

# 電力システムの進むべき方向

パネル討論「スマート化するエネルギーイノベーション」

平成29年11月6日

---

工学系研究科 原子力国際専攻

藤井康正

# 概要

---

## ● 内容

- 電力システムの進むべき方向1
  - 配電系 市場原理に基づくボトムアップ型の電力システム
- 電力システムの進むべき方向2
  - 基幹系 電熱を活用した自然変動電源大量導入への対応

# 電力システムの進むべき方向1

---

## □ 電力システムにおける競争原理導入の徹底

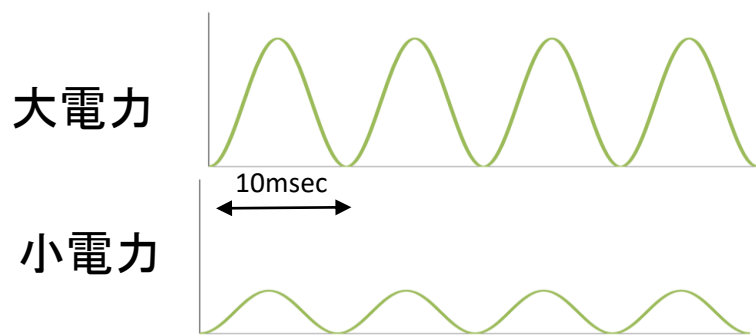
- 完全競争で社会厚生を最大化
- 制度設計の課題の多くは中途半端な自由化政策が原因？
- 改善余地の多くは小口需要家を中心とした最終需要端
  - ・ 需要家に予め市場で購入した電力しか利用させないハード的仕組みが必要
  - ・ 需要家に「支払い意志額」を表明させることが全体の最適化には必要
  - ・ 社会的弱者への配慮も別途準備

## □ 時間解像度・空間解像度を1000倍以上高めた市場取引

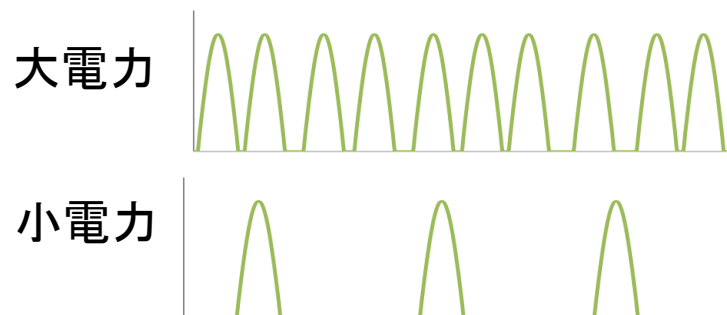
- 物理的取引も含めて、電力システムの時定数よりも短い時間間隔での電力取引を行い、時々刻々の市場価格(ノーダルプライス)を生成する。
- 低圧配電線の節点ごとに市場を設け、それぞれの市場価格(ノーダルプライス)の差を当該節点間の送電料金(送電収入)とする。

# 例：パルス送電による高速取引

- 規格化された電流・電圧波形によるパルス状の電力による取引
  - パルス単位の高速度取引が可能か？（1秒間に100回など）
  - 断続的な送電となるため、時間的に連続的な電力供給等のためには、短時間のバッファが必要
  - バッファ導入により「同時同量」の桎梏からの解放
  - 低電圧の小容量送電であれば、現状の技術でも実現可能ではないか。  
ただし、現状でのスイッチング損失は大きい。



