

研究指導 石光 真 教授

日本の系統安定化対策はどうあるべきか

金 誉大

1 はじめに

東日本大震災以降、国内にある全ての原子力発電所が運転を停止している。そこで、原子力発電に替わる新たな発電方法として再生可能エネルギーによる発電が期待されている。さらに、政府は風力発電・太陽光発電の大量導入を掲げている¹。しかし、風力発電・太陽光発電が大量に導入されると電力システムの安定性が保たれなくなる。

そこで本研究では、系統安定化対策として地域間連系線の強化とスマートグリッドについて取り上げる。そして、日本の系統安定化対策のあり方について提言することを目的とする。

2 電力系統

2.1 電力系統とは

電力系統とは、発電所、送電線、変電所、配電線、需要家といった電力の生産から消費までを行う設備全体のことである。

2.2 電力系統の安定運用

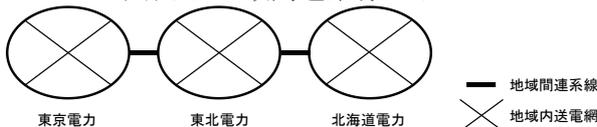
電力系統の安定運用は、電力品質を保つために必要不可欠である。電力の財としての特徴として、貯蔵の困難性が挙げられる。そのため、消費と発電の同時性(同時同量の原則)・周波数の維持が求められる。しかし、天候などにより出力が大きく変動する風力発電・太陽光発電が大量に導入されると、電力系統の安定性が保たれなくなる。

3 地域間連系線

3.1 地域間連系線の概要

地域間連系線とは、各電力会社の送電網を結ぶ設備のことであり(図表 1)。地域間連系線を活用することで、個々の出力変動が大きくても、広範囲の多くのシステムの出力を合計すると、短い周期の変動が打ち消し合い平準化され、穏やかな変動となる。これを平準化効果という。

図表 1 地域間連系線のイメージ

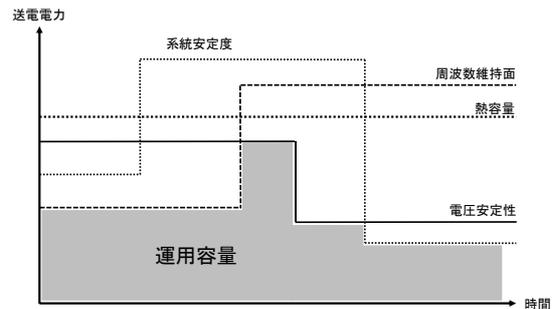


出典 瀧口(2014)図表 2 をもとに金作成

3.2 運用容量決定原則

地域間連系線の運用容量は、熱容量、系統安定度、電圧安定性、周波数維持面から定まる系統運用上の各限度値のうち、最小の値として決定される(図表 2)。

図表 2 運用容量決定原則のイメージ



出典 「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書 参考資料集」図 22 をもとに金作成

3.3 現状

地域間連系線の現状として、容量不足が指摘されている。北海道電力、東北電力管轄エリア内では、風力発電の適地であるにもかかわらず、系統安定性を維持するために風力発電の導入量に制限を設けざるを得ない。

そこで経済産業省は、「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書」の中で、風力発電を北海道に約 270 万 kW、東北に約 320 万 kW 導入拡大するための地域間連系線等の増強モデルを公開している(図表 3)。

図表 3 地域間連系線等の増強モデル

場所	現状	最低限の必要性
地域間連系線	北本連系 東北東京間連系 500kV (相馬双葉幹線)	180万kW(5,000億円) 500kV (第2連系線(700億円))
地域内接続線	北海道 東北 九州・中国 の各地	北海道全域(2,000億円) 東北基幹系統(3,300億円) 青森・岩手・秋田(700億円)
		1兆3,030億円 ~1兆5,250億円

出典 「地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書 参考資料集」p.90、瀧口(2014)図表 1 をもとに金作成

図表 3 のように、地域間連系線の強化は、莫大な費用を要することや工期が長い²ことから、遅れが生じている。地域間連系線は、各電力会社の管轄エリア外に設置されていることから、強化に係る費用負担をどうするかといった課題もあり、送電投資が思うように進んでいないのが現状である。

¹ 風力発電約 3,490 万 kW(2030 年)、太陽光発電約 6,330 万 kW(2030 年)としている。2010 年比では、それぞれ約 14.5 倍、約 17.5 倍となっている。

² およそ 15 年程度

4 スマートグリッド

4.1 スマートグリッドの概要

スマートグリッドには明確な定義は存在しないが、一般的には情報通信技術の活用により、電力の流れを供給側、需要側の両方から制御し、高効率・高品質・高信頼度の送電網の実現を目指すものとされる。従来供給方式とは異なり、需要側まで制御できることから、系統安定化対策につながるものとされる。スマートグリッドの導入により期待される効果・サービスは次のようにまとめられる。

