

—参考資料集—

(案)

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考え方（変電設備）	・・・19

<<参考資料>>

2-1-4. 設備被害の考え方（架空送電設備）	・ ・ ・ 20
2-1-5. 津波による設備被害想定の考え方（地中送電設備）	・ ・ ・ 20
2-1-6. 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
2-1-7. 津波浸水エリアにおける供給対象需要の考え方	・ ・ ・ 21
2-1-8. 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
2-1-9. 津波による被害想定とその対策	・ ・ ・ 23
2-2-0. 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
2-2-1. 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
2-2-2. 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
2-2-3. 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	・ ・ ・ 25
2-2-4. 工事請負会社との連携状況の事例	・ ・ ・ 25
2-2-5. 陸上自衛隊との発電機車の応援融通の事例	・ ・ ・ 26
2-2-6. 協定の概要	・ ・ ・ 26
2-2-7. 陸上自衛隊との相互連携	・ ・ ・ 26
2-2-8. これまでに実施した主な自衛隊との協働作業の事例	・ ・ ・ 27
2-2-9. 主な地震対策の事例（火力発電設備）	・ ・ ・ 27
2-3-0. 主な津波対策の事例（火力発電設備）	・ ・ ・ 27
2-3-1. 地震動に対する弱点部位（火力発電設備）	・ ・ ・ 28
2-3-2. ボイラーの構造について	・ ・ ・ 28
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	・ ・ ・ 29
2-3-4. 津波（浸水）に対する弱点部位（火力発電設備）	・ ・ ・ 29
2-3-5. 災害時における現行の優先復旧の考え方	・ ・ ・ 30
2-3-6. 中央防災会議 防災基本計画（平成 26 年 1 月修正）	・ ・ ・ 30
2-3-7. 緊急災害対策本部における対応	・ ・ ・ 30
2-3-8. 防災用自家発電設備の DE と GT の設置状況の推移（台数）	・ ・ ・ 31
2-3-9. 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力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 51
3-3-2. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 51
3-3-3. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 52
3-3-4. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 52
3-3-5. コンクリート中空重力ダムの耐性評価の事例	・ ・ ・ 53
3-3-6. コンクリート中空重力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>>

3-7-2. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅰ）	・ ・ ・ 72
3-7-3. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅰ）	・ ・ ・ 73
3-7-4. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅰ）	・ ・ ・ 73
3-8-1. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 74
3-8-2. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 74
3-8-3. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 75
3-8-4. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 75
3-8-5. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 76
3-8-6. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅱ）	・ ・ ・ 76
3-9-1. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 77
3-9-2. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 77
3-9-3. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 78
3-9-4. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 78
3-9-5. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 79
3-9-6. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 79
3-9-7. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 80
3-9-8. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 80
3-9-9. 集中豪雨に対する耐性評価の事例（Ⅲ）	・ ・ ・ 81
3-10-1 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 81
3-10-2 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 82
3-10-3 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 82
3-10-4 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 83
3-10-5 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 83
3-10-6 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 84
3-10-7 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 84
3-10-8 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 85
3-11-1 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 85
3-11-2 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 86
3-11-3 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 86
3-11-4 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 87
3-11-5 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 87
3-12-1 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 88
3-12-2 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 88
3-12-3 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 89
3-12-4 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 89
3-12-5 地すべり対策工、監視の状況	・ ・ ・ 90

<<参考資料>>

3-12-6	地すべり対策工、監視の状況	・・・90
3-12-7	地すべり対策工、監視の状況	・・・91
3-12-8	地すべり対策工、監視の状況	・・・91
3-12-9	地すべり対策工、監視の状況	・・・92
3-13-1	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１）－１	・・・93
3-13-2	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１）－２	・・・94
3-13-3	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（２）－１	・・・95
3-13-4	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（２）－２	・・・96
3-13-5	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（３）－１	・・・97
3-13-6	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（３）－２	・・・98
3-13-7	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（４）－１	・・・99
3-13-8	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（４）－２	・・・100
3-13-9	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（５）－１	・・・101
3-13-10	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（５）－２	・・・102
3-13-11	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（６）－１	・・・103
3-13-12	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（６）－２	・・・104
3-13-13	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（７）－１	・・・105
3-13-14	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（７）－２	・・・106
3-13-15	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（８）－１	・・・107
3-13-16	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（８）－２	・・・108
3-13-17	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（９）－１	・・・109
3-13-18	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（９）－２	・・・110
3-13-19	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１０）－１	・・・111
3-13-20	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１０）－２	・・・112
3-13-21	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１１）－１	・・・113
3-13-22	大規模地滑りの活動性評価に有効と考えられる手法（１１）－２	・・・114

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.	鉄塔基礎設計及び斜面崩壊対策の事例	・・・115
4-2.	保全体制の在り方	・・・115
4-3.	大雨発生時の一連の対応	・・・116
4-4.	斜面崩壊と応急復旧及び本復旧対策の実例	・・・116
4-5.	送電鉄塔の設計の考え方	・・・117
4-6.	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）	・・・117
4-7.	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	・・・118

<<参考資料>>

4－8．文献等及び過去の被害実績による耐性評価（竜巻）	・・・118
4－9．降灰可能性マップ等	・・・119
4－10．ガスタービンにおける吸気フィルターの概要①	・・・119
4－11．ガスタービンにおける吸気フィルターの概要②	・・・120
4－12．九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	・・・120
4－13．降灰による送変電設備への影響（新燃岳の事例）	・・・121
4－14．降灰対策の基本フロー	・・・121
4－15．富士山噴火による降灰影響評価	・・・122
4－16．灰除去の作業体制の検証結果	・・・122
4－17．設備被害と電力供給への影響	・・・123
4－18．富士山ハザードマップにおける土石流可能性マップ	・・・123
4－19．過去の事例（1989年3月カナダ ハイドロケベック社）	・・・124
4－20．日本の特徴（カナダとの比較）	・・・124
4－21．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	・・・125
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．分電盤、漏電遮断器	・・・126
5－2．震感ブレーカーの種類	・・・126
5－3．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	・・・127
5－4．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	・・・127

