

日立東大ラボ活動(エネルギー分野)のご紹介

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

Electricity Systems to Support Super Smart Society, Society 5.0

WG2

長期エネルギーシナリオと

Society5.0を実現するエネルギーの制度・政策

大橋 弘

東京大学

公共政策大学院・大学院経済学研究科教授

中沢 健二

日立製作所

次世代エネルギー協創事業統括本部

2019年4月17日

1-1 エネルギーシステムの全体像（提言書第一版より再掲）

- ✓ 地域社会と基幹システムは、共存を前提として再構築
- ✓ 急増する分散リソースを統合する協調メカニズムの確立

社会全体の3E+Sを最適化



1-2 具体的な論点（提言書第一版より再掲）

産学官で議論を重ねつつ、日本の技術優位性と人財を活用してあるべき姿を実現

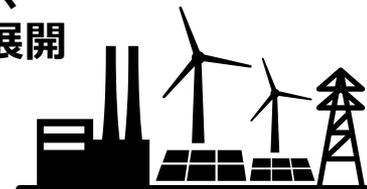
地域社会で挑戦すべき新しい方向性

- ・エネルギーの価値が多様化する中、独自の価値を創造/流通/取引するための技術革新と制度整備
- ・電力/ガス/水道/ICT/自動車などの各種インフラ情報を公共的なものとして共有する仕組みを構築
- ・社会価値を軸に、都市・街区のエネルギー性能、環境性能を指標化、共有



基幹システムの変革を支える枠組み

- ・産学官の協力で社会全体のエネルギーシステムを評価するプラットフォームを構築し、あるべき姿を議論（解析ツール・標準データの開発と共有）
- ・基幹システムと地域社会をデジタルでつなぐ新しい制御技術を組み込み、実践し、その技術と経験をグローバル展開



挑戦と変革に向けた制度・政策

- ・多くの不確実性を抱える時代に対し、日本の社会にとっての大きな変化要因を評価軸とし、複数のシナリオや選択肢で制度・政策を議論
- ・日本で確立した先進的なエネルギーシステムをグローバル展開して、国際社会に貢献
- ・サプライチェーン全体としてのサイバーセキュリティ確立



エネルギーシステムを支える人財・技術の育成

- ・短・中・長期のマルチタイムスケールの戦略立案と人財と技術を育成のための継続的な投資
- ・工学分野に加えて、経済学・経営学・金融工学、社会学などがクロスオーバーする研究と教育の仕組みを構築
- ・貴重な人財であるシニア人財の積極的活用



電力システム改革の振り返り

従来の電力システム

- 地域独占
- 総括原価
- 垂直一貫

システム改革の成果

- 全国メリットオーダー
- 市場を通じた競争
- 分散型電源の拡大

システム改革を通じて見えてきた課題

- A) 自由化のメリットを最大限生かす公益的視点の重要性
- B) 拡大する「社会最適」と「市場最適」のギャップ
- C) デジタル化の動向と新たな収益モデルの必要性

電力システム改革を通じて見えてきた課題

自由化の前提

需要家の自由な意思に基づく選択を通じた競争活性化
中立性・透明性の確保を通じた参入の促進

目標

影響・課題

自由化 メリットと 公益性

- 需給を反映した価格シグナルの発現
- 垂直統合のアンバンドル化と中立性・透明性の確保

- 価格上昇を恐れる制度設計は、イノベーションを阻害。
- たくさんの新市場間の整合性
- 市場ごとに導入される非対称規制の合理性と監視・管理業務の拡大

社会最適と 市場最適

- 協調領域と競争領域とのリバランス

- 協調領域を維持できず、政策領域の拡大が必須

デジタル化と 収益モデル

- デジタル化の促進

- 不採算事業が見える化されることに伴う内部補助の合理性
- 電力業界を超える新たな収益モデル

1-5 提言内容のまとめ

項目		提言内容
長期エネルギーシナリオ		① 長期エネルギーシナリオ分析を実施 -複数シナリオによる長期不確実性への対応-
制度政策	基幹システム	② パフォーマンス駆動型政策 -3E+Sのインセンティブによる次世代投資と効率化-
	地域社会	③ 地域社会毎の戦略と相互補完 -地域社会を支えるエネルギーシステムの構築-
	イノベーション	④ イノベーションの推進策 -データ流通と資金循環・産学官の連携-

