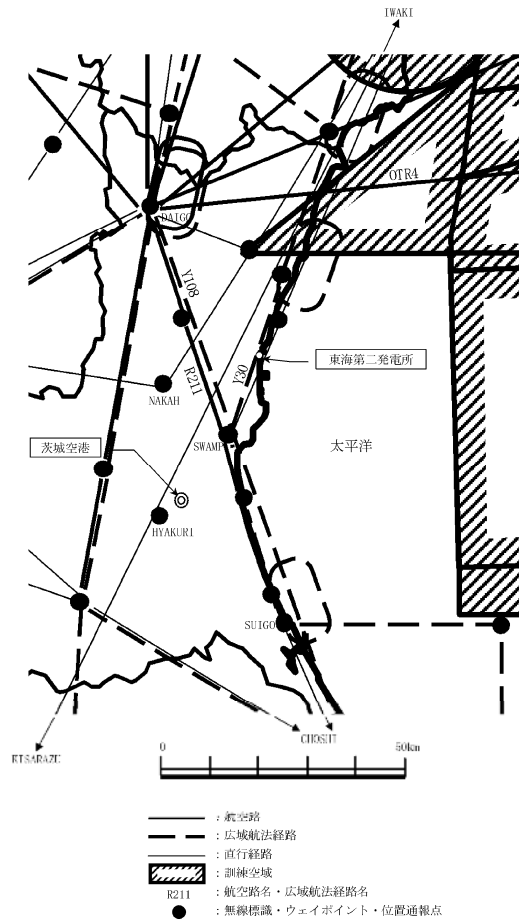
海上交通としては、発電所の北方約3kmに茨城港日立港区、南方約6kmに茨城港常陸那珂港区、南方約18kmに茨城港大洗港区があり、日立―鉾路間、常陸那珂―苫小牧間、常陸那珂―北九州間、大洗―苫小牧間等の定期航路がある。

航空関係としては、発電所の南南西方向約36kmに茨城空港がある。発電所上空には広域航法経路及び直行経路があるが、訓練空域は設定されていない。なお、航空機は原子力関係施設上空の飛行を規制されている。

発電所周辺の鉄道、主要道路、港湾及び航空路を第4.2-1図及び第4.2-2図に示す。



第 4.2-1 図 東海第二発電所周辺の鉄道，主要道路及び港湾図



第 4.2-2 図 東海第二発電所周辺の航空路等図

5. 気 象

5.2 最寄りの気象官署の資料による一般気象

5.2.3 最寄りの気象官署における一般気象（5.2.4に係るものを除く。）⁽²⁾⁽³⁾

(1) 一般気象

水戸地方気象台，銚子地方気象台及び小名浜測候所における一般気象に関する統計を第5.2-2表～第5.2-4表に示す。

年平均気温，最高気温，最低気温，降水量，風速とも水戸地方気象台と小名浜測候所ではほぼ同様な値を示しているが，銚子地方気象台では冬期の最低気温がわずかに高くなっている。

(2) 極 値

第5.2-2表～第5.2-4表に示した，最寄りの気象官署の気候表によると，この地域は必ずしも厳しい気象条件が現われる所ではなく，温和な気候を示している。

これらの気象官署における観測開始から1980年までの極値を第5.2-5表～第5.2-31表に示す。これによれば各官署とも同程度の極値を示している。

水戸地方気象台の観測記録によれば，日最高気温36.6℃（1967年8月11日），日最低気温-12.7℃（1952年2月5日），日最大降水量276.6mm（1938年6月29日），最大積雪の深さ32cm（1945年2月26日），最大瞬間風速44.2m/s（1939年8月5日）である。

銚子地方気象台は，日最高気温35.3℃（1962年8月4日），日最低気温-6.2℃（1970年1月17日），日最大降水量311.4mm（1947年8月28日），最大積雪の深さ17cm（1936年3月2日），最大瞬間風速49.0m/s（1971年9月8日）である。

また，小名浜測候所は，日最高気温35.4℃（1947年8月11日），日最低気温-10.7℃（1952年2月5日），日最大降水量227.2mm（1966年6月28日），最

大積雪の深さ28cm（1945年2月26日），最大瞬間風速37.2m/s（1979年10月19日）である。

5.2.4 発電用原子炉設置変更許可申請書（総室発第31号）に係る最寄りの気象官署における一般気象

(1) 一般気象

水戸地方気象台，銚子地方気象台及び小名浜特別地域気象観測所における一般気象に関する統計を第5.2-32表から第5.2-34表に示す。

3官署のうち，年平均気温は水戸地方気象台と小名浜特別地域気象観測所の2官署はほぼ等しい値を示すが，銚子地方気象台は他の2官署よりも約2℃高く，年間降水量は250mm～300mm程度多い。また，年平均風速は水戸地方気象台と小名浜特別地域気象観測所はそれぞれ2.2m/s及び2.8m/sであるが，銚子地方気象台は5.7m/sと他の2官署の2倍以上の大きさとなっている。

