

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-020 改 30
提出年月日	2022年10月26日

工事計画に係る補足説明資料  
(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)

2022年10月

中国電力株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料  
 添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
1	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		
2	可搬型重大事故等対処設 備の保管場所及びアクセ スルート	<p>1. 送電鉄塔他の影響評価について</p> <p>1.1 220kV 第二島根原子力幹線 No.1 及び No.2 鉄塔の耐震評価</p> <p>1.1.1 解析手法</p> <p>1.1.2 送電鉄塔解析手順</p> <p>1.1.3 解析コード</p> <p>1.1.4 解析モデルの設定</p> <p>1.1.5 固有値解析結果</p> <p>1.1.6 解析用入力地震波</p> <p>1.1.7 解析条件</p> <p>1.1.8 部材強度 (220kV 第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔の支柱材(腹材)の部材圧縮強 度)</p> <p>1.1.9 解析結果</p> <p>1.1.10 送電鉄塔基礎の耐震評価</p> <p>1.1.11 解析結果</p> <p>1.2 66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔の耐震評価</p> <p>1.2.1 解析手法</p> <p>1.2.2 送電鉄塔解析手順</p> <p>1.2.3 解析コード</p> <p>1.2.4 解析モデルの設定</p> <p>1.2.5 固有値解析結果</p> <p>1.2.6 解析用入力地震波</p> <p>1.2.7 解析条件</p> <p>1.2.8 部材強度 (66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔の 支柱材及び腹材の部材圧縮強度)</p> <p>1.2.9 解析結果</p> <p>1.2.10 送電鉄塔基礎の耐震評価</p> <p>1.2.11 解析結果</p> <p>1.3 第2-66kV 開閉所屋外鉄構の耐震評価</p> <p>1.3.1 解析手法</p> <p>1.3.2 屋外鉄構解析手順</p> <p>1.3.3 解析コード</p> <p>1.3.4 解析モデルの設定</p> <p>1.3.5 固有値解析結果</p> <p>1.3.6 解析用入力地震波</p> <p>1.3.7 解析条件</p>	今回提出 範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	<p>1. 3. 8 部材強度（第 2－66kV 開閉所屋外鉄構の 主柱材及び腹材の部材圧縮強度）</p> <p>1. 3. 9 解析結果</p> <p>1. 3. 10 屋外鉄構基礎の耐震性確認</p> <p>1. 4 通信用無線鉄塔の耐震評価</p> <p>1. 4. 1 解析手法</p> <p>1. 4. 2 鉄塔の解析手順</p> <p>1. 4. 3 解析コード</p> <p>1. 4. 4 解析モデルの設定</p> <p>1. 4. 5 固有値解析結果</p> <p>1. 4. 6 解析用入力地震波</p> <p>1. 4. 7 解析条件</p> <p>1. 4. 8 部材強度（通信用無線鉄塔の主柱材及び 腹材の部材圧縮強度並びに圧縮と曲げ の組合せ応力）</p> <p>1. 4. 9 解析結果</p> <p>1. 4. 10 鉄塔基礎の耐震性確認</p> <p>1. 5 鉄塔滑落評価</p> <p>1. 5. 1 評価方針</p> <p>1. 5. 2 評価対象鉄塔の抽出</p> <p>1. 5. 3 地震による鉄塔倒壊事例の調査・分析に よる影響評価の前提条件整理</p> <p>1. 5. 4 送電鉄塔の影響評価</p> <p>1. 5. 5 まとめ</p> <p>別紙－1 加速度応答スペクトル</p> <p>別紙－2 220kV第二島根原子力幹線No. 1及びNo. 2 鉄塔部材仕様</p> <p>別紙－3 220kV第二島根原子力幹線No. 1鉄塔Ss-D 入力時における鉛直成分について</p> <p>別紙－4 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎 の耐震補強について</p> <p>別紙－5 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔の地 盤の支持性能について</p> <p>別紙－6 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎 の支持力算出結果</p> <p>別紙－7 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎 の支持力算出結果（a 脚の場合）</p> <p>別紙－8 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔使用部材につ いて</p> <p>別紙－9 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔基礎の耐震補 強について</p> <p>別紙－10 第 2－66kV 開閉所屋外鉄構部材仕様</p> <p>別紙－11 通信用無線鉄塔部材仕様</p>	今回提出 範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	<p>別紙ー12 500kV 及び 66kV 送電線保護装置について</p> <p>別紙ー13 当社送電鉄塔の倒壊事例（66kV 1 导体）について</p> <p>(参考資料) 500kV 島根原子力幹線 3 基が同時倒壊し滑落する場合の鉄塔滑落評価</p> <p>2. 保管場所及び屋外のアクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面すべり安定性評価について</p> <p>2.1 概要</p> <p>2.2 評価フロー</p> <p>2.3 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出</p> <p>2.3.1 離隔距離の考え方</p> <p>2.4 液状化範囲の検討</p> <p>2.4.1 液状化範囲の検討フロー</p> <p>2.4.2 液状化範囲の検討方法及び検討結果</p> <p>2.5 保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面のグループ分け</p> <p>2.6 評価対象斜面の選定及び評価</p> <p>2.6.1 評価フロー（詳細）</p> <p>2.6.2 選定方針及び評価方法</p> <p>2.6.3 評価対象斜面の選定及び評価結果</p> <p>2.7 対策工（抑止杭）に関する詳細検討</p> <p>2.7.1 基本方針</p> <p>2.7.2 抑止杭の設計</p> <p>2.7.3 抑止杭の耐震評価</p> <p>2.7.4 抑止杭を設置した斜面の安定性評価</p> <p>2.7.5 構造等に関する先行炉との比較</p> <p>2.7.6 対策工（抑止杭）を設置した斜面の抑止杭間の岩盤の健全性</p> <p>2.8 その他の検討</p> <p>2.8.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価</p> <p>2.8.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討</p> <p>2.8.3 応力状態を考慮した検討</p> <p>(参考資料 1) 各断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠</p> <p>(参考資料 2) すべり安定性評価の基準値の設定について</p> <p>(参考資料 3) 斜面のすべり安定性評価に用いた解析コードの適用性について</p> <p>(参考資料 4) D 級岩盤等の間隙率の設定について</p> <p>3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について</p> <p>4. 保管場所における液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，液状化に伴う浮き上がりによる影響評価について</p>	今回提出範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
2	可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート	5. 保管場所における地盤支持力評価について 6. 保管場所及び屋外のアクセスルート近傍の障害となり得る構造物と影響評価について 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について 7.1 他資料において耐震性を確認している周辺構造物 7.2 建物・構築物の耐震性評価 7.2.1 免震重要棟の耐震性評価 7.2.2 1号機原子炉建物の外装材の耐震性評価 7.2.3 建物の外装材以外の部材の耐震性評価 7.2.4 2号機開閉所防護壁の耐震性評価 7.2.5 補助消火水槽の耐震性評価 7.2.6 第二輪谷トンネルの耐震性評価 7.2.7 連絡通路の耐震性評価 7.2.8 防火壁の耐震性評価 7.2.9 重油タンク（No. 1, 2, 3）の溢水防止壁の耐震性評価 7.3 機器・配管の耐震性評価 7.3.1 第2予備変圧器の耐震性評価 7.3.2 重油移送配管（防波壁乗り越え箇所）の耐震性評価 7.3.3 送電鉄塔他の耐震性評価 8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について 9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について 10. 屋内のアクセスルートの設定について 11. 屋内のアクセスルート確保のための対策について 12. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所について 13. 森林火災時における屋外のアクセスルートへの影響について 14. 土石流による影響評価について 15. 主要変圧器の火災発生防止対策について 16. 屋外タンク等からの溢水影響評価について 17. 第4保管エリアの変更に伴う影響について 18. 重油移送配管の経路変更に伴う影響について	今回提出範囲

資料 No.	添付説明資料名	補足説明資料（内容）	備考
3	発電用原子炉施設への人の不法な侵入等の防止について		
4	ブローアウトパネル関連設備の設計方針		

可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートに  
係る補足説明資料

## 目 次

1. 送電鉄塔他の影響評価について .....	1
2. 保管場所及び屋外のアクセスルートの周辺斜面及び敷地下斜面すべり安定 性評価について .....	
3. 液状化及び揺すり込みによる沈下量及び傾斜の算定方法について .....	
4. 保管場所における液状化及び揺すり込みによる不等沈下・傾斜，液状化に 伴う浮き上がりによる影響評価について .....	
5. 保管場所における地盤支持力評価について .....	
6. 保管場所及び屋外のアクセスルート近傍の障害となり得る構造物と影響評 価について .....	
7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について .....	
8. 屋外のアクセスルートの段差緩和対策等について .....	
9. 屋外のアクセスルートの側方流動評価について .....	
10. 屋内のアクセスルートの設定について .....	
11. 屋内のアクセスルート確保のための対策について .....	
12. 可搬型重大事故等対処設備の保管場所について .....	
13. 森林火災時における屋外のアクセスルートへの影響について .....	
14. 土石流による影響評価について .....	
15. 主要変圧器の火災発生防止対策について .....	
16. 屋外タンク等からの溢水影響評価について .....	
17. 第4保管エリアの変更に伴う影響について .....	
18. 重油移送配管の経路変更に伴う影響について .....	



## 1. 送電鉄塔他の影響評価について

島根原子力発電所構内の送電鉄塔，開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔について，アクセスルートへの影響評価を実施した。

### (1) 影響評価鉄塔

発電所構内のアクセスルート近傍に設置されている送電鉄塔他を抽出した。鉄塔配置図を図1-1に，表1-1に鉄塔設置状況一覧表を示す。

- ① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔
- ② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔
- ③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構
- ④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔
- ⑨ 通信用無線鉄塔

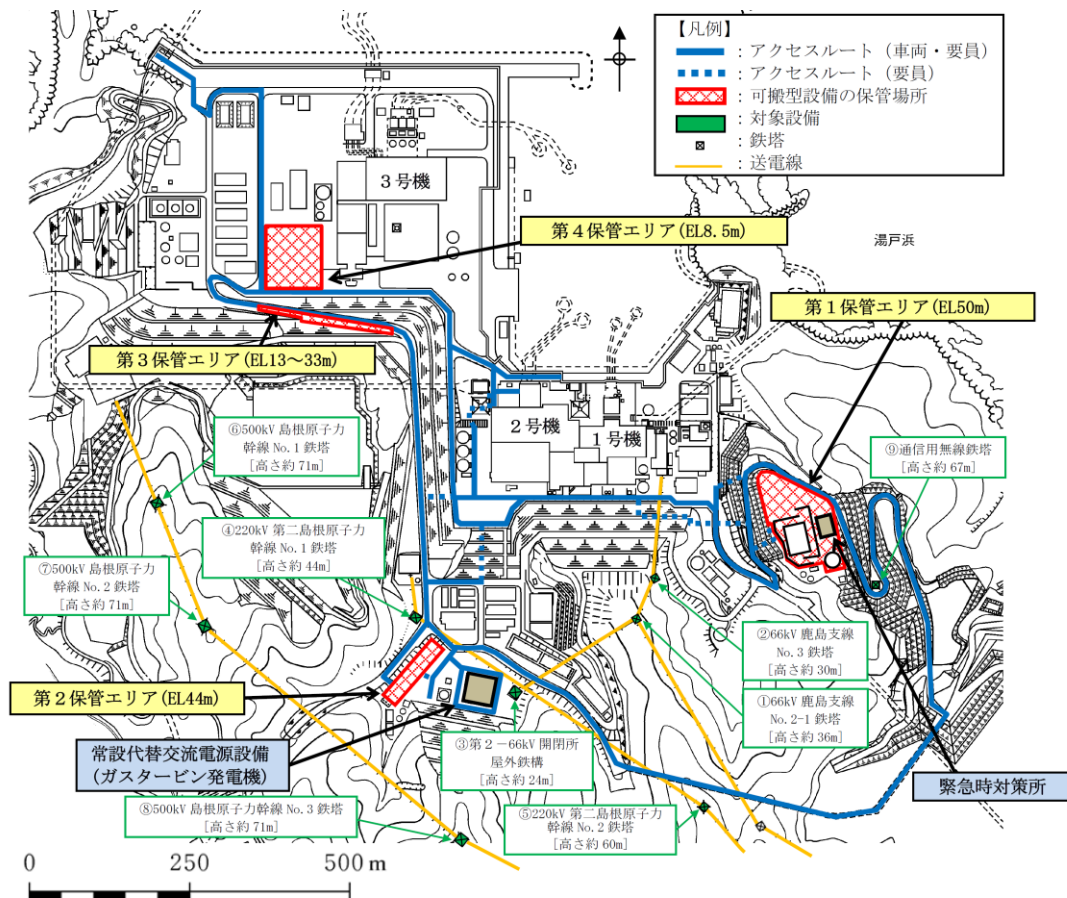


図1-1 鉄塔配置図

表 1-1 鉄塔設置状況一覧

鉄塔名称	送電電圧	鉄塔種別	基礎構造	支持地盤	設置場所
①66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 108.1m
②66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	逆 T 字型基礎	岩盤 (CM 級岩盤)	標高 71.8m
③第 2-66kV 開閉所屋外鉄構	66kV	山形鋼鉄塔	マット型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 47.2m
④220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆 T 字型基礎 + 杭	岩盤 (N 値 44)	標高 45.2m
⑤220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆 T 字型基礎	岩盤 (N 値 30)	標高 148.4m
⑥500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 123.9m
⑦500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 159.7m
⑧500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	逆 T 字型基礎	岩盤 (N 値 30 以上)	標高 154.8m
⑨通信用無線鉄塔	—	鋼管鉄塔	マット型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 64.0m

## (2) 設計方針選定

発電所構内の送電鉄塔他を対象として、倒壊等による影響を評価し、設計方針を選定した。

図 1-2 及び図 1-3 に鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響を示し、アクセスルートへの影響を踏まえた鉄塔倒壊及び滑落時の設計方針選定フローを図 1-4 に示す。

### I 鉄塔の倒壊範囲がアクセスルート上にあるかを確認する。

鉄塔倒壊時の倒壊範囲がアクセスルート上にある場合、基準地震動  $S_s$  における耐震評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。

### II 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響があるかを確認する。

鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合、かつⅢの設備対策によりアクセスルートの健全性を確保できない場合は、基準地震動  $S_s$  における耐震評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。

### III 送電線による影響を設備対策によりアクセスルートの健全性を確保できるかを確認する。

鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合、かつ設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できる場合は、設備対策を実施する設計とする。

更に、鉄塔が倒壊し、鉄塔自体が斜面を滑落した評価（以下「鉄塔滑落評価」という。）により滑落範囲を確認し、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

#### IV 耐震評価対象鉄塔は、斜面上に設置されているか確認する。

耐震評価対象鉄塔のうち斜面上に設置されている鉄塔については、斜面の基準地震動  $S_s$  による安定性を確認し、必要に応じて補強等の影響防止対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

なお、鉄塔倒壊時の倒壊範囲及び送電線がアクセスルートに影響がない鉄塔についても、鉄塔滑落評価により滑落範囲を確認し、必要に応じて設備対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

