

Global Energy Policy Research

GEPR (グローバルエネルギー・ポリシーリサーチ) は、日本と世界のエネルギー政策を深く公平に研究し、社会に提言するウェブ上の「仮想シンクタンク」です。この機関は、アゴラ研究所 (<http://agorajp.com/>、東京) が運営し、エネルギー問題についての研究と調査、インターネットでの情報提供、シンポジウムの開催、提言の作成、書籍の出版を行います。

北海道で再び大規模停電を起こさないために考えるべき論点について

宇佐美 典也 · Tuesday, October 16th, 2018

本稿の目的は、北海道で再び大規模な停電が起きないように、北海道胆振東部地震の経験から学ぶべき教訓を考えることにある。他方現在北海道の大停電については電力広域的運営推進機関 (以下「広域機関」) において検証委員会が開催され、大停電の発生原因の分析、停電後の供給力確保に至るプロセス、再発防止策、などが議論されているところである。従ってこれらの論点については、ここで中途半端な推測を披露するよりは、委員会での議論の結果が出るのを待つのが正しい態度であるように思える。そこで本稿ではより前に遡って、胆振東部地震以前に北海道エリアにおいては、どのような電源脱落対策がなされていたのか整理した上で、「今後の発電所の運用方針はどうあるべきか」ということについて簡単に考えてみたい。

本題に入ろう。今回の大地震のように、何らかの突発事象により大規模な電源脱落が起きた場合、大規模な停電を避けるためには、当然のことながら短時間で需給を再び一致させる必要がある。そのため、各送配電系統は電源脱落の影響をカバーしうる供給力の余剰資源を常時確保しておかなければならないことになる。こうした余剰資源は「予備力」「調整力」「マージン」といった形で指標化・具現化され、各エリアの送配電事業者はあらかじめ緊急時に備えてその確保に務めている。専門語が先行したが、それぞれの言葉の定義については、2015年度に開催された「調整力等に関する委員会」において概ね以下のように定められている。

- ・「調整力」とは、供給区域における周波数制御、需給バランス調整その他の系統安定化業務に必要となる発電設備、電力貯蔵装置、ディマンドレスポンス、その他の電力需給を制御するシステムその他これに準ずるものの能力をいう。
- ・「予備力」とは供給区域において、上げ調整力と下げ調整力以外の発電余力を足したものをいう。なお予備力は出力増加までにかかる時間に依りて、瞬動予備力 (10秒程度)、運転予備力 (10分程度)、待機予備力 (数時間) に分けられる。
- ・「マージン」とは、電力系統の異常時または需給ひっ迫時等の対応として、連携線を介して他の供給区域と電気を需給するため、または電力系統を安定に保つために、各連携線の運用容量の一部として広域機関が管理する容量をいう。

