

広域系統長期方針 (案)

2017 年 月

電力広域的運営推進機関

目次

はじめに.....	1
1. 広域連系系統の特徴・変遷.....	3
2. 広域連系系統に係る将来動向の見通し.....	4
2-1. 電力需要の見通し.....	4
2-2. 電源の見通し.....	5
2-3. 流通設備効率の低下.....	6
2-4. 流通設備の経年状況の見通し.....	7
3. 広域連系系統のあるべき姿.....	10
3-1. 適切な信頼度の確保.....	10
3-2. 電力系統利用の円滑化・低廉化.....	11
3-3. 電力流通設備の健全性確保.....	12
4. あるべき姿の実現に向けた取組の方向性.....	12
4-1. 適切な信頼度の確保への取組.....	12
4-2. 電力系統利用の円滑化・低廉化に向けた取組.....	13
4-3. 電力流通設備の健全性確保への取組.....	25
4-4. その他関連する課題.....	27
4-5. 取組事項の必要性の確認.....	30
5. まとめ.....	46
おわりに.....	47

はじめに

2011年3月11日の東日本大震災で多くの大規模電源が被災した後、全国の原子力発電所が停止する事態となり、全国的に電気の供給力が減少した結果、国民生活に大きな影響を与えることとなった。その際、東西の周波数変換装置（FC）を始め各一般送配電事業者の管轄する供給区域（以下「エリア」という。）間を結ぶ連系線の運用容量の制約等、広域的な供給力の活用の限界が明らかになるとともに、そのような環境下においても十分な供給信頼度を維持し続けるため、足元から長期にわたる電源の確保状況及び流通設備の整備状況を不断に確認、評価していくことの重要性が再認識された。

2015年7月には、国の「長期エネルギー需給見通し」が公表され、電力の需給構造については、安全性、安定供給、経済効率性及び環境適合（S+3E）に関する政策目標を同時達成する中で、徹底した省エネルギー（節電）の推進、再生可能エネルギーの最大限の導入、火力発電の効率化等を進めつつ、原発依存度を可能な限り低減することが基本方針となっている。その他、再生可能エネルギーの導入促進に資する電力系統の整備や系統運用の広域化を進めること、本機関の機能により広域運用が強化され低廉な電源から稼働されることで、いわゆるメリットオーダーが可能になること等が示された。

また、同見通しにおいては、今後も経済成長や電化率の向上等による電力需要の増加が見込まれるものの、2030年時点の電力需要は、徹底した省エネルギーを推進することにより、2013年度とほぼ同レベルまで抑えることを見込むとされた。一方、2012年7月からの再生可能エネルギーの固定価格買取制度（以下「FIT制度」という。）や昨年4月からの電力小売全面自由化を背景に、太陽光等の自然変動電源による発電所や火力発電所の新設計画は増加している。今後の需要動向や競争環境等を踏まえると、これら新設計画が見直される可能性や、廃止計画が増加する可能性もある。

今後の電力流通設備の設備形成に当たっては、従来のように新たな電源連系ニーズに応えることが必要である一方、将来の需要見通しを踏まえれば、流通設備への投資の増大による電気料金の上昇をできるだけ抑制することも必要であり、その両立を図る効率的かつ合理的な設備形成が求められている。

本機関では、広域運用の観点から、全国大での広域連系系統の整備及び更新に関する方向性を整理した長期方針（以下「広域系統長期方針」という。）を策定し公表することとしている。この策定に向け、有識者や関係事業者で構成する広域系統整備委員会において、2015年4月から2年間にわたり、上述のような背景を踏まえつつ、長期的かつ全国的な視野で専門的な検討を重ねてきた。

電力需要の継続的な拡大が見通されない中、新たな電源連系ニーズに応えつつ、電気料金の上昇を最大限抑制するという政策課題を実現するためには、全体最適の観点で電源コストと流通コストの総合的な最小化を図ることが重要であり、更には経年設備を含む膨大な既存流通設備を適切に維持し、その能力を最大限活用するこ

とが必要となる。本広域系統長期方針では、広域連系系統の将来のあるべき姿を、Ⅰ．適切な信頼度の確保、Ⅱ．電力系統利用の円滑化・低廉化、Ⅲ．電力流通設備の健全性確保と定義し、その実現に向けた流通設備投資の考え方の合理化及び解決すべき課題等の整理を行い、取りまとめ、ここに公表するものである。

なお、本広域系統長期方針の検討過程において、将来の連系線の増強等、具体的な設備形成方針を示すことを視野に入れ、国が示した将来の電力需要や電源構成をはじめ、一定の前提の下、広域連系系統の潮流のシミュレーションを行ったところ、電源の新設・休廃止など将来の動向に不確定な要素が多いことに加え、市場環境や運用ルールの考え方によっても、その結果が異なることが明らかとなった。長期的な設備形成のあり方は、これらの取扱いによって大きな影響を受けるため、今後もその動向に留意が必要である。

1. 広域連系系統の特徴・変遷¹

広域系統長期方針の検討の前段として、我が国における電力系統整備の歴史的経緯について確認を行った。以下がその概要である。

我が国の電力系統は、伸び続ける旺盛な電力需要と全国各地での大規模な電源開発に対応して整備が進められてきた。技術面では、上位電圧の採用（高電圧化）、多ルート化などの拡充、強化が積極的に進められた。

連系線については、広域的運営による電気の安定供給確保の考え方のもと、1950年代から1960年代にかけて、50Hz・60Hz 系統それぞれの地域で超高压系統（187～275kV）による連系が行われるようになり、1965年の佐久間周波数変換所（静岡県浜松市）の運転開始により、北海道及び沖縄を除く~~すべて~~全ての系統が、超高压系統で常時連系された。1970年代には、北海道と本州間についても直流による連系を開始した。この時期には500kVの送電線が導入されており、以降、連系線も500kVを中心とした拡充が進んだ。

このような整備、拡充に加え、大規模災害による設備被害の経験等に基づき、より高い供給信頼度を目指すべく設備増強、改良の努力が不断に行われてきた結果、より高い供給信頼度を志向した広域連系系統の増強が図られ、現在では、187～275kV、500kVを主体とした広域連系系統²が構成されるに至っている。

¹ 具体的な変遷、特徴は参考資料（2）を参照。

² 本機関の定款において、以下の流通設備を広域連系系統として定義している。

ア 連系線

イ 地内基幹送電線

ウ 最上位電圧から2階級（供給区域内の最上位電圧が250キロボルト未満のときは最上位電圧）の母線

エ 最上位電圧から2階級を連系する変圧器（供給区域内の最上位電圧が250キロボルト未満のときは対象外。）

2. 広域連系系統に係る将来動向の見通し

広域系統長期方針の策定の前提として考慮した将来見通しは以下のとおりである。

2-1. 電力需要の見通し

戦後の復興期から高度経済成長を経て電力需要は右肩上がりに増加し続け、2001年度には約1億8,270万kW（10エリア需要計）の最大電力を記録したが、その後これを越える超える実績は出ていない。

本機関が2016年1月に公表した2016年度需要想定においては、今後の節電や省エネの進展、人口減少等の減少要因及び経済規模の拡大等の増加要因の双方を勘案した結果、今後10年間の最大需要電力（夏季）の伸びは、年平均+0.5%と比較的低い水準になるものと予測している。

また、前述のとおり、国の「長期エネルギー需給見通し」では、今後も経済成長や電化率の向上等による電力需要の増加が見込まれるものの、徹底した省エネルギーの推進を行い、2030年度時点の電力需要は2013年度とほぼ同レベルになると見込んでいる。

最大電力需要の推移を図1に示す。



出典：電力統計情報(電気事業連合会)、全国及び供給区域ごとの需要想定(平成29年度)(電力広域的運営推進機関)を基に作成

図1 最大電力需要の推移

2-2. 電源の見通し

電力自由化の進展に伴い、火力発電の新設計画及び電源連系量が増加している。火力発電所については、今後 10 年間に約 4,640,600 万 kW の新設計画がある一方、約 2,280,300 万 kW の長期計画停止及び廃止が予定されている³。また、遠くない将来に休廃止が想定される稼働後 40 年以上⁴の高経年電源が約 1,900 万 kW 存在している（図 2）。今後は、これらの高経年の電源から新しいものへの入れ替わりが相当程度進展すると想定される。

ただし、既に述べたとおり、今後は電力需要の伸びが鈍化すると見込まれていることから、これら新設計画が見直されるに加え、後述のとおり今後も引き続き再生可能エネルギー電源の導入拡大が見込まれることなどから、例えば高経年の火力発電などの競争力の相対的に低い電源の設備利用率は低下することが見込まれ、これら新設計画が見直される可能性や、高経年電源等の廃止が更に進展する可能性もある。

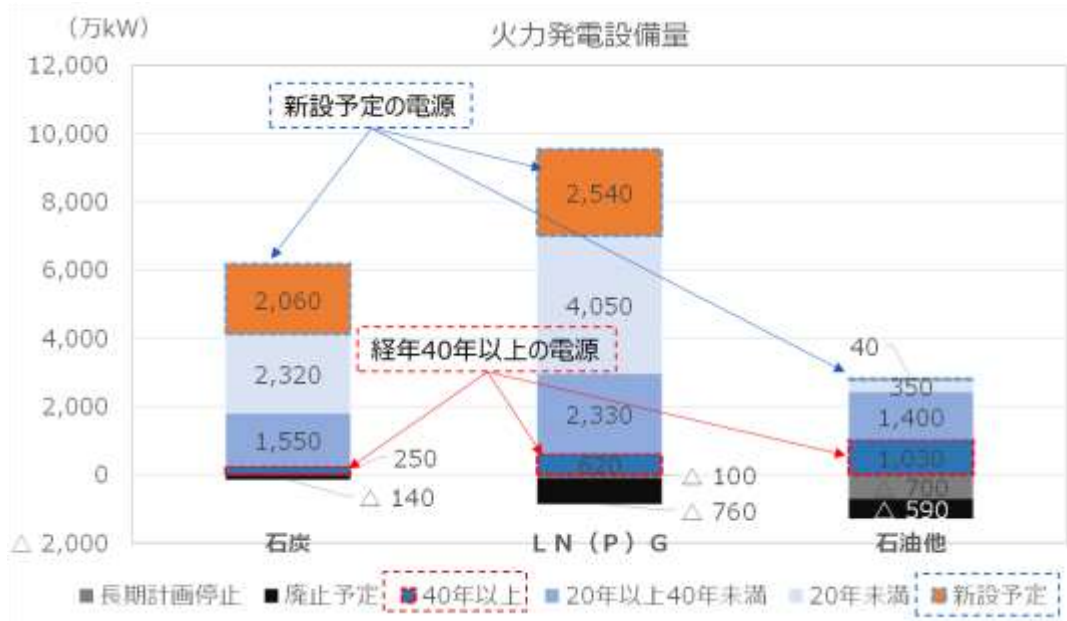


図 2 火力発電設備量⁵

太陽光発電、風力発電などの再生可能エネルギーは、現時点では安定供給面、コスト面で様々な課題が存在するものの、温室効果ガスを排出しない国産のエネルギーであることから、エネルギー安全保障にも寄与する有望かつ多様で、重要なエネルギー源であると位置付けられている⁶。FIT 制度が導入された効果も大きく、近

³ 2016 年 8 月現在の供給計画提出分及び連系申込分。

⁴ 2016 年 3 月末時点。

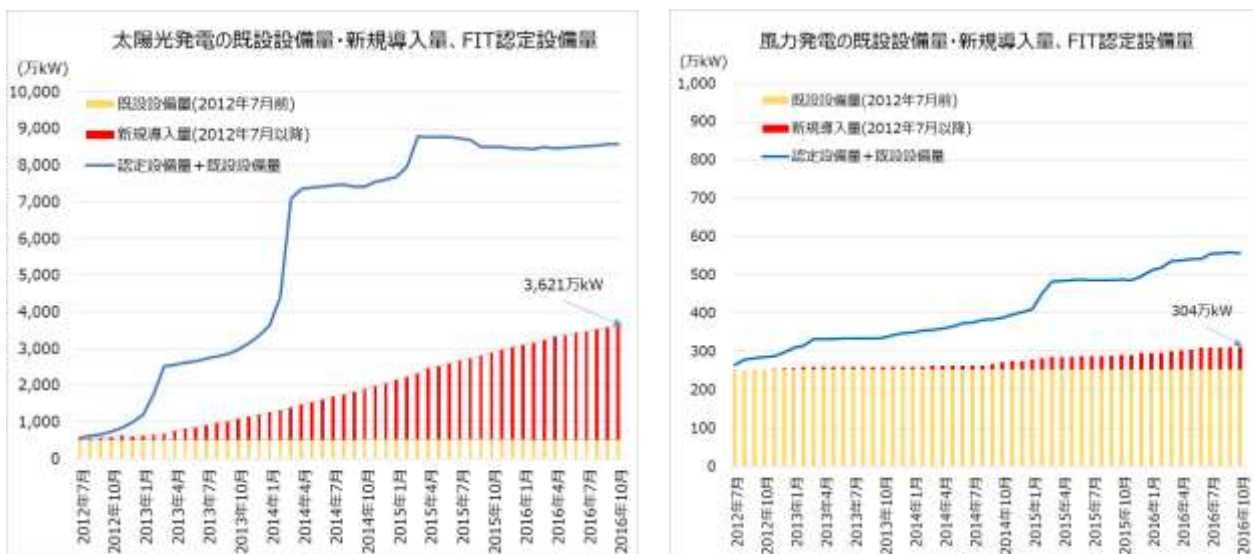
⁵ 石油他には、歴青質混合物、その他ガスを含む。

⁶ エネルギー基本計画（2014 年 4 月閣議決定）より。

年、再生可能エネルギー電源の新設計画及び系統連電源連系量は急速に拡大している。

特に太陽光発電の導入量は、FIT 制度導入時点からの約 4 年間で 6 倍以上に拡大（図 3）したが、2030 年度時点の導入見込量⁷に鑑みれば、今後も引き続き拡大が見込まれる。

また、電源種別にかかわらず、流通設備の建設工期に比べ、電源新設工事は短工期化の傾向にあることにも留意が必要である。



出典：固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイトのデータを基に作成

図 3 太陽光発電、風力発電の導入量等

2-3. 流通設備効率の低下

過去のように需要が右肩上がりに伸びない一方、火力電源及び再生可能エネルギー電源の新たな連系ニーズは拡大しており、図 4 のとおり、流通設備の利用効率は近年、低下傾向を示している。この傾向は今後も継続するものと見込まれ、需要が従前のように伸びずに託送料金収入が減っていく中においては、将来の託送料金の上昇圧力にもなり得ると考えられる。

⁷ 太陽光：約 6,400 万 kW、風力：約 1,000 万 kW（長期エネルギー需給見通し）

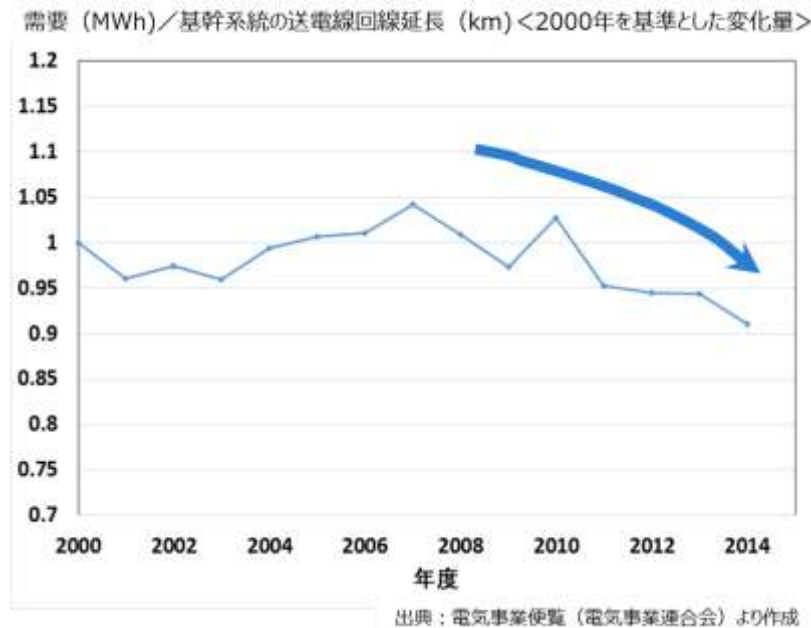


図 4 流通設備の利用効率の推移

2-4. 流通設備の経年状況の見通し

これまで、需要の大幅な伸びや大型電源の新設に対応するために流通設備の大規模な新設、増強を行う際に、同時に古い設備が更新されていたが、電力需要が従前のように伸びない状況においては、流通設備の更新等の機会が減少すると考えられる。

そのため、経済成長が著しかった 1960～70 年代以降、大幅に増加した流通設備が本格的に経年対策を要する時期を迎えると現在の更新ペース⁸では対応しきれない程の大量の工事物量が想定される。

さらに、今後の託送収支を見通すと、コストダウンの観点から、安全面に配慮しつつも流通設備を最大限有効活用するため、更新工事をできる限り先に延ばす傾向が強まるとも考えられ、流通設備の経年化・老朽化の進行が懸念される。

