

 : 機微な情報のため非公開

# 佐京連系における「ノンファーム適用系統」に係る検討について

2019年9月17日  
広域系統整備委員会事務局

1. 前回までの振り返りと今回の論点
2. 佐京連系における「ノンファーム適用系統」に係る検討
  - 2-1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断
  - 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応
3. 佐京連系における課題
4. まとめ

# 1. 前回までの振り返りと今回の論点

## (1) 前回までの振り返り

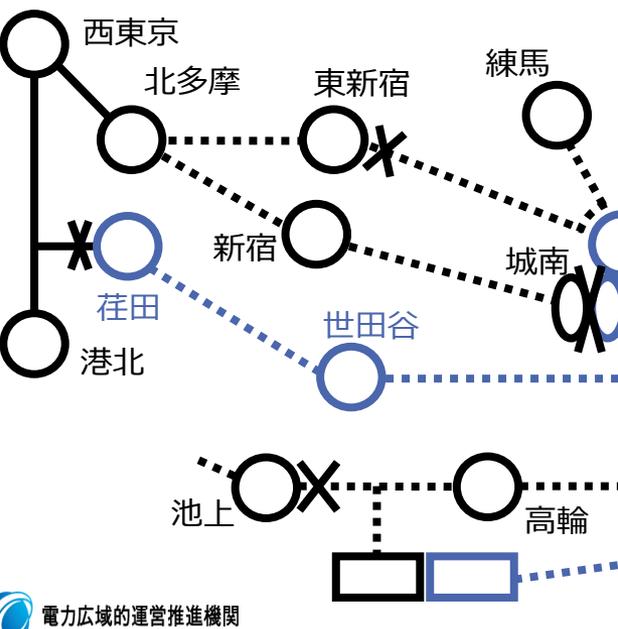
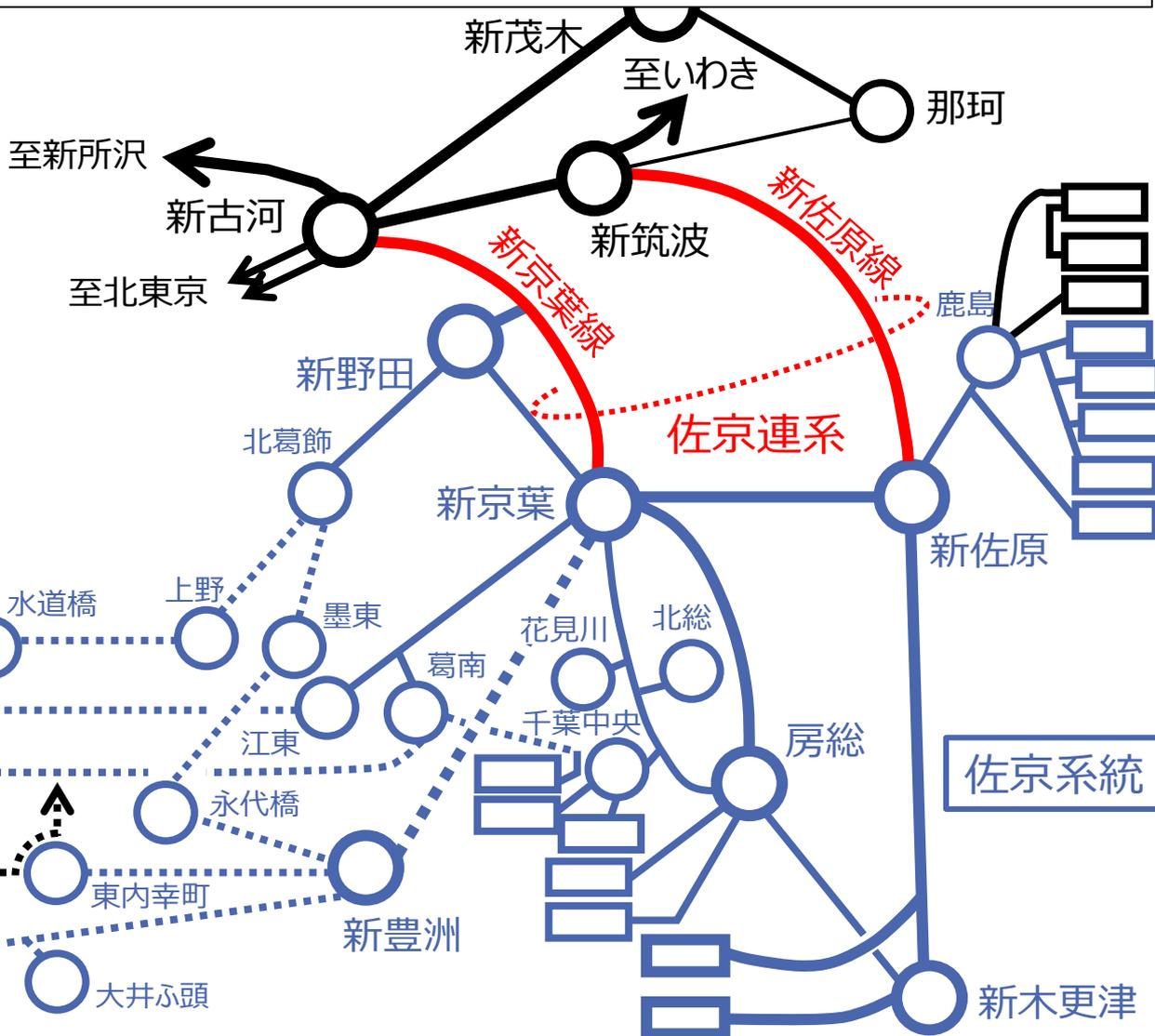
- 佐京連系については、東京電力パワーグリッド(株) (以下、「東電PG」という) から検討要請を受けノンファーム適用系統に関する検討を開始。
- ノンファーム適用系統は次の2ステップで判断することとしており、ステップ1については確認済。
  - ステップ1：検討の前提条件の確認
  - ステップ2：ノンファーム適用系統の判断
- 今回は、前回の委員意見を踏まえ、ステップ2のノンファーム適用系統（工事困難）の判断について検討。

