

供給信頼度評価の課題整理について ～地内系統混雑を考慮した供給信頼度評価～

2025年6月24日

調整力及び需給バランス評価等に関する委員会事務局

■ 第102回本委員会（2024年10月23日）にてお示した供給信頼度評価に関する課題のうち、検討事項④の地内系統混雑を考慮した供給信頼度評価の考え方に関して、現在の進捗状況について整理したため、方向性についてご議論いただきたい。

検討事項		現状の取扱い
①	端境期のうち特異な傾向である6月の厳気象対応の考え方の整理が必要ではないか	特に高需要となった2022年6月の状況を踏まえ、6月の厳気象H1需要想定の方考え方を検討することにした
②	供給信頼度評価の考え方の詳細について、改めて見直すべき事項、反映すべき運用実態はあるか	必要供給力算定の諸元となる需要実績や連系線増強等の変化を速やかに反映している
③	年間EUEが供給信頼度基準（目標停電量）を超えている主な要因が連系線運用容量の場合の考え方について整理が必要ではないか	運用容量検討会で定められた年間運用容量をもとに供給信頼度評価を行っている
④	地内系統の混雑を考慮した供給信頼度評価の考え方の整理が必要ではないか	現行供給信頼度評価ツールでは簡易的に混雑状況を想定する機能しか具備できていないため、地内系統の混雑影響は考慮できていない（現時点では実運用でも混雑は顕在化していない）

- 地内系統混雑を踏まえた供給信頼度維持対策の一つとして、地内系統の混雑状況を考慮した供給信頼度評価手法の確立が挙げられる。
- 本検討の目的は、地内系統混雑に伴う停電量（EUE）の増加影響の評価に向けた、供給信頼度評価ツールの整備である。

地内系統混雑の進展に伴う課題

- 混雑系統内電源の出力抑制に伴う需給状況の悪化
- 流通設備の非効率化

系統混雑への対策

混雑状況を考慮した 供給信頼度評価

- ✓ 地内混雑発生の予見や公表
- ✓ 停電量の増加影響の評価
(評価ツールの整備)

本検討の目的

継続的な系統増強 の取り組み

- ✓ 広域系統整備に関する長期展望
- ✓ 整備計画を具体化する仕組み
- ✓ 系統混雑を前提とした系統利用・
高経年設備の更新の在り方

立地誘導インセンティブを 考慮した制度設計

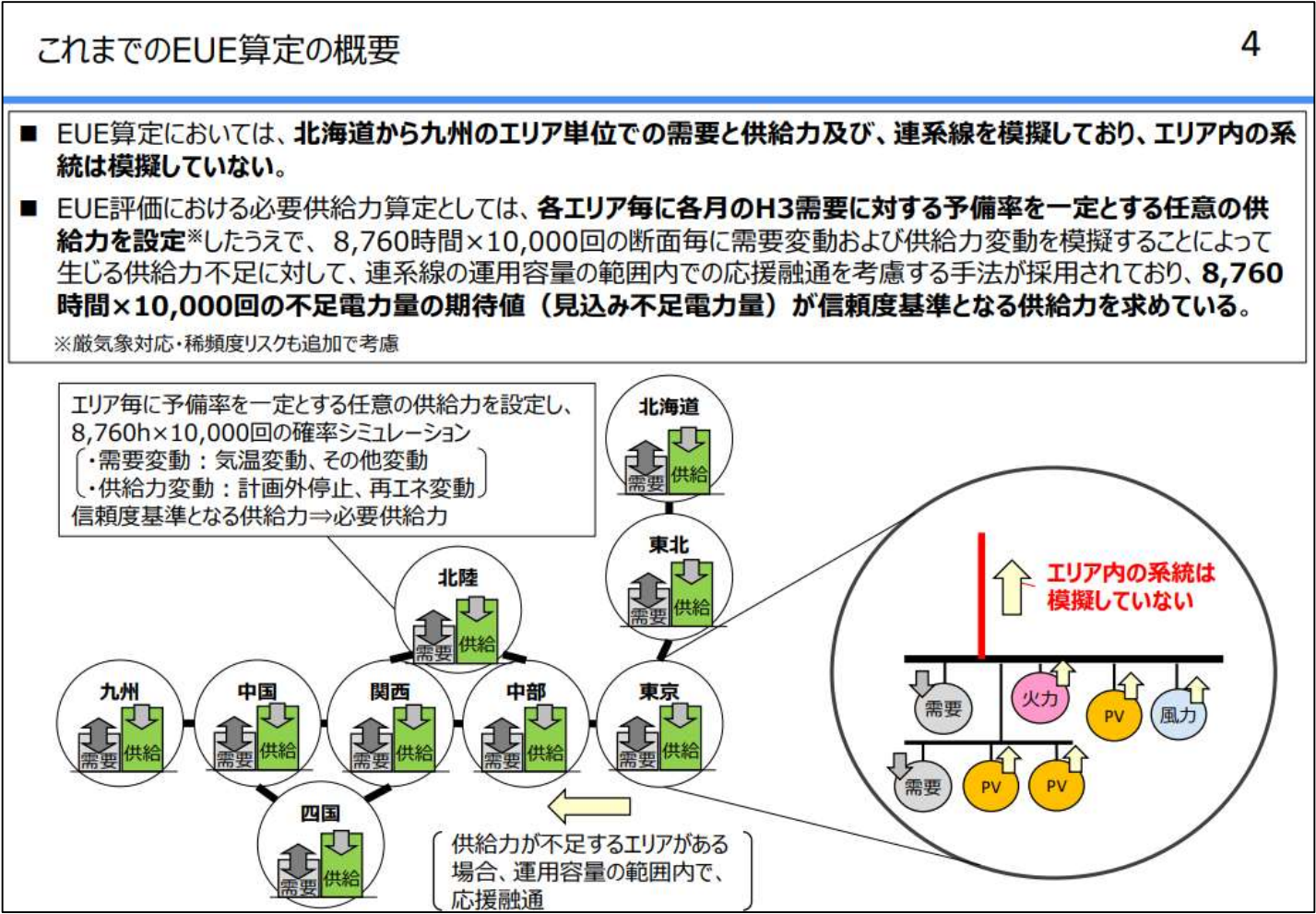
- ✓ 効率的な電源・需要立地の促進
 - ・ 発電側課金
 - ・ ローカル系統における混雑処理
 - ・ 需給調整市場の約定 Δ kW費用など

系統混雑への対策見通しとノンファーム電源の取扱い

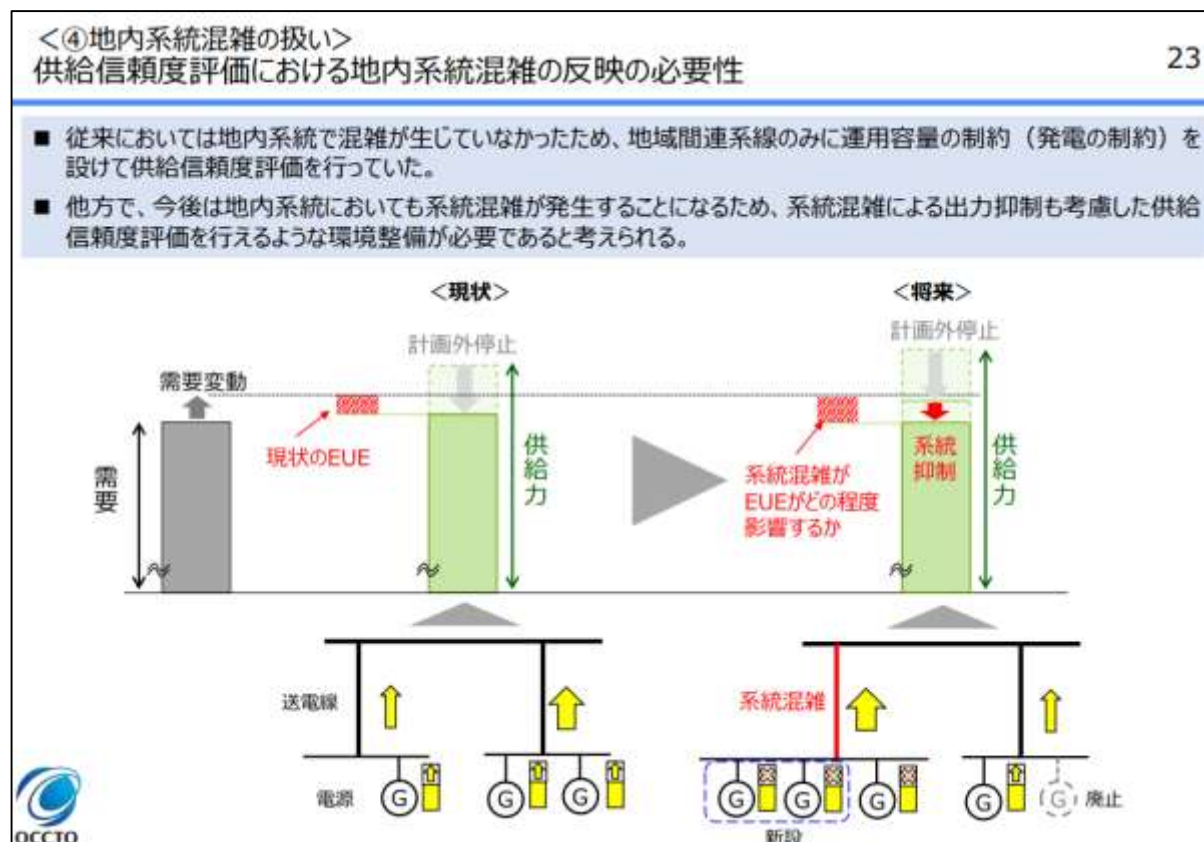
- 系統混雑への対策としては、混雑状況を考慮した供給信頼度評価の導入や継続的な系統増強の取り組み、既存の措置を含む制度設計全体の中での立地誘導インセンティブの検討が挙げられる。
 - ✓ 現状の供給信頼度評価では混雑状況を考慮できていないが、中長期的には混雑影響も考慮した供給信頼度評価を行うことも考えられる。そうすれば、例えば容量市場で確保済みの供給力のような特定の供給力のラインナップを前提に供給信頼度基準を満たすために必要な、特定地点での追加調達必要量を把握できる可能性がある。
 - ✓ また、追加調達時に適切な場所で供給力が調達できるとは限らないことも踏まえると、費用便益が見込まれる場合における継続的な系統増強の取り組みは重要と考えられる。
 - ✓ これまでの制度設計のなかでも、発電側課金等の仕組みのように混雑解消に資する立地誘導インセンティブが働いているケースもある。立地誘導インセンティブの手段については、全体的な制度設計の中で引き続き検討を進めていくことも想定される。
- 2029年度を対象とした混雑想定結果は2028年度よりも増加している断面もあるものの、これらの系統混雑への対策が将来的に進む可能性を踏まえ、2029年度実需給向けメインオークションにおいても、引き続きノンファーム型接続が適用される電源について現行の条件による参加を制限するものではないと整理することとしてはどうか。
- また、系統混雑への対策を進める方向性は今後も変わらないことが想定されるため、基本的な方向性としては2029年度に限らず今後の容量オークションについても現行の条件による参加を制限しないこととしてはどうか。ただし、系統混雑想定はこれまで通り継続的に確認し、全体的な制度設計の中で必要に応じて対策を検討することとしてはどうか。

