



2018年5月9日

エネルギーシステムインテグレーションとは何か —エネルギー需要の視点—

東京大学生産技術研究所

エネルギーシステムインテグレーション

社会連携研究部門

岩船由美子



エネルギーシステムインテグレーション

- 3E+Sを実現するための電力／エネルギーシステム構築のための要素およびシステムの統合
 - 供給インフラ(再生可能エネルギー、従来電源、送配電網)、需要資源の柔軟性、貯蔵要素
 - 集中システムと分散システムの協調
 - 送電部門、配電部門の管理の協調



風力・太陽光発電の出力抑制・発電制御



送電線・系統連系拡充・運用高度化



既存電源(火力・水力)の運用高度化・調整力向上
揚水発電の調整力向上



建物需要・電気自動車需要におけるエネルギーマネジメント

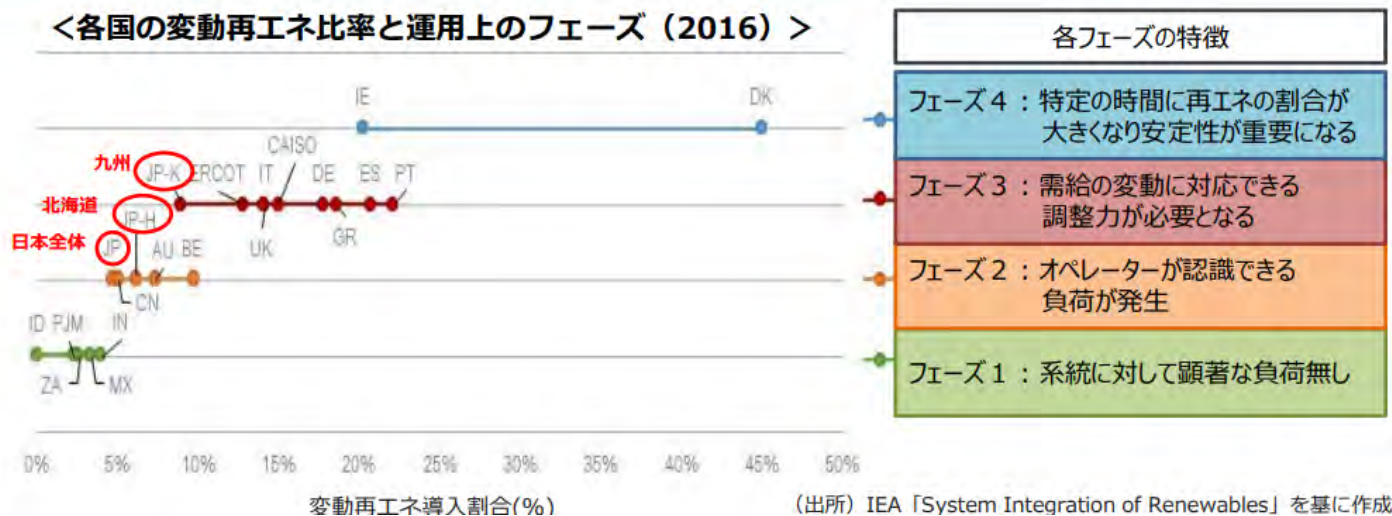


分散型電力貯蔵の活用



再生可能エネルギーの大量導入に伴う電力ネットワークの在り方

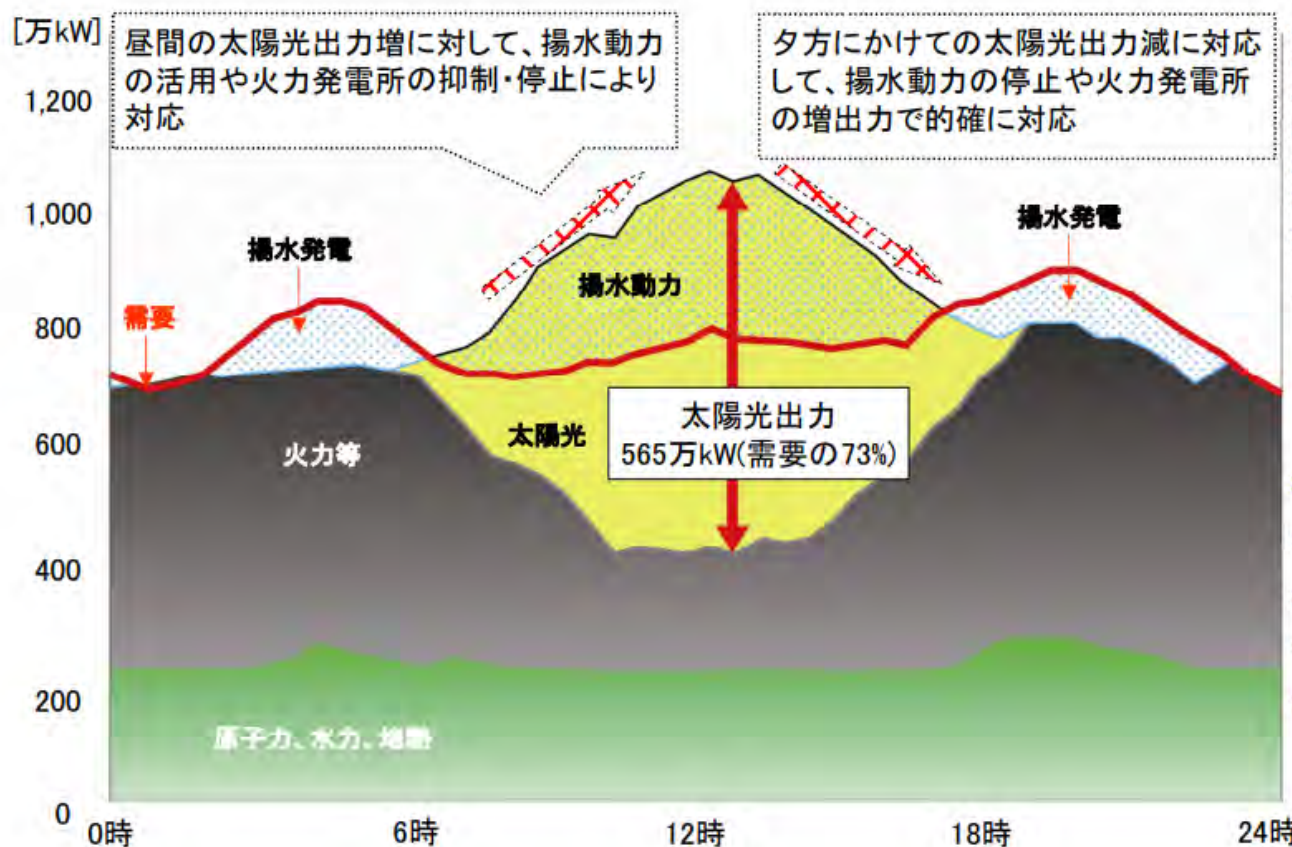
- IEAによれば、自然変動再エネ導入比率に相関して4つの運用上のフェーズが存在する。
 - ・フェーズ1ではローカル系統での調整が必要となる。
 - ・フェーズ2では系統混雑が現れ始め、需要と変動再エネのバランスが必要となる。
 - ・フェーズ3では出力制御が起こり、柔軟な調整力や大規模なシステム変更が必要となる。
 - ・フェーズ4では変動再エネを大前提とした系統と発電機能が必要となる。
- アイルランドとデンマークはフェーズ4、フェーズ3にはEU各国、フェーズ2には北米・南米・アジア・オセアニアの各国が位置する。日本全体と北海道はフェーズ2、九州はフェーズ3に位置する。



