

# 日本型スマートグリッドへ向けて

東京電力株式会社  
渡辺 勉



東京電力

---

## 主要内容

1. スマートグリッドの効果
2. デマンドレスポンス
3. 再生エネルギーの活用
4. 流通系統の高度利用
5. 現状認識と今後に向けて

# 1. スマートグリッドの効果（欧米での期待）

欧米で提唱されている所謂スマートグリッドの効果は大別して以下のとおり。

## ■ デマンドレスポンス

ピークカットなどによって、CO2排出量の多いピーク電源の増加を抑制

## ■ 再生可能エネルギーの活用

出力が不規則に変動する再生可能エネルギーを大量導入した場合に系統への影響を最小限に抑制

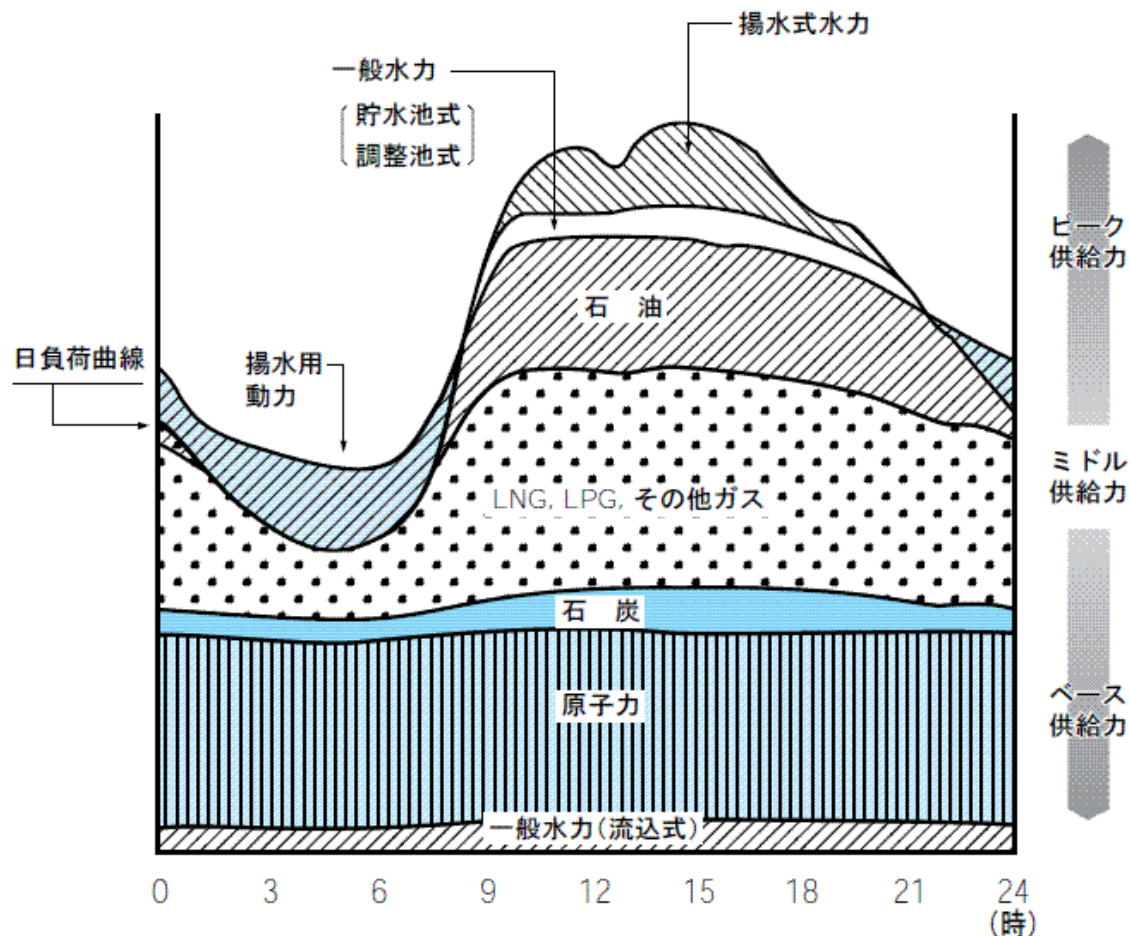
## ■ 流通系統の高度利用

IT技術（デジタル通信技術やマイクロプロセッサによる制御技術）を利用した流通設備運用の自動化・高信頼度化等の高度化