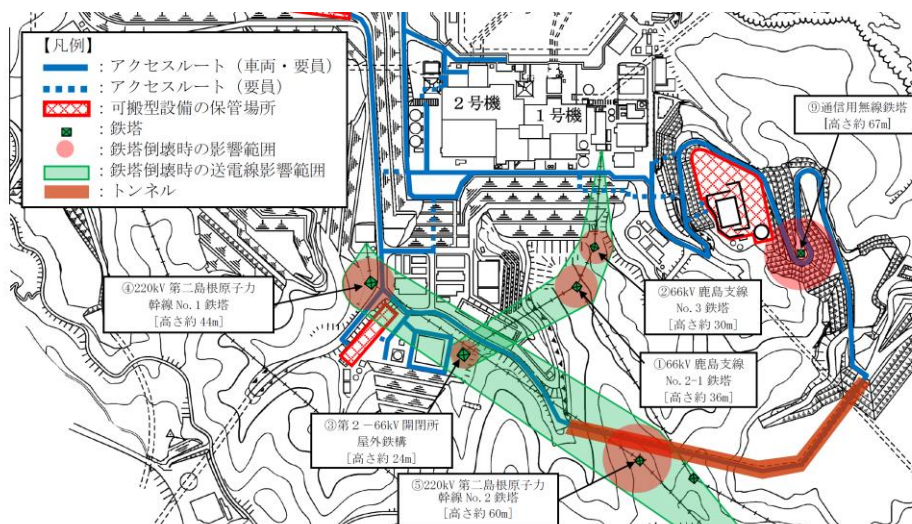


図 1-2 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響選定  
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)

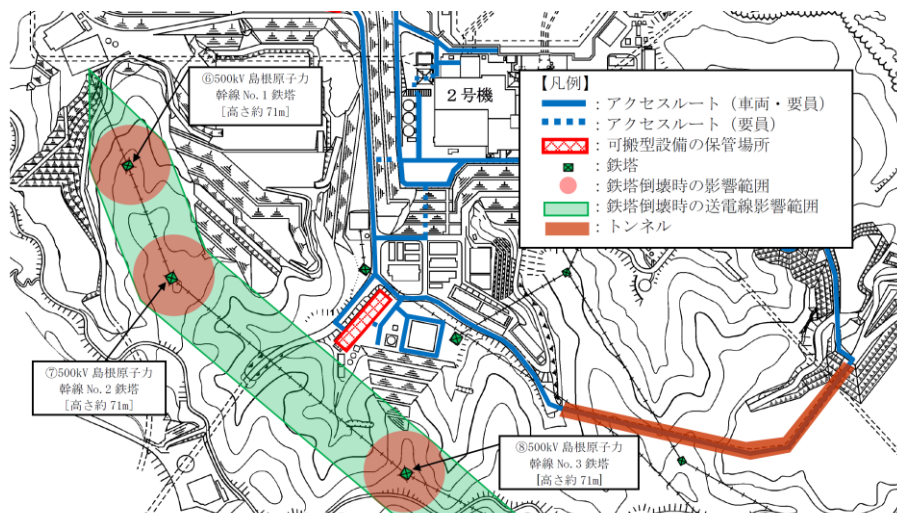


図 1-3 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響選定  
(500kV 島根原子力幹線)

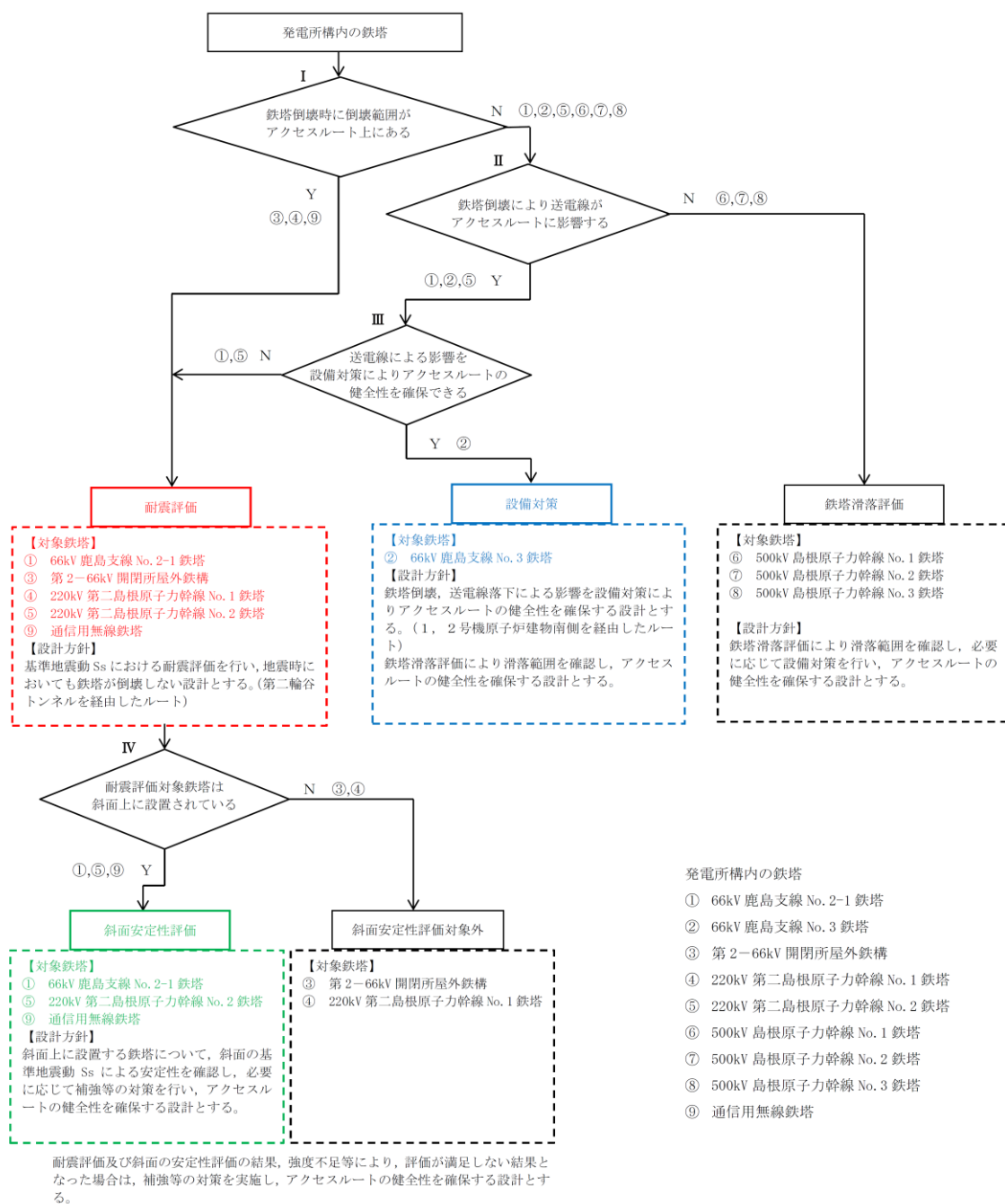


図 1-4 アクセスルートへの影響を踏まえた鉄塔倒壊及び滑落時の設計方針選定フロー

(3) 設計方針選定結果

アクセスルートへの影響を踏まえた鉄塔倒壊及び滑落時の設計方針選定フローを用いて、各鉄塔の設計方針を選定した結果は以下の通り。

- a. 耐震評価により鉄塔の耐震性を確認し，アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。（第二輪谷トンネルを経由したルート）
- ・ 第二輪谷トンネルを経由したルートに影響を及ぼす可能性のある，66kV鹿島支線No. 2-1鉄塔，第2-66kV開閉所屋外鉄構，220kV第二島根原子力幹線No. 1鉄塔及びNo. 2鉄塔，通信用無線鉄塔の5基については，耐震評価を行い，耐震性を確保する設計とする。
  - ・ 上記のうち斜面に設置している66kV鹿島支線No. 2-1鉄塔，220kV第二島根原子力幹線No. 2鉄塔，通信用無線鉄塔については斜面の安定性評価を行い，斜面がすべらないことを確認する。
  - ・ 耐震性や斜面の安定性評価の結果，強度不足等により，評価が満足しない結果となった場合は，補強等の影響防止対策を行い，アクセスルートの健全性を確保する設計とする。
- b. 設備対策を行い，アクセスルート（要員）の健全性を確保する設計とする。（1，2号機原子炉建物南側を経由したルート）
- ・ 1，2号機原子炉建物南側を経由したルートに影響を及ぼす可能性のある，66kV鹿島支線No. 3鉄塔については，鉄塔滑落評価を行い送電線の落下範囲を想定したうえで，連絡通路（地上部）を設置して，アクセスルートの健全性を確保する設計とする。
- c. 鉄塔滑落評価を行い，アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。
- ・ 鉄塔倒壊，送電線落下によりアクセスルートまで距離がある500kV島根原子力幹線No. 1鉄塔，No. 2鉄塔，No. 3鉄塔の3基については，鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。
- なお，評価が満足しない結果となった場合は，必要に応じて設備対策を行い，アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

上記の設計方針選定結果を表 1-2 に示す。また，各鉄塔について耐震評価，設備対策又は鉄塔滑落評価を行うことによる，アクセスルートの健全性を確保した状態について，第二輪谷トンネルを経由したアクセスルート及び1，2号機原子炉建物南側を経由したアクセスルートを図 1-5 及び図 1-6 に示す。

表 1-2 設計方針選定結果一覧表

送電鉄塔他名称	耐震評価	滑落評価	斜面安定性評価*1	設備対策*2	評価記載箇所
①66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	○	—	○	—	1. 2
②66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	—	○	—	○	1. 5
③第 2-66kV 開閉所屋外鉄構	○	—	—	—	1. 3
④220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	○	—	—	—	1. 1
⑤220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	○	—	○	—	1. 1
⑥500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	—	○	—	—	1. 5
⑦500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	—	○	—	—	1. 5
⑧500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	—	○	—	—	1. 5
⑨通信用無線鉄塔	○	—	○	—	1. 4

注記\*1：斜面安定性評価は、「NS2-補-020-2 2. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺の斜面及び敷地下斜面すべり安定性評価について」に示す。

\*2：設備対策は、「NS2-補-020-2 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について」に示す。

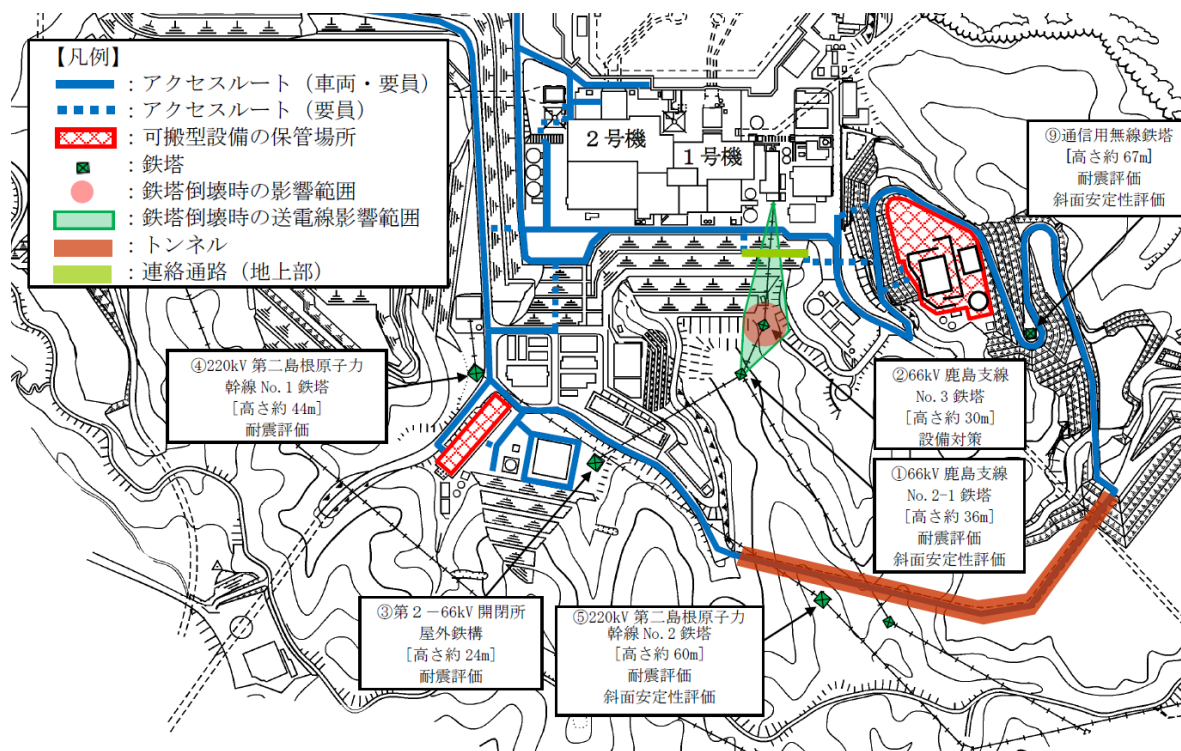


図 1-5 設計方針選定結果によるアクセスルート確保  
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)

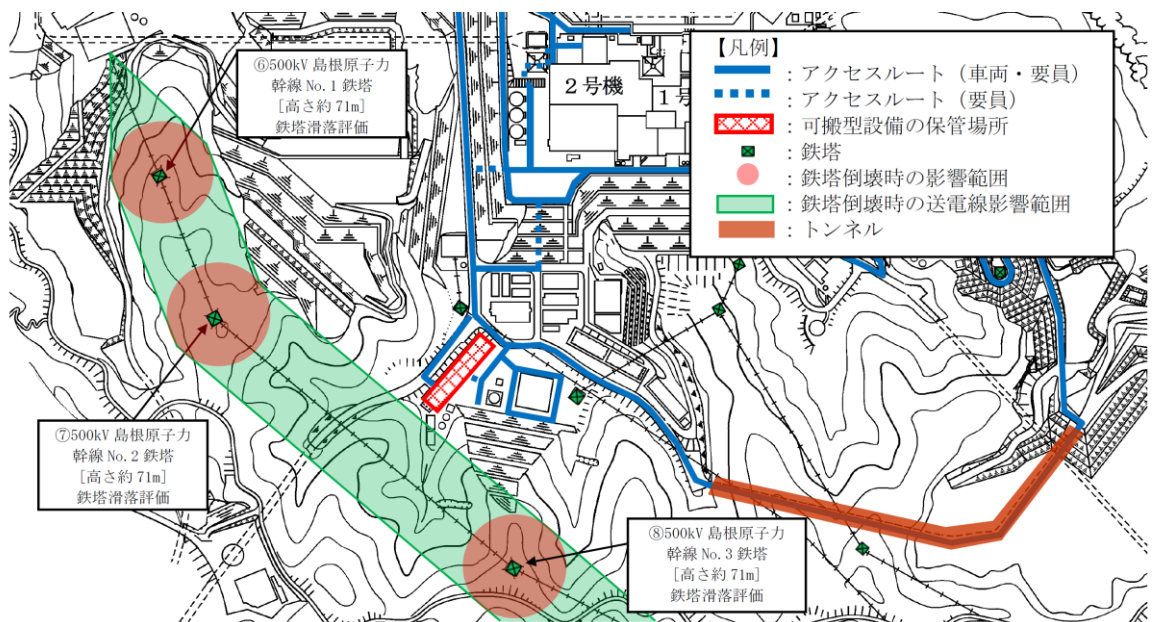


図 1-6 設計方針選定結果によるアクセスルート確保  
(500kV 島根原子力幹線)

