2019年12月10日(火)13:00-17:00 穂の国とよはし芸術劇場プラット 主ホール

巨大地震 と 台風の 複合災害 に備える ~伊勢湾台風から60年~

【主催】国立大学法人豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター

もくじ

もくじ				Р	2
講演資料①					
臨海部産業施設の地震・津波リスクの強靭化ー自然災害の激表	基化への対応ー	濱田政則(早稲田大学 名誉教授)	J	Р	3 - 15
講演資料② 近年の風水害の特徴と対策への課題		加藤茂(豊橋技術科学大学 教授)		P 1	7 - 26
講演資料③ 地震・台風・電気はどうなる?	都築充雄(名古屋大	、学 減災連携研究センター 准教授).		.P 27	⁷ - 41

プログラム

13:00-13:10開会挨拶大西隆(豊橋技術科学大学長)13:10-14:10講演①臨海部産業施設の地震・津波リスクと強靭化-自然災害の激甚化への対応-
濱田政則(早稲田大学 名誉教授)14:10-14:20休憩14:20-15:20講演②近年の風水害の特徴と対策への課題
地震・台風・電気はどうなる?加藤茂(豊橋技術科学大学 教授)16:20-16:30休憩

17:00 閉会挨拶

16:30 - 17:00 パネルディスカッション

講演①

臨海部産業施設の地震・津波リスクと強靭化 ー自然災害の激甚化への対応-

濱田政則(早稲田大学 名誉教授)

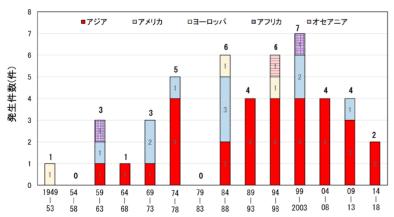
臨海部産業施設の地震・津波リスクと強靭化 -自然災害の激甚化への対応-

早稲田大学 名誉教授 濱田 政則

2019年12月10日

豊橋技術科学大学安全安心地域共創リサーチセンター主催 防災シンポジウム

自然災害の世界的増大 1,000名以上の犠牲者を出した地震・津波災害の発生件数 (1949~2018、46件発生)



「令和元年版防災白書、付属資料23 1900年以降の世界の主な自然災害の状況、内閣府」をもとに作成

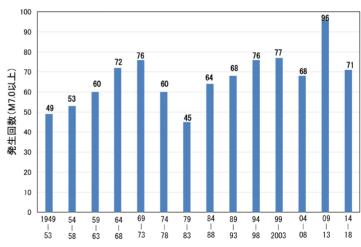
講演内 容

まえおき:自然災害の激化と増大

臨海部産業施設の防災減災対策

- 1.既往地震による臨海部産業施設の被害と要因
- 2.臨海部産業施設の被害予測と対策
- 3.臨海部産業施設の強靭化技術
- 4.国土強靭化に向けた国の動き

マグニチュードMw7.0以上の地震の発生回数 (1949~2018、935回発生)



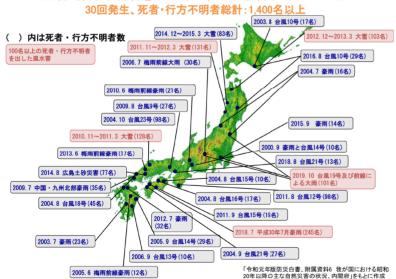
米国地質調査所(USGS)のデータをもとに作成

21世紀に発生した日本の被害地震

(2000~2018、16回発生、死者が発生した地震12回、死者・行方不明者数19.069名)

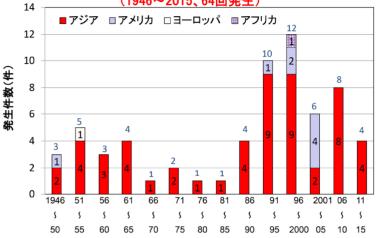


死者・行方不明者を出した日本の風水害(2000~2019)



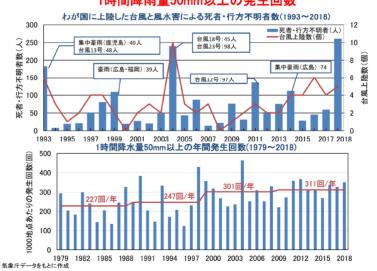
世界的な風水害の増大 1,000名以上の犠牲者を出した風水害の発生件数

以上の犠牲者を出した風水害の発生件数 (1946~2015、64回発生)

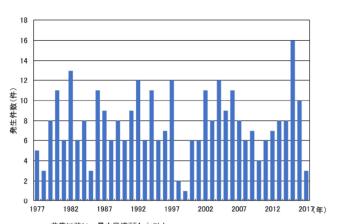


「平成30年版防災白書、附属資料24 1900年以降の世界の主な自然災害の状況、内閣府、2018」をもとに作成

わが国に上陸した台風と風水害による死者・行方不明者数、 1時間降雨量50mm以上の発生回数



「猛烈な」または「非常に強い」台風の発生件数

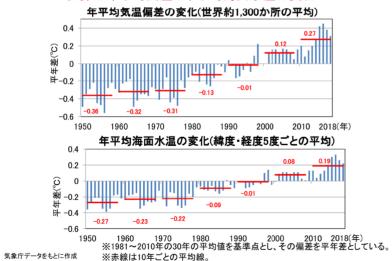


非常に強い:最大風速^{※54m/s以上}猛 烈 な:最大風速[※]44m/s以上~54m/s未満

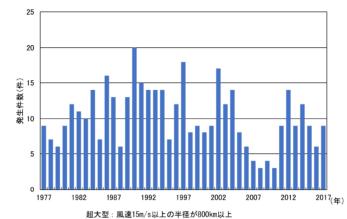
※最大風速:ある時間・空間域内における10分間の平均風速の最大値

国立情報学研究所「デジタル台風」のデータをもとに作成

風水害の増大と気候変動 世界の年平均気温と年平均海面水温の変化

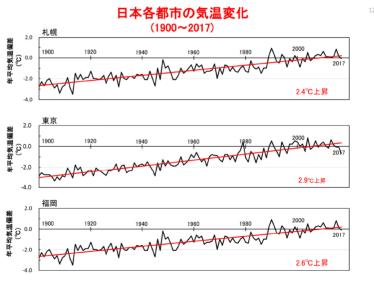


「超大型」または「大型」台風の発生件数



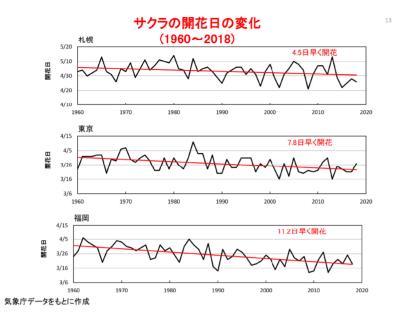
世人至: 風速15m/s以上の千径が600km以上~800km未満 大 型: 風速15m/s以上の半径が500km以上~800km未満

国立情報学研究所「デジタル台風」のデータをもとに作成



気象庁データをもとに作成

縦軸は各地での平均気温からの偏差を示す。

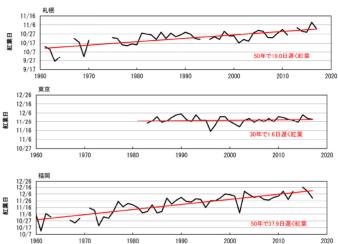


IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 人間活動が及ぼす温暖化への影響についての評価

第1次報告書	1990年	人為起源の温室効果ガスは気候変化を生じさせる恐れがある。
第2次報告書	1995年	識別可能な人為的影響が全球の気候に表れている。
第3次報告書	2001年	過去50年に観測された温暖化の大部分は、温室効果ガスの濃度の増加によるものだった可能性が高い(High, 56%以上の確率で)。
第4次報告書	2007年	温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化のほとんどは、 人為起源の温室効果ガス濃度の増加による <u>可能性が非常に高い</u> (Very high,90%以上の確率で)。
第5次報告書	2013~ 2014年	温暖化には疑う余地がない。20世紀半ば以降の温暖化の主な要因は、 人間の影響の <mark>可能性が極めて高い</mark> (Extremely high,95%以上の確 率で)。

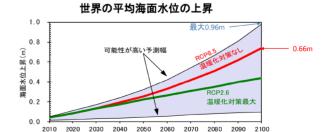
環境省、IPCC第5次評価報告書の概要-第1作業部会(自然科学的根拠)をもとに作成

カエデの紅葉開始日の変化 (1960~2018)



気象庁データをもとに作成

21世紀末までの世界平均地上温度と海面水位の上昇の予測



出典:気象庁訳「IPCC第5評価報告書 第1作業部会報告書」

温暖化に対する懐疑論

①C02が温室効果をもつことを否定する主張 (Lenoir, Y., Climat de panique. Editions Favre (Lausanne), 2001年; 神尾 賢二 訳、気候パニック、緑風出版、2006年.)

②海面水温が原因で大気中のCO2濃度が増加しているのではないかという議論(槌田 敦, CO 温暖化脅威説は世紀の暴論. 環境経済・政策学会編, 地球温暖化への挑戦, 230-244, 東洋経 済新報社, 1999年、槌田 敦, CO2温暖化説は間違っている. ほたる出版, 2006年。)

③20世紀の100年間に見られる気温の変化傾向の主原因は太陽活動にあるという主張 (Benestad, R., Solar Activity and Earth 's Climate. Springer-Praxis, 2002年、 Benestad, R.)

④温暖化問題は、排出権市場や対策事業によって利益をあげようとしている人々によってつくられた問題ではないかという批判(江澤 誠、欲望する環境市場、新評論、2000年、江澤誠、『京都議定書』再考、新評論、2005年、Lenoir、Y., Climat de panique. Editions Favre (Lausanne)、2001年;神尾 賢二 訳、気候パニック、緑風出版、2006年.)

⑤人類社会には貧困などの重要な問題があり、温暖化問題の優先度は低いという主張 (Lomborg, B. 編, Global Crises, Global Solution, Cambridge University Press, 2005 年.)

