

マスタープラン検討に係る中間整理について

2021年 5月20日
広域連系系統のマスタープラン及び
系統利用ルールの在り方等に関する検討委員会事務局

	2020年度									2021年度	
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	詳細検討	
本委員会 開催予定		第1回 ◆	第2回 ◆	第3回 ◆	第4回 ◆	第5回 ◆	第6回 ◆	第7回 ◆	第8回 ◆	第9回 ◆	第10回 ◆
項目			時期	主な内容							
検討の進め方			第1回	➤ 1次案のとりまとめに向けた検討の進め方							
1. 広域系統整備の長期展望 (設備形成ルールと1次評価 に基づく増強系統)			第2回	➤ 費用便益評価に基づく設備形成ルール(混雑を前提とした設備形成) ➤ 供計第10年度のシミュレーション結果(地内系統含む)							
			第3回	➤ 個別の地内混雑系統の取扱い							
			第4回	➤ アデカシー面の便益推定手法について							
			第6回	➤ 1次案の策定に向けて							
			第8回	➤ 1次案とりまとめの方向性について							
			第9回	➤ マスタープランに関する議論の中間整理について (連系線を中心とした増強の可能性)							
2. 混雑管理の在り方			第3回	➤ 混雑管理勉強会での議論状況(中間報告①)							
			第5回	➤ 混雑管理勉強会の成果(中間報告②)							
			第7回	➤ 混雑管理勉強会の成果(最終報告)							
3. 高経年設備の更新の在り方			第2回	➤ ガイドラインの全体概要、記載事項の方向性							
			第5回	➤ 高経年化設備のリスク量算定方法等、ガイドラインの記載内容							
			第7回	➤ ガイドライン一次案の提示等							
中間整理とりまとめ			第10回	➤ マスタープラン検討に係る中間整理について👉(今回)							

- 第9回委員会では、複数シナリオにおける望ましい増強案とその感度分析について報告を行い、今後の検討に向けた検討課題や電力ネットワークの視点から国の政策へフィードバックする内容に関するご意見を頂いた。
- 上記結果を踏まえて、「マスタープラン検討に係る中間整理（案）」をとりまとめたので、本日は本内容についてご審議頂きたい。

○ マスタープラン検討に係る中間整理（案）

1. マスタープランについて
2. 費用便益評価手法
3. 複数シナリオによる分析
 - 3-1 検討シナリオとシミュレーションの前提条件
 - 3-2 系統増強の考え方
 - 3-3 各地域の増強案検討
 - 3-4 シナリオ毎の増強案
 - 3-5 感度分析
 - 3-6 まとめ
4. 今後の検討課題と進め方

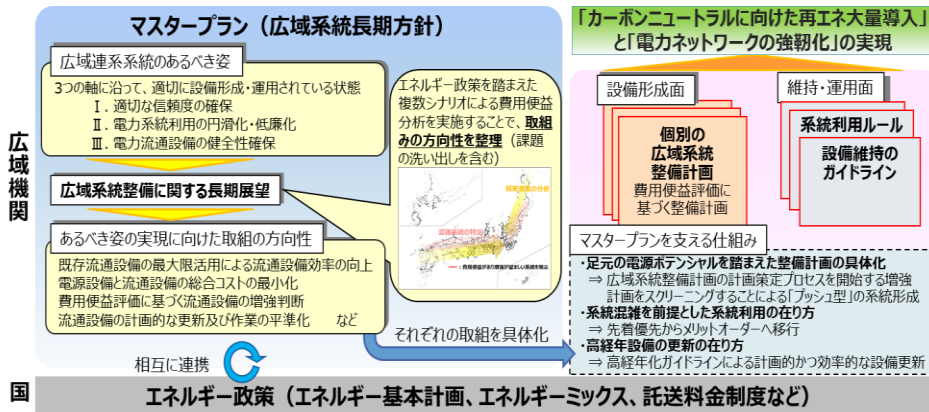
マスタープランの中間整理（概要）

4

中間整理の位置づけ：これまでの議論に基づき、将来の不確実性を分析するために設定した複数シナリオによる分析結果と、その結果から導かれる第1次の系統増強案をとりまとめたもの。エネルギー政策に対し電力ネットワーク面での分析をフィードバックするものであり、最終的な系統増強の結論ではないことに留意が必要。

