
- 津波に対する耐性評価

I (2) はじめに (津波)

1. 目的

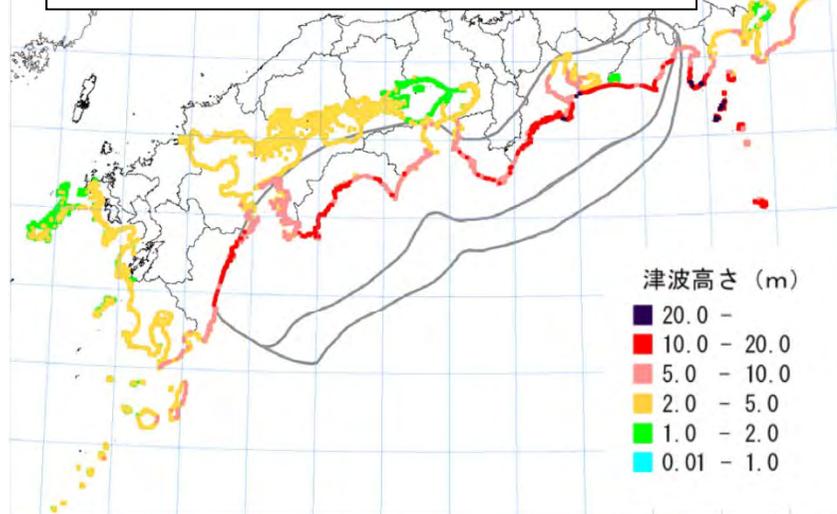
- 南海トラフ巨大地震および首都直下地震の津波に対して、著しい(長期的かつ広域的)供給支障が生じないかの評価と対策を検討

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

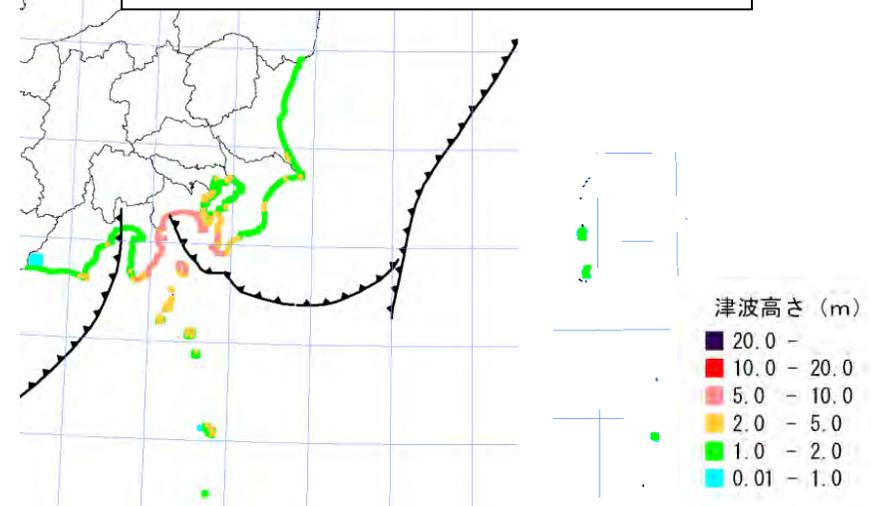


ケース①「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定

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

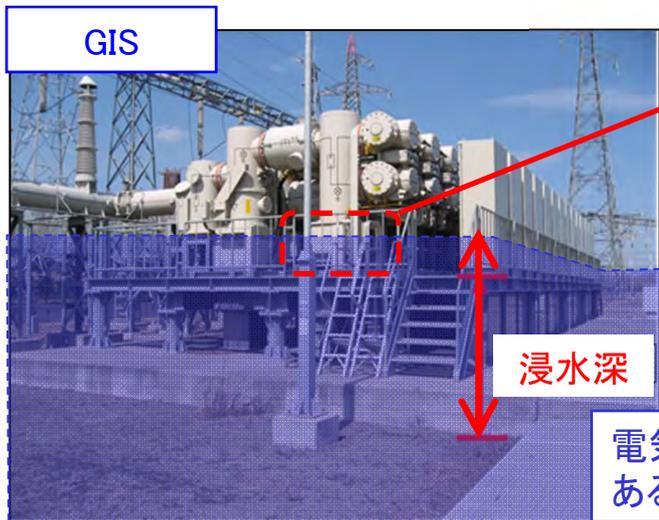
(1) 変電設備

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



GIS

浸水深



操作箱の内部
イメージ

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)