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

自然災害等	発生頻度	発生の蓋然性	影響度	本WGの重点事項	耐性評価の対象設備	備考
南海トラフ巨大地震及び津波	極小 (千年に一度)	中央防災会議(平成25年5月)	広域かつ甚大な被害(設備及び停電)	◎	火力、水力(ダム)、基幹送変電	当面ダムのみ個別評価
首都直下地震 (首都直下地震(M7クラス)及び大正関東地震タイプ(M8クラス))	中～小 (30年間に70%～200～400年に一度)	中央防災会議(平成25年12月)	火力を中心に設備被害、首都圏を中心に関東エリアに長期かつ大停電、電気火災	◎	火力、水力(ダム)、基幹送変電	当面ダムのみ個別評価
集中豪雨(大規模地滑り・その他の地震動)等	大(集中豪雨) (毎年一定程度発生) 極小(その他の地震動) (千年に一度)	気象庁統計・地震調査研究推進本部評価	水力設備(ダム含む)、送電鉄塔等への被害	◎	主に水力、送電鉄塔	当面ダムのみ個別評価
暴風 (竜巻、台風)	大 (F3レベルは数年に一度)	気象庁統計	基幹送変電等の被害及び長期大停電	○	主に基幹送電設備	
大規模火山噴火 (富士山大噴火を事例)	極小 (千年に一度(*1))	内閣府「大規模火山災害対策への提言」(平成25年5月)	首都圏中心に大規模停電及び基幹変電設備等の被害	○	主に基幹送変電、火力	「富士山ハザードマップ検討委員会報告書」のシナリオ(*1)を活用
太陽フレアに伴う磁気嵐	中 (1989年クラスは数十年に一度)	NASA警告(2010)・NRC(全米研究評議会)(2008)報告書等	大規模停電等	○	主に基幹送変電設備	
サイバー攻撃	(一) (意図的要因)	政府「サイバーセキュリティ戦略」(平成25年6月)「リスクの深刻化」として「サイバー攻撃」の脅威が増大	(仮に発生すれば大規模停電等の可能性あり)	○	電力システム全般	平成25年度委託調査

なお、隕石については、それが日本の特定の電気設備に衝突し、電力システムに影響を与える可能性は今回の対象事象に比較し相対的に低いと見做され、検討の対象外としている。

(出所：事務局資料(第2回本WG資料(平成26年2月)))

1-2. 各電気設備の耐震性区分と確保すべき耐震性

各電気設備の耐震性区分と確保すべき耐震性

耐震性区分Ⅰ

対象設備：一旦機能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設備
(ダム、LNGタンク(地上式、地下式)、油タンク)

確保すべき耐震性：

- 一般的な地震動に際し個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないこと
- 高レベルの地震動に際しても人命に重大な影響を与えないこと

耐震性区分Ⅱ

対象設備：耐震性区分Ⅰ以外の電気設備

(水路等、水タンク、発電所建屋・煙突、ボイラー及び付属設備、護岸、取放水設備、変電設備、架空・地中送電設備、架空・地中配電設備、給電所、電力保安通信設備)

確保すべき耐震性

- 一般的な地震動に際し個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないこと
- 高レベルの地震動に際しても著しい(長期的かつ広域的)供給支障が生じないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保されること

※一般的な地震動：供用期間中に1～2度程度発生する確率を持つ一般的な地震動

※高レベルの地震動：発生確率は低い直下型地震又は海溝型巨大地震に起因する更に高レベルの地震動

(出所：事務局資料(第2回本WG資料(平成26年2月)))

<<参考資料>>

1－3．津波への対応の基本的考え方

区分※1	設備	今後の対応	
		頻度の高い津波※2	最大クラスの津波※3
区分Ⅰ	LNGタンク	・個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないよう対策を施す。 ・現行の敷地高さ、防潮堤の有効性の確認を行う。	・人命に重大な影響を与えないよう類似の石油コンビナート等との整合をとった対策を行う。
	油タンク		
区分Ⅱ	火力発電設備 (発電所建屋、ボイラー等)	・被害の想定を踏まえ、従来の対策の有効性を確認する。	・供給力確保の観点から、個々の設備の重要度や地域毎の被害想定を踏まえ、復旧の迅速化を図るための対応を進める。
	変電設備 (送電用)	・需要地である市街地への浸水は、海岸保全施設等により防がれる。 ・地域の防災計画、浸水後の需要の有無等との整合を図り、地域と協調して、被害を減じ又は復旧を容易とする設備形成を進める。	・損壊すると広範囲かつ長期にわたる供給支障を及ぼすような著しい影響を与える場合、170kV以上の主要基幹変電所・送電線路(電源線を除く。)については、津波の影響がある海岸部に設置しないことが重要である。 ・こうしたおそれのある既設設備については、被災時に系統操作等を行っても、電力供給に著しい支障を及ぼすことが予想される場合には、減災対策等の津波の影響を緩和する取り組みが必要である。
	送電設備 (送電鉄塔等)		
	変電設備(配電用)		
	配電設備 (配電柱、配電線等)		・津波による被害を受け、電力需要が喪失するエリアについては、被災後の復旧で対応する。
	電力保安通信設備	・沿岸部に通信ルートがある場合には、多重化などを行う。	

※1 機能の喪失に伴うリスクの大きさから、耐震性区分Ⅰ、Ⅱと同様の区分とする(ただし、水力発電所は津波の影響を受けないため除外)。

※2 頻度の高い津波(供用期間中に1～2度程度発生する津波)。

需要地(市街地等)への津波の浸水は、海岸保全設備等により防がれることが期待される。

ただし、一旦機能喪失した場合人命に重大な影響を与える可能性のある設備については、個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないよう対策を施すことが基本。

