

ウ 高圧発電機車による個別送電について

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している。

- ・ 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³³)に運転を停止してのメンテナンスが必要となる。(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・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となる。

表 2-21 各社の高圧発電機車³⁴の保有台数

会社	台数	会社	台数
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

⑥ 自衛隊との連携

ア 現在の取組

各種災害発生時の早期送電を実現するため、事業者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している(現在、電力9社が協定締結済みであり、残る1社については、平成26年度中に締結する予定)(参考2-26~2-28)。

イ 今後の計画

災害協定の実効性を高めるため、自衛隊との定期的な打合せと合同訓練を継続的に実施する。また、連絡体制、協力事項等の具体的な内容を記載した覚書等を整備する。

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

ア 現在の取組(対策)事例

各事業者は、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している。

³³ 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。

³⁴ 発電容量 300~500kVA が標準であるが、一部大型(1,000kVA 超)のものも含む。

<主な地震対策の事例> (参考2-29)

- ・ 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
- ・ 放水路目地部に可とう継手の設置
- ・ 燃料タンクや取水槽の地盤強化
- ・ 各種配管への防振器の追設や取替
- ・ 埋設防消火配管の地上化 他

<主な津波対策の事例> (参考2-30、参考2-31)

- ・ 避難階段の設置 (ボイラ建屋などの屋上へ直接避難可能な階段)
- ・ 重要機器等が多い建屋 (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) 及び排水ポンプの設置、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

イ 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から、復旧時や復旧後の発電に必要な資機材の調達について、あらゆる代替策の検討が肝要と考えている。
- ・ 今回の評価で確認された設備の弱点部位に係る資機材の確保策や、電気設備地震対策WG報告書の提言内容等を更に充実すべく下表の内容を提案する (参考2-32~参考2-34)。

表2-22 火力発電設備における更なる復旧迅速化策の提案

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。〕	・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。〕	・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。〕	・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。

- ・ 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ており、更にこの取組を加速する。

(2) 本WGの評価

事業者から報告された自然災害発生時の復旧迅速化等に資する現在の取組及び今後の計画（（1）のとおり）について、本WGにて、人（復旧要員）の確保、モノ（復旧資機材、電源車等）の確保及び仕組み（マニュアル類の整備、訓練の実施、関係各所との連携等）の構築の観点、更には過去の復旧対応実績の事例も踏まえて事業者が行った評価の妥当性について確認した。

本検討からは、以下のことが得られた。

事業者からは、復旧要員の確保、技術の伝承等技術水準の維持・向上への取組について報告されたところであるが、引き続きこの取組を継続していくことが重要である。また、火力発電所についても、津波により甚大な被害を受けた発電所を除き、概ね1ヶ月程度までに順次復旧が完了すると想定された。このため、更なる早期復旧に必要な要員の確保について、大規模災害時の実働可能性の観点から、引き続き確認していくことが必要である。

事業者からは、実際の災害時を想定し、各設備の復旧に必要な請負工事作業員（メーカの要員も含む。）等との連携体制を構築していると報告されたところであるが、今後とも、当該体制の確認を定期的に行うことが重要である。

復旧迅速化に係る円滑な相互連携を図ることを目的に事業者と各地区の陸上自衛隊との協定締結が進んでいるとの事業者の取組を評価するものである。加えて、電気設備地震対策WG報告書で提言された内容等に沿って、自治体等関係機関との連携強化に向けた取組を引き続き行っていくことが重要である。

高圧発電機車について、事業者の保有台数が報告されたところであるが、災害の規模及び種類に応じた、事業者各社の保有台数及び種類等の適正化について、引き続き検証していくことが必要である。

また、大規模災害時には、道路の損壊、がれきや交通渋滞等による道路の寸断等が考えられる。このため、連携している自衛隊の大型ヘリコプタを活用した空輸可能な発電機車などの特殊車両の空輸技術の開発³⁵等の活用事例を共有し、必要に応じ、当該車両の整備等の検討を行っていくことが重要である。

今回評価対象とした南海トラフ巨大地震をはじめとした広域自然災害に対応するためには、上記の視点に加えて、官民ともにあらゆる復旧迅速化の検討が肝要である。

なお、具体的な対応については、「2. 4 今後の対応」に記載する。

(3) 災害時の復電の優先順位について

① 災害時における現行の優先復旧の考え方

「電気設備防災検討会」報告書において、「災害時の電力設備の復旧については、災害の程度、各設備の重要度、復旧の難易度及び他系統の状況等を勘案して、災害の拡大防止及び復旧効果の大きいものから着手すべきであるが、その際、警

³⁵ 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）」

察、消防等復旧対策の中心となる官公庁施設、病院等人命に関わる施設、災害情報の提供等民心の安定に寄与する報道機関、多数の避難者が生活する広域避難所等については、優先的に復旧を実施することが重要」とされている。

事業者においても、災害対策基本法に基づく防災業務計画において、上記考え方に沿った復旧の優先順位の高い施設を定めている（参考2-35）。

- ② 東日本大震災を踏まえた大規模広域災害に対する即応力の強化に関する国の動き
 国は、東日本大震災の教訓を踏まえ、大規模広域災害に対する即応力の強化を図るため、災害対策基本法を改正（平成25年6月施行）するとともに、防災基本計画を修正（平成26年1月）した（参考2-36）。

具体的には、電気設備を含むライフライン施設に関する国（緊急災害対策本部等³⁶）の関与を強化（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明確化等）した（参考2-37）。

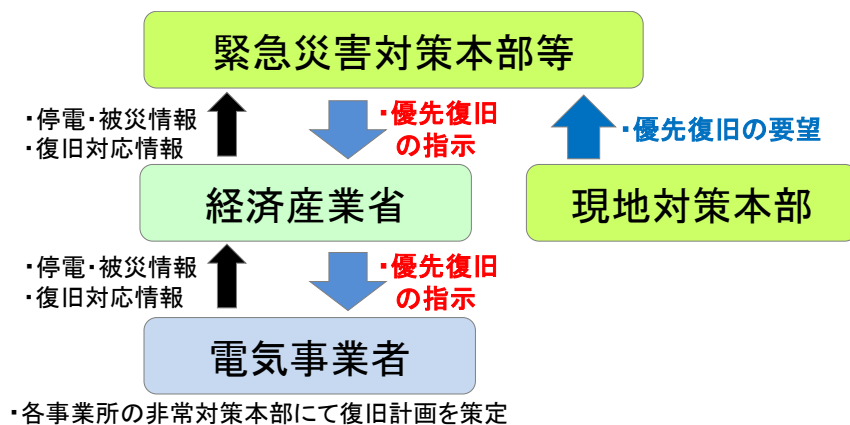


図2-1 優先復旧に係る要望・指示の流れ（例）

また、「大規模地震防災・減災対策大綱」（平成26年3月 中央防災会議）では、ライフラインの復旧対策として、国が被災施設の復旧優先順位について検討することとしている。

³⁶ 災害対策基本法に基づく非常災害対策本部を含む。

<「大規模地震防災・減災対策大綱」（抄）>

① (11) ライフライン及びインフラの復旧対策

○ ライフライン事業者、電気通信事業者、道路管理者、鉄道事業者、空港管理者及び港湾管理者等は、政治、行政、経済の中核機関や人命に直接関わる重要施設に関するライフライン及びインフラの被害を早期に復旧できるよう、全国からの必要となる要員の確保や資機材の配備等の復旧体制を充実させるとともに、国、地方公共団体、関係事業者は、被災した施設の復旧に当たっての優先度を含め、復旧活動の調整方法についてあらかじめ検討しておく。その際、各ライフライン及びインフラ間の「相互依存性」も考慮する。

③ 災害時の復電の優先順位に係る今後の対応

大規模広域災害時には、被害を受けた電気設備の復旧に一定の時間を必要とすることなどから、電気の必要な需要施設すべてに即時に供給を行えないことが想定されるため、本年3月に取りまとめられた前記大綱にあるとおり、被災施設の復旧の優先度に整合的な形で復電（電力供給）を行うことが必要である。

また、(3)②の優先復旧に係る制度面での国の関与の強化に基づき、大規模広域災害時には、被災自治体や国（現地対策本部）等からの事業者に対し、電力供給の優先的な復旧の要望が行われることが想定される。

これらを踏まえると、今後の対応として、以下の取組が重要である。

ア 緊急災害対策本部等から経済産業省に対する電力供給に関する優先復旧指示が円滑に行えるように、国、自治体、事業者等の関係者は、災害時に優先順位を判断する基準に関する合意形成を図っておくことが重要である。このため、前記大綱を踏まえ、政府内関係部署等において、国、自治体、関係事業者間の検討を速やかに開始することが必要である。

イ 加えて、災害時の復電の優先順位の最適化について、災害応急・復旧対策が的確かつ迅速に実施できるよう、国は調査研究を進めていくことが重要である。

ウ さらに、復旧の優先順位の高い施設については、非常用発電設備を導入し、停電時にも電力供給が可能となるよう対処することが重要である。このため、上記の政府内関係部署等における検討においてこの点についても取り上げ、関係機関等に対し非常用発電設備の設置を奨励することが重要である。

(4) 災害対応公的機関等への非常用発電設備の導入推奨について

東日本大震災時には、復旧作業に入れなかった地域を除いて、停電の復旧に8日程度かかった²⁹。

また、民間の調査³⁷によると、停電時に使用する非常用発電設備についても、下

³⁷ 出典：「東日本大震災における自家用発電設備調査報告書」（平成24年3月社団法人日本内燃力発電設備協会）

表のとおり、東日本大震災時には非常用発電設備を始動できなかったケースや、始動後に停止してしまったケースが多数あり、特に燃料切れや異常停止の比率は高かった。

このため、国は、自治体の非常用発電設備の設置状況や備蓄燃料の確保状況、非常用発電設備の点検の実施状況、更には、どのような災害等を想定して設置しているのか等について、現状を把握するとともに、自治体に対し、1週間以上の停電を想定し、備蓄燃料の確保や非常用発電設備の点検を平時から行うことが重要であることを周知するなどの取組を進める必要がある（参考2-38、参考2-39）。

表2-23 施設種別の稼働状況

施設種別	不始動	停止					合計	設置台数
		異常停止	燃料切れ 停止	津波による 停止	不明	停止合計		
学校		1	2			3	3	71
駅・港・空港		1	1	4		6	6	24
公会堂・集会場	3	6	4		1	11	14	208
公共福祉施設		1	4			5	5	
福祉施設	2	3	9	1		13	15	445
工場	2	2	6	2		10	12	318
集合住宅		1	2			3	3	60
商店街			2			2	2	2
民間ビル		2	20	1		23	23	83
百貨店・店舗	1	3	12	1	1	17	18	798
その他店舗			2		1	3	3	
病院	4	9	10		2	21	25	397
ホテル・旅館	1	3	9	2		14	15	324
遊興施設			9			9	9	158
寺院			1			1	1	11
官公庁	1	4	4		1	9	10	
交通機関		1	6			7	7	
ポンプ場・浄水場	2	17	5	5		27	29	
その他の公共施設		1		1	1	3	3	
研究施設等			3			3	3	1860
発電所・変電所				5		5	5	
放送・通信施設		5	2	2		9	9	
銀行・金融機関	1		11			11	12	
事務所			1			1	1	
その他						0	0	52
合計	17	60	125	24	7	216	233	4811

※：内訳は社団法人日本内燃力発電設備協会のアンケート調査結果による。

※：設置台数は東日本大震災で震度6強以上を記録した地区が属する市・郡に設置されたもの（（社）日本内燃力発電設備協会の防災用設置データによる。）

2.4 今後の対応

以上2.1～2.3の南海トラフ巨大地震及び首都直下地震に対する電気設備等の耐性評価及び復旧迅速化策に関する今後の対応をまとめる。

(1) 南海トラフ巨大地震及び首都直下地震への対応

＜耐性区分Ⅰの設備の地震動に対する耐性評価の実施＞

設備区分Ⅰの設備（燃料油タンク、LNGタンク）については、公共の安全確保の観点から、事業者において、災害に応じた適切な保安の確保が必要である。

特に、過去の実績を超える震度7に該当する首都直下地震におけるLNGタンク（1基）については、今後、事業者の詳細な耐性評価を踏まえて、必要に応じ、更なる対策等についても検討が重要である。当該評価に当たっては、他法令が適用されるLNGタンクの耐性評価との整合が必要である。（P31再掲）

<他事業者の地震・津波等に対する対策事例の共有化等>

1 事業者が説明した送電鉄塔における津波漂流物の防護対策の具体化など、他の電力会社の対策事例を事業者間で共有し、自主保安の向上に役立てていくことが重要である。（P27再掲）

<著しい供給支障防止のための検討>

今回の評価において、送変電設備が復旧したとしても、主に地震動による影響により、火力発電設備の供給力が長期間大幅に減少することが想定された³⁸。地震に伴う他の供給力の低下、需要の減少及びその復旧に係る正確な想定は困難なもの、現在、我が国の供給力が火力発電に極めて高く依存している状況等から、災害発生に伴い供給力が長期間低下した場合、需要が回復してくると電力供給は不安定化し、著しい供給支障が継続するおそれがある。

このため、国が中心となって、今後、事業者の協力の下、関係者と連携して、様々な被災ケースを想定した電力需給等のシミュレーションを今後早急に実施し、具体的な供給支障量を把握する必要がある。その結果も参考に、従来の復旧迅速化策や需給両面の対策に加えて、更なる復旧迅速化策や中長期を視野にした設備形成面により、著しい供給支障が継続しないよう、今後とも合理的なあらゆる措置を検討していく必要がある。（P27、P32再掲）

<例>

- ・東西の周波数変換設備や地域間連系線等の送電インフラの増強³⁹
- ・地域における電源の分散化など

<災害時の火力発電設備の運用方法の見直し等>

事業者は、被災時の早期復旧に資するため、過去の軽微な被害の状況での運転再開や出力抑制運転等の実績について整理し、保安水準は維持しつつ、災害時の火力発電設備における早期再開の運用方法に備えることが重要である。また、国はそれらを実行する際に、工事計画等手続き面に対応可能であるか検討することが重要である。