以下、流通設備の種類別に現状と見通しを示す。

(1) 架空送電電線、鉄塔

既設の設備を現在の更新ペースで~~すべて~~全て更新すると仮定した場合、架空送電電線で 120 年程度、鉄塔で 250 年程度を要する計算となり、設備維持の観点から現実的な使用年数とはいえないことから、中長期的な設備健全性を確保するためには、今後追加的な設備維持対策を講じる必要がある。(図 5、6)

⁸ 至近年の取替・新設工事の実績に基づく。

■ 架線回線延長 (500kV~66kV) : 約142,000km

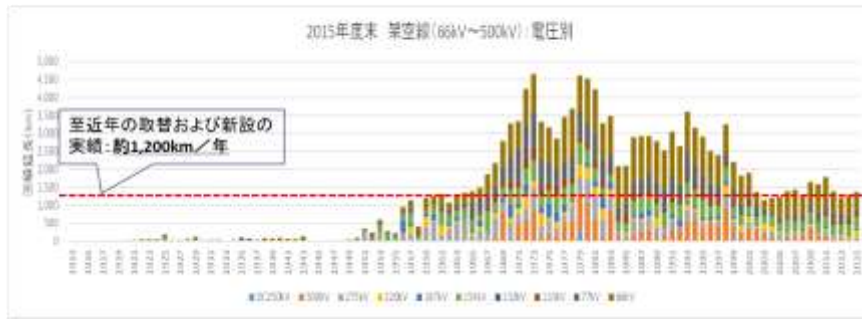


図 5 架空線電線の物量分布

■ 鉄塔基数 (500kV~66kV) : 約248,000基



図 6 鉄塔の物量分布

(2) 電力ケーブル

現在の更新ペースで既設の電力ケーブルをすべて更新するには 40 年程度を要する見込みであるが、全体の設備量等に鑑みれば対応可能な範囲であると考えられることから、当面は深刻な状況に陥る可能性は低い (図 7)。ただし、OFケーブルは製造設備の老朽化やメーカーの撤退により更新の加速が必要となる可能性がある。

■ 電力ケーブル回線延長 (500kV~66kV) : 約17,000km



図 7 電力ケーブルの物量分布

(3) 変圧器

現在の更新ペースで既設の変圧器をすべて全て更新するには70年程度を要すると見込まれ、一般的な設備寿命と比較してより長期となっており、追加的な設備維持対策を講じる必要がある(図8)。

■ 変圧器台数(500kV~66kV) : 約15,000台

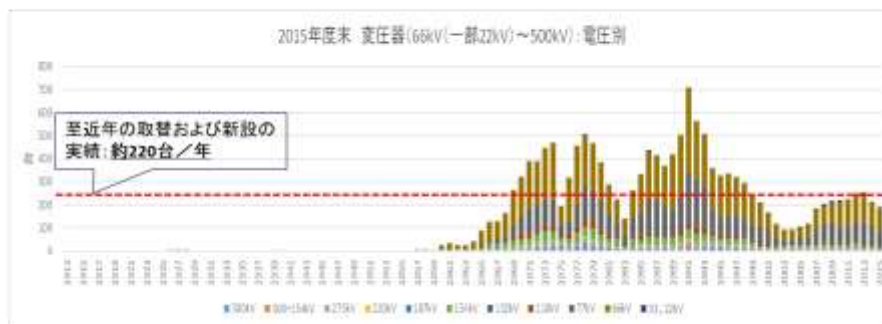


図8 変圧器の物量分布

3. 広域連系系統のあるべき姿

前述したような電力系統の特徴・変遷及び今後想定される環境変化を踏まえつつ、広域連系系統の設備形成・運用において、以下の3点が実現されている状態を『広域連系系統のあるべき姿』と定義する。

I. 適切な信頼度の確保

- ・系統の役割に応じた適切な供給信頼度を提供する
- ・大規模災害等の緊急時にも電力供給に対する要求を満足する

II. 電力系統利用の円滑化・低廉化

- ・エネルギーミックスに基づく電源導入等を円滑かつ低廉なコストで実現する
- ・電力市場の活性化に寄与する

III. 電力流通設備の健全性確保

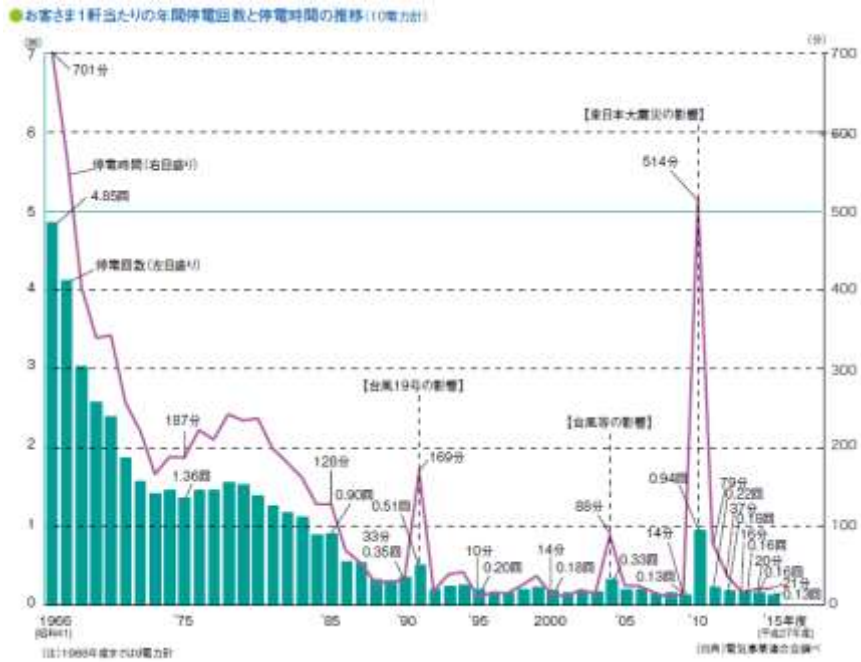
- ・老朽化が進む流通設備の確実かつ効率的な設備更新・形成を計画的に推進する

3-1. 適切な信頼度の確保

電力の安定供給のため、設備面で求められる事項は大きく2つあり、一つは需要に対する適切な供給力及び送電容量が確保されること（アデカシー）、もう一つは電力系統に故障が発生した場合も周波数、電圧、同期安定性等が適切に維持されること（セキュリティ）である。

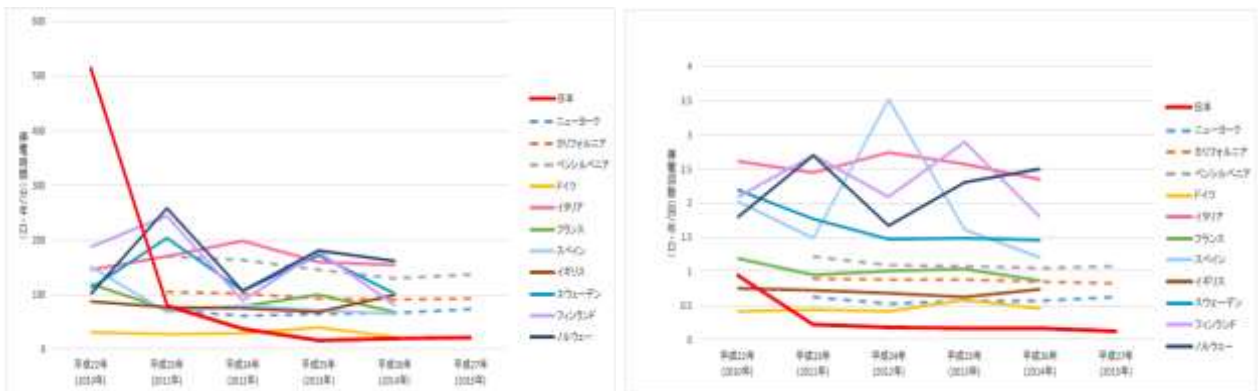
この両面を実現するには、流通設備をその役割や特徴に応じ、適切に施設（建設）、運用及び維持しなければならないが、先人の努力の結果、現在の我が国の電力系統は、世界的にも高い信頼性を誇るものとなっている（図 9、10）。この高い信頼性は、平時においては周波数等の安定に貢献し、緊急時には広域的な電力融通に活用されている既設の連系線の存在など、これら広域連系系統による寄与も大きいと考えられる。

将来、我が国の需給構造が大きく変化した場合においても、引き続き現状と同様のアデカシー及びセキュリティを確保し続ける必要があることは論をまたない。



出典：FEPC INFOBASE 2016（電気事業連合会）

図9 年間停電回数と停電時間の推移及び年間事故停電時間の国際比較



出典：電気の質に関する報告書「平成28年度版」（電力広域的運営推進機関）

図10 欧米諸国と日本における需要家停電時間、停電回数

3-2. 電力システム利用の円滑化・低廉化

~~前述のとおり~~、電力自由化の進展や FIT 制度の導入に伴い、電力システムに対する新たな電源連系ニーズが急速に拡大している。火力等の新規電源は、同種の高経年の電源よりも高効率かつ低コストであり、こうした新規電源の連系は電気料金の低減に資すると期待される反面、~~連系するためには、送電線や変電所といった流通設備の増強工事が必要となる場合が多い。~~

また、将来的に燃料費等の発電コストを下げ、電気料金を抑制するためには、メリットオーダーの実現や電力取引市場の活性化が必要であり、そのためには連系線等の増強が効果的であるとの意見もあるが、~~連系線の増強には長期にわたる工事と多額の費用を要する。~~

過去一方で、連系線等流通設備のように増強工事は長期間かつ多額の費用を要する⁹ことや、電力需要の継続的な拡大が伸びないと見込まれる見通されない中で、電源連系ニーズの拡大に伴う設備増強により、実質的な流通設備利用率は低下していることから、結果として託送料金ひいては小売電気料金の上昇につながる可能性もある過剰な設備増強は避けるべきである。

仮に、流通設備を今よりも効率的に利用することができれば、流通コスト低減に資する効果は高い従って、我が国のエネルギー政策と考えられる。

よっての整合を踏まえれば、新たな電源連系ニーズや、広域メリットオーダーの実現等の期待に対し、できる限り応えていくとともに応えつつ、総合的に国民負担が抑制されるようにするため、流通設備がこれまで以上に無駄なく効率的に活用される状態を目指すべきである。

3-3. 電力流通設備の健全性確保

前述のとおり、高度経済成長期（1950年代前半～1970年代前半）に建設された広域連系系統を含む大量の流通設備が、今後老朽化し更新や廃止の時期を迎えるが、流通設備の健全性を確保し、電力系統の信頼度をこれまでどおり維持するためには、現在の更新ペースにとどまらない、適切な更新計画が策定されている状態を目指すべきである。

4. あるべき姿の実現に向けた取組の方向性

今後、広域連系系統のあるべき姿の実現に向け、取組を進めていく事項及びそれに伴う課題等は以下のとおりである。

4-1. 適切な信頼度の確保への取組

具体的取組の検討に先立ち、電力系統のアデカシー面を評価するため、現在建設中又は計画中の連系線の増強工事が完了した後の状況¹⁰において、東日本大震災時相当の需要及び供給力の減少等が発生した場合を想定したシミュレーションを実施した¹¹。

その結果、大規模災害時には広域的な電気のやり取りが円滑に行われ、各エリア

⁹ 東京中部間連系設備増強 (+90 万 kW)

・所要工期：10 年半

・概略工事費：1,854 億円

東北東京間連系線増強 (+455 万 kW)

・所要工期：10 年 8 か月

・概略工事費：1,530 億円

¹⁰ 現在建設中又は建設予定の北海道本州間連系設備、東北東京間連系線、東京中部間連系設備(FC)の運転開始を想定。

¹¹ シミュレーションの詳細は参考資料 (3)。

において必要な供給力が確保されることを確認できた。ただし、今後、再生可能エネルギー電源の導入や火力等の新設電源の建設が進むと高経年火力の休廃止等が進み、各エリアの電源構成が変わってくると想定されることには留意が必要である。

セキュリティ面については、既に述べたとおり、現状で適切な設備形成が図られていると評価できる。

(取組事項)

- 本機関は、将来、電源構成等が変化した場合も、広域的な送受電等により各エリアで必要な供給力が確保できるかどうかについて、継続的に確認・評価を行う。
- 一般送配電事業者は、引き続き、熱容量、周波数、電圧、同期安定性等の電力系統性能基準を充足するよう設備形成を行い、将来にわたり高い信頼度を維持することが望まれる。
- 本機関及び一般送配電事業者は、アデカシー、セキュリティのいずれにおいても、適切な信頼度が脅かされるような事象が確認された場合には、流通設備増強等を行うなど信頼度確保に取り組んでいく。

4-2. 電力系統利用の円滑化・低廉化に向けた取組

電力需要成長期においては、貴重な電源の供給能力を最大限活用することを主眼とした設備形成を進めてきたが、今後、流通設備をこれまで以上に無駄なく効率的に活用するため、以下の各項目の実現に向けた取組を進めていく。

○流通設備効率の向上

(1) 電源連系や設備形成の検討に際しての想定潮流の合理化及び精度向上

○電源連系と流通設備形成の最適化

(2) 費用対便益に基づく流通設備増強判断

(3) 電源と流通設備の総合コストの最小化

○新技術の採用

(4) 技術開発の進展及び新技術の適用

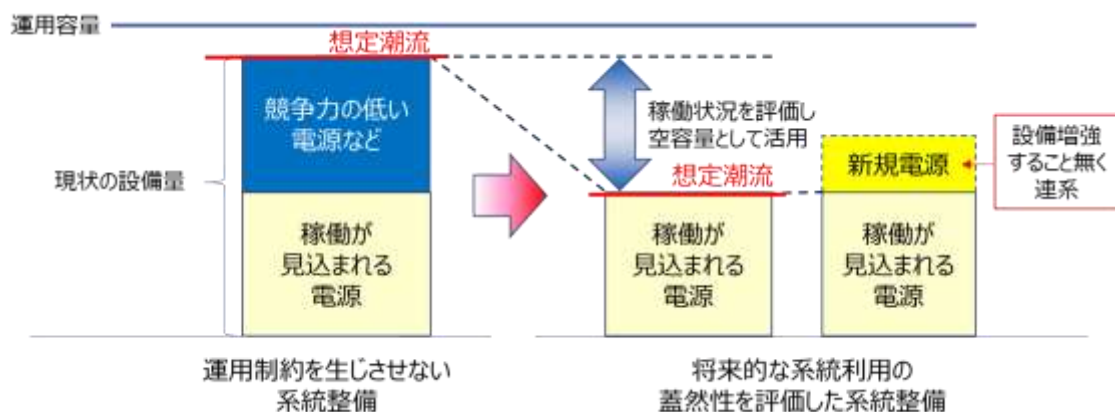


図 110 将来的な系統利用を見通した火力電源評価のイメージ
流通設備効率向上のイメージ

(1) 電源連系や設備形成の検討に際しての想定潮流の合理化及び精度向上

従来、電源の系統への接続や流通設備増強を検討する際の潮流の想定においては、電源の供給力を最大限活用するため、基本的に連系された電源に運用制約を生じさせないことを前提としてきた。

しかし、新規火力電源の増加や再生可能エネルギー電源の導入拡大により、今後、電源間の競争が進展すれば、競争力の低い電源の稼働率は一層低下し、休廃止に至ることも想定される。このような休廃止等により、電源の稼働が見込まれない部分を空容量として新規電源の連系に活用することが考えられる (図 104)。

さらに、流通設備効率の向上を図るためには、後述の種々の課題解決を図りつつ、流通設備を最大限活用するために混雑が発生することを許容した電源連系を受け入れていくことも考えられる (図 120)。

(取組事項)

- 本機関及び一般送配電事業者は、将来的にどのような系統利用がなされるか電源の稼働評価等を行うことにより、想定潮流の合理化に取り組むとともに、合理化した想定潮流を前提とした電源連系や設備形成を行うための課題整理及びルールを検討を行う。
- 本機関及び一般送配電事業者は、系統利用の更なる合理化を図るため、混雑発生を許容した電源連系及び潮流管理を行うための課題整理及びルールを検討を行う。