WG2
長期エネルギーシナリオと
Society5.0を実現するエネルギーの制度・政策

長期エネルギーシナリオの検討
-日立東大ラボによる試案-

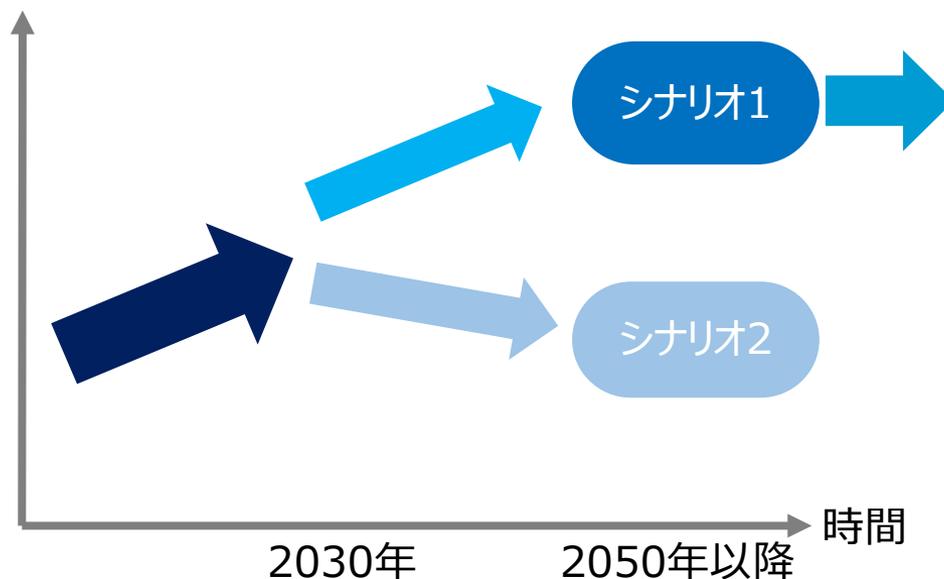
2-1 長期エネルギーシナリオとは

- 長期の不確実性に対応するため、複数のシナリオを想定し、柔軟に対応
- 政策のあり方を客観的な事実に基づいて判断

複数シナリオの検討

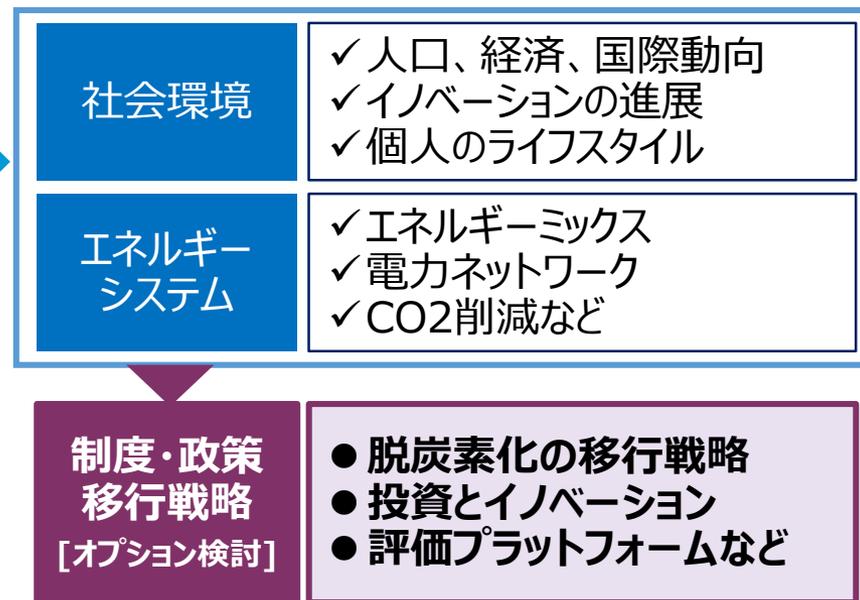
- 日本にとって重要な社会価値に影響を与える変化要素を評価軸とし複数シナリオを検討

評価軸：変化要因



政策のオプションの検討

- 政策形成プロセスを**EBPM^{*1}の枠組み**で確立制度のあり方を客観的な根拠に基づいて判断

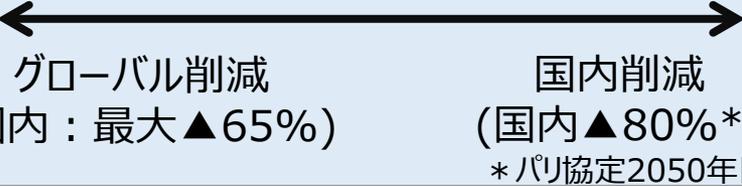


将来の脱炭素化のゴールに向けた戦略構築が可能となる

*1：EBPM：Evidence Based Policy Making（証拠に基づく政策立案）

2-2 シナリオ分析の試行：評価軸の選定

- 将来の脱炭素化のゴールを見据えた長期シナリオの検討を試行
- シナリオを分岐させる変化要因を2つ軸として抽出

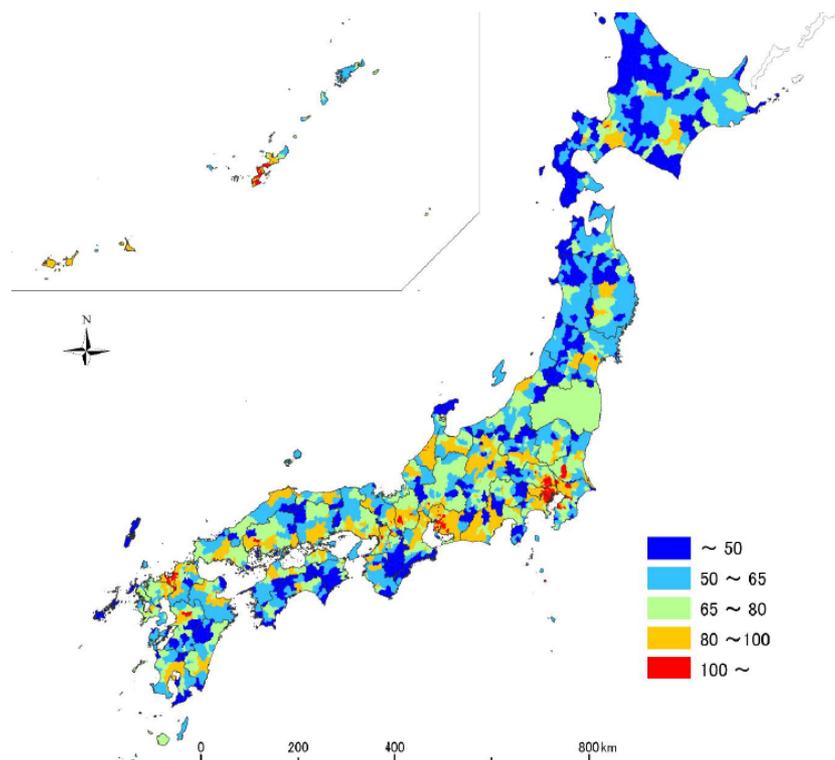
シナリオ軸（変化要因）	軸の選定理由
<p data-bbox="208 454 950 539">第1軸：脱炭素化</p>  <p data-bbox="208 615 542 711">グローバル削減 (国内：最大▲65%)</p> <p data-bbox="683 615 1012 748">国内削減 (国内▲80%*) *パリ協定2050年目標</p>	<ol style="list-style-type: none">① エネルギーシステムへの影響 エネルギー分野の競争力など② 中長期の不確実性 技術イノベーション、国際的枠組
<p data-bbox="220 819 962 905">第2軸：人口分散化</p>  <p data-bbox="127 981 494 1076">都市集中 (産業含む都市集中)</p> <p data-bbox="629 981 996 1076">地方分散 (産業含む地方分散)</p>	<ol style="list-style-type: none">① 社会的影響 エネルギー需給や電力ネットワーク② 中長期の不確実性 政策や企業、ライフスタイル等
<p data-bbox="150 1203 287 1305">議論の 経緯</p>	<ul style="list-style-type: none">● 環境性や経済性、地政学リスク、大規模災害など様々な候補から絞込んだ● もともとは環境性と経済性を対立軸とした案を進めたが、将来的にその対立が解消していく過程を踏まえて「脱炭素化」を一つの軸とした