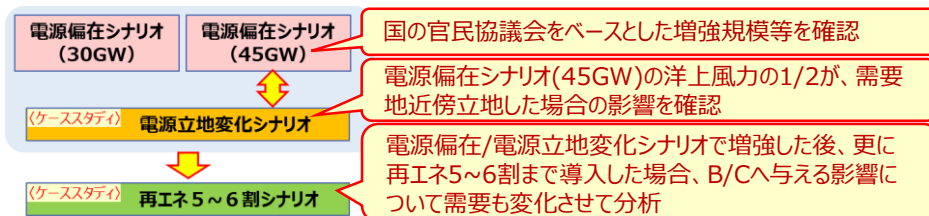
1. マスタープランの目的

マスタープランは、個別の系統整備計画を検討する際の考え方を示す長期方針であり本方針に基づく取組を具体化させることで、「カーボンニュートラルに向けた再エネ大量導入」と「電力ネットワークの強靱化」の実現を目指す。



2. 広域系統整備に関する長期展望の分析（取組の方向性を整理）

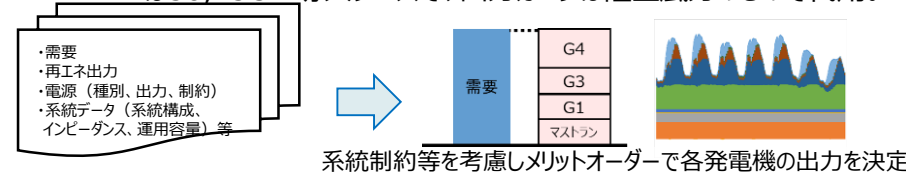
＜複数シナリオ＞「電源偏在シナリオ(2ケース)」と、ケーススタディ2シナリオで分析。



＜シミュレーションツール・前提条件＞

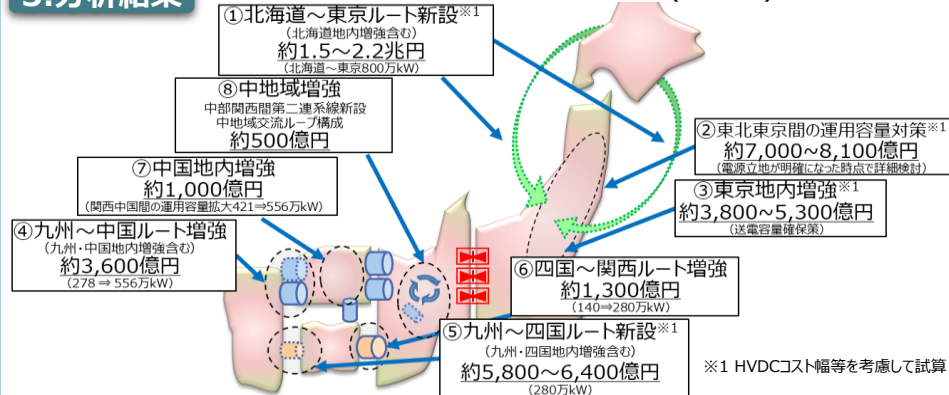
起動費を含む総コスト（燃料費+CO2対策コスト）が最小になる発電計画を作成するメリットオーダーシミュレーション。8,760時間の系統状況を想定。

需要：現行エネルギーミックスの需要に足下2019年度の実績を加味して算出。
電源構成：現行エネルギーミックス、供給計画のうち大きい方を設定。洋上風力は30,45GW導入ケースで、出力カーブは陸上風力のもので代用。



3. 分析結果

＜電源偏在シナリオ(45GW)の検討結果＞



- 電源偏在シナリオ(30GW, 45GW)は、国の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」の現実的なエリア別導入量に基づいて増強案を検討したもの。
- ケーススタディでは電源立地を既設備・需要に基づく設定としており、**実際は追加コスト等が発生する可能性がある。また再エネ5～6割シナリオでは再エネの余剰活用を含めた需要側対策も今後検討する必要がある。**

シナリオ	官民協議会ベース（電源ポテンシャル考慮）			
	電源偏在シナリオ (30GW)	電源偏在シナリオ (45GW)	電源立地変化シナリオ (45GW)	再エネ5～6割シナリオ
分析項目				
系統増強の投資額 (NW増強コスト)	約2.2～2.7兆円 (約0.2～0.26兆円/年)	約3.8～4.8兆円 (約0.36～0.45兆円/年)	約1.5～1.7兆円 (約0.13～0.16兆円/年)	約2.0～2.6兆円 (約0.19～0.24兆円/年)
再エネ出力制御率 (増強後、太陽光・風力)	約2%	約4%	約4%	約39% (需要側の対策が必要)
再エネ比率	37%	42%	42%	53%

注) 偏在する電源等を大消費地に送電するための連系線の増強コストのみを記載。また、調整力確保、慣性力・同期化力低下等の対策コストは含んでいない。HVDC送電の海底ケーブル工事は漁業補償費を含まず、水深等を考慮したルート変更によるコスト増の可能性あり。

