

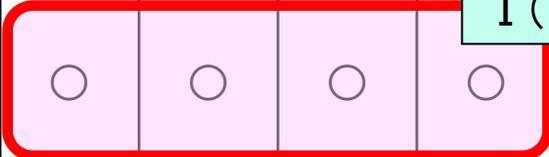
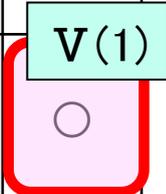
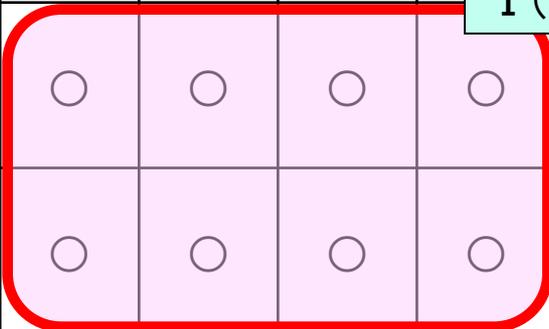
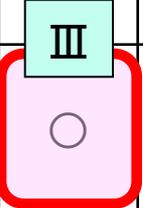
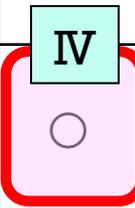
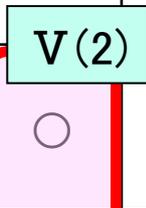
電気設備の耐性評価および復旧迅速化対策の検討結果(一部)について

平成26年4月15日

電気事業連合会

電源開発株式会社

 ご報告内容

		南海トラフ巨大地震		首都直下地震		その他強振動	集中豪雨	大規模地滑り	暴風	火山噴火	太陽フレア	
		地震	津波	地震	津波							
火力発電設備						I (1)					 V (1)	
水力発電設備	ダム					○		○		○	○	○
	水路等						○	○				
基幹送電設備 (17万V以上)						I (2)*	 III		 IV	 V (2)		
基幹変電設備 (17万V以上)												

※送変電設備の耐震性評価については、実績等に基づくマクロ評価を実施。今後、代表設備による妥当性確認を行う。

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

- (1) 火力発電設備
- (2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

V 大規模火山噴火

- (1) 火力発電設備
- (2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

電気事業者は、従来より被害の実績や中央防災会議の被害想定等※を踏まえて、**電気設備の耐震・津波対策を進めてきた。**

※ 至近では、平成7年兵庫県南部地震や平成23年東北地方太平洋沖地震などの被害実績および、中央防災会議の平成15年東海・東南海・南海想定地震や平成17年首都直下想定地震の想定など。

一方、先般、中央防災会議が既往最大を超える最大クラスを想定した南海トラフ巨大地震や新たな首都直下地震想定を発表し、これらに対しては**人命確保、減災対策、復旧迅速化等を講じるべき旨の方針**が示されている。

今回、電気設備自然災害等対策WGの検討内容に基づき、中央防災会議の方針も踏まえ、これら南海トラフ巨大地震および首都直下地震に対する電気設備の耐性を検討した。

<これまでの経緯と取組内容>

経緯		取組内容
平成7年～	兵庫県南部地震(経験)	電気設備防災対策検討会(平成7年度) 防災基本計画(平成7年7月中央防災会議決定)における今後の構造物、施設等の耐震性確保についての考え方を踏襲し、「耐震性区分Ⅰ」と「耐震性区分Ⅱ」の2つに電力設備を区分し耐震性の確保を図ることとした
平成15年～ 平成17年～	中央防災会議 東海・東南海・南海地震(想定) 首都直下地震(想定)	各社の被害想定や設備の実態を考慮した各種対策を実施
平成23年～	東北地方太平洋沖地震(経験)	電気設備地震対策WG(平成23年度) 津波への対応に関する電気設備の区分についても、地震と同様な区分を設定し、東北地方太平洋沖地震により得られた知見をもとに、復旧迅速化に資するマニュアルの整備等、より具体的なソフト対策を検討
平成25年～	南海トラフ巨大地震・首都直下地震(想定)	電気設備自然災害等対策WG(今回) 南海トラフ巨大地震、首都直下地震による地震動および津波に対する電気設備の耐性評価および復旧迅速化策を検討

I 地震動・津波に対する設備の耐性区分と想定地震の位置づけ

- 既往最大を超える最大クラスを想定した南海トラフ巨大地震等に対しては、中央防災会議の方針や広域的な被害が想定される観点も踏まえ、**人命確保、減災、復旧迅速化についてソフト対策を主眼に検討。**

地震動・津波のレベル	設備区分Ⅰ	設備区分Ⅱ	想定地震	
	ダム、油タンク LNGタンク	発電設備、17万V以上の 変電設備・送電設備 等	南海トラフ 巨大地震	首都直下地震
一般的な地震動 頻度の高い津波 (供用期間中に1~2度程度発生)	機能に重大な支障が 生じないこと(機能維持)	機能に重大な支障が 生じないこと(機能維持)		
高レベルの地震動 (発生確率は低いが高レベルの地震動)	・人命に重大な影響を 与えないこと (公衆安全の確保)	・代替性の確保等により 総合的にシステムの 機能が確保されること		
最大クラスの津波 (発生が極めてまれである 最大クラスの津波)	・人命に重大な影響を 与えないよう類似の コンビナート等との 整合をとった対策	・個々の設備の重要度 等を踏まえ、復旧の迅 速化を図るための対応 ・減災対策等による影響 の緩和		
	人命確保、減災、復旧迅速化			

I 地震動・津波ケース選定の考え方

ケース選定の基本的考え方

検討対象	根拠データ	基本的な考え方
南海トラフ巨大地震	内閣府想定または自治体想定	根拠データのうち、各設備の所在地点において、以下に基づきケースを選定 (地震)震度が最大となるケース (津波)浸水深が最大となるケース
首都直下地震	内閣府想定または自治体想定	根拠データのうち、各設備の所在地点において、以下に基づきケースを選定 (地震)震度が最大となるケース ※ (津波)浸水深が最大となるケース

※火力発電設備の場合であり、送変電設備については今後詳細検討



今回の検討においては、各設備の所在位置における最大浸水深(地震動)に基づき、個別に設備被害を想定している(地点により選定するケースが異なる)ため、起こりえる最大ケース以上の過酷な条件となる

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

V 大規模火山噴火

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

➤ 耐性評価および被害想定の方

- ・ 火力発電設備は、ボイラー、タービン・発電機等の主要設備や、建物、ポンプ、ファン、モータ、制御盤等の付属設備など、多種多様な設備でシステム構成されており、全てが健全な状態において発電が可能。
- ・ したがって、発電システム全体を包括的に耐性評価することを前提とし、兵庫県南部地震や東北地方太平洋沖地震等での地震動（震度階）や、津波による浸水深に応じた被害実績と、発電再開までの復旧期間の相関を分析し、耐性評価の基準を作成。
- ・ また、他法令の基準等に基づいて設置されている設備もあり、それら関係機関の設備の被害実績等も用いて評価。
- ・ 耐性評価の基準を基に、各社において被害が最大となるケースで被害を想定。

➤ 被害想定の手順

- ・ 対象となる自然災害（南海トラフ巨大地震、首都直下地震）に対して、内閣府や各自治体で想定している地震動（震度階）と津波による浸水深を用い、被害想定を実施。

(評価手順 例)

- ① 内閣府、自治体の公表データ（それに基づく詳細データ）を入手。
- ② 発電所の地点データより、敷地内での該当の震度階、浸水深を読み取り。
- ③ 実績に基づき作成した評価基準から、被害レベルと復旧期間を想定。

➤ 耐性評価に用いた想定地震および想定津波のケース

- 耐性評価にあたっては、中央防災会議の評価条件が明らかになっている想定地震動および想定津波ケース※から、**各社ごとで被害が最も過酷となるケース**を用いた。なお、自治体が独自の想定を公表している場合はそれを用いることも可能とした。

※ 南海トラフ巨大地震 (地震動: 5ケース、津波: 11ケース)、首都直下地震 (M7クラス19ケース+M8クラス大正関東地震)

<各社が用いた主な想定ケース>

会社	南海トラフ巨大地震		首都直下地震	
	地震動	津波	地震動	津波
東京	・内閣府 [経験的手法]	・内閣府 [ケース①]	・大正関東	・大正関東
中部	・内閣府 [陸側ケース]	・内閣府 [ケース⑦]	—	—
北陸	・内閣府 [経験的手法]	—	—	—
関西	・自治体 [大阪府、和歌山県、兵庫県] ・内閣府 [陸側ケース]	・自治体 [大阪府、和歌山県、兵庫県]	—	—
中国	・自治体 [広島県] ・内閣府 [経験的手法]	・内閣府 [ケース⑤]	—	—
四国	・自治体 [徳島県、香川県、愛媛県]	・自治体 [徳島県、香川県、愛媛県]	—	—
九州	・内閣府 [経験的手法]	・内閣府 [ケース⑩]	—	—
電源開発	・自治体 [徳島県、兵庫県、広島県] ・内閣府 [経験的手法]	・自治体 [徳島県、兵庫県、広島県] ・内閣府 [ケース①⑩]	・大正関東	・大正関東

■ 設備区分 I (燃料油タンク、LNGタンク) の
地震動に対する耐性評価

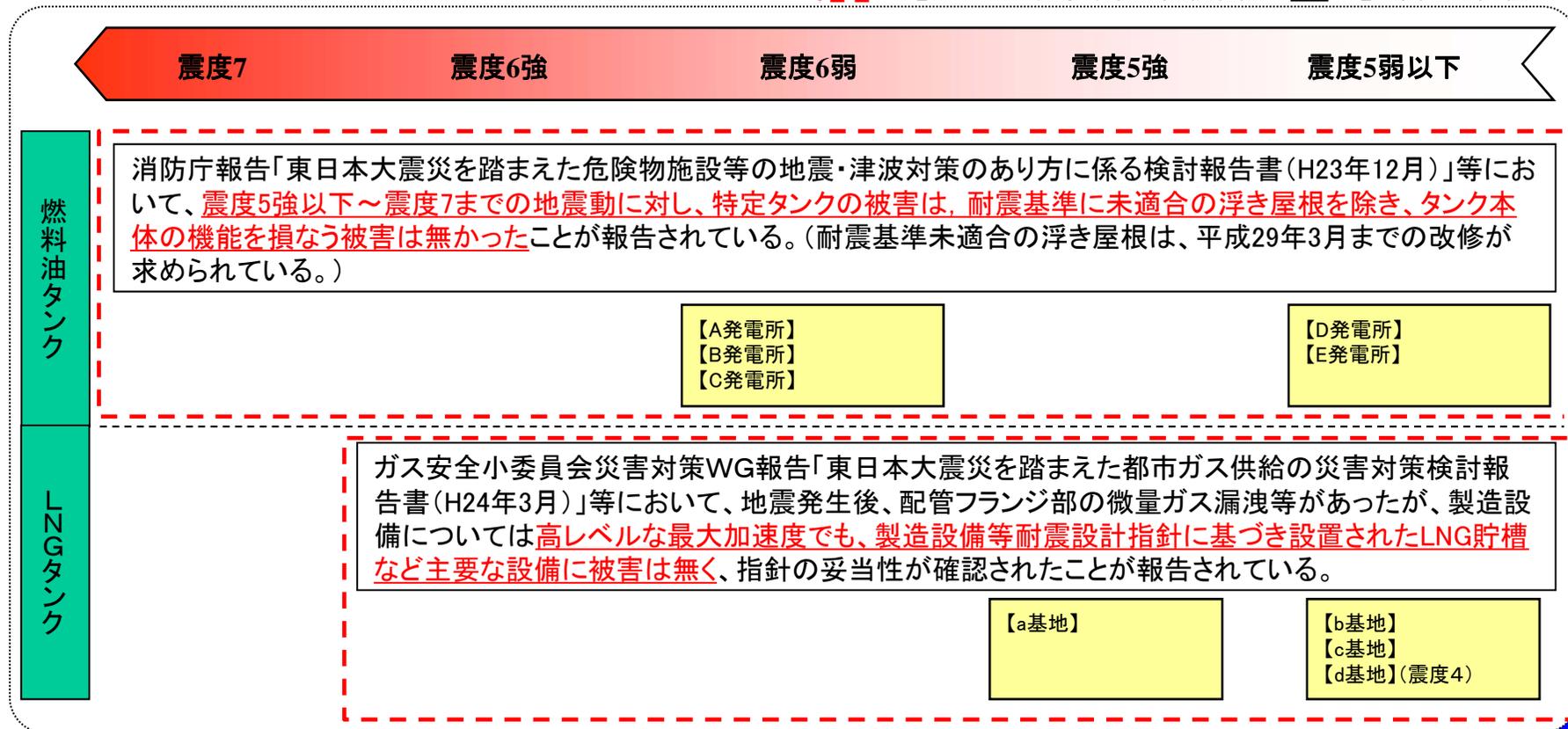
<耐性評価の考え方>

- ・ 設備区分 I については実績の震度階までは耐震性を有している。実績を超える震度7が想定される地点のLNGタンクの評価については、高圧ガス保安法において現行基準の課題検討を含めた耐震基準の見直しが議論されており、これらに準じて対応。

設備	実績に基づく耐性評価
燃料油タンク	タンクの側板座屈、浮き上がりなど、地震動による特定屋外貯蔵タンク本体機能への被害は見られない。
LNGタンク	震度6強においてタンク本体機能など主要設備への被害は見られない。

<東北地方太平洋沖地震の影響を受けた代表的な実績>

--- : 電力以外の他事業者の実績範囲 □ : 電力関連の実績



➤ 燃料油タンク

- ・耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷なケースを集計すると下表のとおり。
- ・重大な被害は無いものと想定され、人命に重大な影響は与えない。

(単位:箇所、油タンクを設置する火力発電所数)

評価基準		震度7までの地震動に対し、タンクの側板座屈、浮き上がりなど本体機能を損なうことなく耐震性を有している。(なお、耐震基準に未適合の浮き屋根は、平成29年3月までに改修を実施。)			
評価結果	震度階	7	6強	6弱	5強以下
	発電所数 計	10	7	5	26
	東京電力	0	0	0	6
	中部電力	5	0	0	0
	北陸電力	0	0	0	5
	関西電力	2	0	4	2
	中国電力	0	3	1	3
	四国電力	2	2	0	0
	九州電力	0	0	0	7
	電源開発	1	2	0	3
総計	48				

➤ LNGタンク(電気事業法に係るもの)

- ・ 耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷なケースを集計すると下表のとおり。
- ・ すべて6強以下であり、重大な被害は無いものと想定され、人命に重大な影響は与えない。

(単位:箇所、LNG基地数)

評価基準		震度6強までの地震動に対し、タンク本体機能を損なうことなく耐震性を有している。			
評価結果	震度階	7	6強	6弱	5強以下
	基地数 計	0	3	1	6
	東京電力	0	0	0	5
	中部電力	0	2	0	1
	北陸電力	0	0	0	0
	関西電力	0	1	0	0
	中国電力	0	0	1	0
	四国電力	0	0	0	0
	九州電力	0	0	0	0
	電源開発	0	0	0	0
総計	10				

- ・ 電力各社がLNG供給を受けている高圧ガス保安法およびガス事業法に係る基地事業者(全10箇所)への耐性の確認結果、震度7エリアにある基地1箇所が、高圧ガス保安法の検討に準じて今後評価、対応することを確認。その他9箇所は震度6強以下。
- ・ なお、当該震度7の基地からLNGの供給を受けている発電所は他の複数の基地からも供給を受けており、万一当該基地からの供給が被災した場合には、他の基地からの供給調整を実施するなど、可能な限り供給力の確保に努める。

➤ 燃料油タンク

- ・耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷なケースを集計すると下表のとおり。
- ・重大な被害は無いものと想定され、人命に重大な影響は与えない。

(単位:箇所、油タンクを設置する火力発電所数)

評価基準		震度7までの地震動に対し、タンクの側板座屈、浮き上がりなど本体機能を損なうことなく耐震性を有している。 (なお、耐震基準に未適合の浮き屋根は、平成29年3月までに改修を実施。)			
評価結果	震度階	7	6強	6弱	5強以下
	発電所数 計	1	2	1	3
	東京電力	0	2	1	3
	電源開発	1	0	0	0
	総計	7			

➤ LNGタンク(電気事業法に係るもの)

- ・ 耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷なケースを集計すると下表のとおり。
- ・ 震度6強以下のタンクについては重大な被害は無いものと想定され、人命に重大な影響は与えない。
- ・ 実績を超える震度7が想定される地点のLNGタンクの評価については、高圧ガス保安法において現行基準の課題検討を含めた耐震基準の見直しが議論されており、これらに準じて対応。

(単位:箇所、LNG基地数)

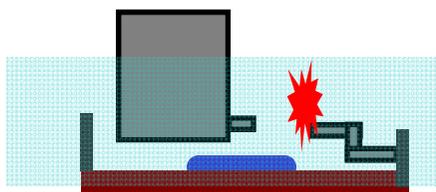
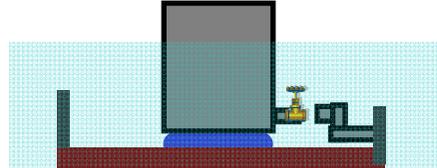
評価基準		震度6強までの地震動に対し、タンク本体機能を損なうことなく耐震性を有している。			
評価結果	震度階	7	6強	6弱	5強以下
	基地数 計	1	2	2	0
	東京電力	1※	2	2	0
	電源開発	0	0	0	0
	総計	5			

※タンク数は1基

- ・ 東京電力がLNG供給を受けているガス事業法に係る基地事業者(全2箇所)への耐性の確認結果、震度7エリアにある基地1箇所が、高圧ガス保安法の検討に準じて今後評価、対応することを確認。その他1箇所は震度6強以下。
- ・ 震度7の基地(上表1箇所、上表以外1箇所)からLNGを供給されている発電所は、出力が100万kW程度(東京電力の火力発電所出力計の約3%)と比較的影響が小さく、全体供給力とのバランスを見極めた上で可能な限り供給力の確保に努める。

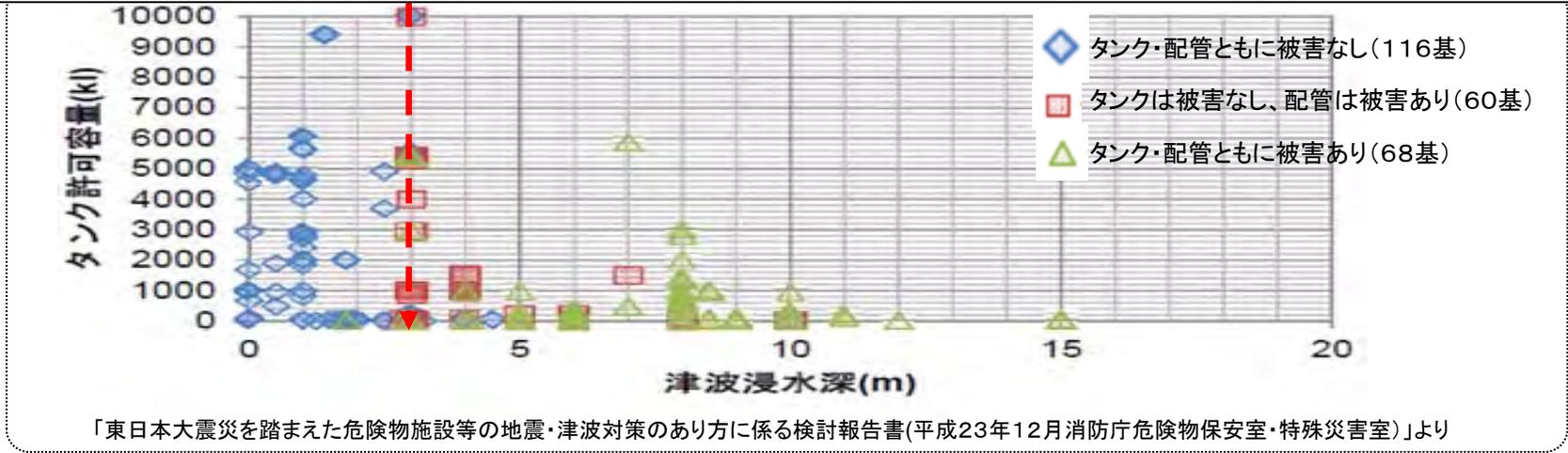
■ 設備区分 I (燃料油タンク、LNGタンク) の
津波に対する耐性評価

➤ 燃料油タンク
 <耐性評価の考え方>

被害レベル	レベルA	レベルB
被害の程度	<p>タンク本体の移動等や配管の損傷から、大量の油が漏洩する懸念がある。</p> 	<p>浸水しても影響がない、又はタンク元弁の緊急閉止対策やタンク本体の移動防止対策により大量の油が漏洩する懸念はない。</p> 

<東北地方太平洋沖地震の被害実績>

- ・ 3m以上の浸水がある場合、タンク本体や配管が損傷する可能性が高くなる。
- ・ 消防庁提供のツールでタンクの被害予測と対策の実施。タンク元弁の緊急閉止対策等を実施(3m以上の浸水)。



➤ LNGタンク(電気事業法に係るもの)

南海トラフ巨大地震・首都直下地震において、浸水が想定されるLNGタンクはない。

➤ 燃料油タンク

- ・ 耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷となるケースを集計すると下表のとおり。
- ・ 8箇所の浸水が想定されるが、平成24年消防庁通知に基づく評価基準に記載の対策を実施済みであり、人命に大きな影響を与えない。

(単位: 箇所、油タンクを設置する火力発電所数)

評価基準	被害レベル	レベルA	レベルB
	被害の程度	タンク本体の移動等や配管の損傷から、大量の油が漏洩する懸念がある。	浸水しても影響がない、又はタンク元弁の緊急閉止対策やタンク本体の移動防止対策により大量の油が漏洩する懸念はない。
評価結果	発電所数 計	0	8
	東京電力	0	0
	中部電力	0	2
	北陸電力	0	0
	関西電力	0	2
	中国電力	0	0
	四国電力	0	3
	九州電力	0	0
	電源開発	0	1
	総計	48 (浸水しない発電所[40箇所]を含む)	

➤ LNGタンク(電気事業法に係るもの)

- ・ 対象各社の被害が最も過酷となる想定を集計しても、LNG基地(全10箇所)のタンクは、浸水しない想定であり、人命に重大な影響を与えない。

➤ 燃料油タンク

- ・ 対象各社の最も被害が過酷となるケースを集計しても、火力発電所(全7箇所)の燃料油タンクは浸水しない想定であり、人命に重大な影響を与えない。

➤ LNGタンク(電気事業法に係るもの)

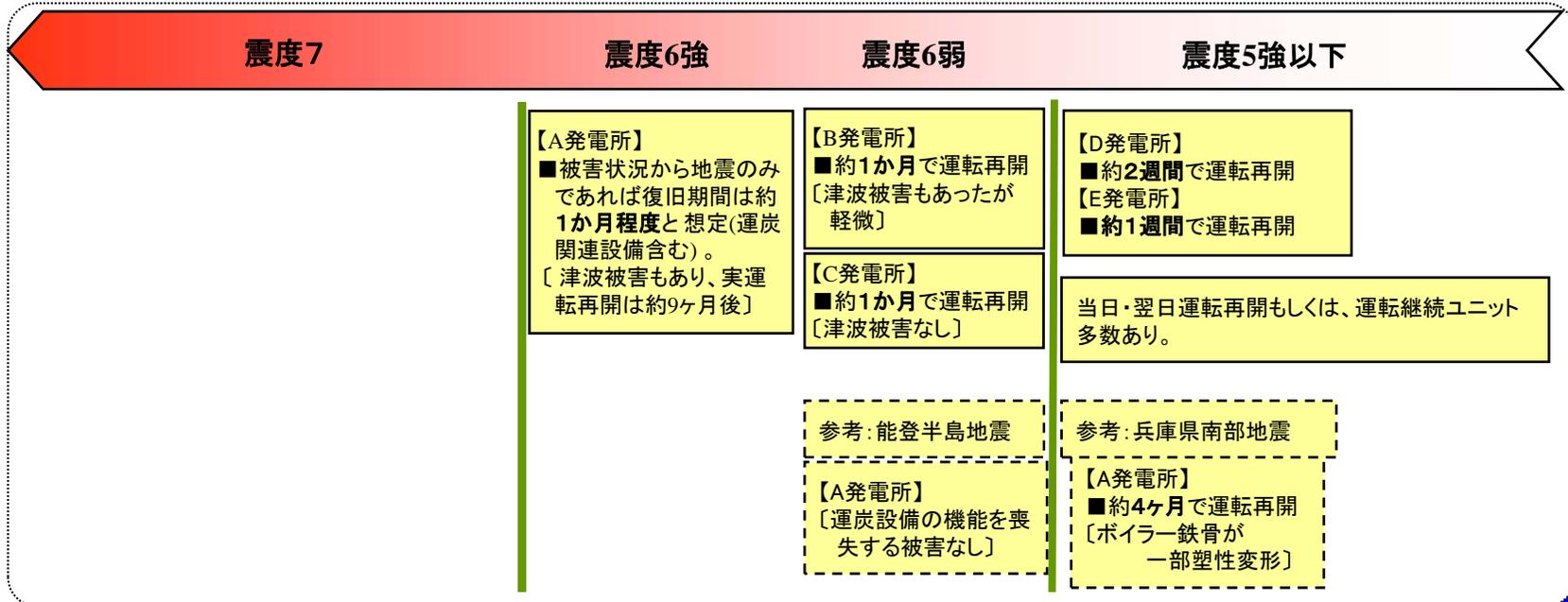
- ・ 対象各社の最も被害が過酷となるケースを集計しても、LNG基地(全5箇所)のタンクは浸水しない想定であり、人命に重大な影響を与えない。

