

泊発電所の外部電源の信頼性確保に係る報告書

平成23年5月

北海道電力株式会社

目 次

1. 概 要	1
2. 泊発電所への電力供給に影響を与え得る電力系統の供給信頼性に関する分析・評価	1
(1) 泊発電所への電力供給系統構成	1
(2) 泊発電所への電力系統の供給信頼性に関する分析・評価	2
3. 所内に施設されている全ての送電回線の各号機への接続	3
(1) 泊発電所の各号機に対する送電回線の接続状況	3
(2) 送電線路構成の検討	4
(3) 実施時期	5
4. 泊発電所の電源線の送電鉄塔に関する耐震性，地震による基礎の安定性等の評価	6
(1) 架空送電設備の耐震性評価について	6
(2) 送電鉄塔等の耐震性，基礎の安定性評価について	6
5. 泊発電所の開閉所等電気設備の津波影響防止対策	9
(1) 電気設備の津波影響防止対策における対応方針	9
(2) 考慮する浸水高さ	10
(3) 電気設備の浸水対策及び実施時期	10
6. まとめ	11

1. 概要

平成23年4月7日に発生した宮城県沖の地震により、東北電力株式会社管内において主要変電所の事故を起因として、広域に亘る停電が発生し、原子力施設への電力供給が停止したことから、電力系統の信頼性に課題が生じた。

このため、平成23年4月15日に経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所の外部電源の信頼性確保について（指示）（平成23・04・15原院第3号）」が発出されており、指示内容は以下の4項目である。

- (1) 地震等による供給支障等により原子力発電所等の外部電源に影響を及ぼす事態が生じることに関して、原子力発電所等への電力供給に影響を与え得る電力系統の供給信頼性について分析及び評価するとともに、当該分析及び評価を踏まえ、当該原子力発電所等への電力の供給信頼性を更に向上させるための対策（原子力発電所内電源の強化を含む。）を検討すること。
- (2) 原子力発電所の各号機の電力供給の信頼性向上に資するよう、複数の電源線に施設されている全ての送電回線を各号機に接続し、電力供給を可能とすること。
- (3) 原子力発電所の電源線の送電鉄塔について、耐震性、地震による基礎の安定性等に関して評価を行い、その結果に基づいて必要な補強等の対応を行うこと。
- (4) 原子力発電所等の開閉所等の電気設備について、屋内施設としての設置、水密化など、津波による影響を防止するための対策を講じること。

本書は、本指示内容に照らし、当社の外部電源の信頼性確保対策について、実施状況を報告するものである。

2. 泊発電所への電力供給に影響を与え得る電力系統の供給信頼性に関する分析・評価

(1) 泊発電所への電力供給系統構成

当社の電力系統は、最上位電圧階級である275kV系統を骨格としており、道央圏では、275kV系統をループ状に形成し、かつループ運用を行うことで、供給信頼性を向上させている。

一方、泊1、2号機には、西野変電所から275kV泊幹線（2回線）、西双葉開閉所から275kV後志幹線（2回線）及び国富変

電所から66kV茅沼線・泊支線（2回線）の合計3ルート・6回線が連系している。

また、泊3号機には、275kV泊幹線（2回線）及び275kV後志幹線（2回線）の合計2ルート・4回線が連系している。

（添付資料－1）

（2）泊発電所への電力系統の供給信頼性に関する分析・評価

a. 想定ケース

以下の3ケースを想定し、電力系統の供給信頼性に関する分析・評価を行った。

①超過酷ケース（極めて稀なケース）

泊発電所に接続される、又はその他ネックとなる変電所1箇所（開閉所を含む、以下同じ）の全停電

②過酷ケース（稀なケース）

泊発電所に接続される、又はその他ネックとなる変電所の1つの電圧階級の全停電

③標準ケース

送電線の1ルート（2回線）の全停電

なお、平成23年4月7日の宮城県沖地震により原子力発電所等の外部電源喪失が発生したが、この事象は1変電所における1電圧階級の全停電に起因するものであり、今回の想定ケースでは②過酷ケースに相当する。

b. 分析・評価の結果

①超過酷ケース

西野変電所1箇所が全停電した場合、西双葉開閉所から275kV後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

また、西双葉開閉所1箇所が全停電した場合、西野変電所から275kV泊幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

更に、国富変電所1箇所が全停電した場合、西野変電所から275kV泊幹線及び西双葉開閉所から275kV後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

加えて、その他の変電所1箇所が全停電した場合でも、西野変電所及び西双葉開閉所は275kVループ系統を構成している変電所であるため、泊発電所へ電力供給することが可能である。

このため、極めて稀なケースである変電所1箇所の全停電においても、泊発電所へ電力供給することが可能である。

②過酷ケース

西野変電所275kV系全てが停電した場合、西双葉開閉所から275kV後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可

能である。

また、西野変電所 187 kV 系全てが停電した場合、西野変電所から 275 kV 泊幹線及び西双葉開閉所から 275 kV 後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

更に、その他の変電所 1 箇所において 1 つの電圧階級全てが全停電した場合でも、西野変電所及び西双葉開閉所は 275 kV ループ系統を構成している変電所であるため、泊発電所へ電力供給することが可能である。

このため、稀なケースである変電所 1 箇所の 1 つの電圧階級全てが停電した場合においても、泊発電所へ電力供給することが可能である。

③ 標準ケース

275 kV 泊幹線 1 ルート（2 回線）が全停電した場合、西双葉開閉所から 275 kV 後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

また、275 kV 後志幹線 1 ルート（2 回線）が全停電した場合、西野変電所から 275 kV 泊幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

更に、66 kV 茅沼線・泊支線 1 ルート（2 回線）が全停電した場合、西野変電所から 275 kV 泊幹線及び西双葉開閉所から 275 kV 後志幹線により、泊発電所へ電力供給することが可能である。