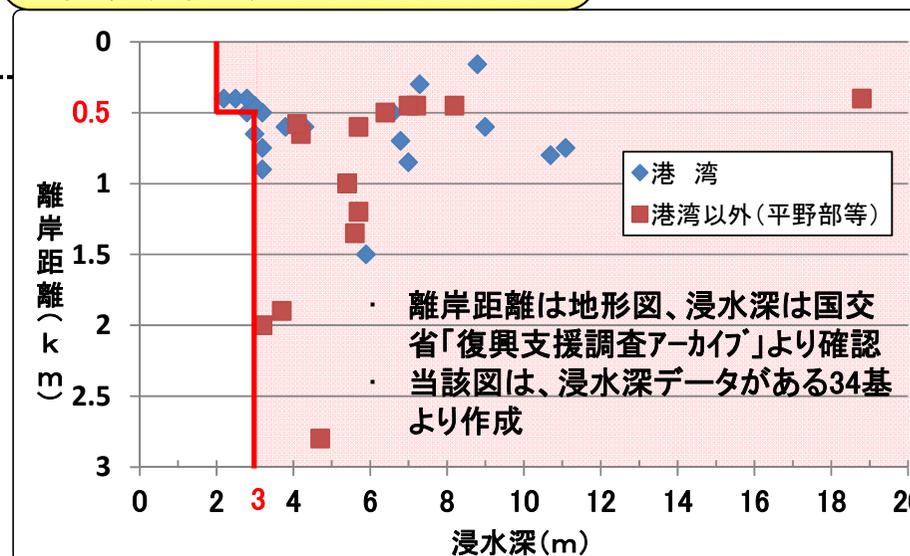


離岸距離約0.6km、浸水深4.1m
建設位置から約300m離れた
位置で確認された

〔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

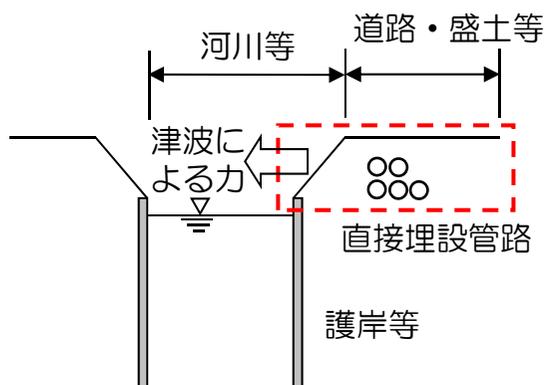
地中送電設備	管路	海岸または河川沿いの護岸のない箇所に設置された直接埋設管路が破損
	地上機器	変電所等にある地上機器が漂流物の影響により倒壊・損傷(個別に浸水深を確認)
	橋梁	河川横断の橋梁が津波の波力により損傷

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)



