

再生可能エネルギー導入拡大に向けた 系統の現状と今後

TEPCO

2018年1月29日

東京電力ホールディングス株式会社
経営企画ユニット系統広域連系推進室長
穴井 徳成

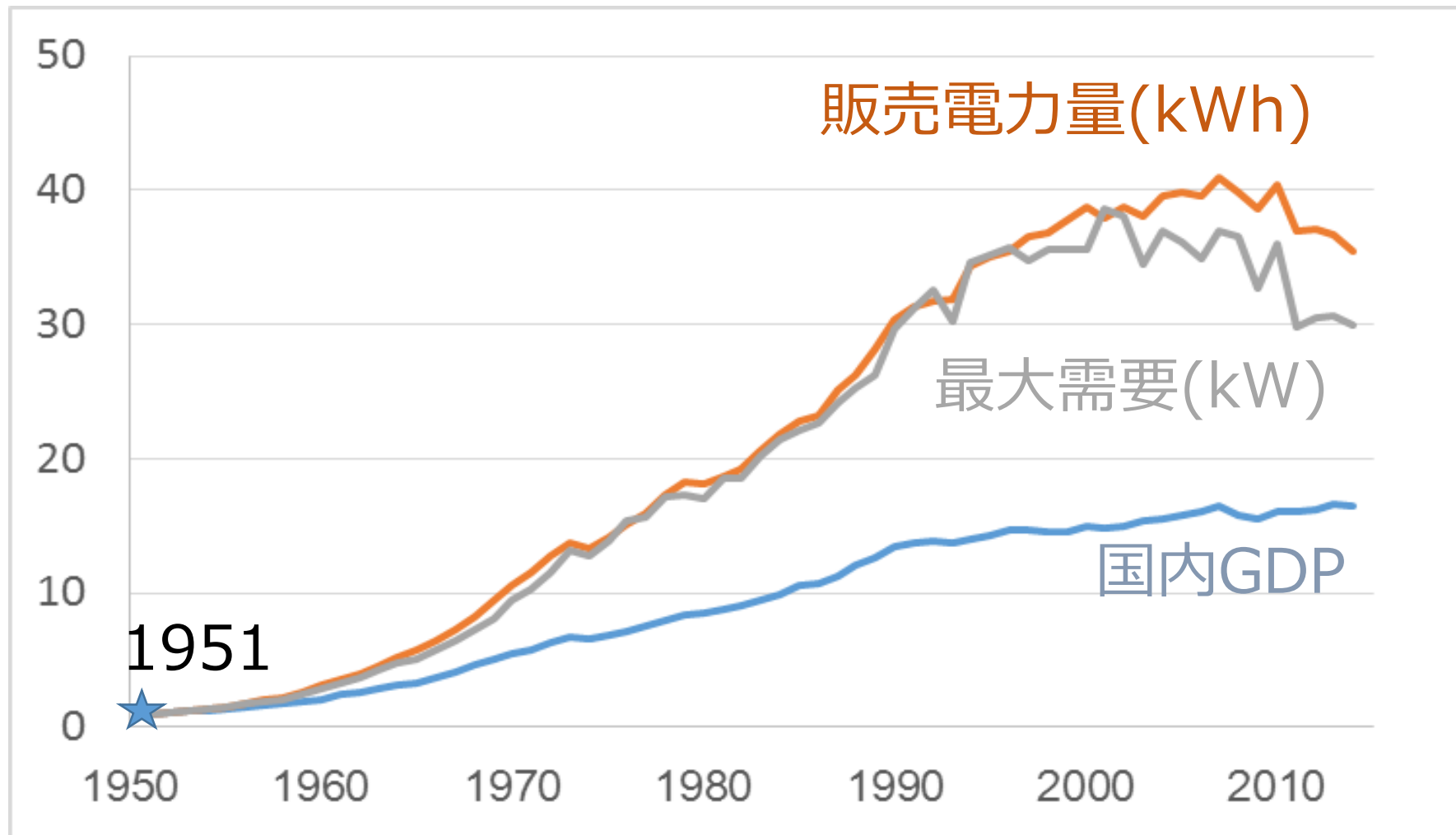
電気事業の環境変化



- ① De-population (人口減少)
- ② Deregulation (自由化)
- ③ De-carbonization (脱炭素化)
- ④ Decentralization (分散化)
- ⑤ Digitalization (デジタル化)

電気事業（東京電力）の規模推移

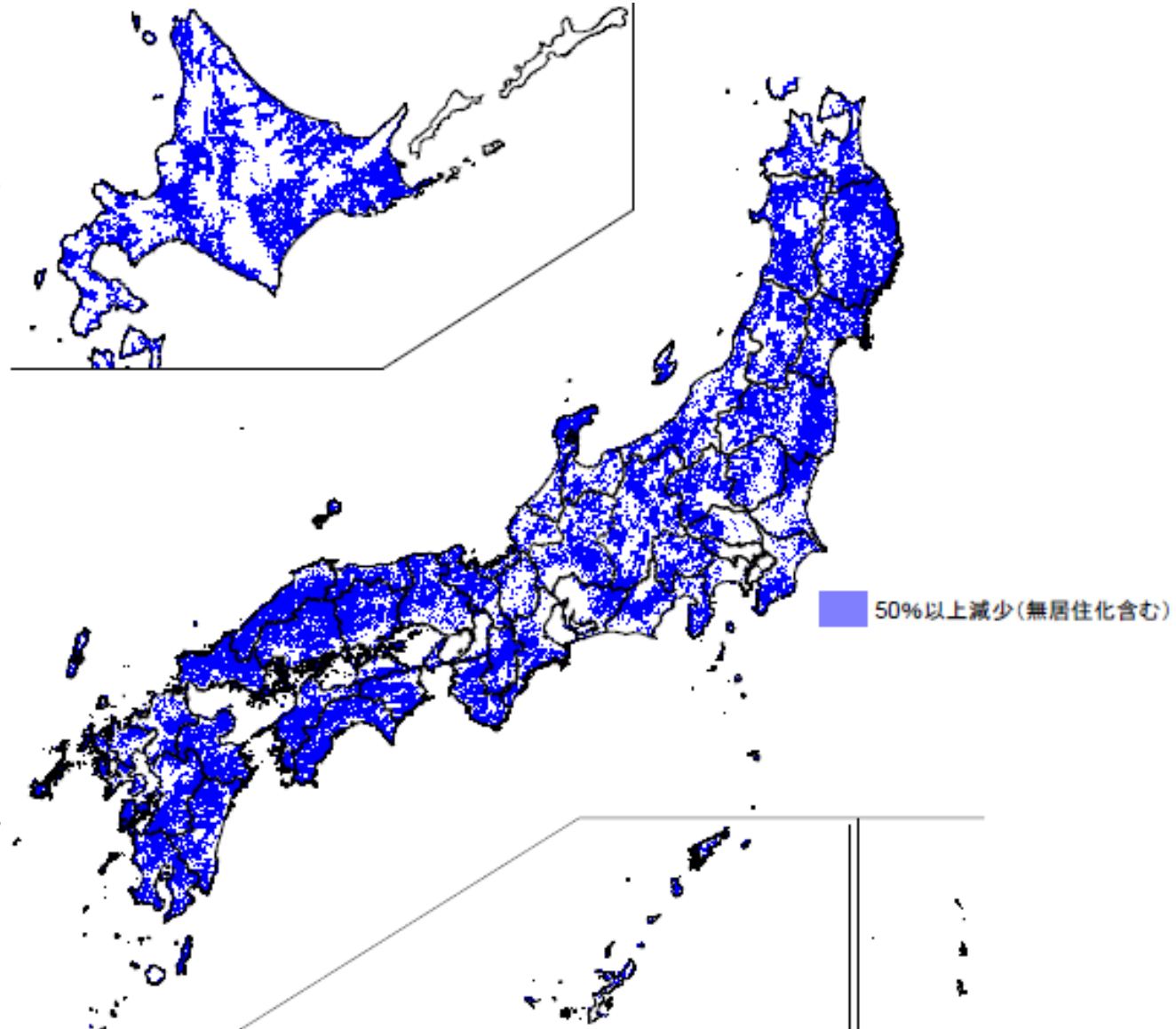
(倍) 1951年度を1とした指数



<国土交通省『国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～』>

2050年の人口増減状況
(2010年=100)

