

# 電源起動・出力配分ロジックの技術検証 (検証A) の進捗報告について

2026年4月20日

資源エネルギー庁・電力広域的運営推進機関

- 第2回本検討会（2023年9月20日）において、「同時市場における電源起動・出力配分ロジックの技術検証会（以下「技術検証会」という。）」を設置したこと、また、同時市場に関するロジック技術検証（検証A）の進め方、ならびに具体的な技術検証項目（アウトプットの評価方法やロジックのカスタマイズ等）について、報告を行った。
- その後、複数回に亘って検証状況の進捗報告を行い、第11回本検討会（2024年8月19日）および第18回本検討会（2025年7月29日）にて、それまでの検討状況について、中間取りまとめを行い、残る深掘り項目については、引き続き、技術検証会を継続開催して議論を深めることとしていた。
- 本日はそのうち、以下の内容について、第12回 技術検証会（2025年7月10日）、第14回 技術検証会（2025年11月25日）、第15回 技術検証会（2026年1月21日）、ならびに第16回 技術検証会（2026年3月3日）にて議論を進めてきたので、取りまとめの報告を行う。
  - 「⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック」の検証

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
3. まとめと今後の検証の進め方について

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 検証A（同時市場に関するロジック技術検証）における検証項目と、各検討状況については下表のとおり。
- 本日は、検討に進捗があった項目の内、⑧の検討状況（下表の太字）について報告する。

検証項目	検討状況
①基本ロジックの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジックを構築・実装し、動作検証済み</li> <li>・収束性向上策の検討、火力応動特性をモデル化して動作検証済み <b>（完了）</b></li> </ul>
①買い入札を考慮したSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジック構築の上、エリア単位のモデルでの動作検証済み</li> <li>・需要曲線の簡略化手法について検討を実施</li> <li>・需要側入札の海外動向を調査し、ノード単位の動作検証済 <b>（完了）</b></li> </ul>
②週間運用（電源起動の意思決定、揚水最適化）を可能にするSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・週間計画の実態調査の上、週間計画の取り扱いを整理</li> <li>・具体的なロジックを構築・実装し、動作検証済み <b>（完了）</b></li> </ul>
③調整力の定義も踏まえたkWh・ΔkW同時最適ロジック（変動性再エネの出力変動への対応含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現時点の調整力の定義見直しの議論を踏まえたロジック・ΔkW入札価格を考慮したロジックを構築・実装し、動作確認済み</li> <li>・三次インセンティブのロジックを構築・実装し、動作確認済み <b>（完了）</b> <small>（前回取りまとめ以降、「調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会」で検討が進められ、一定の整理を行った）</small></li> </ul>
④セルフスケジュールとSCUC・SCEDロジックとの関係性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源差替を小規模システムモデルで模擬し、動作検証を実施 <b>（完了）</b></li> </ul>
⑤システム制約の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・厳密なロジック（制約条件）による対応は困難な見込み <b>（完了）</b></li> <li>・適切なフリンジ（マージン）を設定すれば、発動制限ΔkWに対応可能な示唆を得た <small>（前回取りまとめ以降、「将来の運用容量等の在り方に関する作業会」で検討が進められ、一定の整理を行った）</small></li> </ul>
⑥起動費等が回収可能な価格算定ロジックの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海外調査および数種の手法の技術的特徴を整理 <b>（完了）</b> <small>（今後、制度論として将来の日本での導入可否を深掘り予定）</small></li> </ul>
⑦前日同時市場後のSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前日、当日の時間前同時市場のロジック構築・検証を実施</li> <li>・時間前同時市場に関する更なる検証（一部固定化等）を実施 <b>（完了）</b></li> </ul>
<b>⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混雑・非混雑システムの特定ロジックの精緻化</li> <li>・自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの構築・検証</li> </ul>
⑨送電ロスを考慮したSCUCロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送電ロスを考慮したSCUCロジックに関する海外・過去事例調査</li> <li>・送電ロスを考慮したSCUCロジックの構築・検証 <b>（完了）</b></li> </ul>

## （参考）Aの検証の具体的なイメージ（全体像）

- 全国の需給・系統データの模擬（2030年頃の将来想定）を行い、長期に亘り活用が見込まれる同時市場の最適化ロジックとしての実現性・妥当性を検証。

### 入力データの整備

- 全国基幹系統データ（2030年頃想定）
  - ・上位2電圧の縮約系統
- 全国需給データ（2030年頃想定）
  - ・需要実績の時系列データ
  - ・再エネ、固定供給力の時系列データ
  - ・調整電源データ（価格情報含む）

①基本ロジックの構築

### ロジックの構築

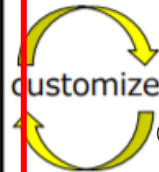
- SCUC・SCEDのための
- ・目的関数の定式化（燃料費や起動費等の最小化）
  - ・制約条件（調整力確保制約、送電容量制約等）の設定

### ソルバー（求解）

目的関数を最適化する解の探索

<ソルバー例>

- フリー・ソルバー（GLPK、CBC、SCIP）
- 商用（CPLEX、Xpress、Gurobi）



### ロジックの改修

同時市場のためのロジックのカスタマイズ

- ① 買い入札を考慮したSCUC・SCEDロジック (完了)
- ② 週間運用（電源起動の意思決定、揚水最適化）を可能にするSCUC・SCEDロジック (完了)
- ③
  - ・ ΔkWも目的関数に含めたSCUC・SCEDロジック
  - ・ 調整力の定義（細分化の程度）や取扱い（確保タイミング等）
  - ・ 変動性再エネの出力変動への対応
- ④ セルフスケジュールとSCUC・SCEDロジックとの関係性 (完了)
- ⑤ 系統制約の取扱い (完了)
- ⑥ 起動費等が回収可能な価格算定ロジックの検討 (完了)
- ⑦ 前日同時市場後のSCUC・SCEDロジックの検討 (完了)
- ⑧ 自己計画電源等に一定の制約を課すロジック
- ⑨ 送電ロス考慮したSCUCロジック (完了)

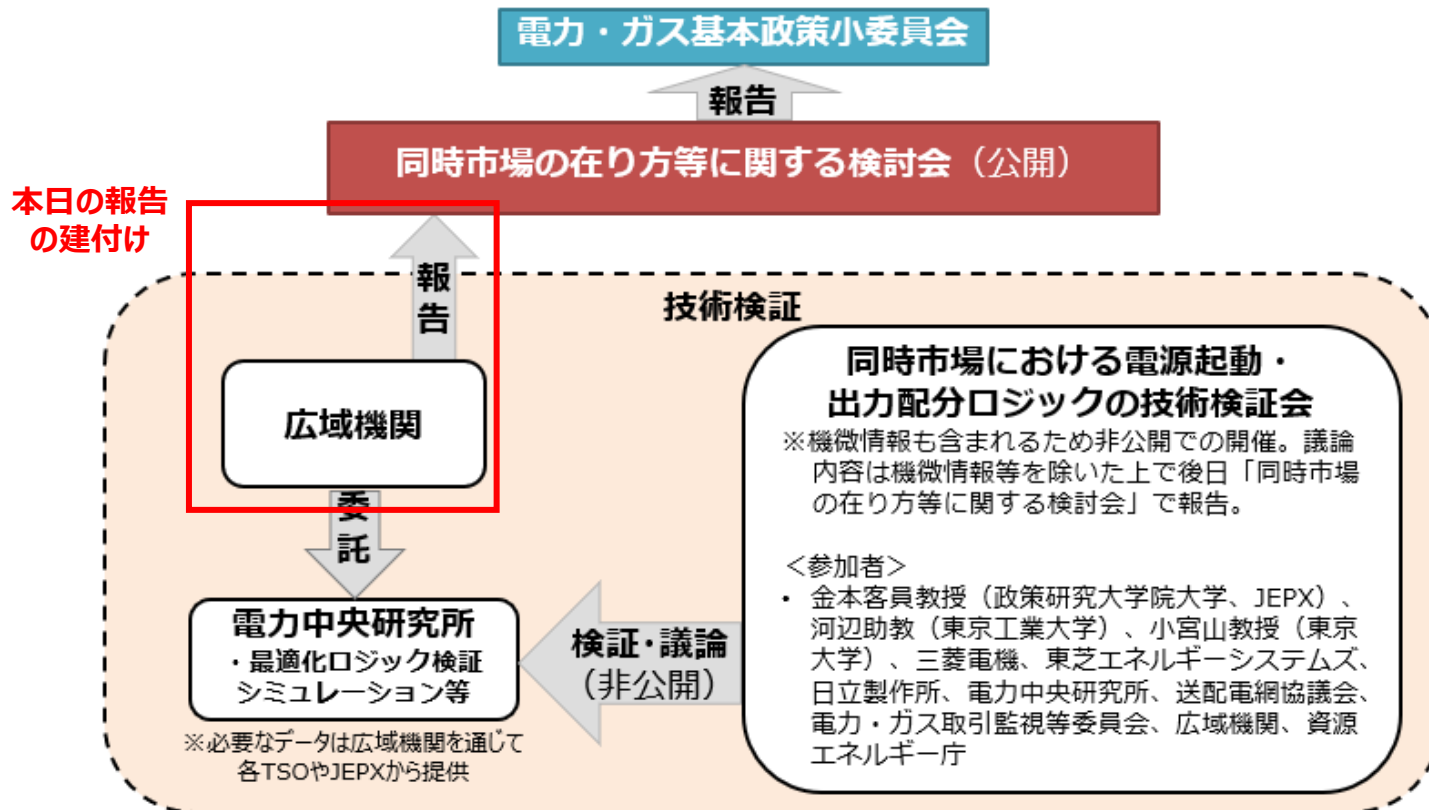
### アウトプット

- ・ 解の収束性（計算時間等）
- ・ 算出された電源ラインナップ、出力配分量

第三者検証体制（同時市場における電源起動・出力配分ロジックの技術検証会）の設置

8

A) 電源起動・出力配分（SCUC・SCED）ロジックの検証にかかる第三者検証体制の構築



## 今後の検証について (2 / 2)

57

- そのため、技術検証会についても、引き続き、継続開催して検証を進めていくこととしたい。
- まずもっての今後の検証項目としては、同時市場の導入に向けた検討に資する、「①自己計画電源等に一定の制約を課すロジック」および「②送電ロスを考慮したSCUCロジック」等を検証していくこととしたい。
- また、今後の本検討会での議論も踏まえ、適宜、必要な検証事項についても、追加検証していくこととしたい。

項目	検証内容
⑧ 自己計画電源等に一定の制約を課すロジック	・混雑・非混雑系統の特定ロジックの精緻化 ・自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの構築・検証
⑨ 送電ロスを考慮したSCUCロジック	・送電ロスを考慮したSCUCロジックの構築・検証

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
  - 2-1. これまでの議論と検討概要
  - 2-2. グループ化手法について
  - 2-3. 一定の制約を課す方法について
  - 2-4. 今後の進め方について
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 第7回本検討会（2024年3月18日）において、入札区分は**発電事業者が自己計画電源または市場計画電源とするか、自由に選択できる仕組みとすることが適当**であると整理された。
- この点、**安定供給の観点からの必要がある場合は自己計画電源にも「一定の制約」を求めるもの**とし、第14回本検討会（2025年3月24日）において、出力制御や混雑処理といった「抑制側」の制約が発生する場合や、需給ひっ迫等の「焚増側」の制約が発生する場合に、一定の制約を行う必要があることを整理した。
- また、一定の制約に関する市場取引への反映は、現時点では取引断面ごとにSCUC計算を2回実施することは現実的ではないと考えられることから、次の市場取引でのSCUC計算において、反映することとしていた。
- 今回、現在までの検討会や技術検証会での議論状況を踏まえて、**一定の制約を課すロジックをどのように実現するかについて検討し、広域連系システムモデル等で検証を行った**ため、今後の方向性について整理を行った。
- その際、これまで前提としていた「次の市場取引のSCUC計算において制約を反映する」「制約が必要と判断された場合には自己計画電源を優先せずメリットオーダーで公平に出力配分する」という点について新たな示唆が得られたためご紹介する。

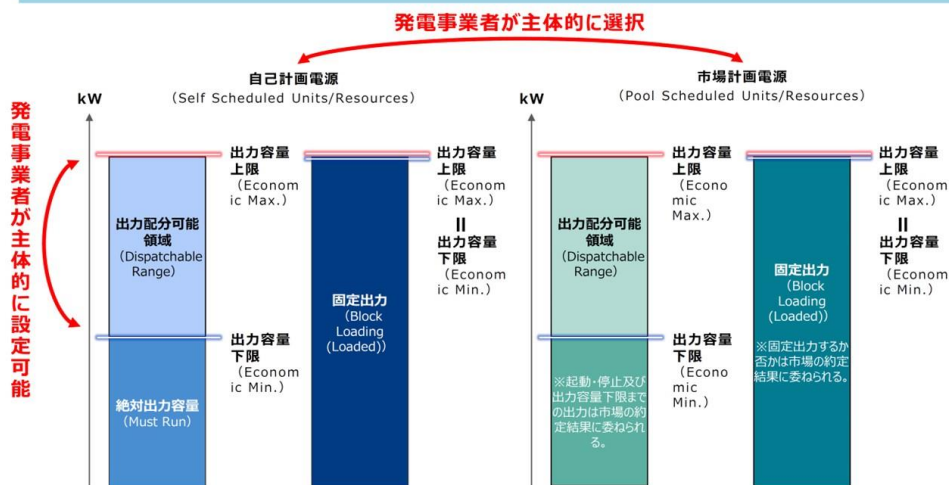
- 第7回本検討会（2024年3月18日）では、入札区分は**発電事業者が自己計画電源または市場計画電源とするか、自由に選択できる仕組みとすることが適当**であると整理された。
- ただし、**安定供給の確保の観点からの必要がある場合には、自己計画電源にも「一定の制約」を求めるとされた。**

(一定の制約を課す例)

- 出力制御が発生することが明らかに予測されるコマについては、長期固定電源等を除き、全ての電源を市場で起動停止・出力配分の意思決定が可能（市場計画可能領域）な電源として入札することを制度的に求める等。

### 入札区分（まとめ）

- 以上をまとめると、以下のとおり。



ただし、①相場操縦や売り惜しみ等の防止の観点からの取引規律や監視、②容量市場のリクワイアメントへの対応、③需給ひっ迫等の緊急時の一般送配電事業者による電源運用、④再エネ出力制御や混雑対応、については、引き続き、議論が必要。

### 入札区分（自己計画電源・市場計画電源）の選択（続き）

- ただし、**安定供給や適正な取引の確保の観点からの必要がある場合には、自己計画電源であっても一定の制約に服することが求められる。**
- 具体的には、先述の3.（1）の入札義務に照らし合わせると、相場操縦規制や容量市場のリクワイアメントに基づき、**発電事業者が入札した電源について、自己計画電源としての出力が決まった上で余力がある場合には、当該余力については出力配分可能領域（Dispatchable Range）として入札することが求められることになる。**この点については、適切な取引規律や厳格な監視も必要と考えられる。
- また、自己計画電源であっても、**需給ひっ迫等の緊急時における一般送配電事業者による緊急的な電源運用も必要となる場合があると考えられる。**
- 加えて、**電力の需給バランス維持の観点から、出力制御や混雑処理のための対応を検討する必要もあるのではないが。**

(例)  
出力制御が発生することが明らかに予測されるコマについては、長期固定電源等を除き、全ての電源を市場で起動停止・出力配分の意思決定が可能（市場計画可能領域）な電源として入札することを制度的に求める等。

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
  - 2-1. これまでの議論と検討概要
  - 2-2. グループ化手法について
  - 2-3. 一定の制約を課す方法について
  - 2-4. まとめ
3. まとめと今後の検証の進め方について

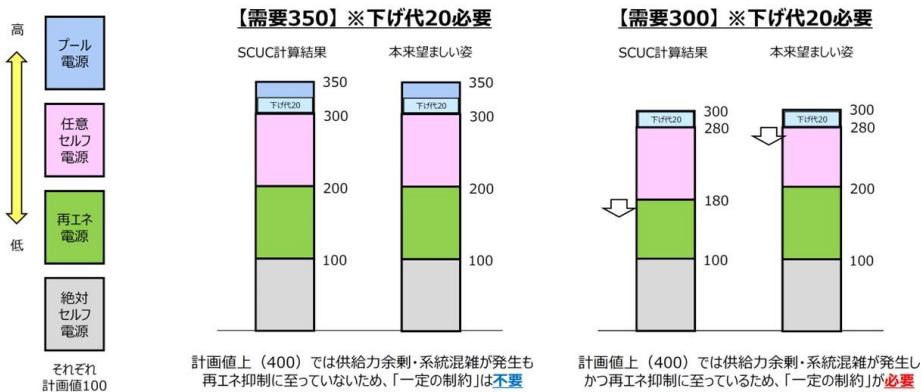
- 第14回本検討会（2025年3月24日）では、一定の制約（抑制側）の特定方法について検討され、SCUC計算の結果、**再エネ抑制に至っている地点を対象とし、自己計画電源に一定の制約を課す**※1ことと整理された。
- また、再エネの出力がない時間帯や系統においては、**下げ代不足や、運用容量超過**※2に至っている地点を対象とする（条件を追加する）こともお示したところ。
- なお、一定の制約の対象となった電源は、以降の取引断面において、自己計画電源についても市場計画電源としての入札（取り扱い）を求められることが考えられる。

※1 一定の出力を確保しないといけない運転制約がある場合を除く。  
 ※2 ここでの運用容量超過は、運用容量制約が満足できず、ペナルティとして解が算定されることを表す。

## 「一定の制約」の特定方法（抑制側）について（2 / 3）

18

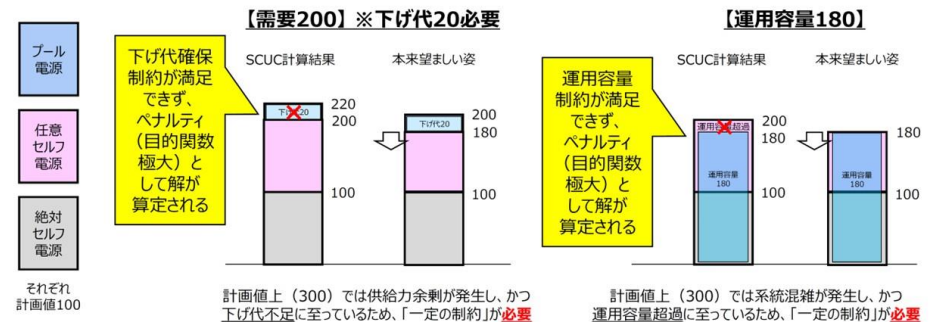
- その上で、どのような場合に「一定の制約」が発生するか（「一定の制約」を課すべきか）検討を行った。
- まず、SCUCロジックは最初、「一定の制約」が発生しているか分からないため（言い換えると、「一定の制約」を課す要否を特定するため）任意セルフ電源に関しても抑制せずに（出力下限固定のまま）SCUC計算を実施する。
- この場合、下図のとおり、SCUC計算で再エネ抑制に至るようなケースでは、本来的には（優先給電ルール的には）任意セルフ電源を先に抑制することが望ましいため、「一定の制約」要否の特定方法としては、**SCUC計算で再エネ抑制に至っている系統（エリア・地内系統）を対象とすることが考えられるか。**



## 「一定の制約」の特定方法（抑制側）について（3 / 3）

19

- 基本的には前述の「再エネ抑制」によって、「一定の抑制」要否は特定可能と考えられるものの、**再エネが存在しない系統あるいは時間帯（夜間等）において、任意セルフ電源を抑制せずに（出力下限固定のまま）SCUC計算を実施した場合、下げ代（下げ調整力）不足および運用容量超過に至るようなケースも考えられる。**
- このような場合も、本来的には（優先給電ルールや再給電方式的には）任意セルフ電源を抑制することで下げ代確保および系統混雑解消が必要となるため、「一定の制約」要否の特定方法としては、「再エネ抑制」だけでなく、「下げ代（下げ調整力）不足」・「運用容量超過」に至っている系統（エリア・地内系統）を対象とする（条件を追加する）ことも考えられるか。



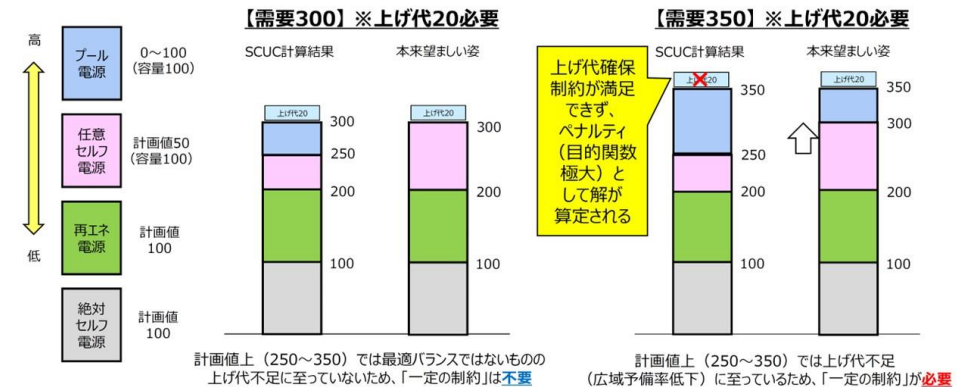
- 一定の制約（焚増側）においても、抑制側同様、自己計画電源を設定したままSCUC計算を行い、**上げ代不足に至っているシステムを一定の制約の対象とすること**と整理された。
- 上げ代不足については、広域予備率や調整力確保の状況により判定することが考えられる。
- なお、一定の制約の対象となった電源は、以降の取引断面において、自己計画電源について上限設定を解除し※、市場計画電源としての入札を求めることが考えられる。

※ 第二次中間とりまとめにおいては、燃料制約や設備の不調等の入札制約がある場合を除いて、出力容量上限を低く設定することは制約されている。

## 「一定の制約」の特定方法（焚増側）について（2 / 2）

22

- その上で、どのような場合に「一定の制約」が発生するか（「一定の制約」を課すべきか）検討を行った。
- 抑制側同様、SCUCロジックは最初、「一定の制約」が発生しているか分からないため（「一定の制約」を課す要否を特定するため）任意セルフ電源に関しても焚増せずに（出力上限固定のまま）SCUC計算を実施することとなり、下図のとおり、SCUC計算で上げ代不足（≒広域予備率不足）に至るようなケースでは、本来的には（現行での需給ひっ迫時における対応では）任意セルフ電源を焚増することで上げ代確保することが必要となるため、「**一定の制約**」要否の特定方法としては、**SCUC計算で上げ代不足（≒広域予備率不足）に至っているシステム（エリア・地内系統）を対象とすることが考えられる**。



## （参考）同時市場における上げ代(上げ調整力)について

23

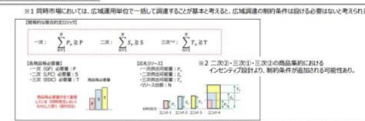
- 同時市場の最適化ロジックにおいては、過去の議論（調整力細分化作業会）において、上げ代（上げ調整力）について一次（GF）・二次（LFC）・三次（EDC）を簡易的に複合約定する方向性としている。
- そのため、基本的には三次（EDC）が確保できていれば、広域予備率は充足している※と考えられるものの、三次の必要量が常に8%（需給ひっ迫の判定ライン）を超えているかは現時点では分からないため、上げ代が充足しつつ広域予備率が不足するケースがあるか（上げ代不足以外の判定が必要か）等については、今後、詳細検討の中で深掘りしていくこととしたい。

※ 焚増側（需給ひっ迫等）については、TSO想定需要に基づく電源起動（青）ロジックで判定することが考えられる。

### 論点整理・検討状況<電源起動・出力配分ロジックにおける制約条件>（3 / 4）

最終（今回）検討内容 79

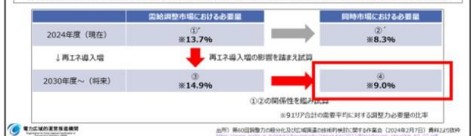
- 一方、同時市場においても火力等の複数機能を有するリソースを有効活用し、調達量低減を図ることが望ましいと考えることから、何らかの簡易的に（一定の割り切りのもと）複合約定を実現できないか検討が行われた。
  - 検討の結果、以下3点を踏まえ、同時市場においては、複合必要量を廃止し一方で、「商品毎の必要量を全て重複しているものとして扱う（一定の割り切りを許容した）簡易的な複合約定ロジックの導入が可能と整理された。
  - 過去実施調査の結果、GF・LFCについては同時発生しない傾向があり、EDCについても一部エリアを除き大抵のエリアにおいては、GF・LFC同時発生しない傾向であった点
  - 同時市場においては、k-W確保エリアを拡大する方向であることを踏まえ、最大誤差が同時発生する可能性は現状より低減する方向になると考えられる点
  - 同時市場においては、前日に「予備力」を一定程度確保し、余った部分を活用することが可能と考えられる点
- 上記の考え方をとよみ、同時最適化ロジックにおける制約条件は下記のとおりとなり、**ロジックの簡便化と実質的な調達量の低減の両立が期待できる**。



### 論点整理・検討状況<各商品必要量の算定式>（5 / 10）

最終（今回）検討内容 51

- 前述の予備力の必要量の整理等を踏まえて、試算のベースとなる現在の需給調整市場における必要量（①）や同時市場における必要量（②）の試算値を更新（①'、②'）した上で、将来的必要量について検討を実施。
- 将来的な需給調整市場における必要量（③）試算にあたっては、①'の試算値をベースとして、必要量の10%の増加割合（2030年における需給・再入札を踏まえた2019年時点の必要量からの増加）を用いて、各事象毎に必要な調整力必要量の試算を実施。その上で、需給調整ロジックから効率的な調達量の導入による補正（足元の削減の範囲のみ）の効果）を加え、③の試算が行われた。
- また、将来的な同時市場における必要量（④）については、③と②'における必要量の増減率を③に乗ずることにより試算が行われた。
- 調整力必要量の比率として「①(削減)：13.7%」「②(削減)：8.3%」「③(削減)：14.9%」「④(削減)：9.0%」となり、再入札の導入量が確保する中で調整力必要量の削減が図られるが、同時市場の移行（需給調整の仕組みや計画基準の変更、再入札等といった前提条件の変更）によって削減可能といった結果が得られた。



出所) 第8回同時市場の在り方等に関する検討会（2024年4月19日）資料4をもとに作成  
[https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\\_environment/doji\\_shijo\\_kento/pdf/008\\_04\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/doji_shijo_kento/pdf/008_04_00.pdf)

- 一定の制約について、市場取引への反映は、現時点では取引断面ごとにSCUC計算を2回実施することは現実的ではないと考えられることから、次の市場取引でのSCUC計算において、一定の制約を反映することとしていた※。

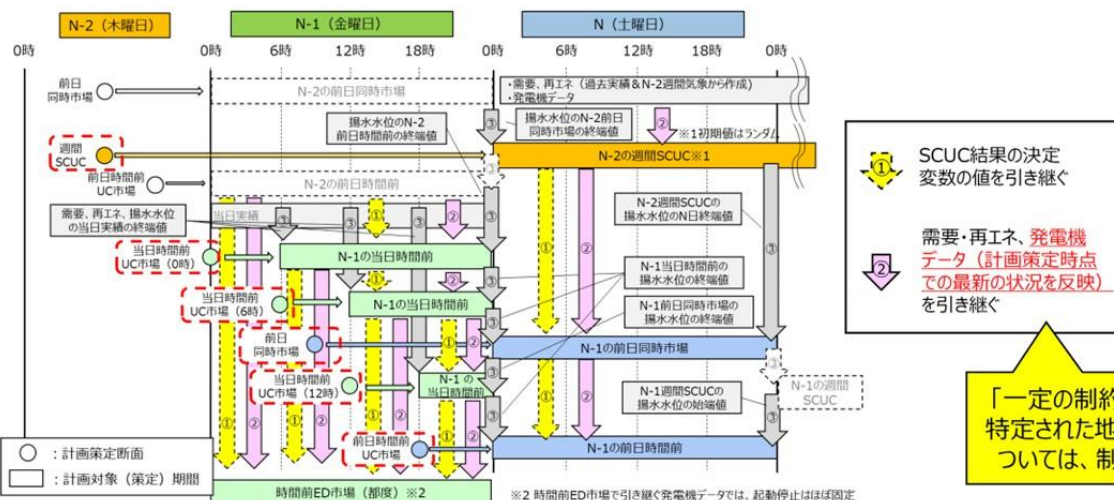
※ 今後、SCUC計算時間等を踏まえて当該取引にて反映することも考えられる。

## 「一定の制約」の市場取引への反映方法について

24

- 最後に、「一定の制約」が必要と判断した場合に、市場取引にどのように反映するのかについて検討を行った。
- 前日（あるいは時間前）同時市場に、最新状況をもとに「一定の制約」を課そうと思うと、理想的には各取引断面ごとに、制約無（制約要否の確認）と制約有（必要箇所制約を課した状態）で、2回の計算が必要となるが、SCUC計算には時間がかかることを踏まえると現実的ではないと考えられる。
- そのため、「一定の制約」要否特定については直前のSCUC計算（前日同時市場の場合、週間SCUCの結果）を元に行い、次の市場取引を行う（SCUCデータを引き継ぐ）際、「一定の制約」を反映※する方法が考えられる。