## 1.5 鉄塔滑落評価

アクセスルートに直接影響がある鉄塔については、基準地震動  $S_s$  における耐震評価を行い、地震時にも鉄塔が倒壊しない設計としているが、その他の構内鉄塔について、地震による送電鉄塔の倒壊により、鉄塔自体が斜面を滑落した場合を想定し、アクセスルートへの影響を評価する。

### 1.5.1 評価方針

以下の手順で評価を実施する。

- (1) 鉄塔滑落評価対象鉄塔の抽出
- (2) 鉄塔倒壊事例の調査・分析による影響評価の前提条件整理
- (3) 送電鉄塔の影響評価（鉄塔滑落評価）

図 1.5.1-1 に送電鉄塔の評価フローを示す。

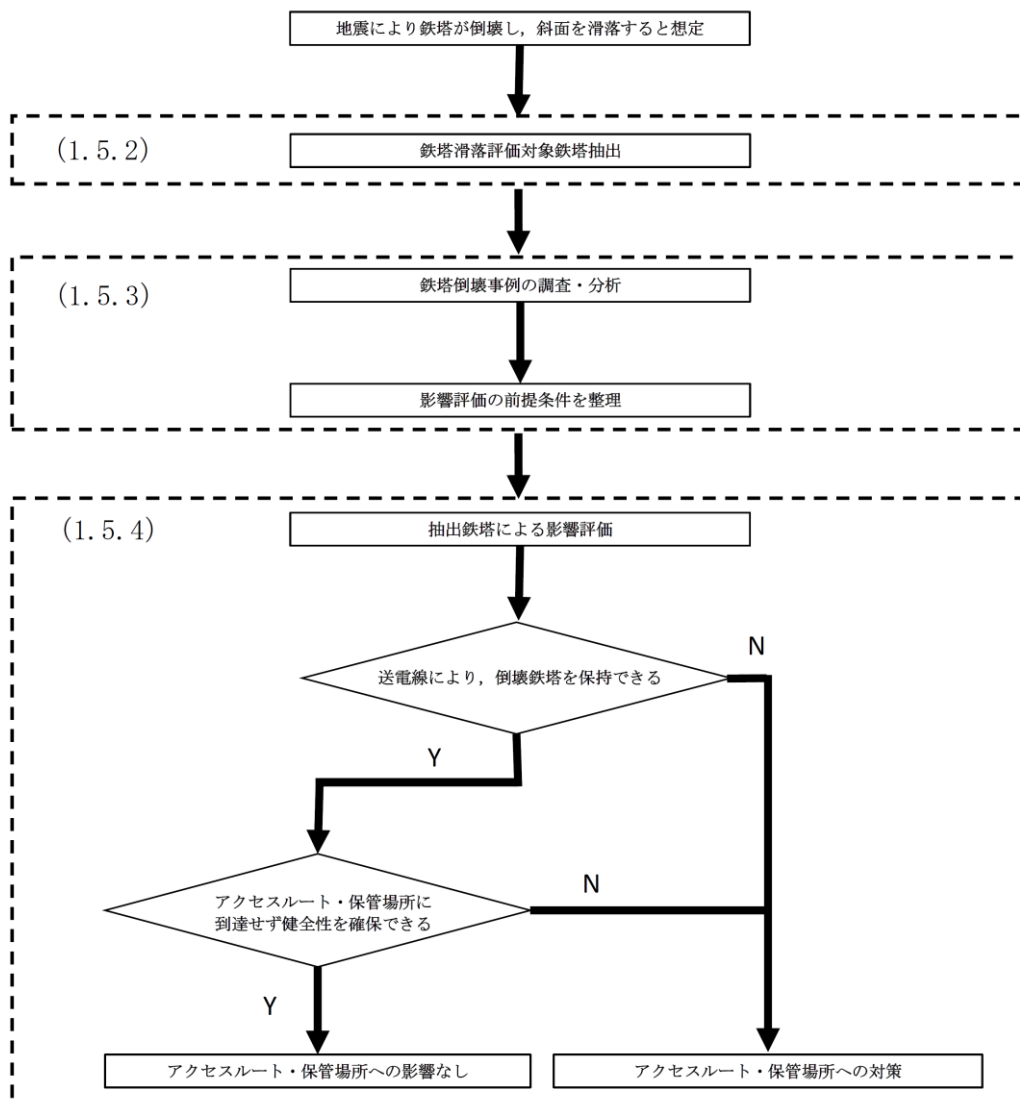


図 1.5.1-1 送電鉄塔の評価フロー



### 1.5.2 評価対象鉄塔の抽出

表 1-2 設計方針選定結果一覧表に示すとおり、鉄塔滑落評価を行う鉄塔として 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔並びに 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔を抽出した。

○ 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔

1, 2 号機原子炉建物南側を經由したルートに影響を及ぼす可能性のある, 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔については, 鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

○ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔

鉄塔倒壊, 送電線落下によりアクセスルートまで距離がある 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔の 3 基については, 鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

#### (1) 送電線の概要

表 1.5.2-1 に送電線の概要を示す。

表 1.5.2-1 送電線の概要

送電線の名称		66kV 鹿島支線	500kV 島根原子力幹線
電圧		66kV	500kV
回線数		1 回線	2 回線
鉄塔の種類		山形鋼鉄塔	鋼管鉄塔
電線	種類	アルミ覆鋼心アルミより線	アルミ覆鋼心アルミより線
	断面積 (太さ)	97mm <sup>2</sup> (ACSR/AC97mm <sup>2</sup> )	410mm <sup>2</sup> (ACSR/AC410mm <sup>2</sup> )
	1 回線当たりの条数	3 条 (1 導体)	12 条 (4 導体)

(2) アクセスルート近傍の送電鉄塔の概要

a. 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔

図 1.5.2-1 に 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の概要を示す。

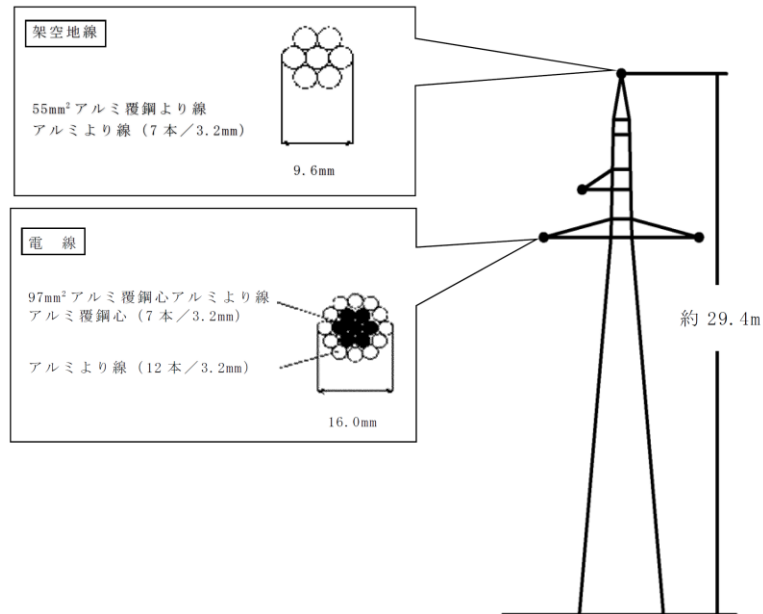


図 1.5.2-1 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の概要

b. 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔

図 1.5.2-2 に 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔の概要を示す。

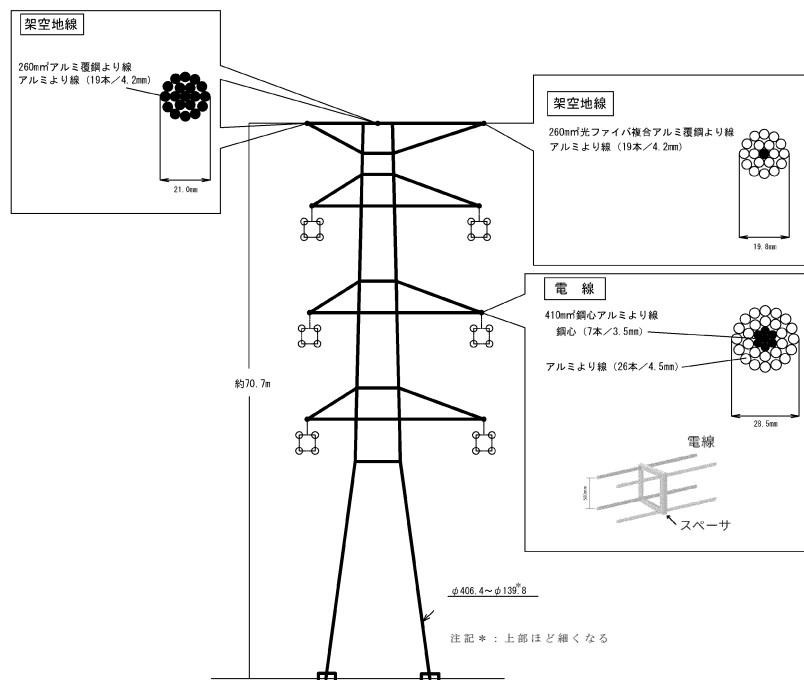


図 1.5.2-2 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔の概要

(3) 送電鉄塔の設置状況

島根原子力発電所のアクセスルートに近接する 66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔並びに 500kV 島根原子力幹線 No.1, No.2 及び No.3 鉄塔の設置状況を図 1.5.2-3 に示す。

66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔は、発電所側と直角方向に勾配の付いた別斜面に設置されており、500kV 島根原子力幹線 No.1, No.2 及び No.3 鉄塔はいずれも発電所側に勾配の付いた斜面に設置されている。

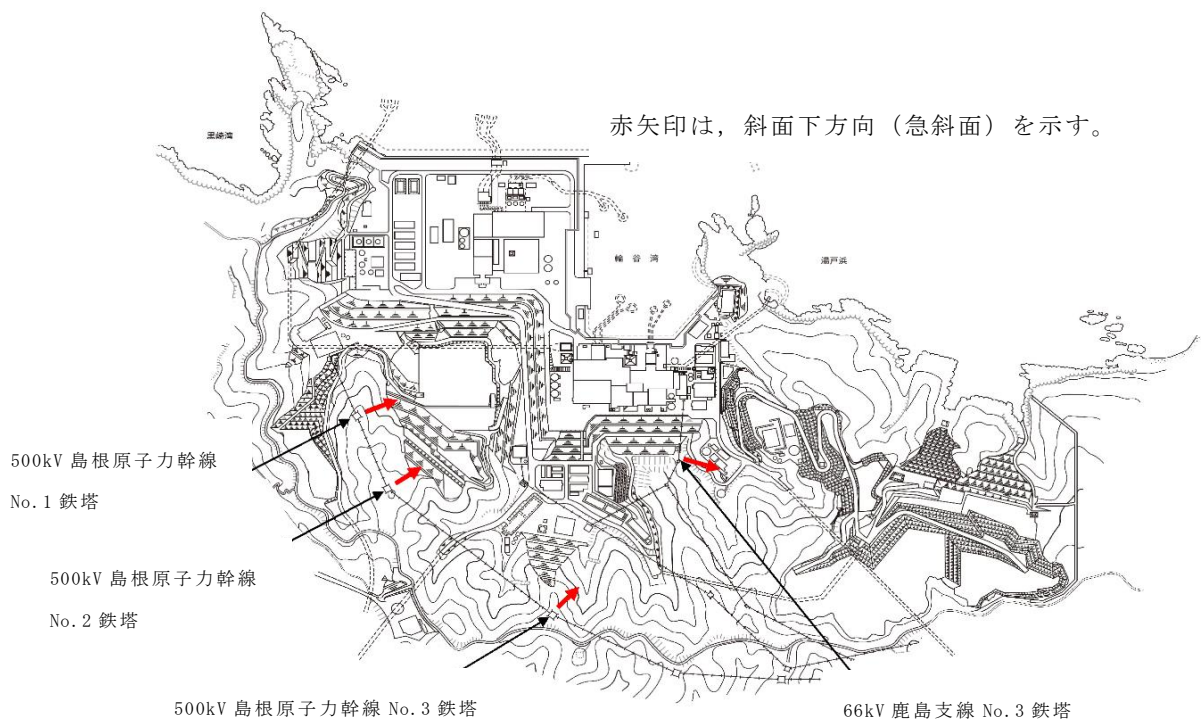


図 1.5.2-3 送電鉄塔の設置状況

1.5.3 地震による鉄塔倒壊事例の調査・分析による影響評価の前提条件整理

(1) 66kV 鹿島支線を構成する各部位の裕度

66kV 鹿島支線を構成する部位の設計荷重に対する裕度(各部位の強度/設計荷重)は、表 1.5.3-1 に示すとおり、電線及び架線金具の方が鉄塔より高い裕度で設計している。

表 1.5.3-1 66kV 鹿島支線を構成する各部位の裕度

	鉄塔	電線	架線金具
裕度 (強度/設計荷重)	2.2	3.7	3.7

(2) 500kV 島根原子力幹線を構成する各部位の裕度

500kV 島根原子力幹線を構成する部位の設計荷重に対する裕度（各部位の強度／設計荷重）は、表 1.5.3-2 に示すとおり、電線及び架線金具の方が鉄塔より高い裕度で設計している。

表 1.5.3-2 500kV 島根原子力幹線を構成する各部位の裕度

	鉄塔	電線	架線金具
裕度 (強度／設計荷重)	1.3	3.0	3.7

上記設計に基づき設置された 66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔並びに 500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔、No.2 鉄塔及び No.3 鉄塔の各部位の強度について確認を行った。各鉄塔において電線張力を仮想的に上昇させていくと、電線及び架線金具の破断強度より小さい値で鉄塔に強度不足が生じ破壊する。また、鉄塔及び電線が健全と仮定し、さらに電線張力を上昇させると、電線の破断強度より大きい値で架線金具が破壊する。

各部位の破壊荷重（電線張力）は表 1.5.3-3 に示すとおり、鉄塔の方が電線及び架線金具より低い荷重で破壊することを確認した。

表 1.5.3-3 66kV 鹿島支線及び 500kV 島根原子力幹線を構成する各部位の強度

	鉄塔*	電線	架線金具
66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔	223kN	236kN	240kN
500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔	1734kN	3267kN	3960kN
500kV 島根原子力幹線 No.2 鉄塔	2045kN	3267kN	3960kN
500kV 島根原子力幹線 No.3 鉄塔	2581kN	3267kN	3960kN

注記\*：鉄塔（支柱材）が部材許容応力を超える時の電線張力を示す。

各部位の強度設定について、鉄塔は電線張力を仮想的に上昇させた場合、支柱材の部材許容応力を超える電線張力を示す。電線は最小引張荷重を全相分（66kV 鹿島支線：3 相，500kV 島根原子力幹線：6 相）の強度として示し、架線金具は引張強度を全相分の強度として示す。

なお、碍子は架線金具と同等以上の強度であるため、評価対象部位としては架線金具を考慮している。また、架空地線は断線しても電線はその時点で断線せず鉄塔倒壊への影響はないため評価対象部位として考慮していない。

