

# 伊方発電所の外部電源の信頼性確保に係る実施報告書

平成23年 5月

四国電力株式会社

## 目 次

1. 概要
2. 電力系統の供給信頼性に関する分析および評価
  - (1) 伊方発電所の所内電源確保のための系統構成
  - (2) 伊方発電所関連電力系統の信頼性評価のための検証ケース
  - (3) 伊方発電所関連電力系統の信頼性の分析
  - (4) 伊方発電所関連電力系統の信頼性の評価結果
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) 伊方発電所の各号機に対する送電回線の接続状況
  - (2) 送電回線構成の検討
  - (3) 工事の実施時期
4. 伊方発電所の電源線の耐震性および基礎の安定性等に関する評価
  - (1) 送電設備の耐震性について
  - (2) 送電鉄塔の耐震性について
  - (3) 基礎の安定性について
5. 開閉所等の電気設備の浸水対策
  - (1) 対応方針
  - (2) 対策

## 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広域にわたる停電が発生し、東通原子力発電所等において一時的に外部電源の喪失が発生した。この事象については、電力系統の一部における地絡事故を発端として、原子力発電所等への外部電源を供給する電力系統の停止に至り、電力系統の信頼性に課題が生じたものである。

これを受けて、4月15日、経済産業省原子力安全・保安院から当社社長に対して指示文書「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、以下の4項目について報告が求められた。

- 地震等による供給支障等により原子力発電所の外部電源に影響を及ぼす事態が生じることにに関して、原子力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。
- 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。
- 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。
- 原子力発電所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関し、その実施について報告するものである。

## 2. 電力系統の供給信頼性に関する分析および評価

### (1) 伊方発電所の所内電源確保のための系統構成

伊方発電所の所内電源確保のための系統については、安全規制上の要求である「外部電源系は2回線以上の送電線により電力系統に接続された設計であること」を踏まえ、伊方発電所1, 2号機、3号機とも、表-1の回線数を確保するとともに、非常用ディーゼル発電機を各号機2系列備えている。（添付資料-1）

また、主回線が連系されている、川内変電所・大洲変電所については、表-2に示すとおり複母線構成となっており、母線事故に対する高い信頼性を確保している。

(表－1) 伊方発電所の外部電源確保のための系統

伊方発電所 1, 2号機	主回線	187kV送電線2ルート4回線 (伊方南幹線2回線、伊方北幹線2回線)
	予備回線	66kV送電線1ルート1回線 (平瀨支線1回線)
伊方発電所 3号機	主回線	500kV送電線1ルート2回線 (四国中央西幹線2回線)
	予備回線	187kV送電線2ルート4回線 (伊方南幹線2回線、伊方北幹線2回線)

(表－2) 変電所の母線構成

川内変電所	500kV母線	ガス絶縁：2母線構成
	187kV母線	気中絶縁：4母線構成
大洲変電所	187kV母線	ガス絶縁＋気中絶縁：4母線構成

(2) 伊方発電所関連電力系統の信頼性評価のための検証ケース

電力系統への信頼性を評価するため以下の3ケースに分類し検証を行う。

①稀頻度事故：送電線のルート断

②過酷ケース：変電所の1電圧階級の母線停止

本ケースは、4月7日に発生した宮城県沖地震により原子力発電所の外部電源喪失に至った原因相当の想定として評価を行う。

ただし、基幹系変電所の母線構成は、表－2に示すように複母線構成となっており、事故の発生確率は低いと想定される。

③超過酷ケース：変電所の全停止

本ケースは、4月7日に発生した宮城県沖地震での事故より更に過酷なケースとして想定し評価を行う。

(3) 伊方発電所関連電力系統の信頼性の分析

当社域内の基幹系送電線・変電所について、検証3ケースの分析を行った結果、起点となる変電所（川内変電所・大洲変電所）から伊方発電所への供給ルート以外については、基幹系送電線ルート断および変電所停止の場合においても、他の基幹系送電線ルートが確保されているため、伊方発電所への外部電源系統に影響を与えないことを確認した。

この確認結果を踏まえ、起点となる変電所から伊方発電所への供給ルートについての具体的分析結果を以下に示す。

a. 送電線のルート断（2回線停止）

伊方発電所の送電線ルート断の分析結果を示す。

(a) 四国中央西幹線ルート断事故

- ・伊方1, 2号機：主回線の伊方北幹線・伊方南幹線より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：予備回線である187kV系統より所内電源を確保可能

(b) 伊方南幹線ルート断事故

- ・伊方1, 2号機：伊方北幹線より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：主回線の四国中央西幹線より所内電源を確保可能

(c) 伊方北幹線ルート断事故

- ・伊方1, 2号機：伊方南幹線より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：主回線の四国中央西幹線より所内電源を確保可能

b. 変電所の1電圧階級の母線停止

伊方発電所電源線が連系している川内変電所・大洲変電所の母線停止の分析結果を示す。

(a) 川内変電所500kV母線停止

- ・伊方1, 2号機：主回線の伊方北幹線・伊方南幹線より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：予備回線である187kV系統より所内電源を確保可能