交流送電取引

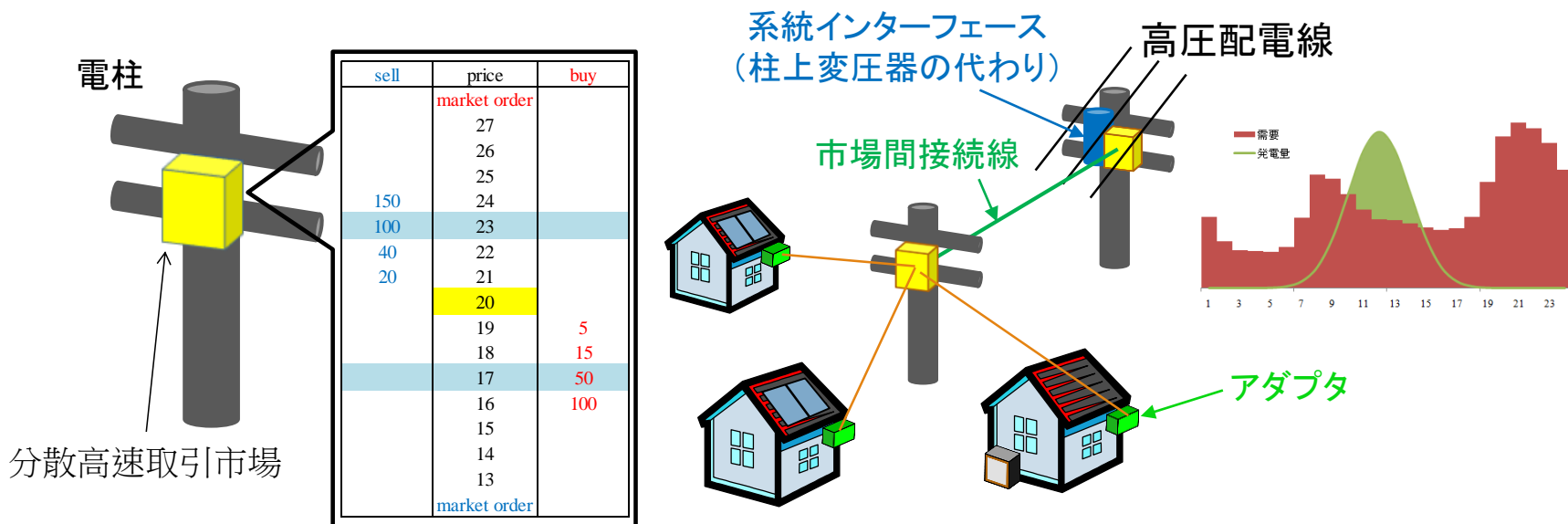


パルス送電取引

# 分散高速取引市場

## □ 低圧配電網のノードに高速取引可能な分散型市場を多数配置

- 分散高速取引市場への参加者
  - 家庭等の小口需要家、低圧送電事業者、上位系統運用者
- ザラバ仕法
  - 価格優先・時間優先、**非同期**取引

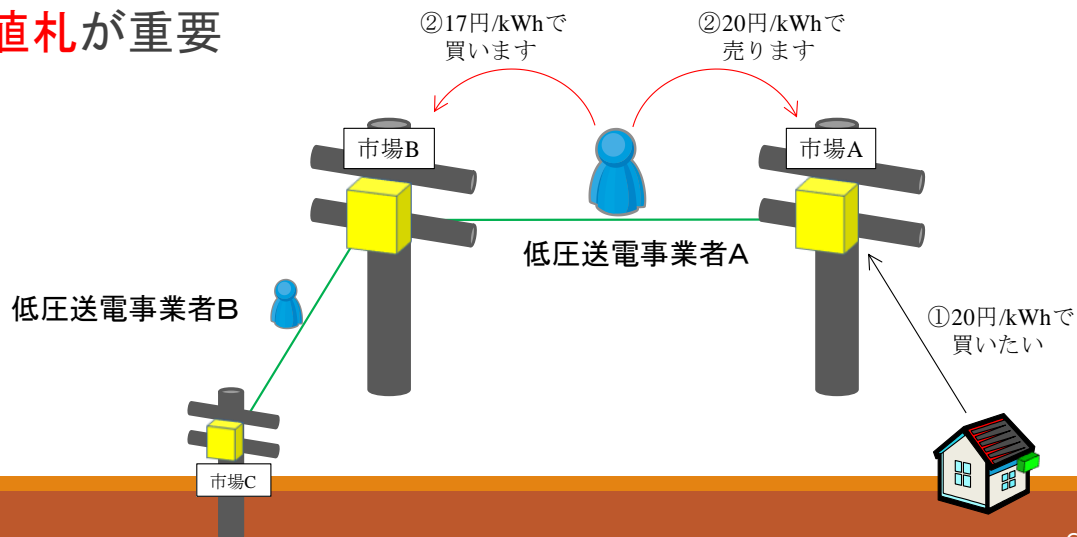