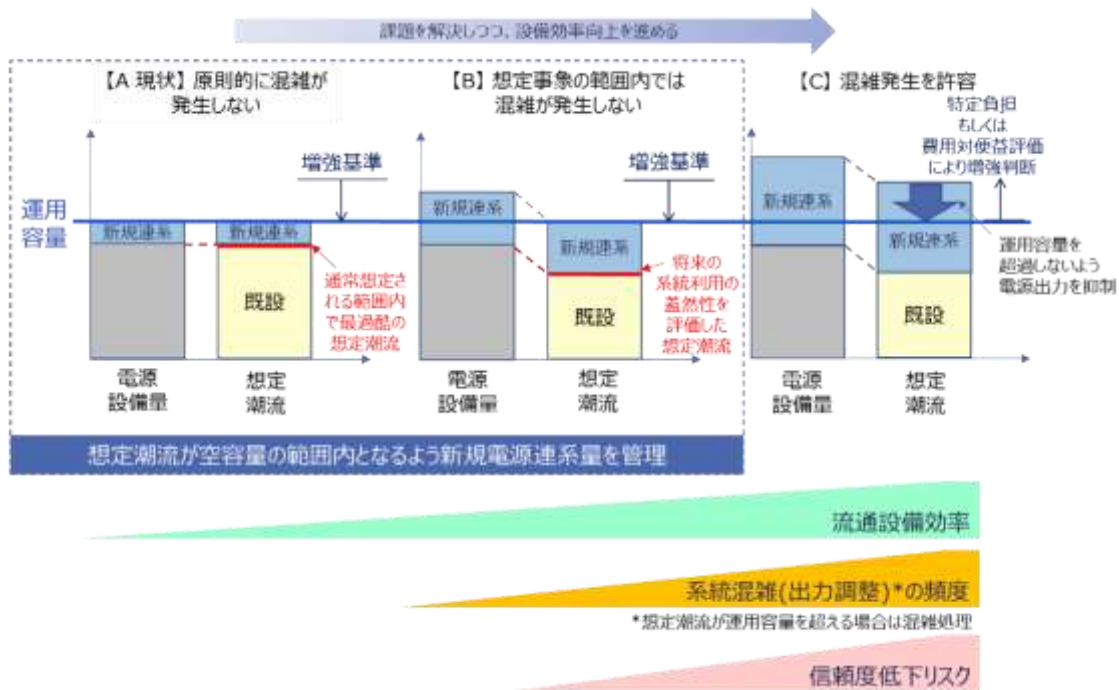


図 121 流通設備効率向上のイメージ将来的な系統利用を見通した火力電源評価のイメージ

また、現在は自然変動電源についても、出力調整が可能な電源と同様に、設備容量や過去の最大実績出力等を前提として潮流を想定しているが、自然変動電源の出力は自然条件により変動し一定でないこと、地点によって高出力となるタイミングが異なることといった特徴を考慮すべきと考えられる。

(取組事項)

- 本機関及び一般送配電事業者は、自然変動電源の潮流の想定を行う際には、地域によって日射、風況等の自然条件が異なる不等時性や、太陽光発電と風力発電間での最大出力が発生するタイミングが異なることによるならし効果等を踏まえ、電源出力を確率的に評価する等、自然変動電源の出力評価の精度向上及び合理化に取り組む。

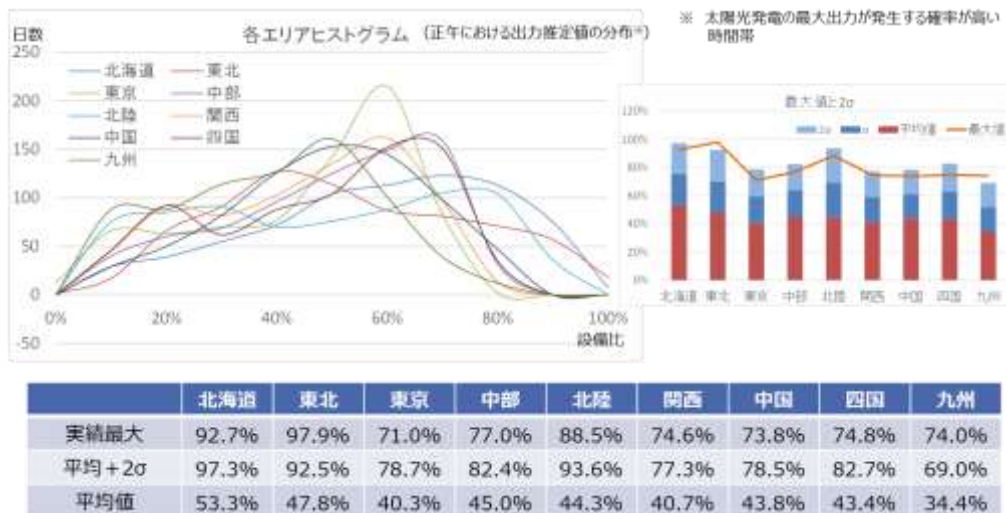


図 132 太陽光発電設備のエリア別実績出力¹²（2012、2013 年度）



図 143 風力発電設備のエリア別実績出力（2012、2013 年度）

（取組に伴う課題）

電源出力の確率確率的評価等、系統利用の蓋然性を評価し、一部電源の出力を見込まない想定潮流に基づき新規電源の連系を進めた場合、信頼度面、運用面に関する以下のような課題があると考えられる（図 14、15、16）。本機関及び一般送配電事業者は、これらの課題の解決を図りつつ、取組を進めていく必要がある。

- ▶ 事故等で需給・系統状況が変化した場合であって、潮流の想定時に出力を見込んでいなかった電源の稼働が必要となったときに、系統混雑により電源の定格出力が出せず、供給予備力や調整力として十分活用できなくなる可能性がある。将来、混雑が発生しうる系統が面的に拡大するにつれて、こうしたケースが増加すると考えられるため、これを念頭においた出力調整等の運用ル

¹² 日射量を基に推定した発電電力。

ールの検討、供給信頼度の考え方整理、適用すべき系統の抽出及び継続的な実態評価等が必要である。

- ▶ 電力システム改革によって、発電設備と流通設備の一体的な停止作業調整が困難化することが以前から懸念されているが、今後、発電事業者の増加や流通設備の利用率向上の取組により、流通設備の停止作業が可能となる期間が短期化し、作業調整が一層困難化することが想定される。よって調整の円滑化に向けた仕組みの構築が必要である。
- ▶ 新たな潮流想定方法に応じた流通設備の増強基準及び費用負担の在り方を改めて整理することが必要である。

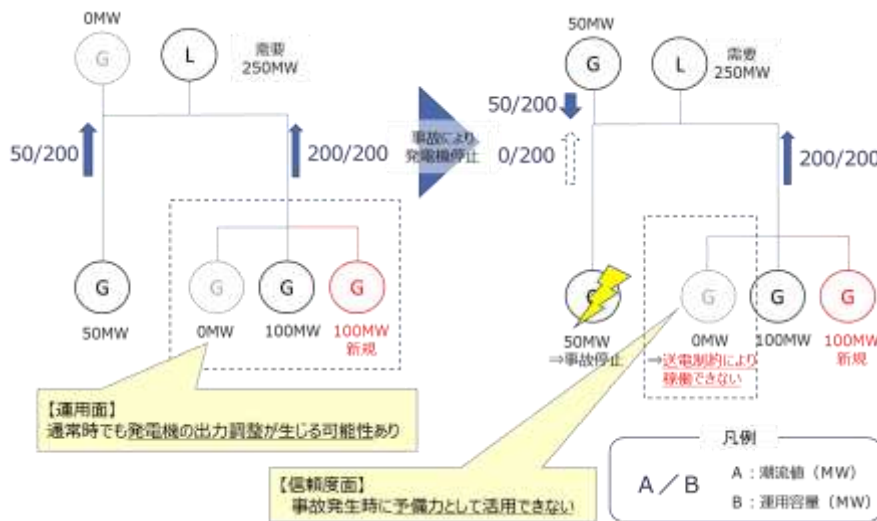


図 154 信頼度面・運用面の課題イメージ

分類	課題例
信頼度確保	・系統混雑が発生する場合の供給予備力や調整力評価の考え方 ・最過酷断面の電源出力設定の考え方 ・事故時等異常時の対応 など
発電計画・運用	・送電線等の潮流を管理・運用するためのルール・システム対応 など
混雑処理	・出力調整判断基準、対象電源、順位、出力調整方法などの考え方(運用面、技術面) ・混雑処理のシステム対応 ・電源持ち替え時の費用負担の扱い など
停止調整	・発電事業者との停止作業調整円滑化に向けた仕組み など
設備形成	・設備増強の判断基準 など

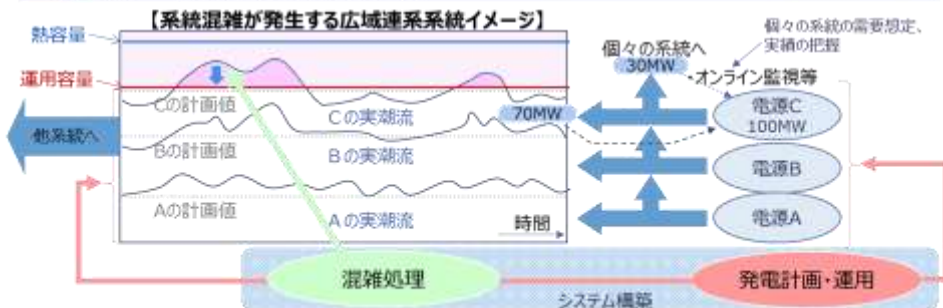


図 165 系統混雑発生時の運用面等に関する課題例

(2) 費用対便益に基づく流通設備増強判断

これまで、連系する電源の設備容量に応じる等、確定論的な増強クライテリアにより投資判断を行ってきた。

想定潮流の合理化、精度向上に取り組んだとしても、想定潮流が運用容量を上回ることが見込まれる場合には、このクライテリアにより流通設備増強の要否を判断する必要がある。

今後、潮流の想定混雑発生を確率論的に許容した電源連系を行う場合は、長期的な潮流シナリオに基づき基づく確率論的な想定潮流により、設備増強に伴う年間総発電費用の低減効果、供給力や系統維持能力が向上することの価値等を総合的に評価した上で投資の合理性を判断するといった手法が考えられる。

なお、本広域系統長期方針の策定に当たり、欧米等で採用されている手法を参考に検討した便益評価項目の例は表1のとおりである。

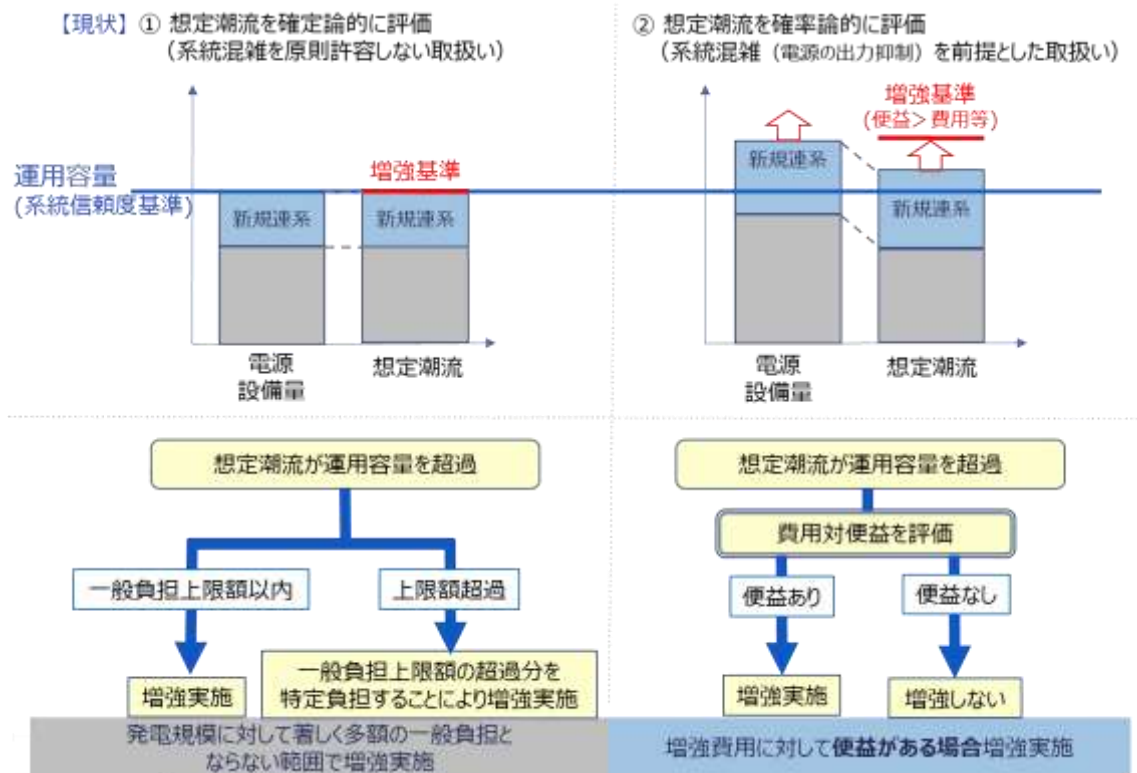


図 176 流通設備増強判断のイメージ

(取組事項)

- 本機関は、具体的な案件への適用に向けて、国のエネルギー政策、燃料価格動向、一般負担の上限額との関連性等に留意しつつ、諸外国の事例なども参考にしながら、便益評価の対象項目及び算出方法について、丁寧に検討を進めていく。

表 1 便益評価項目例

軸	便益項目	内容
電力系統利用の円滑化・低廉化	総発電費用	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備増強に伴う年間総発電費用の低減効果。市場分析等により算出可能。発電費用としては、燃料コストなどが含まれる。 <ul style="list-style-type: none"> ■ 将来の電源構成や想定潮流をどのように設定するかは課題（以下共通）。
	送電損失	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備増強に伴う、送電損失の改善効果。系統解析により算出可能。
	CO2排出量	<ul style="list-style-type: none"> ■ 設備増強による混雑解消に伴う再エネ発電量増加等、発電構成の変化によるCO2排出量の抑制効果。貨幣価値換算に関しては、CO2対策費用やCO2取引価格などが考えられる。
適切な信頼度の確保・設備の健全性確保	設備増強による供給力確保	<ul style="list-style-type: none"> ・ ある地域系統において供給力不足が見込まれる電力量の改善効果。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ LOLE※1やEUE※2などの改善 ■ 事象の発生確率と停電コストなどから停電回避コストとして貨幣価値換算は可能。ただし、大規模災害を想定する場合、確率的取扱いには課題あり
	設備増強による系統維持能力の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ 系統の稀頻度過酷事故等に対する系統維持能力の向上効果。 <ul style="list-style-type: none"> ✓ 無効電力供給力（電圧維持能力） ✓ 電圧位相差（安定度維持能力） ■ 事故の発生確率、停電コスト、同等の系統維持能力のある設備（SVCなど）の増強価値などから貨幣価値換算は可能。
	設備更新による設備事故の低減	<ul style="list-style-type: none"> ・ 経年や劣化度合いを踏まえた設備更新による停電の低減効果。 ■ 設備事故の発生確率と停電コストから貨幣価値換算は可能。 <ul style="list-style-type: none"> ※費用面では、将来の改修費用が削減される効果。

※1 LOLE：ある期間において供給力不足が見込まれる時間数または日数
 ※2 EUE：ある期間における供給力不足が見込まれる電力量

(3) 電源設備と流通設備の総合コストの最小化

今後、再生可能エネルギー電源が、エネルギーポテンシャルや立地条件を最優先に建設されていった場合、電源の偏在化が進展していく可能性がある(図 17、18、19)。

また、電力自由化と広域的な電力取引の進展に伴い、需要地エリアを意識せずに火力電源等の開発が進められる可能性がある。

このように、系統の空容量や流通設備増強費用を考慮せずに電源開発が計画された場合、これに単純に追従して系統の整備を進めると非効率な設備形成となる可能性が高いため、~~今後は、電源側コストと流通側コストを総合的に評価し、最適な設備構成を検討していくことが重要である。~~

