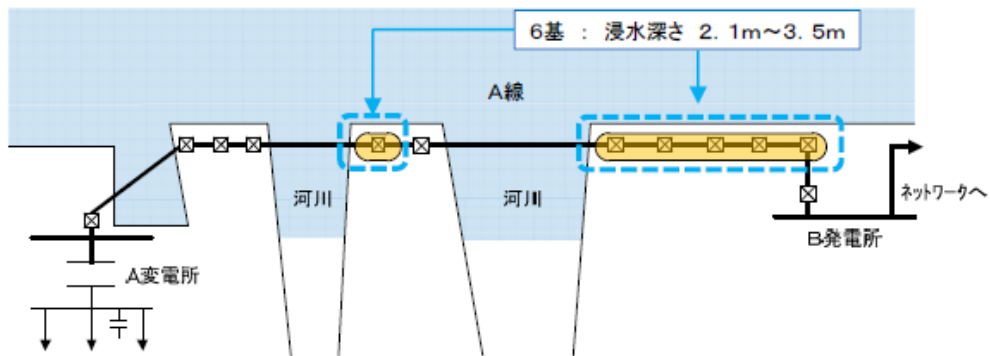


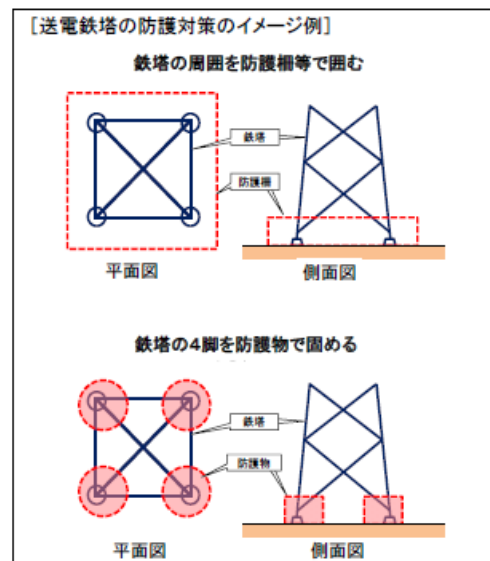
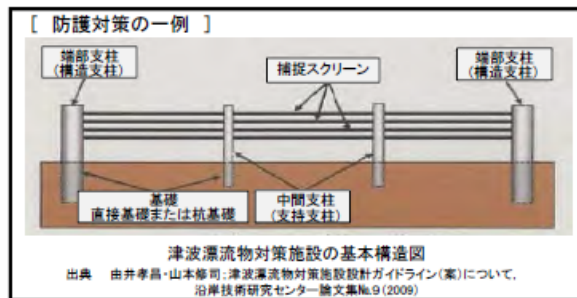
2-19. 津波による被害想定とその対策（四国電力(株)の例）



(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

- ・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。



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

<<参考資料>>

2-20. 復旧迅速化に係る電気事業者の社内マニュアルにある主な項目

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	□復旧に関する項目
・復旧体制におけるチーム編成	・地震情報の収集
・チーム毎の役割	・停電情報の把握
・指揮命令系統の明確化 など	・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	

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

2-21. 東北地方太平洋沖地震時における主な資材・役務融通実績

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)		○東京電力に対する融通実績(応援会社:7社)	
項目	数量	項目	数量
ブレーカー(単3)30A	10,500個	給水車	8台
計器箱	17,000個	配電作業員※	230人
電力量計(単3)100V30A	20,000個	発電機車	66台
可搬型衛星通信装置	25台	軽油	23,240L
配電作業員※	665人	ミニタンクローリー	4台
発電機車	41台	油圧防振器(火力設備)	8台
軽油	2,000L	制御基板(火力設備)	一部
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			

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

2-22. 東北地方太平洋沖地震時での緊急車両認定における課題と対策

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。

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

<<参考資料>>

2-2-3. 電力間の応援及び工事請負会社との連携による復旧作業 (東北電力(株)の事例)