図 1.5.3-1 に鉄塔構成部位の概要図を示す。

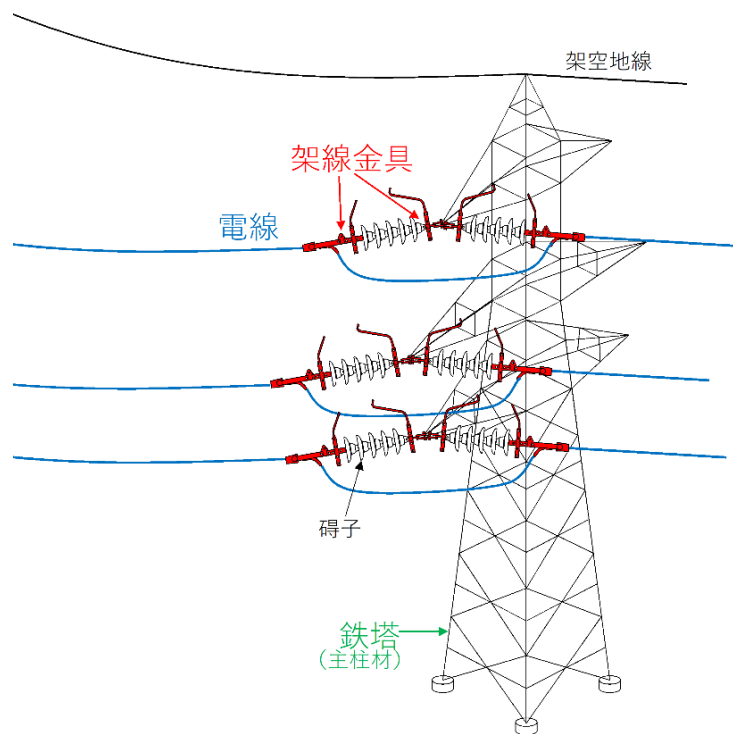


図 1.5.3-1 鉄塔構成部位の概要図

図 1.5.3-2 に示す写真は、地震によるものではなく、台風や津波による鉄塔倒壊事例ではあるが、電線は破断せず、鉄塔が損壊している様子が確認できる。



出典：経済産業省 電力安全小委員会 送電線鉄塔倒壊事故調査WG報告書(H14.11.28)



出典：東日本大震災鋼構造物調査特別委員会報告書（土木学会 鋼構造委員会・2012.1.27）

図 1.5.3-2 台風や津波による鉄塔倒壊事例

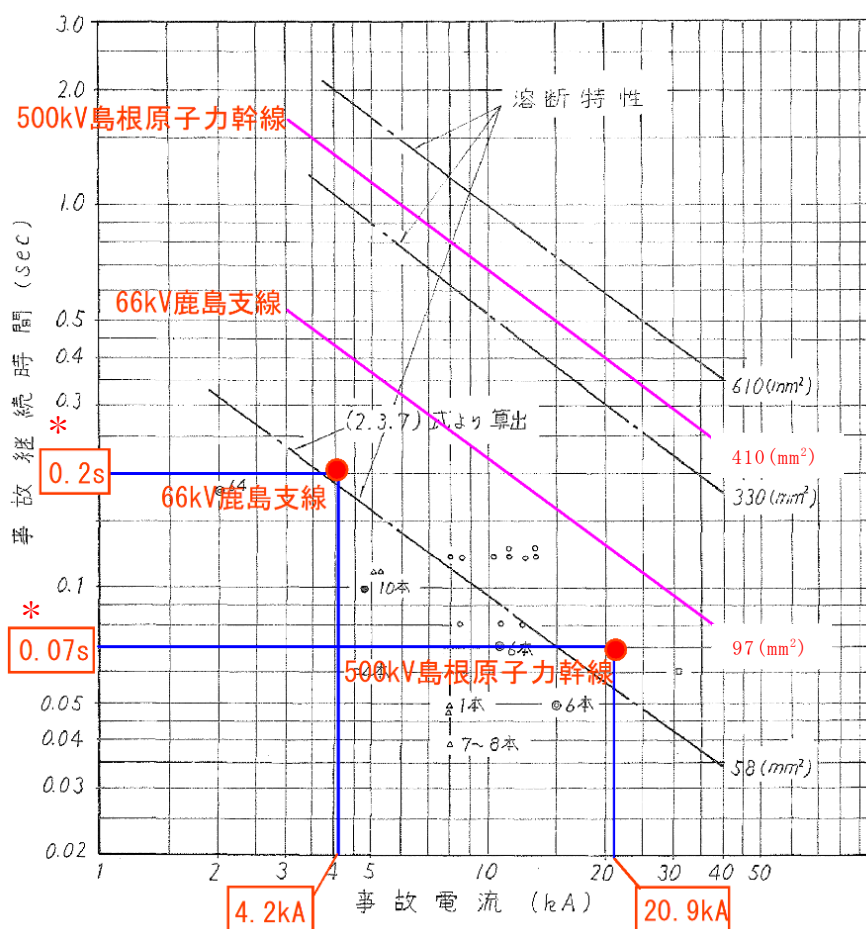
(3) 鳥取県西部地震における電線の断線実績 《地震発生時》

平成 12 年 10 月 6 日に発生した鳥取県西部地震では、震度 6 強に対し地震に伴う荷重増加による送電鉄塔の倒壊及び電線の断線は発生していない。

(4) 短絡電流（アーク）による電線損傷に関する評価 《地震発生時》

電力中央研究所報告「送電線耐雷設計ガイドブック」により、図 1.5.3-3 に示すとおり、66kV 鹿島支線（ACSR/AC97mm<sup>2</sup>）及び 500kV 島根原子力幹線（ACSR/AC410mm<sup>2</sup>）の電線における熔断特性を算出した。

これに、66kV 鹿島支線及び 500kV 島根原子力幹線の事故電流と事故継続時間を当てはめた結果、地震による電線の動揺等で、仮に電線 2 条が接触した場合でも、電線は断線しないことを確認した。



注記\*：事故継続時間は JEC-2517(送電線保護用比率差動継電器)に基づく電流差動継電器により、電力用規格(B-402)で整定した継電器の定格動作時間と遮断器の動作時間の和により算定。

500kV 及び 66kV 送電線保護装置概要図を別紙-12 に示す。

図 1.5.3-3 電線の熔断特性

(5) 送電鉄塔倒壊後における電線断線 《鉄塔倒壊後》

「電気協同研究 第 62 巻第 3 号 送電用鉄塔の設計荷重 (H18.11)」及び各社事例を確認した結果、表 1.5.3-4 に示すとおり、500kV 島根原子力幹線と同規模（4 導体）の鉄塔倒壊は 5 件、そのうち 2 件で電線の断線が発生していた。2 件の断線事例では、1 相（4 条）が断線している。原因は何れも鉄塔倒壊後の障害物接触に起因した二次的要因によるものであり、鉄塔倒壊前に断線したケースはない。

また、表 1.5.3-5 に示すとおり、当社内における倒壊事例を調査したところ、66kV 鹿島支線と同規模の鉄塔倒壊は 3 件、そのうち 3 件で電線の断線が発生しているが、2 件の断線事例では 1 相（1 条）が断線しており、原因は何れも鉄塔倒壊による断線である。

なお、これらの電線は、鹿島支線で使用されている鋼心アルミ系電線ではなく銅線である。

当社送電鉄塔の倒壊事例（66kV 1 導体）について、倒壊状況及び要因を別紙 -13 に示す。

表 1.5.3-4 送電鉄塔の倒壊事例（4 導体）

発生年月	発生箇所	電圧	線種	損傷鉄塔状況	鉄塔倒壊原因	断線条数	断線原因
1984 年 4 月	滋賀県 北部	500kV	810mm <sup>2</sup> × 4 導体	倒壊 1 基	異常 積雪	4 条 (1 相)	鉄塔部材の接 触による損傷 により断線
1986 年 3 月	神奈川県 (県中部)	275kV	610mm <sup>2</sup> × 4 導体	倒壊 4 基	異常 着雪	なし	—
1991 年 9 月	伊予 三島地区	187kV (設計 500kV)	410mm <sup>2</sup> × 4 導体	倒壊 12 基	台風	なし	—
1999 年 9 月	八代	220kV (設計 500kV)	410mm <sup>2</sup> × 4 導体	倒壊 4 基	台風	なし	—
2002 年 10 月	茨城県 東南部	275kV	610mm <sup>2</sup> × 4 導体	倒壊 6 基	台風	4 条 (1 相)	隣接線路の鉄 塔部材の接触 による断線

表 1.5.3-5 当社送電鉄塔の倒壊事例（66kV 1 導体）

発生年月	発生箇所	電圧	線種	損傷鉄塔状況	鉄塔倒壊原因	断線条数	断線原因
2004年 9月	山口県 下松市	66kV	55 mm <sup>2</sup> × 1 導体	倒壊 1 基	台風	1 条	鉄塔倒壊による断線（銅線）
2011年 1月	鳥取県 米子市	66kV	75 mm <sup>2</sup> × 1 導体 72 mm <sup>2</sup> × 1 導体	折損 3 基	異常 着雪	11 条	異常着雪による断線（銅線）
2012年 1月	山口県 山口市	66kV	55 mm <sup>2</sup> × 1 導体	倒壊 1 基	法面 崩落	1 条	鉄塔倒壊による断線（銅線）

(6) 送電鉄塔損壊事例（地震）について

「資源エネルギー庁 電気設備防災対策検討会報告(H7.11)」により、送電用鉄塔は電気設備技術基準に基づき、風圧荷重を考慮して施設すれば地震荷重に対して安全性が確保できると評価されている。

「電気協同研究 第73巻第3号 送電用鉄塔耐震設計とその課題(H30.3)」を確認した結果、表 1.5.3-6 に示すとおり、鉄塔倒壊は3件あったが地震動による直接的な倒壊ではなく、原因は何れも盛土崩壊や地滑りによる二次的な要因であった。そのうち1件は傾斜地に対応した最下節構造が現在一般に採用されていない特殊構造で、昭和21年以降は採用されていない。

巨大地震に対しても、地盤変状に伴う二次的被害を除き、送電機能を喪失する直接的な鉄塔被害はなかったことから、架空送電線設備の保有すべき耐震性は満足していると評価されている。

表 1.5.3-6 送電鉄塔の倒壊事例（地震）

発生年月	地震名	電圧	倒壊基数	倒壊原因
1995年 1月	兵庫県 南部地震	154kV	1 基	地盤変状による基礎の不同変位 （最下節の特殊構造）
2004年 10月	新潟県 中越地震	66kV	1 基	地滑り，地割れなど
2011年 3月	東北地方 太平洋沖地震	66kV	1 基	鉄塔近傍の盛土の崩壊による土砂 流入

(1)～(6)項の調査・分析結果により、送電鉄塔の倒壊及び電線の断線について表 1.5.3-7 のとおり整理した。



表 1.5.3-7 送電鉄塔倒壊及び電線の断線に係る整理結果

評価項目	整理結果
鉄塔設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風圧荷重による設計を行っており地震荷重に対して安全性が確保できると評価されている。</li> <li>・構成する部位の設計荷重は、鉄塔より電線及び架線金具の方が高い裕度で設計されている。</li> </ul>
鉄塔倒壊	<ul style="list-style-type: none"> <li>・異常気象時（大型台風・暴風雪）に設計を上回る荷重を受けた時は倒壊した実績がある。</li> <li>・巨大地震が直接的な要因となった倒壊事例はなく、盛土崩壊や地滑りによるものであり、複数基が同時倒壊した実績はない。</li> </ul>
電線断線	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電線の断線はその多くは鉄塔倒壊後の二次的要因によるものであり、全ての電線が断線することはない。</li> <li>・短絡事故が発生しても系統保護継電器が検知し、遮断器を瞬時に開放することから、電線は溶断（断線）することはない。</li> </ul>

整理結果から、評価条件は以下のとおりとする。

[送電鉄塔]

- ・地震が直接的な要因となった鉄塔の倒壊事例はないが、倒壊を想定し、アクセスルートへの影響が最も厳しい鉄塔の重量や寸法が最大となる、鉄塔最下部からの全姿倒壊にて評価する。
- ・送電鉄塔の滑落は、地面との摩擦や樹木の抵抗等は考慮しないものとする。

[電線]

- ・鉄塔倒壊後の二次的要因にて断線する可能性があるため、安全側に評価を行うため、電線の断線は 66kV は 1 相 (1 条)、500kV は 1 相 (4 条) を想定し、アクセスルートへの影響を評価する。

[滑落評価ケース]

- ・地震が直接的な要因となった鉄塔の倒壊事例はないが、各評価対象鉄塔 1 基が倒壊し、滑落する場合を評価する。
  - ①66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔が倒壊し、滑落する場合
  - ②500kV 島根原子力幹線 No.1, No.2 及び No.3 鉄塔のうち 1 基が倒壊し、滑落する場合
- ・更に、500kV 島根原子力幹線 3 基のうち、アクセスルートに最接近する No.3 鉄塔の倒壊に加え、鉄塔 1 基が同時に倒壊し、滑落する場合も評価する。
  - ③500kV 島根原子力幹線 3 基のうち No.2 及び No.3 鉄塔 2 基が倒壊し、滑落する場合

#### 1.5.4 送電鉄塔の影響評価

##### (1) ①66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔が倒壊し，滑落する場合

送電鉄塔の前後径間における電線張力を表 1.5.4-1 に示す。

表 1.5.4-1 66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔の前後径間における電線張力

	発電所	No.3 鉄塔	No.2-1 鉄塔	No.2 鉄塔以前
66kV 鹿島支線	42kN (14kN×3 相×1 条)	63kN (21kN×3 相×1 条)	63kN (21kN×3 相×1 条)	

66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔の発電所側には約 42kN，山側の No.2-1 鉄塔側には約 63kN の張力がかかっていることから，66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔は前後径間で電線張力に差があり，発電所側の張力に比べ No.2-1 鉄塔側の張力の方が約 1.5 倍大きいため，No.2-1 鉄塔へ引っ張られる形で急斜面側へ倒壊すると想定される。

66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔の倒壊を想定し，鉄塔最下部から全姿倒壊した場合のアクセスルートに最も近接する評価を行った。この場合において，電線実長及び電線強度を考慮するとアクセスルートまで滑り落ちることがないことを確認した。

図 1.5.4-1 に 66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲(平面)を示し，図 1.5.4-2 に 66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔が全姿倒壊した場合の滑落位置(断面)を示す。