1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- 従来、系統混雑は地域間連系線においてのみ発生しており、EUE算定においても地域間連系線のみを考慮した系統モデルで供給信頼度評価を実施してきた。



- しかし、ノンファーム型接続適用電源の増加や将来的な再エネ電源の連系量増加により、地内系統混雑が進展すると、混雑系統内の電源の出力が抑制されることで期待される供給力が減少し、供給信頼度基準を満足できなくなるおそれがある。
- **このため、地内系統混雑による影響（出力抑制に伴う供給力不足の発生など）も考慮した供給信頼度評価を実施可能なシミュレーション環境を構築する必要がある。**



まとめと今後の進め方

53

- 今回、再給電方式の導入検討当時の想定よりも早く、重負荷期（昼間ピーク帯）に基幹ループ系統で系統混雑（空容量僅か）となる見通しを踏まえ、**需給運用へ与える影響および「足元～中長期の課題」を整理**した。
- 加えて、上記の課題を解決したとしても、**安定供給に必要な供給力・調整力が確保できない懸念**があることから、**地内系統整備の在り方の整理も課題であること**をお示した。
- 今後、**これらの課題に対して、本委員会および国の審議会や関連する委員会等と連携し検討を進めていく。**

影響			足元～中長期的な課題	
			足元（2024年度冬季）	中長期
需給運用	混雑処理	混雑処理用ΔkWの不足	全国で重負荷期に基幹ループ系統混雑が生じない見通しのため、 <u>課題はないと考えられる</u>	再給電で対応できない場合の混雑処理方法の整理 【国の審議会等】と連携
				同時市場の導入検討 【同時市場の在り方等に関する検討会】他 で検討中
	調整力	需給調整用ΔkWの不足	関西エリアで空容量僅かな系統が確認されたが、エリア内の当該系統を除く系統で、適切に追加起動等が指令される限りは、需給調整に必要なΔkWを確保することができるため、 <u>課題はないと考えられる</u>	フリンジで対応する方法を整理 【運用容量等作業会】で検討中
	供給力	供給信頼度の低下（供給力不足）	関西エリアで空容量僅かな系統が確認されたが、これを考慮しても、広域予備率11％程度は確保できる見通しであることから、 <u>課題はないと考えられる</u>	系統制約を考慮した供給信頼度評価手法の確立 【調整力等委】で検討中 系統制約を考慮した供給力確保の在り方の整理
		エリア間補正融通の制限	関西エリアで空容量が僅かな系統が確認されたが、地域間連系線の空容量分の融通を受電したとしても、系統混雑には概ね至らないと考えられることから、 <u>課題はないと考えられる</u>	地内送電線における緊急的な運用容量拡大スキームの整理 【運用容量等作業会】で検討中

2029年度時点の系統混雑想定結果 (混雑設備数)

20

- 2029年度の系統混雑は、全国基幹・ローカル系統の**約60設備** (総設備数の約**0.5%**) の見通しであることを確認。
- なお、エリア毎に2028年度の見通しと比較すると、新たに混雑箇所が増加・減少しているが、いずれも算出方法の違いによるものが大半であり、**2028年度からの傾向を示すものではない**点に留意が必要。

全国合計

	基幹系統	ローカル系統	合計
混雑設備数	24	39	63
総設備数比率	2.0 %	0.3 %	0.5 %

【備考】

- ・ 混雑設備数は各一般送配電事業者が公表している「空き容量マップ一覧表」の設備単位で集計。
- ・ 基幹系統は最上位電圧から2階級 (供給区域内の最上位電圧が250kV未満のときは最上位電圧。変圧器の分類は一次電圧による)、ローカル系統はそれ未満の電圧階級 (配電用変圧器及び配電設備を除く)。

北海道

	基幹	ローカル
混雑設備数	12	17
総設備数比率	9.7 %	1.8 %

沖縄

	基幹	ローカル
混雑設備数	0	0
総設備数比率	0.0 %	0.0 %

中国

	基幹	ローカル
混雑設備数	1	2
総設備数比率	1.3 %	0.3 %

北陸

	基幹	ローカル
混雑設備数	0	0
総設備数比率	0.0 %	0.0 %

東北

	基幹	ローカル
混雑設備数	3	13
総設備数比率	2.9 %	0.6 %

九州

	基幹	ローカル
混雑設備数	0	0
総設備数比率	0.0 %	0.0 %

四国

	基幹	ローカル
混雑設備数	0	1
総設備数比率	0.0 %	0.2 %

関西

	基幹	ローカル
混雑設備数	4	2
総設備数比率	2.2 %	0.1 %

中部

	基幹	ローカル
混雑設備数	1	1
総設備数比率	0.6 %	0.0 %

東京

	基幹	ローカル
混雑設備数	3	3
総設備数比率	1.8 %	0.2 %

2029年度における全国の混雑状況 (昼間ピーク／点灯時間帯)

27

- 全国のピーク需要断面では、最大^{※1}で約57万kW (当該需要の約0.4%^{※2}) の出力制御電力の見通しであり、**2028年度の想定結果 (約22万kW) よりも約35万kW増**となる見通し。
- また、足元で予備率最小となる点灯時間帯 (16:00～20:00) では、最大^{※3}で約20万kW (当該需要の約0.2%^{※2}) の出力制御電力の見通しであり、**2028年度の想定結果 (約23万kW) と同程度。**

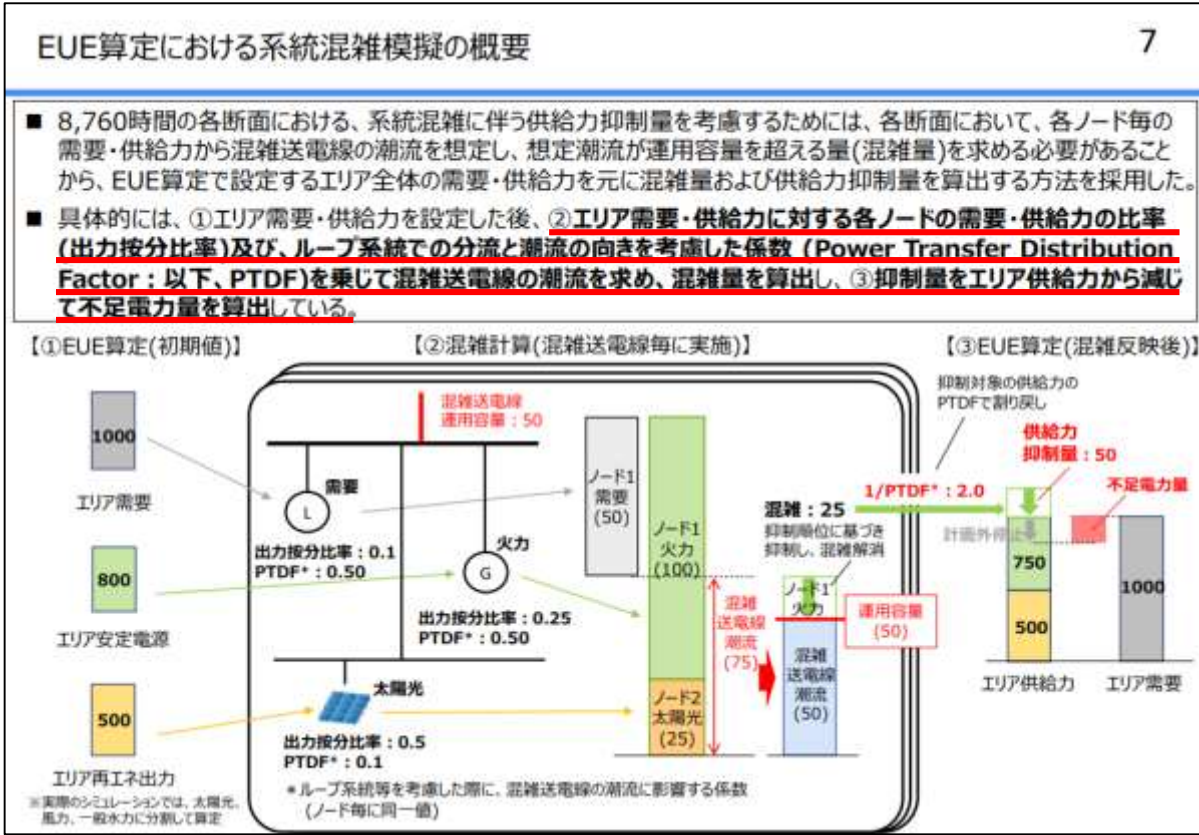
エリア	ピーク需要における出力制御電力 ^{※1} (万kW)			点灯帯の最大出力制御電力 ^{※3} (万kW)		
	混雑系統内訳			混雑系統内訳		
		基幹	ローカル		基幹	ローカル
全国	56.9	56.6	0.3	20.4	0.0	20.4
北海道	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
東北	0.0	0.0	0.0	20.4	0.0	20.4
東京	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
中部	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
北陸	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
関西	56.6	56.6	0.0	0.0	0.0	0.0
中国	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
四国	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
九州	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
沖縄	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