加えて、その他の送電線 1 ルートが全停電した場合でも、西野変電所及び西双葉開閉所は 275 kV ループ系統を構成している変電所であるため、泊発電所へ電力供給することが可能である。

このため、送電線 1 ルート（2 回線）が全停電した場合においても、泊発電所へ電力供給することが可能である。

以上より、何れの想定ケースにおいても、泊発電所へ電力供給することが可能であり、外部電源の供給信頼性は確保できていると評価する。

3. 所内に施設されている全ての送電回線の各号機への接続

(1) 泊発電所の各号機に対する送電回線の接続状況

送電回線と各号機との接続状況を確認した。なお、送電回線との接続には、運用上、常時接続しているものと、通常は遮断器等により分離し、必要時に運転操作等にて接続されるものがあるが、これらについては電氣的に接続されている回路構成であるものとした。

泊発電所の各号機に対する全ての送電回線（予備回線含む）との接続状況は以下のとおりである。

- a. 泊 1, 2 号機の接続状況
275kV 送電線 4 回線, 66kV 送電線 2 回線の計 6 回線が接続されている。
- b. 泊 3 号機の接続状況
275kV 送電線 4 回線が接続されているが, 66kV 送電線 2 回線には接続されていない。

表 各号機における線路との接続状況整理表

送電線	泊 1 号機	泊 2 号機	泊 3 号機
275kV 泊幹線 (2 回線)	○	○	○
275kV 後志幹線 (2 回線)	○	○	○
66kV 泊支線 (2 回線)	○	○	—

< 凡例 > ○ : 接続されている, — : 接続されていない

なお, 原子力発電所の外部電源系統は, 2 回線以上の送電線により電力系統に接続されていることが安全規制上の要求であり, 泊 1, 2, 3 号機いずれも本要求事項を満足している。

(2) 送電線路構成の検討

泊 1, 2 号機については 6 回線, 泊 3 号機については 4 回線の送電線が既に接続されており, 安全規制上の要求は既に満足しているものの, 泊 3 号機の外部電源からの電力の供給信頼性の更なる向上対策として, 66kV 送電線から泊 3 号機の非常用所内高圧母線(以下, 「非常用母線」という。)への電力供給について以下のとおり検討した。

(添付資料 - 2)

a. 送電線の接続方法

- ・ 泊 3 号機の 66kV 送電線への接続方法としては, 66kV 送電線から泊 1, 2 号機用の予備変圧器を経由し, 泊 3 号機の非常用母線に給電するものとする。なお, 非常用母線への接続に当たっては, 非常用母線間の分離を確実に実施し, 非常用母線間で相互に影響を及ぼさないものとする。
- ・ 非常用母線までの送電線(外部電源)との接続回路は, 既設と同等の設備構成(開閉所から変圧器, 遮断器, 母線等)とする。

b. 泊1, 2号機用予備変圧器の給電能力の検討

275kV送電線及び非常用ディーゼル発電機が機能喪失した場合においても泊1, 2, 3号機全てを低温停止に移行させるために必要な電源容量が、泊1, 2号機用予備変圧器で賄えることを以下のとおり検討した。

(a) 泊1, 2号機用予備変圧器容量の検討

泊1, 2号機用の予備変圧器定格容量は20MVAである。

緊急時安全対策にて、今後の対応として報告した迅速な低温停止操作に必要な大容量発電機車の容量(4MVA, 2MVA各1台, 計6MVA)を満足しており、泊1, 2号機用予備変圧器の給電能力に問題はない。

このことから、泊1, 2, 3号機全てについて低温停止とするために必要な電源容量が泊1, 2号機用予備変圧器により受電可能であることを確認した。

c. 運用面の検討

上記のとおり、泊1, 2号機用予備変圧器から泊3号機非常用母線に接続するための遮断器を設置し、同遮断器を手動投入することにより泊3号機非常用母線への給電を行う。

なお、泊3号機の非常用母線停電の際には、手動投入であっても短時間で66kV送電線から泊3号機非常用母線への給電が可能である。

(3) 実施時期

泊1, 2号機用予備変圧器と泊3号機の非常用母線間を接続するケーブルは比較的長距離かつ大容量の電気ケーブルとなる。本項の対応には、同ケーブルの敷設工事(電気ケーブル管路等の敷設含む)及び非常用母線に遮断器を追加するなどの改造工事を実施する必要がある。

また、後述する5項の対応で、泊1, 2号機用予備変圧器をT.P.^(注)+3.1m以上の高台に移設することを計画しており、本工事も合わせて実施する。このため、プラントの安全性を考慮し、各号機毎の定期検査に合わせて順次工事を実施していくこととする。

(注)「T.P.」は東京湾平均海面である。

(スケジュール)

対応内容	スケジュール				
	H23 年度	H24 年度	H25 年度	H26 年度	H27 年度
66kV 送電線～泊 1, 2 号機用予備変圧器から泊 3 号機非常用母線への電力供給策					

(注) 本工程は、許認可手続きを含まない最短スケジュールである。

4. 泊発電所の電源線の送電鉄塔に関する耐震性、地震による基礎の安定性等の評価

(1) 架空送電設備の耐震性評価について

送電設備の耐震性については、兵庫県南部地震後の平成 7 年 7 月の中央防災会議において「防災基本計画」が決定され、それに基づいて「電気設備防災対策検討会」(資源エネルギー庁長官私的検討会)の報告書に、各電気設備の耐震性確保に関する基本的考え方が以下のとおり示されている。

A. 一般的な地震動に際し、

個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないこと

B. 高レベルの地震動に際しても、

著しい(長期的かつ広範囲)供給支障が生じないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保されること