これらについて、以下では日本での低炭素化への効果を俯瞰しながら「日本型スマートグリッド」のイメージ例を述べる

## 2. デマンドレスポンス — 電力の供給力と需要 (1)

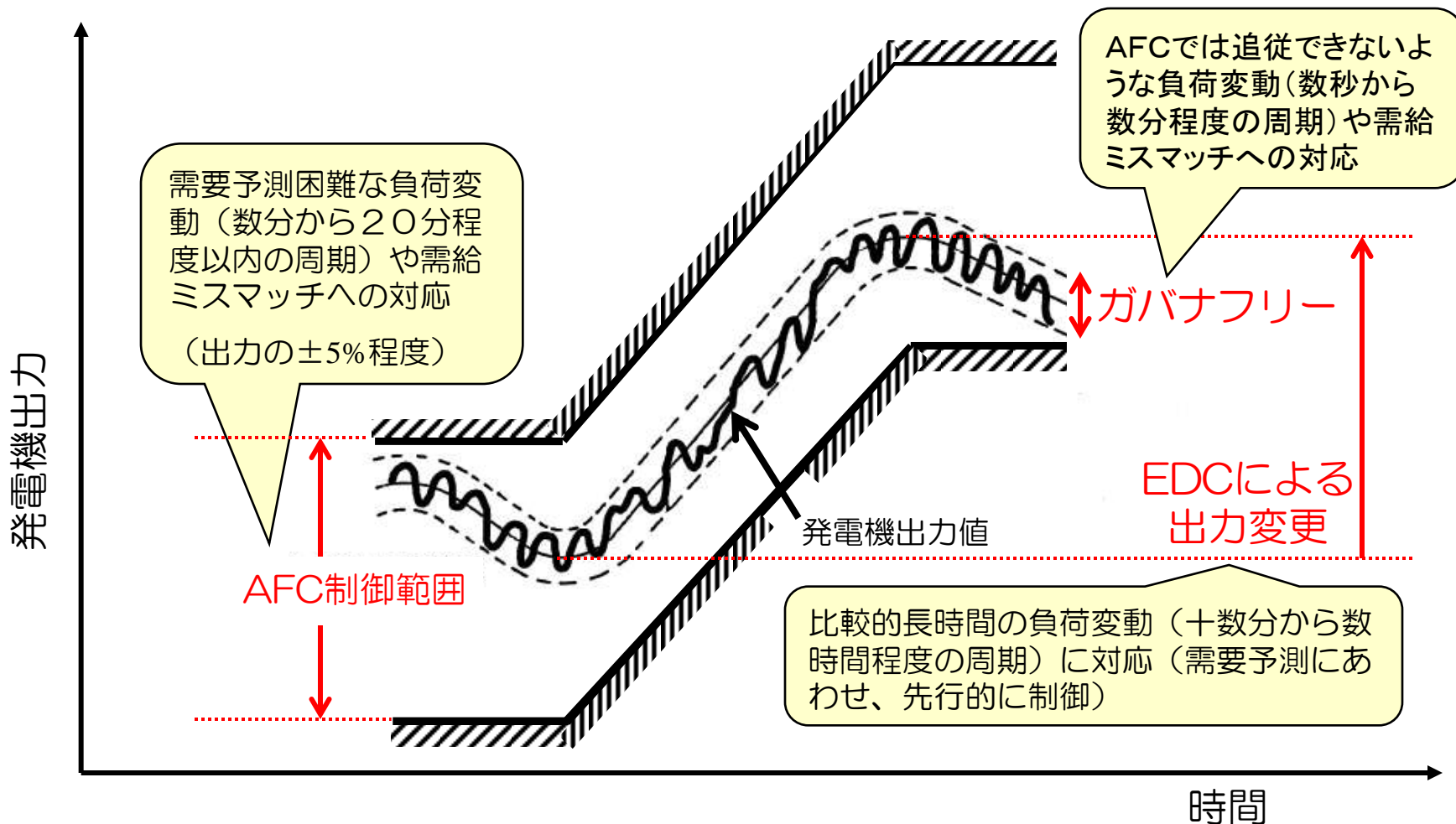
電力系統では、季節・日々ごとに異なる需要変化に応じて、ベース・ミドル・ピーク供給力を組み合わせて、適正な予備力を含めた供給力を確保するとともに、需要に応じた最適な需給バランス状態を築いている。



【出典】東京電力:「数表で見る東京電力 平成20年度」

## 2. デマンドレスポンス — 電力の供給力と需要 (2)

電力系統の小刻みな需要変動に対しては、火力・水力機のカバナーフリー、AFCを用いて、需給・周波数を調整する。(アンシラリーサービス)