また、風力発電のように立地地点により設備利用率が大きく変わり、エネルギーポテンシャルを持った適地が限定的な電源もあることから、各電源の特徴も考慮する必要がある。

このため、今後は、国の政策方針や各電源の特徴等も踏まえつつ、電源側コストと流通側コストを総合的に評価し、最適な設備形成を検討していくことが重要である。

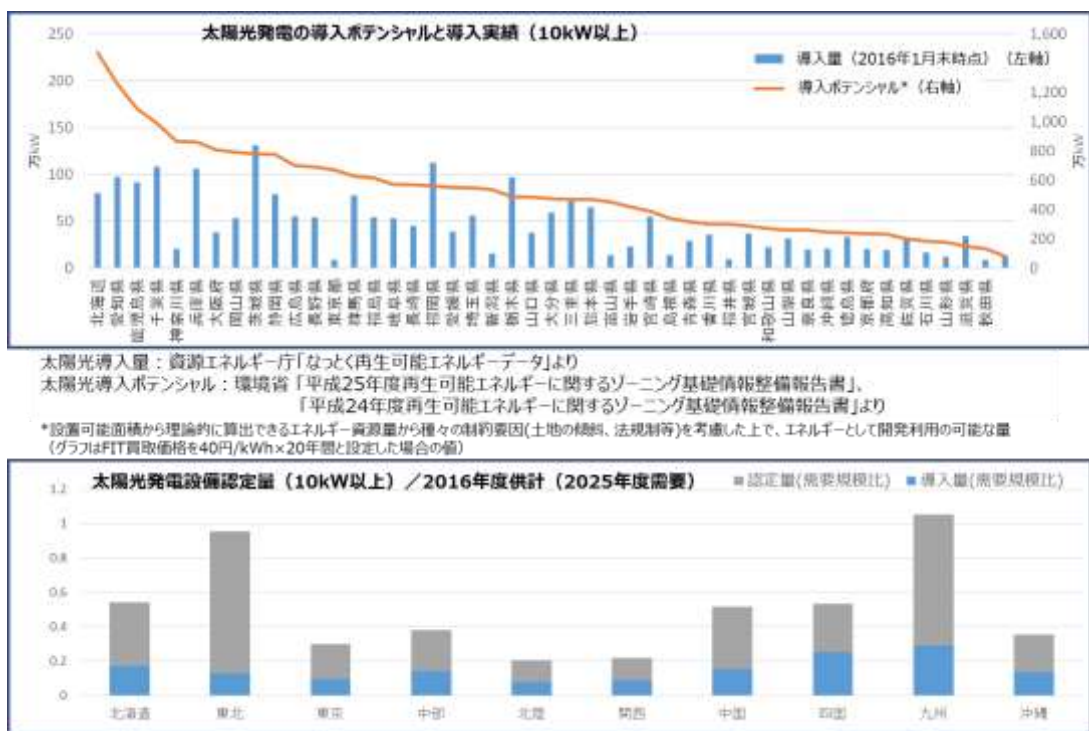


図 187 太陽光発電 導入ポテンシャルと認定量・導入実績

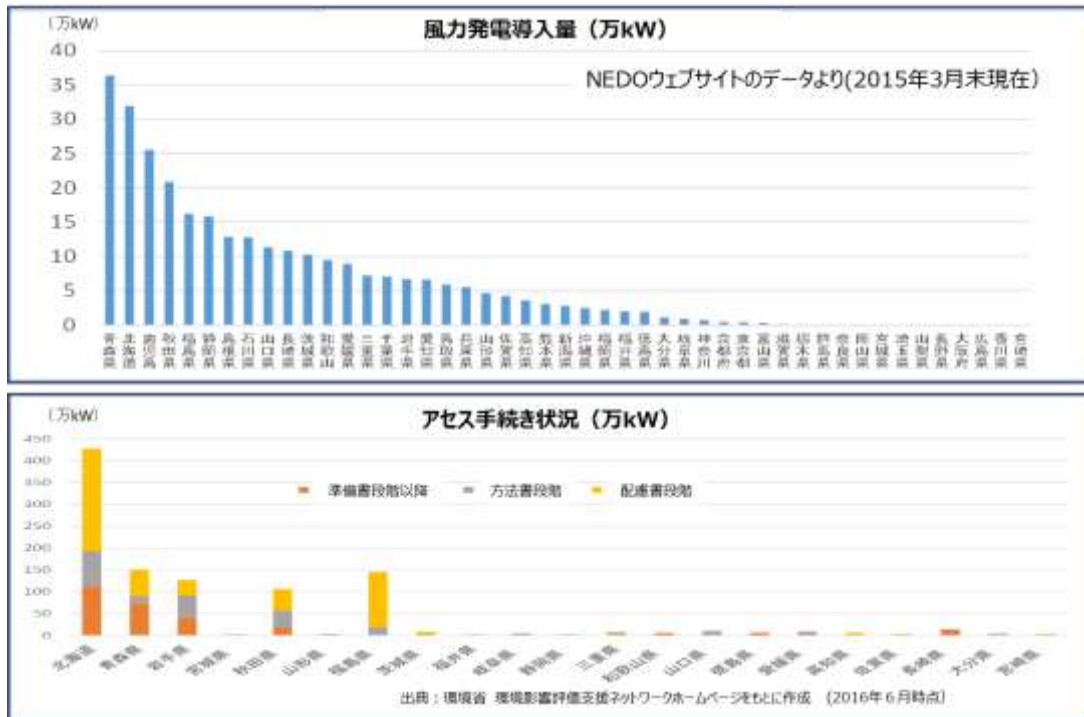


図 198 風力発電導入量とアクセス手続き状況

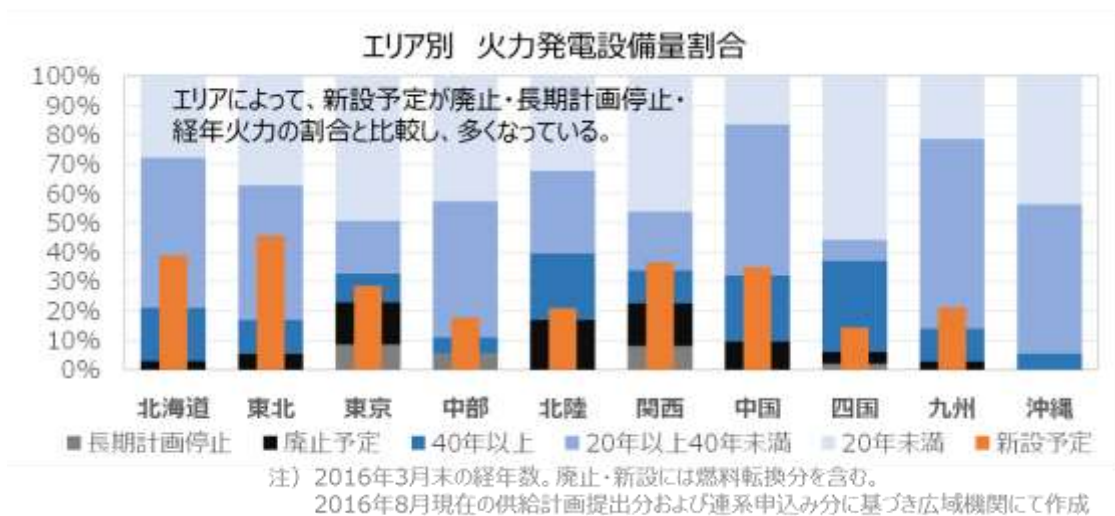


図 2019 エリア別 火力発電設備量割合

例えば、太陽光発電の導入状況を見ると、太平洋側を中心に全国的に幅広い地域にポテンシャルが存在するにもかかわらず、需要地と関係なく特定地域への偏在の傾向があり、このまま偏在が進めば、電源から遠隔の需要地まで大規模な送電対策が必要となる可能性がある。

逆に流通設備対策が不要かつ十分な導入ポテンシャルが存在するエリアでの立地が進めば、電源側と流通側双方にとって流通設備増強コストの負担軽減に繋がる。

国においても、送配電網の維持、運用コストの抑制、低減に向けた託送料金制度のあり方について検討が開始された。そうした中、我が国のエネルギー政策と整合を図りつつ、ローカル系統のみならず上位系統の空容量も考慮し、既存設備を有効

に活用していくことは、電源側と流通側の総合的なコストを最小化し、国民負担の抑制に資すると考えられる。

そのためには、電源連系希望者に対し、各一般送配電事業者が公開している系統状況に関する情報を適切に伝え、空容量のある系統への連系を促進することが有効と考えられるため、公開情報の充実や積極的な情報発信に取り組んでいくことが重要である。

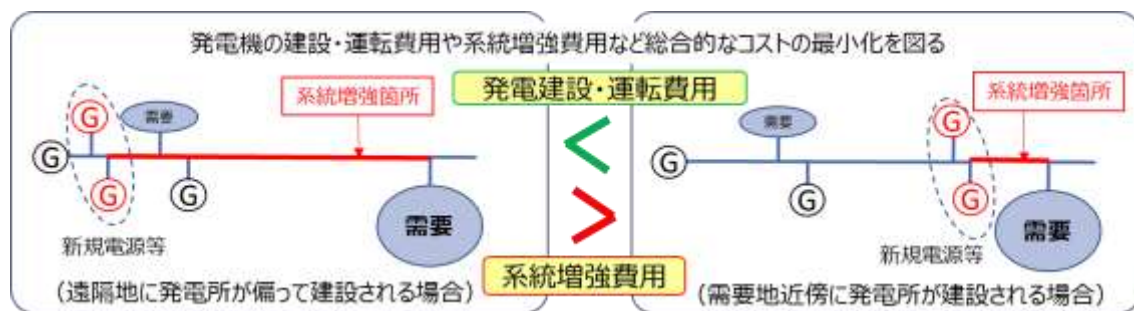


図 210 総合コスト最小化のイメージ

また、電力自由化の進展や FIT 制度の開始に伴い、下位系統への電源の連系が面的に増大していること、系統への連系に際し、電源線のみならずその上位系統の対策が必要となるケースが増加しており、系統アクセス業務¹³については、合理的な設備形成や電源連系の円滑化に対して、以下のような課題が顕在化してきている。

- ▶ 電源連系希望者からの申込みの都度、1 件ごとに連系に必要な対策を検討するため、継ぎ接ぎの系統計画となり、全体で見ると非効率な設備形成となり、結果として事業者や需要家の負担が増加する可能性がある。
- ▶ 広域連系系統を含む上位系の対策まで必要となる案件が増加しており、この場合、影響はより大きくなる。
- ▶ 電源接続案件募集プロセスのスキームを活用することにより一定の効率性は確保されるが、募集地域以外の周辺地域における随時の申込みに対して、より上位系の増強を併せた方が合理的な設備形成が図れる場合があったとしても、協調的な検討ができない。
- ▶ 接続検討の申込数の増加により検討時間を要することで、電源連系の円滑化へ影響する可能性がある。
- ▶ 上位系の対策検討が必要となる場合には、連系に当たって検討しなければならない事項が増えるため、検討時間が更に長期化するおそれがある。

¹³ 電源連系希望者からの事前相談、接続検討及び契約申込み等の受付、検討、回答等の業務

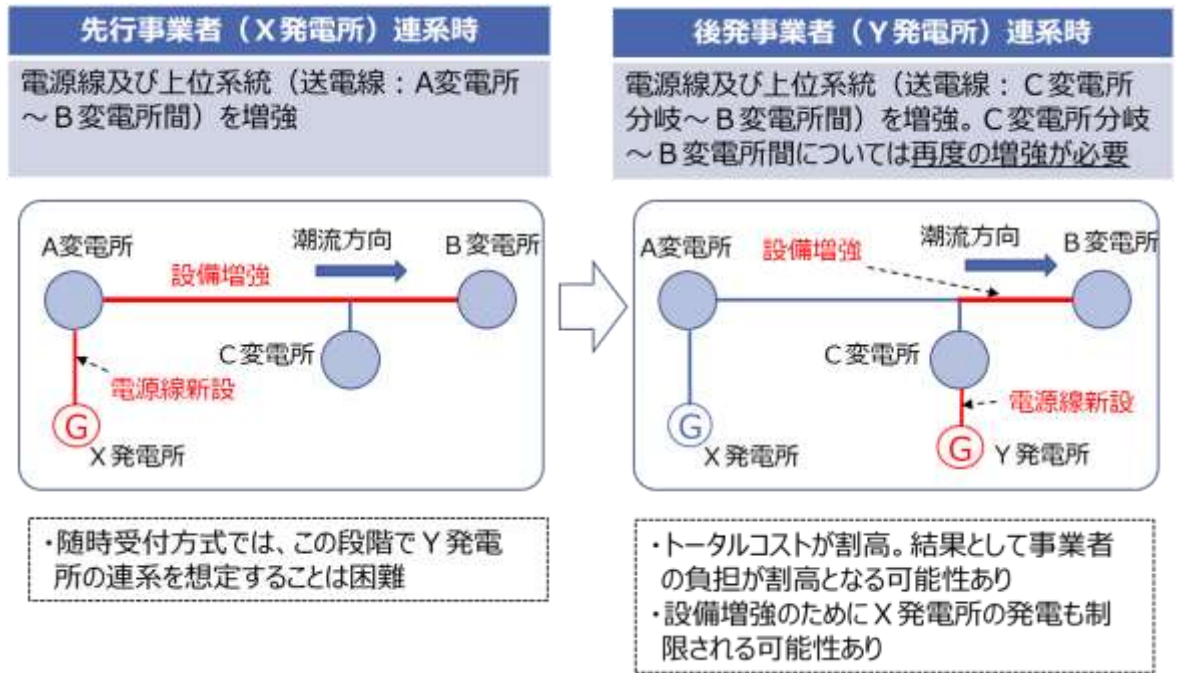
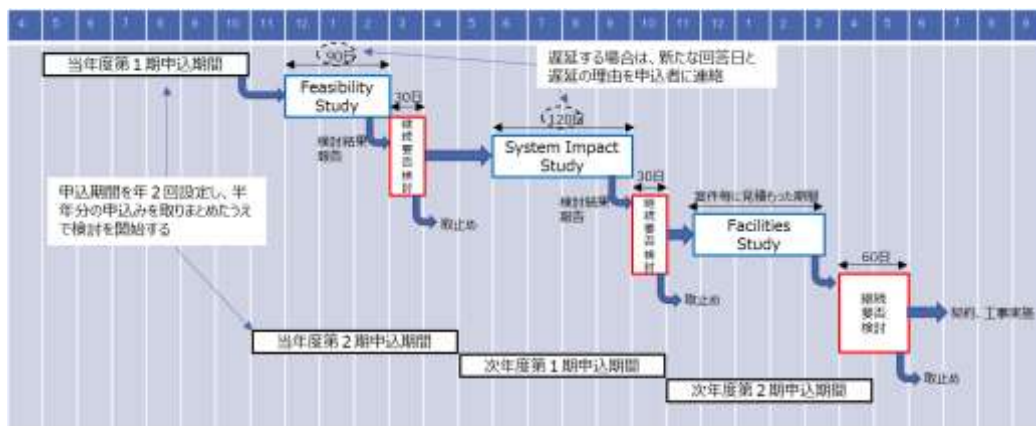


図 221 課題例

米国では、過去には日本と同様に系統アクセスを常時受け付けていたが、電源計画の延期、内容修正等により系統アクセス業務が停滞したため、系統アクセスを定期的に受け付ける仕組み¹⁴を導入している（図 232）。

こうした海外事例も参考に、電源連系希望者からの視点も踏まえながら、系統アクセスの手続き業務にかかるスキームの見直しを図る必要がある。



出典：PJM Manual 14A, Revision 17, Generation and Transmission Interconnection Processより事務局作成

図 232 PJM での系統アクセス手続きの流れ

¹⁴ 2016 年現在、PJM では、系統アクセスは年に 2 回の受付期間を設定し、まとめて系統対策を検討。受付期間の中で早期申込者に対しては、検討料の割引あり。なお、Feasibility Study や System Impact Study など検討内容ごとに発電容量に応じて検討料が設定されている。

(取組事項)

- 本機関及び一般電気事一般送配電事業者は、公開情報の充実や積極的な情報発信など電源の偏在緩和に向けて取り得る方策を検討し、実現に向けて取り組む。
- 本機関は、海外事例も参考にしつつ、系統アクセス業務に係るスキームの見直しについて検討を進める。

(4) 技術開発の進展及び新技術の適用

流通設備効率の向上のためには、技術革新により送電能力の向上を図ることも有効である。また、再生可能エネルギー電源の導入拡大や設備の健全性維持への対応の観点からも、新技術の開発動向¹⁵の把握やその適用可能性の検討に積極的に取り組むことが重要である。

また、新技術の普及に伴い生じ得る以下のような系統の利用形態の変化等にも注視していくことが必要である。

- ▶ 洋上風力の導入拡大
- ▶ スマートメーターやデマンドリスポンスなど、配電側における能動的な技術導入拡大への対応
- ▶ 再生可能エネルギー電源、直流技術など、新たな系統利用や技術に適応した系統運用の考え方の変化 など

(取組事項)

- 一般送配電事業者においては、現在研究開発等が進められている送電能力や信頼度の向上や、コストダウンに資する新技術の適用に関する取組が期待される。
- 本機関及び一般送配電事業者は、新技術の普及に伴う系統の利用形態の変化を注視するとともに、技術的対応の必要性の予見に努める。

表 2 技術開発例

観点	技術開発例
潮流のコントロール等により、既存設備のパフォーマンスを最大限引き出すこと	・ ダイナミックレイティング ・ FACTS機器 ・ 電力貯蔵技術 ・ 自然変動電源の出力調整技術 ・ 同期化力低下対策
大容量かつ長距離の送電を安定供給及び経済性の観点を踏まえて効率的に実現すること	・ 大規模直流送電 ・ 超電導送電システム ・ 耐熱性の高い導体への置き換えや新たな絶縁技術の開発等による運用容量拡大
最大限のパフォーマンスを維持できるよう、設備の管理を行うこと	・ アセットマネージメント

¹⁵ 技術開発動向については、参考資料 (6) を参照。

4-3. 電力流通設備の健全性確保への取組

流通設備の更新は、経年状況だけでなく、設備ごとに劣化状況等を見極めながら、適切な時期に実施することが基本であるが、今後、高度経済成長期に建設された流通設備が一斉に更新時期を迎えることへの対応に当たっては、以下の問題が生じないよう留意する必要がある。

- ▶ 更新物量に対応能力（作業員人数、工場製造ラインなど）を超過し、必要な工事が実施できなくなること
- ▶ 大量の流通設備更新が集中することによって、作業停止の困難化（＝系統利用者の利便性や信頼度の低下）や、設備対応コスト（託送費用）の上昇を招くこと
- ▶ 大量の流通設備更新と新たな流通設備投資が重なった場合において、上述の問題が深刻化すること