報告書では、兵庫県南部地震における被害状況の分析を行うとともに、被害実態を踏まえた実証的な検討を行い、現行耐震基準の妥当性に関する検討が行われた。この検討の結果、各電気設備の現行耐震基準は、一般的な地震動に際し機能に重大な支障が発生しない耐震性を確保するとともに、高レベルの地震動に際しても、長期的かつ広範囲に亘る著しい供給支障が生じることのないよう、代替性の確保や多重化等により、総合的にシステムの機能を確保するものであることを確認し、現行耐震基準は妥当であると評価されている。

(2) 送電鉄塔等の耐震性、基礎の安定性評価について

これまでの架空送電設備の耐震性評価に加えて、東北地方太平洋沖地震(以下、「今回の地震」という。)における被害実態と推定原因を踏まえ、泊発電所電源線の送電鉄塔等の耐震性、基礎の安定性の評価を行う。

a. 今回の地震での被害実態と推定原因

東北電力，東京電力管内における送電設備被害のうち，送電鉄塔の倒壊被害は，津波による倒壊を除くと1基である。倒壊の原因は，送電鉄塔建設地に隣接する大規模な盛土が地震動により崩壊し，送電鉄塔敷地内になだれこみ，その土圧により倒壊したものと現時点では推定されている。

また，送電鉄塔に設置されている支持がいしの折損が発生し，一部の送電線では送電不能となる事象が発生した。

b. 送電鉄塔の耐震性

これまで，北海道において発生した平成5年1月の釧路沖地震（震度6），平成15年9月の十勝沖地震（震度6弱）など強い地震においても送電鉄塔の倒壊被害は発生していなく，平成7年の電気設備防災対策検討会報告書のとおり，送電鉄塔は十分な耐震性を有していると評価できる。

c. 支持がいしの耐震対策

今回の地震では，送電鉄塔に設置された支持がいしで，地震動によるものと推定される折損が発生していることから，可とう性のあるがいしへの取替えを実施し，耐震強化を図る。

対象線路は泊発電所に接続される送電線とし，支持がいしを設置している全ての送電鉄塔4基とする。

(対象線路)

対象線路名	対策基数	備考
275kV 泊幹線	なし	支持がいしなし
275kV 後志幹線	1基	可とう性のある支持がいしを設置しているが，9月末までに対策の可否について検討する
66kV 茅沼線	3基	停電取得や資機材の納入を考慮し，年内の完了とする
66kV 岩内支線	なし	支持がいしなし
66kV 泊支線	なし	支持がいしなし

(スケジュール)

実施項目	平成 23 年							
	5	6	7	8	9	10	11	12
① 対象鉄塔の抽出	—							
② 対策方法の決定	—							
③ 対策準備 (資材納期)		—	—	—				
④ 対策実施				—	—	—	—	—

d. 基礎の安定性評価と対策

一般的に架空送電線は、ルート選定の調査において、地すべり地域や急傾斜地等を極力回避するルートを選定しており、送電鉄塔敷地周辺の影響による被害（以下、「二次的被害」という。）の最小化を図っている。また、やむを得ずこのような地域を経過する場合には、個別に詳細調査を実施し、基礎の安定性を検討して基礎型を選定する等の対策を実施している。

しかしながら、今回の地震においては、隣接地の盛土の崩壊が原因と推定される送電鉄塔の倒壊が発生しており、更に送電設備の信頼性を向上させるため、送電鉄塔敷地周辺の影響による基礎の安定性について評価する。評価項目としては、二次的被害を引き起こす要因として盛土の崩壊、地すべり及び急傾斜地の土砂崩壊の影響が考えられることから、この3項目について基礎の安定性について評価を実施する。

なお、対策が必要な箇所については、評価結果を踏まえてただちに対策の検討を行う。

(添付資料－3)

① 盛土の崩壊

送電鉄塔近傍に大規模な盛土がある箇所を抽出し、リスクを評価する。

② 地すべり

地すべり防止地区、地すべり危険箇所、地すべり地形分布図等をもとに地すべりの可能性がある箇所を抽出し、リスクを評価する。

③急傾斜地の土砂崩壊

急傾斜地で土砂崩壊が発生する可能性がある箇所を抽出し、リスクを評価する。

評価対象線路は泊発電所に接続される送電線とし、全ての送電鉄塔434基を対象とする。

(対象線路)

対象線路名	設備基数
275kV 泊幹線	182 基
275kV 後志幹線	169 基
66kV 茅沼線	69 基
66kV 岩内支線	7 基
66kV 泊支線	7 基
(合計)	434 基

(スケジュール)

実施項目	平成 23 年							
	5	6	7	8	9	10	11	12
①対象鉄塔の抽出	■							
②現地踏査			■					
③影響評価				■				
④報告					▼			

5. 泊発電所の開閉所等電気設備の津波影響防止対策

(1) 電気設備の津波影響防止対策における対応方針

平成23年3月30日の経済産業大臣指示による緊急安全対策を着実に進めているところであり、既の実施している移動発電機車の配備等により、原子炉毎の冷却機能に必要な電源の信頼性は担保できると考えているが、電力供給の更なる信頼性向上の観点から、泊発電所の電気設備について津波の影響を防止するための浸水対策を実施していくこととする。

(2) 考慮する浸水高さ

現時点においては、今回の地震による津波の発生メカニズム等が必ずしも明確になっていないため、今後、津波評価に係る知見の拡充や、これを踏まえた指針等の見直しがなされるものと考えられる。

このため、現時点において想定すべき津波高さを特定することはできない。

しかしながら、今回の地震により福島第一原子力発電所にT.P. + 15 mの津波が襲来したことを参考に、当面T.P. + 15 mまでの範囲を考慮すべき浸水高さとして対策を進めていくこととした。

ただし、この浸水対策の実施過程及び対策後において、津波評価に係る知見の拡充や指針等の見直しがあった場合には、あらためてその知見等に照らして評価を行い、その評価結果に基づき対策範囲等を見直すこととする。