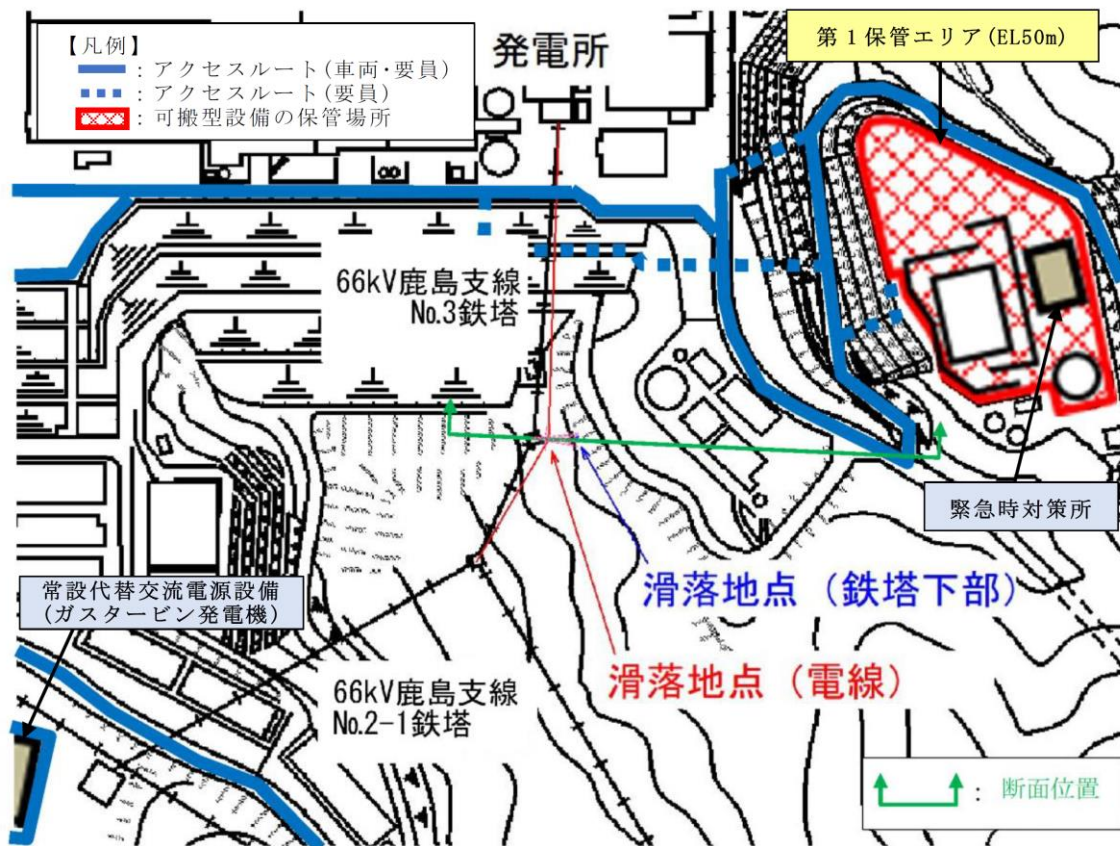


図 1.5.4-1 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲（平面）

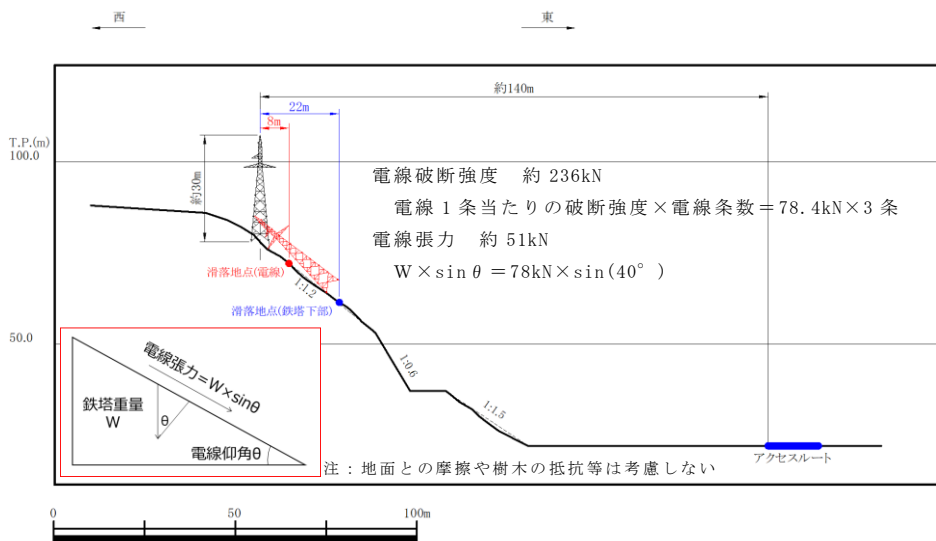


図 1.5.4-2 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔が全姿倒壊した場合の滑落位置（断面）

66kV 鹿島支線では、電線破断強度約 236kN に対して、張力約 51kN であり、電線強度の裕度が約 4.6 程度あることを確認した。1.5.3 (5) より、電線が全 3 相 (3 条) のうち 1 相 (1 条) が断線した場合においても、電線破断強度約 157kN (78.4kN/条×2 条) > 張力約 51kN となり、電線強度の方が上回る。

なお、滑落範囲がアクセスルートに到達しないが、倒壊時に送電線が1, 2号機原子炉建物南側を經由したルート上を通過しているため、万一に備え、送電線の落下範囲を想定したうえで、送電線下部に連絡通路を設置して、アクセスルートの健全性を確保する。

連絡通路の構造等については、「NS2-補-020-2 7. 保管場所及び屋外のアクセスルート周辺構造物の耐震性評価について」の「7.2 建物・構築物の耐震性評価 7.2.7 連絡通路の耐震性評価」に示す。

(2) ②500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔のうち 1 基が倒壊し、滑落する場合

送電鉄塔の前後径間における電線張力を表 1.5.4-2 に示す。

表 1.5.4-2 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2, No. 3 鉄塔の  
前後径間における電線張力

	発電所	No. 1 鉄塔	No. 2 鉄塔	No. 3 鉄塔以降
500kV 島根原子力幹線	456kN (19kN×6 相×4 条)	1056kN (44kN×6 相×4 条)	1056kN (44kN×6 相×4 条)	

500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔の発電所側には約 456kN、山側の 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔側には約 1056kN の張力がかかっていることから、No. 1 鉄塔では前後径間で電線張力に差があり、発電所側の張力に比べ No. 2 鉄塔側の張力の方が約 2.3 倍大きいため、No. 2 鉄塔側へ引っ張られながら倒壊すると想定される。No. 2 鉄塔及び No. 3 鉄塔は約 1056kN と前後径間で電線張力が均一していることから、No. 2 鉄塔及び No. 3 鉄塔は急斜面側に倒壊すると想定される。

500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 及び No. 3 鉄塔の倒壊を想定し、鉄塔最下部から全姿倒壊した場合のアクセスルートに最も近接する評価を行った。この場合において、電線実長及び電線強度を考慮するとアクセスルートまで滑り落ちることがないことを確認した。

図 1.5.4-3 及び図 1.5.4-4 に、500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲（平面）及び滑落位置（断面）を、図 1.5.4-5 及び図 1.5.4-6 に 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲（平面）及び滑落位置（断面）を示す。また、図 1.5.4-7 及び図 1.5.4-8 に 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲（平面）及び滑落位置（断面）を示す。

[500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔]

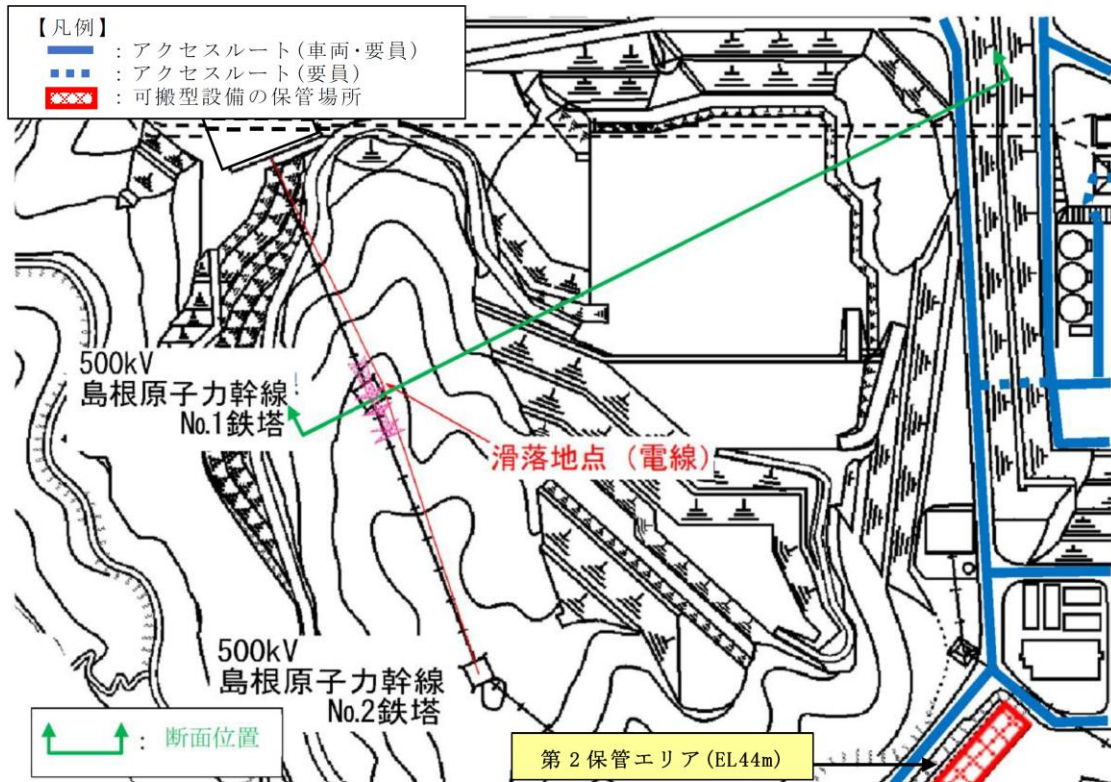


図 1.5.4-3 500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲(平面)

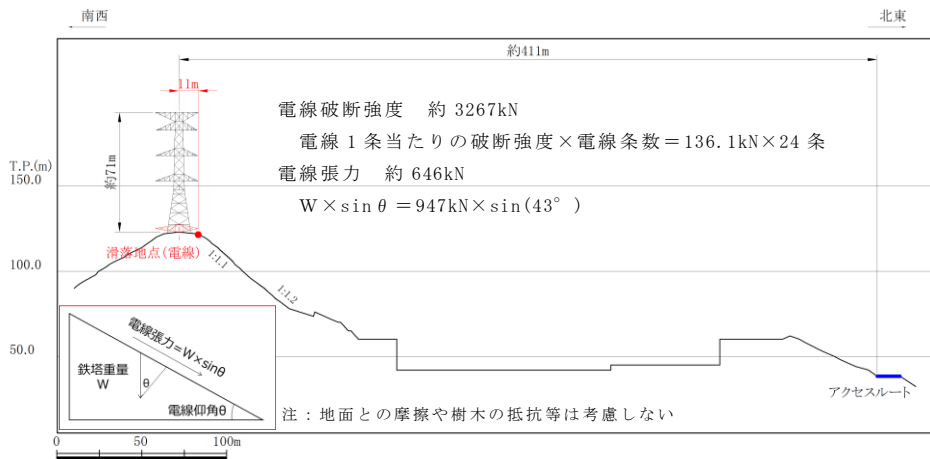


図 1.5.4-4 500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔が全姿倒壊した場合の滑落位置(断面)

[500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔]

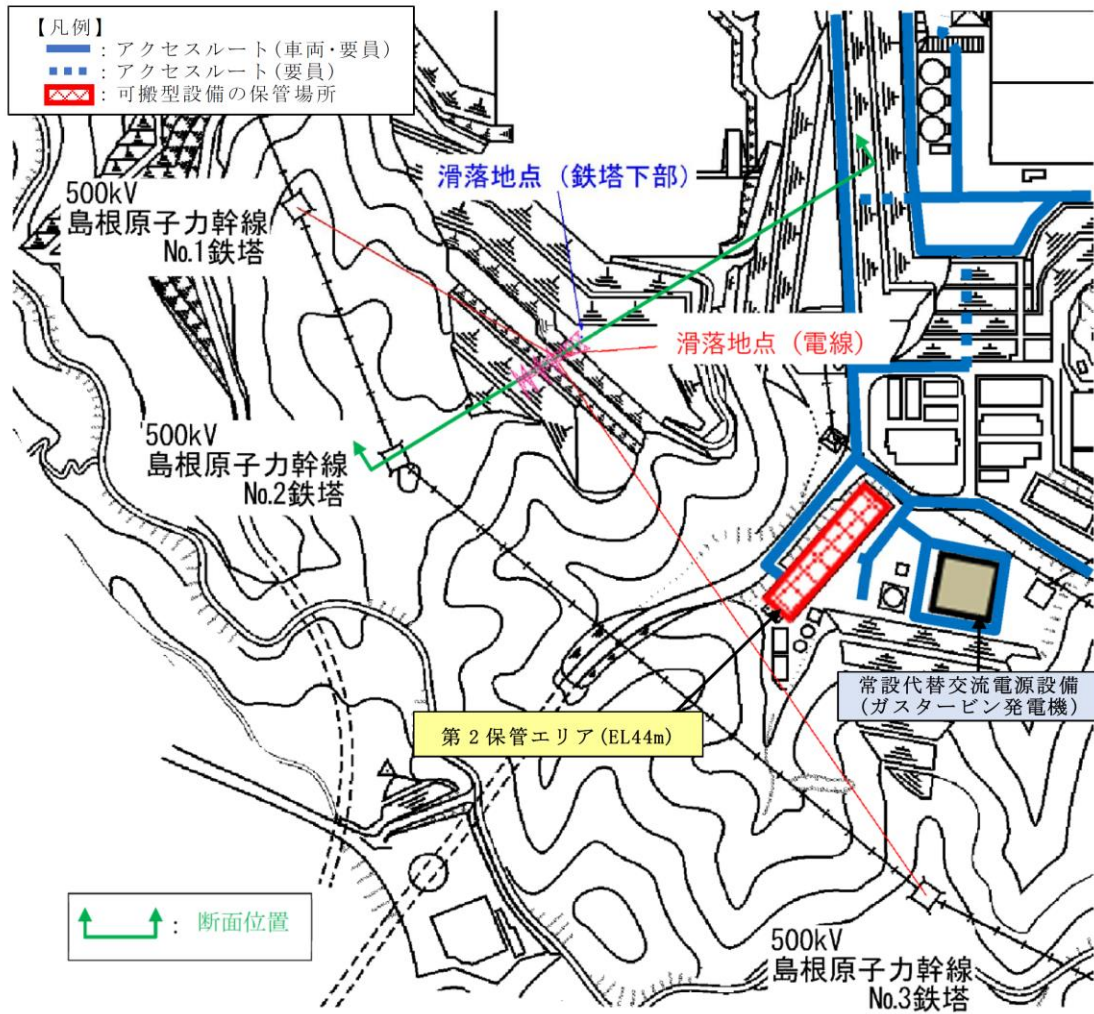


図 1. 5. 4-5 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲(平面)

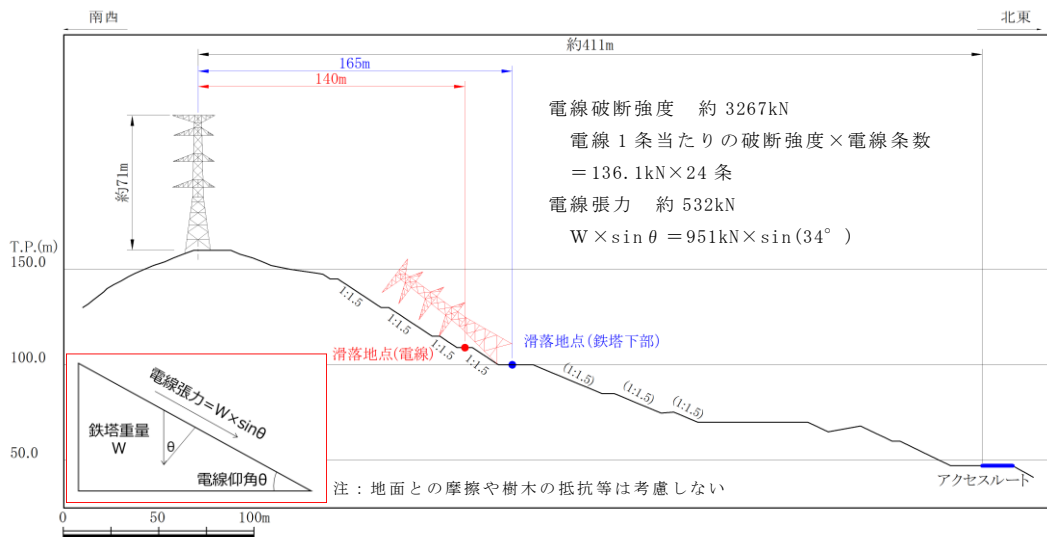


図 1. 5. 4-6 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔が全姿倒壊した場合の滑落位置(断面)

