

## 【個別報告 4】

# 電力システムの災害レジリエンス強化と カーボンニュートラル社会に向けた対応

電力中央研究所 サステナブルシステム研究本部

研究統括室 流通土木分野統括 副研究参事 石川 智己  
構造・耐震工学研究部門 主任研究員 湯山 安由美

研究報告会2022

2022年11月10日

RI 電力中央研究所

© CRIEPI 2022

RI 電力中央研究所

## 本報告でお伝えしたいこと

- 災害レジリエンスを強化する方策として、「抵抗力」と「回復力」の向上が考えられる。それに関連した当所の研究成果を紹介する。
- 今後、CN社会に向け電力システムも変化していく。災害レジリエンスの観点から、その変化に対して今から検討しておくべき課題も生じる。本報告では、その変化に対する課題を整理し、解決に向けた当所の今後の取り組みを示す。

© CRIEPI 2022

1

## 報告内容

1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築における自然災害への備え

## 報告内容

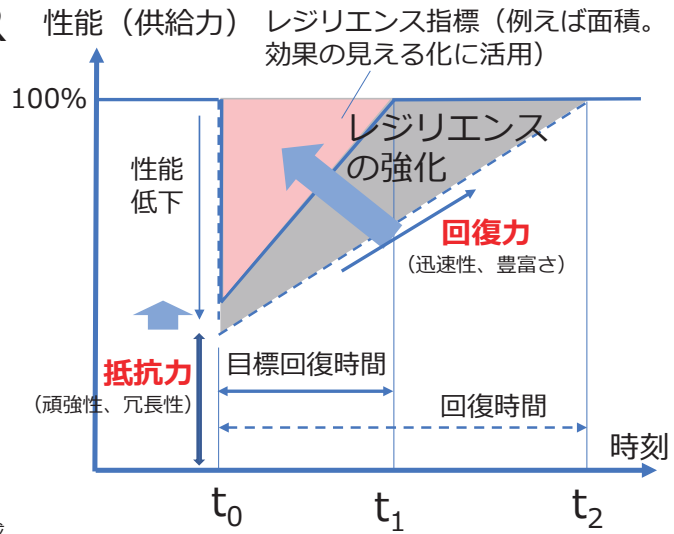
1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築における自然災害への備え

