



# 電力システム強靱化に関する 国際的見解

---

マシュー・ウィッテンスタイン

日本、東京 2018年12月19日



# 停電の国際比較: 米国における送電レベルでの停電

送電レベルでの停電一覧: 停電規模200MW以上のみ、米国、2017年 (平均値試算には全ての停電を含む)

事業者	停電原因類型	停電規模 (MW)	影響を受けた需要家 (人)	停電時間 (時間)
PSC New Mexico	送電線事故	396	149 223	3.9
PG&E	厳気象	254	169 250	131.4
Southern Company	厳気象	857	257 000	13.3
Southern Company	厳気象	290	86 330	9.0
Duke Energy Carolinas	厳気象	240	74 698	1.0
Southern Company	厳気象	200	60 377	17.0
LA DWP	送電線事故	645	176 867	13.1
Duke Energy Florida	厳気象	4 500	1 000 000	70.4
SC Electric and Gas	厳気象	687	154 832	13.1
Duke Energy Carolinas	厳気象	365	265 729	40.0
Duke Energy Carolinas	厳気象	440	151 144	24.5
Southern Company	厳気象	865	301 872	58.8
<b>平均 (200MW以下の停電も含む)</b>		<b>487</b>	<b>153 375</b>	<b>40.8</b>

備考: 上記表には停電規模が200MW以下の停電、影響を受けた需要家の数が0または不明の停電は含まない。ただし、平均値算定時には表に含まれない停電も含む。出所: EIA Electric Power Monthly

北海道胆振東部地震後の停電復旧に要した時間(45時間)は、  
米国での平均的な停電復旧時間の範囲内にある

# 停電の国際比較: OECD諸国におけるSAIDIとSAIFI

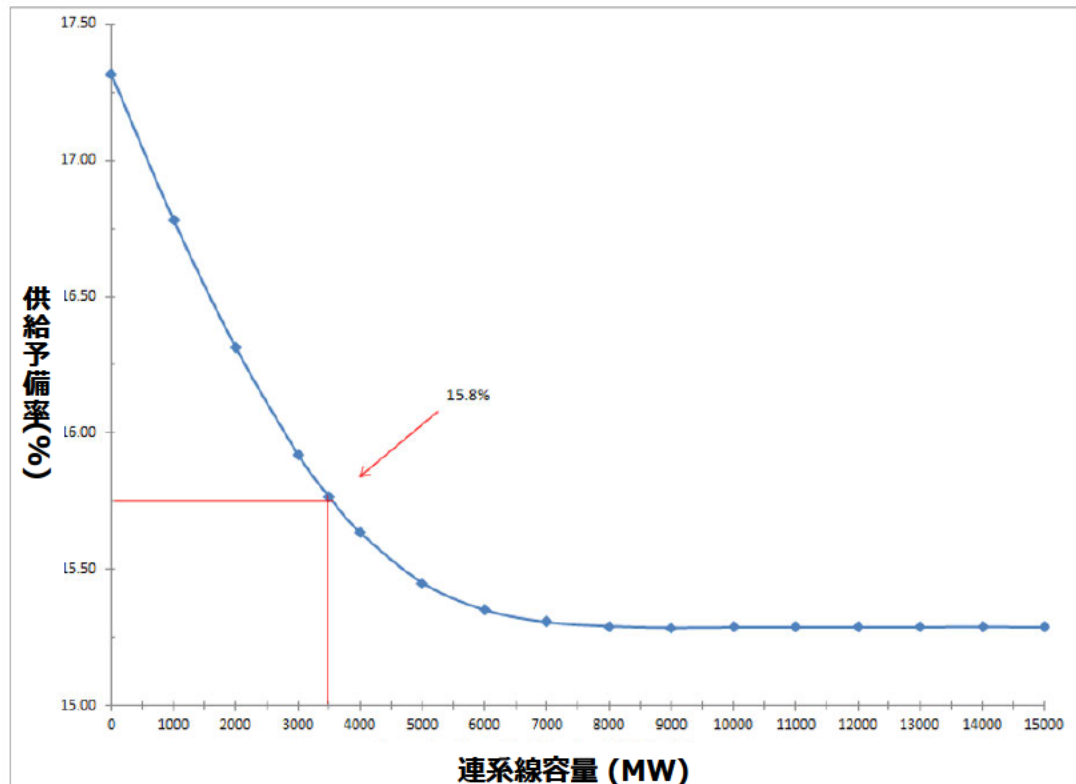
国	年間停電の継続時間と頻度に関する指標 (0~3)	平均停電継続時間指標 (SAIDI)	平均停電回数指標(SAIFI)
オーストラリア	1	4.2	8.2
オーストリア	2	1.2	0.6
ベルギー	3	0.7	0.6
カナダ	2	0.9	1.3
フランス	3	0.2	0.1
ドイツ	3	0.2	0.2
<b>日本 (大阪)</b>	<b>3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
<b>日本 (東京)</b>	<b>3</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>
韓国 (南)	3	0.1	0.0
ノルウェー	3	0.7	0.9
OECD 平均	2.7	1.3	0.9