(3) 電気設備の浸水対策及び実施時期

a. 非常用母線、遮断器等の浸水対策

泊1, 2, 3号機非常用母線、遮断器等は、各号機の原子炉補助建屋内に設置されているが、緊急安全対策により、これらの安全上重要な設備が設置されているエリアの水密化向上対策を既に実施しており、更に平成25年度末までには浸水対策の強化を図ることとしている。

b. 開閉所及び変圧器の浸水対策

66 kV屋外開閉所及び泊1, 2号機用予備変圧器を高台(T.P. + 31 m以上)へ移設すること及び3項(「所内に施設されている全ての送電回線の各号機への接続」)により泊1, 2, 3号機の全てで66 kV送電線からの受電を可能とすることで、浸水対策を図ることとする。

更に、泊3号機と泊1, 2号機の非常用母線を接続可能とすることで、既に高台(T.P. + 85 m)に設置されている泊3号機用の予備変圧器から泊1, 2号機の非常用母線へ給電する。このために泊3号機と泊1, 2号機の非常用母線間に新たにケーブルを敷設して給電ルートを確保する。これにより、泊3号機の予備変圧器を経由して275 kV送電線4回線からの電力を泊1, 2号機においても受電可能となる。

なお、非常用母線への接続に当たっては、非常用母線間の分離を確実に実施し、非常用母線間で相互に影響を及ぼさないものとする。

また、泊3号機の予備変圧器の定格容量は30 MVAであり、

給電能力に問題がないことが確認されている泊1，2号機用予備変圧器の定格容量よりも大きいため、泊3号機の予備変圧器の給電能力についても問題はない。

なお、実施には3項の工事と合わせて実施していくこととなるため4年程度を要する。

(添付資料－4，5)

(泊発電所の浸水対策)

発電所	対象範囲	対策内容	対策時期
泊発電所共通	275kV開閉所	—※1	—
泊1,2号機	66kV開閉所	66kV開閉所及び予備変圧器を高台に移設※2	平成27年度中
	変圧器		
泊3号機	変圧器	—※3	—
泊1,2,3号機	非常用母線，遮断器等	浸水対策の強化※4	平成25年度末

※1：T.P. + 85mに設置のため対策不要。

※2：3項の対策を合せて実施することにより泊3号機への給電が可能となる。更に、泊3号機と泊1，2号機の非常用母線を接続可能とする。

※3：予備変圧器がT.P. + 85mに設置されているため対策不要。

※4：緊急安全対策による。

以上により、浸水による影響を受けない受電ルート^(注)を275kV送電線(4回線)及び66kV送電線(2回線)双方について泊1，2，3号機の全ての号機で確保できることとなる。

(注) 外部電源から非常用母線に至るまでのルートをいう。

6. まとめ

「泊発電所における緊急安全対策について(実施状況報告書)(補正版)」(平成23年5月)において既に報告している「緊急安全対策」を実施することにより、津波により3つの機能(交流電源を供給する全ての設備の機能、海水を使用して原子炉施設を冷却する全ての設備の機能及び使用済燃料貯蔵プールを冷却する全ての設備の機能)が喪失したとしても、炉心損傷や使用済燃料の損傷を防止することは可能であるが、本対策を実施することにより外部電源の供給信頼性の更なる向上を図っていく。

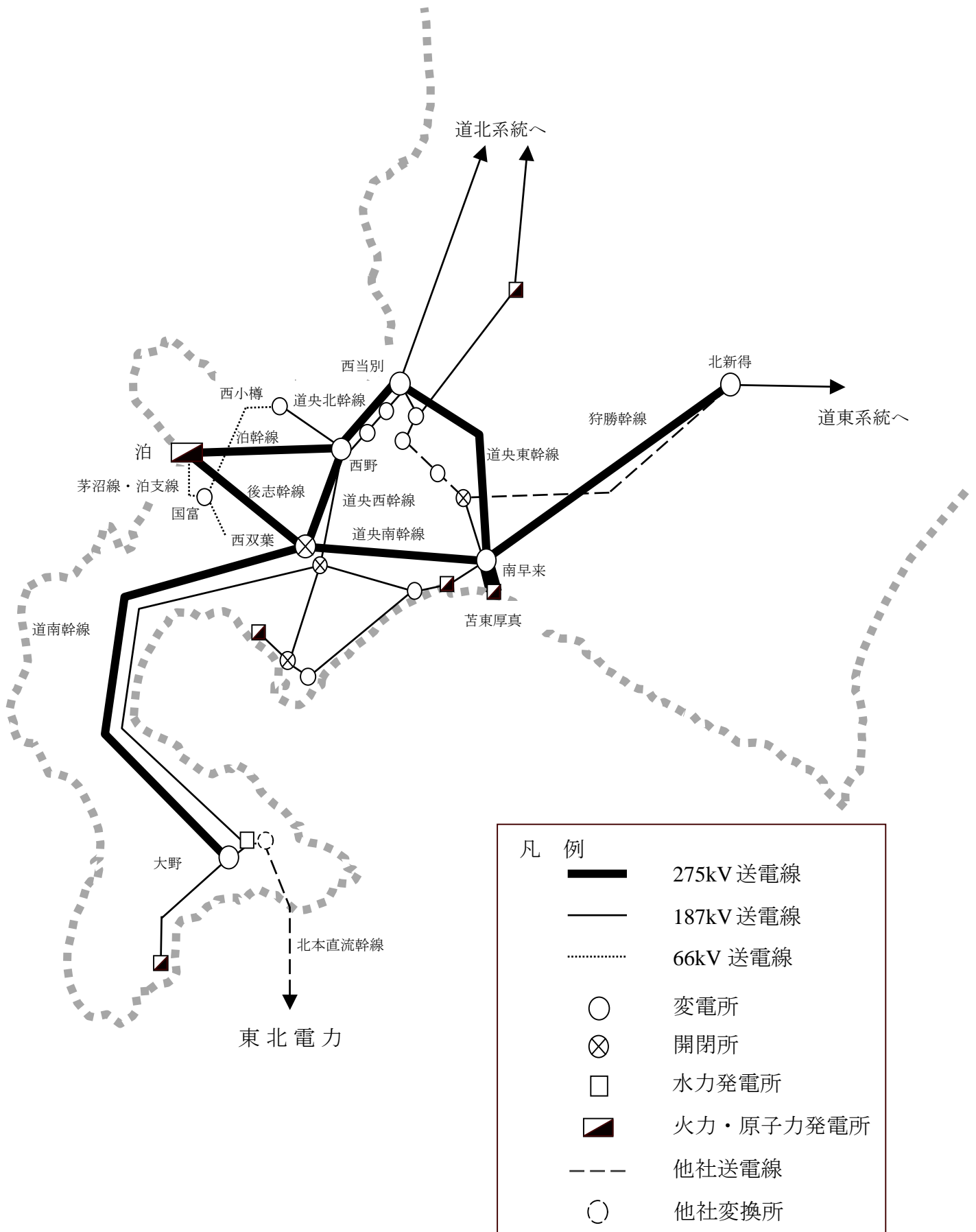
なお、本対策の詳細検討を行い、具体的な内容を更に精査した上で対策を行うこととする。