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



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



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

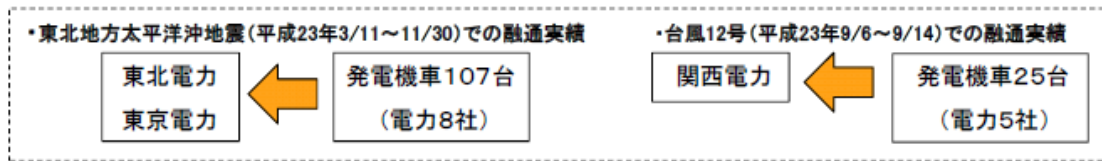
2-2-4. 工事請負会社との連携状況の事例

- 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
- 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、事故箇所への応急措置のほか、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

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

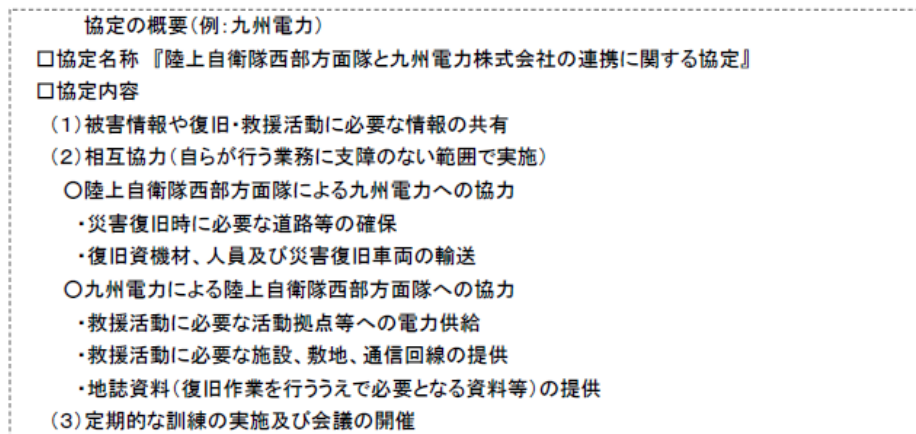
<<参考資料>>

2-25. 陸上自衛隊との発電機車の応援融通の事例



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

2-26. 協定の概要（九州電力(株)の事例）



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

2-27. 陸上自衛隊との相互連携（九州電力(株)の事例）



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

<<参考資料>>

2-28. これまでに実施した主な自衛隊との協働作業の事例

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。

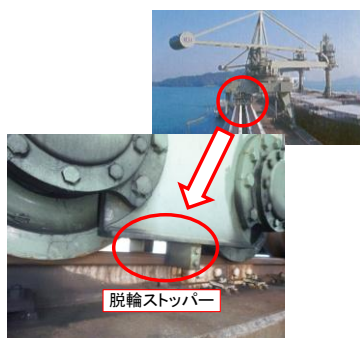
平成26年：首都圏で発生した大雪による道路が寸断。自衛隊ヘリコプターにより、事故探査装置、および復旧要員の輸送を実施。

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

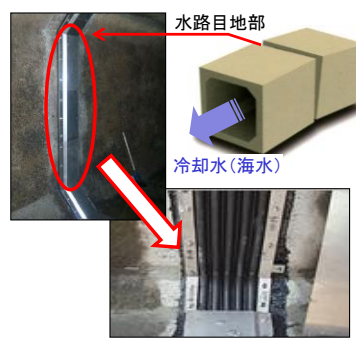
2-29. 主な地震対策の事例(火力発電設備)



ボイラ支持架構の補強例



揚炭機の脱輪防止



放水路目地部可撓継手

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

2-30. 主な津波対策の事例(火力発電設備)



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

(出所：電気事業連合会資料(第3回本WG資料(平成26年4月)))