## 2. デマンドレスポンス – 狙いと日本での想定

### ■ ピークカット

需要家は電力需要を減らす。代替のエネルギー手段があれば移行。  
なければ、生じる「不便」とのトレードオフ（不便は6～8時間継続）

### ■ 負荷移行

需要家は電力需要を減らさない。ピークでの利用部分を他の部分に移行。  
移行先は、時間単位 → 日単位 → 週単位  
                  (昼→夜)           (平日→土曜)       (普通週→お盆)

### ■ アンシラリーサービスの応答による電源削減

数分単位で規定以上の速度（MW／分またはMW／秒）での的確に対応



日本では

- ピークカット：代替のエネルギー手段の可能性が低い中で（冷房など）6～8時間の不便は受容されにくいのでは？
- 負荷移行：デマンドレスポンスよりは契約で設定する方が確実
- アンシラリーサービスの応答：的確な応答速度を確認しにくい

⇒ 本命とはなりにくいと思われる。

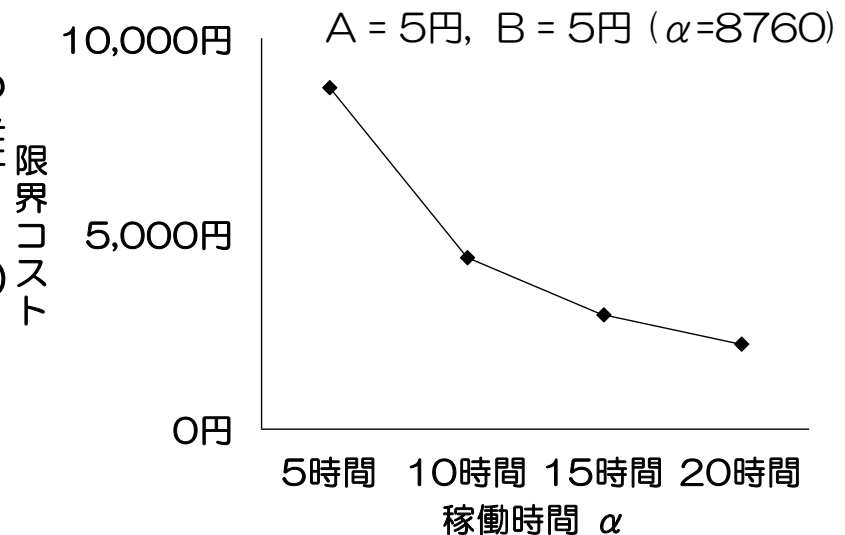
## 2. デマンドレスポンス – 電力の限界コスト表示の課題

〔 発電電力の限界コストが明示され、それに需要が応じれば、  
電源新設が延期できるといわれるが？ 〕

$$\text{発電電力の限界コスト (円/kWh)} = \underbrace{\text{可変費}}_{(A)} + \underbrace{\text{固定費} \times (8760 \text{時間} / \alpha)}_{(B)}$$

$\alpha$  : 稼働時間

- ピーク需要に対応するピーク電源の限界コストは、実稼働時間によって大きく変動する上、稼働後に初めて確定（事後に判明）。
- 「市場価格」で課金すべきとの議論（リアルタイムプライシング）もあるが、その値付けや需要家への表示は難しい。
- なお、系統運用では限界可変費最小の原則で運用される。  
(固定費は sunk cost と見なされる)



## 2. 米国のデマンドレスポンス導入例

### ■フロリダ州の例

家庭用・商業用デマンドレスポンス

- 州内大手電力会社FP&L社：需要制御プログラム「On Call」
- プログラム加入需要家数：約78万軒
- 対象：冷暖房装置、温水器（家庭用）、プール用ポンプ（家庭用）
- 需要家は需要制御中継器と呼ばれるPLCを用いた自動しゃ断装置を設置する。プログラム実行時は最長で6時間、30分サイクルで15分間装置をOffにする。
- 需要逼迫時、年間3～4回程度発動



- ピーク需要の抑制効果について明確に言及されたものは確認されず。



## 停電の概要

- 2000年夏季から2001年冬季にかけて需給逼迫に端を発した電力危機は料金高騰や大規模な輪番停電を引き起こした。また州内大手電力会社PG&E社の経営破たんにも及んだ。
  - 電力料金の上昇  
需給逼迫に伴い、電力卸価格は2000年8月には前年比5倍、12月には10倍に高騰。  
小売料金が規制されていたPG&E社は経営破たん。小売料金が自由化されていたSDG&E社は小売料金が2倍～4倍に上昇。再び規制料金化。
  - 輪番停電の影響  
2001年1月～2月に需給逼迫(ステージ3:供給予備率1.5%以下)となり、1月17日～18日にかけて100万世帯で輪番停電を実施。
- 危機以降、新規発電所の建設や送配電システムの増強などの「エネルギー行動計画」を策定・導入。
  - ⇒ 危機以前はDSM (Demand Side Management) の効果が「熱心」に論じられており、その影響もあり電源新設や送配電システム増強が十分でなかったと言われる。