※ 一度、「一定の制約」が必要と特定された地点・時間については、その後、状況変化があったとしても「一定の制約」解除後の状況が把握できない（不要とは判断できない）ため、基本的には「一定の制約」を反映したままとする。



- 時間前市場においては、想定需要の変動等に対して市場約定を通じて安定的かつ効率的な電源運用ができるよう、前日市場の未約定分のみ入札するのではなく、定格出力全体について入札することが整理された。
- この点、基本的には前日市場と大きく異なる電源態勢にならないが、発電事業者の負担も踏まえ、時間前市場において、最低出力までを自己計画電源の絶対出力として入札し、起動状態を固定することも可能と整理された。
- このように、市場計画電源から自己計画電源への変更は可能であることから、**一定の制約を判定した時点における自己計画電源に制約を課すだけでなく、制約を課す地点（ノード）の特定を行い、その後の市場でも制約を求めることが必要となる**※。

※ 一度、「一定の制約」が必要と特定された地点・時間については、その後、状況変化があったとしても「一定の制約」解除後の状況が把握できない（不要とは判断できない）ため、基本的には「一定の制約」を反映したままとなる。

## 論点④：時間前市場における電源の入札（続き）

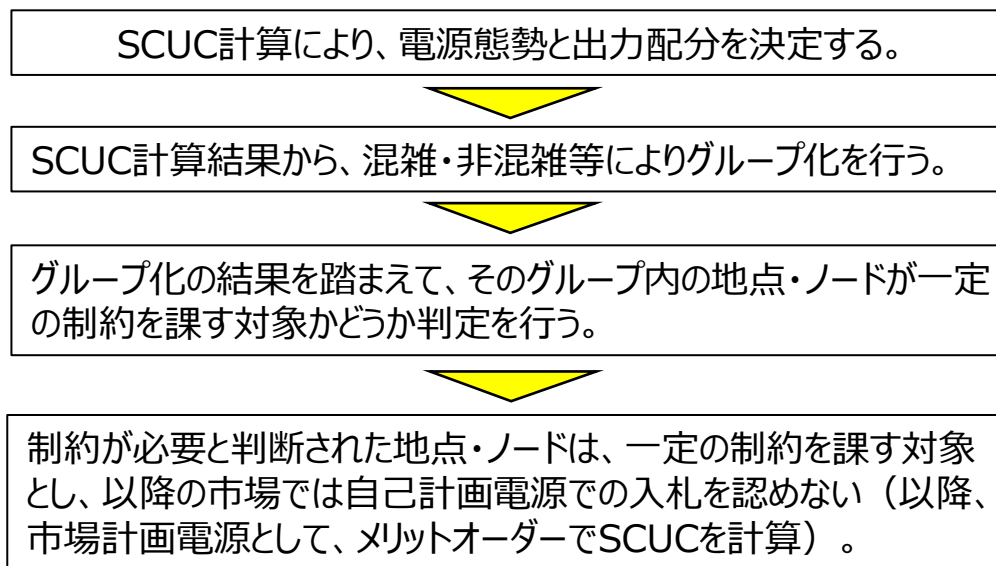
- 他方、前日市場の約定結果を尊重すべきとの意見には、経済的な観点だけではなく、**発電事業者の電源運用の負担**を考慮すべきとの観点も含まれていると考えられる。すなわち、時間前市場において、直前の市場の約定結果に反する起動・停止が頻繁に求められるとすると、発電事業者の対応負担が大きくなる可能性がある。
- もっとも、この点については、時間前市場におけるSCUCは、本検討会で報告されているとおり、前日市場の需要、再エネ、発電機データを、最新の状況を反映して引き継ぐ想定である。そうすると、前日市場と同様のロジックで発電コストを最小化する計算処理を行うならば、需給の状況に大きな変化がない限り、**前日市場と大きく異なる電源態勢となることは通常はない**と考えられる。
- また、**発電事業者は、時間前市場において最低出力までを自己計画電源の絶対出力として入札することにより、起動状態を固定することも可能であり、そのような方法により、発電事業者の負担を軽減する対応も可能ではないか。**

- 自己計画電源としての入札は価格情報のない売り入札と扱われ、入札方法は、①自己計画（電力量）を選択、②約定を希望するコマごとの電力量、③電源情報（スリーパート情報、運転パラメータ等）の登録が考えられる。
- **自己計画電源への一定の制約は市場内電源・市場外電源に関わらず制約を課す場合がある**ため、市場外で取引される電力量（自己計画分）においても、発電計画の登録が必要となる。
- 自己計画電源に一定の制約を課す要否の判断基準等は、下記表のとおり整理されている。

項目	概要
一定の制約要否の判断時	<p>・原則として、<b>当該市場の前段階の市場等において行われる 起動停止計画（SCUC）の結果に基づいて判断</b>する。            例えば、前日市場における自己計画電源の制限の要否は、週間計画（週間 SCUC）に基づいて判断する。</p>
一定の制約要否の判断基準	<p>・<b>一つ前の市場の SCUC・SCED において、市場計画電源の出力を抑制したとしても、なお、再エネ電源の出力抑制や下げ余力の不足、地内系統の運用容量超過が生じる場合</b>に、自己計画電源の制限が必要と判断する。</p>
一定の制約の内容	<p>・制限時は、自己計画電源として入札・登録された電源についても、あらかじめ登録された価格情報及び運転制約に基づくメリットオーダーで起動・出力が公平に決定される。ただし、現行の優先給電ルール等を踏まえ、長期固定電源 や再エネ電源等は、一般の火力発電に優先して出力配分が行われる。また、<b>火力発電においても、一部の石炭火力の最低出力運転や、LNGのBOG消費に必要な出力など、一定の出力を確保しなければならない運転制約がある場合</b>などにおいては、当該制約を事前に登録することにより、最低限の出力を確保すること等を可能とする。</p>
一定の制約の事前公表等	<p>・自己計画電源の制限が実施される場合、制限が必要と判断された時点で速やかに、制限が実施される地点及び時間帯を公表する。</p> <p>・また、年単位での燃料調達計画や、より長期的な電源投資計画の策定に資するよう、発電事業の予見性を確保する観点から、年単位で、需給バランスや系統混雑等の見通しに基づき、自己計画電源の入札・登録が制限される可能性が高い時期及び地域に関する見通しを策定し、公表する仕組みの導入を検討する。</p>

- 前述の前提を踏まえて、どういうロジックで自己計画電源に一定の制約を課すかを検討する。
- これまでの整理では、SCUCの結果から一定の制約を課す対象を特定し、以降のSCUCでは自己計画電源を解除した状態（市場計画電源）としてメリットオーダーで計算を行って電源態勢と出力配分を決定することが考えられる。
- また、市場計画電源で約定した電源は、以降の取引で自己計画電源への変更も可能であるため、一定の制約を課す対象地点（ノード）は、自己計画電源だけでなく、市場計画電源についても判定する必要がある。
- そのため、以下のように混雑・非混雑等でグループを分けた上で、そのグループ毎に対象を判定する方法が考えられる。
- 具体的なロジックの検討としては、**①グループを正しく分割することができるかどうか（混雑・非混雑を正しく判定できるか）**という点と、**②分割したグループに対してどのようなルールで制約を課すか**という点で、切り分けて考えることができる※ため、以降ではそれぞれ切り分けて検討を行う。

※ ①のグループ分けの方法（混雑・非混雑の特定方法等）が、②の制約を与える条件に関係することもある。



1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
  - 2-1. これまでの議論と検討概要
  - 2-2. グループ化手法について
  - 2-3. 一定の制約を課す方法について
  - 2-4. 今後の進め方について
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 本章では、制約を課す対象を特定するため、SCUC計算結果からグループ化の手法について検討する。
- 抑制側の制約がかかる場合、一般的に混雑送電線に対する非混雑系統は、抑制をしたとしても混雑解消に寄与しないため、基本的には一定の制約を課す必要はないと考えられる※。
- このように、混雑系統と非混雑系統でグループ化を行うことが1つの案として考えられ、これまでのLMPベース手法での改良および潮流感度による手法についてロジック検討を行った。

※ ある混雑送電線に対して非混雑系統であっても、別の混雑送電線に対しては混雑系統となる場合があり、その場合は当該非混雑系統へも制約を課す必要がある。

## 【グループ化の手法で実現できたこと・課題】

No.	手法	実現できたこと	技術的な課題
I	LMP閾値で判定する手法 (2024年度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LMP閾値に基づき混雑系統、非混雑系統をグループ化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 適切な閾値の設定が困難</li> <li>• 系統構成を考慮していないため、「飛び地」が発生</li> </ul>
II	LMPを用いたクラスタリング手法 (ノード探索+Ward法応用手法) (2025年度上期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 閾値や初期値が不要なロジック</li> <li>• 混雑ブランチの送電側・受電側が確実に別グループに入る</li> <li>• 「飛び地」発生なし (ループ系混雑にて非混雑側ルートに直流設備が存在する場合、混雑側ルートを非混雑に読み替える処理も実装)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• グループ同士の境界の妥当性が評価できていない</li> </ul>
III	潮流感度による手法 (2025年度下期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ある送電線に対して各ノードの出力変動が与える影響（潮流の増加or減少）によって混雑・非混雑系統をグループ化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数の混雑箇所が重なる場合の取扱い</li> </ul>

- LMPベースの手法としては、第13回本検討会（2024年2月19日）において、特定（混雑）ブランチ両端のLMP値差を用いて混雑・非混雑システムを特定する簡易ロジックをご紹介した。
- この手法では、系統構成（トポロジー）を考慮しておらず、離れた系統でのグルーピング（飛び地）が生じるなど、課題が残る手法であったため、クラスタリング手法等の活用を深掘り検討するとしていた。

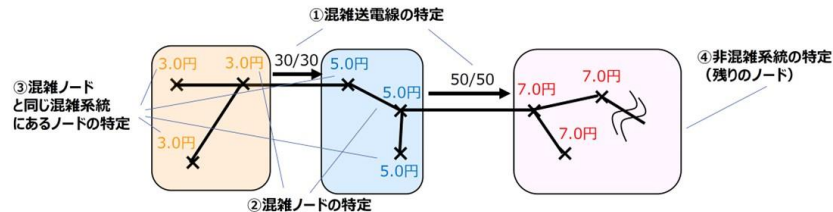
## 混雑・非混雑システムを特定するロジックについて（1 / 3）

2-3.更なる検証  
(一部固定化) 89

■ また、前述の一部固定化の考え方を適用するにあたっては、前日同時市場（直前市場）の結果から混雑・非混雑システムを特定するロジックが必要になるため、簡易的に混雑・非混雑システムを特定する方法として、まずもっては、以下のようなロジックを構築・実装した。

- ① 混雑送電線の特定  
：送電線の潮流が運用容量に達している送電線の特定
- ② 混雑ノードの特定  
：混雑送電線の両端の地点別限界費用を比較して、低い方を混雑システムにあるノードと判定
- ③ 混雑ノードと同じ混雑システムにあるノードの特定  
：全ノードを探索し、混雑ノードと地点別限界費用がほぼ同じノードを、同じ混雑システムにあるノードと判定
- ④ 非混雑システムの特定  
：③で混雑システムに入らなかったノードを非混雑システムと判定

### 【混雑・非混雑システムの特定ロジックのイメージ】



## 混雑・非混雑システムを特定するロジックについて（3 / 3）

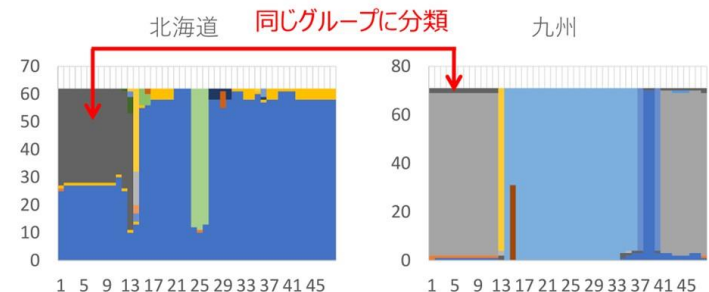
2-3.更なる検証  
(一部固定化) 93

- 一方、今回の簡易ロジックは、系統構成（トポロジー）を考慮した方法ではないため、例えば離れた系統であっても、地点別限界費用の値が等しいノードが同じグループに分類される課題や、グルーピング（地点別限界費用の差）の閾値をどのように設定するかといった課題\*が見受けられた。
- この点については、系統のトポロジーを考慮したロジックの工夫や、閾値の判定におけるクラスタリング手法等の活用などが考えられるため、今後深掘り検討を進めることとした。

\* 今回の一部固定化の考え方への適用にあたっては、混雑システムは同じ処理（電源起動停止を固定しない）となり、結果に影響を与えないため、今回構築した簡易ロジックを用いることで実質的には問題ないとも考えられる。

### 【高需要断面（需要変動ケース）】

縦軸：ノード番号、横軸：時間コマ、色分け：所属系統

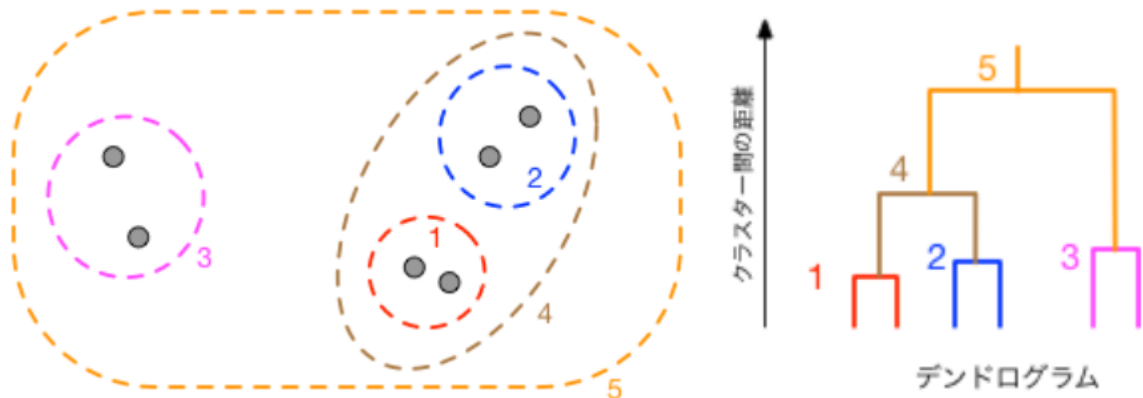


- 前述のLMPベースの手法について、課題となった系統トポロジーを考慮するためには、ループ系統の混雑にも対応したロジックを検討する必要がある。
  - 放射状系統は、潮流値から混雑線路を特定して系統を分割可能である。
  - ループ系統は、潮流値のみでは系統を分割できないため、**LMPに基づく系統のグルーピング（クラスタリング）が有効と考えられる。**
- そのため、階層型クラスタリングを応用した、クラスタリング手法のロジックについて検討した。

### 【階層型クラスタリング（Ward法）のイメージ】

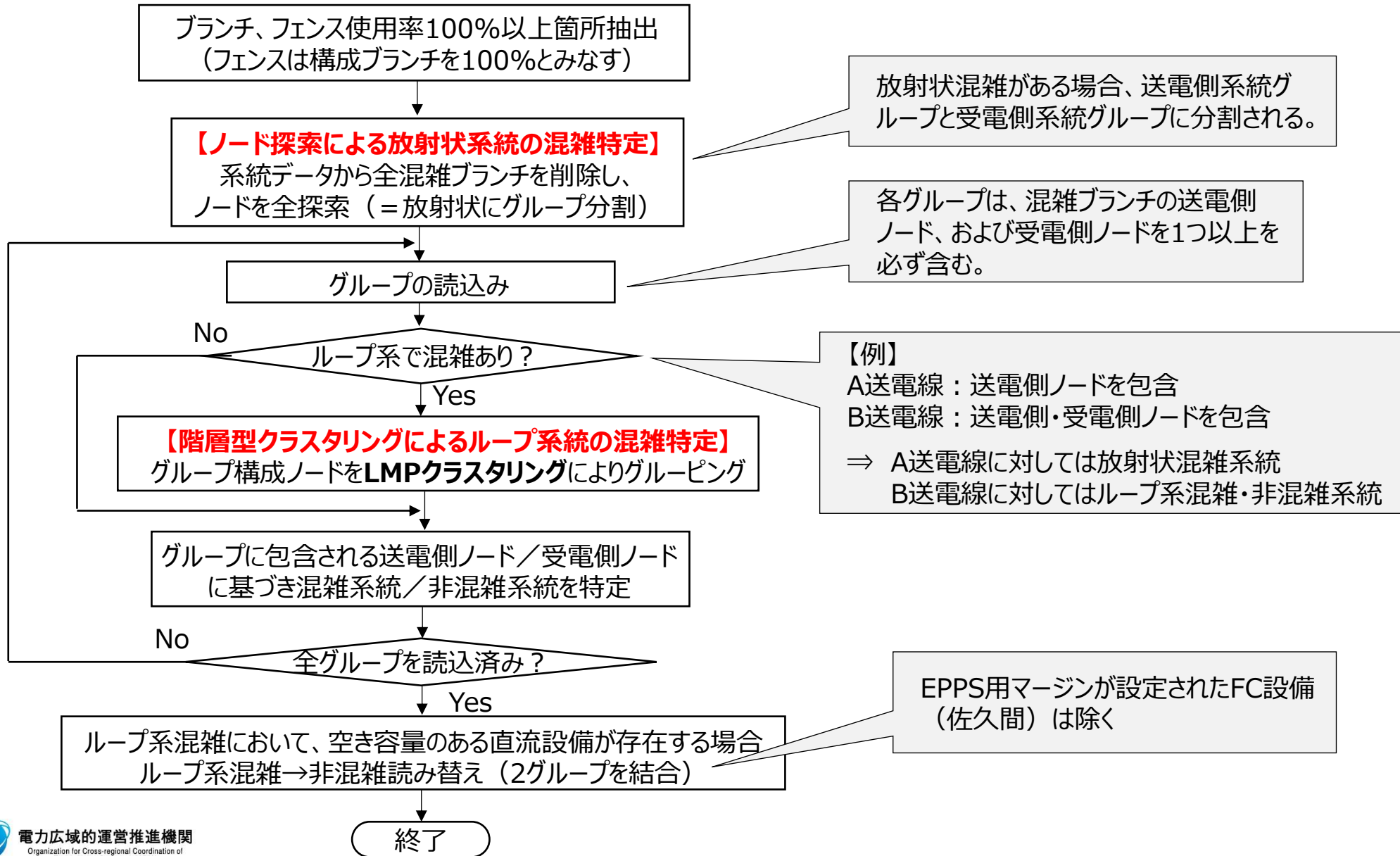
1. 初期状態として、データ点はそれぞれデータ数1のクラスターと考える。
2. クラスターのペアを調べ、距離が最小のペアを併合して一つのクラスターにまとめる。
3. 2を、全体がひとつのクラスターになるまで繰り返す。

$$\Delta_{A,B} = \sum_{i \in A, B} \| \mathbf{x}^i - \mathbf{x}_{\bar{A}, B} \|^2 - \sum_{i \in A} \| \mathbf{x}^i - \mathbf{x}_{\bar{A}} \|^2 - \sum_{i \in B} \| \mathbf{x}^i - \mathbf{x}_{\bar{B}} \|^2$$



### 【応用のイメージ】

- 初期状態では、ノード1つ＝クラスター1つ（クラスターを結合すると複数ノードで1クラスターを構成）
- 各クラスター内の**各LMPとLMP平均値の差分の二乗和**（LMP偏差二乗和と呼ぶことにする）を計算
- **クラスター同士が隣接している全ペア**に対し、両者を結合した場合の**LMP偏差二乗和の増分**を計算（左式）
- 以下条件で、クラスターを結合
  - ① **クラスターを結合した場合に、混雑ブランチの送電側ノードと受電側ノードが同クラスターに入らない**
  - ② **LMP偏差二乗和増分が全ての組合せの中で最小**
- 結合できるクラスターが無くなるまでクラスターの結合を繰り返す
- ※ Ward法では「クラスター」＝「グループ」



- この系統トポロジーを考慮したLMPによるクラスタリング手法（グルーピング）について、広域連系系統モデルでの検証を行い、混雑・非混雑系統のグルーピングが可能であることを確認した。
- ただし、グループの境界を明確に確定できない可能性があることが分かった。

### <高需要断面 7/31・23コマ目のグルーピング結果>

- ノード探索、LMPクラスタリングにより、系統がグルーピングされた
  - 60Hz: 越前嶺南線以外の連系線が混雑（放射状混雑）、関西地内が混雑（ループ系混雑）
  - 50Hz: 地内系統が混雑（放射状混雑、ループ系混雑）

### 【図の見方】

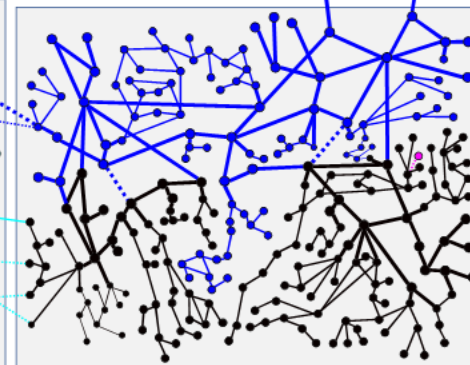
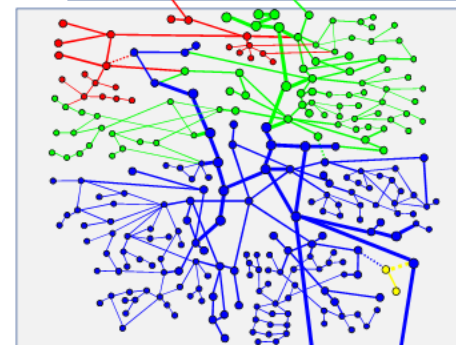
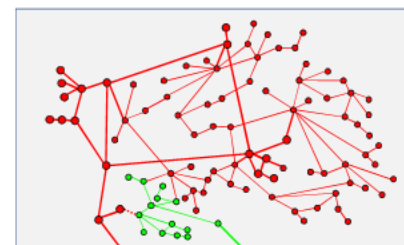
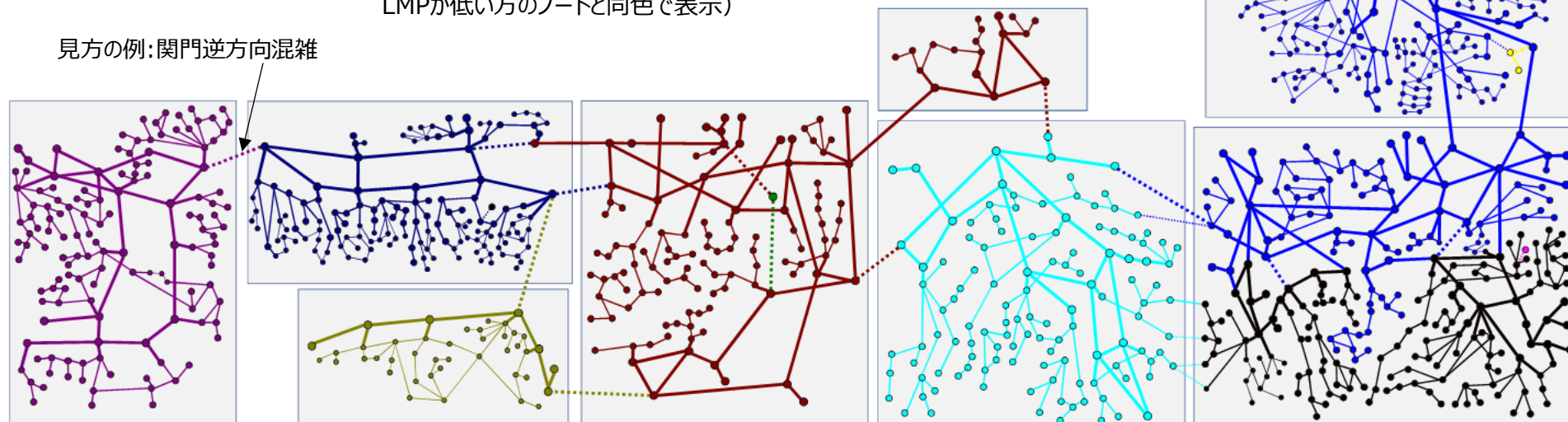
#### 使用率100%ブランチ

- 点線表示
- 送電側ノードと同色

#### 系統グループ色別表示

- 非混雑系統グループ：黒
- 混雑系統グループ：黒以外  
(ループ系のグループ境界となる非混雑ブランチは、LMPが低い方のノードと同色で表示)

見方の例: 関門逆方向混雑

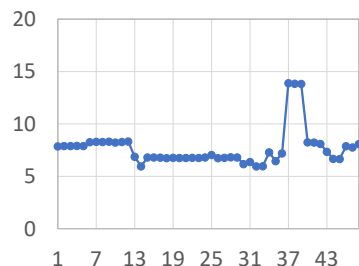


■ 本手法の広域連系系統における1日分(48コマ)の計算時間は、40分程度であったが、ノード探索の効率化など、プログラム実装の工夫で改善の余地はある。

- 高需要断面：約35分(12プロセス同時処理)、時間コマ別には6.0分～13.9分
- 低需要断面：約39分(12プロセス同時処理)、時間コマ別には3.5分～15.7分

### 【広域連系系統モデルのグルーピング結果】(横軸：時間コマ)

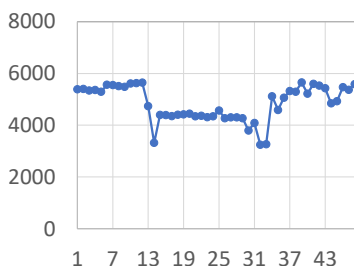
計算時間[分]



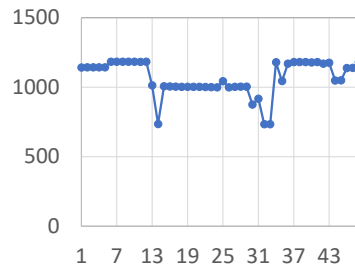
放射状混雑分割数



LMP偏差二乗和増分計算回数



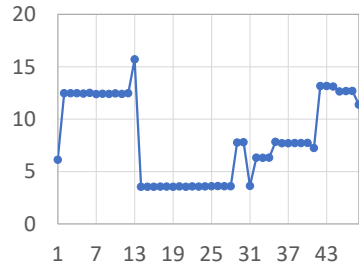
クラスタリング回数



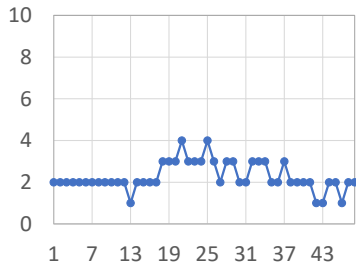
最終グループ数



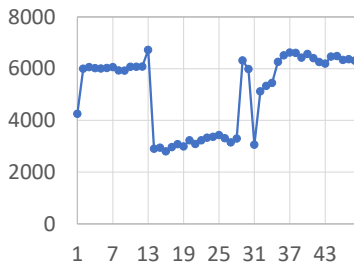
計算時間[分]