上記のように調整力、予備力、マージンは関連性の深い概念であるが、その関係性について理解を簡便にするため、大規模電源脱落時の役割という観点から一度整理してみよ

う。

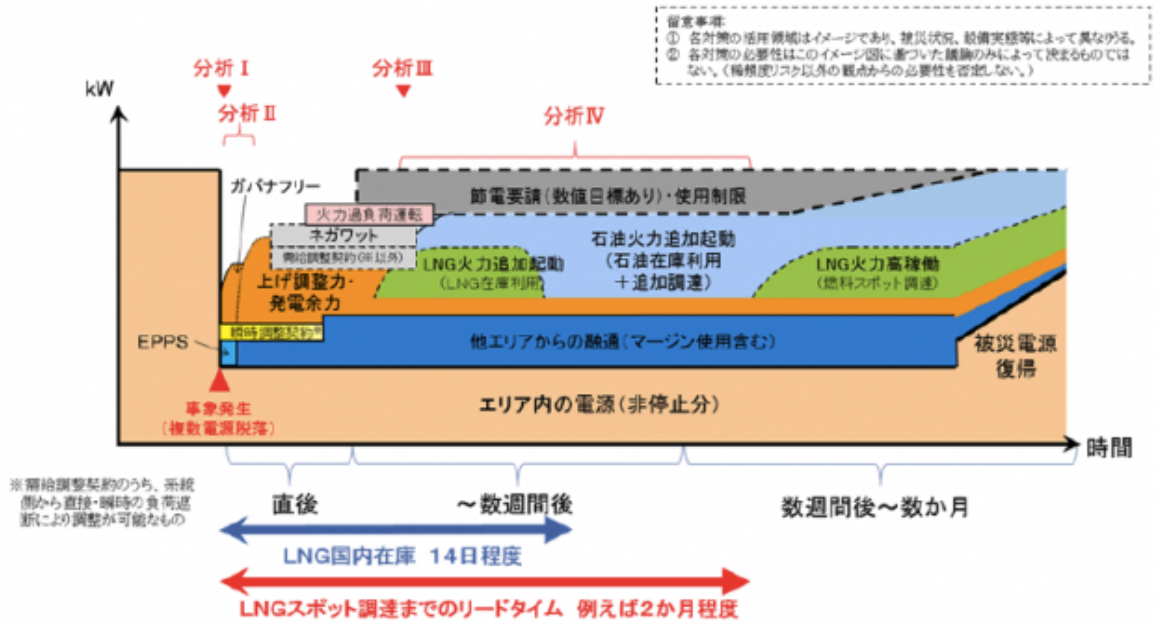


図 2-4-3-2 大規模かつ長期的な供給力喪失への対策のイメージ

電力広域的運営推進機関ホームページから

上図は広域機関がまとめた大規模かつ長期的な供給力喪失への対策のイメージを示したもののだが、大規模電源の脱落が起きた場合の望ましい対応を、上図を参考に整理すると以下ようになる。

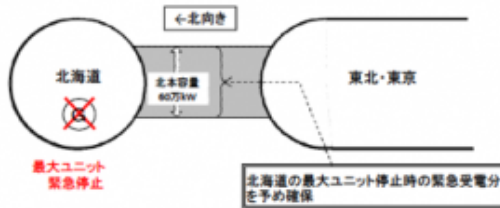
- 事故直後は一部の負荷を切り離して周波数を維持させ、
- 他方10秒程度で出力増加できる**瞬動予備力**を発動し、
- それでも電源脱落の影響がカバーできない場合は場合は連携線を介して広域機関の管理する**マージン**から必要相当の電力供給を受け周波数を安定させる。
- 連携線を通じて電力供給を受けている間に、**上げ調整力**を活用し、運転中の火力発電の出力増加を図り、また需給調整契約に基づいて負荷の追加的な遮断を図る。
- それでも出力が足りない場合は10分程度で出力増加できる水力発電などの**運転予備力**を起動させ供給力を回復し、遮断した負荷を回復させて停電から復旧する。その後随時、**待機予備力**となっている停止発電所を稼働させて、また電源の復旧を進め、徐々に連携線の運用を平時に戻す。

電源脱落があったとしても、この範囲で対応できれば、長時間、大規模な停電が発生しないで済む。今回の胆振東部地震の残念ながら、マージンおよび調整力の範囲で対応できなかったため、周波数維持に失敗しブラックアウトに至り、節電要請なども含めて綱渡りの総力戦に挑むことになった。当然ながら、このような状況はリスクに極めて脆弱であるし、また地元経済に大きな負の影響を及ぼすので望ましくはない。そこで今後に対する有意義な知見を得るためには、胆振東部大地震以前に北海道において、どの程度の電源脱落が想定され、またその対策が講じられていたのかということを確認することが重要になる。

(参考)北海道本州間連系設備(逆方向:北海道向き)の「周波数制御に対応したマージン」⁷について

■ 北海道エリアの電源の計画外停止時の緊急受電分を予め確保することを目的にしている。

➢ 「逆方向:北海道向き」の周波数制御に対応したマージンの条件



出典:広域的運営推進機関設立準備組合 第4回マージン及び予備力に関する勉強会(H26.12.12) 北海道電力殿説明資料より編集

【詳細条件】

・北海道エリアの最大電源ユニットが計画外停止した場合に、北海道エリアの周波数低下を1Hz以内に抑制するために東北・東京エリアから受電が必要な最大の電力の値

マージン=最大電源ユニット出力×系統定数× $\Delta f(1\text{Hz})$ ×最小需要

【計算例】(長期計画断面の2017年度の例)