■ 設備区分Ⅱ（ボイラー、タービン等発電設備）の
地震動に対する耐性評価

<耐性評価の考え方>

被害レベル	レベルA	レベルB	レベルC
被害の程度	ボイラー鉄骨やタービン建屋鉄骨に塑性変形等大規模な被害が発生する可能性有。	ボイラー過熱管等に中規模な被害が発生。また、鉄骨に軽微な塑性変形が発生する可能性有。	ボイラー過熱管等を含め小規模な被害が発生、もしくは、被害なし。
復旧期間の目安	1ヶ月程度以上 (ユニットが複数ある発電所は、復旧作業の輻輳状況等に応じた復旧期間が必要)	1ヶ月程度以内 (ユニットが複数ある発電所は、復旧作業の輻輳状況等に応じた復旧期間が必要)	1週間程度以内もしくは運転継続 (被害状況が運転に支障のない程度であれば運転を継続)
復旧の概要	・被害レベルBの復旧内容に加え、塑性変形した本体構造物の修理等に相当の期間が必要。	・被害状況を点検し、ボイラ過熱管等の部品の交換、または可能な範囲で代替部品での応急的な修理で復旧。	・点検や応急的な修理により早期に復旧。

<東北地方太平洋沖地震の代表的な被害実績>



- ・耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷となるケースを集計すると、8割超（発電出力ベース）の発電所が1ヶ月程度以内で順次復旧。
- ・また、約2割の発電所はさらに大きな被害が想定され、1ヶ月程度以上の復旧期間が必要。
- ・被害範囲やユニット数に応じて更なる復旧期間を要する可能性も考えられるため、各社の設備実態ならびに被害想定に応じた復旧迅速化策を講じる事により、可能な限り早期の供給力確保に努める。

(単位:箇所、万kW)

評価基準	被害レベル	レベルA		レベルB		レベルC
	被害の程度	ボイラー鉄骨やタービン建屋鉄骨に塑性変形等大規模な被害が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に中規模な被害が発生。また、鉄骨に軽微な塑性変形が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に小規模な被害が発生、もしくは被害なし。
	復旧期間の目安	1か月程度以上		1か月程度以内		1週間程度以内もしくは運転継続
想定結果	震度階	7		6強	6弱	5強以下
	発電所数 (全70箇所)	11 [6]※1		12	10	37
	発電出力 (計12,012万kW※2)	2,162 [882] ※1		1,851	1,327	6,673
	出力割合※3	18% [7%]※1		15%	11%	56%

8割超
(約9,900万kW)

※1 地震動に加え、[]の6発電所は津波によるレベルA(復旧期間4ヶ月程度以上)の被害も発生。(再掲)
 ※2 四捨五入の関係で計が合わない。
 ※3 電力7社と電源開発の火力発電所出力合計に対する、被害が想定される火力発電所出力の単純合計の割合。
 (起こりえる最大ケースよりも過酷な条件での結果となることに留意が必要)

● 各社別内訳

(単位: 箇所、万kW)

評価基準	被害レベル	レベルA		レベルB		レベルC			
	被害の程度	ボイラー鉄骨やタービン建屋鉄骨に塑性変形等大規模な被害が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に中規模な被害が発生。また、鉄骨に軽微な塑性変形が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に小規模な被害が発生、もしくは被害なし。			
	復旧期間の目安	1か月程度以上		1か月程度以内		1週間程度以内もしくは運転継続			
評価結果	震度階	7		6強	6弱	5強以下			
	発電所数、出力計 ^{※1}	11	2,162	12	1,851	10	1,327	37	6,673
	東京電力	0	0	0	0	0	0	15	4,289
	中部電力	6 [1] ^{※2}	1,367	3	911	0	0	1	173
	北陸電力	0	0	0	0	0	0	5	440
	関西電力	2 [2] ^{※2}	390	1	266	7	887	2	255
	中国電力	0	0	4	309	2	210	3	258
	四国電力	2 [2] ^{※2}	195	2	185	0	0	0	0
	九州電力	0	0	0	0	1	230	8	839
	電源開発	1 [1] ^{※2}	210	2	180	0	0	3	420
総計	70箇所、12,012万kW								

※1 起こりえる最大ケースよりも過酷な条件での結果となることに留意が必要。四捨五入の関係で計が合わない。

※2 地震動に加え、[]の発電所は津波によるレベルA(復旧期間4ヶ月程度以上)の被害も発生。(再掲)

- ・耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷となるケースを集計すると、9割超（発電出力ベース）の発電所が1ヶ月程度以内で順次復旧。
- ・被害範囲やユニット数に応じて更なる復旧期間を要する可能性も考えられるため、各社の設備実態ならびに被害想定に応じた復旧迅速化策を講じる事により、可能な限り早期の供給力確保に努める。

(単位:箇所、万kW)

評価基準	被害レベル	レベルA		レベルB		レベルC
	被害の程度	ボイラー鉄骨やタービン建屋鉄骨に塑性変形等大規模な被害が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に中規模な被害が発生。また、鉄骨に軽微な塑性変形が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に小規模な被害が発生、もしくは被害なし。
	復旧期間の目安	1か月程度以上		1か月程度以内		1週間程度以内もしくは運転継続
想定結果	震度階	7		6強	6弱	5強以下
	発電所数 (全16箇所)	2		7	4	3
	発電出力 (計4,409万kW)	235		1,717	1,297	1,160
	出力割合※	5%		39%	30%	26%

9割超
(約4,200万kW)

※ 東京電力と電源開発の火力発電所出力合計に対する、被害が想定される火力発電所出力合計の割合。
(M8クラス 大正関東地震での想定)

● 各社別内訳

(単位:箇所、万kW)

評価基準	被害レベル	レベルA		レベルB		レベルC			
	被害の程度	ボイラー鉄骨やタービン建屋鉄骨に塑性変形等大規模な被害が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等に中規模な被害が発生。また、鉄骨に軽微な塑性変形が発生する可能性有。		ボイラー過熱管等を含め小規模な被害が発生、もしくは、被害なし。			
	復旧期間の目安	1か月程度以上		1か月程度以内		1週間程度以内もしくは運転継続			
評価結果	震度階	7		6強	6弱	5強以下			
	発電所数、出力計	2	235	7	1,717	4	1,297	3	1,160
	東京電力	1	115	7	1,717	4	1,297	3	1,160
	電源開発	1	120	0	0	0	0	0	0
	総計	16発電所、4,409万kW							

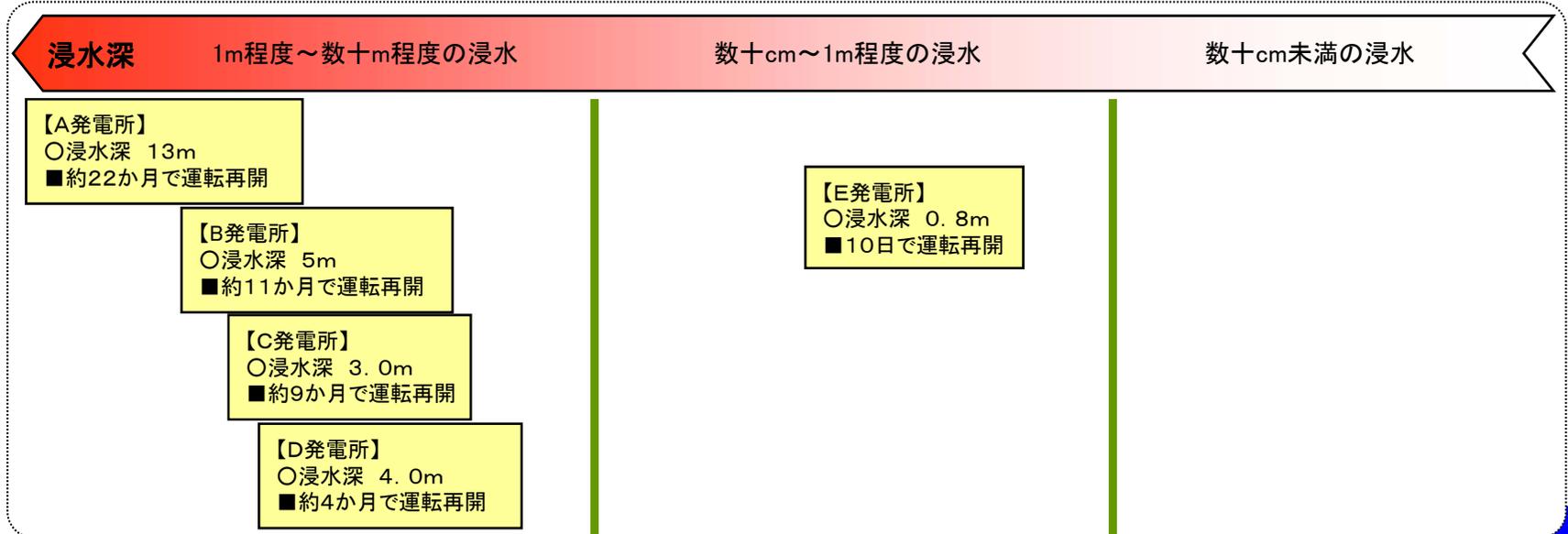
■ 設備区分Ⅱ（ボイラー、タービン等発電設備）の
津波（浸水）に対する耐性評価

＜耐性評価の考え方＞

被害レベル	レベルA	レベルB	レベルC
被害の程度	ユニット稼動に不可欠な機器および電動機等が浸水。	ユニット稼動に不可欠な機器の現地制御盤・操作盤および電源等が浸水。	構内が一部浸水するが、機器は浸水しない。
浸水深の目安※	1m程度～数十m	数十cm～1m程度	数十cm未満
復旧期間の目安	4か月程度以上 (被害範囲が広がれば、それに応じた復旧期間が必要。)	4か月程度以内	運転継続可能
復旧の概要	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧電動機のコイル巻き替え修理に、3～4ヶ月程度(通常時)の期間が必要。また、被害機器数の増加により、修理工場の対応可能状況等に応じて復旧期間は延長。 ・更に主要機器(タービン等)が被害を受けた場合、詳細な点検修理に相当期間必要。 	<ul style="list-style-type: none"> ・被害を受けた各機器の点検を実施し、部品の交換や洗浄、または可能な範囲で代替部品での応急的な修理により復旧。 	—

＜東北地方太平洋沖地震の代表的な被害実績＞

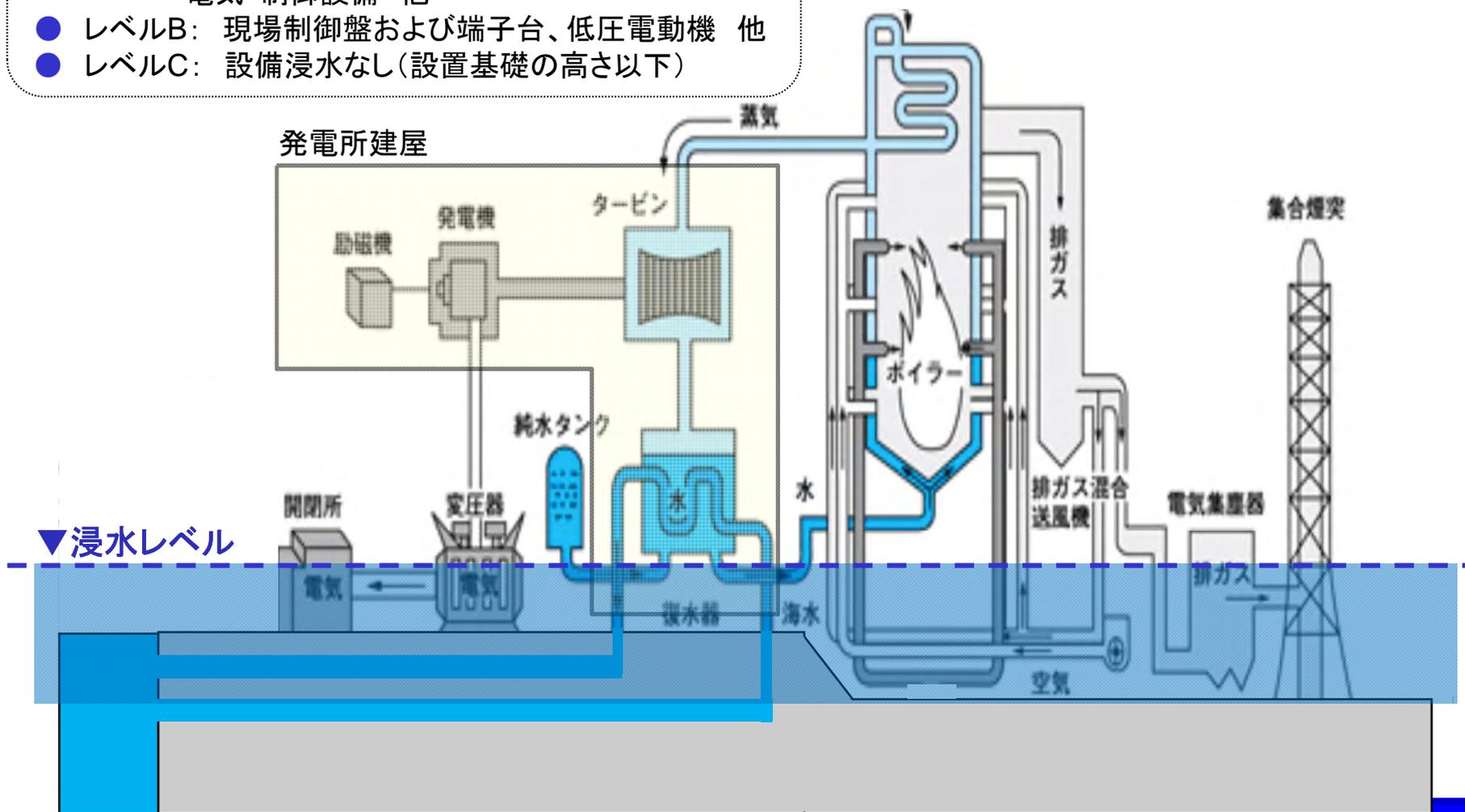
※機器の設置状況により被害レベルは異なる。



- ・ 発電所毎に設備の設置状況(場所、高さ、個数等)が異なるが、浸水深が深くなるほど広範囲かつ多数の機器が浸水被害を受ける。

レベルに応じて浸水被害を受ける機器の例

- レベルA: 高圧電動機、潤滑油タンク、非常用電源、電気・制御設備 他
- レベルB: 現場制御盤および端子台、低圧電動機 他
- レベルC: 設備浸水なし(設置基礎の高さ以下)



● 南海トラフ巨大地震

- ・ 耐性評価基準に基づき、対象各社の被害が最も過酷となる想定を集計すると、9割超（発電出力ベース）の発電所が運転継続可能。
- ・ 被害レベルAの発電所（6箇所）は4ヶ月程度以上の復旧期間が必要と想定され、さらに被害範囲やユニット数に応じて相当の復旧期間を要する可能性が考えられる。このため、各社の設備実態ならびに被害想定に応じた復旧迅速化策を講じる事により可能な限り早期の供給力確保に努める。

（単位：箇所、万kW）

	被害レベル	レベルA	レベルB	レベルC
評価基準	被害の程度	ユニット稼動に不可欠な機器および電動機が浸水。	ユニット稼動に不可欠な機器の現地制御盤・操作盤および電源が浸水。	構内が一部浸水するが、機器は浸水しない。
	復旧期間の目安	4か月程度以上	4か月程度以内	運転継続可能
	浸水深	3m～10m	（数十cm～1m程度）	数十cm
想定結果	発電所数 （全70箇所※1）	6	0	7
	発電出力 （計12,012万kW※1）	882	0	1,559
	出力割合※2	7%	0%	13%

※1 70箇所には、浸水しない発電所（57箇所、9,571万kW、出力割合80%）も含む。

※2 出力割合は、電力7社+電源開発の火力発電所出力合計に対する、被害が想定される火力発電所出力の単純合計の割合。
（起こりえる最大ケースよりも過酷な条件での結果となることに留意が必要）

● 首都直下地震

- ・ 対象各社の被害が最も過酷となる想定を集計しても、火力発電所（16箇所）は浸水しない想定であり、被害（発電支障）は生じない。

● 南海トラフ巨大地震 各社別内訳

(単位: 箇所、万kW)

評価基準	被害レベル	レベルA		レベルB		レベルC	
	被害の程度	ユニット稼動に不可欠な機器および電動機が浸水。		ユニット稼動に不可欠な機器の現地制御盤・操作盤および電源が浸水。		構内が一部浸水するが、機器は浸水しない。	
	復旧期間の目安	4か月程度以上		4か月程度以内		運転継続可能	
評価結果	浸水深	3m~10m		(数十cm~1m程度)		数十cm程度	
	発電所数、出力計※1	6	882	0	0	7	1,559
	東京電力	0	0	0	0	1	227
	中部電力	1	88	0	0	3	899
	北陸電力	0	0	0	0	0	0
	関西電力	2	390	0	0	2	204
	中国電力	0	0	0	0	0	0
	四国電力	2	195	0	0	0	0
	九州電力	0	0	0	0	1	230
	電源開発	1	210	0	0	0	0
	総計※2	70箇所、12,012万kW					

※1 四捨五入の関係で各社の合計と合わない。 ※2 浸水しない発電所(57箇所、9,571万kW)を含む。

➤ 設備区分Ⅰ（燃料油タンク、LNGタンク）について

- ・ 電気事業者以外の他事業者の設備も含めた実績に基づく耐性評価から、地震動および津波に対し、重大な被害は発生しないものと想定され、人命に重大な影響は与えない。
- ・ なお、実績を超える震度7が想定される地点のLNGタンクの評価については、高圧ガス保安法において現行基準の課題検討を含めた耐震基準の見直しが議論されており、これらに準じて対応。

➤ 設備区分Ⅱ（ボイラー、タービン等発電設備）について

- ・ 実績に基づく耐性評価基準に基づき、対象各社の地震動および津波による被害が最も過酷となるケースを集計すると、概ね発電所※は1か月程度以内で順次復旧。

※ 南海トラフ巨大地震 8割超、首都直下地震 9割超

（一般電気事業者および電源開発対象各社の火力発電所出力合計に対する、復旧1か月以内の被害もしくは被害なしと想定される火力発電所出力の単純合計の割合。

いずれも起こりえる最大ケースよりも過酷な条件での結果となることに留意が必要。

- ・ しかしながら、設備被害の範囲やユニット数に応じて更なる復旧期間を要する可能性も考えられるため、各社の設備実態ならびに被害想定に応じた復旧迅速化策を講じる事により、可能な限り早期の供給力確保に努める。

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

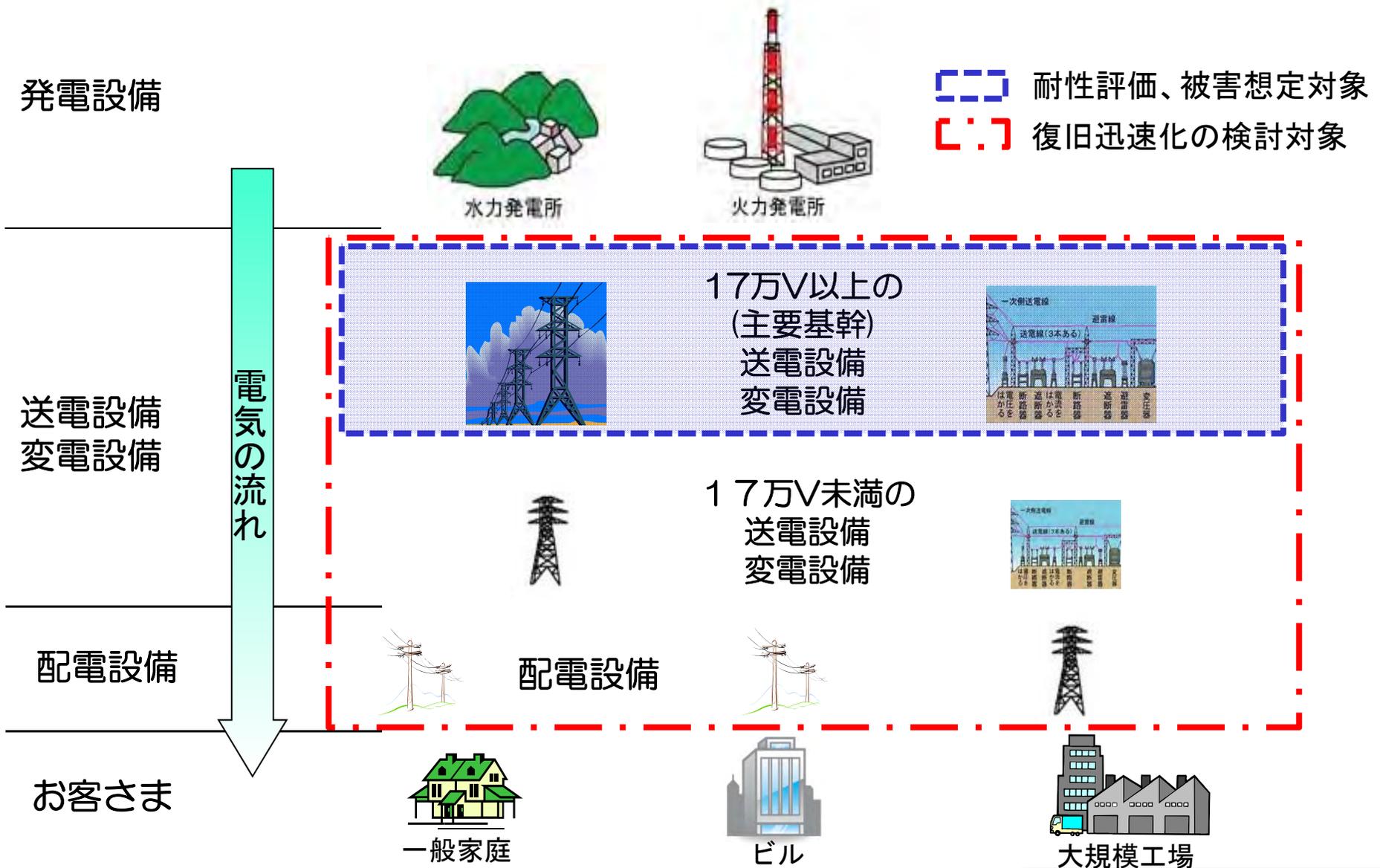
V 大規模火山噴火

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

➤ 送電設備、変電設備、配電設備の検討対象の整理



➤ 耐性評価に用いた想定地震および想定津波のケース

- 耐性評価にあたっては、中央防災会議の評価条件が明らかになっている想定地震動および想定津波ケースから、**各社ごとで被害が最も過酷となるケース**を用いた。なお、自治体が独自の想定を公表している場合はそれを用いることも可能とした。

＜各社が用いた主な想定ケース＞

会社	南海トラフ巨大地震		首都直下地震	
	地震動	津波	地震動	津波
東京	・内閣府 [東側ケース・経験的手法]	・内閣府全11ケース ※設備被害なし	今後 詳細 検討	・大正関東
中部	・内閣府全5ケース	・内閣府全11ケース		・大正関東
関西	・自治体[大阪府・和歌山県] ・内閣府[陸側ケース]	・自治体[大阪府ケース④] ・自治体[和歌山県ケース③] ・内閣府[ケース③]	—	—
中国	・自治体 [広島県・岡山県・山口県]	・自治体 [広島県・岡山県・山口県]	—	—
四国	・自治体[徳島県・高知県] [香川県・愛媛県]	・自治体[徳島県・高知県] [香川県・愛媛県]	—	—
九州	・内閣府 [経験的手法・陸側ケース]	・内閣府[ケース⑪]	—	—
電源 開発	・自治体 [愛媛県・香川県] [徳島県・高知県等] ・内閣府 [経験的手法・陸側ケース]	・自治体 [愛媛県・香川県] [徳島県・高知県等] ・内閣府[ケース⑦]	今後 詳細 検討	・大正関東

- 地震動に対する耐性評価

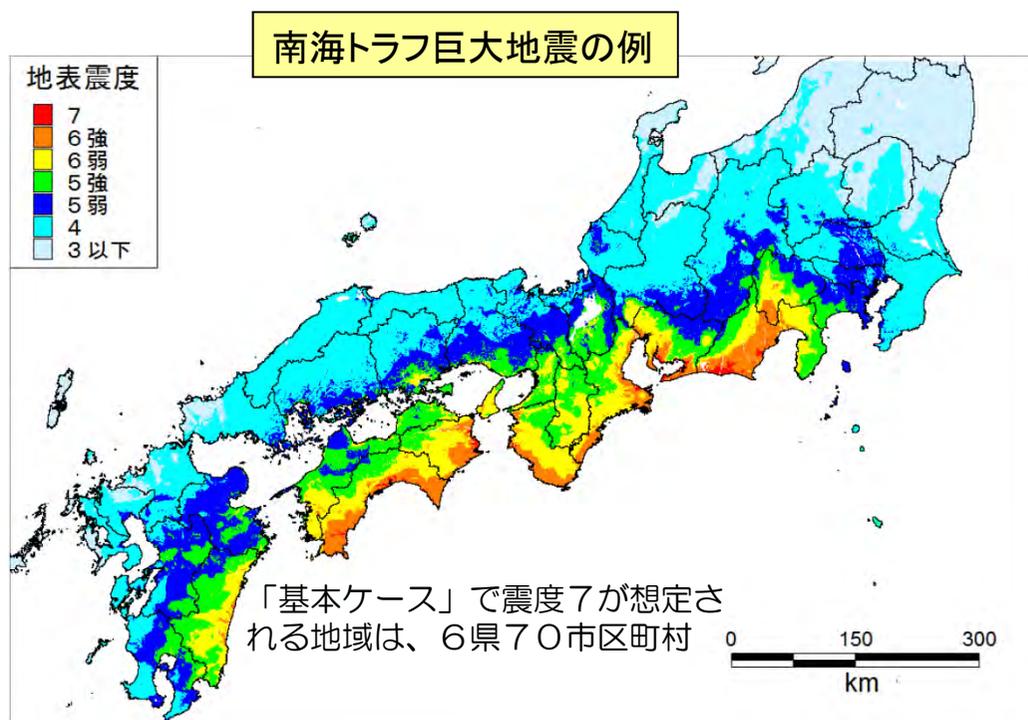
I (2) はじめに(地震)

1. 目的

- 南海トラフ巨大地震および首都直下地震の地震動に対して、著しい(長期的かつ広域的)供給支障が生じないかの評価と対策を検討

2. 検討対象

- 対象設備は、17万V以上の送変電設備
- 内閣府または自治体の地震動想定結果に基づく被害想定



ワーキンググループの検討においては、5ケース(強振動生成域の設定を4ケース+経験的手法)の震度分布を推計

「基本ケース」の震度分布

出典:南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ報告書(平成25年5月)

