

電気学会全国大会

持続可能な社会における電気工学分野のイノベーション

最先端の情報通信技術によるグリーン エネルギーの制御と高価値化

慶應義塾大学未来光ネットワークオープン研究センター所長

電子情報通信学会 前会長

学術会議連携会員

電気学会会員 IEEE LIFE FELLOW

電子情報通信学会、情報処理学会、応用物理学会会員



山中 直明

Keio University



目次

1, EVNO (Energy Virtual Network Operator)

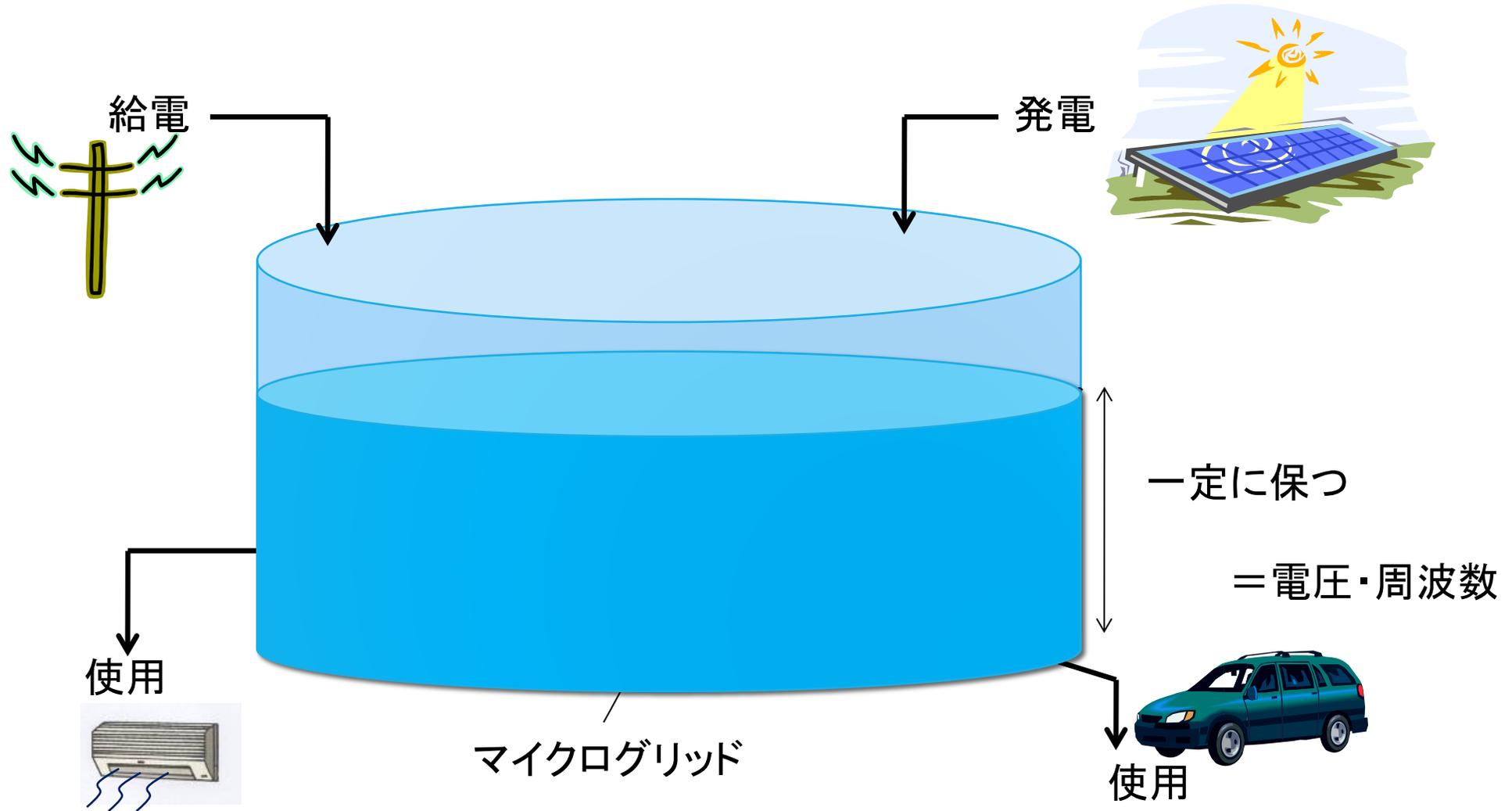
- 発電と消費を同時同量でマッチングすることを仮想送電と定義
- 最適な発電減(余剰電力)と消費の特性(リアルタイム、EVチャージ)を距離を考慮
- 価格で、時間・空間で最も効率が良くなるようにコントロール

2, EV利用による電力送電

- 余剰地域では、低価格でチャージ 消費の大きい地域時間で売電可能
- 行動変容の可能性
- バッテリーの所有権(半分は、PPAの所有でプログラムで利用)