以上

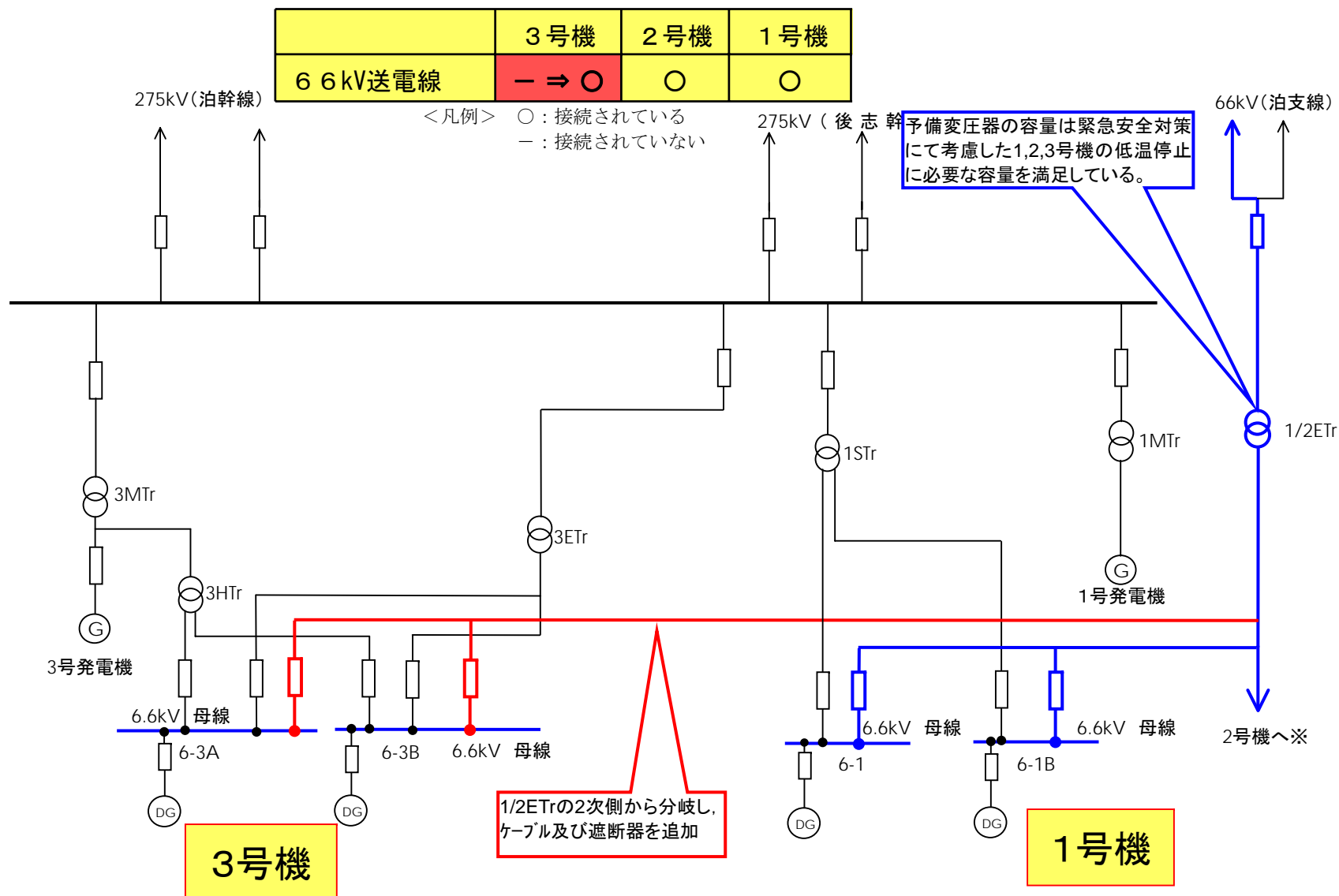
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 電力系統の概要
- 添付資料－ 2 電源多様化の概要 各号機を全ての回線へ接続
- 添付資料－ 3 基礎の安定性に関する評価
- 添付資料－ 4 浸水対策の概要 高台の電気設備から給電（1／2）
- 添付資料－ 5 浸水対策の概要 高台の電気設備から給電（2／2）