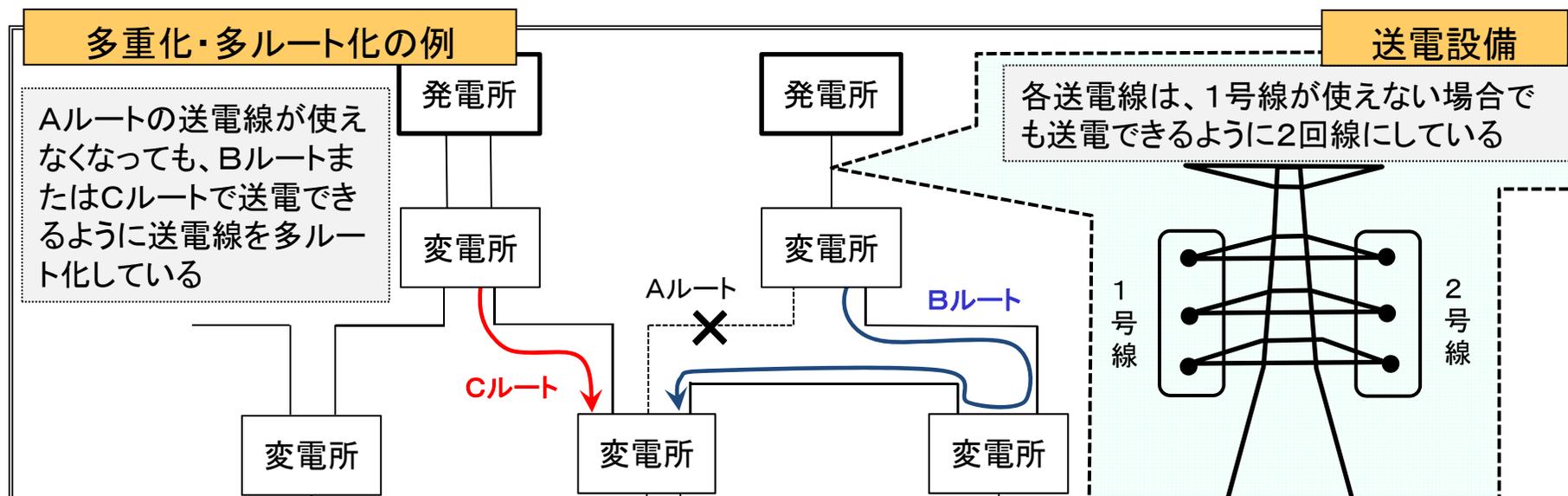
3. 影響評価の考え方

(1) 過去の地震に対する評価

- 電力供給システムは、多重化・多ルート化で構築されており、過去の「①兵庫県南部地震」および「②東北地方太平洋沖地震」に対し、『**総合的にシステムの機能は確保**』かつ『**現行耐震基準は妥当(①)、あるいは、耐震性能は基本的に満足(②)**』と評価

兵庫県南部地震 : 電気設備防災対策検討会 (委員長: 関根東京理科大学教授〔当時〕)

東北地方太平洋沖地震: 電気設備地震対策ワーキンググループ (主査: 横山東京大学大学院教授)



平成19年4月にまとめられた「電力システムの構成及び運用に関する研究会(委員長: 横山東京大学大学院教授)報告書」では、『電力各社の基幹系統は、構成および運用ともに**ループ(複数の異なるルートで環状に接続)**』『**ルート事故でも直ちに停電が起こらない構成**』であることが確認されている

I (2) 地震に対する耐性評価の進め方

3. 影響評価の考え方

(2) 東北地方太平洋沖地震等の設備被害状況

	震度7	震度6強	震度6弱	震度5強
変電設備 (変圧器)	【設備数:2台】 被害数:なし(0%)	【設備数:216台】 被害数:4台(1.9%)	【設備数:732台】 被害数:28台(3.8%)	【設備数:1,485台】 被害数:10台(0.7%)
架空送電設備 (鉄塔)	【設備数:84基】 被害数:1基(1.2%)	【設備数:2,506基】 被害数:2基(0.1%)	【設備数:13,579基】 被害数:9基(0.1%)	【設備数:20,023基】 被害数:6基(0.03%)
地中送電設備 (ケーブル)	【設備数:72回線】 被害数:2回線(2.8%)	【設備数:115回線】 被害数:3回線(2.6%)	【設備数:286回線】 被害数:8回線(2.8%)	【設備数:1,066回線】 被害数:27回線(2.5%)

実績(兵庫県南部地震) → 実績(東北地方太平洋沖地震)

- ()内は、被害率=被害数/設備数(当該震度所在の設備総数)
- 設備数は500kV~33,22kVの合計
- 兵庫県南部地震のケーブル被害数は、送電支障に至ったケーブル回線数

基本的に耐震性能は満足(震度7の影響を受けた設備のうち、損傷割合は最大2.8%と僅少)しているものの、震度7の影響を受けた設備が少ないため、代表設備で妥当性を検証

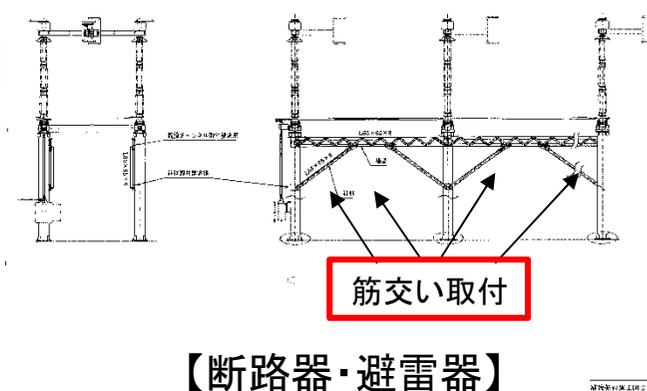
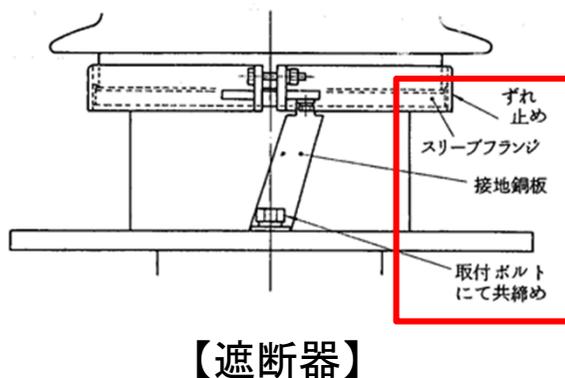
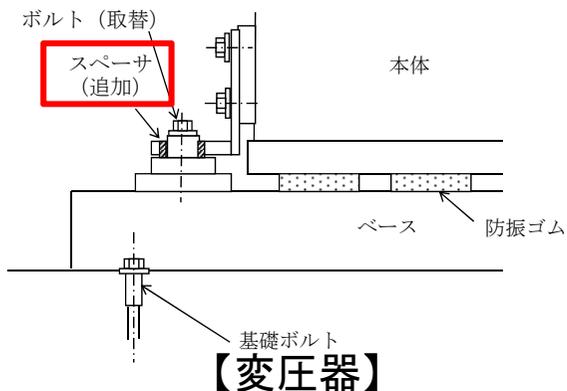
基本的な耐震性評価	過去の被害実績および知見を踏まえた耐震対策の実施状況の確認を行うこと
耐震性の妥当性確認	震度7地点における代表設備(損壊時の復旧に長時間を要する設備等)の耐震性を確認

4. 過去被害実績にもとづく対策実施状況

(1) 変電設備

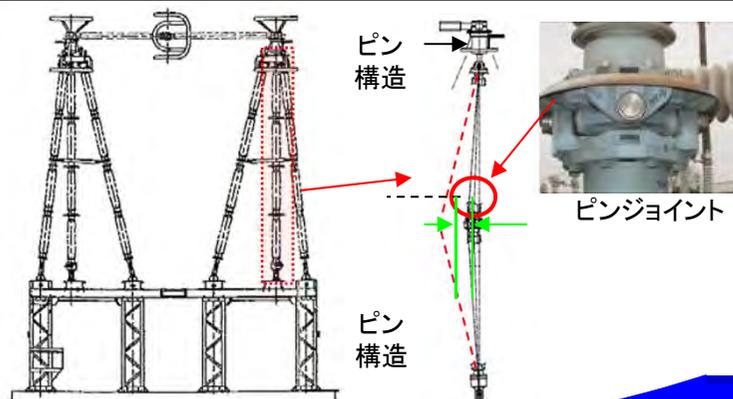
旧設計(昭和55年5月以前)設備における機器損壊[兵庫県南部地震]の対策例

- 曲げ応力発生による基礎ボルト部の破断防止策としてギャップ部へスペーサ挿入等
- センタークランプブッシングの口開きによる漏油防止として接合部へずれ止め金具追加
- がいし底部のゆがみによる支持がいしの折損防止として、架台補強、高強度がいしへの取替等



ピンジョイント構造断路器におけるがいし折損[東北太平洋沖地震]への対応

- ピンジョイントの変位量が可動限界に到達し、衝突荷重が発生したことにより、操作がいし等折損
- ピンジョイント構造へのダンパ装置追加および導電部軽量化による耐震強化を実施中



I (2) 過去被害実績にもとづく対策（架空送電設備）

4. 過去被害実績にもとづく対策実施状況

(2) 架空送電設備

盛土崩壊に伴う鉄塔倒壊〔東北地方太平洋沖地震〕への対応

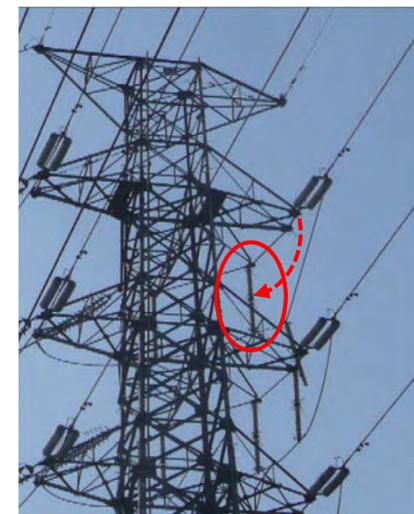
- 地盤の変状については、従来から日常の巡視・点検により、鉄塔周辺の地形状況等を確認し、鉄塔に影響を及ぼす変状があれば、評価を行い、適宜必要な対策を実施



盛土の崩壊原因は、沢を埋めた盛土中の地下水位が存在する状況において、強くて長い地震動の繰り返し応力が作用したことにより、地盤強度が低下したものと推定

ジャンパ支持がいしの折損〔兵庫県南部地震・東北地方太平洋沖地震〕の対策例

- ジャンパ支持がいしの折損については、保有資材による取替や設備間での流用等により送電機能を回復したため、長期間にわたって運転継続不能には至っていないが、特に信頼性が求められる設備等に対しては、より耐震性の優れたタイプのがいしへ交換済



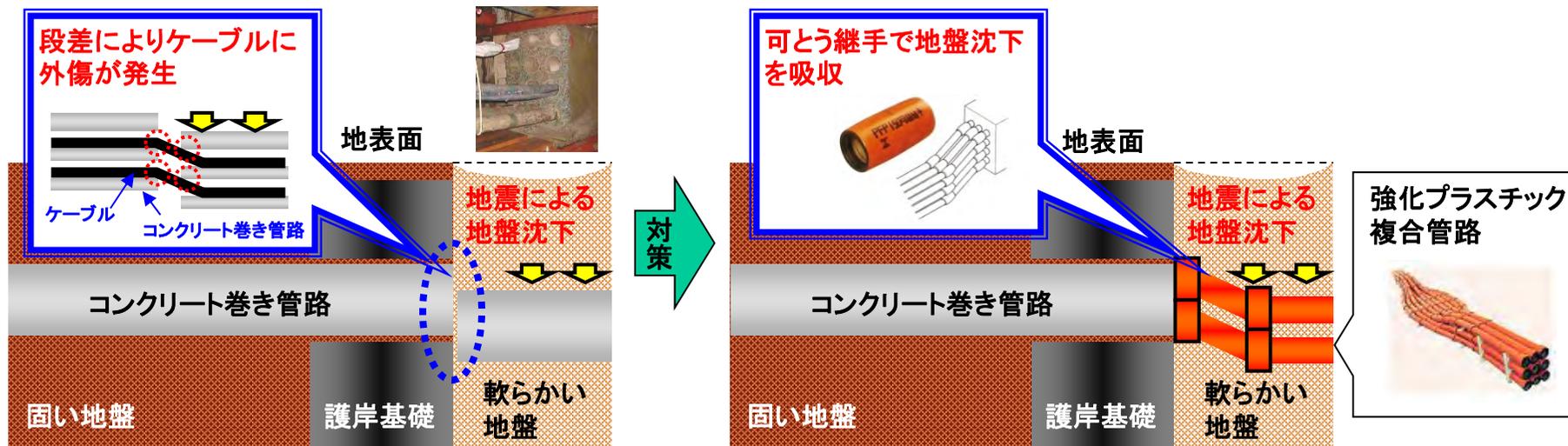
I (2) 過去被害実績にもとづく対策（地中送電設備）

4. 過去被害実績にもとづく対策実施状況

(3) 地中送電設備

大規模な不同沈下箇所における被害〔兵庫県南部地震〕の対策例

- 大規模な不同沈下の可能性がある箇所に対しては、可とう性を有する構造対策を適宜実施
- 東北地方太平洋沖地震では、管路や人孔(マンホール)において送電支障に至る重大な設備被害は確認されていない



地盤条件に応じた可とう性を有する構造対策（一例）

可とう性の乏しいケーブルにおける被害と現状把握

- 「パイプ型圧力ケーブル」は、外被が鋼管であるため、可とう性があるとは言いがたく、可とう性を付加する対策も困難。兵庫県南部地震以降も一部会社に現存し、東北地方太平洋沖地震(当該ケーブルのある地域は震度5弱)での被害は確認されていないものの、**震度5強以上での耐性は不明確であり評価が必要**



5. 地震影響に対する今後の検討の進め方

【基本的な耐震性評価】(今回ご報告)

過去の被害実績およびそれらを踏まえた耐震対策の実施状況等に基づき、基本的な耐震性を有することを確認

【震度7エリア所在設備の抽出】

17万V以上送変電設備所在地の位置情報と、当該位置における震度データとの突き合わせにより震度7の設備を抽出

【設備の耐震性評価】

抽出された設備のうち、個別地点の想定データを用いて、代表設備等による設備の耐震性を評価

【復旧対策検討】

設備損壊の可能性のある場合には、代替供給(系統操作等)による供給可否を検討

- 津波に対する耐性評価

I (2) はじめに (津波)

1. 目的

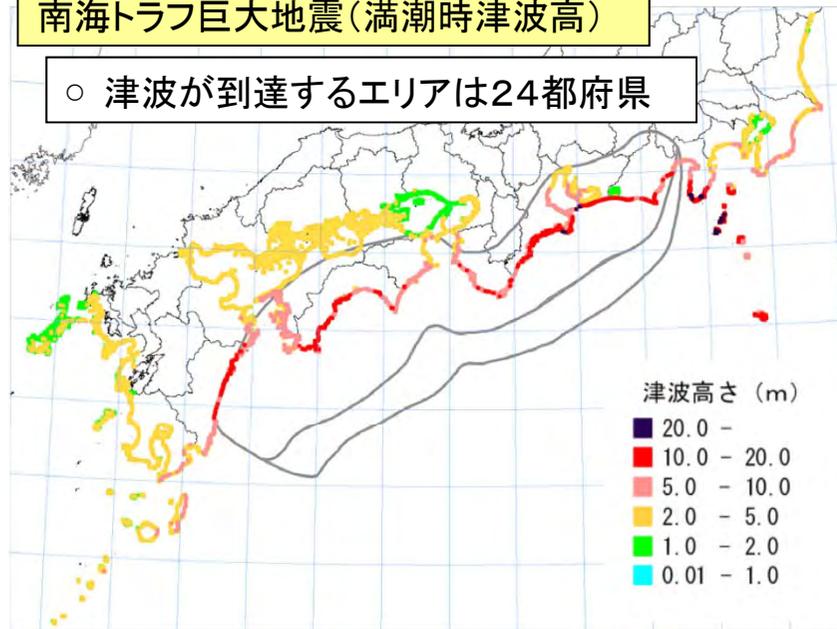
- 南海トラフ巨大地震および首都直下地震の津波に対して、著しい(長期的かつ広域的)供給支障が生じないかの評価と対策を検討

2. 検討対象

- 対象設備は、17万V以上の送変電設備
- 内閣府または自治体の津波想定結果に基づく被害想定

南海トラフ巨大地震(満潮時津波高)

- 津波が到達するエリアは24都府県

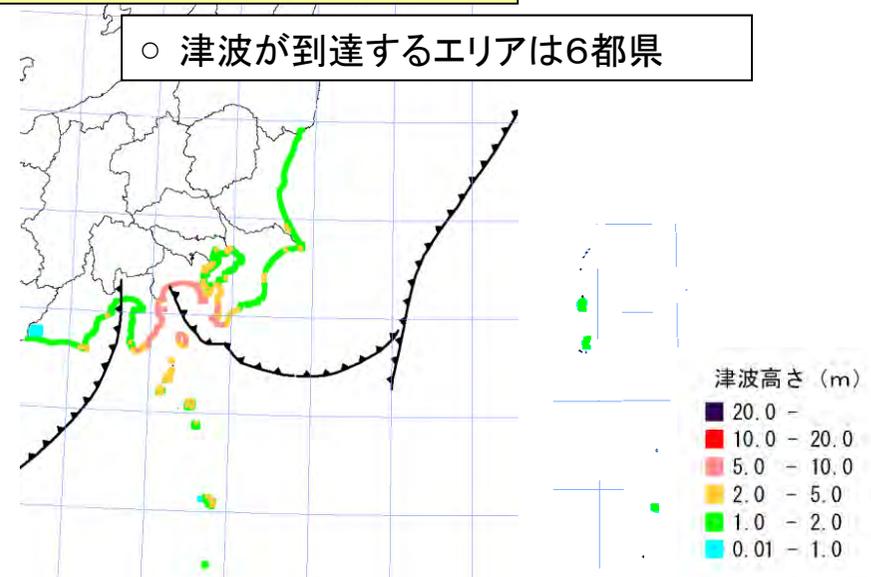


ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

出典：南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ報告書
(平成25年5月)

首都直下地震(満潮時津波高)

- 津波が到達するエリアは6都府県



大正関東地震タイプの地震、堤防条件：津波が堤防等を越流すると破堤する

出典：首都直下のM7クラスの地震及び相模トラフ沿いのM8クラスの地震等の震源断層モデルと度分布・津波高等に関する報告書(平成25年12月)

3. 設備被害の考え方

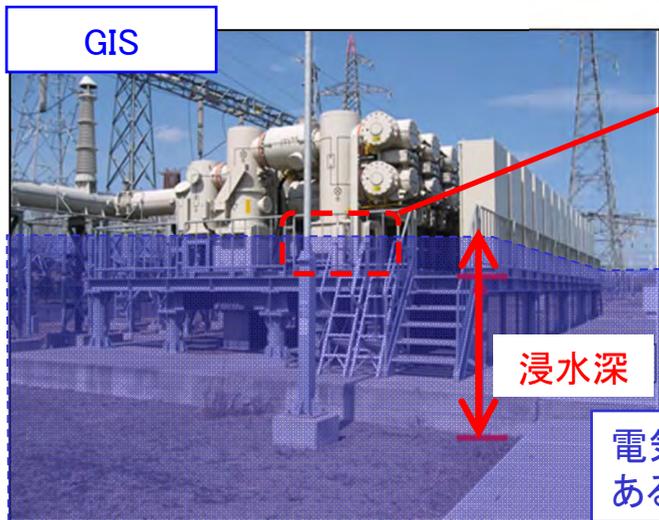
(1) 変電設備

設備被害の考え方

東北地方太平洋沖地震における実績※から、変電所の設備被害は浸水深が支配的であり、浸水が想定される対象変電所全てについて、個別に浸水深を確認し被害想定を実施

(※ 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書 参照)

変電設備個別評価の例



電気回路が、水没レベルにあるため、使用不可と判断

66kV変電所の被害状況(宮城県仙台市)



構内全面浸水(推定4m)
操作箱・端子台・電装品の浸水等により屋内、屋外機器使用不可

〔補足〕

- 被害想定の方法は、想定される浸水深での機器操作箱等の水没レベルの確認結果から評価
- 機器架台レベルの嵩上げや、建物水密化など、一部においては既に浸水対策が取られており、想定する浸水深が浸水対策による許容深さよりも低い場合は、被害を受けないものと判断

3. 設備被害の考え方 (2) 架空送電設備

設備被害の考え方

東北地方太平洋沖地震における鉄塔倒壊実績から、右表の浸水深で倒壊。ただし、周辺状況などにより津波の影響を防護できるものを除く

離岸距離	浸水深
0.5km以内	2m以上
0.5km超	3m以上

- 倒壊等に至ったのは、浸水基数389基に対し38基（折損の2基を除く）であり、その理由は浸水ではなく、漂流物によるものと推測
- 津波の影響を防護できるものとは、津波進入方向に対し、鉄塔位置がコンクリート建造物の背後にある場合などをいう

275kV送電鉄塔の倒壊状況
(福島県南相馬市)

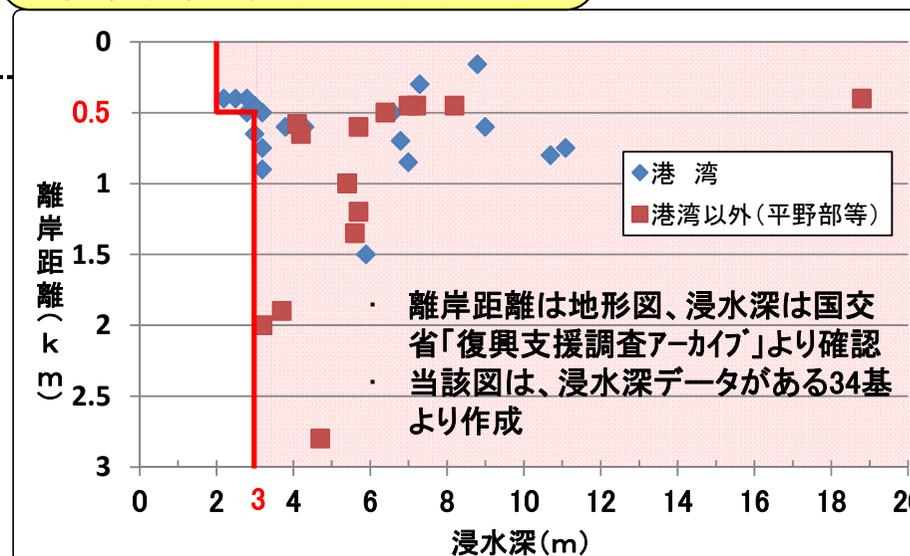


離岸距離約0.6km、浸水深4.1m
建設位置から約300m離れた
位置で確認された

〔補足〕

- 漂流物の移動については、津波の伝搬速度に関連し、その影響が浸水深と離岸距離にも関与しているものと推定
- 文献「津波の河川遡上特性に関する研究」(河川整備基盤助成事業、2012)の分析において、『陸上では大量のガレキや地表粗度による抵抗のために伝搬速度が急激に減少されていることを確認』との記載あり

倒壊鉄塔の浸水深と離岸距離



I (2) 被害想定 (地中送電設備)

3. 設備被害の考え方

(3) 地中送電設備

設備被害の考え方

東北地方太平洋沖地震における被害実績等から、以下の考え方で個別に被害想定

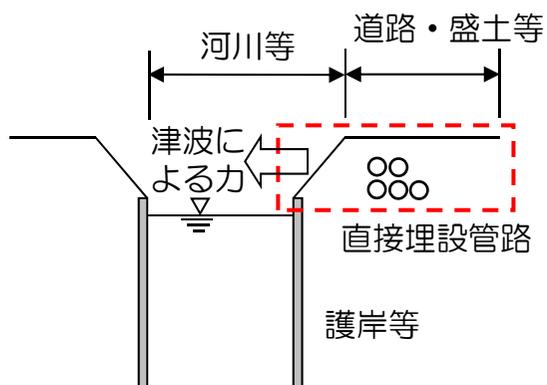
地中送電設備	管路	海岸または河川沿いの護岸のない箇所に設置された直接埋設管路が破損
	地上機器	変電所等にある地上機器が漂流物の影響により倒壊・損傷(個別に浸水深を確認)
	橋梁	河川横断の橋梁が津波の波力により損傷

ケーブルそのものは、海水に接触することで絶縁破壊には至らない

地上機器(ケーブルヘッド架台)の倒壊状況(宮城県多賀城市)