また、流通設備更新を計画的に実行するため、作業員の確保は特に重要であるが、ここ数年、全国的に必要な能力を有する作業員（高所、基礎、ケーブル等の工事従事者）の数がやや減少傾向にあり、今後、大幅に増大することが予想される更新物量に応じた作業員を確保できるかどうか懸念される。（図 243）

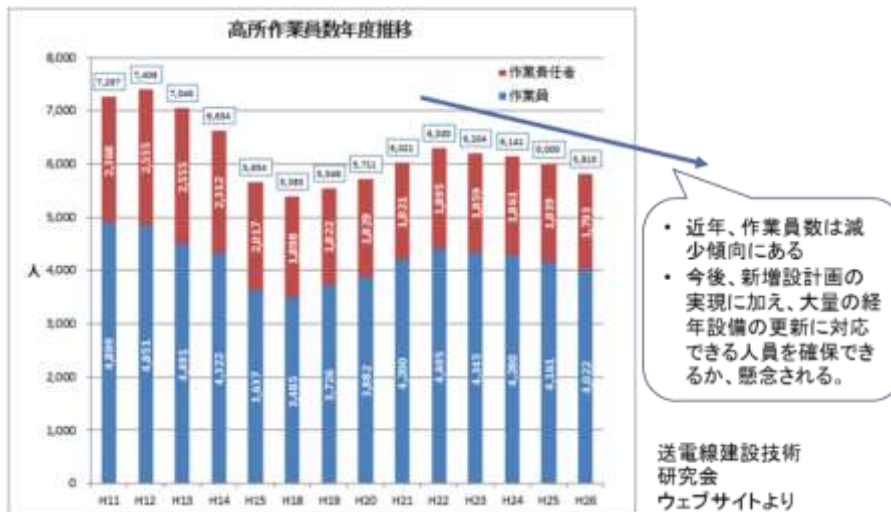


図 243 高所作業員の推移

(取組事項)

- 一般送配電事業者においては、流通設備の健全性維持に向け、以下の（1）から（4）の実施が期待される。本機関においてもこれらの取組が円滑に実施されるよう適確的確にサポートを行う。
- 本機関は、供給計画の取りまとめ等を通じて、流通設備の健全性確保の観点か

ら各一般送配電事業者の取組状況を確認するとともに、更新される設備規模等について必要に応じ計画策定プロセスとの整合性等の観点で踏まえ、望ましい設備形成を促していく。

(1) 計画的な更新及び作業平準化

将来の不具合の発生、信頼度の低下を回避するため、設備ごとに劣化度合いを適正に評価した上でライフサイクルを見極め、優先度の高いものから設備更新を進めることを原則とし、長期的な設備更新計画の策定、着実な実施に向けては、更新設備量等の見通しを把握し、更新工事の円滑化、工事量の平準化を図る。

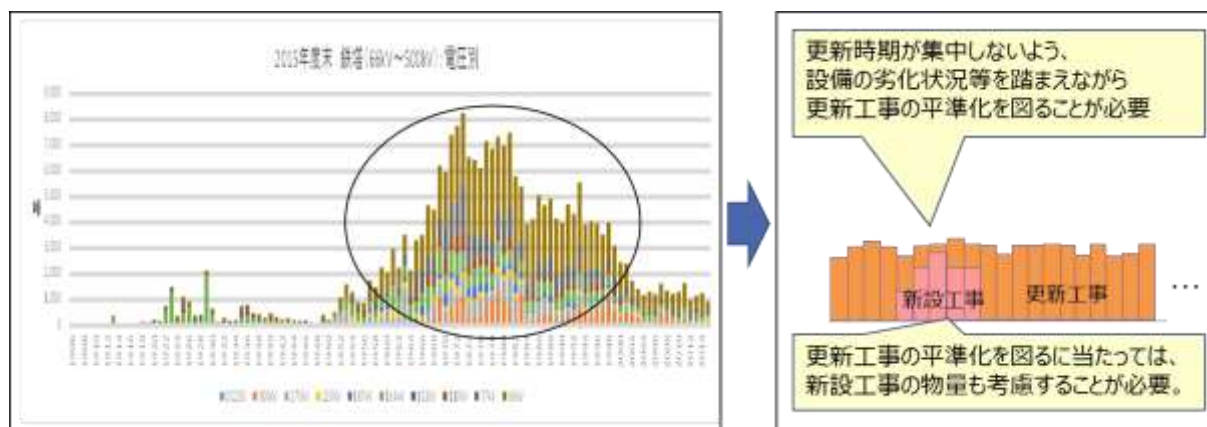


図 254 作業平準化のイメージ

(2) 設備形成の合理化

設備更新工事の際は、例えば、今後の需要低下が見込まれる場合は、変圧器台数のスリム化や送電線の統廃合を行う等、長期的な想定潮流を踏まえ、それに適した合理的な設備形成を図ることが重要である。

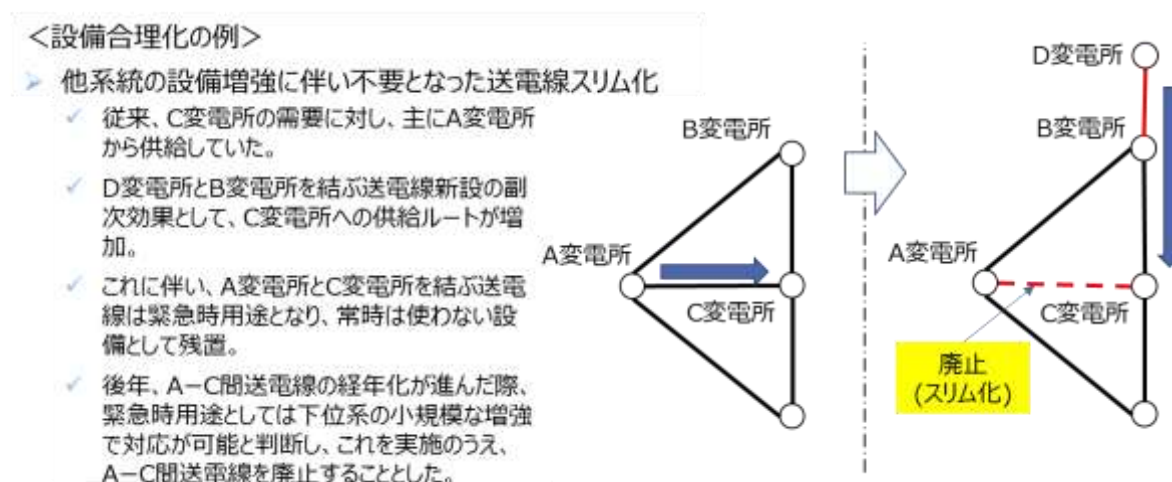


図 265 設備合理化の例

(3) 年間対応能力の維持向上

中長期的な更新物量の見通しを公表し、工事会社や製造メーカー等が、将来の工事量等を予見しやすくすることによって、更新工事への対応能力の確保を図る。

また、近年の作業員数の減少傾向を考慮し、以下のような取組がなされているところであるが、今後もこうした取組を継続、発展し、年間対応能力の向上を図る。

- ▶ 耕作期や発雷期等、従来、作業を避けてきた時期の有効活用
- ▶ 安定した工事量を確保するため、停電調整などによる工事実施時期の平準化
- ▶ 労働条件及び環境の改善等による、作業従事者の確保に向けた対策
- ▶ 一般送配電事業者と工事会社が一体となった技能研修会や講習会の実施等による、作業員の技術向上

(4) 連系線等の経年状況¹⁶の把握

連系線等の広域連系系統は、更新等により作業停止した場合、市場分断による広域的な電力取引に支障が生じることや、事故時の系統信頼度低下など、系統利用者に与える影響が大きいことを踏まえ、広域連系系統の経年状況や将来の更新見通しを適切に把握し、既設設備の更新、改修に備えた設備計画の検討、停止作業調整等になるべく早く着手する。

例えば、系統利用者に大きな影響を与えると想定される長期間の作業停止が必要となる場合には、費用対便益なども考慮した上で、既設設備の更新、改修に先立ち別ルートを構築しておく等により、停止による影響を極力緩和することも考えられる。

4-4. その他関連する課題

これまで広域連系系統のあるべき姿の実現に向けた取組について述べてきたが、これに関する検討の際、前述の課題の他、将来の広域連系系統にとって非常に重要と考えられるいくつかの課題が明らかになった。その課題及び解決に向けた取組は以下のとおりである。

(1) 再生可能エネルギー導入拡大を実現するための課題

再生可能エネルギー電源は、電源種によっては風況等の自然条件や土地の確保の面で新規立地地域が限られていることから、一部のエリアでは、一般送配電事業者が設定している接続可能量「30日等出力制御枠」を超えて、再生可能エネルギー電源が導入され始めている状況にある。

¹⁶ 連系線の経年状況（2016年10月時点）は、参考資料（5）を参照

こうした状況において、更なる再生可能エネルギーの導入拡大を図るためには、以下のような制度面及び設備面の課題がある。

- ① 再生可能エネルギーにより発電された電気の卸電力市場を通じた広域的な取引の拡大
- ② 一般送配電事業者が他エリアの調整力（揚水式水力等）を最大限活用するための費用回収~~の~~を含む仕組み¹⁷の整備
- ③ 再生可能エネルギー電源~~を~~の電力系統~~にへの~~効率的な接続~~するための、~~及びローカル系統やエリア内基幹系統~~など~~の整備

（取組事項）

- ①については、本機関において、連系線利用ルールの見直しが議論されており、これが実現すれば広域的な取引拡大も見込まれる。
- ②については、本機関において、具体的な仕組みに関する検討を進める。
- ③については、本機関において、複数の電源連系希望者系統アクセス業務により工事費を共同負担して流通設備増強を行う電源接続案件募集プロセスのスキーム¹⁸に係るルールなどの見直しも視野に入れて検討を進める。

また、再生可能エネルギー導入拡大を実現するために、国及び本機関において、一般送配電事業者が他エリアの調整力を最大限活用するための仕組み及びその際の費用回収の在り方や、連系線利用ルールの見直し、既存流通設備を最大限活用してもなお系統増強が必要となる場合における連系線を含む流通設備増強の在り方、その費用負担の考え方等に関する検討が必要である。

¹⁷ 一般送配電事業者の周波数調整義務は、自らのエリア内のみであり、費用をかけてまで他エリアの調整をするインセンティブが働かないため、他エリアの調整力を活用するための費用回収の仕組みなどの課題解決が必要と考える。

¹⁸ ~~電源接続案件募集プロセスについては、周辺地域で随時の申込みがあった場合において、上位系の増強も併せた協調的な検討ができないといった課題がある。~~

表3 再生可能エネルギー導入拡大を実現するための課題

市場活用	再生可能エネルギーにより発電された電気の卸電力市場を通じた取引の拡大 ・卸電力市場に1時間前市場の創設 ・買取義務者を一般送配電事業者に変更 ・再生可能エネルギーの回避可能費用単価を市場価格連動に変更
調整力	再生可能エネルギーの導入拡大に伴う一般送配電事業者の調整力確保及びその費用負担に係る課題の解決 ・火力発電の稼働率低下による発電効率悪化等に伴う費用 ・火力発電の停止及び起動回数の増加に伴う費用 ・揚水動力によって需要を創出することによる費用 ・発電設備を自然変動電源の対応のために確保しておくために必要な費用 等 他エリアの一般送配電事業者の調整力を最大限活用するための費用負担に係る課題及びそのための連系線利用方法に係る課題の解決 ・追加的に費用が発生する範囲まで調整を行うこととするルール ・当該追加的費用に係る費用精算の仕組み
系統整備	ローカル系統の整備 ・系統情報公表による予見性の向上 ・電源募集プロセスによる特定負担の軽減 エリア内基幹系統の整備 ・費用負担の考え方整理（原則一般負担、一般負担の上限） ・全国又は特定エリアの一般負担の上昇に関する国民の理解

(2) 流通設備の建設を円滑に行うための諸制度の活用

従来からの安定供給を確保するための流通設備建設に加えて、エネルギーミックスの実現や電力システム改革の目的（電気料金の抑制、需要家の選択肢や事業者の事業機会の拡大）達成に向けた流通設備建設が必要となっている。このようにインフラ設備としての流通設備の公益性は高まってきており、流通設備を円滑に建設していくために有効と考えられる諸制度（重要送電設備等指定制度、土地収用法等）について、今後の活用の在り方を検討していく必要がある。

(取組事項)

- 本機関及び一般送配電事業者において、これら諸制度の活用の在り方について検討を進める。

(3) 電源設備と流通設備の建設工程の不整合に関する課題

多様な電源連系ニーズの高まり等により、電源連系のための流通設備工事は長期化する傾向にある。

一方、電源設備の建設は短工期化していることから、両者の建設工期が噛み合わなくなりつつある。これに関しては、本機関及び一般送配電事業者が、4-2（1）の既存設備を最大限活用するための取組を協調して進めることにより、この状況の改善が期待できる。

4-5. あるべき姿に向けた取組事項の効果必要性の確認

将来のエネルギーミックスに基づく電源導入や電力市場の活性化等を前提に、連系線を活用した広域的な運用の効果等を分析するとともに、前述したあるべき姿に向けた取組の効果必要性を確認するため、電力潮流シミュレーションを実施した。

(1) 概要

図 276 に示すとおり、連系線に着目したゾーンモデルにより 8,760 時間の連系線潮流シミュレーションを実施し、その結果に基づき、地内広域連系系統の代表的な断面を対象とした地内系統潮流シミュレーションを実施した。

それらの結果及び流通設備増強費用の試算結果から、あるべき姿に向けた取組の効果必要性を確認した。

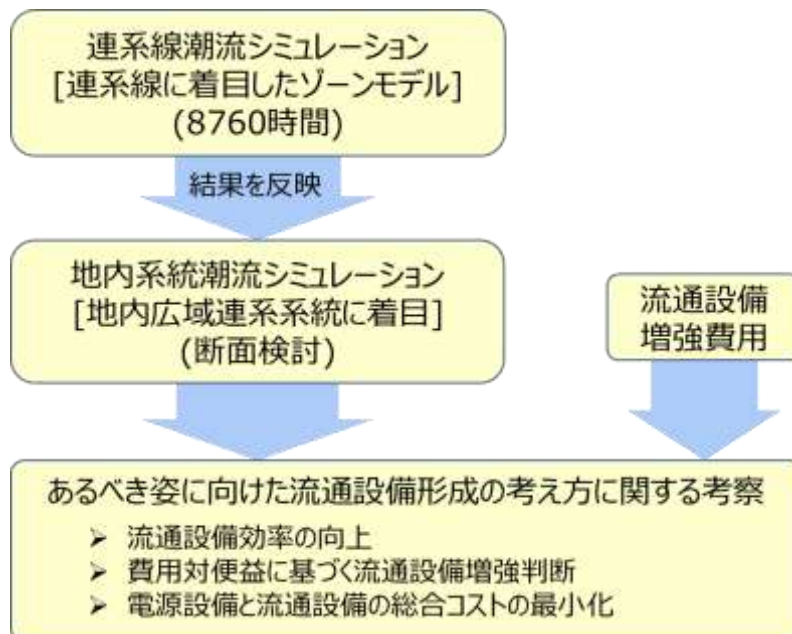


図 276 電力潮流シミュレーションの概要

本シミュレーションは以下のような前提条件の下で実施したものであり、電源構成の変化や連系線利用ルールの見直し、費用対便益の評価方法等によって、結果が大きく変わりうることに留意が必要である。

- ・長期エネルギー需給見通しの電源構成等を参考にシナリオを設定
- ・1時間ごとの電力量によりシミュレーションを実施（1時間以内の変動、起動停止の制約、時間ごとの連続性等は未考慮）
- ・連系線の空容量や他エリアの調整力を最大限活用できる（運用上の実現性は未考慮）
- ・エリア内の再生可能エネルギー電源の配置については、環境アセスメント(環境影響評価)や既存設備量等の状況を踏まえ想定

- ・一定の仮定を置いて流通設備増強費用を試算
- ・費用対便益評価は増強費用と燃料費抑制効果¹⁹のみで比較 等

また、実際の流通設備増強判断においては、確度の高い電源計画及び詳細な系統対策の内容を踏まえる必要があることから、本シミュレーションの結果に基づいて、ただちに流通設備の増強要否が判断できるものではない。

(2) 連系線潮流シミュレーション

(i) シナリオ設定²⁰

各エリアの需要及び電源構成並びにエリア間の連系線を模擬し、連系線の運用容量制約がある場合とない場合の両方のケースで広域メリットオーダーによって需給を一致させることとし、年間 8,760 時間の時系列モデルを構築した。

また、各エリアの需要と電源構成については、長期エネルギー需給見通しにおける 2030 年度のエネルギー需給構造の見通しをもとに、いくつかのシナリオを設定した。

導入量が偏在する傾向が強い風力発電及び太陽光発電については、全国の導入見込量及び FIT 制度における設備認定量を基礎として、各エリアに按分した量が導入されるシナリオ（シナリオ①：電源偏在シナリオ）と、各エリアの偏在を極力緩和するように導入されるシナリオ（シナリオ②：電源偏在緩和シナリオ）を設定した。シナリオ①は、導入量が多い地域から他エリアへの送電量が多くなるなど系統への負担が大きくなり、シナリオ②は、相対的に系統への負担が軽くなると想定されることから、その差異を評価しようとしたものである。