(b) 川内変電所187kV母線停止

- ・伊方1, 2号機：予備回線である66kV系統より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：主回線の四国中央西幹線より所内電源を確保可能

(c) 大洲変電所187kV母線停止

- ・伊方1, 2号機：予備回線である66kV系統より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：主回線の四国中央西幹線より所内電源を確保可能

c. 変電所の全停止

伊方発電所電源線が連系している川内変電所・大洲変電所の全停止の分析結果を示す。

(a) 川内変電所全停止

- ・伊方1, 2号機：予備回線である66kV系統より所内電源を確保可能
- ・伊方3号機：外部電源を喪失するが、伊方発電所所内電源の緊急融通回路を活用することで予備回線である66kV系統より所内電源を確保可能

恒久的には、「全ての送電回線の各号機への接続指示」の対策検討結果である66kV系統からの伊方3号機への所内電源確保対策を実施することで、伊方3号機についても外部電源系統からの所内電源確保が可能となる。

(完了時期：平成25年7月予定)

また、既に公表済みの電源確保強化対策である亀浦変電所からの配電線（6600V）による供給対策工事により、伊方3号機については平成23年6月末、配電線による外部電源確保も可能となる。

(b) 大洲変電所全停止

- ・伊方1, 2号機：外部電源を喪失するが、66kV送電線のバイパス接続を実施することで予備回線である66kV系統により所内電源を確保可能

恒久的には、「全ての送電回線の各号機への接続指示」の対策検討結果である500kV系統からの伊方1, 2号機への所内電源確保対策を実施することで、伊方1, 2号機についても外部電源系統からの所内電源確保が可能となる。  
(完了時期：平成25年7月予定)

- ・伊方3号機：主回線の四国中央西幹線より所内電源を確保可能

(4) 伊方発電所関連電力系統の信頼性の評価結果

地震等の供給支障による伊方発電所への外部電源系統への影響評価については、発生確率は非常に低いと想定される超過酷ケースの変電所全停止において外部電源を喪失する可能性があるが、応急対策の実施により外部電源系統からの所内電源確保が可能である。また、「全ての送電回線の各号機への接続指示」の対策を実施すれば、恒久的な対策が完了し、外部電源系統からの所内電源確保に対する信頼度は万全となる。

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) 伊方発電所の各号機に対する送電回線の接続状況

伊方発電所の各号機に対する全ての送電回線（主回線および予備回線）との接続状況について、全ての送電回線から非常用所内高圧母線（以下「非常用母線」という。）までの回路構成を確認した結果は以下のとおりである。

(添付資料—2)

a. 全ての送電回線から伊方1, 2号機非常用母線への接続状況

187kV送電線4回線、66kV送電線1回線の計5回線が接続されているが、500kV送電線2回線は接続されていない。

b. 全ての送電回線から伊方3号機非常用母線への接続状況

500kV送電線2回線、187kV送電線4回線が接続されているが、66kV送電線1回線は接続されていない。

以上の結果を整理すると、表－３のとおりである。

(表－３) 各号機における送電回線との接続状況

送電回線	伊方1号機	伊方2号機	伊方3号機
500kV 2回線	—	—	○
187kV 4回線	○	○	○
66kV 1回線	○	○	—

○：接続されている、—：接続されていない

c. 送電回線構成の経緯

伊方1, 2号機建設時点においては、安全規制上の要求である「外部電源系は2回線以上の送電線により電力系統に接続された設計であること」を満足するように、主回線として187kV送電線4回線とし、予備回線としては66kV送電線1回線から受電できる送電回線構成とした。

その後、伊方3号機の増設に伴い、送電容量の観点から500kV送電線を2回線増強し、伊方3号機の主回線とした。また、伊方3号機の予備回線の選定においては、66kV送電線1回線よりも信頼性の高い187kV送電線4回線から受電できる送電回線構成とした。

(2) 送電回線構成の検討

a. 送電線との接続方法

外部電源の信頼性向上の観点から、『500kV送電線2回線と伊方1, 2号機非常用母線の接続』および『66kV送電線1回線と伊方3号機非常用母線の接続』のため、伊方1, 2号機と伊方3号機の非常用母線間を新規に遮断器を介して接続することとした。(添付資料－2)

なお、非常用母線間の接続に際しては、信頼性の観点より、以下について配慮した。

- ・非常用母線までの送電線(外部電源系統)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)とすること。
- ・一つの送電線(外部電源系統)は、各号機の全ての非常用母線(非常用母線間の連絡を含む。)に受電すること。なお、非常用母線への接続においては、回路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こと。

## b. 外部電源の給電能力に係る検討

伊方1, 2号機と伊方3号機の非常用母線間接続により、外部電源系統から既存変圧器を介して受電することから、以下の2ケースについて受電ラインの電源容量の妥当性を確認した。なお、いずれのケースにおいても電源容量面では最も厳しい条件（送電線1回線以外、全ての交流電源喪失）を想定した。