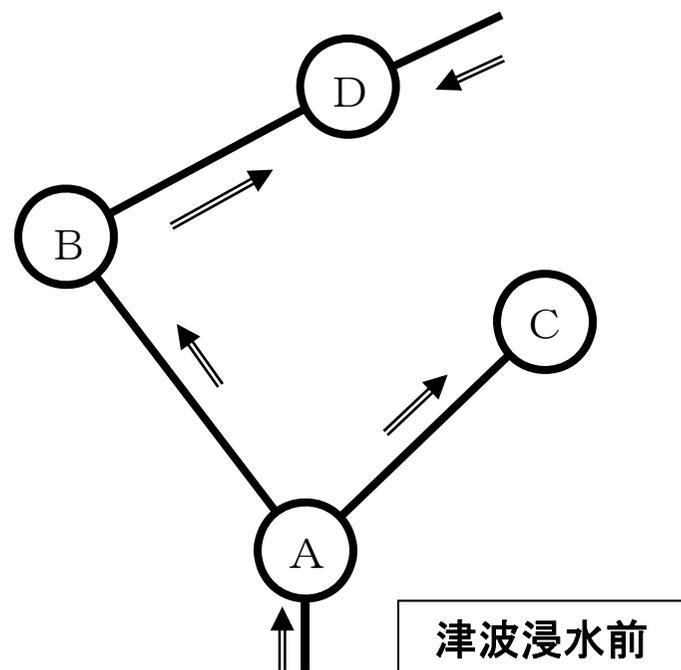
- 地上機器には、ケーブルヘッド架台のほかに、OFケーブルの油槽損傷あり



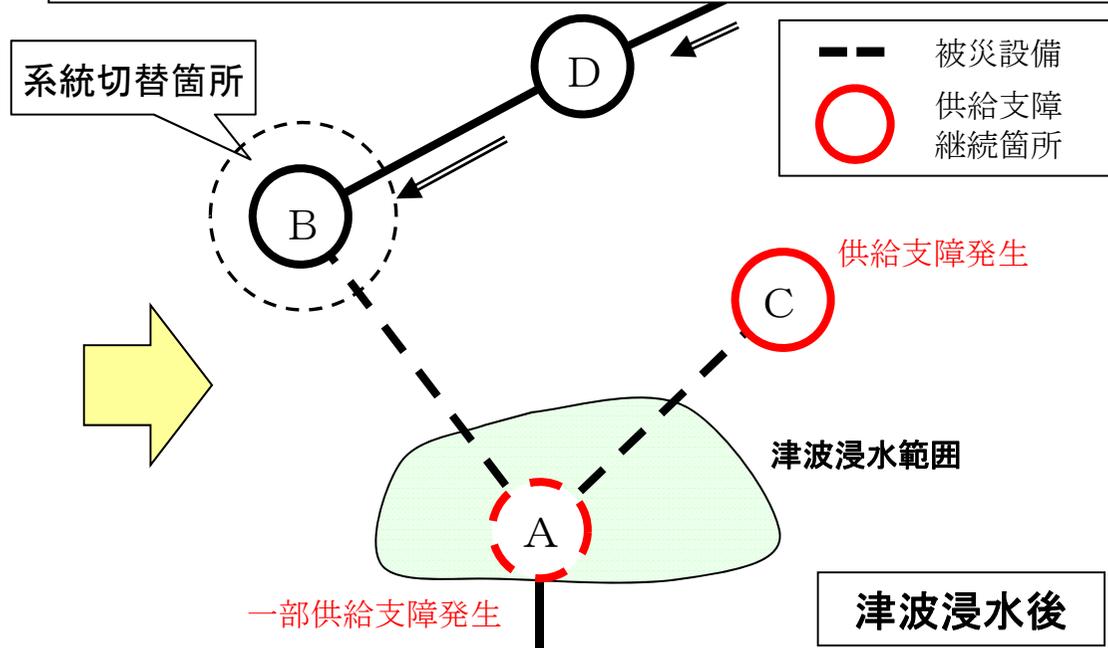
〔補足〕

- 東北地方太平洋沖地震では、橋梁による被害は発生していない
- 管路被害(茨城県鹿島市)は、送電支障には至っていないが、送電支障になりうる可能性があることから、被害を想定した

4. 設備被害と電力供給への影響 (1) 系統切替による場合の例



凡例
 ○ 17万V以上の変電所 17万V以上の送電線
 注1) 点線表示(例: ●)は、被災した設備を表す。
 注2) 矢印(⇒)は、電力供給方向を表す。
 注3) A変電所とB変電所を連系する送電線を「AB送電線」という。



17万V以上の電力設備の被災想定を踏まえ、被災設備を原因とする供給支障量を検討

被災設備	供給支障の考え方
A変電所	A変電所は、変電所被災により供給支障が発生(周辺需要喪失により、供給支障は一部)
AB送電線	B変電所は、系統操作によりBD送電線からの供給が可能のため、供給支障は発生せず
AC送電線	C変電所は、供給送電線がAC送電線以外にないため、供給支障が発生

I (2) 南海トラフ巨大地震（津波）による設備への影響

5. 津波による17万V以上送変電設備の影響評価

(1) 南海トラフ巨大地震による設備の被害状況

○ 被災設備に対して、暫定系統対策等による復旧が必要なエリアは、下表の4社8箇所

社名	被災設備概要			復旧必要エリア		
	被災 鉄塔 (基) ※1	被災 地中設備 (回線) ※1	被災 変電所 (箇所) ※1	供給支障 エリア	系統切替 可能 エリア※2	復旧必要 エリア
北海道	—	—	—	—	—	—
東北	—	—	—	—	—	—
東京	0/8,527	0/87	0/79	0箇所	0箇所	0箇所
中部	3/5,786	0/26	1/60	1箇所	0箇所	1箇所
北陸	—	—	—	—	—	—
関西	1/8,647	0/39	3/59	3箇所	0箇所	3箇所
中国	0/4,503	0/2	0/23	0箇所	0箇所	0箇所
四国	8/2,837	0/4	2/27	3箇所	0箇所	3箇所
九州	16/6,486	0/25	1/57	2箇所	1箇所	1箇所
沖縄	—	—	—	—	—	—
電発	5/4,767	0/5	0/4	0箇所	1箇所	0箇所

※1 分子／分母は被災設備数／17万V以上の設備数を表す

※2 系統切替可能エリアとは、系統操作により復旧可能なエリアを言い、全量救済できるものを表す

I (2) 首都直下地震（津波）による設備への影響

5. 津波による17万V以上送変電設備の影響評価

(2) 首都直下地震による設備の被害状況

- 各社確認の結果、下表のとおり、被害設備がないことを確認。

社名	被災設備概要			復旧必要エリア		
	被災 鉄塔 (基) ※1	被災 地中設備 (回線) ※1	被災 変電所 (箇所) ※1	供給支障 エリア	系統切替 可能 エリア※2	復旧必要 エリア
東京	0/8,527	0/87	0/79	0箇所	—	—
中部	0/5,786	0/26	0/60	0箇所	—	—
電発	0/4,767	0/5	0/4	0箇所	—	—

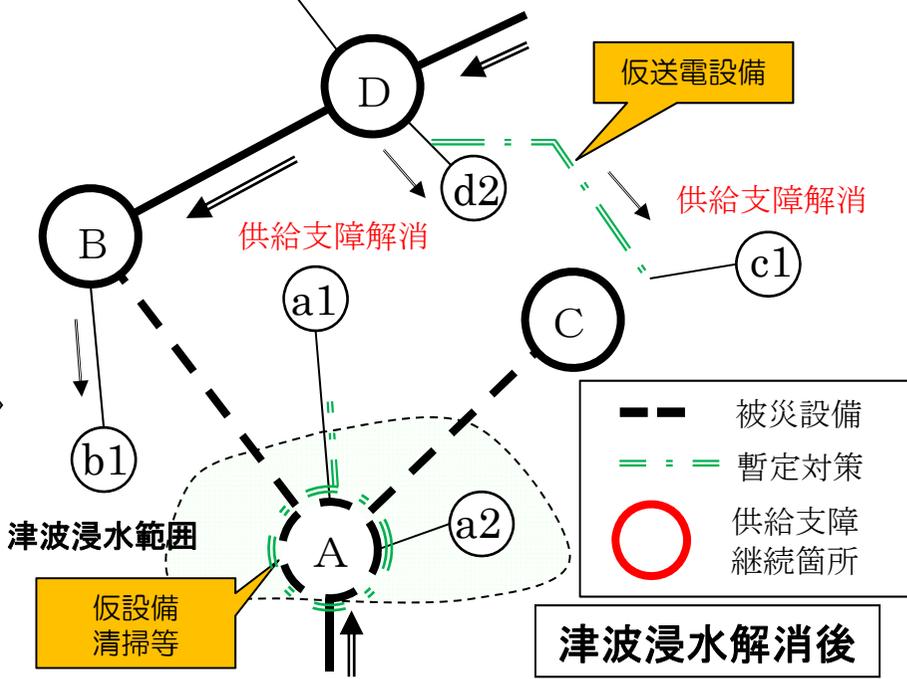
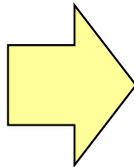
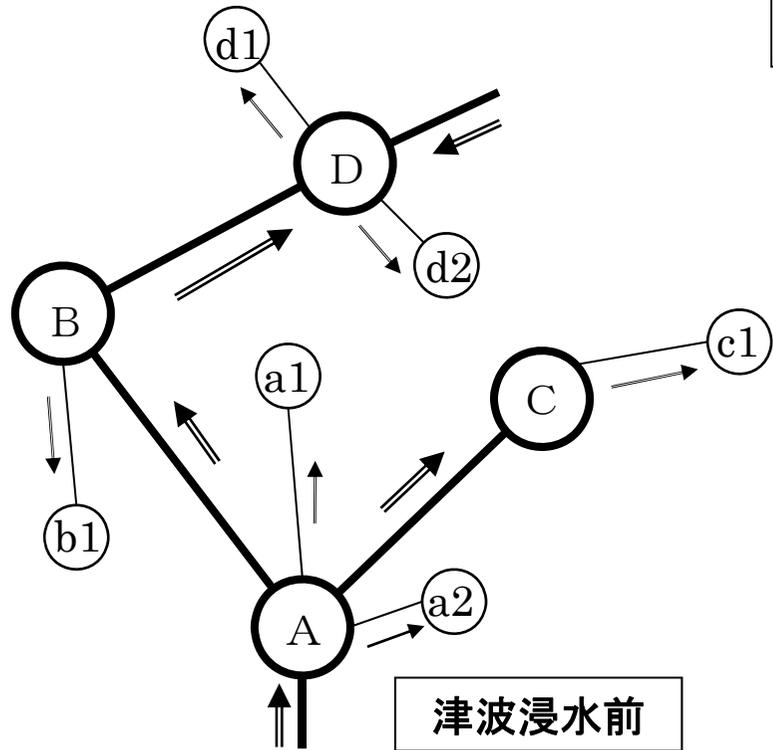
※1 分子／分母は被災設備数／17万V以上の設備数を表す

※2 系統切替可能エリアとは、系統操作により復旧可能なエリアを言い、全量救済できるものを表す

17万V以上の基幹送変電設備に起因する著しい供給支障は発生しない

6. 供給支障解消の考え方 (1) 暫定系統対策

凡例
 ● 17万V以上の変電所 17万V以上の送電線
 ○ 17万V未満の変電所 17万V未満の送電線
 注1) 点線表示(例: ●.....)は、被災した設備を表す。
 注2) 矢印(⇒)は、電力供給方向を表す。
 注3) A変電所とB変電所を連系する送電線を「AB送電線」という。

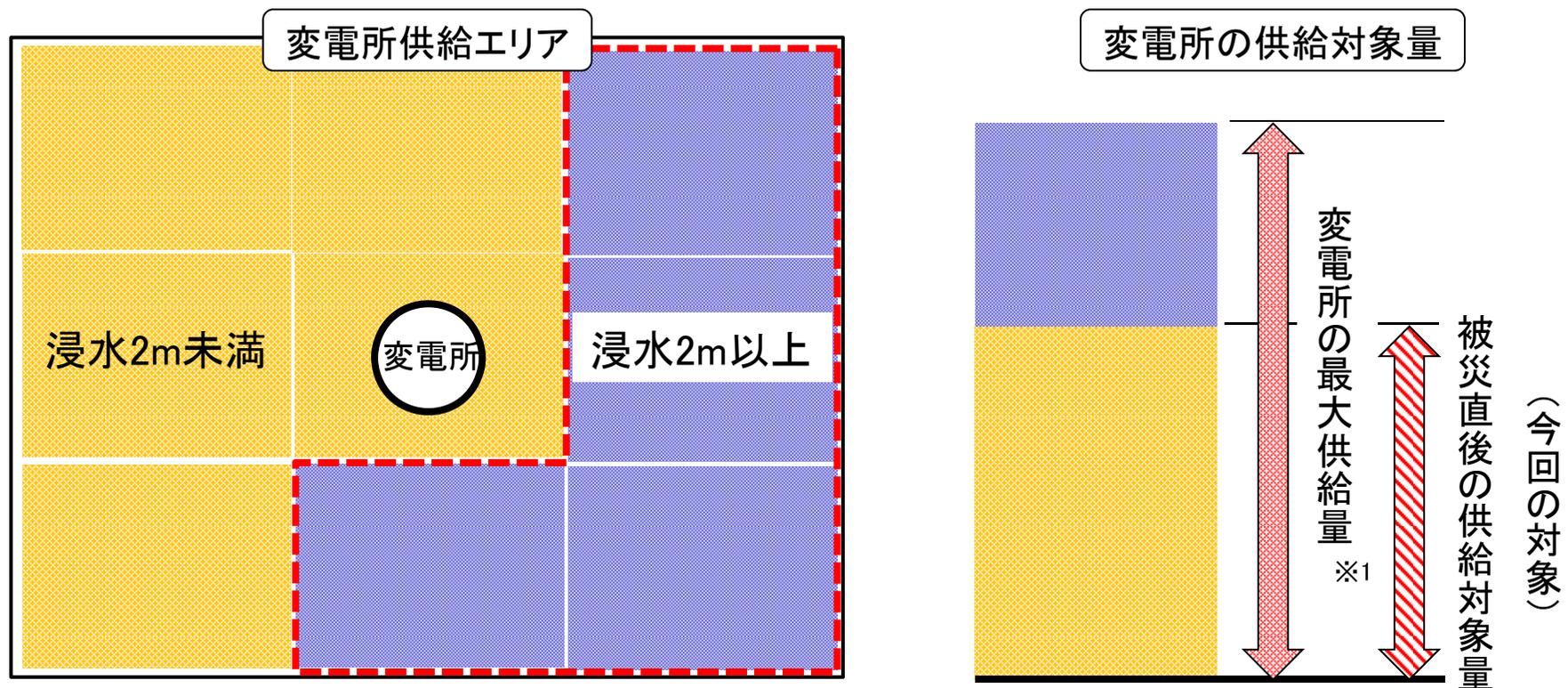


被災設備	供給支障の考え方
A変電所	A変電所において供給支障が発生後、仮設備、清掃等により暫定供給可能 a2 変電所は供給エリアの需要が喪失するため、供給支障として扱わない
AB送電線	B変電所は、系統操作によりBD送電線からの供給が可能のため、供給支障は発生しない
AC送電線	C変電所への供給送電線が、AC送電線の外にないため、C(c1)変電所において供給支障が発生するが、仮送電設備により、c1へ暫定供給

I (2) 供給支障解消（供給対象需要）の考え方

6. 供給支障解消の考え方 (2) 供給対象需要

東北地方太平洋沖地震時の実績および学術的知見から浸水深2m以上で、木造家屋の全壊＋大規模半壊の割合が90%程度となるため、2m以上の浸水深のエリアは、需要が喪失すると仮定
⇒ 浸水深2m未満エリアを被災直後の供給対象需要とする



※1: 変電所の最大供給量は、H25年夏期最大にて算出

I (2) 南海トラフ巨大地震(津波)による影響評価

7. 津波による17万V以上送変電設備の影響評価

(1) 南海トラフ巨大地震による供給支障量と想定復旧期間

- 17万V以上の送変電設備に起因する広範囲の供給支障は、1週間程度(道路の啓開、がれき撤去等後の必要作業期間)で解消する見込み ⇒ 著しい供給支障には至らない

社名	復旧必要エリア	供給支障量 (最大箇所)	想定復旧期間
中部	1箇所	約2万kW	1週間程度
関西	3箇所	約37万kW	1週間程度
四国	3箇所※1	約27万kW	1週間程度
九州	1箇所	約11万kW	1週間程度
合計	8箇所	約139万kW※2	—

※1 3箇所の復旧必要エリアのうち、1箇所は被災送電設備の復旧に長期間を要するため、減災対策(津波に対する防護対策)の具体化を検討。なお、対策後、著しい供給支障は発生しない見込み。

※2 各設備の最過酷条件で想定される供給支障量の単純合計(起こりえる最大ケース以上の過酷な条件での結果となることに留意が必要)

 代表例の詳細は末尾の個社資料参照

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

V 大規模火山噴火

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

Ⅱ 復旧迅速化等に資する電力会社の取り組み

○電力各社は、災害対策基本法第39条2項に則り、「防災業務計画」に非常災害（台風、風雪、洪水、地震、塩害等）発生時における復旧体制や実施事項を定め、それに基づき、人身安全の確保を最優先に被害設備の早期復旧と早期停電解消を目的として、以下の取り組みを実施

<全社的な主な取り組み>

- 非常災害時の復旧活動に係るマニュアル類を制定し、迅速な復旧活動に活用 …(1)
- 技術力の向上および継承のため、各種技能訓練および技能教育を実施 …(2)
- 事業者間の情報収集や伝達、相互応援等のルールを取り決め、その運用確認のための電力間応援実動訓練の実施 …(2)
- 自治体、警察や民間企業(NEXCO)等との緊急通行に係る連携 …(3)
- ガソリンスタンドや石油会社との燃料利用協定の締結…(3)
- 工事請負会社と緊急時における協力体制に関する契約の締結…(4)
- 発電機車ならびに携帯発電機を活用した応急送電の実施…(5)
- 自治体や自衛隊等との復旧に係る協働体制等に関する協定の締結…(6)

<火力発電設備における新たな取り組み>

- 今回の耐性評価(弱点部位の調査)を踏まえた更なる復旧迅速化策…(7)

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（1）

（1）復旧迅速化に係るマニュアル類の整備

■現在の取り組み

- 電力各社は、人身安全の確保を最優先に被害設備の早期復旧と早期停電解消を目的とした社内マニュアル類を整備
- 実災害の経験、実動訓練の実績や他電力での教訓等を踏まえて、適宜マニュアル類の見直しを実施
- また、電気設備地震対策WGでの提言（平成24年3月）を受け、自社の災害時のマニュアル類の検証を行い、必要に応じて、見直しを実施

【参考】マニュアルに記載している主な項目

（共通）

□体制に関する項目

- ・復旧体制におけるチーム編成
- ・チーム毎の役割
- ・指揮命令系統の明確化 など

□復旧に関する項目

- ・地震情報の収集
- ・停電情報の把握
- ・安否確認方法
- ・要員の確保
- ・システムの健全性の確認
- ・保安巡視
- ・配電線の系統送電
- ・お客さま設備の送電再開
- ・非常災害訓練の実施 など

（火力）

□発電所に関する項目（各発電所の被害想定に従って検討実施）

- ・津波警報発令時の運転監視項目や停止基準の明確化。
- ・津波に対する人命確保のため避難ルールや避難場所を明確化。
- ・設備復旧に必要な資機材や備蓄食料他の高台などへの移設。
- ・電動機の洗浄方法など冠水した機器の修理対応手順（又はフロー）の作成。
- ・通信手段（衛星電話など）の確保。

など

（1）復旧迅速化に係るマニュアル類の整備

■今後の計画

- 実災害や訓練等の実績を踏まえたマニュアル類の見直しの継続的な実施
- 内閣府が公表した「南海トラフ巨大地震」および「首都直下地震」の被害想定を受けて各自治体が策定する防災計画を踏まえ、必要に応じて、マニュアル類の見直しを実施

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（2）

（2）各種訓練ならびに教育の実施

■現在の取り組み

＜各社の取り組み＞

○電力各社および工事請負会社等は、技術力の向上および継承を目的に、若年者、中堅社員を中心とした安全技能競技大会や災害復旧訓練などの技能訓練や教育を実施

＜電力間の取り組み＞

○非常災害時において、配電設備に広域に亘る被害が生じた場合、復旧用の機器・資材の相互融通や復旧要員等の相互応援等を行うことを取り決め。東北地方太平洋沖地震発生時には、取り決め内容に基づき、災害復旧用資材・役務の電力間融通を実施

○また、相互応援の円滑化やルール等の確認のため、電力間応援実動訓練を実施



Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（2）

（2）各種訓練ならびに教育の実施

■今後の計画

- 各種技能訓練および教育の継続的な実施し、訓練での反省をマニュアル類に反映
- 電力間応援実動訓練を実施し、必要に応じて、取り決め内容の見直しを実施

【参考】東北地方太平洋沖地震における主な資材・役務融通実績(平成23年 3/11～11/30)

○東北電力に対する融通実績(応援会社:8社)

項目	数量
ブレーカー(単3)30A	10,500個
計器箱	17,000個
電力量計(単3)100V30A	20,000個
可搬型衛星通信装置	25台
配電作業員※	665人
発電機車	41台
軽油	2,000L
タンクローリー(ミニを含む)	20台

※1日当たりの最大投入人数

○東京電力に対する融通実績(応援会社:7社)

項目	数量
給水車	8台
配電作業員※	230人
発電機車	66台
軽油	23,240L
ミニタンクローリー	4台
油圧防振器(火力設備)	8台
制御基板(火力設備)	一部

※1日当たりの最大投入人数

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（3）

(3) 緊急通行に係る自治体・警察等との連携

■ 現在の取り組み

○各県の公安委員会(所轄警察署)に対して、災害復旧用の緊急通行車両(自社、ならびに関連会社等)の事前届出を行い、災害対策基本法第50条1項に該当する「緊急通行車両指定」を取得

【参考】東北地方太平洋沖地震での緊急車両認定における課題と対策

□課題 「物流網分断時の緊急輸送経路の確保」

- ・メーカーからの資材納入において、「災害復旧用資材の緊急運搬」という理由では、高速道路の緊急車両認定を受けられないケースがあった（食料など被災者支援に直結する積荷の運搬でなければ認めないとの理由であり、インター乗り口の地元警察が許可しなかった）。

□対策

- ・応援各社は、輸送会社等と調整し、輸送指示を行う。
- ・災害により通行が制限されている高速道路等を利用する場合、事前に出発地の各関係機関（高速道路管轄機関、各管区警察署など）へ緊急車両認定の申請を行う。
- ・また、メーカーからの調達品融通を行う場合は、申請に関する相互の連携を図る。

○被災時の燃料確保のため、ガソリンスタンドや石油会社との燃料利用協定を締結

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（3）

(3) 緊急通行に係る自治体・警察等との連携

■今後の計画

- 自社、ならびに関係会社等の車両における緊急通行車両登録の拡大について、所轄警察署との協議を継続
- 緊急通行に関して、関係箇所（警察、道路管理者、NEXCO等）との連携強化を図り、復旧に必要な要員・車両・資機材等が迅速に現地に到着することを検討
- 自治体が管理する道路において、土砂崩れ、道路陥没、瓦礫等による通行止めが発生し、電力復旧作業に支障をきたす場合は、優先して通行可能となる等について関係自治体との連携強化を検討
- 緊急通行車両登録の拡大に備えて、燃料補給に必要なガソリンスタンドや石油会社との燃料利用協定の拡大を検討

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（4）

（4）災害時の工事請負会社等との連携

■現在の取り組み

○自然災害等の事由により、設備に甚しい被害を被った場合は、電力会社からの要請に基づき、直ちに待機または出動することを、工事請負会社等と契約の締結

【参考】契約書記載例（東京電力）

「天災、その他の事由により、発注者の所有する電気工作物に重大な事故が発生した場合、または、発生するおそれがある場合は、受注者は発注者の要請により所要の作業、若しくは、待機に応ずるものとする」

※今年2月の大雪による大規模停電が発生した際、上記契約に従い、各工事請負会社は待機体制、あるいは、出動により、早期復旧に寄与

○災害発生時の協力・連携体制（事故探査、設備復旧、個別停電対応 等）について、工事請負会社等と契約を締結

○定期的な合同訓練を実施し、協力・連携体制の確認、ならびに必要なに応じ、契約内容の見直しを実施

■今後の計画

○実災害や訓練等の実績を踏まえた契約内容の見直しの継続的な実施

○工事請負会社等と合同で行う非常災害対策実動訓練の継続的な実施

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（４）

（４）災害時の工事請負会社等との連携

○全国大での送電・変電・配電の請負工事作業員数は下表のとおり。

○なお、東日本大震災において、下表の最大稼働請負工事作業員数で、復旧作業に入れない地域を除き、８日程度で復旧を完了。

部 門	全国の請負工事作業員数計	東日本大震災において、復旧作業に従事した 最大稼働請負工事作業員数(作業員数/日)	
		東北電力管内	東京電力管内
送 電	約6,060人	799人	261人
変 電	約6,140人	215人	187人
配 電	約33,500人	3,115人	1,945人

会社	請負工事作業員数			会社	請負工事作業員数		
	送電	変電	配電※1		送電	変電	配電※1
北海道	430人	300人	1,600人	関 西	850人	800人	2,100人
東 北	1,060人	960人	4,500人	中 国	280人	500人	1,700人
東 京	940人	1,100人	13,000人	四 国	320人	560人	1,100人
中 部	870人	800人	3,000人	九 州	780人	570人	4,400人
北 陸	470人	450人	1,400人	沖 縄	60人	100人	700人
				合 計	約6,060人	約6,140人	約33,500人

※1 高圧設備の復旧作業に従事できる作業員数

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（4）

東北電力への他電力応援

- H23.3.13～H23.4.1の間、電力5社からの応援により、設備巡視、復旧作業、各戸個別送電、応急送電等を実施

拠点集合



復旧作業



応急送電



東北電力と工事請負会社との連携による復旧作業

- H23.3.13～H23.6.18の間、社員と工事請負会社等との連携により、復旧作業を実施

作業前打合せ



指揮命令・情報収集



復旧作業



Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（4）

工事請負会社との連携状況の一例



- 事故復旧用資材を使用した仮鉄柱組立訓練(17万V以上の鉄塔倒壊を想定)
- 作業時のポイント等の検証を実施



東北地方太平洋沖地震
における仮鉄柱による復旧



情報収集

仮ルート検討



施工計画策定



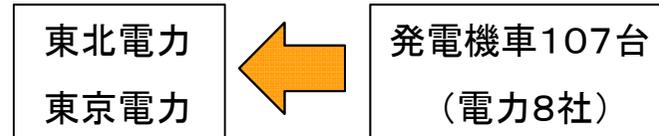
- 17万V以上の鉄塔倒壊を想定した情報連絡訓練
- 情報収集後、事故箇所の応急措置のほか、仮復旧計画の技術的検討、施工計画の策定までの一連の対応を検証

（5）発電機車の保有

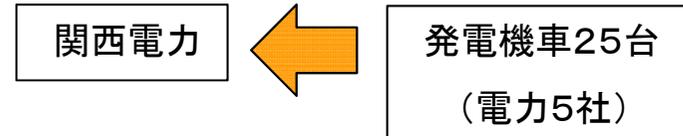
■現在の取り組み

- 電力各社は、発電機車について、設備形態や地域特性、運転に必要な要員などを総合的に勘案し、保有台数を決定（全国で380台を保有）
- 災害発生時には、復電優先順位が高い施設（病院、通信、公共機関、避難場所等）への応急送電用として活用
- 被害規模の拡大により、台数が不足する場合は、電力間の取り決めにより、周辺の電力会社からの迅速な応援融通を実施