再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク
小委員会（第3回）-配布資料（2018年2月22日）

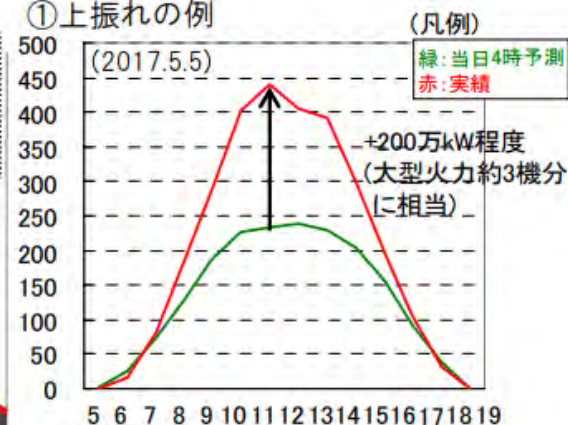
九州のダックカーブ(2017年4月30日)

〔2017年4月30日の需給運用の状況〕

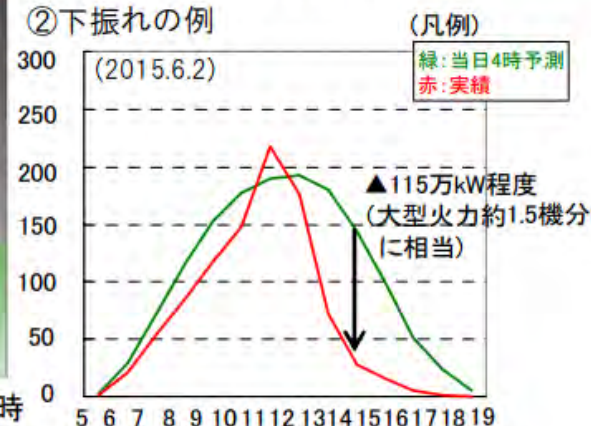


〔太陽光の出力変動実績〕

①上振れの例



②下振れの例



需要資源のインテグレーション

- Demand Side Integration (DSI)
- Demand Flexibility
 - DSM + DR
 - インセンティブ型DRと料金型DR
- 可能となること
 - 再エネ対応上げDR／電力需要ピークシフト
 - 調整力DRとしての価値提供 ($\Delta\text{kW} / \text{kW}$ 価値)
 - 電力需要と熱需要、電力需要と輸送需要の統合管理
 - 需要家サイドの電池の管理
 - 住宅用太陽光発電の自家消費量拡大



IEA Status of Power System Transformation 2017 (2017/6)



Status of Power System Transformation 2017 System integration and local grids



電力システム変革の評価の枠組み

IEA Status of Power System Transformation 2017

市場及び運用

計画及びインフラ

新技術の取り込み

高効率化
& セクター統合



Markets and operations	Wholesale level	- system operations - Market frameworks for improving flexibility	- practices put in place by the system operator to manage the power system and the transmission network in different timescales (years to real time). - In systems characterised by the presence of a
	Retail level	- Improved local grid operations - Market framework for improving flexibility	- Local grid operators manage the distribution networks following a set of rules and accepted procedures - The energy authority and energy retailers design the <u>retail tariff structure</u>, influencing <u>consumer behaviour</u>.
Planning and infrastructure	Integrated planning frameworks	Integrated approach to power system planning	- The future architecture of the power system is usually anticipated by planning, which is a policy measure to shape new system arrangements. - An integrated approach takes into
	Electricity grids	Grid expansion anticipating power system transformation	Anticipating the influence of VRE can provide system benefits.
Uptake of innovative technology	Smart technologies	Adoption of smart technologies	Digitalization of the energy system, <u>data gathering</u> and system elements to allow real-time visibility are principal aspects of a future power system. System operation and <u>demand-side management</u> are enhanced by these means.
	Flexible resources	Innovative demand response	<u>Electric storage</u> technologies can absorb electricity and return it at a later stage. They can be used to smooth VRE variability. <u>Demand response</u> encompasses all the technologies and measures to make demand more reactive to energy prices. They can be used to avoid/smooth peak net demand.
	Resource-efficient technologies	Flexible power plants: custom	System-friendly VRE deployment minimises overall system costs. It encompasses the strategic location, technology mix and technical capabilities of the power plants.
Efficiency and sector coupling	Electrification of the transport sector	Cross-sectoral integration	<u>Electrification of demand</u> is a cost-effective option to mould demand to follow VRE generation profiles.
	Electrification of the heating sector		
	Energy efficiency	Consistency of energy efficiency policies with VRE expansions plans	<u>Energy efficiency</u> policies can be linked to renewables targets, to reap benefits from the alliance of these measures.