スコアが高いほど停電の数と継続時間が短いことを示す

1年あたりの時間数を示し、スコアが低いほど良い

1年あたりの停電回数を示し、スコアが低いほど良い

- 地域間連系線容量の拡大も供給信頼度の向上に資する
- 例えば、PJMが独立系統であった場合、17.3%の供給予備率が必要であるのに対し、地域間連系線が存在する場合は15.8%の供給予備率で十分となる



2017年に報告された事故の数 ヨーロッパ大陸

事故原因	事故の数
供給予備力の不足	13
電圧標準違反	48
発電所事故	84
送電ネットワーク	556
N-1以上の事象	66
その他	19
<b>合計</b>	<b>797</b>

出所: ENTSO-E, [https://docstore.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Incident\\_Classification\\_Scale/180925\\_ICCS\\_report\\_2017.pdf](https://docstore.entsoe.eu/Documents/SOC%20documents/Incident_Classification_Scale/180925_ICCS_report_2017.pdf)

ほとんどの事故事例が、(負荷遮断を行っていない場合でも)送電レベルで発生している。容量メカニズムは必要供給予備率を確保することを目的としており、送電網への安全投資も引き続き重要

- 風力及び太陽光発電は、パワーエレクトロニクス技術を用いて系統に接続している
  - 利点: 系統に急激な負荷がかかった際の発電所挙動をソフトウェアの設定で制御することが可能であり、従来の同期発電機よりも柔軟な対応が可能
  - 課題: 発電所の挙動を指定するグリッドコードは最先端、未来志向、執行可能かつ調和のとれた基準でなければならない
- IEAは、再エネ導入段階に応じた必要なグリッドコードの基準を分析している
  - 基準は必要最低限の性能として定義されている
  - 未来志向とは、現在設定されるグリッドコードが再エネ導入が進展した後に必要とされるグリッドコードと一貫していることを意味する
- 日本のグリッドコードを体系的にレビューしてはどうか
  - 特に自然変動再エネの系統安定化への貢献を最大化するという観点が重要
- 適切なグリッドコードを設定する上でステークホルダーの巻き込みは非常に重要である
  - 例: TSO、発電事業者(再エネ事業者)、専門家、政府機関

- 日本は再エネ導入において第2フェーズに移行中
  - 九州エリアではすでに第3フェーズに達している

## 再エネ導入段階に応じたグリッドコード要件

	全段階	第1フェーズ	第2フェーズ	第3フェーズ	第4フェーズ
典型的な技術的要件	<ul style="list-style-type: none"> <li>・保護システム</li> <li>・電力品質</li> <li>・周波数および電圧の動作範囲</li> <li>・大型発電機の可視性と制御</li> <li>・大型発電機用通信システム</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数上昇時の出力低減</li> <li>・電圧制御</li> <li>・大型ユニットのFRT能力</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小規模(分散)ユニットのFRT能力</li> <li>・小規模(分散)電源含む通信システム</li> <li>・自然変動再エネの発電量予測ツール</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数/有効電力制御</li> <li>・予備力供給のための低出力運転モード</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一般的な周波数および電圧制御方式の統合</li> <li>・疑似慣性</li> <li>・周波数および電圧の自立制御</li> </ul>