・東北地方太平洋沖地震（平成23年3/11～11/30）での融通実績



・台風12号（平成23年9/6～9/14）での融通実績



- また、各戸の応急送電用として、電力各社、ならびに関連会社にて携帯発電機を保有（全国で約5700台を保有）

■今後の計画

- 他電力からの応援受入れに備えて、自社内の受入れ体制を検討
- 携帯発電機の台数が不足した場合に備えて、リース先の事前確認等を検討

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（5）

（5）発電機車の保有

○高圧発電機車による個別送電は、以下の理由により、主要病院や官公庁等の復旧対策本部など最優先負荷へのスポット対応に限定

- ・応急送電箇所に継続的な燃料補給が必要
（高圧発電機車1台を24時間稼働させるためには、3,360ℓの燃料が必要）
- ・定期的（約200時間※¹）に運転を停止してのメンテナンスが必要
（長期間に亘り継続して送電を図るためには、発電機車2台／箇所が必要）
- ・運転要員2名／箇所だけでなく、燃料を運搬・給油する要員や発電機車をローテーションする要員や、運転要員の移動、待機場所用として使用する車両も必要

○各社の高圧発電機車の保有台数

会社	台数※ ²	会社	台数※ ²
北海道	33台	関西	16台
東北	64台	中国	42台
東京	62台	四国	20台
中部	61台	九州	59台
北陸	18台	沖縄	5台

※¹ 定期的なメンテナンスの間隔は、各社の仕様により異なる

※² 発電容量300～500kVAが標準であるが、一部大型（1,000kVA超）のものを含む



応援の発電機車

（6）自衛隊との連携

■現在の取り組み

○各種災害発生時の早期送電を実現するため、電力各社は円滑な相互連携を図ることを目的に、各地区の陸上自衛隊との協定を締結、または今後締結予定（電力9社が協定締結済、残る1社については平成26年度に締結予定）

【参考】協定の概要（例：九州電力）

□協定名称 『陸上自衛隊西部方面隊と九州電力株式会社の連携に関する協定』

□協定内容

（1）被害情報や復旧・救援活動に必要な情報の共有

（2）相互協力（自らが行う業務に支障のない範囲で実施）

○陸上自衛隊西部方面隊による九州電力への協力

・災害復旧時に必要な道路等の確保

・復旧資機材、人員及び災害復旧車両の輸送

○九州電力による陸上自衛隊西部方面隊への協力

・救援活動に必要な活動拠点等への電力供給

・救援活動に必要な施設、敷地、通信回線の提供

・地誌資料（復旧作業を行ううえで必要となる資料等）の提供

（3）定期的な訓練の実施及び会議の開催

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（6）



Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（6）

【参考】これまでに実施した主な自衛隊との協働作業

平成22年：奄美大島で発生した大雨による道路決壊が発生。

孤立した地区に自衛隊ヘリコプターにより高圧発電機車を空輸し送電。

平成23年：東北地方太平洋沖地震発生時、離島への復旧要員、電源車、資機材等の搬送、道路等の確保（ガレキ除去、道路復旧など）を実施。

平成25年：山口島根豪雨による災害発生時、復旧・救助活動と連携を取りながら早期送電を実施。

平成26年：首都圏で発生した大雪による道路が寸断。自衛隊ヘリコプターにより、事故探査装置、および復旧要員の輸送を実施。

■今後の計画

- 災害協定の実効性を高めるため、定期的な打合せと合同訓練の継続的な実施
- 連絡体制、協力事項等の具体的な内容を記載した覚書等の整備

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（7）①

(7)火力発電設備の耐性評価(弱点部位等)を踏まえた更なる復旧迅速化策

➤ 各社が従前より実施してきた取り組み(対策)事例

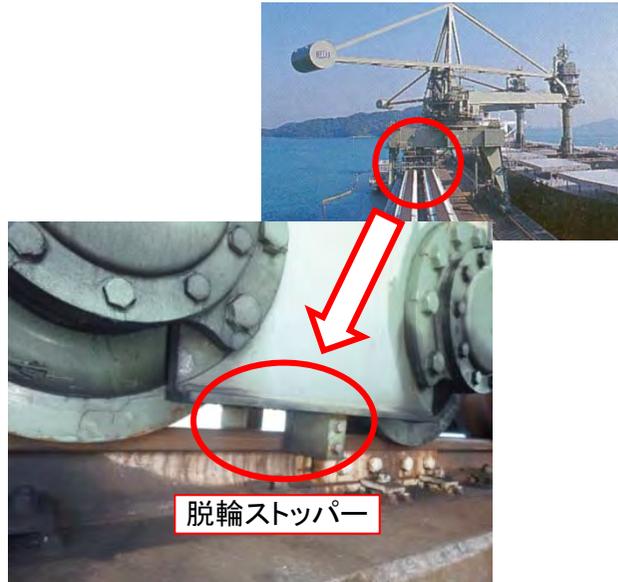
- ・ 各電気事業者は従前より被害実績や中央防災会議の被害想定等を踏まえ、高レベル地震動等で被害が想定される設備に対する各種対策を実施。

＜主な地震対策の事例＞

- ・ 建屋、ボイラ支持架構等の耐震評価結果に基づく補強
- ・ 揚炭機の揺れによる脱輪防止対策
- ・ 燃料タンクや取水槽の地盤強化
- ・ 埋設防消火配管の地上化 他
- ・ 放水路目地部に可撓継手の設置
- ・ 各種配管への防振器の追設や取替



ボイラ支持架構の補強例



脱輪ストッパー

揚炭機の脱輪防止



水路目地部

冷却水(海水)

放水路目地部可撓継手

＜主な津波対策の事例＞

- ・ 避難階段の設置（ボイラー建屋などの屋上へ直接避難可能な階段）
- ・ 重要機器などが多い建屋（タービン建屋、屋外電気室等）の浸水対策として、防潮扉（遠隔化）排水ポンプの設置、ケーブルダクトの止水対策
- ・ 復旧に時間を要する機器の嵩上げ
- ・ 燃料受入設備ローディングアームの緊急離脱装置の設置 他



屋上への避難階段



【離脱後】
燃料受入設備 緊急離脱装置
(LNGの例)



防潮ゲート



建屋防水扉

▶ 火力発電設備における更なる復旧迅速化策の提案

- ・ 南海トラフ巨大地震等は広域災害であるという視点であらゆる代替策の検討が肝要。
- ・ 今回耐性評価を実施する中で確認された設備の弱点部位の復旧迅速化に資する資機材の確保策や、その他復旧用、復旧後の発電用資機材等の代替確保策の検討等、平成23年度電気設備地震対策WG報告書の提言内容を更に充実すべく下表の内容を提案。
- ・ なお、発電所内で保管する各資機材等については、上記WG報告書の提言内容のとおり、適宜、津波の被害を受けるおそれのない高台などへの保管を進める。

項目	復旧迅速化策
復旧に必要な資機材の調達	
ボイラ復旧に必要な資機材 （地震動でボイラーチューブに多くの被害を受ける。）	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ設備の復旧に必要な足場材調達方法の確認。 ・ボイラチューブの早期調達のための、事前の材料リストの整備および、リストを活用した多重的な確保方法の検討。
その他資機材（工業用水、蒸気） （地震動や津波による浸水で屋外にある各種設備が被害を受ける。）	<ul style="list-style-type: none"> ・浸水した機器の洗浄やその他復旧時に必要となる工業用水の代替水源の検討。（パッケージ型給水処理装置の採用、関係機関との調整等） ・燃料油（重油）の加温維持等のための蒸気源確保に向けた代替手段の検討。（パッケージボイラの採用等）
復旧後の発電に必要な資機材の調達	
発電に必要な資機材（燃料、薬品等） （地震動や津波による浸水で屋外にある各種設備が被害を受ける。）	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料設備の復旧不調時の代替手段の検討。（石炭の受入、搬送の代替方法、輸送方法の検討等）。 ・ボイラ給水の水質調整他で必要となる薬品類の代替調達方法の検討。

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（7）④

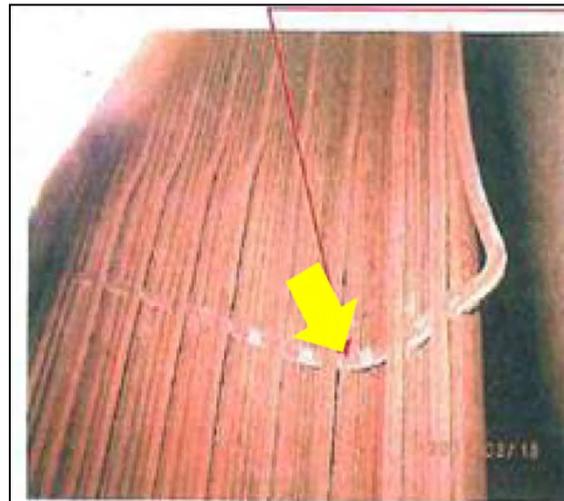
▶ 地震動に対する弱点部位

東北地方太平洋沖地震の被害実績を調査した結果、地震動に対しては以下の設備が弱点部位。

- ・ ボイラーチューブ(蒸発管等)の損傷等の被害が多く見られ、発電所復旧工程における主な律速であることを確認。
- ・ クーリングスパーサー管(ボイラーチューブを束ねる機能)の被害も見られるが、平成7年の兵庫県南部地震での被害実績を踏まえた対策を実施しており、一部変形はあるものの効果有り。
- ・ ボイラー鉄骨については、震度6(強、弱)程度から被害の兆候が見られ、震度7ではさらに被害程度が大きくなるものと類推。



(写真1)ボイラーチューブの破孔



(写真2)クーリングスパーサー管の変形

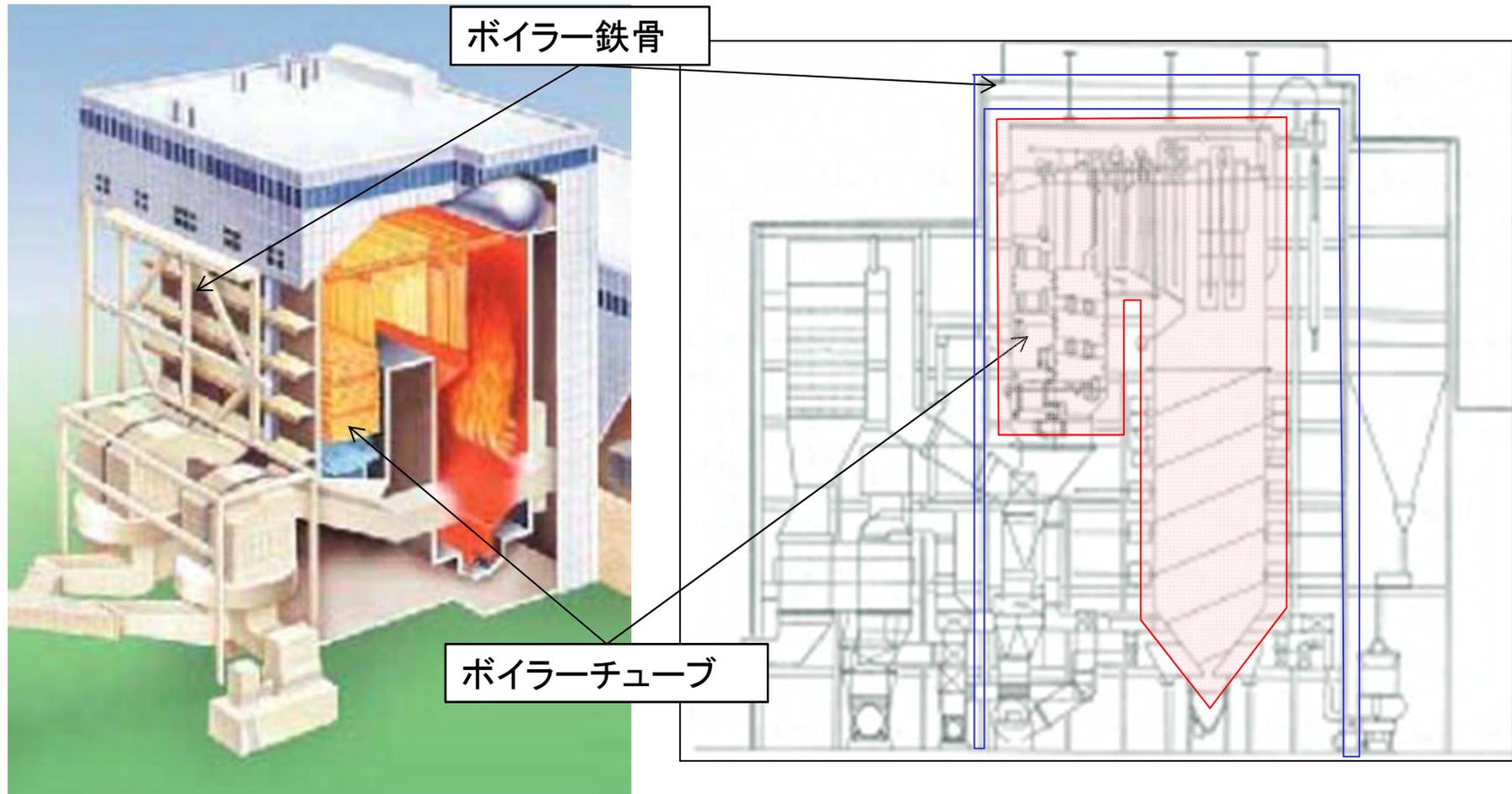


(写真3)ボイラー鉄骨の変形

Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（7）⑤

▶ ボイラーの構造について

- ・ 発電所等の大型のボイラーは、下図のようなボイラ建屋頂部の鉄骨よりボイラー本体および付属部品の全自重を吊り下げて支持しており、地震動を受けた場合には揺動する構造。



ボイラー構造イメージ

➤ 被害レベルB(震度6強・弱)のボイラー復旧実績の事例

＜被害状況(概略)＞

- ボイラーチューブ(蒸発管)破孔 : 1箇所
- 配管の油圧防振器や支持装置の変形 : 8箇所
- 過熱器ガイド管変形 : 1箇所
- ボイラー鉄骨(振れ止め金物)の変形 : 複数箇所

＜作業内容と概略工程＞ ボイラーチューブ切継(取替)修理

項目	復旧期間 (約1ヶ月)			
不具合箇所確認	■■■■			
炉内足場組立・解体		■■■■	■■■■	
チューブ切継修理			■■■■	
ボイラ水圧テスト				■■
起動前確認・準備				■■■■
ボイラ点火				△
並列(発電開始)				△

＜作業員数＞(発電所入構者数より:6ユニット分)

- 1日最大 約650人(延べ約3万人)

(参考)厚生労働省 平成25年賃金構造基本統計調査より
 労働者数分布特性値 とび工(足場組立工):約2.0万人、溶接工:約7.5万人、
 機械修理工:約3.3万人



ボイラーチューブ
の修理箇所

▶ 津波(浸水)に対する弱点部位

- ・ 津波(浸水)に対しては、その規模によっては通風機や燃料設備(揚運炭設備)等の運転に関わる大型機器など各種設備が被害を受け、復旧工程への影響が大きいことを確認。



(写真1) 復水ポンプ(電動機)の被害



(写真2) 通風機の被害



(写真3) 制御盤の被害



(写真4) 揚炭設備の被害

- I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- II 自然災害発生時の復旧迅速化対策
- III 集中豪雨**
- IV 暴風（竜巻、台風等）
- V 大規模火山噴火
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

Ⅲ はじめに（集中豪雨）

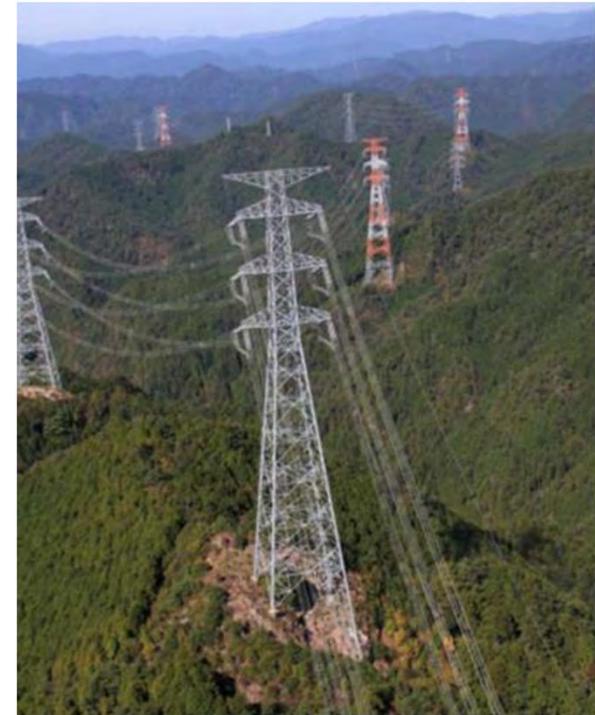
1. 目的および検討対象

- 17万V以上の送電鉄塔を対象に、集中豪雨による山岳の地すべり等に対する耐性および保全体制の在り方を確認

2. 検討方法

- 集中豪雨を含む大雨による地すべり、土砂流出など（以下、「斜面崩壊」という。）に対して、以下のハード面とソフト面から検証

<p>ハード面※1 斜面崩壊の危険性の回避 および設備対策</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 鉄塔位置の選定 ● 鉄塔基礎設計 ● 斜面崩壊対策
<p>ソフト面※1 大雨発生前後の保全体制 の在り方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 事前の備え ● 大雨後の対応 ● 斜面崩壊発見時の対応



送電鉄塔の経過地

経過地は、山地、豪雪地帯、河川横断、海岸および平地など千差万別であるが、1970年代の需要増大に伴う電源（発電所）の大規模化により、送電線は長距離化している

※1. ハード面、ソフト面の対応は、送電鉄塔の電圧で区別しているものでないことから、検証は全電圧の送電鉄塔を含めて実施

3. 鉄塔位置選定、鉄塔基礎設計、斜面崩壊対策の基本的考え方

(1) 鉄塔位置選定

- 既存の地形図・地質図、地表地質調査結果等にもとづき、地すべり防止区域や斜面崩壊の危険性がある箇所(周囲に崩壊跡あり)を回避

(2) 鉄塔基礎設計

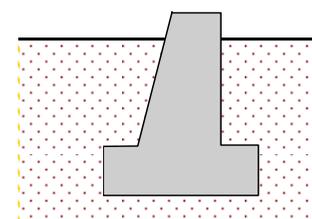
- やむを得ず、地すべりなどが懸念される箇所を選定する場合は、土の重量に依存しない鉄塔基礎※2の採用や斜面安定性評価を実施

※2. 基礎耐力に土の重量を期待する逆T字型基礎に比べ、深礎基礎は基礎自重に依存しているため、土砂流出に伴う影響は小さい

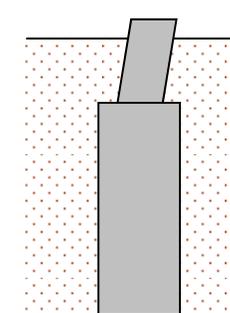
(3) 斜面崩壊対策

- 現地の状況に応じて、斜面安定性評価を実施し、法面保護工や抑止工、擁壁工を実施

ハード面の対策のみに依存せず、万が一の斜面崩壊発生に備え、保全体制(ソフト面)も構築



逆T字型基礎



深礎基礎

山地で採用される主な基礎



法面保護工の実例
(フリーフレーム工法)

4. 集中豪雨を含む大雨発生時の保全体制

- 本ページ以降に示す具体的事例は、東北電力の対応を示すが、一連の対応は各電気事業者が実施しているもの

(1) 保全体制の在り方【東北電力の例】

事前の備え	大雨(台風通過)後の対応	斜面崩壊発見時の対応
気象情報の把握	降水量の把握	ブルーシート敷・土嚢積みによる更なる土砂崩壊進展の防止
稼動可能人員・車両等の確認・集約	地上・ヘリコプターによる 予防巡視の早期実施※ ³ (過去に土砂崩壊が発生した要管理個所や、降水量が多かった地域など)	保安停止※ ⁴ による供給支障等リスク低減(必要により)
応急復旧資材の確認		仮支線設置による鉄塔倒壊の防止(必要により)
連絡体制の確立		恒久対策の早期実施
離島等への人員派遣		要管理個所として管理体制の強化

※3. 大雨・台風通過後は数日間程度で予防巡視(会社によっては保安巡視と呼ぶ場合あり)を実施。機動性の観点から、ヘリコプターの活用が極めて効果的

※4. 鉄塔倒壊などの不測の事態を想定し、予め当該送電線による送電を停止すること

4. 集中豪雨を含む大雨発生時の保全体制

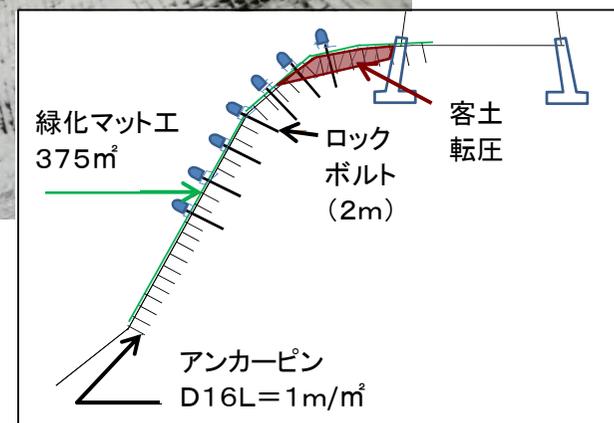
(2) 大雨発生時の一連の対応【東北電力の例】

東北北部豪雨時の実例(平成25年8月9日_土石流発生などにより激甚災害指定)

月日	社内の動き	備考
8/8	<ul style="list-style-type: none"> 稼動可能人員・車両台数(社員, 工事会社)の把握 応急復旧資材・工具点検 連絡体制の確立 	稼動可能人員(全店合計) 8/9 : 2311人(社員626人, 工事会社1685人) 8/10: 1994人(社員443人, 工事会社1551人) 8/11: 1817人(社員427人, 工事会社1390人)
8/9	東北北部豪雨発生(車両による予防巡視)	雫石観測所(岩手) 日最大1時間降水量 77.5mm 24時間降雨量 264mm
8/10~ 8/11	ヘリコプターによる予防巡視(降雨量が多い個所など)	29線路515km 土砂崩壊個所を発見
8/9~ 8/15	応急復旧対策を実施	ブルーシート・土嚢積み・仮支線設置による鉄塔倒壊防止対策の実施
9/17~ 12/20	本復旧対策の実施	土留対策などにより恒久復旧

4. 集中豪雨を含む大雨発生時の保全体制

(3) 斜面崩壊と応急復旧および本復旧対策の実例【東北電力の例】

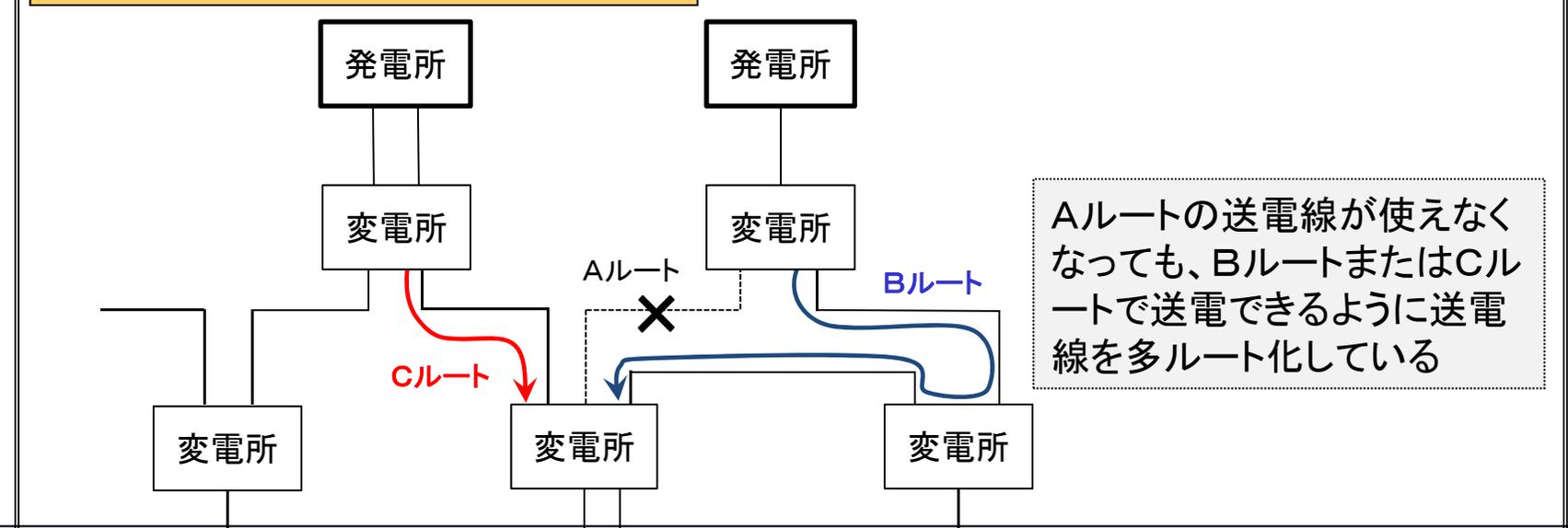


- ① ヘリコプター巡視にて確認された斜面崩壊状況(8/10)
- ② ブルーシート・仮支線設置による応急復旧(鉄塔倒壊防止)の状況(8/11～8/15)
- ③ 本復旧として、土留対策(緑化マット+金網+ロックボルト)を実施(10/30～12/20)

5. まとめ

- 集中豪雨は局地的に発生する短時間強雨であり、集中豪雨を含む大雨の送電鉄塔への影響については、ハード面・ソフト面の対応により極小化を図っているところ
- なお、電力供給システムは広範囲に広がる多重化されたネットワークであり、局地的な集中豪雨により、直接著しい供給支障発生の可能性は極めて低い

送電設備の多重化・多ルート化の例



Aルートの送電線が使えなくなっても、BルートまたはCルートで送電できるように送電線を多ルート化している

平成19年4月にまとめられた「電力システムの構成及び運用に関する研究会（委員長：横山東京大学大学院教授）報告書」では、『電力各社の基幹系統は、構成および運用ともにループ（複数の異なるルートで環状に接続）』『ルート事故でも直ちに停電が起こらない構成』であることが確認されている