4. 感度分析およびその結果から得られたエネルギー政策への示唆・課題

- ケーススタディの分析では、偏在電源の一部緩和により増強コストを抑制できるため**エネルギー政策面で電源立地誘導なども含めて検討が進むことが期待される。**
- 「再エネ5～6割シナリオ」の分析では、全国的に再エネ出力制御が発生し(増強後39%)、また電力需要をパラメータとした感度分析では、電力需要の増加により再エネの余剰電力が有効活用され、B/Cが向上するため、**水素転換や蓄電池を考慮したシナリオなどの検討も進めていく。**
- 系統増強のリードタイムも踏まえると、**早期に整備計画として進めていくべきもの**については、**増強案の具体化についても検討を進める。**

5. あるべき姿の実現に向けた取組の方向性

早期に整備計画として進めていくべき増強案を具体化するとともに、混雑を前提とした系統利用ルールや高経年設備更新に係るガイドラインの策定を進めていく。

(第9回マスプラ検討委員会でのご意見)

<需要側対策に関するご意見>

- ・系統の観点から見ても、水素や蓄電池といった需要側の対策が重要になると改めて明らかになったと思う。その意味でも今後具体的に国の方で検討していく中では、こういった検討は非常に重要なところである（市村委員）
- ・需要をどうシフトすればネットワークの増強を最小限にしながら最大の効果が得られるのかという検証は、この委員会でやる話かはわからないが、非常に重要になってくる（圓尾委員）
- ・全体のシステム構成の中で需要側の対策が重要であるという結果だと思うので、政策の議論へのインプットの観点からも優先順位を置いた検討をお願いしたい（高村委員）
- ・蓄電池やEV、水素活用といった需要側の努力が政策として進めていくことになると思うが、それをどれだけ入れることで、再エネ6割のときに抑制率が改善できるかわかるようなシミュレーションが可能であれば急いでいただければと思う（村上委員）
- ・需要側を含む徹底的な対策によって需要曲線を大きく変えることで、初めて系統側の設備増強が活きてくると認識した（増川オブザーバー）

<今後の整備計画に関するご意見>

- ・今度は具体的なエネルギー政策を実現していくための系統整備を進めていく段階に移らないといけない。その前にも判断のための検討も必要であると考え、さらなる今後のアクションに繋げていく検討の加速化をお願いしたい（高村委員）
- ・需要も含めた長期的な動向も踏まえて、過剰な投資が行われないように留意しながら増強判断を行っていくことが重要である（小野委員）
- ・中間整理が出た後で精緻な議論をして、具体的にどこを投資するのか、難しさ、悩ましさが増したということは、その重要性が増したということでもある（松村委員）
- ・全体としての検討を進めながら、北海道の風力を進めるために、まずは400万、200万のHVDCを早期に着手するようお願いしたい（祓川オブザーバー）

<コスト諸元に関するご意見>

- ・燃料感度分析であるが、WEOの最新の検討も踏まえていただいた。B/Cが1未満になる結果もあるので、増強案の結果が変わりうるものと思う。結果をミスリードしないように、ワーキング後の見直しの速やかな反映が必要（伊藤オブザーバー）

<再エネ導入シナリオに関するご意見>

- ・再エネ比率5～6割は唯一のシナリオではないとしても、おそらくメインシナリオだと思う ～中略～ ここが注目されることを考えると、**このブラッシュアップは今後の検討として不可欠**だと思う（松村委員）

<調整力、慣性力など系統安定化に関するご意見>

- ・**変動型の再エネ普及に伴い更なる調整力が必要**だとすると、そのためのコストは当然あるし、系統増強に従って調整力の広域調達が進むとか、あるいは**HVDCやFCが調整力の活用にも使える**という点もある（辻委員）
- ・これまでの設備形成においても、**需要上振れのリスクや、系統安定上のリスク**を考慮しており、その結果今の供給信頼度が実現されている。そういった点から、こういった変動電源に伴うリスクもこれから変動電源が主力化する中で大変重要な点である（永田委員）
- ・系統安定度維持のためには、送電線事故が発生した時点での、**自然変動電源に対する、適切な電源制限の対象と量を判断できるような技術的検討**が重要と考える（大久保オブザーバー）

<電源コストに関するご意見>

- ・燃料費全体も計算しているので、差分だけではなく絶対値の情報も載せてはどうかと思う。その結果需要と、割り振った電源の費用もわかる。そのために**導入される再エネの固定費を加えれば電源トータルのコストも推計できる**ので、絶対値としての総燃料費とCO2コストが一目で見てわかるように載せてもらえればと思う（岩船委員）
- ・留意事項に、「再エネ増加に伴う調整力確保、慣性力・同期化力低下等の対策コストは含んでいない」と記載があるが、**系統コストと電源コストの総和を最小にするという観点**から、中間整理の位置づけを国の審議会等にフィードバックする際には、この留意事項も併せて伝えてほしい（野口オブザーバー）