更に、非常時の火力発電の増出力運転など、引き続き安全かつ健全な電源を活用していくことも重要である。

³⁸ 各発電所における被害は、複数想定される地震動のうち、最も過酷な被害が及ぶケースを選んでおり、全体の被害想定は起こり得る最大ケースよりも過酷な結果となることに留意が必要。

³⁹ 「エネルギー基本計画」（平成26年4月閣議決定）

<火力発電設備の復旧迅速化に資する自主保安の高度化>

更なる火力発電設備の復旧迅速化のため、事業者の自主保安の高度化に向けた他の手段等も引き続き検討していくことが重要である。

一つの対策例として、事業者が自主的に地震動に対する個別設備の評価を行い、その結果を踏まえ、ボイラ支持架構などの補強等の対策を進めている事例がある。このような事業者の自主的な取組例を事業者間で共有し、自主保安の向上に役立てていくことが重要である。

また、火力発電の復旧迅速化の観点から、前述の電力需給に係るシミュレーション結果等を踏まえ、現行火力設計基準の見直しの余地はないか検討が必要である。

<火力発電設備の耐震性向上に資する技術開発等>

被災時のボイラの早期復旧のため、足場等資機材の確保、調達の工夫等とともに、技術開発等も検討することが重要である。

<例>

- ・ 炉内足場組立・解体の容易化の研究開発。
- ・ 運転停止直後の高温の炉内に足場組立等を必要としない点検用のロボット等の技術開発等

併せて、高い耐震性を有する火力発電設備など災害に強い電気設備に資する抜本的な技術開発の余地はないか検討を行うことも重要である。

(2) 自然災害時の復旧迅速化策

<復旧要員の確保、要員の技術水準の維持・向上策等>

事業者は、復旧要員の確保、技術の伝承等技術水準の維持・向上への取組について、引き続き継続していくことが重要である。

また、今回の評価において、火力発電所についても、津波により甚大な被害を受けた発電所を除き、概ね1ヶ月程度までに順次復旧が完了すると想定された。このため、更なる早期復旧に必要な要員の確保については、大規模災害時の実働可能性の観点から、引き続き確認していくことが必要である。(P38 再掲)

<事業者と請負工事作業員等との連携体制に係る定期的確認>

事業者は、実際の災害時を想定し、各設備の復旧に必要な請負工事作業員(メーカの要員も含む。)等との連携体制について、その確認を定期的に行うことが重要である。(P38 再掲)

<関係機関との連携強化>

自衛隊との連携についてはその取組が進んでいるとの報告があったところで

あるが、事業者は、電気設備地震対策WG報告書で提言された内容等に沿って、自治体等関係機関との連携強化に向けた取組を引き続き行っていくことが重要である。（P38 再掲）

<発電機車の保有台数等の適正化の検証等>

発電機車について、事業者は、各社の保有台数及び種類等の適正化について、引き続き検証していくことが必要である。

また、事業者は、連携している自衛隊の大型ヘリコプタを活用した空輸可能な発電機車などの特殊車両の空輸技術の開発⁴⁰等の活用事例を共有し、必要に応じ、当該車両の整備等の検討を行っていくことが重要である。（P38 再掲）

<防災業務計画及びBCPの定期的な見直し>

事業者は、本WGでの検討結果を防災業務計画や事業継続計画（BCP）に反映させるとともに、当該計画について定期的な見直しを行うことが重要である。

<復旧優先順位の高い施設の定期的な確認等>

事業者は、官公庁等の復旧対策本部や主要病院、避難所等復旧優先順位の高い施設を定期的に確認するとともに、災害・被災に応じた複数の復旧迅速化の手段をあらかじめ検討しておくことが重要である。

<国によるサポート等>

電力インフラの重要性にかんがみ、事業者が行う復旧迅速化に係る取組の実行性を高めるため、国によるサポート等も重要である。

<復旧優先順位の高い施設における非常用発電機等の導入検討>

復旧の優先順位の高い施設については、重要度等に応じて、非常用発電設備の導入が重要であり、国等関係者が連携して、設備更新を含め導入促進を慫慂することが重要である。

また、従来の内燃力発電設備等に加え、災害時における需要サイドの対応力も高められると考えられる再生可能エネルギー等の導入も選択肢として検討が重要である。

<災害対応の迅速化等に資する情報共有>

国は、災害時の対応迅速化等を図るため、設備被害や停電情報等を引き続き事業者と情報共有するとともに、安定供給の確保の観点から、広域的運営推進機関とも情報共有を図っていくことが重要である。

⁴⁰ 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）」

<災害対応の迅速化等に資する情報基盤の整備等>

国等において、事業所等の所在地や事業内容、事業者の緊急連絡先等に係る情報管理等の充実化のため、情報基盤を整備するとともに、災害時の電気安全の確保（発災後の分析含む。）や二次災害の防止に資するサポート体制の検討が重要である。

3. 1 WGの検討概要

(1) 水力設備に影響を及ぼす自然災害の検討範囲

災害をもたらす自然事象に対して、ダムや水路等の水力設備は所要の耐性を有する必要がある。特に、ダムについては、一旦貯水機能を喪失した場合、人命に重大な影響を与えることとなる。

ダムや水路等の水力設備に影響を及ぼす自然事象は、主として地震、集中豪雨及び地すべりである。

ダムは、地震、集中豪雨（洪水）及び地すべりに対して以下の耐性が求められる。

- ① 現在から将来にわたってダム地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動（以下「L2地震動」という。）に対して、ダムは貯水機能を喪失する（制御できない貯水の流出を生じる）ような重大な損傷を生じないこと。
- ② 集中豪雨に伴う洪水に対し、フィルダムは、その築堤材料の特徴から、洪水が堤体上を越流しダムの安全性が損なわれるような事態が生じないこと。
- ③ ダムの湛水池周辺地山に大規模な地すべりが起こり、大量の土塊が貯水池に急激に流入して段波（津波）を発生させ、大量の貯水がダムを越流することによるダムの損傷及びダム下流に被害が生じないこと。

また、水路等（ダムを含む。）の水力発電設備の耐性としては、集中豪雨（洪水）、地すべり等に対して、設備が損傷し重大な供給支障が度々発生するような事態が生じないことが求められる。

(2) 自然災害に対する水力設備の具体的な検討項目

前述の（1）を踏まえ、水力設備に関する具体的な検討項目を次のとおりとした。

- ① 原則として、堤体の高さが15m以上の発電専用ダム（以下「ダム」という。）について
 - ア L2地震動に対するダムの耐性
 - イ 洪水に対するフィルダムの耐性
 - ウ ダム湛水池周辺地山の大規模地すべりに対するダムの耐性
- ② 水路等の水力設備の集中豪雨、地すべり等に対する対策の在り方

3. 2 L2地震動に対するダムの耐性評価の検討

(1) WGでの検討内容

WGでは、事業者において南海トラフ巨大地震及び首都直下地震を除きL2地震動に対するダムの耐性評価が完了しているものについて、①に示す8ダムの評価事例について、②に示す主な検討項目に基づき評価内容の妥当性の検討を行った。

① WGで報告された事業者による評価事例（8ダム）

WGで報告する事例については、ダムの型式毎にダム高、総貯水容量の大きさなどを基に損傷等が発生した場合の影響度を考慮して、次の8ダムとした。

表3-1 事業者による評価事例（8ダム）

ダムの形式		番号	事業者名	ダム高 (m)	総貯水容量 ($\times 10^3 \text{ m}^3$)	竣工年	選定概要
コンクリート 重力ダム		1	中部電力	27.0	14,492	1936	震度法設計を規定した技術基準の制定前のもの
		2	中部電力	125.0	107,400	1962	南海トラフ影響地域中空重力ダム形式でダム高第1位
		3	電源開発	76.0	193,900	1956	コンクリート重力ダムで総貯水容量第6位
アーチダム		4	東京電力	155.0	123,000	1969	アーチダムでダム高第2位
		5	関西電力	186.0	199,285	1963	アーチダムでダム高第1位
フ ィ ル ダ ム	ロックフ ィルダム	6	四国電力	88.0	5,800	1982	南海トラフ地震影響地域
		7	電源開発	131.0	370,000	1961	ロックフィルダムで総貯水容量第1位
		アースダ ム	8	東京電力	18.2	92	1912

② WGでの検討項目

WGでの検討項目は次のとおりである。

ア L2地震動の策定において考慮した地震の選定方法

イ 地震動の策定方法

ウ 地震時応力等の解析条件及び解析方法

エ L2地震動に対するダムの耐性評価の判断基準

オ 評価結果

なお、①の8ダムのうち4ダム（ダムの型式毎に1ダム）については、L2地震動の策定における位相特性等の取扱い、地震時等の応力解析における物性値の設定根拠や解析プロセス、耐性評価の判断根拠とした解析結果等について詳細な検討を行った。

(2) WGで事業者から報告された評価の結果

事業者は、「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（平成17年3月国土交通省）」や既往文献などを基に、ダム地点周辺の活断層による地震や海溝型地震等を考慮してL2地震動を策定し、動的解析等によりダムに発生す

る地震時応力等を算出し、重力ダムやアーチダムにあっては堤体上下流に連続するクラックの発生の有無、フィルダムにあっては堤体のすべりの発生の有無、すべりによる堤体沈下量、浸透破壊の有無等を検討し、それらとダムの耐性評価の判断基準を照らし合わせることにより、L2地震動に対してダムの貯水機能が維持されることを確認したとの評価であった（参考3-1-1~15、参考3-2-1~23、参考3-3-1~16、参考3-4-1~20）。

以下、事業者のフィルダムについての評価事例を次に示す（「表3-1 事業者による評価事例（8ダム）」の番号8のダム）。

① 想定地震の選定

評価に用いるL2地震動の策定に当たっては、あらかじめダム地点周辺において過去に発生した地震、周辺に分布する活断層による地震、海溝型地震等について、文献資料等により調査を行い、その結果に基づき、当該ダムに最も大きな影響を及ぼす可能性のある地震（以下「想定地震」という。）を選定。

表3-2 L2地震動の策定に考慮した地震の例

地震種類	候補選定	備考
歴史地震	○	16××年××地震 (M7.0, Δ≒7.5km)
内陸活断層地震 (主な活断層)	○	××断層 (M7.5, R=7.4km) ××平野××断層帯 (M7.4) ××盆地××断層帯 (M7.0) 等
プレート境界地震	—	内陸部に位置しており、影響が小さいことを確認
地表面に現れていない活断層を震源とする地震	○	照査用下限加速度応答スペクトル 基盤がVs<700m/sの場合の直下型地震

② 耐性評価に用いるL2地震動の策定

ダムの耐性評価には、想定地震によってダム地点に発生すると推定される地震動の加速度応答スペクトルのうち、ダムに最も影響を与えるものを選定の上、適切な地震動の加速度時刻歴波形を用いることが基本。

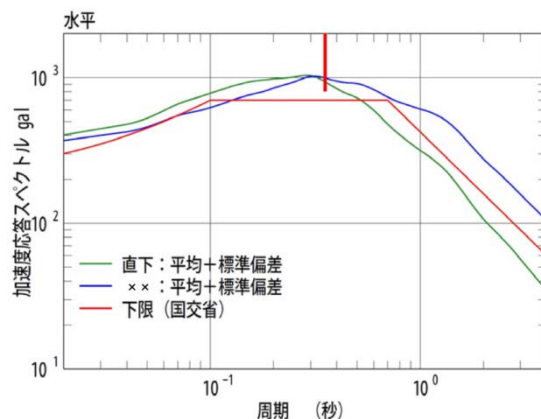


図3-1 加速度応答スペクトルの比較結果の例

表 3-3 加速度時刻歴波形作成の例

L2地震	××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有 ・××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×××)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

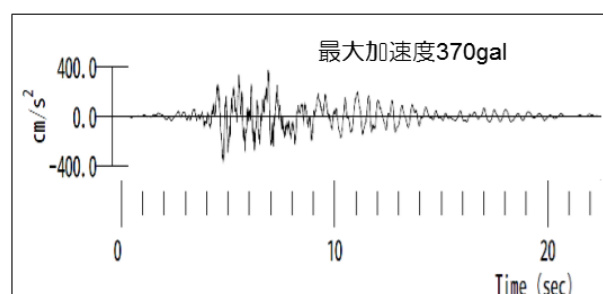


図 3-2 加速度時刻歴波形の例

③ ダム本体の耐性評価方針

フィルダム本体の耐性評価として、その貯水機能が維持されることをダムの構造特性等を反映した解析モデルを用いた動的解析等により確認するとともに、生じた損傷が修復可能な範囲にとどまることを確認。