1.既往地震による臨海部産業施設の被害と要因 (1)埋立地盤の液状化と側方流動による被害



(1995年兵庫県南部地震) (1983年日本海中部地震) 液状化によるタンクの傾斜・沈下







液状化による防油堤の破壊(2011年東北地方太平洋沖地震)

臨海部産業施設の防災減災対策 -国土強靭化対策の一環として-

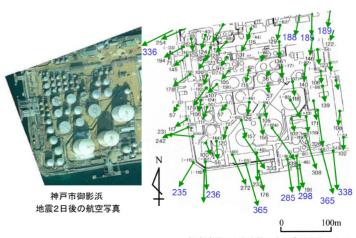
1.既往地震による臨海部産業施設の被害と要因

2.臨海部産業施設の被害予測と対策

3.臨海部産業施設の強靭化技術

4.国土強靭化に向けた国の動き

埋立地盤の側方流動(1995年兵庫県南部地震)



側方流動による地盤の水平変位と沈下(cm)

液状化と側方流動による港湾荷役施設の被害とその影響 (1995年兵庫県南部地震)



ポートアイランドの液状化と側方流動 (水平変位=2.9m, 鉛直変位=1.6m)



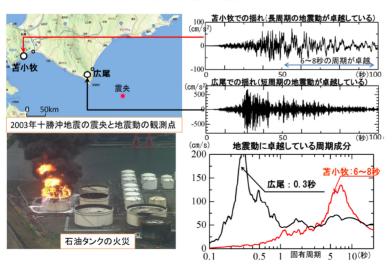
液状化による護岸の移動



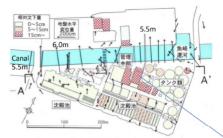
ガントリークレーンの倒壊

- ・神戸港の荷役施設(クレーン)61基のすべてが被災した。
- ・神戸港の復興事業は2005年まで約10年間 を要した。
- ・兵庫県南部地震による港湾施設の甚大な被害が原因となって、コンテナー取扱量で世界5位であった神戸港は震災後23位に、その後整備事業の遅れもあって2011年で49位にまで落ち込んでいる。

(2)長周期地震動による油の溢出とタンク火災 (2003年十勝沖地震)



液状化による地盤の流動変位による下水処理場の被災 (1995年兵庫県南部地震)



下水処理場地盤の水平変位



運河横断歩道橋の基礎の水平移動



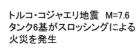
本館建屋基礎杭の被害

長周期地震動による油の溢出とタンク火災(1964年新潟地震、1999年トルコ・コジャエリ地震)



1964年 新潟地震

新潟地震 M=7.5 浮屋根式タンク5基 全面火災 2週間後に鎮火(津波と重油の拡散によって消 火活動が困難を極めた)





1999年 トルコ・コジャエリ地震

(3)地震時の慣性力による被害







千葉市球型タンクの爆発・火災

ブレースの破断

2011年東北地方太平洋沖地震



バルジング振動による底部アニューラ板の破断 1978年宮城県沖地震

津波によるタンクの流出 (2004年 インド洋大津波, スマトラ島 バンダアチェ)



(4)津波による被害 (2011年東北地方太平洋沖地震)





仙台港石油精製工場

http://www.tohoku-epco.co.jp/ICSFiles/afieldfile/2011/04/26/110426_siryou.pdf 女川原子力発電所重油タンクの流出





気仙沼市燃料タンクの流出

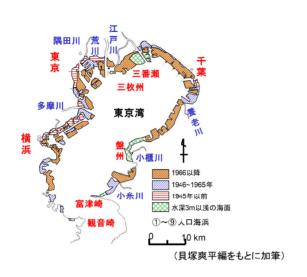
気仙沼市海上火災

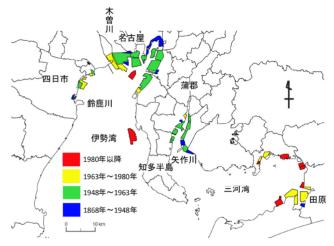
臨海部産業施設の被害予測と対策 東京湾の臨海部主要産業施設 ● 火力発電所(14) ● 製鉄所(3) 東京都 ■ 製油所(8) ■ ガス工場(3) 川崎市 東京湾 千葉市 横浜市 東京湾北部地震 震源域 M=7.3 (文部科学省、平成24年) 木更津市

東京湾の埋立地とその歴史

伊勢湾の埋立地とその歴史





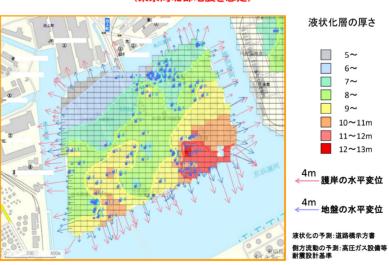


護岸の安定性と液状化の予測 (東京湾埋立地の事例)

液状化と側方流動の予測 (東京湾北部地震を想定)

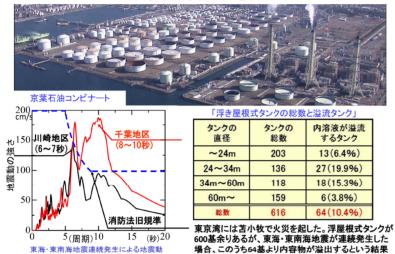






長周期地震動によるタンク内容物の溢出予測

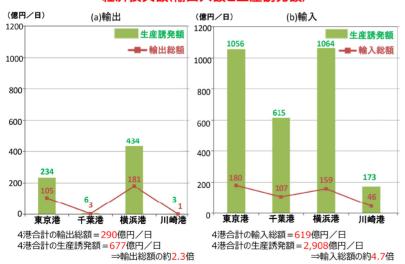
(東海・東南海連続発生を想定)



東京湾主要4港(東京港、千葉港、横浜港、川崎港)閉塞による 経済損失額(輸出入額と生産誘発額)

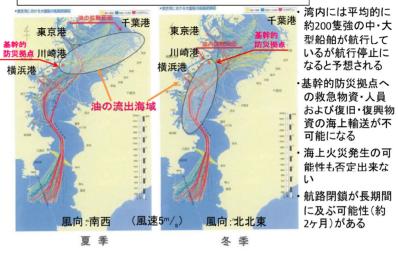
になった。

(東大古村教授)

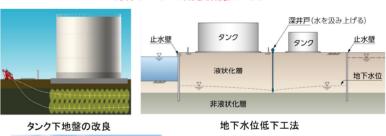


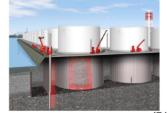
東京湾への油の流出 (国土交通省臨海部の地震被災影響検討委員会)

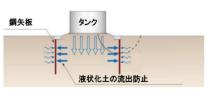
流出地点:京浜臨海地区(川崎市直下地震),重油流出量:12,000kl



3.臨海部産業施設の強靭化技術 既存タンクの耐震補強工法

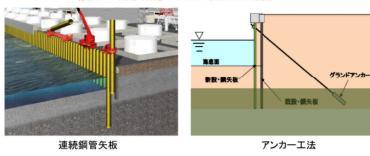


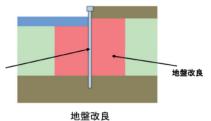




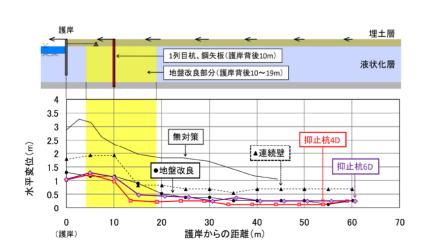
---鋼矢板による締切り

護岸の耐震補強工法と側方流動防止工

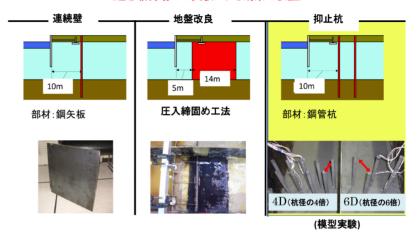




水平変位の抑制効果の比較



側方流動を防止するための護岸の補強方法の研究 (遠心載荷場での実験による効果の検証)



側方流動防止対策(護岸補強)費用の試算 (東京湾京浜地区5島, 延長43km)

護岸補強用試算の対象人工島 護岸補強工法 機構変位・地盤改良 <u>抑止杭工法</u> 護岸変位 水平0.5m,鉛直0.2m 埋立土(水中)層 沖積砂層 抑止杭(鋼管杭)沖積砂層 直径=1000mm 抑止杭の平面配置 - 杭長=50m 沖積粘土層 ,護岸 補強前の側方流動変位の例 10.0m 1m3当りの薬液注入費 3万円/m3 6.0m 工事費(護岸延長1m当り) 改良体積 300m³ 工事費(護岸延長1m当り) 900万円/m 径1000mm____ t=18mm 補強費用の算定 地盤改良による補強 護岸延長 地盤改良工事費 1733億円 19,300m 補強工事の 障害となる 施設・配管 地盤改良単価 900万円/m 総工事費 抑止杭単価 154万円/m 護岸の総延長 1,893億円 43,000m 抑止杭による補強 護岸延長 (護岸変位1m以上) (100以内に主要産業施設あり)

4.国土強靭化に向けた国の動き

国土強靭化法案の基本方針(2013年12月制定)

- (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)
 - i)人命の保護が最大限に図られること。
 - ii)国家及び社会の重要な機能が致命的な障害を受けないこと。
 - iii)国民の財産および公共施設の被害を最小化すること。
 - iv)迅速な復旧・復興を図ること。



国土交通省の施策

臨海部の地震被災影響検討委員会(平成19年)提言

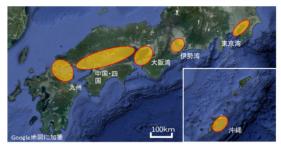
- ・大規模地震により地盤が液状化した場合、護岸の水平移動や倒壊により、石油類が海上に流出することが懸念される。また護岸近傍のタンクおよび配管の損傷により内容液が流出する危険性があり、その対策が必要である。
- ・ガソリン、灯油、軽油は引火性が強く、火災、爆発の危険性があり、船のエンジンはもちろんのこと、付近のあらゆる火気を断つ必要がある。船舶の航行制限を行わざるを得ない状態になり、海上からの緊急物資船や復旧対策支援船が入港できない事態が懸念される。 ・このため国は被災直後の経済活動と国民生活を守るため、埋立護岸の耐震化に必要な
- ・このため国は被災直後の経済活動と国民生活を守るため、理立護岸の耐震化に必要 費用の一部を補助する制度を確立する必要がある。



民有護岸の強靭化に関する無利子貸付及び法人税の特例措置

・油や土砂流出によって航路の機能に影響を及ぼす恐れのある護岸等の補強に対し、無利子、無担保で費用を貸し付け、さらに補強によって増えた資産価値に対する税を減免する

経済産業省によるコンビナート調査・強靭化事業



(1)産業・エネルギー基盤強靭性確保調査事業(平成25年度)

対象:24事業所(石油精製・石油化学・鉄鋼)