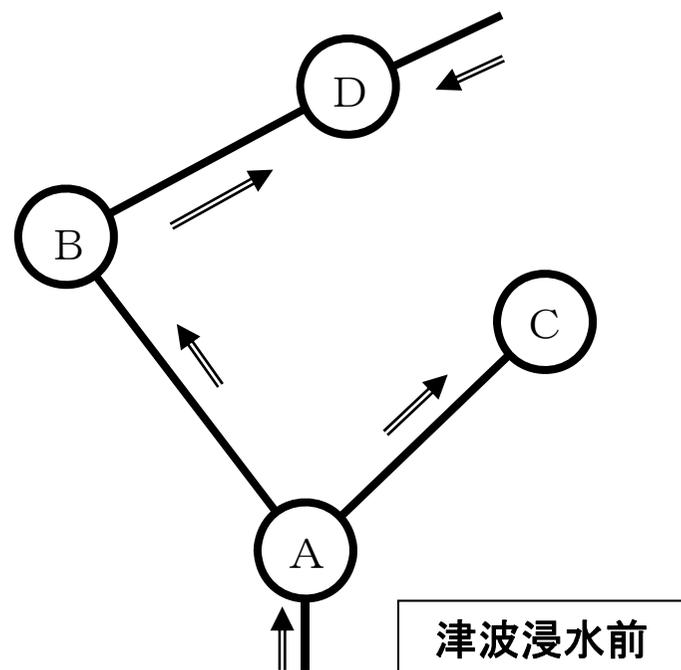
- 地上機器には、ケーブルヘッド架台のほかに、OFケーブルの油槽損傷あり



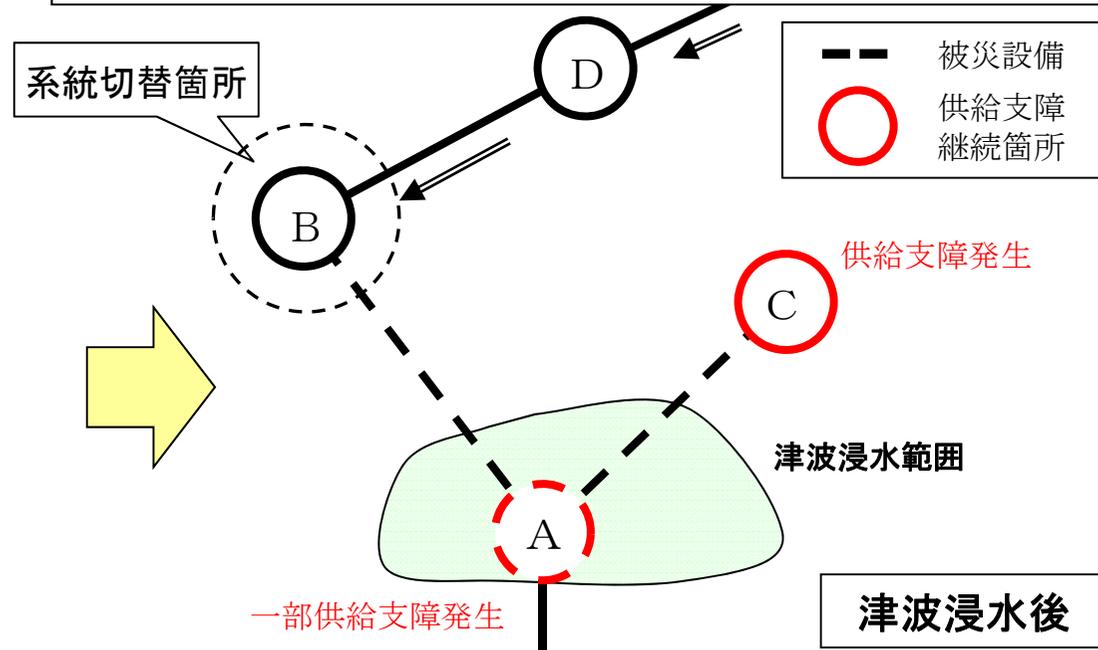
〔補足〕

- 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	—	—