【50%以上減少(無居住化含む)】

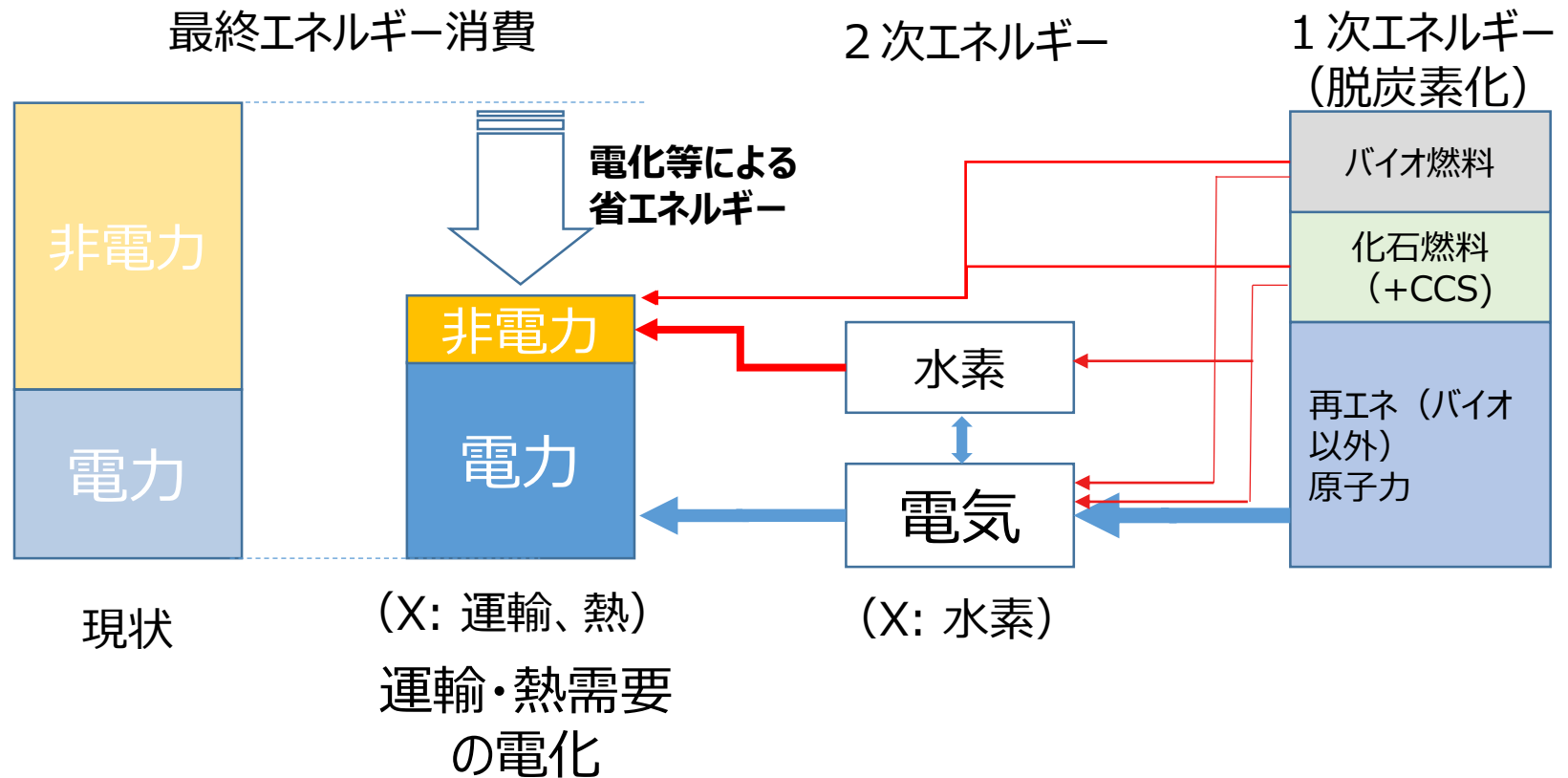


2050年に6割の地域で
人口が半減以下

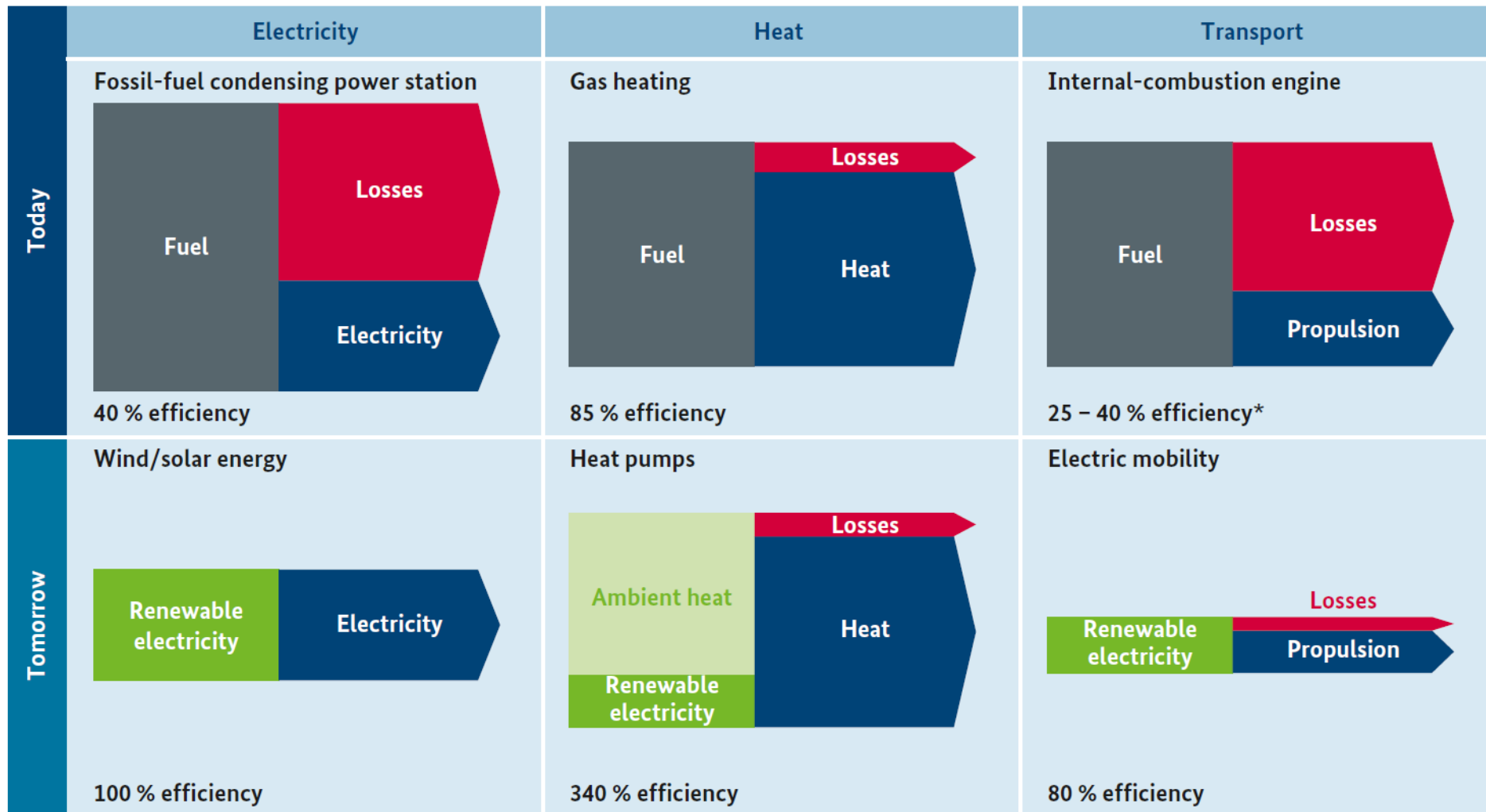


あらゆる分野のインフラが
持続性の課題に直面

Power-to-X



ドイツにおけるPower-to-Xシナリオ①



(出典) ドイツ連邦政府：「エネルギー変革のための電力市場」(2015)

<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/weissbuch-englisch,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>

ドイツにおけるPower-to-Xシナリオ②

最終エネルギー消費

運輸部門: 効率化およびEVにより需要**減少**

EVにより
運輸部門の再エネ由来電力需要**増加**

Transport: consumption falls due to efficiency and electric mobility

電力部門: 効率化により従来型電力需要**減少**

Increasing consumption of renewable electricity in transport due to electric mobility

Electricity: traditional consumption falls due to efficiency

Increasing consumption of renewable electricity in heat sector due to heat pumps and (later) electric heaters

熱部門: 効率化およびヒートポンプにより需要**減少**

ヒートポンプ及び(最新型)電気ヒーターにより
熱部門の再エネ由来電力需要**増加**

Heat: Consumption falls due to efficiency and heat pumps

2015年

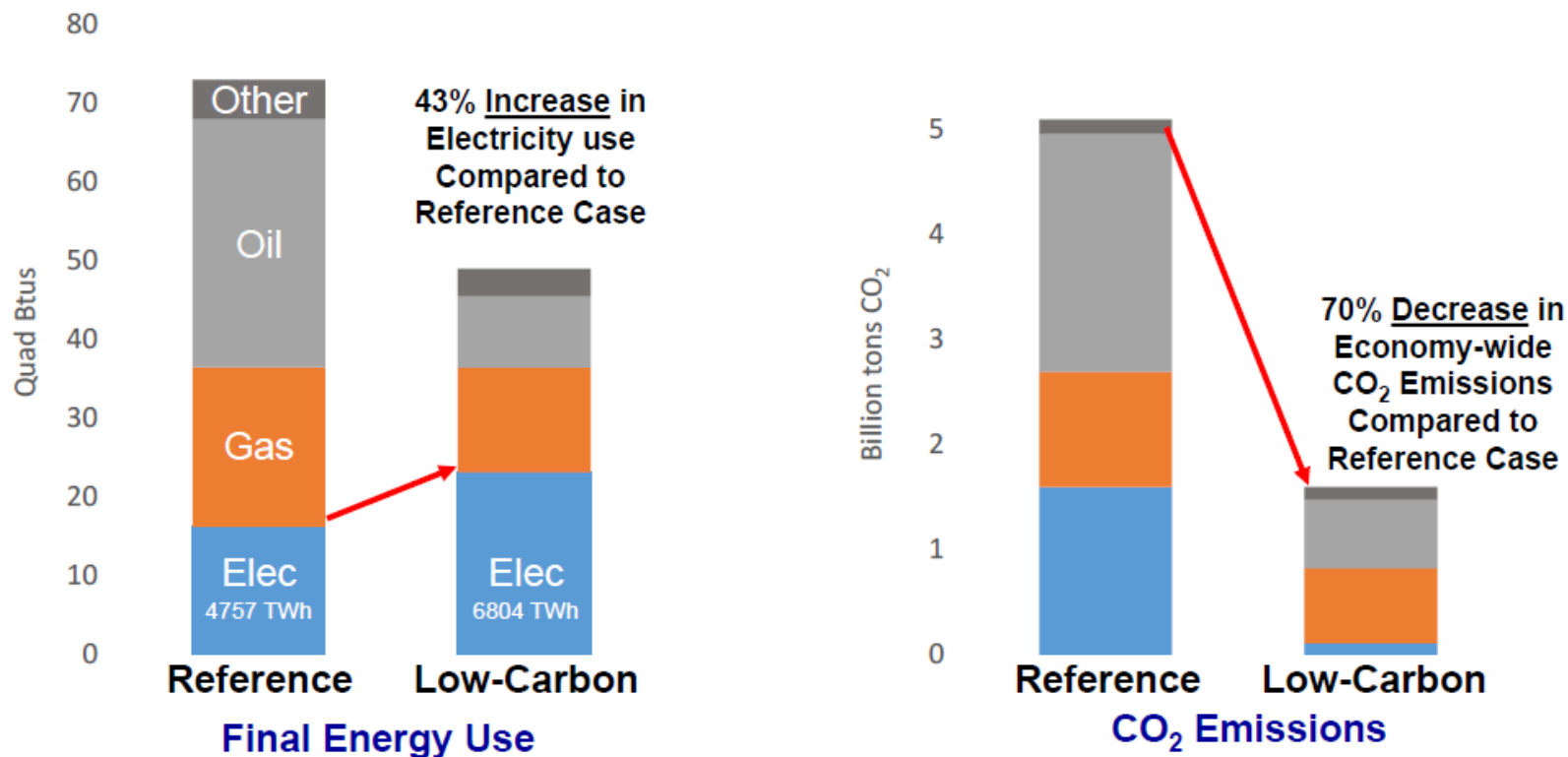
2050年

(出典) ドイツ連邦政府: 「エネルギー変革のための電力市場」(2015)

<http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/weissbuch-englisch,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>

■米国電力研究所(EPRI)