- I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- II 自然災害発生時の復旧迅速化対策
- III 集中豪雨
- IV 暴風（竜巻、台風等）**
- V 大規模火山噴火
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

IV はじめに（暴風）

1. 目的

- 過去最も過酷な条件で発生した暴風（竜巻、台風等）が発生したとしても、著しい（長期的かつ広域的）供給支障が生じないかの評価と対策を検討

2. 検討対象

- 対象設備は、17万V以上の架空送電設備※1
- 台風、竜巻による過去の被害実績相当

※1. 地中送電設備については、過去20年間で、暴風による供給支障事故が無いことから、対象外として扱う

3. 検討方法

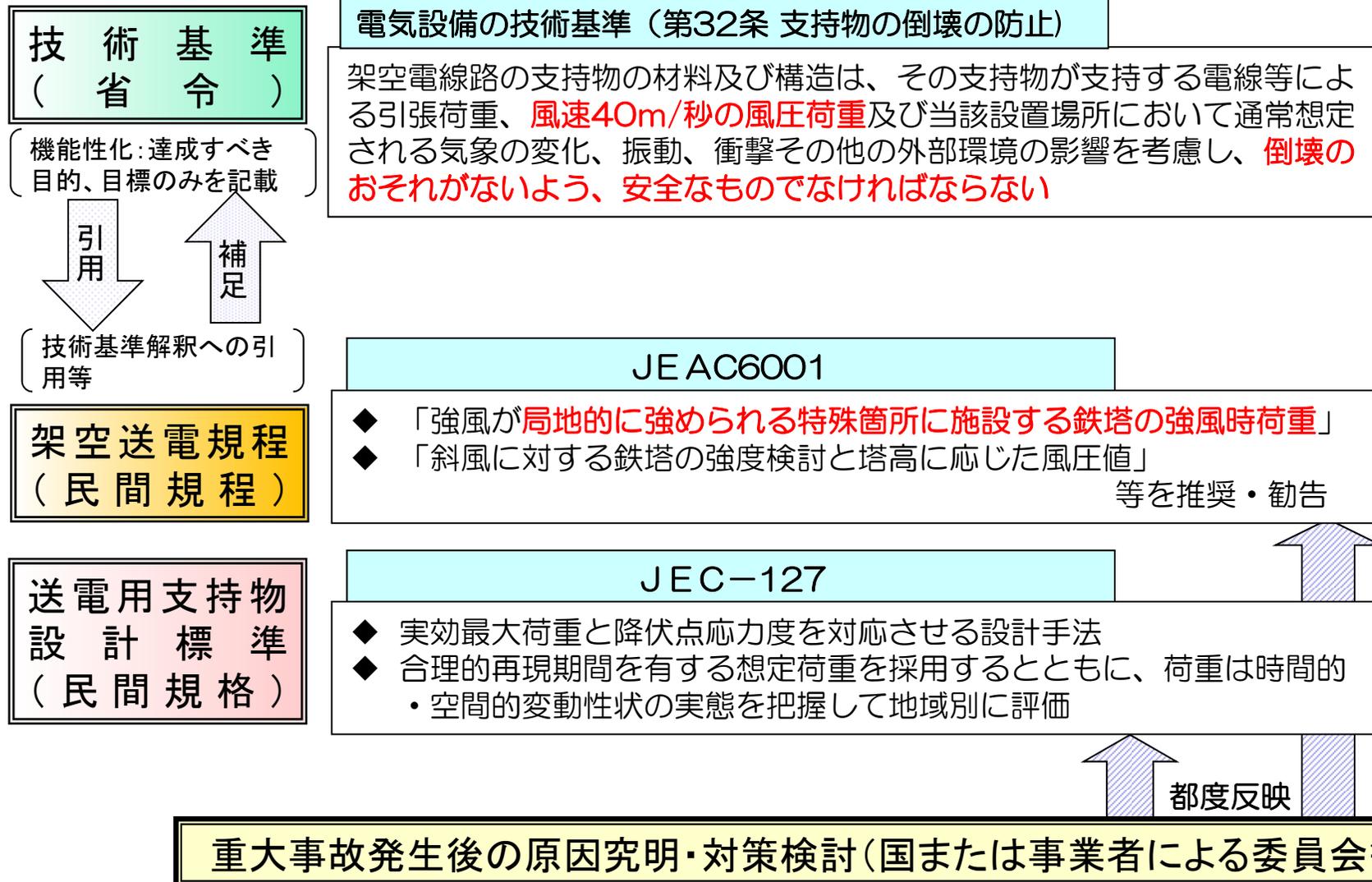
- 送電鉄塔は、国の省令において、満足すべき風圧荷重が決められており、さらに過去の大型台風による設備被害経験から、国の省令や民間規程等が見直しされ、立地環境等に応じて耐性強化してきた経緯を踏まえ、「対策実施の妥当性」「電力供給への影響」の観点で評価

台風	対策実施の妥当性の観点	<ul style="list-style-type: none"> ● 送電鉄塔設計の考え方 ● 台風への耐性評価 (送電鉄塔の倒壊実績と対策実施状況等を踏まえた評価)
竜巻	電力供給への影響の観点	<ul style="list-style-type: none"> ● 文献等及び過去の被害実績による耐性評価 ● 電力供給への影響評価

IV 送電鉄塔設計の考え方

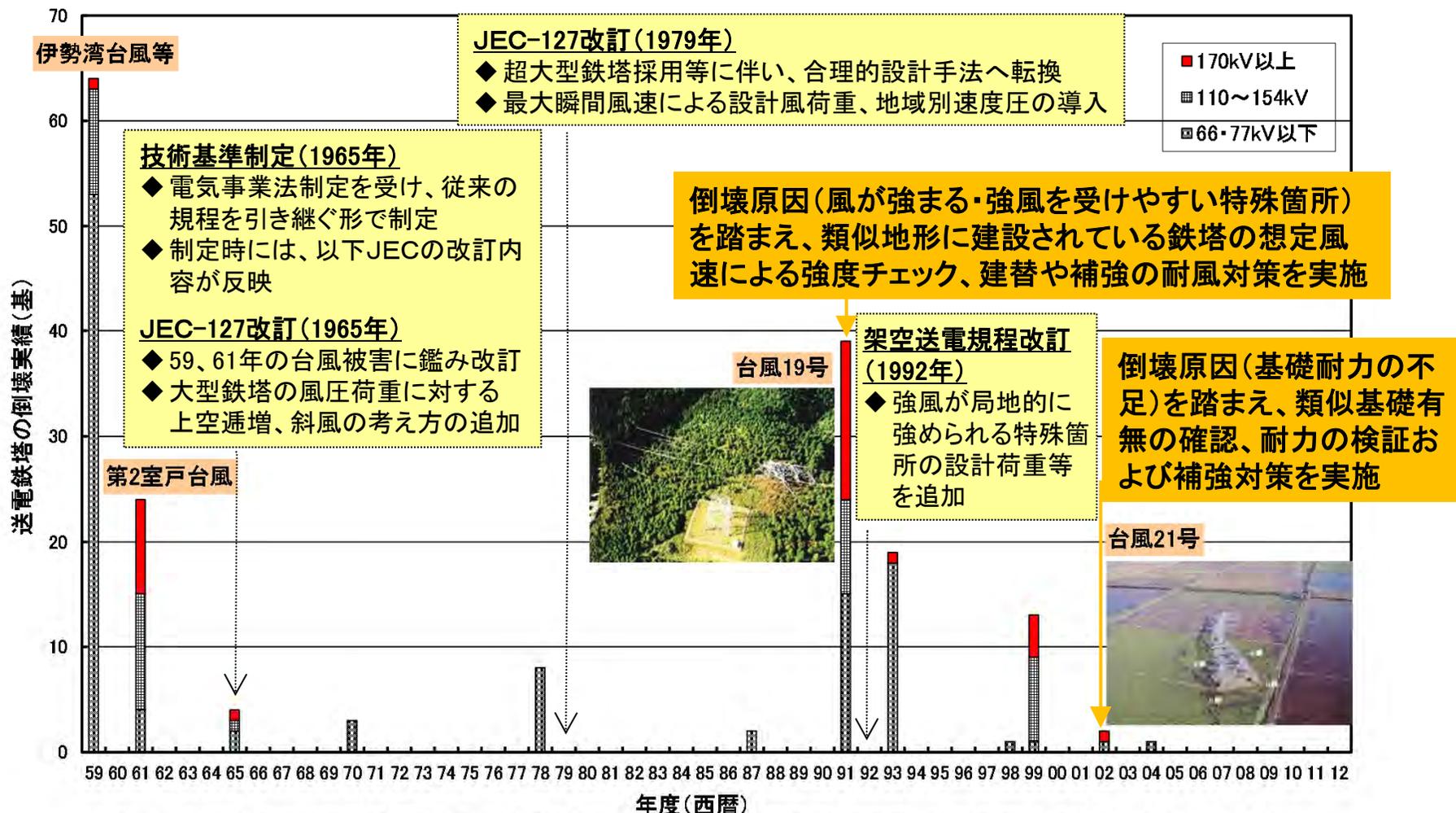
4. 台 風

(1) 送電鉄塔の設計の考え方



4. 台風

(2) 台風への耐性評価(送電鉄塔の倒壊実績と対策実施状況等を踏まえた評価)



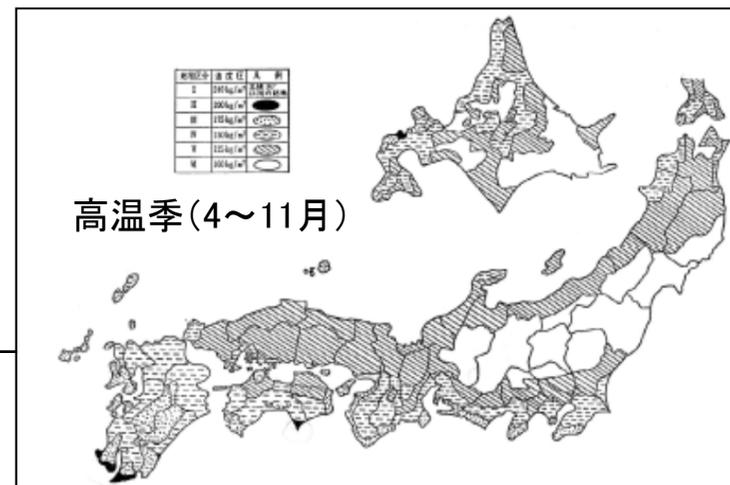
1959~2004年度までは電気協同研究第62巻第3号の「送電用鉄塔損壊事例」の内容。2005年度以降は電気事業連合会調べ

台風による鉄塔倒壊被害は減少傾向(2005年度以降は倒壊被害なし)にあり、また第三者による調査結果(平成25年度経済産業省委託事業)においても、台風への耐性は有りと評価

4. 台 風

(3) 平成25年度経済産業省委託事業〔災害に強い電気設備検討調査(送電鉄塔)※²〕の評価

<p>自然現象と送電鉄塔設計の関係性</p>	<p>十分な統計データが存在する自然現象に対する構造設計においては、過去最大級の事象に近いものといった単一の過去の事象を用いるよりは、統計的に十分なデータ数にもとづいた資料から客観的に評価し、要求性能に応じた再現期間にもとづく設計荷重とすることが合理的</p>
<p>「過去最低中心気圧の台風」への耐性評価</p>	<p><u>以下の理由を踏まえ、台風の規模(強さ)が現状と大差なく、過去の統計的な実績にもとづく蓋然性の高い経路で襲来するとすれば、送電鉄塔の耐力が確保されていると評価できる</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ 特殊地形や地域別の風速や局地条件により、個別に設計風速(45~60m/s)を割り増す等の対策が取られていること ◆ 大型鉄塔や特殊箇所等に、最大瞬間風速の50年再現期間値にもとづき設定した地域別風圧値が適用されていること(右図) ◆ 上記再現期間から想定される安全性は、実際の風向別風速分布に置き換え、再検討すると、<u>150年に相当するとの研究成果</u>※³があること



※2. 自然災害発生時の送電鉄塔の耐性等に関する調査(委員長:大熊 神奈川大学名誉教授)

※3. 電力中央研究所レビューNo.48「送電設備の風荷重・風応答評価技術」より

JEC-127(1979)における基準速度圧マップ

IV 竜巻への耐性評価

5. 竜巻 (1) 文献等及び過去の被害実績による耐性評価

文献等

- 送電鉄塔の竜巻に対する耐性については、文献「竜巻等の実態および発生予測と対策」(文部科学省調査研究、2008)において、電技の風速(40m/s)を考慮すれば、F1クラス以下で構造上問題となることはほとんどなく、さらに局所的な現象の場合、F2クラス相当にも耐えられるとの記載あり

過去の被害実績

- 国内観測最大クラスはF3(風速70~92m/s)であり、F4(風速93~116m/s)以上は観測されていない
- F3クラス発生による送電設備の被害は、一部設備損壊のみ(66kV規模の電線断線やがいし破損等で、同竜巻が通過した500kV送電設備には被害無し)
⇒ 鉄塔倒壊など大規模な損壊には至らず

藤田スケール(気象庁HPより)

F0	17~32m/s (約15秒間の平均)	煙突やアンテナが壊れる
F1	33~49m/s (約10秒間の平均)	屋根瓦が飛び窓が割れる
F2	50~69m/s (約7秒間の平均)	住家の屋根がはぎとられる
F3	70~92m/s (約5秒間の平均)	住家が倒壊、自動車が飛ぶ
F4	93~116m/s (約4秒間の平均)	住家が飛散、列車が飛ぶ
F5	117~142m/s (約3秒間の平均)	住家は跡形もない

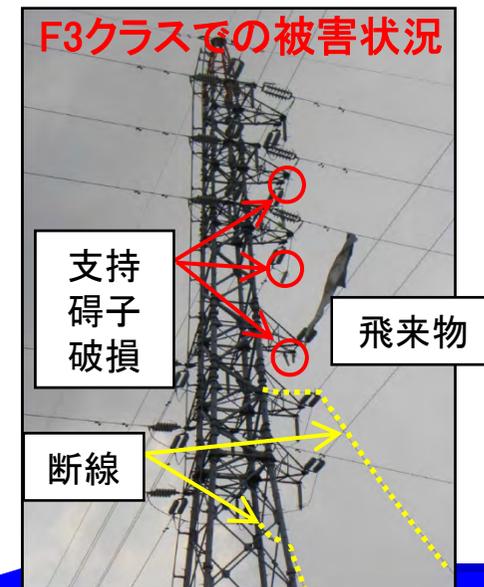
竜巻ルートの作成

気象庁HPより、竜巻発生場所と消滅場所を直線で結ぶ

- ◆ 竜巻発生場所 (常総市大沢新田)
- ◆ 竜巻消滅場所 (つくば市平沢)



F3クラスでの被害状況



IV 電力供給への影響評価

2011年4月に米国で発生した竜巻による被害

5. 竜巻 (2) 電力供給への影響評価

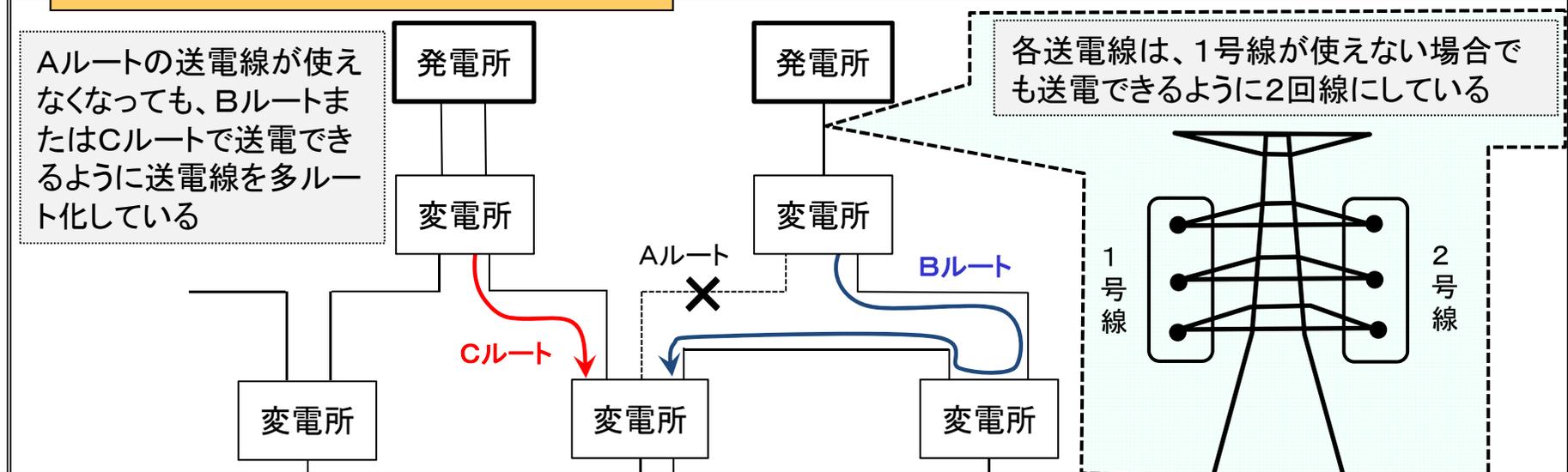
- 海外では、竜巻による鉄塔倒壊の事例(右図参照)がある。F4クラス以上の竜巻などでは、鉄塔倒壊の可能性は否定できない



電力供給システムは多重化・多ルート化で構築されており、局地的に発生する竜巻により、著しい供給支障発生の可能性は極めて低い

✓ テネシー川流域開発公社所有の送電線
 ✓ 最大規模は改良藤田スケールでF5相当
 【Wikipedia: April 25-28, 2011, tornado outbreakより】

送電設備の多重化・多ルート化の例



平成19年4月にまとめられた「電力システムの構成及び運用に関する研究会(委員長:横山東京大学大学院教授)報告書」では、『電力各社の基幹系統は、構成および運用ともに**ループ(複数の異なるルートで環状に接続)**』『ルート事故でも直ちに停電が起こらない構成』であることが確認されている

6. まとめ

(1) 台 風

- 過去の倒壊被害を踏まえた再発防止対策（強風が局地的に強められる特殊箇所は、風圧値を割増など）を逐次、国の基準（電技、風速40m/s）に加え、民間規程等へ反映
- 台風による鉄塔倒壊被害は減少傾向（2005年度以降は倒壊被害なし）にあり、また第三者による調査結果（平成25年度経済産業省委託事業）においても、台風への耐性は有りと評価

(2) 竜 巻

- 文献や過去の被害実績から、F3クラス以下の竜巻については、鉄塔倒壊までは至らず
- 万一、F4クラス以上の竜巻発生時は、電力供給システムは、多重化・多ルート化で構築されているため、著しい供給支障発生の可能性は極めて低い

- I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- II 自然災害発生時の復旧迅速化対策
- III 集中豪雨
- IV 暴風（竜巻、台風等）
- V 大規模火山噴火
 - (1) 火力発電設備
 - (2) 送電設備、変電設備
- VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

- ▶ 対象とする大規模火山噴火は、「富士山ハザードマップ検討委員会報告書」(平成16年6月)の被害想定に用いられている最大規模の噴火である宝永噴火とした。
- ▶ 上記報告書の「降灰可能性マップ※」にて、コンバインドサイクル(ガスタービン)発電所地点の降灰深を確認し、ガスタービン吸気フィルタへの詰まりの影響を評価。
- ▶ 対象となる発電所は、東京電力6発電所(発電出力計1,534万kW)、降灰深はいずれも2cm。



※降灰可能性マップ:

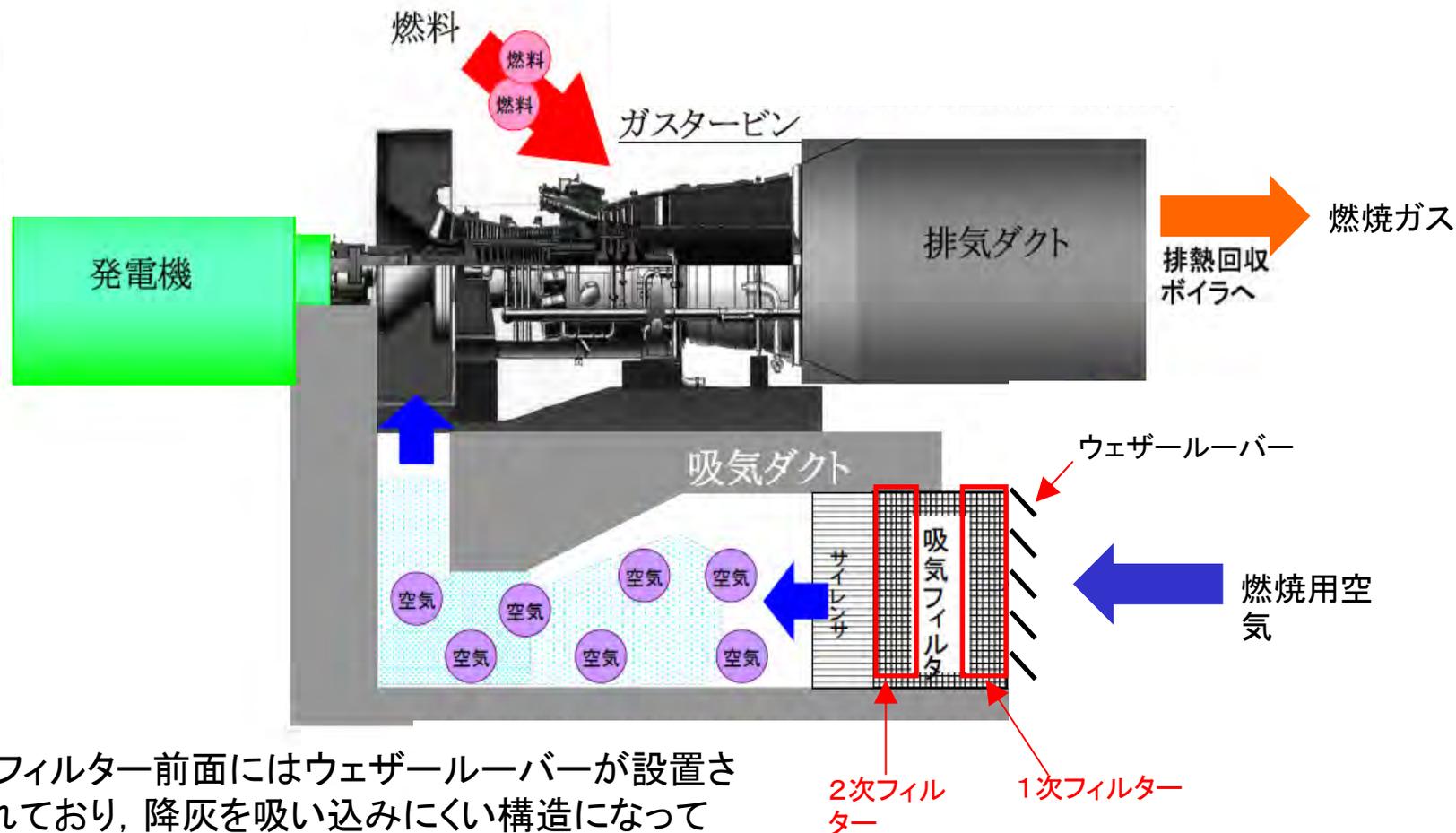
噴火位置の分布(大規模噴火火口分布領域)と発生時期毎の降灰分布(12ヶ月分の月別降灰分布)を包括して作成された降灰分布図。

降灰可能性マップ(出典:富士山ハザードマップ検討委員会報告書)とコンバインドサイクル(ガスタービン)発電所地点

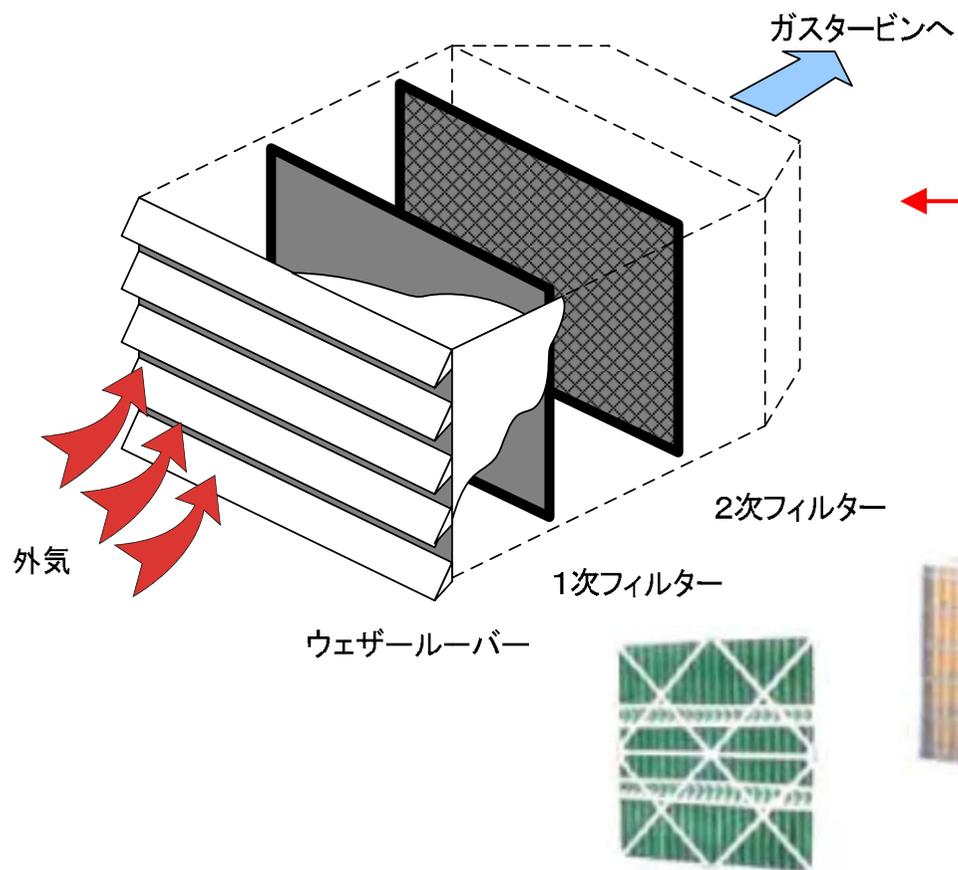
➤ 吸気フィルター

燃焼用空気や部品(燃焼器やタービン翼)の冷却用空気を取り込む際、吸気ダクト入口に塵やゴミを除去するために設けられた、ガスタービン設備に特有なフィルターのこと。

1次フィルターと2次フィルターがあり、1次フィルターは粗塵除去のためのフィルター、2次フィルターは1次フィルターを通過した細かな塵埃を捕集する高性能フィルターである。