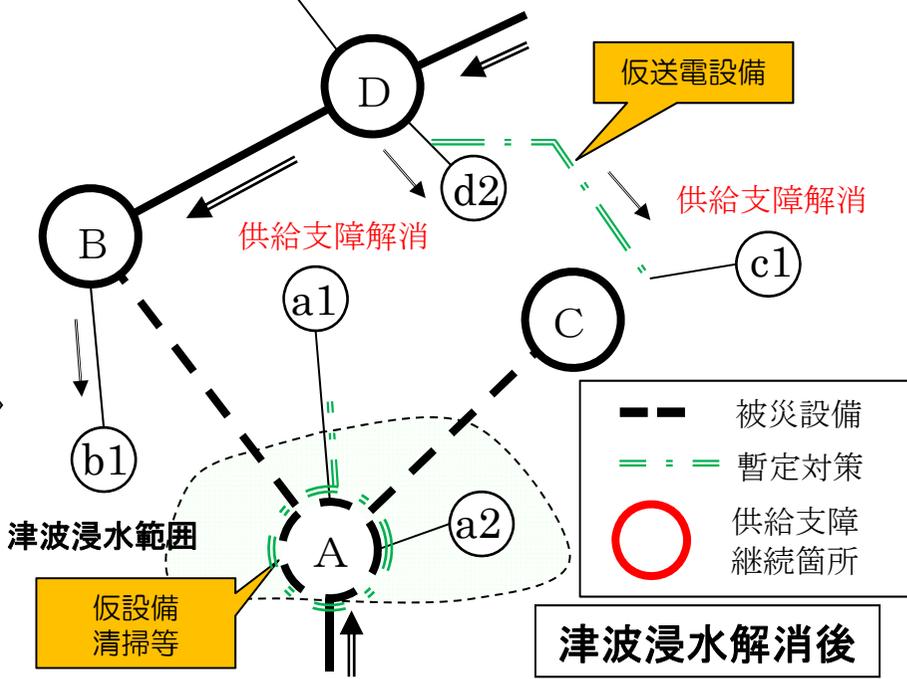
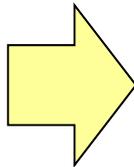
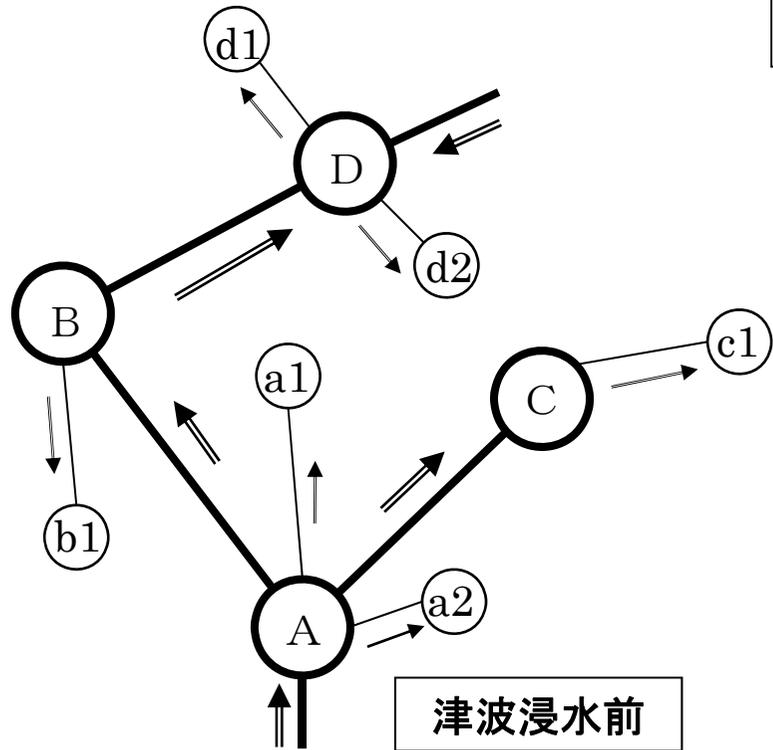
※1 分子／分母は被災設備数／17万V以上の設備数を表す