# 分散高速取引市場間の接続

□ 低圧送電事業者は、市場間接続線の両端の分散高速取引市場で裁定取引を行う。

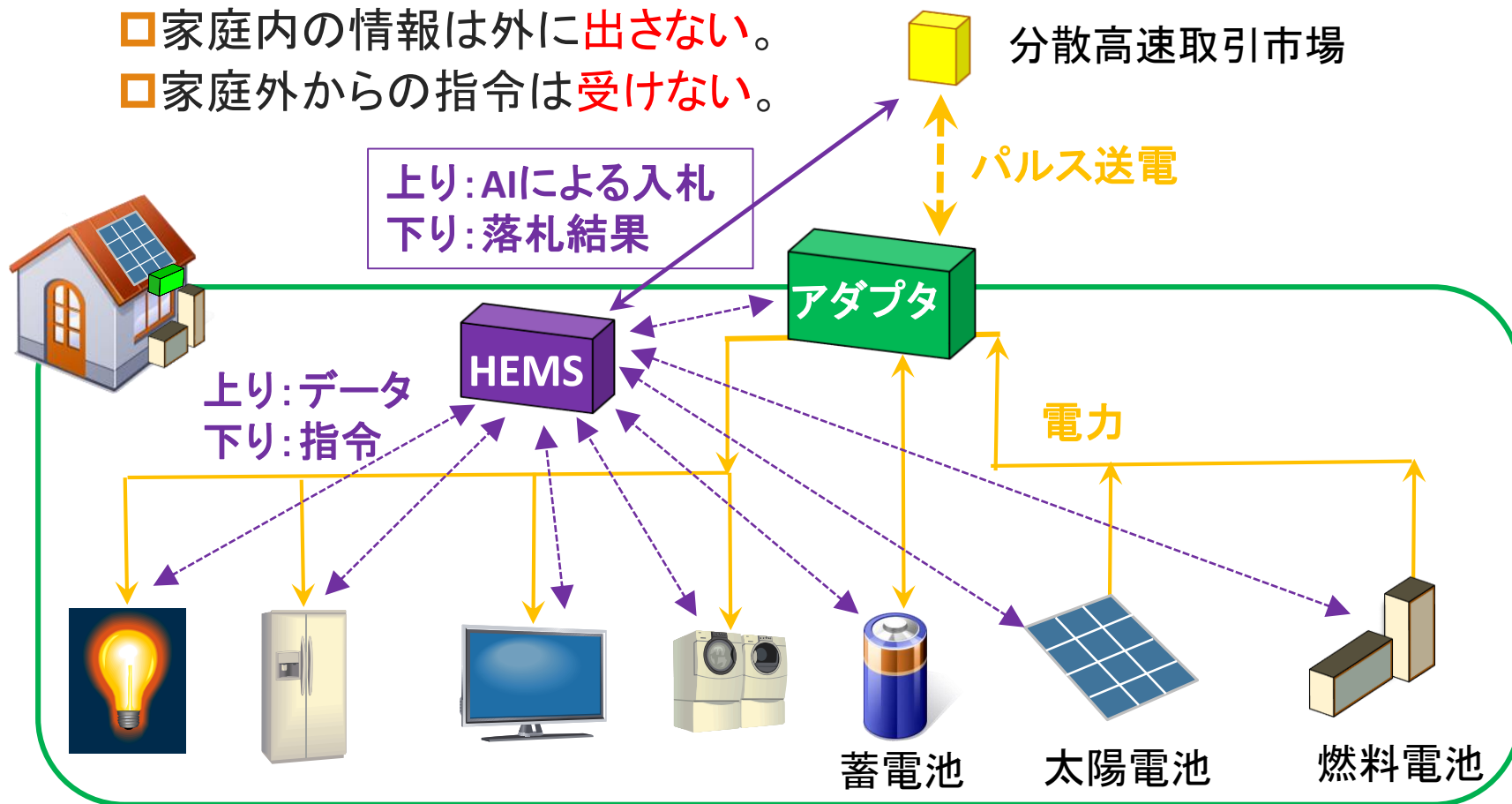
● 物理現象による自然な電力潮流は発生しない。ノードルプライスは、あたかも直流回路の電位のように解釈でき(符号は反転)、ノードルプライスが安価な節点から高価な節点へ、パルス送電により、利益を求めて人為的に電力が流れることになる。