2-3 シナリオ分析の試行：第2軸：人口分散化の影響（参考）

- 未対策の場合人口は都市に集中。地域創生による中核都市の維持拡大が対策
- 人口分散化度合いはエネルギー需給や電力ネットワークに大きく影響

都市集中（イメージ）

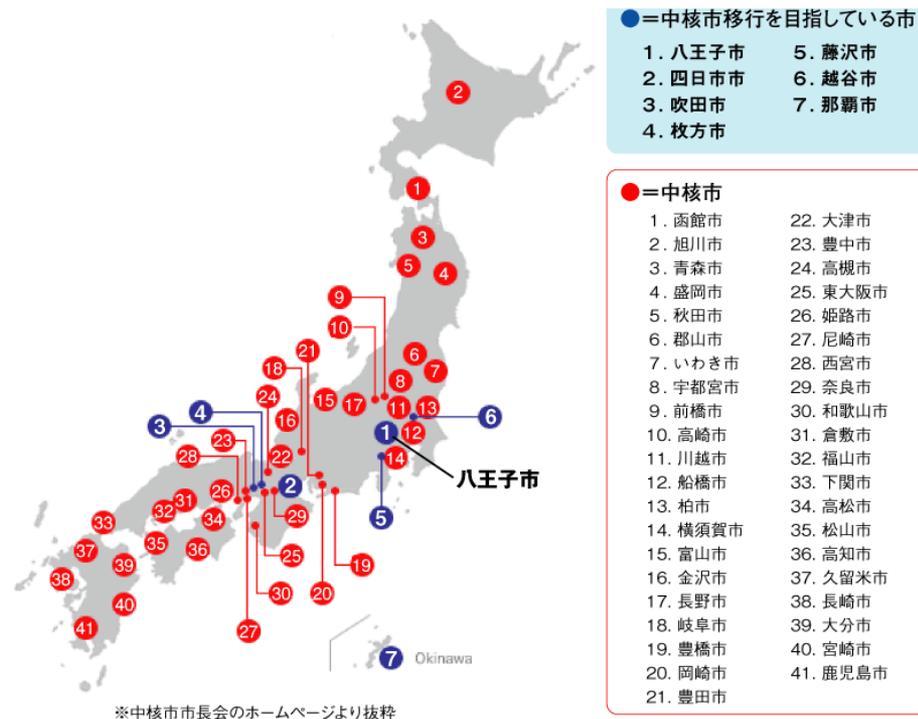
- 2015年を100とした場合の2045年の人口分布（未対策の場合）



出典：国土交通省「最近の国土を取り巻く情勢について」（2018年6月）

地方分散化（イメージ）

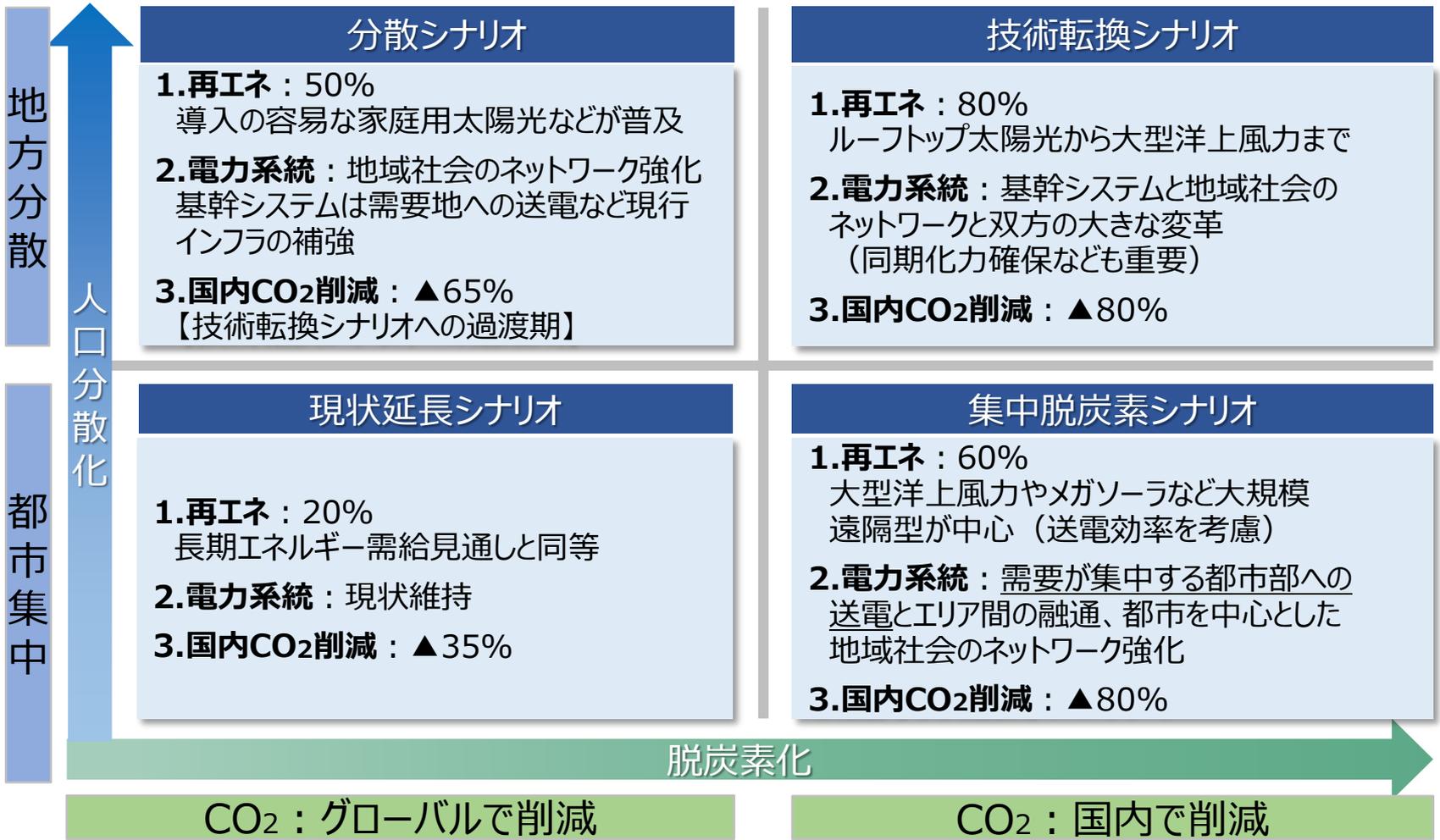
- 地域創生・地域活性化による中核都市数の維持・拡大（人口30万人程度）



出典：中核市市長会ホームページ (<http://www.chuukakushi.gr.jp/>)

2-4 シナリオ分析の試行：将来の脱炭素化に向けた2050年のシナリオ

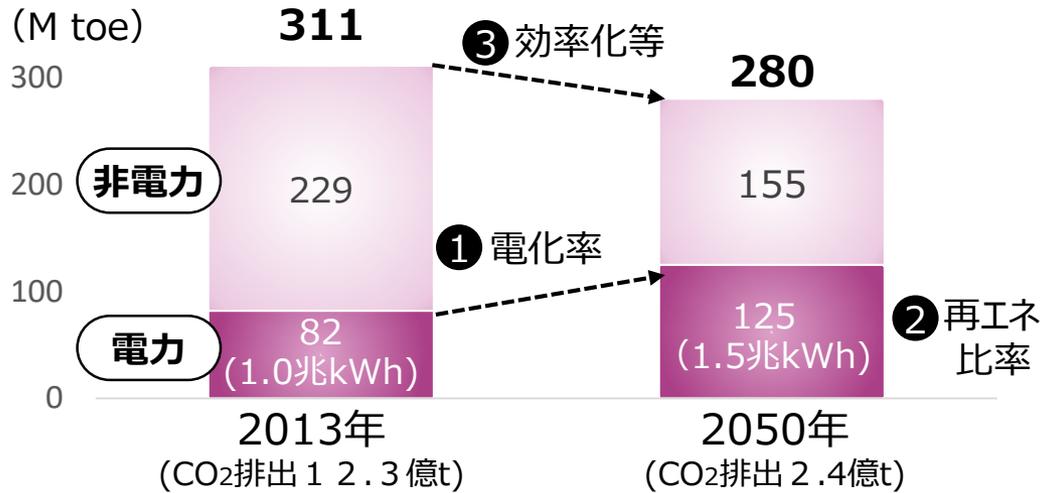
- シナリオによって再エネ導入量やネットワークのあり方が大きく変わる
- 変化を見据えて将来システムのあり方を検討する必要