事業内容: 地震動・液状化・側方流動予測, 津波浸水域の予測, 施設被害の予測等 予算: 47億円(全額国庫補助)

(2)石油供給インフラ強靭化事業(平成26年度~平成31年度)

目標:発生後24時間で石油製品の1/2(通常時の)出荷を目標とする。

対象:石油精製事業所,油槽所

事業内容:設備(基礎を含む)補強, 地盤液状化対策・側方流動対策, 護岸・桟橋等補

強,

配管橋・配管系の補強、タンクのスロッシング対策等

予算: H25:125億円, H26:75億円, H27:133億円,H28:168億円, H29:160億円,

「重要インフラ緊急点検に関する関係閣僚会議」 (平成30年9月21日)

首相指示:国民の生活を支える重要なインフラがあらゆる災害に対し、その機能を維持するために全国で緊急に点検を行い、本年11月末を目処に対策をとりまとめ、防災・減災・国土強靭化のための緊急対策を3年集中で講ずる。

災害発生時石油供給に関する対策の要点(資源エネルギー庁)

- ・これまでの4年半余りの石油供給インフラ強靭化事業を点検する。
- ・製油所の強靭化に加え油槽所の強靭化にも重点を置く。
- ・従来の南海トラフ巨大地震と首都直下地震の影響範囲に留まらず、全国 を検討対象領域とする。
- ・地震・津波の影響に加え、高潮・高波・強風に対して必要な対策を講ずる。
- ・石油製品の輸送ルートの確保、サービスステーション(SS)の災害時対応 能力の増強(非常用電源の整備)

課題:南海トラフ巨大地震と首都直下地震の影響領域外の耐震性評価用地震動の設定

提言: 臨海部産業施設の強靭化に向けての課題

- 1. 広域(埋立地全域, 湾全域)における強靭化の必要性
- 2. 国・自治体のリーダシップ
- 3. リスクと強靭化に関する情報の共有化と公開
- 4. 民有護岸強靭化への公的資金投入
- 5. 社会・経済への影響の予測
- 6. 地域社会との協力, 地域防災計画への反映
- 7. 国全体としての産業施設強靭化費用の積算
- 8. 石油事業以外(石油・化学,鉄鋼、エネルギー等)の強靭化の推進
- 9. 臨海部産業施設の老朽化の調査と対策



民有護岸と公有護岸の混在と災害広域化の危険性

講演②

近年の風水害の特徴と対策への課題

加藤茂(豊橋技術科学大学 教授)

TOYOHASHI UMIYERSITY OF TECHNOLOGY

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

近年の風水害の特徴と対策への課題

豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系 安全安心地域共創リサーチセンター(CARM) 加藤 茂

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

Ттоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

過去10年間で水害はどのくらい起きているか?

■ 水害(河川)が10回以上の市町村: 830市区町村

- 過去10年間(H18~27年)(こ *** (同川)が「~(日の市前村 : 497 市区町村 (日本27年) (日本2
 - > 1,692市区町村
- 全国の1,741市区町村(H27年末)
 - > 97%以上で水害の被害あり.
- •830市区町村(47.7%)
- > 10年間に10回以上の水害が発生

 TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

近年の主な気象災害(風水害)/2015~2019年

平成31年/令和元年(2019年)

- 低気圧等による大雨(10/24~26, 千葉, 福島)
- 台風第19号による大雨, 暴風等
- 前線による大雨(8/26~29,九州地方北部)

平成30年(2018年)

- ・ 台風第24号による暴風・高潮等
- ・ 台風第21号による暴風・高潮等
- 平成30年7月豪雨(前線及び台風第7号による大雨等)
- 強い冬型の気圧配置による大雪(2/3~8, 北陸地方の平野部)
- 南岸低気圧及び強い冬型の気圧配置による大雪・暴風雪等(1/22~27,関東甲信越,東北地方太平洋岸)

出典:気象庁ホームページ

http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

平成29年(2017年)

- ・ 台風第21号及び前線による大雨・暴風 等
- 台風第18号及び前線による大雨・暴風 等
- 梅雨前線及び台風第3号による大雨と 暴風 ※平成29年7月九州北部豪雨

平成28年(2016年)

- 台風第7号,第11号,第9号,第10号 及び前線による大雨・暴風
- 梅雨前線による大雨(6/19~30, 西日本)

平成27年(2015年)

- ・ 台風第18号等による大雨 ※平成27 年9月関東・東北豪雨
- 梅雨前線および台風第9号,第11号, 第12号による大雨

Тоуоназні

2019 12 10 CARM 防災シンポジウム

水害による被害額

- 近年,水害による被害額は増加傾向。
- ・ 過去5年間平均での水害被害額

• 1995年:1622億円

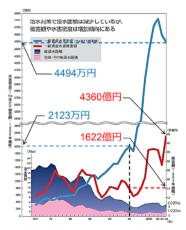
 2004年: 4360億円 (95年の価格換算)

→ 10年間で2.6倍以上.

・浸水面積1ha当たりの被害額

1995年:約2123万円2004年:約4494万円

➡ 10年間で2倍以上.



水害被害額および水害密度等の推移

出典:国土交通省ホームページ

http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html

nitecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technol

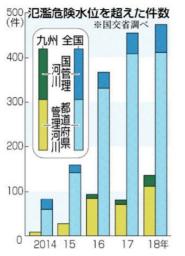
renitecture and Civil Eng., Toyonashi University of Techno

TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2019 12 10 CARM 防災シンポジウム

氾濫危険水位

- 2018年:「氾濫危険水位」を 超える事例が全国で474件発生
- ・2014年(83件)の5.7倍に増加.
- 都道府県管理の河川が大半.(予算不足などで対策に遅れ)
- 「非常に激しい雨」(50~80 mm/h)の回数が,この30年間で約1.4倍.
- ・ 今後, 気温が2度上昇すれば洪 水頻度は2倍になると試算(国 交省有識者検討会)



出典:西日本新聞, 11/28

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

Тоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

地球温暖化のこれまでとこれから

- 海面水位の上昇も顕著.
- → 日本では水害発生危険度の増加に繋がる

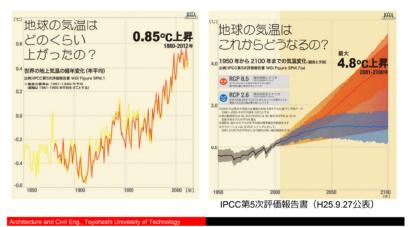


TOYOHASHI

019.12.10 CARM 防災シンポジウム 6

地球温暖化のこれまでとこれから

・明らかに上昇傾向ではある.

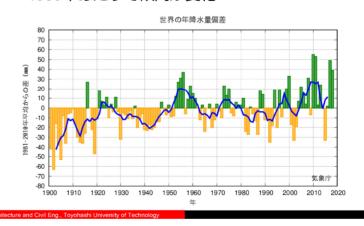


тоуоназні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

世界の年間降水量の変化 (1901~2018年)

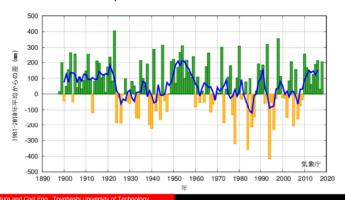
• 1950年あたりで傾向が変化

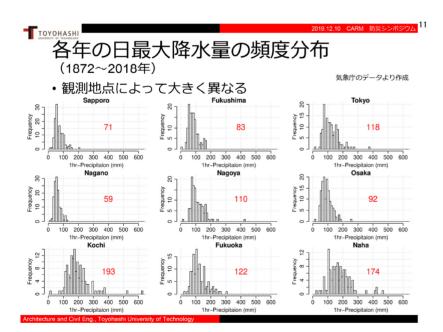


TOYOHASHI

日本の年間降水量の変化 (1891~2018年)

- ・1960年以降毎年の振れ幅が拡大
- ・2010年以降は、平均よりも多い傾向





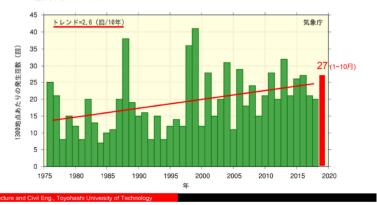
代表地点の年降水量の変化 (1872~2018年, 51地点中の9地点) Sapporo 1094 Wag and 1572 1898 1924 1950 1976 2002 Year 1872 1898 1924 1950 1976 2002 Year 58万のデータより作成

時間降水量(80以上)の変化

- ・アメダス(全国1300地点)のデータ
- 増加傾向は明らか.

Тоуонаян

TOYOHASHI



TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 13

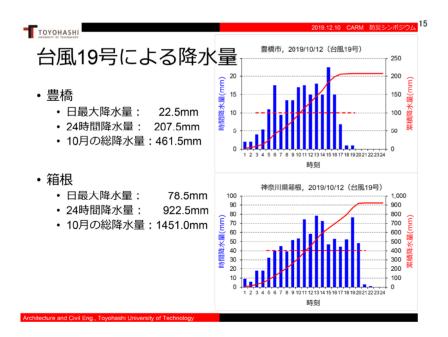
降水量と危険度

・ 降水量と体感, 危険度

気象庁ホームページを参照

通称	雨の強さ (/h)	降雨状況,危険度	人への影響	屋内の様子 (木造住宅)	屋外の様子	車に乗っていて
小雨	1未満	地面がかすかに湿る程度.				
弱い雨	1-3未満	地面がすっかり湿る.				
雨	3~10未満	水たまりができる.				
やや強い 雨	10~20未満	雨の降る音が聞こえる.	跳ね返りで足 元が濡れる 雨の音で話し 声がよく聞き 取れない.		地面一面に水 たまりができ	
強い雨	20~30未満	どしゃ降り. 側溝や小さな川があふれる.	傘をさしてい ても濡れる		3	ワイパーを速く しても見づらい.
激しい雨	30~50未満	バケツをひっくり返したよう に降る、山崩れ、崖崩れが起 こりやすくなる、 都市では下水管があふれる、		寝ている人の	道路が川のよ うになる	高速走行時にブレーキが利かなくなる. (ハイドロプレーニング現象)
非常に激しい雨	50~80未満	滝のように降る、地下室や地 下街に雨水が流れ込む、 土石流が起こりやすい、多く の災害が起こる。	傘が全く役に	半数くらいが 雨に気が付く.	水しぶきで辺 り一面が白っ	車の運転は危険
猛烈な雨	80以上	息苦しくなるような圧迫感がある、恐怖心を感ずる、 大規模な災害が発生するおそれが強く,厳戒な注意が必要。	立たない		ぽくなり, 視 界が悪くなる	千少还和6亿映

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology



TIOYOHASHI 日降水量の変化

- 200mm以上,400mm以上 ともに増加傾向
- 2019年: 1~10月のデータ で既に例年および長期トレ ンドを大きく上回っている.
- ・特に日降水量400以上が顕 著
 - →特に強い雨の発生頻度が 増加している.





