

平成29年9月19日

# 低炭素化に向けた電力システム の方向性と課題

東京電力パワーグリッド株式会社  
取締役副社長 岡本 浩





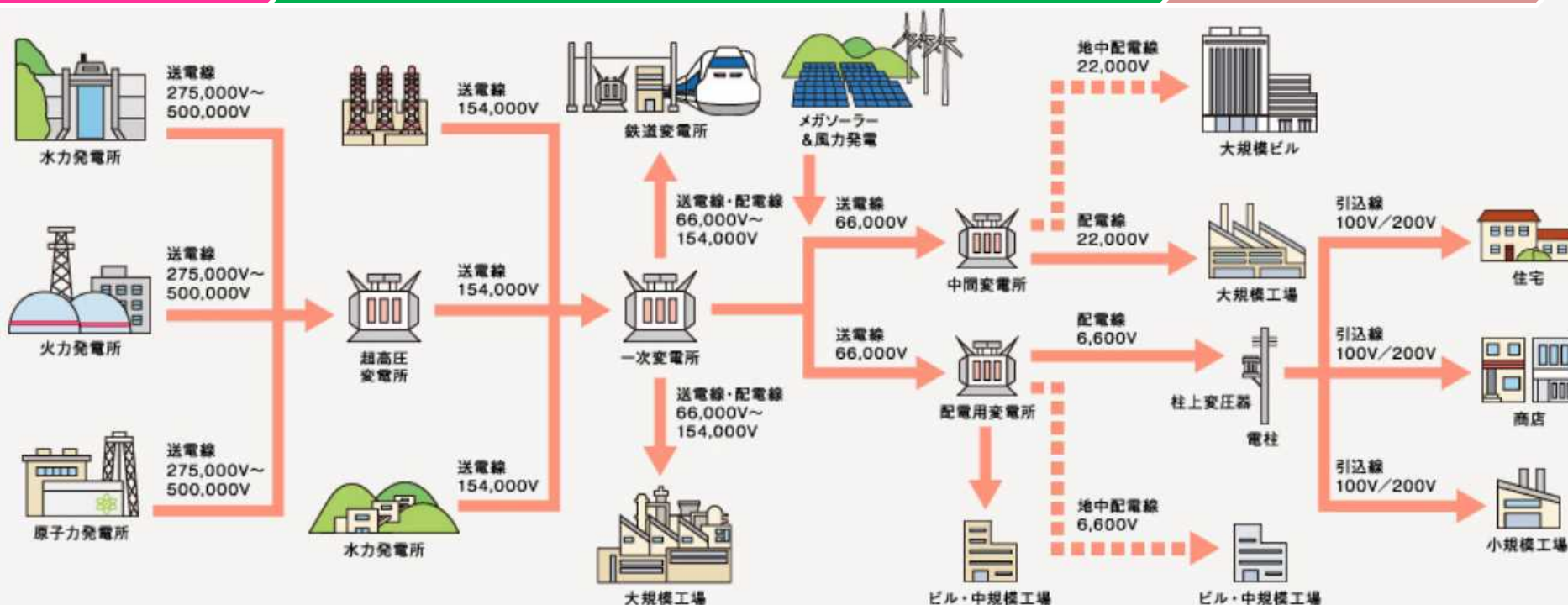
# 電力システムとは？

送配電ネットワークを介して離れた場所にあるお客さまの「電力需要」と「発電」をマッチングさせるプラットフォーム

創る（発電）

送る（送配電）

使う（需要）



発電設備

送電設備

配電設備

お客さま設備

# 世界初の電力システム



■1882年9月4日にトマス・エジソン[Edison Thomas Alva] (1847~1931) がニューヨーク市のパールストリートに**直流配電システムを構築**

## 【事業内容】

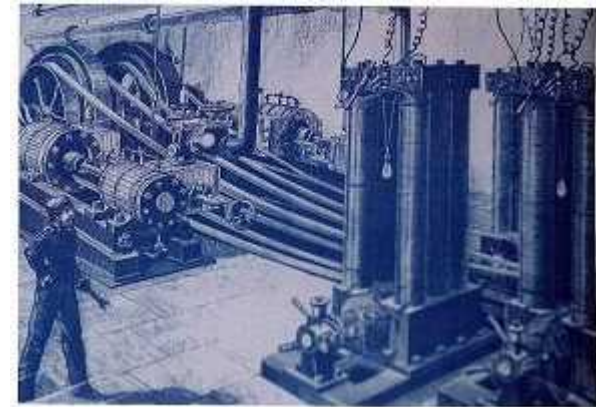
- ・中央ステーション（発電所）に火力発電機を設置[6台/出力540 kW]
- ・100,000フィート（約30km）におよぶ配電網
- ・ウォール街の半径 1kmにある白熱電灯千個強に供給



図. パールストリートの中央ステーション



図. エジソンの発電機システム



# 交流による電力システムとパワープール

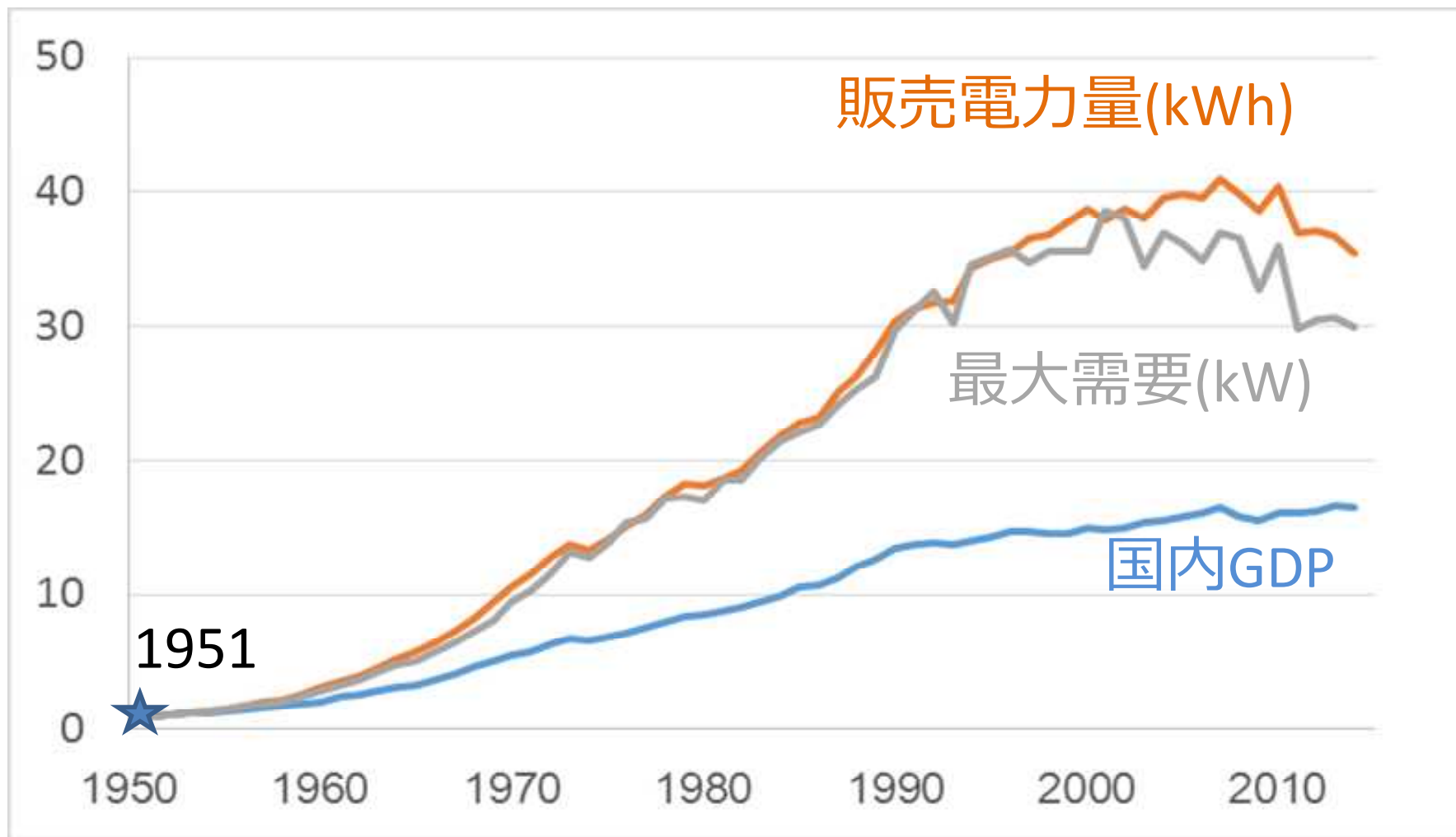


- 交流でつながっている範囲では、巨大な貯水池のように水位（周波数）はどこも同じ。
- 需要側（取水口）から電気が流れていくが、同量を発電して、水位を厳密に一定に保つ必要がある。