<国の議論との連携に関するご意見>

- ・国のところで2050年、2030年のエネルギーミックス、エネルギーの在り方を議論している最中の検討だと思う。前提条件はそれによって制限があるなかでの検討かと思うが、**2030年46%削減という話もあったが、前提条件については今後国の議論の進展を踏まえて**、検討を深めてほしい（高村委員）

<HVDCの技術面に関するご意見>

- ・直流多端子のHVDCについては、技術的には複数の交直変換器が一定の電力を作り出す定電力源として並列に接続されると、それらの相互作用によって直流の系統が不安定化して直流端子の電圧維持ができなくなることが懸念される。～中略～ 交流系統側の運用や制御にも何らかの制約を掛ける可能性もあるので、**技術的な検討を十分に行ったうえで、交流系統との連系を計画**すべき（北委員）
- ・技術検討・技術開発の要素がかなり出てくるので、洗い出しと着実な推進が必要（岡本オブザーバー）

<ロードマップに関するご意見>

- ・2050年まで30年もないところを、**動学的に、何年頃にこういう投資をしなければいけない**とか計算できるモデルにしなければいけない（藤井委員）
- ・**リアルオプション的に、段階的に設備を作る工夫が必要**だと思う。そういった検討を進めていただきたい ～中略～ おそらく400万kWとなると200万kW×2ということで、段階的にという話を先ほど申し上げたが、10年程度になるかと思う。どういう刻みで段階的に増やすかがポイントになる（岡本オブザーバー）

<プロジェクトに関するご意見>

- ・メーカーや研究機関、大学等とともに、高度な系統解析やエンジニアリング、建設工事、モノづくりなど**多様な人材の確保**が必要であり、そういった点もご配慮いただきたい。ビッグプロジェクトであると認識している。また、当然、それにともなって大きくなっていく投資を着実にこなしていく上での**資金調達の可能性**もある（岡本オブザーバー）

<情報公開に関するご意見>

- ・非常に色々な示唆が含まれた結果をお示しいただいた。より多くの方に深く理解してもらうことが望ましいと考える。こうした観点からご検討いただきたいが、**計算の条件をより細かく確認できるように何らかの方法で実現していただきたい**。（永田委員）
- ・、今回一定の制約条件の中での計算であるが、その計算条件や結果等について、できるだけ数値のデータを開示いただきたい。これは**エビデンスだけでなく、他の研究者からのインプットをもらう、あるいは新しいアイデアをもらう**点からも有用かと思う（高村委員）

マスタープラン検討に係る中間整理（案）から抜粋

中間整理の概要

(1) 分析結果まとめ

- 電源偏在シナリオ（30GW、45GW）は、国の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」で示された現実的なエリア別導入量に基づいて増強案を検討したもの。
- ケーススタディの2シナリオについては、電源立地を既設備・需要に基づく設定としており、**実際は追加コスト等が発生する可能性**がある。また、再エネ5～6割シナリオでは**再エネの余剰活用を含めた需要側対策も今後検討する必要がある**。

分析項目	官民協議会ベース（電源ポテンシャル考慮）		ケーススタディ	
	電源偏在シナリオ（30GW）	電源偏在シナリオ（45GW）	電源立地変化シナリオ（45GW）	再エネ5～6割シナリオ
系統増強の投資額※1 （NW増強コスト※2）	約2.2～2.7兆円 （約0.2～0.26兆円/年）	約3.8～4.8兆円 （約0.36～0.45兆円/年）	約1.5～1.7兆円 （約0.13～0.16兆円/年）	約2.0～2.6兆円 （約0.19～0.24兆円/年）
（参考）燃料費※3 CO2対策コスト	約3.21兆円/年 約1.67兆円/年	約2.81兆円/年 約1.57兆円/年	約2.82兆円/年 約1.57兆円/年	約2.17兆円/年 約1.16兆円/年
費用便益比（B/C）	1.07 ～ 1.35	1.13 ～ 1.44	1.29 ～ 1.53	0.95 ～ 1.21
純便益（B-C）	約200～800億円/年	約600～1,500億円/年	約500～800億円/年	約▲100～400億円/年
再エネ出力制御率 （増強後、太陽光・風力）	約2%	約4%	約4%	約39% （需要側の対策が必要）
再エネ比率	37%	42%	42%	53%
CO2削減量 （うち系統増強によるもの）	約3,500万t （約500万t）	約5,400万t （約1,200万t）	約5,300万t （約400万t）	約1億2,600万t （約1,300万t）