### (a) ケース1（500kV送電線1回線から伊方3号機所内変圧器を介して伊方1～3号機に受電）

500kV送電線1回線以外、全ての交流電源が喪失したと想定する。500kV送電線からの受電ラインにおいて最も電源容量として厳しい伊方3号機非常用母線の定格容量は、27.4MVAである。

### (b) ケース2（66kV送電線1回線から伊方1号機予備変圧器を介して伊方1～3号機に受電）

66kV送電線1回線以外、全ての交流電源が喪失したと想定する。66kV送電線からの受電ラインにおいて最も電源容量として厳しい伊方1号機予備変圧器の定格容量は、15MVAである。

確認の結果、いずれのケースについても緊急時安全対策にて今後の対応として配備する大容量電源車の容量（1825kVA×4台、計7.3MVA）を満足しており、供給能力に問題ないことを確認した。

また、運用にあたっては、誤投入等により既存設備への影響を与えない観点から、非常用母線連絡用の遮断器は通常時は「開放」運用とし、必要時に手動により「投入」とすることとする。

## (3) 工事の実施時期

伊方1, 2号機と伊方3号機の非常用母線間接続にあたっては、各号機間を連絡する比較的長距離かつ大容量の電気ケーブルを新規敷設し、既存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。

このため、プラントの安全性に配慮し、各号機毎の定期検査に合わせて順次実施していくこととする。

(完了時期：平成25年7月予定)



#### 4. 伊方発電所の電源線の耐震性および基礎の安定性等に関する評価

##### (1) 送電設備の耐震性について

「防災基本計画」(平成7年7月 中央防災会議決定)に基づき、「電気設備防災対策検討会」の報告書(平成7年11月24日)において、兵庫県南部地震における地震動や被害の程度が設計で想定した範囲内かどうか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併せて行った結果、送電設備の現行耐震基準は妥当であると評価されている。

今回、上記の評価に加えて、東北地方太平洋沖地震(以下「今回の地震」という。)における被害実態を踏まえ、送電設備の耐震性の評価を行った。

##### (2) 送電鉄塔の耐震性について

###### a. 鉄塔

今回の地震では、東北電力、東京電力管内において、原子力発電所の電源線およびそれ以外の送電線を含め、鉄塔倒壊は1基発生(津波による倒壊は除く)しているが、この原因は隣接地の大規模な盛土が地震動により崩壊し、鉄塔敷地になだれ込み、その土圧により倒壊したものと推定されており、地震動によるものではない。

従って、平成7年の報告書どおり、鉄塔は地震動に対して、十分な耐震性を有していると評価できる。

###### b. 支持がいし

今回の地震では、東北電力、東京電力管内において、送電鉄塔に設置されている支持がいし(長幹がいしを用いたV吊支持装置、長幹支持がいしを用いた長幹支持装置)の折損が発生し、送電線によっては、絶縁距離不足による送電不能事象が発生している。

当社では、長幹がいしを用いたV吊支持装置は採用をしていない。

また、長幹支持がいしを用いた長幹支持装置については、大きな地震動が予想される地域の鉄塔には折損防止のために「長幹支持がいし免震装置」を採用しているが、今回の事象を踏まえ、伊方発電所の電源線について更なる供給信頼性向上を図る観点から、長幹支持がいしを用いたすべての長幹支持装置に免震装置を取り付け、耐震性能の強化を図ることとする。

(添付資料-3、4)

[今回免震装置取付]

187kV : 2線路 (50基)

66kV : 8線路 (60基)

計 : 10線路 (110基)

(完了時期:平成24年3月予定)

##### (3) 基礎の安定性について

一般に、送電線ルートは、ルート選定の段階から、地すべり地域等を極力回避するルートを選定しており、地震による鉄塔敷地周辺の影響による被害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隣接地の大規模な盛土の崩壊による鉄塔倒壊が発生しているため、伊方発電所の電源線については供給信頼性を更に向上させるために、鉄塔敷地周辺の影響による基礎の安定性を評価し、必要に応じた対策を実施する。

評価項目としては、今回の地震で発生したような盛土崩壊の他に、地すべり、急傾斜地の崩壊が考えられることから、この3項目について評価を実施する。

(添付資料－5)

[対象送電線路数、鉄塔基数]

500kV： 1線路(175基)

187kV： 3線路(203基)

66kV： 8線路(296基)

計： 12線路(674基)

(完了時期：平成23年8月末予定)

## 5. 開閉所等の電気設備の浸水対策

### (1) 対応方針

緊急安全対策を着実に進めているところであり、既の実施している電源車の配備等により、原子炉毎の冷却機能に必要な電源の信頼性は担保できているものと考えている。

今般、伊方発電所の開閉所等の電気設備についても、更なる信頼性向上の観点より配電線の新設および浸水対策を行うこととする。

なお、対策については、伊方発電所緊急安全対策における浸水防止措置を参考に、「福島第一事故を踏まえ考慮すべき浸水高さ」として、T.P.+13.5m(土木学会手法による平成14年の伊方発電所の津波評価値T.P.+4.0mに9.5mを加えたもの)を考慮して検討する。