## 【参考】電気事業（東京電力）の規模推移



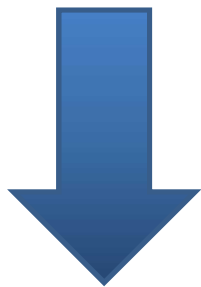
(出典)数表で見る東京電力

# 電気事業のビジネスモデル変遷



**Utility 1.0** : 電気事業の誕生と急激な発展

**Utility 2.0** : **自由化**による発電・小売の競争



**分散化・脱炭素化・人口減少・  
デジタルイゼーション**

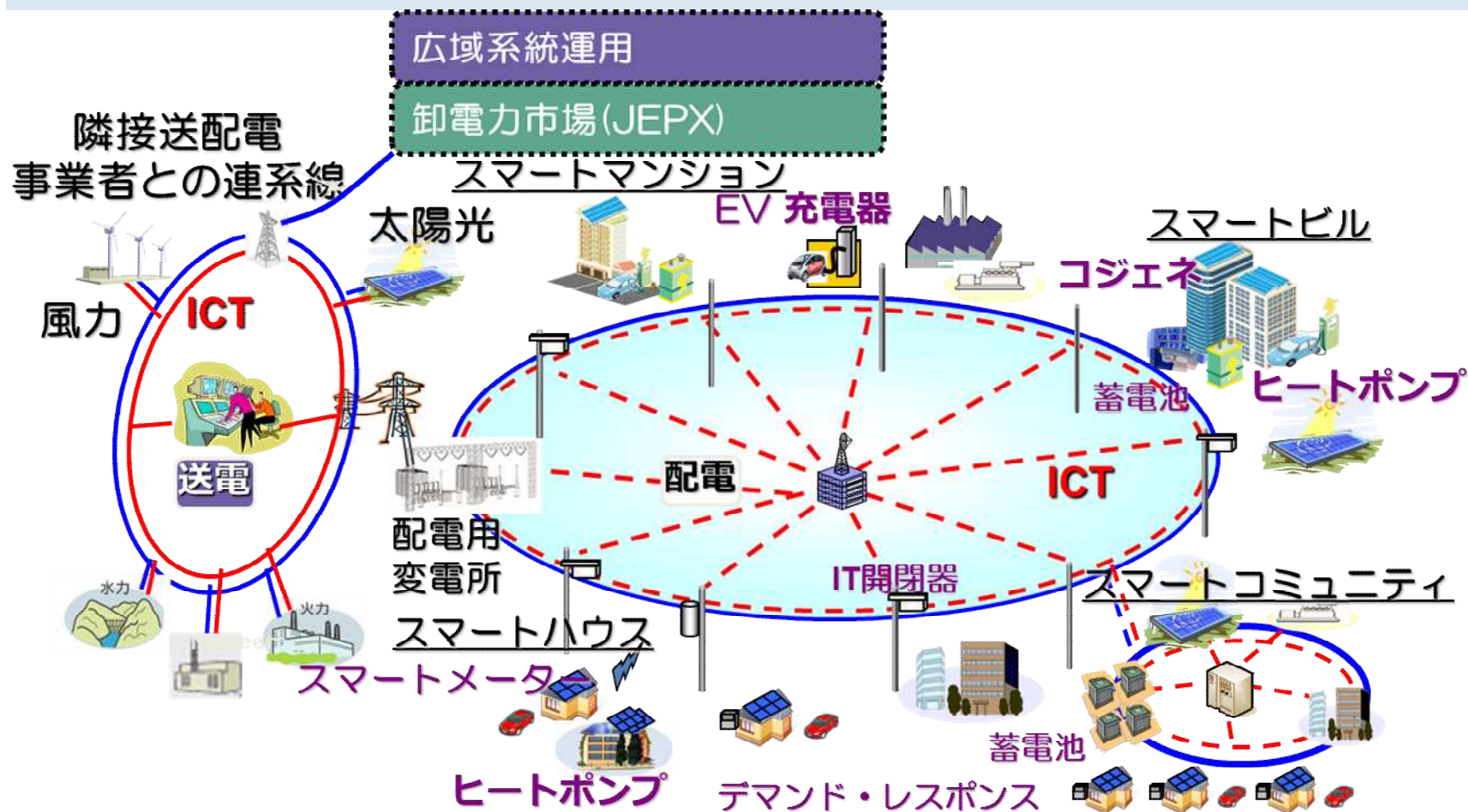
**Utility 3.0** : 共創による新しいビジネスモデルへ

(出典) 竹内他 : 「エネルギー産業の2050年 Utility 3.0へのゲームチェンジ」(2017)

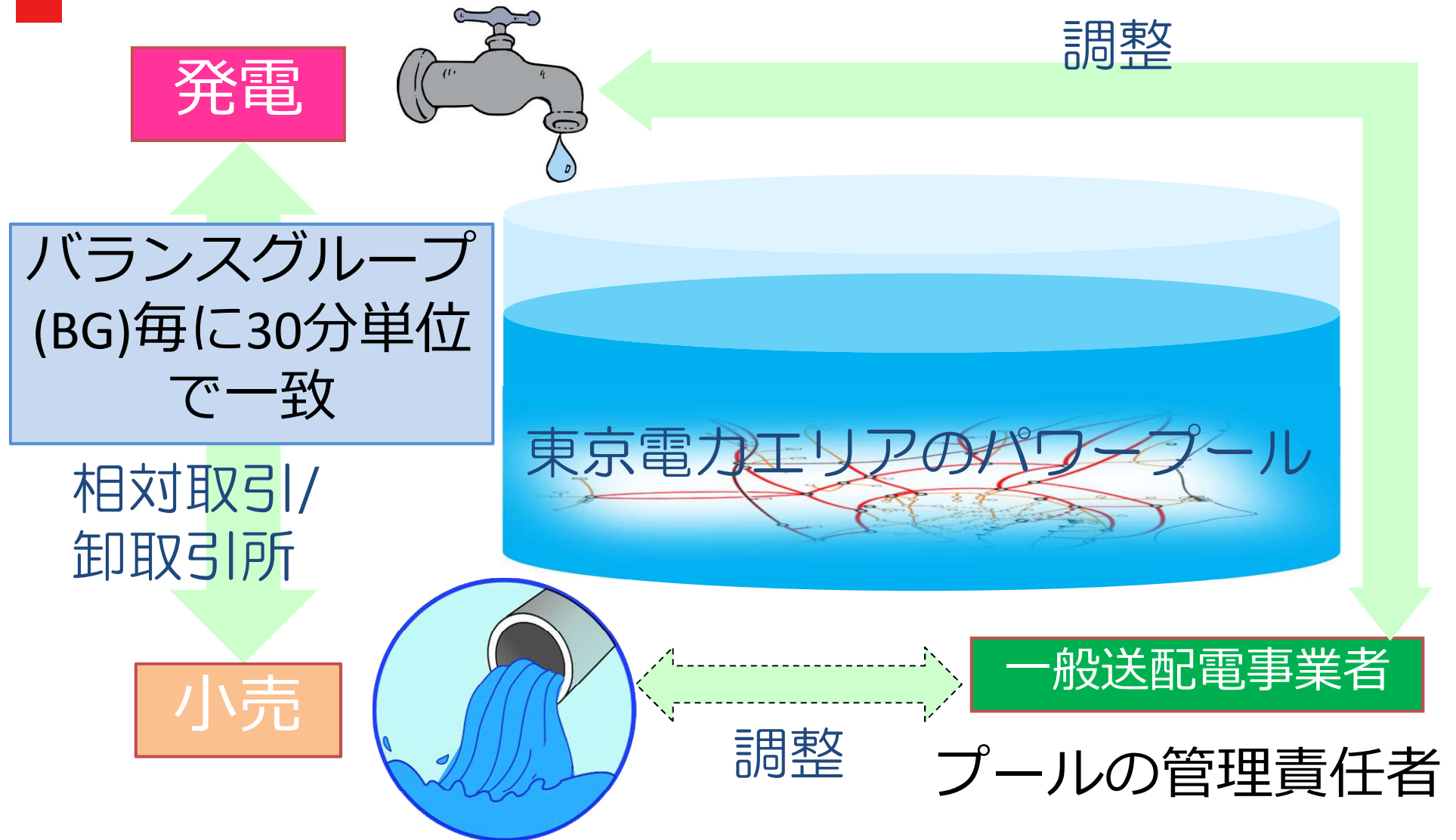


# システム改革後の電力システム

全面自由化や再エネ導入拡大・需要の能動化・スマートコミュニティなど**分散化**と同時に**広域化**が進展。**運輸部門などで電動化**が進む一方、人口減少・省エネ進展により、当面の**電力需要は減少**。