①エネルギーマネジメントシステム

エネルギーマネジメントシステムとは、情報通信技術を用いて家庭やビル、工場などのエネルギー使用を管理しながら最適化するコンピュータシステムである。管理対象により、CEMS・BEMS・HEMS³に分類される。

②見える化

見える化とは、HEMS等で家庭で消費している電力量を計測し、その結果をグラフなどの分かりやすい形式で表示するシステムである。節電意識が働くことから、HEMS等が多く世帯に普及することで、地域内の効率的なエネルギーの利用が促進するとされる。

③デマンドレスポンス

デマンドレスポンスとは、電力供給の逼迫時に、電力会社側で発電量を増やさず、代わりに需要家側に受電電力削減協力を要請してネガワット⁴を創出することで電力需給のバランスを維持する仕組みである。同時同量の原則から、既存の需要を削減することは発電と同様の価値があるとされる。

4.2 スマートメーター

スマートメーターとは、情報通信の双方向性や、制御能力などを持った電力計のことであり、スマートグリッドの効果を引き出す上で欠かせないものとなっている。経済産業省のスマートメーター制度検討会でも、その機能を系統安定化のための需要家側の機器制御としている⁵。

4.3 現状

日本の送電網はもともと高い信頼性があったことから、海外に比べてスマートグリッドの導入が進んでいない。経済産業省では「エネルギー基本計画」の中で「2020年代の可能な限り早い時期に、原則すべての需要家にスマートメーターの導入を目指す」ことを

示している。また、環境省では「2020年までに普及率80%を目指す」としている。しかし、全電力会社10社のうち、一般家庭向けのスマートメーターに関しては関西電力と九州電力のみが試験導入を実施しているに過ぎず、全社導入を行っていない状況にある。本格的なスマートメーターの開発が進まず、スマートメーターの仕様を決定している電力会社だけを見ても、各社の仕様は統一されていない。

以上のように、スマートメーター普及に対して早期普及を求める政府と電力会社との間に温度差があるのが現状である⁶。

5 ヒアリング調査

5.1 スマートシティ会津若松

スマートシティ会津若松とは、情報通信技術や環境技術などを活用し、健康や福祉、教育、防災、さらにはエネルギー、交通、環境といった市民生活を取り巻く様々な分野での結びつきを深めながら、効率化・高度化していくことである。そして将来に向けて、持続力と回復力のある力強い地域社会、市民が安心して快適に生活できるまちづくりを目指した取組である⁷。

系統安定化対策に関わるものとして、政府の協力のもと「スマートグリッド通信インターフェース導入事業」、「スマートコミュニティ導入促進事業」の2つの事業が実施されている。本研究では、会津若松スマートシティ推進協議会⁸にヒアリング調査を行った。

5.2 調査結果

スマートグリッド通信インターフェース導入事業では、HEMS導入世帯において、前述の期待される効果・サービスのうち、見える化による電力消費削減が実施されている。さらに、電力消費情報をもとに、設定した目標値との比較など、最適な節電・省エネアドバイスを提供している。これにより、稼働日比で約27%の電力消費削減が行われた。しかし、現在のHEMS導入世帯規模では、系統安定化につながらないのが現状である。見える化については、節電意識改革の段階であり、政府としても当面は小売全面自由化に向けて各家庭の電力消費情報を集めるのを目的としている段階にあるのが現状である。

また、HEMSではスマートメーターの代替として電力消費測定器を使用している。この導入コストはスマートグリッド通信インターフェース導入事業では約20万円/台⁹、大規模HEMS情報基盤整備事業¹⁰では

³ それぞれ Community Energy Management System・Building Energy Management System・Home Energy Management System

⁴ 既存の需要を削減することで創出した電力削減量

⁵ その他、業務効率化のための遠隔検針・開閉・監視・電力使用量の計算、需要家による省エネ・省CO₂のためのデータ活用が挙げられる。

⁶ 馬奈木俊介『エネルギー経済学』p.191より

⁷ 会津若松市ホームページより

⁸ 大学、複数の企業により構成された協議会。スマートシティ化を、会津若松市が目指す新たな地方モデル都市づくりの一環と位置付け、産官学が一体となって新たな街づくり全体のプロジェクトを推進する。

⁹ ただし、電力消費測定器の価格の他に設置工事費も含まれる。本

約7万円/台となっている。一方、コスト等検証委員会ではスマートメーター導入コストを約1.4万円/台としていることから、価格に大きな差があることがわかる。また、電力消費測定器は需要家側の機器制御機能を有していないことから、機能にも差があると言える。このように、現在でもスマートメーターの標準化が遅れていることが確認できた。