# 災害レジリエンスとは

## レジリエンスと4つのR



秋山・石橋 (2019) より作成

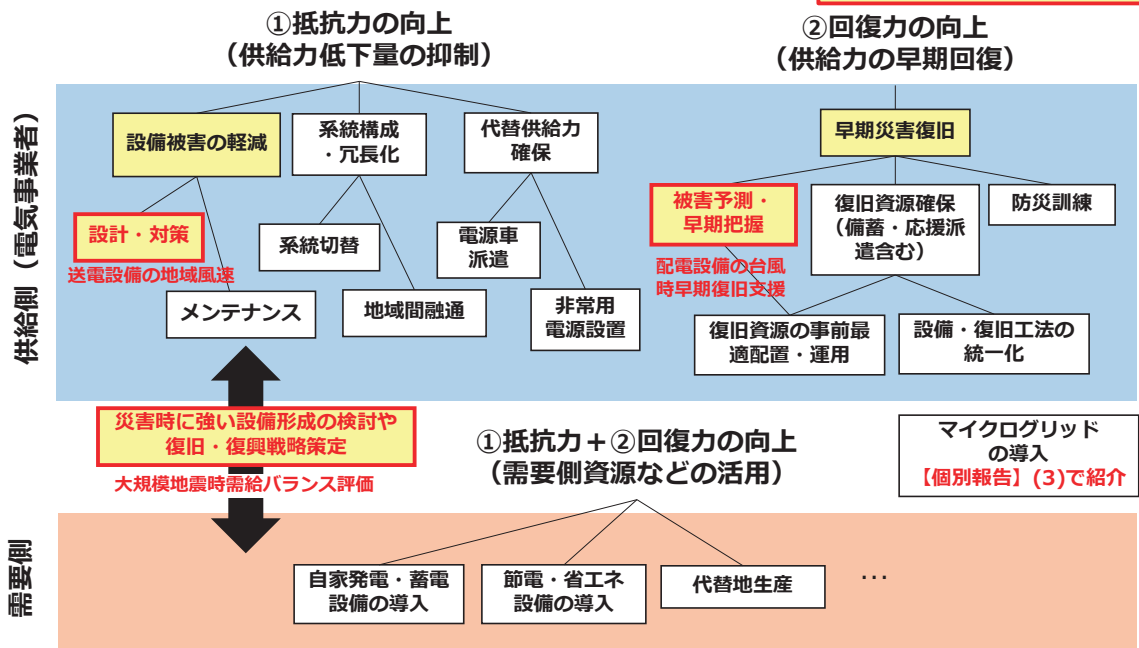


建築雑誌 (2020) より作成

電力システムのレジリエンスを考えるにあたり、供給力だけでなく、**需要の低下・回復性、需要側資源の活用**も考慮する必要がある。

# 電力システムのレジリエンス強化に寄与する 具体的対応策例（技術）のマッピング

【個別報告】(4)で紹介する項目



## 報告内容

1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築における自然災害への備え

## 設備被害を軽減（抵抗力の向上）するには？

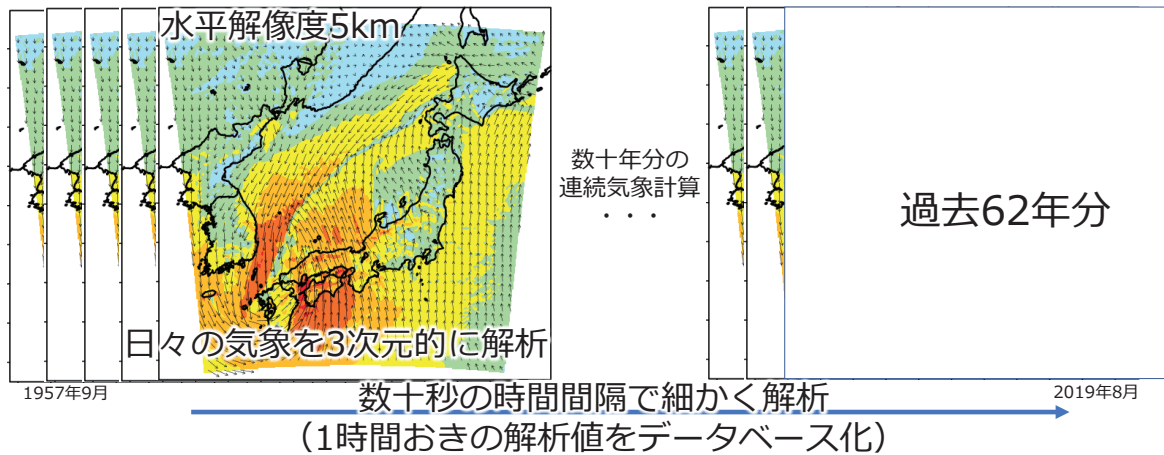
**ポイント**：建設地点の立地環境（地理的、地形・地盤環境）に応じた外力に基づく、一定水準以上の構造安全性（抵抗力）の確保・維持（構造物単体）

- 長期にわたり安全性を維持していくために必要な視点
  - 高経年化への対応、適切なメンテナンス（高経年化が進むなか、効率的かつ確実なメンテナンスの実施）
  - マルチハザード（地震と津波、強風と水害など）
  - 気候変動による影響（環境変化による材料劣化、荷重の変化、対策品設置地域や効果の変化など）

# 地域の実情を踏まえた地域風速の評価

電中研報告N18011、N20007

- 地域風速は、地上10m10分間平均風速の再現期間50年に対する値
  - 長期気象気候再現計算DB※を用いて、極値統計解析により5km毎の地域風速を計算
  - 全国約150か所の気象官署における観測値を用いて信頼度の高い地域風速を算定し、長期気象気候再現計算DBによる地域風速を補正して、地域風速マップを作成
- ※電中研気象予測解析システムNuWFASを用いて、1957年9月から2019年8月までに日本周辺（沖縄除く）で発生した気象場の再現計算を行い、その結果をデータベース化