<<参考資料>>

2-3 1. 地震動に対する弱点部位（火力発電設備）

- ・ **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

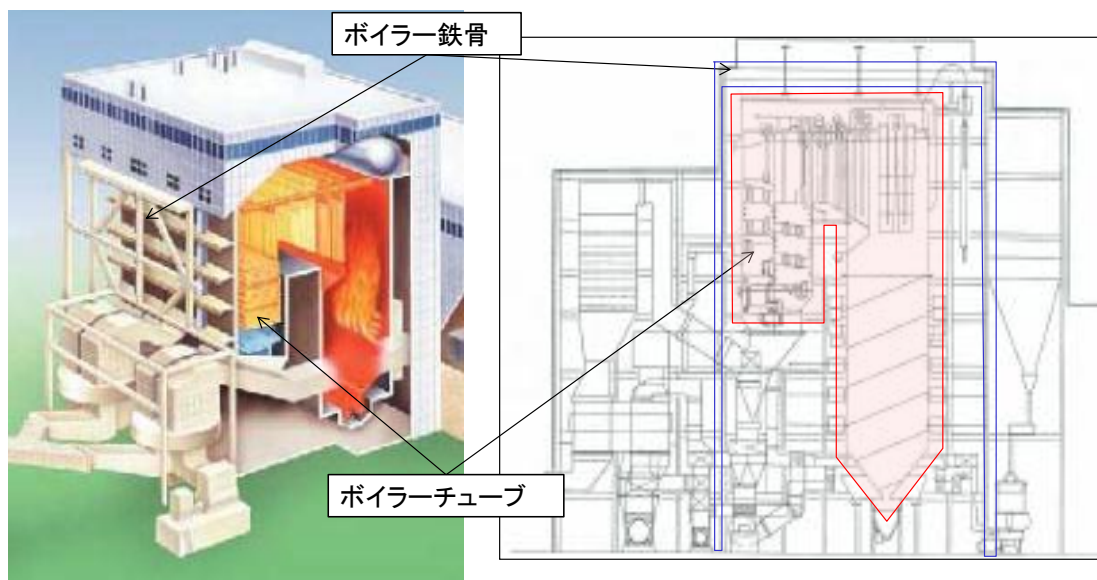


(写真3)ボイラー鉄骨の変形

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））

2-3 2. 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

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））

<<参考資料>>

2-3-3. 被害レベルB（震度6強・弱）ボイラーの復旧実績の事例

<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5.3万人

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））



ボイラーチューブ
の修理箇所

2-3-4. 津波（浸水）に対する弱点部位（火力発電設備）

- ・ 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

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

<<参考資料>>

2-35. 災害時における現行の優先復旧の考え方

東京電力の事例「防災業務計画」(抜粋)(平成18年7月修正)

第4章 災害復旧に関する事項 第2節 復旧順位

復旧計画の策定および実施にあたっては、次表に定める各設備の復旧順位によることを原則とするが、災害状況、各設備の被害状況、各設備の被害復旧の難易度を勘案して、供給上復旧効果の最も大きいものから復旧を行う。

設備名	復旧順位
配電設備	1. 病院、交通、通信、報道機関、水道、ガス、官公庁等の公共機関、避難所、その他重要施設への供給回線 2. その他の回線

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

2-36. 中央防災会議 防災基本計画(平成26年1月修正)

○非常本部等は、災害の程度、施設の重要度等を勘案の上、特に必要と認められる場合には、関係省庁〔厚生労働省、経済産業省、総務省、国土交通省〕を経由して、**ライフライン事業者に対して応急対策活動を依頼するものとする。**

(新設)○緊急災害対策本部長又は非常災害対策本部長は、ライフライン施設に関する応急対策活動を的確かつ迅速に実施するため特に必要があると認めるときは、その必要な限度において、**関係指定行政機関の長等又は関係指定地方行政機関の長等に対し、ライフライン施設に関する応急対策活動の実施について必要な指示**をするものとする。

(新設)○内閣総理大臣は、災害緊急事態の布告があったときは、対処基本方針に基づいて、ライフライン施設に関する応急対策活動の実施について、**内閣を代表して行政各部を指揮監督するものとする。**