※1 全国総需要 (沖縄除く) の最大需要を上位から3日選択し、各日の出力制御量 (万kW) を平均した値

※2 あくまでも発電計画に対して出力制御されるものであり、系統制約により発電が制限される予備力の制限量を示すものではないことに留意

※3 点灯時間帯における最大出力制御量を上位から3日選択し、各日の出力制御量 (万kW) を平均した値

- 第79回本員会では、現行の供給信頼度評価シミュレーションツール（必要予備力算定ツール）に対し、簡易的に一部の地内送電線の潮流を模擬する機能を追加し、地内系統の混雑状況を加味した供給信頼度評価の試算を実施した。
- 地内送電線潮流の模擬にあたっては、PTDF（Power Transfer Distribution Factor）と呼ばれる、系統の分流比やノードからの流入出に基づいて決定される係数を用いて算出した。

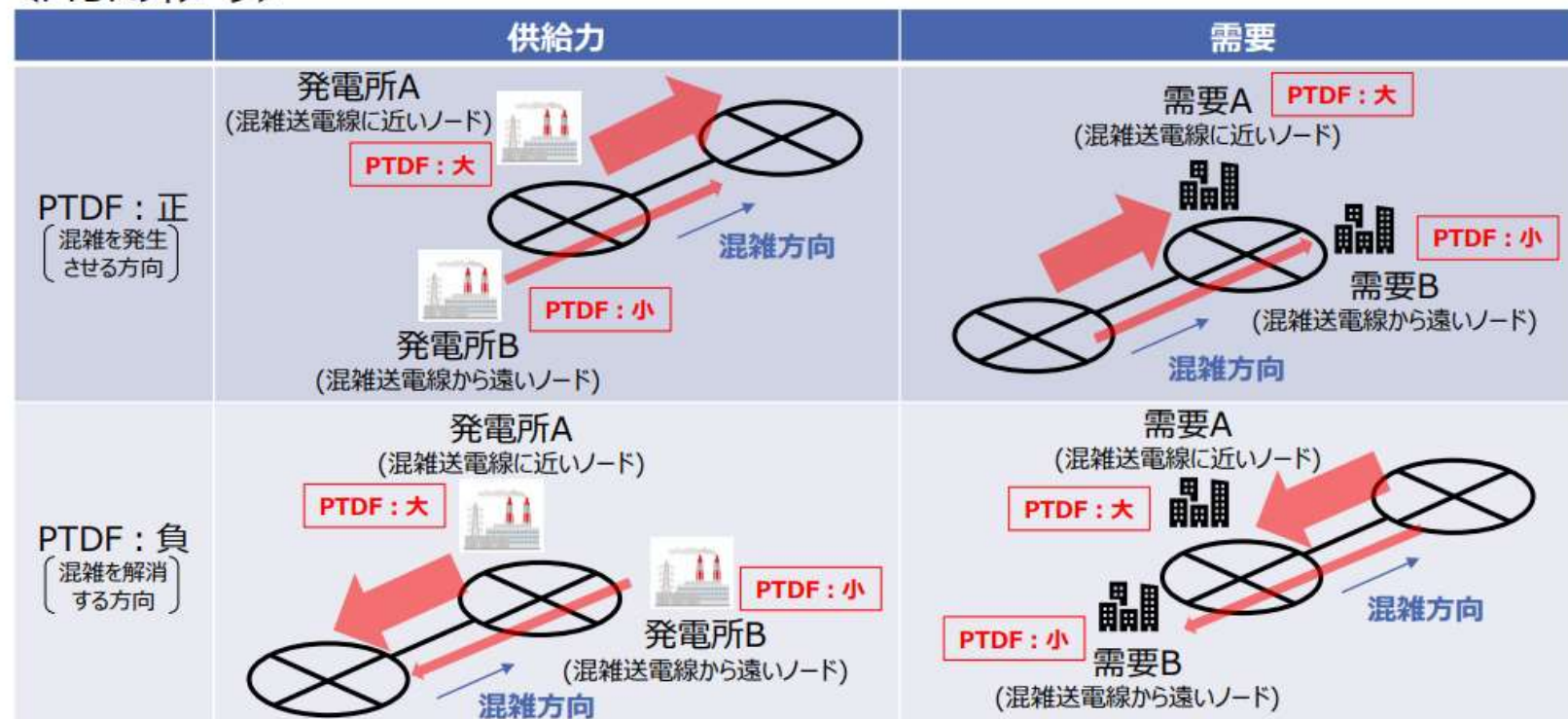


(参考) Power Transfer Distribution Factor (PTDF) とは

8

- PTDFは、ループ系統での分流と潮流の向きを考慮した係数であり、各ノードの需要・供給力が1MW変化した場合の混雑送電線の潮流に与える比率として設定している。
- PTDFの符号は、各ノードの需要・供給力が変化した場合の混雑送電線の潮流の向きにより決定され、大きさは、混雑送電線と各ノードの位置関係により決定される。

<PTDFのイメージ>



* 供給力及び需要が、増加した場合のイメージ

- しかし、必要予備力算定ツールでは各ノードの安定電源を常に最大出力相当で考慮しているため、需要に応じて各電源の出力を調整している実運用の系統混雑想定とは乖離がある試算結果となった。
- これを踏まえ、供給信頼度評価における地内系統混雑の想定手法については改めて検討することとしていた。

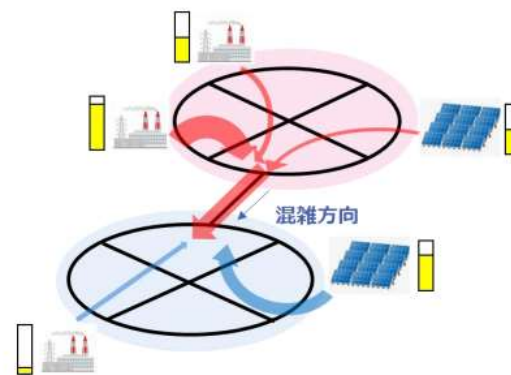
EUEツールにおける混雑量算定の課題

11

- 対象の混雑送電線の潮流については、九州エリア全域の需要・供給力の変化が影響しており、混雑計算を精緻に行うためには、8,760時間の断面毎の実運用における需要・供給力を精緻に反映させる必要がある。
- 一方で、EUEツールは、見込み不足電力量の算定を目的としており、常に各ノードの安定電源を最大出力として
いることから、実運用における各ノードの供給力が精緻に模擬できないことにより、混雑量を精緻に算定できない。

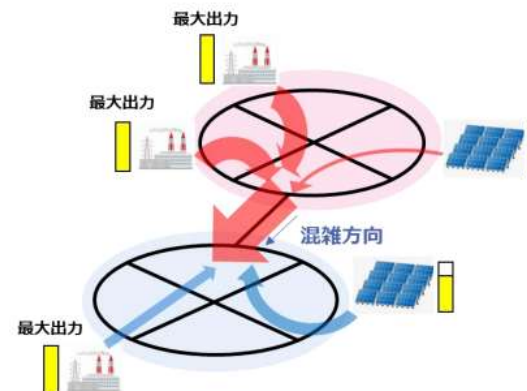
供給力のPTDFが正の領域： ●
供給力のPTDFが負の領域： ●

<精緻な混雑計算方法>



8,760時間の断面毎で実運用における供給力・需要を精緻に反映させることで、混雑送電線の潮流が算定可能

<現状のEUE算定ツールの計算方法>



各ノードの安定電源を最大出力とするため、混雑送電線の潮流が精緻に算定できない

1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- 日本の地内系統混雑を考慮した供給信頼度評価を検討するにあたり、海外における供給信頼度評価手法や採用している評価ツールについて確認した結果を下表に示す。
- 今回確認した国や地域のうち、オーストラリアのAEMOやヨーロッパのENTSO-Eでは、中長期の供給信頼度評価（日本における供給計画取りまとめに相当）において、地内系統混雑を考慮した停電量の算定を行っていた。
- こうした海外事例も参考に、日本の供給信頼度評価手法について検討を進める。

海外の供給信頼度評価手法および評価ツール

	日本	PJM (アメリカ)	CAISO (アメリカ)	AEMO (オーストラリア)	ENTSO-E (ヨーロッパ)
評価指標	EUE※1	LOLE※2	MUCM※3	EUE※1	LOLE※2・EUE※1 (国による)
評価ツール	必要予備力 算定ツール	PRISM	PLEXOS	PLEXOS	PLEXOS・BID3 など
評価期間	年間8760時間 (1時間単位)	年間8760時間 (各週の最大時)	夏季4か月 (1時間単位)	年間8760時間 (30分単位)	年間8760時間 (1時間単位)
地内系統混雑の 考慮の有無	未考慮	未考慮	未考慮	考慮	考慮

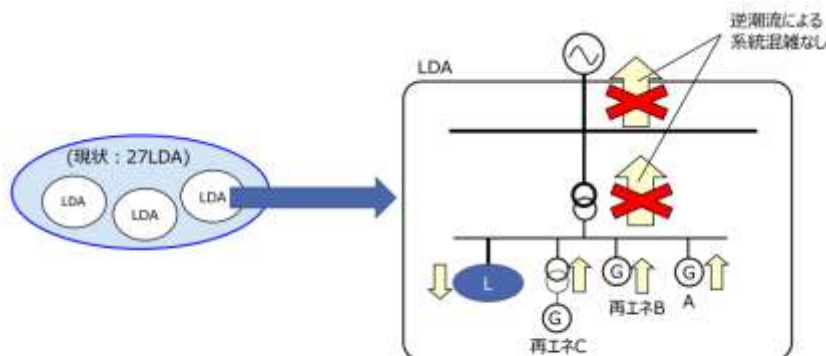
※1 Expected Unserved Energy : 1年間の供給力不足量の平均値
※2 Loss of Load Expectation : 1年間の供給力不足時間の平均値
※3 Minimum Unloaded Capacity Margin : 最小予備力に相当

