

コラム

研究ノート： 大規模停電からの復旧における火力と再エネの役割について
キャノングローバル戦略研究所 研究主幹 杉山大志

要旨

火力発電については、温暖化対策のためにそれを縮小すべきという意見がある。他方で火力発電は、電力供給を強靱化するため、エネルギー安全保障上の価値がある。前回、筆者は「石炭火力の縮小が電力供給の強靱化に逆行する危険を書いた。

https://cigs.canon/article/20200728_5240.html

その中で、平成 30 年の北海道地震でのブラックアウトからの復旧では、太陽・風力等の間欠的電源ではなく、出力を能動的に制御できる水力・火力発電等が主な役割を果たした、と述べた。本稿はこれを裏付けるテクニカルな事項についてのメモである。

目次

1	ブラックスタートの手順.....	1
2	北海道地震におけるブラックスタート.....	4

1 ブラックスタートの手順

ブラックスタートとは、外部の送電ネットワークに依存することなく、電力網を停電状態から稼働状態に戻すプロセスである。

この時には、出力が変動する再エネを切り離して、水力や火力で立ち上げないといけない。

具体的には、ブラックスタート時には、例えばまず水力発電から立ち上げ、需給バランスを取りながら需要と供給を大きくして、火力発電をつないでゆく。なお水力以外には、小規模なガスタービン等もありうる。

なおこの際、大型火力は供給力が大きいためブラックスタートの最初ではないが、後述するように供給力を積み上げる過程で威力を発揮する。他方で、自然変動型再エネは「出力」が変動するので、すぐには系統に接続できず、他の発電設備が全て接続された後に接続されるのが基本となる。

以下に詳しくみてゆこう。

まずブラックスタートの一般的な手順について、政府資料では以下のようにまとめている。（第5回電力レジリエンス等に関する小委員会資料4 スライド7～9「更なる供給力等の対応力確保策の検討～ブラックスタート電源～（2019年3月27日OCCTO）」

https://www.occto.or.jp/iinkai/kouikikeitouseibi/resilience/2018/files/resilience_05_04_01.pdf)

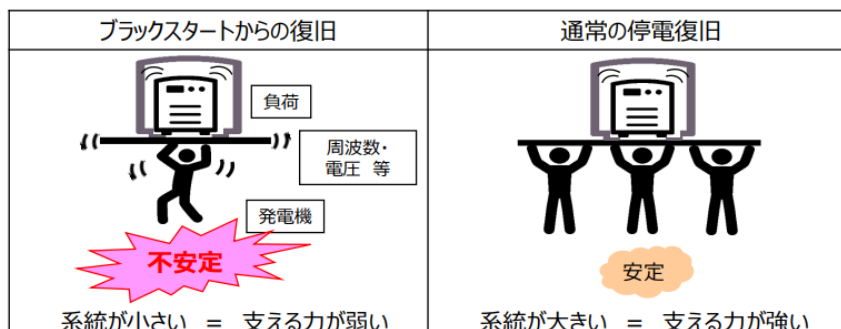
(参考) ブラックスタートからの復旧について …… 通常の停電復旧との違い

第2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 資料1-1

7

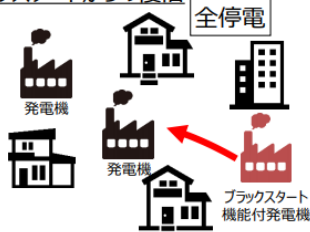
■ ブラックスタートからの復旧について

- ブラックスタートとは、ブラックアウトの状態から、外部電源より発電された電気を受電することなく、停電解消のための発電を行うことを言う。
- 系統全体に電力を供給するためには、大型の火力発電機が必要となる。その火力発電機を起動するためには、その発電所の所内機器（給水ポンプやファンなど）を運転する必要があり、これらを運転するためには、ある程度大きな電力の供給が必要（スライド5参照）。
- ただし、それら所内機器の負荷は大きいため、これら機器を運転した際に、電力系統が安定でないと、周波数や電圧が大きく変動し、ブラックアウトに戻ってしまう可能性がある。
- 通常（電力系統にある程度の電力がある場合）は、その大きな電力は電力系統から安定的に供給されることになる。しかしながら、ブラックアウトの状態では、電力系統に電力がないことから、一から安定な電力を作る必要がある。