### 【ステップ2：ノンファーム適用系統の判断】

要件	要件の評価結果		系統増強の取扱い	電源接続の取扱い
費用対効果 (要件①)	費用対効果あり		系統増強実施	ファーム型接続※1
	費用対効果 なし	電源接続時に系統増強しても費用対効果がないが、系統改修時にあわせて増強することで費用対効果がある場合	系統改修計画時に改めて増強判断 <b>ノンファーム適用系統(判断保留)</b>	ノンファーム型接続 (増強後、ファーム型接続※1)
		系統改修にあわせて増強したとしても費用対効果がない	想定したシナリオの範囲内では増強しない ただし、想定したシナリオ外の変化があれば再検討（定期評価の中で確認） <b>ノンファーム適用系統(費用対効果なし)</b>	ノンファーム型接続
工事实現性 (要件②)	工事の完工が困難		基本的に増強しない <b>ノンファーム適用系統(工事困難)</b>	ノンファーム型接続※2

※1:増強完了までは暫定接続可 ※2:当面は個別系統の状況を確認しながら検討

- 「佐京連系」とは、500kV新京葉線・新佐原線を合わせた総称をいう。
- 「佐京系統」とは、佐京連系の潮流に影響する系統を指す。(下図における青色の系統)



# 1. 前回までの振り返りと今回の論点

## (2) 佐京連系におけるノンファーム適用系統の判断

### ■ 前回委員会（第42回：2019年8月5日）

- 東電PGより、佐京連系の増強工事の困難性について説明があったが、委員から以下のような意見があった。

#### ＜委員等からの主な意見＞

- 色々検討したが、それでも困難だったということをもう少し見せた方が良いのではないか。例えば、海底ケーブルで千葉と神奈川を直接接続するような、採用できないことはわかっている案でも、繰り返しの議論を避けるために見せておく方が良いのではないか。

- 
- 委員の意見を踏まえ、その他の増強案について追加して検討。
  - これまでの確認結果を踏まえ、**佐京連系をノンファーム適用系統（工事困難）としてよいかご議論いただきたい（論点1）**

# 1. 前回までの振り返りと今回の論点

## (3) 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応

### ■ 前回委員会（第42回：2019年8月5日）

- 系統作業時の発電抑制の影響が懸念されるため、ノンファーム型接続を導入する場合の対応の例をお示したところ、委員等より以下の意見があった。

例①：ノンファーム型接続を希望する事業者には、系統作業時の影響をあらかじめ明確にし、系統作業中の長期間抑制を了承のうえ接続契約する（導入量の上限なし）

例②：系統作業中の長期間の発電抑制を避けるため、ノンファーム型接続の導入量に一定の上限を設ける（導入量の上限あり）

#### <委員等からの主な意見>

- ノンファーム導入にあたり系統作業等の情報開示がどの程度できるかという点が難しいというのわかるが、基本的には発電事業者の判断になるべくゆだねるような仕組みを作っていくべきではないか。
- ノンファーム導入量に上限を入れることは問題外だと思う。未熟な計画でもなんでも早く手を上げようというインセンティブを強く与えてしまう。新たな既得権を作るようなルールとしてどうするのか。

- ノンファーム型接続を導入する場合の対応案の得失を整理したので、**佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応をどうするか**ご議論いただきたい（論点2）

1. 前回までの振り返りと今回の論点
2. 佐京連系における「ノンファーム適用系統」に係る検討
  - 2-1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断
  - 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応
3. 佐京連系における課題
4. まとめ

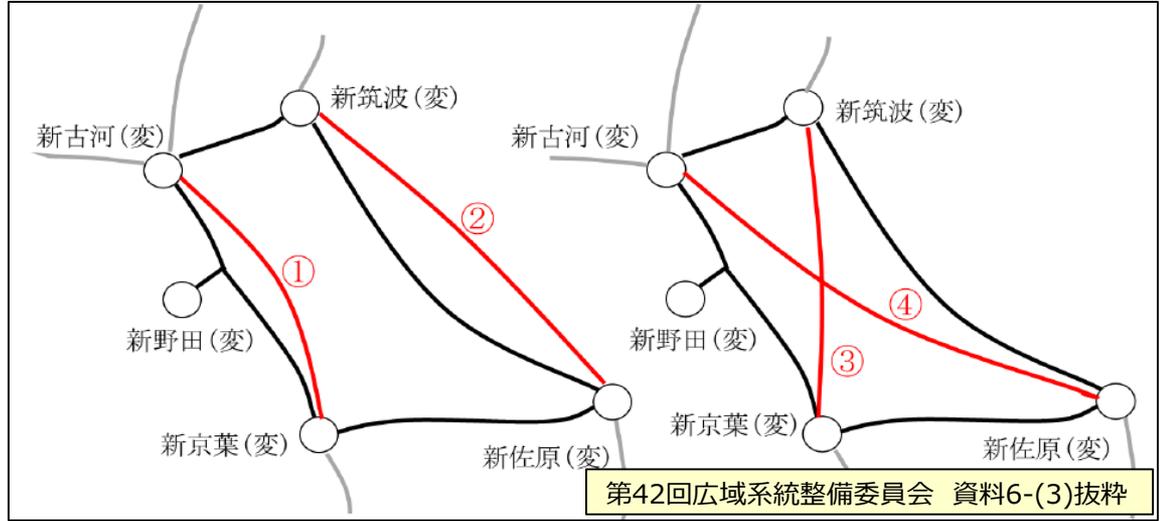
# 2-1. 佐京連系におけるノンfarm適用系統（工事困難）の判断

## (1) 前回委員会での東電PGからの説明

■ 佐京連系を強化するためには、500kV送電線の新設が必要となるが、同ルートへの強化には「建造物密集地域の通過」、「500kV送電線の繰り返し横断」等の工事の困難性があるとの東電PGの説明に対し、概ね異論はなかった。