④ ダム本体の耐性評価

フィルダム本体の耐性評価として、等価線形化法を用いた動的解析を行い、液状化の発生の有無、すべりの発生の有無を確認。

液状化が発生する場合には、液状化の範囲が局所的かどうか、又は液状化範囲の剛性低下を考慮した堤体沈下量が貯水機能に影響を与えないかどうかについて確認。

すべりが生じる場合には、塑性変形解析による堤体沈下量が貯水機能に影響を与えないかどうかや浸透流破壊のおそれの有無について確認。

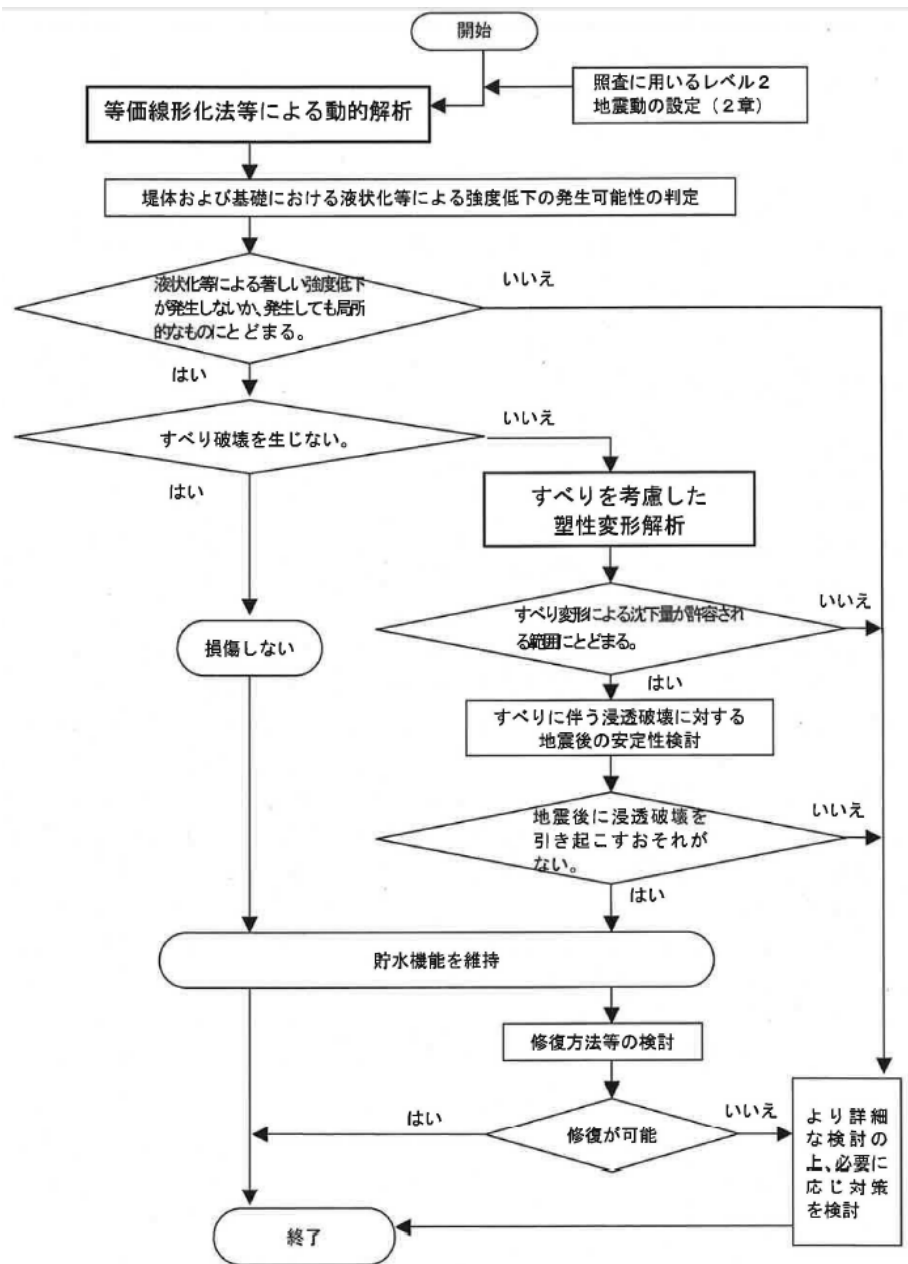


図3-3 「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説(平成17年3月国土交通省)」によるフィルダム本体の耐性評価の流れ

⑤ 動的解析モデルの構築

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材料・材質を配置・構成。

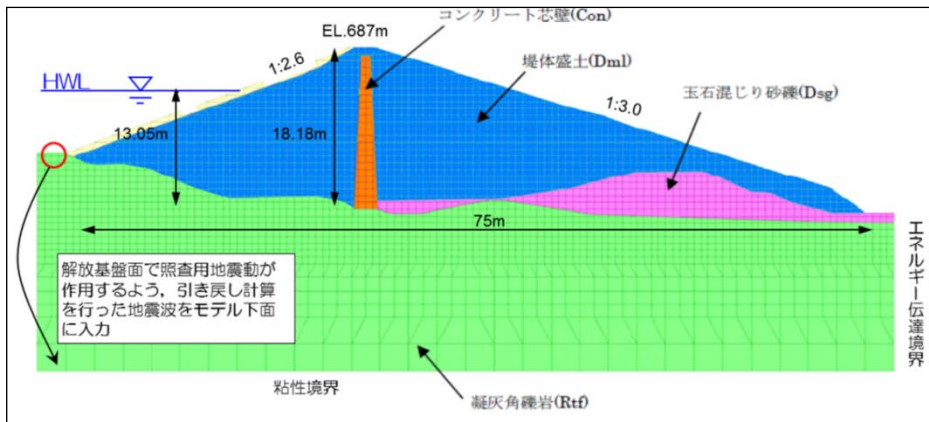


図3-4 解析モデルの例

⑥ 物性値の設定

物性値は、現地調査試験及び不攪乱資料を用いた土質試験により設定し、必要に応じ非線形特性を考慮。

表3-4 動的物性値の設定例

ゾーン	Vs (m/s)	G ₀ (MPa)	h (%)	非線形特性			液状化 強度比 R ¹⁾	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	1960	8800	5	線形弾性			—	

⑦ 築堤解析及び浸透流解析による初期応力等の算出

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湿潤線を設定して浸透流解析を行い、初期応力等を算出。

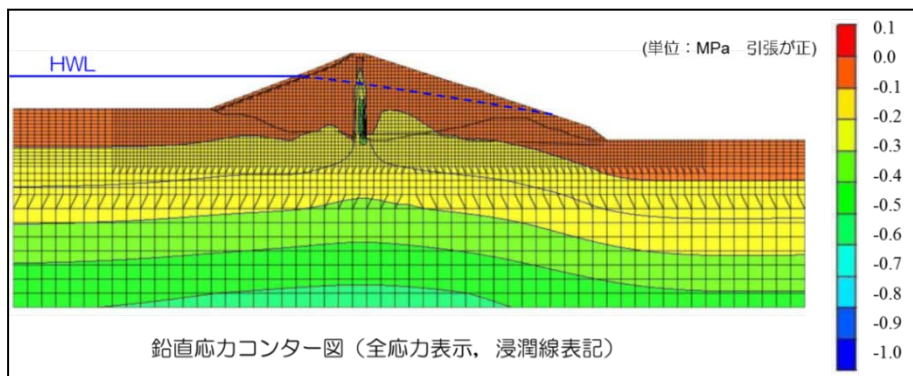


図3-5 初期応力等計算結果のコンター図の例

- ⑧ L2地震動による堤体等の最大加速度の計算
 設定したL2地震動により、堤体等の最大加速度の分布状況を確認。

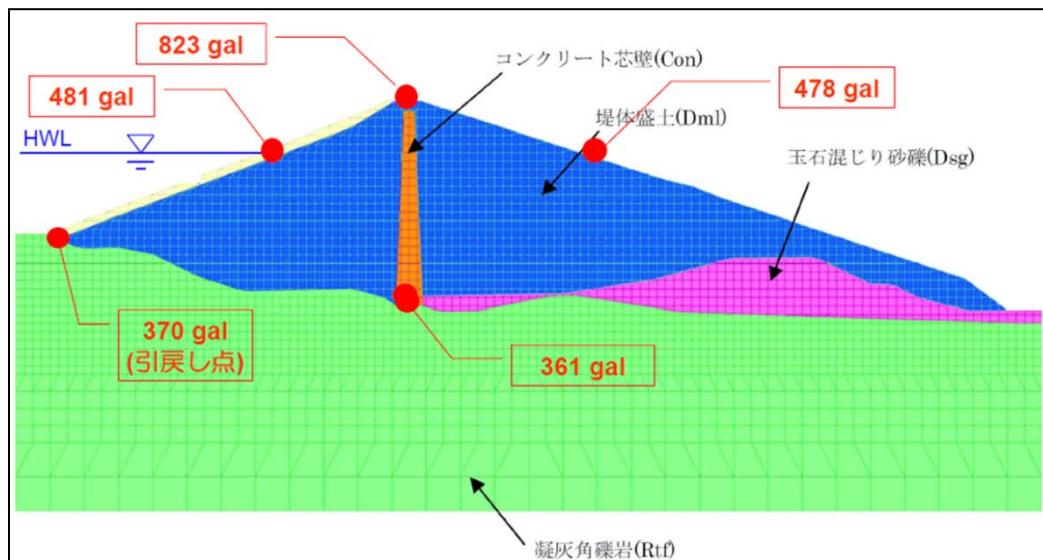


図3-6 堤体等の最大加速度の分布状況の例

- ⑨ 液状化の判定
 液状化に対する安全率で液状化判定を行った結果、安全率が1未満となる部分があったため、自重沈下解析を実施。

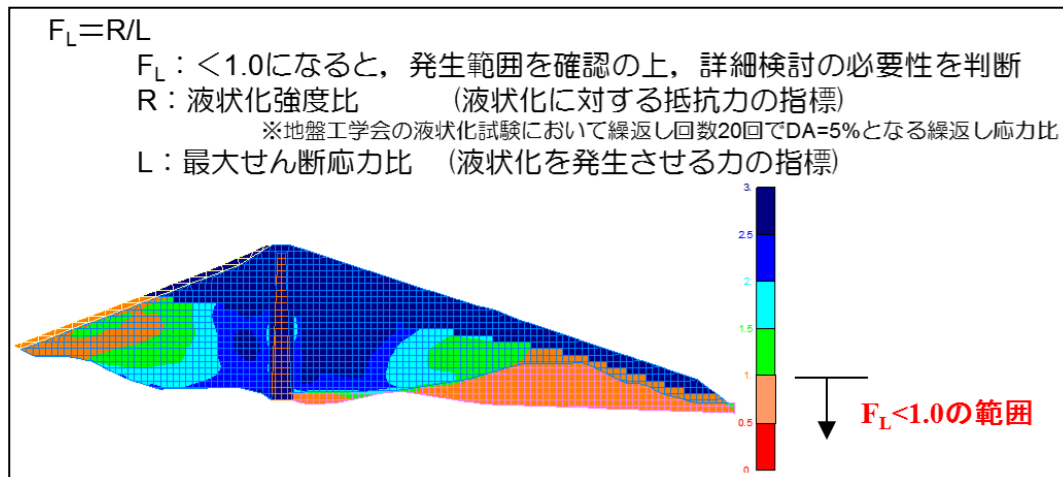


図3-7 液状化に対する安全率による液状化判定の例

- ⑩ 自重沈下解析の結果
 液状化範囲の繰返しせん断による剛性低下を考慮した自重沈下解析を実施し、沈下量を算定。
 算定の結果、堤体天端付近で約15cmの沈下量が算定されたが、常時満水位と天端の標高差は5.13mであるため、越流が生じるおそれはないほどに小さいと評価。

また、堤体下流部で沈下量が算定されたが約 29cm と小さいとの評価。

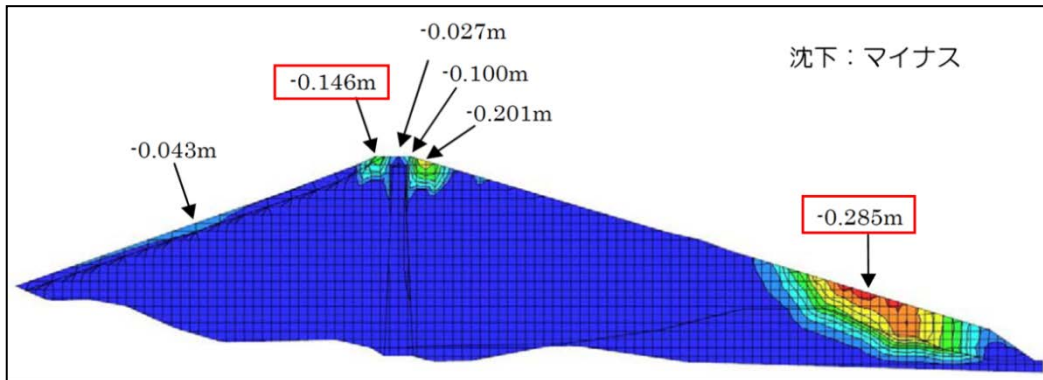


図 3-8 自重沈下解析の結果の例

⑪ すべり安定性に関する検討結果

すべり安定性について解析した結果、安全率が 1 未満となったが、塑性変形解析を行った結果、すべりは地震中の 0.01 秒間に生じるだけで、その沈下量は 2 mm 以下であったことから、大きな変形は発生せず、ダム水位以下を始点とする下流すべりも発生しないと評価。

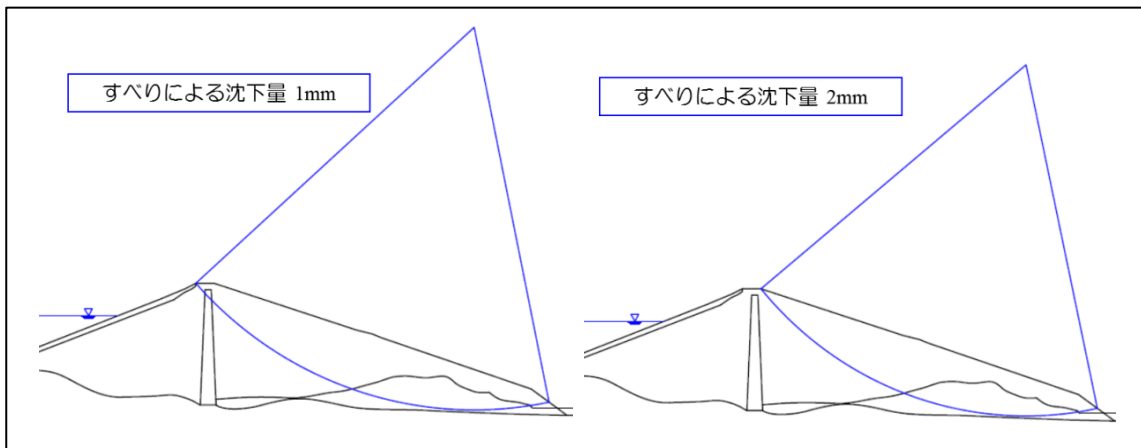


図 3-9 すべり安定性に関する検討結果の例

(3) WGの検討結果

① 検討結果

WGで報告のあった事業者による評価事例 8 ダム（ダムの型式毎に 1 ダム）について、事業者が実施した L 2 地震動に対する耐性評価の方法・プロセスは妥当であるとの結論を得た。

更に、詳細な検討を行った 4 ダムについて、事業者が実施した L 2 地震動の策定において考慮すべき地震の選定、L 2 地震動の策定、地震時応力等の解析、L 2 地震動に対するダムの耐性評価の判断基準及び耐性評価結果の内容はダム形式毎の特性を反映して評価されており、妥当であるとの結論を得た。