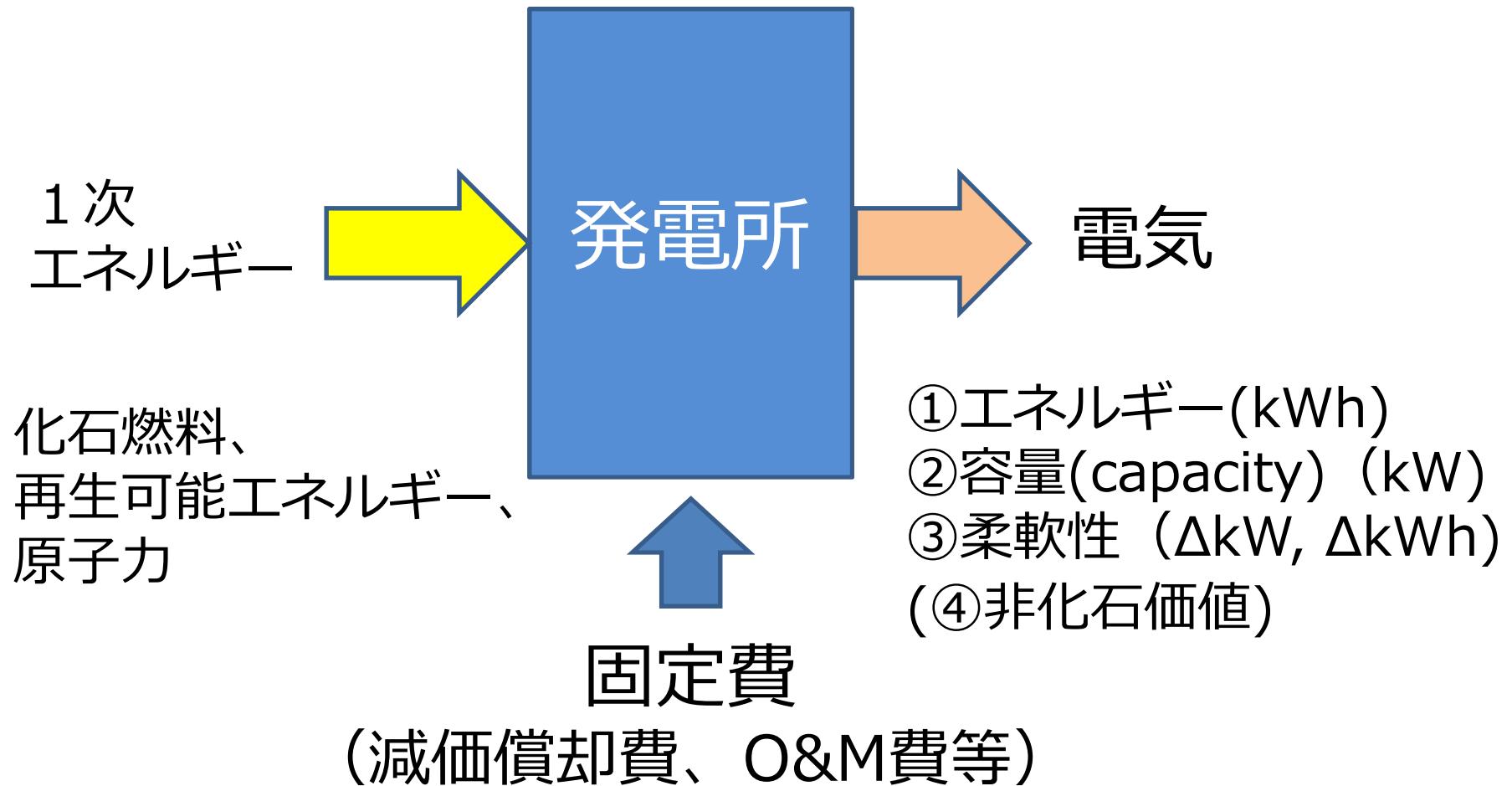


# 全面自由化・アンバンドルとパワープール





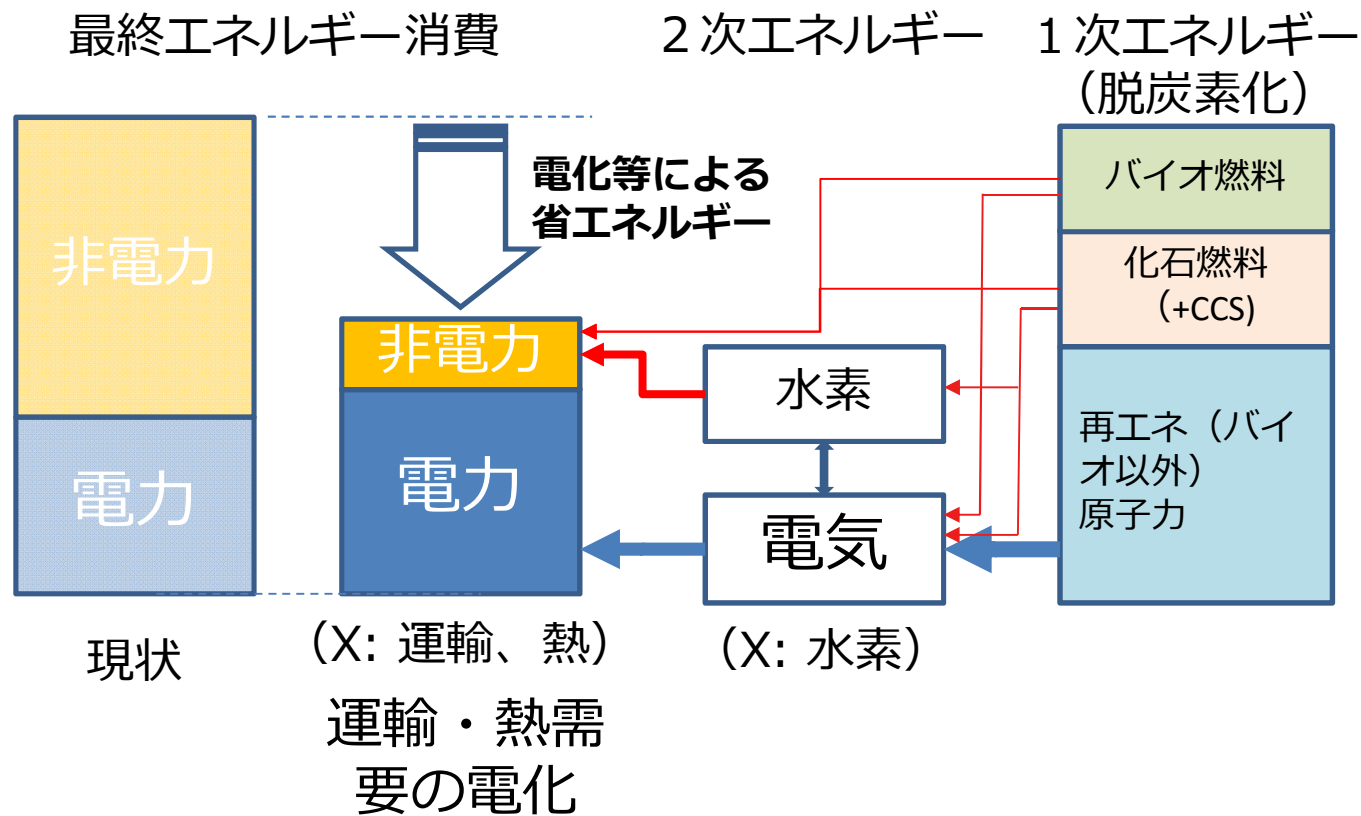
# アンバンドリングと発電所の役割（4つの市場）



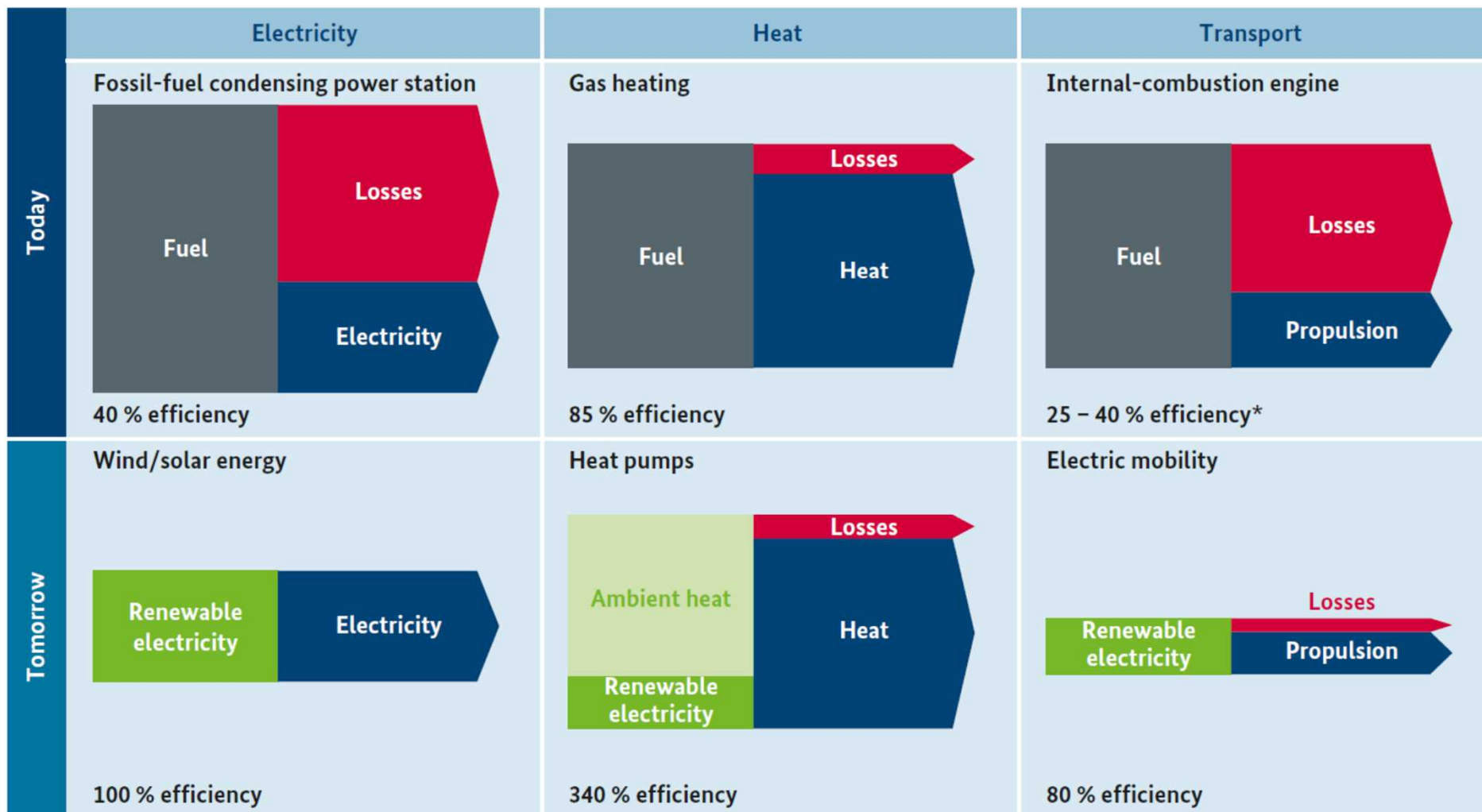
# 脱炭素化にむけたエネルギー需給の変革シナリオ



## Power-to-X



# ドイツにおけるPower-to-Xシナリオ①



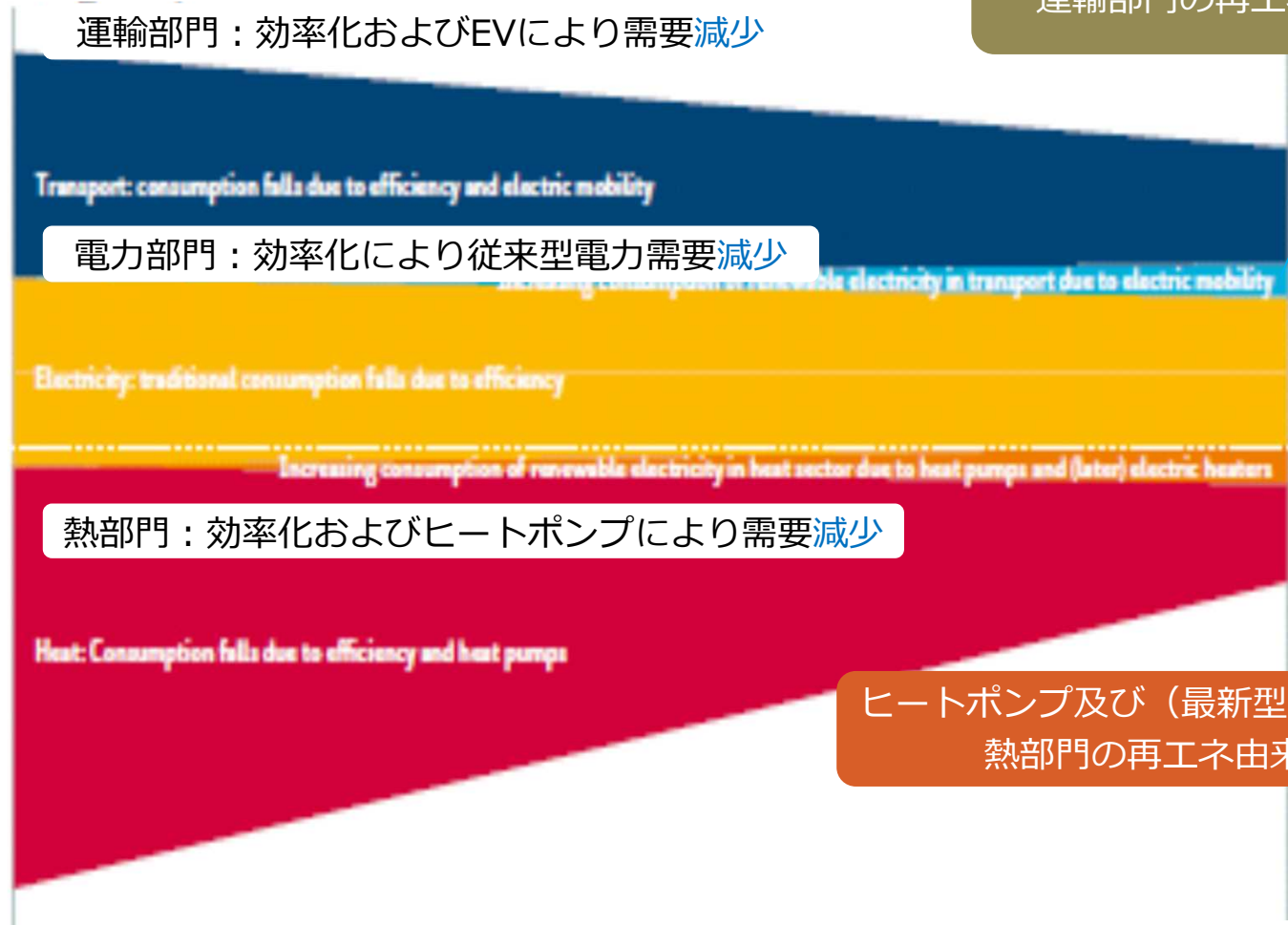
(出典) ドイツ連邦政府：「エネルギー変革のための電力市場」(2015)

<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

電力部門：効率化により従来型電力需要減少

熱部門：効率化およびヒートポンプにより需要減少