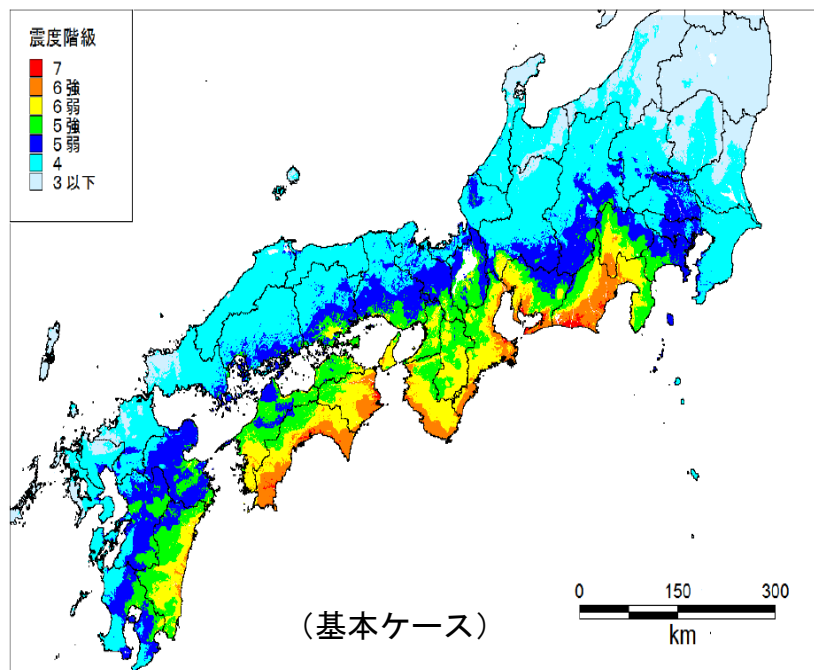
※3 最大クラスの津波(発生が極めてまれである最大クラスの津波)。

このクラスの津波については、被害を防ぐような設備とすることは、費用の観点から現実的ではない。今回の津波被害や復旧の実績を踏まえ、設備の被害が電力の供給に与える影響の程度を考慮し、可能な範囲で被害を減じ、或いは、復旧を容易とするような津波の影響の軽減対策が基本。

(出所：事務局資料(第1回本WG資料(平成26年1月)))

1－4．南海トラフ巨大地震の震度分布想定

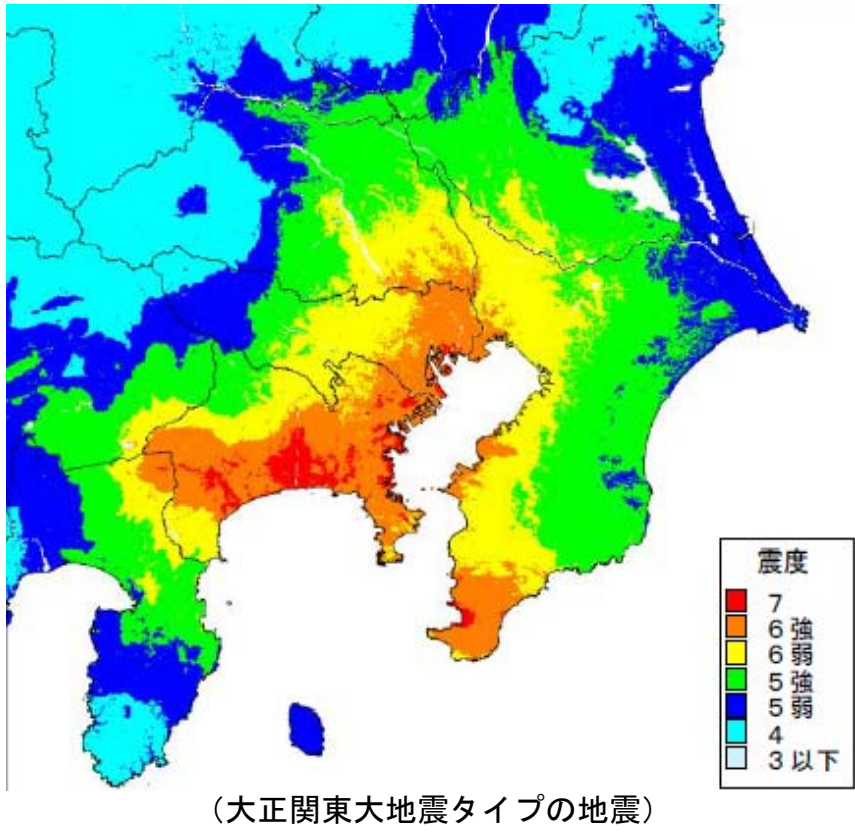
震 度 分 布



(出典：中央防災会議、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))

<<参考資料>>

1－5．首都直下地震の震度分布想定



(出典：中央防災会議、首都直下地震対策検討ワーキンググループ報告書（平成 25 年 12 月）)

1－6．停電・電力に係る被害想定

	電灯軒数 (万軒)	津波ケース①		津波ケース③		津波ケース④		津波ケース⑤	
		被災直後の 停電件数 (万軒)	復旧予測日 数(95%復 旧)	被災直後の 停電件数 (万軒)	復旧予測日 数(95%復 旧)	被災直後の 停電件数 (万軒)	復旧予測日 数(95%復 旧)	被災直後の 停電件数 (万軒)	復旧予測日 数(95%復 旧)
①東海(静岡、愛知、三重)	約760	約680	約1週間	約680	約1週間	約680	約1週間	約680	約1週間
②近畿(和歌山、大阪、兵庫)	約930	約820	約1週間	約830	約1週間	約830	約1週間	約830	約1週間
③山陽(岡山、広島、山口)	約430	約290	数日間	約290	数日間	約290	数日間	約290	数日間
④四国(4県)	約220	約200	約2週	差し替える	約200	約2週間	約200	約2週間	
⑤九州(大分、宮崎)	約120	約110	約1週		約110	約1週間	約110	約1週間	
合計(①～⑤)	約2,470	約2,100		約2,100		約2,100		約2,100	
合計(40都府県)	約6,560	約2,710		約2,710		約27,10		約27,10	

(出典：中央防災会議、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）)