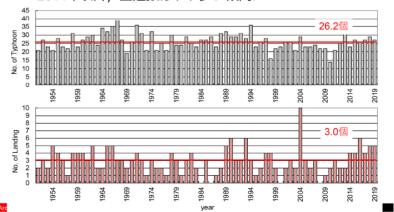
Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

台風の発生・上陸頻度

- ・ 発生個数自体はそれほど顕著な変化はない.
- ・2014年以降,上陸数はやや多い傾向.



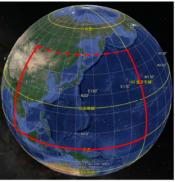
TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 17

「台風」とは?

- 低気圧域内の最大風速(10分間平均)がおよそ17m/s (34ノット)以上.
- その中心が北西太平洋の「東経100度線から180度経線 (国際日付変更線)までの北半球」にある。

最大風速 (m/s)	最大風速 (knot)	国際分類	日本	の分類		
<17.2	≦33	Tropical Depression (TD)	熱帯	低気圧		
17.2 - 24.5	34 - 47	Tropical Storm (TS)		し (特		
24.6 - 32.6	48 - 63	Severe Tropical Storm (STS)	台	(特にな		
32.7 - 43.7	64 - 84	4 - 84		強い		
43.7 - 54.0	85 - 104	Typhoon (T 又は TY)		非常に強い		
>54.0	≧105			猛烈な		
Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology						



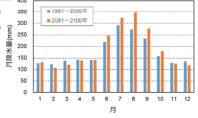
Ттоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

地球温暖化と大雨の関係

- 大雨の発生数が長期的に増加傾向
- 気象庁の地域気候モデルによる地球温暖化予測実験 (21世紀末頃を想定).
 - 大雨の発生数が日本の多くの地域で増加する
 - 6~9月に現在よりも降水量が増加する
- ・日本の陸上における月降水量 400
 - 過去(1981~2000年の平均)
 - 将来(2081~2100年の平均)
 - 将来(2081~2100年の平均)

→ 夏期の防災が大きな課題



データ:気象庁「異常気象レポート2005」

chitecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 18

台風の規模と強さ

• 風速15m/s以上の半径が

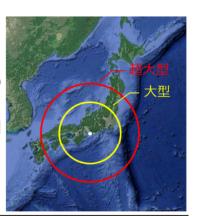
500 - 800km: 大型

(大きい)

≧800km: 超大型 (非常に大きい)

• 強風域: 15m/s以上の範囲

• 暴風域: 25m/s以上 "



Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

Ттоуонаяні

2019 12 10 CARM 防災シンポジウム 21

地球温暖化と台風の関係

- 地球温暖化の影響と台風の大きさや強さとの関係は未解明.
- ・温暖化予測実験では,

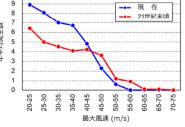
・全球での熱帯低気圧の発生するは、現在機構の再現家実験よ

りも30%程度減少

• 45m/sを超えるような「非常 に強い」熱帯低気圧の出現数 は増加する傾向

➡ 災害が激化する可能性

(ただし, あくまでも数値実験の 結果. さらに研究が必要)



データ:気象庁「異常気象レポート2005」

chitecture and Civil Eng. Toyohashi University of Technolog

TOYOHASHI

2019 12 10 CARM 防災シンポジウム 21

平成30年7月豪雨災害(西日本豪雨)

・ 平成30年台風第7号及び前線等による大雨.

- 西日木を中心に、広域的かつ同時多発的に、河川氾濫 や崖崩れ等が発生。
- ・風水害としては、平成に入って最悪の被害規模.
- 災害発生日:6月28日~7月8日
- ・ 主な被災地:岡山県,広島県,愛媛県等

国土交通省「水害レポート2018」より引用







高梁川水系小田川の氾濫状況(岡山県倉敷 市真備町)

住宅地の浸水状況 (岡山県岡山市)

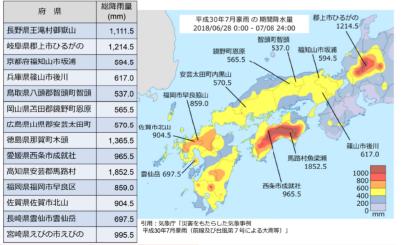
肱川水系久米川の氾濫状況(愛媛県大洲 市西大洲)

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

Тоуонаяні

2019 12 10 CARM 防災シンポジウム

降水量の分布と総降水量



rchitecture and Civil Eng., Tovohashi University of Technology

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 22

概要

- ・ 台風第7号が6月29日に発生、7月4日に日本海で熱帯低気圧に変化、
- その後,8日にかけて西日本に梅雨前線が停滞.
- → 西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨。

6月28日~7月8日までの総降水量

四国地方:1,800, 東海地方:1,200,

九州北部地方: 900, 近畿地方: 600, 中国地方: 500

※7月の月降水量が平年値の4倍となる大雨となった地域もあり、

・長時間の降水量により,多くの観測地点で観測史上1位を更新. 24時間降水量:77地点,48時間降水量:125地点,

72時間降水量:123地点で観測史上1位を更新

- 死者237名,行方不明8名,家屋の全半壊18,010棟, 住家の浸水28,469棟
- → 極めて甚大な被害が広範囲で発生

国土交通省「水害レポート2018」より引用

rchitecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

TOYOHASHI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

豪雨の特徴

- ・堤防決壊,氾濫のあった高梁川や肱川等の8河川の基準 地点では,基本高水のピーク流量を超過した河川は無 かった.
- → 台風のような猛烈な雨量をピークに持っていないが、 長時間にわたる継続降雨によって記録的な総雨量となり、水害の発生に繋がった. (前線性の降雨の発生)
- バックウォーター現象等により、両岸決壊や上下流での 多点決壊が発生した。
- 下水道施設の処理能力を超える降雨の発生に加えて,長時間降雨により河川水位が高くなり,内水氾濫が発生した.
- 局所的な線状降水帯の発生により,河川水位や流量に複数のピークが見られた.

rchitecture and Civil Eng. Toyohashi University of Technolog

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 25

避難情報の発令や住民の避難

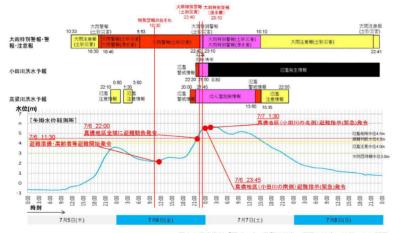
- 浸水想定区域の指定や水害対応タイムラインの作成等の事前準備,対応は取られていた.
- しかし、土砂災害警戒情報や水位情報が出されても、避難情報が出されていない地域があった.
- 多くの住民は適切に避難行動をとったことが推察される 一方で、雨がそれほど激しくなかったこと等から、<mark>避難を決断できず、逃げ遅れた住民もいた</mark>.
- ・非流室家屋内での被災者のうち, 垂直避難が困難であった高齢者が1階で被災したと推察される.
- ・広島市等では、H26年8月広島土砂災害に比べると弱い 雨が続いたなどの過去の経験が「正常性バイアス」を増幅させたことで、<mark>避難が決断できなかった</mark>被災者がいた と推察される。

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

Тоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 27

小田川では様々な危険情報が発表されていた.



国土交通省資料「平成30年7月豪雨災害の概要と被害の特徴」より引用

Ттоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 26

明らかになった課題

- 現行施設能力を上回る水災害等の発生
- ・複合的な要因による水災害の発生
 - ・ バックウォータ現象, 内水氾濫, 土砂災害等
- 気候変動等による水災害の激化
 - 豪雨の増加傾向の顕在化
 - ・ 台風による豪雨・洪水 → 前線性の豪雨による洪水
- ・ 逃げ遅れによる人的被害の発生
 - ・ 災害情報, 避難情報の重要性や意味の理解不足
 - 高齢者を中心とした人的被害(避難行動を決断できない等)
 - ・ 避難開始の遅れ (開始時には既に周囲が危険)

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

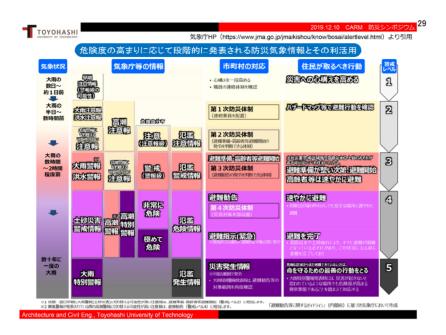
Ттоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム ²

「警戒レベル」を用いた避難情報の発令

- 平成30年7月豪雨を教訓として、避難対策の強化について検討。
- 報告の内容を踏まえ,「避難勧告等に関するガイドライン」を改定.5段階(レベル1~5)に整理.
- 2019年出水期(6月頃)より使用。
- 防災情報と避難情報を関連付け.

rchitecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology



TOYOHASHI UMIYERSITY OF TECHNOLOGY

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

降水量

1	1時間降水量 (mm)		24時間降水量 (mm)			期間降水量 (mm)		
95.0	普代(岩手県)		942.5	箱根(神奈川県)		1001.5	箱根(神奈川県)	
93.5	小本 (岩手県)		717.5	湯ケ島(静岡県)		760.0	湯ケ島(静岡県)	
85.0	箱根 (神奈川県)		647.5	浦山(埼玉県)		687.0	浦山(埼玉県)	
84.5	宮古(岩手県)		627.0	小沢(東京都)		649.0	小沢(東京都)	
81.5	丹沢湖(神奈川県)		613.5	梅ケ島(静岡県)		631.5	梅ケ島(静岡県)	
80.5	筆甫(宮城県)		604.5	相模湖(神奈川県)		631.0	相模湖(神奈川県)	
77.5	山田(岩手県)		588.0	筆甫 (宮城県)		610.5	小河内(東京都)	
75.0	梅ケ島(静岡県)		587.0	ときがわ (埼玉県)		607.5	筆甫(宮城県)	
71.0	久慈(岩手県)		580.0	小河内(東京都)		604.5	ときがわ(埼玉県)	
70.5	今市 (栃木県)		561.5	三峰(埼玉県)		593.5	三峰(埼玉県)	