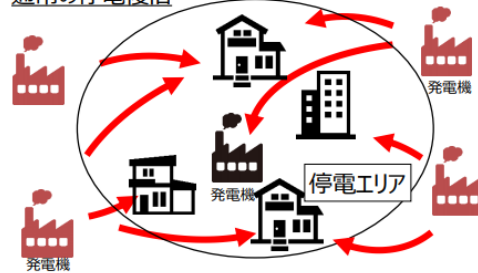
- そこで、ブラックスタートからの復旧には、まず、火力発電所の所内機器に電力を供給できる程度の発電機を、さらに小さい電源で起動することとなる。これら発電機を複数台用意してから初めて、火力発電所の所内機器への電力供給が可能となる。
- なお、火力発電所に電力を供給するために、まず送電線に電力を送電するが、電気が流れていない状態から送電線に電力を送電した際には、電圧が高くなり、機器を損壊させるおそれがある。このため、電圧を常に監視・調整しながら、復旧を進めることとなる。ただし、ブラックスタートからの復旧は、通常とは異なり、電圧を調整する機器が少なく、電圧変動も大きくなりやすいことから、注意が必要。
- 火力発電所が起動し系統に並列した後は、一般発電所からの電力供給となるが、一度に多くの電力を供給すると、需要と供給のバランスが崩れて周波数が変動し、ブラックアウトに戻ってしまう可能性がある。よって、一般負荷への電力供給も、中央での監視・指示のもとで少しずつ行うこととなる。この際、電圧の監視・調整も必要。

ブラックスタートからの復旧



- ・ブラックスタート機能が付いた一部の発電機から、少しずつ周囲の発電機を起動させる。
- ・系統が極めて小さく、少しの動揺で系統が大きく変動し不安定。

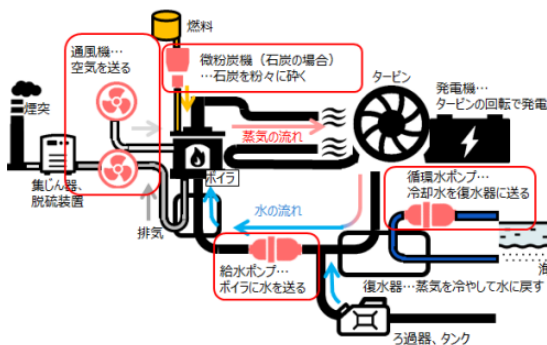
通常の停電復旧



- ・外部からの電気で発電機が起動できる。
- ・外部から系統を支えてもらい安定的に復旧。

■ 補機（発電機起動のための所内機器）に必要な電力：

発電機の起動には、所内機器（通風機、ポンプ、微粉炭機等）へ電力供給が必要であり、特に、その始動時には定格時より大きな電源が必要となる。



補機の始動電流負荷/定格負荷[kVA](一例)

発電所	砂川		奈井江	知内		伊達	
	3号	4号	1,2号	1号	1号	2号	2号
押込通風機	-	3800 / 470	3800 / 560	22300 / 3050	16500 / 2400	17400 / 2580	-
誘引通風機	4900 / 700	3800 / 610	4900 / 850	-	-	-	-
ガス再循環通風機	-	-	-	22900 / 2700	8700 / 1250	-	-
ガス混合通風機	-	-	-	-	3100 / 410	4400 / 650	-
電動ボイラー給水ポンプ	10900 / 1450	6100 / 2500	11100 / 1750	29600 / 3650	17300 / 2580	17200 / 2550	-
循環水ポンプ	-	3300 / 470	3200 / 540	17800 / 1900	11100 / 1530	1110 / 1550	-
取水ポンプ	8200 / 850	-	3000 / 360	-	-	-	-
微粉炭機	4000 / 450	4600 / 450	3300 / 470	-	-	-	-