料金システム設計が消費者の行動に影響を及ぼす

系統運用及びDSMはデータ収集等のデジタル化により促進される

貯蔵技術とDR

電化と省エネ

需要部門(DR)のモデル化

需給分離型

発送電領域



系統用蓄電池

➤ 系統需給シミュレーション

- 燃料費最小化
- 調整力確保
- 予備力確保

価格・インセンティブ情報

DR(エネルギー・予備力・LFC調整力)

アグリゲータ



EV



需要家蓄電池

住宅・ビル

➤ 需要家EMSシミュレーション

- 電力料金最小化
- 効用の確保

需給統合型

発送電領域



系統用蓄電池

アグリゲータ



EV



需要家蓄電池

DR

住宅・ビル

➤ 系統需給シミュレーション

- 燃料費最小化
- 調整力確保
- 予備力確保
- 効用の確保

系統全体におけるDRの価値評価

ミクロな需要家におけるDR効果の評価

DR資源の機能別要求仕様及び市場

領域	機能	要求仕様			対応市場
		反応時間	持続時間	頻度	
発送電領域	エネルギー	～24 時間	1 時間～	1 日数時間	エネルギー（スポット）
	LFC	5 分	1 時間～	対象期間内継続	調整力（一次）
	運転・待機予備力（緊急時遮断、ランプ対応）	5 分～1 時間	数十分～数時間	対象期間内継続	調整力（二次、三次）
	供給予備力	～1 時間	数時間	稀頻度	調整力（三次）
配電領域	電圧調整	～24 時間	1 時間～	1 日数時間	
	設備容量確保	～24 時間	1 時間～	1 日数時間	

* 需給調整市場の商品化では調整力は上げ下げ両方向

現状の調整力の価格水準（平成29年度調整力公募調達結果等より）：

周波数制御価値 約10,000～20,000円/kW・年

予備力価値 約5,000～10,000円/kW・年

容量価値 約5,000円/kW・年

エネルギー価値 10～30円/kWh

各種資料より作成

・第19回制度設計専門会合（平成29年6月27日）資料

・環境省「平成28年度低炭素社会の実現に向けた中長期的再生可能エネルギー導入拡大方策検討調査」



需要領域の調整力資源の適応可能性

部門	DR 対象機器	需要の増減	対応可能性（+が多いほど可能性が高い）					
			発送電領域				配電領域	
			エネルギー	LFC	ランプ対応	緊急時遮断	電圧調整	設備容量確保
家庭	空調	増減	++	+	+	+	++	++
	給湯機	増	++	+		+	++	++
	冷蔵庫	増減	++			+	++	++
業務	空調	増減	++	+	++	++	++	++
	蓄熱	増減	+++	+	++	++	++	++
	給湯機	増	++	+		++	++	++
	冷凍冷蔵	増減	++	+		++	++	++
	自動販売機	増減	++		+	++	++	++
	上下水道	増減	++			+	++	++
産業	電解炉	増減	++			+	++	++
	アーク炉	増減	++			+	++	++
運輸	EV	増減	++	++	++	++	++	++
蓄電池		増減	+++	+++	+++	+++	+++	+++