ただし、この浸水対策の実施過程および対策後において、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。

### (2) 対策

#### a. 配電線の新設

伊方1～3号機専用の配電線2ルート3回線を構外の高台(標高95m)より、伊方発電所構内の高台(標高32m)まで新設するとともに、補助建屋(標高32m)内から非常用母線(標高10m)までケーブルを敷設し受電できるようにする。

(完了時期：平成24年3月末(1ルート目敷設は平成23年6月末)予定)

(添付資料－6)

b. 浸水対策

発電所構内において外部電源を非常用母線に受電するために必要な開閉所等の電気設備を対象に、津波の影響を低減するため、下表に示す浸水対策を実施する。なお、詳細は、今後、対象設備毎に十分に調査・検討を行った上で決定する。(添付資料-6)

対象設備	対策内容	完了時期
500kV屋外開閉所	—※	—
187kV屋内開閉所	建屋開口部の止水処置 (シール)等	2～3年程度
主要変圧器 ( 1号機：起動変圧器 予備変圧器 2号機：起動変圧器 3号機：主変圧器 所内変圧器 予備変圧器 )	防水壁の設置等	
非常用母線等受電設備	機器開口部の止水処置 (シール)等	

※ 高台(標高8.4m)に設置されているため対策不要

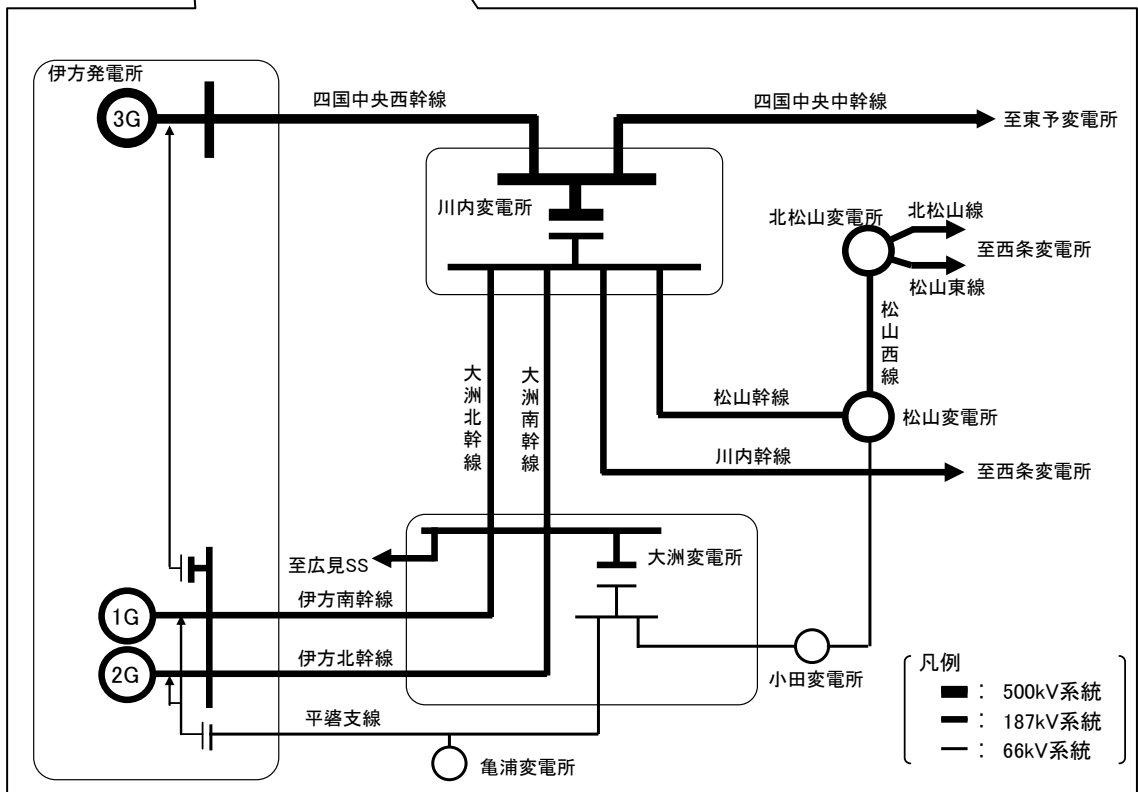
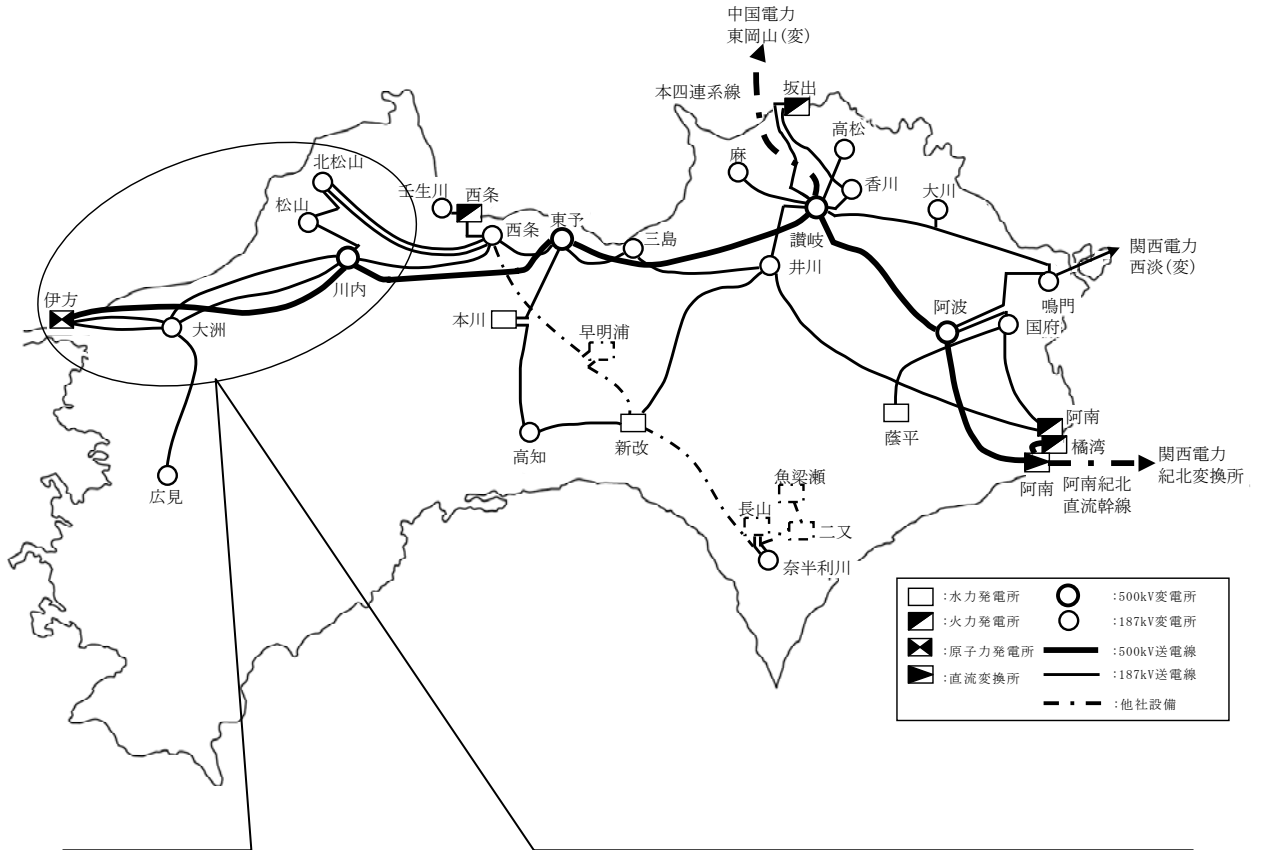
以上が今回指示のあった4項目に対する検討結果であるが、対応スケジュールについては添付資料-7に示す。