1－7．電力に係る被害想定（首都直下地震）

4.3 電力

（１）被災直後の被害

最大約 1,220 万軒（全体の約 5 割）が停電すると想定される。

（２）復旧推移

供給側設備の被災に起因して、広域的に停電が発生する。主因となる供給側設備の復旧には 1 ヶ月程度を要する。

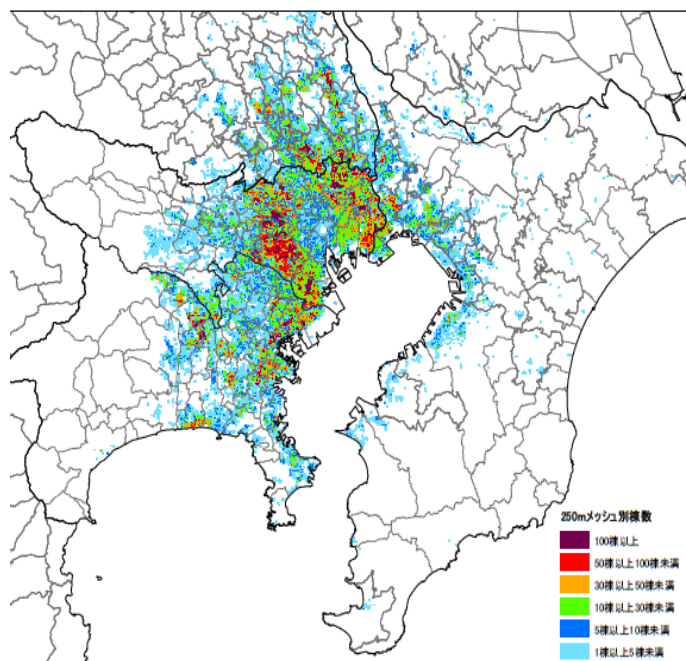
供給能力と夏場のピーク電力需要に対する割合

	供給能力	ピーク電力需要に対する割合
被災直後	約 2,700 万kW	51%
被災 1 週間後	約 2,800 万kW	52%
被災 1 ヶ月後	約 5,000 万kW	94%

※「ピーク電力需要に対する割合」は、供給能力を夏場のピーク電力需要で除した値である。

（出典：中央防災会議、首都直下地震対策検討ワーキンググループ報告書（平成 25 年 12 月））

1－8．全壊・焼失棟数に係る被害想定（首都直下地震）

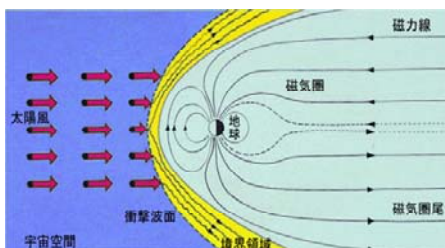


（都心南部直下地震、冬夕、風速 8m/s）

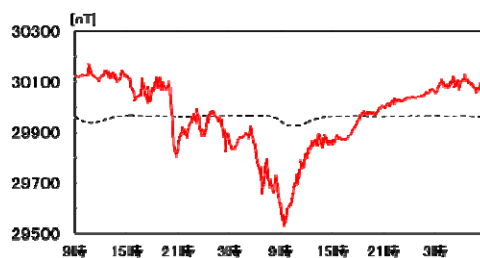
（出典：中央防災会議、首都直下地震対策検討ワーキンググループ報告書（平成 25 年 12 月））

<<参考資料>>

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



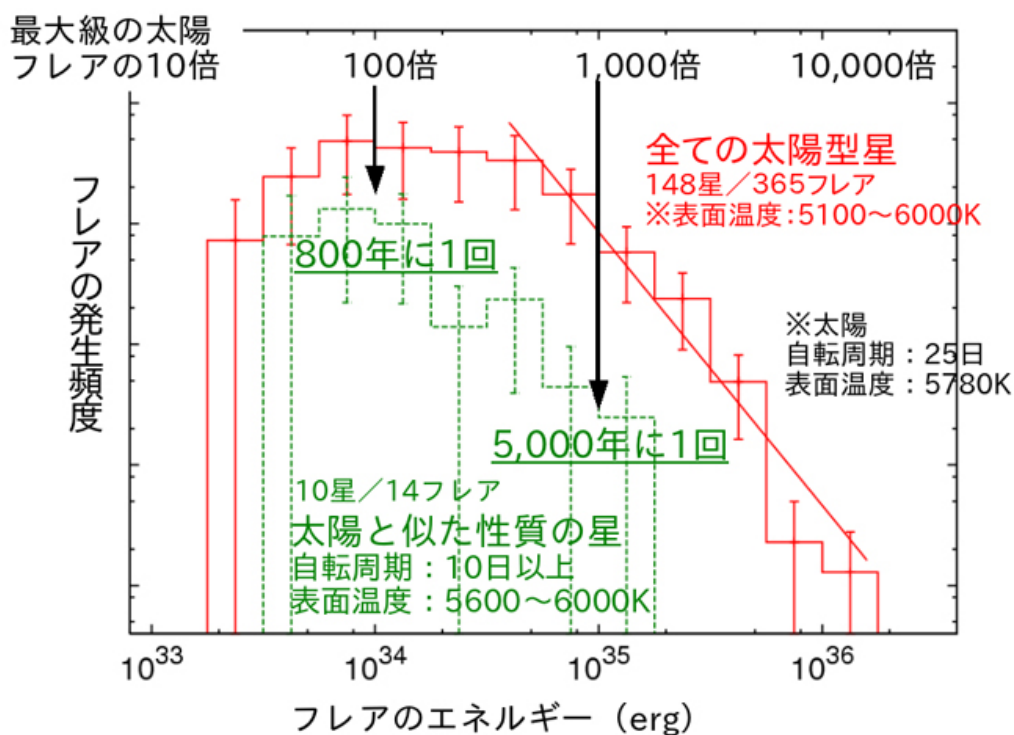
太陽フレアにより放出された高エネルギー粒子が磁気嵐の発端(例)



気象庁地磁気観測所(茨城県石岡市)で観測された地磁気の水平成分
実線が磁気嵐発生時(1989年3月13日午前9時から48時間)
点線が静穏な時期(2014年1月5日午前9時から48時間)

(出所：事務局資料（第1回本WG資料（平成26年1月））)

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



出所：京都大学 HP (http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/news_data/h/h1/news6/2012/120517_1.htm)

<<参考資料>>

1－1 1. サイバー攻撃等により想定される脅威の例

＜想定される脅威の例＞

(1) 侵入 (電力システムの不正侵入・不正操作)

(特にスマートメーターは、公衆空間(無線等)を利用した通信制御も考えられることから、内蔵される開閉器が不正操作され、停電を発生させる事象が想定される。)

(2) 妨害 (電力システムの機能妨害)

(3) 改竄 (電力システムの通信データの書き換え)

(4) 盗聴 (電力システムの通信データの傍受・盗聴)

(出所：事務局資料(第1回本WG資料(平成26年1月)))