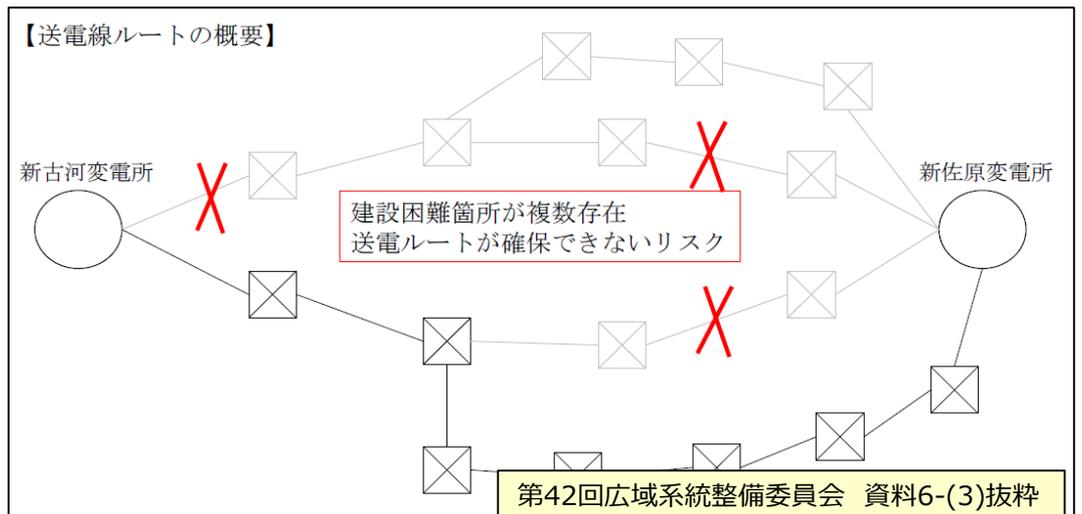
### <送電線新設ルート案>

- ▶ 数百万kWオーダーの新規電源連系には送電線ルート新設が必要
- ▶ 佐京連系の増強案として右図の4つのルートを立案
- ▶ 事故電流が許容最大値を超過しない
- ④新佐原～新古河ルートを検討



### <送電線新設の課題>

- ▶ 当該ルートは、建造物が密集する地域の通過が必要である
- ▶ 通常、500kV送電線はレジリエンスの観点から極力交差を回避するが、当該ルートは、建設物を回避するため、既設500kV送電線を繰り返し横断（合計9回）が必要



## 2 - 1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断 （2）その他の増強案についての追加確認

- 佐京連系の増強について、500kV架空送電線ルート新設以外の対応案として、以下のとおり、「一部送電線の地中化」と「海底ケーブル」での増強案についても概算工事費を検討した。
  - ①一部送電線の地中化による増強                   : 約4,200億円
  - ②海底ケーブルによる増強                           : 約7,800億円  
（千葉県～神奈川県の連系）
  
- 何れのケースも莫大なコストが必要となる見込みであり、前回報告した架空送電線での増強案の代替案とはなりえない。



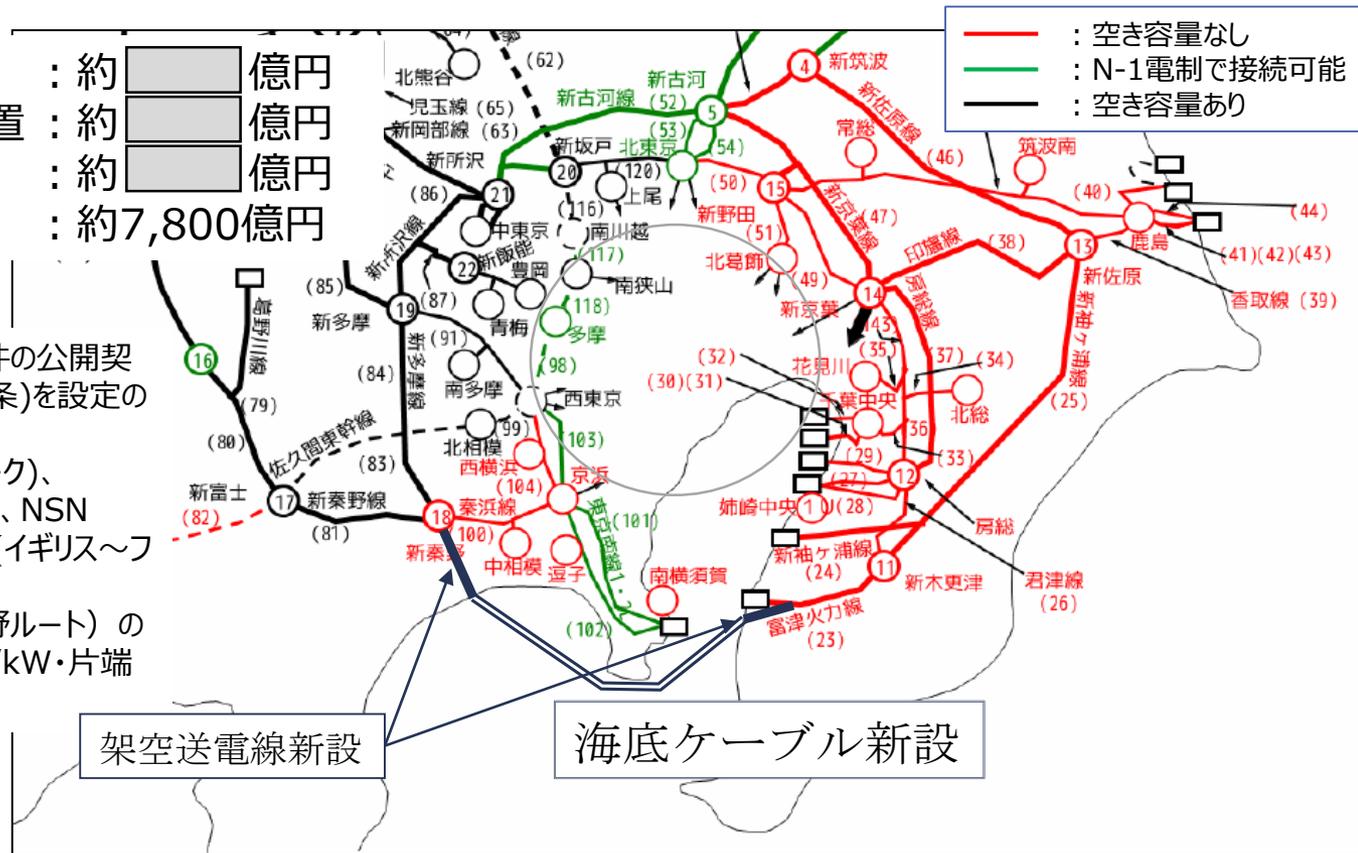
## 2-1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断 （4）その他の増強案についての追加確認（海底ケーブルによる増強）