以 上

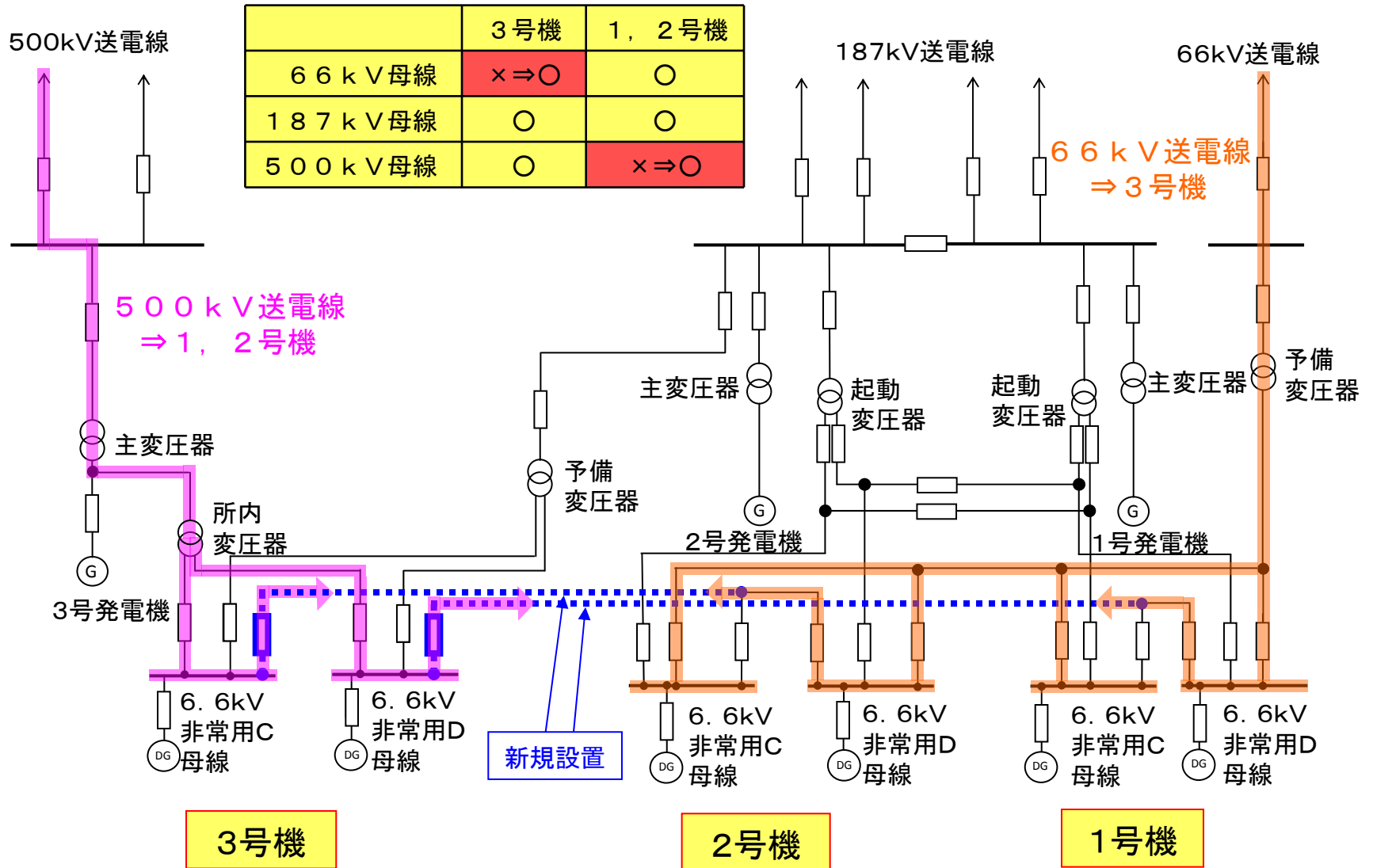
## 添 付 資 料

- 添付資料－ 1 電力系統の概要
- 添付資料－ 2 送電回線の各号機への接続
- 添付資料－ 3 伊方発電所の電源線
- 添付資料－ 4 送電鉄塔支持がいしの信頼性向上対策
- 添付資料－ 5 送電鉄塔基礎の安定性評価
- 添付資料－ 6 電気設備浸水対策の概要
- 添付資料－ 7 対応スケジュール

### 電力システムの概要 (平成22年度末)



# 送電回線の各号機への接続



## 伊方発電所の電源線

電 圧	送 電 線 路
5 0 0 k V	四国中央西幹線（1 7 5 基）
1 8 7 k V	伊方北幹線（8 4 基）、伊方南幹線（7 6 基）、 松山西線（4 3 基）  (計 3 線路、2 0 3 基)
6 6 k V	平簪支線（1 基）、大久支線（5 基）、保内線（2 0 基）、 大洲八幡浜線（5 1 基）、大洲小田線（1 0 0 基）、 松山線（9 6 基）、石井連絡線（2 0 基）、亀浦支線（3 基）  (計 8 線路、2 9 6 基)
合 計	(1 2 線路、6 7 4 基)

# 送電鉄塔支持がいしの信頼性向上対策

## 長幹支持がいし免震装置の概要と設置対象箇所

### 【概要】

	対策前	対策後（免震装置）
説明	<p>○長幹支持がいしを、取付プレートに直接ボルトにて取付ける。</p>	<p>○地震動により長幹支持がいしに発生する曲げ応力を緩衝材（皿ばね）で吸収・減衰させ、折損を防止する。</p> <p>○通常の長幹支持がいしに発生する曲げ応力を1/3程度に低減できる。</p> <p>○震度6強に対して長幹支持がいしの折損を防止できる。</p>
概要図		

### 【設置対象箇所】

原子力発電所の電源線について供給信頼性を更に向上させるため、長幹がいしを用いた長幹支持装置に免震装置を取り付け、耐震性能の強化をはかる。

[新規設置]

187kV： 2線路 50基  
 66kV： 8線路 60基  
 計： 10線路 110基

[既設置]