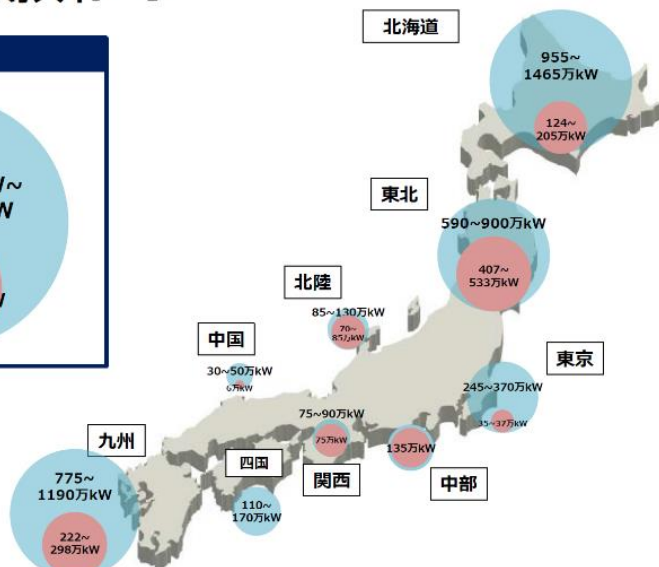
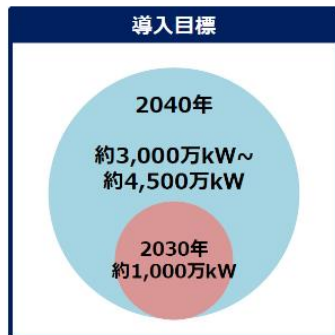
※1 偏在する電源等を大消費地に送電するための連系線等の背骨系統の増強コストのみを記載しており、再エネ増加に伴う、調整力確保、慣性力・同期化力低下等の対策コストは含んでいない。
また、HVDC送電コストは、2050年頃におけるスケールメリットや技術革新のコスト低減を先取りした単価を採用、海底ケーブル工事は漁業補償費を含まず、水深等を考慮したルート変更によるコスト増の可能性あり。

※2 系統増強を行うことで毎年発生する費用（減価償却費、運転維持費など）

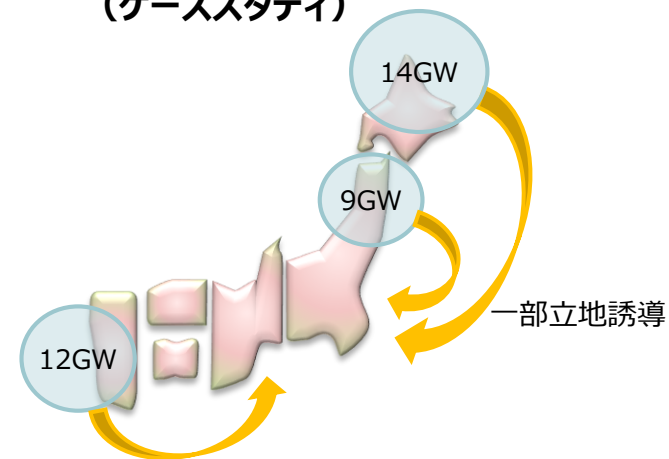
※3 燃料費は、シミュレーションで計算された発電量のみを計上

- 電源偏在シナリオ (30GW, 45GW) は、国の「洋上風力の産業競争力強化に向けた官民協議会」で示された現実的なエリア別導入量に基づき増強案の検討を行ったものである。
- **カーボンニュートラルの実現に向けては、更なる再生可能エネルギーの導入も想定**されることから、ネットワーク側の視点で偏在電源の一部を緩和させた場合の影響について、ケーススタディで分析したところ、同じ45GWの導入量でも、**増強コストを抑制 (約2.3~3.1兆円) できる**ことから、**エネルギー政策面では電源立地誘導なども含めて検討が進むことが期待される**。
- ただし、需要地近傍に風況の良い地点は多く存在しないことから、**電源側の追加コストを含めると全体費用は大きくなる可能性がある**ことにも留意が必要。

【参考】エリア別の導入イメージ



電源の偏在を一部緩和することによる影響 (ケーススタディ)