- PJMでは、現時点では再エネなどの逆潮流による系統混雑は顕在化しておらず、**地内系統混雑を考慮した供給信頼度評価は実施していない。**
- 供給エリアの中で、受電方向の系統制約が懸念される系統をLDA (Location Deliverability Area) と呼称し、LDA内の供給信頼度基準を満足するために必要な受電量が受電可能量以内であることを確認している。
- 系統モデルとしては、ゾーナルモデルに相当する。

①再エネの逆潮流を考慮した供給信頼度評価に関する調査 調査結果

5

- PJMでは、今後再エネの普及が大幅に増加する懸念があるものの、**現時点で再エネの逆潮流による系統混雑が顕在化していないため、逆潮流を考慮した供給信頼度評価を実施していないことを確認。**



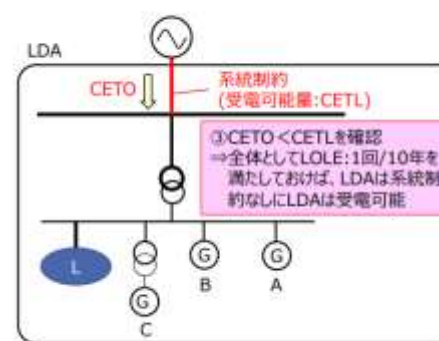
②PJMにおける供給信頼度評価に関する調査 B LDAにおけるCETO調査

9

- 各ゾーンにおける受電方向の系統制約によらず信頼度を満たすことを以下の手順で確認している。
 - ①PJM領域全体で、信頼度基準(LOLE:1回/10年)を満たす必要供給力を確保
 - ②系統制約(受電)に懸念があるエリアをLDAに設定し、LDA内の需要と供給力から求めた停電確率をLOLE:1回/25年にするために必要な融通量をCETOとして設定
 - ③連系設備の受電可能量CETLよりもCETOが小さいことを確認することで、系統制約による融通制約は、1回/10年よりも十分に小さい確率でしか発生せず、LDAは系統制約なしに受電可能としている。

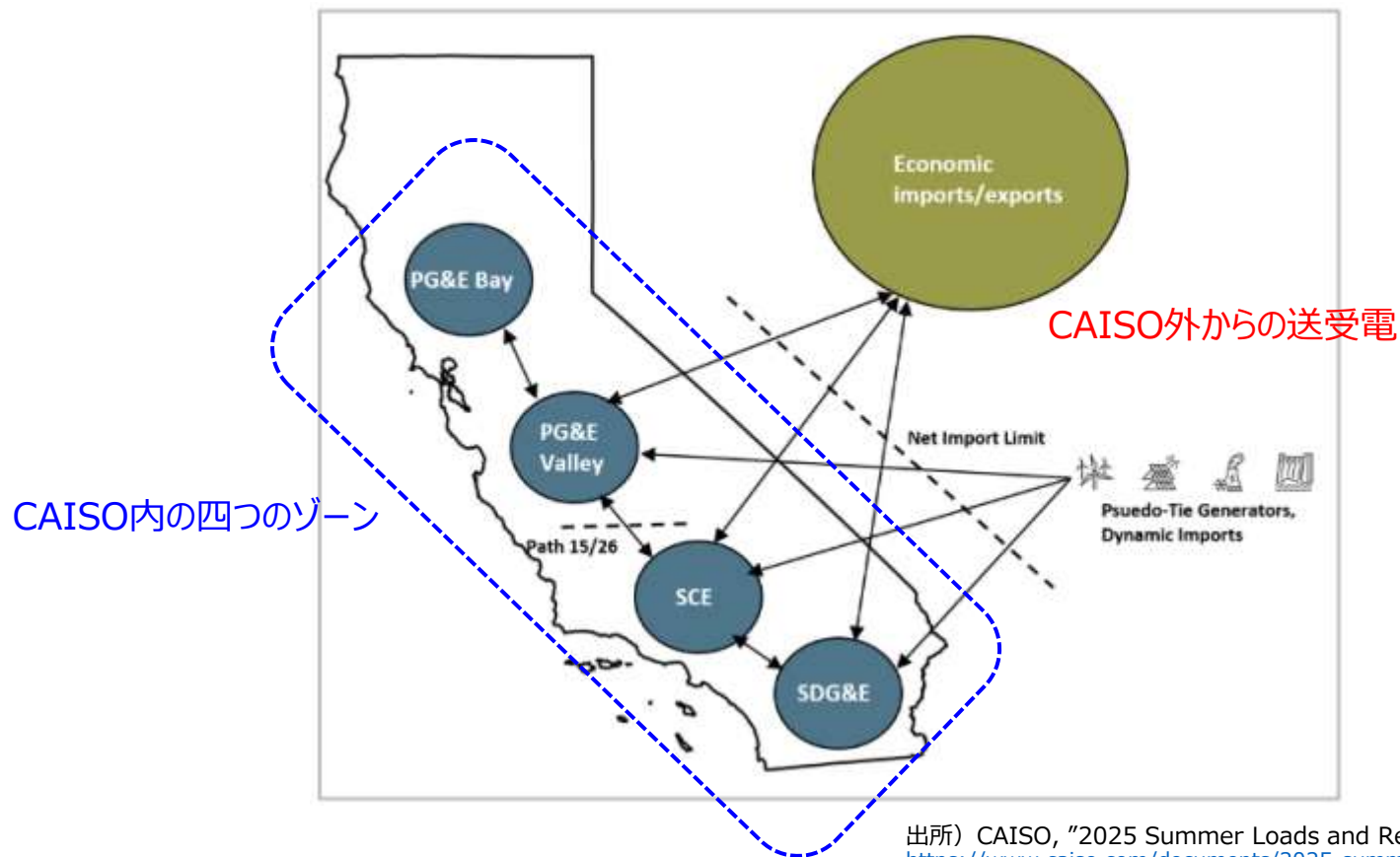
※ CETO > CETLとなる場合、容量市場オークションを別途開催、または、送電線増強の対象となる。
また、他地域から当該LDAに送電可能であることもRTEPと呼ばれる送電線の増強可否調査の中で確認される。

①PJM 領域全体(LOLE:1回/10年の供給力を確保)



- CAISOでは、PG&E Bay、PG&E Valley、SCE、SDG&Eの四つのゾーンを模擬したうえで、CAISO外からの送受電を考慮したゾーナルモデルを採用している。
- 送電線制約としては、ゾーン間およびCAISO外との送電線の運用容量のみを考慮しており、**ゾーン内は制約がないことを前提とした評価を行っている。**

CAISOの供給信頼度評価における系統モデル



- AEMOでは、東部系統であるNEM (National Electricity Market) において、今後10年間の供給信頼度見通しをまとめたESOO (Electricity Statement of Opportunities、日本の供給計画に相当) を作成する際、**地内送電線の制約を考慮した供給信頼度評価を実施している。**
- 系統モデルとしては、**五つの各ゾーンにおいて送電線潮流に関する制約式を設定したモデルを採用している。**

AEMOが運営する電力市場

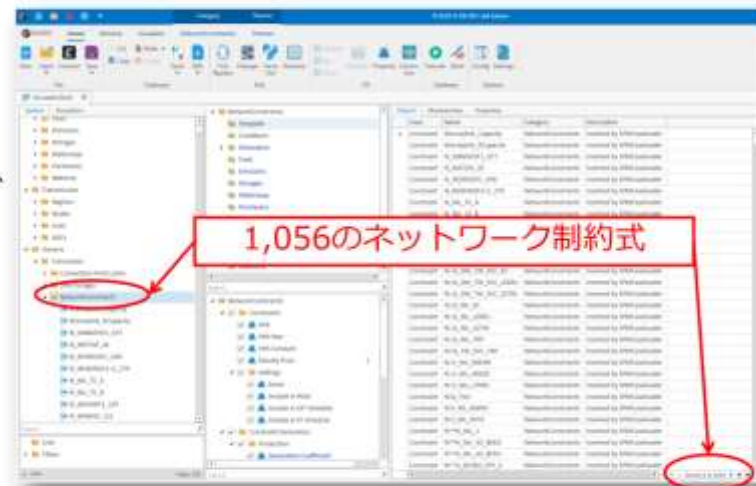


出典: AEMO. NEM. [ESOO Update Infographic 1](#). April 2022.

ESOOに関するネットワーク制約

- ・ AEMOはESOOでモデル化された各シナリオに対してネットワーク制約のセットを用意する。これには、AEMOマーケット管理システム (MMS: Market Management System) から抽出された制約、シナリオに対するネットワークの増強、新しい電源容量の影響やその他系統の運用条件の仮定を考慮した調整が含まれる可能性がある。
 - － 一般に含まれる制約方程式には、熱容量、電圧安定性、過渡安定性、動揺安定性、および周波数変化率 (ROCOF: Rate of Change of Frequency) の制約がある。
 - － ネットワークに影響の与えるプロジェクトがある場合、電力潮流を制御するネットワーク制約式が修正される。

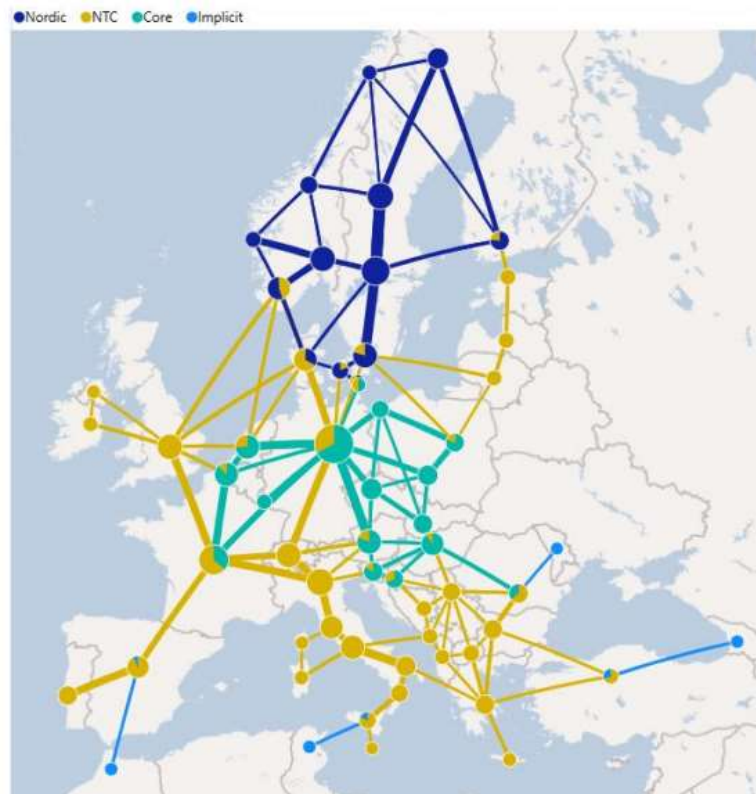
出典: AEMO. NEM. ESOO and Reliability Forecast Methodology Document. August 2023.