EVにより  
運輸部門の再エネ由来電力需要増加

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

2015年

2050年

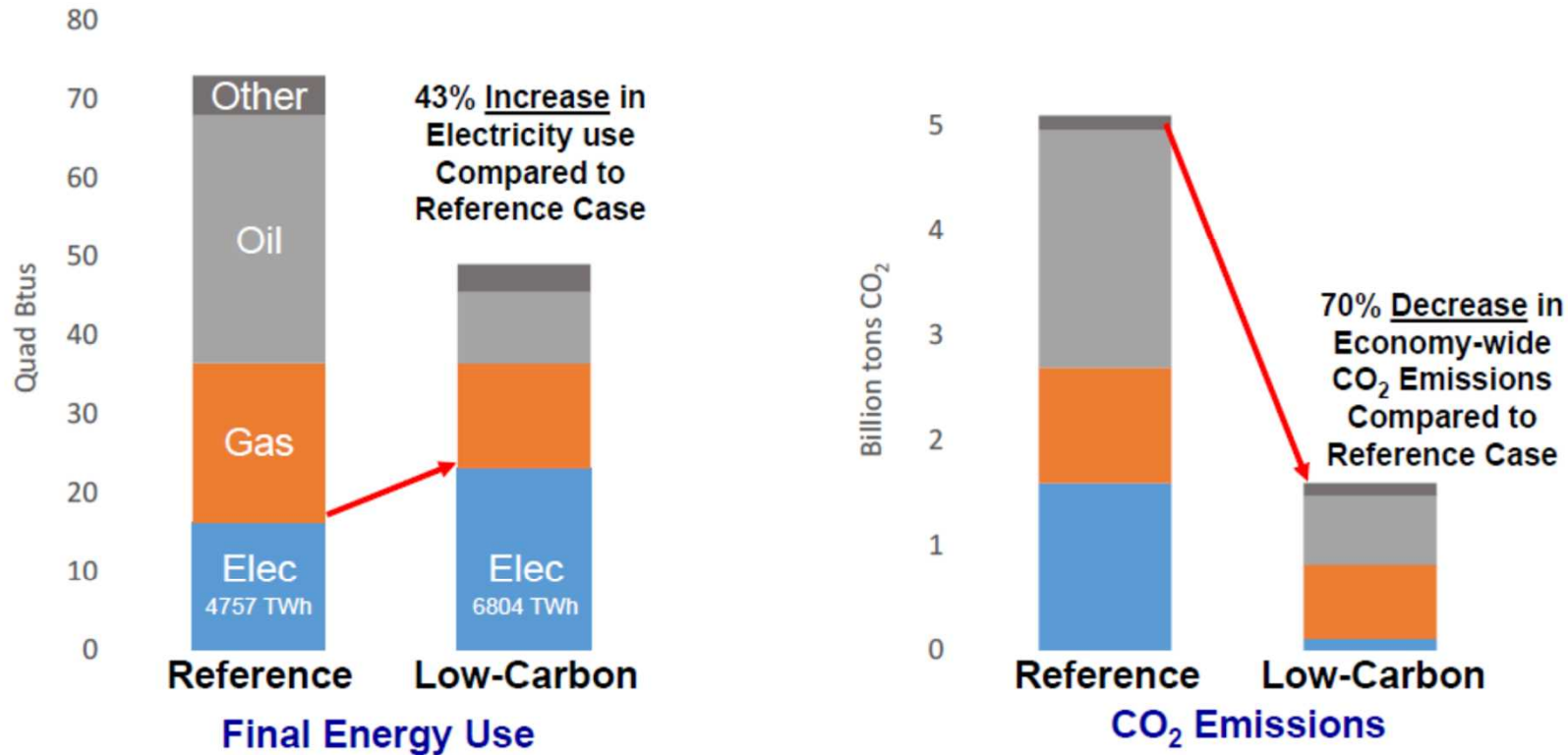
(出典) ドイツ連邦政府：「エネルギー変革のための電力市場」(2015)

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

# 電化によるCO2削減ポテンシャル試算例 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

5

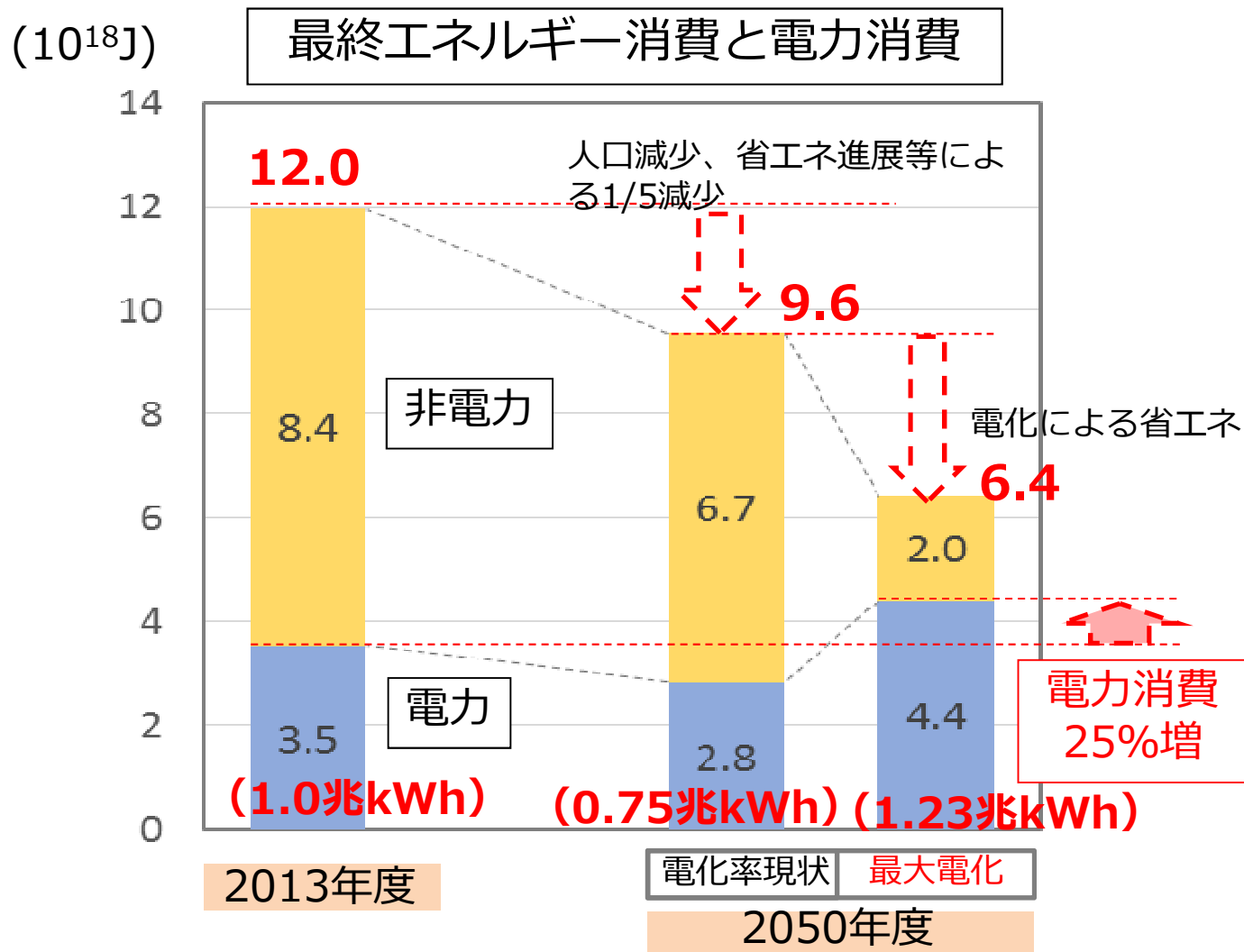
© 2016 Electric Power Research Institute, Inc. All rights reserved.

EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

(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



※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

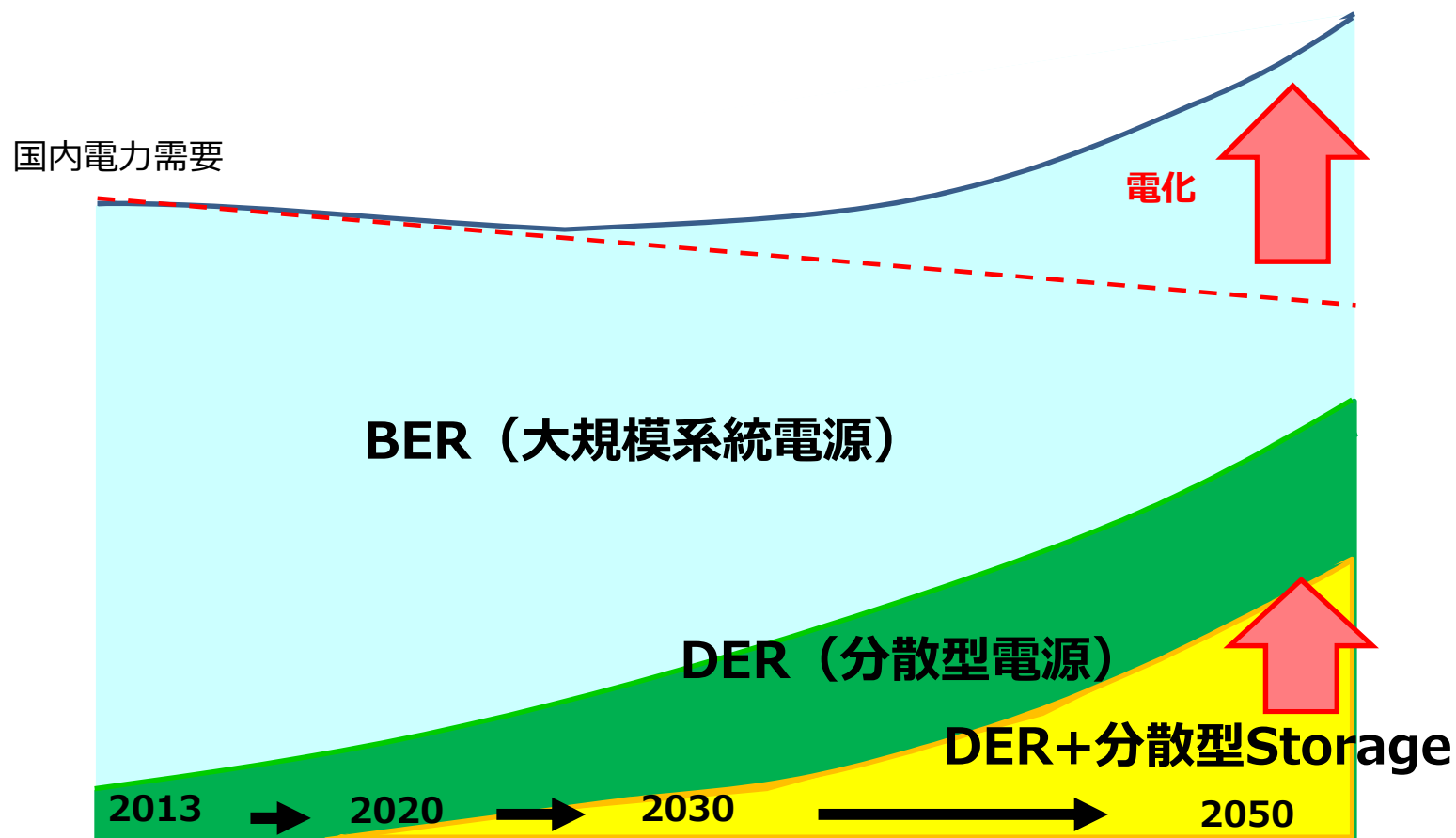
※電力消費には自家発電を含む。

※2013年度の最終エネルギー消費は1.1兆kWh - 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。

# 脱炭素化に向けた超長期の電力需給推移



- エネルギーの分散化と電化が同時進展。長期的には電力需要が漸増。
- EV（将来的に自動運転化）に搭載された蓄電池が、「移動する分散型電源」として大量に普及する可能性。



# 【参考】電力需要（最大電化）試算の前提条件



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%	<ul style="list-style-type: none"> <li>・暖房、給湯用途 → ヒートポンプ</li> <li>・厨房用途 → I H</li> </ul>
業務	59%	100%	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷暖房、給湯 → ヒートポンプ</li> <li>・厨房用途 → I H</li> </ul>
運輸	2%	航空・海運以外100% (現在の運輸部門の約90%に相当)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ガソリン車 → E V</li> </ul>
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)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工場空調・加温・100℃未満の乾燥ボイラ → ヒートポンプ (※)</li> <li>・上記以外の蒸気用途 → I H</li> </ul>

※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か加値) 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 <sup>18</sup> J	10 <sup>18</sup> J	兆kWh	%	10 <sup>18</sup> J	10 <sup>18</sup> 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

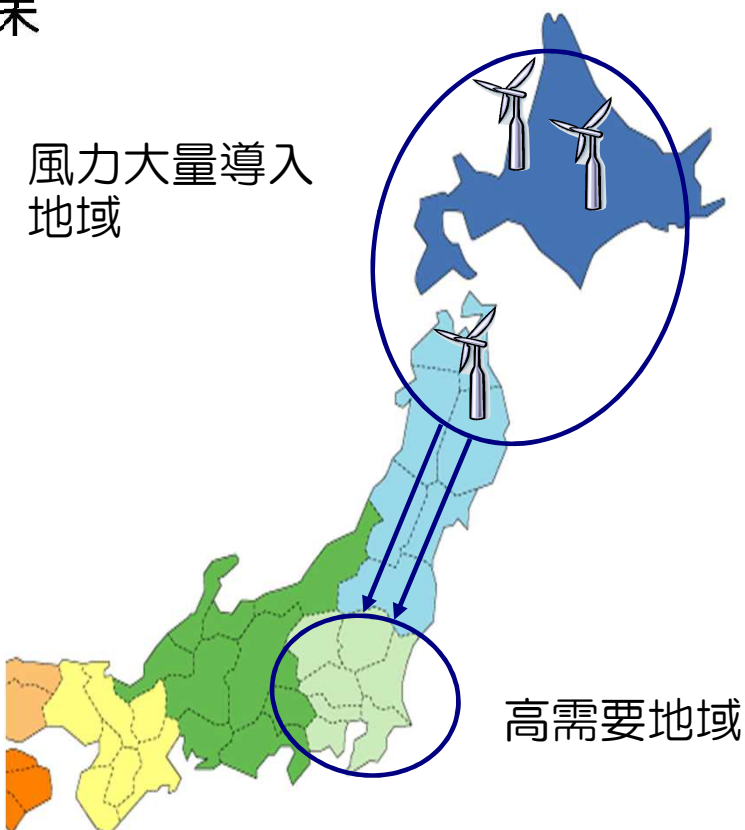
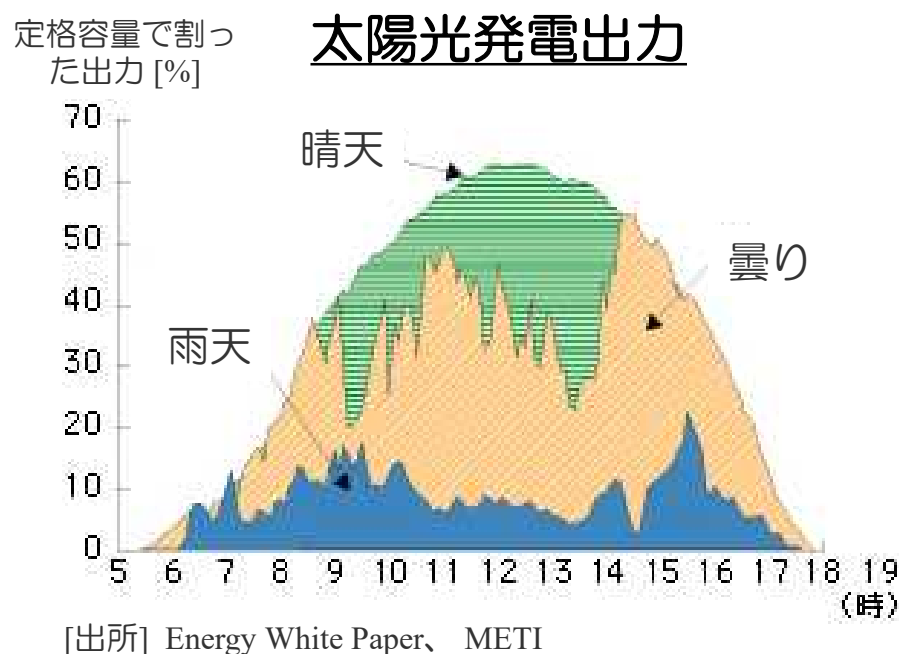
※端数処理により合計値が合わない場合があります。