電力システムの概要



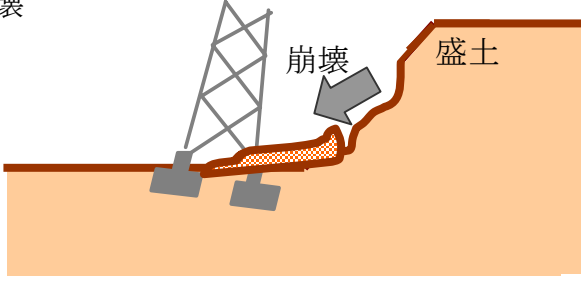
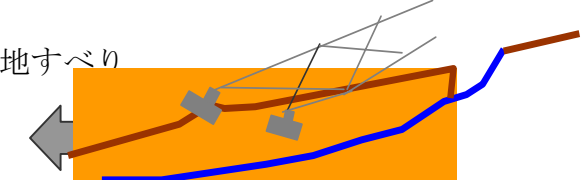
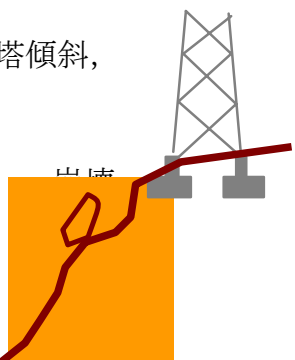
電源多様化の概要 各号機を全ての回線へ接続