● インターネットのIPアドレスの代わりにノードルプライス  
小包の荷札ではなく値札が重要

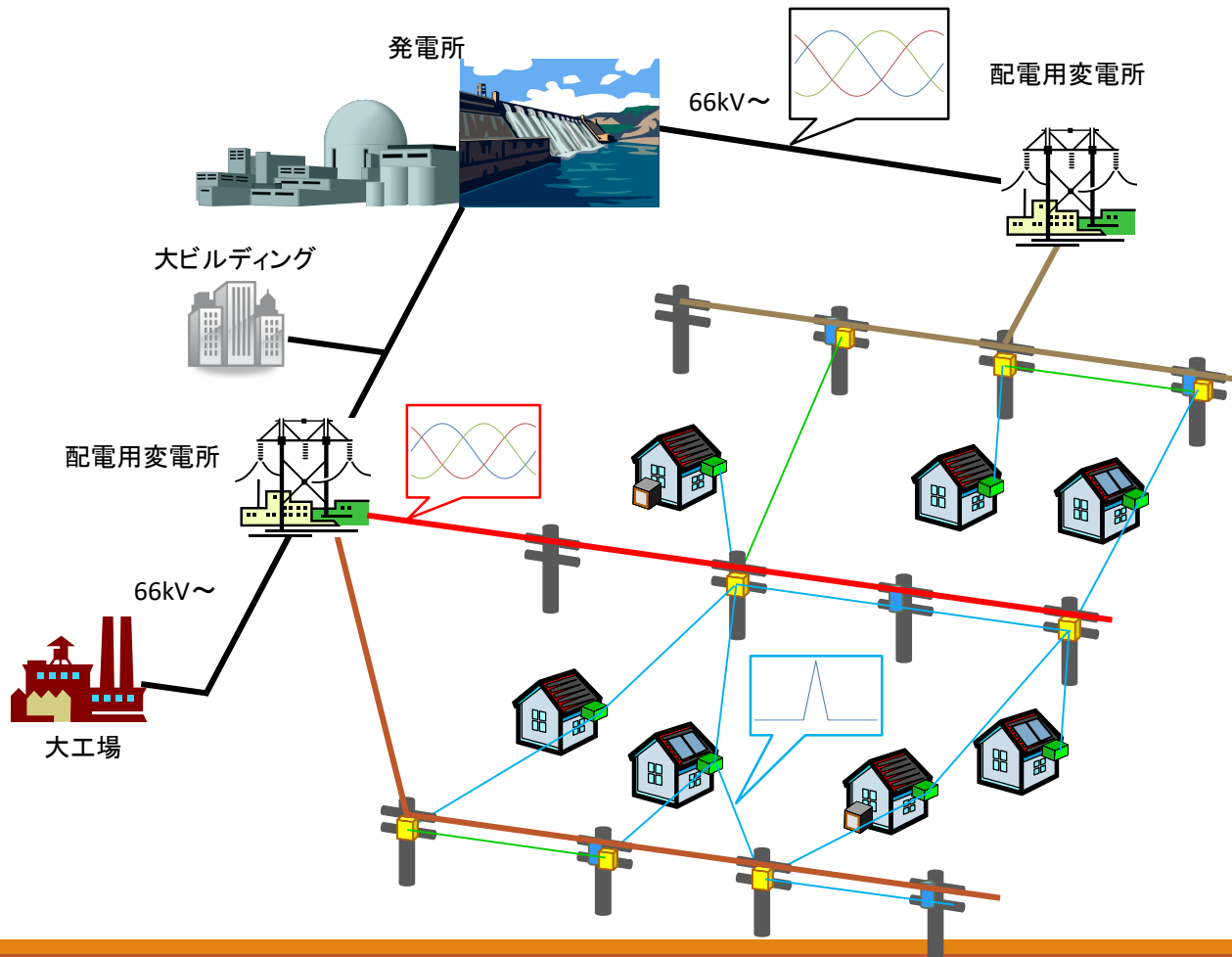


# 家庭と分散高速取引市場





- 家庭内の情報は外に出さない。
- 家庭外からの指令は受けない。



# 電力システムのイメージ



	PV導入家庭
	燃料電池導入家庭
	系統インターフェイス
	アダプタ
	分散高速取引市場

-  三相高圧送電線
-  6.6kV三相配電線
-  パルス配電線
-  市場間接続線



# 関連分野1

---

- パワーエレクトロニクス(高効率半導体スイッチ、共振回路)
- 電力貯蔵(流通バッファ、運用益を求める戦略的貯蔵)
- IoT技術(HEMSによる家電の遠隔制御)
- 人工知能(HEMS、市場入札、電池・家電最適運用計画)
- 金融技術(分散電力市場の高速取引、約定、決済)
- 新・電力系統工学(電力市場入札による基幹系統の需給制御)
- 心理学?(家電利用の効用計測など)
- 経済学?(社会的弱者への配慮と、料金制度設計など)