参考:国土交通省資料「令和元年台風第19号による被害状況等について」

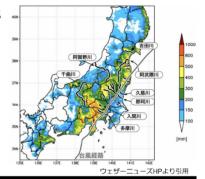
chitecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technolog

Тоуонаян

0019 12 10 CARM 防災シンポジウム 30

令和元年台風19号による大雨,河川氾濫

- 「猛烈な」強さの台風19号. 10月6日~13日.
- ・本州の半分を覆うほどの大型の台風. 12日19時前に大型 で強い勢力で伊豆半島に上陸. 関東地方を通過.
- ・関東地方や甲信地方,東北地 方などで記録的な大雨.
 - 静岡、神奈川、東京、埼玉、 群馬、山梨、長野、茨城、栃木、新潟、福島、宮城、岩手 に特別警報を発令。
- ・多数の河川氾濫,浸水
 - 堤防決壊場所:20水系, 71河川,140箇所



Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 32

被害の概要

大規模な停電の発生

- 東京電力管内 約20,400戸 (15日18時)
- 千葉県:16,000戸,神奈川県 2,200戸,東京都900戸
- 中部電力管内 約21,000戸 (14日20時)
- 長野県: 21,000戸
- 東北電力管内 約1,600戸 (15日18時)
- 宮城県:1,300戸,岩手県:100戸,

福島県:200戸

住宅浸水, 土砂災害, 断水

- 住宅浸水:約8,000棟
 - 8,000棟:浸水,800棟以上:全半壊,一部損壊
- 土砂災害:19都県で140件
- ・断水:13都県で138,000戸

以上

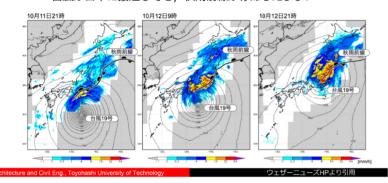
参考:国土交通省資料

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 33

広い範囲で記録的な大雨となった原因

- 秋雨前線との組み合わせ
 - 台風接近前の11日に秋雨前線が本州の太平洋沿岸に停滞.
 - 台風周辺からの暖湿気流が秋雨前線に流れ込み,次第に強い雨へ.
 - ・ 台風が日本に接近しても、秋雨前線が停滞したまま.



Тоуонаяні

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム

近年の氾濫災害における課題

- ・降った雨をうまく流す,災害に結び付けないためには何が必要か?
- 越水しても壊れない(決壊しない)堤防の重要性
 - ・堤防高を超えて越流しても壊れない「粘り強い構造物」. 津波・高潮防潮堤への要求と同じ.
- 適切なダム操作(管理・コントロール)の重要性
 - ・想定を上回る大雨が予想されたときに、どのようにダム操作すれば、より下流の安全性を高められるのか?
- ・住民の正しい理解と行動
 - ・ 状況の判断,情報の理解,適切な避難行動

TOYOHASHI

2019.12.10 CARM 防災シンポジウム 34

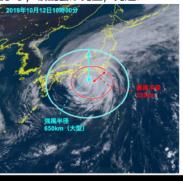
広い範囲で記録的な大雨となった原因

• 地形性の上昇気流

- ・ 地形の影響により、関東甲信で雨雲が発達.
- 台風からの暖湿気流が関東西部や伊豆半島の山地にぶつかり、風の収束域が形成、上昇気流が強まり、積乱雲が発生、発達、

・ 大型の台風

- 強風半径600~700km, 暴風 半径240~325kmの大型台風
- 東日本は1日以上, 台風の強 風域内. 継続する強い雨.



ウェザーニューズHPより引用

Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology

講演③

地震・台風・電気はどうなる?

都築充雄(名古屋大学 減災連携研究センター 准教授)

近年の台風·豪雨災害による 送配電設備の被害状況

年	自然災害名 (主に被災した電力会社)	最大停電戸数	被害状況※ ※電柱100本以上被害
2015年	台風15号 (九州電力)	約48万戸	電柱444本
2016年	台風10号 (東北電力)	約5.5万戸	電柱671本
	台風16号 (九州電力)	約25万戸	電柱284本
2017年	台風21号 (関西電力·四国電力)	約29万戸	電柱187本(関西電力) 電柱206本(四国電力)
2018年	西日本豪雨 (中国電力·四国電力)	約7.5万戸	電柱848本(中国) 電柱443本(四国)
	台風21号 (関西電力·中部電力)	約240万戸	電柱1,343本(関西) 電柱287本(中部)
	台風24号 (中部電力·九州電力)	約180万戸	電柱206本(中部) 電柱368本(九州)
2019年	台風15号 (東京電力PG)	約93万戸	鉄塔2基 電柱1,996本
	台風19号 (東京電力PG·中部電力·東北電力)	約52万戸	電柱135本(東京) 電柱344本(中部) 電柱763本(東北)

2019.11.5経済産業省資料

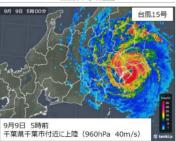
送電設備

3

台風15号の被害

- 9月9日に直撃した台風15号の影響により, 当社受持ちエリアにおいて最大級の供給支障事故が発生(最大停電軒数約934,900軒)
- 今回の台風15号は、平成30年台風21号と比較して気圧傾度が大きく、中心付近で記録的な 強風となり、建物被害(全・半壊)軒数で約9倍、がけ崩れ件数で約6倍の甚大な被害が発生

台風15号の進路



被害状況

		令和元年台風15号	平成30	年台風21号	
	静岡県	450.5ミリ	愛知県	378.5≷IJ	
期間降水量	千葉県	237.5ミリ	大阪府	(気象庁 情報なし)	
最大風速※1	東京都	43.4m/s	高知県	48.2m/s	
殿入風迷**	千葉県	35.9m/s	大阪府	46.5m/s	
最大	東京都	58.1m/s	大阪府	F0.4/-	
瞬間風速※2	千葉県	57.5m/s	_\WXNT	58.1m/s	
気圧	E倾度	7~10hPa/10km	5hPa/10km		
人的被害	死者·行方不 明者	1人	1	.4人	
7 (7 7 10 (11)	負傷者	148人	9	54人	
建物被害	住宅被害※3	1,747棟	2	15棟	
建物依由非住宅被害		818棟	85棟		
がけ崩れ		60件		10件	

220年4月1日

(資料) 経済産業省(各産業保安監督部)調べ

架空線 地中線 架空線 最大停電戸数 支持物【本】 高圧線【径間】 変圧器【台】 地上機器【台】 地上機器【台】 ケーブル【m】 鉄塔【基】 「特高線【条】 「損・倒壊等 断線・混線等 損傷・傾斜等 損傷等 折損·倒壞等 2108台風21号 関西電力 1.343 38 544 10 約170万戸 4.914 362 2018台風21号 中部電力 約70万戸 287 3,861 29 2018台風24号 中部電力 206 2,974 53 2 約102万戸 2019台風15号 東京電力 1,996 5,529 431 0 約93万戸

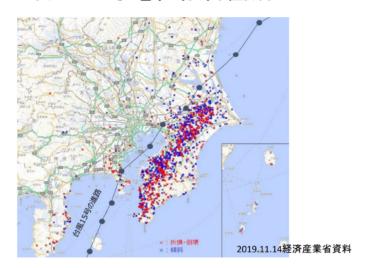
設備被害状況の比較

配電設備

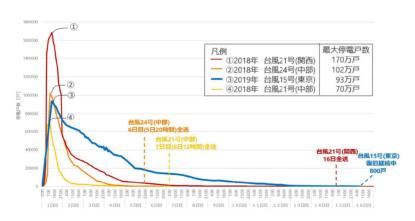
日本全国 電柱:約2,186万本,鉄塔:約24万基 建設費用 電柱:約38万円/本,鉄塔:約4,261万円/基 (66/77kV)

東京電力パワーグリッド㈱資料

台風15号電柱被害箇所



停電状況の推移



中部電力(株)9/24資料

電柱被害要因別被害状況の内訳

台風15号:東京電カパワーグリッド㈱資料

	エリア	栃木	群馬	茨城	埼玉	千葉	東京 (23区)	多摩	神奈川	山梨	静岡	合計
	被害数	9	o	94	9	1,750	15	3	59	2	55	1,996
電柱被害	倒木・建物の 倒壊	9	o	57	8	1,311	6	3	37	2	44	1,477
一の原因	飛来物	o	o	9	o	265	3	o	6	o	o	283
(再掲)	地盤の影響	О	О	28	1	174	6	o	16	o	11	236

台風21号:関西電力㈱資料

	75 CO		電力本部							
	要因	大阪北	大阪南	京都	神戸	奈良	滋賀	和歌山	姫路	全社計
	風圧	0	0	0	0	0	0	0	0	0
倒壊•	崖崩れ・土砂崩れ	11	9	5	0	2	1	65	0	93
折損	飛来物、建物・樹木 倒壊等に伴う2次被害	70	230	193	12	40	78	165	0	788
	小計	81	239	198	12	42	79	230	0	881
	傾斜・沈下・ひび	72	93	23	6	7	41	220	0	462
	合計	153	332	221	18	49	120	450	0	1,343

台風24号:中部電力(株)資料

	倒木	飛来物	土砂崩れ	ā†
折損·倒壊	95	17	4	116
傾斜	74	14	2	90
計	169	31	6	206

復旧の課題抽出

- ■「事前」期においては総勢約2,300名, その後最大約16,000名の態勢で復旧対応
- ■「初動」期においては、広範囲の配電線事故や倒木による通行支障等で<u>被害の全容把握が困難(</u> 主に千葉エリア)であるなか、過去の経験則等を踏まえ復旧困難箇所の約12万軒を除き、9月10 日夜中には復旧する見通しと公表するも、想定以上の被害状況から翌日には復旧見込みを訂正