© CRIEPI 2022

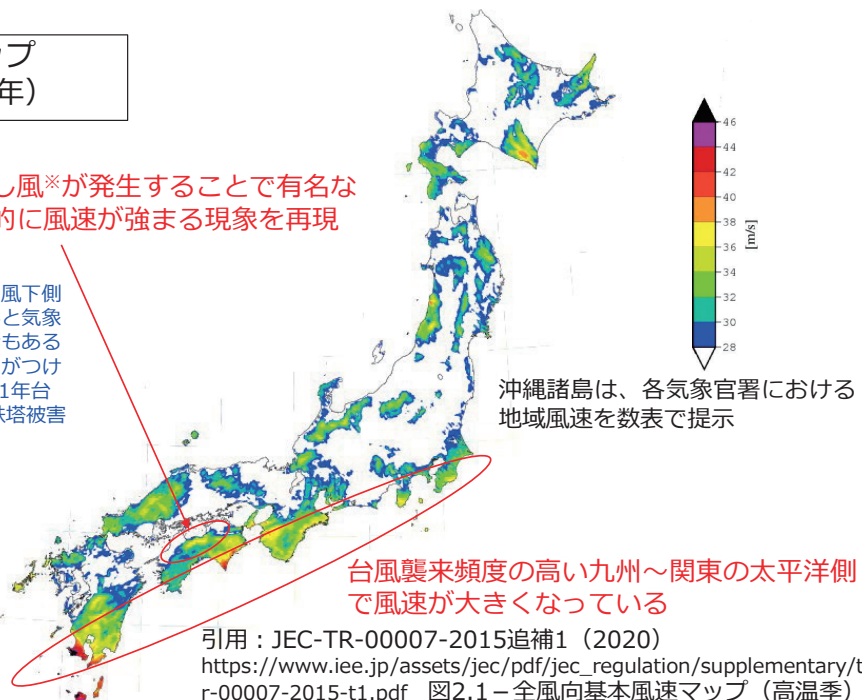
8

# 地域の実情を踏まえた地域風速の評価

地域風速マップ  
(再現期間50年)

やまじ風など、おろし風※が発生することで有名な地域において、局所的に風速が強まる現象を再現

※山を越えた気流が増速して風下側斜面に吹き降りる現象。地形と気象条件により発生し、発生場所もある程度決まっている。固有名詞がつけられていることが多い。1991年台風19号ではやまじ風による鉄塔被害が発生した。



引用：JEC-TR-00007-2015追補1（2020）  
[https://www.iee.jp/assets/jec/pdf/jec\\_regulation/supplementary/t-r-00007-2015-t1.pdf](https://www.iee.jp/assets/jec/pdf/jec_regulation/supplementary/t-r-00007-2015-t1.pdf) 図2.1－全風向基本風速マップ（高温季）

© CRIEPI 2022

9

## 地域性や構造物の応答特性を踏まえた設計

### ■ 送電用鉄塔設計標準JEC5101（電気学会電気規格調査会、発刊に向け準備中）

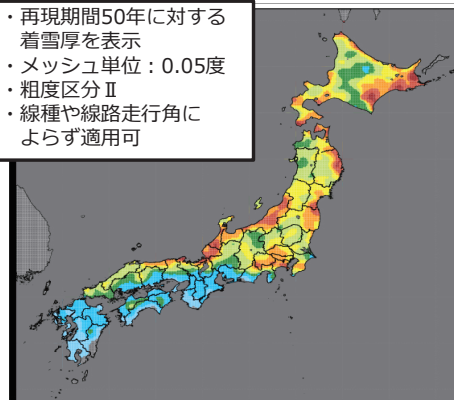
⇒「送電用支持物設計標準JEC127-1979」の40年ぶりの改正

⇒当所の研究成果（風荷重、着雪荷重、地震荷重）を反映

#### 目次

- 1 適用範囲
- 2 用語および定義
- 3 一般事項  
(許容応力度設計から限界状態設計法へ  
損傷限界：再現期間50年)
- 4 荷重（等価静的荷重を基本）（Cigre 2022(B2)）
  - 4.1 固定荷重
  - 4.2 風荷重（電中研報告N18011、N20007）  
基本風速マップ、ガスト影響係数法
  - 4.3 着冰雪荷重（電中研報告SS21006）  
基本着雪厚マップ、重畳させる風荷重
  - 4.4 地震荷重（電中研報告SS21008）  
基本最大加速度マップ、層せん断力係数法
  - 4.5 作業荷重
  - 4.6 保安荷重
- 5 荷重効果の算定  
(以下、省略)

- ・再現期間50年に対する  
着雪厚を表示
- ・メッシュ単位：0.05度
- ・粗度区分Ⅱ
- ・線種や線路走行角に  
よらず適用可



0 10 20 30 40 50 [mm]

#### 基本着雪厚マップ

(着雪密度一定値 (0.6g/cm<sup>3</sup>))

電中研報告SS21006

地域の実情を踏まえた安全性の確保

## 報告内容

1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定  
支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築に  
おける自然災害への備え