187kV： 3線路 63基  
 66kV： なし  
 計： 3線路 63基



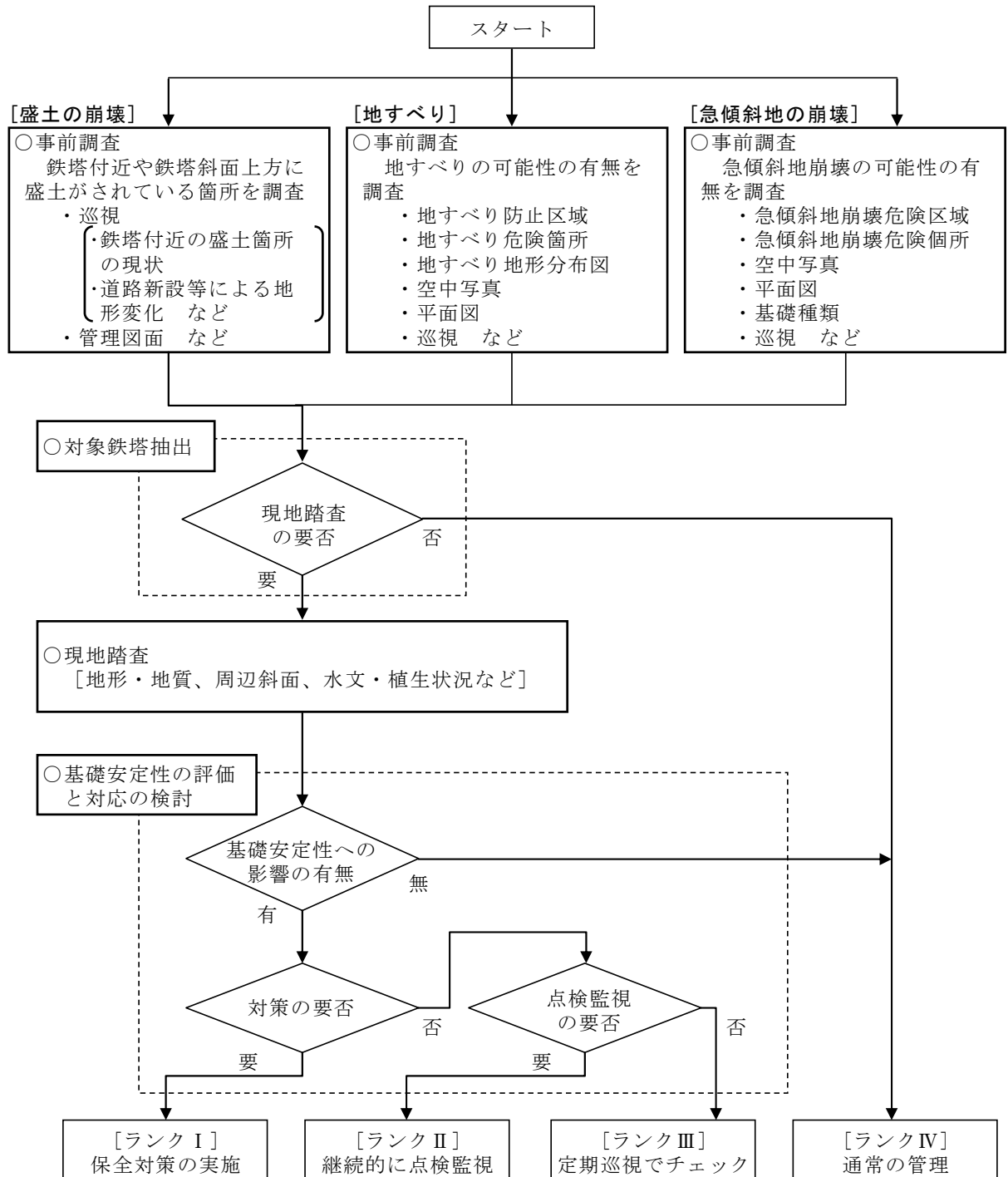
## 長幹支持がいし免震装置を設置する送電線路と鉄塔基数

電 圧	送 電 線 路
500kV	—
187kV	伊方北幹線（29基）、伊方南幹線（21基）  (計 2線路、50基)
66kV	平瀬支線（2基）、大久支線（5基）、保内線（5基）、 大洲八幡浜線（7基）、大洲小田線（21基）、 松山線（7基）、石井連絡線（10基）、亀浦支線（3基）  (計 8線路、60基)
合 計	(10線路、110基)