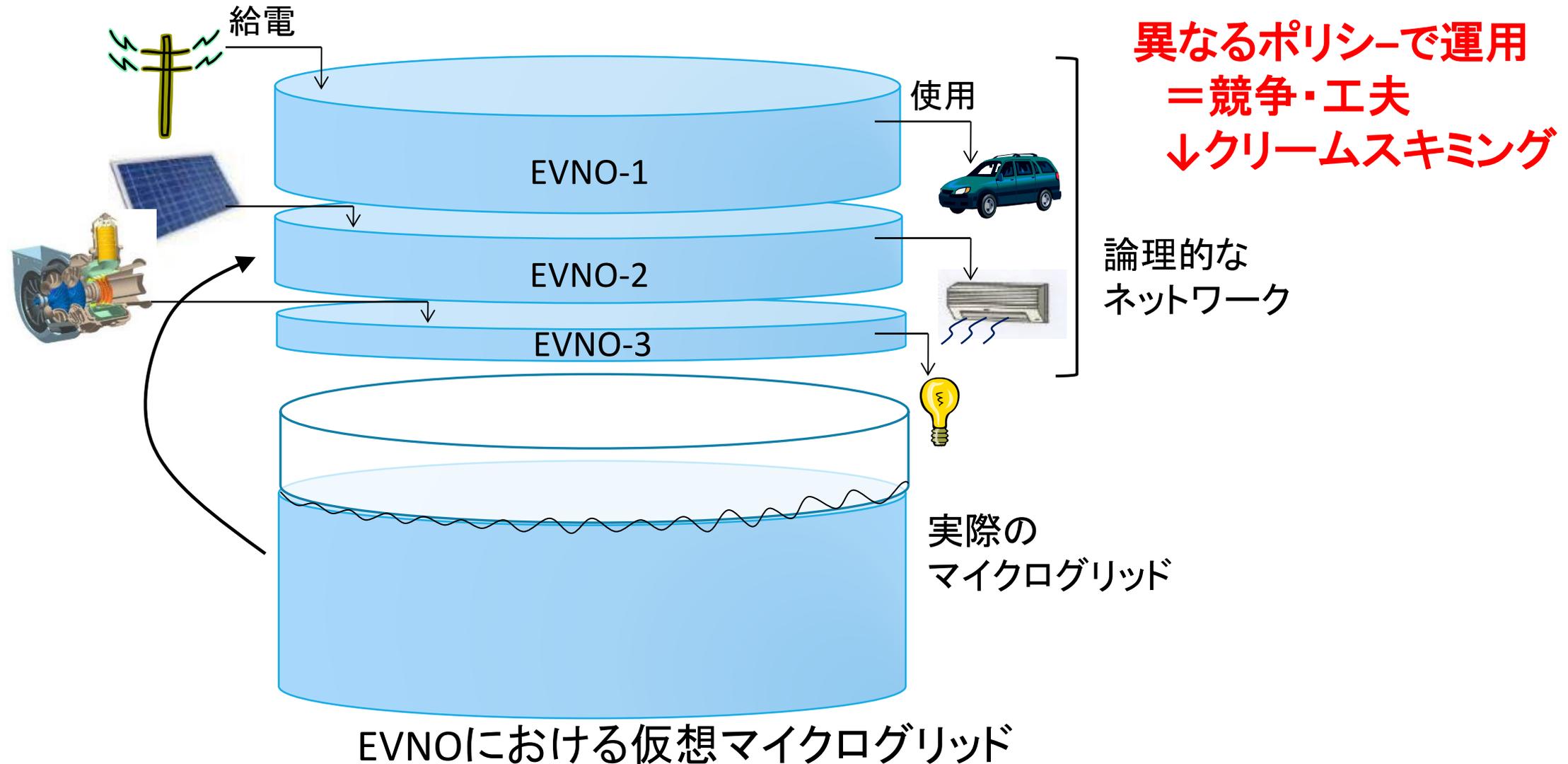
フィールドやPoCによる実現可能性の追求

マイクログリッドネットワークのコンセプト

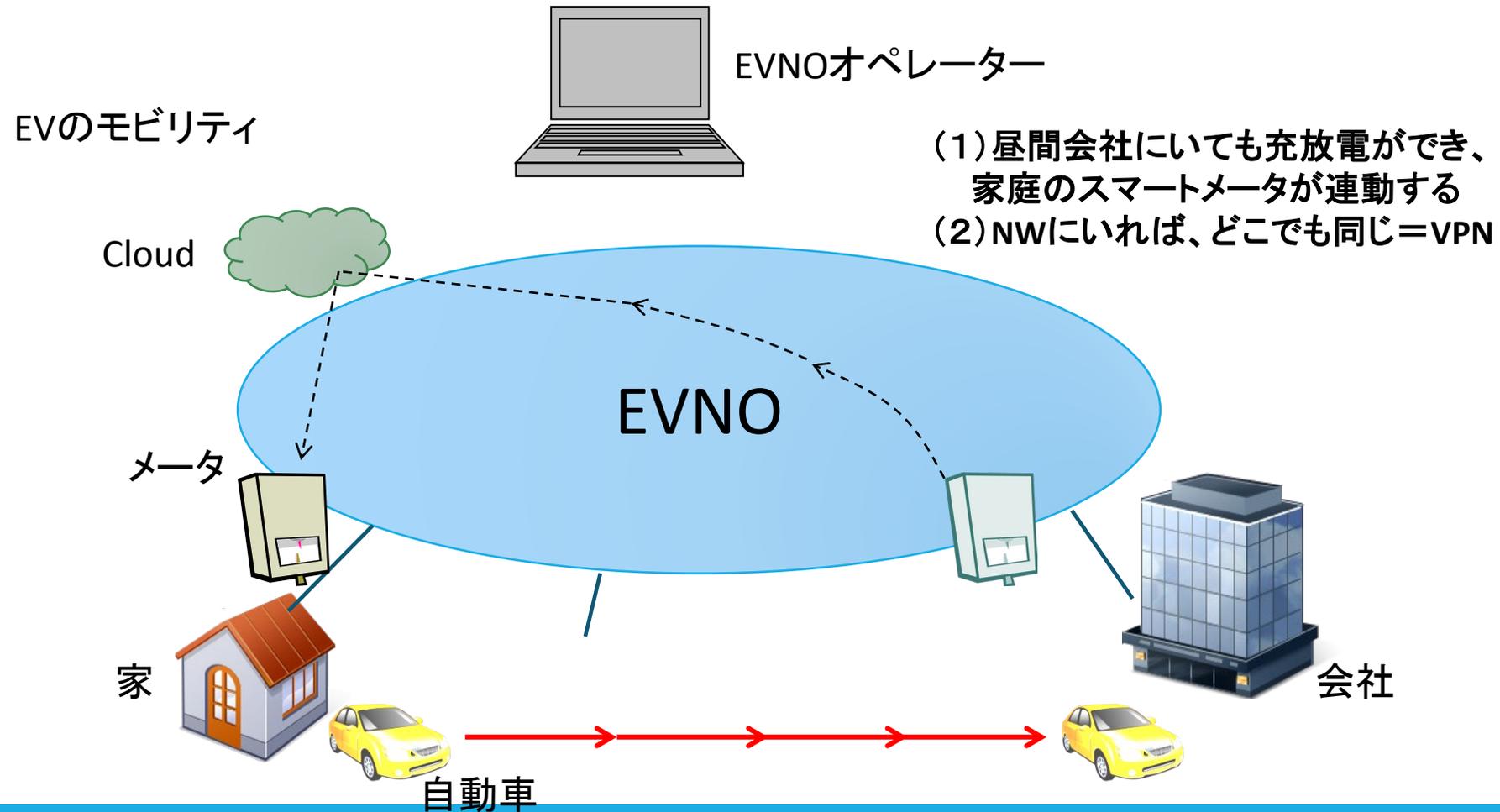


・いずれの場所からの発電も、いずれの場所での使用でも、全体の水位(電圧)を一定に保つ

EVNOのコンセプト（仮想化・スライス）



EVのモビリティ



デモ

◆ Power grid Management System

制御アルゴリズムを選択: 需要制御無し 提案法 Earliest Deadline First ランダム

表示対象を選択: HGW (ID:1) 制御のON/OFFを選択: Earliest Deadline Firstで需要制御中 表示対象を選択: HGW (ID:1) 制御のON/OFFを選択: Earliest Deadline Firstで需要制御中

power consumption[kW]

the last 24 hours current future

time[hour]

- 現在時刻tにおける電気料金[円/kWh] **16.5円**
- 過去24時間のピーク値 **1.5kW**
- 過去24時間のボトム値 **0.3kW**
- 過去24時間のPBR **ピーク値/ボトム値=1.41**

power consumption[kW]

the last 24 hours current future

time[hour]

- 現在時刻tにおける電気料金[円/kWh] **16.5円**
- 過去24時間のピーク値 **1.5kW**
- 過去24時間のボトム値 **0.3kW**
- 過去24時間のPBR **ピーク値/ボトム値=1.41**

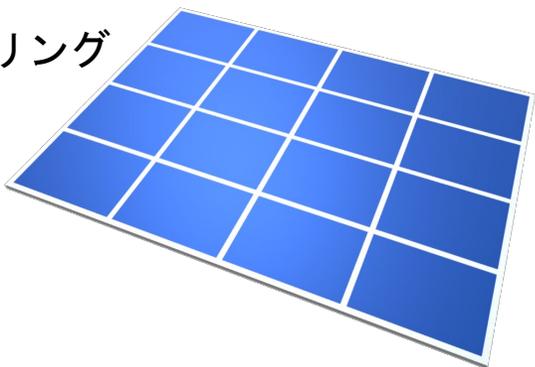
表示対象を選択: HGW (ID:1) 制御のON/OFFを選択: Earliest Deadline Firstで需要制御中 表示対象を選択: HGW (ID:1) 制御のON/OFFを選択: Earliest Deadline Firstで需要制御中

Energy Virtual Network Operator Management System. (c) 2012 Yamanaka Lab. Bundle (-), Server(1.0), Client(1.0)