- 佐原系統の一部電源を空容量のある他系統に接続させる案を検討。
- 具体的には、富津火力発電所を上位系統に空容量がある新秦野変電所（神奈川県）へ海底ケーブルで送電する案を検討。
- 海底ケーブルの巨長が約□kmとなることから直流送電方式となり、概算で約7,800億円のコストが必要となる見込み。

### 【概算コスト内訳】

- ・海底ケーブル(□km)※1 : 約 □ 億円
- ・交直変換装置※2、変電装置 : 約 □ 億円
- ・架空送電線(□km) : 約 □ 億円
- 合計 : 約7,800億円

- ※1 欧州の下記海底直流ケーブル案件の公開契約情報を参考に、円/(kW・km・条)を設定のうえ試算  
Skagerrak4(ノルウェー～デンマーク)、MON.ITA(イタリア～モンテネグロ)、NSN Link(イギリス～ノルウェー)、IFA2(イギリス～フランス)
- ※2 東京中部間連系設備増強（長野ルート）の交直変換装置費用を参考に、円/kW・片端を設定のうえ試算



(論点1) 佐京連系をノンファーム適用系統（工事困難）としてよいか

- 佐京連系の増強工事について、架空送電線ルート新設ではルート周辺の [ ] となるうえ、既設500kV送電線を繰り返し横断（合計9回）が必要になる等の課題もある。  
 ※ 数百万kWオーダーの新規電源連系には送電線ルート新設が必要。なお、地中送電線や海底ケーブルによる増強においても莫大な費用を要すことから代替案とはなり得ないことを確認。
- これらの課題を総合的に勘案すると、佐京連系の増強は、「工事の完工が困難」と評価できるのではないか。

<佐京連系の主な課題>

[ ] (実現性の課題)	既設500kV送電線の繰り返し横断 (レジリエンス上の課題)
新佐原～新古河ルート※は、建造物が密集する地域の通過が必要である [ ] [ ] [ ] ※新設架空送電線のルートとして、佐京連系の4変電所をつなぐ4つのルート案があるが、事故電流が設備許容最大値を超過しない案は新佐原～新古河ルートのみ。	通常、500kV送電線はレジリエンスの観点から極力交差を回避するが、建設物を回避するために、本案においては、既設500kV送電線を繰り返し横断（合計9回）することが必要になる。 《特高送電線横断回数》 500kV:9回、275kV:2回、66kV:7回

【参考】地中送電線や海底ケーブルによる増強コスト  
 地中送電線 : 約4,200億円  
 海底ケーブル : 約7,800億円

## 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応

### (1) 対応案の得失について

- ノンファーム型接続を導入する場合、平常時の発電抑制に加えて、系統作業停止に伴う発電抑制による発電事業者の事業への影響等についても留意が必要となる。
- 前回委員会で提示した対応例を案として、得失を整理すると下表のとおりとなる。

	〔案①〕 ノンファーム型接続を希望する事業者には、系統作業時の影響をあらかじめ明確にし、系統作業中の長期間抑制を了承のうえ接続契約する（導入量の上限なし）	〔案②〕 系統作業中の長期間の発電抑制を避けるため、ノンファーム型接続の導入量に一定の上限を設ける（導入量の上限あり）
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>発電事業者は系統への接続を制限されない。</b>※（個々の事業者の事情に応じた判断ができる）</li> <li>※ 一般送配電事業者からの情報提示（将来の系統作業等）により、発電事業者が事業性を判断する必要あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 導入量に上限を設けることで、作業時の発電抑制量をある程度限定できるため、<b>発電事業者にとって発電抑制量の不確実性が低くなる。</b>※</li> <li>※ 一方で、発電抑制量は様々な要因で変動しうるため、発電抑制量を所定の量以下とするような蓋然性の高い上限値を設定することは難しい。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 想定以上のノンファーム型接続の申し込みがあった場合、<b>作業時の発電抑制量が、事業性判断時の想定よりも大きくなる等、不確実性が高い。</b>（ファイナンス等への影響もあるか）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ （抑制量が長期間とならない範囲で）導入量に上限を設けることで、<b>発電事業者が事業性があると判断した場合であっても、接続できない可能性あり。</b></li> <li>➤ 上限を設けると、先着優先的な考えで、発電事業者が未熟な計画で接続を申し込む可能性があるか。</li> </ul>