※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。

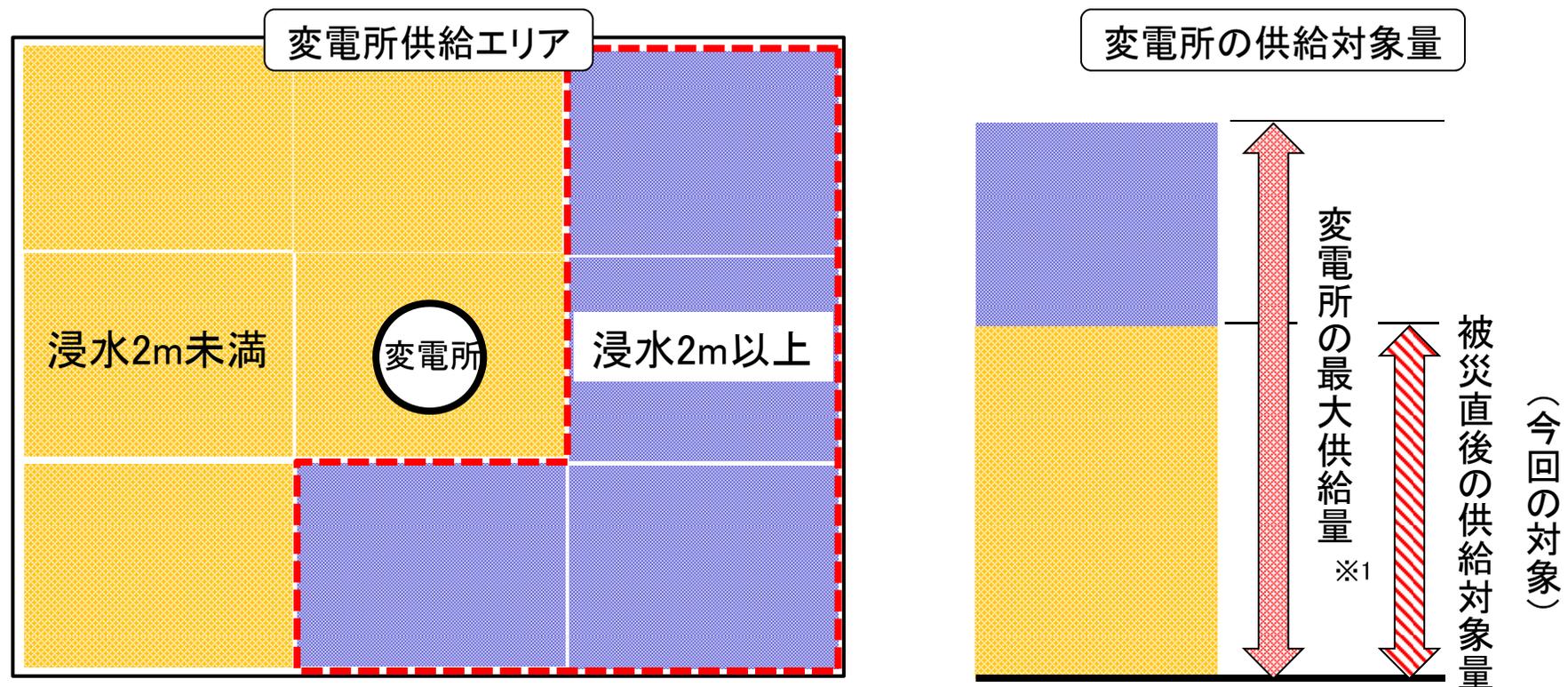


被災設備	供給支障の考え方
A変電所	A変電所において供給支障が発生後、仮設備、清掃等により暫定供給可能 a2 変電所は供給エリアの需要が喪失するため、供給支障として扱わない
AB送電線	B変電所は、系統操作によりBD送電線からの供給が可能のため、供給支障は発生しない
AC送電線	C変電所への供給送電線が、AC送電線の外にないため、C(c1)変電所において供給支障が発生するが、仮送電設備により、c1へ暫定供給

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）

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> □体制に関する項目 <ul style="list-style-type: none"> ・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 | <ul style="list-style-type: none"> □復旧に関する項目 <ul style="list-style-type: none"> ・地震情報の収集 ・システムの健全性の確認 ・お客さま設備の送電再開 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