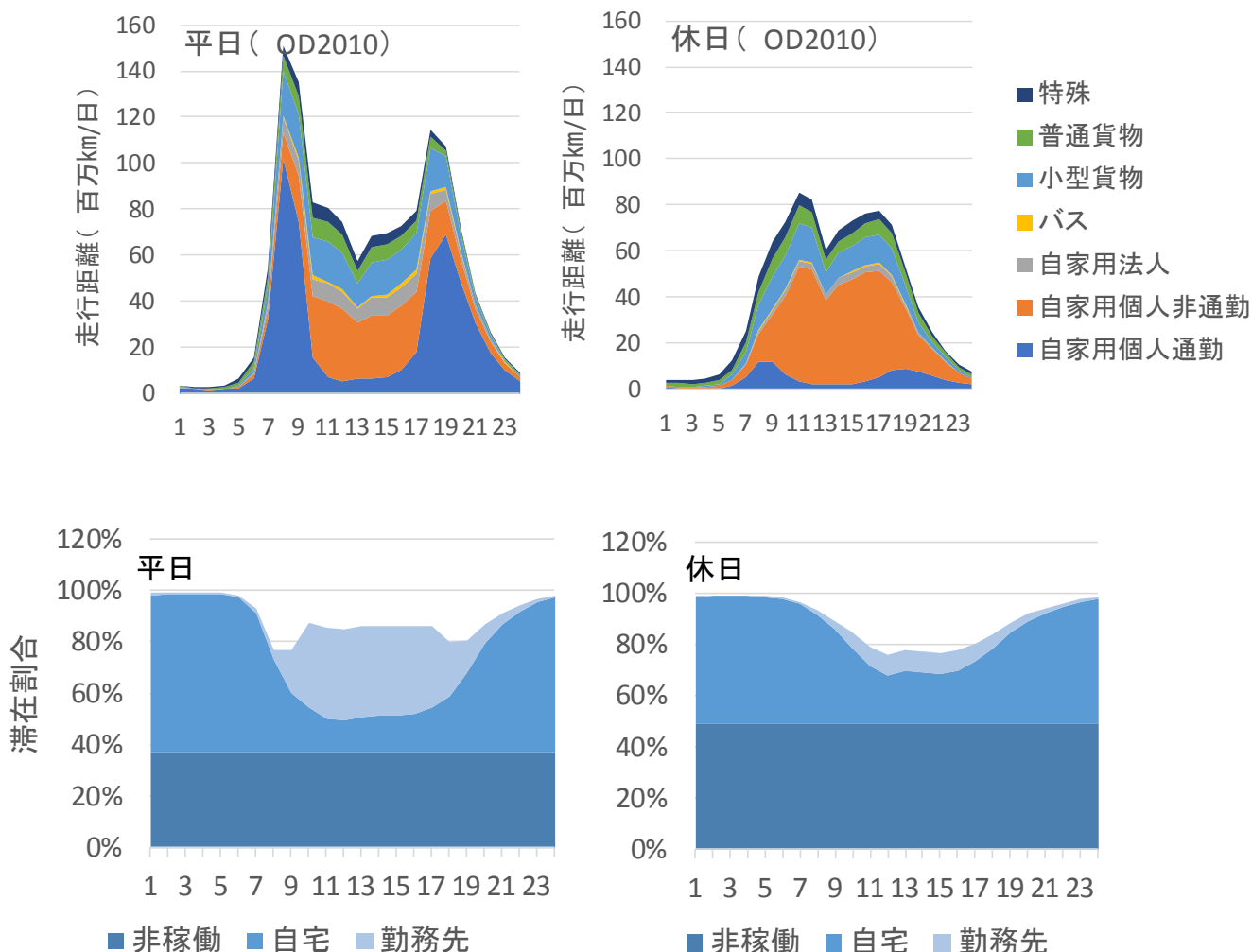
我が国の再エネ対応DR資源は？

- 産業、業務（大口）
 - 需給調整契約などですでに織り込み済みか
 - アンシラリー型のファストDRは開拓の余地あり
- 小口業務
 - 業務用空調などのポテンシャルはあり。空調機器メーカーなどによる遠隔監視と連携したアグリゲーション
 - 通年空調がどの程度あるか？季節的に限定される可能性あり
- 家庭
 - HP給湯機、EV電池が主か（PHEV含め国内出荷3万台/年レベル）
 - 家庭における調整シロは大きくない（空調、食洗機、衣類乾燥）
 - プールポンプも24時間空調もほとんどない
 - そもそもPV抑制が必要な春は空調需要がない
 - 空調リッチな全館空調住宅のアグリゲーションなどは考えられる（PV/HEMSの受容性も高い）



電気自動車のアグリゲーションモデル

自動車走行パターン及び自家用車利用可能台数



電気自動車のアグリゲーションモデル 自動車走行パターンのクラスタリング

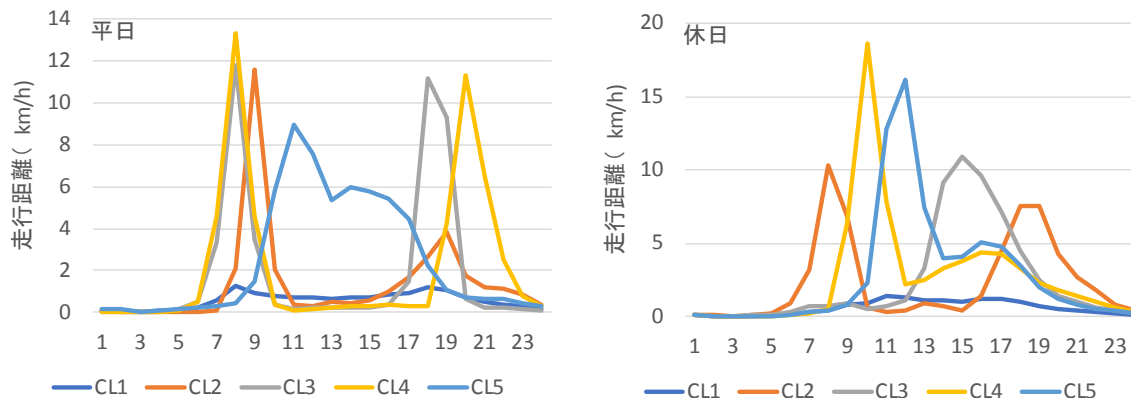


図 自家用個人EVクラス別走行パターン

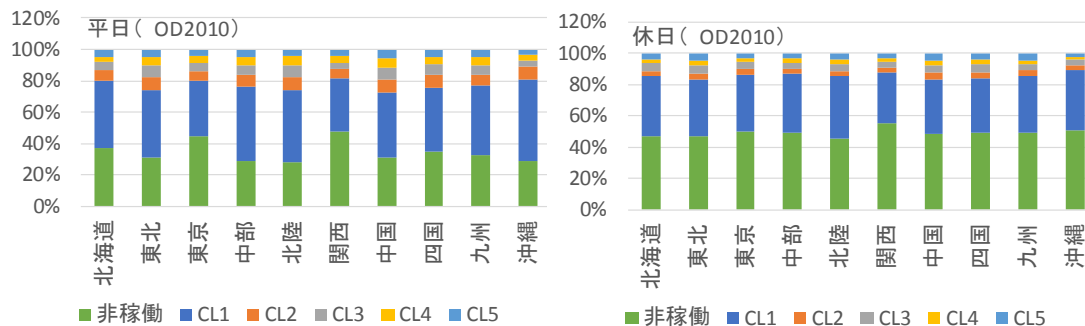


図 エリア別自家用個人車EV走行クラス

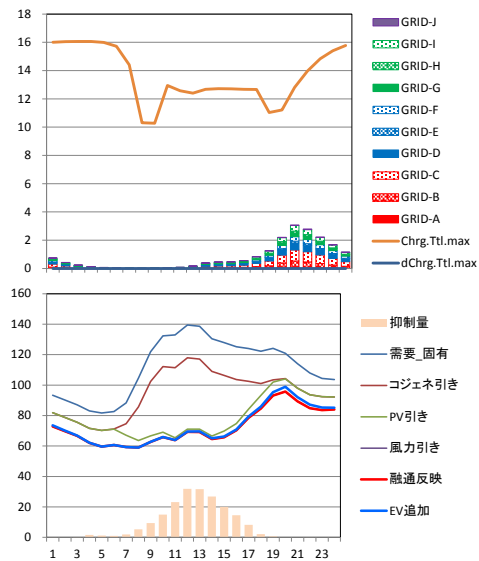


電気自動車のアグリゲーションモデル シミュレーション例

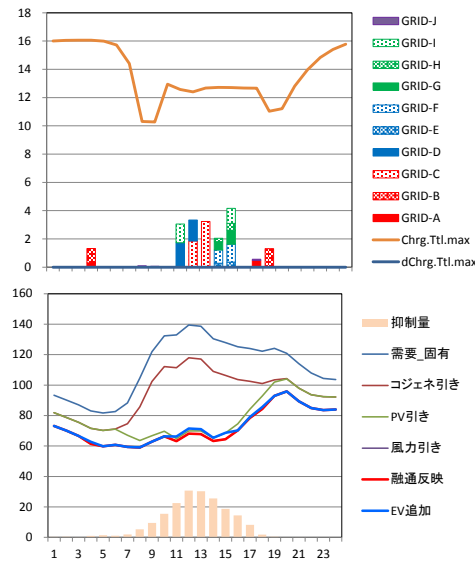
4/1・全国

EV充放電量
(GWh/h)