② 今後の課題

WGでは、事業者がL2地震動に対する耐性評価を行ったダムのうち代表的なダムについて検討を行った。これ以外のダムについては、今後、事業者による耐性評価が行われる予定である。これを踏まえ、WGから国⁴¹及び事業者が取り組むべき課題として以下の事項が示された。

<今後耐性評価すべきダムについて>

堤体の高さが15m以上のダムのうちWGで耐性を確認したダム以外のダムは、耐性評価の優先順位の考え方、スケジュール等を設定する。

特に、南海トラフ巨大地震又は首都直下地震によるリスクが他の地震より大きいダムは、原則としてL2地震動に対する耐性評価を他のダムよりも優先して行う。

また、事業者において既にL2地震動に対する耐性評価が終わっているダムであっても、南海トラフ巨大地震又は首都直下地震による地震動の影響を受けるかどうかを確認し、この地震動による応答が既に行った耐性評価に用いた地震動によるものよりも大きいと判断された場合は、優先して再評価を行う。

なお、地元自治体等との事情等により、南海トラフ巨大地震又は首都直下地震による地震動に対する耐性評価よりも他の地震動による耐性評価を優先して行うダムもあり得る。

堤体の高さが15m未満のダムのうち、今後、L2地震動に対する耐性評価の対象とするものについての条件を設定する（図3-10「ダムのL2地震動に対する評価計画」参照）。

<耐性評価での留意点>

L2地震動によりダム機能に影響を与える恐れのある損傷が生じる場合は、対策等を検討する。

コンクリート芯壁等を有するフィルダムのうち、L2地震動により芯壁にクラックが生じる場合は、内部浸食による浸透破壊に関し検討する。

コンクリートダムについては、その構造形態も考慮し、耐性評価を優先すべきと考えられる場合には、ダム全体の耐性について出来るだけ早く解析評価する。

今後ともダムの地震観測に努め、比較的強い地震動の観測記録が得られた場合には、観測記録を用いてダム位置での地震動の特性、ダムの挙動を把握し、今後L2地震動による耐性評価を行うダムにあってはその評価に活用する。また、L2地震動による耐性評価が終わっているダムであっても、観測記録を用いた再現解析によりL2地震動、解析モデル及びL2地震動による耐性評価の妥当性について再確認する。

⁴¹ 第3章における国とは経済産業省のことをいう。

また、得られた観測記録については、今後の照査の向上に資するとともに、関係機関等で進めている地震波形のデータベース化等への協力に努める。

＜地震計の設置促進、地震記録の活用の促進＞

ダム耐性評価の高度化のため、事業者は、主要なダムやL2地震動に対する耐性評価で扱った地震動が大きいダムへの地震計の設置及び地震記録の活用を進める。なお、地震計の設置に当たっては、ダム高、総貯水量、地域性等を考慮する（参考3-5）。

＜耐性評価のスケジュール＞

全国の発電専用のダムのL2地震動による耐性評価計画は次図を予定しており、また、評価結果は関係者との協議を踏まえ準備が整い次第、事業者のHP等において順次公表を予定している。

年 度		H26FY	H27FY	H28FY	H29FY	H30FY
ダムタイプ別代表例 (8ダム)		第4回 WG報告				
高さ100m以上 又は 総貯水量1億m ³ 以上		→				
高さ50m以上 又は 総貯水量5千万m ³ 以上		→				
高さ15m以上 かつ 総貯水量5千万m ³ 未満		→				
高さ15m 未満の ダム	(注5)以外の ダム	→				
	(注5)のダム					

- (注1) 評価計画については、評価着手及び評価取りまとめ予定。
- (注2) 南海トラフ巨大地震又は首都直下地震による地震動の影響を受けるダムにあっては、この地震動によるリスクが他の地震によるものよりも大きくなると考えられる場合、他のダムよりも優先してL2照査を行う。
- (注3) 一旦機能を喪失した場合に人命に重大な影響を与える可能性のあるダムを選定。
- (注4) 評価には、静的解析評価や当該ダム近傍の類似ダムの解析結果によるみなし評価を含む。
- (注5) 高さ15m未満のダムであって、以下のいずれかに該当するもの。
 - ①貯水機能を有さないもの
 - ②当該ダムの下流において河川護岸や堤防の高さがダムの堤高より高いもの
 - ③ダム放水時に無害流量で河川を流下できるもの
 - ④直下のダムにおいて、当該ダムの放水を貯留できるもの
 - ⑤当該ダムの下流において人家等がなく人的被害の生じるおそれがないもの

図3-10 ダムのL2地震動に対する評価計画

<事業者による耐性評価のフォローアップ>

国は、事業者が行う耐性評価の進捗状況について、定期的に調査を行う等フォローアップを実施する。

<設計段階における耐性評価の整備>

国は、今後行われるダムのL2地震動による耐性評価の実績を踏まえ、他省庁と連携し、ダム設計段階でも評価が行えるような環境を整備していく。

<ダム損傷時の対応方法の検討>

国は、L2地震動により、万が一にもダムに損傷が生じた場合の対応（ダム操作、河川管理者、下流域の県市町村との連絡体制等）について、関係者と連携して検討していく。

3.3 集中豪雨に対するダムの耐性評価の検討

(1) WGの検討内容

事業者は、最近の気候変動に伴う異常な集中豪雨の頻発を踏まえ、原則として堤体の高さが15m以上のフィルダムについて、最近の降雨データ又は洪水データを考慮に入れ、今後200年間に於いて1回起こると考えられる洪水流量（以下「200年確率洪水流量」という。）が流入したとき、洪水が堤体上を越流しダムの安全性を損なうような事態が生じないか評価を行っている。

WGでは、①に示す9ダムの評価事例について、②に示す主な検討項目に基づき、事業者が行った評価内容の妥当性の検討を行った。

① WGで報告された事業者による評価事例（9ダム）

WGで報告される事例については、フィルダム42ダムのうち、事業者による次の評価内容毎に3ダムずつ合計9ダムとした。

ア 200年確率洪水流量がダムの設計洪水流量又は異常洪水流量を下回るもの
<評価事例（Ⅰ）>（該当ダムは36ダム）

イ 200年確率洪水流量がダムの設計洪水流量又は異常洪水流量を上回るが、ダムの洪水処理可能量（洪水吐の放流可能量又は洪水吐や発電などによる放流可能量）を下回るもの<評価事例（Ⅱ）>（該当ダムは3ダム）

ウ 200年確率洪水流量がダムの設計洪水流量又は異常洪水流量を上回り、かつダムの洪水処理可能量も上回るもの<評価事例（Ⅲ）>（該当ダムは3ダム）

② 検討項目

WGの検討項目は次のとおりである。

ア 200年確率洪水流量の予測方法

イ 洪水が堤体上を越流する可能性の有無

ウ 評価結果

(2) WGで事業者から報告された評価の結果

- ① 評価事例（Ⅰ）のダム（参考3-6-1~4、参考3-7-1~4）
3ダムとも200年確率洪水流量が設計洪水流量又は異常洪水流量を下回っており、洪水が堤体上を越流する可能性はない。
- ② 評価事例（Ⅱ）のダム（参考3-6-1~4、参考3-8-1~6）
3ダムとも200年確率洪水流量が設計洪水流量又は異常洪水流量を上回るが、ダムの洪水処理可能量を下回っており、洪水が堤体上を越流する可能性はない。
- ③ 評価事例（Ⅲ）のダム（参考3-6-1~4、参考3-9-1~9）
3ダムとも200年確率洪水流量がダムの設計洪水流量又は異常洪水流量を上回り、かつダムの洪水処理可能量も上回るが、いずれも現在のダム運用上の最高水位をもとにダムへの洪水流入量、ダムからの放流量及び貯水位の時間的变化について詳細解析を行った結果、洪水が堤体上を越流する可能性はない。

(3) WGの検討結果

- ① 検討結果
WGでは、事業者が行った洪水に対するフィルダムの耐性評価内容の妥当性について、(1)②の検討項目に基づいて評価事例を用いて検討した。その結果、200年確率洪水流量の予測方法、洪水が堤体上を越流する可能性の有無についての評価内容に特段の問題はなく、事業者が行った洪水に対するフィルダムの耐性評価は妥当であるとの結論を得た。
- ② 今後の課題
WGにおいては、最近の降雨データ又は洪水データをもとにした200年確率洪水流量によりフィルダムの耐性評価の検討を行ったが、今後とも降雨量又は洪水流量に関する最新のデータや研究成果を反映した再評価が重要であるとの観点から、国及び事業者が取り組むべき課題として以下の事項が示された。

<洪水流量の確認>

事業者は、引き続き最新のデータに基づき200年確率洪水量について検討し、その結果から、現状のダム洪水吐の放流能力や貯水池の運用等によりダムの耐性を維持していけるかを確認する。

<ダムの耐性向上への対応>

国は、最新のデータや研究成果を踏まえ、200年確率洪水流量に対してダムの洪水吐の放流能力や貯水池の運用等が対応できない可能性があるかと判断された場合には、関係者と連携して必要な措置について検討する。

3. 4 大規模地すべりに対するダムの耐性評価

(1) WGの検討内容

ダムの湛水池周辺地山において、地震時又は豪雨時に万一大規模な地すべりが発生し、大量の土塊が湛水池に急激に流入すると、貯水面が盛り上がり、津波のような段波が発生し、場合によっては貯水がダム堤体を越流する。その越流量が大量であると下流に災害をもたらす恐れがある。また、ダムがフィルダムの場合は、貯水の大量の越流によりダム本体が損傷し、下流に災害をもたらす恐れもある。

このため、ダムの湛水池周辺の地山について、現在、地すべり兆候が見られるダムにあっては、大規模地すべりの発生の可能性の有無を確認することが重要である。また、湛水池周辺地山において将来大規模地すべりが発生する可能性のある地点を予測し、詳細な調査と所要の対策を行うことも重要である。

WGでは、現在、湛水池周辺地山で地すべり兆候が見られる3ダムについて、大規模地すべりの発生の可能性に係る事業者の評価内容について、次に示す主な検討項目に基づき妥当性の検討を行った。

<大規模地すべりの発生の可能性に係るWGでの検討項目>

- ① 監視体制、計測項目、対策工の実施状況
- ② 地すべり土塊の量、地すべりの挙動等の経過
- ③ 監視のあり方
- ④ 評価結果

また、事業者が湛水池周辺地山において将来大規模地すべりが発生する可能性のある地点の予測に活用するため、現在、国において調査を行っている大規模地すべり発生可能性調査マニュアルの作成の進め方についても検討した。

(2) WGで事業者から報告された評価の結果

湛水池周辺地山で地すべり兆候が見られる3ダムについて、いずれも事業者によって周辺地山を対象としたボーリング調査により地すべり面が推定され、必要に応じ所要の対策が施されている。

現在いずれのダムも地すべり兆候が見られる箇所の状態は安定しており、仮に地すべりが発生しても流入する土塊の量はダムの貯水容量に比較して小さいことが見込まれているが、引き続き地すべりの挙動を監視するとしている。

(参考3-10-1~8、参考3-11-1~5、参考3-12-1~9)

(3) 国によるマニュアルの作成に向けての調査の進め方

国では、平成25年度に大規模地すべりや湛水池周辺の地すべりの事例及び地すべりが発生する可能性のある地点の予測に関する評価手法について、文献の調査・整理を行った。

大規模地すべりの事例収集・整理では、大規模地すべりの発生位置、発生年月日、

誘因等について整理した。

大規模地すべりが発生する可能性のある地点の予測に関する評価手法の整理では、空中写真、レーザー測量、衛星画像等を用いた地すべりの発生可能性の評価の手法（指標や利用するデータ等を含む）について整理し、有効と考えられる手法として、11手法⁴²を抽出した。（参考3-13-1~22）

今後、平成25年度に抽出した11手法について最新の研究成果を取り入れつつ、実効性の高い手法を絞り込み、さらにそれらの調査結果を統合・関連付けを進めて大規模地すべりが発生する可能性のある地点の予測に利用できる実践的な評価手法を検討し、大規模地すべり発生可能性調査マニュアル（案）を作成する。

具体的には、平成26年度には試案を作成し、平成27年度にはマニュアル（案）を作成する。

（4） WGの検討結果

① 検討結果

事業者から報告された3ダムについては、地すべり兆候が見られるものの、必要に応じ所要の対策が行われ、現在の湛水池周辺地山の状態は安定しており、地すべり土塊も貯水池の規模に比較して小規模なものであるとした評価は妥当であるとの結論を得た。

また、国による大規模地すべり発生可能性調査マニュアル（案）の作成に向けての進め方や内容について審議した結果、次のとおり今後の課題が示された。

② 今後の課題

WGにおいては、大規模地すべり発生可能性調査マニュアル（案）を実践的なものにするため、国が取り組むべき課題として以下の事項が示された。

<地すべり発生可能性の評価手法の検討>

国は、既設ダム又は新設ダムの湛水池周辺地山の地すべりの発生の可能性を判断する際に有効な評価手法（レーザー測量、過去・現在の航空写真の比較等）及びそれらの判断指標について検討する。

また、大規模地すべりによる段波の発生に係るシミュレーション事例の整理を行う。

<越流時の対応>

国は、地すべりの発生又は地すべりの発生による越流等によって、下流に影響を及ぼす可能性が確認された場合における下流への警報や対策の在り方等について、関係者と連携して検討する。

⁴² 空中写真判読、レーザー測量、衛星画像等を用いた手法であり、詳細は巻末資料「参考3-13-1~参考3-13-22」参照

<マニュアルの活用性>

国は、大規模地すべり発生可能性調査マニュアル（案）について、事業者が活用しやすい内容となるよう工夫する。

3. 5 自然災害に対する水路等水力発電設備の保全対策及び今後の対応

(1) WGの検討内容

集中豪雨、地すべり等の自然災害の発生により出力規模の大きい水力発電所や水系全体の複数の水力発電所の設備が度々損傷し、長期にわたる著しい供給支障を招く事態は避ける必要がある。