・免震装置設置基数は、他線路併架部を含む。

## 送電鉄塔基礎の安定性評価

基礎の安定性評価フロー図

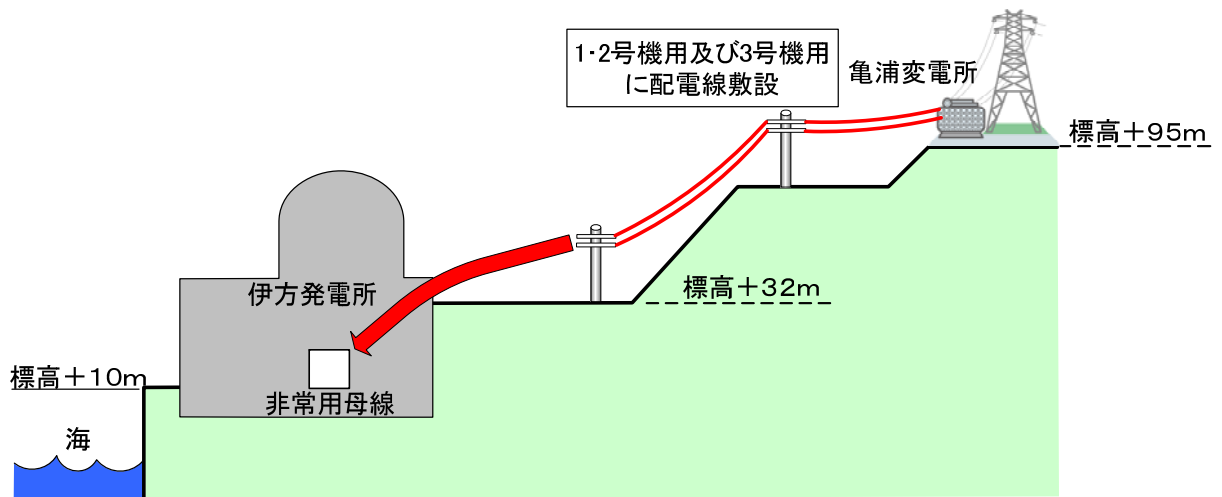


## [評価基準と予防・保全対応]

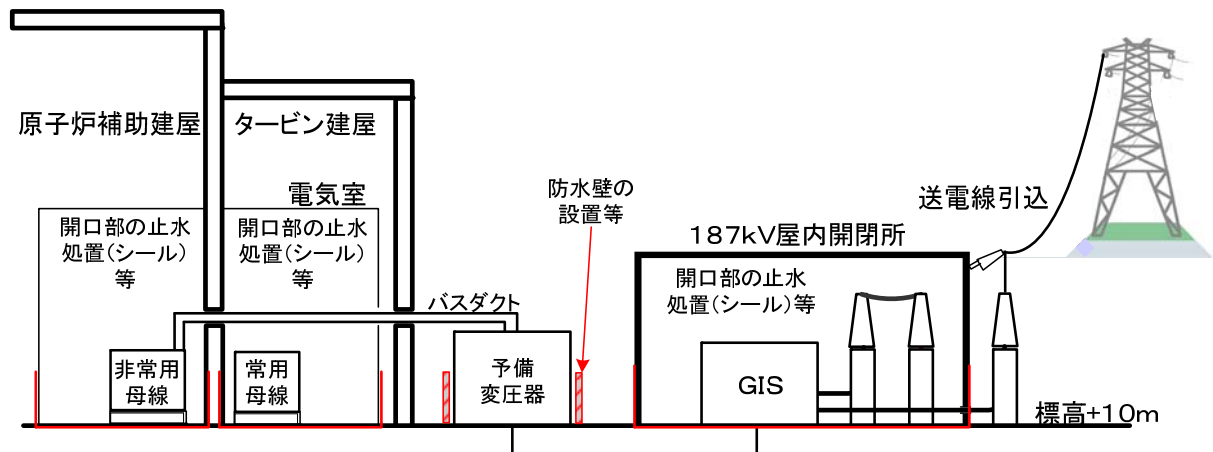
	ランクⅠ	ランクⅡ	ランクⅢ	ランクⅣ
評価基準	・鉄塔を含めた地すべりや地盤崩壊等の可能性があり、鉄塔機能への影響が懸念され、事前の保全対策が必要	・表層崩壊など、多少のリスクがあるものの、鉄塔機能への影響は小さく、事後で対応可能な被害程度	・表層崩壊など、多少のリスクはあるがランクⅡより軽微であり、鉄塔機能への影響はほとんどない	・現時点で影響なし
予防・保全対応	・送電線ルート変更や地すべり抑止工等による保全対策を実施 ・保全対策完了までの間、地震等の後には臨時巡視により異常の有無を確認	・状況に応じて計測等の点検監視を継続して実施 ・地震等の後には臨時巡視により異常の有無を確認	・定期巡視時に敷地周辺の石積み等チェックポイントの変状の有無を確認	・定期巡視にて異常兆候の有無を確認

## 電気設備浸水対策の概要

[配電線の新設]



[浸水対策]



## 対応スケジュール

指示内容	対応内容	平成23年度												平成24年度		平成25年度以降
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	上期	下期	
電力系統の供給信頼性に関する分析および評価	電力系統の供給信頼性に関する分析および評価	▽平成23年5月完了														
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	母線連絡設備設置	伊方3号機工事設計、資材手配														3-14 遮断器設置 1-29 母線連絡ケーブル接続 2-24 母線連絡ケーブル接続 母線連絡ケーブル敷設 ▽平成25年7月完了予定
		伊方1号機工事設計、資材手配														
		伊方2号機工事設計、資材手配														
		ケーブル手配														
		母線連絡ケーブル敷設														
		伊方3号機工事設計、資材手配														
長幹支持がいし免震装置設置	送電線基礎の安定性評価	資材手配												▽平成24年3月完了予定		
		取付工事														
電源線の耐震性および基礎の安定性等に関する評価	送電線基礎の安定性評価	事前調査														
		対象鉄塔抽出														
		現地踏査														
		基礎安定性の評価と対応の検討														▽平成23年8月末完了予定
電気設備の浸水対策	配電線の新設	配電線敷設														
	浸水対策	▽1ルート目の敷設												▽平成24年3月末完了予定(2ルート目の敷設)		2～3年程度で完了予定
		防水壁の設置、機器・建屋開口部の止水処置等														