また、需要カーブや再生可能エネルギー電源の出力比率については、2013 年度の実績データを基準として設定しているが、気象状況等の違いによる再生可能エネルギーの発電抑制量等への影響を分析するため、2014 年度の実績データを基準としたシミュレーションも実施した。

¹⁹ 燃料費単価については、長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告（2015 年 5 月 発電コスト検証ワーキンググループ）の 2030 年モデルプラントの値をベースに、種別ごとに熱効率及び所内率を設定して算出。なお、燃料費単価には CO2 対策費用（火力発電からの CO2 排出量に相当する排出権を購入するとした場合の費用）を含む（参考資料（4）参照）。

²⁰ シナリオ設定や考え方の詳細は参考資料（4）を参照。

(ii) 連系線潮流状況等の確認結果と考察

連系線の運用容量制約なしの条件で、メリットオーダーにより電源の発電量を割り付け、その結果連系線に生ずる潮流を概観したものを図 287 に示す。

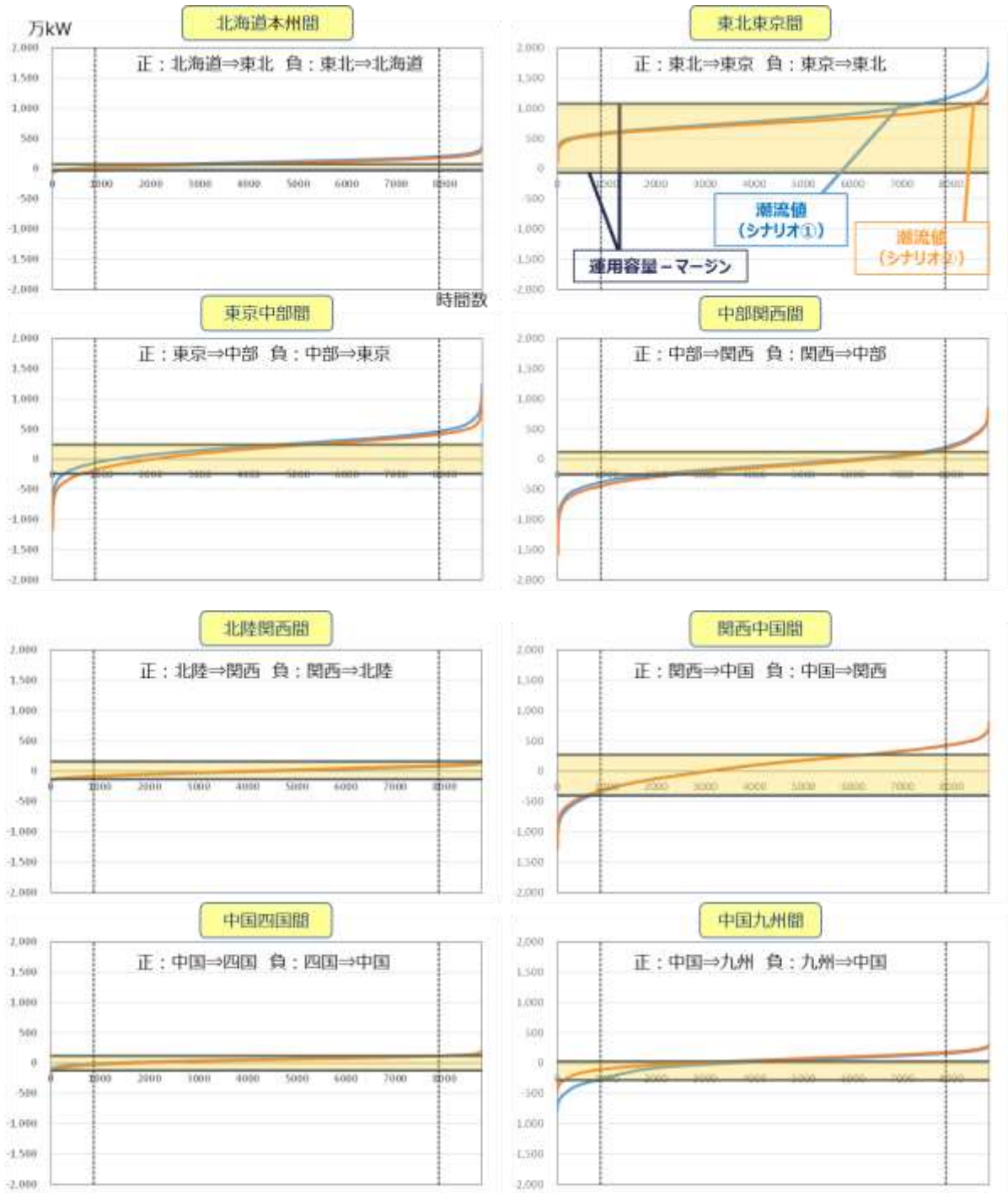


図 287 連系線潮流の概観²¹

²¹ グラフ上の運用容量およびマージンについては、2015年時点の長期断面の値。シミュレーションにおいては、運用容量は平休日昼間夜間に細分化された2016年の年間計画値を、マージンは実需給断面で必要とされる最小値を使用。

次に、連系線制約がある場合のシミュレーション結果であるが、再生可能エネルギーの発電抑制量は、シナリオ①では全国合計で5.5億kWh/年、シナリオ②では0.4億kWh/年となった。これは長期エネルギー需給見通しにおける2030年度の再生可能エネルギーの発電電力量全体のそれぞれ0.2%、0.02%程度である。図298に再生可能エネルギーの発電抑制量の多い北海道・東北・九州エリアの結果を示す。

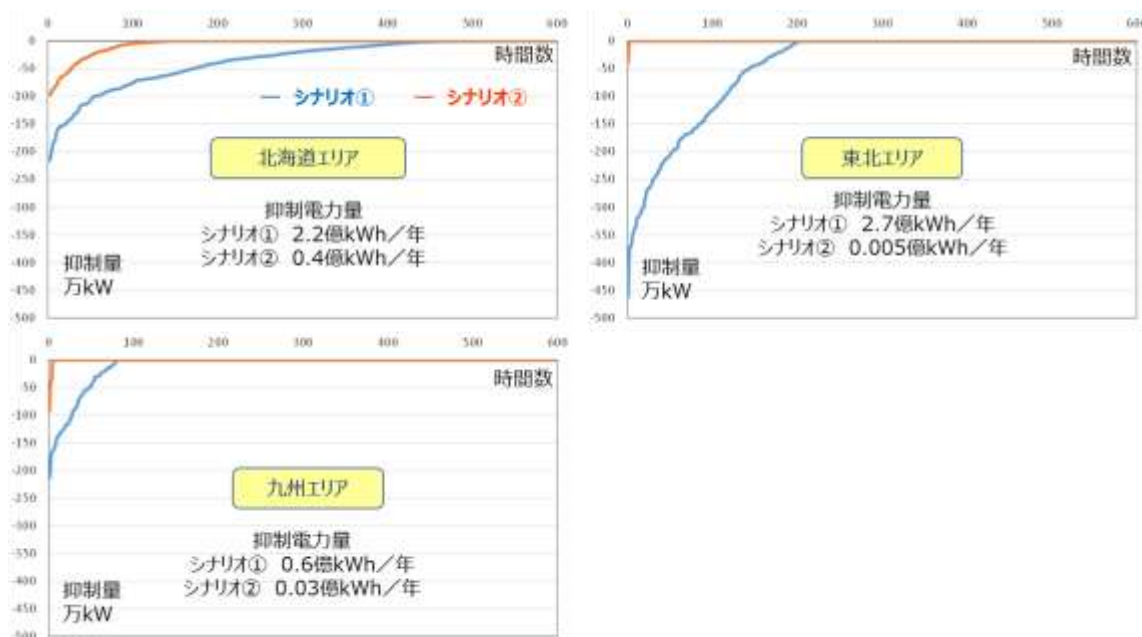


図 298 再生可能エネルギー発電抑制量の概観

図3029は、各連系線の運用容量制約がない場合において、2013年度の再生可能エネルギー電源の出力実績に基づく燃料費抑制効果及び再生可能エネルギーの発電抑制の解消量である。シナリオ①と②で西日本の連系線の燃料費抑制効果に差はなく、東日本の連系線の燃料費抑制効果に差があることが分かる。これは、2013年度は、九州エリアの太陽光利用率が他エリアと比較して低かったため、シナリオによる差が東側のみに生じたものである。2014年度の再生可能エネルギー電源の出力比率の実績をもとにしたシミュレーションの結果は図310であり、ここでは、九州エリアの太陽光利用率が2013年度に比べて高く、シナリオ①と②の差が西側の連系線にも生じている。

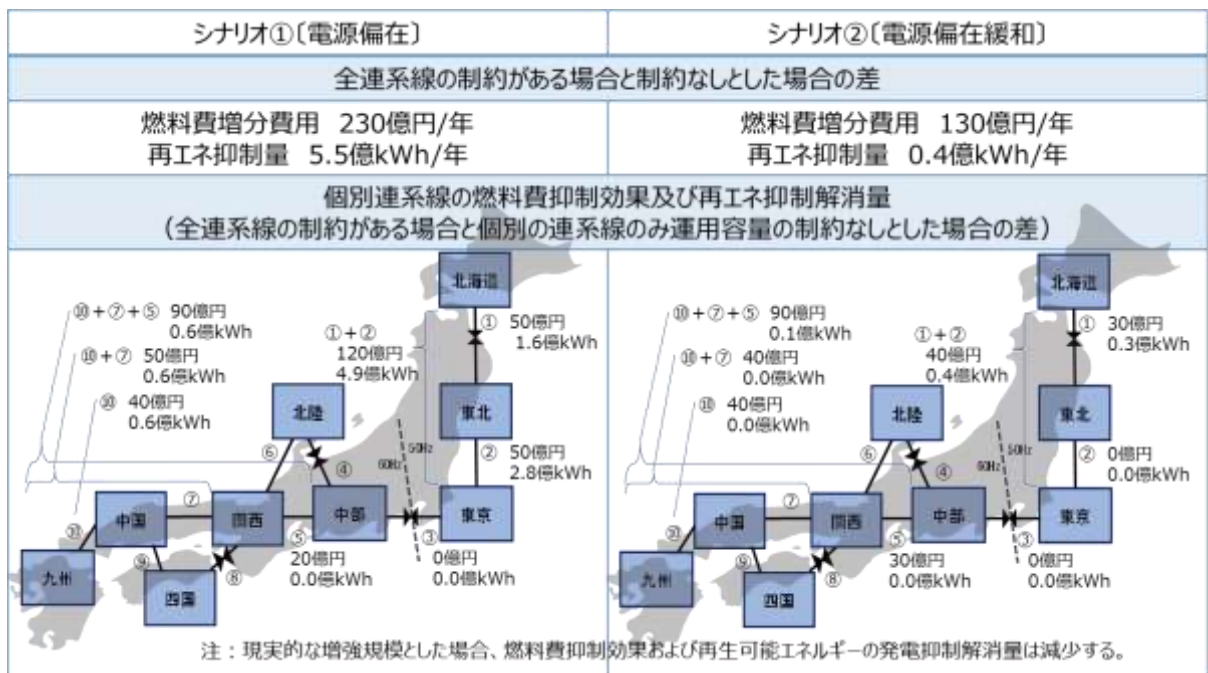


図 3029 燃料費抑制効果及び再生可能エネルギー発電抑制解消量 (2013 年度基準)

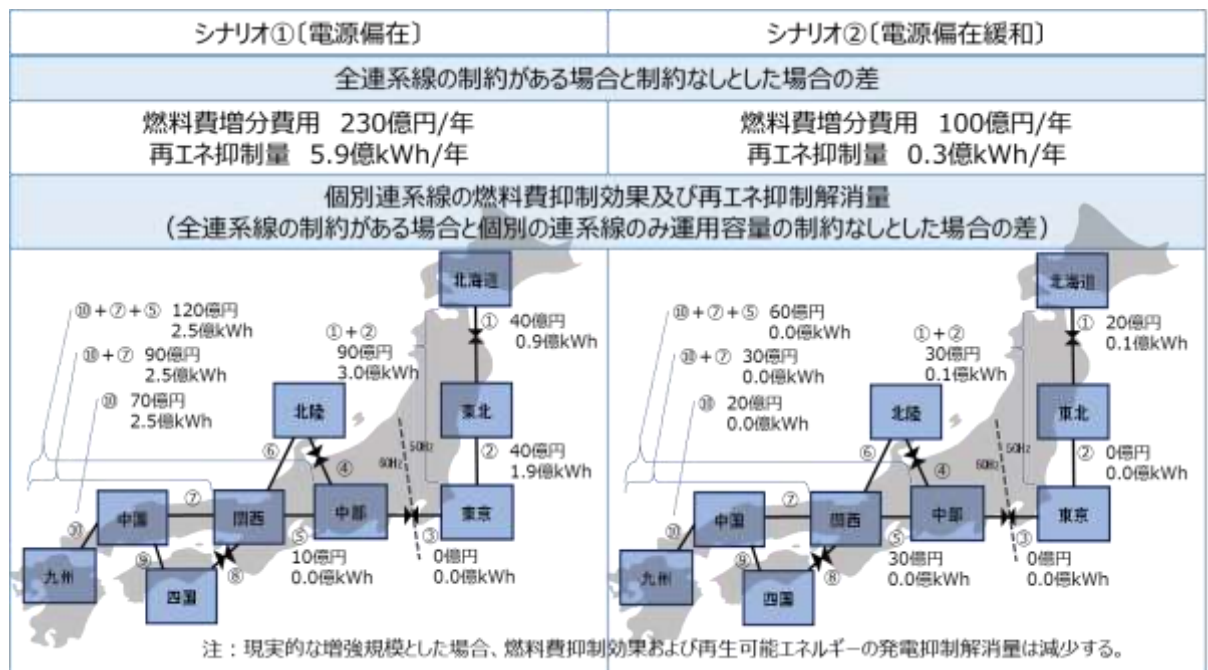


図 310 燃料費抑制効果及び再生可能エネルギー発電抑制解消量 (2014 年度基準)

図 29、30、31 の燃料費増分費用及び再生可能エネルギーの発電抑制量は、全連系線の運用容量の制約がない場合と制約がある場合の差分である (図 321①)。また、連系線ごとの燃料費抑制効果及び再生可能エネルギーの発電抑制の解消量は、全連系線の運用容量制約がある場合と算出の対象となる連系線のみ制約なしとした場合の差分である (図 321②)。

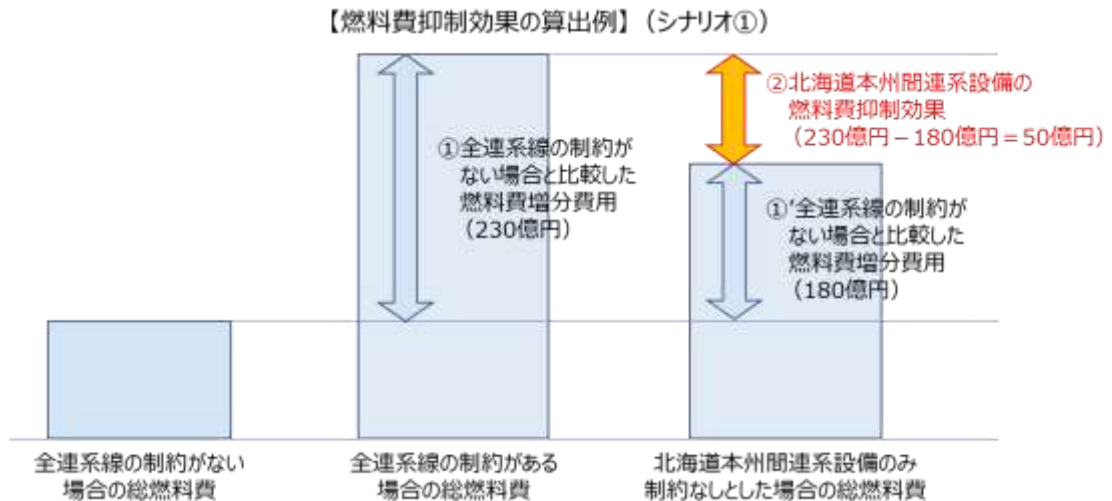


図 3-21 燃料費抑制効果（再生可能エネルギー発電抑制解消量）の算出方法

(iii) 連系線潮流シミュレーションに関する留意事項

今回の連系線潮流シミュレーションは、将来のエリア別の電源構成等を適切に見通すことが困難な状況において、長期エネルギー需給見通しにおける電源構成等を参考にして設定したシナリオにより、マクロ的に分析したものである。また、1時間ごとの電力量によりシミュレーション（8,760時間(24時間×365日)）を行っているが、1時間以内の需要や発電機出力等の変動は模擬していないため、周波数制御等の実運用面における課題や発電機の変化速度、起動停止、マストラン電源等の実運用上の制約事項は考慮していない。さらに、下げ代不足対策として、連系線の空容量や他エリアの揚水式水力（ポンプ）等の調整力を最大限活用できる前提としているが、運用上の諸課題は考慮していない。（一般電気事一般送配電事業者が他エリアの調整力を活用するためには、その費用回収等について制度的な措置などが必要と考えられる。）