スマートコミュニティ導入促進事業では、電気自動車を利用した蓄電池の導入が実施されている。蓄電池は、風力発電・太陽光発電の不安定な出力を吸収することで、系統安定化につながるとされる。しかし、本事業では系統安定化を目的としたものではない。また、デマンドレスポンスも現段階では導入されておらず、今後実施するとしている。さらに、省庁の違いで機器やシステムの名称が異なるなど、統一化が進んでいないのが現状である。

5.3 まとめ

見える化により電力消費削減が行われているが、規模が足りず系統安定化対策となっていない。さらに、標準化といった技術的課題に加え、事業や政府も当面は系統安定化対策を目的としていないのが現状である。したがって、短期的にスマートグリッドを系統安定化対策として用いるのは現実的ではなく、当面は地域間連系線を強化していくべきである。

6 地域間連系線の送電投資

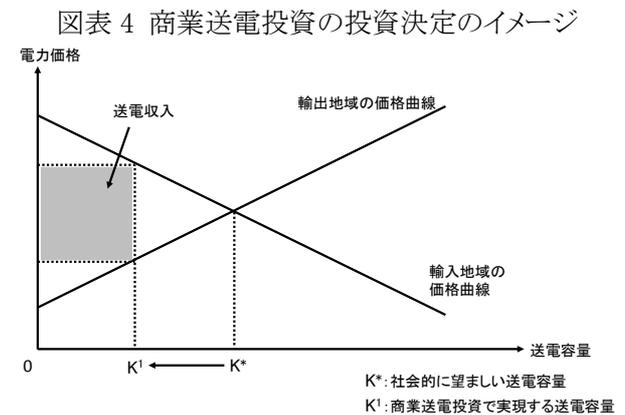
6.1 欧州の地域間連系線投資

欧州でも日本と同様、地域間連系線の容量不足が指摘されている。欧州では電力会社だけでなく、その他の民間企業による送電投資が進んでいる。EU委員会が電力指令により、広域運用の制度を整備し、ENTSO-e¹¹が事業計画を策定・公表している¹²。そして、事業実施環境がEUや各国規制機関により整備されたうえで、民間企業が規制送電投資・商業送電投資という2つの事業形態で送電投資を実施している。

6.2 規制送電投資と商業送電投資

規制送電投資は従来の方策であり、社会的に望ましい送電容量の地域間連系線を建設するのに適している。しかし、設備容量と送電料金を規制することから、①生産効率を向上させる誘因が不十分である、②規制を実行する上でさまざまな費用が必要となる¹³、等の問題から送電投資が思うように進まない。

そこで新たな事業形態として、商業送電投資が目されている。従来の規制がなくなり、設備容量と送電料金を自由に設定できることから、多くの民間企業の参入が期待できるとされている。しかし、商業送電投資は投資主体の送電収入の観点から投資が決定される。そのため、地域間連系線の送電容量が社会的に望ましい水準よりも低くなってしまいう可能性がある(図表4)。



出典 松川(2008)図2をもとに金作成

図表4から、社会的に望ましい地域間連系線の送電容量の水準はK*である。しかし、送電容量がK*に達すると、送電収入がゼロになってしまう。したがって、商業送電投資では、送電容量がK*を下回る水準K'のようになってしまう。

以上より、欧州では地域間連系線の送電投資が進んでいない。

6.3 日本の地域間連系線投資

日本の地域間連系線投資も欧州のように、今後も進まないと考えられる。地域間連系線は各電力会社の管轄エリア外に設置されているため、総括原価方式¹⁴が有効に機能しない可能性がある。それに関わらず、これまでと同様、電力会社主導で送電投資を進めようとしているからだ。

7 日本における費用負担のあり方

7.1 既存の主張

瀧口(2014)では、2015年4月に運用を開始する広域系統運用機関¹⁵が地域間連系線投資に責任を持ち、民間企業はその受託者として費用を負担し、地域間連系線を強化すべきだとしている。しかし、広域系統運用機関は欧州のENTSO-eに類似した

事業では無償で提供された。

¹⁰ 経済産業省の事業。全国14,000世帯を対象に、HEMS機器の提供を行う。東北では会津若松市が唯一モニターとして採択を受けた。

¹¹ EUの送電網協調機関

¹² 瀧口(2014)p.93より

¹³ 松川(2008)p.94より

¹⁴ 効率的に事業が行われた場合に要する総費用に適正な利潤を加えた総括原価が総収入と見合うように料金を設定する方法

¹⁵ 強い情報収集権限・調整権限に基づいて、広域的な系統計画の策定や需給調整を行う認可法人。送電網の再整備など、全国レベルでのエネルギー資源の有効活用と送電網一体運用を実現することを目的とする。