※ フィルター前面にはウェザールーバーが設置されており、降灰を吸い込みにくい構造になっている。



➤ 通常時の吸気フィルターの管理方法

- 吸気フィルターの入口部と出口部の圧力差(差圧)で詰まりの状況を管理し、フィルターの取替管理値に従って適切な時期に交換を実施。
- 通常、発電所の停止(約1年毎)に合わせて交換を実施)

➤ 降灰による吸気フィルターへの影響評価

- ・ 吸気フィルターへの火山灰の詰まりにより、急激な差圧の上昇と、通常よりも早期の取替管理値への到達が懸念される。
- ・ フィルタ取替頻度は、降灰量とフィルター粉塵捕集性能から、約10日毎(平均)※と想定。
※1ヶ月間噴火が継続する一定量噴火モデル(富士山ハザードマップ検討委員会報告書)より試算。

➤ 大規模火山噴火に対する対策

噴火が発生した場合には、順次以下のような対策を図り供給力の確保に努める。

- ・ 火山情報を把握しながら、事前に交換用のフィルターの早期調達及び交換作業要員の確保。
(フィルターの取り換えには、数日程度/ユニット。現状の要員で対応可能。)
- ・ 詰まり状況の把握のため、フィルターの差圧の監視強化。
- ・ フィルターの詰まり状況と調達状況を勘案しながら、必要に応じて発電出力の抑制または停止措置等によりフィルターの延命化を図り、計画的な交換を実施。

(フィルターの延命化による供給力への影響(例):

電力需要の変化に合わせた運転時間の制限(昼間運転、夜間停止等)により、対象6発電所出力合計の2~3割程度の供給力低下を想定。)

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

V 大規模火山噴火

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

1. 目的

- 大規模火山噴火への対応として、富士山噴火を事例に、降灰、溶岩流および火砕流等による被害状況の評価及び対応策を検討

2. 検討対象

- 対象設備は、17万V以上の送電設備と変電設備
- 富士山ハザードマップ検討委員会報告書(H16年7月内閣府等)に基づく被害想定

3. 検討方法

(1) 降灰

- 過去の被害発生等状況を踏まえ、「降灰」による被害想定に基づき、電力供給への影響(著しい供給支障発生の有無)を評価

(2) 溶岩流、火砕流等

- 「溶岩流」「火砕流」「融雪型火山泥流」「噴石」「土石流」の被害想定に基づき、被害想定範囲の設備が全損壊するものと仮定して、電力供給への影響(著しい供給支障発生の有無)を評価

4. 降灰の影響

(1) 過去の火山噴火(降灰)による送変電設備への影響

- 九州地方の火山噴火(降灰)によって、17万V以上の電気設備における供給支障事故および設備被害は無し

【九州地方における主な降灰に伴う17万V以上の送変電設備への影響実績】

火山名	主な降灰時期	主な観測所における降灰堆積量	停電	設備被害
桜島	昭和50年代～ 昭和60年代	1日当たり6,697g/m ² (昭和59～60年) 鹿児島地方気象台	なし	なし
阿蘇山	平成元年～ 平成2年	1日当たり3,728g/m ² (平成2年) 阿蘇山測候所(黒川観測点)	なし※1	
雲仙岳 (普賢岳)	平成3年～ 平成7年	1日当たり576g/m ² (平成5年) 雲仙岳測候所	なし	
霧島山 (新燃岳)	平成23年	年間8,848g/m ² (平成23年)※2 都城市観測(山田地区)	なし	

(参考)

※1. 阿蘇山噴火により、霧雨の影響で水分を多量に含んだ降灰が66kV送電線の碍子に付着し、鉄塔1基のみ絶縁性能の低下により供給支障事故が断続的に発生。ただし、2分以内に再送電しており、長期間には至らず

【右写真】66kV送電線事故における事故点周辺の降灰付着状況(通電状態)

※2. 観測所の測定データではないが、公的機関の現地調査にもとづくデータあり(次頁参照)

霧雨状況下で降灰のがいしへの付着



V (2) 降灰による送変電設備への影響 (2)

【参考】産業技術総合研究所(以下、「産総研」という。)等の調査データ(平成23年1月26日～27日)



4. 降灰の影響

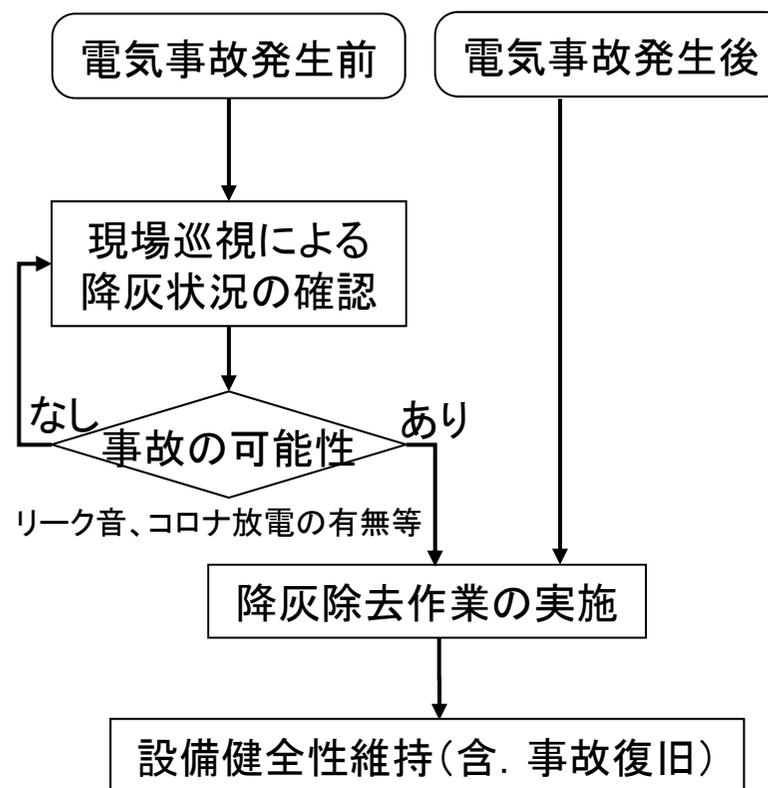
(2) 灰除去作業を基本とした対応

- 周辺環境により、降灰時に局所的に電気事故が発生する可能性は否定できないことから、巡視・点検等で現場の降灰状況を確認し、必要に応じて※3予防保全的措置としての灰除去を実施

※3. 風による飛散や雨洗効果の可能性

- 電気事故が発生しても、汚損碍子の清掃により機能回復が可能

⇒ 著しい供給支障には至らない



<降灰対策の基本フロー>



<降灰除去作業の例>

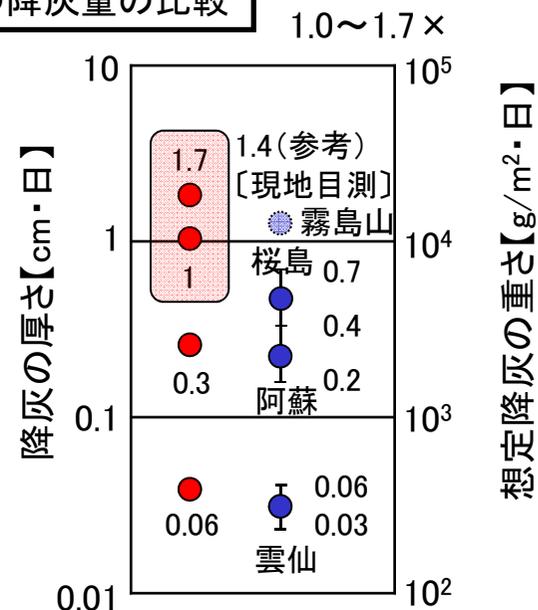
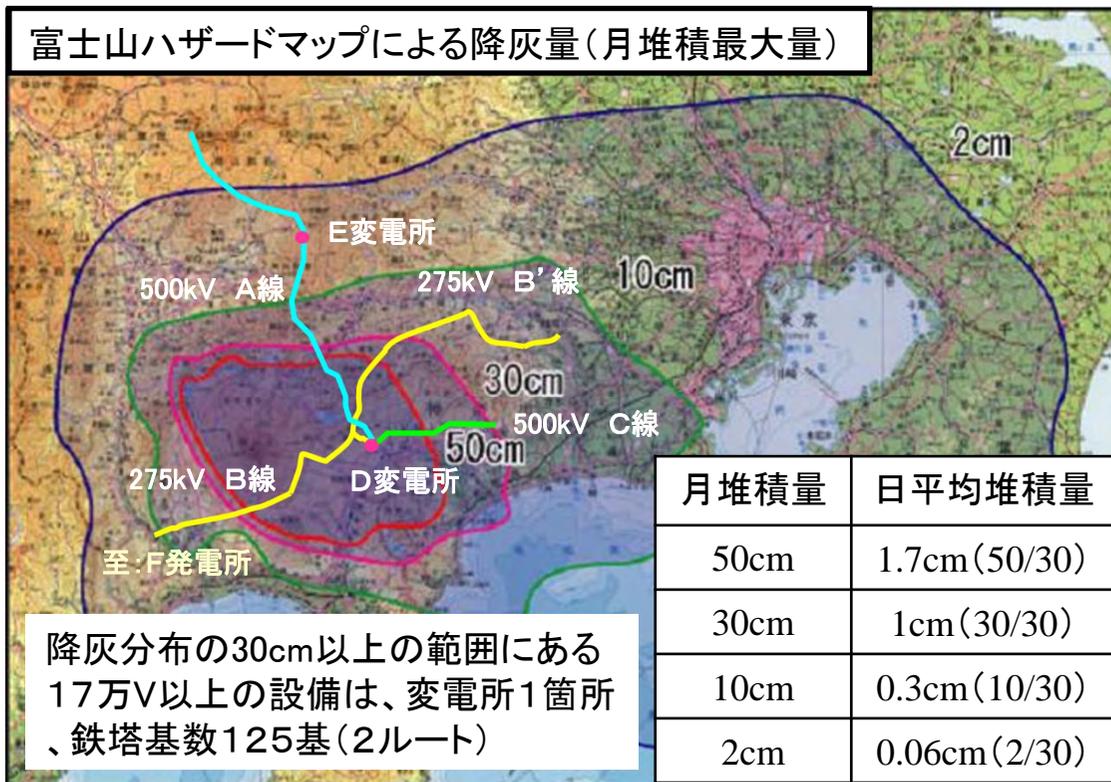


<ITVカメラで確認された雨洗効果の状況>

1日当たりの降灰量の比較

4. 降灰の影響

(3) 富士山噴火による降灰影響評価



凡例

- : 富士山降灰可能性マップの1日当たりの降灰厚さ(下から2、10、30、50cmの値)
- : 九州地方の降灰厚さ(実績)
(1mmの厚さを1000~1700g/m²と想定)

【換算方法の出典】
気象庁「降灰予報の高度化に向けた検討会(第1回)」の参考資料2より

【影響を踏まえた対策の検証】

降灰分布の30cm以上で、確認できた九州地方の最大降灰量(観測所の実績値)を超過するものの、当該範囲にある17万V以上の全設備で電気事故が発生した場合でも、電力供給に必要な最小限の設備(1ルート確保)に対して、灰を除去できる体制(要員数)を有していることを確認(次頁参照)

降灰による著しい供給支障は発生しない

(参考) 灰除去の作業体制の検証結果

- 東北地方太平洋沖地震における東京電力の復旧要員(社員・協力会社)は、3/11～13の平均で、送電設備約550名、変電設備1,360名
- 電力供給に必要な最小限の設備(1ルート確保)に対して、灰を除去できる体制が構築できることを確認しており、早期復旧は可能

送電鉄塔：作業体制(以下、「班体制」という。)は作業員12名、1日3基と想定
 変電所：作業体制は作業員約100名、1日1変電所と想定

会社	所在設備数 ^{※1}		復旧体制		
			必要とする班体制	要員数	具体的な対応
東京	送電鉄塔 ^{※2} (基)	49基	17班	204名	拭き上げ清掃
電源開発		76基	26班	312名	拭き上げ清掃
東京	変電所 (箇所)	1箇所	—	約100名	拭き上げ清掃

※1. 月堆積量30cm以上の範囲のうち、A線(41基)、B線(90基)は、その一部が溶岩流の影響により使用できないことから除外

※2. 灰除去を必要とする送電鉄塔は、東京電力(49基)あるいは電源開発(76基)のいずれかであるため、周辺状況等に応じて、2社が協調して対応する

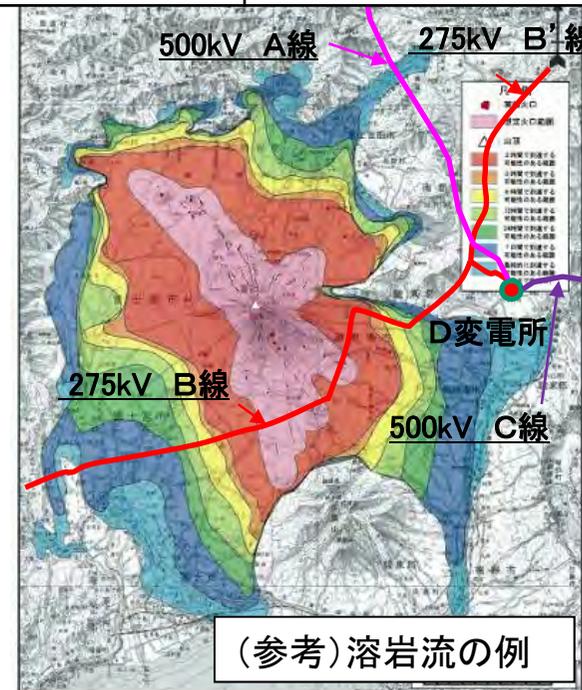
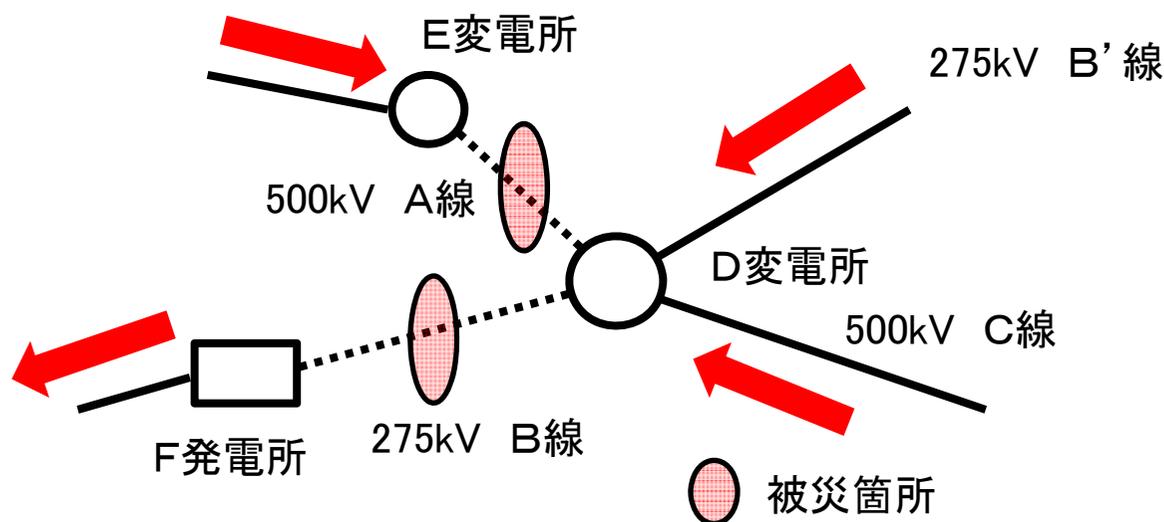
5. 溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流、噴石の影響

(1) 設備被害と電力供給への影響

- 被害想定範囲が最大となる溶岩流について、同範囲にある設備が損壊すると仮定した場合、送電線2線路(A線およびB線)について、被災の可能性有り。ただし、系統操作(D変電所へはB'線あるいはC線より供給)により供給支障の解消(または回避)が可能

会社名	被災可能性のある変電所(箇所)	被災可能性のある送電線	供給支障量
東京	なし	500kV A線 鉄塔2基	なし
電源開発	なし	275kV B線 鉄塔101基 (F発電所～D変電所間)	なし

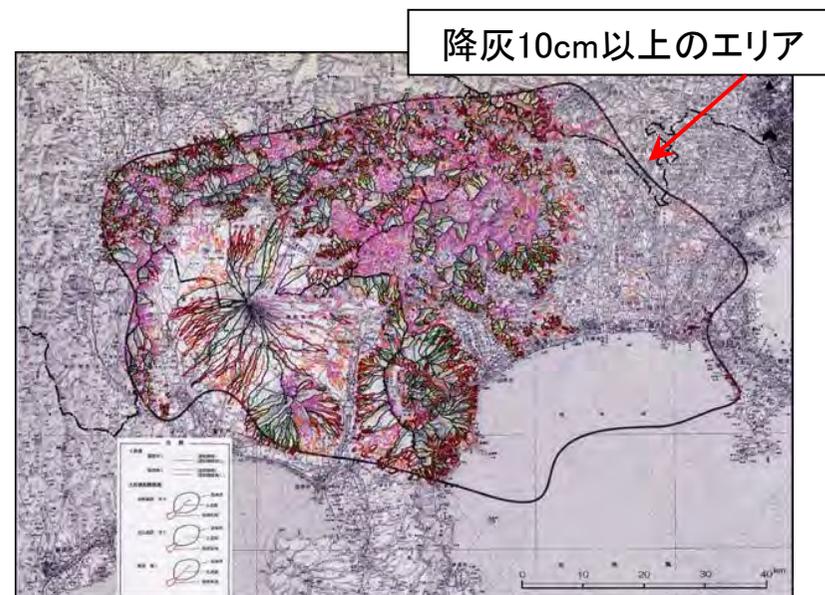
(2) 系統切替による救済方法【溶岩流のケース】



6. 土石流の影響

(1) 土石流マップの考え方

- 富士山ハザードマップ検討委員会報告書の被害マップは、降灰10cm以上エリアのうち、「各都道府県が調査した土石流危険渓流」と「国交省の調査要領にもとづく谷地形(1/25,000の地形図より抽出)」を基に作成
(富士山ハザードマップ検討委員会報告書より)



(2) 土石流の影響評価

- ① 降灰10cm以上のエリアに存在する対象設備について、『被害エリアに該当する変電所はないこと』と『送電線は被害エリアを経過するものの、渓流や谷地形の箇所には鉄塔を建設していないこと』を管理図面にて確認 (対象設備数 変電所:7箇所、送電線:10線路762基)
- ② 降灰後の降雨時の影響については、電気設備周辺の土石流の発生状況を確認するため、予防(保安)巡視を実施する保全体制を構築(集中豪雨等の発生時には既に実施済)
- ③ 万一、降雨量の影響(富士山ハザードマップ検討委員会報告書では、言及なし)等により、電気設備に影響を与える土石流に発展したとしても、電力供給システムの多重化・多ルート化により被害は限定的

土石流による著しい供給支障発生の可能性は極めて低い

7. まとめ

(1) 降灰

- 「降灰」の被害想定に基づき、過去の被害発生等状況から降灰による設備への影響を評価した結果、著しい供給支障は発生しない

(2) 溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流、噴石

- 「溶岩流」「火砕流」「融雪型火山泥流」「噴石」の被害想定に基づき、被害想定範囲の設備が全損壊するものと仮定して評価した結果、系統切替等により、著しい供給支障は発生しない

(3) 土石流

- 「土石流」の被害想定に基づき、被害想定範囲の影響を評価した結果、設備の設置状況、電力供給システムの代替性の確保等により、著しい供給支障発生の可能性は極めて低い

I 南海トラフ巨大地震および首都直下地震

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

II 自然災害発生時の復旧迅速化対策

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

III 集中豪雨

IV 暴風（竜巻、台風等）

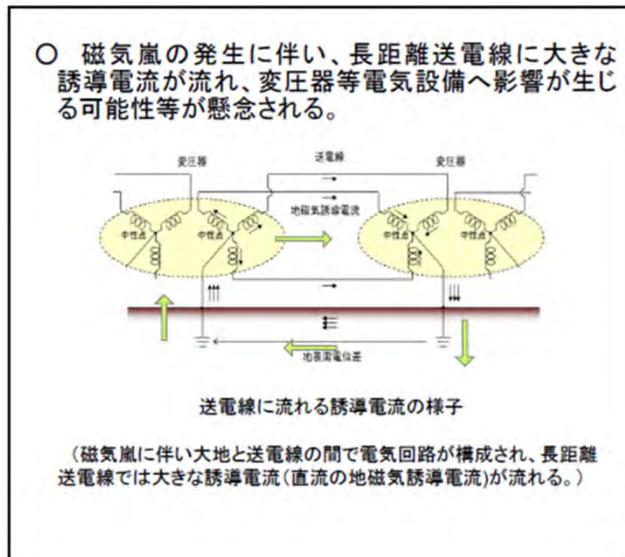
V 大規模火山噴火

(1) 火力発電設備

(2) 送電設備、変電設備

VI 太陽フレアに伴う磁気嵐

1. 太陽フレアに伴う磁気嵐が電気設備に与える影響



出典：第1回電気設備自然災害等対策WG
資料2より抜粋

太陽フレアに伴う磁気嵐によって地磁気誘導電流(直流分)が系統に流れ、それが電気設備に与える影響として、以下のようなものが考えられる。

(1) 変圧器への影響

直流分が流れ込むことで、変圧器磁気回路に飽和が生じ、鉄心付近が加熱する。

※「直接接地かつ長距離送電線の末端に設置される変圧器」において影響が出やすい

(2) 電圧低下

変圧器鉄心の飽和により無効電力消費が増大し、電圧低下を生じる。

(3) 高調波の発生

変圧器鉄心の飽和により高調波成分が系統に発生し、各機器の動作特性に悪影響を与えることがある。

(4) 保護リレーの不要動作

地磁気誘導電流が大きい場合に保護リレーが不要動作する。

2. 過去事例(1989年3月 カナダ ハイドロケベック社)

○停電発生メカニズム (March 13, 1989 Geomagnetic Disturbance(NERC)より抜粋)

太陽フレアに伴う**磁気嵐が発生**



磁気嵐による地磁気の変動により**地磁気誘導電流が発生**



地磁気誘導電流により変圧器鉄心が飽和し**高調波が発生**



高調波により調相設備の保護装置が動作し**調相設備が停止**

※調相設備：変電所や長距離送電線中間に設置した無効電力設備により、無効電力を吸収・発生して電圧を一定に保つ制御を行うもの



長距離送電系統における安定的な送電ができなくなり**送電線が停止**



大容量水力発電が送電不可 (**全系の約1/2の発電電力を喪失**)



全系崩壊

○停電影響

- ・ 停電時間：9時間
- ・ 影響規模：600万人に影響
- ・ 復興期間：数ヶ月

3. 過去事例と同様の太陽フレアが発生した際の日本の電気設備への影響と評価

○日本の特徴（カナダとの比較）

＜電気設備の特徴＞

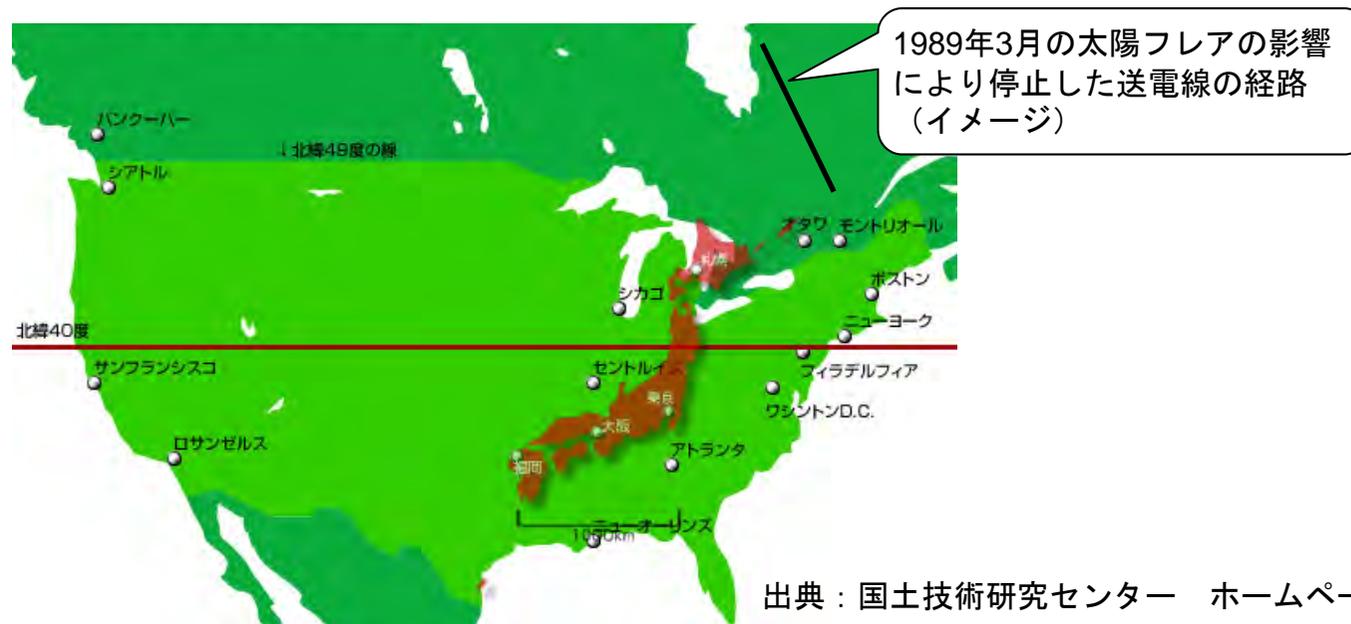
- ・カナダのような1000kmもの長距離送電線に比べ日本の送電線は短い（最長でも100～200km程度）
- ・調相設備の保護装置には高調波対策を施してある