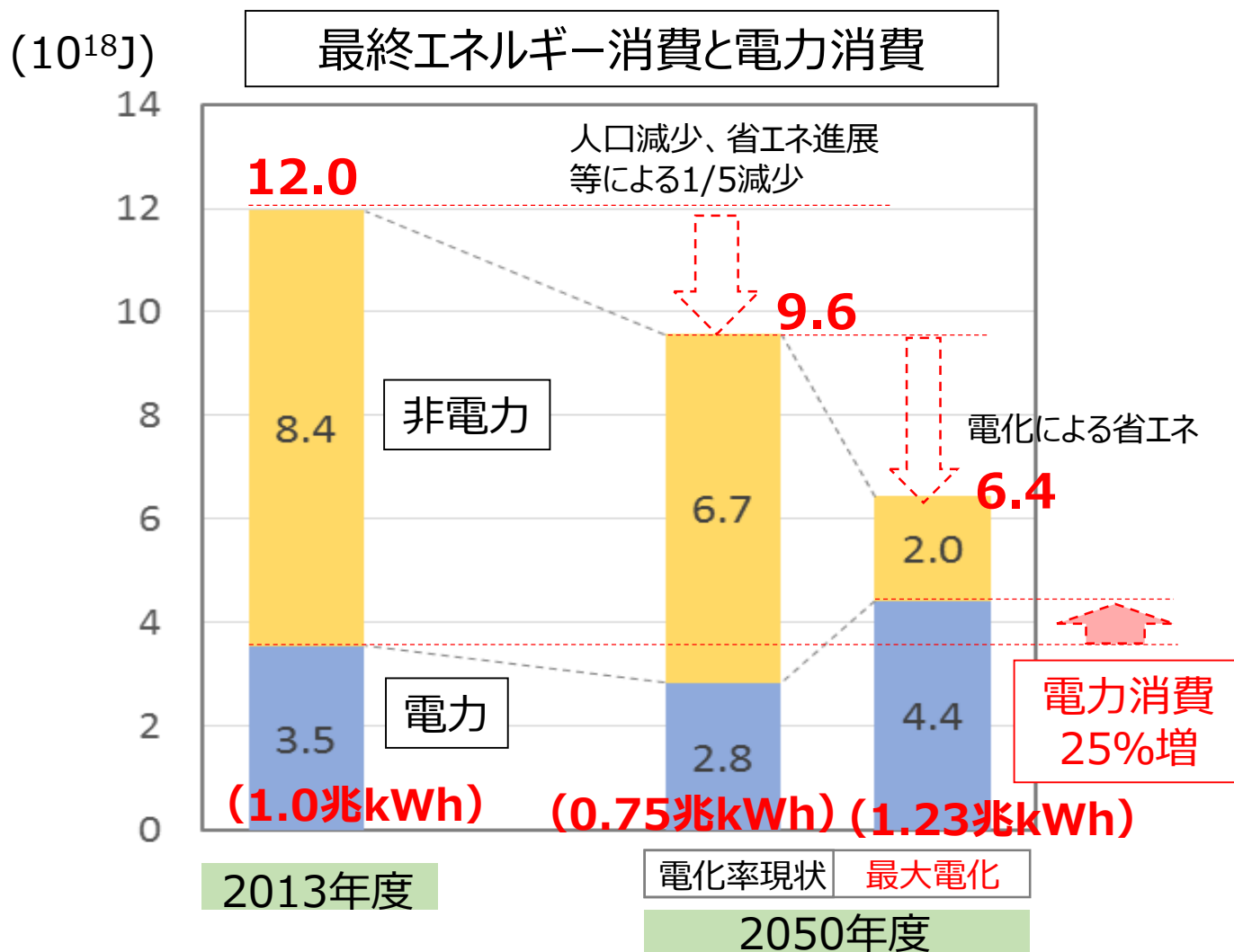
Illustrative U.S. Scenario of 70% Emission Reduction by 2050



Energy Efficiency, Clean Electricity and Electrification Key to Emission Reduction

(出典) EPRI, "Integrated Energy Network : Clean Energy Vision of the Future" (2016)

我が国での電化による省エネポテンシャル試算例 **TEPCO**



※東京電力ホールディングス（株）経営技術戦略研究所による試算

※電力消費には自家発電を含む。

※2013年度の最終エネルギー消費は「エネルギー・経済統計要覧(2015)」から作成、CO2排出量は環境省公表値を引用。

電力需要試算における電化率と代替機器の設定条件

部門	現状電化率 (2013年度)	電化ポテンシャル の設定値	代替電気機器
民生	53%	100%	—
家庭	49%	100%	・暖房、給湯用途 → ヒートポンプ ・厨房用途 → I H
業務	59%	100%	・冷暖房、給湯 → ヒートポンプ ・厨房用途 → I H
運輸	2%	航空・海運以外100% (現在の運輸部門の約90%に相当)	・ガソリン車 → E V
産業	31%	直接加熱用途以外100% (現在の産業部門の約56%に相当)	・工場空調・加温・100℃未満の乾燥ボイラ → ヒートポンプ (※) ・上記以外の蒸気用途 → I H

※ヒートポンプ代替可能量は「ヒートポンプ・蓄熱システム普及によるCO2排出削減見通し中間とりまとめ（2007年）」に基づき算出

【参考】試算に用いた機器効率

(2050年時点の各機器効率の予測は難しいため、試算には現状の効率を使用した)

部門	電化前		電化後	
	用途（機器）	効率	機器	効率
民生部門				
	空調・給湯（燃焼系機器）	80%	ヒートポンプ	COP=4.0
	厨房（ガス等燃焼系機器）	80%	I H等電気加熱	95%
産業部門				
	工場空調、加温、100℃未満の乾燥（ボイラー等）	80%	ヒートポンプ	COP=4.0
	上記以外のボイラー等蒸気	80%	IH等電気加熱	95%
運輸部門				
	ガソリン車※	1.67 MJ/km	電気自動車※	0.40 MJ/km

※ガソリン熱量（33.4MJ/L），ガソリン車燃費（H25平均燃費，国交省公表），電気自動車電費（i-MiEVが知ゲ値）から算出

【参考】電力需要（最大電化）試算結果

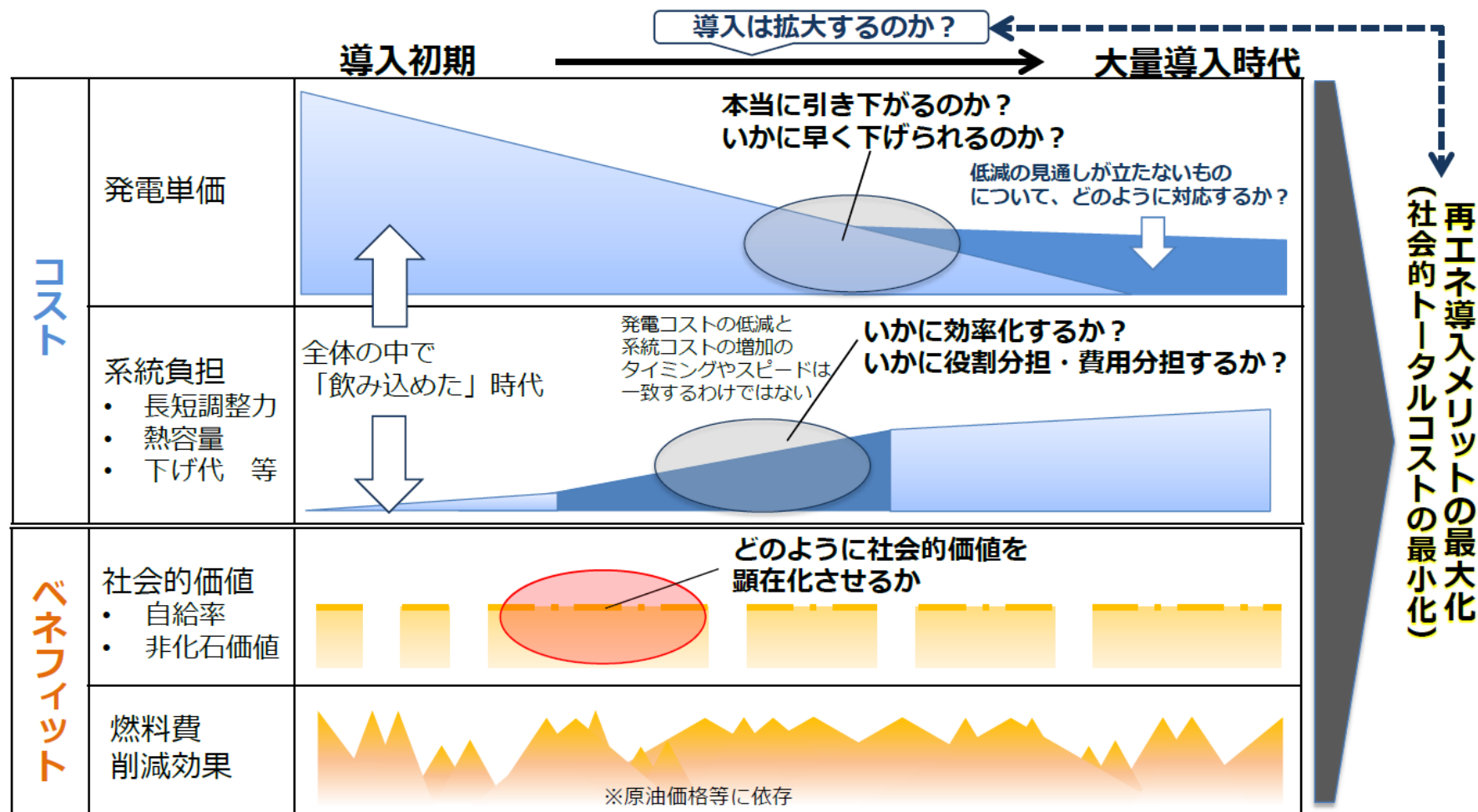
	2013年度(実績)				2050年度			
	最終エネルギー消費			電化率	最終エネルギー消費			電化率
		電力消費				電力消費		
	10 ¹⁸ J	10 ¹⁸ J	兆kWh	%	10 ¹⁸ J	10 ¹⁸ J	兆kWh	%
民生部門	3.8	2.0	0.6	53	2.0	2.0	0.6	100
家庭部門	2.1	1.0	0.3	49	1.1	1.1	0.3	100
業務部門	1.7	1.0	0.3	59	1.0	1.0	0.3	100
運輸部門	3.3	0.1	0.0	2	0.8	0.6	0.2	72
産業部門	4.7	1.4	0.4	31	3.4	1.8	0.5	51
非エネルギー	0.2	0.0	0.0	0	0.1	0.0	0.0	0
合計	12.0	3.5	1.0	30	6.4	4.4	1.2	69