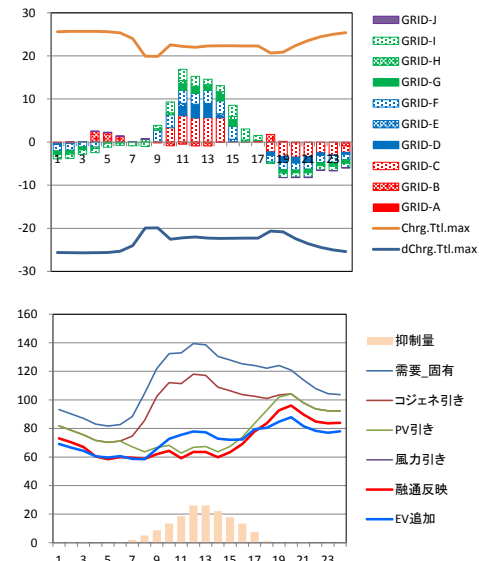
帰宅後即充電



充電制御



充放電制御



需要
(GW)

PV103GW/WD32GW導入時、EV896万台(ストック16%)導入時、勤務地充電あり



需要資源のインテグレーションのために

- 検討すべきこと

- DRのポテンシャル(需要家の受容性)
- DRの経済性(付与できるインセンティブ)
- 料金システムの検討(季時別料金、ダイナミックプライシング)
- 電化・省エネによる電力需給への影響、CO2削減効果の評価



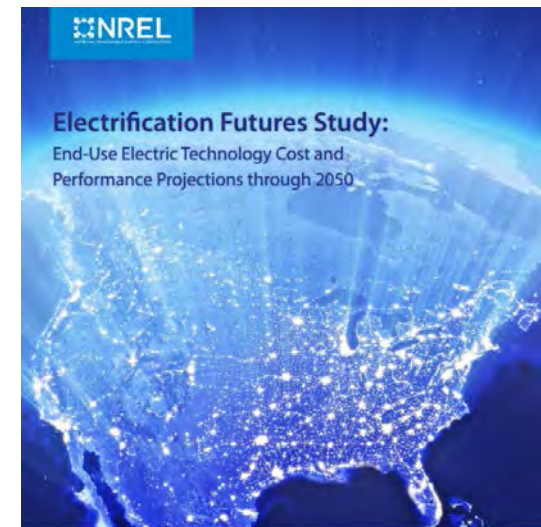
ご清聴ありがとうございました。



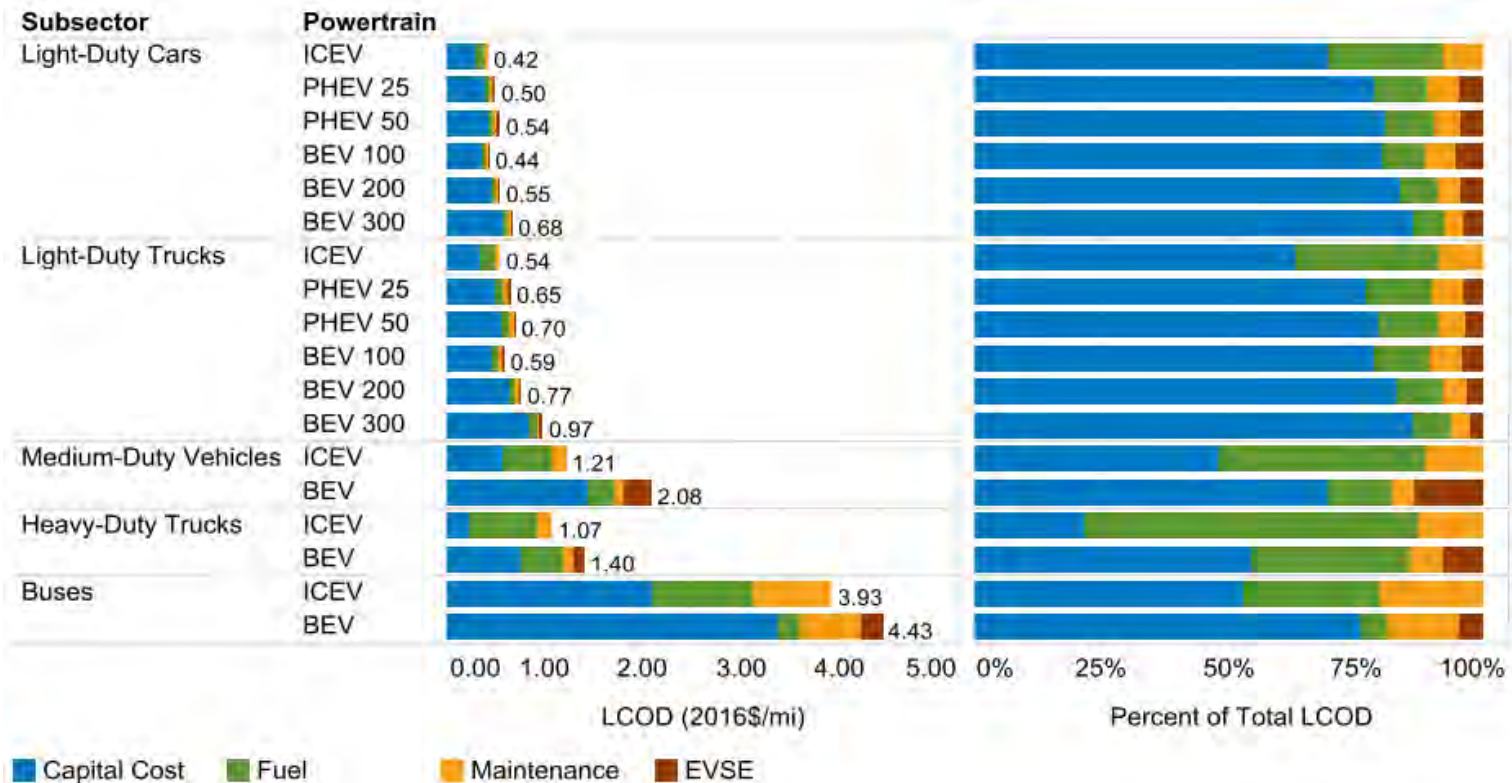


Electrification Futures Study: End-Use Electric Technology Cost and Performance Projections through 2050 (NREL、2017/12)