[500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔]

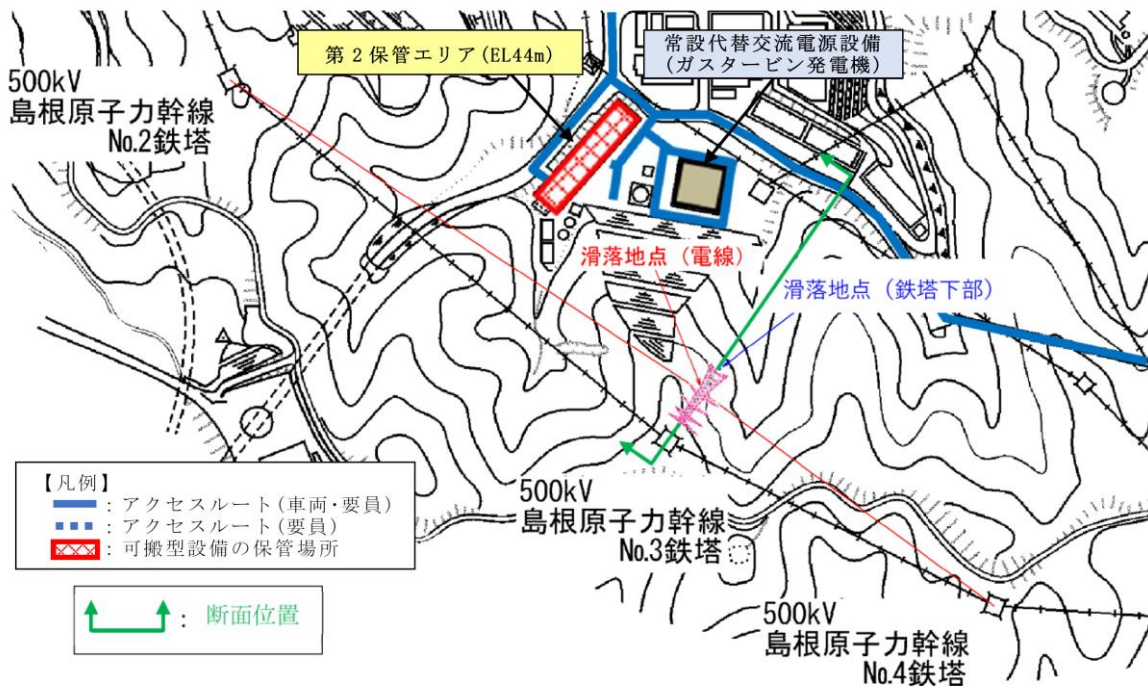


図 1.5.4-7 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔が全姿倒壊した場合の倒壊範囲(平面)

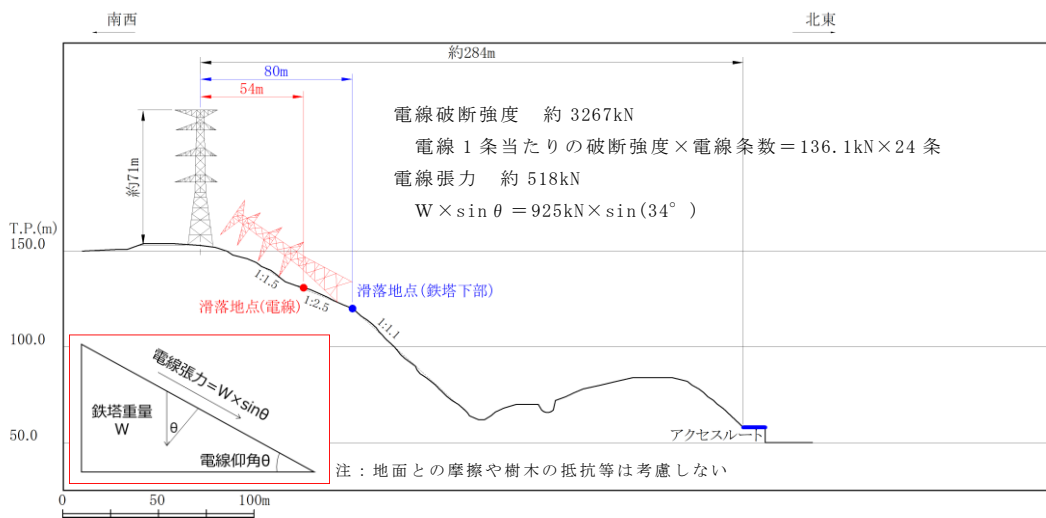


図 1.5.4-8 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔が全姿倒壊した場合の滑落位置(断面)

500kV 島根原子力幹線では、電線破断強度約 3267kN に対して、No.1 鉄塔は張力約 646kN、No.2 鉄塔は張力約 532kN、No.3 鉄塔は張力約 518kN であり、電線強度の裕度が約 5~6 程度あることを確認した。1.5.3 (5) より、電線が全 6 相 (24 条) のうち 1 相 (4 条) が断線した場合においても、張力が一番大きい No.1 鉄塔においても電線破断強度約 2720kN (136.1kN/条 × 20 条) > 張力約 646kN となり、電線強度の方が上回る。

(3) ③500kV 島根原子力幹線 3 基のうち No. 2 及び No. 3 鉄塔 2 基が倒壊し、滑落する場合

送電鉄塔の前後径間における電線張力を表 1.5.4-3 に示す。

表 1.5.4-3 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2, No. 3 鉄塔の  
前後径間における電線張力

	発電所	No. 1 鉄塔	No. 2 鉄塔	No. 3 鉄塔以降
500kV 島根原子力幹線	456kN (19kN×6 相×4 条)	1056kN (44kN×6 相×4 条)	1056kN (44kN×6 相×4 条)	

地震が直接的な要因となった鉄塔の倒壊事例はなく、複数基が同時倒壊した実績はないが、500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔のうちのアクセスルートに最接近する No. 3 鉄塔の倒壊に No. 2 鉄塔が同時に倒壊することを想定した場合、No. 1 鉄塔及び構外にある No. 4 鉄塔は約 1056kN と前後径間で電線張力が均一していることから、No. 2 鉄塔及び No. 3 鉄塔は急斜面側に倒壊すると想定される。

500kV 島根原子力幹線 No. 2 及び No. 3 鉄塔の倒壊を想定し、鉄塔最下部から全姿倒壊した場合のアクセスルートに最も近接する評価を行った。この場合において、電線実長及び電線強度を考慮するとアクセスルートまで滑り落ちることがないことを確認した。

なお、第 2 保管エリア南側周辺に構造物（コア倉庫と 44m 盤消火タンク）があり、電線の落下及び衝突による周辺構造物の倒壊及び周辺タンク等の損壊によって第 2 保管エリアへの影響が想定されるが、表 1.5.4-4 に示すとおり、構造物高さに対応する倒壊影響範囲を考慮しても第 2 保管エリアには到達しないことから、倒壊による影響はない。また、44m 盤消火タンクの内容物は水であり、タンクの損壊により内容物が飛散したとしても保管場所に保管する可搬型設備等への影響はなく、緊急時対策要員による送水作業にも影響はない。

図 1.5.4-9 に 500kV 島根原子力幹線 No. 2 及び No. 3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の倒壊範囲（平面）を、図 1.5.4-10 及び図 1.5.4-11 に 500kV 島根原子力幹線 No. 2, 3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の No. 2 鉄塔滑落位置（断面）及び No. 3 鉄塔滑落位置（断面）を示す。



表 1.5.4-4 第2保管エリアへの影響評価結果

番号*	名称	高さ H(m)	保管場所 対象距離 L(m)	判定値：L-H 正の数：干渉なし
①	A-44m 盤消火タンク	8.43	10.26	1.83
②	B-44m 盤消火タンク	8.43	16.30	7.87
③	コア倉庫	6.56	13.08	6.52

注記\*：図 1.5.4-9 に示す番号と同じ番号を示す。

[500kV 島根原子力幹線 No.2 及び No.3 鉄塔]

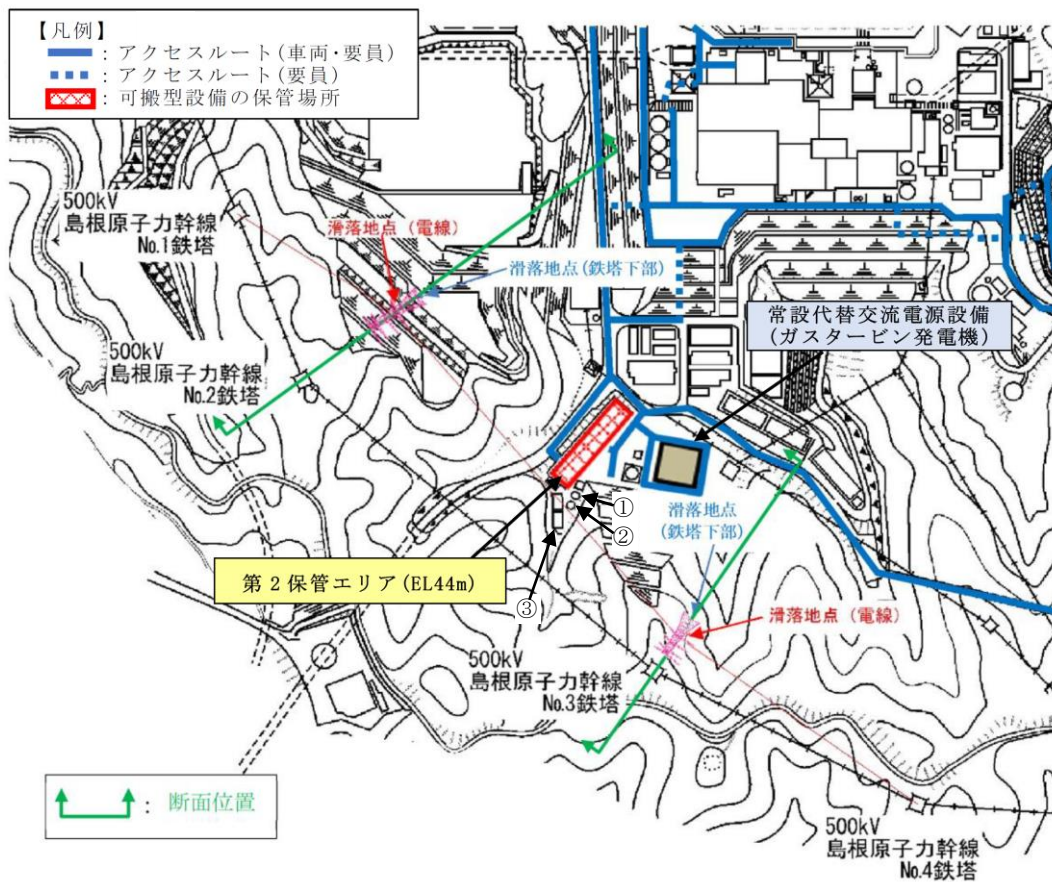


図 1.5.4-9 500kV 島根原子力幹線 No.2 及び No.3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の倒壊範囲(平面)

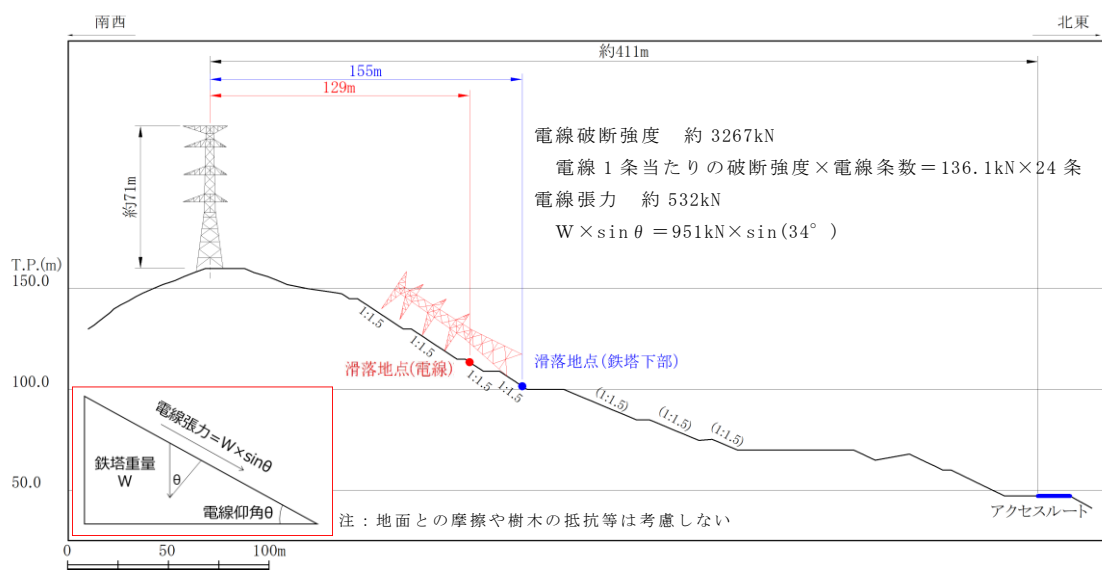


図 1.5.4-10 500kV 島根原子力幹線 No. 2, 3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の No. 2 鉄塔滑落位置 (断面)

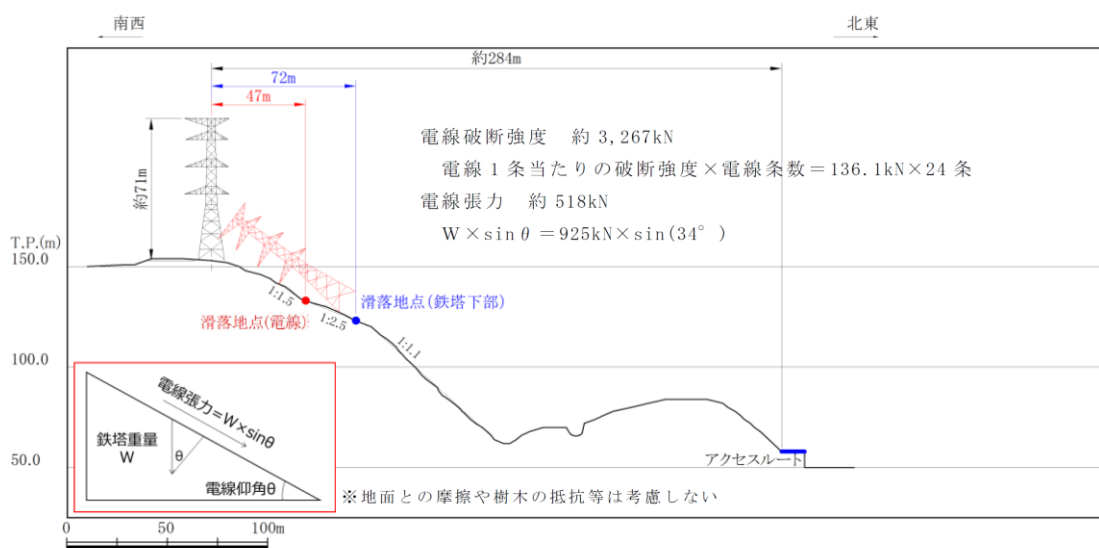


図 1.5.4-11 500kV 島根原子力幹線 No. 2, 3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の No. 3 鉄塔滑落位置 (断面)