(2) 極 値

第5.2-35表から第5.2-52表に示す最寄りの気象官署の観測記録からみれば，この地域は比較的温暖であるが，やや風が強い気象条件である。

水戸地方気象台の観測記録によれば，最高気温38.4℃（1997年7月5日），最低気温-12.7℃（1952年2月5日），日最大降水量276.6mm（1938年6月29日），積雪深さの月最大値32cm（1945年2月26日）及び最大瞬間風速44.2m/s（1939年8月5日）である。

銚子地方気象台の観測記録によれば，最高気温35.3℃（1962年8月4日），最低気温-7.3℃（1893年2月13日），日最大降水量311.6mm（1947年8月28日），積雪深さの月最大値17cm（1936年3月2日）及び最大瞬間風速52.2m/s（2002年10月1日）である。

小名浜特別地域気象観測所の観測記録によれば、最高気温37.7℃（1994年8月3日）、最低気温-10.7℃（1952年2月5日）、日最大降水量227.2mm（1966年6月28日）、積雪深さの月最大値28cm（1945年2月26日）及び最大瞬間風速48.1m/s（2002年10月1日）である。

5.2.5 その他の資料による一般気象

5.2.5.1 竜巻

気象庁「竜巻等の突風データベース」（1961～2012年）によれば、「竜巻」及び「竜巻又はダウンバースト」の被害状況から推定した竜巻の規模は、茨城県において、最大でF3である。

5.2.5.2 森林火災

森林火災検討に係る発電所の最寄りの気象観測所（水戸地方気象台）の気象データ（最高気温、最大風速、最大風速記録時の風向、最小湿度）（2007年～2016年）及び発電所の位置する茨城県の「消防防災年報」（茨城県2006年～2015年）について、第5.2-53表に示す。また、森林火災発生件数の多い12月～5月における最寄りの気象観測所（水戸地方気象台）及び発電所の気象データ（卓越風向）について、第5.2-54表に示す。

第5.2-53表 気象データ（気温、風速及び湿度）及び森林火災件数

観測所	水戸地方気象台 気象観測データ ^{注1)}					茨城県内の月別 森林火災件数 ^{注2)}	
	月	最高気温 (°C)	最大風速 (m/s)	最大風速記録時の風向			最低湿度 (%)
				第1位	第2位		
1	16.9	17.5	北東	北東	17	79	
2	24.3	17.5	北北東	北東	13	86	
3	25.9	14.3	北東	北北東, 南西	11	131	
4	29.3	15.1	北北東	北東	13	126	
5	30.8	13.5	北東	北北東	13	54	
6	33.5	14.2	北北東	北北東	21	10	
7	36.4	11.8	北北東	北北東	35	13	
8	37.0	12.9	北東	北北東	35	24	
9	36.1	13.9	北北東	南南西	29	23	
10	31.4	17.4	北北東	北北東	22	11	
11	24.5	11.8	北北東	北北東	18	4	
12	23.8	10.6	北東	西	17	33	

注1) 水戸地方気象台 観測記録 (2007年～2016年) より

注2) 「消防防災年報」 (茨城県 2006年～2015年) より

第 5.2-54 表 気象データ（卓越風向）

風 向	最多風向（時間単位）の出現率割合（%） ^{注）}	
	水戸地方気象台 気象観測データ	発電所 気象観測データ
北	15	3
北北西	17	3
北西	5	9
西北西	2	23
西	3	7
西南西	3	2
南西	4	1
南南西	6	3
南	3	4
南南東	1	5
南東	3	4
東南東	4	3
東	9	3
東北東	9	6
北東	7	14
北北東	7	9

注）観測記録（2007年～2016年）より

9. 生 物

9.1 海生生物

発電所の前面海域において、クラゲの発生がみられることはあるが、昭和 53 年 11 月の発電所の営業運転開始以降、大量のクラゲの襲来により安全施設の安全機能が損なわれた記録はない。

9.2 植 生

発電所の周辺にはアカマツ、クロマツ等の植生が認められているが、昭和 53 年 11 月の営業運転開始以降、発電所周辺の森林火災が原因で安全施設の安全機能が損なわれた記録はない。