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

■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

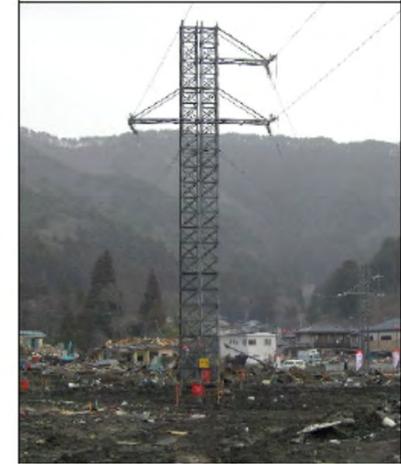


Ⅱ 主な取り組みと今後の計画（4）

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



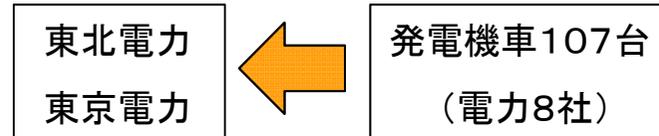
- 17万V以上の鉄塔倒壊を想定した情報連絡訓練
- 情報収集後、事故箇所の応急措置のほか、仮復旧計画の技術的検討、施工計画の策定までの一連の対応を検証

（5）発電機車の保有

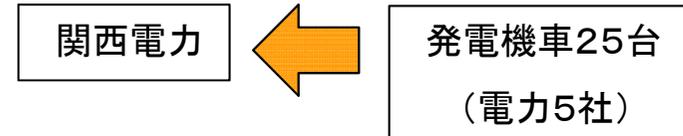
■現在の取り組み

- 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

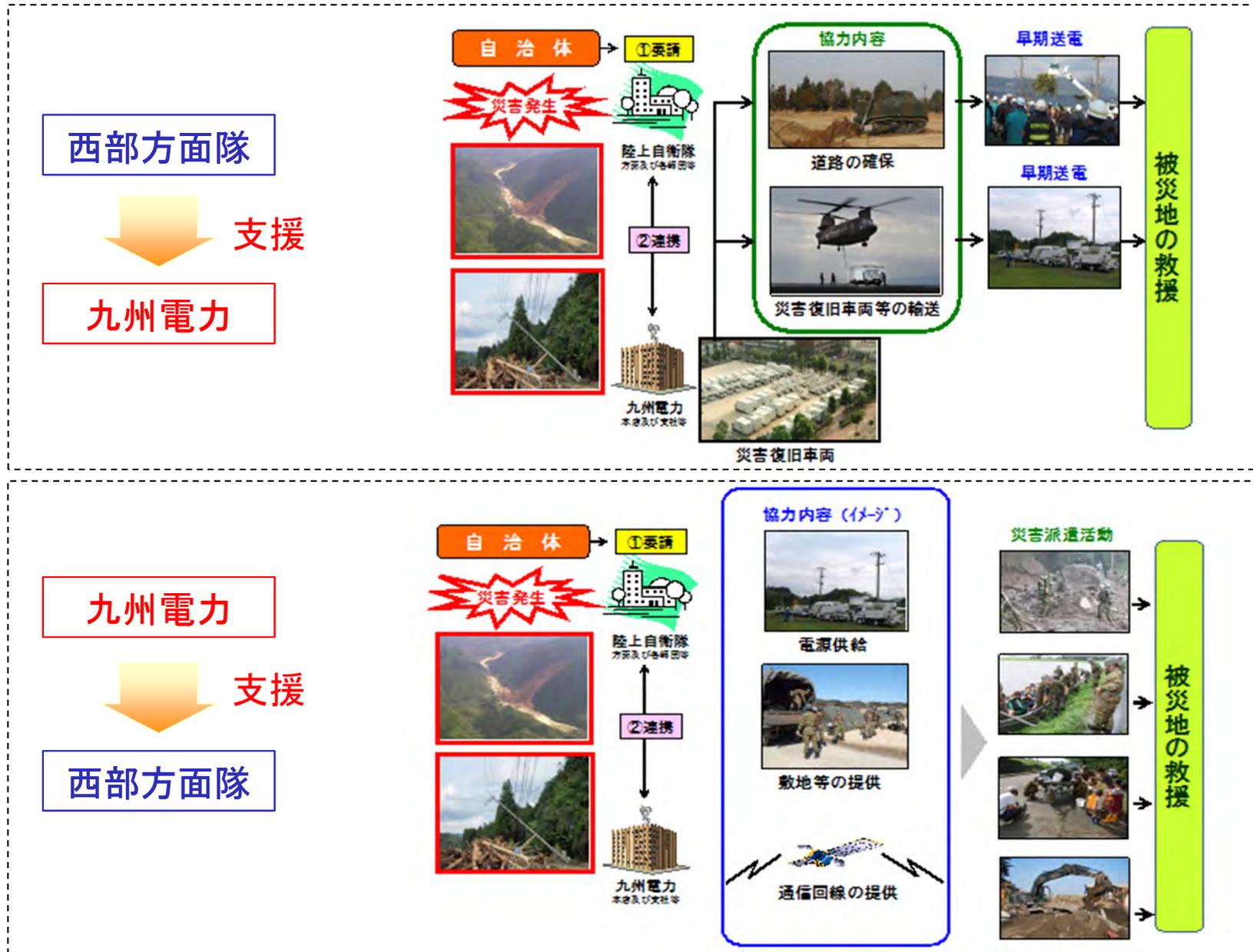
・救援活動に必要な活動拠点等への電力供給

・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

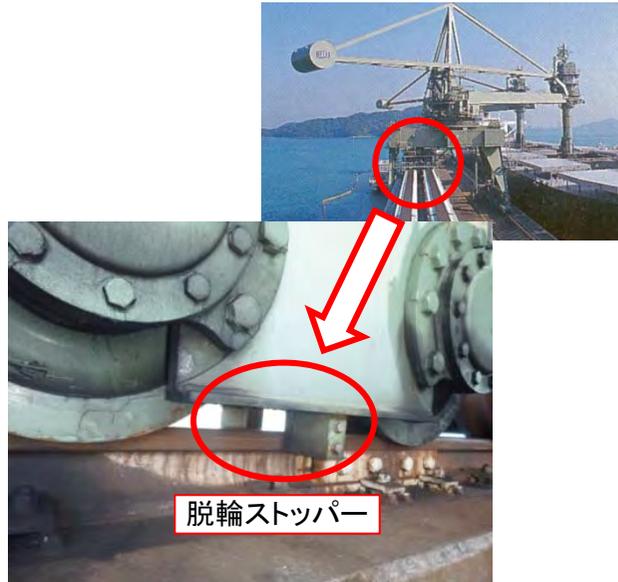
- ・ 各電気事業者は従前より被害実績や中央防災会議の被害想定等を踏まえ、高レベル地震動等で被害が想定される設備に対する各種対策を実施。