500kV 島根原子力幹線では、電線破断強度約 3267kN に対して、No. 2 鉄塔は張力約 532kN、No. 3 鉄塔は張力約 518kN であり、電線強度の裕度が約 6 程度あることを確認した。1.5.3 (5) より、電線が全 6 相 (24 条) のうち 1 相 (4 条) が断線した場合において、張力が大きい No. 2 鉄塔においても電線破断強度約 2720kN (136.1kN/条×20 条) > 張力約 532kN となり、電線強度の方が上回る。

#### 1.5.5 まとめ

66kV 鹿島支線 No.3 鉄塔並びに 500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔, No.2 鉄塔及び No.3 鉄塔の倒壊によるアクセスルートへの影響評価として, 急斜面側に倒壊し滑落した場合の評価を行った。なお, 500kV 島根原子力幹線 No.1 鉄塔については, 発電所側に約 456kN, 山側の 500kV 島根原子力幹線 No.2 鉄塔側には約 1056kN の張力がかかっていることから, 発電所側の張力に比べ No.2 鉄塔側の張力の方が 2~3 倍大きいため, No.2 鉄塔側に倒壊した場合の評価とした。

評価の結果, それぞれが倒壊した場合においても, 電線実長並びに前後送電鉄塔からの電線張力によりアクセスルートに到達しないことを確認した。

500kV及び66kV送電線保護装置について

500kV及び66kV送電線保護装置の概要図並びに事故発生から遮断器が動作するまでの時間について以下に示す。

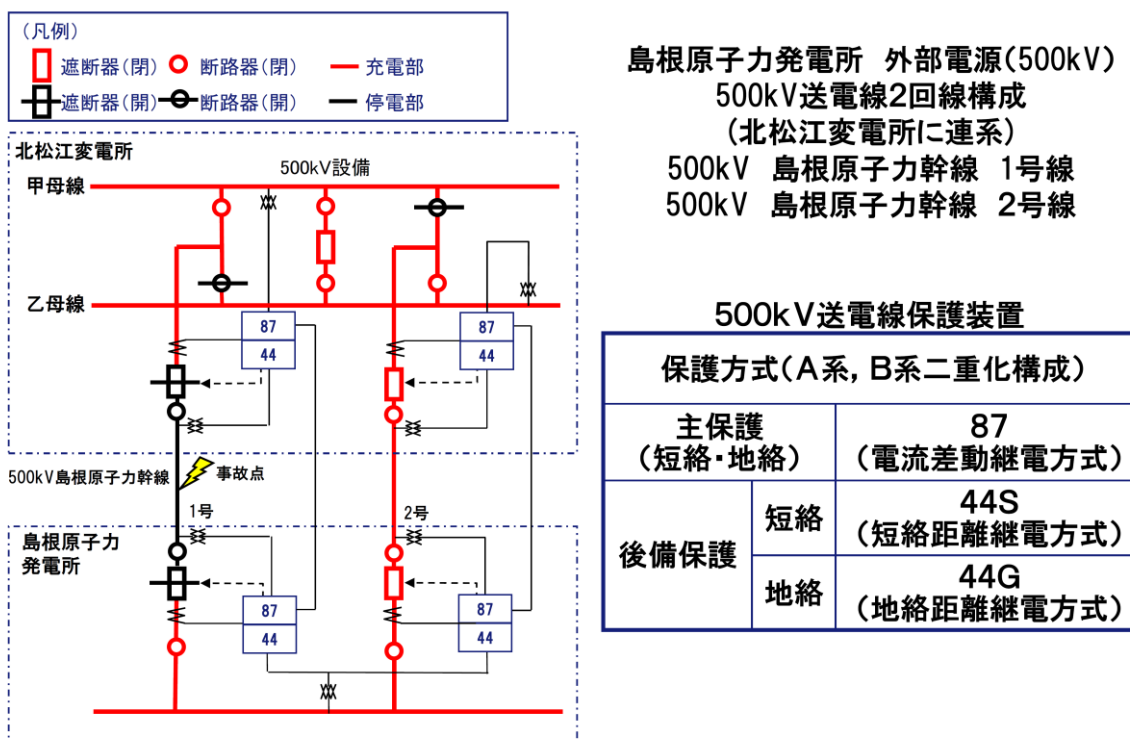


図1 500kV送電線保護装置概要図

【500kV島根原子力幹線事故発生から遮断器動作までの流れ】

- (1) 送電線事故発生により87リレーが動作する。  
(送電線事故発生から87リレー動作までの時間33ms)
- (2) 遮断器は、87リレーからの遮断信号により遮断する。  
(87リレーからの遮断信号による遮断器動作までの時間33ms)

(1), (2)により送電線事故発生から遮断器動作までの時間は66ms≒0.07sとなる。

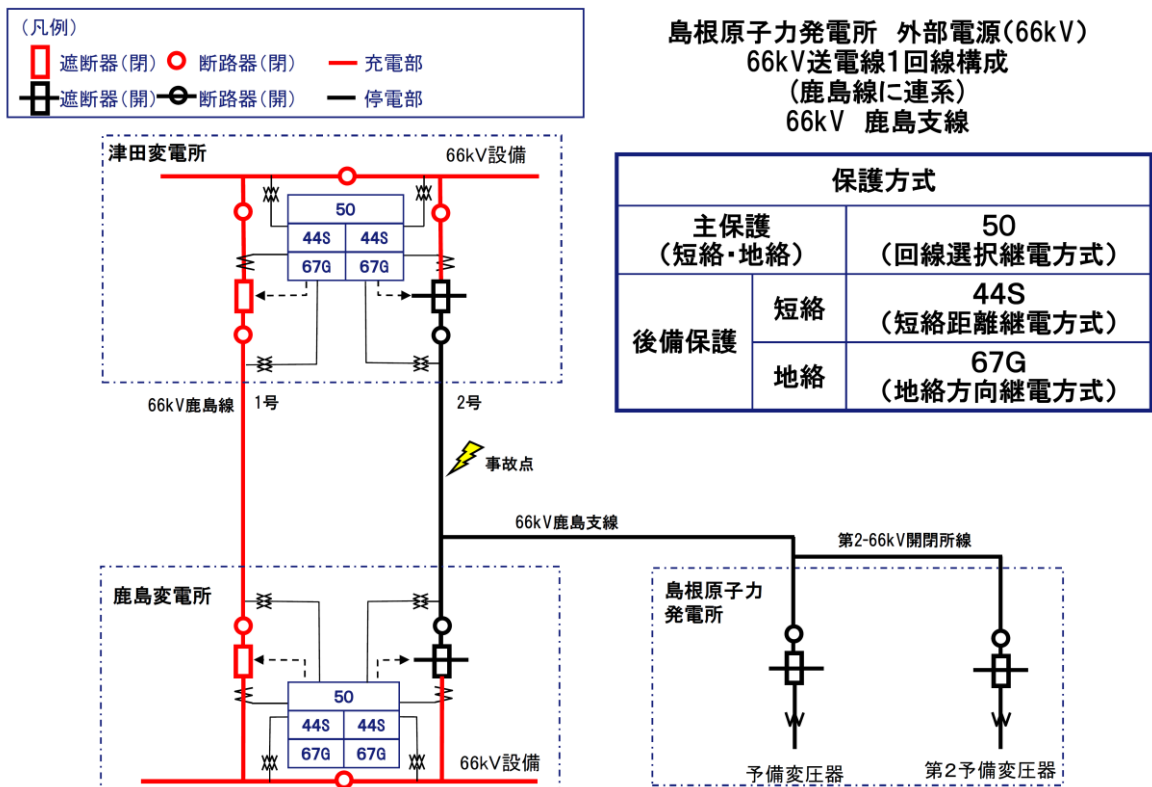


図2 66kV送電線保護装置概要図

【66kV鹿島線事故発生から遮断器動作までの流れ】

- (1) 送電線事故発生により主保護(50)リレーが動作する。  
(送電線事故発生から50リレー動作までの時間50ms)
- (2) 遮断器は、50リレーからの遮断信号により遮断する。  
(50リレーからの遮断信号による遮断器動作までの時間50ms)
- (3) 66kV送電線保護装置は回線選択継電方式\*を採用しているが、事故点によっては津田変電所と鹿島変電所が同時に遮断されない場合があり、変電所に近い故障では故障点に近い遮断器が開放された後に遠方の遮断器が開放するため、遮断時間は津田変電所(100ms)と鹿島変電所(100ms)の合計時間(200ms)となる。

注記\*：鹿島変電所、津田変電所の各変電所の50リレーが独立して、66kV鹿島線1号線と2号線の電流を比較して、66kV鹿島線事故の有無を判定する。事故発生時は事故回線側に向かって事故電流が流れ、鹿島線1号線と2号線の電流に差が生じるため、各50リレーは、66kV鹿島線1号線又は2号線事故と判定し、鹿島変電所及び津田変電所の遮断器を遮断する。

## 当社送電鉄塔の倒壊事例（66kV 1 導体）について

### 1. 倒壊事例

#### (1) 山口県下松市の事例（2004 年 9 月）

##### 鉄塔倒壊状況及び要因

- ・台風による局地的な強風が作用したため鉄塔が倒壊（1 基）
- ・鉄塔が倒壊していく過程で異常張力により電線断線（1 条/3 条）
- ・島嶼部に位置し，海からの風が加速する地形

電線線種：硬銅より線 55 mm<sup>2</sup>×1 導体（7 本/3.2 mm）

電線破断強度：21.6kN

#### (2) 鳥取県米子市の事例（2011 年 1 月）

##### 鉄塔折損状況及び要因

- ・記録的な大雪により，電線の一部に設計を大幅に上回った湿った雪が電線に大量付着し，鉄塔折損（3 基）及び電線断線（4 径間全 24 条\*のうち 11 条断線）
- ・着雪により電線に異常な荷重が加わったことにより断線（3 径間全 18 条\*のうち 4 条断線）し，断線によって鉄塔にねじり力が加わったことから，鉄塔上部が捻転しながら折損
- ・鉄塔が折損していく過程で異常張力により電線断線（3 径間全 18 条\*のうち 7 条断線）
- ・山に収束した風が吹き抜ける特殊な地形
- ・事故地点は，「短時間での大量の降雪」「着雪が発達し易い 0℃付近の気温が長時間継続」「線路に直交する風向かつ着雪を促進させる風速」の 3 要素が重なり，湿型着雪が発達し易い，極めてまれな気象状況
- ・事象発生当日の 24 時間降雪量は観測史上最高値の 79 cm（米子観測所）
- ・電線断線時の電線に付着した推定着雪厚は 40 mm 程度
- ・電線の断線は全て硬銅より線 72 mm<sup>2</sup>
- ・事象発生後の調査・検証において，設備の設計，施工，維持管理に問題がなかったことを確認
- ・同様な異常着雪を招きやすい地点について対策を実施

注記\*：1 径間あたり 3 相 2 回線で 6 条の電線

電線線種：硬銅より線 75 mm<sup>2</sup>×1 導体（7 本/3.7 mm）

硬銅より線 72 mm<sup>2</sup>×1 導体（7 本/3.6 mm）

電線破断強度：28.6kN

27.1kN

(3) 山口県山口市の事例（2012年1月）

鉄塔倒壊状況及び要因

- ・鉄塔敷地下方で実施していた道路工事により切土法面がすべり、鉄塔敷地に崩壊が生じ、鉄塔基礎 2/4 脚が地盤とともに崩壊し鉄塔倒壊（1基）
- ・鉄塔が倒壊していく過程で異常張力により電線断線（1条/3条）

電線線種：硬銅より線 55 mm<sup>2</sup>×1 導体（7本/3.2 mm）

電線破断強度：21.6kN

2. 鹿島支線と倒壊事例の比較

(1) 鹿島支線の電線仕様

電線線種：アルミ覆鋼心アルミより線 97 mm<sup>2</sup>×1 導体

（アルミ覆鋼心：7本/3.2 mm，アルミより線：12本/3.2 mm）

電線破断強度：78.4kN

(2) 鹿島支線と倒壊事例の電線破断強度比較

鹿島支線の電線は鋼心アルミ系電線で上記倒壊事例の断線した電線（硬銅より線）に比べ、約2～3倍程度の破断強度を有している。

(3) 考察

山口県の2件の事例については、鉄塔倒壊による電線断線であるが、鳥取県の事例では異常着雪による電線（硬銅より線）の断線が鉄塔折損より先に起こった。

しかし、鹿島支線の電線は硬銅より線よりも破断強度の強いアルミ覆鋼心アルミより線を使用しているため、鳥取県の事例と同様の着雪時でも断線しない。

以上

## 500kV 島根原子力幹線 3 基が同時倒壊し滑落する場合の鉄塔滑落評価

地震が直接的な要因となった鉄塔の倒壊事例はなく、複数基が同時倒壊した実績はないが、2 基同時倒壊の評価に加え、更に安全側に、鉄塔 3 基が同時に倒壊し滑落する評価を行った結果を示す。

### 1. 評価結果

3 基が同時に倒壊し滑落した評価では No.2 鉄塔が滑落することにより、No.1 鉄塔の滑落位置は発電所側に近づく位置となることから、鉄塔滑落位置（送電線位置）の断面で送電線垂下状況を確認すると、送電線は地上部に到達し、第 2 保管エリアのうち南側（輪谷貯水槽（西 1））に到達することを確認した。

図 2、図 3 及び図 4 に 500kV 島根原子力幹線 No.1, No.2 及び No.3 鉄塔が全姿同時倒壊した場合の No.1 鉄塔滑落位置（断面）、No.2 鉄塔滑落位置（断面）及び No.3 鉄塔滑落位置（断面）を示す。

また、図 5 に鉄塔滑落位置（送電線位置）の断面で送電線垂下状況を示す。



[500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔]