- ベストプラクティスの例: ENTSO-E/ACERによるヨーロッパネットワークコードの設定
  - 欧州全域で統一的な拘束力のある基準。ただし、個々のTSOに一定の柔軟性を許容している
  - 過去のグリッドコードにおけるいくつかの問題(例: LVRT、50.2ヘルツ問題)からの反省で設定

## ● 信頼度基準

- 米国では、1965年に大規模停電が発生したことを受けて信頼度基準が初めて設定された
  - ただし、基準への対応は任意であった
- その後、2003年の大規模停電を受けて信頼度基準は義務化された
- 電力系統はN-1事象あるいは「単一の事故」に耐えるように作られる
  - ただし、「単一の事故」とは、単一の事象または物理的・電氣的に繋がった複数の事象のことを指し、同時に二つ以上の事象が発生した場合もN-1事象と捉えられることがある

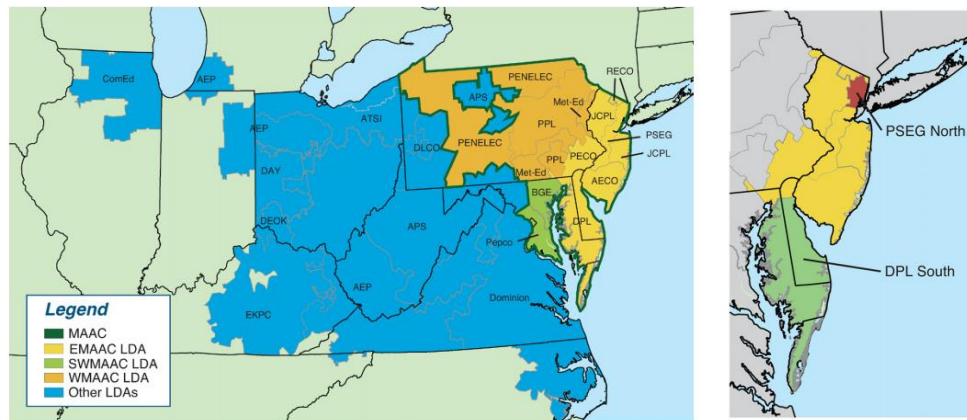
## ● 容量メカニズム

- 容量メカニズムは様々な形での制度設計が可能だが、目的は共通している
  - 需要ピーク・需給ひっ迫に対応するために必要となる供給力を十分に確保する
- 制度設計のオプション：市場大メカニズム v.s. 特定電源ターゲット
  - 市場大メカニズム：長期的に必要な供給力を確保するのに適している
  - 特定電源ターゲット(例：戦略的予備力)：短期間および一時的に信頼度基準を満たすのに適している



- 容量メカニズムは、最低限の必要供給予備率が常に満たされることを保証することを主眼に置いている
- 信頼度基準の設定は容量メカニズムの重要な要素であり、各国電力システム固有の事情を反映するべきである。要素としては例えば以下のようなものが考えられる
  - 発電所の数、規模、電源種
  - 系統の地理的特徴 (例: 方眼v.s.放射状、系統制約)
- 自然変動再エネのシェアが高いシステムでは、確率論的(v.s.確定論的)な信頼度基準の設定がより適切である
- 供給力(kW)と発電量(kWh)を区別する必要がある
  - 例: 流れ込み式水力発電 v.s. 貯水池式水力発電
- 自然変動再エネは供給力として貢献できるが、その供給力は実態に即して正しく計算される必要がある
- 容量メカニズムによって、全ての障害に対応することができるわけではない
  - あらゆる状況においても安定的な運用を保証するための万能薬ではない

- 信頼度基準が日本の系統特性を反映した適切なものであることを確認してはどうか
  - 短期的に供給力不足が想定される場合は、一時的な戦略的予備力の確保が適切な場合もある
  - しかし、容量市場が本格導入された後は、容量市場に統合されるべきである
- 投資が必要な場所と時期を市場にシグナルするためにエリア別の価格決定を可能とすることが重要



- 分散型電源および需要家側の取組を取り込むべき(再エネ、バッテリー、エネルギー効率の向上、DRなど)



[www.iea.org](http://www.iea.org)