※端数処理により合計値が合わない場合があります。

効率的な再エネ拡大

1. 再生可能エネルギーの大量導入時代における政策課題の検討に当たっての前提 1

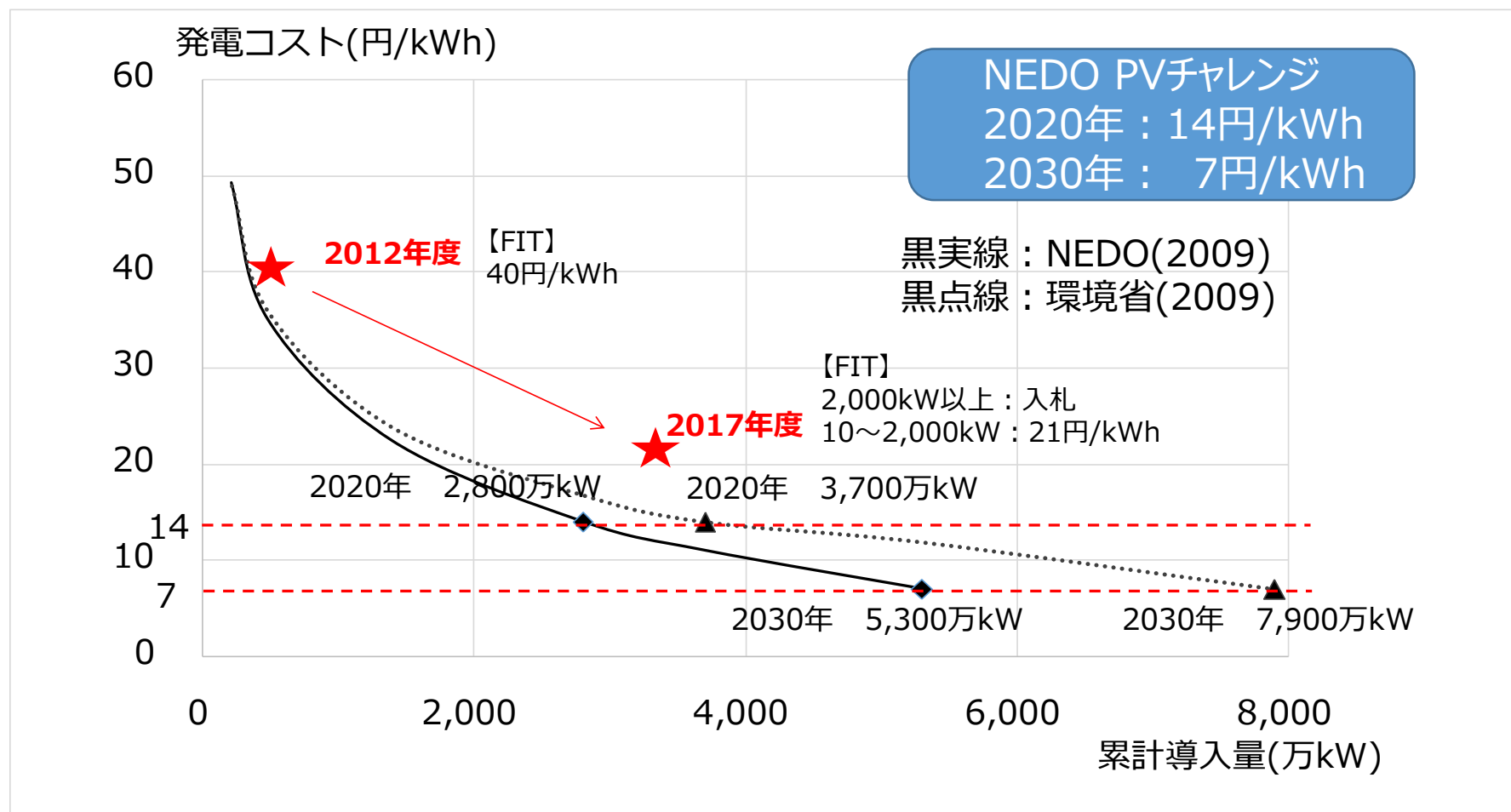
- 再エネの導入拡大を実現し、大量導入を持続化するためには、そのメリットを最大化することが必要。
- 電源・地域・課題毎によって進捗度は異なり、さらに導入拡大に伴って生じるそれぞれの変化は一定ではなく、同時のタイミングで生じるとは限らないことに留意。



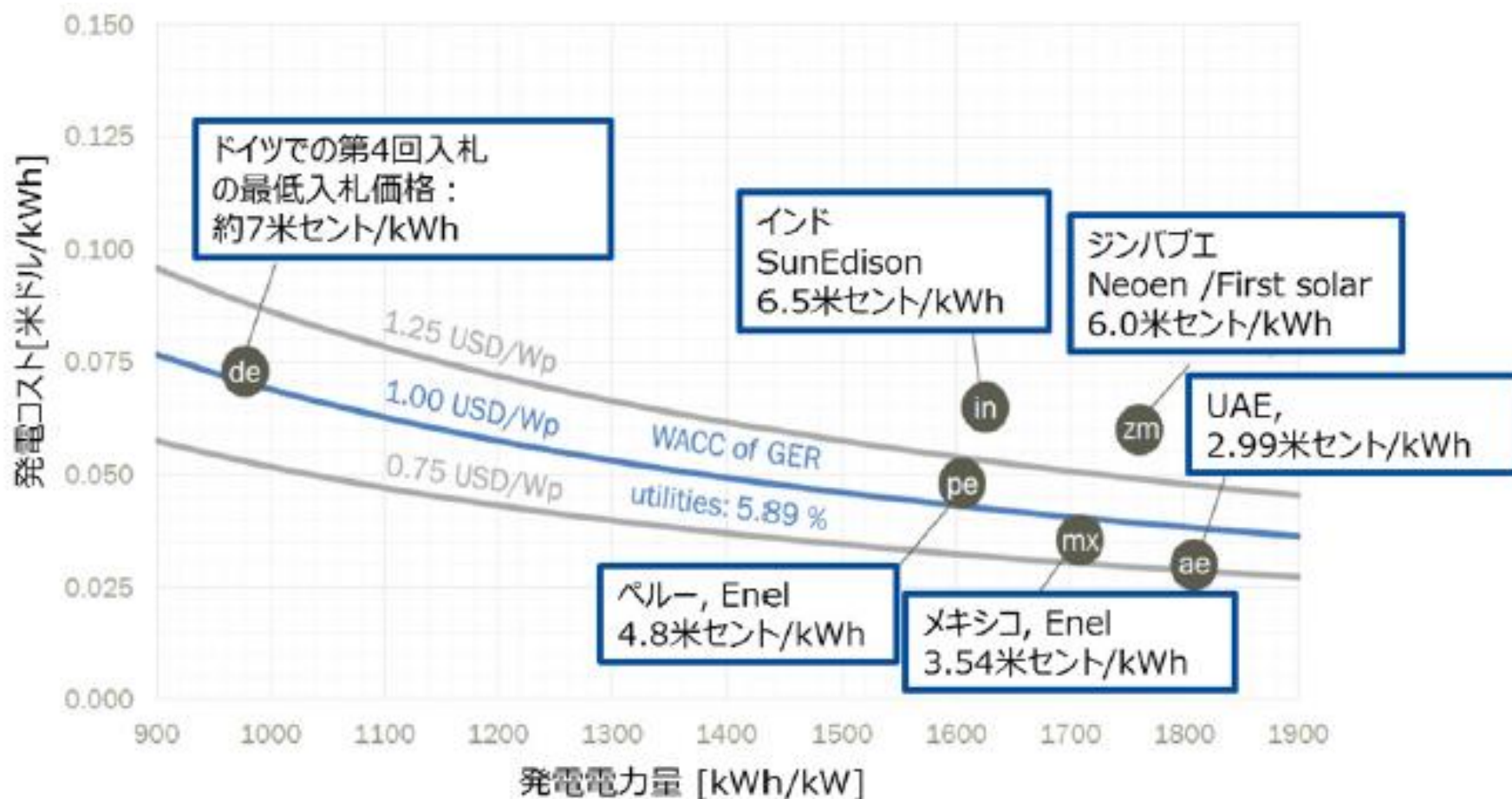
(出典) METI「再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク研究会」第4回資料2