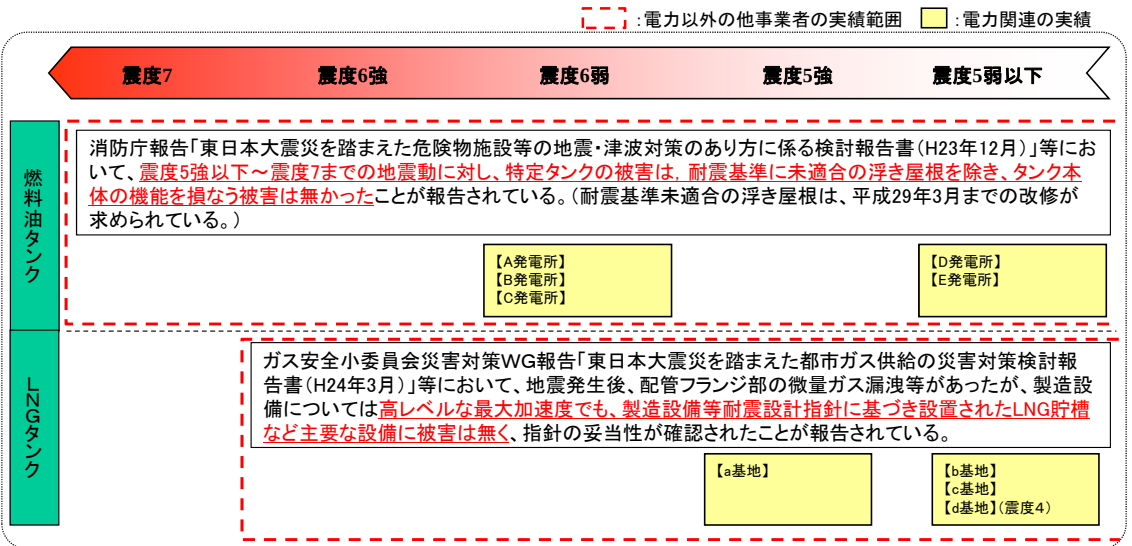
第2章 南海トラフ巨大地震・津波及び首都直下地震・津波に関する評価と今後の対応

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）

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⑪]	—	—
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①⑪]	・大正関東	・大正関東

（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. 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）

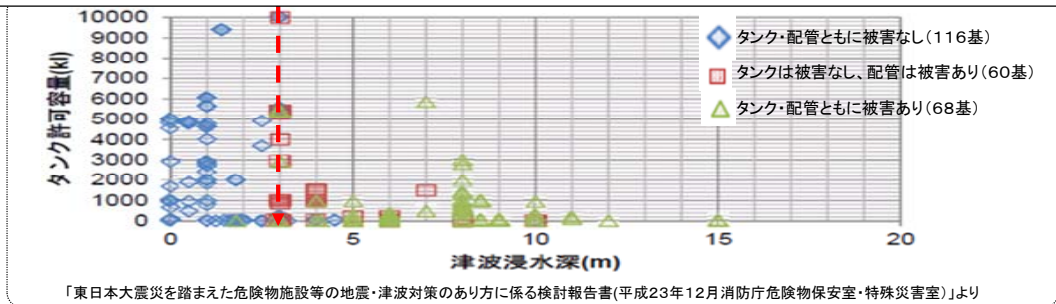


（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

<<参考資料>>

2-3. 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)

- ・ 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)。



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

2-4. 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)

震度7	震度6強	震度6弱	震度5強以下
	【A発電所】 ■被害状況から地震のみであれば復旧期間は約 1か月程度 と想定(運炭関連設備含む)。 [津波被害もあり、実運転再開は約9ヶ月後]	【B発電所】 ■約 1か月 で運転再開 [津波被害もあったが軽微] 【C発電所】 ■約 1か月 で運転再開 [津波被害なし]	【D発電所】 ■約 2週間 で運転再開 【E発電所】 ■約 1週間 で運転再開 当日・翌日運転再開もしくは、運転継続ユニット多数あり。
		参考：能登半島地震 【A発電所】 [運炭設備の機能を喪失する被害なし]	参考：兵庫県南部地震 【A発電所】 ■約 4ヶ月 で運転再開 [ボイラー鉄骨が一部塑性変形]

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

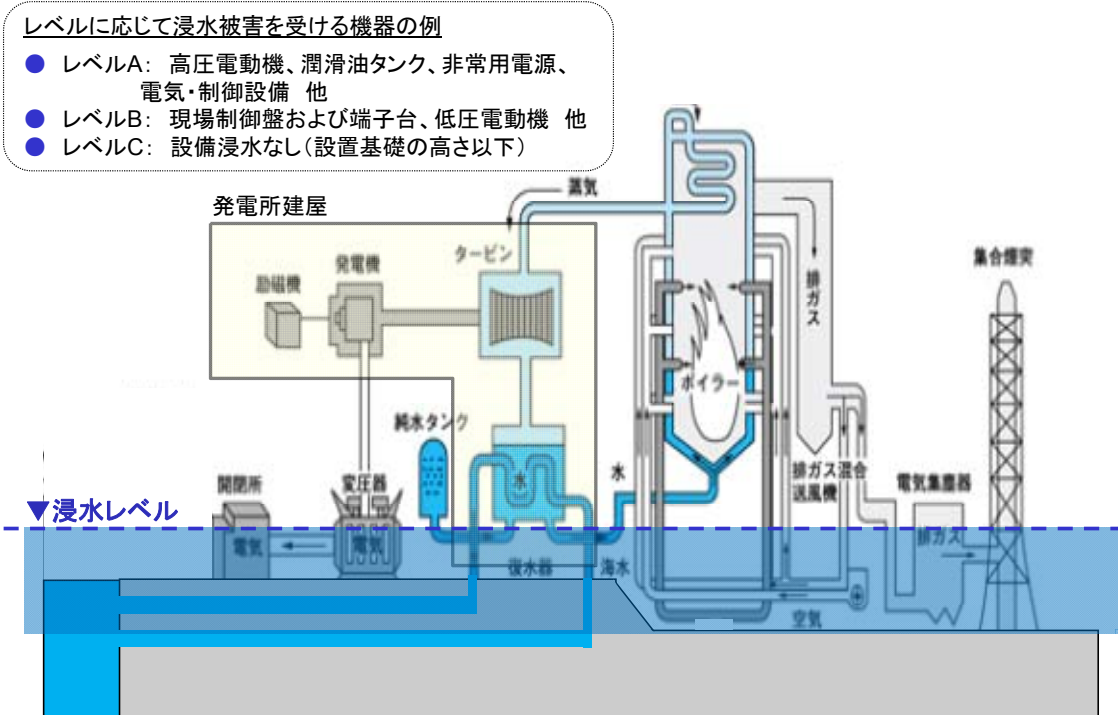
2-5. 東北地方太平洋沖地震による代表的な津波被害実績 (ボイラー、タービン等発電設備)