機関であり、そのもとでの民間企業による送電投資は、欧州同様進まない可能性が高い。

また、経済産業省では、これまでと同様に各電力会社の地域独占のもと、総括原価方式によって、投資回収を制度的に保証するとしている。各電力会社の至上命題は、管轄エリア内の安定供給である。しかし、今後必要な送電投資は各電力会社の管轄エリア外となる。したがって、各電力会社による地域間連系線投資は望めない。さらに、たとえ各電会社主導で地域間連系線投資が実施されるとしても、総括原価方式が有効に機能しない可能性がある。

7.2 本研究の主張

これまで各電力会社による地域間連系線投資が進まなかったこと、欧州のような民間企業による地域間連系線投資に課題があることを考えると、政府が費用を負担するのが望ましい。

地域間連系線は各電力会社の管轄エリア外に設置されていることから準公共財だとみなされる。したがって、政府が費用を負担するのが妥当である。また、風力発電・太陽光発電の大量導入を掲げる政府と、管轄エリア内の安定供給を至上命題とする各電力会社との間に利害の不一致が生じている。一部の電力会社は地域間連系線の強化ではなく、固定価格買取制度¹⁶による再生可能エネルギーの買取を制限することで管轄エリア内の安定供給を実現しようとしている。このように、各電力会社は安定供給を達成するためには、再生可能エネルギーの接続拒否を辞さない姿勢をとっているのが現状である。

以上より、地域間連系線の強化には、政府の費用負担が必須である。

8 おわりに

本研究では系統安定化対策として地域間連系線の強化とスマートグリッドを取り上げた。スマートグリッドは、ヒアリング調査で明らかとなったように、短期的には系統安定化対策にはつながらない。しかし、長期的には海外のように系統安定化対策としてスマートグリッドを導入する必要がある。したがって、技術的課題の克服に取り組みながら、今後も導入に向けた実証実験等の事業を継続していくべきである。

当面は地域間連系線の強化による系統安定化を進めることになるが、電力会社及びその他の民間企業主導では思うように送電投資が進まない。したがって、強化に係る費用は政府が負担したうえで、地域間連系線を強化していくべきである。

本研究の新規性は、ヒアリング調査を通してスマー

トグリッドによる系統安定化対策の最新の現状を明らかにし、地域間連系線の強化に係る費用負担を政府が担う必要性を示した点にある。

主要参考文献

- 愛須英之/大槻知史/前川智則/松澤茂雄/飯野穰/萩原一徳「横浜スマートシティプロジェクトにおけるビル群協調型デマンドレスポンス実証実験」『デジタルプラクティス』5(3)2014.7.15
- 麻生良文『マイクロ経済学入門』(ミネルヴァ書房 2012)
- エネルギー・環境会議『エネルギー・環境に関する選択肢』2012
- 大久保仁『電力システム工学』(オーム社 1998)
- 経済産業省『エネルギー基本計画』2010
- 経済産業省『スマートメーター制度検討会報告書』2011
- 経済産業省『地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書』2012
- 経済産業省『地域間連系線等の強化に関するマスタープラン中間報告書参考資料集』2012
- コスト等検証委員会『コスト等検証委員会報告書』2011
- 瀧口信一郎「広域機関の設立を機に新たな民間送電投資を」『JRI レビュー』5(15)2014.4.8
- 竹内純子『誤解だらけの電力問題』(ウェッジ 2014)
- 電気事業講座編集委員会『電力系統』(エネルギーフォーラム 2007)
- 奈良宏一『電力自由化と系統技術』(電気学会 2008)
- 南部鶴彦『電力自由化の制度設計』(東京大学出版会 2003)
- 松川勇「地域間連系線の商業送電投資」『武蔵大学総合研究所紀要』(18)2008
- 馬奈木俊介『エネルギー経済学』(中央経済社 2014)
- 本橋恵一『スマートグリッドがわかる』(日本経済新聞出版社 2011)
- 山家公雄『迷走するスマートグリッド』(エネルギーフォーラム 2010)

主要参考 URL

- 会津若松市「スマートシティ会津若松」の実現に向けた取組について
<http://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2013101500018/>
- 会津若松スマートシティ推進協議会
<http://www.aizusmartcity.jp/index.html>
- HEMS 先行導入モニター募集サイト 大規模 HEMS 情報基盤整備事業について
<http://gh-aizu.co.jp/hems/about.html>
- 日経テクノロジー
<http://techon.nikkeibp.co.jp/>

¹⁶ 再生可能エネルギー事業者が太陽光、風力、地熱、中小水力、バイオマスで発電した電気を電力会社が一定の価格で買い取ることを義務付ける制度