①再エネ：経済性（エネルギー:kWh）

＜非住宅用PVシステム価格＞



【参考】海外のPVコストと最近の入札結果事例 **TEPCO**

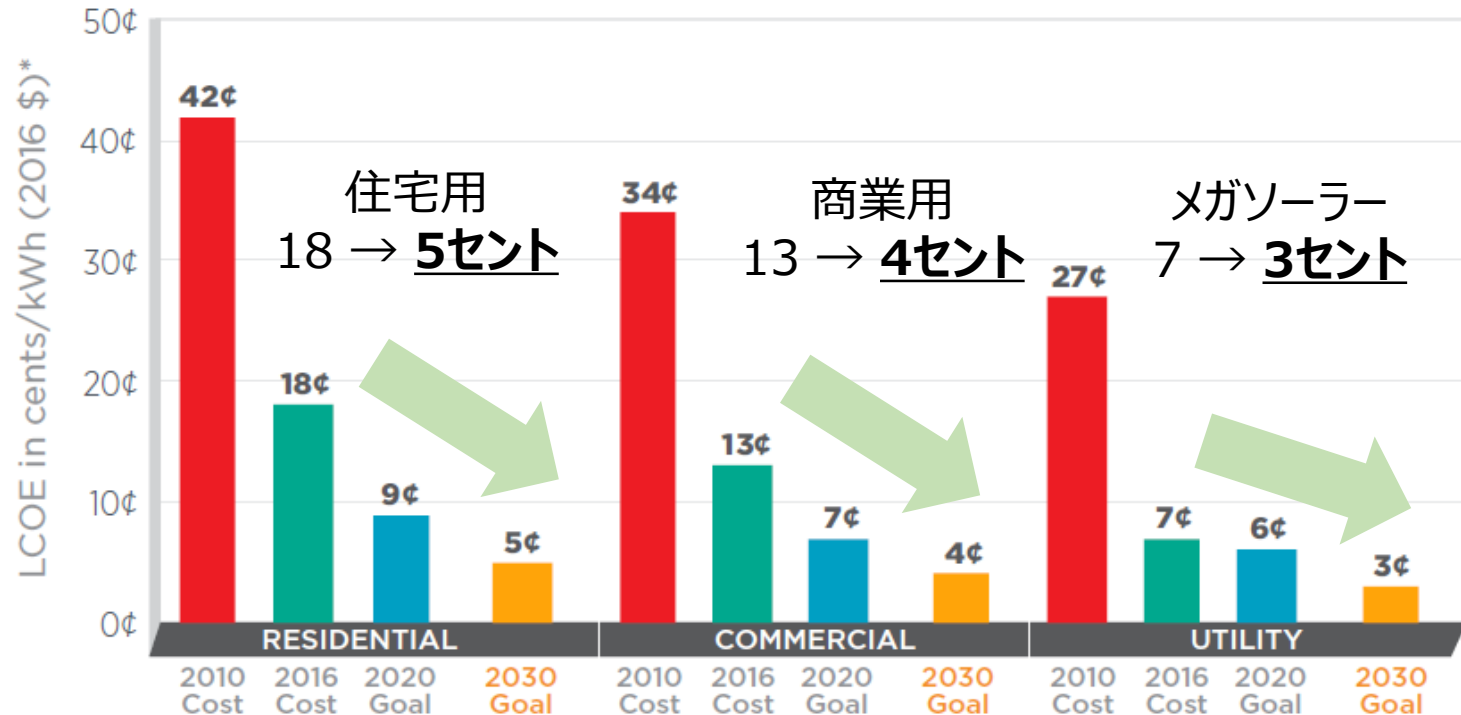


(出典)資源エネルギー庁「太陽光発電競争力強化研究会報告書」,2016年

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

- 2016年11月、新たな目標（2030年）を公表

SunShot's 2030 Goals

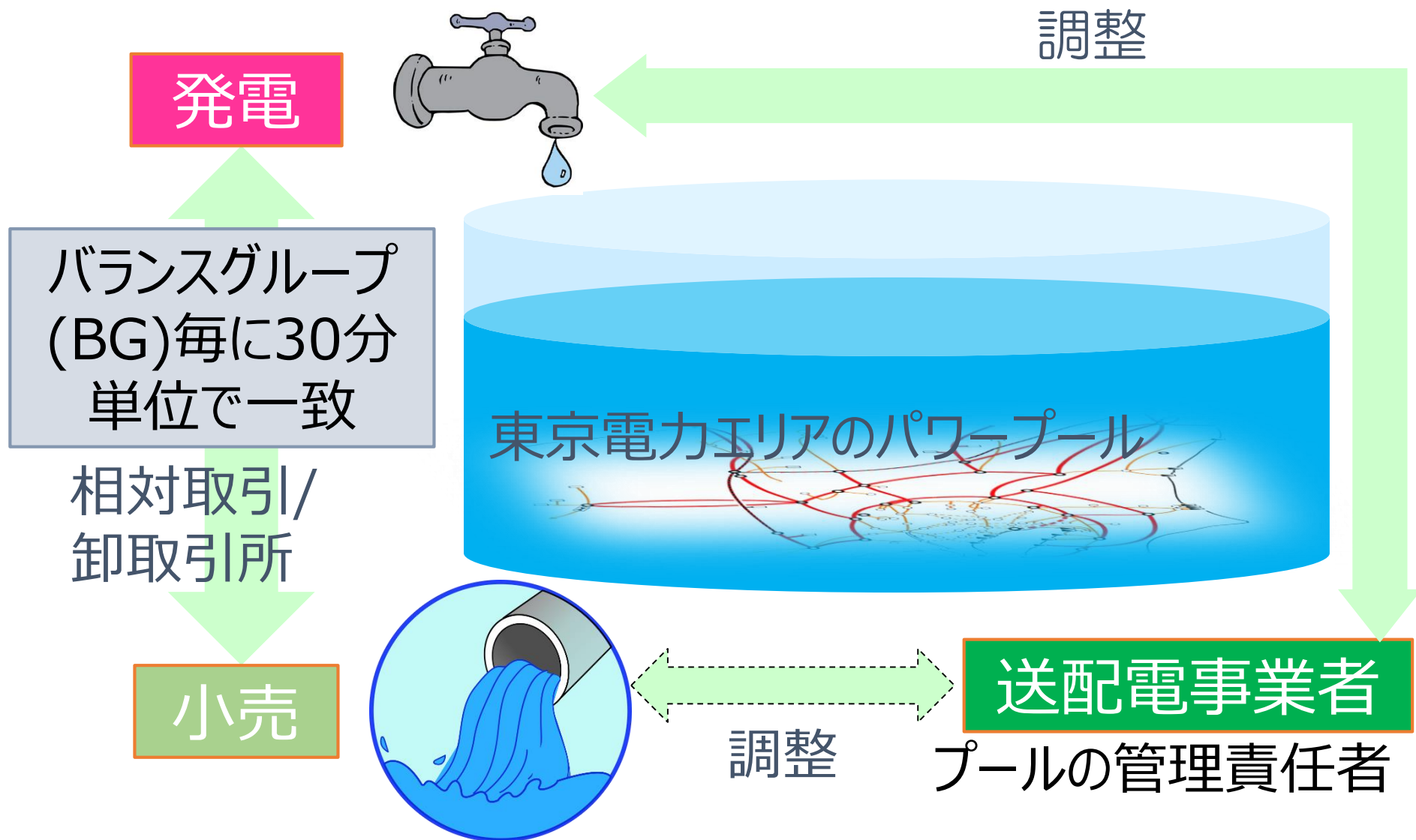


*LCOE progress and targets are calculated based on average U.S. climate and without the ITC or state/local incentives. Utility-scale PV uses one-axis tracking.

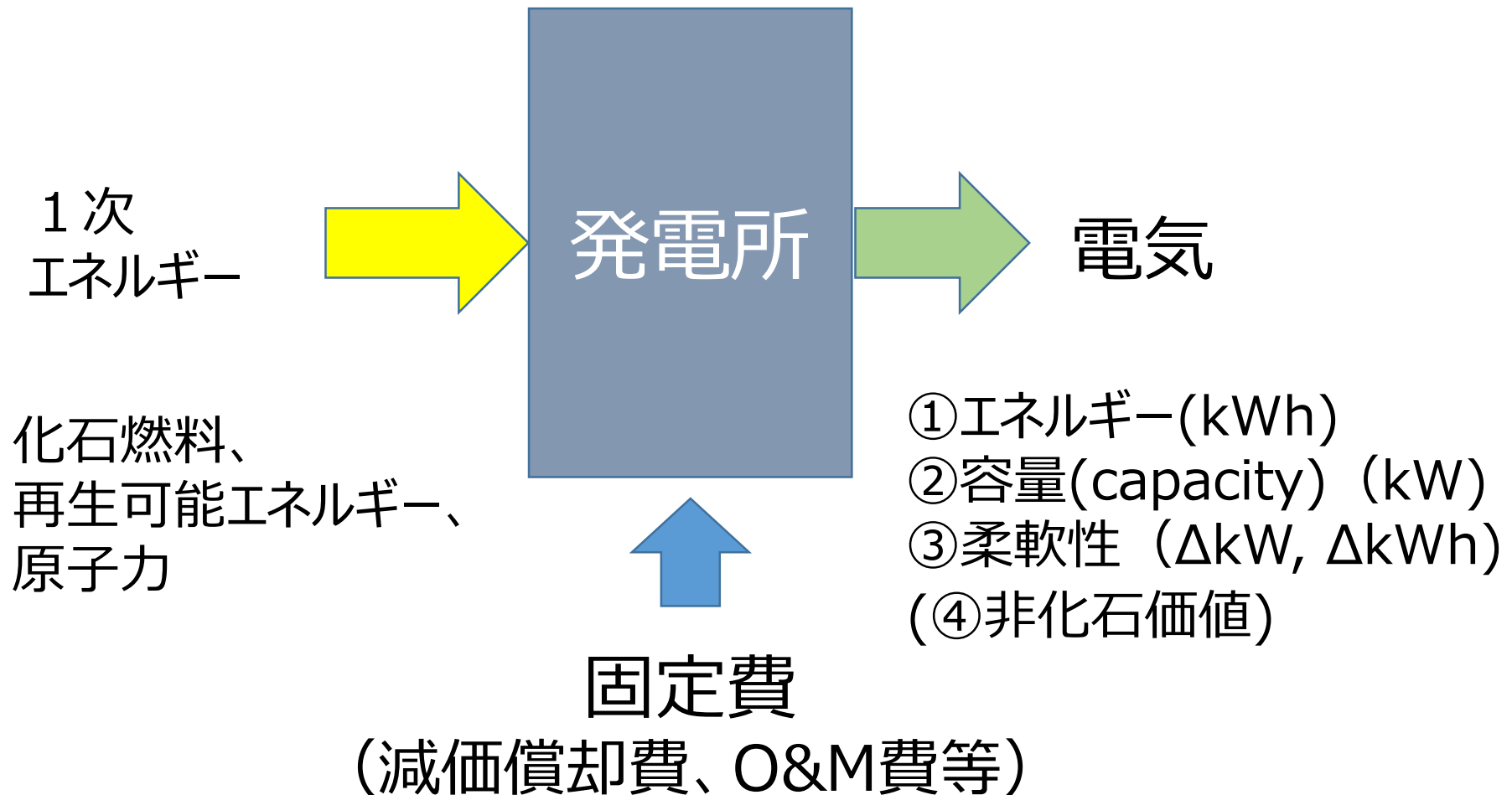
Figure 1. LCOE values and SunShot goals for the residential, commercial and utility-scale sectors.

②再エネ：送電ネットワークの有効活用

アンバンドリングとパワープール（自由化）



アンバンドリングと発電所の役割 (4つの市場) **TEPCO**



垂直統合時代は、発電と流通（送配）の一体的な計画・運用で効率化



アンバンドリング
(役割分担の明確化)

【計画】

発電投資：BGが計画・リスク評価（系統制約の考慮が課題）

送配投資：送配が需要と発電（市場）を想定し、流通設備を計画

（将来想定の不確実性を考慮した
効率的な設備形成が課題）

【発電価値の取引】

kWh市場

Δ kW市場
 Δ kW, Δ kWh

kW市場

非化石市場

【運用】

発電出力（GC前）：BG（市場）が決定

発電出力（GC後）：送配が市場で調達した資源を活用して、需給
バランス維持・混雑処理を最小コストで実施

【発電事業者】 (小売事業者)



【競争環境の変化も考慮した事業運営】

■運用 (GC前後)

- 経済性(市場)に基づき発電

■発電設備の投資・維持管理

- 市場収益想定し、事業性判断
- 需給・系統制約による影響を自ら評価
(収益減少リスク等)

■行動原理：経済性の追求

- 多様な事業戦略

【送配電事業者】



【運営・投資費用の効率化と 公平性・透明性の確保】

■運用(GC後)