- 自動車、給湯機、空調、産業部門の電化の費用、効率の2050年シナリオを作成



Electrification Futures Study: End-Use Electric Technology Cost and Performance Projections through 2050 (NREL, 2017/12)



2020年車種別走行距離当たり平均化費用と内訳



DEMAND FLEXIBILITY THE KEY TO ENABLING A LOW-COST, LOW-CARBON GRID (2018.2)

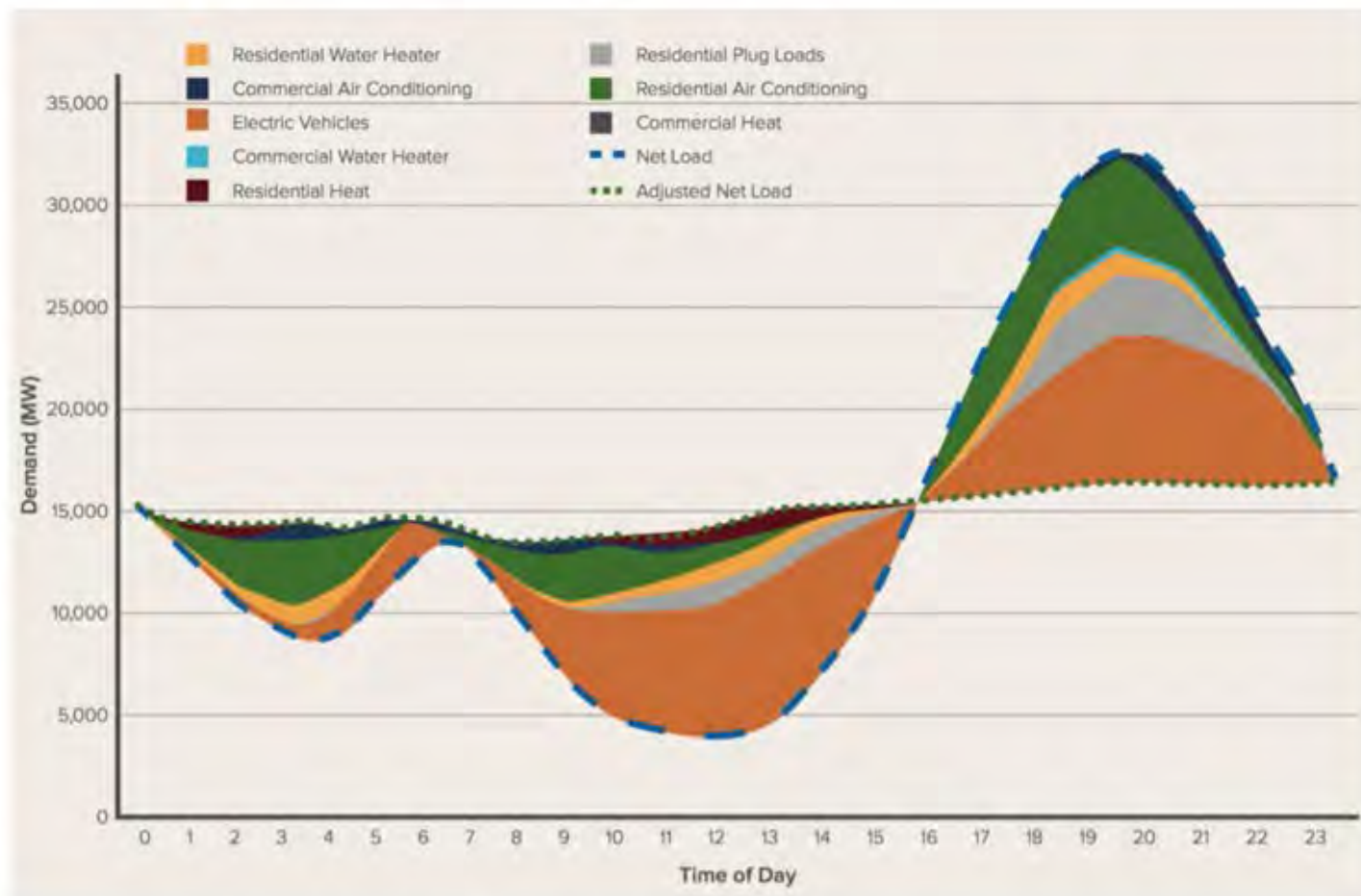
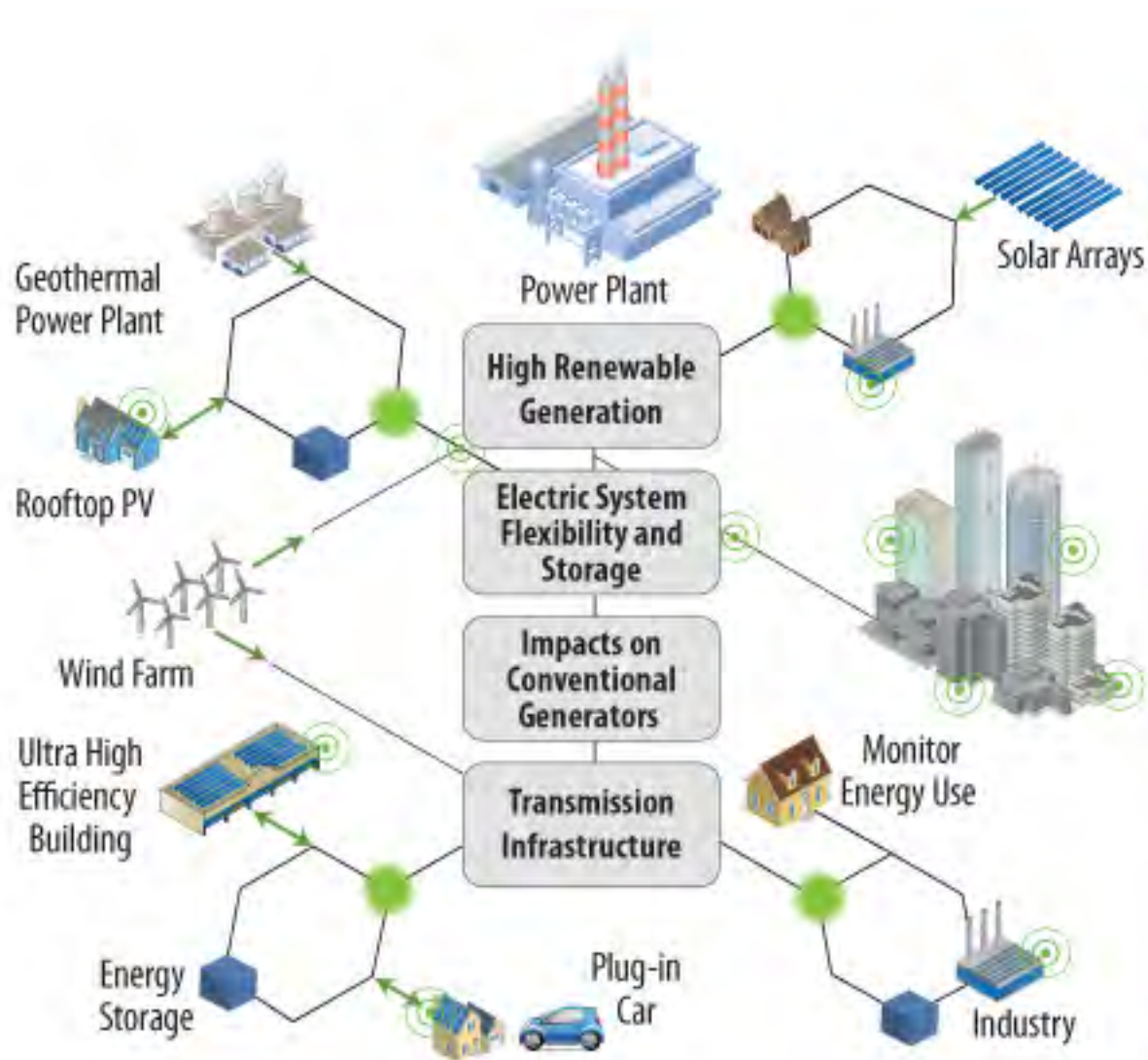