## 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応

### (2) 佐京系統での対応の方向性について

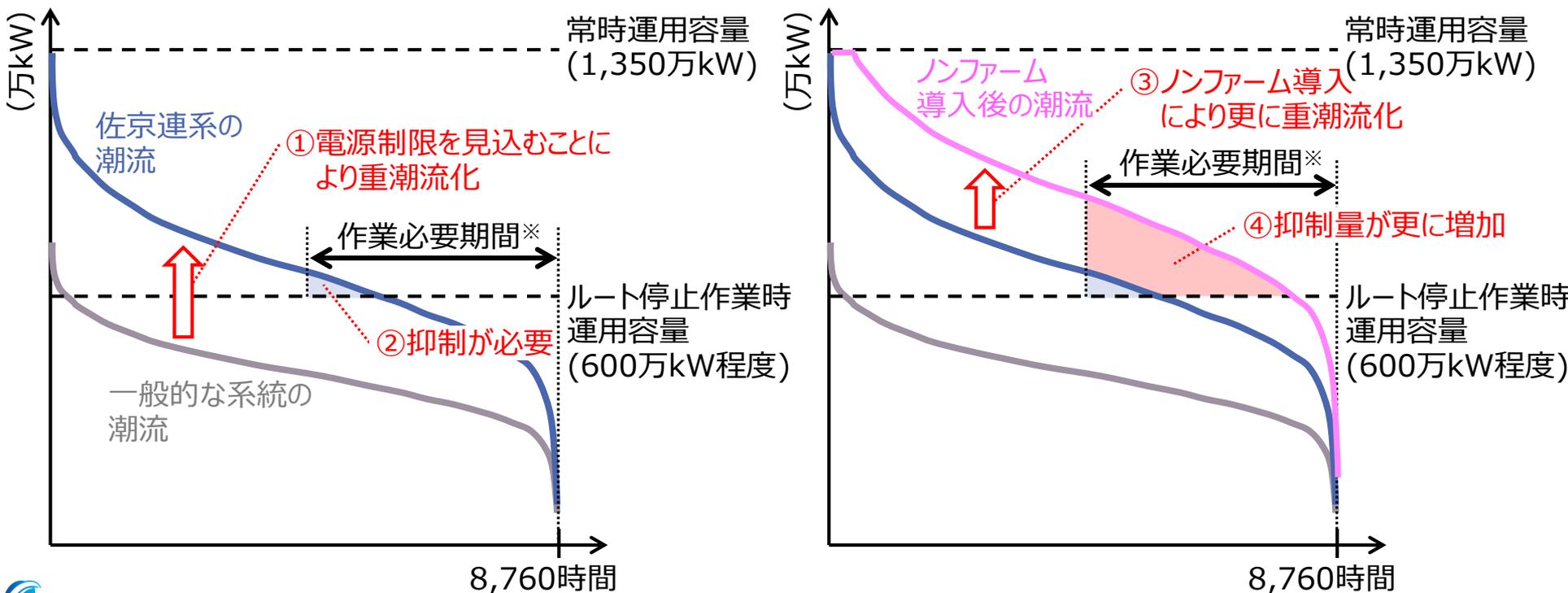
#### (論点2) 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応をどうするか。

- 佐京系統の場合、すでに作業時に発電抑制が生じうる状況となっているため、案②（導入量の上限あり）とした場合、ノンファーム型接続の導入量の上限は小さくなる可能性あり。
- 以上を踏まえ、佐京系統について、どちらの対応が良いか、ご議論いただきたい。
- なお、作業時の影響の予見性については、本日の東電PGによる当該系統の作業停止計画等のご説明にて確認いただきたい。

	〔案①〕 ノンファーム型接続を希望する事業者には、系統作業時の影響をあらかじめ明確にし、系統作業中の長期間抑制を了承のうえ接続契約する（導入量の上限なし）	〔案②〕 系統作業中の長期間の発電抑制を避けるため、ノンファーム型接続の導入量に一定の上限を設ける（導入量の上限あり）
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>発電事業者は系統への接続を制限されない。</b>※ （個々の事業者の事情に応じた判断ができる）</li> <li>※ 一般送配電事業者からの情報提示（将来の系統作業等）により、発電事業者が事業性を判断する必要あり。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 導入量に上限を設けることで、作業時の発電抑制量をある程度限定できるため、<b>発電事業者にとって発電抑制量の不確実性が低くなる。</b>※</li> <li>※ 一方で、発電抑制量は様々な要因で変動しうるため、発電抑制量を所定の量以下とするような蓋然性の高い上限値を設定することは難しい。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ 想定以上のノンファーム型接続の申し込みがあった場合、<b>作業時の発電抑制量が、事業性判断時の想定よりも大きくなる等、不確実性が高い。</b> （ファイナンス等への影響もあるか）</li> </ul> <p style="color: red; border: 1px solid red; padding: 5px;">佐京系統の場合、すでに作業時には発電抑制が生じうる状況であることから、ノンファーム型接続の導入量の上限が小さくなる可能性あり。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ <b>（抑制量が長期間とならない範囲で）導入量に上限を設けることで、発電事業者が事業性があると判断した場合であっても、接続できない可能性あり。</b></li> <li>➤ 上限を設けると、先着優先的な考えで、発電事業者が未熟な計画で接続を申し込む可能性があるか。</li> </ul>