## 再生可能エネルギー導入拡大：3つの課題

1. 我が国の再生可能エネルギーの経済性確保
2. 風力・太陽光など自然変動電源の出力変動に対する柔軟性確保
3. 送配電ネットワークの容量確保

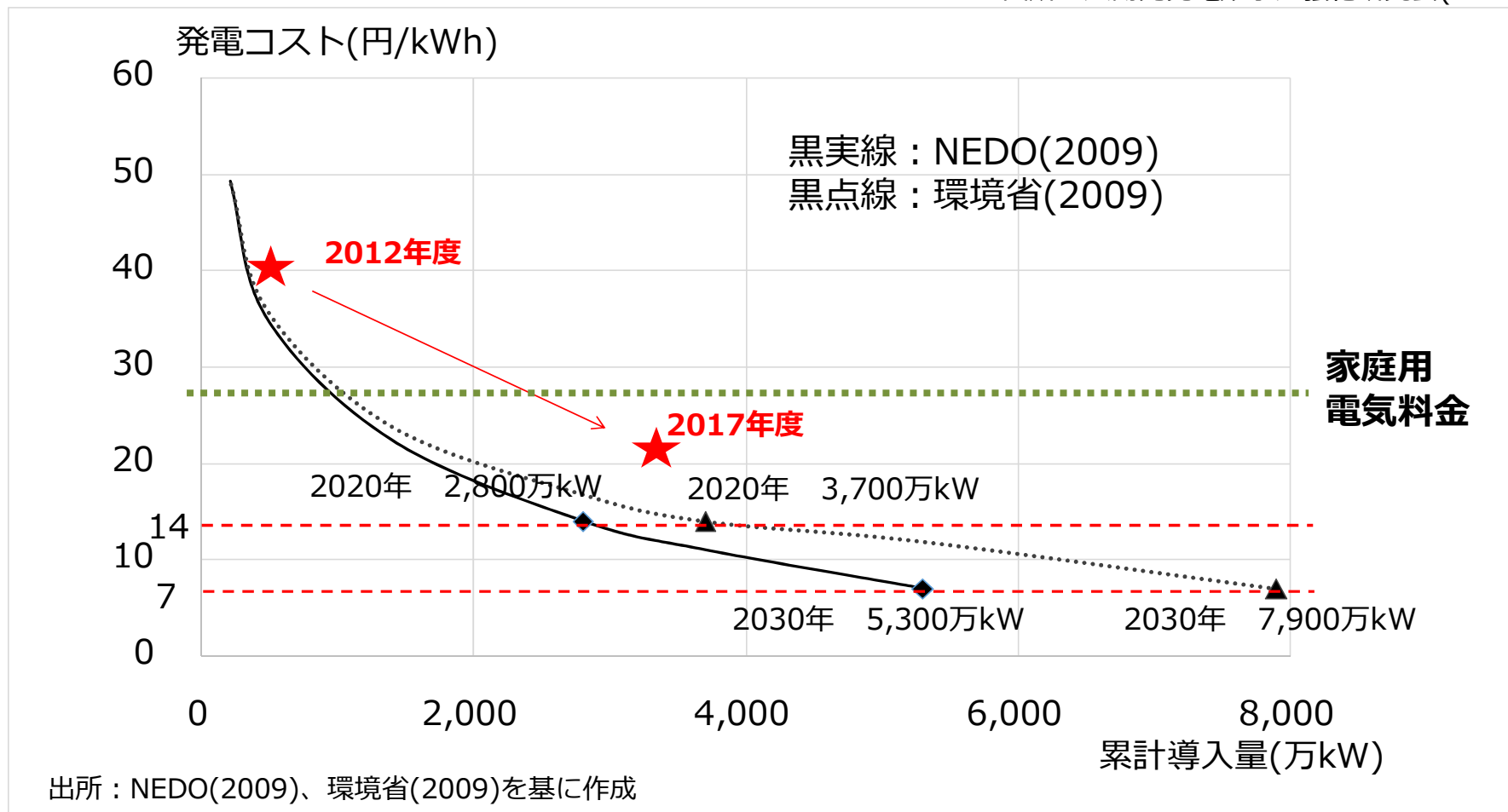




# 日本のPVロードマップと買取価格推移

- 非住宅用PVシステム価格：2020年に20万円/kW（LCOEで14円/kWh相当）  
2030年に10万円/kW（LCOEで7円/kWh相当）

出所：太陽光発電競争力強化研究会(2016)