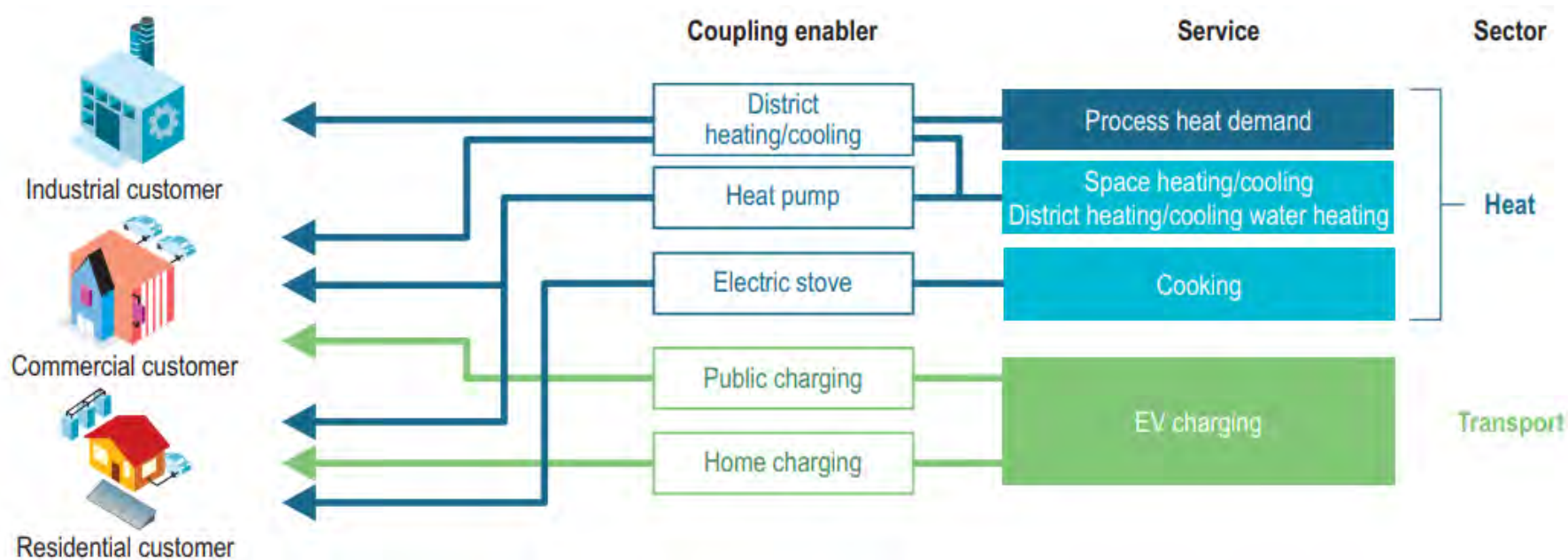
Figure 1: Net load and changes from demand flexibility for an average day

