

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によ
る損傷の防止に関する説明書)

平成30年2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。

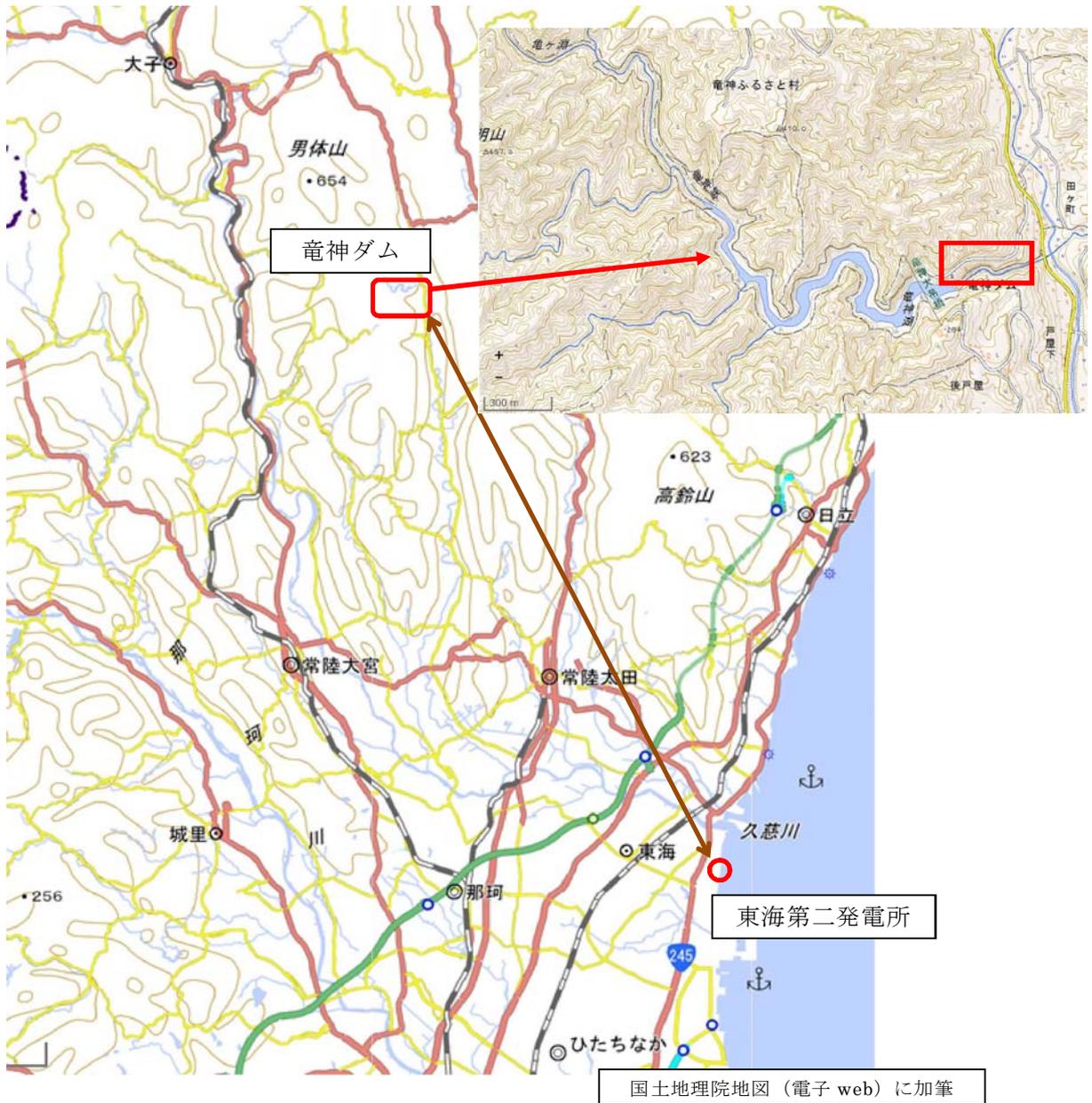


図 1-1 敷地周辺のダム

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 ³
有効貯水容量	2, 7 0 0, 0 0 0 m ³

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)