- 需給バランス維持
- 混雑処理
⇒市場を通じてkW、ΔkW調達

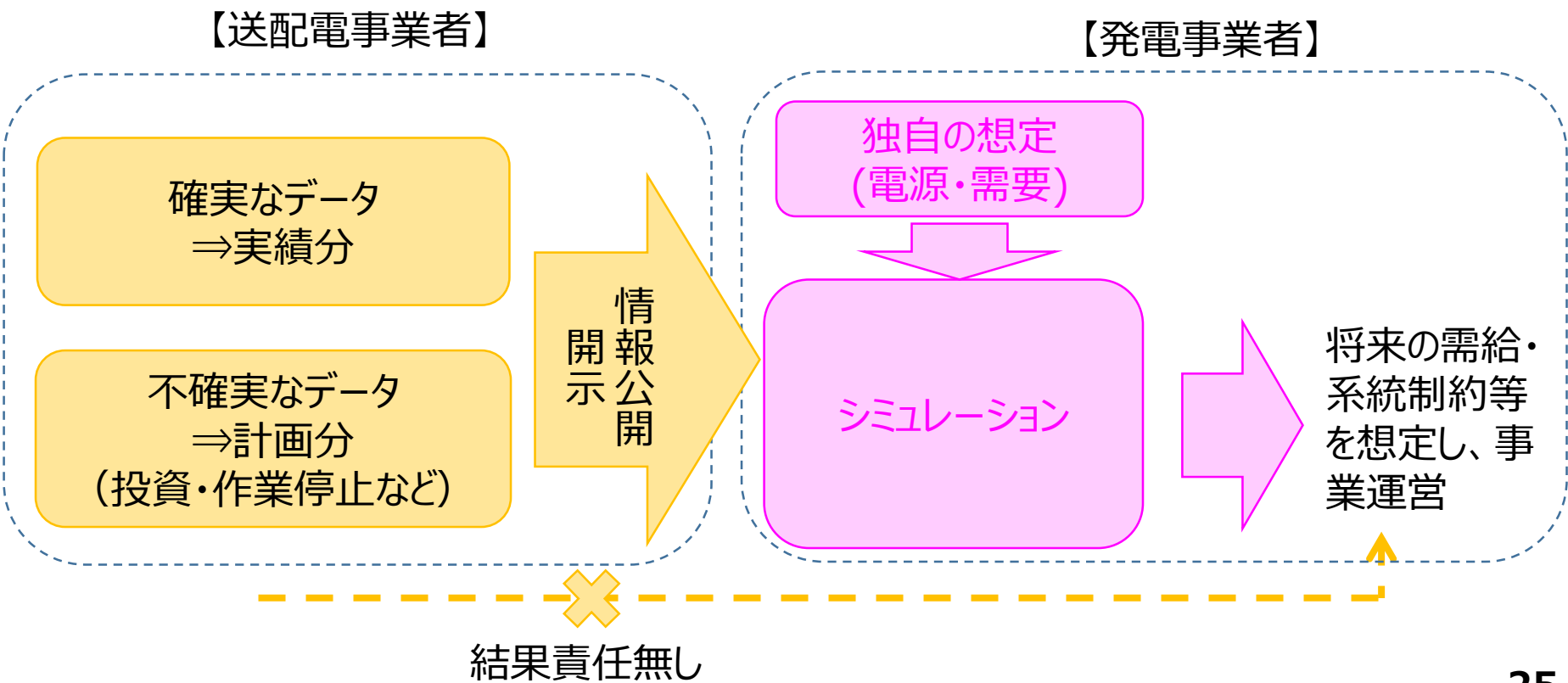
■送配電設備の投資・維持管理

- 投資・費用の効率化

■行動原理：公平性・透明性の確保、確実な投資・費用回収

- 市場参加者等への適切な情報開示

- 発電事業者が需給・系統制約による影響を自ら評価(シミュレーション等)・判断し、
多様な事業戦略を選択
- 送配電事業者はそのために必要な情報公開・開示(実績および将来の計画)を行う
- ただし、送配電事業者は発電事業者の判断に結果責任を負わない



需給・系統シミュレーションに必要なデータ

【既に公開中のデータ】

【シミュレーションに必要なデータ】

＜対象範囲＞

広域系統(上位2電圧)

154kV以上
(変圧器2次母線66kV以上)

電源に関するデータ

-

実績

電源運転出力
(出力カーブ)

計画

新設・停廃止

需要に関するデータ

-

実績

地点別需要
(需要カーブ)