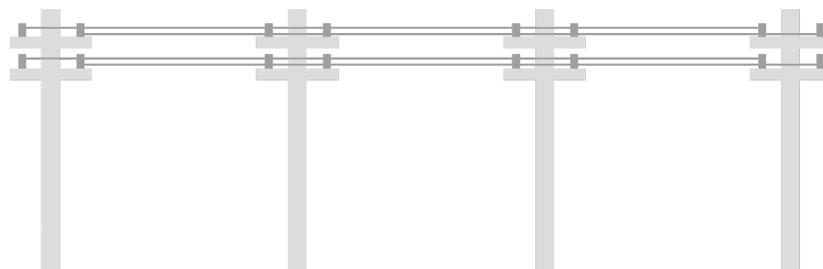
グリーン(CN : Carbon Neutral) へのチャレンジ

売買のインセンティブ

カラーリング



空間的不一致



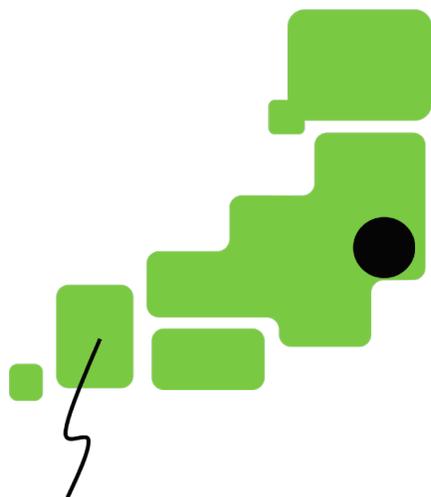
長距離送配電
ボトルネック



地産地消



時間的不一致



Needs

九州は40%の出力制御も

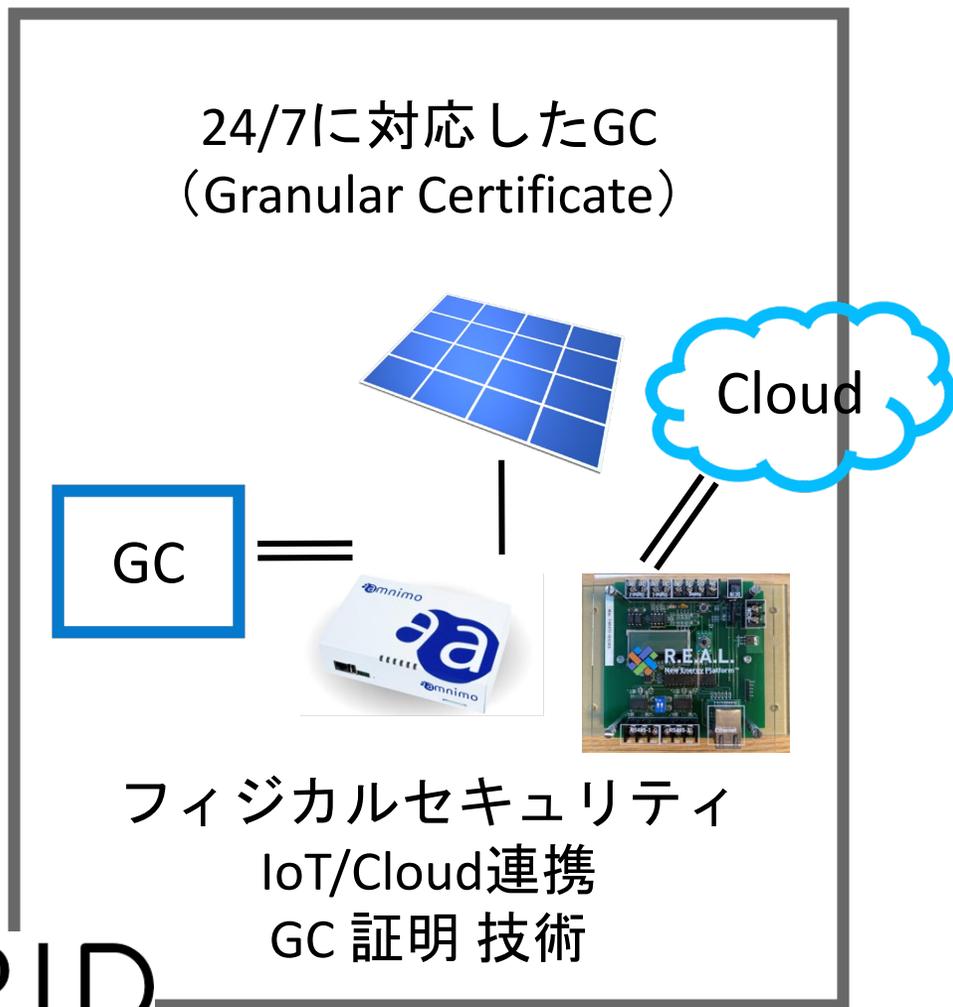


Local Matching をよりダイナミックに行う次世代のEnergy Journey

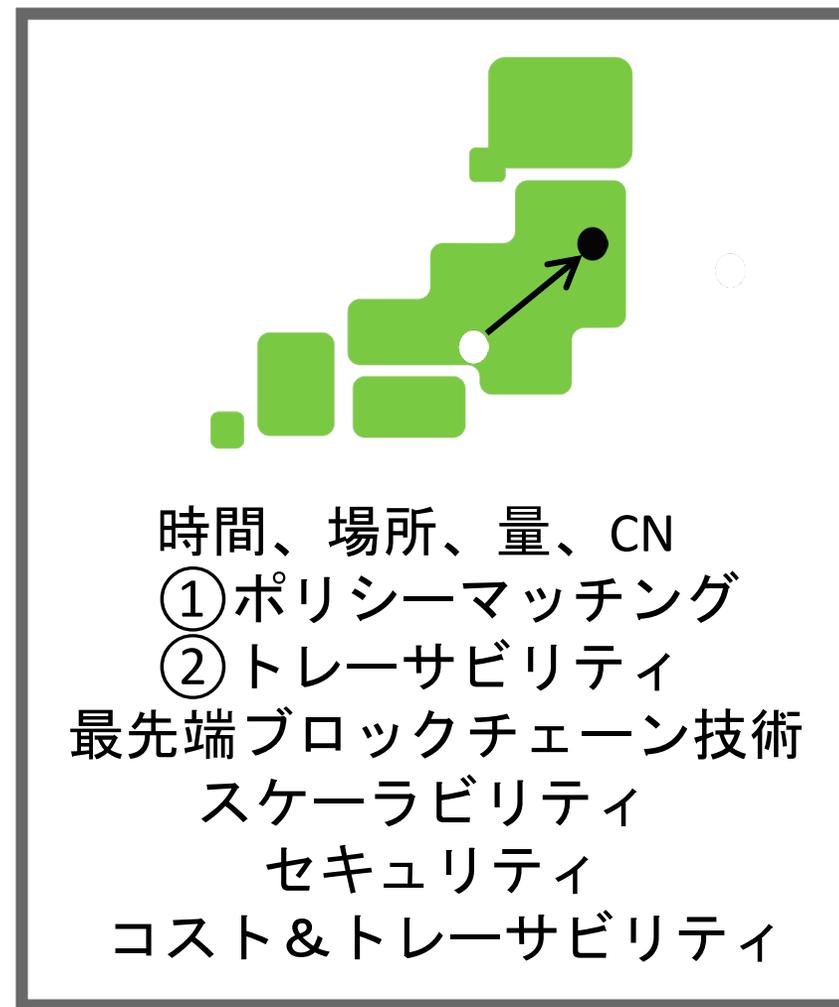


2つの技術を融合させ、グリーン電力の仮想送電に成功

グリーンであることの証明



使った電力の証明



同時同量／グリーン証明付きのCN電力の供給