LIX.	ره د بالخامات	也是UCA获到U,总是以上以版告例》的与史目に成 <u>技情况是Webl</u>
時系列	観点	主な対応実績 <u>(下線:対応における課題)</u>
事前	態勢・連携	 約2,300名で第1非常態勢を発令(9月8日22時),その後(9月9日6時)第2非常態勢へ移行し、最大約16,000名の態勢で対応 9月9日に他電力等に対し支援要請を実施し、ブッシュ型を含め迅速な応援派遣をいただいたものの、他電力応援者への指揮体制の確立に時間を要した
	状況把握	 ✓ 千葉エリアにおいて、短時間に広範囲の配電線事故が発生したため、当該事業別の要員(巡視要員等)では対応しきれず、被害状況の全容把握に時間を要した 車両や徒歩で進入可能な被害現場から、巡視要員を優先的に投入⇒9月21日以降は、倒木等による進入困難箇所においてトローンを活用
初動	復旧 オペレーション	 ◇ 高圧配電線の仮復旧を前提といた復旧方針の提示に時間を要した。また、工事 指示(½採,電工等)を個別にしたため、複合する作業工程に支煙をきたした ✓ 千葉エリアにおいて、他電力応援要員・電源車の把握と指揮を行う要員が不足 ⇒9月11日以降は、電源車ニーズ収集・派遣を一元的に運用するチームを発及 ✓ 需要家の技術者不在時の対応として、関東電気保安協会へ立会協力要請
	情報発信	✓ 千葉エリアにおいて被害の全容把握が困難であるなか、最大限の要員投入を 前提に復旧見通しを策定し、9月10日に公表 翌11日早朝、広範囲の配電線路に事故点が多数あること、雷雨により作業 が中断したこと等が確認されたため、復旧見込みを訂正

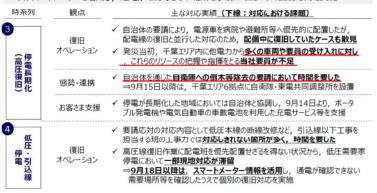
東京電力パワーグリッド㈱資料

11

■「停電長期化」期においては、自治体の要請により、電源車の派遣を病院や避難所等へ優先配置 したが、配電線の復旧と並行しての対応であったため、配備中に復旧していたケースが散見

復旧の課題抽出

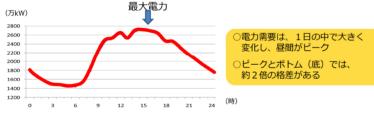
■「低圧・引込線停電」期においては、引込線等の被害による停電箇所を把握するため、9月18日以 降スマートメーターを活用し、通電が確認できない場所を事前に確認のうえ個別応対を実施



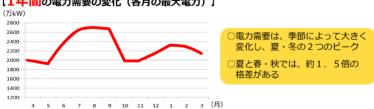
東京電カパワーグリッド㈱資料

電力需要の変動

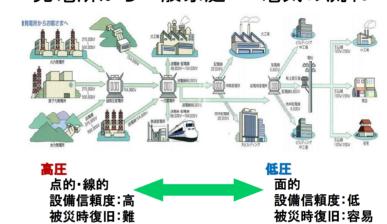
【1日の電力需要の変化(夏季)】



【1年間の電力需要の変化(各月の最大電力)】

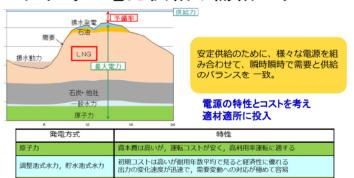


発電所から一般家庭へ・電気の流れ



常に需要と供給がバランスしている

平常時の電力供給→需給バランス



発電万式	特性
原子力	資本費は高いが, 運転コストが安く, 高利用率運転に適する
調整池式水力, 貯水池式水力	初期コストは高いが耐用年数平均で見ると経済性に優れる 出力の変化速度が迅速で,需要変動への対応が極めて容易
石油火力	運転コストは比較的高いが、資本費が安い 発電電力の調整力に優れる
LNG火力	運転コストは石油火力より安く,資本費は石炭火力より安い ある程度の <u>需要変動対応力を有する</u>
石炭火力	資本費は高いが,連転コストは火力の中で最安 原子力よりも需要変動に対応しやすい(ベース〜ミドル利用)
揚水発電	主に火力発電による電力を使用して上流のダムに水を汲み上げて発電を 行うことから、運転コストは火力発電よりも高い。

10

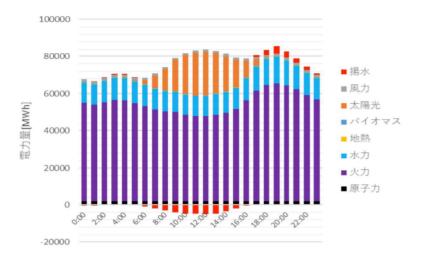
12

16

. 7

13

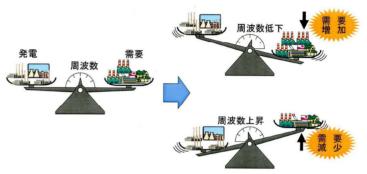
平常時の電力供給→需給バランス



需要と供給のバランス調整

【平常時の運用】

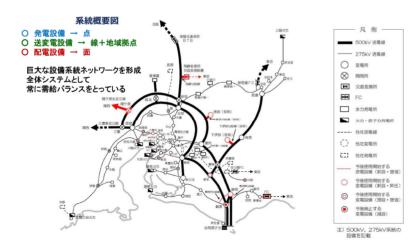
電力系統では、エリア全体の発電と需要のパランスが崩れると周波数が変化する特性がある。 このため、エリアの周波数調整に責任を持つ一般電気事業者は、エリア全体の需要にあわせて多 くの発電機を組み合わせて、常に発電と需要のパランスを維持するよう運用している。



出典:電力系統利用協議会

15

中部地方の電力ネットワーク



熊本地震による電力設備被害

設 備	被害状況	備考
水力設備	7箇所	・周辺土砂崩れによる導水路破損 等
送電設備	17線路	・鉄塔周辺の大規模な土砂崩れ ・がいし破損 等
変電設備	5変電所	・がいし破損 等
配電設備	最大259回線停止	・電柱折損、転倒、傾斜 ・電線断混線 等

九州電力HPより

17

熊本地震•配電設備被害状況

- 各設備の被害率は、支持物0.13%、電線0.04%、 変圧器0.14%と低い。
- ・ 液状化による供給支障につながる被害は発生していない。
- ・ 供給支障につながる設備被害は、震度5強以上で発生した。
- 倒壊した支持物(35本)の原因は、地盤の影響 (崖崩れ等)もしくは建物倒壊に伴う2次被害である。
- ・ 地中配電設備の被害はなし。

66kV送電線 送電ルートの遮断 北熊本変電所 拡大 一の宮変電所 大津町 水力発電所 黒川第-火力 発電所 原子力発電所 発電所 原子力発電所 高森変電所 500kV送電線 - 220kV送電線 西原村 南阿蘇村 九州電力HPより

電柱は地震ではほとんど倒れない

		被害様村	目の影響度		(参考)過去震災における被害率			
項目	設備数	供給支障に つながるもの	供給支障に つながらないもの	被害率	東北大震災 (津波被害除く)	阪神淡路 大震災		
支持物	2, 479, 872 (本)	倒壊 35本 (0.001%) 土砂崩れ等に 伴う流出 56本 (0.002%)	傾斜・沈下 ひび割れ 3,060本 (0.12%)	0. 13%	東北電力: 0.3% 東京電力: 0.2%	0.5%		
電線	2, 069, 402 (径間)	断線 322径間 (0.016%)	混線 542径間 (0. 026%)	0.04%	東北電力: 0.07% 東京電力: 0.002%	0.3%		
変圧器	1, 001, 284 (台)	ブッジンクで破損 316台 (0.032%)	傾斜 1, 119台 (0. 11%)	0.14%	東北電力: 0.3% 東京電力: 0.02%	0.3%		

※被害率は、九州電力の全保有設備数に対する比率である。平成28年7月29日

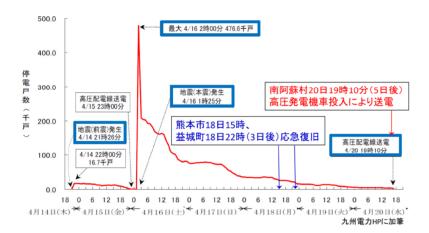
年7月29日 経済産業省産業構造審議会 保安分科会電力安全小委員会 第9回電気設備自然災害等対策WG 資料による



九州電力HPより

21

熊本地震後の電力復旧 停電戸数の推移



23

北海道胆振東部地震におけるブラックアウト

- ◆平成30年9月6日03:08頃、北海道胆振東部を震源と するM6.7の地震が発生。
- ◆地震発生直前、北海道電力管内では、苫東厚真発電所、奈井江発電所、伊達発電所、知内発電所が 稼働し、道内約300万kwの電力を供給。
- ◆道内全需要の約半分の電力を苫東厚真発電所 (165万kw)に依存。
- ◆震源近くに位置した苫東厚真発電所が緊急停止。
- ◆道内で電力需給バランスが大きく崩れ道内全域で 停電(ブラックアウト)。

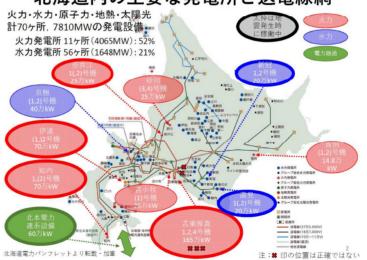
南阿蘇村:送電ルート遮断のため高圧発電機車投入 全電力会社保有の4割超を投入!!!

	日付		4/17	4/17	4/19 4/20		4/20	19:10
	発電機車		応援要請			援	稼働	要員
	北海道電力 東北電力 東京電力パワーグリッド		4台	4台	4台	4台	4台	18名
			5台	5台	5台	5台	5台	41名
			3台	5台	5台	5台	5台	27名
応	中部電力	-	2台	20台	20台	37台	35台	226名
援	北陸電力	_	3台	3台	3台	8台	3台	42名
	関西電力	_	7台	14台	14台	14台	14台	74名
	中国電力	5台	20台	20台	20台	20台	20台	135名
	四国電力沖縄電力		12台	12台	12台	15台	14台	54名
			ı	2台	2台	2台	2台	12名
	他電力応援計		56台	85台	85台	110台	102台	629名
九	州電力・発電機車稼働台数	_	_	-	43台	41台	46台	_

Cf.台風15号東京電力除き174台 九州電力HPより

24

北海道内の主要な発電所と送電線網



2019年9月6日土木学会2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書講習会資料

25

27

地震時の発電状況



電力広域運営推進機関:平成30年度北海道胆振東部に伴う大規模停電に関する検証委員会 最終報告, 2018年12月19日 より引用・加筆

2019年9月6日土木学会2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書講習会資料

平成30年10月23日 電力広域的運営推進機関

第3回平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会



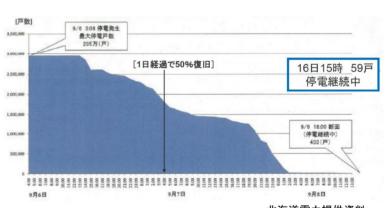
送電線地絡事故発生

- ▶ 4回線(狩勝幹線1,2号線,新得追分線,日高幹線)で地絡事故 →ジャンパー線と架線金物の接近(地震動の揺れに伴う)が原因
- ▶ 約1分後に自動で再閉路に成功 「N-4事故」
- ▶ 主系統から道東エリアを切り離し →ブラックアウトの要因



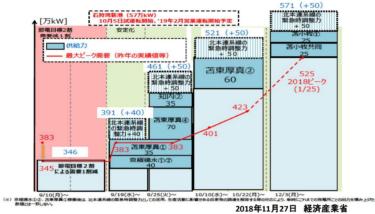
2019年9月6日土木学会2018年北海道胆振東部地震被害調査報告書講習会資料

停電戸数の推移



北海道電力提供資料

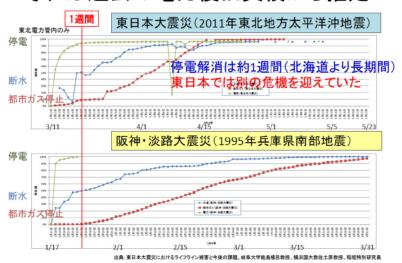
発災後の北海道エリアの需給バランス 電源が不足する?