浸水深	1m程度～数十m程度の浸水	数十cm～1m程度の浸水	数十cm未満の浸水
	【A発電所】 ○浸水深 13m ■約22か月で運転再開 【B発電所】 ○浸水深 5m ■約11か月で運転再開 【C発電所】 ○浸水深 3.0m ■約9か月で運転再開 【D発電所】 ○浸水深 4.0m ■約4か月で運転再開	【E発電所】 ○浸水深 0.8m ■10日で運転再開	

(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>>

2-6. 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



（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

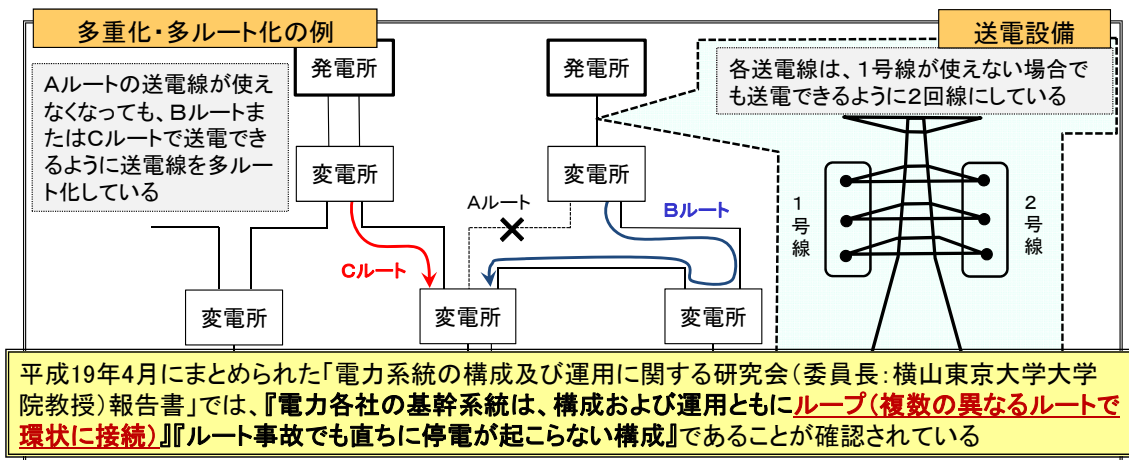
2-7. 電気事業者各社が用いた主な想定ケース（送変電設備）

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・経験の手法]	・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 [経験の手法・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 [経験の手法・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

（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>>

2-8. 多重化・多ルート化の例



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

2-9. 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）

	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で評価
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

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

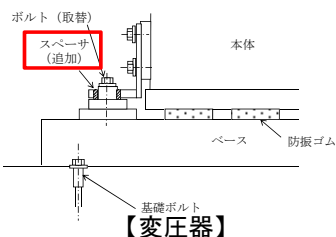
<<参考資料>>

2-10. 過去の地震被害実績に基づく対策（変電設備）

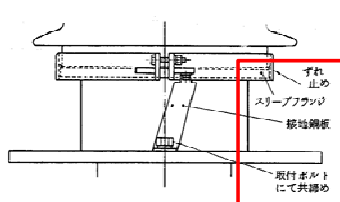
変電設備

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

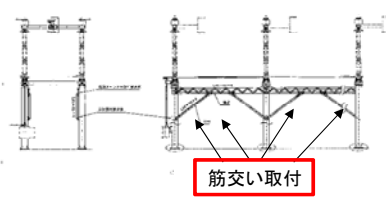
- 曲げ応力発生による基礎ボルト部の破断防止策としてギャップ部へスペーサ挿入等
- センタークランプブッシングの口開きによる漏油防止として接合部へずれ止め金具追加
- がいし底部のゆがみによる支持がいしの折損防止として、架台補強、高強度がいしへの取替等



【変圧器】



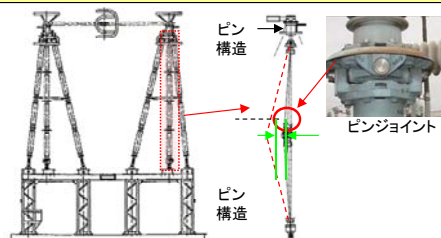
【遮断器】



【断路器・避雷器】

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



操作がいし折損

(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

2-11. 過去の地震被害実績に基づく対策（架空送電設備）

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



(出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月））)

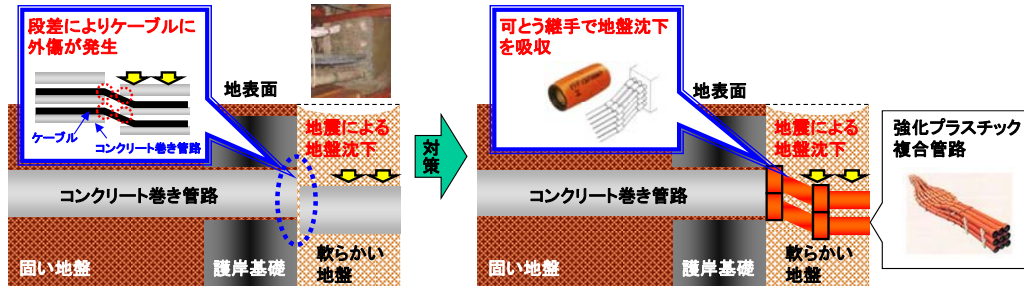
<<参考資料>>

2-12. 過去の地震被害実績に基づく対策（地中送電設備）

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いえず、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強以上の耐性は不明確であり評価が必要**