世界規格（グローバル）24/7



CN（グリーン電力証明）

ポリシーベースマッチング
同時同量
（近距離マッチング（例））

Bitcoin icon
売買の証明

CN : 70%
Green delivery certificate icon
グリーン
調達証明

電力のカラーリング
とトレーサビリティ

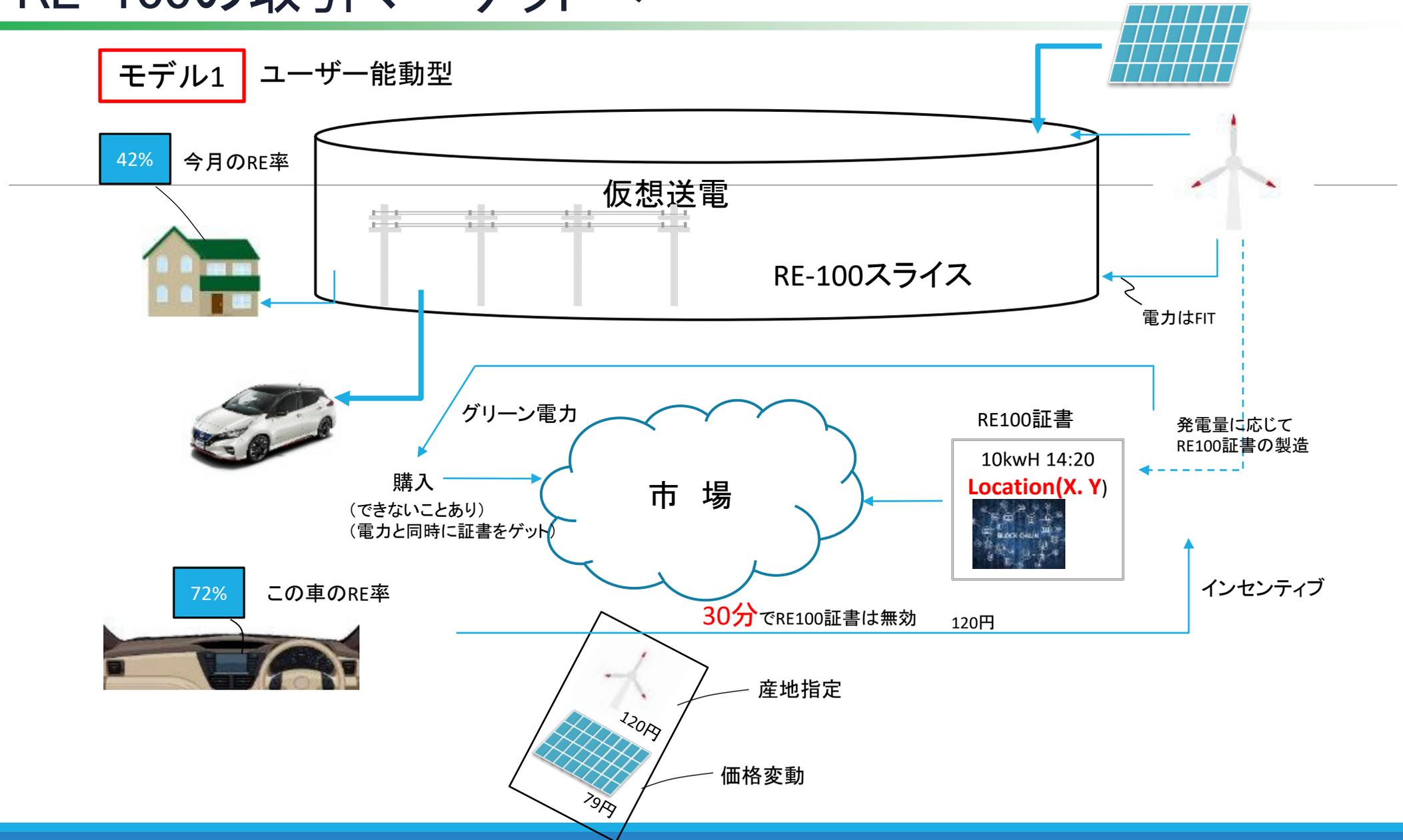
iGRID (Provider)

GC

ログ
BC
トレーサビリティ
決済

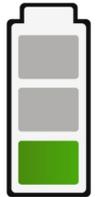
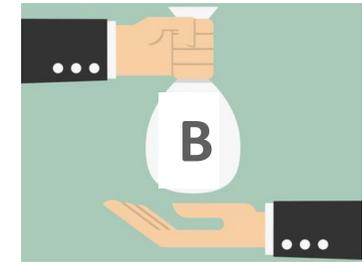
Real RE-100の取引マーケットへ

モデル1 ユーザー能動型



ブロックチェーンMPT (OOD2D05---)のトレーサビリティ (永久Log)