シナリオは政策目標ではなくオープンな議論のツールとして活用

2-5 シナリオ分析の試行：技術転換シナリオの定量分析：需給（例）

- エネルギーシステムの将来像を探るため、定量分析を試行（技術選択モデル^{*1}）
- ①電化、②電源の脱炭素化、③効率化と総エネルギーコストの削減が進展



エネルギー需給（対2013年）

- ① 電化率：26%→45%^{*2}
- ② 再エネ比率：14%→77%
(VRE60%)
- ③ 効率化等：▲10%

3Eの状況（対2013年）

環境：CO₂排出：▲80%

経済：脱炭素化と経済成長を両立

安定供給：維持（自給率6%→45%）

*1 東大 藤井・小宮山研究室で開発されたモデルを使用

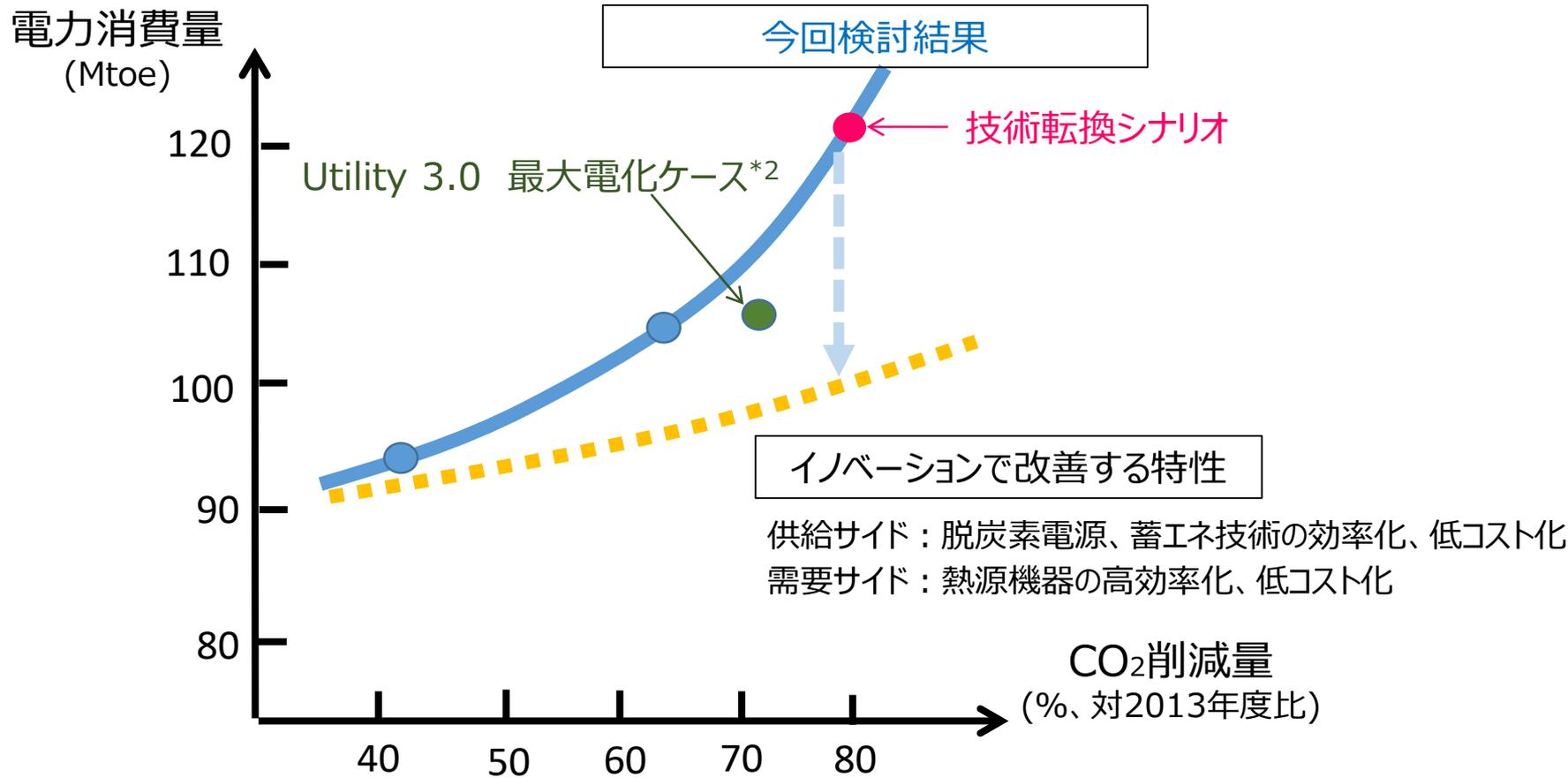
電化	13年	50年	考え方
電力需要	1.0兆 kWh	1.46兆 kWh	ZEV拡大、ヒートポンプ拡大等
総需要	311 M toe	280 M toe	人口減、デジタル技術による効率化など

発電構成	13年	50年	内容
再エネ	14%	77% (VRE60)	太陽光：20% 風力：40%
その他	86%	23%	LNG、原子力他
合計	100%	100%	

*2 Utility 3.0（次紙参照）の最大電化ケースでは電化率70%、再エネ55%相当としている（CO₂削減▲72%）

2-6 シナリオ分析の試行：技術転換シナリオの定量分析：電力需要（例）

- CO₂削減量に対し電力消費は60%付近から大幅に拡大：電化効果の逡減*¹
- 経済合理的な脱炭素化には**需要サイド・供給サイド双方のイノベーションが重要**