2018年11月27日 経済産業省 電カレジリエンスワーキンググループ 中間取りまとめ 29

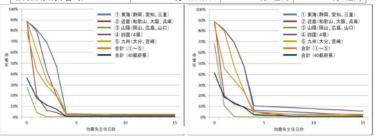
31

それは過去の電力復旧実績から推定



中央防災会議 電力の復旧 南海トラフ巨大地震の被害想定について(第二次報告) 平成25年3月18日

1 122 - 37 1 10 11								
	復旧対象	復旧予測日数(95%復旧)						
	電灯軒数(軒)	基本ケース	陸側ケース					
①東海(静岡、愛知、三重)	約 7,400,000	約1週間	約1週間					
②近畿(和歌山、大阪、兵庫)	約 9,300,000	数日間	約1週間					
③山陽(岡山、広島、山口)	約 4,300,000	数日間	数日間					
④四国(4県)	約 2,100,000	約1週間	約2週間					
⑤九州(大分、宮崎)	約 1,200,000	約1週間	約1週間					



左:停電率(地震動:基本ケース、津波ケース①、冬深夜、平均風速) 右:停電率(地震動:陸側ケース、津波ケース①、冬夕方、風速8m/s)

32 東京電力東北電力その他 東日本大震災 赤字 全基停止·被災 一部停止·被災 火力発電所の停止 黒字 停止・被災なし 1地点では済まない 秋田 同時多発 日本海側. 太平洋側 東新潟 鹿島共同 品川 姉崎 南横浜 君津共同

東日本大震災 地震発生前後の供給力



20,000

10,000

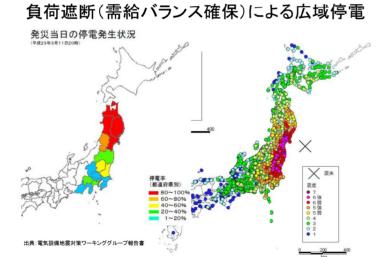
震災前 震災後 震災前 震災後 震災前 震災後 震災前 震災後 震災 の供給力減に至った主な発電所 【東京電力管内】 【東北電力管内】 「東北電力管内】 「東子力(福島第一、福島第二、 ・原子力(女川)・東海第二) ・火力(八戸、仙台、新仙台、原町、・火力(鹿島、広野、常陸那珂など) 常磐、相馬など)

約14,300MW

経済産業省産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書の概要 電気事業連合会

35

33



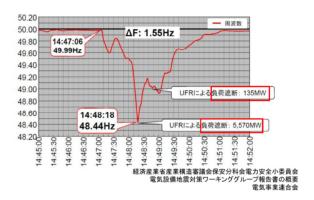
東日本大震災

東日本大震災地震発生後の負荷遮断 ⇒ブラックアウトは回避しても停電は発生する

■ 系統の周波数が電源の脱落により48.44Hzまで低下

■ UFR (under frequency load shedding relay)動作によりブラックアウトは回避

■ UFR及び電源回復により、約5分で周波数が回復



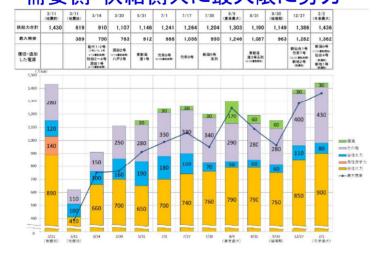
36

震災後の東北地方の雷力復旧地域



39

2011夏の東北電力:電力不足の危機 需要側・供給側共に最大限に努力



東日本大震災と南海トラフ巨大地震の停電規模比較 南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)



2010/2011電力需要 節電等によりピークで20%程度抑制



東北電力管内・2011年/2010年の日最大使用量(万kw)の比較(曜日合わせ)

電力会社間における広域的復旧応援時の調整体制 南海トラフ巨大地震では多くの電力会社が被災側

被災地域 他地域 他地域 被災会社 幹事会社 幹事会社 各 社 九州 北海道、東北 (九州) 北陸 関西、中部 中国 沖縄 被災地域 【熊本地震の例】 各 社

【南海トラフ地震】

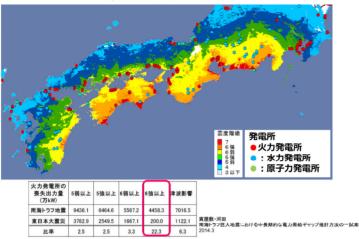
地域	電力各社	幹事会社
	北海道電力	1
東地域	東北電力	2
	東京電力(被災)	•
	中部電力(被災大)	2
中地域	北陸電力	•
	関西電力(被災大)	1
	中国電力(被災)	2
TT 1st tak	四国電力(被災大)	1
	九州電力(被災)	•
	沖縄電力	3

注) 丸数字は、幹事会社(●) が被災した場合の代行幹事会社順位

40

南海トラフ地震では多地点の電源が被災 火力発電所の立地と震度分布

火力発電所の立地と震度分布 最大クラス(レベル2)



経済産業省 台風15号19号の課題を踏まえた 電カレジリエンスワーキンググループの 論点整理 2015.8.28公志

2015.8.28公表 中部電力被災後の電力需給

- ○<u>送電設備および変電設備</u>については、一部の浸水エリア、あらかじめ予想 困難な碍子等の損傷による一部の支障箇所を除き、電力供給は確保できます。
- ○配電設備については、被災設備数が多数にのぼると想定され、家屋倒壊や火災による間接的被害が主となることから、事後対策を基本とし、被災エリアに対して、およそ2週間以内に一部の浸水エリアを除き<u>応急</u>復旧を完了させ、電力供給を確保します。
- 〇しかしながら、伊勢湾周辺の<u>火力発電所もある程度の被災は避けられず</u>、 被災した発電設備の復旧には1ヶ月程度を要することを想定しておく必要が あります。<u>この間(1ヶ月程度)は、他社からの応援融通を考慮しても</u> 管内の需給に一定のギャップが生じることから、
 - ▶ 軽負荷期(春・秋季)には東日本大震災時と同程度の節電(10~20%)
 - ▶ 夏・冬季ピーク時にはピーク時間帯を中心とする需要抑制

のご協力をお願いせざるを得ない可能性があると考えております。

※ 経済産業省「電気設備自然災害等対策WG」報告(平成27年7月)では、60Hzエリアに対して、1ヶ月程度で需給ギャップが解消するとしているが、仮に平常時のポイラ損傷と同程度の復旧を実現でき、さらに50Hzエリアからの融通や節電要請等を加味すれば、2週間程度で需給ギャップを解消できる可能性があるとしています。

電力レジリエンスワーキンググループ中間論点整理

台風15号及び台風19号の対応を踏まえ、国民生活を支える安定的な電力供給、停電の早期復旧を実現する観点から、以下の論点を中心に引き続き検討を行い、政府全体の検証に報告を行うこととする。

オペレーション改善等

- (1) 迅速な情報収集・発信を通じた初動の迅速化、国民生活の見通しの明確化 でき状況把握の遅っ 復旧見通し数度訂正
- 要員を逐次投入せず、初動から現場確認等のための最大限の体制を構築(他部門や関連会社舎め動員)
- 巡視効率化のためのカメラ付きドローン、ヘリ等の活用拡大、情報の一元管理のためのシステムの導入
- 停電復旧情報のビッグデータ化と衛星画像やAI等を用いた迅速な被害・復旧予測
- (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や復旧手法・設備仕様の統一化などを通じた復旧作業の迅速化 (電力会社間の災害時連携の強化、災害が発生した際に、他電力等からの支援を円滑に受け入れる体制(受援体制)の構築)
- 設備の完全復旧よりも**早期の停電解消を最優先する「仮復旧」方式**の徹底
- 電力供給を担う全ての事業者が協調し復旧活動等に従事するための仕組みづくり
- 電力会社による個別情報の自治体等への提供
- 電力会社と自治体・自衛隊との連携を通じた倒木処理・伐採の迅速化
- 災害復旧費用の相互扶助

インフラ投資等

- (3) 電力ネットワークの強靱化によるレジリエンス強化
- 鉄塔・電柱の技術基準見直しを含めた検討
- レジリエンス強化のための無電柱化推進 (関係省庁との連携)
- 災害に強い**分散型グリッド**の推進
- 老朽化・需給動向等を見据えた次世代型ネットワーク転換のための送配電網の強靱化・スマート化(計画的な更新 投資)とコスト効率化の両立(それを支える電気(託送)料金制度改革)