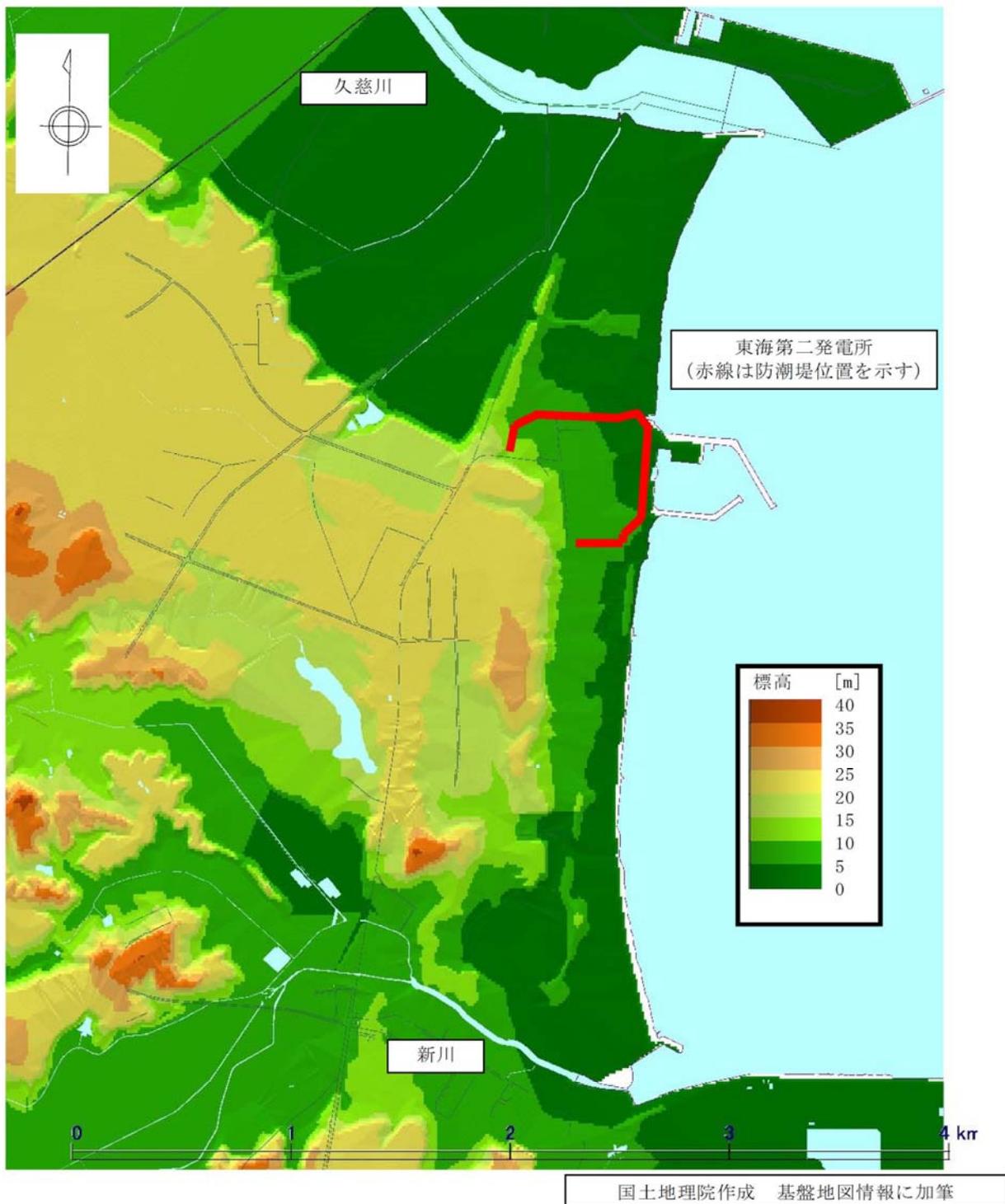


図 2-1 発電所敷地周辺の河川と標高の関係図

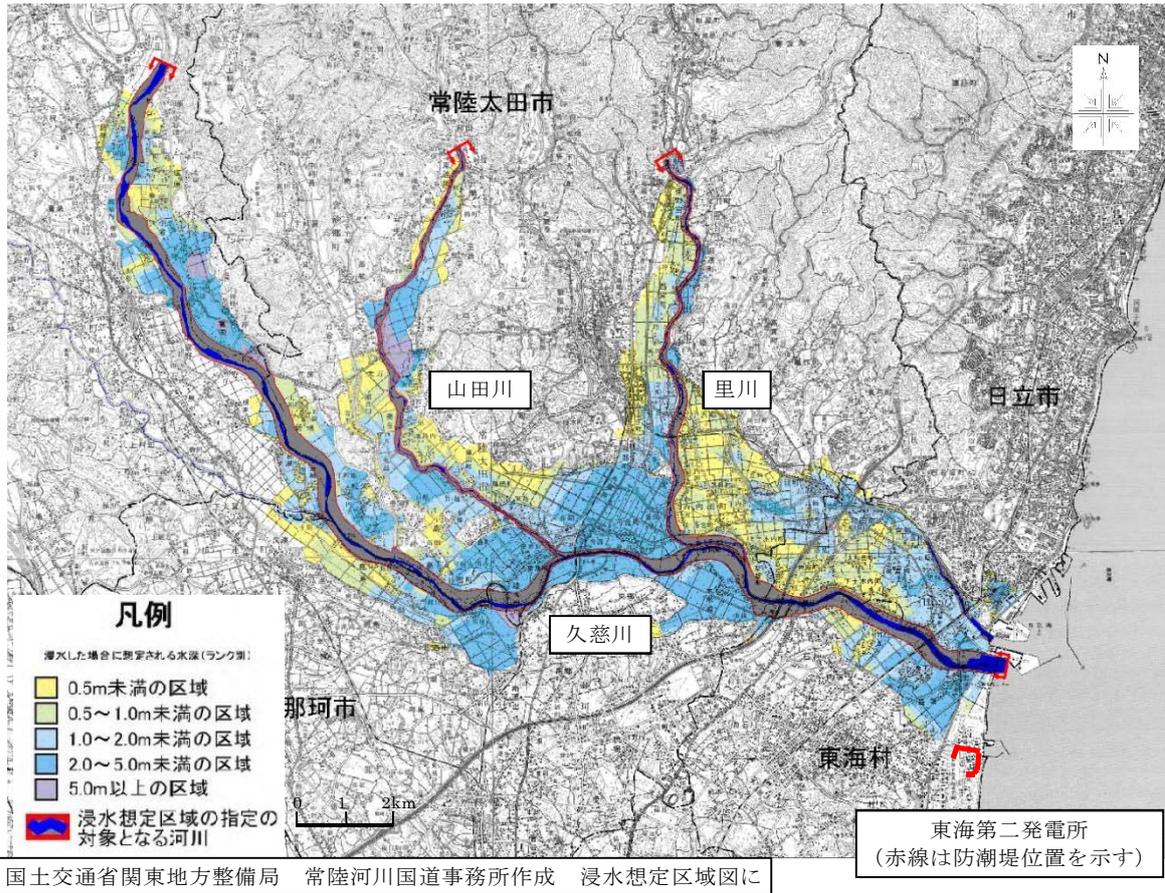


図 2-2 久慈川洪水時浸水想定区域図

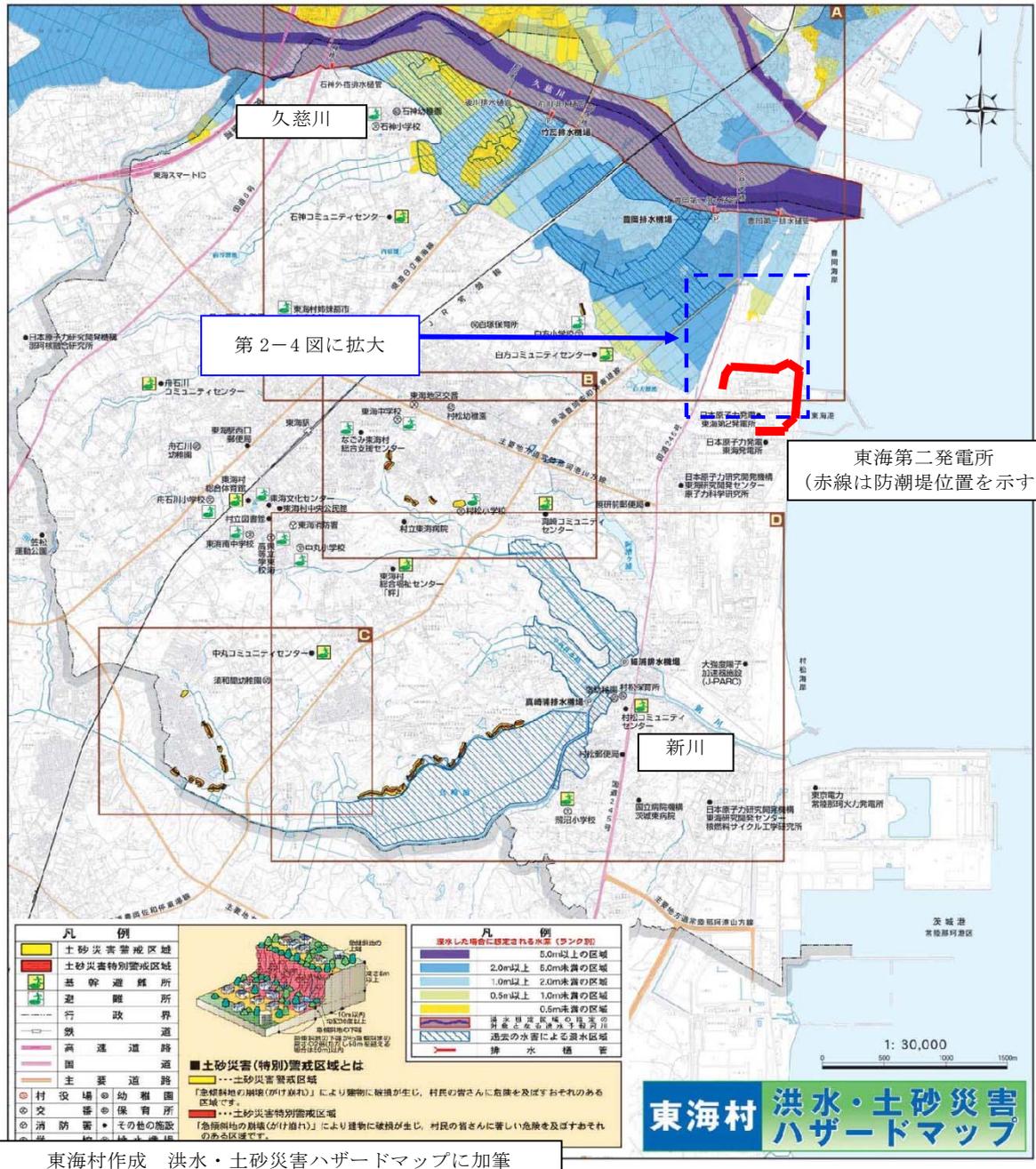


図 2-3 洪水ハザードマップ

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。

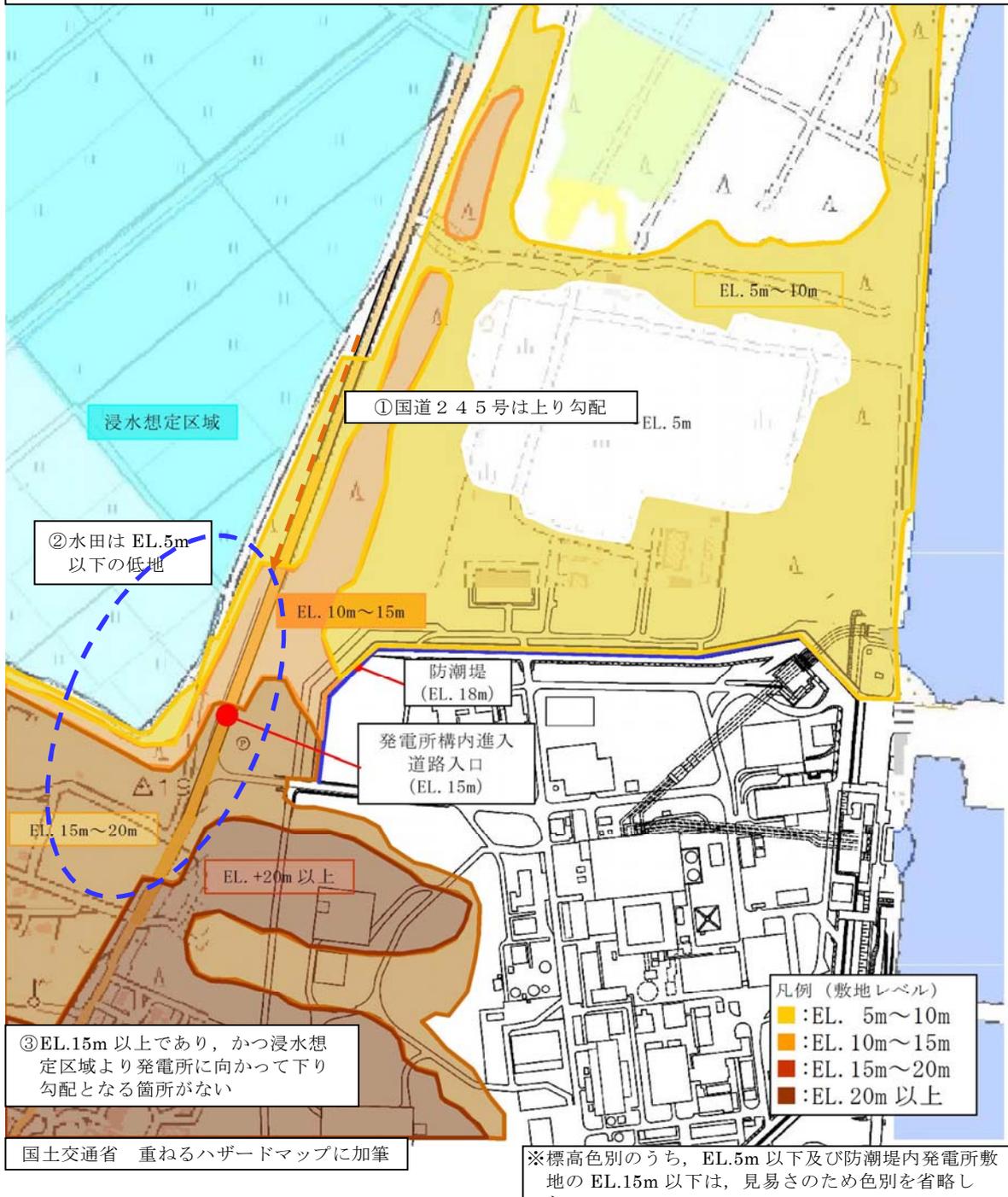