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

2-37. 緊急災害対策本部における対応

緊急災害対策本部における対応

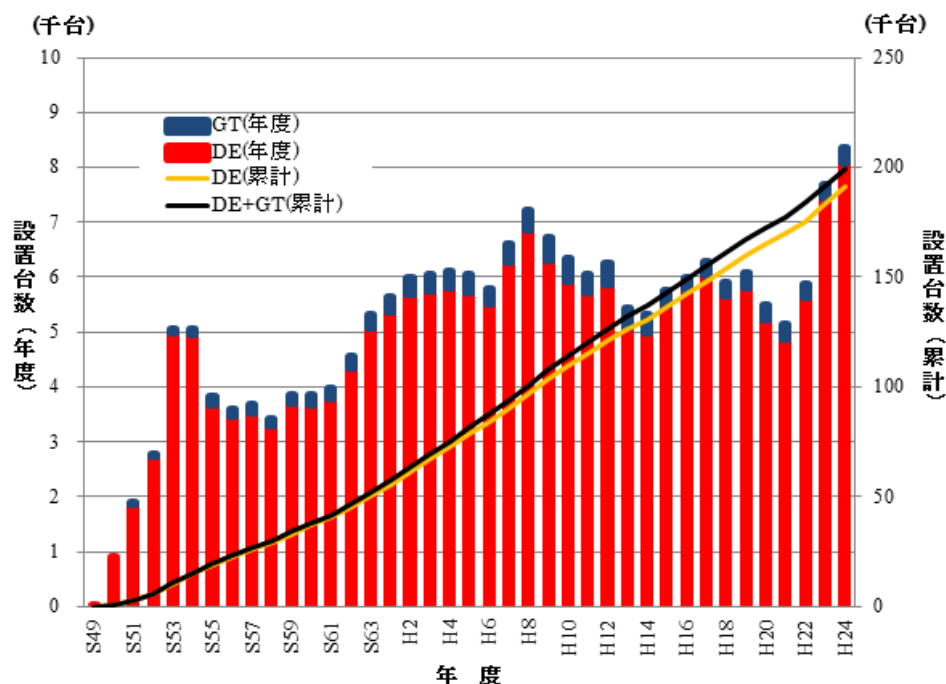
○災害対策基本法(昭和36年法律第223号)第28条の2
著しく異常かつ激甚な非常災害が発生した場合において、災害応急対策を推進するため特別の必要があると認めるときは、臨時に内閣府に**緊急災害対策本部を設置することができる。**

本部長	内閣総理大臣
副本部長	防災担当大臣及び内閣官房長官
本部員	全ての国務大臣及び内閣危機管理監
所掌事務・権限	<ul style="list-style-type: none"> ・災害応急対策の総合調整 ・緊急措置に関する計画の実施 ・指定公共機関等に対する必要な指示 ・指定行政機関に対する必要な指示

(出所：電気事業連合会資料(第4回本WG資料(平成26年4月)))