日本では過度な電源保持を回避しつつ需給を維持するため、供給サイド、需要サイドを総合して対応している。

## ■ 供給サイドの対応

- 発電所の増出力運転
- 広域運営（応援融通、相互協力融通）

## ■ 需要サイドの対応

- 季時別料金（ピークシフト）
- 計画調整契約（ピークシフト）
- 随時調整契約（ピークカット）→大口需要家（緊急対応）
- 自家発電増出力

## ■ 需給逼迫時の対応例（2007年夏季）：柏崎停止時（約600万kW）

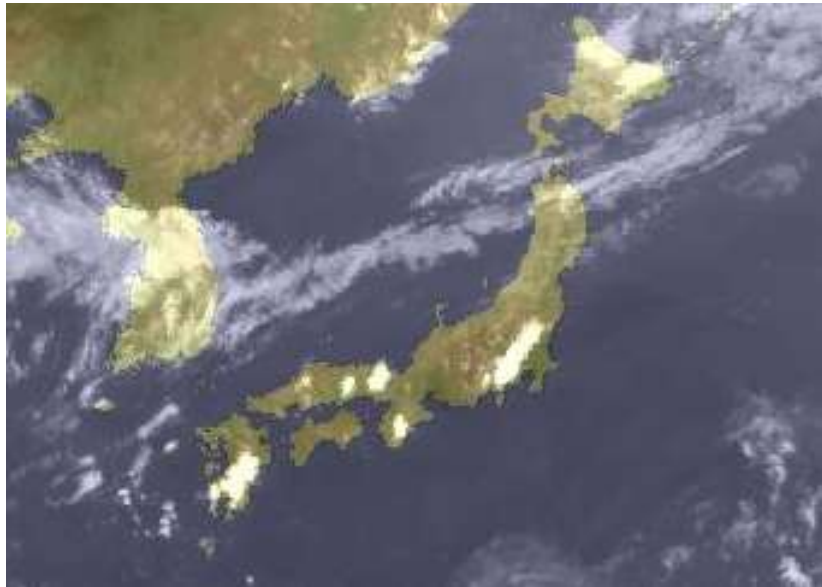
- 最大需要: 6147万kW (8月22日 東京37度)
- 応援融通: 150万kW
- 計画調整契約: 130万kW (最大需要に織り込み済み)
- 増出力運転等: 約60万kW
- 随時調整契約に基づく需要抑制: 14万kW (契約量127万kW)
- ( ● 停止水力の緊急・暫定運転: 90万kW )

⇒ なお、応援融通力増加についてはESCJによるFC増強に関する提言を真摯に受け止め対応。

### 3. 再生可能エネルギーの活用

- スマートグリッドを使って、再生可能エネルギーを合理的に活用することで低炭素化を図ることが考えられる。
- 再生可能エネルギーの一つである太陽光発電では、
  - 太陽光ピーク（正午）と需要ピークが不一致
  - 供給力としての不確実性（下図気象衛星写真）
    - 日本では必ずしも晴天 = 最大ピークとはならない。