## 停電の早期復旧を実現するためには？

令和元年台風15号及び台風19号の対応を踏まえた  
電力レジリエンスワーキンググループ論点整理のポイント

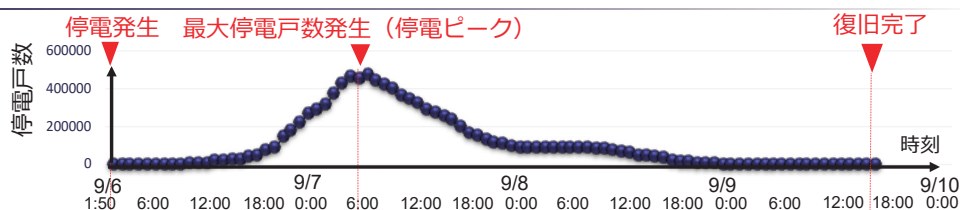
### ポイント1：迅速な情報収集・発信を通じた初動の迅速化、国民生活に影響する電力復旧見通しの明確化

- ・ 初動から現場確認等のための最大限の要員確保体制の構築
- ・ 巡視効率化のためのドローン、ヘリ等の活用、情報の一元管理
- ・ 迅速な被害・復旧予測

### ポイント2：被害発生時の関係者の連携強化による早期復旧

- ・ 電源車派遣の効率化、復旧手法・設備仕様の統一化
- ・ 早期の停電解消を最優先する「仮復旧」方式の徹底
- ・ 全ての事業者が協調し、復旧活動に従事するための仕組み作り
- ・ 自治体への情報提供
- ・ 倒木処理・伐採の迅速化
- ・ 災害復旧費用の相互扶助

## RAMPT/RESIの概要



RAMPT/RESI情報の活用期間（各社が参照するタイミング）

事前準備（初動の迅速化）

応急復旧の実施（情報収集・共有）

### RAMPT

Risk Assessment and Management system for Power lifeline - Typhoon  
配電設備の台風被害予測システム

- ・ 台風による時々刻々の風速分布や強風時間帯（突入から離脱）を推定
- ・ 配電柱の折損、倒壊、配電線の断混線数の推定

### RESI

early power REStoration Information platform  
早期電力復旧情報プラットフォーム

- ・ 災害時に関係者間で迅速に災害情報を共有・蓄積
- ・ 過去実績に基づき自動的に復旧時間（見通し）を予測

経済産業省令和元年度補正予算および令和2年度第3次補正予算「高圧ガス等技術基準策定研究開発事業（停電復旧見通しの精緻化・情報共有システム等整備事業）」にて電中研が開発

※RAMPT/RESIは、一般送配電事業者10社のご協力のもと試験運用中

# 配電設備の台風被害予測システムRAMPT

## 機能

- 5日先までの風向・風速、被害数等の予測・結果表示

## 技術的特徴

- 台風モデルの活用
- 地表面粗度や地形影響を考慮
- 個々の電柱強度、架線条件、架線方向と風向の関係を考慮
- 様々なデータベース（設備データ、土地利用区分、微地形区分、樹木近接度、累積降雨量など）を活用
- NuWFASともリンク

## 課題

樹木倒壊、飛来物、土砂災害等の2次被害に対する推定精度向上

**【入力】** 入力情報

**【結果】** 風向・風速分布、最大風速分布、被害数結果、営業所別の最大風速、強風域突入・離脱時刻等の結果

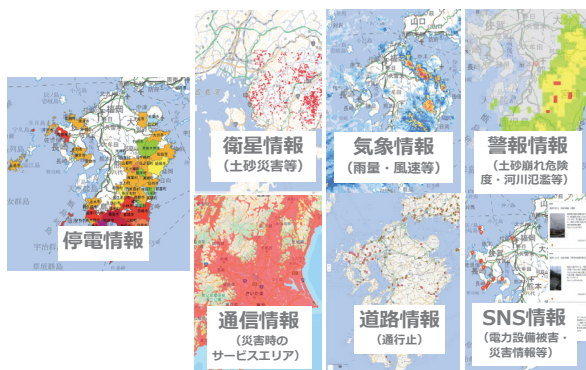
**【活用】** 事前準備（人員・資材配置等）の検討、事前応援派遣の検討、台風通過後の応援派遣の検討

# 早期電力復旧情報プラットフォームRESI

RESIは、主に下記の2つの機能と過去災害データベース（アーカイブ機能）を保有しており、他電力管内も含めた**停電状況等の広域的な把握**、停電ピーク直後からの**復旧時間推定**、**データアーカイブ**による停電推移の把握や過去災害との比較等が可能