- 公共政策?(インフラ未開発の発展途上国等での展開など)

# 電力システムの進むべき方向2

---

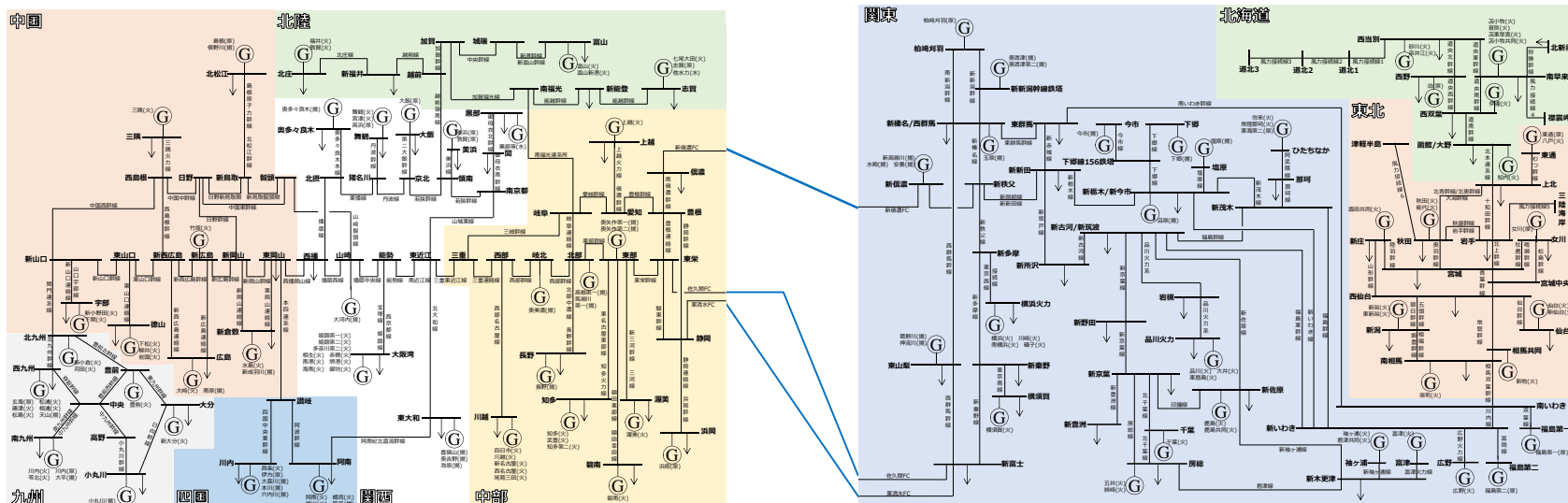
## □ 太陽光・風力発電の大量導入による余剰電力の活用

- バッテリーでの蓄電や水電解は一般に高コスト(設備利用率が低いため)
- 効率は劣るが熱エネルギーでの利用にも注目すべきではないか。
  - 電気抵抗による**電熱変換**の設備費は比較的安価
  - 耐火レンガ蓄熱で**1000°C程度**の**高温熱**も安定供給可能ではないか。
    - 蓄熱より後段は、設備利用率を高められる。
    - 発電、水素製造、産業も含めた熱需要へ
  - 新規熱需要としての**大気中CO<sub>2</sub>直接回収**(DAC: Direct Air Capture)
    - 太古の昔から植物が行ってきたことなので、実は簡単かもしれない。
    - 合成炭化水素燃料の炭素源(空気と水からの人工的炭酸同化作用)
    - 将来は、**炭化水素燃料単価 > 系統電力単価** が当たり前？