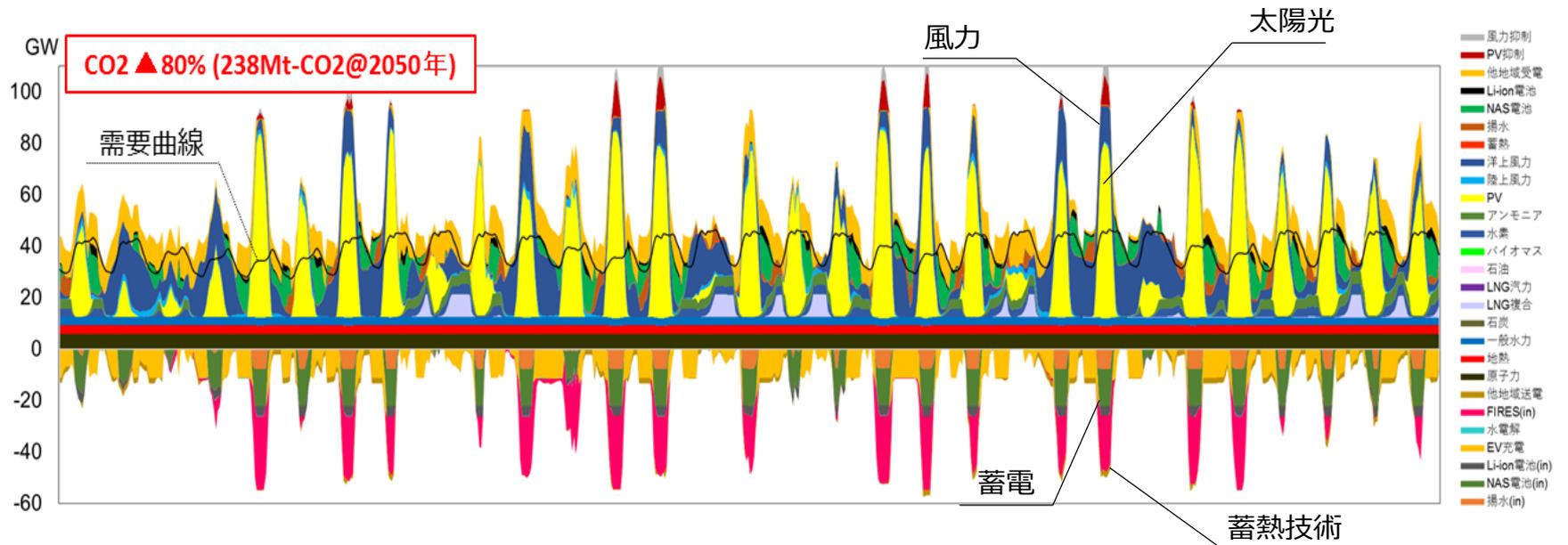
*1例えば小型の電気炉など相対的に効果が低い技術が拡大していくことが要因

*2「エネルギー産業の2050年 Utility3.0へのゲームチェンジ」（日本経済出版社）の検討ケース

2-7 シナリオ分析の試行：技術転換シナリオの定量分析：需給運用（例）

- 再エネの出力変動により昼間の供給は需要を大きく上回る
- 蓄エネに加え、水素や合成ガス製造など余剰電力を活用したイノベーションや産業創出が重要

2050年5月の電力需給運用（関東地方・1ヶ月間・60分毎）



【余剰エネルギーの活用】

- 水素製造やメタネーション、熱転換、将来的にはDAC*1なども視野に入れて脱炭素化
- 上記も含む新しい産業の創出も検討要

*1Direct Air Capture：大気中の二酸化炭素を直接吸収する技術

2-8 シナリオ分析の試行：シナリオ毎の電力ネットワークのあり方（想定）

- 脱炭素化の推進には電力ネットワークへの投資とイノベーションが重要

区分	対策	現状延長	分散	集中脱炭素	技術転換
前提	再エネ比率	20% (CO2▲35%)	50% (CO2▲65%)	60% (CO2▲80%)	80% (CO2▲80%)
	需要	減少～維持	維持－微増	増 (特に都市部)	増
基幹システム	エリア内送電強化	-	○	○	◎
	エリア間連系強化	-	○	◎	○
	大規模遠隔再エネ →需要地送電	-	○	◎	◎
	同期化力確保	-	○ (エリアによる)	○ (エリアによる)	◎
地域社会	配電容量拡大 (都市部需要対策)	-	-	◎ (都市部)	○
	逆潮対策	-	◎	○	◎
	EV急速充電対応	-	○	◎ (都市部)	◎
	Micro Grid化	-	○	○	◎

【凡例】○対策が必要 ◎より強力な対策が必要

2-9 シナリオ分析：今後の方向性

- エネルギーの将来シナリオ、技術評価、経済影響を一貫して評価する仕組みが必要
- ステークホルダ間でオープンな議論に活用

		明確化すべき項目	シナリオ分析の 評価プラットフォーム	科学的 レビュー メカニズム	インプット (ステークホルダー)
長期シナリオ		<ul style="list-style-type: none"> ● 長期シナリオの概要 ● シナリオの分岐要因 	<ul style="list-style-type: none"> ● シナリオの枠組 	科学的 レビュー メカニズム	<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー情勢 ✓ 社会・産業構造変化 ✓ イノベーションの進展
定量分析	技術評価	<ul style="list-style-type: none"> ● システム構成・立地 ● システムコスト ● LMP、シャドープライス ● 需給運用・安定度ほか 	<div style="border: 2px solid red; padding: 5px; display: inline-block;"> ● 技術選択モデル </div> <ul style="list-style-type: none"> ● 価格モデル ● システムシミュレータ 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギー価格 ✓ 技術価格、開発進展 ✓ CO2排出制約など
	経済性評価	<ul style="list-style-type: none"> ● CO2限界削減費用 ● 投資のGDP影響ほか 	<ul style="list-style-type: none"> ● 一般均衡モデル (試算中) 		<ul style="list-style-type: none"> ✓ エネルギーシステム構成 ✓ 部門毎の投資額 ✓ 政策
検討のゴール		<ul style="list-style-type: none"> ● エネルギーシステムの将来像を具体化 ● 必要な投資とイノベーションを実行していく 			