出典: Screenshot from AEMO's [2023 NEM ESOO Model](#).

- ENTSO-Eでは、35の地域の区分に基づきゾーン分割したモデルを採用している。ゾーン間の送電線制約に加え、ゾーン内の系統構成を考慮したモデルである。
- ゾーン内の地内送電線の潮流は、個別の発電機出力とPTDFを用いた制約方程式により算出される。

ヨーロッパの系統モデル



1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- 必要予備力算定ツールにおいて個別の電源の出力配分を模擬するためには、ツールの抜本的な改修が必要となり、工期などの面で課題がある。そのため、海外の供給信頼度評価の事例を参考に、地内系統混雑の影響を考慮可能な評価ツールの調査を実施した。
- このうち、オーストラリアやアメリカで採用されている**PLEXOS**は、地内系統混雑を模擬可能な評価ツールであることを確認している。また、PLEXOSを外部のプログラムと組み合わせることで、容量市場における目標調達量の算出で用いる必要供給力の算定が可能であることが判明している。
- そこで当機関は、日本における系統混雑影響を考慮した供給信頼度評価手法の確立に向けて、PLEXOSを活用した供給信頼度評価モデルについて検討を進めている。今回はその概要についてご報告する。

各国で採用されている評価ツールの特徴

	必要予備力 算定ツール	PLEXOS	PRISM	BID3	ANTARES
採用エリア (例)	日本	オーストラリア CAISO	PJM	イギリス ノルウェー	フランス ドイツ
開発元	電力中央 研究所	Energy Exemplar社	PJM	AFRY	RTE
系統混雑模擬 の可否	×	○	×	○	○
必要供給力の 算定可否	○	○	(不明)	(不明)	(不明)

- PLEXOSはオーストラリアのEnergy Exemplar社が開発した総合エネルギーシステム解析用プログラムである。
- PLEXOSでは、実需給断面レベルから中長期の計画レベルまでの幅広い時間レンジを対象としており、供給信頼度評価だけでなく電力・ガスのコスト面を含めた投資・運用計画の検討も可能である。
- 系統モデルはノード・ブランチにより柔軟に作成可能である。

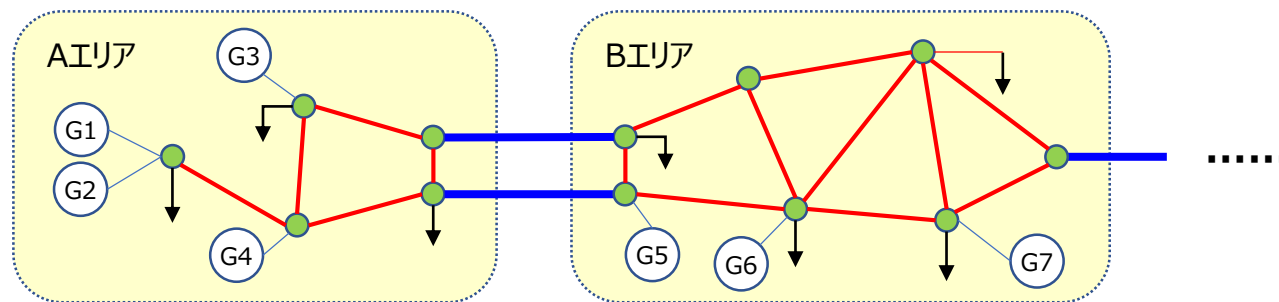


1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

■ PLEXOSにおける地内系統混雑の模擬方法は、大きく分けて2通りある。

- **ノード・ブランチモデル**：エリア内の電気所や送電線をノード・ブランチで明示的に模擬したモデル
- **PTDFモデル**：エリアを一つの代表ノードで模擬し、地内系統の混雑状況をPTDF行列に基づいた制約方程式により考慮するモデル

ノード・ブランチモデル



PTDFモデル



地内送電線の潮流を
PTDFに基づき計算

<制約方程式>

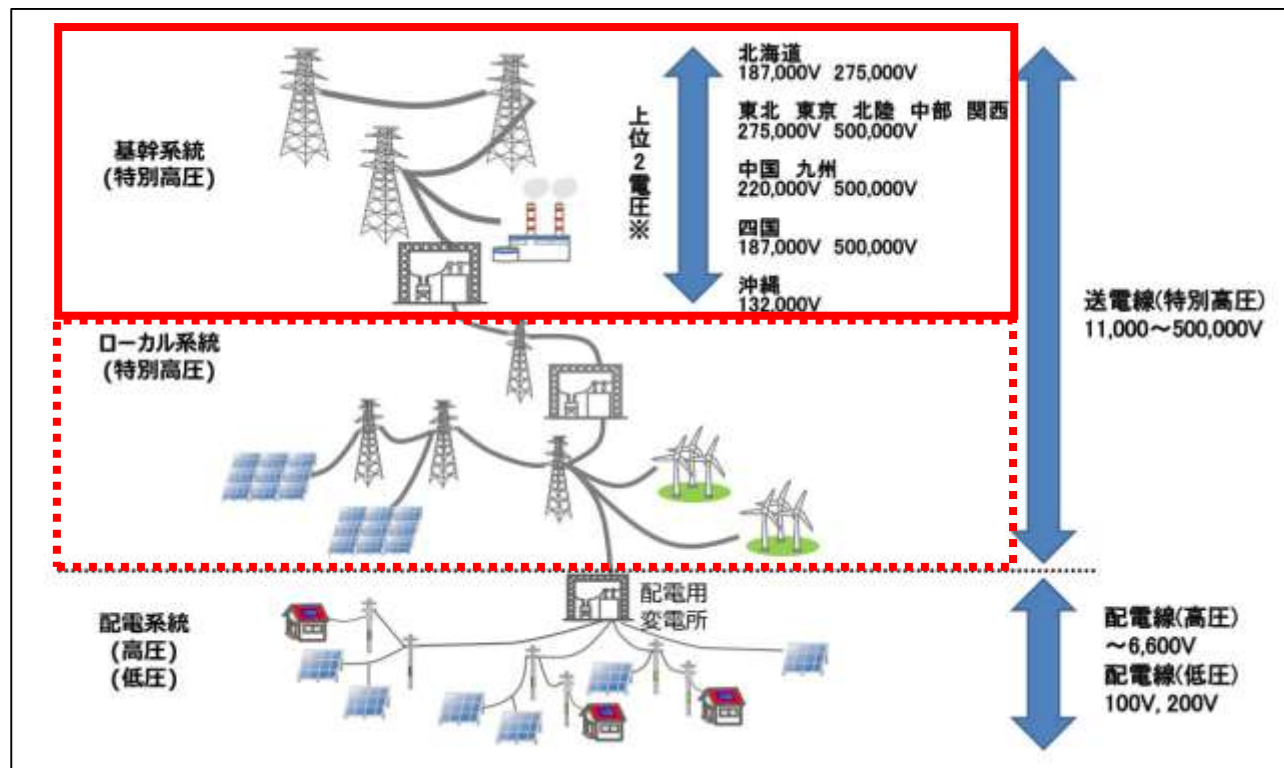
$$\begin{cases} P_{\text{送電線1}} = a_1 * P_{G1} + b_1 * P_{G2} + \dots \\ P_{\text{送電線2}} = a_2 * P_{G1} + b_2 * P_{G2} + \dots \\ \dots \end{cases}$$

- 検証として、サンプル系統における地内送電線の潮流に関して、①ノード・ブランチモデルで計算した値と、②PTDFモデルにおける制約方程式で計算した値の比較を行った。
- その結果、両モデルの算出結果は完全に一致しており、いずれのモデルを用いた場合でも、地内送電線潮流を正しく模擬できることが確認できた。

両モデルにおける地内送電線潮流



- 系統モデルの構築にあたっては、可能であればすべての電力設備を模擬することが理想ではあるものの、現実的には計算時間の増加などの問題もあるため、どの電圧階級までを模擬対象とするかが検討課題である。
- この点、供給信頼度への影響が大きい大規模電源は基幹系統（各エリアの上位2電圧）に多く連系していることを踏まえ、**まずは基幹系統までを模擬対象とする**ことで検討を進める。
- ただし、地内系統混雑は一部のローカル系統においても発生が懸念されているため、それらの地内系統混雑が供給信頼度に与える影響と計算時間の増加を加味したうえで、下位系統の模擬要否についても検討する。



1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- 現行の必要予備力算定ツールは、供給計画取りまとめにおけるEUE評価（停電量の算出）や容量市場の目標調達量の算定（必要供給力の算出）など、さまざまな業務に用いられている。
- 必要予備力算定ツールには2種類の計算モードが具備されており、計算目的（算出する諸量）に応じてそれぞれのモードを使い分けている。
 - **指標値計算モード**：与えられた供給力のもとで発生する**停電量（EUE）を算定**するためのモード
 - **収束計算モード**：指定された信頼度基準（すなわち目標停電量）を満たすような**必要供給力を算定**するため、繰り返し計算を行うモード
- このため、PLEXOSを日本の供給信頼度評価で用いるためには、これら2種類の計算が実現可能かを評価する必要がある。