# 最適電源構成モデルの送電ネットワーク

## ● 概要

全国を135地点の地理的解像度と年間10分間隔の時間的解像度を以て、電力系統を線形計画問題(制約条件式約1億本)として定式化し、太陽光発電と風力発電を大量導入した場合の電源構成や送電網のあり方を解析する。



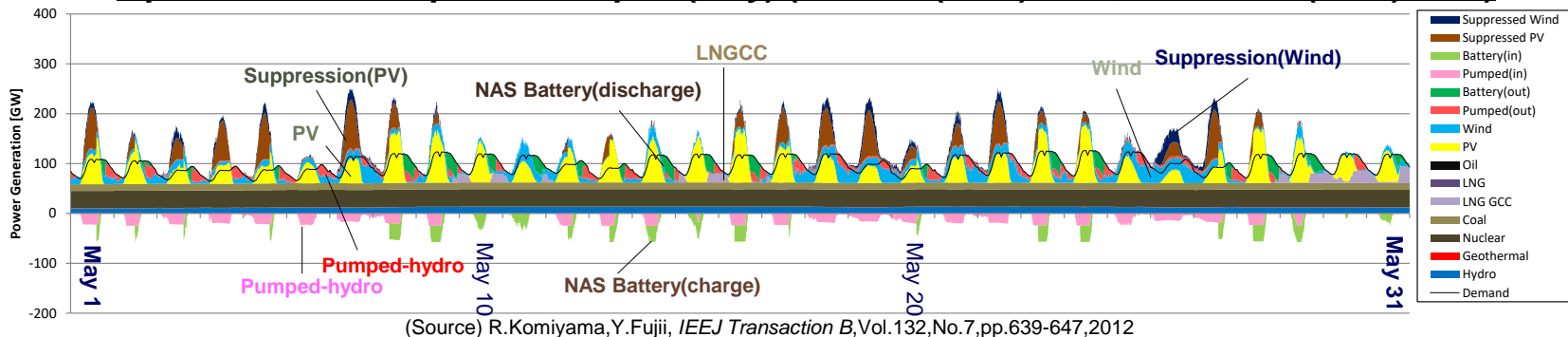
西日本(九州、四国、中国、関西、北陸、中部)

東日本(関東、東北、北海道)

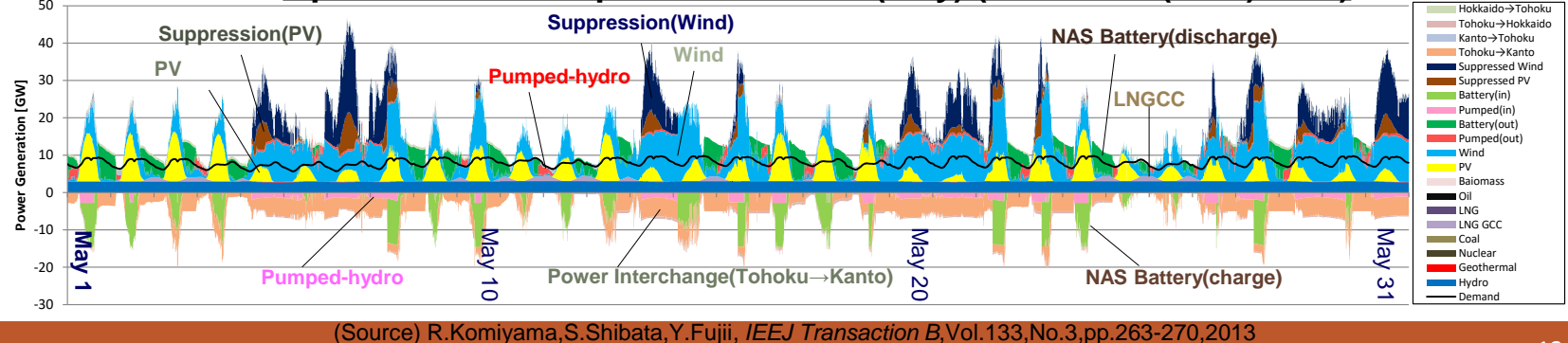
# 将来の電源構成に関するシミュレーション

- システムの「柔軟性」を高めるだけでは不十分。(負荷の数倍の余剰電力)
- 電力貯蔵はあまり利用されない。(水電解も同様)