WG2
長期エネルギーシナリオと
Society5.0を実現するエネルギーの制度・政策

変革と挑戦のための制度・政策
-科学的根拠に基づく投資とイノベーション-

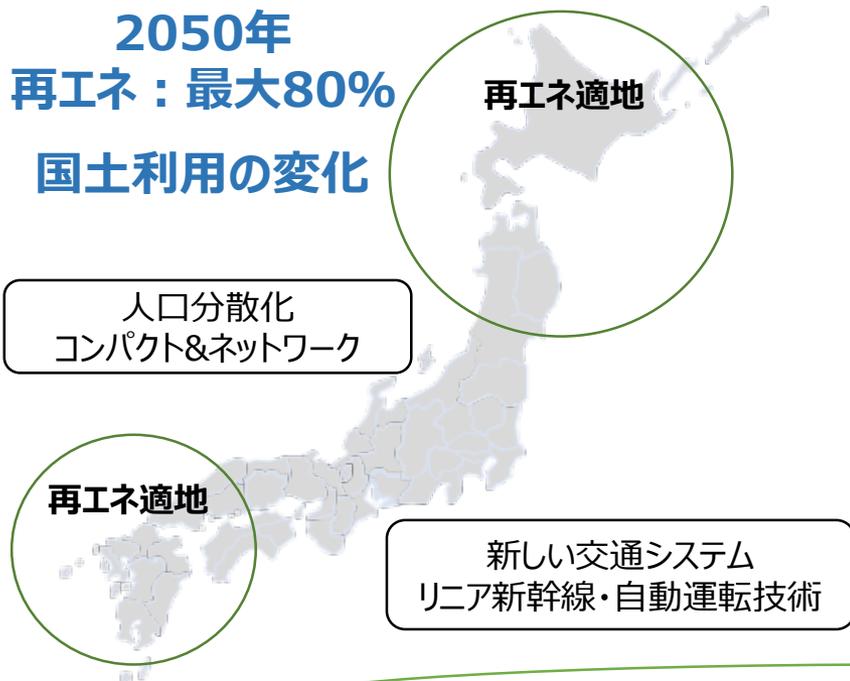
3-1 エネルギーシステムの将来の方向性

- 基幹システムと地域社会双方のエネルギーシステムに対する投資とイノベーションが重要

基幹システムのあり方

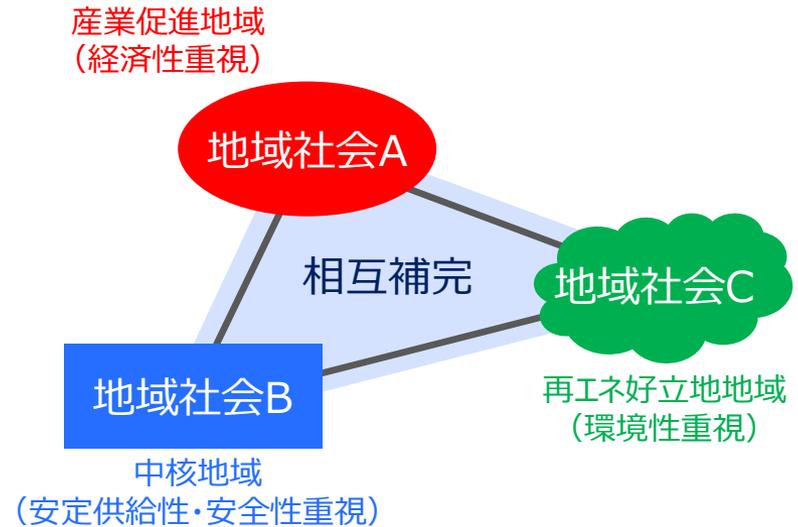
- ✓ 再エネ拡大や国土利用の変化に合わせた基幹ネットワークへの投資

2050年
再エネ：最大80%
国土利用の変化



地域社会のあり方

- ✓ 地域特性を活かしたエネルギーシステム構築
- ✓ 相互補完による社会全体の3E+S最適化



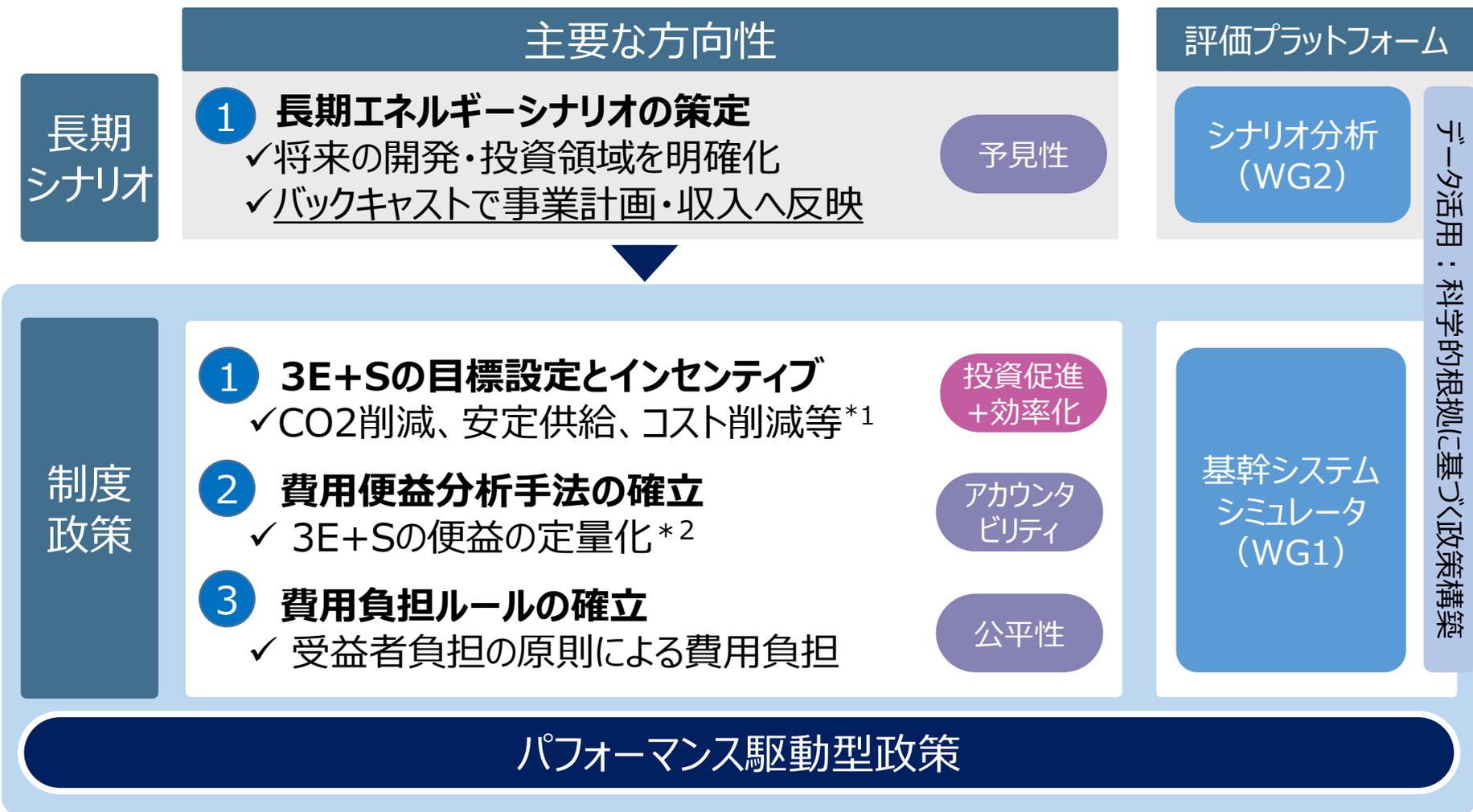
全体での事故災害レジリエンス確保