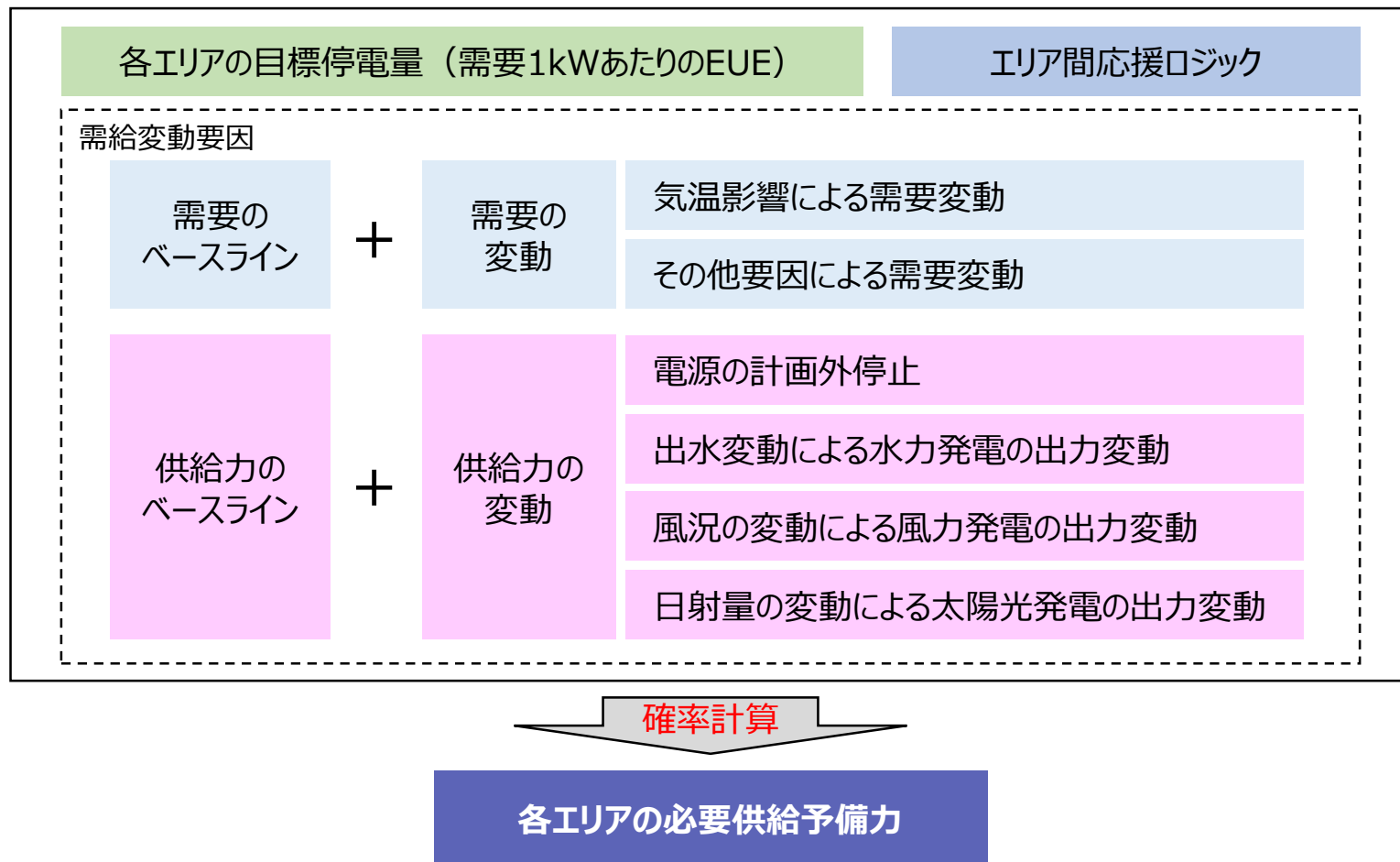
	指標値計算モード	収束計算モード
概要	与えられた 供給力 のもとで発生する 停電量（EUE） を算定する	指定された 目標停電量 を満たすような 必要な供給力 を算定する。
入力データ	供給力	停電量（EUE）
出力データ	停電量（EUE）	供給力
用途	・ 供給計画取りまとめのEUE評価 ・ 容量市場の約定処理	・ 容量市場の目標調達量 ・ 調整係数

1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

① 停電量の算定（指標値計算）における課題 需要・供給力データの模擬方法

30

- 指標値計算に関して、与えられた供給力における停電量の算定自体はPLEXOSの標準機能で可能である。
- 他方、需要や供給力などについて、必要予備力算定ツールと同様の模擬が可能かという点が課題となるか。評価ツールが異なれば算定結果が異なることは当然であるものの、可能な限りツール移行時の影響を抑えるため、既存ツールと同様の算定結果が得られるよう、モデルの検討を進めていく必要がある。

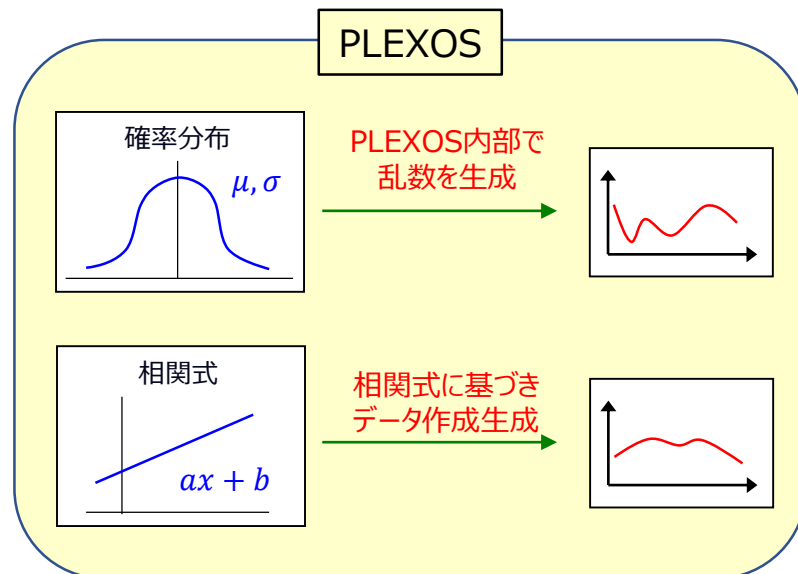


① 停電量の算定（指標値計算）における課題 PLEXOSにおける確率計算の模擬方法

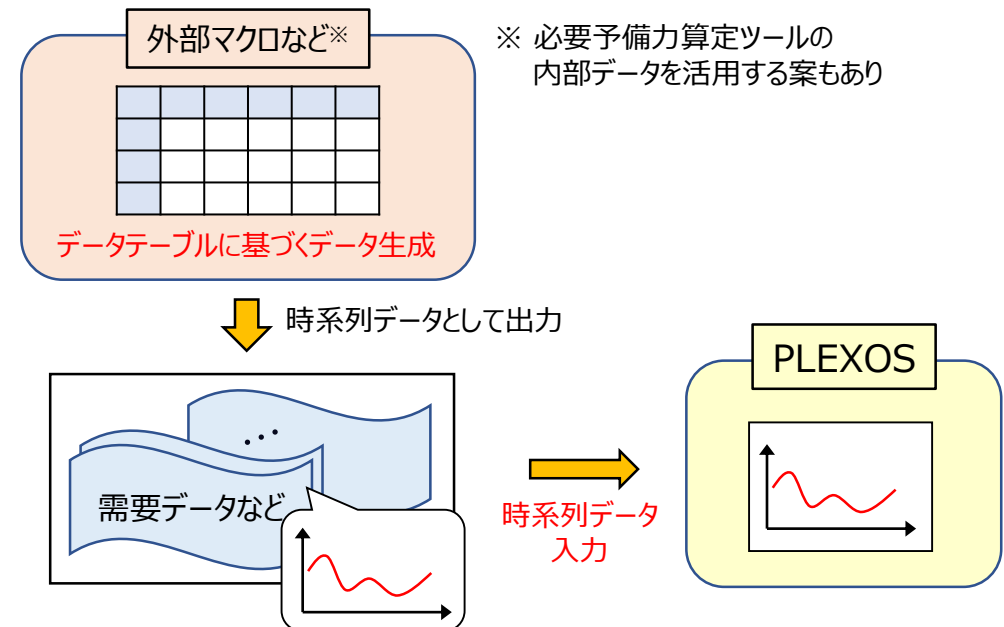
31

- 需要や供給力の模擬に関して、PLEXOSでは以下のような確率的なデータ模擬が可能である。
 - 一般的な確率分布（正規分布や二項分布）に基づく乱数生成
 - 相関式に基づくデータ作成
- 一方で、データテーブルから特定の規則に基づき確率的に選択する、といった複雑なデータ作成については、標準機能で模擬することが困難である。この場合、PLEXOSの外部でデータテーブルに基づきデータを作成し、それを時系列データ（csvデータ）としてPLEXOSに読み込ませて対応する方法が考えられる。
- ただし、こうした時系列データ入力による模擬方法では、データ容量の増大が懸念されるため、PLEXOSの標準機能による模擬が可能かどうかについても、継続して検討する。