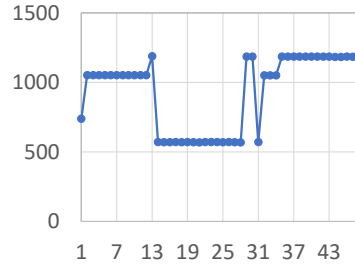
放射状混雑分割数



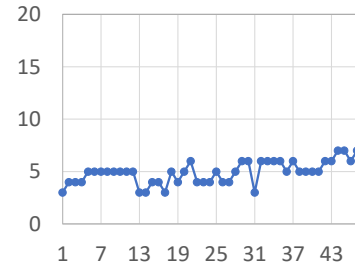
LMP偏差二乗和増分計算回数



クラスタリング回数



最終グループ数

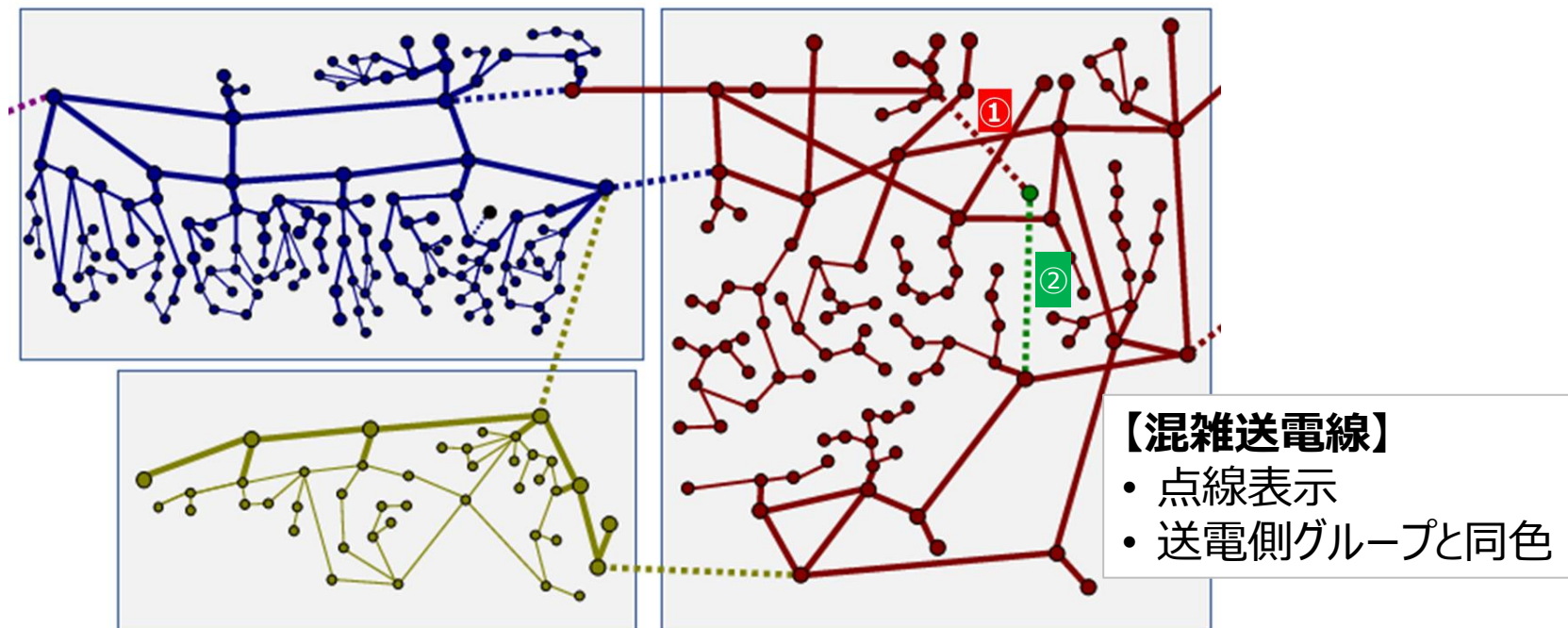


高需要断面

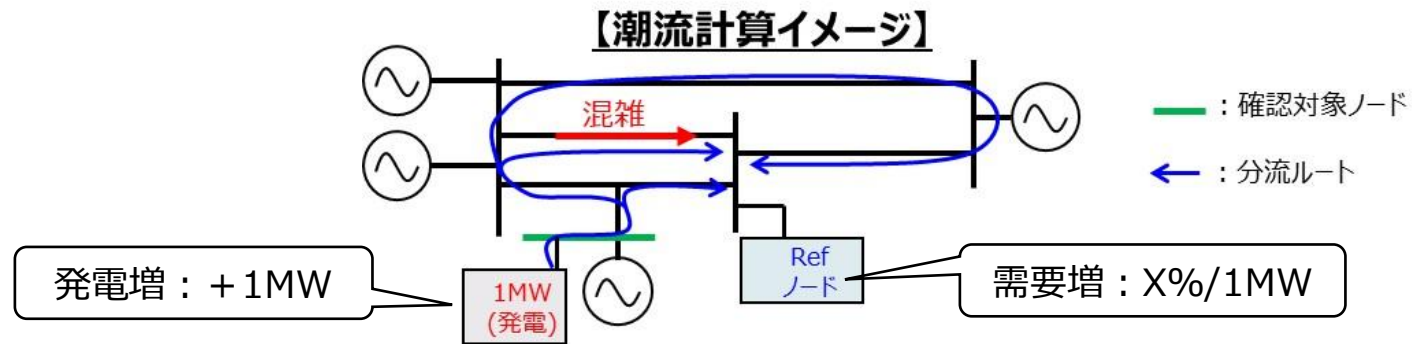
低需要断面

- グループの境界を明確に確定できない可能性としては、グルーピングにおいて混雑の循環が生じる点があげられる。
- これはループ系混雑の分類処理で「混雑の循環が生じる」課題であり、自己計画電源の制約系統を厳密に特定することが難しいというもの。
  - ① 茶色系統 → 緑色系統と、② 緑色系統 → 茶色系統が互いに混雑・非混雑の関係
- このため、下げ可能量と再エネ抑制量の集計は、「混雑系統に送電する電源グループ」を次々と結合していく処理のため、循環が生じると各値を正確に把握できない。

### 【従来手法「ノード探索+LMPクラスタリング」で現れる混雑の循環】



- 計算精度面で更にLMPベース手法を深掘りは難しいと考えられるため、グループ境界の計算精度についての議論が生じない方法として、「潮流計算に基づいてグルーピングする方法」について検討した。
- DC法潮流計算による混雑・非混雑系統の分類方法は下記のとおり。（ベース断面：SCUC/EDの結果）
  - ① 需要 1 MW増加させ、各需要ノードへの配分は負荷比率で案分
  - ② 各電源ノードに1MWの発電力を追加してDC法潮流計算し全ブランチに対する潮流感度を算定（サセプタンス行列の逆行列 ( $B_{bus}^{-1}$ ) を導出）
    - ・ 混雑ブランチの潮流が増加（感度係数が+） ⇒ 混雑系統のノード
    - ・ 混雑ブランチの潮流が不変or減少（感度係数が-） ⇒ 非混雑系統のノード



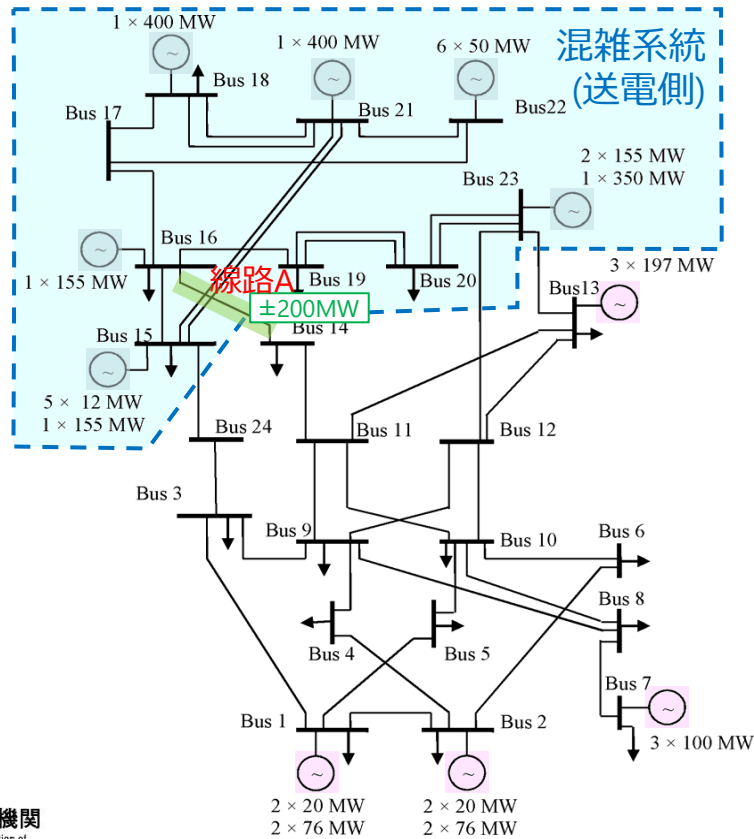
**【ある時間コマの結果イメージ】**

	ノード1	ノード2	ノード3	ノード4	ノード5	ノード6	ノード7	...	ノードY
ブランチ1	混	混	混	混	混	非	非	...	非
ブランチ2	混	混	混	混	非	非	非	...	非
...								...	
ブランチX	混	混	非	非	混	混	混	...	混

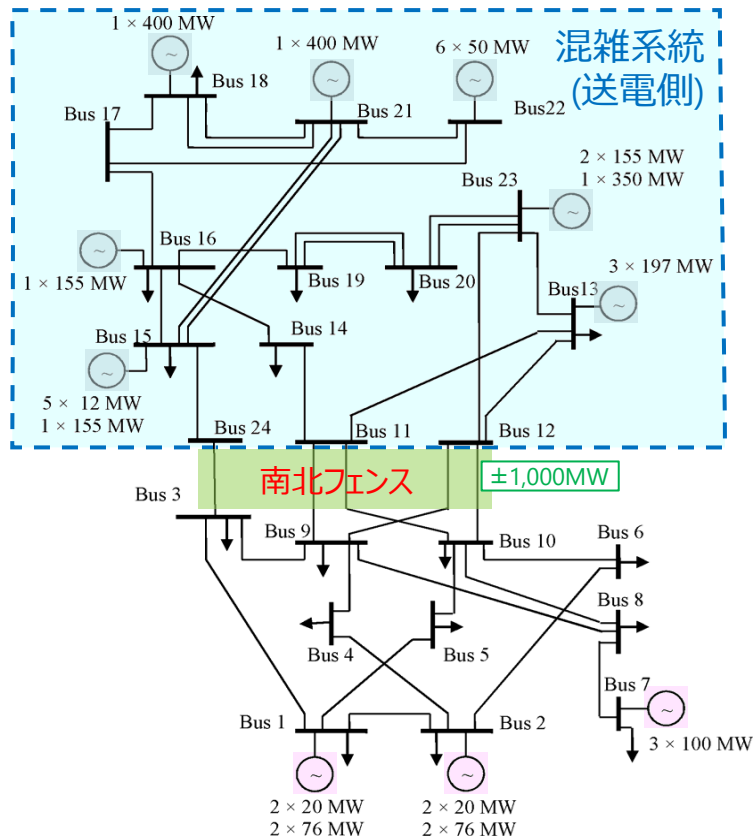
- 潮流感度による混雑・非混雑システムのグルーピングについて、まずは小規模システムモデルで正しく分類分けできることが確認できた。（混雑システムは、線路 A と 南北フェンスを設定）
- 他方で、HVDC等により潮流が調整可能な場合、潮流感度だけでは分類をしきることが難しいため、そういったシステムへの対応として電源の持ち替えやHVDC等による混雑解消はDC-OPF※等による対応が考えられる。（後述）

※ 直流法潮流計算により線形化された近似的な潮流方程式をもとに最適潮流計算を行うもの。詳細は参考資料参照。

【線路 A に対するグルーピング】



【南北フェンスに対するグルーピング】



## (参考) 線路A (No18) に対する各ノードの潮流感度

- 対象線路 A (No.18) の潮流感度は以下の通り。
- 対象線路 A の南向き潮流を緩和する場合、**潮流感度が正となるノードの電源出力を増加**させつつ、需給バランス維持のために**潮流感度が負となるノードの電源出力を減少**させる必要がある。

電源ノード番号 (上位系ノード)	ブランチ番号 (From-To)	接続ノード番号 from_bus	接続ノード番号 to_bus	X [pu]	潮流感度
107 (->07)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.144
113 (->13)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.138
116 (->16)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.315
118 (->18)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.305
121 (->21)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.299
122 (->22)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.302
1011 (->01)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.099
1012 (->01)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.099
1021 (->02)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.102
1022 (->02)	18 (14->16)	14	16	0.0389	0.102
1151 (->15)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.286
1152 (->15)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.286
1231 (->23)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.030
1232 (->23)	18 (14->16)	14	16	0.0389	-0.030

## (参考) 南北フェンスに対する各ノードの潮流感度

- 南北フェンス（線路1001～1005の潮流合計）に対する潮流感度は以下の通り。
- 南北フェンスの南向き潮流を緩和する場合、**潮流感度が負となるノードの電源出力を増加**させつつ、需給バランス維持のために**潮流感度が正となるノードの電源出力を減少**させる必要がある。

電源ノード番号 (上位系ノード)	フェンス構成 ブランチ番号	線路1001 潮流感度	線路1002 潮流感度	線路1003 潮流感度	線路1004 潮流感度	線路1005 潮流感度	南北フェンス 潮流感度
107 (->07)	1001～1005	-0.082	-0.122	-0.135	-0.091	-0.103	-0.451
113 (->13)	1001～1005	-0.003	0.092	0.095	-0.003	0.143	0.470
116 (->16)	1001～1005	0.151	0.084	0.117	0.151	0.074	0.316
118 (->18)	1001～1005	0.168	0.077	0.114	0.168	0.072	0.299
121 (->21)	1001～1005	0.177	0.074	0.112	0.177	0.071	0.290
122 (->22)	1001～1005	0.171	0.076	0.113	0.171	0.072	0.296
1011 (->01)	1001～1005	-0.158	-0.083	-0.128	-0.158	-0.104	-0.375
1012 (->01)	1001～1005	-0.158	-0.083	-0.128	-0.158	-0.104	-0.375
1021 (->02)	1001～1005	-0.153	-0.090	-0.125	-0.153	-0.100	-0.380
1022 (->02)	1001～1005	-0.153	-0.090	-0.125	-0.153	-0.100	-0.380
1151 (->15)	1001～1005	0.199	0.065	0.108	0.199	0.069	0.268
1152 (->15)	1001～1005	0.199	0.065	0.108	0.199	0.069	0.268
1231 (->23)	1001～1005	0.043	0.059	0.071	0.043	0.153	0.424
1232 (->23)	1001～1005	0.043	0.059	0.071	0.043	0.153	0.424

# 海外におけるSCUCの計算方法について (1 / 3)

58

- 現状技術検証では、電中研が所有するSCUCツールをベースモデルとして検証を行っており、当該ツールにおいては、非線形性を有する問題を現実的に解くために、電圧の大きさと位相の変化は小さいと仮定して電力潮流の線形化を行い（直流法）、線形化された近似的な潮流方程式を制約条件に組み込むことによって電源起動・出力配分の最適化問題を解いている（直流法最適潮流計算：DC-OPF）。
- 直流法は、電圧変動の影響や電力損失がないという仮定のもとで計算されるが、同時市場で取り扱う超高压系統においては影響は小さくなく、電力損失については右下図の通り考慮を行っている。

R 電力中央研究所

## SCUCを解くことの難しさ②

◆最適化すべき変数の単純な足し算・引き算では表現できない「非線形性」を有する問題

➢ 計算時間と精度を考慮し、問題の線形化などの工夫が必要  
例えば、

- 燃料費は、発電出力の二次関数で一般に表現 ⇒ 区分線形関数
- 電力潮流は、系統電圧を変数とした三角関数（潮流方程式）で表現 ⇒ 電圧の大きさと位相の変化は小さいと仮定して線形化

燃料費  $F_{Cost}$

$n = 3$  の場合

0  $P_{Gen}$  発電出力

© CRIEPI 2019-2023 42

(参考) 直流法を前提とした問題の定式化例 46

○ 順方向潮流の場合  
From Node (FN)  $i$  → To Node (TN)  $k$   
正値  
 $P_{Flow}(j) + P_{Lp}(j)$  (From Node)  $P_{Flow}(j)$  (To Node)

○ 逆方向潮流の場合  
From Node (FN)  $i$  → To Node (TN)  $k$   
負値  
 $P_{Flow}(j)$  (From Node)  $P_{Flow}(j) - P_{Ln}(j)$  (To Node)

◆ 変数：電圧位相差で定義  
 $\Delta\theta_L(j) \in \mathbb{R}, P_{Lp}(j), P_{Ln}(j) \geq 0 \quad \forall j \in B$

◆ 制約条件

潮流方向  $\delta(i) - \delta(k) = \Delta\theta_L(j) \quad i, k \in N, \forall j \in B$

大きさ  $P_{Loss}(j) = \frac{R(j)}{X^2(j)} (\delta(i) - \delta(k))^2 \Rightarrow P_{Lp}(j) + P_{Ln}(j) = \frac{R(j)}{X^2(j)} \Delta\theta_L^2(j) \quad \forall j \in B$

ノード需給バランス  
 $P_{Gen}(i) = P_{Dem}(i) + \sum_{FN(j)=i} \{P_{Flow}(j) + P_{Lp}(j)\} - \sum_{TN(j)=i} \{P_{Flow}(j) - P_{Ln}(j)\} \quad \forall i \in N$

運用容量  $P_{Flow}^{min}(j) + P_{Ln}(j) \leq P_{Flow}(j) \leq P_{Flow}^{max}(j) - P_{Lp}(j) \quad \forall j \in B$

電力広域的運営推進機関  
OCCTO

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
  - 2-1. これまでの議論と検討概要
  - 2-2. グループ化手法について
  - 2-3. 一定の制約を課す方法について
  - 2-4. 今後の進め方について
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 本章では、SCUC結果から混雑・非混雑系統に分類したグループに対して、どのような条件で一定の制約を課すかを検討し、制約を課す条件についての妥当性を検証した内容を報告する。

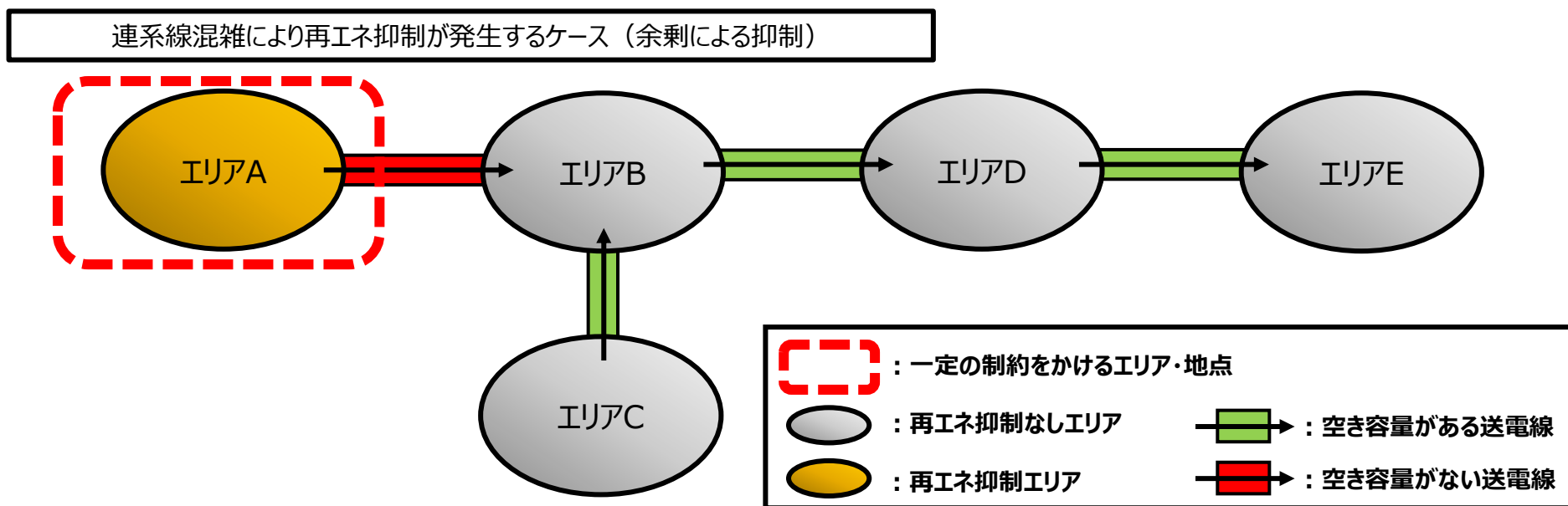
## [一定の制約を課す方法①]

- 検討においては、まずもって、制約が必要となり得るケースについてケーススタディを実施して一定の制約を課す条件を整理した。
- 整理した条件について、広域連系系統におけるLMPクラスタリング手法による混雑・非混雑系統の分類を用いて、自己計画電源に一定の制約を課した（市場計画電源として扱った）場合の妥当性について検証した。

## [一定の制約を課す方法②]

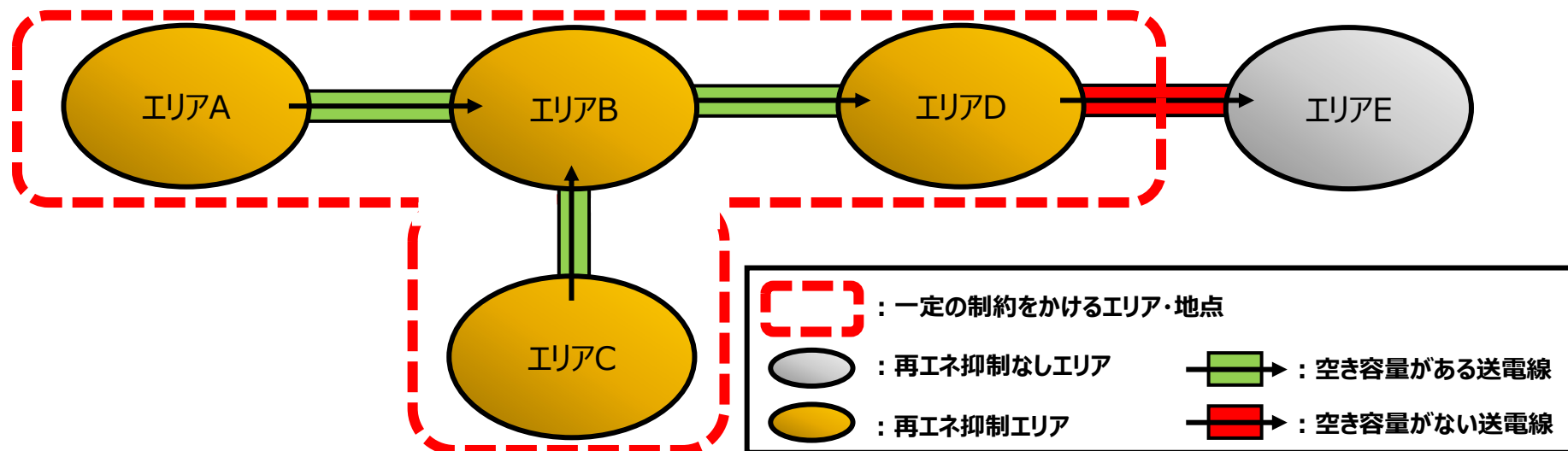
- 潮流感度を用いた混雑・非混雑系統の分類は、ループ系統も明確に判別できる一方でHVDC等により潮流が調整可能な場合に課題が残るため、混雑の解消手法として、DC-OPFを用いたHVDC等の潮流調整や自己計画電源に一定の制約を課す（系統制約を解消するために出力を再配分する）ロジックを新たに構築し、その手法の妥当性について検証した。

- SCUC計算において、**基本的には安価な再エネ電源は連系線を最大限活用して他エリアへ送電され、それでもなお下げ可能量が不足した場合に「再エネ抑制」が発生するケース**が考えられる。
- 以下のケースの場合、AB間連系線が混雑した上で、エリアA内の下げ可能量が0になった場合、再エネ抑制が発生することになる。
- つまり、混雑・非混雑系統の特定にあたり、エリアA全体を混雑グループとすることが考えられ、LMPによるクラスタリング手法および潮流感度ベース手法どちらにおいても、混雑グループ化が可能と考えられる。



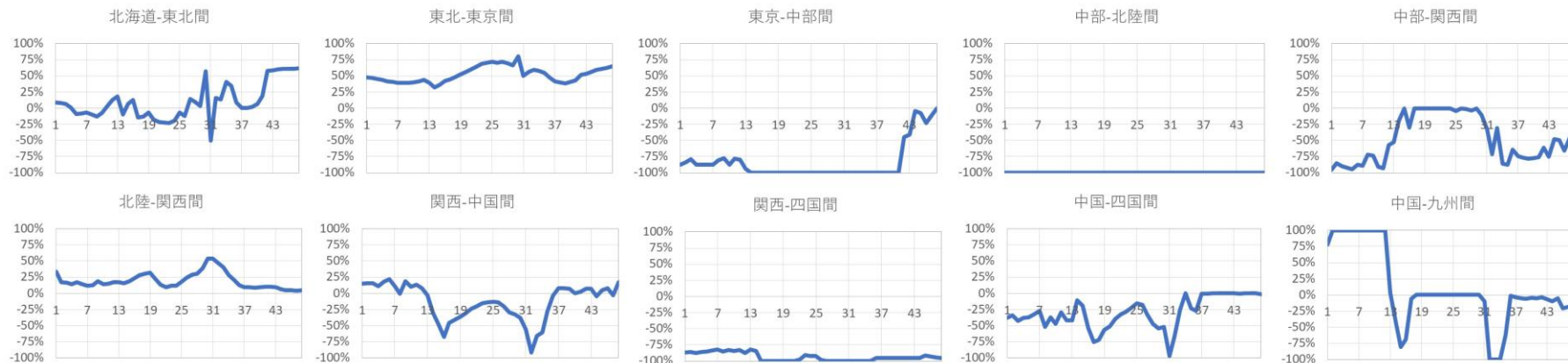
- 一方、軽負荷期に全国的に快晴となる場合、**下げ可能量が不足し、複数エリアで再エネ抑制が発生する可能性があり、連系線が混雑しなくても再エネ抑制が発生するケース**が考えられる。
- SCUC計算において、調整力確保制約（同期連系系統毎に下げ調整力としてLFC2%を確保）を設定しているが、確保量以外の下げ可能量がなくなった場合は、再エネ抑制が発生することになる。
- 以下のケースの場合、DE間連系線が混雑した上で、エリアA～D内の下げ可能量が0になった場合、再エネ抑制が発生することになる。
- 上記の場合について、混雑送電線があれば、潮流感度ベース手法およびLMPによるクラスタリング手法においても、グループ分けは可能と考えられる。