・次世代エネルギーインフラの構築

・地域毎の多様性を実現するインフラ投資
・地域創生のサポート

3-2 基幹システム：社会全体の3E+Sを実現するパフォーマンス駆動型政策

- 基幹システムは計画から建設まで10年、利用は～100年の重要インフラ
- 長期を見据えた投資促進と効率化を両立し、社会全体の3E+Sを支える



*1 設備仕様のグローバル標準化やデジタル化などを含む

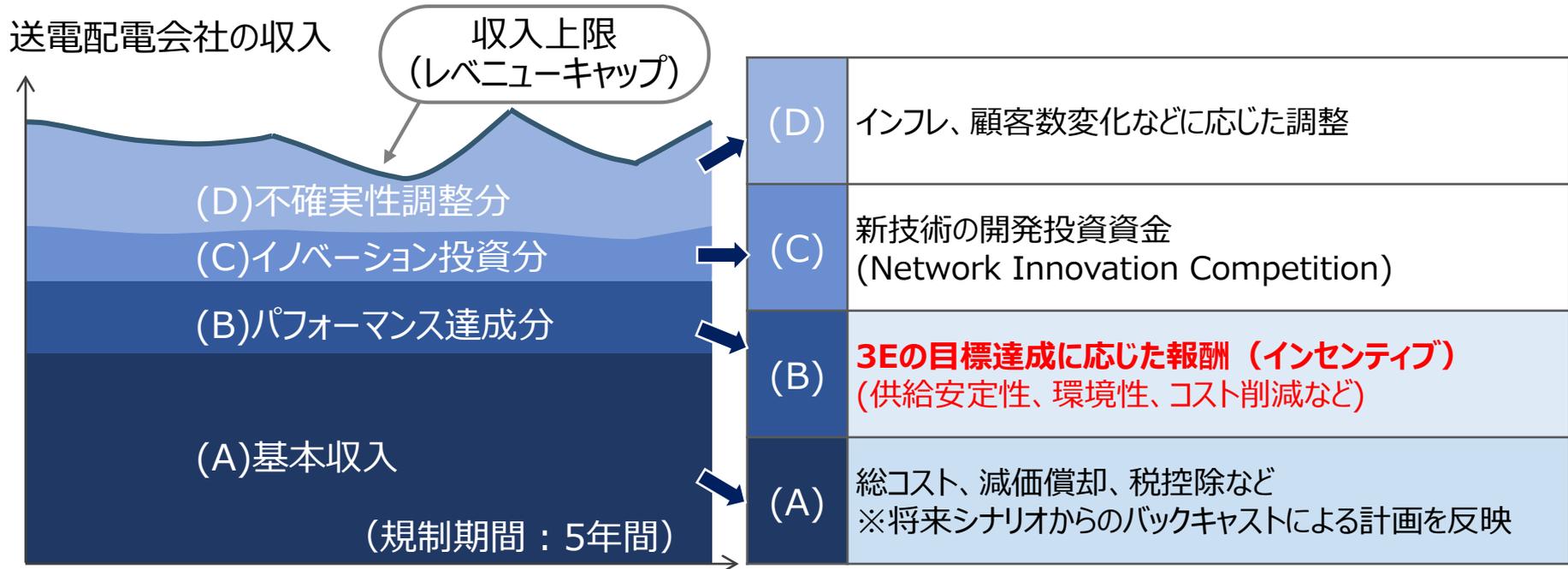
*2 経済性については電源とネットワークのトータルコストを考慮する必要

3-3 英国のパフォーマンス駆動型政策（参考）

- 3Eの目標とインセンティブを設定により投資促進とコストダウンの両立を図る

送配電部門の料金収入規制：RIIO

$$R \text{ evenue} = I \text{ ncentives} + I \text{ nnovation} + O \text{ utputs}$$