このため、国では集中豪雨、地すべり等による水力発電設備の被害を防止、低減するための対策のあり方についてマニュアルを作成し、事業者が水力設備の保全対策を講じる際の参考となるように、現在、調査を行っているところである。

WGでは、この水力発電設備対策マニュアルが事業者にとって効果的な対策の検討に有用な資料となるよう調査の進め方について検討を行った。

(2) 国によるマニュアルの作成に向けての調査の進め方

① 国による平成 25 年度の調査

国は、平成 25 年度に次の調査を行った。

- ア 文献等による水力設備の自然災害による損傷形態の実態把握
- イ 自然災害ごとの損傷形態案の整理
- ウ 損傷度及び管理レベルの評価区分及びマトリックスの案の作成

② 国による平成 26 年度の調査

国による平成 26 年度の調査内容は次のとおり。

- ア 自然災害による損傷形態について、水力発電所管理者を対象にアンケート調査を行い、詳細な被害実態を把握する。
 - ・自然災害発生状況
 - ・設備の被災状況（損傷状況、波及影響、復旧対策、復旧期間等）
 - ・自然災害への事前対策の有無、内容、効果（ハード面、ソフト面）
- イ 平成 25 年度の調査の結果及びアンケート調査の結果を基に、水路等の水力発電設備に発生しうる自然災害想定シナリオを、自然災害の種類とその程度に分けて複数作成。
- ウ 自然災害想定シナリオごとに設備の損傷度及び管理レベルに応じた予防保全・事後保全の対策を検討し、自然災害に対する水力発電設備対策マニュアル（案）を平成 26 年度に作成し、事業者による今後の水力設備の保全対策の参考とする。

(3) WGの検討結果

① 検討結果

自然災害に対する水力発電設備対策マニュアル（案）の調査の進め方について審議した結果、次のとおり今後の課題が示された。

② 今後の課題

WGにおいては、水力発電設備対策マニュアル（案）の調査に当たり、国が取り組むべき課題として以下の事項が示された。

<活用方策や調査工程表等の検討>

国は、水力発電設備対策マニュアル（案）について、事業者が既の実施している方法等も考慮して、事業者による活用方策や調査工程表等を検討する。

第4章 その他の自然災害等に関する評価と今後の対応

4.1 集中豪雨に対する送電鉄塔等の耐性評価

(1) 事業者からの報告

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及び保全体制の在り方を確認し、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した。

- ・ハード面・・・鉄塔位置の選定、鉄塔基礎設計、斜面崩壊対策
- ・ソフト面・・・事前の備え、大雨後の対応、斜面崩壊発見時の対応

① 鉄塔位置選定、鉄塔基礎設計、斜面崩壊対策の基本的な考え方

鉄塔位置選定では、既存の地形図・地質図、地表地質調査結果等に基づき、地すべり防止区域や周囲に崩壊跡があるなど斜面崩壊の危険性がある箇所を回避する。

鉄塔基礎設計では、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⁴³の採用や斜面安定性評価を実施する。

斜面崩壊対策では、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、擁壁工を実施する。

さらに、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）も構築している（参考4-1～参考4-4）。

保全体制の事例：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等

② 事業者の評価

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。

なお、電力供給システムは広範囲に広がる多重化・多ルート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。

(2) 本WGの評価

(1)のとおり、事業者から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及び保全体制の在り方について報告があったとこ

⁴³ 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。

ろ、本WGにおいて、事業者の耐性評価の考え方及び評価結果の妥当性を確認した。

本検討からは、集中豪雨は、局地的に発生する短時間強雨であり、更にそれに伴う地すべりの予測等には困難な面があるものの、今後とも集中豪雨による地すべりに係る予測技術の動向を踏まえて、個別地点のリスク評価等や予防保全的な対策を検討することが重要であることが得られた。

4. 2 暴風（台風、竜巻等）に対する送電鉄塔等の耐性評価

（1）事業者からの報告

評価対象設備は、17万V以上の架空送電設備⁴⁴とし、台風、竜巻による過去の被害実績相当のものについて、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した。

① 評価の考え方

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いることに加えて、過去の大型台風による設備被害経験から、民間設計基準等の見直しとともに、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」及び「電力供給への影響」の観点で評価した。

② 台風に対する評価結果

台風の送電鉄塔の設計の考え方（参考4-5）として、過去の鉄塔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、民間設計基準等へ反映し、これを踏まえ設計上対応してきた。

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）（参考4-6～参考4-8）は、台風による鉄塔倒壊被害は減少傾向（平成17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⁴⁵においても、台風への耐性は有りとして評価されている。

③ 竜巻に対する評価結果

竜巻の文献等及び過去の被害実績による耐性評価については、既往文献⁴⁶及び過去実績から、F3（藤田スケール：風速70～92m/s）クラス以下の規模の竜巻については、鉄塔に耐性があることを確認した。

過去の被害実績に関しては、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）以上は観測されておらず、F3クラス発生によ

⁴⁴ 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、対象外とした。

⁴⁵ 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）（委員長：大熊 武司 神奈川大学名誉教授）」

⁴⁶ 文部科学省調査研究「竜巻等の実態および発生予測と対策」（平成20年）

る送電設備の被害は、一部設備損壊のみであった（66kV 規模の電線断線やがいにし破損等で、同竜巻が通過した 500kV 送電設備には被害無し）。このため、鉄塔倒壊など大規模な損壊には至っていない。

電力供給への影響評価については、海外では、竜巻による鉄塔倒壊の事例⁴⁷があり、F 4 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。ただし、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対しては、著しい供給支障発生の可能性は極めて低い。

（２） 本WGの評価

（１）のとおり、事業者から 17 万 V 以上の送電鉄塔を対象に、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）供給支障の有無の評価と対策について報告があったところ、本WGにおいて、事業者の評価の考え方及び評価結果の妥当性を確認した。本検討からは、以下のことが得られた。

気候変動に関する政府間パネル（ICPP）の検討で予測されるように、長期的に見て台風の巨大化等が進んだ場合は、台風の影響範囲は数百 km と広範囲に及ぶことから、複数の送電ルートが被災する可能性もある。

このため、今後とも台風の予測に関する動向を収集するとともに、耐風性や対策に係る調査研究を行っていくことが重要である。併せて、巨大台風に対する電力供給システムにおける多重化・多ルート化の有効性を引き続き検証していくことが重要である。

また、海外では、F 3 クラスを超える竜巻も発生していることから、将来的な F 4 クラスの竜巻の発生に関する予測等を踏まえ、電力供給システムの密集地での多重化・多ルート化の有効性を引き続き検証していくことが重要である。

4. 3 大規模火山噴火に対する電気設備等の耐性評価

（１） 事業者からの報告

評価対象設備は、ガスタービン発電設備、17 万V以上の送電設備及び変電設備とし、富士山ハザードマップ検討委員会報告書（平成 16 年 7 月内閣府等）に基づく被害想定⁴⁸を活用し、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、溶岩流及び火砕流等による被害状況の評価及び対応策を検討した。

① 評価の考え方

降灰に対するガスタービン発電設備については、上記報告書の「降灰可能性マ

⁴⁷ 2011 年 4 月に米国で発生した F5 クラスの竜巻により送電鉄塔が倒壊した。

⁴⁸ 同報告書で最大規模の噴火である宝永噴火の被害想定を活用した。

ップ⁴⁹」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した（参考4-9～参考4-11）。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）であり、降灰深はいずれも2cmとなる。

降灰に対する送電設備、変電設備については、過去の被害発生状況を踏まえ、「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）を評価した。

溶岩流、火砕流等については、「溶岩流」、「火砕流」、「融雪型火山泥流」、「噴石」及び「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）を評価した。

② 影響評価と対策

降灰によるガスタービン発電設備の吸気フィルタへの影響評価は、吸気フィルタ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。このため、フィルタ取替頻度は、降灰量とフィルタ粉塵捕集性能から、約10日毎（平均）⁵⁰と想定した。

大規模火山噴火に対する対策として、噴火が発生した場合には、順次以下のような対策を実施し、供給力の確保に努める。

ア 火山情報を把握しながら、事前に交換用のフィルタの早期調達及び交換作業要員の確保が必要である。（フィルタの交換には、数日程度／ユニット。現状の要員で対応可能。）

イ 詰まり状況の把握のため、フィルタの差圧の監視強化を図る。

ウ フィルタ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の延命化を図り、計画的な交換を実施する。

エ フィルタの延命化による供給力への影響（例）としては、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が想定される。

過去の火山噴火（降灰）による送電設備、変電設備への影響評価は、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及び設備被害は無かった（参考4-12、参考4-13）。

灰除去作業を基本とした対応として、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、風による飛散や雨洗効果の可能性等必要に応じて、予防保全的措置としての

⁴⁹ 噴火位置の分布（大規模噴火口分布領域）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。

⁵⁰ 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）より試算した。

灰除去を実施する（参考4-14）。このため、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であることから、著しい供給支障には至らない。

富士山噴火による降灰影響評価については（参考4-15）、富士山ハザードマップによる降灰量（月堆積最大量）から、降灰分布の30 cm以上において、これま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できたことから、降灰による著しい供給支障は発生しない（参考4-16）。

溶岩流、火砕流、融雪型火山泥流、噴石による送電設備、変電設備の影響は、富士山ハザードマップによる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線路について、被災の可能性がある。ただし、系統切替により供給支障の解消（又は回避）が可能である（参考4-17）。

土石流による送電設備、変電設備の影響評価（参考4-18）は、富士山ハザードマップによる降灰10 cm以上のエリア⁵¹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、溪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した⁵²。

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）している。万一、降雨量の影響等により、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である。

これらから、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。

（2） 本WGの評価

（1）のとおり、事業者からガスタービン（コンバインドサイクル）発電所、17万V以上の送変電設備を対象に、富士山ハザードマップ検討委員会報告書の被害想定ケースにおける降灰、溶岩流、火砕流等、土石流の影響評価と対策について報告があったところ、本WGにおいて、事業者が行った影響評価及び対策、並びに耐性評価の妥当性を確認した。

本検討からは、以下のことが得られた。

降灰対策について、今回、灰除去のための作業体制等は確認できたものの、降灰時には道路寸断等も想定されることから、降灰対策の実行性を高めるためには、道路啓開等による早急な通行が可能になるよう自治体等との連携を図ることが重要である。

⁵¹ 富士山ハザードマップ検討委員会報告書の土石流マップ上の被害マップは、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溪流」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）」を基に作成されている。

⁵² 対象設備数は、変電所：7箇所、送電線：10線路762基

また、今回は、富士山大規模噴火を事例に評価したところであるが、他火山についても、日本列島が火山列島であることを認識し、今後とも火山噴火の予測技術の動向を踏まえ、火山噴火ハザードマップを活用して、引き続き防災対策の充実化を図ることが重要である。

4. 4 太陽フレアに伴う磁気嵐に対する変電設備等の耐性評価

(1) 事業者からの報告

① 太陽フレアに伴う磁気嵐が電気設備に与える影響

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。

ア 変圧器への影響（変圧器磁気飽和による鉄心加熱）

変圧器への影響としては、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。）

イ 電圧低下（変圧器磁気飽和による無効電力消費増）

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。

ウ 高調波の発生（変圧器磁気飽和による高調波発生）

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。

エ 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）

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（参考4-19～参考4-21）

平成元年3月にカナダ 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、同社の電気設備的及び地理的要因によるものと言える。

超高圧送電線が非常に長距離であるため、系統安定度対策として必要な調相設備への依存度が高い。また、超高圧送電線が高緯度に位置するため、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ため、高調波の発生により調相設備が停止した。

日本の設備の特徴として、低緯度・送電線が短いため磁気嵐や地磁気誘導電流の影響が小さく、これに伴う高調波の影響が小さい。調相設備の保護装置に高調波対策は既の実施されており、高調波により調相設備は停止しない。また、調相設備への依存度が低く、仮に調相設備が停止しても安定送電が可能である。

③ 事業者の評価のまとめ

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とし

て、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である。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である。

ア 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、変圧器絶縁油の温度を常時監視しており、異常警報が発報した場合は、現場で設備状態の確認等を実施して、運転継続の可否を判断する。仮に、運転を停止した場合も周辺系統の調整により影響を回避できる（平素より設備停止時の対応訓練実施）。

イ 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できる（平素より設備停止時の対応訓練実施）。

ウ 高調波の発生（変圧器磁気飽和による高調波発生）

高調波対策は既に実施済みである。

エ 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できる（平素より設備停止時の対応訓練実施）。

以上のことから、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であり、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。

（２） 本WGの評価

（１）のとおり、事業者から送変電設備を対象に、太陽フレアに伴う磁気嵐に対する影響評価と対策について報告があったところ、本WGにて、事業者の影響評価の考え方及び対策の妥当性を確認した。

本検討からは、以下のことが得られた。

平成 23 年からXクラスという大きな太陽フレアの発生数が上昇してきている⁵³状況に鑑み、巨大な太陽フレアに伴う大磁気嵐発生の可能性を認識することが重要である。このため、太陽フレアや磁気嵐等を観測・予報している関係機関と観測情報等の連携を強化するとともに、巨大な太陽フレアが観測された場合には、迅速な対応による設備損壊の未然防止が実現できる体制の強化が重要である。

さらに、太陽フレアに伴う磁気嵐による地磁気誘導電流発生等に至る定量的メカニズム等については、確立した知見が得られていないことから、関係者の協力を得て調査研究等を進め、送変電設備に重大な影響を与えるような新しい知見が得ら

⁵³（独）情報通信研究機構 HP

れた場合には、対策の充実化等の検討が重要である。

4. 5 今後の対応

(1) 集中豪雨

＜集中豪雨による地すべりに対する個別地点の対策の検討＞

事業者は、今後とも集中豪雨による地すべりに係る予測技術の動向を踏まえて、個別地点のリスク評価等をあらかじめ講じるとともに、必要に応じ、予防保全的な対策を検討することが重要である。（P63 再掲）

(2) 暴風（台風、竜巻等）

＜暴風に対する耐風性や対策に係る調査研究の実施等＞

事業者は、今後とも台風の予測に関する動向を収集するとともに、耐風性や対策に係る調査研究を行っていくことが重要である。併せて、巨大台風に対する電力供給システムにおける多重化・多ルート化の有効性を引き続き検証していくことが重要である。（P64 再掲）