## Optimal Power Dispatch in Japan (May) (PV ratio(kWh):20%, Wind ratio(kWh):10%)



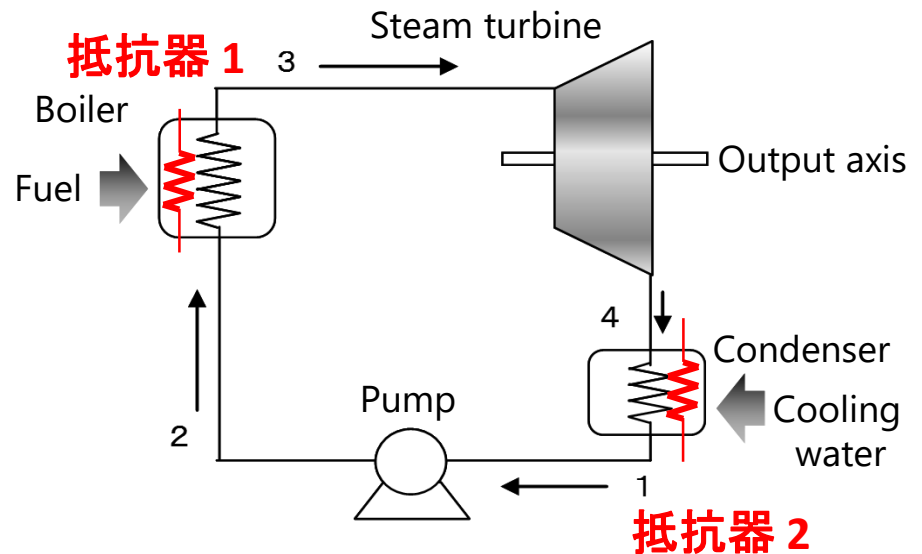
## Optimal Power Dispatch in Tohoku (May) (Wind ratio(kWh):10%)