$$\text{送配電会社の総収入} = (A) + (B) + (C) + (D)$$

パフォーマンス改善と投資へのインセンティブ

3-4 地域社会：地域毎のエネルギーシステム構築と相互補完

- エネルギーの課題に閉じずに分野横断的に課題を解決する
- 地域社会の投資とイノベーションで地域創生・活性化を支える

1. 地域社会毎のエネルギーシステム構築

地域創生・活性化とエネルギー投資の相乗効果
例) 安価な再エネによる産業創出・企業誘致など

制度・政策

1 地域の選択肢拡大：電力

- 1) 地域のニーズにあった品質*や料金体系
- 2) 地域毎の分散リソースの活用ルール整備や規制緩和

2 政策における異分野連携：複合領域

- 1) 配電事業などインフラの相互参入ルール整備
- 2) 分野横断型の制度設計：例) 関連設備の容積率緩和等

3 戦略的投資の支援

- 1) 大規模実証や投資の政策的支援
- 2) 特区、サンドボックス拡大など

2. 相互補完の仕組み

地域毎の3E+Sの目標設定とインセンティブなど：パネルで議論

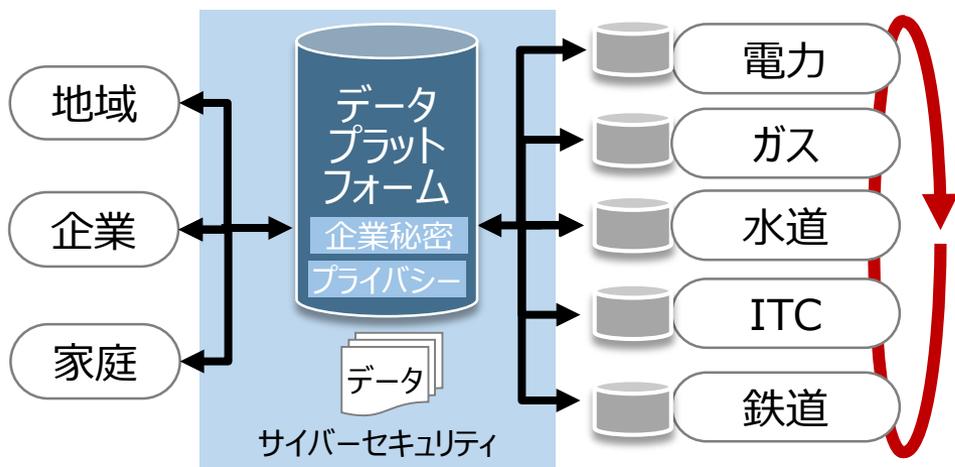
*電圧変動や停電頻度・時間など

3-5 イノベーションの促進 ①データ流通と資金循環

- データ流通と資金循環を確立し、**脱炭素化イノベーション**を推進

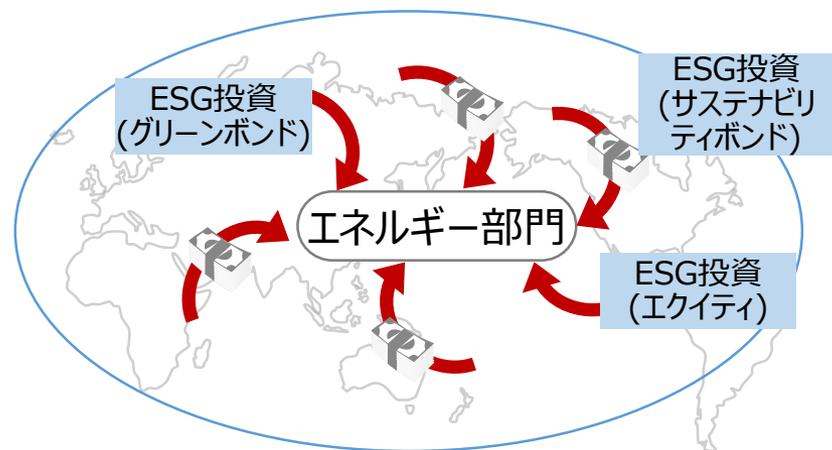
データ流通の確立

- 評価プラットフォームの構築
- 業種横断的な連携
- 地域間の相互補完の仕組み



グローバルな資金循環の確立

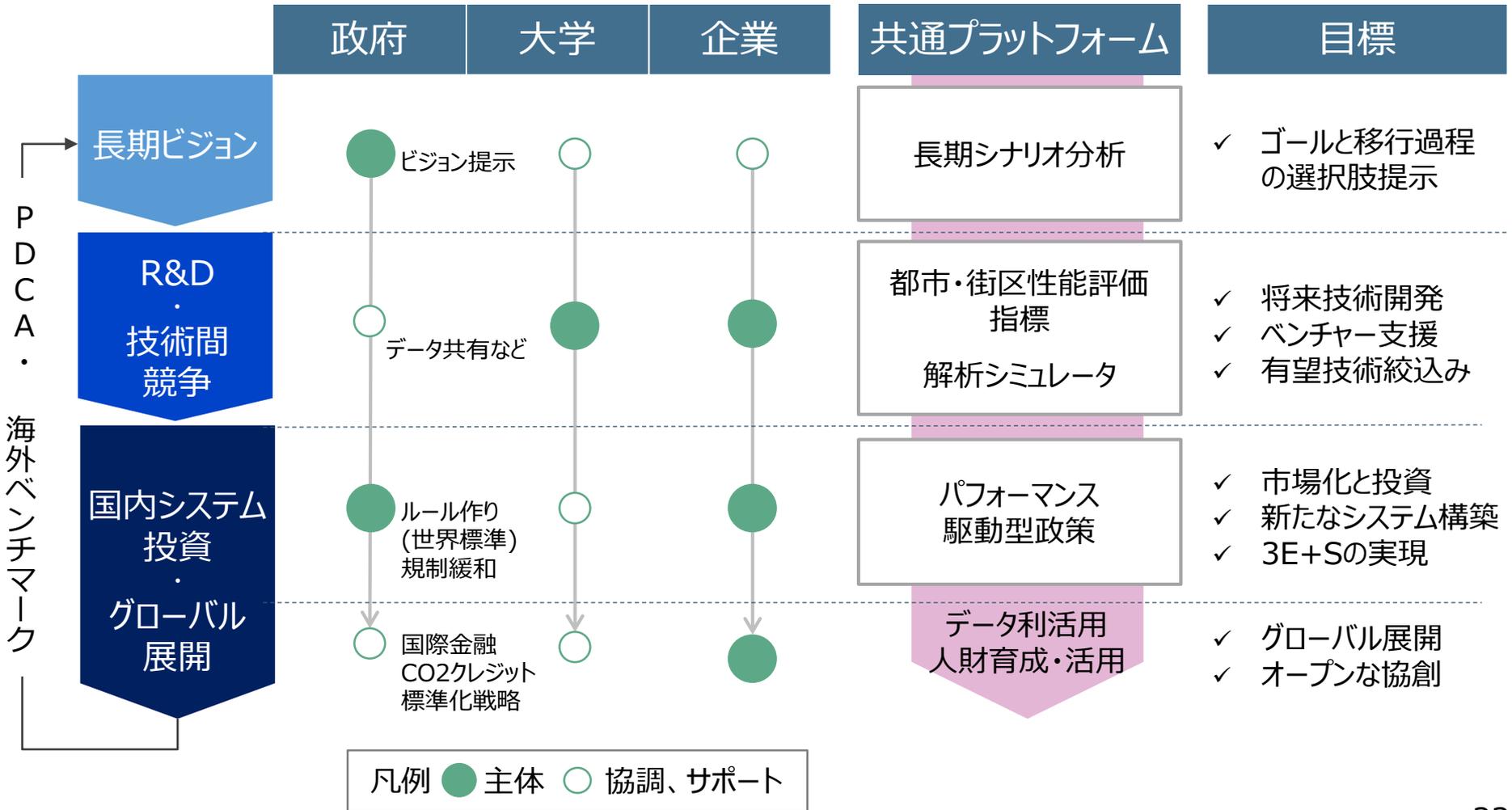
- 脱炭素化に向けた開発・設備投資資金確保
- エネルギーシステムと地域社会への投資



国内で確立した技術をグローバルに展開し、国際社会へ貢献

3-6 イノベーションの促進 ②産学官の連携

- 将来の脱炭素化を見据えたエネルギーシステムの投資とイノベーションを産学官の役割分担で推進
- 制度・政策も産学官の知見を活かし、より具体的な検討を推進



3-7 提言内容のまとめ

項目	提言内容	
長期 エネルギーシナリオ	① 長期エネルギーシナリオ分析を実施 -複数シナリオによる長期不確実性への対応-	
制度 政策	基幹システム	② パフォーマンス駆動型政策 -3E+Sのインセンティブによる次世代投資と効率化-
	地域社会	③ 地域社会毎の戦略と相互補完 -地域社会を支えるエネルギーシステムの構築-
	イノベーション	④ イノベーションの推進策 -データ流通と資金循環・産学官の連携-

END

日立東大ラボ活動(エネルギー分野)のご紹介

Society 5.0 を支える電力システムの実現に向けて

Electricity Systems to Support Super Smart Society, Society 5.0

WG2

長期エネルギーシナリオと

Society5.0を実現するエネルギーの制度・政策

大橋 弘

東京大学

公共政策大学院・大学院経済学研究科教授

中沢 健二

日立製作所

次世代エネルギー協創事業統括本部

2019年4月17日