北海道・東北・九州で全体の約8割

系統増強コスト
約3.8~4.8兆円

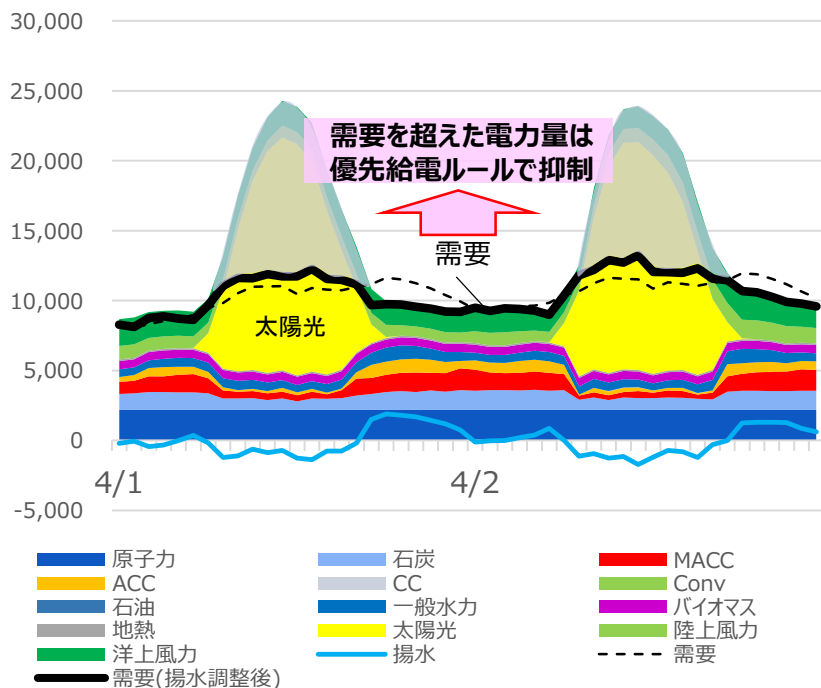
偏在を緩和

北海道・東北・九州で全体の約5割

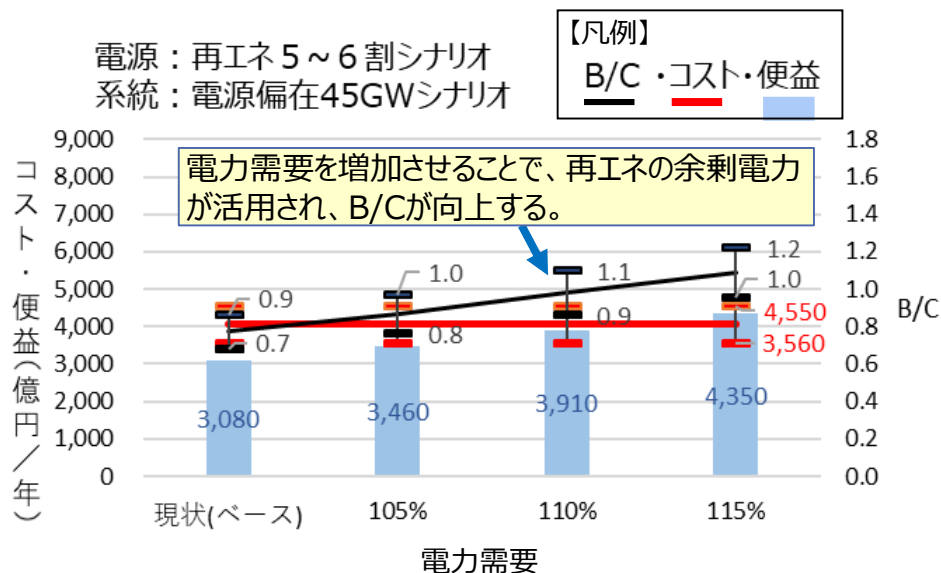
系統増強コスト
約1.5~1.7兆円
(▲2.3~3.1兆円)

- 2050年のカーボンニュートラルに向けたケーススタディとして、再エネ比率を高くするべく電源構成のみを変更した「**再エネ5～6割シナリオ**」では、**全国的に再エネ出力制御が発生（増強前42%⇒増強後39%）**しているため、**再エネの余剰電力を有効活用できるような需要側の対策が必要**と考えられる。
- また、電源偏在シナリオにおける電力需要をパラメータとした感度分析結果からも、**電力需要の増加によって再エネの余剰電力を有効活用され、B/Cが向上する**ことが確認されたことから、**水素転換や蓄電池を考慮したシナリオなどの検討も進めていくべき**と考える。

再エネ5～6割シナリオの4月全国需給[万kW]



電源偏在シナリオで増強後、再エネ5～6割導入されたケーススタディ
(電力需要をパラメータとした感度分析結果)



(2) ネットワーク側からエネルギー政策への示唆 (3/3)