＜F 4クラスの竜巻に対する電力供給システムの多重化等の有効性検証＞

将来的なF 4クラスの竜巻の発生に関する予測等を踏まえ、事業者は、電力供給システムの密集地での多重化・多ルート化の有効性を引き続き検証していくことが重要である。（P64 再掲）

(3) 大規模火山噴火

＜降灰対策の実行性を高めるための自治体等との連携＞

事業者は、道路啓開等による早急な通行が可能になるよう自治体等との連携を図ることが重要である。（P66 再掲）

＜富士山以外の火山噴火に対する防災対策の充実化＞

事業者は、他火山についても、今後とも火山噴火の予測技術の動向を踏まえ、火山噴火ハザードマップを活用して、引き続き防災対策の充実化を図ることが重要である。（P67 再掲）

(4) 太陽フレアに伴う磁気嵐

＜太陽フレア観測機関との連携の強化等＞

事業者は、巨大な太陽フレアに伴う大磁気嵐発生の可能性を認識することが重要である。このため、太陽フレアや磁気嵐等を観測・予報している独立行政法人情報通信研究機構と観測情報等の連携を強化するとともに、巨大な太陽フレアが観測された場合には、関連部署等に太陽フレアやこれに伴う大磁気嵐発生の可能性に係る情報の共有化を図り、迅速な対応による設備損壊の未然防止が実現でき

る体制が強化されるよう、改めて周知・徹底することが重要である。(P68 再掲)

<太陽フレアによる地磁気誘導電流発生に係るメカニズムの調査研究の実施>

国は、太陽フレアに伴う磁気嵐による地磁気誘導電流発生等に至る定量的メカニズム等について、関係機関、事業者等の協力を得て調査研究等を進めていくことが重要である。(P68 再掲)

<巨大太陽フレアに伴う磁気嵐に対するリスク評価等及び対策の充実化>

事業者は、上記調査研究等により、送変電設備に重大な影響を与えるような新たな知見が得られた場合には、リスク評価等を改めて行い、必要に応じ、対策の充実化等の検討を図ることが重要である。(P68 再掲)

第5章 自然災害等に伴うその他の検討課題について

5. 1 地震による電気火災防止対策について

(1) 地震に伴う電気火災発生等の状況

阪神・淡路大震災において 85 件の電気火災が報告されているが、そのうち、電気用品（移動可能な電熱器（電気ストーブ等）、電気機器（TV、冷蔵庫等））からの出火が 66%（計 56 件）を占めていた。

また、東日本大震災における電気火災は 68 件、そのうち、31 件が電熱器具からの発熱が原因と報告されている。

これまで電気火災防止対策として、事業者による復電時の安全確認、漏電遮断器の普及、需要家への防災意識の向上等に取り組んでいる。

中央防災会議首都直下地震対策検討WGによる厳しい想定（冬の夕方）では、首都直下地震発生時の死者数 2 万 3 千人のうち、1 万 6 千人が火災による犠牲者であり、そのうち約 7 千人が電気火災により犠牲になるとされている。このため電気火災防止の徹底は極めて重要な課題であり、平成 26 年 3 月に取りまとめられた大規模地震防災・減災対策大綱、首都直下地震緊急対策推進基本計画及び南海トラフ地震防災対策推進基本計画に位置づけられているところである。

また、電気火災を防止するためには、一般家庭や電力会社などの民間企業の取組、国及び自治体といった公的機関の対策など、全関係者の対応が必要であるとともに地震発生時等における電気火災の原因に見合った対策が必要である。

表 5-1. 阪神・淡路大震災における電気火災の原因分類

発火源		件数
電気による発熱体	移動可能な電熱器	40
	固定の電熱器	2
	電気機器	16
	電気装置	1
	電灯電話等の配線	19
	配線器具	6
	その他	1
	小計	85
その他		54
不明		146
合計		285

地震時における出火防止対策のあり方に関する調査検討報告書(消防庁)
(平成7年1月17日から10日間)

表 5-2. 東日本大震災における電気火災の原因分類

発火源、要因の分類		件数
電熱器具からの発熱	落下・落下物で電熱器等のスイッチが入る	18
	電熱器等の配線・電熱器等へ他物が接触	13
電源コード等の損傷	落下物等の圧力による断線・短絡	3
	水漏れ等による水の付着	3
電気配線の損傷	配線と照明器具との接続箇所が損傷	2
	落下物等の圧力による断線・短絡	8
	漏れによる配線と他物との接触	1
電気機械器具の損傷	器具内部の短絡等	8
	漏れによる他物との接触	2
	器具と引き出し電線との接続箇所損傷	5
地震動との因果関係不明	電熱器具からの発熱(原因不明)	1
	電源コード等が損傷(原因不明)	3
	電気配線の損傷(原因不明)	1
津波	津波による浸水	2
合計		68
火災総計		329

消防庁消防研究センター(平成23年3月11日～平成24年3月23日)

(2) 地震に伴う電気火災防止対策の現状

① 漏電遮断器の設置状況

電気火災の防止を目的に設置する機器の一つとして漏電遮断器が挙げられる。漏電遮断器は、地震時のみならず、平常時を含め漏電による感電死傷の防止とともに漏電による火災の防止対策として設置を推進してきた。

漏電遮断器は、昭和 42 年頃から電気機器メーカーによる開発・製造を開始。昭和 51 年から電気災害防止を図るため関係業界が漏電遮断器取付推進運動として未取付の需要家を対象に啓蒙普及活動を展開しており、民間規程（内線規程）では、平成 17 年より一般住宅において漏電遮断器の施設が原則として義務規定化されている。（内線規程では平成 2 年より勧告的事項として規定。）

漏電遮断器の普及率は、阪神・淡路大震災当時は全国で 64.5%であったものが、現在、全国で 89.0%、（関東では 92.9%）となっている。

また、漏電遮断器は内線規程に位置づけられていることから、新築の場合にはほぼ 100%設置されている。

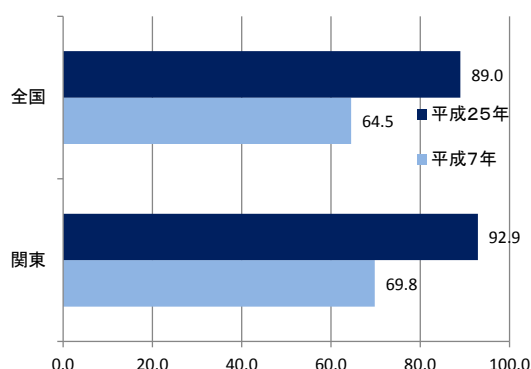


図 5 - 1. 漏電遮断器の普及率

(参考) 漏電遮断器の機能等

機能：電路に漏電がないかを常時監視し、漏電が生じた場合には瞬時に電路を遮断する。

目的：漏電を検知し電気を遮断することにより、感電死傷、機器の破損、発熱による火災を防ぐ（参考 5 - 1）。

② 感震ブレーカーの設置状況

前述の首都直下地震対策検討WGにおいて、電気火災防止策として木造住宅密集地域等への感震ブレーカーの普及促進が提言され、また、前記計画等においても言及されているところである。しかしながら、内閣府世論調査（防災に関する世論調査：平成 25 年 12 月）によれば、感震ブレーカーを設置している

と回答した者は 6.6%であるとされているが、メーカー等からの聞き取りでも現状の普及率は極めて低いとされている。また、感震ブレーカーの導入のための補助金制度を創設（平成 25 年 7 月）した横浜市においても、これまでの導入実績は 4 件（平成 26 年 3 月現在）である。

（参考）感震ブレーカーの種類

分電盤型：分電盤に内蔵する感震センサーで一定の震度を検知し、電源を遮断するもの。

コンセント型（コンセント内蔵型・取付け型）：コンセントに組み込まれたセンサーで地震を検知し、機器への電力供給を遮断するもの。

その他（簡易型）：ブレーカーノブに紐で繋いだおもりが一定の震度で落下し、電源を遮断するもの（参考 5-2）。

③ 現在のスマートメーターの導入計画

スマートメーターは、既に述べた漏電遮断器や感震ブレーカーと異なり災害防止を目的に開発されたものではなく、電力使用量を把握するためのメーターである。電力会社は、以下の計画でスマートメーターを全世帯に導入していくことを表明しており、計画に沿って導入するため、既に機器の仕様は決定済みである。スマートメーターには、震災発生時に自動的に各戸の電力供給を遮断するような機能は備え付けられていないが、通信による遠隔開閉機能（供給開始又は遮断する機能）を有するものはある。

表 5-3. スマートメーター導入計画

	北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄
本格導入開始	H27年度	H26年度下期	H26年度上期	H27年7月	H27年度	開始済	H28年度	H26年度下期	H28年度	H28年度
導入完了	H35年度末	H35年度末	H32年度末	H34年度末	H35年度末	H34年度末	H35年度末	H35年度末	H35年度末	H36年度末

スマートメーター制度検討会資料より作成

④ 感震ブレーカー等のメリット及びデメリット等

以下に、感震ブレーカー等のメリット及びデメリット等を示す。

各機器によって、遮断の対象範囲や特性によるメリット、デメリット、費用等が異なる。電気火災防止に感震ブレーカー等を活用するに当たっては、この点について十分に検討する必要があるが、それについては後述する。

表5-4. 感震ブレーカー等のメリット及びデメリット等

停止方法	遮断対象	メリット	デメリット	復電	費用
感震ブレーカー	分電盤型	家屋一括遮断 ・屋内配線、機器コード、機器の火災を防止できる ・遮断前警報機能がある ・感震遮断器が動作する前に停電した場合は、復電時に自動で遮断する	・漏電遮断器が設置されていることが条件の一括遮断されるため、医療機器や防犯用の電源は別途必要 ・地震検知後、3分の遮断猶予が設定されており初期の出火防止効果は限定的な可能性あり ・分電盤の取替えが必要な場合、他の機器に比べ費用負担が大きい ・設置については需要家の意思による	需要家において屋内の安全を確認し、復電することで電気火災を防止しつつ復電が可能。	・感震リレーのみの設置 22~35千円程度 ・分電盤の取替え 54~80千円程度 (工事費含む)
	コンセント型	機器別遮断 ・機器コード、機器の火災を防止できる ・対象とする機器を選択的に遮断できる ・設置について、分電盤型のような制約はない	・屋内配線火災に対する効果はない ・遮断したい機器のコンセント毎に設置が必要 ・設置については需要家の意思による		・5~20千円程度
	簡易型	家屋一括遮断 ・屋内配線、機器コード、機器の火災を防止できる ・設置が簡易 ・他の機器に比べ安価に設置が可能	・一括遮断されるため、医療機器や防犯、避難用照明の電源は別途必要 ・取り付け方等により、地震以外の振動による動作の可能性あり ・おもりの取り付け箇所の有無や、おもりの重さ等により機能が得られない場合がある ・設置については需要家の意思による		・1~3千円程度
	スマートメーター	家屋一括遮断 ・屋内配線、機器コード、機器の火災を防止できる ・各需要家に計画的に設置される ・通信機能を使用して、各戸を選択的に遮断することが可能	・一括遮断されるため、医療機器や防犯、避難用照明の電源は別途必要 ・感震機能を具備していないため、新規開発が必要 ・通信機能を使用する場合、通信設備の被災により効果低下 ・需要家において復電が不可能	現状では各戸毎に電気事業者による復電が必要となる。なお、安全確認を誰が行うかは論点。	・機能を付加する場合は追加費用がかかる

⑤ 需要家への周知（注意喚起）の状況

需要家に対して、震災発生時に望まれる需要家の行動に関する注意喚起とともに、防災意識の高揚を図っていくことが必要であることから、これまでも、これらについて周知がなされてきた。

その一例を挙げれば、以下のとおりである。

表5-5. 需要家への周知（注意喚起）の状況

<内容(例)> ・東京消防庁、東京電力(株)のホームページでの広報 ・電気保安協会による広報活動(地域イベント参加、パンフレット配布等)	
(地震発生時の注意点) ・使用中の電気機器のスイッチを切り、電源プラグを抜く ・可能な範囲で使用していない機器、異常が生じた機器は電源プラグを抜く ・避難する場合はできる限りブレーカーを切り、電源プラグを抜く ・電気機器の消火は必ず消火器で行う ・断線したり、垂れ下がった電線には、絶対に触れない。 ・電気の再使用時に電気機器の状態等について安全確認を徹底する。	(日常における注意点) ・電気機器の潜在的危険性の認知 ・必要があるものを除き使用しない機器は電源プラグを抜く ・地震時に落下・転倒しないよう設置場所、方法に注意する ・電熱器具の付近・上部に可燃物、落下物を置かない ・日頃から分電盤の位置を確認しておく (分電盤の付近にものを置かない)

⑥ 事業者における復電時の対応状況

地震に伴う停電において、迅速な復旧と安全確保の両立を図るためには、送電再開に際しての安全確認のあり方を含めた対応方針を事前に検討し、現場に周知

しておくことが肝要である。（電気設備防災対策検討会（平成7年11月））

阪神・淡路大震災の経験を踏まえ、電力各社は復電時の安全確認に一層取り組んでおり、東日本大震災時においても、以下のように取り組んだところである。なお、消防庁消防研究センターによる自治体の消防機関に対するアンケート調査では、東日本大震災においても、電気に起因する火災が発生していることを示している。

・東日本大震災時の電力会社の対応

東京電力（株）

- 被害を受けている地域への送電再開は、個別家屋の安全確認を行い、需要家が不在の場合は基本的に送電を保留した。
- 被害設備仮復旧後の送電再開時における留意点を徹底した。

東北電力（株）

- 上記と同様、各戸の安全確認実施の後に復電。
- 需要家が不在の場合には、需要家立会いのもと送電する旨のチラシ（停電中のお知らせ）を配布し連絡を待った。

⑦ 自家用機器等へのこれまでの対応

高圧の受変電設備等については、耐震対策として民間規程（高圧受電設備規程）が定められており、耐震設計や耐震対策例についての留意点が規定されている。

「東北地方太平洋沖地震による自家用電気工作物の被害状況及び対策方針」（平成24年3月関東地域自家用電気工作物地震対策検討会）では、「一部のキュービクルや変圧器等に傾斜、移動などの被害のあったものがあり、これらは耐震設計や施工品質が不十分であったと考えられる。このため規程等に記載されている耐震対策を確実に実施することが必要。」とされている。加えて、被害状況を踏まえて、従来の耐震対策を追記・補完する方針をまとめ、電気主任技術者セミナーをはじめ日本電気協会等関係機関においても情報を提供している。