■ 保安用所内電源：

保安用電力は、人命および施設を保護するために必要な最小限度の電力。保安用の所内電源の出力は、補機の運転に使用するには小さい。

発電所	砂川	奈井江	知内	伊達
非常用電源出力×台数	240kW×2台	280kW×1台	600kW×1台	520kW×1台 640kW×1台

以上3つのスライドで示された内容を簡潔にまとめると、ブラックスタートからの復旧の手順は以下の通りである。

- ① 非常用発電機 (=EG) を起動し、ブラックスタート電源のある発電所へ所内電源を供給（一般水力を介する場合あり）
- ② ブラックスタートの起点となる発電所の所内電力を確保
- ③ ブラックスタート電源を起動し、必要によりシステムを安定に保つ機能（例えば調相設備）も活用しながら、順次システムを拡大
- ④ 他発電所の所内電源を確保、発電機を並列
- ⑤ 負荷送電

2 北海道地震におけるブラックスタート

経産省の電力レジリエンスWGでは、北海道地震でのブラックスタートにおいて、以下のように、安定的な供給が可能な電源の役割をまとめている：

（「電力レジリエンスワーキンググループ-台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ」報告書本文 p48

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/20200110_report.html ）

「ブラックスタートの起点として新冠発電所という水力発電所が活用されたほか、道内各所の水力、バイオマス、地熱発電といった、発電量の変動が少なく安定的に発電が可能な再生可能エネルギーが、接続が可能になったものからすぐにシステムに接続し発電をすることで、発災直後から、安定的な供給力として貢献していた。

また、電力需給が逼迫するなか、2018 年度中に休廃止予定であったものも含め、老朽火力発電所も復旧段階で大きな役割を果たした。

このように、様々な特徴・役割を有する発電設備が存在することが安定供給にとって有用であることが確認された。

これを踏まえ、日本の電源設備の高経年化が進んでいく中で、再生可能エネルギーはもちろん、中長期的に適切な供給力・調整力の水準を維持していくためにも、電源全体の投資の安定的な確保の在り方について継続的な検討が必要である。」

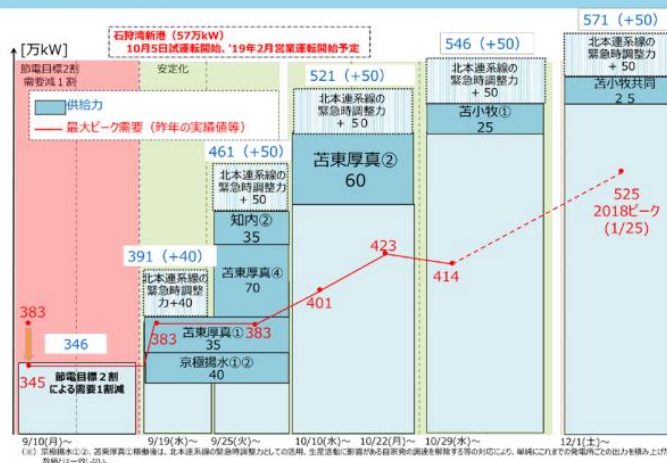
このように、出力が安定しない再生可能エネルギー（太陽光発電・風力発電）は復旧段階では活用されない。その具体的な接続復旧の経緯は以下のようになっていた。（総合資源エネルギー庁 再エネ大量導入・次世代電力ネットワーク小委（第9回、2018.10/15）資料1のスライド4～5