RMIによるERCOTの2050年のDRの活用シミュレーション



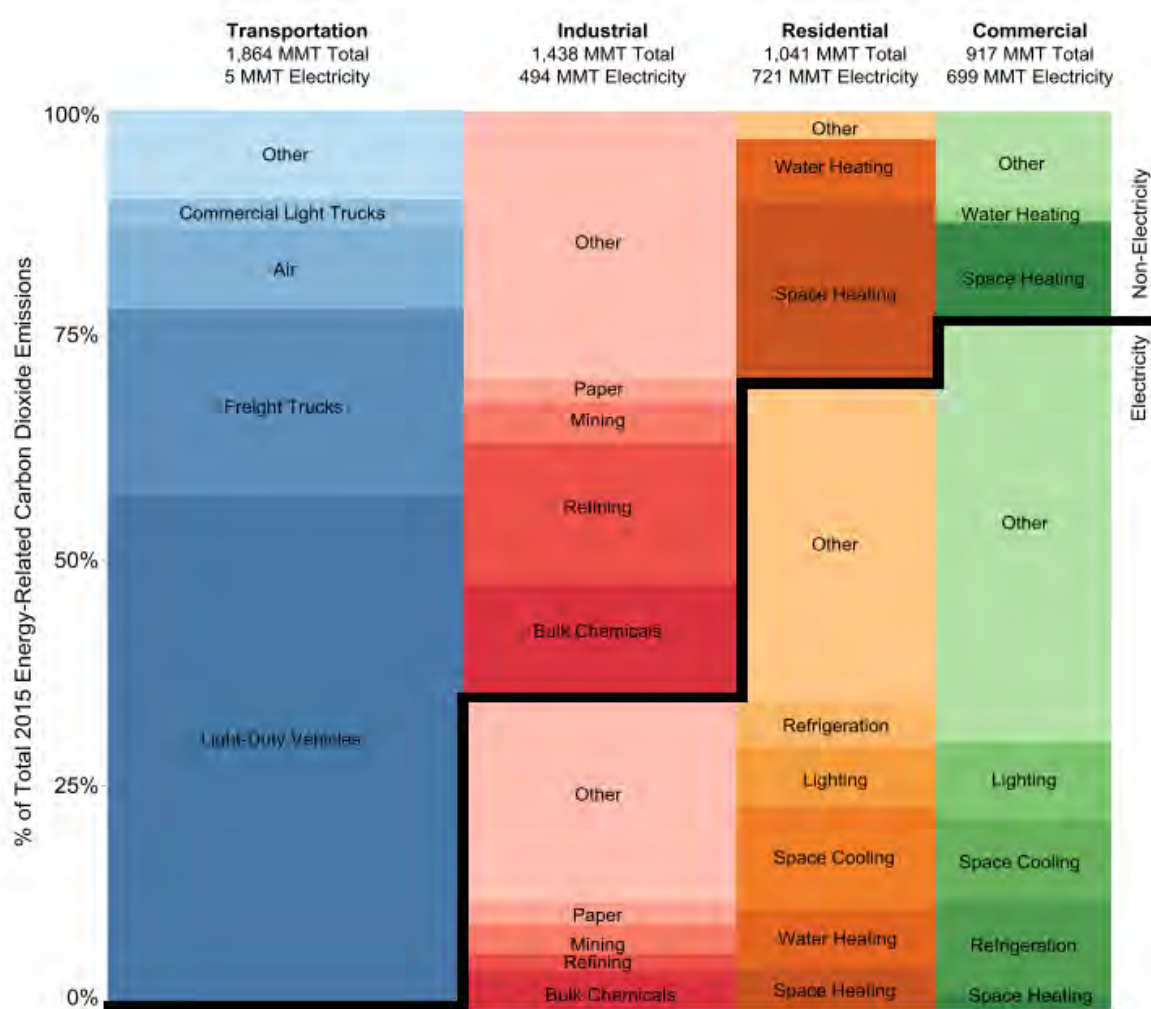


需要の電化

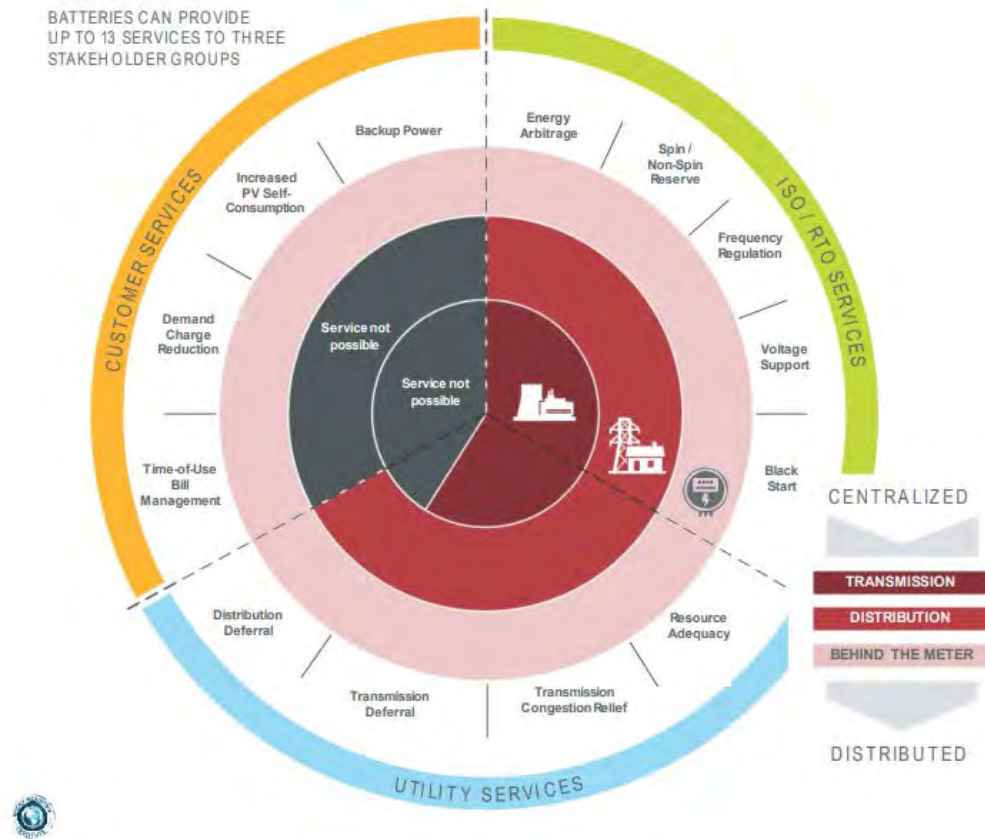


IEA Status of Power System Transformation 2017

2015部門別CO2排出量(米国)



DER(分散型資源)により提供されるサービスの項目とその対象



Source: RMI

NARUC manual on distributed resources rate design and compensation
DER Compensation Options, The National Association of Regulatory Utility
Commissioners(2016)