⑧ 民生用機器へのこれまでの対応

電気ストーブ、ハロゲンヒーター等の電気用品に係る対応については、次のとおりである。

昭和37年 電気用品の技術上の基準を定める省令において、「通常の使用状態において転倒した場合に危険が生じるおそれがあるものにあつては、容易に転倒しないこと。」を義務付けた。

平成18年 電気用品安全法の二項基準（国際規格に準拠した基準）に、地震対策として「転倒した際に作動するスイッチなど安全装置をもつもの」及び「電源スイッチが不用意にONになってはならない」という規定を追加した。

国内に流通している電気ストーブ等は、海外メーカー製を含む輸入品が多いが、

平成 18 年以降に製造・輸入されたものについては、地震対策としての技術基準を満たしたものが流通している。

平成 24 年 観賞魚用ヒーターについて、温度過昇防止装置の設置等を定めた業界の統一規格が策定された。

(3) 今後の方向性について

① 漏電遮断器の普及策について

漏電遮断器の普及率は 89%となったが、未だ設置されていない 11%については今後も設置を促進することが必要である。そのためには、この機器の普及が地域の災害防止（減災）に寄与することを周知する等、地域ぐるみの推進策が必要である。

一方、新築についても着実に設置することで普及率は向上する方向となる。よって、国及び関係者は、以下の資料及び周知方法により普及促進を図る必要がある。

ア 広報資料の作成（パンフレット等）

a 電気火災防止対策を促進するため、漏電遮断器の設置等を含む効果的な取組を推奨するパンフレット等を作成する。

b パンフレット等には日常から必要な準備や機器の点検、地震発生時に望まれる具体的行動を記載する。なお、パンフレットは、電気火災防止対策を充実させるための調査事業の一環として作成する。

イ 周知方法

a 定期調査時のほか、変更工事等の機会を捉えて電力会社、電気保安協会、全日本電気工事業工業組合連合会等、関係機関協力の下、パンフレットを配布、設置の働きかけを行う。

b 自治体による地域毎のリスク評価、火災防止対策実施率の周知も必要と考えられるが、関係機関との協議が必要。

② 感震ブレーカー等の普及策について

震災による火災延焼防止対策として、感震ブレーカー等を活用する場合、普及の対象とするエリア等については、以下のように考えられるが、具体的には技術的内容等を含む情報を取りまとめ、国（内閣府、消防庁、経済産業省）、自治体その他関係機関との協議により合意形成することが必要である。

ア 対象のエリア（案）

首都直下地震対策：首都直下緊急対策区域において、地震時等に著しく危険な木造家屋密集地域（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県内の各地域等）

南海トラフ地震対策：南海トラフ地震防災対策推進地域において、地震時等に著しく危険な木造家屋密集地域（神奈川県、愛知県、滋賀県、京都府、

大阪府、和歌山県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、大分県内の各地域等)

イ 適用機器（案）

電気火災の防止について、漏電に対する防護としては漏電遮断器（普及率 89%）、過電流（短絡）に対する防護としては配線用遮断器（普及率 100%）が活用されている。さらに、感震ブレーカー等の設置について、メリット、デメリット等から適用に当たっての主な論点を整理すると以下のとおりである。

表 5-6. 各機器の保護範囲

		屋内配線		機 器		
		漏電 (地絡)	ショート (短絡)	漏電 (地絡)	ショート (短絡)	転倒・落下物等
平時（地震時）	漏電遮断器	○	×	○	×	×
	配線用遮断器	×	○	×	○	×
地震時	コンセント型	×	×	○	○	○
	分電盤型*	○	○	○	○	○
	簡易型	○	○	○	○	○

※：避難照明等のため、3分の遮断猶予時間を設けている

a 電気火災防止のための供給遮断の範囲

分電盤型、簡易型は、屋内配線、機器コード、機器の通電を遮断することから出火防止の対象範囲としてはコンセント型より広い。ただし、屋内を一括で遮断するため、必要に応じて、別途電源を用意することが求められる。

コンセント型は、屋内配線の保護はできないが医療機器、避難用照明等、地震時においても電力供給が必要な機器に供給を継続しつつ、電熱器具等についての供給を遮断する等、機器を選択的に遮断することができる。需要家においては、電力供給を遮断する対象機器を確実に識別し、コンセント型に接続することが必要である。

いずれの場合も、火災防止と電力供給のバランスを図るため、遮断時の影響及び必要に応じてその対策を考慮の上、遮断による防火保護の対象範囲を検討することが重要である。

b 設置に係る制約等（設置の条件、工事の要否、難易性）

機器を設置するにあたり、電気工事を必要とするのは、分電盤型及びコンセント型（内蔵型）である。他方、コンセント型（取り付け型）及び簡易型は電気工事士による工事は必要なく、需要家による設置が可能である。

分電盤型については、感震リレーが地震動を検知した際、漏電しているという疑似信号を漏電遮断器に出力し漏電遮断器を動作させるものであることから、漏電遮断器が必要である。また、感震リレーを追設す

る場合、設置スペースの確保が必要である。

簡易型を設置する場合も、設置スペースの確保が必要であり、その遮断性能については、設置の方法の適切性やブレーカーとの適合性に依存する場合があることから、確実に動作することを確認する必要がある。

c 設置費用（費用負担）

設置に要する費用は、安価な順に簡易型、コンセント型、分電盤型となっている。

ただし、コンセント型は、遮断対象機器を接続するコンセント毎に設置する必要があるため設置数に応じて費用が嵩む。各機器とも設置に要する費用を誰がどれだけ、どの様に負担するかは検討課題である。

d 復電の容易性

分電盤型、コンセント型及び簡易型のいずれにおいても、需要家自ら屋内の安全を確認し、復電することで電気火災を防止しつつ容易に復電が可能。ただし、安全確保のためには、需要家による復電前の点検が確実に実行されることが必要である。電気火災の防止に活用する機器は、復電の容易性を始め各機能について、消費者の視点から操作性の高いものが求められる。

e 普及の確実性

分電盤型、コンセント型、簡易型のいずれにおいても需要家の意思による設置（普及）となる。

f 維持管理

分電盤型、コンセント型については、需要家による定期的な動作確認及び耐用年数に応じた管理が必要である。簡易型については、設置の状態が維持されていることの確認が必要である。

g 作動信頼性

感震ブレーカーの感震遮断性能等については早急に調査、確認することとする。

h スマートメーター活用の可能性

スマートメーターの通信機能を用いて震災時の供給遮断を行うとした場合の信頼性、通信機能を用いずに供給遮断を行うための当該メーターへの感震機能やメーター設置場所において復電や遮断操作を行う機能の搭載可能性等の技術的事項及び消費者の視点からのメリット・デメリット等について事業者の協力の下、調査を早急に行う。

これらの事項を勘案しつつ、適切、かつ、効果的な機器を選定し設置を普及することが肝要である。

ウ 普及方法（案）

a 感震ブレーカー等の導入支援にかかる制度の創設、費用負担等

普及のためには感震ブレーカー等の費用を誰がどのように負担するのが課題である。速やかに普及するためには、補助金等の支援制度が必要と考えられるが、補助率、補助対象等を含め関係機関との協議が必要である。

b 普及のための広報については、後述の需要家への周知と併せて実施するのが合理的である。

③ 電気火災防止対策を充実させるための調査

電気火災防止対策を充実させるための調査事業として、以下の検証、分析等を行う。

- ア 電気火災の防止対策が実施されていない環境の分析・未対策の原因調査及び効果的な普及対策の提案
- イ アを踏まえた普及・周知パンフレットの作成
- ウ 電気火災発生のメカニズムの調査研究
- エ 感震ブレーカーの感震遮断性能についての調査
- オ スマートメーター活用の可能性調査

④ 需要家への周知

ア 今後周知すべき事項

今後は、これまでの周知事項の内容に加え、以下の事項についても、国、地方自治体、事業者、その他関係機関協力の下、積極的な周知を行っていく。

- a 漏電遮断器設置の必要性、機能
- b 感震ブレーカー等設置の必要性（設置の目的、機能、効果、設置時の注意等を含む）
- c 避難用照明、保安機器等、必要な電源の確保の必要性
- d 漏電遮断器、感震ブレーカー、非常用照明等の点検の必要性
- e 感震ブレーカー動作時の対応（避難時の注意、復帰する場合の注意等）
- f 感震ブレーカー不動作時の対応（手動操作の必要性等）
- g 地震発生時の復電時における電気機器、配線の点検に係る事項

イ 周知の方法

- a 国、地方自治体、事業者、その他関係機関協力のもと、広報を実施：パンフレットの配布、回覧版、新聞、TV、HP等による広報を行う
- b コミュニティ（自治体等）における取組の促進：自治体による地域毎のリスク評価、火災防止対策実施率の周知も必要と考えられるが、前記と同様、関係機関との協議が必要。（再掲）

⑤ 事業者における復電時の対応について

地震に伴う停電を復旧するに当たっては、被害の状況に応じて安全を確認した上で供給を開始することとしているが、新たな知見、教訓を都度取り込みつつ、基本的にこれまでの対応を継続して実施することが肝要と考えられる。

⑥ 自家用機器等への対応

高圧受電設備等の耐震対策としては、民間規定（高圧受電設備規程）に定められているが、東日本大震災において必ずしも規程に従って十分な対策が取られていなかった設備について、被害が認められた実態から、ここから得られた教訓、知見及び有識者の意見等を踏まえて、規程の見直し、充実の必要性を確認・検討し、規程に反映する。

⑦ 民生用機器への対応

電気ストーブ、ハロゲンヒーター等の電気用品について

ア 消費者に対して、安全対策が不十分な古い電気器具等の危険性に関する情報提供を行い、安全な器具等への買替の促進を図る。

イ 製品安全意識の向上を図るために、消費者教育を実施する。

5. 2 サイバーセキュリティ対策について

電力システムを対象としたサイバーセキュリティ対策について、平成 25 年度経済産業省委託事業⁵⁴で検討され、平成 26 年 2 月末に報告書（以下、単に「報告書」という。）がとりまとめられた。今回、その報告内容を踏まえ、今後の対応策を検討することとした。

<報告書概要>

(1) 背景・目的及び検討内容

① 背景・目的

電力システムは、現状、クローズドな制御系ネットワークにて制御・運用されているものの、今後は I T 技術の高度化等に伴い、外部の通信ネットワークとの相互接続機会が増加すると見込まれる。

他方、サイバー攻撃の手法についても、複雑・巧妙化してきており、セキュリティリスクが上昇している。また、政府「サイバーセキュリティ戦略」（平成 25 年 6 月情報セキュリティ政策会議）でも、甚大化するリスクの一つとして、電力システムへのサイバー攻撃による大規模停電が挙げられており、適切な対策が求められている。このため、サイバー攻撃による電気設備の事故等の

⁵⁴ 平成 25 年度次世代電力システムに関する電力保安調査（委託先：株式会社日本総合研究所）

未然防止等に資するため、サイバー攻撃のリスクの洗い出し及び必要な安全確保策の検討を行った。

② 検討内容と体制

委託事業では、電力システムやサイバーセキュリティの有識者による委員会⁵⁵を設置・開催するとともに、次の観点から検討した。

- ア 現状の電力システムにおけるサイバーセキュリティ対策
- イ 将来の電力システムにおけるセキュリティリスク
- ウ 諸外国におけるサイバーセキュリティ対策の状況
- エ 他産業におけるサイバーセキュリティ対策の状況
- オ 今後の電力システムにおけるセキュリティ確保策の在り方

(2) 現状の電力システムにおけるセキュリティ対策と将来におけるリスク

現状の事業環境におけるサイバーセキュリティ対策について、事業者各社へのヒアリング及びアンケートによる詳細調査を実施した。

調査結果の分析によると、現状の対策は一定の評価ができるとされた。ただし、今後の事業環境変化（①外部との接点増加、②系統制御の高度化、③事業者の多様化）を踏まえた対策の検討が必要とされた。（参考5-3）

(3) 諸外国・他産業のサイバーセキュリティ対策の現状

① 米国の例

米国では、報告されたサイバーインシデントのうち、エネルギー関連事業は41.4%となっている⁵⁶。サイバーセキュリティ対策が進んでいる米国では、NERC（北米電力信頼度協会）がサイバーセキュリティ対策に関するガイドライン（CIP⁵⁷）を策定しており、当該CIPでは、システムの重要度別にセキュリティ要件とその確認方法が具体的かつ定量的に規定している。事業者は、CIPの遵守状況についてFERC（連邦エネルギー規制委員会）に提出し、FERCが評価するスキームとなっている。

② 他産業における取組例

情報通信産業においては、電力システムにおける公衆回線活用機会の増加を見据え、送信元ブラックリスト等の情報共有、電力と情報通信が参加する演習の共同開催など、業界横断的な取組の充実化を検討している。金融業界においては、内部への侵入を前提とした内部対策、及び出口対策を強化（マルウェア

⁵⁵ 委員長：新 誠一（電気通信大学）

⁵⁶ 米国 DHS-CERT(2011年10月1日～2012年9月30日)

⁵⁷ Cyber-security Critical Infrastructure Protection

対策ソフトの高度化、データベースアクセス監視、不審な通信の検知等) している。

プラント産業においては、外部からの侵入・感染を前提とした対策の強化（侵入後に重要なシステムまでは到達を許さない多段構成、侵入検知システム、ホワイトリスト方式⁵⁸の導入等）とともに、制御システムのセキュリティマネジメントシステムに関し第三者認証の試験的事業を開始している。

これら、他産業における取組事例から、外部接続点を極小化するクローズドなネットワーク構成を前提としつつも、外部からの侵入はあり得るという想定に立った、二重三重の多層的な対策を実施 することが重要であることが示唆された。