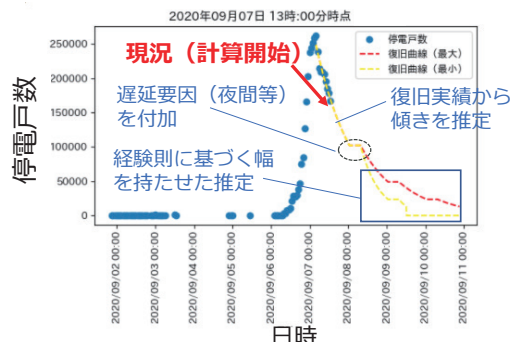
### 各種情報の収集・表示

- 各種情報の収集および収集した情報の地図等への表示機能



### 復旧時間推定ツール

- 復旧見通しの推定機能  
停電ピーク以降、巡視未完了時においてもAI自動計算により復旧見通しを推定（算出値は原則非公開）





## 報告内容

1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築における自然災害への備え

## 大規模災害に対するレジリエンス

- 南海トラフ巨大地震等の大規模災害に対し、設備被害を完全に防ぐことには限界がある。

災害時に求められる機能水準(電力需要)を推定した上で、それを満たすような供給力を確保するというアプローチが必要。

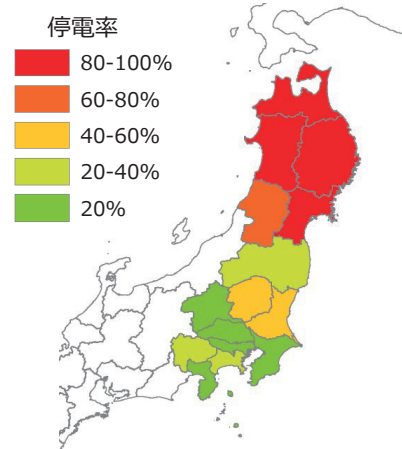
- 国\*でも稀頻度事象に対する電力システムのレジリエンス強化策として、地域間融通や需要抑制・分散策等、システムの複眼的な対策の必要性が議論されつつある。

\*経済産業省 電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策WG (2014年～)、電力レジリエンスWG (2018年～)



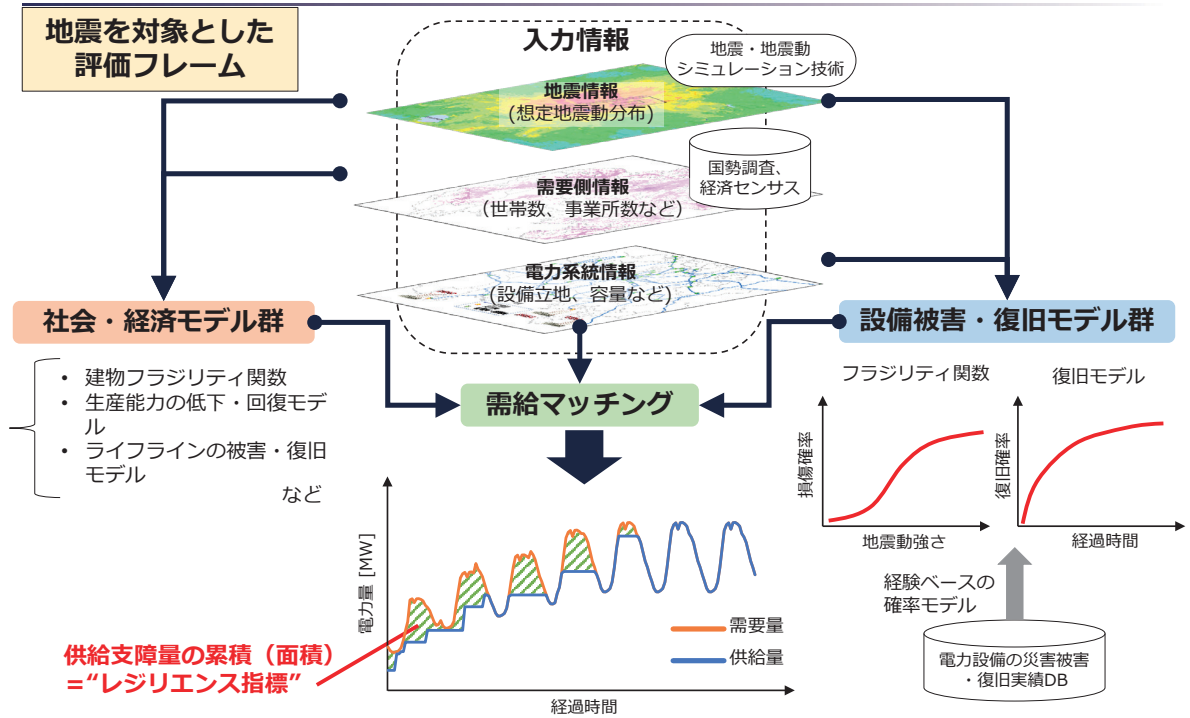
大規模災害に対する電気事業者の合理的かつ説明性の高い対応戦略の策定支援を目的とした「**災害時の電力需給バランス評価手法**」を開発中