2001年7月24日15時（東電管内6,430万kW）

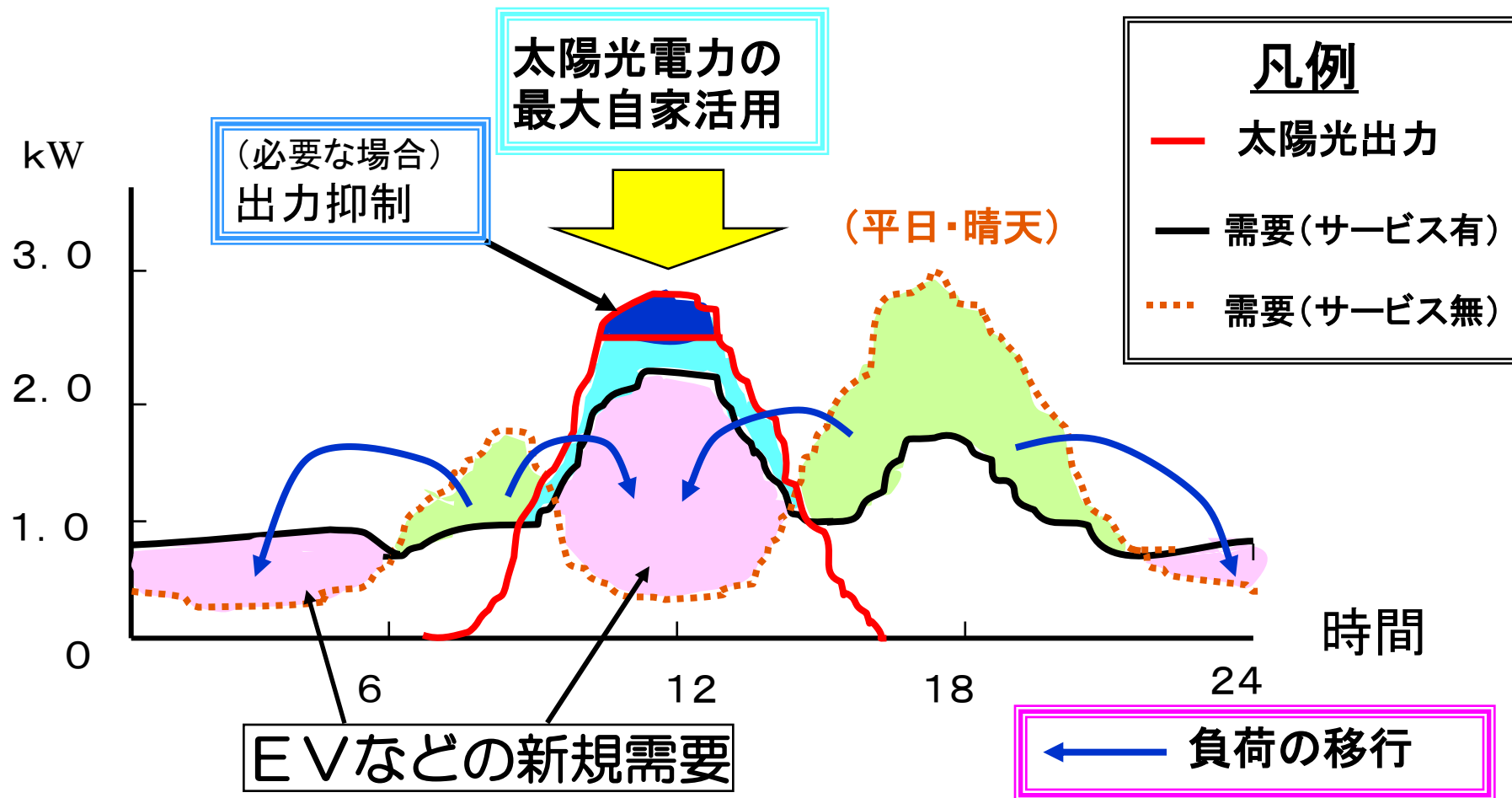


2007年8月22日15時（東電管内6,417万kW）



### 3. 再生可能エネルギーの活用

需要創出（+負荷移行）と系統コスト低減の可能性



系統側と協調のとれた家庭での電気の利用実現

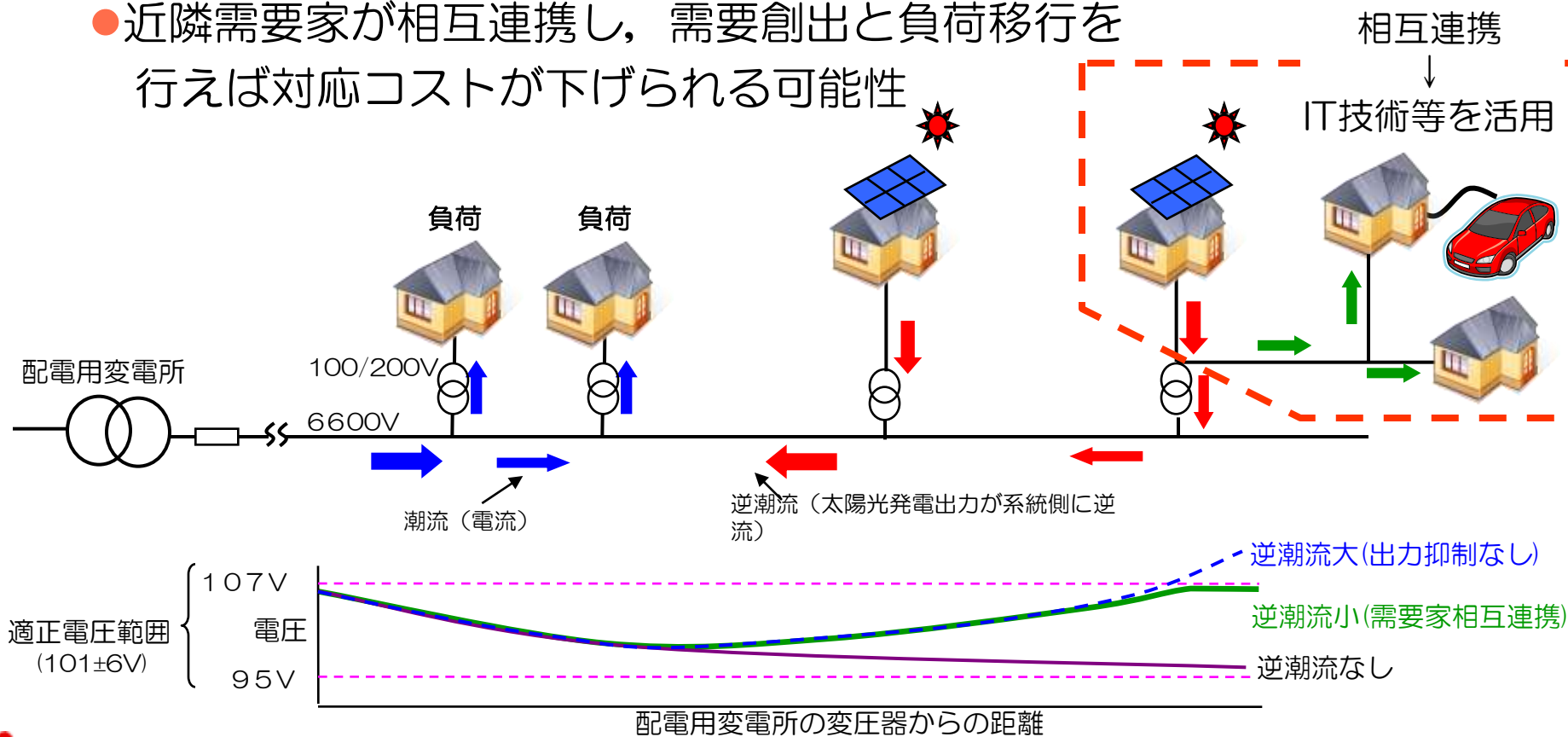


# 3. 再生可能エネルギーの活用

## 需要創出と系統コスト低減のイメージ例

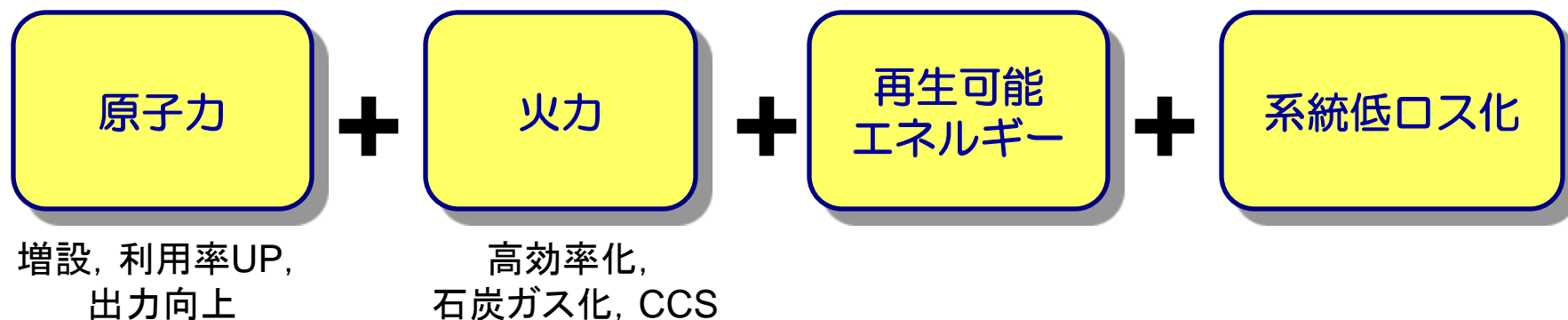
### ■ 需要家同士の相互連携（今後の課題）

- 太陽光発電ピーク時には、配電系統の電圧が上昇しやすく、対応策が必要 → 対応コストが上昇してゆく懸念
- 近隣需要家が相互連携し、需要創出と負荷移行を行えば対応コストが下げられる可能性



## 4. 流通系統の高度利用

低炭素化とスマートグリッドによる流通系統高度の協調



全体として低炭素社会の実現へ

- 新技術（UHVなど）の導入，安定化技術の進展による高稼働率実現
- 高経年化設備の効率的な更新，電化進展を踏まえた高信頼度化
- 新設設備はやはり必要となる可能性もあるので，法的な配慮が望ましい。
  - 米国では，エネルギー政策法（2005）により指定送電線に建設インセンティブを付与している。