(4) 電力システムにおけるサイバーセキュリティ対策の在り方

上記(2)及び(3)の電力システムにおける現状と課題、米国及び他産業の対策例を踏まえ、今後の対策の在り方として、以下が提言された。

① マネジメントシステムの確立

リスクを考慮したマネジメントシステムの確立として、リスクアナリシスの実施や電力設備・機器（スマートメータ含む）の調達・廃棄における対策等を実施すること。

② 外部接続点の対策徹底

外部ネットワークとの接続点における対策として、不正な通信の監視・検知や侵入防御の多段構成等の対策等を実施すること。

③ 業界横断的な情報共有

情報通信事業者等他分野の情報セキュリティ技術者等との情報共有の強化（共通脅威の分析等）を図ること。

④ セキュリティ人材の訓練・育成

経営課題としてのサイバーセキュリティ対策の重要性の啓発を図るとともに、設備・機器の導入、運用及びインシデント発生時に適切に対応できるセキュリティ人材の訓練・育成等を図ること。

⑤ 電力分野のサイバーセキュリティガイドラインの策定等

事業環境の変化も踏まえたガイドライン（日本版 CIP）の策定とともに、セキュリティ対策の実効性を高めるための検討を行うこと。

⁵⁸ 事前に認証されたプログラムのみ動作する方式

(5) 報告書を踏まえた今後の対応について

上記電力システムのサイバーセキュリティ対策に係る委託事業報告書を踏まえ、本WGにて検討を行ったところ、今後の対応として、以下をとりまとめた(参考5-4)。

① (4) ①~④の報告書提言について

ア 事業者において、今後とも、サイバーセキュリティに関する動向を収集するとともに、報告書に盛り込まれた対策の充実化を図ることが必要である。

イ 国は、事業者のこの取組状況を定期的にフォローアップすることが重要である。

② (4) ⑤の報告書提言について

ア 電力分野のサイバーセキュリティガイドラインについては、現在のセキュリティリスクに鑑み、現時点で法的枠組に組み入れることは適当ではなく、事業者の自主保安の充実化を補完する役割を担っている民間規格として、策定を民間規格策定団体等に委ねることが重要である。

イ この際、当該ガイドラインは、制御系システムに連系する電源等を有する者又は有する可能性のある者も対象となるため、これらの者の意見を聞きつつ、策定が行われることが重要である。

ウ 国は、当該ガイドライン策定に当たって、必要な助言を行うことが重要である。

エ 更に、セキュリティ対策の実効性を高めるために、事業者の当該ガイドラインの遵守状況を確認することが重要であることから、第三者認証制度の活用も含め、国が中心となって、引き続きその枠組を検討していくことが必要である。

おわりに

本WGでは、一般電気事業者各社及び電源開発（株）の協力を得て、大規模地震・津波等の自然災害等を対象に、電気設備の耐性及び復旧迅速化対策等の検討を行い、中間報告としてとりまとめた。

今回の評価は、主に事業者からの報告を基に、電気設備の耐性等を確認したものであり、課題も残された。

特に、南海トラフ巨大地震、首都直下地震が発生した場合、基幹送変電設備による供給支障は、追加対策等により、1週間程度で解消見込みとなる一方、火力発電設備は、極めて保守的な前提であることに留意が必要であるが、全出力の約7割が1週間以上停止すると想定された。このため、今後、早急に需給等シミュレーションを実施し、その結果等を踏まえて、著しい供給支障の防止のため、従来対策に加えて、合理的なあらゆる措置を検討していくことが提言された。

また、事業者が今後実施するとされたダム、LNGタンク、基幹送変電設備に対する詳細評価についても、今後確認していくことが必要である。

一方、災害対応公的機関等への非常用発電設備の導入、電気火災対策に係る検討等については、その検討方法を示すにとどまっており、最終報告に向けて、引き続き検討が必要である。

防災対策や迅速な復旧を図るためには、事業者のみならず、国、関係機関などの関係者がそれぞれの役割を適切に果たしていくことが肝要である。事業者は、電力の安定供給という使命と責任の下、災害に強い設備づくりや早期復旧に向けた防災体制の確立が必要であり、国、関係機関などは、事業者の取組を連携・支援していくことが重要である。特に、大規模広域災害に当たっては、これら関係者と社会全体が一体となった対策が重要である。

平成25年12月に、国会は、国土強靱化基本法⁵⁹を成立させた。その前文には、「我々は、自然の猛威から目をそらしてはならず、その猛威に正面から向き合わなければならない。」とあり、また、基本理念には、「必要な事前防災及び減災その他迅速な復旧復興に資する施策を総合的かつ計画的に実施することが重要である。」と謳われている。

今後とも、本WGでの検討を継続していく上での大きな指針となるであろう。

⁵⁹ 「強くしなやかな国民生活の実現を図るための防災・減災等に資する国土強靱化基本法」（平成25年12月11日法律第95号）

産業構造審議会 保安分科会 電力安全小委員会
電気設備自然災害等対策ワーキンググループ
委員名簿

(敬称略・五十音順)

(座長)

よこやま あきひこ
横山 明彦 国立大学法人東京大学大学院 新領域創成科学研究科 教授

(委員)

おおまち たつお
大町 達夫 一般財団法人ダム技術センター 理事長

かなたに まもる
金谷 守 一般財団法人電力中央研究所 地球工学研究所長

くりやま あきら
栗山 章 中部電力株式会社 執行役員 発電本部火力部長

つくだ えいきち
佃 榮吉 独立行政法人産業技術総合研究所 理事 地質分野研究統括 地質調査総合センター代表

のざわ よしゆき
野沢 是幸 東京電力株式会社 建設部土木・建築技術センター所長

はくぎん たかゆき
白銀 隆之 関西電力株式会社 電力流通事業本部工務部長

やまざき ふみお
山崎 文雄 国立大学法人千葉大学大学院 工学研究科建築・都市科学専攻 教授

やまだ ますみ
山田 真澄 国立大学法人京都大学 防災研究所 助教

いのくち たかし
井口 隆 独立行政法人防災科学技術研究所 研究参事

すみ てつや
角 哲也 国立大学法人京都大学 防災研究所 教授

にしうち たつお
西内 達雄 一般財団法人電力中央研究所 地球工学研究所構造工学領域上席研究員

ふじわら ひろゆき
藤原 広行 独立行政法人防災科学技術研究所 社会防災システム研究 領域長

電気設備自然災害等対策ワーキンググループにおける 検討の経緯

第1回 平成26年1月22日

- 評価対象とする自然災害等を巡る現状及び課題について
- 電気設備自然災害等への対策に関する検討の方法等について

第2回 平成26年2月18日

- 首都直下地震時における電気火災防止への対応について
- 水力発電設備についての検討に係る考え方について

第3回 平成26年4月15日

- 電気設備の耐性評価及び復旧迅速化対策の検討結果について
- 今冬の雪害に対する対応について

第4回 平成26年4月22日

- 大規模地震に対するダム耐震性能照査結果について

第5回 平成26年5月14日

- 電気火災防止への対応について
- 電力システムへのサイバーセキュリティ対策について
- 集中豪雨及び地すべりに対するダムの耐性等検討結果について

第6回 平成26年6月3日

- 大規模地震に対するダムの耐震性能照査について
- 水力発電設備（ダム）の検討結果（集中豪雨・地すべり）について

第7回 平成26年6月24日

- ワーキンググループ中間報告書（案）について

懇談会 平成26年6月12日

- ワーキンググループ中間報告書のとりまとめに当たっての考え方（案）について

—参考資料集—

目次

1. 電気設備等に影響を及ぼす自然災害等	
1-1. 評価対象とする自然災害等	・・・8
1-2. 各電気設備の耐震性区分と確保すべき耐震性	・・・8
1-3. 津波への対応の基本的考え方	・・・9
1-4. 南海トラフ巨大地震の震度分布想定	・・・9
1-5. 首都直下地震の震度分布想定	・・・10
1-6. 停電・電力に係る被害想定	・・・10
1-7. 電力に係る被害想定（首都直下地震）	・・・11
1-8. 全壊・焼失棟数に係る被害想定（首都直下地震）	・・・11
1-9. 太陽フレアにより放出された高エネルギー粒子と磁気嵐	・・・12
1-10. 太陽フレアのエネルギーとフレアの発生頻度の関係	・・・12
1-11. サイバー攻撃等により想定される脅威の例	・・・13
第2章 南海トラフ巨大地震・津波及び首都直下地震・津波に関する評価と今後の対応	
2-1. 電気事業者各社が用いた主な想定ケース（火力発電設備）	・・・14
2-2. 東北地方太平洋沖地震の地震動による影響を受けた代表的な被害実績等（燃料油タンク、LNGタンク）	・・・14
2-3. 東北地方太平洋沖地震による燃料油タンクの津波実績（タンク許容容量と津波浸水量の関係）	・・・15
2-4. 東北地方太平洋沖地震による代表的な地震被害実績（ボイラー、タービン等発電設備）	・・・15
2-5. 東北地方太平洋沖地震による代表的な津波被害実績（ボイラー、タービン等発電設備）	・・・15
2-6. ボイラー、タービン等発電設備の津波（浸水）被害レベルのイメージ	・・・16
2-7. 電気事業者各社が用いた主な想定ケース（送変電設備）	・・・16
2-8. 多重化・多ルート化の例	・・・17
2-9. 東北地方太平洋沖地震等による設備被害状況（送変電設備）	・・・17
2-10. 過去の地震被害実績に基づく対策（変電設備）	・・・18
2-11. 過去の地震被害実績に基づく対策（架空送電設備）	・・・18
2-12. 過去の地震被害実績に基づく対策（地中送電設備）	・・・19
2-13. 津波による設備被害想定の方（変電設備）	・・・19

<<参考資料>>

2-14. 設備被害の考え方（架空送電設備）	・・・20
2-15. 津波による設備被害想定の考え方（地中送電設備）	・・・20
2-16. 津波による設備被害と電力供給への影響（系統切替による場合の例）	・・・21
2-17. 津波浸水エリアにおける供給対象需要の考え方	・・・21
2-18. 津波被災設備における供給支障解消（暫定供給）の考え方	・・・22
2-19. 津波による被害想定とその対策	・・・23
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	・・・24
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	・・・24
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	・・・24
2-23. 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	・・・25
2-24. 工事請負会社との連携状況の事例	・・・25
2-25. 陸上自衛隊との発電機車の応援融通の事例	・・・26
2-26. 協定の概要	・・・26
2-27. 陸上自衛隊との相互連携	・・・26
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	・・・27
2-29. 主な地震対策の事例（火力発電設備）	・・・27
2-30. 主な津波対策の事例（火力発電設備）	・・・27
2-31. 地震動に対する弱点部位（火力発電設備）	・・・28
2-32. ボイラーの構造について	・・・28
2-33. 被害レベルB（震度6強・弱）ボイラーの復旧実績の事例	・・・29
2-34. 津波（浸水）に対する弱点部位（火力発電設備）	・・・29
2-35. 災害時における現行の優先復旧の考え方	・・・30
2-36. 中央防災会議 防災基本計画（平成26年1月修正）	・・・30
2-37. 緊急災害対策本部における対応	・・・30
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）	・・・31
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）	・・・31

第3章 水力発電所に関する評価と今後の対応

3-1-1. アースダムの耐性評価の事例	・・・32
3-1-2. アースダムの耐性評価の事例	・・・32
3-1-3. アースダムの耐性評価の事例	・・・33
3-1-4. アースダムの耐性評価の事例	・・・33
3-1-5. アースダムの耐性評価の事例	・・・34
3-1-6. アースダムの耐性評価の事例	・・・34
3-1-7. アースダムの耐性評価の事例	・・・35
3-1-8. アースダムの耐性評価の事例	・・・35

<<参考資料>>

3-1-9. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 36
3-1-10. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 36
3-1-11. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 37
3-1-12. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 37
3-1-13. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 38
3-1-14. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 38
3-1-15. アースダムの耐性評価の事例	・・・ 39
3-2-1. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 39
3-2-2. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 40
3-2-3. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 40
3-2-4. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 41
3-2-5. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 41
3-2-6. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 42
3-2-7. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 42
3-2-8. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 43
3-2-9. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 43
3-2-10. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 44
3-2-11. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 44
3-2-12. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 45
3-2-13. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 45
3-2-14. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 46
3-2-15. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 46
3-2-16. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 47
3-2-17. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 47
3-2-18. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 48
3-2-19. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 48
3-2-20. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 49
3-2-21. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 49
3-2-22. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 50
3-2-23. ロックフィルダムの耐性評価の事例	・・・ 50
3-3-1. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 51
3-3-2. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 51
3-3-3. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 52
3-3-4. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 52
3-3-5. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 53
3-3-6. コンクリート中空重カダムの耐性評価の事例	・・・ 53

<<参考資料>>

3-3-7. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 54
3-3-8. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 54
3-3-9. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 55
3-3-10. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 55
3-3-11. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 56
3-3-12. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 56
3-3-13. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 57
3-3-14. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 57
3-3-15. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 58
3-3-16. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 58
3-4-1. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 59
3-4-2. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 59
3-4-3. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 60
3-4-4. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 60
3-4-5. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 61
3-4-6. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 61
3-4-7. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 62
3-4-8. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 62
3-4-9. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 63
3-4-10. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 63
3-4-11. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 64
3-4-12. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 64
3-4-13. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 65
3-4-14. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 65
3-4-15. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 66
3-4-16. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 66
3-4-17. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 67
3-4-18. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 67
3-4-19. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 68
3-4-20. アーチダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 68
3-5. 堤体の高さ15m以上のダムにおける地震計の設置状況	・ ・ ・ 69
3-6-1. 集中豪雨に対する耐性評価の検討フロー	・ ・ ・ 70
3-6-2. 集中豪雨に対する耐性評価の結果(1)	・ ・ ・ 70
3-6-3. 集中豪雨に対する耐性評価の結果(2)	・ ・ ・ 71
3-6-4. 集中豪雨に対する耐性評価の結果(3)	・ ・ ・ 71
3-7-1. 集中豪雨に対する耐性評価の事例(I)	・ ・ ・ 72

<<参考資料>>