図 2-4 発電所敷地周辺の浸水想定図及び浸水ルート付近の標高

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」⁽¹⁾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^{※1}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⁽¹⁾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^{※2}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。

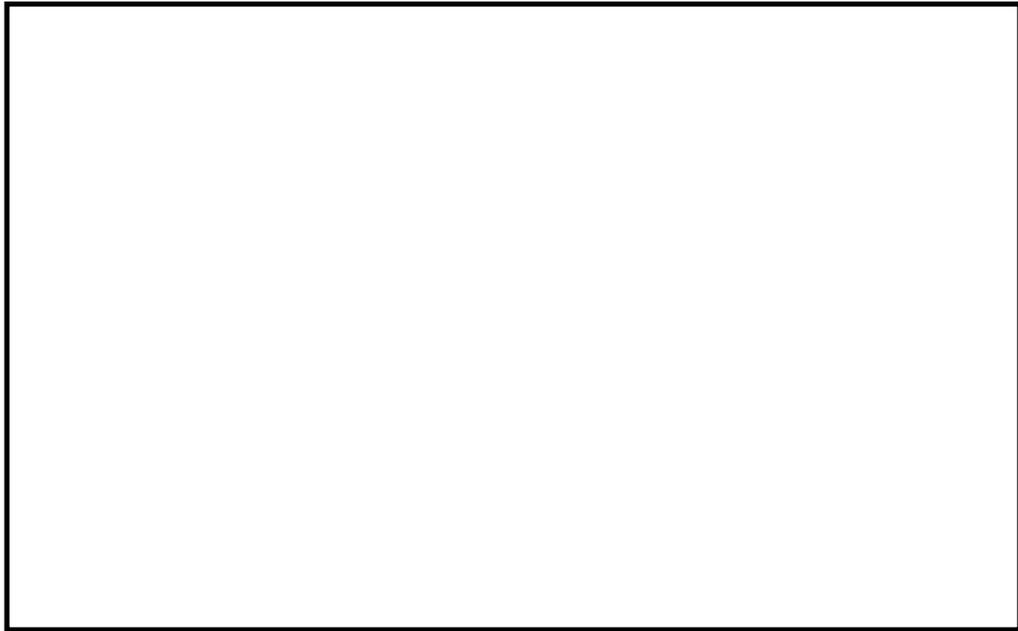


図 1-1 雷インパルス試験

表 1-1 雷インパルス測定試験結果

測定点	ケーブル種類	誘導電圧測定値 (V)		400kA 換算値 (V)	
		発点側	着点側	発点側	着点側
非常用ディーゼル発電機 2D 制御盤	電源	0.5	-	800 (=0.5V× 400kA/250A)	-
上記以外重要安全施設への誘導サージの発生は認められなかった。 ⁽³⁾⁽⁴⁾					

3.1.3 雷サージ耐電圧値

(1) 電源回路・制御回路

J E C 210 (1981) 「低圧制御回路絶縁試験法・試験電圧標準」⁽²⁾ において重要安全施設に要求される電源回路・制御回路の雷インパルス試験電圧の 4,000V を用いる。

(2) 計装回路

個別機器に対して耐電圧値を明確に定めた基準は無いが、型式試験等により確認された値の下限値 500V を用いる。

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、電氣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。