4. 凍結影響評価について

(1) 基本方針

安全施設のうち外部事象防護対象施設は、最寄りの気象官署での観測記録を考慮し、低温に伴う凍結により、安全機能を損なわない設計とする。

気象庁の気象統計情報における低温の観測記録（第 4-1 表）によれば、東海第二発電所の最寄りの気象官署である水戸地方気象台（水戸市）で観測された観測史上 1 位の最低気温は下記のとおりである。

水戸市：最低気温 -12.7°C

（1952 年 2 月 5 日，統計期間 1897 年 1 月～2012 年 3 月）

(2) 外部事象防護対象施設の健全性評価

外部事象防護対象施設が、低温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、低温が外部事象防護対象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を評価し、安全機能が維持できることを確認する。また、安全機能が維持されない場合には対策を実施する。

① 屋内に設置されている設備については、建屋内は常に換気空調設備等の運転により、極端な低温にさらされることなく、安全機能が維持可能である。

② 建屋外に設置されている低温による凍結のおそれのあるものについては、保温材による凍結防止対策を必要に応じて行うことにより、凍結のおそれのない設計とする。

○ その他の構築物，系統及び機器については，機能を維持すること，

若しくは損傷を考慮して、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場合、安全機能が維持可能であることから影響評価の対象外とする。

(3) 手順

屋外設備が凍結のおそれのある低温環境での手順について、系統保有水の水置換を適切に実施するため、以下について手順を定める。

- (1) 気象予報により低温環境が継続する場合には、状況に応じて系統の水置換（系統運転）により、配管内流体の凍結を防止する手順を定める。

第4-1表 低温の観測記録（水戸市）（気象庁HPより）

年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]	年	最低気温 [°C]
1897	-8.8	1936	-9.5	1975	-7.0
1898	-7.5	1937	-6.2	1976	-9.3
1899	-7.9	1938	-10.0	1977	-8.2
1900	-9.9	1939	-8.9	1978	-8.9
1901	-7.4	1940	-9.2	1979	-7.5
1902	-9.7	1941	-7.8	1980	-7.4
1903	-6.4	1942	-9.2	1981	-8.0
1904	-9.7	1943	-8.5	1982	-8.5
1905	-7.4	1944	-8.7	1983	-8.0
1906	-9.3	1945	-11.0	1984	-11.0
1907	-9.1	1946	-8.4	1985	-10.6
1908	-8.2	1947	-8.1	1986	-8.5
1909	-11.4	1948	-6.7	1987	-6.5
1910	-9.1	1949	-6.9	1988	-6.5
1911	-7.3	1950	-7.0	1989	-5.9
1912	-8.0	1951	-7.8	1990	-7.6
1913	-8.0	1952	-12.7	1991	-6.0
1914	-6.6	1953	-8.1	1992	-5.6
1915	-7.4	1954	-8.8	1993	-5.7
1916	-10.1	1955	-7.7	1994	-6.1
1917	-8.0	1956	-7.6	1995	-7.0
1918	-6.6	1957	-7.2	1996	-8.9
1919	-7.5	1958	-7.6	1997	-6.0
1920	-6.6	1959	-6.6	1998	-6.1
1921	-7.5	1960	-7.9	1999	-6.8
1922	-9.7	1961	-8.1	2000	-6.6
1923	-9.3	1962	-7.7	2001	-7.4
1924	-8.3	1963	-10.9	2002	-5.8
1925	-8.9	1964	-6.9	2003	-7.1
1926	-9.1	1965	-7.4	2004	-5.3
1927	-12.0	1966	-8.3	2005	-6.5
1928	-8.5	1967	-9.9	2006	-7.7
1929	-9.5	1968	-8.6	2007	-4.4
1930	-8.0	1969	-8.2	2008	-5.5
1931	-10.1	1970	-11.0	2009	-5.4
1932	-6.7	1971	-8.0	2010	-6.5
1933	-7.5	1972	-6.1	2011	-7.2
1934	-8.5	1973	-7.8	2012	-7.1
1935	-7.5	1974	-7.9		