ブロックチェーンのメリット



相対取引
分散取引
並列取引

信頼性
トレーサビリティ
決済融合



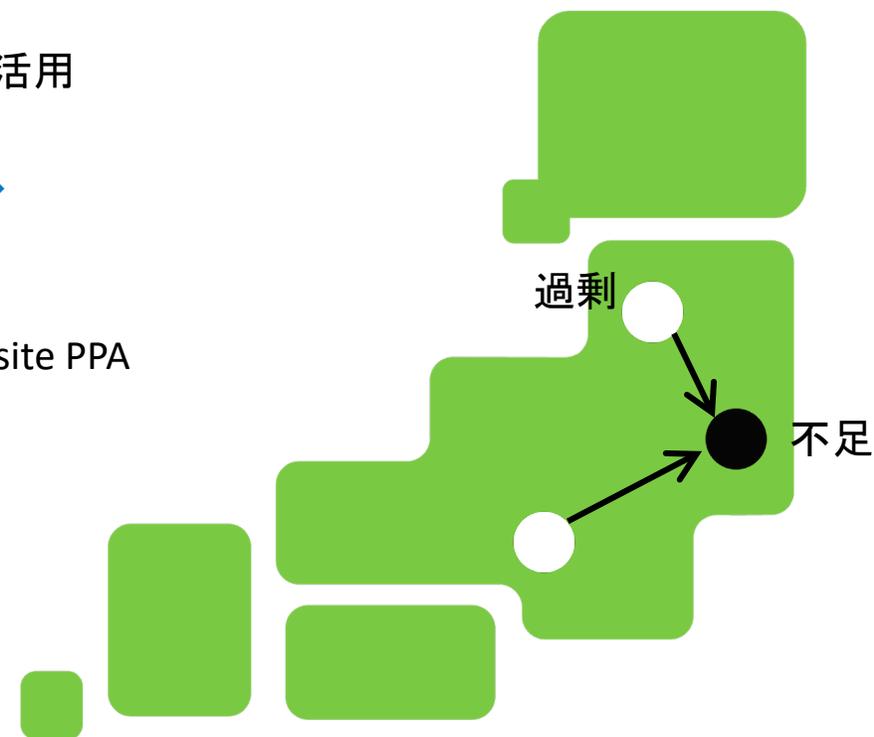
iGRID社のモデル



余剰の活用



Onsite PPA



Green Onsite PPAの開拓

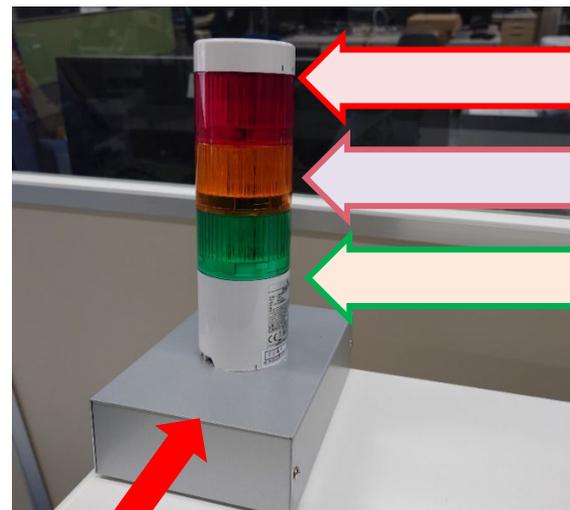
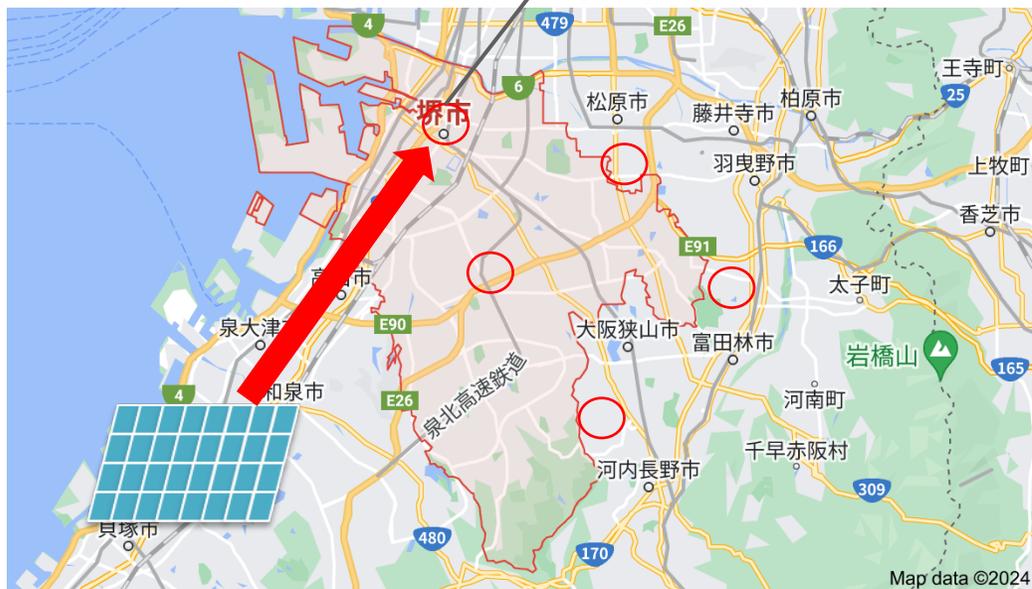
余剰電力等の地産地消/同時同量の
マッチング制御

仮想送電のイメージ

1週間の実績例

さらなるグリーン都市への発展 — EVチャージャをCNとする —

堺市Green EVチャージャの設置



25円以上or NG

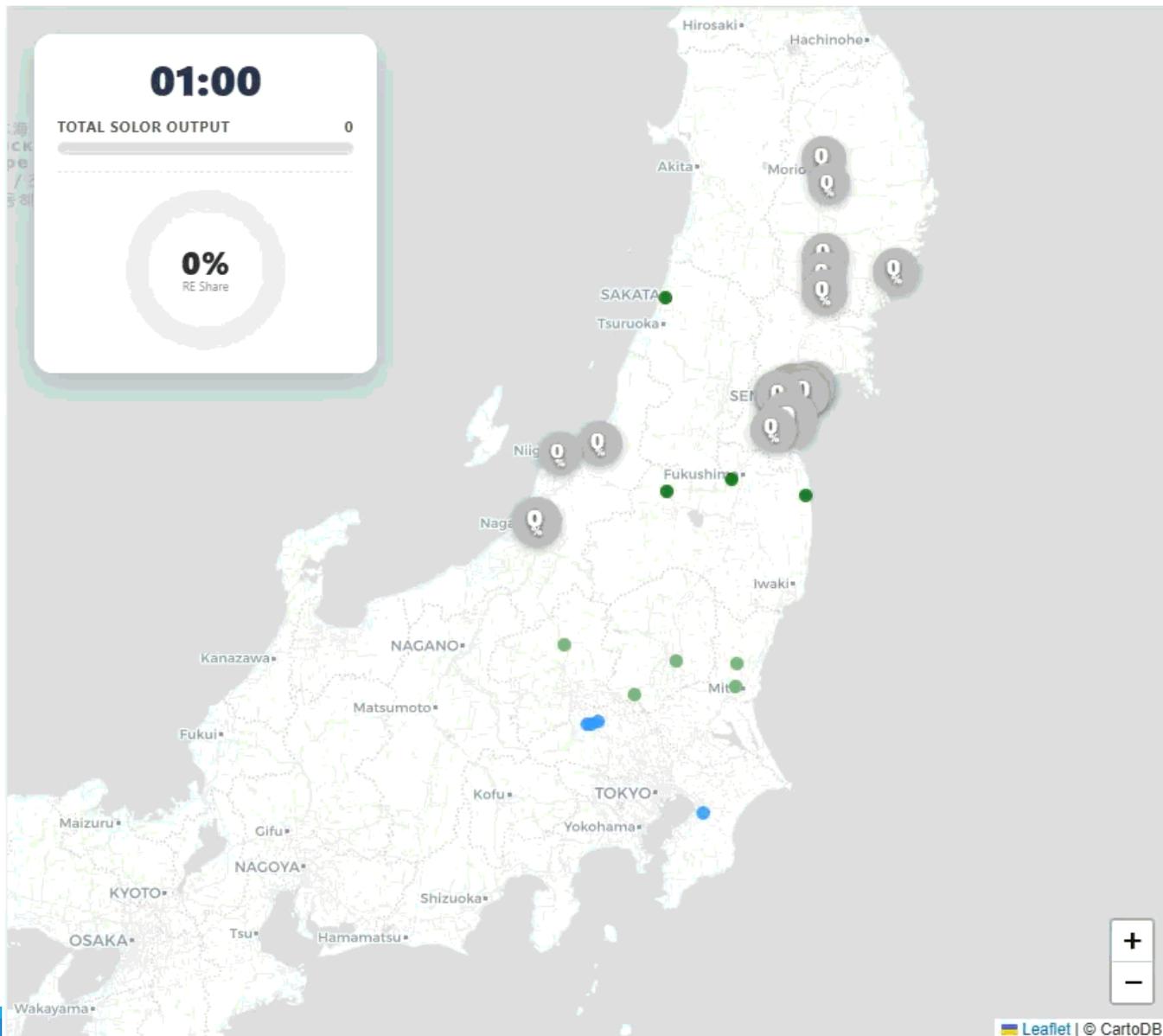
20円～25円

< 20円



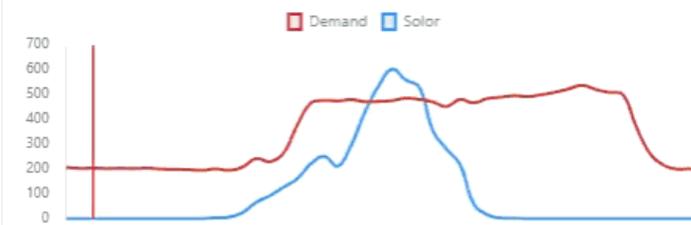
ユーザーのスマホで
読み取る (認証)