44

電力会社間

社会的重要施設への自家発導入促進含む

自衛隊 との連携

自治体

38

47



活用した情報収集 等

電力レジリエンスワーキンググループ 中間取りまとめ概要

2018年11月27日 1年前

経済産業省

電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめの主なポイント③

北海道における対策:大規模停電(ブラックアウト)を踏まえた再発防止策 ○緊急時のUFRによる負荷遮断量を追加 (需要規模 〇北本連系線について、新北本連系線整備後の更なる 309万kW時の場合、+約35万kW) 増強、及び既設北本連系線の自励式への転換の是非 〇京極揚水発電所発電機2台の稼働状態を前提とした について、速やかに検討に着手(新北本連系線整備後 苫東厚真火力発電所発電機3台の運転 の更なる増強については、シミュレーション等により増強 〇石狩湾新港LNG1号機活用の前倒し の効果を確認した上で、ルートや増強の規模含め、来春 〇北本連系線の増強 (+30万kW) の着実な完工·運 までを目涂に具体化) 等 開(来年3月) 等 緊急対策(取りまとめ後に即座に実行に着手) 情 OTwitterやラジオ等、多様なチャネルを活用した国民目 〇自発的な他の電力会社の応援派遣による初動迅速化 線の情報発信 〇資機材輸送や情報連絡等、関係機関、自治体と連携 ○現場情報をリアルタイムに収集するシステムの開発等に した復旧作業の円滑化 等 よる被害情報・復旧見通しの収集・提供の迅速化 等 〇電源への投資回収スキーム等供給力等の対応力を確保する仕組みの検討 (調整力の必要量の見直し、稀頻度リスク等 への対応強化 (容量市場の早期開設や取引される供給力の範囲拡大含む) 等) ○ブラックアウトのリスクについての定期的な確認プロセスの構築 Oレジリエンスと再生可能エネルギー拡大の両立に資する地域間連系線等の増強・活用拡大策等の検討 〇その際、レジリエンス強化と再生可能エネルギー大量導入を両立させる費用負担方式やネットワーク投資の確保の在り方 (託送制度改革会計) について検討 ○災害に強い再エネの導入促進(太陽光・風力の周波数変動に伴う解列の整定値等の見直し(グリッドコードの策定等) ネットワークのIoT化、地域の再エネ利活用モデルの構築、住宅用太陽光の自立運転機能の利活用促進) 〇需要サイドにおけるレジリエンス対策の検討 (Ex.ディマンド・リスポンスの促進、スマートメーターの活用等) 〇合理的な国民負担を踏まえた政策判断のメルクマールの検討(停電コストの技術的な精査) 〇火力発電設備の耐震性の確保について、国の技術基準への明確な規定化 等 〇送配電設備等の仕様共通化 〇電力会社が提供可能な情報と災害復旧時に必要とな 〇復旧作業の妨げとなる倒木等の撤去を迅速に行えるよう る情報を整理し、道路や通信等重要インフラ情報と共に な仕組み等の構築 有効活用できるシステム設計の検討 〇災害対応に係る合理的費用を回収するスキームの検討 ○ドローン、被害状況を予測するシステム等の最新技術を 〇需給ひつ迫フェーズにおける卸電力取引市場の取引停止

に係る扱いの検討 等

電力レジリエンスワーキンググループ中間取りまとめの主なポイント①

1. 平成30年に発生した災害による大規模停電発生時の政府の対応

(1) 北海道胆振東部地震による大規模停電発生後の政府の対応

○基本方針 : 地震前から定められていたルールに基づき、その時点で得られた客観的データを元に定量的な分析を行った上で対応

○情報発信: ①確認された事実・見通し等は、**都度、公表**②国民が知るべき情報・見通しは、期限を設けて目途を示すよう指示

○具体的対応: ①需要1割削減のための2割の節電要請とその必要性の発信 ②道内の一定規模の自家発保有者に対して、個別に 稼働依頼 ③計画停電も視野に入れた対応の準備 ④大口需要家に対して、個別に需要抑制の要請、といった取組を

実施し、電力需給が安定化するまでの電力需給のギャップを解消することに注力

(2) 大規模な台風等に対する政府の対応

○発災前の事前準備に始まり、発災後は、適切な情報発信のバックアップ、停電からの早期復旧を実現するための電力業界の広域連携 や自治体等の関係者との円滑な連携の側面支援を実施

2. 北海道大規模停電に係る検証・評価

(1) 電力広域機関の検証委員会の中間報告

○ブラックアウトの発生原因:

- ●苫東厚真火力発電所 1、2、4 号機の停止 (N-3) に加え、3ルート4 回線の送電線事故 (N-4) に伴う複数の水力発電所 の停止といった複合要因。
- ●北海道電力の設備形成については、現在の設備形成上のルールに照らし、不適切な点は確認されず、また、当日の運用についても、必ずし も不適切であったとは言えない。
- ○復旧フェーズの検証結果:
- ●プラックアウト後の復旧作業は、ほぼ手順書どおりに行われており、対応スピードを含め、概ね妥当。
- (2) 北海道電力の設備形成(主要な発電・送電の投資決定・建設)の経緯
- 北電の設備形成に係る投資決定・建設プロセスについては、東日本大震災によって泊原発が停止した後、石狩湾新港LNG火力発電所の 建設や、国の有識者会議の提言を踏まえて北本連系線の増強等に取り組んでいた経緯・状況を踏まえれば、不適切な点は確認されない。
- (3) 道東の3ルート送電線の地絡事故、苫東厚真火力発電所の設備故障
- ○道東の3ルート送電線の地絡事故:電気事業法で規定されている地絡対策が適切に作動しており、法令上の問題はないと考えられる。
- ○苫東厚真火力発電所の設備故障:火力発電所の耐震設計規程 (JEAC3605) 等に準拠した設計となっていることから、今回の地震は
- 一般的な地震動(震度5程度)を超えていることも踏まえ、確保すべき耐震性を有していたと考えられる。

48

中部電力における岐阜県自治体との連携

過去の雪害倒木による電柱折損被害を踏まえ、岐阜県および 市町村との協働で、倒木被害が予測される樹木に対して事前に 元切伐採するライフライン保全対策事業をH27年度から3か年計 画で実施 ⇒ 台風21号・24号による倒木起因の停電なし



事業在度 伐採路線数 距離 伐採本数 2015~2017年度宝绩 38路線 33.9km 約2万本

中部電力㈱資料

東日本大震災における 震度6強地域の非常用発電装置不作動

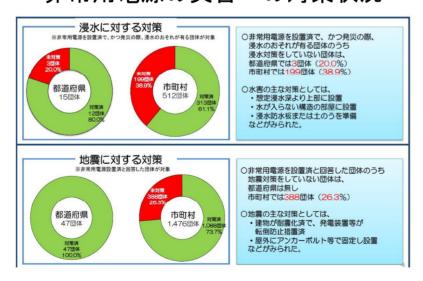
施設種別	T-16-56	停止				A = 1	50.00 /s #4	+ (4/)	
	不始動	異常停止	燃料切れ	津波	不明	停止合計	合計	設置台数	率(%)
官公庁	1	4	4		1	9	10	-	-
学校		1	2			3	3	71	4.2
公会堂·集会場	3	6	4		1	11	14	208	6.7
福祉施設	2	4	13	1		18	20	445	4.
ペンプ場・浄水場ほか公共施設	2	18	5	6	1	30	32	-	-
病院	4	9	10		2	21	25	397	6.3
駅・港・空港		1	1	4		6	6	24	25.0
交通機関		1	6			7	7	- 1	-
発電所・変電所				5		5	5	- 1	-
放送-通信施設		5	2	2		9	9	- 1	-
銀行・金融機関	1		11			11	12	-	-
工場	2	2	6	2		10	12	318	3.8
民間ビル		2	20	1		23	23	83	27.
集合住宅		1	2			3	3	60	5.0
百貨店·店舗·商店街	1	3	16	1	2	22	23	800	2.9
ホテル・旅館	1	3	9	2		14	15	324	4.6
遊興施設			9			9	9	158	5.7
寺院			1			1	1	11	9.1
その他			4			4	4	-	-
合計	17	60	125	24	7	216	233	4811	4.8
率(%)	7.3	25.8	53.6	10.3	3.0	92.7	100.0	-	-

不作動の原因は津波ではなく燃料切れかメンテ不足

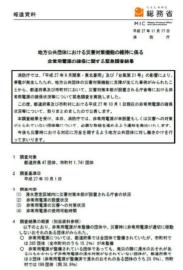
社団法人日本内燃力発電設備協会

「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

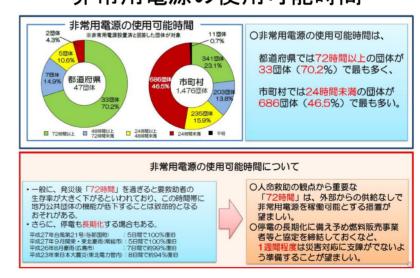
非常用電源の災害への対策状況



消防庁非常用電源緊急調査



非常用電源の使用可能時間



50

52



最近の災害における電力被害の教訓から 電力供給の検証・対策は進みつつあるが 不十分な点もある 一方で、長期の停電を前提とした 社会の対応力の現状についても 今後検証し課題を克服する必要がある

「セイコーマート195%が営業できた理由は 9/17(月) 毎日新聞

- 北海道胆振地方を震源とする最大震度7の地震で道全域が停電し多くの商業施設が休業した6日、道内に1,100店舗(8月末現在) あるコンビニエンスストア「セイコーマート」(札幌市)は95%以上の 店舗が営業を続け、被災直後の道民の生活を支えた。
- セコマの説明では、地震後に営業を停止したのは約50店。未明の 地震で街灯や信号機が消え真っ暗になる中、営業していた店のレ ジには市民が長蛇の列を作り、パンや電池、飲料などを買い求めていた。
- コンビニチェーン店は停電でレジが使えず、休業したところが多 かった。一方でセコマによると、同社は停電の際は車を使って最 低限の電源を確保することがマニュアル化されている。更に、近く に車が置けない場合やガソリンがない場合を想定し、電気や通
- 停電などに備えたマニュアルは、道内の暴風雪被害や東日本大 震災、2016年の台風被害などのたびに見直しを重ねてきた。
- また、特徴である店舗内で調理した弁当などの商品を提供する 「ホットシェフ」で、おにぎりなどを提供している店舗もあった。多く の店舗にガス釜があり、停電中も炊飯が可能だったという。

あると思っていた電力がない・・・ どんな準備をすべきか

さまざまな議論・連携の元に防災水準の社会合意を _{供給力(kW)} 潜在需要の復旧 需給ギャップ 非常用電 供給力の 供給力の復旧迅速化 復旧 会社と自治体・公的インフラ 港湾・工業用水など 复旧要員・ 電力会社:電力 発災直後 1週間後 1カ月後 1.5カ月後 3カ月後 6カ月後

本資料は、以下のシンポジウム申込者に対して配付しています。

豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター主催 防災シンポジウム 巨大地震と台風の複合災害に備える – 伊勢湾台風から 60 年 -2019 年 12 月 10 日 (火) $13:00 \sim 17:00$ @穂の国とよはし芸術劇場主ホール

資料作成:豊橋技術科学大学 安全安心地域共創リサーチセンター

作成日:2019年12月6日(金)

住 所:〒441-8580

豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1環境防災実験棟 201(事務室)

連絡先:0532-81-5157