※2号機の所内電源構成は1号機と同じ

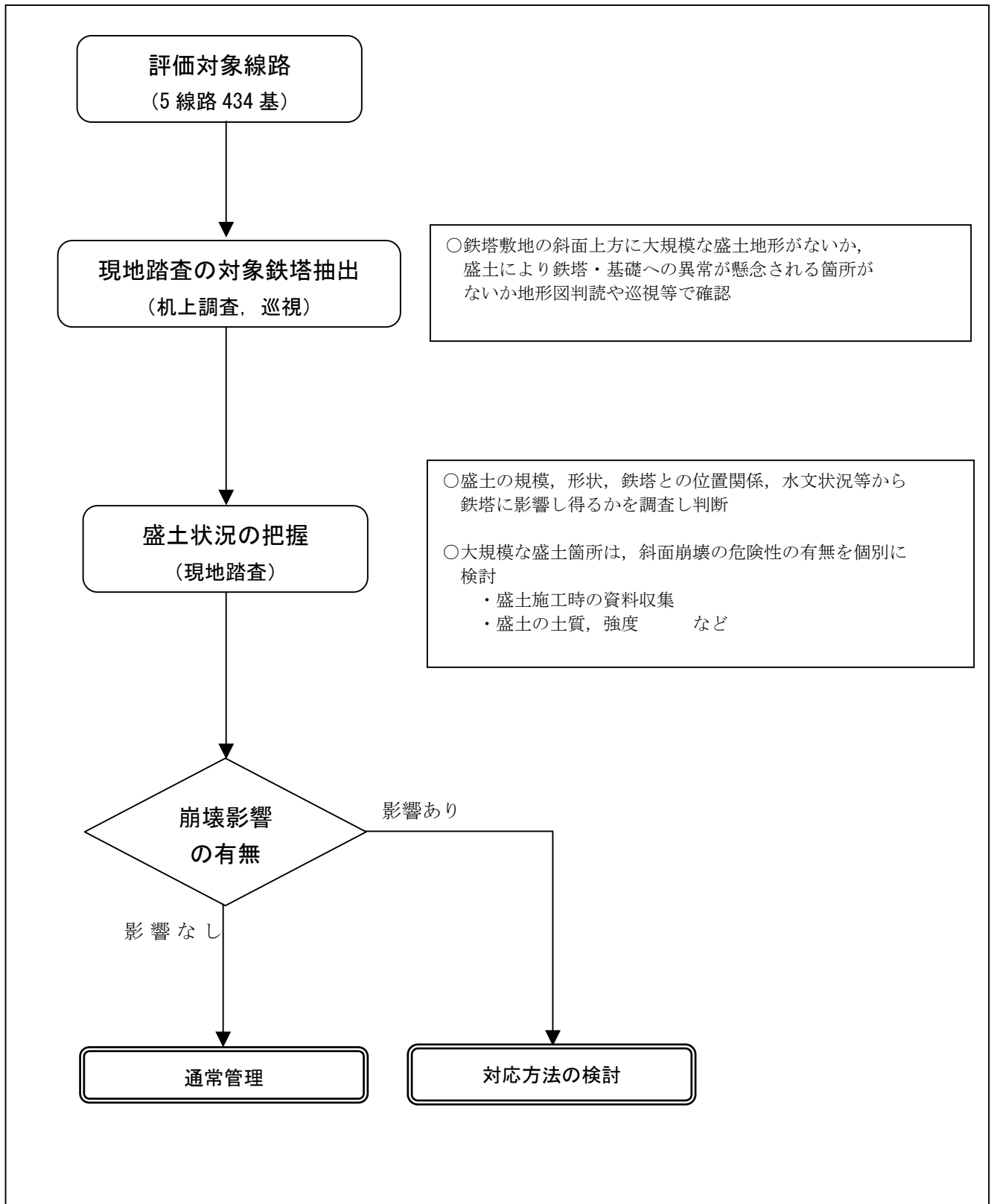
基礎の安定性に関する評価

1. 二次的被害の想定

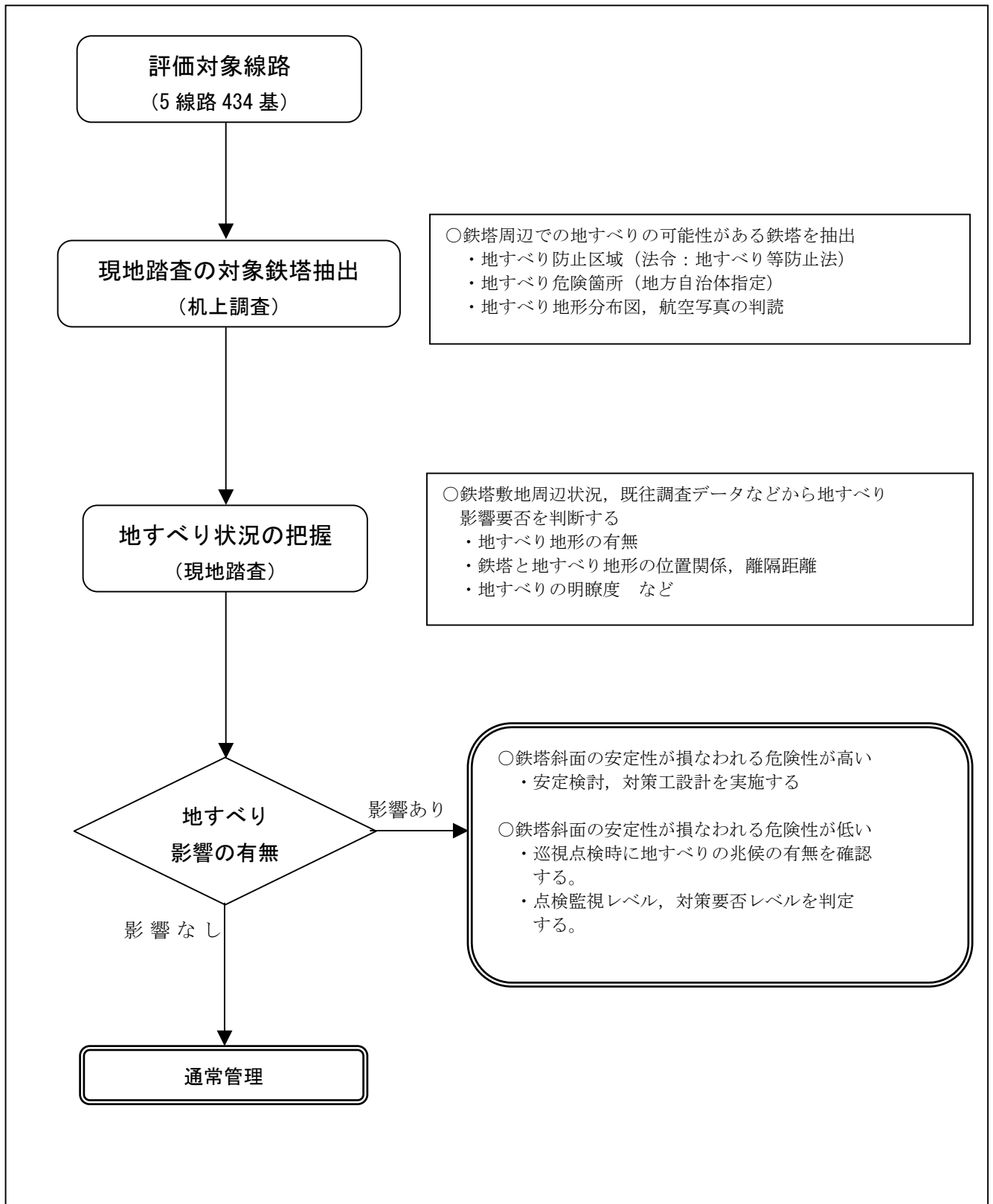
二次的被害の想定	具体的内容
①盛土の崩壊	<p>○地震によって盛土が崩壊する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄塔周辺の盛土崩壊による鉄塔傾斜, 倒壊 
②地すべり	<p>○地盤内の地下水等に起因して滑ったり, 移動する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄塔周辺での大規模な地すべりによる鉄塔傾斜, 倒壊 
③急傾斜地の土砂崩壊	<p>○傾斜地で土地が崩壊する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 鉄塔周辺の地盤が崩壊し, 鉄塔傾斜, 倒壊 