デモ

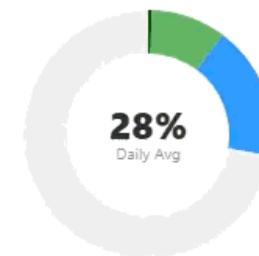


DAILY SUMMARY

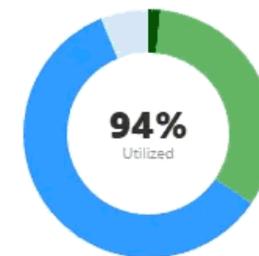
● SUPPLY / DEMAND



● RE SHARE



● PV USAGE



いろいろなポリシーでEVNOを決めてみる

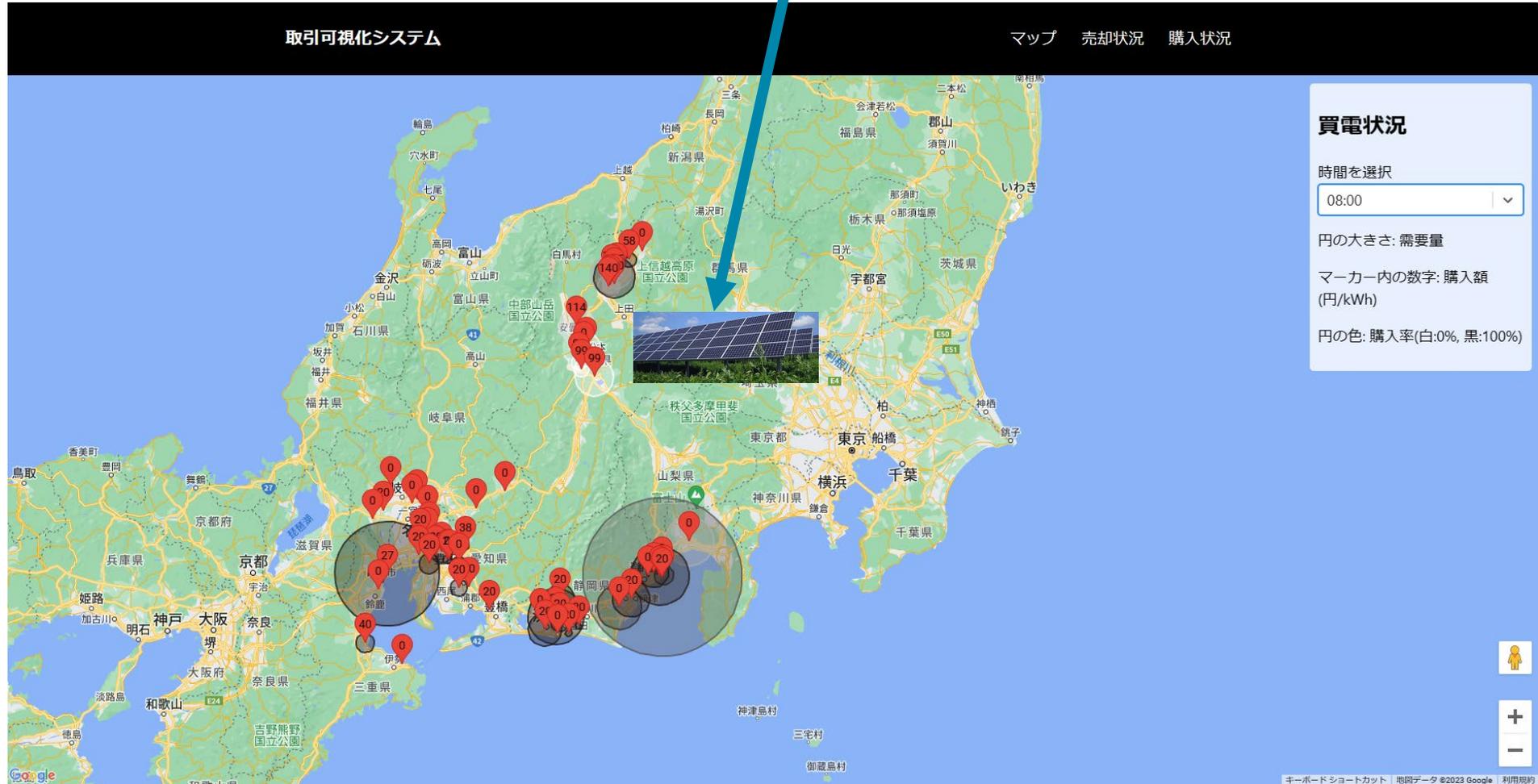
モデル 需要3か所 供給2か所

- (1) 自社優先 (チェーン店を一つのグリッド)
- (2) 距離優先 (近いところ)
- (3) 平等 (すべての人が一定量平等に調達)
- (4) 距離の逆数で優先が決まる (ゼロはない)

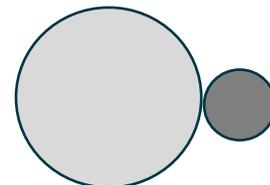
戦略的設備・営業

発電所営業
強化地域

買い 8:00



購入金額



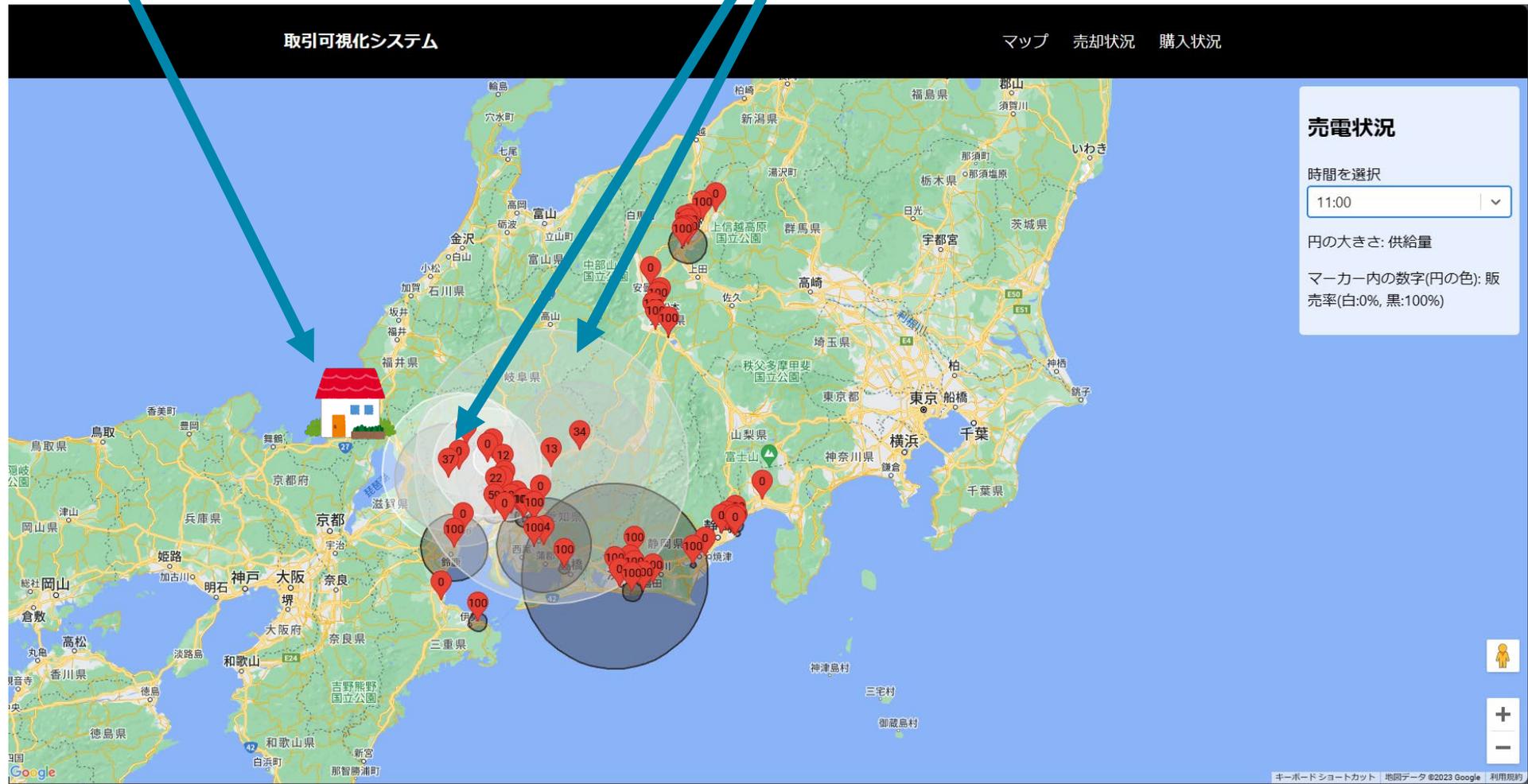
丸の大きさ需要量
色の濃さ買えた%

戦略的な設備・営業

売り 11:00

利用者営業強化地域

売れ残り大



目次

1, EVNO (Energy Virtual Network Operator)