（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

2-13. 津波による設備被害想定のかえ方（変電設備）

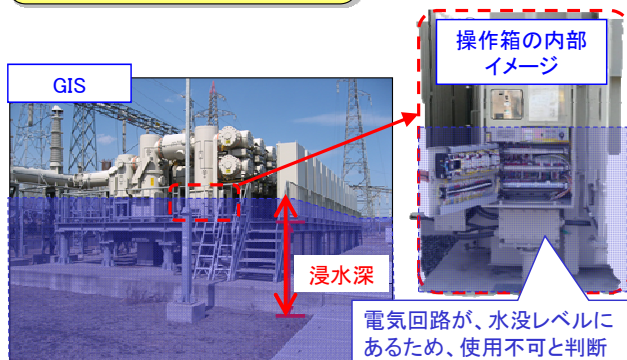
変電設備

設備被害のかえ方

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



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

（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>>

2-14. 設備被害の考え方（架空送電設備）

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

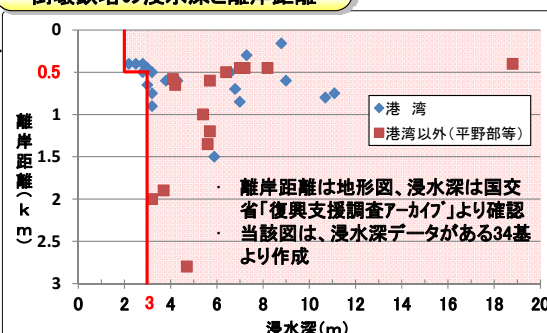
- 倒壊等に至ったのは、浸水基数389基に対し38基（折損の2基を除く）であり、その理由は浸水ではなく、漂流物によるものと推測
- 津波の影響を防護できるものとは、津波進入方向に対し、鉄塔位置がコンクリート建造物の背後にある場合などという

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

倒壊鉄塔の浸水深と離岸距離



【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

（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

2-15. 津波による設備被害想定の考え方（地中送電設備）

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

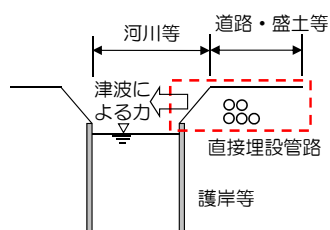
地中送電設備	管路	海岸または河川沿いの護岸のない箇所に設置された直接埋設管路が破損
	地上機器	変電所等にある地上機器が漂流物の影響により倒壊・損傷（個別に浸水深を確認）
	橋梁	河川横断の橋梁が津波の波力により損傷

