

未来のエネルギー社会のビジョン検討WS

システム制御理論から見たエネルギー社会の未来像

石崎 孝幸（東京工業大学）

計測自動制御学会



IEEE Vision for Smart Grid

Chapter 6

Concluding Remarks

2030年以降
に向けて

A Smart Grid, a cyber-enabled re-envisioning of the end-to-end power system, has the potential to offer tremendous benefits and brings along a number of challenges and opportunities. First we examine the benefits [3]:

- **Sustainability:** A Smart Grid has the potential to achieve a high degree of integration of renewables such as solar and wind. **再生可能エネルギーの有効利用** a central role in addressing environmental concerns.
- **Efficiency [4]:** The increased presence of digital technology in a grid, such as AMI, automated demand response, and smart meters, along with advanced control systems with advanced algorithms, can improve the overall efficiency of the grid. **市場原理に基づく電力最適配分** efficiency at several points in the grid including generation, transmission, and distribution.
- **Reliability and security:** A Smart Grid has the ability to reduce wide-area blackouts by anticipating, detecting, and responding to faults. **物理・電子的な安定・安全性** to attacks, cyber and otherwise.
- **Improved economy:** As per the Galvin Electricity Initiative [2], Smart Grid technologies have the potential to result in several billion dollars' worth of savings through a combination of energy efficiency, **分散的な電源・蓄電設備の最適運用** interactive storage capacity, and savings in infrastructure costs over the next two decades.
- **Affordability:** Affordable energy solutions can be made possible in a Smart Grid by virtue of the grid's empowered **消費者視点のシステム設計** vehicles and other distributed energy resources [3].

Noteworthy is the fact that almost all of the challenges and opportunities in realizing these benefits are control-centric. Whether it is efficiency, reliability, or affordability, control of Smart Grid—the implementation of spatio-temporally orchestrated, affordable, rapid, and universal information transfer between various entities in the grid—can facilitate the realization of these goals. Varied scenarios of a grid with an all-pervasive demand response, a smart periphery with a fully coordinated network, and a smart core with a fully coordinated network, and the introduction of AC-DC transmission system might come to fruition by the closing of loops that have never been closed before. A multiple-pronged attack with multiple foci of control research is therefore needed, whether they be innovations in the existing systems of generation, transmission, and distribution; the introduction of new concepts of dynamic market mechanisms, demand response, and

システム制御理論:

動的システム理論

最適化理論

確率論

情報通信理論

ネットワーク理論

ゲーム理論

⋮

応用数学的な解析と設計

システム制御の観点から課題提起

システム制御理論の役割： エネルギーの最適管理

第18回総合科学技術イノベーション会議
(平成28年4月)

「エネルギー・環境イノベーション戦略」の概要

I. 戦略の位置付け

- COP21で言及された「2℃目標」の実現には、世界の温室効果ガス排出量を2050年までに240億トンを抑えることが必要。現在、世界全体のCO₂排出量は約500億トン。温室効果ガスは、各国の約束草案の積上げをベースに試算すると、2030年に570億トン程度と見込まれており、削減が必要。これには、世界全体で抜本的な排出削減のイノベーションを進めることが不可欠。
- 「Science」誌の報告によれば、2050年までに240億トンの削減が必要。この削減量のうち、約100億トンは、エネルギー・システム全体の最適化によって達成可能。残りの約140億トンは、有望な革新技术を特定。技術課題を抽出し、中長期的に開発を推進。
- ⇒ 2℃目標達成に必要な約300億トン超のCO₂削減量のうち、本戦略で**数10億～100億トン超の削減**を期待。

① **CO₂排出量の大幅削減**

② **経済性向上**

II. 有望分野の特定

- ①これまでの延長線の技術ではなく、非連続的でインパクトの大きい革新的な技術
- ②大規模に導入することが可能で、大きな排出削減ポテンシャルが期待できる技術
- ③実用化まで中長期を要し、且つ産学官の総力を結集すべき技術
- ④日本が先導し得る技術、日本が優位性を発揮し得る技術

エネルギーシステム 統合技術

○革新技术を個別に開発・導入するだけでなく、ICTによりエネルギーの生産・流通・消費を互いにネットワーク化し、**デマンドレスポンス (DR)**を含めて**システム全体を最適化**。AI、ビッグデータ、IoT等を活用。

システムを構成する コア技術

- 次世代パワーレ：電力損失の大幅削減と、新にシステムへの最適化
- 革新的センサー：高耐環境性、超低電力、高寿命でメンテナンスフリー
- 多目的超電導：モーターや送電等への適用で、電力損失を大幅減

省エネルギー



- 1 革新的生産プロセス
 - 高温高圧プロセスの無い、革新的な素材技術
 - > 分離膜や触媒を使い、20～50%の省エネ
- 2 超軽量・耐熱構造材料
 - 材料の軽量化・耐熱化によるエネルギー効率向上
 - > 自動車重量を半減、1800℃以上に安定適用