外部事象防護対象施設への凍結評価について

1. 概要

安全施設のうち外部事象防護対象施設について、低温環境下における以下の想定における凍結影響評価を行う。

屋外に設置されている外部事象防護対象施設について、低温による凍結影響評価を行う。凍結のおそれのある設備として、以下を抽出した。

①残留熱除去系海水系

②非常用ディーゼル発電機用（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機含む。）海水系

2. 評価条件

2.1 評価条件の設定

(1) 観測史上 1 位の最低気温に基づく最低温度

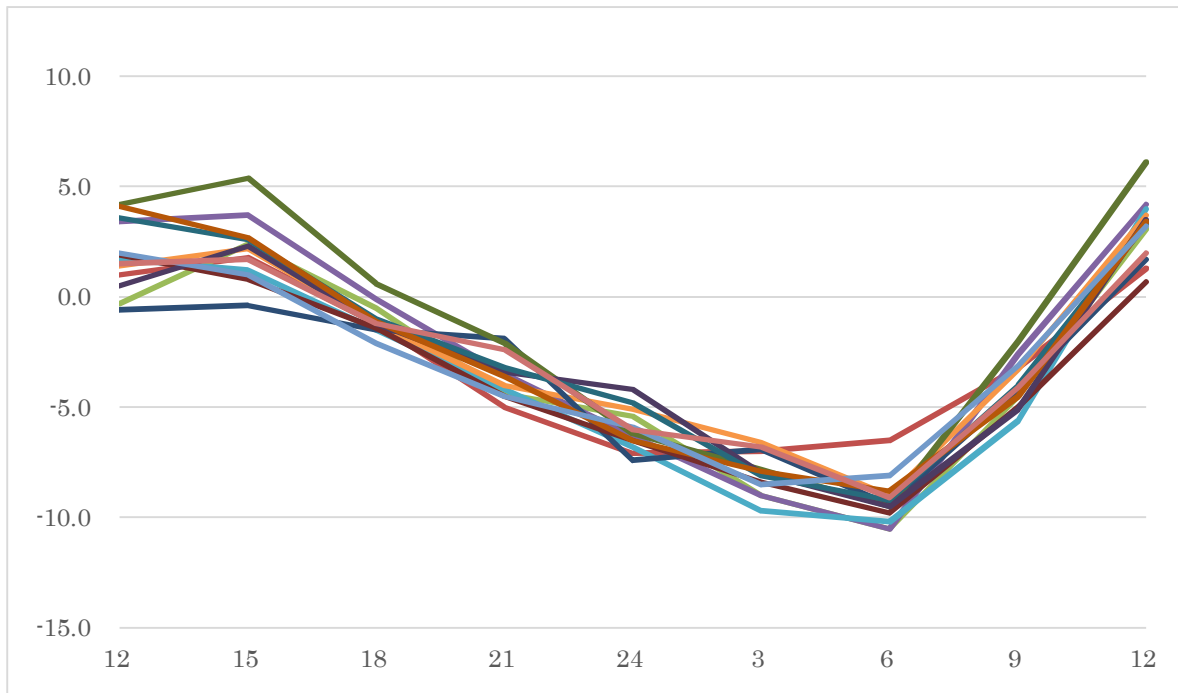
水戸地方気象台での観測記録（1897 年～2012 年）のうち、観測史上 20 位^{*}までの時間推移を第 1 図に示す。これによると、日の最低気温を記録するのはほぼ朝方に集中しており、日中の気温はプラスとなる傾向となっている。なお、水戸地方気象台で観測された観測史上 1 位の最低気温である -12.7°C （1952 年 2 月 5 日）を観測した日の時間推移は確認できなかった^{*}が、日の最低気温は、水戸地方気象台で観測された観測史上 1 位の最低気温である -12.7°C （1952 年 2 月 5 日）とする。

また、このような低温環境の継続時間は、観測記録より、15 時～翌日 12 時までの 21 時間とし、影響評価を行う条件として、第 2 図のとおり、観測記録の時刻歴変化を包絡する評価用外気温曲線を設定し