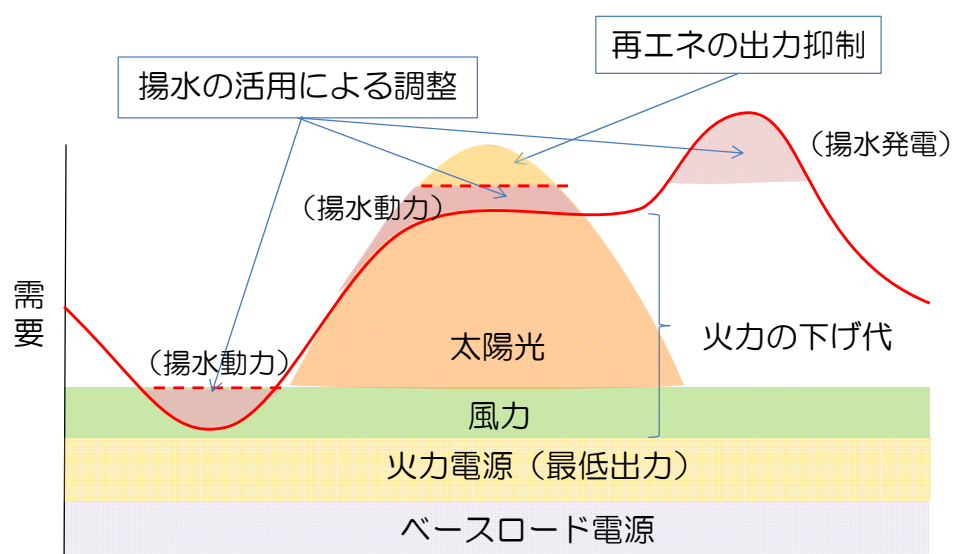


# 柔軟性拡大のための取り組み例①（揚水発電）

- 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を拡大でき、再エネの統合拡大に貢献

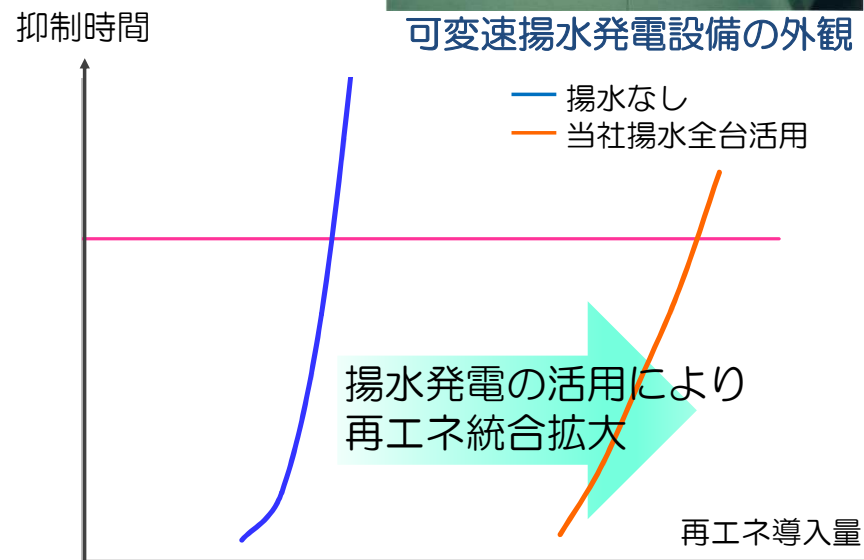


可変速揚水発電設備の外観



揚水による柔軟性確保のイメージ

(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

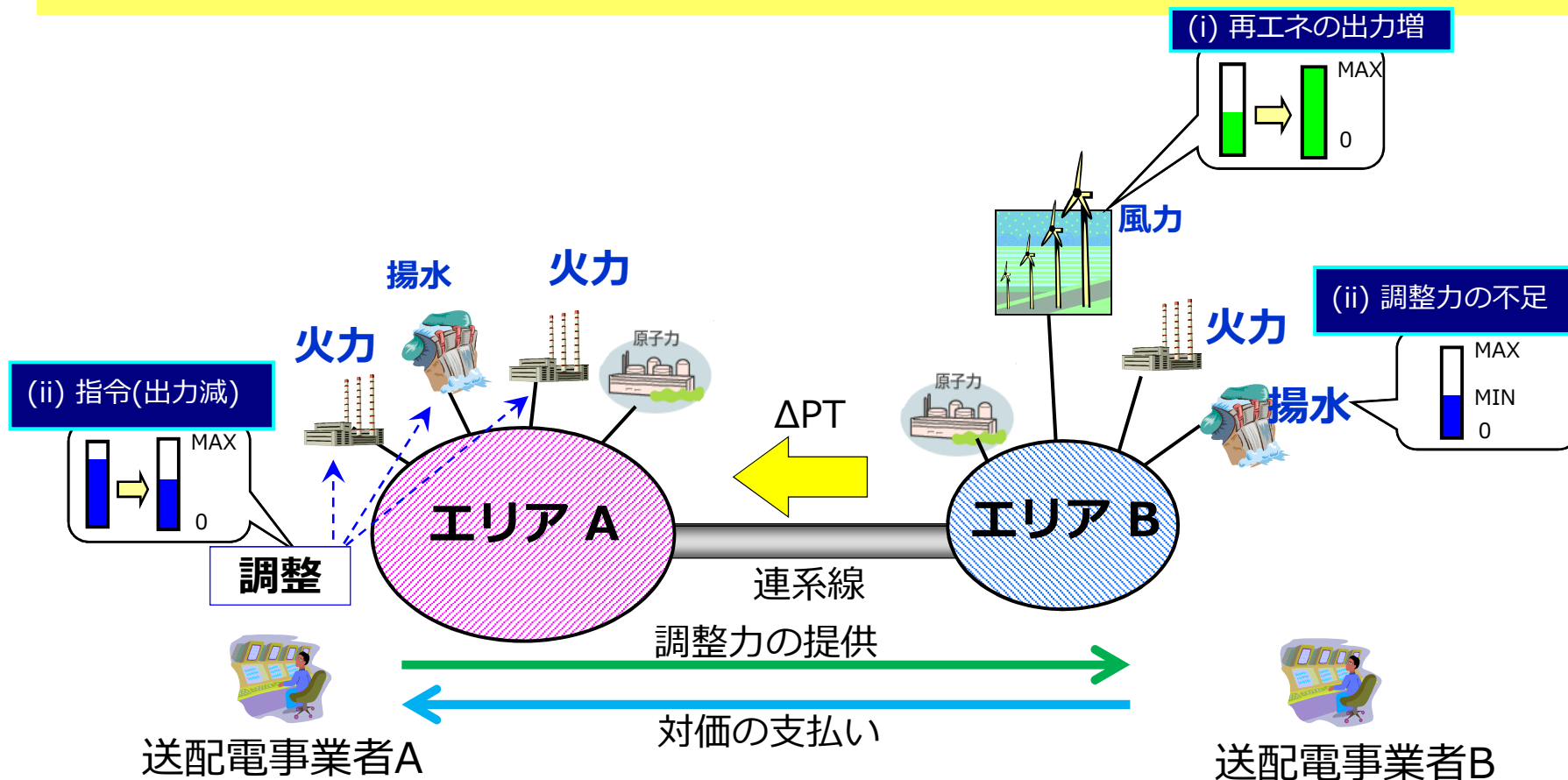


揚水による再エネ統合拡大のイメージ

## 柔軟性拡大のための取り組み例②（広域活用）



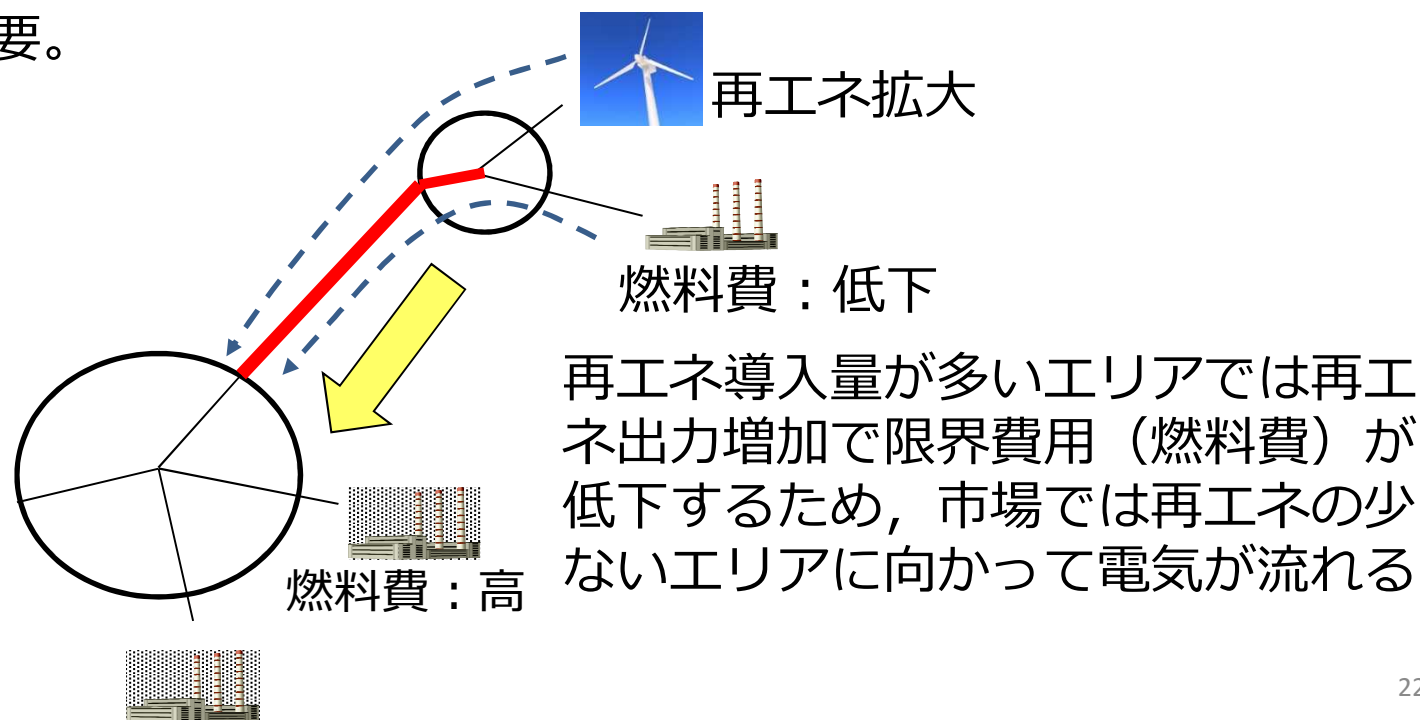
再エネの立地が需要規模が小さく柔軟性に乏しい地域に偏りがちであるため、余力のある地域の火力・揚水発電などのフレキシビリティを広域的に活用することで費用対効果の高い方法で統合を拡大することが可能





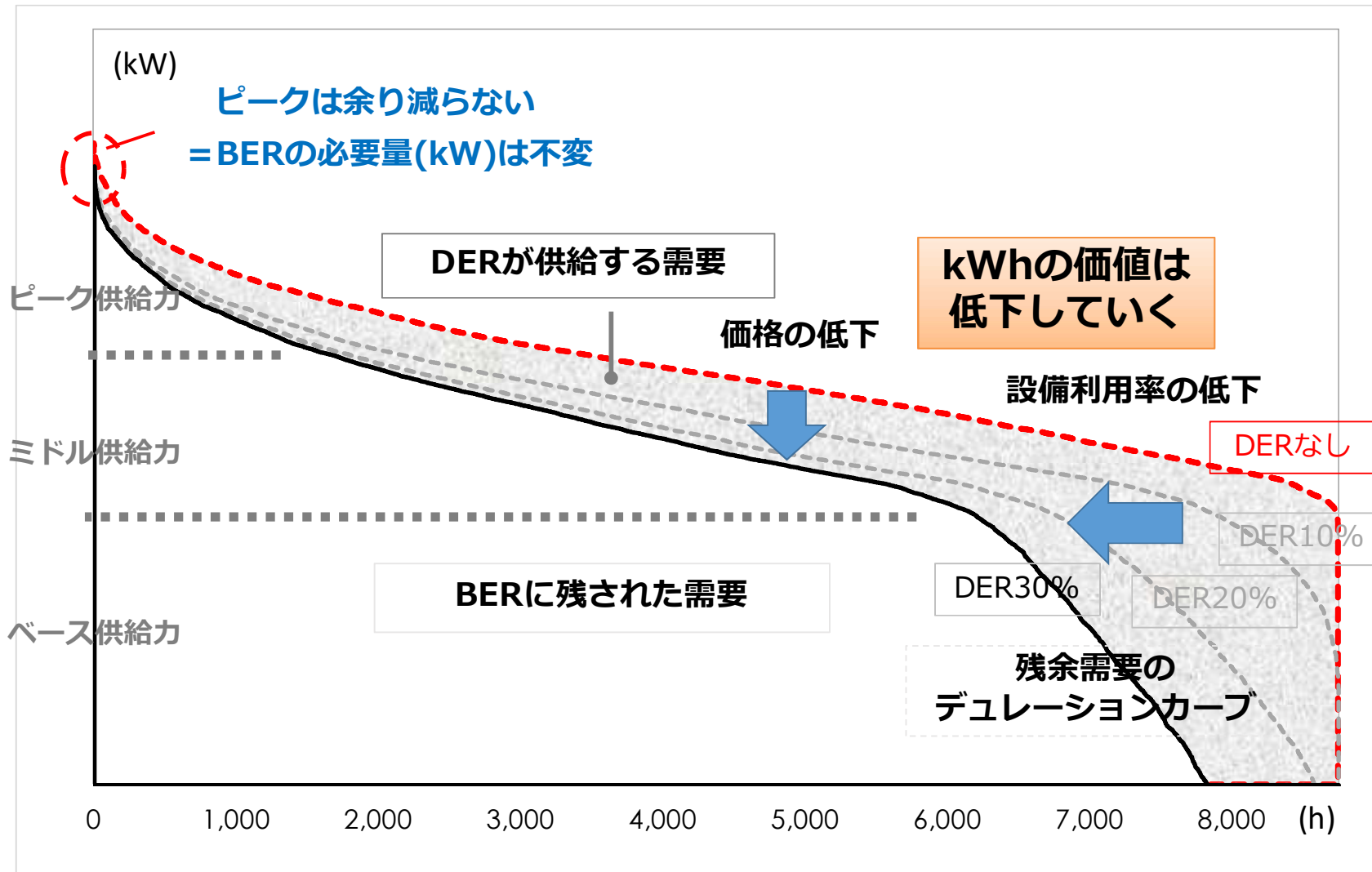
# 送配電ネットワーク(NW)容量の有効活用

- 再エネは需要の少ないエリアに適地が多く、需要地までの送電容量確保のためにNW増強が必要となることが多いが、時間とコストを要する上に増強されたNWの稼働率は低下。
- NW容量の配分への市場メカニズム活用など、既存NWの利用方法を工夫して導入余地を増やせる可能性。ただしルール変更にあたっては既存のNW利用者が不利益を被らないための条件整備が不可欠。
- まず既存のNW利用を最適化した上で、便益が費用を上回る場合に増強することが必要。





# DER普及によるデュレーションカーブの変化





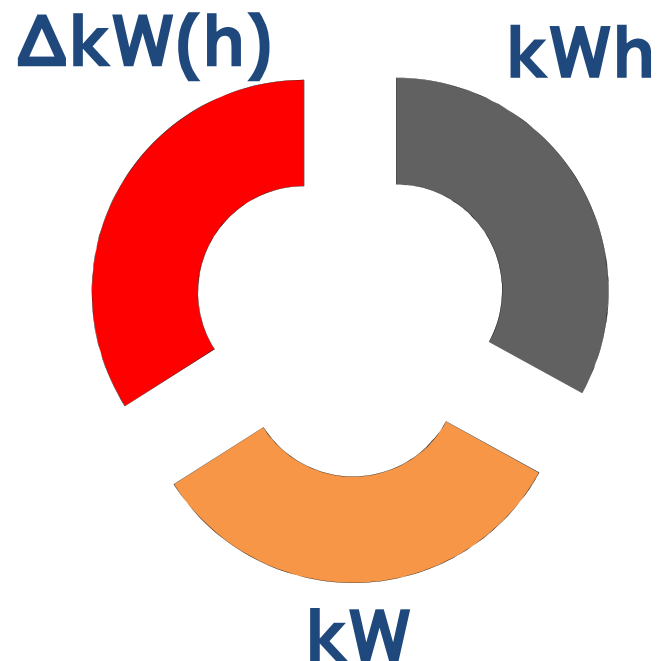
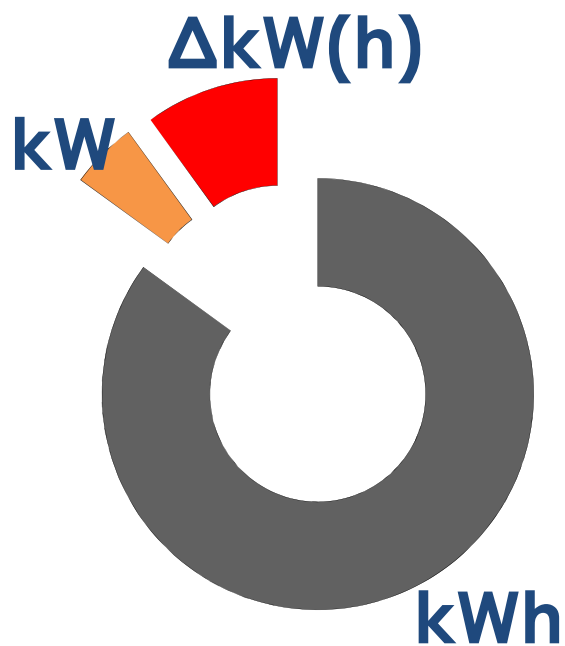
# 電力市場のリパワリングの必要性