蓄エネルギー



- 3 次世代蓄電池
 - リチウム電池の限界を超える革新的蓄電池
 - > 電気自動車が、1回の充電で700km以上走行
- 4 水素等製造・貯蔵・利用
 - 水素等の効率的なエネルギーキャリアを開発
 - > CO₂を出さずに水素等製造、水素で発電

創エネルギー

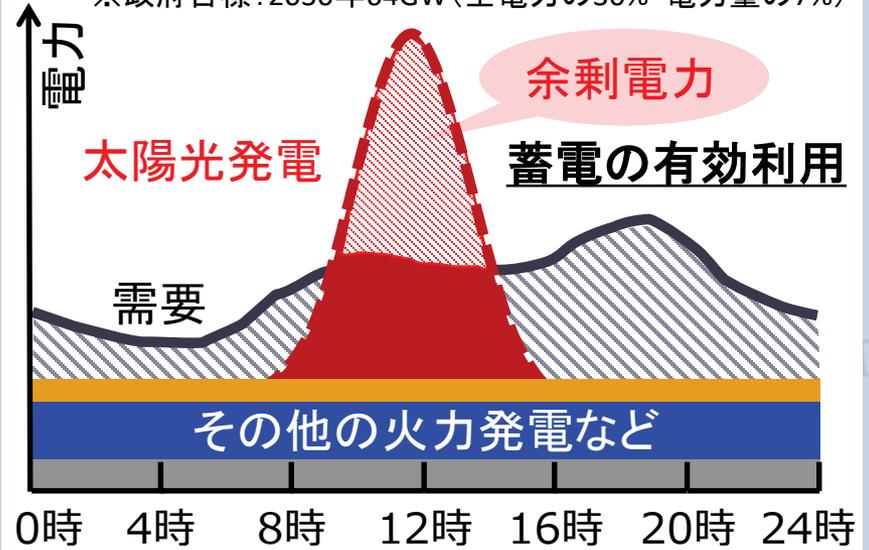


- 5 次世代太陽光発電
 - 新材料・新構造の、全く新しい太陽光発電
 - > 発電効率2倍、基幹電源並みの価格
- 6 次世代地熱発電
 - 現在は利用困難な新しい地熱資源を利用
 - > 地熱発電の導入可能性を数倍以上拡大

創蓄エネルギー技術の統合・最適運用

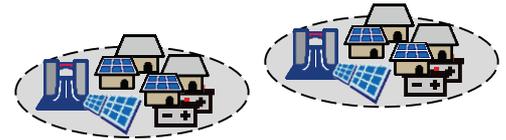
太陽光発電300GW導入シナリオイメージ

※政府目標：2030年64GW(全電力の30%・電力量の7%)



再エネの余剰電力・不確かさへの対応
適切な市場競争を促すシステムの構築

考えられる未来像



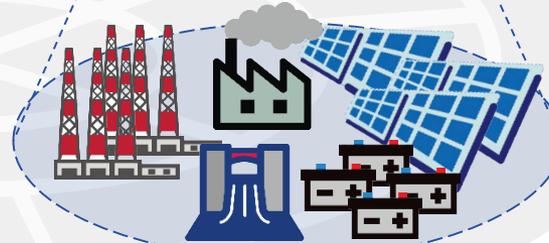
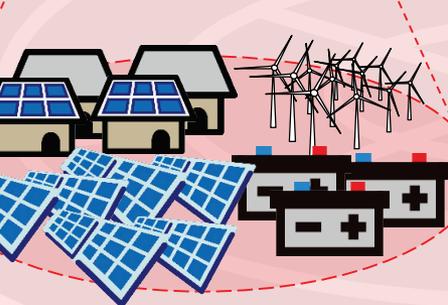
cf. マイクログリッド(自給自足型管理)

電力市場による適正価格での需給バランス

収益 ↑ 発電消費計画に基づくエネルギー売買

アグリゲータ

アグリゲータ



送電網・エネルギー物流によりネットワーク化されたアグリゲータ群

経済効率最大化

CO₂最小化・
利潤最大化

再エネ最大利用
不確かさ吸収
余剰電力蓄電
電力融通
機器高効率化
⋮

アグリゲータ(管理者): 様々なリソースの最適管理とエネルギー売買
電力市場: 競争原理に基づく経済効率の最大化と需給のバランス



まとめ

▶ システム制御理論

- ▶ 動的システム理論を中心とした応用数学的な解析と設計

▶ システム制御理論の役割: エネルギーの最適管理

- ▶ 様々なエネルギー技術の理論的特徴づけ
- ▶ 創蓄エネルギー技術の統合・最適運用

▶ エネルギーシステムの未来像

- ▶ 蓄電や再エネなどのリソースをもつアグリゲータによる市場形成
- ▶ CO₂排出量の削減と市場競争原理に基づく経済性の追求