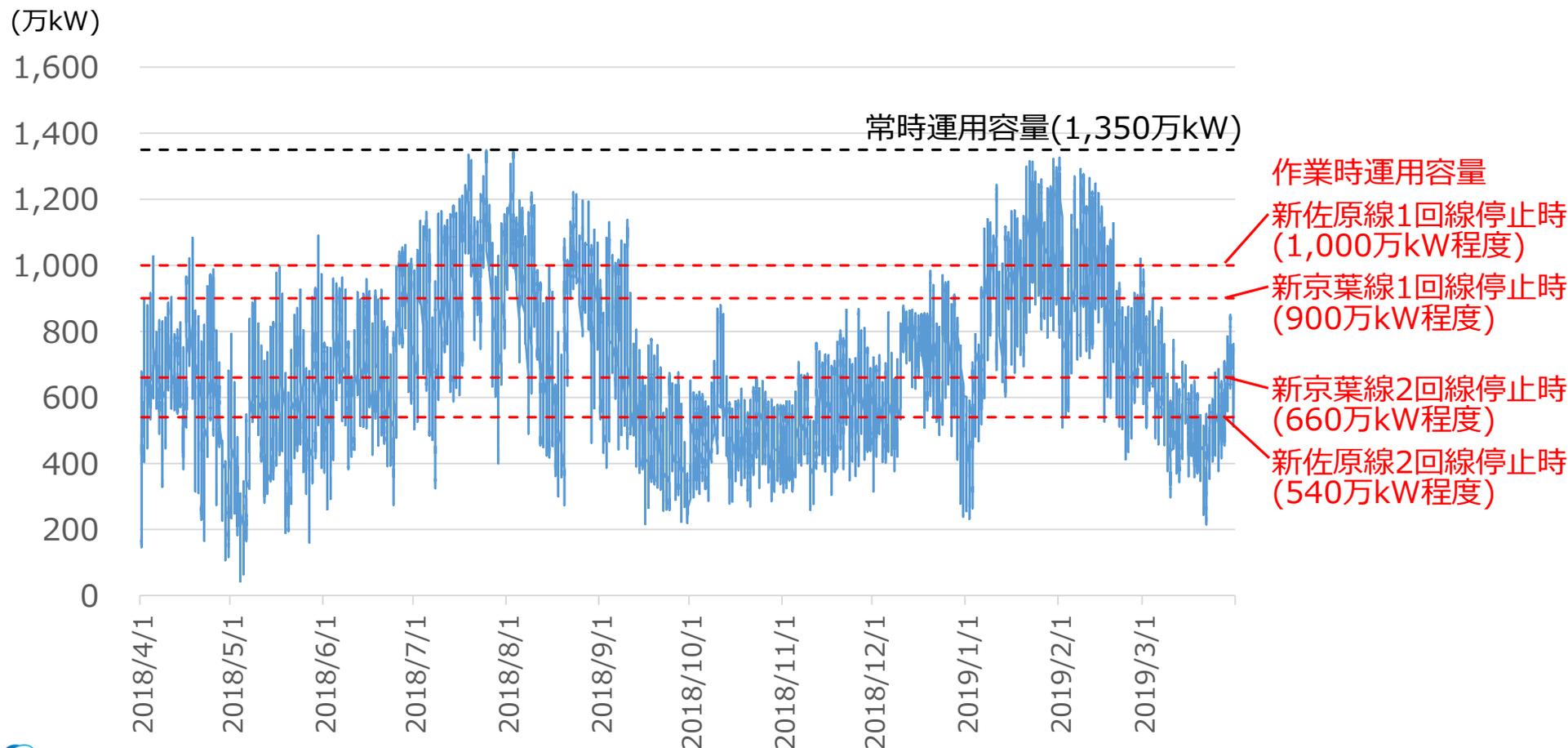
- 佐京連系の運用容量は、新佐原線ルート故障時（N-2）の残回線の設備容量等を考慮し、最大510万kWの電源制限を見込んで設定されていることから、佐京連系の潮流は一般的な基幹ループ系統よりも大きい。
- このため、現状でも、当該系統での作業時に停止調整の不調や発電抑制の発生など、大きな影響が生じる状況である。今後、ノンファームが導入される場合、ノンファーム電源が優先的に抑制されるため、事業者の事業運営に与える影響が懸念される。

<佐京連系ルート停止作業時の影響のイメージ>



- 佐京連系の潮流の年間の推移を下図に示す。
- 現状でも、発電抑制なしでルート停止作業が可能な期間は休日や軽負荷期に限定される。

<佐京連系の潮流実績 (2018年度)>



1. 前回までの振り返りと今回の論点
2. 佐京連系における「ノンファーム適用系統」に係る検討
  - 2-1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断
  - 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応
3. 佐京連系における課題
4. まとめ

(余白)

### 3. 佐京連系における課題 (1) N-2故障時の考え方

- 通常、複数ルートでループ運用している500kV送電線は、重潮流となっているため、稀な故障である1ルート2回線故障（N-2）を考慮して運用容量を設定している。
- N-2故障時に社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策について検討することとしている。
  - ＜委員等からの主な意見＞
    - ノンファーム導入により、佐京連系 1 ルート断故障時に停電が起こる可能性が高まることになるが、この懸念に関してどう考えるか。

#### 送配電等業務指針

（電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障発生時の対策）

第66条 本機関又は一般送配電事業者は、送配電線、変圧器、発電機その他の電力設備の2箇所同時喪失を伴う故障が発生した場合において、当該故障に伴う供給支障及び発電支障の規模や電力システムの安定性に対する影響を考慮し、**社会的影響が大きいと懸念される場合には、これを軽減するための対策の実施について検討する。**

### 3. 佐京連系における課題 (2) 安定供給面への影響について

- 現在の佐京連系の運用容量（1,350万kW）は、新佐原線ルート故障時（N-2）の残回線の設備容量等を考慮し、最大510万kWの電源制限を見込んでいる。このため、万一同事象が発生し、周波数が一定程度低下すれば、周波数低下リレー（UFR）により負荷を遮断する。（停電が発生する）
- ノンファーム型接続が導入されれば、1,350万kWの運用容量を上限として潮流が増加することから、上記事象が発生した場合の負荷遮断が起こり得る断面が増えると考えられる。
- 今回、佐京系統にノンファーム型接続が導入されることを前提に、将来の電源構成を考慮した需給シミュレーションにより、佐京連系での将来の安定供給面に係る影響について考察を行った。

### 3. 佐京連系における課題 (3) ルート断故障時の負荷遮断リスク

- シミュレーションでは、ノンファーム電源が増加すれば、佐京連系の潮流は運用容量(1,350万kW)付近での滞在率が増加するため、新佐原線ルート故障(N-2)が発生した場合の負荷遮断発生となる時間比率、負荷遮断量は、将来的に増加していく傾向となると考えられる。

	ノンファーム接続前	ノンファーム+500万kW	ノンファーム+1,000万kW		
ルート故障発生時に 負荷遮断となる時間比率 (年間)	<input type="text"/>	<	<input type="text"/>	<	<input type="text"/>
負荷遮断となる場合の遮断量の平均	<input type="text"/>	<	<input type="text"/>	<	<input type="text"/>