$94.1\text{万kW} - 0.06 \times 1 \times 345.8\text{万kW} = 73.352\text{万kW} \Rightarrow 60\text{万kW}$ (設備容量が上限)

※必要量と設備容量の差分については、北海道エリア内の瞬動予備力の積み増しで対応している。

【考え方】

・発電設備の系統連系技術要件で連続運転可能周波数下限を48.5Hzとしていること、及び負荷遮断に至る周波数が48.5Hzであることと、シミュレーション誤差などを考慮し、1Hz以内としている。



(http://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/2015/chousei_07_haifu.html より。赤線追記)

上図は、広域機関が北海道本州間連携設備(北本連携線)のマージンの必要量を、予備力・調整力との関係からまとめたものである。簡単に解説すると、原則として北本連携線のマージンの設定量は、最大電源ユニットの停止を想定して、

<算定式F : (a)最大電源ユニット出力 系統定数×周波数変動分(1Hz)×(b)最小需要>

で算出することとしているが、式の結果が(c)マージンの上限(60万kW)を超える場合、

<(a-b)-c>

に相当する容量を、瞬動予備力で積みますことと対応することとしている。具体的に数値を当てはめると、

- ・ aについては北海道エリアの最大電源ユニットは泊原発3号機の91.2万kWだが、これに若干のバッファを上乗せして94.1万kWとしている
- ・ bについては系統定数(0.06)と周波数変動分(1)はそれぞれ定数で、最小需要については年度によって異なるが、2017年度の計画ベースでは345.8万kWとしている
- ・ これを算定式Fに入れると73.352万kWとなるが、これは北本連携線の(c)マージンの上限60万kWを上回っているため、マージンの設定量は60万kWとなる
- ・ 加えてマージンの不足分<(a-b)-c>の13.352万kW分は瞬動予備力でカバーする

ということになる。。。と、色々小難しく述べたが、結果だけ言えば、北海道電力は少なくとも94.1万kWの電源脱落までは調整力とマージンで対応できるように準備していた“はず”ということである。では現実はどうだったのかを見てみよう。

2. ガバナフリー量・AFC量の推移について<地震直前>

5

- 北海道電力は、日常的な確保量として
 - ・ GF量はエリア需要（送電端）の2%（主に火力で確保）
 - ・ AFC量はエリア需要（送電端）の2%（水力で確保）
 を確保することとしている。
- 地震直前のGF量・AFC量は下表のとおりであり、上述の日常的な確保量を満たしていた。

<主なGF量※1：火力>

<AFC量：水力>

	上限 (MW)	出力 (MW)	GF量 (MW)	備考		上限 (MW)	出力 (MW)	上げ余力 (MW)	備考
奈井江1号	175	61	-	指令値運転	下新冠	13	10	3	・左記以外の 運転中水力 は、電圧調 整や台風一 過後の溢水 防止などの ため、出力一 定で発電し ていた。
知内1号	350	96	35	GF+ 指令値運転	静内1号	23	20	3	
伊達2号	350	76	-	指令値運転	" 2号	23.7	20	4	
苫東厚真1号	350	338	10.5	GF+ 指令値運転	高見	98	25	73	
" 2号	600	556	44	GF+ 指令値運転	大雪	15	15	0	
" 4号	700	598	-	指令値運転	合計	172.7	90	83	
合計	2700	1725	89.5		エリア需要 比率	-	-	約2.7%	エリア需要 3087MW
エリア需要 比率	-	-	約2.9%	エリア需要 3087MW※2					

OCCTO

Copyright © 2018, National Institute of
Transmission Operator, IJMB

※1 AFC水力や一部の水力でもGF効果が期待できる

※2発電出力と比較するため、便宜上、発電端需要から算出

(https://www.occto.or.jp/inkai/hokkaido_kensho/hokkaido_kensho_2_shiryo.htmlより赤枠は追記)

上の表は地震直前の北海道の各電源の発電量をまとめたものである。まず気になるのが瞬動予備力に相当するGF量は8.95万kWしか確保されておらず、13.352万kWに至っていないことである。ただし、定格出力からの短時間の超過運転分をGF量と同様認めれば16.9万kWまでは瞬動予備力として確保が見込めるため、やや甘くなるが、この点についてはスレスレ及第点は与えられる体制は整えていたと言えよう。これに北本連携線のマージン分60万kWとエリア需要(308.7万kW)の周波数1Hz変動分18.5万kWを足せば、北海道電力は概ね95.4万kW程度の電源脱落に耐えられる体制は整えていたと評価できる。