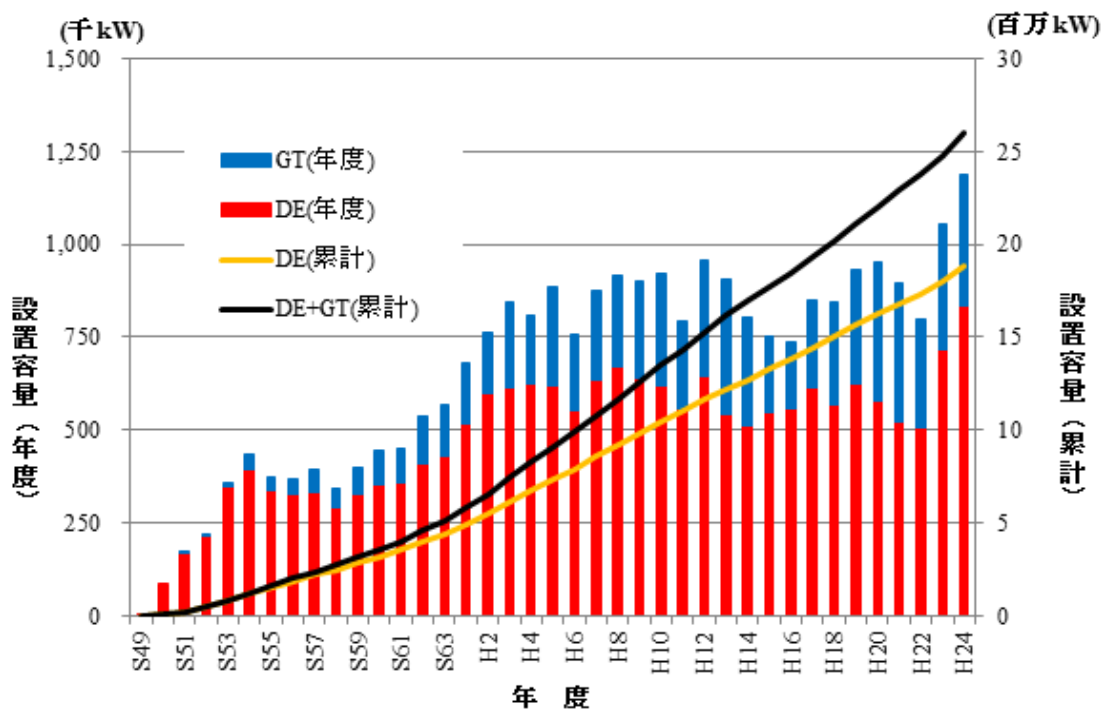
<<参考資料>>

2-38. 防災用自家発電設備のDEとGTの設置状況の推移（台数）



(出典：(一社)日本内燃力発電設備協会資料)

2-39. 防災用自家発電設備のDEとGTの設置状況の推移（容量）



(出典：(一社)日本内燃力発電設備協会資料)

<<参考資料>>

第3章 水力発電所に関する評価と今後の対応

< L2地震動に対するダム耐性評価の検討 >

3-1-1. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

対象ダムの概要

ダム全景



ダム・貯水池の諸元

ダム		貯水池	
型式	アースフィルダム (コンクリート芯壁)	堤体積	72千m ³
竣工年	1912年(大正元年)	常時満水位	EL.682.1m
堤高	18.18m	湛水面積	0.02km ²
堤頂長	121.00m	総貯水容量	92千m ³
		有効貯水容量	92千m ³

※中間調整池であり、流域面積を有さない



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はいたしません | 東京電力株式会社

1

3-1-2. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

フィルダムの耐震性能照査について

フィルダムの耐震性能照査における確認事項

①貯水機能の維持

・L2地震による滑り等の変形に伴う沈下が生じない、もしくは沈下が生じた場合、沈下量が貯水の越流のおそれがないほどに小さく、かつ地震後において浸透破壊を生じないこと