- 系統増強のリードタイムも踏まえると、2050年の姿を念頭に置くことも重要な視点。その点からは、「再エネ比率 5 ～ 6 割」はメインシナリオになる可能性も十分にあり得るものであり、需要側の対策（シナリオ）なども含め、今後とも前広な検討が求められる。
- マスタープラン策定に向けて上記検討も必要となるが、その一方で、具体的なエネルギー政策を実現するためには、系統増強のリードタイムも踏まえると、現時点で**複数シナリオの増強案の中にも早期に整備計画として進めていくべきものも含まれている**と考えられるため、**そのような増強案の具体化についても検討を進める。**

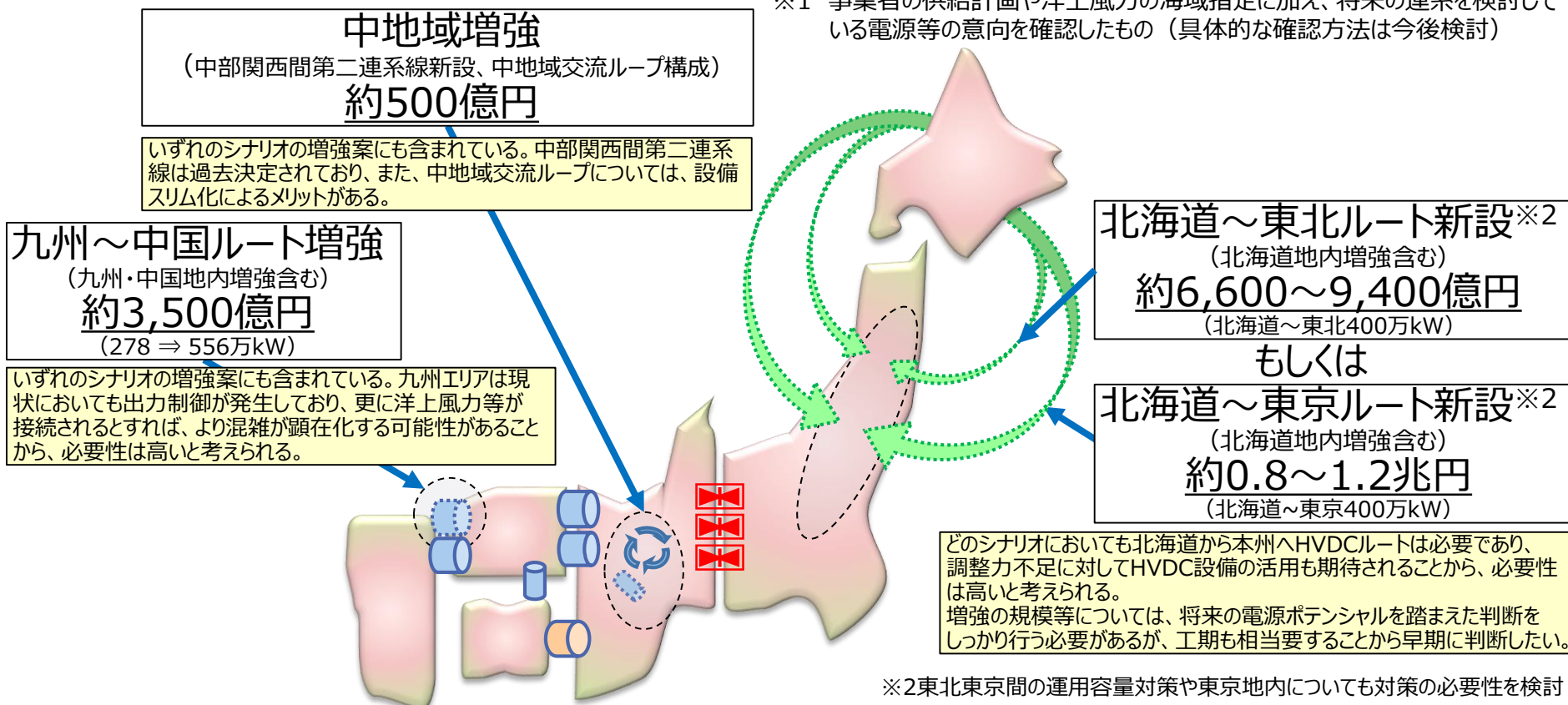
- ・今後カーボンニュートラルに向けた検討を進めていくという観点で、ネットワーク側の視点から見ても、水素や蓄電池といった需要側の対策は重要。また、政策の議論へのインプットの観点からも優先順位を置いた検討が必要。
- ・具体的なエネルギー政策を実現していくための系統整備を進めていく段階に移らないといけない。更なる今後のアクションに繋げていく検討を加速化すべき。
- ・2050～2060年の姿を念頭に置けば、再エネ比率 5 ～ 6 割は唯一のシナリオではないとしても、おそらくメインシナリオであり、このブラッシュアップは今後の検討として不可欠。
- ・電源偏在と電源立地を比較することで増強コストの差がわかるが、燃料費全体も計算しているので、そのために導入される再エネの固定費を加えた電源トータルのコストも検討すべき。
- ・調整力や慣性力の確保など、技術的な観点からの検討や、そのコストが規模感として解析結果に大きな影響を与えるか否かの確認も必要。また、系統増強に従って調整力の広域調達が進むとか、あるいはHVDCやFCが調整力の活用にも使えるという点もある。
- ・変動電源に伴うリスクもこれから変動電源が主力化する中で大変重要であるため、PVや風力の変動電源の出力は一つのパターンで評価しているが、そうしたリスクを考慮して潮流のシミュレーションをブラッシュアップすべき。
- ・2030年46%削減という話もあったが、前提条件については今後国の議論の進展を踏まえて、検討を深めるべき。
- ・燃料感度分析であるが、B/Cが 1 未満になる結果もあるので、発電コスト見直し結果については速やかな反映も必要。
- ・大規模なプロジェクトになるため、投資を着実に行う資金調達面も検討が必要。