2011年東北地方太平洋沖地震による  
発災当日の停電発生状況



消防庁 (2013) より作成

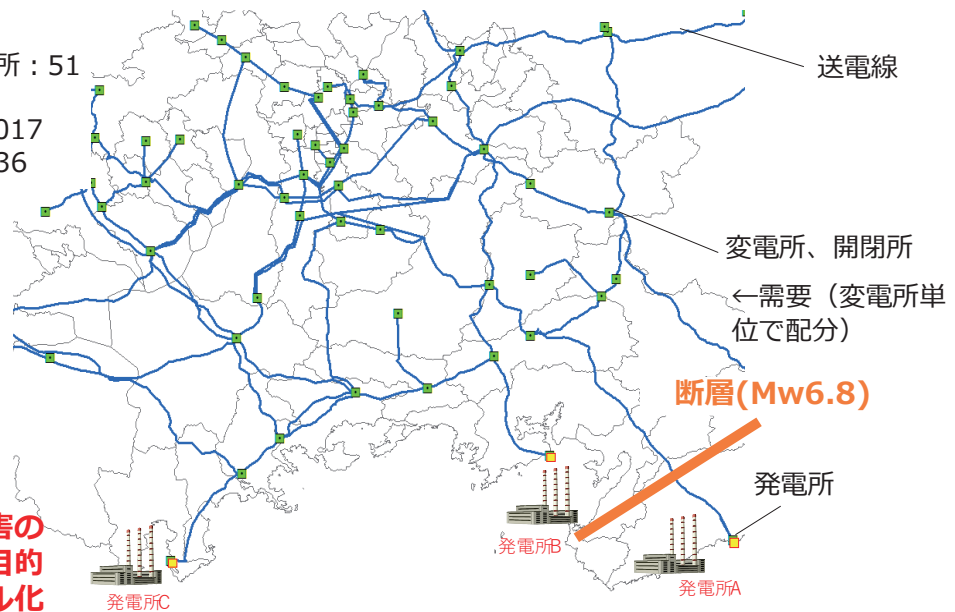
# 災害時の電力需給バランス評価手法



# 評価手法の適用例

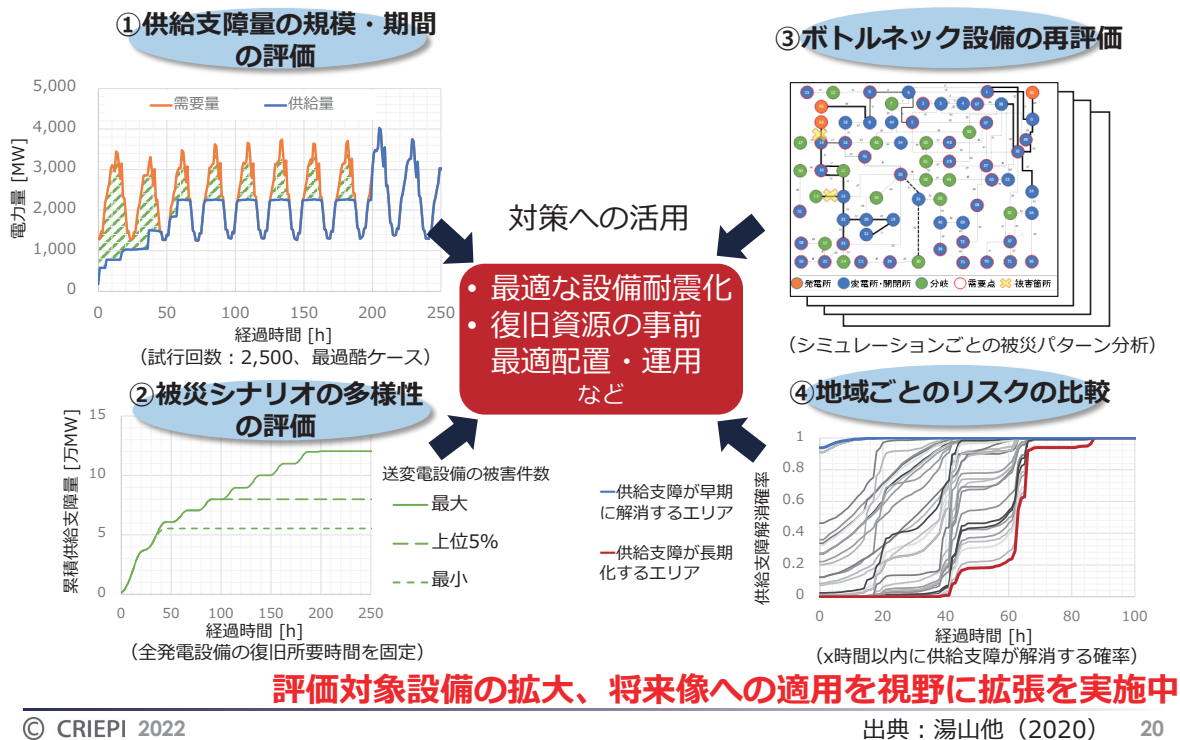
## <仮想系統>

- 発電所：3
- 変電所、開閉所：51
- 送電線：96
- 送電鉄塔：3,017
- 需要エリア：36