・液状化による著しい強度低下が生じるおそれがない、あるいは、生じても局所的なものにとどまること

②修復可能な範囲にとどまること

※越流の恐れがなくても、ある程度沈下が発生する場合には、沈下後の構造物が安定であるか、実用上使用に耐えうるか、の検討を行うことを含む



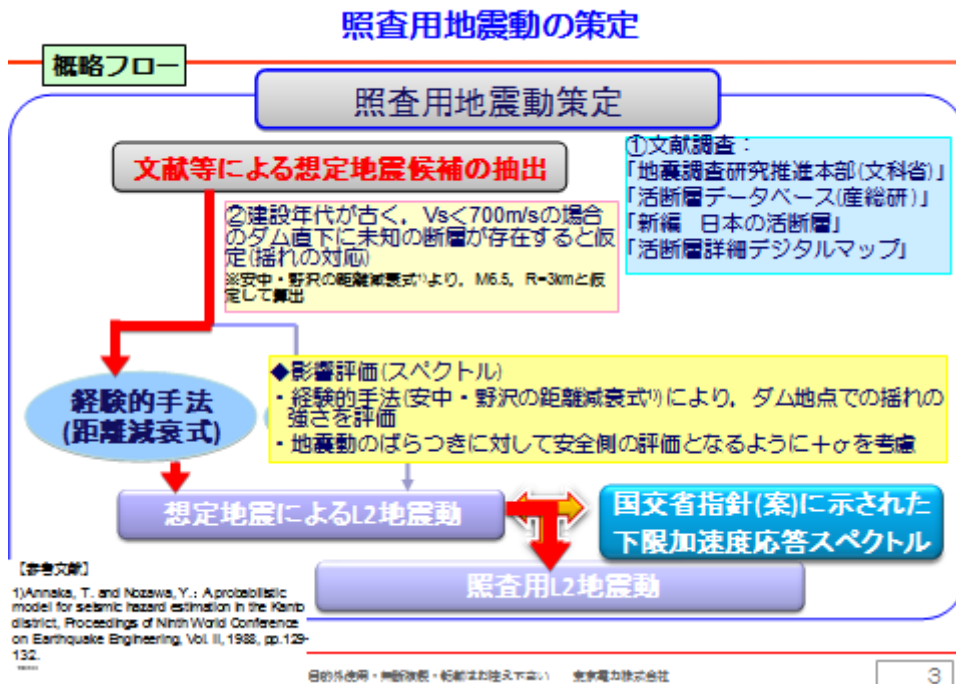
東京電力

目的外使用・無断複製・転載はいたしません | 東京電力株式会社

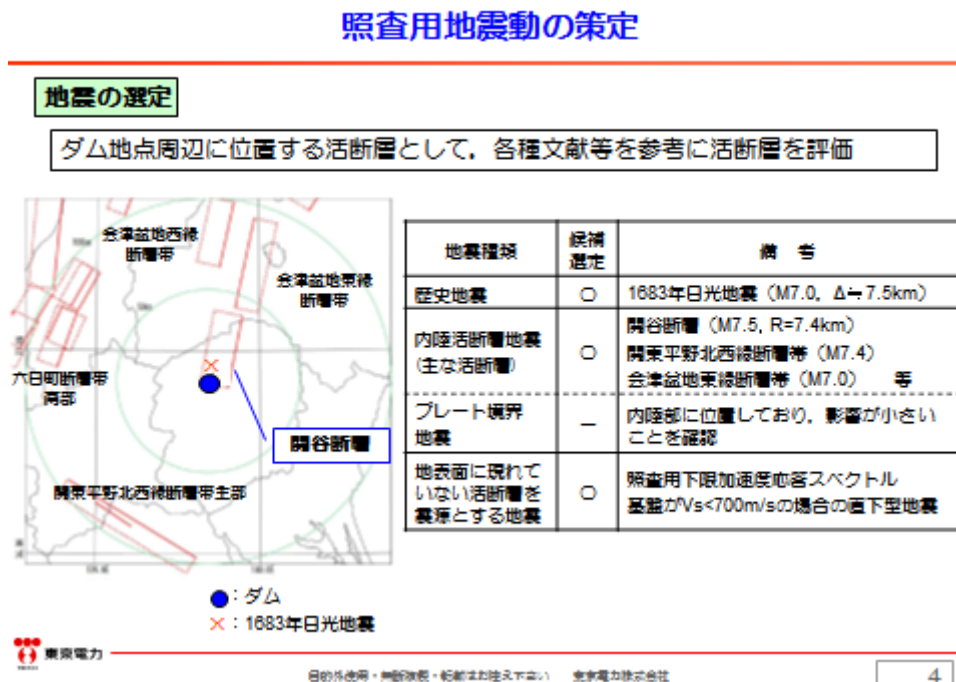
2

<<参考資料>>

3-1-3. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



3-1-4. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】



<<参考資料>>

3-1-5. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

照査用L2地震動

照査用L2地震動の設定

加速度応答スペクトルの比較結果より、対象ダムの固有周期0.36秒で応答スペクトルが最も大きくなる、「開谷断層による地震動」を照査用L2地震動として選定

※「面下型地震」でも動的解析を実施し、「開谷断層」より応答が小さいことを確認済み

加速度時刻歴波形の作成

L2地震	開谷断層 M7.5
地震種別	内陸活断層
算出手法	最大加速度(応答スペクトル)：距離減衰式 位相：経験的グリーン関数法による合成波 (震源特性考慮、種波形はKIK-Net観測波形)
時刻歴波形作成方針	当該ダムは地震計が未設置であり、地震種類・規模が類似した波形を採用する必要あり ・開谷断層を震源とする地震記録を有し、当該ダム近傍(約5km)のKik-Net地点(TCGH08粟山東)観測記録を種波形としてM7.5の地震波形を作成 ・ダム基礎とのVsの違いを考慮し、距離減衰式より求めた応答スペクトルに合うよう調整を実施

主要地震の加速度応答スペクトル(減衰5%)比較図

最大加速度370gal

東京電力
目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい 東京電力株式会社

5