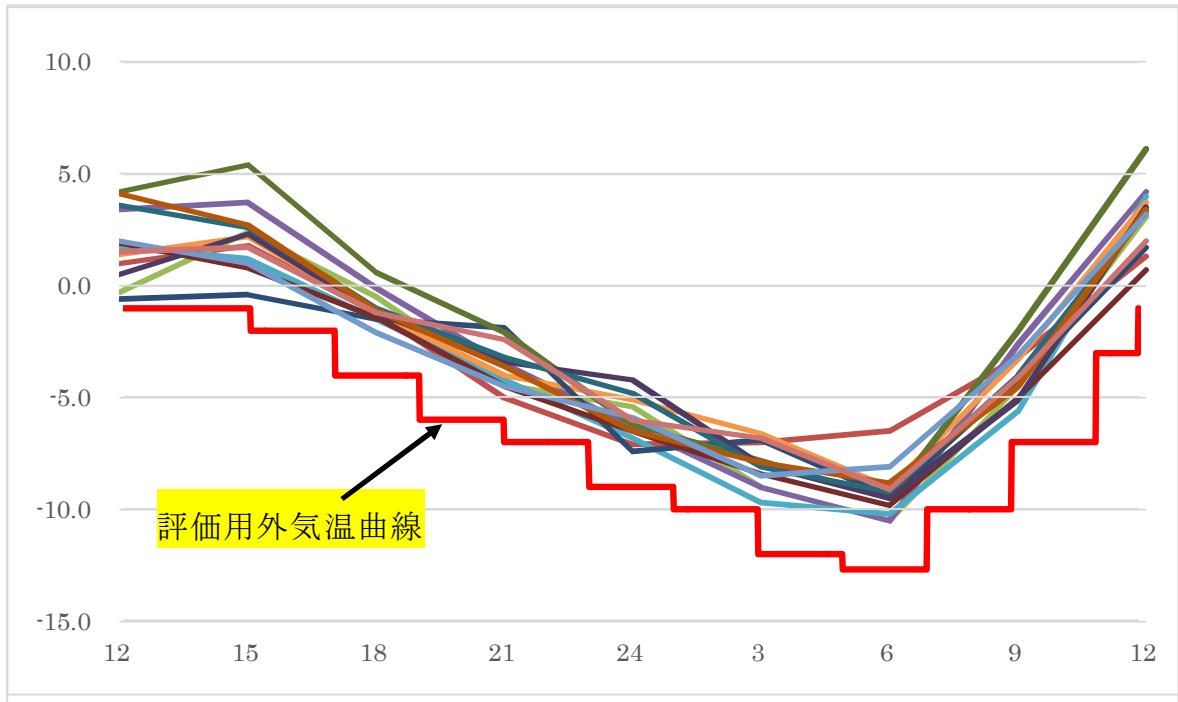
た。

※1：時間推移の温度観測記録（気象庁 HP より）は以下のとおりであり，観測史上1位である1952年は，時間推移の記録は確認できなかった。

- 1960年以前：なし
- 1961年～1990年：3時間毎
- 1991年以降：1時間毎



第1図 低温の観測記録20位までの時刻歴
(水戸地方気象台の観測記録（気象庁 HP）より)



第2図 屋外配管の凍結評価に用いた気温変化の時刻歴

3. 評価

(1) 観測史上1位の最低気温に基づく最低温度

屋外配管の凍結評価には、2.で設定した温度条件を、「JIS A 9501（保温保冷工事施工標準）」の「附属書C（参考）管内水の凍結防止の保温厚さの計算」に基づき、管内水が凍結し始めるまでの時間を算出した。結果は以下のとおりである。

第1表 屋外配管の凍結評価

評価対象設備	管内水が凍結割合し始めるまでの時間	備考
残留熱除去系海水系	15.5時間	※
非常用ディーゼル発電機用（高圧炉心スプレイ系を含む。）海水系	13.8時間	※

※ 各系統の評価のうち、最も時間の短い結果を記載

(2) 屋外配管の凍結防止対策の検討

(1-1) の結果より、屋外に設置されている外部事象防護対象施設は、凍結のおそれがあることがあることから、低温事象の発生時における屋外に設置している配管内流体の凍結を防止するため、社内規程類に運用及び手順を定め、系統の運転による海水ポンプ入口～放水路までの全保有水の水置換を実施することで配管内流体温度が初期状態まで回復させる。

J I S A 9501 (保温保冷工事施工標準) より抜粋

— A 9501 —

附属書 C

(参考)

管内水の凍結防止の保温厚さの計算

氷点以下の温度にさらされた、配管の内部流体（水）が停止すると同時に、内部流体温度は下がり始める。保温厚さを増しても一定時間後には必ず管内水は凍結し、これを防ぐことはできない。保温材の厚さから氷点まで降下する時間を式(C.1)、また、凍結に要する時間は式(C.5)によって求めるとよい。

なお、この附属書において、放散熱量 (q_{wp}) は、初期水温時の放散熱量を意味している。このときの保温材の熱伝導率は、0℃時の値 (λ_{ice}) を用いることが望ましい。

C.1 管内水が0℃まで降下する時間の算出

保温材がある場合、水が0℃になるまでの時間 (t_{wp}) は、次の式(C.1)及び式(C.2)によって求める。

$$t_{wp} = \frac{(\theta_{iw} - \theta_a) \times (m_w \times C_{pw} + m_p \times C_{pp}) \times \ln \left(\frac{\theta_{iw} - \theta_a}{\theta_{ice} - \theta_a} \right) \times 0.75}{q_{wp} \times 3.6 \times l} \dots\dots\dots (C.1)$$

$$q_{wp} = \frac{(\theta_{iw} - \theta_a) \times 2 \times \pi \times \lambda_{ice}}{\ln \left(\frac{D_e}{D_i} \right)} \dots\dots\dots (C.2)$$