しかしながら、現実には赤枠で囲った奈井江1号機、知内1号機、伊達2号機、苫東厚真1号機を除いて発電機は停止し、残った4つの発電機の運営も不安定な状況に陥った。結果として火力計119.4万kW、水力計9.0万kW、総計128.4万kWの電源が脱落し、想定範囲を大きく超えたため大規模停電が起きてしまい、その後も調整力不足のため、最終的には周波数を維持できず、全道ブラックアウトにつながってしまった。

以上端的にまとめると、

- ・ 北海道電力は事前の準備として最大95.4万kW程度の電源脱落までには対応できうる体制を整えていた
- ・ しかしながら現実には128.4万kWの電源脱落が生じたため、大規模な停電が起き、周波数の維持に失敗し、最終的には全道ブラックアウトした

ということになるが、ここから今後、今回のような大規模停電を避けるために学ぶべき教訓は、例えば以下のようなものになりうるだろう。

今後は、電源脱落の想定を、電源ユニット単位ではなく、発電所単位に改めるべきなのではないか？

また、 のような前提の下で、今後は発電所単位の電源脱落に耐えられるように、送配電事業者はより分散的な系統運用を行うべきなのではないか？

に関してだが、今回の地震で苫東厚真発電所は、ユニット単位（最大70万kW）ではなく、最終的には発電所レベル(165万kW)の電源脱落を起こした。地震という災害の特性を考えれば、これは当然想定される話なのだが、このようなケースは超希頻度リスクとしてこれまで想定されていなかった。現実には発電所レベルのダウンという事態が起きたのだから、今後は電源脱落の想定もユニット単位から発電所単位に変更すべきであろう。

続いて に関してだが、 のように電源脱落の想定を変えた場合、今回のような発電所の超集中運用は難しくなる。現状であれば北海道エリアが対応できる電源脱落はせいぜい110万kW規模までで、それ以上の電源脱落があれば、ブラックアウトとまでは行かずとも一部地域の長期停電は避けられなくなる可能性が高い。これは冬の北海道では命に関わる問題であろう。

したがって、例えば苫東厚真であれば $< 1 \text{号機}(35 \text{万kW}) + 4 \text{号機}(70 \text{万kW}) = 105 \text{万kW} >$ 、 $< 1 \text{号機}(35 \text{万kW}) + 2 \text{号機}(60 \text{万kW}) = 95 \text{万kW} >$ という発電所の組み合わせは認められるにしても、 $< 2 \text{号機}(60 \text{万kW}) + 4 \text{号機}(70 \text{万kW}) = 130 \text{万kW} >$ のような運用は認められるべきではないだろう。もちろん仮に泊原発が再稼働することがあったにしても、この議論は適用されるべきである。ただし原発に関しては、揚水発電所の夜間の運転予備力増強に貢献するため、その分は考慮に入れてもいいのかもしれない。いずれにしる同原発の基毎の出力（1,2号機（57.9万kW）、3号機（91.2万kW））を考えると、1,2号機の同時運転までは許されても、3号機に関しては単独運転を条件にすべきであろう。2019年3月の北本連携線の30万kW分の増強以降は、苫東厚真2号機と4号機の併用や、泊原発3号機と1,2号機いずれかの併用も視野に入れてもいいのかもしれない。

以上やや雑な議論になったかもしれないが、今回の震災は「電源の分散」の重要性を我々に痛感させた。これを機に、政府として、この観点で何らかの系統の運用指針の見直しを図るべきであろうし、また、住民の命を守るためにも各地方自治体は電力会社と系統運用について協議をしていく体制のあり方を考えるべきなのではないかと思う。

This entry was posted on Tuesday, October 16th, 2018 at 7:00 pm and is filed under [エネルギー産業の分析](#), [原子力に対する評価](#), [論文](#)

You can follow any responses to this entry through the [Comments \(RSS\)](#) feed. Both comments and pings are currently closed.