https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/009.html

平成30年北海道胆振東部地震を踏まえた電力需給対策

4

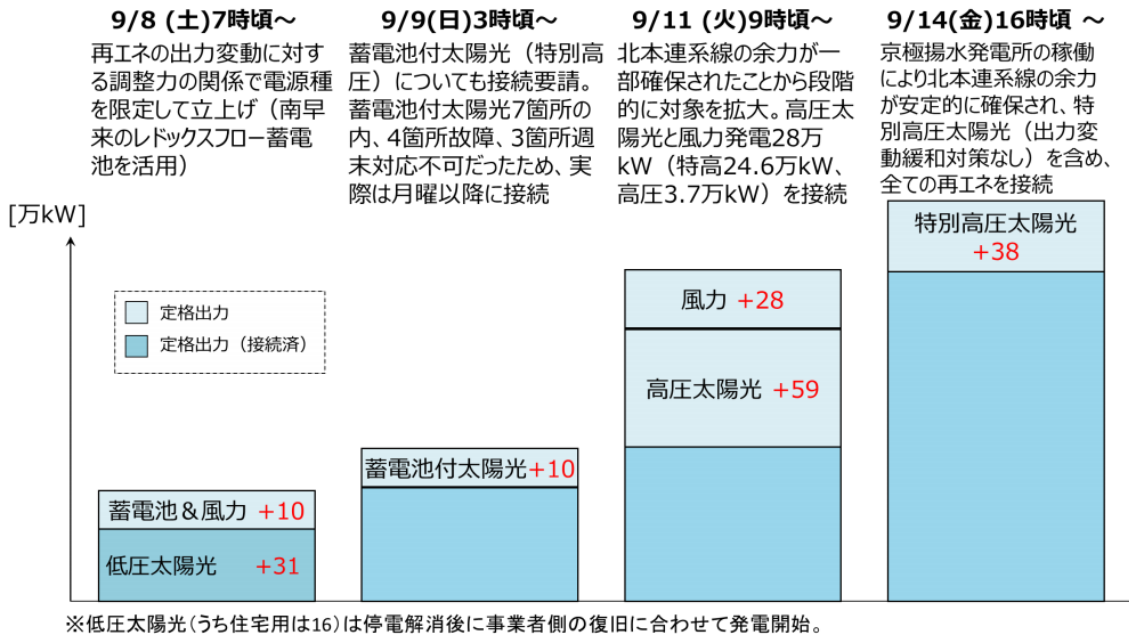
- 9月6日（木）の地震直後に北海道全域に及ぶ大規模停電が発生。9月8日（土）までに、道内ほぼ全域への送電を再開。
- その後、厳しい電力需給状況乗り越えるため、**北海道電力において、供給力の最大限の積上げ**を行うとともに、**政府においても、9月10日の週に、節電要請**（需要1割減のための「節電2割目標」の設定）等を実施。
- 9月14日（金）までに京極揚水発電所が稼働したことで、**需給状況が大幅に改善**。9月19日（水）には、被災した苫東厚真発電所1号機の復旧により、**電力需給は安定化**。例年のように無理のない範囲での節電の取組へ移行。



(参考) 再生可能エネルギー（太陽光発電・風力発電）の接続復帰経緯

5

- 再生可能エネルギーを安定的に運用するには出力変動に対応する調整力が不可欠なため、**調整力の確保状況と並行して**段階的に再生可能エネルギーを接続。



上記スライド5にあるように、「再生可能エネルギーを安定的に運用するには出力変動に対応する調整力が不可欠なため、調整力の確保状況と並行して段階的に再生可能エネルギーを接続」となっている。また接続は主に9/8(土)より順次拡大したことが読み取れる。ただし、低圧太陽光(うち住宅用16万kW)は停電解消後に事業者側の復旧に合わせて発電開始となっている。

経産省からの説明では、「再エネの復帰の状況でございますが、詳細は本日も説明を申し上げますが、ここにありますように、調整力の確保状況と並行して段階的に再エネを接続していったということで、1週間全く再エネが戻らなかったというような報道もございますけれどもそうではなくて、徐々に戻っていったというような状況にあるということでございます」との説明(議事録)となっている。

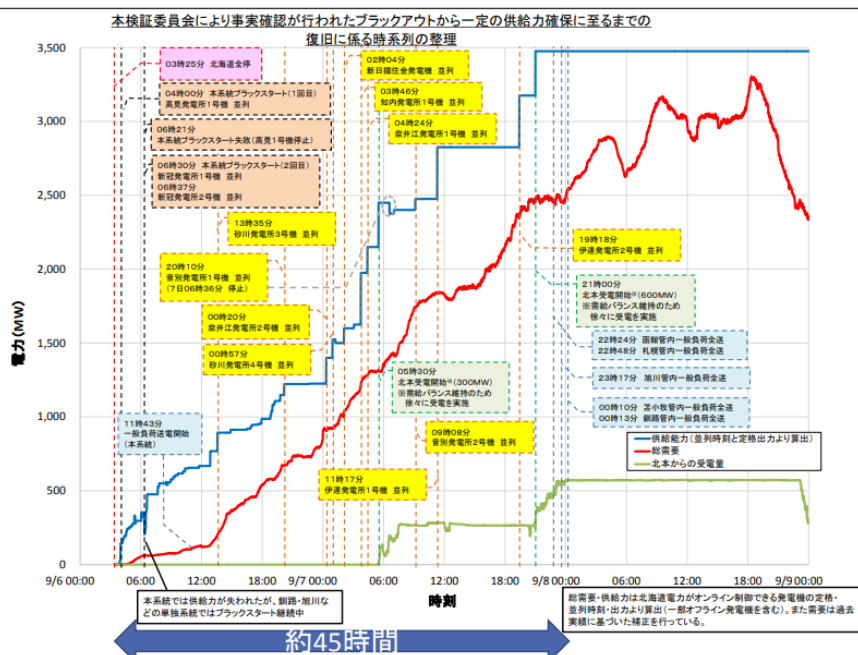
ただしこの太陽光・風力が順次拡大開始した日時(9/8 7時～)を以下の資料と比較すると、火力・水力等の供給力が350万kW程度とかなりの程度積みあがった後になっていることが確認できる。(OCCTO「平成30年北海道胆振東部…中間報告案」(2018.10/23) スライド10