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



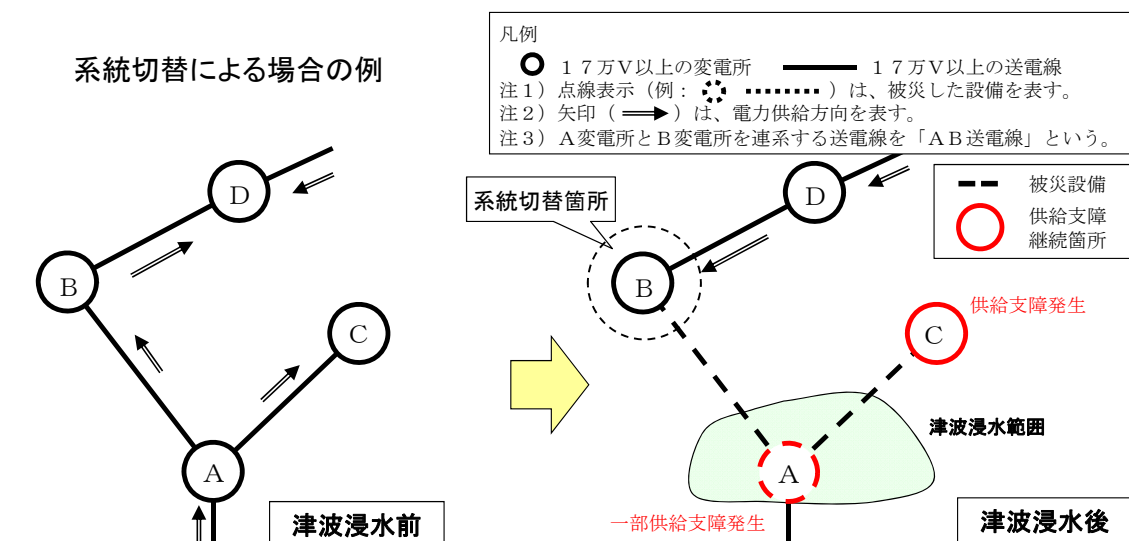
【補足】

- 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

（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>>

2-16. 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）

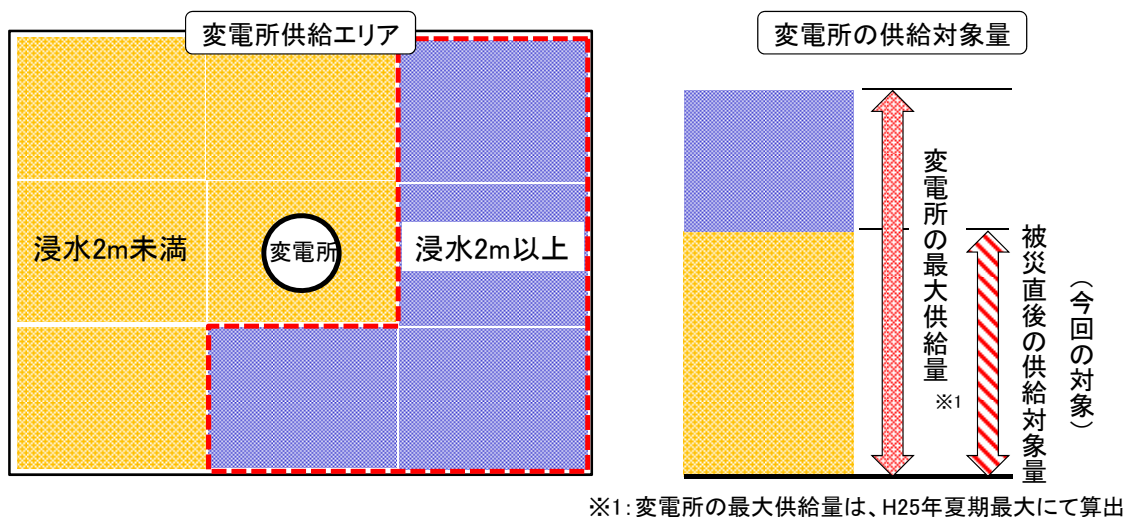


17万V以上の電力設備の被災想定を踏まえ、被災設備を原因とする供給支障量を検討

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

（出所：電気事業連合会資料（第3回本WG資料（平成26年4月）））

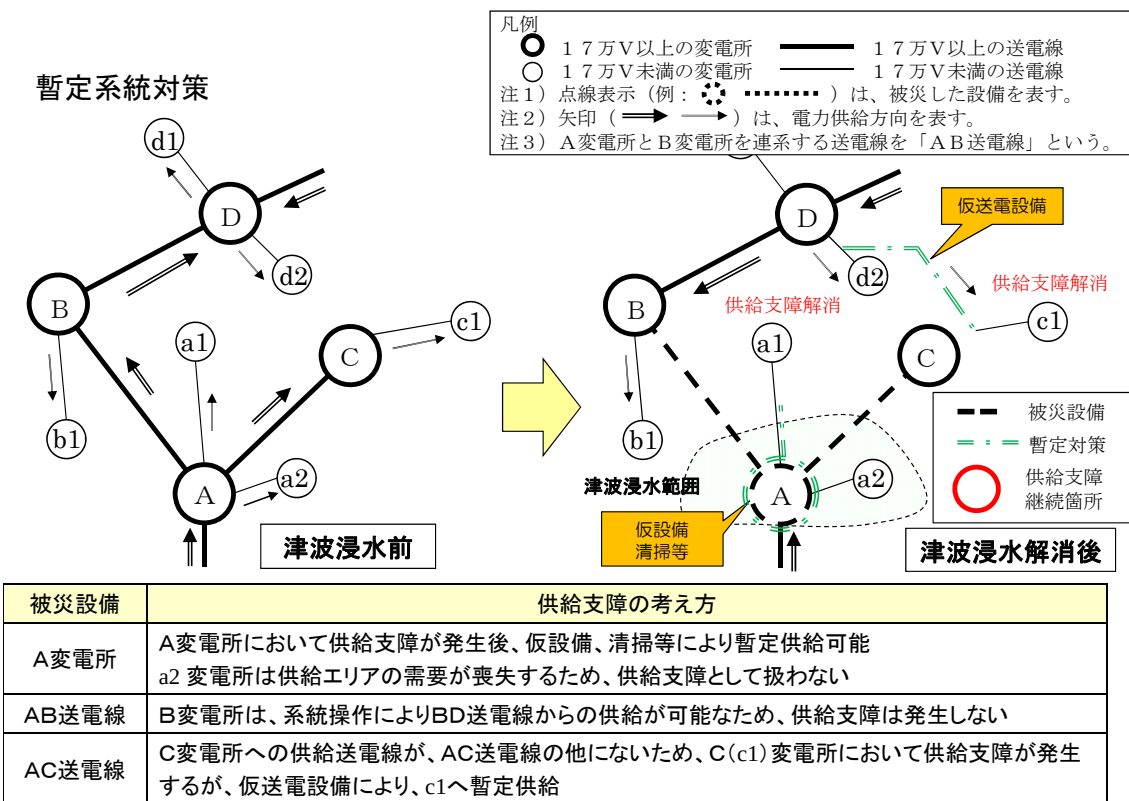
2-17. 津波浸水エリアにおける供給対象需要の考え方



（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>>

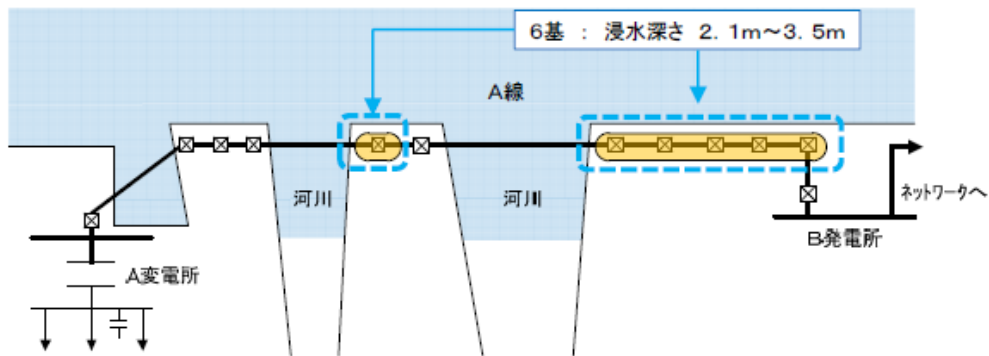
2-18. 津波被災設備における供給支障解消（暫定供給）の考え方



（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>>

2-19. 津波による被害想定とその対策（四国電力(株)の例）

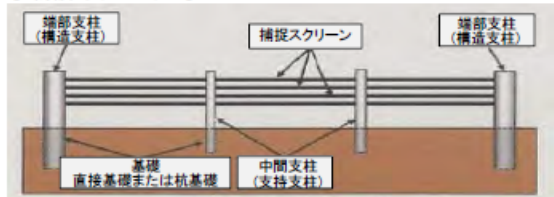


〔凡例〕

- : 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。

〔 防護対策の一例 〕

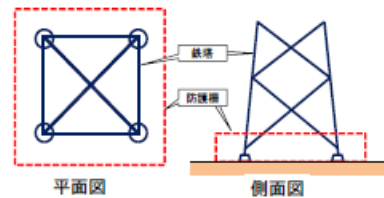


津波漂流物対策施設の基本構造図

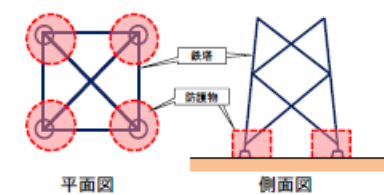
出典 由井孝昌・山本修司：津波漂流物対策施設設計ガイドライン(案)について、沿岸技術研究センター論文集No.9 (2009)

〔送電鉄塔の防護対策のイメージ例〕

鉄塔の周囲を防護柵等で囲む



鉄塔の4脚を防護物で固める



（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・停電情報の把握・安否確認方法・要員の確保
・チーム毎の役割	・システムの健全性の確認・保安巡視・配電線の系統送電
・指揮命令系統の明確化 など	・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		※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>>