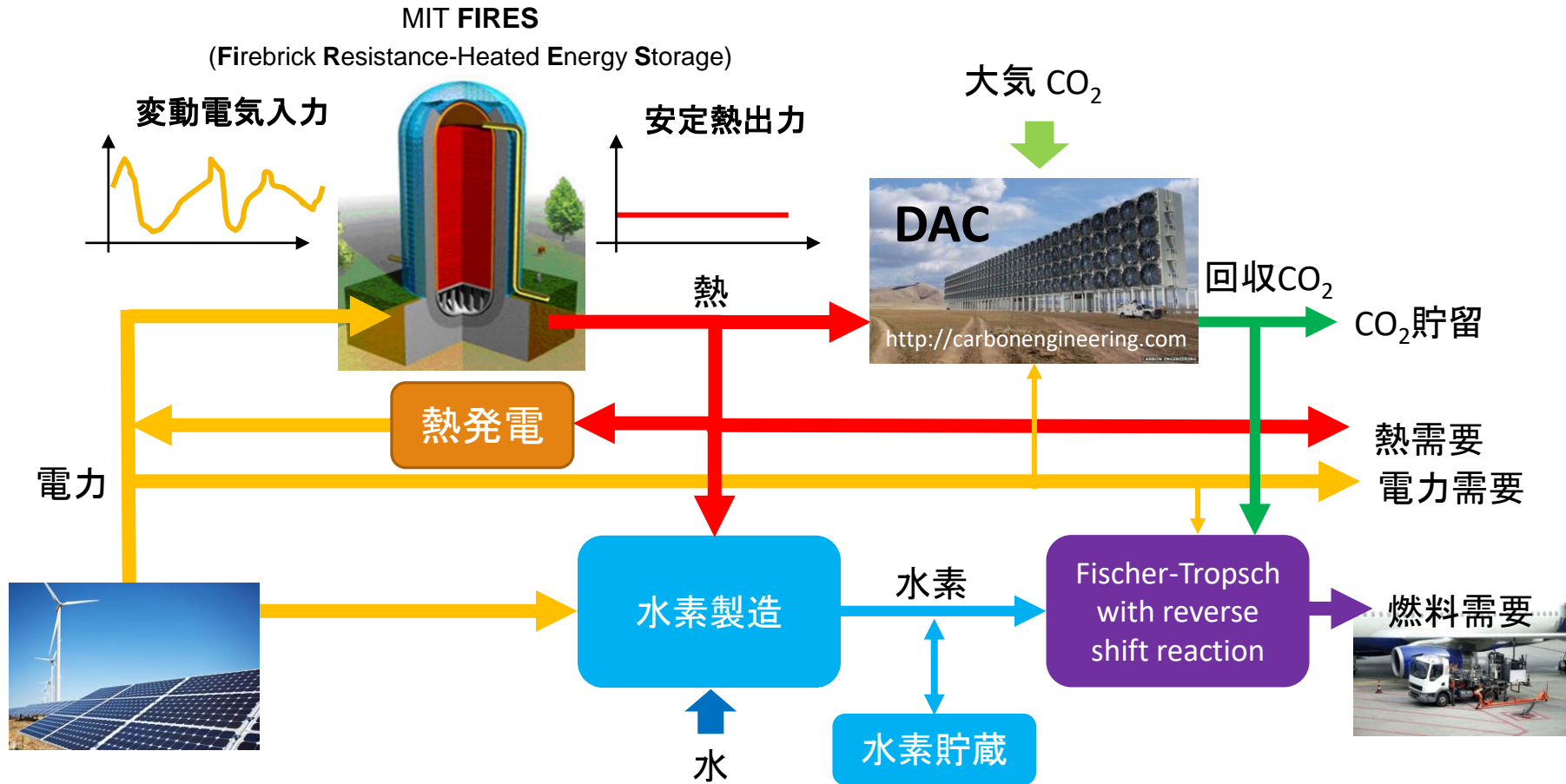
# 短期的なアイデア

## □ 火力と自然変動電源の共存

- 火力発電プラントの**ボイラー内**と**復水器内**へ抵抗器を設置し、余剰電力を消費することも考えられる。
- **ボイラー内**: 最低負荷運転時の燃料費節減
- **復水器内**: 余剰電力の緊急処理(電力価格がマイナスの時)



# 中長期的なアイデア

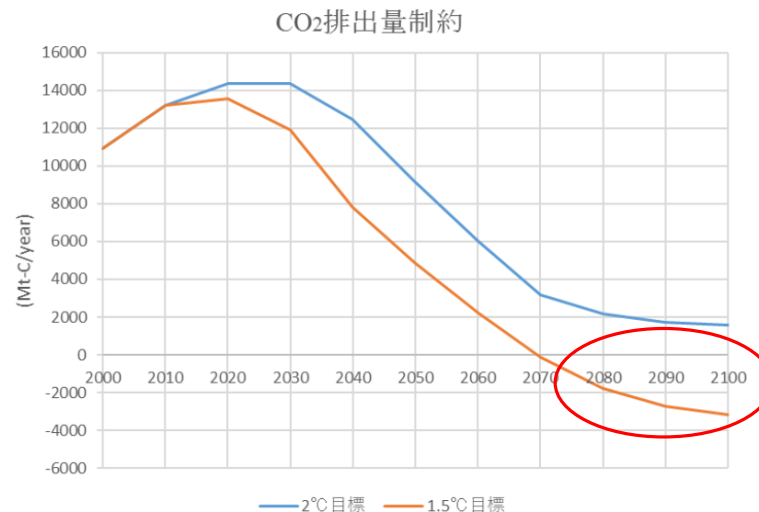


# 人工的な炭酸同化作用の意義

□ エネルギー媒体として**炭化水素**はとても**優れ**ている。

- 水素やアンモニアは特殊な供給インフラが必要
- 航空燃料は現状ではバイオ燃料しか代替品がない状況

□ 工業的技術で大気CO<sub>2</sub>回収を行うことで、植物の光合成を利用する場合よりも必要な**環境負荷は減らせる**だろう。



# 関連分野2

---

- 発熱体技術(導電性セラミックスなど)
- 高温蓄熱・放熱技術(構造、断熱、材料、熱流体など)
- 高温熱源の利用技術(鉄鋼やセメント産業での利用や発電など)
- 大気や海水からのCO<sub>2</sub>直接回収技術(化学吸収、物理吸着、膜など)
- 高温を活用した高効率水素製造技術(電気化学、熱化学など)
- 炭化水素合成技術(フィッシャー・トロプシュ法など)
- CO<sub>2</sub>貯留技術(地中貯留など)
- 電力・熱源となるその他の非化石エネルギー利用技術
- 技術導入に関するシナリオ分析(エネルギーシステム評価など)