ここに、
 θ_{iw} : 管内水の初期温度 (°C)
 θ_{ice} : 凍結温度 (0℃) (°C)
 θ_a : 周囲温度 (°C)
 q_{wp} : 初期水温の放散熱量 (W/m)
 t_{wp} : 0℃になるまでの時間 (h)
 l : 管の長さ (m)
 m_w : 管内水の質量 (kg)
 m_p : 管の質量 (kg)
 C_{pw} : 管内水の定圧比熱 [kJ/(kg·K)] [=4.2 [kJ/(kg·K)]]
 C_{pp} : 管の定圧比熱 [kJ/(kg·K)]
 λ_{ice} : 0℃における保温材の熱伝導率 [W/(m·K)]
 h_{ic} : 表面熱伝達率 [W/(m²·K)]
 D_i : 保温材又は保冷材の内径 (m)
 D_e : 保温材又は保冷材の外径 (m)

注記 裸の配管は保温した配管と異なり、表面熱伝達率の熱抵抗を考慮する。放散熱量の計算は、式(C.3)となる。

$$q_l = h_{ic} \times (\theta_{iw} - \theta_a) \times \pi \times D \dots\dots\dots (C.3)$$

また、温度降下に要する時間は、近似的に式(C.4)で表される。

$$t_{wp} = \frac{(m_w \times C_{pw} + m_p \times C_{pp}) \times (\theta_{iw} - \theta_{ice}) \times 0.75}{q_l \times 3.6 \times l} \dots\dots\dots (C.4)$$

ここに、
 D : 配管外径 (m)

C.2 管内水の凍結に要する時間

管内水の凍結に要する時間は、式(C.5)及び式(C.6)によって求める。

— 75 —

$$t_{fr} = \frac{f}{100} \times \frac{\rho_{ice} \times \pi \times D_{ip}^2 \times h_{fr} \times 0.75}{q_{fr} \times 3.6 \times 4} \dots\dots\dots (C.5)$$

$$q_{fr} = \frac{(-\theta_a) \times 2 \times \pi \times \lambda_{ice}}{\ln\left(\frac{D_c}{D_i}\right)} \dots\dots\dots (C.6)$$

- ここに、
- θ_a : 周囲温度 (°C)
 - f : 管内水の凍結割合 (%)
 - D_{ip} : 配管内径 (m)
 - h_{fr} : 水の凝固熱 (kJ/kg) (=334 kJ/kg)
 - q_{fr} : 0 °Cでの放散熱量 (W/m)
 - t_{fr} : 凍結に要する時間 (h)
 - ρ_{ice} : 0 °Cでの氷の密度 (kg/m³) (=920 kg/m³)
 - λ_{ice} : 0 °Cにおける保温材の熱伝導率 [W/(m·K)]

- 注記 1 設計条件の管内水の凍結割合は、25%以下を推奨する。
- 注記 2 配管系にある弁、栓、継ぎ手による管内断面積の減少によって、冷却時間及び凍結時間も減少するため、C.1 及び C.2 にそれぞれ示す凍結開始までの時間及び凍結に要する時間についても減少を見込み、計算値の75%以下にすることが望ましい。

なお、この附属書に基づく計算の事例は附属書 M を参照するとよい。

附属書 M
(参考)
計算事例について

M.3 凍結防止必要厚さ及び凍結防止時間

凍結防止必要厚さ及び凍結防止時間の算出についての考え方及び計算式は、附属書 C を参照するとよい。

a) 計算条件 次の条件を基に、算出をしている。鋼管の呼び径及び肉厚は、表 M.2 による。

表 M.2 一管の呼び径 外径と厚さ

	管の呼び径 (上段 A / 下段 B)										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	1/2	3/4	1	1-1/4	1-3/4	2	2-1/2	3	4	5	6
外径 mm	21.7	27.2	34.0	42.7	48.6	60.5	76.3	89.1	114.3	139.8	165.2
肉厚 mm	2.8	2.8	3.2	3.5	3.5	3.5	3.8	4.2	4.5	4.5	5.0

表面の熱抵抗は考慮していない。

密度 水：1 000 kg/m³
鋼管 (炭素鋼)：7 850 kg/m³

比熱 水：4.22 kJ/(kg・K)
鋼管 (炭素鋼)：0.44 kJ/(kg・K)