- 発電と消費を同時同量でマッチングすることを仮想送電と定義
- 最適な発電減(余剰電力)と消費の特性(リアルタイム、EVチャージ)を距離を考慮
- 価格で、時間・空間で最も効率が良くなるようにコントロール

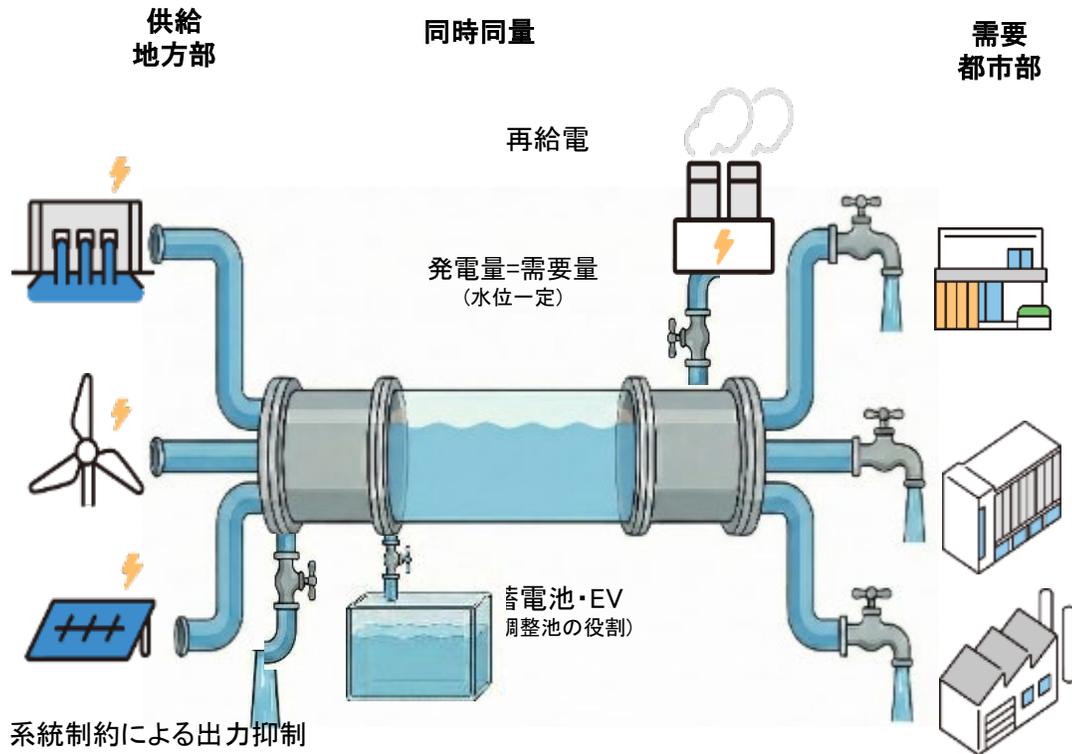
2, EV利用による電力送電

- 余剰地域では、低価格でチャージ 消費の大きい地域時間で売電可能
- 行動変容の可能性
- バッテリーの所有権(半分は、PPAの所有でプログラムで利用)

フィールドやPoCによる実現可能性の追求

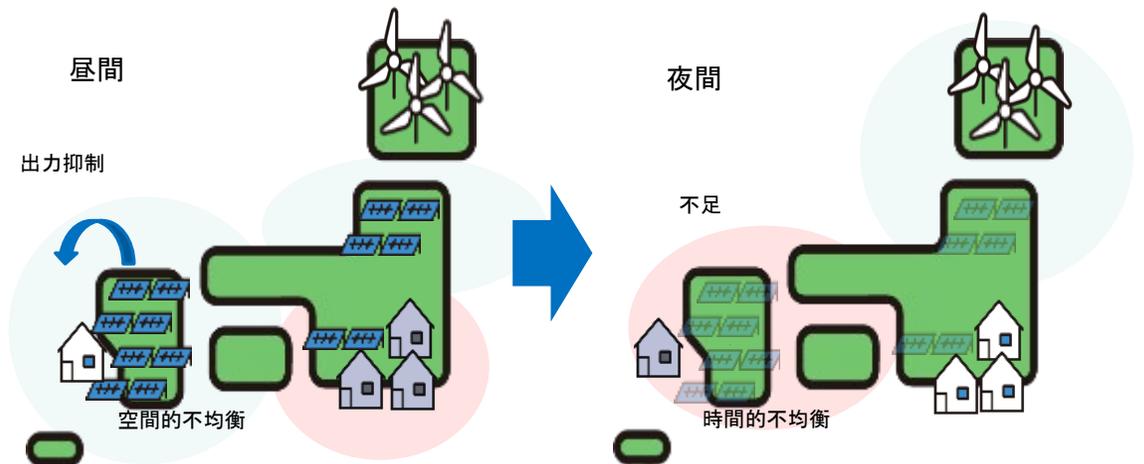
背景: VRE普及と電力需要の拡大

- ✓ 電力需要の増大: データセンター, AI等
- ✓ 脱炭素の鍵 VRE (Variable Renewable Energy): 天候等によって出力が変動する再エネ(例: 太陽光)
- ✓ 同時同量の原則のため, VREの変動性が課題
- ✓ 送電線ネックが生じる(出力抑制)

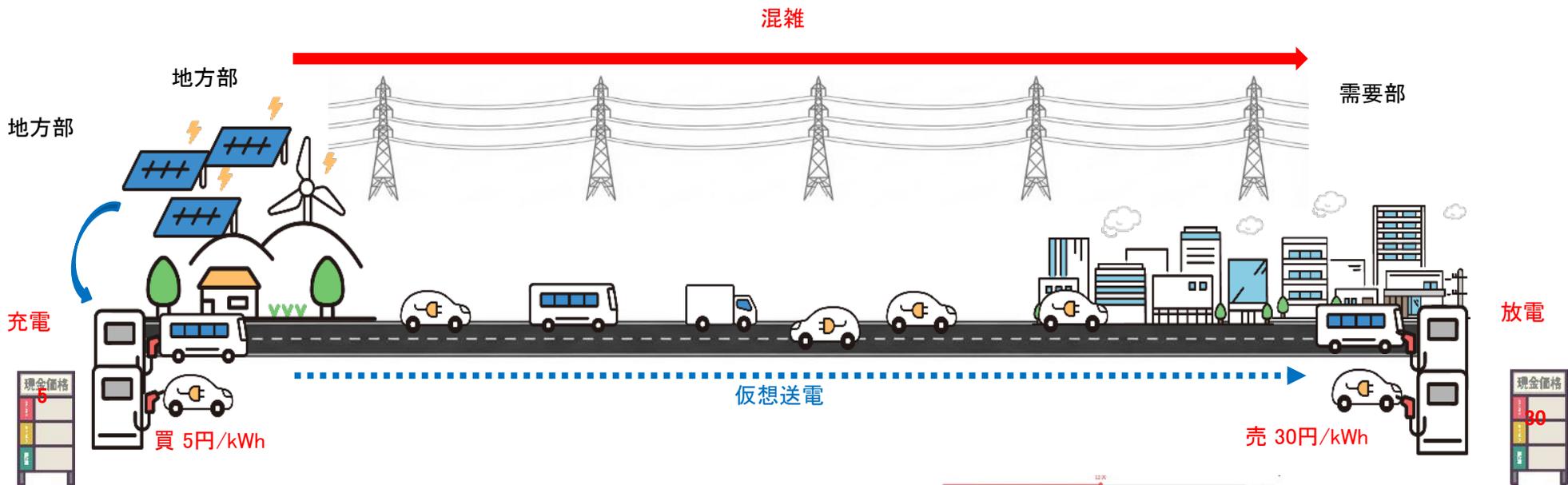


背景: 時間的・空間的な不均衡

- ✓ 時間的不均衡
太陽光発電は昼には余る(出力抑制)が夜発電しない
→昼夜の需給バランスに課題, 蓄電が必要
- ✓ 空間的不均衡
発電適地(地方部)と需要地(都市部)が空間的に乖離
送電網の混雑により出力抑制による再エネ廃棄が課題
送電網の増強は, コスト・工期・立地制約の課題