複数エリアで再エネ抑制が発生するようなケース（余剰による抑制）

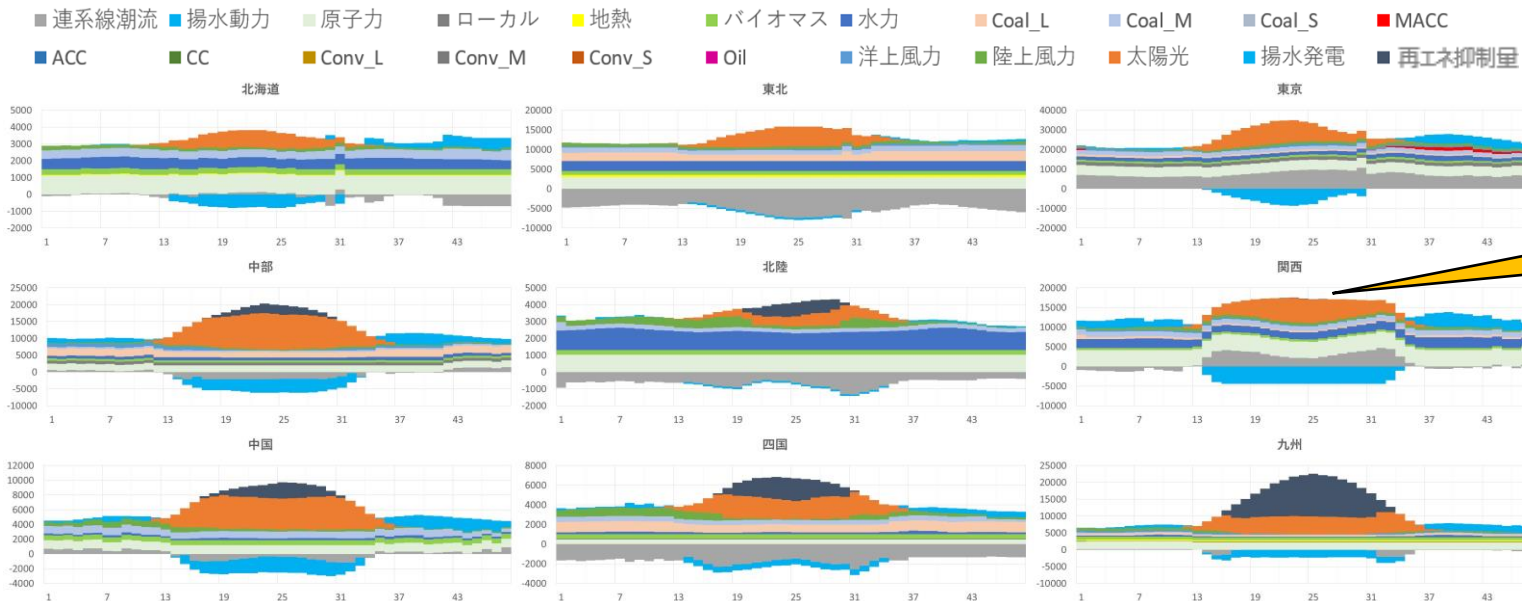


■ 複数エリアでエリア余剰の再エネ抑制が発生する場合は、直流の連系線を除き、連系線が混雑しない傾向となる。

【連系線潮流】 ※+が順方向、-を逆方向とする。

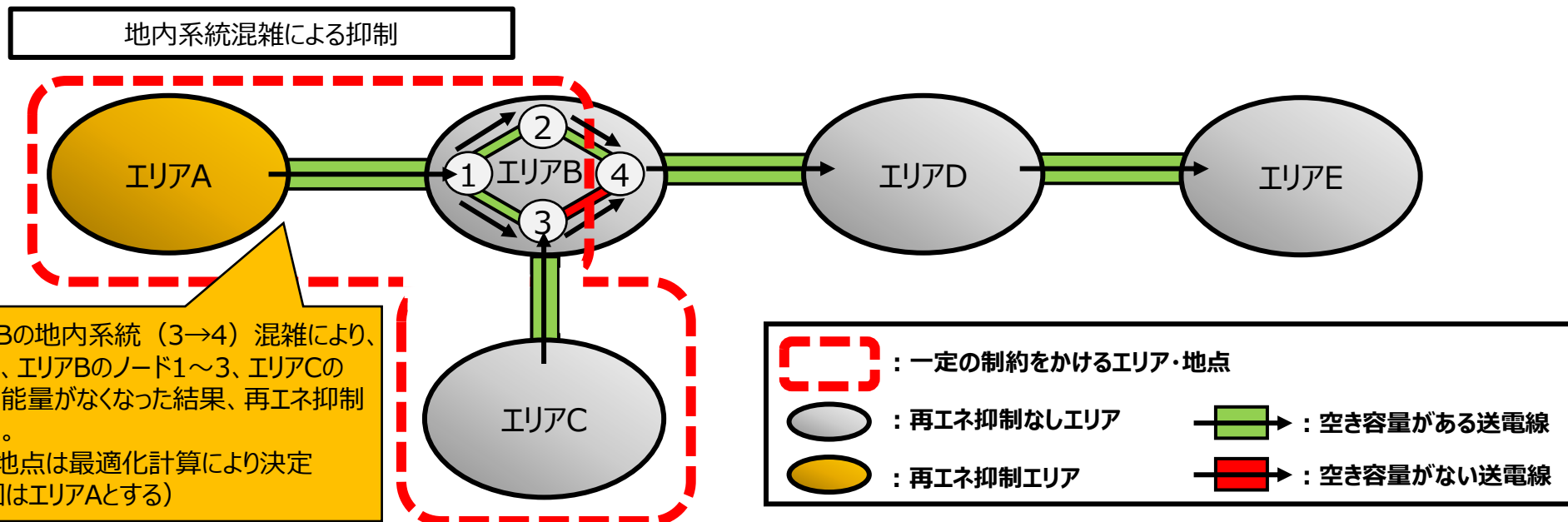


【需給バランス】



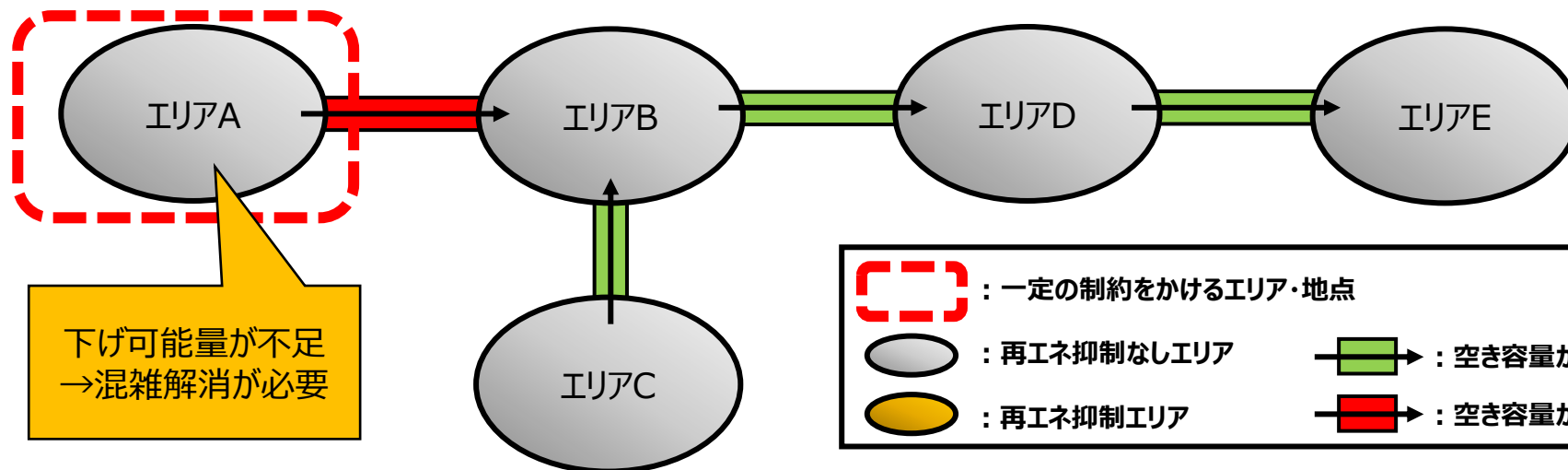
関西エリアも再エネ抑制有

- また、**地内系統混雑により、再エネ抑制に至るケース**も考えられる。
- 下記のようなケースの場合、混雑グループは、エリアB内のノード1～3だけではなく、エリアAやエリアCも含まれると考えられる。(現行の地内再給電と異なる)
- エリア余剰の抑制と同様、混雑グループの下げ可能量が0になった場合に再エネ抑制となる。
- また、ループ系統混雑の場合、混雑グループを正確に区分する必要がある。
- この点、LMPによるクラスタリング手法ではグループの境界が正確に判定できるかどうかという課題はあるが、潮流感度ベース手法では、グループの境界を正確に判定できると考えられる。



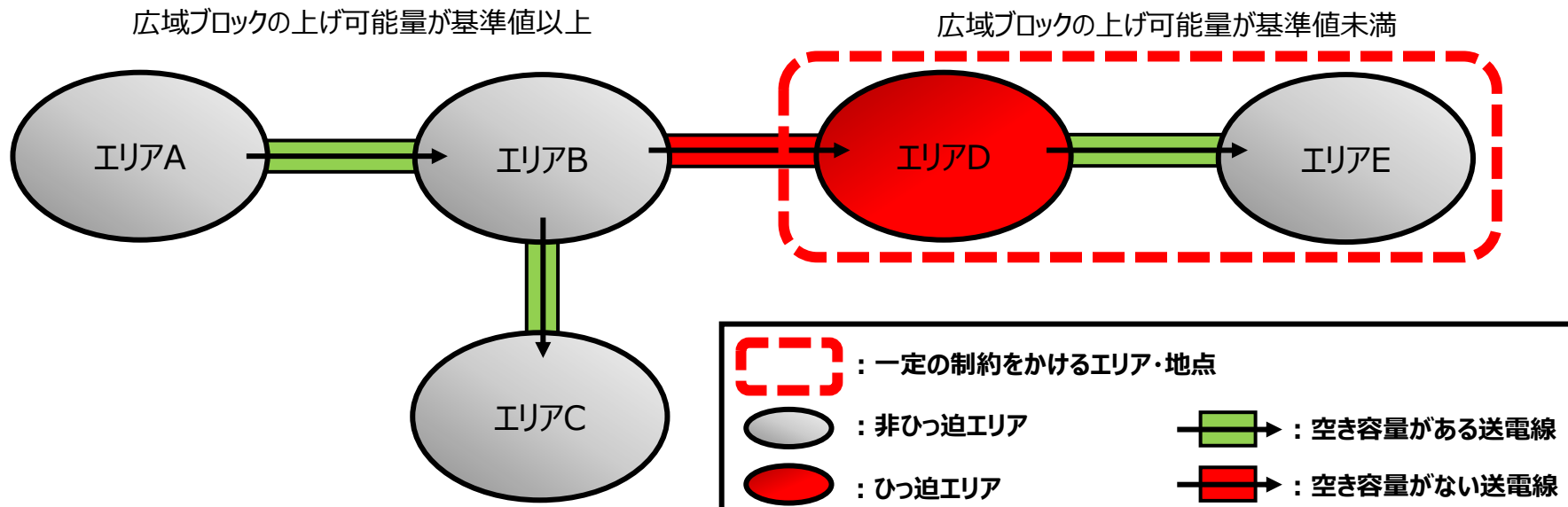
- **再エネの出力がない(少ない)時間帯や再エネの連系がない系統**においても、一定の制約を課すことも考えられるため、その場合の条件について検討を行う。
- 以下のケースのような場合、再エネ抑制が起こる場合と同様、連系線（あるいは地内送電線）混雑により、グループ内を分割したうえで、混雑グループ内の下げ可能量が0であることを条件とすることが考えられる。

再エネなし断面



- 続いて、焚増側の制約についても整理する。
- 下図では、エリアB、D間の連系線で混雑が発生し、エリアA-B-Cが構成する広域ブロックと、エリアD-Eが構成する広域ブロックに分かれている。
- このように、広域ブロックあるいは、グループ内の上げ可能量が不足する場合、焚増側の制約を課すことが考えられる。(混雑・非混雑のグループにおいて、グループ内の上げ可能量を確認することが必要となる。)

上げ可能量が不足するようなケース



- 想定されるケーススタディを踏まえて、一定の制約を課す条件は以下とすることが考えられる。

## <余剰時>

- 基本的に、地内送電線と地域間連系線でロジックを変える必要はなく、混雑・非混雑により分けられた混雑グループに対して、**再エネがある時間帯については、再エネ抑制が発生しているという条件で判定する**方法が考えられる。
- また、**再エネが無い時間帯については、混雑グループ内の下げ可能量で判定する**ことが一案と考えられる。
- この点、必要な下げ調整力を除き、下げ可能量が0となった場合に再エネ抑制が行われるとすると、再エネがある時間帯においても、**混雑グループ内における下げ可能量が0となることを条件とすることが**考えられる。

## <ひっ迫時>

- 基本的に、広域ブロックあるいは、非混雑系統内の上げ代が不足する場合や予備力が不足する場合であることから、**焚き増しが必要となるのは、混雑・非混雑のグループ区分において、非混雑グループ内の上げ可能量が0となることまたは予備力が閾値以下となることを条件で判定する**ことが考えられる。

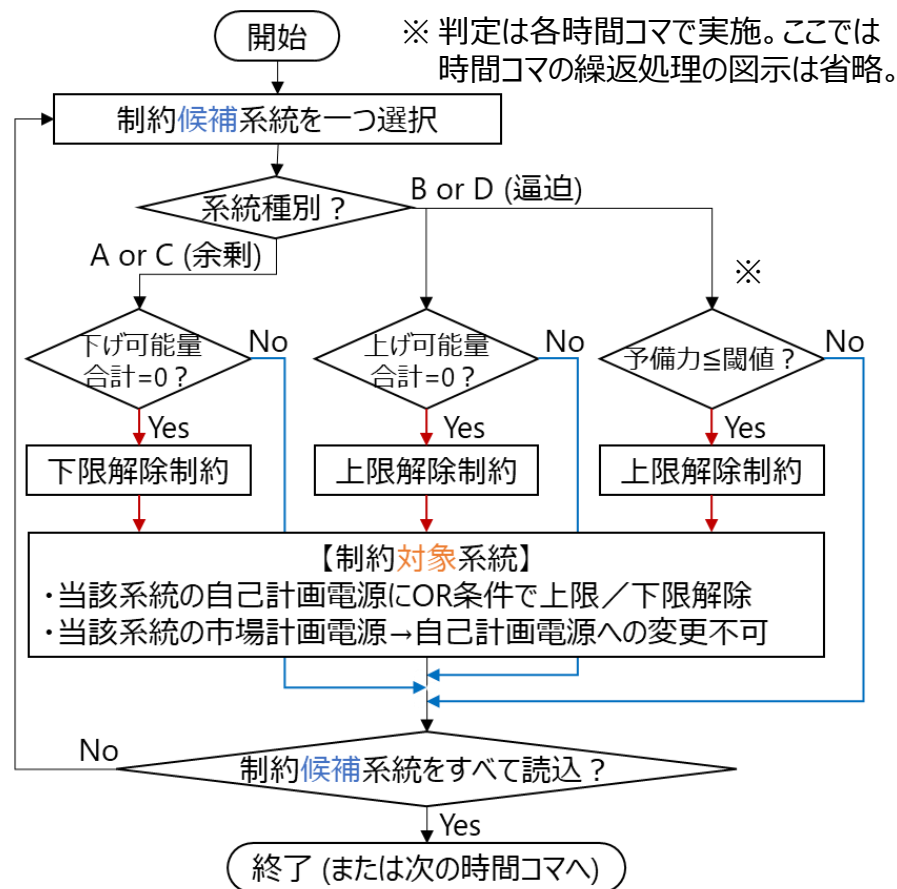
- STEP1. 制約候補系統（上げ・下げ可能量の集計対象）を抽出
- STEP2. 制約対象系統か否かを判定（下げ可能量=0、上げ可能量=0 or 予備力 $\leq$ 閾値※）

### 【STEP1. 制約候補系統の抽出】

- 種別A・Bは管理指標の数だけ存在
- 種別C・Dは混雑送電線（フェンス）の数だけ存在（同一ノードが複数の制約候補系統に該当することもあり得る）

系統種別	抽出条件
A	下げ代（下げ調整力等）を管理する系統（=同期系統、エリア等）
B	上げ代（上げ調整力、予備力等）を管理する系統（=同期系統、エリア等）
C	混雑系統（潮流感度、潮流制約の双対値によるスクリーニング結果）
D	非混雑系統（潮流感度、潮流制約の双対値によるスクリーニング結果）

### 【STEP2. 制約対象システムの判定フロー】



※ 今回の検討では予備力の判定条件については検証対象外としている。

- 前述の通り、自己計画電源の出力調整を可能にする条件を以下として、広域連系系統においてLMPクラスタリング手法による混雑・非混雑系統の区分結果を用いて、下表の検証を実施した。
  - ① 自己計画電源に「出力下限解除」を求めるケース（抑制側の制約）
    - 余剰時の指標として、「対象系統の調整電源の下げ可能量の合計がゼロかどうか」で管理できる可能性を確認。
    - 対象系統は、下げ調整力を管理する系統（同期系統やエリア）および混雑系統
  - ② 自己計画電源に「出力上限解除」を求めるケース（焚増側の制約）
    - ひっ迫時の指標として、「対象系統の調整電源の上げ可能量合計がゼロかどうか」で管理できる可能性を確認。
    - 対象系統は、上げ調整力を管理する系統（同期系統やエリア）および非混雑系統

ケース		検証系統	検証内容
余剰時	①-1	単一エリア	調整電源の下げ可能量の合計で判別できるかどうか
	①-2	広域ブロック	
ひっ迫時	②-1	単一エリア	調整電源の上げ可能量の合計で判別できるかどうか
	②-2	広域ブロック	

- これまでと同様に、以下の前提条件を基本としてシミュレーションを実施。

### 【需要断面】

- 2断面：高需要断面 7/31、低需要断面 4/27

### 【シミュレーション対象期間】

- 24時間（30分×48コマ）

### 【電力系統・発電機模擬】

- 系統：広域連系系統モデル（ノード単位）
- 需要価格弾力性：なし
- 火力燃料費関数：二次関数を区分線形化（abc定数を基に7区分）

### 【制約条件】

- 発電機関係
  - 起動停止に関わる制約（MUT、MDT、起動停止回数、起動費切替）

### 【ペナルティ】

- 予備力、調整力
- ブランチ潮流、フェンス潮流

### 【最適化計算の設定】

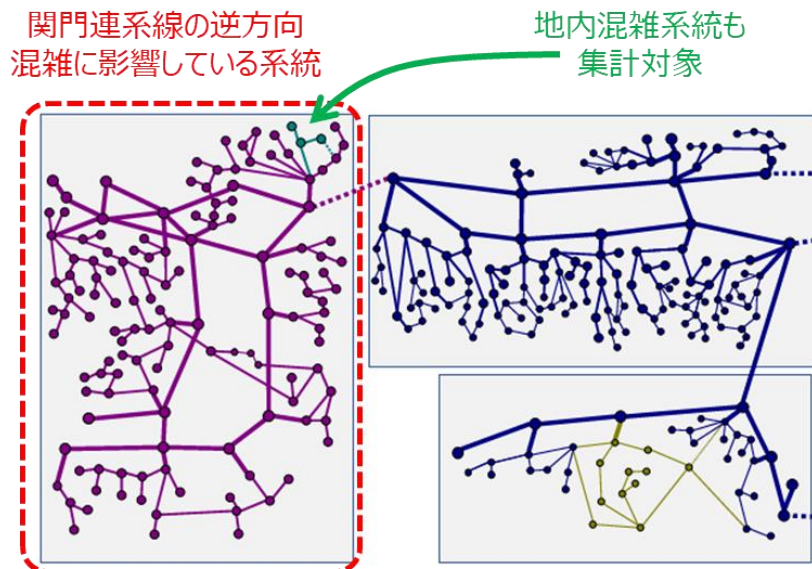
- MIPGap = (上界値 - 下界値) / 上界値：高需要断面0.3%、低需要断面1.0%

難収束となる断面  
のため高めに設定

- 余剰時のケース①－１では、単一エリアで混雑系統内の調整電源の下げ調整では対応できないために生じる再エネ抑制を代替すべく、自己計画電源に「出力下限解除」を制約することになる。
- 過去の同時市場約定シミュレーション結果より、ケース①－１に該当する結果を抽出し、「**混雑系統内の調整電源の下げ可能量**」を指標として、自己計画電源に制約を課す判断が可能か確認した。
  - 重負荷期（7/31）の関門連系線にて混雑（逆方向潮流）が生じる断面に対して、系統混雑に影響する系統（九州エリア）の下げ可能量を集計して評価した。

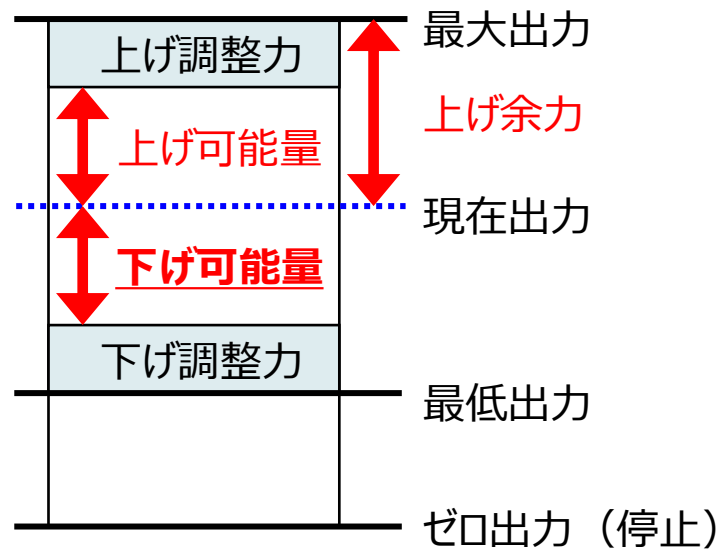
## 【下げ可能量の集計対象系統（35コマの例）】

再エネ抑制が発生した19～30コマでは、九州エリアにおいて地内混雑は無かったが、他の時間コマでは地内混雑が発生



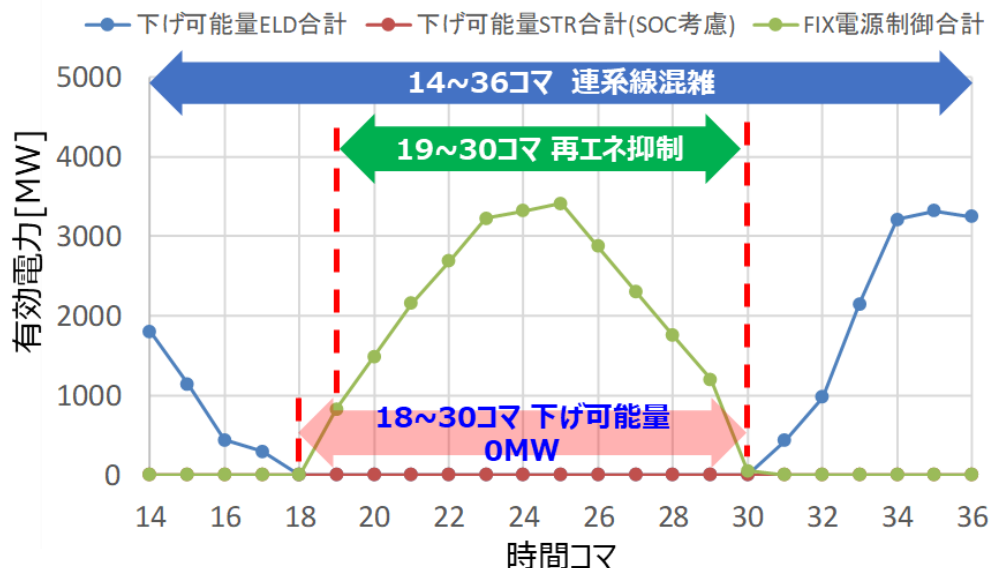
## 【指標の定義】

本検討では、制約を課す判断の指標として、下図のように「上げ・下げ可能量」を定義する。

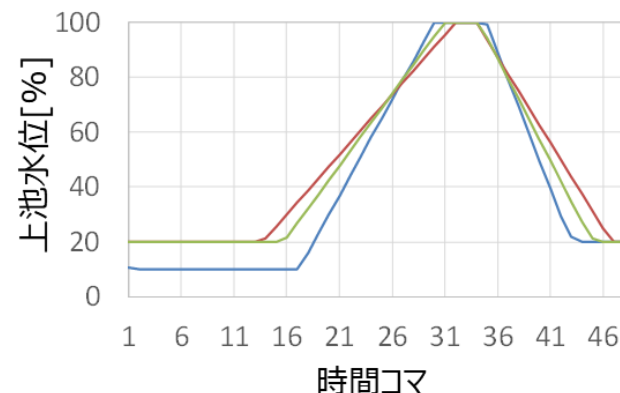


- 再エネ抑制断面は、集計対象電源（火力と揚水）の**下げ可能量がゼロ**、かつ関門連系線の空き容量がないため、自己計画電源に制約を課す判断となる。
  - 揚水上池については、全3箇所水位制約※<sup>1</sup>が発生するため、これ以上はポンプアップできない状況（＝当該系統の揚水の下げ可能量は全コマ0MWで計上）
  - 下げ可能量合計：18～30コマで0MW ※<sup>1</sup> …再エネ抑制の時間帯（19～30コマ）を包含
  - 再エネ連系なし系統、再エネ出力ゼロ時間帯で混雑系統や運用容量超過系統※<sup>2</sup>の下げ可能量がゼロになるのは稀であると考えられ、シミュレーション分析においては条件作成に工夫が必要。

**【当該系統の下げ可能量合計と再エネ抑制量合計】**



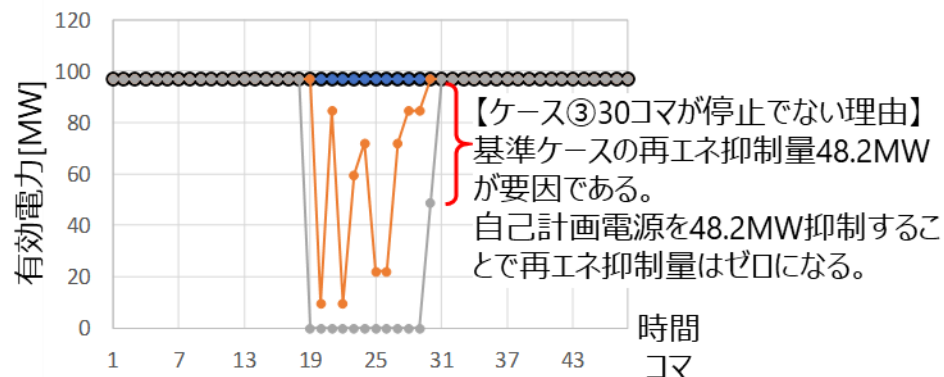
**【当該系統の揚水上池状況】**



※<sup>1</sup> 数値計算につき、1kW未満の微小値がは無視してゼロ扱い。  
 ※<sup>2</sup> ブランチ使用率≥100%でスクリーニングするため、SCUCシミュレーション結果の処理を行う上での違いはなし

- 自己計画電源に制約を課す場合の検証として、その他電源の起動停止をすべて固定した上でSCUCシミュレーションを実行した結果、時間コマ19～30において自己計画電源が抑制または停止し、再エネ抑制量が大きく減少した。
- 仮設定した再エネ（太陽光・風力）発電単価（b項）との大小関係により、自己計画電源は最大出力・部分出力・出力ゼロ（停止）の状態を取る。（**想定通りの結果**）

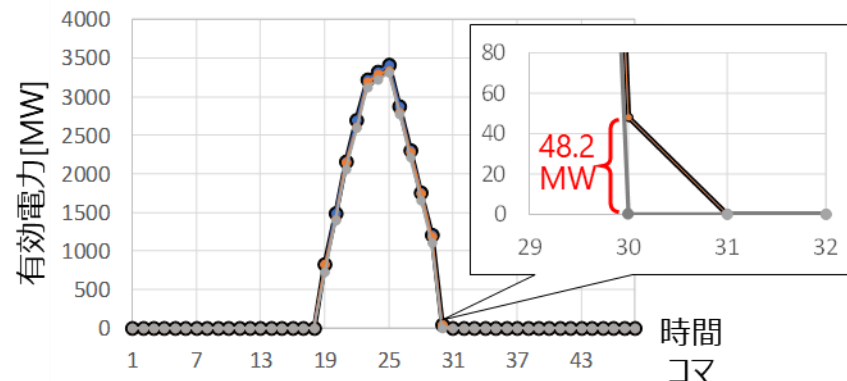
### 自己計画電源の出力



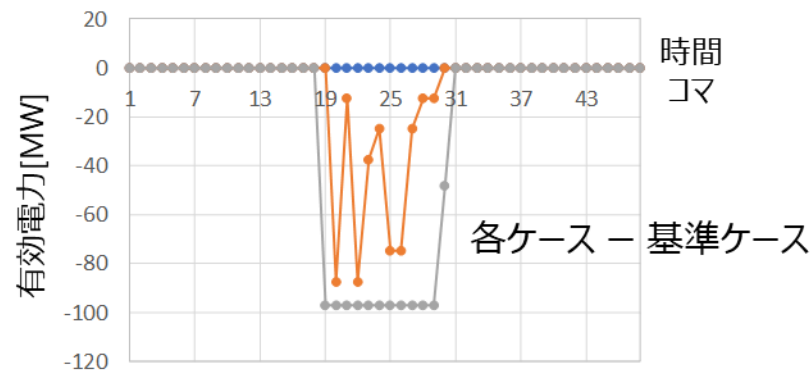
● 基準 ● ① ● ② ● ③

ケース名	凡例
基準ケース	基準
b項 = 0.0001万円/MW	①
b項 = 0.0002万円/MW	②
b項 = 0.0003万円/MW	③

### 九州エリアの再エネ抑制量



### 九州エリアの再エネ抑制量の変化分



■ 検証用データは、これまでのSCUCシミュレーション結果を活用し、**特定の電源の出力配分結果が自己計画電源であったと仮定して、その電源を市場計画電源（単価変更）とすることで一定の制約を模擬**

- I. 対象電源：関門連系線の混雑系統に所属する再エネ等電源のうち、SCUCシミュレーション結果が「未制御」であった電源Aを自己計画電源と仮定する  
(参考：太陽光、風力、水力等は制御に至っているが、バイオマス、地熱、ローカルは未制御)
- II. 運用形態：自己計画電源→市場計画電源（調整力はゼロ）、最低出力設定：最大の10%
- III. 燃料消費特性(abc定数)：簡単のためb項のみ設定（0円→一定値）

■ 上記模擬により、一定の制約箇所と判断した自己計画電源A（b項仮値0.0万円）を、市場計画電源A'（b項仮値の設定は前頁）にすることで、メリットオーダーで抑制され、九州エリアの再エネ抑制量が低減するかを確認する。

**【 I . 電源の設定、II . 運用形態・最低出力設定、III . b項の設定】**

ユニット名	入札方式	定格出力 (MW)	最大出力 (MW)	最低出力 (MW)	燃料消費特性		
					a(Gcal/MW2)	b(Gcal/MW)	c(Gcal)
電源A	自己計画	97	97	97	0	0	0
電源A'	市場計画	97	97	9.7	0	0.0003	0