<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

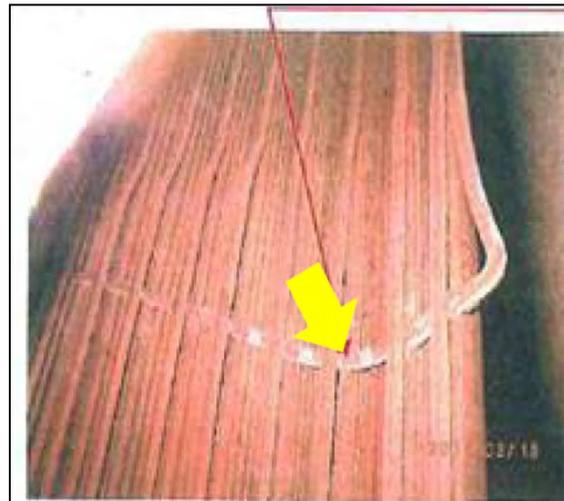
▶ 地震動に対する弱点部位

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

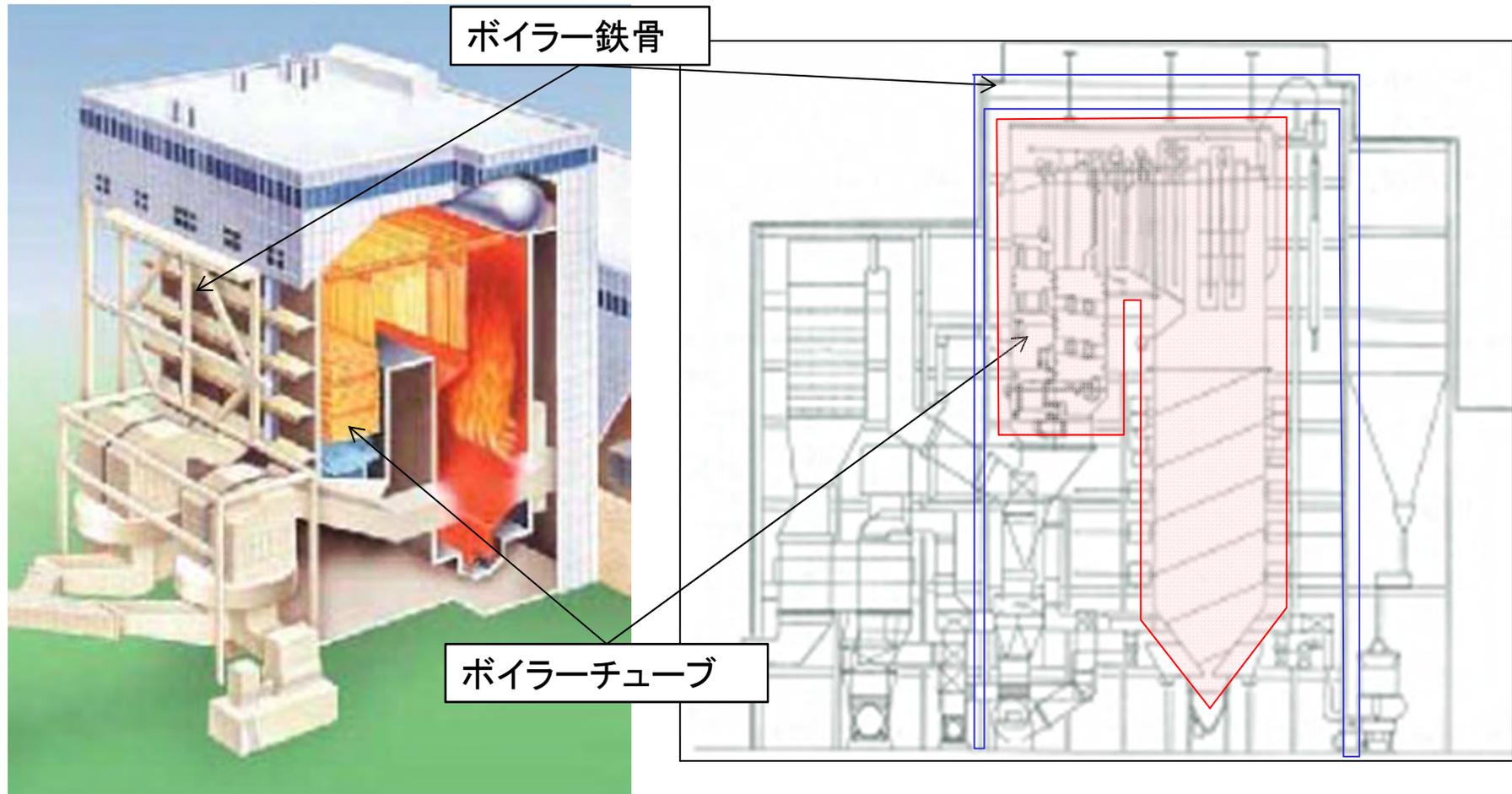


(写真3)ボイラー鉄骨の変形

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