https://www.occto.or.jp/iinkai/hokkaido_kensho/files/hokkaido_kensho_0

Ⅲ. ブラックアウトから一定の供給力確保に至る経緯

10

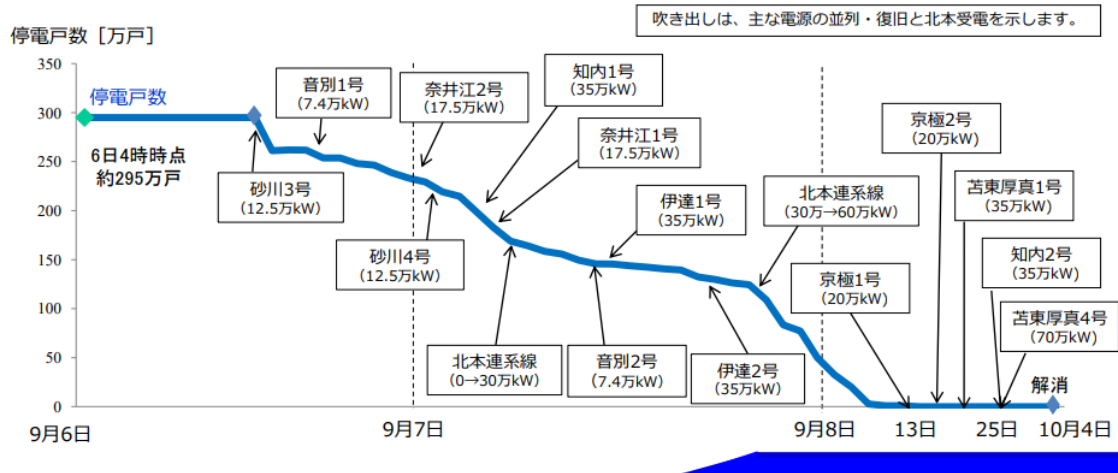
- ブラックアウト後から一般負荷送電（一定の供給力（約300万kW）確保に相当）に至るまでの復旧状況について「停電の早期解消」の観点から検証を行った。
- 手順書に定められた手順どおりに適切に復旧が進められたが、ブラックアウトから概ね全域に供給できるまで45時間程度を要している。



なおこの9/8朝までには、すでに停電軒数もピークの1/6程度に減少していた。(北海道電力HP「地震発生に伴う停電発生時および復旧時の対応」スライド7 https://www.hepco.co.jp/info/info2018/1231521_1762.html)

3.1 停電と復旧の状況

- 地震により、主力電源である苫東厚真発電所をはじめとした北海道内全ての発電所が緊急停止し、北海道全域の約295万戸のお客さまが停電（ブラックアウト）しました。
- 地震による被害のなかった火力発電所を順次再稼働させ、北本連系線からの供給や自家発電をお持ちのお客さまのご協力をいただいた他、道民の皆様には節電のご協力を得ながら、復旧を進めました。
- 停電戸数は9月8日18時に約4,000戸、9日20時に約400戸（厚真町・安平町）となり、震源地に近い同地域は、土砂崩れにより道路が寸断され、道路の啓開作業が完了した箇所から順次復旧作業を行なったことから、解消は10月4日となりました。



以上