(参考) 再エネ等電源のb項仮値 (a項,c項はゼロ)

電源種別	b項[万円/MW]
太陽光	0.0002
陸上風力	
洋上風力	
水力	0.0001
バイオマス	0.0001
地熱	0.0
ローカル	0.0
原子力	0.0

パラメータとして  
数ケース検証する

燃料費換算 (万円/GCal)
1
1

- SCUCシミュレーションとして、電源Aと電源A'の起動停止設定により、電源Aを自己計画電源から市場計画電源に変えた場合の模擬を実施

- IV. 自己計画コマ：電源Aを起動・定格97MWで固定（電源A'は停止固定）  
市場計画コマ：電源A'の起動停止をフリー設定・出力指定なし（電源Aは停止固定）

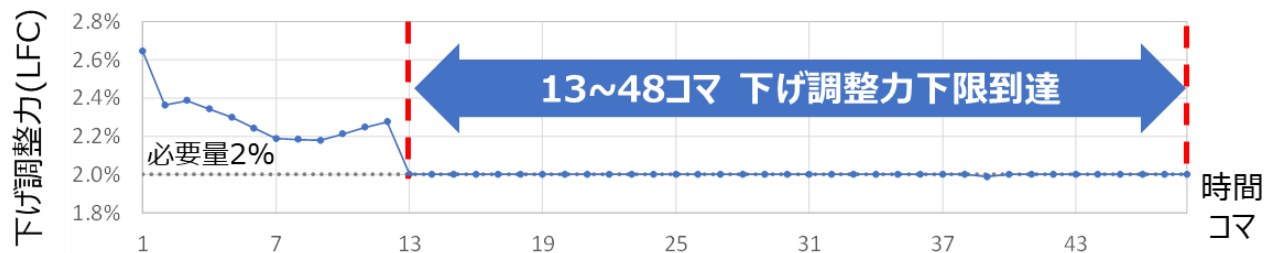
#### 【IV. 起動停止状態 [起動時の出力指定] の設定】

対象コマ		電源A	電源A'
自己計画コマ	1	97MW	0MW
	2	起動	停止
	~	固定	固定
	18	97MW	0MW
市場計画コマ	19	0MW	フリー
	20	停止	フリー
	~	固定	フリー
	29	0MW	フリー
	30	0MW	フリー
自己計画コマ	31	97MW	0MW
	~	起動	停止
	48	97MW	0MW

一定の制約を課すコマ

電源A'のSCUCによる出力配分が自己計画と市場計画の差として現れる。

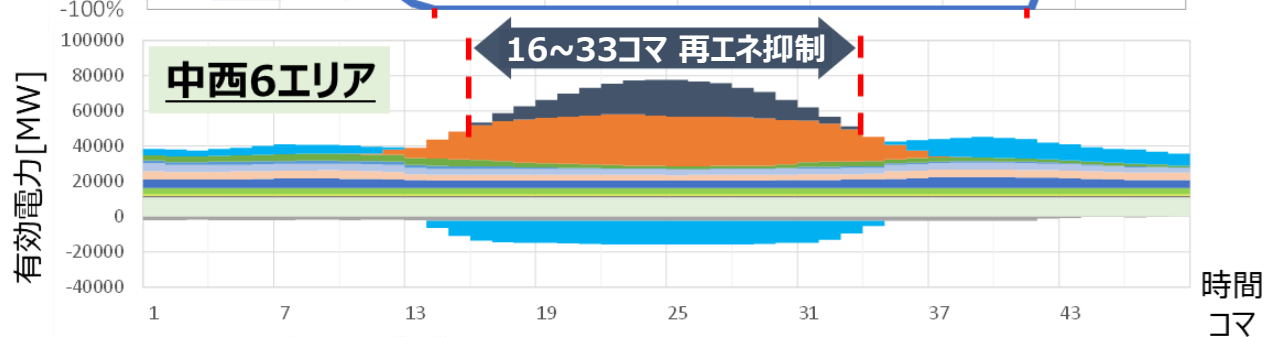
■ ケース①-1と同様に、余剰時のケース①-2に該当する中西6エリアにおけるシミュレーション結果（軽負荷期4/27、16～33コマ）を抽出し、分析を行った。



中西6エリアの下げ調整力（LFC）が下限2%に到達



東京-中部間（FC設備）で逆方向の混雑が発生



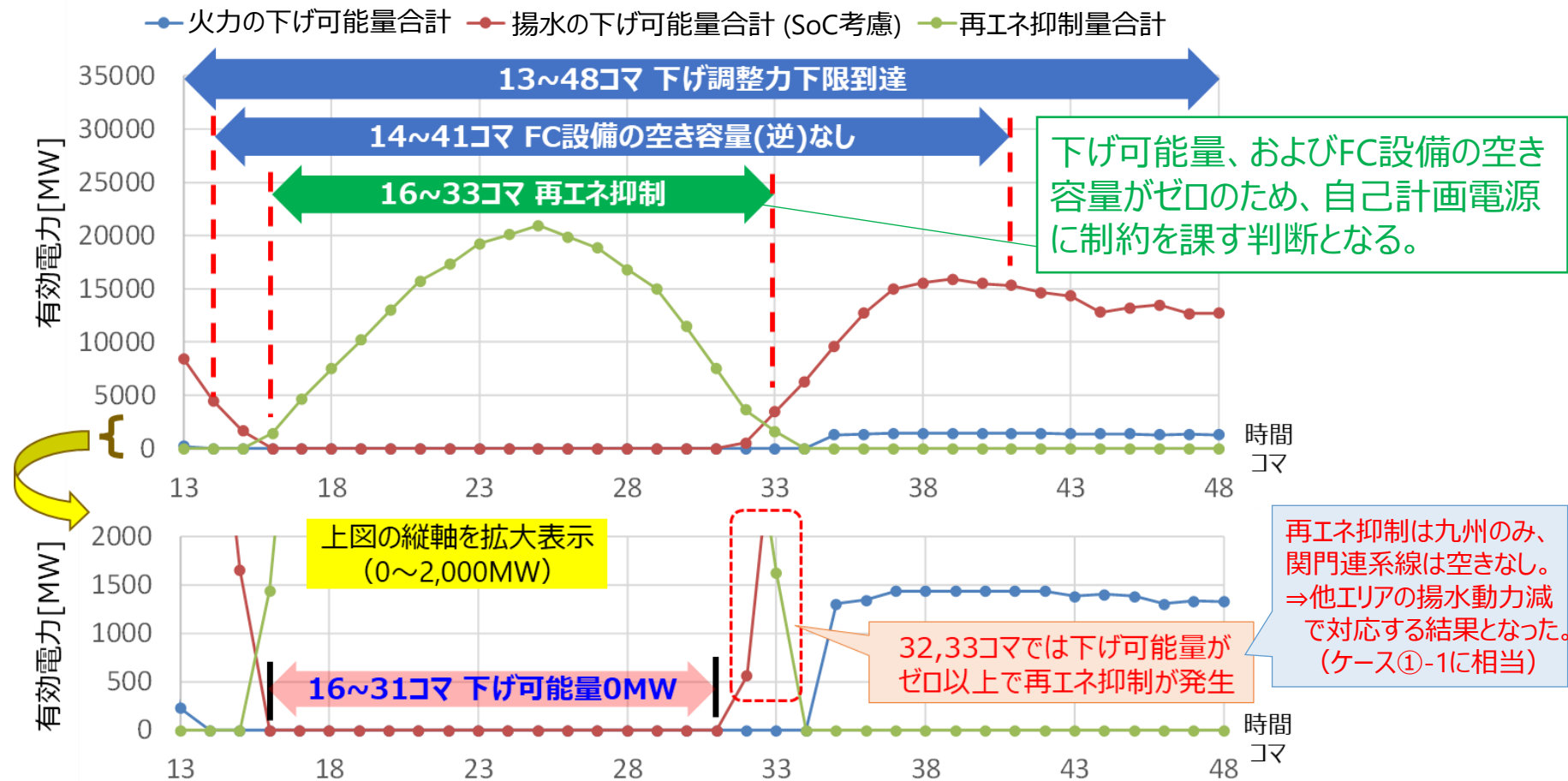
中西6エリアの16～33コマで再エネ抑制が発生

- 連系線潮流
- 揚水動力
- 原子力
- ローカル
- 地熱
- バイオマス
- 水力
- Coal\_L
- Coal\_M
- Coal\_S
- MACC
- 洋上風力
- 陸上風力
- 太陽光
- 揚水発電
- FIX電源制御

※本検討の前提として、調整力は同期系統毎（北海道、東2エリア、中西6エリア）に確保

■ 【当該系統の下げ可能量合計と再エネ抑制量合計】

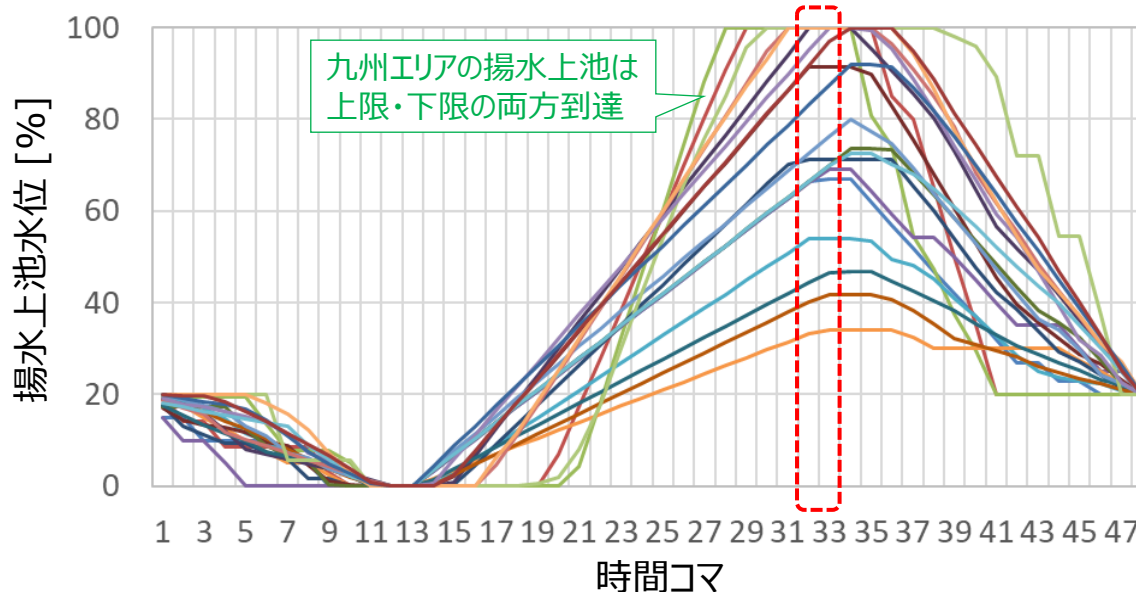
- 火力：14~34コマで0MW…再エネ抑制が生じる時間帯（16~33コマ）を包含
  - 揚水：16~31コマで0MW…32,33コマで再エネ抑制あり・下げ可能量ありが同時に発生
- 下げ可能量がゼロにて自己計画電源に制約を課す判断とすることが可能。（揚水の32、33コマはケース①-1相当）



- 中西6エリア全20箇所の揚水上池について、再エネ（太陽光）出力の大きい時間帯で貯蔵した電力を点灯帯で消費し、最終断面で水位20%を維持している。
  - 上限・下限の両方到達：8箇所 ← 下げ可能量=0MWで計上
  - 下限のみ到達：12箇所 ← 時間毎に下げ可能量を計上
  - 上限のみ到達：0箇所

### 【当該系統の揚水上池状況】

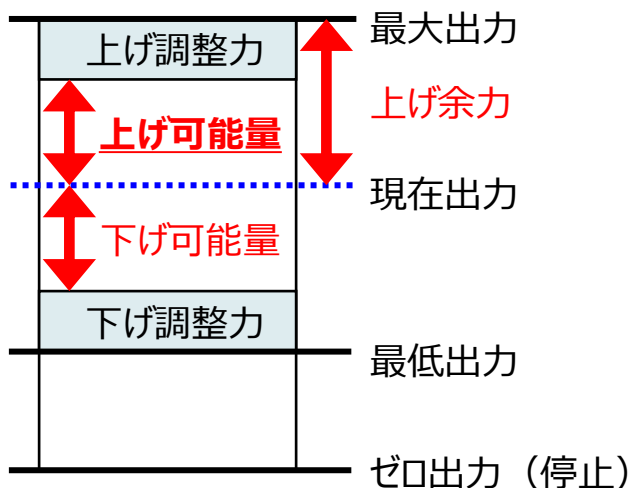
上限未達の上池に属する揚水ユニットには下げ可能量が計上されるが、当該上池の水位は32コマまで一定割合で増加していること、最終断面の水位に過不足がないことから、コストミナムが達成されたものと言える。



- ひっ迫時のケース②では、非混雑系統内の調整電源の上げ調整では対応できず、需要抑制あるいは過負荷が生じる場合に、自己計画電源に「出力上限解除」の制約を課すことになる。
- ここでは、余剰時の制約ケースと同様のアプローチが有効と考え、「非混雑系統内の調整電源の上げ可能量」を指標として確認した。
  - 発電力を増加させた場合に混雑送電線・フェンスの潮流が**増加しない**ノードの集合
  - 上げ調整力・予備力を管理する系統（エリア、ブロック等）

## 【指標の定義】

本検討では、制約を課す判断の指標として、下図のように「上げ・下げ可能量」を定義する。



◆ 同時市場約定シミュレーションの過去実績において、自己計画電源に「出力上限解除」の制約を課すような結果は得られていなかった。

- ロジック検証には、一部のエリアで需給ひっ迫を模擬したシミュレーションが必要

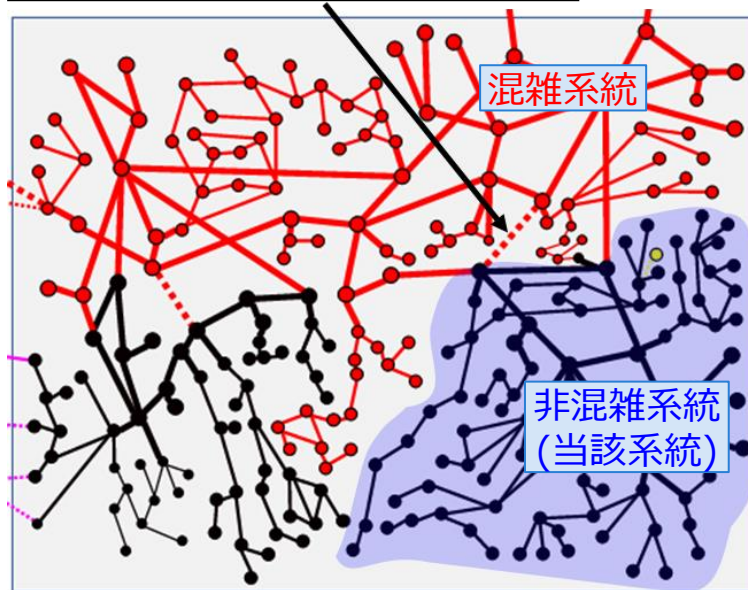
評価例1: 重負荷断面で地内混雑あり



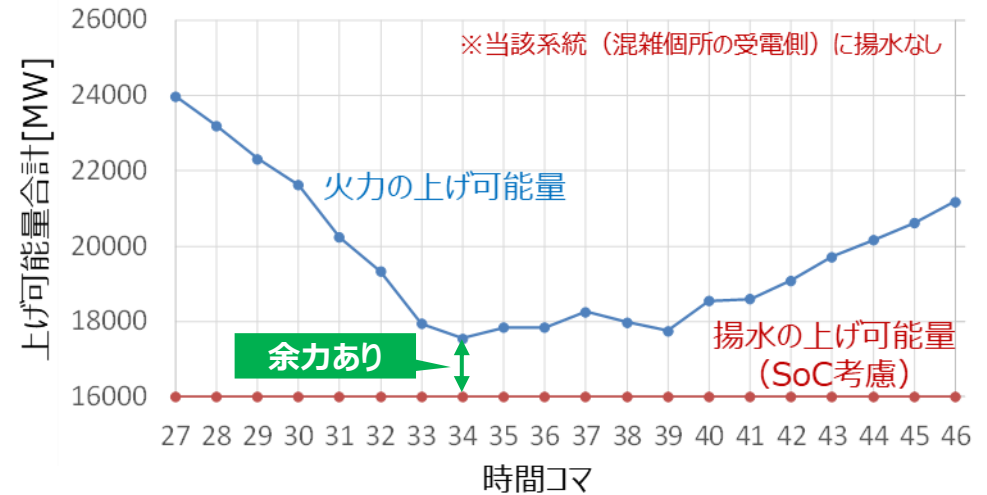
評価例2: 重負荷断面で予備力確保量が減少

- 重負荷期（7/31）で生じた東京エリアの地内混雑に着目し、高需要断面（27～48コマ）における非混雑系統グループ（LMPベースのクラスタリングによりループ系の混雑ノードを分類）の上げ可能量を算出した。
- 夜間点灯帯に向けて当該系統の上げ可能量は減少するが、火力の上げ可能量は十分に存在するため、自己計画電源に制約を課す必要はないと判断できる。

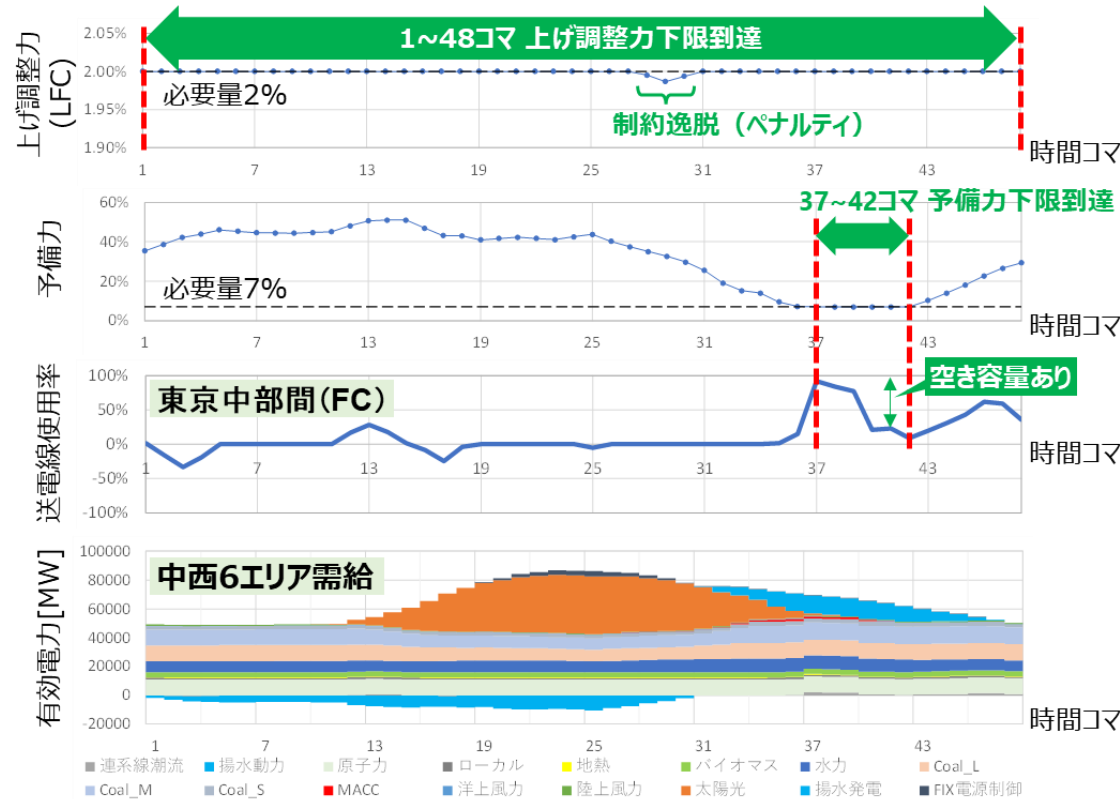
**【東京地内の混雑・非混雑系統】**



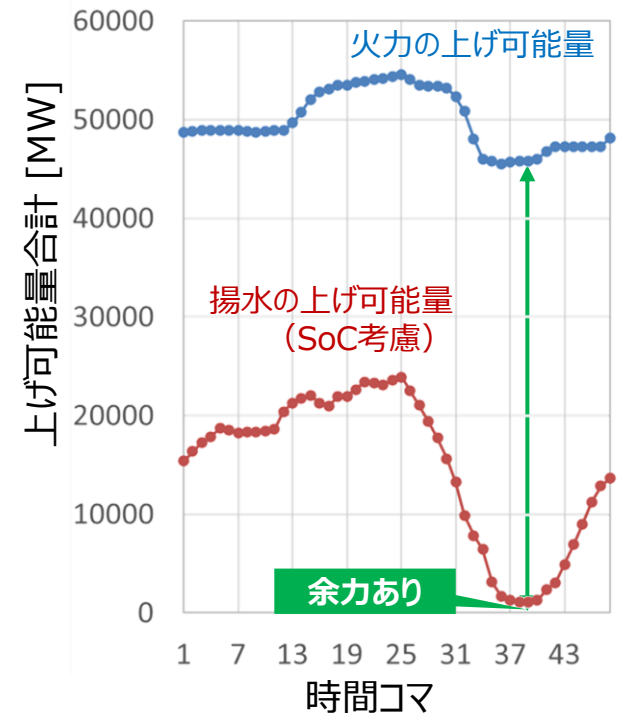
**【当該系統の上げ可能量合計】**



- 重負荷期（7/31）の中西6エリアにおいて、上げ可能量を算出した。
- 当該系統の予備力確保量は下限（需要比7%）に達しているが、調整電源の上げ可能量はゼロとなっておらず、東京エリア間の連系線（FC設備）にも空き容量があるため、自己計画電源に制約を課す必要はないと判断できる。



【中西6エリアの上げ可能量合計】



- 自己計画電源の出力調整を可能にする条件を整理し、対象系統内に連系された調整電源の上げ可能量および下げ可能量に基づき、自己計画電源への制約を判断できる可能性があることを確認した。
  - ① 自己計画電源に「出力下限解除」を求めるケース（抑制側の制約）
    - 対象系統の余剰時の指標として、「対象系統の調整電源の下げ可能量の合計がゼロ」かどうかを評価する。
  - ② 自己計画電源に「出力上限解除」を求めるケース（焚増側の制約）
    - 対象系統のひっ迫時の指標として、「対象系統の調整電源の上げ可能量の合計がゼロ」かどうかを評価する。
- 検証結果から、自己計画電源に一定の制約を課す条件・制約内容は下表の整理となる。

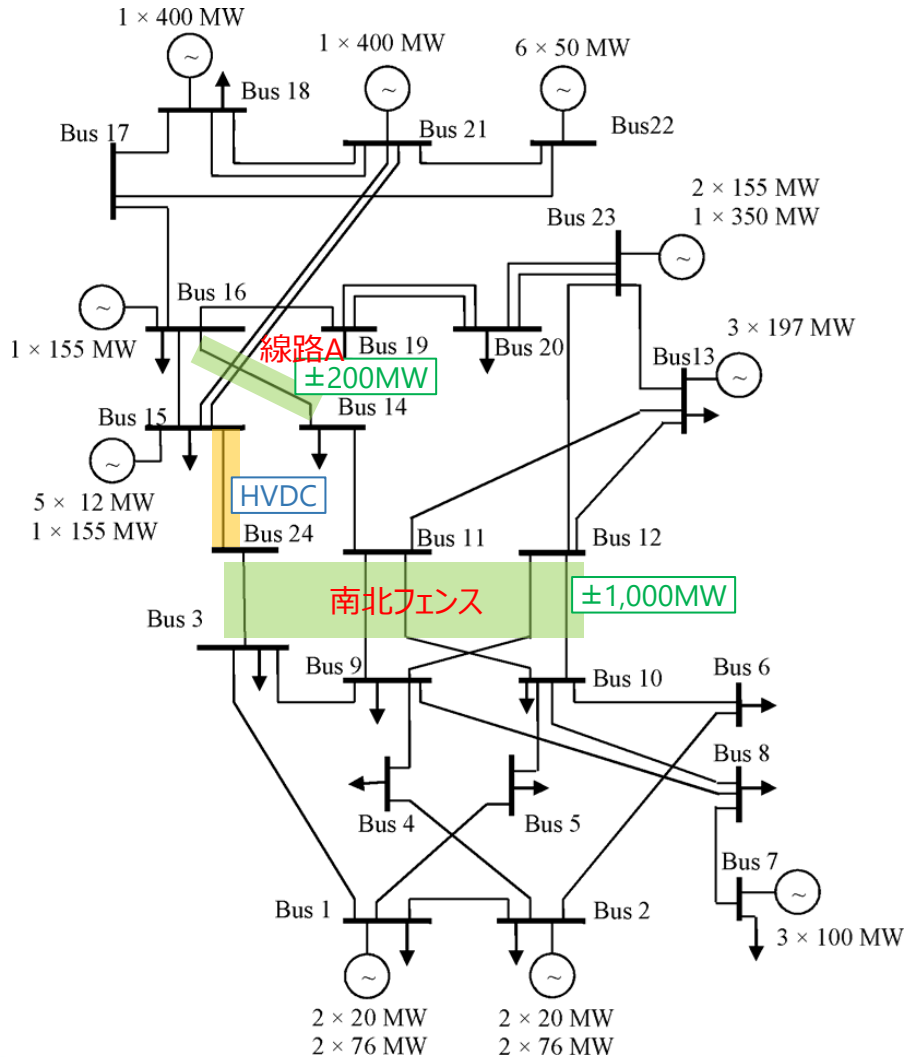
ケース		検証系統	制約を課す条件（検証結果）	制約内容
余剰時	①-1	単一エリア	混雑系統のグループにおける 下げ可能量の合計がゼロかで判別	出力下限解除 (次回取引時 に反映)
	①-2	広域ブロック		
ひっ迫時	②-1	単一エリア	非混雑系統のグループにおける 上げ可能量の合計がゼロかで判別	出力上限解除 (次回取引時 に反映)
	②-2	広域ブロック		

- 潮流感度を用いた混雑・非混雑系統の分類は、ループ系統も明確に判別できる一方でHVDC等により潮流が調整可能な場合に課題が残るため、混雑の解消手法として、DC-OPFを用いたHVDC等の潮流調整や自己計画電源に一定の制約を課す（系統制約を解消するために出力を再配分する）ロジックを新たに構築し、その手法の妥当性について検証した。
- 本手法は、DC-OPFの目的関数の設定次第で自己計画電源の調整量を最小化等、最適化できる可能性がある。
- また、これまでは次の市場取引で一定の制約を課すことを前提に検討を行っていたが、DC-OPFを行うことで1回の市場取引の中で自己計画電源に一定の制約を課すことも改めて検討を行う。