3-1-6. アースダム耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

地震応答解析

◆ フィルダム

モデル	二次元(堤体+岩盤)	解析用物性値	採取試料を用いた室内試験結果等
対象	最大断面(常時満水位時)	減衰定数	双曲線モデルによる減衰定数

対象ダム

↓

等価線形化法による動的解析

↓

**①液状化の判定
②すべりを考慮した塑性変形解析**

すべり破壊なし、または
沈下量が許容範囲内

↓

損傷は軽微で、貯水機能の維持を確認

沈下量が
許容範囲逸脱

↓

対策等の検討

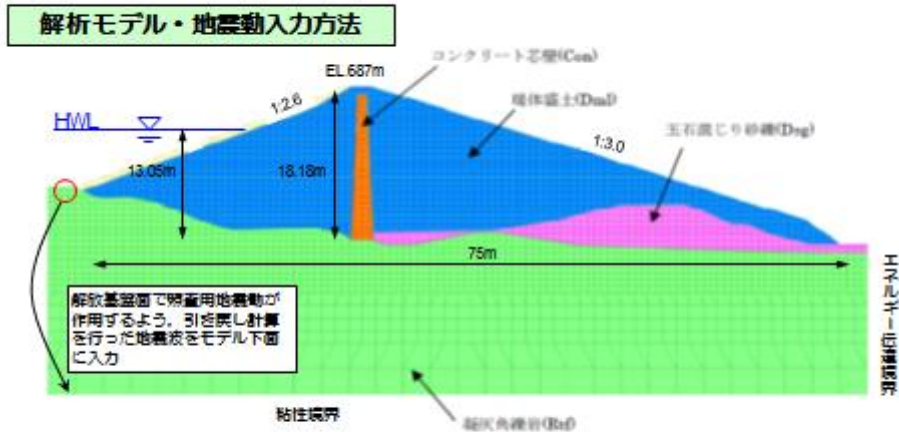
東京電力
目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい 東京電力株式会社

6

<<参考資料>>

3-1-7. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

解析モデル等



・解析モデルは、堤体と基礎を対象とした2次元モデルとし、過去の調査に基づきゾーニング

3-1-8. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

物性値の設定

- 静的物性値**
- ・堤体盛土は、不攪乱試料を用いた土質試験により、静的物性値を設定
 - ・玉石混じり砂礫、角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地試験結果より推定した岩級に基づく一般値^{3), 4)}の内、安全側を考慮して下限側で設定

ゾーン	密度 (t/m ³)	N値	強度(有効応力)		変形係数 (MPa)	備 考
			粘着力 (kPa)	内部摩擦角(°)		
堤体盛土	1.51(湿潤) 1.55(飽和)	5.6	23.0	29.4	非線形モデル	室内試験より設定。非線形性を Duncan-Chang モデル ²⁾ により表現
玉石混じり砂礫	2.00(飽和)	63	2.3	36.1	55 ³⁾	PS検査結果より、安全側に岩級を判定の上、変形係数を設定
角礫凝灰岩	2.15	121	—	—	150 ³⁾	
コンクリート芯壁	2.30	—	(23.0)	(29.4)	25,000 ⁴⁾	評価にあたって安全側となるよう、堤体盛土と同一とした