PLEXOS標準機能による模擬



時系列データ入力による模擬

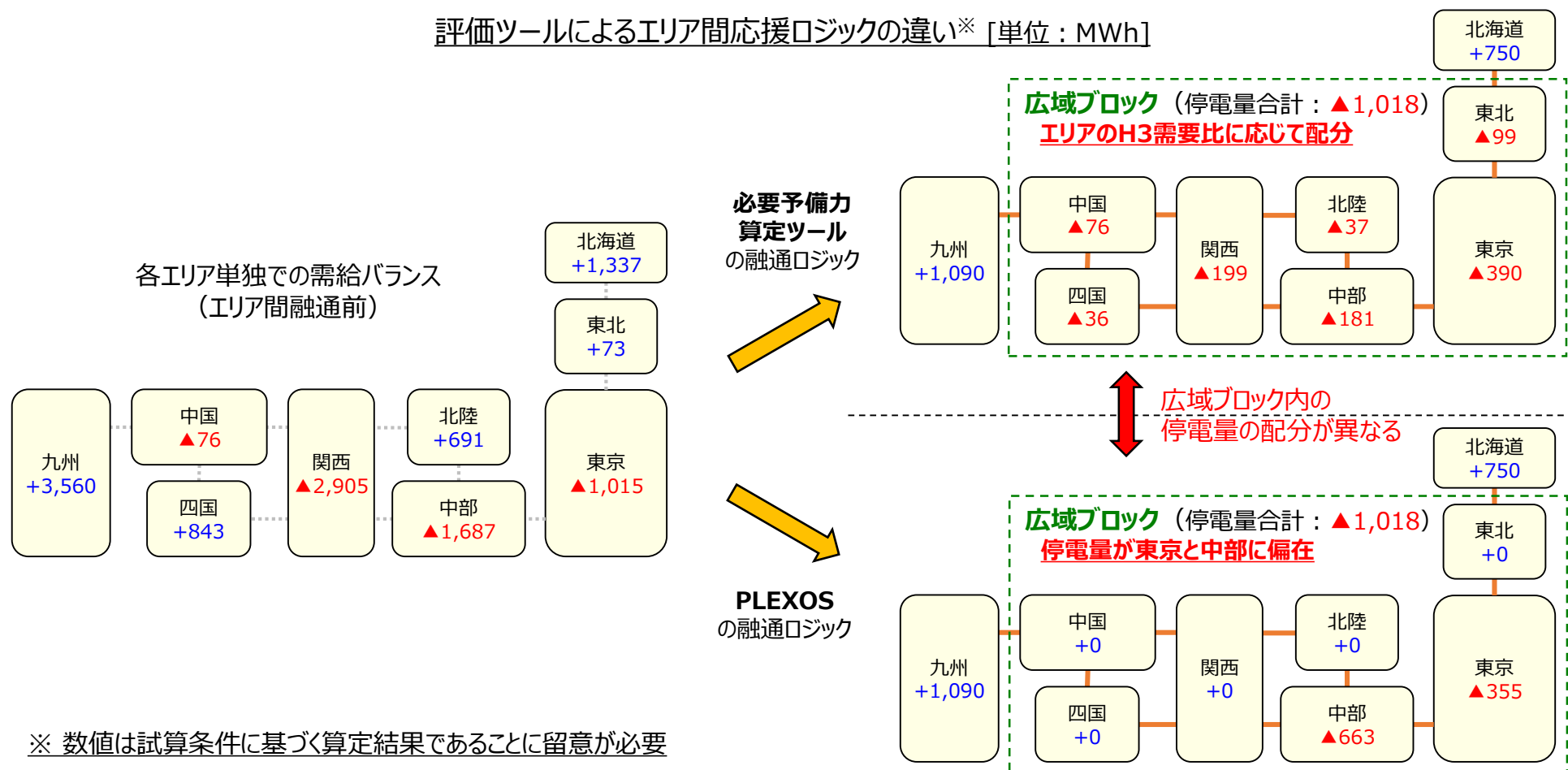


① 停電量の算定（指標値計算）における課題 PLEXOSモデルの検討状況：エリア間応援ロジック

32

- 現在検討中の課題の一つに、エリア間応援ロジックの模擬がある。必要予備力算定ツールでは、発生した停電量を広域ブロック単位でH3需要比に応じて配分するロジック（全エリア不足率一定ロジック）を採用している。
- 他方、PLEXOSでは、各エリアの余力の範囲で融通するロジックが標準であるため、全エリア不足率一定ロジックを模擬するためには複雑な条件設定が必要である。この点については引き続き検討していく。

評価ツールによるエリア間応援ロジックの違い※ [単位：MWh]



- 2 個別課題への対応 (2)確率変動のエリア間の相関に関するロジックの見直し 19

※需要の大きさと気温のばらつきを考慮し、エリア毎に需要上位1日から需要最下位までを複数ブロックに分割

・北海道の30カ年分の需要上位1〜3日の需要変動量からランダムに1つを抽出し、他エリアも北海道と同一年月日の需要変動量を抽出して、エリア間の相関を考慮した需要変動量として設定

(單位: °C, MW/°C, MW)

出所) 第25回調整力及び需給バランス評価等に関する委員会(2018年3月5日)資料4をもとに作成
https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/2017/files/chousei_jukyu_25_04.pdf

- 太陽光および風力の出力変動に関しては、日射量と気温の相関関係などを踏まえ、過去実績データに基づき作成した需要との相関式を用いて設定している。
- PLEXOSにおいても、需要との相関式を用いた太陽光・風力の出力変動の模擬が可能であることを確認している。

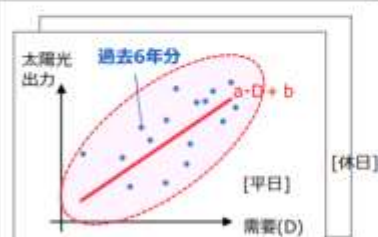
1 課題の検討状況

(2) 再エネ供給力(kW価値)評価（太陽光出力、風力出力と需要の相関の反映）²⁵

- 太陽光出力及び風力出力と需要の相関を反映した諸元作成方法を以下に示す。
- 太陽光出力及び風力出力(P)と需要の実績(D)から作成した近似式($a \cdot D + b$)と、近似式から算出される理論値と発電実績との差の分布(標準偏差 $\sigma_{\text{誤差}}$)をもとに需要に対する太陽光出力及び風力出力を算出する。
(需要変動データ($\sigma_{\text{その他}}$)の作成方法と同様)

$$\text{太陽光出力} : P = (a \cdot D + b) + \sigma_{\text{誤差}}$$

① 太陽光出力-需要相関(近似値の作成)



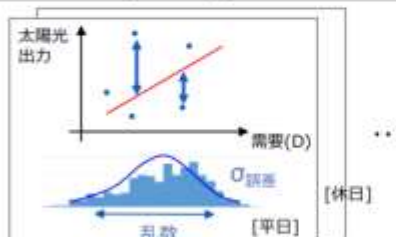
(イメージ) 4月1時

3月24時

$$P = (a \cdot D + b) + \sigma_{\text{誤差}}$$

- ① 至近6年分実績を元に相関を作成
※ 各月各時の平・休日を作成

② 近似値(理論値)と実績の標準偏差(変動量の作成)



(イメージ) 4月1時

3月24時

$$P = (a \cdot D + b) + \sigma_{\text{誤差}}$$

- ② 理論値と実績との差分の標準偏差を元に確率分布を作成
※ 各月各時の平・休日を作成

① 停電量の算定（指標値計算）における課題 指標値計算に関する検討課題のまとめ

- 以上を踏まえ、指標値計算の実現に向けて、下記の項目について検討を進めている。
- このうち、エリア間の応援ロジックが検討中のステータスであり、それ以外の需要や供給力については、PLEXOSの標準機能または後述する時系列データ（csvデータ）入力により模擬可能であることを確認した。
- 本検討の結果については、改めて報告する。

指標値計算に関する検討課題

検討項目		検討の方向性	現在の進捗
エリア間応援ロジック		全エリア不足率一定ロジックの実現	検討中
需要	需要のベースライン	過去の需要実績の平均とH3需要想定に基づく設定	△
	需要変動（気温影響）	エリア間の相関関係を考慮してランダムに決定	△
	需要変動（その他影響）	正規分布に基づく設定	○
供給	供給力のベースライン	各月・各エリア単位で供給力を設定	○
	電源の計画外停止	電源種別ごとの計画外停止率を用いた二項分布	○
	自流式水力の出力変動	過去30か年の月別出力率から選択	△
	風力の出力変動	需要との相関式に基づく設定	○
	太陽光の出力変動	需要との相関式に基づく設定	○
	揚水モデル	上池容量を考慮した揚水・発電	今後検討

○：PLEXOS標準機能で模擬可能、△：時系列データ入力で模擬可能（PLEXOS標準機能による模擬も継続して検討）

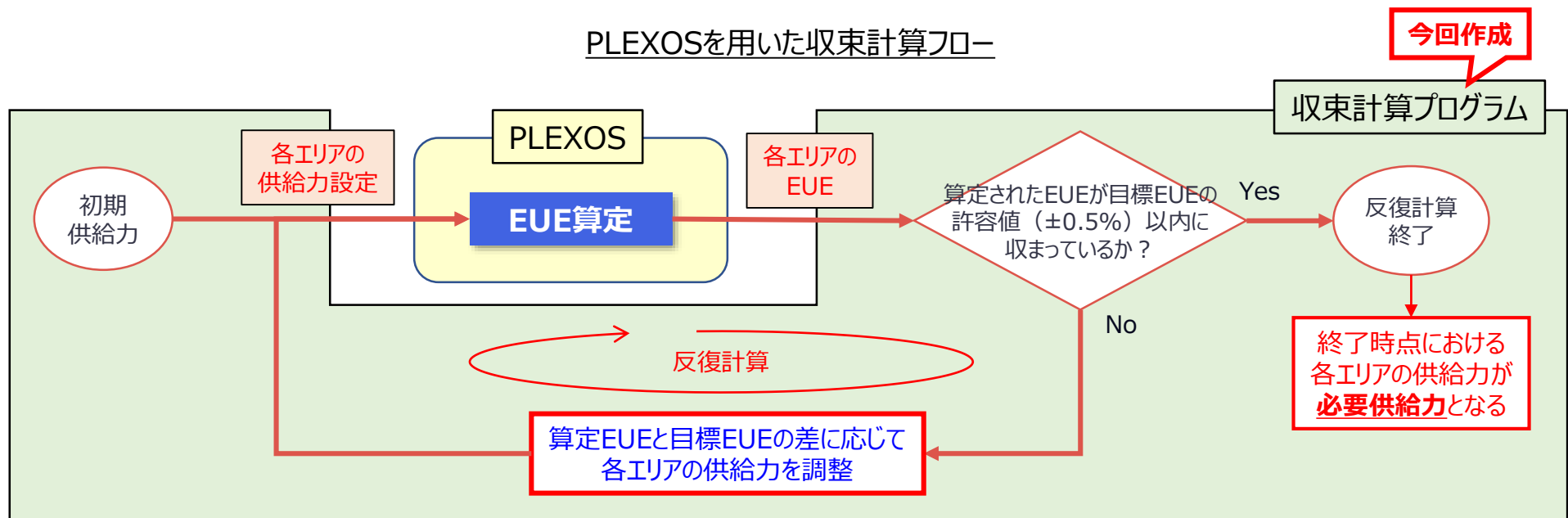
1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