＜地理的特徴＞

- ・磁気緯度が低い

※カナダ65°程度、日本20～35°程度。

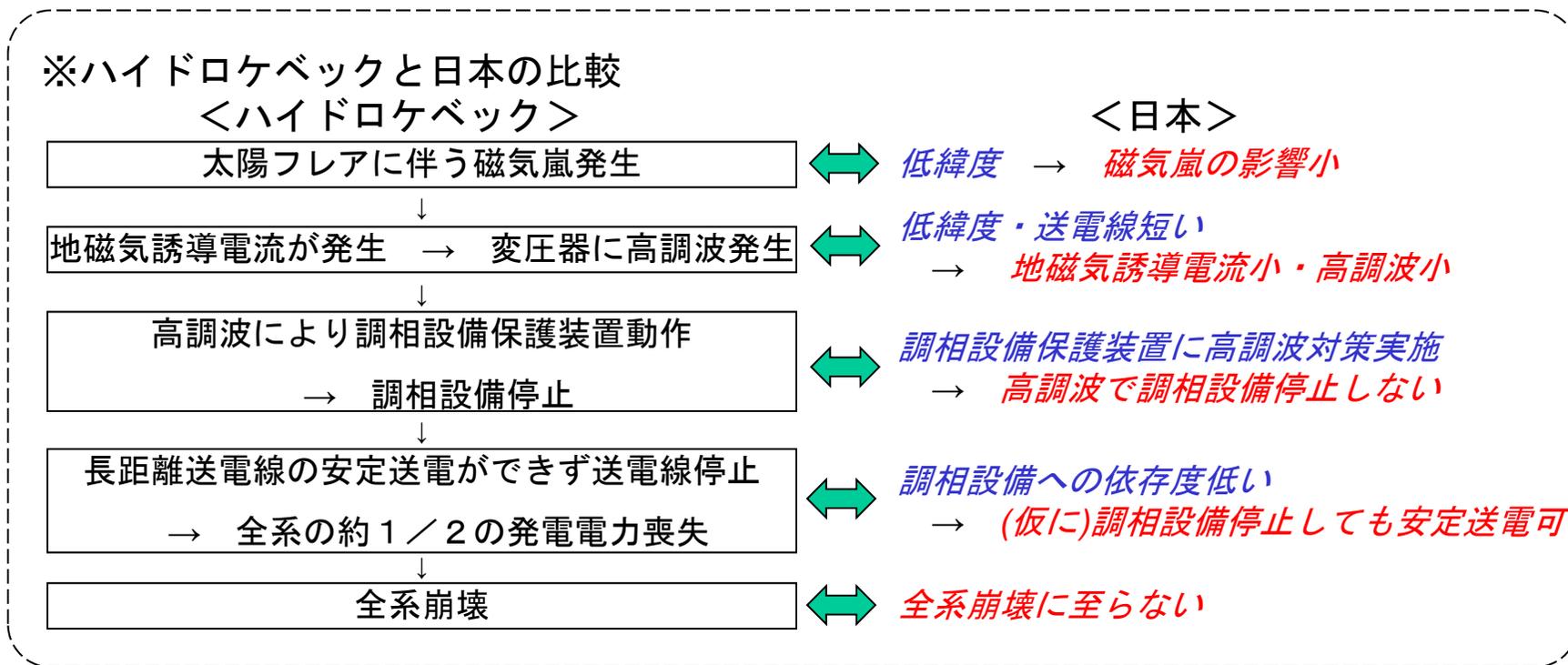
（磁気緯度が減少すると磁気嵐の影響も減少。（電学誌, 108巻 第3号））



3. 過去事例と同様の太陽フレアが発生した際の日本の電気設備への影響と評価

○ハイドロケベック社が大停電に至ったのは、以下に示すような同社の電気設備的および地理的要因によるものと言える。

- ・ 超高压送電線が非常に長距離かつ高緯度に位置する
 - 安定度の調相設備への依存度が高い
 - 太陽フレアにより発生する地磁気誘導電流が大きい
- ・ 調相設備の保護装置に高調波対策が施されていない
 - 高調波の発生により調相設備が停止



4. 太陽フレアに伴う磁気嵐が発生した際の日本の電気設備への影響の評価（まとめ）

○日本においては、その電気設備的・地理的特徴から、そもそも太陽フレアに伴う磁気嵐による影響が限定的。

○仮に、巨大な太陽フレアに伴う磁気嵐の影響を受けるとした場合の、電気設備への影響評価と対応は以下の通り。

(1) 変圧器への影響（変圧器磁気飽和による鉄心加熱）

⇒一部変圧器（直接接地・主に長距離送電線末端）で影響が出る可能性は否定できないが、その場合も **周辺系統の調整により影響を回避**。（平素より設備停止時の対応訓練実施）

(2) 電圧低下（変圧器磁気飽和による無効電力消費増）

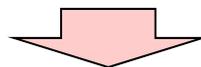
⇒一部変圧器（直接接地・主に長距離送電線末端）で影響が出る可能性は否定できないが、その場合も **周辺系統の調整により影響を回避**。（平素より設備停止時の対応訓練実施）

(3) 高調波の発生（変圧器磁気飽和による高調波発生）

⇒ **高調波対策実施済み**。

(4) 保護リレーの不要動作（地磁気誘導電流による保護リレー不要動作）

⇒一部保護リレー（直接接地・主に長距離送電線末端）で不要動作が発生する可能性は否定できないが、その場合も **周辺系統の調整により影響を回避**。（平素より設備停止時の対応訓練実施）



日本においては、そもそも太陽フレアに伴う磁気嵐による影響が限定的。
仮に影響を受けるとしても、設備の部分的かつ一時的な影響の可能性に止まり
著しい（広範囲かつ長期間）供給支障発生の可能性が極めて低い。

個社説明資料

添付資料1 関西電力株式会社の例

添付資料2 四国電力株式会社の例

【被災想定】 浸水マップ上における変電所および送電鉄塔

添付1-1



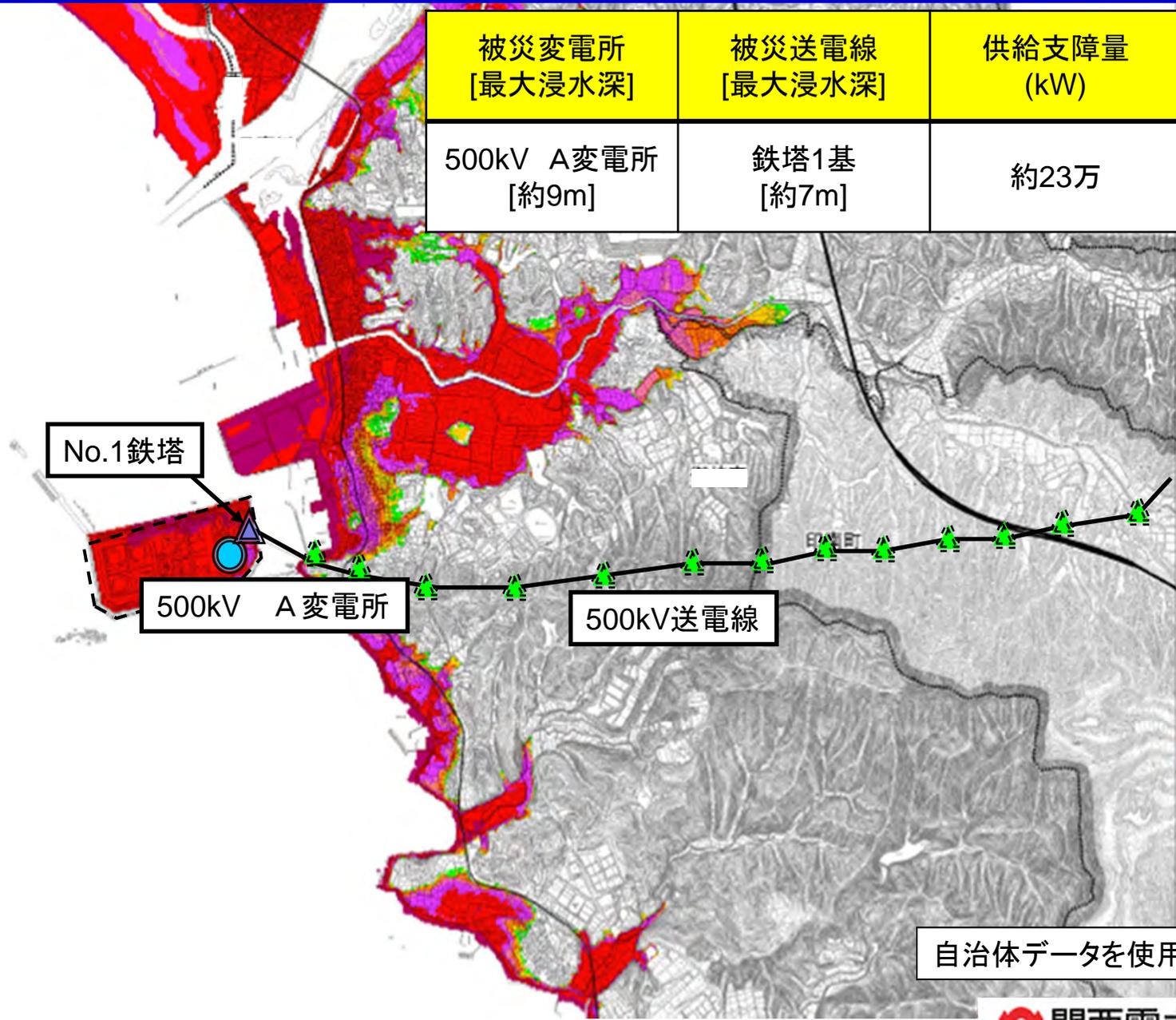
被災変電所 [最大浸水深]	被災送電線 [最大浸水深]	供給支障量 (kW)
500kV A変電所 [約9m]	鉄塔1基 [約7m]	約23万

凡例：

0.01m以上 0.3m未満
0.3m以上 1.0m未満
1.0m以上 2.0m未満
2.0m以上 3.0m未満
3.0m以上 5.0m未満
5.0m以上 10.0m未満
10.0m以上 20.0m未満
20.0m以上

凡例（電力設備）

変電所
被災する鉄塔
被災しない鉄塔
架空送電線



自治体データを使用

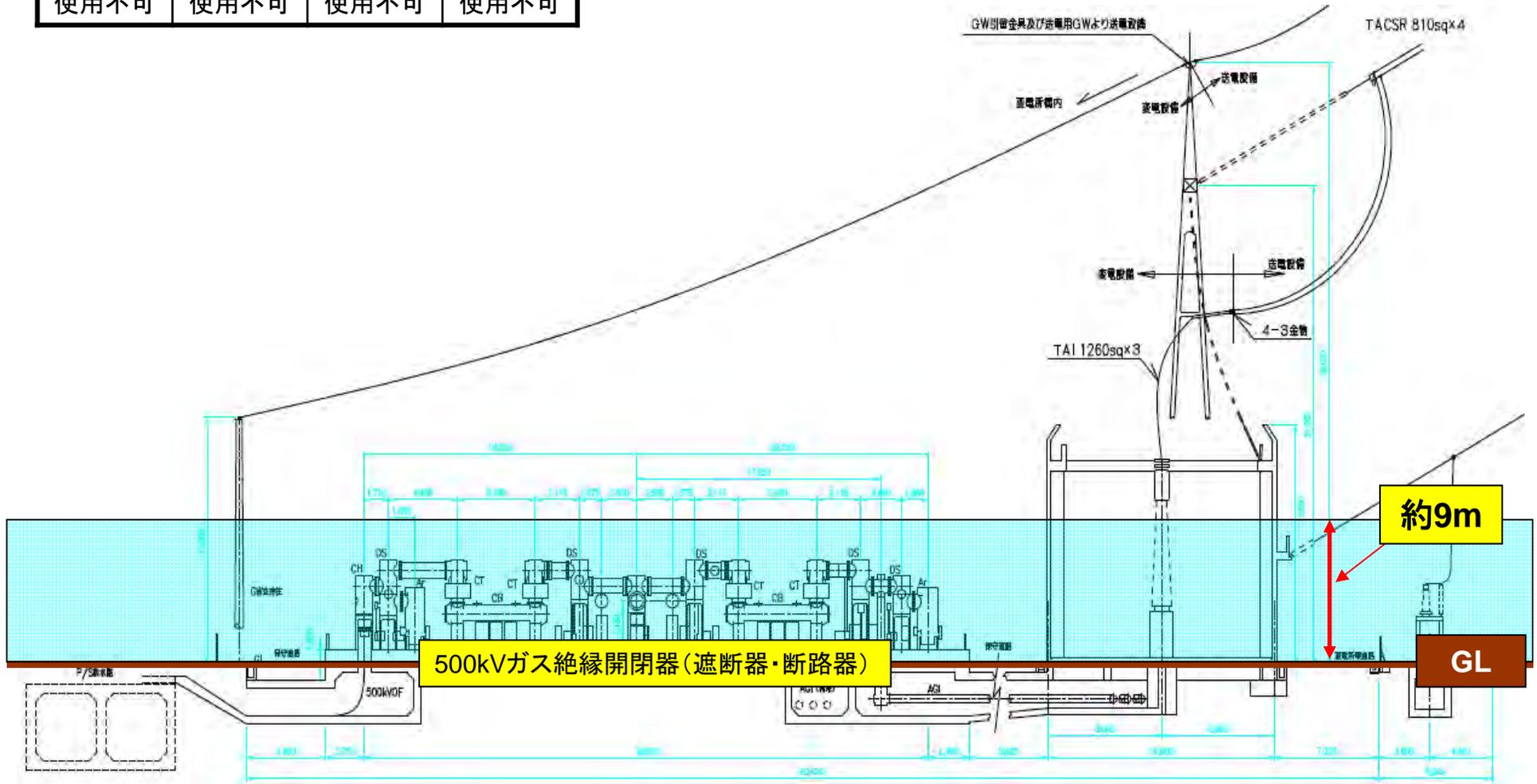
【被災想定】 A変電所 浸水断面図

添付1-2

500kV設備

GL+約9mであり、設備被害甚大

母線	変圧器	遮断器	断路器
使用不可	使用不可	使用不可	使用不可



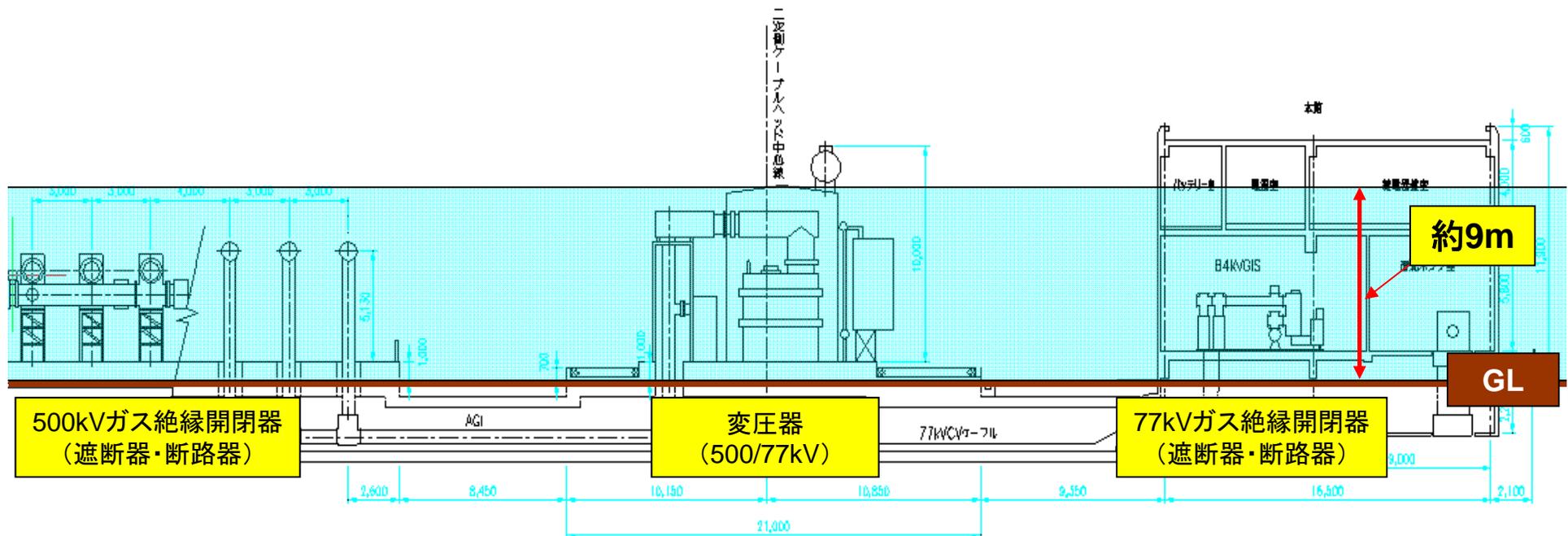
【被災想定】 A変電所 浸水断面図

添付1-3

500kV,77kV設備

GL+ 約9mであり、設備被害甚大

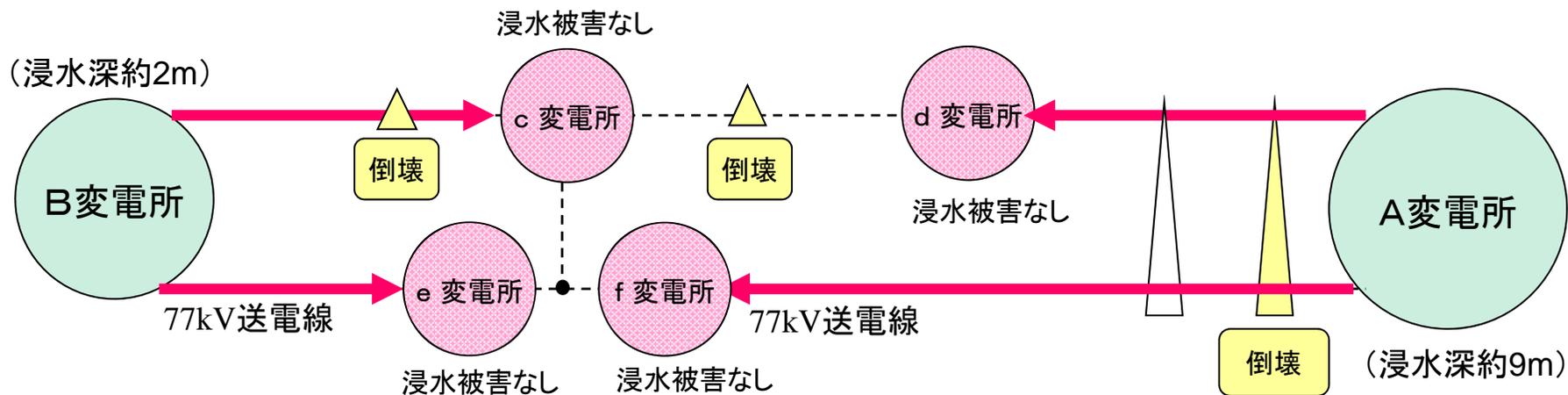
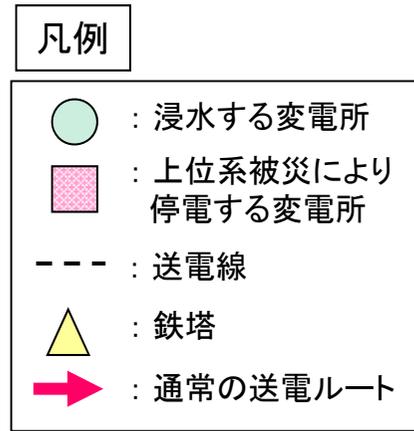
母線	変圧器	遮断器	断路器
使用不可	使用不可	使用不可	使用不可



【被災想定】 正常時の送電状態と津波による被災概要（単線結線図）

添付1-4

上位系被災により配電用変電所が停電する



（注）変電所、送電線は代表的なもののみ記載

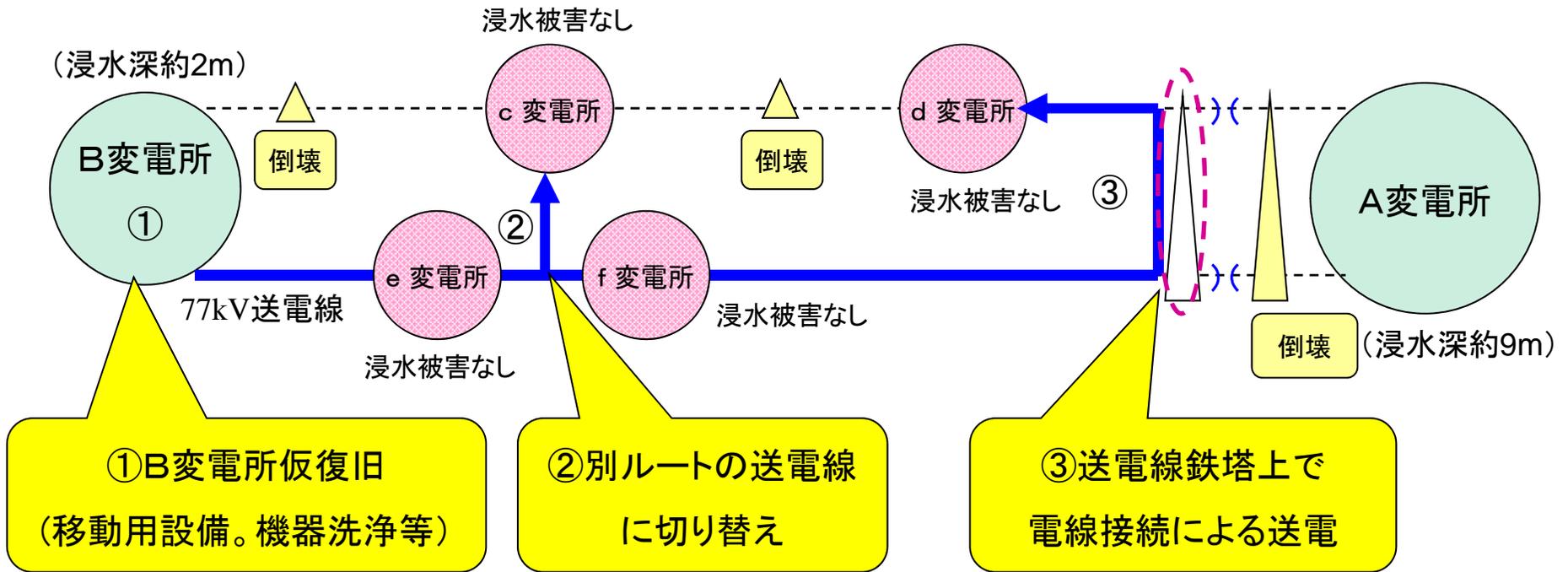
【復旧概要】 供給支障解消方策（単線結線図）

添付1-5

1週間程度で仮復旧

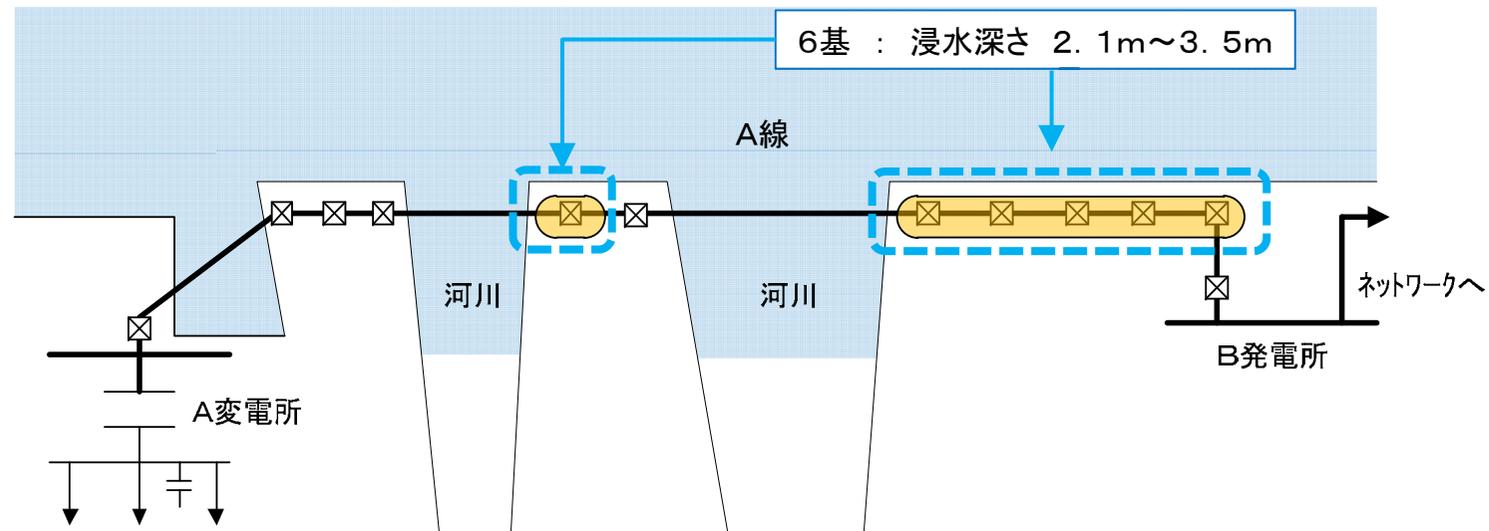
凡例

-) (: 電線を切離し
- - - : 送電線
- ▲ : 鉄塔
- ➡ : 応急送電ルート



(注)変電所、送電線は代表的なもののみ記載

[津波によるA線の被害状況]



- ・187kV A線については、離岸距離0.5km以内で浸水深2m以上の鉄塔が6基となる。
- ・同線については、長径間の河川横断の高鉄塔を含むため、復旧には数ヶ月必要となることから、津波漂流物の防護対策を実施する。

(凡例)

- : 離岸距離0.5km以内で浸水深2m以上の鉄塔
- : 187kV系統
- : 66kV系統

- ・東北地方太平洋沖地震において、港湾に設置した津波漂流物の防護施設が漁船や車両の漂流阻止に効果があったとの報告がある。
- ・このような事例を参考に、A線の送電鉄塔の津波漂流物からの防護対策について、具体的な大きさや構造などの設計を行う。