送配電に関するデータ

実績

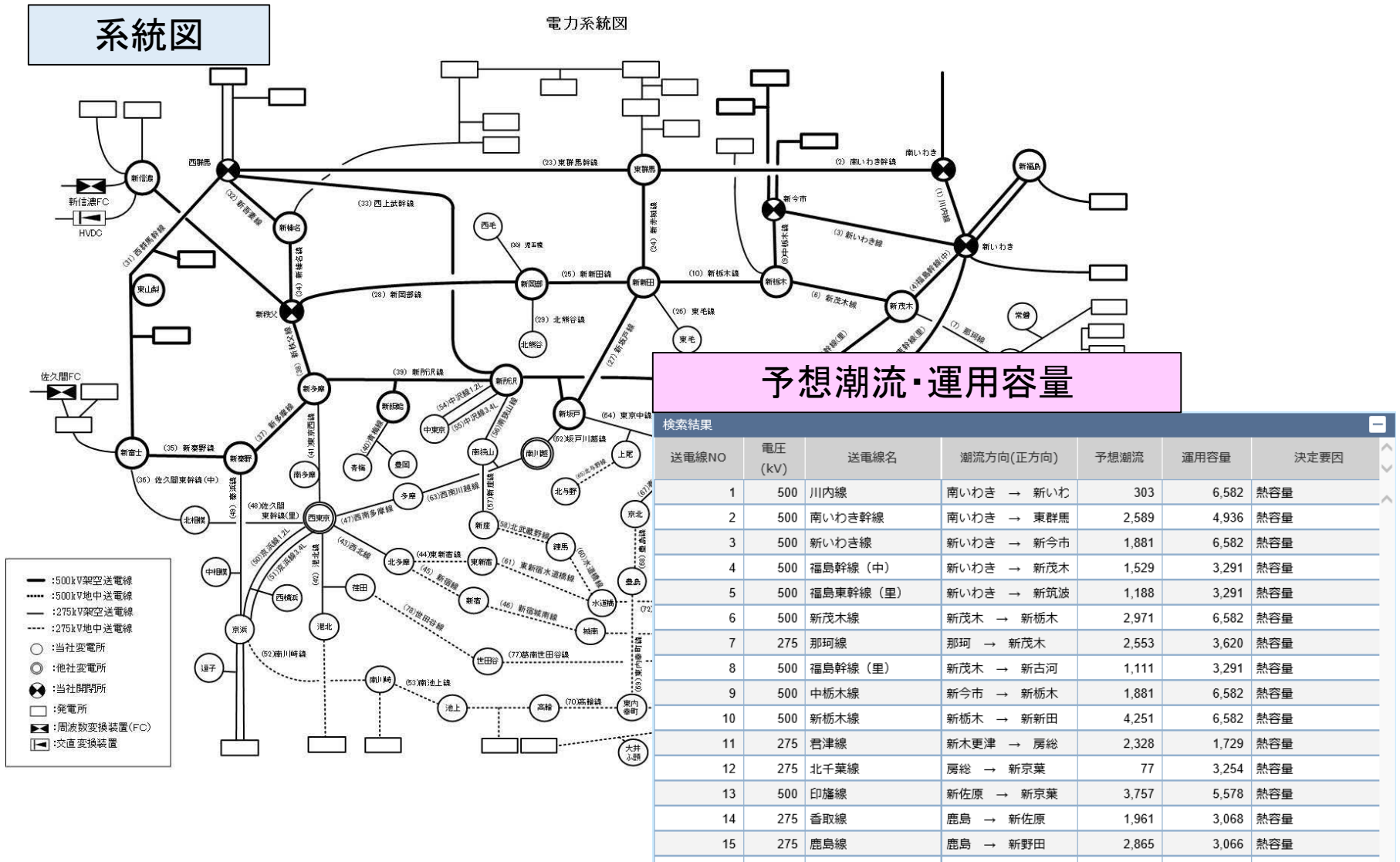
系統構成
送電線潮流

計画

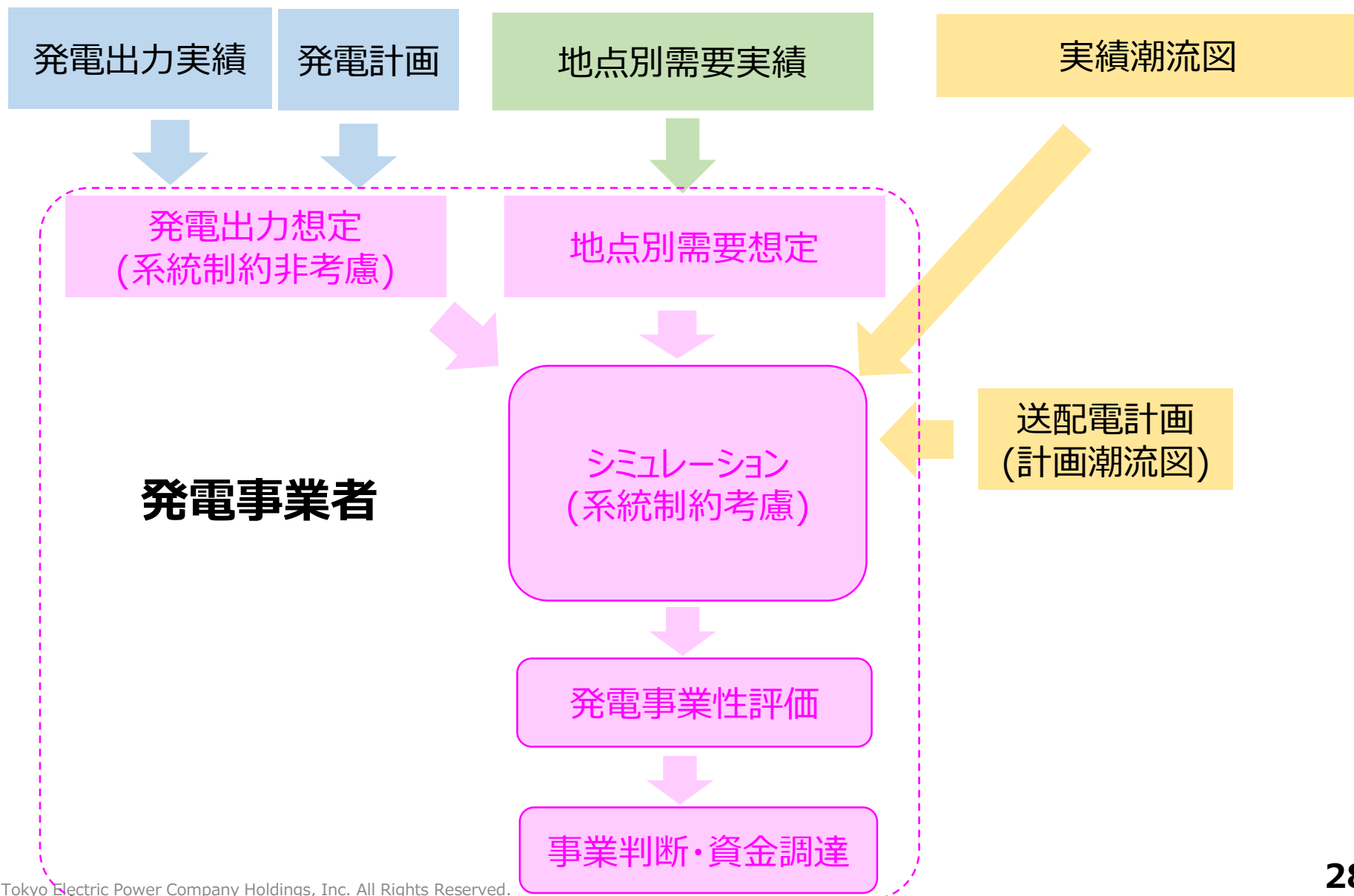
系統構成
送電線潮流
投資・廃止・作業停止

系統構成
送電線潮流
変圧器潮流
電源線潮流
投資・廃止・作業停止

【参考】OCCTO公開データイメージ(東京エリア) **TEPCO**



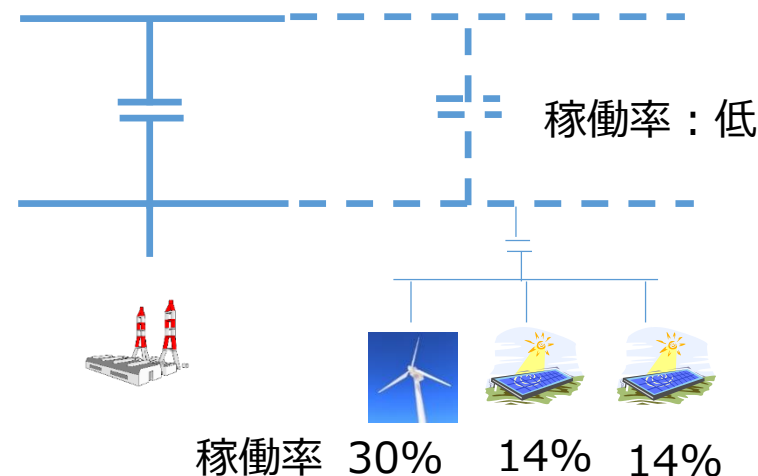
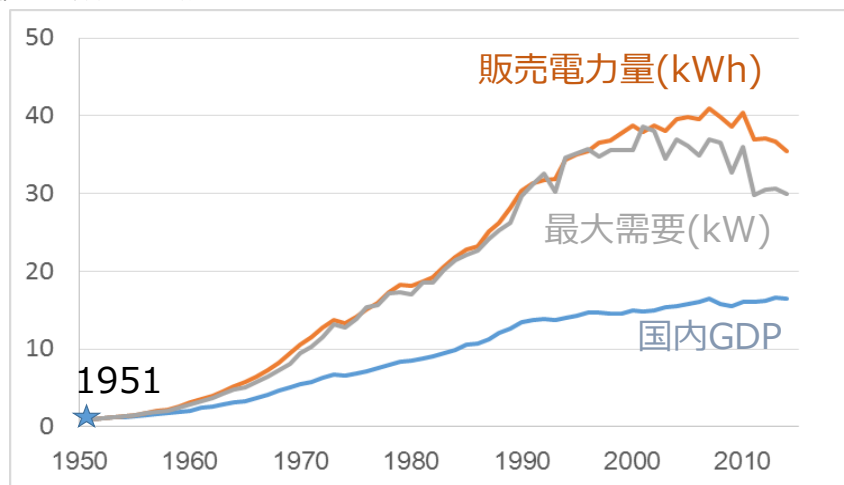
(出典) 電力広域の運営推進機関HP_系統情報サービス_地内基幹送電線関連情報_地内基幹送電線運用容量・予想潮流
http://occtonet.occto.or.jp/public/dfw/RP11/OCCTO/SD/LOGIN_login#



需要減少

分散化・低炭素化

(倍) 1951年度を1とした指数



既存流通設備の稼働率低下

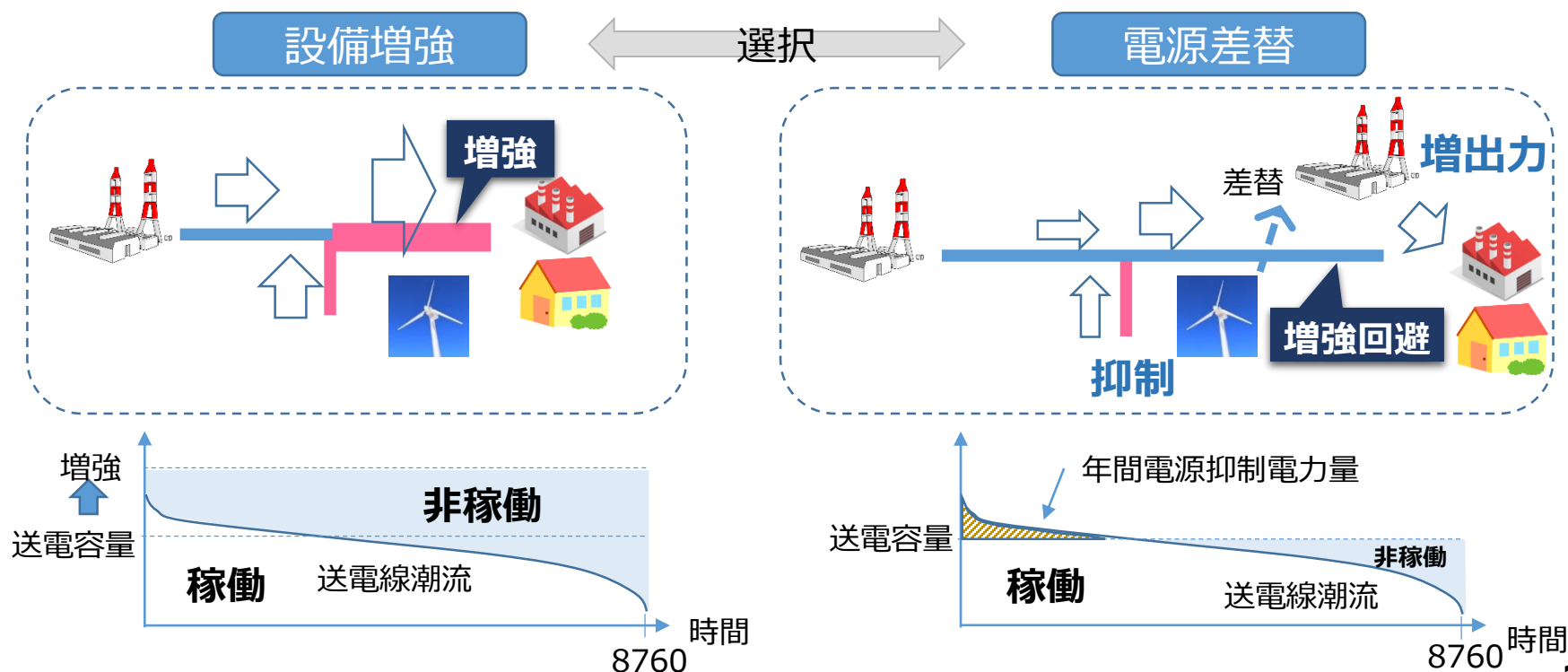
新規投資の流通設備の低稼働化

送配電事業者の**維持費用・投資の回収が困難化**

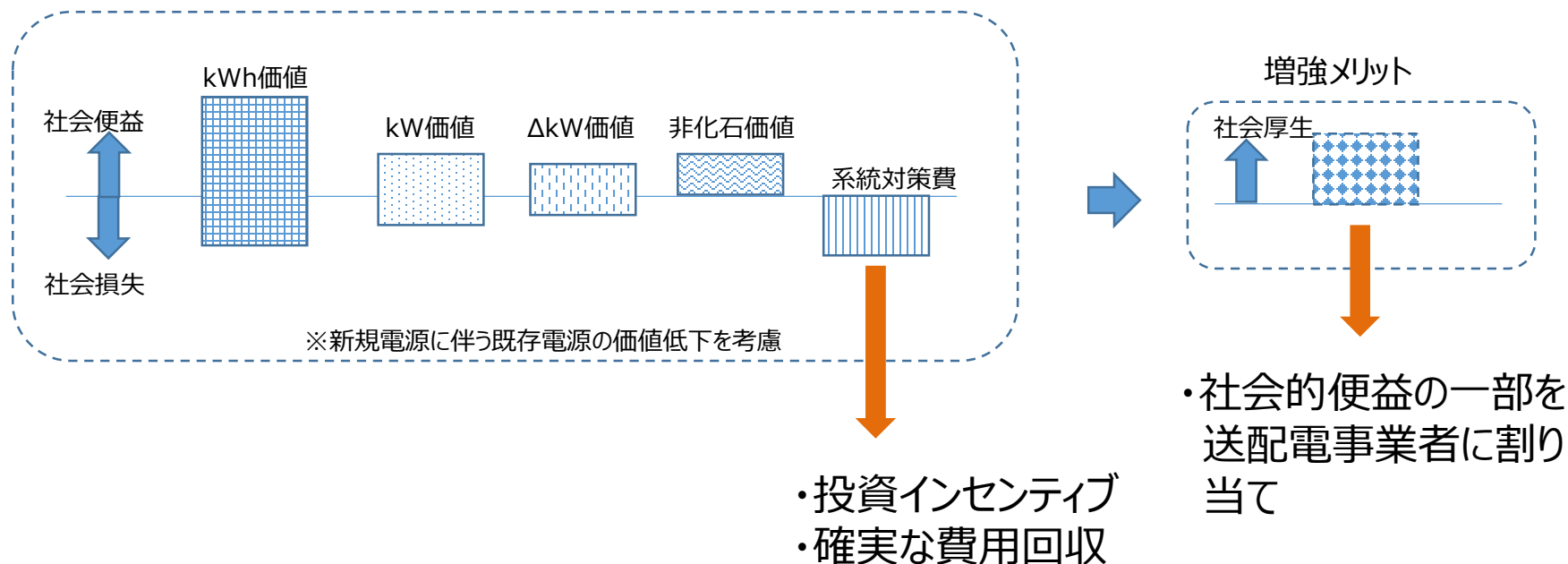
■費用対便益の低い設備増強を回避し、電源・流通全体でのコスト最小化
(再エネ接続に限定した課題ではない)

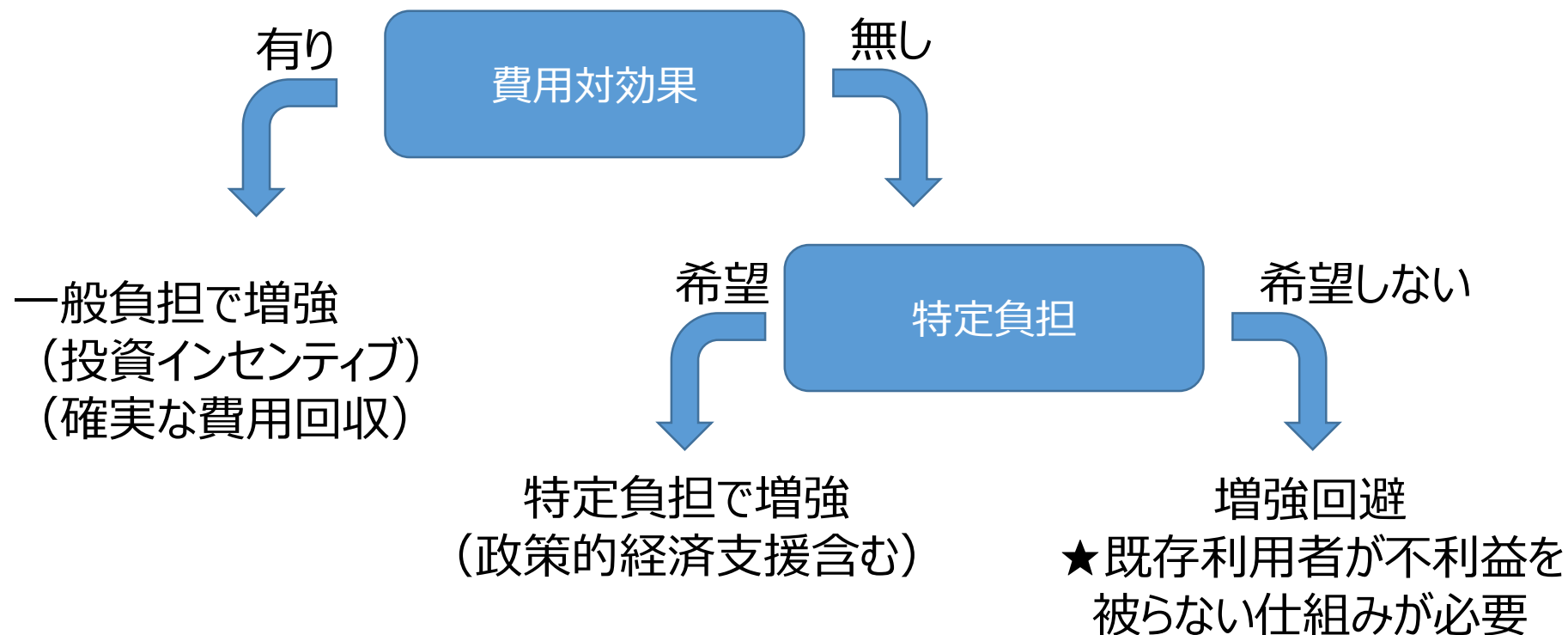
- 想定潮流の合理化：発電と送配電の役割分担を踏まえたルール設定
- 費用対便益：設備増強と電源差替の費用※を定量的に比較
- Non-firm接続：一時的な電源抑制を許容