このシミュレーション結果を参照する際は、こうした点について留意が必要である。

(3) 地内系統潮流シミュレーション

(i) シナリオ設定

地内系統潮流シミュレーションについては、連系線潮流シミュレーションの結果を反映し、通常考えられる範囲で厳しいと想定される表4の代表的な断面を対象に実施した。

表4 地内系統潮流シミュレーションの検討断面

		設定の考え方
日	全国最大需要発生日	系統にとって、最も大きな潮流になると想定される夏季重負荷期
	全国最小需要発生日	電源が集中する基幹放射状系統など、夏季重負荷期以外で大きな潮流になると想定される軽負荷期 (全国における再エネ出力/需要の比率が大きい断面)
	再エネ高出力発生日 (北海道・東北エリア)	北海道・東北エリアについては風力や太陽光の導入量が多く見込まれており、導入地点の系統において、最も大きな潮流になると想定される断面(時刻についても風力および太陽光の高出力発生時刻を設定)
時刻	5時	最小需要時
	12時	太陽光出力最大時
	15時	最大需要時
	17時	点灯ピーク時

また、シミュレーションの前提条件として、発電機出力等については、連系線潮流シミュレーションの計算結果を表5の方法により配分した。

表5 発電機出力との地内配分方法²²

要素	個々の系統への配分方法	
電力需要	H28年度供給計画の第10年度断面をベースとして、個々の系統配分量で按分	
再エネ	風力 太陽光	既連系+申込済(未連系)の設備量をベースに比率按分(※)
	水力	既設の設備量をベースに比率按分
	地熱	ポテンシャルを踏まえ、個社ごとに判断
	バイオマス	系統容量をベースに比率按分
火力	種別ごと(石炭、LNG(MACC, ACC, CC, CONV)、石油)の設備量を基に按分 なお、kW配分方法は、新しい発電機(発電効率が低い)から順に配分	
原子力	設備量をベースに比率按分	

²² MACC : More Advanced Combined Cycle (1500°C級コンバインドサイクル)
 ACC : ~~Advanced~~Advanced Combined Cycle (改良型コンバインドサイクル)
 CC : Combined Cycle (コンバインドサイクル)
 CONV : Conventional (従来型)

(ii) 地内系統状況の確認結果・考察

北海道及び東北エリアにて一部混雑箇所はあったが、シナリオ①、シナリオ②のいずれにおいても全国的に混雑が想定される系統は限定的であることが確認できた。言い換えると、広域メリットオーダーによる運用を前提とした想定潮流の合理化は、広域連系系統の空容量拡大に一定の効果を及ぼすものと考えられる。

その例を図 332 に示す。従来の考え方では、夏季重負荷期及び軽負荷期の負荷に対して、電源をフル出力で潮流を想定し、最過酷断面における潮流 (①) を想定していたが、メリットオーダーによる潮流を想定すると、石油火力が停止し、LNG コンバインドサイクル(CC)火力の潮流が抑制され、その結果空容量が生じる結果 (②) となった。

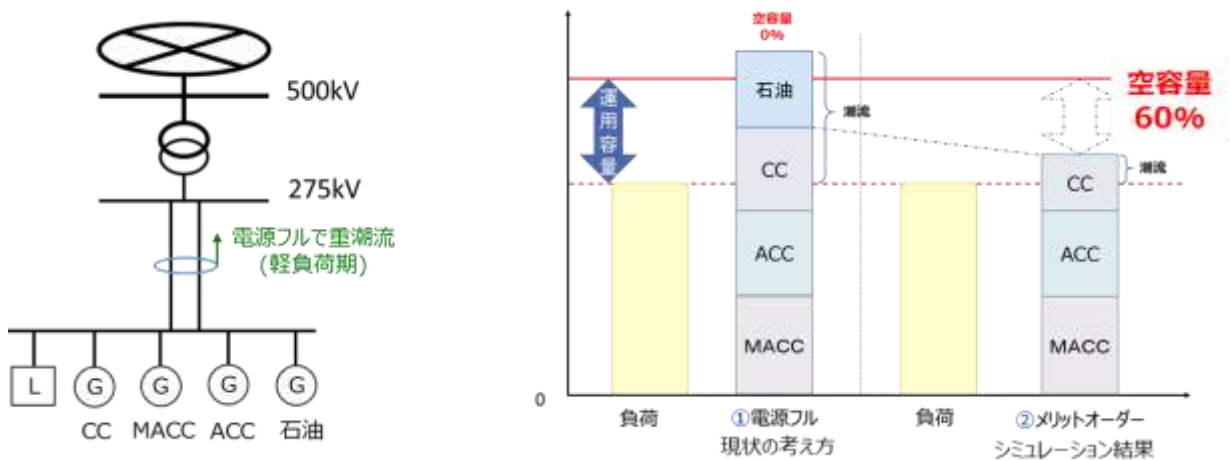


図 332 電源が集中する実系統における想定潮流合理化の効果例

一方、北海道エリア及び東北エリアにおいては、再生可能エネルギー電源の導入拡大に伴い、再生可能エネルギー電源の高出力発生日は、メリットオーダーによる運用を前提とした合理的な想定潮流を反映しても、一部の送電線に混雑が発生する結果となった (図 343)。

北海道北部、東北北部系統には風力発電のポテンシャルが偏在しており、また、東北エリアには太陽光が多く連系しているため、既存設備を最大限活用しても、再生可能エネルギー電源の出力が大きい時間帯には混雑が発生する系統があることが示唆された。

また、シナリオ①では北海道、東北エリアともに年間 10%程度以上の時間帯で混雑が発生したのに対し、シナリオ②では東北エリアのみ年間 10%程度の混雑が発生しており、混雑発生頻度はシナリオ設定すなわち電源の配置によって左右されることが分かった。

なお、再生可能エネルギー電源の配置は、導入見込量や環境アセスメントの状況、既存設備量等の状況を踏まえた想定であること等、あくまでも一定の前提を置いて実施したシミュレーションであることに留意が必要である。

北海道（風力最大発生日 19時）

東北（風力最大発生日 21時）

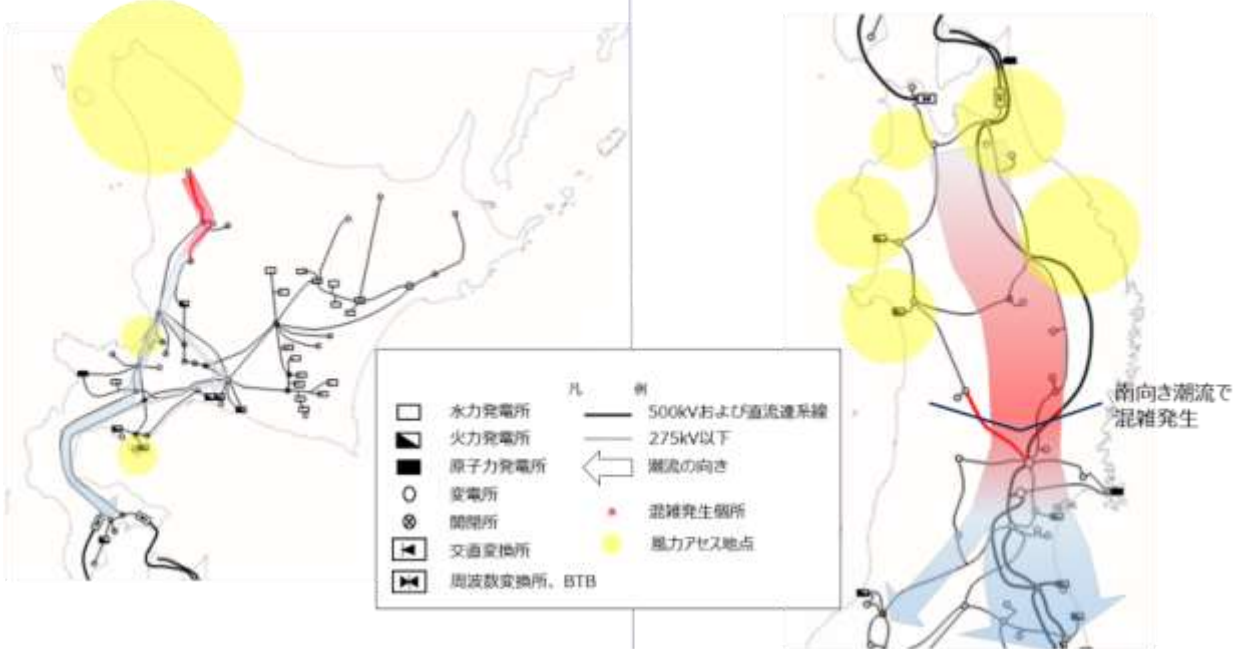


図 343 北海道、東北エリアの混雑発生状況

(4) 広域連系系統のあるべき姿の実現に向けた取組に関する考察

(i) 費用対便益評価に関する考察

表6は、潮流シミュレーションの結果に基づき、各連系線の増強費用（年経費率換算）と燃料費抑制効果を比較した結果を示したものである。今回の試算では燃料費抑制による便益（効果）は、連系線の増強費用を上回らなかった。

連系線や地内系統の増強規模は、新規電源の立地地点や電源の規模などによって変わり得るが、今回は一定の仮定²³を置いて流通設備増強費用の試算（概算）を行った。また、連系線の運用容量制約をなしとした場合と現在の運用容量を制約条件とする場合の総燃料費を比較し、その差分を年間燃料費抑制効果としたが、実際には設備増強後であっても運用容量による制約が残るため、この効果は減少する可能性があることに留意が必要である。

表6 費用対便益評価

連系線等	増強費用(年経費率換算 ^{※1}) (億円/年)	燃料費抑制効果 ^{※2} (億円/年)	
		シナリオ①	シナリオ②
北海道本州間	110	～50	～30
東北東京間	100	～50	0
北海道本州+東北東京間 ^{※3}	330	～120	～30
中部関西間	30	～20	～30
中国九州間	100	～40	～40
中国九州+関西中国間 ^{※3}	380	～50	～50
中国九州+関西中国+中部関西間 ^{※3}	410	～90	～90

※1 年経費率換算については、設備がすべて送電設備とし、耐用年数を法定耐用年数、割引率3%として試算しており、変電設備の割合により、増強費用は増加。

※2 燃料費抑制効果については、連系線の制約なしとした場合の効果であり、現実的な増強規模とした場合は、効果は減少する。

※3 東北エリア内、中国エリア内の増強費用を含む

以上のとおり、今回の試算では、連系線増強の便益は費用を下回るものとなったが、本試算はあくまで仮定のシナリオに基づくものであること、燃料費抑制効果以外の便益を加味すれば費用を上回る便益が得られる可能性もあることから、実際の連系線の増強判断に当たっては、電源の計画や運用、新たな電源連系ニーズを的確に把握した上で、必要性を判断していくことが重要である。

(ii) 電源の偏在緩和に関する考察

連系線潮流シミュレーションのシナリオ①（電源偏在シナリオ）とシナリオ②（電源偏在緩和シナリオ）の結果を比較すると、仮に電源設置コストに立地地域による差がなく²⁴、現状の系統状況を前提とすれば、シナリオ②の方が系統混雑

²³ 設備増強費用検討の前提条件は参考資料（4）を参照

²⁴ FIT 買取価格には地域差はない。ただし、電源設置コストと設備稼働率には、地域差があるが、その影響はここでは考慮していない。

による燃料費増分費用が小さく、また、再生可能エネルギーの発電抑制量は軽減するため、電源設置増分コストよりも燃料費抑制効果が大きくなり、全体コストの最適化が図れているといえる。

すなわち、長期エネルギー需給見通しで示されたエネルギーミックスをより低コストで達成するためには、広域連系系統の空容量を考慮して電源立地を誘導することが効果的であることが確認できた。

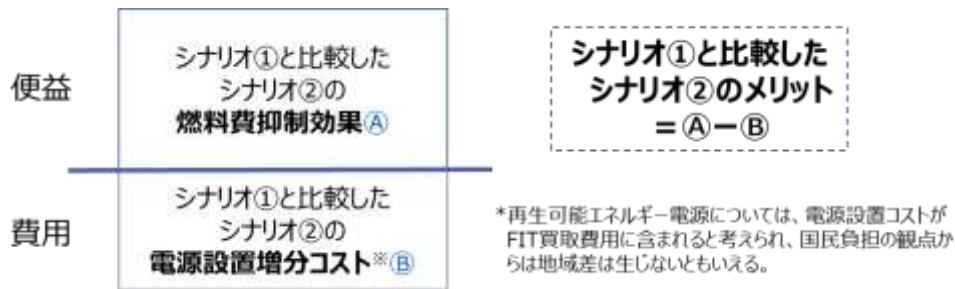


図 354 総合コスト最小化に関する考察

(iii) 運用面や電源配置等の前提条件の変化に関する考察

シナリオ①、②をベースケースとして、運用面や電源配置等の前提条件を変化させた場合の燃料費の増分費用及び再生可能エネルギーの発電抑制解消量への影響を確認するため、追加ケースによる連系線潮流シミュレーションを実施した。以下はその結果の概要である。

①運用面や電源配置等の前提条件

需給変動に対応する調整力としての電源の必要量やスペックについては、将来の再生可能エネルギー電源の導入量により変動する可能性があるため、ベースケースでは各エリア需要の 10%としていた調整力の量を 15%に増加させた。

さらに、増分の 5%について、エリア内の火力で確保するケース ((a) ケース) と他エリアから連系線を介して確保するケース ((b) ケース) の 2 ケースを実施した。

また、電源開発の不確実性を考慮し、各エリアごとに大型電源が配置された場合のケース ((c) ケース) も実施した。

表 7 運用面や電源配置等の前提条件

	ベースケース	追加ケース
調整力 対応	各エリアの需要の 10% を エリア内 の火力（石炭除く）にて確保	(1) 調整力増加ケース（エリア内15%） ・ベースシナリオに加え、各エリアの需要の +5%分をエリア内 の火力（石炭除く）にて確保 (2) 調整力増加ケース（エリア内10%+他エリア5%） ・ベースシナリオに加え、各エリアの需要の +5%分を他エリアから連系線 を介して確保
電源配置 ①～⑨	現時点での設備を基準に、供給計画に記載されている等、蓋然性の高い計画を織り込み機械的に経年50年以上の火力を一律廃止	(3) 電源配置ケース（9パターン） ・各エリアごとに 100万kWの石炭機を追加 （増加させたエリア以外の石炭機は抑制） ①北海道、②東北、③東京、④中部、⑤北陸 ⑥関西、⑦中国、⑧四国、⑨九州

②前提条件の変化による影響・考察

(a) 調整力増加ケース（エリア内 15%）

図 365は、エリア内の調整力を増加させたケースについて、ベースケースと比較した結果を示すものである。北海道本州間連系設備において、燃料費抑制効果及び再生可能エネルギーの発電抑制解消量が特に増加する結果となった。

これは、エリア内の調整力を増加させることで、再生可能エネルギー電源比率が高い軽負荷期に再生可能エネルギーの発電抑制量が増加したことから、再生可能エネルギーの発電抑制量の多いエリアをつなぐ北海道本州間連系設備において影響が大きくなったものと考えられる。

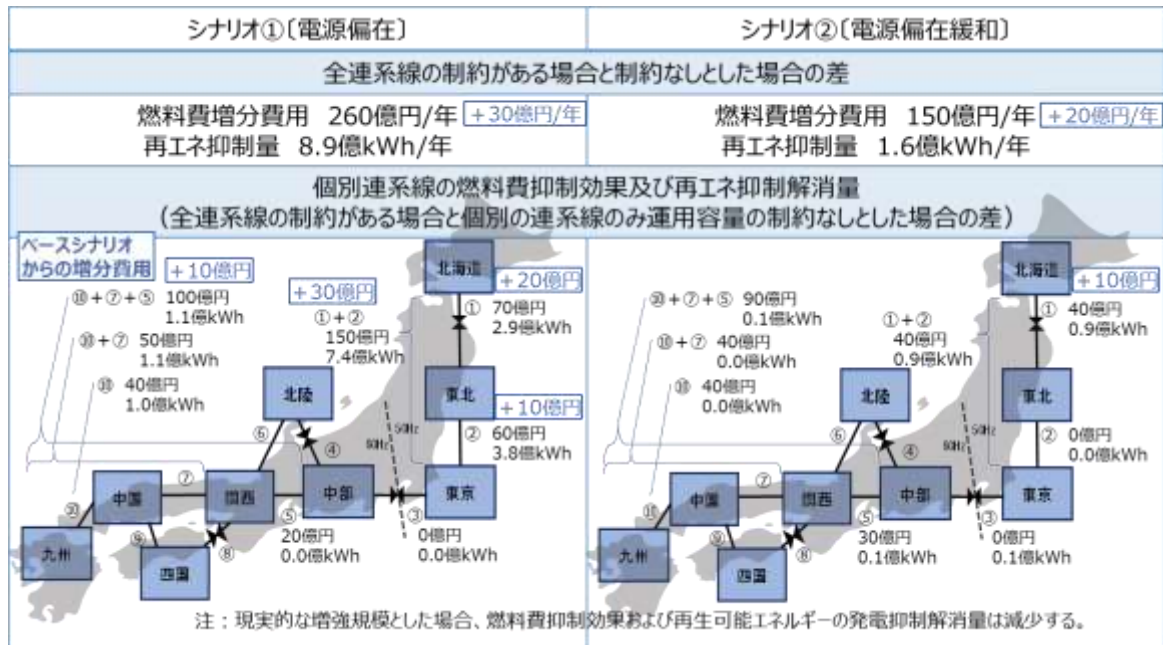


図 365 燃料費抑制効果及び再生可能エネルギー発電抑制解消量 ((a)ケース-2013年度基準)
((a)ケース)