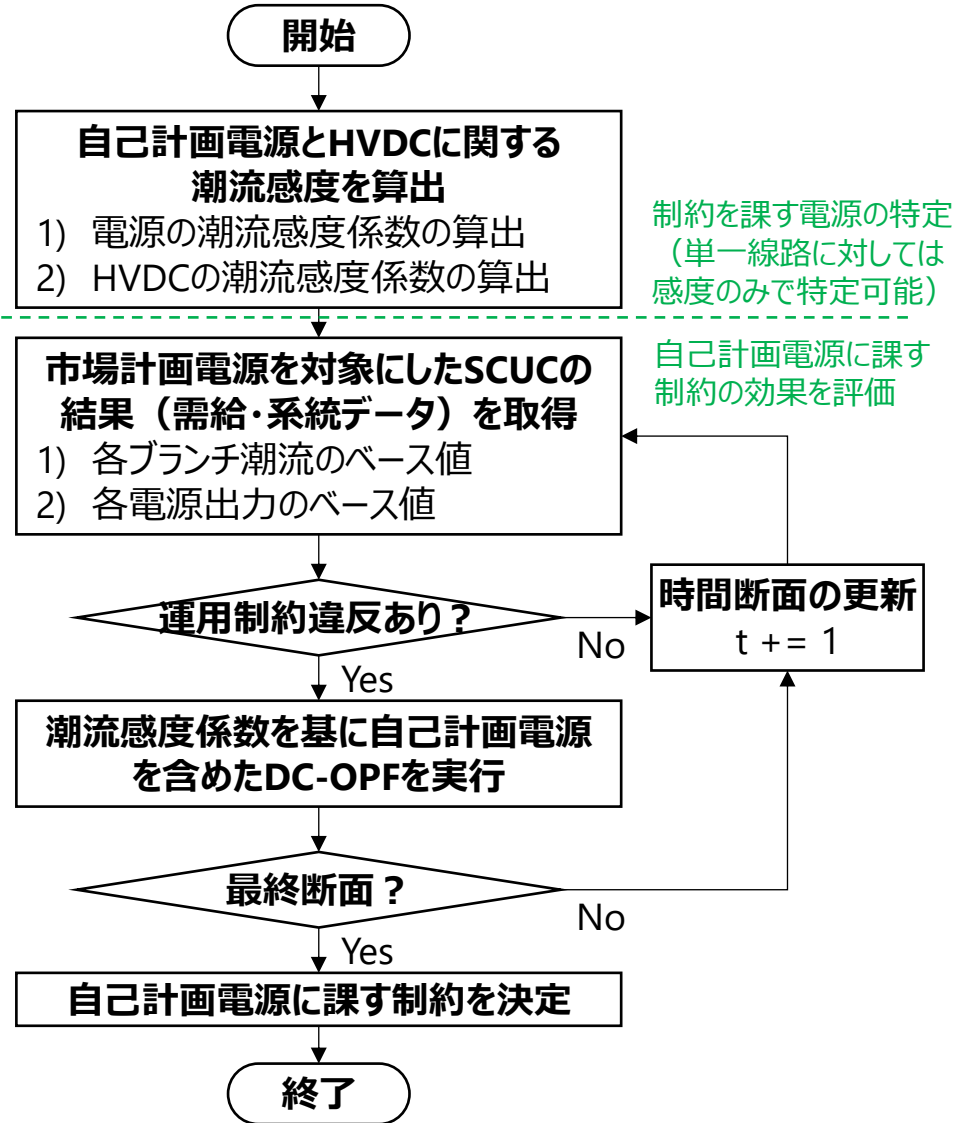
### <検証内容>

- まずは前述の通り（P27）、潮流感度による混雑・非混雑系統を分類する。
- 混雑線路に対して、DC-OPFを用いて自己計画電源を含む出力を再配分することにより潮流制約の解消ができていないかを検証する。
- 系統モデルにHVDCを追加した場合についても、DC-OPFを用いて自己計画電源を含む出力を再配分することで潮流制約の解消ができていないかを検証する。
- 広域連系系統モデルへ適用した場合についても検証する。

### ○系統モデル：IEEE-RTSモデル



### ○検証フロー



■ DC-OPFの定式化として、目的関数は以下の通り設定した。

## ■ 目的関数

- ① 調整コストの最小化（調整単価が一律の場合、調整量の最小化）

$$\min: \sum_g \left( c_g^{Bus+} \cdot \Delta P_g^{Bus+}(t) + c_g^{Bus-} \cdot \Delta P_g^{Bus-}(t) \right)$$

調整ペナルティ単価 × 出力変化量

- ② 発電コスト（燃料費）の最小化

$$\min: \sum_g k_g^{Bus} \cdot P_g^{Bus}(t)$$

発電単価 × 出力

①と②では自己計画電源と  
市場計画電源の区別しない  
※ 本検討では、自己計画電源  
の調整単価を調整

- ③ 自己計画電源の調整コストと市場計画電源の発電コストの最小化

$$\min: \sum_{gm} k_{gm}^{Bus} \cdot P_{gm}^{Bus}(t) + \sum_{gs} \left( c_{gs}^{Bus+} \cdot \Delta P_{gs}^{Bus+}(t) + c_{gs}^{Bus-} \cdot \Delta P_{gs}^{Bus-}(t) \right)$$

市場計画電源 (gm) は 自己計画電源 (gs) は  
発電単価 × 出力 調整単価 × 出力変化量

ここで、  $\Delta P_g^{Bus}(t) = \Delta P_g^{Bus+}(t) - \Delta P_g^{Bus-}(t)$ ,  $\Delta P_g^{Bus+}(t) \geq 0$ ,  $\Delta P_g^{Bus-}(t) \geq 0$

ベース出力からの  
上げ幅（絶対値）

ベース出力からの  
下げ幅（絶対値）

■ DC-OPFの定式化として、制約条件は以下の通り設定した。

## ■ 制約条件

### ➤ ブランチ潮流制約

$$F_l^{Min} \leq F_l(t) + \underbrace{\sum_g PTDF_{l,g}^{Bus}}_{\text{電源による潮流変化量}} \cdot \Delta P_g^{Bus}(t) + \underbrace{\sum_k PTDF_{l,k}^{HVDC}}_{\text{HVDCによる潮流変化量}} \cdot \Delta P_k^{HVDC}(t) \leq F_l^{Max}$$

ベース潮流

### ➤ 電源出力上下限制約

$$\Delta P_g^{Min} \leq \Delta P_g^{Bus}(t) \leq \Delta P_g^{Max}$$

出力再配分量

### ➤ 需給バランス制約

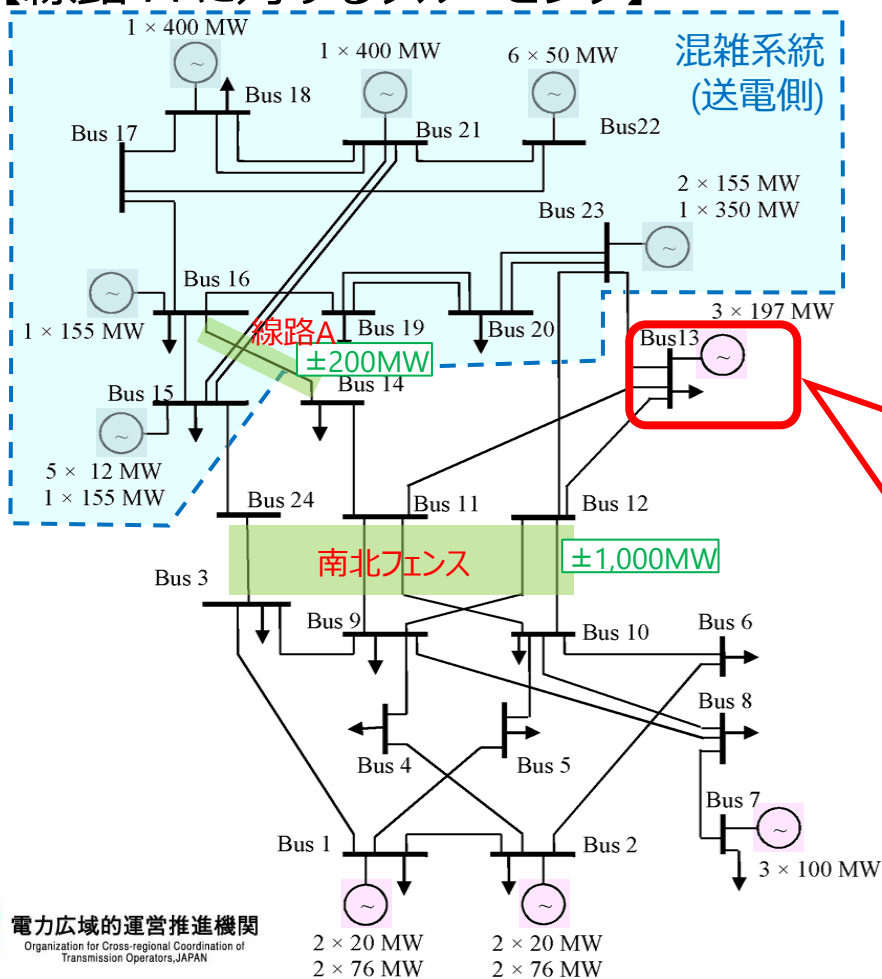
$$\sum_g \Delta P_g^{Bus}(t) = 0$$

$t$ : 時間断面番号  
 $l$ : ブランチ番号  
 $k$ : 直流ブランチ番号  
 $g$ : 発電機ノード番号

- 自己計画電源が市場計画電源の各ノードにそれぞれ接続されていると想定したうえで、DC-OPF（目的関数①：自己計画の調整コスト最小化）により自己計画電源出力の再配分※量を算出した。
- 出力再配分の結果、混雑線路（線路A）が運用容量内に収まっているかを確認した。

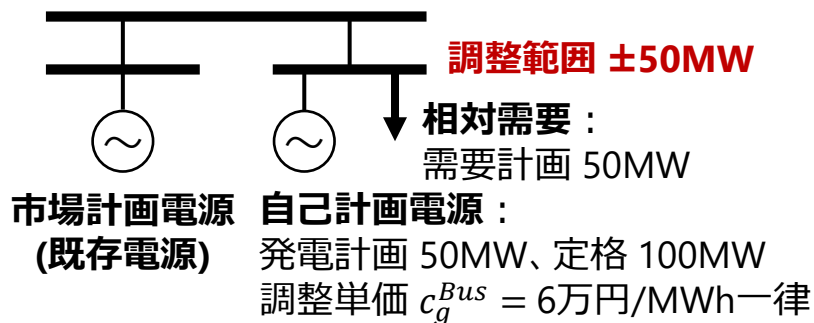
※ 電源の起動停止については固定し、出力配分のみを調整

【線路 A に対するグルーピング】

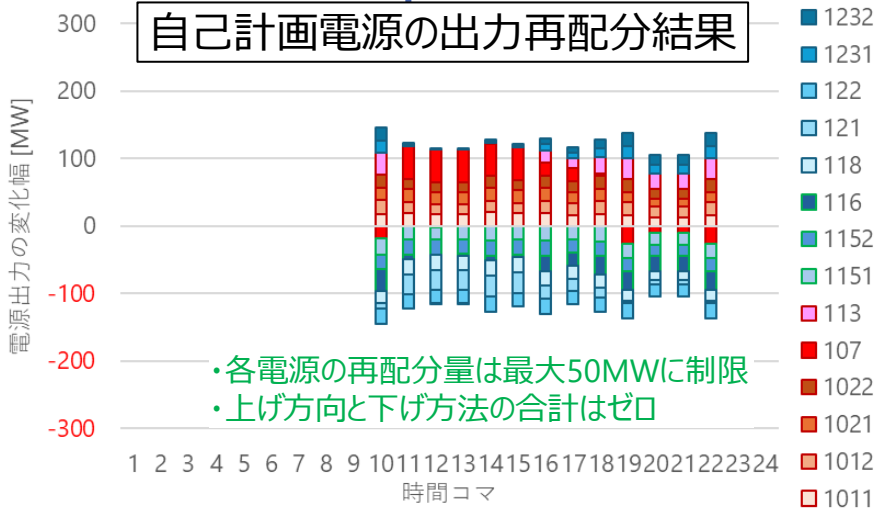
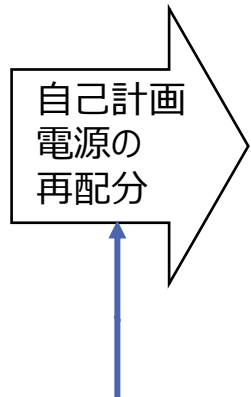
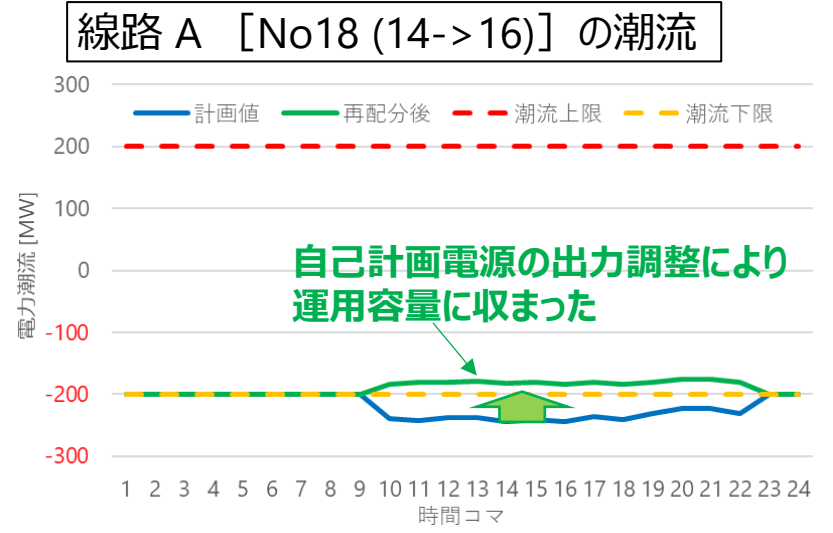
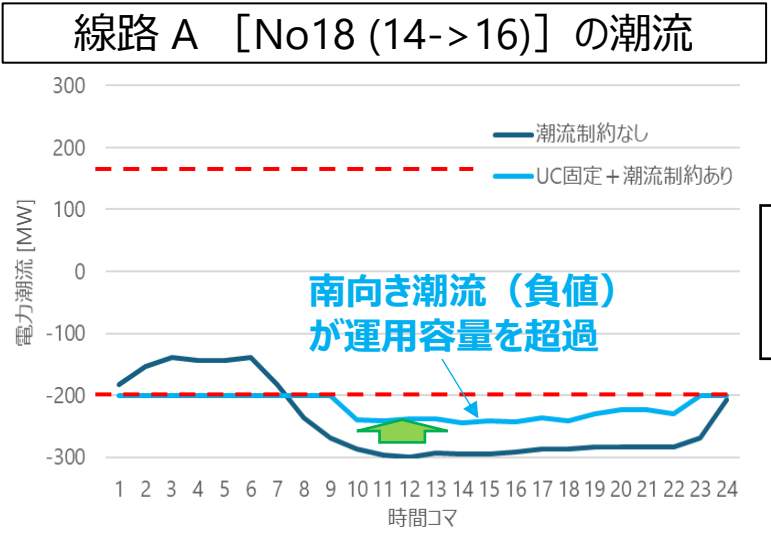


【各ノードに自己計画電源を設定】

- 目的関数に基づき自己計画電源出力の再配分量を算出した。



- 自己計画電源の出力再配分（DC-OPF）の結果、線路 A は運用容量内に収まることを確認できた。
- 自己計画電源の調整量は系統制約を解消する範囲内での調整に限定されることになる。



- HVDC等の制御によって潮流調整が可能な設備がある場合、対象線路については潮流感度計算の対象から除外する必要がある。
  - 各電源のHVDC線路に対する感度は0となる。
  - HVDC線路 k が電力潮流 P(k) を送る場合、両端ノード (m→n) で同量の電力授受が生じる。
  - 両端ノードに注入される電力の他の線路に対する潮流感度については、サセプタンス行列から求めた電源PTDFを用いることができるため、HVDC線路 k に対する線路潮流感度は以下となる。

$$PTDF_{l,k}^{HVDC} = PTDF_{l,n}^{Bus} - PTDF_{l,m}^{Bus}$$

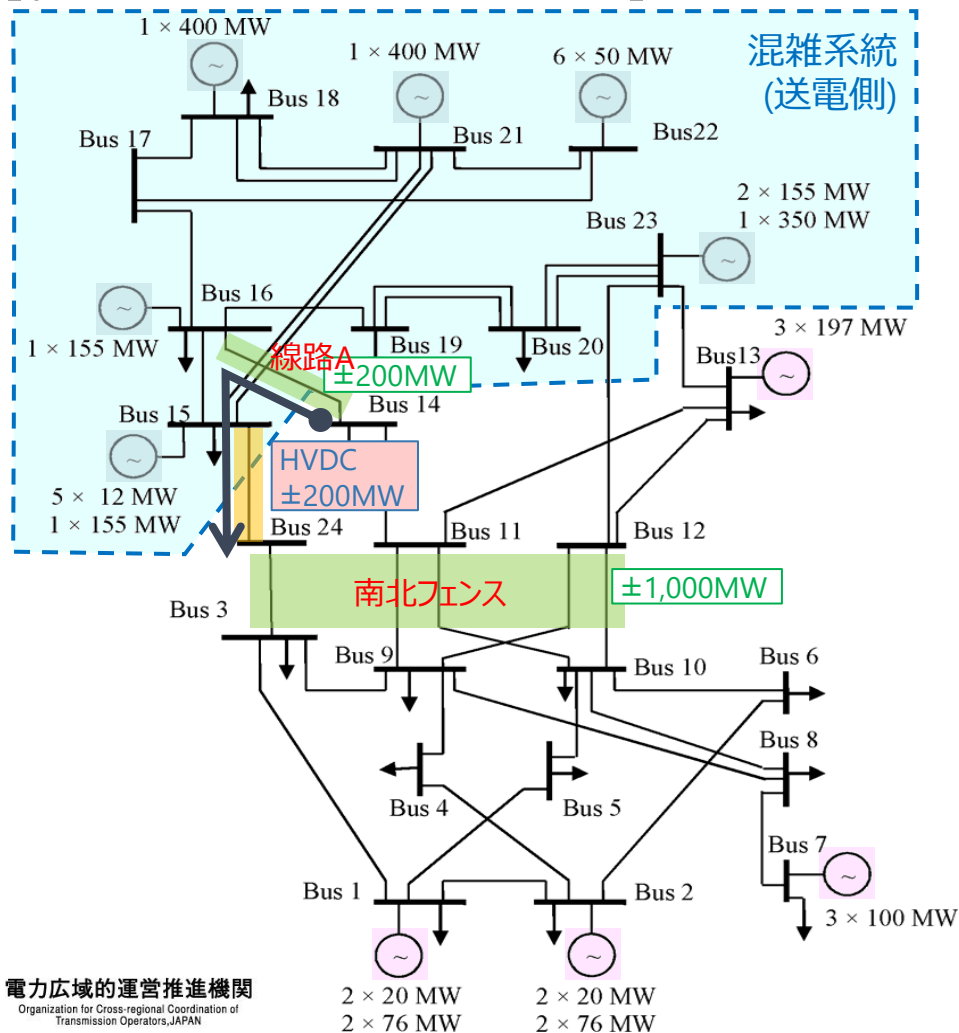
- DC-OPFにおいて、HVDCの潮流調整量 P(k) を変数とし、HVDCの潮流感度係数を考慮して潮流分布を評価する。
  - 定式化は再掲

$$F_l^{Min} \leq F_l(t) + \sum_g \overset{\text{電源による潮流変化量}}{PTDF_{l,g}^{Bus}} \cdot \Delta P_g^{Bus}(t) + \sum_k \overset{\text{HVDCによる潮流変化量}}{PTDF_{l,k}^{HVDC}} \cdot \Delta P_k^{HVDC}(t) \leq F_l^{Max}$$

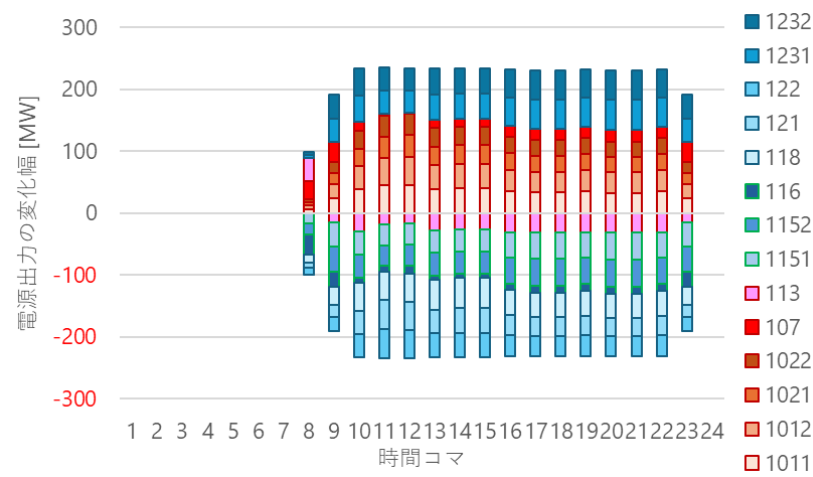
ベース潮流

■ HVDC考慮した場合においても、グルーピングが可能であり、自己計画電源の出力再配分により、系統混雑の解消が確認できた。

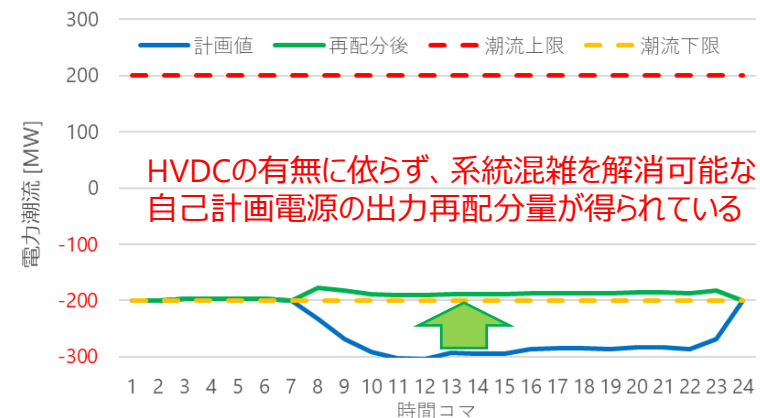
【線路 A に対するグルーピング】



自己計画電源の出力再配分結果

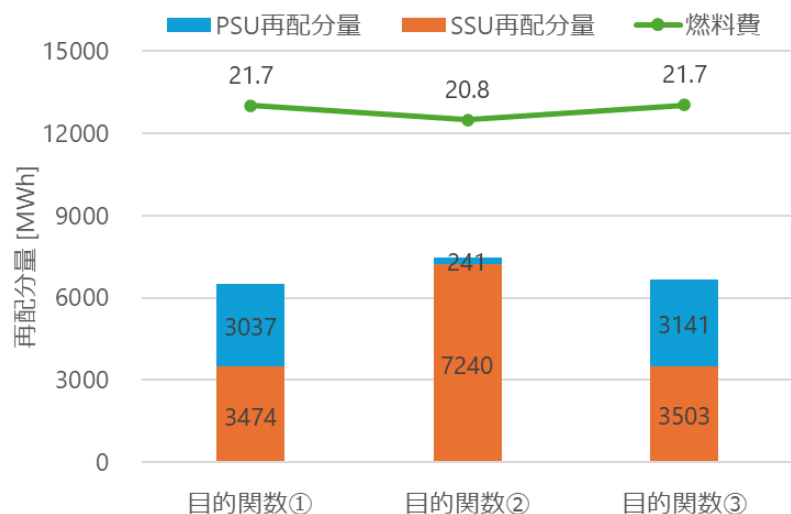


線路 A [No18 (14->16)] の潮流

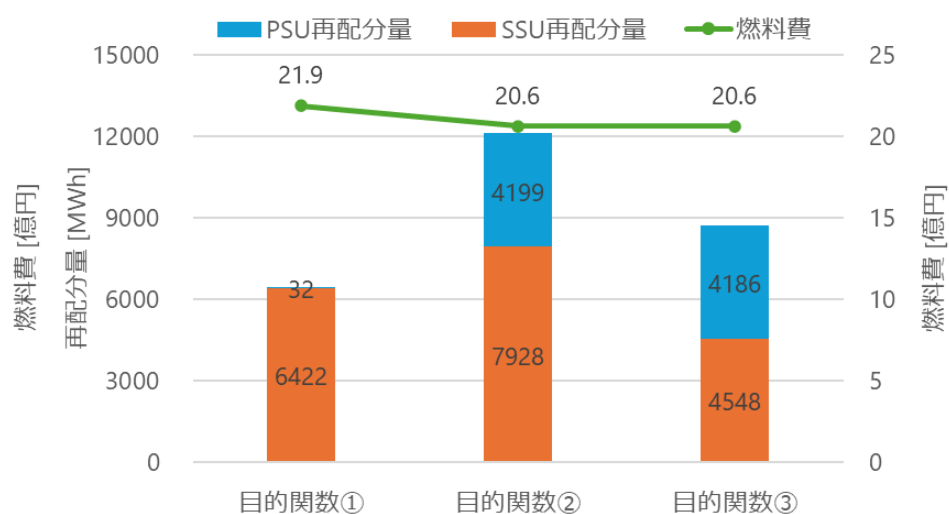


- DC-OPFの目的関数を①～③（①自己計画の調整コスト最小化、②全体の電源コスト最小化、③自己計画の調整コスト+市場計画の電源コスト最小化）にした場合、自己計画電源（SSU※1）と市場計画電源（PSU※2）の持替を考慮したシミュレーション結果の差異を検証した。 ※1: Self Scheduled Unit、※2 Pool Scheduled Unit
  - 市場計画電源と自己計画電源の発電単価（調整単価）の大小関係によって再配分量が異なる。
  - 発電コストを最小化する場合、自己計画電源の出力変化が波及して全体の再配分量が増加する可能性がある。
- 目的関数の設定次第では、自己計画電源の調整量の最小化や全体の燃料費の最小化を図ることが可能であると考えられ、今後、自己計画電源に制約を課す目的を踏まえて整理することが考えられる。

### ◆ 再配分コスト：SSU > PSU

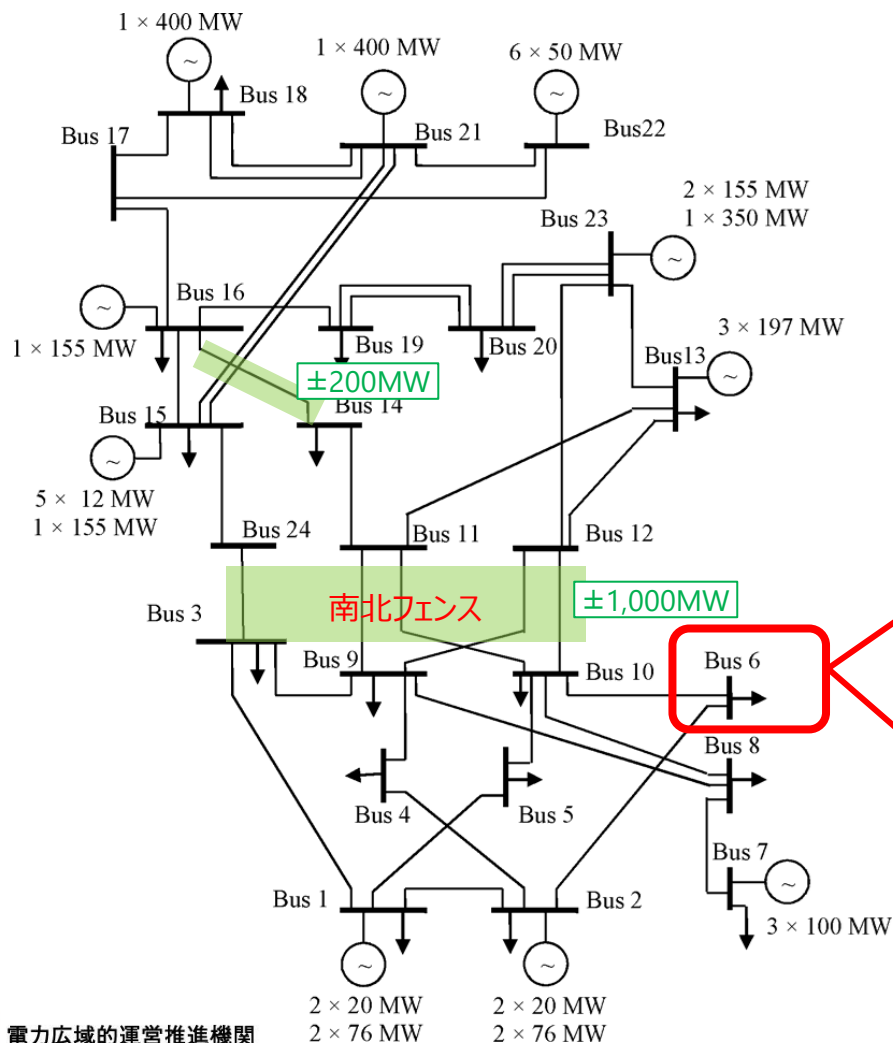


### ◆ 再配分コスト：SSU < PSU



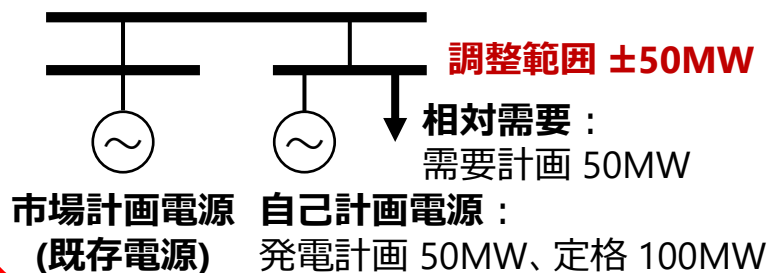
■ 自己計画電源の限界費用を調整し、目的関数が各電源の再配分量へ与える影響を評価した。

○ 系統モデル：IEEE-RTSモデル



【各ノードに自己計画電源を設定】

- 市場計画電源のノード（上位側）に、自己計画電源1台がそれぞれ接続されていると想定した。
- 自己計画電源の単価が高いケース  
 $c_{gs}^{Bus} = 7.0$ 万円/MWh 一律
- 自己計画電源の単価が低いケース  
 $c_{gs}^{Bus} = 1.0$ 万円/MWh 一律