## ■ 潮流シミュレーション

項目		内容
系統構成		・9エリアモデルとし、東京エリアは佐京系統とそれ以外に分割。
連系線		・2019年度長期計画（第10年度）の運用容量をベース（実需給断面マージンは考慮）とし、新々北本の増強を織り込み。
需要		・2019年度供給計画（第10年度）H3需要、電力量ベース ・佐京系統の需要は東京エリア需要の1/5(実績相当)に設定
電源	再エネ	・設備量：2019年度供給計画（第10年度）に東北北部募集プロセス分を考慮。また、ノンファーム導入ケースについては、佐京系統に風力500万kW, 1,000万kWを追加。 ・利用率：2018年度実績ベース
	火力	・設備量：2019年度供給計画（第10年度）をベースに、佐京系統の申込電源を考慮するとともに、容量市場導入後の必要供給力を上限として休廃止を考慮 ・補修率：2019年度計画ベース（H3発生月は5%を確保）
	原子力	・稼働ユニット：稼働中9基 ・利用率：73%（震災前30ヶ年平均）

※ 揚水については、2019年度供給計画（第10年度）等より、エリア毎に縮約されたモデルとして設備量等諸元を設定し、経済運用により出力を計算。火力については、BOG制約や一部ユニットのパターン運転等を織り込み。

## ■ 負荷遮断量の計算方法

下式により新佐原線ルート故障時の負荷遮断量を計算。

負荷遮断量 = 電源制限量 - UFR遮断回避上限

電源制限量 = 佐京連系潮流 - 新京葉線2回線設備容量 - 新野田負荷 - 揚水遮断量

UFR遮断回避上限 = ガバナフリー確保量 + EPPS量 + (系統容量 × 周波数偏差 × 負荷特性)

ガバナフリー確保量：1%、EPPS量：60万kW、系統容量：東京 + 東北エリア系統容量  
周波数偏差：0.9Hz、負荷特性：3%MW/Hz

### 3. 佐京連系における課題

#### (4) 安定供給面への影響について

- 佐京系統へノンファーム型接続を導入していくと、現状の運用容量（1,350万kW※）を維持したとしても、新佐原線ルート故障が発生した場合の負荷遮断リスクは高まっていくことになる。
- 加えて、アデカシー面においても、佐京連系ルートが停止すれば、東地域全体の適正予備力に相当する供給力を失うリスクがある。
- これらを考慮すると、**佐京連系の運用容量（1,350万kW※）については、将来のあるべき姿を見据え、ルート停止時の影響の軽減について、今後のノンファーム型接続の導入状況等も踏まえて検討していくこととしたい。**
- 具体的には、以下の方策等を含め、ノンファーム型接続導入を前提に、広域連系システムの定期評価やマスタープランの策定にあわせて検討することとする。

(方策例)

- ✓ 佐京系統の電源廃止または契約済電源の取り下げ等、ノンファーム型接続に影響のないようなタイミングで運用容量を低減する。
- ✓ 新京葉線の設備改修のタイミングで新佐原線ルート停止時の影響を軽減するよう対策する。

※ 震災後、電源構成の変化により、房総方面の電源に頼った運用が必要な状況となっている。

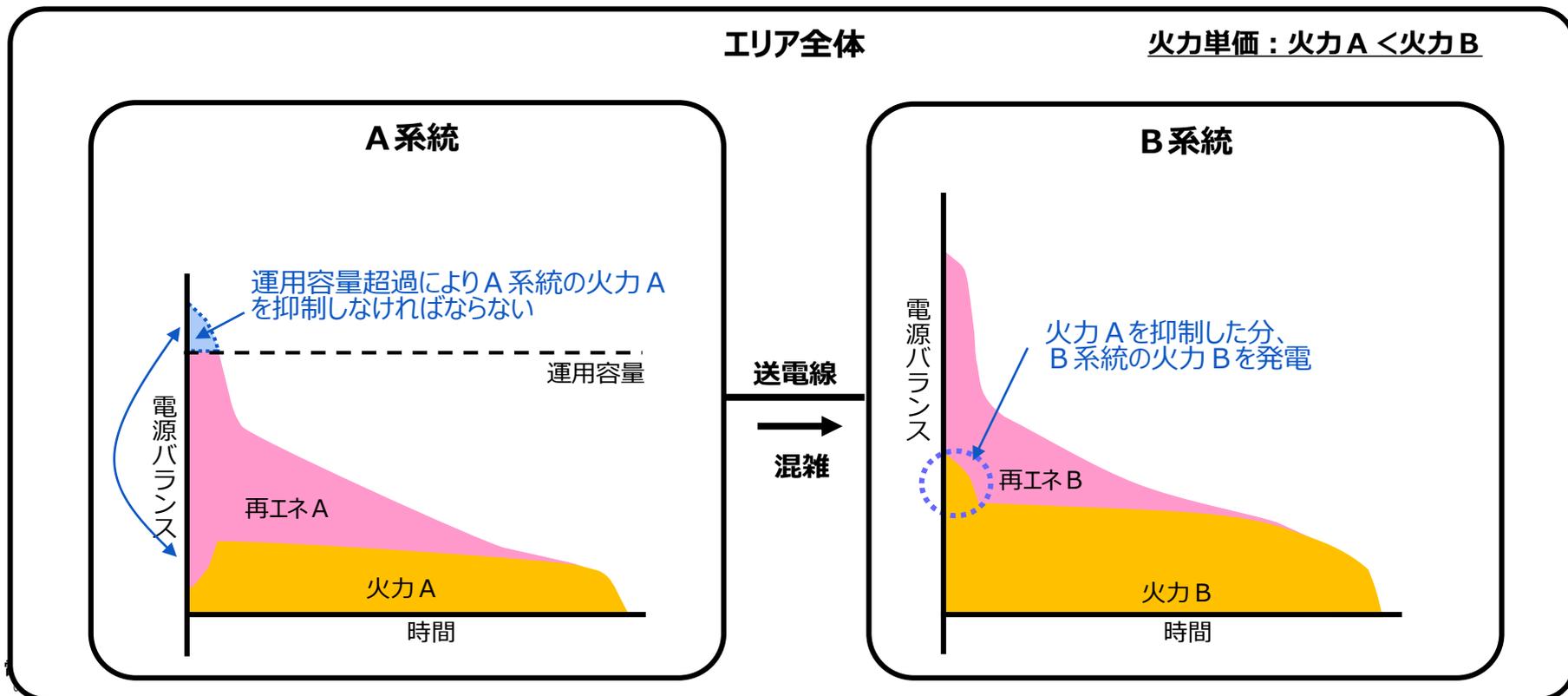
1. 前回までの振り返りと今回の論点
2. 佐京連系における「ノンファーム適用系統」に係る検討
  - 2-1. 佐京連系におけるノンファーム適用系統（工事困難）の判断
  - 2-2. 佐京系統へノンファーム型接続を導入する場合の対応
3. 佐京連系における課題
4. まとめ