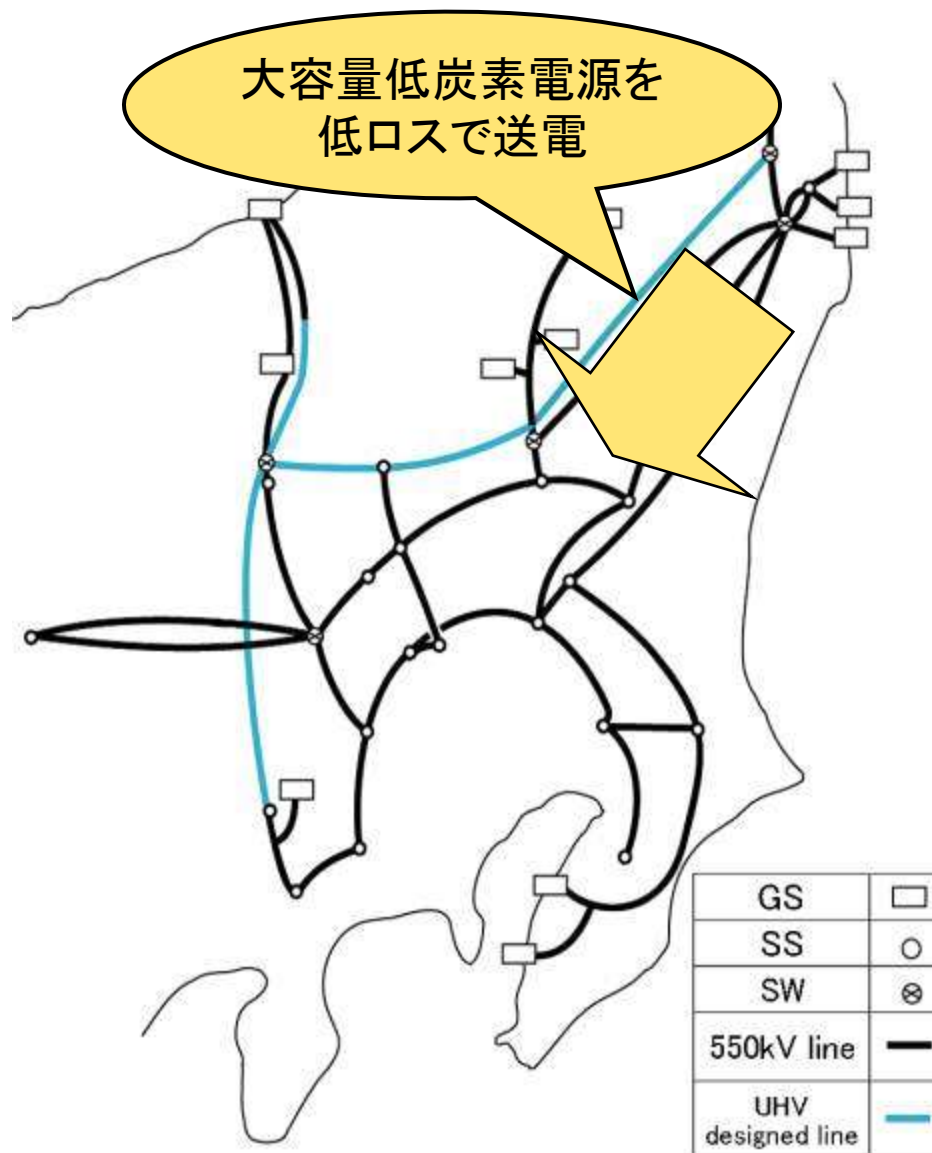


# 4. 流通系統高度利用

# — 100万V送電の導入の例 —

現在の50万V送電を2倍に昇圧すると、電流が1/2となるため、

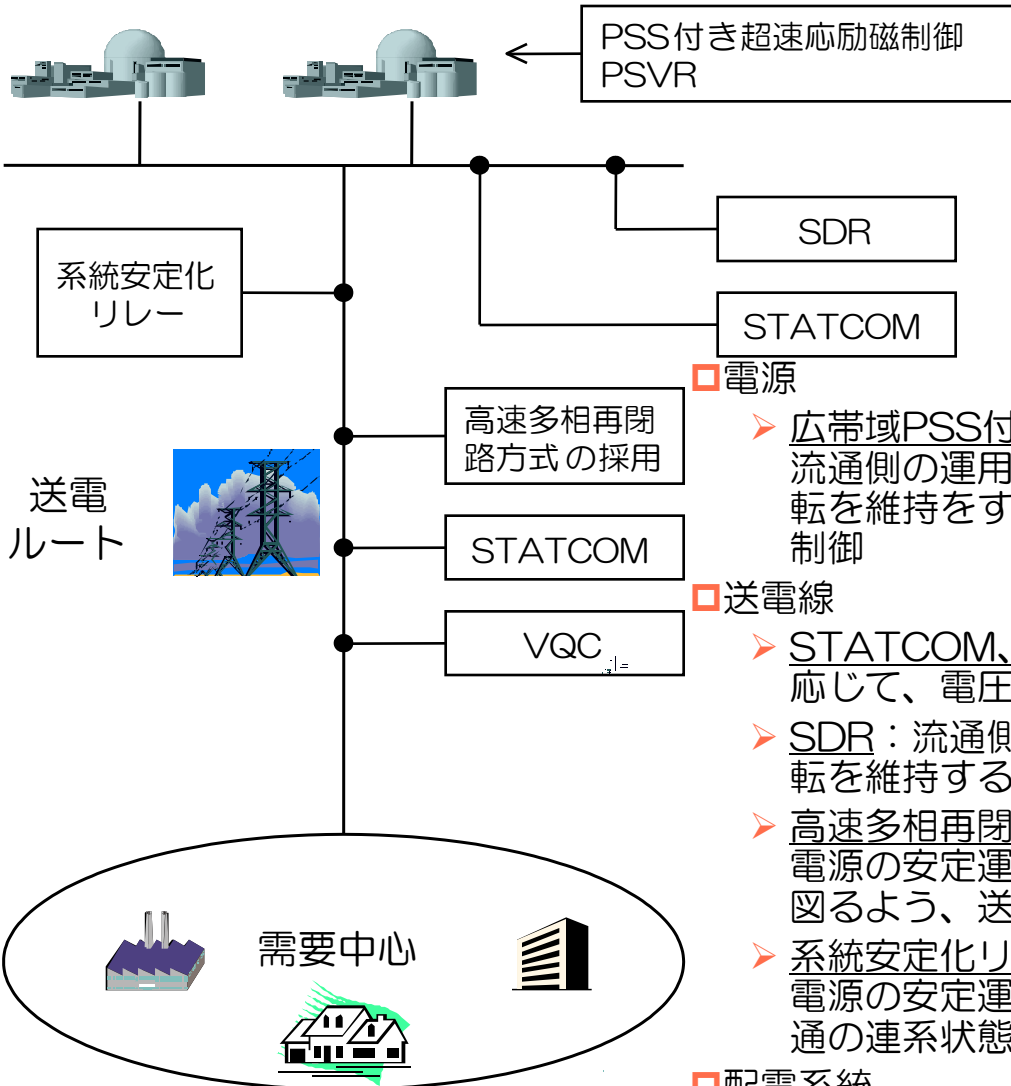
送電容量 2倍  
送電ロス率 1/4





# 4. 流通系統高度化利用 — IT技術等の活用 —

大規模  
電源



送電ルートの新増設には、  
様々な安定化技術も組合せ、  
流通コストを低減。

□電源

- 広帯域PSS付き超速応励磁制御、PSVR：流通側の運用状態に応じて、電源の安定運転を維持をするよう、電源の電圧を適正に制御

諸外国では  
実用化され  
ていない

□送電線

- STATCOM、VQC：流通側の運用状態に応じて、電圧を適正に制御
- SDR：流通側事故発生時に、電源の安定運転を維持するよう、負荷量を適正に制御
- 高速多相再閉路方式：流通側事故発生時に、電源の安定運転を維持・早期の事故復旧を図るよう、送電線の遮断器を適正に制御
- 系統安定化リレー：流通側事故発生時に、電源の安定運転を維持するよう、電源・流通の連系状態を適正に制御

諸外国では  
実用化され  
ていない

□配電系統

- IT開閉器、メーターの多機能化：事故点や事故様相探索の高速化と復旧対応の迅速化、系統情報発信機能の充実

## 5. 現状認識と今後に向けて

- 日本の電力供給システムでは、米国で言われる**スマート化はすでに進展している**。欧米に比べて高信頼度・高効率の電力供給にも寄与。今後も、経済性に配慮しつつさらなるスマート化を進める。

(参考) お客さま1軒当りの年間の事故停電時間(2007年)；米国97分，当社4分

その際の留意事項は以下と想定される。

- 今後の太陽光等の導入拡大や電気自動車の普及など、低炭素化に対応するための系統対策コスト軽減や、電力品質・需要家の利便性向上  
〔すでに産学連携により、日本型スマートグリッド技術開発に着手。  
なお、費用対効果の見極めが必要。〕
- 太陽光等の出力調整（軽負荷期の出力抑制）や、需要家機器の制御については、今後、各種技術検証に加え、**社会的受容性等も含め、トータルに検討を進め、方向性を定める**。