※kWh価値,kW価値,ΔkW価値,非化石価値



■ 費用対便益の低い設備増強を回避し、電源・流通全体でのコスト最小化をはかる





③再エネ：柔軟性（調整力： ΔkW （h））

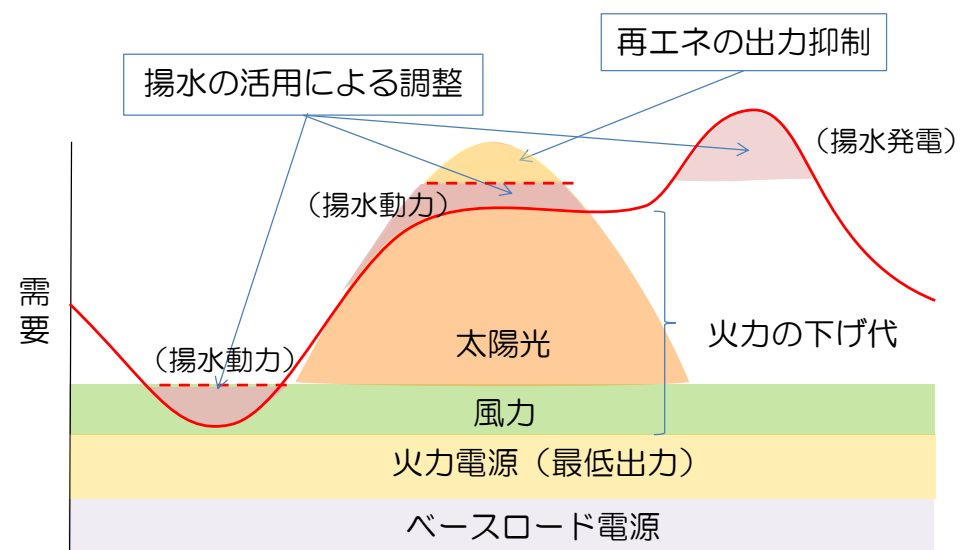
柔軟性（調整力）確保の取り組み例①（揚水発電）

TEPCO

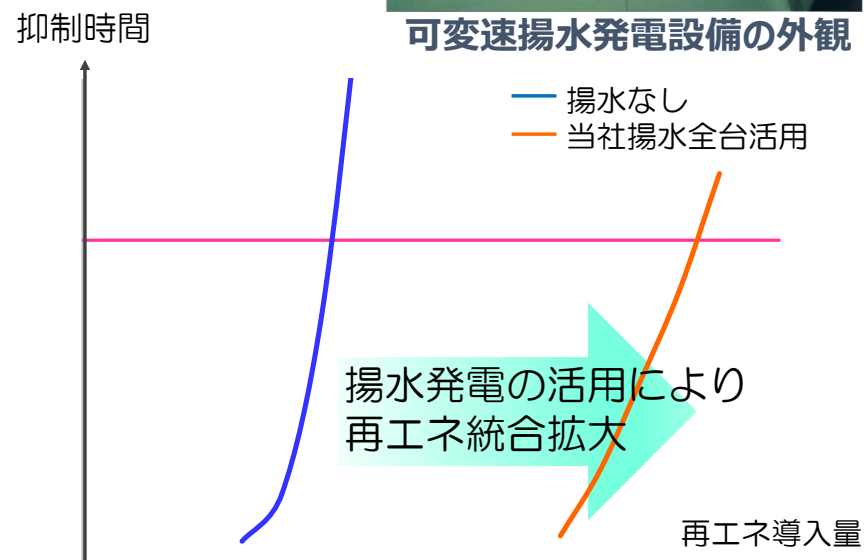
- 揚水発電は、電気を貯蔵し、再エネ発電と電力消費の時間的ミスマッチを解消することが可能
- **揚水発電を活用**することで柔軟性（調整力）を拡大でき、再エネ拡大に貢献



可変速揚水発電設備の外観



揚水による柔軟性確保のイメージ



揚水による再エネ拡大のイメージ

(出典)資源エネルギー庁 総合資源エネルギー調査会省エネルギー・新エネルギー分科会
新エネルギー小委員会 系統ワーキンググループ 第1回資料5,2015年

©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.

柔軟性（調整力）確保の取り組み例②（広域化） **TEPCO**

- 北海道電力は系統の柔軟性（調整力）不足で連系可能量を設定
- 東京電力PGから柔軟性（調整力）を調達し、連系可能量を20万kW拡大

<実証試験スキーム概要>



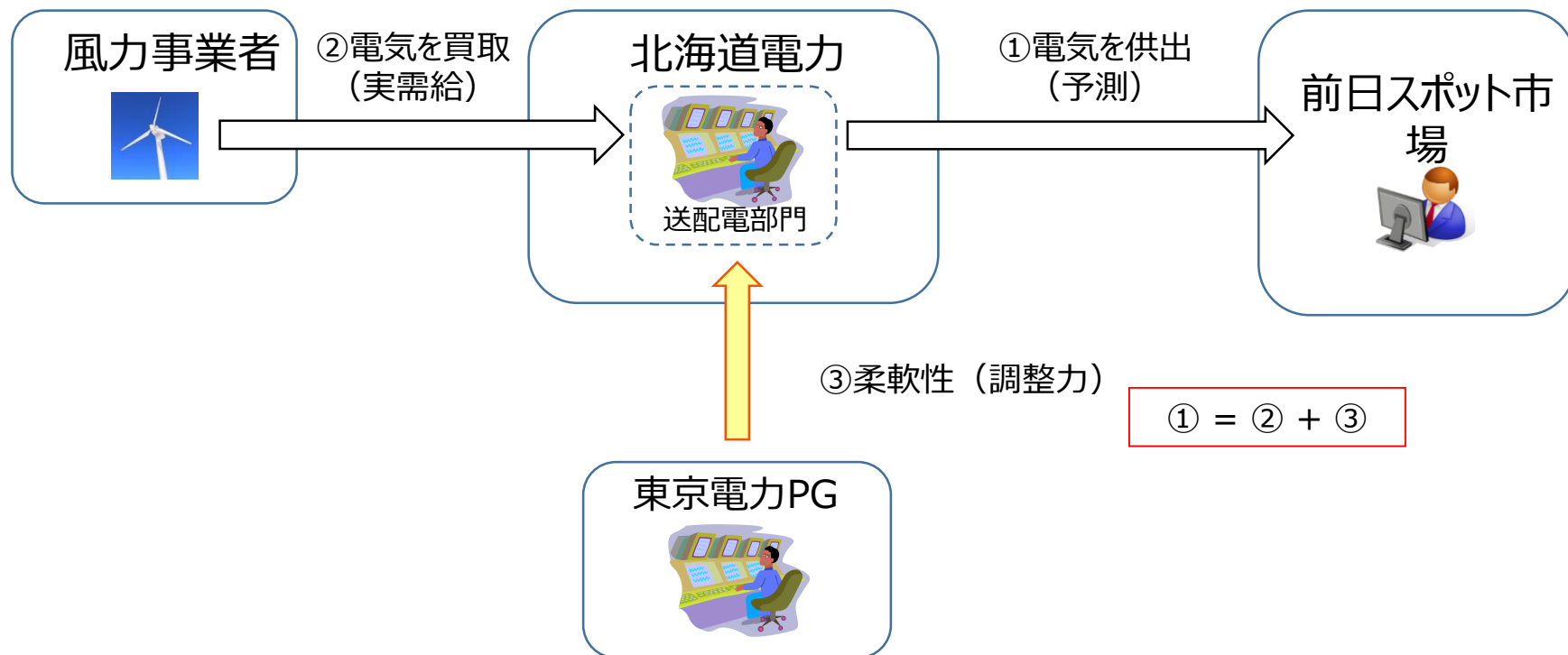
風力発電出力制御技術の導入

調整力が不足する場合には、風力発電の出力を制御し、電力系統の安定化を図る。

既設地域間連系線の活用

東京電力PGの調整力を利用し、北海道の調整力不足を解消。

- 北海道電力（送配電部門）は風力発電出力予測値（30分値）に基づいて、前日スポット市場に供出（①）
- 市場に供出する電気（①）と実需給断面の風力発電出力（②）の差分に対する調整に、地域間連系線を介して東京電力PGから調達する柔軟性（調整力）（③）を利用



今後の柔軟性（調整力）の広域化

- 多様な柔軟性（調整力）を全国市場取引。余力のある地域の火力・揚水発電などを有効活用して再エネ導入拡大

送配電事業者A

中央給電指令所

送配電事業者B

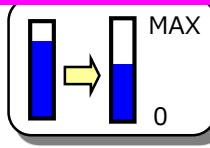
中央給電指令所

柔軟性（調整力）を調達

全国需給調整市場

柔軟性（調整力）を入札

指令(出力減)



火力

揚水

DR・蓄電池



エリア A

DR・蓄電池

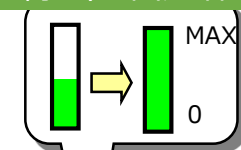
揚水

火力

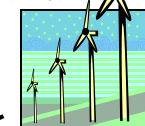
原子力

エリア B

再エネの出力増



風力



連系線

- 低炭素社会実現には、電源の低炭素化と需要の電化の同時達成が必要
- 事業者の役割分担を踏まえ、再エネを拡大
 - 発電事業者：電源の経済性向上
収益評価(需給・系統制約評価)
 - 送配電事業者：効率的な設備形成(コネクト・アンド・マネージ)
効率的な系統運用(調整力の広域化)
公平・透明性(情報公開)
- 再エネ拡大に要する送配電の投資・費用について、確実な回収の担保が必要