2. 基礎の安定性評価フロー

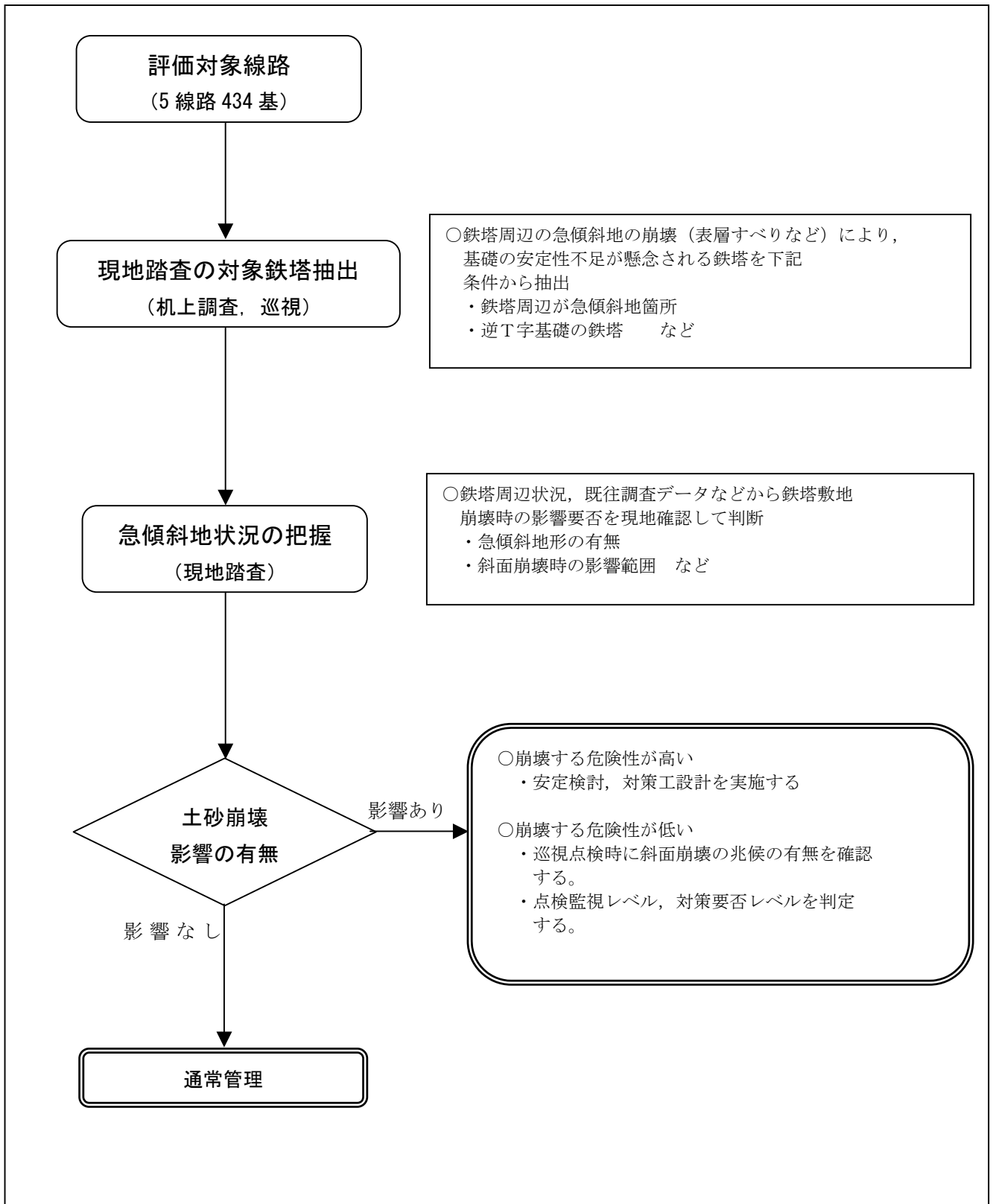
①盛土の崩壊



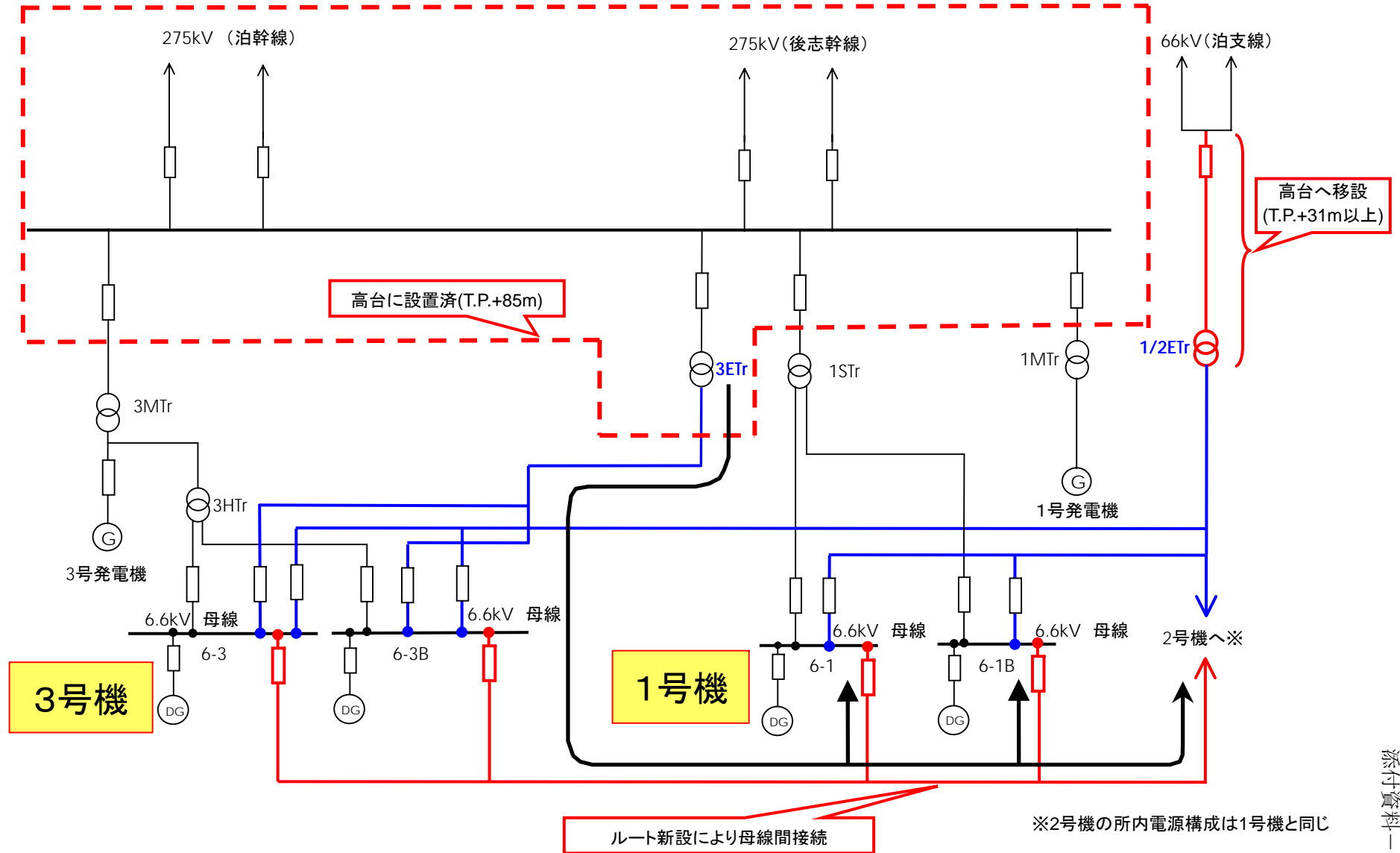
②地すべり



③急傾斜地の崩壊



浸水対策の概要 高台の電気設備から給電 (1 / 2)



浸水対策の概要 高台の電気設備から給電 (2 / 2)