(b) 調整力増加ケース(エリア内 10%+他エリア 5%)

図 376 は、調整力を他エリアから連系線を介して確保するケースについて、ベースケースと比較した結果である。東北東京間連系線、中国九州連系線において、燃料費抑制効果及び再生可能エネルギーの発電抑制解消量が特に増加する結果となった。

これは、連系線マージンを需要の 5%分確保²⁵することで連系線の空容量が減少した結果、広域メリットオーダーの効果が減少したものであり、需要に対して連系線による電力取引可能量が小さくなった箇所（東北東京間、中国九州間等）ほど影響が大きくなった。

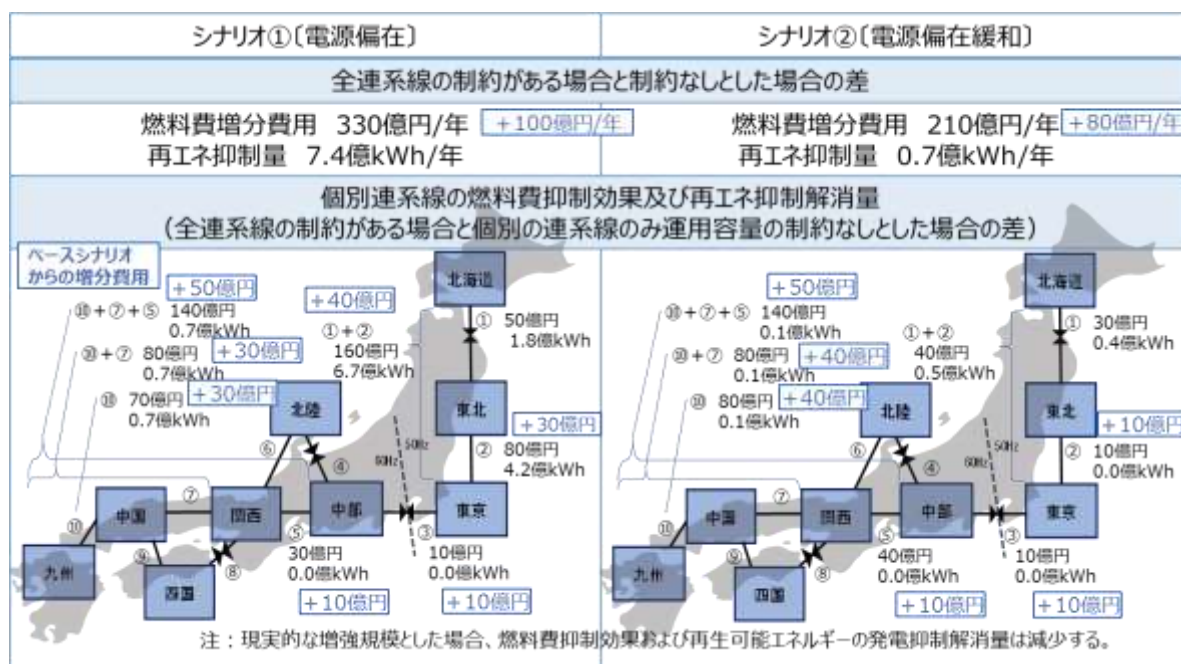


図 376 燃料費抑制効果及び再生可能エネルギー発電抑制解消量 ((b)ケース-2013 年度基準)
((b)ケース)

(c) 電源配置ケース

表 8 は、各エリアに大規模電源を配置したケースについてベースケースと比較した結果である。北海道エリアにおいて、燃料費抑制効果増分費用及び再生可能エネルギーの発電抑制解消量抑制量が特に増加する結果となった。

これは、需要に対してベース電源や再生可能エネルギーの電源導入量が多い北海道エリアに電源を配置した結果、更にベース電源が増加し、北海道本州間連系設備において混雑がより多く発生したため、再生可能エネルギーの発電抑制量が増加したことなどによるものである。

また、同様に需要に対してベース電源や再生可能エネルギー電源の導入量が多い東北エリアに電源配置した場合は、北海道本州間連系設備と比較し、東北東京

²⁵ マージンの設定方法例は参考資料 (4) を参照

間連系線に十分な容量があることから、燃料費増分費用及び再生可能エネルギーの発電抑制量の増加は小さいものとなっている。これは、他エリアに電源を配置した場合でも同様の傾向であった。

表 8 燃料費抑制効果増分費用及び再生可能エネルギー発電抑制解消費量（(c)ケース）
 (c)ケース

	燃料費増分費用		再エネ抑制量	
	シナリオ①	シナリオ②	シナリオ①	シナリオ②
ベースケース	230億円	130億円	5.5億kWh	0.4億kWh
電源配置① (北海道)	290億円 (+60億円)	180億円 (+50億円)	6.6億kWh (+1.1億kWh)	0.8億kWh (+0.4億kWh)
電源配置② (東北)	240億円 (+10億円)	140億円 (+10億円)	5.7億kWh (+0.2億kWh)	0.4億kWh (±0.0億kWh)
電源配置③・④ (東京・中部)	230億円 (±0億円)	130億円 (±0億円)	5.4億kWh (▲0.1億kWh)	0.4億kWh (±0.0億kWh)
電源配置⑤～⑧ (北陸・関西・中国・四国)	230億円 (±0億円)	140億円 (+10億円)	5.4億kWh (▲0.1億kWh)	0.4億kWh (±0.0億kWh)
電源配置⑨ (九州)	220億円 (▲10億円)	110億円 (▲20億円)	5.5億kWh (±0.0億kWh)	0.4億kWh (±0.0億kWh)

(5) 取組事項の効果必要性の確認のまとめ

以上のとおり、今回の電力潮流シミュレーションの結果からは、まずは既存設備の最大限の有効活用と広域メリットオーダーの運用を図ることが効果的であり、現在計画されている以上に連系線を増強することによる~~しても、今回の前提条件では十分な経済的効果は見受けられないものとなった。得られないことが示された。~~なお、~~今回のシミュレーションにおける広域連系系統の潮流状況は、図37のとおりであるただし、本シミュレーションは一定の仮定の下で試算したものであり、この結果に基づいて、流通設備の増強要否を判断するものではないことは既述のとおりである。~~

また、エネルギーミックスをより低コストで達成するためには、系統の空容量を考慮して電源立地を誘導することが効果的であるということも確認できた。~~なお、これは風力発電や地熱発電などのようなエネルギーポテンシャルが限定的な電源については、適地に導入されることを前提に確認したものであって、適地ではないところに電源立地を誘導することが効果的であることを確認したのではない。~~

このように今回のシミュレーションにおける前提条件には、現時点で不確定なものも多いことは認識しているが、本長期方針において取組を進めることとした以下の事項の~~効果~~について、一定取組の裏付けは得られた必要性が確認できたものと考えている。

- ✓ 想定潮流の合理化及び精度向上
- ✓ 費用対便益に基づく流通設備増強判断
- ✓ 電源設備と流通設備の総合コストの最小化

なお、今回の電力潮流シミュレーション（連系線及び地内系統）の潮流状況を全国及び各エリアで概観したものを図 38 に示す。

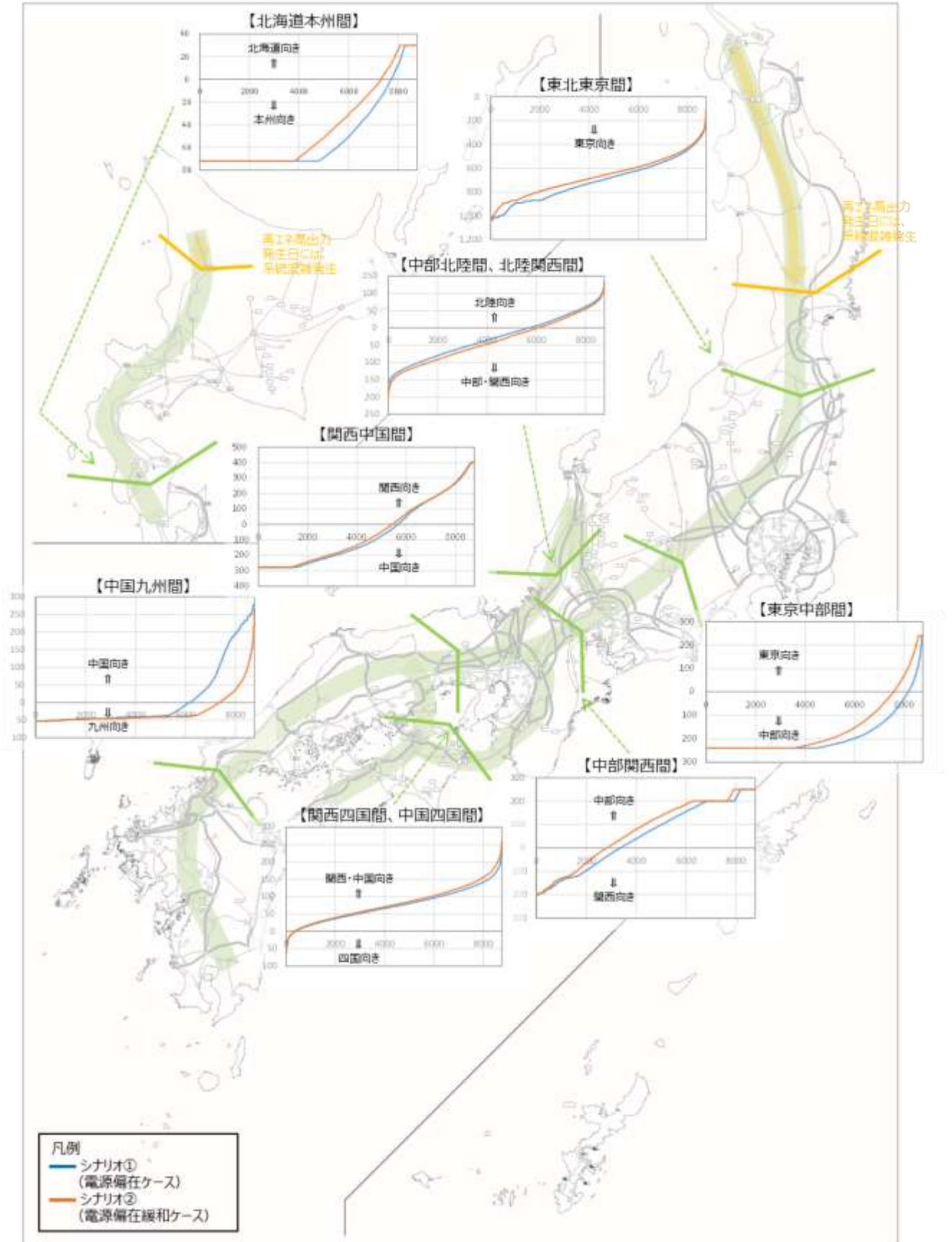


図 387 電力潮流シミュレーションにおける潮流状況(ベースケース：連系線運用容量考慮後)

5. まとめ

広域系統長期方針では、電力系統の特徴・変遷及び今後想定される環境変化を踏まえつつ、広域連系系統の設備形成・運用において、Ⅰ. 適切な信頼度の確保、Ⅱ. 電力系統利用の円滑化・低廉化、Ⅲ. 電力流通設備の健全性確保の3点が実現されている状態を、「広域連系系統のあるべき姿」として定義し、このあるべき姿の実現に向けた取組について取りまとめた。

(Ⅰ) 適切な信頼度の確保

- 設備形成を考える上では、適切な信頼度の確保は大前提となるため、本機関は、将来、電源構成が変化した場合も、広域的な送受電等により各エリアで必要な供給力が確保できるかどうかについて、継続的に確認、評価を行う。
- また、適切な信頼度が脅かされるような事象が確認された場合には、流通設備増強等を行うなど、一般送配電事業者とともに信頼度確保に取り組んでいく。
- なお、ここでは、東日本大震災規模の災害を想定し、広域的な電気の送受電により一定程度の供給信頼度を維持しうることをシミュレーションにより確認できた。

(Ⅱ) 電力系統利用の円滑化・低廉化

- 我が国のエネルギー政策と整合を図りつつ、新たな電源連系ニーズや、広域メリットオーダー実現等の期待に応えるとともに、電力流通設備への投資増大による電気料金の上昇をできるだけ抑制することが必要である。
- そのため、まずは、これまで以上に電力流通設備を効率的に利用することを目指し、更には、費用対便益に基づく設備増強判断や、国の政策方針や各電源の特徴等を踏まえつつ、電源側コストと流通側コストを総合的に評価した最適な設備形成を目指すことが重要である。
- その点では、本機関と一般送配電事業者が一丸となって、電力系統利用の円滑化・低廉化に向けて課題を整理し、ルール整備等に取り組んでいく。
- なお、ここでは、長期エネルギー需給見通しにおける需給構造を前提として、広域メリットオーダーの運用による電力潮流シミュレーションを実施し、これらの取組の必要性を確認した。

(Ⅲ) 電力流通設備の健全性確保

- 高度経済成長期に建設された電力流通設備が、今後一斉に更新時期を迎えることを踏まえ、設備の健全性維持のため、一般送配電事業者においては、計画的な設備の更新及び作業平準化などの取組を期待する。
- 本機関においても、それが円滑に実施されるよう的確にサポートを行っていく。

おわりに

これまでの流通設備計画は、電力需要の増加に対応するため、電源の開発計画等に関する確実性の高いシナリオをベースに立案されてきたが、近年は、需要の伸びの鈍化、新たな電源連系ニーズの高まり、再生可能エネルギー電源の導入拡大等、系統利用に関する不確実性が拡大しており、この環境変化に伴って流通設備の利用効率の低下を始めとした系統整備に係る多くの課題が顕在化している。

こうした現状認識の下、広域連系系統のあるべき姿を見据えつつ、その実現に向けた課題と必要な取組について検討を重ねてきた成果が、この広域系統長期方針である。

この広域系統長期方針の策定は、一昨年 4 月に発足した本機関にとって初めての取組であるのはもちろんのこと、我が国の電力系統整備の歴史的経緯においてもおそらく例を見ないものであり、関係者にとってこの約 2 年間にわたる検討の過程は、幾度となく議論と試行錯誤を繰り返す道のりであった。

こうした経緯の下、取りまとめた広域系統長期方針であるが、あるべき姿の実現に向けては解決すべき様々な課題があることから、今後は、国における議論や本機関の検討会における議論等も踏まえつつ、具体的な検討を進め、課題の解決に向けた取組を着実に進めていく。

広域系統長期方針が、今後の我が国における電力流通設備形成の指針として、将来の安定的な電力供給に資するよう、本機関としては、今後とも電力系統に関する専門的知見を蓄積しつつ、社会環境の動向変化を注視し続けていくこととしたい。

以 上

【広域系統整備委員会 委員一覧（2017年 月 日現在）】

委員長

古城 誠 上智大学 法学部地球環境法学科 教授

(敬称略)

委員 (中立者)

伊藤 麻美 日本電鍍工業(株) 代表取締役
岩船 由美子 東京大学 生産技術研究所 特任教授
大橋 弘 東京大学大学院 経済学研究科 教授
加藤 政一 東京電機大学 工学部電気電子工学科 教授
工藤 禎子 (株)三井住友銀行 執行役員 成長産業クラスターユニット長
田中 誠 政策研究大学院大学 教授

(敬称略・五十音順)

委員 (事業者)

大久保 昌利 関西電力(株) 電力流通事業本部 副事業本部長
大村 博之 JXエネルギー(株) 執行役員 リソース&パワーカンパニー
電気事業部長
坂梨 興 大阪ガス(株) ガス製造・発電事業部 電力事業推進部長
鍋田 和宏 中部電力(株) 執行役員 グループ経営戦略本部 部長
松島 聡 日本風力開発(株) 常務執行役員
柳生田 稔 昭和シェル石油(株) 執行役員 エネルギーソリューション事業本部
電力需給部長

(敬称略・五十音順)

委員 (退任)

伊藤 久徳 中部電力(株) 経営戦略本部 部長
清水 宏和 清水印刷紙工(株) 代表取締役社長
白銀 隆之 関西電力(株) 電力流通事業本部 工務部長
福田 隆 関西電力(株) 電力流通事業本部 副事業本部長

(敬称略・五十音順)

(役職は委員在任時)