2020年時点

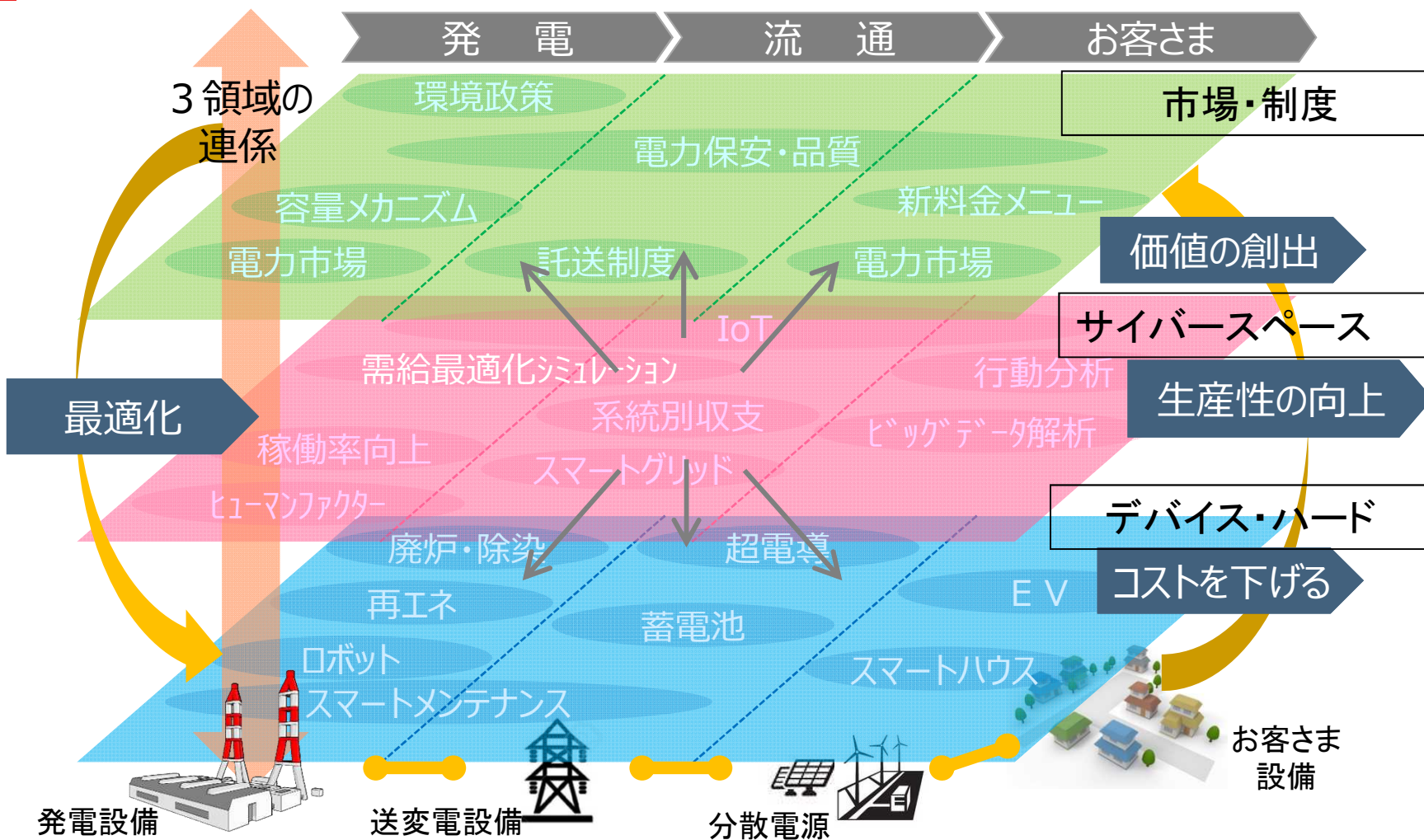
需給調整市場 ( $\Delta kW(h)$ )、容量市場(kW)が設立され3つの価値が取引可能に。

将来

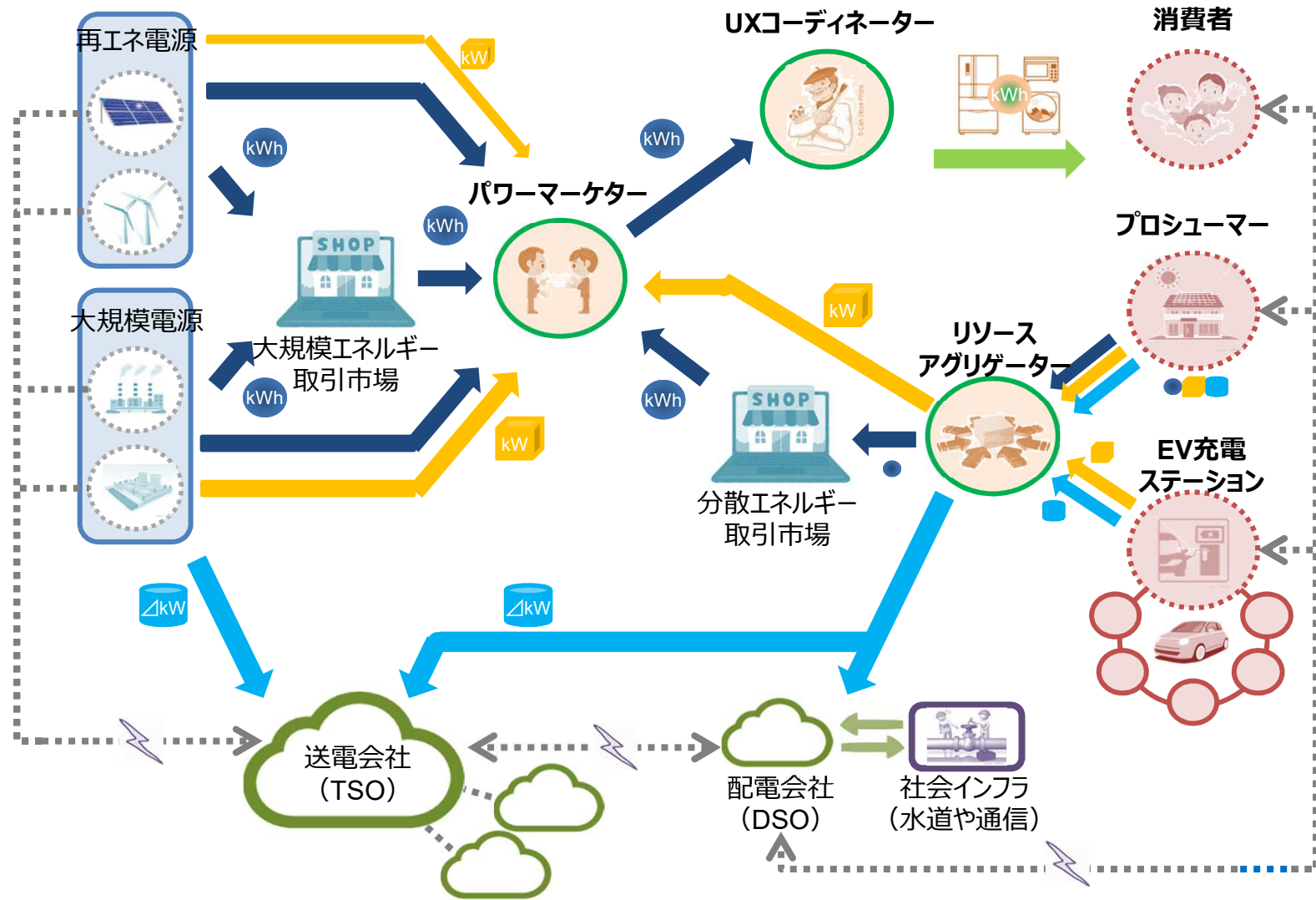
分散型電源の進展で、市場におけるkWhの量・価格が低下。柔軟性と容量の価値取引が主体に。



# エネルギー事業のデジタルイノベーション



# 将来の電力市場像



(出典) 竹内他：「エネルギー産業の2050年 Utility 3.0へのゲームチェンジ」(2017)



## 3つの領域で必要となるインテグレーション

分散と集中,ストレージ,電化  
(運輸・熱部門) . . .

通信、物流 (EV・ドローン) 水  
道、水素・ガス . .

エネルギー  
システム

ライフライン・  
インフラ

デジタル  
プラットフォーム

データからの価値創出、IoT/AI、  
As-a-Service化による垣根の喪失



## まとめ



- 自由化・分散化・脱炭素化・デジタル化を契機に、超長期にわたるエネルギーシフトがグローバルに需給両面で進む。
- CO2排出量の大幅削減には、需要側（特に熱・運輸）における電化によるエネルギー効率向上と、供給側の脱炭素化の同時達成が必要。
- 我が国では人口減少・省エネ進展を考慮しても、長期的に電力需要が漸増する可能性があり、低炭素電力供給手段の多様化（原子力、再エネ、高効率火力、CCSなど）がより重要性を増す。
- 需給両面の変革を支えるプラットフォームとして電力システムの進化（特に需要サイドに分散した柔軟性資源を有効に活用可能とする市場と技術、様々な領域での共創）が必要。
- 需要側の電化や低炭素電力供給など我が国が得意とする技術領域を活かし、グローバルな問題解決に貢献していくことも重要。