対象とする災害の規模、評価の目的に応じてモデル化範囲を設定

## 評価結果を活用した対応策の検討



© CRIEPI 2022

## 報告内容

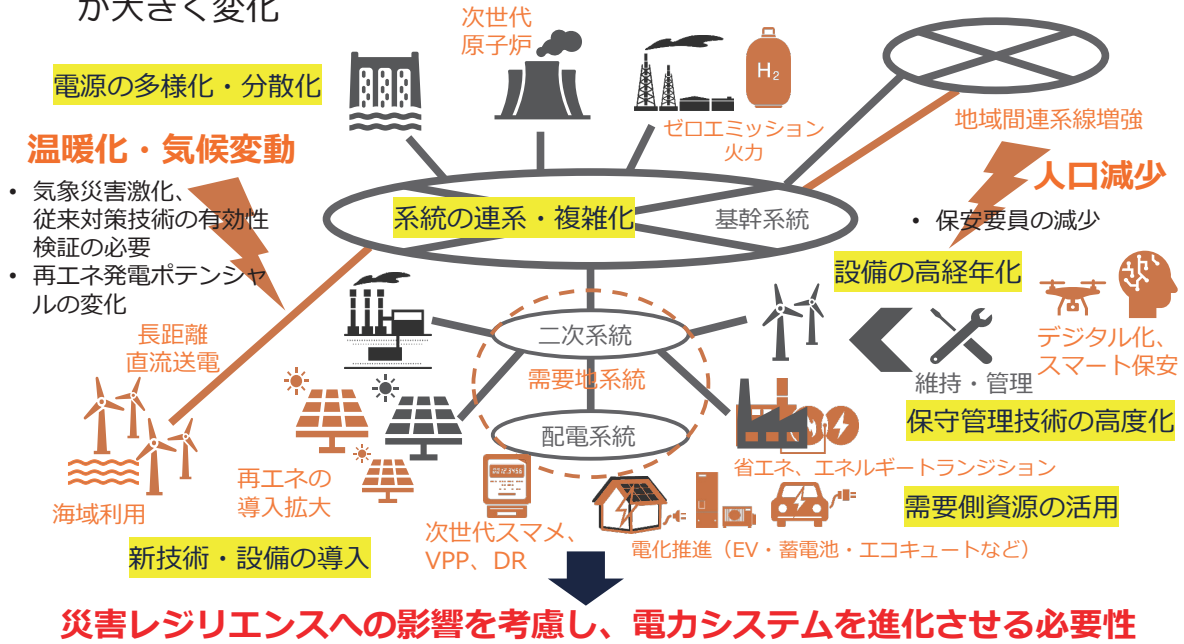
1. 災害レジリエンス強化の基本的考え方
2. 設備被害を軽減する技術
3. 早期災害復旧を支援する技術
4. 災害に強い設備形成や復旧・復興戦略策定支援に資する技術
5. CN社会に向けた次世代電力システム構築における自然災害への備え