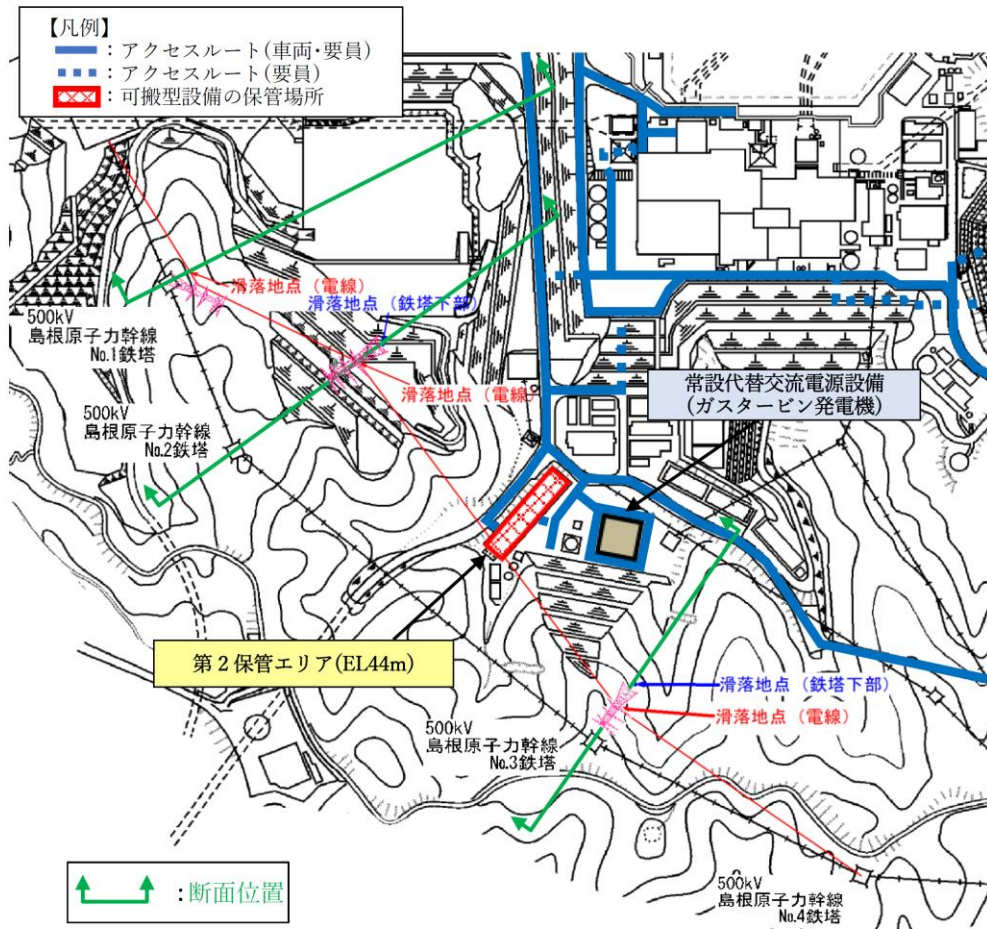


図1 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔全てが全姿同時倒壊した場合の倒壊範囲 (平面)

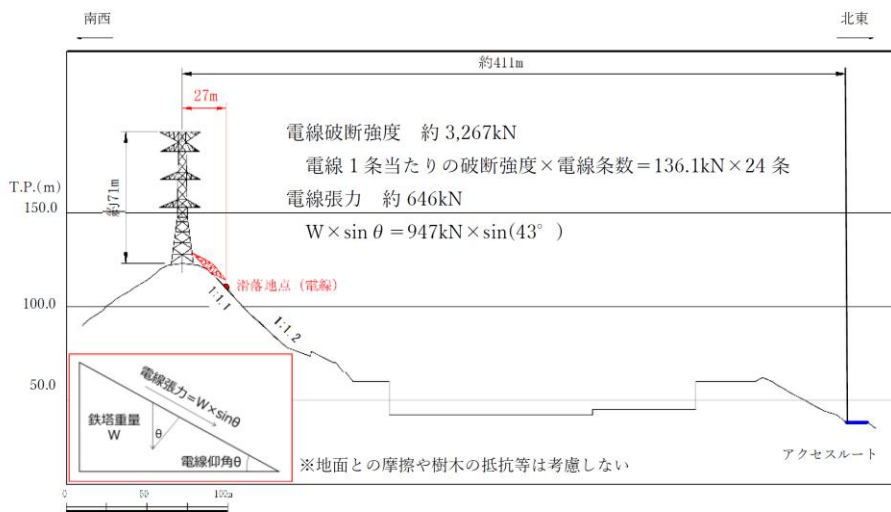


図2 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔全てが全姿同時倒壊した場合の No. 1 鉄塔滑落位置 (断面)

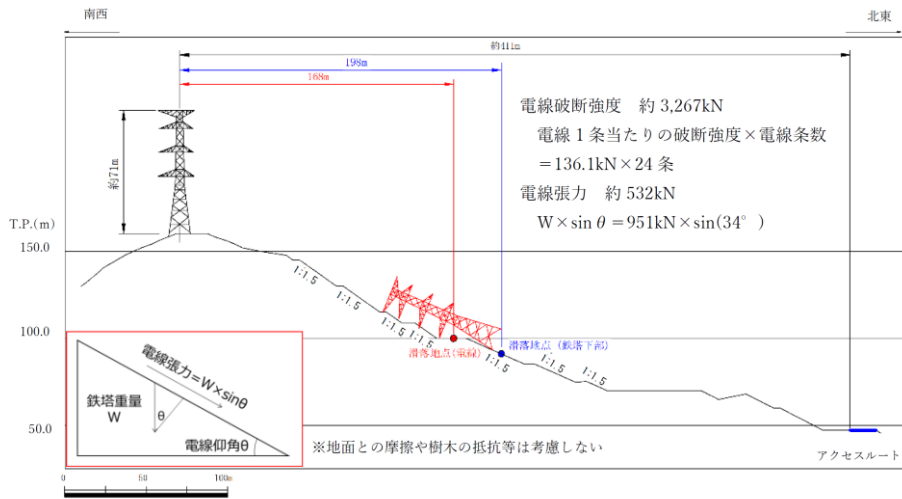


図 3 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔全てが全姿同時倒壊した場合の No. 2 鉄塔滑落位置 (断面)

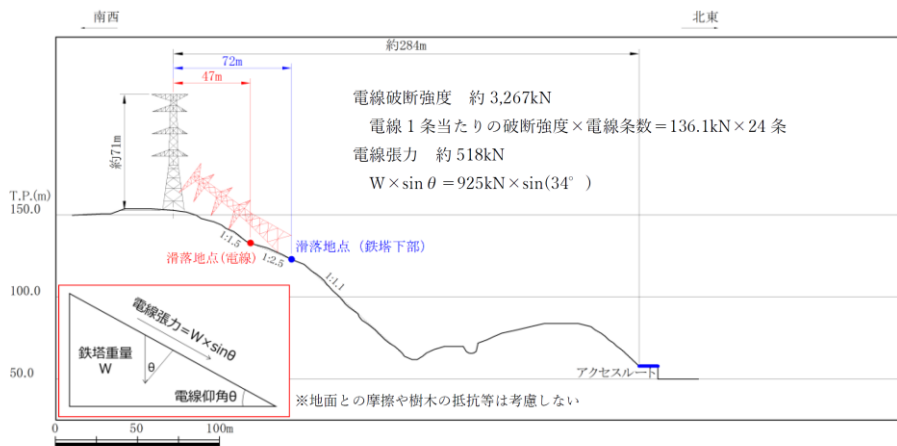


図 4 500kV 島根原子力幹線 No. 1, No. 2 及び No. 3 鉄塔全てが全姿同時倒壊した場合の No. 3 鉄塔滑落位置 (断面)

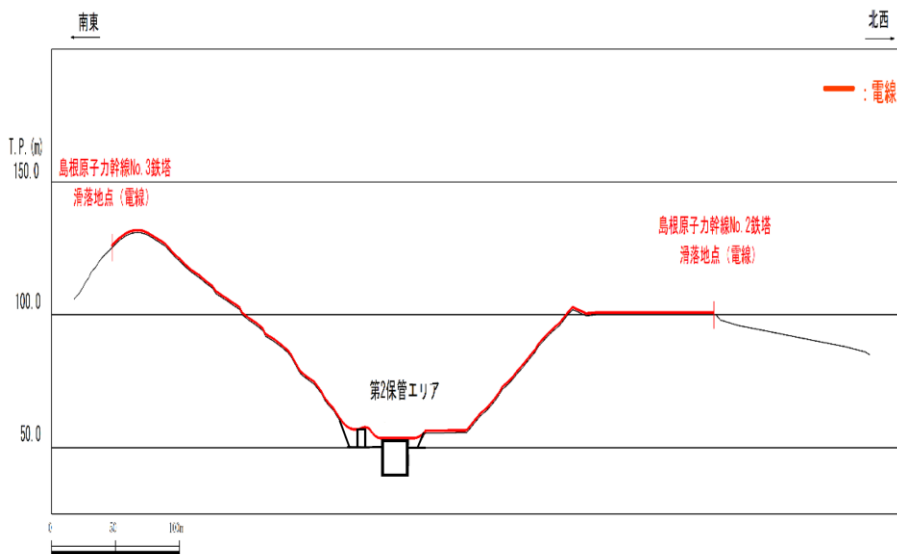


図 5 鉄塔滑落位置 (送電線位置) の断面で送電線垂下状況

## 2. 保管場所及びアクセスルート等への影響

3 基が同時に倒壊し滑落した評価を行った結果、送電線は地上部に到達し、第2保管エリアのうち南側（輪谷貯水槽（西1））に到達することを確認した。

しかしながら、可搬型設備の配置場所は送電線の倒壊範囲内ではないことから、機能喪失は想定されない。万一、可搬型設備が機能喪失したとしても、可搬型設備は分散配置し保管していることから、重大事故等対策に必要な設備を確保できる。表1に影響を想定する可搬型設備の保管場所と分散配置状況を、図6に第2保管エリア内の可搬型設備の配置図を、図7に可搬型設備の保管場所を示す。

また、輪谷貯水槽（西1）の損傷により、代替淡水源である輪谷貯水槽（西1）を水源とした送水手順ができない場合においても、同じ代替淡水源である輪谷貯水槽（西2）は機能喪失しておらず、輪谷貯水槽（西2）を水源とした送水手順は実施可能であることから、重大事故等対応に影響はない。万一、輪谷貯水槽（西2）を水源とした送水手順が実施できないとしても、海を水源とした送水手順を確保しており、重大事故等対応に影響はない。

なお、第2輪谷トンネルを経由したルート（緊急時対策所（第1保管エリア）を起点とした第3、4保管エリアへのルート等）は500kV島根原子力幹線3基全てが倒壊し、滑落する場合においても影響はないことから、第1、3、4保管エリアへのアクセスルートに影響はなく、輪谷貯水槽（西2）や海を水源とした送水手順にも影響はない。

表1 影響を想定する可搬型設備の保管場所と分散配置状況

影響を想定する可搬型設備	保管場所	その他の保管場所
大量送水車	第2保管エリア*1	第1保管エリア*2 第3保管エリア*1 第4保管エリア*2, *3
可搬型ストレーナ	第2保管エリア	第3保管エリア 第4保管エリア*4
ホース	第2保管エリア	第1保管エリア 第3保管エリア*3 第4保管エリア*3

注記\*1：送水用

\*2：海水取水用

\*3：予備を含む。

\*4：予備

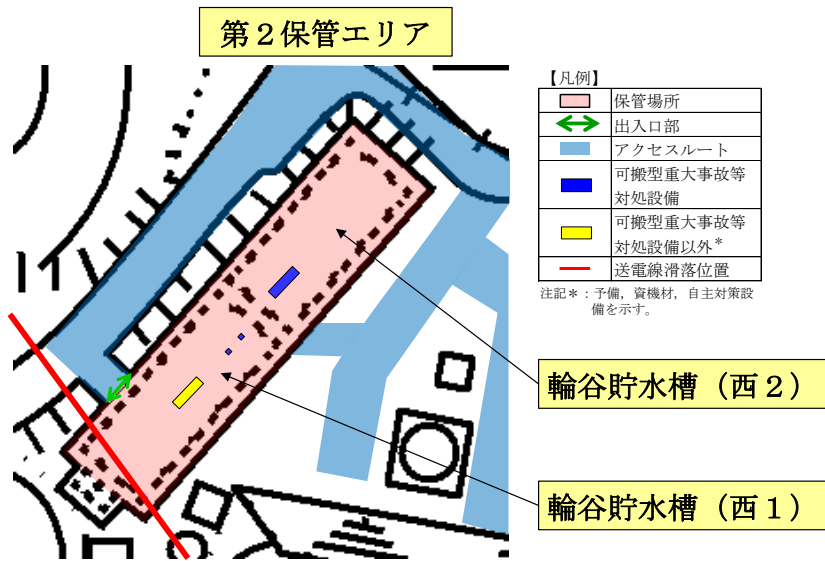


図6 第2保管エリア内の可搬型設備の配置図

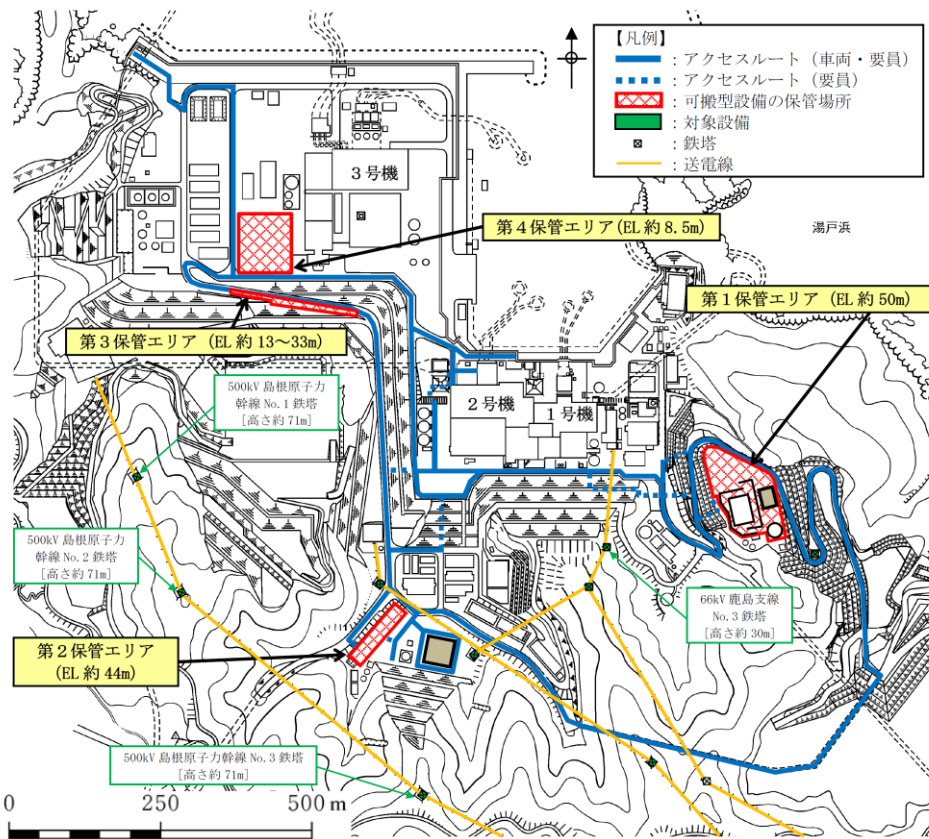


図7 可搬型設備の保管場所

### 3. まとめ

地震が直接的な要因となった鉄塔の倒壊事例はなく、複数基が同時倒壊した実績はないが、2基同時倒壊の評価に加え、更に安全側に鉄塔3基が同時倒壊し、滑落する場合の評価を行ったところ、No.2鉄塔が滑落することにより、No.1鉄塔の滑落位置は発電所側に近づく位置となり、鉄塔滑落位置（送電線位置）の断面で送電線垂下状況を確認すると、送電線は地上部に到達し、第2保管エリアのうち南側（輪谷貯水槽（西1））に到達するが、可搬型設備は送電線の倒壊範囲外に配置していること、輪谷貯水槽（西2）を水源とした送水手順は実施可能であることから、重大事故等対応に影響はない。