- ✓ EV(Electric Vehicle)はV2G(Vehicle to Grid)により電気を貯め, 蓄電池のように電力網に放電可能
- ✓ 日本の約8,300万台の自動車がEV化(60kWh/台)すると, 蓄電容量は約5TWh \approx 2日分の日本の総発電量
- ✓ 時間的不均衡の課題 \rightarrow 太陽光の余剰が発生する昼間に充電, 夜に放電
- ✓ 空間的不均衡の課題 \rightarrow 地方部で充電, 都市部で放電
- ✓ 移動するEVのうち送電に寄与する時間・空間を移動するEVのみを使用し仮想的に送電



- ✓ 系統運用計画にEVの電力輸送による仮想的な送電を組み込んだモデルを提案
- ✓ 米国エネルギー省標準システムモデルを用い, EV電力輸送がコスト削減と再エネ活用に有効であることを実証



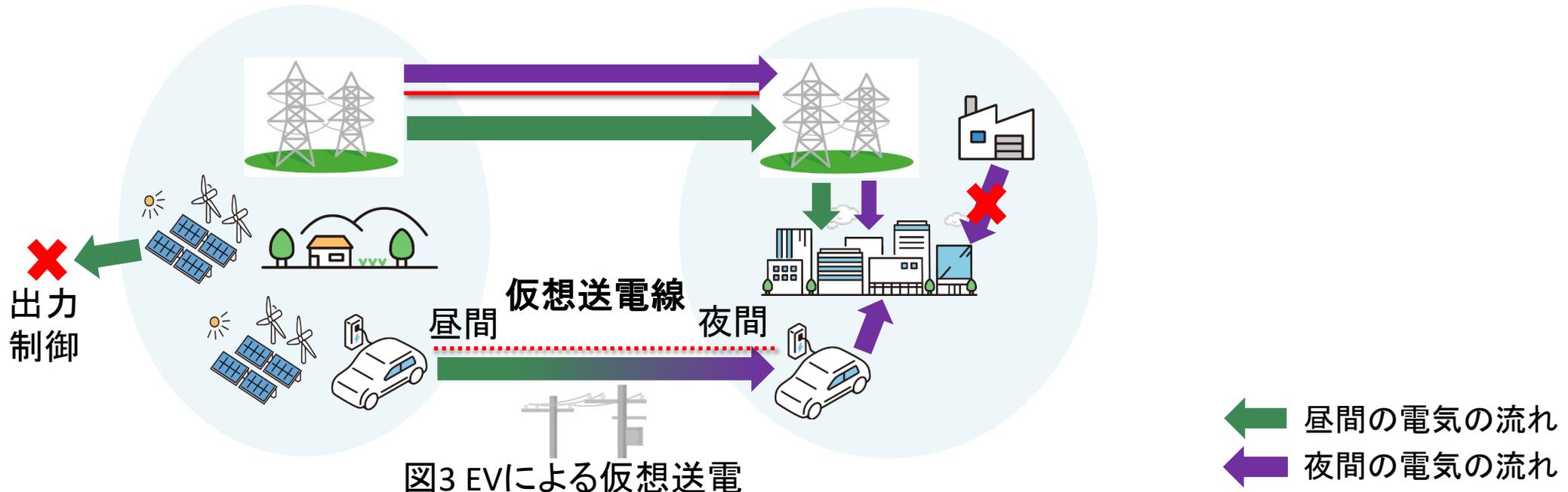
送電網とEV移動連携による仮想送電(1/2)

概要: 時空間的需給バランスの不均衡解消

- EVで, 時間・空間をトンネルする仮想的な送電線を, 需給の状態によってダイナミックに最適選択する手法
- 空間的不均衡解消への貢献度が高いEVを選択的に電力輸送に使用

提案手法の効果

- 発電所での直接充電, 需要地での放電による送電設備の負荷削減・送電ロスの削減 (=地産地消)
- EV仮想送電能力による出力抑制回避でノンファーム型接続のVREを増やせる
- 託送料金分, 昼夜間値差によるEV・自宅の電力コストの最小化



EV等の送電コストの設定

“仮想送電を行う, EVの送電網への貢献度”の定義が重要

総コストの削減に寄与するEVの選択

• EV, 仮想送電事業者視点

EVによる仮想送電により, 昼夜間値差, 送電ロスの削減に加え, 託送料金の支払を回避できるため利益が大きい

• 一般送配電事業者視点

EVによる仮想送電は託送料金収入の減少による, kWhあたり原価の上昇につながる可能性
一方, EV仮想送電能力の存在によるノンファーム型接続発電所増加による増収効果

今回の送電コストの設定

- 現状, 送電料金は送電距離に依らず一定だが, 実際には送配電設備コストは使用する設備, 距離に関係
- **固定コスト:** 送電量に関わらず発生する費用 (人件費, 開発費, etc.)
- **距離コスト:** 送電設備を使用する距離, 変電所通過等に比例する費用 (送配電設備維持費, 減価償却, etc.)
- **混雑度:** 送電線の負荷に応じたコスト, 系統制約による出力制御発生時に最も高く

議論: 送配電設備の維持コストのコスト構造について

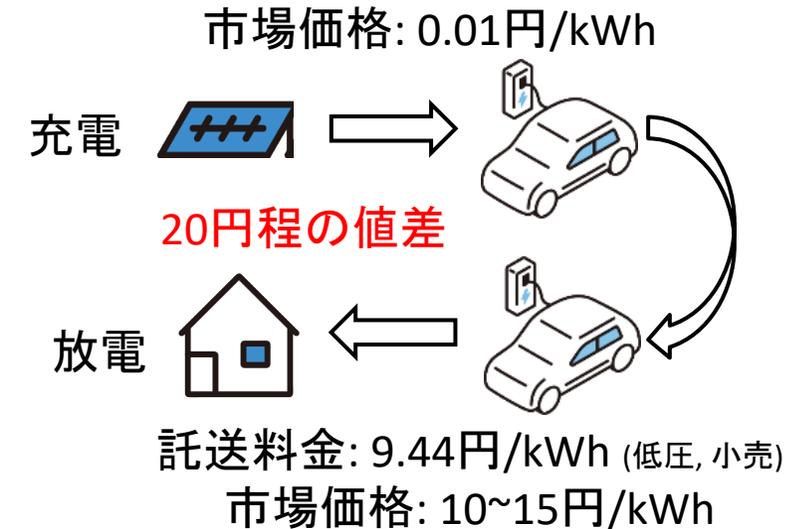


図5 EV視点仮想送電の経済合理性

むすび

- 1, IT技術による電力の高度利用
- 2, ブロックチェーンによる電力の詳細スペック化(カラーリング)
 - ・位置 ・量 ・由来(太陽光／風力) ・所有者ID
 - ・トレーサビリティ、セキュリティの両立、分散決済への挑戦
- 3, 24／7マッチング、ポリシーマッチング 地産地消への転換
- 4, 今後はバッテリー／EVの利用の高度化(EVによる仮想送電)