中間整理以降の検討課題

- 国のエネルギー政策との連携
 - 国のエネルギー政策とも連携し、**ネットワーク側から分析結果のフィードバックを継続**
(例) 次期エネルギーミックス、非効率石炭フェードアウト、発電コスト検証ワーキンググループの発電コスト見直しなど
- エネルギーミックス等を踏まえたシナリオによる分析
 - **再エネの余剰電力を有効活用できる需要側の対策の検討**
(例) EV、水素転換、蓄電池なども考慮した「分散化シナリオ」などの検討
- 再エネ導入に伴う調整力の検討（北海道エリアを事例として検討）
 - 洋上風力の**平滑化効果等を考慮した調整力確保に向けた検討**
- レジリエンス面からの検討
 - **慣性力・同期化力やレジリエンス面から必要な対策・コストの検討**
- 具体的な整備計画に向けた検討の深化
 - **マスタープランから整備計画を具体化する仕組みの検討**
 - **早期に整備計画として進めていく増強案の具体化**（次項参照）
- その他
 - 費用便益評価手法のリバイズ、新技術に関する検討 など

- マスタープランが完成すれば、順次増強案を具体化していくことになるが、エネルギー政策を実現していくためには、系統増強のリードタイムも踏まえると、現時点で**早期に整備計画として進めていくべきものも複数シナリオの増強案に含まれている**と考えられる。
- 将来の不確実性がある中、増強案を特定することは難しいが、**複数シナリオで共通する以下の増強案については、将来においてもメリットもあると考えられることから、足元の電源ポテンシャル※1を踏まえ、具体化について検討を進めていく。**

※1 事業者の供給計画や洋上風力の海域指定に加え、将来の連系を検討している電源等の意向を確認したもの（具体的な確認方法は今後検討）



中間整理の概要

(5) 今後の進め方 (案)

17

- ネットワーク側からの示唆などをフィードバックしつつ、国のエネルギー政策の検討状況をシナリオ等へ反映した分析を進めていく。
- マスタープランから整備計画を具体化させる仕組みの検討を加速させる。

取組事項	2021年度の取り組み		2022年度
	上期	下期	
マスタープラン検討委員会	◆第9回（複数シナリオの分析結果） ◆第10回（中間整理とりまとめ）（2ヶ月に1～2回程度の頻度で開催） ネットワーク側から示唆などのフィードバックを継続		◇マスタープラン策定
国のエネルギー政策との連携 （大量導入小委、基本政策分科会、海底直流送電検討会など）	国のエネルギー政策の検討状況をシナリオ等へ反映 エネルギー政策の検討（電源立地誘導の観点も考慮できないか）		
エネルギーミックス等を踏まえたシナリオによる分析	国と連携して、EV、水素転換、蓄電池なども考慮した「分散化シナリオ」など		
再エネ導入に伴う調整力の検討※ （北海道エリアを事例として検討）	調整力の必要量と対策に係る検討	具体的な対策方法に係る検討	
レジリエンス面からの検討※ （慣性力、同期化力、アデカシー等）	慣性力・同期化力のコスト把握	レジリエンス面の検討（FCなど）	
具体的な整備計画に向けた検討の深化	マスタープランから整備計画を具体化する仕組みの検討 足元の電源ポテンシャルの確認 具体化に係る検討		
その他（費用便益手法など）	アデカシー便益の検討 多端子を含むHVDC構成など		

※ 調整力等委員会とも連携