© CRIEPI 2022

21

# CN社会・次世代電力システムとレジリエンス

■ CN社会・次世代電力システムでは、電力の生産・供給・消費のあり方が大きく変化



## 次世代電力システム構築における災害時のレジリエンス確保に向けた課題例

	現在と2050年CN社会との違い	設備形成において考慮すべき課題の例	当所が貢献できる技術
電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模発電所の分散型電源への置き換え拡大</li> <li>大型電源としての洋上風力導入拡大</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対災害抵抗力、復旧性が未知 (①、②、③)</li> <li>災害時にどう使うのか?、復旧させるのか? (④)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>① 気象・風況解析技術 (NuWFASなど)</li> </ul>
基幹系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>系統増強の進展 (資源の偏在による長距離送電、系統連系設備)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対災害抵抗力、復旧性が未知 (①、②、③)</li> <li>災害時にどう使うのか?、復旧させるのか? (④)</li> </ul>	
需要地系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要側資源 (PV、蓄電池、EV、エコキュート、燃料電池など) の普及</li> <li>地産地消型グリッドの実現</li> <li>再生エネルギー事業者、新電力やアグリゲータ等、プレーヤーの多様化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対災害抵抗力、復旧性が未知 (①、②、③)</li> <li>災害時の扱い?、電源として期待するのか? (④)</li> <li>公衆安全性に問題ないか、継続利用可否判断は?</li> <li>災害時の具体的な運用は? (誰が公衆安全性を確認し、系統分離等を判断するのか) (④)</li> <li>各プレーヤーの役割は? (復旧実務における意思決定など) (④)</li> <li>意思決定のための情報共有はどのようにするのか? (⑤)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>② 各種解析・評価技術 (地震動評価、地震応答、風・ギャロッピング応答、着雪量評価、地盤応答など)</li> <li>③ 確率的リスク評価技術</li> </ul>
共通	<ul style="list-style-type: none"> <li>高度なデジタル社会</li> <li>既存設備の高経年化</li> <li>人口減少による復旧要員の減少とスマート保安の普及</li> <li>気候変動による極端気象の増大の懸念</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信インフラ機能不全時の対応は?</li> <li>余寿命評価等、既存設備の安全性確認と対応 (①、②)</li> <li>復旧活動のあり方は? (⑤)</li> <li>構造安全性が低下するリスクへの対応は? (①、②)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>④ 災害時需給シミュレーション技術</li> <li>⑤ RAMP/RESIの拡張・活用</li> </ul>

※ 「設備形成において考慮すべき課題の例」における①~⑤は、「当所が貢献できる技術」に対応

## まとめと今後の展望

- 災害レジリエンスを強化する方策としては、“抵抗力”と“回復力”の向上がある。これまで当所ではそれらに寄与する研究を実施してきた。
- CN社会・次世代電力システムでは、電力の生産・供給・消費のあり方が大きく“変化”する。災害レジリエンス強化の基本的考え方は変わらないものの、“変化”によってその実現には新たな課題が生じる。当所が所有する基盤技術を活用・発展させ、課題解決に資する研究開発を着実に実施する。
- 不確実な将来像、災害像に対する電力システムの災害リスクマネジメントとして、多様なシナリオの想定と対策への活用が重要。次世代電力システムの設備・運用設計の段階から、災害レジリエンスへの影響を考慮することが必要。

ご清聴ありがとうございました

**R 電力中央研究所**

Central Research Institute of Electric Power Industry

## 参考文献

1. 秋山充良、石橋寛樹：南海トラフ地震その防災と減災を考える、早稲田大学出版部(2019).
2. 特集 レジリエント建築社会の到来、建築雑誌（日本建築学会）、2020年1月号(2020).
3. 早田直広 他：気象官署における送電用鉄塔風向別基本風速の再評価、電力中央研究所 研究報告 N18011(2019).
4. 北野慈和 他：基本風速マップ作成のための高解像度・長期気象・気候データベースの強風事象の特定把握と風速補正方法の考案、電力中央研究所 研究報告N20007(2021).
5. Yoshikazu Kitano, et al.: Latest Design Standard on Structures for Overhead Transmission Lines in Japan, Cigre 2022 Paris Session papers and proceedings, B2, PS1, 10629(2022).
6. 送電鉄塔設計標準JEC-TR-00007-2015（電気学会電気規格調査会）追補1(2020).
7. 松宮央登 他：送電用鉄塔の着雪時荷重算定手法の検討、電力中央研究所 研究報告 SS21006(2022).
8. 佐藤雄亮 他：送電用鉄塔の耐震設計に用いる加速度応答スペクトル算定手法の提案、電力中央研究所 研究報告SS21008(2022).
9. 石川智己 他：配電設備の台風被害予測手法の提案とシステム化、電力土木、Vol.357、17-26(2012).
10. 電力中央研究所：Annual Report2021,<https://criepi.denken.or.jp/intro/annualreport.html>
11. 消防庁：東日本大震災記録集(2013).
12. 湯山安由美 他：大規模災害時の電力需給バランス評価に関する研究開発、エネルギーと動力、No.294、1-6(2020).