② 必要供給力の算定（収束計算）における課題 PLEXOSを用いた収束計算フロー

37

- 収束計算の機能はPLEXOSには実装されていない。しかし、**PLEXOSと外部プログラム（Pythonプログラム）を連携させることで、入力データの変更や計算開始命令などを自動的に繰り返し実行することが可能**である。
- そこで、下図のように、PLEXOSで算定した各エリアのEUEに応じて各エリアの供給力を調整し、再度EUE算定を実行するようなプログラムを実装する。算定されたEUEが目標EUEの許容値以内となるまで、この計算を繰り返すことで、目標EUEを満たす必要供給力を得ることが可能である。
- 今回、収束計算を実行するためのPythonプログラム（以下、収束計算プログラム）を作成して試算を行ったため、その結果について報告する。

PLEXOSを用いた収束計算フロー



② 必要供給力の算定（収束計算）における課題 収束計算の試算結果（1 / 2）

38

- 下記の試算条件のもと、ある供給力（H3需要に対する予備率）の初期値から収束計算を開始した結果、すべてのエリアにおけるEUEが目標EUEを満足するような供給力を求めることができた。このように、**PLEXOSを用いた収束計算プログラムが想定どおり動作することが確認できた。**
- なお、今回の試算は収束計算プログラムの動作確認を目的としており、算定された必要供給力の定量的な妥当性や、地内系統混雑の影響評価は今後の課題である。

試算の条件

	設定値
計算対象期間	1か月間（通常は1年間）
試行回数	500回（通常は10,000回）
目標EUE	0.010 kWh/kW・月（本試算のための仮値）
地内系統混雑	未考慮（9エリアのゾーナルモデル）

初期供給力および停電量※

	全国
供給力 [MW]	173,735
供給予備率 [%]	9.7
EUE [kWh/kW・月]	0.005



反復計算：246回

最終的な供給力および停電量※

	全国
供給力 [MW]	171,433
供給予備率 [%]	8.2
EUE [kWh/kW・月]	0.010

収束完了

※ 数値は試算条件に基づく算定結果であることに留意が必要

② 必要供給力の算定（収束計算）における課題 収束計算の試算結果（2 / 2）

39

- 他方、計算時間については、下表のとおり、現行の必要予備力算定ツールに比べて大幅に増加している※¹。反復回数が増加していることに加え、1回あたりの平均計算時間が長時間化していることが主な要因である。
- 現状の必要予備力算定ツールを用いた供給信頼度評価においても、計算時間の長時間化※²は課題となっている。加えて様々な前提条件のもとで多数のケースの計算が必要であることを踏まえると、実業務がワークするかという観点からも、PLEXOSによる収束計算の評価を行う必要があるか。
- 以上のように、**PLEXOSによる収束計算は、計算時間の観点で課題があることが明らかになった**。この点を踏まえ、計算時間の削減に向けた検討は引き続き進めていく。

収束計算の試算に要した反復回数および計算時間※¹

		PLEXOS	（参考）必要予備力算定ツール
計算条件	計算対象期間	1か月間（通常は1年間）	
	試行回数	500回（通常の計算では10,000回）	
	目標EUE	0.010 kWh/kW・月（本試算のための仮値）	
	地内系統混雑	未考慮（9エリアのゾーナルモデル）	
計算結果	反復回数	246回	83回
	計算時間	9時間55分	2分32秒※ ²

※¹ 数値は試算条件に基づく算定結果であることに留意が必要

※² 通常の計算条件（1年間、試行回数10,000回）であれば、収束完了までに数時間かかる場合もある

- PLEXOSと必要予備力算定ツールで収束計算時間が大きく異なる理由として、下記のような要因が考えられる。

【収束計算ロジックの違い】

- 必要予備力算定ツールには、収束計算ロジックにおいて計算時間を短縮するための工夫がなされている。
 - 試行回数を段階的に変化させ（例：1,000回→5,000回→10,000回）、近似解から真の解を求めに行くことで、全体的な計算時間の短縮を図っている。
 - 局所解に陥った場合に、解を大きく更新して局所解から抜け出すことで、反復回数の低減を図っている。
- 本試算で用いた収束計算スクリプトにおいて、上記の工夫は未実装であった。本ロジックの実現により計算時間を短縮できる可能性があるため、引き続き収束計算ロジックの改良を進めていく。

【外部プログラムとのデータ受け渡し】

- 必要予備力算定ツールは標準機能で収束計算が可能である（プログラム内部で計算が完結している）一方、PLEXOSによる収束計算では外部プログラムとのデータ受け渡し（ファイルの読込・書出）が必要であり、この点も計算時間増加の一因であると考えられる。
- この対応策として、外部プログラムのデータ授受に関する計算ロジックを改良・最適化することで、計算時間の改善を図ることとする。

- また、反復回数の差だけでなく、1反復あたりの平均計算時間についても差が生じている。この理由として、両ツールが計算対象としている諸量（データ）の違いが挙げられる。
- PLEXOSは供給信頼度評価以外にも活用可能な汎用ツールであるため、燃料の消費量やCO₂排出量といった様々な諸量（データ）を計算可能な仕様となっており、その分計算時間が増加する傾向にあると考えられる。
- 一方、必要予備力算定ツールは日本の供給信頼度評価を目的に設計された評価ツールであり、EUEの算出に特化した計算機能を有している。加えて、収束計算モードを標準機能として具備しているため、繰り返し計算を前提とした反復計算に最適化されたロジックを有しており、収束計算時間の低減が可能となっている。
- こうしたプログラムの仕様の違いも踏まえつつ、PLEXOSによる収束計算時間の短縮化の検討を進める。

1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- これまでの検討結果を踏まえると、**PLEXOSによる評価ツールの完全移行は現時点では不透明であるため、モデルの構築に加えて、その活用方法についても引き続き検討が必要である。**
- 例えば、指標値計算で行う業務はPLEXOSによる地内系統混雑を考慮したモデルを活用し、それ以外の収束計算が必要な業務は従来どおり必要予備力算定ツールを使う、といった評価ツールを併用する案も考えられるか。
- また別案として、現状の必要予備力算定ツールの抜本的改修への着手や、地内系統混雑を考慮可能な供給信頼度評価ツールの新規開発といった対応も考えられるか。
- こうした案も含め、今後幅広く検討を行っていく。

PLEXOSと必要予備力算定ツールの併用案

	指標値計算モード	収束計算モード
概要	与えられた供給力のもとで発生する停電量（EUE）を算定する	指定された目標停電量を満たすために必要な供給力を算定する。
用途	- 供給計画取りまとめのEUE評価 - 容量市場の約定処理	- 容量市場の目標調達量 - 調整係数

PLEXOSを活用
(地内系統混雑の考慮あり)

必要予備力算定ツールを活用
(地内系統混雑の考慮なし)

1. これまでの取り組み
2. 海外における供給信頼度評価の例
3. PLEXOSを用いた供給信頼度評価モデルの検討
 - (1) 地内系統混雑の模擬
 - (2) 供給信頼度評価ツールとしての活用
 - ① 停電量の算定における課題
 - ② 必要供給力の算定における課題
 - ③ 今後の検討の方向性
4. まとめ

- 今回、供給信頼度評価に関する課題として、評価ツールPLEXOSによる地内系統混雑影響を考慮した供給信頼度評価モデルの検討について、下記のとおり進捗報告を行った。
 - EUE算定で用いる指標値計算については、PLEXOSの標準機能で対応可能。ただし、需要・供給力の模擬方法や系統モデルの模擬対象とする電圧階級などについて、検討する必要がある。
 - 必要供給力の算定で用いる収束計算については、計算時間の面で課題があるため、計算時間短縮のための検討が必要である。
- また、こうした供給信頼度評価モデルの構築と並行して、地内系統混雑が進展した場合における供給信頼度確保の仕組みについても検討を進める必要がある。
- この点に関して、海外事例も参考にしつつ、関連する電力制度の全体的な制度設計を考慮し、国や関係各所と連携しながら検討することとしたい。

- 参考として、海外における供給信頼度評価および容量メカニズムについて、地内系統混雑の考慮の有無という観点から下表のとおり整理した。
- その結果、中長期の供給信頼度評価において地内系統混雑を考慮しているオーストラリアやイギリスに関しても、容量メカニズムにおいては地内系統混雑を考慮した仕組みとなっていなかった。すなわち、日本における指標値計算でのみ地内系統混雑を考慮していると考えられる。
- このように、**海外において容量メカニズムで地内系統混雑を考慮している事例は、現時点では確認できていない。**

日本および海外の供給信頼度評価および容量メカニズム

		日本	PJM (アメリカ)	CAISO (アメリカ)	AEMO (オーストラリア)	National Grid (イギリス)
供給 信頼度 評価	評価ツール	必要予備力 算定ツール	PRISM	PLEXOS	PLEXOS	PLEXOS・BID3 など
	地内系統混雑 の考慮	未考慮 (ゾーンのみ)	未考慮 (ゾーンのみ)	未考慮 (ゾーンのみ)	考慮 (ゾーン+制約式)	考慮 (ゾーン+制約式)
容量 メカニズム	導入済みの 制度	容量市場（集中型） 長期脱炭素電源AX 予備電源	容量市場（集中型）	容量市場（分散型）	容量確保義務 戦略的予備力 容量市場（集中型）※	容量市場（集中型）
	地内系統混雑 の考慮	未考慮	未考慮	未考慮	未考慮	未考慮

※ NEMで実施されている容量市場：Capacity Investment Scheme（CIS）は、再エネ電源や蓄電池などを対象としており、日本の容量市場とは目的や仕組みが異なる。