- 増強工事に伴う建設物密集地域の通過や既設送電線の繰り返し横断等の課題を総合的に勘案し、**佐京連系については、「ノンファーム適用系統（工事困難）」と整理する。**
- 佐京系統へのノンファーム型接続導入にあたっては、**案①（導入量の上限なし）とする場合、ノンファーム型接続を希望する発電事業者の事業性判断のため、東電PGは、佐京連系の作業停止に係る十分な情報を発電事業者へ提示したうえで、発電事業者は系統作業中に優先的に抑制されることを了承のうえ契約する。**  
**案②（導入量の上限あり）とする場合、今後、導入量の上限値について検討を行う。**

案①：ノンファーム型接続を希望する事業者には、系統作業時の影響をあらかじめ明確にし、系統作業中の長期間抑制を了承のうえ接続契約する（導入量の上限なし）  
案②：系統作業中の長期間の発電抑制を避けるため、ノンファーム型接続の導入量に一定の上限を設ける（導入量の上限あり）



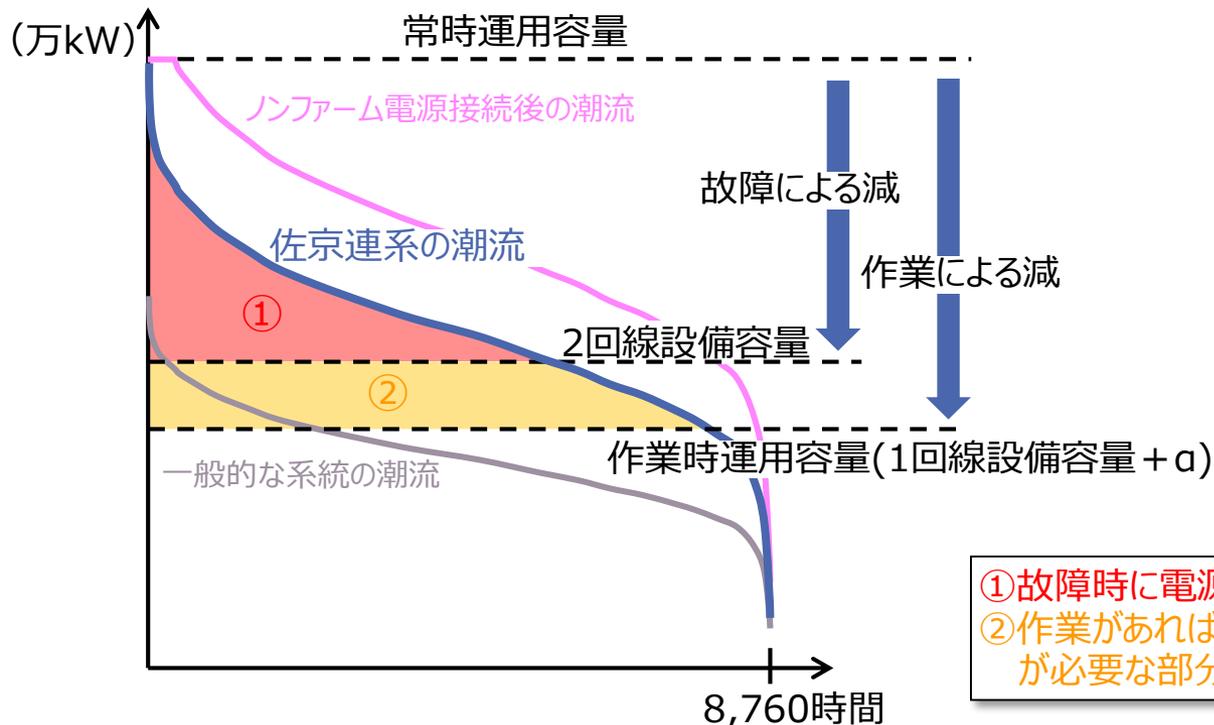
- 佐京連系の強化工事が困難であるとすれば、現実的な強化案がないため、詳細な費用便益評価はできない。
- このため、要件②（工事実現性）に該当する場合は、詳細な便益評価を省略する。
- 仮に、系統強化できたとして強化による便益をメリットオーダーシミュレーションで評価すると、平常時は、佐京連系が混雑していたとしても、エリア全体で同一燃種の火力の差替が行われるのみであり、便益はほぼゼロとなる。



- 一方で、系統作業時や系統故障時の影響が緩和される効果（下図①+②に相当する出力抑制回避）は一定程度期待できると考えられる。
- これらの効果は、系統作業の頻度や作業停止期間に大きく左右されることになる。

<ルート故障時、作業時の影響>

※運用容量、潮流は全てイメージ



- ①故障時に電源抑制が必要な部分
- ②作業があれば①に加えて電源抑制が必要な部分