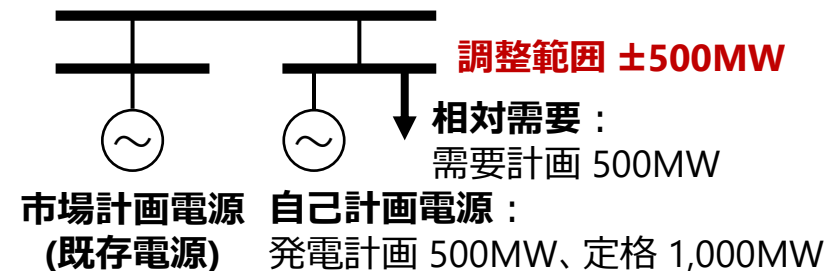
- 電源出力の再配分計算（DC-OPF）の計算時間は、各ケースとも、日間24断面に対して0.5秒程度であった。
- ✓ ファイル入出力などのオーバーヘッドを含んだ計算時間
- ✓ 基本ケースで潮流超過が生じる時間帯は10断面であり、0.05秒/時間コマでの処理時間となる。  
（目的関数を変更した場合のケースでは17断面、0.02秒/時間コマ）
- 既存電源の並解列を変更しない条件であれば、大規模システムに対しても高速に計算が可能と考えられる。
  - 広域連系システムにおいても目的関数①と②を設定し、収束性の検証した。

- 広域連系系統モデルの重負荷期 (7/31) 日間48断面を対象に、特定箇所の運用容量を減らして系統混雑が生じる条件を設定して検証を行った。
  - 北本・新北本連系線 : **-500~1,000MW** ← -1,200~1,200MW (※)
  - 関門連系線 : **-2,000~230MW** ← -2,460~230MW (※)
  
- 自己計画電源については、各エリアの特定ノード (1箇所) に定格1,000MW (調整範囲±500MW) が接続されたものと設定。
  - 自己計画電源の単価が高いケース :  $c_{gs}^{Bus} = 2.0$ 万円/MWh 一律
  - 自己計画電源の単価が低いケース :  $c_{gs}^{Bus} = 0.2$ 万円/MWh 一律

※ 変更前はマージンの時間変化あり (変更後は一定)

### 【各ノードに自己計画電源を設定】

- 自己計画電源の接続点は各エリアのスラック母線候補に設定したノードに接続 (特に試行錯誤なし)
- 潮流感度 (潮流の評価箇所) は運用容量が設定されたブランチのみ。



- 目的関数は①と②を想定し、最適化計算の収束性を評価した。
  - 単断面のDC-OPFによる計算処理のため、大規模系統においても電源出力の再配分量を短時間で算出できることを確認した。
    - ✓ ここでは、商用ソルバー（Gurobi optimizer）を用いて最適化計算を行った。
    - ✓ フリーソルバー（cvxpy）を用いた場合でも、5分以内に実行可能解は得られたが、標準パラメータでは最大反復回数1万回に到達して終了し、十分な精度の解は得られなかった。
  - 発電コスト最小化の目的関数②では、電源の再配分量は増加するが、市場計画電源との持ち替えによるコスト削減効果が得られる可能性がある。

Case	目的関数	調整単価	SSU再配分量 絶対値[GWh]	PSU再配分量 絶対値[GWh]	燃料費 [億円]	計算時間 [秒]
1-1	①	SSU※1 > <b>PSU</b> ※2	363.7	0.0	127.3	51.7
1-2	①	<b>SSU</b> < PSU	363.5	0.0	88.4	50.4
2-1	②	SSU > <b>PSU</b>	1,811.7	565.4	79.7	66.1
2-2	②	<b>SSU</b> < PSU	1,803.6	575.2	65.8	48.0

※1: Self Scheduled Unit、※2 Pool Scheduled Unit

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
  - 2-1. これまでの議論と検討概要
  - 2-2. グループ化手法について
  - 2-3. 一定の制約を課す方法について
  - 2-4. 今後の進め方について
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 第16回技術検証会においては、目的関数の設定を工夫することで自己計画電源の調整量を極力抑えたうえで全体を最適化ができる可能性を示したが、これに対し自己計画電源の出力帯に応じて予め計算上の価格差を設定することで電源出力の計算時に自己計画電源の調整量を極力抑える方法について、ご示唆をいただいた。
- また、入札段階で自己計画電源の制約内容（物理的制約かどうか等）を考慮すべきという点や自己計画電源とは何であるかを整理すべきという点についてもご指摘をいただいた。

### 【第16回技術検証会における「自己計画電源に一定の制約を課すロジックの深掘り検討」に関する議論概要】

- 今回の報告では自己計画電源が一旦制約から外れたら大きく調整で動かすシミュレーションになっている。自己計画電源と認めた以上は、なるべく動かさない扱いにするアイデアとしては、自己計画電源の出力までのところは非常に安い燃料費としておき、出力の上限を超えたら非常に高い燃料費にしてSCUC計算に入れるなどといった方法にするといった考えもある。どうやるかというよりも、自己計画電源とは何者かというのを少し考えないといけない気がする。
- (DC-OPFの定式化の)目的関数③で第一項目に自己計画電源についてのペナルティ項を設けることで最適化計算をして、どれぐらいの時間で解けるのか見てみるのも面白いと思う。
  - ⇒ 目的関数③で調整単価がかなり高く、火力の中で一番高くしているなのでその極端なケースが該当すると思う。自己計画電源の項を高く設定すると、基本は計画通りに動くようになりつつ、市場計画電源側は経済配分される。あくまで傾向ではあるが狙ったような動きにはなる。
  - ⇒ 自然変動電源を優先し、それより高い値段で自己計画電源のコストを設定するとうまくいくように思う。
- 現時点でも相対契約は市場に入らないとしているが、全部相対契約が計画通りかという差替入札をしており、安ければ市場を使うということを実際には行っている。なので完全に自己計画電源が計画どおりにやりたいと思っているのか疑問がある。入札の段階でそういった情報を提出させるというのもアイデアとしてある。技術的な理由でここまでは供給しないと機械が損傷するといった情報があれば、それを入札時に反映する。
  - ⇒ 自己計画電源で入札する選択肢があるなかで制約が物理的な制約で動かさないといけないう事象なのか、契約に基づいて取引する前提で運転しているのか、そういった点も何らか考慮する要素として入札情報の整理の中では見ていく部分ではあると思う。

- 今回、これまでの検討会・技術検証会での議論を踏まえて、自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて、以下の2点に区分して検討および検証を実施した。
  1. グループを正しく分割することができるかどうか（混雑・非混雑を正しく判定できるか）という点
  2. 分割したグループに対してどのようなルールで制約を課するかという点
- 1. グループング手法は、**LMPによりクラスタリングする手法および潮流感度を用いた手法のロジック構築した。**

No.	手法	実現できたこと	技術的な課題
I	LMP閾値で判定する手法 (2024年度)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LMP閾値に基づき混雑系統、非混雑系統をグループング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 適切な閾値の設定が困難</li> <li>• 系統構成を考慮していないため、「飛び地」が発生</li> </ul>
II	LMPを用いたクラスタリング手法（ノード探索＋Ward法応用手法） (2025年度上期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 閾値や初期値が不要なロジック</li> <li>• 混雑ブランチの送電側・受電側が確実に別グループに入る</li> <li>• 「飛び地」発生なし (ループ系混雑にて非混雑側ルートに直流設備が存在する場合、混雑側ルートを非混雑に読み替える処理も実装)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• グループ同士の境界の妥当性が評価できていない</li> </ul>
III	潮流感度による手法 (2025年度下期)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ある送電線に対して各ノードの出力変動が与える影響（潮流の増加or減少）によって混雑・非混雑系統をグループング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 複数の混雑箇所が重なる場合の取扱い</li> </ul>

- **潮流感度を用いたグループングの方が混雑・非混雑系統を正しく区分することができるため、この手法をベースに今後の詳細検討及び技術研究を進めることとする。**

- 2. 自己計画電源に一定の制約を課す方法は、制約を課す条件を整理し、制約を課すことの妥当性を検証した。

ケース		検証系統	制約を課す条件（検証結果）	制約内容
余剰時	①-1	単一エリア	混雑系統のグループにおける 下げ可能量の合計がゼロかで判別	出力下限解除 (次回取引時に反映)
	①-2	広域ブロック		
ひっ迫時	②-1	単一エリア	非混雑系統のグループにおける 上げ可能量の合計がゼロかで判別	出力上限解除 (次回取引時に反映)
	②-2	広域ブロック		

- また、潮流感度を用いた手法においては、DC-OPFを用いることで自己計画電源に一定の制約を課すロジックを構築・検証した。

- この手法による場合、目的関数の設定方法次第では、これまでの整理（制約が必要と判断された場合には自己計画電源を優先せずメリットオーダーで公平に出力配分する）と異なり、自己計画電源の調整量の最小化や燃料費の最小化などの観点から最適化を行う余地がある。
- 短時間で処理可能であれば、1回の市場取引の中で自己計画電源に一定の制約を課すことも考えられる。

- 以上で検証項目「⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック」は検証Aとしては完了とする。

- 今後は、今回の検証結果より自己計画電源の制約方法は、**1回の市場の中で自己計画電源の出力調整を行うことを視野に入れ**、SCUCの計算時間次第で、以下の2ケースについて、詳細検討及び技術研究の中で深掘りしていくこととする。
  - i. **1回の市場でSCUC計算を2回行うことができない場合：**
    - 今回の潮流感度を用いた手法を参考に、DC-OPFにより1回目のSCUC結果を所与として差分最適計算を行う方法の実現可能性及び具体的な内容の検討も行う。
  - ii. **1回の市場でSCUC計算を2回行うことができる場合：**
    - 1回目のSCUCで一定の制約を課す電源を特定し、2回目のSCUCで一定の条件のもとに計算を行う。

- 第12回技術検証会においては、系統の混雑・非混雑をLMPベースでグルーピングする手法を用いる妥当性について議論が行われた。
  - 議論の中で制約を課す自己計画電源の特定に潮流感度を用いる案について、ご示唆をいただいた。
- ⇒ ご指摘を踏まえ、これまでのLMPベース手法に加えて潮流感度による混雑・非混雑を特定する手法についてもロジック検討を実施した。

**【第12回技術検証会における「自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの構築と検証」に関する議論概要】**

- 潮流感度だけを見ていけば、どのユニットが混雑にプラスに働くかマイナスに働くかがわかりそうな気がするが、潮流方程式だけで、わざわざLMPを出してグルーピングしているのは、まずはLMPを使って混雑・非混雑を特定するという前提で検討したということか。
  - ⇒潮流感度で見する方法も検討しているが、色々課題もあると思っていて、ループ系統の直流設備やLPC等の潮流を能動的にコントロールできるものは、感度に反映されないので、それをどう扱うかが課題。
- グルーピングしたものをどう使うかという話と合わせて行うのが重要。再エネの抑制や自己計画電源の抑制が必要になったときに、どこの自己計画電源に制約をかければよいかを特定したければ、分流係数・潮流感度を使うのが自然かという印象をもったが、今回の手法で、それがわかるようになっているか。
  - ⇒自己計画電源を制御できるかどうかということに特化するなら他のアプローチもあるが、この検討はあくまで当日の時間前市場の計算の効率化の中で、自己計画電源の抑制にも使えるかということで検討が始まったと思っている。
- 潮流感度とLMPを使って、感度が効くものの中から一番安いものを抑制するというやり方もあるかもしれない。

- 第14回技術検証会においては、再エネ発生時の対象系統における下げ可能量合計がゼロであることを検証したが、これを踏まえて、混雑系統の判断材料としても検討していくことが重要であるというご指摘をいただいた。
- また非混雑系統側で十分に上げ調整力がないときに、自己計画電源の焚き増しを検討する必要性についてご示唆をいただいた。

**【第14回技術検証会における「自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの検討について」に関する議論概要】**

(下げ調整力可能量を確認する意図)

○下げ可能量がゼロであることを確認したということだが、これを混雑系統の判断材料として使うということはないのか。下げ可能量を確認している趣旨を教えてください。

⇒再エネがある系統・時間帯については再エネ抑制量を指標とすることができるが、そうではない系統・時間帯にも広く使える指標として確認をしている。

(非混雑系統側の上げ調整力不足対応について)

○状況によっては、非混雑系統側で上げ調整が十分ではない場合もあり得るのではないかと思います。混雑系統で下げた分、需給バランスの観点から別のところで上げる必要がある。非混雑系統側で十分に上げ調整力がないときに、自己計画電源の焚き増しという選択肢も持った上でSCUCをやり直すということも必要ではないか。今後、自己計画電源に対する制約の課し方を検討するにあたって、上げ側にも動いてもらうような依頼もしていくのか。

⇒非混雑系統で上げ調整力不足となる状況は考えられる。そういった意味では焚き増し側の検討をしていく必要があるかと思っている。

- 第15回技術検証会においては、自己計画電源の制約について次回取引時ではなく、市場の連続性の観点から、当該取引の中で反映する手法について、議論がなされた。
- また、DC-OPFの目的関数について、自己計画電源に加え、市場計画電源も含めた設定について、議論がなされた。  
⇒検証の中では、1回の市場取引の中で制約を反映する手法や目的関数のバリエーションを比較検証した。

**【第15回技術検証会における「自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの構築と検証」に関する議論概要】**

(市場取引の連続性について)

- 前の市場での結果を用い、次の市場で自己計画電源に制約をかけるということで、さらにその次の市場で混雑がなくなったときにどうするか、市場ごとでクローズしなくて問題ないか。各市場の連続性がなくなるところは違和感があるがどうか。
- 計算時間含め1回の市場で閉じれるのであれば、1回の市場で決めてしまったほうが参加者はわかりやすい。
- 電中研でやっているテクニックだと、2回目に時間はかからないので、当然1回の取引でやと思っていた。  
⇒計算時間が短時間化するのであれば、一度の取引内で反映ができるが、これまでの検討会と技術検証会における現時点の整理としては、1回の取引の時間で処理しきれないという課題が残っているため、次の取引の市場で制約を課すということになっている。

(DC-OPFの目的関数について)

- DC-OPFのところで、目的関数は調整コストの最小化ということで、ベースの出力を基準とした出力変化量を変数として置いていると理解。別のやり方として、SCEDのような形で、発電機の出力自体を変数にして燃料費最小化を解きなおすことも考えられるが、今回調整コストの最小化として定式化しているのはどういった意味合いか。  
⇒SCEDでやると、ガラポンになり、自己計画電源・市場計画電源のなかで、下げる方はコストが安くなる、上げる方はコストが高くなる中で最経済を目指す、今回の目的関数だと、調整量のコスト最小化になっている。
- 下げる方にお金がかかるというのは、もう一度解きなおすことで市場計画電源についても下げ方向のコストが発生するということか。  
⇒今回は自己計画電源のみを対象にしている。市場計画電源は下げることでコストが下がることでいいと思う。自己計画電源も市場に参加するということであればそういった考え方もあるが、極力計画を維持するというニーズがあるのであれば、今回の定式化が適切と考えている。この辺りは確定していないので今後の課題としているところ。

1. 検討状況の概要について
2. 自己計画電源に一定の制約を課すロジックについて
3. まとめと今後の検証の進め方について

- 今回、「⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック」の検討結果をお示し、当初設定していた検証Aに関する項目はすべて完了となり、全体として大きな課題は見つかっていないため、技術検証会については閉会となる。
- 今後残る論点や生じる論点については、新たに設置される「業務設計・技術研究会」の場において適宜取り扱う。

検証項目	検討状況
①基本ロジックの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジックを構築・実装し、動作検証済み</li> <li>・収束性向上策の検討、火力応動特性をモデル化して動作検証済み <b>(完了)</b></li> </ul>
①買い入札を考慮したSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ロジック構築の上、エリア単位のモデルでの動作検証済み</li> <li>・需要曲線の簡略化手法について検討を実施</li> <li>・需要側入札の海外動向を調査し、ノード単位の動作検証済 <b>(完了)</b></li> </ul>
②週間運用（電源起動の意思決定、揚水最適化）を可能にするSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・週間計画の実態調査の上、週間計画の取り扱いを整理</li> <li>・具体的なロジックを構築・実装し、動作検証済み <b>(完了)</b></li> </ul>
③調整力の定義も踏まえたkWh・ΔkW同時最適ロジック（変動性再エネの出力変動への対応含む）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現時点の調整力の定義見直しの議論を踏まえたロジック・ΔkW入札価格を考慮したロジックを構築・実装し、動作確認済み</li> <li>・三次インセンティブのロジックを構築・実装し、動作確認済み <b>(完了)</b> <small>(前回取りまとめ以降、「調整力の細分化及び広域調達の技術的検討に関する作業会」で検討が進められ、一定の整理を行った)</small></li> </ul>
④セルフスケジュールとSCUC・SCEDロジックとの関係性	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電源差替を小規模システムモデルで模擬し、動作検証を実施 <b>(完了)</b></li> </ul>
⑤システム制約の取扱い	<ul style="list-style-type: none"> <li>・厳密なロジック（制約条件）による対応は困難な見込み <b>(完了)</b></li> <li>・適切なフリンジ（マージン）を設定すれば、発動制限ΔkWに対応可能な示唆を得た <small>(前回取りまとめ以降、「将来の運用容量等の在り方に関する作業会」で検討が進められ、一定の整理を行った)</small></li> </ul>
⑥起動費等が回収可能な価格算定ロジックの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海外調査および数種の手法の技術的特徴を整理 <b>(完了)</b> <small>(今後、制度論として将来の日本での導入可否を深掘り予定)</small></li> </ul>
⑦前日同時市場後のSCUC・SCEDロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・前日、当日の時間前同時市場のロジック構築・検証を実施</li> <li>・時間前同時市場に関する更なる検証（一部固定化等）を実施 <b>(完了)</b></li> </ul>
<b>⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック</b> <span style="float: right;"><b>今回報告</b></span>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・混雑・非混雑システムの特定ロジックの精緻化</li> <li>・自己計画電源等に一定の制約を課すロジックの構築・検証 <b>(完了)</b></li> </ul>
⑨送電ロスを考慮したSCUCロジック	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送電ロスを考慮したSCUCロジックに関する海外・過去事例調査</li> <li>・送電ロスを考慮したSCUCロジックの構築・検証 <b>(完了)</b></li> </ul>

以上

## 【⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック】

- グルーピングしたあとに、混雑・非混雑が何に対して混雑・非混雑かというのが変わってくると思うが、広域系統連系モデルでは、混雑・非混雑が特定できているように記載されているが、なぜか。広域連系系統モデルの系統グループ色別表示では、黒以外が混雑系統とあったが、どの送電線・フェンスの潮流を基準とするかで、黒以外のグループも、必ずしも混雑系統にならないということか。
- 単純にSCUCの結果の潮流状態に対して、発電出力を上げた場合に混雑が発生するかもしれないかは、どう電気が流れるかによって変わってくる。今回で言うと、例えば、混雑している側、させる側に分類していくことになるので、こういう分け方になる。
- ここで書かれているのは、黒のエリアの中では発電機出力を増やしてもどこも混雑にならないが、他のグループは発電機出力をあげるとどこかで混雑してしまうということか。
- 今回の高需要ケースでは、60Hz系は九州から中部方面に流れていて、50Hz系も北から東京に流れているので、大きな流れの中では最終的に受ける側としては東京エリアとなり、非混雑系統になった。
- 系統制約が効いてるかどうかを調べたいなら、系統制約のラグランジュ乗数やシャドウプライスを見れば済むのではないか。
- 線路潮流制約とフェンス潮流制約に対するシャドウプライスも見ていて、そちらのほうがシンプルに区別はできそうではあるが、これまでの経緯もあって、LMPベースでやっている。単なる区別であればそれでよいが、実際には混雑していないようだけど、混雑しているようなところとか、発電単価の違いがあまりなく、持替をしても目的関数に反映されずに差が出てこないことが生じてしまう可能性がある。LMPを使うと、ノードごとにばらつきが出るが、潮流の制約条件でやるとシンプルにその値だけ出てくると思っている。
- LMPも混雑の指標として重要なものというのは理解しているが、それぞれ想定系統の各送電線でシャドウプライスが出ていると思うので、それを活用する方法もあり、その方がシンプルにどこの自己計画電源を制御すれば混雑が解決するかがわかるか。自己計画電源自体のシャドウプライスを計算して、どの電源を出力抑制すれば、コストが抑制できるかというのを見ながら、自己計画電源に制御をかけるアプローチもあるか。
- 送電線自体のシャドウプライスは出ているが、結果の分析までには至っていない、今後分析をしてそちらのほうがよいという結果がでたらご報告したい。LMPを使って混雑・非混雑を分けているのは、ループ系統があると、潮流値だけでは系統分割できないためと理解。
- 単価のばらつきがある中で1つのグループでとなっているが、黄色のグループの高い単価と、緑のグループの単価は近いが、最初的前提でトポロジーは考慮しているので、系統が隣接していないことから、単価が近くても違うグループと判断したということか。
- 混雑ブランチはカットしているので、混雑の発生しているところの数はまとまるが、ループ系統でどこまでつなげるかというのが変わってくる。どういう感じでまとまっていくかによって、偏差二乗和によって、どっちが近いかというのが局所的に決まっていくことになっており、最適性は検証できていない。
- 混雑系統の特定ロジックについて、LMPベースでのグルーピングは当日時間前市場のSCUC計算の効率化に有用というのがどういう意味か。
- 当日時間前市場にSCUCを導入すると、メリットは多いものの、計算時間が増えるという懸念があった。混雑に影響しないのであれば、固定してもよいかという発想で、時間前市場においてSCUCを使うなら、一部固定化により効率化できることは検証済ということで記載していた。
- 潮流感度だけを見れば、どのユニットが混雑にプラスに働くかマイナスに働くかがわかりそうな気がするが、潮流方程式だけで、わざわざLMPを出してグルーピングしているのは、まずはLMPを使って混雑・非混雑を特定するという前提で検討したということか。
- 潮流感度で見する方法も検討しているが、色々課題もあると思っていて、ループ系統の直流設備やLPC等の潮流を能動的にコントロールできるものは、感度に反映されないのも、それをどう扱うかが課題。
- 今回のモデルではLPCや直流設備は考慮されて、LMP計算されているということではよいか。
- それも変数として考慮されてSCUCで最適化されている。一方で、交流と直流がループになっているときに、配分がコストベースで決まるので、交流に張り付いていたり、直流に張り付いていたりというのが一意に決まらないので難しい。

- 混雑特定ロジックと運用実態との整合について確認したい。今回、SCUCで混雑を特定し、再給電とは違う解が出てくるところが重要ということかと思っただが、現状の運用実態と一致していないといけないうことなのか、違うところをあぶりだすというイメージなのか。
- ループ系の直流設備の運用については、潮流の向き等、あまり実態を踏まえた状態になっておらず、コストベースで最初に見つかった解が使われていたりするので、実際の運用に合わせる等、もうすこし深掘りが必要と考えている。
- 自己計画電源や再エネが多い系統で、計算の結果順余剰になった場合は、抑制の対象を決める必要があり、混雑の解消に効くところを特定するためにグルーピングを見ている。そこが今の運用実態では、何を見てどれを対象に抑制しているのかのマッチングを見る必要があると考えている。
- SCUC計算での再エネの抑制について、どう抑制しても変わらない時に、片方の電源だけすく抑制されるということもあるので、それも課題だと思っている。
- 今回ループ系統でクラスタリングを使ってというご説明だったが、LMPは発電コスト、送電ロス等、単にシャドウプライスだけでないものを含んでいるので、シャドウプライスだけを見ていけばよい気がするがどうか。
- 混雑の特定にどういう指標を使うかというのは色々やり方があると思うが、ノーダル制でLMPで混雑管理をするというのが一般的な手法という認識。制約に対してのシャドウプライスという話もあるが、送電線に対する制約に対して、どこのノードが混雑エリアかどうかは特定できないかと思っている。あくまでその制約に効いているかどうかという話だけで、そのノードかもっと前のノードが効いているかは特定できないのではと思っている。
- 元々同時市場では上位2階層での前提だと思うが、3階層でみようとすると、LMPは使えないということか。
- 下位系統の発電機が調整対象となると、下位系統のLMPが上がってくることになり、LMPが使えないことはないという認識。ただ、全国のノーダルでの計算が計算負荷が高い中で、下位系統も考慮するのは難しいという認識。一方で、DRの活用も重要なため、なんらか協調させるロジックが必要。
- 今後、混雑緩和のためのダイナミックレーティングが普及してシャドウプライスに反映されるようになった場合は、こちらも活用できるか。
- ダイナミックレーティングの前提にもよるが、運用容量の制約が固定されているのでLMPが計算ができていないが、運用容量が潮流や発電機の状態により変わるのであれば、混雑の定義が変わり、混雑の計算ができなくなるので、LMP自体出せなくなるという認識。
- 階層型クラスタリング手法についてデンドログラムが出来た後、どこで切るかによってクラスタ数が変わってきて、混雑系統も変わってくると思うが、どこで切るかについてアルゴリズムの工夫の検討をされているか。
- 一番最初と最後の処理が特別。最初線路の潮流制約やブランチの潮流制約からカットして、残りのところでどこまでの領域をとっていくかというロジックになっている。初めから全体を見て分割をしたやり方とのくらい違うかは分析できていないし、妥当性を判断する手法がないので、それも課題。
- グルーピングにシャドウプライスを使うといった意見や、分流係数・潮流感度を使うといった意見があったが、グルーピングしたものをどう使うかという話と合わせて行うのが重要。再エネの抑制や自己計画電源の抑制が必要になったときに、どこの自己計画電源に制約をかければよいかを特定したければ、分流係数・潮流感度を使うのが自然かという印象をもったが、今回の手法で、それがわかるようになってきているか。また、LMPを使う意義について確認したい。
- 自己計画電源を制御できるかどうかということに特化するなら他のアプローチもあるが、この検討はあくまで当日の時間前市場の計算の効率化の中で、自己計画電源の抑制にも使えるかということで検討が始まったと思っている。
- LMPでグルーピングした結果、混雑系統になりうるか、なりえないかという分類は出来ていると思うが、どれが混雑系統にあっているかが、このLMPによるクラスタリングでわかるものなのかどうか知りたい。
- 今回、送電側のノードか、受電側のノードかを判断しながらやっているのですが、場合によっては、送電側・受電側の区別をしている中でループしてしまったというような事象もあったが、送電側か受電側か、混雑か非混雑かというのでグルーピングしながらやっているので、クラスタリングの種類の中でそこが自動的に判断できると思っている。

- 並列数で計算時間は変わり得ると思うが、1 2 プロセス同時処理した理由は、何か根拠があるか。今後の次期中給等でこれくらいの同時処理が検討されているということか。
- そこは特段考慮していない。もっと高性能のPCであれば早くなるし、そもそも探索の効率化もしていないので、この探索時間は参考程度に捉えていただきたい。
- そのあたり、今後、メーカーさまのご知見がいただければ、今後の評価の時に解釈しやすいと感じた。
- どこの電源を抑制するかということは、LMP自体がその地点での出力の価値を表しているので、その情報と電源のコスト等の条件から直接行うことができるのでは。
- 電源のコスト情報はスリーパートで入っているので、高い電源からというのはそうだが、系統情報によってその電源が抑制に効くかどうかはわかれば、抑制ができると思っており、今回その特定をやっている。
- LMPはその計算をやっているはずで、混雑していないところのLMPは高くなるということかと思っている。すでに混雑要素が入っていると思うので、その値が変だから改めて検討しているということであれば話は別だが。
- LMPはシステムプライス+ロス+混雑費用だが、混雑費用だけを抜き出してやるというのはできるかもしれない。自己計画電源がどういう扱いになっているかだが、自己計画電源の価格情報が適切に反映されていればできるかもしれない。
- LMPは、その地点のマージナルな電源の限界費用(+混雑費用+送電ロス費用)を表している。自己計画電源については、LMPには入っていないので、その電源のコストと、LMPのコストを見て、高い電源から抑制することで対応が可能か。抑制をかける自己計画電源のコストはそれがLMPに反映されていないので、そのコストがわかっているならば、それと比較をすることで対応ができるか。
- 潮流感度とLMPを使って、感度が効くものの中から一番安いものを抑制するというやり方もあるかもしれない。
- LMPの偏差二乗和ではなく、LMPの差分でやるやり方もあるか。このLMP差分情報とブランチの接続情報から、クラスタリングできないか。両端のLMPの差分というのが、送電線自体のシャドウプライスにあたるものなので、そういうやり方もあるかと思っている。
- 次期中給の開発において、系統混雑を特定することが課題だと聞いている。同時市場が導入される将来の系統においては、系統混雑による抑制と、需給バランスによる抑制の両方が行われることになる。本来、SCUCを回すと、1回の最適化の中で、それぞれの2つの抑制を考慮した最適解が得られるところだが、現行の抑制のルールが違うことと、需給バランスによる抑制は公平性を担保しないといけないということが、最適化を難しくしていると聞いている。これに対応するためには、まず、一定の順序による再給電の優先順位でSCUCを解いたあとに、抑制された電源を固定した上で、優先給電ルールの順位で最適解を解きなおすことになる。今回、LMPの値から、1回の最適化で事後的に混雑抑制を特定するという方法なので、同様に1回の最適化で混雑抑制と需給抑制の両方考慮した最適解を得た後で、事後的に混雑抑制と需給抑制を分類し、需給抑制の公平性は、需給抑制単体で行うときに担保することが認められれば、効率的なシステム構成になると思うので、(制度面の話になるが) そちらも検討いただきたい。

【⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック】

(下げ調整力可能量を確認する意図)

- 下げ可能量がゼロであることを確認したということだが、これを混雑系統の判断材料として使うということはないのか。下げ可能量を確認している趣旨を教えてください。
- 再エネがある系統・時間帯については再エネ抑制量を指標とすることができるが、そうではない系統・時間帯にも広く使える指標として確認をしている。

(潮流感度ベース手法によって確認できるもの)

- 現状のクラスタリング手法では、混雑Aをノード①、混雑Bをノード②に分類と理解。①も②も後処理の中でセルフに制約を課すものと理解。後処理で制約対象をどの範囲にするかということ考えたときに、潮流計算ベースと同じになるのではないか。ここでクラスタリング手法において課題提起されたものは、後処理における制約条件式において、混雑系統すべて(図の混雑Bに対してノード①、②すべて)を特定する必要ということで認識相違ないか。
- 1ノード1送電線で対象を決めるグルーピングと、潮流計算ベースでもノードに対してブランチへの影響を見るという違いはあるが、どこまでの範囲を仕訳するかは、後処理をどうするかという共通の課題ではある。
- 課題提起としては、混雑Bに対してノード①、②を両方とも必ず特定しないといけないということか。
- 現状のクラスタリングでは1:1でしか判定できないので後処理は考慮できていないもの。

(非混雑系統側の上げ調整力不足対応について)

- シミュレーションの考察について状況によっては、非混雑系統側で上げ調整が十分ではない場合もあり得るのではないかと思う。混雑系統で下げた分、需給バランスの観点から別のところで上げる必要がある。非混雑系統側で十分に上げ調整力がないときに、自己計画電源の焼き増しという選択肢も持った上でSCUCをやり直すということも必要ではないか。今後、自己計画電源に対する制約の課し方を検討するにあたって、上げ側にも動いてもらうような依頼もしていくのか。
- 非混雑系統で上げ調整力不足となる状況は考えられる。そういった意味では焼き増し側の検討をしていく必要があるかと思っている。

(事業者への情報提供と予見性)

- 潮流感度ベースの話について、どこに制約が課されるかは発電事業者にとっては重要な話なので、説明責任が生じるためシステム上もエビデンスを残していく必要がある。一方で、将来の見通しの部分についても、事業者側で見通しを作るニーズがあるかと思う。そうなったときに、LMPクラスタリングはなかなか手が出せないが、潮流感度ベースのロジックであれば、ツールやデータの公開ができるか。そういった論点を考慮されているか。
- 具体的なところは議論できていないところ。まずは足元課題である混雑/非混雑の仕訳をいかにしてやるかを考えているところ。事業者がどのように将来見通しを作るかという話は、どういった情報が有意義であるか、事業者の意見も聞きながら確認していく。

(優先給電ルールとの比較)

- 自己計画電源に課す一定の制約の条件の説明の中で現行の優先給電ルールの抑制を市場の約定ロジックで行うことも考えられるという記載があるが、約定結果による抑制のほうが合理的な指示になっていると認識している。今後の方向性としては、約定結果が優先給電ルールよりも改善した結果になると認識している。優先給電ルールの今後の位置づけについて教えてください。
- 優先給電ルールをすべて踏襲するかどうかは検討が必要。例えば、長期固定電源のような抑制困難な電源は考慮したうえで、調整可能な電源は市場の約定結果に従うということがよいと考えている。
- 自己計画電源に制約を課すタイミングとしては、前日市場の中でもできるようにするのか。時間前市場で行うと書かれているが、この辺りの考え方を整理しておかないと検討のイメージがつかないのではないか。
- 前日市場においても、前段で週間計画をローリングして確認しているので、その結果を踏まえて制約対象を設定し、前日市場でも制約地点となる考え方を適用できると考えている。

- 現状のスポット市場では、0.01円に多くの電源が張り付いて売り未約定となったときに、自己計画電源(市場外の相対)は調整せず、優先給電ルールを踏まえ、プロラタ処理をしている。連系線の混雑は現状でも市場のエリア分断処理に織り込まれており、そのうえで0.01円となる時は市場で抑制がかかり、計画に反映されており、さらにその外側でTSOが抑制をかけている。同時市場になった場合には、市場と計画が一体化されるイメージだが、このあたりがどう変わるかについて明確化してほしい。
- 現状の優先給電ルールでは、前日市場では抑制対象の仕訳まではしておらず、取引結果を踏まえ事業者が計画を作成し、その結果売り未約定が発生し、需給余剰になる場合に、抑制順位に従い調整電源・非調整電源の調整をしたうえで、再エネ抑制対象を決めている。同時市場においては、再エネ抑制よりも優先される制御が困難な長期固定電源等の取り扱いは残ると思われるが、それ以外は電源種別による制御ではなく、市場の中でMeritオーダーで電源態勢を構築するイメージで、結果として売れ残りの部分が最終的に再エネ抑制となり、提出される計画にそれが反映される。市場の約定結果と、実制御的な部分を改めて示したうえで議論できればと思うが、今回の一定の制約の市場取引への反映方法の検討で示した通り、現状の想定ではSCUCを2度回すことはせず、次の取引で自己計画電源を抑制することになる点、理想からはズレる。
- アメリカを見ているとSCUCを何回も回しているの、何回も回して解き切れればいいという考えもある。この辺りのプロセスについてのイメージがもう少しわかるといい。
- 海外をみるとSCUCを複数回回しているところはあるが、計算時間が見えないと何とも言えない。今時点では次回のSCUCで反映しているが、一度に処理できるならその方向性が理想的。処理時間も踏まえて整理していきたい。
- 現行制度では、スポット市場で混雑しても、細かい電源調整はTSOが決められているが、同時市場では、市場の中で電源単位で抑制対象を決めるのか。
- 結果としてユニットごとに約定量を返すので、そのイメージになるかと思う。実運用として、事業者の計画をその通りにするか、他の電源との組み合わせで調整するか、実務周りについての詳細は今後検討していく必要がある。
- 同時市場における電源の定義についてもこれからの議論ということか。
- そう。今のところ大きな電源を対象に検討をしているが、どこまで細かく見るかは検討事項。

## 【⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック】

(今回の解法の詳細について)

- どういった最適化問題をどのタイミングで解いているか。最初SCUCを解いて、その後うまくいかない場合、そのSCUCの結果をみて制約を課す対象を抽出し、その後起動停止の再計算はせずに、出力制約を緩めてLPだけ解くというイメージか。
- 今の時点ではその発想で計算している。潮流感度ベースのロジックフロー図の開始時点でSCUCの結果があり、ペナルティ法等で調整力の不足量や潮流超過量が得られているとすると、スムーズに次のステップに進む。潮流感度自体はそういった計算は不要なので、この時点で混雑系統の特定ができるといい。ただ、HVDC次第でもあるので、DC-OPFを回してからの判断ということも考えているが、いったんは潮流感度だけで制約を課す対象を特定できるかと。今回は、出力配分だけなので高速で計算できるが、起動停止まで変更すると、短断面でも時間はかかると考えている。
- アメリカの文献を見ていると、何かあったときにLPですべて解けるかという、それでも制約を満たさないでSCUCに戻すというような絵が描かれているが、それがどれほど簡単にできるかはわからない。ただ、繰り返し計算していそう。計算が早くなればそういったやり方のほうがいいのではないかと。緩めるところを抽出するというのは自動でできるのか。
- 潮流感度ベースのロジックフロー図のブロックは自動でできている。起動停止を変えずに回した時に解が出ない場合は、起動停止も考慮して再計算するか、何等か優先順位をつけてLPを繰り返し計算するなどの処理が考えられる。ただ、いったん追加起動停止をしてしまうと、最低負荷等を考慮すると次の時間帯の揚水含めて計画が大きく変わり、SCUC計算にも影響してくるのでどう処理するのか考えないといけない。
- そのあたりの判断(起動停止が可能になるか)は、アメリカでインダストリースケールで実際に運用できるようなシステムを組んでみないとわからないか。
- 自己計画電源にどこまで助けてもらうかという考え次第ではある。市場計画電源の中でも、その時点では市場に入札していなくても使える電源もあるとして、そこも含めてどう優先順位を考えるかというところ。そういった整理次第だが、1つ1つの処理が広域連系系統で回るかどうかは確認が必要。

- 電中研プログラムでその解が出るのか、よりしっかりしたシステムが必要か。
- 今のところの調整力・供給力不足は、今のロジックで把握はできるが、それ以外の運用上、セキュリティ上の問題は把握できていないので回答できない。制約条件として入れていて、ペナルティとして定量的に把握できれば、DC-OPFに入れて改善するという方策はできると考えている。この辺りはメーカーのほうが感触があるのではないかと。
- DC-OPFの定式化のところで、目的関数は調整コストの最小化ということで、ベースの出力を基準とした出力変化量を変数として置いていると理解。別のやり方として、SCEDのような形で、発電機の出力自体を変数にして燃料費最小化を解きなおすことも考えられるが、今回調整コストの最小化として定式化しているのはどういった意味合いか。
- 下げ調整もプラスのコストに入れている。SCEDでやると、ガラポンになり、自己計画電源・市場計画電源のなかで、下げるほうはコストが安くなる、上げるほうはコストが高くなる中で最経済を目指す、今回の目的関数だと、調整量のコスト最小化になっている。
- 下げるほうにお金がかかるというのは、もう一度解きなおすことで市場計画電源についても下げ方向のコストが発生するということか。
- 今回は自己計画電源のみを対象にしている。市場計画電源は下げることでコストが下がることでいいと思う。自己計画電源も市場に参加することであればそういった考え方もあるが、極力計画を維持するというニーズがあるのであれば、今回の定式化が適切と考えている。この辺りは確定していないので今後の課題としているところ。
- DC-OPFの定式化では、 $\Delta P\_g\_Bus$ には、市場計画電源も自己計画電源も両方入っているか。
- 今回は自己計画電源のみしか入っていないが、すべて含めても計算は回る。実際には市場計画電源も入ってくることになるので、切り分けるのであれば、サメクションを分ける必要がある。

- DC-OPFによる電源出力の再配分結果について、実際は複数の送電線で同時に混雑が発生することがあって、その場合は問題が複雑化する。例えば、BUS13に自己計画電源があった場合に線路18の混雑に対しては出力増加対象、南北フェンスの混雑に対しては出力減少対象といったケースがある。そういったケースを踏まえても、任意の送電線混雑管理に対して制約対象を判定できるか。
- そのあたりの特定が難しいので、DC-OPFを回すのがスムーズ。特定の送電線だけを見て判定すると、別の送電線の運用容量が厳しくなることがある。本当は複数線路を考えて配分し、出力上限/下限解除を判断するのが厳密には必要だとは思ふ。
- 計算時間はそれほどかからないということだったが、複数送電線で混雑が発生した場合も同様に高速性に問題はないか。
- 複数線路があっても、大きく問題にはならない。DCで解いている限りは、解が得られるのであればすぐ計算が終わる。解がなくてもその結果がすぐに出る。

#### (シャドウプライスを用いた判定方法について)

- 自己計画電源に対して制約対象システムを判定するところについて、他にも下げについては調整電源となり得る市場計画電源の最低出力制約のシャドウプライスがゼロかどうかで下げ可能量の有無を判断ができる。上げ可能量も同様で、設備容量制約のシャドウプライスを見るということで判断ができる。最適化問題は各制約条件のシャドウプライスが出てくるので、そこを活用することができると思う。
- また、広域連系システムにおいて、自己計画電源の抑制対象電源を特定する必要があるというところで、自己計画電源の発電計画の発電出力のシャドウプライスを見るということもサポート的な情報になるのではないか。シャドウプライスがマイナスであれば、コストが抑制されるため、抑制の対象なり得るということ。シャドウプライスがゼロの場合は、出力調整の対象とはならない。
- シャドウプライスで判断できDC-OPFが不要であれば有効なアプローチになり得る。

#### (自己計画電源の抑制に関する公平性について)

- 上げ代、下げ代が不足するときに、市場計画電源が優先的に抑制されることにするのか、下げないといけないときはどちらも公平に下げることにするのかといった、議論がどうなっているか。公平性の観点で、程度次第でDC-OPFのやり方が変わってくると思った。
- 過去の検討では、いくらなら市場に参加しますという価格があったと思うので、それを使うのであれば価格ベースになると思うが、そこは今後の議論の方向で決まってくる。
- 自己計画電源と市場計画電源の優先性・公平性が大事だと思うが、こういった制約を自己計画電源に与えるか、1つの電源か複数の電源か、制約のかけ方も考える必要がある。
- 1つずつやると、1つで十分かという話になるので計算量も増える。ある程度のブロックでかけていくしかないと考えている。配分の差は、どれだけ支払いが発生するかで決まる。
- 自己計画電源と市場計画電源の取り扱いについて、これまでの議論の経緯としては、SCUCの処理時間が明確ではないという現状の断面において、一度SCUCで計算した結果を踏まえて制約を課すかどうかの判定をして次の取引で制約を課すということで整理している。したがって、最初のSCUCを回すときには市場計画電源としていればコストによって決まるし、自己計画電源としていたら0円電源として取り扱われ、市場計画電源が限界まで抑制される。それでも余剰が出たときには、次のSCUCでは自己計画電源もコストベースで考えるというのが現状の整理になっている。
- 前の市場での結果を用い、次の市場で自己計画電源に制約をかけるということで、さらにその次の市場で混雑がなくなったときにどうするか、市場ごとでクローズしなくて問題ないか。各市場の連続性がなくなるところは違和感があるかどうか。
- 現時点で明確に整理はしきれていない。初回の計算結果で制約を課すとなった場合に、次の市場で自己計画電源に制約を課すが、その結果解が出た場合にそれをもって制約解除可能かどうかは判断ができない。したがって、基本は制約を課し続けることになる。制約を解除するということを考えるのであれば、繰り返し行ったり来たりがあると思う。一度の取引の中で繰り返し計算をして制約解除にあればいいが、現時点では制約解除を明確に整理しきれていないので、制度設計で考えていく必要がある。

- 計算時間含め1回の市場で閉じれるのであれば、1回の市場で決めてしまったほうが参加者はわかりやすい。
  - 前日市場でまずやって、時間前市場で制約を入れて解きなおすことを考えているということか。
  - 計算時間が短時間化するのであれば、一度の取引内で反映ができるが、これまでの検討会と技術検証会における現時点の整理としては、1回の取引の時間で処理しきれぬかという課題が残っているため、次の取引の市場で制約を課すということになっている。
  - 電中研でやっているテクニックだと、2回目に時間はかからないので、当然1回の取引でやると思っていた。いろいろな考え方があがるが、今のJEPXにおいて、抑制がかかって優先給電ルールで止めていくというのは、1回の計算でやっている。0.01円の電源を優先給電ルールの順に止めていく。これをザラ場で調整するというのは、今の市場参加者からするとかなり違和感がある。
  - まだ決まっていない理解で、計算時間がわからないので、次の市場で考えるという記載が取りまとめにはあるが、SCUCの計算速度次第で考えていくという認識。制約を前提としない形で再計算するというのも、何回もSCUCが回せるならできると思う。そのあたりは計算速度を踏まえて合わせて検討していく事項と考えている。
- (出力変化速度制約の考慮について)
- 自己計画電源の出力下限解除効果のシミュレーションにおいて自己計画電源の激しい出力変化は、出力変化速度制約はあるか。
  - 太陽光や風力などの電源を調整するか一意に決まっていなくて、ソルバがどちらを選んでいいかわからず変動する結果になっている。
  - 実際は出力変化速度制約を入れる必要があり、はみ出した分は出力の変化が激しいので、出力変化速度が速い自己計画電源だけが選ばれてしまい、公平性の観点で懸念がある。
  - 出力変化速度制約は入れればいいが、自己計画電源が複数あれば、安いものに基本は配分される。今回バタバタ、変動している要因は価格なので、出力変化速度制約を入れれば確かに緩和はされる。
  - 出力変化速度制約は、JEPXに入れている新しいN-sideのシステムでも処理可能で、欧州も全面的に入っている。現状の技術を踏まえるとこれができないと想定するものではないのではないか。
  - 現状は短断面で見ているので、前後の変化で制約を入れることはできる。数時間にわたって配分しようとする、多段面のDC-OPFになる。
  - 自己計画電源に制約を課したときに出力変化速度を考慮できないかというところは、各電源がスリーパート情報を入れることになっているので、出力変化速度制約が考慮される部分だと思う。今回のシミュレーションは考慮されていないが、条件設定次第。
  - 制約を入れることは可能。スリーパートとなると、起動費も踏まえると、起動した先の時間帯でどうなるかということもあるので、複数断面解く必要が生じる。

## 【⑧自己計画電源等に一定の制約を課すロジック】

- どの自己計画電源に一定の制約を課すかというところに潮流感度の結果を使うという点は今後の検討としてまだ残っているという位置づけなのか。それとも、どの自己計画電源に一定の制約を課すのかを決める方法も含めて最適化計算のなかに組み込める形になっているということか。
- 「潮流感度ベースのロジックの構築」の説明スライド内で潮流感度だけで(制約を課す自己計画電源を)特定すると記載があるが、これはある特定の線路に対して潮流を改善・混雑を解消するために分類するというので、設定自体は可能である。ただその場合他の線路が混雑してしまうといったことになったり、HVDCによって能動的に潮流が調整できる場合には単純に潮流感度では表せないこともある。そう考えると、ある程度配分計算をしたうえで、市場に組み込んでいく電源を決めた方がよいとは考えている。一方でそうすると今回の結果にもあるように電源が増えたり再配分量がかなり増えたりするといったことが目的関数によってはあり得るので、そのあたりはどう絞っていくのかというところはまだ課題がある。
- 「潮流感度ベースで混雑・非混雑系統の特定が出来ることを確認した」とあるが、それをどう使うかというところはまだ課題が残っているということか。
- 一つの方法としてDC-OPFで配分計算を行い、配分結果が得られたところを市場に出していくという考え方はあるとは思いますが、まだ答えがあるわけではない。
- 再エネの出力制御とか混雑が発生する場合には今回のように起動されている電源の組み合わせは変えずに出力配分しなめというやり方は良いと思う。一方で、上げ・下げ可能量が不足していて、それに対して計画を考え直したい場合、恐らく起動停止の組み合わせ自体も変えないと解決しないのではないかと。そうすると今のDC-OPFでのやり方はそこまでは対象にしていないと思うので、この場合での解決策にはなっていないのではないかと考えている。

- まず再エネ出力制御時の下げ可能量不足への対応は前回ご提案した「上げ可能量・下げ可能量をベースに判断するロジック」で特定できると考えているが、その方法だとかなりの範囲の電源が対象になってしまう。
- そのうえで混雑に対してはどうしていくかという点を掘り下げていったのが今回の検討になる。起動停止まで必要かという点、必要になる可能性はある。ただ自己計画電源の調整が十分に出来るのであれば、起動停止は要らない可能性がある(自己計画電源の調整が)十分かどうかの評価は行っていく必要が出てくる。その場合、起動停止は許容せずに、解消できるのかといった検討はやらざるを得ないのかとは考えていて、(調整力が)不足するのであれば起動停止、追加起動や追加停止を検討せざるを得ないと思う。あるいは初めからSCUCをもう一回計算するという考えもあり得るが、その場合は計算時間の点で課題がある。そのようなアプローチもあるが、一旦もう少し簡易的な手法として(今回の報告は)位置づけられると考えている。
- 並列予定の自己計画電源の出力調整だけで、生じた(系統混雑等の)問題を解決できるという前提が置かれているということか。
- そのとおり。起動停止を変えてしまうとその後何時間かは継続しなければならない。その辺りはよく全体のロジックを考えなければならない。
- 心配している点としては並列予定の自己計画電源の出力調整だけではSCUCで出てきた課題を解決しきれない場合もあり得るのではないかと。予備力や調整力が不足してそれを増やしたいときに非混雑系統で追加的に電源を起動しなければならないといった場面もある。そのときに非混雑系統で追加起動できる電源が自己計画電源しかなかったときにどうするのかというところは考えなければならない課題としてある。
- その可能性はあり得る。

- 議論としては目的関数をどうするか。なるべく変化の少ないものにするというケースも検討されていると理解しているが、検討範囲を電源の起動停止まで広げていくとすると、元々の最適化のための目的関数と違う目的関数を使っているということになり、かなり煩雑である。これは実際に煩雑であるというのと、正当化するのが非常に難しいという意味でもある。この辺はもう少し遡ってもっと広い場で議論する必要があるかと思われる。
- 今回定式化は行っているが、目的関数②に関しては最低限の項目を今回は抽出して違いを示しただけである。そのため今回の定式化が答えというわけではなく、いろんな制約条件とか目的関数の項があればそれを可能な限り反映して検討することはできると考えられる。今回はあくまで自己計画電源の調整量を減らすか、経済性を重視するのかという大きな違いで①②を出しているの、そういった議論の参考にさせていただければと思う。
- 次期中給についても需給上の抑制ルールについて組みこむのが大変で開発の進捗が遅れているという話を聞いた。そこら辺の話をどう整理をつけるのか。
- 次期中給との関係性については状況をヒアリングしながら進めていきたい。
- 電中研がやっているのは市場側であり運用と市場の二つの関係をどう整理するかはこれからやらなくてはいけない。いまのところ考えていることはあるか。
- 次期中給では例えば電源抑制の場合に電源種別ごとの抑制順位を日本では決めているが海外で見ると基本的にメリットオーダーで抑制を実施している。こういった乖離があるがこれをどう捉えるか。運用面で決まりがあるものを市場取引のなかでどうみるのか。現行の制度的な仕組みを市場の中で見るのか見ないのか、見直しがいるのかは今後検討するうえでは一つのポイントになると考えている。
- 今回の電中研の結果というのは定式化の細かい部分というよりは、これが再配分の機能があるとしたときに誰が使うのかを考えたときに市場側が使うのか。運用側が使うのかということを示しているのか。そこを含めてグレーであるのか。
- 市場側・運用側どちらが使うのかといった話は今回しておらず、どちらかという自己計画電源を市場統合するのか供給力・調整力として出してもらおうのかという違いであると考えている。
- 目的関数③での分析が非常に興味深い。自己計画電源は調整コストをなるべく最小にしながら市場計画電源をコスト最小にするということでバランスのとれた目的関数である。結果を拝見しても燃料費のコストはなるべく全体として抑えつつ自己計画電源、市場計画電源の調整もバランスがとれている結果になっている。今後実際に実装する際に参考になる目的関数であるように思う。1点確認になるが、広域系統モデルのケース1-1でPSUの再配分量絶対値が0になっているのは理由があるのか。
- 今回シミュレーションで北海道・九州が限界に達しているなかで無理やり混雑を発生させており、PSU側の調整代がなかったと推測される。今回はあくまで計算時間の点で適応可能かを主に検討させていただいたが、ご指摘の点については今後しっかり見ていきたい。
- 今回単断面での最適化の結果を示されている。ただSCUCや市場電源・自己計画電源を考慮していく上で時間軸の変化速度があり、本来は多時刻断面の問題にしていくのがいいという考え方なのか。
- 揚水・蓄電池みたいな話が入ってくる場合、その他起動停止を考慮すると多段面が必要と考える。より多断面での検討の方が望ましいが、整数変数なしでの多断面にするのか、多段面でのSCUCみたいな形にするのかという懸案はある。
- 起動停止がない場合には多断面をどこまでするのか。
- 30分単位では出力変化速度の点でいえばそこまで影響ないかと思われる。出力帯のバンドを跨ぐところの制約は必要であるかとは思いますが前段面から今の断面の計算に関しては上記のような制約が付けられるので例えば揚水のkWhを考えた場合に運用が崩れてしまうのでそういったケースでは多段面が必要と思われる。

- 基本的に今回の報告では計算時間に問題はないという点での検証であると承知している。逆に言うと何か心配事項はないかと懸念している。自己計画電源を外す機会損失等を均一化するという、電源の優先順位だけではない組み合わせが入ってくるとなると、多段面を考慮する必要もあるかと思われる。
- 今回商用ソルバーを使ったが、日間の起動停止は含めないOPFはそこまで時間がかからないと想定される。揚水を組み込んだ計算ぐらいまでの検討は大丈夫かという感触はある。自己計画電源に対して均等化といった優先順位などを考えると場合によっては多断面で解かないといけない、もしくは計算が複雑になって解くのが難しくなる可能性はある。そういう点を考慮していけば、求解性とか計算時間が悪くならないように検討する必要があるが今は知見がない。
- 補足であるが計算時間の点で言うと例えばSCUCを回した後に、ノードプライスを出す時は整数変数を固定して解いたりする。その場合は秒とか分単位で求まる。逆に言うとそれが多段面のDC-OPFと言えるので余り時間はかからないのではとは思っている。
- 目的関数をあまり変えない方がいいという話もある。また自己計画電源とは何なのか、何が許されるのかというのをきちんと考えないとうまく説明ができないかなと思う。今回の報告では自己計画電源が一旦制約から外れたら大きく調整で動かすシミュレーションになっている。自己計画電源と認めた以上は、なるべく動かさない扱いにするアイデアとしては、自己計画電源の出力までのところは非常に安い燃料費としておき、出力の上限を超えたら非常に高い燃料費にしてSCUC計算にいれるなどといった方法にするといった考えもある(③に近い考え方)。どうやるかというよりも、自己計画電源とは何者かというのを少し考えないといけない気がする。
- 自己計画電源は完全に自由かそうじゃないかという二分法ではない。米国ではビッド(入札)のなかで何kWまでは固定とすることができるが、キャパシティが大きくてそれを超えた部分が存在すると、その部分については特別な事情がない限りフリーでビッドしなければならない。加えて自己計画電源でここまでを出したい、これ以上は減らさないといった類のことも出来、さらには緊急時では上げ下げできる、その範囲はどこまでいくらで出来る、といったことも決められていて、いろんなビッドの仕方で工夫の余地がある。ソルバー側の対応についてこういったことを考えることも必要だが、考慮しすぎるとソルバーにとって負担になる。PJMではいろんなケースについて最適化するのを止めたいと申し出てFERCに認められていた事例もあり、そういった点についても考えていくことが必要。
- 目的関数③で第一項目に自己計画電源についてのペナルティ項を設けることで最適化計算をして、どれぐらいの時間で解けるのか見てみるのも面白いと思う。
- 今回のケースで目的関数③で調整単価がかなり高く、火力の中で一番高くしているとその極端なケースが該当すると思う。自己計画電源の項を高く設定すると、基本は計画通りに動くようになりつつ、市場計画電源側は経済配分される。あくまで傾向ではあるが狙ったような動きにはなる。ペナルティの値によっては双方影響があり、自己計画電源のペナルティを大きくしすぎると解が見つからない可能性もある。
- 自然変動電源を優先し、それより高い値段で自己計画電源のコストを設定するとうまくいくように思う。
- 再エネについてもいろんな種類を考慮してシミュレーションする際は、優先給電の順位で価格を設定して差をつけると、高い値段の電源から抑制していく形になり狙った動きにはなると思う。
- (次期中給では)メリットオーダーベースで動くパッケージを使っている。日本の優先給電ルールに載せるためにはテーブルを二つ用意して、必要に応じてフラグを立てて別テーブルを参照する仕組みを考えている。当該別テーブルにおいて、順位を決めるのではなく、単価に差をつけて優先給電順位を実現している。

- 現時点でも相対契約は市場に入らないとしているが、全部相対契約が計画通りかという差替入札をしており、安ければ市場を使うということを実際には行っている。なので完全に自己計画電源が計画どおりにやりたいと思っているのか疑問がある。入札の段階でそういった情報を提出させるというのもアイデアとしてある。技術的な理由でここまでは供給しないと機械が損傷するといった情報があれば、それを入札時に反映する。
- 自己計画電源で入札する選択肢があるなかで制約が物理的な制約で動かさないとけない事象なのか、契約に基づいて取引する前提で運転しているのか、そういった点も何らか考慮する要素として入札情報の整理の中では見ていく部分ではあると思う。
- 今回調整単価は一律でやったが、単価を変更するやりかたもある。自己計画電源をどう位置付けるか整理は必要で、それに合わせた目的関数の設定変更は可能。