【参考文献】
 2) Duncan, J. M. and Chang, C. Y.: Nonlinear analysis of stress and strain in soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 96(SM5), 1629-1653, 1970.
 3) 土木学会：軟弱地盤・設計・施工の基本と事例, p21, 1994
 4) 土木学会：コンクリート構造物の設計, 2007

3-1-9. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

動的物性値

物性値の設定

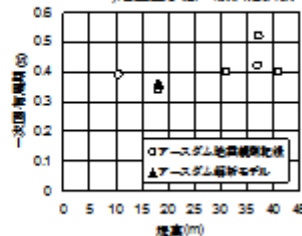
- 堤体盛土、玉石混じり砂礫は、現地調査試験および不攪乱試料を用いた土質試験により非線形特性を考慮して、動的物性値を設定
- 角礫凝灰岩、コンクリート芯壁は、現地調査試験等より動的物性値を設定

ゾーン	Vs (m/s)	G ₀ (MPa)	h (%)	非線形特性		波状化 強度比 R ²	備 考	
				基準歪	h(%)			
					最大			最小
堤体盛土	130	26	—	7.0×10 ⁻⁴	16.7	2.7	0.715	室内試験より設定、H-Dモデル ⁵⁾ で非線形特性を表現
玉石混じり砂礫	780	1200	—	2.4×10 ⁻⁴	12.8	2.2	0.549	
角礫凝灰岩	990	2100	5	線形弾性		—	—	現地試験および一般値より設定
コンクリート芯壁	1980	8800	5	線形弾性		—	—	現地試験および一般値より設定

※)地盤工学会の波状化試験において繰返し回数が20回でDA=5%となる繰返し歪力比

【参考文献】

- 5) 西尾 正、藤生剛治、松井彰雄：
Modified Hardin-Drnevichモデルについて、土木学会第33回年次学術講演会講演要録東京、要Ⅱ部門、pp116-117、1978



解析モデルの固有周期は、地震観測記録から求めた既設アースダムの固有周期のばらつきと概ね同等である(左図)



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい。 東京電力株式会社

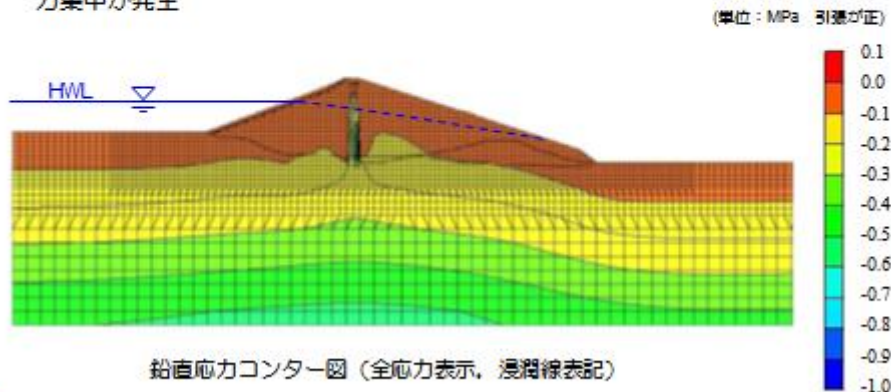
9

3-1-10. アースダムの耐性評価の事例【東京電力(株)の例】

初期応力解析結果

盛立解析・浸透流解析による初期応力

- 築堤解析を行った後、過去に観測された堤体の最高水位に基づいて浸潤線を設定して浸透流解析を行い、初期応力を算出
- 堤体盛土と比較してコンクリート芯壁の剛性が高いため、コンクリート芯壁に応力集中が発生



東京電力

目的外使用・無断複製・転載はご遠慮下さい。 東京電力株式会社

10

<<参考資料>>