周囲 (外気) 温度 -25 °C, -20 °C, -15 °C, -10 °C, -5 °C

水の初期水温 5 °C

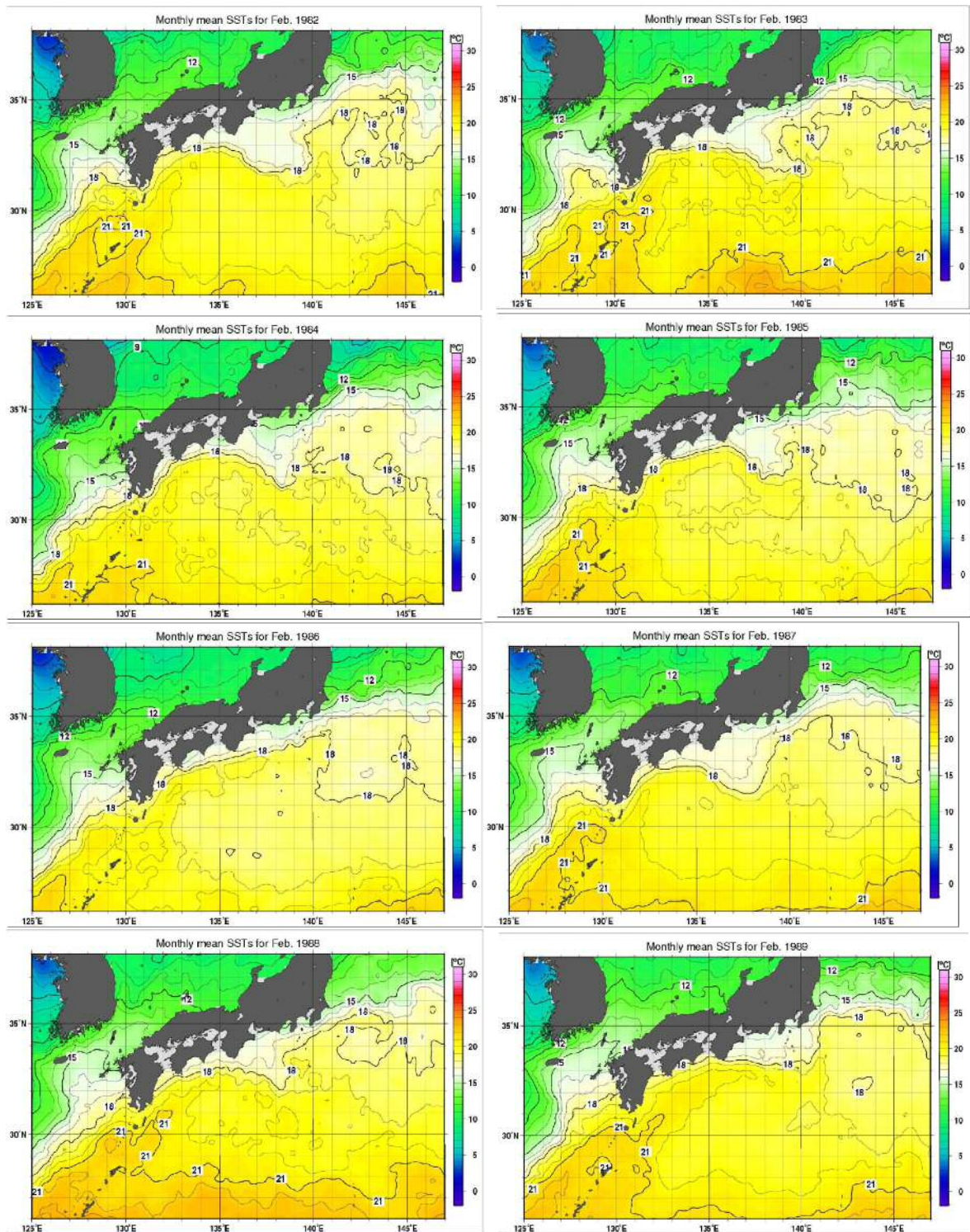
流体停止時間 12 h

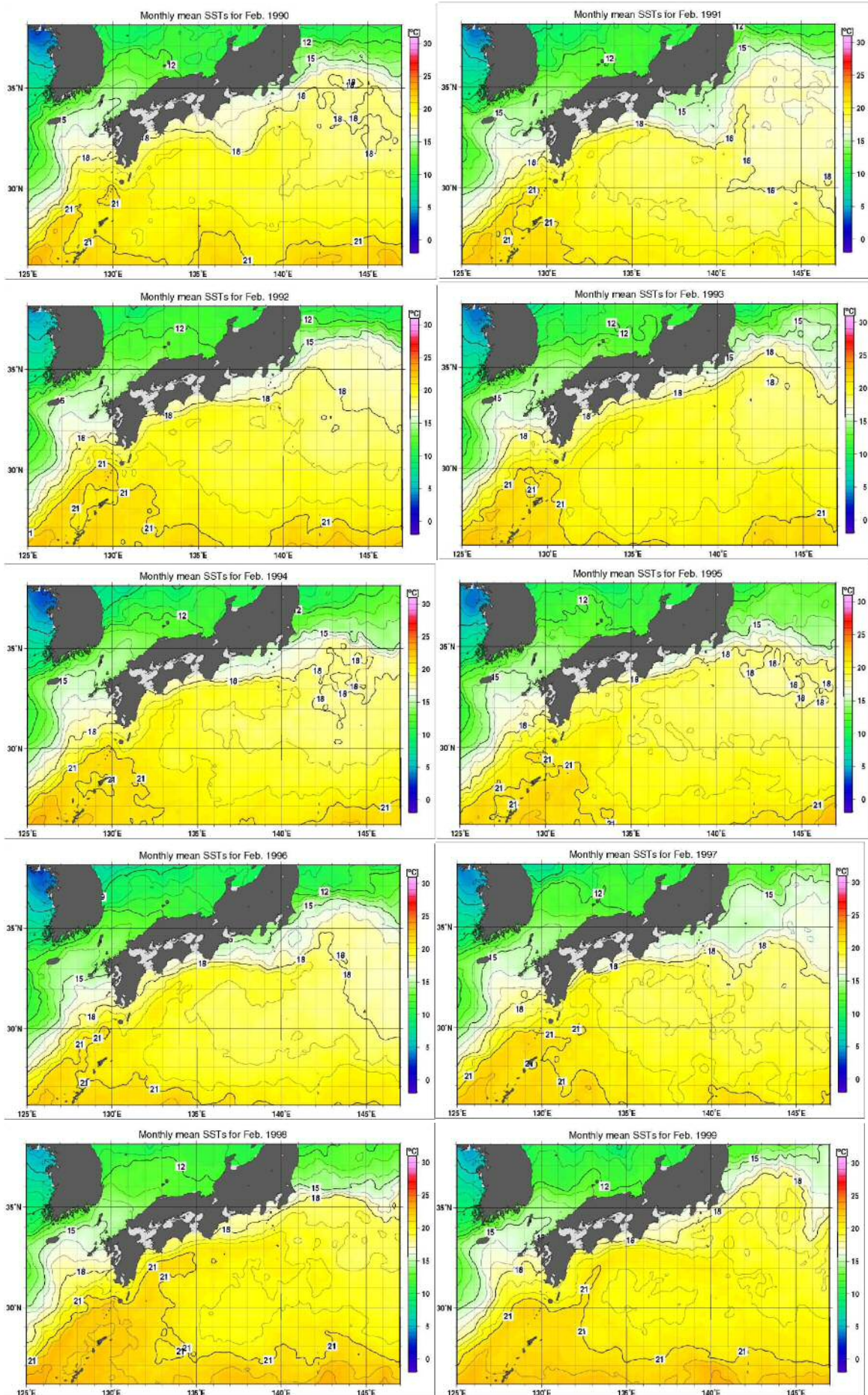
凍結割合 0 %, 25 %

保温材の熱伝導率 (0 °C の値)

ロックウール保温筒	0.031 4 W/(m・K)
グラスウール保温筒	0.032 4 W/(m・K)
けい酸カルシウム保温筒, 1 号-15	0.040 7 W/(m・K)
はっ水性パーライト保温筒, 4 号-18	0.048 3 W/(m・K)
A 種ビーズ法ポリスチレンフォーム保温筒 1 号	0.033 4 W/(m・K)
A 種ビーズ法ポリスチレンフォーム保温筒 3 号	0.034 6 W/(m・K)
A 種押出法ポリスチレンフォーム保温筒 2 種	0.031 0 W/(m・K)
B 種硬質ウレタンフォーム保温筒	0.020 9 W/(m・K)
A 種硬質ウレタンフォーム保温筒 1 種	0.027 4 W/(m・K)
A 種硬質ウレタンフォーム保温筒 2 種	0.024 5 W/(m・K)
A 種ポリエチレンフォーム保温筒	0.039 0 W/(m・K)

海水温度の観測記録（気象庁 HP より）





6条(外事)-添付-4-12

